

柏崎刈羽原子力発電所 3 号炉

ポンプの技術評価書

東京電力ホールディングス株式会社

本評価書は柏崎刈羽原子力発電所3号炉（以下、柏崎刈羽3号炉という）における安全上重要なポンプ（重要度分類指針におけるPS-1, 2及びMS-1, 2に該当する機器）及び高温・高圧の環境下にあるクラス3のポンプの高経年化に係わる技術評価についてまとめたものである。

評価対象機器の一覧を表1に、機能を表2に示す。

評価対象機器を型式、内部流体、材料等で分類し、それぞれのグループから重要度及び使用条件等の観点で代表機器を選定し技術評価を行った後、代表以外の機器について評価を展開している。

本評価書はポンプの型式等を基に、以下の2分冊で構成されている。

1. ターボポンプ
2. 往復ポンプ

なお、非常用ディーゼル機関の補機ポンプは「機械設備の技術評価書」にて評価を実施するものとする。

さらに、本評価書で対象となっているポンプのポンプモータは「ポンプモータの技術評価書」にて評価を実施するものとし、本評価書には含まれていない。

なお、本文中の単位の記載はSI単位系に基づくものとする（圧力の単位は特に注記がない限りゲージ圧力を示す）。

表1 評価対象機器一覧

型 式	機 器 名 称 (台 数)	仕 様 (容 量×揚 程)	重要度 *1
ターボポンプ	制御棒駆動系駆動水ポンプ (2)	46 m <sup>3</sup> /h×1,270 m	高*2
	残留熱除去系封水ポンプ (1)	5 m <sup>3</sup> /h×50 m	高*2
	低圧炉心スプレイ系封水ポンプ (1)	5 m <sup>3</sup> /h×50 m	高*2
	原子炉補機冷却水ポンプ (4)	1,700 m <sup>3</sup> /h×58 m	MS-1
	高圧炉心スプレイディーゼル 補機冷却水ポンプ (1)	260 m <sup>3</sup> /h×60 m	MS-1
	換気空調補機非常用冷却水系ポンプ (4)	91.2 m <sup>3</sup> /h×35 m 85.2 m <sup>3</sup> /h×35 m	MS-1
	高圧炉心スプレイディーゼル 補機冷却海水ポンプ (1)	480 m <sup>3</sup> /h×39 m	MS-1
	残留熱除去系ポンプ (3)	1,630 m <sup>3</sup> /h×89 m	MS-1
	低圧炉心スプレイ系ポンプ (1)	1,441 m <sup>3</sup> /h×205 m	MS-1
	高圧炉心スプレイ系ポンプ (1)	369 m <sup>3</sup> /h×863 m 1,462 m <sup>3</sup> /h×274 m	MS-1
	原子炉補機冷却海水ポンプ (4)	2,200 m <sup>3</sup> /h×30 m	MS-1
	原子炉冷却材浄化系ポンプ (2)	62 m <sup>3</sup> /h×120 m	PS-2
往復ポンプ	ほう酸水注入系ポンプ (2)	9.78 m <sup>3</sup> /h×約 860 m	MS-1

\*1：最上位の重要度を示す

\*2：最高使用温度が95℃を超え、または最高使用圧力が1,900 kPaを超える環境下にある原子炉格納容器外の重要度クラス3の機器

表 2 評価対象機器機能一覧

機器名称	機 能
制御棒駆動系駆動水ポンプ	制御棒の駆動に必要な高圧の駆動水，冷却水及びアキュムレータ充填水を供給する。
残留熱除去系封水ポンプ	残留熱除去系ポンプ (B) ， (C) 吐出配管を加圧する。
低圧炉心スプレイ系封水ポンプ	低圧炉心スプレイ系ポンプ及び残留熱除去系ポンプ (A) 吐出配管を満水状態にする。
原子炉補機冷却水ポンプ	原子炉建屋，タービン建屋に設置する機器等に熱交換器を介して，海水で冷却された冷却水を循環供給する。
高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水ポンプ	HPCS ディーゼル機関本体及び補機，高圧炉心スプレイ系ポンプのメカニカルシール冷却器及びモータ軸受冷却器，高圧炉心スプレイ系ポンプ室空調機の冷却コイルへ冷却水を循環供給する。
換気空調補機非常用冷却水系ポンプ	中央制御室機械室空調機，中央制御室給気処理装置，非常用ディーゼル発電機 (A) 室給気処理装置，非常用ディーゼル発電機 (B) 室給気処理装置の冷却コイル，換気空調補機非常用冷却水系冷凍機の蒸発器へ冷却水を循環供給する。
高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却海水ポンプ	高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系熱交換器に冷却用海水を送水する。
残留熱除去系ポンプ	原子炉停止時に崩壊熱を除去するための冷却水を供給する。他に低圧注水等のモードがある。
低圧炉心スプレイ系ポンプ	冷却材喪失事故時に，炉心にサプレッションプール水をスプレイする。
高圧炉心スプレイ系ポンプ	冷却材喪失事故時に，炉心に復水貯蔵槽水またはサプレッションプール水をスプレイする。
原子炉補機冷却海水ポンプ	原子炉補機冷却水系熱交換器へ海水を供給し，熱交換器を介して原子炉補機冷却系 (RCW 系) の補機冷却水を冷却する。
原子炉冷却材浄化系ポンプ	原子炉水を原子炉冷却材浄化系に導き，浄化後，原子炉給水系に戻す。
ほう酸水注入系ポンプ	何らかの理由で制御棒が挿入できなくなり原子炉の冷温停止ができない場合にほう酸水を原子炉底部より注入して負の反応度を与え，核反応を停止させる。

# 1 ターボポンプ

## [対象ポンプ]

- ① 制御棒駆動系駆動水ポンプ
- ② 残留熱除去系封水ポンプ
- ③ 低圧炉心スプレイ系封水ポンプ
- ④ 原子炉補機冷却水ポンプ
- ⑤ 高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水ポンプ
- ⑥ 換気空調補機非常用冷却水系ポンプ
- ⑦ 高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却海水ポンプ
- ⑧ 残留熱除去系ポンプ
- ⑨ 低圧炉心スプレイ系ポンプ
- ⑩ 高圧炉心スプレイ系ポンプ
- ⑪ 原子炉補機冷却海水ポンプ
- ⑫ 原子炉冷却材浄化系ポンプ

## 目 次

1. 対象機器及び代表機器の選定	1-1
1.1 グループ化の考え方及び結果	1-1
1.2 代表機器の選定	1-1
2. 代表機器の技術評価	1-5
2.1 構造, 材料及び使用条件	1-5
2.1.1 制御棒駆動系駆動水ポンプ	1-5
2.1.2 残留熱除去系封水ポンプ	1-9
2.1.3 原子炉補機冷却水ポンプ	1-12
2.1.4 高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却海水ポンプ	1-15
2.1.5 残留熱除去系ポンプ	1-18
2.1.6 原子炉補機冷却海水ポンプ	1-21
2.1.7 原子炉冷却材浄化系ポンプ	1-24
2.2 経年劣化事象の抽出	1-27
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目	1-27
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象	1-27
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象	1-29
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価	1-43
3. 代表機器以外への展開	1-44
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象	1-44
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象	1-45

## 1. 対象機器及び代表機器の選定

主要なターボポンプの主な仕様を表 1-1 に示す。

これらのポンプをグループ化し、それぞれのグループより代表機器を選定した。

### 1.1 グループ化の考え方及び結果

型式，内部流体，材料を分類基準とし，表 1-1 に示すとおりターボポンプをグループ化する。

### 1.2 代表機器の選定

表 1-1 に分類したグループ毎に，原則として重要度，運転状態，最高使用温度，最高使用圧力及び容量／揚程の観点から代表機器を選定するものとする。

#### (1) 横軸遠心ポンプ（内部流体：純水，材料：ステンレス鋼）

このグループには制御棒駆動系駆動水ポンプのみが属するので，制御棒駆動系駆動水ポンプを代表機器とする。

#### (2) 横軸遠心ポンプ（内部流体：純水，材料：炭素鋼）

このグループには残留熱除去系封水ポンプ，低圧炉心スプレイ系封水ポンプが属するが，どちらも同条件であるため残留熱除去系封水ポンプを代表機器とする。

#### (3) 横軸遠心ポンプ（内部流体：冷却水，材料：炭素鋼）

このグループには原子炉補機冷却水ポンプ，高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水ポンプ，換気空調補機非常用冷却水系ポンプが属するが，運転状態の観点から原子炉補機冷却水ポンプを代表機器とする。

#### (4) 立軸斜流ポンプ（内部流体：海水，材料：ステンレス鋼）

このグループには高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却海水ポンプのみが属するので，代表機器は高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却海水ポンプとする。

(5) 立軸遠心ポンプ（内部流体：純水，材料：炭素鋼）

このグループには残留熱除去系ポンプ，低圧炉心スプレイ系ポンプ，高圧炉心スプレイ系ポンプが属するが，運転状態の観点から残留熱除去系ポンプを代表機器とする。

(6) 立軸遠心ポンプ（内部流体：海水，材料：ステンレス鋼）

このグループには原子炉補機冷却海水ポンプのみが属するので，代表機器は原子炉補機冷却海水ポンプとする。

(7) 立軸キャンドモータ型ポンプ（内部流体：純水，材料：ステンレス鋼）

このグループには原子炉冷却材浄化系ポンプのみが属するので，代表機器は原子炉冷却材浄化系ポンプとする。



表 1-1 (1/2) ターボポンプのグループ化及び代表機器の選定

分類基準			機器名称 (台数)	選定基準					選定	選定理由
型式	内部 流体	材料*1		仕様 (容量×揚程)	重要度*4	使用条件				
						運転 状態*7	最高使用圧 力 (MPa) *5	最高使 用温度 (°C) *5		
横軸遠心	純水*2	ステンレス鋼	制御棒駆動系駆動水ポンプ (2)	46 m <sup>3</sup> /h×1,270 m	高*6	連続 (連続)	約 13.8	66	◎	
		炭素鋼	残留熱除去系封水ポンプ (1)	5 m <sup>3</sup> /h×50 m	高*6	連続 (連続)	約 1.4	100	◎	
			低圧炉心スプレイ系封水ポンプ (1)	5 m <sup>3</sup> /h×50 m	高*6	連続 (連続)	約 1.4	100		
	冷却水*3	炭素鋼	原子炉補機冷却水ポンプ (4)	1,700 m <sup>3</sup> /h×58 m	MS-1	連続 (連続)	約 1.4	70	◎	運転状態
			高圧炉心スプレイディーゼル 補機冷却水ポンプ (1)	260 m <sup>3</sup> /h×60 m	MS-1	一時 (一時)	約 1.3	70		
			換気空調補機非常用冷却水系ポンプ (4)	91.2 m <sup>3</sup> /h×35 m 85.2 m <sup>3</sup> /h×35 m	MS-1	一時 (一時)	約 0.8	66		

\*1：ケーシングの材料を示す

\*2：復水、サブプレッションプール水を示す

\*3：補機冷却水（防錆剤入り純水）を示す

\*4：最上位の重要度を示す

\*5：ポンプ吐出配管の仕様を示す

\*6：最高使用温度が 95°C を超え、または最高使用圧力が 1,900kPa を超える環境下にある原子炉格納容器外の重要度クラス 3 の機器

\*7：上段は冷温停止状態時における運転状態、下段の（ ）は断続的運転時の運転状態を示す

表 1-1 (2/2) ターボポンプのグループ化及び代表機器の選定

分類基準			機器名称 (台数)	選定基準					選定	選定理由
型式	内部 流体	材料*1		仕様 (容量×揚程)	重要度*3	使用条件				
						運転 状態*5	最高使用圧 力 (MPa) *4	最高使 用温度 (°C) *4		
立軸斜流	海水	ステンレス鋼	高圧炉心スプレィディーゼル 補機冷却海水ポンプ (1)	480 m <sup>3</sup> /h×39 m	MS-1	一時 (一時)	約 0.7	50	◎	
立軸遠心	純水*2	炭素鋼	残留熱除去系ポンプ (3)	1,630 m <sup>3</sup> /h×89 m	MS-1	連続 (一時)	約 3.4	182	◎	運転状態
			低圧炉心スプレィ系ポンプ (1)	1,441 m <sup>3</sup> /h×205 m	MS-1	一時 (一時)	約 4.4	100		
			高圧炉心スプレィ系ポンプ (1)	369 m <sup>3</sup> /h×863 m 1,462 m <sup>3</sup> /h×274 m	MS-1	一時 (一時)	約 10.8	100		
	海水	ステンレス鋼	原子炉補機冷却海水ポンプ (4)	2,200 m <sup>3</sup> /h×30 m	MS-1	連続 (連続)	約 0.6	50	◎	
立軸 キャンド モータ	純水*2	ステンレス鋼	原子炉冷却材浄化系ポンプ (2)	62 m <sup>3</sup> /h×120 m	PS-2	連続 (連続)	約 10.0	66	◎	

\*1：ケーシングの材料を示す

\*2：一次冷却材，復水，サブプレッションプール水を示す

\*3：最上位の重要度を示す

\*4：ポンプ吐出配管の仕様を示す

\*5：上段は冷温停止状態時における運転状態，下段の（ ）は断続的運転時の運転状態を示す

## 2. 代表機器の技術評価

本章では、1章で代表機器とした以下のポンプについて技術評価を実施する。

- ① 制御棒駆動系駆動水ポンプ
- ② 残留熱除去系封水ポンプ
- ③ 原子炉補機冷却水ポンプ
- ④ 高圧炉心スプレィディーゼル補機冷却海水ポンプ
- ⑤ 残留熱除去系ポンプ
- ⑥ 原子炉補機冷却海水ポンプ
- ⑦ 原子炉冷却材浄化系ポンプ

### 2.1 構造、材料及び使用条件

#### 2.1.1 制御棒駆動系駆動水ポンプ

##### (1) 構造

制御棒駆動系駆動水ポンプは、容量 46 m<sup>3</sup>/h、揚程 1,270 m の横軸多段遠心ポンプであり、2台設置されている。

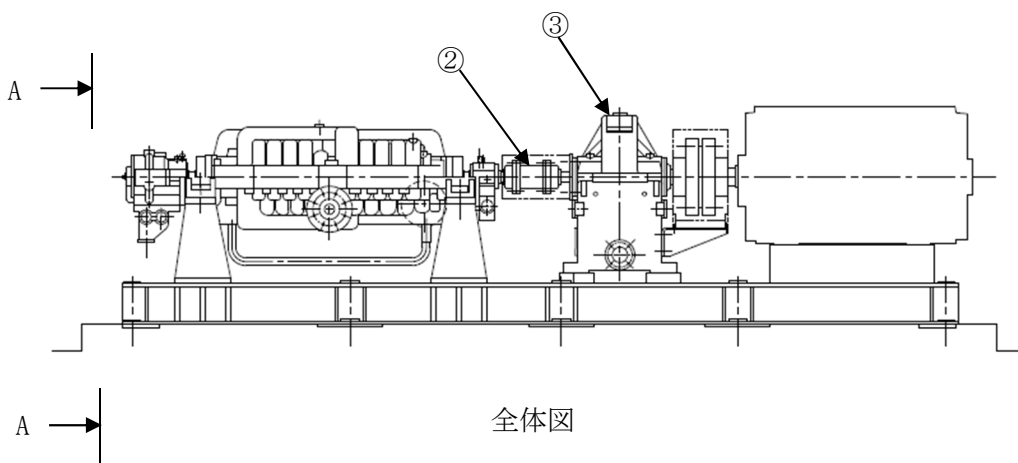
純水に接液するケーシング、羽根車にはステンレス鋳鋼、主軸にはステンレス鋼を使用しており、軸封部には、内部流体の漏れを防止するため、メカニカルシールを使用している。

また、羽根車及び主軸は、取付ボルトを緩め、ケーシング等を取外すことにより、外に取り出し点検手入れが可能である。

制御棒駆動系駆動水ポンプの構造図を図 2.1-1 に示す。

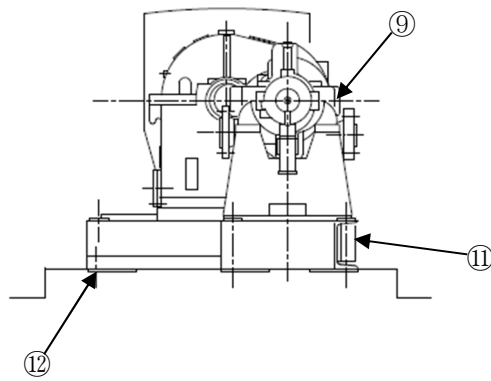
##### (2) 材料及び使用条件

制御棒駆動系駆動水ポンプ主要部位の使用材料を表 2.1-1 に、使用条件を表 2.1-2 に示す。



全体図

No.	部位
①	主軸
②	軸継手
③	増速機
④	羽根車
⑤	ケーシングリング
⑥	軸受 (すべり)
⑦	軸受箱
⑧	ケーシング
⑨	取付ボルト
⑩	メカニカルシール
⑪	ベース
⑫	基礎ボルト



A-A 矢視

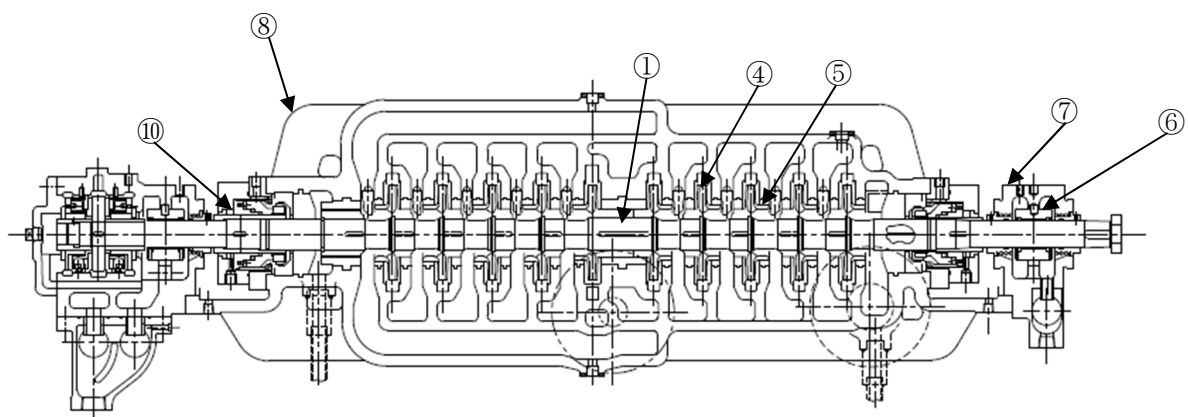


図 2.1-1 (1/2) 制御棒駆動系駆動水ポンプ構造図

No.	部位
①	油ポンプ
②	油ポンプモータ
③	油タンク
④	油冷却器
⑤	配管・弁

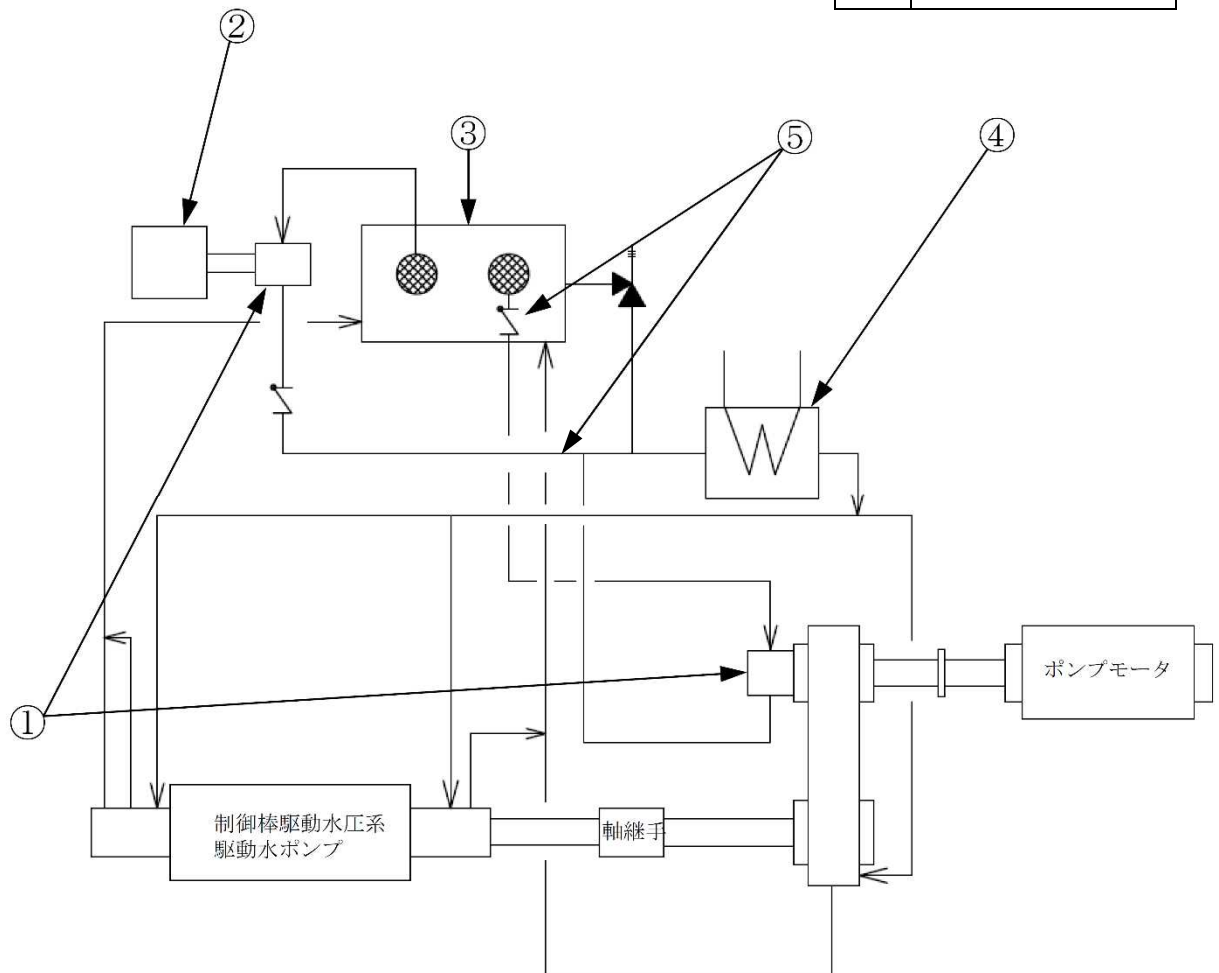


図 2.1-1 (2/2) 制御棒駆動系駆動水ポンプ構造図 (潤滑油ユニット)

表 2.1-1 制御棒駆動系駆動水ポンプ主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料	
ポンプの容量と揚程の確保	エネルギー伝達	主軸	ステンレス鋼 (SUS420J1)	
		軸継手	炭素鋼 (S45C)	
		増速機	低合金鋼 (SNC815), 鋳鉄 (FC25)	
	エネルギー変換	羽根車	ステンレス鋳鋼 (ASTM A743 Gr. CA6NM)	
		ケーシングリング	ステンレス鋳鋼 (ASTM A743 Gr. CA40HT)	
	軸支持	軸受 (すべり)	軸受 (すべり)	炭素鋼 (S20C), ホワイトメタル (WJ2), 低合金鋼 (SCM435), 青銅鋳物 (BC2)
			軸受箱	鋳鉄 (FC30)
		潤滑油ユニット	油ポンプ	鋳鉄 (FC20), 炭素鋼 (S45C)
			油ポンプモータ (低圧, 交流, 全閉)	主軸: 炭素鋼 (S40C) 固定子コイル及び口出線・接続部品: 銅, 絶縁物 回転子棒及び回転子エンドリング: アルミニウム地金 フレーム: 鋳鉄 (FC150) エンドブラケット: 鋳鉄 (FC150) 端子箱: 圧延鋼材 (SS41) 固定子コア: 電磁鋼 回転子コア: 電磁鋼 取付ボルト: 炭素鋼 (SS400) 軸受 (転がり): (消耗品)
			油タンク	炭素鋼
			油冷却器	炭素鋼 (SS41), ステンレス鋼 (SUS317J1)
配管・弁			炭素鋼 (STPG38)	
バウンダリの維持	耐圧	ケーシング	ステンレス鋳鋼 (SCS1T1)	
		取付ボルト	低合金鋼 (SNB7)	
	軸シール	メカニカルシール	(消耗品)	
機器の支持	支持	ベース	炭素鋼	
		基礎ボルト	炭素鋼 (SS41)	

表 2.1-2 制御棒駆動系駆動水ポンプの使用条件

最高使用圧力	約 13.8 MPa
最高使用温度	66 °C
容量	46 m <sup>3</sup> /h
内部流体	純水

## 2.1.2 残留熱除去系封水ポンプ

### (1) 構造

残留熱除去系封水ポンプは、容量 5 m<sup>3</sup>/h、揚程 50 m の横軸単段遠心ポンプであり、1 台設置している。

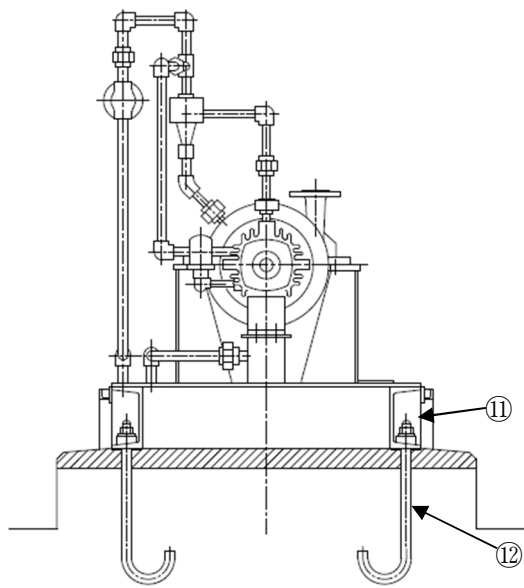
純水に接液するケーシングには炭素鋼鋳鋼、羽根車にはステンレス鋳鋼、主軸にはステンレス鋼を使用しており、軸封部には、内部流体の漏れを防止するため、メカニカルシールを使用している。

また、羽根車及び主軸は、取付ボルトを緩め、ケーシング等を取り外すことにより、外に取り出し点検手入れが可能である。

残留熱除去系封水ポンプの構造図を図 2.1-2 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

残留熱除去系封水ポンプ主要部位の使用材料を表 2.1-3 に、使用条件を表 2.1-4 に示す。



A-A 矢視

No.	部 位
①	主軸
②	軸継手
③	羽根車
④	ケーシングリング
⑤	軸受 (転がり)
⑥	軸受箱
⑦	ケーシング
⑧	ケーシングカバー
⑨	取付ボルト
⑩	メカニカルシール
⑪	ベース
⑫	基礎ボルト

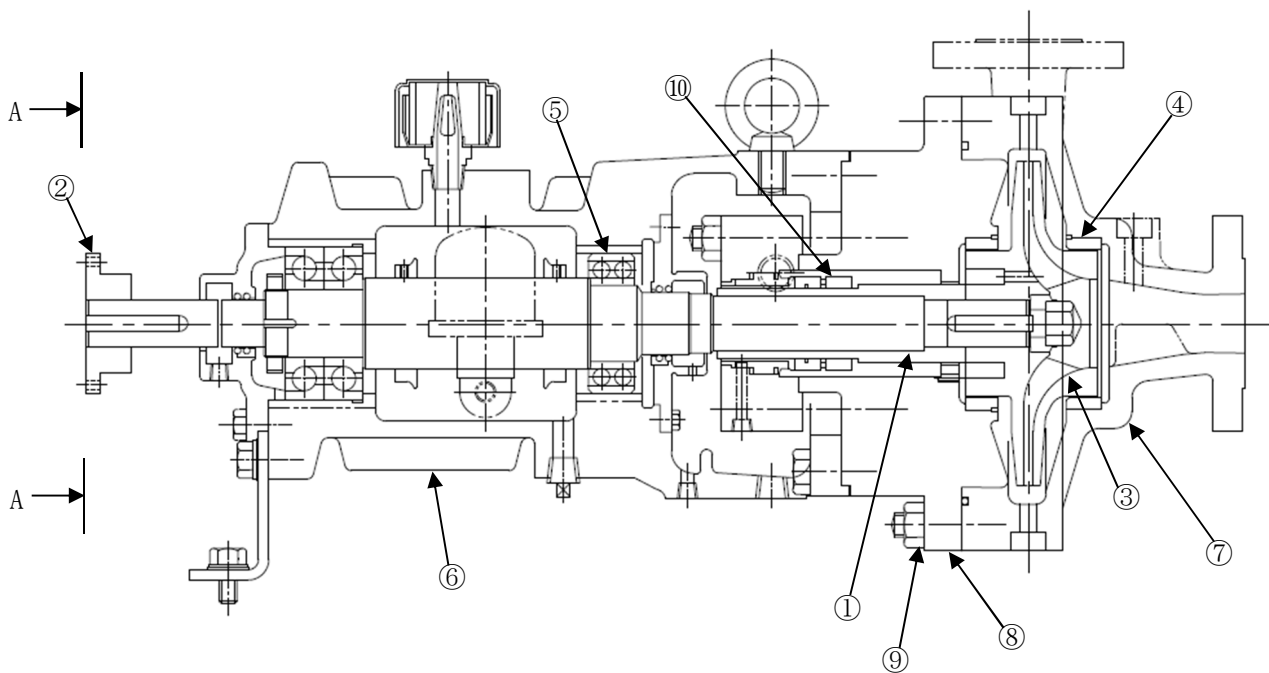


図 2.1-2 残留熱除去系封水ポンプ構造図



表 2.1-3 残留熱除去系封水ポンプ主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
ポンプの容量と揚程の確保	エネルギー伝達	主軸	ステンレス鋼 (SUS304)
		軸継手	炭素鋼 (S45C)
	エネルギー変換	羽根車	ステンレス鋳鋼 (SCS13)
		ケーシングリング	ステンレス鋼 (SUS420J2)
	軸支持	軸受 (転がり)	(消耗品)
		軸受箱	鋳鉄 (FC20)
バウンダリの維持	耐 圧	ケーシング	炭素鋼鋳鋼 (SCPH2)
		ケーシングカバー	炭素鋼鋳鋼 (SCPH2)
		取付ボルト	低合金鋼 (SCM435)
	軸シール	メカニカルシール	(消耗品)
機器の支持	支 持	ベース	炭素鋼
		基礎ボルト	炭素鋼 (SS41)

表 2.1-4 残留熱除去系封水ポンプの使用条件

最高使用圧力	約 1.4 MPa
最高使用温度	100 °C
容 量	5 m <sup>3</sup> /h
内 部 流 体	純水

### 2.1.3 原子炉補機冷却水ポンプ

#### (1) 構造

原子炉補機冷却水ポンプは、容量 1,700 m<sup>3</sup>/h、揚程 58 m の横軸単段遠心ポンプであり、4 台設置している。

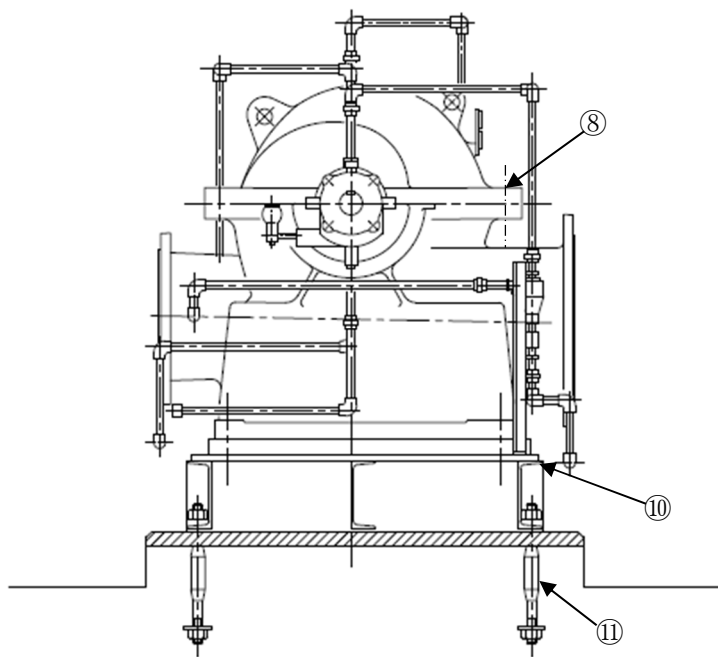
冷却水（防食剤入り純水）に接液するケーシングには炭素鋼鋳鋼、主軸には炭素鋼、羽根車にはステンレス鋳鋼を使用しており、軸封部には、内部流体の漏れを防止するため、メカニカルシールを使用している。

また、羽根車及び主軸は、取付ボルトを緩め、ケーシング等を取り外すことにより、外に取り出し点検手入れが可能である。

原子炉補機冷却水ポンプの構造図を図 2.1-3 に示す。

#### (2) 材料及び使用条件

原子炉補機冷却水ポンプ主要部位の使用材料を表 2.1-5 に、使用条件を表 2.1-6 に示す。



A-A 矢視

No.	部 位
①	主軸
②	軸継手
③	羽根車
④	ケーシングリング
⑤	軸受 (転がり)
⑥	軸受箱
⑦	ケーシング
⑧	取付ボルト
⑨	メカニカルシール
⑩	ベース
⑪	基礎ボルト

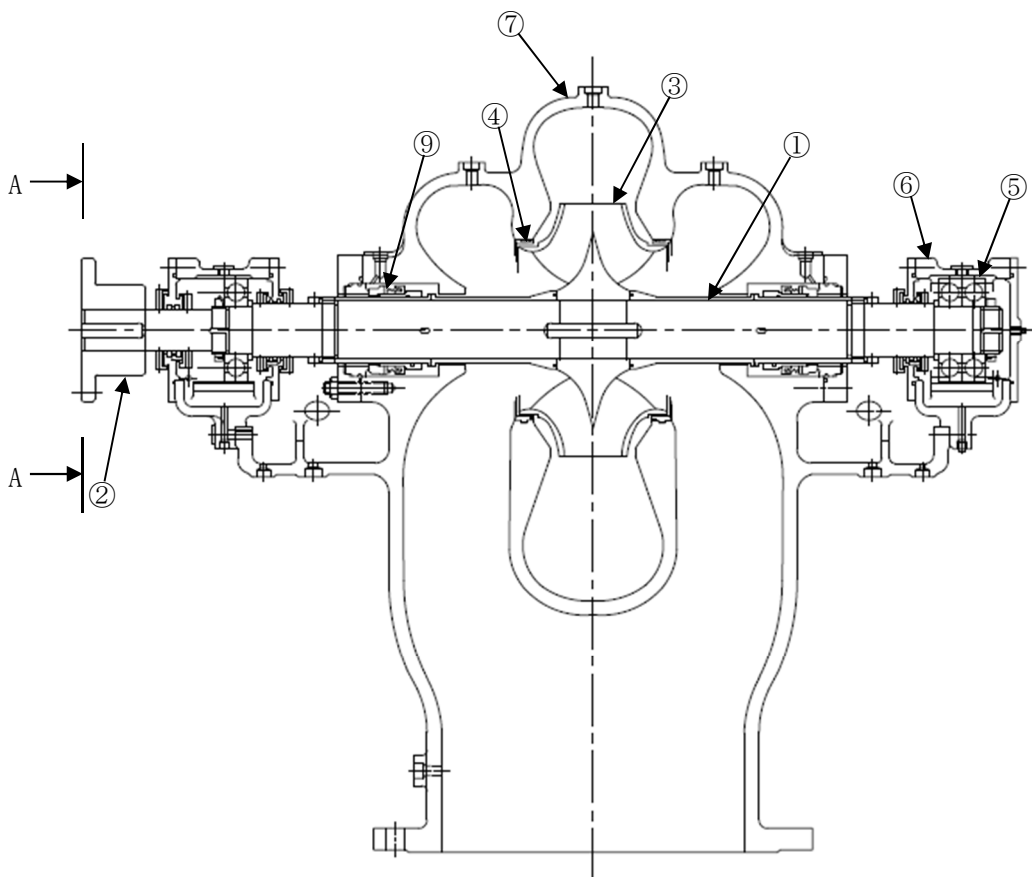


図 2.1-3 原子炉補機冷却水ポンプ構造図

表 2.1-5 原子炉補機冷却水ポンプ主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
ポンプの容量と揚程の確保	エネルギー伝達	主軸	炭素鋼 (S45C)
		軸継手	炭素鋼 (S45C)
	エネルギー変換	羽根車	ステンレス鋳鋼 (SCS13)
		ケーシングリング	ステンレス鋼 (SUS403 Modify)
	軸支持	軸受 (転がり)	(消耗品)
		軸受箱	鋳鉄 (FCD45)
バウンダリの維持	耐 圧	ケーシング	炭素鋼鋳鋼 (SCW49)
		取付ボルト	低合金鋼 (SCM435)
	軸シール	メカニカルシール	(消耗品)
機器の支持	支 持	ベース	炭素鋼
		基礎ボルト	炭素鋼 (SS41)

表 2.1-6 原子炉補機冷却水ポンプの使用条件

最高使用圧力	約 1.4 MPa
最高使用温度	70 °C
容 量	1,700 m <sup>3</sup> /h
内 部 流 体	冷却水

#### 2.1.4 高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却海水ポンプ

##### (1) 構造

高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却海水ポンプは、容量 480 m<sup>3</sup>/h、揚程 39 m の立軸斜流ポンプであり、1 台設置している。

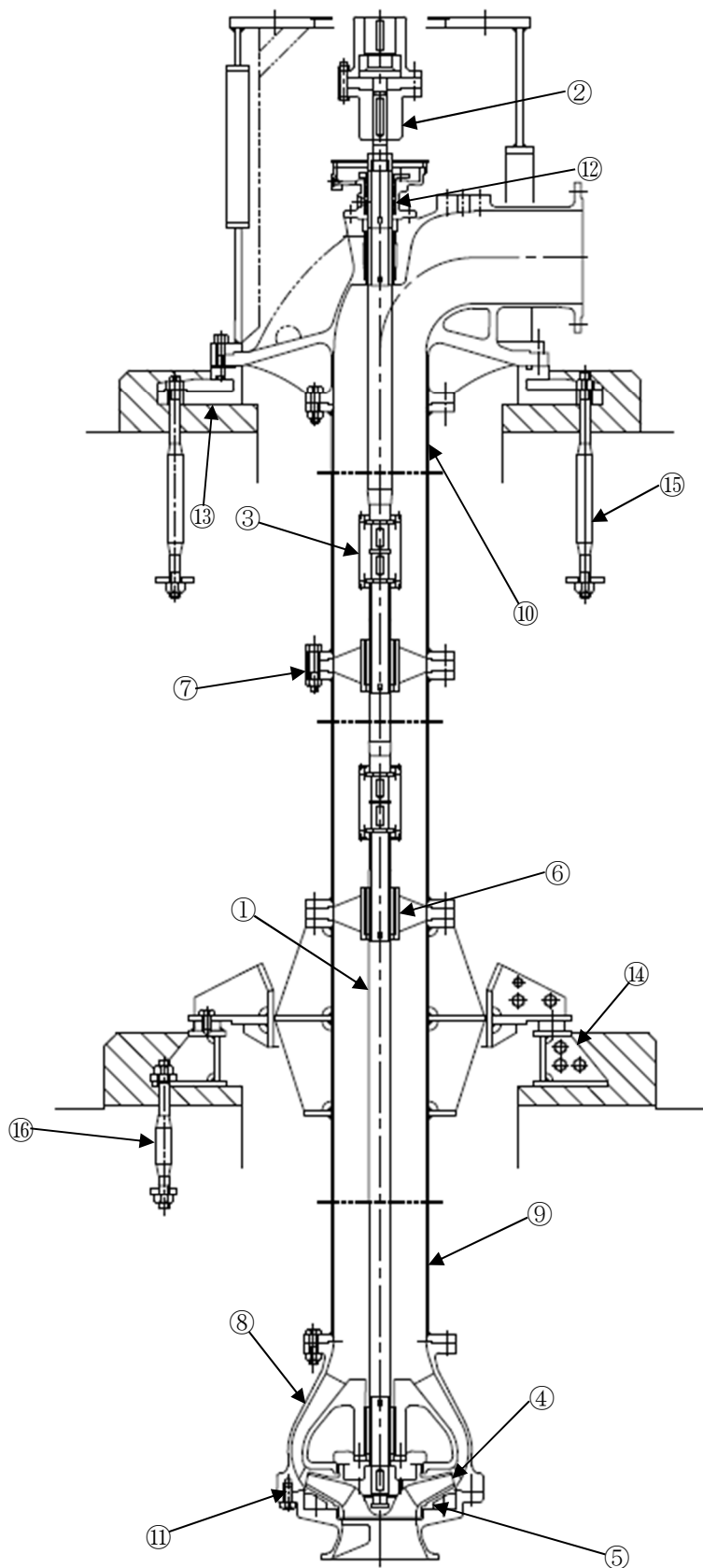
海水に接液するケーシング、羽根車にはステンレス鋳鋼、主軸にはステンレス鋼を使用しており、軸封部には、内部流体の漏れを防止するため、グランドパッキンを使用している。

また、羽根車及び主軸は、取付ボルトを緩め、ケーシング等を取り外すことにより、外に取り出し点検手入れが可能である。

高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却海水ポンプの構造図を図 2.1-4 に示す。

##### (2) 材料及び使用条件

高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却海水ポンプ主要部位の使用材料を表 2.1-7 に、使用条件を表 2.1-8 に示す。



No.	部 位
①	主軸
②	軸継手
③	中間軸継手
④	羽根車
⑤	ケーシングリング
⑥	軸受 (すべり)
⑦	軸受箱
⑧	ケーシング
⑨	揚水管
⑩	デリベリ
⑪	取付ボルト
⑫	グランドパッキン
⑬	ベース
⑭	中間支持台
⑮	基礎ボルト
⑯	中間支持台 基礎ボルト

図 2.1-4 高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却海水ポンプ構造図

表 2.1-7 高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却海水ポンプ主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
ポンプの容量と揚程の確保	エネルギー伝達	主軸	ステンレス鋼 (SUS316)
		軸継手	炭素鋼 (SF45A)
		中間軸継手	ステンレス鋼 (SUS316)
	エネルギー変換	羽根車	ステンレス鋳鋼 (SCS14)
		ケーシングリング	ステンレス鋼
	軸支持	軸受 (すべり)	(消耗品)
軸受箱		ステンレス鋳鋼 (SCS14)	
バウンダリの維持	耐 圧	ケーシング	ステンレス鋳鋼 (SCS14)
		揚水管	ステンレス鋼 (SUS316)
		デリバリ	ステンレス鋼 (SUS316)
		取付ボルト	ステンレス鋼 (SUS316)
	軸シール	グランドパッキン	(消耗品)
機器の支持	支 持	ベース	炭素鋼鋳鋼 (SCW49)
		中間支持台	ステンレス鋼 (SUS316)
		基礎ボルト	ステンレス鋼 (SUS304)
		中間支持台基礎ボルト	ステンレス鋼 (SUS316)

表 2.1-8 高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却海水ポンプの使用条件

最高使用圧力	約 0.7 MPa
最高使用温度	50 °C
容 量	480 m <sup>3</sup> /h
内 部 流 体	海水

## 2.1.5 残留熱除去系ポンプ

### (1) 構造

残留熱除去系ポンプは、容量 1,630 m<sup>3</sup>/h、揚程 89 m の立軸多段遠心ポンプであり、3 台設置している。

純水に接液するケーシングには炭素鋼及び低合金鋼、主軸にはステンレス鋼、羽根車にはステンレス鋳鋼を使用しており、軸封部には、内部流体の漏れを防止するため、メカニカルシールを使用している。

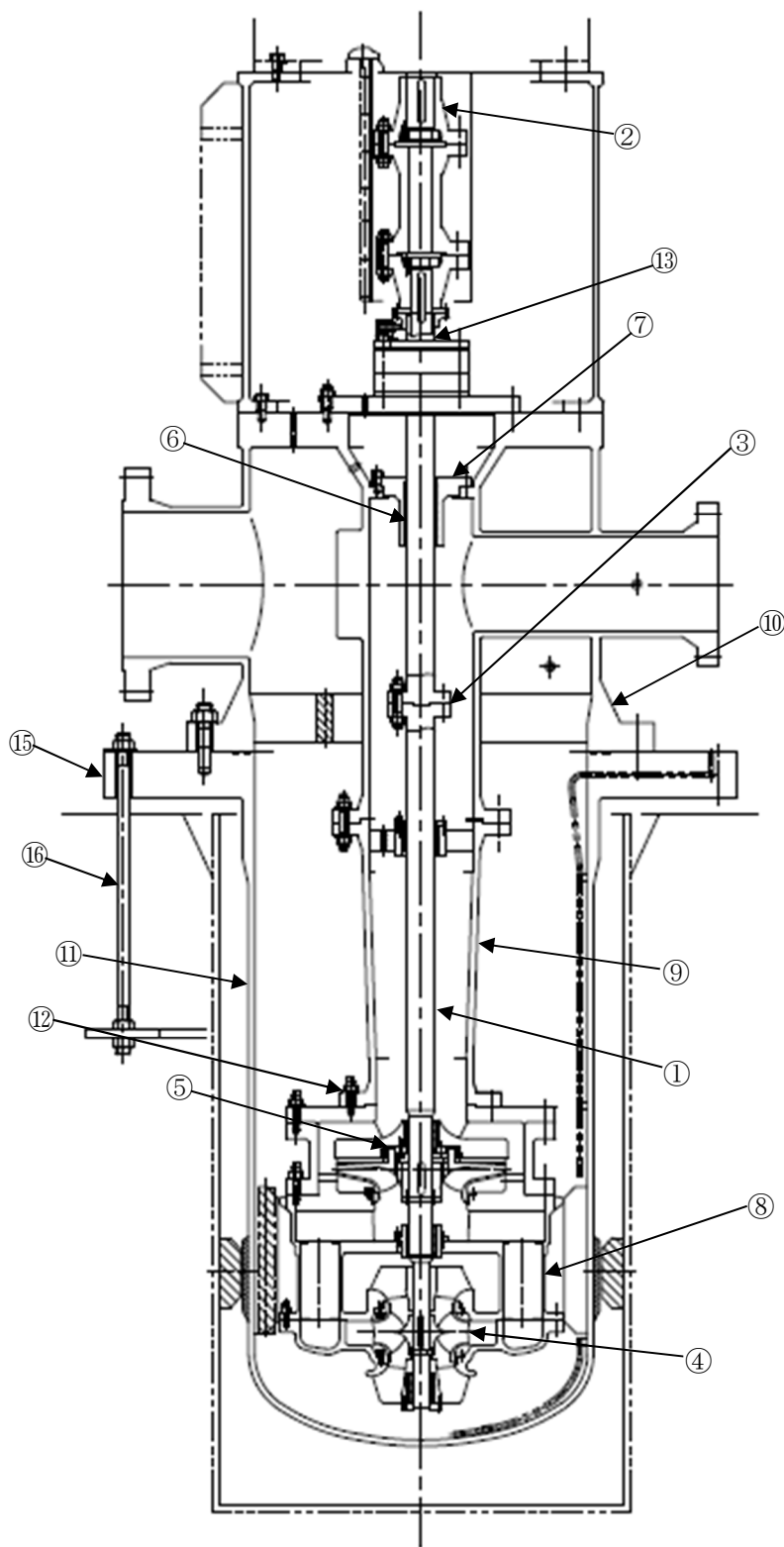
また、羽根車及び主軸は、取付ボルトを緩め、ケーシング等を取り外すことにより、外に取り出し点検手入れが可能である。

残留熱除去系ポンプの構造図を図 2.1-5 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

残留熱除去系ポンプ主要部位の使用材料を表 2.1-9 に、使用条件を表 2.1-10 に示す。





No.	部 位
①	主軸
②	軸継手
③	中間軸継手
④	羽根車
⑤	ケーシングリング
⑥	軸受 (すべり)
⑦	軸受箱
⑧	ケーシング
⑨	揚水管
⑩	デリバリー
⑪	バレル
⑫	取付ボルト
⑬	メカニカルシール
⑭	シール水クーラ
⑮	ベース
⑯	基礎ボルト

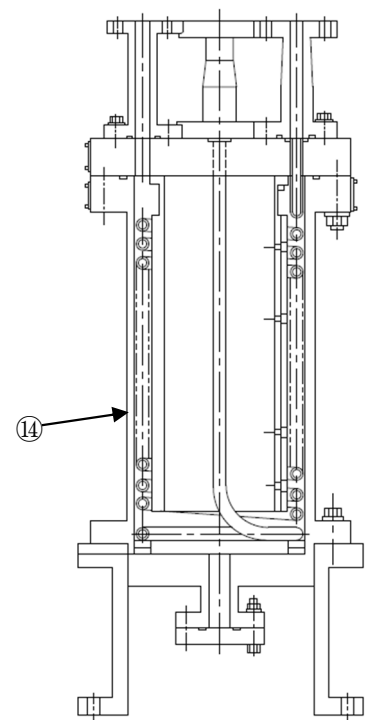


図 2.1-5 残留熱除去系ポンプ構造図

表 2.1-9 残留熱除去系ポンプ主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
ポンプの容量と揚程の確保	エネルギー伝達	主軸	ステンレス鋼 (SUS420J1)
		軸継手	炭素鋼 (SF50A)
		中間軸継手	ステンレス鋼 (SUS420J1)
	エネルギー変換	羽根車	ステンレス鋳鋼 (SCS1)
		ケーシングリング	ステンレス鋼 (SUS420J1)
	軸支持	軸受 (すべり)	カーボン
軸受箱		ステンレス鋼 (SUS420J1)	
バウンダリの維持	耐 圧	ケーシング	炭 素 鋼 ( SGV42 , SFVV1 , S20C ) , 低合金鋼 (SCPH21)
		揚水管	炭素鋼 (SGV42, SFVV1)
		デリベリ	炭素鋼 (SGV42, SFVV1)
		バレル	炭素鋼 (SGV42)
		取付ボルト	低合金鋼 (SCM435)
	軸シール	メカニカルシール	(消耗品)
		シール水クーラ	炭素鋼 (SFVV1) , ステンレス鋼 (SUS304L, SUS316LTP)
機器の支持	支 持	ベース	炭素鋼
		基礎ボルト	低合金鋼 (SNCM439)

表 2.1-10 残留熱除去系ポンプの使用条件

最高使用圧力	約 3.4 MPa
最高使用温度	182 °C
容 量	1,630 m <sup>3</sup> /h
内 部 流 体	純水

## 2.1.6 原子炉補機冷却海水ポンプ

### (1) 構造

原子炉補機冷却海水ポンプは、容量 2,200 m<sup>3</sup>/h、揚程 30 m の立軸単段遠心ポンプであり、4 台設置している。

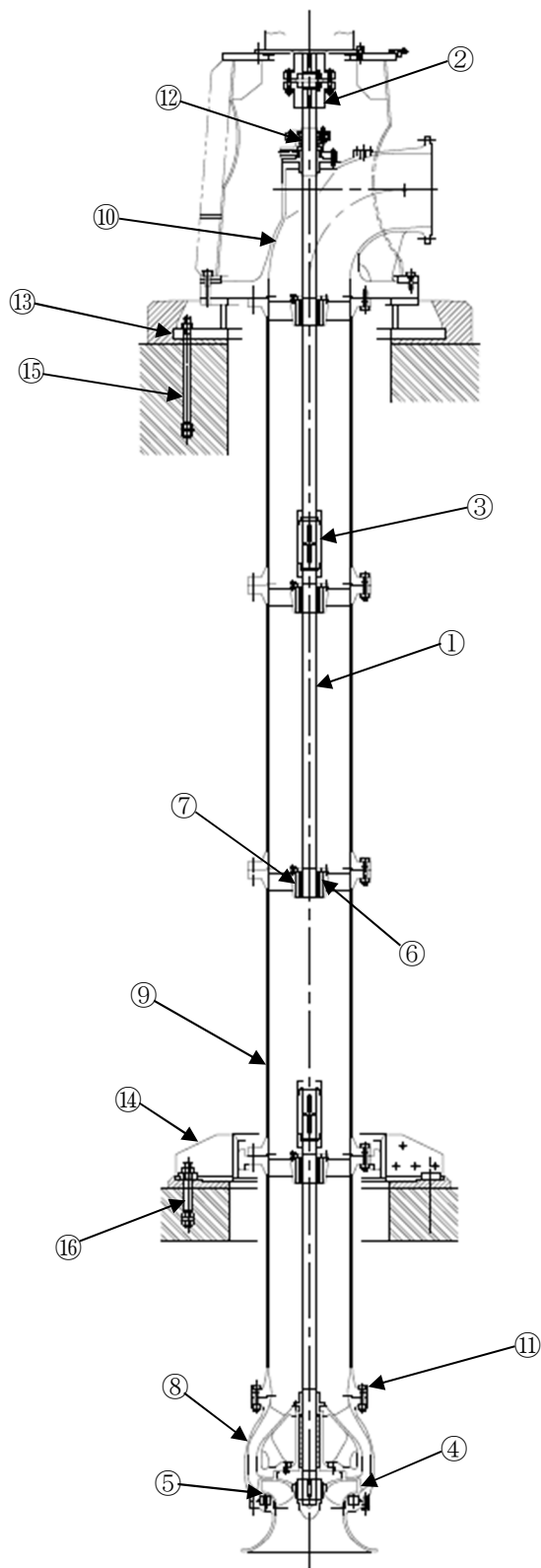
海水に接液するケーシング、羽根車にはステンレス鋳鋼、主軸にはステンレス鋼を使用しており、軸封部には、内部流体の漏れを防止するため、グランドパッキンを使用している。

また、羽根車及び主軸は、取付ボルトを緩め、ケーシング等を取り外すことにより、外に取り出し点検手入れが可能である。

原子炉補機冷却海水ポンプの構造図を図 2.1-6 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

原子炉補機冷却海水ポンプ主要部位の使用材料を表 2.1-11 に、使用条件を表 2.1-12 に示す。



No.	部 位
①	主軸
②	軸継手
③	中間軸継手
④	羽根車
⑤	ケーシングリング
⑥	軸受 (すべり)
⑦	軸受箱
⑧	ケーシング
⑨	揚水管
⑩	デリベリ
⑪	取付ボルト
⑫	グランドパッキン
⑬	ベース
⑭	中間支持台
⑮	基礎ボルト
⑯	中間支持台 基礎ボルト

図 2.1-6 原子炉補機冷却海水ポンプ構造図

表 2.1-11 原子炉補機冷却海水ポンプ主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
ポンプの容量と揚程の確保	エネルギー伝達	主軸	ステンレス鋼 (SUS316L)
		軸継手	炭素鋼 (SF50A)
		中間軸継手	ステンレス鋳鋼 (SCS14-CF)
	エネルギー変換	羽根車	ステンレス鋳鋼 (SCS14)
		ケーシングリング	ステンレス鋼
	軸支持	軸受 (すべり)	(消耗品)
		軸受箱	ステンレス鋳鋼 (SCS14-CF) , ステンレス鋼 (SUSF316 , SUS316)
バウンダリの維持	耐 圧	ケーシング	ステンレス鋳鋼 (SCS14)
		揚水管	ステンレス鋼 (SUSF316 , SUS316)
		デリベリ	ステンレス鋳鋼 (SCS14)
		取付ボルト	ステンレス鋼 (SUS316)
	軸シール	グランドパッキン	(消耗品)
機器の支持	支 持	ベース	炭素鋼 (SM41A)
		中間支持台	ステンレス鋼 (SUS316)
		基礎ボルト	低合金鋼 (SCM435)
		中間支持台基礎ボルト	ステンレス鋼 (SUS316)

表 2.1-12 原子炉補機冷却海水ポンプの使用条件

最高使用圧力	約 0.6 MPa
最高使用温度	50 °C
容 量	2,200 m <sup>3</sup> /h
内 部 流 体	海水

## 2.1.7 原子炉冷却材浄化系ポンプ

### (1) 構造

原子炉冷却材浄化系ポンプは、容量 62 m<sup>3</sup>/h、揚程 120 m の立軸キャンドモータ型ポンプであり、2 台設置している。

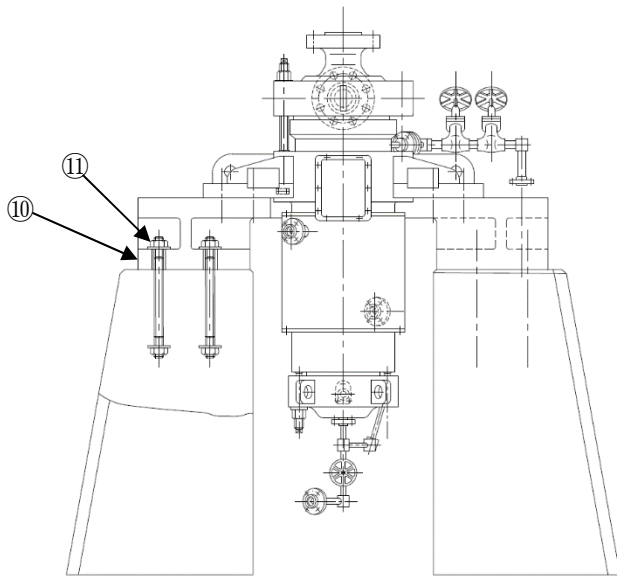
純水に接液するケーシング、羽根車にはステンレス鋳鋼、主軸にはステンレス鋼を使用しており、内部流体の漏れを防止するため、軸封部のないキャンドモータ型ポンプを使用している。

また、羽根車及び主軸は、取付ボルトを緩め、ケーシング等を取り外すことにより、外に取り出し点検手入れが可能である。

原子炉冷却材浄化系ポンプの構造図を図 2.1-7 に示す。

### (2) 使用材料及び使用条件

原子炉冷却材浄化系ポンプ主要部位の使用材料を表 2.1-13 に、使用条件を表 2.1-14 に示す。



外形図

No.	部 位
①	主軸
②	ロータ/ステータライナ (キャン)
③	羽根車
④	ケーシングリング
⑤	軸受 (すべり)
⑥	ケーシング
⑦	アダプタ
⑧	リアカバー
⑨	取付ボルト
⑩	スタンド
⑪	基礎ボルト

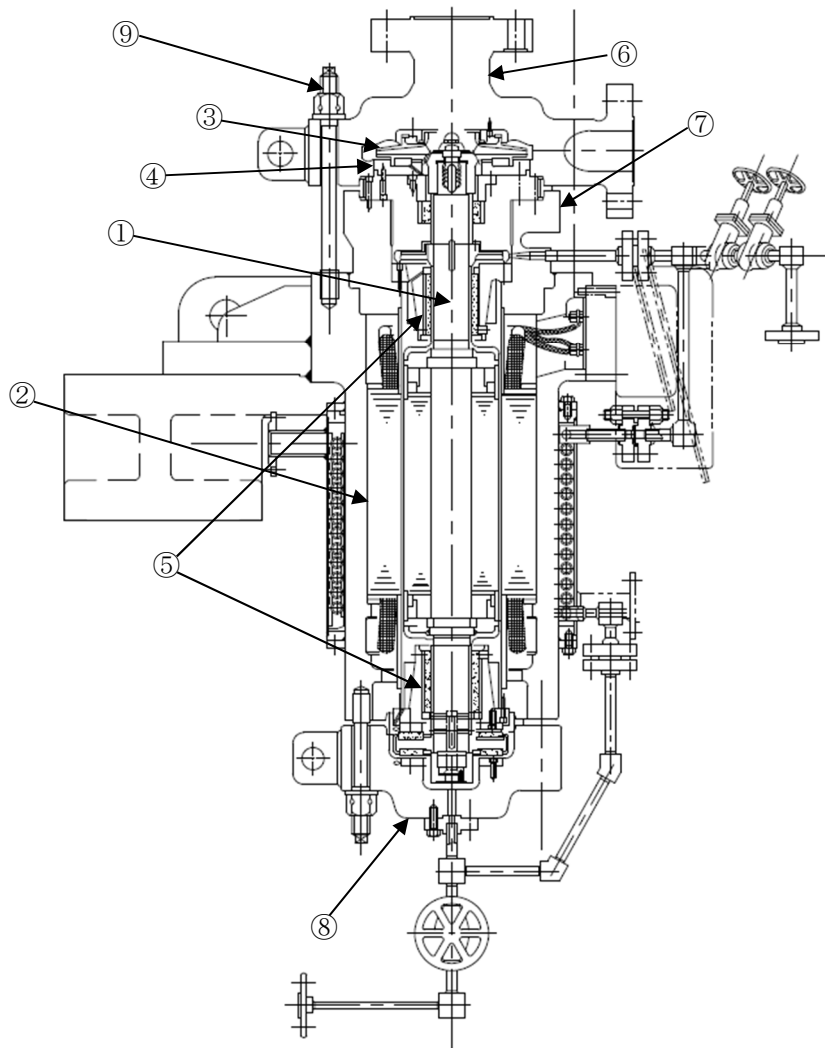


図 2.1-7 原子炉冷却材浄化系ポンプ構造図

表 2.1-13 原子炉冷却材浄化系ポンプ主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
ポンプの容量と揚程の確保	エネルギー伝達	主軸	ステンレス鋼 (SUSF316)
		ロータ/ステータライナ (キャン)	高ニッケル合金 (ハステロイ C-276)
	エネルギー変換	羽根車	ステンレス鋳鋼 (SCS13)
		ケーシングリング	ステンレス鋼 (SUSF316)
	軸支持	軸受 (すべり)	(消耗品)
バウンダリの維持	耐 圧	ケーシング	ステンレス鋳鋼 (SCS13)
		アダプタ	ステンレス鋼 (SUSF316)
		リアカバー	ステンレス鋳鋼 (SCS13)
		取付ボルト	ステンレス鋼 (SUS660)
機器の支持	支 持	スタンド	鋳鉄 (FCD45)
		基礎ボルト	炭素鋼 (SS41)

表 2.1-14 原子炉冷却材浄化系ポンプの使用条件

最高使用圧力	約 10.0 MPa
最高使用温度	66 °C
容 量	62 m <sup>3</sup> /h
内 部 流 体	純水



## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

ターボポンプの機能は、羽根車を回転させることにより、流体にエネルギーを与えるものであり、この機能の達成に必要な項目は以下のとおり。

- ① ポンプの容量と揚程の確保
- ② バウンダリの維持
- ③ 機器の支持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

ターボポンプについて、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の材料、構造、使用条件（水質、圧力、温度等）及び現在までの運転経験を考慮し、代表機器毎に表 2.2-1 に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

なお、消耗品及び定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

グランドパッキン、メカニカルシール、転がり軸受、すべり軸受（制御棒駆動系駆動水ポンプ、残留熱除去系ポンプを除く）は消耗品であり、設計時に長期使用せず取替を前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

(3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

想定される経年劣化事象のうち主要 6 事象に該当する事象及び下記①，②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。なお，下記①，②に該当する事象については，2.2.3 項に示すとおり，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

- ① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって，想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△）
- ② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲）

この結果，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象として以下の事象が抽出された（表 2.2-1 で○）。

- a. 潤滑油ユニット油ポンプモータ（低圧，交流，全閉）の固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下〔制御棒駆動系駆動水ポンプ〕

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

#### a. 主軸の摩耗 [共通]

転がり軸受を使用している主軸については、軸受と主軸の接触面の摩耗が想定されるが、これまでの点検において主軸の目視点検、寸法測定を行い、有意な摩耗は確認されておらず、今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

すべり軸受を使用している主軸はすべり軸受との接触面において摩耗の発生が想定されるが、軸受には潤滑剤が供給され主軸と軸受間に膜が形成される構造となっており主軸の摩耗が発生する可能性は小さい。

また、分解点検時に目視点検、寸法測定を行い、これまで有意な摩耗は確認されておらず、今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### b. 羽根車とケーシングリング間の摩耗 [共通]

ケーシングリングは羽根車と摺動することにより摩耗の発生が想定されるが、定期的な分解点検において目視点検及びケーシングリングと羽根車隙間の寸法測定を行い、隙間が基準値に達した場合は取替を行うこととしている。

摩耗の進展速度は、運転時間やポンプ回転数等により影響されるが、これらは通常運転中ほぼ一定であるため、これまでの運転経験より、今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### c. すべり軸受の摩耗 [残留熱除去系ポンプ]

すべり軸受は、接触面において摩耗の発生が想定されるが、摺動部は内部流体により潤滑される構造となっており、分解点検時に目視点検及び主軸と軸受間隙の寸法測定を行い、隙間が基準値に達した場合は取替を行っている。

今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. すべり軸受の摩耗及びはく離 [制御棒駆動系駆動水ポンプ]

すべり軸受はホワイトメタルを軸受に鑄込み溶着しているため摩耗及びはく離が想定される。

しかし、摩耗については、軸受に潤滑剤が供給され主軸と軸受間に膜が形成される構造となっており、分解点検時に目視点検及び主軸と軸受間隙の寸法測定を行い、間隙が基準値に達した場合は、取替または修理を行うこととしている。

また、はく離についても分解点検時に目視点検及び浸透探傷検査を実施し、必要に応じて取替または修理を行うこととしている。

今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. 主軸，ケーシング，羽根車，軸受箱，取付ボルト等接液部の腐食（孔食，隙間腐食） [高压炉心スプレィディーゼル補機冷却海水ポンプ，原子炉補機冷却海水ポンプ]

主軸，ケーシング，羽根車，取付ボルト，中間軸継手，ケーシングリング，軸受箱，揚水管，デリバリー，中間支持台，中間支持台基礎ボルトの海水に接液する材料はステンレス鋼またはステンレス鑄鋼であり，腐食（孔食，隙間腐食）の発生が想定される。これらの部位については分解点検時に目視点検を行い，腐食の状況に応じて寸法測定を実施している。さらに，必要に応じて取替または修理を実施している。

今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f. 基礎ボルトの腐食（全面腐食） [制御棒駆動系駆動水ポンプ，残留熱除去系封水ポンプ，原子炉補機冷却水ポンプ，残留熱除去系ポンプ，原子炉冷却材浄化系ポンプ]

基礎ボルトの腐食については，「機械設備の技術評価書」にて評価を実施するものとし本評価書には含めていない。

g. 軸継手の摩耗 [制御棒駆動系駆動水ポンプ]

軸継手は長期使用において摩耗の発生が想定されるが，潤滑剤により潤滑されており摩耗が発生する可能性は小さい。

また，これまでの点検結果からも有意な摩耗は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

h. 増速機歯車の摩耗 [制御棒駆動系駆動水ポンプ]

増速機歯車は長期使用において摩耗が想定されるが、潤滑剤により潤滑されており摩耗の可能性は小さい。

また、これまでの点検結果からも有意な摩耗は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

i. 増速機ケーシングの腐食（全面腐食） [制御棒駆動系駆動水ポンプ]

増速機ケーシングは鋳鉄であり腐食が想定されるが、外面は防食塗装により腐食を防止しており、また内面については歯車ならびに軸受を潤滑するため、油環境下にあることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、これまでの目視による点検結果からは有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

j. 羽根車の腐食（キャビテーション） [共通]

ポンプ内部でキャビテーションが発生すると羽根車表面にエロージョンが生じ、ポンプ性能に影響を及ぼすことが想定されるが、ポンプはキャビテーションを起こさない条件（有効吸込ヘッド>必要有効吸込ヘッド）を満たすよう設計段階において考慮されており、この大小関係は経年的に変わるものではないことから腐食（キャビテーション）の発生する可能性は小さい。

また、分解点検時に目視点検を実施し、必要に応じて取替または修理を実施することとしている。

今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

k. ロータ/ステータライナ（キャン）の腐食（キャビテーション・エロージョン）  
[原子炉冷却材浄化系ポンプ]

キャンドモータ型ポンプの特徴的な構成部品であるロータ/ステータライナ（キャン）は狭喉部に流体が流れるため、腐食（キャビテーション・エロージョン）が想定されるが、使用材料として耐食性の高い高ニッケル合金を使用していることから、腐食（キャビテーション・エロージョン）が発生する可能性は小さい。

また、分解点検時に目視点検を実施し、必要に応じてロータ/ステータライナ（キャン）の張替え修理、または取替を実施することとしている。

今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

1. ケーシング及びケーシングカバー等接液部の腐食（全面腐食）〔残留熱除去系封水ポンプ，残留熱除去系ポンプ〕

残留熱除去系封水ポンプのケーシング，ケーシングカバーは炭素鋼，残留熱除去系ポンプのケーシング，揚水管，デリベリは炭素鋼または低合金鋼であり，内部流体が純水であることから，腐食の発生が想定される。

しかし，これまでの分解点検時における目視点検からは有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

また，残留熱除去系ポンプのバレルの材料は炭素鋼であり，内面は純水に接しており，外面はコンクリートに覆われているため，地下水の浸透により浸水する場合には腐食の発生が想定されるが，ピットの止水処理を行っていることからバレル外面については腐食の発生する可能性は小さく，バレル内面についてはこれまでの目視点検の結果から有意な腐食は確認されていない。

今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- m. 主軸，ケーシングの腐食（全面腐食）〔原子炉補機冷却水ポンプ〕

主軸は炭素鋼，ケーシングは炭素鋼であることから，腐食が想定されるが，内部流体が冷却水（防錆剤入り純水）であるため，腐食が発生する可能性は小さい。

また，これまでの分解点検時における目視点検結果からは有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- n. 軸受箱の腐食（全面腐食）〔制御棒駆動系駆動水ポンプ，残留熱除去系封水ポンプ，原子炉補機冷却水ポンプ〕

軸受箱は鋳鉄であり腐食の発生が想定されるが，外面は防食塗装により腐食の発生を防止しており，また，内部流体が潤滑油であることから，腐食が発生する可能性は小さい。

さらに，これまでの機器点検等において有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- o. 取付ボルトの腐食（全面腐食）〔制御棒駆動系駆動水ポンプ，残留熱除去系封水ポンプ，原子炉補機冷却水ポンプ，残留熱除去系ポンプ〕

取付ボルトは低合金鋼であり腐食の発生が想定されるが，これまでポンプの分解点検時における目視点検の結果からは有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

p. シール水クーラの腐食（全面腐食） [残留熱除去系ポンプ]

残留熱除去系ポンプのシール水クーラ胴の材料は炭素鋼であり腐食が想定されるが、胴内面に接液する流体は冷却水（防錆剤入り純水）であるため、腐食発生の可能性は小さい。

また、これまでの分解点検時における目視点検結果からは有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

q. ベース（スタンド）の腐食（全面腐食） [共通]

ベース（スタンド）は炭素鋼、炭素鋼鋳鋼または鋳鉄であり腐食が想定されるが、空気接触部は防食塗装で腐食の発生を防止しており、塗装のはがれに対しては必要に応じて補修塗装を実施している。

また、これまでの機器点検等において有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

r. 主軸の高サイクル疲労割れ [共通]

主軸にはポンプ運転時に繰返し応力が発生することから、応力集中部等において、高サイクル疲労割れが想定されるが、主軸は設計段階において疲労割れが発生しないように考慮された設計となっており、高サイクル疲労が発生する可能性は小さい。

また、これまでの分解点検時の目視点検及び浸透探傷検査において、割れは確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

s. 主軸のフレットング疲労割れ [制御棒駆動系駆動水ポンプ]

他プラントにおいてフレットング疲労による割れ事象が発生しており、羽根車が主軸に焼き嵌めにより固定されるポンプの主軸に、フレットング疲労の発生が想定される。

しかし、ポンプケーシングがダブルボリュート構造であること、及び多段昇圧ポンプであることから、吐出流体による回転方向水平荷重がバランスされる設計であり、変動応力が生じる可能性の小さい構造であるため、フレットング疲労割れが発生する可能性は小さい。また国内外の BWR プラントではこれまで当該部のフレットング疲労割れがトラブル事象として報告された事例も無い。今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

t. 潤滑油ユニットの腐食（全面腐食）〔制御棒駆動系駆動水ポンプ〕

潤滑油ユニットは炭素鋼，鋳鉄である。炭素鋼，鋳鉄の空気接触部について外面は防食塗装により腐食の発生を防止しており，内面については内部流体が油であることから腐食の可能性は小さい。

また，油冷却器の冷却水は防錆剤入りの純水であり，腐食が発生する可能性は小さい。

これまでの機器点検等において有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

u. 潤滑油ユニット油ポンプ歯車の摩耗〔制御棒駆動系駆動水ポンプ〕

歯面は摩耗する可能性があるが，歯車には潤滑油が供給されており，これまでの目視点検及び歯車の隙間計測結果からは有意な摩耗は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

v. 潤滑油ユニット配管の小口径配管の高サイクル疲労割れ〔制御棒駆動系駆動水ポンプ〕

w. 潤滑油ユニット配管のフランジボルト，ナット，埋込金物，ラグ，サポートの腐食（全面腐食）〔制御棒駆動系駆動水ポンプ〕

x. 潤滑油ユニット弁の弁棒の疲労割れ〔制御棒駆動系駆動水ポンプ〕

y. 潤滑油ユニット油ポンプモータ（低圧，交流，全閉）の主軸の摩耗〔制御棒駆動系駆動水ポンプ〕

z. 潤滑油ユニット油ポンプモータ（低圧，交流，全閉）のフレーム，エンドブラケット，端子箱，固定子コア，回転子コア及び取付ボルトの腐食（全面腐食）〔制御棒駆動系駆動水ポンプ〕

aa. 潤滑油ユニット油ポンプモータ（低圧，交流，全閉）の主軸の高サイクル疲労割れ〔制御棒駆動系駆動水ポンプ〕

ab. 潤滑油ユニット油ポンプモータ（低圧，交流，全閉）の回転子棒及び回転子エンドリングの疲労割れ〔制御棒駆動系駆動水ポンプ〕

以上，v.，w.の技術評価については，「配管の技術評価書」と同一であり，x.の技術評価については，「弁の技術評価書」と同一であり，y.～ab.の技術評価については，「ポンプモータの技術評価書」低圧ポンプモータと同一であることから，それぞれの評価書を参照のこと。



(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

a. 基礎ボルトの腐食（全面腐食）〔原子炉補機冷却海水ポンプ〕

原子炉補機冷却海水ポンプの基礎ボルトは低合金鋼であり、腐食の発生が想定されるが、基礎ボルト全体がコンクリートに埋設されている。

コンクリートが中性化した場合に腐食の発生が想定されるが、実機コンクリートにおけるサンプリング結果では中性化は殆ど確認されておらず、腐食が発生する可能性は小さい。今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

表 2.2-1 (1/7) 制御棒駆動系駆動水ポンプに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象						備考		
					減肉		割れ		材質変化			その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化			
ポンプの容量と揚程の確保	エネルギー伝達	主軸		ステンレス鋼	△		△ <sup>*3</sup> △ <sup>*4</sup>					*1: 低圧, 交流, 全閉 *2: 軸受 (転がり) *3: 高サイクル疲労割れ *4: フレッシング疲労割れ *5: キャビテーション *6: はく離 *7: 歯車 *8: 主軸 *9: フレーム, エントブラケット, 端子箱, 固定子コア, 回転子コア, 取付ボルト *10: 回転子棒及び回転子エンドリング *11: 固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下 *12: フランジボルト, ナット, 埋込金物, ラグ, サポート *13: 小口径配管 *14: 弁棒	
		軸継手		炭素鋼	△								
		増速機		低合金鋼, 鋳鉄	△ <sup>*7</sup>	△							
	エネルギー変換	羽根車		ステンレス鋳鋼	△	△ <sup>*5</sup>							
		ケーシングリング		ステンレス鋳鋼	△								
	軸支持	軸受 (すべり)	軸受箱		炭素鋼, ホワイトメタル, 低合金鋼, 青銅鋳物	△							△ <sup>*6</sup>
			軸受箱		鋳鉄		△						
		潤滑油ユニット	油ポンプ		鋳鉄, 炭素鋼	△ <sup>*7</sup>	△						
			油ポンプモータ <sup>*1</sup>	◎ <sup>*2</sup>	炭素鋼, 銅, アルミニウム, 絶縁物他	△ <sup>*8</sup>	△ <sup>*9</sup>	△ <sup>*3*8</sup> △ <sup>*10</sup>					○ <sup>*11</sup>
			油タンク		炭素鋼		△						
油冷却器				炭素鋼, ステンレス鋼		△							
配管・弁		炭素鋼		△ <sup>*12</sup>	△ <sup>*13</sup> △ <sup>*14</sup>								
バウンダリの維持	耐圧	ケーシング		ステンレス鋳鋼									
		取付ボルト		低合金鋼		△							
	軸シール	メカニカルシール	◎										
機器の支持	支持	ベース		炭素鋼		△							
		基礎ボルト		炭素鋼		△							

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (2/7) 残留熱除去系封水ポンプに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期 取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
ポンプの容量と揚程の確保	エネルギー伝達	主軸		ステンレス鋼	△		△*1				*1:高サイクル疲労割れ *2:キャビテーション	
		軸継手		炭素鋼								
	エネルギー変換	羽根車		ステンレス鋳鋼	△	△*2						
		ケーシングリング		ステンレス鋼	△							
	軸支持	軸受 (転がり)	◎									
		軸受箱		鋳鉄		△						
バウンダリの維持	耐 圧	ケーシング		炭素鋼鋳鋼		△						
		ケーシングカバー		炭素鋼鋳鋼		△						
		取付ボルト		低合金鋼		△						
	軸シール	メカニカルシール	◎									
機器の支持	支 持	ベース		炭素鋼		△						
		基礎ボルト		炭素鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (3/7) 原子炉補機冷却水ポンプに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期 取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
ポンプの容量と揚程の確保	エネルギー伝達	主軸		炭素鋼	△	△	△*1				*1:高サイクル疲労割れ *2:キャビテーション	
		軸継手		炭素鋼								
	エネルギー変換	羽根車		ステンレス鋳鋼	△	△*2						
		ケーシングリング		ステンレス鋼	△							
	軸支持	軸受 (転がり)	◎									
		軸受箱		鋳鉄		△						
バウンダリの維持	耐 圧	ケーシング		炭素鋼鋳鋼		△						
		取付ボルト		低合金鋼		△						
	軸シール	メカニカルシール	◎									
機器の支持	支 持	ベース		炭素鋼		△						
		基礎ボルト		炭素鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (4/7) 高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却海水ポンプに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期 取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
ポンプの容量と揚程の確保	エネルギー伝達	主軸		ステンレス鋼	△	△*3	△*1				*1:高サイクル疲労割れ *2:キャビテーション *3:孔食, 隙間腐食	
		軸継手		炭素鋼								
		中間軸継手		ステンレス鋼		△*3						
	エネルギー変換	羽根車		ステンレス鋳鋼	△	△*2 △*3						
		ケーシングリング		ステンレス鋼	△	△*3						
	軸支持	軸受 (すべり)	◎									
		軸受箱		ステンレス鋳鋼		△*3						
バウンダリの維持	耐 圧	ケーシング		ステンレス鋳鋼		△*3						
		揚水管		ステンレス鋼		△*3						
		デリベリ		ステンレス鋼		△*3						
		取付ボルト		ステンレス鋼		△*3						
	軸シール	グラントパッキン	◎									
機器の支持	支 持	ベース		炭素鋼鋳鋼		△						
		中間支持台		ステンレス鋼		△*3						
		基礎ボルト		ステンレス鋼								
		中間支持台 基礎ボルト		ステンレス鋼		△*3						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (5/7) 残留熱除去系ポンプに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期 取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
ポンプの容量と揚程の確保	エネルギー伝達	主軸		ステンレス鋼	△		△*1				*1:高サイクル疲労割れ *2:キャビテーション	
		軸継手		炭素鋼								
		中間軸継手		ステンレス鋼								
	エネルギー変換	羽根車		ステンレス鋳鋼	△	△*2						
		ケーシングリング		ステンレス鋼	△							
	軸支持	軸受 (すべり)		カーボン	△							
		軸受箱		ステンレス鋼								
バウンダリの維持	耐 圧	ケーシング		炭素鋼, 低合金鋼		△						
		揚水管		炭素鋼		△						
		デリバリー		炭素鋼		△						
		バレル		炭素鋼		△						
		取付ボルト		低合金鋼		△						
	軸シール	メカニカルシール	◎									
		シール水クーラ		炭素鋼, ステンレス鋼		△						
機器の支持	支 持	ベース		炭素鋼		△						
		基礎ボルト		低合金鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (6/7) 原子炉補機冷却海水ポンプに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期 取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考
					減 肉		割 れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
ポンプの容量と揚程の確保	エネルギー伝達	主軸		ステンレス鋼	△	△*3	△*1					*1:高サイクル疲労割れ *2:キャビテーション *3:孔食, 隙間腐食
		軸継手		炭素鋼								
		中間軸継手		ステンレス鋳鋼		△*3						
	エネルギー変換	羽根車		ステンレス鋳鋼	△	△*2 △*3						
		ケーシングリング		ステンレス鋼	△	△*3						
	軸支持	軸受 (すべり)	◎									
		軸受箱		ステンレス鋳鋼, ステンレス鋼		△*3						
バウンダリの維持	耐 圧	ケーシング		ステンレス鋳鋼		△*3						
		揚水管		ステンレス鋼		△*3						
		デリベリ		ステンレス鋳鋼		△*3						
		取付ボルト		ステンレス鋼		△*3						
	軸シール	グランドパッキン	◎									
機器の支持	支 持	ベース		炭素鋼		△						
		中間支持台		ステンレス鋼		△*3						
		基礎ボルト		低合金鋼		▲						
		中間支持台 基礎ボルト		ステンレス鋼		△*3						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表 2.2-1 (7/7) 原子炉冷却材浄化系ポンプに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期 取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
ポンプの容量と揚程の確保	エネルギー伝達	主軸		ステンレス鋼	△		△ <sup>*1</sup>				*1:高サイクル疲労割れ *2:キャビテーション *3:キャビテーション・エロージョン	
		ロータ/ステータライナ (キャン)		高ニッケル合金		△ <sup>*3</sup>						
	エネルギー変換	羽根車		ステンレス鋳鋼	△	△ <sup>*2</sup>						
		ケーシングリング		ステンレス鋼	△							
	軸支持	軸受 (すべり)	◎									
バウンダリの維持	耐 圧	ケーシング		ステンレス鋳鋼								
		アダプタ		ステンレス鋼								
		リアカバー		ステンレス鋳鋼								
		取付ボルト		ステンレス鋼								
機器の支持	支 持	スタンド		鋳鉄		△						
		基礎ボルト		炭素鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）



## 2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

### (1) 潤滑油ユニット油ポンプモータ（低圧，交流，全閉）の固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下

モータの固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下に対する「事象の説明」，「技術評価」及び「高経年化への対応」は，低圧ポンプモータと同一であることから，「ポンプモータの技術評価書」低圧ポンプモータの固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下を参照のこと。

### 3. 代表機器以外への展開

本章では、2章で実施した代表機器の技術評価結果について、1章で実施したグループ化で代表機器となっていない機器への展開について検討した。

- ① 低圧炉心スプレイ系封水ポンプ
- ② 高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水ポンプ
- ③ 換気空調補機非常用冷却水系ポンプ
- ④ 低圧炉心スプレイ系ポンプ
- ⑤ 高圧炉心スプレイ系ポンプ

#### 3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

高経年化対策上着目すべき経年劣化事象に該当する事象は抽出されなかった。

### 3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

#### a. 主軸の摩耗 [共通]

代表機器同様、転がり軸受を使用している主軸については、軸受と主軸の接触面の摩耗が想定されるが、これまでの点検において主軸の目視点検を行い、有意な摩耗は確認されておらず、今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

代表機器同様、すべり軸受を使用している主軸はすべり軸受との接触面において摩耗の発生が想定されるが、軸受には潤滑剤が供給され主軸と軸受間に膜が形成される構造となっており主軸の摩耗が発生する可能性は小さい。

また、分解点検時に目視点検、寸法測定を行い、これまで有意な摩耗は確認されておらず、今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### b. 羽根車とケーシングリング間の摩耗 [共通]

代表機器同様、ケーシングリングは羽根車と摺動することにより摩耗が想定されるが、定期的な分解点検において目視点検及びケーシングリングと羽根車隙間の寸法測定を行い、隙間が基準値に達した場合は取替を行うこととしている。

摩耗の進展速度は、運転時間やポンプ回転数等により影響されるが、これらは通常運転中ほぼ一定であるため、これまでの運転経験より、今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### c. すべり軸受の摩耗 [低圧炉心スプレイ系ポンプ、高圧炉心スプレイ系ポンプ]

代表機器同様、すべり軸受は、接触面において摩耗が想定されるが、摺動部は内部流体により潤滑される構造となっており、分解点検時に目視点検及び主軸と軸受間隙の寸法測定を行い、間隙が基準値に達した場合は取替を行うこととしている。

今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. 基礎ボルトの腐食（全面腐食）〔共通〕

代表機器同様，基礎ボルトの腐食については，「機械設備の技術評価書」にて評価を行う。

e. 羽根車の腐食（キャビテーション）〔共通〕

代表機器同様，ポンプ内部でキャビテーションが発生すると羽根車表面にエロージョンが生じ，ポンプ性能に影響を及ぼすことが想定されるが，ポンプはキャビテーションを起こさない条件（有効吸込ヘッド>必要有効吸込ヘッド）を満たすよう設計段階において考慮されており，この大小関係は経年的に変わるものではないことから腐食（キャビテーション）の発生する可能性は小さい。

また，分解点検時に目視点検を実施し，必要に応じて取替または修理を実施することとしている。

今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f. ケーシング及びケーシングカバー等接液部の腐食（全面腐食）〔低圧炉心スプレイ系封水ポンプ，低圧炉心スプレイ系ポンプ，高圧炉心スプレイ系ポンプ〕

代表機器同様，低圧炉心スプレイ系封水ポンプのケーシング，ケーシングカバーは炭素鋼鋳鋼であり，低圧炉心スプレイ系ポンプ，高圧炉心スプレイ系ポンプのケーシング，揚水管，デリベリは炭素鋼，炭素鋼鋳鋼であり，内部流体が純水であることから腐食の発生が想定される。

しかし，これまでの分解点検時における目視点検結果からは有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

また，高圧炉心スプレイ系ポンプ，低圧炉心スプレイ系ポンプのバレルの材料は炭素鋼であり，内面は純水に接しており，外面はコンクリートに覆われているため，地下水の浸透により浸水する場合には腐食の発生が想定されるが，ピットの止水処理を行っていることからバレル外面については腐食の発生する可能性は小さく，バレル内面についてはこれまでの目視点検の結果から有意な腐食は確認されていない。

今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- g. 主軸，ケーシング，ケーシングカバーの腐食（全面腐食）〔高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水ポンプ，換気空調補機非常用冷却水系ポンプ〕

代表機器同様，高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水ポンプの主軸は低合金鋼，ケーシングは炭素鋼鋳鋼であり，換気空調補機非常用冷却水系ポンプのケーシング，ケーシングカバーは炭素鋼鋳鋼であることから腐食の発生が想定されるが，内部流体が冷却水（防錆剤入り純水）であるため，腐食が発生する可能性は小さい。

また，これまでの分解点検時における目視点検結果からは有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- h. 軸受箱の腐食（全面腐食）〔低圧炉心スプレイ系封水ポンプ，高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水ポンプ，換気空調補機非常用冷却水系ポンプ〕

代表機器同様，軸受箱は鋳鉄であり腐食の発生が想定されるが，外面は防食塗装により腐食の発生を防止しており，また内部流体が潤滑油であることから，腐食が発生する可能性は小さい。

また，これまでの機器点検等において有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- i. 取付ボルトの腐食（全面腐食）〔共通〕

代表機器同様，取付ボルトは炭素鋼または低合金鋼であり腐食の発生が想定されるが，これまでポンプの分解点検時における目視点検の結果からは有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- j. シール水クーラの腐食（全面腐食）〔高圧炉心スプレイ系ポンプ，低圧炉心スプレイ系ポンプ〕

代表機器同様，シール水クーラ胴の材料は炭素鋼であり腐食が想定されるが，胴内面に接液する流体は冷却水（防錆剤入り純水）であるため，腐食発生の可能性は小さい。

また，これまでの分解点検時における目視点検結果からは有意な腐食が確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

k. ベースの腐食（全面腐食） [共通]

代表機器同様、ベースは炭素鋼であり、腐食の発生が想定されるが、空気接触部は防食塗装で腐食の発生を防止しており必要に応じて補修塗装を行っていることから腐食が発生する可能性は小さい。

また、機器点検等において有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

1. 主軸の高サイクル疲労割れ [共通]

代表機器同様、主軸にはポンプ運転時に繰返し応力が発生することから、応力集中部等において、高サイクル疲労割れが想定されるが、ポンプ主軸は設計段階において疲労割れが発生しないように考慮された設計となっており、高サイクル疲労が発生する可能性は小さい。

また、これまでの分解点検時の目視点検及び浸透探傷検査より、割れは確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- (2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。

以 上

## 2 往復ポンプ

[対象ポンプ]

- ① ほう酸水注入系ポンプ



## 目 次

1. 対象機器及び代表機器の選定 .....	2-1
2. 往復ポンプの技術評価 .....	2-2
2.1 構造, 材料及び使用条件 .....	2-2
2.1.1 ほう酸水注入系ポンプ .....	2-2
2.2 経年劣化事象の抽出 .....	2-5
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目 .....	2-5
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 .....	2-5
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 .....	2-7
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価 .....	2-12

1. 対象機器及び代表機器の選定

往復ポンプの主な仕様を表 1-1 に示す。

往復ポンプとしては、ほう酸水注入系ポンプのみであることから、ほう酸水注入系ポンプを代表機器とする。

表 1-1 往復ポンプの主な仕様

機器名称 (台数)	仕様 (容量×揚程)	重要度*1	使用条件		
			運転状態*3	最高使用 圧力 (MPa) *2	最高使用 温度 (°C) *2
ほう酸水注入系ポン プ (2)	9.78 m <sup>3</sup> /h×約 860 m	MS-1	一時 (一時)	約 10.8	66

\*1：最上位の重要度を示す

\*2：ポンプ吐出の仕様を示す

\*3：上段は冷温停止状態時における運転状態，下段の（ ）は断続的運転時の運転状態を示す

## 2. 往復ポンプの技術評価

### 2.1 構造, 材料及び使用条件

#### 2.1.1 ほう酸水注入系ポンプ

##### (1) 構造

ほう酸水注入系ポンプは, 容量  $9.78 \text{ m}^3/\text{h}$ , 揚程約  $860 \text{ m}$  の 3 連往復動式ポンプであり, 2 台設置している。

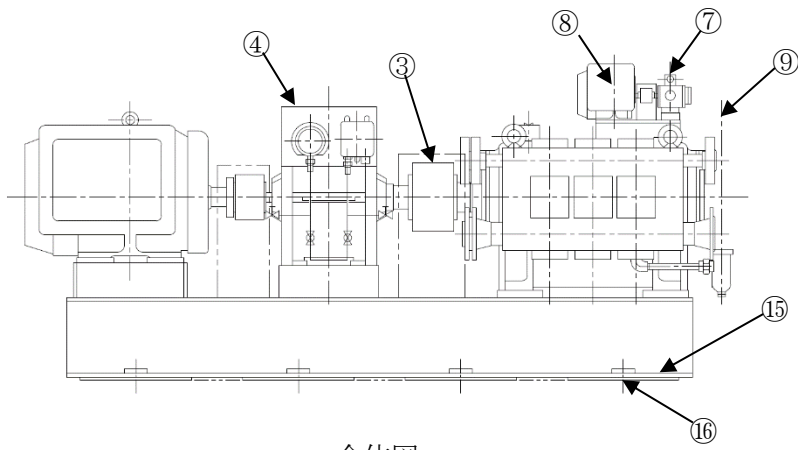
内部流体は五ほう酸ナトリウム水で, 内部流体に接液するケーシング, プランジヤーにはステンレス鋼が使用されており, 軸封部には, 内部流体の漏れを防止するため, グランドパッキンが使用されている。その他, クランクケース内潤滑用に潤滑油ユニットがあり, 油ポンプは鋳鉄, 低合金鋼及び複合セラミックス, 配管はステンレス鋼を使用している。

また, ケーシングは, 取付ボルトを緩め, ケーシングカバー等を取り外すことにより点検手入れが可能である。

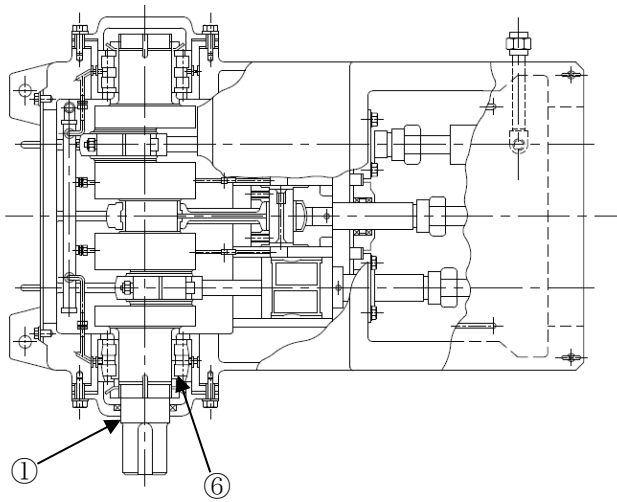
ほう酸水注入系ポンプの構造図を図 2.1-1 に示す。

##### (2) 材料及び使用条件

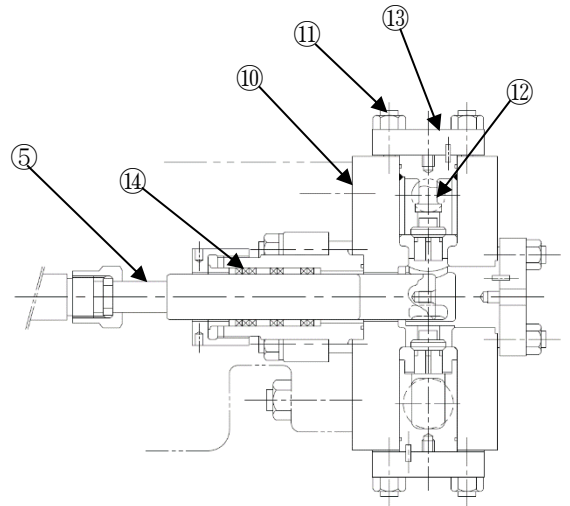
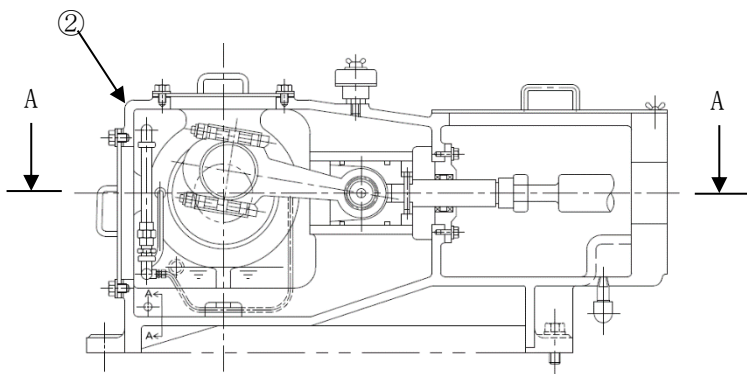
ほう酸水注入系ポンプの使用材料を表 2.1-1 に, 使用条件を表 2.1-2 に示す。



全体図



A-A 断面



No.	部 位	
①	クランク軸	
②	クランク軸ケーシング	
③	軸継手	
④	減速機	
⑤	プランジャー	
⑥	軸受 (転がり)	
⑦	潤滑油 ユニット	油ポンプ
⑧		油ポンプモータ (低圧, 交流, 全 閉)
⑨		配管
⑩	ケーシング	
⑪	取付ボルト	
⑫	リフト抑え	
⑬	ケーシングカバー	
⑭	グランドパッキン	
⑮	ベース	
⑯	基礎ボルト	

図 2.1-1 ほう酸水注入系ポンプ構造図

表 2.1-1 ほう酸水注入系ポンプの使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料	
ポンプの容量と揚程の確保	エネルギー伝達	クランク軸	炭素鋼 (S48C)	
		クランク軸ケーシング	鋳鉄 (FCD45)	
		軸継手	炭素鋼 (S35C, S30C)	
		減速機	鋳鉄 (FCD45) , 炭素鋼 (S45C) , 低合金鋼 (SCM440H)	
	エネルギー変換	プランジャー	ステンレス鋼 (SUS304L)	
	軸支持	潤滑油ユニット	軸受 (転がり)	(消耗品)
			油ポンプ	鋳鉄 (FC25) , 低合金鋼 (SCM21) , 複合セラミックス (MGC)
			油ポンプモータ (低圧, 交流, 全閉)	主軸: 炭素鋼 固定子コイル及びび口出線・接続部品: 銅, 絶縁物 回転子棒及び回転子エンドリング: アルミニウム 軸受 (転がり) : (消耗品)
			配管	ステンレス鋼 (SUS304TP)
	バウンダリの維持	耐 圧	ケーシング	ステンレス鋼 (SUSF304)
取付ボルト			低合金鋼 (SNB7)	
リフト抑え			ステンレス鋼 (SUS304)	
ケーシングカバー			ステンレス鋼 (SUSF304)	
軸シール		グランドパッキン	(消耗品)	
機器の支持	支 持	ベース	炭素鋼	
		基礎ボルト	炭素鋼 (SS41)	

表 2.1-2 ほう酸水注入系ポンプの使用条件

最高使用圧力	約 10.8 MPa
最高使用温度	66 °C
容 量	9.78 m <sup>3</sup> /h
内 部 流 体	五ほう酸ナトリウム水

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

往復ポンプの機能は、プランジャーの往復動により流体の吸込・吐出作用を行うもので、この機能の達成に必要な項目は以下のとおり。

- ① ポンプの容量と揚程の確保
- ② バウンダリの維持
- ③ 機器の支持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

ほう酸水注入系ポンプについて、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、各部位の材料、構造、使用条件及び現在までの運転経験を考慮し、表 2.2-1 のとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

なお、消耗品及び定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

グランドパッキン、転がり軸受は消耗品であり、設計時に長期使用せず取替を前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

(3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

想定される経年劣化事象のうち主要 6 事象に該当する事象及び下記①，②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。なお，下記①，②に該当する事象については，2.2.3 項に示すとおり，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

- ① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって，想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△）
- ② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲）

この結果，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象として以下の事象が抽出された（表 2.2-1 で○）。

- a. 潤滑油ユニット油ポンプモータ（低圧，交流，全閉）の固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

#### a. 基礎ボルトの腐食（全面腐食）

基礎ボルトの腐食については、「機械設備の技術評価書」にて評価を実施するものとし本評価書には含めていない。

#### b. 軸継手及び減速機歯車の摩耗

軸継手及び減速機歯車は長期使用において摩耗が想定されるが、潤滑剤により潤滑されており摩耗が発生する可能性は小さい。

また、本ポンプはプラントの通常運転時、停止時に係らず待機状態であり実運転時間が短く、これまでの点検結果からも有意な摩耗は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### c. プランジヤーの摩耗

摺動部において摩耗が想定されるが、本ポンプはプラントの通常運転時は待機であり、実運転時間が短く摩耗が発生する可能性は小さい。

また、分解点検時のプランジヤー径の測定結果からも、ほとんど摩耗は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### d. 減速機ケーシング及びクランク軸ケーシングの腐食（全面腐食）

減速機ケーシング及びクランク軸ケーシングは鋳鉄であり腐食の発生が想定されるが、外面は防食塗装により腐食の発生を防止しており、また、内面については歯車ならびに軸受を潤滑するため、油環境下にあることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、これまでの目視による点検結果からは有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。



e. ブラランジャー、ケーシング及びリフト抑え接液部の腐食（全面腐食）

ブラランジャー、ケーシング及びリフト抑え接液部の材料はステンレス鋼であり、内部流体で五ほう酸ナトリウム水が混入する可能性があるため腐食が想定されるが、ステンレス鋼は一般的に耐食性を有していることから腐食が発生する可能性は小さい。

また、これまでの点検結果からは有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因は考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f. 取付ボルトの腐食（全面腐食）

取付ボルトは低合金鋼であり、腐食の発生が想定されるが、これまでポンプの分解点検時における目視点検の結果からは有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

g. ベースの腐食（全面腐食）

ベースは炭素鋼であり、腐食の発生が想定されるが、大気接触部は防食塗装により腐食を防止しており、必要に応じて補修塗装を実施することとしている。

また、これまでの機器点検等において有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

h. クランク軸の高サイクル疲労割れ

クランク軸にはポンプ運転時に繰返し応力が発生することから、応力集中部等において、高サイクル疲労割れが想定されるが、クランク軸は設計段階において疲労割れが発生しないように考慮された設計となっており、高サイクル疲労が発生する可能性は小さい。

また、これまでの分解点検時の目視点検及び浸透探傷検査において、割れは確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

i. ケーシング、ケーシングカバーの高サイクル疲労割れ

往復ポンプのケーシング及びケーシングカバーには吸込圧力と吐出圧力が交互に加わり、この圧力変動の繰り返しにより疲労が蓄積されることが考えられる。

しかし、本ポンプは運転時間が短く、また運転時の圧力変動による応力も小さいため、疲労割れの発生する可能性は小さい。

さらに、分解点検時における目視点検において割れは確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因は考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

j. 潤滑油ユニット油ポンプの腐食（全面腐食）

潤滑油ユニット油ポンプは鋳鉄または低合金鋼であり、腐食の発生が想定されるが、外面は防食塗装により腐食を防止しており、内面については内部流体が油であることから腐食が発生する可能性は小さい。

また、これまでの機器点検等において有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

k. 潤滑油ユニット油ポンプの歯車の摩耗

歯面は、摩耗が生じる可能性があるが、歯車には潤滑剤が供給されており、これまでの目視点検からは有意な摩耗は確認されておらず、プラントの通常運転時、停止時に係らず待機状態であることから、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

l. 潤滑油ユニット配管の小口径配管の高サイクル疲労割れ

m. 潤滑油ユニット油ポンプモータ（低圧、交流、全閉）のフレーム、エンドブラケット、端子箱、固定子コア、回転子コア及び取付ボルトの腐食（全面腐食）

n. 潤滑油ユニット油ポンプモータ（低圧、交流、全閉）の回転子棒及び回転子エンドリングの疲労割れ

o. 潤滑油ユニット油ポンプモータ（低圧、交流、全閉）の主軸の摩耗

p. 潤滑油ユニット油ポンプモータ（低圧、交流、全閉）の主軸の高サイクル疲労割れ

以上、l. の技術評価については「配管の技術評価書」、m. ～p. の技術評価については、「ポンプモータの技術評価書」低圧ポンプモータと同一であることから、それぞれの評価書を参照のこと。

- (2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。

表 2.2-1 ほう酸水注入系ポンプに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期 取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
ポンプの容量と揚程の確保	エネルギー伝達	クランク軸		炭素鋼			△*3				*1: 低圧, 交流, 全閉 *2: 軸受 (転がり) *3: 高サイクル疲労割れ *4: 歯車 *5: 主軸 *6: フレーム, エントブラケット, 端子箱, 固定子コア, 回転子コア, 取付ボルト *7: 回転子棒及び回転子エンドリング *8: 固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下 *9: 小口径配管 *10: ケーシング	
		クランク軸ケーシング		鋳鉄		△						
		軸継手		炭素鋼	△							
		減速機		鋳鉄, 炭素鋼, 低合金鋼	△*4	△*10						
	エネルギー変換	プランジャー		ステンレス鋼	△	△						
	軸支持	軸受 (転がり)		◎								
		潤滑油ユニット	油ポンプ		鋳鉄, 低合金鋼, 複合セラミックス	△*4	△					
			油ポンプモータ*1	◎*2	炭素鋼, 銅, アルミニウム, 絶縁物他	△*5	△*6	△*3*5 △*7				○*8
			配管		ステンレス鋼			△*3*9				
	バウンダリの維持	耐 圧	ケーシング		ステンレス鋼		△	△*3				
取付ボルト				低合金鋼		△						
リフト抑え				ステンレス鋼		△						
ケーシングカバー				ステンレス鋼			△*3					
軸シール		グランドパッキン	◎									
機器の支持	支 持	ベース		炭素鋼		△						
		基礎ボルト		炭素鋼		△						

○ : 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△ : 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 (日常劣化管理事象)

### 2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

#### (1) 潤滑油ユニット油ポンプモータ（低圧，交流，全閉）の固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下

モータの固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下に対する「事象の説明」，「技術評価」及び「高経年化への対応」は，低圧ポンプモータと同一であることから，「ポンプモータの技術評価書」低圧ポンプモータの固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下を参照のこと。

以 上

柏崎刈羽原子力発電所 3 号炉

## 熱交換器の技術評価書

東京電力ホールディングス株式会社

本評価書は、柏崎刈羽原子力発電所3号炉（以下柏崎刈羽3号炉という）における安全上重要な熱交換器（重要度分類指針におけるPS-1, 2及びMS-1, 2に該当する機器）及び高温、高圧の環境下にあるクラス3の熱交換器の高経年化に係わる技術評価についてまとめたものである（評価対象機器の一覧を表1に、機能を表2に示す）。

評価対象機器を型式、内部流体、材料等で分類し、それぞれのグループから重要度及び使用条件等の観点で代表機器を選定し技術評価を行った後、代表以外の機器について評価を展開している。

本評価書は熱交換器の型式等を基に、以下の2分冊で構成されている。

- 1 直管式熱交換器
- 2 U字管式熱交換器

また、非常用ディーゼル機関の空気冷却器、清水冷却器等は「機械設備の技術評価書」に含めてそれぞれ評価を実施するものとし、本評価書には含まれていない。

なお、本文中の単位の記載は、SI単位系に基づくものとする（圧力の単位は特に注記がない限りゲージ圧力を示す）。

表1 評価対象機器一覧

型 式	機 器 名 称 (基数)	仕 様 (熱交換量)	重要度*1
直管式熱交換器	原子炉補機冷却水系熱交換器 (6)	約 32.67 MW	MS-1
	高圧炉心スプレィディーゼル補機冷却水系熱交換器 (1)	約 3.26 MW	MS-1
U字管式熱交換器	原子炉冷却材浄化系再生熱交換器 (1)	約 25.58 MW	PS-2
	原子炉冷却材浄化系非再生熱交換器 (2)	約 4.43 MW	PS-2
	残留熱除去系熱交換器 (2)	約 85.72 MW	MS-1

\*1：最上位の重要度を示す



表2 評価対象機器機能一覧

機 器 名 称	機 能
原子炉補機冷却水系熱交換器	原子炉通常運転時，原子炉停止時および原子炉事故時等において補機で発生する熱を海水で冷却除去する。
高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系熱交換器	高圧炉心スプレイ系専用のディーゼル発電設備の補機および高圧炉心スプレイ系の各種補機で発生する熱を海水（高圧炉心スプレイ補機冷却海水系）で冷却除去する。
原子炉冷却材浄化系再生熱交換器	熱効率低下を防止する為，原子炉から取り出した高温の原子炉冷却材と，浄化した後に原子炉に戻す低温の原子炉冷却材を熱交換する。
原子炉冷却材浄化系非再生熱交換器	再生熱交換器で冷却された原子炉冷却材を浄化装置に通水可能な温度まで原子炉補機冷却水で冷却する。
残留熱除去系熱交換器	原子炉を停止した後，原子炉冷却材の冷却（崩壊熱除去）や非常時に炉水を維持する系統に設置されており，原子炉補機冷却水ポンプから送られた冷却水と原子炉冷却材との熱交換を行う。

# 1 直管式熱交換器

[対象熱交換器]

- ① 原子炉補機冷却水系熱交換器
- ② 高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系熱交換器

## 目 次

1. 対象機器及び代表機器の選定 .....	1-1
1.1 グループ化の考え方及び結果 .....	1-1
1.2 代表機器の選定 .....	1-1
2. 代表機器の技術評価 .....	1-3
2.1 構造, 材料及び使用条件 .....	1-3
2.1.1 原子炉補機冷却水系熱交換器 .....	1-3
2.2 経年劣化事象の抽出 .....	1-6
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目 .....	1-6
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 .....	1-6
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 .....	1-7
3. 代表機器以外への展開 .....	1-11
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 .....	1-11
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 .....	1-11

## 1. 対象機器及び代表機器の選定

主要な直管式熱交換器の主な仕様を表 1-1 に示す。

これらの熱交換器をグループ化し、それぞれのグループより代表機器を選定した。

### 1.1 グループ化の考え方及び結果

内部流体，材料を分類基準とし，直管式熱交換器を表 1-1 に示すとおりグループ化する。

### 1.2 代表機器の選定

表 1-1 に分類したグループ毎に，原則として重要度，運転状態，最高使用温度，最高使用圧力及び熱交換量の観点から代表機器を選定する。

#### (1) 内部流体（管側：海水，胴側：冷却水）

このグループには原子炉補機冷却水系熱交換器及び高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系熱交換器が属するが，運転状態の観点から原子炉補機冷却水系熱交換器を代表機器とする。

表 1-1 直管式熱交換器のグループ化及び代表機器の選定

分類基準					機器名称 (基数)	選定基準								選定	選定理由
型式	流体		材料			仕様 (熱交換量)	重要度*2	使用条件							
	管側	胴側	伝熱管	胴				運転 状態*3	最高使用圧力 (MPa)		最高使用温度 (°C)				
					管側				胴側	管側	胴側				
直管式	海水	冷却水*1	銅合金	炭素鋼	原子炉補機冷却水系熱交換器 (6)	約 32.67 MW	MS-1	連続 (連続)	約 0.6	約 1.4	50	70	◎	運転状態	
					高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系熱交換器 (1)	約 3.26 MW	MS-1	一時 (一時)	約 0.7	約 1.3	50	70			

\*1：防錆剤入り純水を示す

\*2：最上位の重要度を示す

\*3：上段は冷温停止状態時における運転状態，下段の（ ）は断続的運転時の運転状態を示す

## 2. 代表機器の技術評価

本章では、1章で代表機器とした以下の熱交換器について技術評価を実施する。

### ① 原子炉補機冷却水系熱交換器

#### 2.1 構造、材料及び使用条件

##### 2.1.1 原子炉補機冷却水系熱交換器

###### (1) 構造

原子炉補機冷却水系熱交換器は、熱交換量約 32.67 MW の横型直管式熱交換器であり、6基設置されている。

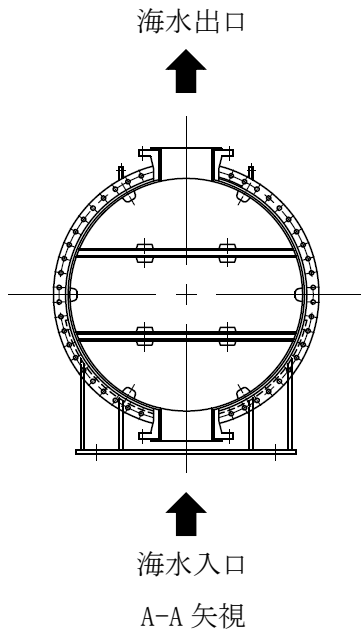
本熱交換器は、熱交換機能を有する伝熱管に冷却用海水を送水するための管側構成部品、管側と胴側を分離するための管板、伝熱管を介して冷却される冷却水（防錆剤入り純水）が流れる胴側構成部品、機器を支持するための基礎ボルトから構成される。

また、伝熱管、水室及び管板は、フランジボルトを取り外すことにより、点検手入れが可能である。

原子炉補機冷却水系熱交換器の構造図を図 2.1-1 に示す。

###### (2) 材料及び使用条件

原子炉補機冷却水系熱交換器主要部位の使用材料を表 2.1-1 に、使用条件を表 2.1-2 に示す。



No.	部 位
①	伝熱管
②	管支持板
③	管板
④	水室 (亜鉛板)
⑤	胴
⑥	フランジボルト
⑦	ガスケット
⑧	基礎ボルト
⑨	支持脚

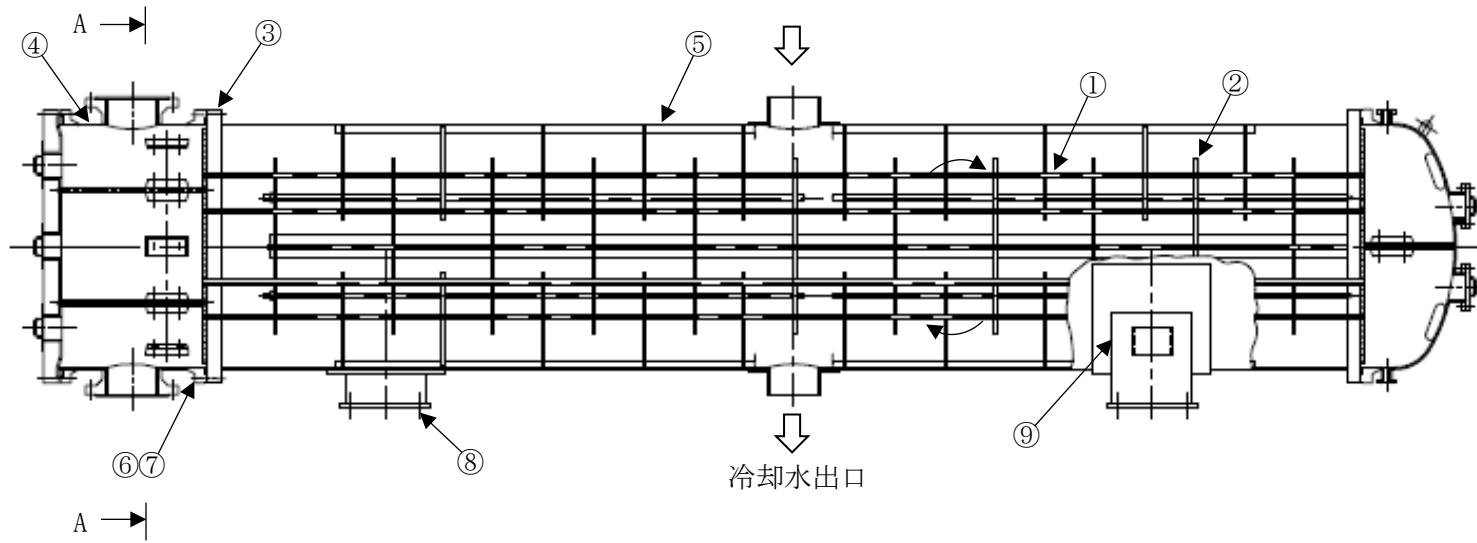


図 2.1-1 原子炉補機冷却水系熱交換器構造図

表 2.1-1 原子炉補機冷却水系熱交換器主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
伝熱性能の確保	エネルギー伝達	伝熱管	銅合金 (C6870TS)
	伝熱管の支持	管支持板	炭素鋼 (SS41, STB35)
バウンダリの維持	耐 圧	管板	炭素鋼 (SGV49) (銅合金クラッド)
		水室	炭素鋼 (SM50B, SGV49) (ゴムライニング, 亜鉛板*)
		胴	炭素鋼 (SM50B)
		フランジボルト	低合金鋼 (SNB7)
		ガスケット	(消耗品)
機器の支持	支 持	基礎ボルト	炭素鋼 (SS41)
		支持脚	炭素鋼 (SS41, SS400)

\* : 消耗品

表 2.1-2 原子炉補機冷却水系熱交換器の使用条件

	管側	胴側
最高使用温度	50 °C	70 °C
最高使用圧力	約 0.6 MPa	約 1.4 MPa
容 量 (熱交換量)	約 32.67 MW	
内部流体	海水	冷却水 (防錆剤入り)



## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

熱交換器の機能（熱除去）の達成に必要な項目は以下のとおり。

- ① 伝熱性能の確保
- ② バウンダリの維持
- ③ 機器の支持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

熱交換器について、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の材料、構造、使用条件（水質、圧力、温度等）及び現在までの運転経験を考慮し、表 2.2-2 に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

なお、消耗品及び定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

ガスケット及び垂鉛板は消耗品であり、設計時に長期使用せず取替を前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

#### (3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

想定される経年劣化事象のうち主要 6 事象に該当する事象及び下記①、②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。なお、下記①、②に該当する事象については、2.2.3 項に示すとおり、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

- ① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象として表 2.2-2 で△）
- ② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外として表 2.2-2 で▲）

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

#### a. 伝熱管の高サイクル疲労割れ及び摩耗

伝熱管は支持板により適切なスパンで支持されており、設計段階において伝熱管の外表面の流体による振動は十分抑制されるように考慮されている。

また、これまで渦流探傷検査（以下、ECT）及び漏えい確認により健全性を確認しており、今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### b. 基礎ボルトの腐食（全面腐食）

基礎ボルトの腐食については、「機械設備の技術評価書」にて評価を行うものとし本評価書には含めていない。

#### c. 支持脚スライド部の腐食（全面腐食）

熱交換器は熱膨張による変位を吸収するため、支持脚にスライド部を設けてあるが、スライド部は炭素鋼であるため長期使用に伴う腐食が発生する可能性がある。

スライド部の穴部はボルト径に比べて大きな穴径となっており、スライド部がベースプレート上を滑ることにより横方向への熱移動を吸収できるようになっているが、スライド部及びベースプレートは炭素鋼であり、接触面が腐食により固着する可能性がある。

しかし、大気接触部は防食塗装により腐食の発生を防止しており、必要に応じて補修を行うこととしている。

また、これまで有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### d. 伝熱管の異物付着

伝熱管の内部流体は海水であることから、伝熱管に異物が付着し、伝熱性能に影響を及ぼす可能性がある。

しかし、表 2.2-1 に示すとおり原子炉補機冷却水系熱交換器については、水室の開放点検時に ECT、伝熱管内部清掃及び漏えいの有無を確認しており、これまでに閉塞や熱交換器の性能が著しく低下するような異物付着は確認されていない。

伝熱管外面についても、流体は水質管理された冷却水（防錆剤入り）であり、異物付着の可能性は小さい。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

表 2.2-1 代表熱交換器の主な保全内容

機器名称	開放点検	機能確認	
		運転*	熱交換器通水時
原子炉補機冷却水系熱交換器	渦流探傷検査 伝熱管内部清掃	連続 (連続)	漏えい有無確認

\*：上段は冷温停止状態時における運転状態，下段の（ ）は断続的運転時の運転状態を示す

e. 水室の腐食（全面腐食）

原子炉補機冷却水系熱交換器の水室は炭素鋼で内部流体が海水であることから、接液部はゴムライニング加工され耐食性が高められているが、ライニング材にはく離、膨れ等が発生した場合には水室に腐食が発生する可能性がある。

しかし、亜鉛板による防食処置がとられており、亜鉛板は開放点検時に全数取替を実施していること及びこれまでの目視による点検結果から有意な腐食は確認されておらず、また、これまでにライニングのはく離、膨れ等が確認された場合は必要に応じて補修を行うこととしている。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f. 管板の腐食（全面腐食）

原子炉補機冷却水系熱交換器の管板は炭素鋼で内部流体は海水であるが、管板接液部は耐食性の良い銅合金クラッド処理が施されていること、さらに亜鉛板による防食処置がとられており、亜鉛板は開放点検時に全数取替を実施していることから、管板に腐食が発生する可能性は小さい。

また、これまでに管板に有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

g. フランジボルトの腐食（全面腐食）

原子炉補機冷却水系熱交換器のフランジボルトは低合金鋼であり腐食が発生する可能性は否定できないが、これまでの目視による点検結果から有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

h. 支持脚の腐食（全面腐食）

支持脚は炭素鋼であり腐食の発生が想定されるが、大気接触部は防食塗装により腐食の発生を防止しており、必要に応じて補修を行うこととしている。

また、これまで有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

i. 伝熱管の腐食（流れ加速型腐食（FAC））

原子炉補機冷却水系熱交換器は耐食性の良い銅合金が使用されているが、伝熱管入口部での内部流体（海水）の渦流による保護皮膜の破壊により、伝熱管内面に腐食による減肉が発生する可能性がある。

また、海生物（貝類）の付着に伴う渦流により局部腐食（FAC）が発生する可能性がある。

しかし、これまで伝熱管については、ECT による減肉兆候の確認を行っており、さらに、減肉が確認された場合は必要に応じて取替を行うこととしている。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

a. 胴及び管支持板の腐食（全面腐食）

原子炉補機冷却水系熱交換器の胴側内部流体は防錆剤入りの冷却水であり、材料表面が不動態に保たれており、また、内部流体は水質管理され、適切な状態に保たれているため、腐食が発生する可能性は小さい。今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

表 2.2-2 原子炉補機冷却水系熱交換器想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期 取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考
					減 肉		割 れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
伝熱性能 の確保	エネルギー伝達	伝熱管		銅合金	△	△*5	△*2				△*1	*1：異物付着 *2：高サイクル疲労 割れ
	伝熱管の支持	管支持板		炭素鋼		▲						
バウンダリ の維持	耐 圧	管板		炭素鋼*3		△						*3：銅合金クラック *4：内面ゴムライニ ング *5：FAC *6：スライト部 *7：垂鉛板
		水室	◎*7	炭素鋼*4		△						
		胴		炭素鋼		▲						
		フランジボルト		低合金鋼		△						
		ガスケット	◎									
機器の支持	支 持	基礎ボルト		炭素鋼		△						
		支持脚		炭素鋼		△*6△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

### 3. 代表機器以外への展開

本章では、2章で実施した代表機器の技術評価について、1章で実施したグループ化で代表機器となっていない機器への展開について検討した。

#### ① 高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系熱交換器

#### 3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

代表機器同様、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

#### 3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

##### a. 伝熱管の高サイクル疲労割れ及び摩耗

代表機器同様、伝熱管は支持板により適切なスパンで支持されており、設計段階において伝熱管の外表面の流体による振動は十分抑制されるように考慮されている。

また、これまで ECT 及び漏えい確認により健全性を確認しており、今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

##### b. 基礎ボルトの腐食（全面腐食）

代表機器同様、基礎ボルトの腐食については、「機械設備の技術評価書」にて評価を行うものとし本評価書には含めていない。

##### c. 支持脚スライド部の腐食（全面腐食）

代表機器同様、熱膨張による変位を吸収するため、支持脚にスライド部を設けてあるが、スライド部は炭素鋼であるため長期使用に伴い腐食が発生する可能性がある。

スライド部の穴部はボルト径に比べて大きな穴径となっており、スライド部がベースプレート上を滑ることにより横方向への熱移動を吸収できるようになっているが、スライド部及びベースプレートは炭素鋼であり、接触面が腐食により固着する可能性がある。

しかし、大気接触部は防食塗装により腐食の発生を防止しており、必要に応じて補修を行うこととしている。

また、これまで有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. 伝熱管の異物付着

代表機器同様、伝熱管の内部流体は海水であるが、水室の開放点検時に目視点検、ECT、伝熱管内部清掃及び漏えいの有無を確認しており、これまでに閉塞や熱交換器の性能が著しく低下するような異物付着は確認されておらず、伝熱管外面についても、流体は水質管理された冷却水（防錆剤入り）であり異物付着の可能性は小さく、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. 水室の腐食（全面腐食）

代表機器同様、海水との接液部にはゴムライニングが施されていること、さらに、亜鉛板による防食処置がとられており、開放点検時に全数取替を実施している。

また、これまでの目視による点検結果から有意な腐食は確認されていない。

さらに、ライニングのはく離、膨れ等が確認された場合は必要に応じて補修を行うこととしており、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f. 管板の腐食（全面腐食）

代表機器同様、管板は炭素鋼で内部流体は海水であるが、管板接液部は耐食性の良い銅合金クラッド処理が施されていること、さらに亜鉛板による防食処置がとられており、亜鉛板は開放点検時に全数取替を実施していることから管板に腐食が発生する可能性は小さい。

また、これまでに管板に有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

g. フランジボルトの腐食（全面腐食）

代表機器同様、フランジボルトは低合金鋼であり腐食が発生する可能性は否定できないが、これまでの目視による点検結果から有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

h. 支持脚の腐食（全面腐食）

代表機器同様、支持脚は炭素鋼であり腐食の発生が想定されるが、大気接触部は防食塗装により腐食の発生を防止しており、必要に応じて補修を行うこととしている。

また、これまで有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

i. 伝熱管の腐食（流れ加速型腐食（FAC））

代表機器同様、耐食性の良い銅合金が使用されているが、伝熱管入口部での内部流体（海水）の渦流による保護皮膜の破壊により、伝熱管内面に腐食による減肉が発生する可能性がある。

また、海生物（貝類）の付着に伴う渦流により局部腐食（FAC）が発生する可能性がある。

しかし、これまで伝熱管については、ECT による減肉兆候の確認を行っており、さらに、減肉が確認された場合は必要に応じて取替を行うこととしている。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

a. 胴及び管支持板の腐食（全面腐食）

代表機器同様、胴側内部流体は防錆剤入りの冷却水であり、材料表面が不動態に保たれており、また、内部流体は水質管理され、適切な状態に保たれているため、腐食が発生する可能性は小さい。今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

以 上



## 2 U字管式熱交換器

[対象熱交換器]

- ① 原子炉冷却材浄化系再生熱交換器
- ② 原子炉冷却材浄化系非再生熱交換器
- ③ 残留熱除去系熱交換器

## 目 次

1. 対象機器及び代表機器の選定 .....	2-1
1.1 グループ化の考え方及び結果 .....	2-1
1.2 代表機器の選定 .....	2-1
2. 代表機器の技術評価 .....	2-3
2.1 構造, 材料及び使用条件 .....	2-3
2.1.1 原子炉冷却材浄化系再生熱交換器 .....	2-3
2.1.2 残留熱除去系熱交換器 .....	2-6
2.2 経年劣化事象の抽出 .....	2-9
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目 .....	2-9
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 .....	2-9
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 .....	2-10
3. 代表機器以外への展開 .....	2-15
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 .....	2-15
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 .....	2-15

## 1. 対象機器及び代表機器の選定

主要な U 字管式熱交換器（曲管式熱交換器を含む）の主な仕様を表 1-1 に示す。これらの熱交換器をグループ化し、それぞれのグループより代表機器を選定した。

### 1.1 グループ化の考え方及び結果

内部流体，材料を分類基準とし，U 字管式熱交換器を表 1-1 に示すとおりグループ化する。

### 1.2 代表機器の選定

表 1-1 に分類したグループ毎に，原則として重要度，運転状態，最高使用温度，最高使用圧力，熱交換量の観点から代表機器を選定する。

#### (1) 内部流体（管側：純水，胴側：純水）

このグループには原子炉冷却材浄化系再生熱交換器のみが属するため，代表機器は原子炉冷却材浄化系再生熱交換器となる。

#### (2) 内部流体（管側：純水，胴側：冷却水）

このグループには原子炉冷却材浄化系非再生熱交換器及び残留熱除去系熱交換器が属するが，重要度の観点から残留熱除去系熱交換器を代表機器とする。

表 1-1 U字管式熱交換器のグループ化及び代表機器の選定

分類基準					機器名称 (基数)	選定基準							選定	選定理由
型式	流体		材料			仕様 (熱交換量)	重要度*2	使用条件						
	管側	胴側	伝熱管	胴				運転 状態*3	最高使用圧力 (MPa)		最高使用温度 (°C)			
管側					胴側	管側	胴側		管側	胴側				
U字 管式	純水	純水	ステンレス鋼	炭素鋼	原子炉冷却材浄化系再生熱交換器 (1)	約 25.58 MW	PS-2	連続 (連続)	約 8.8	約 10.0	302	302	◎	
		冷却水*1	ステンレス鋼	炭素鋼	原子炉冷却材浄化系非再生熱交換器 (2)	約 4.43 MW	PS-2	連続 (連続)	約 8.8	約 1.4	302	85		重要度
					残留熱除去系熱交換器 (2)	約 85.72 MW	MS-1	連続 (一時)	約 3.4	約 1.4	182	70	◎	

\*1：防錆剤入り純水を示す

\*2：最上位の重要度を示す

\*3：上段は冷温停止状態時における運転状態，下段の（ ）は断続的運転時の運転状態を示す

## 2. 代表機器の技術評価

本章では、1章で代表機器とした以下の熱交換器について技術評価を実施する。

- ① 原子炉冷却材浄化系再生熱交換器
- ② 残留熱除去系熱交換器

### 2.1 構造、材料及び使用条件

#### 2.1.1 原子炉冷却材浄化系再生熱交換器

##### (1) 構造

原子炉冷却材浄化系再生熱交換器は、熱交換量約 25.58 MW の横型 U 字管式熱交換器であり、1 基（3 胴／1 基）設置されている。

本熱交換器は、熱交換機能を有する伝熱管に高温側純水（原子炉冷却材）を送水するための管側構成品、管側と胴側を分離するための管板、伝熱管を介して高温側純水を冷却する低温側純水（原子炉冷却材）が流れる胴側構成品、機器を支持するための基礎ボルトから構成される。また水室とダイヤフラムはリークポテンシャルを低減するため、溶接にて取り付けられている。

原子炉冷却材浄化系再生熱交換器の構造図を図 2.1-1 に示す。

##### (2) 材料及び使用条件

原子炉冷却材浄化系再生熱交換器主要部位の使用材料を表 2.1-1 に、使用条件を表 2.1-2 に示す。

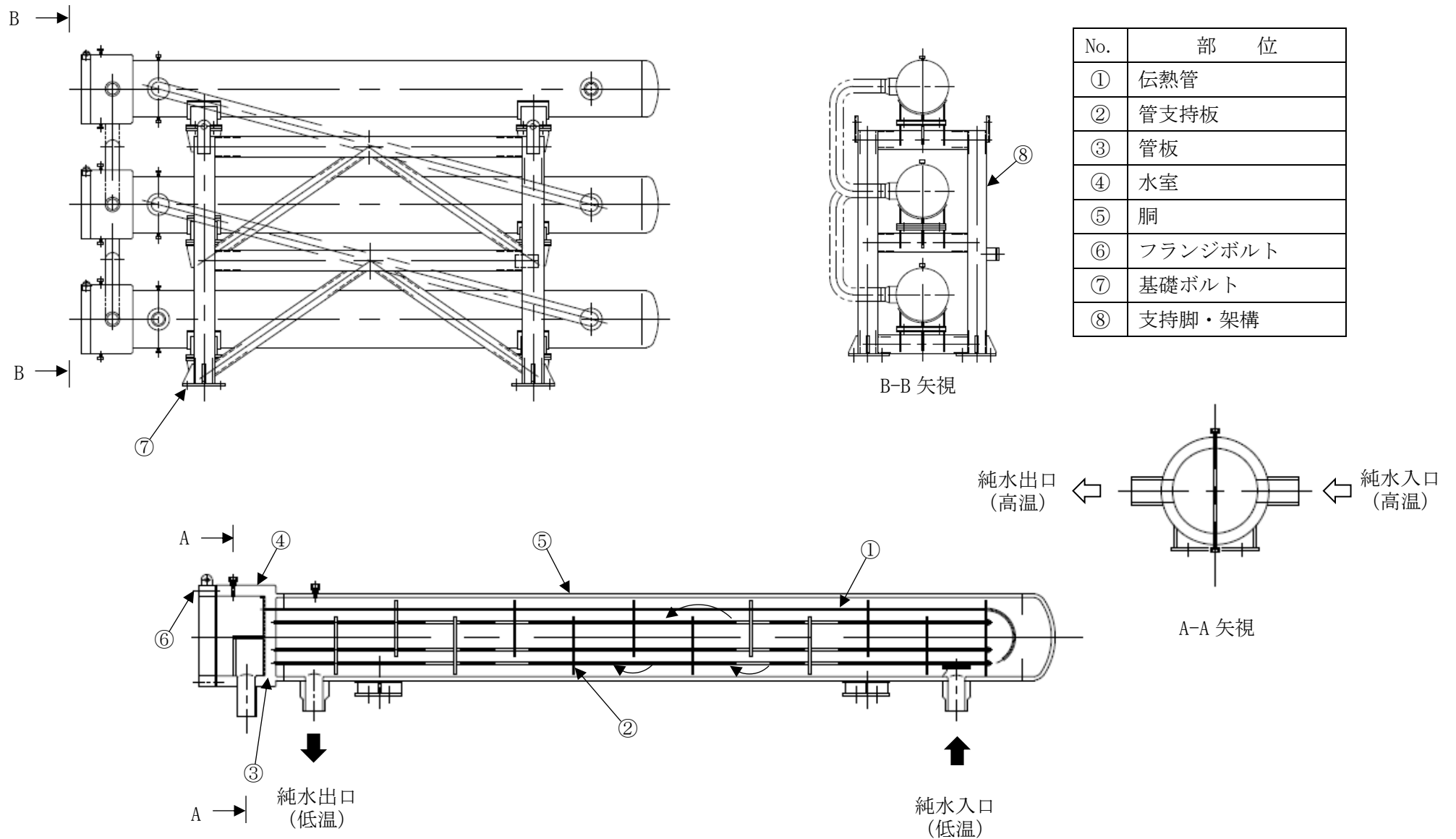


図 2.1-1 原子炉冷却材浄化系再生熱交換器構造図

表 2.1-1 原子炉冷却材浄化系再生熱交換器主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
伝熱性能の確保	エネルギー伝達	伝熱管	ステンレス鋼 (SUS316LTB)
	伝熱管の支持	管支持板	ステンレス鋼 (SUS304, SUS304TB, SUS316L)
バウンダリの維持	耐 圧	管板	炭素鋼 (SFVC2B) (ステンレス鋼クラッド)
		水室	炭素鋼 (SFVC2B, SGV49)
		胴	炭素鋼 (SGV49)
		フランジボルト	低合金鋼 (SNB7)
機器の支持	支 持	基礎ボルト	炭素鋼 (SS41)
		支持脚・架構	炭素鋼 (SS41, STKR41)

表 2.1-2 原子炉冷却材浄化系再生熱交換器の使用条件

	管側 (高温)	胴側 (低温)
最高使用温度	302 °C	302 °C
最高使用圧力	約 8.8 MPa	約 10.0 MPa
容量 (熱交換量)	約 25.58 MW	
内部流体	純 水 (原子炉冷却材)	純 水 (原子炉冷却材)

## 2.1.2 残留熱除去系熱交換器

### (1) 構造

残留熱除去系熱交換器は、熱交換量約 85.72 MW の横型 U 字管式熱交換器であり、2 基設置されている。

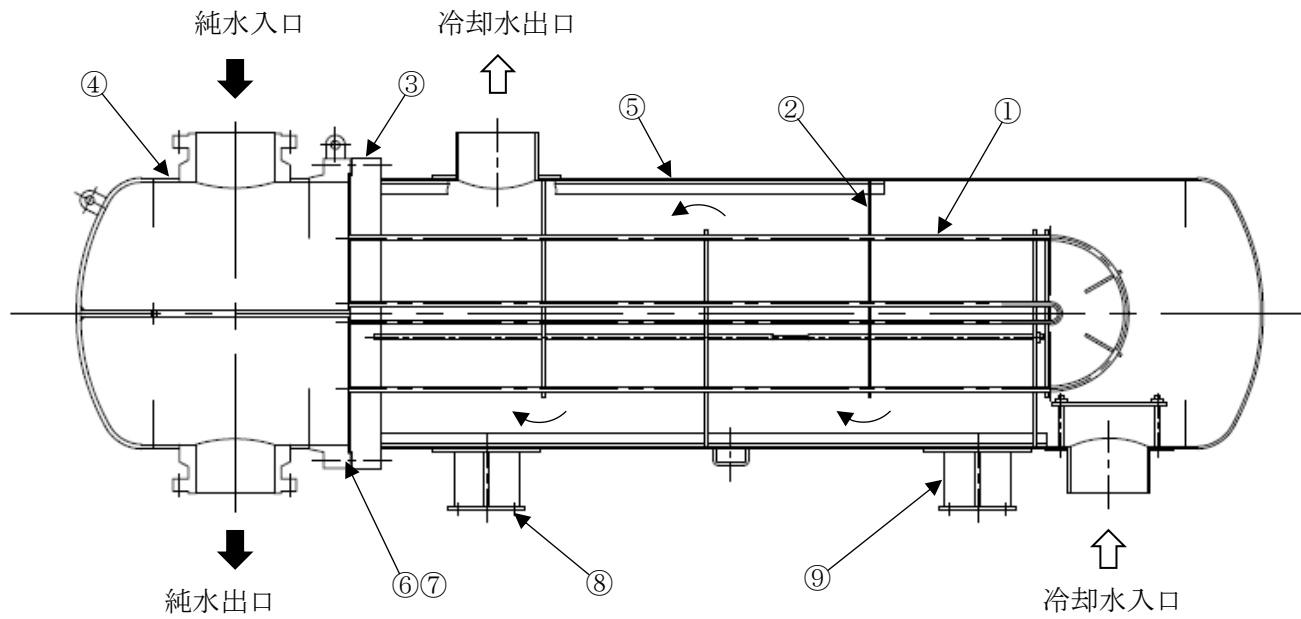
本熱交換器は、熱交換機能を有する伝熱管に残留熱を除去する純水（原子炉冷却材）が流れる管側構成品、管側と胴側を分離するための管板、伝熱管を介して残留熱を除去するための冷却水（防錆剤入り）が流れる胴側構成品、機器を支持するための基礎ボルトから構成される。また伝熱管、水室、管板は、フランジボルトを取外すことにより、点検手入れが可能である。

残留熱除去系熱交換器の構造図を図 2.1-2 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

残留熱除去系熱交換器主要部位の使用材料を表 2.1-3 に、使用条件を表 2.1-4 に示す。





No.	部 位
①	伝熱管
②	管支持板
③	管板
④	水室
⑤	胴
⑥	フランジボルト
⑦	ガスケット
⑧	基礎ボルト
⑨	支持脚

図 2.1-2 残留熱除去系熱交換器構造図

表 2.1-3 残留熱除去系熱交換器主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
伝熱性能の確保	エネルギー伝達	伝熱管	ステンレス鋼 (SUS316LTB)
	伝熱管の支持	管支持板	炭素鋼 (SS41, STB35)
バウンダリの維持	耐圧	管板	炭素鋼 (SGV49) (ステンレス鋼クラッド)
		水室	炭素鋼 (SGV49)
		胴	炭素鋼 (SGV49)
		フランジボルト	低合金鋼 (SNB7)
		ガスケット	(消耗品)
機器の支持	支持	基礎ボルト	炭素鋼 (SS41)
		支持脚	炭素鋼 (SS41)

表 2.1-4 残留熱除去系熱交換器の使用条件

	管 側	胴 側
最高使用温度	182 °C	70 °C
最高使用圧力	約 3.4 MPa	約 1.4 MPa
容量 (熱交換量)	約 85.72 MW	
内部流体	純 水 (原子炉冷却材)	冷却水 (防錆剤入り)

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

熱交換器の機能（熱除去及び加熱）の達成に必要な項目は以下のとおり。

- ① 伝熱性能の確保
- ② バウンダリの維持
- ③ 機器の支持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

熱交換器について、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の材料、構造、使用条件（水質、圧力、温度等）及び現在までの運転経験を考慮し、表 2.2-1 に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

なお、消耗品及び定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

ガスケットは消耗品であり、設計時に長期使用せず取替を前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

#### (3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

想定される経年劣化事象のうち主要 6 事象に該当する事象及び下記①、②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。なお、下記①、②に該当する事象については、2.2.3 項に示すとおり、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

- ① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△）
- ② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲）

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

#### a. 水室の腐食（全面腐食）〔共通〕

原子炉冷却材浄化系再生熱交換器及び残留熱除去系熱交換器の水室は炭素鋼であり、純水と接液しているため、腐食が発生する可能性があるが、これまでの目視による点検結果から有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### b. 基礎ボルトの腐食（全面腐食）〔共通〕

基礎ボルトの腐食については、「機械設備の技術評価書」にて評価を実施するものとし、本評価書には含めていない。

#### c. 伝熱管の粒界型応力腐食割れ〔共通〕

原子炉冷却材浄化系再生熱交換器及び残留熱除去系熱交換器の伝熱管はステンレス鋼であり、100℃以上の流体に接液する応力の高い部位に粒界型応力腐食割れが発生する可能性がある。

原子炉冷却材浄化系再生熱交換器の伝熱管については、系統の運転パラメータ確認により異常のないことを確認している。

残留熱除去系熱交換器の伝熱管については、系統の運転パラメータ確認、系統水のサンプリングによる水質（放射能濃度等）を確認している。

したがって、今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### d. 胴の腐食（全面腐食）〔原子炉冷却材浄化系再生熱交換器〕

胴は炭素鋼であり、純水と接液しているため、腐食が発生する可能性がある。

しかし、類似環境下にある柏崎刈羽1号炉第16回定期検査時（平成26年度）における原子炉冷却材浄化系再生熱交換器の胴の肉厚測定において、有意な腐食は確認されていない。また、原子炉冷却材浄化系再生熱交換器については、運転圧による漏えいの有無により、健全性の確認を行うこととしている。

したがって、今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. 支持脚スライド部の腐食（全面腐食） [共通]

熱交換器は熱膨張による変位を吸収するため、支持脚にスライド部を設けてあるが、スライド部は炭素鋼であるため長期使用に伴い腐食が発生する可能性がある。

スライド部の穴部はボルト径に比べて大きな穴径となっており、スライド部がベースプレート上を滑ることにより横方向への熱移動を吸収できるようになっているが、スライド部及びベースプレートは炭素鋼であり、接触面が腐食により固着する可能性がある。

しかし、大気接触部は防食塗装により腐食の発生を防止しており、必要に応じて補修を行うこととしている。

また、これまで有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f. 伝熱管の高サイクル疲労割れ及び摩耗 [共通]

伝熱管は支持板により適切なスパンで支持されており、設計段階において伝熱管の外表面の流体による振動は十分抑制されるように考慮されている。

また、これまで目視点検及び漏えい確認により健全性を確認しており、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

g. 伝熱管の異物付着 [共通]

原子炉冷却材浄化系再生熱交換器及び残留熱除去系熱交換器伝熱管の内部流体は、水質管理された純水または冷却水（防錆剤入り）であり、異物付着の可能性は小さい。

また、残留熱除去系熱交換器については、水室の開放点検時に ECT、伝熱管内部清掃及び漏えいの有無を確認しており、これまでに閉塞や熱交換器の性能が著しく低下するような異物付着は確認されていない。なお、原子炉冷却材浄化系再生熱交換器については、漏えいの有無により健全性を確認することとしている。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

h. フランジボルトの腐食（全面腐食） [共通]

フランジボルトは低合金鋼であり腐食の発生する可能性は否定できないが、これまでの目視による点検結果から有意な腐食は確認されておらず、今後ともこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

i. 支持脚，架構の腐食（全面腐食） [共通]

支持脚，架構は炭素鋼であり腐食の発生が想定されるが，大気接触部は防食塗装により腐食の発生を防止しており，必要に応じて補修を行うこととしており，これまでの点検結果から有意な腐食は確認されていない。

したがって，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

a. 胴，管支持板の腐食（全面腐食） [残留熱除去系熱交換器]

残留熱除去系熱交換器の胴，管支持板は炭素鋼であり腐食の発生が想定されるが，内部流体は防錆剤入りの冷却水であり，材料表面が不動態に保たれており，さらに内部流体は水質管理され，適切な状態に保たれているため腐食の可能性は小さい。

したがって，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

表 2.2-1 (1/2) 原子炉冷却材浄化系再生熱交換器に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期 取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
伝熱性能 の確保	エネルギー伝達	伝熱管		ステンレス鋼	△		△*4	△*5			△*1	*1：異物付着 *2：ステンレス鋼クラッド *3：スライム部 *4：高サイクル疲労割れ *5：粒界型応力腐食割れ
	伝熱管の支持	管支持板		ステンレス鋼								
バウンダリ の維持	耐 圧	管板		炭素鋼*2								
		水室		炭素鋼		△						
		胴		炭素鋼		△						
		フランジボルト		低合金鋼		△						
機器の支持	支 持	基礎ボルト		炭素鋼		△						
		支持脚・架構		炭素鋼		△*3△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (2/2) 残留熱除去系熱交換器に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期 取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考
					減 肉		割 れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
伝熱性能 の確保	エネルギー伝達	伝熱管		ステンレス鋼	△		△*3	△*5			△*1	*1：異物付着 *2：スライト部 *3：高サイクル疲労割れ *4：ステンレス鋼クラック *5：粒界型応力腐食割れ
	伝熱管の支持	管支持板		炭素鋼		▲						
バウンダリ の維持	耐 圧	管板		炭素鋼*4								
		水室		炭素鋼		△						
		胴		炭素鋼		▲						
		フランジボルト		低合金鋼		△						
		ガスケット	◎									
機器の支持	支 持	基礎ボルト		炭素鋼		△						
		支持脚		炭素鋼		△*2△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）



### 3. 代表機器以外への展開

本章では、2章で実施した代表機器の技術評価について、1章で実施したグループ化で代表機器となっていない機器への展開について検討した。

#### ① 原子炉冷却材浄化系非再生熱交換器

#### 3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

代表機器同様、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

#### 3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

##### a. 水室の腐食（全面腐食）

代表機器同様、水室は炭素鋼であり、純水と接液しているため、腐食が発生する可能性があるが、これまでの目視による点検結果から有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

##### b. 基礎ボルトの腐食（全面腐食）

代表機器同様、基礎ボルトの腐食については、「機械設備の技術評価書」にて評価を実施するものとし、本評価書には含めていない。

##### c. 伝熱管の粒界型応力腐食割れ

代表機器同様、伝熱管はステンレス鋼であり、100℃以上の流体に接液する応力の高い部位に粒界型応力腐食割れが発生する可能性があるが、原子炉冷却材浄化系非再生熱交換器の伝熱管については、系統の運転パラメータ確認、系統水のサンプリングによる水質（放射能濃度等）を確認している。

したがって、今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. 支持脚スライド部の腐食（全面腐食）

代表機器同様，熱交換器は熱膨張による変位を吸収するため，支持脚にスライド部を設けてあるが，スライド部は炭素鋼であるため長期使用に伴い腐食が発生する可能性がある。

スライド部の穴部はボルト径に比べて大きな穴径となっており，スライド部がベースプレート上を滑ることにより横方向への熱移動を吸収できるようになっているが，スライド部及びベースプレートは炭素鋼であり，接触面が腐食により固着する可能性がある。

しかし，大気接触部は防食塗装により腐食の発生を防止しており，必要に応じて補修を行うこととしている。

また，これまで有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. 伝熱管の高サイクル疲労割れ及び摩耗

代表機器同様，伝熱管は支持板により適切なスパンで支持されており，設計段階において伝熱管の外表面の流体による振動は十分抑制されるように考慮されている。

また，これまで目視点検及び漏えい確認により健全性を確認しており，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f. 伝熱管の異物付着

代表機器同様，内部流体は水質管理された純水または冷却水（防錆剤入り）であり，異物付着の可能性は小さい。

また，原子炉冷却材浄化系非再生熱交換器については，漏えいの有無により健全性を確認することとしている。

したがって，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

g. フランジボルトの腐食（全面腐食）

代表機器同様，フランジボルトは低合金鋼であり腐食の発生する可能性は否定できないが，これまでの目視による点検結果から有意な腐食は確認されておらず，今後ともこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

h. 支持脚，架構の腐食（全面腐食）

代表機器同様，支持脚，架構は炭素鋼であり腐食の発生が想定されるが，大気接触部は防食塗装により腐食の発生を防止しており，必要に応じて補修を行うこととしており，これまでの点検結果から有意な腐食は確認されていない。

したがって，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

a. 胴，管支持板の腐食（全面腐食）

代表機器同様，胴，管支持板は炭素鋼であり腐食の発生が想定されるが，内部流体は防錆剤入りの冷却水であり，材料表面が不動態に保たれており，さらに内部流体は水質管理され，適切な状態に保たれているため腐食の可能性は小さい。

したがって，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

以 上

柏崎刈羽原子力発電所 3 号炉

ポンプモータの技術評価書

東京電力ホールディングス株式会社

本評価書は、柏崎刈羽原子力発電所3号炉（以下、柏崎刈羽3号炉という）における安全上重要なポンプモータ（重要度分類指針におけるPS-1, 2及びMS-1, 2に該当する機器）の高経年化に係わる技術評価についてまとめたものである。なお、高温・高圧の環境下にあるポンプモータはない。

評価対象機器の一覧を表1に、機能を表2に示す。

評価対象機器を電圧区分、型式及び設置場所で分類し、それぞれのグループから重要度及び使用条件等の観点で代表機器を選定し技術評価を行った後、代表機器以外の機器について評価を展開している。

本評価書は、ポンプモータの電圧区分をもとに、以下の2分冊で構成されている。

- 1 高圧ポンプモータ
- 2 低圧ポンプモータ

なお、本評価書の評価対象機器は、「ポンプの技術評価書」において評価対象機器としているポンプのポンプモータとしており、これらのポンプモータ以外のモータについては、各機器の技術評価書にて抽出している。

また、本評価書のポンプモータ以外のモータは、重要度、使用条件、運転状態等の観点から代表性を考慮し、本評価書の評価を参照している。

表1 評価対象機器一覧

電圧区分	機器名称 (台数)	仕様 (定格出力×回転速度)	重要度*
高圧ポンプモータ	残留熱除去系ポンプモータ (3)	750 kW×1,480 rpm	MS-1
	高圧炉心スプレイ系ポンプモータ (1)	2,650 kW×1,480 rpm	MS-1
	低圧炉心スプレイ系ポンプモータ (1)	1,250 kW×1,480 rpm	MS-1
	原子炉補機冷却水ポンプモータ (4)	380 kW×1,475 rpm	MS-1
低圧ポンプモータ	原子炉補機冷却海水ポンプモータ (4)	280 kW×740 rpm	MS-1
	高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水ポンプモータ (1)	75 kW×1,460 rpm	MS-1
	ほう酸水注入系ポンプモータ (2)	37 kW×1,450 rpm	MS-1
	高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却海水ポンプモータ (1)	85 kW×1,460 rpm	MS-1
	換気空調補機非常用冷却水系ポンプモータ (4)	18.5 kW×1,450 rpm	MS-1
	原子炉冷却材浄化系ポンプモータ (2)	90 kW×2,970 rpm	PS-2

\*：最上位の重要度を示す

表2 評価対象機器機能一覧

機器名称	機 能
残留熱除去系ポンプモータ	原子炉停止時に崩壊熱を除去するための冷却水を供給する他に、低圧注水系等のモードがあるポンプを駆動する。
高圧炉心スプレイ系ポンプモータ	冷却材喪失事故時に、炉心に復水貯蔵槽水またはサプレッションプール水をスプレイするポンプを駆動する。
低圧炉心スプレイ系ポンプモータ	冷却材喪失事故時に、炉心にサプレッションプール水をスプレイするポンプを駆動する。
原子炉補機冷却水ポンプモータ	原子炉建屋、タービン建屋に設置する機器等に熱交換器を介して、海水で冷却された冷却水を循環供給するポンプを駆動する。
原子炉補機冷却海水ポンプモータ	原子炉補機冷却水系熱交換器へ海水を供給し、熱交換器を介して原子炉補機冷却系（RCW系）の補機冷却水を冷却するポンプを駆動する。
高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水ポンプモータ	HPCSディーゼル機関本体及び補機、高圧炉心スプレイ系ポンプのメカニカルシール冷却器及びモータ軸受冷却器、高圧炉心スプレイ系ポンプ室空調機の冷却コイルへ冷却水を循環供給するポンプを駆動する。
ほう酸水注入系ポンプモータ	何らかの理由で制御棒が挿入できなくなり原子炉の冷温停止ができない場合にほう酸水を原子炉底部より注入して負の反応度を与え、核反応を停止させるポンプを駆動する。
高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却海水ポンプモータ	高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却系熱交換器に冷却用海水を送水するポンプを駆動する。
換気空調補機非常用冷却水系ポンプモータ	中央制御室給気冷却器、非常用ディーゼル発電機（A）室給気冷却器、非常用ディーゼル発電機（B）室給気冷却器の冷却コイル、換気空調補機非常用冷却水系冷凍機の蒸発器へ冷却水を循環供給するポンプを駆動する。
原子炉冷却材浄化系ポンプモータ	原子炉水を原子炉冷却材浄化系に導き、浄化後、原子炉給水系に戻すポンプを駆動する。

# 1 高圧ポンプモータ

[対象モータ]

- ① 残留熱除去系ポンプモータ
- ② 高圧炉心スプレイ系ポンプモータ
- ③ 低圧炉心スプレイ系ポンプモータ
- ④ 原子炉補機冷却水ポンプモータ



## 目 次

1. 対象機器及び代表機器の選定.....	1-1
1.1 グループ化の考え方及び結果.....	1-1
1.2 代表機器の選定.....	1-1
2. 代表機器の技術評価.....	1-3
2.1 構造, 材料及び使用条件.....	1-3
2.1.1 原子炉補機冷却水ポンプモータ.....	1-3
2.2 経年劣化事象の抽出.....	1-6
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目.....	1-6
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象.....	1-6
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象.....	1-7
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価.....	1-10
3. 代表機器以外への展開.....	1-14
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象.....	1-14
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象.....	1-15

## 1. 対象機器及び代表機器の選定

高圧ポンプモータのうち，対象となる高圧ポンプモータの主な仕様を表 1-1 に示す。

これらの高圧ポンプモータをグループ化し，それぞれのグループより代表機器を選定した。

### 1.1 グループ化の考え方及び結果

型式及び設置場所を分類基準とし，高圧ポンプモータを表 1-1 に示すとおりグループ化する。

### 1.2 代表機器の選定

表 1-1 に分類したグループ毎に，原則として重要度，運転状態及び定格電圧の観点から代表機器を選定する。

#### (1) 屋内設置（型式：開放形）

このグループには残留熱除去系ポンプモータ，高圧炉心スプレイ系ポンプモータ，低圧炉心スプレイ系ポンプモータ及び原子炉補機冷却水ポンプモータが属するが，運転状態の観点から原子炉補機冷却水ポンプモータを代表とする。

表 1-1 高圧ポンプモータのグループ化と代表機器の選定

分類基準		機器名称 (台数)	仕様 (定格出力×回転速度)	選定基準			選定	選定理由
				重要度*1	使用条件			
型式	設置場所				運転状態*2	定格電圧 (V)		
開放	屋内	残留熱除去系ポンプモータ (3)	750 kW×1,480 rpm	MS-1	連続*3 (一時)	6,600	40 以下	運転状態
		高圧炉心スプレイ系ポンプモータ (1)	2,650 kW×1,480 rpm	MS-1	一時 (一時)	6,600	40 以下	
		低圧炉心スプレイ系ポンプモータ (1)	1,250 kW×1,480 rpm	MS-1	一時 (一時)	6,600	40 以下	
		原子炉補機冷却水ポンプモータ (4)	380 kW×1,475 rpm	MS-1	連続 (連続)	6,600	40 以下	

◎：代表機器

\*1：最上位の重要度を示す

\*2：上段は冷温停止状態時における運転状態，下段の（ ）は断続的運転時の運転状態を示す

\*3：運転状態は，3台中2台が連続で残り1台は一時

## 2. 代表機器の技術評価

本章では、1章で代表機器とした以下のポンプモータについて技術評価を実施する。

### ① 原子炉補機冷却水ポンプモータ

なお、基礎ボルトについては、ポンプとポンプモータの取付ベースが共通であることから、ポンプの評価書での技術評価項目とし本評価書には含めていない。

## 2.1 構造、材料及び使用条件

### 2.1.1 原子炉補機冷却水ポンプモータ

#### (1) 構造

原子炉補機冷却水ポンプモータは、定格出力 380 kW、回転速度 1,475 rpm の開放形三相誘導モータであり、4台設置されている。

#### a. 固定部

モータをポンプの取付台に固定支持するフレーム内に固定子コアが挿入され、固定子コアには固定子コイルが保持されている。

また、フレーム両端面には回転子を支持するエンドブラケットが取り付けられ、内側には転がり軸受が挿入されている。

#### b. 回転部

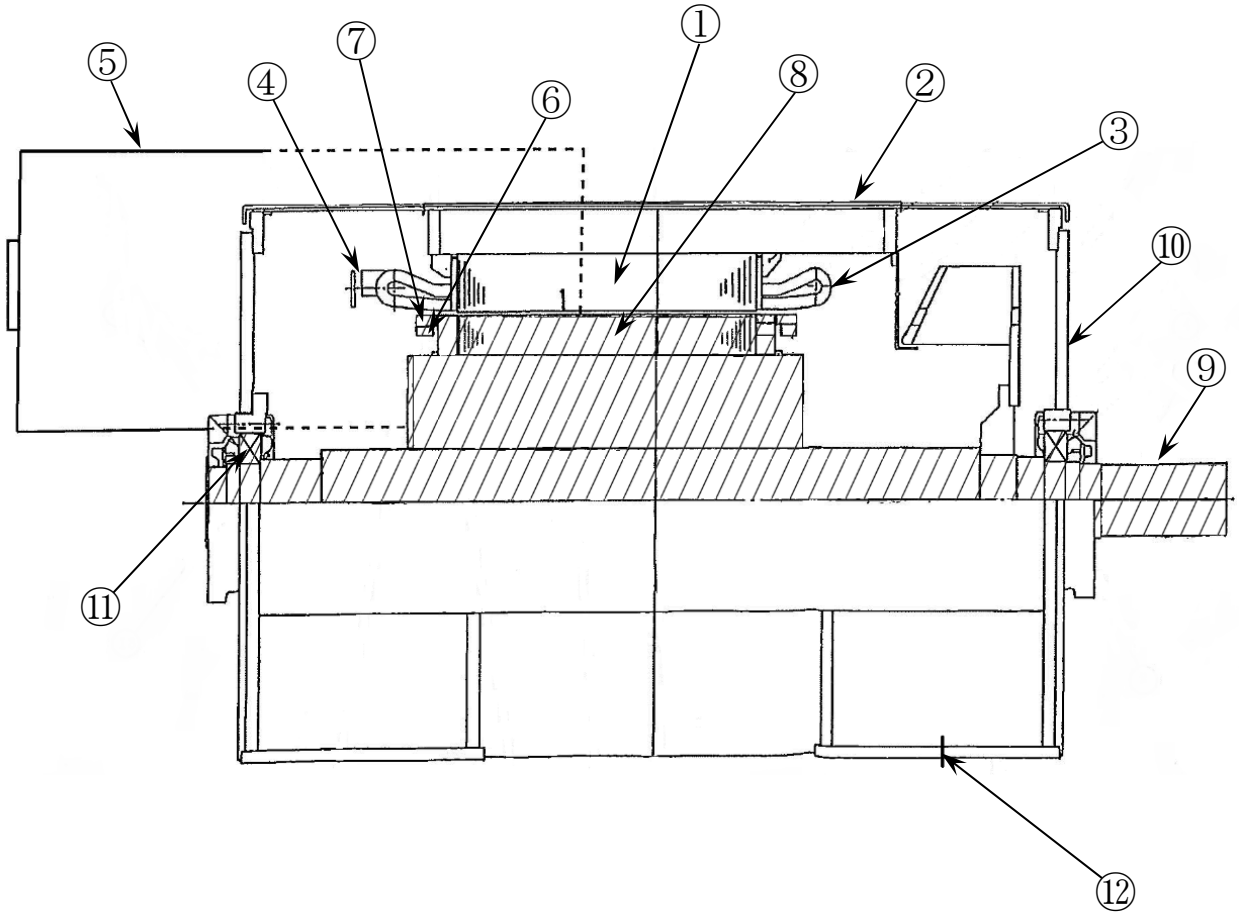
転がり軸受により支持される主軸に回転子コアが固定されている。

また、回転子コアには回転子棒が挿入され、その両端には回転子エンドリングが取り付けられている。

原子炉補機冷却水ポンプモータの構造図を図 2.1-1 に示す。

#### (2) 材料及び使用条件

原子炉補機冷却水ポンプモータ主要部位の使用材料を表 2.1-1 に、使用条件を表 2.1-2 に示す。



注：回転部を斜線で示す

No.	部 位	No.	部 位
①	固定子コア	⑦	回転子棒
②	フレーム	⑧	回転子コア
③	固定子コイル	⑨	主軸
④	口出線・接続部品	⑩	エンドブラケット
⑤	端子箱	⑪	軸受（転がり）
⑥	回転子エンドリング	⑫	取付ボルト

図2.1-1 原子炉補機冷却水ポンプモータ構造図

表 2. 1-1 原子炉補機冷却水ポンプモータ主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
駆動機能の確保	エネルギー伝達	主軸	炭素鋼 (SF490)
	エネルギー変換	固定子コア	電磁鋼
		フレーム	炭素鋼 (SS400)
		固定子コイル	銅, 絶縁物 (マイカ, エポキシ樹脂等)
		口出線・接続部品	銅, 絶縁物 (マイカ, エポキシ樹脂等)
		端子箱	炭素鋼 (SS400)
		回転子エンドリング	銅 (C1100)
		回転子棒	銅 (C1100)
	軸支持	回転子コア	電磁鋼
		エンドブラケット	鋳鉄 (FC150)
		軸受 (転がり)	(消耗品)
機器の支持	支持	取付ボルト	炭素鋼 (SS400)

表 2. 1-2 原子炉補機冷却水ポンプモータの使用条件

定 格 出 力	380 kW
定 格 電 圧	6,600 V
回 転 速 度	1,475 rpm
周 囲 温 度	40 °C以下*

\*: 海水熱交換器建屋内の設計値

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

高圧ポンプモータの機能（ポンプ送水機能）の達成に必要な項目は以下のとおり。

- ① 駆動機能の確保
- ② 機器の支持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

高圧ポンプモータについて、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の材料、構造、使用条件（定格電圧、周囲温度等）及び現在までの運転経験を考慮し、表 2.2-1 に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

なお、消耗品及び定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

転がり軸受は消耗品であり、設計時に長期使用せず取り替えを前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

#### (3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

想定される経年劣化事象のうち主要 6 事象に該当する事象及び下記①、②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。なお、下記①、②に該当する事象については、2.2.3 項に示すとおり、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

- ① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△）
- ② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲）

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象として以下の事象が抽出された（表 2.2-1 で○）。

#### a. 固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

#### a. 主軸の摩耗

主軸については、軸受と主軸の接触面の摩耗が想定されるが、潤滑剤が供給され主軸と軸受間に膜が形成されており、これまでの点検において主軸の寸法測定を行い、有意な摩耗は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### b. 主軸の高サイクル疲労割れ

主軸にはポンプ運転時に繰返し応力が発生することから、応力集中部において高サイクル疲労割れが想定されるが、主軸は設計段階において疲労割れが発生しないように考慮された設計となっており、高サイクル疲労が発生する可能性は小さい。

また、これまでの点検において、割れは確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### c. フレーム、エンドブラケット、端子箱及び取付ボルトの腐食（全面腐食）

フレーム、端子箱及び取付ボルトは炭素鋼、エンドブラケットは鋳鉄であるため腐食の発生が想定されるが、フレーム等の表面には防食塗装が施されており、塗膜が健全であれば腐食が発生する可能性は小さい。

また、塗装のはがれに対しては、機器点検時等に必要に応じて補修を行うこととしている。

さらに、点検時に目視にて確認しており、これまでの点検結果では有意な腐食は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### d. 固定子コア及び回転子コアの腐食（全面腐食）

固定子コア及び回転子コアは電磁鋼であり腐食の発生が想定されるが、固定子コア及び回転子コアには、絶縁ワニス処理が施されており、腐食が発生する可能性は小さい。

また、点検時に目視にて確認しており、これまでの点検結果では有意な腐食は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。



e. 回転子棒及び回転子エンドリングの疲労割れ

回転子棒及び回転子エンドリングは、モータ起動時に発生する電磁力等により繰り返し応力を受けると疲労割れが想定されるが、梁モデルによる評価を行い、発生応力は許容値に対し十分小さいことから、疲労割れが発生する可能性は小さい。

また、これまでの点検において、割れは確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- (2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。

表2. 2-1 原子炉補機冷却水ポンプモータに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期 取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象								備 考
					減 肉		割 れ		絶縁	導通	信号	その他	
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	絶縁特性 低下	導通 不良	特性 変化		
駆動機能 の確保	エネルギー 伝達	主軸		炭素鋼	△		△*						*: 高サイクル疲労 割れ
	エネルギー 変換	固定子コア		電磁鋼		△							
		固定子コイル		銅, 絶縁物					○				
		口出線・接続部品		銅, 絶縁物					○				
		フレーム		炭素鋼		△							
		端子箱		炭素鋼		△							
		回転子棒・回転子エン ドリング		銅			△						
		回転子コア		電磁鋼		△							
	軸支持	軸受（転がり）	◎										
エンドブラケット				鋳鉄		△							
機器の支持	支持			炭素鋼		△							

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

## 2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

### (1) 固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下

#### a. 事象の説明

固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁物は有機物であるため、振動等による機械的劣化、熱分解による熱的劣化、絶縁物内空隙での放電等による電氣的劣化、埃等の異物付着による環境的劣化により経年的に劣化が進行し、絶縁物の外表面、内部から絶縁特性低下を起こす可能性がある。

絶縁特性低下を生ずる可能性のある部位を図 2.3-1 に示す。

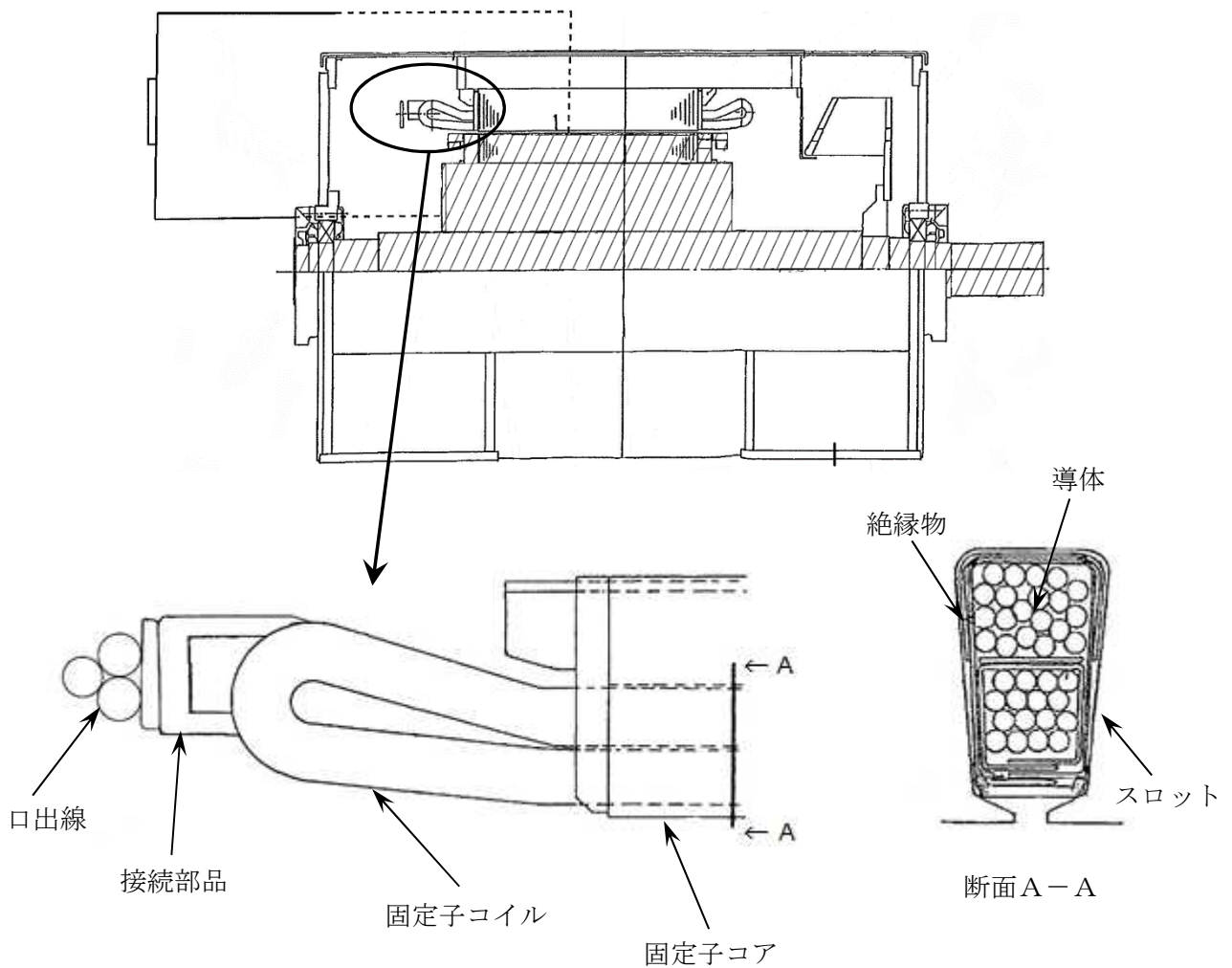


図2.3-1 固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁部位

b. 技術評価

① 健全性評価

固定子コイル及び口出線・接続部品は、機械的、熱的、電氣的及び環境的要因により経年的に劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性があることから、長期間の使用を考慮すると固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁低下の可能性は否定できない。

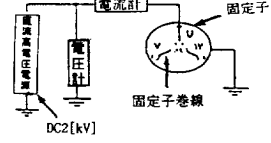
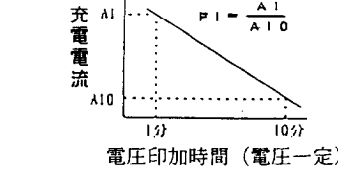
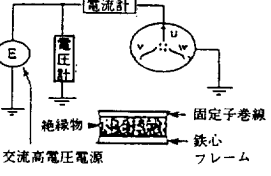
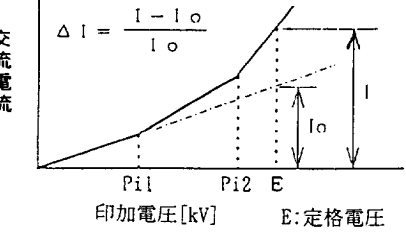
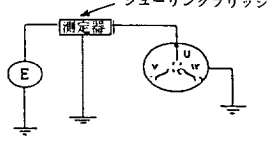
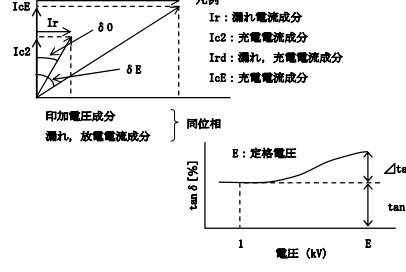
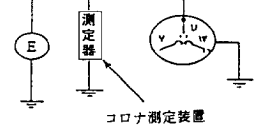
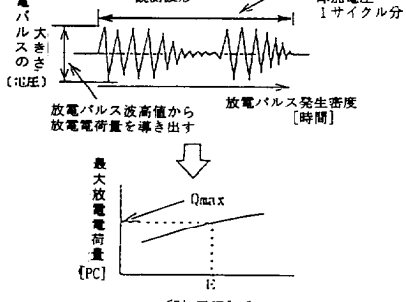
② 現状保全

固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下に対しては、点検時に絶縁抵抗測定及び表 2.3-1 に示す絶縁診断試験を行い、絶縁特性に有意な変化がないこと及び固定子コイルの目視点検、清掃を実施し異常のないことを確認している。

また、これらの点検で有意な絶縁特性の変化が認められた場合は、洗浄、乾燥及び絶縁補修（絶縁物にワニスを注入）または固定子コイル及び口出線・接続部品を取り替えることとしている。

さらに、当面の冷温停止状態においては、冷温停止状態の維持のため必要な運転状態を加味し、定例的な切替を含む日常保全や状態監視を適切な頻度で継続し、必要に応じて補修・取り替えを行うこととしている。

表2.3-1 絶縁診断法

診断項目	目的	測定回路図	測定内容説明	特性図
<b>直流吸収試験 (PI)</b>	直流電圧を印加した時の充電電流から絶縁物の吸湿・汚損状態を確認し、これ以降の試験にて、より高い電圧を加えても絶縁破壊しないか確認する。		絶縁物は電圧を加え始めると、絶縁物固体のコンデンサー成分により、充電電流（吸収電流）が流れ、充電が完了すると電流が流れなくなる。しかし、絶縁材の表面が吸湿（内側の場合もある）、汚損していると大地抵抗値が小さくなり、電流が流れ続ける。  これにより、電圧を加え始めると1分後と10分後の比をとると、絶縁物が吸湿している場合、その比は小さくなる。	
<b>交流電流試験 (Pi1, ΔI)</b>	交流電圧を印加した時の電流-電圧特性は、吸湿・汚損、絶縁材劣化状態、部分放電状態により変化するのでその特性変化から絶縁の性状を推定する。		絶縁物に加える交流電圧を増加させると充電電流も比例して増加するが、絶縁内部の空隙で放電が始まると充電電流が比例以上に急増し、電圧対電流の曲線に屈折を生じる。この点がPi1であり、空隙の数、大きさが大きい程Pi1は低い電圧で発生する。  Pi2は更に電圧を増加させると、空隙相互間の絶縁の弱いつながり部での放電が始まり、空隙の大きさが見かけ上大きくなり、再び電流が急増する。（通常の試験印加電圧では発生しない）  ΔIは定格電圧（E）に於ける比例電流値（推定）に対する実電流の増加率を算出するもので、空隙数・大きさが大きい程値は大きくなる。	
<b>誘電正接試験 (Δtanδ)</b>	tanδ-電圧特性を測定する事によって、絶縁物の吸湿・汚損状況や絶縁材劣化状態を推定する。		交流電流試験の説明に記載の通り、空隙で放電が起こり放電電流成分が急増する。漏れ電流成分は直流吸収試験に記載の通り、絶縁物の吸湿、汚損が大きければ電流は流れやすくなる。これら放電電流・漏れ電流は、抵抗成分により流れるものであるため、コンデンサー成分により流れる充電電流より90°遅れた位相となる。これをベクトルで表すと右図の通りとなり、放電が起きる前の充電電流と遅れ電流のベクトル和の位相角δ0と比べるとδ（δ0に放電分の位相が加わったもの）は大きくなる。  δを測定する装置はtanδで表される。Δtanδ電圧は定格電圧E[kV]の値tanδEと低電圧印加に於ける値tanδ0の差である。以上より、Δtanδが大きくなることは空隙の数が多くなっていると言える。	
<b>部分放電試験 [コロナパルス試験] (Qmax)</b>	部分放電パルス（最大放電電荷量相当）を直接測定し、劣化によるクラック・剥離等の空隙の発生及び進展状況を把握する事により、劣化の進行を推定する。		絶縁物中に空隙が存在すると、空隙の誘電率[ε]は絶縁物よりも小さいため、空隙に電界が集中する。空隙では印加電圧の上昇により放電が始まる。空隙の大きさが大きい程電界は集中しやすいため、放電は更に大きくなる。  又、空隙の静電容量C[F]は空隙の大きさが大きいほど C=εS（空隙の面積）/d（空隙の距離）により大きくなる。よってQ[ε]=C[F]×V[V]の関係より、空隙の電荷量Q[ε]は大きくなる。以上より、放電の大きさが空隙の大きさと言える。	

③ 総合評価

固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下の可能性は否定できないが、絶縁特性低下は点検時における絶縁抵抗測定、絶縁診断試験及び目視点検で把握可能と考える。

また、当面の冷温停止状態においても、必要な運転状態を加味し、今後も定例切替を含む日常保全や状態監視を継続し、必要に応じて適切な対応をとることにより、当面の冷温停止状態における健全性は維持できると判断する。

c. 高経年化への対応

固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に対し追加すべき項目はなく、今後も現状保全を継続していく。

### 3. 代表機器以外への展開

本章では、2章で実施した代表機器の技術評価について、1章で実施したグループ化で代表機器となっていない機器への展開について検討した。

- ① 残留熱除去系ポンプモータ
- ② 高圧炉心スプレイ系ポンプモータ
- ③ 低圧炉心スプレイ系ポンプモータ

#### 3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

##### a. 固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下 [共通]

代表機器同様、固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁物は有機物であるため、熱的、機械的、電氣的及び環境的要因で経年的に劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性がある。

しかし、代表機器同様、固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下に対しては、点検時に目視点検、絶縁抵抗測定及び絶縁診断試験を行い絶縁特性の有意な変化がないことを確認している。

また、当面の冷温停止状態においては、必要な運転状態を加味し、定例試験を含む日常保全を継続するとともに、必要に応じて補修等の適切な対応をとることにより、健全性は維持できると判断する。

したがって、高経年化対策の観点から現状の保全内容に対し追加すべき項目はない。

### 3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

#### a. すべり軸受の摩耗及びはく離 [高圧炉心スプレー系ポンプモータ]

すべり軸受はホワイトメタルを軸受に鑄込み溶着しているため摩耗及びはく離が想定される。

しかし、摩耗については、軸受に潤滑剤が供給され主軸と軸受間に膜が形成される構造となっており、分解点検時に目視点検及び主軸と軸受間隙の寸法測定を行い、間隙が基準値に達した場合は取り替えを行うこととしている。

また、はく離についても分解点検時に目視点検及び浸透探傷検査を実施し、必要に応じて取り替えを実施することとしている。

したがって、今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### b. 主軸の摩耗 [共通]

代表機器同様、すべり軸受及び転がり軸受を使用している主軸については、軸受と主軸の接触面の摩耗が想定されるが、潤滑剤が供給され主軸と軸受間に膜が形成されており、これまでの点検において主軸の寸法測定を行い、有意な摩耗は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### c. 主軸の高サイクル疲労割れ [共通]

代表機器同様、主軸にはポンプ運転時に繰返し応力が発生することから、応力集中部において、高サイクル疲労割れが想定されるが、主軸は設計段階において疲労割れが発生しないように考慮された設計となっており、高サイクル疲労が発生する可能性は小さい。

また、これまでの点検において、割れは確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。



- d. フレーム、エンドブラケット、端子箱及び取付ボルトの腐食（全面腐食）〔共通〕
- 代表機器同様、フレーム、エンドブラケット、端子箱及び取付ボルトは炭素鋼であるため腐食の発生が想定されるが、これらの表面には防食塗装が施されており、塗膜が健全であれば腐食が発生する可能性は小さい。
- また、塗装のはがれに対しては、機器点検時等に必要に応じて補修を行うこととしている。
- さらに、点検時に目視にて確認しており、これまでの点検結果では有意な腐食は確認されていない。
- したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。
- e. 固定子コア及び回転子コアの腐食（全面腐食）〔共通〕
- 代表機器同様、固定子コア及び回転子コアは電磁鋼であり腐食の発生が想定されるが、固定子コア及び回転子コアには、絶縁ワニス処理が施されており、腐食が発生する可能性は小さい。
- また、点検時に目視にて確認しており、これまでの点検結果では有意な腐食は確認されていない。
- したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。
- f. 回転子棒及び回転子エンドリングの疲労割れ〔共通〕
- 代表機器同様、回転子棒及び回転子エンドリングは、モータ起動時に発生する電磁力等により繰返し応力を受けると疲労割れが想定されるが、梁モデルによる評価を行い、発生応力は許容値に対し十分小さいことから、疲労割れが発生する可能性は小さい。
- また、これまでの点検において、割れは確認されていない。
- したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

g. 油冷却器伝熱管の腐食（全面腐食） [共通]

油冷却器の伝熱管は、冷却水に塩素イオンやアンモニアイオン等が溶解していると、伝熱管内面に腐食が発生する可能性がある。しかし、冷却水は純水（防錆剤入り）であり、伝熱管の材料は耐食性の良いステンレス鋼であることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、伝熱管外表面は腐食性の低い油に接しており、腐食が発生する可能性は小さい。

さらに、点検時に目視にて確認しており、これまでの点検結果では有意な腐食は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- (2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

代表機器同様、日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。

以 上

## 2 低圧ポンプモータ

[対象モータ]

- ① 原子炉補機冷却海水ポンプモータ
- ② 高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水ポンプモータ
- ③ ほう酸水注入系ポンプモータ
- ④ 高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却海水ポンプモータ
- ⑤ 換気空調補機非常用冷却水系ポンプモータ
- ⑥ 原子炉冷却材浄化系ポンプモータ

## 目 次

1. 対象機器及び代表機器の選定.....	2-1
1.1 グループ化の考え方及び結果.....	2-1
1.2 代表機器の選定.....	2-1
2. 代表機器の技術評価.....	2-3
2.1 構造, 材料及び使用条件.....	2-3
2.1.1 原子炉補機冷却海水ポンプモータ.....	2-3
2.1.2 原子炉冷却材浄化系ポンプモータ.....	2-6
2.2 経年劣化事象の抽出.....	2-9
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目.....	2-9
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象.....	2-9
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象.....	2-10
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価.....	2-15
3. 代表機器以外への展開.....	2-17
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象.....	2-17
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象.....	2-18

## 1. 対象機器及び代表機器の選定

低圧ポンプモータのうち，対象となる低圧ポンプモータの主な仕様を表 1-1 に示す。

これらの低圧ポンプモータをグループ化し，それぞれのグループより代表機器を選定した。

### 1.1 グループ化の考え方及び結果

型式及び設置場所を分類基準とし，低圧ポンプモータを表 1-1 に示すとおりグループ化する。

### 1.2 代表機器の選定

表 1-1 に分類したグループ毎に，原則として重要度，運転状態及び定格電圧の観点から代表機器を選定する。

#### (1) 屋内設置（型式：全閉形）

このグループには，原子炉補機冷却海水ポンプモータ，高圧炉心スプレィディーゼル補機冷却水ポンプモータ，ほう酸水注入系ポンプモータ，高圧炉心スプレィディーゼル補機冷却海水ポンプモータ及び換気空調補機非常用冷却水系ポンプモータが属するが，運転状態の観点から原子炉補機冷却海水ポンプモータを代表とする。

#### (2) 屋内設置（型式：水浸形）

このグループには原子炉冷却材浄化系ポンプモータのみが属するため，代表機器は原子炉冷却材浄化系ポンプモータとする。

表 1-1 低圧ポンプモータのグループ化と代表機器の選定

分類基準		機器名称 (台数)	仕様 (定格出力×回転速度)	選定基準				選定	選定理由
				重要度*1	使用条件				
型式	設置場所				運転状態*2	定格電圧 (V)	周囲温度 (°C)		
全閉	屋内	原子炉補機冷却海水ポンプモータ (4)	280 kW×740 rpm	MS-1	連続 (連続)	440	40 以下	◎	運転状態
		高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水ポンプモータ (1)	75 kW×1,460 rpm	MS-1	一時 (一時)	440	40 以下		
		ほう酸水注入系ポンプモータ (2)	37 kW×1,450 rpm	MS-1	一時 (一時)	440	40 以下		
		高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却海水ポンプモータ (1)	85 kW×1,460 rpm	MS-1	一時 (一時)	440	40 以下		
		換気空調補機非常用冷却水系ポンプモータ (4)	18.5 kW×1,450 rpm	MS-1	一時 (一時)	440	40 以下		
水浸	屋内	原子炉冷却材浄化系ポンプモータ (2)	90 kW×2,970 rpm	PS-2	連続 (連続)	440	40 以下	◎	

◎：代表機器

\*1：最上位の重要度を示す

\*2：上段は冷温停止状態時における運転状態，下段の（ ）は断続的運転時の運転状態を示す

## 2. 代表機器の技術評価

本章では、1章で代表機器とした以下のポンプモータについて技術評価を実施する。

- ① 原子炉補機冷却海水ポンプモータ
- ② 原子炉冷却材浄化系ポンプモータ

なお、基礎ボルトについては、ポンプとポンプモータの取付ベースが共通であることから、ポンプの評価書での技術評価項目とし本評価書には含めていない。

### 2.1 構造、材料及び使用条件

#### 2.1.1 原子炉補機冷却海水ポンプモータ

##### (1) 構造

原子炉補機冷却海水ポンプモータは、定格出力 280 kW、回転速度 740 rpm の全閉形三相誘導モータであり、4 台設置されている。

##### a. 固定部

モータをベースに固定支持するフレーム内に固定子コアが挿入され、固定子コアには固定子コイルが保持されている。

また、フレーム上部・下部には回転子を支持するエンドブラケットが取り付けられ、内側には転がり軸受が挿入されている。

##### b. 回転部

転がり軸受により支持される主軸に回転子コアが固定されている。

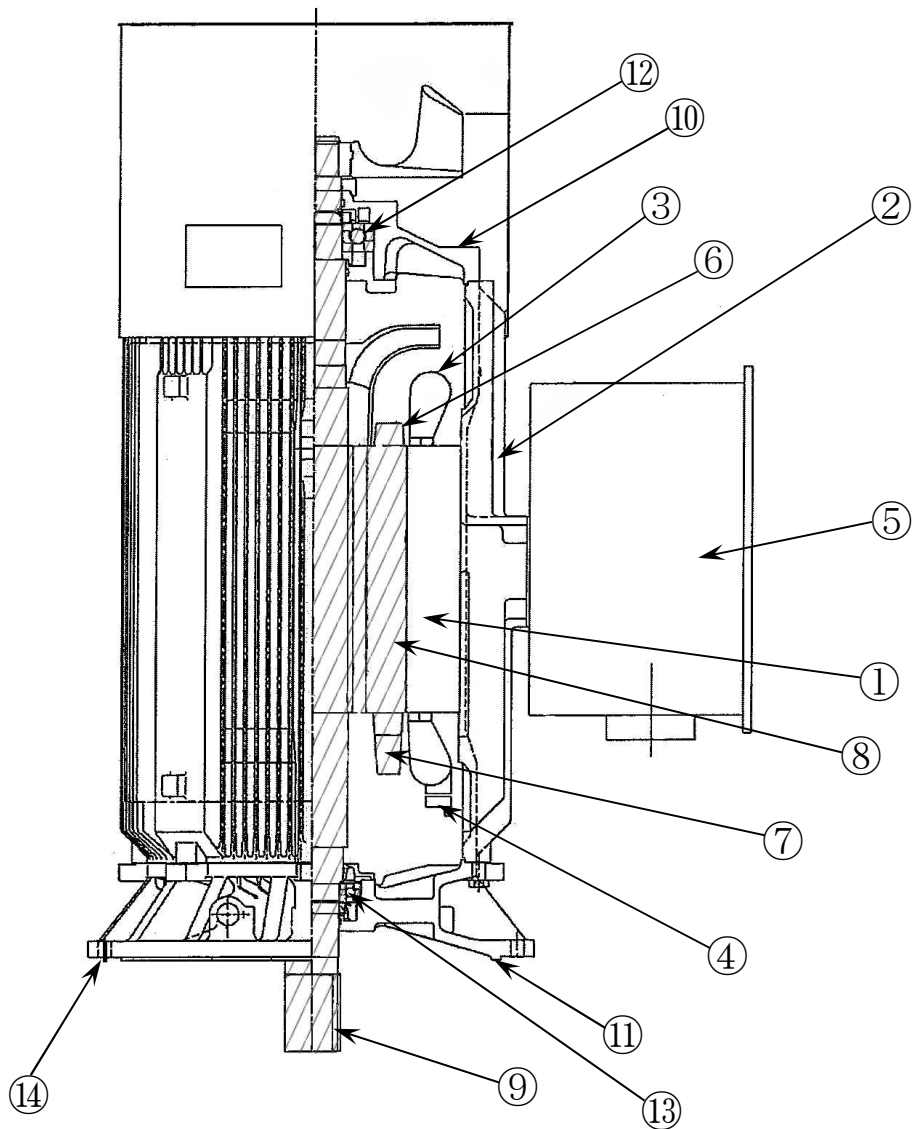
また、回転子コアには回転子棒が挿入され、両端には回転子エンドリングが取り付けられている。

なお、固定子や回転子は、フレーム、エンドブラケット間の取付ボルトをゆるめ、エンドブラケットを取り外すことにより点検手入れが可能である。

原子炉補機冷却海水ポンプモータの構造図を図 2.1-1 に示す。

##### (2) 材料及び使用条件

原子炉補機冷却海水ポンプモータ主要部位の使用材料を表 2.1-1 に、使用条件を表 2.1-2 に示す。



注：回転部を斜線で示す

No.	部 位	No.	部 位
①	固定子コア	⑧	回転子コア
②	フレーム	⑨	主軸
③	固定子コイル	⑩	上部エンドブラケット
④	口出線・接続部品	⑪	下部エンドブラケット
⑤	端子箱	⑫	上部軸受（転がり）
⑥	回転子エンドリング	⑬	下部軸受（転がり）
⑦	回転子棒	⑭	取付ボルト

図2. 1-1 原子炉補機冷却海水ポンプモータ構造図



表 2.1-1 原子炉補機冷却海水ポンプモータ主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
駆動機能の確保	エネルギー変換	固定子コア	電磁鋼
		フレーム	鋳鉄 (FC150)
		固定子コイル	銅, 絶縁物 (アラミッド紙, ポリエステルフィルム等)
		口出線・接続部品	銅, 絶縁物 (アラミッド紙, ポリエチレンナフタレートテープ等)
		端子箱	炭素鋼 (SPHC)
		回転子エンドリング	銅 (C1100)
		回転子棒	銅 (C1100)
		回転子コア	電磁鋼
	エネルギー伝達	主軸	炭素鋼 (S35C-N)
	軸支持	上部エンドブラケット	鋳鉄 (FC150)
		下部エンドブラケット	鋳鉄 (FC150)
		上部軸受 (転がり)	(消耗品)
		下部軸受 (転がり)	(消耗品)
機器の支持	支持	取付ボルト	炭素鋼 (SS400)

表 2.1-2 原子炉補機冷却海水ポンプモータの使用条件

定 格 出 力	280 kW
定 格 電 圧	440 V
回 転 速 度	740 rpm
周 囲 温 度	40 °C以下*

\* : 海水熱交換器建屋内の設計値

## 2.1.2 原子炉冷却材浄化系ポンプモータ

### (1) 構造

原子炉冷却材浄化系ポンプモータは、定格出力 90 kW、回転速度 2,970 rpm の水浸形三相誘導モータであり、2 台設置されている。

#### a. 固定部

モータをポンプの取付台に固定支持するフレーム内に固定子コアが挿入され、固定子コアには固定子コイルが保持されている。

また、フレーム両端面には回転子を支持するアダプタ及びリアカバーが取り付けられ、内側には軸受が挿入されている。

固定子フレーム外周には、固定子の冷却用に熱交換器がある。また、その内部にはパージ水冷却用の伝熱管が内蔵されていて、冷却されたパージ水によりポンプモータ軸受の潤滑・冷却及び回転子の冷却を行う構造となっている。

#### b. 回転部

下部ガイド軸受、上部ガイド軸受及びスラスト軸受により支持される主軸に回転子コアが固定されている。

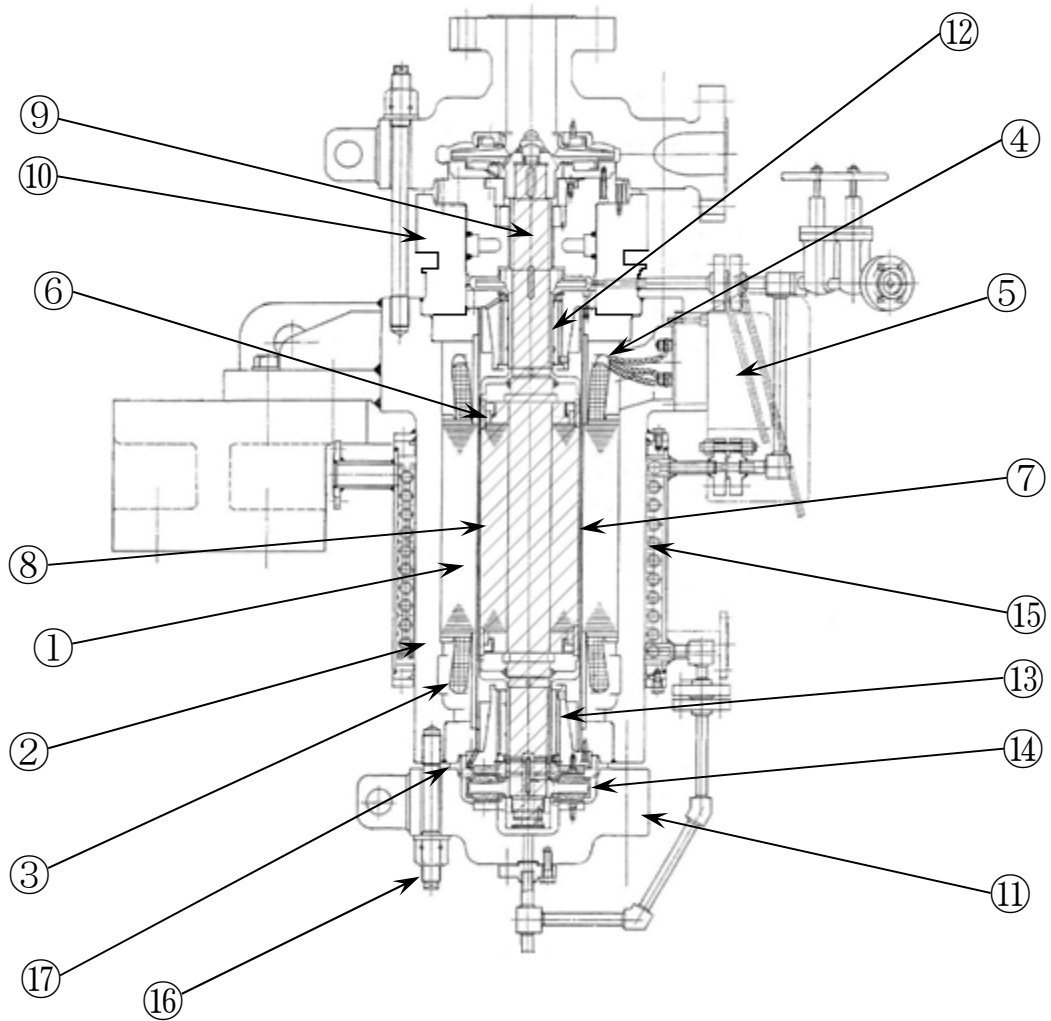
また、回転子コアには回転子棒が挿入され、その両端には回転子エンドリングが取り付けられている。

なお、固定子や回転子は、フレーム、アダプタ及びリアカバー間の取付ボルトをゆるめ、エンドブラケットを取り外すことにより点検手入れが可能である。

原子炉冷却材浄化系ポンプモータの構造図を図 2.1-2 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

原子炉冷却材浄化系ポンプモータ主要部位の使用材料を表 2.1-3 に、使用条件を表 2.1-4 に示す。



注：回転部を斜線で示す

No.	部 位	No.	部 位
①	固定子コア	⑩	アダプタ
②	フレーム	⑪	リアカバー
③	固定子コイル	⑫	上部ガイド軸受 (すべり)
④	口出線・接続部品	⑬	下部ガイド軸受 (すべり)
⑤	端子箱	⑭	下部スラスト軸受 (すべり)
⑥	回転子エンドリング	⑮	伝熱管 (熱交換器)
⑦	回転子棒	⑯	取付ボルト
⑧	回転子コア	⑰	シールリング
⑨	主軸		

図2.1-2 原子炉冷却材浄化系ポンプモータ構造図

表 2.1-3 原子炉冷却材浄化系ポンプモータ主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
駆動機能の確保	エネルギー変換	固定子コア	電磁鋼
		フレーム	ステンレス鋼 (SUSF304)
		固定子コイル	銅, 絶縁物 (カプトンフィルム)
		口出線・接続部品	銅, 絶縁物 (カプトンフィルム)
		端子箱	炭素鋼 (SPHC)
		回転子エンドリング	脱酸銅
		回転子棒	硬質銅ブスバー
		回転子コア	電磁鋼
	エネルギー伝達	主軸	ステンレス鋼 (SUSF316)
	軸支持	上部ガイド軸受 (すべり)	(消耗品)
		下部ガイド軸受 (すべり)	(消耗品)
		下部スラスト軸受 (すべり)	(消耗品)
	シール	シールリング	(消耗品)
	冷却部	伝熱管 (熱交換器)	ステンレス鋼 (SUS316TP/ SUS316)
	機器の支持	支持	取付ボルト

表 2.1-4 原子炉冷却材浄化系ポンプモータの使用条件

定 格 出 力	90 kW
定 格 電 圧	440 V
回 転 速 度	2,970 rpm
周 囲 温 度	40 °C以下*

\*: 原子炉建屋内の設計値

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

低圧ポンプモータの機能（ポンプ送水機能）の達成に必要な項目は以下のとおり。

- ① 駆動機能の確保
- ② 機器の支持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

低圧ポンプモータについて、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の材料、構造、使用条件（定格電圧、周囲温度等）及び現在までの運転経験を考慮し、表 2.2-1 に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

なお、消耗品及び定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

転がり軸受（原子炉補機冷却海水ポンプモータ）、上部ガイド軸受、下部ガイド軸受、下部スラスト軸受及びシールリング（原子炉冷却材浄化系ポンプモータ）は消耗品であり、設計時に長期使用せず取り替えを前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

#### (3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

想定される経年劣化事象のうち主要 6 事象に該当する事象及び下記①、②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。なお、下記①、②に該当する事象については、2.2.3 項に示すとおり、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

- ① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△）
- ② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲）

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象として以下の事象が抽出された（表 2.2-1 で○）。

#### a. 固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下 [共通]

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

a. フレーム、エンドブラケット及び取付ボルトの腐食（全面腐食）〔原子炉補機冷却海水ポンプモータ〕

フレーム及びエンドブラケットは鋳鉄、取付ボルトは炭素鋼であるため腐食の発生が想定されるが、これらの表面には防食塗装が施されており、塗膜が健全であれば腐食が発生する可能性は小さい。

また、塗装のはがれに対しては、機器点検時等に必要に応じて補修を行うこととしている。

さらに、点検時に目視にて確認しており、これまでの点検結果では有意な腐食は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. 端子箱の腐食（全面腐食）〔共通〕

端子箱は炭素鋼であるため腐食の発生が想定されるが、端子箱の表面には防食塗装が施されており、塗膜が健全であれば腐食が発生する可能性は小さい。

また、塗装のはがれに対しては、機器点検時等に必要に応じて補修を行うこととしている。

さらに、点検時に目視にて確認しており、これまでの点検結果では有意な腐食は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. 固定子コア及び回転子コアの腐食（全面腐食）〔共通〕

固定子コア及び回転子コアは電磁鋼であり腐食の発生が想定されるが、固定子コア及び回転子コアには、絶縁ワニス処理が施されており、腐食が発生する可能性は小さい。

また、点検時に目視にて確認しており、これまでの点検結果では有意な腐食は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. 回転子棒及び回転子エンドリングの疲労割れ [共通]

回転子棒及び回転子エンドリングは、モータ起動時に発生する電磁力等により繰返し応力を受けると疲労割れの発生が想定される。

しかし、原子炉補機冷却海水ポンプモータについては、梁モデルによる評価を行い、発生応力は許容値に対し十分小さいことから、疲労割れが発生する可能性は小さい。

また、原子炉冷却材浄化系ポンプモータについては、図 2.2-1 に示すとおり回転子棒に回転子エンドリング（銅板）が積層された一体構造となっており、回転子棒及び回転子エンドリングに、応力を受けない設計となっていることから、疲労割れの発生する可能性は小さい。

さらに、点検時の目視確認及び動作試験において異常の無いことを確認しており、これまでの点検において割れは確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

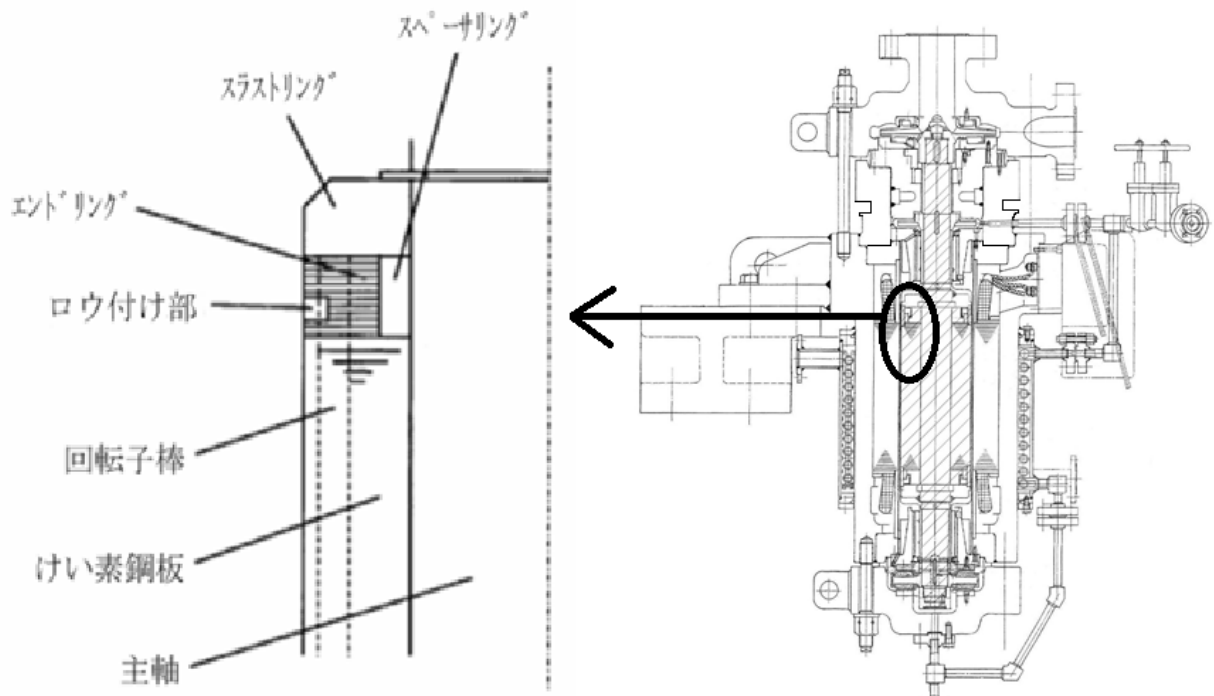


図2.2-1 原子炉冷却材浄化系ポンプモータ回転子エンドリング部構造

e. 主軸の摩耗 [共通]

主軸については、軸受と主軸の接触面の摩耗が想定されるが、これまでの点検において主軸の寸法測定を行い、測定結果で有意な摩耗は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f. 主軸の高サイクル疲労割れ [共通]

主軸にはポンプ運転時に繰返し応力が発生することから、応力集中部において高サイクル疲労割れが想定されるが、主軸は設計段階において疲労割れが発生しないように考慮された設計となっており、高サイクル疲労が発生する可能性は小さい。

また、これまでの点検において、割れは確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- (2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象  
(日常劣化管理事象以外)

日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。



表 2.2-1 (1/2) 原子炉補機冷却海水ポンプモータに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考	
					減 肉		割 れ		絶縁	導通	信号		その他
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁特性低下	導通不良	特性変化		
駆動機能の確保	エネルギー変換	固定子コア		電磁鋼		△							*: 高サイクル疲労割れ
		フレーム		鋳鉄		△							
		固定子コイル		銅, 絶縁物					○				
		口出線・接続部品		銅, 絶縁物					○				
		端子箱		炭素鋼		△							
		回転子棒・回転子エンドリング		銅			△						
		回転子コア		電磁鋼		△							
	エネルギー伝達	主軸		炭素鋼	△		△*						
	軸支持	上部エンドブラケット		鋳鉄		△							
		下部エンドブラケット		鋳鉄		△							
上部軸受 (転がり)		◎											
下部軸受 (転がり)		◎											
機器の支持	支持	取付ボルト		炭素鋼		△							

○ : 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△ : 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 (日常劣化管理事象)

表2.2-1 (2/2) 原子炉冷却材浄化系ポンプモータに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考	
					減 肉		割 れ		絶 縁	導 通	信 号		その他
					摩 耗	腐 食	疲 勞 割 れ	応 力 腐 食 割 れ	絶 縁 特 性 低 下	導 通 不 良	特 性 変 化		
駆動機能の確保	エネルギー変換	固定子コア		電磁鋼		△							*:高サイクル疲労割れ
		フレーム		ステンレス鋼									
		固定子コイル		銅, 絶縁物					○				
		口出線・接続部品		銅, 絶縁物					○				
		端子箱		炭素鋼		△							
		回転子棒・回転子エンドリング		硬質銅ブスバー, 脱酸銅			△						
		回転子コア		電磁鋼		△							
	エネルギー伝達	主軸		ステンレス鋼	△		△*						
	軸支持	上部ガイド軸受(すべり)	◎										
		下部ガイド軸受(すべり)	◎										
		下部スラスト軸受(すべり)	◎										
	シール	シールリング	◎										
	冷却部	伝熱管			ステンレス鋼								
機器の支持	支持	取付ボルト		ステンレス鋼									

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

## 2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

### (1) 固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下 [共通]

#### a. 事象の説明

固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁物は有機物であるため、振動等による機械的劣化、熱分解による熱的劣化、絶縁物内空隙での放電等による電氣的劣化、埃等の異物付着による環境的劣化により経年的に劣化が進行し、絶縁物の外表面、内部から絶縁特性低下を起こす可能性がある。

絶縁特性低下を生ずる可能性のある部位を図 2.3-1 に示す。

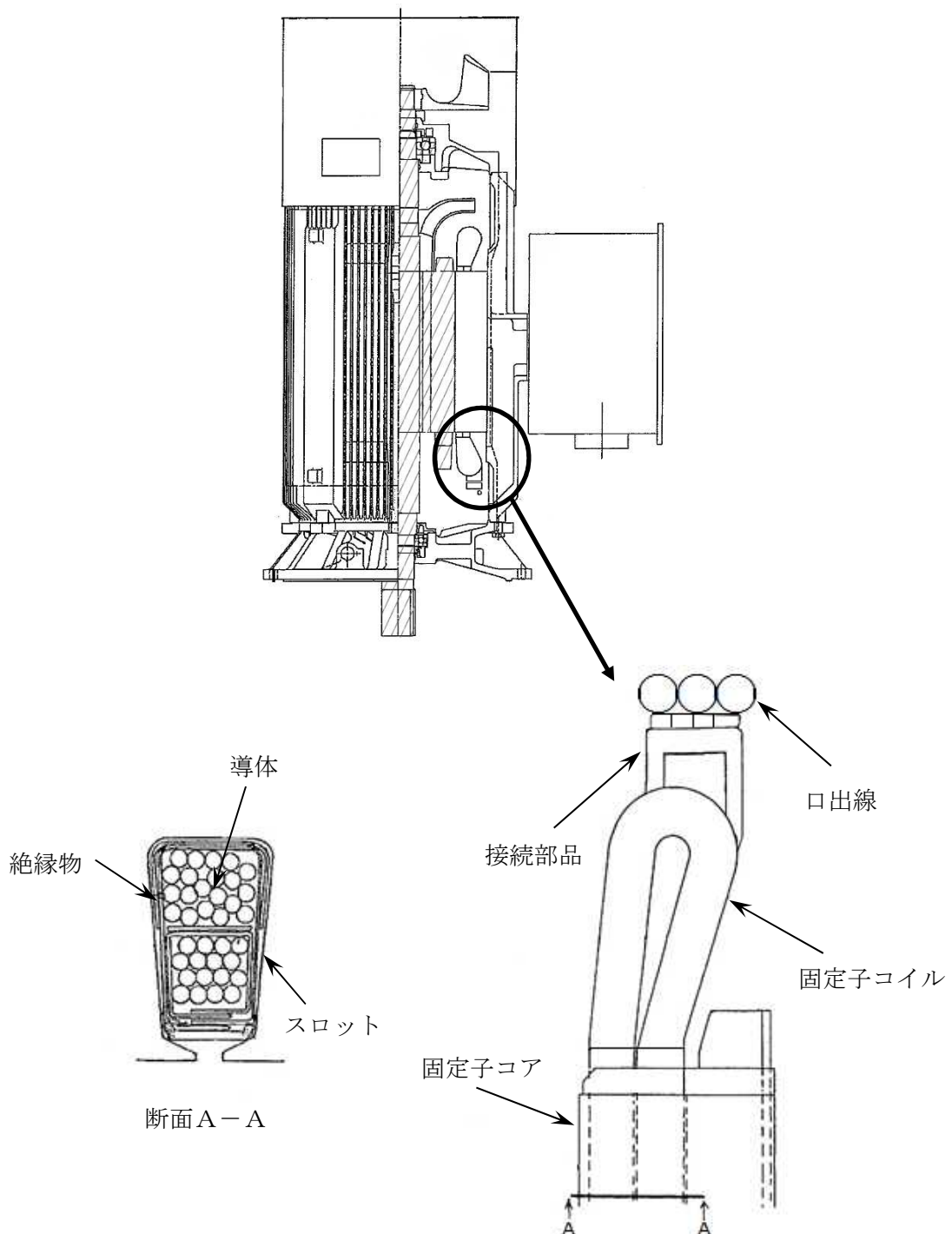


図2.3-1 固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁部位

## b. 技術評価

### ① 健全性評価

固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下要因としては、機械的、熱的、電氣的及び環境的要因により経年的に劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性があることから、長期間の使用を考慮すると固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下の可能性は否定できない。

### ② 現状保全

固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下に対しては、点検時に目視点検、清掃及び絶縁抵抗測定を実施し、絶縁機能の健全性を確認している。

また、点検で有意な絶縁特性低下が認められた場合には、洗浄・乾燥及び絶縁補修（絶縁物にワニスを注入）または、固定子コイル及び口出線・接続部品またはモータの取り替えを行うこととしている。

さらに、当面の冷温停止状態においては、冷温停止状態の維持のため必要な運転状態を加味し、定例的な切替を含む日常保全や状態監視を適切な頻度で継続し、必要に応じて補修・取り替えを行うこととしている。

### ③ 総合評価

固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下の可能性は否定できないが、絶縁特性低下は点検時における絶縁抵抗測定及び目視点検で把握可能と考える。

また、当面の冷温停止状態においても、必要な運転状態を加味し、今後も定例切替を含む日常保全や状態監視を継続し、必要に応じて適切な対応をとることにより、当面の冷温停止状態における健全性は維持できると判断する。

## c. 高経年化への対応

固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に対し追加すべき項目はなく、今後も現状保全を継続していく。

### 3. 代表機器以外への展開

本章では、2章で実施した代表機器の技術評価について1章で実施したグループ化で代表機器となっていない機器への展開について検討した。

- ① 高圧炉心スプレィディーゼル補機冷却水ポンプモータ
- ② ほう酸水注入系ポンプモータ
- ③ 高圧炉心スプレィディーゼル補機冷却海水ポンプモータ
- ④ 換気空調補機非常用冷却水系ポンプモータ

#### 3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

##### a. 固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下 [共通]

代表機器同様、固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁物は有機物であるため、熱的、機械的、電気的及び環境的要因で経年的に劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性がある。

しかし、代表機器同様、低圧ポンプモータの絶縁特性低下については、点検時に目視点検及び絶縁抵抗測定を実施することにより健全性の確認は可能である。

また、当面の冷温停止状態においては、必要な運転状態を加味し、定例切替や定例試験を含む日常保全や状態監視を継続するとともに、必要に応じて補修等の適切な対応をとることにより、健全性は維持できると判断する。

したがって、高経年化対策の観点から現状の保全内容に対し追加すべき項目はない。

### 3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

#### a. 取付ボルトの腐食（全面腐食）〔共通〕

代表機器同様、取付ボルトは炭素鋼であるため腐食の発生が想定されるが、取付ボルト表面には防食塗装が施されており、塗膜が健全であれば腐食が発生する可能性は小さい。

また、塗装のはがれに対しては、機器点検時等に必要に応じて補修を行うこととしている。

さらに、点検時に目視にて確認しており、これまでの点検結果では有意な腐食は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### b. フレーム、エンドブラケット及び端子箱の腐食（全面腐食）〔共通〕

代表機器同様、フレーム、エンドブラケット及び端子箱は鋳鉄及び炭素鋼であるため腐食の発生が想定されるが、フレーム等の表面には防食塗装が施されており、塗膜が健全であれば腐食が発生する可能性は小さい。

また、塗装のはがれに対しては、機器点検時等に必要に応じて補修を行うこととしている。

さらに、点検時に目視にて確認しており、これまでの点検結果では有意な腐食は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### c. 固定子コア及び回転子コアの腐食（全面腐食）〔共通〕

代表機器同様、固定子コア及び回転子コアは電磁鋼であり腐食の発生が想定されるが、固定子コア及び回転子コアには、絶縁ワニス処理が施されており、腐食が発生する可能性は小さい。

また、点検時に目視にて確認しており、これまでの点検結果では有意な腐食は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. 回転子棒及び回転子エンドリングの疲労割れ [共通]

代表機器同様、回転子棒及び回転子エンドリングは、モータ起動時に発生する電磁力等により繰返し応力を受けると疲労割れが想定される。

しかし、回転子棒及び回転子エンドリングはアルミダイキャストで一体成型され、スロット内にアルミニウムが充満した状態で回転子棒が形成されているため、回転子棒とスロット間に隙間や緩みは生じないことから、繰返し応力による疲労割れ発生の可能性は小さい。

アルミダイキャストの構造図を図 3.2-1 に示す。

さらに、点検時の目視確認及び動作試験において異常の無いことを確認しており、これまでの点検において割れは確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

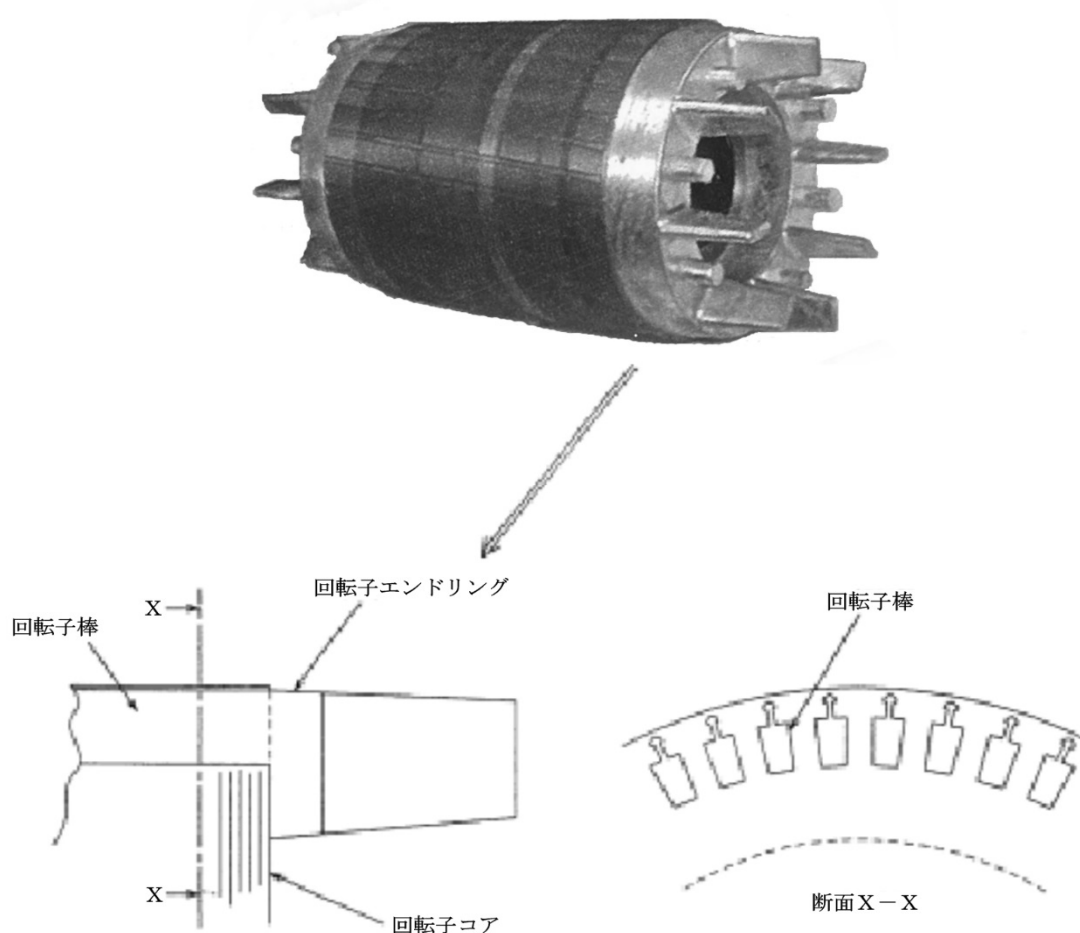


図 3.2-1 アルミダイキャスト構造図

e. 主軸の摩耗 [共通]

代表機器同様、主軸については、軸受と主軸の接触面の摩耗が想定されるが、これまでの点検において主軸の寸法測定を行い、測定結果で有意な摩耗は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f. 主軸の高サイクル疲労割れ [共通]

代表機器同様、主軸にはポンプ運転時に繰返し応力が発生することから、応力集中部において、高サイクル疲労割れが想定されるが、主軸は設計段階において疲労割れが発生しないように考慮された設計となっており、高サイクル疲労が発生する可能性は小さく、これまでの点検において、割れは確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- (2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象  
(日常劣化管理事象以外)

代表機器同様、日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。

以 上



柏崎刈羽原子力発電所 3 号炉

容 器 の 技 術 評 価 書

東京電力ホールディングス株式会社

本評価書は柏崎刈羽原子力発電所3号炉（以下、柏崎刈羽3号炉という）における安全上重要な容器（重要度分類指針におけるPS-1, 2及びMS-1, 2に該当する機器）に高温・高圧の環境下にあるクラス3の容器の高経年化に係わる技術評価についてまとめたものである。

評価対象機器の一覧を表1に、機能を表2に示す。

評価対象機器を型式、内部流体及び材料等で分類し、それぞれのグループから重要度及び使用条件等の観点で代表機器を選定し技術評価を行った後、代表以外の機器について評価を展開している。

本評価書は容器の型式等を基に、以下の3分冊で構成されている。

- 1 容器
- 2 原子炉圧力容器
- 3 原子炉格納容器

なお、原子炉圧力容器と原子炉格納容器は、重要性及び特殊性を考慮し、容器と分けて単独で評価している。

また、水圧制御ユニット、非常用ディーゼル機関付属設備、可燃性ガス濃度制御系設備及び圧縮空気系設備の容器については「機械設備の技術評価書」、空調設備の容器については「空調設備の技術評価書」、ポンプ設備の容器については「ポンプの技術評価書」に含めて評価するものとし、本評価書には含まれていない。

なお、本文中の単位の記載は、SI単位系に基づくものとする（圧力の単位は特に注記がない限り、ゲージ圧力を示す）。

表 1 (1/2) 評価対象機器一覧

種 類	機 器 名 称 (基 数)	仕 様	重要度*1
容 器	スクラム排出容器 (2)	全高 2,166 mm 内径 267.7 mm	高*2
	原子炉補機冷却水系サージタンク (2)	全高 3,747 mm 内径 2,500 mm	MS-1
	高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系サージタンク (1)	全高 2,150 mm 内径 1,200 mm	MS-1
	ほう酸水注入系貯蔵タンク (1)	全高 3,890 mm 内径 3,000 mm	MS-1
	使用済燃料貯蔵プール (1) *3	縦 12,200 mm×横 13,600 mm× 深さ 11,920 mm	PS-2
	原子炉ウェル (1)	深さ 約 8,470 mm 内径 11,660 mm	PS-2
	復水補給水系復水貯蔵槽 (1)	縦 18,900 mm×横 8,600 mm× 深さ 17,900 mm	MS-1
	主蒸気逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータ (7)	全長 1,420 mm 内径 450 mm	MS-1
	原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器 (2)	全高 3,273 mm 内径 1,058 mm	PS-2
	制御棒駆動系制御棒駆動水フィルタ (2)	全高 1,315 mm 内径 216.3 mm	高*2
原子炉圧力容器	原子炉圧力容器 (1)	全高 22,975 mm 内径 6,420 mm	PS-1

\*1：最上位の重要度を示す

\*2：最高使用温度が 95 °C を超え、または最高使用圧力が 1,900 kPa を超える環境下にある原子炉格納容器外の重要度クラス 3 の機器

\*3：キャスク専用プール含む

表 1 (2/2) 評価対象機器一覧

種 類	機 器 名 称 (基 数)		仕 様	重要度*1
原子炉格納容器	原子炉格納容器本体	原子炉格納容器 (1)	全高 47,958 mm 円筒部内径 29,000 mm	MS-1
	機械ペネトレーション	配管貫通部	—	MS-1
		ハッチ及びマンホール	—	MS-1
	電気ペネトレーション	モジュール型低圧動力用電気ペネトレーション	—	MS-1
		モジュール型制御用電気ペネトレーション	—	MS-1
		モジュール型計装用電気ペネトレーション	—	MS-1
		モジュール型制御棒位置表示用電気ペネトレーション	—	MS-1
		モジュール型中性子計装用電気ペネトレーション	—	MS-1
	モジュール型制御及び計装用電気ペネトレーション	—	MS-1	

\*1：最上位の重要度を示す

表2 評価対象機器機能一覧

機 器 名 称	機 能
スクラム排出容器	スクラム動作時の制御棒駆動機構から排出される水を貯える。また、原子炉内よりの漏えい水の検知・制限を行う。
原子炉補機冷却水系サージタンク	原子炉補機冷却水系の冷却対象クーラ及び配管の設置位置より高い位置へ設置し、冷却水の温度変化による体積変化及び系統圧力の過渡変化を吸収する。
高圧炉心スプレィディーゼル補機冷却水系サージタンク	高圧炉心スプレィディーゼル補機冷却水系の冷却対象クーラ及び配管の設置位置より高い位置へ設置し、冷却水の温度変化による体積変化及び系統圧力の過渡変化を吸収する。
ほう酸水注入系貯蔵タンク	制御棒の挿入不能により原子炉の冷温停止ができない場合に原子炉冷温停止のために注入する五ほう酸ナトリウム水を貯蔵する。
使用済燃料貯蔵プール	燃料及び制御棒の貯蔵を行う。さらに、燃料チャンネルの取替及び放射性機器、使用済燃料輸送容器の取り扱いを行う。
原子炉ウェル	燃料の取替時に水を満たし、原子炉圧力容器から燃料を取り出す。
復水補給水系復水貯蔵槽	プラント運転中あるいは停止中及び事故発生時にプラント内の各機器に供給する復水を貯蔵する。
主蒸気逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータ	自動減圧機能時における逃がし安全弁駆動用ガスである窒素ガスを蓄えている。
原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器	原子炉冷却材に含まれる溶解性、不溶解性不純物をイオン交換樹脂により除去する。
制御棒駆動系制御棒駆動水フィルタ	制御棒駆動系ポンプから駆動系に入ってくる錆、スケール等の異物を取り除く。
原子炉圧力容器	原子炉の燃料及び炉心構造物を収容し、純水（原子炉冷却材）を加熱して蒸気を発生させる。
原子炉格納容器	原子炉圧力容器と冷却系統等を収容する。また、仮に原子炉の事故や冷却系の事故等により原子炉冷却材圧力バウンダリから放射性物質を放出した場合、環境へ放出されるのを防ぐ。

# 1 容 器

[対象容器]

- ① スクラム排出容器
- ② 原子炉補機冷却水系サージタンク
- ③ 高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系サージタンク
- ④ ほう酸水注入系貯蔵タンク
- ⑤ 使用済燃料貯蔵プール
- ⑥ 原子炉ウェル
- ⑦ 復水補給水系復水貯蔵槽
- ⑧ 主蒸気逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータ
- ⑨ 原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器
- ⑩ 制御棒駆動系制御棒駆動水フィルタ

# 目 次

1. 対象機器及び代表機器の選定 .....	1-1
1.1 グループ化の考え方及び結果 .....	1-1
1.2 代表機器の選定 .....	1-1
2. 代表機器の技術評価 .....	1-3
2.1 構造, 材料及び使用条件 .....	1-3
2.1.1 原子炉補機冷却水系サージタンク .....	1-3
2.1.2 ほう酸水注入系貯蔵タンク .....	1-6
2.1.3 復水補給水系復水貯蔵槽 .....	1-9
2.1.4 主蒸気逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータ .....	1-12
2.1.5 原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器 .....	1-15
2.1.6 制御棒駆動系制御棒駆動水フィルタ .....	1-18
2.2 経年劣化事象の抽出 .....	1-21
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目 .....	1-21
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 .....	1-21
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 .....	1-22
3. 代表機器以外への展開 .....	1-30
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 .....	1-30
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 .....	1-30

## 1. 対象機器及び代表機器の選定

主要な容器（原子炉圧力容器，原子炉格納容器を除く）の主な仕様を表 1-1 に示す。これらの容器をグループ化し，それぞれのグループより代表機器を選定した。

### 1.1 グループ化の考え方及び結果

種類，内部流体及び材料を分類基準とし，容器を表 1-1 に示すとおりグループ化する。

### 1.2 代表機器の選定

表 1-1 に分類したグループ毎に，原則として重要度，最高使用温度及び最高使用圧力の観点から代表機器を選定する。

#### (1) タンク（内部流体：純水，胴部材質：炭素鋼）

このグループにはスクラム排出容器，原子炉補機冷却水系サージタンク，高圧炉心スプレィディーゼル補機冷却水系サージタンクが属するが，原子炉補機冷却水系サージタンク，高圧炉心スプレィディーゼル補機冷却水系サージタンクが重要度及び最高使用温度の観点から同条件となるため，ここでは原子炉補機冷却水系サージタンクを代表機器とする。

#### (2) タンク（内部流体：五ほう酸ナトリウム水，胴部材質：ステンレス鋼）

このグループにはほう酸水注入系貯蔵タンクのみが属するため，ほう酸水注入系貯蔵タンクを代表機器とする。

#### (3) ライニング槽（内部流体：純水，胴部材質：コンクリート（ステンレス鋼内張））

このグループには使用済燃料貯蔵プール，原子炉ウェル，復水補給水系復水貯蔵槽が属するが，重要度の観点から復水補給水系復水貯蔵槽を代表機器とする。

#### (4) アキュムレータ（内部流体：ガス，胴部材質：ステンレス鋼）

このグループには主蒸気逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータのみが属するため，主蒸気逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータを代表機器とする。

#### (5) フィルタ等（内部流体：純水，胴部材質：炭素鋼）

このグループには原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器のみが属するため，原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器を代表機器とする。

#### (6) フィルタ等（内部流体：純水，胴部材質：ステンレス鋼）

このグループには制御棒駆動系制御棒駆動水フィルタのみが属するため，制御棒駆動系制御棒駆動水フィルタを代表機器とする。



表 1-1 容器のグループ化及び代表機器の選定

分類基準			機器名称 (基数)	選定基準			選定	選定理由
種類	内部流体	胴部材質		重要度*1	使用条件			
					最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (°C)		
タンク	純水	炭素鋼	スクラム排出容器 (2)	高*2	約8.6	138		重要度, 最高 使用温度
			原子炉補機冷却水系サージタンク (2)	MS-1	大気圧	70	◎	
			高圧炉心スプレィディーゼル補機冷却水系サージタンク (1)	MS-1	大気圧	70		
	五ほう酸 ナトリウム水	ステンレス鋼	ほう酸水注入系貯蔵タンク (1)	MS-1	大気圧	66	◎	
ライニング槽	純水	コンクリート (ステンレス鋼内張)	使用済燃料貯蔵プール (1) *3	PS-2	大気圧	66		重要度
			原子炉ウェル (1)	PS-2	大気圧	66		
			復水補給水系復水貯蔵槽 (1)	MS-1	大気圧	66	◎	
アキュムレータ	ガス (窒素)	ステンレス鋼	主蒸気逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータ (7)	MS-1	約1.8	171	◎	
フィルタ等	純水	炭素鋼	原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器 (2)	PS-2	約 10.0	66	◎	
		ステンレス鋼	制御棒駆動系制御棒駆動水フィルタ (2)	高*2	約 13.8	66	◎	

\*1：最上位の重要度を示す

\*2：最高使用温度が 95 °C を超え、または最高使用圧力が 1,900 kPa を超える環境下にある原子炉格納容器外の重要度クラス 3 の機器

\*3：キャスク専用プール含む

## 2. 代表機器の技術評価

本章では、1章で代表機器とした以下の容器について技術評価を実施する。

- ① 原子炉補機冷却水系サージタンク
- ② ほう酸水注入系貯蔵タンク
- ③ 復水補給水系復水貯蔵槽
- ④ 主蒸気逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータ
- ⑤ 原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器
- ⑥ 制御棒駆動系制御棒駆動水フィルタ

### 2.1 構造、材料及び使用条件

#### 2.1.1 原子炉補機冷却水系サージタンク

##### (1) 構造

原子炉補機冷却水系サージタンクは円筒縦型容器であり、2基設置されている。胴は炭素鋼であり、純水を内包している。

原子炉補機冷却水系サージタンクの構造図を図 2.1-1 に示す。

##### (2) 材料及び使用条件

原子炉補機冷却水系サージタンク主要部位の使用材料を表 2.1-1 に、使用条件を表 2.1-2 に示す。

No.	部 位
①	底板
②	胴
③	上蓋
④	マンホール蓋
⑤	取付ボルト
⑥	ガスケット
⑦	基礎ボルト

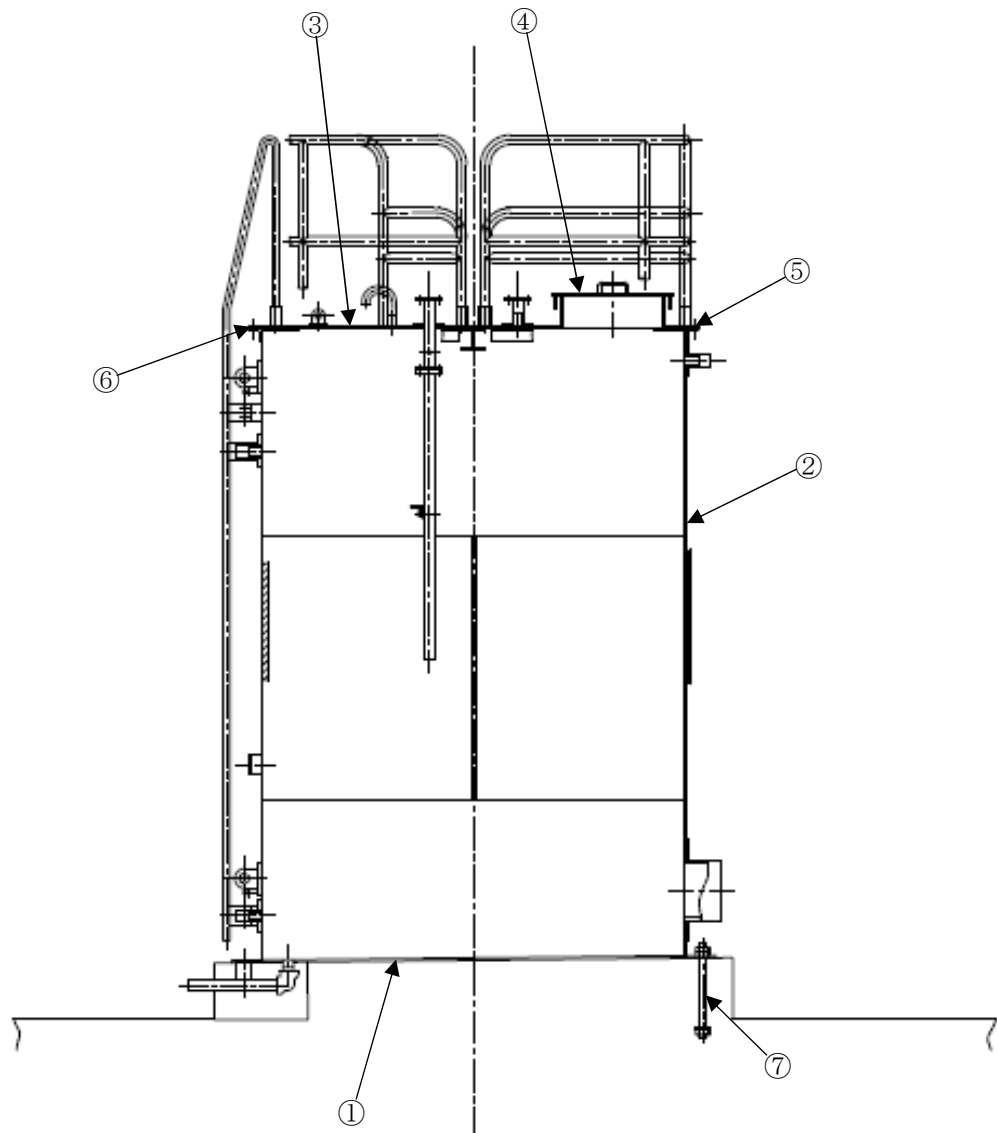


図 2.1-1 原子炉補機冷却水系サージタンク構造図

表 2.1-1 原子炉補機冷却水系サージタンク主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
バウンダリの維持	耐圧	底板	炭素鋼 (SM41A) (エポキシコーティング)
		胴	炭素鋼 (SM41A) (エポキシコーティング)
		上蓋	炭素鋼 (SM41A) (エポキシコーティング)
		マンホール蓋	炭素鋼 (SS41) (ゴムライニング)
		取付ボルト	ステンレス鋼 (SUS304)
	シール	ガスケット	(消耗品)
機器の支持	支持	基礎ボルト	炭素鋼 (SS41)

表 2.1-2 原子炉補機冷却水系サージタンクの使用条件

最高使用圧力	大気圧
最高使用温度	70 °C
主要寸法	全高： 3,747 mm 内径： 2,500 mm
内部流体	純水

## 2.1.2 ほう酸水注入系貯蔵タンク

### (1) 構造

ほう酸水注入系貯蔵タンクは円筒縦型容器であり、1基設置されている。胴はステンレス鋼であり、五ほう酸ナトリウム水を内包している。ほう酸水注入系貯蔵タンクは、上部に設置されているマンホール蓋を取り外すことにより、開放が可能である。また、ほう酸の析出防止及び攪拌のためタンク内部にヒータ及びスパージャが設置されている。

ほう酸水注入系貯蔵タンクの構造図を図 2.1-2 示す。

### (2) 材料及び使用条件

ほう酸水注入系貯蔵タンク主要部位の使用材料を表 2.1-3, 使用条件を表 2.1-4 に示す。

No.	部 位
①	上板
②	胴
③	底板
④	マンホール蓋
⑤	取付ボルト
⑥	ガスケット
⑦	基礎ボルト
⑧	ヒータ
⑨	スパージャ

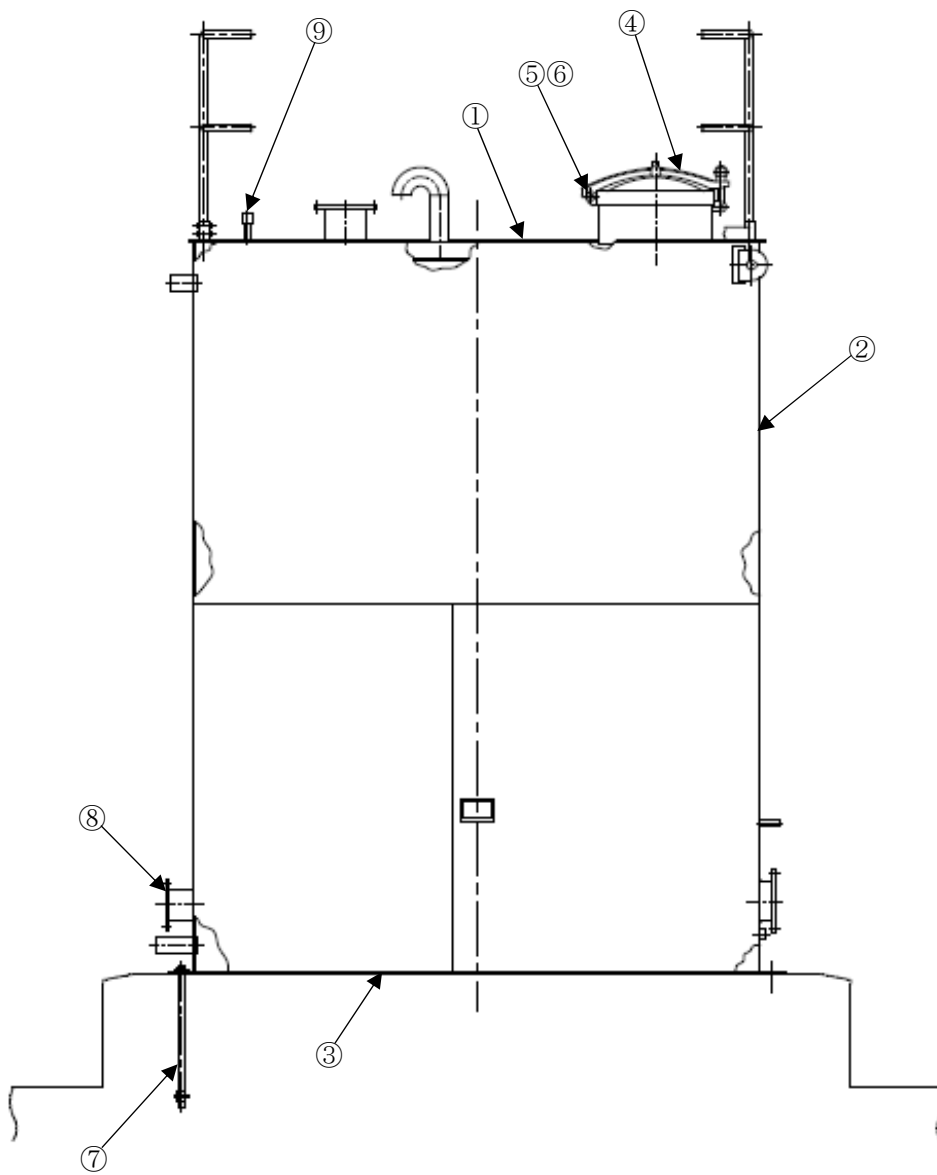


図 2.1-2 ほう酸水注入系貯蔵タンク構造図

表 2.1-3 ほう酸水注入系貯蔵タンク主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
バウンダリの維持	耐圧	上板	ステンレス鋼 (SUS304)
		胴	ステンレス鋼 (SUS304)
		底板	ステンレス鋼 (SUS304)
		マンホール蓋	ステンレス鋼 (SUS304)
		取付ボルト	ステンレス鋼
	シール	ガスケット	(消耗品)
機器の支持	支持	基礎ボルト	炭素鋼 (SS41)
その他	その他	ヒータ	ニクロム線, 絶縁物, シール材, ステンレス鋼 (SUS316TP) *
		スパージャ	ステンレス鋼 (SUS304TP)

\* : ヒータシース部材料

表 2.1-4 ほう酸水注入系貯蔵タンクの使用条件

最高使用圧力	大気圧
最高使用温度	66 °C
主要寸法	全高 : 3,890 mm 内径 : 3,000 mm
内部流体	五ほう酸ナトリウム水

### 2.1.3 復水補給水系復水貯蔵槽

#### (1) 構造

復水補給水系復水貯蔵槽はライニング槽であり，1基設置されている。胴部はコンクリートにステンレス鋼を内張りし，純水を内包している。

復水補給水系復水貯蔵槽の構造図を図 2.1-3 に示す。

#### (2) 材料及び使用条件

復水補給水系復水貯蔵槽主要部位の使用材料を表 2.1-5 に，使用条件を表 2.1-6 に示す。



No.	部 位
①	胴*
②	マンホール蓋

\*コンクリート（ステンレス鋼内張）

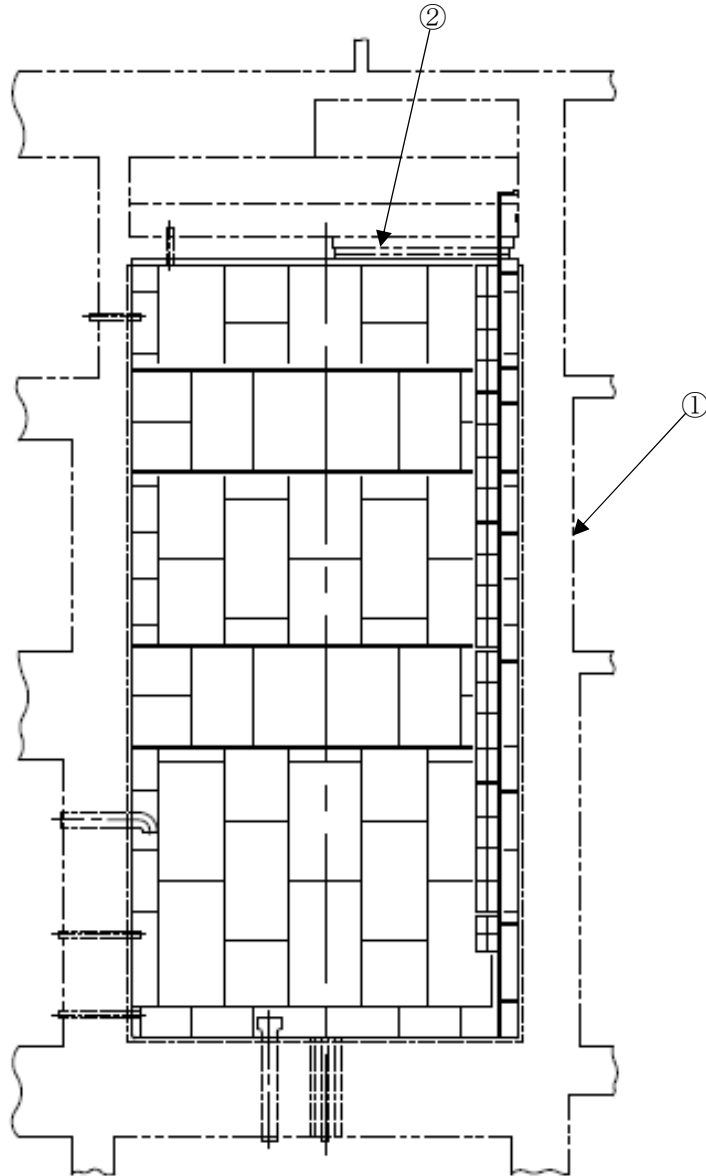


図 2.1-3 復水補給水系復水貯蔵槽構造図

表 2.1-5 復水補給水系復水貯蔵槽主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
バウンダリの維持	耐圧	胴	コンクリート（ステンレス鋼内張）
		マンホール蓋	ステンレス鋼（SUS304）

表 2.1-6 復水補給水系復水貯蔵槽の使用条件

最高使用圧力	大気圧
最高使用温度	66 ℃
主要寸法	縦 : 18,900 mm 横 : 8,600 mm 深さ : 17,900 mm
内部流体	純水

#### 2.1.4 主蒸気逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータ

##### (1) 構造

主蒸気逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータは密閉型の円筒縦型容器であり、7基設置されている。胴はステンレス鋼であり、ガス（窒素）を内包している。

主蒸気逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータの構造図を図 2.1-4 に示す。

##### (2) 材料及び使用条件

主蒸気逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータ主要部位の使用材料を表 2.1-7 に、使用条件を表 2.1-8 に示す。

No.	部 位
①	平板
②	胴

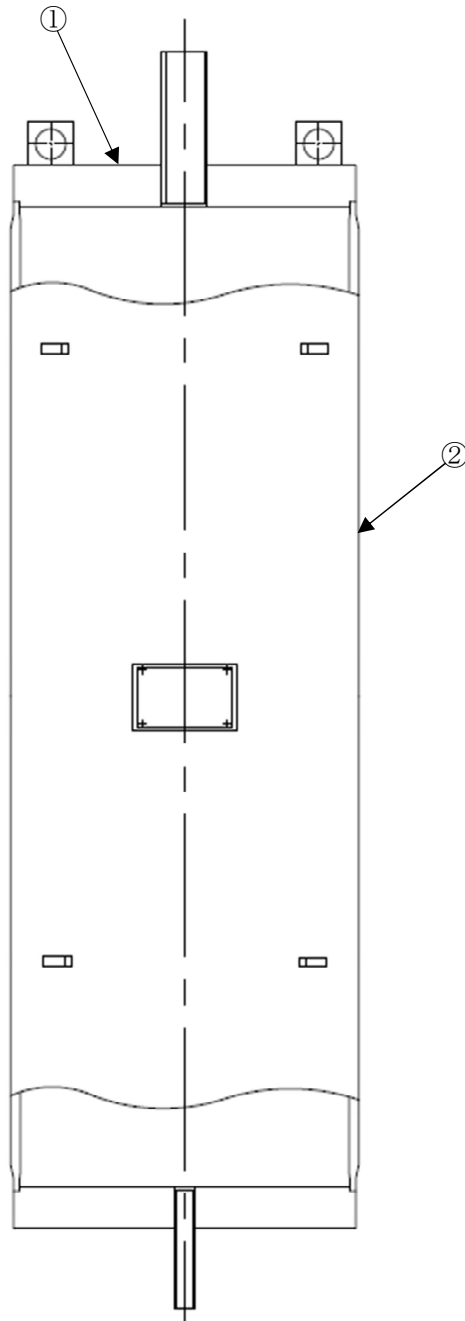


図 2.1-4 主蒸気逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータ構造図

表 2.1-7 主蒸気逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータ主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
バウンダリの維持	耐圧	平板	ステンレス鋼 (SUS304)
		胴	ステンレス鋼 (SUS304)

表 2.1-8 主蒸気逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータの使用条件

最高使用圧力	約 1.8 MPa
最高使用温度	171 °C
主要寸法	全長：1,420 mm 内径：450 mm
内部流体	ガス (窒素)

## 2.1.5 原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器

### (1) 構造

原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器は円筒縦型容器であり、2基設置されている。胴は炭素鋼にステンレス鋼の内張があり、純水（原子炉冷却材）を内包している。原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器は、上蓋を取り外すことにより開放が可能である。

原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器の構造図を図 2.1-5 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器主要部位の使用材料を表 2.1-9 に、使用条件を表 2.1-10 に示す。

No.	部 位
①	上蓋
②	胴
③	鏡板
④	取付ボルト
⑤	ガスケット
⑥	支持脚
⑦	基礎ボルト
⑧	管板

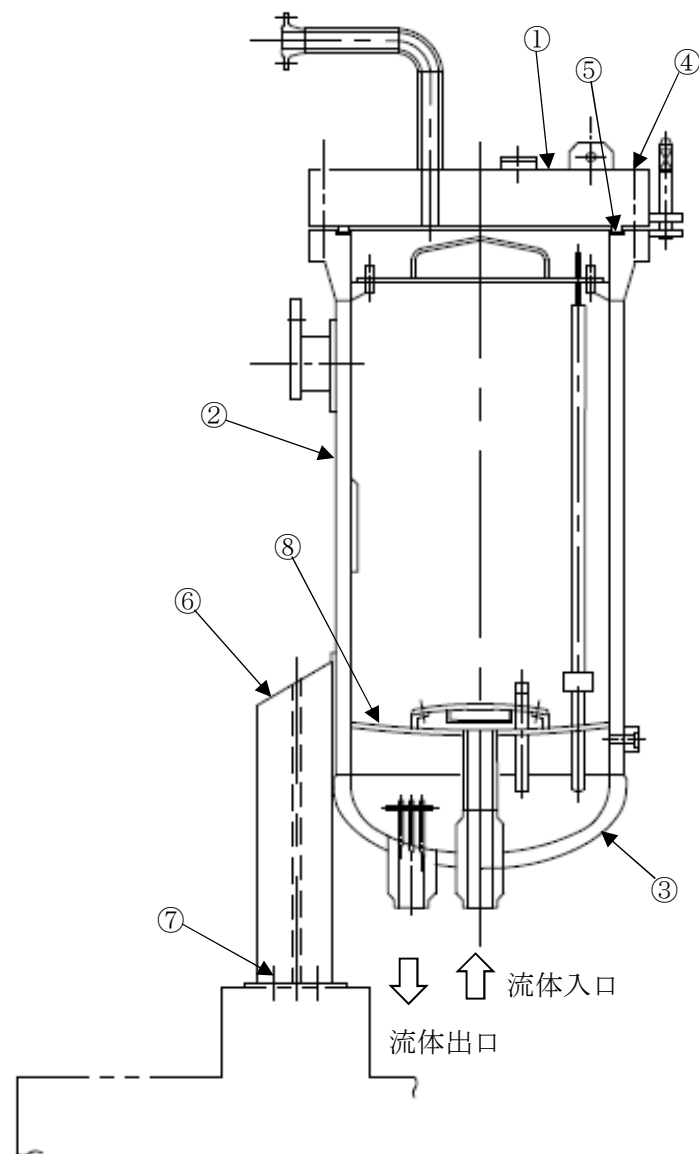


図 2.1-5 原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器構造図

表 2.1-9 原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
バウンダリの維持	耐圧	上蓋	炭素鋼 (SF50A) (ステンレス鋼クラッド)
		胴	炭素鋼 (SB42) (ステンレス鋼クラッド)
		鏡板	炭素鋼 (SB42) (ステンレス鋼クラッド)
		取付ボルト	低合金鋼 (SNB23-1)
	シール	ガスケット	(消耗品)
機器の支持	支持	支持脚	炭素鋼 (SS41)
		基礎ボルト	炭素鋼 (SS41)
その他	その他	管板	ステンレス鋼 (SUS304)

表 2.1-10 原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器の使用条件

最高使用圧力	約 10.0 MPa
最高使用温度	66 °C
主要寸法	全高 : 3,273 mm 内径 : 1,058 mm
内部流体	純水 (原子炉冷却材)



## 2.1.6 制御棒駆動系制御棒駆動水フィルタ

### (1) 構造

制御棒駆動系制御棒駆動水フィルタは円筒縦型容器であり、2基設置されている。胴はステンレス鋼であり、純水（復水）を内包している。制御棒駆動系制御棒駆動水フィルタは、上蓋を取り外すことにより開放が可能である。

制御棒駆動系制御棒駆動水フィルタの構造図を図 2.1-6 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

制御棒駆動系制御棒駆動水フィルタ主要部位の使用材料を表 2.1-11 に、使用条件を表 2.1-12 に示す。

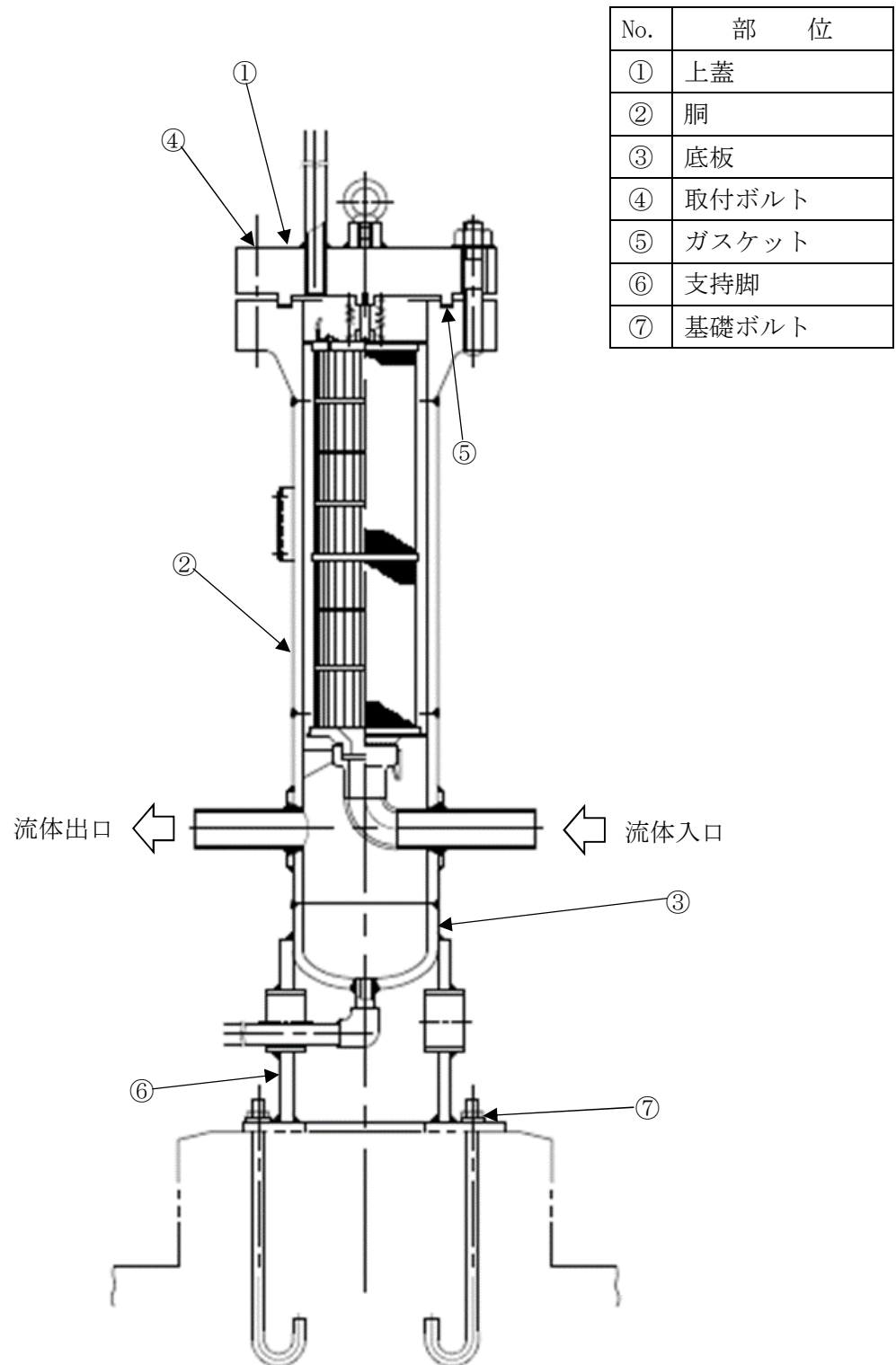


図 2.1-6 制御棒駆動系制御棒駆動水フィルタ構造図

表 2.1-11 制御棒駆動系制御棒駆動水フィルタ主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
バウンダリの維持	耐圧	上蓋	ステンレス鋼 (SUSF304)
		胴	ステンレス鋼 (SUS304TP)
		底板	ステンレス鋼 (SUS304TP)
		取付ボルト	低合金鋼 (SNB7)
	シール	ガスケット	(消耗品)
機器の支持	支持	支持脚	ステンレス鋼 (SUS304TP)
		基礎ボルト	炭素鋼 (SS41)

表 2.1-12 制御棒駆動系制御棒駆動水フィルタの使用条件

最高使用圧力	約 13.8 MPa
最高使用温度	66 °C
主要寸法	全高 : 1,315 mm 内径 : 216.3 mm
内部流体	純水 (復水)

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

容器の機能である貯蔵機能の達成に必要な項目は以下のとおり。

- ① バウンダリの維持
- ② 機器の支持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

容器について、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の材料、構造、使用条件（水質、圧力、温度等）及び現在までの運転経験を考慮し、代表機器毎に表 2.2-1 に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

なお、消耗品及び定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

ガスケットは消耗品であり、設計時に長期使用せず取替を前提としていることから高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

#### (3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

想定される経年劣化事象のうち主要 6 事象に該当する事象及び下記①、②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。なお、下記①、②に該当する事象については、2.2.3 項に示すとおり、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

- ① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△）
- ② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲）

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

a. 基礎ボルトの腐食（全面腐食）〔原子炉補機冷却水系サージタンク，ほう酸水注入系貯蔵タンク，原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器，制御棒駆動系制御棒駆動水フィルタ〕

基礎ボルトの腐食については、「機械設備の技術評価書」にて評価を行うものとし本評価書には含めていない。

b. 取付ボルトの腐食（全面腐食）〔原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器，制御棒駆動系制御棒駆動水フィルタ〕

取付ボルトは低合金鋼であり，大気接触部は腐食の発生が想定されるが，これまでの分解点検時における目視点検において有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. 鏡板及び胴等の腐食（全面腐食）〔原子炉補機冷却水系サージタンク，ほう酸水注入系貯蔵タンク，原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器〕

原子炉補機冷却水系サージタンクの胴，底板，上蓋及びマンホール蓋は炭素鋼であり，内部流体が純水であることから腐食の発生が想定されるが，胴，底板，上蓋の内面はエポキシコーティングされており，これまでの目視点検結果から有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

ほう酸水注入系貯蔵タンクの上板，胴，底板，スパージャ及びマンホール蓋はステンレス鋼であり，内部流体は五ほう酸ナトリウム水であることから腐食の発生が想定されるが，ステンレス鋼は低温では一般的にほう酸水に対し耐食性を有している。

また，これまでの点検結果からは有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器の鏡板，胴及び上蓋は炭素鋼であり，内部流体が純水であることから，腐食の発生が想定されるが，内面については，ステンレス鋼クラッドを施し，腐食の発生を防止している。

さらに，これまでの点検結果から有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. 支持脚の腐食（全面腐食）〔原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器〕

支持脚は炭素鋼であり、腐食の発生が想定されるが、大気接触部は防食塗装を施し腐食の発生を防止しており、必要に応じて補修塗装等を行うこととしている。

また、これまでの機器の目視点検において有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. ヒータの絶縁特性低下〔ほう酸水注入系貯蔵タンク〕

ほう酸水注入系貯蔵タンクのヒータはシースヒータであり、絶縁物をパイプに収納しシール処理しており、パイプ腐食やシール材劣化による外気湿分浸入により絶縁性能が低下する可能性がある。

しかし、パイプは耐食性の高いステンレス鋼を用いており、耐熱性能の高いシール材を用いてシール処理していることから、湿分浸入による絶縁物の絶縁性能低下の可能性は小さい。

また、点検時には絶縁抵抗測定を行い、健全性を確認しており、これまでの点検結果では急激な絶縁抵抗低下は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f. ヒータの断線〔ほう酸水注入系貯蔵タンク〕

ほう酸水注入系貯蔵タンクのヒータはシースヒータであり、加熱線にはニクロム線が使用されている。ニクロム線は絶縁物と共にパイプに収納しシール処理しており、パイプ腐食やシール材劣化による外気湿分浸入によりニクロム線が腐食・断線する可能性がある。

しかし、パイプは耐食性の高いステンレス鋼を用いており、耐熱性能の高いシール材を用いてシール処理していることから、湿分浸入によるニクロム線の腐食・断線の可能性は小さい。

さらに、点検時に抵抗測定を行い、健全性を確認しており、これまでの点検結果では急激な抵抗の変化は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- (2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。

表 2.2-1 (1/6) 原子炉補機冷却水系サージタンクに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考
					減 肉		割 れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	底板		炭素鋼		△						
		胴		炭素鋼		△						
		上蓋		炭素鋼		△						
		マンホール蓋		炭素鋼		△						
		取付ボルト		ステンレス鋼								
	シール	ガスケット	◎									
機器の支持	支持	基礎ボルト		炭素鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (2/6) ほう酸水注入系貯蔵タンクに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考
					減 肉		割 れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	上板		ステンレス鋼		△						*1:ヒータの絶縁特性低下 *2:ヒータの断線 *3:ヒータシース部
		胴		ステンレス鋼		△						
		底板		ステンレス鋼		△						
		マンホール蓋		ステンレス鋼		△						
		取付ボルト		ステンレス鋼								
	シール	ガスケット	◎									
機器の支持	支持	基礎ボルト		炭素鋼		△						
その他	その他	ヒータ		ニクロム線, 絶縁物, ステンレス鋼*3							△*1*2	
		スパージャ		ステンレス鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）



表 2.2-1 (3/6) 復水補給水系復水貯蔵槽に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	胴		コンクリート*1	想定される経年変化事象はない						*1:ステンレス鋼内張	
		マンホール蓋		ステンレス鋼								

表 2.2-1 (4/6) 主蒸気逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	平板		ステンレス鋼	想定される経年変化事象はない							
		胴		ステンレス鋼								

表 2.2-1 (5/6) 原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	上蓋		炭素鋼*		△					*:ステンレス鋼ケット	
		胴		炭素鋼*		△						
		鏡板		炭素鋼*		△						
		取付ボルト		低合金鋼		△						
	シール	ガスケット	◎									
機器の支持	支持	支持脚		炭素鋼		△						
		基礎ボルト		炭素鋼		△						
その他	その他	管板		ステンレス鋼								

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (6/6) 制御棒駆動系制御棒駆動水フィルタに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考
					減 肉		割 れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	上蓋		ステンレス鋼								
		胴		ステンレス鋼								
		底板		ステンレス鋼								
		取付ボルト		低合金鋼		△						
	シール	ガスケット	◎									
機器の支持	支持	支持脚		ステンレス鋼								
		基礎ボルト		炭素鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

### 3. 代表機器以外への展開

本章では、2章で実施した代表機器の技術評価について、1章で実施したグループ化で代表機器となっていない機器への展開について検討した。

- ① スクラム排出容器
- ② 高圧炉心スプレィディーゼル補機冷却水系サージタンク
- ③ 使用済燃料貯蔵プール
- ④ 原子炉ウェル

#### 3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

代表機器同様、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

#### 3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

- a. 基礎ボルトの腐食（全面腐食）〔高圧炉心スプレィディーゼル補機冷却水系サージタンク〕

代表機器同様、基礎ボルトの腐食については、「機械設備の技術評価書」にて評価を行うものとし、本評価書には含めていない。

- b. 取付ボルトの腐食（全面腐食）〔高圧炉心スプレィディーゼル補機冷却水系サージタンク〕

代表機器同様、取付ボルトは炭素鋼であり、大気接触部は腐食の発生が想定されるが、これまでの外観点検または分解点検時において有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. 鏡板及び胴等の腐食（全面腐食）〔スクラム排出容器，高圧炉心スプレィディーゼル補機冷却水系サージタンク〕

代表機器同様，スクラム排出容器の胴，鏡板は炭素鋼であり，内部流体が純水であることから腐食の発生が想定されるが，これまでの目視点検結果から有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

高圧炉心スプレィディーゼル補機冷却水系サージタンクの胴，底板，上蓋及びマンホール蓋は炭素鋼であり，内部流体が純水であることから腐食の発生が想定されるが，胴，鏡板，上蓋の内面はエポキシコーティングされており，これまでの目視点検結果から有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. 胴及びプールゲート等の貫粒型応力腐食割れ〔使用済燃料貯蔵プール〕

平成 12 年 3 月に他プラント（四国電力伊方発電所 3 号炉）において使用済燃料ピットのステンレスライニングに貫粒型応力腐食割れが発生している。この事象は，施工時の補修に伴い海塩粒子がステンレスライニングの裏側に浸入したことが原因と考えられている。

当該号炉の使用済燃料貯蔵プールはステンレスライニング構造であり，プールゲートの材料はステンレス鋼であるため，海塩粒子の浸入により貫粒型応力腐食割れが想定される。しかし，表側のプール水接液部については，管理された低塩素濃度水質であり，通常使用温度も 52℃以下と低く，貫粒型応力腐食割れが発生する可能性は小さい。

また，本事象は施工後比較的早期に発生するものと考えられ，これまで有意な水位低下及び漏えい検出ラインからプール水の漏えいは確認されていない。

今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. 胴の貫粒型応力腐食割れ〔原子炉ウェル〕

原子炉ウェルはステンレスライニング構造であり，材料はステンレス鋼であるため，海塩粒子の浸入により貫粒型応力腐食割れが想定される。しかし，表側のプール水接液部については，管理された低塩素濃度水質であり，通常使用温度も 52℃以下と低く，貫粒型応力腐食割れが発生する可能性は小さい。

また，本事象は施工後比較的早期に発生するものと考えられ，これまで有意な水位低下及び漏えい検出ラインからの漏えいは確認されていない。今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- (2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

代表機器同様、日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。

以 上

## 2 原子炉压力容器

[対象容器]

- ① 原子炉压力容器



# 目 次

1. 対象機器 .....	2-1
2. 原子炉圧力容器の技術評価.....	2-2
2.1 構造, 材料及び使用条件.....	2-2
2.2 経年劣化事象の抽出 .....	2-8
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目 .....	2-8
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象.....	2-8
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象.....	2-10
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価.....	2-16

## 1. 対象機器

原子炉圧力容器の主な仕様を表 1-1 に示す。

表 1-1 原子炉圧力容器の主な仕様

機 器 名 称 (基 数)	重要度*	使 用 条 件	
		最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)
原子炉圧力容器 (1)	PS-1	約 8.62	302

\* : 最上位の重要度を示す

## 2. 原子炉圧力容器の技術評価

### 2.1 構造, 材料及び使用条件

#### (1) 構造

原子炉圧力容器は, たて置円筒形容器であり 1 基設置されている。

原子炉圧力容器は, 胴, 上鏡, 下鏡, ノズル, ブラケット及び容器を支持する支持スカート, 基礎ボルト等から構成される。上鏡は取外し可能なフランジ構造である。

原子炉圧力容器の改造・修理履歴を表 2.1-1 に, 原子炉圧力容器の構造図を図 2.1-1 に, 部位名称を表 2.1-2 に示す。

#### (2) 材料及び使用条件

原子炉圧力容器主要部位の使用材料を表 2.1-3 に, 炉心領域部材料の化学成分を表 2.1-4 に, 使用条件を表 2.1-5 に示す。

表 2.1-1 原子炉圧力容器の改造・修理履歴

部 位	時 期	理 由
再循環水出口ノズル (N1) セーフエンド	第 10 回定期検査 (平成 23 年度)	応力腐食割れ対策
再循環水入口ノズル (N2) セーフエンド	第 10 回定期検査 (平成 23 年度)	応力腐食割れ対策
ジェットポンプ計装ノズル (N9) 貫通部シール	第 10 回定期検査 (平成 23 年度)	応力腐食割れ対策

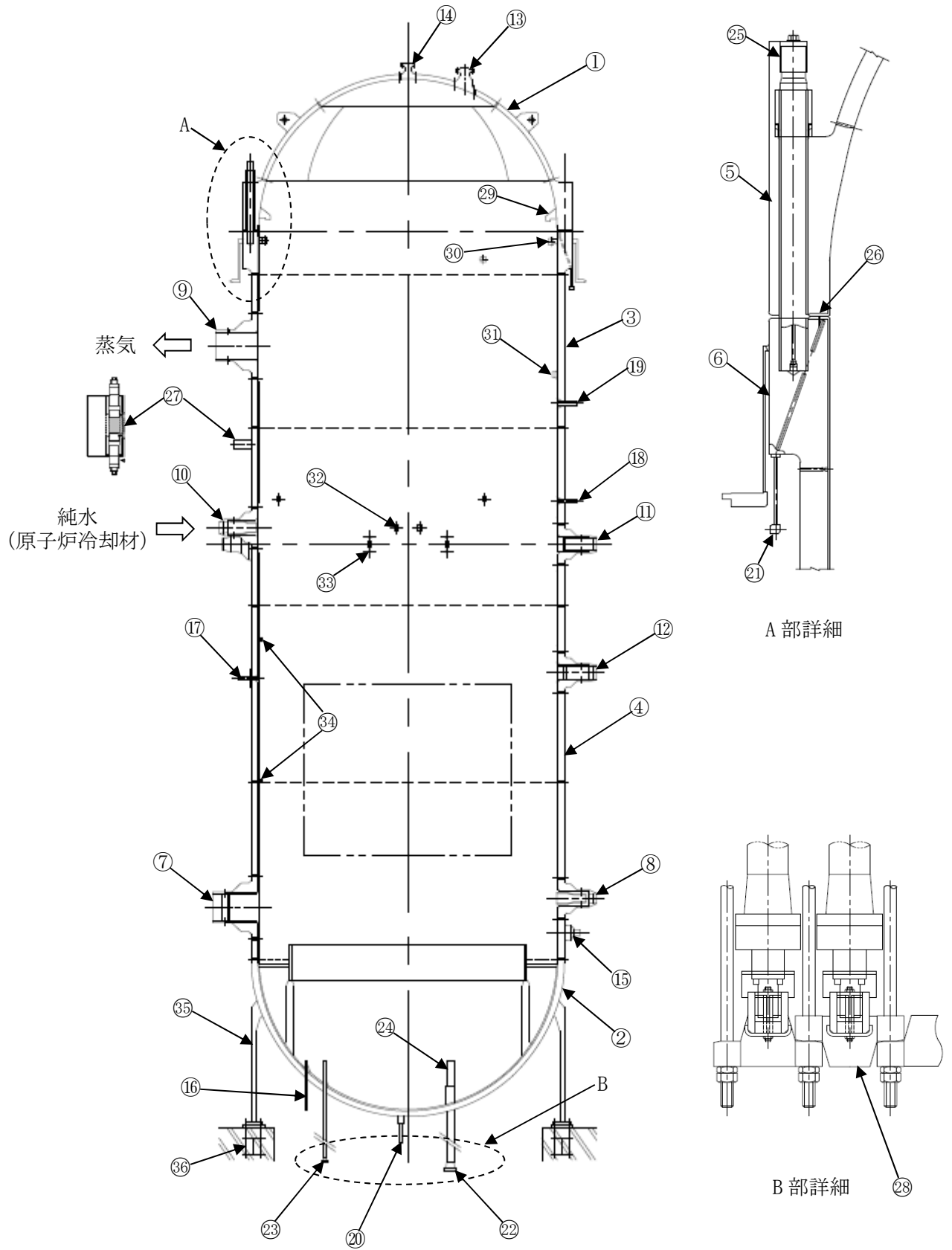


图 2.1-1 原子炉压力容器构造图

表 2.1-2 原子炉圧力容器部位名称

No.	部 位	No.	部 位
①	上鏡	⑱	水位計装ノズル (N14) , セーフエンド
②	下鏡	⑳	ドレンノズル (N15)
③	胴上部 (胴 1, 2)	㉑	漏えい検出ノズル (N17)
④	胴下部 (胴 3, 4)	㉒	制御棒駆動機構ハウジング
⑤	上鏡フランジ	㉓	中性子束計測ハウジング
⑥	胴フランジ	㉔	スタブチューブ
⑦	再循環水出口ノズル (N1) , セーフエンド	㉕	スタッドボルト
⑧	再循環水入口ノズル (N2) , セーフエンド	㉖	Oリング
⑨	主蒸気ノズル (N3) , セーフエンド	㉗	スタビライザブラケット, スタビライザ
⑩	給水ノズル (N4) , セーフエンド	㉘	ハウジングサポート
⑪	炉心スプレイノズル (N5, N16) , セーフエンド	㉙	蒸気乾燥器ホールドダウンブラケット
⑫	低圧注水ノズル (N6) , セーフエンド	㉚	ガイドロッドブラケット
⑬	上蓋スプレイノズル (N7)	㉛	蒸気乾燥器支持ブラケット
⑭	ベントノズル (N8)	㉜	給水スパーチャブラケット
⑮	ジェットポンプ計装ノズル (N9) , 貫通部シール	㉝	炉心スプレイ配管ブラケット
⑯	差圧計装・ほう酸水注入ノズル (N11) , ティ	㉞	監視試験片支持ブラケット
⑰	水位計装ノズル (N12) , セーフエンド	㉟	支持スカート
⑱	水位計装ノズル (N13) , セーフエンド	㊱	基礎ボルト

表 2.1-3 原子炉压力容器主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料	
バウンダリの維持	耐圧	上鏡	低合金鋼 (SQV2A)	
		下鏡	低合金鋼 (SFVQ1A)	
		胴 (上部, 下部)	低合金鋼 (SQV2A, SFVQ1A)	
		主フランジ (上鏡フランジ, 胴フランジ)	低合金鋼 (SFVQ1A)	
		ノズル	N1~N9, N16	低合金鋼 (SFVQ1A)
			N11	ステンレス鋼 (SUSF316)
			N12~N14	高ニッケル合金 (NCF600)
			N15, N17	炭素鋼 (SFVC2B)
		セーフエンド	N1, N2, N12~N14	ステンレス鋼 (SUSF316)
			N3~N6, N16	炭素鋼 (SFVC2B)
		貫通部シール	N9	ステンレス鋼 (SUSF316)
		ティ	N11	ステンレス鋼 (SUSF316L)
		制御棒駆動機構ハウジング		ステンレス鋼 (SUSF316)
		中性子束計測ハウジング		ステンレス鋼 (SUSF316)
	スタブチューブ		高ニッケル合金 (NCF600)	
スタッドボルト		低合金鋼 (SNB24-3)		
	シール	Oリング	(消耗品)	
機器の支持	支持	スタビライザブラケット	低合金鋼 (SFVQ1A)	
		スタビライザ	炭素鋼 (SF45A), 低合金鋼 (SNCM439)	
		ハウジングサポート	炭素鋼 (SM41B, STPT38)	
		蒸気乾燥器ホールドダウンブラケット	炭素鋼 (SFVC2B)	
		ブラケット (ガイドロッド, 蒸気乾燥器支持, 給水スパージャ, 炉心スプレイ配管, 監視試験片支持)	ステンレス鋼 (SUSF316)	
		支持スカート	低合金鋼 (SGV49)	
		基礎ボルト	炭素鋼 (S30C)	

表 2.1-4 原子炉压力容器の炉心領域部材料の化学成分

(単位：重量%)

区 分	Si	P	Ni	Cu
母 材	0.17	0.002	0.91	0.03
溶接金属*	0.22	0.009	0.76	0.01

\*：溶接方法はサブマージドアーク溶接

表 2.1-5 原子炉压力容器の使用条件

最高使用圧力	約 8.62 MPa
最高使用温度	302 °C
内部流体	蒸気, 純水 (原子炉冷却材)



## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

原子炉圧力容器は、原子炉冷却材のバウンダリを形成しており、機能の達成に必要な項目は以下のとおり。

- ① バウンダリの維持
- ② 機器の支持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

原子炉圧力容器について、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の材料、構造、使用条件（流体の種類、圧力、温度等）及び現在までの運転経験を考慮し、表 2.2-1 に示すとおり、想定される経年劣化事象を抽出した。

なお、消耗品及び定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

Oリングは消耗品であり、設計時に長期使用せず取替を前提としていることから高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

(3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

想定される経年劣化事象のうち主要6事象に該当する事象及び下記①, ②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。なお, 下記①, ②に該当する事象については, 2.2.3 項に示すとおり, 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

- ① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって, 想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの(日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△)
- ② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により, 今後も経年劣化の進展が考えられない, または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象(日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲)

この結果, 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象として以下の事象が抽出された(表 2.2-1 で○)。

- a. 胴の中性子照射脆化
- b. ノズル等の疲労割れ [上鏡, 下鏡, 胴, 主フランジ, ノズル, セーフエンド, スタッドボルト, 支持スカート]

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

a. 主蒸気ノズル，給水ノズル及び上鏡内面等の腐食（流れ加速型腐食（以下，FAC という）及び全面腐食）

主蒸気ノズル，給水ノズル及び上鏡内面等においては，低合金鋼等が高温流体に接しているため，腐食（FAC 及び全面腐食）が発生する可能性がある。

給水ノズル，炉心スプレイノズル，低圧注水ノズルはノズル内がサーマルスリーブ構造となっておりノズル内面に流れが接触しないこと，上蓋スプレイノズル，ベントノズル，ドレンノズル，漏えい検出ノズル，上鏡の内面及び蒸気乾燥器ホールドダウンブラケットは流れがほとんどないことから，FAC の発生する可能性は小さいが全面腐食の発生は否定できない。

また，蒸気が高速で流れる主蒸気ノズルは，FAC の発生は否定できない。

全面腐食及びFACによる腐食量を算出した結果，運転開始後40年時点におけるそれぞれの腐食量は，設計，製造段階で考慮している腐食量である1.6 mmより十分小さいことが確認された。

なお，原子炉圧力容器に対しては定期検査時の漏えい検査により異常のないことを確認しており，蒸気乾燥器ホールドダウンブラケットについては目視点検を実施し，健全性を確認している。当面の冷温停止状態においては，プラント運転時と状態が異なり内部流体が低温であることから，FACによる減肉の発生・進展する可能性はない。

今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. ステンレス鋼（母材，溶接金属）使用部位の粒界型応力腐食割れ〔ブラケット〕

ブラケットについては，炭素含有量を抑えることで粒界型応力腐食割れ（以下，SCC という）の感受性を低減した材料を使用しているが，高温の純水または飽和蒸気環境中にあるため，SCCが発生する可能性を否定することはできない。しかしながら，これまでの目視点検において，有意な欠陥は確認されていない。

さらに，当面の冷温停止状態においては環境条件として基準としている100℃を超える環境とはならないため，SCCが発生・進展する可能性はない。

今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. 主フランジ（上鏡フランジ及び胴フランジシール面）の腐食（全面腐食）

上鏡フランジ及び胴フランジは低合金鋼であり、フランジシール面に腐食の発生が想定されるが、シール面は耐食性に優れたステンレス鋼で肉盛がされているため腐食が発生する可能性は小さい。

また、原子炉開放の都度実施されている目視点検によりシール部の腐食は検知可能であり、これまでに有意な腐食は確認されていない。

今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. スタッドボルトの腐食（全面腐食）

スタッドボルトは低合金鋼であるが、通常運転時には窒素ガス雰囲気中にあり腐食が発生する可能性は小さい。

また、原子炉開放時のボルト取り外しにおいて有意な腐食がないことを目視点検により確認しており、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. 基礎ボルトの腐食（全面腐食）

基礎ボルトの露出部は通常運転時に窒素ガス雰囲気中にあり、腐食が発生する可能性は小さい。

また、供用期間中検査において目視点検を実施することとしている。

コンクリート埋設部は、コンクリートに水酸化カルシウムが含まれており、このため pH 12～13 程度の強いアルカリ環境を形成し、さらに鉄表面にはカルシウム系被膜の形成、酸素による表面の不動態化により、腐食速度としては極めて小さいことが知られている。

一般にコンクリート表面から空気中の炭酸ガスを吸収すると、コンクリート中の水酸化カルシウムが炭酸カルシウムに変化し、コンクリート表面から内部に向けて徐々にアルカリ性が失われる（中性化）。

コンクリート表面部においては、原子炉運転中窒素ガス置換を行っているため炭酸ガスが極めて少なく、また現状の中性化深さを測定した結果、問題ないものであることから、コンクリートの中性化による腐食速度は極めて小さい。

今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- f. ステンレス鋼（母材，溶接金属）使用部位の粒界型応力腐食割れ〔ノズルセーフエンド（再循環水出口ノズルセーフエンド，再循環水入口ノズルセーフエンド，ジェットポンプ計装ノズル貫通部シール，水位計装ノズルセーフエンド），ノズル（差圧計装・ほう酸水注入ノズル及びティ），制御棒駆動機構ハウジング，中性子束計測ハウジング〕

再循環水出口ノズルセーフエンド，再循環水入口ノズルセーフエンド，ジェットポンプ計装ノズル貫通部シールに使用しているステンレス鋼は，高温の純水または飽和蒸気環境中にあるため，粒界型応力腐食割れ（以下，SCC という）が発生する可能性を否定することはできない。

再循環水出口ノズルセーフエンド，再循環水入口ノズルセーフエンド，ジェットポンプ計装ノズル貫通部シールについては，炭素含有量を抑えることで SCC の感受性を低減した材料を使用していること，及び第 10 回定期検査時（平成 22 年度）に高周波誘導加熱応力改善法により溶接残留応力を圧縮側に改善しており，当面の冷温停止状態においては環境条件として基準としている 100 °C を超える環境とはならないため，SCC が発生する可能性はない。

差圧計装・ほう酸水注入ノズル及びティ，水位計装ノズルセーフエンド，制御棒駆動機構ハウジング，中性子束計測ハウジングについては，炭素含有量を抑えることで SCC の感受性を低減した材料を使用しているが，高温の純水または飽和蒸気環境中にあるため，SCC が発生する可能性を否定することはできない。

制御棒駆動機構ハウジング，中性子束計測ハウジングについては，過去に SCC が発生したプラントとは異なり低残留応力となる溶接手順で施工されているため，SCC が発生する可能性は小さい。

また，差圧計装・ほう酸水注入ノズル及びティ，水位計装ノズルセーフエンドの小口径配管は溶接残留応力が小さく，SCC が発生する可能性は小さい。

なお，定期検査時の漏えい検査により健全性を確認している。

さらに，当面の冷温停止状態においては環境条件として基準としている 100 °C を超える環境とはならないため，SCC が発生・進展する可能性はない。

今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- g. 高ニッケル合金（母材）使用部位の粒界型応力腐食割れ [ノズル（水位計装ノズル），スタブチューブ]

水位計装ノズル，スタブチューブについては高温の純水または飽和蒸気環境中にあるため，粒界型応力腐食割れ（以下，SCC という）発生の可能性を否定することはできない。

スタブチューブについては，過去に SCC が発生したプラントとは異なり低残留応力となる溶接手順で施工されているため，SCC が発生する可能性は小さい。

また，水位計装ノズルは小口径配管であり溶接残留応力が小さく，SCC が発生する可能性は小さい。

なお，定期検査時の漏えい検査により健全性を確認している。

さらに，当面の冷温停止状態においては環境条件として基準としている 100 °C を超える環境とはならないため，SCC が発生・進展する可能性はない。

今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- h. 高ニッケル合金（溶接金属）使用部位の粒界型応力腐食割れ [ノズル（差圧計装・ほう酸水注入ノズル，水位計装ノズル）及びノズルセーフエンド（水位計装ノズルセーフエンド），制御棒駆動機構ハウジング，中性子束計測ハウジング，スタブチューブ]

原子炉圧力容器／差圧検出・ほう酸水注入ノズル溶接部，水位計装ノズル溶接部，水位計装ノズルセーフエンド溶接部，スタブチューブ／制御棒駆動機構ハウジング溶接部，原子炉圧力容器／中性子束計測ハウジング溶接部，原子炉圧力容器／スタブチューブ溶接部については，82 合金を使用しているため，粒界型応力腐食割れ（以下，SCC という）が発生する可能性は小さい。

なお，定期検査時の漏えい検査により健全性を確認している。

さらに，当面の冷温停止状態においては環境条件として基準としている 100 °C を超える環境とはならないため，SCC が発生・進展する可能性はない。

今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

i. スタビライザブラケット，スタビライザ，ハウジングサポート及び支持スカートの腐食（全面腐食）

スタビライザブラケット，スタビライザ，ハウジングサポート及び支持スカートは，炭素鋼または低合金鋼であり腐食が想定されるが，通常運転時には窒素ガス雰囲気中にあり，表面は防食塗装を施していることから，有意な腐食が発生する可能性は小さい。

また，スタビライザブラケット，スタビライザ，ハウジングサポート及び支持スカートの目視点検を実施しており，これまでの点検において有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

j. スタビライザブラケット，スタビライザ摺動部の摩耗

機器の移動を許容するサポートの摺動部材は摩耗が想定されるが，水平サポートであるスタビライザブラケット及びスタビライザは地震時のみ摺動し運転中には有意な荷重は受けないことから，摩耗が発生する可能性は小さい。

また，スタビライザブラケット及びスタビライザの目視点検を実施しており，これまでの点検において有意な摩耗は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

k. スタビライザブラケット及びスタビライザの疲労割れ

スタビライザブラケット及びスタビライザは水平サポートであり，地震時のみ摺動し，運転中には有意な荷重は受けないことから，疲労が蓄積する可能性は小さい。

また，スタビライザブラケット及びスタビライザの目視点検を実施しており，これまでの点検において有意な割れは確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。

表 2.2-1 原子炉圧力容器に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	上鏡		低合金鋼		△*4	○				*1:高ニッケル合金クラット *2:ステンレス鋼クラット *3:中性子照射脆化 *4:主蒸気ノズル, 給水ノズル及び上鏡内面等のFAC及び全面腐食 *5:粒界型応力腐食割れ *6:摺動部 *7:ノズル, セーフエント	
		下鏡		低合金鋼*1*2			○					
		胴		低合金鋼*2			○			○*3		
		主フランジ		低合金鋼*2		△	○					
		ノズル, セーフエント, 貫通部シール, ティ	炭素鋼, 低合金鋼			△*4	○*7					
			低合金鋼*2									
			ステンレス鋼, 高ニッケル合金						△*5			
		制御棒駆動機構ハウジング		ステンレス鋼				△*5				
		中性子束計測ハウジング		ステンレス鋼				△*5				
	スタブチューブ		高ニッケル合金				△*5					
スタッドボルト		低合金鋼		△	○							
シール	○リング	◎										
機器の支持	支持	スタビライザブラケット, スタビライザ		炭素鋼, 低合金鋼	△*6	△	△					
		ハウジングサポート		炭素鋼		△						
		蒸気乾燥器ホルドダウンブラケット		炭素鋼		△*4						
		ブラケット		ステンレス鋼				△*5				
		支持スカート		低合金鋼		△	○					
		基礎ボルト		炭素鋼		△						

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常管理事象）



## 2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

### (1) 銅の中性子照射脆化

#### a. 事象の説明

金属材料は中性子の照射を受けると非常に微小な欠陥（析出物，マイクロボイド）が生じ，靱性（破壊に対する抵抗）の低下が生じる。原子炉圧力容器の炉心領域部においては，中性子照射に伴い遷移温度の上昇と上部柵領域の靱性が低下（上部柵吸収エネルギーの低下）することが知られている（図 2.3-1 参照）。

中性子照射脆化は，材料の銅，リン等の不純物の影響を受けるが，日本では米国等に比してこれらの不純物量は一般に低くなっている。

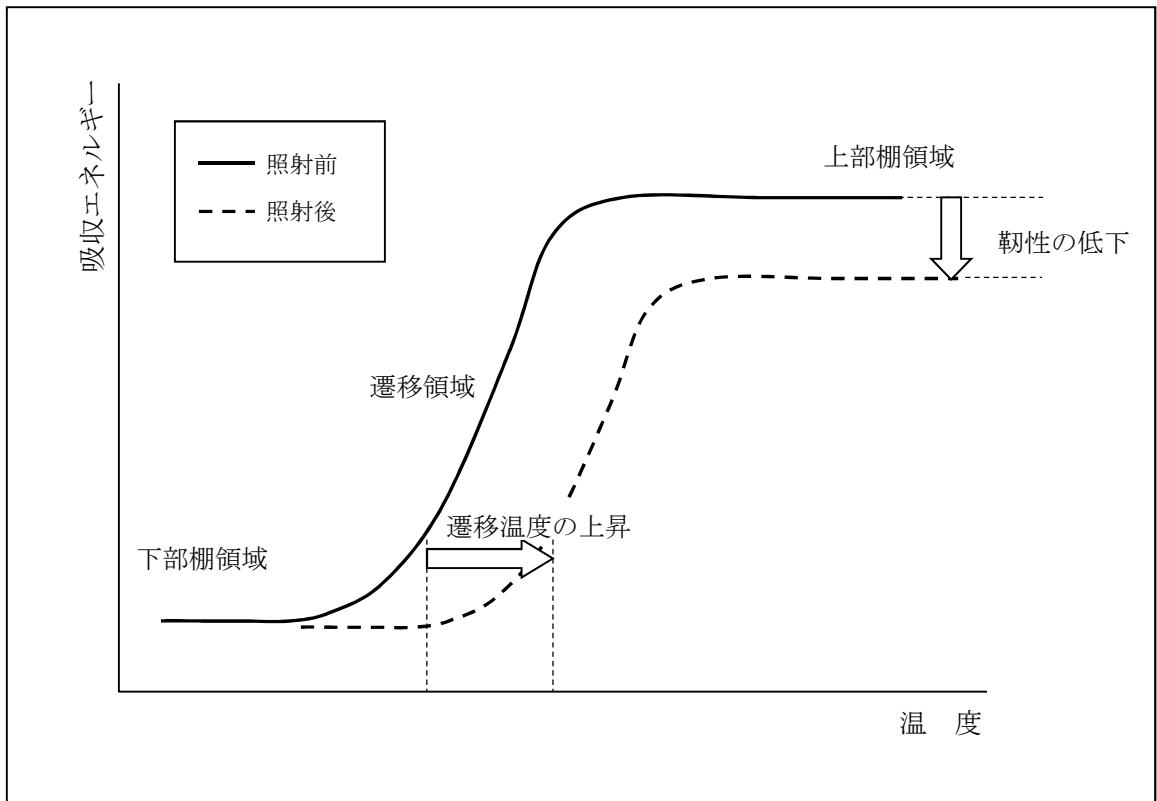


図 2.3-1 中性子照射による機械的性質（靱性）の変化

## b. 技術評価

### ①健全性評価

中性子照射脆化に対する健全性評価上厳しい箇所は、炉心領域の胴である。胴内表面での中性子照射量は令和3年8月11日時点で $1.4 \times 10^{21}$  n/m<sup>2</sup> (>1MeV)程度と評価される。

また、評価に用いる板厚1/4深さ位置での中性照射量は、令和3年8月11日時点で $9.6 \times 10^{20}$  n/m<sup>2</sup> (>1MeV)程度と評価される。

本項では柏崎刈羽3号炉の監視試験結果と「日本電気協会 電気技術規程」（以下、「JEAC」という）に基づいた評価を示す。

なお、JEAC「監視試験の対象」である相当運転期間末期の最大中性子照射量が容器内面で $1.0 \times 10^{21}$  n/m<sup>2</sup> (>1MeV)を超えると予測される炉心領域には、運転開始後令和3年8月11日時点において、胴以外に低圧注水ノズルが含まれるが、胴に比べ中性子照射量が小さいことから、中性子照射脆化に対する健全性評価は、胴で実施する。

定期検査で行う漏えい検査は、比較的溫度が低い状態で運転圧力まで昇圧するため、非延性破壊に対して最も厳しい状態となる。このため、漏えい検査時には圧力容器の最低使用溫度を守るよう運転管理を行っている。

なお、JEACにおいては、PWRプラントの原子炉（圧力）容器の炉心領域部の非延性破壊に対して供用状態C、Dで最も厳しい条件として加圧熱衝撃（PTS）評価を要求しているが、BWRプラントの原子炉圧力容器は通常運転時には蒸気の飽和圧力溫度となっており、事故時に非常用炉心冷却系が作動しても冷却水の注入に伴って圧力が低下するため、高圧（高い応力がかかった状態）のまま低温になることがなく、BWRプラントでは実施する必要がない。

また、設計上、低温の水が導かれるようなノズルにはサーマルスリーブが設けられており、原子炉圧力容器が急速に冷却されないようになっている。

1) 最低使用温度

令和3年8月11日時点での監視試験結果を表2.3-1に示す。

日本電気協会「原子炉構造材の監視試験方法 JEAC4201-2007（2010年追補版と2013年追補版を含む）」（以下、「JEAC4201」という）により求めた関連温度移行量の予測値と測定値は、図2.3-2に示すとおり、予測式にマージンを見込んだものの範囲にあり、測定値について特異な脆化は認められない。

また、日本電気協会「原子力発電所用機器に対する破壊靱性の確認試験方法 JEAC4206-2007」（以下、「JEAC4206」という）ならびに JEAC4201 により求めた令和3年8月11日時点での関連温度移行量、関連温度、最低使用温度を表2.3-2に示す。

関連温度は、令和3年8月11日時点で $-16\text{ }^{\circ}\text{C}$ 程度となる。その際の胴の最低使用温度は、破壊力学的検討により求めたマージン $28\text{ }^{\circ}\text{C}$ を考慮すると、令和3年8月11日時点で $12\text{ }^{\circ}\text{C}$ 程度と算定される。

2) 上部棚吸収エネルギーの評価

上部棚吸収エネルギーの変化について JEAC4201 に基づいて評価した結果を表 2.3-3 に示す。

最も上部棚吸収エネルギーが低下するのは、実測値から推定される溶接金属であり、建設時（未照射材）238 J、令和3年8月11日時点で199 J程度となっている。

いずれの場合も JEAC4206 で規定されている68 Jを上回っている。

表 2.3-1 監視試験結果

回数	中性子照射量 ( $\times 10^{23} \text{n/m}^2$ ) ( $E > 1 \text{MeV}$ )	関連温度及び関連温度移行量 (°C)						上部棚吸収エネルギー (J)		
		母材		溶接金属		熱影響部		母材	溶接金属	熱影響部
関連温度 初期値	0	-40		-65		-40		268	238	296
第1回 (加速)	0.114 (約90 EFPY*)	関連温度 移行量	関連温度	関連温度 移行量	関連温度	関連温度 移行量	関連温度	262	224	242
		4	-36	6	-59	19	-21			

\*: 定格負荷相当年数

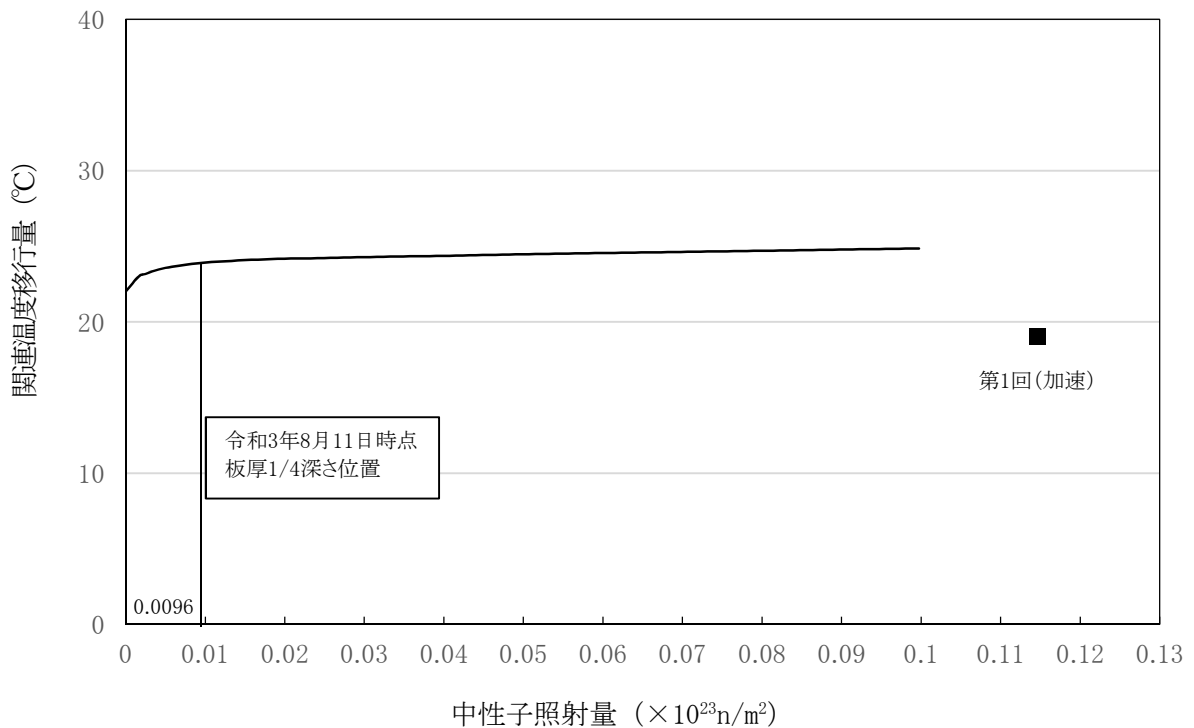


図 2.3-2 関連温度移行量の測定値と予測値 (マージン有り)

表 2.3-2 関連温度予測値

評価時期	材 料	関連温度 初期値 (°C)	関連温度 移行量 (°C) *	関連温度 (°C)	破壊力学的 検討による マージン (°C)	胴の最低使用 温度 (°C)
令和3年8月11日 時点	母材	-40	24	-16	28	12
	溶接金属	-65	24	-41		
	熱影響部	-40	24	-16		

\*：圧力容器内壁面から板厚 1/4 深さでの予測値

表 2.3-3 上部棚吸収エネルギー予測値

(単位：J)

	方向	初期値	令和3年8月11日時点
母材	T 方向	268	231
溶接金属	溶接線に直角方向	238	199
熱影響部	溶接線に直角方向	296	256

## ②現状保全

炉心領域部材料の中性子照射による機械的性質の変化については、日本機械学会「発電用原子力設備規格 設計・建設規格（2005年版（2007年追補版を含む）」（以下、「設計・建設規格」という）及びJEAC4201に基づいて、計画的に監視試験を実施し令和3年8月11日時点の破壊靱性の変化を予測している。

全4セット中1セットの監視試験片を取り出し済みであり、これらの結果から、JEAC4206に基づく最低使用温度により漏えい検査温度を設定している。

原子炉圧力容器に対しては、供用期間中検査で超音波探傷検査及び漏えい検査を実施し、有意な欠陥のないことを確認している。

## ③総合評価

健全性評価結果から、現状までの運転において炉心領域部材の照射脆化が問題となる可能性は小さい。今後は冷温停止状態において劣化進展する事象ではないため、健全性に対して影響を及ぼす可能性はないと判断する。

### c. 高経年化への対応

胴の中性子照射脆化については、最新の脆化予測式による評価を採用する。

(2) ノズル等の疲労割れ [上鏡, 下鏡, 胴, 主フランジ, ノズル, セーフエンド, スタッドボルト, 支持スカート]

a. 事象の説明

材料の繰返し応力のもとでは通常, 静的強度より低い応力によっても割れを起こす場合があり, 上鏡, 下鏡, 胴, 主フランジ, ノズル, セーフエンド, スタッドボルト, 支持スカートについては, プラントの起動・停止時等の熱過渡により, 疲労が蓄積される可能性がある。

b. 技術評価

①健全性評価

温度変化が大きく比較的大きな熱応力が発生する給水ノズル, 締付け力が加わる主フランジ (含むスタッドボルト), 容器の自重が加わる下鏡及び支持スカートを代表として, これらの部位 0 を設計・建設規格に基づき評価を行った。

評価は, 運転実績に基づいた令和 3 年 8 月 11 日時点の過渡回数を用いて行った。評価対象部位を図 2.3-3 に, 評価用過渡条件を表 2.3-4 に, 評価結果を表 2.3-5 に示す。

この結果, 最も大きな疲れ累積係数は, 0.144 であり, 令和 3 年 8 月 11 日時点で許容値 1 を下回っていることが確認された。

また, 給水ノズルに対して日本機械学会「発電用原子力設備規格 環境疲労評価手法 JSME S NF1-2009」(以下, 「環境疲労評価手法」という)に基づき, 環境を考慮して評価を行った結果, 令和 3 年 8 月 11 日時点では 0.316 となり, 許容値 1 以下であることを確認した。

以上のことから, 令和 3 年 8 月 11 日時点までは全ての評価部位において疲労割れ発生の可能性は小さいと判断する。

表 2.3-4 原子炉圧力容器評価用過渡条件

運転条件	運転実績に基づく 過渡回数 (令和3年8月11日時点)
ボルト締付	13
耐圧試験	20
起動（昇温）	24
起動（タービン起動）	23
夜間低出力運転	23
週末低出力運転	15
制御棒パターン変更	28
給水加熱器機能喪失（発電機トリップ）	10
スクラム（タービントリップ）	4
スクラム（その他）	8
停止	23
ボルト取外し	13



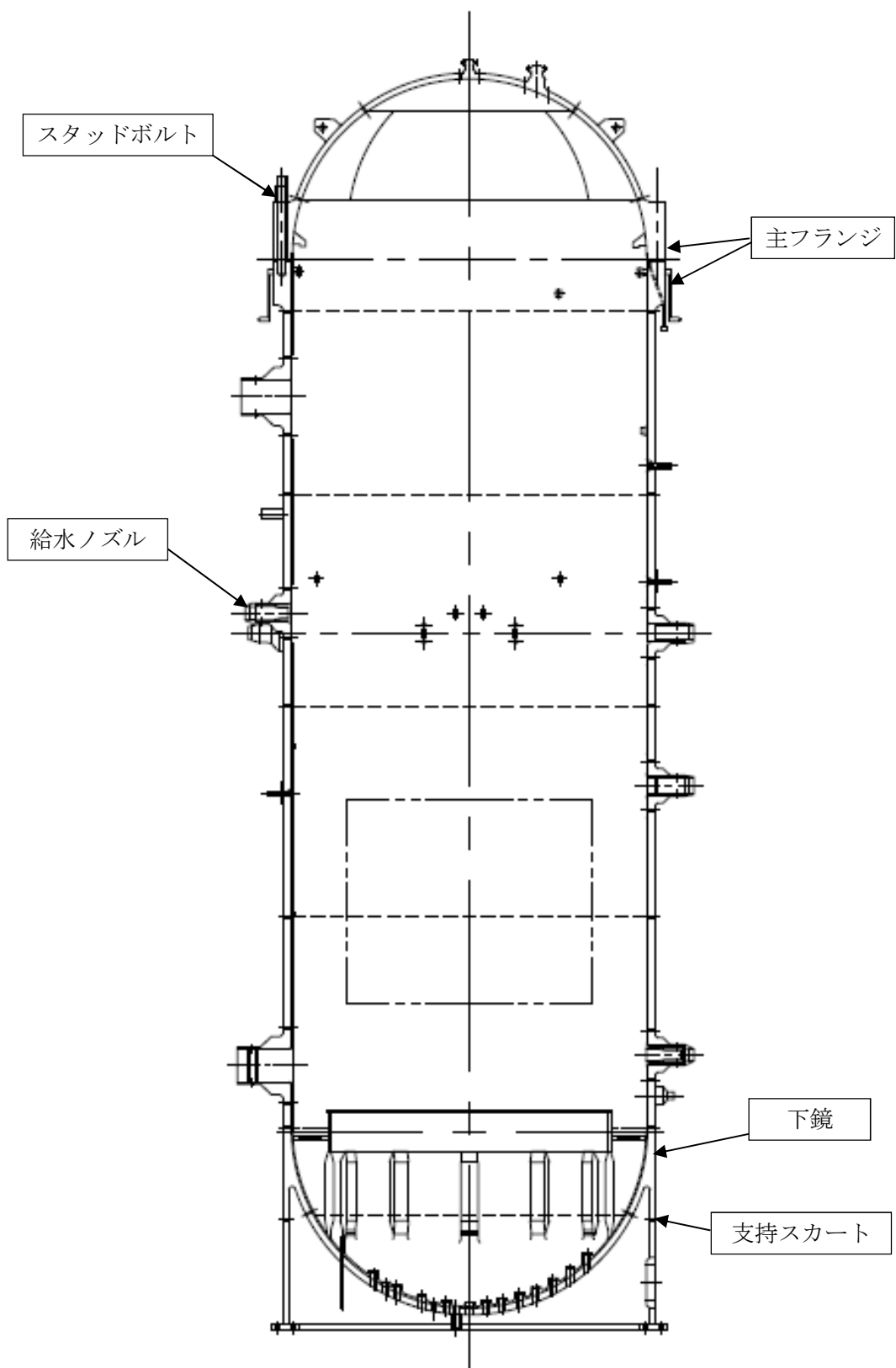


図 2.3-3 原子炉圧力容器 評価対象部位

表 2.3-5 原子炉圧力容器の疲れ累積係数のまとめ

	運転実績回数に基づく疲れ解析 (許容値：1以下)	
	設計・建設規格の疲労曲線による解析	環境疲労評価手法による解析
	現時点 (令和3年8月11日時点)	現時点 (令和3年8月11日時点)
主フランジ	0.037	—
スタッドボルト	0.144	—
給水ノズル	0.094	0.316
下鏡	0.004	—
支持スカート	0.080	—

②現状保全

主フランジ、スタッドボルト、給水ノズル、下鏡、支持スカートに対しては、計画的な超音波探傷検査を実施し、有意な欠陥のないことを確認している。

また、定期検査毎に漏えい検査を行い、耐圧部の健全性を確認している。

さらに、社団法人日本原子力学会標準「原子力発電所の高経年化対策実施基準：2015」（AESJ-SC-P005：2015）に基づき、次回高経年化技術評価時に、実過渡回数の確認による疲労評価を行うこととしている。

③総合評価

健全性評価結果から、令和3年8月11日時点まではノズル等の疲労割れの可能性は小さく、次回高経年化技術評価時に、実過渡回数の確認による疲労評価を行い、取替等の保全計画への反映要否を検討することが有効と判断する。

なお、当面の冷温停止状態においては、有意な熱過渡はなく、今後の疲労割れの発生・進展の可能性はないと判断する。

c. 高経年化への対応

疲労割れに対しては、高経年化対策の観点から現状保全の内容に追加すべき項目はなく、今後も現状保全を継続していく。

以上

## 3 原子炉格納容器

[対象容器]

- 3.1 原子炉格納容器本体
- 3.2 機械ペネトレーション
- 3.3 電気ペネトレーション

原子炉格納容器の部位は、本体及び貫通部に大きく分かれ、形式等でグループ化すると 3 個のグループに分類されるため、ここでは、これらについての技術評価を行う。

- 3.1 原子炉格納容器本体
- 3.2 機械ペネトレーション
- 3.3 電気ペネトレーション

## 3.1 原子炉格納容器本体

[対象容器]

- ① 原子炉格納容器

## 目 次

1. 対象機器.....	3. 1-1
2. 原子炉格納容器の技術評価.....	3. 1-2
2.1 構造, 材料及び使用条件 .....	3. 1-2
2.2 経年劣化事象の抽出 .....	3. 1-5
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目 .....	3. 1-5
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 .....	3. 1-5
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 .....	3. 1-6

1. 対象機器

原子炉格納容器の主な仕様を表 1-1 に示す。

表 1-1 原子炉格納容器の主な仕様

機器名称 (基数)	重要度*	使用条件			
		最高使用圧力 (MPa)		最高使用温度 (°C)	
		ドライウエル	サプレッション チェンバ	ドライウエル	サプレッション チェンバ
原子炉格納容器 (1)	MS-1	内圧：約 0.310 外圧：約 0.014	内圧：約 0.310 外圧：約 0.014	171	104

\*：最上位の重要度を示す

## 2. 原子炉格納容器の技術評価

### 2.1 構造, 材料及び使用条件

#### (1) 構造

原子炉格納容器は, 圧力抑制型格納容器であり 1 基設置されている。

原子炉格納容器は, 円錐形をしたドライウエルと, 円筒状で内部に純水を保有するサブプレッションチェンバ及び機器を支持する支持構造物等から構成される。

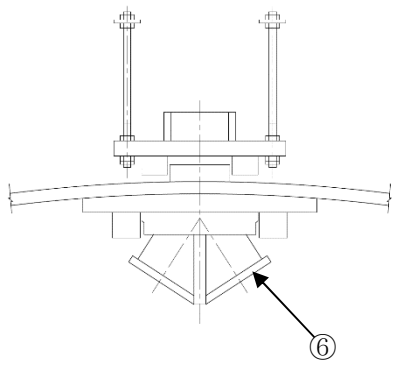
ドライウエル及びサブプレッションチェンバの外表面, 内表面とも鋼板に防食塗装が施されている。

原子炉格納容器の構造図を図 2.1-1 に示す。

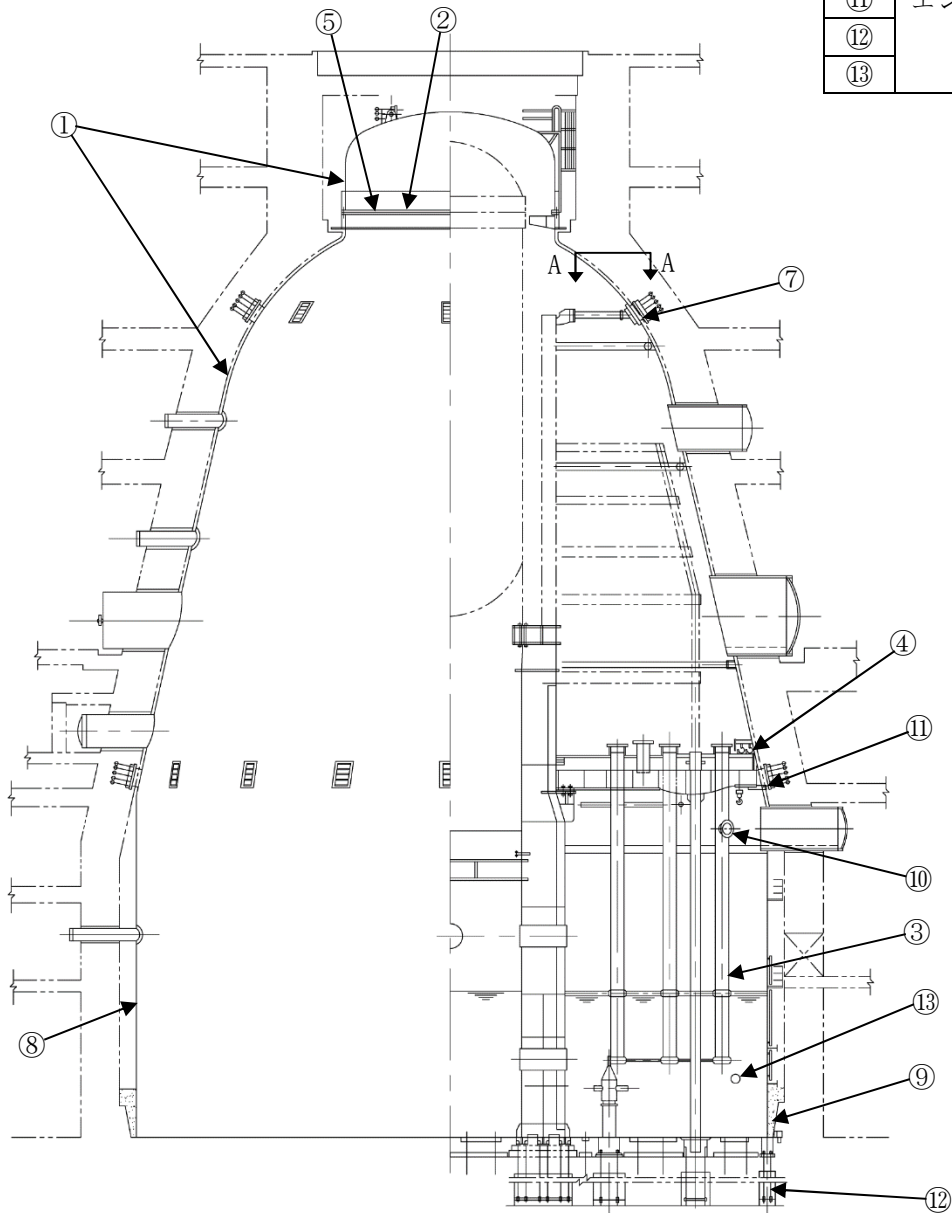
#### (2) 材料及び使用条件

原子炉格納容器主要部位の使用材料を表 2.1-1 に, 使用条件を表 2.1-2 に示す。





A-A 断面



No.	部 位	
①	ドライ ウェル	トップヘッド, 円錐部
②		主フランジボルト
③		ベント管
④		ダイアフラムフロー ールベローズ
⑤		ガスケット
⑥		スタビライザ
⑦		上部シアラグ
⑧	サプレッ ションチ ェンバ	円筒部
⑨		サンドクッション部 (鋼板)
⑩		真空破壊弁
⑪		下部シアラグ
⑫		基礎ボルト
⑬		ストレーナ

図 2.1-1 原子炉格納容器構造図

表 2.1-1 原子炉格納容器主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位		材 料
バウンダリの維持	耐圧	ドライウエル	トップヘッド, 円錐部	炭素鋼 (SGV49, SPV50)
			主フランジボルト	低合金鋼 (SNCM439)
			ベント管	炭素鋼 (SM41B)
			ダイアフラムフロアーシールベローズ	ステンレス鋼 (SUS316L)
			ガスケット	(消耗品)
機器の支持	支持		スタビライザ	炭素鋼 (SM41B)
			上部シアラグ	炭素鋼 (SGV49, SM41B)
バウンダリの維持	耐圧	サプレッションチェンバ	円筒部	炭素鋼 (SPV50)
			サンドクッション部 (鋼板)	炭素鋼 (SPV50)
真空破壊弁	炭素鋼 (SGV49)			
機器の支持	支持		下部シアラグ	炭素鋼 (SGV49, SM41B)
			基礎ボルト	低合金鋼 (SNCM439)
その他	その他		ストレーナ	ステンレス鋼 (ASTM A240 TP304, SUS304)

表 2.1-2 原子炉格納容器の使用条件

	ドライウエル	サプレッションチェンバ
最高使用圧力	約 0.310 MPa (内圧) 約 0.014 MPa (外圧)	約 0.310 MPa (内圧) 約 0.014 MPa (外圧)
最高使用温度	171 °C	104 °C
内部流体	窒素 (N <sub>2</sub> )	窒素 (N <sub>2</sub> ) , 純水

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

原子炉格納容器に必要な機能は、万一原子炉から放射性物質が放出された場合であっても格納容器外への漏えいを防止するものであるが、この機能の達成に必要な項目は以下のとおり。

- ① バウンダリの維持
- ② 機器の支持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

原子炉格納容器について、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の材料、構造、使用条件（流体の種類、圧力、温度等）及び現在までの運転経験を考慮し、表 2.2-1 に示すとおり、想定される経年劣化事象を抽出した。

なお、消耗品及び定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

ガスケットは消耗品であり、設計時に長期使用せず取替を前提としていることから高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

#### (3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

想定される経年劣化事象のうち主要 6 事象に該当する事象及び下記①、②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。なお、下記①、②に該当する事象については、2.2.3 項に示すとおり、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

- ① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△）
- ② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲）

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

#### a. サンドクッション部（鋼板）の腐食（全面腐食）

サンドクッション部（鋼板）の材料は炭素鋼であり腐食の発生が想定されるが、サンドクッション（鋼板）外表面は防食塗装を施しており、腐食が発生する可能性は小さい。

また、サンドクッション部については砂の成分分析、目視点検及び肉厚測定を行うこととしており、第9回定期検査時（平成18年度）に腐食が想定される原子炉格納容器の代表ポイントの砂の成分分析、目視点検及び肉厚測定を実施し、異常のないことを確認している。

なお、オイスタークリーク発電所において、原子炉格納容器上部からの漏えい水がサンドクッション部に流入し、サンドクッション部のドレン管が閉塞していたために当該部の胴板が腐食した事例がある。

当該事例は、ウェルプール水ドレン管のフランジ部のパッキンが劣化していたため、定期検査時にウェルプール水が漏えいし、漏えい水が原子炉格納容器の外壁を伝い、サンドクッション部に流入し発生したものである。当該号炉では、当該漏えい箇所は溶接構造となっていることから、同不具合が発生する可能性は小さい。

今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### b. ドライウエル（トップヘッド、円錐部）、サプレッションチェンバ（円筒部）の腐食（全面腐食）

ドライウエル（トップヘッド、円錐部）及びサプレッションチェンバ（円筒部）の材料は炭素鋼であり腐食の発生が想定されるが、ドライウエル（トップヘッド、円錐部）及びサプレッションチェンバ（円筒部）の内外表面は防食塗装が施されており、通常運転中は窒素雰囲気中にあるため、腐食が発生する可能性は小さい。

また、ドライウエル（トップヘッド、円錐部）及びサプレッションチェンバ（円筒部外表面）は定期検査時における目視点検より有意な腐食がないことを確認している。サプレッションチェンバ（円筒部）水中部については定期的な目視点検を行い、必要に応じて補修塗装を行うこととしている。

今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. ベント管の腐食（全面腐食）

ベント管は炭素鋼であり腐食の発生が想定されるが、ベント管の内外表面については防食塗装を施しており、通常運転中は窒素雰囲気にあるため腐食が発生する可能性は小さい。

また、ベント管については目視点検により腐食のないことを確認しており、必要に応じて補修塗装を行うこととしている。

今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. スタビライザ、上部シアラグ及び下部シアラグの腐食（全面腐食）

スタビライザ、上部シアラグ及び下部シアラグは炭素鋼であり腐食の発生が想定されるが、防食塗装が施されているため腐食が発生する可能性は小さい。

また、スタビライザ及び原子炉格納容器外表面の目視点検を行うこととしており、これまでの点検において有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. 主フランジボルトの腐食（全面腐食）

主フランジボルトは低合金鋼であり、腐食の発生が想定されるが、定期検査における取外し時に目視により確認しており、これまでに有意な腐食は確認されていない。

今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f. 真空破壊弁の腐食（全面腐食）

真空破壊弁は炭素鋼であり腐食の発生が想定されるが、通常運転中は窒素雰囲気であるため、腐食が発生する可能性は小さい。

また、分解点検時に目視点検及び浸透探傷検査により健全性の確認を行っており、これまでに有意な腐食は確認されていない。

今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

g. ストレーナの閉塞

ストレーナは非常用炉心冷却系等のポンプ起動時に、長期供用に伴い閉塞が想定される。

しかし、サプレッションチェンバは計画的に清掃及び目視点検を実施しており、第9回定期検査時（平成18年度）においてストレーナ閉塞の対策として非常用炉心冷却系ストレーナの大型化への改造を実施していることから、炉心冷却機能に影響を及ぼす閉塞が発生する可能性は小さい。

また、定例試験や定期検査において非常用炉心冷却機能の健全性確認を実施しており、これまでストレーナの閉塞は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

h. ダイアフラムフロアーシールベローズの疲労割れ

ダイアフラムフロアーシールベローズは、ドライウェルとサプレッションチェンバとの事故時等の熱膨張差を吸収するために取付けられており、熱膨張時の疲労の蓄積による疲労割れが想定されるが、通常時の温度変動は、プラント起動・停止によるもので、発生応力・回数は小さい。

また、定期検査時の漏えい検査においてバウンダリ機能の健全性を確認しており、これまでの検査において異常は認められていない。

今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

a. スタビライザ，上部シアラグ及び下部シアラグの摩耗

スタビライザ，上部シアラグ及び下部シアラグは摺動部を有しているため摩耗が想定されるが，地震時のみ摺動するものであり，発生回数が非常に少ない。

今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. 基礎ボルトの腐食（全面腐食）

基礎ボルトは低合金鋼であり，基礎ボルト全体がコンクリートに埋設されていることから，コンクリートが中性化した場合に腐食の発生が想定されるが，実機コンクリートにおけるサンプリング結果では中性化は殆ど確認されておらず，腐食が発生する可能性は小さい。

今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

表 2.2-1 原子炉格納容器に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	ドライウェル (トップヘッド, 円錐部)		炭素鋼		△					*:閉塞	
		サプレッションチェンバ (円筒部)		炭素鋼		△						
		サンドクッション部 (鋼板)		炭素鋼		△						
		ベント管		炭素鋼		△						
		主フランジボルト		低合金鋼		△						
		ダイアフラムフローシールベローズ		ステンレス鋼			△					
		ガスケット	◎									
		真空破壊弁		炭素鋼		△						
機器の支持	支持	スタビライザ		炭素鋼	▲	△						
		上部シアラグ		炭素鋼	▲	△						
		下部シアラグ		炭素鋼	▲	△						
		基礎ボルト		低合金鋼		▲						
その他	その他	ストレーナ		ステンレス鋼						△*		

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 (日常劣化管理事象)

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 (日常劣化管理事象以外)

以 上



## 3. 2 機械ペネトレーション

[対象貫通部]

- ① 配管貫通部
- ② ハッチ及びマンホール

## 目 次

1. 対象機器及び代表機器の選定.....	3. 2-1
1.1 グループ化の考え方及び結果 .....	3. 2-1
1.2 代表機器の選定 .....	3. 2-1
2. 代表機器の技術評価 .....	3. 2-6
2.1 構造, 材料及び使用条件 .....	3. 2-6
2.1.1 配管貫通部.....	3. 2-6
2.1.2 サプレッションチェンバアクセスハッチ .....	3. 2-9
2.2 経年劣化事象の抽出 .....	3. 2-12
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目 .....	3. 2-12
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 .....	3. 2-12
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化ではない事象 .....	3. 2-13
3. 代表機器以外への展開.....	3. 2-16
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象.....	3. 2-16
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象.....	3. 2-16

## 1. 対象機器及び代表機器の選定

機械ペネトレーションの主な仕様を表 1-1 に示す。

これらの機械ペネトレーションをグループ化し、それぞれのグループより代表機器を選定した。

### 1.1 グループ化の考え方及び結果

形式を分類基準とし、機械ペネトレーションを表 1-1 に示すとおり分類した。

### 1.2 代表機器の選定

表 1-1 に分類したグループ毎に、原則として重要度、最高使用温度、配管口径（または使用頻度）の観点から代表機器を選定する。

#### (1) 配管貫通部（固定式）

低温または小口径の配管貫通部で熱膨張差による変位のないもの、または拘束部に発生する荷重が小さい場合に使用される。固定式については、最高使用温度の観点から主蒸気隔離弁リークオフライン貫通部を代表とする。なお便宜上、構造の相違により固定式配管貫通部を固定式 1 または固定式 2 と称す。

配管貫通部形式の構造を図 1-1 に示す。

#### (2) ハッチ及びマンホール

このグループには、サブプレッションチェンバアクセスハッチのみが属するため、サブプレッションチェンバアクセスハッチを代表機器とする。

表 1-1 (1/3) 機械ペネトレーションのグループ化及び代表機器の選定

分類	ペネ No.	用途	選定基準				選定	選定理由
			重要度*	形式	配管口径	最高使用温度 (°C)		
配管貫通部	X-213	原子炉隔離時冷却系 (タービン排気)	MS-1	固定式 1	14B	184	◎	最高使用温度
	X-220	主蒸気隔離弁リークオフライン			2B	302		
	X-230	低電導度ドレン			3B	171		
	X-231	高電導度ドレン			3B	171		
	X-240	サブプレッションチェンバ換気 (送気)			22B	104		
	X-241	サブプレッションチェンバ換気 (排気)			22B	104		
	X-242	可燃性ガス濃度制御系 (戻り)			6B	104		
	X-250	予備			—	—		
	X-251	予備			—	—		
	X-252	予備			—	—		
	X-253	予備			—	—		
	X-254	予備			—	—		
	X-255	予備			—	—		
	X-320	計測 (真空破壊弁)			3/4B	104		
	X-321 A, B	計測 (サブプレッションチェンバ圧力及び予備)			3/4B	104		
	X-322 A~C	計測 (サブプレッションチェンバ水位)			2B	104		
	X-323 A~C	計測 (サブプレッションチェンバ水位)			2B	104		
	X-332 A, B	計測 (CAMS サンプルング)			3/4B	104		
	X-342	計測 (原子炉冷却材サンプルング戻り)			1B	104		

\* : 最上位の重要度を示す

表 1-1 (2/3) 機械ペネトレーションのグループ化及び代表機器の選定

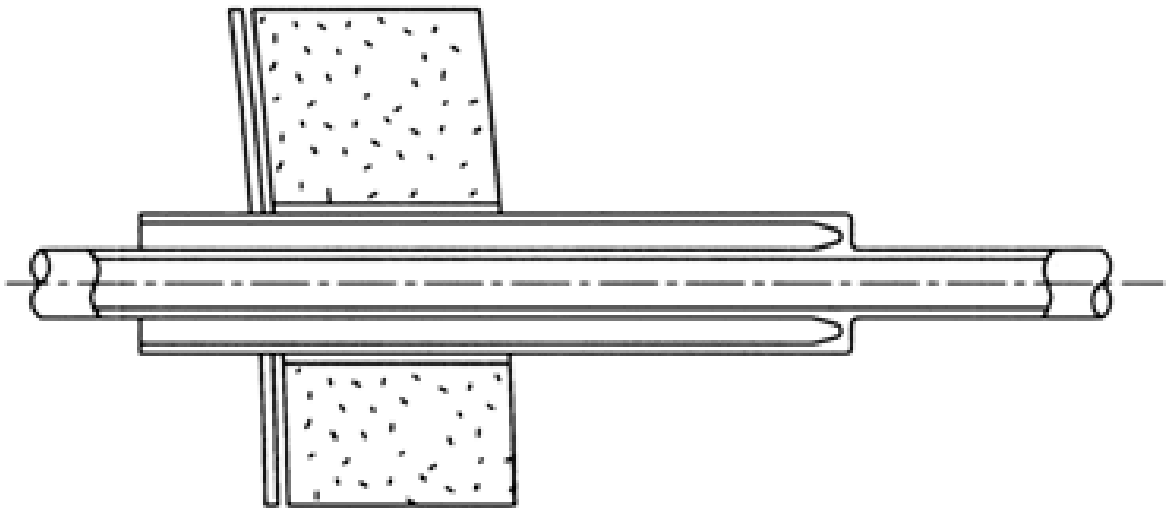
分類	ペネ No.	用途	選定基準				選定	選定理由
			重要度*	形式	配管口径	最高使用温度 (°C)		
配管貫通部	X-200 A, B	格納容器スプレイライン (サプレッションチェンバ)	MS-1	固定式 2	4B	104		
	X-201	残留熱除去系 A 系 (供給)			24B	104		
	X-202	残留熱除去系 B 系 (供給)			24B	104		
	X-203	残留熱除去系 C 系 (供給)			24B	104		
	X-204	残留熱除去系 A 系 (テストライン)			16B	104		
	X-205	残留熱除去系 B・C 系 (テストライン)			16B	104		
	X-208	低圧炉心スプレイ系 (供給)			24B	104		
	X-209	低圧炉心スプレイ系 (テストライン)			12B	104		
	X-210	高圧炉心スプレイ系 (供給)			24B	104		
	X-211	高圧炉心スプレイ系 (テストライン)			12B	104		
	X-214	原子炉隔離時冷却系 (ポンプ供給)			8B	104		
	X-215	原子炉隔離時冷却系真空ポンプ (排出)			2B	104		

\* : 最上位の重要度を示す

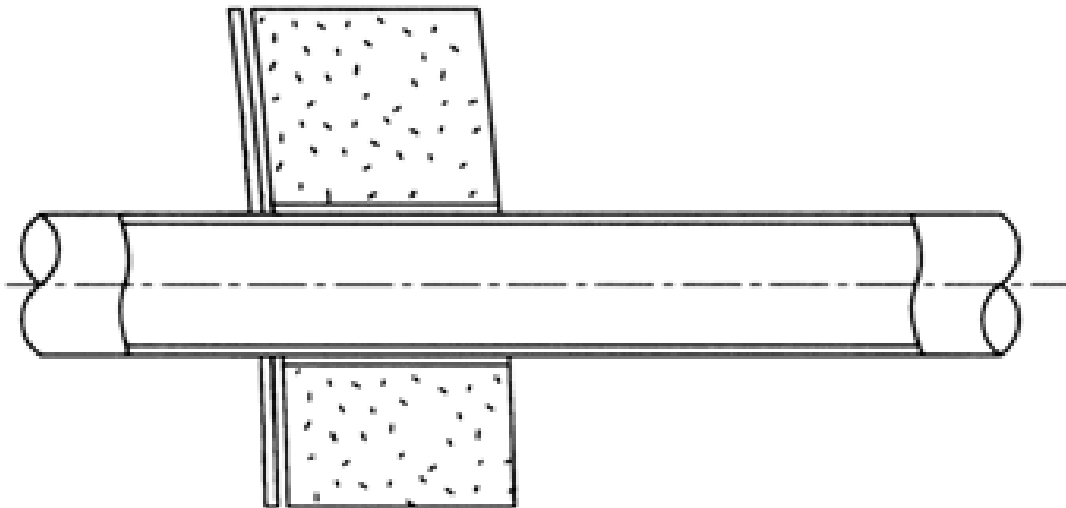
表 1-1 (3/3) 機械ペネトレーションのグループ化及び代表機器の選定

分類	ペネ No.	用途	選定基準				選定	選定理由
			重要度*	形式	使用頻度	最高使用温度 (°C)		
ハッチ 及び マンホール	X-7	サプレッションチェンバアクセスハッチ	MS-1	—	頻度大	104	◎	

\*：最上位の重要度を示す



固定式 1



固定式 2

图 1-1 配管貫通部構造図

## 2. 代表機器の技術評価

本章では、1章で代表機器とした以下の機械ペネトレーションについて技術評価を実施する。

- ①配管貫通部
- ②サブプレッションチェンバアクセスハッチ

### 2.1 構造、材料及び使用条件

#### 2.1.1 配管貫通部

##### (1) 構造

代表配管貫通部の構造図を図 2.1-1 に示す。

##### (2) 材料及び使用条件

代表配管貫通部主要部位の使用材料を表 2.1-1 に、使用条件を表 2.1-2 に示す。



主蒸気隔離弁リークオフライン（固定式）

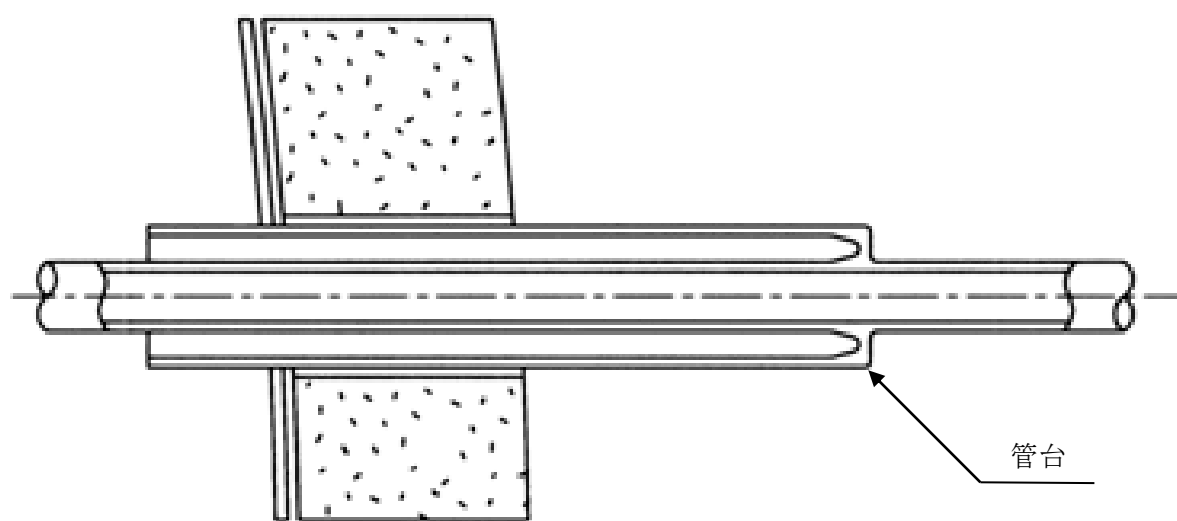


図 2.1-1 代表配管貫通部構造図

表 2.1-1 代表配管貫通部（固定式）主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
バウンダリの維持	耐圧	管台	炭素鋼（STS42）

表 2.1-2 代表配管貫通部（固定式）の使用条件

最高使用圧力*	約 0.31 MPa
最高使用温度*	302 °C

\*：貫通配管の使用条件

## 2.1.2 サプレッションチェンバアクセスハッチ

### (1) 構造

サプレッションチェンバアクセスハッチは円筒型であり，原子炉格納容器に1箇所設置されている。

サプレッションチェンバアクセスハッチの構造図を図 2.1-2 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

サプレッションチェンバアクセスハッチ主要部位の使用材料を表 2.1-3 に，使用条件を表 2.1-4 に示す。

No.	部 位
①	胴
②	蓋
③	ガスケット
④	取付ボルト

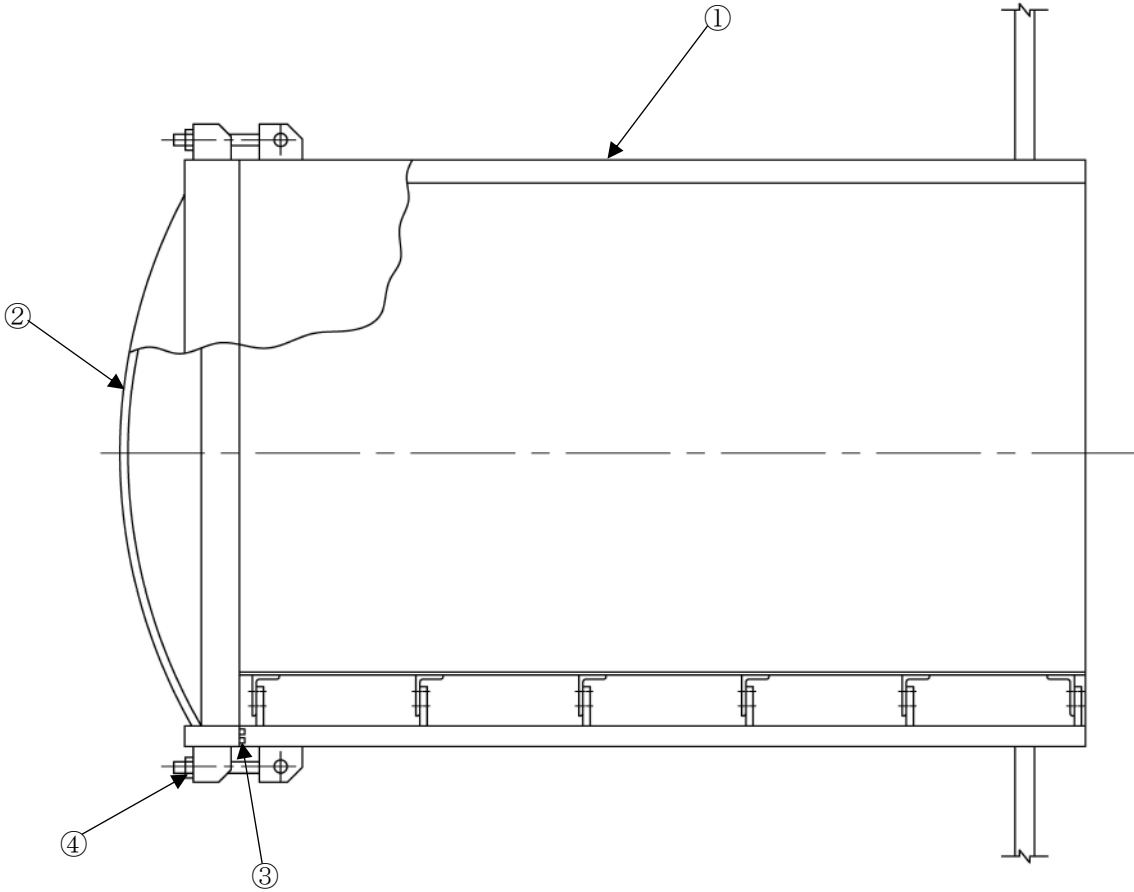


図 2.1-2 サプレッションチェンバアクセスハッチ構造図

表 2.1-3 サプレッションチェンバアクセスハッチ主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
バウンダリの維持	耐圧	胴	炭素鋼 (SGV49)
		蓋	炭素鋼 (SGV49)
		ガスケット	(消耗品)
		取付ボルト	低合金鋼 (SNCM439)

表 2.1-4 サプレッションチェンバアクセスハッチの使用条件

最高使用圧力	約 0.31 MPa
最高使用温度	104 °C

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

機械ペネトレーションとしての機能の達成に必要な項目は以下のとおり。

#### ① バウンダリの維持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

機械ペネトレーションについて、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の材料、構造、使用条件（流体の種類、圧力、温度等）及び現在までの運転経験を考慮し、表 2.2-1 に示すとおり、想定される経年劣化事象を抽出した。

なお、消耗品及び定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

ガasketは消耗品であり、設計時に長期使用せず取替を前提としていることから高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

#### (3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

想定される経年劣化事象のうち主要 6 事象に該当する事象及び下記①，②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。なお，下記①，②に該当する事象については，2.2.3 項に示すとおり，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって，想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△）

② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲）

この結果，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

#### a. 耐圧構成品の腐食（全面腐食）〔共通〕

機械ペネトレーションの耐圧構成品（胴、蓋、管台）の材料は炭素鋼であり、大気に接触していることから腐食が発生する可能性がある。しかしながら、機械ペネトレーションは窒素雰囲気または原子炉建屋内雰囲気であり、表面は防食塗装を施しているため、腐食が発生する可能性は小さい。

また、機械ペネトレーションの耐圧構成品については、定期検査時の原子炉格納容器漏えい率検査においてバウンダリ機能の健全性を確認しており、これまでの検査において異常は認められていない。

今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### b. 取付ボルトの腐食（全面腐食）〔サプレッションチェンバアクセスハッチ〕

取付ボルトは低合金鋼であり、腐食の発生が想定されるが、グリースの塗布（ねじ部）を施しており、腐食が発生、進展する可能性は小さい。

また、機器外観点検時にボルトの健全性の確認を行っており、これまでに有意な腐食は確認されていない。

今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### c. 管台の疲労割れ〔主蒸気隔離弁リークオフライン配管貫通部（固定式配管貫通部）〕

管台は内部流体の温度変化に伴い疲労が蓄積することが想定されるが、固定式配管貫通部の内部流体温度は低く温度変動幅も小さく、通常運転時は格納容器内温度と同程度であるため有意な熱過渡を受けることはないため、疲労割れが発生する可能性は小さい。

また、主蒸気隔離弁リークオフライン配管貫通部（固定式配管貫通部）については、定期検査時の原子炉格納容器漏えい率検査においてバウンダリ機能の健全性を確認しており、これまでの検査において異常は認められていない。

今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。

表 2.2-1 (1/2) 代表配管貫通部（固定式）に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考
					減 肉		割 れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの 維持	耐圧	管台		炭素鋼		△	△					
		ガスケット	◎									

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）



表 2.2-1 (2/2) サプレッションチェンバアクセスハッチに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考
					減 肉		割 れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの 維持	耐圧	胴		炭素鋼		△						
		蓋		炭素鋼		△						
		ガスケット	◎									
		取付ボルト		低合金鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

### 3. 代表機器以外への展開

本章では、2章で実施した代表機器の技術評価結果について、1章で実施したグループ化で代表機器となっていない貫通部への展開について検討した。

#### ① 配管貫通部（主蒸気隔離弁リークオフライン以外）

#### 3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

代表機器同様、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

#### 3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

##### a. 耐圧構成品の腐食（全面腐食）

代表機器同様、表面は防食塗装を施しており、耐圧構成品の腐食が発生する可能性は小さい。

また、耐圧構成品に対しては、定期検査時の原子炉格納容器漏えい率検査においてバウンダリ機能の健全性を確認しており、これまでの検査において異常は認められていない。

今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

##### b. 管台の疲労割れ

代表機器同様、内部流体温度は低く温度変動幅も小さいため有意な熱過渡を受けることはないと考えられる。

また、耐圧構成品に対しては、定期検査時の原子炉格納容器漏えい率検査においてバウンダリ機能の健全性を確認しており、これまでの検査において異常は認められていない。

今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

代表機器同様、日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。

以 上

### 3. 3 電気ペネトレーション

[対象貫通部]

- ① モジュール型低圧動力用電気ペネトレーション
- ② モジュール型制御用電気ペネトレーション
- ③ モジュール型計装用電気ペネトレーション
- ④ モジュール型制御棒位置表示用電気ペネトレーション
- ⑤ モジュール型中性子計装用電気ペネトレーション
- ⑥ モジュール型制御及び計装用電気ペネトレーション

## 目 次

1. 対象機器及び代表機器の選定.....	3.3-1
1.1 グループ化の考え方及び結果.....	3.3-1
1.2 代表機器の選定.....	3.3-1
2. 代表機器の技術評価.....	3.3-3
2.1 構造, 材料及び使用条件.....	3.3-3
2.1.1 モジュール型中性子計装用電気ペネトレーション.....	3.3-3
2.2 経年劣化事象の抽出.....	3.3-6
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目.....	3.3-6
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象.....	3.3-6
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象.....	3.3-7
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価.....	3.3-9
3. 代表機器以外への展開.....	3.3-11
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象.....	3.3-11
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象.....	3.3-11

## 1. 対象機器及び代表機器の選定

電気ペネトレーションのうち、対象となる電気ペネトレーションの主な仕様を表 1-1 に示す。

これらの電気ペネトレーションを型式及びシール材材料の観点からグループ化し、それぞれのグループより代表機器を選定した。

### 1.1 グループ化の考え方及び結果

型式及びシール材材料を分類基準とし、電気ペネトレーションを表 1-1 に示すとおりグループ化する。

### 1.2 代表機器の選定

表 1-1 に分類したグループ毎に、原則として電気ペネトレーションの重要度及び接続機器の観点から代表機器を選定する。

#### (1) モジュール型電気ペネトレーション（シール材材料：エポキシ樹脂）

このグループには、低圧動力用、制御用、計装用、制御棒位置表示用、中性子計装用、制御及び計装用が属し、接続機器の原子炉保護上の重要度が高いモジュール型中性子計装用電気ペネトレーションを代表機器とする。

表 1-1 電気ペネトレーションのグループ化と代表機器の選定

分類基準		ペネトレーション番号	使用用途	仕様呼び径	選定基準		選定	選定理由
型式	シール材材料				重要度			
					ペネトレーション	接続機器*		
モジュール型	エポキシ樹脂	X-101A, 101B, 101C, 101D	低圧動力用	300A	MS-1	MS-1		接続機器の重要度が高いため
		X-102A, 102B, 102C, 102D, 102E	制御用	300A	MS-1	MS-1		
		X-103A, 103B, 103C	計装用	300A	MS-1	MS-1		
		X-104A, 104B, 104C, 104D	制御棒位置表示用	300A	MS-1	MS-3		
		X-105A, 105B, 105C, 105D	中性子計装用	300A	MS-1	MS-1	◎	
		X-300A, 300B	制御及び計装用	300A	MS-1	MS-2		

◎：代表機器

\*：最上位の重要度を示す

## 2. 代表機器の技術評価

本章では、1章で代表機器とした以下の電気ペネトレーションについて技術評価を実施する。

### ① モジュール型中性子計装用電気ペネトレーション

#### 2.1 構造、材料及び使用条件

##### 2.1.1 モジュール型中性子計装用電気ペネトレーション

###### (1) 構造

モジュール型中性子計装用電気ペネトレーションは、モジュール交換を容易に実施できるように、モジュールボディを取付ボルトで原子炉格納容器外側のヘッダに固定した構造となっている。

同軸用モジュールの内部は、コネクタ接続された同軸ケーブルが貫通し、また、制御用モジュールの内部は導体とスプライス接続された電線が貫通しており、モジュール内部に充填されているエポキシ樹脂により気密性が確保される構造となっている。

なお、エポキシ樹脂は、モジュールの左右に充填され、モジュールの中間部が中空となる二重シール構造となっている。

また、二重シール同士の間部を窒素ガスで加圧し、シール部の気密確認ができる構造となっている。

モジュール型中性子計装用電気ペネトレーションの構造図を図 2.1-1 に示す。

###### (2) 材料及び使用条件

モジュール型中性子計装用電気ペネトレーションの主要部位の使用材料を表 2.1-1 に、使用条件を表 2.1-2 に示す。

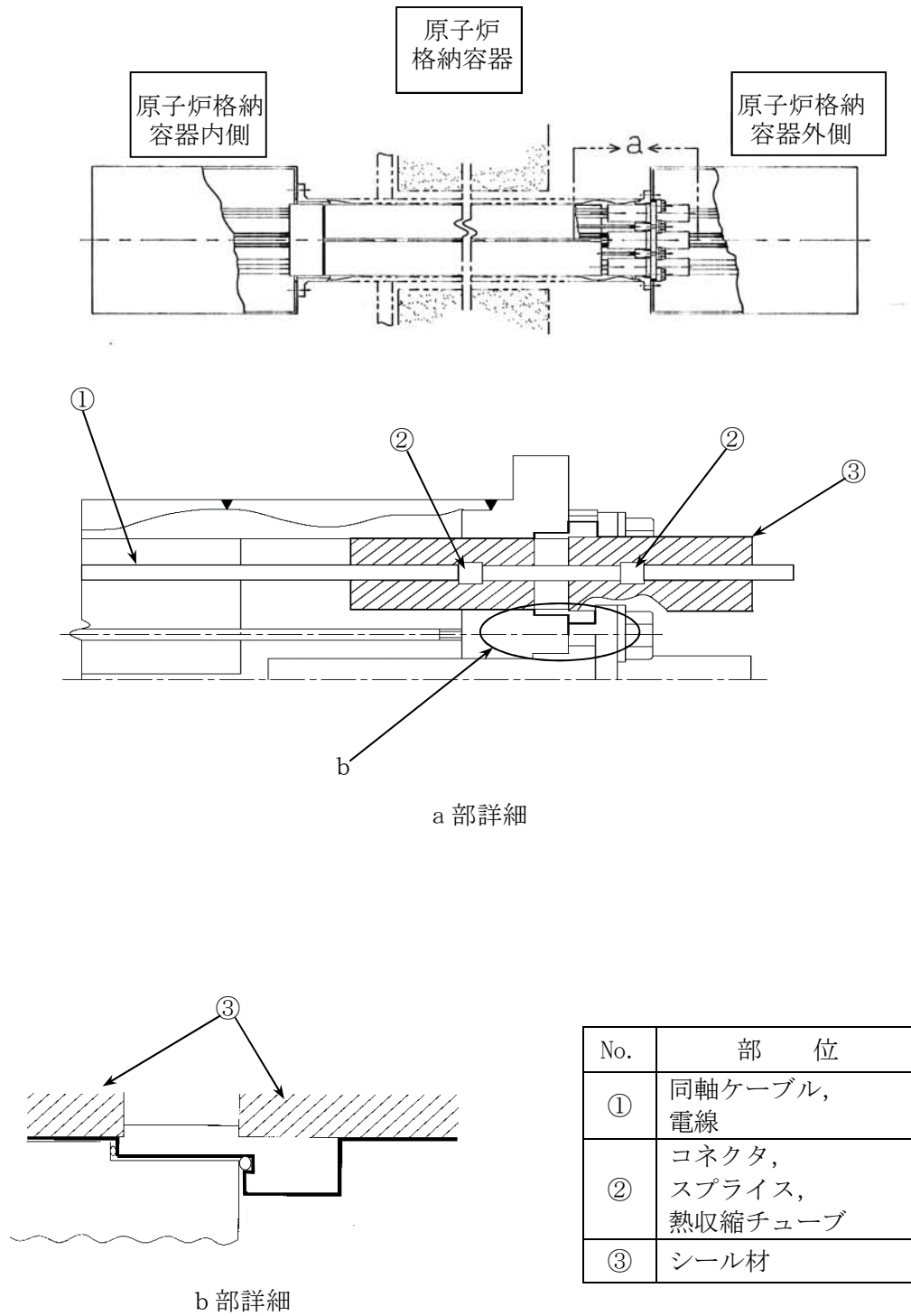


図 2.1-1 モジュール型中性子計装用電気ペネトレーション構造図



表 2.1-1 モジュール型中性子計装用電気ペネトレーションの主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
通電・絶縁性能の確保	エネルギー伝達	同軸ケーブル	銅, 絶縁体 (耐放射線性架橋ポリエチレン), 絶縁体 (耐放射線性架橋発泡ポリエチレン)
		コネクタ	黄銅, 架橋ポリスチレン
		電線	銅, 絶縁体 (難燃性架橋ポリエチレン)
		スプライス	電気銅
		熱収縮チューブ	架橋ポリオレフィン
	絶縁	シール材	エポキシ樹脂

表 2.1-2 モジュール型中性子計装用電気ペネトレーションの使用条件

	通常運転時
設置場所	原子炉格納容器内
周囲温度	66 °C*

\* : 原子炉格納容器内の設計値

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

電気ペネトレーションの機能の達成に必要な項目は以下のとおり。

#### ① 通電・絶縁性能の確保

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

電気ペネトレーションについて、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の材料、構造、使用条件（圧力、温度等）及び現在までの運転経験を考慮し、表 2.2-1 に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

なお、消耗品及び定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

電気ペネトレーションについては、消耗品及び定期取替品はない。

#### (3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

想定される経年劣化事象のうち主要 6 事象に該当する事象及び下記①、②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。なお、下記①、②に該当する事象については、2.2.3 項に示すとおり、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

- ① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△）
- ② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲）

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象として以下の事象が抽出された。  
(表 2.2-1 で○)

- a. シール材及び同軸ケーブル、電線、熱収縮チューブの絶縁特性低下

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

#### a. 同軸ケーブル，電線，コネクタ，スプライスの導通不良

同軸ケーブル，電線に大きな荷重が作用すると，断線や途中接続点のコネクタ，スプライスの外れ等により導通不良が想定されるが，同軸ケーブル，電線単体には外部からの大きな荷重が作用しない構造となっており，導通不良が発生する可能性は小さい。

また，コネクタ部及びスプライス部は，点検時の接続部異常有無により健全であることを確認している。

したがって，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。

表 2.2-1 モジュール型中性子計装用電気ペネトレーションに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考
					減 肉		割 れ		絶 縁	導 通	その他	
					摩 耗	腐 食	疲 労 割 れ	応 力 腐 食 割 れ	絶 縁 特 性 低 下	導 通 不 良		
通電・絶縁性能の確保	エネルギー伝達	同軸ケーブル		銅, 耐放射線性架橋ポリエチレン, 耐放射線性架橋発泡ポリエチレン					○	△		
		コネクタ		黄銅, 架橋ポリスチレン						△		
		電線		銅, 難燃性架橋ポリエチレン					○	△		
		スプライス		電気銅						△		
		熱収縮チューブ		架橋ポリオレフィン					○			
	絶縁	シール材		エポキシ樹脂					○			

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

## 2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

### (1) シール材及び同軸ケーブル、電線、熱収縮チューブの絶縁特性低下

#### a. 事象の説明

シール材として使用しているエポキシ樹脂及び同軸ケーブル、電線の絶縁体で使用している耐放射線性架橋ポリエチレン、耐放射線性架橋発泡ポリエチレン、難燃性架橋ポリエチレン、熱収縮チューブの絶縁材料である架橋ポリオレフィンは、有機物であるため熱的、放射線照射、機械的、電氣的、環境的要因により、経年的に劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性があり、経年劣化に対する評価が必要である。

ただし、モジュール型中性子計装用電気ペネトレーションは静止機器であり、電圧が低く、密封状態であることから、機械的劣化、電氣的劣化及び環境的劣化については影響を受けないと考える。

シール材及び同軸ケーブル、電線、熱収縮チューブの絶縁特性低下要因としては、熱及び放射線照射による経年劣化により、モジュールボディとの接着力が低下し、接着面の隙間から大気中の湿気がモジュール型中性子計装用電気ペネトレーション内部に浸入する可能性がある。

この劣化は、電氣的絶縁特性の低下、または電氣的絶縁特性低下に伴う信号伝送特性低下現象として現れる。

図 2.3-1 は想定される湿気の浸入ルートを示す。

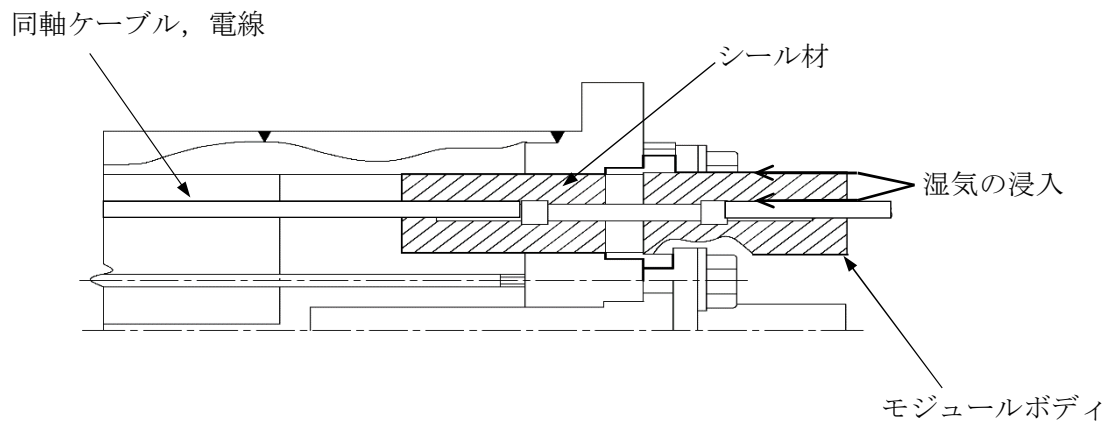


図 2.3-1 モジュール型中性子計装用電気ペネトレーション 湿気の浸入ルート

## b. 技術評価

### ① 健全性評価

シール材として使用しているエポキシ樹脂及び同軸ケーブル、電線の絶縁体で使用している耐放射線性架橋ポリエチレン、耐放射線性架橋発泡ポリエチレン、難燃性架橋ポリエチレン、熱収縮チューブの絶縁材料である架橋ポリオレフィン、有機物であるため熱的、放射線照射、機械的、電氣的、環境的要因により、経年的に劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性があることから、長期間の使用を考慮すると絶縁体の絶縁特性低下の可能性は否定できない。

### ② 現状保全

モジュール型中性子計装用電気ペネトレーションの絶縁特性低下に対しては、点検時に気体漏えい試験及びケーブル損傷がないことを確認している。

さらに、当面の冷温停止維持において、接続機器の使用状態を加味し、日常保全を継続し、必要に応じてモジュールの取替等を行うこととしている。

### ③ 総合評価

絶縁体の絶縁特性低下の可能性は否定できないが、絶縁特性低下は点検時において把握可能と考える。

また、当面の冷温停止維持においては、接続機器の使用状態を加味し、系統機器の日常保全を継続し、必要に応じて適切な対応をとることにより、健全性は維持できると判断する。

## c. 高経年化への対応

モジュール型中性子計装用電気ペネトレーションのシール材及び同軸ケーブル、電線、熱収縮チューブの絶縁特性低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に対し追加すべき項目はなく、今後も現状保全を継続していく。

### 3. 代表機器以外への展開

本章では、2章で実施した代表機器の技術評価について、1章で実施したグループ化で代表機器となっていない機器への展開について検討した。

- ① モジュール型電気ペネトレーション[低圧動力用, 制御用, 計装用, 制御棒位置表示用, 制御及び計装用]

#### 3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

##### a. シール材, 電線, 熱収縮チューブの絶縁特性低下 [共通]

代表機器同様, シール材として使用しているエポキシ樹脂及び電線の絶縁体で使用している難燃性架橋ポリエチレン, 熱収縮チューブの絶縁材料である架橋ポリオレフィン, 有機物であるため熱的, 放射線照射, 機械的, 電氣的, 環境的要因により, 経年的に劣化が進行し, 絶縁特性低下を起こす可能性があることから, 長期間の使用を考慮すると絶縁体の絶縁特性低下の可能性があり, 絶縁特性低下の進展傾向に影響を及ぼす可能性がある。

モジュール型電気ペネトレーションの絶縁特性低下に対しては, 点検時に気体漏えい試験及びケーブル損傷がないことを確認している。

さらに, 当面の冷温停止維持において, 接続機器の使用状態を加味し, 日常保全を継続し, 必要に応じてモジュールの取替等の対応を行うことにより絶縁性能を維持できると判断する。

したがって, 高経年化対策の観点から現状の保全内容に対し追加すべき項目はない。

#### 3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

- (1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって, 想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの (日常劣化管理事象)

##### a. コネクタ, 電線, スプライスの導通不良 [共通]

代表機器同様, 電線に大きな荷重が作用すると, 断線や途中接続点のコネクタ, スプライスの外れ等により導通不良が想定されるが, 電線単体には外部からの大きな荷重が作用しない構造となっており, 導通不良が発生する可能性は小さい。

また, コネクタ部及びスプライス部は, 点検時の接続部異常有無により健全であることを確認している。

したがって, 今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから, 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- (2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

代表機器同様、日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。

以 上



柏崎刈羽原子力発電所3号炉

配管の技術評価書

東京電力ホールディングス株式会社

本評価書は柏崎刈羽原子力発電所3号炉（以下柏崎刈羽3号炉という）における安全上重要な配管（重要度分類指針における PS-1, 2 及び MS-1, 2 に該当する機器）及び原子炉格納容器外の高温・高圧の環境下にあるクラス 3 の配管の高経年化に係わる技術評価についてまとめたものである。評価対象機器の一覧を表 1 に、機能を表 2 に示す。

評価対象機器を材料、内部流体等で分類し、それぞれのグループから重要度及び使用条件等の観点で代表機器を選定し技術評価を行った後、代表以外の機器について評価を展開している。

本評価書は配管の材料等を基に、以下の2分冊で構成されている。

- 1 ステンレス鋼配管
- 2 炭素鋼配管

制御棒駆動系、ほう酸水注入系の油配管については「ポンプの技術評価書」、冷凍機の冷媒配管については「空調設備の技術評価書」、水圧制御ユニット付属配管、非常用ディーゼル機関の補機系統配管及び燃料油配管、可燃性ガス濃度制御系配管、計装用圧縮空気系設備配管については「機械設備の技術評価書」に含めてそれぞれ評価を実施するものとし、本評価書には含まれていない。

なお、本文中の単位は SI 単位系に基づくものとする（圧力の単位は特に注記がない限りゲージ圧力を示す）。

表 1 (1/4) 評価対象機器一覧

分類基準		配管系統	仕様 (口径×肉厚)	重要度*1	使用条件		
材料	内部流体				運転状態*2	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)
ステンレス鋼	純水	原子炉冷却材再循環系 (PLR)	600 A×S 100	PS-1	連続 (連続)	約 10.40	302
		制御棒駆動系 (CRD)	32 A×S 80	MS-1	連続 (連続)	約13.83	66
		ほう酸水注入系 (SLC)	40 A×S 80	MS-1	一時 (一時)	約 8.62	302
		残留熱除去系 (RHR)	20 A×S 80	MS-1	連続 (一時)	約 8.62	302
		低圧炉心スプレイ系 (LPCS)	20 A×S 80	MS-1	一時 (一時)	約 8.62	302
		高圧炉心スプレイ系 (HPCS)	20 A×S 80	MS-1	一時 (一時)	約 8.62	302
		原子炉冷却材浄化系 (CUW)	20 A×S 80	MS-1	連続 (連続)	約 8.62	302
		燃料プール冷却浄化系 (FPC)	200 A×S 40	MS-2	連続 (連続)	約 1.37	66
		液体固体廃棄物処理系 (RW)	80 A×S 40	MS-1	連続 (連続)	約 0.31	171
		復水補給水系 (MUWC)	400 A×9.5 mm	MS-1	連続 (連続)	静水頭	66
		事故後サンプリング系 (PASS)	25 A×S 80	MS-1	一時 (一時)	約 0.31	104

\*1：最上位の重要度を示す

\*2：上段は冷温停止状態時における運転状態，下段の（ ）は断続的運転時の運転状態を示す

表 1 (2/4) 評価対象機器一覧

分類基準		配管系統	仕様 (口径×肉厚)	重要度*1	使用条件		
材料	内部流体				運転状態*2	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)
ステンレス鋼	その他ガス	計装用圧縮空気系 (IA)	50 A×S 80	MS-1	連続 (連続)	約 1.77	171
		事故後サンプリング系 (PASS)	20 A×S 80	MS-1	一時 (一時)	約 8.62	66
	五ほう酸ナトリウム水	ほう酸水注入系 (SLC)	20 A×S 80	MS-1	一時 (一時)	約 8.62	302
	冷却水*3	原子炉補機冷却水系 (RCW)	20 A×S 80	MS-1	連続 (連続)	約 1.37	70
		高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系 (HPCW)	15 A×S 80	MS-1	一時 (一時)	約 1.27	70

\*1：最上位の重要度を示す

\*2：上段は冷温停止状態時における運転状態，下段の（ ）は断続的運転時の運転状態を示す

\*3：冷却水（防錆剤入り純水）を示す

表 1 (3/4) 評価対象機器一覧

分類基準		配管系統	仕様 (口径×肉厚)	重要度*1	使用条件		
材料	内部流体				運転 状態*2	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)
炭素鋼	純水	原子炉冷却材再循環系 (PLR)	150 A×S 120	PS-1	連続 (連続)	約 8.62	302
		制御棒駆動系 (CRD)	200 A×S 120	MS-1	連続 (一時)	約 8.62	138
		残留熱除去系 (RHR)	350 A×S 120	PS-1	連続 (一時)	約 10.40	302
		低圧炉心スプレイ系 (LPCS)	300 A×S 100	PS-1	一時 (一時)	約 8.62	302
		高圧炉心スプレイ系 (HPCS)	300 A×S 100	PS-1	一時 (一時)	約 8.62	302
		原子炉冷却材浄化系 (CUW)	150 A×S 120	PS-1	連続 (連続)	約 8.62	302
		燃料プール冷却浄化系 (FPC)	200 A×S 40	MS-2	連続 (連続)	約 3.43	66
		給水系 (FDW)	500 A×S 100	PS-1	連続 (連続)	約 8.62	302
		復水補給水系 (MUWC)	80 A×S 40	MS-1	一時 (一時)	約 0.31	171
		可燃性ガス濃度制御系 (FCS)	50 A×S 80	MS-1	一時 (一時)	約 3.43	182

\*1：最上位の重要度を示す

\*2：上段は冷温停止状態時における運転状態，下段の（）は断続的運転時の運転状態を示す

表 1 (4/4) 評価対象機器一覧

分類基準		配管系統	仕様 (口径×肉厚)	重要度*1	使用条件		
材料	内部流体				運転状態*2	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)
炭素鋼	その他ガス	非常用ガス処理系 (SGTS)	300 A×S 40	MS-1	一時 (一時)	約0.02	150
		可燃性ガス濃度制御系 (FCS)	150 A×S 40	MS-1	一時 (一時)	約0.31	171
	冷却水*3	原子炉補機冷却水系 (RCW)	200 A×S 40	MS-1	連続 (連続)	約1.37	171
		換気空調補機常用冷却水系 (HNCW)	20 A×S 80	MS-1	連続 (連続)	約1.27	171
		換気空調補機非常用冷却水系 (HECW)	200 A×S 40	MS-1	一時 (一時)	約0.78	66
		高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系 (HPCW)	200 A×S 40	MS-1	一時 (一時)	約1.27	70
	海水	原子炉補機冷却海水系 (RSW)	750 A×9.5 mm	MS-1	連続 (連続)	約0.59	50
		高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却海水系 (HPSW)	250 A×S 40	MS-1	一時 (一時)	約0.69	50

\*1：最上位の重要度を示す

\*2：上段は冷温停止状態時における運転状態，下段の（ ）は断続的運転時の運転状態を示す

\*3：冷却水（防錆剤入り純水）を示す

表 2 (1/2) 評価対象機器機能一覧

配管系統名	機能
原子炉冷却材再循環系配管 (PLR)	原子炉冷却材を原子炉压力容器より引き出し、原子炉再循環系ポンプで加圧した後、原子炉压力容器に設置したジェットポンプを通して原子炉内へ供給することで原子炉冷却材を強制循環させる原子炉冷却材再循環系統を構成する。
制御棒駆動系配管 (CRD)	制御棒の駆動に必要な純水を供給する制御棒駆動系統を構成する。
ほう酸水注入系配管 (SLC)	何らかの理由で制御棒が挿入できなくなり原子炉の冷温停止ができない場合にほう酸水を原子炉底部より注入して負の反応度を与え、核反応を停止させるほう酸水注入系統を構成する。
残留熱除去系配管 (RHR)	原子炉停止時の崩壊熱除去のため残留熱除去系熱交換器にて原子炉冷却材を冷却する。他に格納容器冷却モード等のモードがある。
低圧炉心スプレー系配管 (LPCS)	冷却材喪失事故時、炉心の過熱による燃料破損を防止するため、炉心にサプレッションプール水をスプレーする低圧炉心スプレー系統を構成する。
高圧炉心スプレー系配管 (HPCS)	冷却材喪失事故時、炉心の過熱による燃料破損を防止するため、炉心にサプレッションプール水及び復水貯蔵槽水をスプレーする高圧炉心スプレー系統を構成する。
原子炉冷却材浄化系配管 (CUW)	原子炉冷却材の一部をろ過、脱塩し、給水系に戻す原子炉冷却材浄化系統を構成する。
燃料プール冷却浄化系配管 (FPC)	使用済燃料プール水の一部をろ過、脱塩し、使用済燃料プールに戻す燃料プール冷却浄化系統を構成する。
液体固体廃棄物処理系配管 (RW)	プラントで発生した液体固体廃棄物を処理する液体固体廃棄物処理系統を構成する。
給水系配管 (FDW)	復水系から移送されてきた給水を原子炉へ供給する給水系統を構成する。
復水補給水系配管 (MUWC)	各系統に必要な復水を復水貯蔵槽より移送する補給水系統を構成する。
原子炉補機冷却水系配管 (RCW)	原子炉建屋内にある補機、タービン建屋に設置する補機（放射性流体を扱う補機）の冷却を必要とする補機に冷却水を循環させる原子炉補機冷却水系統を構成する。
換気空調補機常用冷却水系配管 (HNCW)	常用換気空調系の給気冷却器（クーリングコイル）空調機及びDWC上部空調機へ冷却水を供給する換気空調補機常用冷却水系統を構成する。
換気空調補機非常用冷却水系配管 (HECW)	非常用換気空調系の給気冷却器（クーリングコイル）へ冷却水を供給する換気空調補機非常用冷却水系統を構成する。
高圧炉心スプレーディーゼル補機冷却水系配管 (HPCW)	高圧炉心スプレーポンプ及び高圧炉心スプレーディーゼル発電機設備等から発生する熱を淡水の冷却水で冷却する高圧炉心スプレーディーゼル補機冷却系統を構成する。
原子炉補機冷却海水系配管 (RSW)	原子炉補機冷却水系の冷却水を熱交換器を介して、海水にて冷却する原子炉補機冷却海水系統を構成する。
高圧炉心スプレーディーゼル補機冷却海水系配管 (HPSW)	高圧炉心スプレーディーゼル補機冷却水系熱交換器に海水を供給し冷却する高圧炉心スプレーディーゼル補機冷却海水系統を構成する。
計装用圧縮空気系配管 (IA)	空気作動弁や計装機器に圧縮空気を供給する計装用圧縮空気系統を構成する。

表 2 (2/2) 評価対象機器機能一覧

配管系統名	機能
事故後サンプリング系配管 (PASS)	原子力発電設備の事故後における放射能障壁の健全性の把握を行うため、炉水及び格納容器内ガスを採取する事故後サンプリング系統を構成する。
非常用ガス処理系配管 (SGTS)	事故時に原子炉建屋内の空気を処理し、排気筒から放出する非常用ガス処理系統を構成する。
可燃性ガス濃度制御系配管 (FCS)	冷却材喪失事故で水素が格納容器内に溜まり燃焼を起こすことを回避する為、水素ガス濃度を安全な濃度以下にする可燃性ガス濃度制御系統を構成する。



# 1 ステンレス鋼配管

## [対象系統]

- ① 原子炉冷却材再循環系
- ② 制御棒駆動系
- ③ ほう酸水注入系
- ④ 残留熱除去系
- ⑤ 低圧炉心スプレイ系
- ⑥ 高圧炉心スプレイ系
- ⑦ 原子炉冷却材浄化系
- ⑧ 燃料プール冷却浄化系
- ⑨ 液体固体廃棄物処理系
- ⑩ 復水補給水系
- ⑪ 原子炉補機冷却水系
- ⑫ 高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系
- ⑬ 計装用圧縮空気系
- ⑭ 事故後サンプリング系

## 目 次

1. 対象機器及び代表機器の選定 .....	1-1
1.1 グループ化の考え方及び結果 .....	1-1
1.2 代表機器の選定 .....	1-1
2. 代表機器の技術評価 .....	1-4
2.1 構造, 材料及び使用条件 .....	1-4
2.1.1 原子炉冷却材再循環系 .....	1-4
2.1.2 計装用圧縮空気系 .....	1-7
2.1.3 ほう酸水注入系 (五ほう酸ナトリウム水部) .....	1-10
2.1.4 原子炉補機冷却水系 .....	1-13
2.2 経年劣化事象の抽出 .....	1-16
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目 .....	1-16
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 .....	1-16
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 .....	1-17
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価 .....	1-26
3. 代表機器以外への展開 .....	1-30
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 .....	1-30
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 .....	1-30

## 1. 対象機器及び代表機器の選定

主要なステンレス鋼配管の主な仕様を表 1-1 に示す。

これらの配管を内部流体毎にグループ化し、それぞれのグループより代表機器を選定した。

### 1.1 グループ化の考え方及び結果

内部流体を分類基準とし、ステンレス鋼配管を表 1-1 に示すとおりグループ化する。

### 1.2 代表機器の選定

表 1-1 に分類したグループ毎に、原則として重要度、運転状態、最高使用温度、最高使用圧力及び口径の観点から代表機器を選定する。

#### (1) 内部流体：純水

このグループには原子炉冷却材再循環系、制御棒駆動系、ほう酸水注入系、残留熱除去系、低圧炉心スプレイ系、高圧炉心スプレイ系、原子炉冷却材浄化系、燃料プール冷却浄化系、液体固体廃棄物処理系、復水補給水系及び事故後サンプリング系が属するが、重要度の観点から原子炉冷却材再循環系を代表機器とする。

#### (2) 内部流体：その他ガス

このグループには計装用圧縮空気系及び事故後サンプリング系が属するが、運転状態の観点から計装用圧縮空気系を代表機器とする。

#### (3) 内部流体：五ほう酸ナトリウム水

このグループにはほう酸水注入系のみが属することから、ほう酸水注入系を代表機器とする。

#### (4) 内部流体：冷却水

このグループには原子炉補機冷却水系及び高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系が属するが、運転状態の観点から原子炉補機冷却水系を代表機器とする。

表 1-1 (1/2) ステンレス鋼配管のグループ化及び代表機器の選定

分類基準	配管系統	選定基準					代表選定	選定理由
		仕様 (口径×肉厚)	重要度*1	使用条件				
				運転状態*2	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (°C)		
純水	原子炉冷却材再循環系	600 A×S 100	PS-1	連続 (連続)	約 10.40	302	◎	重要度
	制御棒駆動系	32 A×S 80	MS-1	連続 (連続)	約 13.83	66		
	ほう酸水注入系	40 A×S 80	MS-1	一時 (一時)	約 8.62	302		
	残留熱除去系	20 A×S 80	MS-1	連続 (一時)	約 8.62	302		
	低圧炉心スプレイ系	20 A×S 80	MS-1	一時 (一時)	約 8.62	302		
	高圧炉心スプレイ系	20 A×S 80	MS-1	一時 (一時)	約 8.62	302		
	原子炉冷却材浄化系	20 A×S 80	MS-1	連続 (連続)	約 8.62	302		
	燃料プール冷却浄化系	200 A×S 40	MS-2	連続 (連続)	約 1.37	66		
	液体固体廃棄物処理系	80 A×S 40	MS-1	連続 (連続)	約 0.31	171		
	復水補給水系	400 A×9.5 mm	MS-1	連続 (連続)	静水頭	66		
	事故後サンプリング系	25 A×S 80	MS-1	一時 (一時)	約 0.31	104		

\*1：最上位の重要度を示す

\*2：上段は冷温停止状態時における運転状態，下段の（ ）は断続的運転時の運転状態を示す

表 1-1 (2/2) ステンレス鋼配管のグループ化及び代表機器の選定

分類基準	配管系統	選定基準					代表選定	選定理由
		仕様 (口径×肉厚)	重要度*1	使用条件				
				運転状態*2	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (°C)		
その他ガス	計装用圧縮空気系	25 A×S 80	MS-1	連続 (連続)	約 1.77	171	◎	運転状態
	事故後サンプリング系	20 A×S 80	MS-1	一時 (一時)	約 8.62	66		
五ほう酸ナトリウム水	ほう酸水注入系	20 A×S 80	MS-1	一時 (一時)	約 8.62	302	◎	
冷却水*3	原子炉補機冷却水系	20 A×S 80	MS-1	連続 (連続)	約 1.37	70	◎	運転状態
	高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系	15 A×S 80	MS-1	一時 (一時)	約 1.27	70		

\*1：最上位の重要度を示す

\*2：上段は冷温停止状態時における運転状態，下段の（ ）は断続的運転時の運転状態を示す

\*3：冷却水（防錆剤入り純水）を示す

## 2. 代表機器の技術評価

本章では、1章で代表機器とした以下の配管について技術評価を実施する。

- ① 原子炉冷却材再循環系
- ② 計装用圧縮空気系
- ③ ほう酸水注入系（五ほう酸ナトリウム水部）
- ④ 原子炉補機冷却水系

### 2.1 構造、材料及び使用条件

#### 2.1.1 原子炉冷却材再循環系

##### (1) 構造

原子炉冷却材再循環系配管は、配管（直管、エルボ、T 継手）及びサンプリングノズル等で構成されており、ステンレス鋼が使用されている。

また、各配管は溶接により他の配管及び機器に接続されている。

原子炉冷却材再循環系の系統図を図 2.1-1 に示す。

##### (2) 材料及び使用条件

原子炉冷却材再循環系配管主要部位の使用材料を表 2.1-1 に、使用条件を表 2.1-2 に示す。

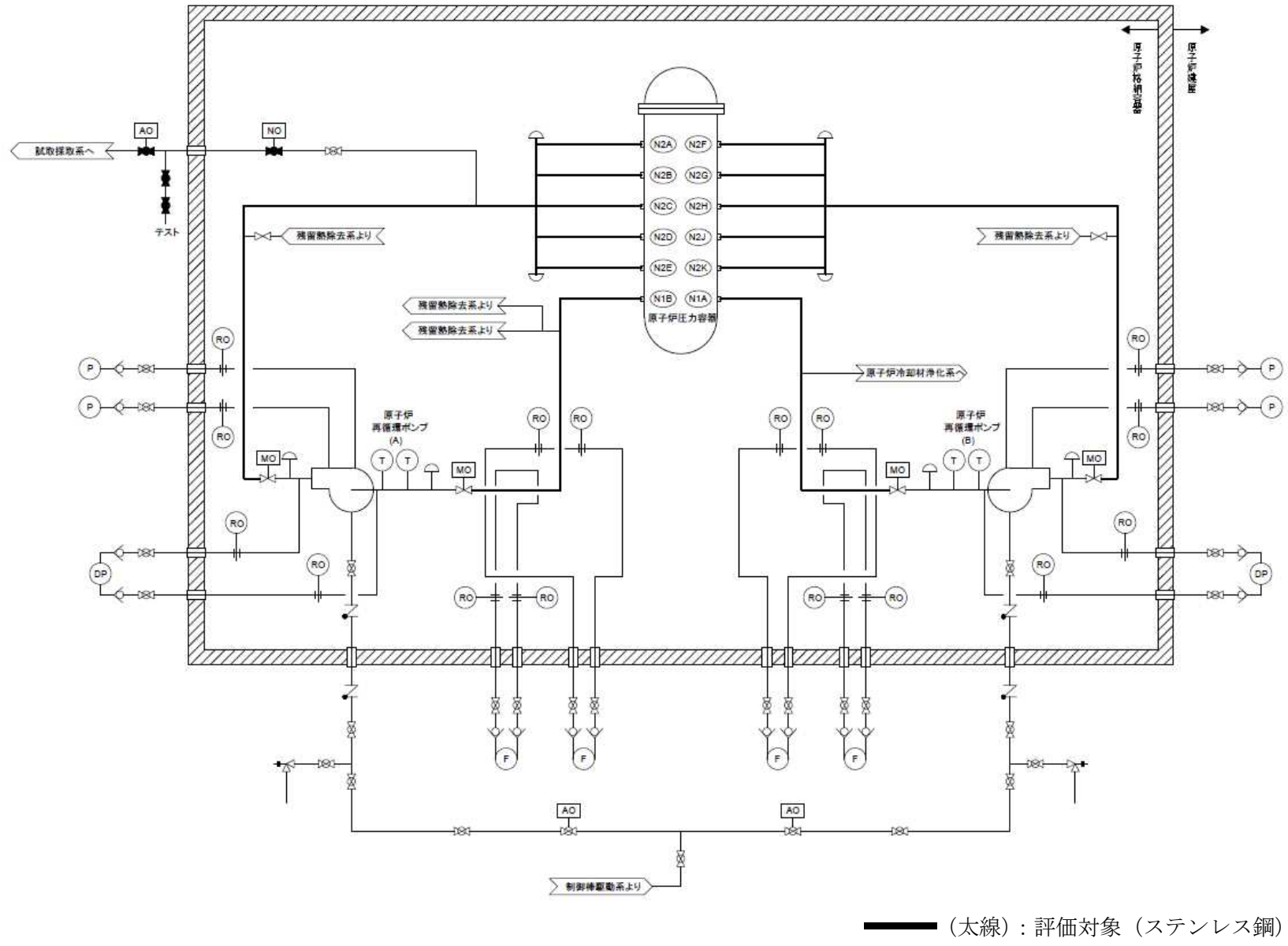


図 2.1-1 原子炉冷却材再循環系系統図

表 2.1-1 原子炉冷却材再循環系配管主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
バウンダリの維持	耐圧	配管	ステンレス鋼 (SUS316TP, SUSF316)
		サンプリングノズル	ステンレス鋼
機器の支持	支持	メカニカルスナッパ	炭素鋼
		ハンガ	炭素鋼
		レストレイント	炭素鋼
		ラグ	ステンレス鋼
		サポート取付ボルト・ナット	ステンレス鋼, 炭素鋼

表 2.1-2 原子炉冷却材再循環系配管の使用条件

最高使用圧力	約 10.40 MPa
最高使用温度	302 °C
内部流体	純水 (原子炉冷却材)



## 2.1.2 計装用圧縮空気系

### (1) 構造

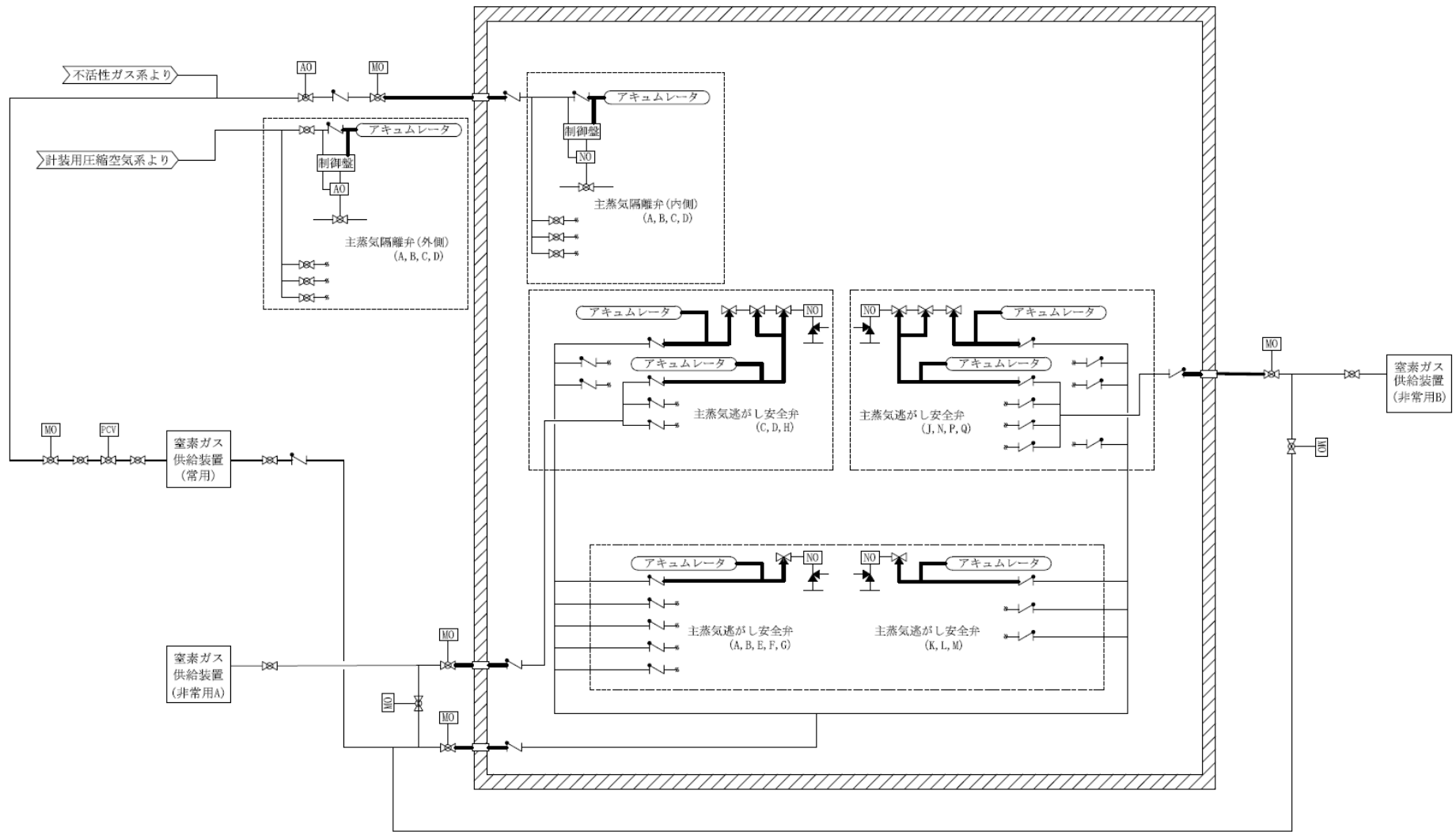
計装用圧縮空気系配管は、配管（直管、エルボ、T 継手）等で構成されており、ステンレス鋼が使用されている。

また、各配管はフランジまたは溶接により他の配管及び機器に接続されている。

計装用圧縮空気系配管の系統図を図 2.1-2 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

計装用圧縮空気系配管主要部位の使用材料を表 2.1-3 に、使用条件を表 2.1-4 に示す。



(太線) : 評価対象 (ステンレス鋼)

図 2.1-2 計装用圧縮空気系系統図

表 2.1-3 計装用圧縮空気系配管主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
バウンダリの維持	耐圧	配管	ステンレス鋼 (SUS316LTP)
		フランジボルト・ナット	ステンレス鋼, 炭素鋼, 低合金鋼
		ガスケット	(消耗品)
機器の支持	支持	メカニカルスナッパ	炭素鋼
		レストレイント	炭素鋼
		ラグ	ステンレス鋼
		サポート取付ボルト・ナット	ステンレス鋼, 炭素鋼
		埋込金物	炭素鋼
		基礎ボルト	炭素鋼, 樹脂

表 2.1-4 計装用圧縮空気系配管の使用条件

最高使用圧力	約 1.77 MPa
最高使用温度	171 °C
内部流体	その他ガス

### 2.1.3 ほう酸水注入系（五ほう酸ナトリウム水部）

#### (1) 構造

ほう酸水注入系（五ほう酸ナトリウム水部）配管は、配管（直管、エルボ、T 継手）等で構成されており、ステンレス鋼が使用されている。

また、各配管はフランジまたは溶接により他の配管及び機器に接続されている。

ほう酸水注入系（五ほう酸ナトリウム水部）配管の系統図を図 2.1-3 に示す。

#### (2) 材料及び使用条件

ほう酸水注入系（五ほう酸ナトリウム水部）配管主要部位の使用材料を表 2.1-5 に、使用条件を表 2.1-6 に示す。

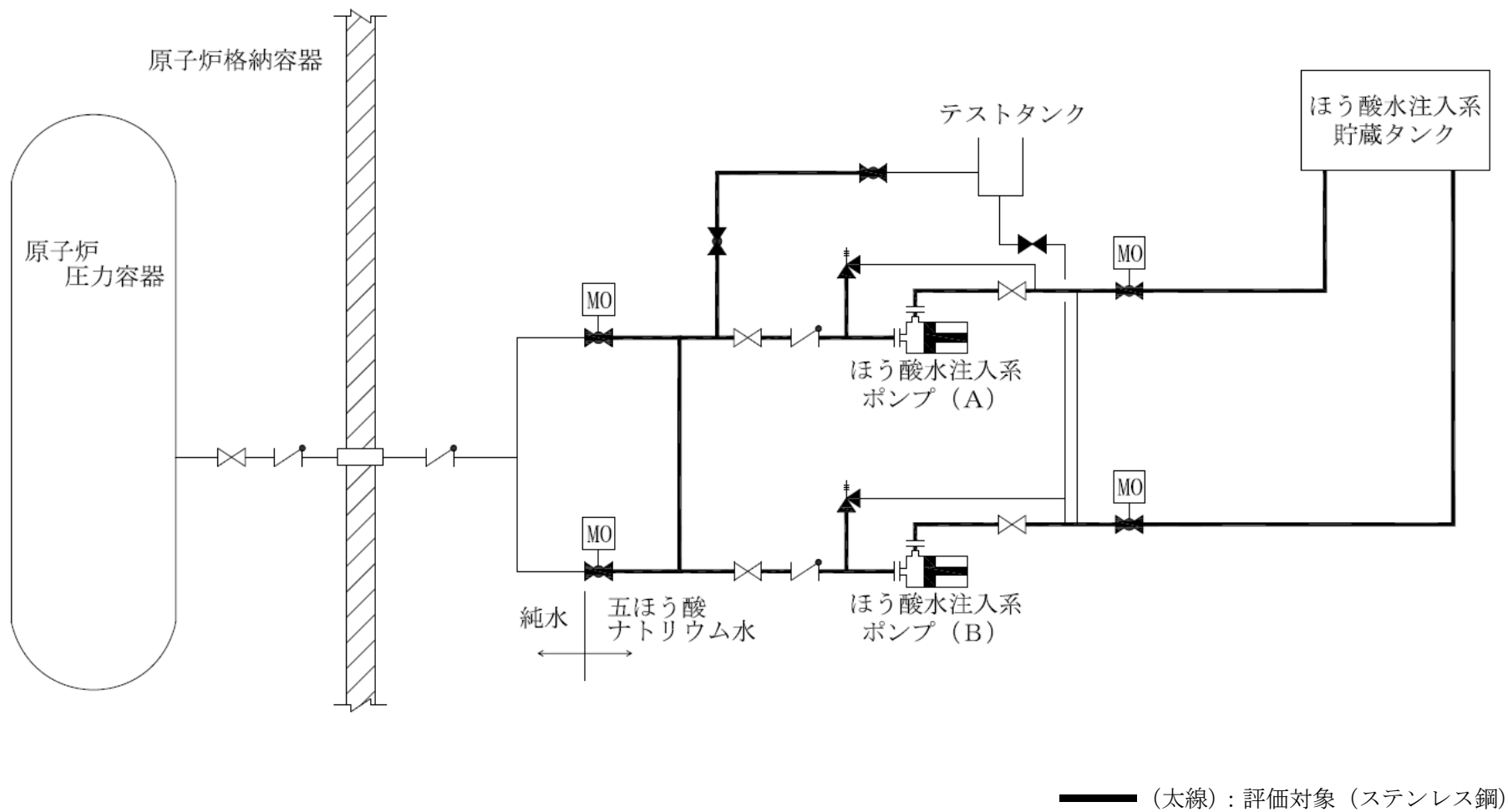


図 2.1-3 ほう酸水注入系（五ほう酸ナトリウム水部）系統図

表 2.1-5 ほう酸水注入系（五ほう酸ナトリウム水部）配管主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
バウンダリの維持	耐圧	配管	ステンレス鋼（SUS304TP, SUS316LTP）
		フランジボルト・ナット	ステンレス鋼, 炭素鋼, 低合金鋼
		ガスケット	（消耗品）
機器の支持	支持	レストレイント	炭素鋼
		ラグ	ステンレス鋼
		サポート取付ボルト・ナット	ステンレス鋼, 炭素鋼
		埋込金物	炭素鋼
		基礎ボルト	炭素鋼, 樹脂

表 2.1-6 ほう酸水注入系（五ほう酸ナトリウム水部）配管の使用条件

最高使用圧力	約 8.62 MPa
最高使用温度	302 °C
内部流体	五ほう酸ナトリウム水

#### 2.1.4 原子炉補機冷却水系

##### (1) 構造

原子炉補機冷却水系配管は、配管（直管、エルボ、T 継手）等で構成されており、ステンレス鋼が使用されている。

また、各配管はフランジまたは溶接により他の配管及び機器に接続されている。

原子炉補機冷却水系配管の系統図を図 2.1-4 に示す。

##### (2) 材料及び使用条件

原子炉補機冷却水系配管主要部位の使用材料を表 2.1-7 に、使用条件を表 2.1-8 に示す。

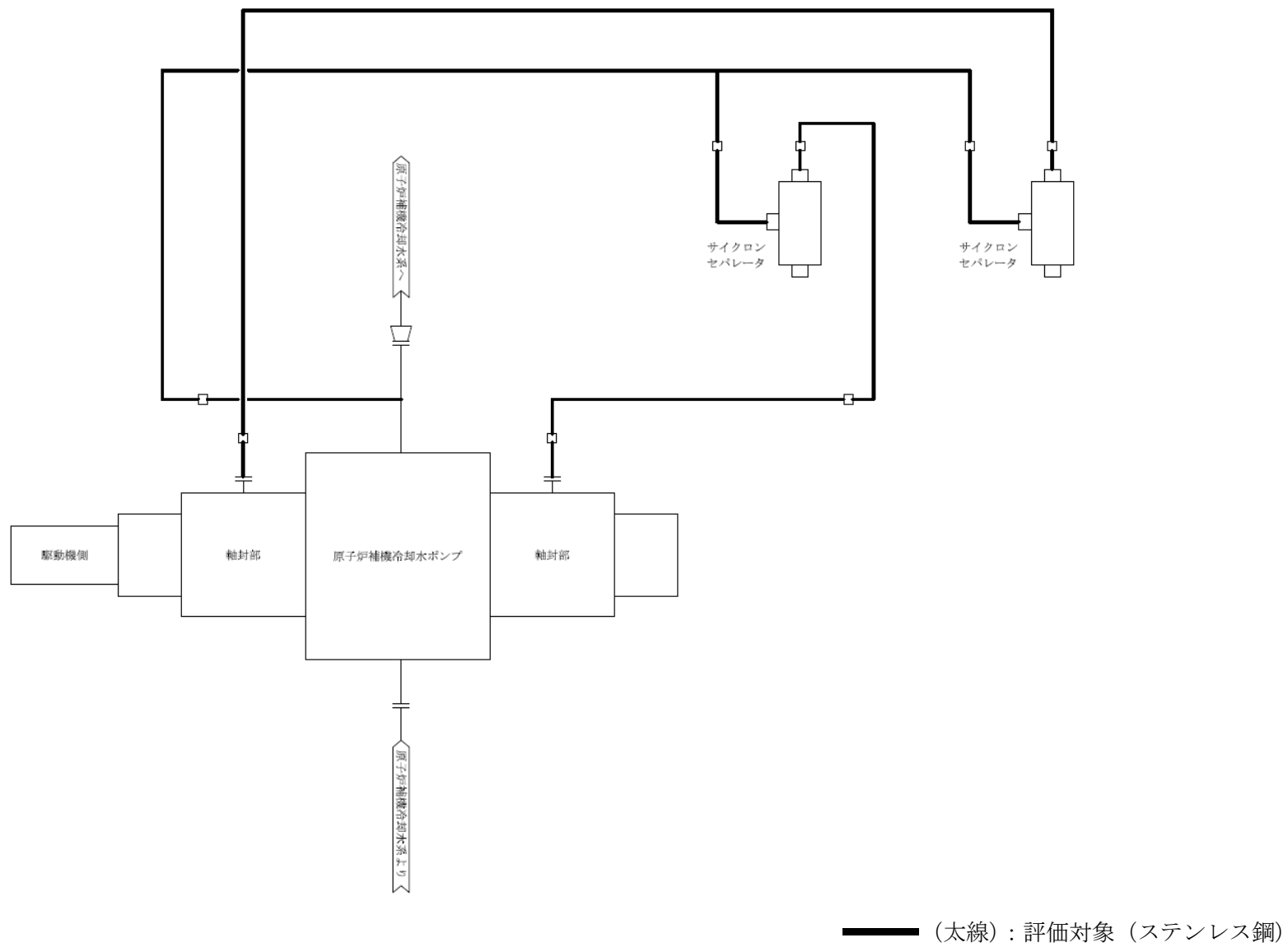


図 2.1-4 原子炉補機冷却水系系統図



表 2.1-7 原子炉補機冷却水系配管主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
バウンダリの維持	耐圧	配管	ステンレス鋼 (SUS304TP)
		フランジボルト・ナット	ステンレス鋼, 炭素鋼, 低合金鋼
		ガスケット	(消耗品)

表 2.1-8 原子炉補機冷却水系配管の使用条件

最高使用圧力	約 1.37 MPa
最高使用温度	70 °C
内部流体	冷却水 (防錆剤入り)

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

ステンレス鋼配管の機能（流体の流路確保）の達成に必要な項目は以下のとおり。

- ① バウンダリの維持
- ② 機器の支持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

ステンレス鋼配管について、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の材料、構造、使用条件（内部流体、圧力、温度等）及び現在までの運転経験を考慮し、代表機器毎に表 2.2-1 に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

なお、消耗品及び定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

ガスケットは消耗品であり、設計時に長期使用せず取替を前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

#### (3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

想定される経年劣化事象のうち主要 6 事象に該当する事象及び下記①、②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。なお、下記①、②に該当する事象については、2.2.3 項に示すとおり、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

- ① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△）
- ② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲）

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象として以下の事象が抽出された（表 2.2-1 で○）。

#### a. 配管の疲労割れ [原子炉冷却材再循環系]

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

a. 基礎ボルトの腐食（全面腐食）〔計装用圧縮空気系，ほう酸水注入系（五ほう酸ナトリウム水部）〕

基礎ボルトの腐食については、「機械設備の技術評価書」にて評価を実施するものとし，本評価書には含めていない。

b. 配管の粒界型応力腐食割れ〔原子炉冷却材再循環系〕

ステンレス鋼配管は，100℃以上の純水が接する応力が高い部位で粒界型応力腐食割れの発生が想定される。

原子炉冷却材再循環系のステンレス鋼配管については，応力腐食割れ対策（狭開先及び高周波誘導加熱応力改善工法（IHSI））を実施しており，全溶接継手の応力腐食割れ対策は完了している。

また，当面の冷温停止状態においては環境条件として基準としている100℃を超える環境とはならないため，粒界型応力腐食割れの発生・進展の可能性はないと判断する。

今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. 配管の貫粒型応力腐食割れ〔共通〕

ステンレス鋼配管は，大気中の海塩粒子に含まれる塩化物イオンにより外面から貫粒型応力腐食割れの発生が想定される。

貫粒型応力腐食割れに対しては，目視点検，付着塩分量測定及び基準値（70 mgCl/m<sup>2</sup>）の付着塩分量を超えた箇所において浸透探傷検査を実施しており，これまでに応力腐食割れは確認されていない。

今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. 配管の腐食（全面腐食）〔ほう酸水注入系（五ほう酸ナトリウム水部）〕

ほう酸水注入系の内部流体は五ほう酸ナトリウム水であるが、ステンレス鋼は耐食性に優れているため、腐食が発生する可能性は小さい。

また、これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. 配管の高サイクル疲労割れ〔計装用圧縮空気系，ほう酸水注入系（五ほう酸ナトリウム水部），原子炉補機冷却水系〕

小口径配管のソケット溶接部は、ポンプの機械・流体振動による繰り返し応力により高サイクル疲労割れの発生が想定されるが、突合せ溶接継手化する等の対策を図ってきている。

また、振動の状態は経年的に変化するものではなく、これまでの点検結果からも、突合せ溶接継手化する等の対策を行った配管には割れ等は確認されていない。

今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f. メカニカルスナップ及びハンガの機能低下〔原子炉冷却材再循環系，計装用圧縮空気系〕

メカニカルスナップ及びハンガは、長期にわたる摺動の繰り返しによるピン等摺動部材の摩耗及び長期にわたる荷重作用によるスプリング（ばね）のへたりにより、機能低下が想定される。

ピン等の摺動部材については、起動・停止時に想定される配管熱移動による摺動回数は少なく、著しい摩耗が生じる可能性は小さい。

また、スプリング使用時のねじり応力は許容ねじり応力以下になるように設定されており、スプリングの材料に対する推奨最高使用温度よりも実際の使用温度は低いいため、へたりが進行する可能性は小さい。

なお、抜き取りで目視点検及び低速走行試験を行い、必要に応じて補修を行うこととしている。

今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- g. サポート取付ボルト・ナットの腐食（全面腐食）〔原子炉冷却材再循環系，計装用圧縮空気系，ほう酸水注入系（五ほう酸ナトリウム水部）〕

サポート取付ボルト・ナットは炭素鋼（ステンレス鋼は除く）であることから，腐食の発生が想定されるが，表面は防食塗装を施しているため，腐食が発生する可能性は小さい。

また，これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- h. 埋込金物の腐食（全面腐食）〔計装用圧縮空気系，ほう酸水注入系（五ほう酸ナトリウム水部）〕

埋込金物は炭素鋼であることから，腐食の発生が想定されるが，大気接触部は防食塗装を施しており，必要に応じて補修を行うこととしているため，腐食が発生する可能性は小さい。

また，コンクリート埋設部については，コンクリートが中性化した場合に腐食の発生が想定されるが，実機コンクリートにおけるサンプリング結果では中性化は殆ど見られておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- i. フランジボルト・ナットの腐食（全面腐食）〔計装用圧縮空気系，ほう酸水注入系（五ほう酸ナトリウム水部），原子炉補機冷却水系〕

フランジボルト・ナットは炭素鋼または低合金鋼（ステンレス鋼は除く）であることから，腐食の発生が想定されるが，これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- j. メカニカルスナッパ，ハンガ及びレストレイントの腐食（全面腐食）〔原子炉冷却材再循環系，計装用圧縮空気系，ほう酸水注入系（五ほう酸ナトリウム水部）〕

メカニカルスナッパ，ハンガ及びレストレイントは炭素鋼であることから，腐食の発生が想定されるが，表面は防食塗装を施しているため，腐食が発生する可能性は小さい。

また，これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- k. ラグ及びレストレイントの疲労割れ〔原子炉冷却材再循環系，計装用圧縮空気系，ほう酸水注入系（五ほう酸ナトリウム水部）〕

ラグ及びレストレイントは，設計段階において，配管の熱応力を考慮して拘束点を選定しており，熱応力が過大になる場合はスナッパを使用することとしている。

したがって，ラグ及びレストレイントが熱応力により，割れに至る疲労が蓄積される可能性は小さい。

また，これまでの点検結果からも有意な疲労割れは確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

a. 基礎ボルトの樹脂の劣化（後打ちケミカルアンカ）〔計装用圧縮空気系，ほう酸水注入系（五ほう酸ナトリウム水部）〕

基礎ボルトの樹脂の劣化については、「機械設備の技術評価書」にて評価を実施するものとし，本評価書には含めていない。

b. サンプリングノズルの高サイクル疲労割れ〔原子炉冷却材再循環系〕

サンプリングノズルについては，内部流体の流体力，カルマン渦及び双子渦発生による励振力により，管台との取合い部に高サイクル疲労割れの発生が想定されるが，設計上流体との同期振動の回避及びランダム渦による強度が考慮されていれば損傷を回避できるものであり，これまで当該系統において高サイクル疲労割れが発生した事例はない。

しかし，他プラントにおいて，サンプリングノズルの折損事象が過去に発生しているため，日本機械学会の「配管内円柱状構造物の流力振動評価指針（JSME S012-1998）」に基づき評価を行い，問題がないことを確認している。

今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

表 2.2-1 (1/4) 原子炉冷却材再循環系配管に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	配管		ステンレス鋼			○	△*2△*3			*1:高サイクル疲労割れ *2:粒界型応力腐食割れ *3:貫粒型応力腐食割れ *4:機能低下	
		サンプリングノズル		ステンレス鋼			▲*1					
機器の支持	支持	メカニカルスナッパ		炭素鋼		△				△*4		
		ハンガ		炭素鋼		△				△*4		
		レストレイント		炭素鋼		△	△					
		ラグ		ステンレス鋼			△					
		サポート取付ボルト・ナット		ステンレス鋼, 炭素鋼		△						

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）



表 2.2-1 (2/4) 計装用圧縮空気系配管に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	配管		ステンレス鋼			△ <sup>*1</sup>	△ <sup>*2</sup>			*1:高サイクル疲労割れ *2:貫粒型応力腐食割れ *3:樹脂の劣化 *4:機能低下	
		フランジボルト・ナット		ステンレス鋼, 炭素鋼, 低合金鋼		△						
		ガスケット	◎									
機器の支持	支持	メカニカルスナップ		炭素鋼		△				△ <sup>*4</sup>		
		レストレイント		炭素鋼		△	△					
		ラグ		ステンレス鋼			△					
		サポート取付ボルト・ナット		ステンレス鋼, 炭素鋼		△						
		埋込金物		炭素鋼		△						
		基礎ボルト		炭素鋼, 樹脂		△			▲ <sup>*3</sup>			

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表 2.2-1 (3/4) ほう酸水注入系（五ほう酸ナトリウム水部）配管に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	配管		ステンレス鋼		△	△ <sup>*1</sup>	△ <sup>*2</sup>			*1:高サイクル疲労割れ *2:貫粒型応力腐食割れ *3:樹脂の劣化	
		フランジボルト・ナット		ステンレス鋼, 炭素鋼, 低合金鋼		△						
		ガスケット	◎									
機器の支持	支持	レストレイント		炭素鋼		△	△					
		ラグ		ステンレス鋼			△					
		サポート取付ボルト・ナット		ステンレス鋼, 炭素鋼		△						
		埋込金物		炭素鋼		△						
		基礎ボルト		炭素鋼, 樹脂		△				▲ <sup>*3</sup>		

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表 2.2-1 (4/4) 原子炉補機冷却水系配管に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	配管		ステンレス鋼			△*1	△*2			*1:高サイクル疲労割れ *2:貫粒型応力腐食割れ	
		フランジボルト・ナット		ステンレス鋼, 炭素鋼, 低合金鋼		△						
		ガスケット	◎									

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

## 2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

### (1) 配管の疲労割れ [原子炉冷却材再循環系]

#### a. 事象の説明

原子炉冷却材再循環系配管は、これまでの運転経験によるプラントの起動・停止時等に熱過渡を受けるため、繰り返しにより疲労が蓄積する可能性がある。

#### b. 技術評価

##### ① 健全性評価

原子炉冷却材再循環系配管について、応力算出ならびに評価を実施した。

評価方法は、図 2.3-1 に示す三次元梁モデルを作成し、運転実績に基づいた令和 3 年 8 月 11 日時点の過渡回数を用いて、日本機械学会「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 2005 年版 (2007 年追補版を含む)」(以下「設計・建設規格」という。)に基づき評価を実施した。

運転実績に基づく運転開始から現時点までの値を表 2.3-1 に示す。また、使用環境を考慮した疲労について日本機械学会「発電用原子力設備規格 環境疲労評価手法 JSME S NF1-2009」(以下「環境疲労評価手法」という。)に基づき評価を実施した。

この結果、表 2.3-2 に示すとおり、疲れ累積係数は現時点において許容値 1 以下であり、疲労割れが発生する可能性は小さいと判断する。

##### ② 現状保全

配管の疲労割れに対しては、原子力規制委員会指示文書「実用発電用原子炉及びその附属施設における破壊を引き起こす亀裂その他の欠陥の解釈の制定について(平成 26 年 8 月 6 日 原規技発第 1408063 号)」及び日本機械学会「発電用原子力設備規格 維持規格 JSME S NA1-2008」等に基づき定期的に超音波探傷検査を実施し、有意な欠陥のないことを確認している。また、定期検査時に漏えい検査を行い、耐圧部の健全性を確認している。

また、社団法人日本原子力学会標準「原子力発電所の高経年化対策実施基準：2015」(AESJ-SC-P005：2015)に基づき、次回高経年化技術評価時に、実過渡回数確認による疲労評価を行うこととしている。

③ 総合評価

配管の疲労割れについては、現時点までの健全性は確認されており配管の疲労割れが発生する可能性は十分に小さく、次回高経年化技術評価時に、実過渡回数の確認による疲労評価を行うことが有効と判断する。

なお、当面の冷温停止状態においては、有意な熱過渡はなく、今後の疲労割れの発生・進展の可能性はない。

また、疲労によって発生する亀裂はこれまでの運転中に実施してきた超音波探傷検査及び漏えい検査によって検出可能であることから、現状の保全は点検手法として適切であると判断する。

c. 高経年化への対応

配管の疲労割れに対しては、高経年化対策の観点から現状保全の内容に追加すべき項目はなく、今後も現状保全を継続していく。

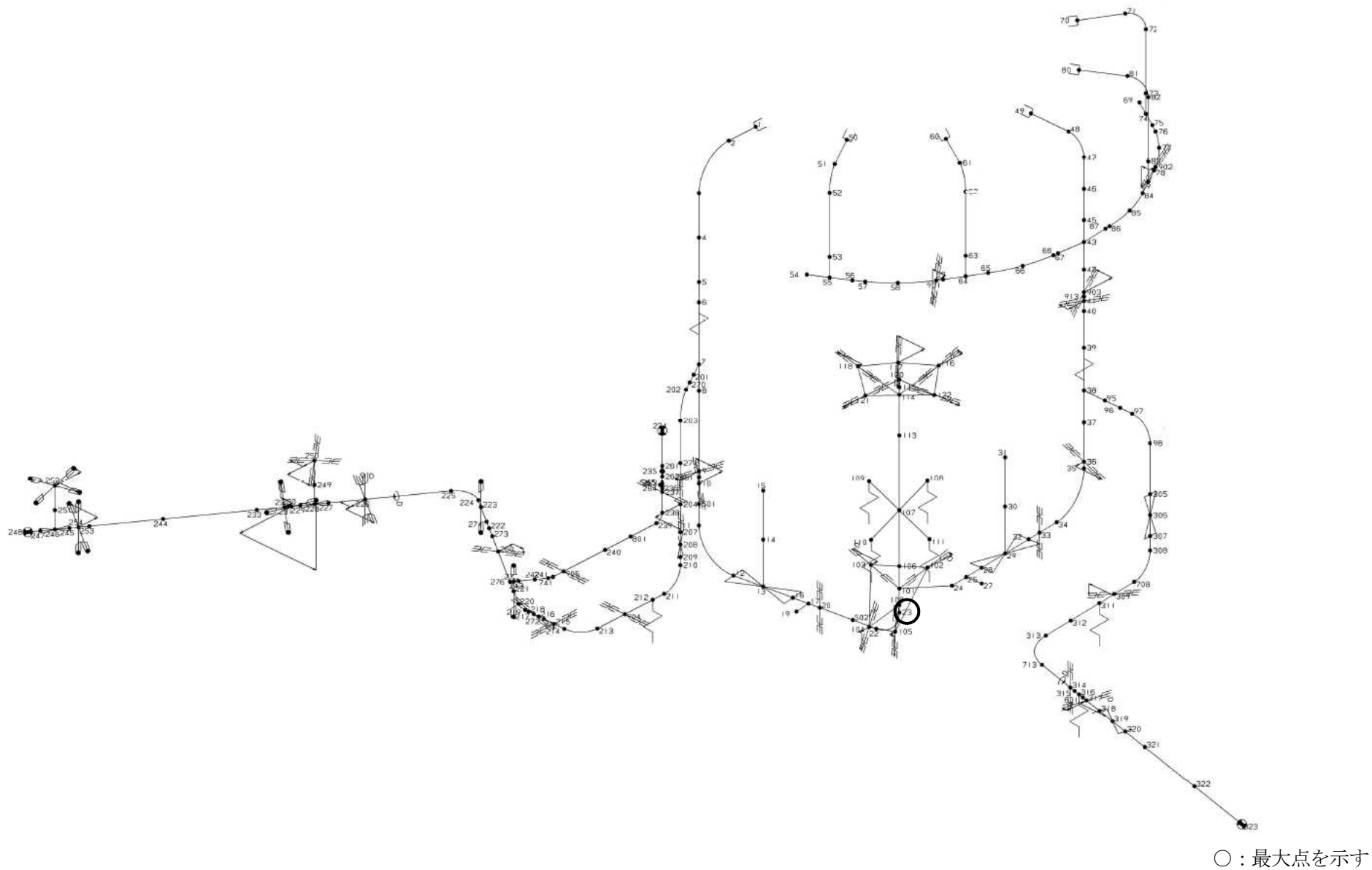


図 2.3-1 原子炉冷却材再循環系配管三次元梁モデル

表 2.3-1 原子炉冷却材再循環系配管の評価用過渡条件

運転条件	運転実績に基づく過渡回数 (令和3年8月11日時点)
耐圧試験	20
起動（昇温）	24
起動（タービン起動）	23
給水加熱器機能喪失（発電機トリップ）	10
タービントリップに伴うスクラム	4
スクラム（その他）	8
停止	23

表 2.3-2 原子炉冷却材再循環系配管の評価結果

対象配管	運転状態実績回数に基づく疲れ累積係数 (許容値：1以下)	
	設計・建設規格の 疲労曲線による解析	環境疲労解析手法 による解析
	現時点 (令和3年8月11日時点)	現時点 (令和3年8月11日時点)
原子炉冷却材再循環系	0.008	0.160

### 3. 代表機器以外への展開

本章では 2 章で実施した代表機器への技術評価結果について、1 章で実施したグループ化で代表機器となっていない機器への展開について検討した。

- ① 制御棒駆動系
- ② ほう酸水注入系（純水部）
- ③ 残留熱除去系
- ④ 低圧炉心スプレイ系
- ⑤ 高圧炉心スプレイ系
- ⑥ 原子炉冷却材浄化系
- ⑦ 燃料プール冷却浄化系
- ⑧ 液体固体廃棄物処理系
- ⑨ 復水補給水系
- ⑩ 高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系
- ⑪ 事故後サンプリング系

#### 3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

#### 3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

- a. 基礎ボルトの腐食（全面腐食）〔制御棒駆動系，ほう酸水注入系（純水部），残留熱除去系，低圧炉心スプレイ系，高圧炉心スプレイ系，原子炉冷却材浄化系，燃料プール冷却浄化系，液体固体廃棄物処理系，事故後サンプリング系〕

代表機器同様，基礎ボルトの腐食については，「機械設備の技術評価書」にて評価を実施するものとし，本評価書には含めていない。



- b. 配管の粒界型応力腐食割れ [制御棒駆動系, ほう酸水注入系 (純水部), 残留熱除去系, 低圧炉心スプレイ系, 高圧炉心スプレイ系, 原子炉冷却材浄化系, 液体固体廃棄物処理系, 復水補給水系, 事故後サンプリング系]

内部流体が 100 °C 以上のステンレス鋼配管では, 粒界型応力腐食割れの発生が想定される。

制御棒駆動系は, 通常運転時流れがなく大気開放状態であり, 運転温度が 100 °C 未満であることから, 応力腐食割れが発生する可能性は小さい。

液体固体廃棄物処理系は, 運転温度が 100 °C 未満であり, 応力腐食割れが発生する可能性は小さい。

また, その他の系統については, 薄肉の小口径配管であり, 大口径配管の溶接部と比較して溶接入熱量が低いと考えられるほか, 溶接残留応力も大口径配管の溶接部ほど高くないと考えられることから, 応力腐食割れが発生する可能性は小さい。

今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから, 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- c. 配管の貫粒型応力腐食割れ [共通]

代表機器同様, ステンレス鋼配管は, 大気中の海塩粒子に含まれる塩化物イオンにより, 外面から貫粒型応力腐食割れの発生が想定されるが, 点検時に目視点検及び環境調査を行い, 必要に応じて清掃及び浸透探傷検査を実施しており, これまでに応力腐食割れは確認されていない。

今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから, 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- d. 配管の高サイクル疲労割れ [制御棒駆動系, ほう酸水注入系 (純水部), 残留熱除去系, 低圧炉心スプレイ系, 高圧炉心スプレイ系, 原子炉冷却材浄化系, 液体固体廃棄物処理系, 復水補給水系, 高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系, 事故後サンプリング系]

代表機器同様, 小口径配管のソケット溶接部は, ポンプの機械・流体振動による繰り返し応力により高サイクル疲労割れの発生が想定されるが, 突合せ溶接継手化する等の対策を図ってきている。

また, 振動の状態は経年的に変化するものではなく, これまでの点検結果からも, 突合せ溶接継手化する等の対策を行った配管には割れ等は確認されていない。

今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから, 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- e. メカニカルスナッパ及びハンガの機能低下 [ほう酸水注入系（純水部），残留熱除去系，低圧炉心スプレイ系，高圧炉心スプレイ系，原子炉冷却材浄化系，事故後サンプリング系]

代表機器同様，長期にわたる摺動の繰り返しや荷重作用等により，メカニカルスナッパの機能低下が想定されるが，ピン等の摺動部材については，起動・停止時に想定される配管熱移動による摺動回数は少なく，著しい摩耗が生じる可能性は小さい。

また，スプリング使用時のねじり応力は許容ねじり応力以下になるように設定されており，スプリングの材料に対する推奨最高使用温度よりも実際の使用温度は低いため，へたりが進行する可能性は小さい。

なお，抜き取りで目視点検及び低速走行試験を行い，必要に応じて補修を行うこととしている。

今後これらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- f. サポート取付ボルト・ナットの腐食（全面腐食） [制御棒駆動系，ほう酸水注入系（純水部），残留熱除去系，低圧炉心スプレイ系，高圧炉心スプレイ系，原子炉冷却材浄化系，燃料プール冷却浄化系，液体固体廃棄物処理系，事故後サンプリング系]

代表機器同様，炭素鋼のサポート取付ボルト・ナットについては，腐食の発生が想定されるが，表面は防食塗装を施しているため，腐食が発生する可能性は小さい。

また，これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず，今後これらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- g. 埋込金物の腐食（全面腐食） [制御棒駆動系，ほう酸水注入系（純水部），残留熱除去系，低圧炉心スプレイ系，高圧炉心スプレイ系，原子炉冷却材浄化系，燃料プール冷却浄化系，液体固体廃棄物処理系，事故後サンプリング系]

代表機器同様，炭素鋼の埋込金物については，腐食の発生が想定されるが，大気接触部は防食塗装を施しているため，腐食が発生する可能性は小さい。

また，コンクリート埋設部については，コンクリートが中性化した場合に腐食の発生が想定されるが，実機コンクリートにおけるサンプリング結果では中性化は殆ど確認されておらず，今後これらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- h. フランジボルト・ナットの腐食（全面腐食）〔制御棒駆動系，残留熱除去系，低圧炉心スプレイ系，高圧炉心スプレイ系，原子炉冷却材浄化系，液体固体廃棄物処理系〕
- 代表機器同様，炭素鋼または低合金鋼のフランジボルト・ナットについては，腐食の発生が想定されるが，これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。
- i. メカニカルスナッパ及びレストレイントの腐食（全面腐食）〔制御棒駆動系，ほう酸水注入系（純水部），残留熱除去系，低圧炉心スプレイ系，高圧炉心スプレイ系，原子炉冷却材浄化系，燃料プール冷却浄化系，液体固体廃棄物処理系，事故後サンプリング系〕
- 代表機器同様，炭素鋼のメカニカルスナッパ及びレストレイントについては，腐食の発生が想定されるが，表面は防食塗装を施しているため，腐食が発生する可能性は小さい。
- また，これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。
- j. ラグ及びレストレイントの疲労割れ〔制御棒駆動系，ほう酸水注入系（純水部），残留熱除去系，低圧炉心スプレイ系，高圧炉心スプレイ系，原子炉冷却材浄化系，燃料プール冷却浄化系，液体固体廃棄物処理系，事故後サンプリング系〕
- 代表機器同様，ラグ及びレストレイントは，設計段階において，配管の熱応力を考慮して拘束点を選定しており，熱応力が過大になる場合はスナッパを使用することとしている。
- したがって，ラグ及びレストレイントが熱応力により，割れに至る疲労が蓄積される可能性は小さい。
- また，これまでの点検結果からも有意な疲労割れは確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- k. フローノズル及びオリフィスの腐食（流れ加速型腐食（FAC）, 液滴衝撃エロージョン（LDI））及び異物付着〔制御棒駆動系, 残留熱除去系, 低圧炉心スプレー系, 高圧炉心スプレー系, 原子炉冷却材浄化系, 液体固体廃棄物処理系, 事故後サンプリング系〕
- フローノズル及びオリフィス部下流等の偏流発生部位及びその下流部位は, 腐食（FAC, LDI）の影響が顕著であるが, これらの範囲については, 配管減肉管理において点検, 評価, 取替等を行うこととしている。

また, これまでの点検結果からも顕著な腐食及び異物付着は確認されておらず, 今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから, 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

a. 基礎ボルト樹脂の劣化（後打ちケミカルアンカ）〔制御棒駆動系、ほう酸水注入系（純水部）、残留熱除去系、低圧炉心スプレー系、高圧炉心スプレー系、原子炉冷却材浄化系、燃料プール冷却浄化系、液体固体廃棄物処理系、事故後サンプリング系〕  
代表機器同様、基礎ボルトの樹脂の劣化については、「機械設備の技術評価書」にて評価を実施するものとし、本評価書には含めていない。

b. 温度計ウェル及びサンプリングノズルの高サイクル疲労割れ〔制御棒駆動系、液体固体廃棄物処理系〕

代表機器同様、温度計ウェル及びサンプリングノズルについては、内部流体の流体力、カルマン渦及び双子渦発生による励振力により、管台との取合い部に高サイクル疲労割れの発生が想定されるが、設計上流体との同期振動の回避及びランダム渦による強度が考慮されていれば損傷を回避できるものであり、対象箇所を選定、評価を行い、問題がないことを確認している。

今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

以 上

## 2 炭素鋼配管

### [対象系統]

- ① 原子炉冷却材再循環系
- ② 制御棒駆動系
- ③ 残留熱除去系
- ④ 低圧炉心スプレイ系
- ⑤ 高圧炉心スプレイ系
- ⑥ 原子炉冷却材浄化系
- ⑦ 燃料プール冷却浄化系
- ⑧ 給水系
- ⑨ 復水補給水系
- ⑩ 原子炉補機冷却水系
- ⑪ 換気空調補機常用冷却水系
- ⑫ 換気空調補機非常用冷却水系
- ⑬ 高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系
- ⑭ 原子炉補機冷却海水系
- ⑮ 高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却海水系
- ⑯ 非常用ガス処理系
- ⑰ 可燃性ガス濃度制御系

## 目 次

1. 対象機器及び代表機器の選定 .....	2-1
1.1 グループ化の考え方及び結果 .....	2-1
1.2 代表機器の選定 .....	2-1
2. 代表機器の技術評価 .....	2-4
2.1 構造, 材料及び使用条件 .....	2-4
2.1.1 給水系 .....	2-4
2.1.2 可燃性ガス濃度制御系 .....	2-7
2.1.3 原子炉補機冷却水系 .....	2-10
2.1.4 原子炉補機冷却海水系 .....	2-13
2.2 経年劣化事象の抽出 .....	2-16
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目 .....	2-16
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 .....	2-16
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 .....	2-17
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価 .....	2-27
3. 代表機器以外への展開 .....	2-31
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 .....	2-31
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 .....	2-32

## 1. 対象機器及び代表機器の選定

主要な炭素鋼配管の主な仕様を表 1-1 に示す。

これらの配管を内部流体毎にグループ化し、それぞれのグループより代表機器を選定した。

### 1.1 グループ化の考え方及び結果

内部流体を分類基準とし、炭素鋼配管を表 1-1 に示すとおりグループ化する。

### 1.2 代表機器の選定

表 1-1 に分類したグループ毎に、原則として重要度、運転状態、最高使用温度、最高使用圧力及び口径の観点から代表機器を選定する。

#### (1) 内部流体：純水

このグループには原子炉冷却材再循環系、制御棒駆動系、残留熱除去系、低圧炉心スプレイ系、高圧炉心スプレイ系、原子炉冷却材浄化系、燃料プール冷却浄化系、給水系、復水補給水系及び可燃性ガス濃度制御系が属するが、重要度、運転状態、口径の観点から給水系を代表機器とする。

#### (2) 内部流体：その他ガス

このグループには非常用ガス処理系、可燃性ガス濃度制御系が属するが、重要度、最高使用温度の観点から可燃性ガス濃度制御系を代表機器とする。

#### (3) 内部流体：冷却水

このグループには原子炉補機冷却水系、換気空調補機常用冷却水系、換気空調補機非常用冷却水系及び高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系が属するが、運転状態、最高使用圧力の観点から原子炉補機冷却水系を代表機器とする。

#### (4) 内部流体：海水

このグループには原子炉補機冷却海水系及び高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却海水系が属するが、運転状態の観点から原子炉補機冷却海水系を代表機器とする。



表 1-1 (1/2) 炭素鋼配管のグループ化及び代表機器の選定

分類基準	配管系統	選定基準					代表選定	選定理由
		仕様 (口径×肉厚)	重要度*1	使用条件				
				運転状態*2	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (°C)		
純水	原子炉冷却材再循環系	150 A×S 120	PS-1	連続 (連続)	約 8.62	302		重要度, 運転状態, 口径
	制御棒駆動系	200 A×S 120	MS-1	連続 (一時)	約 8.62	138		
	残留熱除去系	350 A×S 120	PS-1	連続 (一時)	約 10.40	302		
	低圧炉心スプレイ系	300 A×S 100	PS-1	一時 (一時)	約 8.62	302		
	高圧炉心スプレイ系	300 A×S 100	PS-1	一時 (一時)	約 8.62	302		
	原子炉冷却材浄化系	150 A×S 120	PS-1	連続 (連続)	約 8.62	302		
	燃料プール冷却浄化系	200 A×S 40	MS-2	連続 (連続)	約 3.43	66		
	給水系	500 A×S 100	PS-1	連続 (連続)	約 8.62	302	◎	
	復水補給水系	80 A×S 40	MS-1	一時 (一時)	約 0.31	171		
	可燃性ガス濃度制御系	50 A×S 80	MS-1	一時 (一時)	約 3.43	182		

\*1: 最上位の重要度を示す

\*2: 上段は冷温停止状態時における運転状態, 下段の ( ) は断続的運転時の運転状態を示す

表 1-1 (2/2) 炭素鋼配管のグループ化及び代表機器の選定

分類基準	配管系統	選定基準					代表選定	選定理由
		仕様 (口径×肉厚)	重要度*1	使用条件				
				運転状態*2	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (°C)		
その他ガス	非常用ガス処理系	300 A×S 40	MS-1	一時 (一時)	約 0.02	150		重要度, 最高使用温度
	可燃性ガス濃度制御系	150 A×S 40	MS-1	一時 (一時)	約 0.31	171	◎	
冷却水*3	原子炉補機冷却水系	200 A×S 40	MS-1	連続 (連続)	約 1.37	171	◎	運転状態, 最高使用圧力
	換気空調補機常用冷却水系	20 A×S 80	MS-1	連続 (連続)	約 1.27	171		
	換気空調補機非常用冷却水系	200 A×S 40	MS-1	一時 (一時)	約 0.78	66		
	高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系	200 A×S 40	MS-1	一時 (一時)	約 1.27	70		
海水	原子炉補機冷却海水系	750 A×9.5 mm	MS-1	連続 (連続)	約 0.59	50	◎	運転状態
	高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却海水系	250 A×S 40	MS-1	一時 (一時)	約 0.69	50		

\*1：最上位の重要度を示す

\*2：上段は冷温停止状態時における運転状態，下段の（ ）は断続的運転時の運転状態を示す

\*3：冷却水（防錆剤入り純水）を示す

## 2. 代表機器の技術評価

本章では、1章で代表機器とした以下の配管について技術評価を実施する。

- ① 給水系
- ② 可燃性ガス濃度制御系
- ③ 原子炉補機冷却水系
- ④ 原子炉補機冷却海水系

### 2.1 構造、材料及び使用条件

#### 2.1.1 給水系

##### (1) 構造

給水系配管は、配管（直管、エルボ、T継手）等で構成されており、炭素鋼が使用されている。

また、各配管は溶接により他の配管及び機器に接続されている。

給水系配管の系統図を図 2.1-1 に示す。

##### (2) 材料及び使用条件

給水系配管主要部位の使用材料を表 2.1-1 に、使用条件を表 2.1-2 に示す。

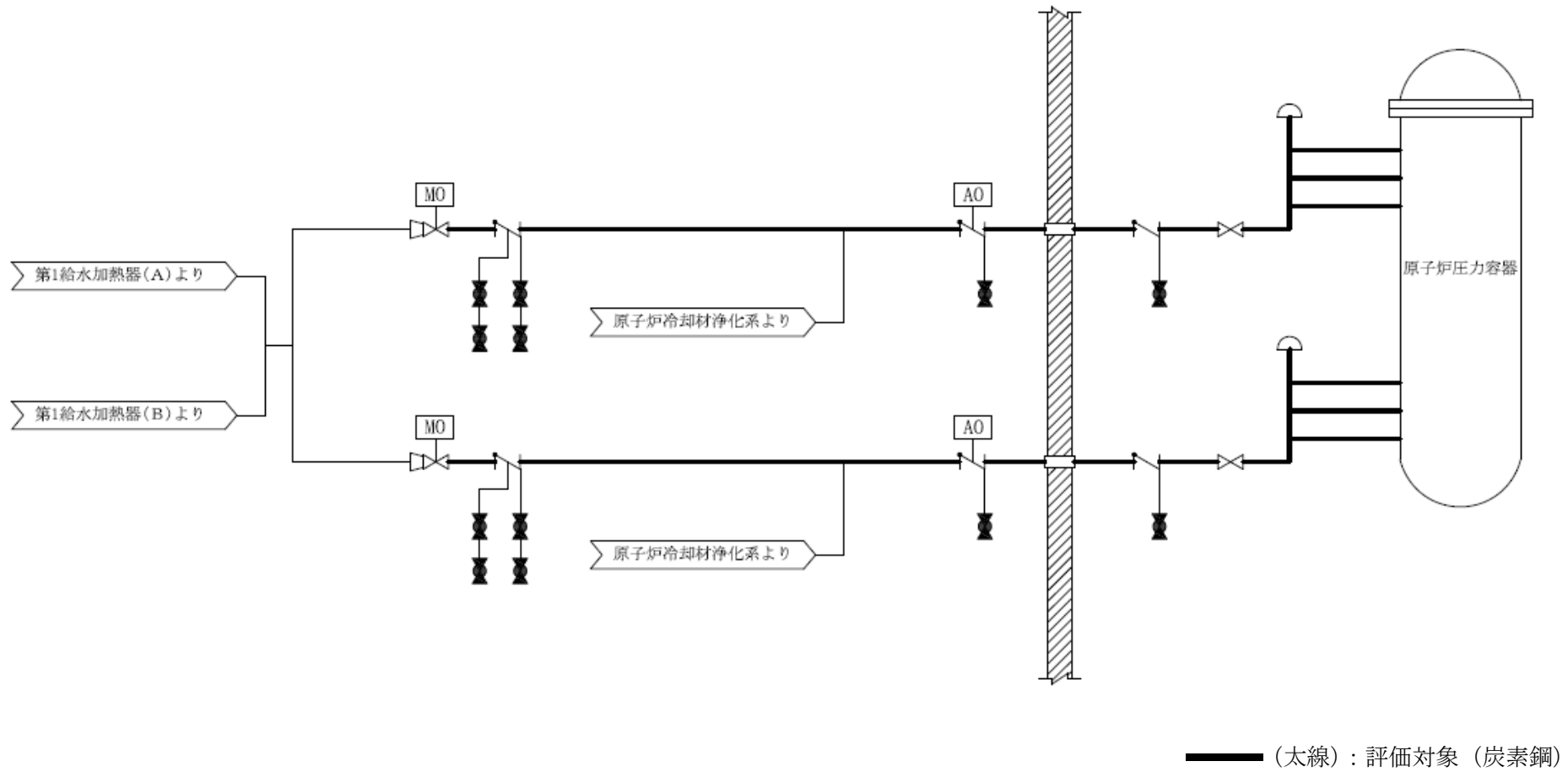


図 2.1-1 給水系系統図

表 2.1-1 給水系配管主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
バウンダリの維持	耐圧	配管	炭素鋼 (SFVC2B, STS42, STS49)
機器の支持	支持	メカニカルスナッパ	炭素鋼
		ハンガ	炭素鋼
		レストレイント	炭素鋼
		ラグ	炭素鋼
		サポート取付ボルト・ナット	炭素鋼
		埋込金物	炭素鋼
		基礎ボルト	炭素鋼, 樹脂

表 2.1-2 給水系配管の使用条件

最高使用圧力	約 8.62 MPa
最高使用温度	302 °C
内部流体	純水

## 2.1.2 可燃性ガス濃度制御系

### (1) 構造

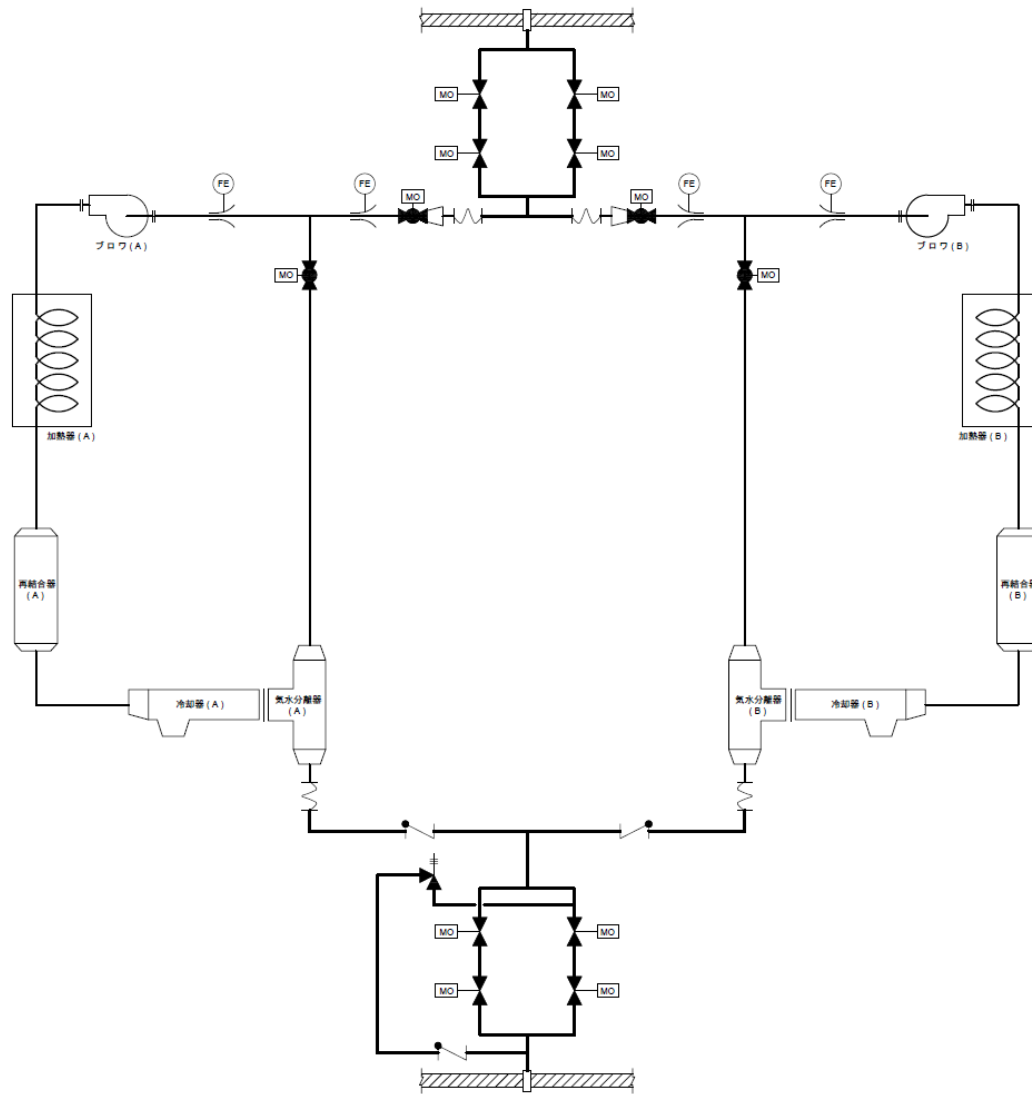
可燃性ガス濃度制御系配管は、配管（直管、エルボ、T 継手）等で構成されており、炭素鋼が使用されている。

また、各配管はフランジまたは溶接により他の配管及び機器に接続されている。

可燃性ガス濃度制御系配管の系統図を図 2.1-2 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

可燃性ガス濃度制御系配管主要部位の使用材料を表 2.1-3 に、使用条件を表 2.1-4 に示す。



—— (太線) : 評価対象 (炭素鋼)

図 2.1-2 可燃性ガス濃度制御系系統図

表 2.1-3 可燃性ガス濃度制御系配管主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
バウンダリの維持	耐圧	配管	炭素鋼 (STS42)
		フランジボルト・ナット	炭素鋼, 低合金鋼
		ガスケット	(消耗品)
機器の支持	支持	メカニカルスナッパ	炭素鋼
		ハンガ	炭素鋼
		レストレイント	炭素鋼
		ラグ	炭素鋼
		サポート取付ボルト・ナット	炭素鋼
		埋込金物	炭素鋼
		基礎ボルト	炭素鋼, 樹脂

表 2.1-4 可燃性ガス濃度制御系配管の使用条件

最高使用圧力	約 0.31 MPa
最高使用温度	171 °C
内部流体	その他ガス



### 2.1.3 原子炉補機冷却水系

#### (1) 構造

原子炉補機冷却水系配管は、配管（直管、エルボ、T 継手）、サンプリングノズル及び温度計ウェル等で構成されており、炭素鋼が使用されている。

また、各配管はフランジまたは溶接により他の配管及び機器に接続されている。

原子炉補機冷却水系配管の系統図を図 2.1-3 に示す。

#### (2) 材料及び使用条件

原子炉補機冷却水系配管主要部位の使用材料を表 2.1-5 に、使用条件を表 2.1-6 に示す。

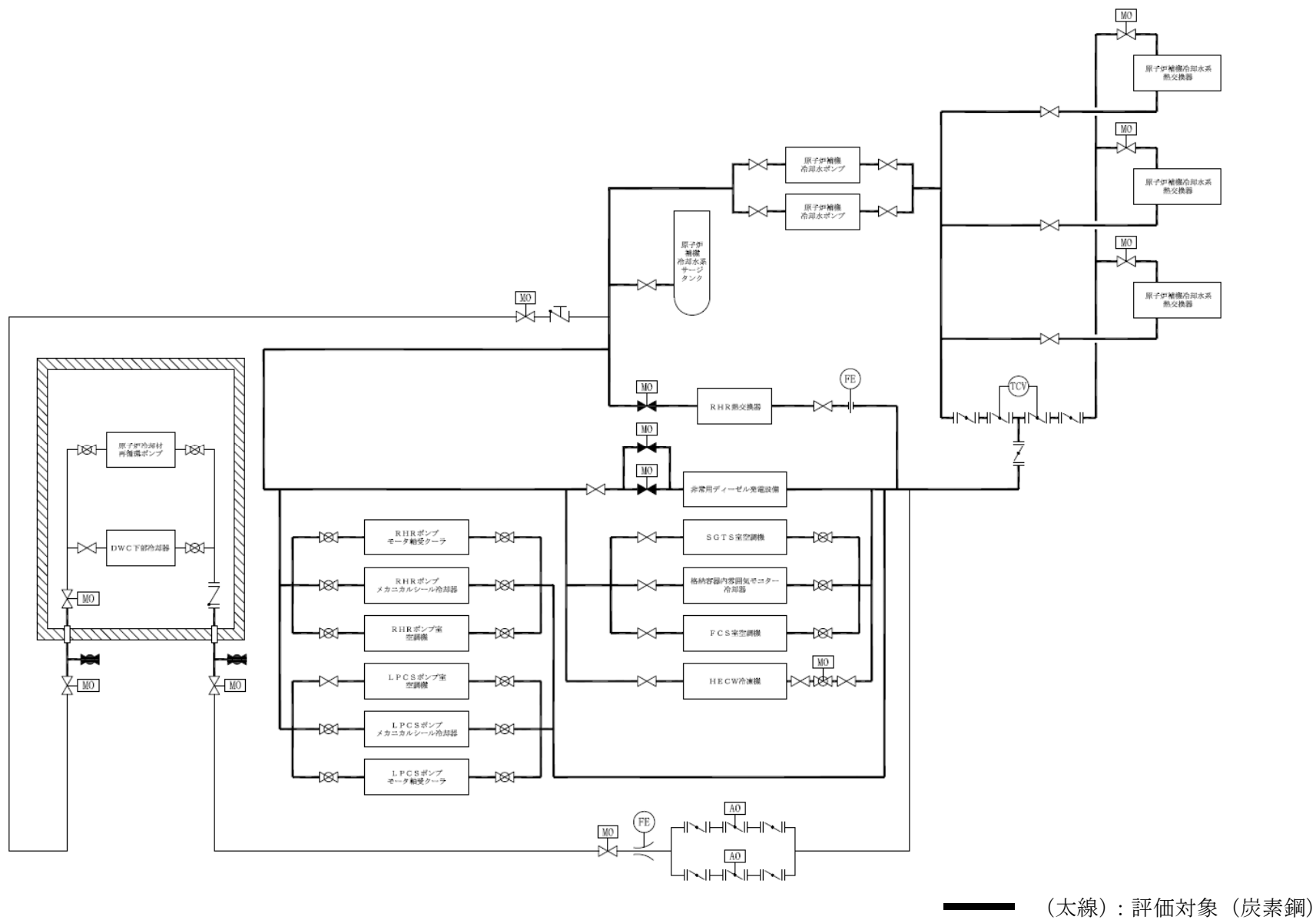


図 2.1-3 原子炉補機冷却水系系統図

(太線) : 評価対象 (炭素鋼)

表 2.1-5 原子炉補機冷却水系配管主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
バウンダリの維持	耐圧	配管	炭素鋼 (STS42, SM41CN)
		温度計ウェル	炭素鋼
		サンプリングノズル	ステンレス鋼
		フローノズル	ステンレス鋼
		オリフィス	ステンレス鋼
		ストレーナ	ステンレス鋼
		フランジボルト・ナット	炭素鋼, 低合金鋼
		ガスケット	(消耗品)
機器の支持	支持	メカニカルスナップ	炭素鋼
		レストレイント	炭素鋼
		ラグ	炭素鋼
		サポート取付ボルト・ナット	炭素鋼
		埋込金物	炭素鋼
		基礎ボルト	炭素鋼, 樹脂

表 2.1-6 原子炉補機冷却水系配管の使用条件

最高使用圧力	約 1.37 MPa
最高使用温度	171 °C
内部流体	冷却水 (防錆剤入り)

#### 2.1.4 原子炉補機冷却海水系

##### (1) 構造

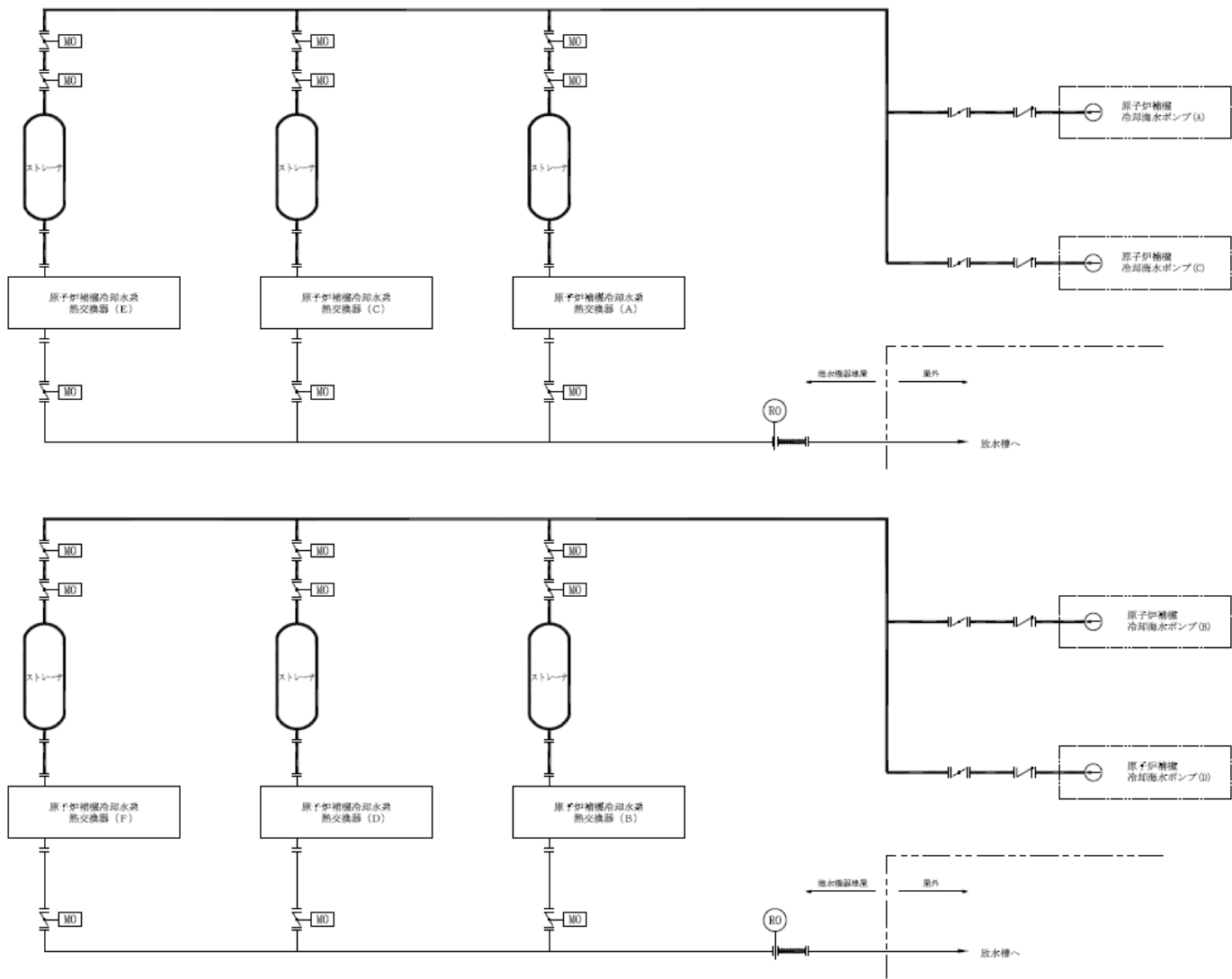
原子炉補機冷却海水系配管は、配管（直管、エルボ、T 継手）で構成されており、炭素鋼が使用されている。

また、各配管はフランジまたは溶接により他の配管及び機器に接続されている。

原子炉補機冷却海水系配管の系統図を図 2.1-4 に示す。

##### (2) 材料及び使用条件

原子炉補機冷却海水系配管主要部位の使用材料を表 2.1-7 に、使用条件を表 2.1-8 に示す。



—— (太線) : 評価対象 (炭素鋼)

図 2.1-4 原子炉補機冷却海水系系統図

表 2.1-7 原子炉補機冷却海水系配管主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
バウンダリの維持	耐圧	配管	炭素鋼 (SM41CN (ポリエチレンライニング))
		ストレーナ	炭素鋼
		フランジボルト・ナット	炭素鋼, 低合金鋼
		ガスケット	(消耗品)
機器の支持	支持	レストレイント	炭素鋼
		ラグ	炭素鋼
		サポート取付ボルト・ナット	炭素鋼
		埋込金物	炭素鋼
		基礎ボルト	炭素鋼, 樹脂

表 2.1-8 原子炉補機冷却海水系配管の使用条件

最高使用圧力	約 0.59 MPa
最高使用温度	50 °C
内部流体	海水

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

炭素鋼配管の機能（流体の流路確保）の達成に必要な項目は以下のとおり。

- ① バウンダリの維持
- ② 機器の支持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

炭素鋼配管について、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の材料、構造、使用条件（内部流体、圧力、温度等）及び現在までの運転経験を考慮し、代表機器毎に表 2.2-1 に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

なお、消耗品及び定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

ガスケットは消耗品であり、設計時に長期使用せず取替を前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

#### (3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

想定される経年劣化事象のうち主要 6 事象に該当する事象及び下記①、②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。なお、下記①、②に該当する事象については、2.2.3 項に示すとおり、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

- ① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△）
- ② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲）

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象として以下の事象が抽出された（表 2.2-1 で○）。

#### a. 配管の疲労割れ [給水系]

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

#### a. 配管の腐食（流れ加速型腐食（FAC））〔給水系〕

常時流れがある高温の純水環境のエルボ部、分岐部、レジューサ部等及び流れの乱れが起きる箇所は、腐食（FAC）の発生が想定される。

炭素鋼配管に対しては、配管材質条件及び内部流体の環境条件を考慮して点検箇所を選定し、肉厚測定を行って減肉傾向を把握しており、さらに必要最小肉厚に達するまでの余寿命を算出し、その結果に応じて次回測定または取替を行うこととしている。

今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### b. 基礎ボルトの腐食（全面腐食）〔共通〕

基礎ボルトの腐食については、「機械設備の技術評価書」にて評価を実施するものとし、本評価書には含めていない。



c. 配管の腐食（全面腐食）〔可燃性ガス濃度制御系，原子炉補機冷却水系〕

炭素鋼配管は腐食の発生が想定されるが，原子炉補機冷却水系配管の内部流体は防錆剤入り冷却水であり，材料表面が不働態状態に保たれていることから，腐食が発生する可能性は小さい。

また，弁等の機器の点検に際し配管の取合い部近傍の確認を行っており，これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されていない。

可燃性ガス濃度制御系については，腐食量の推定を，図 2.2.3-1 に示す酸素含有水中（酸素濃度 8 mgO/l）における炭素鋼の腐食に及ぼす影響（防食技術便覧：腐食防食協会編）より評価した結果，運転開始後 40 年後の推定腐食量は設計上の腐食代を下回ることを確認した。

また，弁等の機器点検時に配管内面の確認を行っており，これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されていない。

今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

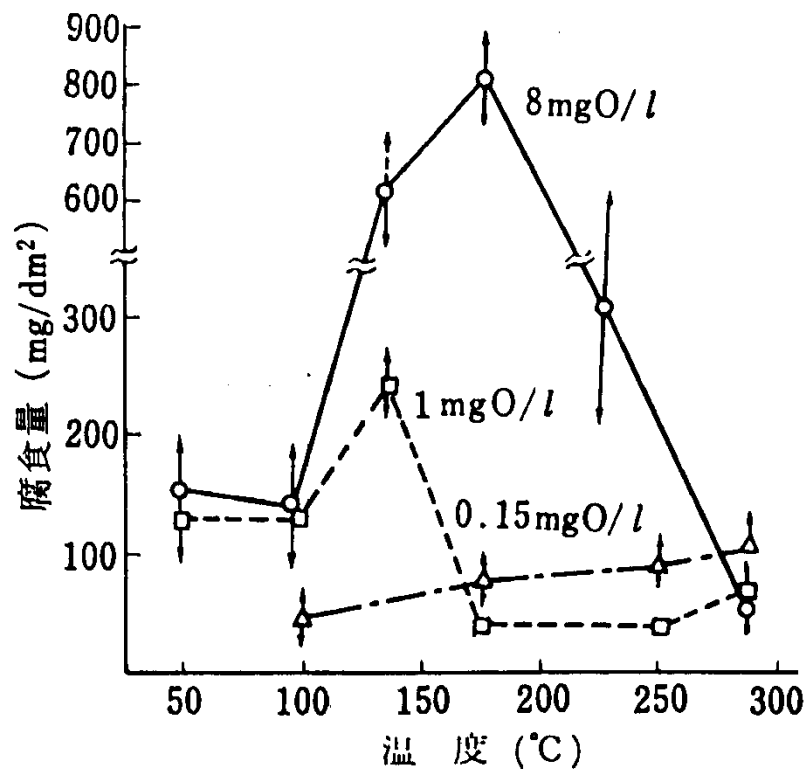


図 2.2.3-1 酸素含有水中における炭素鋼の腐食に及ぼす影響，200 hr  
〔出典：「防食技術便覧」腐食防食協会編〕

d. 配管の高サイクル疲労割れ〔可燃性ガス濃度制御系，原子炉補機冷却水系〕

小口径配管のソケット溶接部は，ポンプの機械・流体振動による繰り返し応力により高サイクル疲労割れの発生が想定されるが，突合せ溶接継手化する等の対策を図ってきている。

また，振動の状態は経年的に変化するものではなく，これまでの点検結果からも突合せ溶接継手化する等の対策を行った配管には割れ等は確認されていない。

今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. 配管外面の腐食（全面腐食）〔原子炉補機冷却水系〕

建屋外に設置されている配管は，長期間外気にさらされていると外面の塗装がはく離し，腐食の発生が想定されるが，原子力規制委員会指示文書（平成 21・12・01 原院第 1 号 平成 21 年 12 月 25 日「原子力発電工作物の保安のための点検，検査等に関する電気事業法施行規則の規定の解釈（内規）の一部改正について」NISA-163c-09-5）に基づき，点検時に目視点検を行い，必要に応じて補修を行うこととしている。

今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f. 配管内面の腐食（全面腐食）〔原子炉補機冷却海水系〕

海水系の配管は，劣化や異物の衝突等により，防食を目的としたライニングがはく離，損傷した場合，配管内面に腐食の発生が想定されるが，配管内面はフランジ部点検に合わせてライニングの目視点検を行い，必要に応じて補修を行うこととしている。

今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

g. ストレーナの腐食（全面腐食）〔原子炉補機冷却海水系〕

海水系のストレーナは，劣化や異物の衝突等により，防食を目的としたゴムライニングがはく離，損傷した場合，ストレーナ内面に腐食の発生が想定されるが，ストレーナ内面は点検時に劣化状況を確認し，必要に応じて補修を行うこととしている。

今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- h. メカニカルスナップ及びハンガの機能低下 [給水系, 可燃性ガス濃度制御系, 原子炉補機冷却水系]

メカニカルスナップ及びハンガは、長期にわたる摺動の繰り返しによるピン等摺動部材の摩耗及び長期にわたる荷重作用によるスプリング（ばね）のへたりにより、機能低下が想定される。

ピン等の摺動部材については、起動・停止時に想定される配管熱移動による摺動回数は少なく、著しい摩耗が生じる可能性は小さい。

また、スプリング使用時のねじり応力は許容ねじり応力以下になるように設定されており、スプリングの材料に対する推奨最高使用温度よりも実際の使用温度は低いいため、へたりが進行する可能性は小さい。

なお、抜き取りで目視点検及び低速走行試験を行い、必要に応じて補修を行うこととしている。

今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- i. サポート取付ボルト・ナットの腐食（全面腐食） [共通]

サポート取付ボルト・ナットは炭素鋼であることから、腐食の発生が想定されるが、表面は防食塗装を施しているため、腐食が発生する可能性は小さい。

また、これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- j. 埋込金物の腐食（全面腐食） [共通]

埋込金物は炭素鋼であることから、腐食の発生が想定されるが、大気接触部は防食塗装を施しており、必要に応じて補修を行うこととしているため、腐食が発生する可能性は小さい。

また、コンクリート埋設部については、コンクリートが中性化した場合に腐食の発生が想定されるが、実機コンクリートにおけるサンプリング結果では中性化は殆ど見られておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- k. フランジボルト・ナットの腐食（全面腐食） [可燃性ガス濃度制御系, 原子炉補機冷却水系, 原子炉補機冷却海水系]

フランジボルト・ナットは炭素鋼または低合金鋼であることから、腐食の発生が想定されるが、これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

1. メカニカルスナッパ、ハンガ、ラグ及びレストレイントの腐食（全面腐食） [共通]

メカニカルスナッパ、ハンガ、ラグ及びレストレイントは炭素鋼であることから、腐食の発生が想定されるが、表面は防食塗装を施しているため、腐食が発生する可能性は小さい。

また、これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。
  
- m. ラグ及びレストレイントの疲労割れ [共通]

ラグ及びレストレイントは、設計段階において、配管の熱応力を考慮して拘束点を選定しており、熱応力が過大になる場合はスナッパを使用することとしている。

したがって、ラグ及びレストレイントが熱応力により、割れに至る疲労が蓄積される可能性は小さい。

また、これまでの点検結果からも有意な疲労割れは確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。
  
- n. フローノズル及びオリフィスの腐食（流れ加速型腐食（FAC））及び異物付着 [原子炉補機冷却水系]

フローノズル及びオリフィス部下流等の偏流発生部位及びその下流部位は、腐食（FAC）の影響が顕著であるが、これらの範囲については、配管減肉管理において点検、評価、取替等を行うこととしている。

また、これまでの点検結果からも顕著な腐食及び異物付着は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

a. 基礎ボルトの樹脂の劣化（後打ちケミカルアンカ）〔共通〕

基礎ボルトの樹脂の劣化については、「機械設備の技術評価書」にて評価を実施するものとし、本評価書には含めていない。

b. 温度計ウェル及びサンプリングノズルの高サイクル疲労割れ〔原子炉補機冷却水系〕

温度計ウェル及びサンプリングノズルについては、内部流体の流体力、カルマン渦及び双子渦発生による励振力により、管台との取合い部に高サイクル疲労割れの発生が想定されるが、設計上流体との同期振動の回避及びランダム渦による強度が考慮されていれば損傷を回避できるものであり、これまで当該系統において高サイクル疲労割れが発生した事例はない。

しかし、他プラントにおいて、サンプリングノズルの折損事象が過去に発生しているため、日本機械学会の「配管内円柱状構造物の流力振動評価指針（JSME S012-1998）」に基づき評価を行い、問題がないことを確認している。

今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

表 2.2-1 (1/4) 給水系配管に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考
					減 肉		割 れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	配管		炭素鋼		△*1	○					*1:FAC *2:樹脂の劣化 *3:機能低下
機器の支持	支持	メカニカルスナッパ		炭素鋼		△					△*3	
		ハンガ		炭素鋼		△					△*3	
		レストレイント		炭素鋼		△	△					
		ラグ		炭素鋼		△	△					
		サポート取付ボルト・ナット		炭素鋼		△						
		埋込金物		炭素鋼		△						
		基礎ボルト		炭素鋼, 樹脂		△					▲*2	

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表 2.2-1 (2/4) 可燃性ガス濃度制御系配管に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考
					減 肉		割 れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	配管		炭素鋼		△	△*1					*1:高サイクル疲労割れ *2:樹脂の劣化 *3:機能低下
		フランジボルト・ナット		炭素鋼, 低合金鋼		△						
		ガスケット	◎									
機器の支持	支持	メカニカルスナッパ		炭素鋼		△					△*3	
		ハンガ		炭素鋼		△					△*3	
		レストレイント		炭素鋼		△	△					
		ラグ		炭素鋼		△	△					
		サポート取付ボルト・ナット		炭素鋼		△						
		埋込金物		炭素鋼		△						
		基礎ボルト		炭素鋼, 樹脂		△					▲*2	

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表 2.2-1 (3/4) 原子炉補機冷却水系配管に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考
					減 肉		割 れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	配管		炭素鋼		△△*1	△*3					*1:外面 *2:FAC *3:高サイクル疲労割れ *4:樹脂の劣化 *5:異物付着 *6:機能低下
		温度計ウェル		炭素鋼			▲*3					
		サンプリングノズル		ステンレス鋼			▲*3					
		フローノズル		ステンレス鋼		△*2					△*5	
		オリフィス		ステンレス鋼		△*2					△*5	
		ストレーナ		ステンレス鋼								
		フランジボルト・ナット		炭素鋼, 低合金鋼		△						
		ガスケット	◎									
機器の支持	支持	メカニカルスナッパ		炭素鋼		△					△*6	
		レストレイント		炭素鋼		△	△					
		ラグ		炭素鋼		△	△					
		サポート取付ボルト・ナット		炭素鋼		△						
		埋込金物		炭素鋼		△						
		基礎ボルト		炭素鋼, 樹脂		△					▲*4	

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）



表 2.2-1 (4/4) 原子炉補機冷却海水系配管に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	配管		炭素鋼*2		△					*1:樹脂の劣化 *2:ポリエチレンライニング	
		ストレナー		炭素鋼		△						
		フランジボルト・ナット		炭素鋼, 低合金鋼		△						
		ガスケット	◎									
機器の支持	支持	レストレイント		炭素鋼		△	△					
		ラグ		炭素鋼		△	△					
		サポート取付ボルト・ナット		炭素鋼		△						
		埋込金物		炭素鋼		△						
		基礎ボルト		炭素鋼, 樹脂		△				▲*1		

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

## 2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

### (1) 配管の疲労割れ〔給水系〕

#### a. 事象の説明

給水系配管は、プラントの起動・停止時等に熱過渡を受けるため、繰り返しにより疲労が蓄積する可能性がある。

#### b. 技術評価

##### ① 健全性評価

給水系配管について、応力算出ならびに評価を実施した。

##### (i) 給水系配管：原子炉格納容器外側隔離弁から原子炉圧力容器まで

評価方法は、図 2.3-1 に示す三次元梁モデルを作成し、運転実績に基づいた令和 3 年 8 月 11 日時点の過渡回数を用いて、日本機械学会「発電用原子力設備規格設計・建設規格 2005 年版（2007 年追補版を含む）」（以下「設計・建設規格」という。）に基づき評価を実施した。

運転実績に基づく運転開始から現時点までの値を表 2.3-1 に示す。また、使用環境を考慮した疲労について日本機械学会「発電用原子力設備規格 環境疲労評価手法 JSME S NF1-2009」（以下「環境疲労評価手法」という。）に基づき評価を実施した。

この結果、表 2.3-2 に示すとおり、疲れ累積係数は現時点において許容値 1 以下であり、疲労割れが発生する可能性は小さい。

##### ② 現状保全

配管の疲労割れに対しては、原子力規制委員会指示文書「実用発電用原子炉及びその附属施設における破壊を引き起こす亀裂その他の欠陥の解釈の制定について（平成 26 年 8 月 6 日 原規技発第 1408063 号）」及び日本機械学会「発電用原子力設備規格 維持規格 JSME S NA1-2008」等に基づき定期的に溶接部の超音波探傷検査を実施し、有意な欠陥のないことを確認している。さらに、定期検査時に漏えい検査を行い、耐圧部の健全性を確認している。

また、社団法人日本原子力学会標準「原子力発電所の高経年化対策実施基準：2015」（AESJ-SC-P005：2015）に基づき、次回高経年化技術評価時に、実過渡回数の確認による疲労評価を行うこととしている。

③ 総合評価

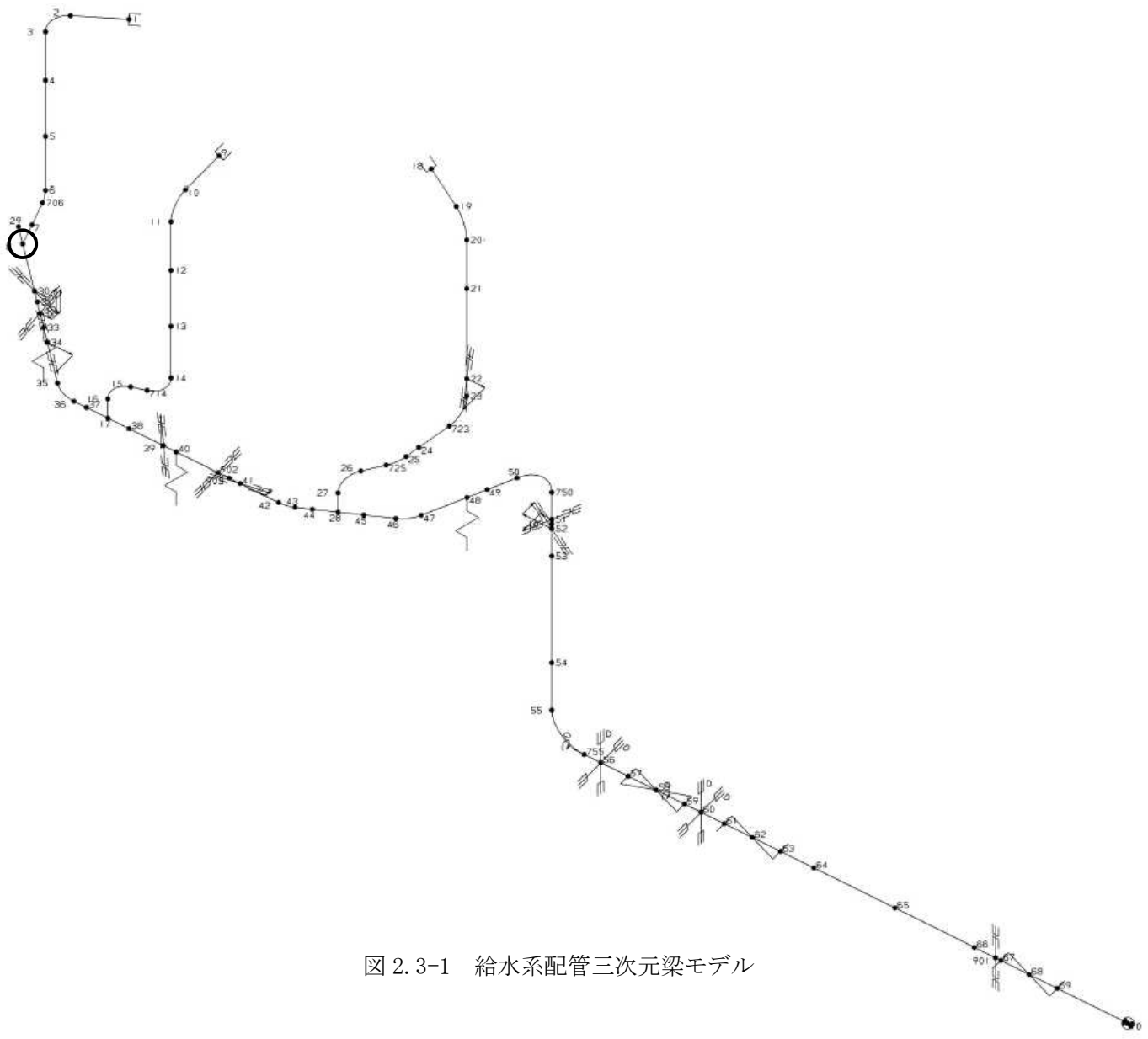
配管の疲労割れについては、現時点までの健全性は確認されており配管の疲労割れが発生する可能性は十分に小さく、次回高経年化技術評価時に、実過渡回数の確認による疲労評価を行うことが有効と判断する。

なお、当面の冷温停止状態においては、有意な熱過渡はなく、今後の疲労割れの発生・進展の可能性はない。

また、疲労によって発生する亀裂はこれまでの運転中に実施してきた超音波探傷検査及び漏えい検査によって検出可能であることから、現状の保全は点検手法として適切であると判断する。

c. 高経年化への対応

配管の疲労割れに対しては、高経年化対策の観点から現状保全の内容に追加すべき項目はなく、今後も現状保全を継続していく。



○：最大点を示す

図 2.3-1 給水系配管三次元梁モデル

表 2.3-1 給水系配管の評価用過渡条件

運転条件	運転実績に基づく過渡回数 (令和3年8月11日時点)
耐圧試験	20
起動(昇温)	24
起動(タービン起動)	23
夜間低出力運転	23
週末低出力運転	15
制御棒パターン変更	28
給水加熱器機能喪失(発電機トリップ)	10
タービントリップに伴うスクラム	4
スクラム(その他)	8
停止	23

表 2.3-2 給水系配管の評価結果

対象配管	運転状態実績回数に基づく疲れ累積係数 (許容値:1以下)	
	設計・建設規格の 疲労曲線による解析	環境疲労解析手法 による解析
	現時点 (令和3年8月11日時点)	現時点 (令和3年8月11日時点)
給水系	0.042	0.106

### 3. 代表機器以外への展開

本章では 2 章で実施した代表機器への技術評価結果について、1 章で実施したグループ化で代表機器となっていない機器への展開について検討した。

- ① 原子炉冷却材再循環系
- ② 制御棒駆動系
- ③ 残留熱除去系
- ④ 低圧炉心スプレイ系
- ⑤ 高圧炉心スプレイ系
- ⑥ 原子炉冷却材浄化系
- ⑦ 燃料プール冷却浄化系
- ⑧ 復水補給水系
- ⑨ 換気空調補機常用冷却水系
- ⑩ 換気空調補機非常用冷却水系
- ⑪ 高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系
- ⑫ 高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却海水系
- ⑬ 非常用ガス処理系
- ⑭ 可燃性ガス濃度制御系（純水部）

#### 3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

- a. 配管の疲労割れ [原子炉冷却材再循環系，残留熱除去系，低圧炉心スプレイ系，高圧炉心スプレイ系，原子炉冷却材浄化系]

プラントの起動・停止時等に熱過渡を受けるため，繰返しによる熱疲労が蓄積される可能性がある。疲労によって発生する亀裂は，点検時に超音波探傷検査及び漏えい検査等によって検出可能であり，健全性は維持できると判断する。

なお，当面の冷温停止状態においては，有意な過渡熱はなく，今後の疲労割れの発生・進展の可能性はない。

したがって，高経年化対策の観点から現状の保全内容に対し追加すべき項目はないと判断する。

### 3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

- a. 基礎ボルトの腐食（全面腐食）〔制御棒駆動系，残留熱除去系，低圧炉心スプレイ系，高圧炉心スプレイ系，原子炉冷却材浄化系，燃料プール冷却浄化系，復水補給水系，換気空調補機非常用冷却水系，高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系，高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却海水系，非常用ガス処理系，可燃性ガス濃度制御系（純水部）〕

代表機器同様，基礎ボルトの腐食については，「機械設備の技術評価書」にて評価を実施するものとし，本評価書には含めていない。

- b. 配管の腐食（全面腐食）〔原子炉冷却材再循環系，制御棒駆動系，残留熱除去系，低圧炉心スプレイ系，高圧炉心スプレイ系，原子炉冷却材浄化系，燃料プール冷却浄化系，復水補給水系，換気空調補機常用冷却水系，換気空調補機非常用冷却水系，高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系，非常用ガス処理系，可燃性ガス濃度制御系（純水部）〕

代表機器同様，炭素鋼配管は長期の使用に伴う配管内面の腐食の発生が想定される。換気空調補機常用冷却水系，換気空調補機非常用冷却水系及び高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系の配管は，内部流体が防錆剤入り冷却水であるため，腐食が発生する可能性は小さい。

その他の系統については，腐食量の推定を，図 3.2-1 に示す酸素含有水中（酸素濃度 8 mgO/l）における炭素鋼の腐食に及ぼす影響（防食技術便覧：腐食防食協会編）より評価した結果，運転開始後 40 年後の推定腐食量は設計上の腐食代を下回ることを確認した。

また，弁等の機器点検時に配管内面を確認しているが，これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

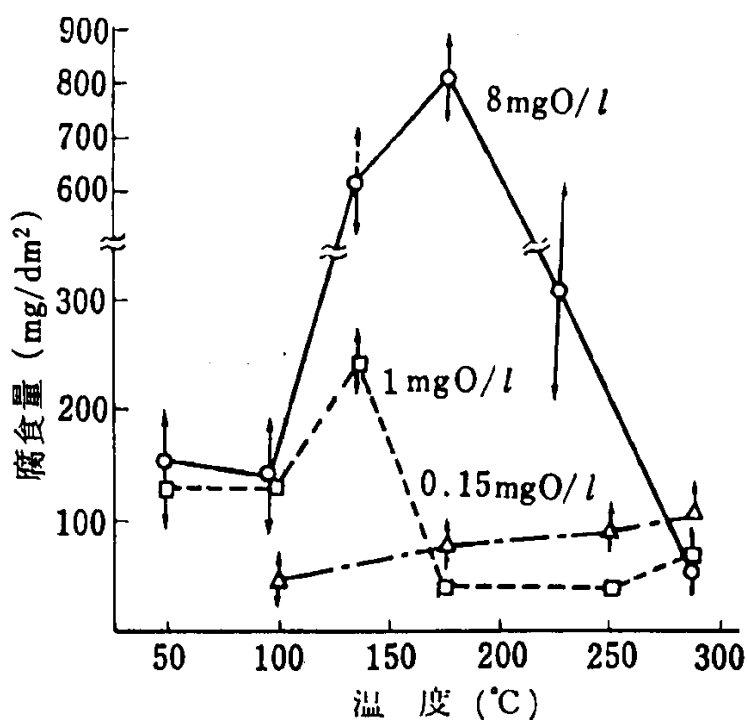


図 3.2-1 酸素含有水中における炭素鋼の腐食に及ぼす影響，200 hr  
〔出典：「防食技術便覧」腐食防食協会編〕



- c. 配管の高サイクル疲労割れ [残留熱除去系, 低圧炉心スプレイ系, 高圧炉心スプレイ系, 原子炉冷却材浄化系, 復水補給水系, 換気空調補機常用冷却水系, 換気空調補機非常用冷却水系, 高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系, 非常用ガス処理系, 可燃性ガス濃度制御系 (純水部) ]

代表機器同様, 小口径配管のソケット溶接部は, ポンプの機械・流体振動による繰り返し応力により高サイクル疲労割れの発生が想定されるが, 突合せ溶接継手化する等の対策を図ってきている。

また, 振動の状態は経年的に変化するものではなく, これまでの点検結果からも突合せ溶接継手化する等の対策を行った配管には割れ等は確認されていない。

今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから, 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- d. 配管外面の腐食 (全面腐食) [高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系, 非常用ガス処理系]

代表機器同様, 建屋外に設置されている配管は, 長期間外気にさらされていると外面の塗装がはく離し, 腐食の発生が想定されるが, 原子力規制委員会指示文書 (平成21・12・01原院第1号 平成21年12月25日「原子力発電工作物の保安のための点検, 検査等に関する電気事業法施行規則の規定の解釈 (内規) の一部改正について」NISA-163c-09-5) に基づき, 点検時に目視点検を行い, 必要に応じて補修を行うこととしている。

今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから, 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- e. 配管内面の腐食 (全面腐食) [高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却海水系]

代表機器同様, 海水系の配管は, 劣化や異物の衝突等によりライニングがはく離, 損傷した場合, 配管内面に腐食の発生が想定されるが, 配管内面はフランジ部点検に合わせてライニングの目視点検を行い, 必要に応じて補修を行うこととしている。

今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから, 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- f. ストレーナの腐食 (全面腐食) [高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却海水系]

代表機器同様, 海水系のストレーナは, 劣化や異物の衝突等により防食を目的としたゴムライニングがはく離, 損傷した場合, ストレーナ内面に腐食の発生が想定されるが, ストレーナ内面は点検時に劣化状況を確認し, 必要に応じて補修を行うこととしている。

今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから, 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- g. メカニカルスナッパ，ハンガの機能低下 [原子炉冷却材再循環系，残留熱除去系，低圧炉心スプレイ系，高圧炉心スプレイ系，原子炉冷却材浄化系，高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系，非常用ガス処理系]

代表機器同様，長期にわたる摺動の繰り返しや荷重作用等により，メカニカルスナッパ及びハンガの機能低下が想定されるが，ピン等の摺動部材については，起動・停止時に想定される配管熱移動による摺動回数は少なく，著しい摩耗が生じる可能性は小さい。

また，スプリング使用時のねじり応力は許容ねじり応力以下になるように設定されており，スプリングの材料に対する推奨最高使用温度よりも実際の使用温度は低いため，へたりが進行する可能性は小さい。

なお，抜き取りで目視点検及び低速走行試験を行い，必要に応じて補修を行うこととしている。

今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- h. サポート取付ボルト・ナットの腐食 [原子炉冷却材再循環系，制御棒駆動系，残留熱除去系，低圧炉心スプレイ系，高圧炉心スプレイ系，原子炉冷却材浄化系，燃料プール冷却浄化系，復水補給水系，換気空調補機非常用冷却水系，高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系，高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却海水系，非常用ガス処理系，可燃性ガス濃度制御系（純水部）]

代表機器同様，サポート取付ボルト・ナットは炭素鋼であることから，腐食の発生が想定されるが，表面は防食塗装を施しているため，腐食が発生する可能性は小さい。

また，これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- i. 埋込金物の腐食（全面腐食）〔制御棒駆動系，残留熱除去系，低圧炉心スプレイ系，高圧炉心スプレイ系，原子炉冷却材浄化系，燃料プール冷却浄化系，復水補給水系，換気空調補機非常用冷却水系，高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系，高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却海水系，非常用ガス処理系，可燃性ガス濃度制御系（純水部）〕

代表機器同様，埋込金物は炭素鋼であることから，腐食の発生が想定されるが，大気接触部は防食塗装を施しており，必要に応じて補修を行うこととしているため，腐食が発生する可能性は小さい。

また，コンクリート埋設部については，コンクリートが中性化した場合に腐食の発生が想定されるが，実機コンクリートにおけるサンプリング結果では中性化は殆ど確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- j. フランジボルト・ナットの腐食（全面腐食）〔残留熱除去系，低圧炉心スプレイ系，高圧炉心スプレイ系，原子炉冷却材浄化系，換気空調補機非常用冷却水系，高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系，高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却海水系，非常用ガス処理系，可燃性ガス濃度制御系（純水部）〕

代表機器同様，フランジボルト・ナットは炭素鋼または低合金鋼であることから，腐食の発生が想定されるが，これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- k. メカニカルスナッパ，ハンガ，ラグ及びレストレイントの腐食（全面腐食）〔原子炉冷却材再循環系，制御棒駆動系，残留熱除去系，低圧炉心スプレイ系，高圧炉心スプレイ系，原子炉冷却材浄化系，燃料プール冷却浄化系，復水補給水系，換気空調補機非常用冷却水系，高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系，高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却海水系，非常用ガス処理系，可燃性ガス濃度制御系（純水部）〕

代表機器同様，メカニカルスナッパ，ハンガ，ラグ及びレストレイントは炭素鋼であることから，腐食の発生が想定されるが，表面は防食塗装を施しているため，腐食が発生する可能性は小さい。

また，これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

1. ラグ及びレストレイントの疲労割れ [原子炉冷却材再循環系, 制御棒駆動系, 残留熱除去系, 低圧炉心スプレイ系, 高圧炉心スプレイ系, 原子炉冷却材浄化系, 燃料プール冷却浄化系, 復水補給水系, 換気空調補機非常用冷却水系, 高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系, 高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却海水系, 非常用ガス処理系, 可燃性ガス濃度制御系 (純水部) ]

代表機器同様, ラグ及びレストレイントは, 設計段階において, 配管の熱応力を考慮して拘束点を選定しており, 熱応力が過大になる場合はスナッパを使用することとしている。

したがって, ラグ及びレストレイントが熱応力により, 割れに至る疲労が蓄積される可能性は小さい。

また, これまでの点検結果からも有意な疲労割れは確認されておらず, 今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから, 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- m. フローノズル及びオリフィスの腐食 (流れ加速型腐食 (FAC) ) 及び異物付着 [残留熱除去系, 低圧炉心スプレイ系, 高圧炉心スプレイ系, 原子炉冷却材浄化系, 高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系, 非常用ガス処理系]

代表機器同様, フローノズル及びオリフィス部下流等の偏流発生部位及びその下流部位は, 腐食 (FAC) の影響が顕著であるが, これらの範囲については, 配管減肉管理において点検, 評価, 取替等を行うこととしている。

また, これまでの点検結果からも顕著な腐食及び異物付着は確認されておらず, 今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから, 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- n. 配管の高サイクル熱疲労割れ [残留熱除去系]

残留熱除去系熱交換器出口配管とバイパスラインの合流部 (高低温水合流部) においては, 局所的にバイパスラインからの高温水が流入し, 複雑な流状による熱過渡を受け, 疲労が蓄積されることから, 高サイクル熱疲労割れが発生する可能性がある。

高低温水合流部の高サイクル熱疲労割れに対しては, 日本機械学会「配管の高サイクル熱疲労に関する評価指針 JSME S 017-2003」に基づく評価及び過去の運転実績を考慮した評価を実施した結果, 高サイクル疲労割れの可能性が高い部位ではないことを確認している。

したがって, 配管の高サイクル熱疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

- a. 基礎ボルトの樹脂の劣化（後打ちケミカルアンカ）〔制御棒駆動系，残留熱除去系，低圧炉心スプレイ系，高圧炉心スプレイ系，原子炉冷却材浄化系，燃料プール冷却浄化系，復水補給水系，換気空調補機非常用冷却水系，高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系，高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却海水系，非常用ガス処理系，可燃性ガス濃度制御系（純水部）〕

代表機器同様，基礎ボルトの樹脂の劣化については，「機械設備の技術評価書」にて評価を実施するものとし，本評価書には含めていない。

- b. 温度計ウェル及びサンプリングノズルの高サイクル疲労割れ〔残留熱除去系，原子炉冷却材浄化系，換気空調補機非常用冷却水系，高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系〕

代表機器同様，温度計ウェル及びサンプリングノズルについては，内部流体の流体力，カルマン渦及び双子渦発生による励振力により，管台との取合い部に高サイクル疲労割れの発生が想定されるが，設計上流体との同期振動の回避及びランダム渦による強度が考慮されていれば損傷を回避できるものであり，対象箇所の選定，評価を行い，問題がないことを確認している。

今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

以 上

柏崎刈羽原子力発電所 3 号炉

弁 の 技 術 評 価 書

東京電力ホールディングス株式会社

本評価書は、柏崎刈羽原子力発電所3号炉（以下、柏崎刈羽3号炉という）における安全上重要な弁（重要度分類指針におけるPS-1, 2及びMS-1, 2に該当する機器）及び高温・高圧の環境下にあるクラス3の弁の高経年化に係わる技術評価についてまとめたものである。

評価対象機器を型式、材料、内部流体等で分類し、それぞれのグループから重要度及び使用条件等の観点で代表機器を選定し技術評価を行った後、代表以外の機器について評価を展開している。評価対象弁の一覧を表1に、対象システムの主要な弁の機能を表2に示す。

本評価書は、弁本体及び弁駆動部の型式等を基に、以下の9分冊で構成されている。

#### 弁本体

- 1 仕切弁
- 2 玉形弁
- 3 逆止弁
- 4 バタフライ弁
- 5 安全弁
- 6 ボール弁
- 7 制御弁

#### 弁駆動部

- 8 電動弁用駆動部
- 9 空気作動弁用駆動部

ここで、制御弁については、圧力、流量等の制御に伴い中間開度の厳しい条件下での運用となるため、単独で評価している。

なお、非常用ディーゼル機関係弁、可燃性ガス濃度制御系弁（格納容器及びサプレッションチェンバ隔離弁を除く）、水圧制御ユニット、一部の圧縮空気系弁は「機械設備の技術評価書」、各ポンプの潤滑油系弁は「ポンプの技術評価書」、真空破壊弁は「容器（原子炉格納容器）の技術評価書」、原子炉建屋隔離弁、中央制御室隔離弁は「空調設備の技術評価書」にて評価を実施するものとし、本評価書には含まれていない。

本文中の単位の記載はSI単位系に基づくものとする（圧力の単位は特に注記がない限りゲージ圧力を示す）。

表1 (1/5) 評価対象弁一覧

分類	分類基準		当該系統
	材料	流体	
仕切弁	炭素鋼	ガス (窒素)	可燃性ガス濃度制御系 (FCS)
		純水	残留熱除去系 (RHR)
			低圧炉心スプレイ系 (LPCS)
			高圧炉心スプレイ系 (HPCS)
			原子炉冷却材浄化系 (CUW)
			給水系 (FDW)
			復水補給水系 (MUWC)
		冷却水 (防錆剤入り純水)	原子炉補機冷却水系 (RCW)
			換気空調補機常用冷却水系 (HNCW)
			換気空調補機非常用冷却水系 (HECW)
	高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系 (HPCW)		
	ステンレス鋼	純水	原子炉冷却材再循環系 (PLR)
			制御棒駆動系 (CRD)
			ほう酸水注入系 (SLC)
			高圧炉心スプレイ系 (HPCS)
			燃料プール冷却浄化系 (FPC)
		液体固体廃棄物処理系 (RW)	
五ほう酸ナトリウム水	ほう酸水注入系 (SLC)		
玉形弁	炭素鋼	純水	残留熱除去系 (RHR)
			低圧炉心スプレイ系 (LPCS)
			高圧炉心スプレイ系 (HPCS)
			原子炉冷却材浄化系 (CUW)
			復水補給水系 (MUWC)
			可燃性ガス濃度制御系 (FCS)
		冷却水 (防錆剤入り純水)	原子炉補機冷却水系 (RCW)
			換気空調補機常用冷却水系 (HNCW)
			換気空調補機非常用冷却水系 (HECW)
			高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系 (HPCW)
	ステンレス鋼	ガス (空気, 窒素)	計装用圧縮空気系 (IA)
		純水	制御棒駆動系 (CRD)
			ほう酸水注入系 (SLC)
		残留熱除去系 (RHR)	



表1 (2/5) 評価対象弁一覧

分類	分類基準		当該系統
	材料	流体	
玉形弁	ステンレス鋼	純水	低圧炉心スプレイ系 (LPCS)
			高圧炉心スプレイ系 (HPCS)
			原子炉冷却材浄化系 (CUW)
			燃料プール冷却浄化系 (FPC)
			復水補給水系 (MUWC)
			液体固体廃棄物処理系 (RW)
		事故後サンプリング系 (PASS)	
五ほう酸ナトリウム水	ほう酸水注入系 (SLC)		
逆止弁	炭素鋼	ガス (窒素)	可燃性ガス濃度制御系 (FCS)
		純水	残留熱除去系 (RHR)
			低圧炉心スプレイ系 (LPCS)
			高圧炉心スプレイ系 (HPCS)
			原子炉冷却材浄化系 (CUW)
			液体固体廃棄物処理系 (RW)
		給水系 (FDW)	
	冷却水 (防錆剤入り純水)	原子炉補機冷却水系 (RCW)	
		換気空調補機非常用冷却水系 (HECW)	
	海水	原子炉補機冷却海水系 (RSW)	
		高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却海水系 (HPSW)	
	ステンレス鋼	ガス (空気)	計装用圧縮空気系 (IA)
		純水	制御棒駆動系 (CRD)
			ほう酸水注入系 (SLC)
			原子炉冷却材浄化系 (CUW)
燃料プール冷却浄化系 (FPC)			
液体固体廃棄物処理系 (RW)			
事故後サンプリング系 (PASS)			
五ほう酸ナトリウム水	ほう酸水注入系 (SLC)		
バタフライ弁	炭素鋼	ガス (空気)	非常用ガス処理系 (SGTS)
			換気空調系 (HVAC)
		冷却水 (防錆剤入り純水)	原子炉補機冷却水系 (RCW)
	海水	原子炉補機冷却海水系 (RSW)	
		高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却海水系 (HPSW)	
	ステンレス鋼	純水	液体固体廃棄物処理系 (RW)

表1 (3/5) 評価対象弁一覧

分類	分類基準		当該系統
	材料	流体	
安全弁	炭素鋼	ガス（窒素）	可燃性ガス濃度制御系（FCS）
		純水	残留熱除去系（RHR）
			低圧炉心スプレイ系（LPCS）
			高圧炉心スプレイ系（HPCS）
	ステンレス鋼	純水	原子炉冷却材浄化系（CUW）
		五ほう酸ナトリウム水	ほう酸水注入系（SLC）
ボール弁	炭素鋼	純水	原子炉冷却材浄化系（CUW）
	ステンレス鋼	純水	液体固体廃棄物処理系（RW）
制御弁	炭素鋼	純水	原子炉冷却材浄化系（CUW）
		冷却水 （防錆剤入り純水）	原子炉補機冷却水系（RCW）
			換気空調補機非常用冷却水系（HECW）
	ステンレス鋼	純水	制御棒駆動系（CRD）

表1 (4/5) 評価対象弁一覧

分類	分類基準		当該系統
	設置場所	電源	
電動弁用駆動部	原子炉格納容器内	交流	残留熱除去系 (RHR)
			原子炉冷却材浄化系 (CUW)
			事故後サンプリング系 (PASS)
			原子炉補機冷却水系 (RCW)
	屋内	交流	ほう酸水注入系 (SLC)
			残留熱除去系 (RHR)
			低圧炉心スプレイ系 (LPCS)
			高圧炉心スプレイ系 (HPCS)
			原子炉冷却材浄化系 (CUW)
			復水補給水系 (MUWC)
			事故後サンプリング系 (PASS)
			原子炉補機冷却水系 (RCW)
			換気空調補機常用冷却水系 (HNCW)
			換気空調補機非常用冷却水系 (HECW)
			原子炉補機冷却海水系 (RSW)
			高圧窒素ガス供給系 (HPIN)
			計装用圧縮空気系 (IA)
			非常用ガス処理系 (SGTS)
可燃性ガス濃度制御系 (FCS)			
換気空調系 (HVAC)			

表1 (5/5) 評価対象弁一覧

分類	分類基準		当該系統
	区分	設置場所	
空気作動弁用 駆動部	ダイヤフラム型	屋内	換気空調補機非常用冷却水系 (HECW)
	シリンダ型	原子炉格納容器内	残留熱除去系 (RHR)
			低圧炉心スプレイ系 (LPCS)
			高圧炉心スプレイ系 (HPCS)
		屋内	液体固体廃棄物処理系 (RW)
			非常用ガス処理系 (SGTS)
			換気空調系 (HVAC)

表 2 (1/2) 主要な弁の機能

弁系統名	機能
原子炉冷却材再循環系弁 (PLR)	原子炉冷却材を原子炉压力容器より引き出し、原子炉再循環系ポンプで加圧した後、原子炉压力容器に設置したジェットポンプを通して原子炉内へ供給することで原子炉冷却材を強制循環させる原子炉冷却材再循環系統を構成する弁である。
制御棒駆動系弁 (CRD)	制御棒の駆動に必要な純水を供給する制御棒駆動系統を構成する弁である。
ほう酸水注入系弁 (SLC)	何らかの理由で制御棒が挿入できなくなり原子炉の冷温停止ができない場合に、ほう酸水を原子炉底部より注入して負の反応度を与え、核反応を停止させるほう酸水注入系統を構成する弁である。
残留熱除去系弁 (RHR)	原子炉停止時の崩壊熱除去のため残留熱除去系熱交換器にて原子炉冷却材を冷却する。他に格納容器冷却モード等のモードがある系統を構成する弁である。
低圧炉心スプレイ系弁 (LPCS)	冷却材喪失事故時、炉心の過熱による燃料破損を防止する為、炉心にサプレッションプール水をスプレイする系統を構成する弁である。
高圧炉心スプレイ系弁 (HPCS)	冷却材喪失事故時、炉心の過熱による燃料破損を防止する為、炉心にサプレッションプール水及び復水貯蔵槽水をスプレイする系統を構成する弁である。
原子炉冷却材浄化系弁 (CUW)	原子炉冷却材の一部をろ過、脱塩し、給水系に戻す原子炉冷却材浄化系統を構成する弁である。
燃料プール冷却浄化系弁 (FPC)	使用済燃料プール水の一部をろ過、脱塩し、使用済燃料プールに戻す系統を構成する弁である。
液体固体廃棄物処理系弁 (RW)	プラントで発生した液体固体廃棄物进行处理する液体固体廃棄物処理系統を構成する弁である。
給水系弁 (FDW)	復水系から移送されてきた給水を原子炉へ供給する給水系統を構成する弁である。
復水補給水系弁 (MUWC)	各系統に必要な復水を復水貯蔵槽より移送する補給水系統を構成する弁である。
原子炉補機冷却水系弁 (RCW)	原子炉建屋内にある補機、タービン建屋に設置する補機（放射性流体を扱う補機）の冷却水を循環させる原子炉補機冷却水系統を構成する弁である。
換気空調補機常用冷却水系弁 (HNCW)	常用換気空調系の給気冷却器（クーリングコイル）及びDWC上部空調機へ冷却水を供給する換気空調補機常用冷却水系統を構成する弁である。
換気空調補機非常用冷却水系弁 (HECW)	非常用換気空調系の給気冷却器（クーリングコイル）へ冷却水を供給する換気空調補機非常用冷却水系統を構成する弁である。
高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系弁 (HPCW)	高圧炉心スプレイポンプ及び高圧炉心スプレイディーゼル発電機設備等から発生する熱を淡水の冷却水で冷却する高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却系統を構成する弁である。
原子炉補機冷却海水系弁 (RSW)	原子炉補機冷却水系の冷却水を熱交換器を介して、海水にて冷却する原子炉補機冷却海水系統を構成する弁である。

表 2 (2/2) 主要な弁の機能

弁系統名	機能
高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却海水系弁 (HPSW)	高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系熱交換器に海水を供給し冷却する高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却海水系統を構成する弁である。
計装用圧縮空気系弁 (IA)	空気作動弁や計装機器に圧縮空気を供給する計装用圧縮空気系統を構成する弁である。
事故時サンプリング系弁 (PASS)	原子力発電設備の事故後における放射能障壁の健全性の把握を行なうため、炉水及び原子炉格納容器内のガスを採取する事故後サンプリング系統を構成する弁である。
非常用ガス処理系弁 (SGTS)	事故時に原子炉建屋内の空気を処理し、排気筒から放出する非常用ガス処理系統を構成する弁である。
可燃性ガス濃度制御系弁 (FCS)	冷却材喪失事故で水素が格納容器内に溜まり燃焼を起こすことを回避する為、水素ガス濃度を安全な濃度以下にする可燃性ガス濃度制御系統を構成する弁である。

# 1 仕切弁

## [対象系統]

- ① 原子炉冷却材再循環系
- ② 制御棒駆動系
- ③ ほう酸水注入系
- ④ 残留熱除去系
- ⑤ 低圧炉心スプレイ系
- ⑥ 高圧炉心スプレイ系
- ⑦ 原子炉冷却材浄化系
- ⑧ 燃料プール冷却浄化系
- ⑨ 液体固体廃棄物処理系
- ⑩ 給水系
- ⑪ 復水補給水系
- ⑫ 原子炉補機冷却水系
- ⑬ 換気空調補機常用冷却水系
- ⑭ 換気空調補機非常用冷却水系
- ⑮ 高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系
- ⑯ 可燃性ガス濃度制御系

## 目 次

1.	対象機器及び代表機器の選定	1-1
1.1	グループ化の考え方及び結果	1-1
1.2	代表機器の選定	1-1
2.	代表機器の技術評価	1-6
2.1	構造、材料及び使用条件	1-6
2.1.1	可燃性ガス濃度制御系出口隔離弁	1-6
2.1.2	給水系原子炉給水ライン手動止め弁	1-9
2.1.3	原子炉補機冷却水系 PCV 入口外側隔離弁	1-12
2.1.4	原子炉冷却材再循環系ポンプ吐出弁	1-15
2.1.5	ほう酸水注入系ポンプ吐出弁	1-18
2.2	経年劣化事象の抽出	1-21
2.2.1	機器の機能達成に必要な項目	1-21
2.2.2	高経年化対策上着目すべき経年劣化事象	1-21
2.2.3	高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象	1-23
2.3	高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価	1-31
3.	代表機器以外への展開	1-36
3.1	高経年化対策上着目すべき経年劣化事象	1-37
3.2	高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象	1-38

## 1. 対象機器及び代表機器の選定

主要な仕切弁の主な仕様を表 1-1 に示す。

これらの仕切弁を材料及び内部流体の観点からグループ化し、それぞれのグループより代表機器を選定した。

### 1.1 グループ化の考え方及び結果

材料及び内部流体を分類基準とし、仕切弁を表 1-1 に示すとおりグループ化する。

弁箱材料は炭素鋼，ステンレス鋼に分類され，流体はガス，純水，冷却水（防錆剤入り）及び五ほう酸ナトリウム水に分類される。

### 1.2 代表機器の選定

表 1-1 に分類したグループ毎に，原則として重要度，運転状態，最高使用温度，最高使用圧力及び口径の観点から代表機器を選定する。

#### (1) ガス系炭素鋼仕切弁（内部流体：ガス，弁箱材質：炭素鋼）

ガス系ラインに使用されている炭素鋼仕切弁のうち，口径の観点から可燃性ガス濃度制御系出口隔離弁を代表機器とする。

(T49-M0-F008A/B, 150 A, 150 LB)

#### (2) 純水系炭素鋼仕切弁（内部流体：純水，弁箱材質：炭素鋼）

純水系ラインに使用されている炭素鋼仕切弁のうち，重要度，運転状態及び口径の観点から給水系原子炉給水ライン手動止め弁を代表機器とする。

(B21-F053A/B, 500 A, 900 LB)

#### (3) 冷却水系炭素鋼仕切弁（内部流体：冷却水，弁箱材質：炭素鋼）

冷却水系ラインに使用されている炭素鋼仕切弁のうち，重要度，運転状態，最高使用温度及び最高使用圧力の観点から原子炉補機冷却水系 PCV 入口外側隔離弁を代表機器とする。

(P21-M0-F075A/B, 200 A, 150 LB)

#### (4) 純水系ステンレス鋼仕切弁（内部流体：純水，弁箱材質：ステンレス鋼）

純水系ラインに使用されているステンレス鋼仕切弁のうち，重要度及び最高使用圧力の観点から原子炉冷却材再循環系ポンプ吐出弁を代表機器とする。

(B31-M0-F002A/B, 600 A, 887 LB)



- (5) 五ほう酸ナトリウム水系ステンレス鋼仕切弁（内部流体：五ほう酸ナトリウム水，弁箱材質：ステンレス鋼）

五ほう酸ナトリウム水系ラインに使用されているステンレス鋼仕切弁のうち，最高使用圧力の観点からほう酸水注入系ポンプ吐出弁を代表機器とする。

(C41-F005A/B, 40 A, 900 LB)

表 1-1 (1/3) 仕切弁のグループ化及び代表機器の選定

分類基準		系統名称	選定基準				代表選定	代表弁	選定理由	
材料	内部流体		重要度*1	使用条件						
				口径 (A)	運転状態*2	最高使用圧力 (MPa)				最高使用温度 (°C)
炭素鋼	ガス (窒素)	可燃性ガス濃度制御系	MS-1	100~150	一時 (一時)	約 0.3	171	◎	可燃性ガス濃度制御系出口隔離弁 (150 A, 約 0.3 MPa, 171 °C, 150 LB) T49-M0-F008A/B	口径
	純水	残留熱除去系	PS-1	100~600	連続 (一時)	約 1.4~10.4	100~302		給水系原子炉給水ライン手動止め弁 (500 A, 約 8.6 MPa, 302 °C, 900 LB) B21-F053A/B	重要度, 運転状態, 口径
		低圧炉心スプレイ系	PS-1	300~600	一時 (一時)	約 1.4~8.6	104~302			
		高圧炉心スプレイ系	PS-1	100~600	一時 (一時)	約 1.4~10.8	100~302			
		原子炉冷却材浄化系	PS-1	100~150	連続 (連続)	約 8.6~10.0	66~302			
		給水系	PS-1	500	連続 (連続)	約 8.6~10.0	302	◎		
		復水補給水系	MS-1	80	連続 (連続)	約 1.4	171			

\*1 : 最上位の重要度を示す

\*2 : 上段は冷温停止状態時における運転状態, 下段の ( ) は断続運転時の運転状態を示す

表 1-1 (2/3) 仕切弁のグループ化及び代表機器の選定

分類基準		系統名称	選定基準					代表選定	代表弁	選定理由
材料	内部流体		重要度*1	使用条件						
				口径 (A)	運転状態*2	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)			
炭素鋼	冷却水*3	原子炉補機冷却水系	MS-1	150~500	連続 (連一*4)	約 1.4	70~171	◎	原子炉補機冷却水系 PCV 入口 外側隔離弁 (200A, 約 1.4MPa, 171°C, 150LB) P21-M0-F075A/B	重要度, 運転状態, 最高使用温度, 最高使用圧力
		換気空調補機常用冷却水系	MS-1	200	連続 (連続)	約 1.3	171			
		換気空調補機非常用冷却水系	MS-1	100~150	一時 (一時)	約 0.8	66			
		高圧炉心スプレイディーゼル 補機冷却水系	MS-1	80~200	一時 (一時)	約 1.3	70			

\*1: 最上位の重要度を示す

\*2: 上段は冷温停止状態時における運転状態, 下段の ( ) は断続運転時の運転状態を示す

\*3: 防錆剤入り純水

\*4: 連続/一時

表 1-1 (3/3) 仕切弁のグループ化及び代表機器の選定

分類基準		系統名称	重要度*1	選定基準				代表選定	代表弁	選定理由
材料	内部流体			使用条件						
				口径 (A)	運転状態*2	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)			
ステンレス鋼	純水	原子炉冷却材再循環系	PS-1	600	連続(連続)	約 8.6~10.4	302	◎	原子炉冷却材再循環系ポンプ吐出弁 (600 A, 約 10.4 MPa, 302 °C, 887 LB) B31-MO-F002A/B	重要度, 最高使用圧力
		制御棒駆動系	高*3	20~50	連続(連続)	約 13.8	66			
		ほう酸水注入系	MS-1	40	一時(一時)	約 8.6	302			
		高圧炉心スプレイ系	MS-1	250~400	一時(一時)	約 1.4	66			
		燃料プール冷却浄化系	MS-2	150	連続(連続)	約 1.4	66			
		液体固体廃棄物処理系	MS-1	80	連続(連続)	約 0.3	171			
	五ほう酸ナトリウム水	ほう酸水注入系	MS-1	40~80	一時(一時)	約 1.4~10.8	66	◎	ほう酸水注入系ポンプ吐出弁 (40 A, 約 10.8 MPa, 66 °C, 900 LB) C41-F005A/B	最高使用圧力

\*1: 最上位の重要度を示す

\*2: 上段は冷温停止状態時における運転状態, 下段の ( ) は断続運転時の運転状態を示す

\*3: 最高使用温度が 95 °C を超え, または最高使用圧力が 1,900 kPa を超える環境下にある原子炉格納容器外の重要度クラス 3 の機器

## 2. 代表機器の技術評価

本章では、1章で代表機器とした以下の弁について技術評価を実施する。

- ① 可燃性ガス濃度制御系出口隔離弁
- ② 給水系原子炉給水ライン手動止め弁
- ③ 原子炉補機冷却水系 PCV 入口外側隔離弁
- ④ 原子炉冷却材再循環系ポンプ吐出弁
- ⑤ ほう酸水注入系ポンプ吐出弁

### 2.1 構造, 材料及び使用条件

#### 2.1.1 可燃性ガス濃度制御系出口隔離弁

##### (1) 構造

可燃性ガス濃度制御系出口隔離弁は、口径 150 A, 圧力クラス 150 LB の電動仕切弁で、2台設置されている。

弁本体はガス（窒素）を内包する耐圧部（弁箱, 弁ふた, ジョイントボルト・ナット, 軸封部）, ガス（窒素）を仕切る隔離部（弁体, 弁座）及び弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒, ヨーク）からなる。

ガス（窒素）に接する弁箱及び弁体は炭素鋼鋳鋼, 弁ふた及び弁座は炭素鋼で製作されており, 軸封部には流体の漏れを防止するためグラウンドパッキンが使用されている。

なお, 当該弁については, 駆動部を切り離し, ジョイントボルト・ナットを取り外すことにより, 弁内部の点検手入れが可能である。

可燃性ガス濃度制御系出口隔離弁の構造図を図 2.1-1 に示す。

##### (2) 材料及び使用条件

可燃性ガス濃度制御系出口隔離弁主要部位の使用材料を表 2.1-1 に, 使用条件を表 2.1-2 に示す。

No.	部 位
①	弁箱
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	ガスケット
⑤	グラウンドパッキン
⑥	弁体
⑦	弁座
⑧	弁棒
⑨	ヨーク

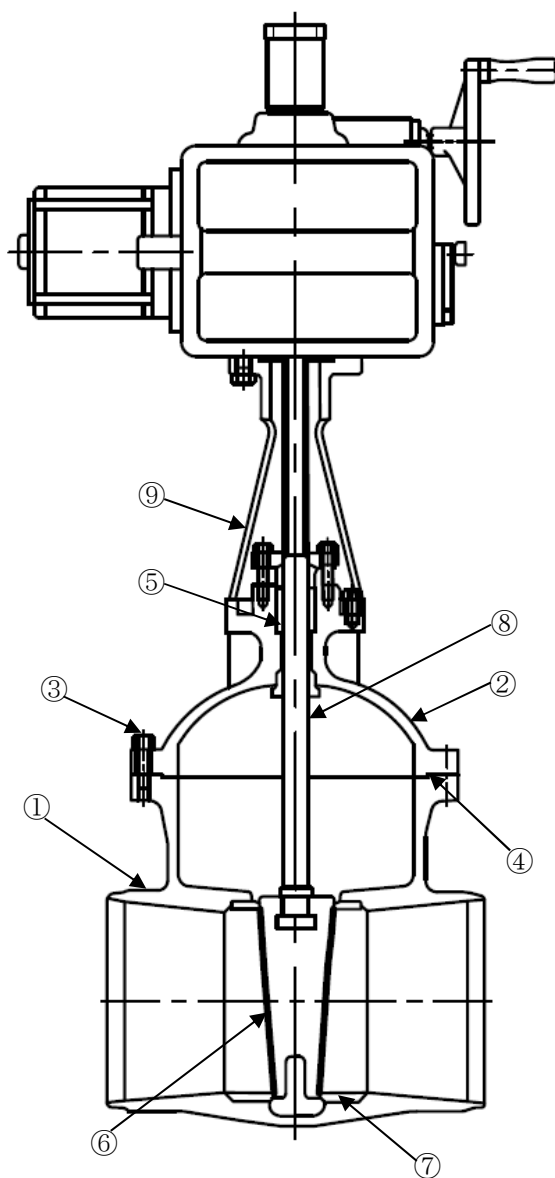


図 2.1-1 可燃性ガス濃度制御系出口隔離弁構造図

表 2.1-1 可燃性ガス濃度制御系出口隔離弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	炭素鋼鋳鋼 (SCPH2)
		弁ふた	炭素鋼 (SF50A ステライト肉盛)
		ジョイントボルト	低合金鋼 (SNB7)
		ジョイントナット	低合金鋼 (SNB7)
	シール	ガスケット	(消耗品)
		グランドパッキン	(消耗品)
隔離機能の維持	隔離	弁体	炭素鋼鋳鋼 (SCPH2 ステライト肉盛)
		弁座	炭素鋼 (SF50A ステライト肉盛)
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼 (SUS431-B)
		ヨーク	炭素鋼鋳鋼 (SCPH2)

表 2.1-2 可燃性ガス濃度制御系出口隔離弁の使用条件

最高使用圧力	約 0.3 MPa
最高使用温度	171 °C
内部流体	ガス (窒素)

## 2.1.2 給水系原子炉給水ライン手動止め弁

### (1) 構造

給水系原子炉給水ライン手動止め弁は、口径 500 A、圧力クラス 900 LB の手動仕切弁で、2 台設置されている。

弁本体は純水を内包する耐圧部（弁箱、弁ふた、ジョイントボルト・ナット、軸封部）、純水を仕切る隔離部（弁体、弁座）及び弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒、ヨーク）からなる。

純水に接する弁箱及び弁体は炭素鋼鋳鋼、弁ふた及び弁座は炭素鋼で製作されており、軸封部には流体の漏れを防止するためグランドパッキンが使用されている。

なお、当該弁については、ジョイントボルト・ナットを取り外すことにより、弁内部の点検手入れが可能である。

給水系原子炉給水ライン手動止め弁の構造図を図 2.1-2 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

給水系原子炉給水ライン手動止め弁主要部位の使用材料を表 2.1-3 に、使用条件を表 2.1-4 に示す。



No.	部 位
①	弁箱
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	ガスケット
⑤	グラウンドパッキン
⑥	弁体
⑦	弁座
⑧	弁棒
⑨	ヨーク

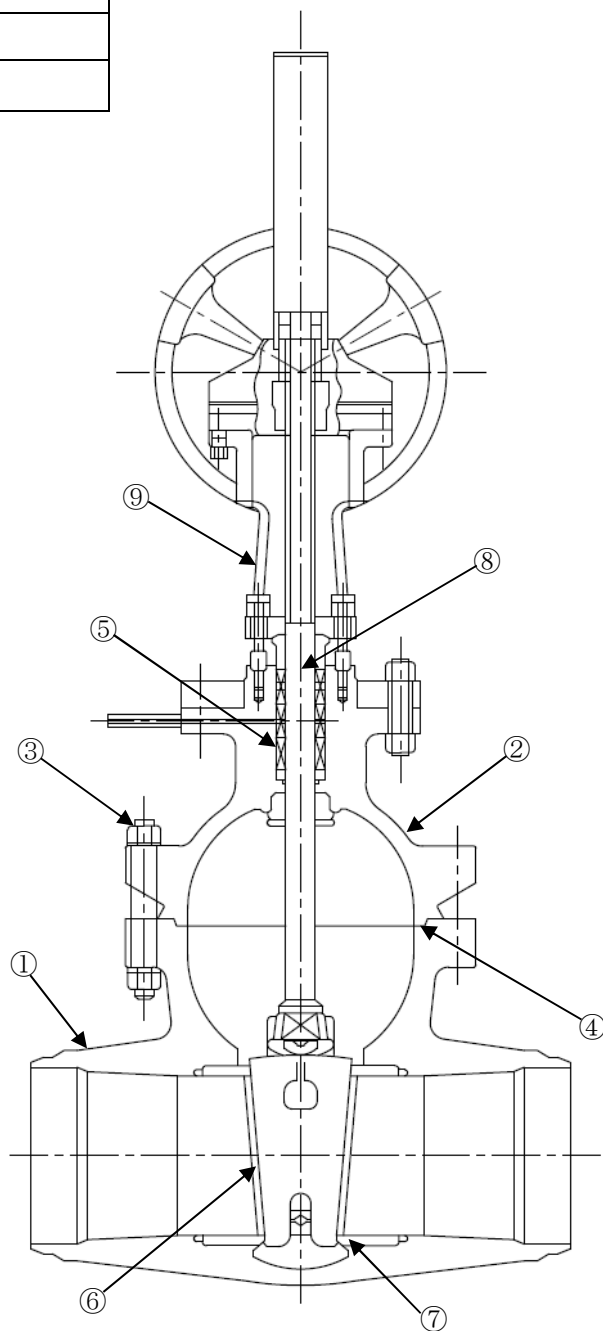


図 2. 1-2 給水系原子炉給水ライン手動止め弁構造図

表 2.1-3 給水系原子炉給水ライン手動止め弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	炭素鋼鋳鋼 (SCPH2)
		弁ふた	炭素鋼 (SF50A ステライト肉盛)
		ジョイントボルト	低合金鋼 (SNB7)
		ジョイントナット	低合金鋼 (SNB7)
	シール	ガスケット	(消耗品)
		グラウンドパッキン	(消耗品)
隔離機能の維持	隔離	弁体	炭素鋼鋳鋼 (SCPH2 ステライト肉盛)
		弁座	炭素鋼 (SF50A ステライト肉盛)
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼 (SUS431-B)
		ヨーク	炭素鋼鋳鋼 (SCPH2)

表 2.1-4 給水系原子炉給水ライン手動止め弁の使用条件

最高使用圧力	約 8.6 MPa
最高使用温度	302 °C
内部流体	純水

### 2.1.3 原子炉補機冷却水系 PCV 入口外側隔離弁

#### (1) 構造

原子炉補機冷却水系 PCV 入口外側隔離弁は、口径 200 A、圧力クラス 150 LB の電動仕切弁で、2 台設置されている。

弁本体は冷却水を内包する耐圧部（弁箱、弁ふた、ジョイントボルト・ナット、軸封部）、冷却水を仕切る隔離部（弁体、弁座）及び弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒、ヨーク）からなる。

冷却水に接する弁箱及び弁体は炭素鋼、弁ふた、弁座は炭素鋼で製作されており、軸封部には流体の漏れを防止するためグランドパッキンが使用されている。

なお、当該弁については、駆動部を切り離し、ジョイントボルト・ナットを取り外すことにより、弁内部の点検手入れが可能である。

原子炉補機冷却水系 PCV 入口外側隔離弁の構造図を図 2.1-3 に示す。

#### (2) 材料及び使用条件

原子炉補機冷却水系 PCV 入口外側隔離弁主要部位の使用材料を表 2.1-5 に、使用条件を表 2.1-6 に示す。

No.	部 位
①	弁箱
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	ガスケット
⑤	グラウンドパッキン
⑥	弁体
⑦	弁座
⑧	弁棒
⑨	ヨーク

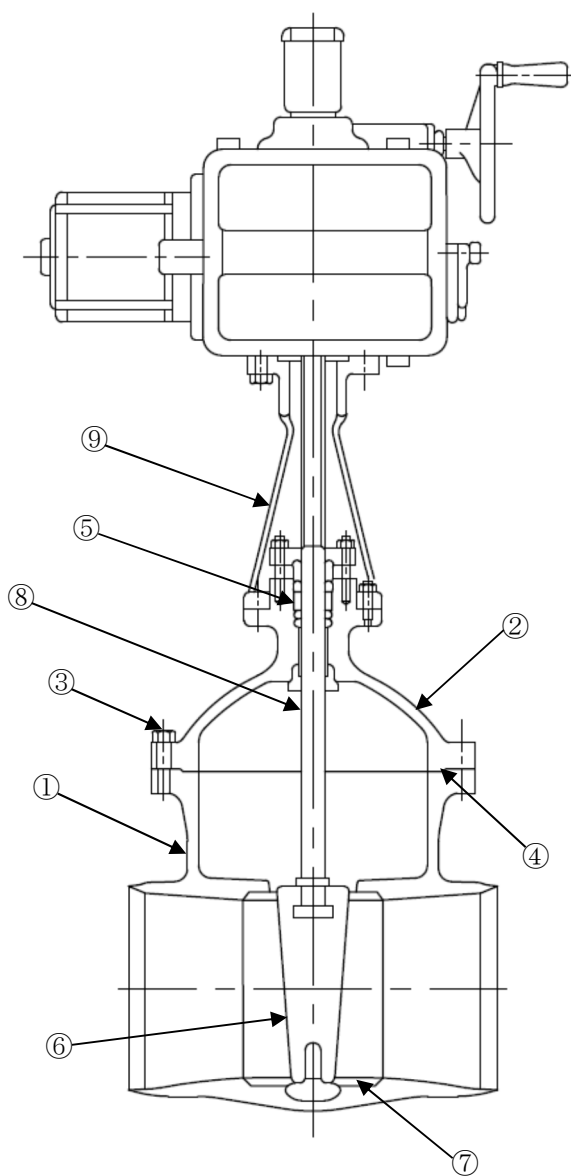


図 2.1-3 原子炉補機冷却水系 PCV 入口外側隔離弁構造図

表 2.1-5 原子炉補機冷却水系 PCV 入口外側隔離弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	炭素鋼鋳鋼 (SCPH2)
		弁ふた	炭素鋼 (SF50A ステライト肉盛)
		ジョイントボルト	低合金鋼 (SNB7)
		ジョイントナット	低合金鋼 (SNB7)
	シール	ガスケット	(消耗品)
		グラウンドパッキン	(消耗品)
隔離機能の維持	隔離	弁体	炭素鋼鋳鋼 (SCPH2 ステライト肉盛)
		弁座	炭素鋼 (SF50A ステライト肉盛)
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼 (SUS431-B)
		ヨーク	炭素鋼鋳鋼 (SCPH2)

表 2.1-6 原子炉補機冷却水系 PCV 入口外側隔離弁の使用条件

最高使用圧力	約 1.4 MPa
最高使用温度	171 °C
内部流体	冷却水 (防錆剤入り)

#### 2.1.4 原子炉冷却材再循環系ポンプ吐出弁

##### (1) 構造

原子炉冷却材再循環系ポンプ吐出弁は、口径 600 A、圧力クラス 887 LB の電動仕切弁で、2 台設置されている。

弁本体は純水を内包する耐圧部（弁箱、弁ふた、ジョイントボルト・ナット、軸封部）、純水を仕切る隔離部（弁体、弁座）及び弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒、ヨーク）からなる。

純水に接する弁箱、弁ふた及び弁体はステンレス鋳鋼、弁座はステンレス鋼で製作されており、軸封部には流体の漏れを防止するためグランドパッキンが使用されている。

なお、当該弁については、駆動部を切り離し、ジョイントボルト・ナットを取り外すことにより、弁内部の点検手入れが可能である。

原子炉冷却材再循環系ポンプ吐出弁の構造図を図 2.1-4 に示す。

##### (2) 材料及び使用条件

原子炉冷却材再循環系ポンプ吐出弁主要部位の使用材料を表 2.1-7 に、使用条件を表 2.1-8 に示す。

No.	部 位
①	弁箱
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	ガスケット
⑤	グラウンドパッキン
⑥	弁体
⑦	弁座
⑧	弁棒
⑨	ヨーク

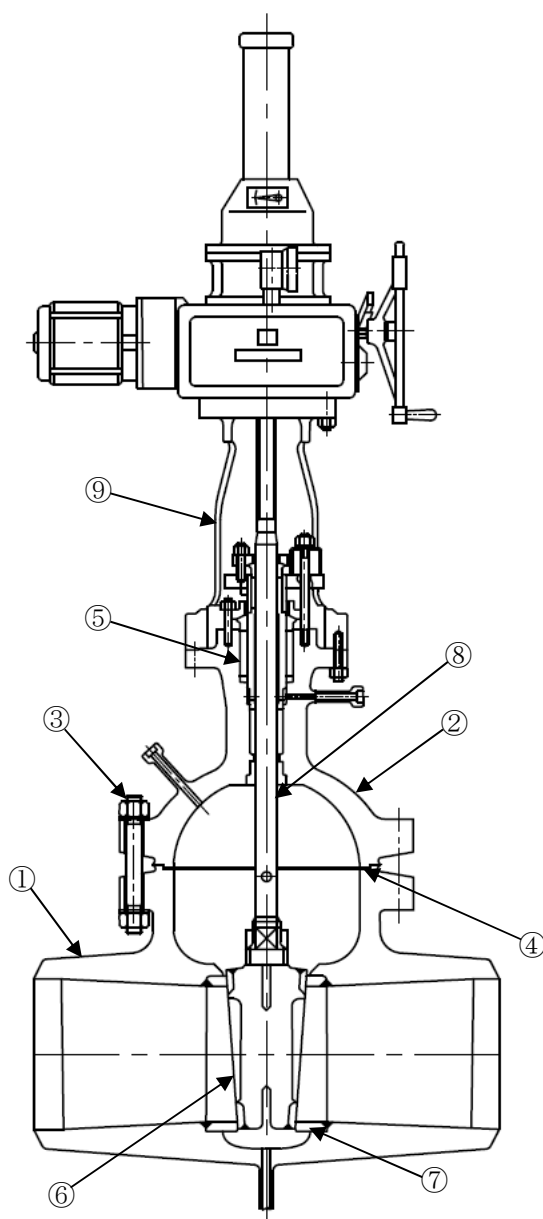


図 2.1-4 原子炉冷却材再循環系ポンプ吐出弁構造図

表 2.1-7 原子炉冷却材再循環系ポンプ吐出弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	ステンレス鋳鋼 (SCS16A)
		弁ふた	ステンレス鋳鋼 (SCS16A)
		ジョイントボルト	低合金鋼 (SNB7)
		ジョイントナット	低合金鋼 (SNB7)
	シール	ガスケット	(消耗品)
		グラッドパッキン	(消耗品)
隔離機能の維持	隔離	弁体	ステンレス鋳鋼 (SCS16A ステライト肉盛)
		弁座	ステンレス鋼 (SUSF316L ステライト肉盛)
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼 (SUS630)
		ヨーク	炭素鋼鋳鋼 (SCPH2)

表 2.1-8 原子炉冷却材再循環系ポンプ吐出弁の使用条件

最高使用圧力	約 10.4 MPa
最高使用温度	302 °C
内部流体	純水



## 2.1.5 ほう酸水注入系ポンプ吐出弁

### (1) 構造

ほう酸水注入系ポンプ吐出弁は、口径 40 A、圧力クラス 900 LB の手動仕切弁で、2 台設置されている。

弁本体は五ほう酸ナトリウム水を内包する耐圧部（弁箱、弁ふた、ジョイントボルト・ナット、軸封部）、五ほう酸ナトリウム水を仕切る隔離部（弁体、弁座）及び弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒、ヨーク）からなる。

五ほう酸ナトリウム水に接する弁箱、弁ふた、弁体及び弁座はステンレス鋼で製作され、軸封部には流体の漏れを防止するためグラندパッキンが使用されている。

なお、当該弁については、ジョイントボルト・ナットを取り外すことにより、弁内部の点検手入れが可能である。

ほう酸水注入系ポンプ吐出弁の構造図を図 2.1-5 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

ほう酸水注入系ポンプ吐出弁主要部位の使用材料を表 2.1-9 に、使用条件を表 2.1-10 に示す。

No.	部 位
①	弁箱
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	ガスケット
⑤	グラウンドパッキン
⑥	弁体
⑦	弁座
⑧	弁棒
⑨	ヨーク

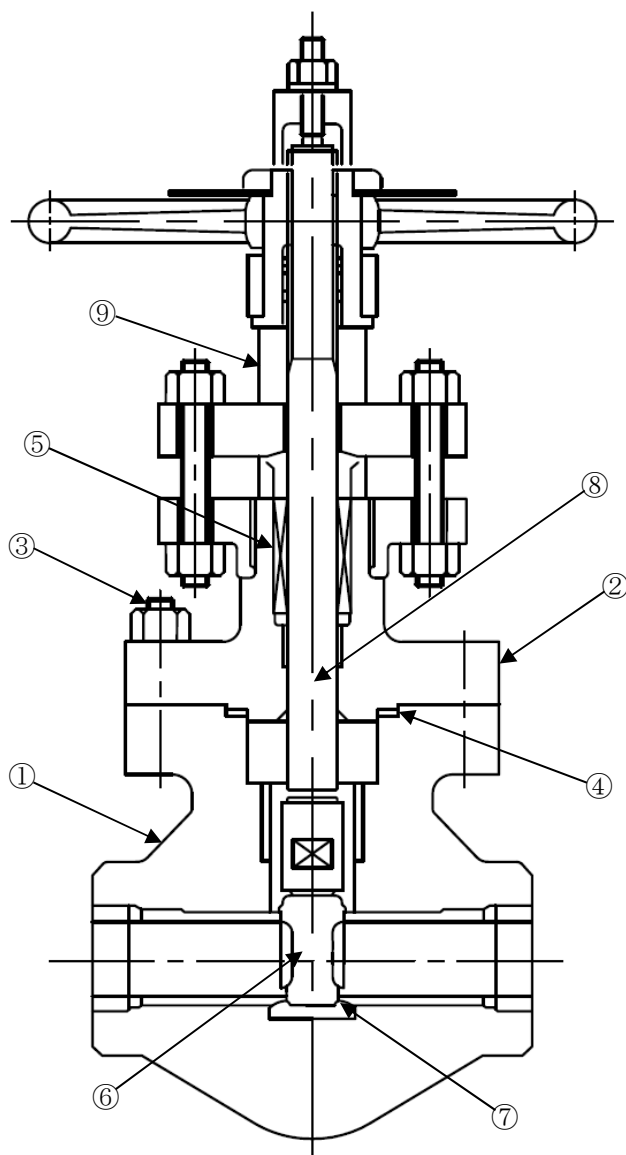


図 2.1-5 ほろ酸水注入系ポンプ吐出弁構造図

表 2.1-9 ほう酸水注入系ポンプ吐出弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	ステンレス鋼 (SUSF304)
		弁ふた	ステンレス鋼 (SUSF304 ステライト肉盛)
		ジョイントボルト	低合金鋼 (SNB7)
		ジョイントナット	低合金鋼 (SNB7)
	シール	ガスケット	(消耗品)
		グランドパッキン	(消耗品)
隔離機能の維持	隔離	弁体	ステンレス鋼 (SUSF304 ステライト肉盛)
		弁座	ステンレス鋼 (SUSF304 ステライト肉盛)
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼 (SUS403-B)
		ヨーク	炭素鋼 (SF45A)

表 2.1-10 ほう酸水注入系ポンプ吐出弁の使用条件

最高使用圧力	約 10.8 MPa
最高使用温度	66 °C
内部流体	五ほう酸ナトリウム水

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

仕切弁の機能である流体仕切機能の達成に必要な項目は以下のとおり。

- ① バウンダリの維持
- ② 隔離機能の維持
- ③ 作動機能の維持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

仕切弁について、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の材料、構造、使用条件（内部流体、圧力、温度等）及び現在までの運転経験を考慮し、代表機器毎に表 2.2-1 に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

なお、消耗品及び定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

グランドパッキン及びガスケットは消耗品であり、設計時に長期使用せず取替を前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

(3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

想定される経年劣化事象のうち主要6事象に該当する事象及び下記①、②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。なお、下記①、②に該当する事象については、2.2.3項に示すとおり、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

- ① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象として表2.2-1で△）
- ② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外として表2.2-1で▲）

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象として以下の事象が抽出された（表2.2-1で○）。

- a. 弁箱の疲労割れ [給水系原子炉給水ライン手動止め弁，原子炉冷却材再循環系ポンプ吐出弁]
- b. 弁箱の熱時効 [原子炉冷却材再循環系ポンプ吐出弁]

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

a. 弁箱、弁ふた、弁体及び弁座の腐食（流れ加速型腐食（FAC））〔給水系原子炉給水ライン手動止め弁〕

弁箱、弁ふた、弁体及び弁座は炭素鋼または炭素鋼鋳鋼で、内部流体が純水であることから、腐食（FAC）の発生が想定されるが、分解点検時の目視点検により、有意な腐食が確認された場合は、必要に応じて補修または取替を行うこととしている。

また、冷温停止状態においては、プラント運転状態と異なり、流速ならびに温度が低いことから、腐食（FAC）が発生する可能性はない。

今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. 弁棒の疲労割れ〔共通〕

電動弁については、バックシートが効く位置の手前でリミットスイッチが切れ、動作が止まるように設定されているため、弁棒及びバックシート部へ過負荷は加わらない。

一部の電動弁では、全開位置をトルク切れによって調整しており、トルク設定値を高くすると、弁棒のバックシート部は常に高い応力がかかった状態となり、配管振動等による疲労が蓄積し、弁棒に疲労割れを起こす可能性がある。

しかし、通常はバックシートが効く程度の力で動作が止まるようトルク設定されており、これまでの点検結果からも割れは確認されていない。

手動弁については開操作時に、バックシート部への過負荷がかからないように適切な操作を行うこととしており、これまでの点検結果からも割れは確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. 弁体及び弁座シート面の摩耗〔共通〕

弁が開閉するとシート面が摺動するが、シート面にはステライト肉盛が施されているため、摩耗する可能性は小さい。

また、これまでの点検結果からも有意な摩耗は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食） [共通]

ジョイントボルト・ナットは低合金鋼であることから、腐食の発生が想定されるが、分解点検時に目視にて健全性を確認している。

また、これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. ヨークの腐食（全面腐食） [共通]

ヨークは炭素鋼鋳鋼または炭素鋼であることから、腐食の発生が想定されるが、大気接触部は防食塗装を施しており、必要に応じて補修を行うこととしている。

また、これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f. 弁箱、弁ふた、弁体及び弁座の腐食（全面腐食） [可燃性ガス濃度制御系出口隔離弁]

弁箱、弁ふた、弁体及び弁座は炭素鋼鋳鋼または炭素鋼で、内部流体が湿分を含んだガス（窒素）であることから、腐食の発生が想定されるが、分解点検時に目視にて健全性を確認している。

また、これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

g. 弁箱、弁ふた、弁体及び弁座の腐食（全面腐食） [原子炉補機冷却水系 PCV 入口外側隔離弁]

弁箱、弁ふた、弁体及び弁座は炭素鋼鋳鋼または炭素鋼であることから、腐食の発生が想定されるが、内部流体の冷却水には防錆剤が注入されているため、腐食が発生する可能性は小さい。

また、これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

h. 弁箱、弁ふた、弁体、弁座及び弁棒の腐食（全面腐食） [ほう酸水注入系ポンプ吐出弁]

弁箱、弁ふた、弁体、弁座及び弁棒はステンレス鋼で、内部流体が五ほう酸ナトリウム水であるが、ステンレス鋼は耐食性が高いため、腐食が発生する可能性は小さい。

また、これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

i. 弁ふた，弁体の熱時効〔原子炉冷却材再循環系ポンプ吐出弁〕

弁ふた，弁体の材料はステンレス鋳鋼を用いており，熱時効による材料特性の低下により破壊靱性の低下が想定され，この状態で亀裂が存在する場合には小さな荷重で亀裂が進展し，不安定破壊を引き起こす可能性があるが，これまでの分解点検時における目視点検及び浸透探傷検査結果から欠陥は確認されていない。

今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- (2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。



表 2.2-1 (1/5) 可燃性ガス濃度制御系出口隔離弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考
					減 肉		割 れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		炭素鋼鋳鋼		△						*:ステライト肉盛
		弁ふた		炭素鋼*		△						
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	シール	ガスケット	◎									
		グランドパッキン	◎									
隔離機能の維持	隔離	弁体		炭素鋼鋳鋼*	△	△						
		弁座		炭素鋼*	△	△						
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		ステンレス鋼			△					
		ヨーク		炭素鋼鋳鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (2/5) 給水系原子炉給水ライン手動止め弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考
					減 肉		割 れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		炭素鋼鋳鋼		△*2	○					*1:ステライト肉盛 *2:FAC
		弁ふた		炭素鋼*1		△*2						
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	シール	ガスケット	◎									
		グランドパッキン	◎									
隔離機能の維持	隔離	弁体		炭素鋼鋳鋼*1	△	△*2						
		弁座		炭素鋼*1	△	△*2						
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		ステンレス鋼			△					
		ヨーク		炭素鋼鋳鋼		△						

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (3/5) 原子炉補機冷却水系 PCV 入口外側隔離弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		炭素鋼鋳鋼		△					*:ステライト肉盛	
		弁ふた		炭素鋼*		△						
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	シール	ガスケット	◎									
		グランドパッキン	◎									
隔離機能の維持	隔離	弁体		炭素鋼鋳鋼*	△	△						
		弁座		炭素鋼*	△	△						
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		ステンレス鋼			△					
		ヨーク		炭素鋼鋳鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (4/5) 原子炉冷却材再循環系ポンプ吐出弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		ステンレス鋳鋼			○		○		*:ステライト肉盛	
		弁ふた		ステンレス鋳鋼					△			
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	シール	ガスケット	◎									
		グランドパッキン	◎									
隔離機能の維持	隔離	弁体		ステンレス鋳鋼*	△				△			
		弁座		ステンレス鋼*	△							
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		ステンレス鋼			△					
		ヨーク		炭素鋼鋳鋼		△						

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (5/5) ほう酸水注入系ポンプ吐出弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		ステンレス鋼		△					*:ステライト肉盛	
		弁ふた		ステンレス鋼*		△						
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	シール	ガスケット	◎									
		グランドパッキン	◎									
隔離機能の維持	隔離	弁体		ステンレス鋼*	△	△						
		弁座		ステンレス鋼*	△	△						
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		ステンレス鋼		△	△					
		ヨーク		炭素鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

## 2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

### (1) 弁箱の疲労割れ [給水系原子炉給水ライン手動止め弁, 原子炉冷却材再循環系ポンプ吐出弁]

#### a. 事象の説明

給水系原子炉給水ライン手動止め弁及び原子炉冷却材再循環系ポンプ吐出弁は、プラントの起動・停止時等の熱過渡による疲労が蓄積される可能性がある。

#### b. 技術評価

##### ① 健全性評価

給水系原子炉給水ライン手動止め弁, 原子炉冷却材再循環系ポンプ吐出弁について、応力算出ならびに評価を実施した。

疲労評価は、運転実績に基づいた現時点（令和3年8月11日時点）の過渡回数を用いて、「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 2005年版（2007年追補版を含む）」に基づき実施した。評価部位を図 2.3-1 に、運転実績に基づく現時点（令和3年8月11日時点）の値を表 2.3-1 に示す。

なお、使用環境を考慮した疲労については、日本機械学会「発電用原子力設備規格 環境疲労評価手法 JSME S NF1-2009」に基づいて評価した。

この結果、表 2.3-2 に示すとおり、疲れ累積係数は許容値 1 以下であり、疲労割れ発生の可能性は小さいと判断する。

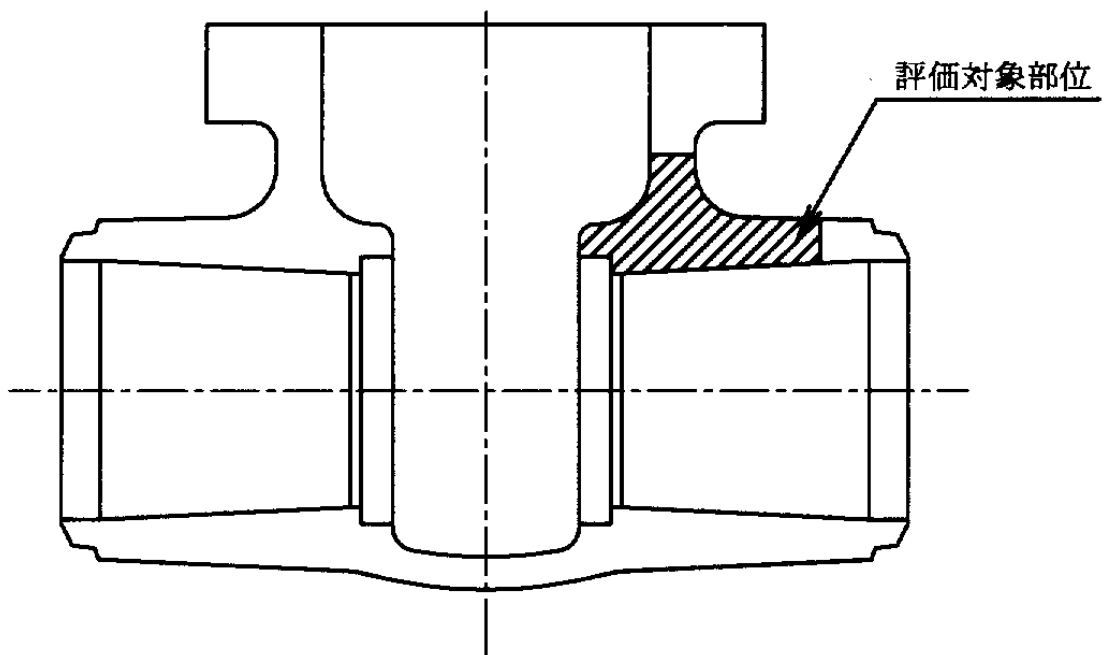


図 2.3-1 仕切弁疲労評価部位

表 2.3-1 (1/2) 給水系原子炉給水ライン手動止め弁の疲労評価用過渡条件

運転条件	運転実績に基づく過渡回数 (令和3年8月11日時点)
耐圧試験	20
起動 (昇温)	24
起動 (タービン起動)	23
夜間低出力運転	23
週末低出力運転	15
制御棒パターン変更	28
給水加熱器機能喪失 (発電機トリップ)	10
タービントリップに伴うスクラム	4
スクラム (その他)	8
停止	23

表 2.3-1 (2/2) 原子炉冷却材再循環系ポンプ吐出弁の疲労評価用過渡条件

運転条件	運転実績に基づく過渡回数 (令和3年8月11日時点)
耐圧試験	20
起動 (昇温)	24
起動 (タービン起動)	23
給水加熱器機能喪失 (発電機トリップ)	10
タービントリップに伴うスクラム	4
スクラム (その他)	8
停止	23



表 2.3-2 給水系原子炉給水ライン手動止め弁及び原子炉冷却材再循環系ポンプ吐出弁の疲労評価結果

評価対象	運転実績回数に基づく疲れ累積係数 (許容値：1以下)	
	設計・建設規格の 疲労曲線による解析	環境疲労 評価手法による解析
	現時点 (令和3年8月11日時点)	現時点 (令和3年8月11日時点)
給水系原子炉給水ライン手動止め弁	0.054	0.134
原子炉冷却材再循環系ポンプ吐出弁	0.026	0.582

② 現状保全

弁箱の疲労割れに対しては、弁分解時に目視にて弁箱内面に有意な欠陥がないことを確認している。

また、社団法人日本原子力学会標準「原子力発電所の高経年化対策実施基準：2015」（AESJ-SC-P005：2015）に基づき、次回高経年化技術評価時に、実過渡回数確認による疲労評価を行うこととしている。

③ 総合評価

健全性評価結果より、給水系原子炉給水ライン手動止め弁及び原子炉冷却材再循環系ポンプ吐出弁は、疲労割れ発生の可能性が十分に小さく、次回高経年化技術評価時に、実過渡回数確認による疲労評価を行うことが有効と判断する。

なお、当面の冷温停止状態においては、有意な熱過渡はなく、今後の疲労割れの発生・進展する可能性はない。

また、割れは分解点検時の目視点検にて検知可能であり、現状の保全は点検手法として適切であると判断する。

c. 高経年化への対応

弁箱の疲労割れについては、高経年化対策の観点から現状保全の内容に追加すべき項目はなく、今後も現状保全を継続していく。

(2) 弁箱の熱時効 [原子炉冷却材再循環系ポンプ吐出弁]

a. 事象の説明

原子炉冷却材再循環系ポンプ吐出弁の弁箱に使用しているステンレス鋳鋼は、オーステナイト相中に一部フェライト相を含む 2 相組織であるため、高温で加熱されると時間とともにフェライト相内でより安定な組織形態へ移行しようとし、相分離が起こることにより靱性が低下する可能性がある。

b. 技術評価

① 健全性評価

熱時効による靱性低下は、フェライト量が多く、使用温度が高いほど大きくなる。靱性が低下した状態で亀裂が存在する場合には小さな荷重で亀裂が進展し、不安定破壊を引き起こす可能性がある。

② 現状保全

弁箱の熱時効については、分解点検時に目視点検及び浸透探傷検査により亀裂の有無を確認しており、これまでの点検結果から亀裂は確認されていない。

③ 総合評価

健全性評価及び現状保全から、弁箱については、高温環境下のため熱時効により破壊靱性が低下する可能性はあるが、分解点検時に目視点検及び浸透探傷検査により亀裂がないことを確認しており、熱時効が問題となる可能性は小さい。

なお、当面の冷温停止状態においては、有意な熱過渡はなく、今後の疲労割れの発生・進展する可能性はない。

c. 高経年化への対応

弁箱の熱時効に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に対し追加すべき項目はなく、今後も現状保全を継続していく。

### 3. 代表機器以外への展開

本章では、2章で実施した代表機器の技術評価結果について、1章で実施したグループ化で代表機器となっていない機器への展開について検討した。

#### [対象系統]

- ① 原子炉冷却材再循環系
- ② 制御棒駆動系
- ③ ほう酸水注入系
- ④ 残留熱除去系
- ⑤ 低圧炉心スプレイ系
- ⑥ 高圧炉心スプレイ系
- ⑦ 原子炉冷却材浄化系
- ⑧ 燃料プール冷却浄化系
- ⑨ 液体固体廃棄物処理系
- ⑩ 給水系
- ⑪ 復水補給水系
- ⑫ 原子炉補機冷却水系
- ⑬ 換気空調補機常用冷却水系
- ⑭ 換気空調補機非常用冷却水系
- ⑮ 高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系
- ⑯ 可燃性ガス濃度制御系

### 3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

#### a. 弁箱の疲労割れ [原子炉冷却材再循環系ポンプ吸込弁]

代表機器同様、原子炉冷却材再循環系ポンプ吸込弁については、疲労割れの発生する可能性があるが、弁形状、運転状態及び過渡条件が代表機器である原子炉冷却材再循環系ポンプ吐出弁と同様であることから、疲労割れ発生の可能性は十分に小さい。

また、分解点検時の目視点検により、弁箱内面に欠陥がないことを確認していくことで、疲労割れに対する健全性は維持できると判断する。

したがって、高経年化対策の観点から現状の保全内容に対して追加すべき項目はない。

#### b. 弁箱の熱時効 [原子炉冷却材再循環系ポンプ吸込弁]

代表機器同様、弁箱に使用しているステンレス鋳鋼は、オーステナイト相中に一部フェライト相を含む 2 相組織であるため、高温で加熱されると時間とともにフェライト相内でより安定な組織形態へ移行しようとし、相分離が起こることにより靱性が低下する可能性があるが、これまでの分解点検時における目視点検及び浸透探傷検査により亀裂がないことを確認しており、熱時効が問題となる可能性は小さい。

また、当面の冷温停止状態においては内部流体が高温となることはなく、熱時効の発生する可能性はない。

したがって、高経年化対策の観点から現状の保全内容に対して追加すべき項目はない。

### 3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

a. 弁箱，弁ふた，弁体及び弁座の腐食（流れ加速型腐食（FAC））〔純水系炭素鋼仕切弁：残留熱除去系，原子炉冷却材浄化系，給水系，復水補給水系〕

代表機器同様，弁箱，弁ふた，弁体及び弁座は炭素鋼または炭素鋼鋳鋼で，内部流体が純水であることから，腐食（FAC）の発生が想定されるが，分解点検時の目視点検により，有意な腐食が確認された場合は，必要に応じて補修または取替を行うこととしている。

また，冷温停止状態においては，プラント運転状態と異なり，流速ならびに温度が低いことから，腐食（FAC）が発生する可能性はない。

今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. 弁棒の疲労割れ〔共通〕

代表機器同様，電動弁については，バックシートが効く位置の手前でリミットスイッチが切れ，動作が止まるように設定されているため，弁棒及びバックシート部へ過負荷は加わらない。

一部の電動弁では，全開位置をトルク切れによって調整しており，トルク設定値を高くすると，弁棒のバックシート部は常に高い応力がかかった状態となり，配管振動等による疲労が蓄積し，弁棒に疲労割れを起こす可能性がある。

しかし，通常はバックシートが効く程度の力で動作が止まるようトルク設定されており，これまでの点検結果からも割れは確認されていない。

手動弁については開操作時に，バックシート部への過負荷がかからないように適切な操作を行うこととしており，これまでの点検結果からも割れは確認されていない。

また，空気作動弁についても作動空気圧が小さいため，バックシート部へ過負荷はかからない。

したがって，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. 弁体及び弁座シート面の摩耗〔共通〕

代表機器同様，弁が開閉するとシート面が摺動するが，シート面にはステライト肉盛が施されているため，摩耗する可能性は小さい。

また，これまでの点検結果からも有意な摩耗は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- d. ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）[低合金鋼または炭素鋼のジョイントボルト・ナットを有する弁共通]
- 代表機器同様，ジョイントボルト・ナットは低合金鋼または炭素鋼であることから，腐食の発生が想定されるが，分解点検時に目視にて健全性を確認している。
- また，これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。
- e. ヨークの腐食（全面腐食）[炭素鋼または炭素鋼鋳鋼のヨークを有する弁共通]
- 代表機器同様，ヨークは炭素鋼または炭素鋼鋳鋼であることから，腐食の発生が想定されるが，大気接触部は防食塗装を施しており，必要に応じて補修を行うこととしている。
- また，これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。
- f. 弁箱，弁ふた，弁体及び弁座の腐食（全面腐食）[ガス系炭素鋼仕切弁：可燃性ガス濃度制御系]
- 代表機器同様，弁箱，弁ふた，弁体及び弁座は炭素鋼鋳鋼または炭素鋼で，内部流体が湿分を含んだガス（窒素）であることから，腐食の発生が想定されるが，分解点検時に目視にて健全性を確認している。
- また，これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。
- g. 弁箱，弁ふた，弁体及び弁座の腐食（全面腐食）[純水系炭素鋼仕切弁：残留熱除去系，低圧炉心スプレイ系，高圧炉心スプレイ系，原子炉冷却材浄化系，給水系，復水補給水系]
- 弁箱，弁ふた，弁体及び弁座は炭素鋼または炭素鋼鋳鋼で，内部流体が純水であることから，腐食の発生が想定されるが，分解点検時に目視にて健全性を確認している。
- また，これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- h. 弁箱，弁ふた，弁体及び弁座の腐食（全面腐食）[冷却水系炭素鋼仕切弁：原子炉補機冷却水系，換気空調補機常用冷却水系，換気空調補機非常用冷却水系，高圧炉心スプレディーゼル補機冷却水系]

代表機器同様，弁箱，弁ふた，弁体及び弁座は炭素鋼または炭素鋼鋳鋼であることから，腐食の発生が想定されるが，内部流体の冷却水には防錆剤が注入されているため，腐食が発生する可能性は小さい。

また，これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- i. 弁箱，弁ふた，弁体，弁座及び弁棒の腐食（全面腐食）[ほう酸水注水系ステンレス鋼仕切弁：ほう酸水注入系]

代表機器同様，弁箱，弁ふた，弁体，弁座及び弁棒はステンレス鋼またはステンレス鋳鋼で，内部流体が五ほう酸ナトリウム水であるが，ステンレス鋼またはステンレス鋳鋼は耐食性が高いため，腐食が発生する可能性は小さい。

また，これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- j. 弁ふた，弁体の熱時効 [純水系ステンレス鋳鋼仕切弁：原子炉冷却材再循環系ポンプ吸込弁]

代表機器同様，弁ふた，弁体の材料はステンレス鋳鋼を用いており，熱時効による材料特性の低下により破壊靱性の低下が想定され，この状態で亀裂が存在する場合には小さな荷重で亀裂が進展し，不安定破壊を引き起こす可能性があるが，これまでの分解点検時における目視点検及び浸透探傷検査結果から欠陥は確認されていない。

今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- k. ベローズの疲労割れ [ベローズを有する弁共通]

ベローズを有する弁は作動頻度が少ないため，ベローズの疲労割れが発生する可能性は小さい。

また，これまでの点検結果からも割れは確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- (2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

代表機器同様、日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。

以 上



## 2 玉形弁

### [対象系統]

- ① 制御棒駆動系
- ② ほう酸水注入系
- ③ 残留熱除去系
- ④ 低圧炉心スプレイ系
- ⑤ 高圧炉心スプレイ系
- ⑥ 原子炉冷却材浄化系
- ⑦ 燃料プール冷却浄化系
- ⑧ 液体固体廃棄物処理系
- ⑨ 復水補給水系
- ⑩ 原子炉補機冷却水系
- ⑪ 換気空調補機常用冷却水系
- ⑫ 換気空調補機非常用冷却水系
- ⑬ 高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系
- ⑭ 計装用圧縮空気系
- ⑮ 事故時サンプリング系
- ⑯ 可燃性ガス濃度制御系

## 目 次

1. 対象機器及び代表機器の選定.....	2-1
1.1 グループ化の考え方及び結果.....	2-1
1.2 代表機器の選定.....	2-1
2. 代表機器の技術評価.....	2-7
2.1 構造, 材料及び使用条件.....	2-7
2.1.1 原子炉冷却材浄化系ボトム吸込弁.....	2-7
2.1.2 原子炉補機冷却水系 PCV 出口隔離弁テスト弁.....	2-10
2.1.3 計装用圧縮空気系 SRV 用窒素ガス PCV 外側隔離弁.....	2-13
2.1.4 E31-FT001 元弁.....	2-16
2.1.5 ほう酸水注入系注入ライン試験タップ第二弁.....	2-19
2.2 経年劣化事象の抽出.....	2-22
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目.....	2-22
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象.....	2-22
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象.....	2-24
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価.....	2-32
3. 代表機器以外への展開.....	2-36
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象.....	2-37
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象.....	2-37

## 1. 対象機器及び代表機器の選定

主要な玉形弁の主な仕様を表 1-1 に示す。

これらの玉形弁を材料及び内部流体の観点からグループ化し、それぞれのグループより代表機器を選定した。

### 1.1 グループ化の考え方及び結果

材料及び内部流体を分類基準とし、玉形弁を表 1-1 に示すとおりグループ化する。

弁箱材料は炭素鋼，ステンレス鋼に分類され，流体はガス，純水，冷却水（防錆剤入り）及び五ほう酸ナトリウム水に分類される。

### 1.2 代表機器の選定

表 1-1 に分類したグループ毎に，原則として重要度，運転状態，最高使用温度，最高使用圧力及び口径の観点から代表機器を選定する。

#### (1) 純水系炭素鋼玉形弁（内部流体：純水，弁箱材質：炭素鋼）

純水系ラインに使用されている炭素鋼玉形弁のうち，重要度，運転状態の観点から原子炉冷却材浄化系ボトム吸込弁を代表機器とする。

(G31-F026, 50 A, 900 LB)

#### (2) 冷却水系炭素鋼玉形弁（内部流体：冷却水，弁箱材質：炭素鋼）

冷却水系ラインに使用されている炭素鋼玉形弁のうち，重要度，運転状態，最高使用温度の観点から原子炉補機冷却水系 PCV 出口隔離弁テスト弁を代表機器とする。

(P21-F085A/F087B, 20 A, 150 LB)

#### (3) ガス系ステンレス鋼玉形弁（内部流体：ガス，弁箱材質：ステンレス鋼）

ガス系ラインに使用されているステンレス鋼玉形弁のうち，重要度，運転状態，最高使用温度及び最高使用圧力の観点から計装用圧縮空気系 SRV 用窒素ガス PCV 外側隔離弁を代表機器とする。

(P54-M0-F016, 25 A, 300 LB)

#### (4) 純水系ステンレス鋼玉形弁（内部流体：純水，弁箱材質：ステンレス鋼）

純水系ラインに使用されているステンレス鋼玉形弁のうち，重要度，運転状態及び最高使用温度の観点から E31-FT001 元弁を代表機器とする。

(G31-F700A~D, 20 A, 1500 LB)

- (5) 五ほう酸ナトリウム水系ステンレス鋼玉形弁（内部流体：五ほう酸ナトリウム水，弁箱材質：ステンレス鋼）

五ほう酸ナトリウム水系ラインに使用されているステンレス鋼玉形弁のうち，重要度，最高使用温度の観点からほう酸水注入系注入ライン試験タップ第二弁を代表機器とする。

(C41-F025, 20 A, 1500 LB)

表 1-1 (1/4) 玉形弁のグループ化及び代表機器の選定

分類基準		系統名称	選定基準				代表選定	代表弁	選定理由	
材料	内部流体		重要度*1	使用条件						
				口径 (A)	運転状態*2	最高使用圧力 (MPa)				最高使用温度 (°C)
炭素鋼	純水	残留熱除去系	PS-1	15~500	連続 (一時)	約 0.3~10.4	100~302	原子炉冷却材浄化系ボトム吸込弁 (50A, 約 8.6MPa, 302°C, 900LB) G31-F026	重要度, 運転状態	
		低圧炉心スプレイ系	MS-1	15~300	一時 (一時)	約 0.3~8.6	100~302			
		高圧炉心スプレイ系	MS-1	15~300	一時 (一時)	約 8.6~10.8	100~302			
		原子炉冷却材浄化系	PS-1	20~150	連続 (連続)	約 8.6~10.0	66~302			◎
		復水補給水系	MS-1	80	連続 (連続)	約 1.4	171			
		可燃性ガス濃度制御系	MS-1	50	一時 (一時)	約 3.4	182			

\*1 : 最上位の重要度を示す

\*2 : 上段は冷温停止状態時における運転状態, 下段の ( ) は断続運転時の運転状態を示す

表 1-1 (2/4) 玉形弁のグループ化及び代表機器の選定

分類基準		系統名称	選定基準				代表選定	代表弁	選定理由	
材料	内部流体		重要度*1	使用条件						
				口径 (A)	運転状態*2	最高使用圧力 (MPa)				最高使用温度 (°C)
炭素鋼	冷却水*3	原子炉補機冷却水系	MS-1	20~500	連続 (連一*4)	静水頭~約 1.4	70~171	◎ 原子炉補機冷却水系 PCV 出口 隔離弁テスト弁 (20A, 約 1.4MPa, 171°C, 150LB) P21-F085A/F087B	重要度, 運転状 態, 最高 使用温度	
		換気空調補機常用冷却水系	MS-1	20	連続 (連続)	約 1.3	66			
		換気空調補機非常用冷却水系	MS-1	150	一時 (一時)	約 0.8	66			
		高圧炉心スプレイディーゼル 補機冷却水系	MS-1	25~150	一時 (一時)	約 1.3	70			
ステン レス鋼	ガス (空気, 窒素)	計装用圧縮空気系	MS-1	25~50	連続 (連続)	約 0.9~1.8	171	◎ 計装用圧縮空気系 SRV 用窒素 ガス PCV 外側隔離弁 (25A, 約 1.8MPa, 171°C, 300LB) P54-M0-F016	重要度, 運転状 態, 最高 使用温 度, 最高 使用圧力	

\*1: 最上位の重要度を示す

\*2: 上段は冷温停止状態における運転状態, 下段の ( ) は断続運転時の状態を示す

\*3: 防錆剤入り純水

\*4: 連続/一時

表 1-1 (3/4) 玉形弁のグループ化及び代表機器の選定

分類基準		系統名称	選定基準					代表選定	代表弁	選定理由
材料	内部流体		重要度*1	使用条件						
				口径 (A)	運転状態*2	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)			
ステンレス鋼	純水	制御棒駆動系	MS-1	20~50	連続(連続)	約 13.8	66	◎	E31-FT001 元弁 (20A, 約 8.6MPa, 302°C, 1500LB) G31-F700A~D	重要度, 運転状態, 最高使用温度
		ほう酸水注入系	MS-1	40	一時(一時)	約 10.8	66~302			
		残留熱除去系	MS-1	20	連続(一時)	約 8.6	302			
		低圧炉心スプレイ系	MS-1	20	一時(一時)	約 8.6	302			
		高圧炉心スプレイ系	MS-1	20	一時(一時)	約 8.6	302			
		原子炉冷却材浄化系	MS-1	20	連続(連続)	約 8.6~13.8	66~302			
		燃料プール冷却浄化系	MS-2	200	連続(連続)	約 3.4	66			
		復水補給水系	MS-1	20~50	連続(連続)	約 1.4~13.8	66~171			
		液体固体廃棄物処理系	MS-1	20~50	連続(連続)	約 0.3	171			
		事故後サンプリング系	MS-1	25	一時(一時)	約 0.3	104			

\*1: 最上位の重要度を示す

\*2: 上段は冷温停止状態時における運転状態, 下段の ( ) は断続運転時の運転状態を示す

表 1-1 (4/4) 玉形弁のグループ化及び代表機器の選定

分類基準		系統名称	選定基準				代表選定	代表弁	選定理由	
材料	内部流体		重要度*1	使用条件						
				口径 (A)	運転状態*2	最高使用圧力 (MPa)				最高使用温度 (°C)
ステンレス鋼	五ほう酸ナトリウム水	ほう酸水注入系	MS-1	20~80	一時(一時)	約 1.4~10.8	66~302	◎	ほう酸水注入系注入ライン試験タップ第二弁 (20A, 約 8.6MPa, 302°C, 1500LB) C41-F025	重要度, 最高使用温度

\*1: 最上位の重要度を示す

\*2: 上段は冷温停止状態時における運転状態, 下段の ( ) は断続運転時の運転状態を示す



## 2. 代表機器の技術評価

本章では、1章で代表機器とした以下の弁について技術評価を実施する。

- ① 原子炉冷却材浄化系ボトム吸込弁
- ② 原子炉補機冷却水系 PCV 出口隔離弁テスト弁
- ③ 計装用圧縮空気系 SRV 用窒素ガス PCV 外側隔離弁
- ④ E31-FT001 元弁
- ⑤ ほう酸水注入系注入ライン試験タップ第二弁

### 2.1 構造、材料及び使用条件

#### 2.1.1 原子炉冷却材浄化系ボトム吸込弁

##### (1) 構造

原子炉冷却材浄化系ボトム吸込弁は、口径 50A、圧力クラス 900 LB の手動玉形弁で、1 台設置されている。

弁本体は、純水を内包する耐圧部（弁箱、弁ふた、ジョイントボルト・ナット、軸封部）、純水を仕切る隔離部（弁体、弁座）及び弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒、ヨーク）からなる。

純水に接する弁箱、弁ふた及び弁座は炭素鋼、弁体はステンレス鋼で製作されており、軸封部には流体の漏れを防止するためベローズ及びグランドパッキンが使用されている。

なお、当該弁については、ジョイントボルト・ナットを取り外すことにより、弁内部の点検手入れが可能である。

原子炉冷却材浄化系ボトム吸込弁の構造図を図 2.1-1 に示す。

##### (2) 材料及び使用条件

原子炉冷却材浄化系ボトム吸込弁主要部位の使用材料を表 2.1-1 に、使用条件を表 2.1-2 に示す。

No.	部 位
①	弁箱
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	弁体
⑤	弁座
⑥	弁棒
⑦	ヨーク
⑧	ガスケット
⑨	グラウンドパッキン
⑩	ベローズ

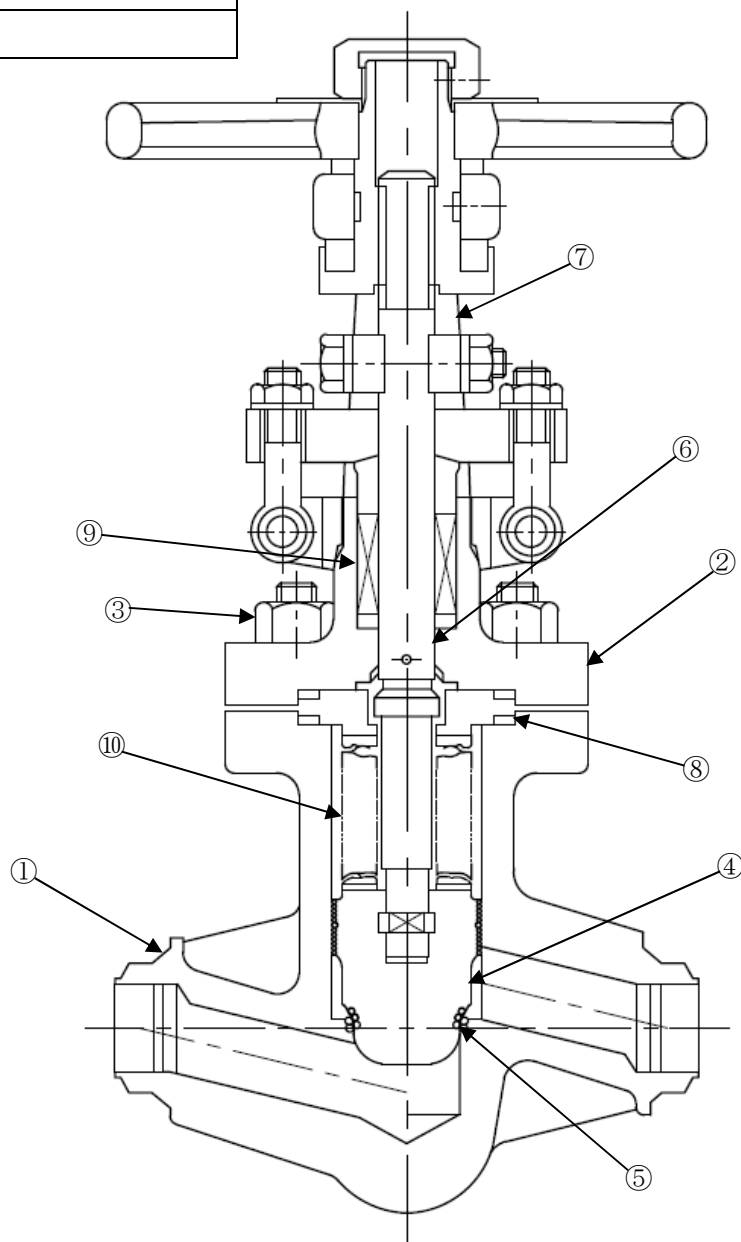


図 2.1-1 原子炉冷却材浄化系ボトム吸込弁構造図

表 2.1-1 原子炉冷却材浄化系ボトム吸込弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	炭素鋼 (S25C)
		弁ふた	炭素鋼 (S25C)
		ジョイントボルト	低合金鋼 (SNB7)
		ジョイントナット	低合金鋼 (SNB7)
	シール	ガスケット	(消耗品)
		グラウンドパッキン	(消耗品)
ベローズ		高ニッケル合金 (インコネル 625, インコネル 718)	
隔離機能の維持	隔離	弁体	ステンレス鋼 (SUS316L ステライト肉盛)
		弁座	炭素鋼 (S25C ステライト肉盛)
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼 (SUS630)
		ヨーク	炭素鋼 (SF45)

表 2.1-2 原子炉冷却材浄化系ボトム吸込弁の使用条件

最高使用圧力	約 8.6 MPa
最高使用温度	302 °C
内部流体	純水

## 2.1.2 原子炉補機冷却水系 PCV 出口隔離弁テスト弁

### (1) 構造

原子炉補機冷却水系 PCV 出口隔離弁テスト弁は、口径 20 A、圧力クラス 150 LB の手動玉形弁で、2 台設置されている。

弁本体は、冷却水を内包する耐圧部（弁箱、弁ふた、ジョイントボルト・ナット、軸封部）、冷却水を仕切る隔離部（弁体、弁座）及び弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒、ヨーク）からなる。

冷却水に接する弁箱、弁ふた及び弁座は炭素鋼、弁体はステンレス鋼で製作されており、軸封部には流体の漏れを防止するためグランドパッキンが使用されている。

なお、当該弁については、ジョイントボルト・ナットを取り外すことにより、弁内部の点検手入れが可能である。

原子炉補機冷却水系 PCV 出口隔離弁テスト弁の構造図を図 2.1-2 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

原子炉補機冷却水系 PCV 出口隔離弁テスト弁主要部位の使用材料を表 2.1-3 に、使用条件を表 2.1-4 に示す。

No.	部 位
①	弁箱
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	弁体
⑤	弁座
⑥	弁棒
⑦	ヨーク
⑧	ガスケット
⑨	グラウンドパッキン

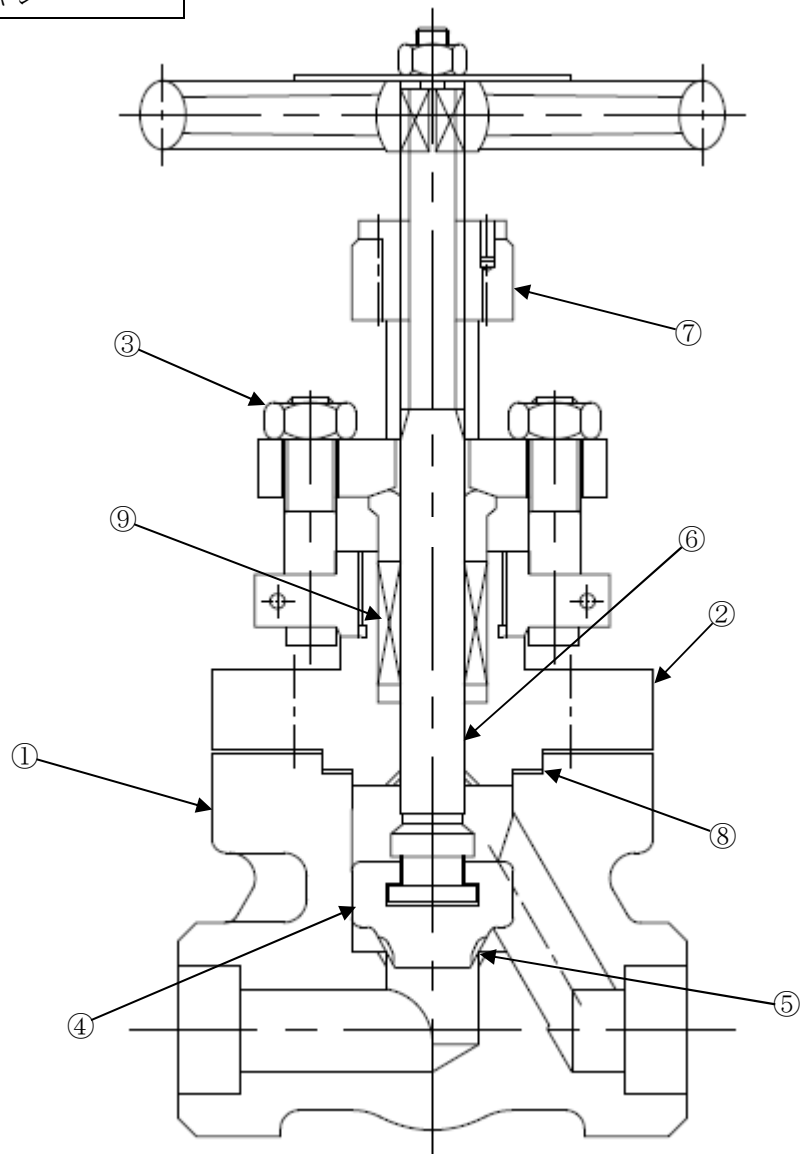


図 2. 1-2 原子炉補機冷却水系 PCV 出口隔離弁テスト弁構造図

表 2.1-3 原子炉補機冷却水系 PCV 出口隔離弁テスト弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	炭素鋼 (S25C)
		弁ふた	炭素鋼 (S25C ステライト肉盛)
		ジョイントボルト	低合金鋼 (SNB7)
		ジョイントナット	低合金鋼 (SNB7)
	シール	ガスケット	(消耗品)
		グラウンドパッキン	(消耗品)
隔離機能の維持	隔離	弁体	ステンレス鋼 (SUSF304 ステライト肉盛)
		弁座	炭素鋼 (S25C ステライト肉盛)
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼 (SUS403-B)
		ヨーク	炭素鋼 (SF45A)

表 2.1-4 原子炉補機冷却水系 PCV 出口隔離弁テスト弁の使用条件

最高使用圧力	約 1.4 MPa
最高使用温度	171 °C
内部流体	冷却水 (防錆剤入り)

### 2.1.3 計装用圧縮空気系 SRV 用窒素ガス PCV 外側隔離弁

#### (1) 構造

計装用圧縮空気系 SRV 用窒素ガス PCV 外側隔離弁は、口径 25 A、圧力クラス 300 LB の電動玉形弁で、1 台設置されている。

弁本体は、ガス（窒素）を内包する耐圧部（弁箱、弁ふた、ジョイントボルト・ナット、軸封部）、ガス（窒素）を仕切る隔離部（弁体、弁座）及び弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒、ヨーク）からなる。

ガス（窒素）に接する弁箱、弁ふた、弁体及び弁座はステンレス鋼で製作されており、軸封部には流体の漏れを防止するためグランドパッキンが使用されている。

なお、当該弁については、駆動部を切り離し、ジョイントボルト・ナットを取り外すことにより、弁内部の点検手入れが可能である。

計装用圧縮空気系 SRV 用窒素ガス PCV 外側隔離弁の構造図を図 2.1-3 に示す。

#### (2) 材料及び使用条件

計装用圧縮空気系 SRV 用窒素ガス PCV 外側隔離弁主要部位の使用材料を表 2.1-5 に、使用条件を表 2.1-6 に示す。

No.	部 位
①	弁箱
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	弁体
⑤	弁座
⑥	弁棒
⑦	ヨーク
⑧	ガスケット
⑨	グラウンドパッキン

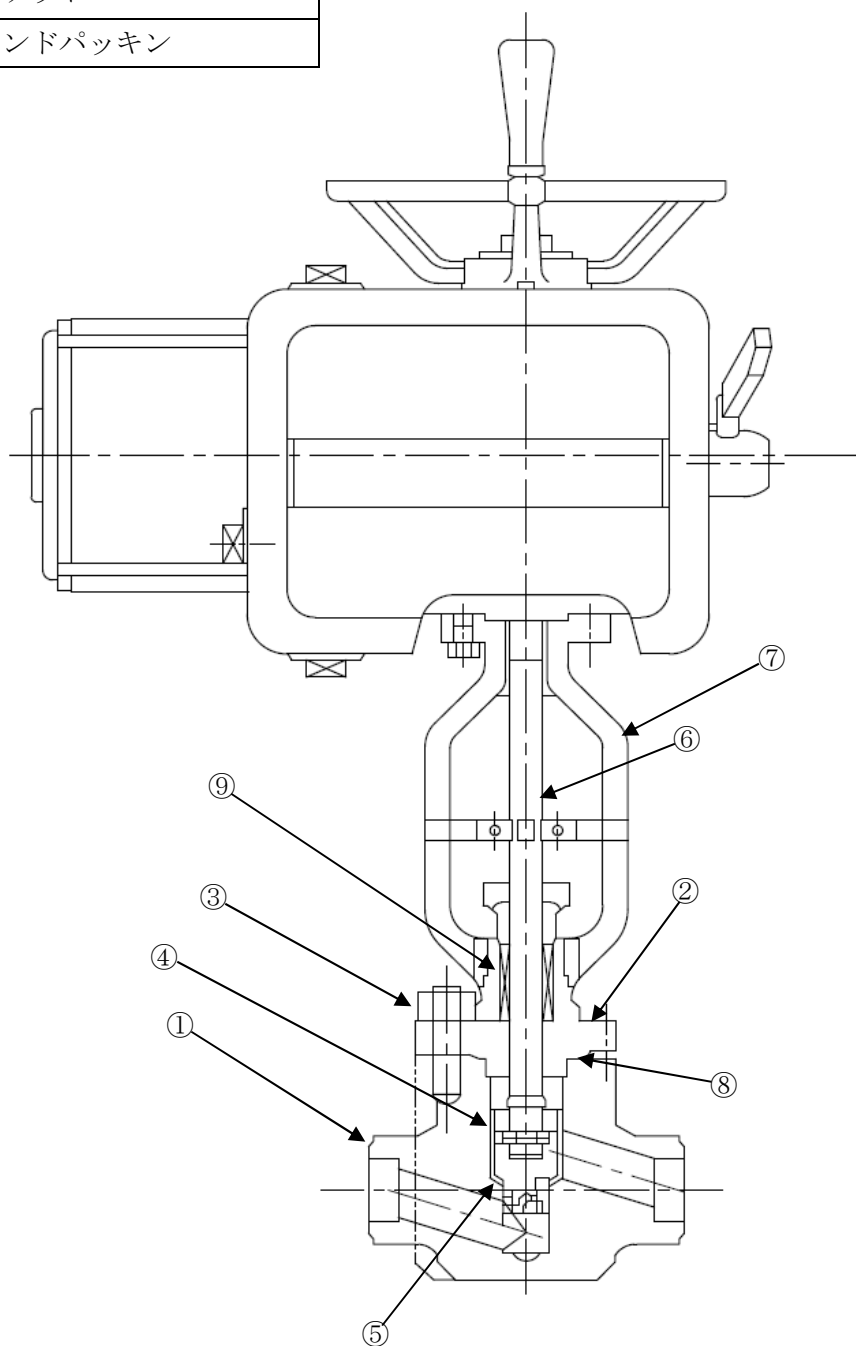


図 2.1-3 計装用圧縮空気系 SRV 用窒素ガス PCV 外側隔離弁構造図



表 2.1-5 計装用圧縮空気系 SRV 用窒素ガス PCV 外側隔離弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	ステンレス鋼 (SUSF316L)
		弁ふた	ステンレス鋼 (SUSF316L ステライト肉盛)
		ジョイントボルト	低合金鋼 (SNB7)
		ジョイントナット	低合金鋼 (SNB7)
	シール	ガスケット	(消耗品)
		グランドパッキン	(消耗品)
隔離機能の維持	隔離	弁体	ステンレス鋼 (SUSF316L ステライト肉盛)
		弁座	ステンレス鋼 (SUSF316L ステライト肉盛)
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼 (SUS630-B)
		ヨーク	炭素鋼鋳鋼 (SCPH2)

表 2.1-6 計装用圧縮空気系 SRV 用窒素ガス PCV 外側隔離弁の使用条件

最高使用圧力	約 1.8 MPa
最高使用温度	171 °C
内部流体	ガス (窒素)

#### 2.1.4 E31-FT001 元弁

##### (1) 構造

E31-FT001 元弁は、口径 20 A、圧力クラス 1500 LB の手動玉形弁で、4 台設置されている。

弁本体は、純水を内包する耐圧部（弁箱、弁ふた、ジョイントボルト・ナット、軸封部）、純水を仕切る隔離部（弁体、弁座）及び弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒、ヨーク）からなる。

純水に接する弁箱、弁ふた、弁体及び弁座はステンレス鋼で製作されており、軸封部には流体の漏れを防止するためベローズ及びグランドパッキンが使用されている。

なお、当該弁については、ジョイントボルト・ナットを取り外すことにより、弁内部の点検手入れが可能である。

E31-FT001 元弁の構造図を図 2.1-4 に示す。

##### (2) 材料及び使用条件

E31-FT001 元弁主要部位の使用材料を表 2.1-7 に、使用条件を表 2.1-8 に示す。

No.	部 位
①	弁箱
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	弁体
⑤	弁座
⑥	弁棒
⑦	ヨーク
⑧	ガスケット
⑨	グラウンドパッキン
⑩	ベローズ

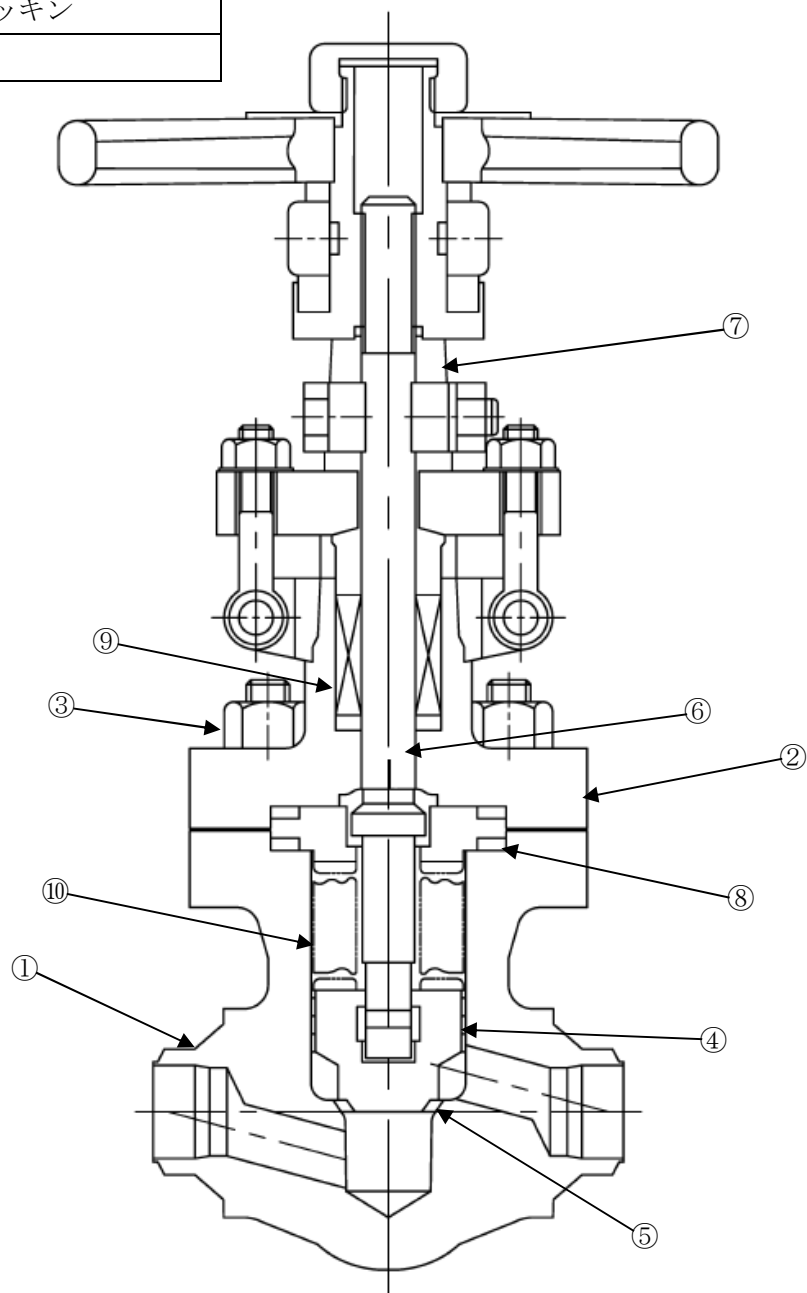


図 2.1-4 E31-FT001 元弁構造図

表 2.1-7 E31-FT001 元弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	ステンレス鋼 (SUSF316L)
		弁ふた	ステンレス鋼 (SUSF316L)
		ジョイントボルト	低合金鋼 (SNB7)
		ジョイントナット	低合金鋼 (SNB7)
	シール	ガスケット	(消耗品)
		グランドパッキン	(消耗品)
ベローズ		高ニッケル合金 (NK30)	
隔離機能の維持	隔離	弁体	ステンレス鋼 (SUSF316L ステライト肉盛)
		弁座	ステンレス鋼 (SUSF316L ステライト肉盛)
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼 (SUS630)
		ヨーク	炭素鋼 (SF45)

表 2.1-8 E31-FT001 元弁の使用条件

最高使用圧力	約 8.6 MPa
最高使用温度	302 °C
内部流体	純水

## 2.1.5 ほう酸水注入系注入ライン試験タップ第二弁

### (1) 構造

ほう酸水注入系注入ライン試験タップ第二弁は、口径 20 A、圧力クラス 1500 LB の手動玉形弁で、1 台設置されている。

弁本体は、五ほう酸ナトリウム水を内包する耐圧部（弁箱、弁ふた、ジョイントボルト・ナット、軸封部）、五ほう酸ナトリウム水を仕切る隔離部（弁体、弁座）及び弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒、ヨーク）からなる。

五ほう酸ナトリウム水に接する弁箱、弁ふた、弁体及び弁座はステンレス鋼で製作されており、軸封部には流体の漏れを防止するためグランドパッキンが使用されている。

なお、当該弁については、ジョイントボルト・ナットを取り外すことにより、弁内部の点検手入れが可能である。

ほう酸水注入系注入ライン試験タップ第二弁の構造図を図 2.1-5 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

ほう酸水注入系注入ライン試験タップ第二弁主要部位の使用材料を表 2.1-9 に、使用条件を表 2.1-10 に示す。

No.	部 位
①	弁箱
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	弁体
⑤	弁座
⑥	弁棒
⑦	ヨーク
⑧	ガスケット
⑨	グラウンドパッキン

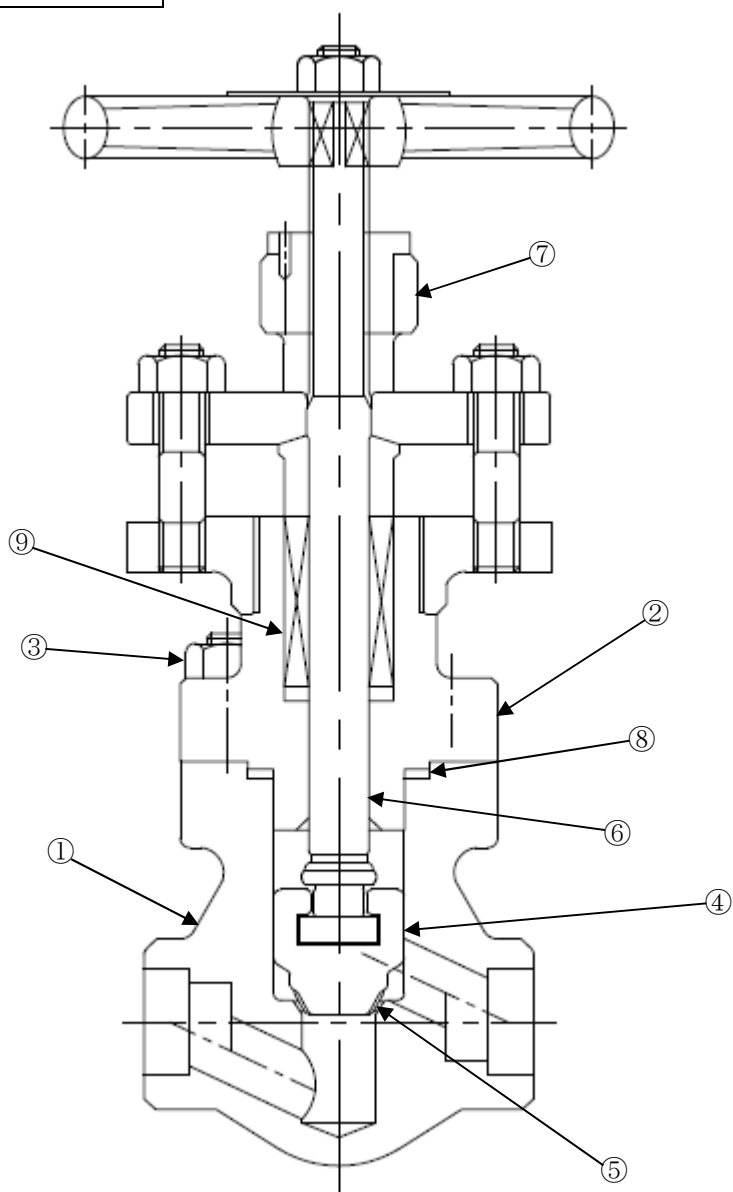


図 2.1-5 ほろ酸水注入系注入ライン試験タップ第二弁構造図

表 2.1-9 ほう酸水注入系注入ライン試験タップ第二弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	ステンレス鋼 (SUSF316L)
		弁ふた	ステンレス鋼 (SUSF316L ステライト肉盛)
		ジョイントボルト	低合金鋼 (SNB7)
		ジョイントナット	低合金鋼 (SNB7)
	シール	ガスケット	(消耗品)
		グランドパッキン	(消耗品)
隔離機能の維持	隔離	弁体	ステンレス鋼 (SUSF316L ステライト肉盛)
		弁座	ステンレス鋼 (SUSF316L ステライト肉盛)
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼 (SUS316-B)
		ヨーク	炭素鋼 (SF45A)

表 2.1-10 ほう酸水注入系注入ライン試験タップ第二弁の使用条件

最高使用圧力	約 8.6 MPa
最高使用温度	302 °C
内部流体	五ほう酸ナトリウム水

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

玉形弁の機能である流体仕切機能（絞り機能含む）の達成に必要な項目は以下のとおり。

- ① バウンダリの維持
- ② 隔離機能の維持
- ③ 作動機能の維持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

玉形弁について、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の材料、構造、使用条件（内部流体、圧力、温度等）及び現在までの運転経験を考慮し、代表機器毎に表 2.2-1 に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

なお、消耗品及び定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

グランドパッキン及びガスケットは消耗品であり、設計時に長期使用せず取替を前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。



(3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

想定される経年劣化事象のうち主要6事象に該当する事象及び下記①、②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。なお、下記①、②に該当する事象については、2.2.3項に示すとおり、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

- ① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象として表2.2-1で△）
- ② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外として表2.2-1で▲）

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象として以下の事象が抽出された（表2.2-1で○）。

- a. 弁箱の疲労割れ [原子炉冷却材浄化系ボトム吸込弁]

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

a. ベローズの応力腐食割れ〔原子炉冷却材浄化系ボトム吸込弁，E31-FT001 元弁〕

ベローズは高ニッケル合金で、内部流体が純水であることから、応力腐食割れが想定されるが、分解点検時に目視点検及び漏えい試験にて健全性を確認している。

また、これまでの点検結果からも割れは確認されておらず、今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. 弁箱，弁ふた及び弁座の腐食（流れ加速型腐食（FAC））〔原子炉冷却材浄化系ボトム吸込弁〕

弁箱，弁ふた及び弁座は炭素鋼で、内部流体が純水であることから、腐食（FAC）の発生が想定されるが、分解点検時の目視点検により、有意な腐食が確認された場合は、必要に応じて補修または取替を行うこととしている。

また、冷温停止状態においては、プラント運転状態と異なり、流速ならびに温度が低いことから、腐食（FAC）が発生する可能性はない。

今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. 弁棒の疲労割れ〔共通〕

電動弁については、バックシートが効く位置の手前でリミットスイッチが切れ、動作が止まるように設定されているため、弁棒及びバックシート部へ過負荷は加わらない。一部の電動弁では、全開位置をトルク切れによって調整しており、トルク設定値を高くすると、弁棒のバックシート部は常に高い応力がかかった状態となり、配管振動等による疲労が蓄積し、弁棒に疲労割れを起こす可能性がある。しかし、通常はバックシートが効く程度の力で動作が止まるようトルク設定されており、これまでの点検結果からも割れは確認されていない。

手動弁については開操作時に、バックシート部への過負荷がかからないように適切な操作を行うこととしており、これまでの点検結果からも割れは確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）〔共通〕

ジョイントボルト・ナットは低合金鋼であることから、腐食の発生が想定されるが、分解点検時に目視にて健全性を確認している。

また、これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. 弁箱、弁ふた及び弁座の腐食（全面腐食）〔原子炉補機冷却水系 PCV 出口隔離弁テスト弁〕

弁箱、弁ふた及び弁座は炭素鋼であることから、腐食の発生が想定されるが、内部流体の冷却水には防錆剤が注入されているため、腐食が発生する可能性は小さい。

また、これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f. 弁箱、弁ふた、弁体、弁座及び弁棒の腐食（全面腐食）〔ほう酸水注入系注入ライン試験タップ第二弁〕

弁箱、弁ふた、弁体、弁座及び弁棒はステンレス鋼で、内部流体が五ほう酸ナトリウム水であるが、ステンレス鋼は耐食性が高いため、腐食が発生する可能性は小さい。

また、これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

g. ヨークの腐食（全面腐食）〔共通〕

ヨークは、炭素鋼または炭素鋼鋳鋼であることから、腐食の発生が想定されるが、大気接触部は防食塗装を施しており、必要に応じて補修を行うこととしている。

また、これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

h. ベローズの疲労割れ [原子炉冷却材浄化系ボトム吸込弁, E31-FT001 元弁]

ベローズを有する弁は作動頻度が少ないため、ベローズの疲労割れが発生する可能性は小さい。

また、これまでの点検結果からも割れは確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- (2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。

表 2.2-1 (1/5) 原子炉冷却材浄化系ボトム吸込弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		炭素鋼		△*2	○				*1:ステライト肉盛 *2:FAC	
		弁ふた		炭素鋼		△*2						
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	シール	ガスケット	◎									
		グランドパッキン	◎									
		ベローズ		高ニッケル合金			△	△				
隔離機能の維持	隔離	弁体		ステンレス鋼*1								
		弁座		炭素鋼*1		△*2						
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		ステンレス鋼			△					
		ヨーク		炭素鋼		△						

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (2/5) 原子炉補機冷却水系 PCV 出口隔離弁テスト弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		炭素鋼		△					*1:ステライト肉盛	
		弁ふた		炭素鋼*1		△						
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	シール	ガスケット	◎									
		グランドパッキン	◎									
隔離機能の維持	隔離	弁体		ステンレス鋼*1								
		弁座		炭素鋼*1		△						
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		ステンレス鋼			△					
		ヨーク		炭素鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (3/5) 計装用圧縮空気系 SRV 用窒素ガス PCV 外側隔離弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		ステンレス鋼							*:ステライト肉盛	
		弁ふた		ステンレス鋼*								
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	シール	ガスケット	◎									
		グランドパッキン	◎									
隔離機能の維持	隔離	弁体		ステンレス鋼*								
		弁座		ステンレス鋼*								
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		ステンレス鋼			△					
		ヨーク		炭素鋼鋳鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (4/5) E31-FT001 元弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		ステンレス鋼							*:ステライト肉盛	
		弁ふた		ステンレス鋼								
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	シール	ガスケット	◎									
		グランドパッキン	◎									
		ベローズ		高ニッケル合金			△	△				
隔離機能の維持	隔離	弁体		ステンレス鋼*								
		弁座		ステンレス鋼*								
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		ステンレス鋼			△					
		ヨーク		炭素鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）



表 2.2-1 (5/5) ほう酸水注入系注入ライン試験タップ第二弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		ステンレス鋼		△					*:ステライト肉盛	
		弁ふた		ステンレス鋼*		△						
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	シール	ガスケット	◎									
		グランドパッキン	◎									
隔離機能の維持	隔離	弁体		ステンレス鋼*		△						
		弁座		ステンレス鋼*		△						
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		ステンレス鋼		△	△					
		ヨーク		炭素鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

## 2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

### (1) 弁箱の疲労割れ [原子炉冷却材浄化系ボトム吸込弁]

#### a. 事象の説明

原子炉冷却材浄化系ボトム吸込弁は、プラントの起動・停止時等の熱過渡による疲労が蓄積される可能性がある。

#### b. 技術評価

##### ① 健全性評価

原子炉冷却材浄化系ボトム吸込弁について、応力算出ならびに評価を実施した。疲労評価は、運転実績に基づいた現時点（令和3年8月11日時点）の過渡回数を用いて、「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 2005年版（2007年追補版を含む）」に基づき実施した。評価部位を図 2.3-1 に、運転実績に基づく現時点（令和3年8月11日時点）の値を表 2.3-1 に示す。

なお、使用環境を考慮した疲労については、日本機械学会「発電用原子力設備規格 環境疲労評価手法 JSME S NF1-2009」に基づいて評価した。

この結果、表 2.3-2 に示すとおり、疲れ累積係数は許容値 1 以下であり、疲労割れ発生の可能性は小さいと判断する。

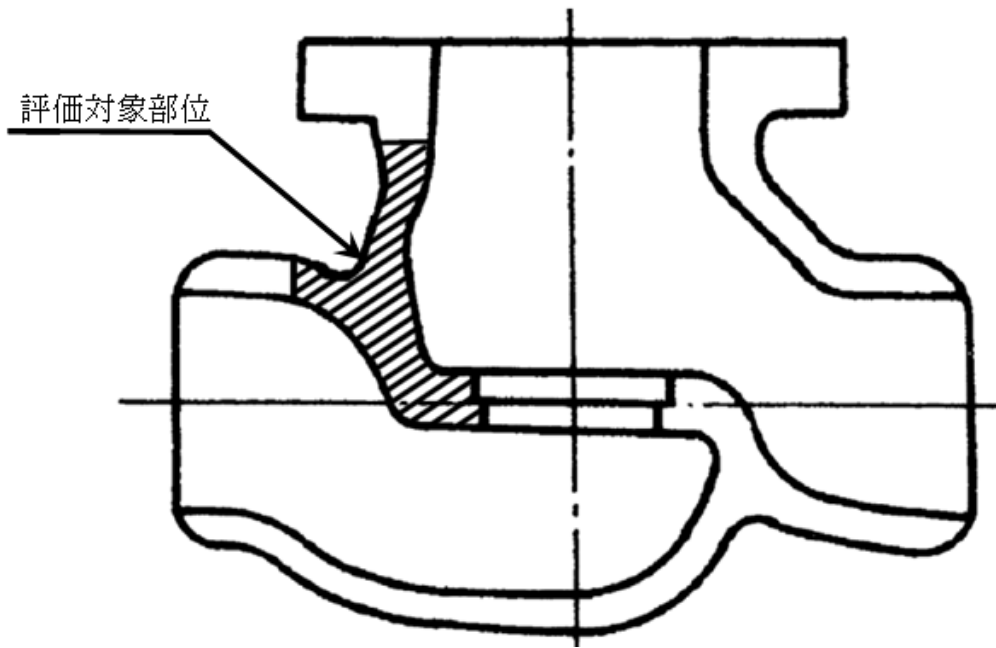


图 2.3-1 玉形弁疲劳评价部位

表 2.3-1 原子炉冷却材浄化系ボトム吸込弁の疲労評価用過渡条件

運転条件	運転実績に基づく過渡回数 (令和3年8月11日時点)
耐圧試験	20
起動 (昇温)	24
起動 (タービン起動)	23
給水加熱器機能喪失 (発電機トリップ)	10
タービントリップに伴うスクラム	4
スクラム (その他)	8
停止	23

表 2.3-2 原子炉冷却材浄化系ボトム吸込弁の疲労評価結果

評価対象	運転実績回数に基づく疲れ累積係数 (許容値：1以下)	
	設計・建設規格の 疲労曲線による解析	環境疲労 評価手法による解析
	現時点 (令和3年8月11日時点)	現時点 (令和3年8月11日時点)
原子炉冷却材浄化系ボトム吸 込弁	0.009	0.240

② 現状保全

弁箱の疲労割れに対しては、弁分解時に目視にて弁箱内面に有意な欠陥がないことを確認している。

また、社団法人日本原子力学会標準「原子力発電所の高経年化対策実施基準：2015」（AESJ-SC-P005：2015）に基づき、次回高経年化技術評価時に、実過渡回数確認による疲労評価を行うこととしている。

③ 総合評価

原子炉冷却材浄化系ボトム吸込弁は、疲労割れ発生の可能性が十分に小さく、次回高経年化技術評価時に、実過渡回数確認による疲労評価を行うことが有効と判断する。

なお、当面の冷温停止状態においては、有意な熱過渡はなく、今後の疲労割れの発生・進展する可能性はない。

また、割れは分解点検時の目視点検にて検知可能であり、現状の保全は点検手法として適切であると判断する。

c. 高経年化への対応

弁箱の疲労割れについては、高経年化対策の観点から現状保全の内容に追加すべき項目はなく、今後も現状保全を継続していく。

### 3. 代表機器以外への展開

本章では、2章で実施した代表機器の技術評価結果について、1章で実施したグループ化で代表機器となっていない機器への展開について検討した。

#### [対象系統]

- ① 制御棒駆動系
- ② ほう酸水注入系
- ③ 残留熱除去系
- ④ 低圧炉心スプレイ系
- ⑤ 高圧炉心スプレイ系
- ⑥ 原子炉冷却材浄化系
- ⑦ 燃料プール冷却浄化系
- ⑧ 液体固体廃棄物処理系
- ⑨ 復水補給水系
- ⑩ 原子炉補機冷却水系
- ⑪ 換気空調補機常用冷却水系
- ⑫ 換気空調補機非常用冷却水系
- ⑬ 高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系
- ⑭ 計装用圧縮空気系
- ⑮ 事故時サンプリング系
- ⑯ 可燃性ガス濃度制御系

### 3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

### 3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

a. ベローズの応力腐食割れ [高ニッケル合金またはステンレス鋼のベローズを有する弁共通]

代表機器同様、ベローズは高ニッケル合金またはステンレス鋼で、内部流体が純水であることから、応力腐食割れが想定されるが、分解点検時に目視点検及び漏えい試験にて健全性を確認している。

また、これまでの点検結果からも応力腐食割れは確認されておらず、今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. 弁箱、弁ふた、弁体及び弁座の腐食（流れ加速型腐食（FAC）） [純水系炭素鋼玉形弁：残留熱除去系，低圧炉心スプレイ系，高圧炉心スプレイ系]

代表機器同様、弁箱、弁ふた、弁体及び弁座は炭素鋼または炭素鋼鋳鋼で、内部流体が純水であることから、腐食（FAC）の発生が想定されるが、分解点検時に目視点検を実施し、有意な腐食が確認された場合は、必要に応じて補修または取替を行うこととしている。

また、冷温停止状態においては、プラント運転状態と異なり、流速ならびに温度が低いことから、腐食（FAC）が発生する可能性はない。

今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. 弁棒の疲労割れ [共通]

代表機器同様、電動弁については、バックシートが効く位置の手前でリミットスイッチが切れ、動作が止まるように設定されているため、弁棒及びバックシート部へ過負荷は加わらない。

一部の電動弁では、全開位置をトルク切れによって調整しており、トルク設定値を高くすると、弁棒のバックシート部は常に高い応力がかかった状態となり、配管振動等による疲労が蓄積し、弁棒に疲労割れを起こす可能性がある。しかし、通常はバックシートが効く程度の力で動作が止まるようトルク設定されており、これまでの点検結果からも割れは確認されていない。

手動弁については開操作時に、バックシート部への過負荷がかからないように適切な操作を行うこととしており、これまでの点検結果からも割れは確認されていない。

また、空気作動弁についても作動空気圧が小さいため、バックシート部へ過負荷はかからない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食） [低合金鋼または炭素鋼のジョイントボルト・ナットを有する弁共通]

代表機器同様、ジョイントボルト・ナットは低合金鋼または炭素鋼であることから、腐食の発生が想定されるが、分解点検時に目視にて健全性を確認している。

また、これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. 弁箱、弁ふた、弁体及び弁座の腐食（全面腐食） [純水系炭素鋼玉形弁：残留熱除去系、低圧炉心スプレイ系、高圧炉心スプレイ系、原子炉冷却材浄化系、復水補給水系、可燃性ガス濃度制御系]

弁箱、弁ふた、弁体及び弁座が炭素鋼または炭素鋼鋳鋼で、内部流体が純水であることから、腐食の発生が想定されるが、分解点検時に目視にて健全性を確認している。

また、これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。



- f. 弁箱，弁ふた，弁体及び弁座の腐食（全面腐食）〔冷却水系炭素鋼玉形弁：原子炉補機冷却水系，換気空調補機常用冷却水系，換気空調補機非常用冷却水系，高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系〕

代表機器同様，弁箱，弁ふた，弁体及び弁座は炭素鋼鋳鋼または炭素鋼であることから，腐食の発生が想定されるが，内部流体の冷却水には防錆剤が注入されているため，腐食が発生する可能性は小さい。

また，これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- g. 弁箱，弁ふた，弁体，弁座及び弁棒の腐食（全面腐食）〔ほう酸水ステンレス鋼玉形弁：ほう酸水注入系〕

代表機器同様，弁箱，弁ふた，弁体，弁座及び弁棒はステンレス鋼またはステンレス鋳鋼で，内部流体が五ほう酸ナトリウム水であるが，ステンレス鋼は耐食性が高いため，腐食が発生する可能性は小さい。

また，これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- h. ヨークの腐食（全面腐食）〔炭素鋼，炭素鋼鋳鋼または鋳鉄のヨークを有する弁共通〕

代表機器同様，ヨークは炭素鋼，炭素鋼鋳鋼または鋳鉄であることから，腐食の発生が想定されるが，大気接触部は防食塗装を施しており，必要に応じて補修を行うこととしている。

また，これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- i. ベローズの疲労割れ〔ベローズを有する弁共通〕

代表機器同様，ベローズを有する弁は作動頻度が少ないため，ベローズの疲労割れが発生する可能性は小さい。

また，これまでの点検結果からも割れは確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- (2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

代表機器同様、日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。

以 上

## 3 逆止弁

### [対象系統]

- ① 制御棒駆動系
- ② ほう酸水注入系
- ③ 残留熱除去系
- ④ 低圧炉心スプレイ系
- ⑤ 高圧炉心スプレイ系
- ⑥ 原子炉冷却材浄化系
- ⑦ 燃料プール冷却浄化系
- ⑧ 液体固体廃棄物処理系
- ⑨ 給水系
- ⑩ 原子炉補機冷却水系
- ⑪ 換気空調補機非常用冷却水系
- ⑫ 原子炉補機冷却海水系
- ⑬ 高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却海水系
- ⑭ 計装用圧縮空気系
- ⑮ 事故後サンプリング系
- ⑯ 可燃性ガス濃度制御系

## 目 次

1. 対象機器及び代表機器の選定 .....	3-1
1.1 グループ化の考え方及び結果 .....	3-1
1.2 代表機器の選定 .....	3-1
2. 代表機器の技術評価 .....	3-6
2.1 構造, 材料及び使用条件 .....	3-6
2.1.1 可燃性ガス濃度制御系出口逆止弁 .....	3-6
2.1.2 給水系原子炉給水ライン外側隔離弁 .....	3-9
2.1.3 原子炉補機冷却水系 PCV 入口内側隔離逆止弁 .....	3-12
2.1.4 原子炉補機冷却海水系ポンプ吐出逆止弁 .....	3-15
2.1.5 高圧窒素ガス供給系常用 PCV 内側隔離弁 .....	3-18
2.1.6 ほう酸水注入系外側隔離弁 .....	3-21
2.1.7 ほう酸水注入系ポンプ吐出逆止弁 .....	3-24
2.2 経年劣化事象の抽出 .....	3-27
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目 .....	3-27
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 .....	3-27
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 .....	3-28
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価 .....	3-39
3. 代表機器以外への展開 .....	3-43
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 .....	3-43
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 .....	3-44

## 1. 対象機器及び代表機器の選定

主要な逆止弁の主な仕様を表 1-1 に示す。

これらの逆止弁を材料及び内部流体の観点からグループ化し、それぞれのグループより代表機器を選定した。

### 1.1 グループ化の考え方及び結果

材料及び内部流体を分類基準とし、逆止弁を表 1-1 に示すとおりグループ化する。

弁箱材料は炭素鋼，ステンレス鋼に分類され，流体はガス，純水，冷却水（防錆剤入り），五ほう酸ナトリウム水及び海水に分類される。

### 1.2 代表機器の選定

表 1-1 に分類したグループ毎に，原則として重要度，運転状態，最高使用温度，最高使用圧力及び口径の観点から代表機器を選定する。

#### (1) ガス系炭素鋼逆止弁（内部流体：ガス，弁箱材質：炭素鋼）

ガス系ラインに使用されている炭素鋼逆止弁のうち，口径の観点から可燃性ガス濃度制御系出口逆止弁を代表機器とする。

(T49-F005A/B, 150 A, 150 LB)

#### (2) 純水系炭素鋼逆止弁（内部流体：純水，弁箱材質：炭素鋼）

純水系ラインに使用されている炭素鋼逆止弁のうち，重要度及び運転状態の観点から，給水系原子炉給水ライン外側隔離弁を代表機器とする。

(B21-A0-F051A/B, 500 A, 900 LB)

#### (3) 冷却水系炭素鋼逆止弁（内部流体：冷却水，弁箱材質：炭素鋼）

冷却水系ラインに使用されている炭素鋼逆止弁のうち，運転状態及び最高使用温度の観点から，原子炉補機冷却水系 PCV 入口内側隔離逆止弁を代表機器とする。

(P21-F076A/B, 200 A, 150 LB)

#### (4) 海水系炭素鋼逆止弁（内部流体：海水，弁箱材質：炭素鋼）

海水系ラインに使用されている炭素鋼逆止弁のうち，運転状態の観点から，原子炉補機冷却海水系ポンプ吐出逆止弁を代表機器とする。

(P41-F001A～D, 550 A, JIS 10 K)

#### (5) ガス系ステンレス鋼逆止弁（内部流体：ガス，弁箱材質：ステンレス鋼）

ガス系ラインに使用されているステンレス鋼逆止弁のうち，最高使用圧力の観点から，高圧窒素ガス供給系常用 PCV 内側隔離弁を代表機器とする。

(P54-F017, 25 A, 300 LB)

(6) 純水系ステンレス鋼逆止弁（内部流体：純水，弁箱材質：ステンレス鋼）

純水系ラインに使用されているステンレス鋼逆止弁のうち，重要度の観点から，ほう酸水注入系外側隔離弁を代表機器とする。

(C41-F007, 40 A, 900 LB)

(7) 五ほう酸ナトリウム水系ステンレス鋼逆止弁（内部流体：五ほう酸ナトリウム水，弁箱材質：ステンレス鋼）

五ほう酸ナトリウム水系ラインに使用されているステンレス鋼逆止弁は，ほう酸水注入系ポンプ吐出逆止弁のみであり，この弁を代表機器とする。

(C41-F004A/B, 40 A, 900 LB)

表 1-1 (1/3) 逆止弁のグループ化及び代表機器の選定

分類基準		系統名称	選定基準					代表選定	代表弁	選定理由
材料	内部流体		重要度*1	使用条件						
				口径 (A)	運転状態*2	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)			
炭素鋼	ガス	可燃性ガス濃度制御系	MS-1	50~150	一時 (一時)	約 0.3	171	◎	可燃性ガス濃度制御系出口逆止弁 (スイング型, 150 A, 約 0.3 MPa, 171 °C, 150 LB) T49-F005A/B	口径
	純水	残留熱除去系	PS-1	25~500	連続 (連—*4)	約 3.4~10.4	100~302		給水系原子炉給水ライン外側隔離弁 (スイング型, 500 A, 約 8.6 MPa, 302 °C, 900 LB) B21-A0-F051A/B	重要度, 運転状態
		低圧炉心スプレイ系	PS-1	25~400	連—*4 (連—*4)	約 4.4~8.6	100~302			
		高圧炉心スプレイ系	PS-1	50~600	一時 (一時)	約 1.4~10.8	100~302			
		原子炉冷却材浄化系	PS-2	100~150	連続 (連続)	約 10.0	66~302			
		液体固体廃棄物処理系	高*3	50	連続 (連続)	約 2.0	66			
		給水系	PS-1	500	連続 (連続)	約 8.6	302	◎		
	冷却水*5	原子炉補機冷却水系	MS-1	200~500	連続 (連続)	約 1.4	70~171	◎	原子炉補機冷却水系 PCV 入口内側隔離逆止弁 (スイング型, 200 A, 約 1.4 MPa, 171 °C, 150 LB) P21-F076A/B	運転状態, 最高使用温度
換気空調補機非常用冷却水系		MS-1	150	一時 (一時)	約 0.8	66				

\*1: 最上位の重要度を示す

\*2: 上段は冷温停止状態における運転状態, 下段の ( ) は断続運転時の状態を示す

\*3: 最高使用温度が 95 °C を超え, または最高使用圧力が 1,900 kPa を超える環境下にある原子炉格納容器外の重要度クラス 3 の機器

\*4: 連続/一時

\*5: 防錆剤入り純水

表 1-1 (2/3) 逆止弁のグループ化及び代表機器の選定

分類基準		系統名称	選定基準					代表選定	代表弁	選定理由
材料	内部流体		重要度*1	使用条件						
				口径 (A)	運転状態*2	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)			
炭素鋼	海水	原子炉補機冷却海水系	MS-1	550	連続 (連続)	約 0.6	50	◎	原子炉補機冷却海水系ポンプ吐出逆止弁 (スイング型, 550 A, 約 0.6 MPa, 50 °C, JIS 10 K) P41-F001A~D	運転状態
		高圧炉心スプレイディ ーゼル補機冷却海水系	MS-1	250	一時 (一時)	約 0.7	50			

\*1：最上位の重要度を示す

\*2：上段は冷温停止状態における運転状態，下段の（）は断続運転時の状態を示す



表 1-1 (3/3) 逆止弁のグループ化及び代表機器の選定

分類基準		系統名称	選定基準					代表選定	代表弁	選定理由
材料	内部流体		重要度*1	使用条件						
				口径 (A)	運転状態*2	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)			
ステンレス鋼	ガス	計装用圧縮空気系	MS-1	25~50	連続 (連続)	約 0.9~1.8	171	◎	高圧窒素ガス供給系常用 PCV 内側隔離弁 (スイング型, 25 A, 約 1.8 MPa, 171 °C, 300 LB) P54-F017	最高使用圧力
	純水	制御棒駆動系	高*3	25~50	連続 (連続)	約 13.8	66		ほう酸水注入系外側隔離弁 (スイング型, 40A, 約 8.6 MPa, 302 °C, 900 LB) C41-F007	重要度
		ほう酸水注入系	MS-1	40	一時 (一時)	約 8.6	302	◎		
		原子炉冷却材浄化系	高*3	20	連続 (連続)	約 10.0	66			
		燃料プール冷却浄化系	MS-2	150~200	連続 (連続)	約 1.4	66			
		液体固体廃棄物処理系	高*3	40	連続 (連続)	約 2.0	66			
	事故後サンプリング系	高*3	20~25	一時 (一時)	約 0.3~3.4	104~182				
五ほう酸ナトリウム水	ほう酸水注入系	MS-1	40	一時 (一時)	約 10.8	66	◎	ほう酸水注入系ポンプ吐出逆止弁 (スイング型, 40A, 約 10.8 MPa, 66 °C, 900 LB) C41-F004A/B		

\*1: 最上位の重要度を示す

\*2: 上段は冷温停止状態における運転状態, 下段の ( ) は断続運転時の状態を示す

\*3: 最高使用温度が 95 °C を超え, または最高使用圧力が 1,900 kPa を超える環境下にある原子炉格納容器外の重要度クラス 3 の機器

## 2. 代表機器の技術評価

本章では、1章で代表機器とした以下の弁について技術評価を実施する。

- ① 可燃性ガス濃度制御系出口逆止弁
- ② 給水系原子炉給水ライン外側隔離弁
- ③ 原子炉補機冷却水系 PCV 入口内側隔離逆止弁
- ④ 原子炉補機冷却海水系ポンプ吐出逆止弁
- ⑤ 高圧窒素ガス供給系常用 PCV 内側隔離弁
- ⑥ ほう酸水注入系外側隔離弁
- ⑦ ほう酸水注入系ポンプ吐出逆止弁

### 2.1 構造、材料及び使用条件

#### 2.1.1 可燃性ガス濃度制御系出口逆止弁

##### (1) 構造

可燃性ガス濃度制御系出口逆止弁は、口径 150 A、圧力クラス 150 LB のスイング型逆止弁で、2 台設置されている。

弁本体はガス（窒素）を内包する耐圧部（弁箱、弁ふた、ジョイントボルト・ナット、軸封部）、ガス（窒素）を仕切る隔離部（弁体、弁座）及び弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（アーム、弁棒）からなる。

ガス（窒素）に接する弁箱及びアームは炭素鋼鋳鋼、弁ふた、弁体及び弁座は炭素鋼で製作されている。

なお、当該弁については、ジョイントボルト・ナットを取り外すことにより、弁内部の点検手入れが可能である。

可燃性ガス濃度制御系出口逆止弁の構造図を図 2.1-1 に示す。

##### (2) 材料及び使用条件

可燃性ガス濃度制御系出口逆止弁主要部位の使用材料を表 2.1-1 に、使用条件を表 2.1-2 に示す。

No.	部 位
①	弁箱
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	ガスケット
⑤	弁体
⑥	弁座
⑦	アーム
⑧	弁棒

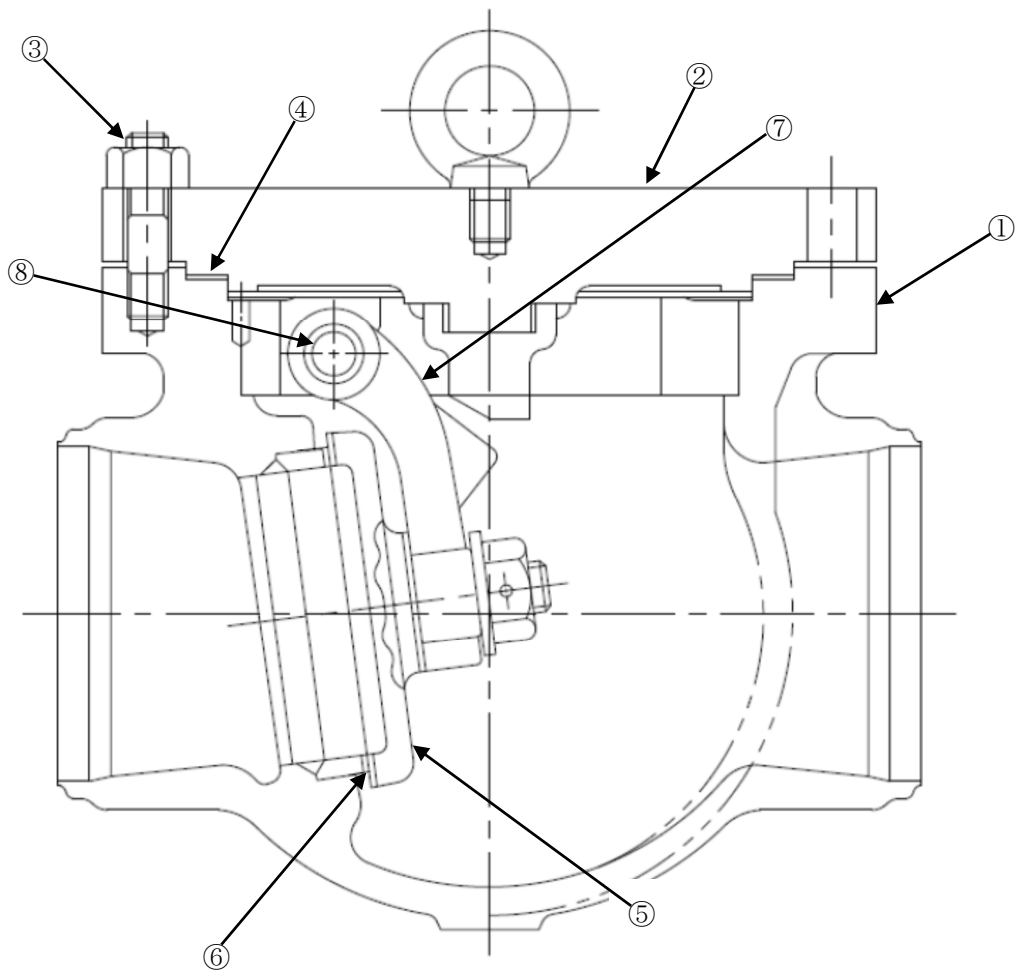


図 2.1-1 可燃性ガス濃度制御系出口逆止弁構造図

表 2.1-1 可燃性ガス濃度制御系出口逆止弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	炭素鋼鋳鋼 (SCPH2)
		弁ふた	炭素鋼 (S25C)
		ジョイントボルト	低合金鋼 (SNB7)
		ジョイントナット	炭素鋼 (S45C)
	シール	ガスケット	(消耗品)
隔離機能の維持	隔離	弁体	炭素鋼 (S25C ステライト肉盛)
		弁座	炭素鋼 (S25C ステライト肉盛)
作動機能の維持	駆動力伝達	アーム	炭素鋼鋳鋼 (SCPH2)
		弁棒	ステンレス鋼 (SUS403-B)

表 2.1-2 可燃性ガス濃度制御系出口逆止弁の使用条件

最高使用圧力	約 0.3 MPa
最高使用温度	171 °C
内部流体	ガス (窒素)

## 2.1.2 給水系原子炉給水ライン外側隔離弁

### (1) 構造

給水系原子炉給水ライン外側隔離弁は、口径 500 A、圧力クラス 900 LB の空気作動式スイング型逆止弁で、2 台設置されている。

弁本体は、純水を内包する耐圧部（弁箱、弁ふた、ジョイントボルト・ナット、軸封部）、純水を仕切る隔離部（スイング型弁体、弁座）及び弁体を支持し駆動力を伝達する駆動力伝達部（アーム、弁棒）からなる。

純水に接する弁箱、弁ふた、弁体及びアームは炭素鋼鋳鋼、弁座は炭素鋼で製作されており、軸封部には流体の漏れを防止するためグランドパッキンが使用されている。

なお、当該弁については、ジョイントボルト・ナットを取り外すことにより、弁内部の点検手入れが可能である。

給水系原子炉給水ライン外側隔離弁の構造図を図 2.1-2 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

給水系原子炉給水ライン外側隔離弁主要部位の使用材料を表 2.1-3 に、使用条件を表 2.1-4 に示す。

No.	部 位
①	弁箱
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	ガスケット
⑤	グラウンドパッキン
⑥	弁体
⑦	弁座
⑧	アーム
⑨	弁棒

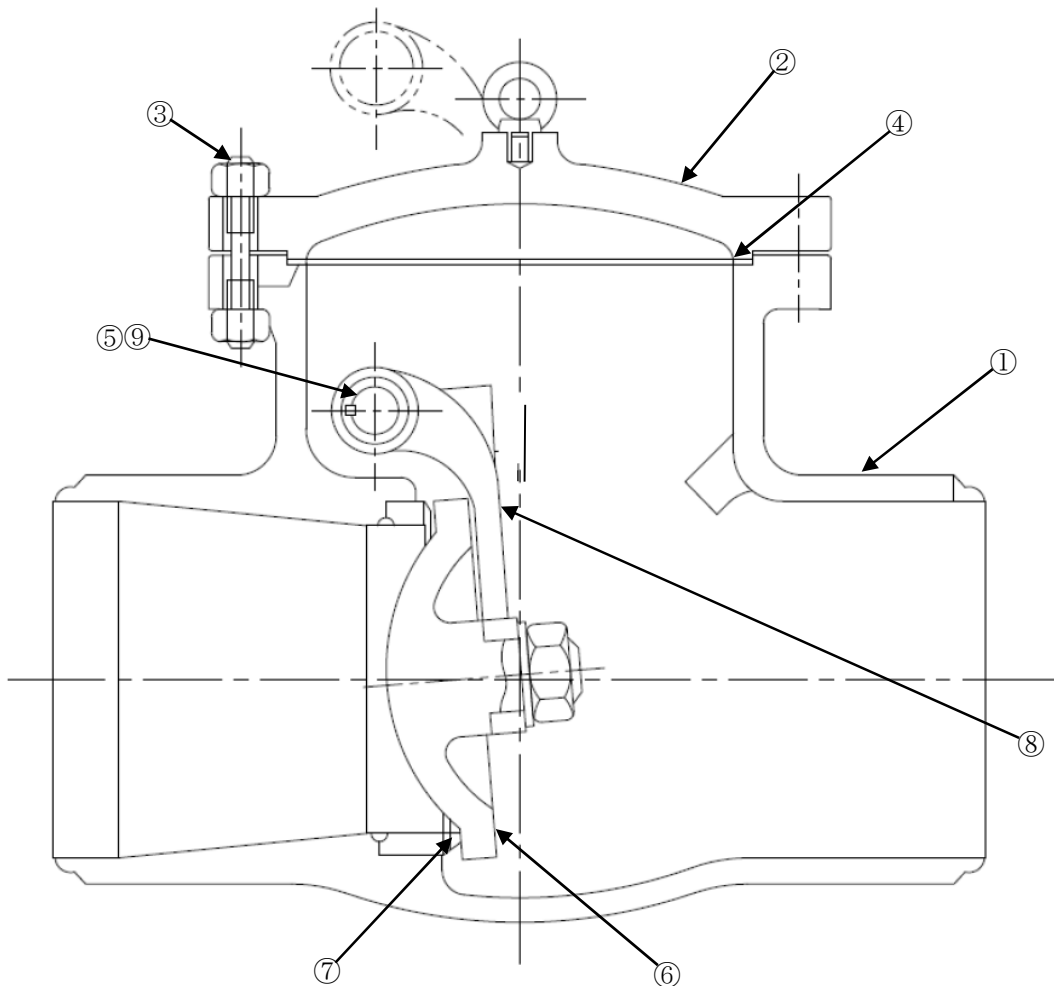


図 2.1-2 給水系原子炉給水ライン外側隔離弁構造図

表 2.1-3 給水系原子炉給水ライン外側隔離弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	炭素鋼鋳鋼 (SCPH2)
		弁ふた	炭素鋼鋳鋼 (SCPH2)
		ジョイントボルト	低合金鋼 (SNB7)
		ジョイントナット	低合金鋼 (SNB7)
	シール	ガスケット	(消耗品)
		グラウンドパッキン	(消耗品)
隔離機能の維持	隔離	弁体	炭素鋼鋳鋼 (SCPH2 13Cr 肉盛)
		弁座	炭素鋼 (S25C 13Cr 肉盛)
作動機能の維持	駆動力伝達	アーム	炭素鋼鋳鋼 (SCPH2)
		弁棒	ステンレス鋼 (SUS630)

表 2.1-4 給水系原子炉給水ライン外側隔離弁の使用条件

最高使用圧力	約 8.6 MPa
最高使用温度	302 °C
内部流体	純水

### 2.1.3 原子炉補機冷却水系 PCV 入口内側隔離逆止弁

#### (1) 構造

原子炉補機冷却水系 PCV 入口内側隔離逆止弁は、口径 200 A、圧力クラス 150 LB のスイング型逆止弁で、2 台設置されている。

弁本体は、冷却水を内包する耐圧部（弁箱、弁ふた、ジョイントボルト・ナット）、冷却水を仕切る隔離部（スイング型弁体、弁座）及び弁体を支持し駆動力を伝達する駆動力伝達部（アーム、弁棒）からなる。

冷却水に接する弁箱及びアームは炭素鋼、弁ふた、弁体及び弁座は炭素鋼で製作されている。

なお、当該弁については、ジョイントボルト・ナットを取り外すことにより、弁内部の点検手入れが可能である。

原子炉補機冷却水系 PCV 入口内側隔離逆止弁の構造図を図 2.1-3 に示す。

#### (2) 材料及び使用条件

原子炉補機冷却水系 PCV 入口内側隔離逆止弁主要部位の使用材料を表 2.1-5 に、使用条件を表 2.1-6 に示す。



No.	部 位
①	弁箱
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	ガスケット
⑤	弁体
⑥	弁座
⑦	アーム
⑧	弁棒

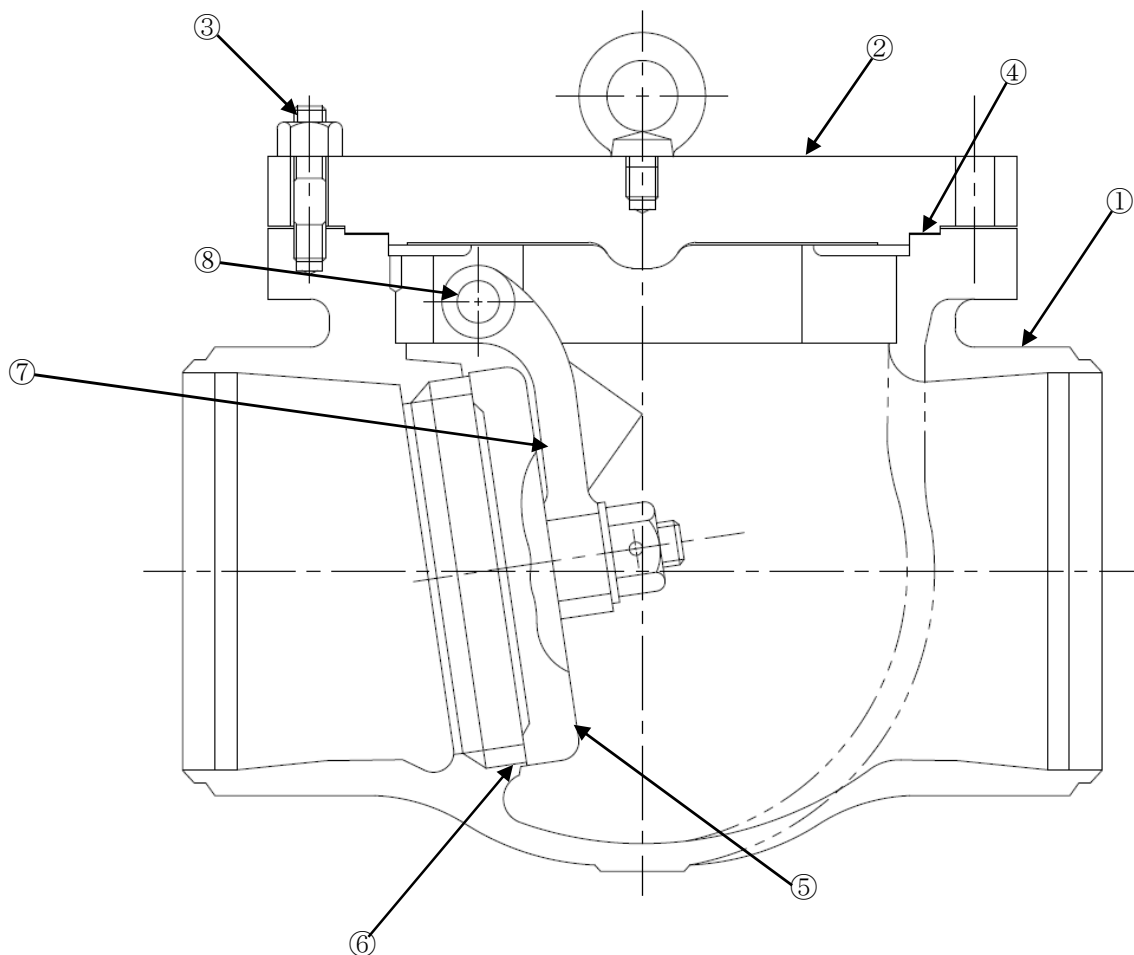


図 2.1-3 原子炉補機冷却水系 PCV 入口内側隔離逆止弁構造図

表 2.1-5 原子炉補機冷却水系 PCV 入口内側隔離逆止弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	炭素鋼鋳鋼 (SCPH2)
		弁ふた	炭素鋼 (S25C)
		ジョイントボルト	低合金鋼 (SNB7)
		ジョイントナット	低合金鋼 (SNB7)
	シール	ガスケット	(消耗品)
隔離機能の維持	隔離	弁体	炭素鋼 (S25C ステライト肉盛)
		弁座	炭素鋼 (S25C ステライト肉盛)
作動機能の維持	駆動力伝達	アーム	炭素鋼鋳鋼 (SCPH2)
		弁棒	ステンレス鋼 (SUS403-B)

表 2.1-6 原子炉補機冷却水系 PCV 入口内側隔離逆止弁の使用条件

最高使用圧力	約 1.4 MPa
最高使用温度	171 °C
内部流体	冷却水 (防錆剤入り)

#### 2.1.4 原子炉補機冷却海水系ポンプ吐出逆止弁

##### (1) 構造

原子炉補機冷却海水系ポンプ吐出逆止弁は、口径 550 A、圧力クラス JIS 10 K のスイング型逆止弁で、4 台設置されている。

弁本体は海水を内包する耐圧部（弁箱，弁ふた，ジョイントボルト・ナット），海水を仕切る隔離部（スイング型弁体（アーム一体型），弁座）及び弁体を支持し駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒）からなる。

海水に接する弁箱，弁ふた，弁体及び弁座は炭素鋼鋳鋼で製作されている。

なお，当該弁については，ジョイントボルト・ナットを取り外すことにより，弁内部の点検手入れが可能である。

原子炉補機冷却海水系ポンプ吐出逆止弁の構造図を図 2.1-4 に示す。

##### (2) 材料及び使用条件

原子炉補機冷却海水系ポンプ吐出逆止弁主要部位の使用材料を表 2.1-7 に，使用条件を表 2.1-8 に示す。

No.	部 位
①	弁箱（弁座一体型）
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	ガスケット
⑤	弁体（アーム一体型）
⑥	弁座
⑦	弁棒

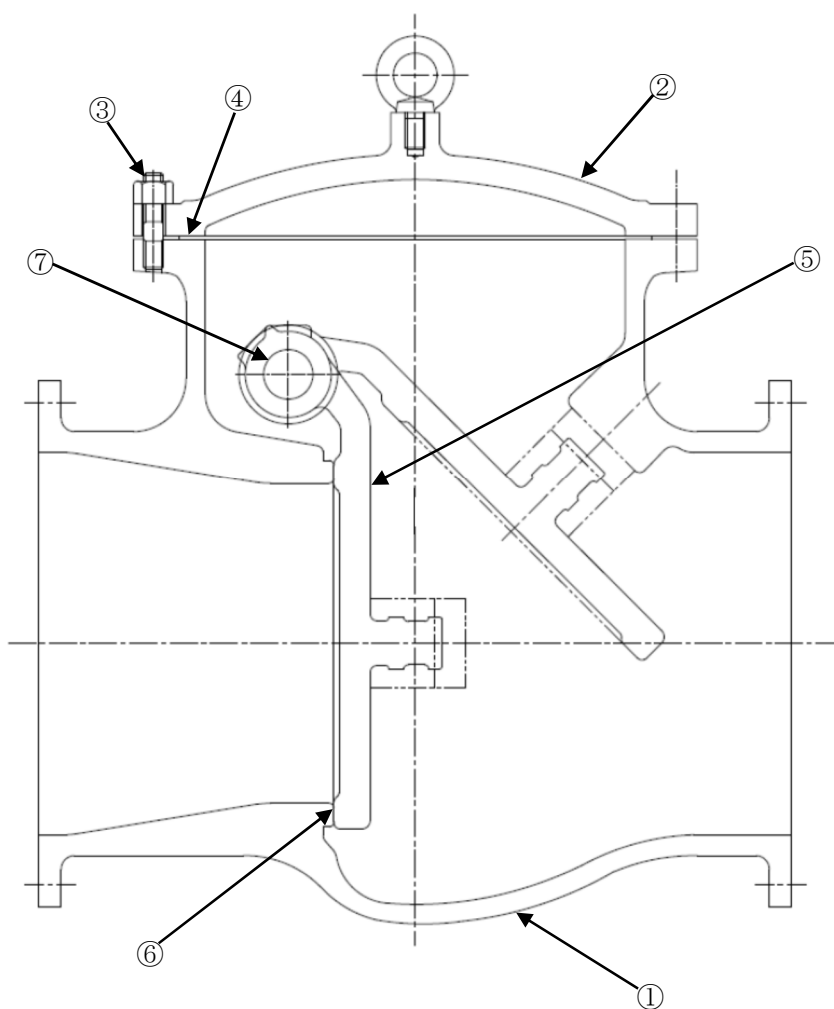


図 2.1-4 原子炉補機冷却海水系ポンプ吐出逆止弁構造図

表 2.1-7 原子炉補機冷却海水系ポンプ吐出逆止弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
ハウンドリの維持	耐圧	弁箱	炭素鋼鋳鋼 (SCPH2 ETFE ライニング)
		弁ふた	炭素鋼鋳鋼 (SCPH2 ETFE ライニング)
		ジョイントボルト	低合金鋼 (SNB7)
		ジョイントナット	低合金鋼 (SNB7)
	シール	ガスケット	(消耗品)
隔離機能の維持	隔離	弁体 (アーム一体型)	炭素鋼鋳鋼 (SCPH2 ETFE ライニング)
		弁座	炭素鋼鋳鋼 (SCPH2 ETFE ライニング)
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼 (SUS316L ETFE ライニング)

表 2.1-8 原子炉補機冷却海水系ポンプ吐出逆止弁の使用条件

最高使用圧力	約 0.6 MPa
最高使用温度	50 °C
内部流体	海水

## 2.1.5 高圧窒素ガス供給系常用 PCV 内側隔離弁

### (1) 構造

高圧窒素ガス供給系常用 PCV 内側隔離弁は、口径 25 A、圧力クラス 300 LB のスイング型逆止弁で、1 台設置されている。

弁本体はガス（窒素）を内包する耐圧部（弁箱、弁ふた、ジョイントボルト・ナット）、ガス（窒素）を仕切る隔離部（スイング型弁体、弁座）からなる。

ガス（窒素）に接する弁箱及びアームはステンレス鋳鋼、弁ふた、弁体及び弁座はステンレス鋼で製作されている。

なお、当該弁については、ジョイントボルト・ナットを取り外すことにより、弁内部の点検手入れが可能である。

高圧窒素ガス供給系常用 PCV 内側隔離弁の構造図を図 2.1-5 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

高圧窒素ガス供給系常用 PCV 内側隔離弁主要部位の使用材料を表 2.1-9 に、使用条件を表 2.1-10 に示す。

No.	部 位
①	弁箱
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	ガスケット
⑤	弁体
⑥	弁座
⑦	アーム
⑧	弁棒

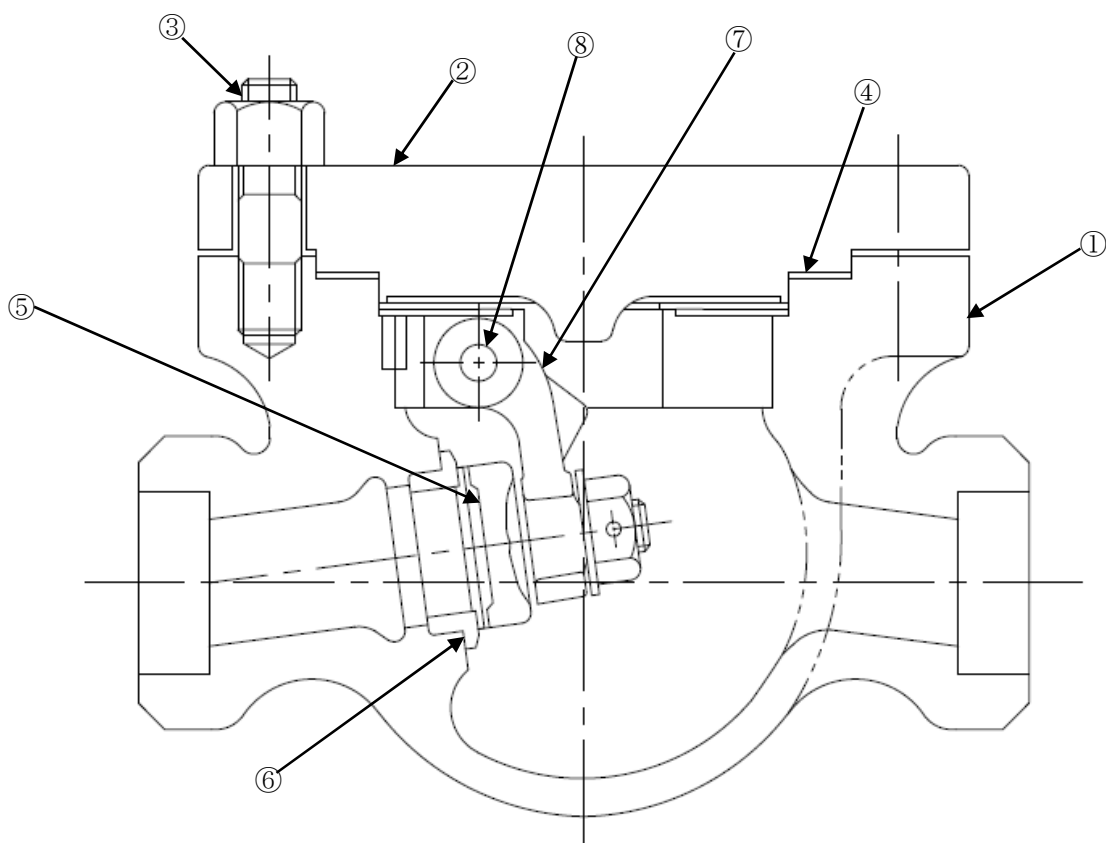


図 2.1-5 高圧窒素ガス供給系常用 PCV 内側隔離弁構造図

表 2.1-9 高圧窒素ガス供給系常用 PCV 内側隔離弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	ステンレス鋳鋼 (SCS16A)
		弁ふた	ステンレス鋼 (SUSF316L)
		ジョイントボルト	低合金鋼 (SNB7)
		ジョイントナット	低合金鋼 (SNB7)
	シール	ガスケット	(消耗品)
隔離機能の維持	隔離	弁体	ステンレス鋼 (SUSF316L ステライト肉盛)
		弁座	ステンレス鋼 (SUSF316L ステライト肉盛)
作動機能の維持	駆動力伝達	アーム	ステンレス鋳鋼 (SCS16A)
		弁棒	ステンレス鋼 (SUS316-B)

表 2.1-10 高圧窒素ガス供給系常用 PCV 内側隔離弁の使用条件

最高使用圧力	約 1.8 MPa
最高使用温度	171 °C
内部流体	ガス (窒素)



## 2.1.6 ほう酸水注入系外側隔離弁

### (1) 構造

ほう酸水注入系外側隔離弁は、口径 40 A、圧力クラス 900 LB のスイング型逆止弁で、1 台設置されている。

弁本体は、純水を内包する耐圧部（弁箱、弁ふた、ジョイントボルト・ナット）、純水を仕切る隔離部（スイング型弁体、弁座）からなる。

純水に接する弁箱及びアームはステンレス鋳鋼、弁ふた、弁体及び弁座はステンレス鋼で製作されている。

なお、当該弁については、ジョイントボルト・ナットを取り外すことにより、弁内部の点検手入れが可能である。

ほう酸水注入系外側隔離弁の構造図を図 2.1-6 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

ほう酸水注入系外側隔離弁主要部位の使用材料を表 2.1-11 に、使用条件を表 2.1-12 に示す。

No.	部 位
①	弁箱
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	ガスケット
⑤	弁体
⑥	弁座
⑦	アーム
⑧	弁棒

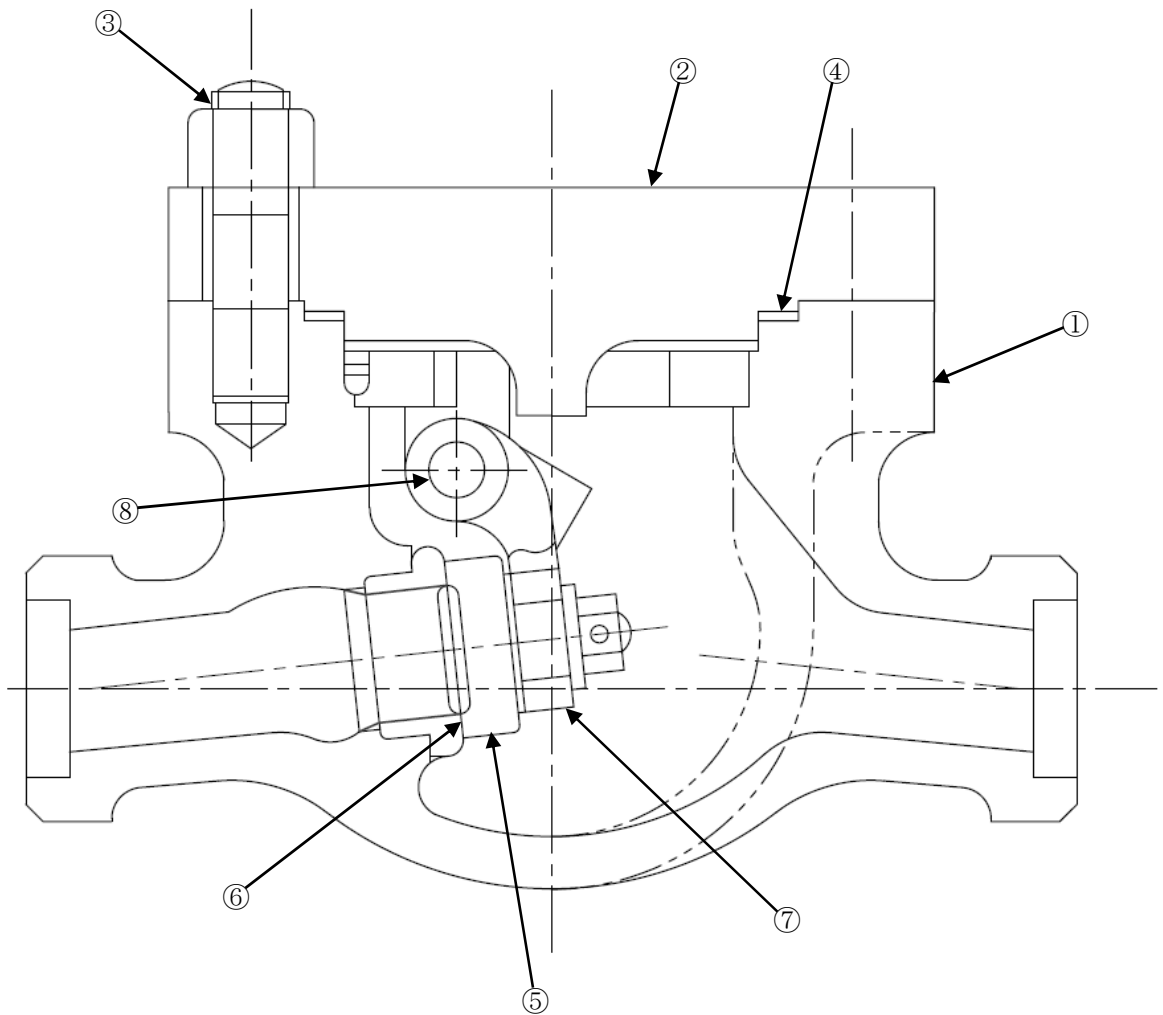


図 2.1-6 ほう酸水注入系外側隔離弁構造図

表 2.1-11 ほう酸水注入系外側隔離弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	ステンレス鋳鋼 (SCS16A)
		弁ふた	ステンレス鋼 (SUSF316L)
		ジョイントボルト	低合金鋼 (SNB7)
		ジョイントナット	低合金鋼 (SNB7)
	シール	ガスケット	(消耗品)
隔離機能の維持	隔離	弁体	ステンレス鋼 (SUSF316L ステライト肉盛)
		弁座	ステンレス鋼 (SUSF316L ステライト肉盛)
作動機能の維持	駆動力伝達	アーム	ステンレス鋳鋼 (SCS16A)
		弁棒	ステンレス鋼 (SUS316-B)

表 2.1-12 ほう酸水注入系外側隔離弁の使用条件

最高使用圧力	約 8.6 MPa
最高使用温度	302 °C
内部流体	純水

## 2.1.7 ほう酸水注入系ポンプ吐出逆止弁

### (1) 構造

ほう酸水注入系ポンプ吐出逆止弁は、口径 40 A、圧力クラス 900 LB のスイング型逆止弁で、2 台設置されている。

弁本体は五ほう酸ナトリウム水を内包する耐圧部（弁箱、弁ふた、ジョイントボルト・ナット）、五ほう酸ナトリウム水を仕切る隔離部（スイング型弁体、弁座）からなる。

五ほう酸ナトリウム水に接する弁箱及びアームはステンレス鋳鋼、弁ふた、弁体及び弁座はステンレス鋼で製作されている。

なお、当該弁については、ジョイントボルト・ナットを取り外すことにより、弁内部の点検手入れが可能である。

ほう酸水注入系ポンプ吐出逆止弁の構造図を図 2.1-7 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

ほう酸水注入系ポンプ吐出逆止弁主要部位の使用材料を表 2.1-13 に、使用条件を表 2.1-14 に示す。

No.	部 位
①	弁箱
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	ガスケット
⑤	弁体
⑥	弁座
⑦	アーム
⑧	弁棒

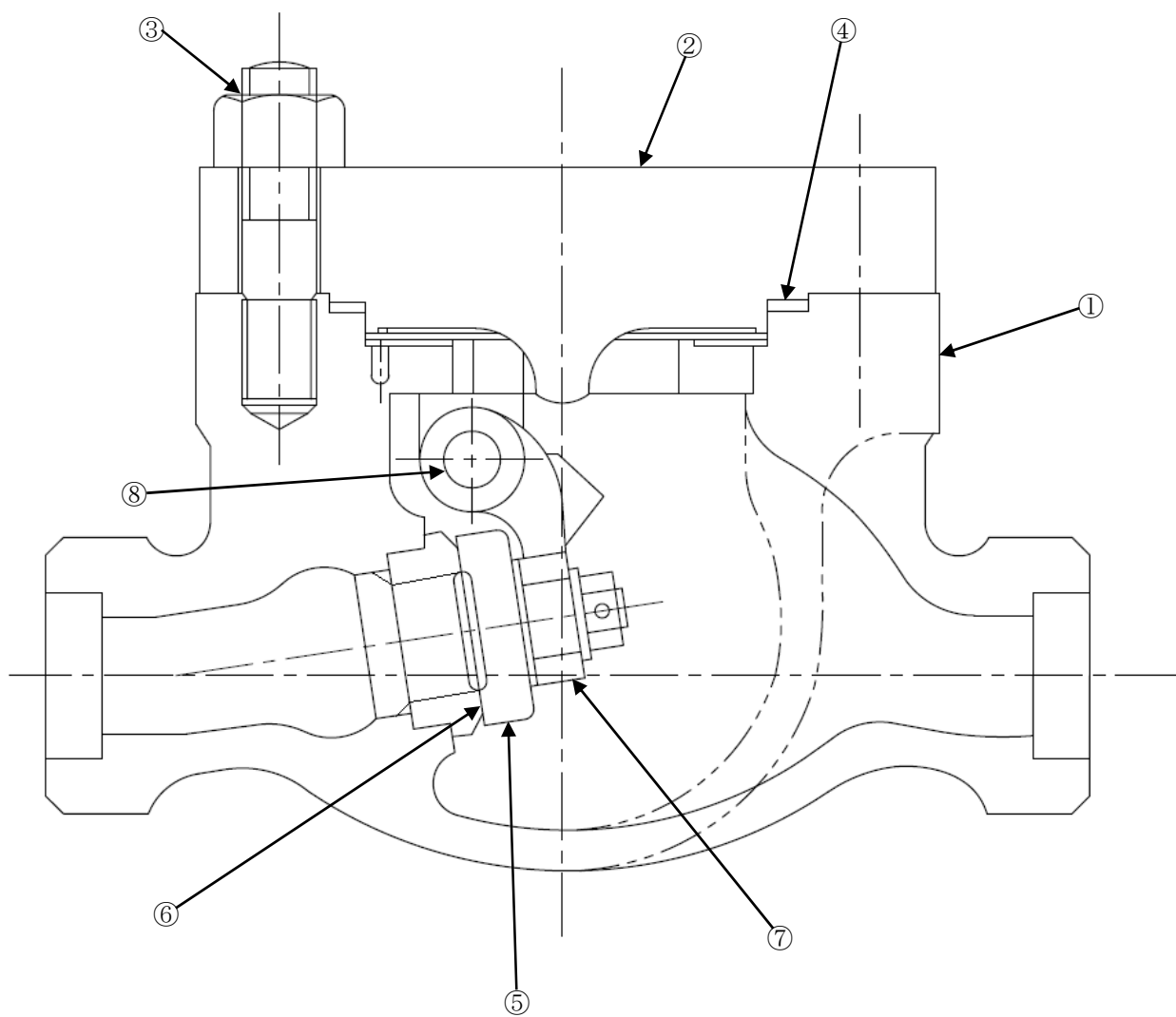


図 2.1-7 ほう酸水注入系ポンプ吐出逆止弁構造図

表 2.1-13 ほう酸水注入系ポンプ吐出逆止弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	ステンレス鋳鋼 (SCS13A)
		弁ふた	ステンレス鋼 (SUSF304)
		ジョイントボルト	低合金鋼 (SNB7)
		ジョイントナット	低合金鋼 (SNB7)
	シール	ガスケット	(消耗品)
隔離機能の維持	隔離	弁体	ステンレス鋼 (SUSF304 ステライト肉盛)
		弁座	ステンレス鋼 (SUSF304 ステライト肉盛)
作動機能の維持	駆動力伝達	アーム	ステンレス鋳鋼 (SCS13A)
		弁棒	ステンレス鋼 (SUS403-B)

表 2.1-14 ほう酸水注入系ポンプ吐出逆止弁の使用条件

最高使用圧力	約 10.8 MPa
最高使用温度	66 °C
内部流体	五ほう酸ナトリウム水

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

逆止弁の機能である逆流防止機能の達成に必要な項目は以下のとおり。

- ① バウンダリの維持
- ② 隔離機能の維持
- ③ 作動機能の維持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

逆止弁について、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の材料、構造、使用条件（内部流体、圧力、温度等）及び現在までの運転経験を考慮し、代表機器毎に表 2.2-1 に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

なお、消耗品及び定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

グランドパッキン及びガスケットは消耗品であり、設計時に長期使用せず取替を前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

#### (3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

想定される経年劣化事象のうち主要 6 事象に該当する事象及び下記①、②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。なお、下記①、②に該当する事象については、2.2.3 項に示すとおり、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

- ① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△）
- ② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲）

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象として以下の事象が抽出された（表 2.2-1 で○）。

- a. 弁箱の疲労割れ [給水系原子炉給水ライン外側隔離弁]

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

#### a. アームと弁体・弁棒連結部の摩耗 [共通]

スイング型逆止弁は、アームと弁体の連結部を固定しているナットがゆるんだ場合に、アームと弁体連結部及び弁棒連結部の摩耗が想定されるが、ナットの廻り止め等を行うことでゆるみの発生を防止している。

また、分解点検時の目視点検により、有意な摩耗が確認された場合は、必要に応じて補修または取替を行うこととしている。

今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### b. 弁箱、弁ふた、弁体、弁座及びアームの腐食（流れ加速型腐食（FAC）） [給水系原子炉給水ライン外側隔離弁]

弁箱、弁ふた、弁体、弁座及びアームは、炭素鋼鋳鋼または炭素鋼で、内部流体が純水であることから、腐食（FAC）の発生が想定されるが、分解点検時の目視点検により、有意な腐食が確認された場合は、必要に応じて補修または取替を行うこととしている。

また、冷温停止状態においては、プラント運転状態と異なり、流速ならびに温度が低いことから、腐食（FAC）が発生する可能性はない。

今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### c. 弁箱、弁ふた、弁体及び弁座の腐食（全面腐食） [可燃性ガス濃度制御系出口逆止弁]

弁箱、弁ふた、弁体及び弁座は炭素鋼鋳鋼または炭素鋼で、内部流体が湿分を含んだガス（窒素）であることから、腐食の発生が想定されるが、分解点検時に目視にて健全性を確認している。

また、これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。



d. 弁箱，弁ふた，弁体及び弁座の腐食（全面腐食）〔原子炉補機冷却海水系ポンプ吐出逆止弁〕

弁箱，弁ふた，弁体及び弁座は炭素鋼鋳鋼で，内部流体が海水であることから，腐食の発生が想定されるが，これらは接液部にライニングが施されているため，腐食が発生する可能性は小さい。

また，分解点検時の目視点検により，ライニングにはく離や膨れが確認された場合は，必要に応じて補修または取替を行うこととしている。

今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. 弁棒の腐食（孔食，隙間腐食）〔原子炉補機冷却海水系ポンプ吐出逆止弁〕

弁棒はステンレス鋼で，内部流体が海水であることから，腐食（孔食，隙間腐食）の発生が想定されるが，これらは分解点検時の目視点検にて腐食の状況に応じた寸法測定を行い，有意な腐食が確認された場合は，必要に応じて補修または取替を行うこととしている。

今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f. ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）〔共通〕

ジョイントボルト・ナットは低合金鋼または炭素鋼であることから，腐食の発生が想定されるが，分解点検時に目視にて健全性を確認している。

また，これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

g. 弁箱，弁ふた，弁体，弁座及びアームの腐食（全面腐食）〔原子炉補機冷却水系 PCV 入口内側隔離逆止弁〕

弁箱，弁ふた，弁体，弁座及びアームは炭素鋼鋳鋼または炭素鋼であることから，腐食の発生が想定されるが，内部流体の冷却水には防錆剤が注入されているため，腐食が発生する可能性は小さい。

また，これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

h. 弁箱，弁ふた，弁体，弁座，アーム及び弁棒の腐食（全面腐食）〔ほう酸水注入系ポンプ吐出逆止弁〕

弁箱，弁ふた，弁体，弁座，アーム及び弁棒はステンレス鋳鋼またはステンレス鋼で，内部流体が五ほう酸ナトリウム水であるが，ステンレス鋼またはステンレス鋳鋼は耐食性が高いため，腐食が発生する可能性は小さい。

また，これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- (2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。

表 2. 2-1 (1/7) 可燃性ガス濃度制御系出口逆止弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		炭素鋼鋳鋼		△					*1:ステライト肉盛 *2:連結部	
		弁ふた		炭素鋼		△						
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼, 炭素鋼		△						
	シール	ガスケット	◎									
隔離機能の維持	隔離	弁体		炭素鋼*1	△*2	△						
		弁座		炭素鋼*1		△						
作動機能の維持	駆動力伝達	アーム		炭素鋼鋳鋼	△*2							
		弁棒		ステンレス鋼	△*2							

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (2/7) 給水系原子炉給水ライン外側隔離弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		炭素鋼鋳鋼		△*3	○				*1:13Cr 肉盛 *2:連結部 *3:FAC	
		弁ふた		炭素鋼鋳鋼		△*3						
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	シール	ガスケット	◎									
		グランドパッキン	◎									
隔離機能の維持	隔離	弁体		炭素鋼鋳鋼*1	△*2	△*3						
		弁座		炭素鋼*1		△*3						
作動機能の維持	駆動力伝達	アーム		炭素鋼鋳鋼	△*2	△*3						
		弁棒		ステンレス鋼	△*2							

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (3/7) 原子炉補機冷却水系 PCV 入口内側隔離逆止弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		炭素鋼鋳鋼		△					*1:ステライト肉盛 *2:連結部	
		弁ふた		炭素鋼		△						
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	シール	ガスケット	◎									
隔離機能の維持	隔離	弁体		炭素鋼*1	△*2	△						
		弁座		炭素鋼*1		△						
作動機能の維持	駆動力伝達	アーム		炭素鋼鋳鋼	△*2	△						
		弁棒		ステンレス鋼	△*2							

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (4/7) 原子炉補機冷却海水系ポンプ吐出逆止弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		炭素鋼鋳鋼*1		△					*1:ETFE ライニング *2:連結部 *3:孔食, 隙間腐食	
		弁ふた		炭素鋼鋳鋼*1		△						
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	シール	ガスケット	◎									
隔離機能の維持	隔離	弁体 (アーム一体型)		炭素鋼鋳鋼*1	△*2	△						
		弁座		炭素鋼鋳鋼*1		△						
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		ステンレス鋼*1	△*2	△*3						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (5/7) 高圧窒素ガス供給系常用 PCV 内側隔離弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考
					減 肉		割 れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		ステンレス鋳鋼							*1:ステライト肉盛 *2:連結部	
		弁ふた		ステンレス鋼								
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	シール	ガスケット	◎									
隔離機能の維持	隔離	弁体		ステンレス鋼*1	△*2							
		弁座		ステンレス鋼*1								
作動機能の維持	駆動力伝達	アーム		ステンレス鋳鋼	△*2							
		弁棒		ステンレス鋼	△*2							

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）



表 2.2-1 (6/7) ほう酸水注入系外側隔離弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考
					減 肉		割 れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		ステンレス鋳鋼								*1:ステライト肉盛 *2:連結部
		弁ふた		ステンレス鋼								
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	シール	ガスケット	◎									
隔離機能の維持	隔離	弁体		ステンレス鋼*1	△*2							
		弁座		ステンレス鋼*1								
作動機能の維持	駆動力伝達	アーム		ステンレス鋳鋼	△*2							
		弁棒		ステンレス鋼	△*2							

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2. 2-1 (7/7) ほう酸水注入系ポンプ吐出逆止弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		ステンレス鋳鋼		△					*1:ステライト肉盛 *2:連結部	
		弁ふた		ステンレス鋼		△						
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	シール	ガスケット	◎									
隔離機能の維持	隔離	弁体		ステンレス鋼*1	△*2	△						
		弁座		ステンレス鋼*1		△						
作動機能の維持	駆動力伝達	アーム		ステンレス鋳鋼	△*2	△						
		弁棒		ステンレス鋼	△*2	△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

## 2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

### (1) 弁箱の疲労割れ [給水系原子炉給水ライン外側隔離弁]

#### a. 事象の説明

給水系原子炉給水ライン外側隔離弁は、プラントの起動・停止時等の熱過渡による疲労が蓄積される可能性がある。

#### b. 技術評価

##### ① 健全性評価

給水系原子炉給水ライン外側隔離弁について、応力算出ならびに評価を実施した。

疲労評価は、運転実績に基づいた現時点（令和3年8月11日時点）の過渡回数を用いて日本機械学会「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 2005年版（2007年追補版を含む）」に基づき実施した。評価部位を図2.3-1に、運転実績に基づく現時点（令和3年8月11日時点）の値を表2.3-1に示す。

なお、使用環境を考慮した疲労については、日本機械学会「発電用原子力設備規格 環境疲労評価手法 JSME S NF1-2009」に基づいて評価した。

この結果、表2.3-2に示すとおり、疲れ累積係数は許容値1以下であり、疲労割れ発生の可能性は小さいと判断する。

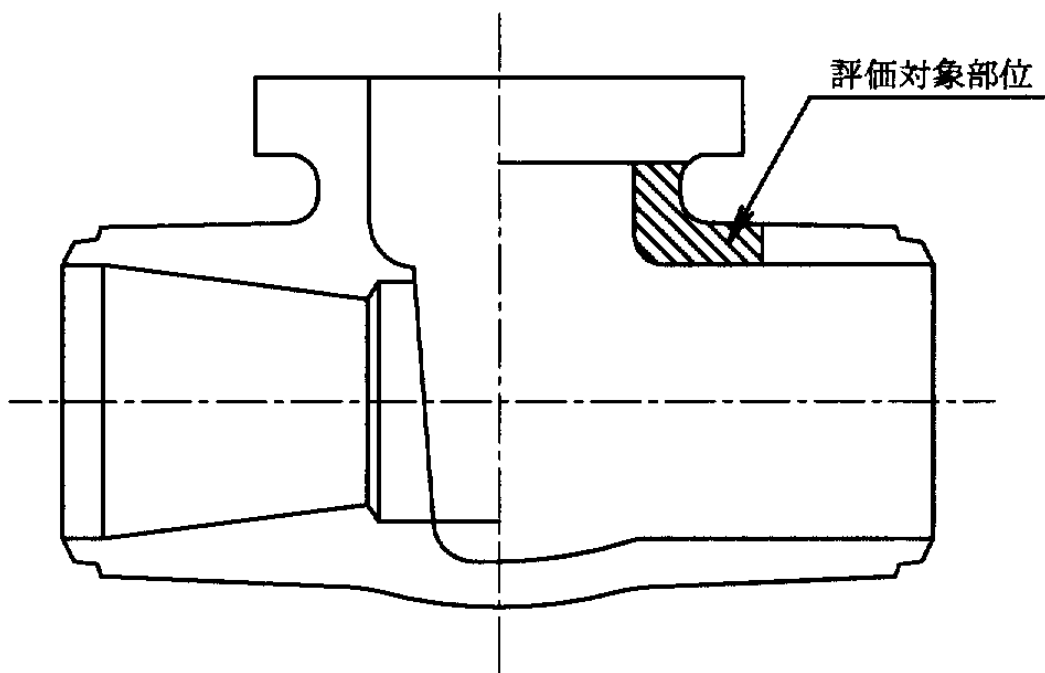


图 2.3-1 逆止弁疲労評価部位

表 2.3-1 給水系原子炉給水ライン外側隔離弁の疲労評価用過渡条件

運転条件	運転実績に基づく過渡回数 (令和3年8月11日時点)
耐圧試験	20
起動（昇温）	24
起動（タービン起動）	23
夜間低出力運転	23
週末低出力運転	15
制御棒パターン変更	28
給水加熱器機能喪失（発電機トリップ）	10
タービントリップに伴うスクラム	4
スクラム（その他）	8
停止	23

表 2.3-2 給水系原子炉給水ライン外側隔離弁の疲労評価結果

評価対象	運転状態実績回数に基づく疲れ累積係数（許容値：1以下）	
	設計・建設規格の 疲労曲線による解析	環境疲労評価手法 による解析
	現時点 (令和3年8月11日時点)	現時点 (令和3年8月11日時点)
給水系原子炉給水ライン外側隔離弁	0.031	0.082

② 現状保全

弁箱の疲労割れに対しては、分解点検時に目視にて弁箱内面に欠陥がないことを確認している。

また、社団法人日本原子力学会標準「原子力発電所の高経年化対策実施基準：2015」（AESJ-SC-P005：2015）に基づき、次回高経年化技術評価時に、実過渡回数確認による疲労評価を行うこととしている。

③ 総合評価

健全性評価結果より、給水系原子炉給水ライン外側隔離弁は、疲労割れ発生の可能性が十分に小さく、次回高経年化技術評価時に、実過渡回数確認による疲労評価を行うことが有効と判断する。

なお、当面の冷温停止状態においては、有意な熱過渡はなく、今後の疲労割れの発生・進展の可能性はない。

また、割れは分解点検時の目視点検にて検知可能であり、現状の保全は点検手法として適切であると判断する。

c. 高経年化への対応

弁箱の疲労割れに対しては、高経年化対策の観点から現状保全の内容に追加すべき項目はなく、今後も現状保全を継続していく。

### 3. 代表機器以外への展開

本章では、2章で実施した代表機器の技術評価結果について、1章で実施したグループ化で代表機器となっていない機器への展開について検討した。

#### [対象系統]

- ① 制御棒駆動系
- ② ほう酸水注入系
- ③ 残留熱除去系
- ④ 低圧炉心スプレイ系
- ⑤ 高圧炉心スプレイ系
- ⑥ 原子炉冷却材浄化系
- ⑦ 燃料プール冷却浄化系
- ⑧ 液体固体廃棄物処理系
- ⑨ 給水系
- ⑩ 原子炉補機冷却水系
- ⑪ 換気空調補機非常用冷却水系
- ⑫ 高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却海水系
- ⑬ 計装用圧縮空気系
- ⑭ 事故後サンプリング系
- ⑮ 可燃性ガス濃度制御系

#### 3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

##### a. 弁箱の疲労割れ [給水系原子炉給水ライン内側隔離弁]

代表機器同様、給水系原子炉給水ライン内側隔離弁については、疲労割れの発生が想定されるが、弁形状、運転状態、過渡条件が代表機器である給水系原子炉給水ライン外側隔離弁と同様であることから、疲労割れ発生の可能性は十分に小さいと判断する。

したがって、今後も分解点検時の目視点検により、弁箱内面に欠陥がないことを確認していく。

### 3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

a. アームと弁体・弁棒連結部の摩耗 [スイング型逆止弁共通]

代表機器同様、スイング型逆止弁は、アームと弁体の連結部を固定しているナットがゆるんだ場合に、アームと弁体連結部及び弁棒連結部の摩耗が想定されるが、ナットの廻り止め等を行うことでゆるみの発生を防止している。

また、分解点検時の目視点検により、有意な摩耗が確認された場合は、必要に応じて補修または取替を行うこととしている。

今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. 弁箱、弁ふた、弁体、弁座及びアームの腐食（流れ加速型腐食（FAC）） [純水系炭素鋼逆止弁：残留熱除去系、低圧炉心スプレイ系、液体固体廃棄物処理系、原子炉冷却材浄化系、給水系、復水補給水系]

代表機器同様、弁箱、弁ふた、弁体、弁座及びアームは、炭素鋼または炭素鋼鋳鋼で、内部流体が純水であることから、腐食（FAC）の発生が想定されるが、分解点検時の目視点検により、有意な腐食が確認された場合は、必要に応じて補修または取替を行うこととしている。

また、冷温停止状態においては、プラント運転状態と異なり、流速ならびに温度が低いことから、腐食（FAC）が発生する可能性はない。

今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. 弁箱、弁ふた、弁体及び弁座の腐食（全面腐食） [高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却海水系ポンプ吐出逆止弁]

代表機器同様、弁箱、弁ふた、弁体及び弁座は炭素鋼鋳鋼で、内部流体が海水であることから、腐食の発生が想定されるが、これらは接液部にライニングが施されているため、腐食が発生する可能性は小さい。

また、分解点検時の目視点検により、ライニングにはく離や膨れが確認された場合は、必要に応じて補修または取替を行うこととしている。

今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。



- d. 弁棒の腐食（孔食，隙間腐食）〔高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却海水系ポンプ吐出逆止弁〕

代表機器同様，弁棒はステンレス鋼で，内部流体が海水であることから，腐食（孔食，隙間腐食）の発生が想定されるが，これらは分解点検時の目視点検にて腐食の状況に応じた寸法測定を行い，有意な腐食が確認された場合は，必要に応じて補修または取替を行うこととしている。

今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- e. ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）〔低合金鋼または炭素鋼のジョイントボルト・ナットを有する弁共通〕

代表機器同様，ジョイントボルト・ナットは低合金鋼または炭素鋼であることから，腐食の発生が想定されるが，分解点検時に目視にて健全性を確認している。

また，これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- f. 弁体の固着〔リフト型逆止弁共通〕

リフト逆止弁は，過去の国外プラントにおいて，系統で発生した腐食生成物が弁体と弁体摺動部の隙間に堆積したことによる，弁体の固着事例が確認されているが，当該号炉においては腐食生成物の発生する環境では使用していないため，弁体が固着する可能性は小さい。

また，これまでの点検結果からも弁体の固着は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- g. 弁箱，弁ふた，弁体，弁座及びアームの腐食（全面腐食）〔純水系炭素鋼逆止弁：低圧炉心スプレイ系，高圧炉心スプレイ系〕

弁箱，弁ふた，弁体，弁座及びアームが炭素鋼または炭素鋼で，内部流体が純水であることから，腐食の発生が想定されるが，分解点検時に目視にて健全性を確認している。

また，これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- h. 弁箱，弁ふた，弁体，弁座及びアームの腐食（全面腐食）〔原子炉補機冷却水系ポンプ吐出逆止弁，換気空調補機非常用冷却水系ポンプ吐出逆止弁〕

代表機器同様，弁箱，弁ふた，弁体，弁座及びアームは炭素鋳鋼または炭素鋼であることから，腐食の発生が想定されるが，内部流体の冷却水には防錆剤が注入されているため，腐食が発生する可能性は小さい。

また，これまでの点検結果から有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- (2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

代表機器同様，日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。

以 上

## 4 バタフライ弁

[対象系統]

- ① 液体固体廃棄物処理系
- ② 原子炉補機冷却水系
- ③ 原子炉補機冷却海水系
- ④ 高圧炉心スプレィディーゼル補機冷却海水系
- ⑤ 非常用ガス処理系
- ⑥ 換気空調系

## 目 次

1. 対象機器及び代表機器の選定 .....	4-1
1.1 グループ化の考え方及び結果 .....	4-1
1.2 代表機器の選定 .....	4-1
2. 代表機器の技術評価 .....	4-3
2.1 構造, 材料及び使用条件 .....	4-3
2.1.1 可燃性ガス濃度制御系室給気隔離弁 .....	4-3
2.1.2 原子炉補機冷却水系冷却水供給温度調節弁熱交換器側前弁 .....	4-6
2.1.3 原子炉補機冷却海水系ポンプ吐出弁 .....	4-9
2.1.4 濃縮廃液ポンプ吐出タンク攪拌絞り弁 .....	4-12
2.2 経年劣化事象の抽出 .....	4-15
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目 .....	4-15
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 .....	4-15
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 .....	4-16
3. 代表機器以外への展開 .....	4-22
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 .....	4-22
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 .....	4-22

## 1. 対象機器及び代表機器の選定

主要なバタフライ弁の主な仕様を表 1-1 に示す。

これらのバタフライ弁を材料及び内部流体の観点からグループ化し、それぞれのグループより代表機器を選定した。

### 1.1 グループ化の考え方及び結果

材料及び内部流体を分類基準とし、バタフライ弁を表 1-1 に示すとおりグループ化する。弁箱材料は炭素鋼、ステンレス鋼に分類され、流体はガス、冷却水、海水及び純水に分類される。

### 1.2 代表機器の選定

表 1-1 に分類したグループ毎に、原則として重要度、運転状態、最高使用温度、最高使用圧力及び口径の観点から代表機器を選定する。

#### (1) ガス系炭素鋼バタフライ弁（内部流体：ガス（空気）、弁箱材質：炭素鋼）

ガス系ラインに使用されている炭素鋼バタフライ弁のうち、運転状態の観点から可燃性ガス濃度制御系室給気隔離弁を代表機器とする。

(U41-A0-F004A/B, 250 A, 5 K)

#### (2) 冷却水系炭素鋼バタフライ弁（内部流体：冷却水、弁箱材質：炭素鋼）

冷却水系ラインに使用されている炭素鋼バタフライ弁のうち、重要度の観点から原子炉補機冷却水系冷却水供給温度調節弁熱交換器側前弁を代表機器とする。

(P21-F005A/B, 650 A, 150 LB)

#### (3) 海水系炭素鋼バタフライ弁（内部流体：海水、弁箱材質：炭素鋼）

海水系ラインに使用されている炭素鋼バタフライ弁のうち、重要度、運転状態及び口径の観点から原子炉補機冷却海水系ポンプ吐出弁を代表機器とする。

(P41-F002A～D, 550 A, 150 LB)

#### (4) 純水系ステンレス鋼バタフライ弁（内部流体：純水、弁箱材質：ステンレス鋼）

純水系ラインに使用されているステンレス鋼バタフライ弁は、濃縮廃液ポンプ吐出タンク攪拌絞り弁のみであり、この弁を代表機器とする。

(K22-F008A/B, 80 A, 300 LB)

表 1-1 バタフライ弁のグループ化及び代表機器の選定

分類基準		系統名称	選定基準					代表選定	代表弁	選定理由	
材料	内部流体		重要度*1	使用条件							
				口径 (A)	運転状態*2	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)				
炭素鋼	ガス (空気)	非常用ガス処理系	MS-1	300	一時 (一時)	約 0.1	100~150	◎	可燃性ガス濃度制御系室給気隔離弁 (250A, 約 0.1MPa, 100°C, 5K) U41-A0-F004A/B	運転状態	
		換気空調系	MS-1	250	連続 (連続)	約 0.1	100				
	海水	冷却水*3	原子炉補機冷却水系	MS-1	650	連続 (連続)	約 1.4	70	◎	原子炉補機冷却水系冷却水供給温度調節弁熱交換器側前弁 (650A, 約 1.4MPa, 70°C, 150LB) P21-F005A/B	重要度
		原子炉補機冷却海水系	MS-1	450~550	連続 (連続)	約 0.6	50	◎	原子炉補機冷却海水系ポンプ吐出弁 (550A, 約 0.6MPa, 50°C, 150LB) P41-F002A~D	重要度, 運転状態, 口径	
高圧炉心スプレイディージェル補機冷却海水系	MS-1		250	一時 (一時)	約 0.7	50					
ステンレス鋼	純水	液体固体廃棄物処理系	高*4	80	連続 (連続)	約 1.7	100	◎	濃縮廃液ポンプ吐出タンク攪拌絞り弁 (80A, 約 1.7MPa, 100°C, 300LB) K22-F008A/B		

\*1: 最上位の重要度を示す

\*2: 上段は冷温停止状態時における運転状態, 下段の ( ) は断続的運転時の運転状態を示す

\*3: 防錆剤入り純水

\*4: 最高使用温度が 95 °C を超え, または最高使用圧力が 1,900 kPa を超える環境下にある原子炉格納容器外の重要度クラス 3 の機器

## 2. 代表機器の技術評価

本章では、1章で代表機器とした以下の弁について技術評価を実施する。

- ① 可燃性ガス濃度制御系室給気隔離弁
- ② 原子炉補機冷却水系冷却水供給温度調節弁熱交換器側前弁
- ③ 原子炉補機冷却海水系ポンプ吐出弁
- ④ 濃縮廃液ポンプ吐出タンク攪拌絞り弁

### 2.1 構造、材料及び使用条件

#### 2.1.1 可燃性ガス濃度制御系室給気隔離弁

##### (1) 構造

可燃性ガス濃度制御系室給気隔離弁は、口径 250 A、圧力クラス 5 K の空気作動（ピストン式）バタフライ弁で、2 台設置されている。

ガスを内包する耐圧部（弁箱、ジョイントボルト・ナット、軸封部）、ガスを仕切る隔離部（弁体、弁座）及び弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒、ピン、ヨーク）からなる。

ガスに接する弁箱及び弁体は炭素鋼鋳鋼で製作されており、軸封部には流体の漏れを防止するためグランドパッキンが使用されている。

なお、当該弁については、駆動部を切り離し、フランジボルトを緩め、弁箱を取り外すことにより、弁内部の点検手入れが可能である。

可燃性ガス濃度制御系室給気隔離弁の構造図を図 2.1-1 に示す。

##### (2) 材料及び使用条件

可燃性ガス濃度制御系室給気隔離弁主要部位の使用材料を表 2.1-1 に、使用条件を表 2.1-2 に示す。

No.	部 位
①	弁箱
②	ジョイントボルト・ナット
③	グラウンドパッキン
④	ガスケット
⑤	弁体
⑥	弁座 (弁体シート)
⑦	弁棒
⑧	ピン
⑨	ヨーク

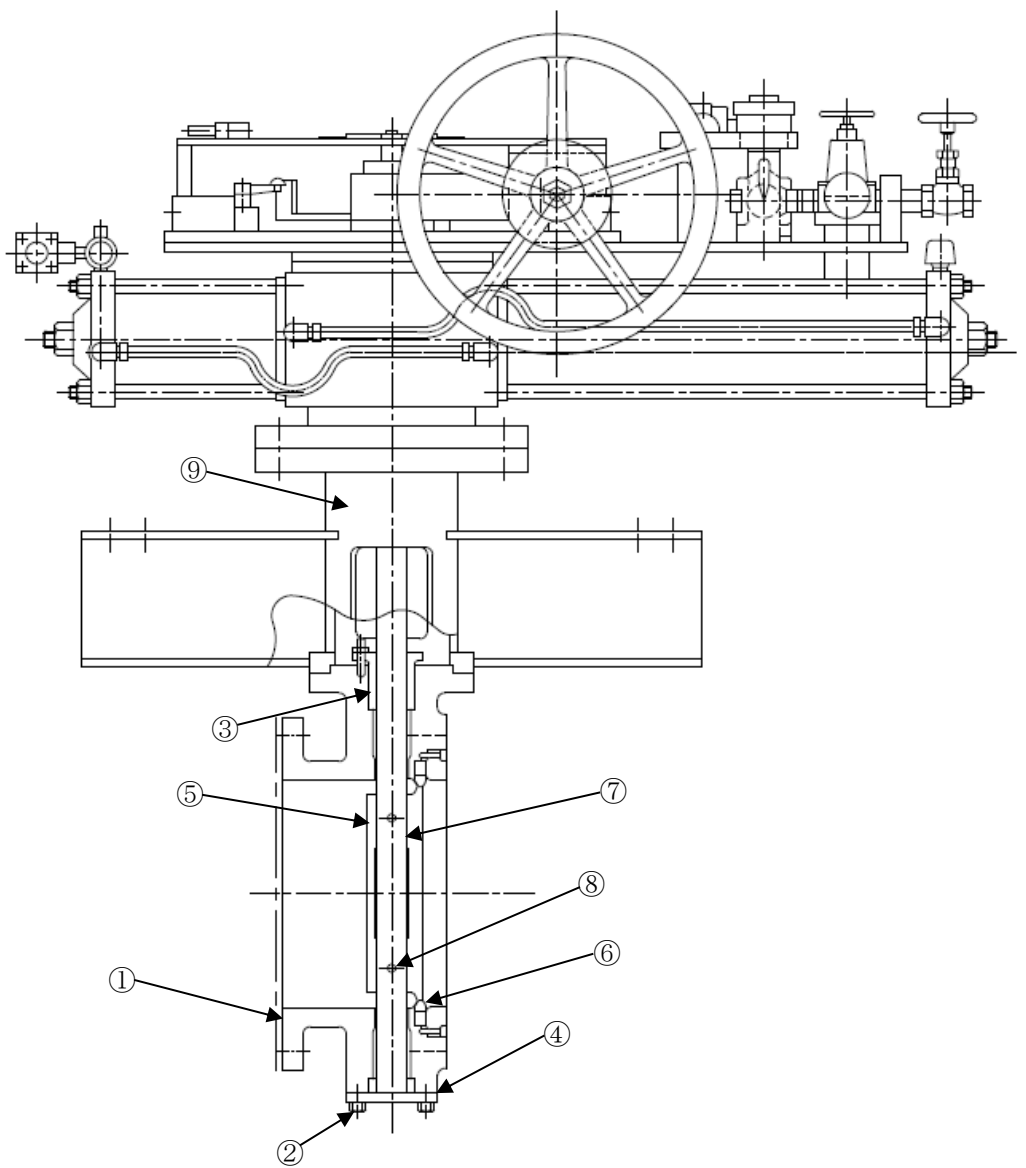


図 2. 1-1 可燃性ガス濃度制御系室給気隔離弁構造図



表 2.1-1 可燃性ガス濃度制御系室給気隔離弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	炭素鋼鋳鋼 (SCPL1)
		ジョイントボルト	低合金鋼 (SNB7)
		ジョイントナット	低合金鋼 (SNB7)
	シール	グラウンドパッキン	(消耗品)
		ガスケット	(消耗品)
隔離機能の維持	隔離	弁体	炭素鋼鋳鋼 (SCPL1 シート部 SUS 盛金)
		弁座 (弁体シート)	(消耗品)
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼 (SUS420J2)
		ピン	ステンレス鋼 (SUS420J2)
		ヨーク	炭素鋼 (SS41)

表 2.1-2 可燃性ガス濃度制御系室給気隔離弁の使用条件

最高使用圧力	約 0.1 MPa
最高使用温度	100 °C
内部流体	ガス (空気)

## 2.1.2 原子炉補機冷却水系冷却水供給温度調節弁熱交換器側前弁

### (1) 構造

原子炉補機冷却水系冷却水供給温度調節弁熱交換器側前弁は、口径 650 A、圧力クラス 150 LB の手動バタフライ弁で、2 台設置されている。

冷却水を内包する耐圧部（弁箱、ジョイントボルト、軸封部）、冷却水を仕切る隔離部（弁体、弁座）及び弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒、ピン、ヨーク）からなる。

冷却水に接する弁箱は炭素鋼鋳鋼、弁体はステンレス鋳鋼で製作されており、軸封部には流体の漏れを防止するためOリングが使用されている。

なお、当該弁については、駆動部を切り離し、フランジボルトを緩め、弁箱を取り外すことにより、弁内部の点検手入れが可能である。

原子炉補機冷却水系冷却水供給温度調節弁熱交換器側前弁の構造図を図 2.1-2 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

原子炉補機冷却水系冷却水供給温度調節弁熱交換器側前弁主要部位の使用材料を表 2.1-3 に、使用条件を表 2.1-4 に示す。

No.	部 位
①	弁箱
②	ジョイントボルト
③	Oリング
④	ガスケット
⑤	弁体
⑥	弁座 (弁体シート)
⑦	弁棒
⑧	ピン
⑨	ヨーク

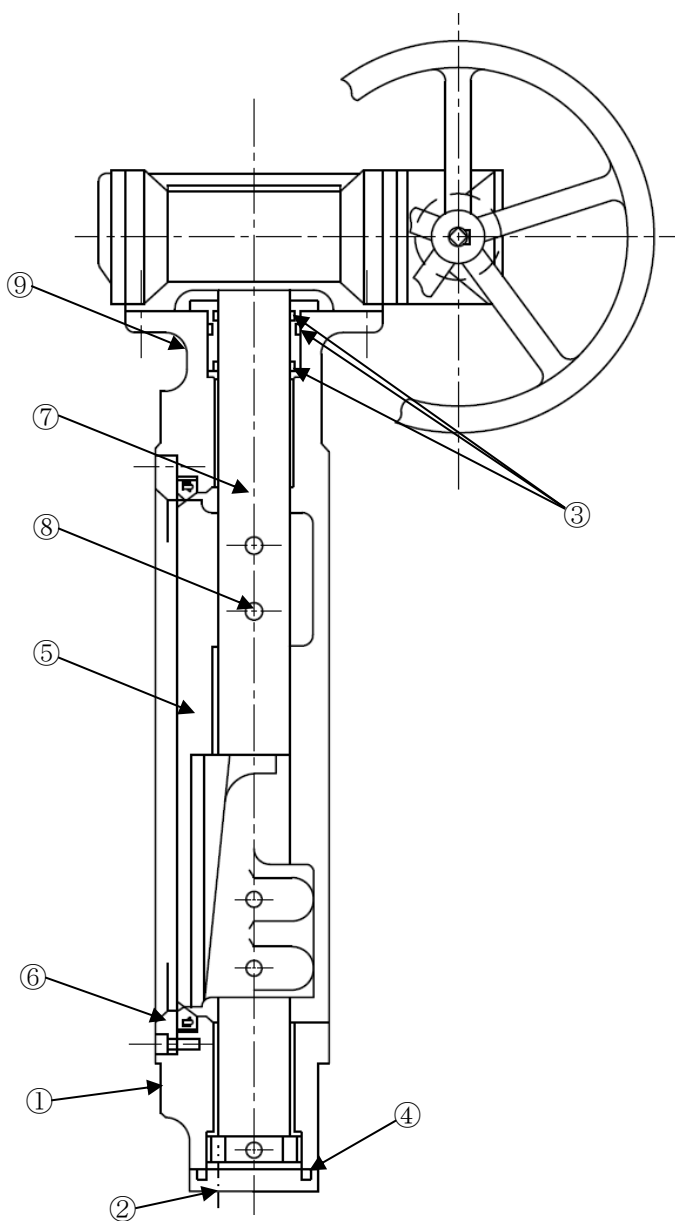


図 2.1-2 原子炉補機冷却水系冷却水供給温度調節弁熱交換器側前弁構造図

表 2.1-3 原子炉補機冷却水系冷却水供給温度調節弁熱交換器側前弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	炭素鋼鋳鋼 (SCPH2)
		ジョイントボルト	低合金鋼 (SNB7)
	シール	ガスケット	(消耗品)
		Oリング	(消耗品)
隔離機能の維持	隔離	弁体	ステンレス鋳鋼 (SCS13A)
		弁座 (弁体シート)	(消耗品)
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼 (SUS304-B)
		ピン	ステンレス鋼 (SUS304)
		ヨーク	炭素鋼鋳鋼 (SCPH2)

表 2.1-4 原子炉補機冷却水系冷却水供給温度調節弁熱交換器側前弁の使用条件

最高使用圧力	約 1.4 MPa
最高使用温度	70 °C
内部流体	冷却水 (防錆剤入り)

### 2.1.3 原子炉補機冷却海水系ポンプ吐出弁

#### (1) 構造

原子炉補機冷却海水系ポンプ吐出弁は、口径 550 A、圧力クラス 150 LB の手動バタフライ弁で、4 台設置されている。

海水を内包する耐圧部（弁箱、ジョイントボルト・ナット、軸封部）、海水を仕切る隔離部（弁体、弁座）及び弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒、ピン、ヨーク）からなる。

海水に接する弁箱及び弁体は炭素鋼鋳鋼で製作されており、ゴムライニングが施されている。また、軸封部には流体の漏れを防止するためグランドパッキンが使用されている。

なお、当該弁については、駆動部を切り離し、フランジボルトを緩め、弁箱を取り外すことにより、弁内部の点検手入れが可能である。

原子炉補機冷却海水系ポンプ吐出弁の構造図を図 2.1-3 に示す。

#### (2) 材料及び使用条件

原子炉補機冷却海水系ポンプ吐出弁主要部位の使用材料を表 2.1-5 に、使用条件を表 2.1-6 に示す。

No.	部 位
①	弁箱
②	ジョイントボルト・ナット
③	グラウンドパッキン
④	Oリング
⑤	弁体
⑥	弁座 (弁体シート)
⑦	弁棒
⑧	ピン
⑨	ヨーク

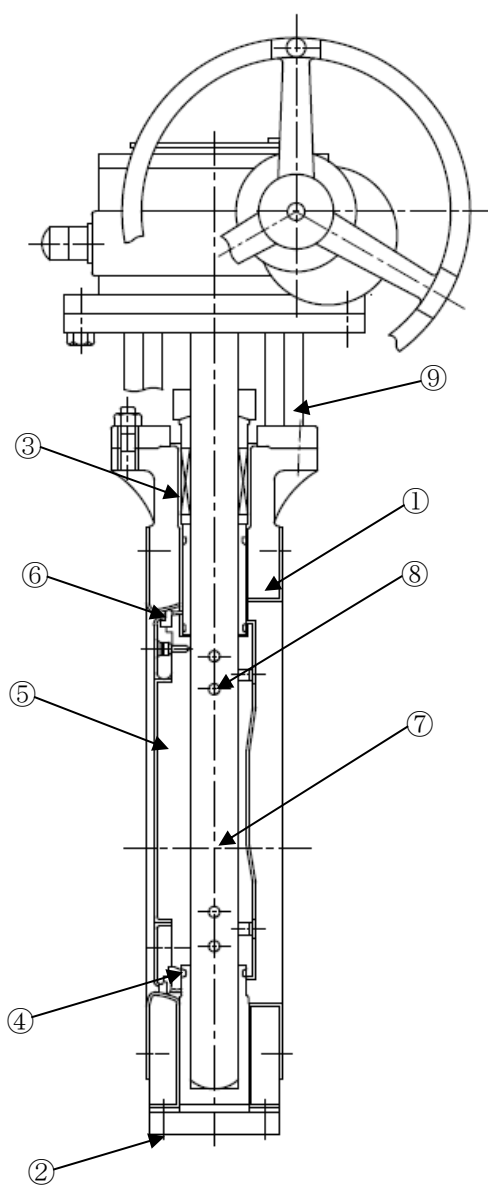


図 2.1-3 原子炉補機冷却海水系ポンプ吐出弁構造図

表 2.1-5 原子炉補機冷却海水系ポンプ吐出弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	炭素鋼鋳鋼 (SCPH2 ゴムライニング)
		ジョイントボルト	低合金鋼 (SNB7)
		ジョイントナット	炭素鋼 (S45C)
	シール	グラウンドパッキン	(消耗品)
		Oリング	(消耗品)
隔離機能の維持	隔離	弁体	炭素鋼鋳鋼 (SCPH2 ゴムライニング)
		弁座 (弁体シート)	(消耗品)
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼 (SUS420J2-B)
		ピン	ステンレス鋼 (SUS420J2-B)
		ヨーク	炭素鋼 (SS400)

表 2.1-6 原子炉補機冷却海水系ポンプ吐出弁の使用条件

最高使用圧力	約 0.6 MPa
最高使用温度	50 °C
内部流体	海水

#### 2.1.4 濃縮廃液ポンプ吐出タンク攪拌絞り弁

##### (1) 構造

濃縮廃液ポンプ吐出タンク攪拌絞り弁は、口径 80 A、圧力クラス 300 LB の手動バタフライ弁で、2 台設置されている。

純水を内包する耐圧部（弁箱、ジョイントボルト、軸封部）、純水を仕切る隔離部（弁体、弁座）及び弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒、ピン、ヨーク）からなる。

純水に接する弁箱はステンレス鋳鋼、弁体はステンレス鋼で製作されており、軸封部には流体の漏れを防止するため Oリングが使用されている。

なお、当該弁については、駆動部を切り離し、フランジボルトを緩め、弁箱を取り外すことにより、弁内部の点検手入れが可能である。

濃縮廃液ポンプ吐出タンク攪拌絞り弁の構造図を図 2.1-4 に示す。

##### (2) 材料及び使用条件

濃縮廃液ポンプ吐出タンク攪拌絞り弁主要部位の使用材料を表 2.1-7 に、使用条件を表 2.1-8 に示す。



No.	部 位
①	弁箱
②	ジョイントボルト
③	Oリング
④	ガスケット
⑤	弁体
⑥	弁座 (弁体シート)
⑦	弁棒
⑧	ピン
⑨	ヨーク

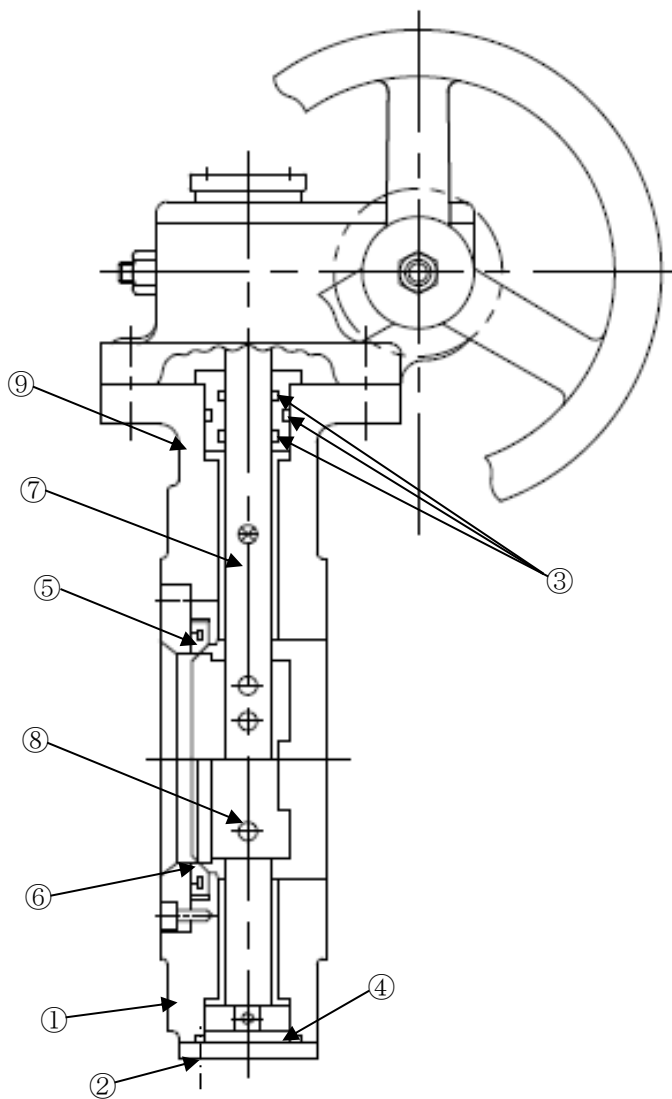


図 2.1-4 濃縮廃液ポンプ吐出タンク攪拌絞り弁構造図

表 2.1-7 濃縮廃液ポンプ吐出タンク攪拌絞り弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	ステンレス鋳鋼 (SCS16A)
		ジョイントボルト	低合金鋼 (SNB7)
	シール	ガスケット	(消耗品)
		Oリング	(消耗品)
隔離機能の維持	隔離	弁体	ステンレス鋼 (SUS316L)
		弁座 (弁体シート)	(消耗品)
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼 (SUS316L-B)
		ピン	ステンレス鋼 (SUS316L)
		ヨーク	ステンレス鋳鋼 (SCS16A)

表 2.1-8 濃縮廃液ポンプ吐出タンク攪拌絞り弁の使用条件

最高使用圧力	約 1.7 MPa
最高使用温度	100 °C
内部流体	純水

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

バタフライ弁の機能である流体調節，隔離機能の達成に必要な項目は以下のとおり。

- ① バウンダリの維持
- ② 隔離機能の維持
- ③ 作動機能の維持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

バタフライ弁について，機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で，個々の部位の材料，構造，使用条件（内部流体，圧力，温度等）及び現在までの運転経験を考慮し，代表機器毎に表 2.2-1 に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

なお，消耗品及び定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

グランドパッキン，ガスケット，Oリング及び弁座（弁体シート）のゴムは消耗品であり，設計時に長期使用せず取替を前提としていることから，高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

#### (3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

想定される経年劣化事象のうち主要 6 事象に該当する事象及び下記①，②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。なお，下記①，②に該当する事象については，2.2.3 項に示すとおり，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

- ① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって，想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△）
- ② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲）

この結果，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

a. 弁箱及び弁体の腐食（全面腐食）〔原子炉補機冷却海水系ポンプ吐出弁〕

弁箱及び弁体は炭素鋼鋳鋼で、内部流体が海水であることから、腐食の発生が想定されるが、弁箱及び弁体は接液部にライニングが施されているため、腐食が発生する可能性は小さい。

また、分解点検時の目視点検により、ライニングにはく離や膨れが確認された場合は、必要に応じて補修または取替を行うこととしている。

今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）〔共通〕

ジョイントボルト・ナットは低合金鋼または炭素鋼であることから、腐食の発生が想定されるが、分解点検時に目視にて健全性を確認している。

また、これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. 弁箱及び弁体の腐食（全面腐食）〔可燃性ガス濃度制御系室給気隔離弁〕

弁箱及び弁体は炭素鋼鋳鋼で、内部流体が湿分を含んだガス（空気）であることから、腐食の発生が想定されるが、分解点検時に目視にて健全性を確認している。

また、これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. 弁箱の腐食（全面腐食）〔原子炉補機冷却水系冷却水供給温度調節弁熱交換器側前弁〕

弁箱は炭素鋼鋳鋼であることから、腐食の発生が想定されるが、内部流体の冷却水には防錆剤が注入されているため、腐食が発生する可能性は小さい。

また、これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. ピンの摩耗 [共通]

弁体の作動により、長期的にはピンの摩耗が想定されるが、分解点検時に摩耗が確認された場合は、必要に応じて取替を行うこととしている。

今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f. ヨークの腐食（全面腐食） [炭素鋼または炭素鋼鋳鋼のヨークを有する弁共通]

ヨークは炭素鋼または炭素鋼鋳鋼であることから、腐食の発生が想定されるが、大気接触部は防食塗装を施しており、必要に応じて補修を行うこととしている。

また、これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- (2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または、進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。

表 2. 2-1 (1/4) 可燃性ガス濃度制御系室給気隔離弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		炭素鋼鋳鋼		△					*1:シート部 SUS 盛金	
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	シール	グラントパッキン	◎									
		ガスケット	◎									
隔離機能の維持	隔離	弁体		炭素鋼鋳鋼*1		△						
		弁座 (弁体シート)	◎									
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		ステンレス鋼								
		ピン		ステンレス鋼	△							
		ヨーク		炭素鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (2/4) 原子炉補機冷却水系冷却水供給温度調節弁熱交換器側前弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		炭素鋼鋳鋼		△						
		ジョイントボルト		低合金鋼		△						
	シール	ガスケット	◎									
		Oリング	◎									
隔離機能の維持	隔離	弁体		ステンレス鋳鋼								
		弁座 (弁体シート)	◎									
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		ステンレス鋼								
		ピン		ステンレス鋼	△							
		ヨーク		炭素鋼鋳鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2. 2-1 (3/4) 原子炉補機冷却海水系ポンプ吐出弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		炭素鋼鋳鋼*1		△					*1: ゴムライニング	
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼, 炭素鋼		△						
	シール	グラントパッキン	◎									
		Oリング	◎									
隔離機能の維持	隔離	弁体		炭素鋼鋳鋼*1		△						
		弁座 (弁体シート)	◎									
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		ステンレス鋼								
		ピン		ステンレス鋼	△							
		ヨーク		炭素鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）



表 2.2-1 (4/4) 濃縮廃液ポンプ吐出タンク攪拌絞り弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考
					減 肉		割 れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		ステンレス鋳鋼								
		ジョイントボルト		低合金鋼		△						
	シール	ガスケット	◎									
		Oリング	◎									
隔離機能の維持	隔離	弁体		ステンレス鋼								
		弁座（弁体シート）	◎									
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		ステンレス鋼								
		ピン		ステンレス鋼	△							
		ヨーク		ステンレス鋳鋼								

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

### 3. 代表機器以外への展開

本章では、2章で実施した代表機器の技術評価結果について、1章で実施したグループ化で代表機器となっていない機器への展開について検討した。

#### [対象系統]

- ① 原子炉補機冷却水系
- ② 原子炉補機冷却海水系
- ③ 高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却海水系
- ④ 非常用ガス処理系
- ⑤ 換気空調系

#### 3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

代表機器同様、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

#### 3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

- a. 弁箱及び弁体の腐食（全面腐食）〔海水系炭素鋼バタフライ弁：原子炉補機冷却海水系，高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却海水系〕

代表機器同様、弁箱及び弁体が炭素鋼鋳鋼で、内部流体が海水であることから、腐食の発生が想定されるが、弁箱及び弁体は接液部にライニングが施されているため、腐食が発生する可能性は小さい。

また、分解点検時の目視点検にて、ライニングにはく離や膨れが確認された場合は、必要に応じて補修または取替を行うこととしている。

今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- b. ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）〔低合金鋼または炭素鋼のジョイントボルト・ナットを有する弁共通〕

代表機器同様、ジョイントボルト・ナットは低合金鋼または炭素鋼であることから、腐食の発生が想定されるが、分解点検時に目視にて健全性を確認している。

また、これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- c. 弁箱及び弁体の腐食（全面腐食）〔ガス系炭素鋼バタフライ弁：非常用ガス処理系，換気空調系〕
- 代表機器同様，弁箱及び弁体は炭素鋼鋳鋼で，内部流体が湿分を含んだガス（空気）であることから，腐食の発生が想定されるが，分解点検時に目視にて健全性を確認している。
- また，これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。
- d. 弁箱の腐食（全面腐食）〔冷却水系炭素鋼バタフライ弁：原子炉補機冷却水系〕
- 代表機器同様，弁箱は炭素鋼鋳鋼であることから，腐食の発生が想定されるが，内部流体の冷却水には防錆剤が注入されているため，腐食が発生する可能性は小さい。
- また，これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。
- e. ピンの摩耗〔共通〕
- 代表機器同様，弁体の作動により，長期的にはピンの摩耗が想定されるが，分解点検時に摩耗が確認された場合は，必要に応じて取替を行うこととしている。
- 今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。
- f. ヨークの腐食（全面腐食）〔炭素鋼または炭素鋼鋳鋼のヨークを有する弁共通〕
- 代表機器同様，ヨークは炭素鋼または炭素鋼鋳鋼であることから，腐食の発生が想定されるが，大気接触部は防食塗装を施しており，必要に応じて補修を行うこととしている。
- また，これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- (2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

代表機器同様、日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。

以 上

## 5 安全弁

[対象系統]

- ① ほう酸水注入系
- ② 残留熱除去系
- ③ 低圧炉心スプレイ系
- ④ 高圧炉心スプレイ系
- ⑤ 原子炉冷却材浄化系
- ⑥ 可燃性ガス濃度制御系

## 目 次

1. 対象機器及び代表機器の選定 .....	5-1
1.1 グループ化の考え方及び結果 .....	5-1
1.2 代表機器の選定 .....	5-1
2. 代表機器の技術評価 .....	5-3
2.1 構造, 材料及び使用条件 .....	5-3
2.1.1 可燃性ガス濃度制御系出口ライン逃がし弁 .....	5-3
2.1.2 残留熱除去系停止時冷却吸込ライン隔離弁間逃がし弁 .....	5-6
2.1.3 原子炉冷却材浄化系ポンプパージライン逃がし弁 .....	5-9
2.1.4 ほう酸水注入系ポンプ吐出ライン逃がし弁 .....	5-12
2.2 経年劣化事象の抽出 .....	5-15
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目 .....	5-15
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 .....	5-15
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 .....	5-16
3. 代表機器以外への展開 .....	5-22
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 .....	5-22
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 .....	5-22

## 1. 対象機器及び代表機器の選定

主要な安全弁の主な仕様を表 1-1 に示す。

これらの安全弁を材料及び内部流体の観点からグループ化し、それぞれのグループより代表機器を選定した。

### 1.1 グループ化の考え方及び結果

材料及び内部流体を分類基準とし、安全弁を表 1-1 に示すとおりグループ化する。

弁箱材料は炭素鋼，ステンレス鋼に分類され，流体はガス，純水及び五ほう酸ナトリウム水に分類される。

### 1.2 代表機器の選定

表 1-1 に分類したグループ毎に，原則として重要度，運転状態，最高使用温度，最高使用圧力及び口径の観点から代表機器を選定する。

#### (1) ガス系炭素鋼安全弁（内部流体：ガス，弁箱材質：炭素鋼）

ガス系ラインに使用されている炭素鋼安全弁は，可燃性ガス濃度制御系出口ライン逃がし弁のみであり，この弁を代表機器とする。

(T49-F009, 25 A, 10 K)

#### (2) 純水系炭素鋼安全弁（内部流体：純水，弁箱材質：炭素鋼）

純水系ラインに使用されている炭素鋼安全弁のうち，運転状態及び最高使用温度の観点から残留熱除去系停止時冷却吸込ライン隔離弁間逃がし弁を代表機器とする。

(E11-F079A/B, 20 A, 110 K)

#### (3) 純水系ステンレス鋼安全弁（内部流体：純水，弁箱材質：ステンレス鋼）

純水系ラインに使用されているステンレス鋼安全弁は，原子炉冷却材浄化系ポンプパージライン逃がし弁のみであり，この弁を代表機器とする。

(G31-F040A/B, 20 A, 140 K)

#### (4) 五ほう酸ナトリウム水系ステンレス鋼安全弁（内部流体：五ほう酸ナトリウム水，弁箱材質：ステンレス鋼）

五ほう酸ナトリウム水系ラインに使用されているステンレス鋼安全弁は，ほう酸水注入系ポンプ吐出ライン逃がし弁のみであり，この弁を代表機器とする。

(C41-F003A/B, 25 A, 110 K)

表 1-1 安全弁のグループ化及び代表機器の選定

分類基準		系統名称	選定基準					代表選定	代表弁	選定理由
材料	内部流体		重要度*1	使用条件						
				口径 (A)	運転状態*2	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)			
炭素鋼	ガス (窒素)	可燃性ガス濃度制御系	MS-1	25	一時 (一時)	約 0.3	171	◎	可燃性ガス濃度制御系出口ライン逃がし弁 (25 A, 約 0.3 MPa, 171 °C, 10 K) T49-F009	
	純水	残留熱除去系	MS-1	20~25	連続 (一時)	約 1.4~8.6	104~302	◎	残留熱除去系停止時冷却吸込ライン隔離弁間逃がし弁 (20 A, 約 8.6 MPa, 302 °C, 110 K) E11-F079A/B	運転状態, 最高使用温度
		低圧炉心スプレイ系	MS-1	25	一時 (一時)	約 4.4	104			
		高圧炉心スプレイ系	MS-1	25	一時 (一時)	約 1.4	104			
ステンレス鋼	純水	原子炉冷却材浄化系	高*3	20	連続 (連続)	約 13.8	66	◎	原子炉冷却材浄化系ポンプパージライン逃がし弁 (20 A, 約 13.8 MPa, 66 °C, 140 K) G31-F040A/B	
	五ほう酸ナトリウム水	ほう酸水注入系	高*3	25	一時 (一時)	約 10.8	66	◎	ほう酸水注入系ポンプ吐出ライン逃がし弁 (25 A, 約 10.8 MPa, 66 °C, 110 K) C41-F003A/B	

\*1: 最上位の重要度を示す

\*2: 上段は冷温停止状態時における運転状態, 下段の ( ) は断続的運転時の運転状態を示す

\*3: 最高使用温度が 95 °C を超え, または最高使用圧力が 1,900 kPa を超える環境下にある原子炉格納容器外の重要度クラス 3 の機器



## 2. 代表機器の技術評価

本章では、1章で代表機器とした以下の弁について技術評価を実施する。

- ① 可燃性ガス濃度制御系出口ライン逃がし弁
- ② 残留熱除去系停止時冷却吸込ライン隔離弁間逃がし弁
- ③ 原子炉冷却材浄化系ポンプパージライン逃がし弁
- ④ ほう酸水注入系ポンプ吐出ライン逃がし弁

### 2.1 構造、材料及び使用条件

#### 2.1.1 可燃性ガス濃度制御系出口ライン逃がし弁

##### (1) 構造

可燃性ガス濃度制御系出口ライン逃がし弁は、口径 25 A、圧力クラス 10 K の安全弁で、1台設置されている。

弁本体は、ガス（窒素）を内包する耐圧部（弁箱、弁体、ノズルシート、ジョイントボルト・ナット）及び弁体を作動させる作動部（弁棒、スプリング）からなる。

ガス（窒素）に接する弁箱及びノズルシートは炭素鋼鋳鋼または炭素鋼、弁体はステンレス鋼で製作されており、軸封部には流体の漏れを防止するためベローズが使用されている。

なお、当該弁については、ジョイントボルト・ナットを取り外すことにより、弁内部の点検手入れが可能である。

可燃性ガス濃度制御系出口ライン逃がし弁の構造図を図 2.1-1 に示す。

##### (2) 材料及び使用条件

可燃性ガス濃度制御系出口ライン逃がし弁主要部位の使用材料を表 2.1-1 に、使用条件を表 2.1-2 に示す。

No.	部 位
①	弁箱
②	弁体
③	ノズルシート
④	ジョイントボルト・ナット
⑤	ガスケット
⑥	ベローズ
⑦	弁棒
⑧	スプリング

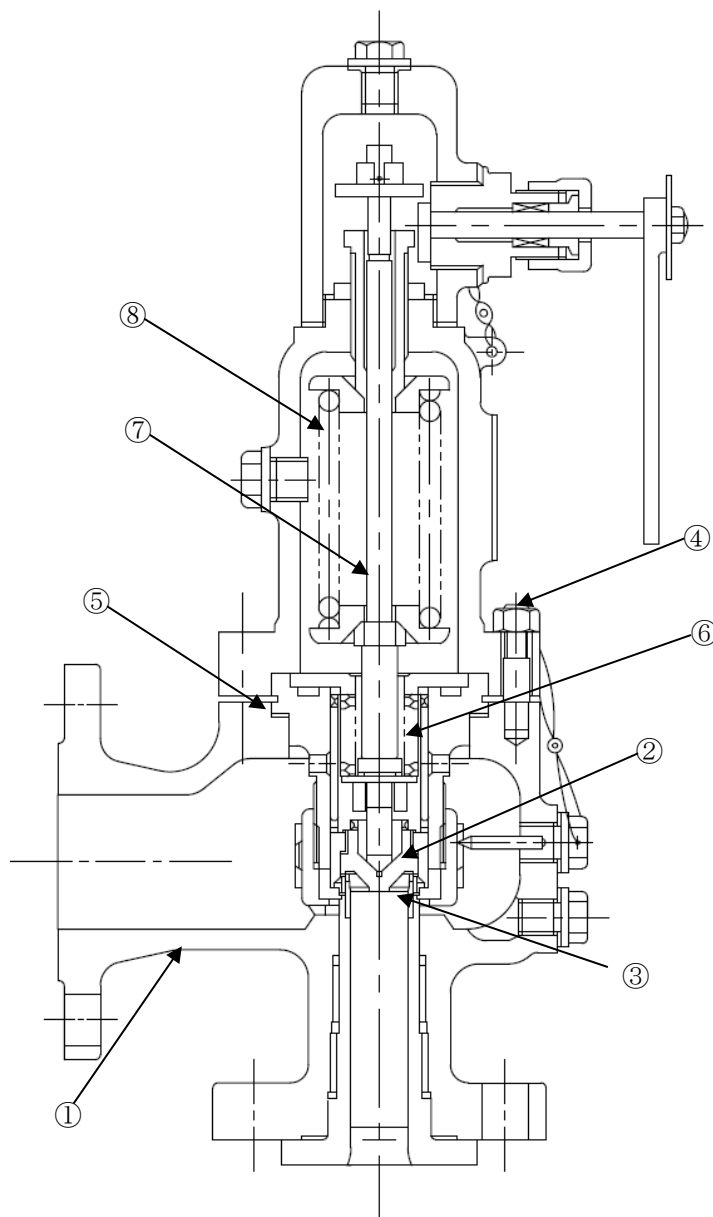


図 2.1-1 可燃性ガス濃度制御系出口ライン逃がし弁構造図

表 2.1-1 可燃性ガス濃度制御系出口ライン逃がし弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	炭素鋼鋳鋼 (SCPH2)
		弁体	ステンレス鋼 (SUS630)
		ノズルシート	炭素鋼 (SF50A ステライト肉盛)
		ジョイントボルト	低合金鋼 (SNB7)
		ジョイントナット	低合金鋼 (SNB7)
	シール	ガスケット	(消耗品)
		ベローズ	ステンレス鋼 (SUS316L)
作動機能の維持	作動力伝達	弁棒	ステンレス鋼 (SUS431B)
		スプリング	線材 (SWOCV-V)

表 2.1-2 可燃性ガス濃度制御系出口ライン逃がし弁の使用条件

最高使用圧力	約 0.3 MPa
最高使用温度	171 °C
内部流体	ガス (窒素)

## 2.1.2 残留熱除去系停止時冷却吸込ライン隔離弁間逃がし弁

### (1) 構造

残留熱除去系停止時冷却吸込ライン隔離弁間逃がし弁は、口径 20 A、圧力クラス 110 K の安全弁で、2 台設置されている。

弁本体は、純水を内包する耐圧部（弁箱、弁体、ノズルシート、ジョイントボルト・ナット）及び弁体を作動させる作動部（弁棒、スプリング）からなる。

純水に接する弁箱及びノズルシートは炭素鋼、弁体はステンレス鋼で製作されており、軸封部には流体の漏れを防止するためベローズが使用されている。

なお、当該弁については、ジョイントボルト・ナットを取り外すことにより、弁内部の点検手入りが可能である。

残留熱除去系停止時冷却吸込ライン隔離弁間逃がし弁の構造図を図 2.1-2 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

残留熱除去系停止時冷却吸込ライン隔離弁間逃がし弁主要部位の使用材料を表 2.1-3 に、使用条件を表 2.1-4 に示す。

No.	部 位
①	弁箱
②	弁体
③	ノズルシート
④	ジョイントボルト・ナット
⑤	ガスケット
⑥	ベローズ
⑦	弁棒
⑧	スプリング

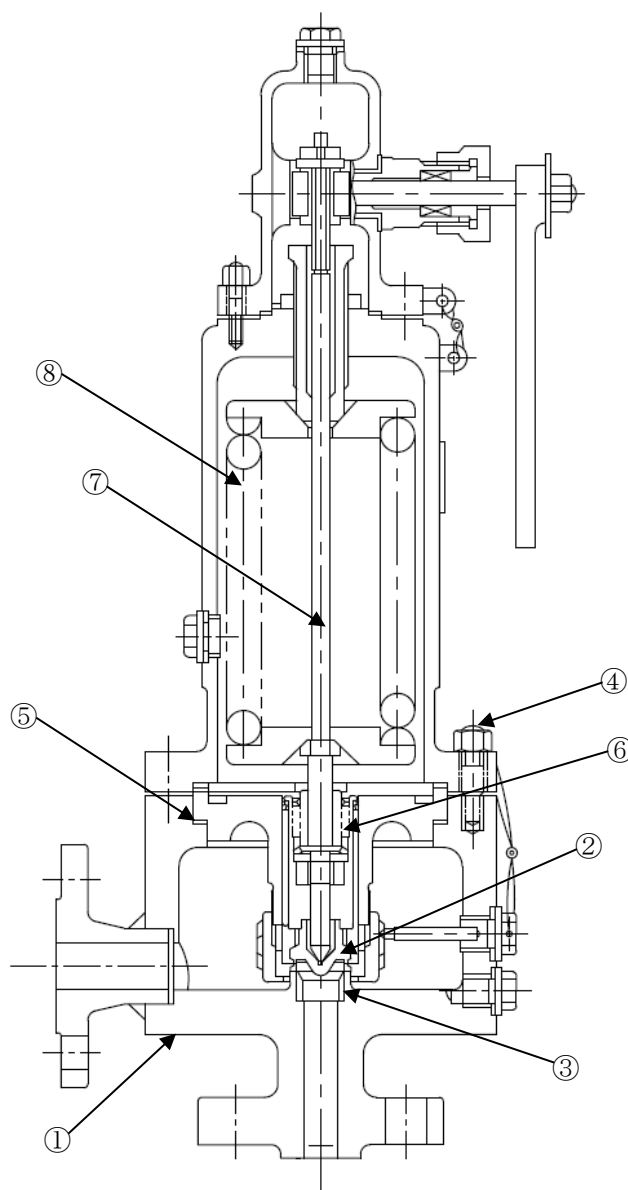


図 2.1-2 残留熱除去系停止時冷却吸込ライン隔離弁間逃がし弁構造図

表 2.1-3 残留熱除去系停止時冷却吸込ライン隔離弁間逃がし弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	炭素鋼 (SF50A)
		弁体	ステンレス鋼 (SUS630)
		ノズルシート	炭素鋼 (SF50A ステライト肉盛)
		ジョイントボルト	低合金鋼 (SNB7)
		ジョイントナット	低合金鋼 (SNB7)
	シール	ガスケット	(消耗品)
		ベローズ	ステンレス鋼 (SUS316L)
作動機能の維持	作動力伝達	弁棒	ステンレス鋼 (SUS431B)
		スプリング	合金鋼 (SKD4)

表 2.1-4 残留熱除去系停止時冷却吸込ライン隔離弁間逃がし弁の使用条件

最高使用圧力	約 8.6 MPa
最高使用温度	302 °C
内部流体	純水

### 2.1.3 原子炉冷却材浄化系ポンプパーズライン逃がし弁

#### (1) 構造

原子炉冷却材浄化系ポンプパーズライン逃がし弁は、口径 20 A、圧力クラス 140 K の安全弁で、2 台設置されている。

弁本体は、純水を内包する耐圧部（弁箱、弁体、ノズルシート、ジョイントボルト・ナット）及び弁体を作動させる作動部（弁棒、スプリング）からなる。

純水に接する弁箱及びノズルシートはステンレス鋼、弁体はステライトで製作されている。

なお、当該弁については、ジョイントボルト・ナットを取り外すことにより、弁内部の点検手入れが可能である。

原子炉冷却材浄化系ポンプパーズライン逃がし弁の構造図を図 2.1-3 に示す。

#### (2) 材料及び使用条件

原子炉冷却材浄化系ポンプパーズライン逃がし弁主要部位の使用材料を表 2.1-5 に、使用条件を表 2.1-6 に示す。

No.	部 位
①	弁箱
②	弁体
③	ノズルシート
④	ジョイントボルト・ナット
⑤	ガスケット
⑥	弁棒
⑦	スプリング

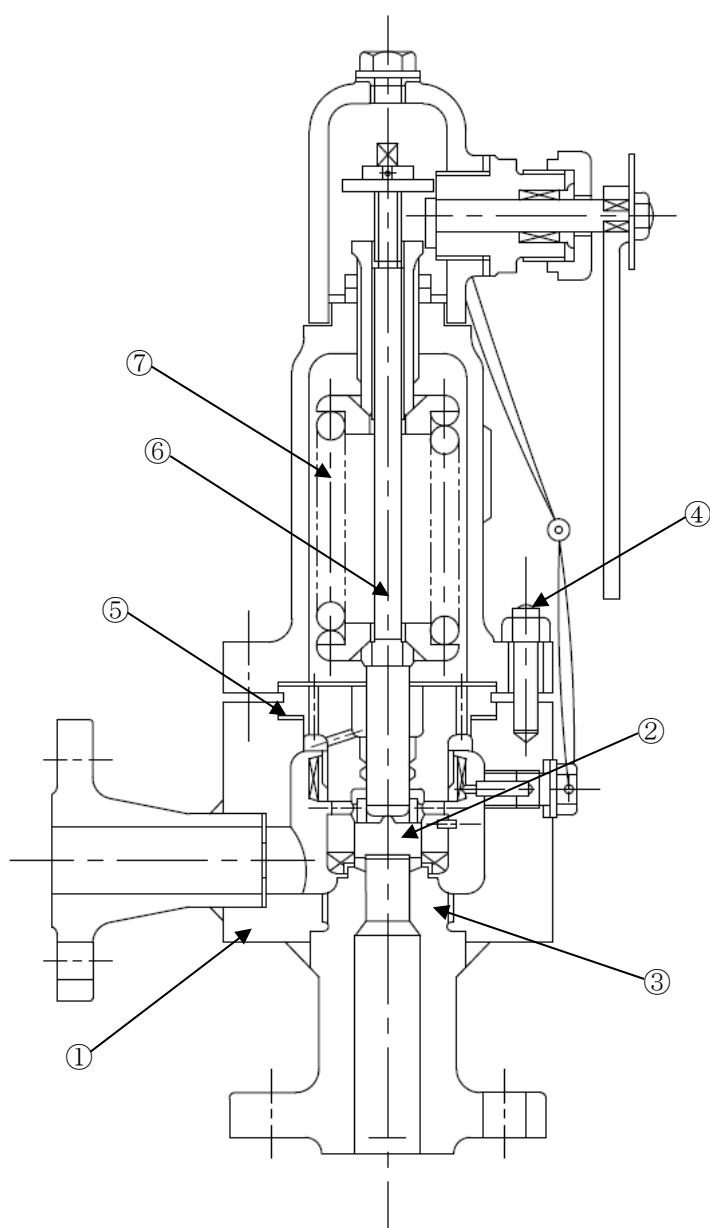


図 2.1-3 原子炉冷却材浄化系ポンプパーズライン逃がし弁構造図



表 2.1-5 原子炉冷却材浄化系ポンプパーシライン逃がし弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	ステンレス鋼 (SUSF304)
		弁体	ステライト
		ノズルシート	ステンレス鋼 (SUSF304 ステライト肉盛)
		ジョイントボルト	低合金鋼 (SNB7)
		ジョイントナット	低合金鋼 (SNB7)
	シール	ガスケット	(消耗品)
作動機能の維持	作動力伝達	弁棒	ステンレス鋼 (SUS431B)
		スプリング	線材 (SW0CV-V)

表 2.1-6 原子炉冷却材浄化系ポンプパーシライン逃がし弁の使用条件

最高使用圧力	約 13.8 MPa
最高使用温度	66 °C
内部流体	純水

#### 2.1.4 ほう酸水注入系ポンプ吐出ライン逃がし弁

##### (1) 構造

ほう酸水注入系ポンプ吐出ライン逃がし弁は、口径 25 A、圧力クラス 110 K の安全弁で、2 台設置されている。

弁本体は、五ほう酸ナトリウム水を内包する耐圧部（弁箱、弁体、ノズルシート、ジョイントボルト・ナット）及び弁体を作動させる作動部（弁棒、スプリング）からなる。

五ほう酸ナトリウム水に接する弁箱及びノズルシートはステンレス鋼、弁体はステライトで製作されている。

なお、当該弁については、ジョイントボルト・ナットを取り外すことにより、弁内部の点検手入れが可能である。

ほう酸水注入系ポンプ吐出ライン逃がし弁の構造図を図 2.1-4 に示す。

##### (2) 材料及び使用条件

ほう酸水注入系ポンプ吐出ライン逃がし弁主要部位の使用材料を表 2.1-7 に、使用条件を表 2.1-8 に示す。

No.	部 位
①	弁箱
②	弁体
③	ノズルシート
④	ジョイントボルト・ナット
⑤	ガスケット
⑥	弁棒
⑦	スプリング

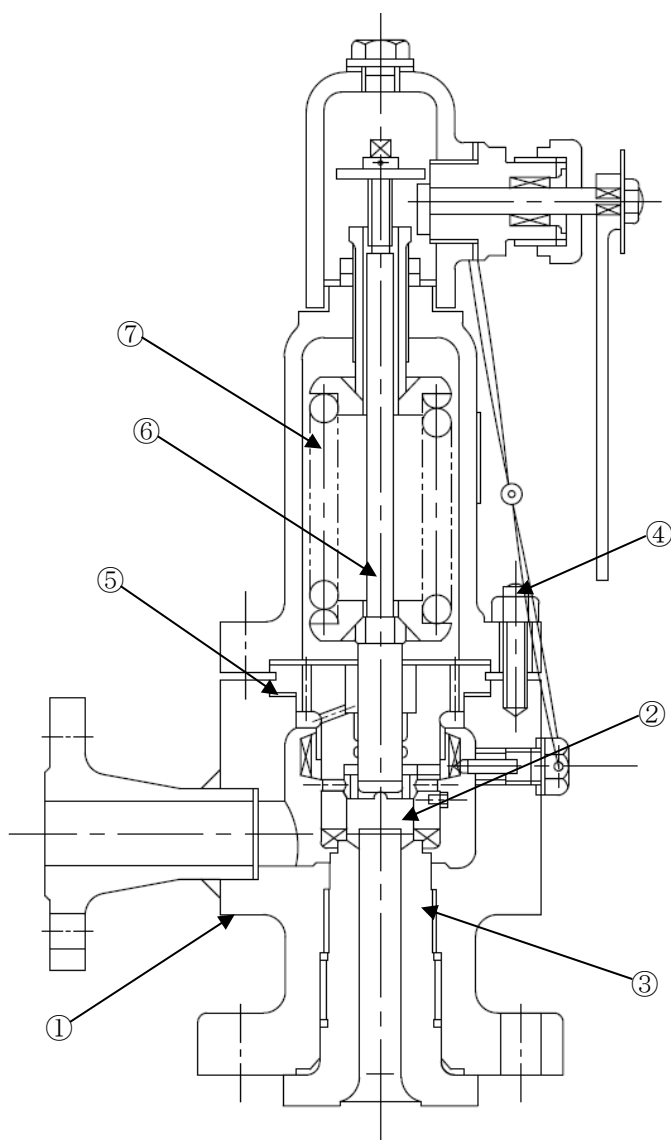


図 2.1-4 ほう酸水注入系ポンプ吐出ライン逃がし弁構造図

表 2.1-7 ほう酸水注入系ポンプ吐出ライン逃がし弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	ステンレス鋼 (SUSF304)
		弁体	ステライト
		ノズルシート	ステンレス鋼 (SUSF304 ステライト肉盛)
		ジョイントボルト	低合金鋼 (SNB7)
		ジョイントナット	低合金鋼 (SNB7)
	シール	ガスケット	(消耗品)
作動機能の維持	作動力伝達	弁棒	ステンレス鋼 (SUS431B)
		スプリング	線材 (SW0CV-V)

表 2.1-8 ほう酸水注入系ポンプ吐出ライン逃がし弁の使用条件

最高使用圧力	約 10.8 MPa
最高使用温度	66 °C
内部流体	五ほう酸ナトリウム水

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

安全弁の機能である流体吹き出し機能の達成に必要な項目は以下のとおり。

- ① バウンダリの維持
- ② 作動機能の維持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

安全弁について、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の材料、構造、使用条件（内部流体、圧力、温度等）及び現在までの運転経験を考慮し、代表機器毎に表 2.2-1 に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

なお、消耗品及び定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

ガスケットは消耗品であり、設計時に長期使用せず取替を前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

#### (3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

想定される経年劣化事象のうち主要 6 事象に該当する事象及び下記①、②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。なお、下記①、②に該当する事象については、2.2.3 項に示すとおり、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

- ① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△）
- ② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲）

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

a. 弁箱，ノズルシートの腐食（全面腐食）〔可燃性ガス濃度制御系出口ライン逃がし弁〕

弁箱及びノズルシートは炭素鋼鋳鋼，炭素鋼で，内部流体が湿分を含んだガス（窒素）であることから，腐食の発生が想定されるが，これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. 弁箱，ノズルシートの腐食（全面腐食）〔残留熱除去系停止時冷却吸込ライン隔離弁間逃がし弁〕

弁箱及びノズルシートは炭素鋼で，内部流体が純水であることから，腐食の発生が想定されるが，分解点検時に目視にて健全性を確認している。

また，これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. 弁箱，弁体及びノズルシートの腐食（全面腐食）〔ほう酸水注入系ポンプ吐出ライン逃がし弁〕

弁箱，弁体及びノズルシートはステンレス鋼またはステライトで，内部流体が五ほう酸ナトリウム水であるが，ステンレス鋼またはステライトは耐食性が高いため，腐食が発生する可能性は小さい。

また，これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）〔共通〕

ジョイントボルト・ナットは低合金鋼であるため，腐食の発生が想定されるが，分解点検時に目視にて健全性を確認している。

また，これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. スプリングのへたり [共通]

スプリングは常時応力がかかった状態で使用されるため、へたりが想定されるが、スプリング使用時のねじり応力が許容ねじり応力以下になるように設定されており、さらにスプリングの材料に対する推奨最高使用温度よりも実際の使用温度は低いことから、へたりが進行する可能性は小さい。

スプリングのへたりは、分解点検時の目視点検、またフランジ構造のものについては組立後の作動確認にて検知可能であり、これまでの点検結果からも有意なへたりは確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f. ベローズの疲労割れ [可燃性ガス濃度制御系出口ライン逃がし弁，残留熱除去系停止時冷却吸込ライン隔離弁間逃がし弁]

ベローズを有する弁は作動頻度が少ないため、ベローズの疲労割れが発生する可能性は小さい。

また、これまでの点検結果からも割れは確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- (2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または、進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

日常劣化管理事象に該当する事象は抽出されなかった。

表 2.2-1 (1/4) 可燃性ガス濃度制御系出口ライン逃がし弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考
					減 肉		割 れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		炭素鋼鋳鋼		△						*1:ステライト肉盛 *2:へたり
		弁体		ステンレス鋼								
		ノズルシート		炭素鋼*1		△						
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	シール	ガスケット	◎									
		ベローズ		ステンレス鋼			△					
作動機能の維持	作動力伝達	弁棒		ステンレス鋼								
		スプリング		線材							△*2	

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）



表 2.2-1 (2/4) 残留熱除去系停止時冷却吸込ライン隔離弁間逃がし弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		炭素鋼		△					*1:ステライト肉盛 *2:へたり	
		弁体		ステンレス鋼								
		ノズルシート		炭素鋼*1		△						
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	シール	ガスケット	◎									
		ベローズ		ステンレス鋼			△					
作動機能の維持	作動力伝達	弁棒		ステンレス鋼								
		スプリング		合金鋼						△*2		

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (3/4) 原子炉冷却材浄化系ポンプパーズライン逃がし弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考
					減 肉		割 れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		ステンレス鋼								*1:ステライト肉盛 *2:へたり
		弁体		ステライト								
		ノズルシート		ステンレス鋼*1								
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	シール	ガスケット	◎									
作動機能の維持	作動力伝達	弁棒		ステンレス鋼								
		スプリング		線材							△*2	

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (4/4) ほう酸水注入系ポンプ吐出ライン逃がし弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考
					減 肉		割 れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		ステンレス鋼		△						*1:ステライト肉盛 *2:へたり
		弁体		ステライト		△						
		ノズルシート		ステンレス鋼*1		△						
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	シール	ガスケット	◎									
作動機能の維持	作動力伝達	弁棒		ステンレス鋼								
		スプリング		線材							△*2	

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

### 3. 代表機器以外への展開

本章では、2章で実施した代表機器の技術評価結果について、1章で実施したグループ化で代表機器となっていない機器への展開について検討した。

#### [対象系統]

- ① 残留熱除去系
- ② 低圧炉心スプレイ系
- ③ 高圧炉心スプレイ系

#### 3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

代表機器同様、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

#### 3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

##### a. 弁箱、ノズルシートの腐食（全面腐食） [共通]

代表機器同様、弁箱及びノズルシートは炭素鋼鋳鋼または炭素鋼で、内部流体が純水であることから、腐食の発生が想定されるが、分解点検時に目視にて健全性を確認している。

また、これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

##### b. ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食） [共通]

代表機器同様、ジョイントボルト・ナットは低合金鋼であるため、腐食の発生が想定されるが、分解点検時に目視にて健全性を確認している。

また、これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. スプリングのへたり [共通]

代表機器同様、スプリングは常時応力がかかった状態で使用されるため、へたりが想定されるが、スプリング使用時のねじり応力が許容ねじり応力以下になるように設定されており、さらにスプリングの材料に対する推奨最高使用温度よりも実際の使用温度は低いことから、へたりが進行する可能性は小さい。

スプリングのへたりは、分解点検時の目視点検、またフランジ構造のものについては組立後の作動確認にて検知可能であり、これまでの点検結果からも有意なへたりは確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. ベローズの疲労割れ [共通]

代表機器同様、ベローズを有する弁は作動頻度が少ないため、ベローズの疲労割れが発生する可能性は小さい。

また、これまでの点検結果からも割れは確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- (2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

代表機器同様、日常劣化管理事象に該当する事象は抽出されなかった。

以 上

## 6 ボール弁

[対象系統]

- ① 原子炉冷却材浄化系
- ② 液体固体廃棄物処理系

## 目 次

1. 対象機器及び代表機器の選定 .....	6-1
1.1 グループ化の考え方及び結果 .....	6-1
1.2 代表機器の選定 .....	6-1
2. 代表機器の技術評価 .....	6-3
2.1 構造, 材料及び使用条件 .....	6-3
2.1.1 原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器プリコート出口第1弁 .....	6-3
2.1.2 液体固体廃棄物処理系 HCW 濃縮装置デミスタドレン出口弁 .....	6-6
2.2 経年劣化事象の抽出 .....	6-9
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目 .....	6-9
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 .....	6-9
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 .....	6-10
3. 代表機器以外への展開 .....	6-14
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 .....	6-14
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 .....	6-14

## 1. 対象機器及び代表機器の選定

主要なボール弁の主な仕様を表 1-1 に示す。

これらのボール弁を材料及び内部流体の観点からグループ化し、それぞれのグループより代表機器を選定した。

### 1.1 グループ化の考え方及び結果

材料及び内部流体を分類基準とし、ボール弁を表 1-1 に示すとおりグループ化する。

弁箱材料は炭素鋼及びステンレス鋼に分類され、流体は純水に分類される。

### 1.2 代表機器の選定

表 1-1 に分類したグループ毎に、原則として重要度、運転状態、最高使用温度、最高使用圧力及び口径の観点から代表機器を選定する。

#### (1) 純水系炭素鋼ボール弁（内部流体：純水、弁箱材質：炭素鋼）

純水系ラインに使用されている炭素鋼ボール弁は、口径の観点から原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器プリコート出口第 1 弁を代表機器とする。

(G31-A0-F058A/B, 125 A, 900 LB)

#### (2) 純水系ステンレス鋼ボール弁（内部流体：純水、弁箱材質：ステンレス鋼）

純水系ラインに使用されているステンレス鋼ボール弁は、最高使用温度の観点から液体固体廃棄物処理系 HCW 濃縮装置デミスタドレン出口弁を代表機器とする。

(K13-F287, 50 A, 150 LB)



表 1-1 ボール弁のグループ化及び代表機器の選定

分類基準		系統名称	選定基準					代表選定	代表弁	選定理由
材料	内部流体		重要度*1	使用条件						
				口径 (A)	運転状態*2	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)			
炭素鋼	純水	原子炉冷却材浄化系	PS-2	100~125	連続 (連続)	約 10.0	66	◎	原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器プリコート出口第1弁 (125 A, 約 10.0 MPa, 66 °C, 900 LB) G31-A0-F058A/B	口径
ステンレス鋼	純水	液体固体廃棄物処理系	高*3	40~100	連続 (連続)	約 0.3~2.0	66~148	◎	液体固体廃棄物処理系 HCW 濃縮装置デミスタドレン出口弁 (50 A, 約 0.3 MPa, 148 °C, 150 LB) K13-F287	最高使用温度

\*1：最上位の重要度を示す

\*2：上段は冷温停止状態時における運転状態，下段の ( ) は断続的運転時の運転状態を示す

\*3：最高使用温度が 95 °C を超え，または最高使用圧力が 1,900 kPa を超える環境下にある原子炉格納容器外の重要度クラス 3 の機器

## 2. 代表機器の技術評価

本章では、1章で代表機器とした以下の弁について技術評価を実施する。

- ① 原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器プリコート出口第1弁
- ② 液体固体廃棄物処理系 HCW 濃縮装置デミスタドレン出口弁

### 2.1 構造、材料及び使用条件

#### 2.1.1 原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器プリコート出口第1弁

##### (1) 構造

原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器プリコート出口第1弁は、口径 125 A、圧力クラス 900 LB の空気作動式ボール弁で、2台設置されている。

純水を内包する耐圧部（弁箱、弁ふた、ジョイントボルト・ナット、軸封部）、純水を仕切る隔離部（弁体）及び弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒、ヨーク）からなる。

純水に接する弁箱及び弁ふたは炭素鋼、弁体はステンレス鋼で製作されており、軸封部には流体の漏れを防止するためグラندパッキンが使用されている。

なお、当該弁については、駆動部を切り離し、ジョイントボルト・ナットを取り外すことにより、弁内部の点検手入れが可能である。

原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器プリコート出口第1弁の構造図を図 2.1-1 に示す。

##### (2) 材料及び使用条件

原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器プリコート出口第1弁主要部位の使用材料を表 2.1-1 に、使用条件を表 2.1-2 に示す。

No.	部 位
①	弁箱
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	ガスケット
⑤	グラウンドパッキン
⑥	弁体
⑦	シートリング
⑧	弁棒
⑨	ヨーク

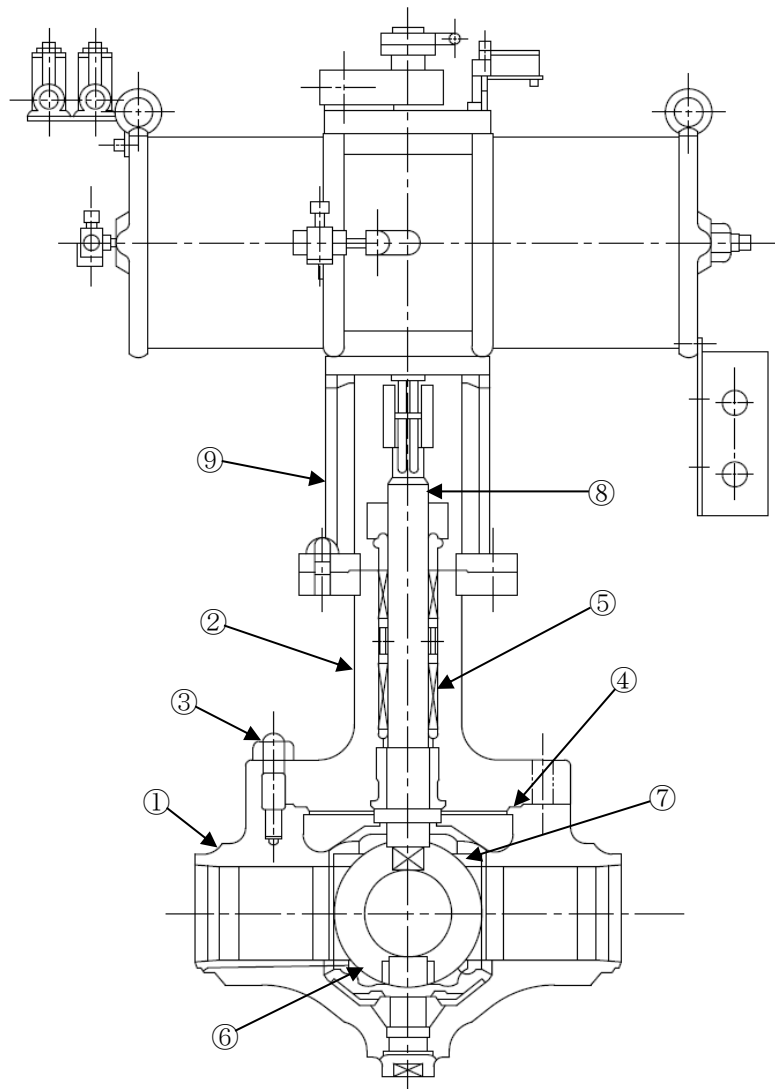


図 2.1-1 原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器プリコート出口第1弁構造図

表 2.1-1 原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器プリコート出口第1弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	炭素鋼鋳鋼 (SCPH2)
		弁ふた	炭素鋼鋳鋼 (SCPH2)
		ジョイントボルト	低合金鋼 (SNB7)
		ジョイントナット	炭素鋼 (S45C)
	シール	ガスケット	(消耗品)
		グランドパッキン	(消耗品)
隔離機能の維持	隔離	弁体	ステンレス鋼 (SUSF304)
		シートリング	(消耗品)
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼 (SUS403-B)
		ヨーク	炭素鋼 (SS41)

表 2.1-2 原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器プリコート出口第1弁の使用条件

最高使用圧力	約 10.0 MPa
最高使用温度	66 °C
内部流体	純水

## 2.1.2 液体固体廃棄物処理系 HCW 濃縮装置デミスタドレン出口弁

### (1) 構造

液体固体廃棄物処理系 HCW 濃縮装置デミスタドレン出口弁は、口径 50 A、圧力クラス 150 LB の手動ボール弁で、1 台設置されている。

純水を内包する耐圧部（弁箱、弁ふた、ジョイントボルト・ナット、軸封部）、純水を仕切る隔離部（弁体）及び弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒）からなる。

純水に接する弁箱及び弁ふたはステンレス鋳鋼、弁体はステンレス鋼で製作されており、軸封部には流体の漏れを防止するためグランドパッキンが使用されている。

なお、当該弁については、ジョイントボルト・ナットを取り外すことにより、弁内部の点検手入れが可能である。

液体固体廃棄物処理系 HCW 濃縮装置デミスタドレン出口弁の構造図を図 2.1-2 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

液体固体廃棄物処理系 HCW 濃縮装置デミスタドレン出口弁主要部位の使用材料を表 2.1-3 に、使用条件を表 2.1-4 に示す。

No.	部 位
①	弁箱
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	ガスケット
⑤	グラウンドパッキン
⑥	弁体
⑦	シートリング
⑧	弁棒

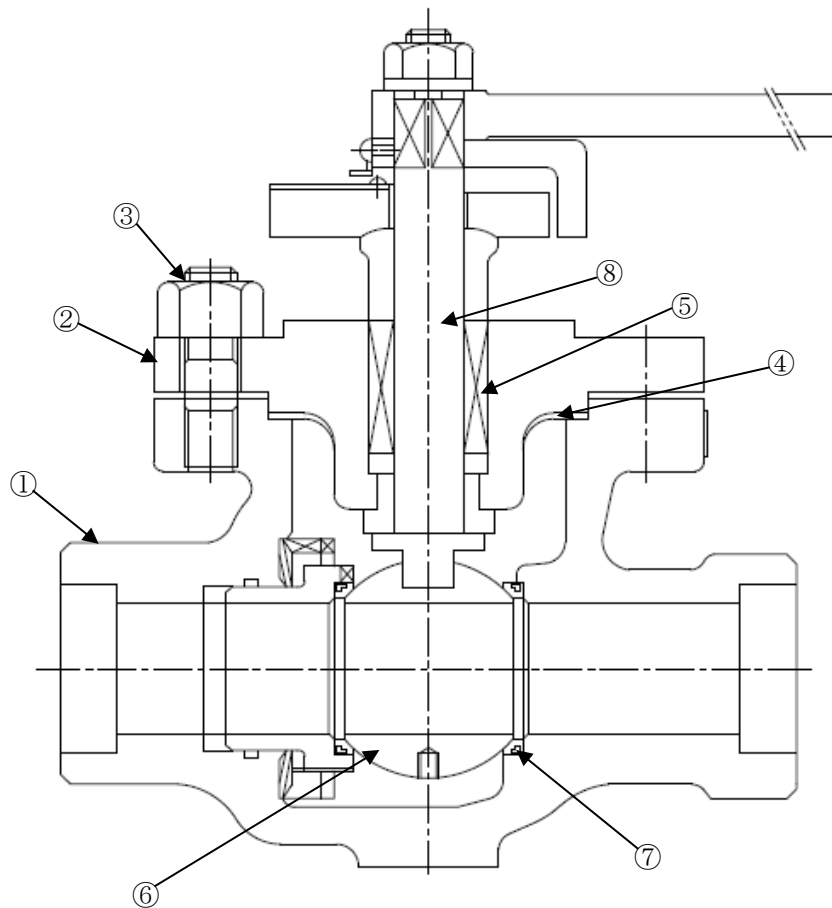


図 2.1-2 液体固体廃棄物処理系 HCW 濃縮装置デミスタドレン出口弁構造図

表 2.1-3 液体固体廃棄物処理系 HCW 濃縮装置デミスタドレン出口弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	ステンレス鋳鋼 (SCS16A)
		弁ふた	ステンレス鋳鋼 (SCS16A)
		ジョイントボルト	低合金鋼 (SNB7)
		ジョイントナット	炭素鋼 (S45C)
	シール	ガスケット	(消耗品)
		グランドパッキン	(消耗品)
隔離機能の維持	隔離	弁体	ステンレス鋼 (SUSF316L)
		シートリング	(消耗品)
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼 (SUS316-B)

表 2.1-4 液体固体廃棄物処理系 HCW 濃縮装置デミスタドレン出口弁の使用条件

最高使用圧力	約 0.3 MPa
最高使用温度	148 °C
内部流体	純水

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

ボール弁の機能である流体調節、隔離機能の達成に必要な項目は以下のとおり。

- ① バウンダリの維持
- ② 隔離機能の維持
- ③ 作動機能の維持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

ボール弁について、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の材料、構造、使用条件（内部流体、圧力、温度等）及び現在までの運転経験を考慮し、代表機器毎に表 2.2-1 に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

なお、消耗品及び定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

グランドパッキン、ガスケット及びシートリングは消耗品であり、設計時に長期使用せず取替を前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

#### (3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

想定される経年劣化事象のうち主要 6 事象に該当する事象及び下記①、②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。なお、下記①、②に該当する事象については、2.2.3 項に示すとおり、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

- ① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△）
- ② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲）

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。



### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

a. 弁箱及び弁ふたの腐食（流れ加速型腐食（FAC））〔原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器ブリコート出口第1弁〕

弁箱及び弁ふたは炭素鋼鋳鋼で、内部流体が純水であることから、腐食（FAC）の発生が想定されるが、分解点検時の目視点検により、有意な腐食が確認された場合は、必要に応じて補修または取替を行うこととしている。

また、冷温停止状態においては、プラント運転状態と異なり、流速ならびに温度が低いことから、腐食（FAC）が発生する可能性はない。

今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）〔共通〕

ジョイントボルト・ナットは低合金鋼または炭素鋼であることから、腐食の発生が想定されるが、分解点検時に目視にて健全性を確認している。

また、これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. 弁体の摩耗〔共通〕

弁体は常にシートリングと接触していることから、弁体の回転による摩耗が想定されるが、弁体はシートリング（ポリエチレン）よりも硬いため、摩耗する可能性は小さい。

また、これまでの点検結果からも有意な摩耗は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. ヨークの腐食（全面腐食）〔原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器ブリコート出口第1弁〕

ヨークは炭素鋼であることから、腐食の発生が想定されるが、大気接触部は防食塗装を施しており、必要に応じて補修を行うこととしている。

また、これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- (2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。

表 2.2-1 (1/2) 原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器プリコート出口第1弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		炭素鋼鋳鋼		△ <sup>*1</sup>					*1:FAC	
		弁ふた		炭素鋼鋳鋼		△ <sup>*1</sup>						
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼, 炭素鋼		△						
	シール	ガスケット	◎									
		グランドパッキン	◎									
隔離機能の維持	隔離	弁体		ステンレス鋼	△							
		シートリング	◎									
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		ステンレス鋼								
		ヨーク		炭素鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (2/2) 液体固体廃棄物処理系 HCW 濃縮装置デミスタドレン出口弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		ステンレス鋳鋼								
		弁ふた		ステンレス鋳鋼								
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼, 炭素鋼		△						
	シール	ガスケット	◎									
		グランドパッキン	◎									
隔離機能の維持	隔離	弁体		ステンレス鋼	△							
		シートリング	◎									
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		ステンレス鋼								

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

### 3. 代表機器以外への展開

本章では、2章で実施した代表機器の技術評価について、1章で実施したグループ化で代表機器となっていない機器への展開について検討した。

[対象系統]

- ① 原子炉冷却材浄化系
- ② 液体固体廃棄物処理系

#### 3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

代表機器同様、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

#### 3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

- (1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）
  - a. 弁箱及び弁ふたの腐食（流れ加速型腐食（FAC））〔炭素鋼鋳鋼の弁箱及び弁ふたを有する弁共通〕

代表機器同様、弁箱及び弁ふたは炭素鋼鋳鋼で、内部流体が純水であることから、腐食（FAC）の発生が想定されるが、分解点検時の目視点検により、有意な腐食が確認された場合は、必要に応じて補修または取替を行うこととしている。

また、冷温停止状態においては、プラント運転状態と異なり、流速ならびに温度が低いことから、腐食（FAC）が発生する可能性はない。

今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。
  - b. ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）〔共通〕

代表機器同様、ジョイントボルト・ナットは、低合金鋼または炭素鋼であることから、腐食の発生が想定されるが、分解点検時に目視にて健全性を確認している。

また、これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. 弁体の摩耗 [共通]

代表機器同様、弁体は常にシートリングと接触していることから、弁体の回転による摩耗が想定されるが、弁体はシートリング（ポリエチレン）よりも硬いため、摩耗する可能性は小さい。

また、これまでの点検結果からも有意な摩耗は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. ヨークの腐食（全面腐食） [炭素鋼のヨークを有する弁共通]

代表機器同様、ヨークは炭素鋼であることから、腐食の発生が想定されるが、大気接触部は防食塗装を施しており、必要に応じて補修を行うこととしている。

また、これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- (2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

代表機器同様、日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。

以 上

## 7 制御弁

[対象系統]

- ① 制御棒駆動系
- ② 原子炉冷却材浄化系
- ③ 原子炉補機冷却水系
- ④ 換気空調補機非常用冷却水系

## 目 次

1. 対象機器及び代表機器の選定.....	7-1
1.1 グループ化の考え方及び結果.....	7-1
1.2 代表機器の選定.....	7-1
2. 代表機器の技術評価.....	7-3
2.1 構造, 材料及び使用条件.....	7-3
2.1.1 原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器流量調整弁.....	7-3
2.1.2 原子炉補機冷却水系冷却水供給温度調節弁.....	7-6
2.1.3 制御棒駆動系駆動水流量調節弁.....	7-9
2.2 経年劣化事象の抽出.....	7-12
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目.....	7-12
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象.....	7-12
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象.....	7-13
3. 代表機器以外への展開.....	7-18
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象.....	7-18
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象.....	7-18



## 1. 対象機器及び代表機器の選定

主要な制御弁の主な仕様を表 1-1 に示す。

これらの制御弁を材料及び内部流体の観点からグループ化し、それぞれのグループより代表機器を選定した。

### 1.1 グループ化の考え方及び結果

材料及び内部流体を分類基準とし、制御弁を表 1-1 に示すとおりグループ化する。

弁箱材料は炭素鋼及びステンレス鋼に分類され、流体は純水及び冷却水（防錆剤入り）に分類される。

### 1.2 代表機器の選定

表 1-1 に分類したグループ毎に、原則として重要度、運転状態、最高使用温度、最高使用圧力及び口径の観点から代表機器を選定する。

#### (1) 純水系炭素鋼制御弁（内部流体：純水、弁箱材質：炭素鋼）

純水系ラインに使用されている炭素鋼制御弁は、原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器流量調整弁のみであり、この弁を代表機器とする。

(G31-FCV-F018A/B, 100 A, 900 LB)

#### (2) 冷却水系炭素鋼制御弁（内部流体：冷却水、弁箱材質：炭素鋼）

冷却水系ラインに使用されている炭素鋼制御弁のうち、重要度、運転状態及び口径の観点から原子炉補機冷却水系冷却水供給温度調節弁を代表機器とする。

(P21-TCV-F006A/B, 650 A, 150 LB)

#### (3) 純水系ステンレス鋼制御弁（内部流体：純水、弁箱材質：ステンレス鋼）

純水系ラインに使用されているステンレス鋼制御弁のうち、口径の観点から制御棒駆動系駆動水流量調節弁を代表機器とする。

(C12-FCV-F010A/B, 50 A, 900 LB)

表 1-1 制御弁のグループ化及び代表機器の選定

分類基準		系統名称	選定基準					代表選定	代表弁	選定理由
材料	内部流体		重要度*1	使用条件						
				口径 (A)	運転状態*3	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)			
炭素鋼	純水	原子炉冷却材浄化系	PS-2	100	連続 (連続)	約 10.0	66	◎	原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器流量調整弁 (100 A, 約 10.0 MPa, 66 °C, 900 LB) G31-FCV-F018A/B	
	冷却水*2	原子炉補機冷却水系	MS-1	150~650	連続 (連続)	約 1.4	70	◎	原子炉補機冷却水系冷却水供給温度調節弁 (650 A, 約 1.4 MPa, 70 °C, 150 LB) P21-TCV-F006A/B	重要度, 運転状態, 口径
		換気空調補機非常用冷却水系	MS-1	150	一時 (一時)	約 0.8	66			
ステンレス鋼	純水	制御棒駆動系	高*4	20~50	連続 (連続)	約 13.8	66	◎	制御棒駆動系駆動水流量調節弁 (50 A, 約 13.8 MPa, 66 °C, 900 LB) C12-FCV-F010A/B	口径

\*1: 最上位の重要度を示す

\*2: 防錆剤入り純水

\*3: 上段は冷温停止状態時における運転状態, 下段の ( ) は断続的運転時の運転状態を示す

\*4: 最高使用温度が 95 °C を超え, または最高使用圧力が 1,900 kPa を超える環境下にある原子炉格納容器外の重要度クラス 3 の機器

## 2. 代表機器の技術評価

本章では、1章で代表機器とした以下の弁について技術評価を実施する。

- ① 原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器流量調整弁
- ② 原子炉補機冷却水系冷却水供給温度調節弁
- ③ 制御棒駆動系駆動水流量調節弁

### 2.1 構造、材料及び使用条件

#### 2.1.1 原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器流量調整弁

##### (1) 構造

原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器流量調整弁は、口径 100 A、圧力クラス 900 LB の空気作動流量制御弁で、2台設置されている。

弁本体は、純水を内包する耐圧部（弁箱、弁ふた、ジョイントボルト・ナット、軸封部）、純水を仕切る隔離部（弁体、弁座）及び弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒、ヨーク）からなる。

純水に接する弁箱は炭素鋼鑄鋼、弁ふたは炭素鋼、弁座及び弁体はステンレス鋼で製作されており、軸封部には流体の漏れを防止するためグランドパッキンが使用されている。

なお、当該弁については、駆動部を切り離し、ジョイントボルト・ナットを取り外すことにより、弁内部の点検手入れが可能である。

原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器流量調整弁の構造図を図 2.1-1 に示す。

##### (2) 材料及び使用条件

原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器流量調整弁主要部位の使用材料を表 2.1-1 に、使用条件を表 2.1-2 に示す。

No.	部 位
①	弁箱
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	ガスケット
⑤	グランドパッキン
⑥	弁体
⑦	弁座
⑧	弁棒
⑨	ヨーク

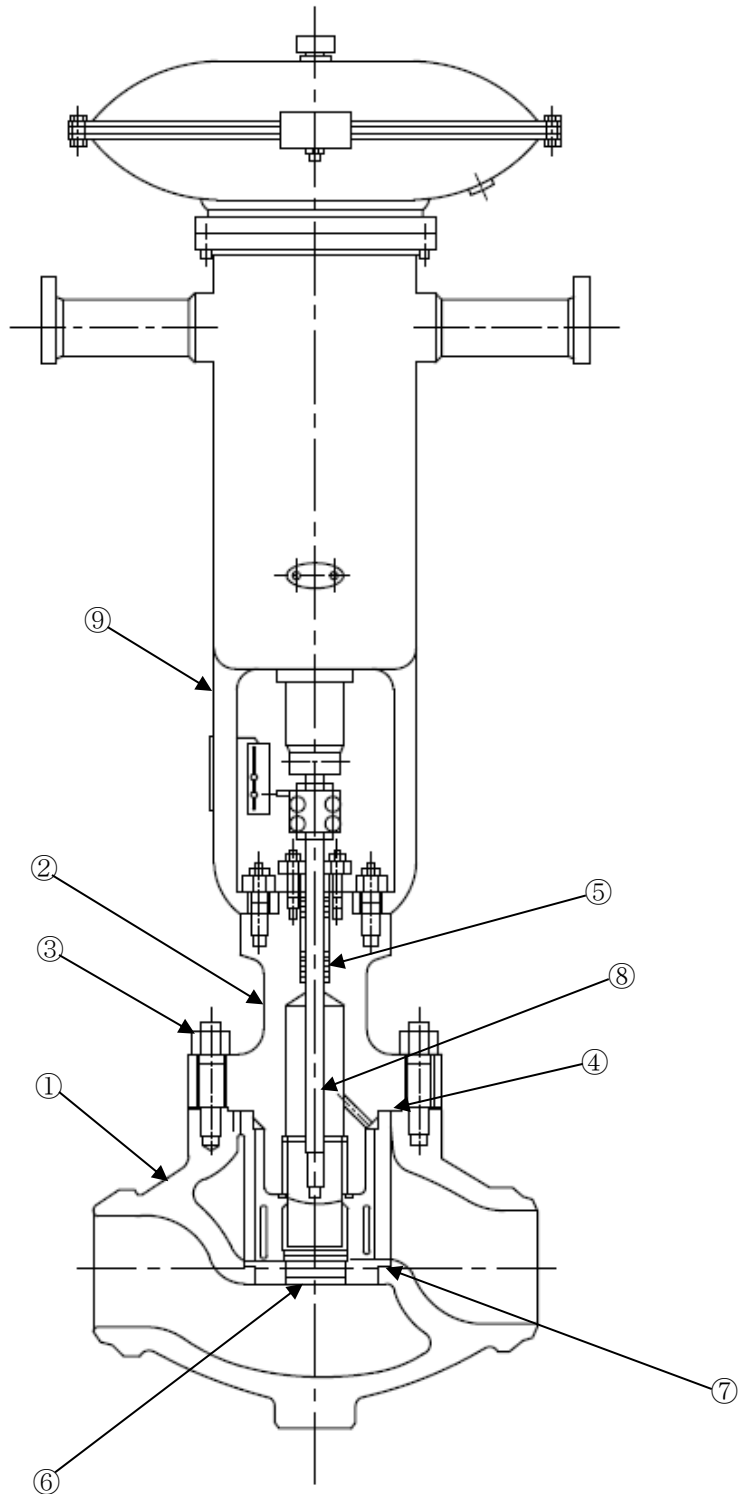


図 2.1-1 原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器流量調整弁構造図

表 2.1-1 原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器流量調整弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	炭素鋼鋳鋼 (SCPH2)
		弁ふた	炭素鋼 (S25C)
		ジョイントボルト	低合金鋼 (SNB7)
		ジョイントナット	炭素鋼 (S45C)
	シール	ガスケット	(消耗品)
		グラウンドパッキン	(消耗品)
隔離機能の維持	隔離	弁体	ステンレス鋼 (SUS440B)
		弁座	ステンレス鋼 (SUS403)
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼 (SUS630)
		ヨーク	炭素鋼鋳鋼 (SCPH2)

表 2.1-2 原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器流量調整弁の使用条件

最高使用圧力	約 10.0 MPa
最高使用温度	66 °C
内部流体	純水

## 2.1.2 原子炉補機冷却水系冷却水供給温度調節弁

### (1) 構造

原子炉補機冷却水系冷却水供給温度調節弁は、口径 650 A、圧力クラス 150 LB の空気作動温度制御弁で、2 台設置されている。

弁本体は、冷却水を内包する耐圧部（弁箱、ジョイントボルト・ナット、軸封部）、冷却水を仕切る隔離部（弁体、弁座）及び弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒、ピン、ヨーク）からなる。

冷却水に接する弁箱、弁体及び弁座は炭素鋼鋳鋼で製作されており、軸封部には流体の漏れを防止するためグランドパッキンが使用されている。

なお、当該弁については、駆動部を切り離し、フランジボルトを緩め、弁箱を取り外すことにより、弁内部の点検手入れが可能である。

原子炉補機冷却水系冷却水供給温度調節弁の構造図を図 2.1-2 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

原子炉補機冷却水系冷却水供給温度調節弁主要部位の使用材料を表 2.1-3 に、使用条件を表 2.1-4 に示す。

No.	部 位
①	弁箱
②	ジョイントボルト・ナット
③	Oリング
④	グランドパッキン
⑤	弁体
⑥	弁座
⑦	弁棒
⑧	ピン
⑨	ヨーク

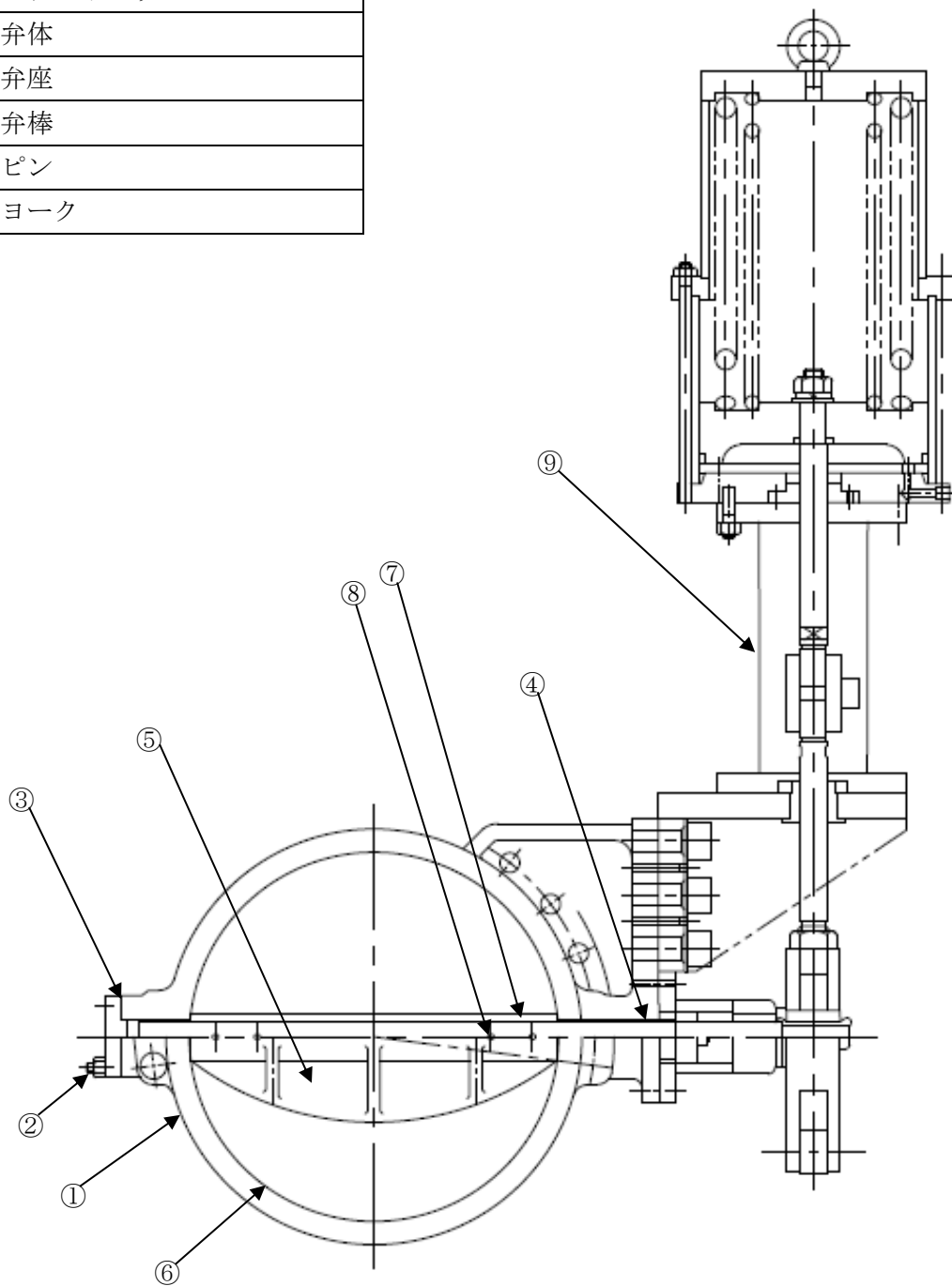


図 2.1-2 原子炉補機冷却水系冷却水供給温度調節弁構造図

表 2.1-3 原子炉補機冷却水系冷却水供給温度調節弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	炭素鋼鋳鋼 (SCPH2)
		ジョイントボルト	低合金鋼 (SNB7)
		ジョイントナット	炭素鋼 (S45C)
	シール	Oリング	(消耗品)
		グランドパッキン	(消耗品)
隔離機能の維持	隔離	弁体	炭素鋼鋳鋼 (SCPH2)
		弁座	炭素鋼鋳鋼 (SCPH2)
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼 (SUS420J2-B)
		ピン	ステンレス鋼 (SUS303-B)
		ヨーク	炭素鋼 (SS41)

表 2.1-4 原子炉補機冷却水系冷却水供給温度調節弁の使用条件

最高使用圧力	約 1.4 MPa
最高使用温度	70 °C
内部流体	冷却水 (防錆剤入り)



### 2.1.3 制御棒駆動系駆動水流量調節弁

#### (1) 構造

制御棒駆動系駆動水流量調節弁は、口径 50 A、圧力クラス 900 LB の空気作動流量制御弁で、2 台設置されている。

弁本体は、純水を内包する耐圧部（弁箱、弁ふた、ジョイントボルト・ナット、軸封部）、純水を仕切る隔離部（弁体、弁座）及び弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒、ヨーク）からなる。

純水に接する弁箱、弁ふた、弁体及び弁座はステンレス鋼で製作されており、軸封部には流体の漏れを防止するためグランドパッキンが使用されている。

なお、当該弁については、駆動部を切り離し、ジョイントボルト・ナットを取り外すことにより、弁内部の点検手入れが可能である。

制御棒駆動系駆動水流量調節弁の構造図を図 2.1-3 に示す。

#### (2) 材料及び使用条件

制御棒駆動系駆動水流量調節弁主要部位の使用材料を表 2.1-5 に、使用条件を表 2.1-6 に示す。

No.	部 位
①	弁箱
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	ガスケット
⑤	グラウンドパッキン
⑥	弁体
⑦	弁座
⑧	弁棒
⑨	ヨーク

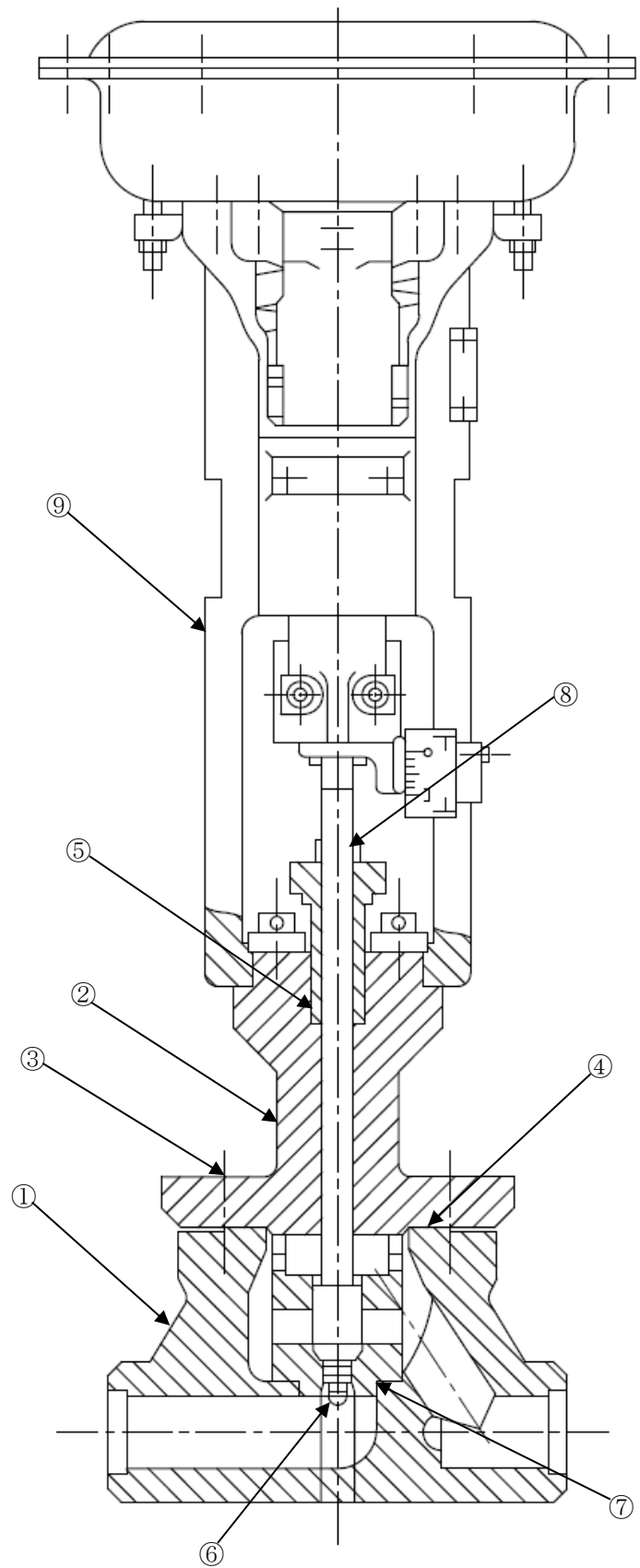


図 2.1-3 制御棒駆動系駆動水流量調節弁構造図

表 2.1-5 制御棒駆動系駆動水流量調節弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	ステンレス鋼 (SUSF316)
		弁ふた	ステンレス鋼 (SUSF316)
		ジョイントボルト	ステンレス鋼 (SUH660)
		ジョイントナット	ステンレス鋼 (ASTM A194 Gr. 6)
	シール	ガスケット	(消耗品)
		グランドパッキン	(消耗品)
隔離機能の維持	隔離	弁体	ステンレス鋼 (SUS630 H900)
		弁座	ステンレス鋼 (ASTM A564-630 H975)
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼 (SUS630 H900)
		ヨーク	炭素鋼鋳鋼 (SCPH2)

表 2.1-6 制御棒駆動系駆動水流量調節弁の使用条件

最高使用圧力	約 13.8 MPa
最高使用温度	66 °C
内部流体	純水

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

制御弁の機能である流体仕切機能（絞り機能含む）の達成に必要な項目は以下のとおり。

- ① バウンダリの維持
- ② 隔離機能の維持
- ③ 作動機能の維持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

制御弁について、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の材料、構造、使用条件（内部流体、圧力、温度等）及び現在までの運転経験を考慮し、代表機器毎に表 2.2-1 に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

なお、消耗品及び定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

グランドパッキン、ガスケット及びOリングは消耗品であり、設計時に長期使用せず取替を前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

#### (3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

想定される経年劣化事象のうち主要 6 事象に該当する事象及び下記①、②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。なお、下記①、②に該当する事象については、2.2.3 項に示すとおり、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

- ① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△）
- ② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲）

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

## 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

a. 弁箱及び弁ふたの腐食（流れ加速型腐食（FAC））〔原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器流量調整弁〕

弁箱及び弁ふたは炭素鋼鋳鋼または炭素鋼で、内部流体が純水であることから、腐食（FAC）の発生が想定されるが、分解点検時の目視点検により、有意な腐食が確認された場合は、必要に応じて補修または取替を行うこととしている。

また、冷温停止状態においては、プラント運転状態と異なり、流速ならびに温度が低いことから、腐食（FAC）が発生する可能性はない。

今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）〔原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器流量調整弁，原子炉補機冷却水系冷却水供給温度調節弁〕

ジョイントボルト・ナットは炭素鋼または低合金鋼であることから、腐食の発生が想定されるが、分解点検時に目視にて健全性を確認している。

また、これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. 弁箱，弁体及び弁座の腐食（全面腐食）〔原子炉補機冷却水系冷却水供給温度調節弁〕

弁箱，弁体及び弁座は炭素鋼鋳鋼であるため、腐食の発生が想定されるが、内部流体の冷却水には防錆剤が注入されているため、腐食が発生する可能性は小さい。

また、これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. ヨークの腐食（全面腐食）〔共通〕

ヨークは炭素鋼または炭素鋼鋳鋼であるため、腐食の発生が想定されるが、大気接触部は防食塗装を施しており、必要に応じて補修を行うこととしている。

また、これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. ピンの摩耗 [原子炉補機冷却水系冷却水供給温度調節弁]

弁体の作動により、長期的にはピンの摩耗が想定されるが、分解点検時に摩耗が確認された場合は、必要に応じて取替を行うこととしている。

また、これまでの点検結果からも有意な摩耗は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- (2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。

表 2.2-1 (1/3) 原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器流量調整弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		炭素鋼鋳鋼		△ <sup>*1</sup>					*1:FAC	
		弁ふた		炭素鋼		△ <sup>*1</sup>						
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼, 炭素鋼		△						
	シール	ガスケット	◎									
		グラントパッキン	◎									
隔離機能の維持	隔離	弁体		ステンレス鋼								
		弁座		ステンレス鋼								
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		ステンレス鋼								
		ヨーク		炭素鋼鋳鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (2/3) 原子炉補機冷却水系冷却水供給温度調節弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		炭素鋼鋳鋼		△						
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼, 炭素鋼		△						
	シール	Oリング	◎									
		グランドパッキン	◎									
隔離機能の維持	隔離	弁体		炭素鋼鋳鋼		△						
		弁座		炭素鋼鋳鋼		△						
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		ステンレス鋼								
		ピン		ステンレス鋼	△							
		ヨーク		炭素鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）



表 2.2-1 (3/3) 制御棒駆動系駆動水流量調節弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		ステンレス鋼								
		弁ふた		ステンレス鋼								
		ジョイントボルト・ナット		ステンレス鋼								
	シール	ガスケット	◎									
		グラントパッキン	◎									
隔離機能の維持	隔離	弁体		ステンレス鋼								
		弁座		ステンレス鋼								
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		ステンレス鋼								
		ヨーク		炭素鋼鋳鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

### 3. 代表機器以外への展開

本章では、2章で実施した代表機器の技術評価結果について、1章で実施したグループ化で代表機器となっていない機器への展開について検討した。

[対象系統]

- ① 制御棒駆動系
- ② 原子炉補機冷却水系
- ③ 換気空調補機非常用冷却水系

#### 3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

代表機器同様、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

#### 3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

a. ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）〔低合金鋼または炭素鋼のジョイントボルト・ナットを有する弁共通〕

代表機器同様、ジョイントボルト・ナットは低合金鋼または炭素鋼であることから、腐食の発生が想定されるが、分解点検時に目視にて健全性を確認している。

また、これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. 弁箱、弁ふた、弁体及び弁座の腐食（全面腐食）〔冷却水系炭素鋼制御弁：原子炉補機冷却水系、換気空調補機非常用冷却水系〕

代表機器同様、弁箱、弁ふた、弁体及び弁座は炭素鋼または炭素鋼であるため、腐食の発生が想定されるが、内部流体の冷却水には防錆剤が注入されているため、腐食が発生する可能性は小さい。

また、これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. ヨークの腐食（全面腐食）〔炭素鋼鋳鋼または炭素鋼のヨークを有する弁共通〕

代表機器同様，ヨークは炭素鋼鋳鋼または炭素鋼であることから，腐食の発生が想定されるが，大気接触部は防食塗装を施しており，必要に応じて補修を行うこととしている。

また，これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- (2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

代表機器同様，日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。

以 上

## 8 電動弁用駆動部

[対象系統]

- ① 残留熱除去系
- ② 原子炉冷却材浄化系
- ③ 事故後サンプリング系
- ④ 原子炉補機冷却水系
- ⑤ ほう酸水注入系
- ⑥ 低圧炉心スプレイ系
- ⑦ 高圧炉心スプレイ系
- ⑧ 復水補給水系
- ⑨ 換気空調補機常用冷却水系
- ⑩ 換気空調補機非常用冷却水系
- ⑪ 原子炉補機冷却海水系
- ⑫ 高圧窒素ガス供給系
- ⑬ 計装用圧縮空気系
- ⑭ 非常用ガス処理系
- ⑮ 可燃性ガス濃度制御系
- ⑯ 換気空調系

## 目 次

1. 対象機器及び代表機器の選定 .....	8-1
1.1 グループ化の考え方及び結果 .....	8-1
1.2 代表機器の選定 .....	8-1
2. 代表機器の技術評価 .....	8-3
2.1 構造, 材料及び使用条件 .....	8-3
2.1.1 残留熱除去系停止時冷却内側隔離弁用駆動部 .....	8-3
2.1.2 残留熱除去系熱交換器出口弁用駆動部 .....	8-7
2.2 経年劣化事象の抽出 .....	8-11
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目 .....	8-11
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 .....	8-11
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 .....	8-13
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価 .....	8-17
3. 代表機器以外への展開 .....	8-18
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 .....	8-18
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 .....	8-19

## 1. 対象機器及び代表機器の選定

電動弁用駆動部のうち、対象となる電動弁用駆動部の主な仕様を表 1-1 に示す。

これらの電動弁用駆動部を設置場所及び電源種別の観点からグループ化し、それぞれのグループより代表機器を選定した。

### 1.1 グループ化の考え方及び結果

設置場所及び電源種別を分類基準とし、電動弁用駆動部を表 1-1 に示すとおりグループ化する。

### 1.2 代表機器の選定

表 1-1 に分類したグループ毎に、原則として重要度、口径及び出力の観点から代表機器を選定する。

#### (1) 設置場所が原子炉格納容器内の電動弁（交流）用駆動部

格納容器内設置の電動弁（交流）用駆動部のうち、口径の観点から残留熱除去系停止時冷却内側隔離弁用駆動部を代表機器とする。

(E11-MO-F024A, B, 400 A)

#### (2) 設置場所が屋内の電動弁（交流）用駆動部

屋内設置の電動弁（交流）用駆動部のうち、重要度（事故時動作要求を含む）、口径及び出力の観点から残留熱除去系熱交換器出口弁用駆動部を代表機器とする。

(E11-MO-F010A, B, 500 A)

表 1-1 電動弁用駆動部のグループ化と代表機器の選定

分類基準			系統名称	選定基準			使用条件	選定	代表弁	弁名称	選定理由
区分	設置場所	電源		重要度*	口径(A)	出力(kW)	周囲温度				
電動弁用 駆動部	原子炉格納 容器内	交流	残留熱除去系	MS-1	25~400	0.28~14.7	66℃以下	○	E11-M0-F024 A, B	残留熱除去系停 止時冷却内側隔 離弁用駆動部	口径
			原子炉冷却材浄化系	MS-1	150	3.7					
			事故後サンプリング系	MS-1	20	0.12					
			原子炉補機冷却水系	MS-1	20	0.37					
	屋内	交流	ほう酸水注入系	MS-1	40~80	0.28	40℃以下		E11-M0- F010A, B	残留熱除去系熱 交換器出口弁用 駆動部	重要度, 口径, 出力
			残留熱除去系	MS-1	40~500	0.37~16	40℃以下	○			
			低圧炉心スプレイ系	MS-1	60~300	1.8~16	40℃以下				
			高圧炉心スプレイ系	MS-1	40~300	1.8~16	40℃以下				
			原子炉冷却材浄化系	MS-1	100~150	1.1~3.7	40℃以下				
			復水補給水系	MS-1	80	0.12~0.37	40℃以下				
			事故後サンプリング系	MS-1	20~25	0.12	40℃以下				
			原子炉補機冷却水系	MS-1	20~500	0.37~1.8	40℃以下				
			換気空調補機常用冷却水系	MS-1	20	0.37	40℃以下				
			換気空調補機非常用冷却水系	MS-1	100	0.004	40℃以下				
			原子炉補機冷却海水系	MS-1	450	0.23~0.53	40℃以下				
			高圧窒素ガス供給系	MS-1	25	0.12	40℃以下				
			計装用圧縮空気系	MS-1	50	0.12	40℃以下				
			非常用ガス処理系	MS-1	300	0.23	40℃以下				
			可燃性ガス濃度制御系	MS-1	10~80	0.12~0.37	40℃以下				
換気空調系	MS-1	250~600	0.23~0.53	40℃以下							

\*: 最上位の重要度を示す

## 2. 代表機器の技術評価

本章では、1章で代表機器とした以下の電動弁用駆動部について技術評価を実施する。

- ① 残留熱除去系停止時冷却内側隔離弁用駆動部
- ② 残留熱除去系熱交換器出口弁用駆動部

### 2.1 構造，材料及び使用条件

#### 2.1.1 残留熱除去系停止時冷却内側隔離弁用駆動部

##### (1) 構造

残留熱除去系停止時冷却内側隔離弁用駆動部はモータ，ギア等で構成されており，モータの回転力を，歯車（ギア）を介して弁棒，ステムナットに伝達し，弁を駆動させる構造となっている。

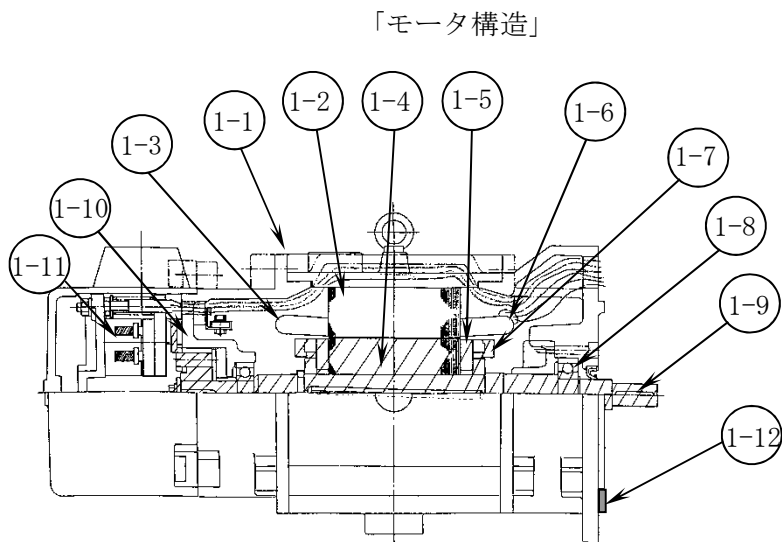
なお，当該駆動部については弁本体との取付ボルトにて切離し，駆動装置部ケース類を取り外すことで駆動部内の点検手入れが可能である。

残留熱除去系停止時冷却内側隔離弁用駆動部の構造図を図 2.1-1 に示す。

##### (2) 材料及び使用条件

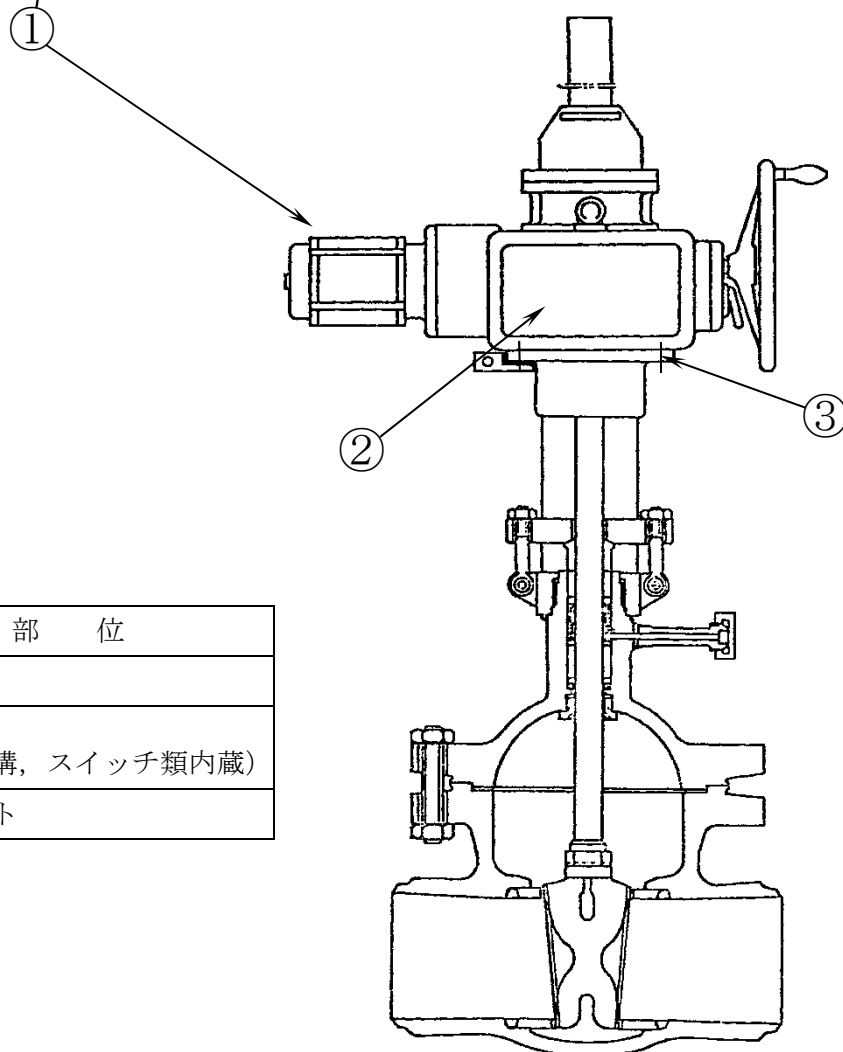
残留熱除去系停止時冷却内側隔離弁用駆動部主要部位の使用材料を表 2.1-1 に，使用条件を表 2.1-2 に示す。





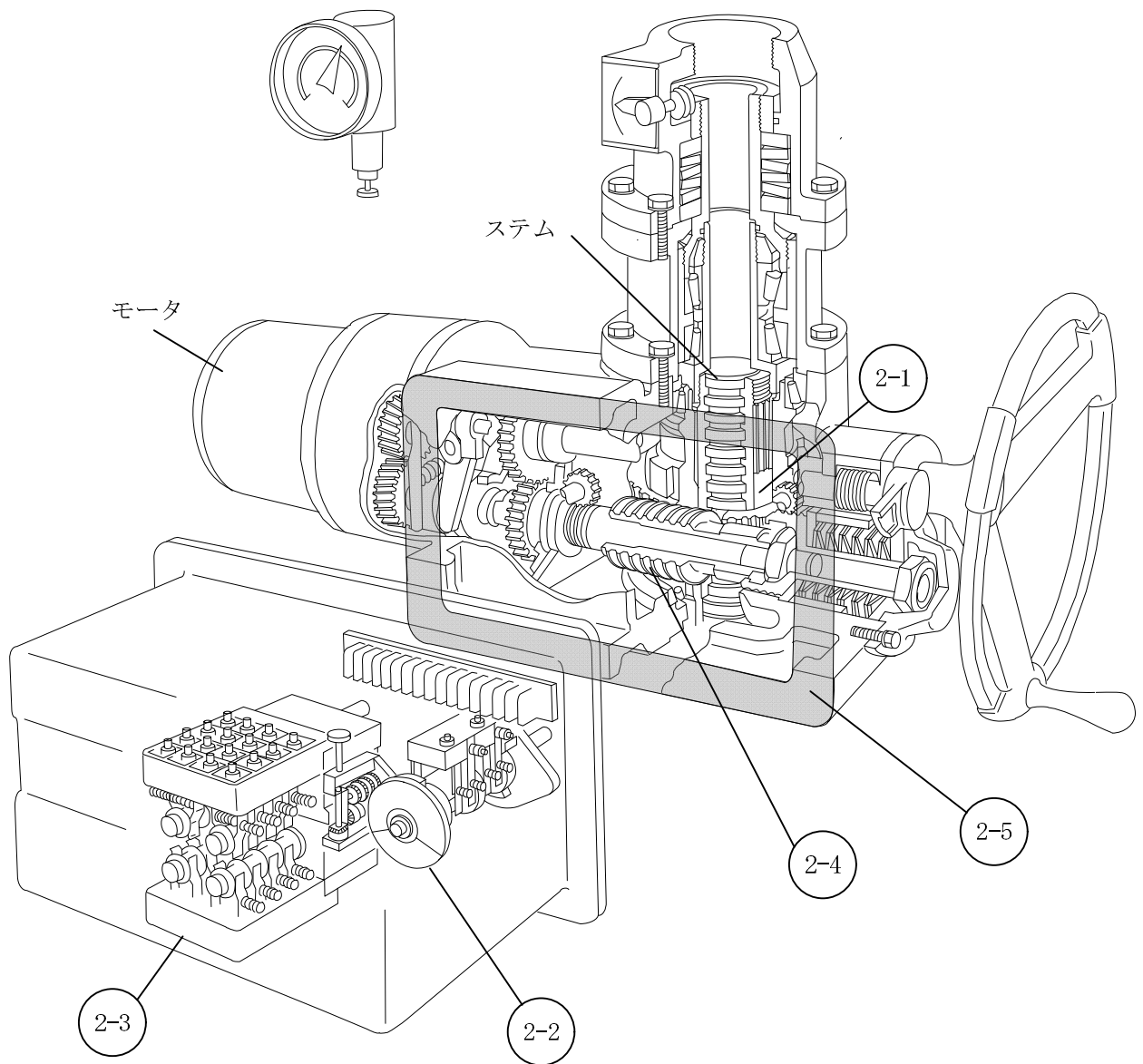
No.	部 位
①-1	フレーム
①-2	固定子コア
①-3	固定子コイル
①-4	回転子コア
①-5	回転子棒
①-6	口出線・接続部品
①-7	回転子エンドリング
①-8	軸受（転がり）
①-9	主軸
①-10	エンドブラケット
①-11	電磁ブレーキ
①-12	ガスケット

斜線：回転部位



No.	部 位
①	モータ
②	駆動装置 (ギア機構, スイッチ類内蔵)
③	取付ボルト

図 2.1-1 (1/2) 残留熱除去系停止時冷却内側隔離弁用駆動部構造図



No.	部 位
2-1	ステムナット
2-2	トルクスイッチ
2-3	リミットスイッチ
2-4	ギア
2-5	ガスケット

図 2.1-1 (2/2) 残留熱除去系停止時冷却内側隔離弁用駆動部構造図

表 2.1-1 残留熱除去系停止時冷却内側隔離弁用駆動部の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
モータ駆動力機能の維持	エネルギー変換	フレーム	鋳鉄
		固定子コア	珪素鋼
		固定子コイル	銅, 絶縁物 (ポリアミドイミド, ガラス繊維, シリコンワニス)
		回転子コア	珪素鋼
		回転子棒	銅合金
		口出線・接続部品	銅, 絶縁物 (シリコンゴム)
		回転子エンドリング	銅合金
		軸受 (転がり)	(消耗品)
		主軸	低合金鋼 (SCM)
		エンドブラケット	鋳鉄 (FC250)
		電磁ブレーキ	(定期取替品)
		ガスケット	(消耗品)
駆動伝達機能の維持	エネルギー伝達	ステムナット	黄銅鋳物 (CAC303)
		トルクスイッチ	銅, 絶縁物 (ジアリルフタレート樹脂)
		リミットスイッチ	銅, 絶縁物 (ジアリルフタレート樹脂)
		ギア	低合金鋼 (SCM), アルミニウム青銅鋳物 (CAC703)
		ガスケット	(消耗品)
機器の支持	支持	取付ボルト	低合金鋼 (SCM)

表 2.1-2 残留熱除去系停止時冷却内側隔離弁用駆動部の使用条件

	通常運転時
定格出力	14.7 kW
定格電圧	AC 440 V
設置場所	原子炉格納容器内
周囲温度	66 °C以下*

\* : 原子炉格納容器内の設計値

## 2.1.2 残留熱除去系熱交換器出口弁用駆動部

### (1) 構造

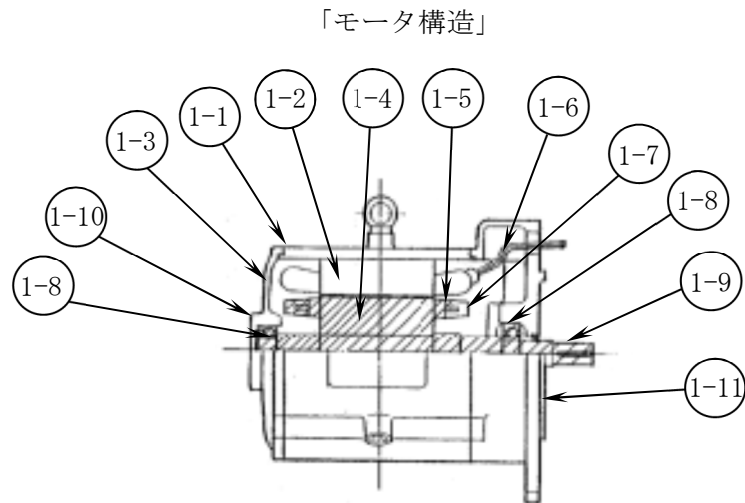
残留熱除去系熱交換器出口弁用駆動部はモータ、ギア等で構成されており、モータの回転力を、歯車（ギア）を介して弁棒、ステムナットに伝達し、弁を駆動させる構造となっている。

なお、当該駆動部については弁本体との取付ボルトにて切離し、駆動装置部ケース類を取り外すことで駆動部内の点検手入れが可能である。

残留熱除去系熱交換器出口弁用駆動部の構造図を図 2.1-2 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

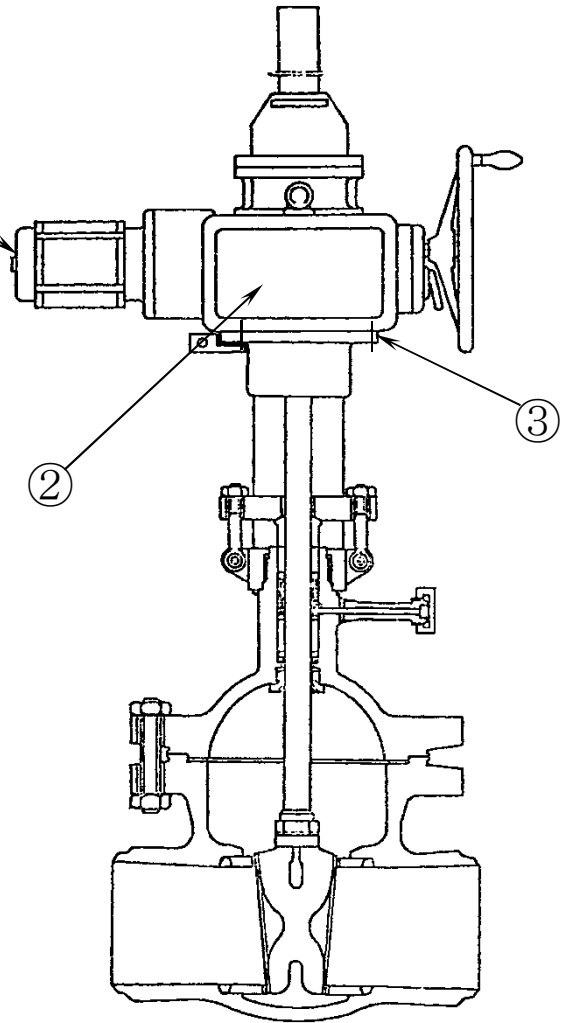
残留熱除去系熱交換器出口弁用駆動部主要部位の使用材料を表 2.1-3 に、使用条件を表 2.1-4 に示す。



No.	部 位
①-1	フレーム
①-2	固定子コア
①-3	固定子コイル
①-4	回転子コア
①-5	回転子棒
①-6	口出線・接続部品
①-7	回転子エンドリング
①-8	軸受（転がり）
①-9	主軸
①-10	エンドブラケット
①-11	ガスケット

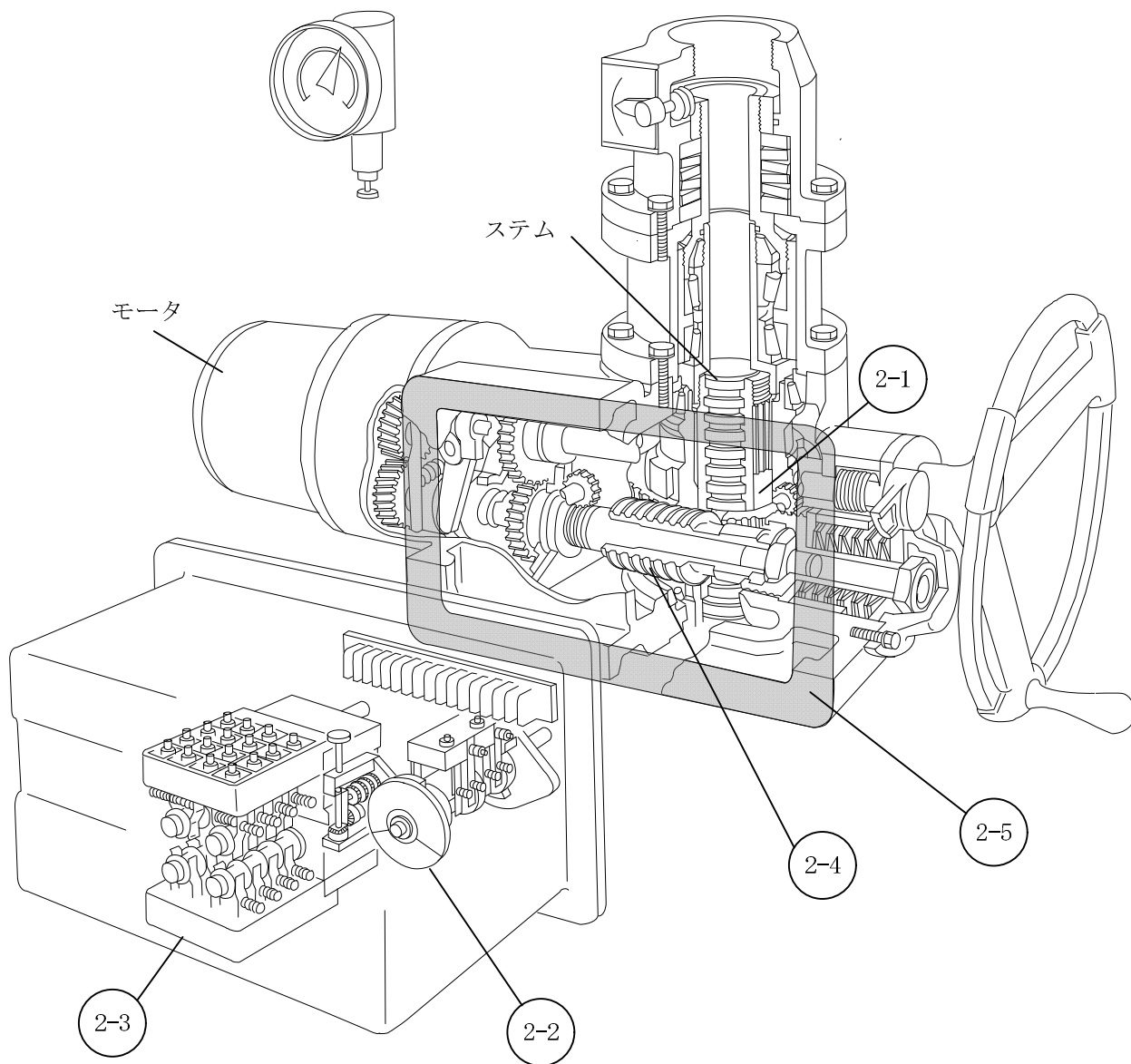
斜線：回転部位

①



No.	部 位
①	モータ
②	駆動装置 (ギア機構, スイッチ類内蔵)
③	取付ボルト

図 2.1-2 (1/2) 残留熱除去系熱交換器出口弁用駆動部構造図



No.	部 位
②-1	ステムナット
②-2	トルクスイッチ
②-3	リミットスイッチ
②-4	ギア
②-5	ガスケット

図 2.1-2 (2/2) 残留熱除去系熱交換器出口弁用駆動部構造図

表 2.1-3 残留熱除去系熱交換器出口弁用駆動部の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
モータ駆動力 機能の維持	エネルギー 変換	フレーム	鋳鉄
		固定子コア	珪素鋼
		固定子コイル	銅，絶縁物（ポリエステル）
		回転子コア	珪素鋼
		回転子棒	銅合金
		口出線・接続部品	銅，絶縁物（シリコーンゴム）
		回転子エンドリング	銅合金
		軸受（転がり）	（消耗品）
		主軸	低合金鋼（SCM）
		エンドブラケット	鋳鉄（FC250）
		ガスケット	（消耗品）
駆動伝達機能 の維持	エネルギー 伝達	ステムナット	黄銅鋳物（CAC303）
		トルクスイッチ	アルミ合金，絶縁物 （フェノール樹脂）他
		リミットスイッチ	アルミ合金，絶縁物 （ジアリルフタレート樹脂）他
		ギア	低合金鋼（SCM）， アルミニウム青銅鋳物（CAC703）
		ガスケット	（消耗品）
機器の支持	支持	取付ボルト	低合金鋼（SCM）

表 2.1-4 残留熱除去系熱交換器出口弁用駆動部の使用条件

	通常運転時
定格出力	11 kW
定格電圧	AC 440 V
設置場所	屋内
周囲温度	40 °C以下*

\*：原子炉建屋内の設計値

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

電動弁用駆動部の機能である弁棒作動機能の達成に必要な項目は以下のとおり。

- ① モータ駆動力機能の維持
- ② 駆動伝達機能の維持
- ③ 機器の支持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

電動弁用駆動部について、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部材の材料、構造、設置場所、使用条件（定格電圧、温度等）及び現在までの運転経験を考慮し、代表機器毎に表 2.2-1 に示すとおり経年劣化事象を抽出した。

なお、消耗品及び定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

転がり軸受及びガスケットは消耗品、電磁ブレーキは定期取替品であり、設計時に長期使用せず取り替えを前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。



(3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

想定される経年劣化事象のうち主要6事象に該当する事象及び下記①、②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。なお、下記①、②に該当する事象については、2.2.3項に示すとおり、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

- ① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△）
- ② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲）

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象として以下の事象が抽出された（表 2.2-1 で○）。

- a. 固定子コイル，口出線・接続部品 [共通] の絶縁特性低下

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

#### a. ステムナット及びギアの摩耗 [共通]

ステムナットとギアは噛合している摺動部があり、電動弁用駆動部の作動により摩耗の発生が想定されるが、分解点検において目視点検による摩耗進行程度の確認及びグリースの補給を行うこととしている。

さらに、必要な運転状態を加味し、系統機器の定例的な切替や定例試験を含む日常保全を継続し、必要に応じて補修または取り替え等を行うこととしている。

したがって、今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### b. 取付ボルトの腐食（全面腐食） [共通]

取付ボルトは低合金鋼であるため腐食の発生が想定されるが、取付ボルトの外気接触部は防食塗装を施しており、必要に応じて補修を実施していることから腐食が発生する可能性は小さい。

また、点検時に外観確認を行い、これまで有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### c. トルクスイッチ及びリミットスイッチの導通不良 [共通]

トルクスイッチ及びリミットスイッチは、接点に付着する浮遊塵埃により導通不良が想定されるが、両スイッチはカバー内に収納されていることから、塵埃付着の可能性は小さい。

また、点検時に動作確認を行い、これまで導通不良は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### d. 回転子棒及び回転子エンドリングの疲労割れ [共通]

回転子棒及び回転子エンドリングはモータの起動時に発生する電磁力等により、繰り返し応力を受けると疲労割れが想定されるが、設計段階において必要トルク、起動電流等に起因した繰り返し応力が反映されていることから、疲労割れ発生の可能性は小さい。

また、点検時に動作試験を行い、これまでの点検結果では異常は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. モータのフレーム及びエンドブラケットの腐食（全面腐食） [共通]

フレーム及びエンドブラケットは、鋳鉄であるため腐食の発生が想定されるが、フレーム等の表面には防食塗装が施されており、塗膜が健全であれば腐食が発生する可能性は小さく、塗装のはく離に対しては、機器点検時等に必要に応じて補修を行うこととしている。

また、点検時に目視点検を行い、これまでに有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f. モータの主軸の摩耗 [共通]

主軸については、軸受と主軸の接触面の摩耗が想定されるが、電動弁用駆動部モータについては、間欠運転であるため、主軸の摩耗が発生する可能性は小さい。

また、これまでの定例試験または点検時の動作確認において、異音等が確認された場合は分解点検を行うこととしており、これまでの点検結果では、主軸の摩耗は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

g. モータの主軸の高サイクル疲労割れ [共通]

h. モータの固定子コア及び回転子コアの腐食（全面腐食） [共通]

以上、g.、h. の評価については「ポンプモータの技術評価書」のうち、低圧ポンプモータと同一であることから、当該の評価書を参照のこと。

- (2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。

表 2.2-1 (1/2) 残留熱除去系停止時冷却内側隔離弁用駆動部に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期 取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象									備考
					減 肉		割 れ		絶 縁	導 通	信 号	材 料	その他	
					摩 耗	腐 食	疲 労 割 れ	応 力 腐 食 割 れ	絶 縁 特 性 低 下	導 通 不 良	特 性 変 化	材 料 劣 化		
モータ駆動力 機能の維持	エネルギー 変換	フレーム		鋳鉄		△								*1: 高サイクル 疲労割れ
		固定子コア		珪素鋼		△								
		固定子コイル		銅, 絶縁物					○					
		回転子コア		珪素鋼		△								
		回転子棒		銅合金			△							
		口出線・接続部品		銅, 絶縁物					○					
		回転子エンドリング		銅合金			△							
		軸受(転がり)	◎											
		主軸		低合金鋼	△		△*1							
		エンドブラケット		鋳鉄		△								
		電磁ブレーキ	◎											
ガスケット	◎													
駆動伝達機能 の維持	エネルギー 伝達	ステムナット		黄銅鋳物	△									
		トルクスイッチ		銅, 絶縁物						△				
		リミットスイッチ		銅, 絶縁物						△				
		ギア		低合金鋼他	△									
		ガスケット	◎											
機器の支持	支持	取付ボルト		低合金鋼		△								

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (2/2) 残留熱除去系熱交換器出口弁用駆動部に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期 取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象									備考
					減 肉		割 れ		絶 縁	導 通	信 号	材 料	その他	
					摩 耗	腐 食	疲 労 割 れ	応 力 腐 食 割 れ	絶 縁 特 性 低 下	導 通 不 良	特 性 変 化	材 料 劣 化		
モータ駆動力 機能の維持	エネルギー 変換	フレーム		鋳鉄		△								*1:高サイクル 疲労割れ
		固定子コア		珪素鋼		△								
		固定子コイル		銅, 絶縁物					○					
		回転子コア		珪素鋼		△								
		回転子棒		銅合金			△							
		口出線・接続部品		銅, 絶縁物					○					
		回転子エンドリング		銅合金			△							
		軸受(転がり)	◎											
		主軸		低合金鋼	△		△*1							
		エンドブラケット		鋳鉄		△								
ガスケット	◎													
駆動伝達機能 の維持	エネルギー 伝達	ステムナット		黄銅鋳物	△									
		トルクスイッチ		アルミ合金, 絶縁物						△				
		リミットスイッチ		アルミ合金, 絶縁物						△				
		ギア		低合金鋼他	△									
		ガスケット	◎											
機器の支持	支持	取付ボルト		低合金鋼		△								

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

## 2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

### (1) 固定子コイル，口出線・接続部品の絶縁特性低下 [共通]

#### a. 事象の説明

固定子コイル，口出線・接続部品の絶縁物は有機物であるため，振動等による機械的劣化，熱分解による熱的劣化，絶縁物内空隙での放電等による電氣的劣化，埃等の異物付着による環境的劣化により経年的に劣化が進行し，絶縁物の外表面，内部から絶縁特性低下を起こす可能性がある。

ただし，電動弁用駆動部は低圧機器であるため，電氣的な劣化は起きないと考えられる。

#### b. 技術評価

##### ① 健全性評価

固定子コイル，口出線・接続部品の絶縁特性低下要因としては，機械的，熱的及び環境的要因により経年的に劣化が進行し，絶縁特性低下を起こす可能性があることから，長期間の使用を考慮すると固定子コイル，口出線・接続部品の絶縁特性低下の可能性は否定できない。

##### ② 現状保全

固定子コイル，口出線・接続部品の絶縁特性低下に対しては，点検時に目視点検，清掃及び絶縁抵抗測定を実施し，絶縁機能の健全性を確認している。

また，点検で有意な絶縁特性低下が認められた場合には，電動弁用駆動部の補修または取り替えを行うこととしている。

なお，当面の冷温停止維持においては，現況保管することとしている。

##### ③ 総合評価

固定子コイル，口出線・接続部品の急激な絶縁特性低下の可能性は否定できないが，絶縁特性低下は点検時における目視点検，清掃及び絶縁抵抗測定で把握可能と考える。

また，必要に応じて適切な対応をとることにより，当面の冷温停止維持における健全性は維持できると判断する。

#### c. 高経年化への対応

固定子コイル，口出線・接続部品の絶縁特性低下については，高経年化対策の観点から現状の保全内容に対して追加すべき項目はない。

### 3. 代表機器以外への展開

本章では、2章で実施した代表機器の技術評価について、1章で実施したグループ化で代表機器となっていない機器への展開について検討した。

- ① 設置場所が原子炉格納容器内の電動弁（交流）用駆動部
- ② 設置場所が屋内の電動弁（交流）用駆動部

#### 3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

##### a. 固定子コイル，口出線・接続部品の絶縁特性低下 [共通]

代表機器同様，原子炉格納容器内の電動弁（交流）用駆動部及び屋内の電動弁（交流）用駆動部の固定子コイル，口出線・接続部品の絶縁物は有機物であるため，振動等による機械的劣化，熱分解による熱的劣化，埃等の異物付着による環境的劣化により経年的に劣化が進行し，絶縁物の外表面，内部から絶縁特性低下を起こす可能性がある。

しかし，機械的，熱的及び環境的要因による絶縁特性低下は，点検時に目視点検，清掃及び絶縁抵抗測定を実施し，絶縁機能の健全性を確認しており，点検で有意な絶縁特性低下が認められた場合には，電動弁用駆動部の補修または取り替えを行うこととしている。

また，当面の冷温停止維持においてバウンダリ機能のみを有する電動弁用駆動部については動作要求がないことから現況保管することとし，適切な対応をとることにより，当面の冷温停止維持における健全性は維持できると判断する。

したがって，高経年化対策の観点から現状の保全内容に対し追加すべき項目はない。

### 3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

#### a. ステムナット及びギアの摩耗 [共通]

代表機器同様、ステムナットとギアは噛合している摺動部があり、電動弁用駆動部の作動により摩耗の発生が想定されるが、分解点検において目視点検による摩耗進行程度の確認及びグリースの補給を行うこととしている。

さらに、必要な運転状態を加味し、系統機器の定例的な切替や定例試験を含む日常保全を継続し、必要に応じて補修または取り替え等を行うこととしている。

したがって、今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### b. 取付ボルトの腐食（全面腐食） [共通]

代表機器同様、取付ボルトは低合金鋼であるため腐食の発生が想定されるが、取付ボルトの外気接触部は防食塗装を施しており、必要に応じて補修を実施していることから腐食が発生する可能性は小さい。

また、点検時に外観確認を行い、これまで有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### c. トルクスイッチ及びリミットスイッチの導通不良 [共通]

代表機器同様、トルクスイッチ及びリミットスイッチは、接点に付着する浮遊塵埃により導通不良が想定されるが、両スイッチはカバー内に収納されていることから、塵埃付着の可能性は小さい。

また、点検時に動作確認を行い、これまで導通不良は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### d. 回転子棒及び回転子エンドリングの疲労割れ [共通]

代表機器同様、回転子棒及び回転子エンドリングはモータの起動時に発生する電磁力等により、繰り返し応力を受けると疲労割れが想定されるが、設計段階において必要トルク、起動電流等を基とした繰り返し応力が反映されていることから、疲労割れ発生の可能性は小さい。

また、点検時に動作試験を行い、これまでの点検結果では異常は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。



e. モータのフレーム及びエンドブラケットの腐食（全面腐食）〔共通〕

代表機器同様、フレーム及びエンドブラケットは、鋳鉄であるため腐食の発生が想定されるが、フレーム等の表面には防食塗装が施されており、塗膜が健全であれば腐食が発生する可能性は小さく、塗装のはく離に対しては、機器点検時等に必要に応じて補修を行うこととしている。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f. モータの主軸の摩耗〔共通〕

代表機器同様、主軸については、軸受と主軸の接触面の摩耗が想定されるが、電動弁用駆動部モータについては、間欠運転であるため、主軸の摩耗が発生する可能性は小さい。

また、これまでの定例試験または点検時の動作確認において、異音等が確認された場合は分解点検を行うこととしており、これまでの点検結果では、主軸の摩耗は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

g. モータの主軸の高サイクル疲労割れ〔共通〕

h. モータの固定子コア及び回転子コアの腐食（全面腐食）〔共通〕

以上、g.、h. の評価については、「ポンプモータの技術評価書」のうち、低圧ポンプモータと同一であることから、当該の評価書を参照のこと。

- (2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

代表機器同様、日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。

以上

## 9 空気作動弁用駆動部

[対象系統]

- ① 残留熱除去系
- ② 低圧炉心スプレイ系
- ③ 高圧炉心スプレイ系
- ④ 液体固体廃棄物処理系
- ⑤ 換気空調補機非常用冷却水系
- ⑥ 非常用ガス処理系
- ⑦ 換気空調系

## 目 次

1. 対象機器及び代表機器の選定 .....	9-1
1.1 グループ化の考え方 .....	9-1
1.2 代表機器の選定 .....	9-1
2. 代表機器の技術評価 .....	9-3
2.1 構造, 材料及び使用条件 .....	9-3
2.1.1 換気空調補機非常用冷却水系 MCR 給気冷却器温度調節弁用駆動部 .....	9-3
2.1.2 残留熱除去系試験可能逆止弁バイパス弁用駆動部 .....	9-6
2.1.3 換気空調系 FCS 室給気隔離弁用駆動部 .....	9-9
2.2 経年劣化事象の抽出 .....	9-12
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目 .....	9-12
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 .....	9-12
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 .....	9-13
3. 代表機器以外への展開 .....	9-19
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 .....	9-19
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 .....	9-19

## 1. 対象機器及び代表機器の選定

主要な空気作動弁用駆動部の主な仕様を表 1-1 に示す。

これらの空気作動弁用駆動部を型式及び設置場所の観点からグループ化し、それぞれのグループより代表機器を選定した。

### 1.1 グループ化の考え方

型式及び設置場所を分類基準とし、空気作動弁用駆動部を表 1-1 に示すとおりグループ化する。

### 1.2 代表機器の選定

表 1-1 に分類したグループ毎に、原則として重要度、運転状態及び口径の観点から代表機器を選定する。

#### (1) 設置場所が屋内のダイヤフラム型駆動部

ダイヤフラム型で屋内に設置されている駆動部のうち、重要度の観点から換気空調補機非常用冷却水系 MCR 給気冷却器温度調節弁用駆動部を代表機器とする。

(P25-TCV-F005A/B, 150 A)

#### (2) 設置場所が格納容器内のシリンダ型駆動部

シリンダ型で格納容器内に設置されている駆動部のうち、運転状態の観点から残留熱除去系試験可能逆止弁バイパス弁用駆動部を代表機器とする。

(E11-N0-F048A~C, 20 A)

#### (3) 設置場所が屋内のシリンダ型駆動部

シリンダ型で屋内に設置されている駆動部のうち、運転状態、口径の観点から換気空調系 FCS 室給気隔離弁用駆動部を代表機器とする。

(U41-A0-F004A/B, 250 A)

表 1-1 空気作動弁用駆動部のグループ化及び代表機器の選定

分類基準		系統名称	選定基準				代表選定	代表弁	選定理由
区分	設置場所		重要度*1	使用条件					
				口径 (A)	運転状態*2	周囲温度 (°C)			
ダイヤフラム型	屋内	換気空調補機非常用冷却水系	MS-1	150	一時 (一時)	40	◎	換気空調補機非常用冷却水系 MCR 給気冷却器温度調節弁用駆動部 (150 A) P25-TCV-F005A/B	重要度
シリンダ型	原子炉格納容器内	残留熱除去系	MS-1	20	連続 (一時)	66	◎	残留熱除去系試験可能逆止弁バイパス弁用駆動部 (20A) E11-N0-F048A~C	運転状態
		低圧炉心スプレイ系	MS-1	20	一時 (一時)	66			
		高圧炉心スプレイ系	MS-1	20	一時 (一時)	66			
	屋内	液体固体廃棄物処理系	MS-1	80	連続 (連続)	40		換気空調系 FCS 室給気隔離弁用駆動部 (250A) U41-A0-F004A/B	運転状態, 口径
		非常用ガス処理系	MS-1	300	一時 (一時)	40			
		換気空調系	MS-1	250	連続 (連続)	40	◎		

\*1：最上位の重要度を示す

\*2：上段は冷温停止状態時における運転状態，下段の（ ）は断続的運転時の運転状態を示す

## 2. 代表機器の技術評価

本章では、1章で代表機器とした以下の空気作動弁用駆動部について技術評価を実施する。

- ① 換気空調補機非常用冷却水系 MCR 給気冷却器温度調節弁用駆動部
- ② 残留熱除去系試験可能逆止弁バイパス弁用駆動部
- ③ 換気空調系 FCS 室給気隔離弁用駆動部

### 2.1 構造、材料及び使用条件

#### 2.1.1 換気空調補機非常用冷却水系 MCR 給気冷却器温度調節弁用駆動部

##### (1) 構造

換気空調補機非常用冷却水系 MCR 給気冷却器温度調節弁用駆動部は、屋内に設置されているダイヤフラム型の空気操作装置で、スプリング及びダイヤフラム等で構成されており、空気圧によりダイヤフラムを加圧することによって弁を駆動させる構造としている。

なお、当該駆動部については弁本体との取付ボルト・ナットにて切り離し、駆動装置部ケース類を取り外すことで駆動部内の点検手入れが可能である。

換気空調補機非常用冷却水系 MCR 給気冷却器温度調節弁用駆動部の構造図を図 2.1-1 に示す。

##### (2) 材料及び使用条件

換気空調補機非常用冷却水系 MCR 給気冷却器温度調節弁用駆動部主要部位の使用材料を表 2.1-1 に、使用条件を表 2.1-2 に示す。

No.	部 位
①	ケース
②	ケースボルト・ナット
③	ダイヤフラム
④	駆動用ステム
⑤	スプリング
⑥	取付ボルト・ナット
⑦	電磁弁
⑧	減圧弁

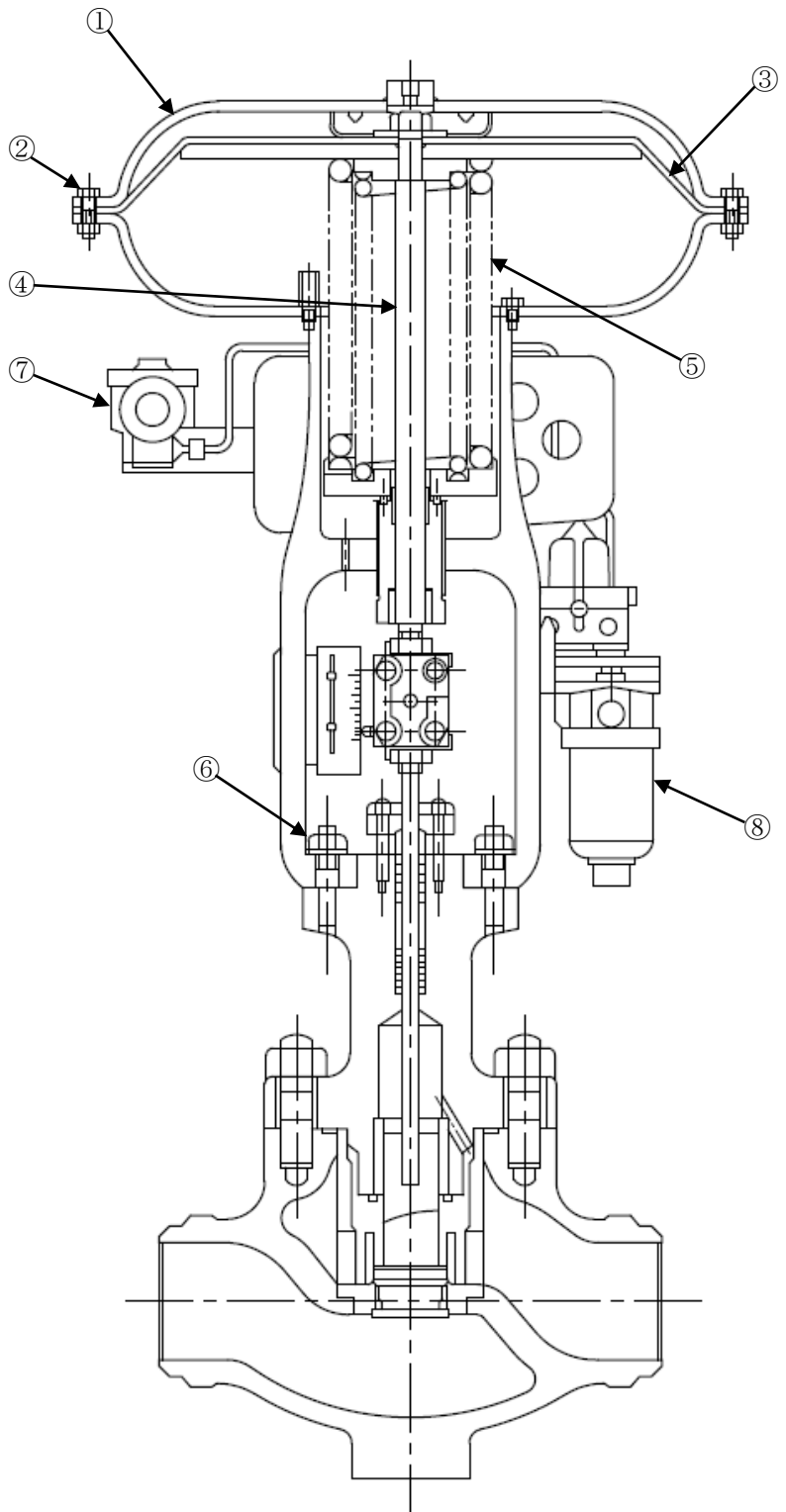


図 2. 1-1 換気空調補機非常用冷却水系 MCR 給気冷却器温度調節弁用駆動部構造図

表 2.1-1 換気空調補機非常用冷却水系 MCR 給気冷却器温度調節弁用駆動部  
主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
ハウンドリ の維持	耐圧	ケース	炭素鋼 (SPHD)
		ケースボルト	低合金鋼 (SCM435)
		ケースナット	炭素鋼 (S45C)
駆動伝達機能 の維持	エネルギー伝達	ダイヤフラム	(消耗品)
		駆動用ステム	ステンレス鋼 (SUS304)
		スプリング	ばね鋼 (SUP9)
		電磁弁	(定期取替品)
		減圧弁	(定期取替品)
機器の支持	支持	取付ボルト	低合金鋼 (SNB7)
		取付ナット	炭素鋼 (S45C)

表 2.1-2 換気空調補機非常用冷却水系 MCR 給気冷却器温度調節弁用駆動部の使用条件

作動空気圧力	約 0.5 ~ 0.7 MPa
定格電圧	DC 125 V
周囲温度 (通常温度)	約 40 °C



## 2.1.2 残留熱除去系試験可能逆止弁バイパス弁用駆動部

### (1) 構造

残留熱除去系試験可能逆止弁用駆動部は、格納容器内に設置されているシリンダ型の空気操作装置で、シリンダ及びスプリング等で構成されており、空気圧によりシリンダを加圧することによって弁を駆動させる構造としている。

なお、当該駆動部についてはシリンダキャップ類を取り外すことで駆動部内の点検手入れが可能である。

残留熱除去系試験可能逆止弁用駆動部の構造図を図 2.1-2 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

残留熱除去系試験可能逆止弁用駆動部主要部位の使用材料を表 2.1-3 に、使用条件を表 2.1-4 に示す。

No.	部 位
①	シリンダ
②	シリンダキャップ
③	ピストン
④	駆動用ステム
⑤	スプリング
⑥	Oリング
⑦	リミットスイッチ
⑧	電磁弁
⑨	取付ボルト

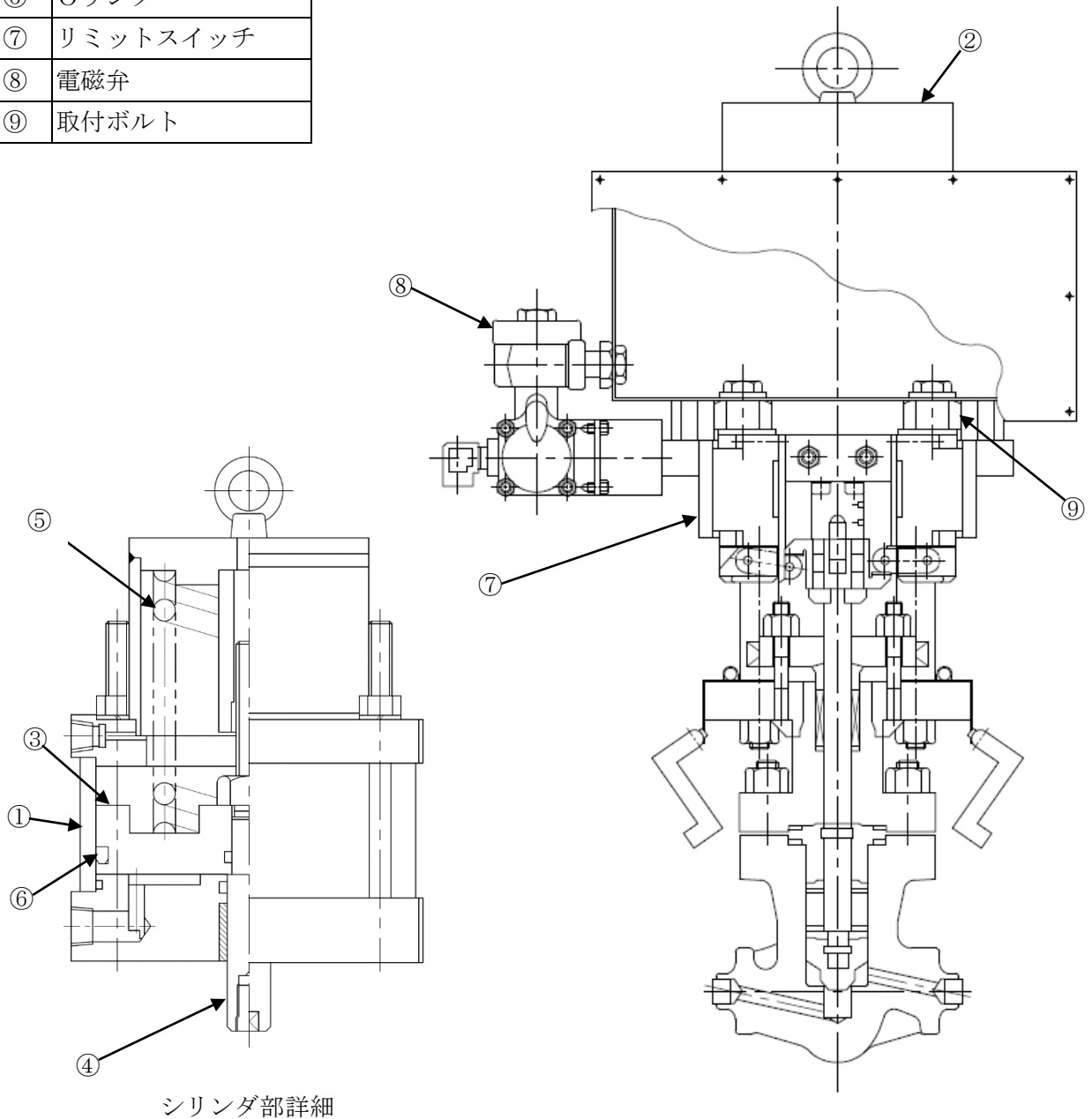


図 2.1-2 残留熱除去系試験可能逆止弁バイパス弁用駆動部構造図

表 2.1-3 残留熱除去系試験可能逆止弁バイパス弁用駆動部主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
バウンダリの維持	耐圧	シリンダ	炭素鋼 (STKM13)
		シリンダキャップ	炭素鋼 (SS41)
駆動伝達機能の維持	エネルギー伝達	ピストン	鋳鉄 (FC25)
		駆動用ステム	炭素鋼 (S45C)
		スプリング	ばね鋼 (SUP10)
		Oリング	(消耗品)
		リミットスイッチ	(定期取替品)
		電磁弁	(定期取替品)
機器の支持	支持	取付ボルト	炭素鋼 (SS41)

表 2.1-4 残留熱除去系試験可能逆止弁バイパス弁用駆動部の使用条件

作動空気圧力	約 0.5 ~ 0.7 MPa
定格電圧	AC 120 V
周囲温度 (通常温度)	約 66 °C

### 2.1.3 換気空調系 FCS 室給気隔離弁用駆動部

#### (1) 構造

換気空調系 FCS 室給気隔離弁用駆動部は、屋内に設置されているシリンダ型の空気操作装置で、シリンダ等で構成されており、空気圧によりシリンダを加圧することによって弁を駆動させる構造としている。

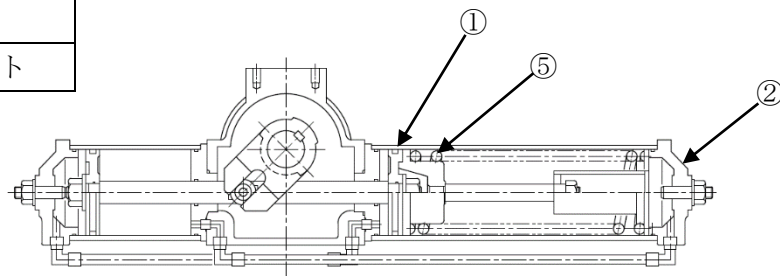
なお、当該駆動部についてはシリンダキャップ類を取り外すことで駆動部内の点検手入りが可能である。

換気空調系 FCS 室給気隔離弁用駆動部の構造図を図 2.1-3 に示す。

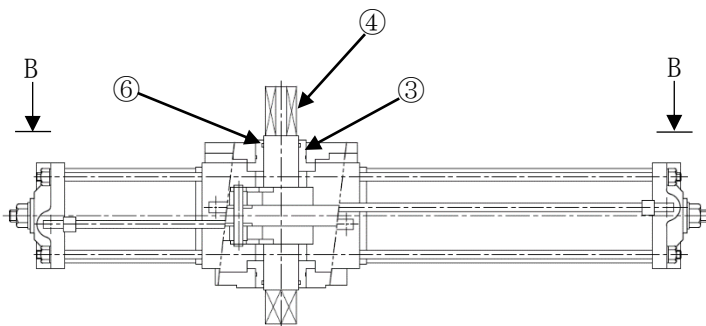
#### (2) 材料及び使用条件

換気空調系 FCS 室給気隔離弁用駆動部主要部位の使用材料を表 2.1-5 に、使用条件を表 2.1-6 に示す。

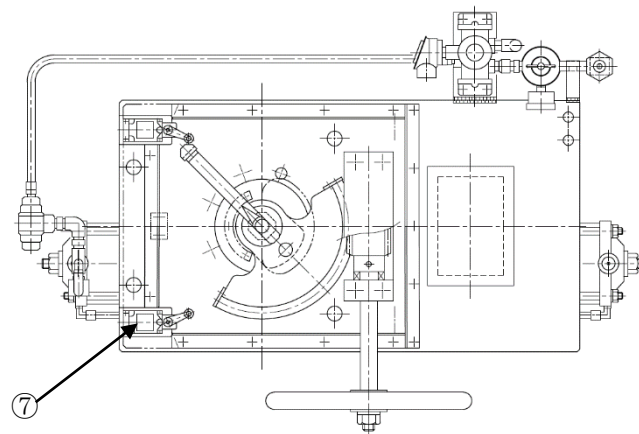
No.	部 位
①	シリンダ
②	シリンダキャップ
③	ピストン
④	駆動用ステム
⑤	スプリング
⑥	Oリング
⑦	リミットスイッチ
⑧	電磁弁
⑨	取付ボルト・ナット



B-B 矢視



駆動部詳細



A-A 矢視

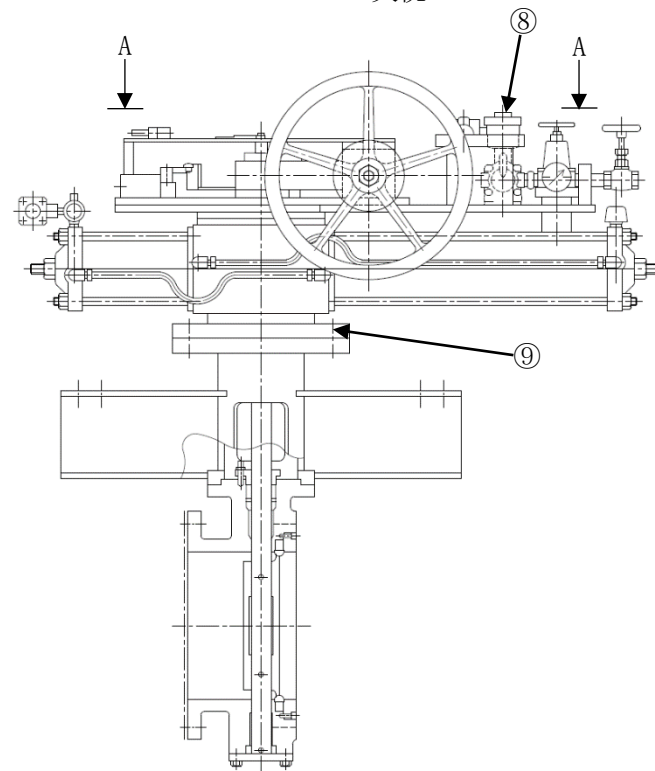


図 2.1-3 換気空調系 FCS 室給気隔離弁用駆動部構造図

表 2.1-5 換気空調系 FCS 室給気隔離弁用駆動部主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
バウンダリの維持	耐圧	シリンダ	炭素鋼 (STKM 硬質クロムメッキ)
		シリンダキャップ	鋳鉄 (FCD450)
駆動伝達機能の維持	エネルギー伝達	ピストン	鋳鉄 (FCD450 亜鉛メッキ)
		駆動用ステム	低合金鋼 (SCM435 亜鉛メッキ)
		スプリング	ばね鋼 (SUP9)
		Oリング	(消耗品)
		リミットスイッチ	(定期取替品)
		電磁弁	(定期取替品)
機器の支持	支持	取付ボルト	炭素鋼
		取付ナット	炭素鋼

表 2.1-6 換気空調系 FCS 室給気隔離弁用駆動部の使用条件

作動空気圧力	約 0.5 ~ 0.7 MPa
定格電圧	DC 125 V
周囲温度 (通常温度)	40℃

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

空気作動弁用駆動部の機能である弁棒作動機能の達成に必要な項目は以下のとおり。

- ① バウンダリの維持
- ② 駆動伝達機能の維持
- ③ 機器の支持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

空気作動弁用駆動部について、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の材料、構造、使用条件（内部流体、圧力、温度等）及び現在までの運転経験を考慮し、代表機器毎に表 2.2-1 に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

なお、消耗品及び定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

リング及びダイヤフラムは消耗品、リミットスイッチ、電磁弁及び減圧弁は定期取替品であり、設計時に長期使用せず取替を前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

#### (3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

想定される経年劣化事象のうち主要 6 事象に該当する事象及び下記①、②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。なお、下記①、②に該当する事象については、2.2.3 項に示すとおり、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

- ① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△）
- ② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲）

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

a. シリンダ及びシリンダキャップの腐食（全面腐食）〔残留熱除去系試験可能逆止弁バイパス弁用駆動部，換気空調系 FCS 室給気隔離弁用駆動部〕

シリンダ及びシリンダキャップは炭素鋼または鋳鉄であることから、腐食の発生が想定されるが、シリンダ内は除湿された清浄な空気であり、大気接触部は防食塗装が施され、必要に応じて補修を行うこととしているため、腐食が発生する可能性は小さい。

また、これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. スプリングのへたり〔共通〕

スプリングは常時応力がかかった状態で使用されるため、へたりが想定されるが、スプリング使用時のねじり応力が許容ねじり応力以下になるように設定されており、さらにスプリングの材料に対する推奨最高使用温度よりも実際の使用温度は低いことから、へたりが進行する可能性は小さい。

また、スプリングのへたりは、分解点検時の目視点検及び作動確認にて検知可能であり、これまでの点検結果からも有意なへたりは確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. シリンダ及びピストンの摩耗〔残留熱除去系試験可能逆止弁バイパス弁用駆動部，換気空調系 FCS 室給気隔離弁用駆動部〕

ピストンにはゴム製の Oリングが装着され、金属同士が直接接触しない構造となっており、空気シリンダ表面には耐摩耗性に優れたクロムメッキ処理を施しているため、摩耗する可能性は小さい。

また、これまでの点検結果からも有意な摩耗は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。



- d. ピストンの腐食（全面腐食）〔残留熱除去系試験可能逆止弁バイパス弁用駆動部，換気空調系 FCS 室給気隔離弁用駆動部〕

ピストンは鋳鉄であることから，腐食の発生が想定されるが，シリンダ内は除湿された清浄な空気であるため，腐食が発生する可能性は小さい。

また，これまでの点検結果から有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- e. 駆動用ステムの腐食（全面腐食）〔残留熱除去系試験可能逆止弁バイパス弁用駆動部，換気空調系 FCS 室給気隔離弁用駆動部〕

駆動用ステムは炭素鋼または低合金鋼であることから，腐食の発生が想定されるが，シリンダ内は除湿された清浄な空気であるため，腐食が発生する可能性は小さい。

また，これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- f. ケースの腐食（全面腐食）〔換気空調補機非常用冷却水系 MCR 給気冷却器温度調節弁用駆動部〕

ケースは炭素鋼であることから，腐食の発生が想定されるが，ケース内面は除湿された清浄な空気であり，大気接触部は防食塗装が施され，必要に応じて補修を行うこととしているため，腐食が発生する可能性は小さい。

また，これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- g. ケースボルト・ナットの腐食（全面腐食）〔換気空調補機非常用冷却水系 MCR 給気冷却器温度調節弁用駆動部〕

ケースボルト・ナットは低合金鋼または炭素鋼であることから，腐食の発生が想定されるが，大気接触部は防食塗装を施しており，必要に応じて補修を行うこととしている。

また，これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

h. 取付ボルト・ナットの腐食（全面腐食） [共通]

取付ボルト・ナットは炭素鋼または低合金鋼であることから、腐食の発生が想定されるが、大気接触部は防食塗装を施しており、必要に応じて補修を行うこととしている。

また、これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- (2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。

表 2.2-1 (1/3) 換気空調補機非常用冷却水系 MCR 給気冷却器温度調節弁用駆動部に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期取替品	材 料	経年劣化事象								備 考	
					減 肉		割 れ		絶縁	導通	信号	材料		その他
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	絶縁特 性低下	導通 不良	特性 変化	材料 劣化		
バウンダリの維持	耐圧	ケース		炭素鋼		△								*:へたり
		ケースボルト・ナット		低合金鋼, 炭素鋼		△								
駆動伝達機能の維持	エネルギー伝達	ダイヤフラム	◎											
		駆動用ステム		ステンレス鋼										
		スプリング		ばね鋼									△*	
		電磁弁	◎											
		減圧弁	◎											
機器の支持	支持	取付ボルト・ナット		低合金鋼, 炭素鋼		△								

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (2/3) 残留熱除去系試験可能逆止弁バイパス弁用駆動部に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象									備 考
					減 肉		割 れ		絶縁	導通	信号	材料	その他	
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	絶縁特 性低下	導通 不良	特性 変化	材料 劣化		
バウンダリの維持	耐圧	シリンダ		炭素鋼	△	△								*:へたり
		シリンダキャップ		炭素鋼		△								
駆動伝達機能の維持	エネルギー伝達	ピストン		鋳鉄	△	△								
		駆動用ステム		炭素鋼		△								
		スプリング		ばね鋼									△*	
		Oリング	◎											
		リミットスイッチ	◎											
電磁弁	◎													
機器の支持	支持	取付ボルト		炭素鋼		△								

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (3/3) 換気空調系 FCS 室給気隔離弁用駆動部に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象								備 考	
					減 肉		割 れ		絶縁	導通	信号	材料		その他
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	絶縁特 性低下	導通 不良	特性 変化	材料 劣化		
バウンダリの維持	耐圧	シリンダ		炭素鋼 <sup>*1</sup>	△	△							*1:硬質クロムメッキ	
		シリンダキャップ		鋳鉄		△								
駆動伝達機能の維持	エネルギー伝達	ピストン		鋳鉄 <sup>*2</sup>	△	△							*2:亜鉛メッキ *3:へたり	
		駆動用ステム		低合金鋼 <sup>*2</sup>		△								
		スプリング		ばね鋼								△ <sup>*3</sup>		
		Oリング	◎											
		リミットスイッチ	◎											
		電磁弁	◎											
機器の支持	支持	取付ボルト・ナット		炭素鋼		△								

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

### 3. 代表機器以外への展開

本章では、2章で実施した代表機器の技術評価結果について、1章で実施したグループ化で代表機器となっていない機器への展開について検討した。

[対象空気作動弁用駆動部]

- ① 設置場所が屋内のダイヤフラム型駆動部 [代表機器以外]
- ② 設置場所が格納容器内のシリンダ型駆動部 [代表機器以外]
- ③ 設置場所が屋内のシリンダ型駆動部 [代表機器以外]

#### 3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

代表機器同様、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

#### 3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

a. シリンダ及びシリンダキャップの腐食（全面腐食） [炭素鋼または鋳鉄のシリンダまたはシリンダキャップを有するシリンダ型駆動部共通]

代表機器同様、シリンダ及びシリンダキャップは炭素鋼または鋳鉄であることから、腐食の発生が想定されるが、シリンダ内は除湿された清浄な空気であり、大気接触部は防食塗装が施され、必要に応じて補修を行うこととしているため、腐食が発生する可能性は小さい。

また、これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. スプリングのへたり [共通]

代表機器同様、スプリングは常時応力がかかった状態で使用されるため、へたりが想定されるが、スプリング使用時のねじり応力が許容ねじり応力以下になるよう設定されており、さらにスプリングの材料に対する推奨最高使用温度よりも実際の使用温度は低いことから、へたりが進行する可能性は小さい。

また、スプリングのへたりは、分解点検時の目視点検及び作動確認にて検知可能であり、これまでの点検結果からも有意なへたりは確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. シリンダ及びピストンの摩耗 [シリンダ型空気作動弁用駆動部共通]

代表機器同様、ピストンにはゴム製のOリングが装着され、金属同士が直接接触しない構造となっており、空気シリンダ表面には耐摩耗性に優れたクロムメッキ処理を施しているため、摩耗する可能性は小さい。

また、これまでの点検結果からも有意な摩耗は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. ピストンの腐食（全面腐食） [鋳鉄または銅合金のピストンを有するシリンダ型駆動部共通]

代表機器同様、ピストンは鋳鉄または銅合金であることから、腐食の発生が想定されるが、シリンダ内は除湿された清浄な空気であるため、腐食が発生する可能性は小さい。

また、これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. 駆動用ステムの腐食（全面腐食） [炭素鋼または低合金鋼の駆動用ステムを有するシリンダ型駆動部共通]

代表機器同様、駆動用ステムは炭素鋼または低合金鋼であることから、腐食の発生が想定されるが、シリンダ内は除湿された清浄な空気であるため、腐食が発生する可能性は小さい。

また、これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f. ケースの腐食（全面腐食） [炭素鋼のケースを有するダイヤフラム型駆動部共通]

代表機器同様、ケースは炭素鋼であることから、腐食の発生が想定されるが、ケース内面は除湿された清浄な空気であり、大気接触部は防食塗装が施され、必要に応じて補修を行うこととしているため、腐食が発生する可能性は小さい。

また、これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- g. ケースボルト・ナットの腐食（全面腐食）〔炭素鋼または低合金鋼のケースボルト・ナットを有するダイヤフラム型駆動部共通〕

代表機器同様，ケースボルト・ナットは炭素鋼または低合金鋼であることから，腐食の発生が想定されるが，大気接触部は防食塗装を施しており，必要に応じて補修を行うこととしている。

また，これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- h. 取付ボルト・ナットの腐食（全面腐食）〔共通〕

代表機器同様，取付ボルト・ナットは低合金鋼または炭素鋼であることから，腐食の発生が想定されるが，大気接触部は防食塗装を施しており，必要に応じて補修を行うこととしている。

また，これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- (2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

代表機器同様，日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。

以 上



柏崎刈羽原子力発電所 3 号炉

## 炉内構造物の技術評価書

東京電力ホールディングス株式会社

本評価書は柏崎刈羽原子力発電所3号炉（以下柏崎刈羽3号炉という）における安全上重要な炉内構造物（重要度分類指針におけるPS-1, 2及びMS-1, 2に該当する機器）の高経年化に係わる技術評価についてまとめたものである。

評価対象機器の一覧を表1に示す。

技術評価にあたっては炉内構造物の特殊性を考慮し、評価対象機器についてグループ化や代表機器の選定を行わずに全ての機器について評価を実施する。

なお、制御棒は「機械設備の技術評価書」にて評価を実施するものとし、本評価書には含まれていない。

また、本文中の単位の記載はSI単位系に基づくものとする（圧力の単位は特に注記がない限りゲージ圧力を示す）。

表1 評価対象機器一覧

機 器 名 称 (個数)	重要度*
炉心シュラウド (1)	PS-1
シュラウドサポート (1)	PS-1
上部格子板 (1)	PS-1
炉心支持板 (1)	PS-1
燃料支持金具 (中央185, 周辺24)	PS-1
制御棒案内管 (185)	PS-1
残留熱除去系 (低圧注水系) 配管 (3)	MS-1
炉心スプレイ配管・スパージャ (2)	MS-1
差圧検出・ほう酸水注入系配管 (1)	MS-1

\*：最上位の重要度を示す

# 1 炉内構造物

## [対象機器]

- ① 炉心シュラウド
- ② シュラウドサポート
- ③ 上部格子板
- ④ 炉心支持板
- ⑤ 燃料支持金具
- ⑥ 制御棒案内管
- ⑦ 残留熱除去系（低圧注水系）配管
- ⑧ 炉心スプレイ配管・スパージャ
- ⑨ 差圧検出・ほう酸水注入系配管

# 目 次

1. 対象機器	1
2. 炉内構造物の技術評価	2
2.1 構造, 材料及び使用条件	4
2.1.1 炉心シュラウド	4
2.1.2 シュラウドサポート	7
2.1.3 上部格子板	10
2.1.4 炉心支持板	13
2.1.5 燃料支持金具	16
2.1.6 制御棒案内管	19
2.1.7 残留熱除去系(低圧注水系)配管	22
2.1.8 炉心スプレイ配管・スパージャ	25
2.1.9 差圧検出・ほう酸水注入系配管	28
2.2 経年劣化事象の抽出	31
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目	31
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象	31
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象	33
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価	47

1. 対象機器

主要な炉内構造物の仕様を表 1-1 に示す。

表 1-1 炉内構造物の主な仕様

機 器 名 称 (個数)	重要度*1	最高使用圧力*2 (MPa)	最高使用温度 (°C)
炉心シュラウド (1)	PS-1	約 8.62	302
シュラウドサポート (1)	PS-1		
上部格子板 (1)	PS-1		
炉心支持板 (1)	PS-1		
燃料支持金具 (中央 185, 周辺 24)	PS-1		
制御棒案内管 (185)	PS-1		
残留熱除去系 (低圧注水系) 配管 (3)	MS-1		
炉心スプレイ配管・スパーージャ (2)	MS-1		
差圧検出・ほう酸水注入系配管 (1)	MS-1		

\*1：最上位の重要度クラスを示す

\*2：最高使用圧力は、環境の最高使用圧力を示す

## 2. 炉内構造物の技術評価

本章では、1章で評価対象とした以下の炉内構造物について技術評価を実施する。

これらの評価対象機器を含む炉内構造物全体の組立図を図1に示す。

なお、柏崎刈羽3号炉の原子炉熱出力は、3,293 MWt、原子炉冷却材全流量は、 $48.3 \times 10^3$  ton/hである。

- ① 炉心シュラウド
- ② シュラウドサポート
- ③ 上部格子板
- ④ 炉心支持板
- ⑤ 燃料支持金具
- ⑥ 制御棒案内管
- ⑦ 残留熱除去系（低圧注水系）配管
- ⑧ 炉心スプレイ配管・スパージャ
- ⑨ 差圧検出・ほう酸水注入系配管

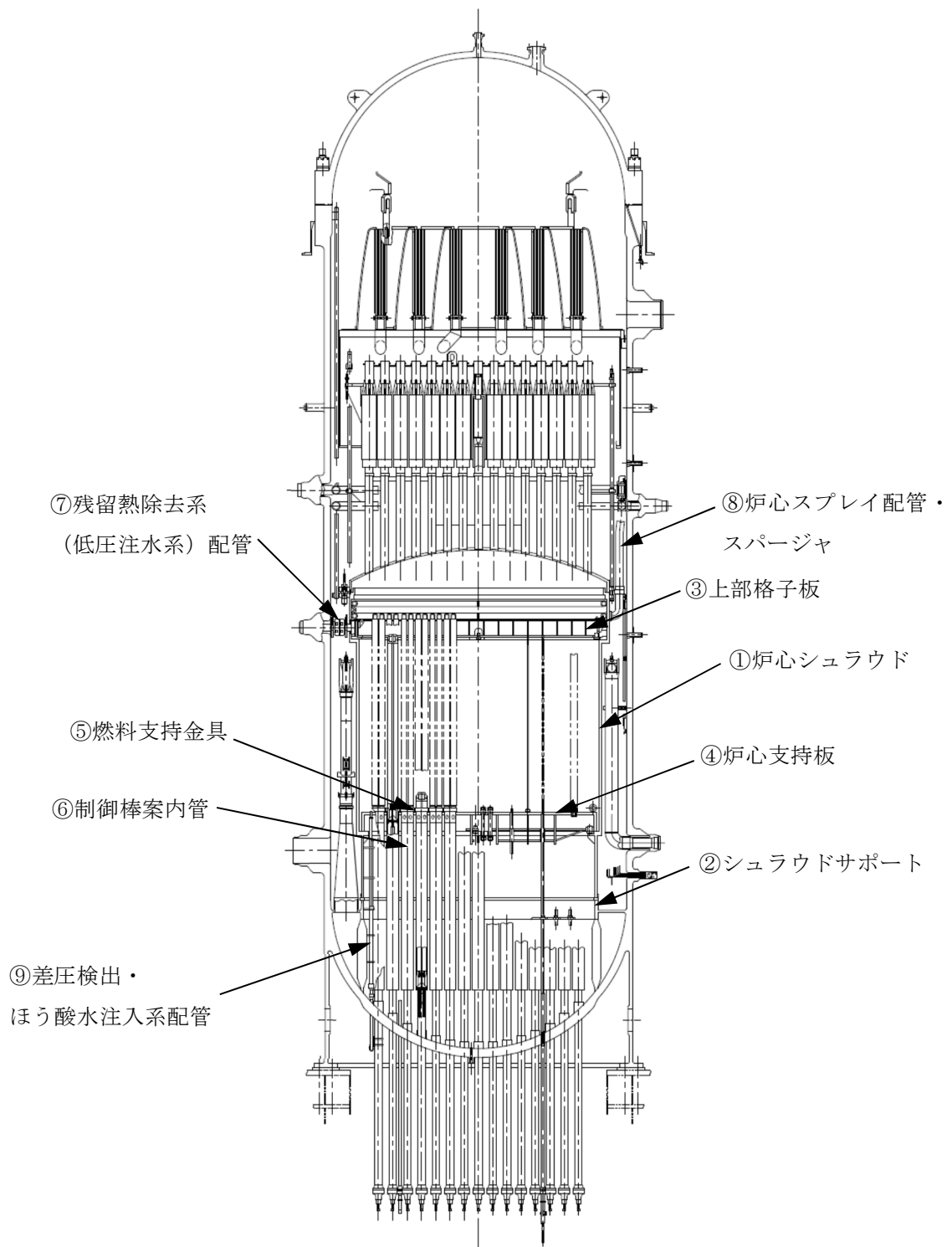


図1 炉内構造物組立図

## 2.1 構造、材料及び使用条件

### 2.1.1 炉心シュラウド

#### (1) 構造

炉心シュラウドは、炉心内を上昇する原子炉冷却材の流れと、炉心シュラウドと原子炉圧力容器壁との間の環状部を下降する原子炉冷却材の流れを隔離する円筒形の構造物で1個設置されており、下端はシュラウドサポートに溶接されている。

材料は、耐食性の高いステンレス鋼を使用している。

炉心シュラウドの構造図を図 2.1-1 に示す。

なお、第7回定期検査時（平成14年度）に、有意な亀裂として、周方向溶接線（H6外側，H7内側）に応力腐食割れを確認している。対策としては、第7回定期検査時（平成14年度）に、周方向溶接線（H7内側）の亀裂を放電加工（EDM）により除去した後、レーザーピーニング法、磨き加工により溶接残留応力を圧縮側に改善している。周方向溶接線（H6外側）については健全性評価を実施し、今後も十分な構造強度を有することを確認している。

#### (2) 材料及び使用条件

炉心シュラウド主要部位の使用材料を表 2.1-1 に、使用条件を表 2.1-2 に示す。



No.	部 位
①	上部胴
②	中間胴
③	下部胴
④	リング

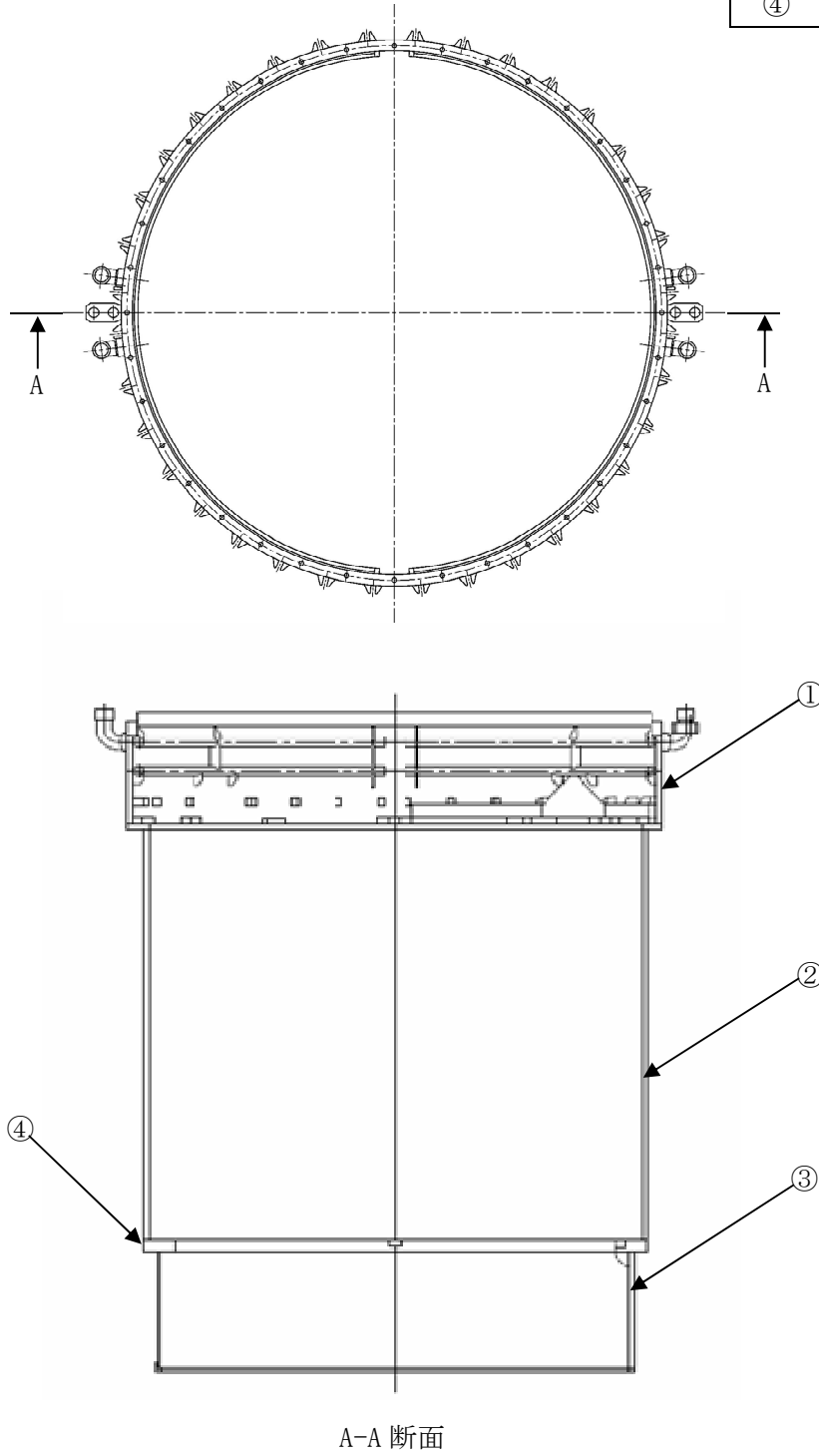


図 2.1-1 炉心シュラウド構造図

表 2.1-1 炉心シュラウド主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
炉心の支持	支 持	上部胴	ステンレス鋼 (SUS316L)
		中間胴	ステンレス鋼 (SUS316L)
		下部胴	ステンレス鋼 (SUS316L)
		リング	ステンレス鋼 (SUS316L)

表 2.1-2 炉心シュラウドの使用条件

最高使用圧力	約 8.62 MPa
最高使用温度	302 °C
流 体	純水 (原子炉冷却材)

## 2.1.2 シュラウドサポート

### (1) 構造

シュラウドサポートは、シリンダ上端で炉心シュラウドを支持する脚支持円筒形の構造物で 1 個設置されており、レグ及びプレートを介し原子炉圧力容器に溶接されている。

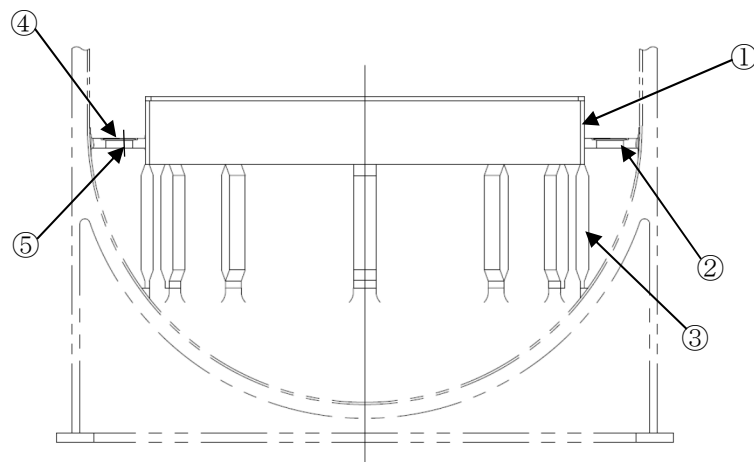
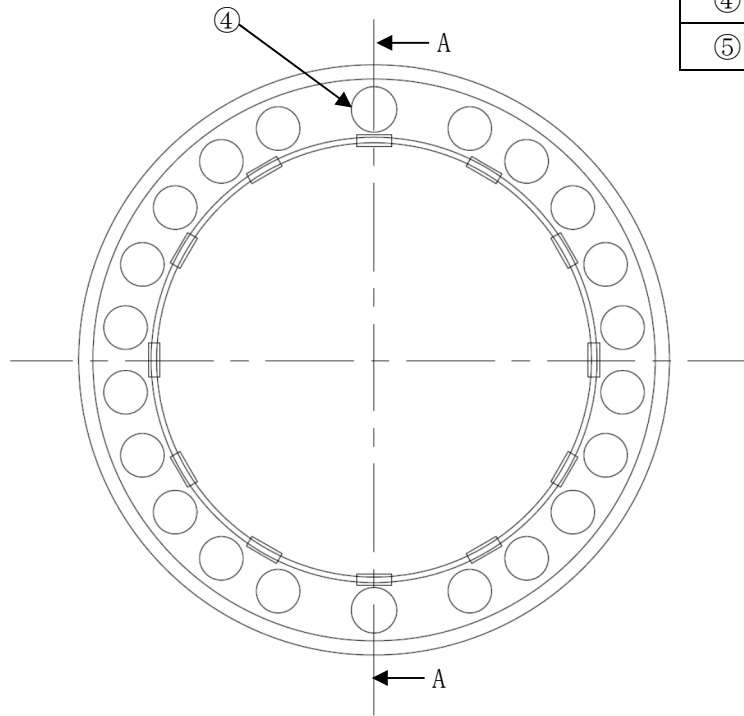
材料は、耐食性の高い高ニッケル合金を使用している。

シュラウドサポートの構造図を図 2.1-2 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

シュラウドサポート主要部位の使用材料を表 2.1-3 に、使用条件を表 2.1-4 に示す。

No.	部 位
①	シリンダ
②	プレート
③	レグ
④	マンホール蓋
⑤	取付ボルト



A-A 断面

図 2.1-2 シュラウドサポート構造図

表 2.1-3 シュラウドサポート主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
炉心の支持	支 持	シリンダ	高ニッケル合金 (NCF600-P)
		プレート	高ニッケル合金 (NCF600-P)
		レグ	高ニッケル合金 (NCF600-P)
炉心冷却材 流路の確保	その他	マンホール蓋	高ニッケル合金 (NCF600-P)
		取付ボルト	高ニッケル合金 (インコネル X-750)

表 2.1-4 シュラウドサポートの使用条件

最高使用圧力	約 8.62 MPa
最高使用温度	302 °C
流 体	純水 (原子炉冷却材)

### 2.1.3 上部格子板

#### (1) 構造

上部格子板は、燃料集合体上部の水平方向及び核計装装置の上端を支持する格子状の構造物で1個設置されており、炉心シュラウドにウエッジにて取り付けられている。

材料は、耐食性の高いステンレス鋼を使用している。

上部格子板の構造図を図 2.1-3 に示す。

#### (2) 材料及び使用条件

上部格子板主要部位の使用材料を表 2.1-5 に、使用条件を表 2.1-6 に示す。

No.	部 位
①	上板
②	グリッドプレート
③	リム胴
④	下板
⑤	ウエッジ

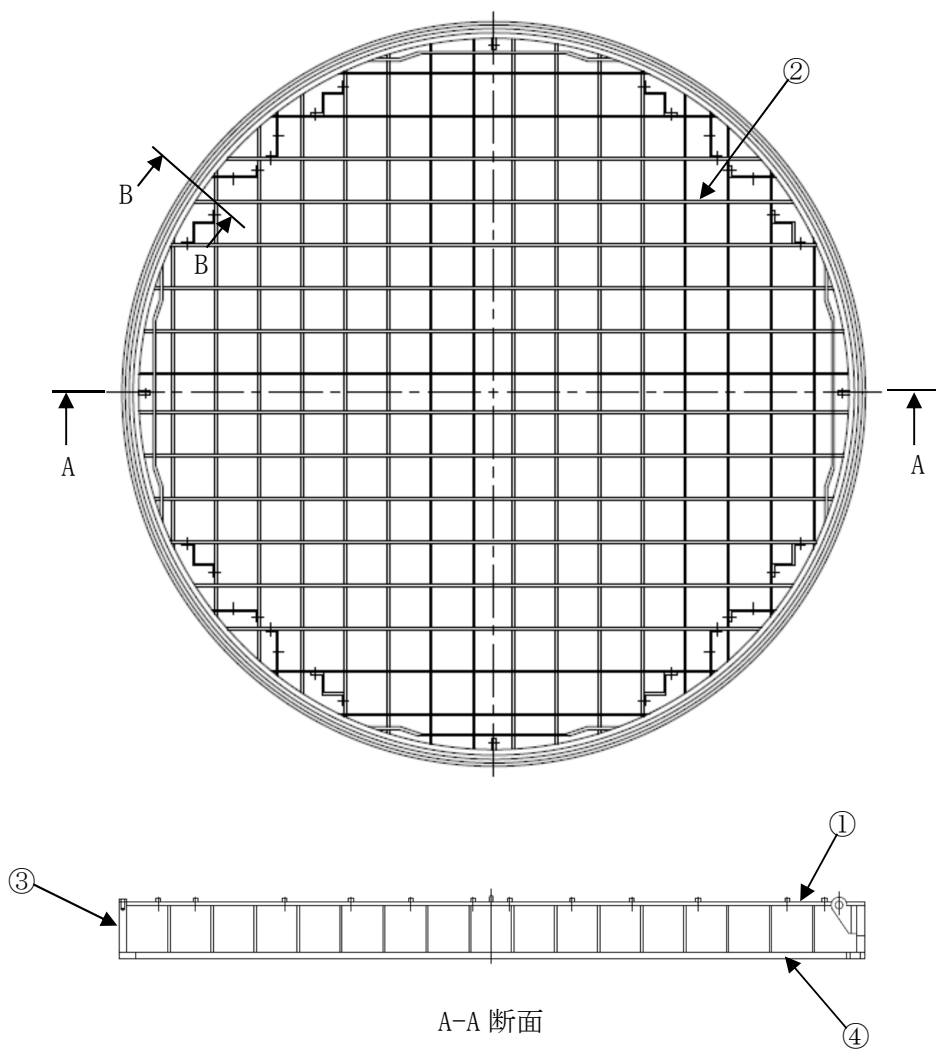
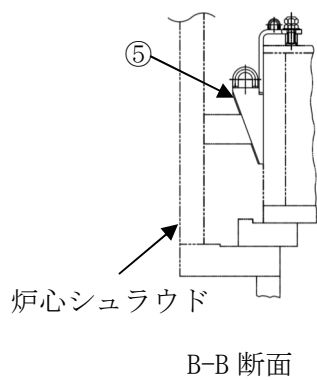


図 2.1-3 上部格子板構造図

表 2.1-5 上部格子板主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
炉心の支持	支 持	上板	ステンレス鋼 (SUS316L)
		グリッドプレート	ステンレス鋼 (SUS316L)
		リム胴	ステンレス鋼 (SUS316L)
		下板	ステンレス鋼 (SUS316L)
機器の支持	支 持	ウエッジ	ステンレス鋼 (SUS316)

表 2.1-6 上部格子板の使用条件

最高使用圧力	約 8.62 MPa
最高使用温度	302 °C
流 体	純水 (原子炉冷却材)



#### 2.1.4 炉心支持板

##### (1) 構造

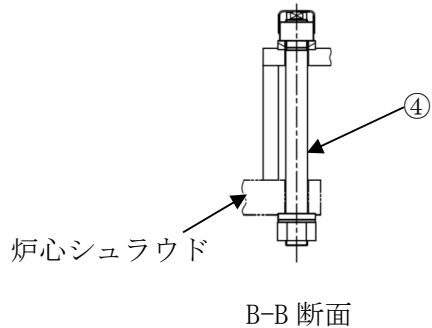
炉心支持板は、制御棒案内管上部及び中性子束計測案内管等の水平方向を支持する多孔円板状の構造物で 1 個設置されており、炉心シュラウドにスタッドにて取り付けられている。

材料は、耐食性の高いステンレス鋼を使用している。

炉心支持板の構造図を図 2.1-4 に示す。

##### (2) 材料及び使用条件

炉心支持板主要部位の使用材料を表 2.1-7 に、使用条件を表 2.1-8 に示す。



No.	部 位
①	上板
②	リム胴
③	補強ビーム
④	スタッド

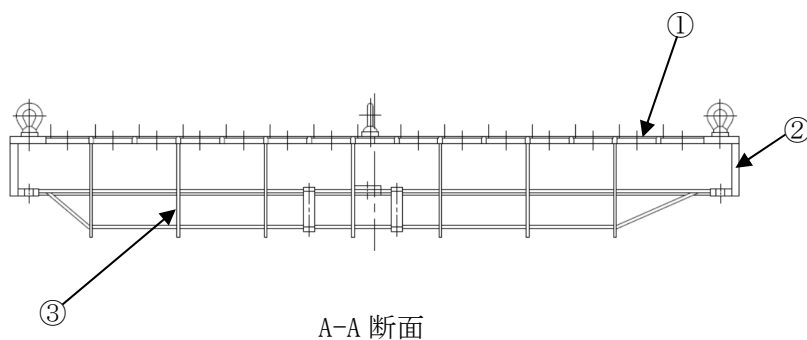
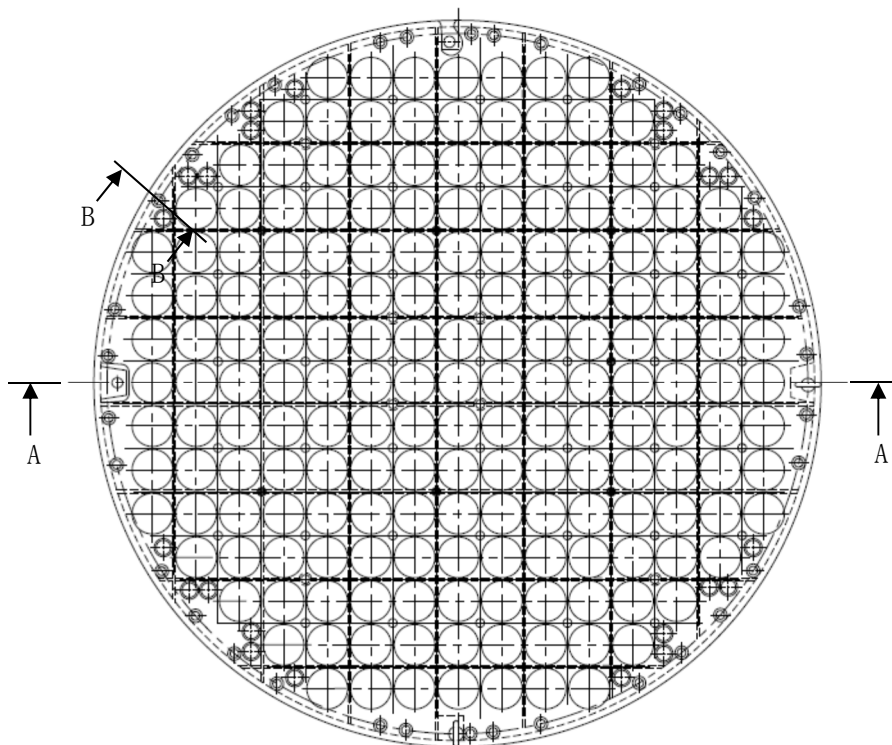


図 2.1-4 炉心支持板構造図

表 2.1-7 炉心支持板主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
炉心の支持	支 持	上板	ステンレス鋼 (SUS316)
		リム胴	ステンレス鋼 (SUS316)
		補強ビーム	ステンレス鋼 (SUS316)
機器の支持	支 持	スタッド	ステンレス鋼 (SUS316)

表 2.1-8 炉心支持板の使用条件

最高使用圧力	約 8.62 MPa
最高使用温度	302 °C
流 体	純水 (原子炉冷却材)

## 2.1.5 燃料支持金具

### (1) 構造

燃料支持金具は、燃料集合体を支持するとともに燃料集合体への原子炉冷却材の流路を形成する構造物で、中央燃料支持金具が 185 個、周辺燃料支持金具が 24 個設置されている。中央燃料支持金具は制御棒案内管の上部に取り付けられており、周辺燃料支持金具は炉心支持板に溶接されている。

材料は、耐食性の高いステンレス鋼及びステンレス鋳鋼を使用している。

燃料支持金具の構造図を図 2.1-5 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

燃料支持金具主要部位の使用材料を表 2.1-9 に、使用条件を表 2.1-10 に示す。

No.	部 位
①	中央燃料支持金具
②	周边燃料支持金具

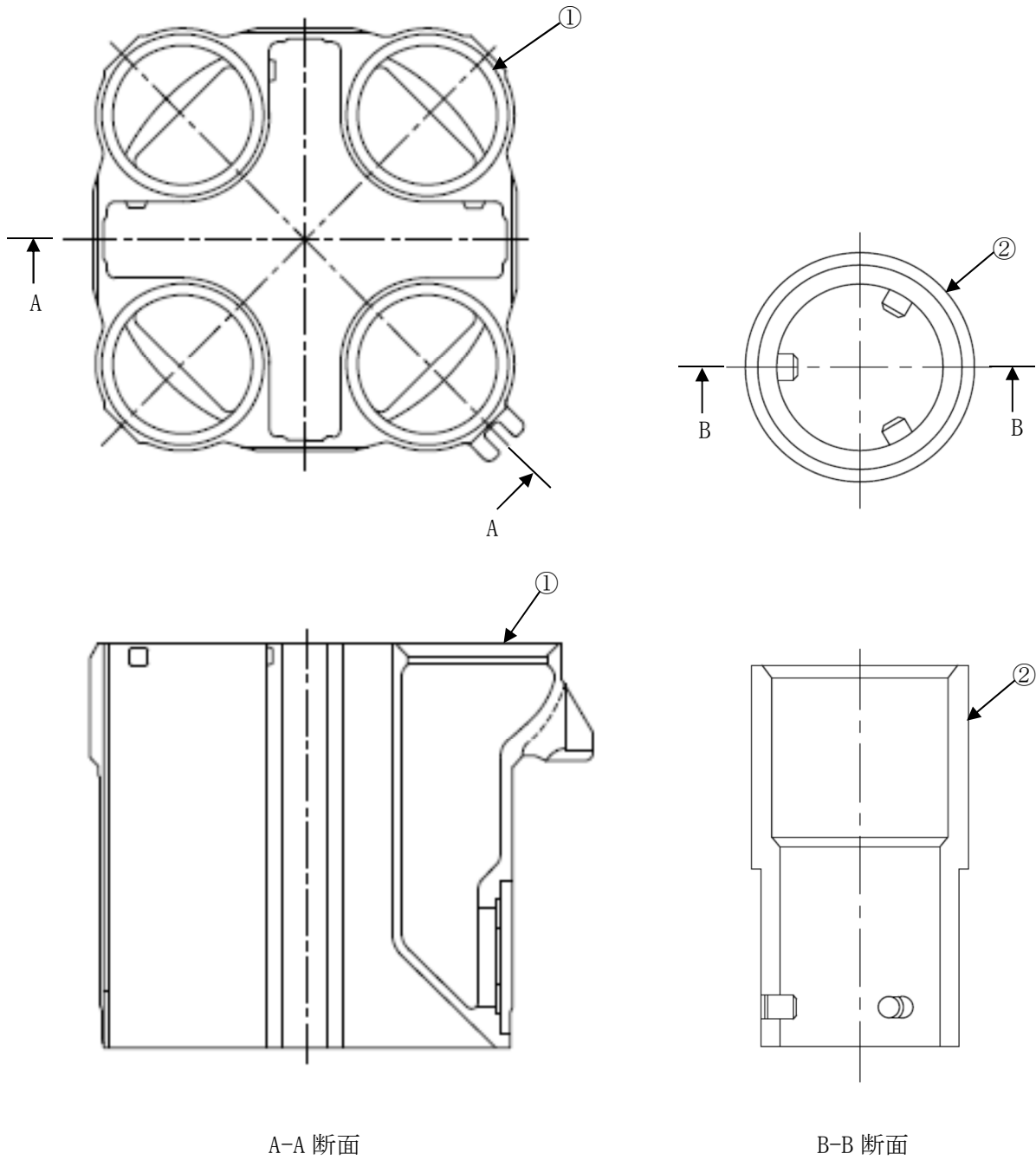


图 2.1-5 燃料支持金具構造図

表 2.1-9 燃料支持金具主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
炉心の支持	支 持	中央燃料支持金具	ステンレス鋳鋼 (SCS19A)
		周辺燃料支持金具	ステンレス鋼 (SUS316LTP)

表 2.1-10 燃料支持金具の使用条件

最高使用圧力	約 8.62 MPa
最高使用温度	302 °C
流 体	純水 (原子炉冷却材)

## 2.1.6 制御棒案内管

### (1) 構造

制御棒案内管は、制御棒の挿入・引抜きの際のガイドとなるとともに、中央燃料支持金具の重量を支える円筒形状の構造物で 185 個設置されており、上端は炉心支持板により水平方向を支持され、下端は制御棒駆動機構ハウジングに取り付けられている。

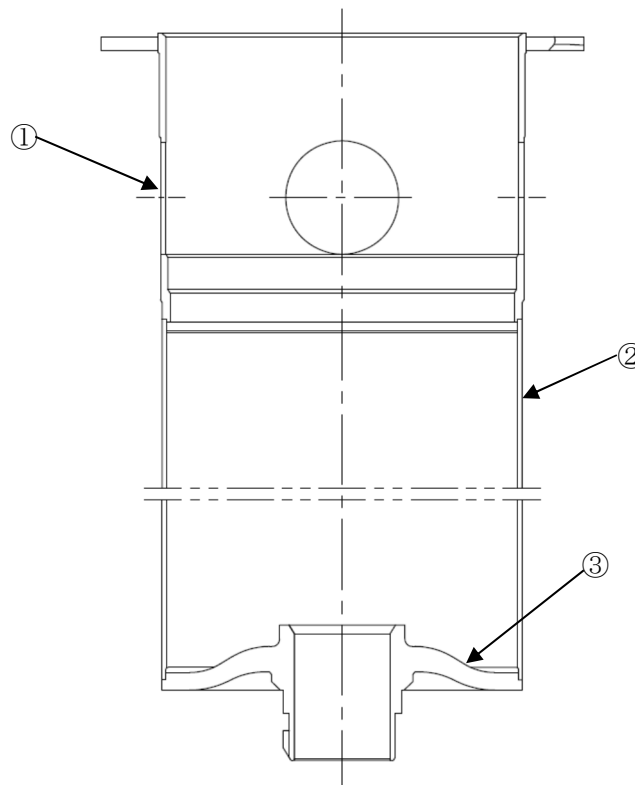
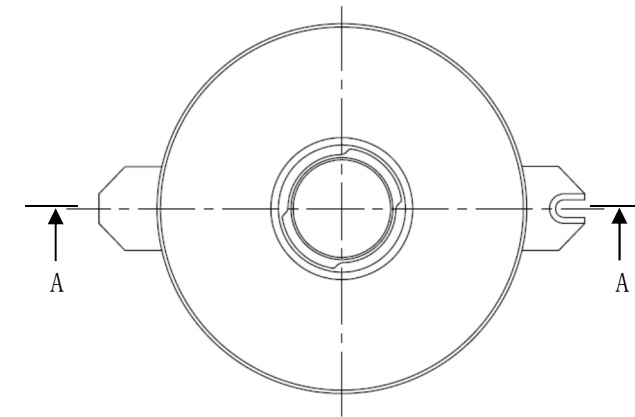
材料は、耐食性の高いステンレス鋼を使用している。

制御棒案内管の構造図を図 2.1-6 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

制御棒案内管主要部位の使用材料を表 2.1-11 に、使用条件を表 2.1-12 に示す。

No.	部 位
①	スリーブ
②	ボディ
③	ベース



A-A 断面

図 2.1-6 制御棒案内管構造図



表 2.1-11 制御棒案内管主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
炉心の支持	支 持	スリーブ	ステンレス鋼 (SUS316L)
		ボディ	ステンレス鋼 (SUS316L)
		ベース	ステンレス鋼 (SUSF316L) (コルモノイ肉盛)

表 2.1-12 制御棒案内管の使用条件

最高使用圧力	約 8.62 MPa
最高使用温度	302 °C
流 体	純水 (原子炉冷却材)

## 2.1.7 残留熱除去系（低圧注水系）配管

### (1) 構造

残留熱除去系（低圧注水系）配管は、冷却水を炉心に供給するための管状の構造物で3個設置されており、原子炉圧力容器のサーマルスリーブにクランプにより機械的に固定されるとともに片端は炉心シュラウド側面に溶接により取り付けられている。

材料は、耐食性の高いステンレス鋼を使用している。

残留熱除去系（低圧注水系）配管の構造図を図 2.1-7 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

残留熱除去系（低圧注水系）配管主要部位の使用材料を表 2.1-13 に、使用条件を表 2.1-14 に示す。

No.	部 位
①	フランジネック
②	スリーブ
③	フランジ
④	クランプ
⑤	ボルト
⑥	ベローズ

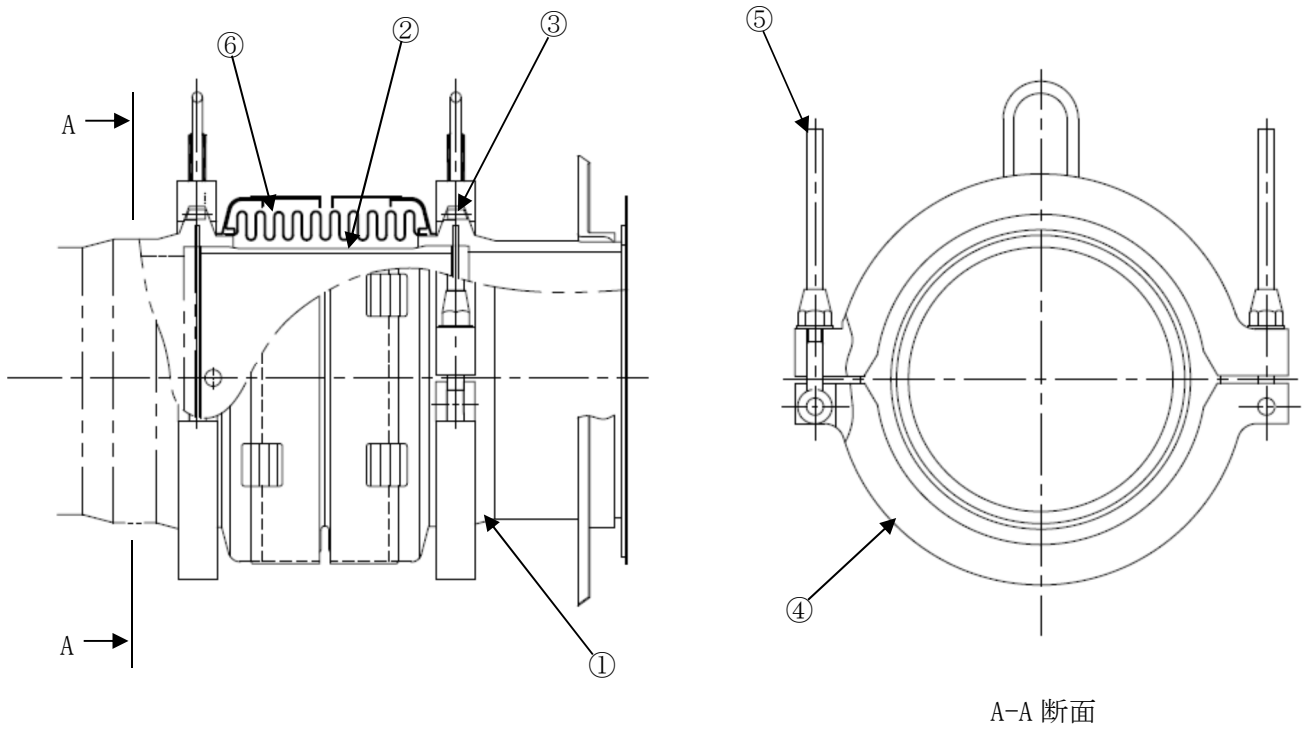


図 2.1-7 残留熱除去系（低圧注水系）配管構造図

表 2.1-13 残留熱除去系（低圧注水系）配管主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
炉心冷却材 流路の確保	流路形成	フランジネック	ステンレス鋼 (SUSF316L)
		スリーブ	ステンレス鋼 (SUSF316L)
機器の支持	支持	フランジ	ステンレス鋼 (SUS316L)
		クランプ	ステンレス鋼 (SUS316L)
		ボルト	ステンレス鋼 (SUS316L)
その他	その他	ベローズ	ステンレス鋼 (SUS316L)

表 2.1-14 残留熱除去系（低圧注水系）配管の使用条件

最高使用圧力	約 8.62 MPa
最高使用温度	302 °C
流 体	純水（原子炉冷却材）

## 2.1.8 炉心スプレイ配管・スパージャ

### (1) 構造

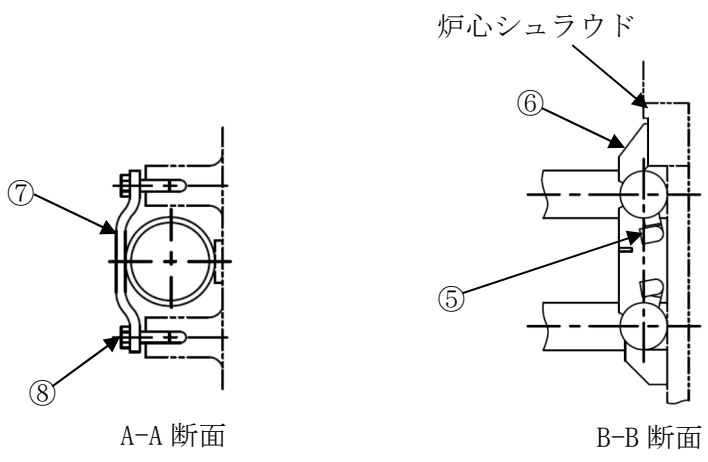
炉心スプレイ配管・スパージャは、冷却水を炉心に供給するための管状の構造物で2系統設置されており、配管はサーマルスリーブを介し炉心スプレイノズルセーフエンドに溶接され原子炉压力容器内面のブラケットに、スパージャはヘッドをスパージャブラケットに支持されている。

材料は、耐食性の高いステンレス鋼を使用している。

炉心スプレイ配管・スパージャの構造図を図 2.1-8 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

炉心スプレイ配管・スパージャについて主要部位の使用材料を表 2.1-15 に、使用条件を表 2.1-16 に示す。



No.	部 位
①	パイプ
②	ティ (配管)
③	ティ (スパージャ)
④	ヘッダ
⑤	ノズル
⑥	スパージャブラケット
⑦	クランプ
⑧	取付ボルト

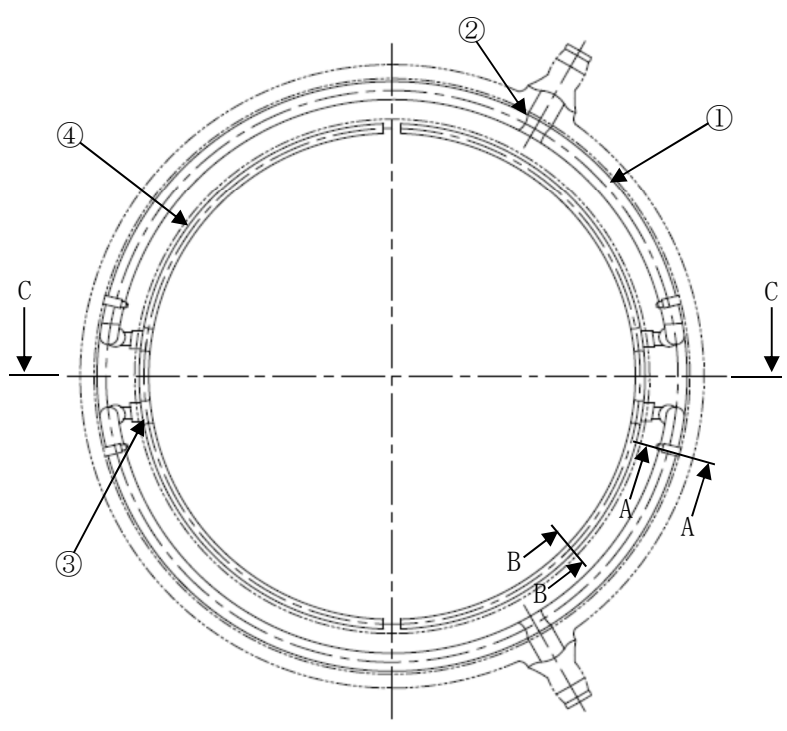
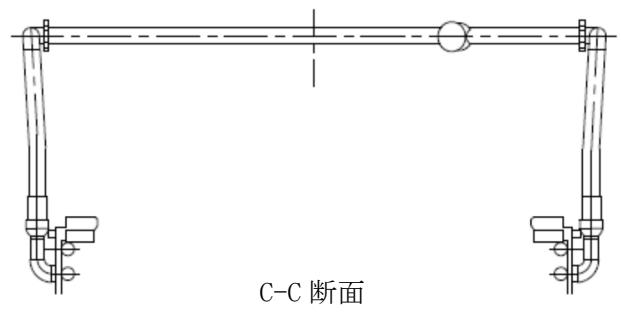


図 2.1-8 炉心スプレー配管・スパージャ構造図

表 2.1-15 炉心スプレイ配管・スパージャ主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
炉心冷却材 流路の確保	流路形成	パイプ	ステンレス鋼 (SUS316LTP)
		ティ (配管)	ステンレス鋼 (SUSF316L)
		ティ (スパージャ)	ステンレス鋼 (SUS316L)
		ヘッド	ステンレス鋼 (SUS316LTP)
		ノズル	ステンレス鋼 (SUS316L)
機器の支持	支 持	スパージャブラケット	ステンレス鋼 (SUS316L)
		クランプ	ステンレス鋼 (SUS316)
		取付ボルト	ステンレス鋼 (SUS316)

表 2.1-16 炉心スプレイ配管・スパージャの使用条件

最高使用圧力	約 8.62 MPa
最高使用温度	302 °C
流 体	純水 (原子炉冷却材)

## 2.1.9 差圧検出・ほう酸水注入系配管

### (1) 構造

差圧検出・ほう酸水注入系配管は、炉心支持板上下の差圧検出及び五ほう酸ナトリウム水を注入するための二重配管状の構造物で1個設置されており、外側配管で炉心支持板上部圧力検出を、内側配管で炉心支持板下部圧力検出及び五ほう酸ナトリウム水の注入ができる。

差圧検出・ほう酸水注入系配管は、差圧検出・ほう酸水注入ノズルからシュラウドサポート内側を經由し炉心支持板までの範囲に位置し、途中を炉心シュラウド及びシュラウドサポートに、上端を炉心支持板に支持されている。

材料は、耐食性の高いステンレス鋼を使用している。

差圧検出・ほう酸水注入系配管の構造図を図 2.1-9 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

差圧検出・ほう酸水注入系配管主要部位の使用材料を表 2.1-17 に、使用条件を表 2.1-18 に示す。



No.	部 位
①	パイプ
②	サポート

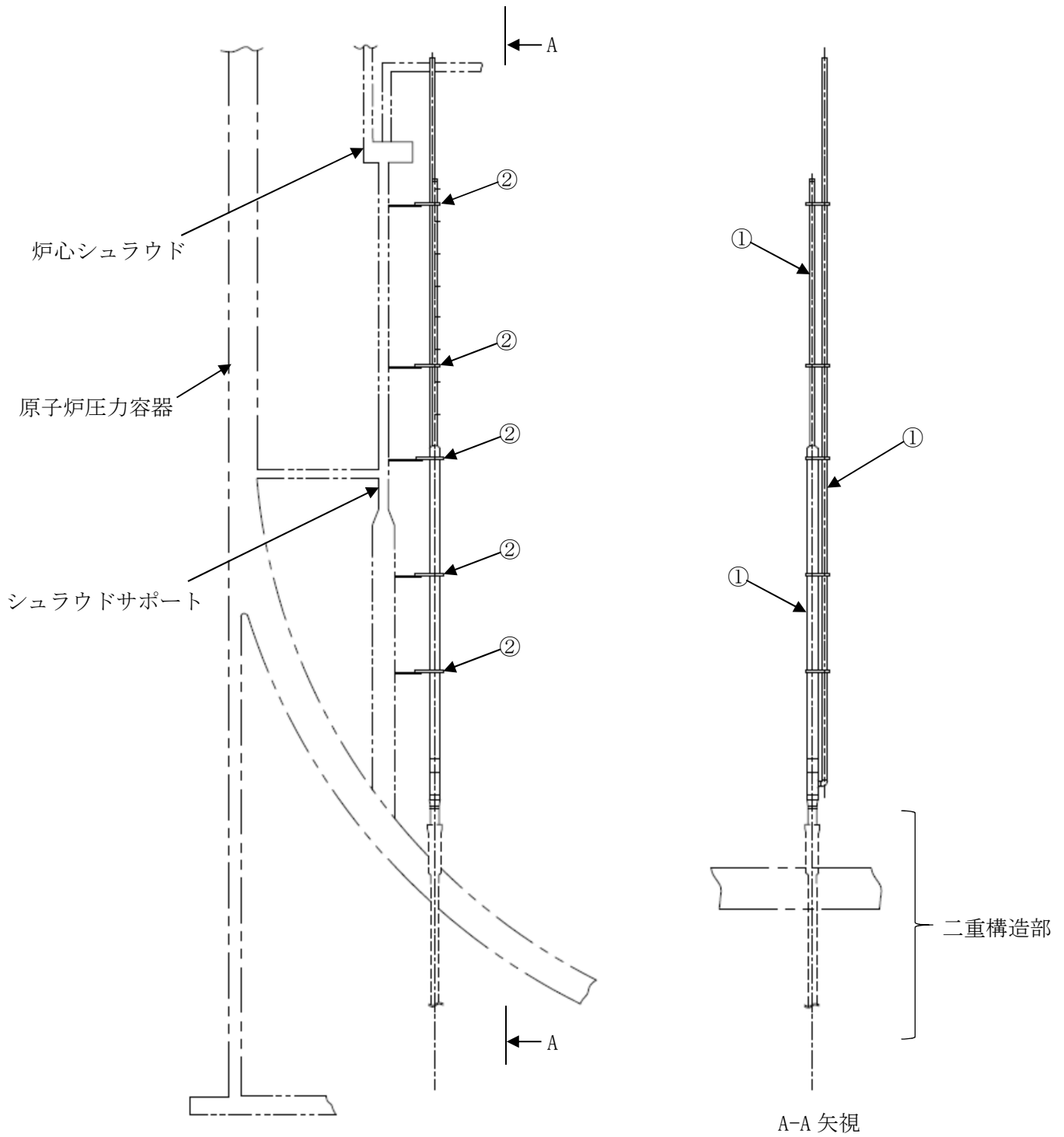


図 2.1-9 差圧検出・ほう酸水注入系配管構造図

表 2.1-17 差圧検出・ほう酸水注入系配管主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
炉心冷却材 流路の確保	流路形成	パイプ	ステンレス鋼 (SUS316LTP)
機器の支持	支 持	サポート	ステンレス鋼 (SUS304)

表 2.1-18 差圧検出・ほう酸水注入系配管の使用条件

最高使用圧力	約 8.62 MPa
最高使用温度	302 °C
流 体	純水 (原子炉冷却材)

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

炉内構造物の機能（炉心形状の維持及び炉外の機器・系統との連携による炉心冷却機能）の達成に必要な項目は以下のとおり。

- ① 炉心の支持
- ② 炉心冷却材流路の確保
- ③ 機器の支持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

炉内構造物について、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の材料、構造、使用条件（水質、圧力、温度等）及び現在までの運転経験を考慮し、評価対象機器毎に表 2.2-1 に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

なお、消耗品及び定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

炉内構造物には、消耗品及び定期取替品はない。

#### (3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

想定される経年劣化事象のうち主要 6 事象に該当する事象及び下記①、②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。なお、下記①、②に該当する事象については、2.2.3 項に示すとおり、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

- ① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△）
- ② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲）

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象として以下の事象が抽出された（表 2.2-1 で○）。

- a. 疲労割れ [炉心シュラウド, シュラウドサポート]
- b. 照射誘起型応力腐食割れ [炉心シュラウド, 上部格子板, 炉心支持板, 周辺燃料支持金具, 制御棒案内管]

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

a. 粒界型応力腐食割れ [炉心シュラウド、シュラウドサポート、上部格子板、炉心支持板、周辺燃料支持金具、制御棒案内管、残留熱除去系（低圧注水系）配管、炉心スプレイ配管・スパージャ、差圧検出・ほう酸水注入系配管]

炉心シュラウド、シュラウドサポート、上部格子板、炉心支持板、周辺燃料支持金具、制御棒案内管、残留熱除去系（低圧注水系）配管、炉心スプレイ配管・スパージャ及び差圧検出・ほう酸水注入系配管については、ステンレス鋼または高ニッケル合金であり高温の純水または飽和蒸気環境中にあるため、粒界型応力腐食割れ発生の可能性を否定することはできない。

なお、第7回定期検査時（平成14年度）に、有意な亀裂として、周方向溶接線（H6外側、H7内側）に応力腐食割れを確認している。対策としては、第7回定期検査時（平成14年度）に、周方向溶接線（H7内側）の亀裂を放電加工（EDM）により除去した後、レーザーピーニング法、磨き加工により溶接残留応力を圧縮側に改善している。周方向溶接線（H6外側）については健全性評価を実施し、今後も十分な構造強度を有することを確認している。また、これらの亀裂及び亀裂除去部の状況を確認することを目的とした点検を計画的に実施することとしており、第7回定期検査時（平成14年度）及び第8回定期検査時（平成17年度）に点検を行い、異常のないことを確認している。

さらに、第10回定期検査時（平成19年度）には、炉心シュラウドの溶接部に対し、予防保全としてウォータージェットピーニング法により溶接残留応力を圧縮側に改善している。

炉心シュラウド、シュラウドサポート、上部格子板、炉心支持板、周辺燃料支持金具、制御棒案内管、残留熱除去系（低圧注水系）配管、炉心スプレイ配管・スパージャ及び差圧検出・ほう酸水注入系配管の粒界型応力腐食割れについては、計画的に水中テレビカメラによる目視点検を実施することとしている。

なお、当面の冷温停止状態においては環境条件として基準としている100℃を超える環境とはならないため、粒界型応力腐食割れの発生・進展の可能性はないと判断する。

今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. 中性子照射による靱性低下 [炉心シュラウド, 上部格子板, 炉心支持板, 燃料支持金具 (中央・周辺), 制御棒案内管]

炉心シュラウド, 上部格子板, 炉心支持板, 燃料支持金具 (中央・周辺) 及び制御棒案内管は炉心を取り囲む機器であり, 評価対象機器のうち, 最も照射量が高い上部格子板の現時点 (令和 3 年 8 月 11 日) での推定照射量は, 中央部の  $3.5 \times 10^{25} \text{n/m}^2$  である。そのため, 現在の知見では, 中性子照射による靱性低下の発生する可能性は否定できない。

炉心シュラウドについては, 第 8 回定期検査時 (平成 17 年度) に亀裂除去部の点検を行い, 異常のないことを確認している。

また, 炉心シュラウド, 上部格子板, 炉心支持板, 燃料支持金具 (中央・周辺) 及び制御棒案内管については, 日本機械学会「発電用原子力設備規格 維持規格 (2008 年版) JSME S NA1-2008」 (以下, 「維持規格」という) または「実用発電用原子炉及びその附属施設における破壊を引き起こす亀裂その他の欠陥の解釈」 (平成 26 年 8 月 6 日 原規技発第 1408063 号 原子力規制委員会決定) (以下, 「亀裂の解釈」という) に基づき計画的に水中テレビカメラによる目視点検を実施することとしている。

なお, 当面の冷温停止状態においては, 高速中性子照射を受けることはほぼないため, 中性子照射による靱性低下の発生・進展の可能性はないと判断する。

今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから, 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. 熱時効 [中央燃料支持金具]

中央燃料支持金具に使用しているステンレス鋳鋼は, オーステナイト相中に一部フェライト相を含む二相組織であり, 使用環境温度は  $250 \text{ }^\circ\text{C}$  以上 (最高使用温度  $302 \text{ }^\circ\text{C}$ ) であるため, 熱時効による材料の靱性低下等の機械的特性が変化することが想定されるが, 中央燃料支持金具でステンレス鋳鋼である部位には, 亀裂の原因となる経年劣化事象は想定されていない。

また, 中央燃料支持金具は, 計画的に水中テレビカメラによる目視点検を実施することとしている。

なお, 当面の冷温停止状態においては, 高温純水環境となることはなく, 熱時効が進展する可能性はない。

今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから, 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. 高サイクル疲労割れ [制御棒案内管]

炉内構造物は炉心流による流体振動を受けるため、高サイクル疲労割れの発生が想定されるが、流体振動による高サイクル疲労については、設計段階において考慮されているため、高サイクル疲労割れが発生する可能性は小さい。

なお、制御棒案内管については、計画的に水中テレビカメラによる目視点検を実施することとしている。

今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. 照射スウェリング [炉心シュラウド, 上部格子板, 炉心支持板]

高照射領域で使用される炉心シュラウド, 上部格子板及び炉心支持板については、照射スウェリングの発生が想定されるが、BWRの温度環境(約280℃)や照射量ではその可能性は極めて小さい。

なお、炉心シュラウド, 上部格子板及び炉心支持板については、計画的に水中テレビカメラによる目視点検を実施することとしている。

今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f. 照射下クリープ [炉心シュラウド, 上部格子板, 炉心支持板, 燃料支持金具(中央・周辺), 制御棒案内管]

高照射領域で使用される炉心シュラウド, 上部格子板, 炉心支持板, 燃料支持金具(中央・周辺)及び制御棒案内管については、照射下クリープの発生が想定されるが、内圧・差圧等による荷重制御型の応力は小さく、照射下クリープが発生する可能性は小さい。

なお、炉心シュラウド, 上部格子板, 炉心支持板, 燃料支持金具(中央・周辺)及び制御棒案内管については、計画的に水中テレビカメラによる目視点検を実施することとしている。

今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

g. 疲労割れ[残留熱除去系（低圧注水系）配管]

残留熱除去系（低圧注水系）配管については、炉心シュラウドと原子炉压力容器との間に熱膨張差による相対変位が発生し、起動停止の繰り返しにより疲労割れの発生が想定されるが、ベローズは伸縮可能な構造で相対変位に追従可能であり構造的に大きな荷重が作用しないため、疲労割れが発生する可能性は小さい。

なお、残留熱除去系（低圧注水系）配管については、計画的に水中テレビカメラによる目視点検を実施している。

今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年劣化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。



(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

a. 摩耗〔残留熱除去系（低圧注水系）配管〕

残留熱除去系（低圧注水系）配管のフランジ及びスリーブは起動・停止時の温度変動により相対変位が生じて摩耗の発生が想定されるが、スリーブと接触するフランジ内面を表面硬化処理させていることから、摩耗の発生する可能性は小さい。

また、当面の冷温停止状態においては、起動・停止による相対変位が生じることはないため、摩耗の発生する可能性はないと判断する。

今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

表 2.2-1 (1/9) 炉心シュラウドに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期 取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考
					減 肉		割 れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
炉心の支持	支 持	上部胴		ステンレス鋼			○	△*1				*1:粒界型応力腐食 割れ *2:照射誘起型応力 腐食割れ *3:中性子照射によ る靱性低下 *4:照射スウェリング *5:照射下クリープ
		中間胴		ステンレス鋼			○	○*2 △*1		△*3	△*4*5	
		下部胴		ステンレス鋼			○	△*1				
		リング		ステンレス鋼			○	△*1				

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (2/9) シュラウドサポートに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期 取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
炉心の支持	支 持	シリンダ		高ニッケル合金			○	△*			*:粒界型応力腐食割れ	
		プレート		高ニッケル合金			○	△*				
		レグ		高ニッケル合金			○	△*				
炉心冷却材 流路の確保	その他	マンホール蓋		高ニッケル合金			○					
		取付ボルト		高ニッケル合金			○					

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (3/9) 上部格子板に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期 取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考
					減 肉		割 れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
炉心の支持	支 持	上板		ステンレス鋼				△*1				*1:粒界型応力腐食 割れ *2:照射誘起型応力 腐食割れ *3:中性子照射によ る靱性低下 *4:照射スウェリング *5:照射下クリープ
		グリッドプレート		ステンレス鋼				○*2 △*1		△*3	△*4*5	
		リム胴		ステンレス鋼				△*1				
		下板		ステンレス鋼				△*1				
機器の支持	支 持	ウエッジ		ステンレス鋼				△*1				

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (4/9) 炉心支持板に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期 取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考
					減 肉		割 れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
炉心の支持	支 持	上板		ステンレス鋼				○*2 △*1		△*3	△*4*5	*1:粒界型応力腐食 割れ *2:照射誘起型応力 腐食割れ *3:中性子照射によ る靱性低下 *4:照射スウェリング *5:照射下クリープ
		リム胴		ステンレス鋼				△*1				
		補強ビーム		ステンレス鋼				△*1				
機器の支持	支 持	スタッド		ステンレス鋼								

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (5/9) 燃料支持金具に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期 取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考
					減 肉		割 れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
炉心の支持	支 持	中央燃料支持金具		ステンレス鋳鋼					△	△ <sup>*3</sup>	△ <sup>*4</sup>	*1:粒界型応力腐食割れ *2:照射誘起型応力腐食割れ *3:中性子照射による靱性低下 *4:照射下クリープ
		周辺燃料支持金具		ステンレス鋼				○ <sup>*2</sup> △ <sup>*1</sup>		△ <sup>*3</sup>	△ <sup>*4</sup>	

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (6/9) 制御棒案内管に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期 取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考
					減 肉		割 れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
炉心の支持	支 持	スリーブ		ステンレス鋼				○*2 △*1		△*3	△*4	*1:粒界型応力腐食割れ *2:照射誘起型応力腐食割れ *3:中性子照射による靱性低下 *4:照射下クリープ *5:高サイクル疲労割れ
		ボディ		ステンレス鋼			△*5	△*1				
		ベース		ステンレス鋼				△*1				

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (7/9) 残留熱除去系（低圧注水系）配管に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期 取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
炉心冷却材 流路の確保	流路形成	フランジネック		ステンレス鋼				△*			*:粒界型応力腐食割 れ	
		スリーブ		ステンレス鋼	▲							
機器の支持	支 持	フランジ		ステンレス鋼	▲			△*				
		クランプ		ステンレス鋼								
		ボルト		ステンレス鋼								
その他	その他	ベローズ		ステンレス鋼			△	△*				

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）



表 2.2-1 (8/9) 炉心スプレイ配管・スパージャに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期 取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
炉心冷却材 流路の確保	流路形成	パイプ		ステンレス鋼				△*			*:粒界型応力腐食割 れ	
		ティ (配管)		ステンレス鋼				△*				
		ティ (スパージャ)		ステンレス鋼				△*				
		ヘッダ		ステンレス鋼				△*				
		ノズル		ステンレス鋼				△*				
機器の支持	支 持	スパージャブラケ ット		ステンレス鋼								
		クランプ		ステンレス鋼								
		取付ボルト		ステンレス鋼								

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (9/9) 差圧検出・ほう酸水注入系配管に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期 取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
炉心冷却材 流路の確保	流路形成	パイプ		ステンレス鋼				△*			*:粒界型応力腐食割 れ	
機器の支持	支 持	サポート		ステンレス鋼				△*				

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

## 2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

### (1) 疲労割れ [炉心シュラウド, シュラウドサポート]

#### a. 事象の説明

繰返し応力のもとでは、その材料の静的強度より低い応力によっても割れを起こす場合がある。

炉心シュラウド及びシュラウドサポートについては、プラントの起動・停止時等の熱過渡により、疲労が蓄積される可能性がある。

#### b. 技術評価

##### ① 健全性評価

炉心シュラウド及びシュラウドサポートについては、日本機械学会「発電用原子力設備規格 設計・建設規格（2005年版（2007年追補版を含む））」（以下、「設計・建設規格」という）に基づいて評価した。対象部位を図2.3-1に示す。

評価は、柏崎刈羽3号炉の運転実績に基づいた令和3年8月11日時点の過渡回数を用いて行った。

また、使用環境を考慮した疲労について、日本機械学会「発電用原子力設備規格 環境疲労評価手法 JSME S NF1-2009」（以下、「環境疲労評価手法」という）に基づき評価した。評価用過渡条件を表2.3-1に、疲労評価結果を表2.3-2に示す。

その結果、疲れ累積係数は現時点（令和3年8月11日）において許容値1以下であり、疲労割れの可能性は小さいと判断する。

##### ② 現状保全

炉心シュラウド及びシュラウドサポートについては、維持規格または亀裂の解釈に基づき計画的に水中テレビカメラにより代表部位の目視点検を行い、有意な欠陥が無いことを確認している。

さらに、社団法人日本原子力学会標準「原子力発電所の高経年化対策実施基準：2015」（AESJ-SC-P005：2015）に基づき、次回高経年化技術評価時に、実過渡回数の確認による疲労評価を行うこととしている。

③ 総合評価

健全性評価結果から、疲労割れの発生の可能性は十分小さく、次回高経年化技術評価時に、実過渡回数の確認による疲労評価を行うことが有効と判断する。

また、当面の冷温停止状態においては、有意な熱過渡はなく、今後の疲労割れの発生・進展の可能性はないと判断する。

c. 高経年化への対応

炉心シュラウド及びシュラウドサポートの疲労割れに対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に対し、追加すべき項目はなく、今後も現状保全を継続していく。

表 2.3-1 炉心シュラウド・シュラウドサポート評価用過渡条件

運転条件	運転実績に基づく 過渡回数 (令和3年8月11日時点)
耐圧試験	20
起動（昇温）	24
起動（タービン起動）	23
給水加熱器機能喪失（発電機トリップ）	10
スクラム（タービントリップ）	4
スクラム（その他）	8
停止	23

表 2.3-2 炉心シュラウド・シュラウドサポートの疲労評価結果

	運転実績回数に基づく疲れ解析 (許容値：1以下)	
	設計・建設規格の疲労曲線による解析	環境疲労評価手法による解析
	現時点 (令和3年8月11日時点)	現時点 (令和3年8月11日時点)
炉心シュラウド	0.021	0.455
シュラウドサポート	0.012	0.031

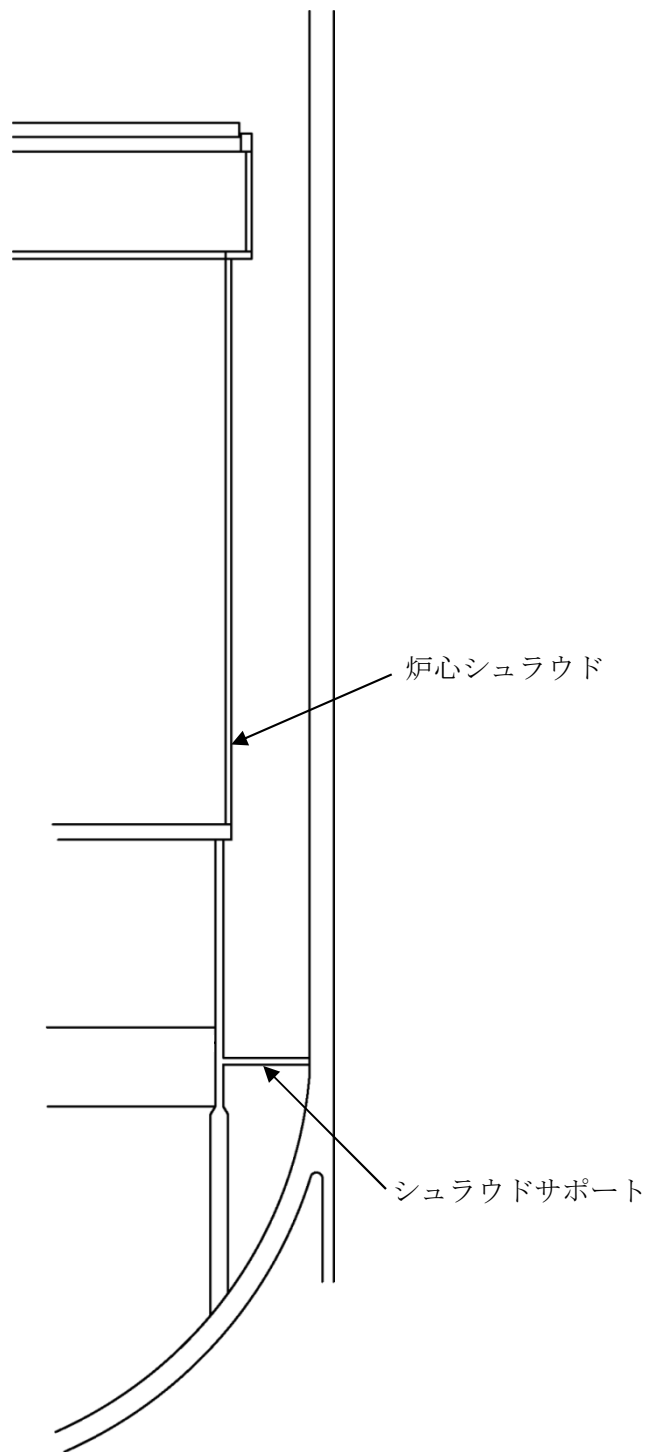


図 2.3-1 炉心シュラウド・シュラウドサポート疲労評価対象部位

(2) 照射誘起型応力腐食割れ [炉心シュラウド, 上部格子板, 炉心支持板, 周辺燃料支持金具, 制御棒案内管]

a. 事象の説明

ステンレス鋼については、中性子照射を受けると材料自身の応力腐食割れの感受性が高まるとともに、材料周辺の腐食環境が水の放射線分解により厳しくなることが知られている。照射誘起型応力腐食割れは、この状況に引張応力場が重畳されると粒界型応力腐食割れを生じる現象である。

図 2.3-2 に示すように、BWR 環境下のステンレス鋼については、比較的高い累積照射量 (SUS316 系では  $1 \times 10^{25}$  n/m<sup>2</sup> (以下、しきい照射量という)) を受けた場合に応力腐食割れの感受性への影響が現れると考えられている。

b. 技術評価

① 健全性評価

1) 中性子照射要因

炉心シュラウド, 上部格子板, 炉心支持板, 周辺燃料支持金具及び制御棒案内管は炉心を取り囲む機器であり高い中性子照射を受けるため、照射誘起型応力腐食割れの感受性が増加する可能性がある。現時点 (令和 3 年 8 月 11 日) での評価対象機器の推定照射量の最大値は、上部格子板中央部の  $3.5 \times 10^{25}$  n/m<sup>2</sup> であり、しきい照射量を超える上部格子板については照射誘起型応力腐食割れの発生する可能性は否定できない。

なお、現時点 (令和 3 年 8 月 11 日) での照射量は以下の値と推定される。

・ 炉心シュラウド	約 $3.5 \times 10^{24}$ n/m <sup>2</sup>
・ 上部格子板	約 $3.5 \times 10^{25}$ n/m <sup>2</sup>
・ 周辺燃料支持金具	約 $3.5 \times 10^{24}$ n/m <sup>2</sup>
・ 炉心支持板	約 $3.5 \times 10^{23}$ n/m <sup>2</sup>
・ 制御棒案内管	約 $3.5 \times 10^{23}$ n/m <sup>2</sup>

2) 応力要因

現状では、照射誘起型応力腐食割れの応力依存性に関するデータは少ないが、照射誘起型応力腐食割れにおいても、高い引張応力の存在が応力腐食割れ発生条件の一つになると考えられる。この引張応力の発生要因として考えられる差圧, 熱及び自重等に起因する引張応力成分は小さく、応力腐食割れの主要因となる可能性はない。

一方、溶接残留応力については、正確に把握することは困難であるが、過去の経験から比較的高い引張応力となり、応力腐食割れの主要因となる可能性がある。

上部格子板については、グリッドプレートの中央部においてしきい照射量を超えるものの、溶接部はなく、運転中の差圧, 熱及び自重等に起因する引張応力成分は低く、照射誘起型応力腐食割れの主要因となる可能性はない。

### 3) 環境要因

評価対象機器は炉心近傍に位置していることから、照射による水の放射線分解の影響が顕著となる可能性がある。

### 4) 評価結果

上部格子板のグリッドプレート中央部に溶接部はなく、運転中の差圧、熱及び自重等に起因する引張応力成分は低いことから、しきい照射量を超えるものの照射誘起型応力腐食割れ発生の可能性はない。

また、炉心シュラウド、炉心支持板、周辺燃料支持金具及び制御棒案内管については、しきい照射量を超えないことから、照射誘起型応力腐食割れ発生の可能性はない。

## ② 現状保全

炉心シュラウド、上部格子板、炉心支持板、周辺燃料支持金具及び制御棒案内管については、維持規格または亀裂の解釈に基づき計画的に水中テレビカメラによる目視点検を実施することとしている。

また、上部格子板については、照射誘起型応力腐食割れに着目した点検を計画的に実施することとしている。

なお、上部格子板については定期検査毎の炉心確認において、制御棒案内管については制御棒案内管取り外し作業時において損傷のないことを確認している。

## ③ 総合評価

上部格子板については、目視点検により確認が可能であり、計画的な目視点検を実施することで健全性の確認は可能と判断する。

また、炉心シュラウド、炉心支持板、周辺燃料支持金具及び制御棒案内管については、しきい照射量を超えないことから、照射誘起型応力腐食割れ発生の可能性はない。

なお、当面の冷温停止状態においては、高速中性子照射をほとんど受けることはないため、照射誘起型応力腐食割れの発生・進展の可能性はないと判断する。

### c. 高経年化への対応

炉心シュラウド、上部格子板、炉心支持板、周辺燃料支持金具及び制御棒案内管の照射誘起型応力腐食割れに対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に追加すべき項目はなく、今後も現状保全を継続していく。



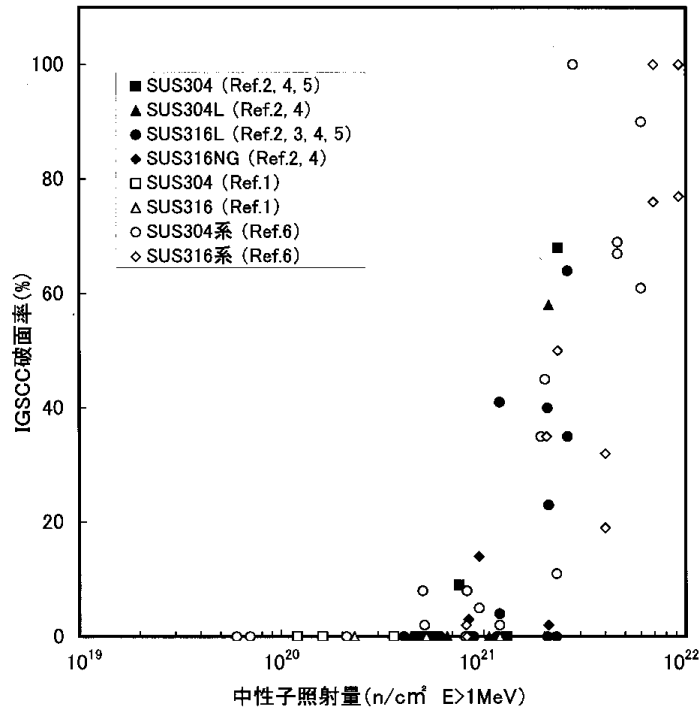


図 2.3-2 304, 316 ステンレス鋼の IGSCC 破面率に及ぼす中性子照射量の影響

[図で引用されている参考文献]

- Ref.1: K. Chatani et al, "Irradiation Assisted Stress Corrosion Cracking Susceptibility of Core Component Materials" Proceedings of the 12th International Conference on Environmental Degradation of Materials in Nuclear Power System -Water Reactors-, 2005.
- Ref.2: 「平成 16 年度照射誘起応力腐食割れ (IASCC) 評価技術調査研究に関する報告書」独立行政法人 原子力安全基盤機構
- Ref.3: K. Chatani et al, "IASCC Susceptibility of Thermal Treated Type 316L Stainless Steel" Proceedings of Eleventh International Conference on Environmental Degradation of Materials in Nuclear Power Systems -Water Reactors, 2003.
- Ref.4: Y. Tanaka et al, "IASCC Susceptibility of Type 304, 304L and 316L Stainless Steels" Proceedings of the Eighth International Symposium on Environmental Degradation of Materials in Nuclear Power Systems -Water Reactors, 1997.
- Ref.5: K. Fukuya et al, "Mechanical Properties and IASCC Susceptibility in Irradiated Stainless Steels" Proceedings of the Sixth International Symposium on Environmental Degradation of Materials in Nuclear Power Systems -Water Reactors-, 1993.
- Ref.6: S. Suzuki et al, "Effects of Fluence and Dissolved Oxygen on IASCC in Austenitic Stainless Steels" Proceedings of the Fifth International Symposium on Environmental Degradation of Materials in Nuclear Power Systems -Water Reactors, 1991.

以 上

柏崎刈羽原子力発電所 3 号炉

ケーブルの技術評価書

東京電力ホールディングス株式会社

本評価書は、柏崎刈羽原子力発電所3号炉（以下、柏崎刈羽3号炉という）における安全上重要なケーブル（重要度分類指針におけるPS-1, 2及びMS-1, 2に該当する機器）の高経年化に係わる技術評価についてまとめたものである。なお、高温・高圧の環境下にあるケーブルはない。

評価対象機器の一覧を表1に示す。

評価対象機器を種別、絶縁体材料等で分類しそれぞれのグループから重要度及び使用条件等の観点で代表機器を選定し技術評価を行った後、代表以外の機器について評価を展開している。

本評価書は、ケーブルの種別をもとにしたケーブル分類に、ケーブルトレイ、電線管及びケーブル接続部を合わせて以下の6分冊で構成されている。

- 1 高圧ケーブル
- 2 低圧ケーブル
- 3 同軸ケーブル
- 4 光ファイバケーブル
- 5 ケーブルトレイ、電線管
- 6 ケーブル接続部

表1 評価対象機器一覧表

種別	絶縁体材料	名称	仕様 (絶縁体×シース)	重要度
高圧	架橋ポリエチレン	高圧難燃 CV ケーブル	架橋ポリエチレン×難燃性ビニル	MS-1
低圧	けい素ゴム	KGB ケーブル	けい素ゴム×ガラス編組	MS-1
			けい素ゴム×けい素ゴム	MS-2
	難燃性エチレンプロピレンゴム	難燃 PN ケーブル	難燃性エチレンプロピレンゴム× 難燃性クロロプレン	MS-1
	難燃性架橋ポリエチレン	難燃 CV ケーブル	難燃性架橋ポリエチレン× 難燃性ノンコロシブビニル	MS-1
		難燃 CC ケーブル	難燃性架橋ポリエチレン× 難燃性架橋ポリエチレン	MS-1
E T F E 樹脂*1	難燃 FN ケーブル	E T F E 樹脂×難燃性クロロプレン	MS-1	
同軸	耐放射線性架橋ポリエチレン	難燃一重同軸ケーブル	耐放射線性架橋ポリエチレン× ノンコロシブビニル	MS-1
			耐放射線性架橋ポリエチレン× 難燃性架橋ポリエチレン	MS-1
		難燃二重同軸ケーブル	耐放射線性架橋ポリエチレン× 難燃性架橋ポリエチレン	MS-1
	耐放射線性架橋発泡ポリエチレン	難燃二重同軸ケーブル	耐放射線性架橋発泡ポリエチレン× 難燃性架橋ポリエチレン	MS-1
	耐放射線性 難燃性架橋 ポリエチレン*2  耐放射線性架橋 ポリエチレン*3	難燃複合同軸ケーブル	難燃性架橋ポリエチレン 耐放射線性架橋ポリエチレン× ノンコロシブビニル	MS-1
光ファイバ	—	GI 型光ファイバケーブル	絶縁体：— 外部シース：難燃性ノンコロシブビニル	MS-2
ケーブル トレイ, 電線管	—	ケーブルトレイ	炭素鋼	MS-1
	—	電線管	炭素鋼	MS-1
ケーブル 接続部	端子接続	端子台接続	ジアリルフタレート樹脂	MS-1
			ポリフェニレンエーテル樹脂	MS-1
		端子接続	ビニルテープ	MS-1
	直ジョイント接続	直ジョイント接続	架橋ポリオレフィン	MS-1
	電動弁コネクタ接続	電動弁コネクタ接続	ジアリルフタレート樹脂	MS-1
	同軸コネクタ接続	同軸コネクタ接続	ポリエーテルエーテルケトン	MS-1
架橋ポリスチレン			MS-1	
四フッ化エチレン樹脂			MS-1	

\*1：四フッ化エチレン・エチレン共重合樹脂

\*2：高圧電源心，制御心

\*3：同軸心

[ケーブル名称の略称について]

表 1 に示す柏崎刈羽 3 号炉の主要なケーブルの略称は、各々以下のケーブルを示すものである。

No.	ケーブル略称	ケーブル名称
1	高圧難燃 CV ケーブル	高圧架橋ポリエチレン絶縁 難燃ビニルシースケーブル
2	KGB ケーブル	けい素ゴム絶縁 ガラス編組シースケーブル
3	難燃 PN ケーブル	難燃性エチレンプロピレンゴム絶縁 難燃性クロロプレンシースケーブル
4	難燃 CV ケーブル	難燃性架橋ポリエチレン絶縁 難燃性ノンコロシブビニルシースケーブル
5	難燃 CC ケーブル	難燃性架橋ポリエチレン絶縁 難燃性架橋ポリエチレンシースケーブル
6	難燃 FN ケーブル	四フッ化エチレン・エチレン共重合樹脂絶縁 難燃性クロロプレンシースケーブル
7	GI 型光ファイバケーブル	グレーデッドインデックス型光ファイバケーブル

本評価書における記号の意味は、次のとおりである。

B：編組

C：架橋ポリエチレン

F：四フッ化エチレン・エチレン共重合樹脂

G：ガラス

K：けい素ゴム

N：クロロプレンゴム

P：エチレンプロピレンゴム

V：ビニル

# 1 高圧ケーブル

[対象ケーブル]

①高圧難燃 CV ケーブル

# 目 次

1. 対象機器及び代表機器の選定 .....	1-1
2. 代表機器の技術評価 .....	1-3
2.1 構造, 材料及び使用条件 .....	1-3
2.1.1 高圧難燃 CV ケーブル .....	1-3
2.2 経年劣化事象の抽出 .....	1-6
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目 .....	1-6
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 .....	1-6
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 .....	1-7
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価 .....	1-9

## 1. 対象機器及び代表機器の選定

対象となる高圧ケーブルの主な仕様を表 1-1 に示す。

このグループには、高圧難燃CVケーブルのみが対象であることから、これを代表機器とした。



表 1-1 高圧ケーブルの代表機器の選定

分類基準		機 器 名 称	用途	重要度*	設置場所		使用開始時期		仕様	
区分	絶縁体材料				原子炉格納容器内	原子炉格納容器外	建設時	運転開始後	シース	電圧
高圧	架橋ポリエチレン	高圧難燃CVケーブル	動力	MS-1		○	○		難燃性ビニル	7,000V以下

\*：最上位の重要度を示す

## 2. 代表機器の技術評価

本章では、1章で代表機器とした以下のケーブルについて技術評価を実施する。

### ① 高圧難燃 CV ケーブル

#### 2.1 構造、材料及び使用条件

##### 2.1.1 高圧難燃 CV ケーブル

###### (1) 構造

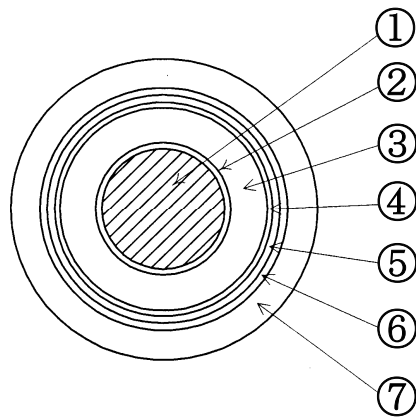
高圧難燃 CV ケーブルは、大別すると導体、内部半導電層、絶縁体、外部半導電層、シールド、押えテープ及びシースで構成され、このうち、ケーブルの絶縁機能は、絶縁体にて保たれている。

シールドは導体の静電誘導を低減するため、内部半導電層及び外部半導電層は電界強度のバラツキを押さえるため、押えテープはケーブルを整形するため、シースはケーブルを外的な力から保護するために設けられている。

高圧難燃 CV ケーブルの構造図を図 2.1-1 に示す。

###### (2) 材料及び使用条件

高圧難燃 CV ケーブル主要部位の使用材料を表 2.1-1 に、使用条件を表 2.1-2 に示す。



No.	部 位
①	導体
②	内部半導電層
③	絶縁体
④	外部半導電層
⑤	シールド
⑥	押えテープ
⑦	シース

図 2.1-1 高圧難燃 CV ケーブル構造図(単心ケーブルの例)

表 2.1-1 高圧難燃 CV ケーブル主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
電力伝達機能の維持	エネルギー伝達	導体	軟銅線
	絶縁	絶縁体	架橋ポリエチレン
	遮蔽	シールド	軟銅テープ
	整形	内部半導電層	半導電性テープ
		外部半導電層	半導電性テープ
		押えテープ	ゴム引布テープ
	保護	シース	難燃性ビニル

表 2.1-2 高圧難燃 CV ケーブルの使用条件

	通常運転時
設置場所	原子炉格納容器外
周囲温度	40 °C以下*

\*：原子炉格納容器外の設計値

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

高圧ケーブルの機能である通電機能を維持するためには、次の項目が必要である。

#### ① 電力伝達機能の維持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

高圧ケーブルについて、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の材料、構造、使用条件(設置場所、電圧)及び現在までの運転経験を考慮し、表 2.2-1 に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

なお、消耗品及び定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

高圧ケーブルには、消耗品及び定期取替品はない。

#### (3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

想定される経年劣化事象のうち主要 6 事象に該当する事象及び下記①、②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。なお、下記①、②に該当する事象については、2.2.3 項に示すとおり、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

- ① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの(日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△)
- ② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象(日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲)

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象として以下の事象が抽出された(表 2.2-1 で○)。

- a. 絶縁体の絶縁特性低下
- b. 絶縁体の絶縁特性低下(水トリー劣化)

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの(日常劣化管理事象)

#### a. 熱・放射線によるシースの劣化

高圧難燃 CV ケーブルの難燃ビニルシースは有機物であるため、熱及び放射線により硬化する可能性がある。

しかし、シースは、ケーブル布設時に生ずる外的な力からケーブルを保護するためのものであり、ケーブルに要求される絶縁機能の確保に対する影響は極めて小さい。

さらに、点検時に系統機器の動作試験及び絶縁抵抗測定を実施しており、これまでの点検結果では有意な劣化は認められていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象(日常劣化管理事象以外)

日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。

表 2.2-1 高圧難燃 CV ケーブルに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象								備 考	
					減 肉		割 れ		絶縁	導通	信号	その他		
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁特性低下	導通不良	特性変化			
電力伝達機能の維持	エネルギー伝達	導体		軟銅線									*1:水トリー劣化を含む *2:熱・放射線による劣化	
	絶縁	絶縁体		架橋ポリエチレン					○*1					
	遮蔽	シールド		軟銅テープ										
	整形	内部半導電層		半導電性テープ										
		外部半導電層		半導電性テープ										
		押えテープ		ゴム引布テープ										
保護	シース		難燃性ビニル								△*2			

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象(日常劣化管理事象)

## 2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

### (1) 絶縁体の絶縁特性低下

#### a. 事象の説明

絶縁体は、有機物の架橋ポリエチレンであるため、熱及び放射線による物性変化、絶縁物内の異物やボイドでの放電による電氣的劣化により、経年的に劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性がある。

絶縁特性低下を生ずる可能性のある部位を図2.3-1に示す。

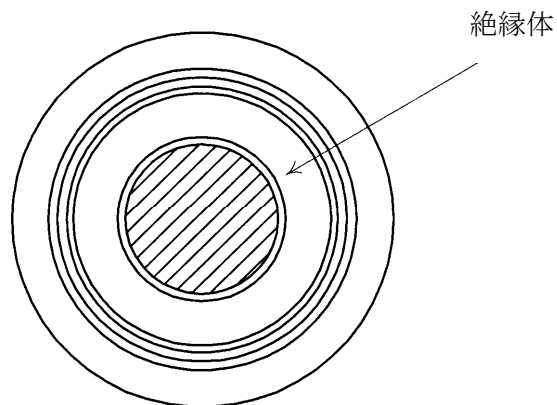


図2.3-1 高圧難燃CVケーブルの絶縁部位



## b. 技術評価

### ① 健全性評価

高圧難燃 CV ケーブルの絶縁体は、有機物の架橋ポリエチレンであり、熱及び放射線による物性変化、絶縁物内の異物やボイドでの放電により、経年的に電氣的劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性があることから、長期間の使用を考慮すると絶縁体の絶縁特性低下の可能性は否定できない。

### ② 現状保全

高圧難燃 CV ケーブルの絶縁特性低下に対しては、系統機器点検時の絶縁抵抗測定、絶縁診断試験(電気学会技術報告第 502 号で紹介されている。ケーブルに所定の直流電圧を充電した後、充電用電源を開放して、ケーブルの自己放電による残留電荷の変化を調べてケーブルの絶縁劣化程度を判定する方法)(以下、「絶縁診断試験」と称す)を実施しており、系統機器の点検時に実施する動作試験においてもケーブルの健全性を確認している。

また、点検で有意な絶縁特性低下が認められた場合には、ケーブルの取り替えを行うこととしている。

さらに、当面の冷温停止維持において、接続機器の使用状態を加味し、系統機器の定例的な切替や定例試験を含む日常保全を継続し、必要に応じて取り替えを行うこととしている。

### ③ 総合評価

絶縁体の絶縁特性低下の可能性は否定できないが、絶縁特性低下は点検時における絶縁抵抗測定、絶縁診断試験で把握可能である。

また、当面の冷温停止維持においても、必要な運転状態を加味し、系統機器の定例的な切替や定例試験を含む日常保全を継続し、必要に応じて適切な対応をとることにより、絶縁性能を維持できると判断する。

## c. 高経年化への対応

絶縁体の絶縁特性低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に対し追加すべき項目はなく、今後も現状保全を継続していく。

## (2) 絶縁体の絶縁特性低下(水トリー劣化)

### a. 事象の説明

絶縁体の架橋ポリエチレンは、長時間にわたって水が存在する状態で高い電界にさらされると、水トリーと称される種々の樹枝状の微細な通路あるいは空隙が発生して絶縁特性低下に至る。

水トリー劣化を生ずる可能性のある部位を図 2.3-1 に示す。

### b. 技術評価

#### ① 健全性評価

ケーブル絶縁体の水トリーは、雨水等によるケーブル浸水により発生する可能性がある。そのため、屋外布設ケーブルは発生する可能性があるが、屋内布設ケーブルは発生する可能性は極めて小さい。

屋外布設ケーブルは、トレンチ内部に架空化されたケーブルトレイ、電線管により布設されている。仮に水が溜まった場合は排水ポンプ、排水口により排水され、ケーブルが布設時より長時間浸水する可能性はないが、外気等による高湿度環境を考慮すると水トリー劣化による絶縁特性低下の可能性は否定できない。

#### ② 現状保全

ケーブル絶縁体の水トリー劣化に対しては、系統機器点検時の絶縁抵抗測定及び絶縁診断試験を実施しており、系統機器の点検時に実施する動作試験においてもケーブルの健全性を確認している。

また、点検で有意な絶縁特性低下が認められた場合には、ケーブルの取り替えを行うこととしている。

さらに、当面の冷温停止維持においては、接続機器の使用状態を加味し、系統機器の定例的な切替や定例試験を含む日常保全を実施することとしている。

#### ③ 総合評価

屋外布設ケーブルはトレンチ内部に布設され長時間浸水する可能性はないものの、外気等による高湿度環境を考慮すると水トリー劣化による絶縁体の急激な絶縁特性低下の可能性は否定できないが、絶縁特性低下は系統機器点検時の絶縁抵抗測定、絶縁診断試験及び系統機器の動作試験で把握可能である。

また、当面の冷温停止維持においても、必要な運転状態を加味し、系統機器点検時の絶縁抵抗測定、絶縁診断試験及び系統機器の動作試験を実施し、絶縁特性の傾向管理をしていくとともに、必要に応じて取り替え等の適切な対応をとることにより、健全性の維持は可能と判断する。

c. 高経年化への対応

ケーブル絶縁体の水トリー劣化に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に対し追加すべき項目はなく、今後も現状保全を継続していく。

以 上

## 2 低圧ケーブル

[対象ケーブル]

- ① KGB ケーブル
- ② 難燃 PN ケーブル
- ③ 難燃 CV ケーブル
- ④ 難燃 FN ケーブル

# 目 次

1. 対象機器及び代表機器の選定.....	2-1
1.1 グループ化の考え方及び結果.....	2-1
1.2 代表機器の選定.....	2-1
2. 代表機器の技術評価.....	2-3
2.1 構造, 材料及び使用条件.....	2-4
2.1.1 KGB ケーブル.....	2-4
2.1.2 難燃PN ケーブル.....	2-6
2.1.3 難燃CV ケーブル.....	2-8
2.1.4 難燃FN ケーブル.....	2-10
2.2 経年劣化事象の抽出.....	2-12
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目.....	2-12
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象.....	2-12
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象.....	2-13
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価.....	2-18
3. 代表機器以外への展開.....	2-26
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象.....	2-26
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象.....	2-28

## 1. 対象機器及び代表機器の選定

対象となる低圧ケーブルの主な仕様を表 1-1 に示す。

これらの低圧ケーブルをグループ化し、それぞれのグループより代表機器を選定した。

### 1.1 グループ化の考え方及び結果

絶縁体材料を分類基準とし、低圧ケーブルを表 1-1 に示すとおりグループ化する。

### 1.2 代表機器の選定

表 1-1 に分類したグループ毎に、原則として重要度及び設置場所の観点から代表機器を選定する。

#### (1) 絶縁体材料：けい素ゴム

このグループには、KGB ケーブルのみが属するため、代表機器は KGB ケーブルとする。

#### (2) 絶縁体材料：難燃性エチレンプロピレンゴム

このグループには、難燃 PN ケーブルのみが属するため、代表機器は難燃 PN ケーブルとする。

#### (3) 絶縁体材料：難燃性架橋ポリエチレン

このグループには、難燃 CV ケーブル及び難燃 CC ケーブルが属するが、設置場所の観点から難燃 CV ケーブルを代表機器とする。

#### (4) 絶縁体材料：四フッ化エチレン・エチレン共重合樹脂

このグループには、難燃 FN ケーブルのみが属するため、代表機器は難燃 FN ケーブルとする。

表 1-1 低圧ケーブルのグループ化及び代表機器の選定

分類基準		機器名称	選定基準						仕様		選定	選定理由
区分	絶縁体材料		用途	重要度*1	設置場所		使用開始時期		シース	電圧		
					原子炉格納容器内	原子炉格納容器外	建設時	運転開始後				
低圧	けい素ゴム	KGBケーブル	制御・計測	MS-1	○		○		ガラス編組	600V以下	◎	重要度
			計測	MS-2	○		○		けい素ゴム	600V以下		
	難燃性エチレンプロピレンゴム	難燃PNケーブル	動力・制御・計測	MS-1	○		○		難燃性クロロプレン	600V以下	◎	
	難燃性架橋ポリエチレン	難燃CVケーブル	動力・制御・計測	MS-1	○	○	○		難燃性ノンコロシブビニル	600V以下	◎	設置場所(周囲温度)
		難燃CCケーブル	制御	MS-1		○	○		難燃性架橋ポリエチレン	600V以下		
	ETFE*2樹脂	難燃FNケーブル	制御・計測	MS-1		○	○		難燃性クロロプレン	600V以下	◎	

◎は代表機器

\*1：最上位の重要度を示す

\*2：四フッ化エチレン・エチレン共重合樹脂

## 2. 代表機器の技術評価

本章では、1章で代表機器とした以下のケーブルについて技術評価を実施する。

- ① KGB ケーブル
- ② 難燃 PN ケーブル
- ③ 難燃 CV ケーブル
- ④ 難燃 FN ケーブル



## 2.1 構造, 材料及び使用条件

### 2.1.1 KGB ケーブル

#### (1) 構造

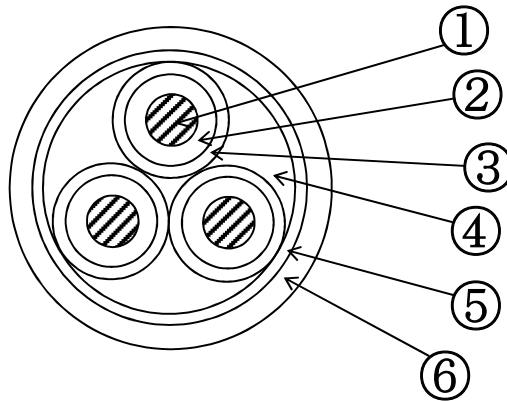
KGB ケーブルは, 大別すると導体, 絶縁体, 介在物, 押えテープ及びシースで構成され, このうち, ケーブルの絶縁機能は, 絶縁体にて保たれている。

介在物及び押えテープはケーブルを整形するため, シースはケーブルを外的な力から保護するために設けられている。

KGB ケーブルの構造図を図 2.1-1 に示す。

#### (2) 材料及び使用条件

KGB ケーブル主要部位の使用材料を表 2.1-1 に, 使用条件を表 2.1-2 に示す。



No.	部 位
①	導体
②	絶縁体
③	押えテープ
④	介在物
⑤	押えテープ
⑥	シース

図2.1-1 KGBケーブル構造図 (3心ケーブルの例)

表 2.1-1 KGB ケーブル主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
電力・信号伝達 機能の維持	エネルギー・信号 伝達	導体	錫メッキ軟銅線
	絶縁	絶縁体	けい素ゴム
	整形	ガラス編組	ガラス糸(一重編組)
		介在物	ガラス繊維
		押えテープ	けい素ワニス引ガラステープ
	保護	シース	ガラス糸(二重編組)

表 2.1-2 KGB ケーブルの使用条件

	通常運転時
設置場所	原子炉格納容器内
周囲温度	40 °C以下*

\*：原子炉格納容器外の設計値

## 2.1.2 難燃 PN ケーブル

### (1) 構造

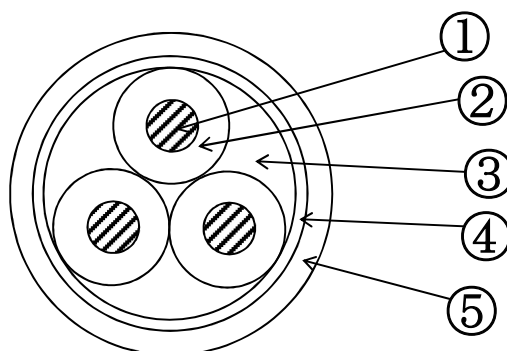
難燃 PN ケーブルは、大別すると導体、絶縁体、介在物、押えテープ及びシースで構成され、このうち、ケーブルの絶縁機能は、絶縁体にて保たれている。

介在物及び押えテープはケーブルを整形するため、シースはケーブルを外的な力から保護するために設けられている。

難燃 PN ケーブルの構造図を図 2.1-2 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

難燃 PN ケーブル主要部位の使用材料を表 2.1-3 に、使用条件を表 2.1-4 に示す。



No.	部 位
①	導体
②	絶縁体
③	介在物
④	押えテープ
⑤	シース

図2.1-2 難燃PNケーブル構造図 (3心ケーブルの例)

表 2.1-3 難燃 PN ケーブル主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
電力・信号伝達 機能の維持	エネルギー・信号伝達	導体	錫メッキ軟銅線
	絶縁	絶縁体	難燃性 エチレンプロピレンゴム
	整形	介在物	難燃性ジュート
		押えテープ	難燃性ゴム引布テープ
	保護	シース	難燃性クロロプレン

表 2.1-4 難燃 PN ケーブルの使用条件

	通常運転時
設置場所	原子炉格納容器内
周囲温度	40 °C 以下*

\*：原子炉格納容器外の設計値

### 2.1.3 難燃 CV ケーブル

#### (1) 構造

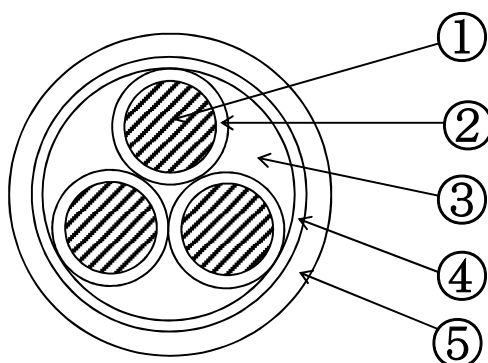
難燃 CV ケーブルは、大別すると導体、絶縁体、介在物、押えテープ及びシースで構成され、このうち、ケーブルの絶縁機能は、絶縁体にて保たれている。

介在物及び押えテープはケーブルを整形するため、シースはケーブルを外的な力から保護するために設けられている。

難燃 CV ケーブルの構造図を図 2.1-3 に示す。

#### (2) 材料及び使用条件

難燃 CV ケーブル主要部位の使用材料を表 2.1-5 に、使用条件を表 2.1-6 に示す。



No.	部 位
①	導体
②	絶縁体
③	介在物
④	押えテープ
⑤	シース

図2.1-3 難燃CVケーブル構造図 (3心ケーブルの例)

表 2.1-5 難燃 CV ケーブル主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
電力・信号伝達 機能の維持	エネルギー・信号伝達	導体	軟銅線
	絶縁	絶縁体	難燃性架橋ポリエチレン
	整形	介在物	難燃性ジュート
		押えテープ	難燃性ゴム引布テープ
	保護	シース	難燃性ノンコロシブビニル

表 2.1-6 難燃 CV ケーブルの使用条件

	通常運転時
設置場所	原子炉格納容器内外
周囲温度	40 °C以下*

\*：原子炉格納容器外の設計値

## 2.1.4 難燃 FN ケーブル

### (1) 構造

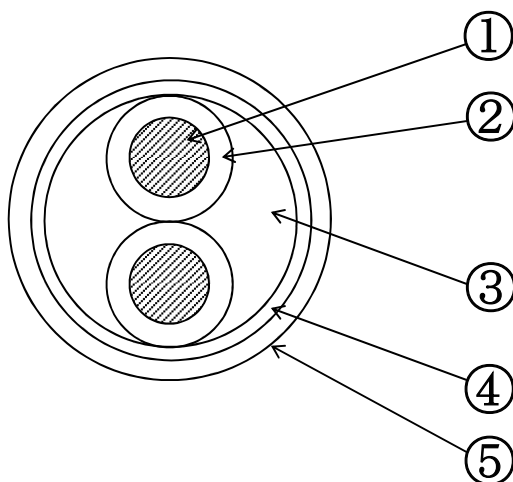
難燃 FN ケーブルは、大別すると導体、絶縁体、介在物、シールド及びシースで構成され、このうち、ケーブルの絶縁機能は、絶縁体にて保たれている。

介在物及び押えテープはケーブルを整形するため、シースはケーブルを外的な力から保護するために設けられる。

難燃 FN ケーブルの構造図を図 2.1-4 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

難燃 FN ケーブル主要部位の使用材料を表 2.1-7 に、使用条件を表 2.1-8 に示す。



No.	部 位
①	導体
②	絶縁体
③	介在物
④	シールド
⑤	シース

図2.1-4 難燃FNケーブル構造図 (2心ケーブルの例)

表 2.1-7 難燃 FN ケーブル主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
電力・信号伝達 機能の維持	エネルギー・信号 伝達	導体	錫メッキ軟銅線
	絶縁	絶縁体	四フッ化エチレン・ エチレン共重合樹脂
	整形	介在物	難燃性ジュート
		シールド	難燃性ゴム引布テープ
	保護	シース	難燃性クロロプレン

表 2.1-8 難燃 FN ケーブルの使用条件

	通常運転時
設置場所	原子炉格納容器外
周囲温度	40 °C*以下

\*：原子炉格納容器外の設計値



## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

低圧ケーブルの機能である通電機能を維持するためには、次の項目が必要である。

#### ① 電力・信号伝達機能の維持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

低圧ケーブルについて、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の材料、構造、使用条件（設置場所、電圧）及び現在までの運転経験を考慮し、表 2.2-1 に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

なお、消耗品及び定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

低圧ケーブルには、消耗品及び定期取替品はない。

#### (3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

想定される経年劣化事象のうち主要 6 事象に該当する事象及び下記①、②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。なお、下記①、②に該当する事象については、2.2.3 項に示すとおり、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△）

② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲）

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象として以下の事象が抽出された（表 2.2-1 で○）。

- a. 絶縁体の絶縁特性低下 [KGB ケーブル]
- b. 絶縁体の絶縁特性低下 [難燃 PN ケーブル]
- c. 絶縁体の絶縁特性低下 [難燃 CV ケーブル]
- d. 絶縁体の絶縁特性低下 [難燃 FN ケーブル]

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

- (1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの(日常劣化管理事象)

日常劣化管理事象に該当する事象は抽出されなかった。

- (2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後とも経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象(日常劣化管理事象以外)

- a. 熱・放射線によるシースの劣化 [KGB ケーブル]

KGB ケーブルのガラス編組シースは無機物であるため、熱及び放射線により硬化する可能性は小さいと考えられる。

また、シースは、ケーブル布設時に生ずる外的な力からケーブルを保護するためのものであり、ケーブルに要求される絶縁機能の確保に対する影響は極めて小さいことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- b. 熱・放射線によるシースの劣化 [難燃 PN ケーブル, 難燃 CV ケーブル, 難燃 FN ケーブル]

難燃 PN ケーブル及び難燃 FN ケーブルの難燃性クロロプレンシース, 難燃 CV ケーブルの難燃性ノンコロシブビニルシースは有機物であるため、熱及び放射線により硬化する可能性がある。

しかし、シースは、ケーブル布設時に生ずる外的な力からケーブルを保護するためのものであり、ケーブルに要求される絶縁機能の確保に対する影響は極めて小さいことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

表 2.2-1 (1/4) KGB ケーブルに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象								備 考	
					減 肉		割 れ		絶縁	導通	信号	その他		
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁特性低下	導通不良	特性変化			
電力・信号伝達機能の維持	エネルギー・信号伝達	導体		錫メッキ軟銅線									*:熱・放射線による劣化	
	絶縁	絶縁体		けい素ゴム					○					
	整形	押えテープ		ガラス糸(一重編組)										
		介在物		ガラス繊維										
		押えテープ		けい素ワニス引ガラステープ										
保護	シース		ガラス糸(二重編組)								▲*			

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表 2.2-1 (2/4) 難燃 PN ケーブルに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象								備 考	
					減 肉		割 れ		絶縁	導通	信号	その他		
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁特性低下	導通不良	特性変化			
電力・信号伝達機能の維持	エネルギー・信号伝達	導体		錫メッキ軟銅線									*:熱・放射線による劣化	
	絶縁	絶縁体		難燃性エチレンプロピレンゴム					○					
	整形	介在物		難燃性ジュート										
		押えテープ		難燃性ゴム引布テープ										
	保護	シース		難燃性クロロプレン								▲*		

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表 2.2-1 (3/4) 難燃 CV ケーブルに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象								備 考	
					減 肉		割 れ		絶縁	導通	信号	その他		
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁特性低下	導通不良	特性変化			
電力・信号伝達機能の維持	エネルギー・信号伝達	導体		軟銅線									*:熱・放射線による劣化	
	絶縁	絶縁体		難燃性架橋ポリエチレン				○						
	整形	介在物		難燃性ジュート										
		押えテープ		難燃性ゴム引布テープ										
	保護	シース		難燃性ノンコロシブビニル								▲*		

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表 2.2-1 (4/4) 難燃 FN ケーブルに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象								備 考	
					減 肉		割 れ		絶縁	導通	信号	その他		
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁特性低下	導通不良	特性変化			
電力・信号伝達機能の維持	エネルギー・信号伝達	導体		錫メッキ軟銅線									*:熱による劣化	
	絶縁	絶縁体		四フッ化エチレン・エチレン共重合樹脂					○					
	整形	介在物		難燃性ジュート										
		シールド		難燃性ゴム引布テープ										
	保護	シース		難燃性クロロプレン								▲*		

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

## 2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

### (1) 絶縁体の絶縁特性低下 [KGB ケーブル]

#### a. 事象の説明

絶縁体は、有機物のけい素ゴムであるため、熱及び放射線による物性変化より、経年的に劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性がある。

絶縁特性低下を生ずる可能性のある部位を図 2. 3-1 に示す。

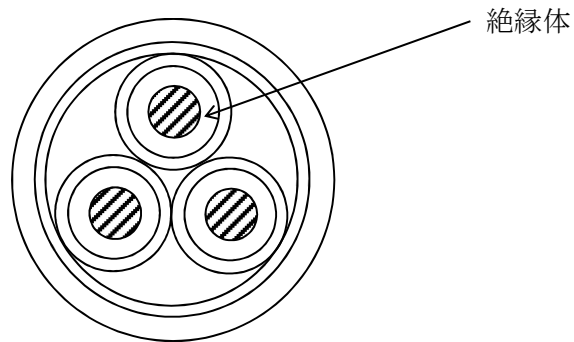


図2. 3-1 KGBケーブルの絶縁部位

## b. 技術評価

### ① 健全性評価

KGB ケーブルの絶縁体は、有機物のけい素ゴムであり、熱及び放射線による物性変化により、経年的に電氣的劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性があることから、長期間の使用を考慮すると絶縁体の絶縁特性低下の可能性は否定できない。

### ② 現状保全

KGB ケーブルの絶縁特性低下に対しては、系統機器の点検時に絶縁抵抗測定を実施している。

また、系統機器の点検時に実施する動作試験においてもケーブルの絶縁機能の健全性を確認している。

さらに、当面の冷温停止維持において、接続機器の使用状態を加味し、系統機器の定例的な切替や定例試験を含む日常保全を継続し、必要に応じて取り替えを行うこととしている。

### ③ 総合評価

絶縁体の絶縁特性低下の可能性は否定できないが、絶縁特性低下は点検時における絶縁抵抗測定で把握可能である。

また、当面の冷温停止維持においては、接続機器の使用状態を加味し、系統機器の定例的な切替や定例試験を含む日常保全を継続し、必要に応じて適切な対応をとることにより絶縁性能を維持できると判断する。

## c. 高経年化への対応

絶縁体の絶縁特性低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に対し追加すべき項目はなく、今後も現状保全を継続していく。



(2) 絶縁体の絶縁特性低下 [難燃 PN ケーブル]

a. 事象の説明

絶縁体は、有機物の難燃性エチレンプロピレンゴムであるため、熱及び放射線による物性変化により、経年的に劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性がある。

絶縁特性低下を生ずる可能性のある部位を図 2.3-2 に示す。

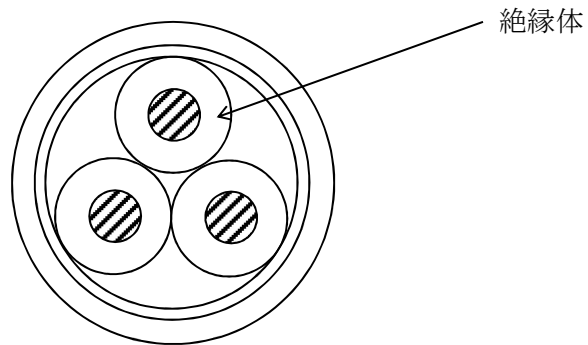


図2.3-2 難燃PNケーブルの絶縁部位

## b. 技術評価

### ① 健全性評価

難燃 PN ケーブルの絶縁体は、有機物の難燃性エチレンプロピレンゴムであり、熱及び放射線による物性変化により、経年的に電氣的劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性があることから、長期間の使用を考慮すると絶縁体の絶縁特性低下の可能性は否定できない。

### ② 現状保全

難燃 PN ケーブルの絶縁特性低下に対しては、系統機器の点検時に絶縁抵抗測定を実施している。

また、系統機器の点検時に実施する動作試験においてもケーブルの絶縁機能の健全性を確認している。

さらに、当面の冷温停止維持において、接続機器の使用状態を加味し、系統機器の定例的な切替や定例試験を含む日常保全を継続し、必要に応じて取り替えを行うこととしている。

### ③ 総合評価

絶縁体の絶縁特性低下の可能性は否定できないが、絶縁特性低下は点検時における絶縁抵抗測定で把握可能である。

また、当面の冷温停止維持においては、接続機器の使用状態を加味し、系統機器の定例的な切替や定例試験を含む日常保全を継続し、必要に応じて適切な対応をとることにより絶縁性能を維持できると判断する。

## c. 高経年化への対応

絶縁体の絶縁特性低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に対し追加すべき項目はなく、今後も現状保全を継続していく。

(3) 絶縁体の絶縁特性低下 [難燃 CV ケーブル]

a. 事象の説明

絶縁体は有機物の難燃性架橋ポリエチレンであるため、熱及び放射線による物性変化により、経年的に劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性がある。

絶縁特性低下を生ずる可能性のある部位を図 2. 3-3 に示す。

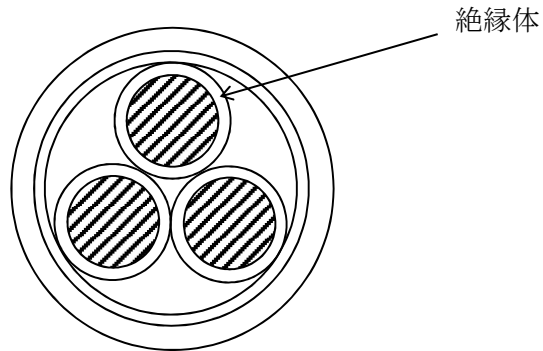


図2. 3-3 難燃CVケーブルの絶縁部位

## b. 技術評価

### ① 健全性評価

難燃 CV ケーブルの絶縁体は、有機物の難燃性架橋ポリエチレンであり、熱及び放射線による物性変化により、経年的に電氣的劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性があることから、長期間の使用を考慮すると絶縁体の絶縁特性低下の可能性は否定できない。

### ② 現状保全

難燃 CV ケーブルの絶縁特性低下に対しては、系統機器の点検時に絶縁抵抗測定を実施している。

また、系統機器の点検時に実施する動作試験においてもケーブルの絶縁機能の健全性を確認している。

さらに、当面の冷温停止維持において、必要な運転状態を加味し、系統機器の定例的な切替や定例試験を含む日常保全を継続し、必要に応じて取り替えを行うこととしている。

### ③ 総合評価

絶縁体の絶縁特性低下の可能性は否定できないが、絶縁特性低下は点検時における絶縁抵抗測定で把握可能である。

また、当面の冷温停止維持においても、接続機器の必要な運転状態を加味し、系統機器の定例的な切替や定例試験を含む日常保全を継続し、必要に応じて適切な対応をとることにより絶縁性能を維持できると判断する。

## c. 高経年化への対応

絶縁体の絶縁特性低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に対し追加すべき項目はなく、今後も現状保全を継続していく。

(4) 絶縁体の絶縁特性低下 [難燃 FN ケーブル]

a. 事象の説明

絶縁体は有機物の四フッ化エチレン・エチレン共重合樹脂であるため、熱による物性変化により、経年的に劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性がある。

絶縁特性低下を生ずる可能性のある部位を図 2.3-4 に示す。

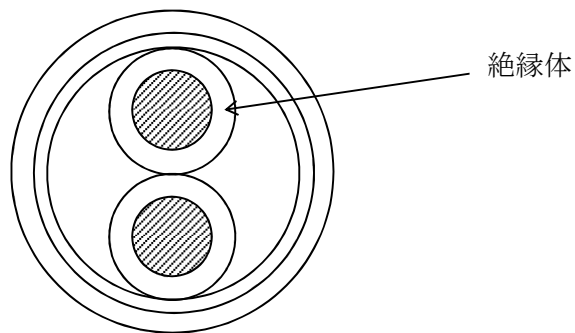


図2.3-4 難燃FNケーブルの絶縁部位

## b. 技術評価

### ① 健全性評価

難燃 FN ケーブルの絶縁体は、有機物の四フッ化エチレン・エチレン共重合樹脂であり、熱による物性変化により、経年的に電氣的劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性があることから、長期間の使用を考慮すると絶縁体の絶縁特性低下の可能性は否定できない。

### ② 現状保全

難燃 FN ケーブルの絶縁特性低下に対しては、系統機器の点検時に絶縁抵抗測定を実施している。

また、系統機器の点検時に実施する動作試験においてもケーブルの絶縁機能の健全性を確認している。

さらに、当面の冷温停止維持において、必要な運転状態を加味し、系統機器の定例的な切替や定例試験を含む日常保全を継続し、必要に応じて取り替えを行うこととしている。

### ③ 総合評価

絶縁体の絶縁特性低下の可能性は否定できないが、絶縁特性低下は点検時における絶縁抵抗測定で把握可能である。

また、当面の冷温停止維持においても、接続機器の必要な運転状態を加味し、系統機器の定例的な切替や定例試験を含む日常保全を継続し、必要に応じて適切な対応をとることにより絶縁性能を維持できると判断する。

## c. 高経年化への対応

絶縁体の絶縁特性低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に対し追加すべき項目はなく、今後も現状保全を継続していく。

### 3. 代表機器以外への展開

本章では2章で実施した代表機器の技術評価について、1章で実施したグループ化で代表機器となっていない機器への展開について検討した。

- ① 難燃 CC ケーブル
- ② 製造メーカーが異なる KGB ケーブル(シース:ガラス編組) (A 社)
- ③ KGB ケーブル(シース:けい素ゴム)
- ④ 製造メーカーが異なる難燃 PN ケーブル(A 社)
- ⑤ 製造メーカーが異なる難燃 PN ケーブル(B 社)
- ⑥ 製造メーカーが異なる難燃 CV ケーブル(A 社)
- ⑦ 製造メーカーが異なる難燃 CV ケーブル(B 社)

#### 3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

##### a. 絶縁体の絶縁特性低下 [難燃 CC ケーブル]

難燃 CC ケーブルの絶縁体は有機物の難燃性架橋ポリエチレンであるため、熱及び放射線による物性変化により、経年的に劣化が進行し、長時間の使用を考慮すると絶縁特性低下を起こす可能性は否定できない。

しかし、絶縁特性低下は系統機器点検時の絶縁抵抗測定、目視点検及び清掃や系統機器の動作試験で把握可能であり、絶縁特性低下が確認されたケーブルは取替を行うこととしている。

また、当面の冷温停止維持においても、接続機器の必要な運転状態を加味し、系統機器の定期的な切替や定例試験を含む日常保全を継続し、必要に応じて適切な対応をとることにより絶縁性能を維持できると判断する。

したがって、高経年化対策の観点から現状保全内容に対し追加すべき項目はない。

##### b. 絶縁体の絶縁特性低下 [製造メーカーが異なる KGB ケーブル(シース:ガラス編組) (A 社), KGB ケーブル(シース:けい素ゴム)]

代表機器同様、製造メーカーが異なる KGB ケーブル(A 社)及び KGB ケーブル(シース:けい素ゴム)の絶縁体は有機物のけい素ゴムであるため、熱及び放射線による物性変化により、経年的に劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性がある。

しかし、絶縁体の絶縁特性低下に対しては、系統機器点検時の絶縁抵抗測定、系統機器の動作試験を実施することにより、把握可能である。

また、今後も定期的に絶縁抵抗測定及び動作試験を実施していくとともに、必要に応じて適切な対応をとることにより絶縁性能を維持できると判断する。

したがって、高経年化対策の観点から現状保全内容に対し追加すべき項目はない。

c. 絶縁体の絶縁特性低下 [製造メーカーが異なる難燃 PN ケーブル(A, B 社)]

代表機器同様, 製造メーカーが異なる PN ケーブル(A 社)の絶縁体は有機物の難燃性エチレンプロピレンゴムであるため, 熱及び放射線による物性変化により, 経年的に劣化が進行し, 長時間の使用を考慮すると絶縁特性低下を起こす可能性は否定できない。

しかし, 絶縁特性低下は系統機器点検時の絶縁抵抗測定, 目視点検及び清掃や系統機器の動作試験で把握可能であり, 絶縁特性低下が確認されたケーブルは取替を行うこととしている。

また, 冷温停止維持においても, 接続機器の必要な運転状態を加味し, 系統機器の定例的な切替や定例試験を含む日常保全を継続し, 必要に応じて適切な対応をとることにより絶縁性能を維持できると判断する。

したがって, 高経年化対策の観点から現状保全内容に対し追加すべき項目はない。

d. 絶縁体の絶縁特性低下 [製造メーカーが異なる難燃 CV ケーブル(A, B 社)]

代表機器同様, 製造メーカーが異なる難燃 CV ケーブルの絶縁体は有機物の難燃性架橋ポリエチレンであるため, 熱及び放射線による物性変化により, 経年的に劣化が進行し, 長時間の使用を考慮すると絶縁特性低下を起こす可能性は否定できない。

しかし, 絶縁特性低下は系統機器点検時の絶縁抵抗測定, 目視点検及び清掃や系統機器の動作試験で把握可能であり, 絶縁特性低下が確認されたケーブルは取替を行うこととしている。

また, 当面の冷温停止維持においても, 接続機器の必要な運転状態を加味し, 系統機器の定例的な切替や定例試験を含む日常保全を継続し, 必要に応じて適切な対応をとることにより絶縁性能を維持できると判断する。

したがって, 高経年化対策の観点から現状保全内容に対し追加すべき項目はない。



### 3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

- (1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

代表機器同様、日常劣化管理事象に該当する事象は抽出されなかった。

- (2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

a. 熱・放射線によるシースの劣化[難燃 CC ケーブル]

難燃CCケーブルは有機物であるため、熱及び放射線により硬化する可能性がある。

しかし、シースは、ケーブル布設時に生ずる外的な力からケーブルを保護するためのものであり、ケーブルに要求される絶縁機能の確保に対する影響は極めて小さい。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. 熱・放射線によるシースの劣化 [KGB ケーブル(けい素ゴム), 難燃 PN ケーブル, 難燃 CV ケーブル]

代表機器同様、KGB ケーブルのけい素ゴムシース及び難燃 PN ケーブルの難燃性クロロプレンシース、難燃 CV ケーブルの難燃性ノンコロシブビニルシースは有機物であるため、熱及び放射線により硬化する可能性がある。

しかし、シースは、ケーブル布設時に生ずる外的な力からケーブルを保護するためのものであり、ケーブルに要求される絶縁機能の確保に対する影響は極めて小さいことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

以 上

## 3 同軸ケーブル

[対象ケーブル]

- ① 難燃一重同軸ケーブル
- ② 難燃二重同軸ケーブル(絶縁体が耐放射線性架橋ポリエチレン)
- ③ 難燃二重同軸ケーブル(絶縁体が耐放射線性架橋発泡ポリエチレン)
- ④ 難燃複合同軸ケーブル

## 目 次

1. 対象機器及び代表機器の選定.....	3-1
1.1 グループ化の考え方及び結果.....	3-1
1.2 代表機器の選定.....	3-1
2. 代表機器の技術評価.....	3-3
2.1 構造, 材料及び使用条件.....	3-3
2.1.1 難燃二重同軸ケーブル(絶縁体が耐放射線性架橋ポリエチレン).....	3-3
2.1.2 難燃二重同軸ケーブル(絶縁体が耐放射線性架橋発泡ポリエチレン)....	3-5
2.1.3 難燃複合同軸ケーブル.....	3-7
2.2 経年劣化事象の抽出.....	3-9
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目.....	3-9
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象.....	3-9
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象.....	3-10
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価.....	3-14
3. 代表機器以外への展開.....	3-20
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象.....	3-20
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象.....	3-21

## 1. 対象機器及び代表機器の選定

対象となる同軸ケーブルの主な仕様を表 1-1 に示す。

これらの同軸ケーブルをグループ化し、それぞれのグループより代表機器を選定した。

### 1.1 グループ化の考え方及び結果

絶縁体材料を分類基準とし、同軸ケーブルを表 1-1 に示すとおりグループ化する。

### 1.2 代表機器の選定

表 1-1 に分類したグループ毎に、原則として重要度の観点から、代表機器を選定する。

#### (1) 絶縁体材料：耐放射線性架橋ポリエチレン

このグループには、難燃一重同軸ケーブル及び難燃二重同軸ケーブルが属するが、重要度、事故時動作要求、用途から難燃二重同軸ケーブルを代表機器とする。

#### (2) 絶縁体材料：耐放射線性架橋発泡ポリエチレン

このグループには、難燃二重同軸ケーブルのみが属するため、代表機器は難燃二重同軸ケーブルとする。

#### (3) 絶縁体材料：耐放射線性難燃性架橋ポリエチレン，耐放射線性架橋ポリエチレン

このグループには、難燃複合同軸ケーブルのみが属するため、代表機器は難燃複合同軸ケーブルとする。

表 1-1 同軸ケーブルのグループ化及び代表機器の選定

分類基準		機器名称	選定基準						仕様	選定	選定理由	
			用途	重要度*1	設置場所		使用開始時期					シース
区分	絶縁体材料				原子炉格納容器内	原子炉格納容器外	建設時	運転開始後				
同軸	耐放射線性架橋ポリエチレン	難燃一重同軸ケーブル	計測	MS-1		○	○		ノンコロシブビニル		重要度, 事故時動作要求, 用途	
					○	○	○		難燃性架橋ポリエチレン			
		耐放射線性架橋発泡ポリエチレン	難燃二重同軸ケーブル	計測	MS-1	○	○	○		難燃性架橋ポリエチレン	◎	
		耐放射線性難燃性架橋ポリエチレン*2	難燃複合同軸ケーブル	計測	MS-1	○	○	○		ノンコロシブビニル	◎	
		耐放射線性架橋ポリエチレン*3										

◎：代表機器

\*1：最上位の重要度を示す

\*2：高圧電源心，制御心

\*3：同軸心

## 2. 代表機器の技術評価

本章では、1章で代表機器とした以下のケーブルについて技術評価を実施する。

- ① 難燃二重同軸ケーブル(絶縁体が耐放射線性架橋ポリエチレン)
- ② 難燃二重同軸ケーブル(絶縁体が耐放射線性架橋発泡ポリエチレン)
- ③ 難燃複合同軸ケーブル

### 2.1 構造, 材料及び使用条件

#### 2.1.1 難燃二重同軸ケーブル(絶縁体が耐放射線性架橋ポリエチレン)

##### (1) 構造

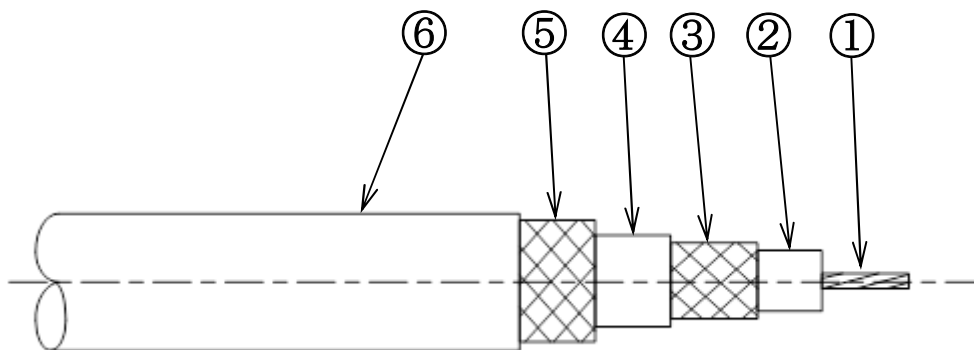
難燃二重同軸ケーブル(絶縁体が耐放射線性架橋ポリエチレン)は、大別すると内部導体、絶縁体、外部導体及びシースで構成され、このうち、ケーブルの絶縁機能は、絶縁体にて保たれている。

シースは、ケーブルを外的な力から保護するために設けられている。

代表的な難燃二重同軸ケーブル(絶縁体が耐放射線性架橋ポリエチレン)の構造図を図2.1-1に示す。

##### (2) 材料及び使用条件

難燃二重同軸ケーブル(絶縁体が耐放射線性架橋ポリエチレン)主要部位の使用材料を表2.1-1に、使用条件を表2.1-2に示す。



No.	部 位
①	内部導体
②	絶縁体
③	第1外部導体
④	第1シース
⑤	第2外部導体
⑥	第2シース

図2.1-1 難燃二重同軸ケーブル(絶縁体が耐放射線性架橋ポリエチレン)構造図

表 2.1-1 難燃二重同軸ケーブル(絶縁体が耐放射線性架橋ポリエチレン) 主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
信号伝達機能の維持	エネルギー・信号伝達	内部導体	錫メッキ軟銅線
		第1外部導体	錫メッキ軟銅線編組
		第2外部導体	錫メッキ軟銅線編組
	絶縁	絶縁体	耐放射線性架橋ポリエチレン
	保護	第1シース	難燃性架橋ポリエチレン
		第2シース	難燃性架橋ポリエチレン

表 2.1-2 難燃二重同軸ケーブル(絶縁体が耐放射線性架橋ポリエチレン)の使用条件

	通常運転時
設置場所	原子炉格納容器内
周囲温度	85℃以下

\*：原子炉格納容器内の設計値

## 2.1.2 難燃二重同軸ケーブル(絶縁体が耐放射線性架橋発泡ポリエチレン)

### (1) 構造

難燃二重同軸ケーブル(絶縁体が耐放射線性架橋発泡ポリエチレン)は、大別すると内部導体、絶縁体、外部導体及びシースで構成され、このうち、ケーブルの絶縁機能は、絶縁体にて保たれている。

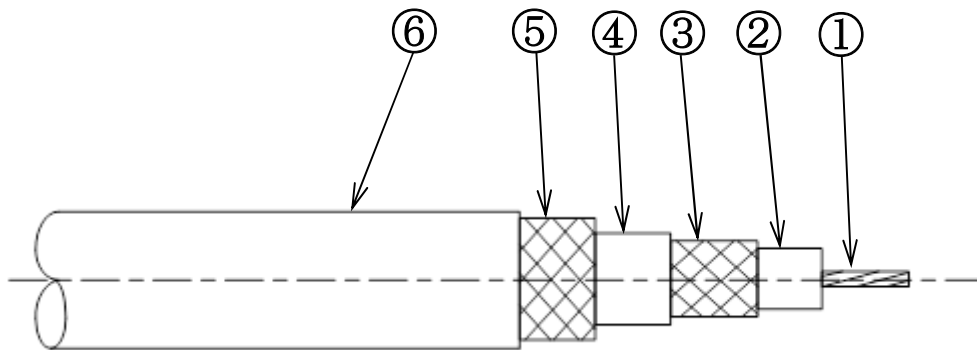
シースは、ケーブルを外的な力から保護するために設けられている。

代表的な難燃二重同軸ケーブル(絶縁体が耐放射線性架橋発泡ポリエチレン)の構造図を図2.1-2に示す。

### (2) 材料及び使用条件

難燃二重同軸ケーブル(絶縁体が耐放射線性架橋発泡ポリエチレン)

主要部位の使用材料を表2.1-3に、使用条件を表2.1-4に示す。



No.	部 位
①	内部導体
②	絶縁体
③	第1外部導体
④	第1シース
⑤	第2外部導体
⑥	第2シース

図2.1-2 難燃二重同軸ケーブル(絶縁体が耐放射線性架橋発泡ポリエチレン) 構造図



表 2.1-3 難燃二重同軸ケーブル(絶縁体が耐放射線性架橋発泡ポリエチレン)主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
信号伝達機能の維持	エネルギー・信号伝達	内部導体	錫メッキ軟銅線
		第1外部導体	錫メッキ軟銅線編組
		第2外部導体	錫メッキ軟銅線編組
	絶縁	絶縁体	耐放射線性架橋発泡ポリエチレン
	保護	第1シース	難燃性架橋ポリエチレン
		第2シース	難燃性架橋ポリエチレン

表 2.1-4 難燃二重同軸ケーブル(絶縁体が耐放射線性架橋発泡ポリエチレン)の使用条件

	通常運転時
設置場所	原子炉格納容器内
周囲温度	85 °C以下*

\*：原子炉格納容器内の設計値

### 2.1.3 難燃複合同軸ケーブル

#### (1) 構造

難燃複合同軸ケーブルは、大別すると同軸心、高圧電源心、制御心、シールド、押えテープ及びシースで構成されている。

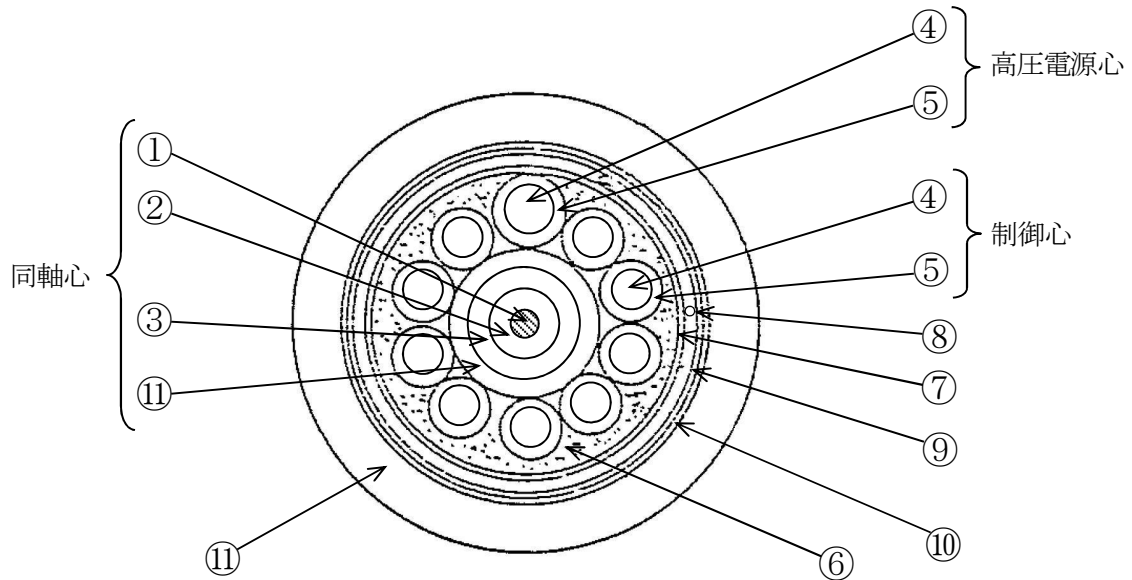
同軸心は内部導体、絶縁体及び外部導体で構成され、制御心及び高圧電源心は導体及び絶縁体で構成され、それぞれの絶縁は絶縁体で保たれている。

シールドは導体の静電誘導を低減するため、介在物及び押えテープはケーブルを整形するため、シースはケーブルを外力的な力から保護するために設けられている。

難燃複合同軸ケーブルの構造図を図 2.1-3 に示す。

#### (2) 材料及び使用条件

難燃複合同軸ケーブル主要部位の使用材料を表 2.1-5 に、使用条件を表 2.1-6 に示す。



No.	部 位
①	内部導体
②	絶縁体(同軸心)
③	外部導体
④	導体
⑤	絶縁体(高圧電源心, 制御心)
⑥	介在物
⑦	押えテープ
⑧	ドレンワイヤ
⑨	シールド
⑩	上巻きテープ
⑪	シース

図2.1-3 難燃複合同軸ケーブル構造図

表 2.1-5 難燃複合同軸ケーブル主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位		材 料
信号伝達機能の維持	エネルギー・信号伝達	同軸心	内部導体	錫メッキ軟銅線
			外部導体	錫メッキ軟銅線編組
		高圧電源心, 制御心	導体	軟銅線
	絶縁	同軸心	絶縁体	耐放射線性架橋ポリエチレン
		高圧電源心, 制御心		耐放射線性難燃性架橋ポリエチレン
	整形	介在物		難燃性介在物
		押えテープ		難燃性テープ
		ドレンワイヤ		錫メッキ軟銅より線
		シールド		アルミマイラーテープ
		上巻テープ		難燃性テープ
保護	シース		ノンコロシブビニル	

表 2.1-6 難燃複合同軸ケーブルの使用条件

	通常運転時
設置場所	原子炉格納容器外
周囲温度	40 °C以下*

\* : 原子炉格納容器外の設計値

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

同軸ケーブルの機能である通電機能を維持するためには、次の項目が必要である。

#### ① 信号伝達機能の維持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

同軸ケーブルについて、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の材料、構造、使用条件(設置場所、電圧)及び現在までの運転経験を考慮し、表 2.2-1 に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

なお、消耗品及び定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

同軸ケーブルには、消耗品及び定期取替品はない。

#### (3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

想定される経年劣化事象のうち主要 6 事象に該当する事象及び下記①、②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。なお、下記①、②に該当する事象については、2.2.3 項に示すとおり、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

- ① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの(日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△)
- ② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象(日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲)

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象として以下の事象が抽出された(表 2.2-1 で○)。

- a. 絶縁体の絶縁特性低下 [難燃二重同軸ケーブル(絶縁体が耐放射線性架橋ポリエチレン)]
- b. 絶縁体の絶縁特性低下 [難燃二重同軸ケーブル(絶縁体が耐放射線性架橋発泡ポリエチレン)]
- c. 絶縁体の絶縁特性低下 [難燃複合同軸ケーブル]

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

- (1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの(日常劣化管理事象)

日常劣化管理事象に該当する事象は抽出されなかった。

- (2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象(日常劣化管理事象以外)

#### a. 熱・放射線によるシースの劣化 [共通]

難燃二重同軸ケーブル(絶縁体が耐放射線性架橋ポリエチレン)、難燃二重同軸ケーブル(絶縁体が耐放射線性架橋発泡ポリエチレン)及び難燃複合同軸ケーブルシースは有機物であるため、熱及び放射線により硬化する可能性がある。

しかし、シースは、ケーブル布設時に生ずる外的な力から保護するためのものであり、ケーブルに要求される絶縁機能の確保に対する影響が極めて小さい。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

表 2.2-1 (1/3) 難燃二重同軸ケーブル(絶縁体が耐放射線性架橋ポリエチレン)に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期 取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象								備 考
					減肉		割れ		絶縁	導通	信号	その他	
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	絶縁特 性低下	導通 不良	特性 変化		
信号伝達機能の維持	エネルギー・ 信号伝達	内部導体		錫メッキ軟銅線									*: 熱・放射線 による劣化
		第1外部導体		錫メッキ軟銅線編組									
		第2外部導体		錫メッキ軟銅線編組									
	絶縁	絶縁体		耐放射線性架橋ポリ エチレン					○				
	保護	第1シース		難燃性架橋ポリエチ レン								▲*	
		第2シース		難燃性架橋ポリエチ レン								▲*	

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象(日常劣化管理事象以外)

表 2. 2-2 (2/3) 難燃二重同軸ケーブル(絶縁体が耐放射線性架橋発泡ポリエチレン)に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期 取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象								備 考
					減肉		割れ		絶縁	導通	信号	その他	
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	絶縁特 性低下	導通 不良	特性 変化		
信号伝達機能の維持	エネルギー・ 信号伝達	内部導体		錫メッキ軟銅線									*: 熱・放射線 による劣化
		第1外部導体		錫メッキ軟銅線編組									
		第2外部導体		錫メッキ軟銅線編組									
	絶縁	絶縁体		耐放射線性架橋発泡 ポリエチレン					○				
	保護	第1シース		難燃性架橋ポリエチ レン								▲*	
		第2シース		難燃性架橋ポリエチ レン								▲*	

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象(日常劣化管理事象以外)

表 2. 2-1 (3/3) 難燃複合同軸ケーブルに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位		消耗品・定期取替品	材 料	経年劣化事象							備 考	
						減 肉		割 れ		絶縁	導通	信号		その他
						摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁特性低下	導通不良	特性変化		
信号伝達機能の維持	エネルギー・信号伝達	同軸心	内部導体		錫メッキ軟銅線								*: 熱・放射線による劣化	
			外部導体		錫メッキ軟銅線編組									
		高圧電源心, 制御心	導体		軟銅線									
	絶縁	同軸心	絶縁体		耐放射線性架橋ポリエチレン					○				
					耐放射線性難燃性架橋ポリエチレン					○				
	整形	介在物			難燃性介在物									
		押えテープ			難燃性テープ									
		ドレンワイヤ			錫メッキ軟銅より線									
		シールド			アルミマイラーテープ									
		上巻テープ			難燃性テープ									
	保護	シース			ノンコロシブビニル							▲*		

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象(日常劣化管理事象以外)



## 2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

### (1) 絶縁体の絶縁特性低下 [難燃二重同軸ケーブル(絶縁体が耐放射線性架橋ポリエチレン)]

#### a. 事象の説明

絶縁体は、有機物の耐放射線性架橋ポリエチレンであるため、熱及び放射線による物性変化により、経年的に劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性がある。

絶縁特性低下を生ずる可能性のある部位を図2.3-1に示す。

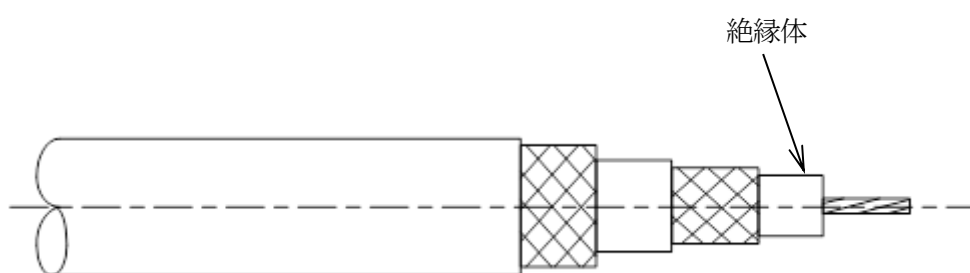


図2.3-1 難燃二重同軸ケーブル(絶縁体が耐放射線性架橋ポリエチレン)の絶縁部位

b. 技術評価

① 健全性評価

難燃二重同軸ケーブル(絶縁体が耐放射線性架橋ポリエチレン)の絶縁体は、有機物の耐放射線性架橋ポリエチレンであり、熱及び放射線による物性変化により、経年的に電氣的劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性があることから、長期間の使用を考慮すると絶縁体の絶縁特性低下の可能性は否定できない。

② 現状保全

難燃二重同軸ケーブル(絶縁体が耐放射線性架橋ポリエチレン)の絶縁特性低下に対しては、系統機器点検時の絶縁抵抗測定や動作試験においてケーブルの健全性を確認している。

また、点検でケーブルの異常が認められた場合には、ケーブルの取り替えを行うこととしている。

さらに、当面の冷温停止維持において、接続機器の使用状態を加味し、日常保全を継続し、必要に応じて取り替えを行うこととしている。

③ 総合評価

絶縁体の絶縁特性低下の可能性は否定できないが、絶縁特性低下は点検時における絶縁抵抗測定や動作試験で把握可能である。

また、当面の冷温停止維持においては、接続機器の使用状態を加味して日常保全を継続し、必要に応じて適切な対応をとることにより絶縁性能を維持できると判断する。

c. 高経年化への対応

絶縁体の絶縁特性低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に追加すべき項目はなく、今後も現状保全を継続していく。

(2) 絶縁体の絶縁特性低下 [難燃二重同軸ケーブル(絶縁体が耐放射線性架橋発泡ポリエチレン)]

a. 事象の説明

絶縁体は、有機物の耐放射線性架橋発泡ポリエチレンであるため、熱及び放射線による物性変化により、経年的に劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性がある。

絶縁特性低下を生ずる可能性のある部位を図 2.3-2 に示す。

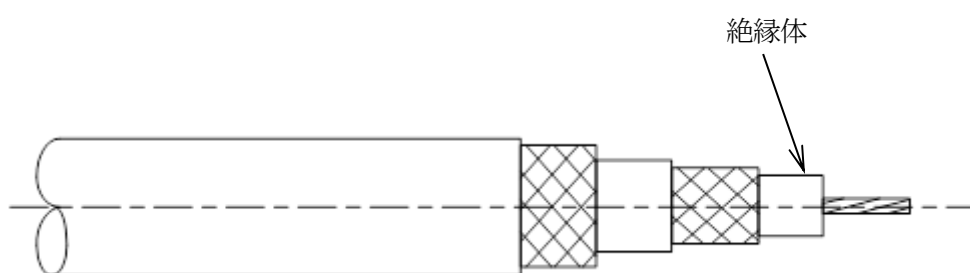


図2.3-2 難燃二重同軸ケーブル(絶縁体が耐放射線性架橋発泡ポリエチレン)

b. 技術評価

① 健全性評価

難燃二重同軸ケーブル(絶縁体が耐放射線性架橋発泡ポリエチレン)の絶縁体は、有機物の耐放射線性架橋発泡ポリエチレンであり、熱及び放射線による物性変化により、経年的に電氣的劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性があることから、長期間の使用を考慮すると絶縁体の絶縁特性低下の可能性は否定できない。

② 現状保全

難燃二重同軸ケーブル(絶縁体が耐放射線性架橋発泡ポリエチレン)の絶縁特性低下に対しては、系統機器の点検時に絶縁抵抗測定及び動作試験においてケーブルの絶縁機能の健全性を確認している。

さらに、当面の冷温停止維持において、接続機器の使用状態を加味し、日常保全を継続し、必要に応じて取り替えを行うこととしている。

③ 総合評価

絶縁体の絶縁特性低下の可能性は否定できないが、絶縁特性低下は点検時における絶縁抵抗測定で把握可能である。

また、当面の冷温停止維持においては、接続機器の使用状態を加味して日常保全を継続し、必要に応じて適切な対応をとることにより絶縁性能を維持できると判断する。

c. 高経年化への対応

絶縁体の絶縁特性低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に追加すべき項目はなく、今後も現状保全を継続していく。

(3) 絶縁体の絶縁特性低下 [難燃複合同軸ケーブル]

a. 事象の説明

難燃複合同軸ケーブルの絶縁体は、有機物の耐放射線性難燃性架橋ポリエチレン及び耐放射線性架橋ポリエチレンであるため、熱及び放射線による物性変化による電気的劣化により、経年的に劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性がある。

絶縁特性低下を生ずる可能性のある部位を図 2. 3-3 に示す。

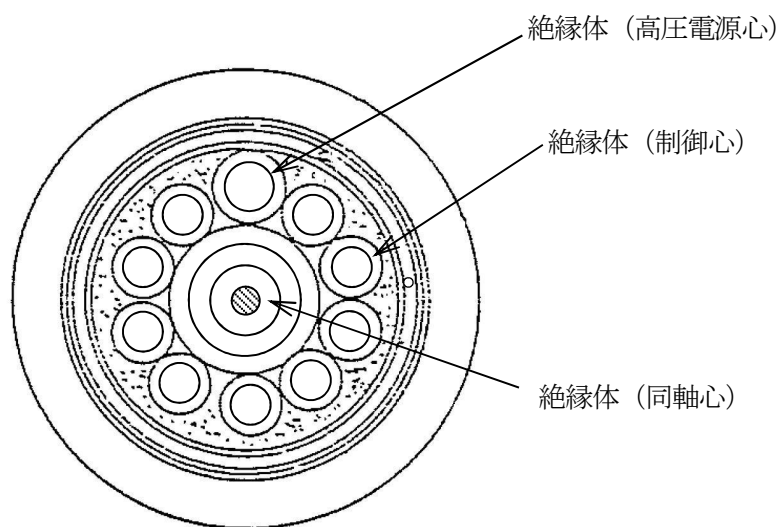


図2. 3-3 難燃複合同軸ケーブルの絶縁部位

## b. 技術評価

### ①健全性評価

難燃複合同軸ケーブルの絶縁体は、有機物の耐放射線性難燃性架橋ポリエチレン及び耐放射線性架橋ポリエチレンであり、熱及び放射線による物性変化により、経年的に電氣的劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性があることから、長期間の使用を考慮すると絶縁体の絶縁特性低下の可能性は否定できない。

### ②現状保全

難燃複合同軸ケーブルの絶縁特性低下に対しては、計器点検時においてケーブルの健全性を確認している。

また、点検でケーブルに異常が認められた場合には、ケーブルの取替を行うこととしている。

### ③総合評価

絶縁体の絶縁特性低下の可能性は否定できないが、絶縁特性低下は計器点検時において把握可能である。

## c. 高経年化への対応

絶縁体の絶縁特性低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に追加すべき項目はなく、今後も現状保全を継続していく。

### 3. 代表機器以外への展開

本章では2章で実施した代表機器の技術評価について、1章で実施したグループ化で代表機器となっていない機器への展開について検討した。

- ① 難燃一重同軸ケーブル(シース：難燃性架橋ポリエチレン)
- ② 難燃一重同軸ケーブル(シース：ノンコロシブビニル)

#### 3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

##### a. 絶縁体の絶縁特性低下 [共通]

代表機器同様、難燃一重同軸ケーブル(シース：難燃性架橋ポリエチレン)及び難燃一重同軸ケーブル(シース：ノンコロシブビニル)の絶縁体は、有機物の耐放射線性架橋ポリエチレンであり、熱及び放射線による物性変化により、経年的に電氣的劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性は否定できないが、絶縁特性低下に対しては系統機器点検時の絶縁抵抗測定や動作試験で把握可能である。

また、当面の冷温停止維持においては、難燃一重同軸ケーブル(シース：難燃性架橋ポリエチレン)及び難燃一重同軸ケーブル(シース：ノンコロシブビニル)は、接続機器の使用状態を加味して日常保全を継続し、必要に応じて取り替え等の適切な対応をとることにより、健全性は維持できると判断する。

したがって、高経年化対策の観点から現状保全内容に対し追加すべき項目はない。

### 3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

- (1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの(日常劣化管理事象)

代表機器同様、日常劣化管理事象に該当する事象は抽出されなかった。

- (2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象(日常劣化管理事象以外)

- a. 熱・放射線によるシースの劣化〔難燃一重同軸ケーブル(シース：難燃性架橋ポリエチレン)〕

代表機器同様、難燃一重同軸ケーブル(シース：難燃性架橋ポリエチレン)の難燃性架橋ポリエチレンシースは有機物であるため、熱及び放射線により硬化する可能性がある。

しかし、シースは、ケーブル布設時に生ずる外的な力からケーブルを保護するためのものであり、ケーブルに要求される絶縁機能の確保に対する影響は極めて小さい。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- b. 熱・放射線によるシースの劣化〔難燃一重同軸ケーブル(シース：ノンコロシブビニル)〕

代表機器同様、難燃一重同軸ケーブルのノンコロシブビニルシースは有機物であるため、熱及び放射線により硬化する可能性がある。

しかし、シースは、ケーブル布設時に生ずる外的な力からケーブルを保護するためのものであり、ケーブルに要求される絶縁機能の確保に対する影響は極めて小さい。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

以 上



## 4 光ファイバケーブル

[対象ケーブル]

- ① 光ファイバケーブル

# 目 次

1. 対象機器及び代表機器の選定 .....	4-1
2. 代表機器の技術評価 .....	4-3
2.1 構造, 材料及び使用条件 .....	4-3
2.1.1 光ファイバケーブル .....	4-3
2.2 経年劣化事象の抽出 .....	4-6
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目 .....	4-6
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 .....	4-6
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 .....	4-7

1. 対象機器及び代表機器の選定

対象となる光ファイバケーブルの主な仕様を表 1-1 に示す。

このグループには、GI 型光ファイバケーブルのみが対象であることから、これを代表機器とした。

表 1-1 光ファイバケーブルの代表機器の選定

分類基準		機器名称	選定基準						仕様	
区分	心線材料		用途	重要度*	設置場所		使用開始時期		シース材料	
					原子炉格納容器内	原子炉格納容器外	建設時	運転開始後	内部シース	外部シース
光ファイバ	石英ファイバ	GI型光ファイバケーブル	制御・計装	MS-2		○	○		一次被覆:けい素ゴム バッファ層:けい素ゴム 二次被覆:ナイロン	難燃性 ノンロシブビニル

\*: 最上位の重要度を示す

## 2. 代表機器の技術評価

本章では、1章で代表機器とした以下のケーブルについて技術評価を実施する。

### ① 光ファイバケーブル

#### 2.1 構造，材料及び使用条件

##### 2.1.1 光ファイバケーブル

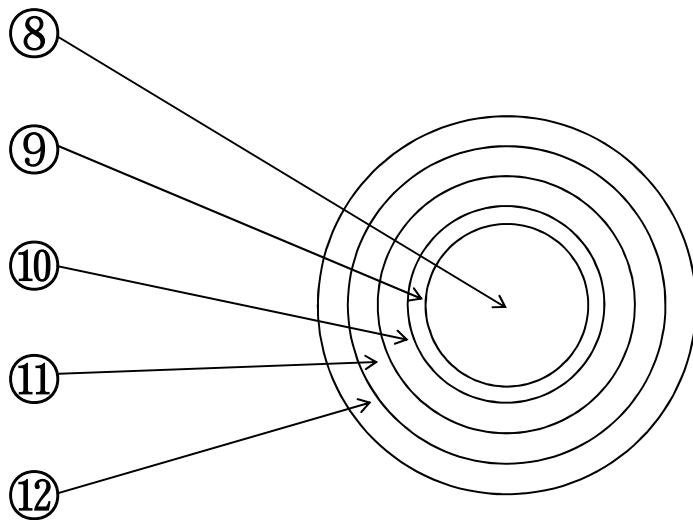
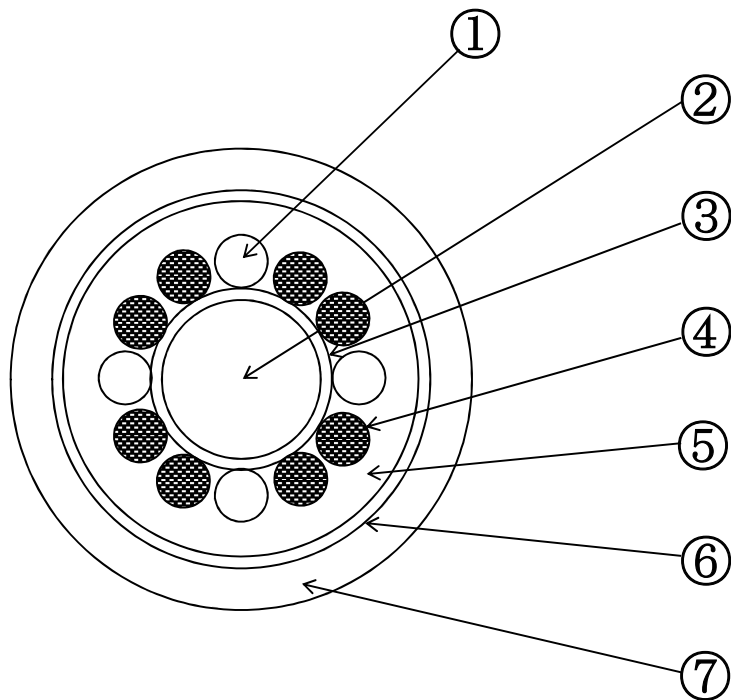
###### (1) 構造

光ファイバケーブルは、大別すると光ファイバ心線，テンションメンバ，テンションメンバ被覆，介在紐，緩衝材，押えテープ及びシースで構成される。さらに光ファイバ心線はコア，クラッド，一次被覆，バッファ層及び二次被覆で構成される。

このうち，光ファイバケーブルの伝送機能は，光ファイバ心線を外的な力及び透湿から保護するシース，一次被覆，バッファ層及び二次被覆にて保たれている。

テンションメンバ，テンションメンバ被覆，介在紐，緩衝材及び押えテープはケーブルの整形及びケーブルを外的な力から保護するために設けられている。

光ファイバケーブルの構造図を図 2.1-1 に示す。



光ファイバ心線の構造

No.	部 位
①	光ファイバ心線
②	テンションメンバ
③	テンションメンバ被覆
④	介在紐
⑤	緩衝材
⑥	押えテープ
⑦	シース
⑧	コア
⑨	クラッド
⑩	一次被覆
⑪	バッファ層
⑫	二次被覆

図2.1-1 光ファイバケーブル構造図

表 2.1-1 光ファイバケーブル主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
伝送光量の維持	信号伝達	光ファイバ心線 (コア, クラッド)	石英ファイバ
	整形	テンションメンバ	難燃性FRP
		テンションメンバ被覆	難燃性ノンコロシブビニル
		介在紐	難燃性ノンコロシブビニル
		緩衝材	難燃性フェノール繊維
		押えテープ	難燃性布テープ
	保護	シース	難燃性ノンコロシブビニル
		一次被覆	けい素ゴム
		バッファ層	けい素ゴム
		二次被覆	ナイロン

表 2.1-2 光ファイバケーブルの使用条件

	通常運転時
設置場所	原子炉格納容器内
周囲温度	40 °C以下*

\*：原子炉格納容器外の設計値

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

光ファイバケーブルの機能である計測制御信号の伝達機能を維持するためには、次の項目が必要である。

- ① 伝送光量の維持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

光ファイバケーブルについて、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の材料、構造、使用条件（設置場所）及び現在までの運転経験を考慮し、表 2.2-1 に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

なお、消耗品及び定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

光ファイバケーブルには、消耗品及び定期取替品はない。

#### (3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

想定される経年劣化事象のうち主要 6 事象に該当する事象及び下記①、②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。なお、下記①、②に該当する事象については、2.2.3 項に示すとおり、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

- ① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△）
- ② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲）

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。



### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

- (1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの(日常劣化管理事象)

日常劣化管理事象に該当する事象は抽出されなかった。

- (2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象(日常劣化管理事象以外)

- a. 環境的要因によるシース、一次被覆、バッファ層及び二次被覆の劣化

光ファイバケーブルの難燃性ノンコロシブビニルシース、一次被覆、バッファ層のけい素ゴム及び二次被覆のナイロンは有機物であるため、環境的要因により劣化する可能性がある。これらの部位の劣化によって光ファイバ心線への水分の混入、さらには伝送光量の減少が想定される。

しかし、シース、一次被覆、バッファ層及び二次被覆は、ケーブル布設時に生ずる外的な力からケーブルを保護するためのものである。また、光ファイバケーブルの布設ルートは空調環境下であり、外部からの水分混入は考え難い。このことから、ケーブルに要求される伝送光量の維持に対する影響は極めて小さいため、高経年劣化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

表 2.2-1 光ファイバケーブルに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期 取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象								備 考	
					減 肉		割 れ		絶縁	導通	信号	その他		
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	絶縁特 性低下	導通 不良	特性 変化			
伝送光量の 維持	信号伝達	光ファイバ心線(コア, クラッド)		石英ファイバ									*:劣化に伴う光ファイバ心線(コア, クラッド)の伝送光量減少	
	整形	テンションメンバ		難燃性FRP										
		テンションメンバ被覆		難燃性ノンコロシブビニル										
		介在紐		難燃性ノンコロシブビニル										
		緩衝材		難燃性フェノール繊維										
		押えテープ		難燃性布テープ										
	保護	シース		難燃性ノンコロシブビニル										▲*
		一次被覆		けい素ゴム										▲*
		バッファ層		けい素ゴム										▲*
		二次被覆		ナイロン										▲*

▲:高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象(日常劣化管理事象以外)

以 上

## 5 ケーブルトレイ，電線管

[対象機器]

①ケーブルトレイ

②電線管

## 目 次

1. 対象機器及び代表機器の選定.....	5-1
2. 代表機器の技術評価.....	5-1
2.1 構造,材料及び使用条件.....	5-1
2.1.1 ケーブルトレイ.....	5-1
2.1.2 電線管 .....	5-4
2.2 経年劣化事象の抽出.....	5-7
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目.....	5-7
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象.....	5-7
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象.....	5-8

## 1. 対象機器及び代表機器の選定

ケーブルトレイ，電線管の主な機能を表 1-1 に示す。

このグループには，ケーブルトレイ，電線管のみが対象であることから，各々を代表機器とした。

表 1-1 ケーブルトレイ，電線管の主な機能

機器名称	機能
ケーブルトレイ	ケーブルを収納して支持する
電線管	ケーブルを収納して支持する

## 2. 代表機器の技術評価

本章では，1章で代表機器とした以下について技術評価を実施する。

- ① ケーブルトレイ
- ② 電線管

### 2.1 構造，材料及び使用条件

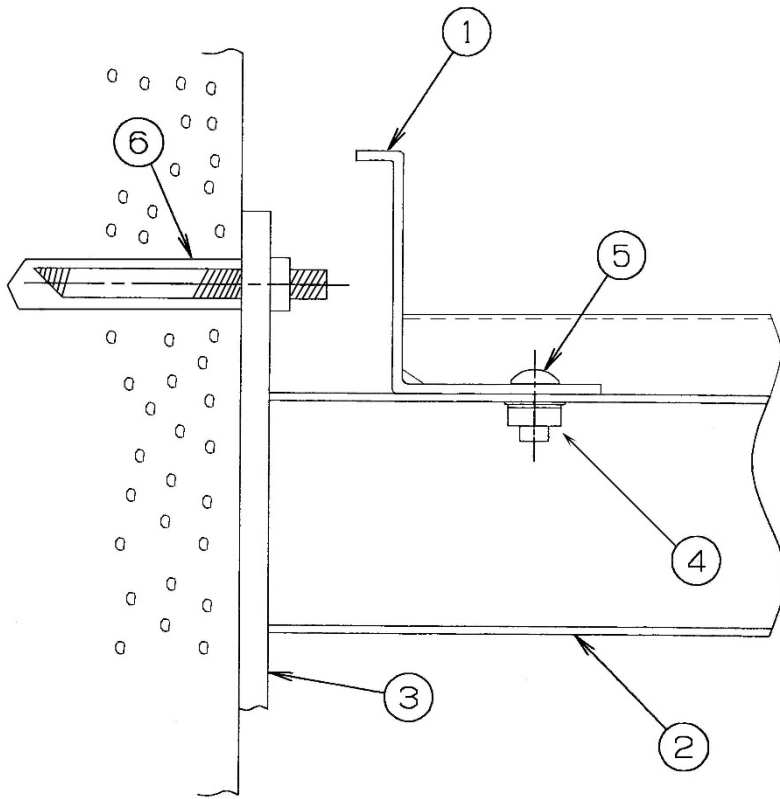
#### 2.1.1 ケーブルトレイ

##### (1) 構造

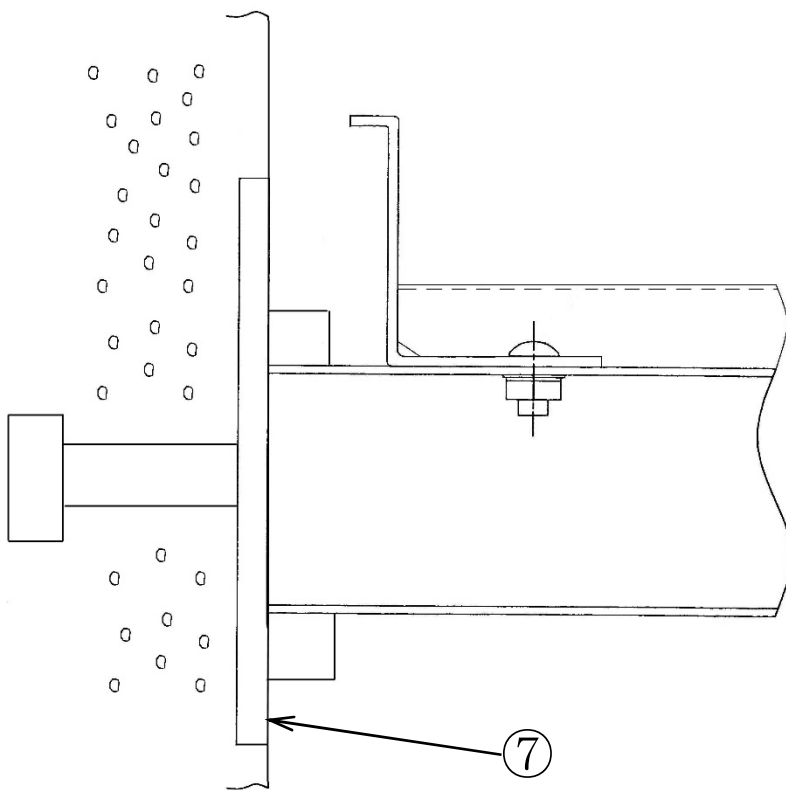
ケーブルトレイの代表的な構造図を図 2.1-1 に示す。

##### (2) 材料及び使用条件

ケーブルトレイ主要部位の使用材料を表 2.1-1 に，使用条件を表 2.1-2 に示す。



(図-a) 基礎ボルト(後打ケミカルアンカ)の例



(図-b) 埋込金物の例

No.	部 位
①	ケーブルトレイ
②	サポート
③	ベースプレート
④	ナット
⑤	トレイ取付ボルト
⑥	基礎ボルト
⑦	埋込金物

図2.1-1 ケーブルトレイ構造図

表 2.1-1 ケーブルトレイ主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
機器の支持	支持	ケーブルトレイ	炭素鋼
		サポート	炭素鋼
		ベースプレート	炭素鋼
		トレイ取付ボルト, ナット	炭素鋼
		基礎ボルト	炭素鋼, 樹脂*
		埋込金物	炭素鋼

\*: 後打ちケミカルアンカ

表 2.1-2 ケーブルトレイの使用条件

設置場所	原子炉格納容器内外, 屋外
布設ケーブルの使用電圧	7,000 V以下

## 2.1.2 電線管

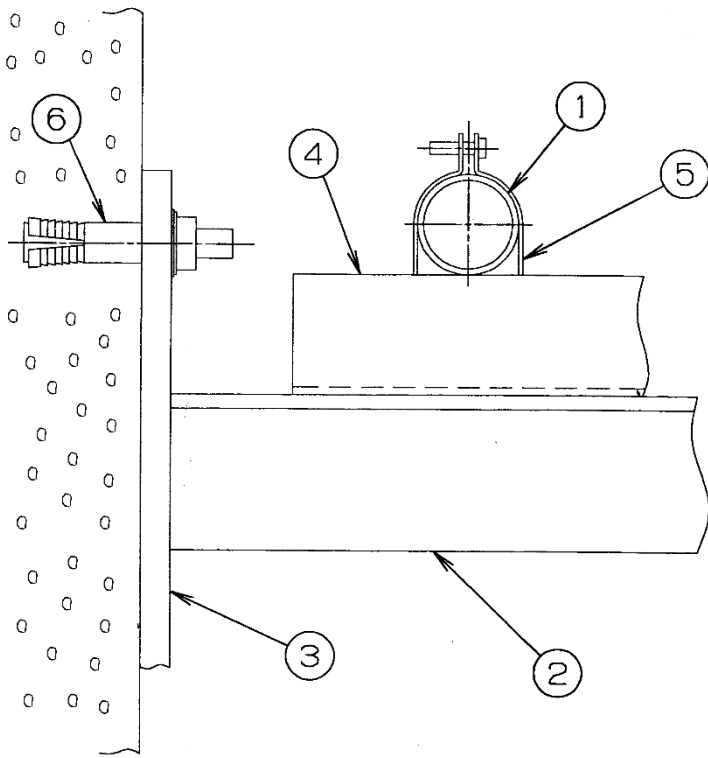
### (1) 構造

電線管の代表的な構造図を図 2.1-2 に示す。

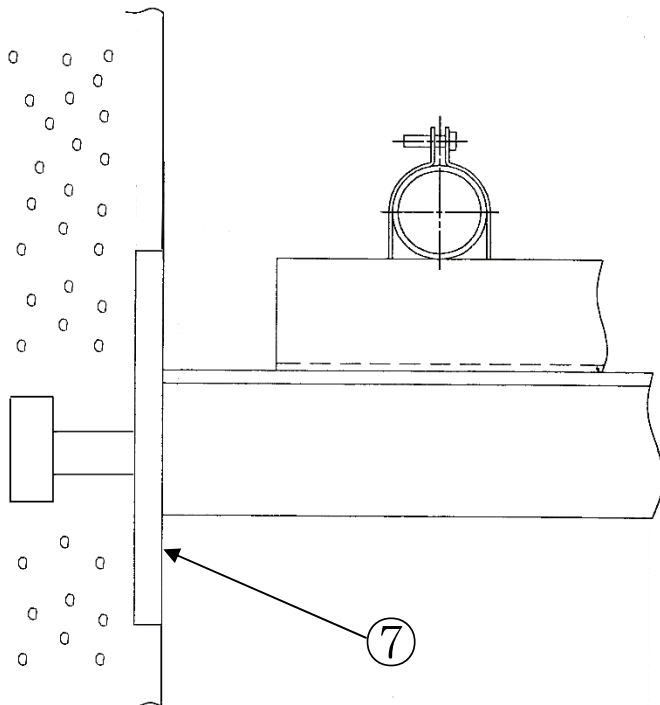
### (2) 材料及び使用条件

電線管主要部位の使用材料を表 2.1-3 に，使用条件を表 2.1-4 に示す。





(図-a) 基礎ボルト(後打メカニカルアンカ)の例



(図-b) 埋込金物の例

No.	部 位
①	電線管
②	サポート
③	ベースプレート
④	ユニバーチャンネル
⑤	パイプクランプ
⑥	基礎ボルト
⑦	埋込金物

図2.1-2 電線管構造図

表 2.1-3 電線管主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
機器の支持	支持	電線管	炭素鋼
		サポート	炭素鋼
		ベースプレート	炭素鋼
		ユニバーチャンネル	炭素鋼
		パイプクランプ	炭素鋼
		基礎ボルト	炭素鋼, 樹脂*
		埋込金物	炭素鋼

\*: 後打ちケミカルアンカ

表 2.1-4 電線管の使用条件

設置場所	原子炉格納容器内外, 屋外
布設ケーブルの使用電圧	7,000 V 以下

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

ケーブルトレイ、電線管の機能であるケーブルの電路確保を維持するためには、次の項目が必要である。

#### ① 機器の支持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

ケーブルトレイ、電線管について、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の材料、構造、使用条件(設置場所、電圧)及び現在までの運転経験を考慮し、表 2.2-1 に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

なお、消耗品及び定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

ケーブルトレイ及び電線管には、消耗品及び定期取替品はない。

#### (3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

想定される経年劣化事象のうち主要 6 事象に該当する事象及び下記①、②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。なお、下記①、②に該当する事象については、2.2.3 項に示すとおり、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの(日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△)

② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象(日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲)

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの(日常劣化管理事象)

#### a. 電線管の内面からの腐食(全面腐食) [電線管]

電線管は炭素鋼であるため腐食の発生が想定されるが、電線管内面は溶融亜鉛メッキが施されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、電線管内面へ水気が浸入しやすい屋外においては、布設施工時、電線管接続部について防水処理を施し、必要に応じて補修塗装等を行うこととしている。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### b. ケーブルトレイ、電線管、サポート、ベースプレート、トレイ取付ボルト・ナット、ユニバーチャンネル、パイプクランプの外面からの腐食(全面腐食) [共通]

ケーブルトレイ、電線管、サポート、ベースプレート、トレイ取付ボルト・ナット、ユニバーチャンネル、パイプクランプの材料の炭素鋼には腐食防止のための溶融亜鉛メッキ等の防食処理が施されており、メッキ及び塗膜が健全であれば腐食が発生する可能性は小さいが、屋外に設置されているケーブルトレイ、電線管及びサポート等は、長期間風雨等の悪環境にさらされるため、塗膜のはく離等が生じて腐食が発生し、外面腐食によるケーブル支持機能が低下する可能性がある。

しかし、ケーブルトレイ、電線管及びサポート等の部品については、点検時や巡視時に目視にて表面状態を確認しており、必要に応じて補修塗装等を行っていることから、腐食の発生する可能性は小さい。

したがって、今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### c. 埋込金物の外面からの腐食(全面腐食) [共通]

埋込金物大気接触部は防食塗装を施しており、塗膜が健全であれば腐食が発生する可能性は小さいが、屋外に設置されている埋込金物大気接触部は長期間風雨等の悪環境にさらされるため、塗膜のはく離等が生じて腐食が発生し、外面腐食によるケーブル支持機能が低下する可能性がある。

しかし、埋込金物大気接触部については、点検時や巡視時に目視にて表面状態を確認しており、必要に応じて補修塗装等を行っていることから、腐食の発生する可能性は小さい。

したがって、今後もこれらの傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### d. 基礎ボルトの外面からの腐食(全面腐食) [共通]

基礎ボルトの外面からの腐食については、「機械設備の技術評価書」にて評価を実施するものとし本評価書には含めていない。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象(日常劣化管理事象以外)

a. 電線管のコンクリート埋設部外面からの腐食 [電線管]

電線管は、炭素鋼であるためコンクリート埋設部におけるコンクリートが中性化した場合に腐食の発生が想定されるが、電線管外面は熔融亜鉛メッキが施されていること及び実機コンクリートにおけるサンプリング結果では中性化は殆ど見られていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. 基礎ボルトの樹脂の劣化(後打ちケミカルアンカ) [共通]

基礎ボルトの樹脂の劣化については、「機械設備の技術評価書」にて評価を実施するものとし本評価書には含めていない。

表 2.2-1(1/2) ケーブルトレイに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期 取替品	材料	経 年 劣 化 事 象								備考
					減 肉		割 れ		絶縁	導通	信号	その他	
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	絶縁特 性低下	導通 不良	特性 変化		
機器の支持	支持	ケーブルトレイ		炭素鋼		△ <sup>*1</sup>							*1:外面からの腐食 (全面腐食) *2:後打ちケミカル アンカ *3:樹脂の劣化
		サポート		炭素鋼		△ <sup>*1</sup>							
		ベースプレート		炭素鋼		△ <sup>*1</sup>							
		トレイ取付ボルト, ナット		炭素鋼		△ <sup>*1</sup>							
		基礎ボルト		炭素鋼, 樹脂 <sup>*2</sup>		△ <sup>*1</sup>						▲ <sup>*3</sup>	
		埋込金物		炭素鋼		△ <sup>*1</sup>							

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象(日常劣化管理事象)

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象(日常劣化管理事象以外)

表 2.2-1 (2/2) 電線管に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象								備考
					減肉		割れ		絶縁	導通	信号	その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁特性低下	導通不良	特性変化		
機器の支持	支持	電線管		炭素鋼		△*1△*2▲*3							*1:外面からの腐食(全面腐食) *2:内面からの腐食(全面腐食) *3:コンクリート埋設部の外面からの腐食 *4:後打ちケミカルアンカ *5:樹脂の劣化
		サポート		炭素鋼		△*1							
		ベースプレート		炭素鋼		△*1							
		ユニバーチャンネル		炭素鋼		△*1							
		パイプクランプ		炭素鋼		△*1							
		基礎ボルト		炭素鋼, 樹脂*4		△*1						▲*5	
		埋込金物		炭素鋼		△*1							

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象(日常劣化管理事象)  
▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象(日常劣化管理事象以外)

以 上

## 6 ケーブル接続部

[対象ケーブル接続部]

- ① 端子台接続
- ② 端子接続
- ③ 直ジョイント接続
- ④ 電動弁コネクタ接続
- ⑤ 同軸コネクタ接続



## 目 次

1. 対象機器及び代表機器の選定 .....	6-1
1.1 グループ化の考え方及び結果 .....	6-1
1.2 代表機器の選定 .....	6-1
2. 代表機器の技術評価 .....	6-3
2.1 構造, 材料及び使用条件 .....	6-3
2.1.1 端子台接続 (ジアリルフタレート樹脂) .....	6-3
2.1.2 直ジョイント接続(架橋ポリオレフィン).....	6-6
2.1.3 電動弁コネクタ接続(ジアリルフタレート樹脂).....	6-9
2.1.4 同軸コネクタ接続 (ポリエーテルエーテルケトン).....	6-12
2.2 経年劣化事象の抽出 .....	6-15
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目 .....	6-15
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象.....	6-15
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象.....	6-16
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価 .....	6-22
3. 代表機器以外への展開 .....	6-30
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 .....	6-30
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象.....	6-31

## 1. 対象機器及び代表機器の選定

対象となるケーブル接続部の主な仕様を表 1-1 に示す。

これらのケーブル接続部をグループ化し、それぞれのグループより代表機器を選定した。

### 1.1 グループ化の考え方及び結果

種類を分類基準とし、ケーブル接続部を表 1-1 に示すとおりグループ化する。

### 1.2 代表機器の選定

表 1-1 に分類したグループ毎に、原則として重要度及び設置場所（周囲温度）の観点から、代表機器を選定する。

#### (1) 種類：端子接続

このグループには、端子台接続及び端子接続が属するが、設置場所の観点から原子炉格納容器内で使用している端子台接続（ジアリルフタレート樹脂）を代表機器とする。

#### (2) 種類：直ジョイント接続

このグループには、直ジョイント接続のみが属するため、直ジョイント接続（架橋ポリオレフィン）を代表機器とする。

#### (3) 種類：電動弁コネクタ接続

このグループには、電動弁コネクタ接続のみが属するため、電動弁コネクタ接続（ジアリルフタレート樹脂）を代表機器とする。

#### (4) 種類：同軸コネクタ接続

このグループには、同軸コネクタ接続のみが属するため、設置場所及び周囲温度の観点から同軸コネクタ接続（ポリエーテルエーテルケトン）を代表機器とする。

表 1-1 ケーブル接続部のグループ化及び代表機器の選定

分類基準 種類	接続部名称	絶縁体材料	選定基準				選定	選定理由
			用途	設置場所		重要度*		
				原子炉格納 容器内	原子炉格納 容器外			
端子接続	端子台接続	ジアリルフタレート 樹脂	動力・制御・計測	○	○	MS-1	◎	設置場所
		ポリフェニレンエー テル樹脂	動力・制御・計測		○	MS-1		
	端子接続	ビニルテープ	動力		○	MS-1		
直ジョイント接続	直ジョイント接続	架橋ポリオレフィン	動力・制御・計測	○	○	MS-1	◎	
電動弁コネクタ接 続	電動弁コネクタ接続	ジアリルフタレート 樹脂	動力・制御	○	○	MS-1	◎	
同軸コネクタ接続	同軸コネクタ接続	ポリエーテルエーテ ルケトン	計測	○		MS-1	◎	設置場所（周囲温 度）
		架橋ポリスチレン		○	○	MS-1		
		四フッ化エチレン樹 脂			○	MS-1		

◎：代表機器

\*：最上位の重要度を示す

## 2. 代表機器の技術評価

本章では、1章で代表機器とした以下のケーブル接続部について技術評価を実施する。

- ① 端子台接続（ジアリルフタレート樹脂）
- ② 直ジョイント接続（架橋ポリオレフィン）
- ③ 電動弁コネクタ接続（ジアリルフタレート樹脂）
- ④ 同軸コネクタ接続（ポリエーテルエーテルケトン）

### 2.1 構造、材料及び使用条件

#### 2.1.1 端子台接続（ジアリルフタレート樹脂）

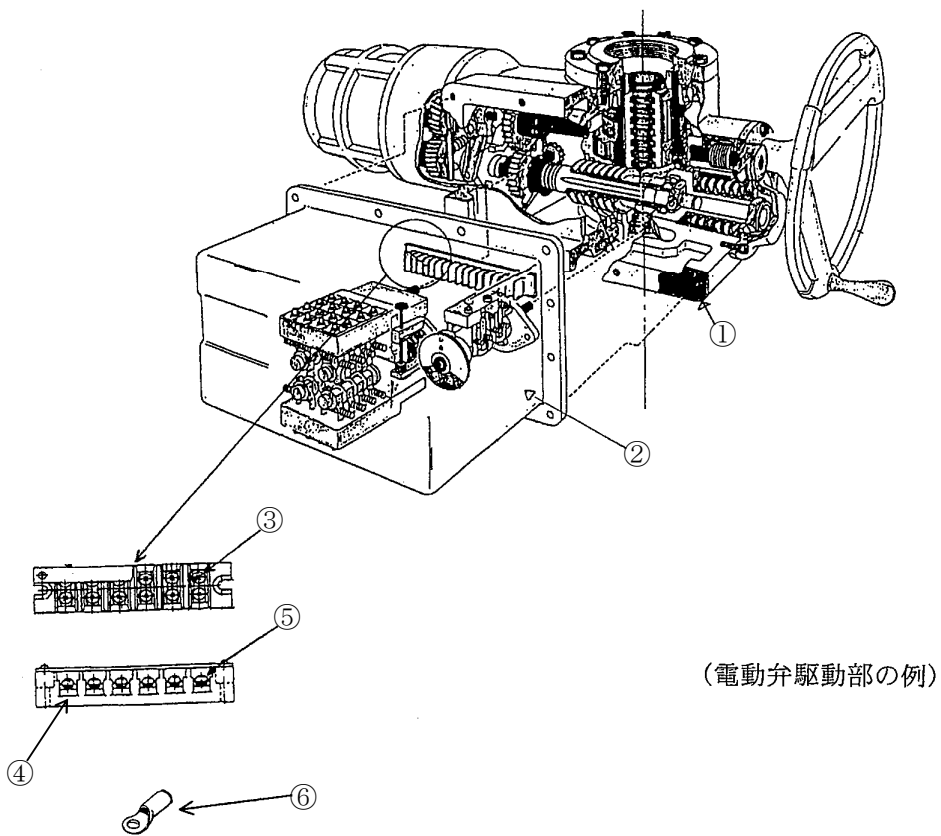
##### (1) 構造

端子台接続は、大別すると端子板、端子台ビス、接続端子、端子箱、ガスケット及び絶縁物で構成され、このうち端子台接続の絶縁機能は、絶縁物で保たれている。

代表的な端子台接続の構造図を図 2.1-1 に示す。

##### (2) 材料及び使用条件

代表的な端子台接続主要部位の使用材料を表 2.1-1 に、使用条件を表 2.1-2 に示す。



No.	部 位
①	ガスケット
②	端子箱
③	端子板
④	絶縁物
⑤	端子台ビス
⑥	接続端子

図2.1-1 端子台接続の構造図

表 2.1-1 端子台接続主要部位の使用材料（電動弁の例）

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
電力・信号伝達機能の維持	エネルギー・信号伝達	ガスケット	(消耗品)
		端子箱	鋳鉄
		端子板	炭素鋼 (SS400)
		絶縁物	ジアリルフタレート樹脂
		端子台ビス	炭素鋼 (SS400)
		接続端子	銅合金

表 2.1-2 端子台接続の使用条件

	通常運転時
電圧	600V 以下
設置場所	原子炉格納容器内外
周囲温度	66°C以下*

\*：原子炉格納容器内の設計値

## 2.1.2 直ジョイント接続（架橋ポリオレフィン）

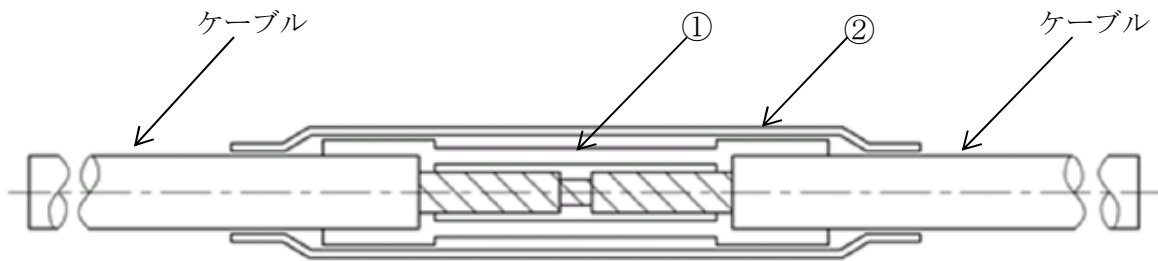
### (1) 構造

直ジョイント接続は、ケーブル同士をスプライスで圧着接続し、その周囲を熱収縮チューブにより固定及び絶縁を行う構造となっている。

代表的な直ジョイント接続の構造図を図 2.1-2 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

代表的な直ジョイント接続主要部位の使用材料を表 2.1-3 に、使用条件を表 2.1-4 に示す。



No.	部 位
①	スプライス
②	熱収縮チューブ

図2.1-2 直ジョイント接続の構造図



表 2.1-3 直ジョイント接続主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
電力・信号伝達機能の維持	エネルギー・信号伝達	スプライス	銅
		熱収縮チューブ	架橋ポリオレフィン

表 2.1-4 直ジョイント接続の使用条件

	通常運転時
電圧	600V 以下
設置場所	原子炉格納容器内外
周囲温度	66°C以下*1

\*1：原子炉格納容器内の設計値

### 2.1.3 電動弁コネクタ接続（ジアリルフタレート樹脂）

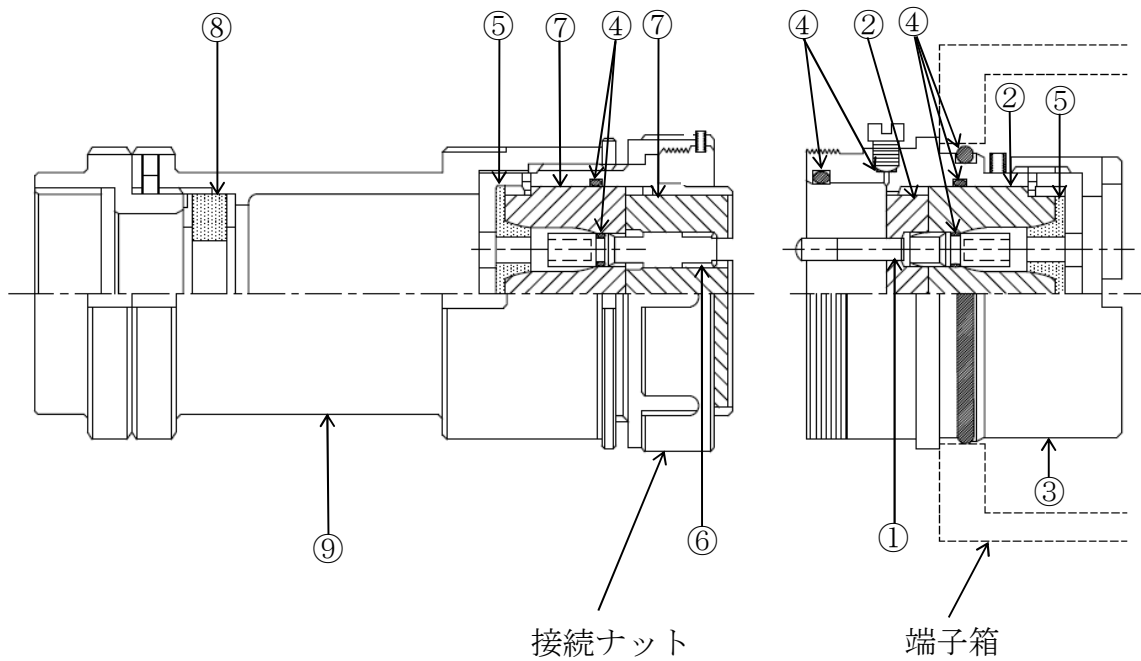
#### (1) 構造

電動弁コネクタ接続は、大別すると、オス及びメスコンタクト、オス及びメス絶縁物、レセプタクルシェル、Oリング、シーリングブッシュ、ゴムブッシュ、プラグシェルで構成され、このうち格納容器内電動弁コネクタの絶縁機能は、オス及びメス絶縁物で保たれている。

代表的な電動弁コネクタ接続の構造図を図 2.1-3 に示す。

#### (2) 材料及び使用条件

代表的な電動弁コネクタ接続主要部位の使用材料を表 2.1-5 に、使用条件を表 2.1-6 に示す。



No.	部 位
①	オスコンタクト
②	オス絶縁物
③	レセプタクルシェル
④	Oリング
⑤	シーリングブッシュ
⑥	メスコンタクト
⑦	メス絶縁物
⑧	ゴムブッシュ
⑨	プラグシェル

図2.1-3 電動弁コネクタ接続の構造図

表 2.1-5 電動弁コネクタ接続の主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
電力・信号伝達機能の維持	エネルギー・信号伝達	オスコンタクト	銅（金メッキ）
		オス絶縁物	ジアリルフタレート樹脂
		レセプタクルシェル	黄銅（ニッケルメッキ）
		Oリング	エチレンプロピレンゴム
		シーリングブッシュ	エチレンプロピレンゴム
		メスコンタクト	銅（金メッキ）
		メス絶縁物	ジアリルフタレート樹脂
		ゴムブッシュ	エチレンプロピレンゴム
		プラグシェル	黄銅（ニッケルメッキ）

表 2.1-6 電動弁コネクタ接続の使用条件

	通常運転時
設置場所	原子炉格納容器内外
周囲温度	66°C以下*

\*：原子炉格納容器内の設計値

#### 2.1.4 同軸コネクタ接続（ポリエーテルエーテルケトン）

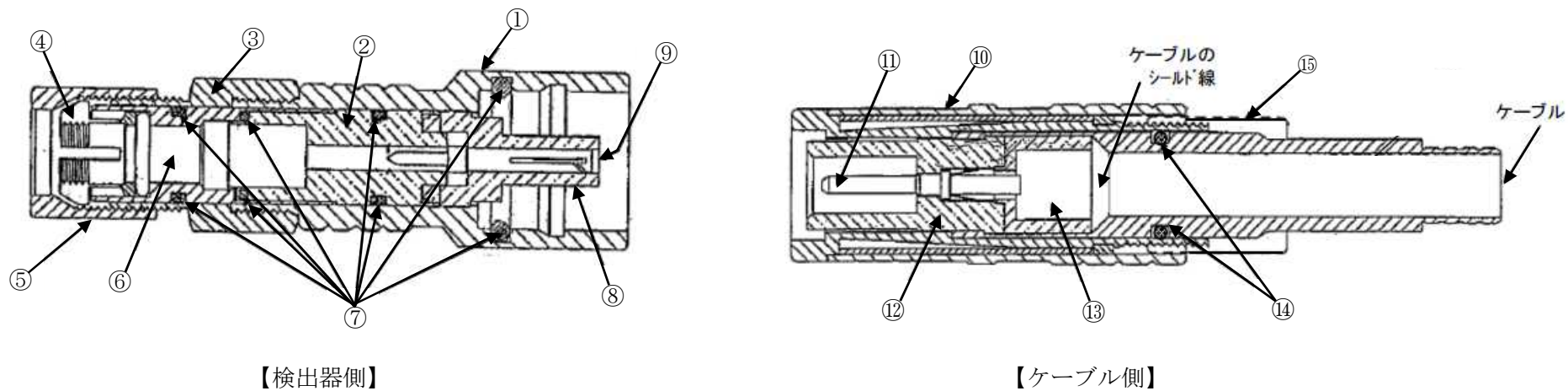
##### (1) 構造

同軸コネクタ接続は、大別すると、プラグボディ、プラグシェル、レセプタクルボディ、レセプタクルシェル、プラグインシュレータ、インシュレータ、コレット、コレットナット、Oリング、オスコンタクト及びメスコンタクトで構成され、このうち同軸コネクタの絶縁機能は、絶縁物（インシュレータ）で保たれている。

代表的な同軸コネクタ接続の構造図を図 2.1-4 に示す。

##### (2) 材料及び使用条件

代表的な同軸コネクタ接続主要部位の使用材料を表 2.1-7 に、使用条件を表 2.1-8 に示す。



No.	部位	No.	部位
①	レセプタクルボディ	⑨	ソケットコンタクト
②	スペーサ	⑩	プラグボディ
③	ナット	⑪	ピンコンタクト
④	コレット	⑫	プラグインシュレータ
⑤	バックナット	⑬	クリンプカーラー
⑥	レセプタクルアダプタ	⑭	Oリング
⑦	Oリング	⑮	コネクタナット
⑧	レセプタクルインシュレータ		

図2.1-4 同軸コネクタ接続の構造図

表 2.1-7 同軸コネクタ接続の主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
信号伝達機能の維持	信号伝達	レセプタクルボディ	黄銅
		スペーサ	(定期取替品)
		ナット	(定期取替品)
		コレット	(定期取替品)
		バックナット	(定期取替品)
		レセプタクルアダプタ	(定期取替品)
		Oリング	(定期取替品)
		レセプタクルインシュレータ	ポリエーテルエーテルケトン
		ソケットコンタクト	黄銅
		プラグボディ	黄銅
		ピンコンタクト	黄銅
		プラグインシュレータ	ポリエーテルエーテルケトン
		クリンプカーラー	(定期取替品)
		Oリング	(定期取替品)
		コネクタナット	黄銅

表 2.1-8 同軸コネクタ接続の使用条件

	通常運転時
設置場所	原子炉格納容器内外
周囲温度	66 °C以下*

\*：原子炉格納容器内の設計値

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

ケーブル接続部の機能である通電機能を維持するためには、次の項目が必要である。

#### ① 電力・信号伝達機能の維持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

ケーブル接続部について、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の材料、構造、使用条件及び現在までの運転経験を考慮し、表 2.2-1 に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

なお、消耗品及び定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

ガスケット及びOリングは消耗品、同軸コネクタのオスコンタクト側コネクタは定期取替品であり、設計時に長期使用せず取り替えを前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

#### (3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

想定される経年劣化事象のうち主要 6 事象に該当する事象及び下記①、②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。なお、下記①、②に該当する事象については、2.2.3 項に示すとおり、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△）

② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲）

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象として以下の事象が抽出された（表 2.2-1 で○）。

- a. 絶縁物の絶縁特性低下 [端子台接続]
- b. 絶縁物の絶縁特性低下 [直ジョイント接続]
- c. 絶縁物の絶縁特性低下 [電動弁コネクタ接続]
- d. 絶縁物の絶縁特性低下 [同軸コネクタ接続]



### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

- (1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

日常劣化管理事象に該当する事象は抽出されなかった。

- (2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

a. 端子板、接続端子及び端子台ビスの腐食 [端子台接続]

端子板、接続端子及び端子台ビスは湿分等の浸入により腐食の発生が想定されるが、端子台はガasketでシールされた端子箱に収納されているため、湿分等の浸入により腐食が発生する可能性は小さい。

また、点検時に目視点検を行い、これまで有意な腐食は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. スプライスの腐食 [直ジョイント接続]

スプライスは銅であり腐食の発生が想定されるが、直ジョイント接続は構造上スプライス部が熱収縮チューブにて密閉されており、腐食が発生する可能性は小さい。

また、点検時に熱収縮チューブに損傷がないことを目視にて確認し、異常が確認された場合には取り替えを行うこととしている。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. オス及びメスコンタクト、レセプタクルシェル及びプラグシェルの腐食 [電動弁コネクタ接続]

電動弁コネクタのオス及びメスコンタクトは銅（銀メッキ）、レセプタクルシェル及びプラグシェルはアルミニウム合金鋳物が使用されていることから、湿分等の浸入により腐食が想定されるが、オス及びメスコンタクトはOリング、シーリングブッシュにより外気とシールされているため、湿分等の浸入する可能性は小さく、さらに、外気に接触するレセプタクルシェル及びプラグシェルの外表面にはメッキが施されており、腐食発生の可能性は小さい。

また、点検時に目視点検を行い、これまでの点検結果では有意な腐食は認められず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. レセプタクルボディ、ソケットコンタクト、プラグボディ、ピンコンタクト及びコネクタナットの腐食 [同軸コネクタ接続]

レセプタクルボディ、ソケットコンタクト、プラグボディ、ピンコンタクト及びコネクタナットは、銅または黄銅であり、湿分等の浸入が生じると腐食が発生する可能性があるが、ケーブルガードに内蔵されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

さらに、点検時に目視点検を行い、これまでの点検結果では有意な腐食は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

表 2.2-1 (1/4) 端子台接続に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象								備考	
					減 肉		割 れ		絶 縁	導 通	信 号	その他		
					摩 耗	腐 食	疲 労 割 れ	応 力 腐 食 割 れ	絶 縁 特 性 低 下	導 通 不 良	特 性 変 化			
電力・信号伝達機能の維持	エネルギー・信号伝達	ガスケット	◎											
		端子箱		鋳鉄										
		端子板		炭素鋼		▲								
		絶縁物		ジアリルフタレート樹脂					○					
		端子台ビス		炭素鋼		▲								
		接続端子		銅合金		▲								

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表 2. 2-1 (2/4) 直ジョイント接続に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象								備考
					減 肉		割 れ		絶縁	導通	信号	その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁特性低下	導通不良	特性変化		
電力・信号伝達機能の維持	エネルギー・信号伝達	スプライス		銅		▲							
		熱収縮チューブ		架橋ポリオレフィン					○				

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表 2.2-1 (3/4) 電動弁コネクタ接続に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考	
					減 肉		割 れ		絶縁	導通	信号		その他
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁特性低下	導通不良	特性変化		
電力・信号伝達機能の維持	エネルギー・信号伝達	オスコンタクト		銅 (金メッキ)		▲						*:劣化による気密性低下に伴う絶縁特性低下	
		オス絶縁物		ジアリルフタレート樹脂					○				
		レセプタクルシェル		黄銅 (ニッケルメッキ)		▲							
		Oリング		エチレンプロピレンゴム					○*				
		シーリングブッシュ		エチレンプロピレンゴム					○*				
		メスコンタクト		銅 (金メッキ)		▲							
		メス絶縁物		ジアリルフタレート樹脂					○				
		ゴムブッシュ		エチレンプロピレンゴム					○				
		プラグシェル		黄銅 (ニッケルメッキ)		▲							

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表 2.2-1 (4/4) 同軸コネクタ接続に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備考	
					減 肉		割 れ		絶縁	導通	信号		その他
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁特性低下	導通不良	特性変化		
信号伝達機能の維持	信号伝達	レセプタクルボディ		黄銅		▲							
		スペーサ	◎										
		ナット	◎										
		コレット	◎										
		バックナット	◎										
		レセプタクルアダプタ	◎										
		Oリング	◎										
		レセプタクルインシュレータ		ポリエーテルエーテルケトン					○				
		ソケットコンタクト		黄銅		▲							
		プラグボディ		黄銅		▲							
		ピンコンタクト		黄銅		▲							
		プラグインシュレータ		ポリエーテルエーテルケトン					○				
		クリンプカーラー	◎										
		Oリング	◎										
		コネクタナット		黄銅		▲							

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

## 2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

### (1) 絶縁物の絶縁特性低下 [端子台接続]

#### a. 事象の説明

絶縁物は、有機物のジアリルフタレート樹脂であるため、熱及び放射線による物性変化により、経年的に劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性がある。

絶縁特性低下を生ずる可能性のある部位を図 2.3-1 に示す。

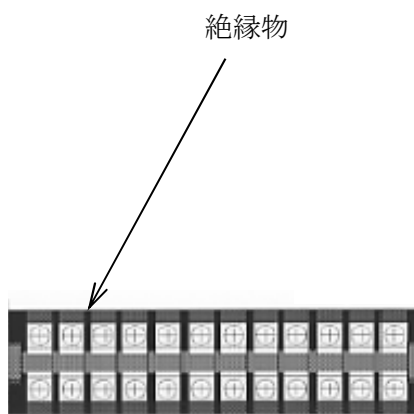


図 2.3-1 端子台の絶縁部位

## b. 技術評価

### ① 健全性評価

端子台接続の絶縁物は、有機物のジアリルフタレート樹脂であるため、熱及び放射線による物性変化により、経年的に劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性があることから、長期間の使用を考慮すると絶縁体の絶縁特性低下の可能性は否定できない。

### ② 現状保全

端子台接続の絶縁特性低下に対しては、点検時に絶縁抵抗測定を実施している。さらに、点検時に実施する機器の動作試験においても端子台の絶縁機能の健全性を確認している。

また、当面の冷温停止維持において、接続機器の使用状態を加味し、系統機器の定例的な切替や定例試験を含む日常保全を継続し、必要に応じて取り替えを行うこととしている。

### ③ 総合評価

端子台接続（ジアリルフタレート樹脂）の絶縁特性低下の可能性は否定できないが、絶縁特性低下は点検時における絶縁抵抗測定で把握可能である。

また、当面の冷温停止維持においては、接続機器の使用状態を加味し、系統機器の定例的な切替や定例試験を含む日常保全を継続し、必要に応じて適切な対応をとることにより絶縁性能を維持できると判断する。

## c. 高経年化への対応

端子台接続（ジアリルフタレート樹脂）の絶縁特性低下については、高経年化対策の観点から現状の保全内容に対し追加すべき項目はなく、今後も現状保全を継続していく。



(2) 絶縁物の絶縁特性低下 [直ジョイント接続]

a. 事象の説明

絶縁物は、有機物の架橋ポリオレフィンであるため、熱及び放射線による物性変化により、経年的に劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性がある。

絶縁特性低下を生ずる可能性のある部位を図 2.3-2 に示す。

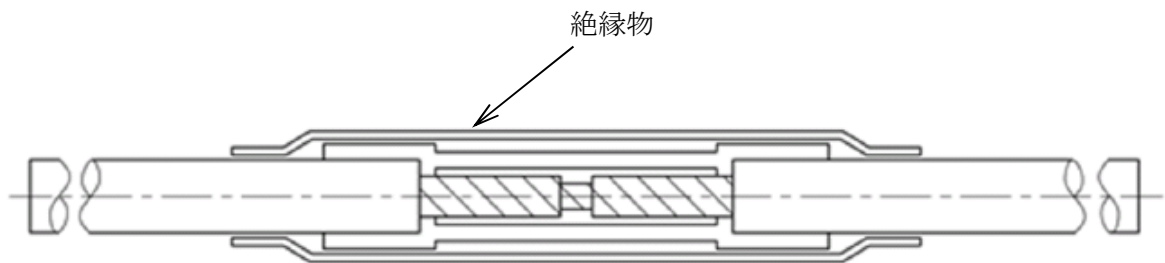


図 2.3-2 直ジョイント接続の絶縁部位

## b. 技術評価

### ① 健全性評価

直ジョイント接続の絶縁物は、有機物の架橋ポリオレフィンであり、熱及び放射線による物性変化により、経年的に劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性があることから、長期間の使用を考慮すると絶縁体の絶縁特性低下の可能性は否定できない。

### ② 現状保全

直ジョイント接続の絶縁特性低下に対しては、点検時に絶縁抵抗測定を実施している。さらに、点検時に実施する機器の動作試験においても直ジョイント接続の絶縁機能の健全性を確認している。

また、当面の冷温停止維持において、接続機器の使用状態を加味し、系統機器の定例的な切替や定例試験を含む日常保全を継続し、必要に応じて取り替えを行うこととしている。

### ③ 総合評価

直ジョイント接続（架橋ポリオレフィン）の絶縁特性低下の可能性は否定できないが、絶縁特性低下は点検時における絶縁抵抗測定で把握可能である。

また、当面の冷温停止維持においては、接続機器の使用状態を加味し、系統機器の定例的な切替や定例試験を含む日常保全を継続し、必要に応じて適切な対応をとることにより絶縁性能を維持できると判断する。

## c. 高経年化への対応

直ジョイント接続（架橋ポリオレフィン）の絶縁特性低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に対し追加すべき項目はなく、今後も現状保全を継続していく。

(3) 絶縁物の絶縁特性低下 [電動弁コネクタ接続]

a. 事象の説明

絶縁物は、有機物のジアリルフタレート樹脂であるため、熱及び放射線による物性変化により、経年的に劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性がある。

また、気密性保持部であるゴムブッシュ、シーリングブッシュ及びOリングは、有機物のエチレンプロピレンゴムであるため、熱及び放射線による物性変化により、経年的に劣化が進行し、気密性低下を起こすことで、絶縁特性低下を起こす可能性がある。

絶縁特性低下を生ずる可能性のある部位を図 2. 3-3 に示す。

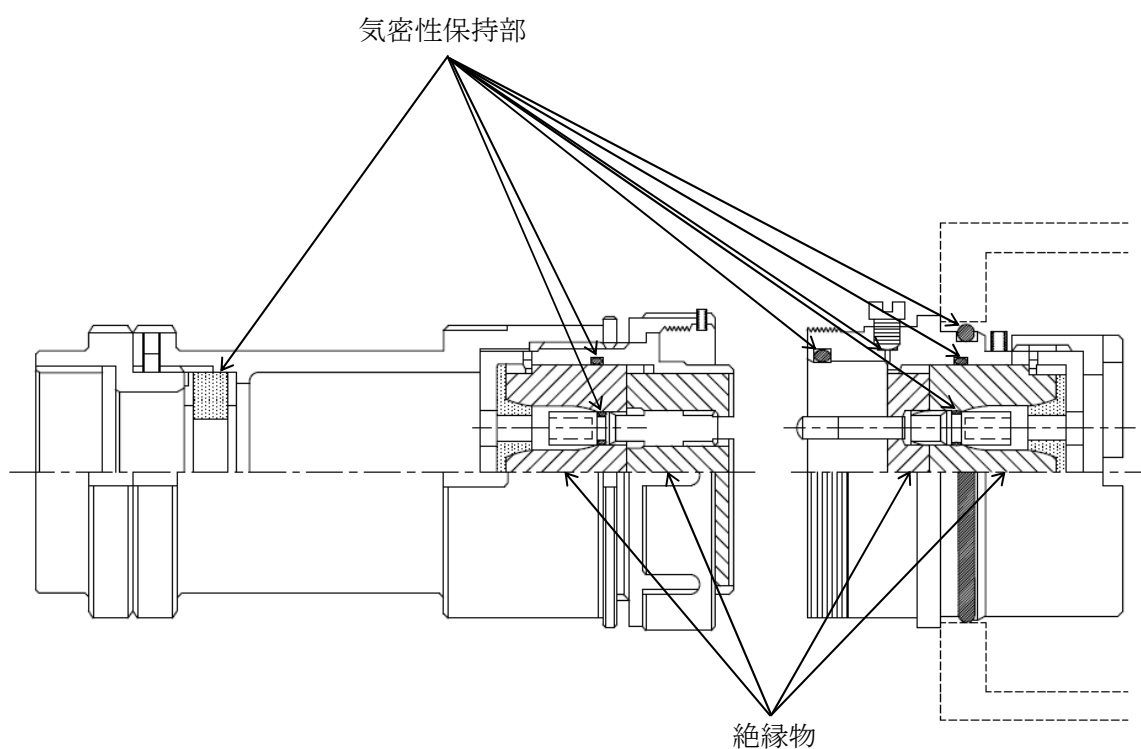


図2. 3-3 電動弁コネクタ接続の絶縁部位

b. 技術評価

① 健全性評価

電動弁コネクタ接続の絶縁物は、有機物のジアリルフタレート樹脂であり、熱及び放射線による物性変化により、経年的に劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性があることから、長期間の使用を考慮すると絶縁体の絶縁特性低下の可能性は否定できない。

② 現状保全

電動弁コネクタ接続の絶縁特性低下に対しては、点検時に絶縁抵抗測定を実施している。さらに、系統機器の点検時に実施する動作試験においても絶縁機能の健全性を確認している。

また、当面の冷温停止維持において、接続機器の使用状態を加味し、系統機器の定例的な切替や定例試験を含む日常保全を継続し、必要に応じて取り替えを行うこととしている。

③ 総合評価

電動弁コネクタ接続（ジアリルフタレート樹脂）の絶縁特性低下の可能性は否定できないが、絶縁特性低下は点検時における絶縁抵抗測定で把握可能である。

また、当面の冷温停止維持においては、接続機器の使用状態を加味し、系統機器の定例的な切替や定例試験を含む日常保全を継続し、必要に応じて適切な対応をとることにより絶縁性能を維持できると判断する。

c. 高経年化への対応

電動弁コネクタ接続（ジアリルフタレート樹脂）の絶縁特性低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に対し追加すべき項目はなく、今後も現状保全を継続していく。

(4) 絶縁物の絶縁特性低下 [同軸コネクタ接続]

a. 事象の説明

絶縁物は、有機物のポリエーテルエーテルケトン樹脂であるため、熱及び放射線による物性変化により、経年的に劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性がある。

絶縁低下を生ずる可能性のある部位を図 2.3-3 に示す。

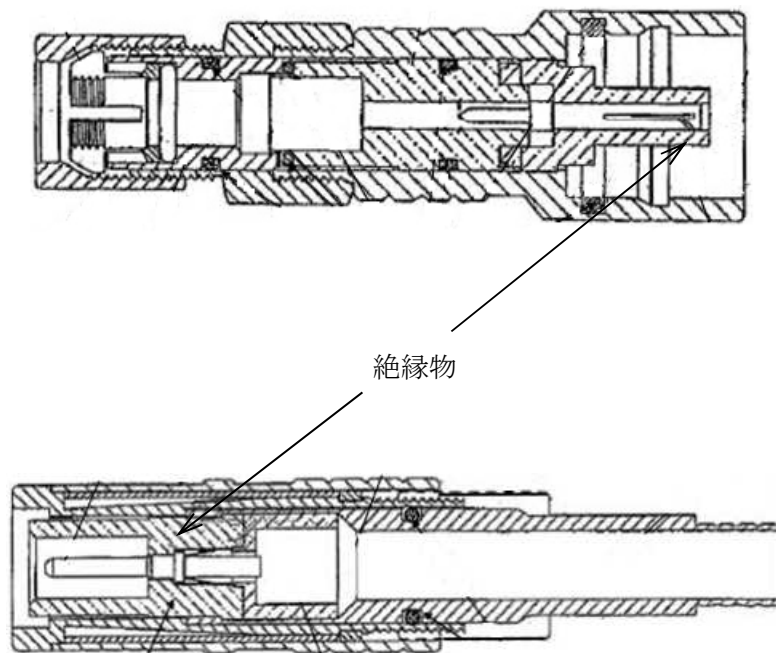


図 2.3-3 同軸コネクタ接続の絶縁部位

## b. 技術評価

### ① 健全性評価

同軸コネクタ接続の絶縁物は、有機物のポリエーテルエーテルケトン樹脂であり、熱及び放射線による物性変化により、経年的に劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性があることから、長期間の使用を考慮すると絶縁体の絶縁特性低下の可能性は否定できない。

### ② 現状保全

同軸コネクタ接続の絶縁特性低下に対しては、点検時に絶縁抵抗測定を実施している。さらに、系統機器の点検時に実施する動作試験においても絶縁機能の健全性を確認している。

また、当面の冷温停止維持において、接続機器の使用状態を加味し、系統機器の定例的な切替や定例試験を含む日常保全を継続し、必要に応じて取り替えを行うこととしている。

### ③ 総合評価

同軸コネクタ接続（ポリエーテルエーテルケトン樹脂）の絶縁特性低下の可能性は否定できないが、絶縁特性低下は点検時における絶縁抵抗測定で把握可能である。

また、当面の冷温停止維持においては、接続機器の使用状態を加味し、系統機器の定例的な切替や定例試験を含む日常保全を継続し、必要に応じて適切な対応をとることにより絶縁性能を維持できると判断する。

## c. 高経年化への対応

同軸コネクタ接続（ポリエーテルエーテルケトン樹脂）の絶縁特性低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に対し追加すべき項目はなく、今後も現状保全を継続していく。

### 3. 代表機器以外への展開

本章では 2 章で実施した代表機器の技術評価について、1 章で実施したグループ化で代表機器となっていない機器への展開について検討した。

- ① 端子台接続（ポリフェニレンエーテル樹脂）
- ② 端子接続（ビニルテープ）
- ③ 同軸コネクタ接続（架橋ポリスチレン，四フッ化エチレン樹脂）

#### 3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

##### a. 絶縁物の絶縁特性低下 [端子台接続（ポリフェニレンエーテル樹脂）]

端子台接続の絶縁物はポリフェニレンエーテル樹脂であるため、熱及び放射線による物性変化により、経年的に劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性がある。

しかし、代表機器と同様に、端子台接続の絶縁特性低下に対しては、点検時に絶縁抵抗測定及び点検時に実施する機器の動作試験において絶縁機能の健全性を確認しており、点検で有意な絶縁特性低下が認められた場合には、端子台の取り替えを行うこととしている。

また、当面の冷温停止維持においては、必要な運転状態を加味し、系統機器の定例的な切替や定例試験を含む日常保全を継続し、必要に応じて適切な対応をとることにより絶縁性能を維持できると判断する。

したがって、高経年化対策の観点から現状保全内容に対し追加すべき項目はない。

##### b. 絶縁物の絶縁特性低下 [同軸コネクタ接続（架橋ポリスチレン，四フッ化エチレン樹脂）]

同軸コネクタ接続の絶縁物は有機物であるため、熱及び放射線による物性変化により、経年的に劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性がある。

しかし、代表機器と同様に、同軸コネクタ接続の絶縁特性低下に対しては、点検時に絶縁抵抗測定や点検時に実施する機器の動作試験において絶縁機能の健全性を確認しており、点検で同軸コネクタに異常が認められた場合には、同軸コネクタの取り替えを行うこととしている。

さらに、当面の冷温停止維持において、接続機器の使用状態を加味し、系統機器の定例的な切替や定例試験を含む日常保全を継続し、必要に応じて適切な対応をとることにより絶縁性能を維持できると判断する。

### 3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

- (1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

代表機器同様、日常劣化管理事象に該当する事象は抽出されなかった。

- (2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

- a. 端子板、接続端子及び端子台ビスの腐食〔端子台接続（ポリフェニレンエーテル樹脂）〕

代表機器同様、端子板、接続端子及び端子台ビスは湿分等の浸入により腐食の発生が想定されるが、端子台はガスケットでシールされた端子箱に収納されているため、湿分等の浸入により腐食が発生する可能性は小さい。

また、点検時に目視点検を行い、これまで有意な腐食は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- b. ビニルテープの絶縁特性低下〔端子接続〕

ビニルテープは有機物であるため、熱的、機械的、電氣的及び環境的要因で経年的に劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性がある。

ただし、絶縁テープは静止状態の接続に用いられていることから、機械的要因による劣化は起きないと考える。

熱的要因による絶縁性能の劣化、テープはく離、電氣的要因による絶縁性能の劣化及び環境的要因による埃の付着による絶縁特性低下の可能性については、点検時に交換を行い、長期間使用しないことから、急激に劣化する可能性は小さい。

また、点検時に絶縁抵抗測定を行い、健全性の確認をしており、これまでの点検結果では急激な絶縁抵抗低下は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。



- c. レセプタクルボディ、ソケットコンタクト、プラグボディ、ピンコンタクト及びコネクタナットの腐食 [同軸コネクタ接続]

代表機器同様、レセプタクルボディ、ソケットコンタクト、プラグボディ、ピンコンタクト及びコネクタナットは、黄銅であり、湿分等の浸入が生じると腐食が発生する可能性があるが、ケーブルガードに内蔵されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

さらに、点検時に目視点検を行い、これまでの点検結果では有意な腐食は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

以 上

柏崎刈羽原子力発電所 3 号炉

コンクリート及び鉄骨構造物の  
技 術 評 価 書

東京電力ホールディングス株式会社

本評価書は、柏崎刈羽原子力発電所3号炉（以下、柏崎刈羽3号炉という）における安全上重要な構造物（重要度分類指針におけるPS-1, 2及びMS-1, 2に該当する構造物または該当する機器・構造物を支持する構造物）及び高温・高圧の環境下にあるクラス3の機器を支持する構造物の高経年化に係わる技術評価についてまとめたものである。

評価対象構造物の一覧を表1に示す。

なお、雑固体廃棄物焼却設備建屋（荒浜側）、所内ボイラー建屋、荒浜側補助ボイラー建屋及び使用済燃料輸送容器保管建屋は1～7号炉共通の構造物であるが、1号炉で技術評価を実施しているため、これらは3号炉対象構造物からは除外する。

本文中の単位の記載はSI単位系に基づくものとする。

表1 評価対象構造物一覧

名 称	重要度*
① 原子炉建屋（鉄筋コンクリート造，一部鉄骨鉄筋コンクリート造及び鉄骨造）	MS-1
② タービン建屋（鉄筋コンクリート造，一部鉄骨鉄筋コンクリート造及び鉄骨造）	PS-3(高温)
③ 海水熱交換器建屋（鉄筋コンクリート造，一部鉄骨造）	MS-1
④ 取水構造物（鉄筋コンクリート造）	MS-1
⑤ 非常用ガス処理系配管ダクト（鉄筋コンクリート造）	MS-1
⑥ 原子炉補機冷却水系配管ダクト（鉄筋コンクリート造）	MS-1
⑦ 排気筒（鉄骨造，一部鉄筋コンクリート造）	MS-1

\*：最上位の重要度を示す

# 1 コンクリート及び鉄骨構造物

[対象構造物]

- ① 原子炉建屋（鉄筋コンクリート造，一部鉄骨鉄筋コンクリート造及び鉄骨造）
- ② タービン建屋（鉄筋コンクリート造，一部鉄骨鉄筋コンクリート造及び鉄骨造）
- ③ 海水熱交換器建屋（鉄筋コンクリート造，一部鉄骨造）
- ④ 取水構造物（鉄筋コンクリート造）
- ⑤ 非常用ガス処理系配管ダクト（鉄筋コンクリート造）
- ⑥ 原子炉補機冷却水系配管ダクト（鉄筋コンクリート造）
- ⑦ 排気筒（鉄骨造，一部鉄筋コンクリート造）

## 目 次

1. 対象構造物の選定 .....	1
2. 対象構造物の技術評価 .....	10
2.1 構造, 材料及び使用条件 .....	10
2.2 経年劣化事象の抽出 .....	13
2.2.1 機能達成に必要な項目 .....	13
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 .....	13
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 .....	14
2.2.4 評価対象部位及び評価点の抽出 .....	15
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価 .....	22
2.3.1 コンクリートの強度低下 .....	22
2.3.2 コンクリートの遮へい能力低下 .....	35
3. 評価対象部位以外の部位への展開 .....	37

## 1. 対象構造物の選定

高経年化技術評価の対象となる機器・構造物は、「発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針（1990年8月30日原子力安全委員会決定）」に定める重要度分類クラス1, 2に該当する機器・構造物及びそれらを支持する構造物並びに高温・高圧の環境下にあるクラス3の機器及びそれを支持する構造物とされており、柏崎刈羽3号炉で使用されているコンクリート構造物及び鉄骨構造物のうち対象となる構造物を表1-1に示す。

また、抽出された対象構造物をコンクリート構造物と鉄骨構造物に整理し表1-2に、プラント配置図を図1-1に、対象構造物の平面図を図1-2に、断面図を図1-3に示す。

表 1-1 (1/2) 対象構造物の選定

安全重要度分類審査指針等に定める要求機能	クラス	主要設備	対象構造物
原子炉冷却材圧力バウンダリ機能	PS-1	原子炉圧力容器 原子炉冷却材圧力バウンダリ配管	原子炉建屋 原子炉建屋
過剰反応度の印加防止機能	PS-1	制御棒及び制御棒駆動系	原子炉建屋
炉心形状の維持機能	PS-1	炉心支持構造物	原子炉建屋
原子炉の緊急停止機能	MS-1	制御棒及び制御棒駆動系(スクラム機能)	原子炉建屋
未臨界維持機能	MS-1	原子炉停止系(制御棒, ほう酸水注入系)	原子炉建屋
原子炉停止後の除熱機能	MS-1	残留熱除去系 自動減圧系	原子炉建屋, 海水熱交換器建屋 原子炉補機冷却水系配管ダクト 原子炉建屋
炉心冷却機能	MS-1	低圧炉心スプレイ系 高圧炉心スプレイ系 自動減圧系	原子炉建屋, 海水熱交換器建屋 原子炉補機冷却水系配管ダクト 原子炉建屋, 海水熱交換器建屋 原子炉補機冷却水系配管ダクト 原子炉建屋
放射性物質の閉じ込め機能 放射線の遮へい及び放出低減機能	MS-1	原子炉格納容器 原子炉建屋 原子炉格納容器隔離弁 残留熱除去系 非常用ガス処理系 可燃性ガス濃度制御系 遮へい設備	原子炉建屋 原子炉建屋 原子炉建屋 原子炉建屋, 海水熱交換器建屋 原子炉補機冷却水系配管ダクト 原子炉建屋, 排気筒, 非常用ガス処理系配管ダクト 原子炉建屋 原子炉建屋
工学的安全施設及び原子炉停止系への作動信号の発生機能	MS-1	安全保護系	原子炉建屋
安全上特に重要な関連機能	MS-1	非常用ディーゼル発電機系 中央制御室及び中央制御室遮蔽 中央制御室非常用換気空調系 原子炉補機冷却水系 原子炉補機冷却海水系 直流電源系	原子炉建屋, 海水熱交換器建屋 原子炉補機冷却水系配管ダクト 原子炉建屋 原子炉建屋 原子炉建屋, 海水熱交換器建屋, 取水構造物 原子炉補機冷却水系配管ダクト 海水熱交換器建屋, 取水構造物 原子炉建屋

表 1-1 (2/2) 対象構造物の選定

安全重要度分類審査指針等に定める要求機能	クラス	主要設備	対象構造物
原子炉冷却材を内蔵する機能	PS-2	原子炉冷却材浄化系	原子炉建屋
原子炉冷却材圧力バウンダリに直接接続されていないものであって、放射性物質を貯蔵する機能	PS-2	使用済燃料プール	原子炉建屋
燃料を安全に取り扱う機能	PS-2	燃料取替機 原子炉建屋クレーン	原子炉建屋 原子炉建屋
燃料プール水の補給機能	MS-2	残留熱除去系	原子炉建屋
放射性物質放出の防止機能	MS-2	排気筒	排気筒
事故時のプラント状態の把握機能	MS-2	事故時監視計器	原子炉建屋
異常状態の緩和機能	MS-2	制御棒及び制御棒駆動系	原子炉建屋
制御室外からの安全停止機能	MS-2	制御室外原子炉停止装置	原子炉建屋
原子炉冷却材の循環機能	高*	制御棒駆動水圧系駆動水ポンプ	原子炉建屋
放射性物質の貯蔵機能	高*	廃棄物処理設備	原子炉建屋
プラント計測・制御機能（安全保護機能を除く）	高*	計装用圧縮空気系	タービン建屋
原子炉冷却材の補給機能	高*	制御棒駆動水圧系スクラム排出容器	原子炉建屋

\*：最高使用温度が 95 °C を超え、または最高使用圧力が 1,900 kPa を超える環境下にある原子炉格納容器外の重要度クラス 3 の機器



表 1-2 対象構造物

構 造		対象構造物	略称
コンクリート構造物	建物	原子炉建屋	R/B
		タービン建屋（タービン発電機架台含む）	T/B
		海水熱交換器建屋	Hx/B
	構築物	取水構造物	SP
		非常用ガス処理系配管ダクト	SGTS/D
		原子炉補機冷却水系配管ダクト	SWP/D
		排気筒（基礎部）	STACK
鉄骨構造物		原子炉建屋（鉄骨部）	R/B
		タービン建屋（鉄骨部）	T/B
		海水熱交換器建屋（鉄骨部）	Hx/B
		排気筒	STACK

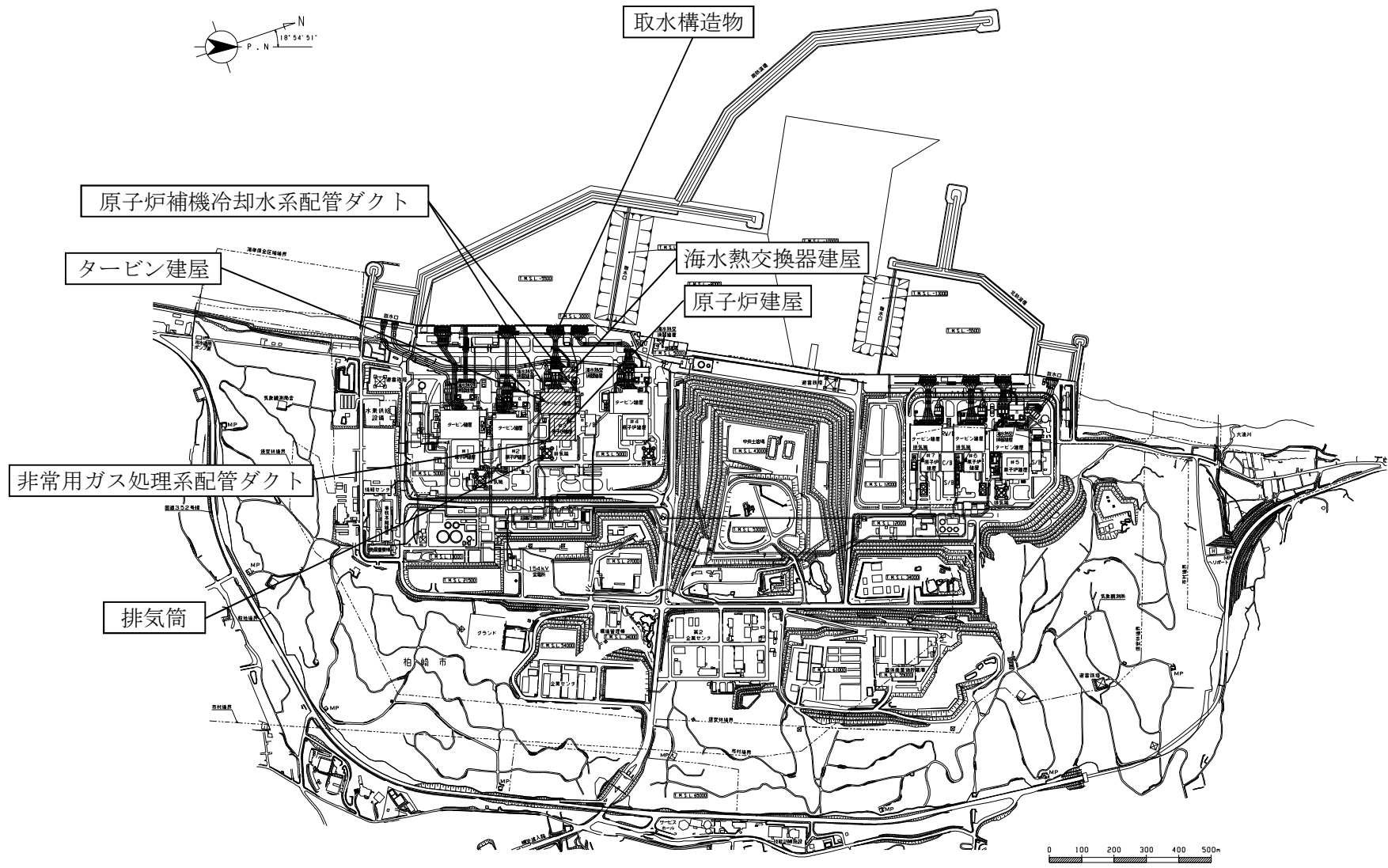
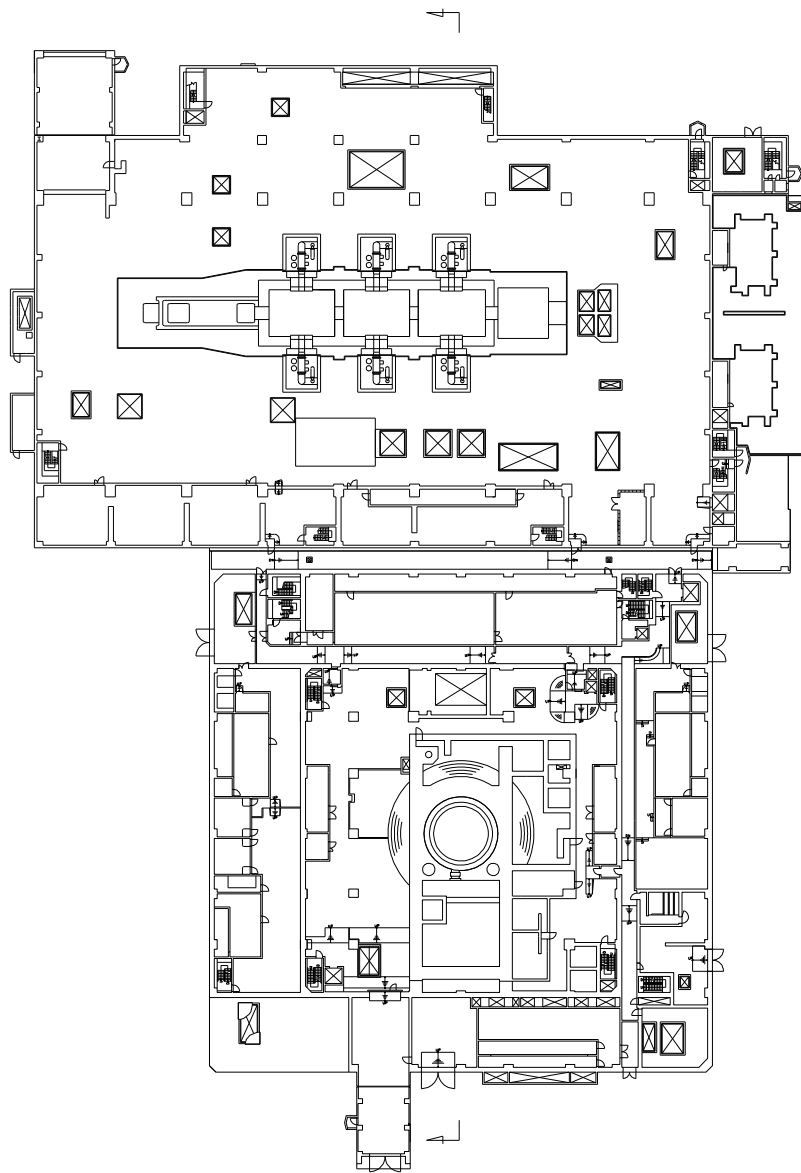


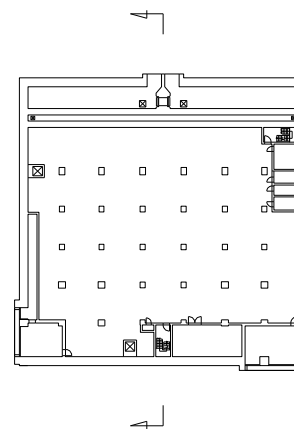
図 1-1 プラント配置図



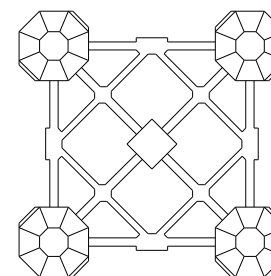
タービン建屋 1階



原子炉建屋 1階



海水熱交換器建屋 地下2階



排気筒 基礎平面図

図 1-2(1/2) 対象構造物の平面図



取水構造物

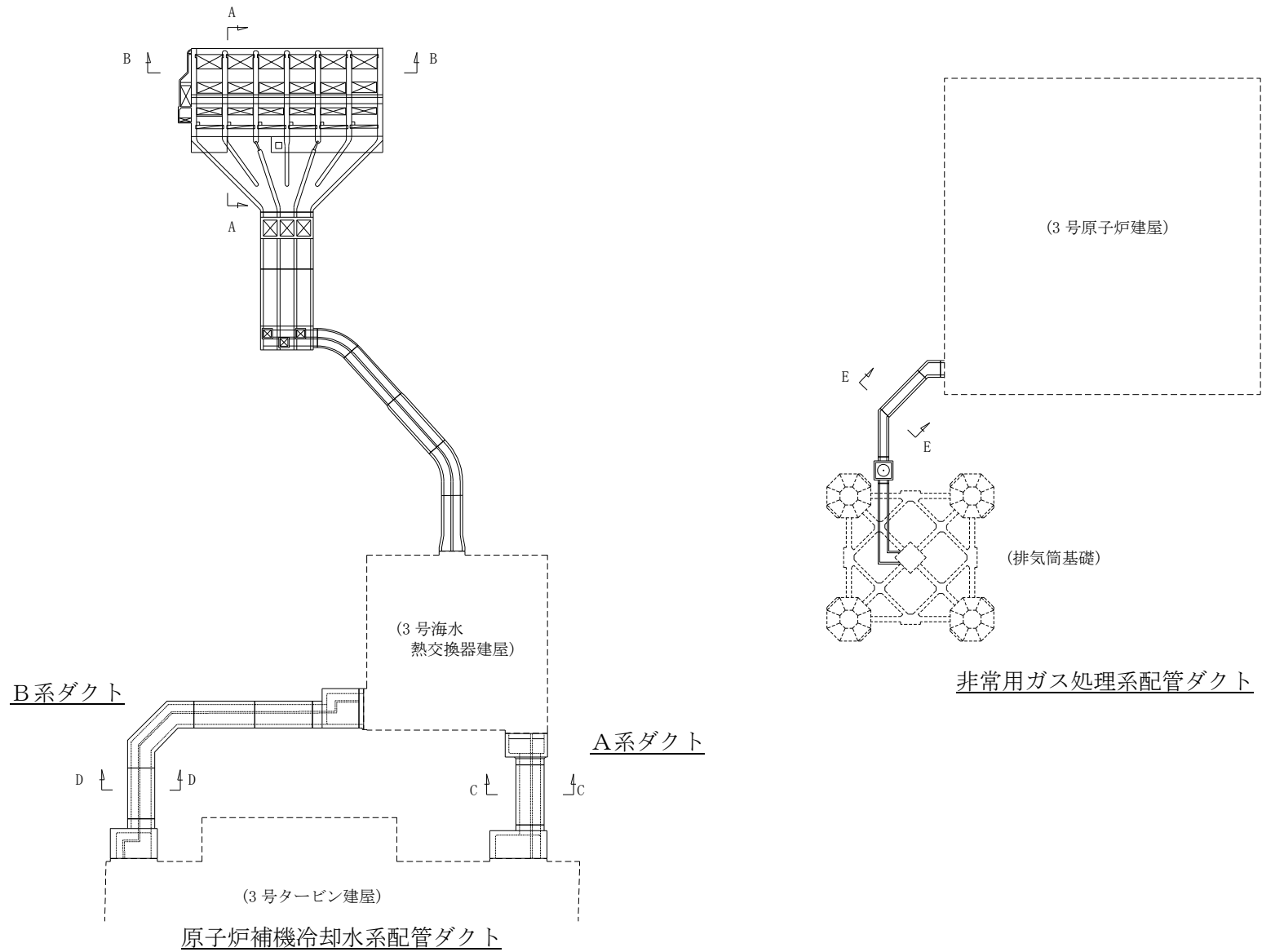


図 1-2 (2/2) 対象構造物の平面図

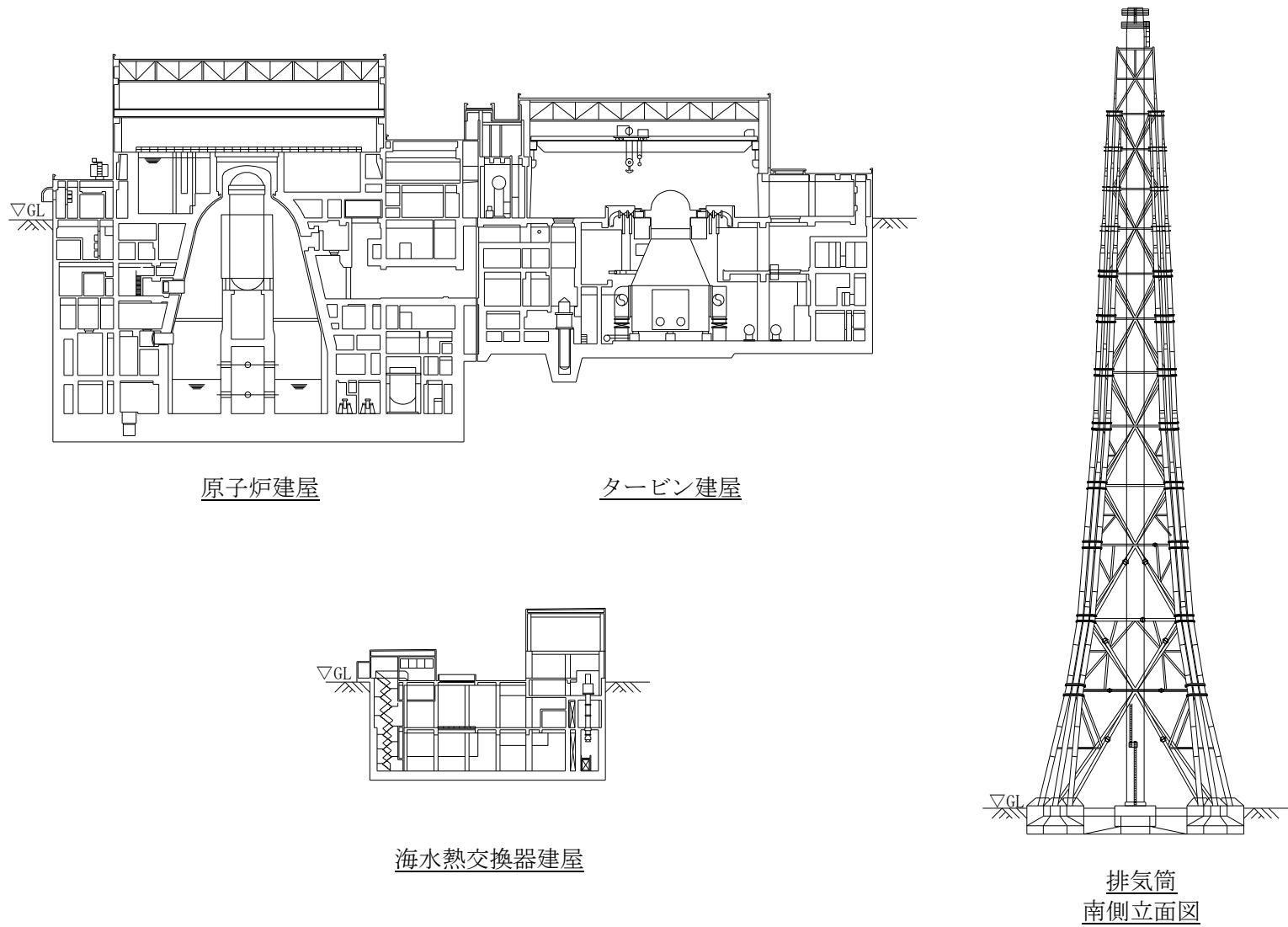
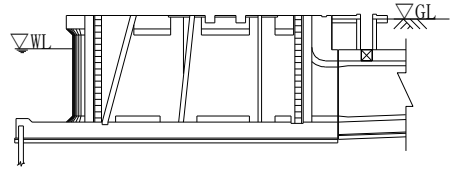


図 1-3 (1/2) 対象構造物の断面図



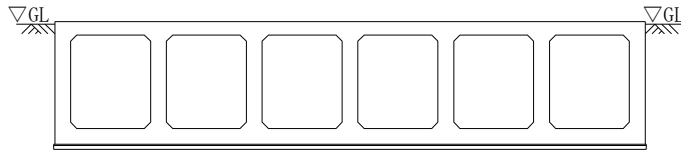
取水構造物  
A-A断面図



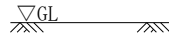
原子炉補機冷却水系配管ダクトA系  
C-C断面図



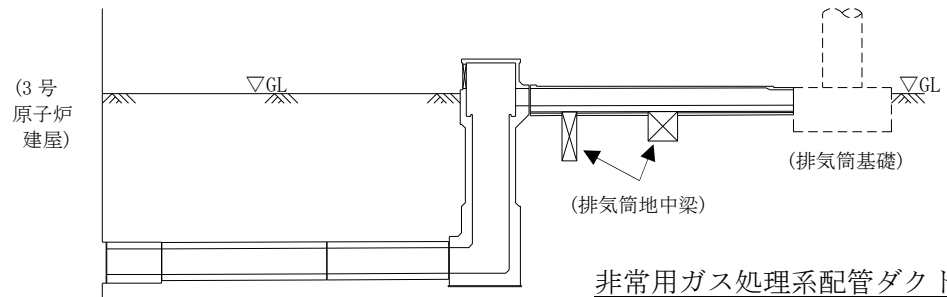
原子炉補機冷却水系配管ダクトB系  
D-D断面図



取水構造物  
B-B断面図



非常用ガス処理系配管ダクト  
E-E断面図



非常用ガス処理系配管ダクト  
縦断面図

図 1-3(2/2) 対象構造物の断面図

## 2. 対象構造物の技術評価

本章では、「1. 対象構造物の選定」で選定した対象構造物について技術評価を実施する。

### 2.1 構造，材料及び使用条件

#### (1) 構造

##### a. 鉄筋コンクリート構造及び鉄骨鉄筋コンクリート構造

鉄筋コンクリート構造及び鉄骨鉄筋コンクリート構造は，必要な強度を確保するために，圧縮力には強いが引張力に弱いコンクリート（セメントに骨材（砂，砂利等），水及び混和材料を調合したもの）を，引張力に強い鉄筋または鉄骨で補強した構造である。

##### b. 鉄骨構造

鉄骨構造は，構造用形鋼を溶接またはボルトにて接合した構造である。鉄骨構造物の柱脚部はコンクリート基礎にアンカーボルトで定着しているか，または埋め込んでいる。

#### (2) 材料及び使用条件

対象構造物における使用材料の代表例を表 2.1-1 に，発電所の屋外環境を表 2.1-2 に示す。

また，対象構造物のうち，コンクリート構造物の設計基準強度及びかぶり厚さを表 2.1-3 に示す。

コンクリートの使用条件については，設計基準強度確保の観点から（社）日本建築学会「原子炉建屋構造設計指針・同解説（1988）」において，局部では 90℃以下，一般部では 65℃以下という温度の基準が定められている。

表 2.1-1 鉄筋コンクリート構造物及び鉄骨構造物における使用材料の代表例

			材 料	
コン ク リ ー ト	骨 材	粗骨材	建 物	新潟県信濃川水系長岡産，川砂利
			構 築 物	新潟県信濃川水系長岡産，川砂利
		細骨材	建 物	新潟県信濃川水系長岡産，川砂
			構 築 物	新潟県信濃川水系長岡産，川砂 現地砂
	セメント	建 物	普通ポルトランドセメント	
		構 築 物	普通ポルトランドセメント	
	混 和 材	建 物	フライアッシュ	
		構 築 物	フライアッシュ	
	混 和 剤	建 物	A E 減水剤	
		構 築 物	A E 剤， A E 減水剤	
	鉄 筋	建 物	異形棒鋼（SD35）	
		構 築 物	異形棒鋼（SD35）	
鉄 骨	鋼 材	建 物	炭素鋼（SS41， SM41A， SM50A）	
		構 築 物	炭素鋼（STK50， STK41） *	
塗 料	コンクリート外部	建 物	弾性吹付塗料	
	コンクリート内部	建 物	エポキシ樹脂塗料	
	鋼 材 部	建 物	合成樹脂塗料	
		構 築 物	ポリウレタン樹脂塗料*	

\*：排気筒に使用



表 2.1-2 屋外環境

平均気温	13.9 °C <sup>*1</sup>
平均相対湿度	72 %RH <sup>*1</sup>
平均炭酸ガス濃度	約 420 ppm <sup>*2</sup>

\*1 : 1991 年～2020 年までの新潟気象官署 年平均値 (理科年表 2022 年版)

\*2 : 発電所構内外気測定結果平均 (2020 年 3 月～2021 年 2 月の測定結果より保守的に設定)

表 2.1-3 コンクリート構造物の設計基準強度及びかぶり厚さ

	対象構造物	設計基準強度 (N/mm <sup>2</sup> )	かぶり厚さ (cm)
建 物	原子炉建屋	32.3 [330 kgf/cm <sup>2</sup> ]	4.0
	タービン建屋	32.3 [330 kgf/cm <sup>2</sup> ]	4.0
	タービン発電機架台	32.3 [330 kgf/cm <sup>2</sup> ]	4.0
	海水熱交換器建屋	32.3 [330 kgf/cm <sup>2</sup> ]	4.0
構築物	取水構造物	23.5 [240 kgf/cm <sup>2</sup> ]	8.4
	非常用ガス処理系配管ダクト	23.5 [240 kgf/cm <sup>2</sup> ]	8.9
	原子炉補機冷却水系配管ダクト	23.5 [240 kgf/cm <sup>2</sup> ]	8.4
	排気筒(基礎部)	23.5 [240 kgf/cm <sup>2</sup> ]	7.0

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機能達成に必要な項目

対象構造物のうちコンクリート構造物に要求される機能は、支持機能と遮へい機能であり、鉄骨構造物に要求される機能は支持機能である。これらの機能を維持するためには、次の3つの項目が必要である。

- ① コンクリート強度の維持
- ② コンクリート遮へい能力の維持
- ③ 鉄骨強度の維持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

「2.2.1 機能達成に必要な項目」であげた機能に影響を及ぼすことが否定できない経年劣化事象として、コンクリートの強度低下及び遮へい能力低下並びに鉄骨の強度低下が考えられ、これらを高経年化対策上着目すべき経年劣化事象として選定した。

また、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象を引き起こす可能性がある要因の中から、対象構造物の構造、材料、環境及び現在までの運転経験を考慮し、想定される経年劣化要因を抽出した。その結果を表 2.2-1 に示す。

#### (2) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

想定される経年劣化事象のうち主要6事象に該当する事象及び下記①、②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。また、下記①、②に該当する事象については、2.2.3項に示すとおり、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

- ① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△）
- ② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲）

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象として以下の事象を抽出した（表 2.2-1 で○）。

- a. コンクリートの強度低下（熱，放射線照射，中性化，塩分浸透，機械振動）
- b. コンクリートの遮へい能力低下（熱）

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

#### a. コンクリートの強度低下

##### ① アルカリ骨材反応

アルカリ骨材反応は、コンクリート中に含まれるアルカリ性の水溶液と、骨材中に含まれる反応性珪物の化学反応である。このとき生成されたアルカリ・シリカゲルが周囲の水を吸収し膨張すると、コンクリート表面にひび割れが生じ、コンクリート構造物としての健全性が損なわれる可能性がある。

当該部の骨材は、1987年に新潟県信濃川水系長岡産の粗骨材（川砂利）、新潟県信濃川水系長岡産の細骨材（川砂）及び現地砂について、モルタルバー法（JASS 5N T-201）による反応性試験を実施した。その結果、膨張率は「材齢6カ月で0.100%以下」の判定基準に対し、粗骨材で最大で0.024%、細骨材で最大で0.048%と小さく、無害と判定された。

また、定期的な目視点検を実施しているが、アルカリ骨材反応に起因するひび割れは確認されていない。

以上より、アルカリ骨材反応については、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

##### ② 凍結融解

コンクリート中の水分が凍結し、それが気温の上昇や日射を受けることにより融解するという凍結と融解を繰り返すことでコンクリートにひび割れが生じ、コンクリート構造物としての健全性が損なわれる可能性がある。

コンクリート構造物では、定期的な目視点検を実施しているが、凍結融解に起因するひび割れは認められていない。また、（社）日本建築学会「建築工事標準仕様書・同解説 JASS5 鉄筋コンクリート工事（2018）」に示されている解説図 26.1（凍害危険度の分布図）によると、柏崎刈羽3号炉の周辺地域は凍結融解の危険性がない地域に該当している。したがって、凍結融解は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### b. 鉄骨の強度低下

##### ① 腐食

一般的に、鋼材は大気中の酸素及び水分と化学反応を起こして腐食する。腐食は、海塩粒子等により促進され、進行すると鋼材の断面欠損に至り、鉄骨構造物としての健全性が損なわれる可能性がある。

鉄骨構造物については、定期的な目視点検を行い、鋼材の腐食に影響する塗膜の劣化等が認められた場合には、補修塗装を施すことによって健全性を確保している。

したがって、今後も現状保全を継続することで、鉄骨構造物の強度低下が急激に発生する可能性はないことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

## ② 風等による疲労

風等の繰り返し荷重が継続的に鉄骨構造物に作用することにより、疲労による損傷が蓄積され、鉄骨部材あるいは接合部の健全性が損なわれる可能性がある。鉄骨構造物のうち、風による繰り返し荷重を受ける排気筒が評価対象構造物として考えられる。

鉄骨構造物の風等による繰り返し荷重に対する評価は、(社)日本建築学会「鋼構造設計規準(2019)」に示されている評価式により、発電所近傍の気象官署で計測された風に関する記録に基づき算定した応力範囲が、運転開始後40年時点においても、許容疲労強さよりも小さいことを確認し、疲労を考慮する必要はないと評価した。

なお、柏崎刈羽3号炉の排気筒は、これまでの目視点検でも疲労割れは確認されておらず、今後もこれらの風等の繰り返し荷重による疲労が大きく変化する要因があるとは考え難い。

以上より、鉄骨の風等による疲労については、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- (2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。

## 2.2.4 評価対象部位及び評価点の抽出

評価対象部位及び評価点は、評価すべき経年劣化要因毎に材料及び事象の進展に影響を与える環境を考慮して抽出する。

評価対象部位を表2.2-1及び図2.2-1に示す。

### a. コンクリートの強度低下

#### ① 熱

評価対象部位は、通常運転時に雰囲気温度が高く、高温の原子炉圧力容器近傍に位置する原子炉ペDESTALコンクリートとする。

原子炉ペDESTALは、鋼板構造の円筒部と鉄筋コンクリート構造の中間スラブにより構成されていることから、評価点は、原子炉ペDESTALのコンクリート構造部のうち、最も高温になると考えられる中間スラブ上面とする。

## ② 放射線照射

評価対象部位は、原子炉压力容器近傍に位置し、運転時に中性子照射量及びガンマ線照射量が最も大きいと考えられる一次遮へい壁とする。

評価点は、一次遮へい壁内面とする。

## ③ 中性化

中性化の進展に影響を及ぼす要因としては、環境要素（二酸化炭素濃度、温度、相対湿度）と仕上げ材（塗装等）の有無が考えられる。

一般的に、二酸化炭素濃度や温度が高いほど中性化が進展すると言われており、相対湿度については（社）日本建築学会「高耐久性鉄筋コンクリート造設計施工指針（案）・同解説（1991）」で、「相対湿度が40～50 %RH程度のときに最大となり、それより湿っても、乾燥しても中性化速度は遅くなる」とされている。

また、仕上げ材の有無については、仕上げ材が中性化の進展を抑制することから、仕上げ材がない部位の方が厳しい条件となる。

中性化の評価対象部位は、屋外と屋内では、鉄筋位置に対する中性化深さと鉄筋腐食の開始の関係が異なることから、建物の屋内、屋外及び構築物に対して評価対象部位を各々抽出する。

屋内の評価対象部位抽出にあたり、2020～2021年に原子炉建屋、タービン建屋及び海水熱交換器建屋の環境測定を行った結果、温度と二酸化炭素濃度ともに、原子炉建屋の中央制御室が最も高い値（24.9℃、441 ppm）であった。また、湿度は原子炉建屋の燃料交換機制御室が40～50%RHに近い値（41.7 %RH）であった。

この環境測定結果をもとに、仕上げ材の有無も考慮して、中性化が進展しやすい環境下にあると想定される複数箇所を選定し、2022年に中性化深さを測定した。

各建物の屋内において最大となる中性化深さの平均値を表2.2-2に示す。屋内の中性化深さの平均値が最も大きい箇所は、タービン建屋南側廊下（仕上げ材無し）で2.7 cm（2022年測定、運転開始後28年時点）であった。

以上の結果と各建物のかぶり厚さは同一であることを踏まえ、建物の屋内においてはタービン建屋内壁を評価対象部位とする。評価点は、中性化深さの平均値が最大となったタービン建屋南側廊下壁とする。

また、屋外と屋内では、後述するように雨掛かりの部分の有無によって鉄筋位置に対する中性化深さと鉄筋腐食の開始の関係が異なるため、屋外についても評価対象部位を選定する。各対象構築物における屋外環境は、ほぼ同一であるが、屋外の評価対象部位抽出にあたり、2022年に各構築物の中性化深さを測定した。その結果を表2.2-2に示す。建物の屋外の中性化深さの平均値が最も大きい箇所は、海水熱交換器建屋外壁（仕上げ材有り）の0.5 cm（2022年測定、運転開始

後 28 年時点) であった。

以上の結果と各建物のかぶり厚さは同一であることを踏まえ、建物の屋外においては海水熱交換器建屋外壁を評価対象部位とする。評価点は、中性化深さの平均値が最大となった海水熱交換器建屋 1 階北側外壁とする。

構築物の中性化深さの平均値が最も大きい箇所は、原子炉補機冷却水系配管ダクト A 系内壁 (仕上げ材無し) の 2.1 cm (2022 年測定, 運転開始後 28 年時点) であった。

以上の結果とかぶり厚さの相違を考慮して、構築物においては非常用ガス処理系配管ダクト, 原子炉補機冷却水系配管ダクト A 系及び排気筒 (基礎部) を評価対象部位とし, 評価点は, 非常用ガス処理系配管ダクト内壁, 原子炉補機冷却水系配管ダクト A 系内壁及び排気筒北西基礎とする。

#### ④ 塩分浸透

2022 年に海側に面する壁を有する建物を対象として、塩化物イオン濃度の測定を行った結果、建物の鉄筋位置における塩化物イオン濃度は、原子炉建屋で 0.0050 %, タービン建屋で 0.0050 %, 海水熱交換器建屋で 0.0043 %, 排気筒基礎部で 0.0037 % であった。

以上の結果を踏まえ、建物についてはタービン建屋外壁を評価対象部位とする。評価点は、鉄筋位置における塩化物イオン濃度が最大となった 1 階北側外壁とする。

構築物においては、2021 年に海水や飛沫の影響により最も厳しい塩分浸透環境下にある取水構造物を対象に塩化物イオン濃度の測定を行った結果、鉄筋位置における塩化物イオン濃度は、気中帯 0.0035 %, 干満帯 0.0045 %, 海中帯 0.0025 % であった。

構築物については、取水構造物内壁を評価対象部位とする。評価点は、塩分浸透環境を考慮し、気中帯, 干満帯及び海中帯とする。

#### ⑤ 機械振動

評価対象部位は、プラント停止中に機械振動を受ける構造物のうち、最も大きな機械振動を受ける非常用ディーゼル発電設備基礎コンクリートとする。

評価点は、機械振動荷重を直接受ける機器支持部とする。

### b. コンクリートの遮へい能力低下

#### ① 熱

評価対象部位は、放射線の遮へい能力が要求されるガンマ線遮へい壁及び一次遮へい壁のうち、原子炉圧力容器近傍に位置し、運転時に照射量の最も大きいガンマ線遮へい壁とする。

評価点は、ガンマ線遮へい壁の炉心領域部とする。

表 2.2-1 想定される経年劣化事象と評価対象部位

構造種別		コンクリート構造物							鉄骨構造物			備考
経年劣化事象		強度低下							遮へい能力 低下	強度低下		
要因		熱	放射線 照射	中性化	塩分 浸透	アルカリ 骨材反応	凍結 融解	機械 振動	熱	腐食	風等による 疲労	
対 象 構 造 物	原子炉建屋	○*1	○*2	○	○	△	△	○*6	○*7	△*8		
	タービン建屋	○	○	○*3	○*4	△	△	○		△*8		
	海水熱交換器建屋	○		○*4	○	△	△	○		△*8		
	取水構造物			○	○*3	△	△					
	非常用ガス処理系 配管ダクト			○*3	○	△	△					
	原子炉補機冷却水系 配管ダクト			○*3	○	△	△					
	排気筒			○*5	○	△	△			△*8	△	

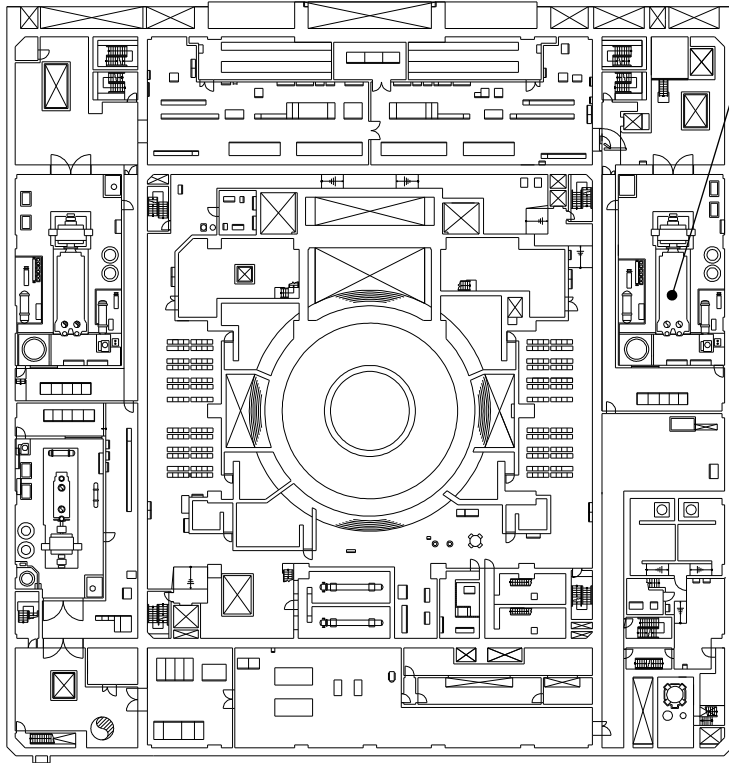
○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象でない事象（日常劣化管理事象）

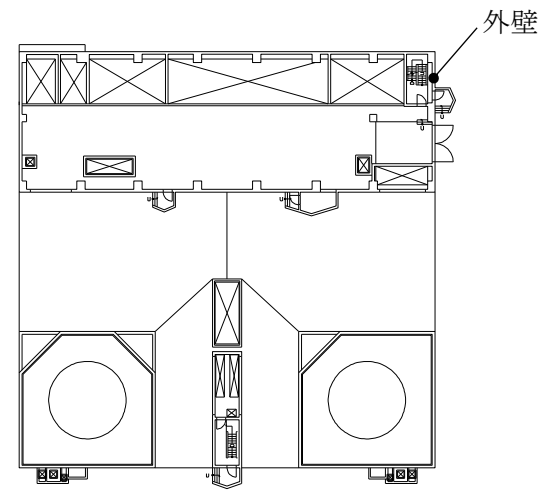
\*：評価対象部位



A系非常用ディーゼル発電機



原子炉建屋 地下1階



海水熱交換器建屋 地上1階

図 2.2-1(1/2) 評価対象部位の概要



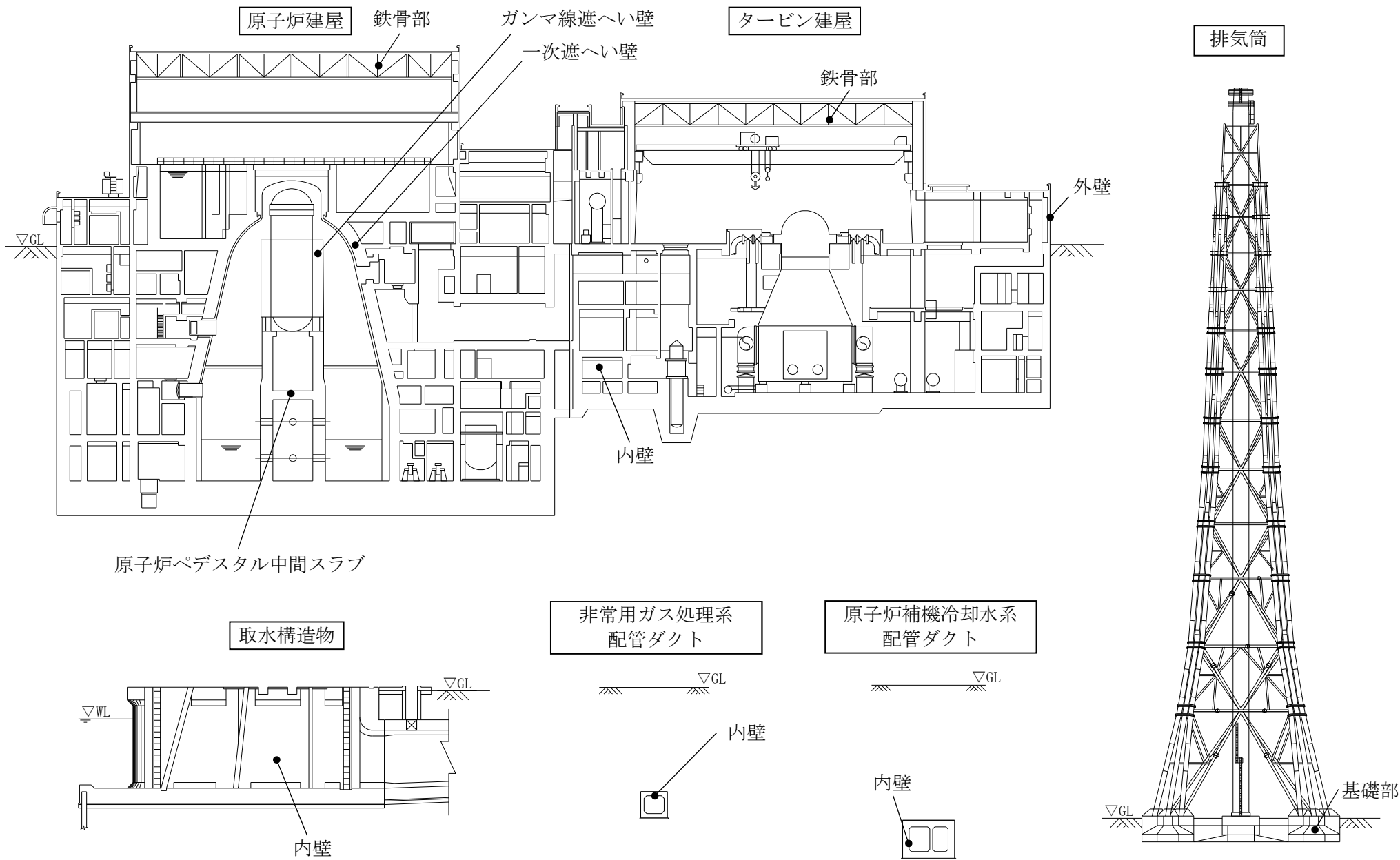


図 2.2-1 (2/2) 評価対象部位の概要

表 2.2-2 コンクリートの中性化深さ実測値及び評価対象部位の選定

環境	種別	対象構造物	測定位置	運転開始 または 使用開始 年月	調査時点の中性化深さ			かぶり 厚さ (cm)	選定
					調査時期	経過年数	実測値 (cm)		
屋内	建物	原子炉建屋	南東 EV 脇 通路	1993 年 8 月	2022 年 4 月	28 年	2.1	4.0	
		タービン建屋	南側廊下				2.7	4.0	○
		海水熱交換器 建屋	排気 ルーバ室				2.2	4.0	
屋外	建物	原子炉建屋	1 階 東側外壁	1993 年 8 月	2022 年 4 月	28 年	0.3	4.0	
		タービン建屋	1 階 北側外壁				0.2	4.0	
		海水熱交換器 建屋	1 階 北側外壁				0.5	4.0	○
	構築物	取水構造物	干満帯 内壁	1993 年 8 月	2021 年 7 月	27 年	0.1	8.4	
		非常用ガス処理 系配管ダクト	ダクト内壁		2022 年 5 月	28 年	1.9	8.9	○
		原子炉補機冷却水 系配管ダクト A 系	ダクト内壁				2.1	8.4	○
		原子炉補機冷却水 系配管ダクト B 系	ダクト内壁				1.5	8.4	
排気筒 (基礎 部)	北西基礎	2022 年 4 月	28 年	0.1	7.0	○			

## 2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

### 2.3.1 コンクリートの強度低下

コンクリート構造物については、建設時にコンクリート強度が設計基準強度を十分上回っていることを確認している。

また、現状のコンクリート強度の確認例として、コンクリート構造物から採取した供試体の圧縮強度試験を行った結果を、表 2.3-1 に示す。平均圧縮強度は設計基準強度を十分上回っている。

表 2.3-1 コンクリートの圧縮強度試験結果

対象構造物	評価対象部位	実施時期 (経過年数)	平均圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	設計基準強度 (N/mm <sup>2</sup> )
原子炉建屋	MUWC バルブ室内壁	2022 年 4 月 (28 年)	41.7	32.3 [330 kgf/cm <sup>2</sup> ]
	3 階南側外壁		44.5	
タービン建屋	タービン発電機架台		54.3	32.3 [330 kgf/cm <sup>2</sup> ]
	南側廊下内壁		39.4	
	1 階北側外壁		53.6	
海水熱交換器建屋	排気ルーバ室内壁		36.9	32.3 [330 kgf/cm <sup>2</sup> ]
	1 階北側外壁	59.6		
取水構造物	干満帯内壁	2021 年 7 月 (27 年)	44.8	23.5 [240 kgf/cm <sup>2</sup> ]
非常用ガス処理系 配管ダクト	ダクト内壁	2022 年 5 月 (28 年)	39.6	23.5 [240 kgf/cm <sup>2</sup> ]
原子炉補機冷却水 系配管ダクト A 系	ダクト内壁		36.7	23.5 [240 kgf/cm <sup>2</sup> ]
原子炉補機冷却水 系配管ダクト B 系	ダクト内壁		47.2	23.5 [240 kgf/cm <sup>2</sup> ]
排気筒	北西基礎	2022 年 4 月 (28 年)	59.4	23.5 [240 kgf/cm <sup>2</sup> ]

(1) 熱による強度低下

a. 事象の説明

コンクリートが熱を受けると、温度条件によってはコンクリート中の水分の逸散を伴う乾燥に起因する微細なひび割れ、あるいは水分の移動に起因する空隙の拡大等により、強度が低下する可能性がある。

対象構造物の中には熱を受ける部位があるため、経年劣化に対する評価が必要である。

なお、冷温停止維持の状態においては、熱による強度に対する影響はないと判断する。

b. 技術評価

① 健全性評価

一般にコンクリートの温度が 70 °C 程度では、コンクリートの基本特性に大きな影響を及ぼすような自由水の逸散は生じず、100 °C 以下では圧縮強度の低下は小さい。コンクリート温度が 190 °C 付近では結晶水が解放され始め、さらに高温になると脱水現象が著しくなるため、コンクリートの特性に影響が出始めるとされている（（社）日本機械学会「発電用原子力設備規格 コンクリート製原子炉格納容器規格（2014）」）。

また、（社）日本建築学会「原子炉建屋構造設計指針・同解説（1988）」において、コンクリートの温度制限値は設計基準強度確保の観点から、局部では 90 °C、一般部では 65 °C と定められている。原子炉建屋においては、通常運転時に最も高温状態となる部位として原子炉圧力容器を支持する原子炉ペDESTAL が考えられるが、温度分布解析の結果は、鉄筋コンクリート構造である中間スラブ上面で最大約 57 °C となり、コンクリートの温度制限値以下であることを確認している。

さらに、長期加熱やサイクル加熱によってコンクリート強度が低下しないことは、長尾らの実験によっても確かめられており、図 2.3-1 に示すとおり長期加熱後のコンクリートの圧縮強度については、65～110 °C で 3.5 年間加熱した場合でも強度低下は見られないことが報告されている。

また、図 2.3-2 に示すようにサイクル加熱後のコンクリートの圧縮強度は、20～110 °C で 120 回サイクル加熱した場合にも長期加熱後と同様に、圧縮強度に大きな変化は見られない。これらは加熱期間が最長 3.5 年のコンクリート供試体を用いた実験であるが、1 年加熱と概ね同様な結果を示しており、高温加熱による圧縮強度の変化は加熱開始後比較的初期に収束すると推察されている。

以上から、熱によるコンクリートの強度低下は、長期健全性評価上問題とならない。

なお、本事象は冷温停止維持の状態において、通常運転時の温度分布解析結果である最大約 57 °C を上回ることではないため、運転開始後 40 年時点においてもコンクリートへの熱の影響はないと判断する。

## ② 現状保全

原子炉ペDESTALコンクリートについては、構造上、立ち入ることができないため、目視点検等は実施していない。しかし、原子炉ペDESTALコンクリートに近く、他の部位より熱の影響を受けていると思われる一次遮へい壁コンクリートにおいて、構造物の健全性維持の観点から、定期的にコンクリート表面の目視点検を実施している。

目視点検の結果、ひび割れ幅等から評価し、補修が必要となるひび割れ等が確認された場合は、構造上問題となるひび割れ等の即時補修が必要な場合を除き、その経過を継続的に監視しつつ、点検実施後数年以内を目途に補修を計画、実施している。

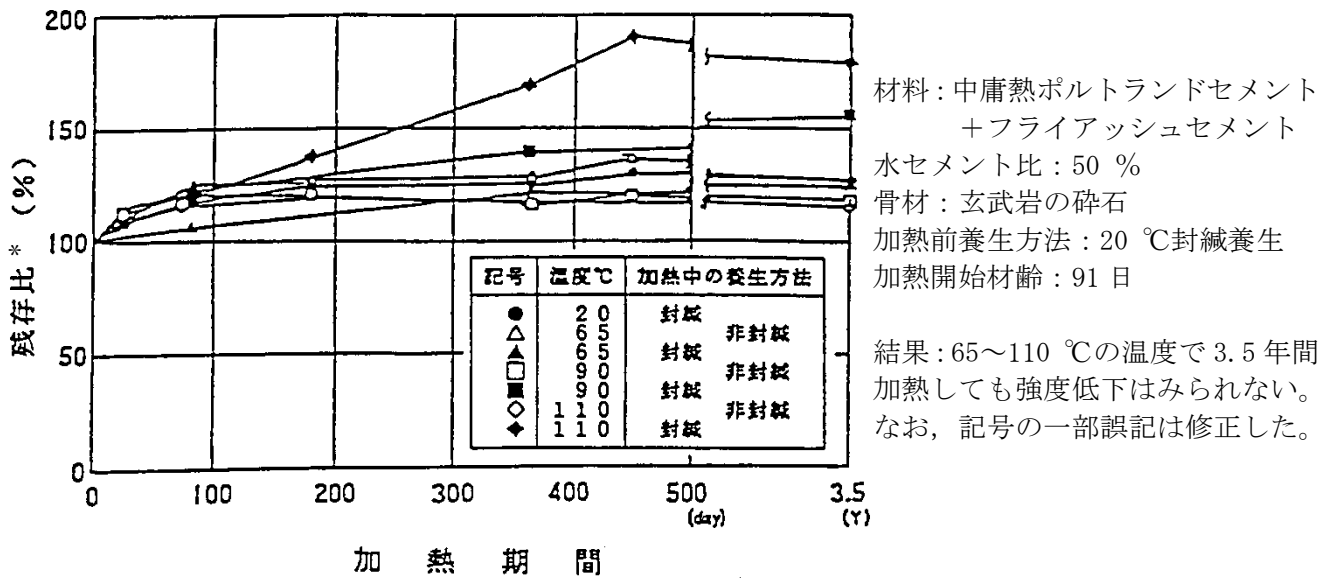
## ③ 総合評価

健全性評価結果から判断して、今後、強度低下が急激に発生する可能性は小さい。

また、定期的な目視点検により補修対象となったひび割れ等の補修を計画、実施しており、現状の保全方法は、コンクリート構造物の健全性を維持する上で適切である。

## c. 高経年化への対応

熱によるコンクリート構造物の強度低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に対し追加すべき項目はなく、今後も現状保全を継続していく。

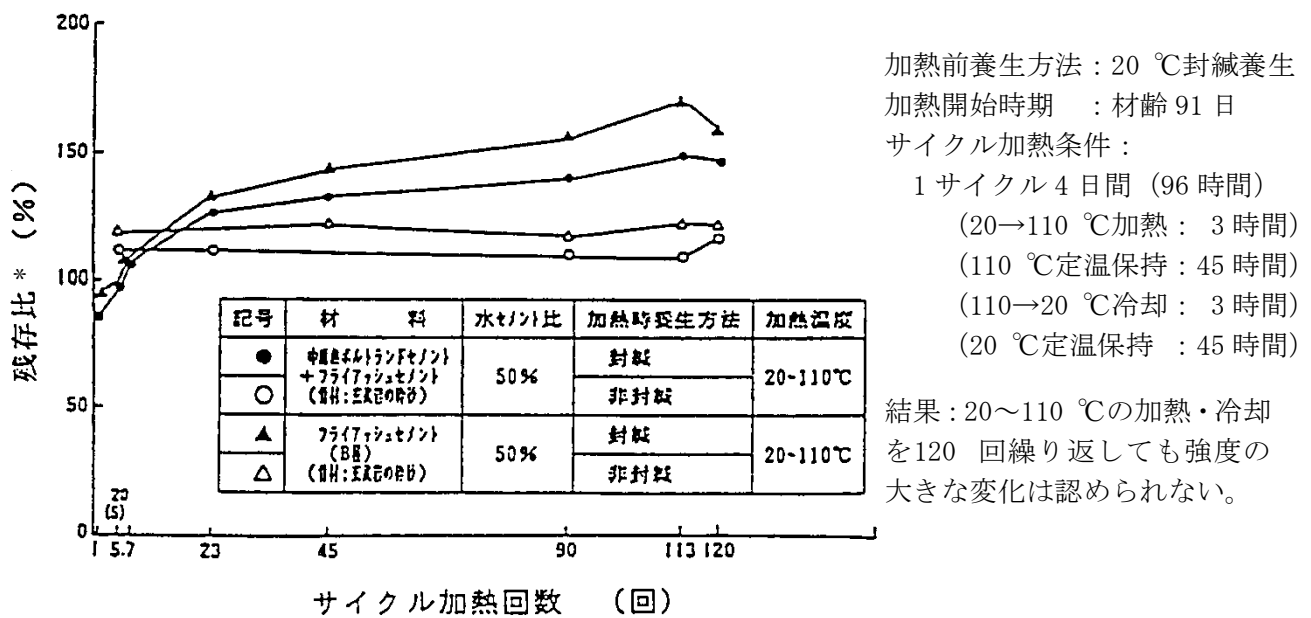


材料：中庸熱ポルトランドセメント  
 +フライアッシュセメント  
 水セメント比：50 %  
 骨材：玄武岩の砕石  
 加熱前養生方法：20 °C封蔵養生  
 加熱開始材齢：91 日

結果：65～110 °Cの温度で3.5年間  
 加熱しても強度低下はみられない。  
 なお、記号の一部誤記は修正した。

\*：加熱開始直前の圧縮強度に対する加熱後の圧縮強度の比  
 (出典) 長尾他，第48回セメント技術大会講演集 1994  
 「熱影響場におけるコンクリートの劣化に関する研究」

図 2.3-1 長期加熱後のコンクリート圧縮強度の変化



加熱前養生方法：20 °C封蔵養生  
 加熱開始時期：材齢91日  
 サイクル加熱条件：  
 1 サイクル4日間(96時間)  
 (20→110 °C加熱：3時間)  
 (110 °C定温保持：45時間)  
 (110→20 °C冷却：3時間)  
 (20 °C定温保持：45時間)

結果：20～110 °Cの加熱・冷却  
 を120回繰り返しても強度の  
 大きな変化は認められない。

\*：加熱開始直前の圧縮強度に対する加熱後の圧縮強度の比  
 (出典) 長尾他，第48回セメント技術大会講演集 1994  
 「熱影響場におけるコンクリートの劣化に関する研究」

図 2.3-2 サイクル加熱後のコンクリート圧縮強度の変化 (20～110 °C)

(2) 放射線照射による強度低下

a. 事象の説明

コンクリートが中性子照射やガンマ線照射を受けると、照射量によっては、コンクリートの強度が低下する可能性がある。

対象構造物の中には放射線照射を受ける部位があるため、経年劣化に対する評価が必要である。

なお、冷温停止維持の状態においては、中性子やガンマ線の発生はほとんど無く、放射線照射による強度に対する影響はないと判断する。

b. 技術評価

① 健全性評価

中性子照射と強度の関係に関しては、従来 Hilsdorf 他の文献における「中性子照射したコンクリートの圧縮強度 (fcu) と照射しないコンクリートの圧縮強度 (fcuo) の比」を参照していたが、小嶋他の文献における試験結果を踏まえた最新の知見によると、コンクリートの圧縮強度は、およそ  $1 \times 10^{19}$  n/cm<sup>2</sup> の中性子照射量 ( $E > 0.1$  MeV) から低下する可能性が確認されている。

運転開始後 40 年時点で予想される中性子照射量 ( $E > 0.1$  MeV) は、放射線照射量解析の結果、一次遮へい壁内面において  $1.06 \times 10^{15}$  n/cm<sup>2</sup> であり、 $1 \times 10^{19}$  n/cm<sup>2</sup> の中性子照射量 ( $E > 0.1$  MeV) を越えることはないと推定され、中性子照射によるコンクリート強度への影響はないものと判断する。

一方、ガンマ線照射量と強度との関係についても Hilsdorf 他の文献によると、ガンマ線照射量が  $2.0 \times 10^{10}$  rad 以下では有意な強度低下は見られない (図 2.3-3)。

運転開始後 40 年時点で予想されるガンマ線照射量は、放射線照射量解析の結果、一次遮へい壁内面において  $8.36 \times 10^5$  rad であり、 $2.0 \times 10^{10}$  rad を越えることはないと推定され、ガンマ線照射によるコンクリート強度への影響はないものと判断する。

以上から、放射線照射によるコンクリートの強度低下は、長期健全性評価上問題とならない。

② 現状保全

コンクリート構造物の健全性維持の観点から、定期的にコンクリート表面の目視点検を実施している。目視点検の結果、ひび割れ幅等から評価し、補修が必要となるひび割れ等が確認された場合は、構造上問題となるひび割れ等の即時補修が必要な場合を除き、その経過を継続的に監視しつつ、点検実施後数年以内を目途に補修を計画、実施している。

③ 総合評価

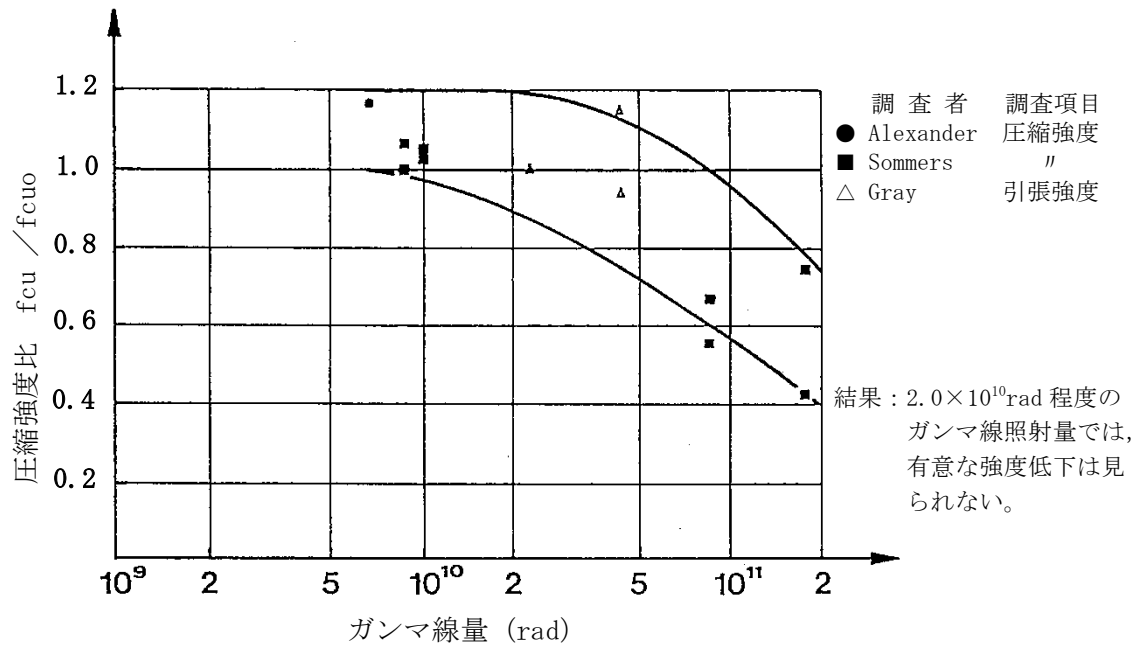
健全性評価結果から判断して、今後、強度低下が急激に発生する可能性は小さい。

また、定期的な目視点検により補修対象となったひび割れ等の補修を計画、実施しており、現状の保全方法は、コンクリート構造物の健全性を維持する上で適切である。

c. 高経年化への対応

放射線照射によるコンクリート構造物の強度低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に対し追加すべき項目はなく、今後も現状保全を継続していく。





(出典) Hilsdorf, Kropp, and Koch, "The Effects of Nuclear Radiation on the Mechanical Properties of Concrete." American Concrete institute Publication SP - 55, Paper 10. (1978)

図 2.3-3 ガンマ線照射したコンクリートの圧縮強度 (fcu) と照射しないコンクリートの圧縮強度 (fcu0) の比

### (3) 中性化による強度低下

#### a. 事象の説明

コンクリートは、空気中の二酸化炭素の作用を受けると、表面から徐々にそのアルカリ性を失い中性化する。

中性化がコンクリートの内部に進行し、鉄筋表面の不動態皮膜が失われると、鉄筋はコンクリート中の水分、酸素の作用により腐食し始め、腐食による体積膨張によりコンクリートにひび割れやはく離が生じ、コンクリート構造物としての健全性が損なわれる可能性がある。

コンクリート構造物では、中性化が発生する可能性があるため、経年劣化に対する評価が必要である。

#### b. 技術評価

##### ① 健全性評価

運転開始後 28 年経過した 2022 年に、建物の中性化深さを測定した結果、中性化深さの平均値が最も大きい箇所は、屋内においてはタービン建屋南側廊下（仕上げ材無し）で 2.7 cm であり、屋外においては海水熱交換器建屋外壁（仕上げ材有り）で 0.5 cm であった。また、運転開始後 28 年経過した 2022 年に、構築物の中性化深さを測定した結果、非常用ガス処理系配管ダクト内壁（仕上げ材無し）で 1.9cm、原子炉補機冷却水系配管ダクト A 系内壁（仕上げ材無し）で 2.1cm、排気筒北西基礎（仕上げ材有り）で 0.1cm であった。

以上より、中性化の評価は表 2.2-2 に基づき選定されたこれら 5 点について行う。

中性化の進行速度の推定式としては、岸谷式（（社）日本建築学会「鉄筋コンクリート造建築物の耐久設計施工指針・同解説（2016）」）、森永式（森永「鉄筋の腐食速度に基づいた鉄筋コンクリート建築物の寿命予測に関する研究—東京大学学位論文（1986）」）及び実測値に基づく $\sqrt{t}$ 式（土木学会「コンクリート標準示方書 維持管理編（2018）」）が提案されている。

また、鉄筋が腐食し始めるときの中性化深さは、一般に屋外の雨掛かりの部分では鉄筋のかぶり厚さまで達したとき、屋内の部分では鉄筋のかぶり厚さから 2.0 cm 奥まで達したときとされている（（社）日本建築学会「鉄筋コンクリート造建築物の耐久設計施工指針・同解説（2016）」）。

各建物のかぶり厚さは 4.0 cm であるため、鉄筋が腐食し始めるときの中性化深さは、屋内で 6.0 cm、屋外で 4.0 cm となる。

また、構築物のかぶり厚さは、非常用ガス処理系配管ダクトで 8.9cm、原子炉補機冷却水系配管ダクト A 系で 8.4 cm、排気筒基礎で 7.0cm であるため、鉄筋が腐食し始めるときの中性化深さは、それぞれ 8.9cm、8.4 cm 及び 7.0cm となる。

当該号炉で使用されているフライアッシュセメントを用いたコンクリートを評価できる岸谷式及び森永式を用いて、各評価点における調査時期の中性化深さを推定すると、表 2.3-2 に示すとおり、屋内ではタービン建屋で最大 2.2 cm（岸谷式）と

なった。

また、屋外では海水熱交換器建屋で最大 1.3 cm（岸谷式），非常用ガス処理系配管ダクトで最大 1.6cm（岸谷式），原子炉補機冷却水系配管ダクトA系で最大 1.6cm（岸谷式），排気筒基礎で最大 1.7cm（岸谷式）となった。

次に、岸谷式，森永式及び実測値に基づく $\sqrt{t}$ 式を用いて，運転開始後 40 年時点における中性化深さの推定を行った。各評価点の中性化深さの推定値は，表 2.3-2 に示すとおり，屋内ではタービン建屋で 3.2 cm（ $\sqrt{t}$ 式）が最大となった。また，屋外では海水熱交換器建屋で 1.5 cm（岸谷式），非常用ガス処理系配管ダクトで 2.2cm（ $\sqrt{t}$ 式），原子炉補機冷却水系配管ダクトA系で 2.4cm（ $\sqrt{t}$ 式），排気筒基礎で 2.1cm（岸谷式）が最大となるが，いずれも鉄筋が腐食し始める時点の中性化深さを十分下回っており，運転開始後 40 年時点における中性化深さは問題ないと判断する。

さらに，定期的に目視点検を実施しているが，中性化による鉄筋腐食に起因するひび割れは確認されていない。

以上から，中性化によるコンクリートの強度低下は，長期健全性評価上問題とならない。

表 2.3-2 コンクリートの中性化深さ (単位：cm)

環境	対象構造物	調査時点の中性化深さ			柏崎刈羽 3 号炉 運転開始後 40 年 時点の中性化 深さ*2 (推定 式)	鉄筋が腐食し 始める時点の 中性化深さ*3
		経過年数	実測値 (調査時期)	推定値*1 (推定式)		
屋内	タービン建屋	28 年	2.7 (2022 年 4 月)	2.2 (岸谷式)	3.2 ( $\sqrt{t}$ 式)	6.0
屋外	海水熱交換器建屋	28 年	0.5 (2022 年 4 月)	1.3 (岸谷式)	1.5 (岸谷式)	4.0
	非常用ガス処理系 配管ダクト	28 年	1.9 (2022 年 5 月)	1.6 (岸谷式)	2.2 ( $\sqrt{t}$ 式)	8.9
	原子炉補機冷却水 系配管ダクトA系	28 年	2.1 (2022 年 5 月)	1.6 (岸谷式)	2.4 ( $\sqrt{t}$ 式)	8.4
	排気筒基礎	28 年	0.1 (2022 年 4 月)	1.7 (岸谷式)	2.1 (岸谷式)	7.0

\*1：岸谷式，森永式\*4による推定値のうち最大値を記載

\*2：岸谷式，森永式\*4及び実測値に基づく $\sqrt{t}$ 式による推定値のうち最大値を記載

\*3：かぶり厚さから評価した値

\*4：温度，相対湿度及び二酸化炭素濃度は実測値による

② 現状保全

コンクリート構造物の健全性維持の観点から、定期的にコンクリート表面の目視点検を実施している。目視点検の結果、補修が必要となる損傷が確認された場合、即時補修が必要なものを除き、その経過を継続的に監視しつつ、点検実施後数年以内を目途に補修を計画、実施している。

③ 総合評価

健全性評価結果から判断して、今後、強度低下が急激に発生する可能性は小さい。

また、定期的な目視点検により補修対象となったひび割れ等の補修を計画、実施している。

さらに、定期的に中性化深さを測定しており、現状の保全方法は、コンクリート構造物の健全性を維持する上で適切である。

c. 高経年化への対応

中性化によるコンクリート構造物の強度低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に対し追加すべき項目はなく、今後も現状保全を継続していく。

(4) 塩分浸透による強度低下

a. 事象の説明

コンクリート中に塩化物イオンが浸透し、鉄筋位置まで達すると、鉄筋の腐食が徐々に進行し、鉄筋の体積膨張によりコンクリートにひび割れやはく離が生じ、コンクリート構造物としての健全性が損なわれる可能性がある。

対象構造物においては、塩分浸透が生じる可能性があるため、経年劣化に対する評価が必要である。

b. 技術評価

① 健全性評価

運転開始後 28 年経過した 2022 年に、タービン建屋 1 階北側外壁の鉄筋位置における塩化物イオン濃度を測定した結果、0.0050 %であり、建物の鉄筋位置における塩化物イオン濃度としては最大であった。また、構築物のうち最も厳しい塩分浸透環境下にあるのは取水構造物であり、運転開始後 27 年経過した 2021 年に取水構造物の各評価点の鉄筋位置における塩化物イオン濃度を測定した結果、気中帯で 0.0035%、干満帯で 0.0045%、海中帯で 0.0025%であった。

以上より、塩分浸透による強度低下の評価は、塩分浸透環境が厳しいこれら 4 点について行う。

塩分によるコンクリート中の鉄筋への影響を評価する方法としては、鉄筋の腐食速度に着目し、経過年数に応じた鉄筋の腐食減量並びにかぶりコンクリートにひび割れが発生する時点の腐食減量の算定式として、森永式（森永「鉄筋の腐食速度に基づいた鉄筋コンクリート建築物の寿命予測に関する研究—東京大学学位論文（1986）」）が提案されている。

タービン建屋 1 階北側外壁から供試体を採取し測定した塩化物イオン濃度を基に、経過年数に応じて拡散方程式により推定した鉄筋位置における塩化物イオン濃度を森永式に適用し、調査時点、運転開始後 40 年時点及びかぶりコンクリートにひび割れが発生する時点での鉄筋の腐食減量を算定した。その結果、鉄筋の腐食減量は、表 2.3-3 に示すとおり、調査時点において  $3.0 \times 10^{-4} \text{g/cm}^2$ 、運転開始後 40 年時点において  $4.2 \times 10^{-4} \text{g/cm}^2$  であり、かぶりコンクリートにひび割れが発生する時点での鉄筋の腐食減量である、 $41.7 \times 10^{-4} \text{g/cm}^2$  を十分に下回っており、運転開始後 40 年時点における鉄筋の腐食減量は問題ないと判断する。

取水構造物についても同様に、供試体を採取し測定した塩化物イオン濃度を基に、経過年数に応じて拡散方程式により推定した鉄筋位置における塩化物イオン濃度を森永式に適用し、調査時点、運転開始後 40 年時点及びかぶりコンクリートにひび割れが発生する時点での鉄筋の腐食減量を算定した。その結果、鉄筋の腐食減量は、表 2.3-3 に示すとおり、調査時点において気中帯で  $1.7 \times 10^{-4} \text{g/cm}^2$ 、干満帯で  $7.2 \times 10^{-4} \text{g/cm}^2$ 、海中帯で  $0.0 \times 10^{-4} \text{g/cm}^2$ 、運転開始後 40 年時点において気中帯で  $2.5 \times 10^{-4} \text{g/cm}^2$ 、干満帯で  $10.2 \times 10^{-4} \text{g/cm}^2$ 、海中帯で  $0.0 \times 10^{-4} \text{g/cm}^2$  であり、気中帯、干満帯、海中帯でかぶりコンクリートにひび割れが発生する時点での鉄筋の

腐食減量である， $91.5 \times 10^{-4} \text{g/cm}^2$  を十分に下回っており，運転開始後 40 年時点における鉄筋の腐食減量は問題ないと判断する。

さらに，定期的に目視点検を実施しているが，塩分浸透による鉄筋腐食に起因するひび割れは確認されていない。

以上から，塩分浸透によるコンクリートの強度低下は，長期健全性評価上問題とならない。

表 2.3-3 鉄筋の腐食減量

対象構造物	評価対象部位	調査時期	鉄筋位置での塩化物イオン濃度 (%)	鉄筋の腐食減量 ( $\times 10^{-4} \text{g/cm}^2$ )		
				調査時点	運転開始後 40 年時点	かぶりコンクリートにひび割れが発生する時点
タービン建屋	1 階北側外壁	2022 年	0.0050 [0.117]*	3.0	4.2	41.7
取水構造物	気中帯内壁	2021 年	0.0035 [0.083]*	1.7	2.5	91.5
	干満帯内壁		0.0045 [0.107]*	7.2	10.2	91.5
	海中帯内壁		0.0025 [0.060]*	0.0	0.0	91.5

\*: [ ]内は塩化物イオン量 ( $\text{kg/m}^3$ )

## ② 現状保全

コンクリート構造物の健全性維持の観点から，定期的にコンクリート表面の目視点検を実施している。目視点検の結果，補修が必要となるひび割れ等が確認された場合は，即時補修が必要なものを除き，その経過を継続的に監視しつつ，点検実施後数年以内を目途に補修を計画，実施している。

## ③ 総合評価

健全性評価結果から判断して，今後，強度低下が急激に発生する可能性は小さい。

また，定期的な目視点検により補修対象となったひび割れ等の補修を計画，実施している。

## c. 高経年化への対応

塩分浸透によるコンクリート構造物の強度低下に対しては，高経年化対策の観点から現状の保全内容に対し追加すべき項目はなく，今後も現状保全を継続していく。

(5) 機械振動による強度低下

a. 事象の説明

コンクリート構造物は、長期間にわたって機械振動による繰り返し荷重を受けるとひび割れが発生し、コンクリート構造物としての健全性が損なわれる可能性がある。

対象構造物の中には機械振動による繰り返し荷重を受ける部位があるため、経年劣化に対する評価が必要である。

b. 技術評価

① 健全性評価

非常用ディーゼル発電設備は、異常振動の有無を定例試験時に確認している。基礎コンクリートについては、定期的に目視点検を実施し、コンクリート表面に強度に支障をきたす可能性のある欠陥がないことを確認している。

なお、機械振動により、機器定着部の支持力が失われるような場合、機器に異常振動が発生するものと考えられるが、機械振動は日常的に監視されており、異常の兆候は検知可能である。

以上から、定期的な目視点検及び日常的に監視することにより機械振動による強度低下は、長期健全性評価上問題とならない。

② 現状保全

コンクリート構造物の健全性維持の観点から、定期的にコンクリート表面の目視点検を実施している。目視点検の結果、ひび割れ幅等から評価し、補修が必要となるひび割れ等が確認された場合は、構造上問題となるひび割れ等の即時補修が必要な場合を除き、その経過を継続的に監視しつつ、点検実施後数年以内を目途に補修を計画、実施している。

③ 総合評価

健全性評価結果から判断して、今後、強度低下が急激に発生する可能性は小さい。

また、定期的な目視点検により補修対象となったひび割れ等の補修を計画、実施しているため、現状の保全方法は、コンクリート構造物の健全性を維持する上で適切である。

c. 高経年化への対応

機械振動によるコンクリート構造物の強度低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に対し追加すべき項目はなく、今後も現状保全を継続していく。

## 2.3.2 コンクリートの遮へい能力低下

### (1) 熱による遮へい能力低下

#### a. 事象の説明

コンクリートが周辺環境からの伝達熱及び放射線照射に起因するコンクリート内部の温度上昇により、コンクリート中の水分が逸散し、放射線に対する遮へい能力が低下する可能性がある。

対象構造物の中には伝達熱及び放射線照射による内部発熱を受ける部位があるため、経年劣化に対する評価が必要である。

なお、冷温停止維持の状態においては、中性子やガンマ線の発生はほとんど無く、遮へい能力に対する影響はないと判断する。

#### b. 技術評価

##### ① 健全性評価

放射線防護の観点から、コンクリート遮へい体の設計に適用されている「コンクリート遮へい体設計基準」(R. G. Jaeger et. al「Engineering Compendium on Radiation Shielding (ECRS) VOL. 2」)には、周辺及び内部最高温度の制限値が示されており、コンクリートに対しては中性子遮へいで 88 °C以下、ガンマ線遮へいで 177 °C以下となっている。

これに対し、ガンマ線遮へい壁コンクリートの炉心領域部の最高温度は、工事計画認可申請図書添付書類「生体しゃへい装置の放射線のしゃへい及び熱除去についての計算書」によると、全ガンマ線束による発熱を考慮して温度分布解析を行った結果、60.5 °Cとコンクリート温度制限値を下回っていることから、運転開始後 40 年時点においても遮へい能力への影響はないと判断する。

また、仮に熱によるコンクリート構造物の遮へい能力低下が生じた場合、放射線量が上昇するものと考えられるが、放射線量は日常的に監視されており、異常の兆候は検知可能である。

以上から、熱によるコンクリートの遮へい能力低下は、長期健全性評価上問題とならない。

##### ② 現状保全

ガンマ線遮へい壁コンクリートについては、鋼板で覆われているため、目視点検等は実施できないが、放射線量を日常的に監視している。



③ 総合評価

健全性評価結果から判断して、熱によるコンクリート構造物の遮へい能力低下については、現状において問題はなく、今後も遮へい能力低下が急激に発生する可能性は極めて小さい。

c. 高経年化への対応

熱によるコンクリート構造物の遮へい能力低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に対し追加すべき項目はなく、今後も現状保全を継続していく。

### 3. 評価対象部位以外の部位への展開

コンクリート及び鉄骨構造物の技術評価は、「2.2 経年劣化事象の抽出」及び「2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価」に示すとおり、評価対象部位について、各経年劣化事象に影響を及ぼす要因毎に、使用条件を考慮して実施している。コンクリート及び鉄骨構造物の場合、評価対象部位以外の使用条件等は、評価対象部位に含まれているため、技術評価結果も評価対象部位の結果に含まれる。

したがって、評価対象以外の部位についても高経年化対策の観点から追加すべき保全項目はなく、今後も現状の保全方法により健全性を確認していく。

以 上

柏崎刈羽原子力発電所 3 号炉

計測制御設備の技術評価書

東京電力ホールディングス株式会社

本評価書は柏崎刈羽原子力発電所3号炉（以下、柏崎刈羽3号炉という）における安全上重要な計測制御設備（重要度分類指針におけるPS-1, 2及びMS-1, 2に該当する機器）の高経年化に係わる技術評価についてまとめたものである。なお、高温・高圧の環境下にある計測制御設備はない。

評価対象機器の一覧を表1に、機能を表2に示す。

評価対象機器を制御対象、型式で分類し、それぞれのグループから重要度及び使用条件の観点で代表機器を選定し評価を行った後、代表機器以外の機器について評価を展開している。

本評価書では、計測制御設備を以下の3分冊で構成している。また、計測制御設備の評価グループ分類（概念図）を図1に示す。

- 1 計測装置
- 2 補助継電器盤
- 3 操作制御盤

表 1 (1/4) 評価対象機器一覧

分類		機器名	重要度	
計測装置	圧力	ダイヤフラム式	LPCI 注入隔離弁差圧計測装置	MS-1
		ベローズ式	D/G 機関入口潤滑油圧力計測装置	MS-1
	温度	熱電対式	SGTS 系フィルタ装置活性炭フィルタ入口温度計測装置	MS-1
		測温抵抗体式	SGTS 系フィルタ装置活性炭フィルタ入口温度計測装置	MS-1
	流量	ダイヤフラム式	RHR 系統流量計測装置	MS-1
	水位	ダイヤフラム式	原子炉水位 (狭帯域) 計測装置	MS-1
		フロート式	スクラム排出容器水位計測装置	MS-1
	中性子束	核分裂計数管式/ 核分裂電離箱式	SRM 計測装置	MS-1
	放射線	半導体式	原子炉建屋換気系排気放射線計測装置	MS-1
	振動	倒立振子式	地震加速度計測装置	MS-1
	位置	リミットスイッチ式	D/G 機関過速度計測装置	MS-1
可変抵抗式		SGTS 乾燥装置入口弁開度計測装置	MS-1	

表 1 (2/4) 評価対象機器一覧

分類	機器名	重要度
補助継電器盤 (屋内設置)	A系原子炉緊急停止系盤	MS-1
	B系原子炉緊急停止系盤	MS-1
	A系原子炉系プロセス計装盤	MS-1
	B系原子炉系プロセス計装盤	MS-1
	B系・C系残留熱除去系盤 ESS-II	MS-1
	原子炉隔離時冷却系盤 ESS-I	MS-1
	格納容器外側隔離弁盤	MS-1
	格納容器内側隔離弁盤	MS-1
	高圧炉心スプレイ系盤 ESS-III	MS-1
	低圧炉心スプレイ系・A系残留熱除去系盤 ESS-I	MS-1
	トリップチャンネル盤 RPS-I A・NSSSS-I A	MS-1
	トリップチャンネル盤 RPS-II A・NSSSS-II A	MS-1
	トリップチャンネル盤 RPS-I B・NSSSS-I B	MS-1
	トリップチャンネル盤 RPS-II B・NSSSS-II B	MS-1
	トリップチャンネル盤 ESS-I	MS-1
	トリップチャンネル盤 ESS-II	MS-1
	トリップチャンネル盤 ESS-III	MS-1
	M/C 補助継電器盤 3C	MS-1
	M/C 補助継電器盤 3D	MS-1
	M/C 補助継電器盤 3HPCS	MS-1
	スクラムソレノイドヒューズ盤 A RPS-G1	MS-1
	スクラムソレノイドヒューズ盤 B RPS-G2	MS-1
	スクラムソレノイドヒューズ盤 C RPS-G3	MS-1
	スクラムソレノイドヒューズ盤 D RPS-G4	MS-1
	スクラムソレノイドヒューズ盤 E RPS-G1	MS-1
	スクラムソレノイドヒューズ盤 F RPS-G2	MS-1
	スクラムソレノイドヒューズ盤 G RPS-G3	MS-1
	スクラムソレノイドヒューズ盤 H RPS-G4	MS-1

表 1 (3/4) 評価対象機器一覧

分類	機器名	重要度
操作制御盤 (屋内設置)	ユニット監視制御盤 1	MS-1
	ユニット監視制御盤 2	MS-1
	ユニット監視制御盤 3	MS-1
	放射線モニタ盤	MS-1
	出力領域モニタ盤区分 I	MS-1
	出力領域モニタ盤区分 II	MS-1
	原子炉系温度記録計盤	MS-2
	漏えい検出系盤区分 I	MS-1
	漏えい検出系盤区分 II	MS-1
	SRM/IRM 盤区分 I	MS-1
	SRM/IRM 盤区分 II	MS-1
	漏えい検出系表示盤	MS-1
	FPC・MUWF・SLC 系制御盤	MS-1
	非常用炉心冷却制御盤 ESS- I	MS-1
	非常用炉心冷却制御盤 ESS- II・III	MS-1
	A 系 RCW・RSW 盤 ESS- I	MS-1
	B 系 RCW・RSW 盤 ESS- II	MS-1
	A 系非常用換気空調系盤 ESS- I	MS-1
	B 系・HPCS 系非常用換気空調系盤 ESS- II・III	MS-1
	原子炉系制御盤	MS-2
	中央制御室端子盤 (H12-P802)	MS-1
	中央制御室端子盤 (H12-P804)	MS-1
	中央制御室端子盤 (H12-P805)	MS-1
	中央制御室端子盤 (H12-P841)	MS-1
	中央制御室端子盤 (H12-P842)	MS-1
	所内電源制御盤	MS-1
	原子炉系補助制御盤	MS-1
	SGTS・FCS 盤 ESS- I	MS-1
SGTS・FCS 盤 ESS- II	MS-1	

表 1 (4/4) 評価対象機器一覧

分類	機器名	重要度
操作制御盤 (屋内設置)	制御棒位置伝送補助盤 A	MS-2
	制御棒位置伝送補助盤 B	MS-2
	HECW 冷凍機 A 制御盤 ESS- I	MS-1
	HECW 冷凍機 B 制御盤 ESS- II	MS-1
	HECW 冷凍機 C 制御盤 ESS- I	MS-1
	HECW 冷凍機 D 制御盤 ESS- II	MS-1
	非常用ディーゼル発電機 3A 制御盤	MS-1
	非常用ディーゼル発電機 3B 制御盤	MS-1
	非常用ディーゼル発電機 3A 補機制御盤	MS-1
	非常用ディーゼル発電機 3B 補機制御盤	MS-1
	高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機制御盤	MS-1
	高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機補機制御盤	MS-1
	RSW ストレーナ制御盤 A	MS-1
	RSW ストレーナ制御盤 B	MS-1
	SRM/IRM 前置増幅器盤 A	MS-1
	SRM/IRM 前置増幅器盤 B	MS-1
	SRM/IRM 前置増幅器盤 C	MS-1
SRM/IRM 前置増幅器盤 D	MS-1	



表2 評価対象機器機能一覧

設備区分	機 能 概 要
計測装置	<p>プロセス値（圧力・流量・水位等）を検出器で電気信号に変換し、信号変換処理部にて信号変換処理・演算処理を行い、指示計・記録計・指示調節計・補助継電器に電気信号を伝達する。指示計・記録計は、操作制御盤に取り付けられており、信号変換処理部から伝達されてきた電気信号を工学値に変換し、指示または記録する。指示調節計は、操作制御盤に取り付けられており、入力値と設定値との差に応じた電気信号を出力する。補助継電器は、操作制御盤に取り付けられており、信号変換処理部から伝達されてきた電気信号を補助継電器盤に取り付けられている補助継電器、電磁接触器に伝達する。</p>
補助継電器盤	<p>計測装置からの信号を受け、補助継電器、電磁接触器により原子炉の保護／制御ロジックを構成し、原子炉スクラム信号等のインターロック信号を出力する。</p>
操作制御盤	<p>計測装置の一部である指示計・記録計・指示調節計・補助継電器により、状態監視、操作及び電気信号の伝達を行うとともに、操作スイッチ、押釦スイッチによる補機操作及び故障表示器、表示灯、CRTによる状態監視を行う。</p>

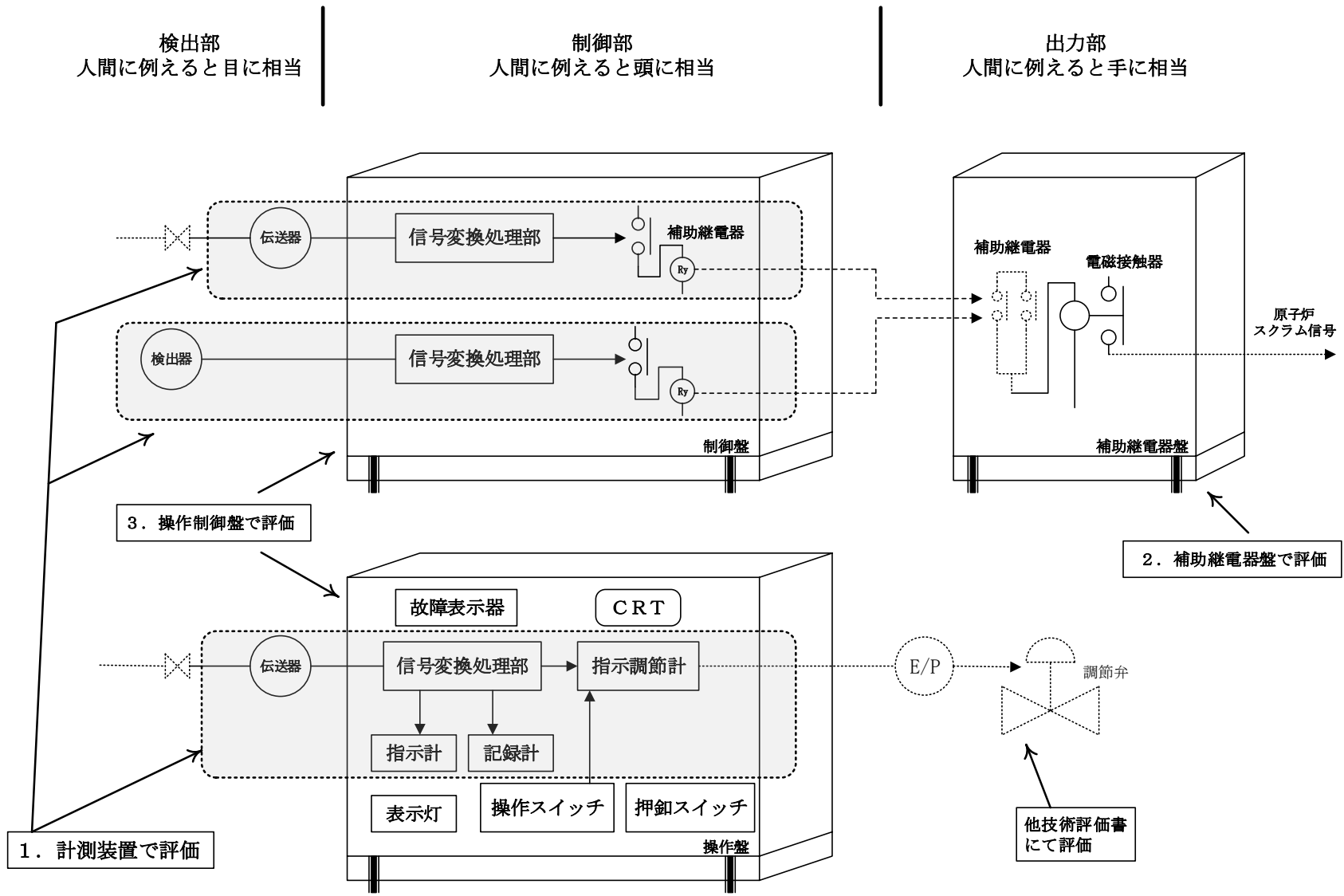


図1 計測制御設備の評価グループ分類 (概念図)

# 1 計測装置

## [対象計測装置]

- ① 圧力計測装置 (ダイヤフラム式)
- ② 圧力計測装置 (ベローズ式)
- ③ 温度計測装置 (熱電対式)
- ④ 温度計測装置 (測温抵抗体式)
- ⑤ 流量計測装置 (ダイヤフラム式)
- ⑥ 水位計測装置 (ダイヤフラム式)
- ⑦ 水位計測装置 (フロート式)
- ⑧ 中性子束計測装置 (核分裂計数管式/核分裂電離箱式)
- ⑨ 放射線計測装置 (半導体式)
- ⑩ 振動計測装置 (倒立振子式)
- ⑪ 位置計測装置 (リミットスイッチ式)
- ⑫ 位置計測装置 (可変抵抗式)

## 目 次

1. 対象機器及び代表機器の選定	1-1
1.1 グループ化の考え方及び結果	1-1
1.2 代表機器の選定	1-1
2. 代表機器の技術評価	1-12
2.1 構造, 材料及び使用条件	1-13
2.1.1 LPCI 注入隔離弁差圧計測装置	1-13
2.1.2 D/G 機関入口潤滑油圧力計測装置	1-17
2.1.3 SGTS 系フィルタ装置活性炭フィルタ入口温度計測装置 (熱電対式)	1-21
2.1.4 SGTS 系フィルタ装置活性炭フィルタ入口温度計測装置 (測温抵抗体式)	1-24
2.1.5 RHR 系統流量計測装置	1-27
2.1.6 原子炉水位計測装置 (ダイヤフラム式)	1-31
2.1.7 スクラム排出容器水位計測装置 (フロート式)	1-35
2.1.8 SRM 計測装置	1-39
2.1.9 原子炉建屋換気系排気放射線計測装置	1-42
2.1.10 地震加速度計測装置	1-45
2.1.11 D/G 機関過速度計測装置	1-48
2.1.12 SGTS 乾燥装置入口弁開度計測装置	1-51
2.2 経年劣化事象の抽出	1-54
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目	1-54
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象	1-54
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象	1-55
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価	1-74
3. 代表機器以外への展開	1-76
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象	1-76
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象	1-77

## 1. 対象機器及び代表機器の選定

柏崎刈羽3号炉で使用されている計測装置のうち、対象となる計測装置の主な仕様を表 1-1 に示す。これらの計測装置を計測対象及び検出部型式の観点からグループ化し、それぞれのグループより以下のとおり代表機器を選定した。

### 1.1 グループ化の考え方及び結果

計測対象及び検出部型式を分類基準とし、計測装置を表 1-1 に示すとおりグループ化する。

### 1.2 代表機器の選定

表 1-1 に分類するグループ毎に、原則として重要度の観点から代表機器に選定する。

#### (1) 圧力計測装置（ダイヤフラム式）

圧力計測装置（ダイヤフラム式）のうち、重要度分類上重要な RHR 系 LPCI 注入隔離弁制御信号に使用している LPCI 注入隔離弁差圧計測装置を代表機器とする。

#### (2) 圧力計測装置（ベローズ式）

圧力計測装置（ベローズ式）のうち、重要度分類上重要なディーゼル発電機停止信号に使用している D/G 機関入口潤滑油圧力計測装置を代表機器とする。

#### (3) 温度計測装置（熱電対式）

温度計測装置（熱電対式）のうち、重要度分類上重要な警報出力に使用している SGTS 系フィルタ装置活性炭フィルタ入口温度計測装置（熱電対式）を代表機器とする。

#### (4) 温度計測装置（測温抵抗体式）

温度計測装置（測温抵抗体式）のうち、重要度分類上重要な SGTS 制御信号に使用している SGTS 系フィルタ装置活性炭フィルタ入口温度計測装置（測温抵抗体式）を代表機器とする。

#### (5) 流量計測装置（ダイヤフラム式）

流量計測装置（ダイヤフラム式）のうち、重要度分類上重要な RHR 系最小流量バイパス弁制御信号に使用している RHR 系統流量計測装置を代表機器とする。

#### (6) 水位計測装置（ダイヤフラム式）

水位計測装置（ダイヤフラム式）のうち、重要度分類上重要なスクラム信号に使用している原子炉水位（狭帯域）計測装置を代表機器とする。

#### (7) 水位計測装置（フロート式）

水位計測装置（フロート式）のうち、重要度分類上重要なスクラム信号に使用しているスクラム排出容器水位計測装置（フロート式）を代表機器とする。

(8) 中性子束計測装置（核分裂計数管式/核分裂電離箱式）

中性子束計測装置（核分裂計数管式/核分裂電離箱式）のうち、重要度分類上重要なスクラム信号に使用している SRM 計測装置を代表機器とする。

(9) 放射線計測装置（半導体式）

放射線計測装置（半導体式）のうち、重要度分類上重要な中央制御室換気系隔離信号に使用している原子炉建屋換気系排気放射線計測装置を代表機器とする。

(10) 振動計測装置（倒立振子式）

振動計測装置（倒立振子式）には、地震加速度計測装置のみが属するため、地震加速度計測装置を代表機器とする。

(11) 位置計測装置（リミットスイッチ式）

位置計測装置（リミットスイッチ式）のうち、重要度分類上重要なディーゼル発電機停止信号に使用している D/G 機関過速度計測装置を代表機器とする。

(12) 位置計測装置（可変抵抗式）

位置計測装置（可変抵抗式）には、SGTS 乾燥装置入口弁開度計測装置のみが属するため、SGTS 乾燥装置入口弁開度計測装置を代表機器とする。

表 1-1 (1/9) 計測装置のグループ化と代表機器の選定

分類基準		計測装置名称	主な仕様 (信号用途)	選定基準			選定	選定理由
計測対象	検出部型式			重要度*	使用条件			
					設置場所	周囲温度 (°C)		
圧力	ダイヤフラム式 (1/2)	LPCI 注入隔離弁差圧	RHR 系 LPCI 注入隔離弁 制御 監視	MS-1	原子炉建屋	40 以下	◎	重要度分類上 重要なため
					中央制御室	26 以下		
		RHR ポンプ吐出圧力	ADS 作動 監視	MS-1	原子炉建屋	40 以下		
					中央制御室	26 以下		
		LPCS 注入隔離弁差圧	LPCS 系注入隔離弁制御 監視	MS-1	原子炉建屋	40 以下		
					中央制御室	26 以下		
		LPCS ポンプ吐出圧力	ADS 作動 監視	MS-1	原子炉建屋	40 以下		
中央制御室	26 以下							
HPCS ポンプ吸込圧力	HPCS ポンプトリップ 監視	MS-1	原子炉建屋	40 以下				
			中央制御室	26 以下				
HPCS ポンプ吐出圧力	HPCS 系最小流量バイパ ス弁制御 監視	MS-1	原子炉建屋	40 以下				
			中央制御室	26 以下				
MUWF ポンプ吸込圧力	MUWF 制御 監視	MS-2	原子炉建屋	40 以下				
			中央制御室	26 以下				

◎ : 代表機器

\* : 最上位の重要度を示す

表 1-1 (2/9) 計測装置のグループ化と代表機器の選定

分類基準		計測装置名称	主な仕様 (信号用途)	選定基準		選定	選定理由	
計測対象	検出部型式			重要度*	使用条件			
					設置場所			周囲温度 (℃)
圧力	ダイヤフラム式 (2/2)	RCW 差圧	ディーゼル発電機制御 監視	MS-1	原子炉建屋	40 以下		
					中央制御室	26 以下		
		RCW 冷却水供給圧力	RCW 制御 監視	MS-1	海水熱 交換器建屋	40 以下		
					中央制御室	26 以下		
		HPCW 差圧	ディーゼル発電機制御 監視	MS-1	原子炉建屋	40 以下		
					中央制御室	26 以下		
		HPCW ポンプ吐出圧力	監視	MS-2	原子炉建屋	40 以下		
					中央制御室	26 以下		
		RSW ポンプ吐出圧力	監視	MS-2	海水熱 交換器建屋	40 以下		
					中央制御室	26 以下		
		HPSW ポンプ吐出圧力	監視	MS-2	海水熱 交換器建屋	40 以下		
					中央制御室	26 以下		

\* : 最上位の重要度を示す



表 1-1 (3/9) 計測装置のグループ化と代表機器の選定

分類基準		計測装置名称	主な仕様 (信号用途)	選定基準			選定	選定理由
計測対象	検出部型式			重要度*	使用条件			
					設置場所	周囲温度 (℃)		
圧力	ベローズ式	機関付清水ポンプ吐出圧力	ディーゼル発電機制御 監視	MS-1	原子炉建屋	40 以下	◎	重要度分類上 重要なため
					中央制御室	26 以下		
		D/G 機関入口潤滑油圧力	ディーゼル発電機制御 監視	MS-1	原子炉建屋	40 以下		
					中央制御室	26 以下		
		HPCS D/G 機関付清水ポンプ吐出 圧力	ディーゼル発電機制御 監視	MS-1	原子炉建屋	40 以下		
					中央制御室	26 以下		
		HPCS D/G 機関入口潤滑油圧力	ディーゼル発電機制御 監視	MS-1	原子炉建屋	40 以下		
					中央制御室	26 以下		

◎ : 代表機器

\* : 最上位の重要度を示す

表 1-1 (4/9) 計測装置のグループ化と代表機器の選定

分類基準		計測装置名称	主な仕様 (信号用途)	選定基準		選定	選定理由		
計測対象	検出部型式			重要度*	使用条件				
					設置場所			周囲温度 (°C)	
温度	熱電対式	SGTS系フィルタ装置活性炭フ ィルタ入口温度	監視	MS-1	原子炉建屋	40 以下	◎	重要度分類上 重要なため	
					中央制御室	26 以下			
		SGTS系フィルタ装置活性炭フ ィルタ出口温度	監視	MS-1	原子炉建屋	40 以下			
					中央制御室	26 以下			
	測温抵抗体式	SGTS系フィルタ装置活性炭フ ィルタ入口温度	SGTS 制御 監視	MS-1	原子炉建屋	40 以下	◎	重要度分類上 重要なため	
					中央制御室	26 以下			
		SGTS系フィルタ装置活性炭フ ィルタ出口温度	SGTS 制御 監視	MS-1	原子炉建屋	40 以下			
					中央制御室	26 以下			

◎ : 代表機器

\* : 最上位の重要度を示す

表 1-1 (5/9) 計測装置のグループ化と代表機器の選定

分類基準		計測装置名称	主な仕様 (信号用途)	選定基準			選定	選定理由
計測対象	検出部型式			重要度*	使用条件			
					設置場所	周囲温度 (°C)		
流量	ダイヤフラム式	RHR 系統流量	RHR 系最小流量バイパス 弁制御 監視	MS-1	原子炉建屋	40 以下	◎	重要度分類上 重要なため
					中央制御室	26 以下		
		LPCS 系統流量	LPCS 系最小流量バイパス 弁制御 監視	MS-1	原子炉建屋	40 以下		
					中央制御室	26 以下		
		HPCS 系統流量	HPCS 系最小流量バイパス 弁制御 監視	MS-1	原子炉建屋	40 以下		
					中央制御室	26 以下		
		HPCS 系統流量	監視	MS-2	原子炉建屋	40 以下		
					中央制御室	26 以下		
		MUWF 系統流量	MUWF 制御 監視	MS-2	原子炉建屋	40 以下		
					中央制御室	26 以下		
		SGTS 排気流量	監視	MS-2	原子炉建屋	40 以下		
					中央制御室	26 以下		

◎ : 代表機器

\* : 最上位の重要度を示す

表 1-1 (6/9) 計測装置のグループ化と代表機器の選定

分類基準		計測装置名称	主な仕様 (信号用途)	選定基準		選定	選定理由	
計測対象	検出部型式			重要度*	使用条件			
					設置場所			周囲温度 (°C)
水位	ダイヤフラム式 (1/2)	原子炉水位 (狭帯域)	スクラム 隔離弁作動 SGTS 起動 監視	MS-1	原子炉建屋	40 以下	重要度分類上 重要なため	
					中央制御室	26 以下		
		原子炉水位 (広帯域)	ADS 作動 RCIC 起動 RHR 起動 LPCS 起動 HPCS 起動 ディーゼル発電機起動 監視	MS-1	原子炉建屋	40 以下		
					中央制御室	26 以下		
		サプレッションプール水位	HPCS 系圧力抑制室側吸 込隔離弁制御 監視	MS-1	原子炉建屋	40 以下		
					中央制御室	26 以下		
		復水貯蔵槽水位	監視	MS-2	原子炉建屋	40 以下		
					中央制御室	26 以下		
		RCW サージタンク水位	RCW 制御 監視	MS-2	原子炉建屋	40 以下		
					中央制御室	26 以下		
		HPCW サージタンク水位	HPCW 制御 監視	MS-2	原子炉建屋	40 以下		
					中央制御室	26 以下		

◎ : 代表機器

\* : 最上位の重要度を示す

表 1-1 (7/9) 計測装置のグループ化と代表機器の選定

分類基準		計測装置名称	主な仕様 (信号用途)	選定基準			選定	選定理由
計測対象	検出部型式			重要度*	使用条件			
					設置場所	周囲温度 (°C)		
水位	ダイヤフラム式 (2/2)	スクラム排出容器水位	スクラム 監視	MS-1	原子炉建屋	40 以下	◎	重要度分類上 重要なため
					中央制御室	26 以下		
	フロート式	スクラム排出容器水位	スクラム 監視	MS-1	原子炉建屋	40 以下		
					中央制御室	26 以下		
		復水貯蔵槽水位	HPCS 系圧力抑制室側吸 込隔離弁制御 監視	MS-1	原子炉建屋	40 以下		
					中央制御室	26 以下		
		RCW サージタンク水位	RCW 制御 監視	MS-1	原子炉建屋	40 以下		
					中央制御室	26 以下		
		HPCW サージタンク水位	HPCW 制御	MS-1	原子炉建屋	40 以下		
					中央制御室	26 以下		

◎ : 代表機器

\* : 最上位の重要度を示す

表 1-1 (8/9) 計測装置のグループ化と代表機器の選定

分類基準		計測装置名称	主な仕様 (信号用途)	選定基準			選定	選定理由		
計測対象	検出部型式			重要度*	使用条件					
					設置場所	周囲温度 (°C)				
中性子束	核分裂計数管式/ 核分裂電離箱式	SRM	制御棒引抜阻止 スクラム 監視	MS-1	原子炉内/ 原子炉建屋	302 以下/ 40 以下	◎	重要度分類上 重要なため		
					中央制御室	26 以下				
		IRM	制御棒引抜阻止 スクラム 監視	MS-1	原子炉内/ 原子炉建屋	302 以下/ 40 以下				
					中央制御室	26 以下				
		LPRM	スクラム APRM, RBM へ出力 監視	MS-1	原子炉内/ 原子炉建屋	302 以下/ 40 以下				
					中央制御室	26 以下				
放射線	半導体式	原子炉建屋換気系排気放射線	中央制御室換気系隔離 原子炉建屋換気系隔離 SGTS 起動 監視	MS-1	原子炉建屋	40 以下	◎	重要度分類上 重要なため		
					中央制御室	26 以下				
		燃料取替エリア排気放射線	中央制御室換気系隔離 原子炉建屋換気系隔離 SGTS 起動 監視	MS-1	原子炉建屋	40 以下				
					中央制御室	26 以下				
						MS-1			原子炉建屋	40 以下
									中央制御室	26 以下
振動	倒立振子式	地震加速度	スクラム 監視	MS-1	原子炉建屋	40 以下	◎			
					中央制御室	26 以下				

◎：代表機器

\*：最上位の重要度を示す

表 1-1 (9/9) 計測装置のグループ化と代表機器の選定

分類基準		計測装置名称	主な仕様 (信号用途)	選定基準			選定	選定理由	
計測対象	検出部型式			重要度*	使用条件				
					設置場所	周囲温度 (°C)			
位置	リミットスイッチ式	D/G 機関過速度	ディーゼル発電機制御 監視	MS-1	原子炉建屋	40 以下	◎	重要度分類上 重要なため	
					中央制御室	26 以下			
		D/G 燃料ハンドル停止位置	ディーゼル発電機制御 監視	MS-1	原子炉建屋	40 以下			
					中央制御室	26 以下			
		HPCS D/G 機関過速度	ディーゼル発電機制御 監視	MS-1	原子炉建屋	40 以下			
					中央制御室	26 以下			
		HPCS D/G 燃料ハンドル停止位置	ディーゼル発電機制御 監視	MS-1	原子炉建屋	40 以下			
					中央制御室	26 以下			
	可変抵抗式	SGTS 乾燥装置入口弁開度	SGTS 制御 監視	MS-1	原子炉建屋	40 以下	◎		
					中央制御室	26 以下			

◎：代表機器

\*：最上位の重要度を示す

## 2. 代表機器の技術評価

本章では、1章で代表機器とした以下の計測装置について技術評価を実施する。

- ① LPCI 注入隔離弁差圧計測装置
- ② D/G 機関入口潤滑油圧力計測装置
- ③ SGTS 系フィルタ装置活性炭フィルタ入口温度計測装置（熱電対式）
- ④ SGTS 系フィルタ装置活性炭フィルタ入口温度計測装置（測温抵抗体式）
- ⑤ RHR 系統流量計測装置
- ⑥ 原子炉水位計測装置（ダイヤフラム式）
- ⑦ スクラム排出容器水位計測装置（フロート式）
- ⑧ SRM 計測装置
- ⑨ 原子炉建屋換気系排気放射線計測装置
- ⑩ 地震加速度計測装置
- ⑪ D/G 機関過速度計測装置
- ⑫ SGTS 乾燥装置入口弁開度計測装置



## 2.1 構造, 材料及び使用条件

### 2.1.1 LPCI 注入隔離弁差圧計測装置

#### (1) 構造

LPCI 注入隔離弁差圧計測装置は, LPCI 注入隔離弁差圧を伝達する計装配管, 計装弁, 継手, 計装配管を固定する配管サポート, 差圧を検出して電気信号に変換する差圧伝送器, 計装配管内流体の過大流量を検出した際閉止させる過流量阻止弁, 差圧伝送器と計装弁を取り付け固定する計器架台, 信号変換処理を行う信号変換処理部, 電気回路に電源を供給するための電源装置, その他電気回路構成品である補助継電器, ヒューズ, 機器を支持するための取付ボルト, 基礎ボルト, 埋込金物等で構成されている。

LPCI 注入隔離弁差圧計測装置構成を図 2.1-1 に, 計装配管サポート構成を図 2.1-2 に示す。

#### (2) 材料及び使用条件

LPCI 注入隔離弁差圧計測装置主要部位の使用材料を表 2.1-1 に, 使用条件を表 2.1-2 に示す。

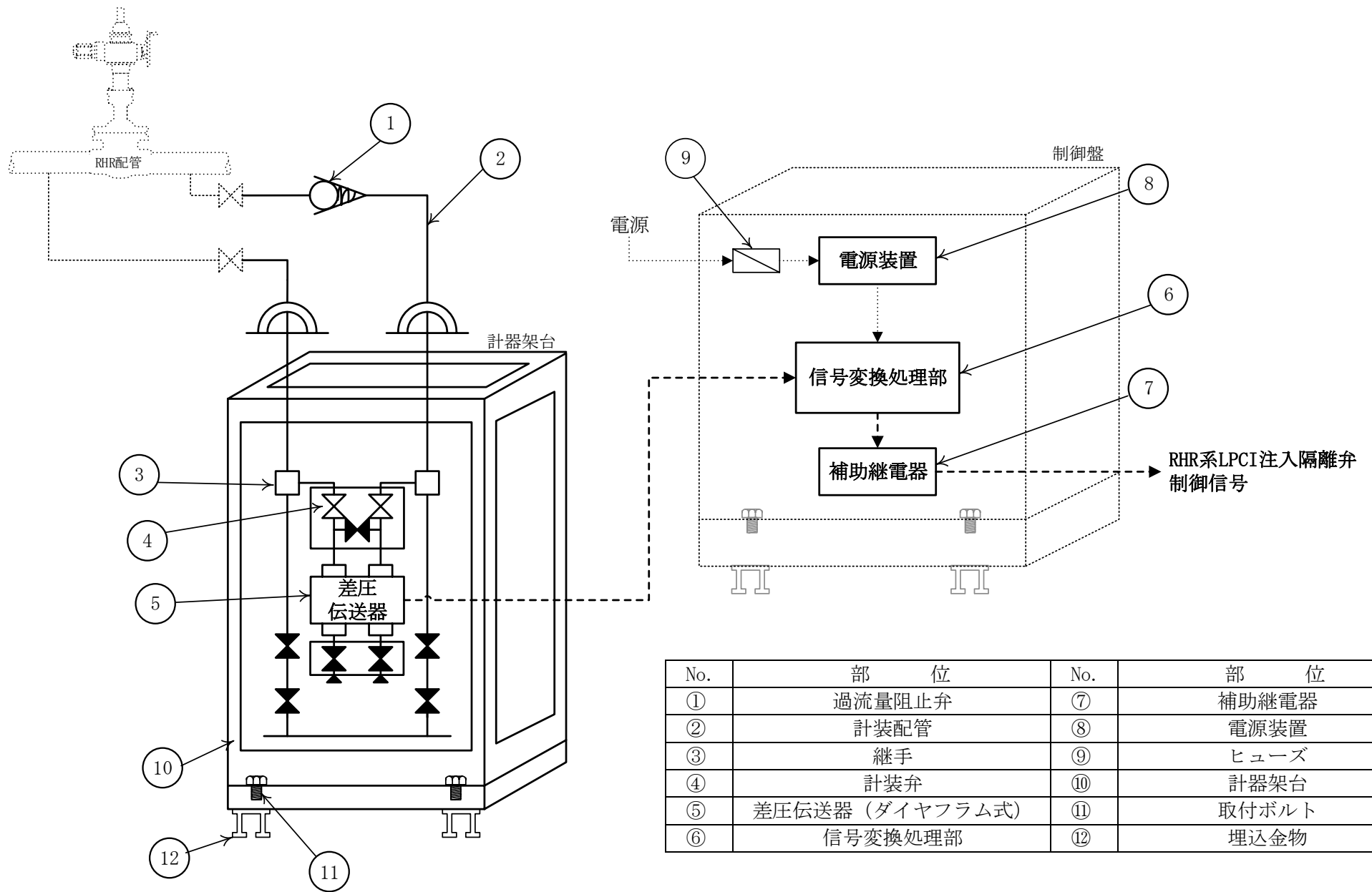


図 2. 1-1 LPCI 注入隔離弁差圧計測装置構成

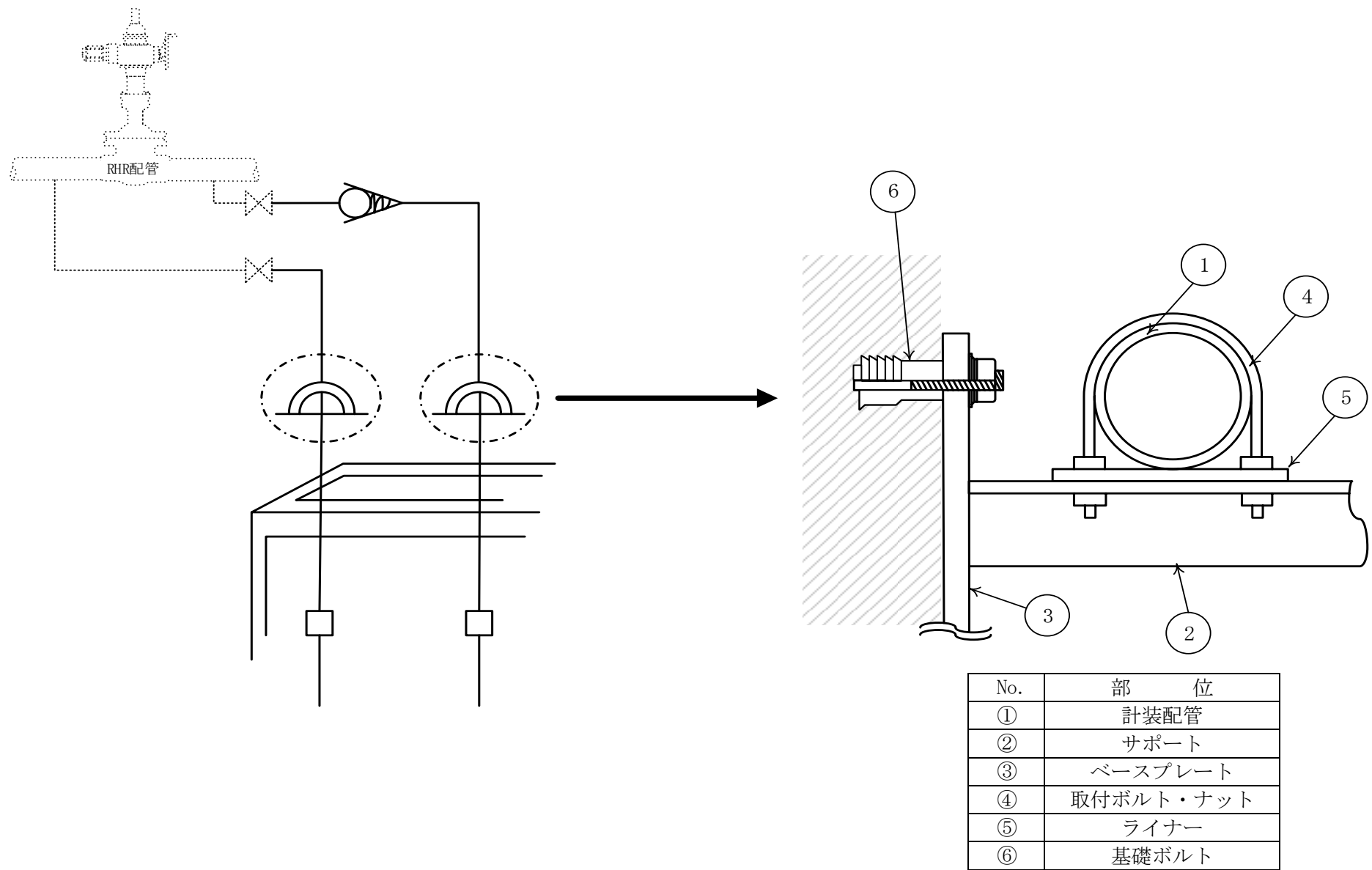


図 2.1-2 計装配管サポート構成

表 2.1-1 LPCI 注入隔離弁差圧計測装置主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
信号伝達	電圧変換	過流量阻止弁	ステンレス鋼 (SUSF316L)
		計装配管	ステンレス鋼 (SUS304, SUS316L)
		継手	ステンレス鋼 (SUS304) 他
		計装弁	ステンレス鋼 (SUS316)
		差圧伝送器 (ダイヤフラム式)	ステンレス鋼 (SUS316L) , 可変抵抗器, Oリング*1 他
		信号変換処理部	半導体, 可変抵抗器, 電解コンデンサ*2 他
		補助継電器	(定期取替品)
		電源装置	(定期取替品)
		ヒューズ	(消耗品)
機器の支持	計装配管サポート	サポート	炭素鋼 (SS400)
		ベースプレート	炭素鋼 (SS400)
		取付ボルト, ナット	ステンレス鋼 (SUS304)
		ライナー	ステンレス鋼 (SUS304)
	支持	計器架台	炭素鋼 (SS400)
		取付ボルト	炭素鋼 (SS400)
		基礎ボルト	炭素鋼
		埋込金物	炭素鋼 (SS400)

\*1 : 消耗品 (気密材)

\*2 : 定期取替品

表 2.1-2 LPCI 注入隔離弁差圧計測装置の使用条件

設置場所	原子炉建屋	中央制御室
周囲温度	40 °C 以下*1	26 °C 以下*2

\*1 : 原子炉建屋の設計値

\*2 : 中央制御室の設計値

## 2.1.2 D/G 機関入口潤滑油圧力計測装置

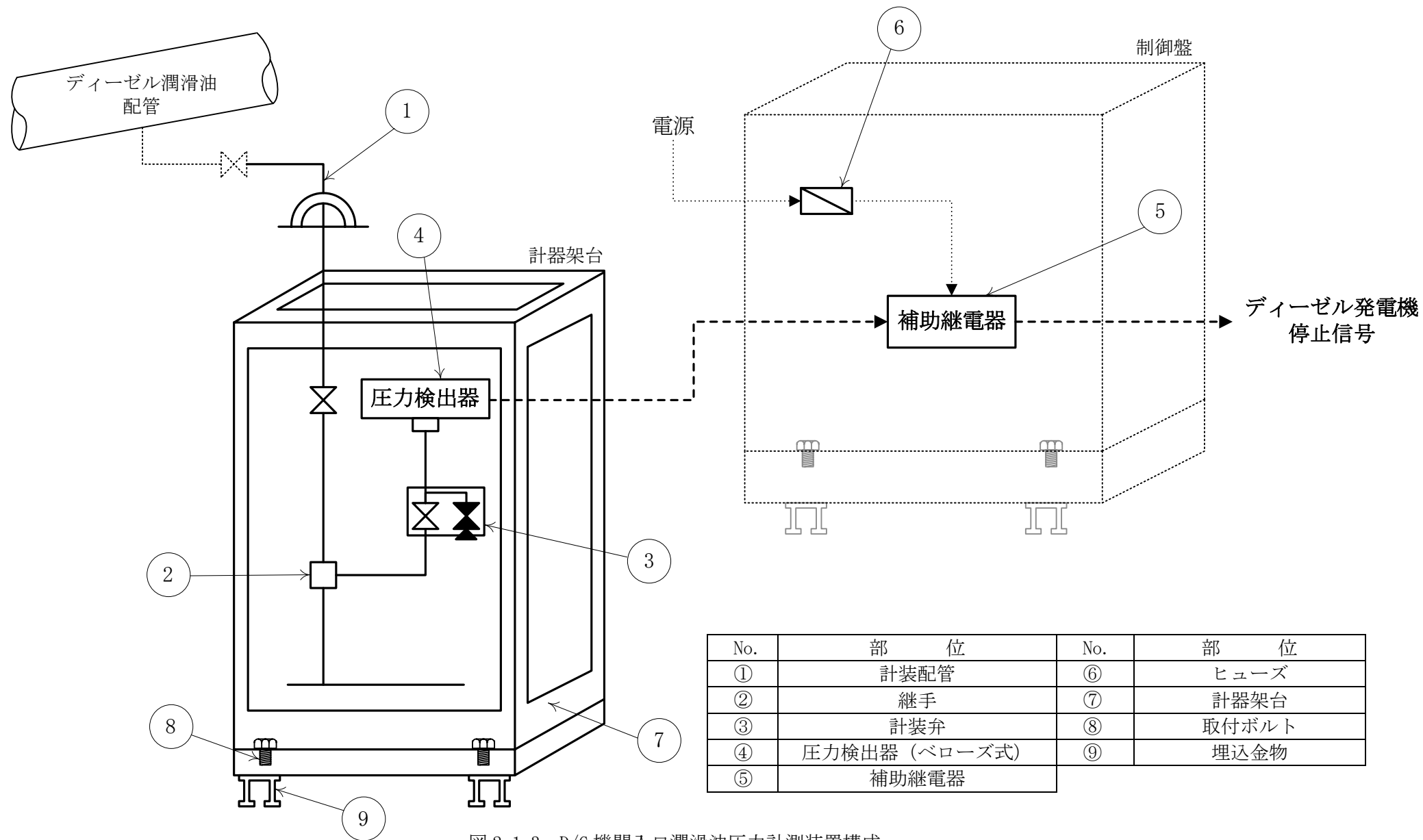
### (1) 構造

D/G機関入口潤滑油圧力計測装置は、D/G機関入口潤滑油の圧力を伝達する計装配管、計装弁、継手、計装配管を固定する配管サポート、圧力を検出してオン・オフ信号に変換する圧力検出器、圧力検出器と計装弁を取り付け固定する計器架台、その他電気回路構成品である補助継電器、ヒューズ、機器を支持するための取付ボルト、基礎ボルト、埋込金物等で構成されている。

D/G 機関入口潤滑油圧力計測装置構成を図 2.1-3 に、計装配管サポート構成を図 2.1-4 に示す。

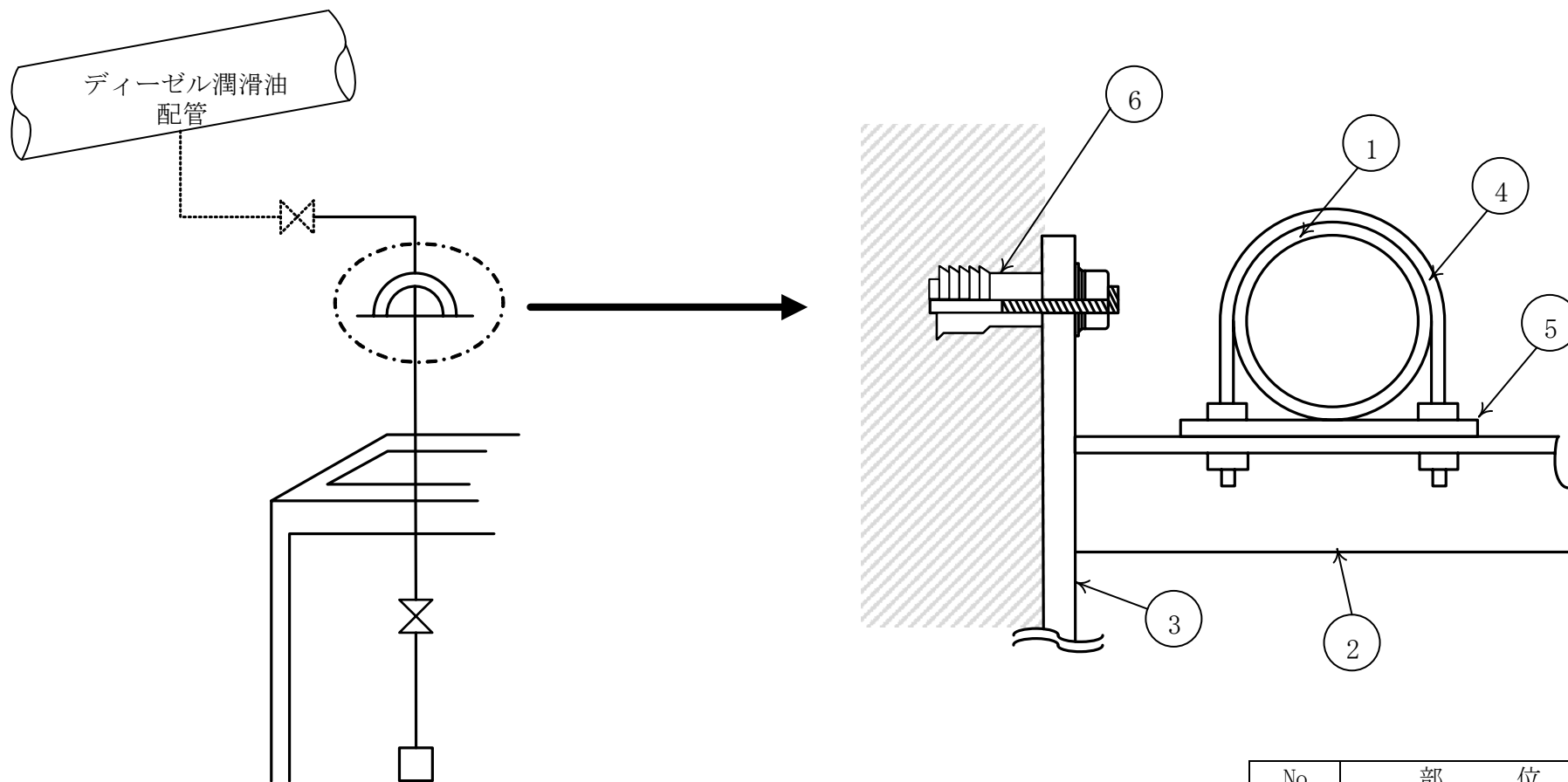
### (2) 材料及び使用条件

D/G 機関入口潤滑油圧力計測装置主要部位の使用材料を表 2.1-3 に、使用条件を表 2.1-4 に示す。



No.	部 位	No.	部 位
①	計装配管	⑥	ヒューズ
②	継手	⑦	計器架台
③	計装弁	⑧	取付ボルト
④	圧力検出器 (ベローズ式)	⑨	埋込金物
⑤	補助継電器		

図 2.1-3 D/G 機関入口潤滑油圧力計測装置構成



No.	部 位
①	計装配管
②	サポート
③	ベースプレート
④	取付ボルト・ナット
⑤	ライナー
⑥	基礎ボルト

図 2.1-4 計装配管サポート構成

表 2.1-3 D/G 機関入口潤滑油圧力計測装置主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
信号伝達	電圧変換	計装配管	ステンレス鋼 (SUS304, SUS316)
		継手	ステンレス鋼 (SUS304, SUS316) 炭素鋼 (STPT42, S25C) 他
		計装弁	ステンレス鋼 (SUS304, SUS316)
		圧力検出器 (ベローズ式)	ステンレス鋼 (SUS316L)
		補助継電器	(定期取替品)
		ヒューズ	(消耗品)
機器の支持	計装配管サポート	サポート	炭素鋼 (SS400)
		ベースプレート	炭素鋼
		取付ボルト, ナット	ステンレス鋼 (SUS304)
		ライナー	ステンレス鋼 (SUS304)
	支持	計器架台	炭素鋼
		取付ボルト	炭素鋼
		基礎ボルト	炭素鋼
		埋込金物	炭素鋼 (SS400)

表 2.1-4 D/G 機関入口潤滑油圧力計測装置の使用条件

設置場所	原子炉建屋	中央制御室
周囲温度	40 °C 以下*1	26 °C 以下*2

\*1：原子炉建屋の設計値

\*2：中央制御室の設計値



### 2.1.3 SGTS系フィルタ装置活性炭フィルタ入口温度計測装置（熱電対式）

#### (1) 構造

SGTS系フィルタ装置活性炭フィルタ入口温度計測装置（熱電対式）は、温度に対応した電気信号を出力する温度検出器，信号変換処理を行う信号変換処理部，電気回路に電源を供給するための電源装置，その他電気回路構成品である指示計，ヒューズ等で構成されている。

SGTS系フィルタ装置活性炭フィルタ入口温度計測装置（熱電対式）構成を図2.1-5に示す。

#### (2) 材料及び使用条件

SGTS系フィルタ装置活性炭フィルタ入口温度計測装置（熱電対式）主要部位の使用材料を表2.1-5，使用条件を表2.1-6に示す。

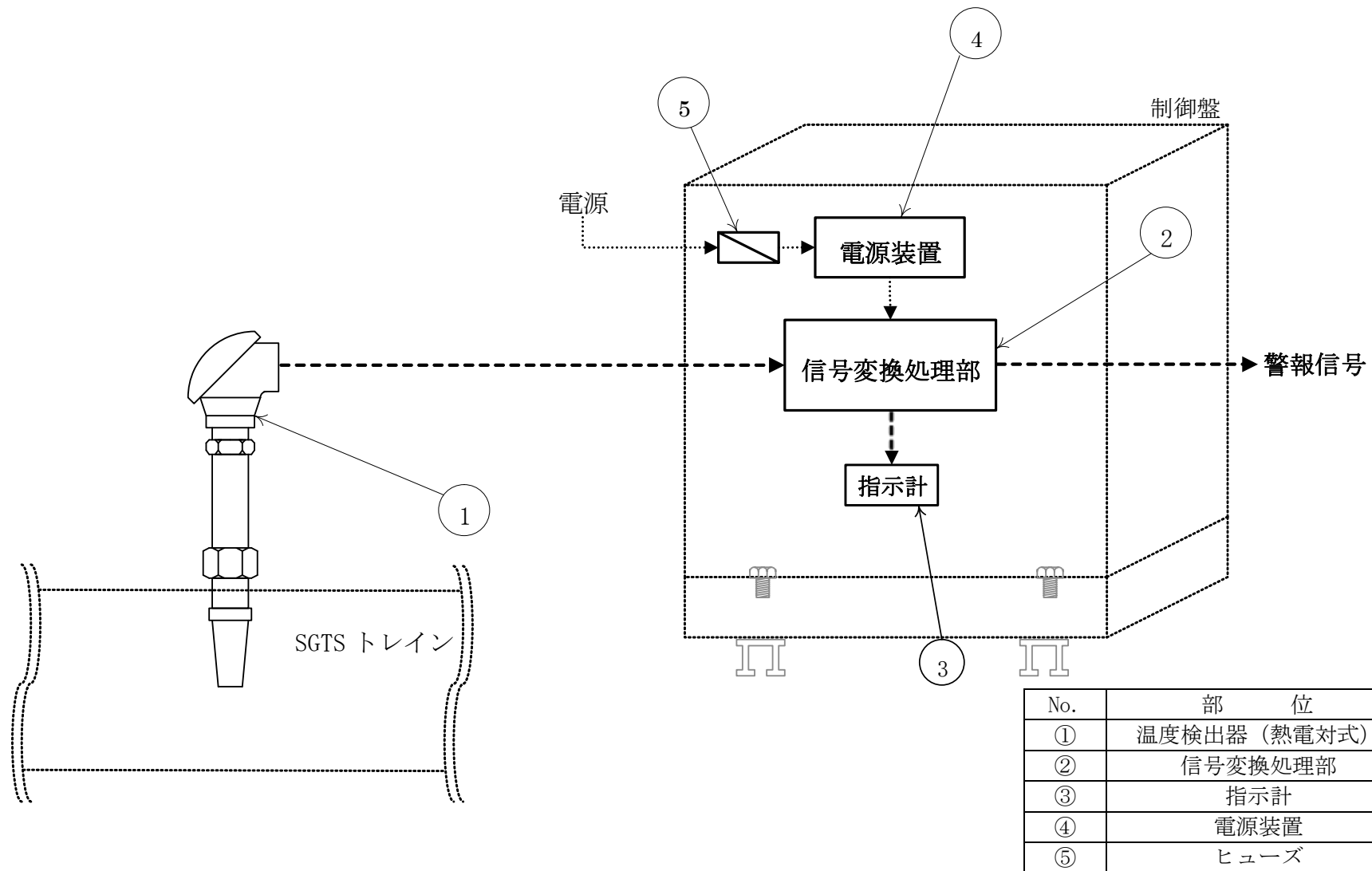


図 2. 1-5 SGTS 系フィルタ装置活性炭フィルタ入口温度計測装置（熱電対式）構成

表 2.1-5 SGTS 系フィルタ装置活性炭フィルタ入口温度計測装置（熱電対式）主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
信号伝達	電圧変換	温度検出器 (熱電対式)	銅, 絶縁物 (MgO) , エポキシ樹脂, ステンレス鋼 (SUS316) 他
		信号変換処理部	半導体, 可変抵抗器, 電解コンデンサ*1他
		指示計	銅他
		電源装置	(定期取替品)
		ヒューズ	(消耗品)

\*1：定期取替品

表 2.1-6 SGTS 系フィルタ装置活性炭フィルタ入口温度計測装置（熱電対式）の使用条件

設置場所	原子炉建屋	中央制御室
周囲温度	40 °C以下*1	26 °C以下*2

\*1：原子炉建屋の設計値

\*2：中央制御室の設計値

#### 2.1.4 SGTS 系フィルタ装置活性炭フィルタ入口温度計測装置（測温抵抗体式）

##### (1) 構造

SGTS 系フィルタ装置活性炭フィルタ入口温度計測装置（測温抵抗体式）は、温度に対応した電気信号を出力する温度検出器，信号変換処理を行う信号変換処理部，電気回路に電源を供給するための電源装置，その他電気回路構成品であるヒューズ等で構成されている。

SGTS 系フィルタ装置活性炭フィルタ入口温度計測装置（測温抵抗体式）構成を図 2.1-6 に示す。

##### (2) 材料及び使用条件

SGTS 系フィルタ装置活性炭フィルタ入口温度計測装置（測温抵抗体式）主要部位の使用材料を表 2.1-7，使用条件を表 2.1-8 に示す。

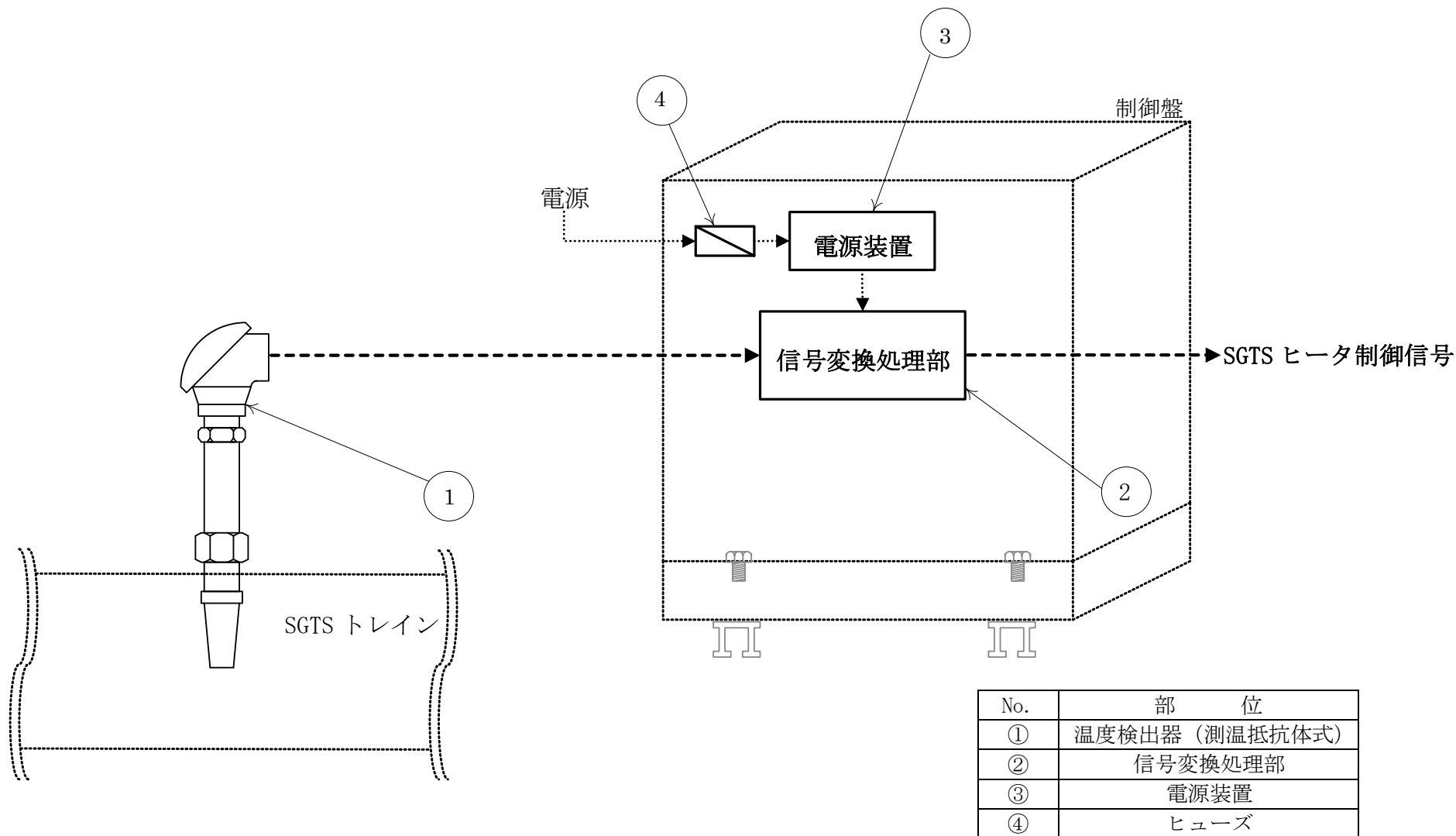


図 2.1-6 SGTS 系フィルタ装置活性炭フィルタ入口温度計測装置（測温抵抗体式）構成

表 2.1-7 SGTS 系フィルタ装置活性炭フィルタ入口温度計測装置（測温抵抗体式）主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
信号伝達	電圧変換	温度検出器 (測温抵抗体式)	白金, 絶縁物 (MgO) , エポキシ樹脂, ステンレス鋼 (SUS316) 他
		信号変換処理部	半導体, 可変抵抗器, 電解コンデンサ*1他
		電源装置	(定期取替品)
		ヒューズ	(消耗品)

\*1 : 定期取替品

表 2.1-8 SGTS 系フィルタ装置活性炭フィルタ入口温度計測装置（測温抵抗体式）の使用条件

設置場所	原子炉建屋	中央制御室
周囲温度	40 °C 以下*1	26 °C 以下*2

\*1 : 原子炉建屋の設計値

\*2 : 中央制御室の設計値

## 2.1.5 RHR 系統流量計測装置

### (1) 構造

RHR 系統流量計測装置は、RHR 系統流量を伝達する計装配管、計装弁、継手、計装配管を固定する配管サポート、流量を検出して電気信号に変換する差圧伝送器、差圧伝送器と計装弁を取り付け固定する計器架台、信号変換処理を行う信号変換処理部、電気回路に電源を供給するための電源装置、その他電気回路構成品である指示計、記録計、補助継電器、ヒューズ、機器を支持するための取付ボルト、基礎ボルト、埋込金物等で構成されている。

RHR 系統流量計測装置構成を図 2.1-7 に、計装配管サポート構成を図 2.1-8 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

RHR 系統流量計測装置主要部位の使用材料を表 2.1-9 に、使用条件を表 2.1-10 に示す。

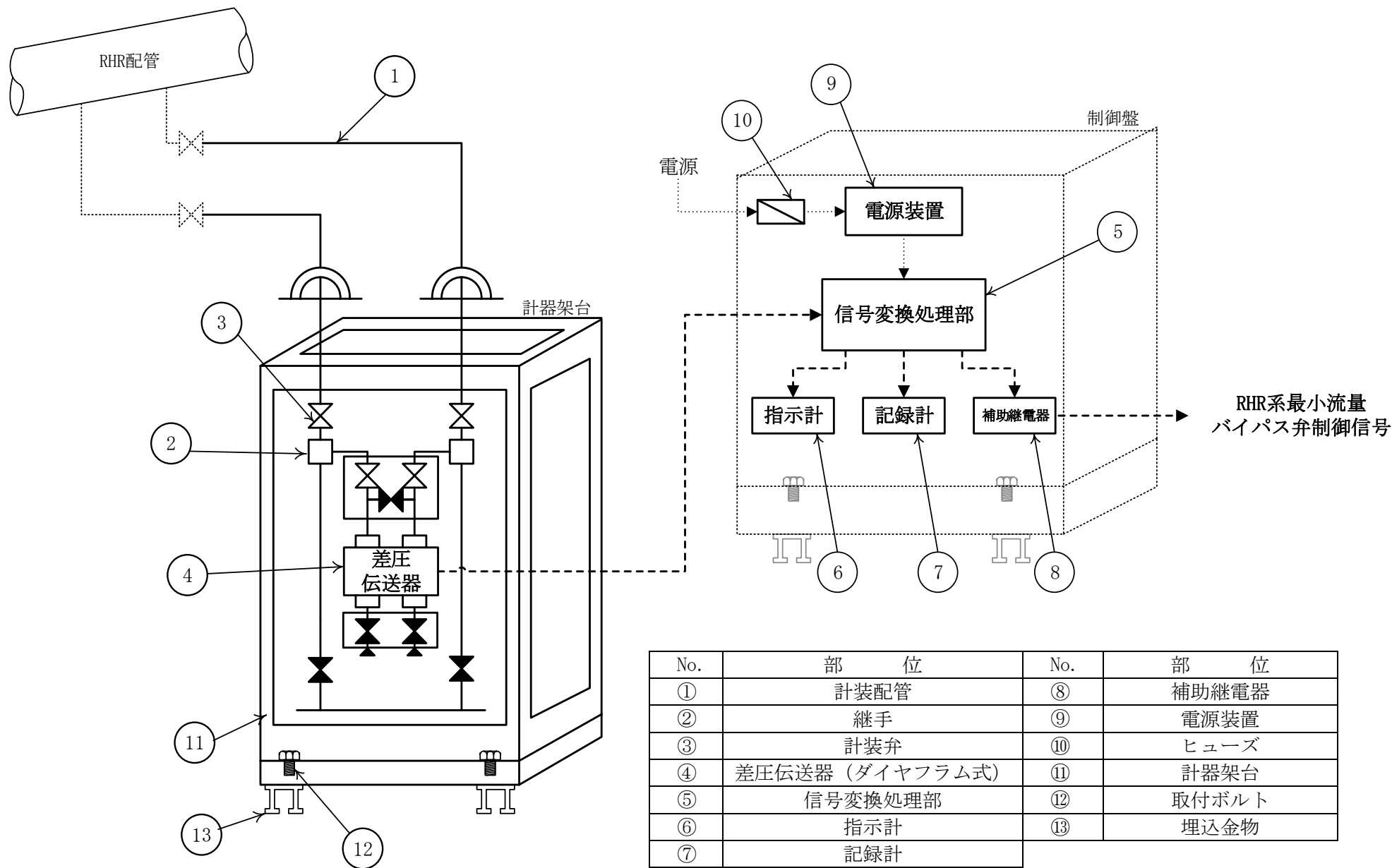


図 2.1-7 RHR 系統流量計測装置構成



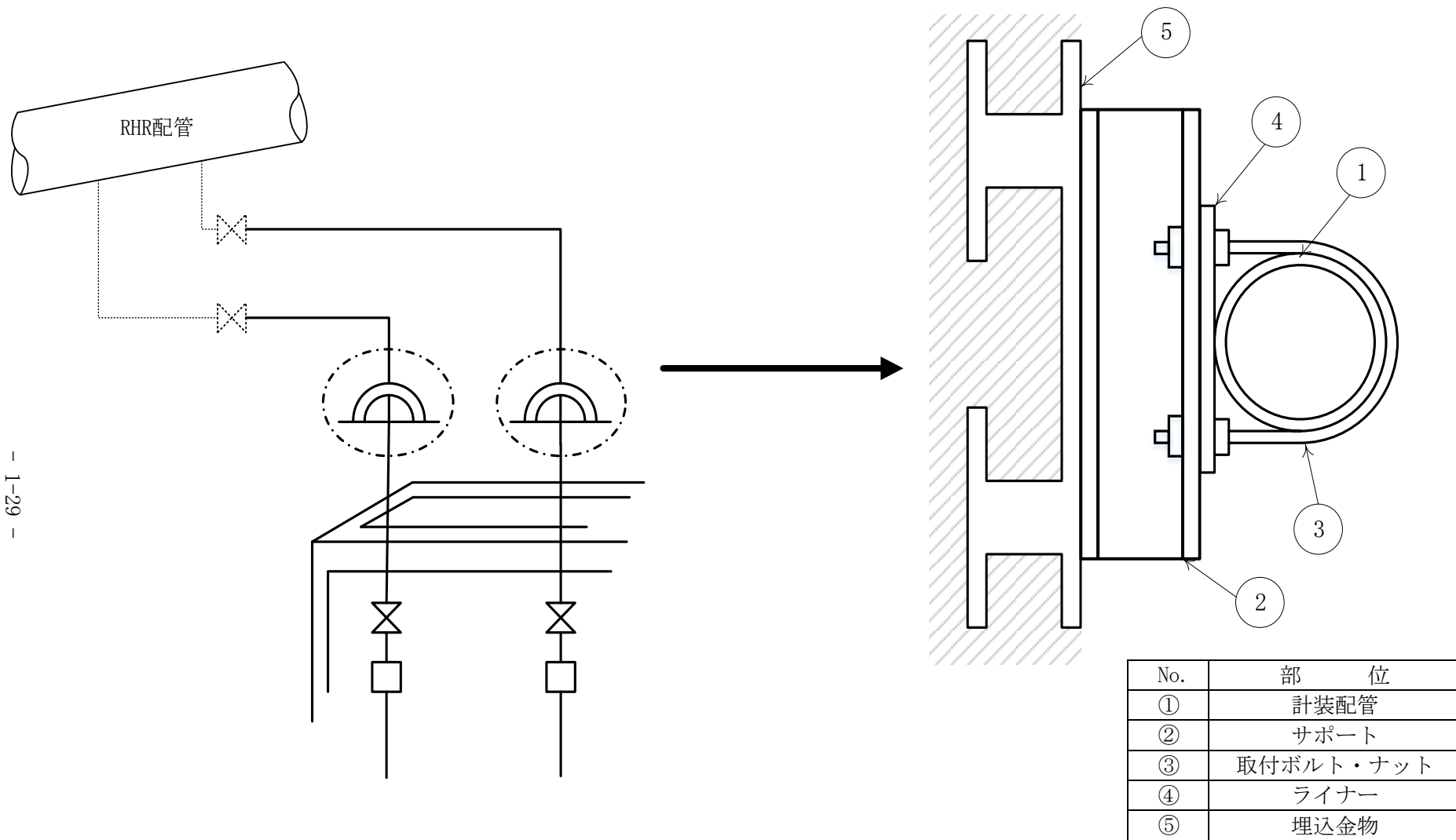


図 2.1-8 計装配管サポート構成

表 2.1-9 RHR 系統流量計測装置主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
信号伝達	電圧変換	計装配管	ステンレス鋼 (SUS304)
		継手	ステンレス鋼 (SUS304) 炭素鋼 (STPT42, S25C)
		計装弁	ステンレス鋼 (SUS316)
		差圧伝送器 (ダイヤフラム式)	ステンレス鋼 (SUS316L) , 可変抵抗器, Oリング*1 他
		信号変換処理部	半導体, 可変抵抗器, 電解コンデンサ*2 他
		指示計	銅他
		記録計	(定期取替品)
		補助継電器	(定期取替品)
		電源装置	(定期取替品)
		ヒューズ	(消耗品)
機器の支持	計装配管サポート	サポート	炭素鋼 (SS400)
		取付ボルト, ナット	ステンレス鋼 (SUS304)
		ライナー	ステンレス鋼 (SUS304)
	支持	計器架台	炭素鋼
		取付ボルト	炭素鋼 (SS400)
		埋込金物	炭素鋼 (SS400)

\*1 : 消耗品 (気密材)

\*2 : 定期取替品

表 2.1-10 RHR 系統流量計測装置の使用条件

設置場所	原子炉建屋	中央制御室
周囲温度	40 °C 以下*1	26 °C 以下*2

\*1 : 原子炉建屋の設計値

\*2 : 中央制御室の設計値

## 2.1.6 原子炉水位計測装置（ダイヤフラム式）

### (1) 構造

原子炉水位計測装置（ダイヤフラム式）は、原子炉の水位を伝達する計装配管、計装弁、継手、計装配管を固定する配管サポート、水位を検出して電気信号に変換する差圧伝送器、差圧伝送器を取り付け固定する計器架台、信号変換処理を行う信号変換処理部、電気回路に電源を供給するための電源装置、その他電気回路構成品である補助継電器、ヒューズ、機器を支持するための取付ボルト、基礎ボルト、埋込金物等で構成されている。

原子炉水位計測装置（ダイヤフラム式）構成を図 2.1-9 に、計装配管サポート構成を図 2.1-10 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

原子炉水位計測装置（ダイヤフラム式）主要部位の使用材料を表 2.1-11 に、使用条件を表 2.1-12 に示す。

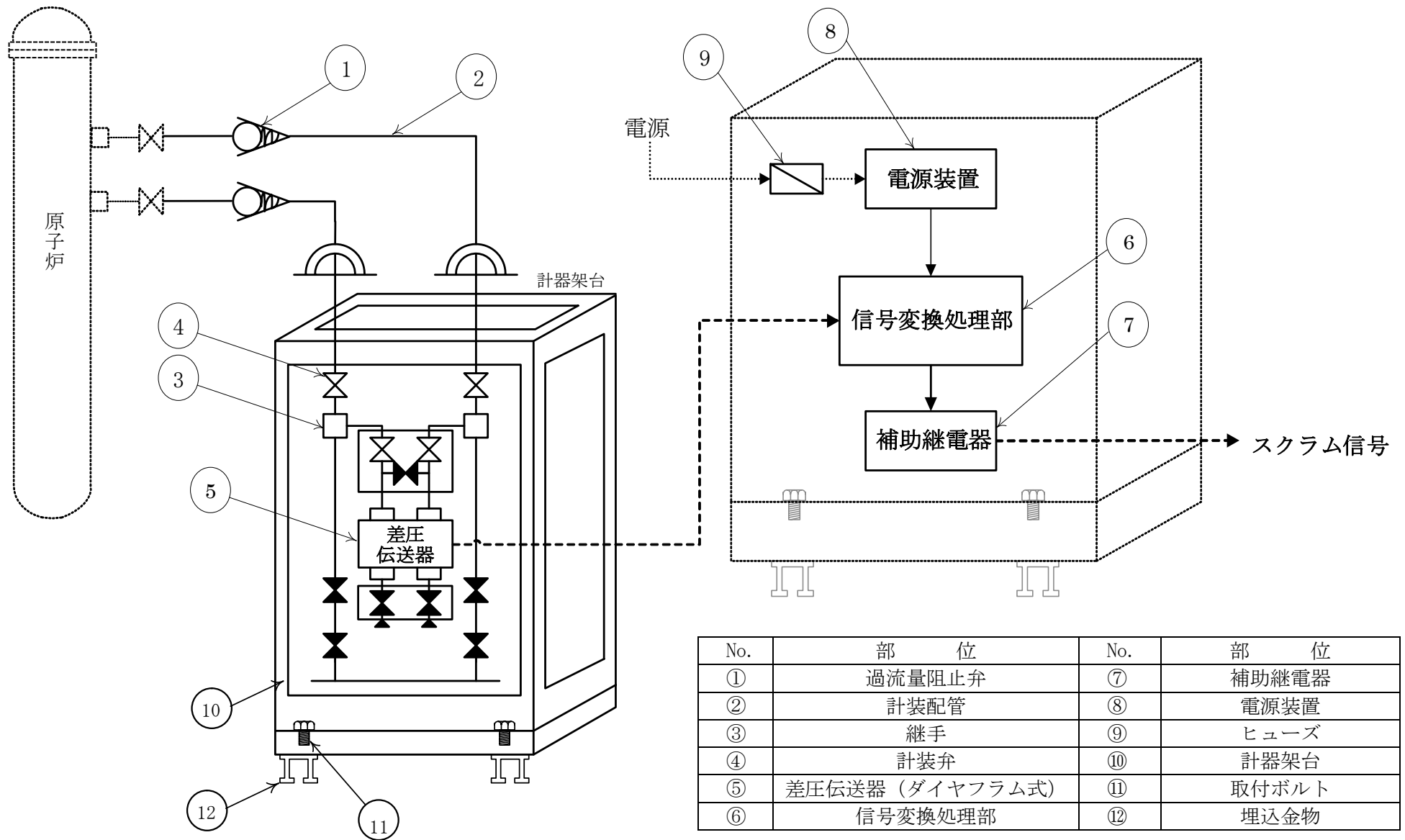
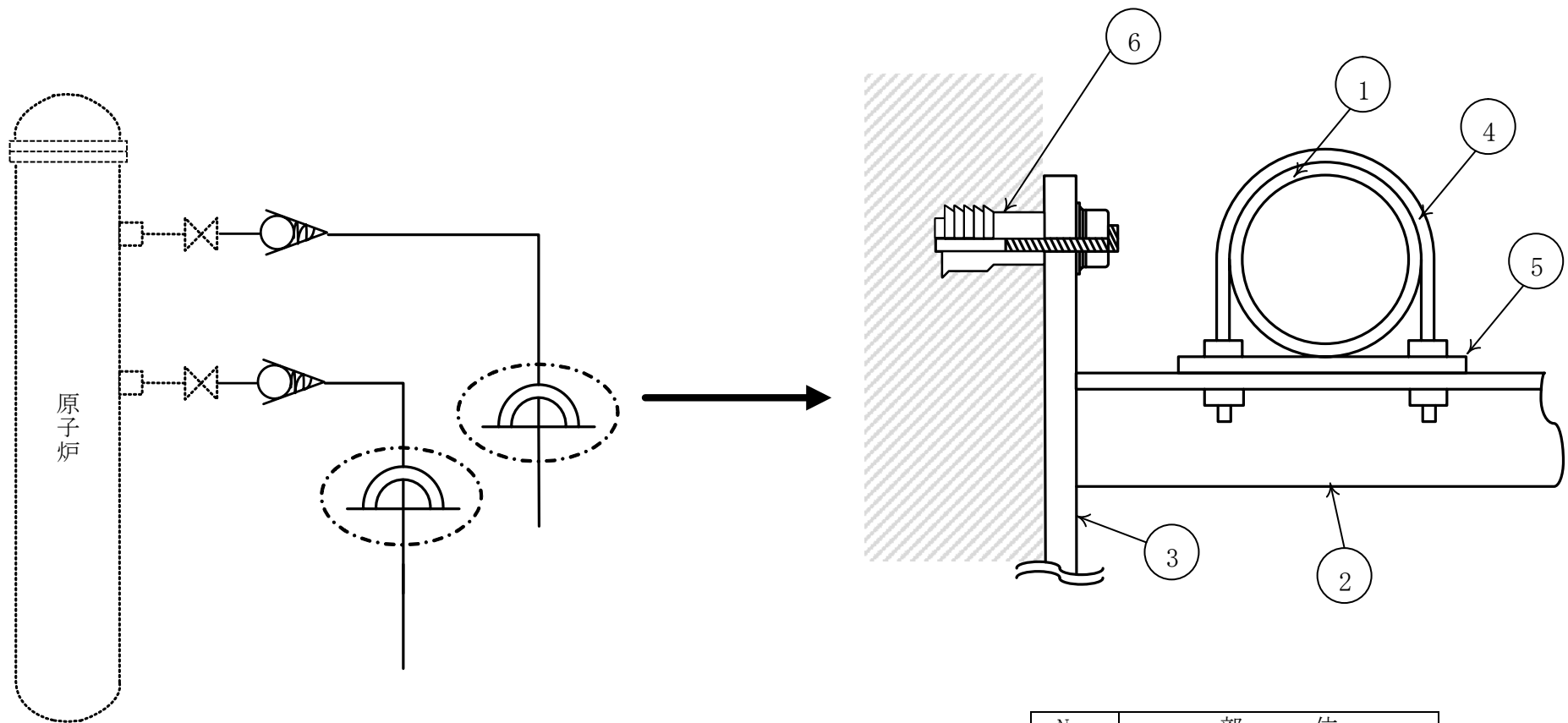


図 2.1-9 原子炉水位計測装置 (ダイヤフラム式) 構成



No.	部 位
①	計装配管
②	サポート
③	ベースプレート
④	取付ボルト・ナット
⑤	ライナー
⑥	基礎ボルト

図 2.1-10 計装配管サポート構成

表 2.1-11 原子炉水位計測装置（ダイヤフラム式）主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
信号伝達	電圧変換	過流量阻止弁	ステンレス鋼（SUSF316L）
		計装配管	ステンレス鋼（SUS304）
		継手	ステンレス鋼（SUS304，SUS316）
		計装弁	ステンレス鋼（SUS316）
		差圧伝送器（ダイヤフラム式）	ステンレス鋼（SUS316L），可変抵抗器，Oリング*1他
		信号変換処理部	半導体，可変抵抗器，電解コンデンサ*2他
		補助継電器	（定期取替品）
		電源装置	（定期取替品）
		ヒューズ	（消耗品）
機器の支持	計装配管サポート	サポート	炭素鋼（SS400）
		ベースプレート	炭素鋼（SS400）
		取付ボルト，ナット	ステンレス鋼（SUS304）
		ライナー	ステンレス鋼（SUS304）
	支持	計器架台	炭素鋼
		取付ボルト	炭素鋼（SS400）
		基礎ボルト	炭素鋼
		埋込金物	炭素鋼（SS400）

\*1：消耗品（気密材）

\*2：定期取替品

表 2.1-12 原子炉水位計測装置（ダイヤフラム式）の使用条件

設置場所	原子炉建屋	中央制御室
周囲温度	40℃以下*1	26℃以下*2

\*1：原子炉建屋の設計値

\*2：中央制御室の設計値

### 2.1.7 スクラム排出容器水位計測装置（フロート式）

#### (1) 構造

スクラム排出容器水位計測装置（フロート式）は、スクラム排出容器の水位を伝達する計装配管、検出器を固定する検出器サポート、水位を検出してオン・オフ信号に変換する水位検出器、その他電気回路構成部品である補助継電器、ヒューズ、検出器を支持するための取付ボルト、埋込金物等で構成されている。

スクラム排出容器水位計測装置（フロート式）構成を図 2.1-11 に、水位検出器サポート構成を図 2.1-12 に示す。

#### (2) 材料及び使用条件

スクラム排出容器水位計測装置（フロート式）主要部位の使用材料を表 2.1-13 に、使用条件を表 2.1-14 に示す。

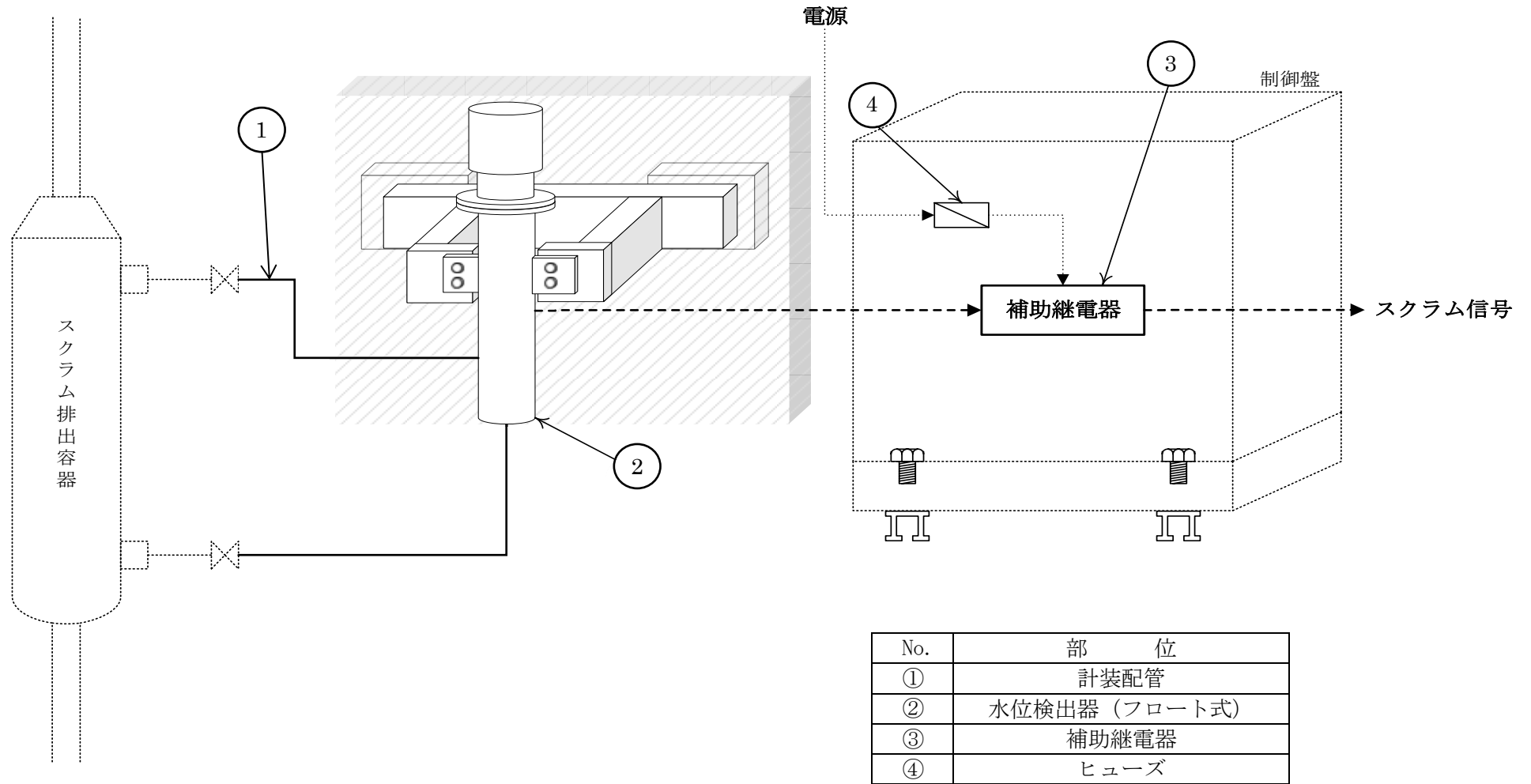
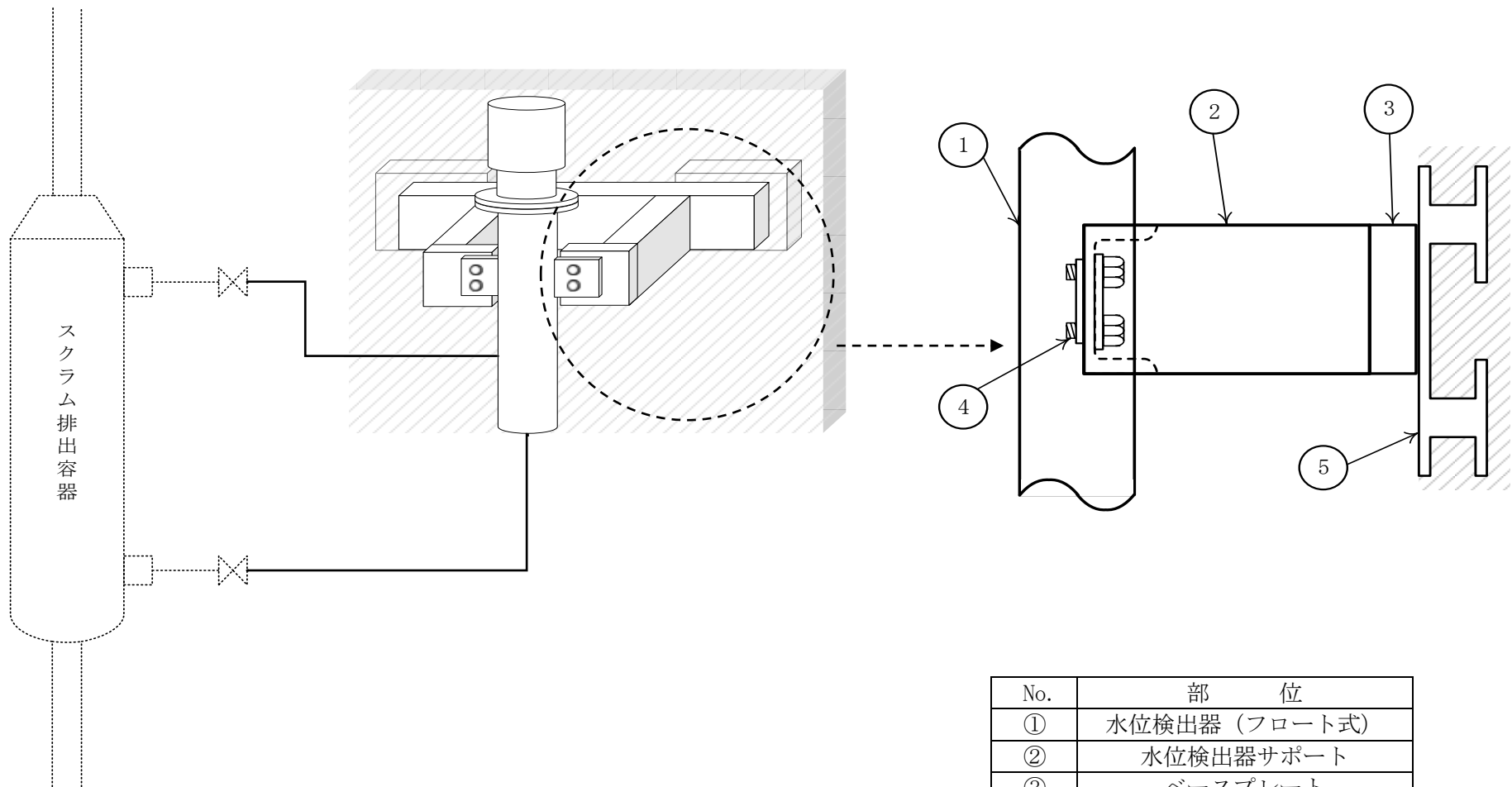


図 2.1-11 スクラム排出容器水位計測装置 (フロート式) 構成





No.	部 位
①	水位検出器 (フロート式)
②	水位検出器サポート
③	ベースプレート
④	取付ボルト・ナット
⑤	埋込金物

図 2.1-12 水位検出器サポート構成

表 2.1-13 スクラム排出容器水位計測装置（フロート式）主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
信号伝達	電圧変換	計装配管	ステンレス鋼（SUS304TP）
		水位検出器（フロート式）	ステンレス鋼（SUS316）他
		補助継電器	（定期取替品）
		ヒューズ	（消耗品）
機器の支持	水位検出器サポート	サポート	炭素鋼（SS400）
		ベースプレート	炭素鋼（SS400）
		取付ボルト，ナット	炭素鋼（SS400，SGD400-D）
		埋込金物	炭素鋼（SS400）

表 2.1-14 スクラム排出容器水位計測装置（フロート式）の使用条件

設置場所	原子炉建屋	中央制御室
周囲温度	40 ℃以下*1	26 ℃以下*2

\*1：原子炉建屋の設計値

\*2：中央制御室の設計値

## 2.1.8 SRM 計測装置

### (1) 構造

SRM 計測装置は、中性子束に対応した電気信号を出力する SRM 検出器、検出器からの信号増幅を行う前置増幅器、信号変換処理を行う信号変換処理部、電気回路に電源を供給するための電源装置、その他電気回路構成部品である補助継電器、指示計、記録計、ヒューズ、機器を支持するための筐体、取付ボルト、基礎ボルト等で構成されている。

SRM 計測装置構成を図 2.1-13 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

SRM 計測装置主要部位の使用材料を表 2.1-15 に、使用条件を表 2.1-16 に示す。

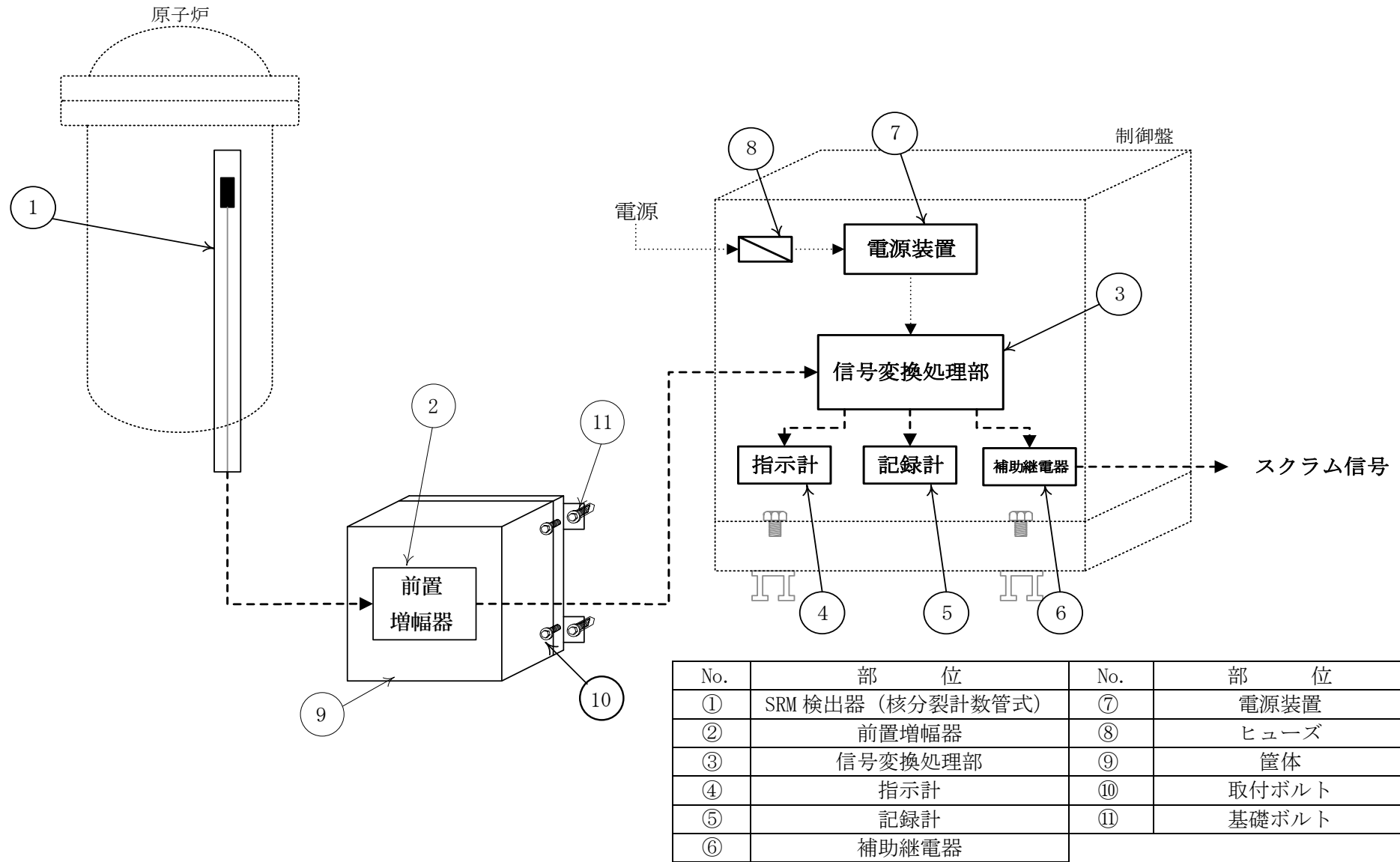


図 2.1-13 SRM 計測装置構成

表 2.1-15 SRM 計測装置主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
信号伝達	電圧変換	SRM 検出器 (核分裂計数管式)	ステンレス鋼, ウラン他
		前置増幅器	半導体, 可変抵抗器, ガスケット*1, 電解コンデンサ*2 他
		信号変換処理部	半導体, 抵抗, 電解コンデンサ*2 他
		指示計	銅他
		記録計	(定期取替品)
		補助継電器	(定期取替品)
		電源装置	(定期取替品)
		ヒューズ	(消耗品)
機器の支持	支持	筐体	炭素鋼
		取付ボルト	炭素鋼 (SS400)
		基礎ボルト	炭素鋼 (SS400) , 樹脂

\*1 : 消耗品

\*2 : 定期取替品

表 2.1-16 SRM 計測装置の使用条件

設置場所	原子炉内	原子炉建屋	中央制御室
周囲温度	302 °C以下*1	40 °C以下*2	26 °C以下*3

\*1 : 原子炉圧力容器の設計値

\*2 : 原子炉建屋の設計値

\*3 : 中央制御室の設計値

## 2.1.9 原子炉建屋換気系排気放射線計測装置

### (1) 構造

原子炉建屋換気系排気放射線計測装置は、原子炉建屋換気空調系の放射線を検出する放射線検出器、放射線検出器を固定するための計器架台、信号変換処理を行う信号変換処理部、電気回路に電源を供給するための電源装置、その他電気回路構成部品である補助継電器、記録計、ヒューズ、機器を支持するための取付ボルト、基礎ボルト等で構成されている。

原子炉建屋換気系排気放射線計測装置構成を図 2.1-14 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

原子炉建屋換気系排気放射線計測装置主要部位の使用材料を表 2.1-17 に、使用条件を表 2.1-18 に示す。

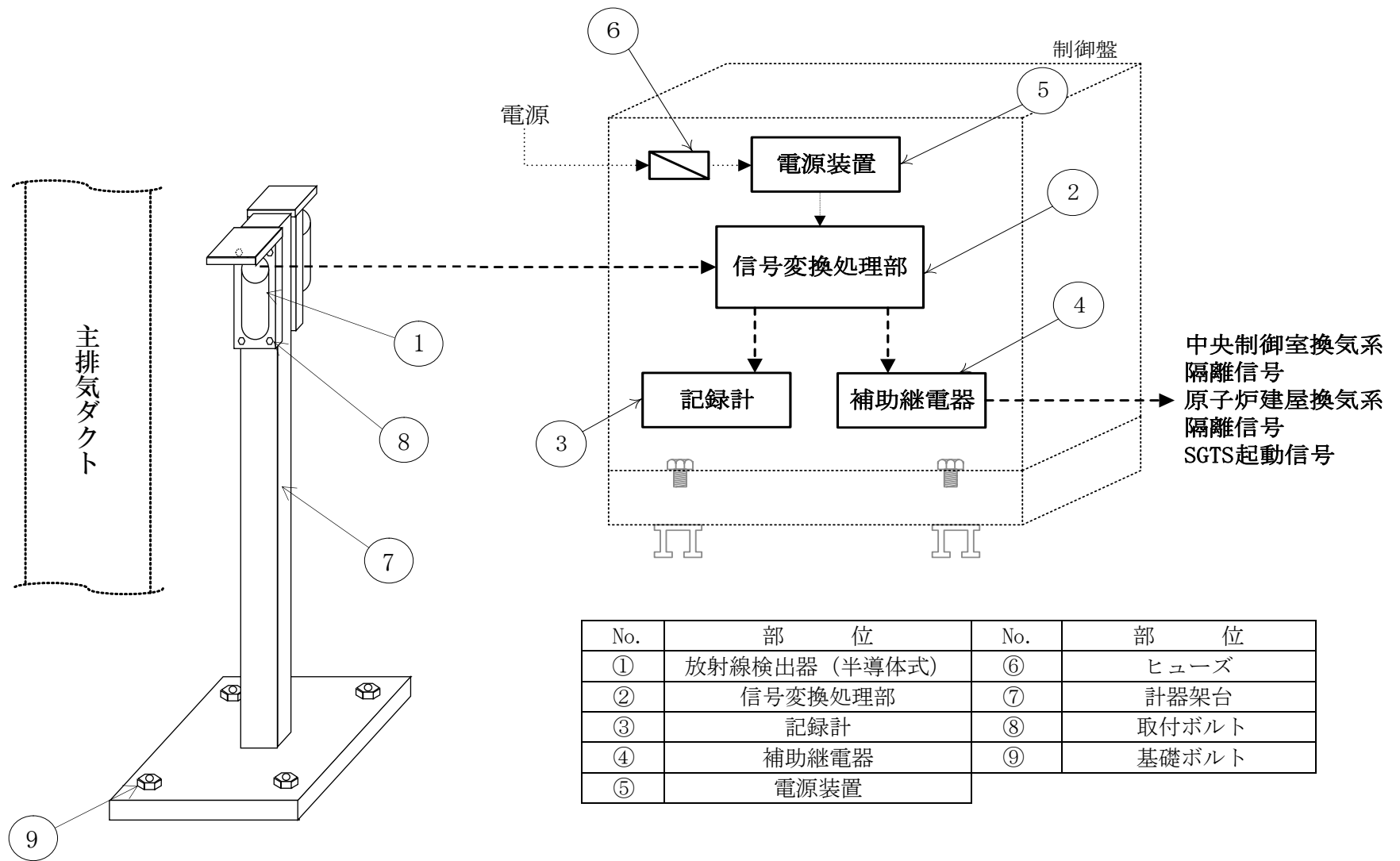


図 2.1-14 原子炉建屋換気系排気放射線計測装置構成

表 2.1-17 原子炉建屋換気系排気放射線計測装置主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
信号伝達	電圧変換	放射線検出器 (半導体式)	半導体他
		信号変換処理部	半導体, 可変抵抗器, 電解コンデンサ*1 他
		記録計	(定期取替品)
		補助継電器	(定期取替品)
		電源装置	(定期取替品)
		ヒューズ	(消耗品)
機器の支持	支持	計器架台	炭素鋼
		取付ボルト	炭素鋼 (SS400)
		基礎ボルト	炭素鋼 (SS400) , 樹脂

\*1 : 定期取替品

表 2.1-18 原子炉建屋換気系排気放射線計測装置の使用条件

設置場所	原子炉建屋	中央制御室
周囲温度	40 °C 以下*1	26 °C 以下*2

\*1 : 原子炉建屋の設計値

\*2 : 中央制御室の設計値



## 2.1.10 地震加速度計測装置

### (1) 構造

地震加速度計測装置は、地震発生時の加速度検出を行うための地震加速度検出器、信号変換処理を行う信号変換処理部、その他電気回路構成品である補助継電器、ヒューズ、機器を支持するための筐体、取付ボルト、基礎ボルト等で構成されている。

地震加速度計測装置構成を図 2.1-15 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

地震加速度計測装置主要部位の使用材料を表 2.1-19 に、使用条件を表 2.1-20 に示す。

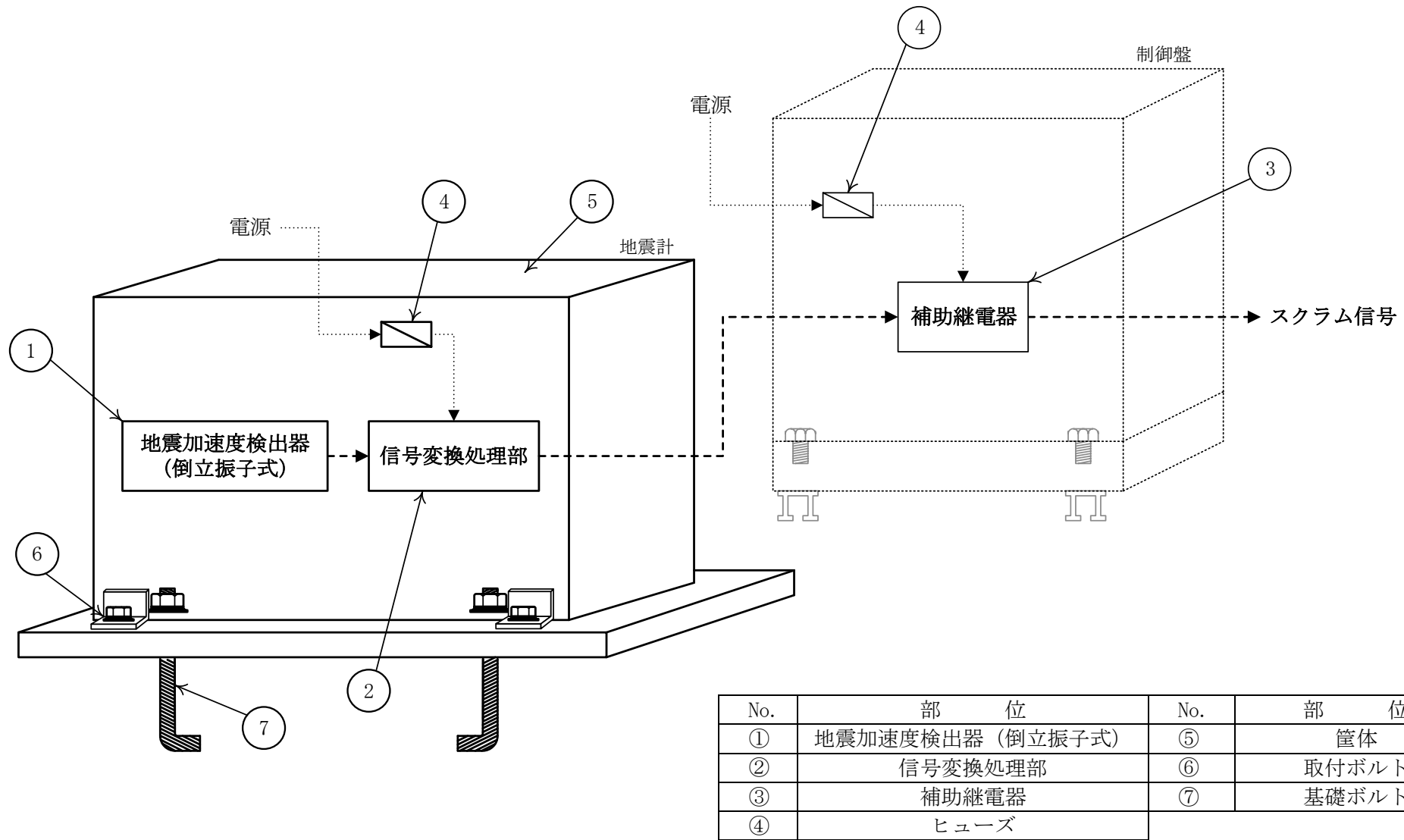


図 2.1-15 地震加速度計測装置構成

表 2.1-19 地震加速度計測装置主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
信号伝達	電圧変換	地震加速度検出器 (倒立振子式)	白金イリジウム合金 (Pt-Ir (20%)) ステンレス鋼 (SUS304) 他
		信号変換処理部	半導体, 抵抗器 電解コンデンサ*1 他
		補助継電器	(定期取替品)
		ヒューズ	(消耗品)
機器の支持	支持	筐体	炭素鋼 (SPCC)
		取付ボルト	ステンレス鋼 (SUS304)
		基礎ボルト	炭素鋼 (SS400)

\*1 : 定期取替品

表 2.1-20 地震加速度計測装置の使用条件

設置場所	原子炉建屋	中央制御室
周囲温度	40 °C 以下*1	26 °C 以下*2

\*1 : 原子炉建屋の設計値

\*2 : 中央制御室の設計値

### 2.1.11 D/G 機関過速度計測装置

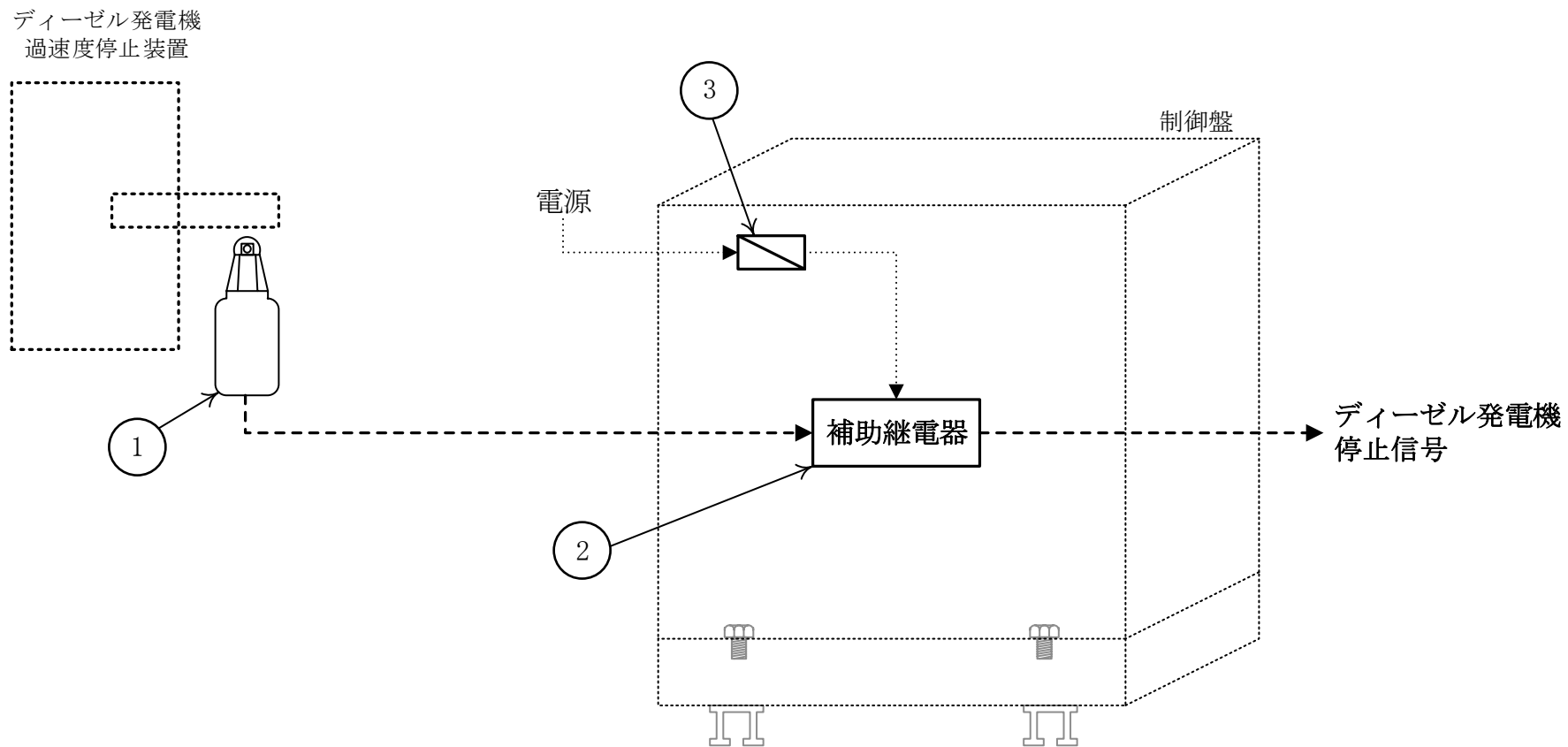
#### (1) 構造

D/G機関過速度計測装置は、D/G機関過速度を機械的に検出する位置検出器、その他電気回路構成品である補助継電器、ヒューズ等で構成されている。

D/G 機関過速度計測装置構成を図 2.1-16 に示す。

#### (2) 材料及び使用条件

D/G 機関過速度計測装置主要部位の使用材料を表 2.1-21 に、使用条件を表 2.1-22 に示す。



No.	部 位
①	位置検出器 (リミットスイッチ式)
②	補助継電器
③	ヒューズ

図 2.1-16 D/G 機関過速度計測装置構成

表 2.1-21 D/G 機関過速度計測装置主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
信号伝達	電圧変換	位置検出器 (リミットスイッチ式)	(定期取替品)
		補助継電器	(定期取替品)
		ヒューズ	(消耗品)

表 2.1-22 D/G 機関過速度計測装置の使用条件

設置場所	原子炉建屋	中央制御室
周囲温度	40 ℃以下*1	26 ℃以下*2

\*1：原子炉建屋の設計値

\*2：中央制御室の設計値

## 2.1.12 SGTS 乾燥装置入口弁開度計測装置

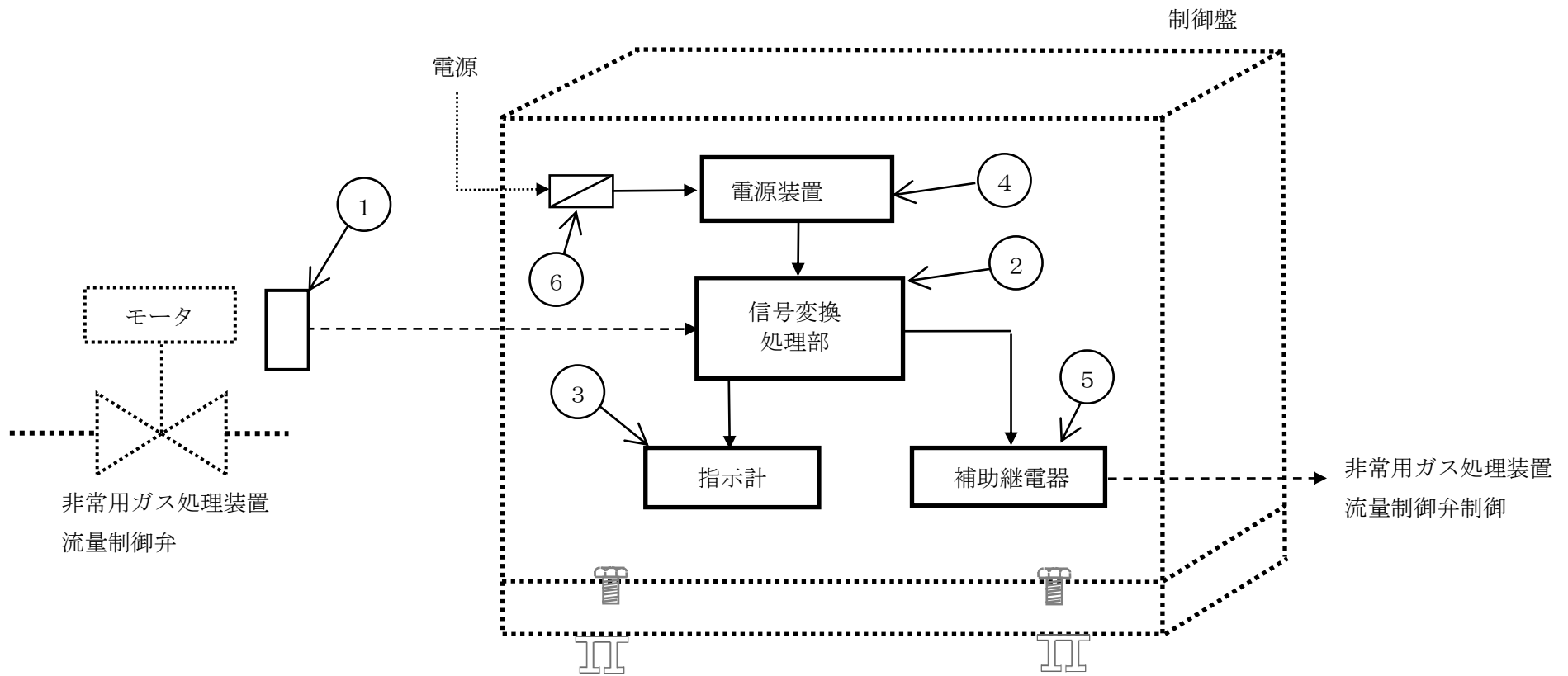
### (1) 構造

SGTS 乾燥装置入口弁開度計測装置は、SGTS 乾燥装置入口弁の開度を検出する位置検出器、信号変換処理を行う信号変換処理部、電気回路に電源を供給するための電源装置、その他電気回路構成品である指示計、補助継電器、ヒューズ等で構成されている。

SGTS 乾燥装置入口弁開度計測装置構成を図 2.1-17 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

SGTS 乾燥装置入口弁開度計測装置主要部位の使用材料を表 2.1-23 に、使用条件を表 2.1-24 に示す。



No.	部 位	No.	部 位
①	位置検出器(可変抵抗式)	④	電源装置
②	信号変換処理部	⑤	補助継電器
③	指示計	⑥	ヒューズ

図 2.1-17 SGTS 乾燥装置入口弁開度計測装置構成



表 2.1-23 SGTS 乾燥装置入口弁開度計測装置主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
信号伝達	電圧変換	位置検出器 (可変抵抗式)	ニッケル, クロム合金他
		信号変換処理部	半導体, 可変抵抗器, 電解コンデンサ*1他
		指示計	銅他
		補助継電器	(定期取替品)
		電源装置	(定期取替品)
		ヒューズ	(消耗品)

\*1 : 定期取替品

表 2.1-24 SGTS 乾燥装置入口弁開度計測装置の使用条件

設置場所	原子炉建屋	中央制御室
周囲温度	40 °C以下*1	26 °C以下*2

\*1 : 原子炉建屋の設計値

\*2 : 中央制御室の設計値

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

計測装置の機能である計測機能の達成に必要な項目としては、以下のとおり。

- ① 信号伝達
- ② 機器の支持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

計測装置について、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で個々の部位の材料、構造、使用条件（周囲温度）及び現在までの運転経験等を考慮し、表 2.2-1 に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した（表 2.2-1 で○、または△、▲になるもの）。

なお、消耗品及び定期取替品は以下のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

ヒューズ、ガスケット、Oリングは消耗品で、電源装置、補助継電器、位置検出器（リミットスイッチ式）、記録計、電解コンデンサは定期取替品であり、設計時に長期使用せず取替を前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

#### (3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

想定される経年劣化事象のうち主要 6 事象に該当する事象及び下記①、②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。なお、下記①、②に該当する事象については、2.2.3 項に示すとおり、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

- ① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△）
- ② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲）

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象として以下の事象が抽出された（表 2.2-1 で○）。

- a. 温度検出器（熱電対式、測温抵抗体式）の絶縁特性低下〔SGTS 系フィルタ装置活性炭フィルタ入口温度計測装置（熱電対式）、SGTS 系フィルタ装置活性炭フィルタ入

口温度計測装置（測温抵抗体式）]

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

- a. 差圧伝送器，圧力検出器，前置増幅器，放射線検出器，地震加速度検出器，位置検出器の特性変化 [LPCI 注入隔離弁差圧計測装置，D/G 機関入口潤滑油圧力計測装置，RHR 系統流量計測装置，原子炉水位計測装置（ダイヤフラム式），SRM 計測装置，原子炉建屋換気系排気放射線計測装置，地震加速度計測装置，SGTS 乾燥装置入口弁開度計測装置]

LPCI 注入隔離弁差圧計測装置，RHR 系統流量計測装置，原子炉水位計測装置（ダイヤフラム式）の差圧伝送器，D/G 機関入口潤滑油圧力計測装置の圧力検出器，SRM 計測装置の前置増幅器，原子炉建屋換気系排気放射線計測装置の放射線検出器，地震加速度計測装置の地震加速度検出器，SGTS 乾燥装置入口弁開度計測装置の位置検出器は，長期間の使用に伴い変形や電気回路部の可変抵抗器の導通不良に起因して，特性が変化する可能性がある。特性変化に関しては，点検において特性試験（入出力試験，ループ試験）を実施し，特性が精度内であることを確認している。

したがって，今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- b. 信号変換処理部の特性変化 [LPCI 注入隔離弁差圧計測装置, SGTS 系フィルタ装置活性炭フィルタ入口温度計測装置 (熱電対式), SGTS 系フィルタ装置活性炭フィルタ入口温度計測装置 (測温抵抗体式), RHR 系統流量計測装置, 原子炉水位計測装置 (ダイヤフラム式), SRM 計測装置, 原子炉建屋換気系排気放射線計測装置, 地震加速度計測装置, SGTS 乾燥装置入口弁開度計測装置]

LPCI 注入隔離弁差圧計測装置, SGTS 系フィルタ装置活性炭フィルタ入口温度計測装置 (熱電対式), SGTS 系フィルタ装置活性炭フィルタ入口温度計測装置 (測温抵抗体式), RHR 系統流量計測装置, 原子炉水位計測装置 (ダイヤフラム式), SRM 計測装置, 原子炉建屋換気系排気放射線計測装置, 地震加速度計測装置, SGTS 乾燥装置入口弁開度計測装置の信号変換処理部は, 電解コンデンサ静電容量の低下 (ドライアップ), マイグレーションによる基板内 IC での回路間短絡・断線による使用部品の劣化や電気回路の不良により特性が変化する可能性があるが, 特性変化の主要因である電解コンデンサについては, 大きな劣化をきたす前に取り替えている。

また, 電気回路の不良はマイグレーションによる基板内 IC での回路間短絡・断線が挙げられるが, マイグレーション対策については設計, 製造プロセスが改善されており, 屋内空調環境に設置されていることから, その発生の可能性は十分小さい。

さらに, 点検時に信号変換処理部を含む各装置の特性試験を実施し, 特性が精度内であることを確認している。

したがって, 今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから, 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- c. 指示計の特性変化 [SGTS 系フィルタ装置活性炭フィルタ入口温度計測装置 (熱電対式), RHR 系統流量計測装置, SRM 計測装置, SGTS 乾燥装置入口弁開度計測装置]

SGTS 系フィルタ装置活性炭フィルタ入口温度計測装置 (熱電対式), RHR 系統流量計測装置, SRM 計測装置, SGTS 乾燥装置入口弁開度計測装置の指示計は, 長期間の使用に伴い入出力特性に誤差が生じ, 精度が確保できなくなる可能性があるが, 設計段階において長期間使用による劣化を考慮していることから, 特性が急激に変化する可能性は小さい。

また, 点検時に特性試験・調整にて特性を確認し, 異常が確認された場合には取り替えを行うこととしている。

したがって, 今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから, 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. 水位検出器の特性変化 [スクラム排出容器水位計測装置 (フロート式)]

スクラム排出容器水位計測装置 (フロート式) の水位検出器は、検出部の汚損により特性が変化し精度が確保できなくなる可能性がある。しかし、点検時に検出部の清掃・手入を行い汚損がないことを確認することで健全性が確保されることから、検出部の汚損による特性変化の可能性は小さい。

また、点検時に検出器を含む各装置の特性試験を実施し、特性が精度内であることを確認している。

したがって、今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. 中性子検出器の特性変化 [SRM 計測装置]

SRM 計測装置の SRM 検出器は、核分裂計数管式であるため、中性子照射によるウラン減少から感度が低下し、特性変化する可能性がある。しかし、点検時に特性試験を行い特性が健全であることを確認していることから、急激な特性変化の可能性は小さい。

したがって、今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f. 圧力検出器，水位検出器，地震加速度検出器の導通不良 [D/G 機関入口潤滑油圧力計測装置，スクラム排出容器水位計測装置 (フロート式)，地震加速度計測装置]

D/G 機関入口潤滑油圧力計測装置の圧力検出器，スクラム排出容器水位計測装置 (フロート式) の水位検出器，地震加速度計測装置の地震加速度検出器は、接点に付着する浮遊塵埃と接点表面に形成される酸化被膜により導通不良の可能性はある。しかし、使用している検出器は密閉構造のケースに収納され、屋内空調環境に設置されていることから、塵埃の付着量，酸化被膜量とも極わずかな量であり、導通不良の可能性は小さい。

また、点検時に動作試験を実施し健全であることを確認しており、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- g. 計装配管サポート部，水位検出器サポート部，ベースプレート及び継手の腐食（全面腐食） [LPCI 注入隔離弁差圧計測装置，D/G 機関入口潤滑油圧力計測装置，RHR 系統流量計測装置，原子炉水位計測装置（ダイヤフラム式），スクラム排出容器水位計測装置（フロート式）]

LPCI 注入隔離弁差圧計測装置，D/G 機関入口潤滑油圧力計測装置，RHR 系統流量計測装置，原子炉水位計測装置（ダイヤフラム式）の計装配管サポート部のサポート，ベースプレート及び，スクラム排出容器水位計測装置（フロート式）の水位検出器サポート部のサポート，ベースプレート，ナット及び，D/G 機関入口潤滑油圧力計測装置，RHR 系統流量計測装置の継手は炭素鋼であるため腐食の発生が想定されるが，サポート，ベースプレート，ナット，継手表面は防食塗装が施されており，屋内空調環境に設置されていることから，腐食が発生する可能性は小さい。

また，点検時に目視確認を行い，これまで有意な腐食は確認されていない。

したがって，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- h. 計器架台の腐食（全面腐食） [LPCI 注入隔離弁差圧計測装置，D/G 機関入口潤滑油圧力計測装置，RHR 系統流量計測装置，原子炉水位計測装置（ダイヤフラム式），原子炉建屋換気系排気放射線計測装置]

LPCI 注入隔離弁差圧計測装置，D/G 機関入口潤滑油圧力計測装置，RHR 系統流量計測装置，原子炉水位計測装置（ダイヤフラム式），原子炉建屋換気系排気放射線計測装置の計器架台は炭素鋼であるため腐食の発生が想定されるが，計器架台表面は防食塗装が施されており，屋内空調環境に設置されていることから，腐食が発生する可能性は小さい。

また，点検時に目視確認を行い，これまで有意な腐食は確認されていない。

したがって，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- i. 取付ボルトの腐食（全面腐食） [LPCI 注入隔離弁差圧計測装置，D/G 機関入口潤滑油圧力計測装置，RHR 系統流量計測装置，原子炉水位計測装置（ダイヤフラム式），スクラム排出容器水位計測装置（フロート式），SRM 計測装置，原子炉建屋換気系排気放射線計測装置]

LPCI 注入隔離弁差圧計測装置，D/G 機関入口潤滑油圧力計測装置，RHR 系統流量計測装置，原子炉水位計測装置（ダイヤフラム式），スクラム排出容器水位計測装置（フロート式），SRM 計測装置，原子炉建屋換気系排気放射線計測装置の取付ボルトは炭素鋼であるため腐食の発生が想定されるが，取付ボルト表面はメッキ仕上げが施されており，屋内空調環境に設置されていることから，腐食が発生する可能性は小さい。

また，点検時に目視確認を行い，これまで有意な腐食は確認されていない。

したがって，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- j. 筐体の腐食（全面腐食） [SRM 計測装置，地震加速度計測装置]

SRM 計測装置の前置増幅器および地震加速度計測装置の筐体は材質が炭素鋼であるため腐食の発生が想定されるが，筐体の外表面は防食塗装が施されており，屋内空調環境に設置されていることから，腐食が発生する可能性は小さい。

また，点検時に目視確認を行い，これまで有意な腐食は確認されていない。

したがって，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- k. 基礎ボルトの腐食（全面腐食） [LPCI 注入隔離弁差圧計測装置，D/G 機関入口潤滑油圧力計測装置，原子炉水位計測装置（ダイヤフラム式），SRM 計測装置，原子炉建屋換気系排気放射線計測装置，地震加速度計測装置，計装配管サポート]

基礎ボルトの腐食については，「機械設備の技術評価書」にて評価を実施するものとし，本評価書には含めていない。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

a. 過流量阻止弁の応力腐食割れ [LPCI 注入隔離弁差圧計測装置，原子炉水位計測装置（ダイヤフラム式）]

LPCI 注入隔離弁差圧計測装置，原子炉水位計測装置（ダイヤフラム式）の過流量阻止弁の弁箱，弁ふた，弁体及び計装配管はステンレス鋼であり，粒界型応力腐食割れが想定されるが，内部流体の温度は 100 °C 未満であり，応力腐食割れが生じる可能性は小さい。

今後もこの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. 計装配管，継手及び計装弁の応力腐食割れ [LPCI 注入隔離弁差圧計測装置，D/G 機関入口潤滑油圧力計測装置，RHR 系統流量計測装置，原子炉水位計測装置（ダイヤフラム式），スクラム排出容器水位計測装置（フロート式）]

LPCI 注入隔離弁差圧計測装置，D/G 機関入口潤滑油圧力計測装置，RHR 系統流量計測装置，原子炉水位計測装置（ダイヤフラム式），スクラム排出容器水位計測装置（フロート式）の計装配管，継手及び計装弁の弁箱，弁ふた，弁体はステンレス鋼であり，粒界型応力腐食割れが想定されるが，内部流体の温度は 100 °C 未満であり，応力腐食割れが生じる可能性は小さい。

今後もこの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. 中性子検出器の機械的損傷 [SRM 計測装置]

SRM 計測装置の中性子検出器は，原子炉内で高速中性子照射の影響を受け，照射誘起型応力腐食割れや照射脆化など，構造材に機械的な損傷を与える可能性がある。

しかし，電力共同研究の研究成果等から，高速中性子照射量 14 snvt では構造材の強度，伸びの限界値に十分余裕があるとの結果が得られており，高速中性子照射量 14 snvt を管理値として定めて適切に取り替えを実施することとしていることから，機械的損傷が発生する可能性は小さい。

また，当面の冷温停止状態においては，高速中性子照射は僅かであり，機械的損傷が発生する可能性はなく，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。



- d. 埋込金物の腐食（全面腐食） [LPCI 注入隔離弁差圧計測装置，D/G 機関入口潤滑油圧力計測装置，RHR 系統流量計測装置，原子炉水位計測装置（ダイヤフラム式），スクラム排出容器水位計測装置（フロート式）]

LPCI 注入隔離弁差圧計測装置，D/G 機関入口潤滑油圧力計測装置，RHR 系統流量計測装置，原子炉水位計測装置（ダイヤフラム式），スクラム排出容器水位計測装置（フロート式）の埋込金物は炭素鋼であるため腐食の発生が想定されるが，大気接触部は防食塗装を施しており，屋内空調環境に設置されていることから，腐食が発生する可能性は小さい。

また，コンクリート埋設部については，コンクリートが中性化した場合に腐食の発生が想定されるが，実機コンクリートにおけるサンプリング結果では中性化は殆ど見られていない。

したがって，今後もこれらの傾向が変化するとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- e. 基礎ボルトの樹脂の劣化（後打ちケミカルアンカ） [SRM 計測装置，原子炉建屋換気系排気放射線計測装置]

基礎ボルトの樹脂の劣化については，「機械設備の技術評価書」にて評価を実施するものとし，本評価書には含めていない。

表 2.2-1 (1/12) LPCI 注入隔離弁差圧計測装置に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期 取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象								備 考	
					減 肉		割 れ		絶縁	導通	信号	その他		
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	絶縁特 性低下	導通 不良	特性 変化			
信号伝達	電圧変換	過流量阻止弁		ステンレス鋼				▲					*1:Oリング *2:電解コンデンサ	
		計装配管		ステンレス鋼				▲						
		継手		ステンレス鋼				▲						
		計装弁		ステンレス鋼				▲						
		差圧伝送器 (ダイヤフラム式)	◎*1	ステンレス鋼, 可変抵抗器他								△		
		信号変換処理部	◎*2	半導体, 可変抵抗器他								△		
		補助継電器	◎											
		電源装置	◎											
		ヒューズ	◎											
機器の支持	計装配管 サポート	サポート		炭素鋼		△								
		ベースプレート		炭素鋼		△								
		取付ボルト, ナット		ステンレス鋼										
		ライナー		ステンレス鋼										
	支持	計器架台		炭素鋼		△								
		取付ボルト		炭素鋼		△								
		基礎ボルト		炭素鋼		△								
		埋込金物		炭素鋼		▲								

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表 2.2-1 (2/12) D/G 機関入口潤滑油圧力計測装置に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期 取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象								備 考	
					減 肉		割 れ		絶縁	導通	信号	その他		
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	絶縁特 性低下	導通 不良	特性 変化			
信号伝達	電圧変換	計装配管		ステンレス鋼				▲						
		継手		ステンレス鋼, 炭素鋼		△		▲						
		計装弁		ステンレス鋼				▲						
		圧力検出器 (ペローズ式)		ステンレス鋼						△	△			
		補助継電器	◎											
		ヒューズ	◎											
機器の支持	計装配管 サポート	サポート		炭素鋼		△								
		ベースプレート		炭素鋼		△								
		取付ボルト, ナット		ステンレス鋼										
		ライナー		ステンレス鋼										
	支持	計器架台		炭素鋼		△								
		取付ボルト		炭素鋼		△								
		基礎ボルト		炭素鋼		△								
		埋込金物		炭素鋼		▲								

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）  
▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表 2.2-1 (3/12) SGT5 系フィルタ装置活性炭フィルタ入口温度計測装置（熱電対式）に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象								備 考
					減 肉		割 れ		絶縁	導通	信号	その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁特性低下	導通不良	特性変化		
信号伝達	電圧変換	温度検出器 (熱電対式)		銅, 絶縁物他					○			*:電解コンデンサ	
		信号変換処理部	◎*	半導体, 可変抵抗器他							△		
		指示計		銅他							△		
		電源装置	◎										
		ヒューズ	◎										

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象（日常劣化管理事象）

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (4/12) SGTS系フィルタ装置活性炭フィルタ入口温度計測装置(測温抵抗体式)に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象								備 考
					減 肉		割 れ		絶縁	導通	信号	その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁特性低下	導通不良	特性変化		
信号伝達	電圧変換	温度検出器(測温抵抗体式)		白金, 絶縁物他					○				*:電解コンデンサ
		信号変換処理部	◎*	半導体, 可変抵抗器他							△		
		電源装置	◎										
		ヒューズ	◎										

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象(日常劣化管理事象)

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象(日常劣化管理事象)

表 2.2-1 (5/12) RHR 系統流量計測装置に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象								備 考
					減 肉		割 れ		絶縁	導通	信号	その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁特性低下	導通不良	特性変化		
信号伝達	電圧変換	計装配管		ステンレス鋼				▲					*1: Oリング *2: 電解コンデンサ
		継手		ステンレス鋼, 炭素鋼		△		▲					
		計装弁		ステンレス鋼				▲					
		差圧伝送器 (ダイヤフラム式)	◎*1	ステンレス鋼, 可変抵抗器他							△		
		信号変換処理部	◎*2	半導体, 可変抵抗器他							△		
		指示計		銅他							△		
		記録計	◎										
		補助継電器	◎										
		電源装置	◎										
		ヒューズ	◎										
機器の支持	計装配管サポート	サポート		炭素鋼		△							
		取付ボルト, ナット		ステンレス鋼									
		ライナー		ステンレス鋼									
	支持	計器架台		炭素鋼		△							
		取付ボルト		炭素鋼		△							
		埋込金物		炭素鋼		▲							

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）  
▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表 2.2-1 (6/12) 原子炉水位計測装置 (ダイヤフラム式) に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期 取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象								備 考	
					減 肉		割 れ		絶縁	導通	信号	その他		
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	絶縁特 性低下	導通 不良	特性 変化			
信号伝達	電圧変換	過流量阻止弁		ステンレス鋼				▲					*1: Oリング *2: 電解コンデンサ	
		計装配管		ステンレス鋼				▲						
		継手		ステンレス鋼				▲						
		計装弁		ステンレス鋼				▲						
		差圧伝送器 (ダイヤフラム式)	◎*1	ステンレス鋼, 可変抵抗器他								△		
		信号変換処理部	◎*2	半導体, 可変抵抗器他								△		
		補助継電器	◎											
		電源装置	◎											
		ヒューズ	◎											
機器の支持	計装配管 サポート	サポート		炭素鋼		△								
		ベースプレート		炭素鋼		△								
		取付ボルト, ナット		ステンレス鋼										
		ライナー		ステンレス鋼										
	支持	計器架台		炭素鋼		△								
		取付ボルト		炭素鋼		△								
		基礎ボルト		炭素鋼		△								
		埋込金物		炭素鋼		▲								

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表 2.2-1 (7/12) スクラム排出容器水位計測装置（フロート式）に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考	
					減 肉		割 れ		絶縁	導通	信号		その他
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁特性低下	導通不良	特性変化		
信号伝達	電圧変換	計装配管		ステンレス鋼				▲					
		水位検出器（フロート式）		ステンレス鋼他						△	△		
		補助継電器	◎										
		ヒューズ	◎										
機器の支持	水位検出器サポート	サポート		炭素鋼		△							
		ベースプレート		炭素鋼		△							
		取付ボルト，ナット		炭素鋼		△							
		埋込金物		炭素鋼		▲							

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）



表 2.2-1 (8/12) SRM 計測装置に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考	
					減 肉		割 れ		絶縁	導通	信号		その他
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁特性低下	導通不良	特性変化		
信号伝達	電圧変換	SRM 検出器 (核分裂計数管式)		ステンレス鋼, ウラン他							△	▲*1	*1:機械的損傷 *2:ガスケット *3:電解コンデンサ *4:後打ケミカルアンカ *5:樹脂の劣化
		前置増幅器	◎*2*3	半導体, 可変抵抗器他							△		
		信号変換処理部	◎*3	半導体, 抵抗他							△		
		指示計		銅他							△		
		記録計	◎										
		補助継電器	◎										
		電源装置	◎										
		ヒューズ	◎										
機器の支持	支持	筐体		炭素鋼		△							
		取付ボルト		炭素鋼		△							
		基礎ボルト		炭素鋼, 樹脂*4		△						▲*5	

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表 2.2-1 (9/12) 原子炉建屋換気系排気放射線計測装置に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象								備 考
					減 肉		割 れ		絶縁	導通	信号	その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁特性低下	導通不良	特性変化		
信号伝達	電圧変換	放射線検出器(半導体式)		半導体他								△	*1:電解コンデンサ *2:後打ケミカルアンカ *3:樹脂の劣化
		信号変換処理部	◎*1	半導体, 可変抵抗器他								△	
		記録計	◎										
		補助継電器	◎										
		電源装置	◎										
		ヒューズ	◎										
機器の支持	支持	計器架台		炭素鋼		△							
		取付ボルト		炭素鋼		△							
		基礎ボルト		炭素鋼, 樹脂*2		△						▲*3	

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (10/12) 地震加速度計測装置に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考	
					減 肉		割 れ		絶縁	導通	信号		その 他
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	絶縁特 性低下	導通 不良	特性 変化		
信号伝達	電圧変換	地震加速度検出器 (倒立振子式)		白金イリジウム合金, ステンレス鋼他						△	△	*1:電解コンデンサ	
		信号変換処理部	◎*1	半導体, 抵抗器 他							△		
		補助継電器	◎										
		ヒューズ	◎										
機器の支持	支持	筐体		炭素鋼		△							
		取付ボルト		ステンレス鋼									
		基礎ボルト		炭素鋼		△							

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (11/12) D/G 機関過速度計測装置に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期 取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考	
					減 肉		割 れ		絶縁	導通	信号		その他
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	絶縁特 性低下	導通 不良	特性 変化		
信号伝達	電圧変換	位置検出器 (リミットスイッチ式)	◎										
		補助継電器	◎										
		ヒューズ	◎										

表 2.2-1 (12/12) SGTS 乾燥装置入口弁開度計測装置に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象								備 考
					減 肉		割 れ		絶縁	導通	信号	その 他	
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	絶縁特 性低下	導通 不良	特性 変化		
信号伝達	電圧変換	位置検出器 (可変抵抗式)		ニッケル, クロム合金他							△	*1:電解コンデンサ	
		信号変換処理部	◎*1	半導体, 可変抵抗器他							△		
		指示計		銅他							△		
		補助継電器	◎										
		電源装置	◎										
		ヒューズ	◎										

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

### 2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

(1) 温度検出器（熱電対式，測温抵抗体式）の絶縁特性低下 [SGTS 系フィルタ装置活性炭フィルタ入口温度計測装置（熱電対式），SGTS 系フィルタ装置活性炭フィルタ入口温度計測装置（測温抵抗体式）]

#### a. 事象の説明

温度検出器（熱電対式，測温抵抗体式）は，外被（金属製）の内部に検出素子と絶縁素材（マグネシア粉末（無機質））が隙間なく充填され，さらにエポキシ樹脂で絶縁素材を封止している構造となっており，そのエポキシ樹脂の経年劣化により，封止性が低下し，絶縁素材へ水分が浸入して絶縁特性が低下する可能性がある。

封止性が低下する可能性のある部位を図 2.3-1 に示す。

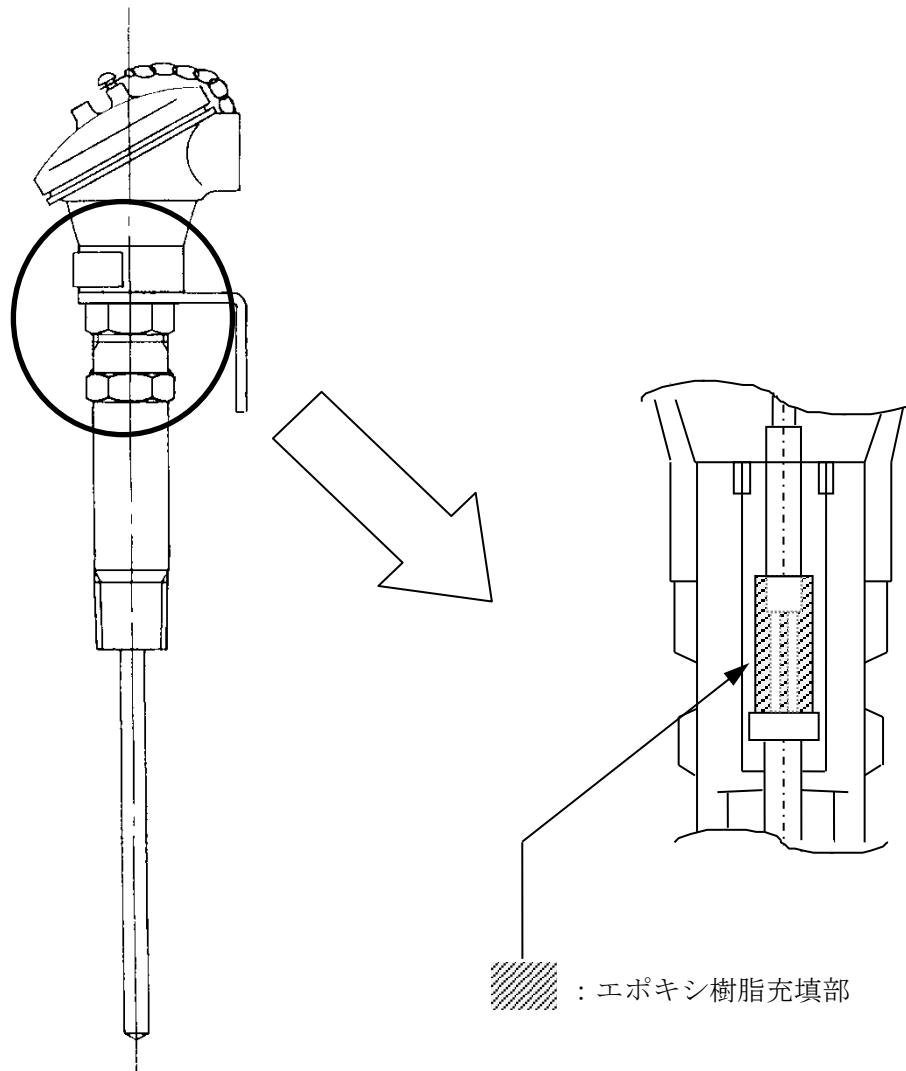


図 2.3-1 温度検出器の絶縁特性低下発生部位

## b. 技術評価

### ① 健全性評価

温度検出器（熱電対式，測温抵抗体式）は，外被（金属製）の内部に検出素子と絶縁素材（マグネシア粉末（無機質））が隙間なく充填され，さらにエポキシ樹脂で絶縁素材を封止している構造となっており，そのエポキシ樹脂の経年劣化により，封止性が低下し，絶縁素材へ水分が浸入して絶縁特性が低下する可能性があることから，長期間の使用を考慮すると絶縁特性低下の可能性は否定できない。

### ② 現状保全

これまでの点検において，温度検出器（熱電対式，測温抵抗体式）は特性試験（常温試験，絶縁抵抗測定）を実施し，特性が精度内であることを確認している。

また，当面の冷温停止状態において，必要な運転状態を加味して日常保全を継続し，必要に応じて温度検出器の取り替え等を行うこととしている。

### ③ 総合評価

温度検出器（熱電対式，測温抵抗体式）については，長期間の使用を考慮すると絶縁特性低下の可能性は否定できないが，絶縁特性低下は点検時における絶縁抵抗測定にて把握可能と考える。

また，冷温停止状態においても，必要な運転状態を加味して日常保全を継続し，必要に応じて適切な対応をとることにより，健全性は維持できると判断する。

## c. 高経年化への対応

温度検出器（熱電対式，測温抵抗体式）の絶縁特性低下に対しては，高経年化対策の観点から現状の保全内容に対し追加すべき項目はなく，今後も現状保全を継続していく。

### 3. 代表機器以外への展開

本章では、2章で実施した代表機器の技術評価について、1章で代表機器となっていない機器への展開について検討した。

- ① 圧力計測装置
- ② 温度計測装置
- ③ 流量計測装置
- ④ 水位計測装置
- ⑤ 中性子束計測装置
- ⑥ 放射線計測装置
- ⑦ 位置計測装置

#### 3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

##### a. 温度検出器の絶縁特性低下 [温度計測装置]

代表機器同様、温度検出器はエポキシ樹脂の経年劣化により、封止性が低下し、絶縁素材へ水分が浸入して絶縁特性が低下する可能性がある。絶縁特性低下に関しては、点検において温度検出器は特性試験（常温試験，絶縁抵抗測定）を実施し、特性が精度内であることを確認している。

また、当面の冷温停止状態において、必要な運転状態を加味し、系統機器の定例的な切替や定例試験を含む日常保全を継続し、必要に応じて各装置の取り替え等を行うことにより、健全性は維持できると判断する。

したがって、高経年化対策の観点から現状の保全内容に対し追加すべき項目はない。



### 3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

- a. 圧力伝送器，差圧伝送器及び圧力検出器の特性変化〔圧力計測装置，流量計測装置，水位計測装置〕

代表機器同様，圧力計測装置で使用される圧力伝送器，差圧伝送器及び圧力検出器，また流量計測装置，水位計測装置で使用される差圧伝送器の検出部（ダイヤフラム他）は，長期間の使用に伴い変形や電気回路部の可変抵抗器の導通不良に起因して，特性が変化する可能性がある。特性変化に関しては，点検において特性試験（入出力試験，ループ試験）を実施し，特性が精度内であることを確認している。

したがって，今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- b. 前置増幅器，放射線検出器の特性変化〔中性子束計測装置，放射線計測装置〕

代表機器同様，中性子束計測装置の前置増幅器，放射線計測装置の放射線検出器は，長期間の使用による電気回路の不良に起因して，特性が変化する可能性がある。特性変化に関しては，点検において特性試験（入出力試験，ループ試験）を実施し，特性が精度内であることを確認している。

したがって，今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- c. 信号変換処理部の特性変化〔圧力計測装置，温度計測装置，流量計測装置，水位計測装置，中性子束計測装置，放射線計測装置〕

代表機器同様，圧力計測装置，温度計測装置，流量計測装置，水位計測装置，中性子束計測装置，放射線計測装置の信号変換処理部は，電解コンデンサ静電容量の低下（ドライアップ），マイグレーションによる基板内 IC での回路間短絡・断線による使用部品の劣化や電気回路の不良により特性が変化する可能性があるが，特性変化の主要因である電解コンデンサについては，大きな劣化をきたす前に取り替えている。

また，電気回路の不良はマイグレーションによる基板内 IC での回路間短絡・断線が挙げられるが，マイグレーション対策については，製造プロセスが改善されており，屋内空調環境に設置されていることから，その発生の可能性は十分小さい。

さらに，点検時に信号変換処理部を含む各装置の特性試験を実施し，特性が精度内であることを確認している。

したがって，今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- d. 指示計の特性変化 [圧力計測装置, 流量計測装置, 水位計測装置, 中性子束計測装置]  
代表機器同様, 圧力計測装置, 流量計測装置, 水位計測装置, 中性子束計測装置の指示計は, 長期間の使用に伴い入出力特性に誤差が生じ, 精度が確保できなくなる可能性があるが, 設計段階において長期間使用による劣化を考慮していることから, 特性が急激に変化する可能性は小さい。  
また, 点検時に特性試験・調整にて特性を確認し, 異常が確認された場合には取り替えを行うこととしており, 今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから, 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。
- e. 水位検出器の特性変化 [水位計測装置]  
代表機器同様, 水位計測装置の水位検出器は, 検出部の汚損により特性が変化し精度が確保できなくなる可能性がある。しかし, 点検時に検出部の清掃・手入を行い汚損がないことを確認することで健全性が確保されることから, 検出部の汚損による特性変化の可能性は小さい。  
また, 点検時に検出器を含む各装置の特性試験を実施し, 特性が精度内であることを確認しており, 今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから, 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。
- f. 中性子検出器の特性変化 [中性子束計測装置]  
代表機器同様, IRM 中性子検出器および LPRM 中性子検出器は, 核分裂電離箱式であるため, 中性子照射によるウラン減少から感度が低下し, 特性変化する可能性がある。しかし, 点検時に特性試験を行い特性が健全であることを確認していることから, 急激な特性変化の可能性は小さい。  
今後も点検時の特性試験実施及び熱中性子照射量管理値に基づく取替を行うことにより, 至近の点検周期が急激に変化するとは考え難いことから, 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。
- g. 圧力検出器, 水位検出器の導通不良 [圧力計測装置, 水位計測装置]  
代表機器同様, 圧力計測装置の圧力検出器, 水位計測装置の水位検出器は, 接点に付着する浮遊塵埃と接点表面に形成される酸化被膜により導通不良の可能性はある。しかし, 使用している検出器は密閉構造のケースに収納され, 屋内空調環境に設置されていることから, 塵埃の付着量, 酸化被膜量とも極わずかな量であり, 導通不良の可能性は小さい。  
また, 点検時に動作試験を実施し健全であることを確認しており, 今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから, 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- h. 計装配管サポート部及び水位検出器サポート部の腐食（全面腐食）〔圧力計測装置，流量計測装置，水位計測装置〕

代表機器同様，圧力計測装置，流量計測装置，水位計測装置の計装配管サポート部のサポート，ベースプレート，ナット及び，水位計測装置の水位検出器サポート部のサポート，ベースプレートは炭素鋼であるため腐食の発生が想定されるが，サポート，ベースプレート，取付ボルト，ナット表面は防食塗装が施されており，屋内空調環境に設置されていることから，腐食が発生する可能性は小さい。

また，点検時に目視確認を行い，これまで有意な腐食は確認されていない。

したがって，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- i. 計器架台の腐食（全面腐食）〔圧力計測装置，流量計測装置，水位計測装置，放射線計測装置〕

代表機器同様，圧力計測装置，流量計測装置，水位計測装置，放射線計測装置の計器架台は炭素鋼であるため腐食の発生が想定されるが，計器架台表面は防食塗装が施されており，屋内空調環境に設置されていることから，腐食が発生する可能性は小さい。

また，点検時に目視確認を行い，これまで有意な腐食は確認されていない。

したがって，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- j. 取付ボルトの腐食（全面腐食）〔圧力計測装置，流量計測装置，水位計測装置，中性子束計測装置，放射線計測装置〕

代表機器同様，圧力計測装置，流量計測装置，水位計測装置，中性子束計測装置，放射線計測装置の取付ボルトは炭素鋼であるため腐食の発生が想定されるが，取付ボルト表面はメッキ仕上げが施されており，屋内空調環境に設置されていることから，腐食が発生する可能性は小さい。

また，点検時に目視確認を行い，これまで有意な腐食は確認されていない。

したがって，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

k. 筐体の腐食（全面腐食）〔中性子束計測装置〕

代表機器同様、中性子束計測装置の前増幅器の筐体は、材質が炭素鋼であるため腐食の発生が想定されるが、筐体の外表面は防食塗装が施されており、屋内空調環境に設置されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、点検時に目視確認を行い、これまで有意な腐食は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

1. 基礎ボルトの腐食（全面腐食）〔圧力計測装置，流量計測装置，水位計測装置，中性子計測装置，計装配管サポート〕

代表機器同様、基礎ボルトの腐食については、「機械設備の技術評価書」にて評価を実施するものとし、本評価書には含めていない。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

a. 過流量阻止弁の応力腐食割れ [圧力計測装置, 水位計測装置]

代表機器同様、圧力計測装置および水位計測装置の過流量阻止弁の弁箱、弁ふた、弁体及び計装配管はステンレス鋼であり、粒界型応力腐食割れが想定されるが、内部流体の温度は100℃未満であり、応力腐食割れが生じる可能性は小さい。

今後もこの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. 計装配管、継手及び計装弁の応力腐食割れ [圧力計測装置, 流量計測装置, 水位計測装置]

代表機器同様、圧力計測装置、流量計測装置、水位計測装置の計装配管、継手及び計装弁の弁箱、弁ふた、弁体はステンレス鋼であり、粒界型応力腐食割れが想定されるが、内部流体の温度は100℃未満であり、応力腐食割れが生じる可能性は小さい。

今後もこの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. 計装配管、継手の腐食（全面腐食） [圧力計測装置]

原子炉補機冷却海水系および高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却海水系の圧力計測装置は内部流体が海水であるが、耐食性に優れた強化プラスチック（FRP）を使用しており、その他の計装材料にも塩害対策のための塗装を施していることから、腐食が発生する可能性は小さい。

今後もこの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. 中性子検出器の機械的損傷 [中性子束計測装置]

代表機器同様、IRM 計測装置および LPRM 計測装置の中性子検出器は、原子炉内で高速中性子照射の影響を受け、照射誘起型応力腐食割れや照射脆化など、構造材に機械的な損傷を与える可能性がある。

しかし、電力共同研究の研究成果等から、高速中性子照射量  $14 \text{ snvt}$  では構造材の強度、伸びの限界値に十分余裕があるとの結果が得られており、高速中性子照射量  $14 \text{ snvt}$  を管理値として定めて適切に取り替えを実施することとしていることから、機械的損傷が発生する可能性は小さい。

また、当面の冷温停止状態においては、高速中性子照射は僅かであり、機械的損傷が発生する可能性はなく、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. 埋込金物の腐食（全面腐食） [圧力計測装置，流量計測装置，水位計測装置，中性子束計測装置，放射線計測装置]

代表機器同様、圧力計測装置，流量計測装置，水位計測装置，中性子束計測装置，放射線計測装置の埋込金物は炭素鋼であるため腐食の発生が想定されるが、大気接触部は防食塗装を施しており、屋内空調環境に設置されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、コンクリート埋設部については、コンクリートが中性化した場合に腐食の発生が想定されるが、実機コンクリートにおけるサンプリング結果では中性化は殆ど見られていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化するとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f. 基礎ボルトの樹脂の劣化（後打ちケミカルアンカ） [圧力計測装置，中性子計測装置]

基礎ボルトの樹脂の劣化については、「機械設備の技術評価書」にて評価を実施するものとし、本評価書には含めていない。

以 上

## 2 補助継電器盤

[対象補助継電器盤 (1/2)]

- ① A系原子炉緊急停止系盤
- ② B系原子炉緊急停止系盤
- ③ A系原子炉系プロセス計装盤
- ④ B系原子炉系プロセス計装盤
- ⑤ B系・C系残留熱除去系盤ESS-II
- ⑥ 格納容器外側隔離弁盤
- ⑦ 格納容器内側隔離弁盤
- ⑧ 高圧炉心スプレイ系盤ESS-III
- ⑨ 低圧炉心スプレイ系・A系残留熱除去系盤ESS-I
- ⑩ トリップチャンネル盤RPS-I A・NSSSS-I A
- ⑪ トリップチャンネル盤RPS-II A・NSSSS-II A
- ⑫ トリップチャンネル盤RPS-I B・NSSSS-I B
- ⑬ トリップチャンネル盤RPS-II B・NSSSS-II B
- ⑭ トリップチャンネル盤ESS-I
- ⑮ トリップチャンネル盤ESS-II
- ⑯ トリップチャンネル盤ESS-III
- ⑰ M/C補助継電器盤3C
- ⑱ M/C補助継電器盤3D
- ⑲ M/C補助継電器盤3HPCS
- ⑳ 原子炉隔離時冷却系盤ESS-I
- ㉑ スクラムソレノイドヒューズ盤A RPS-G1
- ㉒ スクラムソレノイドヒューズ盤B RPS-G2
- ㉓ スクラムソレノイドヒューズ盤C RPS-G3

[対象補助継電器盤 (2/2)]

- ②④ スクラムソレノイドヒューズ盤D RPS-G4
- ②⑤ スクラムソレノイドヒューズ盤E RPS-G1
- ②⑥ スクラムソレノイドヒューズ盤F RPS-G2
- ②⑦ スクラムソレノイドヒューズ盤G RPS-G3
- ②⑧ スクラムソレノイドヒューズ盤H RPS-G4



## 目 次

1. 対象機器及び代表機器の選定.....	2-1
1.1 グループ化の考え方及び結果.....	2-1
1.2 代表機器の選定.....	2-1
2. 代表機器の技術評価.....	2-4
2.1 構造,材料及び使用条件.....	2-4
2.1.1 A系原子炉緊急停止系盤.....	2-4
2.2 経年劣化事象の抽出.....	2-7
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目.....	2-7
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象.....	2-7
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象.....	2-8
3. 代表機器以外への展開.....	2-10
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象.....	2-11
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象.....	2-11

## 1. 対象機器及び代表機器の選定

柏崎刈羽3号炉で使用されている補助継電器盤のうち、対象となる補助継電器盤の主な仕様を表1-1に示す。これらの補助継電器盤を型式及び設置場所の観点からグループ化し、それぞれのグループより代表機器を選定した。

### 1.1 グループ化の考え方及び結果

補助継電器盤を型式及び設置場所で分類し、表1-1に示すとおりグループ化する。

### 1.2 代表機器の選定

補助継電器盤を重要度及び原子炉保護上の重要性の観点から、A系原子炉緊急停止系盤を代表機器とする。

表 1-1 (1/2) 補助継電器盤のグループ化と代表機器の選定

分類基準		機器名称 (面数)	仕様 (W×H×D) (mm)	選定基準			選定	選定理由
型式	設置場所			重要度*	使用条件			
					設置場所	周囲温度 (°C)		
自立型	屋内	A系原子炉緊急停止系盤 (2)	3,000×2,300×1,000	MS-1	中央制御室	26以下	◎	重要度分類上及び原子炉保護上重要なため
		B系原子炉緊急停止系盤 (2)	3,000×2,300×1,000	MS-1	中央制御室	26以下		
		A系原子炉系プロセス計装盤 (1)	2,000×2,300×1,000	MS-1	下部中央制御室	26以下		
		B系原子炉系プロセス計装盤 (1)	2,000×2,300×1,000	MS-1	下部中央制御室	26以下		
		B系・C系残留熱除去系盤ESS-II (1)	1,000×2,300×1,000	MS-1	下部中央制御室	26以下		
		原子炉隔離時冷却系盤ESS-I (1)	1,000×2,300×1,000	MS-1	下部中央制御室	26以下		
		格納容器外側隔離弁盤 (1)	2,000×2,300×1,000	MS-1	下部中央制御室	26以下		
		格納容器内側隔離弁盤 (1)	2,000×2,300×1,000	MS-1	下部中央制御室	26以下		
		高圧炉心スプレイ系盤ESS-III (1)	1,000×2,300×1,000	MS-1	下部中央制御室	26以下		
		低圧炉心スプレイ系・A系残留熱除去系盤ESS-I (1)	1,000×2,300×1,000	MS-1	下部中央制御室	26以下		
		トリップチャンネル盤RPS-I A・NSSSS-I A (1)	1,000×2,300×1,000	MS-1	中央制御室	26以下		
		トリップチャンネル盤RPS-II A・NSSSS-II A (1)	1,000×2,300×1,000	MS-1	中央制御室	26以下		
		トリップチャンネル盤RPS-I B・NSSSS-I B (1)	1,000×2,300×1,000	MS-1	中央制御室	26以下		
トリップチャンネル盤RPS-II B・NSSSS-II B (1)	1,000×2,300×1,000	MS-1	中央制御室	26以下				

◎：代表機器

\*：最上位の重要度を示す

表 1-1 (2/2) 補助継電器盤のグループ化と代表機器の選定

分類基準		機器名称 (面数)	仕様 (W×H×D) (mm)	選定基準			選定	選定理由
型式	設置場所			重要度*	使用条件			
					設置場所	周囲温度 (°C)		
自立型	屋内	トリップチャンネル盤ESS-I (1)	2,000×2,300×1,000	MS-1	下部中央制御室	26以下		
		トリップチャンネル盤ESS-II (1)	2,000×2,300×1,000	MS-1	下部中央制御室	26以下		
		トリップチャンネル盤ESS-III (1)	1,000×2,300×1,000	MS-1	下部中央制御室	26以下		
		M/C補助継電器盤3C (1)	1,000×2,300×1,000	MS-1	下部中央制御室	26以下		
		M/C補助継電器盤3D (1)	1,000×2,300×1,000	MS-1	下部中央制御室	26以下		
		M/C補助継電器盤3HPCS (1)	1,000×2,300×1,000	MS-1	下部中央制御室	26以下		
壁掛型	屋内	スクラムソレノイドヒューズ盤A RPS-G1 (1)	950×1,500×300	MS-1	原子炉建屋	40以下		
		スクラムソレノイドヒューズ盤B RPS-G2 (1)	950×1,500×300	MS-1	原子炉建屋	40以下		
		スクラムソレノイドヒューズ盤C RPS-G3 (1)	950×1,500×300	MS-1	原子炉建屋	40以下		
		スクラムソレノイドヒューズ盤D RPS-G4 (1)	950×1,500×300	MS-1	原子炉建屋	40以下		
		スクラムソレノイドヒューズ盤E RPS-G1 (1)	950×1,500×300	MS-1	原子炉建屋	40以下		
		スクラムソレノイドヒューズ盤F RPS-G2 (1)	950×1,500×300	MS-1	原子炉建屋	40以下		
		スクラムソレノイドヒューズ盤G RPS-G3 (1)	950×1,500×300	MS-1	原子炉建屋	40以下		
		スクラムソレノイドヒューズ盤H RPS-G4 (1)	950×1,500×300	MS-1	原子炉建屋	40以下		

\* : 最上位の重要度を示す

## 2. 代表機器の技術評価

本章では1章で代表機器とした以下の補助継電器盤について技術評価を実施する。

### ① A系原子炉緊急停止系盤

#### 2.1 構造，材料及び使用条件

##### 2.1.1 A系原子炉緊急停止系盤

###### (1) 構造

A系原子炉緊急停止系盤は，寸法3,000 mm(W)×2,300 mm(H)×1,000 mm(D)の自立型配電盤が2面構成で設置されている。

原子炉の保護機能として，異常検出時のリレーロジックを構成する補助継電器，タイマー，電磁接触器，その他電気回路構成品であるヒューズ，機器を支持するための筐体，取付ボルト，埋込金物等で構成されている。

A系原子炉緊急停止系盤構成を図2.1-1に示す。

###### (2) 材料及び使用条件

A系原子炉緊急停止系盤主要部位の使用材料を表2.1-1に，使用条件を表2.1-2に示す。

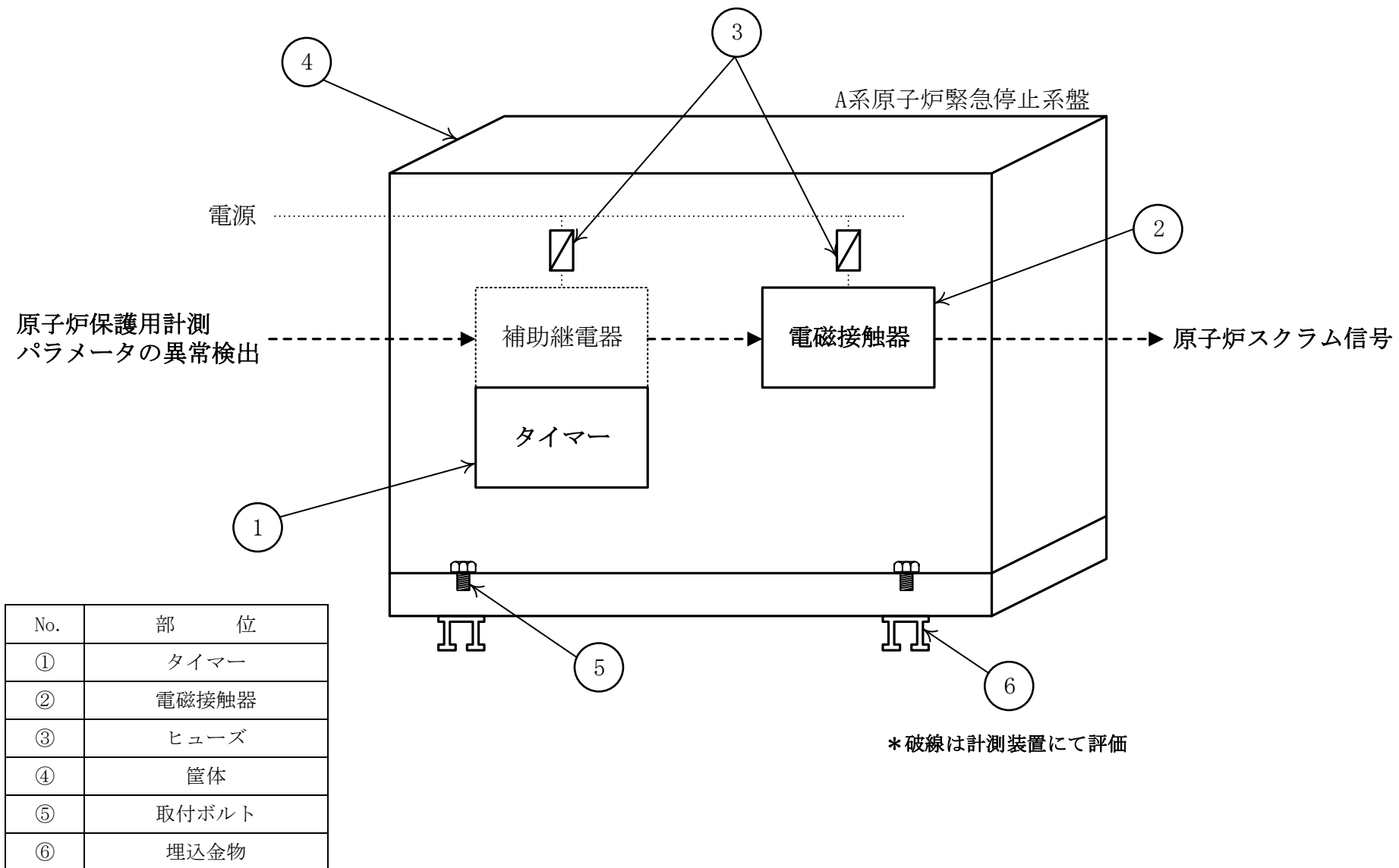


図2. 1-1 A系原子炉緊急停止系盤構成

表2.1-1 A系原子炉緊急停止系盤主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
機器異常信号 処理	保護回路	タイマー	(定期取替品)
		電磁接触器	(定期取替品)
		ヒューズ	(消耗品)
機器の支持	支持	筐体	炭素鋼 (SS400)
		取付ボルト	炭素鋼 (SS400)
		埋込金物	炭素鋼 (SS400)

表2.1-2 A系原子炉緊急停止系盤の使用条件

設置場所	中央制御室
周囲温度	26℃以下*

\* : 中央制御室の設計値

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

補助継電器盤の機能である保護機能の達成に必要な項目としては、以下のとおり。

- ① 機器異常信号処理
- ② 機器の支持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

補助継電器盤について、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の材料、構造、使用条件（周囲温度）及び現在までの運転経験を考慮し、表 2.2-1 に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した（表 2.2-1 で○または△、▲になるもの）。

なお、消耗品及び定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

ヒューズは消耗品で、電磁接触器及びタイマーは定期取替品であり、設計時に長期使用せず取り替えを前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

#### (3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

想定される経年劣化事象のうち主要 6 事象に該当する事象及び下記①、②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。なお、下記①、②に該当する事象については、2.2.3 項に示すとおり、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

- ① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△）
- ② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲）

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。



### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

a. 筐体の腐食（全面腐食）

筐体は炭素鋼であるため腐食の発生が想定されるが、筐体の外表面は防食塗装が施されており、屋内空調環境に設置されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、点検時に目視確認を行い、これまで有意な腐食は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. 取付ボルトの腐食（全面腐食）

取付ボルトは炭素鋼であるため腐食の発生が想定されるが、取付ボルト表面はメッキ仕上げが施されており、屋内空調環境に設置されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、点検時に目視確認を行い、これまで有意な腐食は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

a. 埋込金物の腐食（全面腐食）

埋込金物は炭素鋼であるため腐食の発生が想定されるが、大気接触部は防食塗装を施しており、屋内空調環境に設置されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、コンクリート埋設部については、コンクリートが中性化した場合に腐食の発生が想定されるが、実機コンクリートにおけるサンプリング結果では中性化は殆ど見られていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

表 2.2-1 A系原子炉緊急停止系盤に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象									備 考		
					減 肉		割 れ		絶縁	導通	信号	材質変化			その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁特性低下	導通不良	特性変化	熱劣化	劣化			
機器異常 信号処理	保護回路	タイマー	◎													
		電磁接触器	◎													
		ヒューズ	◎													
機器の支持	支持	筐体		炭素鋼		△										
		取付ボルト		炭素鋼		△										
		埋込金物		炭素鋼		▲										

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

### 3. 代表機器以外への展開

本章では、2章で実施した代表機器の技術評価について、1章で代表機器となっていない機器への展開について検討した。

- ① B系原子炉緊急停止系盤
- ② A系原子炉系プロセス計装盤
- ③ B系原子炉系プロセス計装盤
- ④ B系・C系残留熱除去系盤ESS-II
- ⑤ 格納容器外側隔離弁盤
- ⑥ 格納容器内側隔離弁盤
- ⑦ 高圧炉心スプレイ系盤ESS-III
- ⑧ 低圧炉心スプレイ系・A系残留熱除去系盤ESS-I
- ⑨ トリップチャンネル盤RPS-I A・NSSSS-I A
- ⑩ トリップチャンネル盤RPS-II A・NSSSS-II A
- ⑪ トリップチャンネル盤RPS-I B・NSSSS-I B
- ⑫ トリップチャンネル盤RPS-II B・NSSSS-II B
- ⑬ トリップチャンネル盤ESS-I
- ⑭ トリップチャンネル盤ESS-II
- ⑮ トリップチャンネル盤ESS-III
- ⑯ M/C補助継電器盤3C
- ⑰ M/C補助継電器盤3D
- ⑱ M/C補助継電器盤3HPCS
- ⑲ 原子炉隔離時冷却系盤ESS-I
- ⑳ スクラムソレノイドヒューズ盤A RPS-G1
- ㉑ スクラムソレノイドヒューズ盤B RPS-G2
- ㉒ スクラムソレノイドヒューズ盤C RPS-G3
- ㉓ スクラムソレノイドヒューズ盤D RPS-G4
- ㉔ スクラムソレノイドヒューズ盤E RPS-G1
- ㉕ スクラムソレノイドヒューズ盤F RPS-G2
- ㉖ スクラムソレノイドヒューズ盤G RPS-G3
- ㉗ スクラムソレノイドヒューズ盤H RPS-G4

### 3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

代表機器同様、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

### 3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

#### a. 筐体の腐食（全面腐食）〔共通〕

代表機器同様、筐体は炭素鋼であるため腐食の発生が想定されるが、筐体の外表面は防食塗装が施されており、屋内空調環境に設置されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、点検時に目視確認を行い、これまで有意な腐食は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### b. 取付ボルトの腐食（全面腐食）〔共通〕

代表機器同様、取付ボルトは炭素鋼であるため腐食の発生が想定されるが、取付ボルト表面はメッキ仕上げが施されており、屋内空調環境に設置されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、点検時に目視確認を行い、これまで有意な腐食は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

a. 埋込金物の腐食（全面腐食） [共通]

代表機器同様、埋込金物は炭素鋼であるため腐食の発生が想定されるが、大気接触部は防食塗装を施しており、屋内空調環境に設置されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、コンクリート埋設部については、コンクリートが中性化した場合に腐食の発生が想定されるが、実機コンクリートにおけるサンプリング結果では中性化は殆ど見られていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

以 上

### 3 操作制御盤

[対象操作制御盤 (1/2) ]

- ① ユニット監視制御盤1
- ② ユニット監視制御盤2
- ③ ユニット監視制御盤3
- ④ 非常用炉心冷却制御盤ESS- I
- ⑤ 非常用炉心冷却制御盤ESS- II・III
- ⑥ 所内電源制御盤
- ⑦ FPC・MUWF・SLC系制御盤
- ⑧ SGTS・FCS盤ESS- I
- ⑨ SGTS・FCS盤ESS- II
- ⑩ SRM/IRM盤区分 I
- ⑪ SRM/IRM盤区分 II
- ⑫ 放射線モニタ盤
- ⑬ 出力領域モニタ盤区分 I
- ⑭ 出力領域モニタ盤区分 II
- ⑮ 原子炉系温度記録計盤
- ⑯ 漏えい検出系盤区分 I
- ⑰ 漏えい検出系盤区分 II
- ⑱ 制御棒位置伝送補助盤A
- ⑲ 制御棒位置伝送補助盤B
- ⑳ 漏えい検出系表示盤
- ㉑ A系RCW・RSW盤ESS- I
- ㉒ B系RCW・RSW盤ESS- II
- ㉓ 原子炉系制御盤

[対象操作制御盤 (2/2) ]

- ②④ A系非常用換気空調系盤ESS- I
- ②⑤ B系・HPCS系非常用換気空調系盤ESS- II・III
- ②⑥ 原子炉系補助制御盤
- ②⑦ 中央制御室端子盤(H12-P802)
- ②⑧ 中央制御室端子盤(H12-P804)
- ②⑨ 中央制御室端子盤(H12-P805)
- ③⑩ 中央制御室端子盤(H12-P841)
- ③⑪ 中央制御室端子盤(H12-P842)
- ③⑫ HECW冷凍機A制御盤ESS- I
- ③⑬ HECW冷凍機B制御盤ESS- II
- ③⑭ HECW冷凍機C制御盤ESS- I
- ③⑮ HECW冷凍機D制御盤ESS- II
- ③⑯ 非常用ディーゼル発電機3A制御盤
- ③⑰ 非常用ディーゼル発電機3B制御盤
- ③⑱ 非常用ディーゼル発電機3A補機制御盤
- ③⑲ 非常用ディーゼル発電機3B補機制御盤
- ④⑩ 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機制御盤
- ④⑪ 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機補機制御盤
- ④⑫ RSWストレーナ制御盤A
- ④⑬ RSWストレーナ制御盤B
- ④⑭ SRM/IRM前置増幅器盤A
- ④⑮ SRM/IRM前置増幅器盤B
- ④⑯ SRM/IRM前置増幅器盤C
- ④⑰ SRM/IRM前置増幅器盤D

## 目 次

1. 対象機器及び代表機器の選定 .....	3-1
1.1 グループ化の考え方及び結果 .....	3-1
1.2 代表機器の選定 .....	3-1
2. 代表機器の技術評価 .....	3-6
2.1 構造, 材料及び使用条件 .....	3-6
2.1.1 ユニット監視制御盤 2 .....	3-6
2.2 経年劣化事象の抽出 .....	3-9
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目 .....	3-9
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 .....	3-9
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 .....	3-10
3. 代表機器以外への展開 .....	3-13
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 .....	3-15
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 .....	3-15



## 1. 対象機器及び代表機器の選定

柏崎刈羽 3 号炉で使用されている操作制御盤のうち，対象となる操作制御盤の主な仕様を表 1-1 に示す。これらの操作制御盤を型式及び設置場所の観点からグループ化し，それぞれのグループより代表機器を選定した。

### 1.1 グループ化の考え方及び結果

操作制御盤を型式及び設置場所で分類し，表 1-1 に示すとおりグループ化する。

### 1.2 代表機器の選定

操作制御盤を重要度及び原子炉保護上の重要性の観点から，ユニット監視制御盤 2 を代表機器とする。

表 1-1 (1/4) 操作制御盤のグループ化と代表機器の選定

分類基準		機器名称 (面数)	仕様 (W×H×D) (mm)	選定基準			選定	選定理由
型式	設置場所			重要度*	使用条件			
					設置場所	周囲温度 (°C)		
自立型	屋内	ユニット監視制御盤1 (1)	2,862×1,660×1,756	MS-1	中央制御室	26以下	◎	重要度分類上及び原子炉保護上重要なため
		ユニット監視制御盤2 (3)	4,414×1,660×1,756	MS-1	中央制御室	26以下		
		ユニット監視制御盤3 (1)	2,324×1,660×1,756	MS-1	中央制御室	26以下		
		放射線モニタ盤 (1)	1,500×2,300×1,000	MS-1	中央制御室	26以下		
		出力領域モニタ盤区分Ⅰ (3)	3,000×2,300×1,000	MS-1	中央制御室	26以下		
		出力領域モニタ盤区分Ⅱ (3)	3,000×2,300×1,000	MS-1	中央制御室	26以下		
		原子炉系温度記録計盤 (1)	2,000×2,300×1,000	MS-2	中央制御室	26以下		
		漏えい検出系盤区分Ⅰ (1)	2,000×2,300×1,000	MS-1	中央制御室	26以下		
		漏えい検出系盤区分Ⅱ (1)	2,000×2,300×1,000	MS-1	中央制御室	26以下		
		SRM/IRM盤区分Ⅰ (2)	2,000×2,300×1,000	MS-1	中央制御室	26以下		
		SRM/IRM盤区分Ⅱ (2)	2,000×2,300×1,000	MS-1	中央制御室	26以下		
		漏えい検出系表示盤 (1)	2,000×2,300×1,000	MS-1	中央制御室	26以下		
		FPC・MUWF・SLC系制御盤 (1)	1,000×2,300×1,000	MS-1	中央制御室	26以下		
		非常用炉心冷却制御盤ESS-Ⅰ (1)	4,100×2,300×1,796	MS-1	中央制御室	26以下		
非常用炉心冷却制御盤ESS-Ⅱ・Ⅲ (2)	3,620×2,300×1,796	MS-1	中央制御室	26以下				

◎：代表機器

\*：最上位の重要度を示す

表 1-1 (2/4) 操作制御盤のグループ化と代表機器の選定

分類基準		機器名称 (面数)	仕様 (W×H×D) (mm)	選定基準			選定	選定理由
型式	設置場所			重要度*	使用条件			
					設置場所	周囲温度 (°C)		
自立型	屋内	A系RCW・RSW盤ESS- I (1)	2,000×2,300×1,000	MS-1	下部中央制御室	26以下		
		B系RCW・RSW盤ESS- II (1)	2,000×2,300×1,000	MS-1	下部中央制御室	26以下		
		A系非常用換気空調系盤ESS- I (1)	2,000×2,300×1,000	MS-1	中央制御室	26以下		
		B系・HPCS系非常用換気空調系盤ESS- II・III (2)	2,500×2,300×1,000	MS-1	中央制御室	26以下		
		原子炉系補助制御盤 (1)	1,200×2,300×1,796	MS-1	中央制御室	26以下		
		中央制御室端子盤 (2) (H12-P802)	2,500×1,800×600	MS-1	下部中央制御室	26以下		
		中央制御室端子盤 (2) (H12-P804)	2,500×1,800×600	MS-1	下部中央制御室	26以下		
		中央制御室端子盤 (2) (H12-P805)	2,500×1,800×600	MS-1	下部中央制御室	26以下		
		中央制御室端子盤 (2) (H12-P841)	2,500×1,800×600	MS-1	下部中央制御室	26以下		
		中央制御室端子盤 (2) (H12-P842)	2,500×1,800×600	MS-1	下部中央制御室	26以下		
		所内電源制御盤 (2)	4,950×2,300×1,796	MS-1	中央制御室	26以下		
		原子炉系制御盤 (1)	2,000×2,300×1,000	MS-2	下部中央制御室	26以下		
		SGTS・FCS盤ESS- I (1)	2,500×2,300×1,000	MS-1	下部中央制御室	26以下		
SGTS・FCS盤ESS- II (1)	2,500×2,300×1,000	MS-1	下部中央制御室	26以下				

\* : 最上位の重要度を示す

表 1-1 (3/4) 操作制御盤のグループ化と代表機器の選定

分類基準		機器名称 (面数)	仕様 (W×H×D) (mm)	選定基準			選定	選定理由
型式	設置場所			重要度*	使用条件			
					設置場所	周囲温度 (°C)		
自立型	屋内	制御棒位置伝送補助盤A (1)	1,000×2,300×1,000	MS-2	原子炉建屋	40以下		
		制御棒位置伝送補助盤B (1)	1,000×2,300×1,000	MS-2	原子炉建屋	40以下		
		HECW冷凍機A制御盤ESS-I (1)	1,200×2,300×1,200	MS-1	HECW冷凍機室	40以下		
		HECW冷凍機B制御盤ESS-II (1)	1,200×2,300×1,200	MS-1	HECW冷凍機室	40以下		
		HECW冷凍機C制御盤ESS-I (1)	1,200×2,300×1,200	MS-1	HECW冷凍機室	40以下		
		HECW冷凍機D制御盤ESS-II (1)	1,200×2,300×1,200	MS-1	HECW冷凍機室	40以下		
		非常用ディーゼル発電機3A制御盤 (1)	1,200×2,300×1,300	MS-1	A系非常用 ディーゼル発電機室	40以下		
		非常用ディーゼル発電機3B制御盤 (1)	1,200×2,300×1,300	MS-1	B系非常用 ディーゼル発電機室	40以下		
		非常用ディーゼル発電機3A補機制御盤 (1)	1,200×2,300×1,300	MS-1	A系非常用 ディーゼル発電機室	40以下		
		非常用ディーゼル発電機3B補機制御盤 (1)	1,200×2,300×1,300	MS-1	B系非常用 ディーゼル発電機室	40以下		
		高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機 制御盤 (1)	1,200×2,300×1,300	MS-1	HPCS系非常用 ディーゼル発電機室	40以下		
		高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機 補機制御盤 (1)	1,200×2,300×1,300	MS-1	HPCS系非常用 ディーゼル発電機室	40以下		
		RSWストレナ制御盤A (1)	1,800×2,300×1,000	MS-1	海水熱交換器建屋	40以下		
		RSWストレナ制御盤B (1)	1,800×2,300×1,000	MS-1	海水熱交換器建屋	40以下		

\* : 最上位の重要度を示す

表 1-1 (4/4) 操作制御盤のグループ化と代表機器の選定

分類基準		機器名称 (面数)	仕様 (W×H×D) (mm)	選定基準			選定	選定理由
型式	設置場所			重要度*	使用条件			
					設置場所	周囲温度 (°C)		
壁掛型	屋内	SRM/IRM前置増幅器盤A (1)	600×1,000×500	MS-1	原子炉建屋	40以下		
		SRM/IRM前置増幅器盤B (1)	600×1,000×500	MS-1	原子炉建屋	40以下		
		SRM/IRM前置増幅器盤C (1)	600×1,000×500	MS-1	原子炉建屋	40以下		
		SRM/IRM前置増幅器盤D (1)	600×1,000×500	MS-1	原子炉建屋	40以下		

\* : 最上位の重要度を示す

## 2. 代表機器の技術評価

本章では1章で代表機器とした以下の操作制御盤について技術評価を実施する。

### ① ユニット監視制御盤2

#### 2.1 構造, 材料及び使用条件

##### 2.1.1 ユニット監視制御盤2

###### (1) 構造

ユニット監視制御盤2は, 寸法 4,414mm(W)×1,660 mm(H)×1,756 mm(D)の自立型配電盤3面構成で設置されている。

原子炉系の操作機能として, 原子炉の状態を監視する故障表示器, 表示灯, CRT, 機器の操作を行う操作スイッチ, 押釦スイッチ, その他電気回路構成品であるヒューズ, 機器を支持するための筐体, 取付ボルト, 埋込金物等で構成されている。

ユニット監視制御盤2構成を図2.1-1に示す。

###### (2) 材料及び使用条件

ユニット監視制御盤2主要部位の使用材料を表2.1-1に, 使用条件を表2.1-2に示す。

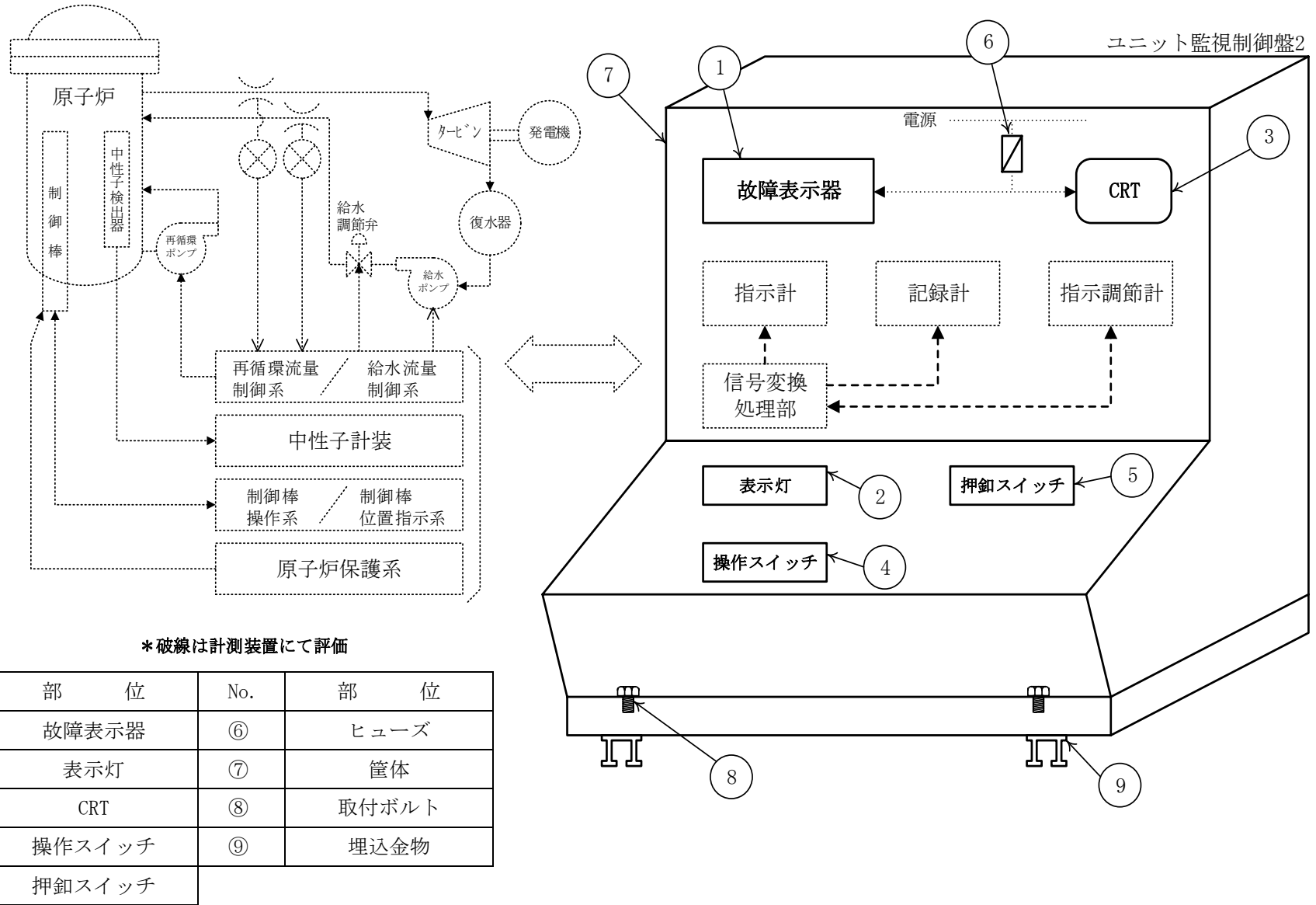


図2.1-1 ユニット監視制御盤2構成

表 2.1-1 ユニット監視制御盤 2 主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
機器の操作監視 制御特性の維持	操作監視制御	故障表示器	(消耗品)
		表示灯	(消耗品)
		CRT	(消耗品)
		操作スイッチ	銅他
		押釦スイッチ	銅他
		ヒューズ	(消耗品)
機器の支持	支持	筐体	炭素鋼 (SS400)
		取付ボルト	炭素鋼
		埋込金物	炭素鋼 (SS400)

表 2.1-2 ユニット監視制御盤 2 の使用条件

設置場所	中央制御室
周囲温度	26°C以下*

\* : 中央制御室の設計値



## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

操作制御盤の機能であるプラント操作制御機能の達成に必要な項目としては、以下のとおり。

- ① 機器の操作監視
- ② 制御特性の維持
- ③ 機器の支持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

操作制御盤について、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の材料、構造、使用条件(周囲温度)及び現在までの運転経験を考慮し、表 2.2-1 に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した(表 2.2-1 で○または△、▲になるもの)。

なお、消耗品及び定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

故障表示器、表示灯、CRT 及びヒューズは消耗品であり、設計時に長期使用せず取り替えを前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

#### (3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

想定される経年劣化事象のうち主要 6 事象に該当する事象及び下記①、②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。なお、下記①、②に該当する事象については、2.2.3 項に示すとおり、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

- ① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの(日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△)
- ② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象(日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲)

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

#### a. 筐体の腐食（全面腐食）

筐体は炭素鋼であるため腐食の発生が想定されるが、筐体の外表面は防食塗装が施されており、屋内空調環境に設置されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、点検時に目視確認を行い、これまで有意な腐食は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### b. 操作スイッチ及び押釦スイッチの導通不良

操作スイッチ及び押釦スイッチは、接点に付着する浮遊塵埃による導通不良が想定されるが、屋内空調環境に設置されていることから、塵埃付着の可能性は小さい。

また、点検時に動作確認を実施し健全であることを確認しており、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### c. 取付ボルトの腐食（全面腐食）

取付ボルトは炭素鋼であるため腐食の発生が想定されるが、取付ボルト表面はメッキ仕上げが施されており、屋内空調環境に設置されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、点検時に目視確認を行い、これまで有意な腐食は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

a. 埋込金物の腐食（全面腐食）

埋込金物は炭素鋼であるため腐食の発生が想定されるが、大気接触部は防食塗装を施しており、屋内空調環境に設置されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、コンクリート埋設部については、コンクリートが中性化した場合に腐食の発生が想定されるが、実機コンクリートにおけるサンプリング結果では中性化は殆ど見られていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

表 2.2-1 ユニット監視制御盤 2 に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象										備 考
					減 肉		割 れ		絶縁	導通	信号	材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁特性低下	導通不良	特性変化	熱時効	劣化		
機器の操作監視制御特性の維持	操作監視制御	故障表示器	◎												
		表示灯	◎												
		CRT	◎												
		操作スイッチ		銅他						△					
		押釦スイッチ		銅他						△					
		ヒューズ	◎												
機器の支持	支持	筐体		炭素鋼		△									
		取付ボルト		炭素鋼		△									
		埋込金物		炭素鋼		▲									

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

### 3. 代表機器以外への展開

本章では、2章で実施した代表機器の技術評価について、1章で代表機器となっていない機器への展開について検討した。

[代表機器外操作制御盤 (1/2) ]

- ① ユニット監視制御盤 1
- ② ユニット監視制御盤 3
- ③ 非常用炉心冷却制御盤 ESS- I
- ④ 非常用炉心冷却制御盤 ESS- II・III
- ⑤ 所内電源制御盤
- ⑥ FPC・MUWF・SLC 系制御盤
- ⑦ SGTS・FCS 盤 ESS- I
- ⑧ SGTS・FCS 盤 ESS- II
- ⑨ SRM/IRM 盤区分 I
- ⑩ SRM/IRM 盤区分 II
- ⑪ 放射線モニタ盤
- ⑫ 出力領域モニタ盤区分 I
- ⑬ 出力領域モニタ盤区分 II
- ⑭ 原子炉系温度記録計盤
- ⑮ 漏えい検出系盤区分 I
- ⑯ 漏えい検出系盤区分 II
- ⑰ 制御棒位置伝送補助盤A
- ⑱ 制御棒位置伝送補助盤B
- ⑲ 漏えい検出系表示盤
- ⑳ A系RCW・RSW盤ESS- I
- ㉑ B系RCW・RSW盤ESS- II
- ㉒ 原子炉系制御盤
- ㉓ A系非常用換気空調系盤ESS- I
- ㉔ B系・HPCS系非常用換気空調系盤ESS- II・III
- ㉕ 原子炉系補助制御盤

[代表機器外操作制御盤 (2/2) ]

- ②⑥ 中央制御室端子盤(H12-P802)
- ②⑦ 中央制御室端子盤(H12-P804)
- ②⑧ 中央制御室端子盤(H12-P805)
- ②⑨ 中央制御室端子盤(H12-P841)
- ③⑩ 中央制御室端子盤(H12-P842)
- ③① HECW冷凍機A制御盤ESS- I
- ③② HECW冷凍機B制御盤ESS- II
- ③③ HECW冷凍機C制御盤ESS- I
- ③④ HECW冷凍機D制御盤ESS- II
- ③⑤ 非常用ディーゼル発電機3A制御盤
- ③⑥ 非常用ディーゼル発電機3B制御盤
- ③⑦ 非常用ディーゼル発電機3A補機制御盤
- ③⑧ 非常用ディーゼル発電機3B補機制御盤
- ③⑨ 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機制御盤
- ④⑩ 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機補機制御盤
- ④① RSWストレーナ制御盤A
- ④② RSWストレーナ制御盤B
- ④③ SRM/IRM前置増幅器盤A
- ④④ SRM/IRM前置増幅器盤B
- ④⑤ SRM/IRM前置増幅器盤C
- ④⑥ SRM/IRM前置増幅器盤D

### 3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

代表機器同様，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

### 3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって，想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

#### a. 筐体の腐食（全面腐食）〔共通〕

代表機器同様，筐体は炭素鋼であるため腐食の発生が想定されるが，筐体の外表面は防食塗装が施されており，屋内空調環境に設置されていることから，腐食が発生する可能性は小さい。

また，点検時に目視確認を行い，これまで有意な腐食は確認されていない。

したがって，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### b. 操作スイッチ及び押釦スイッチの導通不良〔共通〕

代表機器同様，操作スイッチ及び押釦スイッチは，接点に付着する浮遊塵埃による導通不良が想定されるが，屋内空調環境に設置されていることから，塵埃付着の可能性は小さい。

また，点検時に動作確認を実施し健全であることを確認しており，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### c. 取付ボルトの腐食（全面腐食）〔共通〕

代表機器同様，取付ボルトは炭素鋼であるため腐食の発生が想定されるが，取付ボルト表面はメッキ仕上げが施されており，屋内空調環境に設置されていることから，腐食が発生する可能性は小さい。

また，点検時に目視確認を行い，これまで有意な腐食は確認されていない。

したがって，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

a. 埋込金物の腐食（全面腐食） [共通]

代表機器同様、埋込金物は炭素鋼であるため腐食の発生が想定されるが、大気接触部は防食塗装を施しており、屋内空調環境に設置されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、コンクリート埋設部については、コンクリートが中性化した場合に腐食の発生が想定されるが、実機コンクリートにおけるサンプリング結果では中性化は殆ど見られていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

以 上



柏崎刈羽原子力発電所 3 号炉

# 空調設備の技術評価書

東京電力ホールディングス株式会社

本評価書は、柏崎刈羽原子力発電所3号炉（以下、柏崎刈羽3号炉という）における安全上重要な空調設備（重要度分類指針におけるPS-1, 2及びMS-1, 2に該当する機器）及び高温・高圧の環境下にあるクラス3の空調設備の高経年化に係わる技術評価についてまとめたものである。

評価対象機器の一覧を表1に、機能を表2に示す。

評価対象機器を型式、材料等で分類し、それぞれのグループから重要度及び使用条件等の観点で代表機器を選定し技術評価を行った後、代表以外の機器について評価を展開している。

本評価書では、空調設備の機種等を基に、以下の5分冊で構成されている。

- 1 ファン及び空調機
- 2 冷凍機
- 3 フィルタユニット
- 4 ダクト
- 5 ダンパ及び弁

なお、非常用ガス処理系の配管、弁はそれぞれ「配管の技術評価書」、「弁の技術評価書」に含めて評価を実施するものとし、本評価書には含まれていない。

また、本文中の単位の記載はSI単位に基づくものとする（圧力の単位は特に注記がない限りゲージ圧力を示す）。

表1 (1/3) 評価対象機器一覧

機 種	機器名称 (基数)	仕様 (流量×静圧)	重要度*1
ファン 及び 空調機	非常用ガス処理系排風機 (2)	2,500 m <sup>3</sup> /h×約7,355 Pa	MS-1
	残留熱除去系ポンプ室空調機 (3)	12,000 m <sup>3</sup> /h×0*4 Pa	MS-2
	高圧炉心スプレイ系ポンプ室空調機 (1)	24,000 m <sup>3</sup> /h×0*4 Pa	MS-2
	低圧炉心スプレイ系ポンプ室空調機 (1)	13,000 m <sup>3</sup> /h×0*4 Pa	MS-2
	FCS*3室空調機 (2)	3,500 m <sup>3</sup> /h×約147 Pa	MS-2
	非常用ガス処理系室空調機 (2)	4,500 m <sup>3</sup> /h×約294 Pa	MS-2
	非常用ディーゼル発電機 (A) 室送風機 (2)	60,000 m <sup>3</sup> /h×約1,765 Pa	MS-2
	非常用ディーゼル発電機 (B) 室送風機 (2)	60,000 m <sup>3</sup> /h×約1,765 Pa	MS-2
	非常用ディーゼル発電機 (A) 室排風機 (2)	5,000 m <sup>3</sup> /h×約637 Pa	MS-2
	非常用ディーゼル発電機 (B) 室排風機 (2)	5,000 m <sup>3</sup> /h×約637 Pa	MS-2
	非常用ディーゼル発電機 (HPCS*2) 室送風機 (2)	40,000 m <sup>3</sup> /h×約1,471 Pa	MS-2
	非常用ディーゼル発電機 (HPCS*2) 室排風機 (2)	40,000 m <sup>3</sup> /h×約981 Pa	MS-2
	中央制御室排風機 (2)	5,000 m <sup>3</sup> /h×約588 Pa	MS-1
	中央制御室再循環送風機 (2)	7,000 m <sup>3</sup> /h×約2,648 Pa	MS-1
	中央制御室送風機 (2)	73,000 m <sup>3</sup> /h×約2,256 Pa	MS-1
	海水熱交換器建屋 (A) 非常用送風機 (1)	59,000 m <sup>3</sup> /h×約1,373 Pa	MS-2
	海水熱交換器建屋 (B) 非常用送風機 (1)	59,000 m <sup>3</sup> /h×約1,373 Pa	MS-2
	海水熱交換器建屋 (HPCS*2) 非常用送風機 (1)	4,200 m <sup>3</sup> /h×約1,177 Pa	MS-2
非常用ディーゼル発電機室非常用送風機 (8)	61,000 m <sup>3</sup> /h×約981 Pa	MS-1	
冷凍機	換気空調補機非常用冷却水系冷凍機 (4)	527,442 W *5	MS-1

\*1：最上位の重要度を示す

\*2：高圧炉心スプレイ系を示す

\*3：可燃性ガス濃度制御系を示す

\*4：機外静圧

\*5：交換熱量を示す

表1 (2/3) 評価対象機器一覧

機 種	機器名称 (基数)	仕様 (流量)	重要度*1
フィルタ ユニット	非常用ディーゼル発電機 (A) 室給気処理装置 (1)	60,000 m <sup>3</sup> /h	MS-2
	非常用ディーゼル発電機 (B) 室給気処理装置 (1)	60,000 m <sup>3</sup> /h	MS-2
	非常用ディーゼル発電機 (HPCS*2) 室給気処理装置 (1)	40,000 m <sup>3</sup> /h	MS-2
	非常用ディーゼル発電機 (A) 室非常用給気処理装置 (1)	234,000 m <sup>3</sup> /h	MS-1
	非常用ディーゼル発電機 (B) 室非常用給気処理装置 (1)	234,000 m <sup>3</sup> /h	MS-1
	非常用ディーゼル発電機 (HPCS*2) 室非常用給気処理装置 (1)	152,000 m <sup>3</sup> /h	MS-1
	中央制御室給気処理装置 (2)	73,000 m <sup>3</sup> /h	MS-1
	海水熱交換器建屋 (A) 非常用給気処理装置 (1)	59,000 m <sup>3</sup> /h	MS-2
	海水熱交換器建屋 (B) 非常用給気処理装置 (1)	59,000 m <sup>3</sup> /h	MS-2
	海水熱交換器建屋 (HPCS*2) 非常用給気処理装置 (1)	4,200 m <sup>3</sup> /h	MS-2
	非常用ガス処理系乾燥装置 (2)	2,500 m <sup>3</sup> /h	MS-1
	非常用ガス処理系フィルタ装置 (1)	2,500 m <sup>3</sup> /h	MS-1
中央制御室再循環フィルタ装置 (1)	7,000 m <sup>3</sup> /h	MS-1	
ダクト	中央制御室系ダクト	73,000 m <sup>3</sup> /h	MS-1
	非常用ディーゼル発電設備系ダクト	60,000 m <sup>3</sup> /h	MS-2
	海水熱交換器建屋系ダクト	59,000 m <sup>3</sup> /h	MS-2
	非常用空調機ダクト	4,500 m <sup>3</sup> /h	MS-2

\*1：最上位の重要度を示す

\*2：高圧炉心スプレイ系を示す

表1 (3/3) 評価対象機器一覧

機 種	機器名称 (基数)	仕様 (流量)	重要度*1
ダンパ 及び弁	非常用ガス処理系重力式ダンパ (2)	2,500 m <sup>3</sup> /h	MS-1
	非常用ディーゼル発電設備系重力式ダンパ (20)	60,000*2 m <sup>3</sup> /h	MS-2
		61,000 m <sup>3</sup> /h	MS-1
	中央制御室系重力式ダンパ (7)	73,000*2 m <sup>3</sup> /h	MS-1
		7,000 m <sup>3</sup> /h	MS-1
	海水熱交換器建屋系重力式ダンパ (3)	59,000*2 m <sup>3</sup> /h	MS-2
	原子炉建屋隔離弁 (4)	175,000 m <sup>3</sup> /h	MS-1
	中央制御室隔離弁 (8)	5,000 m <sup>3</sup> /h	MS-1
7,000*2 m <sup>3</sup> /h		MS-1	

\*1：最上位の重要度を示す

\*2：最大流量

表 2 (1/3) 評価対象機器機能一覧

機 器 名 称	機 能
非常用ガス処理系排風機	原子炉建屋内の放射能レベルが高くなった場合に起動し、原子炉建屋内の空気をフィルタ装置に通過させ放射性物質を除去した後、排気筒へ排風する。
残留熱除去系ポンプ室空調機	残留熱除去系ポンプの運転に伴い起動し、室内の冷却を行い、室内環境を維持する。
高圧炉心スプレイ系ポンプ室空調機	高圧炉心スプレイ系ポンプの運転に伴い起動し、室内の冷却を行い、室内環境を維持する。
低圧炉心スプレイ系ポンプ室空調機	低圧炉心スプレイ系ポンプの運転に伴い起動し、室内の冷却を行い、室内環境を維持する。
FCS室空調機	非常時に起動し、原子炉建屋 FCS室内の冷却を行い、室内環境を維持する。
非常用ガス処理系室空調機	非常時に起動し、原子炉建屋 非常用ガス処理系室内の冷却を行い、室内環境を維持する。
非常用ディーゼル発電機 (A) 室送風機	非常用ディーゼル発電機 (A) 室の換気を行い、室内環境を維持する。
非常用ディーゼル発電機 (B) 室送風機	非常用ディーゼル発電機 (B) 室の換気を行い、室内環境を維持する。
非常用ディーゼル発電機 (A) 室排風機	非常用ディーゼル発電機 (A) 室の排気を行い、室内環境を維持する。
非常用ディーゼル発電機 (B) 室排風機	非常用ディーゼル発電機 (B) 室の排気を行い、室内環境を維持する。
非常用ディーゼル発電機 (HPCS) 室送風機	非常用ディーゼル発電機 (HPCS) 室の換気を行い、室内環境を維持する。
非常用ディーゼル発電機 (HPCS) 室排風機	非常用ディーゼル発電機 (HPCS) 室の排気を行い、室内環境を維持する。
中央制御室排風機	中央制御室の排気を行い、室内環境を維持する。
中央制御室再循環送風機	非常時に起動し、中央制御室内の空気を再循環ラインで循環し、中央制御室内空気の放射性物質を除去する。
中央制御室送風機	中央制御室の換気を行い、室内環境を維持する。
海水熱交換器建屋 (A) 非常用送風機	非常用補機冷却系機器作動時に、海水熱交換器建屋A系エリアの換気を行い、室内環境を維持する。
海水熱交換器建屋 (B) 非常用送風機	非常用補機冷却系機器作動時に、海水熱交換器建屋B系エリアの換気を行い、室内環境を維持する。
海水熱交換器建屋 (HPCS) 非常用送風機	非常用補機冷却系機器作動時に、海水熱交換器建屋HPCS系エリアの換気を行い、室内環境を維持する。
非常用ディーゼル発電機室非常用送風機	ディーゼル発電機の運転に伴い起動し、室内の冷却を行い、室内環境を維持する。
換気空調補機非常用冷却水系冷凍機	冷却水を中央制御室給気処理装置、非常用ディーゼル発電機 (A) 室給気処理装置、非常用ディーゼル発電機 (B) 室給気処理装置の冷却コイルに送り、各室を冷却する。

表 2 (2/3) 評価対象機器機能一覧

機 器 名 称	機 能
非常用ディーゼル発電機 (A) 室 給気処理装置	非常用ディーゼル発電設備外気取入口 (常用) に取り付けられ, 非常用ディーゼル発電機 (A) 室に入る外気をろ過する。
非常用ディーゼル発電機 (B) 室 給気処理装置	非常用ディーゼル発電設備外気取入口 (常用) に取り付けられ, 非常用ディーゼル発電機 (B) 室に入る外気をろ過する。
非常用ディーゼル発電機 (HPCS) 室 給気処理装置	非常用ディーゼル発電設備外気取入口 (常用) に取り付けられ, 非常用ディーゼル発電機 (HPCS) 室に入る外気をろ過する。
非常用ディーゼル発電機 (A) 室 非常用給気処理装置	非常用ディーゼル発電設備外気取入口 (非常用) に取り付けられ, 非常用ディーゼル発電機 (A) 室に入る外気をろ過する。
非常用ディーゼル発電機 (B) 室 非常用給気処理装置	非常用ディーゼル発電設備外気取入口 (非常用) に取り付けられ, 非常用ディーゼル発電機 (B) 室に入る外気をろ過する。
非常用ディーゼル発電機 (HPCS) 室 非常用給気処理装置	非常用ディーゼル発電設備外気取入口 (非常用) に取り付けられ, 非常用ディーゼル発電機 (HPCS) 室に入る外気をろ過する。
中央制御室給気処理装置	一部外気を取り入れつつ再循環された中央制御室内空気をろ過し, 温度調整する。
海水熱交換器建屋 (A) 非常用給気処理装置	海水熱交換器建屋 (A) 空調設備の外気取入ラインに取り付けられ, 海水熱交換器建屋 (A) に入る外気をろ過する。
海水熱交換器建屋 (B) 非常用給気処理装置	海水熱交換器建屋 (B) 空調設備の外気取入ラインに取り付けられ, 海水熱交換器建屋 (B) に入る外気をろ過する。
海水熱交換器建屋 (HPCS) 非常用給気処理装置	海水熱交換器建屋 (HPCS) 空調設備の外気取入ラインに取り付けられ, 海水熱交換器建屋 (HPCS) に入る外気をろ過する。
非常用ガス処理系乾燥装置	非常用ガス処理系フィルタ装置への流入空気の湿分を低減する。
非常用ガス処理系フィルタ装置	原子炉建屋内の放射能レベルが高くなった場合, 原子炉建屋内空気の放射性物質を除去する。
中央制御室再循環フィルタ装置	中央制御室空調設備の非常時の再循環ラインに取り付けられ, 中央制御室内空気の放射性物質を除去する。
中央制御室系ダクト	中央制御室空調設備の空気流路を形成する。
非常用ディーゼル発電設備系 ダクト	非常用ディーゼル発電設備における空調設備の空気流路を形成する。
海水熱交換器建屋系ダクト	海水熱交換器建屋における空調設備の空気流路を形成する。
非常用空調機ダクト	非常用空調機の空気流路を形成する。

表 2 (3/3) 評価対象機器機能一覧

機 器 名 称	機 能
非常用ガス処理系重力式ダンパ	非常用ガス処理系の重力式ダンパで、ファン出口に取り付けられており、逆流を防止する。
非常用ディーゼル発電設備系重力式ダンパ	非常用ディーゼル発電設備における空調設備の重力式ダンパで、ファン出口に取り付けられており、逆流を防止する。
中央制御室系重力式ダンパ	中央制御室空調設備の重力式ダンパで、ファン出口に取り付けられており、逆流を防止する。
海水熱交換器建屋系重力式ダンパ	海水熱交換器建屋空調設備の重力式ダンパで、ファン出口に取り付けられており、逆流を防止する。
原子炉建屋隔離弁	原子炉建屋内の放射能レベルが高くなった場合、原子炉建屋を隔離する。
中央制御室隔離弁	中央制御室空調設備の外気取入ライン及び中央制御室排気ファンのラインに設置されており、非常時に空気流路を変更する。



# 1 ファン及び空調機

## [対象機器]

- ① 非常用ガス処理系排風機
- ② 残留熱除去系ポンプ室空調機
- ③ 高圧炉心スプレイ系ポンプ室空調機
- ④ 低圧炉心スプレイ系ポンプ室空調機
- ⑤ FCS 室空調機
- ⑥ 非常用ガス処理系室空調機
- ⑦ 非常用ディーゼル発電機 (A) 室送風機
- ⑧ 非常用ディーゼル発電機 (B) 室送風機
- ⑨ 非常用ディーゼル発電機 (A) 室排風機
- ⑩ 非常用ディーゼル発電機 (B) 室排風機
- ⑪ 非常用ディーゼル発電機 (HPCS) 室送風機
- ⑫ 非常用ディーゼル発電機 (HPCS) 室排風機
- ⑬ 中央制御室排風機
- ⑭ 中央制御室再循環送風機
- ⑮ 中央制御室送風機
- ⑯ 海水熱交換器建屋 (A) 非常用送風機
- ⑰ 海水熱交換器建屋 (B) 非常用送風機
- ⑱ 海水熱交換器建屋 (HPCS) 非常用送風機
- ⑲ 非常用ディーゼル発電機室非常用送風機

## 目 次

1. 対象機器及び代表機器の選定 .....	1-1
1.1 グループ化の考え方及び結果 .....	1-1
1.2 代表機器の選定 .....	1-1
2. 代表機器の技術評価 .....	1-4
2.1 構造, 材料及び使用条件 .....	1-4
2.1.1 非常用ガス処理系排風機 .....	1-4
2.1.2 中央制御室送風機 .....	1-7
2.1.3 非常用ディーゼル発電機室非常用送風機 .....	1-10
2.2 経年劣化事象の抽出 .....	1-13
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目 .....	1-13
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出 .....	1-13
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 .....	1-15
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価 .....	1-21
3. 代表機器以外への展開 .....	1-22
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 .....	1-22
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 .....	1-23

## 1. 対象機器及び代表機器の選定

主要なファン及び空調機の主な仕様を表 1-1 に示す。

これらのファン及び空調機をグループ化し、それぞれのグループより代表機器を選定した。

### 1.1 グループ化の考え方及び結果

ファン及び空調機を型式及び駆動方式に分類し、これを基準として表 1-1 に示すとおりグループ化する。

### 1.2 代表機器の選定

表 1-1 に分類したグループ毎に、原則として重要度、運転状態及び流量の観点から、代表機器を選定する。

#### (1) 遠心式直結型ファン

このグループには、非常用ガス処理系排風機のみが属するので、非常用ガス処理系排風機を代表機器とする。

#### (2) 遠心式直動型ファン

このグループには、残留熱除去系ポンプ室空調機、高圧炉心スプレイ系ポンプ室空調機、低圧炉心スプレイ系ポンプ室空調機、FCS 室空調機、非常用ガス処理系室空調機、非常用ディーゼル発電機 (A) 室送風機、非常用ディーゼル発電機 (B) 室送風機、非常用ディーゼル発電機 (A) 室排風機、非常用ディーゼル発電機 (B) 室排風機、非常用ディーゼル発電機 (HPCS) 室送風機、非常用ディーゼル発電機 (HPCS) 室排風機、中央制御室排風機、中央制御室再循環送風機、中央制御室送風機、海水熱交換器建屋 (A) 非常用送風機、海水熱交換器建屋 (B) 非常用送風機、海水熱交換器建屋 (HPCS) 非常用送風機が属するが、重要度、運転状態、流量の観点から中央制御室送風機を代表機器とする。

#### (3) 軸流式直動型ファン

このグループには、非常用ディーゼル発電機室非常用送風機のみが属するので、非常用ディーゼル発電機室非常用送風機を代表機器とする。

表 1-1 (1/2) ファン及び空調機のグループ化及び代表機器の選定

分類基準		機器名称 (基数)	選定基準			選定	選定理由
型式	駆動方式		仕様	重要度*1	使用条件		
			流量×静圧 (m <sup>3</sup> /h) (Pa)		運転状態*2		
遠心式	直結型	非常用ガス処理系排風機 (2)	2,500×約 7,355	MS-1	一時 (一時)	◎	
遠心式	直動型	残留熱除去系ポンプ室空調機 (3)	12,000×0*3	MS-2	連続 (一時)		
		高压炉心スプレイ系ポンプ室空調機 (1)	24,000×0*3	MS-2	一時 (一時)		
		低压炉心スプレイ系ポンプ室空調機 (1)	13,000×0*3	MS-2	一時 (一時)		
		FCS 室空調機 (2)	3,500×約 147	MS-2	一時 (一時)		
		非常用ガス処理系室空調機 (2)	4,500×約 294	MS-2	一時 (一時)		
		非常用ディーゼル発電機 (A) 室送風機 (2)	60,000×約 1,765	MS-2	連続 (連続)		
		非常用ディーゼル発電機 (B) 室送風機 (2)	60,000×約 1,765	MS-2	連続 (連続)		
		非常用ディーゼル発電機 (A) 室排風機 (2)	5,000×約 637	MS-2	連続 (連続)		
		非常用ディーゼル発電機 (B) 室排風機 (2)	5,000×約 637	MS-2	連続 (連続)		
		非常用ディーゼル発電機 (HPCS) 室送風機 (2)	40,000×約 1,471	MS-2	連続 (連続)		

◎:代表機器

\*1:最上位の重要度を示す

\*2:上段は冷温停止状態時における運転状態,下段の( )は断続的運転時の運転状態を示す

\*3:機外静圧

表 1-1 (2/2) ファン及び空調機のグループ化及び代表機器の選定

分類基準		機器名称 (基数)	選定基準			選定	選定理由
型式	駆動方式		仕様	重要度*1	使用条件		
			流量×静圧 (m <sup>3</sup> /h) (Pa)		運転状態*2		
遠心式	直動型	非常用ディーゼル発電機 (HPCS) 室排風機 (2)	40,000×約 981	MS-2	連続 (連続)		重要度, 運転状態, 流量
		中央制御室排風機 (2)	5,000×約 588	MS-1	連続 (連続)		
		中央制御室再循環送風機 (2)	7,000×約 2,648	MS-1	一時 (一時)		
		中央制御室送風機 (2)	73,000×約 2,256	MS-1	連続 (連続)	◎	
		海水熱交換器建屋 (A) 非常用送風機 (1)	59,000×約 1,373	MS-2	一時 (一時)		
		海水熱交換器建屋 (B) 非常用送風機 (1)	59,000×約 1,373	MS-2	一時 (一時)		
		海水熱交換器建屋 (HPCS) 非常用送風機 (1)	4,200×約 1,177	MS-2	一時 (一時)		
軸流式	直動型	非常用ディーゼル発電機室非常用送風機 (8)	61,000×約 981	MS-1	一時 (一時)	◎	

◎:代表機器

\*1:最上位の重要度を示す

\*2:上段は冷温停止状態時における運転状態, 下段の ( ) は断続的運転時の運転状態を示す

## 2. 代表機器の技術評価

本章では、1章で代表機器とした以下のファン及び空調機について技術評価を実施する。

- ① 非常用ガス処理系排風機
- ② 中央制御室送風機
- ③ 非常用ディーゼル発電機室非常用送風機

### 2.1 構造、材料及び使用条件

#### 2.1.1 非常用ガス処理系排風機

##### (1) 構造

非常用ガス処理系排風機は、流量 2,500 m<sup>3</sup>/h、静圧約 7,355 Pa の遠心式ファンであり、原子炉建屋に 2 基設置されている。

非常用ガス処理系排風機は、原子炉建屋内の放射能レベルが高くなった場合に起動し、原子炉建屋内の空気を非常用ガス処理装置へ排風するためのものであり、空気を送風するためのファン主軸、羽根車、ファンモータ、軸継手及び機器を支持するための基礎ボルト等からなる。

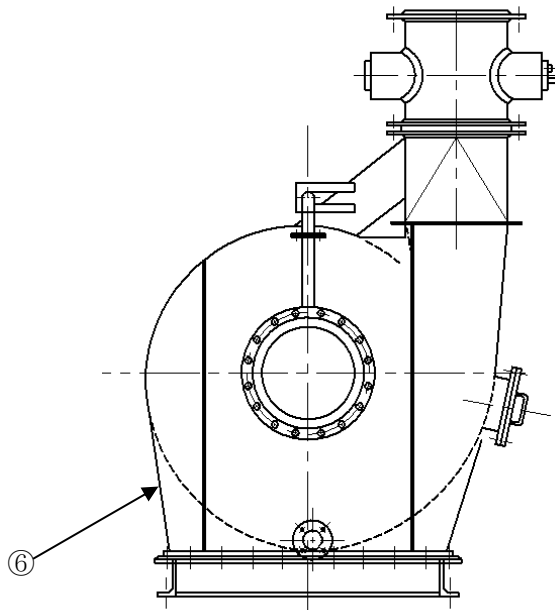
また、羽根車は、点検口を開けることにより、点検手入れが可能である。

非常用ガス処理系排風機の構造図を図 2.1-1 に示す。

##### (2) 材料及び使用条件

非常用ガス処理系排風機主要部位の使用材料を表 2.1-1 に、使用条件を表 2.1-2 に示す。

No.	部 位
①	ファン主軸
②	ファンモータ (低圧, 交流, 全閉)
③	軸継手
④	軸受 (転がり)
⑤	羽根車
⑥	ケーシング
⑦	ベース
⑧	基礎ボルト



A-A 矢視

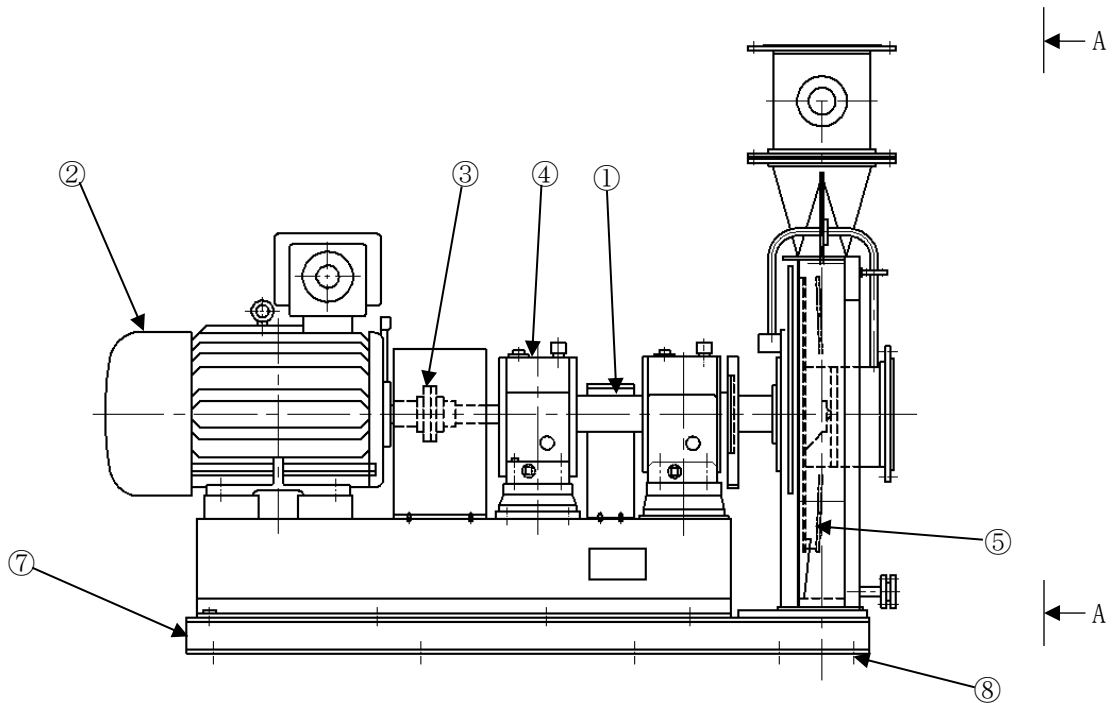


図 2.1-1 非常用ガス処理系排風機構造図

表 2.1-1 非常用ガス処理系排風機主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
流量の確保	エネルギー 伝達	ファン主軸	炭素鋼 (S35C)
		ファンモータ (低圧, 交流, 全閉)	主軸: 炭素鋼 固定子コイル及び口出線・接続部品 : 銅, 絶縁物 回転子棒・回転子エンドリング : アルミニウム 軸受 (転がり): (消耗品)
		軸継手	鋳鉄
	軸支持	軸受 (転がり)	(消耗品)
	エネルギー 変換	羽根車	炭素鋼 (SS41)
バウンダリの 維持	耐圧	ケーシング	炭素鋼 (SS41)
機器の支持	支持	ベース	炭素鋼 (SS41)
		基礎ボルト	炭素鋼 (SS41)

表 2.1-2 非常用ガス処理系排風機の使用条件

流量	2,500 m <sup>3</sup> /h
周囲温度	約 65 °C
ファン回転速度	3,000 rpm
内部流体	空気
設置場所	屋内



## 2.1.2 中央制御室送風機

### (1) 構造

中央制御室送風機は、流量 73,000 m<sup>3</sup>/h、静圧約 2,256 Pa の遠心式ファンであり、原子炉建屋に 2 基設置されている。

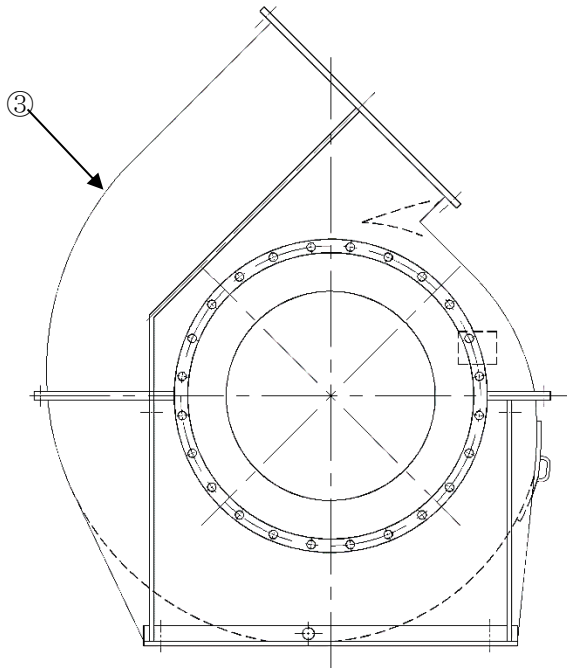
中央制御室送風機は、中央制御室内を換気するためのものであり、空気を送風するための羽根車、ファンモータ及び機器を支持するための基礎ボルト等からなる。

また、羽根車は、点検口を開けることにより、点検手入れが可能である。

中央制御室送風機の構造図を図 2.1-2 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

中央制御室送風機主要部位の使用材料を表 2.1-3 に、使用条件を表 2.1-4 に示す。



A-A 矢視

No.	部 位
①	ファンモータ (低圧, 交流, 開放)
②	羽根車
③	ケーシング
④	ベース
⑤	基礎ボルト

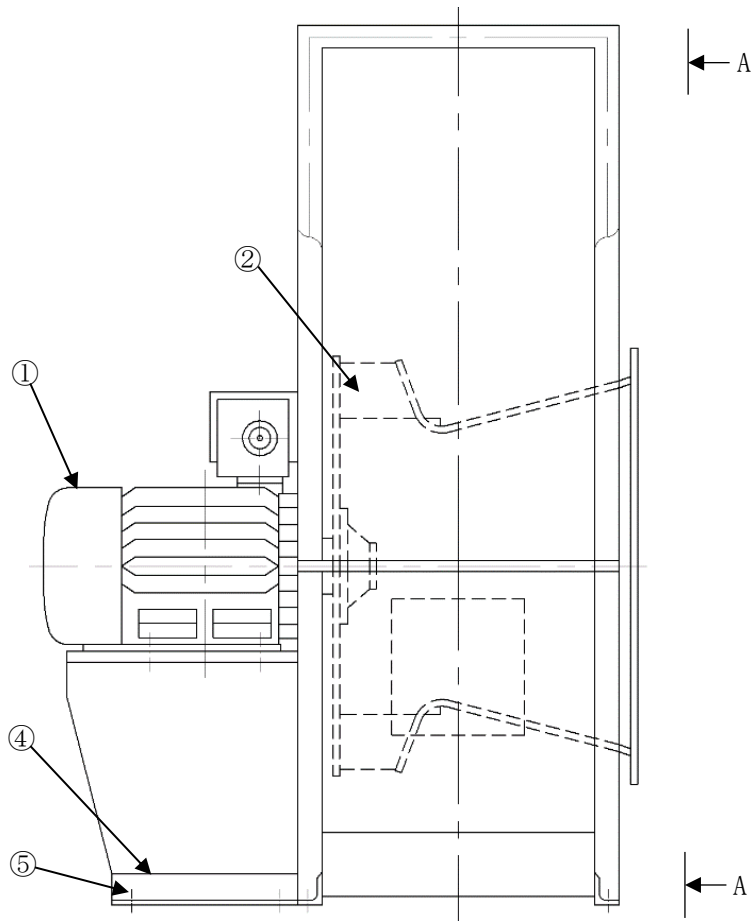


図 2.1-2 中央制御室送風機構造図

表 2.1-3 中央制御室送風機主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
流量の確保	エネルギー伝達	ファンモータ (低圧, 交流, 開放)	主軸：炭素鋼 固定子コイル及び口出線・接続部品： 銅, 絶縁物 回転子棒・回転子エンドリング： アルミニウム 軸受（転がり）：(消耗品)
	エネルギー変換	羽根車	炭素鋼 (SS41)
バウンダリの維持	耐圧	ケーシング	炭素鋼 (SS41)
機器の支持	支持	ベース	炭素鋼 (SS41)
		基礎ボルト	炭素鋼 (SS41)

表 2.1-4 中央制御室送風機の使用条件

流量	73,000 m <sup>3</sup> /h
周囲温度	約 40 °C
ファン回転速度	1,000 rpm
内部流体	空気
設置場所	屋内

### 2.1.3 非常用ディーゼル発電機室非常用送風機

#### (1) 構造

非常用ディーゼル発電機室非常用送風機は、流量 61,000 m<sup>3</sup>/h、静圧約 981 Pa の軸流式ファンであり、非常用ディーゼル発電機室天井に 8 基設置されている。

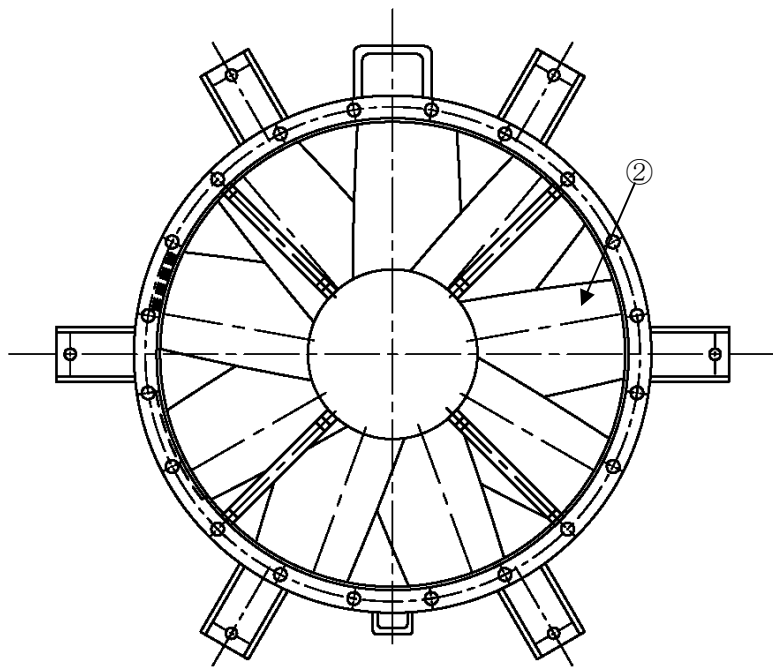
非常用ディーゼル発電機室非常用送風機は、非常用ディーゼル発電機運転時に室内の冷却を行うものであり、空気を送風する羽根車、ファンモータ及び機器を支持するための基礎ボルト等からなる。

また、羽根車は、点検口を開けることにより、点検手入れが可能である。

非常用ディーゼル発電機室非常用送風機の構造図を図 2.1-3 に示す。

#### (2) 材料及び使用条件

非常用ディーゼル発電機室非常用送風機主要部位の使用材料を表 2.1-5 に、使用条件を表 2.1-6 に示す。



A-A 矢視

No.	部 位
①	ファンモータ (低圧, 交流, 全閉)
②	羽根車
③	ケーシング
④	ベース
⑤	基礎ボルト

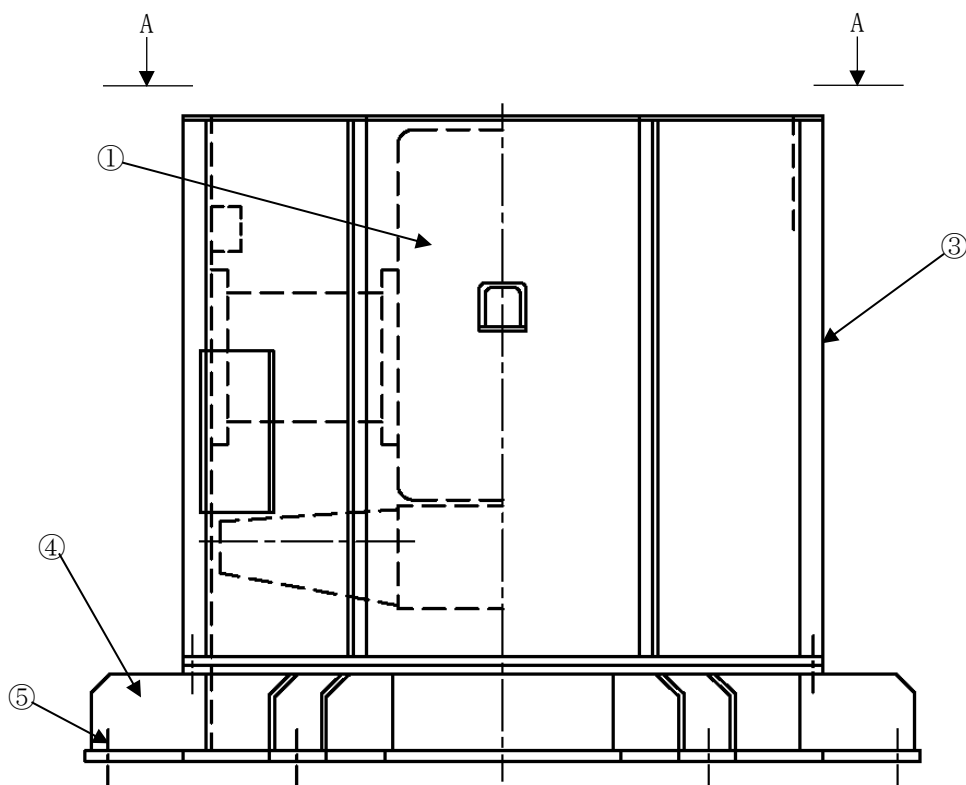


図 2.1-3 非常用ディーゼル発電機室非常用送風機構造図

表 2.1-5 非常用ディーゼル発電機室非常用送風機主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
流量の確保	エネルギー伝達	ファンモータ (低圧, 交流, 全閉)	主軸：炭素鋼 固定子コイル及び口出線・接続部品： 銅, 絶縁物 回転子棒・回転子エンドリング： アルミニウム 軸受（転がり）：(消耗品)
	エネルギー変換	羽根車	アルミニウム合金 (AC7A-F)
バウンダリの維持	耐圧	ケーシング	炭素鋼 (SS41)
機器の支持	支持	ベース	炭素鋼 (SS41)
		基礎ボルト	炭素鋼 (SS41)

表 2.1-6 非常用ディーゼル発電機室非常用送風機の使用条件

流量	61,000 m <sup>3</sup> /h
周囲温度	約 45 °C
ファン回転速度	1,500 rpm
内部流体	空気
設置場所	屋内

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

ファン及び空調機の機能達成に必要な項目は以下のとおり。

- ① 流量の確保
- ② バウンダリの維持
- ③ 機器の支持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

ファン及び空調機について、機能達成に必要な項目を考慮して主要部位に展開した上で、個々の部位の材料、構造、使用条件（運転時間、ファン回転速度等）及び現在までの運転経験を考慮し、表 2.2-1 で示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

なお、消耗品及び定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

転がり軸受については消耗品であり、設計時に長期使用せず取替を前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

(3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

想定される経年劣化事象のうち主要6事象に該当する事象及び下記①, ②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。なお, 下記①, ②に該当する事象については, 2.2.3 項に示すとおり, 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

- ① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって, 想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの(日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△)
- ② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により, 今後も経年劣化の進展が考えられない, または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象(日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲)

この結果, 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象として以下の事象が抽出された(表 2.2-1 で○)。

- a. ファンモータ(低圧, 交流, 全閉), ファンモータ(低圧, 交流, 開放)の固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下[共通]



### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

#### a. 基礎ボルトの腐食（全面腐食）〔共通〕

基礎ボルトの腐食については、「機械設備の技術評価書」にて評価を実施するものとし、本評価書には含めていない。

#### b. ファン主軸の摩耗〔非常用ガス処理系排風機〕

転がり軸受を使用しているファン主軸については、軸受とファン主軸の接触面が摩耗する可能性があるが、点検時にファン主軸の寸法管理を行っており、摩耗が発生した場合でも適切に取替等を行うこととしている。

今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### c. ファン主軸の腐食（全面腐食）〔非常用ガス処理系排風機〕

ファン主軸は炭素鋼であり内部流体は空気であることから、腐食の発生が想定されるが、内部流体はフィルタを通過し塩分を除去された空気であることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、ファン主軸は分解点検時の目視点検により腐食の有無を確認し、有意な腐食が確認された場合は適切に取替等を行うこととしている。

今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### d. 軸継手の腐食（全面腐食）〔非常用ガス処理系排風機〕

軸継手は鋳鉄であり、腐食の発生が想定されるが、これまでの目視点検結果から有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### e. 羽根車の腐食（全面腐食）〔共通〕

非常用ガス処理系排風機、中央制御室送風機の羽根車は炭素鋼であり、腐食の発生が想定されるが、これまでの目視点検結果から有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

また、非常用ディーゼル発電機室非常用送風機の羽根車はアルミニウム合金であることから、腐食が発生する可能性は小さい。これまでの目視点検結果からも有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f. ケーシングの腐食（全面腐食） [共通]

ケーシングは炭素鋼であり，腐食の発生が想定されるが，大気接触部は防食塗装を施しており，腐食が発生する可能性は小さい。

また，これまでの目視点検結果からも有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

g. ベースの腐食（全面腐食） [共通]

ベースは炭素鋼であり，腐食の発生が想定されるが，大気接触部は防食塗装を施しており，腐食が発生する可能性は小さい。

また，これまでの目視点検結果からも有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

h. ファン主軸の高サイクル疲労割れ [非常用ガス処理系排風機]

ファン主軸には，ファン運転時の繰り返し応力による疲労が蓄積する可能性がある。しかし，設計段階において高サイクル疲労を起こさないよう考慮されており，これまでの目視点検及び浸透探傷検査において割れは確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- i. ファンモータ（低圧，交流，全閉），ファンモータ（低圧，交流，開放）の主軸の摩耗
- j. ファンモータ（低圧，交流，全閉），ファンモータ（低圧，交流，開放）の主軸の高サイクル疲労割れ
- k. ファンモータ（低圧，交流，全閉），ファンモータ（低圧，交流，開放）の回転子棒及び回転子エンドリングの疲労割れ
- l. ファンモータ（低圧，交流，全閉），ファンモータ（低圧，交流，開放）のフレーム，エンドブラケット及び端子箱の腐食（全面腐食）
- m. ファンモータ（低圧，交流，全閉），ファンモータ（低圧，交流，開放）の固定子コア及び回転子コアの腐食（全面腐食）
- n. ファンモータ（低圧，交流，全閉），ファンモータ（低圧，交流，開放）の取付ボルトの腐食（全面腐食）

(i. ～n. : [共通])

以上，i. ～n. の評価については，「ポンプモータの技術評価書」の低圧ポンプモータと同一であることから，同評価書を参照のこと。

- (2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。

表 2.2-1 (1/3) 非常用ガス処理系排風機に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期 取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
流量の確保	エネルギー 伝達	ファン主軸		炭素鋼	△	△	△*1				*1:高サイクル疲労割れ *2:主軸 *3:フレーム, エントブラケット, 及び端子箱 *4:固定子コア, 回転子コ ア *5:取付ボルト *6:回転子棒及び回転 子エントリング *7:固定子コイル及び口 出線・接続部品の 絶縁特性低下 *8:軸受(転がり) *9:低圧, 交流, 全閉	
		ファンモータ*9	◎*8	炭素鋼, 銅, 絶縁物他	△*2	△*3*4*5	△*1*2 △*6			○*7		
		軸継手		鋳鉄		△						
	軸支持	軸受(転がり)	◎									
	エネルギー 変換	羽根車		炭素鋼		△						
バウンダリ の維持	耐圧	ケーシング		炭素鋼		△						
機器の支持	支持	ベース		炭素鋼		△						
		基礎ボルト		炭素鋼		△						

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (2/3) 中央制御室送風機に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
流量の確保	エネルギー伝達	ファンモータ*9	◎*8	炭素鋼, 銅, 絶縁物他	△*2	△*3*4*5	△*1*2 △*6				○*7	*1:高サイクル疲労割れ *2:主軸 *3:フレーム, エントブラケット, 及び端子箱 *4:固定子コア, 回転子コア *5:取付ボルト *6:回転子棒及び回転子エントリング *7:固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下 *8:軸受(転がり) *9:低圧, 交流, 開放
	エネルギー変換	羽根車		炭素鋼		△						
バウンダリの維持	耐圧	ケーシング		炭素鋼		△						
機器の支持	支持	ベース		炭素鋼		△						
		基礎ボルト		炭素鋼		△						

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (3/3) 非常用ディーゼル発電機室非常用送風機に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期 取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
流量の確保	エネルギー 伝達	ファンモータ*9	◎*8	炭素鋼, 銅, 絶縁物他	△*2	△*3*4*5	△*1*2 △*6				○*7	*1:高サイクル疲労割れ *2:主軸 *3:フレーム, エントブラケット, 及び端子箱 *4:固定子コア, 回転子コ ア *5:取付ボルト *6:回転子棒及び回転 子エントリング *7:固定子コイル及び口 出線・接続部品の 絶縁特性低下 *8:軸受(転がり) *9:低圧, 交流, 全閉
	エネルギー 変換	羽根車		アルミニウム 合金		△						
バウンダリ の維持	耐圧	ケーシング		炭素鋼		△						
機器の支持	支持	ベース		炭素鋼		△						
		基礎ボルト		炭素鋼		△						

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

## 2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

- (1) ファンモータ（低圧，交流，全閉），ファンモータ（低圧，交流，開放）の固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下〔共通〕

固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下に対する「事象の説明」，「技術評価」及び「高経年化への対応」は，低圧ポンプモータと同一であることから，「ポンプモータの技術評価書」の低圧ポンプモータの固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下を参照のこと。

### 3. 代表機器以外への展開

本章では、2章で実施した代表機器の技術評価結果について、1章で実施したグループ化で代表機器となっていない機器への展開について検討した。

- ① 残留熱除去系ポンプ室空調機
- ② 高圧炉心スプレイ系ポンプ室空調機
- ③ 低圧炉心スプレイ系ポンプ室空調機
- ④ FCS 室空調機
- ⑤ 非常用ガス処理系室空調機
- ⑥ 非常用ディーゼル発電機 (A) 室送風機
- ⑦ 非常用ディーゼル発電機 (B) 室送風機
- ⑧ 非常用ディーゼル発電機 (A) 室排風機
- ⑨ 非常用ディーゼル発電機 (B) 室排風機
- ⑩ 非常用ディーゼル発電機 (HPCS) 室送風機
- ⑪ 非常用ディーゼル発電機 (HPCS) 室排風機
- ⑫ 中央制御室排風機
- ⑬ 中央制御室再循環送風機
- ⑭ 海水熱交換器建屋 (A) 非常用送風機
- ⑮ 海水熱交換器建屋 (B) 非常用送風機
- ⑯ 海水熱交換器建屋 (HPCS) 非常用送風機

#### 3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

- a. ファンモータ (低圧, 交流, 全閉) の固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下  
[共通]

代表機器同様, 「ポンプモータの技術評価書」の低圧ポンプモータと同一であることから, 同評価書を参照のこと。



### 3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

#### a. 基礎ボルトの腐食（全面腐食）〔共通〕

代表機器同様、基礎ボルトの腐食については、「機械設備の技術評価書」にて評価を行うものとする。

#### b. 羽根車の腐食（全面腐食）〔共通〕

代表機器同様、非常用ディーゼル発電機（A）室送風機、非常用ディーゼル発電機（B）室送風機、非常用ディーゼル発電機（A）室排風機、非常用ディーゼル発電機（B）室排風機、非常用ディーゼル発電機（HPCS）室送風機、非常用ディーゼル発電機（HPCS）室排風機、中央制御室排風機、中央制御室再循環送風機、海水熱交換器建屋（A）非常用送風機、海水熱交換器建屋（B）非常用送風機、海水熱交換器建屋（HPCS）非常用送風機の羽根車は炭素鋼であり、腐食の発生が想定されるが、これまでの目視点検結果から有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

また、残留熱除去系ポンプ室空調機、高圧炉心スプレー系ポンプ室空調機、低圧炉心スプレー系ポンプ室空調機、FCS 室空調機、非常用ガス処理系室空調機の羽根車はアルミニウム合金であることから、腐食が発生する可能性は小さい。これまでの目視点検結果からも有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### c. ケーシングの腐食（全面腐食）〔共通〕

代表機器同様、非常用ディーゼル発電機（A）室送風機、非常用ディーゼル発電機（B）室送風機、非常用ディーゼル発電機（A）室排風機、非常用ディーゼル発電機（B）室排風機、非常用ディーゼル発電機（HPCS）室送風機、非常用ディーゼル発電機（HPCS）室排風機、中央制御室排風機、中央制御室再循環送風機、海水熱交換器建屋（A）非常用送風機、海水熱交換器建屋（B）非常用送風機、海水熱交換器建屋（HPCS）非常用送風機のケーシングは炭素鋼であり、腐食の発生が想定されるが、大気接触部は防食塗装を施しており、腐食が発生する可能性は小さい。

また、残留熱除去系ポンプ室空調機、高圧炉心スプレー系ポンプ室空調機、低圧炉心スプレー系ポンプ室空調機、FCS 室空調機、非常用ガス処理系室空調機のケーシングは耐食性を有する亜鉛メッキ鋼が使用されており、腐食が発生する可能性は小さい。

これまでの目視点検結果からも有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- d. 冷却コイル（淡水）の腐食（全面腐食）[残留熱除去系ポンプ室空調機，高圧炉心スプレ  
イ系ポンプ室空調機，低圧炉心スプレイ系ポンプ室空調機，FCS 室空調機，非常用ガス  
処理系室空調機]

冷却コイルは耐食性を有する銅合金，アルミニウム合金であり，内部流体も冷却水（防  
錆剤入り）であるため腐食が発生する可能性は小さい。

また，これまでの外面の目視点検及び漏えい確認結果からも有意な腐食は確認されて  
おらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対  
策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- e. ベースの腐食（全面腐食）[共通]

代表機器同様，ベースは炭素鋼であることから，腐食の発生が想定されるが，大気接  
触部は防食塗装を施しており，腐食が発生する可能性は小さい。

また，これまでの目視点検結果からも有意な腐食は確認されておらず，今後もこれら  
の傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣  
化事象ではないと判断する。

- f. 取付ボルトの腐食（全面腐食）[残留熱除去系ポンプ室空調機]

取付ボルトは炭素鋼であることから，腐食の発生が想定されるが，大気接触部は防食  
塗装を施しており，腐食が発生する可能性は小さい。

また，これまでの目視点検結果からも有意な腐食は確認されておらず，今後もこれら  
の傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣  
化事象ではないと判断する。

- g. ファンモータ（低圧，交流，全閉）の主軸の摩耗  
h. ファンモータ（低圧，交流，全閉）の主軸の高サイクル疲労割れ  
i. ファンモータ（低圧，交流，全閉）の回転子棒及び回転子エンドリングの疲労割れ  
j. ファンモータ（低圧，交流，全閉）のフレーム，エンドブラケット及び端子箱の腐食（全  
面腐食）  
k. ファンモータ（低圧，交流，全閉）の固定子コア及び回転子コアの腐食（全面腐食）  
l. ファンモータ（低圧，交流，全閉）の取付ボルトの腐食（全面腐食）

(g. ～l. : [共通])

以上，g. ～l. の評価については，「ポンプモータの技術評価書」の低圧ポンプモータと  
同一であることから，同評価書を参照のこと。

- (2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

代表機器同様、日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。

以 上

## 2 冷凍機

[対象機器]

- ① 換気空調補機非常用冷却水系冷凍機

## 目 次

1. 対象機器 .....	2-1
1.1 グループ化の考え方及び結果 .....	2-1
1.2 代表機器の選定 .....	2-1
2. 代表機器の技術評価 .....	2-2
2.1 構造, 材料及び使用条件 .....	2-2
2.1.1 換気空調補機非常用冷却水系冷凍機 .....	2-2
2.2 経年劣化事象の抽出 .....	2-7
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目 .....	2-7
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出 .....	2-7
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 .....	2-9
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価 .....	2-16

## 1. 対象機器

主要な冷凍機の主な仕様を表 1-1 に示す。

これらの冷凍機をグループ化し、それぞれのグループより代表機器を選定した。

### 1.1 グループ化の考え方及び結果

冷凍機を型式により分類し、これを基準として表 1-1 に示すとおりグループ化する。

### 1.2 代表機器の選定

表 1-1 に分類したグループ毎に、原則として重要度及び運転状態の観点から、代表機器を選定する。

#### (1) ターボ式冷凍機

このグループには、換気空調補機非常用冷却水系冷凍機のみが属するため、換気空調補機非常用冷却水系冷凍機を代表機器とする。

表 1-1 冷凍機のグループ化及び代表機器の選定

分類基準	機器名称 (基数)	選 定 基 準			選定	選定理由
		仕様	重要度*1	使用条件		
型 式		冷却能力 (W)			運転状態*2	
ターボ式	換気空調補機非常用冷却水系冷凍機 (4)	527,442	MS-1	連続 (連続)	◎	

\*1:最上位の重要度を示す

\*2:上段は冷温停止状態時における運転状態、下段の ( ) は断続的運転時の運転状態を示す

## 2. 代表機器の技術評価

本章では1章で代表機器とした以下の機器について技術評価を実施する。

### ① 換気空調補機非常用冷却水系冷凍機

#### 2.1 構造, 材料及び使用条件

##### 2.1.1 換気空調補機非常用冷却水系冷凍機

###### (1) 構造

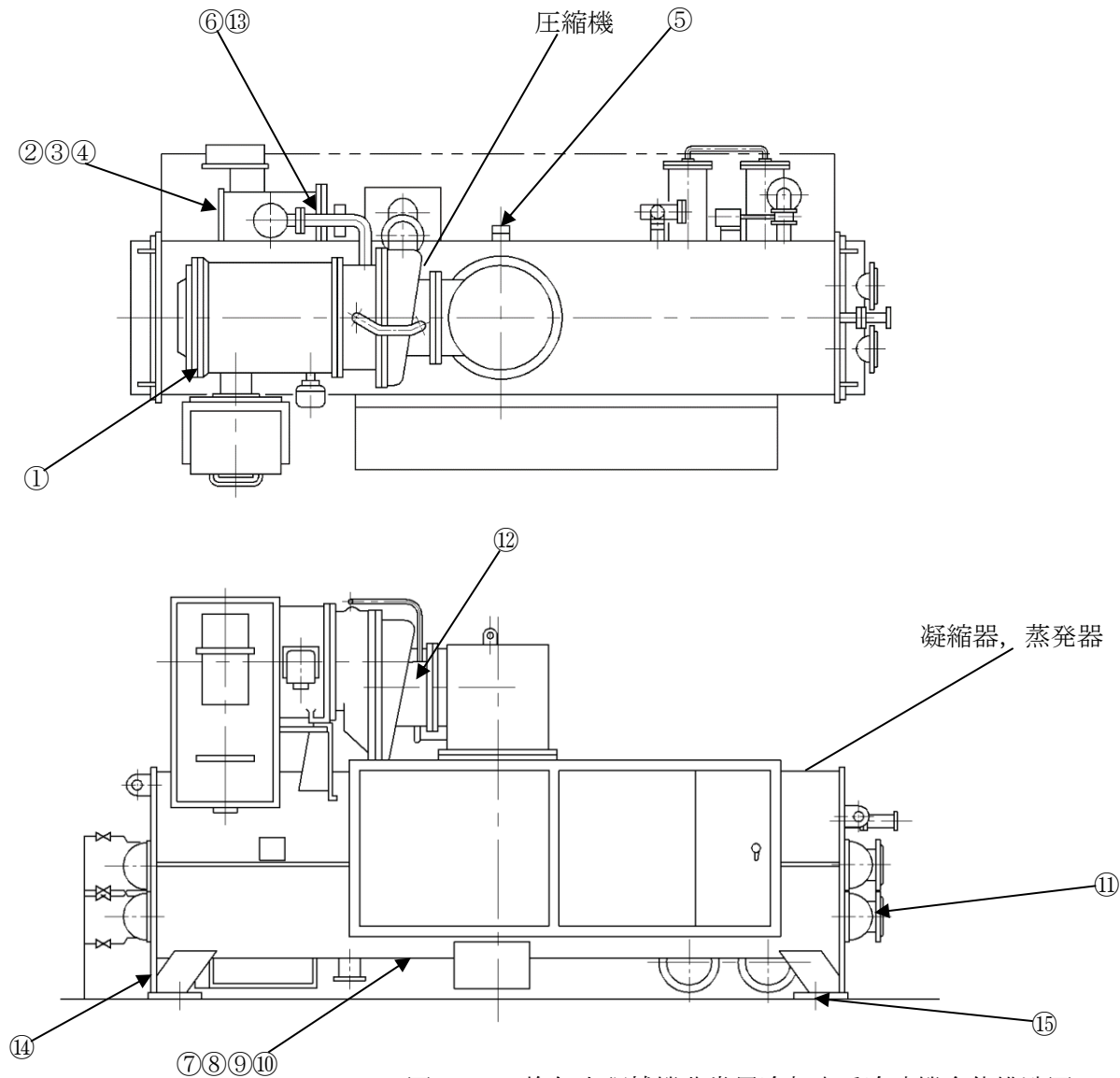
換気空調補機非常用冷却水系冷凍機は, 原子炉補機冷却水系冷却水を冷却源とする冷却能力 527, 442 W のターボ式冷凍機で, 原子炉建屋に4基設置されている。

冷凍機は, 圧縮機, 圧縮機モータ, 凝縮器, 潤滑油ユニット, 蒸発器及び配管等で構成され, これらの機器は1つのユニットとしてまとめて設置されている。

換気空調補機非常用冷却水系冷凍機の全体構造図を図 2.1-1, 圧縮機構造図を図 2.1-2 に示す。

###### (2) 材料及び使用条件

換気空調補機非常用冷却水系冷凍機主要部位の使用材料を表 2.1-1 に, 使用条件を表 2.1-2 に示す。



No.	部 位	
①	圧縮機モータ	
②	潤滑油 ユニット	油ポンプ
③		油ポンプモータ
④		油タンク
⑤		油冷却器
⑥		配管・弁
⑦	凝縮器 蒸発器	伝熱管
⑧		胴
⑨		管板
⑩		管支持板
⑪	水室	
⑫	冷媒配管・弁	
⑬	電動弁用駆動部	
⑭	ベース	
⑮	基礎ボルト	

図2. 1-1 換気空調補機非常用冷却水系冷凍機全体構造図



No.	部 位
①	ケーシング
②	主軸
③	羽根車
④	歯車
⑤	軸受 (すべり)

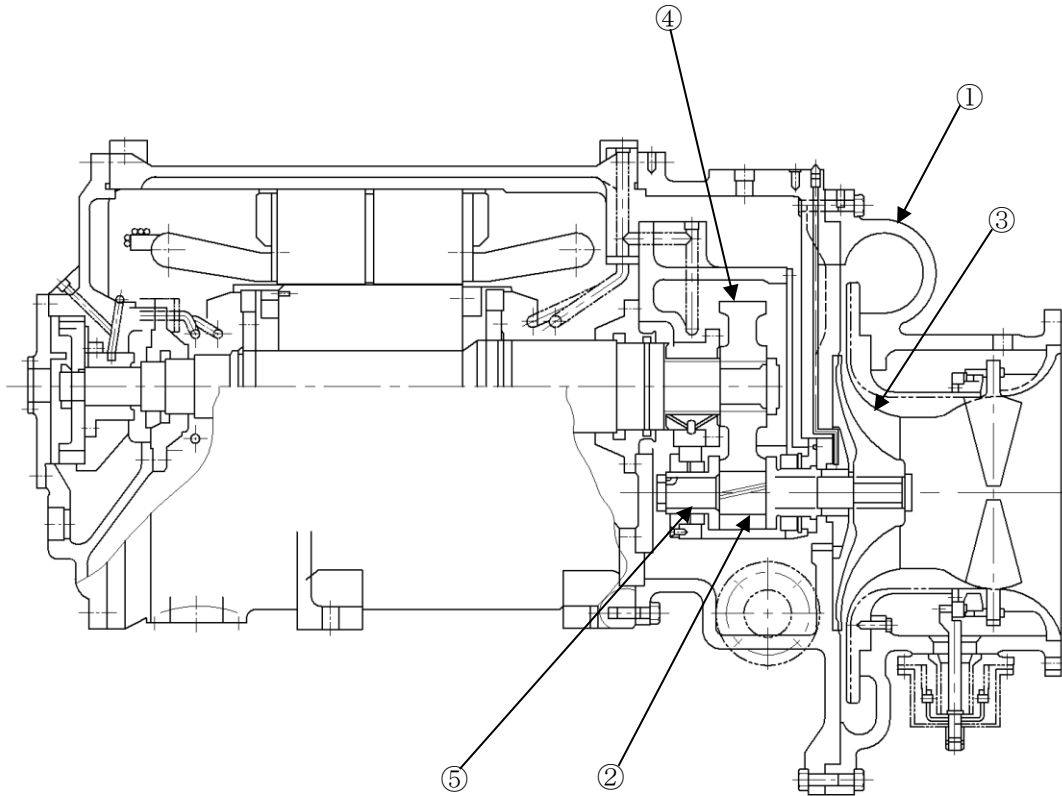


図 2.1-2 換気空調補機非常用冷却水系冷凍機圧縮機構造図

表 2.1-1 換気空調補機非常用冷却水系冷凍機主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料	
冷却機能の確保	エネルギー変換	圧縮機	ケーシング	鋳鉄 (FC25)
			主軸	低合金鋼 (SNC815)
			羽根車	アルミニウム合金 (AC4C-T6)
			歯車	低合金鋼 (SCM420H, SNC815)
			軸受 (すべり)	(定期取替品)
		圧縮機モータ (低圧, 交流, 全閉)	主軸: 炭素鋼 (SF540) 固定子コイル及び口出線・接続部品: 銅, 絶縁物 回転子棒・回転子エンドリング: 銅合金・銅 軸受 (すべり): (消耗品)	
		潤滑油ユニット	油ポンプ	鋳鉄 (FC25)
			油ポンプモータ (低圧, 交流, 油浸)	主軸: 低合金鋼 固定子コイル及び口出線・接続部品: 銅, 絶縁物 回転子棒・回転子エンドリング: アルミニウム 軸受 (すべり): (消耗品)
			油タンク	炭素鋼 (SM41B, STPG38)
			油冷却器	ステンレス鋼
	配管・弁		銅合金	
	熱交換伝熱	凝縮器, 蒸発器	伝熱管	銅合金 (C1220T)
			胴	炭素鋼 (SM41B)
			管板	炭素鋼 (SM41B)
			管支持板	炭素鋼
			水室	炭素鋼 (SM41B, STPT38)
		冷媒配管・弁	炭素鋼 (STPG38), 銅合金 (C1220T, BC6, C3771B), 鋳鉄 (FC200)	
		電動弁用駆動部	主軸: 炭素鋼 固定子コイル及び口出線・接続部品: 銅, 絶縁物 回転子棒・回転子エンドリング: 特殊銅合金, アルミニウム合金 ステムナット・ギア: 炭素鋼 軸受 (転がり): (消耗品) リミットスイッチ: 銅, 他	
	機器の支持	支持	ベース	炭素鋼
			基礎ボルト	炭素鋼 (SS41)

表 2.1-2 換気空調補機非常用冷却水系冷凍機の使用条件

冷却能力	527,442 W
内部流体	冷媒 (R-11), 冷却水
周囲温度	約 40 °C
設置場所	屋内

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

冷凍機の機能達成に必要な項目は以下のとおり。

- ① 冷却機能の確保
- ② 機器の支持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

冷凍機について、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の材料、構造、使用条件（運転時間等）及び現在までの運転経験を考慮し、表 2.2-1 で示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

なお、消耗品及び定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

圧縮機モータ及び油ポンプモータのすべり軸受、電動弁用駆動部の転がり軸受は消耗品、圧縮機のすべり軸受は定期取替品であり、長期使用せず取替を前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

(3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

想定される経年劣化事象のうち主要 6 事象に該当する事象及び下記①, ②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。なお, 下記①, ②に該当する事象については, 2.2.3 項に示すとおり, 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

- ① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって, 想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの (日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△)
- ② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により, 今後も経年劣化の進展が考えられない, または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象 (日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲)

この結果, 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象として以下の事象が抽出された (表 2.2-1 で○)。

- a. 圧縮機モータ (低圧, 交流, 全閉) 及び潤滑油ユニット油ポンプモータ (低圧, 交流, 油浸) の固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下
- b. 電動弁用駆動部の固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

#### a. 基礎ボルトの腐食（全面腐食）

基礎ボルトの腐食については、「機械設備の技術評価書」にて評価を実施するものとし、本評価書には含めていない。

#### b. 圧縮機主軸及び歯車の摩耗

圧縮機主軸及び歯車は長期使用において摩耗が想定されるが、潤滑油により潤滑されており、摩耗が発生する可能性は小さい。

また、これまでの点検結果から有意な摩耗は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### c. 圧縮機ケーシング、主軸の腐食（全面腐食）

圧縮機ケーシング、主軸は鋳鉄、低合金鋼であり腐食の発生が想定されるが、ケーシングの大気接触部は防食塗装を施しており、内部流体は腐食性のほとんどないフロン冷媒であるため、腐食の発生する可能性は小さい。

また、これまでの目視点検結果から有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### d. 圧縮機羽根車の腐食（全面腐食）

圧縮機羽根車はアルミニウム合金であり、内部流体は腐食性のほとんどないフロン冷媒であるため、腐食の発生する可能性は小さい。

また、これまでの目視点検結果から有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. 圧縮機主軸の高サイクル疲労割れ

主軸には圧縮機運転時に繰返し応力が発生することから、応力集中部等において、高サイクル疲労割れが想定されるが、主軸は設計段階において疲労割れが発生しないように考慮された設計となっており、高サイクル疲労が発生する可能性は小さい。

また、これまでの分解点検時の目視点検及び浸透探傷検査において、割れは確認されていない。

今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f. 潤滑油ユニット油ポンプの摩耗

潤滑油ユニット油ポンプは長期使用においてギアの摩耗が想定されるが、潤滑油により潤滑されており摩耗の可能性は小さい。

また、これまでの点検結果からも有意な摩耗は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

g. 潤滑油ユニット油冷却器，凝縮器，蒸発器伝熱管の高サイクル疲労割れ及び摩耗

伝熱管は支持板により適切なスパンで支持されており、伝熱管の外表面の流体（胴側流体）による振動は十分抑制されている。

また、これまでの点検結果からも割れ及び摩耗は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

h. 潤滑油ユニット（油ポンプ，油タンク，配管・弁）の腐食（全面腐食）

潤滑油ユニットを構成する機器の材料は、炭素鋼，鋳鉄または耐食性を有する銅合金である。炭素鋼，鋳鉄の大気接触部は防食塗装により腐食を防止しており、内面については内部流体が油であることから、腐食の発生する可能性は小さい。

また、これまでの機器点検等において有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

i. 凝縮器，蒸発器（伝熱管，胴，管板，管支持板，水室）の腐食（全面腐食）

凝縮器，蒸発器各部の材料は，炭素鋼または耐食性を有する銅合金である。炭素鋼の大気接触部は防食塗装により腐食を防止しており，内面については内部流体が腐食性のほとんどないフロン冷媒であることから，腐食の発生する可能性は小さい。

また，凝縮器，蒸発器管側の内部流体は防錆剤入り純水であることから，腐食の発生する可能性は小さい。

これまでの機器点検等において有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

j. 冷媒配管・弁の腐食（全面腐食）

冷媒配管・弁は炭素鋼，鋳鉄または耐食性を有する銅合金である。炭素鋼，鋳鉄の大気接触部は防食塗装により腐食を防止しており，内面については内部流体が腐食性のほとんどないフロン冷媒であることから，腐食の発生する可能性は小さい。

また，これまでの機器点検等において有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

k. ベースの腐食（全面腐食）

ベースは炭素鋼であり腐食の発生が想定されるが，大気接触部は防食塗装を施しており，腐食が発生する可能性は小さい。

また，これまでの目視点検結果から有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。



- l. 圧縮機モータ（低圧，交流，全閉）及び潤滑油ユニット油ポンプモータ（低圧，交流，油浸）の主軸の摩耗
- m. 圧縮機モータ（低圧，交流，全閉）及び潤滑油ユニット油ポンプモータ（低圧，交流，油浸）の主軸の高サイクル疲労割れ
- n. 圧縮機モータ（低圧，交流，全閉）及び潤滑油ユニット油ポンプモータ（低圧，交流，油浸）の回転子棒と回転子エンドリングの疲労割れ
- o. 圧縮機モータ（低圧，交流，全閉）及び潤滑油ユニット油ポンプモータ（低圧，交流，油浸）のフレーム，エンドブラケット及び端子箱の腐食（全面腐食）
- p. 圧縮機モータ（低圧，交流，全閉）及び潤滑油ユニット油ポンプモータ（低圧，交流，油浸）の固定子コア及び回転子コアの腐食（全面腐食）
- q. 圧縮機モータ（低圧，交流，全閉）及び潤滑油ユニット油ポンプモータ（低圧，交流，油浸）の取付ボルトの腐食（全面腐食）

以上，l. ～q. の評価については，「ポンプモータの技術評価書」の低圧ポンプモータと同一であることから，当該の評価書を参照のこと。

- r. 電動弁用駆動部のステムナット，ギアの摩耗
- s. 電動弁用駆動部のリミットスイッチの導通不良
- t. 電動弁用駆動部の主軸の摩耗
- u. 電動弁用駆動部の主軸の高サイクル疲労割れ
- v. 電動弁用駆動部の回転子棒及び回転子エンドリングの疲労割れ
- w. 電動弁用駆動部のフレーム及びエンドブラケットの腐食（全面腐食）
- x. 電動弁用駆動部の固定子コア及び回転子コアの腐食（全面腐食）
- y. 電動弁用駆動部取付ボルトの腐食（全面腐食）

以上，r. ～y. の評価については，「弁の技術評価書」のうち，電動弁用駆動部と同一であることから，当該の評価書を参照のこと。

- (2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。

表 2.2-1 (1/2) 換気空調補機非常用冷却水系冷凍機に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経年劣化事象							備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化		その他		
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化			
冷却機能の確保	エネルギー変換	圧縮機	ケーシング		鋳鉄		△						*1: 高サイクル疲労割れ *2: 伝熱管 *3: 主軸 *4: フレーム, エンドブラケット, 及び端子箱 *5: 固定子コア, 回転子コア *6: 取付ボルト *7: 回転子棒及び回転子エンドリング *8: 固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下 *9: 軸受 (すべり) *10: 低圧, 交流, 全閉 *11: 低圧, 交流, 油浸
			主軸		低合金鋼	△	△	△*1					
			羽根車		アルミニウム合金		△						
			歯車		低合金鋼	△							
			軸受 (すべり)	◎									
		圧縮機モータ*10	◎*9	炭素鋼, 銅, 絶縁物他	△*3	△*4*5*6	△*1*3 △*7				○*8		
		潤滑油ユニット	油ポンプ		鋳鉄	△	△						
			油ポンプモータ*11	◎*9	低合金鋼, 銅, 絶縁物他	△*3	△*4*5*6	△*1*3 △*7				○*8	
			油タンク		炭素鋼		△						
			油冷却器		ステンレス鋼	△*2		△*1*2					
			配管・弁		銅合金		△						

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (2/2) 換気空調補機非常用冷却水系冷凍機に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位		消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
						減 肉		割 れ		材質変化			その他
						摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
冷却機能の確保	熱交換伝熱	凝縮器, 蒸発器	伝熱管		銅合金	△	△	△*1					*1:高サイクル疲労割れ *2:主軸 *3:ステムナット,ギア *4:固定子コア,回転子コア *5:フレーム,エンドブラケット *6:取付ボルト *7:回転子棒及び回転子エンドリング *8:固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下 *9:リミットスイッチの導通不良 *10:軸受(転がり)
			胴		炭素鋼		△						
			管板		炭素鋼		△						
			管支持板		炭素鋼		△						
			水室		炭素鋼		△						
		冷媒配管・弁		炭素鋼, 銅合金, 鋳鉄		△							
		電動弁用駆動部	◎*10	炭素鋼, 銅, 絶縁物他	△*2 △*3	△*4*5*6	△*1*2 △*7				○*8 △*9		
機器の支持	支持	ベース		炭素鋼		△							
		基礎ボルト		炭素鋼		△							

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

### 2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

#### (1) 圧縮機モータ（低圧，交流，全閉）及び潤滑油ユニット油ポンプモータ（低圧，交流，油浸）の固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下

固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下に対する「事象の説明」，「技術評価」及び「高経年化への対応」は，低圧ポンプモータと同一であることから，「ポンプモータの技術評価書」低圧ポンプモータの固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下を参照のこと。

#### (2) 電動弁用駆動部の固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下

固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下に対する「事象の説明」，「技術評価」及び「高経年化への対応」は，電動弁用駆動部と同一であることから，「弁の技術評価書」のうち電動弁用駆動部の固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下を参照のこと。

以 上

### 3 フィルタユニット

[対象機器]

- ① 非常用ディーゼル発電機 (A) 室給気処理装置
- ② 非常用ディーゼル発電機 (B) 室給気処理装置
- ③ 非常用ディーゼル発電機 (HPCS) 室給気処理装置
- ④ 非常用ディーゼル発電機 (A) 室非常用給気処理装置
- ⑤ 非常用ディーゼル発電機 (B) 室非常用給気処理装置
- ⑥ 非常用ディーゼル発電機 (HPCS) 室非常用給気処理装置
- ⑦ 中央制御室給気処理装置
- ⑧ 海水熱交換器建屋 (A) 非常用給気処理装置
- ⑨ 海水熱交換器建屋 (B) 非常用給気処理装置
- ⑩ 海水熱交換器建屋 (HPCS) 非常用給気処理装置
- ⑪ 非常用ガス処理系乾燥装置
- ⑫ 非常用ガス処理系フィルタ装置
- ⑬ 中央制御室再循環フィルタ装置

## 目 次

1. 対象機器及び代表機器の選定 .....	3-1
1.1 グループ化の考え方及び結果 .....	3-1
1.2 代表機器の選定 .....	3-1
2. 代表機器の技術評価 .....	3-3
2.1 構造, 材料及び使用条件 .....	3-3
2.1.1 中央制御室給気処理装置 .....	3-3
2.2 経年劣化事象の抽出 .....	3-6
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目 .....	3-6
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 .....	3-6
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 .....	3-8
3. 代表機器以外への展開 .....	3-11
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 .....	3-11
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 .....	3-11

## 1. 対象機器及び代表機器の選定

主要なフィルタユニットの主な仕様を表 1-1 に示す。

これらのフィルタユニットをグループ化し、それぞれのグループより代表機器を選定した。

### 1.1 グループ化の考え方及び結果

フィルタユニットを材料で分類し、これを基準として表 1-1 に示すとおりグループ化する。

### 1.2 代表機器の選定

表 1-1 に分類したグループ毎に、原則として重要度及び運転状態の観点から、代表機器を選定する。

#### (1) 炭素鋼フィルタユニット

このグループには、非常用ディーゼル発電機 (A) 室給気処理装置、非常用ディーゼル発電機 (B) 室給気処理装置、非常用ディーゼル発電機 (HPCS) 室給気処理装置、非常用ディーゼル発電機 (A) 室非常用給気処理装置、非常用ディーゼル発電機 (B) 室非常用給気処理装置、非常用ディーゼル発電機 (HPCS) 室非常用給気処理装置、中央制御室給気処理装置、海水熱交換器建屋 (A) 非常用給気処理装置、海水熱交換器建屋 (B) 非常用給気処理装置、海水熱交換器建屋 (HPCS) 非常用給気処理装置、非常用ガス処理系乾燥装置、非常用ガス処理系フィルタ装置、中央制御室再循環フィルタ装置が属するが、重要度、運転状態の観点から、中央制御室給気処理装置を代表機器とする。



表 1-1 フィルタユニットのグループ化及び代表機器の選定

分類基準	機器名称 (基数)	選定基準			選定	選定理由
		仕様 流量 (m <sup>3</sup> /h)	重要度*2	使用条件 運転状態*3		
炭素鋼	非常用ディーゼル発電機 (A) 室給気処理装置 (1)	60,000		MS-2	連続 (連続)	
	非常用ディーゼル発電機 (B) 室給気処理装置 (1)	60,000	MS-2	連続 (連続)		
	非常用ディーゼル発電機 (HPCS) 室給気処理装置 (1)	40,000	MS-2	連続 (連続)		
	非常用ディーゼル発電機 (A) 室非常用給気処理装置 (1)	234,000	MS-1	一時 (一時)		
	非常用ディーゼル発電機 (B) 室非常用給気処理装置 (1)	234,000	MS-1	一時 (一時)		
	非常用ディーゼル発電機 (HPCS) 室非常用給気処理装置 (1)	152,000	MS-1	一時 (一時)		
	中央制御室給気処理装置 (2)	73,000	MS-1	連続 (連続)	◎	
	海水熱交換器建屋 (A) 非常用給気処理装置 (1)	59,000	MS-2	一時 (一時)		
	海水熱交換器建屋 (B) 非常用給気処理装置 (1)	59,000	MS-2	一時 (一時)		
	海水熱交換器建屋 (HPCS) 非常用給気処理装置 (1)	4,200	MS-2	一時 (一時)		
	非常用ガス処理系乾燥装置 (2)	2,500	MS-1	一時 (一時)		
	非常用ガス処理系フィルタ装置 (1)	2,500	MS-1	一時 (一時)		
中央制御室再循環フィルタ装置 (1)	7,000	MS-1	一時 (一時)			

\*1: ケーシング (またはフィルタ取付枠) の材料を示す

\*2: 最上位の重要度を示す

\*3: 上段は冷温停止状態時における運転状態, 下段の ( ) は断続的運転時の運転状態を示す

## 2. 代表機器の技術評価

本章では、1章で代表機器とした以下のフィルタユニットについて技術評価を実施する。

### ① 中央制御室給気処理装置

#### 2.1 構造、材料及び使用条件

##### 2.1.1 中央制御室給気処理装置

###### (1) 構造

中央制御室給気処理装置は、炭素鋼製の箱型構造であり、原子炉建屋に2基設置されている。

フィルタユニットは、ケーシング、バグフィルタ、冷却コイル、ベース、埋込金物からなる。

また、バグフィルタは取り外すことにより、取替が可能である。

中央制御室給気処理装置の構造図を図 2.1-1 に示す。

###### (2) 材料及び使用条件

中央制御室給気処理装置主要部位の使用材料を表 2.1-1 に、使用条件を表 2.1-2 に示す。

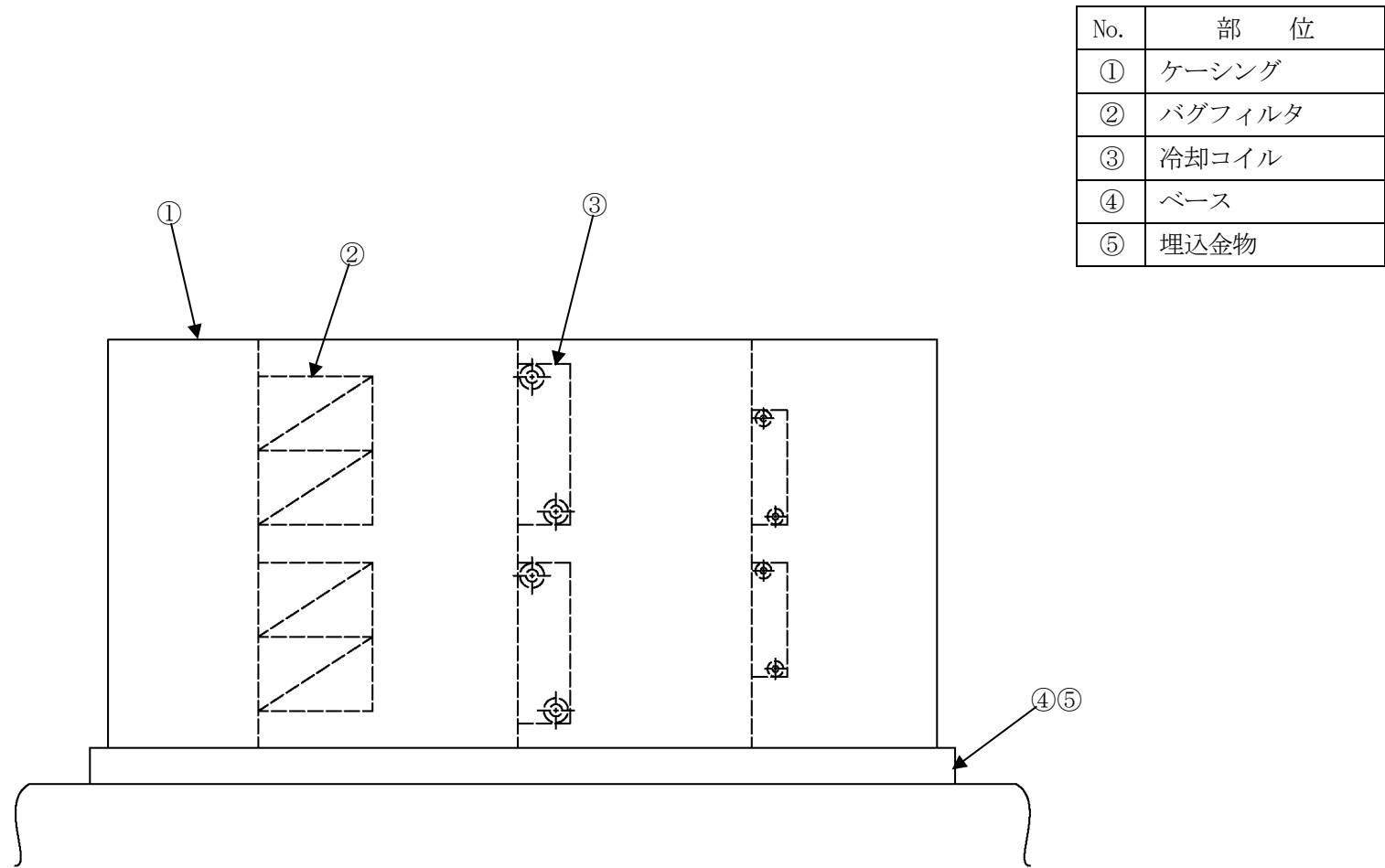


図 2.1-1 中央制御室給気処理装置構造図

表2.1-1 中央制御室給気処理装置主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
バウンダリの維持	耐圧	ケーシング	炭素鋼
空気浄化機能の確保	空気浄化	バグフィルタ	(消耗品)
冷却機能の確保	空気冷却	冷却コイル	銅合金 (C1220R, C1220T)
機器の支持	支持	ベース	炭素鋼
		埋込金物	炭素鋼

表2.1-2 中央制御室給気処理装置の使用条件

周囲温度	約 40 °C
流体	空気
設置場所	屋内

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

フィルタユニットの機能達成に必要な項目は以下のとおり。

- ① バウンダリの維持
- ② 空気浄化機能の確保
- ③ 冷却機能の確保
- ④ 機器の支持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

フィルタユニットについて、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の材料、構造、使用条件（流量、周囲温度等）及び現在までの運転経験を考慮し、表 2.2-1 で示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

なお、消耗品及び定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

バグフィルタは消耗品であり、長期使用せず取替を前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

(3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

想定される経年劣化事象のうち主要 6 事象に該当する事象及び下記①, ②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。なお, 下記①, ②に該当する事象については, 2.2.3 項に示すとおり, 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

- ① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって, 想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの (日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△)
  
- ② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により, 今後も経年劣化の進展が考えられない, または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象 (日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲)

この結果, 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

#### a. ケーシングの腐食（全面腐食）

ケーシングは炭素鋼であり、腐食の発生が想定されるが、大気接触部は防食塗装を施しており、腐食が発生する可能性は小さい。

また、点検時に腐食の有無を確認し、必要に応じて適切に補修を行うこととしており、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### b. 冷却コイル（淡水）の腐食（全面腐食）

冷却コイルは耐食性を有する銅合金であり、内部流体も冷却水（防錆剤入り）であるため腐食が発生する可能性は小さい。

また、これまでの外面の目視点検及び漏えい確認結果からも有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### c. ベースの腐食（全面腐食）

ベースは炭素鋼であり、腐食が想定されるが、大気接触部は防食塗装を施しており、腐食発生の可能性は小さい。

また、点検時に腐食の有無を確認し、必要に応じて適切に補修を行うこととしており、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### d. 埋込金物の腐食（全面腐食）

埋込金物は炭素鋼であり、腐食の発生が想定されるが、大気接触部は防食塗装を施しており、必要に応じて補修を行っていることから、腐食発生の可能性は小さい。

また、コンクリート埋設部については、コンクリートが中性化した場合に腐食が想定されるが、実機コンクリートにおけるサンプリング結果では中性化は殆ど見られておらず腐食が発生する可能性は小さい。

今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- (2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。



表 2.2-1 中央制御室給気処理装置に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考
					減 肉		割 れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	ケーシング		炭素鋼		△						
空気浄化機能の確保	空気浄化	バグフィルタ	◎									
冷却機能の確保	空気冷却	冷却コイル		銅合金		△						
機器の支持	支持	ベース		炭素鋼		△						
		埋込金物		炭素鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

### 3. 代表機器以外への展開

本章では、2章で実施した代表機器の技術評価について、1章で実施したグループ化で代表機器となっていない機器への展開について検討した。

- ① 非常用ディーゼル発電機 (A) 室給気処理装置
- ② 非常用ディーゼル発電機 (B) 室給気処理装置
- ③ 非常用ディーゼル発電機 (HPCS) 室給気処理装置
- ④ 非常用ディーゼル発電機 (A) 室非常用給気処理装置
- ⑤ 非常用ディーゼル発電機 (B) 室非常用給気処理装置
- ⑥ 非常用ディーゼル発電機 (HPCS) 室非常用給気処理装置
- ⑦ 海水熱交換器建屋 (A) 非常用給気処理装置
- ⑧ 海水熱交換器建屋 (B) 非常用給気処理装置
- ⑨ 海水熱交換器建屋 (HPCS) 非常用給気処理装置
- ⑩ 非常用ガス処理系乾燥装置
- ⑪ 非常用ガス処理系フィルタ装置
- ⑫ 中央制御室再循環フィルタ装置

#### 3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

代表機器同様、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

#### 3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

- a. 支持鋼材スライド部の腐食（全面腐食）[非常用ガス処理系乾燥装置，非常用ガス処理系フィルタ装置]

非常用ガス処理系乾燥装置，非常用ガス処理系フィルタ装置は熱膨張による変位を吸収するため、支持鋼材にスライド部を設けてあるが、スライド部は炭素鋼であるため長期使用に伴う腐食が発生する可能性がある。腐食に関しては、フィルタユニットの外観点検において有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- b. 基礎ボルトの腐食（全面腐食）[非常用ガス処理系乾燥装置，非常用ガス処理系フィルタ装置，中央制御室再循環フィルタ装置]

基礎ボルトの腐食については、「機械設備の技術評価書」にて評価を実施するものとし、本評価書には含めていない。

- c. ケーシングの腐食（全面腐食）[非常用ディーゼル発電機（A）室給気処理装置，非常用ディーゼル発電機（B）室給気処理装置，非常用ディーゼル発電機（HPCS）室給気処理装置，海水熱交換器建屋（A）非常用給気処理装置，海水熱交換器建屋（B）非常用給気処理装置，海水熱交換器建屋（HPCS）非常用給気処理装置，非常用ガス処理系乾燥装置，非常用ガス処理系フィルタ装置，中央制御室再循環フィルタ装置]

代表機器同様，ケーシングは炭素鋼であり，腐食の発生が想定されるが，大気接触部は防食塗装を施しており，腐食が発生する可能性は小さい。

また，点検時に腐食の有無を確認し，必要に応じて適切に補修を行うこととしており，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- d. 冷却コイル（淡水）の腐食（全面腐食）[非常用ディーゼル発電機（A）室給気処理装置，非常用ディーゼル発電機（B）室給気処理装置，非常用ディーゼル発電機（HPCS）室給気処理装置]

代表機器同様，冷却コイルは耐食性を有する銅合金であり，内部流体も冷却水（防錆剤入り）であるため腐食が発生する可能性は小さい。

また，これまでの外面の目視点検及び漏えい確認結果からも有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- e. ベース，支持鋼材の腐食（全面腐食）[共通]

代表機器同様，ベース及び支持鋼材は炭素鋼であり，腐食の発生が想定されるが，大気接触部は防食塗装を施しており，腐食が発生する可能性は小さい。

また，点検時に腐食の有無を確認し，必要に応じて適切に補修を行うこととしており，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- f. 取付ボルトの腐食（全面腐食）[非常用ガス処理系乾燥装置，非常用ガス処理系フィルタ装置]

取付ボルトは低合金鋼であり，腐食の発生が想定されるが，大気接触部は防食塗装を施しており，腐食が発生する可能性は小さい。

また，これまでの目視点検結果からも有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- g. 埋込金物の腐食（全面腐食）[非常用ディーゼル発電機（A）室給気処理装置，非常用ディーゼル発電機（B）室給気処理装置，非常用ディーゼル発電機（HPCS）室給気処理装置，非常用ディーゼル発電機（A）室非常用給気処理装置，非常用ディーゼル発電機（B）室非常用給気処理装置，非常用ディーゼル発電機（HPCS）室非常用給気処理装置，海水熱交換器建屋（A）非常用給気処理装置，海水熱交換器建屋（B）非常用給気処理装置，海水熱交換器建屋（HPCS）非常用給気処理装置]

代表機器同様，埋込金物は炭素鋼であり，腐食の発生が想定されるが，大気接触部は防食塗装を施しており，必要に応じて補修を行っていることから，腐食発生の可能性は小さい。

また，コンクリート埋設部については，コンクリートが中性化した場合に腐食が想定されるが，実機コンクリートにおけるサンプリング結果では中性化は殆ど見られておらず腐食が発生する可能性は小さい。

今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- h. 電気加熱器のヒータの絶縁特性低下 [非常用ガス処理系乾燥装置]

非常用ガス処理系乾燥装置の電気加熱器のヒータはシーズヒータであり，絶縁物をパイプに収納しシール処理しており，パイプ腐食やシール材劣化による外気湿分浸入により絶縁性能が低下する可能性がある。

しかし，パイプは耐食性の高いステンレス鋼を用いており，耐熱性能の高いシール材を用いていることから，湿分浸入による絶縁物の絶縁性能低下の可能性は小さい。

また，点検時には絶縁抵抗測定にて健全性の確認を行い，必要に応じて取替を行うこととしており，これまでの点検では急激な絶縁低下は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- i. 電気加熱器のヒータの断線 [非常用ガス処理系乾燥装置]

非常用ガス処理系乾燥装置の電気加熱器のヒータはシーズヒータであり，加熱線にはニクロム線が使用されている。ニクロム線は絶縁物と共にパイプに収納しシール処理しており，パイプ腐食やシール材劣化による外気湿分浸入によりニクロム線が腐食・断線する可能性がある。

しかし，パイプは耐食性の高いステンレス鋼を用いており，耐熱性能の高いシール材を用いていることから，湿分浸入によるニクロム線の腐食・断線の可能性は小さい。

また，点検時にはニクロム線の抵抗測定にて健全性の確認を行い，必要に応じて取替を行うこととしており，これまでの点検では急激な抵抗上昇は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- (2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

代表機器同様、日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。

以 上

## 4 ダクト

[対象機器]

- ① 中央制御室系ダクト
- ② 非常用ディーゼル発電設備系ダクト
- ③ 海水熱交換器建屋系ダクト
- ④ 非常用空調機ダクト

## 目 次

1. 対象機器及び代表機器の選定 .....	4-1
1.1 グループ化の考え方及び結果 .....	4-1
1.2 代表機器の選定 .....	4-1
2. 代表機器の技術評価 .....	4-3
2.1 構造, 材料及び使用条件 .....	4-3
2.1.1 中央制御室系ダクト (角ダクト) .....	4-3
2.1.2 非常用ディーゼル発電設備系ダクト (角ダクト) .....	4-6
2.1.3 中央制御室系ダクト (丸ダクト) .....	4-9
2.2 経年劣化事象の抽出 .....	4-12
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目 .....	4-12
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 .....	4-12
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 .....	4-13
3. 代表機器以外への展開 .....	4-19
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 .....	4-19
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 .....	4-19

## 1. 対象機器及び代表機器の選定

主要なダクトの主な仕様を表 1-1 に示す。

これらのダクトをグループ化し、それぞれのグループより代表機器を選定した。

### 1.1 グループ化の考え方及び結果

ダクトを型式及び材料に分類し、これを基準として表 1-1 に示すとおりグループ化する。

### 1.2 代表機器の選定

表 1-1 に分類したグループ毎に、原則として重要度及び運転状態の観点から、代表機器を選定する。

#### (1) 亜鉛メッキ鋼角ダクト

このグループには、中央制御室系ダクト、非常用ディーゼル発電設備系ダクト、海水熱交換器建屋系ダクト、非常用空調機ダクトが属するが、重要度の観点から中央制御室系ダクトを代表機器とする。

#### (2) 炭素鋼角ダクト

このグループには、非常用ディーゼル発電設備系ダクトのみが属するので、非常用ディーゼル発電設備系ダクトを代表機器とする。

#### (3) 亜鉛メッキ鋼丸ダクト

このグループには、中央制御室系ダクト、非常用ディーゼル発電設備系ダクトが属するが、重要度の観点から中央制御室系ダクトを代表機器とする。



表 1-1 ダクトのグループ化及び代表機器の選定

分類基準		機器名称	選定基準			選定	選定理由
型式	材料		仕様	重要度*1	使用条件		
			流量*2 (m <sup>3</sup> /h)		運転状態*3		
角ダクト	亜鉛メッキ鋼	中央制御室系ダクト	73,000	MS-1	連続 (連続)	◎	重要度
		非常用ディーゼル発電設備系ダクト	60,000	MS-2	連続 (連続)		
		海水熱交換器建屋系ダクト	59,000	MS-2	連続 (一時)		
		非常用空調機ダクト	4,500	MS-2	一時 (一時)		
	炭素鋼	非常用ディーゼル発電設備系ダクト	60,000	MS-2	連続 (連続)	◎	
丸ダクト	亜鉛メッキ鋼	中央制御室系ダクト	73,000	MS-1	連続 (連続)	◎	重要度
		非常用ディーゼル発電設備系ダクト	60,000	MS-2	連続 (連続)		

\*1:最上位の重要度を示す

\*2:最大流量を示す

\*3:上段は冷温停止状態時における運転状態, 下段の ( ) は断続的運転時の運転状態を示す

## 2. 代表機器の技術評価

本章では、1章で代表機器とした以下のダクトについて、技術評価を実施する。

- ① 中央制御室系ダクト（角ダクト）
- ② 非常用ディーゼル発電設備系ダクト（角ダクト）
- ③ 中央制御室系ダクト（丸ダクト）

### 2.1 構造，材料及び使用条件

#### 2.1.1 中央制御室系ダクト（角ダクト）

##### (1) 構造

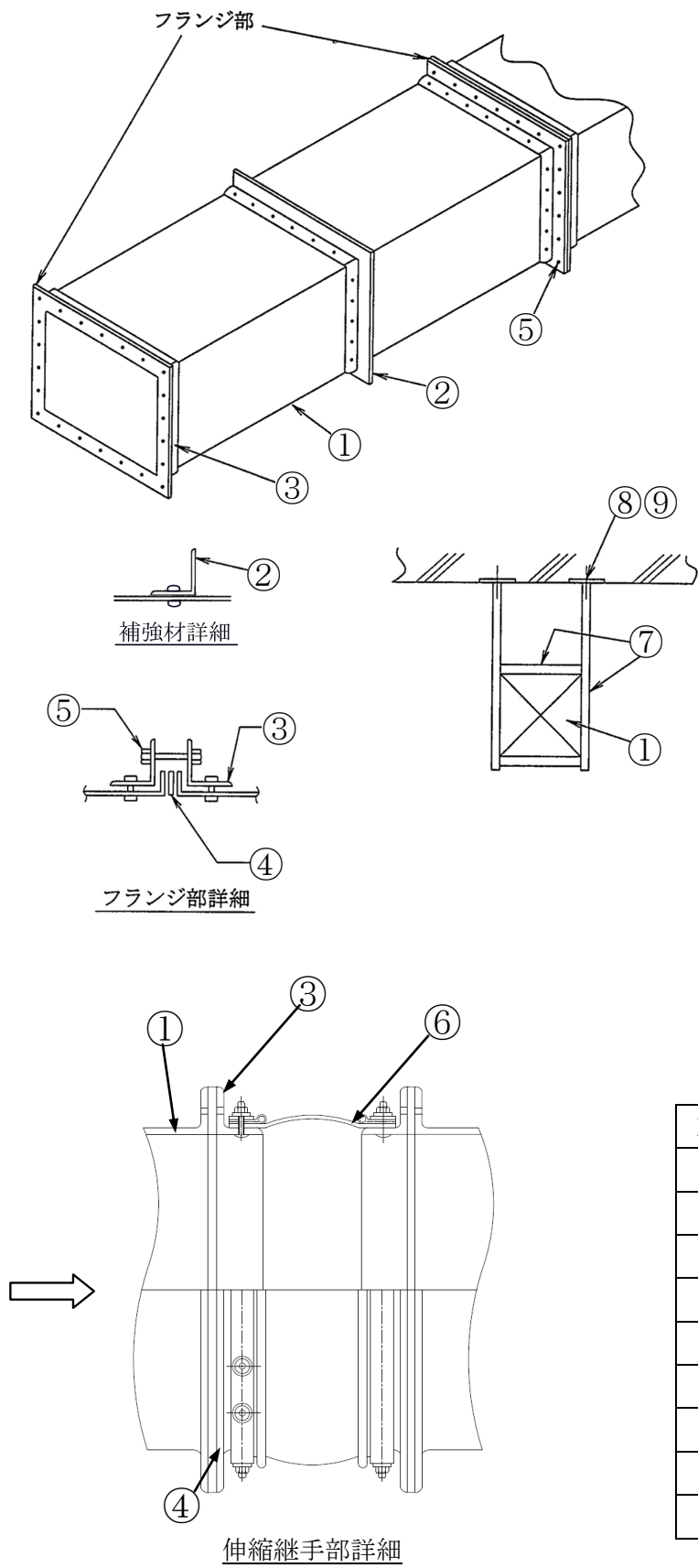
中央制御室系ダクト（角ダクト）は、亜鉛メッキ鋼である。

ダクトは、ダクト本体，補強材，フランジ，ガスケット，ボルト・ナット，伸縮継手，支持鋼材，埋込金物，基礎ボルトからなる。

中央制御室系ダクト（角ダクト）の構造図を図 2.1-1 に示す。

##### (2) 材料及び使用条件

中央制御室系ダクト（角ダクト）主要部位の使用材料を表 2.1-1 に，使用条件を表 2.1-2 に示す。



No.	部 位
①	ダクト本体
②	補強材
③	フランジ
④	ガスケット
⑤	ボルト・ナット
⑥	伸縮継手
⑦	支持鋼材
⑧	埋込金物
⑨	基礎ボルト

図 2.1-1 中央制御室系ダクト（角ダクト）構造図

表 2.1-1 中央制御室系ダクト（角ダクト）主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
バウンダリの維持	流路の確保	ダクト本体	亜鉛メッキ鋼
		補強材	炭素鋼
		フランジ	炭素鋼
		ガスケット	岩綿, 合成ゴム, ガラス繊維
		ボルト・ナット	炭素鋼
		伸縮継手	合成ゴム
機器の支持	支持	支持鋼材	炭素鋼 (SS41)
		埋込金物	炭素鋼 (SS41, SM41A)
		基礎ボルト	炭素鋼, 樹脂*

\*: 後打ちケミカルアンカ

表 2.1-2 中央制御室系ダクト（角ダクト）の使用条件

周囲温度	約 26 °C
流体	空気
設置場所	屋内

## 2.1.2 非常用ディーゼル発電設備系ダクト（角ダクト）

### (1) 構造

非常用ディーゼル発電設備系ダクト（角ダクト）は、炭素鋼である。

ダクトは、ダクト本体、補強材、フランジ、ガスケット、ボルト・ナット、伸縮継手、支持鋼材、埋込金物、基礎ボルトからなる。

非常用ディーゼル発電設備系ダクト（角ダクト）の構造図を図 2.1-2 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

非常用ディーゼル発電設備系ダクト（角ダクト）主要部位の使用材料を表 2.1-3 に、使用条件を表 2.1-4 に示す。

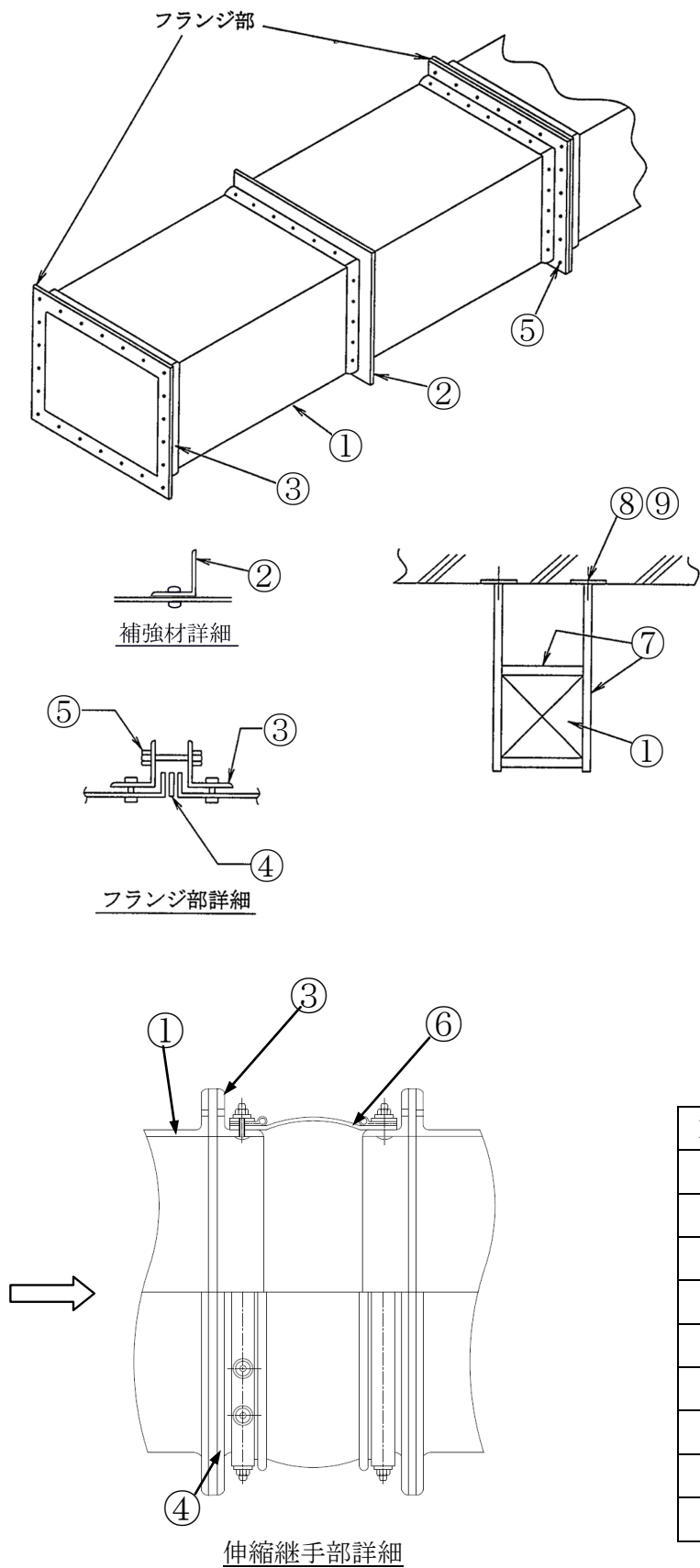


図 2.1-2 非常用ディーゼル発電設備系ダクト（角ダクト）構造図

表 2.1-3 非常用ディーゼル発電設備系ダクト（角ダクト）主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
バウンダリの維持	流路の確保	ダクト本体	炭素鋼
		補強材	炭素鋼
		フランジ	炭素鋼
		ガスケット	岩綿, 合成ゴム, ガラス繊維
		ボルト・ナット	炭素鋼
		伸縮継手	合成ゴム
機器の支持	支持	支持鋼材	炭素鋼 (SS41)
		埋込金物	炭素鋼 (SS41, SM41A)
		基礎ボルト	炭素鋼, 樹脂*

\*: 後打ちケミカルアンカ

表 2.1-4 非常用ディーゼル発電設備系ダクト（角ダクト）の使用条件

周囲温度	約 40 °C
流体	空気
設置場所	屋内

### 2.1.3 中央制御室系ダクト（丸ダクト）

#### (1) 構造

中央制御室系ダクト（丸ダクト）は、亜鉛メッキ鋼である。

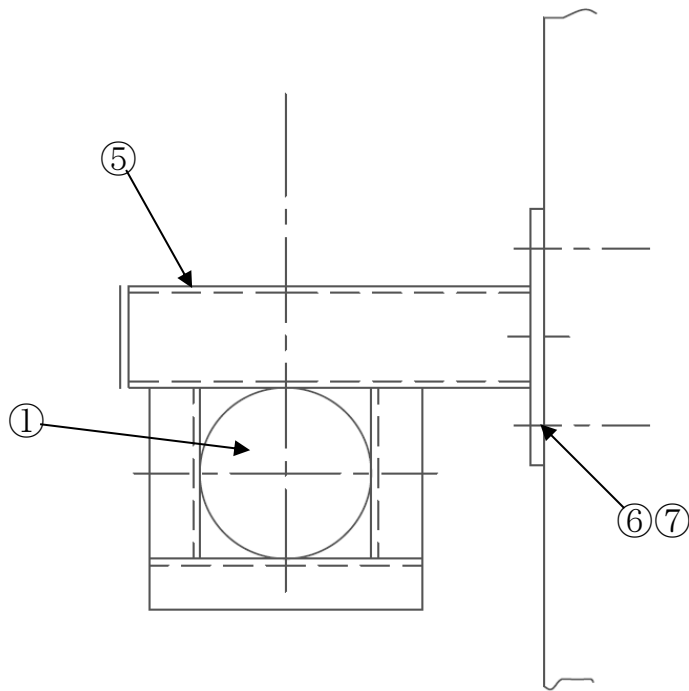
ダクトは、ダクト本体、フランジ、ガスケット、ボルト・ナット、支持鋼材、埋込金物、基礎ボルトからなる。

中央制御室系ダクト（丸ダクト）の構造図を図 2.1-3 に示す。

#### (2) 材料及び使用条件

中央制御室系ダクト（丸ダクト）主要部位の使用材料を表 2.1-5 に、使用条件を表 2.1-6 に示す。





No.	部 位
①	ダクト本体
②	フランジ
③	ガスケット
④	ボルト・ナット
⑤	支持鋼材
⑥	埋込金物
⑦	基礎ボルト

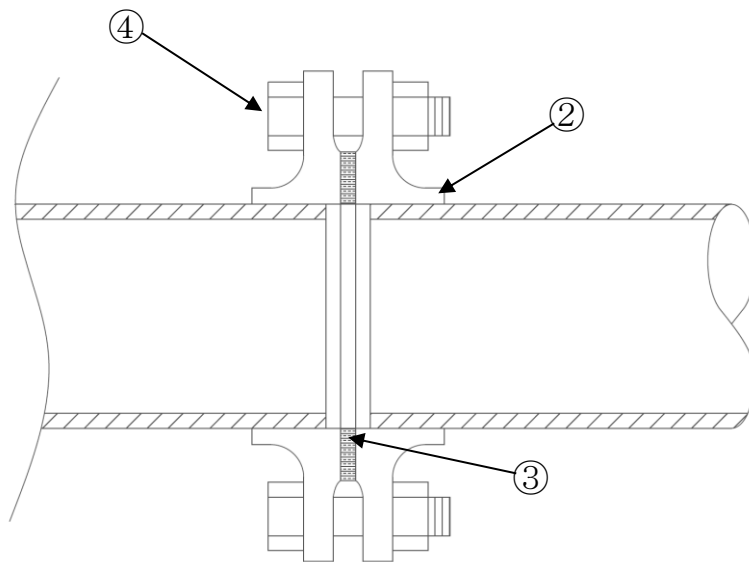


図 2.1-3 中央制御室系ダクト（丸ダクト）構造図

表 2.1-5 中央制御室系ダクト（丸ダクト）主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
バウンダリの維持	流路の確保	ダクト本体	亜鉛メッキ鋼
		フランジ	炭素鋼
		ガスケット	岩綿, 合成ゴム, ガラス繊維
		ボルト・ナット	炭素鋼
機器の支持	支持	支持鋼材	炭素鋼 (SS41)
		埋込金物	炭素鋼 (SS41, SM41A)
		基礎ボルト	炭素鋼, 樹脂*

\*：後打ちケミカルアンカ

表 2.1-6 中央制御室系ダクト（丸ダクト）の使用条件

周囲温度	約 26 °C
流体	空気
設置場所	屋内

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

ダクトの機能達成に必要な項目は以下のとおり。

- ① バウンダリの維持
- ② 機器の支持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

ダクトについて、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の材料、構造、使用条件（流量、周囲温度等）及び現在までの運転経験を考慮し、表 2.2-1 で示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

なお、消耗品及び定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

ダクトについては、消耗品及び定期取替品はない。

#### (3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

想定される経年劣化事象のうち主要 6 事象に該当する事象及び下記①、②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。なお、下記①、②に該当する事象については、2.2.3 項に示すとおり、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

- ① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△）
- ② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲）

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

a. 基礎ボルトの腐食（全面腐食）〔共通〕

基礎ボルトの腐食については、「機械設備の技術評価書」にて評価を実施するものとし、本評価書には含めていない。

b. ダクト本体（外気取入部）の腐食（全面腐食）〔中央制御室系ダクト（角ダクト：外気取入部），中央制御室系ダクト（丸ダクト：外気取入部）〕

ダクト本体は耐食性を有する亜鉛メッキ鋼が使用されているが、ダクトの内面は大気（外気）と接触し、かつ常時取入を行っているため腐食の発生が想定される。

第10回定期検査時（2018年）に原子力規制庁より発出された指示「中央制御室空調換気系ダクト等の点検調査について（平成29年1月18日付）」を受けて行った調査においてダクト内面の腐食が確認されており、この結果を踏まえ、点検周期の短縮、点検内容の見直しを行ったうえでダクト内面の目視確認を実施することとしている。

なお、確認の結果有意な腐食が認められた場合には、当該部の補修・取替を実施することとしている。

今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. ダクト本体の腐食（全面腐食）〔中央制御室系ダクト（角ダクト：外気取入部以外），非常用ディーゼル発電設備系ダクト（角ダクト），中央制御室系ダクト（丸ダクト：外気取入部以外）〕

ダクト本体には炭素鋼または耐食性を有する亜鉛メッキ鋼が使用されているが、炭素鋼の大気接触部は防食塗装を施しており、腐食が発生する可能性は小さい。

また、万が一腐食が発生した場合でも適切に補修・取替等を行うこととしており、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. 補強材の腐食（全面腐食）〔中央制御室系ダクト（角ダクト），非常用ディーゼル発電設備系ダクト（角ダクト）〕

補強材は炭素鋼であり、腐食の発生が想定されるが、大気接触部は防食塗装を施しており、腐食が発生する可能性は小さい。

また、万が一腐食が発生した場合でも適切に補修・取替等を行うこととしており、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. フランジ、ボルト・ナットの腐食（全面腐食） [共通]

フランジ、ボルト・ナットは炭素鋼であり、腐食の発生が想定されるが、大気接触部は防食塗装を施しており、腐食が発生する可能性は小さい。

また、万が一腐食が発生した場合でも適切に補修・取替等を行うこととしており、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f. 支持鋼材の腐食（全面腐食） [共通]

支持鋼材は炭素鋼であり、腐食の発生が想定されるが、大気接触部は防食塗装を施しており、腐食が発生する可能性は小さい。

また、万が一腐食が発生した場合でも適切に補修・取替等を行うこととしており、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

g. 埋込金物の腐食（全面腐食） [共通]

埋込金物は炭素鋼であるため、腐食が発生する可能性は否定できないが、大気接触部は防食塗装を施しており、必要に応じて補修を行うこととしていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、コンクリート埋設部については、コンクリートが中性化した場合に腐食の発生が想定されるが、実機コンクリートにおけるサンプリング結果では中性化は殆ど確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

h. ガスケットの劣化 [共通]

ダクトのガスケットが劣化する可能性は否定できないが、万が一劣化が発生した場合においても適切に補修・取替を行うこととしており、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

i. 伸縮継手の劣化 [中央制御室系ダクト（角ダクト）、非常用ディーゼル発電設備系ダクト（角ダクト）]

伸縮継手の劣化について可能性は否定できないが、万が一劣化が発生した場合においても適切に補修・取替を行うこととしている。

また、これまでの機器点検等において異常は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

a. 基礎ボルトの樹脂の劣化（後打ちケミカルアンカ）〔共通〕

基礎ボルトの樹脂の劣化については、「機械設備の技術評価書」にて評価を実施するものとし、本評価書には含めていない。

表 2.2-1 (1/3) 中央制御室系ダクト (角ダクト) に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	流路の確保	ダクト本体		亜鉛メッキ鋼		△*1△*2					*1:外気取入部 *2:外気取入部以外 *3:樹脂の劣化 (後打ちケカルンカ)	
		補強材		炭素鋼		△						
		フランジ		炭素鋼		△						
		ガスケット		岩綿, 合成ゴム, ガラス繊維						△		
		ボルト・ナット		炭素鋼		△						
		伸縮継手		合成ゴム						△		
機器の支持	支持	支持鋼材		炭素鋼		△						
		埋込金物		炭素鋼		△						
		基礎ボルト		炭素鋼, 樹脂		△				▲*3		

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表 2.2-1 (2/3) 非常用ディーゼル発電設備系ダクト（角ダクト）に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	流路の確保	ダクト本体		炭素鋼		△					*:樹脂の劣化 (後打ちケカルソカ)	
		補強材		炭素鋼		△						
		フランジ		炭素鋼		△						
		ガスケット		岩綿, 合成ゴム, ガラス繊維						△		
		ボルト・ナット		炭素鋼		△						
		伸縮継手		合成ゴム						△		
機器の支持	支持	支持鋼材		炭素鋼		△						
		埋込金物		炭素鋼		△						
		基礎ボルト		炭素鋼, 樹脂		△				▲*		

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）



表 2.2-1 (3/3) 中央制御室系ダクト（丸ダクト）に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	流路の確保	ダクト本体		亜鉛メッキ鋼		△*1△*2					*1:外気取入部 *2:外気取入部以外 *3:樹脂の劣化 (後打ちケカルカ)	
		フランジ		炭素鋼		△						
		ガスケット		岩綿, 合成ゴム, ガラス繊維						△		
		ボルト・ナット		炭素鋼		△						
機器の支持	支持	支持鋼材		炭素鋼		△						
		埋込金物		炭素鋼		△						
		基礎ボルト		炭素鋼, 樹脂		△				▲*3		

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

### 3. 代表機器以外への展開

本章では、2章で実施した代表機器の技術評価について、1章で実施したグループ化で代表機器となっていない機器への展開について検討した。

- ① 非常用ディーゼル発電設備系ダクト（角ダクト，丸ダクト）
- ② 海水熱交換器建屋系ダクト（角ダクト）
- ③ 非常用空調機ダクト（角ダクト）

#### 3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

代表機器同様，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

#### 3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって，想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

##### a. 基礎ボルトの腐食（全面腐食）[共通]

代表機器同様，基礎ボルトの腐食については，「機械設備の技術評価書」にて評価を実施するものとし，本評価書には含めていない。

##### b. ダクト本体（外気取入部）の腐食（全面腐食）[海水熱交換器建屋系ダクト（角ダクト：外気取入部）]

代表機器同様，ダクト本体には耐食性を有する亜鉛メッキ鋼が使用されており，腐食が発生する可能性は小さい。ダクトの内面は大気（外気）と接触するため腐食が発生する可能性は否定できないが，点検長期計画を適切に定め目視確認（可視範囲）を行っている。

なお，確認の結果有意な腐食が認められた場合には，当該部の補修・取替を実施することとしている。

今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

##### c. ダクト本体の腐食（全面腐食）[非常用ディーゼル発電設備系ダクト（角ダクト），海水熱交換器建屋系ダクト（角ダクト：外気取入部以外），非常用空調機ダクト（角ダクト），非常用ディーゼル発電設備系ダクト（丸ダクト）]

代表機器同様，ダクト本体には耐食性を有する亜鉛メッキ鋼が使用されており，腐食が発生する可能性は小さい。

また，万が一腐食が発生した場合でも適切に補修・取替等を行うこととしており，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- d. 補強材の腐食（全面腐食）[非常用ディーゼル発電設備系ダクト（角ダクト）、海水熱交換器建屋系ダクト（角ダクト）、非常用空調機ダクト（角ダクト）]
- 代表機器同様、補強材は炭素鋼であり、腐食の発生が想定されるが、大気接触部は防食塗装を施しており、腐食が発生する可能性は小さい。
- また、万が一腐食が発生した場合でも適切に補修・取替等を行うこととしており、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。
- e. フランジ、ボルト・ナットの腐食（全面腐食）[共通]
- 代表機器同様、フランジ、ボルト・ナットは炭素鋼であり、腐食の発生が想定されるが、大気接触部は防食塗装を施しており、腐食が発生する可能性は小さい。
- また、万が一腐食が発生した場合でも適切に補修・取替等を行うこととしており、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。
- f. 支持鋼材の腐食（全面腐食）[共通]
- 代表機器同様、支持鋼材は炭素鋼であり、腐食の発生が想定されるが、大気接触部は防食塗装を施しており、腐食が発生する可能性は小さい。
- また、万が一腐食が発生した場合でも適切に補修・取替等を行うこととしており、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。
- g. 埋込金物の腐食（全面腐食）[共通]
- 代表機器同様、埋込金物は炭素鋼であるため、腐食が発生する可能性は否定できないが、大気接触部は防食塗装を施しており、必要に応じて補修を行っていることから、腐食が発生する可能性は小さい。
- また、コンクリート埋設部については、コンクリートが中性化した場合に腐食の発生が想定されるが、実機コンクリートにおけるサンプリング結果では中性化は殆ど確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。
- h. ガスケットの劣化 [共通]
- 代表機器同様、ダクトのガスケットが劣化する可能性は否定できないが、万が一劣化が発生した場合においても適切に補修・取替を行うこととしており、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- i. 伸縮継手の劣化 [非常用ディーゼル発電設備系ダクト (角ダクト), 海水熱交換器建屋系ダクト (角ダクト), 非常用空調機ダクト (角ダクト)]

代表機器同様, 伸縮継手の劣化について可能性は否定できないが, 万が一劣化が発生した場合においても適切に補修・取替を行うこととしている。

また, これまでの機器点検等において異常は認められておらず, 今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから, 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

a. 基礎ボルトの樹脂の劣化（後打ちケミカルアンカ）〔共通〕

代表機器同様、基礎ボルトの樹脂の劣化については、「機械設備の技術評価書」にて評価を行うものとする。

以 上

## 5 ダンパ及び弁

### [対象機器]

- ① 非常用ガス処理系重力式ダンパ
- ② 非常用ディーゼル発電設備系重力式ダンパ
- ③ 中央制御室系重力式ダンパ
- ④ 海水熱交換器建屋系重力式ダンパ
- ⑤ 原子炉建屋隔離弁
- ⑥ 中央制御室隔離弁

## 目 次

1. 対象機器及び代表機器の選定 .....	5-1
1.1 グループ化の考え方及び結果 .....	5-1
1.2 代表機器の選定 .....	5-1
2. 代表機器の技術評価 .....	5-3
2.1 構造, 材料及び使用条件 .....	5-3
2.1.1 中央制御室送風機出口グラビティダンパ .....	5-3
2.1.2 原子炉建屋隔離弁 .....	5-6
2.1.3 中央制御室外気取入弁 .....	5-9
2.2 経年劣化事象の抽出 .....	5-12
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目 .....	5-12
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 .....	5-12
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 .....	5-14
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価 .....	5-21
3. 代表機器以外への展開 .....	5-22
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 .....	5-22
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 .....	5-23

## 1. 対象機器及び代表機器の選定

主要なダンパ及び弁の主な仕様を表 1-1 に示す。

これらのダンパ及び弁をグループ化し、それぞれのグループより代表機器を選定した。

### 1.1 グループ化の考え方及び結果

ダンパ及び弁を型式及び駆動方式に分類し、これを基準として表 1-1 に示すとおりグループ化する。

### 1.2 代表機器の選定

表 1-1 に分類したグループ毎に、原則として重要度、運転状態及び流量の観点から、代表機器を選定する。

#### (1) 重力式ダンパ

重力式ダンパは、非常用ガス処理系、非常用ディーゼル発電設備系、中央制御室系、海水熱交換器建屋系にあり、このうち、重要度、運転状態の観点から、中央制御室送風機出口グラビティダンパを代表機器とする。

#### (2) 空気作動式バタフライ弁

空気作動式バタフライ弁は、原子炉建屋隔離弁のみであることから、原子炉建屋隔離弁を代表機器とする。

#### (3) 電動式バタフライ弁

電動式バタフライ弁は、中央制御室系にあり、このうち、運転状態の観点から、中央制御室外気取入弁を代表機器とする。



表 1-1 ダンパ及び弁のグループ化及び代表機器の選定

分類基準		機器名称 (基数)	選定基準			選定	代表ダンパ及び弁	選定理由
型式	駆動方式		仕様	重要度*1	使用条件			
			流量 (m <sup>3</sup> /h)		運転状態*3			
ダンパ	重力式	非常用ガス処理系重力式ダンパ (2)	2,500	MS-1	一時 (一時)		中央制御室送風機出口 グラビティダンパ	重要度, 運転状態
		非常用ディーゼル発電設備系 重力式ダンパ (20)	60,000*2	MS-2	連続 (連続)			
			61,000	MS-1	一時 (一時)			
		中央制御室系重力式ダンパ (7)	73,000*2	MS-1	連続 (連続)	◎		
			7,000	MS-1	一時 (一時)			
		海水熱交換器建屋系重力式ダンパ (3)	59,000*2	MS-2	連続 (一時)			
バタフライ弁	空気作動式	原子炉建屋隔離弁 (4)	175,000	MS-1	連続 (連続)	◎	原子炉建屋隔離弁	
	電動式	中央制御室隔離弁 (8)	5,000	MS-1	連続 (連続)	◎	中央制御室外気取入弁	運転状態
			7,000*2	MS-1	一時 (一時)			

\*1: 最上位の重要度を示す

\*2: 最大流量

\*3: 上段は冷温停止状態時における運転状態, 下段の ( ) は断続的運転時の運転状態を示す

## 2. 代表機器の技術評価

本章では，1章で代表機器とした以下のダンパ及び弁について，技術評価を実施する。

- ① 中央制御室送風機出口グラビティダンパ
- ② 原子炉建屋隔離弁
- ③ 中央制御室外気取入弁

### 2.1 構造，材料及び使用条件

#### 2.1.1 中央制御室送風機出口グラビティダンパ

##### (1) 構造

中央制御室送風機出口グラビティダンパは重力式ダンパで，原子炉建屋に2基設置されている。

ダンパは，ケーシング，羽根，軸等からなり，スプリングによりダンパが閉じる構造となっている。

中央制御室送風機出口グラビティダンパの構造図を図2.1-1に示す。

##### (2) 材料及び使用条件

中央制御室送風機出口グラビティダンパ主要部位の使用材料を表2.1-1に，使用条件を表2.1-2に示す。

No.	部 位
①	ケーシング
②	ボルト・ナット
③	羽根
④	軸
⑤	軸受 (転がり)
⑥	リンケージ
⑦	スプリング

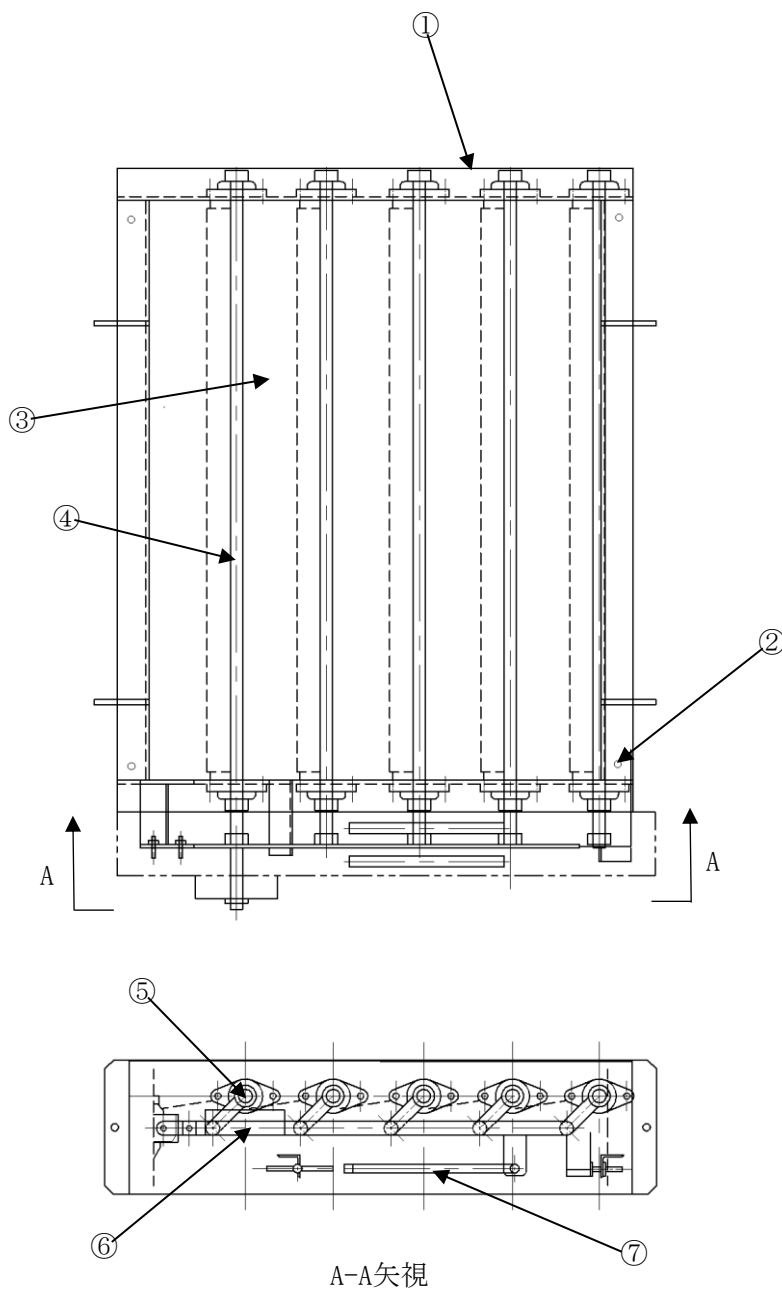


図 2.1-1 中央制御室送風機出口グラビティダンパ構造図

表 2.1-1 中央制御室送風機出口グラビティダンパ主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
バウンダリの維持	耐圧	ケーシング	炭素鋼 (SS41)
		ボルト・ナット	炭素鋼
隔離機能の維持	隔離	羽根	炭素鋼 (SPHC)
作動機能の維持	エネルギー伝達	軸	炭素鋼 (SGD)
		軸受 (転がり)	(消耗品)
		リンケージ	炭素鋼 (SS41)
	エネルギー変換	スプリング	ステンレス鋼 (SUS304)

表 2.1-2 中央制御室送風機出口グラビティダンパの使用条件

流量	73,000 m <sup>3</sup> /h
周囲温度	約 40 °C
流体	空気
設置場所	屋内

## 2.1.2 原子炉建屋隔離弁

### (1) 構造

原子炉建屋隔離弁は、空気作動式バタフライ弁で、原子炉建屋に 4 基設置されている。

原子炉建屋隔離弁は、弁箱、ボルト・ナット、グランドパッキン、バタフライ型弁体、弁体シート、弁棒、空気作動部、ハウジング、作動部取付ボルト等からなり、付属品として作動空気用の電磁弁がある。空気作動部は複動ピストン・シリンダ型である。軸封部には空気の漏れを防止するためにグランドパッキンを使用している。

当該弁については、機器等の開口部よりダクト内に進入し、弁内部の点検手入れが可能である。

原子炉建屋隔離弁の構造図を図 2.1-2 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

原子炉建屋隔離弁主要部位の使用材料を表 2.1-3 に、使用条件を表 2.1-4 に示す。

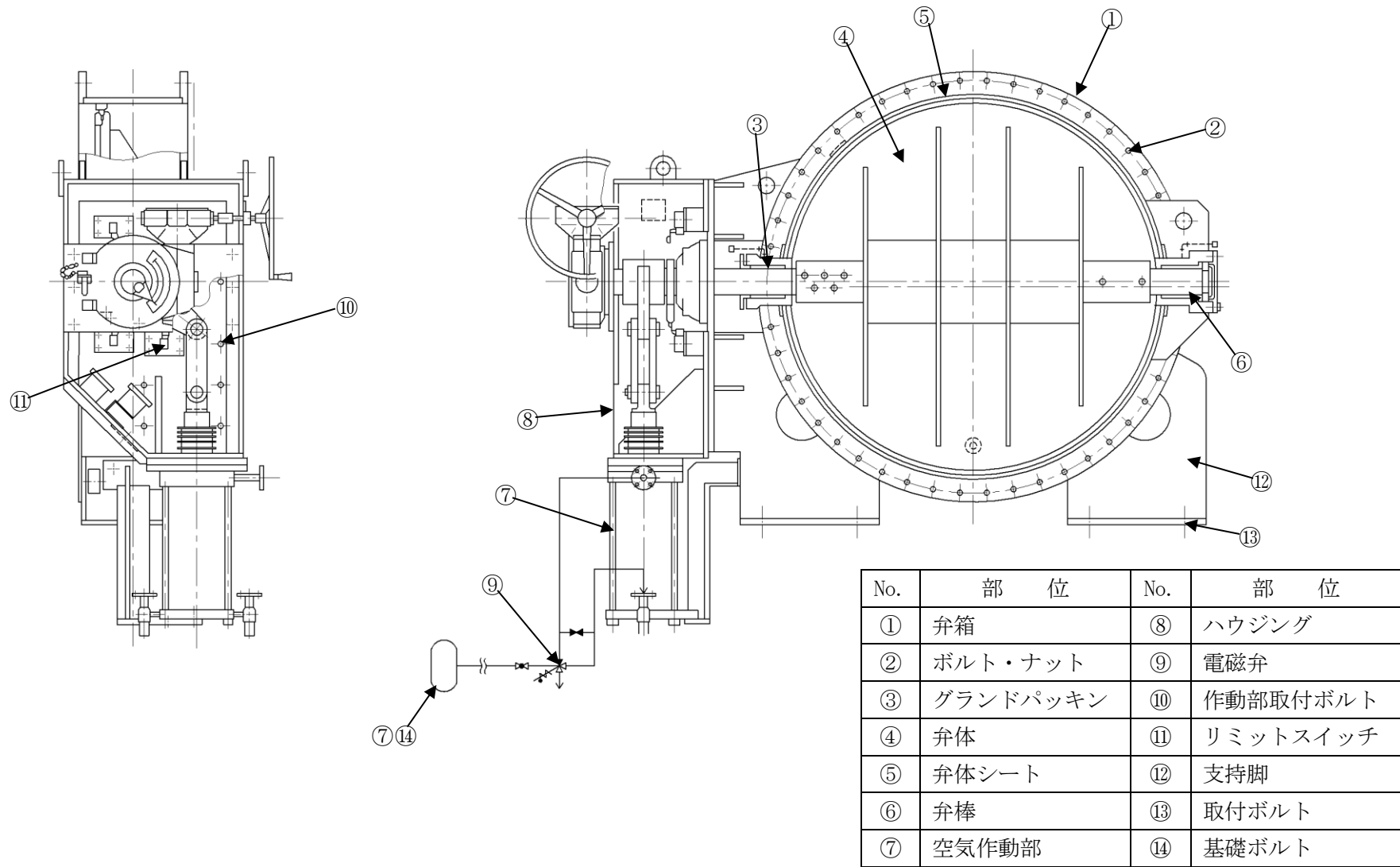


図 2.1-2 原子炉建屋隔離弁構造図

表 2.1-3 原子炉建屋隔離弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	炭素鋼 (SM41B)
		ボルト・ナット	低合金鋼 (SNB7)
	シール	グランドパッキン	(消耗品)
隔離機能の維持	隔離	弁体	炭素鋼 (SM41B)
		弁体シート	(消耗品)
作動機能の維持	エネルギー伝達	弁棒	ステンレス鋼 (SUS304)
	エネルギー変換	空気作動部	炭素鋼, 鋳鉄
		ハウジング	炭素鋼
		電磁弁	(定期取替品)
		作動部取付ボルト	炭素鋼
		リミットスイッチ	(定期取替品)
機器の支持	支持	支持脚	炭素鋼
		取付ボルト	炭素鋼
		基礎ボルト	炭素鋼 (SS41)

表 2.1-4 原子炉建屋隔離弁の使用条件

流量	175,000 m <sup>3</sup> /h
周囲温度	約 40 °C
流体	空気
設置場所	屋内

### 2.1.3 中央制御室外気取入弁

#### (1) 構造

中央制御室外気取入弁は、電動式バタフライ弁で、原子炉建屋に 2 基設置されている。

中央制御室外気取入弁は、弁箱、ボルト・ナット、グランドパッキン、バタフライ型弁体、弁体シート、弁棒、電動式駆動部等からなり、軸封部には空気の漏れを防止するためにグランドパッキンを使用している。

当該弁については、駆動部を切り離し、ボルト・ナットを取り外すことにより、弁内部の点検手入れが可能である。

中央制御室外気取入弁の構造図を図 2.1-3 に示す。

#### (2) 材料及び使用条件

中央制御室外気取入弁主要部位の使用材料を表 2.1-5 に、使用条件を表 2.1-6 に示す。



No.	部 位
①	弁箱
②	ボルト・ナット
③	グランドパッキン
④	弁体
⑤	弁体シート
⑥	弁棒
⑦	電動弁用駆動部

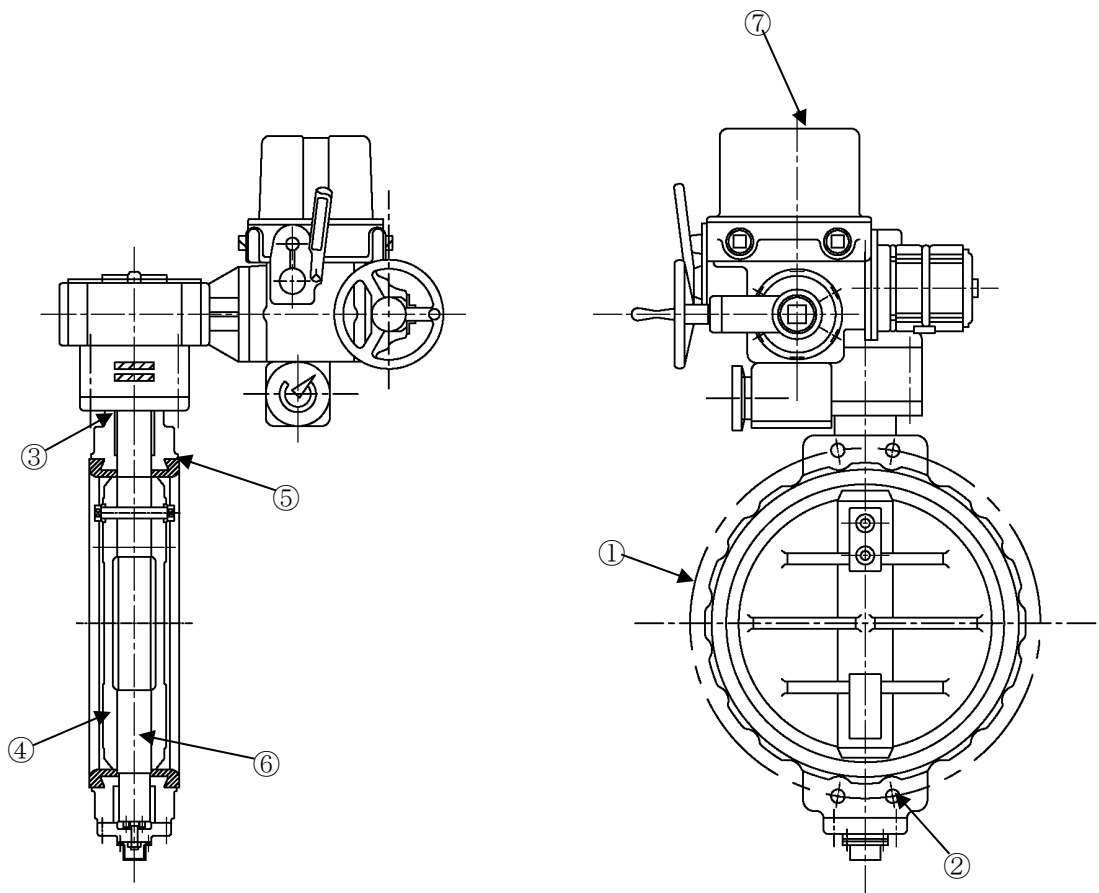


図 2.1-3 中央制御室外気取入弁構造図

表 2.1-5 中央制御室外気取入弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	鋳鉄 (FCD45)
		ボルト・ナット	ステンレス鋼 (SUS403)
	シール	グランドパッキン	(消耗品)
隔離機能の維持	隔離	弁体	ステンレス鋳鋼 (SCS13)
		弁体シート	(消耗品)
作動機能の維持	エネルギー伝達	弁棒	ステンレス鋼 (SUS403)
	エネルギー変換	電動弁用駆動部	主軸：低合金鋼 (SCM) 固定子コイル及び口出線・接続部品：銅, 絶縁物 (ポリエステル・シリコンゴム) 回転子棒・回転子エンドリング：特殊銅合金, アルミ合金 ステムナット・ギア：炭素鋼, 低合金鋼 軸受 (転がり)：(消耗品) トルクスイッチ：アルミ合金, 絶縁物 (フェノール樹脂) リミットスイッチ：アルミ合金, 絶縁物 (ジアリルフタレート)

表 2.1-6 中央制御室外気取入弁の使用条件

流量	5,000 m <sup>3</sup> /h
周囲温度	約 40 °C
流体	空気
設置場所	屋内

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

ダンパ及び弁の機能達成に必要な項目は以下のとおり。

- ① バウンダリの維持
- ② 隔離機能の維持
- ③ 作動機能の維持
- ④ 機器の支持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

ダンパ及び弁について、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の材料、構造、使用条件（流量、周囲温度等）及び現在までの運転経験を考慮し、表 2.2-1 で示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

なお、消耗品及び定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

グランドパッキン、弁体シート及び転がり軸受は消耗品、リミットスイッチ及び電磁弁は定期取替品であり、設計時に長期使用せず取替を前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

(3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

想定される経年劣化事象のうち主要 6 事象に該当する事象及び下記①, ②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。なお, 下記①, ②に該当する事象については, 2.2.3 項に示すとおり, 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

- ① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって, 想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの (日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△)
- ② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により, 今後も経年劣化の進展が考えられない, または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象 (日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲)

この結果, 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象として以下の事象が抽出された (表 2.2-1 で○)。

- a. 固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下 [中央制御室外気取入弁: 電動弁用駆動部]

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

a. 基礎ボルトの腐食（全面腐食）〔原子炉建屋隔離弁〕

基礎ボルトの腐食については、「機械設備の技術評価書」にて評価を実施するものとし、本評価書には含めていない。

b. ケーシング、羽根及び軸の腐食（全面腐食）〔中央制御室送風機出口グラビティダンパ〕

ケーシング、羽根及び軸は炭素鋼であるが、大気接触部には防食塗装を施しており、腐食が発生する可能性は小さい。

また、これまでの機器点検等において有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. ボルト・ナットの腐食（全面腐食）〔中央制御室送風機出口グラビティダンパ、原子炉建屋隔離弁〕

ボルト・ナットは炭素鋼または低合金鋼であるが、大気接触部には防食塗装を施しており、腐食が発生する可能性は小さい。

また、これまでの機器点検等において有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. リンケージの腐食（全面腐食）〔中央制御室送風機出口グラビティダンパ〕

リンケージは炭素鋼であるが、大気接触部には防食塗装を施しており、腐食が発生する可能性は小さい。

また、これまでの機器点検等において有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. 弁棒の摩耗 [原子炉建屋隔離弁, 中央制御室外気取入弁]

弁体の開閉速度は遅く, 回転角度は 90 度程度に限定され, 開閉頻度も年に数回程度であることから, 摩耗の発生する可能性は小さい。

また, これまでの目視点検結果からも有意な摩耗は確認されておらず, 今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから, 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f. 弁箱, 弁体,ハウジング及び支持脚の腐食 (全面腐食) [原子炉建屋隔離弁]

弁箱, 弁体,ハウジング及び支持脚は炭素鋼であるが, 大気接触部には防食塗装を施しており, 腐食が発生する可能性は小さい。

弁箱の内面, 弁体については, 流体がフィルタを通過し塩分を除去された空気であるため, 腐食が発生する可能性は小さい。

また, これまでの目視点検結果からも有意な腐食は確認されておらず, 今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから, 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

g. 空気作動部の腐食 (全面腐食) [原子炉建屋隔離弁]

空気作動部は炭素鋼及び鋳鉄であるが, 大気接触部には防食塗装を施しており, 内面は常に除湿された空気であることから, 腐食が発生する可能性は小さい。

また, 動作確認により空気作動部の健全性の確認を行っており, これまで異常は確認されておらず, 今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから, 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

h. 作動部取付ボルトの腐食 (全面腐食) [原子炉建屋隔離弁]

作動部取付ボルトは炭素鋼であるが, 大気接触部には防食塗装を施しており, 腐食が発生する可能性は小さい。

また, これまでの機器点検等において有意な腐食は確認されておらず, 今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから, 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

i. 取付ボルトの腐食（全面腐食）〔原子炉建屋隔離弁〕

取付ボルトは炭素鋼であるが、大気接触部には防食塗装を施しており、腐食が発生する可能性は小さい。

また、これまでの機器点検等において有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

j. 弁箱の腐食（全面腐食）〔中央制御室外気取入弁〕

弁箱は鋳鉄であるが、大気接触部には防食塗装を施しており、腐食が発生する可能性は小さい。

また、これまでの目視点検結果からも有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

k. スプリングのへたり〔中央制御室送風機出口グラビティダンパ〕

スプリングは常時応力がかかった状態で使用した場合には、スプリングのへたりが発生する可能性がある。

しかし、スプリング使用時のねじり応力は許容ねじり応力以下になるように設定されており、またスプリングの材料に対する推奨最高使用温度よりも実際の使用温度は低いことから、へたりの進行の可能性は小さいと考えられる。

また、へたりは目視点検及び作動確認を実施していくことで検知可能であり、これまでの点検結果からも有意なへたりは確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- l. ステムナット, ギアの摩耗 [中央制御室外気取入弁：電動弁用駆動部]
- m. トルクスイッチ, リミットスイッチの導通不良 [中央制御室外気取入弁：電動弁用駆動部]
- n. 主軸の摩耗 [中央制御室外気取入弁：電動弁用駆動部]
- o. 主軸の高サイクル疲労割れ [中央制御室外気取入弁：電動弁用駆動部]
- p. 回転子棒, 回転子エンドリングの疲労割れ [中央制御室外気取入弁：電動弁用駆動部]
- q. フレーム及びエンドブラケットの腐食（全面腐食） [中央制御室外気取入弁：電動弁用駆動部]
- r. 固定子コア及び回転子コアの腐食（全面腐食） [中央制御室外気取入弁：電動弁用駆動部]
- s. 取付ボルトの腐食（全面腐食） [中央制御室外気取入弁：電動弁用駆動部]

以上, l. ～s. の評価については「弁の技術評価書」のうち, 電動弁用駆動部と同一であることから, 同評価書を参照のこと。

- (2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により, 今後も経年劣化の進展が考えられない, または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。



表 2.2-1 (1/3) 中央制御室送風機出口グラビティダンパに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考
					減 肉		割 れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	ケーシング		炭素鋼		△						*:スプリングのへたり
		ボルト・ナット		炭素鋼		△						
隔離機能の維持	隔離	羽根		炭素鋼		△						
作動機能の維持	エネルギー伝達	軸		炭素鋼		△						
		軸受(転がり)	◎									
	リンケージ		炭素鋼		△							
	エネルギー変換	スプリング		ステンレス鋼						△*		

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (2/3) 原子炉建屋隔離弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		炭素鋼		△						
		ボルト・ナット		低合金鋼		△						
	シール	グラントパッキン	◎									
隔離機能の維持	隔離	弁体		炭素鋼		△						
		弁体シート	◎									
作動機能の維持	エネルギー伝達	弁棒		ステンレス鋼	△							
	エネルギー変換	空気作動部		炭素鋼, 鋳鉄		△						
		ハウジング		炭素鋼		△						
		電磁弁	◎									
		作動部取付ボルト		炭素鋼		△						
		リミットスイッチ	◎									
機器の支持	支持	支持脚		炭素鋼		△						
		取付ボルト		炭素鋼		△						
		基礎ボルト		炭素鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (3/3) 中央制御室外気取入弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		鋳鉄		△					*1:ステムナット, ギア *2:主軸 *3:フレーム, エントブラケット *4:固定子コア及び回転子コア *5:取付ボルト *6:高サイクル疲労割れ *7:回転子棒, 回転子エンドリング *8:固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下 *9:トルクスイッチ及びリミットスイッチ導通不良 *10:軸受(転がり)	
		ボルト・ナット		ステンレス鋼								
	シール	グランドパッキン	◎									
隔離機能の維持	隔離	弁体		ステンレス鋳鋼								
		弁体シート	◎									
作動機能の維持	エネルギー伝達	弁棒		ステンレス鋼	△							
	エネルギー変換	電動弁用駆動部	◎*10	低合金鋼, 銅, 絶縁物他	△*1 △*2	△*3*4*5	△*2*6 △*7			○*8 △*9		

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

## 2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

### (1) 固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下〔中央制御室外気取入弁：電動弁用駆動部〕

固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下に対する「事象の説明」, 「技術評価」及び「高経年化への対応」は, 電動弁用駆動部と同一であることから, 「弁の技術評価書」のうち電動弁用駆動部の固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下を参照のこと。

### 3. 代表機器以外への展開

本章では、2章で実施した代表機器の技術評価結果について、1章で実施したグループ化で代表機器となっていない機器への展開について検討した。

- ① 非常用ガス処理系重力式ダンパ
- ② 非常用ディーゼル発電設備系重力式ダンパ
- ③ 中央制御室系重力式ダンパ
- ④ 海水熱交換器建屋系重力式ダンパ
- ⑤ 中央制御室隔離弁

#### 3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

- a. 固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下[中央制御室隔離弁:電動弁用駆動部]  
代表機器同様、「弁の技術評価書」のうち電動弁用駆動部と同一であることから、同評価書を参照のこと。

### 3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

- a. ケーシング及び羽根の腐食（全面腐食）[非常用ガス処理系重力式ダンパ，非常用ディーゼル発電設備系重力式ダンパ，中央制御室系重力式ダンパ，海水熱交換器建屋系重力式ダンパ]

代表機器同様，ケーシング及び羽根は炭素鋼であるが，大気接触部には防食塗装を施しており，腐食が発生する可能性は小さい。

また，これまでの機器点検等において有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- b. 軸の腐食（全面腐食）[非常用ディーゼル発電設備系重力式ダンパ，中央制御室系重力式ダンパ，海水熱交換器建屋系重力式ダンパ]

代表機器同様，軸は炭素鋼であるが，大気接触部には防食塗装を施しており，腐食が発生する可能性は小さい。

また，これまでの機器点検等において有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- c. ボルト・ナットの腐食（全面腐食）[非常用ガス処理系重力式ダンパ，非常用ディーゼル発電設備系重力式ダンパ，中央制御室系重力式ダンパ，海水熱交換器建屋系重力式ダンパ]

代表機器同様，ボルト・ナットは炭素鋼であるが，大気接触部には防食塗装を施しており，腐食が発生する可能性は小さい。

また，これまでの機器点検等において有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- d. リンケージの腐食（全面腐食）[非常用ディーゼル発電設備系重力式ダンパ，中央制御室系重力式ダンパ，海水熱交換器建屋系重力式ダンパ]

代表機器同様，リンケージは炭素鋼であるが，大気接触部には防食塗装を施しており，腐食が発生する可能性は小さい。

また，これまでの機器点検等において有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- e. バランスウェイトの腐食（全面腐食）〔非常用ガス処理系重力式ダンパ，非常用ディーゼル発電設備系重力式ダンパ，中央制御室系重力式ダンパ，海水熱交換器建屋系重力式ダンパ〕

バランスウェイトは炭素鋼であるが，大気接触部には防食塗装を施しており，腐食が発生する可能性は小さい。

また，これまでの機器点検等において有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- f. 弁棒の摩耗〔中央制御室隔離弁〕

代表機器同様，弁体の開閉速度は遅く，回転角度は90度程度に限定され，開閉頻度も年に数回程度であることから，摩耗の発生する可能性は小さい。

また，これまでの目視点検結果からも有意な摩耗は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- g. 弁箱の腐食（全面腐食）〔中央制御室隔離弁〕

代表機器同様，弁箱は鋳鉄であるが，大気接触部には防食塗装を施しており，腐食が発生する可能性は小さい。

また，これまでの目視点検結果からも有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- h. スプリングのへたり〔非常用ディーゼル発電設備系重力式ダンパ〕

代表機器同様，スプリングは常時応力がかかった状態で使用した場合には，スプリングのへたりが発生する可能性がある。

しかし，スプリング使用時のねじり応力は許容ねじり応力以下になるように設定されており，またスプリングの材料に対する推奨最高使用温度よりも実際の使用温度は低いことから，へたりの進行の可能性は小さいと考えられる。

また，へたりは目視点検及び作動確認を実施していくことで検知可能であり，これまでの点検結果からも有意なへたりは確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- i. ステムナット，ギアの摩耗 [中央制御室隔離弁：電動弁用駆動部]
- j. トルクスイッチ，リミットスイッチの導通不良 [中央制御室隔離弁：電動弁用駆動部]
- k. 主軸の摩耗 [中央制御室隔離弁：電動弁用駆動部]
- l. 主軸の高サイクル疲労割れ [中央制御室隔離弁：電動弁用駆動部]
- m. 回転子棒，回転子エンドリングの疲労割れ [中央制御室隔離弁：電動弁用駆動部]
- n. フレーム及びエンドブラケットの腐食（全面腐食） [中央制御室隔離弁：電動弁用駆動部]
- o. 固定子コア及び回転子コアの腐食（全面腐食） [中央制御室隔離弁：電動弁用駆動部]
- p. 取付ボルトの腐食（全面腐食） [中央制御室隔離弁：電動弁用駆動部]

以上，i. ～p. の評価については「弁の技術評価書」のうち，電動弁用駆動部と同一であることから，同評価書を参照のこと。

- (2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

代表機器同様，日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。

以 上



柏崎刈羽原子力発電所 3 号炉

# 機 械 設 備 の 技 術 評 価 書

東京電力ホールディングス株式会社

本評価書は、柏崎刈羽原子力発電所 3 号炉（以下、柏崎刈羽 3 号炉という）における安全上重要な設備（重要度分類指針における PS-1, 2 及び MS-1, 2 に該当する機器）と高温・高圧の環境下にあるクラス 3 の設備のうち、他の評価書にて評価を実施していない設備（以下、機械設備という）の高経年化に関わる技術評価についてまとめたものである。

また、他の技術評価書に記載のある機器の基礎ボルトの評価については、本評価書にて評価を行うものとする。

本評価書では以下の機械設備を評価しており、評価対象機器の一覧を表 1 に、機能を表 2 に示す。

- 1 制御棒
- 2 制御棒駆動機構
- 3 水圧制御ユニット
- 4 非常用ディーゼル機関
- 5 可燃性ガス濃度制御系設備
- 6 燃料取替機
- 7 原子炉建屋クレーン
- 8 圧縮空気系設備
- 9 廃棄物処理設備
- 10 基礎ボルト

以下、本文中の単位の記載は SI 単位系に基づくものとする（圧力の単位は特に注記がない限りゲージ圧力を示す）。

表 1 評価対象機器一覧

機器名称	機器名称 (基数)	仕様	重要度*1
制御棒	ボロン・カーバイド型制御棒 (185)	—	MS-1
制御棒駆動機構	制御棒駆動機構 (185)	—	MS-1
水圧制御ユニット	水圧制御ユニット (185)	—	MS-1
非常用ディーゼル機関	非常用ディーゼル機関 (A, B 号機) (2)	6,950 kW×500 rpm	MS-1
	HPCS*2ディーゼル機関 (1)	3,861 kW×1,000 rpm	MS-1
可燃性ガス濃度制御系設備	可燃性ガス濃度制御系設備 (2)	容量 255 Nm <sup>3</sup> /h	MS-1
燃料取替機	燃料取替機 (1)	吊上荷重 : 460 kg	PS-2
原子炉建屋クレーン	原子炉建屋クレーン (1)	容量 : 5 ton (補巻)	PS-2
圧縮空気系設備	計装用圧縮空気系設備 (2)	容量 : 720 Nm <sup>3</sup> /h	高*3
廃棄物処理設備	濃縮設備 (1)	蒸発熱量 : 約 2.20 MW	高*3

\*1 : 最上位の重要度を示す

\*2 : 高圧炉心スプレイ系

\*3 : 最高使用温度が 95 °C を超え、または最高使用圧力が 1,900 kPa を超える環境下にある原子炉格納容器外の重要度クラス 3 の機器

なお、基礎ボルトについては本文参照のこと。

表2 評価対象機器機能一覧

機器名称	機 能
制御棒	原子炉出力を制御するとともに、原子炉停止に必要な負の反応度を与える。
制御棒駆動機構	制御棒の挿入・引抜きまたはスクラム動作を行う。
水圧制御ユニット	高圧窒素ガスにより緊急挿入に必要な初期水圧エネルギーを制御棒駆動機構へ供給する。
非常用ディーゼル機関	電源喪失事故時等に起動し、非常用発電機を駆動する。
可燃性ガス濃度制御系設備	冷却材喪失事故時に、原子炉格納容器内の水素及び酸素濃度を制御し、水素燃焼による格納容器内の圧力温度上昇を防止する。
燃料取替機	燃料等を安全に取扱う。
原子炉建屋クレーン	新燃料等を安全に取扱う。
計装用圧縮空気系設備	空気制御弁等へ駆動用圧縮空気を供給する。
廃棄物処理設備 濃縮設備	高電導度廃液を濃縮し、蒸留水と濃縮廃液を分離する。
基礎ボルト	機器を据付け固定、支持する。

# 1 制御棒

[対象機器]

- ① ボロン・カーバイド型制御棒

## 目 次

1. 対象機器.....	1-1
2. 制御棒の技術評価.....	1-2
2.1 構造,材料及び使用条件.....	1-2
2.1.1 ボロン・カーバイド型制御棒.....	1-2
2.2 経年劣化事象の抽出.....	1-5
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目.....	1-5
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象.....	1-5
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象.....	1-6
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価.....	1-10

## 1. 対象機器

制御棒の主な仕様を表 1-1 に示す。

表 1-1 制御棒の主な仕様

機 器 名 称 (本数)	重要度	使 用 条 件		
		運 転 状 態* <sup>1</sup>	最高使用圧力* <sup>2</sup> (MPa)	最高使用温度 (°C)
ボロン・カーバイド型制御棒 (185)	MS-1	一時 (連続)	約 8.62	302

\*1：上段は冷温停止状態時における運転状態，下段の( )は断続的運転時の運転状態を示す

\*2：最高使用圧力は，環境の最高使用圧力を示す

## 2. 制御棒の技術評価

本章では、以下の制御棒について技術評価を実施する。

### ① ボロン・カーバイド型制御棒

#### 2.1 構造，材料及び使用条件

##### 2.1.1 ボロン・カーバイド型制御棒

###### (1) 構造

ボロン・カーバイド型制御棒は、十字型に組み合わせたステンレス鋼のU字型シースの中に制御材（ボロン・カーバイド(B<sub>4</sub>C)粉末を充填したステンレス鋼管)を納めたもので、185本設置されている。制御棒は制御棒案内管内に設置され、制御棒の下端は制御棒駆動機構と接続している。

制御材被覆管，シース，タイロッド，ソケット，ピン，上部ハンドルはステンレス鋼を，ローラは高ニッケル合金を，落下速度リミッタはステンレス鋳鋼を使用している。

ボロン・カーバイド型制御棒の構造図を図2.1-1に示す。

###### (2) 材料及び使用条件

ボロン・カーバイド型制御棒における主要部位の使用材料を表2.1-1に，使用条件を表2.1-2に示す。

No.	部 位
①	制御材
②	制御材被覆管
③	シース
④	タイロッド
⑤	ソケット
⑥	ローラ
⑦	ピン
⑧	落下速度リミッタ
⑨	上部ハンドル



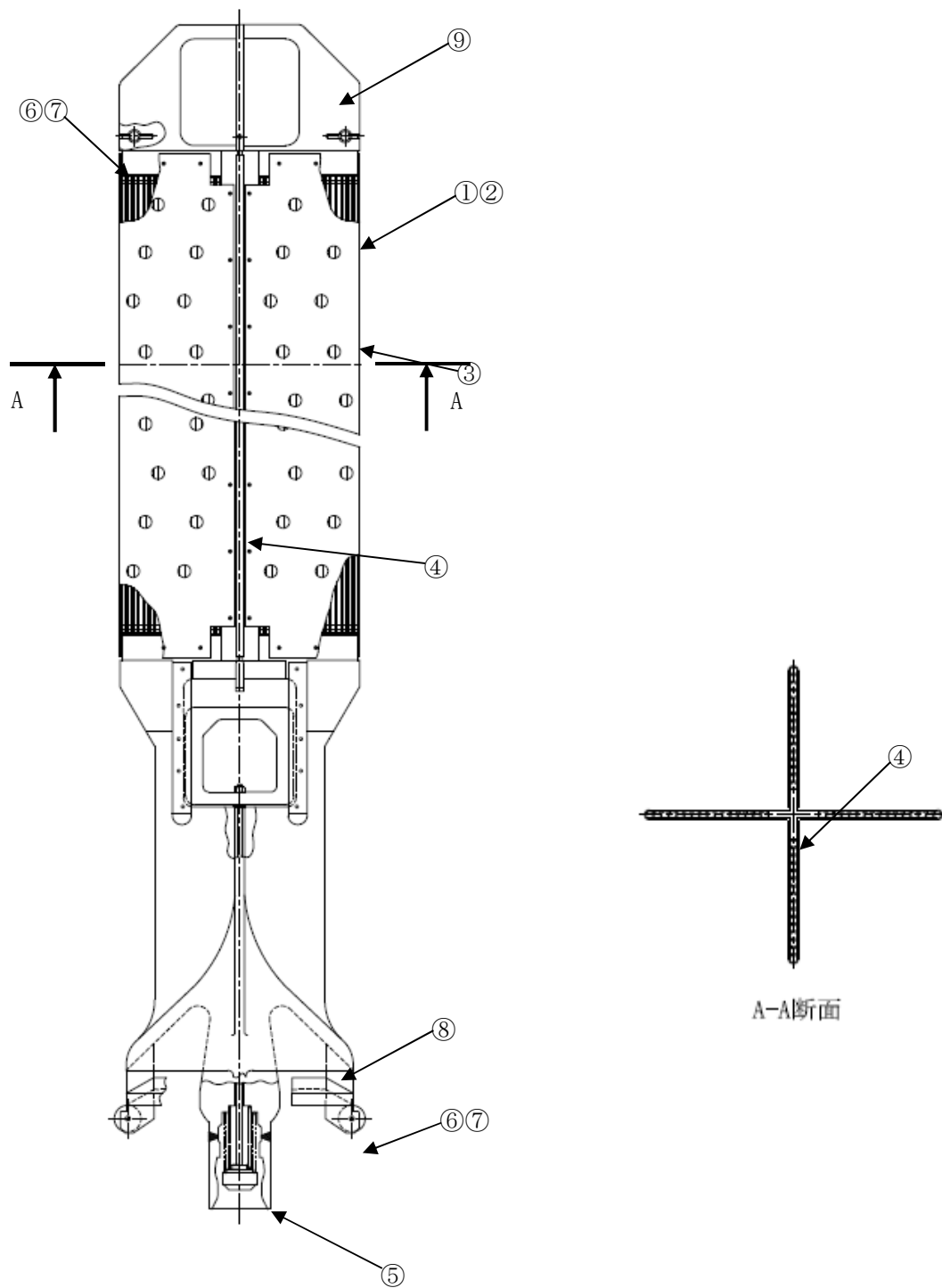


図 2.1-1 ボロン・カーバイド型制御棒 構造図

表 2.1-1 ボロン・カーバイド型制御棒主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料	
			タイプ 1	タイプ 2
原子炉の緊急停止	中性子吸収	制御材	ボロン・カーバイド (B <sub>4</sub> C)	
		制御材被覆管	ステンレス鋼 (ASTM A269 TP304L)	
	支持	シース	ステンレス鋼 (SUS316L)	
		タイロッド	ステンレス鋼 (SUS316L)	
		ソケット	ステンレス鋼 (ASME SA479 XM-19)	ステンレス鋼 (GXM1)
		ローラ	高ニッケル合金 (CFA)	高ニッケル合金 (WPM)
		ピン	ステンレス鋼 (ナイトロニック No. 60)	
過剰反応度の印加防止	保持	落下速度リミッタ	ステンレス鋳鋼 (SCS19A)	
ハンドリング	支持	上部ハンドル	ステンレス鋼 (SUS316L)	

表 2.1-2 ボロン・カーバイド型制御棒の使用条件

最高使用圧力	約 8.62 MPa
最高使用温度	302 °C
流体	純水 (原子炉冷却材)

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

制御棒の機能（原子炉出力の制御機能）の達成に必要な項目は以下のとおり。

- ① 原子炉の緊急停止
- ② 過剰反応度の印加防止
- ③ ハンドリング

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

制御棒について、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の材料、構造、使用条件（水質、圧力、温度等）及び現在までの運転経験を考慮し、表 2.2-1 で示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

なお、消耗品及び定期取替品は以下のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

制御棒には、消耗品及び定期取替品はない。

#### (3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

想定される経年劣化事象のうち主要 6 事象に該当する事象及び下記①、②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。なお、下記①、②に該当する事象については、2.2.3 項に示すとおり、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

- ① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△）
- ② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲）

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象として以下の事象が抽出された（表 2.2-1 で○）。

- a. 制御材被覆管、シース、タイロッド、ピン、上部ハンドルの照射誘起型応力腐食割れ

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

#### a. 制御材の中性子吸収による制御能力低下

制御材はボロン・カーバイド ( $B_4C$ ) を使用しており、熱中性子捕獲による制御材の減少により制御能力が低下する。

制御棒については、熱中性子の累積照射量により定めた運用基準に基づき取替を実施しているが、この取替の運用基準は、有効長を4等分したいずれかの区間で相対値が10%減少したときの核的寿命に対して十分に保守的な値である。相対値が10%減少しても十分な制御能力を有することが確認されていることから、今後もこの運用を継続していくことで問題ないものとする。

さらに、定期検査時に停止余裕検査を実施し、十分な制御能力を有していることを確認している。

また、当面の冷温停止状態においては、中性子照射をほとんど受けることはないため、中性子吸収による制御能力低下の発生・進展の可能性はない。

よって、今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### b. 制御材被覆管，シース，タイロッド，ソケット，上部ハンドルの粒界型応力腐食割れ

制御材被覆管，シース，タイロッド，ソケット，上部ハンドルの材料はオーステナイト系ステンレス鋼であり，これらの部位については高温の純水中にあることから，材料が鋭敏化し，引張応力のレベルが高い溶接熱影響部において粒界型応力腐食割れが想定される。

しかし，制御棒については，熱中性子の累積照射量により定めた運用基準に基づき取替を実施し，粒界型応力腐食割れにより制御棒の制御能力及び動作性に問題が生じていないことを，定期検査毎にそれぞれ停止余裕検査及び制御棒駆動機構の機能検査により確認している。

さらに，取出制御棒に対しては，外観点検対象制御棒を点検することにより異常のないことを確認することとしている。

また，当面の冷温停止状態においては，高温純水環境となることはなく，粒界型応力腐食割れの発生・進展の可能性はない。

よって，今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. 制御材被覆管，シース，タイロッド，ピン，上部ハンドルの中性子照射による靱性低下

制御材被覆管，シース，タイロッド，ピン，上部ハンドルの材料はオーステナイト系ステンレス鋼であり，中性子照射による靱性低下が想定される。

しかし，制御棒については，熱中性子の累積照射量により定めた運用基準に基づき取替を実施し，中性子照射による靱性低下により制御棒の制御能力及び動作性に問題が生じていないことを，定期検査毎にそれぞれ停止余裕検査及び制御棒駆動機構の機能検査により確認している。

さらに，取出制御棒に対しては，外観点検対象制御棒を点検することにより異常のないことを確認することとしている。

また，当面の冷温停止状態においては，高速中性子照射をほとんど受けることはないため，中性子照射による靱性低下の発生・進展の可能性はない。

よって，今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. ローラ及びピンの摩耗

制御棒の挿入・引抜き時にローラ及びピンが摺動し，摩耗する可能性があるが，ローラは耐摩耗性の高い高ニッケル合金，ピンは耐摩耗性を向上させたステンレス鋼を使用している。

また，定期検査毎の制御棒駆動機構の機能検査において動作に問題の無いことを確認しており，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. 制御材被覆管，シース，タイロッド，ピン，上部ハンドルの照射スウェリング

高照射領域で使用されている機器については，照射スウェリングが発生する可能性があるが，ステンレス鋼の照射スウェリングは，約 400 °C から約 700 °C で発生する事象であり，BWR の制御棒の使用条件（約 280 °C）では，発生する可能性は小さい。

また，定期検査毎に行っている制御棒駆動機構の機能検査において動作に問題の無いことを確認しており，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f. 制御材被覆管，シース，タイロッド，ピン，上部ハンドルの照射クリープ

高照射領域で使用されている機器については，照射クリープが発生する可能性があるが，照射クリープの影響が問題となるのは内圧等による荷重制御型の荷重である。

制御材被覆管に関しては，制御材の熱中性子捕獲による  $^{10}\text{B}(n, \alpha)^7\text{Li}$  反応により，He 発生に伴う内圧上昇が，他の部位については自重が荷重制御型の荷重の要因として考えられる。内圧及び自重については，応力差が許容値に対し十分小さくなるよう設計時に考慮されており，これらの荷重の影響は十分に小さい。

また，制御材被覆管の He 発生に伴う内圧上昇の観点から決まる機械的寿命に対して十分に保守的な運用基準により取替を実施し，さらに定期検査毎の制御棒駆動機構の機能検査において動作に問題の無いことを確認している。

よって，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

a. 落下速度リミッタの熱時効

落下速度リミッタの材料はステンレス鋳鋼であり，また，高温純水中にあるため，熱時効による材料の靱性低下等の機械的特性が変化する可能性があるが，落下速度リミッタには，亀裂の原因となる経年劣化事象は想定されないことから，初期亀裂が発生する可能性は小さい。

なお，制御棒受入時に外観検査を実施しており，制御棒には有意な亀裂がないことを確認している。

また，当面の冷温停止状態においては，高温純水環境となることはなく，熱時効の発生する可能性はない。

よって，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

表 2.2-1 ボロン・カーバイド型制御棒に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期 取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考		
					減 肉		割 れ		材質変化			その他	
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐食 割れ	熱時効	劣化			
原子炉の緊急 停止	中性子吸収	制御材		ボロン・カーバイド							△*1	*1:中性子吸収による制御能力低下 *2:照射誘起型応力腐食割れ *3:粒界型応力腐食割れ *4:中性子照射による靱性低下 *5:照射スワエリング *6:照射クリープ	
	支持	制御材被覆管		ステンレス鋼				○*2△*3		△*4	△*5*6		
		シース		ステンレス鋼				○*2△*3		△*4	△*5*6		
		タイロッド		ステンレス鋼				○*2△*3		△*4	△*5*6		
		ソケット		ステンレス鋼				△*3					
		ローラ		高ニッケル合金	△								
		ピン		ステンレス鋼	△			○*2		△*4	△*5*6		
過剰反応度の 印加防止	保持	落下速度リミッタ		ステンレス鋳鋼					▲				
ハンドリング	支持	上部ハンドル		ステンレス鋼				○*2△*3		△*4	△*5*6		

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

## 2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

### (1) 制御材被覆管，シース，タイロッド，ピン，上部ハンドルの照射誘起型応力腐食割れ

#### a. 事象の説明

ステンレス鋼については，中性子照射を受けると材料自身の応力腐食割れの感受性が高まるとともに，材料周辺の腐食環境が水の放射線分解により厳しくなることが知られている。照射誘起型応力腐食割れは，この状況に引張応力場が重畳されると粒界型応力腐食割れを生じる現象である。

福島第二3号炉において，平成15年にボロン・カーバイド型制御棒の上部ハンドルのローラ取付部近傍及び上部ハンドルーシース溶接部近傍に照射誘起型応力腐食割れと推定されるひびが発見されている。

なお，本事例は局部的なひびであり，主要部品は問題なく制御棒の機能上問題となるものではない。

#### b. 技術評価

##### ① 健全性評価

照射誘起型応力腐食割れは，中性子照射に加え，引張応力の存在下で発生の可能性が高まると考えられる。制御材被覆管，シース，タイロッド，上部ハンドルは溶接熱影響部に引張応力が存在し，また，制御材被覆管には，制御材の熱中性子捕獲による $^{10}\text{B}(n, \alpha)^7\text{Li}$ 反応により，He発生に伴う内圧上昇，ならびに，制御材の体積膨張によって引張応力が作用する。一方，ピンには溶接部はなく，運転中の差圧，熱及び自重等に起因する引張応力成分は小さい。

図2.3-1に示すように，BWR環境下のステンレス鋼については，約 $5 \times 10^{20} \text{n/cm}^2$  ( $E > 1 \text{ MeV}$ )以上の累積照射量を受けた場合に応力腐食割れの感受性への影響が現れると考えられている。

制御棒は，核的寿命及び機械的寿命を考慮して定めた運用基準に基づき取替を実施してきており，この運用基準では， $1.5 \times 10^{21} \text{ n/cm}^2$  (熱中性子)の累積照射量となることから，照射量の観点からは，照射誘起型応力腐食割れ発生の可能性は否定できない。



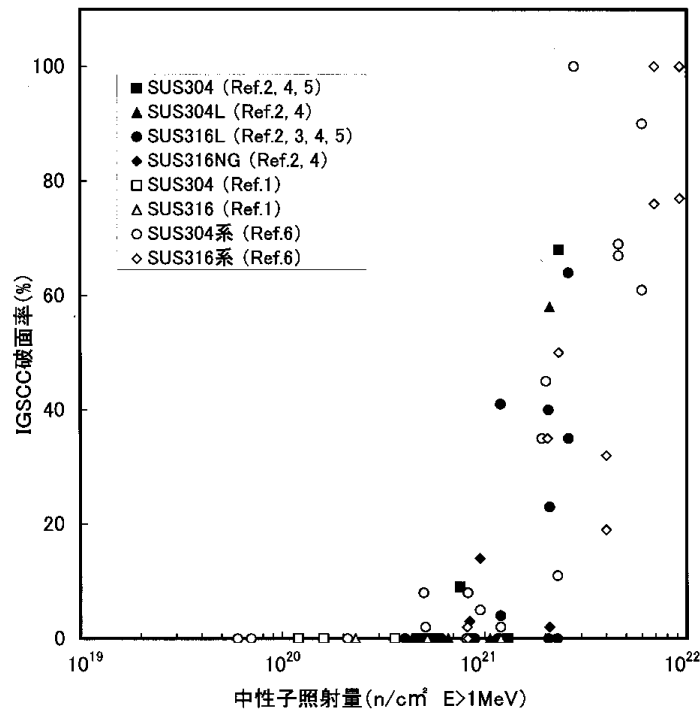


図 2.3-1 304, 316 ステンレス鋼の IGSCC 破面率に及ぼす中性子照射量の影響

[図で引用されている参考文献]

- Ref.1: K. Chatani et al, "Irradiation Assisted Stress Corrosion Cracking Susceptibility of Core Component Materials" Proceedings of the 12th International Conference on Environmental Degradation of Materials in Nuclear Power System -Water Reactors-, 2005.
- Ref.2: 「平成 16 年度照射誘起応力腐食割れ (IASCC) 評価技術調査研究に関する報告書」  
独立行政法人 原子力安全基盤機構
- Ref.3: K. Chatani et al, "IASCC Susceptibility of Thermal Treated Type 316L Stainless Steel" Proceedings of Eleventh International Conference on Environmental Degradation of Materials in Nuclear Power Systems -Water Reactors, 2003.
- Ref.4: Y. Tanaka et al, "IASCC Susceptibility of Type 304, 304L and 316L Stainless Steels" Proceedings of the Eighth International Symposium on Environmental Degradation of Materials in Nuclear Power Systems -Water Reactors, 1997.
- Ref.5: K. Fukuya et al, "Mechanical Properties and IASCC Susceptibility in Irradiated Stainless Steels" Proceedings of the Sixth International Symposium on Environmental Degradation of Materials in Nuclear Power Systems -Water Reactors-, 1993.
- Ref.6: S. Suzuki et al, "Effects of Fluence and Dissolved Oxygen on IASCC in Austenitic Stainless Steels" Proceedings of the Fifth International Symposium on Environmental Degradation of Materials in Nuclear Power Systems -Water Reactors, 1991.

② 現状保全

制御棒については、熱中性子の累積照射量により定めた運用基準に基づき取替を実施している。

なお、照射誘起型応力腐食割れにより制御棒の制御能力及び動作性に問題が生じていないことを、定期検査毎にそれぞれ停止余裕検査及び制御棒駆動機構の機能検査により確認している。

また、取出制御棒に対しては、外観点検対象制御棒を点検することにより異常のないことを確認することとしている。

③ 総合評価

照射誘起型応力腐食割れについては、今後も運用基準に基づく制御棒の取替、定期検査毎の停止余裕検査及び制御棒駆動機構の機能検査を実施していくことで、機能上の観点から健全性の確認は可能と判断する。

また、当面の冷温停止状態においては、高速中性子照射をほとんど受けることはないため、照射誘起型応力腐食割れの発生・進展の可能性はないと判断する。

c. 高経年化への対応

照射誘起型応力腐食割れに対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に追加すべき項目はない。

以 上

## 2 制御棒駆動機構

[対象機器]

- ① 制御棒駆動機構

## 目 次

1. 対象機器 .....	2-1
2. 制御棒駆動機構の技術評価 .....	2-2
2.1 構造, 材料及び使用条件 .....	2-2
2.1.1 制御棒駆動機構 .....	2-2
2.2 経年劣化事象の抽出 .....	2-5
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目 .....	2-5
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 .....	2-5
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 .....	2-6

## 1. 対象機器

制御棒駆動機構の主な仕様を表 1-1 に示す。

表 1-1 制御棒駆動機構の主な仕様

機 器 名 称 (本 数)	重要度*1	使 用 条 件		
		運転状態*2	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)
制御棒駆動機構 (185)	MS-1	連続 (連続)	約 8.62	302

\*1：当該機器に要求される重要度クラスの内，最上位の重要度クラスを示す

\*2：上段は冷温停止状態時における運転状態，下段の( )は断続的運転時の運転状態を示す

## 2. 制御棒駆動機構の技術評価

### 2.1 構造, 材料及び使用条件

#### 2.1.1 制御棒駆動機構

##### (1) 構造

制御棒駆動機構は、水圧により制御棒の挿入・引抜きまたはスクラム時に動作するものであり、185本設置されている。

制御棒駆動機構は、制御棒駆動機構ハウジング内に収納されており、制御棒駆動機構ハウジング下端のフランジにボルトで取り付けられている。

制御棒駆動機構の上端は、カップリングスパッドと制御棒下端のカップリングとを結合することにより、制御棒を固定している。

制御棒の挿入・引抜きは、シリンダチューブとピストンチューブ間にあるドライブピストンに水圧をかけることにより行い、コレットフィンガがインデックスチューブのラッチ溝にかみ合うことにより制御棒を所定の位置に固定する。この時、制御棒の荷重はアウターチューブで支持されている。

ドライブピストン、ピストンチューブ、シリンダチューブ、アウターチューブ、コレットピストン、インデックスチューブ、フランジ、取付ボルトはステンレス鋼、コレットリテナチューブはステンレス鋳鋼、コレットフィンガ、コレットスプリング、カップリングスパッドは高ニッケル合金が使用されている。

制御棒駆動機構の構造図を図 2.1-1 に示す。

##### (2) 材料及び使用条件

制御棒駆動機構主要部位の使用材料を表 2.1-1 に、使用条件を表 2.1-2 に示す。

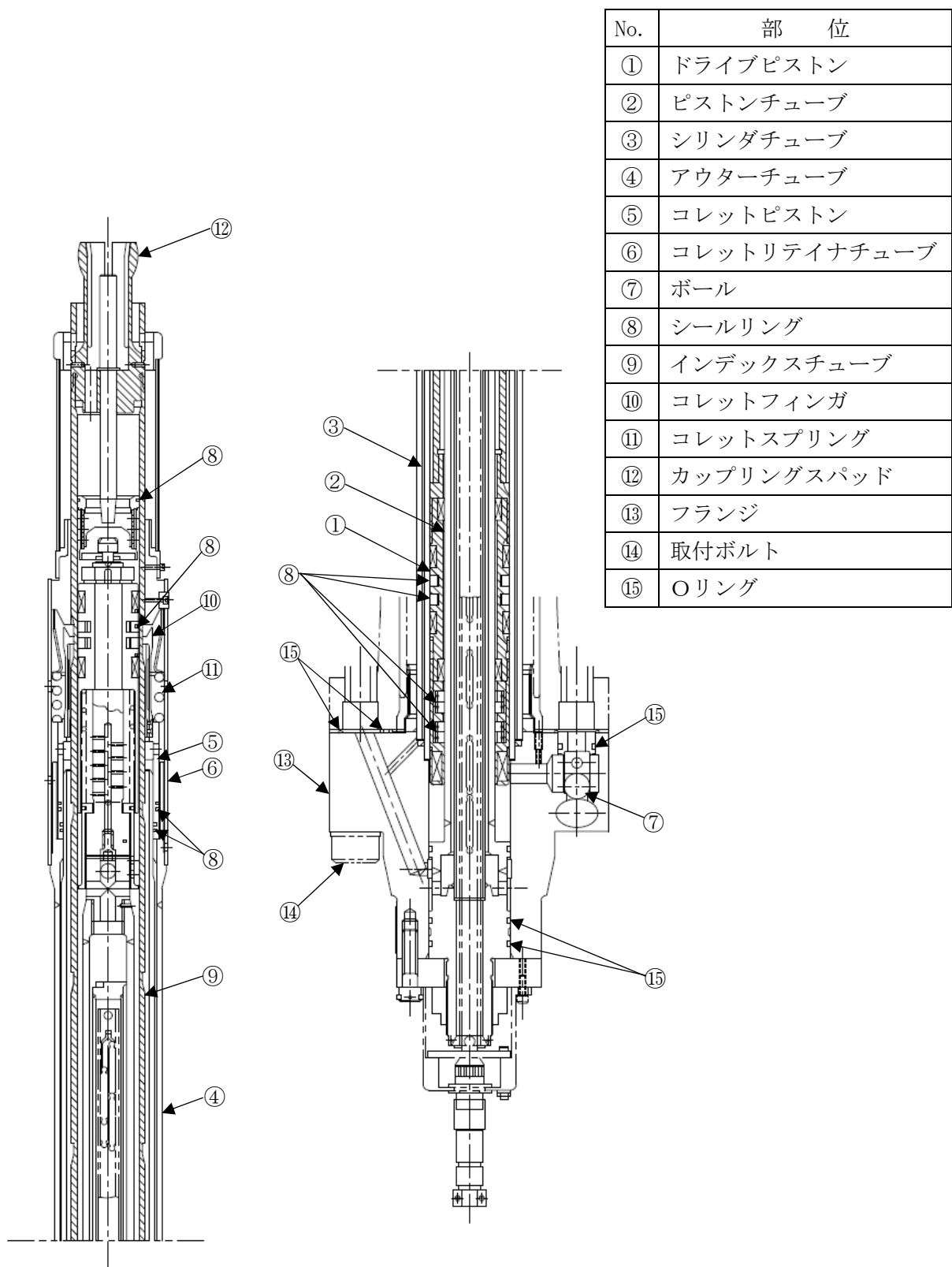


図 2.1-1 制御棒駆動機構 構造図

表 2.1-1 制御棒駆動機構主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
制御棒駆動力の確保	駆動力の確保	ドライブピストン	ステンレス鋼 (SUS304TP, SUS304TP(LC), 17-4PH)
		ピストンチューブ	ステンレス鋼 (ASME SA-312 TPXM-19)
		シリンダチューブ	ステンレス鋼 (SUS304TP(LC))
		アウターチューブ	ステンレス鋼 (SUS304TP(LC) 1/8H)
		コレットピストン	ステンレス鋼 (ASME SA-479 XM-19)
		コレットリテナチューブ	ステンレス鋳鋼 (ASME SA-351 CF3)
		ボール	(消耗品)
	シール	シールリング	(消耗品)
制御棒の位置保持	位置保持	インデックスチューブ	ステンレス鋼 (ASME SA-312 TPXM-19)
		コレットフィンガ	高ニッケル合金 (インコネル X-750)
		コレットスプリング	高ニッケル合金 (インコネル X-750)
制御棒との結合	カップリング	カップリングスパッド	高ニッケル合金 (インコネル X-750)
バウンダリの維持	耐圧	フランジ	ステンレス鋼 (SUSF304(LC))
		取付ボルト	ステンレス鋼 (SUS630)
	シール	Oリング	(消耗品)

表 2.1-2 制御棒駆動機構の使用条件

最高使用圧力	約 8.62 MPa
最高使用温度	302 °C
流 体	純水 (原子炉冷却材)



## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

制御棒駆動機構の機能(制御棒の挿入・引抜きまたはスクラム動作)の達成に必要な項目は以下のとおり。

- ① 制御棒駆動力の確保
- ② 制御棒の位置保持
- ③ 制御棒との結合
- ④ バウンダリの維持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

制御棒駆動機構について、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の材料、構造、使用条件(水質、圧力、温度等)及び現在までの運転経験を考慮し、表 2.2-1 に想定される経年劣化事象を抽出した。

なお、消耗品及び定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

ボール、シールリング、Oリングは消耗品であり、設計時に長期使用せず取替を前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

#### (3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

想定される経年劣化事象のうち主要6事象に該当する事象及び下記①、②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。なお、下記①、②に該当する事象については、2.2.3項に示すとおり、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

- ① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの(日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△)
- ② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象(日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲)

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

#### a. ピストンチューブ、コレットピストン、インデックスチューブの隙間腐食

ピストンチューブ、コレットピストン、インデックスチューブについては、耐摩耗性を向上させるため、窒化処理を施しているが、シールリングとの隙間で窒化層の表面が劣化し、隙間腐食が発生する可能性がある。

ピストンチューブ、コレットピストン、インデックスチューブの隙間腐食については、分解点検時の目視確認により有意な隙間腐食がないことを確認している。また、必要に応じて取替を実施している。

今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### b. ピストンチューブ、アウターチューブ、インデックスチューブ、コレットフィンガの粒界型応力腐食割れ

ピストンチューブ、アウターチューブ、インデックスチューブの材料はオーステナイト系ステンレス鋼、コレットフィンガについては高ニッケル合金が使用されており、応力腐食割れの発生が想定される。

これらの部位は、比較的上部に溶接部があり、内部流体の温度が100℃以上になると考えられ、応力腐食割れが発生する可能性は否定できないが、制御棒駆動機構の分解点検において、目視にて異常がないことを確認している。

また、当面の冷温停止状態においては環境条件として基準としている100℃を超える環境とはならないため、応力腐食割れの発生・進展の可能性はない。

今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- c. ドライブピストン、ピストンチューブ、シリンダチューブ、コレットピストン、コレットリテイナチューブ、インデックスチューブ、コレットフィンガ、カップリングスパッドの摩耗

ドライブピストン、ピストンチューブ、シリンダチューブ、インデックスチューブ、コレットピストンはステンレス鋼、コレットリテイナチューブはステンレス鋳鋼、コレットフィンガ、カップリングスパッドは高ニッケル合金であり、各部の摺動による摩耗の発生が想定される。

ピストンチューブ、コレットピストン、インデックスチューブは表面に耐摩耗性向上のため窒化処理を施したステンレス鋼で製作されており、摺動するシールリング材料より硬い。また、ドライブピストン、シリンダチューブはステンレス鋼であり、シールリング材料より硬い。コレットリテイナチューブはステンレス鋳鋼、コレットフィンガは高ニッケル合金で製作されているが、摺動部について耐摩耗性を向上させた処理（コルモノイ溶射）を施しており、摩耗が発生する可能性は小さい。カップリングスパッドは、制御棒と制御棒駆動機構との結合及び分離の回数が少ないことから、摩耗が発生する可能性は小さい。

さらに、これまでの点検結果から有意な摩耗は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- d. ドライブピストン、シリンダチューブ、フランジ、取付ボルトの粒界型応力腐食割れ

ドライブピストン、シリンダチューブ、フランジ、取付ボルトの材料はオーステナイト系ステンレス鋼が使用されており、応力腐食割れの発生が想定されるが、内部流体が制御棒駆動水圧系からの冷却水で運転温度も 100 °C 以下であり、当面の冷温停止状態においても環境条件として基準としている 100 °C を超える環境にはならないため、応力腐食割れが発生する可能性はない。また、制御棒駆動機構の分解点検において、目視にて異常がないことを確認している。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. コレットスプリングのへたり

コレットスプリングは常時応力がかかった状態で使用されるため、へたりが想定される。

しかし、コレットスプリング使用時のねじり応力は許容ねじり応力以下になるように設定されており、また、コレットスプリングの材料に対する推奨最高使用温度よりも実際の使用温度は低いことから、へたりの進行の可能性は小さい。

さらに、へたりは分解点検時の目視点検及び作動確認等により検知可能であり、これまでの点検結果から有意なへたりは確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- (2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。

表 2.2-1 制御棒駆動機構に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期 取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考
					減 肉		割 れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
制御棒駆動力の 確保	駆動力の確保	ドライブピストン		ステンレス鋼	△			△				*1:隙間腐食 *2:へたり
		ピストンチューブ		ステンレス鋼	△	△*1		△				
		シリンダチューブ		ステンレス鋼	△			△				
		アウターチューブ		ステンレス鋼				△				
		コレットピストン		ステンレス鋼	△	△*1						
		コレットリテイナ チューブ		ステンレス鋳鋼	△							
	ボール	◎										
シール	シールリング	◎										
制御棒の位置 保持	位置保持	インデックスチューブ		ステンレス鋼	△	△*1		△				
		コレットフィンガ		高ニッケル合金	△			△				
		コレットスプリング		高ニッケル合金							△*2	
制御棒との結合	カップリング	カップリングスパッド		高ニッケル合金	△							
バウンダリの 維持	耐圧	フランジ		ステンレス鋼				△				
		取付ボルト		ステンレス鋼				△				
	シール	Ｏリング	◎									

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

以 上

### 3 水圧制御ユニット

[対象機器]

- ① 水圧制御ユニット

## 目 次

1. 対象機器.....	3-1
2. 水圧制御ユニットの技術評価.....	3-2
2.1 構造, 材料及び使用条件.....	3-2
2.1.1 水圧制御ユニット.....	3-2
2.2 経年劣化事象の抽出.....	3-6
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目.....	3-6
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象.....	3-6
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象.....	3-7

## 1. 対象機器

水圧制御ユニットの主な仕様を表 1-1 に示す。

表 1-1 水圧制御ユニットの主な仕様

機 器 名 称 (本数)	重要度*1	使 用 条 件		
		運転状態*2	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)
水圧制御ユニット (185)	MS-1	一時 (一時)	約 15.2	66

\*1：当該機器に要求される重要度の内，最上位の重要度クラスを示す

\*2：上段は冷温停止状態時における運転状態，下段の( )は断続的運転時の運転状態を示す



## 2. 水圧制御ユニットの技術評価

### 2.1 構造, 材料及び使用条件

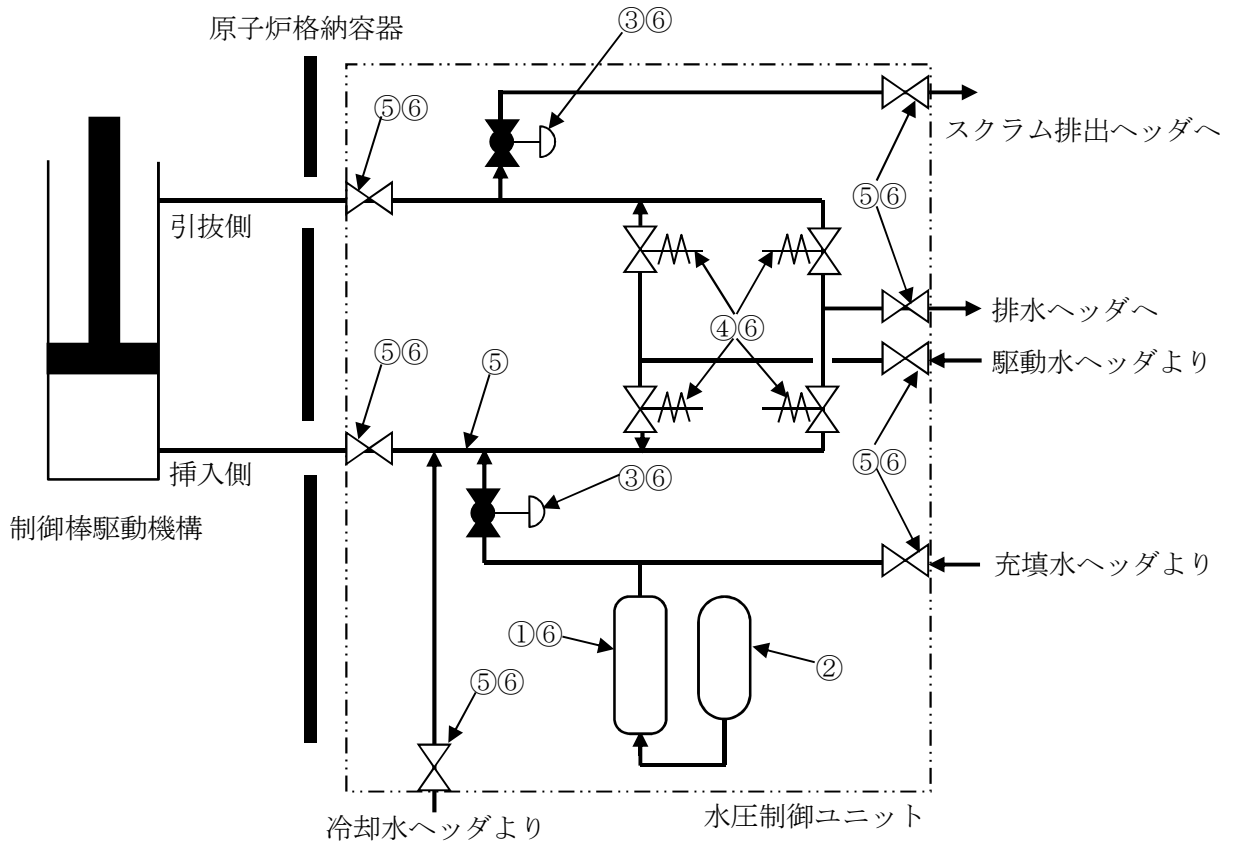
#### 2.1.1 水圧制御ユニット

##### (1) 構造

水圧制御ユニットは, アキュームレータ, 窒素容器, 配管及び弁から構成されている。  
水圧制御ユニットの構成図を図 2.1-1 に, 水圧制御ユニット構造図を図 2.1-2 に示す。

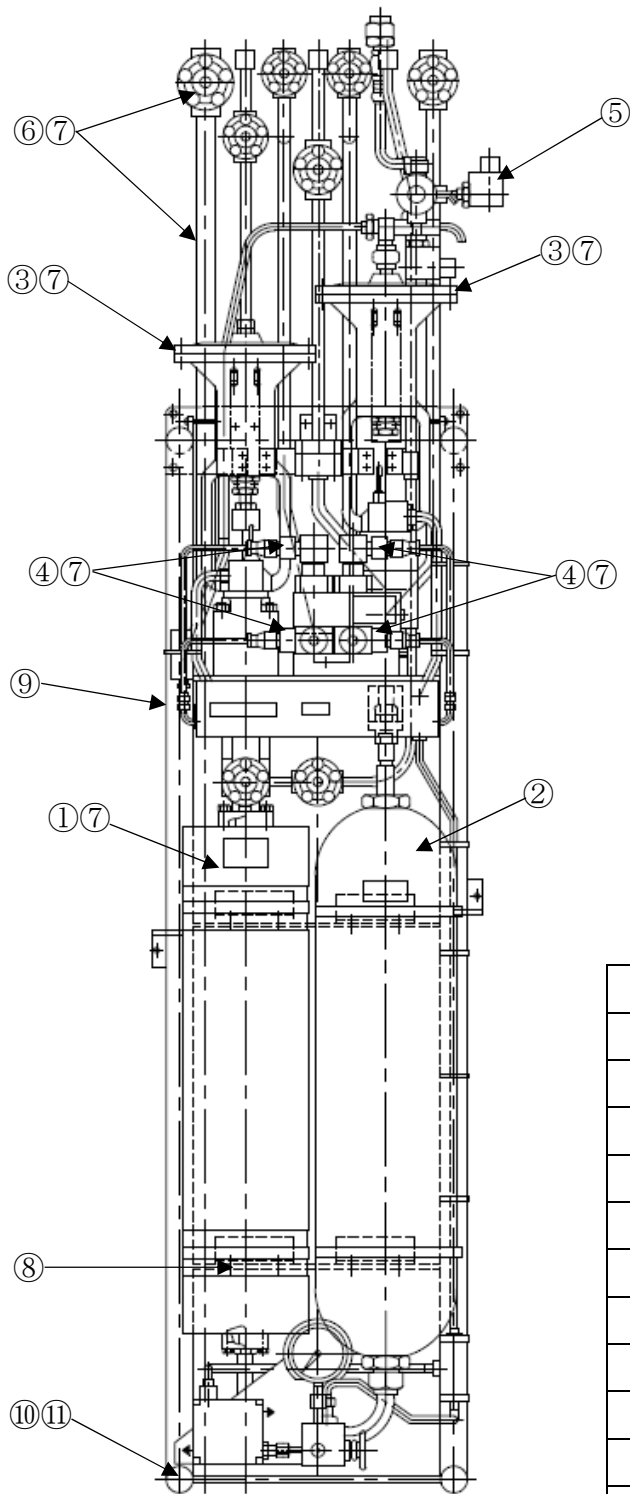
##### (2) 材料及び使用条件

水圧制御ユニット主要部位の使用材料を表 2.1-1 に, 使用条件を表 2.1-2 に示す。



No.	部 位
①	アキュムレータ
②	窒素容器
③	スクラム弁
④	方向制御弁
⑤	配管・弁
⑥	ガスケット, パッキン, Oリング

図 2.1-1 水圧制御ユニット構成図



No.	部 位
①	アキュムレータ
②	窒素容器
③	スクラム弁
④	方向制御弁
⑤	スクラム用パイロット電磁弁
⑥	配管・弁
⑦	ガスケット, パッキン, Oリング
⑧	サポート取付ボルト・ナット
⑨	支持脚
⑩	取付ボルト
⑪	埋込金物

図 2.1-2 水圧制御ユニット構造図

表 2.1-1 水圧制御ユニット主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
原子炉の緊急停止	スクラム機能	アキュームレータ	ステンレス鋼 (SUS304, SUSF304)
		窒素容器	合金鋼 (G8TH)
		スクラム弁	弁箱：ステンレス鋼 (SUS316L) 弁体：ステンレス鋼 (SUS304 (ステライト溶着)) ダイヤフラム：(消耗品)
		方向制御弁	弁箱：ステンレス鋼 (SUSF316) 弁体：(消耗品)
		スクラム用パイロット電磁弁	(定期取替品)
		配管・弁	配管：ステンレス鋼 (SUS316LTP, SUS304) 弁：ステンレス鋼 (SUS316L, SUSF316)
	シール	ガスケット, パッキン, Oリング	(消耗品)
機器の支持	支持	サポート取付ボルト・ナット	低合金鋼 (SCM435)
		支持脚	炭素鋼 (STPT38)
		取付ボルト	低合金鋼 (SCM435)
		埋込金物	炭素鋼

表 2.1-2 水圧制御ユニットの使用条件

最高使用圧力	約 15.2 MPa
最高使用温度	66 °C
内部流体	純水

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

水圧制御ユニットの機能達成に必要な項目は以下のとおり。

- ① 原子炉の緊急停止
- ② 機器の支持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

水圧制御ユニットについて、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の材料、構造、使用条件（水質、圧力、温度等）及び現在までの運転経験を考慮し、表 2.2-1 で示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

なお、消耗品及び定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

スクラム弁のダイヤフラム、方向制御弁の弁体、ガスケット、パッキン、Oリングは消耗品で、スクラム用パイロット電磁弁は定期取替品であり、設計時に長期使用せず取替を前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

#### (3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

想定される経年劣化事象のうち主要 6 事象に該当する事象及び下記①、②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。なお、下記①、②に該当する事象については、2.2.3 項に示すとおり、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

- ① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△）
- ② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲）

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

#### a. 弁棒の疲労割れ

弁棒については、繰り返し荷重を受けることにより疲労割れの発生が想定されるが、弁開閉操作時に弁棒及びバックシート部への過負荷がかからないように適切な操作またはストローク調整を行うこととしており、疲労割れが発生する可能性は小さい。

今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### b. 窒素容器の腐食（全面腐食）

窒素容器は合金鋼のため腐食の発生が想定されるが、外面は防食塗装が施されており、内部流体は窒素であるため腐食が発生する可能性は小さい。

また、分解点検時に目視検査を行い、これまで有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### c. 配管の貫粒型応力腐食割れ

大気中の海塩粒子に含まれる塩化物イオンにより外面から貫粒型応力腐食割れ（TGSCC）が発生する可能性がある。

なお、福島第一3号炉において、制御棒駆動水圧系配管に塩分に起因するTGSCCが発生した事例がある。

TGSCCに対しては、点検可能なステンレス鋼配管について、目視点検及び塩分量測定による環境調査を行い、基準値（70 mgCl/m<sup>2</sup>）の付着塩分量を超えた箇所について配管表面の清掃及び浸透探傷検査を実施することとしている。

なお、これまでの目視点検及び付着塩分量測定からは、異常のないこと及び付着塩分量が基準値以下であることを確認しており、その後の定期検査にて計画的に点検を実施している。

今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. 配管の粒界型応力腐食割れ

水圧制御ユニット配管は、内部流体が 100℃未満であることから、粒界型応力腐食割れ (IGSCC) が発生する可能性は小さい。

今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. サポート取付ボルト・ナットの腐食 (全面腐食)

サポート取付ボルト・ナットは低合金鋼であることから腐食が発生する可能性があるが、目視による確認により腐食の発生が把握でき、これまでに有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f. 支持脚の腐食 (全面腐食)

支持脚は炭素鋼であり腐食の発生が想定されるが、大気接触部は防食塗装を施し腐食を防止している。

また、機器の点検時に外観確認を実施しており、これまでに有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

g. 埋込金物の腐食 (全面腐食)

埋込金物は炭素鋼であるため、腐食が発生する可能性は否定できないが、大気接触部は防食塗装を施しており、必要に応じて補修を行っていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、コンクリート埋設部については、コンクリートが中性化した場合に腐食が想定されるが、実機コンクリートにおけるサンプリング結果では中性化はほとんど見られておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

h. 取付ボルトの腐食 (全面腐食)

取付ボルトは低合金鋼であり腐食の発生が想定されるが、外気接触部は防食塗装を施しており、腐食が発生する可能性は小さい。

また、これまでの点検結果から有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

i. アキュームレータの摩耗

アキュームレータはピストンと摺動し摩耗の発生が想定されるが、アキュームレータのピストンとの摺動部にはOリングを取り付けており、直接接触により摩耗することはない。

また、これまでの点検結果からも有意な摩耗は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

j. スクラム弁のスプリングのへたり

スプリングは常時応力がかかった状態で使用されるため、へたりが想定されるが、スプリング使用時のねじり応力が許容ねじり応力以下になるように設定されており、さらにスプリングの材料に対する推奨最高使用温度よりも実際の使用温度は低いことから、へたりの進行の可能性は小さい。

また、へたりは分解点検時に目視点検及び作動確認を実施していくことで検知可能であり、これまでの点検結果からも有意なへたりは確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- (2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。



表 2.2-1 水圧制御ユニットに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
原子炉の 緊急停止	スクラム 機能	アキュームレータ		ステンレス鋼	△						*1:スプリングの へたり *2:配管の粒界 型応力腐食 割れ *3:配管の塩化 物による貫 粒型応力腐 食割れ *4:弁棒の疲労 割れ *5:ダイヤフラム *6:弁体	
		窒素容器		合金鋼		△						
		スクラム弁	◎*5	ステンレス鋼			△*4			△*1		
		方向制御弁	◎*6	ステンレス鋼								
		スクラム用パイロット電磁弁	◎									
		配管・弁		ステンレス鋼			△*4	△*2△*3				
	シール	ガスケット, パッキン, Oリング	◎									
機器の支持	支持	サポート取付ボルト・ ナット		低合金鋼		△						
		支持脚		炭素鋼		△						
		取付ボルト		低合金鋼		△						
		埋込金物		炭素鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化事象）

以 上

## 4 非常用ディーゼル機関

[対象設備]

- 4.1 非常用ディーゼル機関本体
- 4.2 非常用ディーゼル機関付属設備

非常用ディーゼル機関の部位は、本体及び付属設備に大きく分かれ、形式等でグループ化すると2個のグループに分類されるため、ここでは、これらについての技術評価を行う。

4.1 非常用ディーゼル機関本体

4.2 非常用ディーゼル機関付属設備

## 4. 1 非常用ディーゼル機関本体

[対象機器]

- ① 非常用ディーゼル機関（A, B号機）
- ② HPCS ディーゼル機関

## 目 次

1. 対象機器及び代表機器の選定 .....	4. 1-1
1.1 グループ化の考え方及び結果 .....	4. 1-1
1.2 代表機器の選定 .....	4. 1-1
2. 代表機器の技術評価 .....	4. 1-2
2.1 構造, 材料及び使用条件 .....	4. 1-2
2.1.1 HPCS ディーゼル機関 .....	4. 1-2
2.2 経年劣化事象の抽出 .....	4. 1-7
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目 .....	4. 1-7
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 .....	4. 1-7
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 .....	4. 1-8
3. 代表機器以外への展開 .....	4. 1-21
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 .....	4. 1-21
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 .....	4. 1-21

1. 対象機器及び代表機器の選定

1.1 グループ化の考え方及び結果

非常用ディーゼル機関の主な仕様を表 1-1 に示す。

1.2 代表機器の選定

非常用ディーゼル機関には非常用ディーゼル機関（A，B号機）及びHPCSディーゼル機関があるが，最高爆発圧力の観点から，HPCSディーゼル機関を代表機器とする。

表 1-1 非常用ディーゼル機関の主な仕様

機器名称 (基数)	選定基準			選定	選定理由	
	重要度*1	使用条件				仕様 (機関出力×回転速度)
		運転 状態*4	最高 爆発圧力			
非常用ディーゼル機関 (A，B号機) (2)	MS-1	一時*2 (一時*2)	約 9.3 MPa	6,950 kW×500 rpm (9,450 ps)	最高 爆発圧力	
HPCS*3ディーゼル機関 (1)	MS-1	一時*2 (一時*2)	約 13.7 MPa	3,861 kW×1000 rpm (5,250 ps)		◎

\*1：最上位の重要度を示す

\*2：通常は待機，定期的（1回あたりの運転時間：約1時間，年間の運転回数：約20回，年間の運転時間：約20時間）に定例試験を実施

\*3：高圧炉心スプレイ系

\*4：上段は冷温停止状態時における運転状態，下段の（ ）は断続的運転時の運転状態を示す

## 2. 代表機器の技術評価

### 2.1 構造, 材料及び使用条件

#### 2.1.1 HPCS ディーゼル機関

##### (1) 構造

HPCS ディーゼル機関は, 出力 3,861 kW, 回転速度 1000 rpm の 4 サイクルたて形 18 気筒ディーゼル機関 (排気タービン式の過給機付) であり, 1 基設置されている。

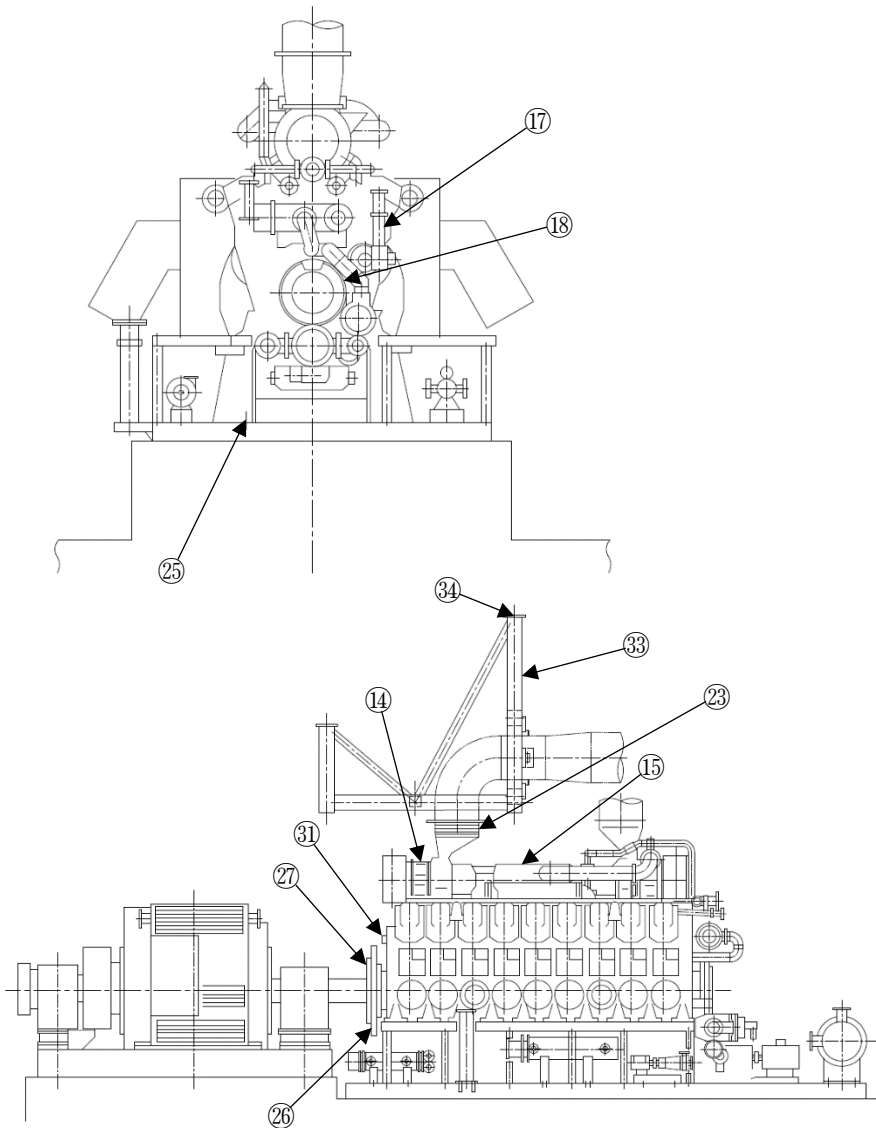
ディーゼル機関の主要部位としては,

- ① 燃料噴射ポンプ及び燃料弁等の燃料系統に属する部位
- ② ピストン, 接続棒及びクランク軸等の熱エネルギーを運動エネルギーに変換し伝達するための部位
- ③ 排気弁及び吸気弁とこれらを駆動する部位としてカム, カム軸及び動弁装置と過給機及び空気冷却器等からなる給・排気系統に属する部位
- ④ 始動弁等, ディーゼル機関起動のための部位
- ⑤ シリンダヘッド, シリンダライナ, シリンダヘッドボルト及びクランクケース等のシリンダ内の爆発圧力を保持する部位
- ⑥ 调速装置等のディーゼル機関の出力を調節するための部位
- ⑦ 主軸受メタル等の軸支持部位
- ⑧ 排気ガスを排気するための部位

HPCS ディーゼル機関の構造図を図 2.1-1 に示す。

##### (2) 材料及び使用条件

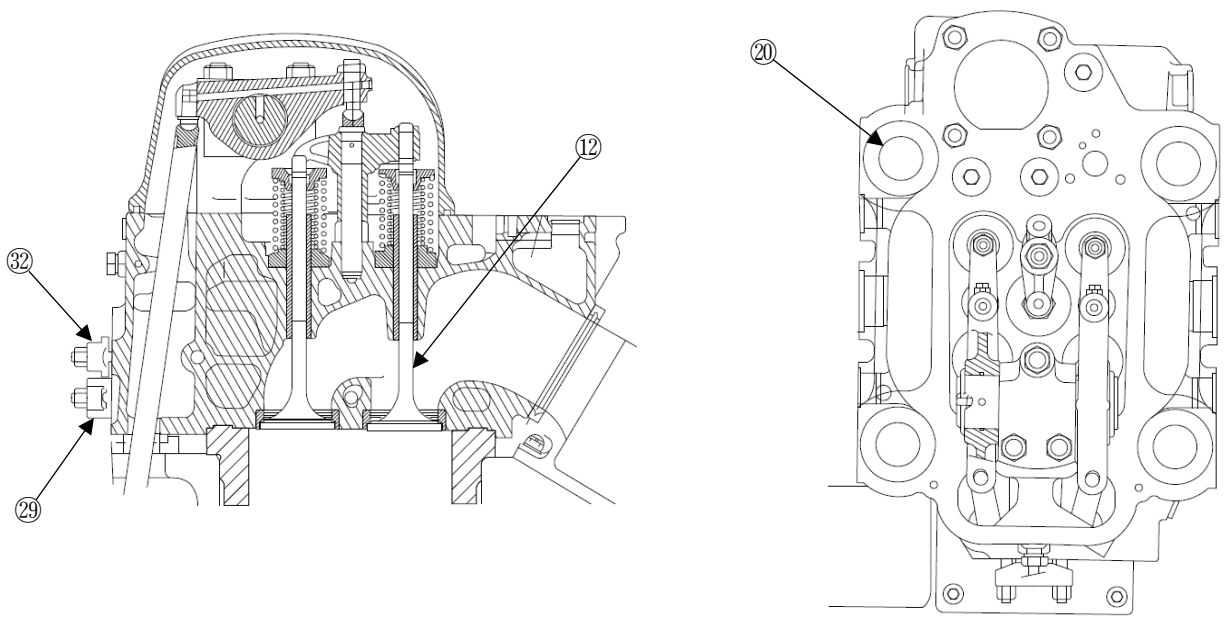
HPCS ディーゼル機関主要部位の使用材料を表 2.1-1 に, 使用条件を表 2.1-2 に示す。



No.	部 位	No.	部 位
①	燃料弁	⑱	主軸受メタル
②	燃料噴射ポンプ	⑲	シリンダヘッド
③	ピストン	⑳	シリンダヘッドボルト
④	ピストンピン	㉑	シリンダライナ
⑤	ピストンピンメタル	㉒	排気管
⑥	ピストンリング	㉓	伸縮継手
⑦	連接棒	㉔	クランクケース
⑧	クランクピンボルト	㉕	基礎ボルト
⑨	クランクピンメタル	㉖	はずみ車
⑩	クランク軸	㉗	カップリングボルト
⑪	カム, ローラ, カム軸	㉘	クランク室安全弁
⑫	吸気弁	㉙	シリンダ安全弁
⑬	排気弁	⑳	歯車各種
⑭	過給機	㉑	空気分配弁
⑮	空気冷却器	㉒	始動弁
⑯	動弁装置	㉓	排気管サポート
⑰	调速・制御装置	㉔	埋込金物

図 2.1-1 (1/2) HPCS ディーゼル機関構造図





シリンダヘッド上面より

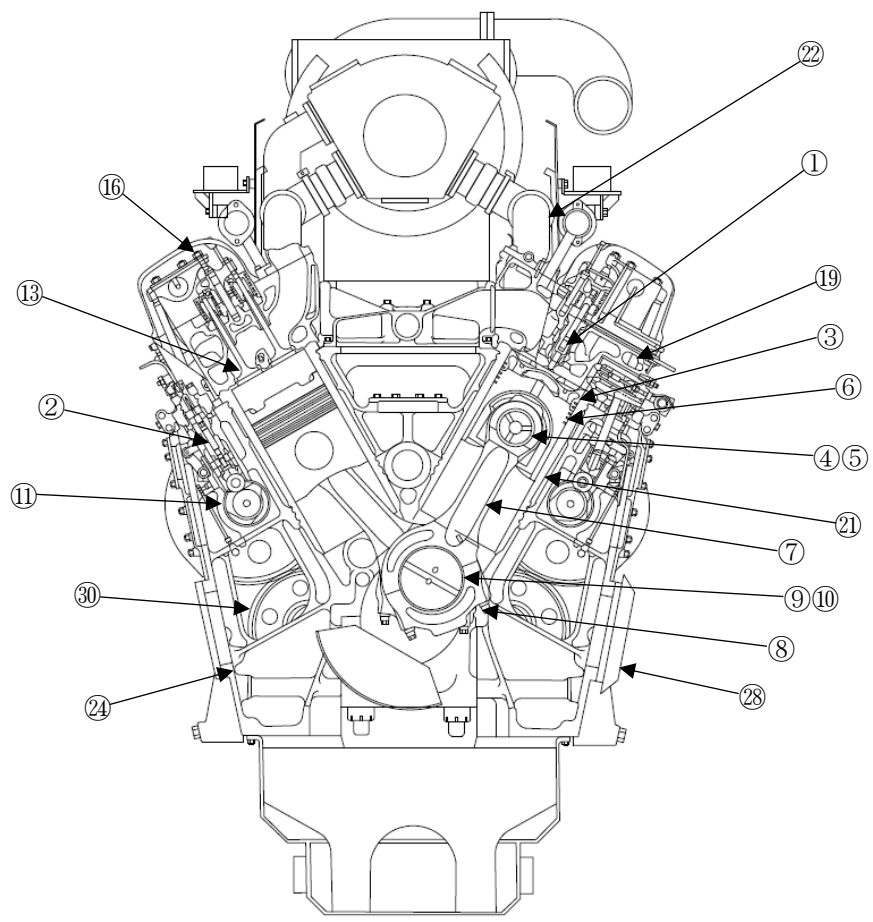


図 2.1-1 (2/2) HPCS ディーゼル機関構造図

表 2.1-1 (1/2) HPCS ディーゼル機関主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位		材 料
発電機駆動機能の確保	エネルギー変換	燃料噴射ポンプ	ポンプ	鋳鉄 他
			ポンプケーシング	鋳鉄 (FC25)
			ポンプデフレクタ	低合金鋼
		燃料弁	弁	低合金鋼 (SCM440, SNCM420)
			スプリング	線材* (SWOSC-V)
		ピストン		低合金鋼 (SCM440) , アルミニウム合金鍛造品 (A4032FD-T7)
		ピストンピン		低合金鋼 (SNCM420)
		ピストンリング		特殊鋳鉄
		ピストンピンメタル		炭素鋼+銅合金 (S10C+LBC3)
		始動弁	弁	耐熱鋼 (SUH3)
			ケース	アルミニウム青銅鑄造 (ALBC3)
		空気分配弁	弁	銅合金 (PBC3)
			ケース	鋳鉄 (FCD40)
		エネルギー伝達	クランク軸	
	クランクピンメタル		(消耗品)	
	連接棒		低合金鋼 (SCM435)	
	クランクピンボルト		(定期取替品)	
	カップリングボルト		炭素鋼 (S45C)	
	歯車各種		炭素鋼 (S45C) , 低合金鋼 (SCM421, SCM435)	
	はずみ車		炭素鋼 (S45C)	
	エネルギー交換	吸気弁	弁	耐熱鋼+シート盛金材 (SUH3+Ni60)
			スプリング	線材* (SWOSC-V)
		排気弁	弁	耐熱鋼+シート盛金材 (SUH3+ステライト 12)
			スプリング	線材* (SWOSC-V)
		過給機	ケーシング	鋳鉄 (M-GD(Cu, Cr 入り)) , アルミニウム合金鑄物 (AC4A-F)
			ロータ	耐熱鋼 (H46)
			ノズル	ステンレス鋼 (SUS321) , ステンレス鑄鋼 (SCS13)

\*: 弁ばね用シリコンクロム鋼オイルテンパー線

表 2.1-1 (2/2) HPCS ディーゼル機関主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料	
発電機駆動機能の確保	エネルギー交換	空気冷却器	水室	炭素鋼 (SM41B)
			伝熱管	銅合金 (C7060T, C1020R)
		カム, ローラ, カム軸		低合金鋼 (SNCM415, SNCM420), クロム鋼
		動弁装置		鋳鉄 (FCD45), 低合金鋼 (SCM430, SNC815)
	エネルギー調節	調速・制御装置		鋳鉄 (FC15, FC20, FC25, FCD45), 炭素鋼 (SS41), 銅合金 (BC3)
	軸支持	主軸受メタル		(消耗品)
	爆発力の維持	シリンダヘッド		鋳鉄 (FCD50)
		シリンダライナ		特殊鋳鉄
		シリンダヘッドボルト		低合金鋼 (SCM435)
	排気系	伸縮継手		ステンレス鋼 (SUS304)
		排気管		鋳鉄 (FC25)
	その他	シリンダ安全弁		ステンレス鋼 (SUS304WPB), 鋳鉄 (FCD45, FC25)
		クランク室安全弁		(定期取替品)
		パッキン, ガスケット		(消耗品)
機器の支持	支持	クランクケース		鋳鉄 (FCD50)
		埋込金物		炭素鋼
		基礎ボルト		炭素鋼 (S45C)
		排気管サポート		炭素鋼

表 2.1-2 HPCS ディーゼル機関の使用条件

機関出力	3,861 kW (5,250 ps)
回転速度	1,000 rpm
最高爆発圧力	約 13.7 MPa
使用燃料油	軽油

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

HPCS ディーゼル機関は、シリンダ内に燃料油と圧縮空気を投入し、燃焼・膨張エネルギーでピストンを往復運動させてクランク軸にて回転運動に変換し、非常時の電源供給源である発電機を駆動させるものである。この機能の達成に必要な項目は以下のとおり。

- ① 発電機駆動機能の確保
- ② 機器の支持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

HPCS ディーゼル機関について、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の材料、構造、使用条件（内部流体、圧力、温度等）及び現在までの運転経験等を考慮し、表 2.2-1 に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

なお、消耗品及び定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

パッキン、ガスケット、クランクピンメタル及び主軸受メタルは消耗品、クランクピンボルト及びクランク室安全弁は定期取替品であり、設計時に長期使用せず取替を前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

#### (3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

想定される経年劣化事象のうち主要 6 事象に該当する事象及び下記①、②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。なお、下記①、②に該当する事象については、2.2.3 項に示すとおり、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

- ① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△）
- ② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲）

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

a. シリンダヘッド（冷却水側），シリンダライナ（冷却水側）及び過給機ケーシング（冷却水側）の腐食（全面腐食）

シリンダヘッド，シリンダライナ及び過給機ケーシングは鋳鉄，特殊鋳鉄またはアルミニウム合金鋳物であり，冷却水側は高温の燃焼ガスによる過熱を防止するため，純水を通水していることから，接液部に腐食が発生する可能性があるが，シリンダヘッド，シリンダライナ及び過給機ケーシングの冷却水通路は分解点検時に目視点検を実施しており，これまでの点検結果から有意な腐食は確認されていない。

今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. 基礎ボルトの腐食（全面腐食）

基礎ボルトの腐食については，「10 基礎ボルト」にて評価を実施するものとし，本評価書には含めていない。

c. 燃料噴射ポンプの摩耗

燃料噴射ポンプは，プランジャをバレル内で上下運動させることにより，燃料油を加圧し，燃料弁へ送油するため，摺動部であるプランジャとバレルに摩耗の発生が想定されるが，摺動部には耐摩耗性向上のため表面焼入れ処理が施されていることから，摩耗が発生する可能性は小さい。

また，本機関の運転時間は年間約 20 時間と非常に短く，これまでの点検結果からも有意な摩耗は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. 燃料弁の摩耗

燃料弁は，燃料噴射ポンプより送油された燃料油を高圧で燃焼室内に噴霧する動作を繰り返すため，可動部に摩耗の発生が想定されるが，可動部には耐摩耗性の高い材料を使用しており，これまでの点検時の噴霧テストにおいても，摩耗による噴霧機能の低下の兆候は確認されていない。

また，本機関の運転時間は年間約 20 時間と非常に短く，これまでの点検結果からも有意な摩耗は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. ピストン及びピストンリングの摩耗

ピストン及びピストンリングは、ディーゼル機関運転中のシリンダ内での往復動による摩耗の発生が想定されるが、ピストンはピストンリングとシリンダライナが接触する構造のため、ピストン本体の摩耗が発生する可能性は小さい。

また、ピストンリングは接触するシリンダライナに潤滑油が供給されており、本機関の運転時間は年間約 20 時間と非常に短いことから、摩耗が発生する可能性は小さい。

さらに、これまでの分解点検時の目視点検及び寸法測定の結果からも有意な摩耗は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f. ピストンピン、ピストンピンメタル及びシリンダライナの摩耗

ピストンピンはピストン及びピストンピンメタルに固定されておらず、半径方向・軸方向ともに隙間があるため、ディーゼル機関運転中において回転摺動による摩耗の発生が想定されるが、ピストンピン表面には耐摩耗性向上のため表面焼入れ処理が施され、常時潤滑油が供給されており、ピストンメタル及びシリンダライナにも潤滑油が供給されていることから、摩耗が発生する可能性は小さい。

また、本機関の運転時間は年間約 20 時間と非常に短く、これまでの点検結果からも有意な摩耗は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

g. 始動弁及び空気分配弁の摩耗

始動弁及び空気分配弁は、シリンダヘッドに圧縮空気を投入する際に可動部の金属接触・摺動による摩耗の発生が想定されるが、本機関の起動回数は年間約 20 回と非常に少ないことから、摩耗が発生する可能性は小さい。

また、これまでの目視点検の結果からも有意な摩耗は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

h. クランク軸の摩耗

クランク軸はクランクピンメタルを介して連接棒と結合されており、ピストンの爆発圧力による荷重が伝達されて回転するため、摩耗の発生が想定されるが、クランク軸は耐摩耗性の高い材料を使用しており、潤滑油が供給されていることから、摩耗が発生する可能性は小さい。

また、本機関の運転時間は年間約 20 時間と非常に短く、これまでの分解点検からも有意な摩耗は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

i. 動弁装置及び歯車各種の摩耗

動弁装置は、カムの揚程差による上下運動をローラ、押し棒及び揺れ腕等の部位によって吸・排気弁に伝達するため、可動部は摺動による摩耗の発生が想定されるが、可動部には常時潤滑油が供給されていることから、摩耗が発生する可能性は小さい。

また、歯車各種は、クランク軸の動力をカム軸等に伝えているため、摺動に伴う摩耗の進行が想定されるが、すべて潤滑油雰囲気下であることから、摩耗が進行する可能性は小さい。

さらに、本機関の運転時間は年間約 20 時間と非常に短く、これまでの点検結果からも有意な摩耗は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

j. 吸気弁（弁棒、弁案内）、排気弁（弁棒、弁案内）及びシリンダヘッド（シート部）の摩耗

吸気弁は機関 2 回転に 1 回上下運動し燃焼室内に燃焼空気を流入させるもので、排気弁は動弁装置によって機関 2 回転に 1 回上下運動し、燃焼室内の排気ガスを排気管に流出させるものである。

このため、弁棒と弁案内については摺動による摩耗の発生、また、弁シート部とシリンダヘッド（シート部）については金属接触による摩耗の発生が想定され、摩耗が進行した場合、吸・排気弁シート部に漏えいが生じ、燃焼室内の気密を保つことができなくなる可能性がある。

しかし、これまでの分解点検時の目視点検及び寸法測定の結果からも有意な摩耗は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

k. 過給機ノズル及び過給機ロータの摩耗

シリンダより排出された高温ガスは排気管により過給機に導入され、過給機ノズル（タービンノズル）により偏流され、タービンブレードに有効なガス流を発生させブローを駆動するトルクを得ている。

このため、過給機ノズル（タービンノズル）には未燃のカーボン等の微細な粒子を含んだ排気ガスが超高速で衝突することになり、ブレードに摩耗の発生が想定されるが、本機関の運転時間は年間約 20 時間と非常に短く、また、過給機ロータは潤滑油環境下にあることから、摩耗が発生する可能性は小さい。

さらに、これまでの目視点検の結果からも有意な摩耗は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

1. カム、ローラ及びカム軸の摩耗

各カムはそれぞれローラを上下に駆動させることによって、吸・排気弁を開閉し、燃料噴射ポンプを駆動する。

このため、各カム及びローラの表面には摩耗の発生が想定されるが、各カムの表面及びローラ表面には、耐摩耗性向上のため表面焼入れ処理を施しており、カムとローラには常時潤滑油が供給されていることから、摩耗が発生する可能性は小さい。

また、本機関の運転時間は年間約 20 時間と非常に短く、これまでの点検結果からも有意な摩耗は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

m. 燃料噴射ポンプケーシングの腐食（キャビテーション）及びデフレクタの腐食（エロージョン）

燃料噴射ポンプ内でキャビテーションが発生すると、ケーシングにエロージョンの発生が想定されるが、デフレクタを設置することによりケーシングを保護しているため、ケーシングにエロージョンが発生する可能性は小さい。

また、デフレクタのエロージョンが進行すると微少な金属片が発生し、プランジヤの固着や燃料弁の詰まりが想定されるが、デフレクタには耐エロージョン性向上のため表面焼入れ処理が施されていることから、微少な金属片が発生する可能性は小さい。

さらに、本機関の運転時間は年間約 20 時間と非常に短く、これまでの点検結果からも有意なエロージョンの発生は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

n. ピストン（頂部）、シリンダヘッド（燃焼側）、シリンダライナ（燃焼側）、排気弁、過給機ケーシング（排気側）、過給機ノズル及び排気管（内側）の腐食（全面腐食）

ディーゼル機関の燃料油には硫黄分が含まれているため、排気ガス中の三酸化硫黄と凝縮水とが反応して生じる硫酸により、ピストン、シリンダヘッド、シリンダライナ、排気弁、過給機ケーシング、過給機ノズル及び排気管に腐食の発生が想定される。

しかし、本ディーゼル機関の使用燃料である軽油の硫黄分は少なく（0.001 %以下）、排気ガス中の三酸化硫黄の露点（硫黄分 0.5 %の場合約 100 °C）に対し、排気ガス温度（約 450 °C）は十分に高いことから、硫酸が生成される可能性は小さい。

また、これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。



o. 空気冷却器水室の腐食（全面腐食）

空気冷却器水室は炭素鋼であり，腐食の発生が想定されるが，内部流体は防錆剤入り純水であることから，腐食が発生する可能性は小さい。

また，これまでの開放点検時の目視点検の結果からも有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

p. 空気冷却器伝熱管の腐食（全面腐食）

空気冷却器伝熱管は銅合金であり，腐食の発生が想定されるが，内部流体は防錆剤入り純水であることから，腐食が発生する可能性は小さい。

また，これまでの目視点検の結果からも有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

q. 排気管（外側），はずみ車，シリンダヘッドボルト，カップリングボルト，クランクケース及び排気管サポートの腐食（全面腐食）

排気管（外側），はずみ車，シリンダヘッドボルト，カップリングボルト，クランクケース及び排気管サポートは炭素鋼，低合金鋼または鋳鉄であり，腐食の発生が想定されるが，大気接触部は防食塗装を施しており，必要に応じて補修塗装を行うこととしているため，腐食が発生する可能性は小さい。

また，これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

r. 埋込金物の腐食（全面腐食）

埋込金物は炭素鋼であり，腐食の発生が想定されるが，大気接触部は防食塗装を施しており，必要に応じて補修塗装を行うこととしているため，腐食が発生する可能性は小さい。

また，コンクリート埋設部については，コンクリートが中性化した場合に腐食の発生が想定されるが，実機コンクリートにおけるサンプリング結果では中性化は殆ど確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- s. シリンダヘッド，シリンダライナ，クランクケース，吸・排気弁，吸・排気弁スプリング，ピストン，燃料弁，燃料弁スプリング及び過給機ロータの高サイクル疲労割れ

シリンダヘッド，シリンダライナ，クランクケース，吸・排気弁，ピストン及び燃料弁には，ディーゼル機関運転中の爆発圧力荷重による繰り返し応力が生じる。

吸・排気弁スプリング及び燃料弁スプリングには，予圧縮による静荷重応力及びディーゼル機関運転中の各弁の動作による繰り返し圧縮による変動応力が生じる。

過給機ロータのタービン翼埋め込み部には，ディーゼル機関運転中のタービン翼の高速回転による遠心力及び翼振動による変動応力が生じる。

これらの部位には応力変動による疲労が蓄積され，高サイクル疲労割れの発生が想定されるが，高サイクル疲労は設計上考慮されていることから，高サイクル疲労割れが発生する可能性は小さい。

また，これまでの点検結果からも割れは確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- t. ピストン，シリンダライナ及びシリンダヘッドの低サイクル疲労割れ

ピストン，シリンダライナ及びシリンダヘッドには，ディーゼル機関の起動・停止に伴う繰り返し熱応力により疲労が蓄積され，低サイクル疲労割れの発生が想定されるが，これらの部位に発生する応力は疲労限以下になるように設計されていることから，低サイクル疲労割れが発生する可能性は小さい。

また，これまでの点検結果からも割れは確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- u. ピストンピンの高サイクル疲労割れ

ピストンピンにはディーゼル機関運転中の爆発圧力による繰り返し曲げ応力により疲労が蓄積され，高サイクル疲労割れの発生が想定されるが，高サイクル疲労割れは設計上考慮されていることから，高サイクル疲労割れが発生する可能性は小さい。

また，これまでの点検結果からも割れは確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

v. クランク軸の高サイクル疲労割れ

クランク軸にはディーゼル機関運転中に生じるねじり応力、爆発圧力による曲げ応力により疲労が蓄積され、高サイクル疲労割れの発生が想定されるが、高サイクル疲労割れは設計上考慮されていることから、高サイクル疲労割れが発生する可能性は小さい。

また、これまでの点検結果からも割れは確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

w. 接続棒の高サイクル疲労割れ

接続棒には、ディーゼル機関運転中に生じる往復・回転慣性力による繰り返し引張応力、さらに爆発応力による圧縮応力により疲労が蓄積され、高サイクル疲労割れの発生が想定されるが、高サイクル疲労割れは設計上考慮されていることから、高サイクル疲労割れが発生する可能性は小さい。

また、これまでの点検結果からも割れは確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

x. シリンダヘッドボルトの高サイクル疲労割れ

シリンダヘッドボルトにはディーゼル機関運転中に生じる繰り返し引張応力により疲労が蓄積され、高サイクル疲労割れの発生が想定されるが、高サイクル疲労は設計上考慮されていることから、高サイクル疲労割れが発生する可能性は小さい。

また、これまでの点検結果からも割れは確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

y. 伸縮継手の疲労割れ

伸縮継手は機関運転時の排気管の熱膨張を吸収し、排気管等に外力が負荷されないように排気管系に設置している。

このため、伸縮継手は繰り返し変位を受けることで、疲労割れの発生が想定されるが、伸縮継手はこれらの変位を考慮して設計されていることから、疲労割れが発生する可能性は小さい。

また、これまでの点検結果からも割れは確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

z. 燃料弁スプリング，吸・排気弁スプリング及びシリンダ安全弁のスプリングのへたり

燃料弁スプリング，吸・排気弁スプリング及びシリンダ安全弁のスプリングは，常時応力が作用した状態で使用されるため，スプリングのへたりが想定されるが，スプリング使用時のねじり応力は許容ねじり応力以下になるように設定されている。

また，スプリングの材料に対する推奨最高使用温度よりも実際の使用温度は低いことから，へたりが進行する可能性は小さい。

燃料弁スプリングについては噴射テスト，吸・排気弁スプリング及びシリンダ安全弁のスプリングについては，分解点検時の目視点検及び作動確認にて検知可能であり，これまでの点検結果からも有意なへたりは確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

aa. ピストン，シリンダヘッド及びシリンダライナのカーボン堆積

ピストン，シリンダヘッド及びシリンダライナの爆発面は，カーボンを主とする燃焼残渣物が堆積すると燃焼不完全等の発生が想定されるが，本機関の運転時間は年間約 20 時間と非常に短いことから，有意なカーボン堆積が発生する可能性は小さい。

また，これまでの分解点検の結果からも有意なカーボンの堆積は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

ab. 過給機ケーシング・ロータ・ノズル及び排気管のクリープ

過給機ケーシング・ロータ・ノズル及び排気管は，排気温度が約 450 ℃と高温であるため，クリープによる変形・破断の発生が想定されるが，過給機はクリープを起こす応力が発生しないように設計上考慮されており，排気管に発生する応力は伸縮継手により吸収されることから，クリープによる変形・破断が発生する可能性は小さい。

また，これまでの点検結果からもクリープによる変形，破断は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

ac. 伸縮継手のクリープ

伸縮継手は排気温度が約 450 °C と高温であるため、クリープによる変形・破断の発生が想定されるが、通常運転状態での当該材料におけるクリープ破断に至る時間が 100,000 時間以上であることに対して、本機関の運転時間は年間約 20 時間であり、運転開始後 40 年時点での累積運転時間は 800 時間程度と非常に短いことから、これらの材料がクリープ破断を起こす可能性は小さい。

また、これまでの点検結果からもクリープによる変形・破断は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

ad. 調速・制御装置の性能低下

調速・制御装置はディーゼル機関の発電負荷が変化した場合に、その機関回転数の変化を感知し、ある規定回転数となるように機関に投入する燃料量を調整している。

このため、調速・制御装置は摺動等による摩耗及び潤滑油の変質、異物の付着による摩擦増加等が進行することで、性能低下（動作不良）の発生が想定される。

しかし、本機関の運転時間は年間約 20 時間と非常に短く、調速機本体の分解点検及び制御装置の摺動抵抗計測、定例試験時の作動確認により、調速・制御装置の性能低下に対する健全性の確認を行っており、これまでの点検結果からも有意な摩耗は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

a. カップリングボルトの疲労割れ

ディーゼル機関と発電機を結合するカップリング部は、カップリングにはずみ車を挟み、ボルトで結合されているため、機関起動時にカップリングボルト部の応力が大きくなり、疲労割れの発生が想定されるが、本機関の起動停止回数は年間約 20 回と非常に少ないことから、疲労割れが発生する可能性は小さい。

今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

表 2.2-1 (1/3) HPCS ディーゼル機関に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期 取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
発電機駆動 機能の確保	エネルギー 変換	燃料噴射ポンプ		鋳鉄他	△						*1：キャビテーション *2：エロージョン *3：高サイクル疲労割れ *4：低サイクル疲労割れ *5：スプリングのへたり *6：頂部 *7：カーボン堆積	
		燃料噴射ポンプケーシング		鋳鉄		△*1						
		燃料噴射ポンプデフレクタ		低合金鋼		△*2						
		燃料弁		低合金鋼	△		△*3					
		燃料弁スプリング		線材			△*3			△*5		
		ピストン		低合金鋼, アルミニウム合金 鍛造品	△	△*6	△*3*4			△*7		
		ピストンピン		低合金鋼	△		△*3					
		ピストンリング		特殊鋳鉄	△							
		ピストンピンメタル		炭素鋼, 銅合金	△							
		始動弁		耐熱鋼, アルミニ ウム青銅鑄造	△							
		空気分配弁		銅合金, 鋳鉄	△							
	エネルギー 伝達	クランク軸		合金鋼	△		△*3					
		クランクピンメタル	◎									
		連接棒		低合金鋼			△*3					
		クランクピンボルト	◎									
		カップリングボルト		炭素鋼		△	▲					
		歯車各種		炭素鋼, 低合金鋼	△							
はずみ車		炭素鋼		△								

△：高経年対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表 2.2-1 (2/3) HPCS ディーゼル機関に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期 取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
発電機駆動 機能の確保	エネルギー 交換	吸気弁		耐熱鋼, シート盛金材	△*1		△*2				*1: 弁棒, 弁案内 *2: 高サイクル疲労割れ *3: スプリングのへたり *4: 冷却水側 *5: 排気側 *6: クリーブ *7: 性能低下 *8: シート部 *9: 燃焼側 *10: 低サイクル疲労割れ *11: カーボン堆積	
		排気弁		耐熱鋼, シート盛金材	△*1	△	△*2					
		吸・排気弁スプリング		線材			△*2			△*3		
		過給機ケーシング		鋳鉄, アルミニウム合金鋳物		△*4 △*5				△*6		
		過給機ロータ		耐熱鋼	△		△*2			△*6		
		過給機ノズル		ステンレス鋼, ステンレス鋳鋼	△	△				△*6		
		空気冷却器水室		炭素鋼		△						
		空気冷却器伝熱管		銅合金		△						
		カム, ローラ, カム軸		低合金鋼, クロム鋼	△							
		動弁装置		鋳鉄, 低合金鋼	△							
	エネルギー 調節	調速・制御装置		鋳鉄, 炭素鋼, 銅合金						△*7		
	軸支持	主軸受メタル	◎									
	爆発力の 維持	シリンダヘッド		鋳鉄	△*8	△*4 △*9	△*2*10			△*11		
		シリンダライナ		特殊鋳鉄	△	△*4 △*9	△*2*10			△*11		
シリンダヘッドボルト			低合金鋼		△	△*2						

△: 高経年対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 (日常劣化管理事象)



表 2.2-1 (3/3) HPCS ディーゼル機関に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期 取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
発電機駆動 機能の確保	排気系	伸縮継手		ステンレス鋼			△				△*1	*1：クリープ *2：外側 *3：内側 *4：スプリングのへたり *5：高サイクル疲労割れ
		排気管		鋳鉄		△*2*3					△*1	
	その他	シリンダ安全弁		ステンレス鋼, 鋳鉄							△*4	
		クランク室安全弁	◎									
		パッキン, ガスケット	◎									
機器の支持	支持	クランクケース		鋳鉄		△	△*5					
		基礎ボルト		炭素鋼		△						
		埋込金物		炭素鋼		△						
		排気管サポート		炭素鋼		△						

△：高経年対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

### 3. 代表機器以外への展開

本章では 2 章で実施した代表機器の技術評価について、1 章で実施したグループ化で代表機器となっていない機器への展開について検討した。

#### ① 非常用ディーゼル機関 (A, B 号機)

#### 3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

代表機器同様、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

#### 3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの (日常劣化管理事象)

##### a. シリンダヘッド (冷却水側), シリンダジャケット (冷却水側), シリンダライナ (冷却水側) 及び過給機ケーシング (冷却水側) の腐食 (全面腐食)

代表機器同様、シリンダヘッド、シリンダジャケット、シリンダライナ及び過給機ケーシングは鋳鉄、特殊鋳鉄またはアルミニウム合金鋳物であり、冷却水側は高温の燃焼ガスによる過熱を防止するため、純水を通水していることから、接液部に腐食が発生する可能性があるが、シリンダヘッド、シリンダジャケット、シリンダライナ及び過給機ケーシングの冷却水通路は分解点検時に目視点検を実施しており、これまでの点検結果から有意な腐食は確認されていない。

今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

##### b. 基礎ボルトの腐食 (全面腐食)

代表機器同様、基礎ボルトの腐食については、「10 基礎ボルト」にて評価を実施するものとし、本評価書には含めていない。

##### c. 燃料噴射ポンプの摩耗

代表機器同様、燃料噴射ポンプは、プランジャをバレル内で上下運動させることにより、燃料油を加圧し、燃料弁へ送油するため、摺動部であるプランジャとバレルに摩耗の発生が想定されるが、摺動部には耐摩耗性向上のため表面焼入れ処理が施されていることから、摩耗が発生する可能性は小さい。

また、本機関の運転時間は年間約 20 時間と非常に短く、これまでの点検結果からも有意な摩耗は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. 燃料弁の摩耗

代表機器同様、燃料弁は、燃料噴射ポンプより送油された燃料油を高圧で燃焼室内に噴霧する動作を繰り返すため、可動部に摩耗の発生が想定されるが、可動部には耐摩耗性の高い材料を使用しており、これまでの点検時の噴霧テストにおいても、摩耗による噴霧機能の低下の兆候は確認されていない。

また、本機関の運転時間は年間約 20 時間と非常に短く、これまでの点検結果からも有意な摩耗は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. ピストン及びピストンリングの摩耗

代表機器同様、ピストン及びピストンリングは、ディーゼル機関運転中のシリンダ内での往復動による摩耗の発生が想定されるが、ピストンはピストンリングとシリンダライナが接触する構造のため、ピストン本体の摩耗が発生する可能性は小さい。

また、ピストンリングは接触するシリンダライナに潤滑油が供給されており、本機関の運転時間は年間約 20 時間と非常に短いことから、摩耗が発生する可能性は小さい。

さらに、これまでの分解点検時の目視点検及び寸法測定の結果からも有意な摩耗は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f. ピストンピン、ピストンピンメタル及びシリンダライナの摩耗

代表機器同様、ピストンピンはピストン及びピストンピンメタルに固定されておらず、半径方向・軸方向ともに隙間があるため、ディーゼル機関運転中において回転摺動による摩耗の発生が想定されるが、ピストンピン表面には耐摩耗性向上のため表面焼入れ処理が施され、常時潤滑油が供給されており、ピストンメタル及びシリンダライナにも潤滑油が供給されていることから、摩耗が発生する可能性は小さい。

また、本機関の運転時間は年間約 20 時間と非常に短く、これまでの点検結果からも有意な摩耗は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

g. 始動弁及び空気分配弁の摩耗

代表機器同様、始動弁及び空気分配弁は、シリンダヘッドに圧縮空気を投入する際に可動部の金属接触・摺動による摩耗の発生が想定されるが、本機関の起動回数は年間約 20 回と非常に少ないことから、摩耗が発生する可能性は小さい。

また、これまでの目視点検の結果からも有意な摩耗は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

h. クランク軸の摩耗

代表機器同様、クランク軸はクランクピンメタルを介して連接棒と結合されており、ピストンの爆発圧力による荷重が伝達されて回転するため、摩耗の発生が想定されるが、クランク軸は耐摩耗性の高い材料を使用しており、潤滑油が供給されていることから、摩耗が発生する可能性は小さい。

また、本機関の運転時間は年間約 20 時間と非常に短く、これまでの分解点検からも有意な摩耗は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

i. 動弁装置及び歯車各種の摩耗

代表機器同様、動弁装置は、カムの揚程差による上下運動をローラ、押し棒及び揺れ腕等の部位によって吸・排気弁に伝達するため、可動部は摺動による摩耗の発生が想定されるが、可動部には常時潤滑油が供給されていることから、摩耗が発生する可能性は小さい。

また、歯車各種は、クランク軸の動力をカム軸等に伝えているため、摺動に伴う摩耗の進行が想定されるが、すべて潤滑油雰囲気下であることから、摩耗が進行する可能性は小さい。

さらに、本機関の運転時間は年間約 20 時間と非常に短く、これまでの点検結果からも有意な摩耗は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

j. 吸気弁（弁棒、弁案内）、排気弁（弁棒、弁案内）及びシリンダヘッド（シート部）の摩耗

代表機器同様、吸気弁は機関 2 回転に 1 回上下運動し燃焼室内に燃焼空気を流入させるもので、排気弁は動弁装置によって機関 2 回転に 1 回上下運動し、燃焼室内の排気ガスを排気管に流出させるものである。

このため、弁棒と弁案内については摺動による摩耗の発生、また、弁シート部とシリンダヘッド（シート部）については金属接触による摩耗の発生が想定され、摩耗が進行した場合、吸・排気弁シート部に漏えいが生じ、燃焼室内の気密を保つことができなくなる可能性がある。

しかし、これまでの分解点検時の目視点検及び寸法測定の結果からも有意な摩耗は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

k. 過給機ノズル及び過給機ロータの摩耗

代表機器同様、シリンダより排出された高温ガスは排気管により過給機に導入され、過給機ノズル（タービンノズル）により偏流され、タービンブレードに有効なガス流を発生させプロワを駆動するトルクを得ている。

このため、過給機ノズル（タービンノズル）には未燃のカーボン等の微細な粒子を含んだ排気ガスが超高速で衝突することになり、ブレードに摩耗の発生が想定されるが、本機関の運転時間は年間約 20 時間と非常に短く、また、過給機ロータは潤滑油環境下にあることから、摩耗が発生する可能性は小さい。

さらに、これまでの目視点検の結果からも有意な摩耗は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

l. カム、ローラ及びカム軸の摩耗

代表機器同様、各カムはそれぞれローラを上下に駆動させることによって、吸・排気弁を開閉し、燃料噴射ポンプを駆動する。

このため、各カム及びローラの表面には摩耗の発生が想定されるが、各カムの表面及びローラ表面には、耐摩耗性向上のため表面焼入れ処理を施しており、カムとローラには常時潤滑油が供給されていることから、摩耗が発生する可能性は小さい。

また、本機関の運転時間は年間約 20 時間と非常に短く、これまでの点検結果からも有意な摩耗は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

m. 燃料噴射ポンプケーシングの腐食（キャビテーション）及びデフレクタの腐食（エロージョン）

代表機器同様、燃料噴射ポンプ内でキャビテーションが発生すると、ケーシングにエロージョンの発生が想定されるが、デフレクタを設置することによりケーシングを保護しているため、ケーシングにエロージョンが発生する可能性は小さい。

また、デフレクタのエロージョンが進行すると微少な金属片が発生し、プランジャの固着や燃料弁の詰まりが想定されるが、デフレクタには耐エロージョン性向上のため表面焼入れ処理が施されていることから、微少な金属片が発生する可能性は小さい。

さらに、本機関の運転時間は年間約 20 時間と非常に短く、これまでの点検結果からも有意なエロージョンの発生は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- n. ピストン（頂部），シリンダヘッド（燃焼側），シリンダライナ（燃焼側），排気弁，過給機ケーシング（排気側），過給機ノズル及び排気管（内側）の腐食（全面腐食）
- 代表機器同様，ディーゼル機関の燃料油には硫黄分が含まれているため，排気ガス中の三酸化硫黄と凝縮水とが反応して生じる硫酸により，ピストン，シリンダヘッド，シリンダライナ，排気弁，過給機ケーシング，過給機ノズル及び排気管に腐食の発生が想定される。
- しかし，本ディーゼル機関の使用燃料である軽油の硫黄分は少なく（0.001 %以下），排気ガス中の三酸化硫黄の露点（硫黄分 0.5 %の場合約 100 °C）に対し，排気ガス温度（約 520 °C）は十分に高いことから，硫酸が生成される可能性は小さい。
- また，これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。
- o. 空気冷却器水室の腐食（全面腐食）
- 代表機器同様，空気冷却器水室は炭素鋼であり，腐食の発生が想定されるが，内部流体は防錆剤入り純水であることから，腐食が発生する可能性は小さい。
- また，これまでの開放点検時の目視点検の結果からも有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。
- p. 空気冷却器伝熱管の腐食（全面腐食）
- 代表機器同様，空気冷却器伝熱管は銅合金であり，腐食の発生が想定されるが，内部流体は防錆剤入り純水であることから，腐食が発生する可能性は小さい。
- また，これまでの目視点検の結果からも有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。
- q. 給・排気管（外側），はずみ車，シリンダヘッドボルト，カップリングボルト，クランクケース及び給・排気管サポートの腐食（全面腐食）
- 代表機器同様，給・排気管（外側），はずみ車，シリンダヘッドボルト，カップリングボルト，クランクケース及び給・排気管サポートは炭素鋼，炭素鋼鋳鋼，低合金鋼または鋳鉄であり，腐食の発生が想定されるが，大気接触部は防食塗装を施しており，必要に応じて補修塗装を行うこととしているため，腐食が発生する可能性は小さい。
- また，これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

r. 埋込金物の腐食（全面腐食）

代表機器同様，埋込金物は炭素鋼であり，腐食の発生が想定されるが，大気接触部は防食塗装を施しており，必要に応じて補修塗装を行うこととしているため，腐食が発生する可能性は小さい。

また，コンクリート埋設部については，コンクリートが中性化した場合に腐食の発生が想定されるが，実機コンクリートにおけるサンプリング結果では中性化は殆ど確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

s. シリンダヘッド，シリンダライナ，クランクケース，吸・排気弁，吸・排気弁スプリング，ピストン，燃料弁，燃料弁スプリング及び過給機ロータの高サイクル疲労割れ

代表機器同様，シリンダヘッド，シリンダライナ，クランクケース，吸・排気弁，ピストン及び燃料弁には，ディーゼル機関運転中の爆発圧力荷重による繰り返し応力が生じる。

吸・排気弁スプリング及び燃料弁スプリングには，予圧縮による静荷重応力及びディーゼル機関運転中の各弁の動作による繰り返し圧縮による変動応力が生じる。

過給機ロータのタービン翼埋め込み部には，ディーゼル機関運転中のタービン翼の高速回転による遠心力及び翼振動による変動応力が生じる。

これらの部位には応力変動による疲労が蓄積され，高サイクル疲労割れの発生が想定されるが，高サイクル疲労は設計上考慮されていることから，高サイクル疲労割れが発生する可能性は小さい。

また，これまでの点検結果からも割れは確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

t. ピストン，シリンダライナ及びシリンダヘッドの低サイクル疲労割れ

代表機器同様，ピストン，シリンダライナ及びシリンダヘッドには，ディーゼル機関の起動・停止に伴う繰り返し熱応力により疲労が蓄積されることで，低サイクル疲労割れの発生が想定されるが，これらの部位に発生する応力は疲労限以下になるように設計されていることから，低サイクル疲労割れが発生する可能性は小さい。

また，これまでの点検結果からも割れは確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

u. ピストンピンの高サイクル疲労割れ

代表機器同様、ピストンピンにはディーゼル機関運転中の爆発圧力による繰り返し曲げ応力により疲労が蓄積され、高サイクル疲労割れの発生が想定されるが、高サイクル疲労割れは設計上考慮されていることから、高サイクル疲労割れが発生する可能性は小さい。

また、これまでの点検結果からも割れは確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

v. クランク軸の高サイクル疲労割れ

代表機器同様、クランク軸にはディーゼル機関運転中に生じるねじり応力、爆発圧力による曲げ応力により疲労が蓄積され、高サイクル疲労割れの発生が想定されるが、高サイクル疲労割れは設計上考慮されていることから、高サイクル疲労割れが発生する可能性は小さい。

また、これまでの点検結果からも割れは確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

w. 接続棒の高サイクル疲労割れ

代表機器同様、接続棒にはディーゼル機関運転中に生じる往復・回転慣性力による繰り返し引張応力、さらに爆発応力による圧縮応力により疲労が蓄積され、高サイクル疲労割れの発生が想定されるが、高サイクル疲労割れは設計上考慮されていることから、高サイクル疲労割れが発生する可能性は小さい。

また、これまでの点検結果からも割れは確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

x. シリンダヘッドボルトの高サイクル疲労割れ

代表機器同様、シリンダヘッドボルトにはディーゼル機関運転中に生じる繰り返し引張応力により疲労が蓄積され、高サイクル疲労割れの発生が想定されるが、高サイクル疲労は設計上考慮されていることから、高サイクル疲労割れが発生する可能性は小さい。

また、これまでの点検結果からも割れは確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。



y. 伸縮継手の疲労割れ

代表機器同様、伸縮継手は機関運転時の排気管の熱膨張を吸収し、排気管等に外力が負荷されないように排気管系に設置している。

このため、伸縮継手は繰り返し変位を受けることで、疲労割れの発生が想定されるが、伸縮継手はこれらの変位を考慮して設計されていることから、疲労割れが発生する可能性は小さい。

また、これまでの点検結果からも割れは確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

z. 燃料弁スプリング、吸・排気弁スプリング及びシリンダ安全弁のスプリングのへたり

代表機器同様、燃料弁スプリング、吸・排気弁スプリング及びシリンダ安全弁のスプリングは、常時応力が作用した状態で使用されるため、スプリングのへたりが想定されるが、スプリング使用時のねじり応力は許容ねじり応力以下になるように設定されている。

また、スプリングの材料に対する推奨最高使用温度よりも実際の使用温度は低いことから、へたりが進行する可能性は小さい。

燃料弁スプリングについては噴射テスト、吸・排気弁スプリング及びシリンダ安全弁のスプリングについては、分解点検時の目視点検及び作動確認にて検知可能であり、これまでの点検結果からも有意なへたりは確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

aa. ピストン、シリンダヘッド及びシリンダライナのカーボン堆積

代表機器同様、ピストン、シリンダヘッド及びシリンダライナの爆発面は、カーボンを主とする燃焼残渣物が堆積すると燃焼不完全等の発生が想定されるが、本機関の運転時間は年間約 20 時間と非常に短いことから、有意なカーボン堆積が発生する可能性は小さい。

また、これまでの分解点検の結果からも有意なカーボンの堆積は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

ab. 過給機ケーシング・ロータ・ノズル及び排気管のクリープ

代表機器同様、過給機ケーシング・ロータ・ノズル及び排気管は、排気温度が約 520 °C と高温であるため、クリープによる変形・破断の発生が想定されるが、過給機はクリープを起こす応力が発生しないように設計上考慮されており、排気管に発生する応力は伸縮継手により吸収されることから、クリープによる変形・破断が発生する可能性は小さい。

また、これまでの点検結果からもクリープによる変形、破断は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

ac. 伸縮継手のクリープ

代表機器同様、伸縮継手は排気温度が約 520 °C と高温であるため、クリープによる変形・破断の発生が想定されるが、通常運転状態での当該材料におけるクリープ破断に至る時間が 100,000 時間以上であることに対して、本機関の運転時間は年間約 20 時間であり、運転開始後 40 年時点での累積運転時間は 800 時間程度と非常に短いことから、これらの材料がクリープ破断を起こす可能性は小さい。

また、これまでの点検結果からもクリープによる変形・破断は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

ad. 調速・制御装置の性能低下

代表機器同様、調速・制御装置はディーゼル機関の発電負荷が変化した場合に、その機関回転数の変化を感知し、ある規定回転数となるように機関に投入する燃料量を調整している。

このため、調速・制御装置は摺動等による摩耗及び潤滑油の変質、異物の付着による摩擦増加等が進行することで、性能低下（動作不良）の発生が想定される。

しかし、本機関の運転時間は年間約 20 時間と非常に短く、調速機本体の分解点検及び制御装置の摺動抵抗計測、定例試験時の作動確認により、調速・制御装置の性能低下に対する健全性の確認を行っており、これまでの点検結果からも有意な摩耗は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

a. カップリングボルトの疲労割れ

代表機器同様、ディーゼル機関と発電機を結合するカップリング部は、カップリングにはずみ車を挟み、ボルトで結合されているため、機関起動時にカップリングボルト部の応力が大きくなり、疲労割れの発生が想定されるが、本機関の起動停止回数は年間約 20 回と非常に少ないことから、疲労割れが発生する可能性は小さい。

今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

以 上

## 4. 2 非常用ディーゼル機関付属設備

[対象機器]

- ① 非常用ディーゼル機関（A, B号機）付属設備
- ② HPCS ディーゼル機関付属設備

## 目 次

1. 対象機器及び代表機器の選定.....	4.2-1
1.1 グループ化の考え方及び結果.....	4.2-1
1.2 代表機器の選定.....	4.2-1
2. 代表機器の技術評価.....	4.2-2
2.1 構造, 材料及び使用条件.....	4.2-2
2.1.1 HPCS ディーゼル機関付属設備.....	4.2-2
2.2 経年劣化事象の抽出.....	4.2-9
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目.....	4.2-9
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象.....	4.2-9
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象.....	4.2-10
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価.....	4.2-21
3. 代表機器以外への展開.....	4.2-23
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象.....	4.2-23
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象.....	4.2-24

## 1. 対象機器及び代表機器の選定

### 1.1 グループ化の考え方及び結果

非常用ディーゼル機関付属設備の主な仕様を表 1-1 に示す。

非常用ディーゼル機関付属設備には、始動空気系、潤滑油系、冷却水系及び燃料油系が属するため、これらの系統を評価対象とする。

### 1.2 代表機器の選定

非常用ディーゼル機関付属設備には A, B 号機用及び HPCS 用があるが、機関本体と同様に HPCS 用を代表機器とする。

表 1-1 非常用ディーゼル機関付属設備の主な仕様

機器名称		選定基準			選定	選定理由	
		重要度*1	使用条件				
			最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (°C)			
A, B 号機	始動空気系	MS-1	約 3.2	90	◎	機関本体と同様に HPCS 用を代表機器とする	
	潤滑油系	MS-1	約 1.0	85			
	冷却水系	冷却水*2	MS-1	約 1.4			70
		純水	MS-1	約 0.6			85
	燃料油系	MS-1	約 1.0	66			
H*3 P C S	始動空気系	MS-1	約 3.2	90			
	潤滑油系	MS-1	約 1.0	85			
	冷却水系	冷却水*2	MS-1	約 1.3			70
		純水	MS-1	約 0.6			95
	燃料油系	MS-1	約 1.0	66			

\*1：最上位の重要度を示す

\*2：冷却水（防錆剤入り純水）

\*3：高圧炉心スプレー系

## 2. 代表機器の技術評価

本章では1章で代表機器とした以下の機器について技術評価を実施する。

### ① HPCS ディーゼル機関付属設備

#### 2.1 構造，材料及び使用条件

##### 2.1.1 HPCS ディーゼル機関付属設備

###### (1) 構造

HPCS ディーゼル機関付属設備は，機関を始動するための始動空気系，機関及び発電機の軸受部に潤滑油を供給し，円滑な回転を維持するための潤滑油系，機関作動時に過熱を防止するための冷却水を供給する冷却水系，機関作動時に必要な燃料油を供給するための燃料油系で構成されている。

HPCS ディーゼル機関付属設備に関し，始動空気系の系統図を図 2.1-1 に，潤滑油系の系統図を図 2.1-2 に，冷却水系の系統図を図 2.1-3 に，燃料油系の系統図を図 2.1-4 に示す。

###### (2) 材料及び使用条件

HPCS ディーゼル機関付属設備主要部位の使用材料を表 2.1-1 に，使用条件を表 2.1-2 に示す。

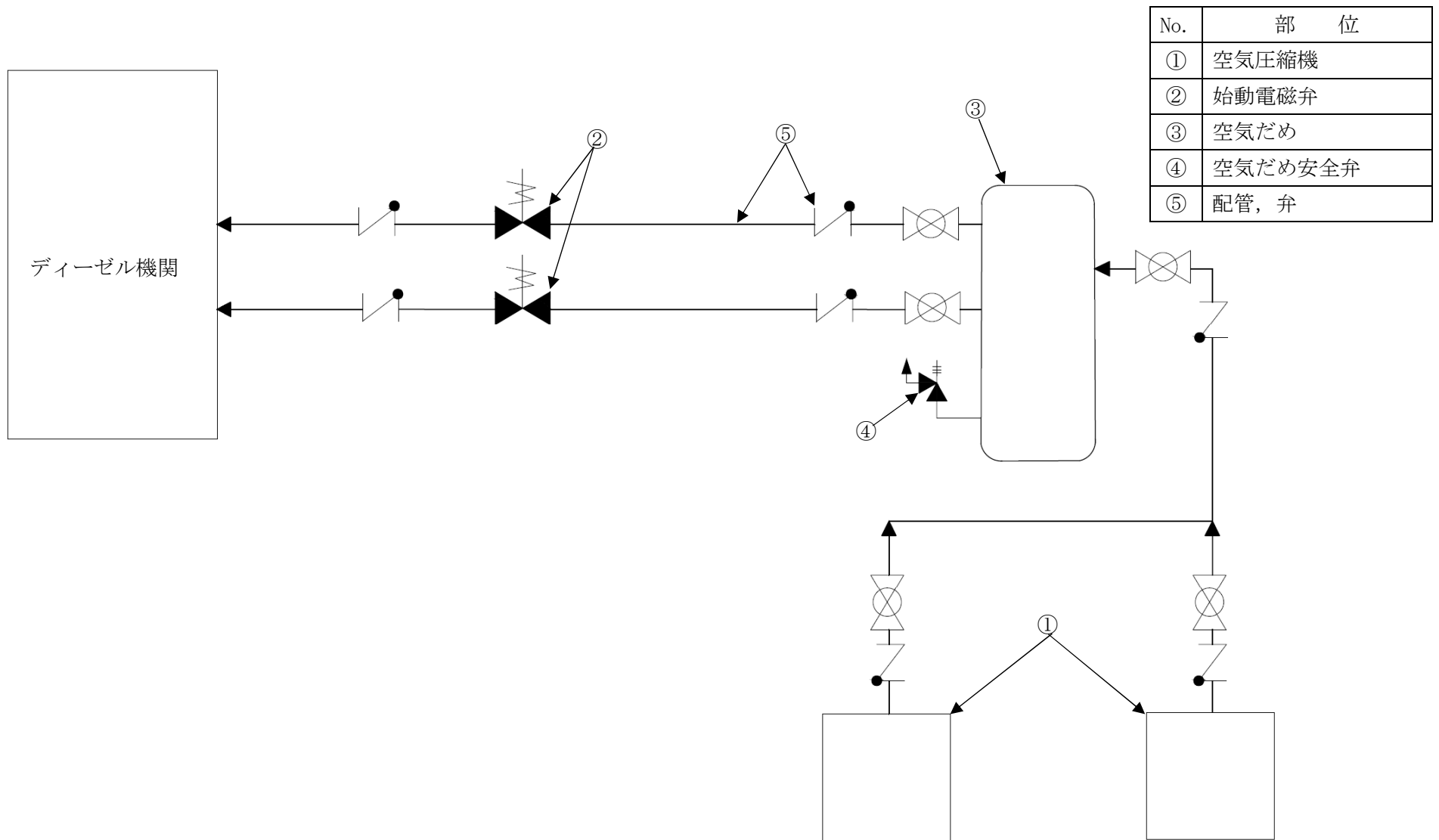


図 2.1-1 HPCS ディーゼル機関付属設備 始動空気系系統図



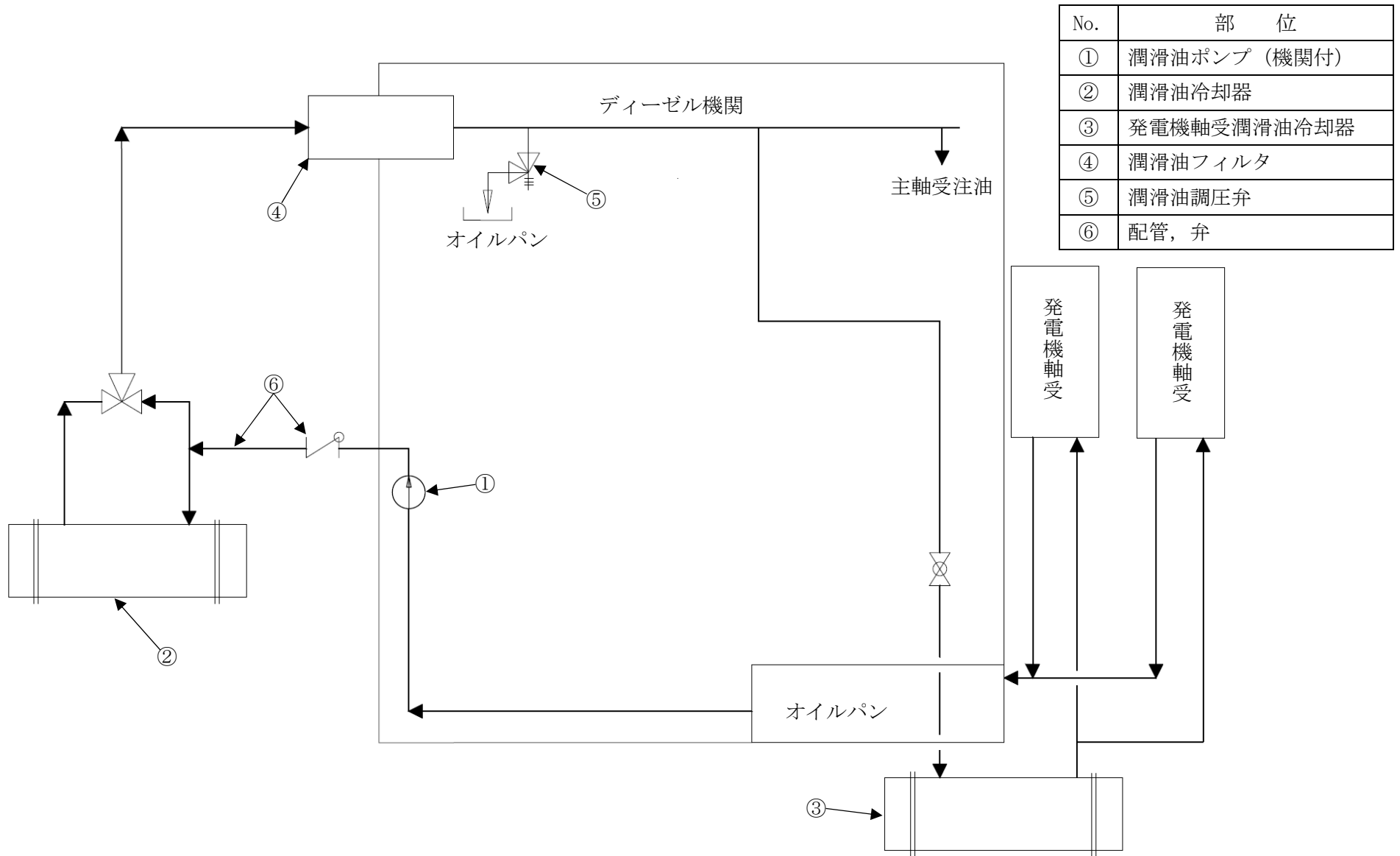
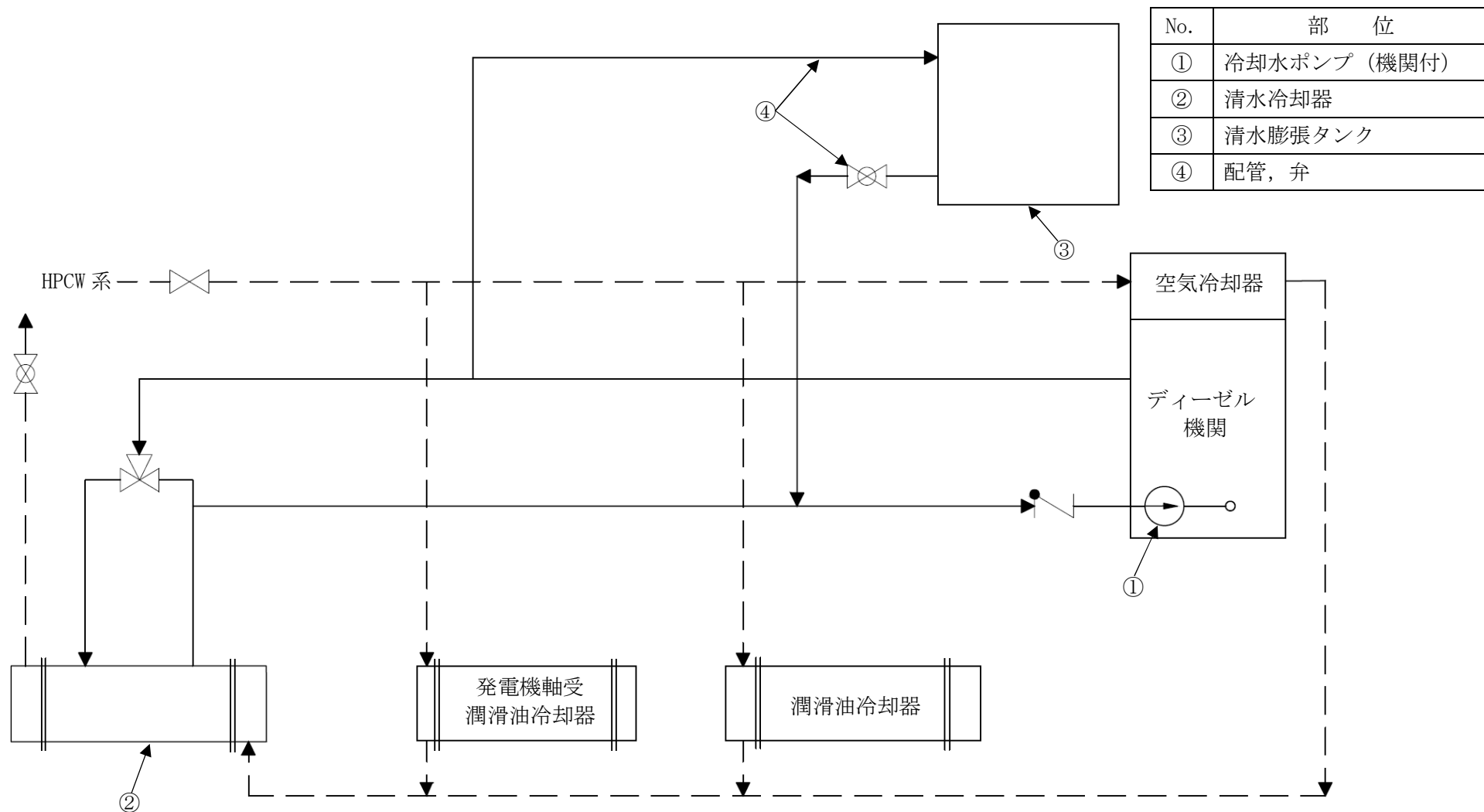


図 2.1-2 HPCS ディーゼル機関付属設備 潤滑油系系統図



- ・実線：純水
- ・破線：冷却水（HPCW系）
- ・潤滑油冷却器は潤滑油系にて評価
- ・空気冷却器は機関本体で評価

図 2.1-3 HPCS ディーゼル機関付属設備 冷却水系系統図

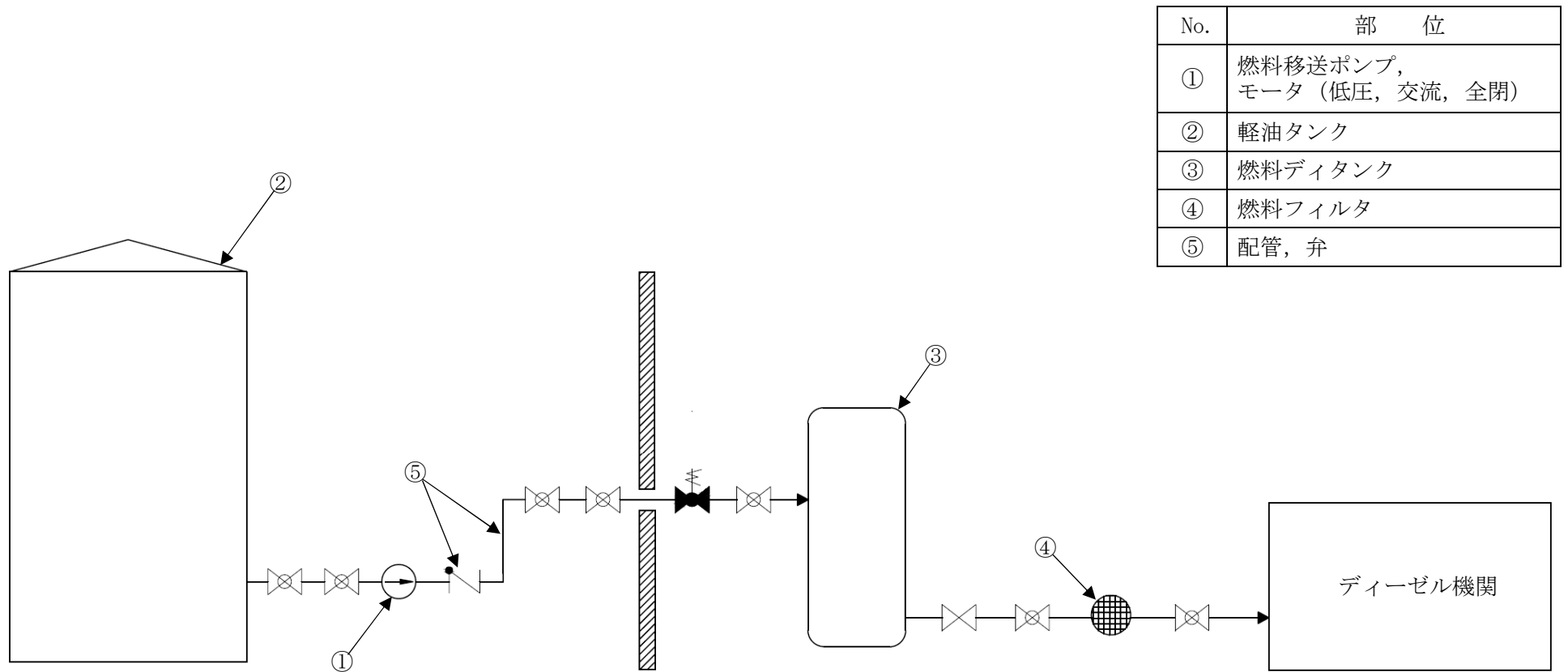


図 2.1-4 HPCS ディーゼル機関付属設備 燃料油系系統図

表 2.1-1 (1/2) HPCS ディーゼル機関付属設備主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
補機機能の確保	始動空気系	空気圧縮機	炭素鋼 (SF50, SS41), 鋳鉄 (FC25, FC250, FCD600), 低合金鋼 (SNB7), アルミニウム合金 (AC8A-T6)
		始動電磁弁	弁: ステンレス鋼 (SUS403), ステンレス鋳鋼 (SCS13), 低合金鋼 (SCM435) 電磁コイル: 銅, 絶縁物
		空気だめ	炭素鋼 (SGV49, SS41)
		空気だめ安全弁	炭素鋼 (S45C), 炭素鋼鋳鋼 (SCPH2), ステンレス鋼 (SUS304 ステライト肉盛, SUS403 ステライト肉盛)
		配管	炭素鋼 (STPT42), ステンレス鋼 (SUS304TP)
		弁	ステンレス鋼 (SUSF316, SUS630, SUS316 ステライト肉盛, SUS630 ステライト肉盛)
		ガスケット, Oリング	(消耗品)
	潤滑油系	潤滑油ポンプ (機関付)	炭素鋼 (SS41, S45C), 炭素鋼鋳鋼 (SC46, SCW49), 低合金鋼 (SCM435), 鋳鉄 (FCD60)
		潤滑油冷却器	炭素鋼 (SB42), 銅合金 (C1220T-1/2H), 低合金鋼 (SNB7)
		発電機軸受潤滑油冷却器	炭素鋼 (SB42, STPT42, SF45A), 銅合金 (C1220T-1/2H), 低合金鋼 (SNB7)
		潤滑油フィルタ	炭素鋼 (S45C), 鋳鉄 (FCD40), 低合金鋼 (SNB7)
		潤滑油調圧弁	鋳鉄, 炭素鋼
		配管	炭素鋼 (STPT42)
		弁	炭素鋼 (S25C ステライト肉盛, S28C, SWRCH8R, S45C), 炭素鋼鋳鋼 (SCPH2, SC49), ステンレス鋼 (SUS403, SUS416, SUS420J2 ステライト肉盛), 低合金鋼 (SNB7), 銅合金 (BC6)
	ガスケット, Oリング	(消耗品)	
	冷却水系	冷却水ポンプ (機関付)	炭素鋼 (SS41), 炭素鋼鋳鋼 (SC46), ステンレス鋼 (SUS431), ステンレス鋳鋼 (SCS1), 銅合金 (BC2)
		清水冷却器	炭素鋼 (SB42), 銅合金 (C1220T-1/2H), 低合金鋼 (SNB7)
		清水膨張タンク	炭素鋼 (SS41)
		配管	炭素鋼 (STPT38, STPT42, STS42)
		弁	炭素鋼 (S25C ステライト肉盛, S28C, SWRCH8R, S45C), 炭素鋼鋳鋼 (SC49, SCPH2, SCPH2 ステライト肉盛), ステンレス鋼 (SUS403, SUS416, SUS420J2 ステライト肉盛), 銅合金 (BC6), 低合金鋼 (SNB7)
	ガスケット, Oリング	(消耗品)	

表 2.1-1 (2/2) HPCS ディーゼル機関付属設備主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
補機機能の確保	燃料油系	燃料移送ポンプ	炭素鋼 (S25C, S45C, S35C), 炭素鋼鋳鋼 (SC46), 低合金鋼 (SNB7), 鋳鉄 (FCD55)
		燃料移送ポンプモータ (低圧, 交流, 全閉)	主軸: 炭素鋼 (S40C) 固定子コイル及びび口出線・接続部品: 銅, 絶縁物 回転子棒・回転子エンドリング: アルミニウム フレーム: 鋳鉄 (FC150) エンドブラケット: 鋳鉄 (FC150) 端子箱: 圧延鋼材 (SS41) 取付ボルト: 炭素鋼 (SS400) 軸受 (転がり): (消耗品)
		軽油タンク	炭素鋼 (SM41B)
		燃料ディタンク	炭素鋼 (SS41)
		燃料フィルタ	炭素鋼 (STPT42), 低合金鋼 (SNB7)
		配管	炭素鋼 (STPT38, STPT42)
		弁	炭素鋼 (S28C), ステンレス鋼 (SUS316L, SUS316L バイトン (フッ素ゴム), SUS416, SUS420J2 ステライト肉盛, SUS304), ステンレス鋳鋼 (SCS16A), 低合金鋼 (SNB7)
		ガスケット, Oリング	(消耗品)
機器の支持	支持	サポート取付ボルト・ナット	炭素鋼 (S45C), 低合金鋼 (SNB7, SCM435)
		配管サポート	炭素鋼
		ベース	炭素鋼 (SS41)
		埋込金物	炭素鋼
		基礎ボルト	炭素鋼 (SS41, S45C), 樹脂*

\*: 後打ちケミカルアンカ

表 2.1-2 HPCS ディーゼル機関付属設備の使用条件

	始動空気系	潤滑油系	冷却水系	燃料油系
最高使用圧力 (MPa)	約 3.2	約 1.0	約 1.3 / 約 0.6	約 1.0
最高使用温度 (°C)	90	85	70 / 95	66
内部流体	空気	潤滑油	冷却水 / 純水	軽油

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

非常用ディーゼル機関付属設備の機能（始動用空気の供給、機関の冷却、潤滑油の供給、駆動用燃料の供給）の達成に必要な項目は以下のとおり。

- ① 補機機能の確保
- ② 機器の支持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

非常用ディーゼル機関付属設備について、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の材料、構造、使用条件（内部流体、圧力、温度等）及び現在までの運転経験を考慮し、表 2.2-1 に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

なお、消耗品及び定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

ガスケット、Oリング及び転がり軸受は消耗品であり、設計時に長期使用せず取替を前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

#### (3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

想定される経年劣化事象のうち主要6事象に該当する事象及び下記①、②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。なお、下記①、②に該当する事象については、2.2.3 項に示すとおり、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

- ① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△）
- ② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲）

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象として以下の事象が抽出された。（表 2.2-1 で○）

- a. 燃料移送ポンプモータ（低圧、交流、全閉）の固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下
- b. 始動電磁弁コイルの絶縁特性低下

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

a. 屋外設置機器の外面腐食（全面腐食）〔燃料移送ポンプ，軽油タンク，燃料油系配管・弁〕

屋外に設置されている機器は，長期間外気にさらされることで，防食塗装のはく離等による腐食の発生が想定されるが，点検時に塗装のはく離等が確認された場合には，必要に応じて補修塗装を行うこととしているため，腐食が発生する可能性は小さい。

また，軽油タンクは，他プラントにおいて雨水浸入によるタンク底板の腐食事例が確認されているが，軽油タンク基礎には充填材防食テープにより防水加工を施していることから，雨水浸入による腐食が発生する可能性は小さい。

今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. 基礎ボルトの腐食（全面腐食）〔清水膨張タンク，空気だめ，燃料ディタンク，潤滑油冷却器，清水冷却器，発電機軸受潤滑油冷却器，燃料移送ポンプ，空気圧縮機，燃料フィルタ，軽油タンク〕

基礎ボルトの腐食については，「10 基礎ボルト」にて評価を実施するものとし，本評価書には含めていない。

c. ポンプ主軸の摩耗〔潤滑油ポンプ（機関付），冷却水ポンプ（機関付），燃料移送ポンプ〕

転がり軸受を使用しているポンプは，軸受と主軸の接触面にわずかな摩耗の発生が想定されるが，これまでの点検結果からも有意な摩耗は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

すべり軸受を使用しているポンプは，潤滑油が供給され，主軸と軸受間に油膜が形成されていることから，摺動摩耗が発生する可能性は小さく，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

潤滑油系及び燃料油系のポンプは，主動軸と従動軸の接触面において摩耗の発生が想定されるが，ポンプ内部は常に油で満たされていることから，摩耗が発生する可能性は小さく，また，これまでの点検結果からも有意な摩耗は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. ピストン及びシリンダの摩耗 [空気圧縮機]

ピストン及びシリンダは空気圧縮機運転中において、シリンダ内の往復動による摺動部の摩耗の発生が想定されるが、ピストンにはピストンリングを取り付けており、摺動部が直接接触しないことから、摩耗が発生する可能性は小さい。

また、これまでの点検結果からも有意な摩耗は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. 羽根車及びケーシングの摩耗 [冷却水ポンプ (機関付)]

羽根車及びケーシングは長期使用に伴い、羽根車 (羽根車リング) とケーシング (ケーシングリング) 間の摺動による摩耗の発生が想定されるが、分解点検毎に隙間管理を行い、必要に応じて部品を取り替えることとしているため、摩耗が発生する可能性は小さい。

また、これまでの点検結果からも有意な摩耗は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f. 空気圧縮機の腐食 (全面腐食)

空気圧縮機は鋳鉄が使用されており、湿分を含んだ空気または大気と接触しているため、腐食の発生が想定されるが、分解点検時に目視点検を行い、これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されていない。

また、外面は防食塗装を施しており、必要に応じて補修塗装を行うこととしているため、腐食が発生する可能性は小さい。

今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

g. 空気だめの腐食 (全面腐食)

空気だめは炭素鋼で、内部流体が空気であることから、腐食の発生が想定されるが、内外面とも防食塗装を施しており、必要に応じて補修塗装を行うこととしているため、腐食が発生する可能性は小さい。

また、これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。



h. 始動空気系配管及び弁の腐食（全面腐食）[空気だめ安全弁，始動空気系配管]

始動空気系配管及び弁は炭素鋼または炭素鋼鋳鋼を使用しているため，腐食の発生が想定されるが，始動空気系の内部流体はドレン抜きを定期的に行っている空気であることから，腐食が発生する可能性は小さい。

また，これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

i. 潤滑油系及び燃料油系機器の外表面腐食（全面腐食）[潤滑油ポンプ（機関付），潤滑油冷却器（胴側），発電機軸受潤滑油冷却器（胴側），潤滑油フィルタ，潤滑油調圧弁，潤滑油系配管・弁，燃料ディタンク，燃料フィルタ，燃料油系配管・弁]

潤滑油系及び燃料油系の機器は炭素鋼，炭素鋼鋳鋼，鋳鉄または銅合金を使用しているため，腐食の発生が想定されるが，外面については防食塗装を施しており，必要に応じて補修塗装を行うこととしているため，腐食が発生する可能性は小さい。

また，これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

j. 冷却水系機器の腐食（全面腐食）[冷却水ポンプ（機関付），清水冷却器（胴側），清水膨張タンク，冷却水系弁]

冷却水系の機器は炭素鋼，炭素鋼鋳鋼または銅合金が使用されており，内部流体が純水であることから，腐食の発生が想定されるが，分解点検時の目視点検により腐食の有無を確認しており，これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

k. ポンプの腐食（キャビテーション）[冷却水ポンプ（機関付）]

ポンプ内部でキャビテーションが発生すると羽根車表面にエロージョンが生じ，ポンプ性能に影響を及ぼすことが想定されるが，ポンプは設計段階においてキャビテーションを起こさない条件（有効吸込ヘッド>必要有効吸込ヘッド）を満たすよう考慮されており，この大小関係は経年的に変わるものではないことから，腐食（キャビテーション）が発生する可能性は小さい。

また，これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

1. ケーシングリングの腐食（全面腐食）〔冷却水ポンプ（機関付）〕

ケーシングリングは銅合金で、内部流体が純水であることから、腐食の発生が想定されるが、ケーシングリングには耐食性の高い材料を使用しているため、腐食が発生する可能性は小さい。

また、分解点検時に目視点検を行い、これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

m. 冷却水系配管の腐食（全面腐食）〔冷却水系配管〕

冷却水系配管は炭素鋼であることから、腐食の発生が想定されるが、配管外面については防食塗装を施しており、必要に応じて補修塗装を行うこととしているため、腐食が発生する可能性は小さい。

また、配管内面について、非常用補機冷却系から供給される内部流体には防錆剤が注入されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

さらに、内部流体が純水の場合においては、酸素含有水中（酸素濃度 8 mgO/l）における炭素鋼の腐食に及ぼす影響（防食技術便覧：腐食防食協会編）より運転開始後 40 年時点の推定腐食量を評価した結果、1 mm 未満であることを確認している。

今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

n. 熱交換器伝熱管及び水室の腐食（全面腐食）〔潤滑油冷却器，発電機軸受潤滑油冷却器，清水冷却器〕

潤滑油冷却器，発電機軸受潤滑油冷却器及び清水冷却器は、伝熱管が銅合金，水室が炭素鋼であることから、腐食の発生が想定されるが、伝熱管内面の内部流体は防錆剤が注入された冷却水であり、潤滑油冷却器及び発電機軸受潤滑油冷却器の伝熱管外面及び水室については、接液する流体が油であることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、清水冷却器の伝熱管外面及び水室については、接液する流体が純水であるが、これまでの目視点検からも有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- o. 支持脚[空気だめ, 潤滑油冷却器, 清水冷却器, 発電機軸受潤滑油冷却器, 燃料ディ  
タンク]及びベース[空気だめ, 空気圧縮機, 燃料移送ポンプ]の腐食(全面腐食)  
各機器の支持脚及びベースは炭素鋼であることから, 腐食の発生が想定されるが,  
大気接触部は防食塗装を施しており, 必要に応じて補修塗装を行うこととしている  
ため, 腐食が発生する可能性は小さい。  
また, これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず, 今後もこれら  
の傾向が変化する要因があるとは考え難いことから, 高経年化対策上着目すべき経  
年劣化事象ではないと判断する。
- p. 取付ボルトの腐食(全面腐食)[空気圧縮機, 始動電磁弁, 空気だめ安全弁, 潤滑油  
ポンプ(機関付), 潤滑油冷却器, 発電機軸受潤滑油冷却器, 潤滑油フィルタ, 潤滑  
油調圧弁, 潤滑油系弁, 冷却水ポンプ(機関付), 清水冷却器, 冷却水系弁, 燃料移  
送ポンプ, 燃料フィルタ, 燃料油系弁]  
各機器の取付ボルトは炭素鋼または低合金鋼であることから, 腐食の発生が想定  
されるが, 大気接触部は防食塗装を施しているため, 腐食が発生する可能性は小さ  
い。  
また, これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず, 今後もこれら  
の傾向が変化する要因があるとは考え難いことから, 高経年化対策上着目すべき経  
年劣化事象ではないと判断する。
- q. 配管サポート及びサポート取付ボルト・ナットの腐食(全面腐食)  
各機器の配管サポート及びサポート取付ボルト・ナットは炭素鋼または低合金鋼  
であることから, 腐食の発生が想定されるが, 大気接触部は防食塗装を施している  
ため, 腐食が発生する可能性は小さい。  
また, これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず, 今後もこれら  
の傾向が変化する要因があるとは考え難いことから, 高経年化対策上着目すべき経  
年劣化事象ではないと判断する。
- r. 埋込金物の腐食(全面腐食)  
埋込金物は炭素鋼であることから, 腐食の発生が想定されるが, 大気接触部は防  
食塗装を施しており, 必要に応じて補修塗装を行うこととしているため, 腐食の発  
生が発生する可能性は小さい。  
また, コンクリート埋設部については, コンクリートが中性化した場合に腐食の  
発生が想定されるが, 実機コンクリートにおけるサンプリング結果では中性化は殆  
ど見られておらず, 今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことか  
ら, 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- s. 伝熱管の高サイクル疲労割れ及び摩耗 [潤滑油冷却器, 発電機軸受潤滑油冷却器, 清水冷却器]

伝熱管は外表面を流れる流体により伝熱管が振動することで、高サイクル疲労割れ及び摩耗の発生が想定されるが、伝熱管は支持板により適切なスパンで支持されており、伝熱管の外表面の流体による振動は十分に抑制されているため、高サイクル疲労割れ及び摩耗が発生する可能性は小さい。

また、これまでの点検結果からも高サイクル振動による疲労割れ及び摩耗は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- t. クランク軸、ピストン及びコネクティングロッドの高サイクル疲労割れ [空気圧縮機]

クランク軸、ピストン及びコネクティングロッドには、空気圧縮機運転時に繰返し応力が発生することで、応力集中部等において高サイクル疲労割れの発生が想定されるが、高サイクル疲労割れは設計上考慮されていることから、高サイクル疲労割れが発生する可能性は小さい。

また、これまでの分解点検時の目視点検及び浸透探傷検査の結果からも割れは確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- u. ポンプ主軸の高サイクル疲労割れ [潤滑油ポンプ (機関付), 冷却水ポンプ (機関付), 燃料移送ポンプ]

ポンプ主軸は運転時に繰返し応力が発生することで、応力集中部等において高サイクル疲労割れの発生が想定されるが、高サイクル疲労割れは設計上考慮されていることから、高サイクル疲労割れが発生する可能性は小さい。

また、これまでの分解点検時の目視点検及び浸透探傷検査の結果からも割れは確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- v. 弁棒の疲労割れ [始動電磁弁, 始動空気系弁, 潤滑油系弁, 冷却水系弁, 燃料油系弁]

弁棒は弁開時に疲労割れの発生が想定されるが、弁開操作時には弁棒及びバックシート部への過負荷がかからないように適切な操作を行うこととしており、これまでの点検結果からも割れは確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

w. スプリングのへたり [空気だめ安全弁, 潤滑油調圧弁]

弁のスプリングは、常時応力が作用した状態で使用されるため、スプリングのへたりが想定されるが、スプリング使用時のねじり応力は許容ねじり応力以下になるように設定されている。

また、スプリングの材料に対する推奨最高使用温度よりも実際の使用温度は低いことから、へたりが進行する可能性は小さい。

空気だめ安全弁については、分解点検時の目視点検及び作動確認、潤滑油調圧弁については、分解点検時の目視点検及び潤滑油圧力にて検知可能であり、これまでの点検結果からも有意なへたりは確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

x. 燃料移送ポンプモータ（低圧，交流，全閉）の主軸の摩耗

y. 燃料移送ポンプモータ（低圧，交流，全閉）のフレーム，エンドブラケット及び端子箱の腐食（全面腐食）

z. 燃料移送ポンプモータ（低圧，交流，全閉）の固定子コア及び回転子コアの腐食（全面腐食）

aa. 燃料移送ポンプモータ（低圧，交流，全閉）の取付ボルトの腐食（全面腐食）

ab. 燃料移送ポンプモータ（低圧，交流，全閉）の主軸の高サイクル疲労割れ

ac. 燃料移送ポンプモータ（低圧，交流，全閉）の回転子棒及び回転子エンドリングの疲労割れ（アルミダイキャスト製）

以上 x. ～ac. の評価については、「ポンプモータの技術評価書」のうち、「低圧ポンプモータ」と同一であることから、当該の評価書を参照のこと。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

a. 基礎ボルトの樹脂の劣化（後打ちケミカルアンカ）〔配管〕

基礎ボルトの樹脂の劣化については、「10 基礎ボルト」にて評価を実施するものとし、本評価書には含めていない。

b. 潤滑油系及び燃料油系機器の内面腐食（全面腐食）〔潤滑油ポンプ（機関付）、潤滑油冷却器（胴側）、発電機軸受潤滑油冷却器（胴側）、潤滑油フィルタ、潤滑油調圧弁、潤滑油系配管・弁、燃料移送ポンプ、軽油タンク、燃料ディタンク、燃料フィルタ、燃料油系配管・弁〕

潤滑油系及び燃料油系の機器は炭素鋼、炭素鋼鋳鋼、鋳鉄または銅合金を使用しているため、腐食の発生が想定されるが、内面については内部流体が油であることから、腐食が発生する可能性は小さい。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. 小口径配管の高サイクル疲労割れ〔始動空気系配管、潤滑油系配管、冷却水系配管、燃料油系配管〕

ディーゼル機関近傍は比較的振動が大きく、小口径配管が分岐する場合は、母管取合い部等に高サイクル疲労割れの発生が想定されるが、配管・サポートを機関に直接設置することにより機関との相対変位をなくし、また、適切なサポート間隔とすることにより共振を防ぐよう設計・施工されていることから、高サイクル疲労割れが発生する可能性は小さい。

なお、高サイクル疲労割れの事象が発生した際には、配管・サポートの見直しを行うこととし、同様の事象が発生しないようにしており、振動の状態も経年的に変化するものではなく、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

表 2.2-1 (1/3) HPCS ディーゼル機関付属設備に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期 取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
補機機能 の確保	始動空気系	空気圧縮機		炭素鋼, 鋳鉄, 低合金鋼, アルミニウム合金	△*1	△△*2	△*3*4					*1:ピストン, シリンダ *2:取付ボルト *3:高サイクル疲労割れ *4:クランク軸, ピストン, コネクティングロッド *5:弁棒 *6:コイルの絶縁特性低下 *7:支持脚 *8:スプリングのへたり *9:小口径配管の高サイクル疲労割れ *10:主軸 *11:外面 *12:内面 *13:胴側 *14:伝熱管 *15:水室 *16:ステライト肉盛
		始動電磁弁		ステンレス鋼, ステンレス鋳鋼, 低合金鋼, 銅, 絶縁物		△*2	△*5				○*6	
		空気だめ		炭素鋼		△△*7						
		空気だめ安全弁		炭素鋼, 炭素鋼鋳鋼, ステンレス鋼*16		△△*2					△*8	
		配管		炭素鋼, ステンレス鋼		△	▲*9					
		弁		ステンレス鋼, ステンレス鋼*16				△*5				
		ガスケット, Oリング	◎									
	潤滑油系	潤滑油ポンプ (機関付)		炭素鋼, 炭素鋼鋳鋼, 低合金鋼, 鋳鉄	△*10	△*2*11 ▲*12	△*3*10					
		潤滑油冷却器		炭素鋼, 銅合金, 低合金鋼	△*14	△*2*7*11 *13*14*15 ▲*12*13	△*3*14					
		発電機軸受潤滑油冷却器		炭素鋼, 銅合金, 低合金鋼	△*14	△*2*7*11 *13*14*15 ▲*12*13	△*3*14					

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 (日常劣化管理事象)

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 (日常劣化管理事象以外)

表 2.2-1 (2/3) HPCS ディーゼル機関付属設備に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期 取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
補機機能 の確保	潤滑油系	潤滑油フィルタ		炭素鋼, 鋳鉄, 低合金 鋼		△*1*3 ▲*2						*1:外面 *2:内面 *3:取付ボルト *4:スプリングのへたり *5:小口径配管の高サイ クル疲労割れ *6:弁棒 *7:主軸 *8:羽根車, ケーシング *9:キャビテーション *10:ケーシングリング *11:高サイクル疲労割 れ *12:胴側 *13:伝熱管 *14:水室 *15:支持脚 *16:ステライト肉盛
		潤滑油調圧弁		鋳鉄, 炭素鋼		△*1*3 ▲*2				△*4		
		配管		炭素鋼		△*1 ▲*2	▲*5					
		弁		炭素鋼, 炭素鋼鋳鋼, ステンレス鋼, 低合金 鋼, 銅合金, 炭素鋼*16, ステンレス 鋼*16		△*1*3 ▲*2	△*6					
		ガスケット, Oリング	◎									
	冷却水系	冷却水ポンプ (機関付)		炭素鋼, 炭素鋼鋳鋼, ステンレス鋼, ステン レス鋳鋼, 銅合金	△*7*8	△ *3*9*10	△*7*11					
		清水冷却器		炭素鋼, 銅合金, 低合金鋼	△*13	△*3*12*13 *14*15	△*11*13					
		清水膨張タンク		炭素鋼		△						
		配管		炭素鋼		△	▲*5					
		弁		炭素鋼, 炭素鋼鋳鋼, ステンレス鋼, 銅合 金, 低合金鋼 炭素鋼*16, 炭素鋼鋳鋼 *16, ステンレス鋼*16		△△*3	△*6					
		ガスケット, Oリング	◎									

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）



表 2.2-1 (3/3) HPCS ディーゼル機関付属設備に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期 取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
補機機能 の確保	燃料油系	燃料移送ポンプ		炭素鋼, 炭素鋼鋳鋼, 低合金鋼, 鋳鉄	△*1	△*2*5 ▲*4	△*1*6					*1:主軸 *2:屋外設置機器の外表面 *3:外表面 *4:内表面 *5:取付ボルト *6:高サイクル疲労割れ *7:フレーム, エンドブ ラケット, 端子箱 *8:固定子コア, 回転子 コア *9:回転子棒, 回転子エ ンドリング *10:固定子コイル, 口 出線・接続部品の絶 縁特性低下 *11:支持脚 *12:小口径配管の高サ イクル疲労割れ *13:弁棒 *14:軸受(転がり) *15:樹脂の劣化 *16:バイトン(フッ素 ゴム) *17:ステライト肉盛
		燃料移送ポンプモータ (低圧, 交流, 全閉)	◎*14	炭素鋼, 銅, 絶縁物他	△*1	△*5*7*8	△*1*6*9				○*10	
		軽油タンク		炭素鋼		△*2 ▲*4						
		燃料ディタンク		炭素鋼		△*3*11 ▲*4						
		燃料フィルタ		炭素鋼, 低合金鋼		△*3*5 ▲*4						
		配管		炭素鋼		△*2*3 ▲*4	▲*12					
		弁		炭素鋼, ステンレス鋼, ステン レス鋳鋼, 低合金鋼 ステンレス鋼*16*17		△*2*3*5 ▲*4	△*13					
		ガスケット, Oリング	◎									
機器の 支持	支持	サポート取付ボルト・ ナット		炭素鋼, 低合金鋼		△						
		配管サポート		炭素鋼		△						
		ベース		炭素鋼		△						
		埋込金物		炭素鋼		△						
		基礎ボルト		炭素鋼, 樹脂		△				▲*15		

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象(日常劣化管理事象)

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象(日常劣化管理事象以外)

## 2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

### (1) 燃料移送ポンプモータ（低圧，交流，全閉）の固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下

燃料移送ポンプモータの固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下に対する「事象の説明」，「技術評価」及び「高経年化への対応」は，低圧ポンプモータと同一であることから，「ポンプモータの技術評価書」のうち，低圧ポンプモータの固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下を参照のこと。

## (2) 始動電磁弁コイルの絶縁特性低下

### a. 事象の説明

始動電磁弁コイルの絶縁物は有機物であることから、熱による特性変化、絶縁物に付着するゴミ、埃または内部の微小ボイド等による放電等、機械的、熱的、電氣的、環境的劣化により経年的に劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性がある。

ただし、始動電磁弁コイルは低圧機器であるため、電氣的な劣化は起きないと考えられる。

### b. 技術評価

#### ① 健全性評価

始動電磁弁コイルの絶縁物の絶縁特性低下要因としては、コイルの発熱による絶縁物の硬化、絶縁物表面に埃が付着・吸湿して沿面絶縁を低下させる環境的劣化がある。

始動電磁弁コイルは常時無励磁であり、作動時間が短いことから、熱的劣化、機械的劣化の可能性は小さいが、長期間の使用を考慮すると始動電磁弁コイルの絶縁特性低下の可能性は否定できない。

#### ② 現状保全

始動電磁弁コイルの絶縁特性低下に対しては、定期的な絶縁抵抗測定により有意な絶縁特性低下がないことを確認している。

絶縁抵抗測定で有意な絶縁特性低下が認められた場合は、分解洗浄・乾燥及び絶縁補修や取替を行うこととしている。

#### ③ 総合評価

始動電磁弁コイルの急激な絶縁特性低下の可能性は否定できないが、絶縁特性低下は点検時における絶縁抵抗測定にて把握可能と考える。

また、今後も絶縁抵抗測定を実施することにより、異常の有無は確認可能であり、現状の保全は点検手法として適切であると判断する。

### c. 高経年化への対応

始動電磁弁コイルの絶縁特性低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に追加すべき項目はなく、今後も現状保全を継続していく。

### 3. 代表機器以外への展開

本章では、2章で実施した代表機器の技術評価結果について、1章で実施したグループ化で代表機器となっていない機器への展開について検討した。

#### ① 非常用ディーゼル機関（A，B号機）付属設備

#### 3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

##### a. 燃料移送ポンプモータ（低圧，交流，全閉）の固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下

代表機器同様，燃料移送ポンプモータの固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下に対する「事象の説明」，「技術評価」及び「高経年化への対応」は，低圧ポンプモータと同一であることから，「ポンプモータの技術評価書」のうち，低圧ポンプモータの固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下を参照のこと。

##### b. 始動電磁弁コイルの絶縁特性低下

代表機器同様，始動電磁弁コイルの絶縁物の絶縁特性低下要因としては，コイルの発熱による絶縁物の硬化及び絶縁物表面に埃が付着・吸湿して沿面絶縁を低下させる環境劣化がある。

しかし，始動電磁弁コイルは，常時無励磁であり作動時間が短いことから熱的劣化及び機械的劣化の可能性は小さく，また，始動電磁弁コイルは埃が入りづらい構造となっていることから，環境的劣化の可能性も小さい。さらに，点検時に絶縁抵抗測定を実施しており，これまでの点検結果では急激な絶縁特性低下は確認されていない。

今後も絶縁抵抗測定を実施することにより絶縁特性低下を監視していくとともに，必要に応じて補修，取替等の適切な対応をとることにより，健全性の維持は可能である。

したがって，高経年劣化対策の観点から現状の保全内容に対し追加すべき項目はないと判断する。

### 3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

a. 屋外設置機器の外面腐食（全面腐食）〔燃料移送ポンプ，軽油タンク，燃料油系配管・弁〕

代表機器同様，屋外に設置されている機器は，長期間外気にさらされることで，防食塗装のはく離等による腐食の発生が想定されるが，点検時に塗装のはく離等が確認された場合には，必要に応じて補修塗装を行うこととしているため，腐食が発生する可能性は小さい。

また，軽油タンクは，他プラントにおいて雨水浸入によるタンク底板の腐食事例が確認されているが，軽油タンク基礎には充填材防食テープにより防水加工を施していることから，雨水浸入による腐食が発生する可能性は小さい。

今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. 基礎ボルトの腐食（全面腐食）〔清水膨張タンク，軽油タンク，潤滑油サンプタンク，空気だめ，燃料ディタンク，燃料移送ポンプ，空気圧縮機〕

代表機器同様，基礎ボルトの腐食については，「10 基礎ボルト」にて評価を実施するものとし，本評価書には含めていない。

c. ポンプ主軸の摩耗〔潤滑油ポンプ（機関付），機関付動弁注油ポンプ，冷却水ポンプ（機関付），燃料移送ポンプ〕

代表機器同様，転がり軸受を使用しているポンプは，軸受と主軸の接触面にわずかな摩耗の発生が想定されるが，これまでの点検結果からも有意な摩耗は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

すべり軸受を使用しているポンプは，潤滑油が供給され，主軸と軸受間に油膜が形成されていることから，摺動摩耗が発生する可能性は小さく，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

潤滑油系及び燃料油系のポンプは，主動軸と従動軸の接触面において摩耗の発生が想定されるが，ポンプ内部は常に油で満たされていることから，摩耗が発生する可能性は小さく，また，これまでの点検結果からも有意な摩耗は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. ピストン及びシリンダの摩耗 [空気圧縮機]

代表機器同様、ピストン及びシリンダは空気圧縮機運転中において、シリンダ内の往復動による摺動部の摩耗の発生が想定されるが、ピストンにはピストンリングを取り付けており、摺動部が直接接触しないことから、摩耗が発生する可能性は小さい。

また、これまでの点検結果からも有意な摩耗は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. ギアの摩耗 [機関付動弁注油ポンプ]

機関付動弁注油ポンプはギアポンプであるため、ギアに摩耗の発生が想定されるが、内部流体は油であることから、摩耗が発生する可能性は小さい。

また、これまでの点検結果からも有意な摩耗は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f. 羽根車及びケーシングの摩耗 [冷却水ポンプ (機関付)]

代表機器同様、羽根車及びケーシングは長期使用に伴い、羽根車 (羽根車リング) とケーシング (ケーシングリング) 間の摺動による摩耗の発生が想定されるが、分解点検毎に隙間管理を行い、必要に応じて部品を取り替えることとしているため、摩耗が発生する可能性は小さい。

また、これまでの点検結果からも有意な摩耗は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

g. 空気圧縮機の腐食 (全面腐食)

代表機器同様、空気圧縮機は鋳鉄が使用されており、湿分を含んだ空気または大気と接触しているため、腐食の発生が想定されるが、分解点検時に目視点検を行い、これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されていない。

また、外面は防食塗装を施しており、必要に応じて補修塗装を行うこととしているため、腐食が発生する可能性は小さい。

今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

h. 空気だめの腐食（全面腐食）

代表機器同様、空気だめは炭素鋼で、内部流体が空気であることから、腐食の発生が想定されるが、内外面とも防食塗装を施しており、必要に応じて補修塗装を行うこととしているため、腐食が発生する可能性は小さい。

また、これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

i. 始動空気系配管及び弁の腐食（全面腐食）〔空気だめ安全弁，始動空気系配管〕

代表機器同様、始動空気系配管及び弁は炭素鋼，炭素鋼鋳鋼を使用しているため、腐食の発生が想定されるが、始動空気系の内部流体はドレン抜きを定期的実施している空気であることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

j. 潤滑油系及び燃料油系機器の外表面腐食（全面腐食）〔潤滑油ポンプ（機関付），機関付動弁注油ポンプ，潤滑油冷却器（胴側），潤滑油サンプタンク，機関付動弁注油タンク，潤滑油フィルタ，潤滑油調圧弁，潤滑油系配管・弁，燃料ディタンク，燃料フィルタ，燃料油系配管・弁〕

代表機器同様、潤滑油系及び燃料油系の機器は炭素鋼，炭素鋼鋳鋼，鋳鉄または銅合金を使用しているため、腐食の発生が想定されるが、外面については防食塗装を施しており、必要に応じて補修塗装を行うこととしているため、腐食が発生する可能性は小さい。

また、これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

k. 冷却水系機器の腐食（全面腐食）〔冷却水ポンプ（機関付），清水冷却器（胴側），清水膨張タンク，冷却水系弁〕

代表機器同様、冷却水系の機器は炭素鋼，炭素鋼鋳鋼または銅合金が使用されており、内部流体が純水であることから、腐食の発生が想定されるが、分解点検時の目視点検により腐食の有無を確認しており、これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

l. ポンプの腐食（キャビテーション）〔冷却水ポンプ（機関付）〕

代表機器同様、ポンプ内部でキャビテーションが発生すると羽根車表面にエロージョンが生じ、ポンプ性能に影響を及ぼすことが想定されるが、ポンプは設計段階においてキャビテーションを起こさない条件（有効吸込ヘッド>必要有効吸込ヘッド）を満たすよう考慮されており、この大小関係は経年的に変わるものではないことから、腐食（キャビテーション）が発生する可能性は小さい。

また、これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

m. ケーシングリングの腐食（全面腐食）〔冷却水ポンプ（機関付）〕

代表機器同様、ケーシングリングは銅合金で、内部流体が純水であることから、腐食の発生が想定されるが、ケーシングリングには耐食性の高い材料を使用しているため、腐食が発生する可能性は小さい。

また、分解点検時に目視点検及び寸法測定を行い、これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

n. 冷却水系配管の腐食（全面腐食）〔冷却水系配管〕

代表機器同様、冷却水系配管は炭素鋼であることから、腐食の発生が想定されるが、配管外面については防食塗装を施しており、必要に応じて補修塗装を行うこととしているため、腐食が発生する可能性は小さい。

また、配管内面については、内部流体が非常用補機冷却系から供給される冷却水には防錆剤が注入されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

さらに、内部流体が純水の場合においては、酸素含有水中（酸素濃度 8 mgO/l）における炭素鋼の腐食に及ぼす影響（防食技術便覧：腐食防食協会編）より運転開始後 40 年時点の推定腐食量を評価した結果、1 mm 未満であることを確認している。

今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

o. 熱交換器伝熱管及び水室の腐食（全面腐食）〔潤滑油冷却器、清水冷却器〕

代表機器同様、潤滑油冷却器及び清水冷却器は、伝熱管が銅合金、水室が炭素鋼であることから、腐食の発生が想定されるが、伝熱管内面は内部流体が防錆剤が注入された冷却水であり、潤滑油冷却器の伝熱管外面及び水室については、接液する流体が油であることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、清水冷却器の伝熱管外面及び水室については、接液する流体が純水であるが、これまでの目視点検からも有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。



- p. 支持脚[清水膨張タンク，潤滑油サンプタンク，空気だめ，潤滑油冷却器，清水冷却器，燃料ディタンク]及びベース[空気圧縮機，燃料移送ポンプ]の腐食（全面腐食）

代表機器同様，各機器の支持脚及びベースは炭素鋼であることから，腐食の発生が想定されるが，大気接触部は防食塗装を施しており，必要に応じて補修塗装を行うこととしているため，腐食が発生する可能性は小さい。

また，これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- q. 取付ボルトの腐食（全面腐食） [空気圧縮機，始動電磁弁，空気だめ安全弁，潤滑油ポンプ（機関付），機関付動弁注油ポンプ，潤滑油冷却器，機関付動弁注油タンク，潤滑油フィルタ，潤滑油調圧弁，潤滑油系弁，冷却水ポンプ（機関付），清水冷却器，冷却水系弁，燃料移送ポンプ，燃料フィルタ，燃料油系弁]

代表機器同様，各機器の取付ボルトは炭素鋼または低合金鋼であることから，腐食の発生が想定されるが，大気接触部は防食塗装を施しているため，腐食が発生する可能性は小さい。

また，これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- r. 配管サポート及びサポート取付ボルト・ナットの腐食（全面腐食）

代表機器同様，配管サポート及びサポート取付ボルト・ナットは炭素鋼または低合金鋼であることから，腐食の発生が想定されるが，大気接触部は防食塗装を施しているため，腐食が発生する可能性は小さい。

また，これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- s. 埋込金物の腐食（全面腐食）

代表機器同様，埋込金物は炭素鋼であることから，腐食の発生が想定されるが，大気接触部は防食塗装を施しており，必要に応じて補修塗装を行うこととしているため，腐食の発生が発生する可能性は小さい。

また，コンクリート埋設部については，コンクリートが中性化した場合に腐食の発生が想定されるが，実機コンクリートにおけるサンプリング結果では中性化は殆ど見られておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- t. 伝熱管の高サイクル疲労割れ及び摩耗 [潤滑油冷却器, 清水冷却器]
- 代表機器同様, 伝熱管は外表面を流れる流体により伝熱管が振動することで, 高サイクル疲労割れ及び摩耗の発生が想定されるが, 伝熱管は支持板により適切なスパンで支持されており, 伝熱管の外表面の流体による振動は十分に抑制されているため, 高サイクル疲労割れ及び摩耗が発生する可能性は小さい。
- また, これまでの点検結果からも高サイクル振動による疲労割れ及び摩耗は確認されておらず, 今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから, 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。
- u. クランク軸, ピストン及びコネクティングロッドの高サイクル疲労割れ [空気圧縮機]
- 代表機器同様, クランク軸, ピストン及びコネクティングロッドには, 空気圧縮機運転時に繰返し応力が発生することで, 応力集中部等において高サイクル疲労割れの発生が想定されるが, 高サイクル疲労割れは設計上考慮されていることから, 高サイクル疲労割れが発生する可能性は小さい。
- また, これまでの分解点検時の目視点検及び浸透探傷検査の結果からも割れは確認されておらず, 今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから, 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。
- v. ポンプ主軸の高サイクル疲労割れ [潤滑油ポンプ (機関付), 機関付動弁注油ポンプ, 冷却水ポンプ (機関付), 燃料移送ポンプ]
- 代表機器同様, ポンプ主軸は運転時に繰返し応力が発生することで, 応力集中部等において高サイクル疲労割れの発生が想定されるが, 高サイクル疲労割れは設計上考慮されていることから, 高サイクル疲労割れが発生する可能性は小さい。
- また, これまでの分解点検時の目視点検及び浸透探傷検査の結果からも割れは確認されておらず, 今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから, 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。
- w. 弁棒の疲労割れ [始動電磁弁, 始動空気系弁, 潤滑油系弁, 冷却水系弁, 燃料油系弁]
- 代表機器同様, 弁棒は弁開時に疲労割れの発生が想定されるが, 弁開操作時には弁棒及びバックシート部への過負荷がかからないように適切な操作を行うこととしており, これまでの点検結果からも割れは確認されていない。
- したがって, 今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから, 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

x. スプリングのへたり [空気だめ安全弁, 潤滑油調圧弁]

代表機器同様, 弁のスプリングは, 常時応力が作用した状態で使用されるため, スプリングのへたりが想定されるが, スプリング使用時のねじり応力は許容ねじり応力以下になるように設定されている。

また, スプリングの材料に対する推奨最高使用温度よりも実際の使用温度は低いことから, へたりが進行する可能性は小さい。

空気だめ安全弁については, 分解点検時の目視点検及び作動確認, 潤滑油調圧弁については, 分解点検時の目視点検及び潤滑油圧力にて検知可能であり, これまでの点検結果からも有意なへたりは確認されておらず, 今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから, 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

y. 燃料移送ポンプモータ (低圧, 交流, 全閉) の主軸の摩耗

z. 燃料移送ポンプモータ (低圧, 交流, 全閉) のフレーム, エンドブラケット及び端子箱の腐食 (全面腐食)

aa. 燃料移送ポンプモータ (低圧, 交流, 全閉) の固定子コア及び回転子コアの腐食 (全面腐食)

ab. 燃料移送ポンプモータ (低圧, 交流, 全閉) の取付ボルトの腐食 (全面腐食)

ac. 燃料移送ポンプモータ (低圧, 交流, 全閉) の主軸の高サイクル疲労割れ

ad. 燃料移送ポンプモータ (低圧, 交流, 全閉) の回転子棒及び回転子エンドリングの疲労割れ (アルミダイキャスト製)

以上 y. ~ad. の評価については, 「ポンプモータの技術評価書」のうち, 「低圧ポンプモータ」と同一であることから, 当該の評価書を参照のこと。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

a. 基礎ボルトの樹脂の劣化（後打ちケミカルアンカ）〔配管〕

代表機器同様、基礎ボルトの樹脂の劣化については、「10 基礎ボルト」にて評価を実施するものとし、本評価書には含めていない。

b. 潤滑油系及び燃料油系機器の内面腐食（全面腐食）〔潤滑油ポンプ（機関付）、機関付動弁注油ポンプ、潤滑油冷却器（胴側）、潤滑油サンプタンク、機関付動弁注油タンク、潤滑油フィルタ、動弁注油ラインフィルタ、潤滑油調圧弁、潤滑油系配管・弁、燃料移送ポンプ、軽油タンク、燃料ディタンク、燃料フィルタ、燃料油系配管・弁〕

代表機器同様、潤滑油系及び燃料油系の機器は炭素鋼、炭素鋼鋳鋼、鋳鉄または銅合金を使用しているため、腐食の発生が想定されるが、内面については内部流体が油であることから、腐食が発生する可能性は小さい。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. 小口径配管の高サイクル疲労割れ〔始動空気系配管、潤滑油系配管、冷却水系配管、燃料油系配管〕

代表機器同様、ディーゼル機関近傍は比較的振動が大きく、小口径配管が分岐する場合は、母管取合い部等に高サイクル疲労割れの発生が想定されるが、配管・サポートを機関に直接設置することにより機関との相対変位をなくし、また、適切なサポート間隔とすることにより共振を防ぐよう設計・施工されていることから、高サイクル疲労割れが発生する可能性は小さい。

なお、高サイクル疲労割れの事象が発生した際には、配管・サポートの見直しを行うこととし、同様の事象が発生しないようにしており、振動の状態も経年的に変化するものではなく、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

以 上

## 5 可燃性ガス濃度制御系設備

[対象機器]

- ① 可燃性ガス濃度制御系設備

## 目 次

1. 対象機器 .....	5-1
2. 可燃性ガス濃度制御系設備の技術評価.....	5-2
2.1 構造, 材料及び使用条件.....	5-2
2.1.1 可燃性ガス濃度制御系設備 .....	5-2
2.2 経年劣化事象の抽出.....	5-7
2.2.1 機能達成に必要な項目 .....	5-7
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出 .....	5-7
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 .....	5-9
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価 .....	5-17

1. 対象機器

可燃性ガス濃度制御系設備の主な仕様を表 1-1 に示す。

表 1-1 可燃性ガス濃度制御系設備の主な仕様

名称 (基数)	仕様 (容量)	重要度*1	機器名称	使用条件		
				運転 状態*2	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (°C)
可燃性ガス 濃度制御系 設備 (2) *4	255 Nm <sup>3</sup> /h	MS-1	ブロワ	一時*3 (一時*3)	約 0.3	171
			加熱管		約 0.3	777
			再結合器		約 0.3	777
			冷却器		約 0.3	777
			気水分離器		約 0.3	171
			配管・弁		約 0.3~3.4	171~777

\*1：当該機器に要求される重要度クラスの内，最上位の重要度クラスを示す

\*2：上段は冷温停止状態時における運転状態，下段の（ ）は断続的運転時の運転状態を示す

\*3：通常は待機，機能試験（昇温試験）は毎定期検査時 10 時間程度（リハーサル含む）

\*4：3，4 号炉共用設備を示す

## 2. 可燃性ガス濃度制御系設備の技術評価

### 2.1 構造, 材料及び使用条件

#### 2.1.1 可燃性ガス濃度制御系設備

##### (1) 構造

可燃性ガス濃度制御系設備は, 原子炉冷却材喪失事故 (LOCA) 時に, 格納容器からのガスを吸込み加熱管に送るブロワ (ブロワ用モータ, ブロワキャンを含む), ブロワからのガスを加熱する加熱管, ガス中の水素と酸素を反応させて水にする再結合器, 再結合器から出たガスを冷却する冷却器, ガスと水に分離する気水分離器及び各機器を接続する配管・弁から構成されている。

可燃性ガス濃度制御系設備は, フランジボルト等を取り外すことにより, 点検が可能である。

可燃性ガス濃度制御系設備の構成図を図 2.1-1 に, 再結合装置の構造図を図 2.1-2 に示す。

##### (2) 材料及び使用条件

可燃性ガス濃度制御系設備主要部位の使用材料を表 2.1-1 に, 使用条件を表 2.1-2 及び表 2.1-3 に示す。



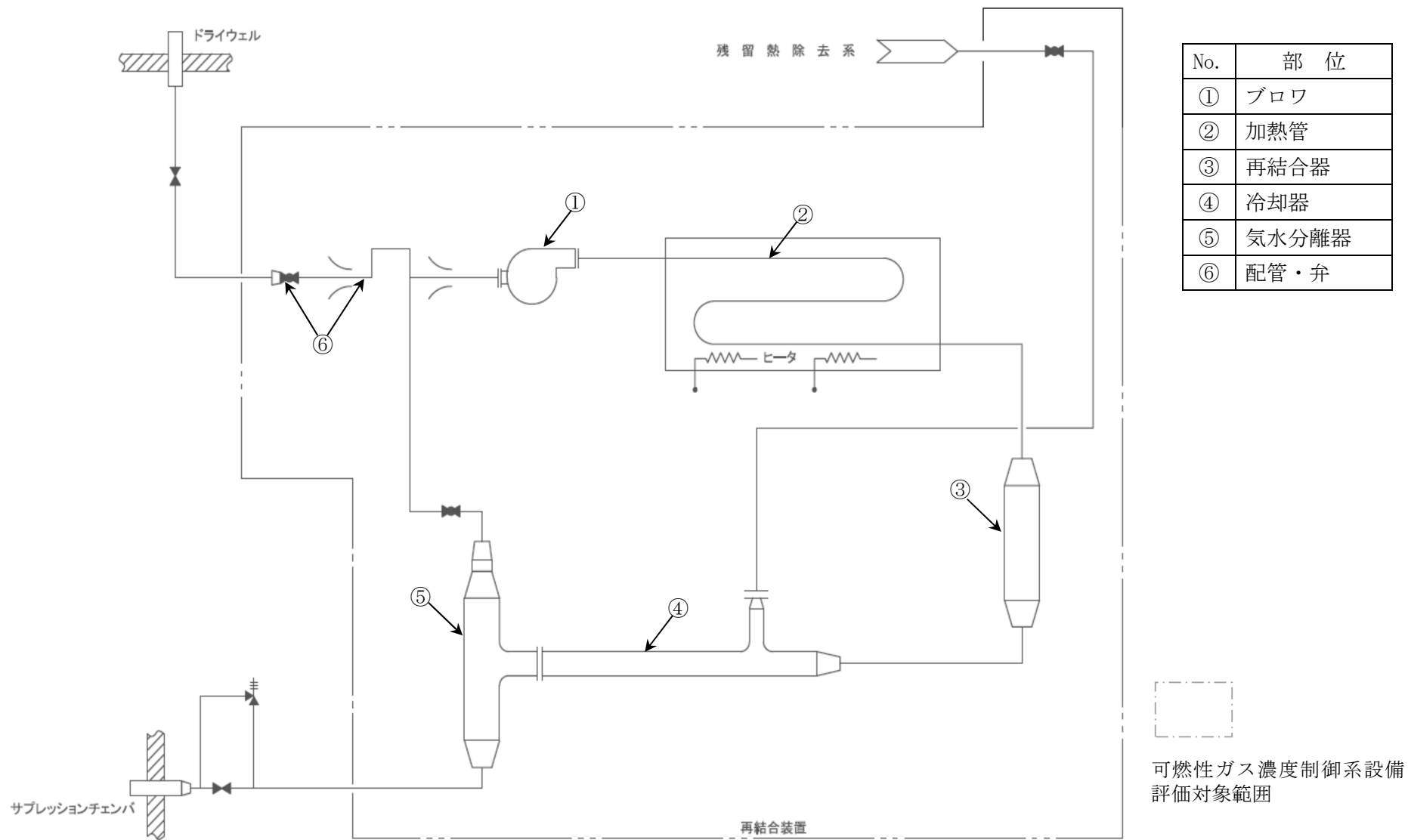


図 2. 1-1 可燃性ガス濃度制御系設備構成図

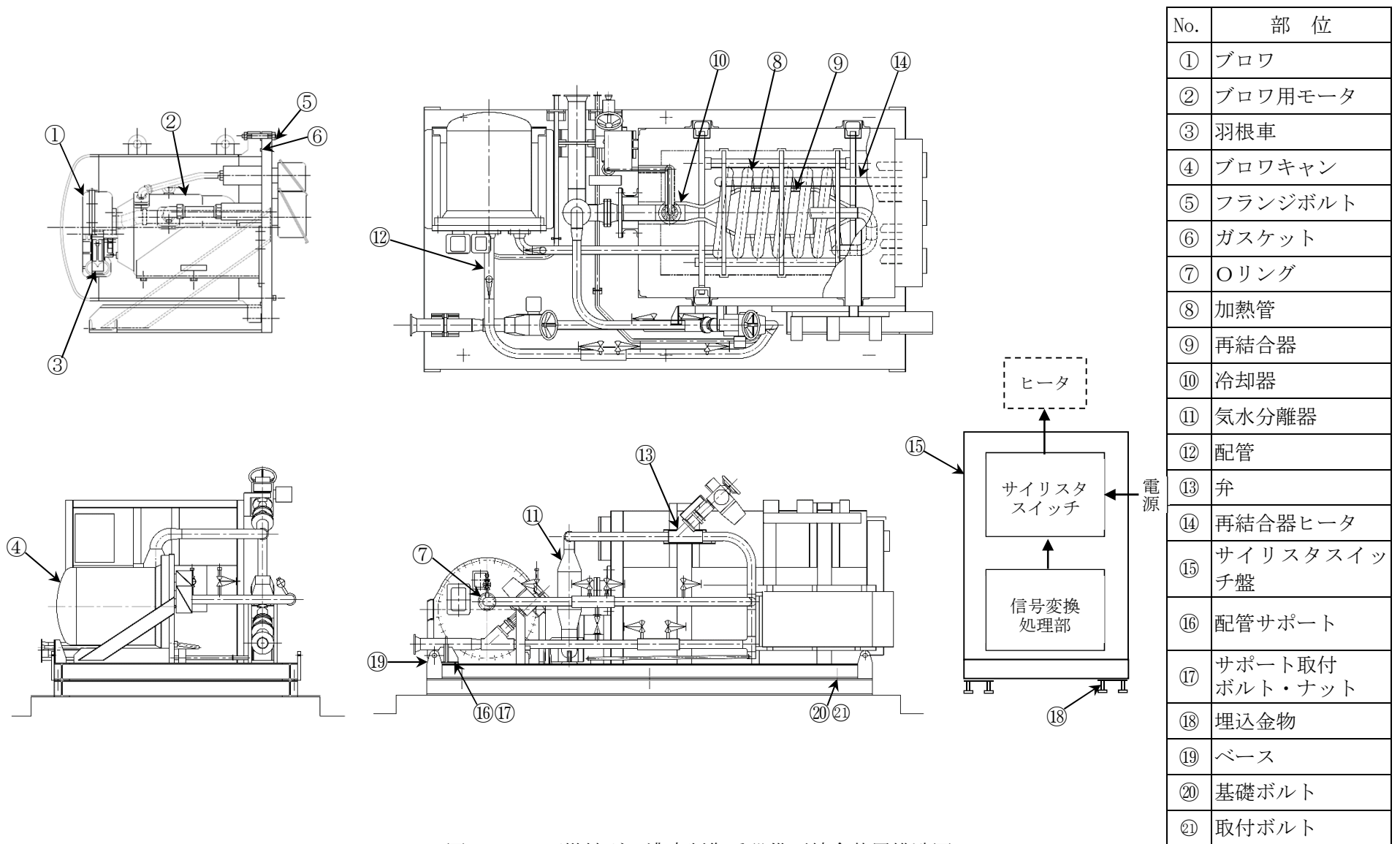


図 2.1-2 可燃性ガス濃度制御系設備再結合装置構造図

表 2.1-1 可燃性ガス濃度制御系設備主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
送風力の確保	送風	ブロワ	鋳鉄 (FCD40)
		ブロワ用モータ (低圧, 交流, 全閉)	主軸: 炭素鋼 (S45C) 固定子コイル及び口出線・接続部品: 銅, 絶縁物 回転子棒・回転子エンドリング: アルミニウム地金 フレーム: 鋳鉄 (FC150) エンドブラケット: 鋳鉄 (FC200) 取付ボルト: 炭素鋼 (SS400) 軸受 (転がり): (消耗品)
		羽根車	鋳鉄 (FCD40)
バウンダリの維持	耐圧	ブロワキャン	炭素鋼 (SM41B)
		フランジボルト	炭素鋼 (S35C, S25C)
		ガスケット	(消耗品)
		Oリング	(消耗品)
		加熱管	ステンレス鋼 (SUS304TP)
		再結合器	ステンレス鋼 (SUSF304, SUS304TP)
		冷却器	ステンレス鋼 (SUS304TP)
		気水分離器	ステンレス鋼 (SUS304TP)
		配管	ステンレス鋼 (SUS304TP)
		弁	ステンレス鋼 (SUSF304 (ステライト), SUS403-B, SUS431-B), ステンレス鋳鋼 (SCS13A (ステライト)) [電動弁用駆動部] 主軸: 低合金鋼 (SCM) 固定子コイル及び口出線・接続部品: 銅, 絶縁物 (ポリアミドイミド, ポリエステル, シリコンゴム) 回転子棒・回転子エンドリング: 特殊銅合金, アルミ合金 ステムナット・ギア: 黄銅鋳物, 低合金鋼 軸受 (転がり): (消耗品) 電動弁トルクスイッチ: アルミ合金, 絶縁物 (フェノール樹脂) 電動弁リミットスイッチ: アルミ合金, 絶縁物 (ジアリルフタレート)
反応熱の確保	エネルギー伝達	再結合器ヒータ	絶縁物 (酸化マグネシウム), シース材 (高ニッケル合金), ニクロム線
		サイリスタスイッチ盤	サイリスタスイッチ: 半導体 信号変換処理部: 電解コンデンサ*, 可変抵抗器*, 半導体他 筐体: 炭素鋼
機器の支持	支持	配管サポート	炭素鋼
		サポート取付ボルト・ナット	炭素鋼
		埋込金物	炭素鋼
		ベース	炭素鋼
		基礎ボルト	低合金鋼 (SCM435) , 樹脂
		取付ボルト	低合金鋼 (SCM435)

\*: 定期取替品

表 2.1-2 可燃性ガス濃度制御系設備の使用条件

部 位	最高使用温度 (°C)	最高使用圧力 (MPa)
ブロワ	171	約 0.3
ブロワ用モータ	171	約 0.3
ブロワキャン	171	約 0.3
加熱管	777	約 0.3
再結合器	777	約 0.3
冷却器	777	約 0.3
気水分離器	171	約 0.3
配管・弁	171~777	約 0.3~3.4

表 2.1-3 可燃性ガス濃度制御系設備サイリスタスイッチ盤の使用条件

設置場所	屋内
周囲温度	40°C以下*

\*: 原子炉建屋の設計値

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機能達成に必要な項目

可燃性ガス濃度制御系設備の機能達成に必要な項目は以下のとおり。

- ① 送風力の確保
- ② バウンダリの維持
- ③ 反応熱の確保
- ④ 機器の支持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

可燃性ガス濃度制御系設備について、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の材料、構造、使用条件（水質、圧力、温度等）及び現在までの運転経験を考慮し、表 2.2-1 で示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

なお、消耗品及び定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

ガスケット、Oリング、転がり軸受は消耗品、電解コンデンサ、可変抵抗器は定期取替品であり、設計時に長期使用せず取替を前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

(3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

想定される経年劣化事象のうち主要 6 事象に該当する事象及び下記①, ②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化と判断した。なお, 下記①, ②に該当する事象については, 2.2.3 項に示すとおり, 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

- ① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって, 想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの (日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△)
  
- ② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により, 今後も経年劣化の進展が考えられない, または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象 (日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲)

この結果, 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象として以下の事象が抽出された。(表 2.2-1 で○)

- a. ブロワ用モータ (低圧, 交流, 全閉) の固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下
- b. 弁 (電動弁駆動部) の固定子コイル, 口出線・接続部品の絶縁特性低下

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

#### a. サイリスタスイッチ盤の信号変換処理部の特性変化

信号変換処理部は、電解コンデンサ等の使用部品の劣化や電気回路の不良により特性変化が想定されるが、特性変化の主要因である電解コンデンサについては、大きな劣化をきたす前に定期的に取り替えている。

さらに、電気回路の不良はマイグレーションによる基板内ICでの回路間短絡、断線が挙げられるが、マイグレーション対策については、設計・製造プロセスが改善されており、屋内空調環境に設置されていることから、その発生の可能性は十分小さい。

また、点検時に信号変換処理部を含む各装置の特性試験によって異常がないことを確認しており、今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### b. 弁（電動弁駆動部）のステムナット、ギアの摩耗

弁（電動弁駆動部）のステムナット、ギアの摩耗の評価については、「弁の技術評価書」のうち、「電動弁用駆動部」と同一であることから、当該の評価書を参照のこと。

#### c. 基礎ボルトの腐食（全面腐食）[ブロウ, 加熱管, 再結合器, 冷却器, 気水分離器]

基礎ボルトの健全性については、「10 基礎ボルト」にて評価を実施するものとし、本評価書には含めていない。

#### d. ブロウ, 羽根車, ブロウキャン, フランジボルトの腐食（全面腐食）

ブロウ及び羽根車は鋳鉄、ブロウキャン及びフランジボルトは炭素鋼であり、腐食の発生が想定されるが、内部流体は湿分を除去した原子炉格納容器内雰囲気ガスであることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、大気接触部は防食塗装を施しており（ブロウ, 羽根車を除く）、必要に応じて補修を行うこととしている。

さらに、これまでの点検結果からは有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. サイリスタスイッチ盤の筐体の腐食（全面腐食）

サイリスタスイッチ盤の筐体は炭素鋼であり、腐食の発生が想定されるが、筐体表面は防錆塗装を施しており、屋内空調環境に設置されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、これまでの点検時の目視確認結果からは、有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f. サポート取付ボルト・ナット、ベース、取付ボルトの腐食（全面腐食）

サポート取付ボルト・ナット及びベースは炭素鋼、取付ボルトは低合金鋼であり、腐食の発生が想定されるが、大気接触部は防食塗装を施しており、必要に応じて補修を行うこととしているため、腐食が発生する可能性は小さい。

さらに、これまでの点検結果からは有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

g. 埋込金物の腐食（全面腐食）

埋込金物は炭素鋼であり、腐食の発生が想定されるが、大気接触部は防食塗装を施しており、必要に応じて補修を行うこととしているため、腐食が発生する可能性は小さい。

また、コンクリート埋設部については、コンクリートが中性化した場合に腐食の発生が想定されるが、実機コンクリートにおけるサンプリング結果では中性化は殆ど確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

h. 配管サポートの腐食（全面腐食）

配管サポートは炭素鋼であり、腐食の発生が想定されるが、防食塗装により腐食を防止しているため、腐食発生の可能性は小さい。

また、これまでの目視点検結果からは有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。



i. 加熱管，再結合器，冷却器，配管の疲労割れ

これらの機器及び配管はステンレス鋼であり，温度変化が厳しい場合において，熱疲労による疲労割れの発生が想定されるが，外面は保温材で覆われ，内外面温度差が生じ難い構造となっていることから，有意な熱応力が発生する可能性は小さい。

また，可燃性ガス濃度制御系設備の定例試験時における内部流体は原子炉格納容器内雰囲気ガスであり運転温度が低い（100℃未満）こと，さらに，機能試験の回数が少ないことから，疲労割れが発生する可能性は小さく，これまでの試験結果（機能試験，漏えい試験）からも異常は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

j. 加熱管，再結合器，冷却器，気水分離器，配管の応力腐食割れ

これらの機器及び配管はステンレス鋼であり，応力腐食割れの発生が想定されるが，可燃性ガス濃度制御系設備の定例試験時における内部流体は，原子炉格納容器内雰囲気ガスであり運転温度が低い（100℃未満）こと，また，機能試験時においても水と接する冷却器及び冷却用純水配管の一部は高温とならず，さらに，運転時間も短いことから，応力腐食割れが発生する可能性は小さい。

さらに，これまでの点検結果からは有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

k. 弁棒の疲労割れ

弁棒の疲労割れについては，弁全開時に弁棒及びバックシート部への過負荷がかからないように適切な操作を行うこととしており，疲労割れが発生する可能性は小さい。

さらに，これまでの点検結果からは有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

1. 加熱管, 再結合器, 冷却器, 配管のクリープ

再結合装置は点検時に昇温試験を実施するため, これらの機器及び配管が高温となることで, クリープによる変形・破断が想定されるが, 当該機器の材料はオーステナイト系ステンレス鋼で, 運転温度が約 718℃であり, これらの使用条件と類似したクリープ破断データから, 当該材料のクリープ破断に至る時間は 100,000 時間以上であり, プラント運転開始 40 年時点の累積運転時間は約 400 時間程度であることから, これらの材料がクリープ破断を起こす可能性は極めて小さい。

また, これまでの点検結果からクリープによる不具合は確認されておらず, 今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから, 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

m. 再結合器ヒータの絶縁特性低下

再結合器ヒータはシーズヒータであり, 絶縁物には酸化マグネシウムが使用されており, 湿分の浸入が生じると絶縁特性低下が想定される。

しかし, 絶縁物は NCF パイプ中に納められ, かつ外気シールされていることから, パイプ腐食による外気中湿分の絶縁物への浸入による絶縁性能低下の可能性は小さい。

また, 点検時には絶縁抵抗測定を行うことで健全性を確認しており, 今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから, 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

n. 再結合器ヒータのエレメント断線

再結合器ヒータはシーズヒータであり, 加熱線にはニクロム線が使用されているため, 湿分等の浸入が生じると腐食による断線が想定される。

しかし, ニクロム線は NCF パイプ中に絶縁物 (酸化マグネシウム) とともに納められ, かつ外気シールされていることから, パイプ腐食による外気中湿分の浸入による酸化腐食が発生する可能性は小さい。

また, 点検時には抵抗測定を行い, 健全性を確認しており, 今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから, 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

o. サイリスタスイッチの漏れ電流の変化

サイリスタスイッチは, 長期間の使用に伴い, 熱による半導体素子の空乏層が変化することで漏れ電流の増加が想定されるが, 設計段階において長期間使用による劣化を考慮していることから, 特性が急激に変化する可能性は小さい。

また, 点検時に漏れ電流測定を実施し, 漏れ電流の増加状態に異常が確認された場合には取替を行うこととしており, 今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから, 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- p. ブロワ用モータ（低圧，交流，全閉）の主軸の摩耗
- q. ブロワ用モータ（低圧，交流，全閉）のフレーム及びエンドブラケットの腐食（全面腐食）
- r. ブロワ用モータ（低圧，交流，全閉）の端子箱の腐食（全面腐食）
- s. ブロワ用モータ（低圧，交流，全閉）の固定子コア及び回転子コアの腐食（全面腐食）
- t. ブロワ用モータ（低圧，交流，全閉）の取付ボルトの腐食（全面腐食）
- u. ブロワ用モータ（低圧，交流，全閉）の主軸の高サイクル疲労割れ
- v. ブロワ用モータ（低圧，交流，全閉）の回転子棒及び回転子エンドリングの疲労割れ

以上 p. ～v. の評価については、「ポンプモータの技術評価書」のうち、「低圧ポンプモータ」と同一であることから、当該の評価書を参照のこと。

- w. 弁（電動弁駆動部）のモータの主軸の摩耗
- x. 弁（電動弁駆動部）のモータのフレーム及びエンドブラケットの腐食（全面腐食）
- y. 弁（電動弁駆動部）のモータの固定子コア及び回転子コアの腐食（全面腐食）
- z. 弁（電動弁駆動部）の取付ボルトの腐食（全面腐食）
- aa. 弁（電動弁駆動部）のモータの主軸の高サイクル疲労割れ
- ab. 弁（電動弁駆動部）のモータの回転子棒，回転子エンドリングの疲労割れ
- ac. 弁（電動弁駆動部）のトルクスイッチ，リミットスイッチの導通不良

以上 w. ～ac. の評価については、「弁の技術評価書」のうち、「電動弁用駆動部」と同一であることから、当該の評価書を参照のこと。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

a. 配管の温度計ウェルの高サイクル疲労割れ

配管の温度計ウェルについては、内部流体の流体力、カルマン渦、双子渦発生による励振力により、管台との取合い部に高サイクル疲労割れの発生が想定されるが、設計上流体との同期振動の回避及びランダム渦による強度が考慮されていれば損傷を回避できるものであり、これまで当該号炉において高サイクル疲労割れが発生した事例はない。

しかし、当該部の折損事象が他プラントにて過去に発生しているため、日本機械学会の「配管内円柱状構造物の流力振動評価指針（JSME S012-1998）」に基づき評価を行い、問題がないことを確認している。

また、評価・対策後のものについては、設計上共振の発生が回避でき、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. 基礎ボルトの樹脂の劣化（後打ちケミカルアンカ）〔配管〕

基礎ボルトの樹脂の劣化については、「10 基礎ボルト」にて評価を実施するものとし、本評価書には含めていない。

表 2.2-1 (1/2) 可燃性ガス濃度制御系設備に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
送風力の確保	送風	ブロワ		鋳鉄		△					*1：主軸 *2：フレーム及びエンドブラケット *3：端子箱 *4：固定子コア及び回転子コア *5：取付ボルト *6：主軸の高サイクル疲労割れ *7：回転子棒及び回転子エンドリング *8：固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下 *9：クリープ *10：温度計ウエルの高サイクル疲労割れ *11：軸受（転がり）	
		ブロワ用モータ（低圧，交流，全閉）	◎*11	炭素鋼，銅，絶縁物他	△*1	△*2*3*4*5	△*6*7			○*8		
		羽根車		鋳鉄		△						
バウンダリの維持	耐圧	ブロワキャン		炭素鋼		△						
		フランジボルト		炭素鋼		△						
		ガスケット	◎									
		Oリング	◎									
		加熱管		ステンレス鋼			△	△		△*9		
		再結合器		ステンレス鋼			△	△		△*9		
		冷却器		ステンレス鋼			△	△		△*9		
		気水分離器		ステンレス鋼				△				
配管		ステンレス鋼			△▲*10	△		△*9				

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表 2.2-1 (2/2) 可燃性ガス濃度制御系設備に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁		ステンレス鋼, ステンレス鋳鋼			△*1					*1: 弁棒 *2: ステムナット, ギア *3: モータの主軸 *4: モータのフレーム及びエンドブラケット *5: モータの固定子コア及び回転子コア *6: 取付ボルト *7: モータの主軸の高サイクル疲労割れ *8: モータの回転子棒, 回転子エンドリング *9: 固定子コイル, 口出線・接続部品の絶縁特性低下 *10: トルクスイッチ, リミットスイッチの導通不良 *11: 絶縁特性低下 *12: エlement断線 *13: 筐体 *14: 信号変換処理部の特性変化 *15: サイリスタスイッチの漏れ電流の変化 *16: 軸受 (転がり) *17: 電解コンデンサ, 可変抵抗器 *18: 樹脂の劣化
		弁 (電動弁駆動部)	◎*16	アルミ合金, 銅, 絶縁物他	△*2 △*3	△*4*5*6	△*7*8				○*9 △*10	
反応熱の確保	エネルギー伝達	再結合器ヒータ		高ニッケル合金, ニクロム線, 絶縁物							△*11*12	
		サイリスタスイッチ盤	◎*17	半導体, 炭素鋼他			△*13				△*14 △*15	
機器の支持	支持	配管サポート		炭素鋼			△					
		サポート取付ボルト・ナット		炭素鋼			△					
		埋込金物		炭素鋼			△					
		ベース		炭素鋼			△					
		基礎ボルト		低合金鋼, 樹脂			△				▲*18	
		取付ボルト		低合金鋼			△					

○: 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△: 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 (日常劣化管理事象)

▲: 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 (日常劣化管理事象以外)

### 2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

(1) ブロワ用モータ（低圧，交流，全閉）の固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下  
ブロワ用モータ（低圧，交流，全閉）の最高使用温度は 171℃となっているが，当該機器は，常時は待機状態にあり，試験等での運転時は 65℃以下で時間も非常に短い。したがって，使用条件は他の低圧ポンプモータと大きな差はないため，固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下に対する「事象の説明」，「技術評価」及び「高経年化への対応」は，低圧ポンプモータと同一であることから，「ポンプモータの技術評価書」のうち，「低圧ポンプモータの固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下」を参照のこと。

(2) 弁（電動弁駆動部）の固定子コイル，口出線・接続部品の絶縁特性低下

弁（電動弁駆動部）の固定子コイル，口出線・接続部品の絶縁特性低下に対する「事象の説明」，「技術評価」及び「高経年化への対応」は，電動弁用駆動部と同一であることから，「弁の技術評価書」のうち，「電動弁用駆動部の固定子コイル，口出線・接続部品の絶縁特性低下」を参照のこと。

以 上

## 6 燃料取替機

[対象機器]

①燃料取替機



## 目 次

1. 対象機器 .....	6-1
2. 燃料取替機の技術評価 .....	6-2
2.1 構造, 材料及び使用条件 .....	6-2
2.1.1 燃料取替機 .....	6-2
2.2 経年劣化事象の抽出 .....	6-9
2.2.1 機能達成に必要な項目 .....	6-9
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 .....	6-9
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 .....	6-11
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価 .....	6-23

## 1. 対象機器

燃料取替機の主な仕様を表 1-1 に示す。

表 1-1 燃料取替機の主な仕様

機器名称 (基数)	仕様 (吊上荷重)	重要度*	使用条件	
			運転状態	使用温度 (使用済燃料プール内)
燃料取替機 (1)	460 kg	PS-2	連続 (短期)	66 °C

\* : 当該機器に要求される重要度の内、最上位の重要度クラスを示す

燃料取替機は冷温停止維持設備の対象機器ではないが、機器使用予定のため評価対象とした。

## 2. 燃料取替機の技術評価

### 2.1 構造, 材料及び使用条件

#### 2.1.1 燃料取替機

##### (1) 構造

燃料取替機は、主に燃料の取替に使用され、吊上げ荷重 460 kg のものが 1 基設置されている。

燃料取替機には、原子炉ウェル及び使用済燃料貯蔵プールをまたいで走行するブリッジ、車輪、車軸及びレール、その上を横行するトロリ、トロリ上部から吊下げられ燃料を把握・昇降する燃料つかみ具、運転を制御するための制御盤等から構成される。ブリッジ、トロリは炭素鋼で構成され、表面には防食塗装が施されている。燃料つかみ具は水中に没するため、ステンレス鋼、高ニッケル合金を使用している。

また、主ホイスト昇降用モータ、補助ホイスト昇降用モータ、ブリッジ走行用モータ、トロリ横行用モータ、マスト旋回用モータ及び補助ホイスト横行用モータは交流モータで駆動している。

燃料取替機については、定期検査前に各部の分解点検及び簡易点検を行うことで、点検手入れが可能である。

燃料取替機の全体図を図 2.1-1、ブリッジ全体図を図 2.1-2、燃料つかみ具の構造図を図 2.1-3、燃料取替機の制御盤を図 2.1-4 に示す。

##### (2) 材料及び使用条件

燃料取替機主要部位の使用材料を表 2.1-1 に、使用条件を表 2.1-2 に示す。

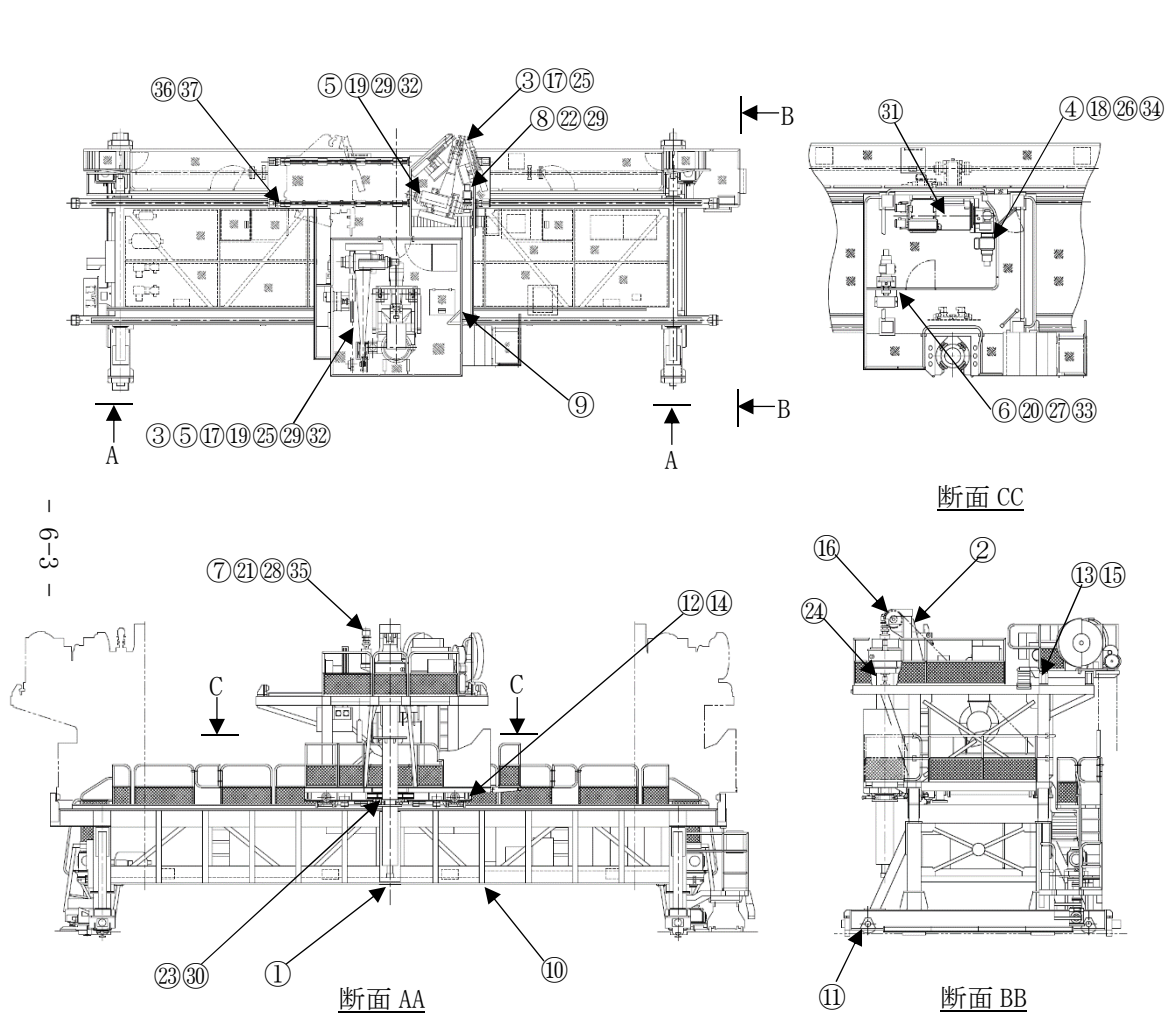
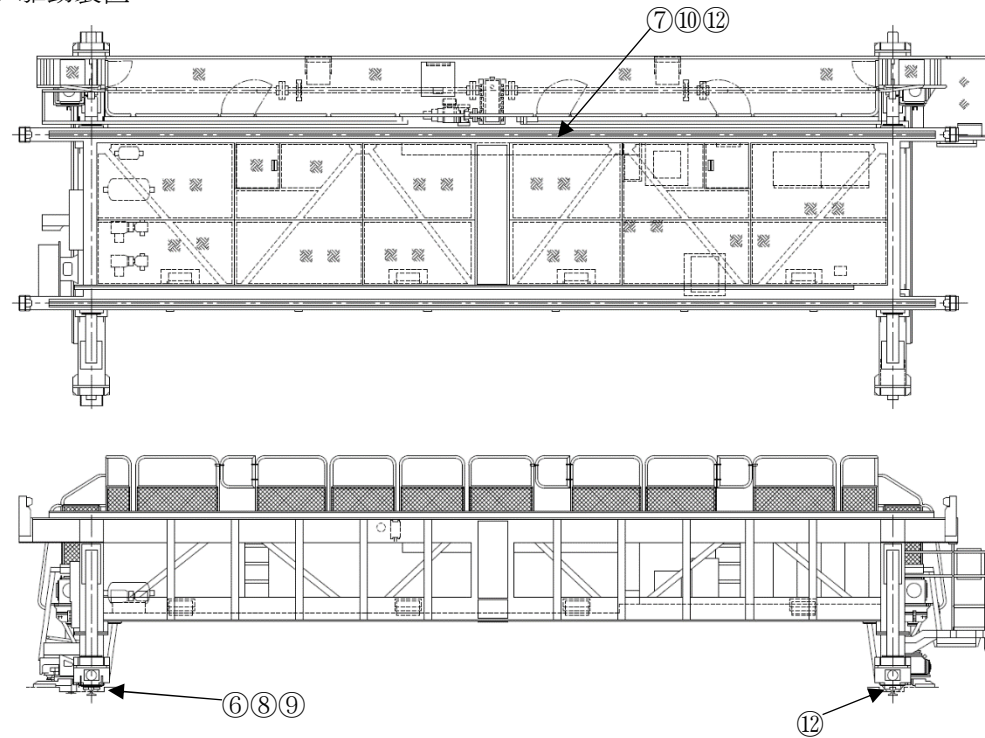
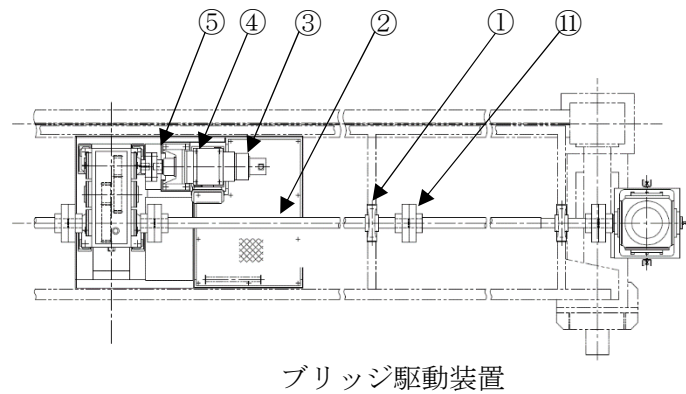


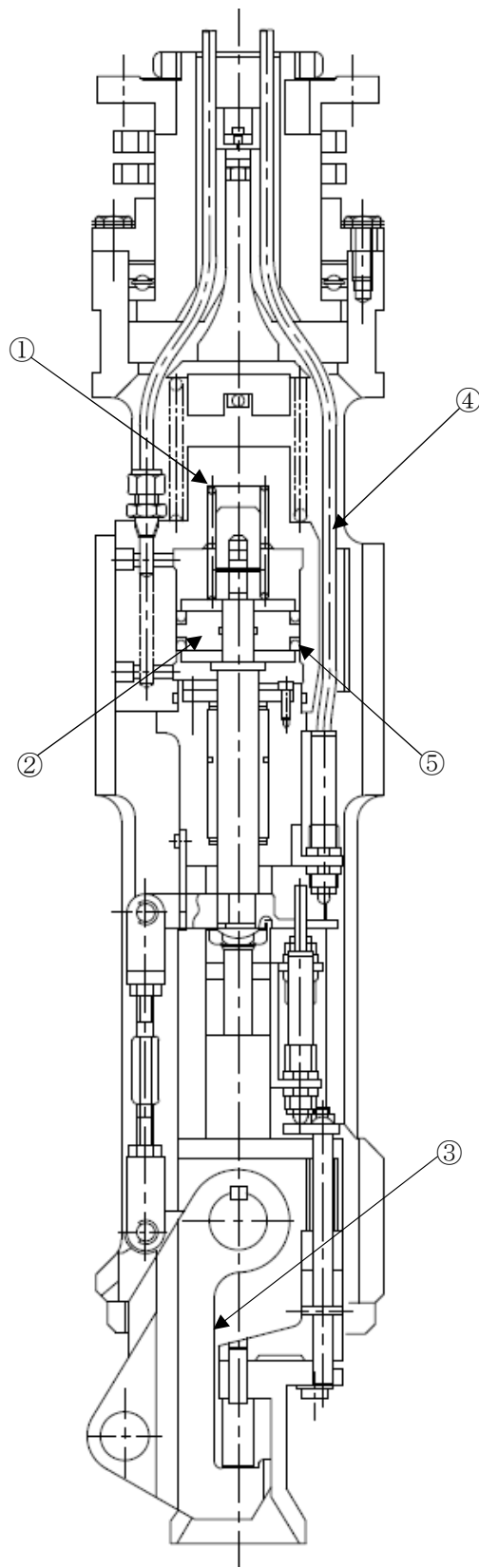
図 2.1-1 燃料取替機 全体図

No.	部 位	No.	部 位
①	燃料つかみ具	②⑩	トリ横行用モータ
②	主ホストワイヤロープ	②①	マスト旋回用モータ
③	補助ホストワイヤロープ	②②	補助ホスト横行用モータ
④	主ホスト昇降用ブレーキ	②③	ガイドローラ
⑤	補助ホスト昇降用ブレーキ	②④	ロッドセル(主ホスト用)
⑥	トリ横行用ブレーキ	②⑤	ロッドセル(補助ホスト用)
⑦	マスト旋回用ブレーキ	②⑥	減速機(主ホスト用)
⑧	補助ホスト駆動用ブレーキ	②⑦	減速機(トリ横行用)
⑨	トリフレーム	②⑧	減速機(マスト旋回用)
⑩	ブリッジフレーム	②⑨	減速機(補助ホスト用)
⑪	車輪(ブリッジ走行用), 軸受	③⑩	マストチューブ
⑫	車輪(トリ横行用), 軸受	③①	ワイヤドラム(主ホスト用)
⑬	車輪(補助ホスト走行用)	③②	ワイヤドラム(補助ホスト用)
⑭	車軸(トリ横行用)	③③	軸継手(トリ横行用)
⑮	車軸(補助ホスト走行用)	③④	軸継手(主ホスト用)
⑯	シーブ(主ホスト用)	③⑤	軸継手(マスト旋回用)
⑰	シーブ(補助ホスト用)	③⑥	レール(補助ホスト用)
⑱	主ホスト昇降用モータ	③⑦	レール取付ボルト(補助ホスト)
⑲	補助ホスト昇降用モータ		



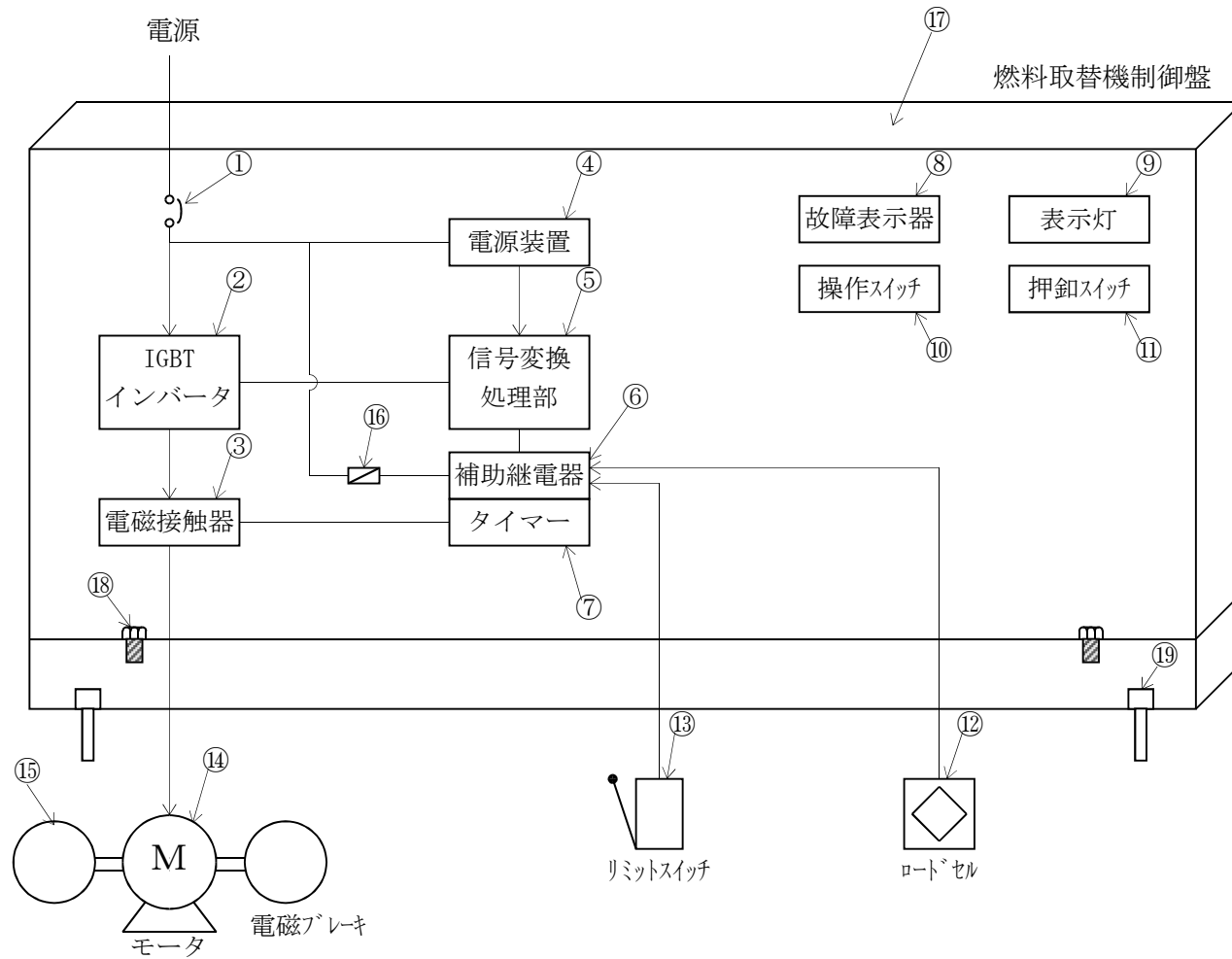
No.	部位
①	軸受(ブリッジ走行用)
②	車軸(ブリッジ走行用)
③	ブリッジ走行用ブレーキ
④	ブリッジ走行用モータ
⑤	減速機(ブリッジ走行用)
⑥	レール(ブリッジ走行用)
⑦	レール(トリ横行用)
⑧	レール基礎ホルト(ブリッジ)
⑨	レール基礎ホルト(ブリッジ(補助))
⑩	レール取付ホルト(トリ)
⑪	軸継手(ブリッジ走行用)
⑫	転倒防止装置(ブリッジ走行用, トリ横行用)

図 2.1-2 燃料取替機 (ブリッジ) 全体図



No.	部 位
①	スプリング
②	ピストン
③	フック
④	エアホース
⑤	パッキン

図 2.1-3 燃料つかみ具構造図



No.	部 位
①	配線用遮断器
②	IGBT インバータ
③	電磁接触器
④	電源装置
⑤	信号変換処理部
⑥	補助継電器
⑦	タイマー
⑧	故障表示器
⑨	表示灯
⑩	操作スイッチ
⑪	押釦スイッチ
⑫	ロードセル
⑬	リミットスイッチ
⑭	モータ
⑮	速度検出器
⑯	ヒューズ
⑰	筐体
⑱	筐体取付ボルト
⑲	埋込金物

図 2.1-4 燃料取替機制御盤

表 2.1-1 (1/2) 燃料取替機主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位		材 料		
燃料の 落下防止	保持	燃料つかみ具	スプリング	高ニッケル合金		
			ピストン	ステンレス鋼 (SUS304)		
			フック	ステンレス鋼 (SUS304)		
			エアホース	(消耗品)		
			パッキン	(消耗品)		
		マストチューブ			ステンレス鋼 (SUS304)	
		ガイドローラー			ステンレス鋼 (SUS304)	
		主ホイストワイヤロープ			ステンレス鋼 (SUS304)	
		補助ホイストワイヤロープ			ステンレス鋼 (SUS304)	
		ワイヤドラム (主ホイスト用, 補助ホイスト用)			ステンレス鋼	
		シーブ (主ホイスト用, 補助ホイスト用)			ステンレス鋼	
		減速機 (主ホイスト用, 補助ホイスト用, マスト旋回用, ブリッジ走行用, トリ横行用)	ケーシング			鋳鉄
			ギヤ			合金鋼
			軸受			(消耗品)
		軸継手 (主ホイスト用, マスト旋回用, ブリッジ走行用, トリ横行用)			炭素鋼	
		ブレーキ (主ホイスト昇降用, 補助ホイスト昇降用, マスト旋回用, ブリッジ走行用, トリ横行用, 補助ホイスト駆動用)	ブレーキプレート			鋳鉄
ブレーキライニング			(消耗品)			
スプリング			ピアノ線			
電磁コイル			銅, 絶縁物			
機器の支持	支持	トロリフレーム		炭素鋼 (SS400)		
		ブリッジフレーム		炭素鋼 (SS400)		
		レール基礎ボルト (ブリッジ, ブリッジ (補助))		炭素鋼, 樹脂		
		レール取付ボルト (補助ホイスト, トリ)		炭素鋼		
		筐体		炭素鋼		
		筐体取付ボルト		炭素鋼		
		埋込金物		炭素鋼		
走行・横行機能	走行	車輪	車輪 (補助ホイスト走行用, ブリッジ走行用, トリ横行用)	炭素鋼, 鋳鋼		
			軸受 (ブリッジ走行用, トリ横行用)	(消耗品)		
		車軸 (補助ホイスト走行用, ブリッジ走行用, トリ横行用)		炭素鋼		
		軸受 (ブリッジ走行用)		(消耗品)		
		レール (補助ホイスト走行用, ブリッジ走行用, トリ横行用)		炭素鋼		
		転倒防止装置 (ブリッジ走行用, トリ横行用)		炭素鋼 (SS400)		



表 2.1-1 (2/2) 燃料取替機主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
機器の監視・操作・制御保護の維持	操作監視回路	配線用遮断器	銅他
		IGBT インバータ	半導体他
		電磁接触器	(定期取替品)
		電源装置	半導体, 電解コンデンサ*, 可変抵抗器*他
		信号変換処理部	半導体, 電解コンデンサ*, 可変抵抗器*他
		補助継電器	(定期取替品)
		タイマー	(定期取替品)
		故障表示器	(消耗品)
		表示灯	(消耗品)
		操作スイッチ	銅他
		押釦スイッチ	銅他
		ロードセル (主ホスト昇降用, 補助ホスト昇降用)	炭素鋼, 歪ゲージ他
		リミットスイッチ (主ホスト昇降用, 補助ホスト昇降用, ブリッジ 走行用, トリ横行用, マスト旋回用)	銅他
		モータ (低圧, 交流, 全閉) (主ホスト昇降用, 補助ホスト昇降用, ブリッジ 走行用, トリ横行用, マスト旋回用, 補助ホスト横行用)	主軸: 炭素鋼 固定子コイル及びピロ出線・接続部品: 銅, 絶縁物 回転子棒・回転子エンドリング: アルミニウム地金 フレーム: 鋳鉄 エンドブラケット: 鋳鉄 固定子コア, 回転子コア: 電磁鋼 取付ボルト: 炭素鋼 軸受 (転がり): (消耗品)
速度検出器 (主ホスト昇降用, ブリッジ 走行用, トリ横行用)	主軸: ステンレス鋼 回転子・固定子コイル: 銅, 絶縁物 フレーム: 鋳鉄 エンドブラケット: 鋳鉄 端子箱: 鋳鉄 取付ボルト: 炭素鋼 軸受 (転がり): (消耗品)		
ヒューズ	(消耗品)		

\*: 定期取替品

表 2.1-2 燃料取替機の使用条件

吊上荷重	460 kg
使用温度	66 °C *1
周囲温度	40 °C以下*2
設置場所	原子炉建屋

\*1: 使用済燃料プール内

\*2: 原子炉建屋の設計値

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機能達成に必要な項目

燃料取替機の安全上重要な機能である燃料を安全に取扱う機能を達成するのに必要な項目は以下のとおり。

- ① 燃料の落下防止
- ② 機器の支持
- ③ 走行・横行機能
- ④ 機器の監視・操作・制御保護の維持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

燃料取替機について、要求機能を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の材料、構造、使用条件（水質、圧力、温度等）及び現在までの運転経験を考慮し、表 2.2-1 に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

なお、消耗品及び定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

減速機軸受、車輪軸受、ブリッジ走行用軸受、モータの軸受、エアホース、パッキン、ブレーキライニング、ヒューズ、故障表示器及び表示灯は消耗品で、タイマー、電磁接触器、電解コンデンサ、可変抵抗器及び補助継電器は定期取替品であり、設計時に長期使用せず取替を前提としていることから高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

(3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

想定される経年劣化事象のうち主要 6 事象に該当する事象及び下記①、②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。なお、下記①、②に該当する事象については、2.2.3 項に示すとおり、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

- ① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△）
- ② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲）

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象として以下の事象が抽出された（表 2.2-1 で○）。

- a. モータ（低圧，交流，全閉）の固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下
- b. ブレーキ電磁コイルの絶縁特性低下

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

#### a. IGBT インバータ，電源装置及び信号変換処理部の特性変化

IGBT インバータ，電源装置及び信号変換処理部は，電解コンデンサ等の使用部品の劣化や電気回路の不良により特性が変化する可能性があるが，特性変化の主要因である電解コンデンサについては，大きな劣化をきたす前に定期的に取り替えている。

さらに，電気回路の不良はマイグレーションによる基板内 IC での回路間短絡，断線が挙げられるが，マイグレーション対策については，設計・製造プロセスが改善されており，屋内空調環境に設置されていることから，その発生の可能性は十分小さい。

また，点検時に信号変換処理部を含む各装置の特性試験によって異常がないことを確認しており，今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### b. 速度検出器の特性変化

速度検出器は，マイグレーションによる基板内 IC での回路間短絡・断線といった電気回路の不良及び可変抵抗器等の使用部品の劣化により特性が変化する可能性がある。

しかし，マイグレーション対策については，設計・製造プロセスが改善されており，屋内空調環境に設置されていることから，その発生の可能性は十分小さい。

また，点検時に速度検出器を含む各装置の特性試験によって異常がないことを確認している。

したがって，今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### c. 燃料つかみ具フックの摩耗

燃料つかみ具のフックは，燃料の取扱時に摩耗が想定されるが，これまでの目視点検結果からは有意な摩耗は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき事象ではないと判断する。

#### d. トロリフレーム，ブリッジフレーム，転倒防止装置，車軸，減速機ケーシング及び軸継手の腐食（全面腐食）

トロリフレーム，ブリッジフレーム，転倒防止装置，車軸，減速機ケーシング及び軸継手は炭素鋼及び鋳鉄であり腐食の発生が想定されるが，防食塗装により腐食を防止しており，必要に応じて補修塗装を行うこととしていることから腐食が発生する可能性は小さい。

また，これまでの目視点検結果から有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき事象ではないと判断する。

e. ブレーキプレートの摩耗

燃料取替機に使用しているブレーキは、ブレーキライニングをスプリングの力によりブレーキプレートに押し付けることにより制動力を得るものであり、いずれも制御系で速度を落とした後、その位置を保持する為に使用していることから、急激な摩耗が発生する可能性は小さい。

また、点検時の間隙寸法測定において、摩耗の有無を確認し、必要に応じブレーキプレートより硬度の低いブレーキライニング（消耗品）の取替を行うこととしている。

さらに、これまでの点検結果から有意な摩耗は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき事象ではないと判断する。

f. ブレーキプレート、レール、レール取付ボルト、車輪及び減速機ギヤの腐食（全面腐食）

ブレーキプレート、レール、レール取付ボルト、車輪及び減速機ギヤは炭素鋼、合金鋼、鋳鉄であり腐食の発生が想定されるが、これまでの目視点検結果から有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき事象ではないと判断する。

g. レール及び車輪の摩耗

レール上面と車輪及びレール側面とガイドローラーのいずれもころがり接触であり、すべりが生じる可能性もあることから摩耗の可能性は否定できないが、これまでの目視点検結果から有意な摩耗は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき事象ではないと判断する。

h. ガイドローラー及びマストチューブの摩耗

ガイドローラーは、ガイドベアリングに設けられたキー溝部にすべり接触することから摩耗が想定されるが、接触面圧が小さい相手材料（プラスチック）に対して硬く、ガイドローラーの摩耗が発生する可能性は小さい。

マストチューブは、内外周側の同チューブベアリングとすべり接触することから、摩耗が想定されるが、ガイドキー同様に接触面圧が小さい相手材料（プラスチック）に対して硬く、マストチューブの摩耗が発生する可能性は小さい。

また、これまでの作動確認から摩耗による作動不良は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき事象ではないと判断する。

i. 減速機ギヤの摩耗

減速機のギヤは、機械的要因により摩耗が想定されるが、潤滑油により潤滑されていることから摩耗が発生する可能性は小さい。

また、これまでの目視点検結果からも有意な摩耗は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

j. ワイヤドラム及びシーブの摩耗

ワイヤドラム及びシーブはワイヤロープと接しており、機械的要因により摩耗が発生する可能性があるが、ワイヤドラム及びシーブはワイヤロープの巻取り方向に沿って回転する構造となっていることから、摩耗が発生する可能性は小さい。

また、これまでの目視点検結果から有意な摩耗は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

k. ピストンの摩耗

エアシリンダのピストンは、シリンダケースと機械的要因により摩耗する可能性があるが、通常運転中、シリンダケースとピストンは常にパッキン（消耗品）により隔てられた構造となっており、摩耗が発生する可能性は小さい。

また、これまでの目視点検結果及び作動確認結果からも有意な摩耗は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

1. ブリッジフレーム、トロリフレーム及びレール（補助ホイスト走行用、ブリッジ走行用、トロリ横行用）の疲労割れ

ブリッジフレーム、トロリフレーム及びレール（補助ホイスト走行用、ブリッジ走行用、トロリ横行用）の起動・停止等の荷重変動により、疲労割れが想定される。しかし、点検時の目視点検によりブリッジフレーム、トロリフレーム及びレールの変形等は確認可能であり、これまでの目視点検結果から疲労割れによる作動不良は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

m. 車軸（補助ホイスト走行用，ブリッジ走行用，トロリ横行用）の高サイクル疲労割れ

車軸（補助ホイスト走行用，ブリッジ走行用，トロリ横行用）には，走行・横行運転時に繰返し応力が発生することから，応力集中部等において，高サイクル疲労割れが想定されるが，設計段階において高サイクル疲労を起こさないよう考慮されており，これまでの目視点検結果から疲労割れによる作動不良は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

n. 車軸（補助ホイスト走行用，ブリッジ走行用，トロリ横行用）の摩耗

転がり軸受を使用している車軸（補助ホイスト走行用，ブリッジ走行用，トロリ横行用）については，軸受と車軸の接触面に摩耗が発生する可能性がある。

しかし，点検時に車軸の目視点検を行っており，これまでの目視点検結果から有意な摩耗は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき事象ではないと判断する。

o. 主ホイスト及び補助ホイストのワイヤロープの摩耗，素線切れ等

ワイヤロープは，繰返しの使用により摩耗，素線切れ等が発生する可能性があるが，点検時にワイヤロープ径の寸法確認及び目視点検を実施し，「クレーン等安全規則」による基準に基づきワイヤロープの取替を行っている。

摩耗，素線切れ等は，ワイヤロープの巻き上げ，巻き下げ回数やフックの吊り上げ荷重等に影響されるが，これまでの運転経験より今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき事象ではないと判断する。

p. スプリングのへたり（ブレーキ，燃料つかみ具）

ブレーキ及び燃料つかみ具のスプリングは常時応力がかかった状態で使用されるため，へたりが想定される。

しかし，スプリング使用時のねじり応力は許容ねじり応力以下になるように設定されており，また，スプリングの材料に対する推奨最高使用温度よりも実際の使用温度は低いことから，へたりの進行の可能性は小さい。

また，へたりは作動確認により検知可能であり，これまでの点検結果からへたりは確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

q. 配線用遮断器の固渋

配線用遮断器は周囲温度、浮遊塵埃、発熱及び不動作状態の継続により、手動操作機構部の潤滑性能が低下し、摩擦の増大による固渋が想定されるが、配線用遮断器は、耐熱性、耐揮発性に優れ、潤滑性能が低下し難いグリースが使われており固渋の可能性は小さい。

また、屋内空調環境に設置されていることから、周囲温度、浮遊塵埃による影響は少ない。

さらに、点検時に動作試験を行い、異常が確認された場合は取替を行うこととしている。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

r. 操作スイッチ及び押釦スイッチの導通不良

操作スイッチ及び押釦スイッチは、接点に付着する浮遊塵埃により導通不良が想定されるが、屋内空調環境に設置されていることから、塵埃付着の可能性は小さい。

また、点検時に動作確認を行い、これまでの点検結果から導通不良は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

s. リミットスイッチの導通不良

リミットスイッチは、接点に付着する浮遊塵埃による導通不良の可能性はあるが、屋内空調環境に設置されていることから、塵埃付着の可能性は小さい。

さらに、点検時に動作試験を実施しており、これまでの点検結果から導通不良は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

t. 筐体の腐食（全面腐食）

筐体は炭素鋼であるため腐食の発生が想定されるが、筐体表面は防食塗装が施されており、屋内空調環境に設置されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、これまでの目視点検結果から有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。



u. 筐体取付ボルトの腐食（全面腐食）

取付ボルトは炭素鋼であるため腐食の発生が想定されるが、取付ボルト表面は亜鉛メッキ仕上げが施されており、屋内空調環境に設置されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、これまでの目視点検結果から有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

v. 埋込金物の腐食（全面腐食）

埋込金物は炭素鋼であるため腐食の可能性は否定できないが、大気接触部は防食塗装を施しており、必要に応じて補修を行っていることから、腐食の可能性は小さい。

また、コンクリート埋設部については、コンクリートが中性化した場合に腐食が想定されるが、実機コンクリートにおけるサンプリング結果では、中性化は殆ど見られていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

w. 速度検出器の軸受（転がり）、主軸の摩耗

軸受（転がり）及び主軸については、軸受と主軸の接触面に摩耗が発生する可能性があるが、点検時に設備の動作確認を行い、これまでの確認結果から有意な摩耗は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき事象ではないと判断する。

x. ロードセルの特性変化

ロードセルは、長時間の使用に伴い歪ゲージの劣化が生じた場合、初期ひずみが増加し測定値の誤差が大きくなる可能性があるが、歪ゲージ貼付部は、不活性ガス（窒素）を封入した気密構造になっており、歪ゲージの劣化が発生する可能性は小さい。

また、点検時に外観の目視確認を行うとともに、試験用標準ウェイトを用いたループ校正試験により特性が精度内であることを確認し、必要に応じて取替を行うこととしている。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき事象ではないと判断する。

- y. モータ（低圧，交流，全閉）の主軸の摩耗
- z. モータ（低圧，交流，全閉）及び速度検出器の主軸の高サイクル疲労割れ
- aa. モータ（低圧，交流，全閉）の回転子棒，回転子エンドリングの疲労割れ（アルミダイキャスト製）
- ab. モータ（低圧，交流，全閉）のフレーム，エンドブラケット及び端子箱の腐食（全面腐食）
- ac. モータ（低圧，交流，全閉）の固定子コア及び回転子コアの腐食（全面腐食）
- ad. モータ（低圧，交流，全閉）及び速度検出器の取付ボルトの腐食（全面腐食）

以上，y. ～ad. の評価については「ポンプモータの技術評価書」のうち，低圧ポンプモータと同一であることから，当該の評価書を参照のこと。

- (2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

- a. レール基礎ボルトの腐食（全面腐食）

走行レールの基礎ボルトは炭素鋼であり，腐食の発生が想定されるが，レール基礎ボルト全体がコンクリートに埋設されている。

コンクリートが中性化した場合に腐食の発生が想定されるが，実機コンクリートにおけるサンプリング結果では中性化は殆ど確認されておらず，腐食が発生する可能性は小さい。今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

表 2.2-1 (1/5) 燃料取替機に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位		消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
						減 肉		割 れ		材質変化			その他
						摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
燃料の 落下防止	保持	燃料 つかみ具	スプリング		高ニッケル合金							△*1	*1:へたり *2:素線切れ等 *3:主ホイスト用, 補助ホイスト用 *4:マスト旋回用, ブリッジ走行用, トリ横行用 *5:主ホイスト用, マスト旋回用, ブリッジ走行用, トリ横行用
			ピストン		ステンレス鋼	△							
			フック		ステンレス鋼	△							
			エアホース	◎									
			パッキン	◎									
		マストチューブ		ステンレス鋼	△								
		ガイドローラー		ステンレス鋼	△								
		主ホイストワイヤロープ		ステンレス鋼	△						△*2		
		補助ホイストワイヤロープ		ステンレス鋼	△						△*2		
		ワイヤドラム*3		ステンレス鋼	△								
		シーブ*3		ステンレス鋼	△								
		減速機*3*4	ケーシング		鋳鉄			△					
			ギヤ		合金鋼	△	△						
			軸受	◎									
		軸継手*5		炭素鋼			△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (2/5) 燃料取替機に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位		消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
						減 肉		割 れ		材質変化			その他
						摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
燃料の落下防止(続き)	保持(続き)	ブレーキ*3	ブレーキプレート		铸铁	△	△					*1:へたり *2:絶縁特性低下 *3:主ホイス昇降用,補助ホイス昇降用,マスト旋回用,ブリッジ走行用,トロッコ横行用,補助ホイス駆動用	
			ブレーキライニング	◎									
			スプリング		ピアノ線						△*1		
			電磁コイル		銅, 絶縁物						○*2		
機器の支持	支持	トロッコフレーム			炭素鋼		△	△					
		ブリッジフレーム			炭素鋼		△	△					
		レール基礎ボルト(ブリッジ,ブリッジ(補助))			炭素鋼, 樹脂		▲						
		レール取付ボルト(補助ホイス,トロッコ)			炭素鋼		△						
		筐体			炭素鋼		△						
		筐体取付ボルト			炭素鋼		△						
		埋込金物			炭素鋼		△						

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象(日常劣化管理事象)

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象(日常劣化管理事象以外)

表 2.2-1 (3/5) 燃料取替機に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位		消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
						減 肉		割 れ		材質変化			その他
						摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
走行・横行機能	走行	車輪	車輪*2		炭素鋼, 鋳鋼	△	△					*1: 高サイクル疲労 *2: 補助ホイスト走行用, フリッジ走行用, トリ横行用 *3: フリッジ走行用, トリ横行用 *4: フリッジ走行用 *5: フリッジ走行用, トリ横行用	
			軸受*3	◎									
		車軸*2			炭素鋼	△	△	△*1					
		軸受*4		◎									
		レール*2			炭素鋼	△	△	△					
転倒防止装置*5			炭素鋼		△								

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (4/5) 燃料取替機に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象								備 考
					減 肉		割 れ		絶 縁	導 通	信 号	その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁特性低下	導通不良	特性変化		
機器の監視・操作・制御保護の維持	操作監視回路	配線用遮断器		銅他								△*1	*1:固渋 *2:電解コンデンサ, 可変抵抗器
		IGBT インバータ	◎*2	半導体他							△		
		電磁接触器	◎										
		電源装置	◎*2	半導体他							△		
		信号変換処理部	◎*2	半導体他							△		
		補助継電器	◎										
		タイマー	◎										

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (5/5) 燃料取替機に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考	
					減 肉		割 れ		絶 縁	導 通	信 号		その他
					摩 耗	腐 食	疲 労 割 れ	応 力 腐 食 割 れ	絶 縁 特 性 低 下	導 通 不 良	特 性 変 化		
機器の監視・操作・制御保護の維持(続き)	操作監視回路(続き)	故障表示器	◎									*1: フレーム, エントブラケット及び端子箱	
		表示灯	◎									*2: 取付ボルト	
		操作スイッチ		銅他						△		*3: 主軸の高サイクル疲労	
		押釦スイッチ		銅他						△		*4: 回転子棒, 回転子エントリング	
		ロードセル*10		炭素鋼, 歪ゲージ他							△	*5: 主軸	
		リミットスイッチ*10*11		銅他						△		*6: 固定子コア, 回転子コア	
		モータ*10*11*12 (低圧, 交流, 全閉)	◎*8	炭素鋼, 銅, 絶縁物他	△*5	△*1*2*6	△*3*4		○*7				*7: 固定子コイル及び口出線・接続部品
		速度検出器*13		炭素鋼, 銅, 絶縁物他	△*5*8	△*2	△*3				△		*8: 軸受(転がり)
		ヒューズ	◎										*9: 回転子コイル及び口出線・接続部品

○: 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△: 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象(日常劣化管理事象)

## 2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

### (1) モータ（低圧，交流，全閉）の固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下

モータ（低圧，交流，全閉）の固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下に対する「事象の説明」，「技術評価」及び「高経年化への対応」は，低圧ポンプモータと同一であることから，「ポンプモータの技術評価書」低圧ポンプモータの固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下を参照のこと。



## (2) ブレーキ電磁コイルの絶縁特性低下

### a. 事象の説明

ブレーキ電磁コイルの絶縁物は有機物であるため、熱による特性変化、絶縁物に付着するゴミ、埃または内部の微小ボイド等による放電等、機械的、熱的、電氣的、環境的劣化により経年的に劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性がある。

しかし、ブレーキ電磁コイルは低圧機器であるため、電氣的な劣化は起きないと考えられる。

### b. 技術評価

#### ① 健全性評価

ブレーキ電磁コイルの絶縁物の絶縁特性低下要因としては、コイルの発熱による絶縁物の硬化、絶縁物表面に埃が付着・吸湿して沿面絶縁を低下させる環境的劣化がある。

熱的劣化、機械的劣化については、常時無励磁であり作動時間が短いことから発生する可能性は小さい。また、ブレーキ電磁コイルは埃が入りづらい構造となっていることから、環境的劣化の可能性も小さい。

#### ② 現状保全

ブレーキ電磁コイルの絶縁特性低下に対しては、定期的な絶縁抵抗測定により有意な絶縁特性の変化がないことを確認している。

絶縁抵抗測定で有意な絶縁特性の変化が認められた場合は、分解洗浄・乾燥及び絶縁補修や取替を行うこととしている。

#### ③ 総合評価

ブレーキ電磁コイルの急激な絶縁特性低下の可能性は小さく、さらに絶縁特性低下は点検時における絶縁抵抗測定にて把握可能である。今後も絶縁抵抗測定を実施することにより、異常の有無は確認可能であり、現状の保全は点検手法として適切であると判断する。

### c. 高経年化への対応

ブレーキ電磁コイルの絶縁特性低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に追加すべき項目はなく、今後も現状保全を継続していく。

以 上

## 7 原子炉建屋クレーン

[対象機器]

①原子炉建屋クレーン

## 目 次

1. 対象機器 .....	7-1
2. 原子炉建屋クレーンの技術評価 .....	7-2
2.1 構造, 材料及び使用条件 .....	7-2
2.1.1 原子炉建屋クレーン .....	7-2
2.2 経年劣化事象の抽出 .....	7-8
2.2.1 機能達成に必要な項目 .....	7-8
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 .....	7-8
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 .....	7-9
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価 .....	7-18

## 1. 対象機器

原子炉建屋クレーンの主な仕様を表 1-1 に示す。

表 1-1 原子炉建屋クレーンの主な仕様

機 器 名 称 (基 数)	仕 様 容 量	重要度*	使 用 条 件	
			運 転 状 態	使 用 温 度
原子炉建屋クレーン (1)	5 ton (補巻)	PS-2	連続 (短期)	常温

\*：当該機器に要求される重要度クラスの内，最上位の重要度クラスを示す

なお，原子炉建屋クレーンの構成部品のうち，主巻フックについては直接燃料を取扱っておらず，燃料を安全に取扱う機能に該当しないことから，評価対象外とする。

ただし，ガード，レールの評価実施においては，主巻フックの荷重等の使用条件を考慮するものとする。

## 2. 原子炉建屋クレーンの技術評価

### 2.1 構造, 材料及び使用条件

#### 2.1.1 原子炉建屋クレーン

##### (1) 構造

原子炉建屋クレーンの補巻は, 燃料の取扱等に使用される。容量は 5 ton のものが 1 基設置されている。

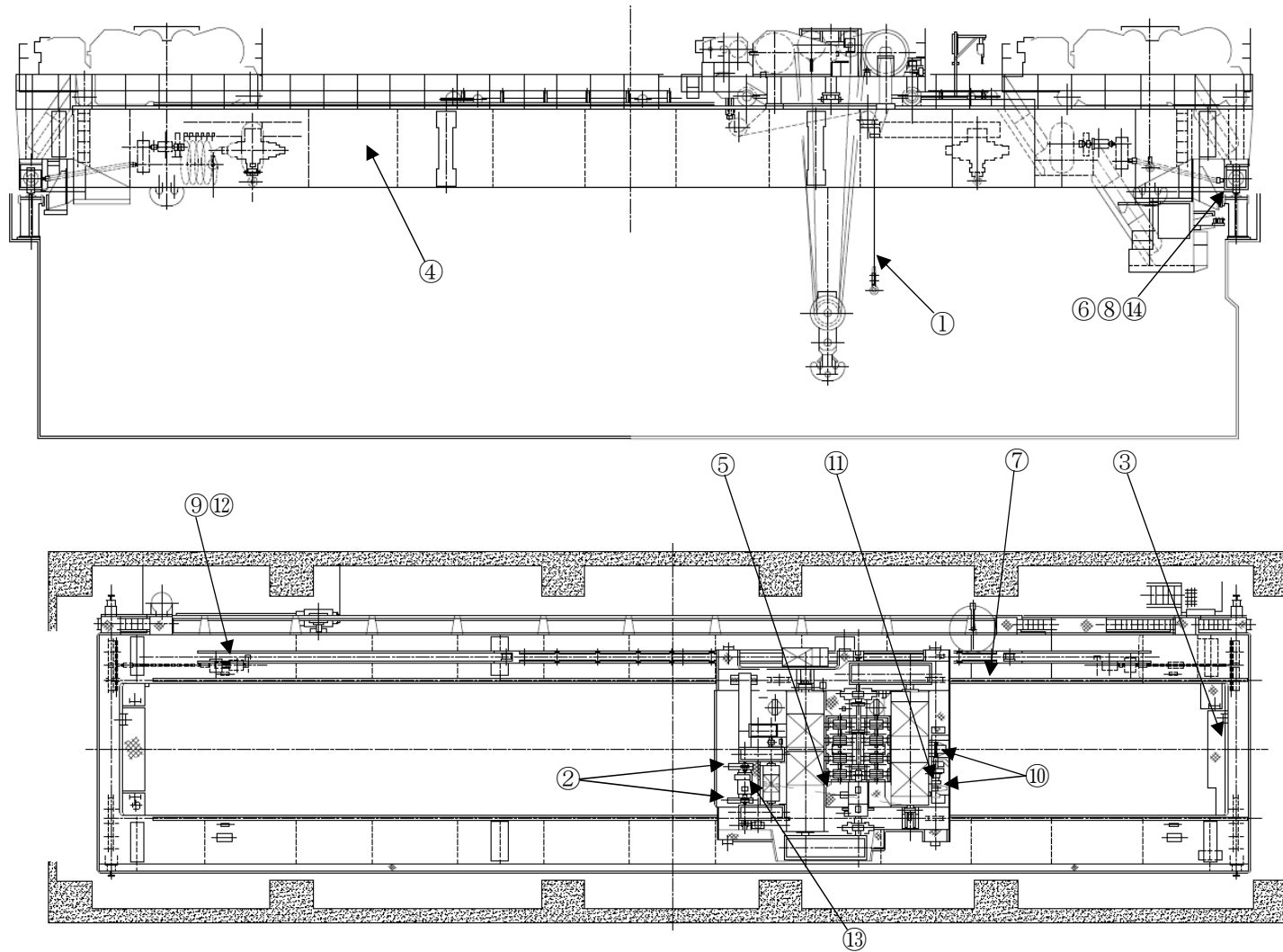
原子炉建屋クレーンは, 原子炉運転操作床をまたいで走行するためのガーダ, サドル, 車輪及びレール, その上を走行するトロリ, フック, ワイヤロープ及び制御盤等から構成される。フック及びワイヤロープは, ステンレス鋼であり, 荷重はトロリ, ガーダ及びサドルにより支持されている。補巻上装置, 横行装置, 走行装置は直流モーターで駆動している。

原子炉建屋クレーンについては, 「クレーン等安全規則」に基づき年次点検及び月例点検時に各部の分解点検及び簡易点検を行うことで, 点検手入れが可能である。

原子炉建屋クレーンの全体図を図 2.1-1, 原子炉建屋クレーン(補巻)の構造図を図 2.1-2, 原子炉建屋クレーン制御盤を図 2.1-3 に示す。

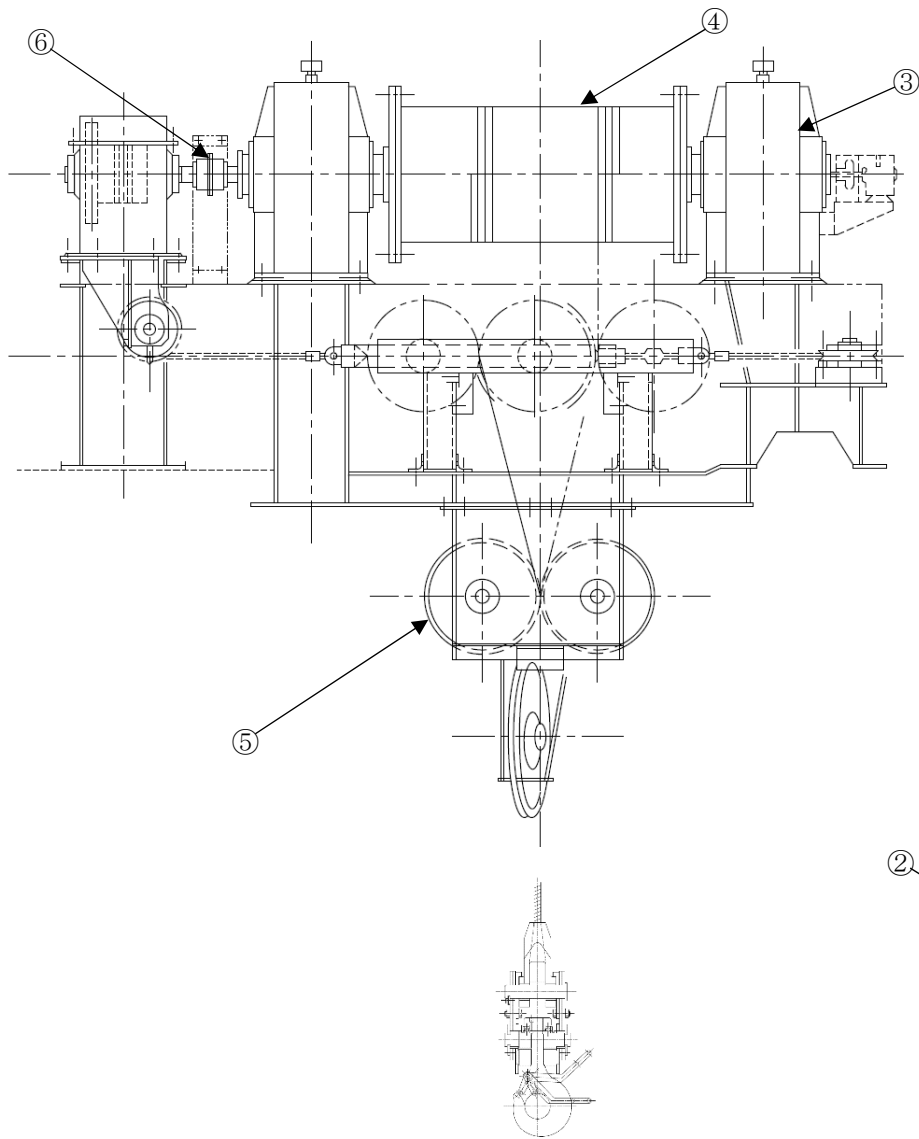
##### (2) 材料及び使用条件

原子炉建屋クレーン主要部位の使用材料を表 2.1-1 に, 使用条件を表 2.1-2 に示す。



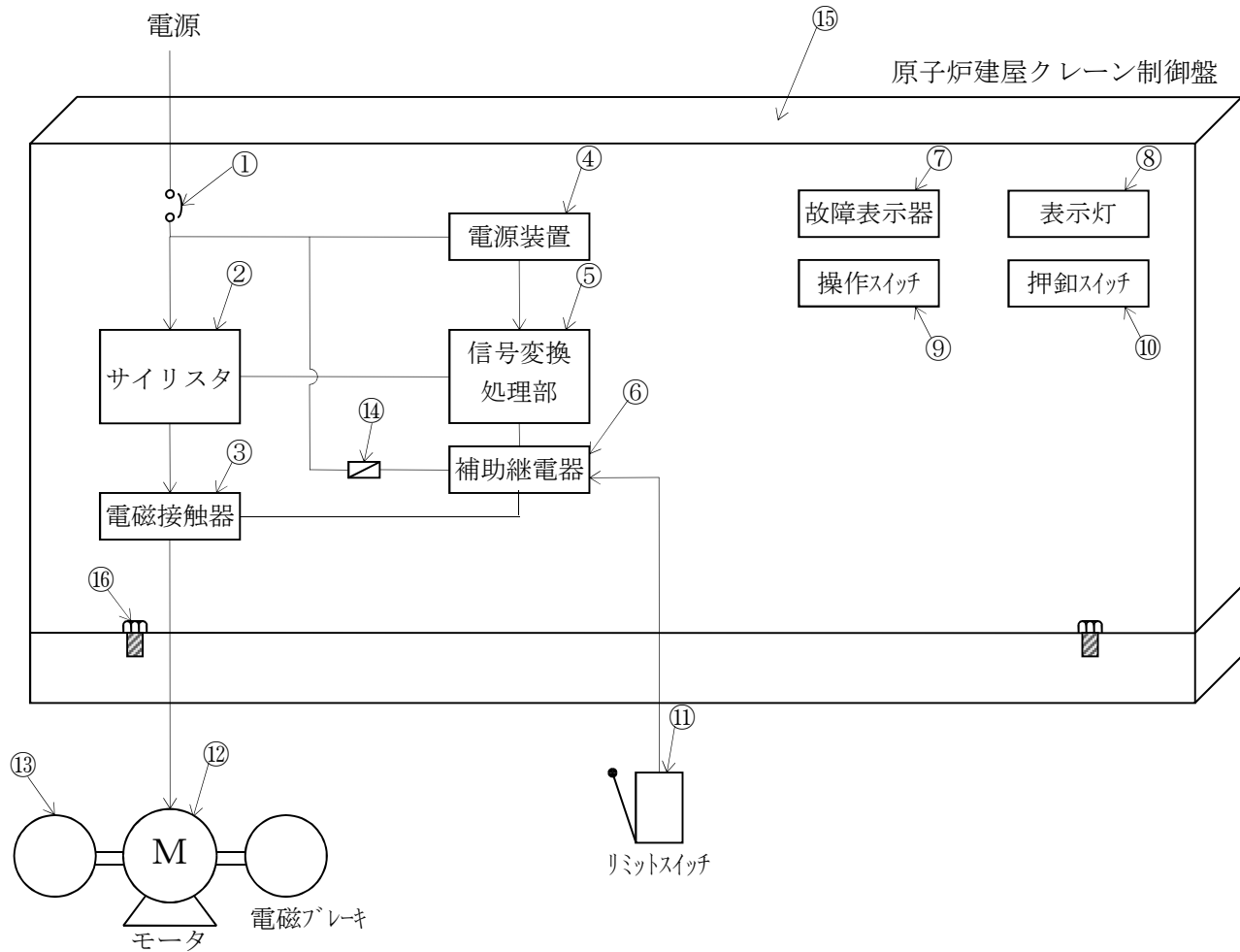
No.	部 位
①	ワイヤロープ
②	補巻上用ブレーキ
③	サドル
④	ガーダ
⑤	トロリ
⑥	車輪
⑦	レール
⑧	レール取付ボルト
⑨	走行用ブレーキ
⑩	横行用ブレーキ
⑪	横行用モータ
⑫	走行用モータ
⑬	補巻上用モータ
⑭	落下防止ラグ

図 2.1-1 原子炉建屋クレーン全体図



No.	部 位
①	フック
②	シャフト
③	減速機
④	ワイヤドラム
⑤	シーブ
⑥	軸継手

図 2.1-2 原子炉建屋クレーン（補巻）構造図



No.	部 位
①	配線用遮断器
②	サイリスタ
③	電磁接触器
④	電源装置
⑤	信号変換処理部
⑥	補助継電器
⑦	故障表示器
⑧	表示灯
⑨	操作スイッチ
⑩	押釦スイッチ
⑪	リミットスイッチ
⑫	モータ
⑬	速度検出器
⑭	ヒューズ
⑮	筐体
⑯	筐体取付ボルト

図 2. 1-3 原子炉建屋クレーン制御盤



表 2. 1-1 (1/2) 原子炉建屋クレーン主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位		材 料
燃料の 落下防止	保持	フック	フック	ステンレス鋼 (SUS304)
			シャフト	ステンレス鋼 (SUS304)
		ワイヤロープ		ステンレス鋼 (SUS304)
		ワイヤドラム		ステンレス鋼 (SUS304) , 炭素鋼 (SS41)
		シーブ		ステンレス鋼 (SUSF304)
		減速機	ケーシング	炭素鋼
			ギヤ	炭素鋼 (S45C)
			軸受	(消耗品)
		軸継手		炭素鋼 鋳鋼, 鋳鉄 (FC25)
		ブレーキ (補巻上 用, 横行 用, 走行 用)	ドラム	鋳鉄
			プレート	鋳鉄
			ブレーキ ライニング	(消耗品)
			スプリング	ばね鋼
			電磁コイル	銅, 絶縁物
機器の支持	支持	トロリ		炭素鋼 (SS41)
		サドル		炭素鋼 (SS41)
		ガーダ		炭素鋼 (SM50A)
		レール取付ボルト		炭素鋼
		筐体		炭素鋼
		筐体取付ボルト		炭素鋼
走行・横行 機能	走行	車輪	車輪	炭素鋼 (SSW-Q1)
			軸受	(消耗品)
		レール		炭素鋼 (レール鋼)
落下防止ラグ		炭素鋼 (SS41)		
機器の 監視・操作・ 制御保護の 維持	操作監視 回路	配線用遮断器		銅他
		サイリスタ		(定期取替品)
		電磁接触器		(定期取替品)
		電源装置		半導体, 電解コンデンサ*, 可変抵抗器*他
		信号変換処理部		半導体, 電解コンデンサ*, 可変抵抗器*他
		補助継電器		(定期取替品)

\* : 定期取替品

表 2.1-1 (2/2) 原子炉建屋クレーン主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
機器の 監視・操作・ 制御保護の 維持 (続き)	操作監視 回路 (続き)	故障表示器	(消耗品)
		表示灯	(消耗品)
		操作スイッチ	銅他
		押釦スイッチ	銅他
		リミットスイッチ (補巻上用, 横行用, 走行用)	銅他
		モータ (低圧, 直流, 全閉) (補巻上用, 横行用, 走行用)	主軸: 炭素鋼 固定子コイル及びびロ出線・接続部品 : 銅, 絶縁物 回転子コイル: 銅, 絶縁物 軸受 (転がり) : (消耗品) ブラシ: (消耗品)
		速度検出器 (補巻上用, 横行用, 走行用)	主軸: ステンレス鋼 回転子・固定子コイル: 銅, 絶縁物 軸受 (転がり) : 軸受鋼 フレーム: 鋳鉄, 炭素鋼 エンドブラケット: 炭素鋼 端子箱: 圧延鋼板 取付ボルト: 炭素鋼
ヒューズ	(消耗品)		

表 2.1-2 原子炉建屋クレーンの使用条件

容 量	補巻: 5 ton
使用温度	常温
周囲温度	40 °C以下*
設置場所	原子炉建屋

\*: 原子炉建屋の設計値

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機能達成に必要な項目

原子炉建屋クレーンの安全上重要な機能である燃料を安全に取扱う機能を達成するのに必要な項目は以下のとおり。

- ① 燃料の落下防止
- ② 機器の支持
- ③ 走行・横行機能
- ④ 機器の監視・操作・制御保護の維持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

原子炉建屋クレーンについて、要求機能を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の材料、構造、使用条件（水質、圧力、温度等）及び現在までの運転経験を考慮し、表 2.2-1 に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

なお、消耗品及び定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

減速機軸受、車輪軸受、ブレーキライニング、モータの軸受、ブラシ、ヒューズ、故障表示器、表示灯は消耗品で、電磁接触器、補助継電器、電解コンデンサ、可変抵抗器は定期取替品であり、設計時に長期使用せず取替を前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

#### (3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

想定される経年劣化事象のうち主要 6 事象に該当する事象及び下記①、②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。なお、下記①、②に該当する事象については、2.2.3 項に示すとおり、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

- ① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△）
- ② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲）

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象として以下の事象が抽出された（表 2.2-1 で○）。

- a. モータ（低圧，直流，全閉）及び速度検出器の回転子コイル，固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下
- b. ブレーキ電磁コイルの絶縁特性低下

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって，想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

#### a. 電源装置及び信号変換処理部の特性変化

電源装置及び信号変換処理部は，電解コンデンサ等の使用部品の劣化や電気回路の不良により特性が変化する可能性があるが，特性変化の主要因である電解コンデンサについては，大きな劣化をきたす前に定期的に取り替えている。

さらに，電気回路の不良はマイグレーションによる基板内 IC での回路間短絡，断線が挙げられるが，マイグレーション対策については，設計・製造プロセスが改善されており，屋内空調環境に設置されていることから，その発生の可能性は十分小さい。

また，点検時に信号変換処理部を含む各装置の特性試験によって異常がないことを確認しており，今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### b. フック及びシャフトの摩耗及び亀裂

フック及びシャフトの摩耗及び亀裂は，燃料等の取扱時に摩耗が生じる可能性があるが，年次点検時に目視点検にて摩耗の有無を確認し，浸透探傷検査を行い，亀裂の有無を確認している。

また，これまでの目視点検結果からも有意な摩耗及び亀裂は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. ワイヤロープの摩耗，素線切れ等

ワイヤロープは，繰返しの使用により摩耗，素線切れ等が発生する可能性があるが，年次点検時にワイヤロープ径の寸法確認及び目視点検を実施し，「クレーン等安全規則」による取替基準に基づきワイヤロープの取替を行っている。

摩耗，素線切れ等は，ワイヤロープの巻き上げ，巻き下げの回数やフックの吊り上げ荷重等に影響されるが，有意な摩耗や素線切れ等が確認された場合は適切に取替等を行うこととしている。

今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. ブレーキドラム，プレートの摩耗

原子炉建屋クレーンに使用しているブレーキは，ブレーキライニングをスプリングの力によりブレーキドラム，プレートに押し付けることにより制動力を得るものであり，いずれも制御系で速度を落とした後，その位置を保持する為に使用していることから急激な摩耗が発生する可能性は小さい。

また，点検時の間隙寸法測定において，有意な摩耗の有無を確認し，必要に応じてブレーキドラム，プレートより硬度の低いブレーキライニング（消耗品）の取替を行うこととしており，ブレーキドラム，プレートの摩耗が発生する可能性は小さい。

さらに，これまでの点検結果から有意な摩耗は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. ワイヤドラム，ブレーキドラム，プレート，減速機ギヤ，レール及び車輪の腐食（全面腐食）

ワイヤドラム（ステンレス鋼を除く），ブレーキドラム，プレート，減速機ギヤ，レール及び車輪は炭素鋼，鋳鉄であり腐食の発生が想定されるが，月例点検及び年次点検時での点検結果からは，有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f. トロリ，サドル，ガーダ，落下防止ラグ，レール取付ボルト，減速機ケーシング及び軸継手の腐食（全面腐食）

トロリ，サドル，ガーダ，落下防止ラグ，レール取付ボルト，減速機ケーシング及び軸継手は炭素鋼，鋳鉄または炭素鋼鋳鋼であることから腐食の発生が想定されるが，これらは防食塗装を施しており，必要に応じて補修を実施することとしていることから，腐食が発生する可能性は小さい。

また，これまでの目視点検結果からも有意な腐食は確認されておらず，今後もこ

これらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

g. レール及び車輪の摩耗

レール上面及び側面と車輪はころがり接触であるが、すべりが生じる可能性があることから摩耗が発生する可能性は否定できない。

しかし、年次点検時の目視点検、寸法測定等により健全性を確認しており、これまでの点検結果からも有意な摩耗は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

h. ギヤの摩耗

減速機等のギヤは、機械的要因により摩耗が想定されるが、潤滑油により潤滑されていることから摩耗が発生する可能性は小さい。

また、これまでの目視点検結果からも有意な摩耗は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

i. ワイヤドラム及びシーブの摩耗

ワイヤドラム及びシーブは、ワイヤロープと接しており機械的要因により摩耗が発生する可能性があるが、ワイヤドラム及びシーブはワイヤロープの巻取り方向に沿って回転する構造となっており、摩耗が発生する可能性は小さい。

また、年次点検時には目視点検、溝の寸法測定等により摩耗の有無を確認しており、これまでの点検結果からも有意な摩耗は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

j. トロリ，サドル，ガード及びレールの疲労割れ

トロリ，サドル，ガード及びレールの起動・停止等の荷重変動により，疲労割れが想定される。

しかし，年次点検時の目視点検及び真直度（湾曲）測定等によりトロリ，サドル，ガード及びレールの亀裂，変形等は確認可能であり，これまでの点検結果からも疲労割れは発生しておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

k. スプリングのへたり（補巻上用ブレーキ，横行用ブレーキ，走行用ブレーキ）

補巻上用ブレーキ，横行用ブレーキ及び走行用ブレーキのスプリングは常時応力がかかった状態で使用されるため，へたりが想定される。

しかし，スプリング使用時のねじり応力は許容ねじり応力以下になるように設定されており，またスプリングの材料に対する推奨最高使用温度よりも実際の使用温度は低いことから，へたりの進行の可能性は小さい。

また，へたりは作動確認により検知可能であり，これまでの点検結果からもへたりは確認されていない。

今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

l. 配線用遮断器の固渋

配線用遮断器は周囲温度，浮遊塵埃，発熱，不動作状態の継続により，手動操作機構部の潤滑性能が低下し，摩擦の増大による固渋が想定されるが，耐熱性，耐揮発性に優れ潤滑性能が低下し難いグリースが使われており，固渋の可能性は小さい。

また，屋内空調環境に設置されていることから，周囲温度，浮遊塵埃による影響は少ない。

さらに，点検時に動作試験を行い，異常が確認された場合は取替を行うこととしている。

したがって，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

m. 操作スイッチ及び押釦スイッチの導通不良

操作スイッチ及び押釦スイッチは，接点に付着する浮遊塵埃により導通不良が想定されるが，屋内空調環境に設置されていることから，塵埃付着の可能性は小さい。

また，点検時に動作確認を行い，これまで導通不良は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

n. 筐体の腐食（全面腐食）

筐体は炭素鋼であるため腐食の発生が想定されるが、筐体表面は防食塗装が施されており、屋内空調環境に設置されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、点検時に目視点検を行い、これまで有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

o. 筐体取付ボルトの腐食（全面腐食）

取付ボルトは炭素鋼であるため腐食の発生が想定されるが、取付ボルト表面は亜鉛メッキ仕上げが施されており、屋内空調環境に設置されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、点検時に目視点検を行い、これまで有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

p. リミットスイッチの導通不良

リミットスイッチは、接点に付着する浮遊塵埃による導通不良の可能性があるが、屋内空調環境に設置されていることから、塵埃付着の可能性は小さい。

さらに、点検時に動作試験を実施しており、これまでの点検結果では導通不良は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

q. 速度検出器の主軸の摩耗

軸受（転がり）及び主軸については、軸受と主軸の接触面に摩耗が発生する可能性があるが、点検時に設備の動作確認を行い、これまでの確認結果から有意な摩耗は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき事象ではないと判断する。



r. モータ（低圧，直流，全閉）の整流子摩耗

整流子はブラシとの接触面に摩耗が想定されるが，整流子材はブラシ材より硬質であり摩耗が発生する可能性は小さい。

また，屋内空調環境に設置されていることから塵埃による摩耗の可能性も小さい。さらに，点検時に清掃，目視点検，ブラシ摩耗量測定及び動作時の火花発生有無確認を行い，これまで有意な摩耗は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

s. モータ（低圧，直流，全閉）の主軸の摩耗

t. モータ（低圧，直流，全閉）及び速度検出器の主軸の高サイクル疲労割れ

u. モータ（低圧，直流，全閉）及び速度検出器のフレーム及び取付ボルトの腐食（全面腐食）

v. モータ（低圧，直流，全閉）及び速度検出器のエンドブラケット及び端子箱の腐食（全面腐食）

w. モータ（低圧，直流，全閉）の固定子コア及び回転子コアの腐食（全面腐食）

以上，r. ～w. の評価については「ポンプモータの技術評価書」のうち，低圧ポンプモータと同一であることから，当該の評価書を参照のこと。

- (2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。

表 2.2-1 (1/3) 原子炉建屋クレーンに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位		消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
						減 肉		割 れ		材質変化			その他
						摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
燃料の 落下防止	保持	フック	フック		ステンレス鋼	△						△*4	*1:素線切れ等 *2:へたり *3:絶縁特性低下 *4:亀裂
			シャフト		ステンレス鋼	△						△*4	
		ワイヤロープ			ステンレス鋼	△						△*1	
		ワイヤドラム			ステンレス鋼, 炭素鋼	△	△						
		シーブ			ステンレス鋼	△							
		減速機	ケーシング		炭素鋼		△						
			ギヤ		炭素鋼	△	△						
			軸受	◎									
		軸継手			炭素鋼鋳鋼, 鋳鉄		△						
		ブレーキ	ドラム		鋳鉄	△	△						
			プレート		鋳鉄	△	△						
			ブレーキライニング	◎									
			スプリング		ばね鋼							△*2	
電磁コイル			銅, 絶縁物							○*3			

◎：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (2/3) 原子炉建屋クレーンに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位		消耗品 ・ 定期 取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
						減 肉		割 れ		材質変化			その他
						摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
機器の支持	支持	トロリ			炭素鋼		△	△					
		サドル			炭素鋼		△	△					
		ガーダ			炭素鋼		△	△					
		レール取付ボルト			炭素鋼		△						
		筐体			炭素鋼		△						
		筐体取付ボルト			炭素鋼		△						
走行・横行 機能	走行	車輪	車輪		炭素鋼	△	△						
			軸受	◎									
		レール			炭素鋼	△	△	△					
		落下防止ラグ			炭素鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (3/3) 原子炉建屋クレーンに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期 取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考	
					減 肉		割 れ		絶 縁	導 通	信 号		その他
					摩 耗	腐 食	疲 労 割 れ	応 力 腐 食 割 れ	絶 縁 特 性 低 下	導 通 不 良	信 号 特 性 変 化		
機器の 監視・操作・ 制御保護の 維持	操作監視 回路	配線用遮断器		銅他								△*1	*1: 固定子 *2: 整流子 *3: フレーム及び取付ホル ト *4: エントブラケット及び 端子箱 *5: 固定子コア *6: 回転子コア *7: 主軸の高サイクル疲 労 *8: 主軸 *9: 回転子コイル *10: 固定子コイル及び 口出線・接続部品 *11: 電解コンデンサ, 可 変抵抗器 *12: 軸受 (転がり) *13: ブラシ *14: 補巻上用, 横行 用, 走行用
		サイリスタ	◎										
		電磁接触器	◎										
		電源装置	◎*11	半導体他							△		
		信号変換処理部	◎*11	半導体他							△		
		補助継電器	◎										
		故障表示器	◎										
		表示灯	◎										
		操作スイッチ		銅他							△		
		押釦スイッチ		銅他							△		
		リミットスイッチ*14		銅他							△		
		モータ*14 (低圧, 直流, 全閉)	◎*12*13	炭素鋼, 銅, 絶縁物他	△*2*8	△*3*4*5*6	△*7			○*9*10			
		速度検出器*14		炭素鋼, 銅, 絶縁物他	△*8	△*3*4	△*7			○*9			
ヒューズ	◎												

○ : 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△ : 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 (日常劣化管理事象)

## 2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

### (1) モータ（低圧，直流，全閉）及び速度検出器の回転子コイル，固定子コイル及び口出線・接続部品及の絶縁特性低下

#### a. 事象の説明

回転子コイル，固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁物は有機物であるため，振動等による機械的劣化，熱分解による熱的劣化，絶縁物内空隙での放電等による電氣的劣化，埃等の異物付着による環境的劣化により経年的に劣化が進行し，絶縁物の外表面，内部から絶縁特性低下を起こす可能性がある。

ただし，低圧モータは低圧機器であるため，電氣的な劣化は起きないと考えられる。

#### b. 技術評価

##### ① 健全性評価

回転子コイル，固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下要因としては，機械的，熱的及び環境的要因により経年的に劣化が進行し，絶縁特性低下を起こす可能性があることから，長期間の使用を考慮すると回転子コイル，固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下の可能性は否定できない。

##### ② 現状保全

回転子コイル，固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下に対しては，点検時に目視点検，清掃及び絶縁抵抗測定を実施し，絶縁機能の健全性を確認している。

また，点検で有意な絶縁特性低下が確認された場合には，洗浄・乾燥及び絶縁補修（絶縁物にワニスを注入）または回転子コイル，固定子コイル及び口出線・接続部品またはモータの取替を行うこととしている。

##### ③ 総合評価

回転子コイル，固定子コイル及び口出線・接続部品の急激な絶縁特性低下の可能性は否定できないが，絶縁特性低下は点検時における目視点検，清掃及び絶縁抵抗測定で把握可能である。

また，今後も定期的に目視点検，清掃及び絶縁抵抗測定を実施していくとともに，必要に応じて適切な対応をとることにより，当面の冷温停止維持における健全性は維持できると判断する。

#### c. 高経年化への対応

回転子コイル，固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下に対しては，高経年化対策の観点から現状の保全内容に対して追加すべき項目はなく，今後も現状保全を継続していく。

## (2) ブレーキ電磁コイルの絶縁特性低下

### a. 事象の説明

ブレーキ電磁コイルの絶縁物は有機物であるため、熱による特性変化、絶縁物に付着するゴミ、埃または内部の微小ボイド等による放電等、機械的、熱的、電氣的、環境的劣化により経年的に劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性がある。

ただし、ブレーキ電磁コイルは低圧機器であるため、電氣的な劣化は起きないと考えられる。

### b. 技術評価

#### ① 健全性評価

ブレーキ電磁コイルの絶縁物の絶縁特性低下要因としては、コイルの発熱による絶縁物の硬化、絶縁物表面に埃が付着・吸湿して沿面絶縁を低下させる環境的劣化がある。

熱的劣化、機械的劣化については、常時無励磁であり作動時間が短いことから発生する可能性は小さい。

またブレーキ電磁コイルは埃が入りづらい構造となっていることから、環境的劣化の可能性も小さい。

#### ② 現状保全

ブレーキ電磁コイルの絶縁特性低下に対しては、定期的な絶縁抵抗測定により有意な絶縁特性の変化がないことを確認している。

絶縁抵抗測定で有意な絶縁特性の変化が認められた場合は、分解洗浄・乾燥及び絶縁補修や取替を行うこととしている。

#### ③ 総合評価

ブレーキ電磁コイルの急激な絶縁特性低下の可能性は小さく、さらに、絶縁特性低下は点検時における絶縁抵抗測定にて把握可能である。

今後も絶縁抵抗測定を実施することにより、異常の有無は確認可能であり、現状の保全は点検手法として適切であると判断する。

### c. 高経年化への対応

ブレーキ電磁コイルの絶縁特性低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に追加すべき項目はなく、今後も現状保全を継続していく。

以上

## 8 圧縮空気系設備

[対象機器]

①計装用圧縮空気系設備

## 目 次

1. 対象機器.....	8-1
2. 計装用圧縮空気系設備の技術評価.....	8-2
2.1 構造, 材料及び使用条件.....	8-2
2.1.1 計装用圧縮空気系設備.....	8-2
2.2 経年劣化事象の抽出.....	8-8
2.2.1 機能達成に必要な項目.....	8-8
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象.....	8-8
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象.....	8-9
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価.....	8-16



## 1. 対象機器

圧縮空気系設備の主な仕様を表 1-1 に示す。

表 1-1 圧縮空気系設備の主な仕様

機器名称 (基数)	仕様 容量 (Nm <sup>3</sup> /h)	重要度*1	使用条件		
			運転 状態*4	最高 使用圧力*3 (MPa)	最高 使用温度*3 (°C)
計装用圧縮空気系設備 (2)	720	高*2	連続 (連続)	約 0.86	250

\*1：当該機器に要求される重要度の内、最上位の重要度クラスを示す

\*2：最高使用温度が 95 °C を超え、または最高使用圧力が 1,900 kPa を超える環境下にある原子炉格納容器外の重要度クラス 3 の機器

\*3：圧縮機出口または後部冷却器入口の圧力及び温度を示す

\*4：上段は冷温停止状態時における運転状態、下段の ( ) は断続的運転時の運転状態を示す

## 2. 計装用圧縮空気系設備の技術評価

### 2.1 構造, 材料及び使用条件

#### 2.1.1 計装用圧縮空気系設備

##### (1) 構造

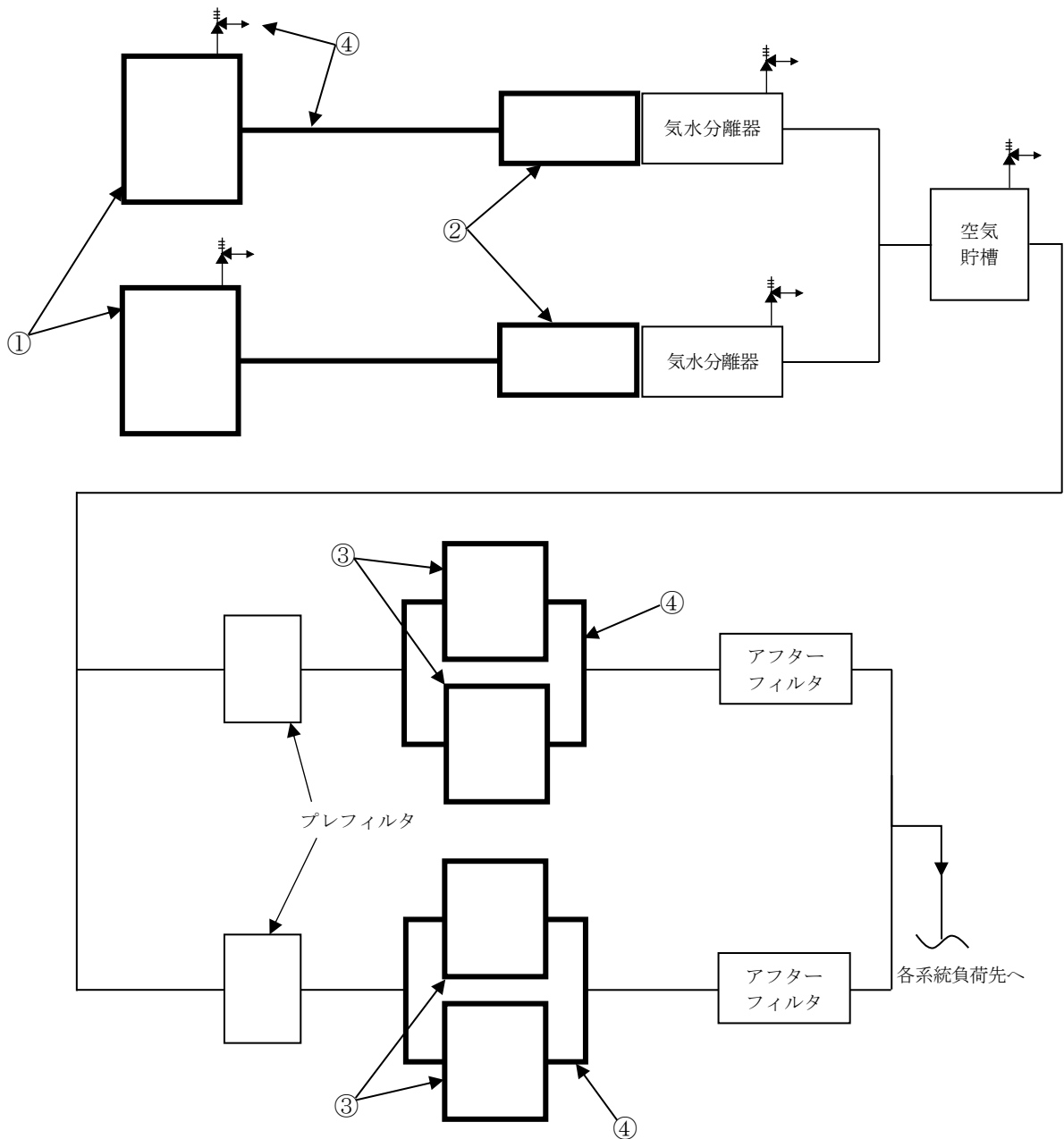
計装用圧縮空気系設備は, 空気圧縮機 (中間冷却器含む), 後部冷却器, 気水分離器, 空気貯槽, プレフィルタ, 除湿塔, アフターフィルタ, 配管及び弁から構成されている。計装用圧縮空気系設備のうち, 高温・高圧対象機器として, 空気圧縮機 (中間冷却器含む), 後部冷却器, 除湿塔, 配管及び弁の評価を行う。

計装用圧縮空気系設備の構成図を図 2.1-1, 各機器の構造図を図 2.1-2~4 に示す。

##### (2) 材料及び使用条件

計装用圧縮空気系設備主要部位の使用材料を表 2.1-1 に, 使用条件を表 2.1-2, 3 に示す。

No.	部位
①	空気圧縮機 (中間冷却器含む)
②	後部冷却器
③	除湿塔
④	配管・弁



太線部が評価対象設備

図 2.1-1 計装用圧縮空気系設備構成図

No.	部位	No.	部位
①	胴	⑬	中間冷却器
②	ピストン	⑭	伝熱管
③	ピストンリング	⑮	フランジボルト・ナット
④	吸排気弁	⑯	支持板
⑤	コネクティングロッド	⑰	ガスケット
⑥	スモールエンドメタル	⑱	安全弁
⑦	ラージエンドメタル	⑲	グランドパッキン
⑧	クランク軸	⑳	オイルシール
⑨	クランクケース	㉑	油ポンプギア
⑩	プーリー	㉒	軸受 (転がり)
⑪	モータ (低圧, 交流, 開放)	㉓	Vベルト
⑫	シリンダ	㉔	基礎ボルト
⑬	クロスヘッド	㉕	取付ボルト
⑭	クロスピン	㉖	ベース
⑮	クロスガイド	㉗	胴
		㉘	管板
		㉙	空気圧縮機

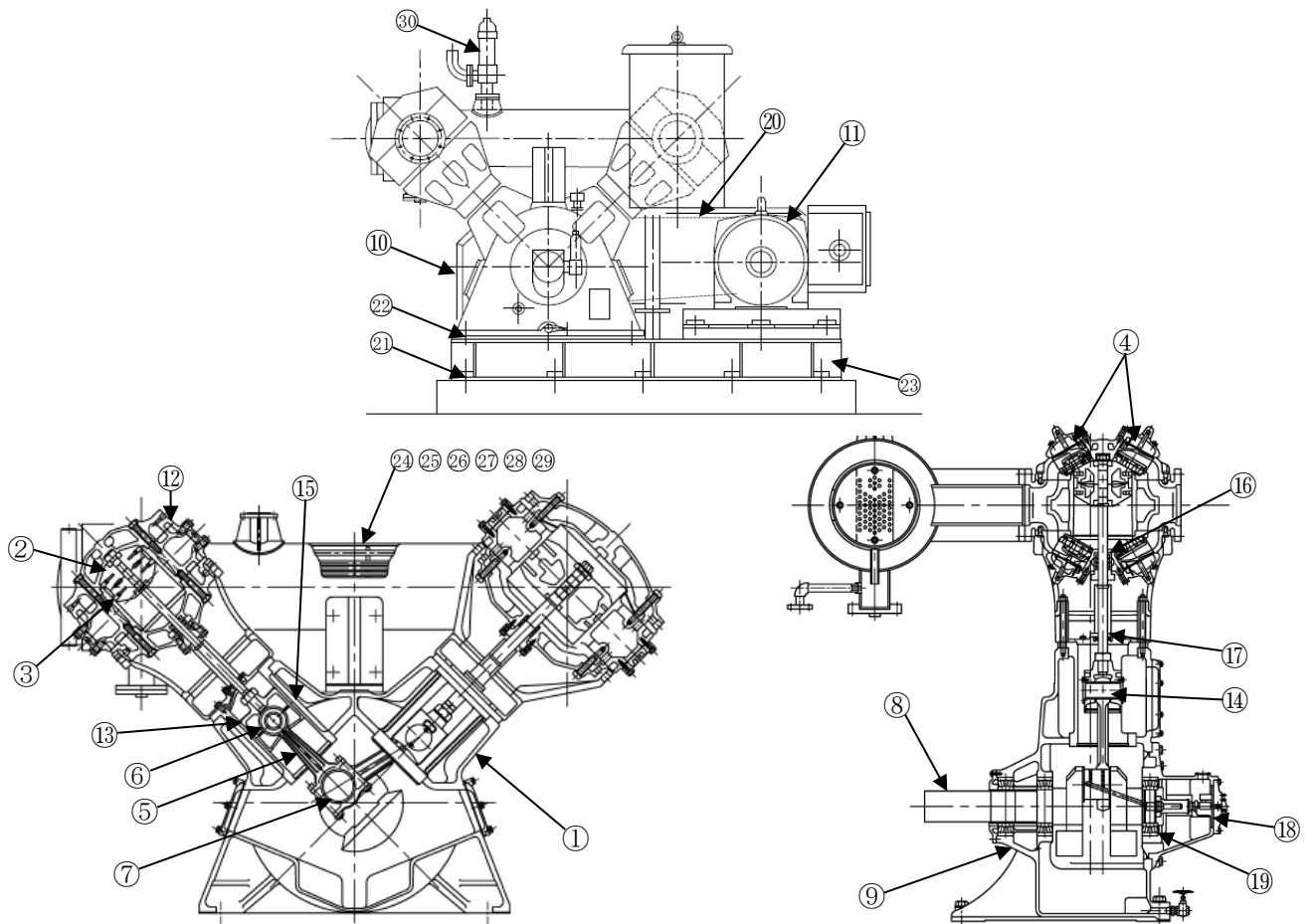


図 2.1-2 空気圧縮機構造図

No.	部位	No.	部位
①	胴	⑥	ガスケット
②	管板	⑦	取付ボルト
③	伝熱管	⑧	支持脚
④	フランジボルト・ナット	⑨	基礎ボルト
⑤	支持板		

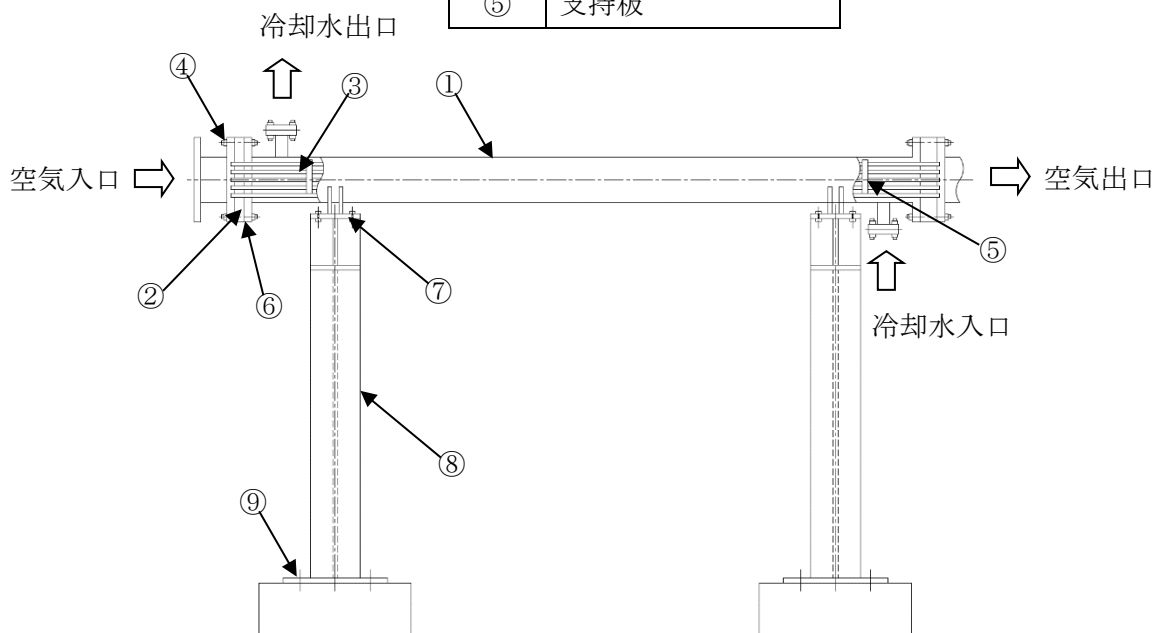
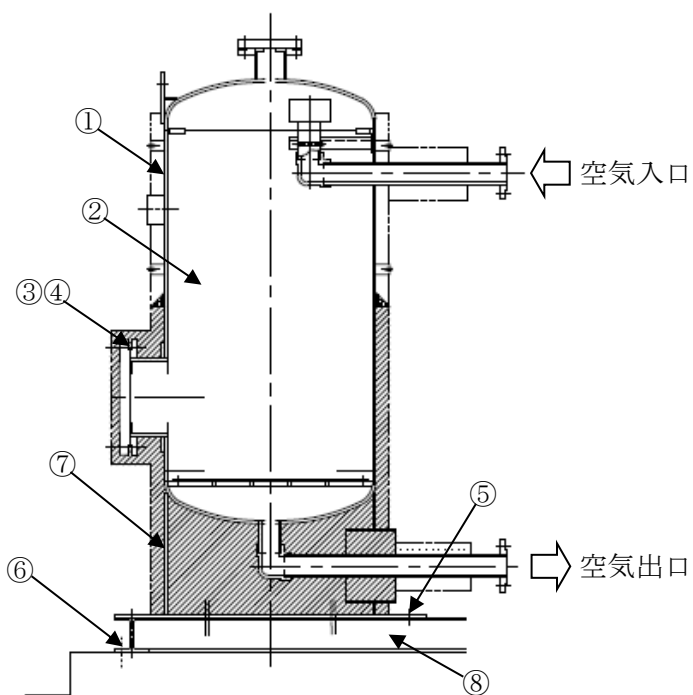


図 2.1-3 後部冷却器構造図



No.	部 位
①	胴
②	吸着剤
③	フランジボルト・ナット
④	ガスケット
⑤	取付ボルト
⑥	基礎ボルト
⑦	スカート
⑧	ベース

図 2.1-4 除湿塔構造図

表 2.1-1 (1/2) 計装用圧縮空気系設備主要部位の使用材料

機能達成に必要な機能	サブシステム	部 位		使 用 材 料
空気圧縮力の確保	空気の圧縮	空気圧縮機	胴	鋳鉄 (FC25)
			ピストン	アルミニウム合金鋳物
			ピストンリング	(消耗品)
			吸排気弁	(定期取替品)
			コネクティングロッド	炭素鋼 (S40C)
			スモールエンドメタル	(消耗品)
			ラージエンドメタル	(消耗品)
			クランク軸	低合金鋼 (SNCM431)
			クランクケース	鋳鉄 (FC20)
			プーリー	鋳鉄
			シリンダ	鋳鉄 (FC30)
			クロスヘッド	鋳鉄 (FC30)
			クロスピン	低合金鋼 (SCM415)
			クロスガイド	鋳鉄 (FC30)
			グランドパッキン	(消耗品)
			オイルシール	(消耗品)
			油ポンプギア	炭素鋼
			軸受 (転がり)	(消耗品)
			Vベルト	(消耗品)
		モータ (低圧, 交流, 開放)	主軸: 炭素鋼 固定子コイル及び口出線・接続部品: 銅, 絶縁物 回転子棒及び回転子エンドリング: アルミニウム 軸受 (転がり): (消耗品)	
		中間冷却器	胴	炭素鋼 (STPT38)
			管板	炭素鋼 (SS41)
			伝熱管	銅合金 (C1220T-1/2H)
			フランジボルト・ナット	炭素鋼 (S45C)
			支持板	炭素鋼
			ガスケット	(消耗品)
			安全弁	炭素鋼鋳鋼 (SCPH2), ばね鋼 (SW0CV-V)

表 2.1-1 (2/2) 計装用圧縮空気系設備主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	使 用 材 料	
除湿機能の確保	除湿	後部冷却器	胴	炭素鋼 (STS42)
			管板	ステンレス鋼 (SUS304)
			伝熱管	ステンレス鋼 (SUS304TB)
			フランジボルト・ナット	低合金鋼 (SNB7), 炭素鋼 (S45C)
			支持板	ステンレス鋼
			ガスケット	(消耗品)
		除湿塔	胴	炭素鋼 (SM41A)
			吸着剤	(消耗品)
			フランジボルト・ナット	低合金鋼 (SNB7), 炭素鋼 (S45C)
			ガスケット	(消耗品)
		配管・弁	配管 炭素鋼 (STPT38) 弁 ステンレス鋳鋼 (SCS13)	
		機器の支持	支持	ベース
支持脚, スカート	炭素鋼 (SS41, SM41A)			
基礎ボルト	炭素鋼 (S45CH)			
取付ボルト	炭素鋼			

表 2.1-2 計装用圧縮空気系設備の使用条件

機器名称	空気圧縮機	後部冷却器	除湿塔	配管・弁
最高使用圧力 (MPa)	約 0.86	約 0.86	約 0.86	約 0.86
最高使用温度 (°C)	250	250	300	300
内部流体	空気	空気/冷却水 (防錆剤入り)	空気	空気

表 2.1-3 計装用圧縮空気系設備のモータ使用条件

項目	使用条件
設置場所	屋内
周囲温度	40 °C 以下*

\*: タービン建屋の設計値

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機能達成に必要な項目

計装用圧縮空気系設備は、計装用圧縮空気を供給する設備であるが、この機能の達成に必要な項目は以下のとおり。

- ① 空気圧縮力の確保
- ② 除湿機能の確保
- ③ 機器の支持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

計装用圧縮空気系設備個々について、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の材料、構造、使用条件（水質、圧力、温度等）及び現在までの運転経験を考慮し、表 2.2-1 で示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

なお、消耗品及び定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

ピストンリング、スモールエンドメタル、ラージエンドメタル、グランドパッキン、オイルシール、転がり軸受、Vベルト、ガスケット、吸着剤は消耗品、吸排気弁は定期取替品であり、設計時に長期使用せず取替を前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

#### (3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

想定される経年劣化事象のうち主要6事象に該当する事象及び下記①、②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。なお、下記①、②に該当する事象については、2.2.3項に示すとおり、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

- ① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△）
- ② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲）



この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象として以下の事象が抽出された(表 2.2-1 で○)。

- a. モータ（低圧，交流，開放）の固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下  
[空気圧縮機]

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

- (1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって，想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

- a. 基礎ボルトの腐食（全面腐食）[空気圧縮機，後部冷却器，除湿塔]

基礎ボルトの腐食については、「機械設備の技術評価書」にて評価を実施するものとし，本評価書には含めていない。

- b. クランク軸の摩耗 [空気圧縮機]

空気圧縮機クランク軸はコネクティングロッドと接続されているが，クランク軸とコネクティングロッドの間にはラージエンドメタル（消耗品）があり，直接接触摩耗が発生することはない。

また，これまでの点検結果からも有意な摩耗は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- c. クロスヘッド，クロスガイド及びクロスピンの摩耗 [空気圧縮機]

クロスヘッドとクロスガイドが接触するため摩耗が発生する可能性があるが，当該部は油環境下であり，有意な摩耗が発生する可能性は小さい。また，これまでの点検結果からも有意な摩耗は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

クロスピンについては，スモールエンドメタル（消耗品）と接触するが，クロスピンは低合金鋼であり，スモールエンドメタルと比較して十分硬いことから，有意な摩耗が発生する可能性は小さい。また，これまでの点検結果からも有意な摩耗は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- d. 胴 [空気圧縮機, 中間冷却器, 後部冷却器, 除湿塔], クランクケース, プーリー [空気圧縮機], 配管, 安全弁及びフランジボルト・ナット [中間冷却器, 後部冷却器, 除湿塔], 支持板 [中間冷却器], 管板 [中間冷却器] の腐食 (全面腐食)

空気圧縮機の胴, クランクケース及びプーリーは鋳鉄, 中間冷却器, 後部冷却器及び除湿塔の胴, 配管, 安全弁は炭素鋼又は炭素鋼鋳鋼, 中間冷却器, 後部冷却器, 除湿塔のフランジボルト・ナットは炭素鋼又は低合金鋼, 中間冷却器の支持板及び管板は炭素鋼であり, 内部流体は湿分を含んだ空気, 外面は大気接触していることから, 腐食が発生する可能性がある。

しかし, これらの機器については, 分解点検時の目視点検により, 健全性の確認は可能であり, 大気接触部には防食塗装を施し, 必要に応じて補修を実施することとしていることから, 腐食が発生する可能性は小さい。

また, これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず, 今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから, 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- e. 取付ボルト [空気圧縮機, 後部冷却器, 除湿塔], 支持脚, スカート [後部冷却器, 除湿塔], ベース [空気圧縮機, 除湿塔] の腐食 (全面腐食)

取付ボルト, 支持脚, スカート及びベースは, 炭素鋼であり腐食が発生する可能性は否定できないが, 機器の目視点検時に健全性を確認しており, これまでの目視点検結果からも有意な腐食は確認されておらず, 今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから, 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- f. 伝熱管の高サイクル疲労割れ及び摩耗 [中間冷却器, 後部冷却器]

伝熱管は支持板により適切なスパンで支持されており, 伝熱管の外表面の流体 (胴側流体) による振動は十分抑制されている。

また, これまでの点検結果からも割れ及び有意な摩耗は確認されておらず, 今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから, 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- g. 油ポンプギアの摩耗 [空気圧縮機]

油ポンプはギアポンプであるため, 歯車が摩耗する可能性があるが, 歯車には潤滑油を供給し摩耗を防止していることから, 有意な摩耗の可能性は小さい。

また, これまでの点検結果からも有意な摩耗は確認されておらず, 今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから, 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

h. ピストン及びシリンダの摩耗 [空気圧縮機]

空気圧縮機ピストンとシリンダとの摺動部にはピストンリング（消耗品）を取り付けており、直接接触摩耗することはない。

また、これまでの点検結果からも有意な摩耗は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

i. クランク軸、ピストン及びコネクティングロッドの高サイクル疲労割れ [空気圧縮機]

クランク軸、ピストン及びコネクティングロッドには、空気圧縮機運転時に繰返し応力が発生することから、応力集中部等において、高サイクル疲労割れが想定されるが、クランク軸、ピストン及びコネクティングロッドは設計段階において疲労割れが発生しないように考慮された設計となっており、高サイクル疲労割れが発生する可能性は小さい。

また、これまでの分解点検時の目視点検または浸透探傷検査からも割れは確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

j. 伝熱管の異物付着 [中間冷却器、後部冷却器]

中間冷却器の伝熱管外面流体は空気、内面流体は冷却水（防錆剤入り）であり、また、後部冷却器の伝熱管外面流体は冷却水（防錆剤入り）、内面流体は空気であることから、異物付着の可能性は小さい。

また、これまでの目視点検結果からも異物付着は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

k. プーリーの摩耗 [空気圧縮機]

空気圧縮機のプーリーとVベルトの接触部は、Vベルトの張力が過大であると摩耗の進行が早まる可能性があるが、Vベルトの張力管理を行っているため、急激な摩耗の発生する可能性は小さい。

また、これまでの点検結果からも有意な摩耗は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

1. 伝熱管の腐食（全面腐食）[中間冷却器]

伝熱管は耐食性の良い銅合金であり、外部及び内部流体が空気及び冷却水（防錆剤入り）であるため腐食が発生する可能性は小さい。

また、これまでの目視点検結果からも有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

m. スプリングのへたり [安全弁]

安全弁のスプリングは常時応力がかかった状態で使用されるため、へたりが想定されるが、スプリング使用時のねじり応力が許容ねじり応力以下になるように設定されており、さらにスプリングの材料に対する推奨最高使用温度よりも実際の使用温度は低いことから、へたりの進行の可能性は小さい。

また、へたりは分解点検時に目視点検及びフランジ構造のものについては組立後の作動確認を実施していくことで検知可能であり、これまでの点検結果からも有意なへたりは確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

n. モータ（低圧，交流，開放）の主軸の摩耗

o. モータ（低圧，交流，開放）の主軸の高サイクル疲労割れ

p. モータ（低圧，交流，開放）の回転子棒及び回転子エンドリングの疲労割れ

q. モータ（低圧，交流，開放）のフレーム，エンドブラケット及び端子箱の腐食（全面腐食）

r. モータ（低圧，交流，開放）の固定子コア及び回転子コアの腐食（全面腐食）

s. モータ（低圧，交流，開放）の取付ボルトの腐食（全面腐食）

[n. ～s. : 空気圧縮機]

以上，n. ～s. の評価については、「ポンプモータの技術評価書」の低圧ポンプモータと同一であることから，当該の評価書を参照のこと。

- (2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。

表 2.2-1 (1/3) 計装用圧縮空気系設備に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経年劣化事象						備 考		
					減 肉		割 れ		材質変化			その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化			
空気圧縮力の確保	空気の圧縮	空気圧縮機		銅	鋳鉄		△						*1:高サイクル疲労 *2:主軸の高サイクル疲労割れ *3:固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下 *4:主軸 *5:回転子棒及び回転子エンドリング *6:フレーム, エンドブラケット及び端子箱 *7:固定子コア及び回転子コア *8:取付ボルト *9:軸受(転がり) *10:低圧, 交流, 開放
				ピストン	アルミニウム合金鋳物	△		△*1					
				ピストンリング	◎								
				吸排気弁	◎								
				コネクティングロッド		炭素鋼			△*1				
				スモールエンドメタル	◎								
				ラージエンドメタル	◎								
				クランク軸		低合金鋼	△		△*1				
				クランクケース		鋳鉄		△					
				プーリー		鋳鉄	△	△					
				シリンダ		鋳鉄	△						
				クロスヘッド		鋳鉄	△						
				クロスピン		低合金鋼	△						
				クロスガイド		鋳鉄	△						
				グランドパッキン	◎								
				オイルシール	◎								
				油ポンプギア		炭素鋼	△						
				軸受(転がり)	◎								
	Vベルト	◎											
	モータ*10	◎*9	炭素鋼, 銅, 絶縁物他	△*4	△*6*7*8	△*2*5				○*3			

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (2/3) 計装用圧縮空気系設備に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位		消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象						備考	
						減肉		割れ		材質変化			その他
						摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
空気圧縮力の確保	空気の圧縮	中間冷却器	胴		炭素鋼		△					*1:高サイクル疲労 *2:異物付着 *3:スプリングのへたり	
			管板		炭素鋼		△						
			伝熱管		銅合金	△	△	△*1			△*2		
			フランジボルト・ナット		炭素鋼		△						
			支持板		炭素鋼		△						
			ガスケット	◎									
			安全弁		炭素鋼鋳鋼, ばね鋼		△				△*3		
除湿機能の確保	除湿	後部冷却器	胴		炭素鋼		△						
			管板		ステンレス鋼								
			伝熱管		ステンレス鋼	△		△*1			△*2		
			フランジボルト・ナット		低合金鋼, 炭素鋼		△						
			支持板		ステンレス鋼								
			ガスケット	◎									
		除湿塔	胴		炭素鋼		△						
			吸着剤	◎									
			フランジボルト・ナット		低合金鋼, 炭素鋼		△						
			ガスケット	◎									
配管・弁			炭素鋼, ステンレス鋳鋼		△								

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (3/3) 計装用圧縮空気系設備に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
機器の支持	支持	ベース		炭素鋼		△						
		支持脚, スカート		炭素鋼		△						
		基礎ボルト		炭素鋼		△						
		取付ボルト		炭素鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

## 2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

- (1) モータ（低圧，交流，開放）の固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下 [空気圧縮機]

固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下に対する「事象の説明」，「技術評価」及び「高経年化への対応」は，低圧ポンプモータと同一であることから，「ポンプモータの技術評価書」低圧ポンプモータの固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下を参照のこと。

以 上



## 9 廃棄物処理設備

[対象機器]

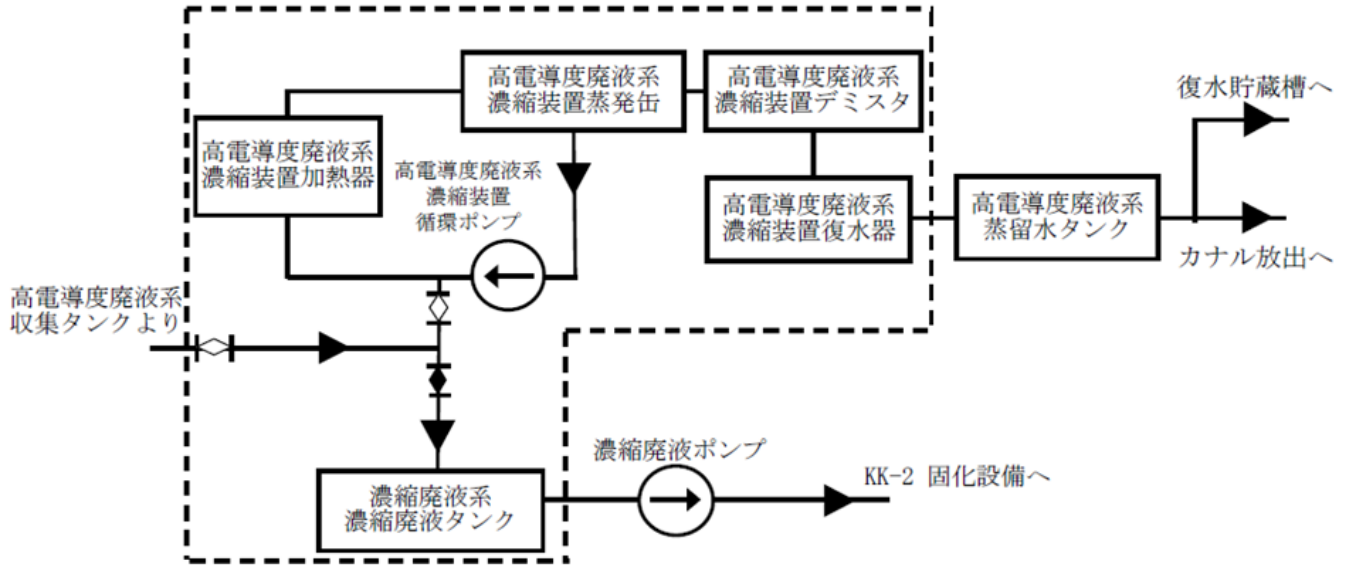
①濃縮設備

## 目 次

1. 対象機器 .....	9-1
2. 廃棄物処理設備（運転設備）の技術評価 .....	9-2
2.1 構造,材料及び使用条件 .....	9-2
2.1.1 濃縮設備 .....	9-2
2.2 経年劣化事象の抽出 .....	9-11
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目 .....	9-11
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 .....	9-11
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 .....	9-12

本評価書の評価対象を図1に示す。

濃縮設備



点線内：本評価書における評価対象範囲

図1 廃棄物処理設備 概略図

## 1. 対象機器

廃棄物処理設備の主な仕様を表 1-1 に示す。

表 1-1 廃棄物処理設備の主な仕様

名称 (系統数)	仕様	重要度*1	運転状態	使用条件	
				最高使用圧力*3 (MPa)	最高使用温度*3 (°C)
濃縮設備 (1)	約 2.20 MW *4	高*2	運転設備	約 1.4	170

\*1：最上位の重要度を示す

\*2：最高使用温度が 95°C を超え、または最高使用圧力が 1,900kPa を超える環境下にある原子炉格納容器外の重要度クラス 3 の機器

\*3：系統内において、最高の圧力・温度を示す

\*4：高電導度廃液系濃縮装置 1 基当たりの蒸発熱量を示す

## 2. 廃棄物処理設備（運転設備）の技術評価

本章では、以下の廃棄物処理設備（運転設備）について技術評価を実施する。

### ① 濃縮設備

#### 2.1 構造、材料及び使用条件

##### 2.1.1 濃縮設備

###### (1) 構造

濃縮設備は、廃液を濃縮・循環する高電導度廃液系濃縮装置（高電導度廃液系濃縮装置加熱器、高電導度廃液系濃縮装置蒸発缶）及び高電導度廃液系濃縮装置循環ポンプ、高電導度廃液系濃縮装置（高電導度廃液系濃縮装置蒸発缶）より蒸発した蒸気の湿分を分離する高電導度廃液系濃縮装置デミスタ、蒸気を凝縮回収する高電導度廃液系濃縮装置復水器等から構成されている。

濃縮設備の構成図を図 2.1-1 に、各機器の構造図を図 2.1-2～6 に示す。

###### (2) 材料及び使用条件

濃縮設備主要部位の使用材料を表 2.1-1 に、使用条件を表 2.1-2 に示す。

No.	部位
①	高電導度廃液系濃縮装置
②	高電導度廃液系濃縮装置循環ポンプ
③	高電導度廃液系濃縮装置デミスタ
④	高電導度廃液系濃縮装置復水器
⑤	濃縮廃液系濃縮廃液タンク
⑥	配管, 弁
⑦	配管サポート

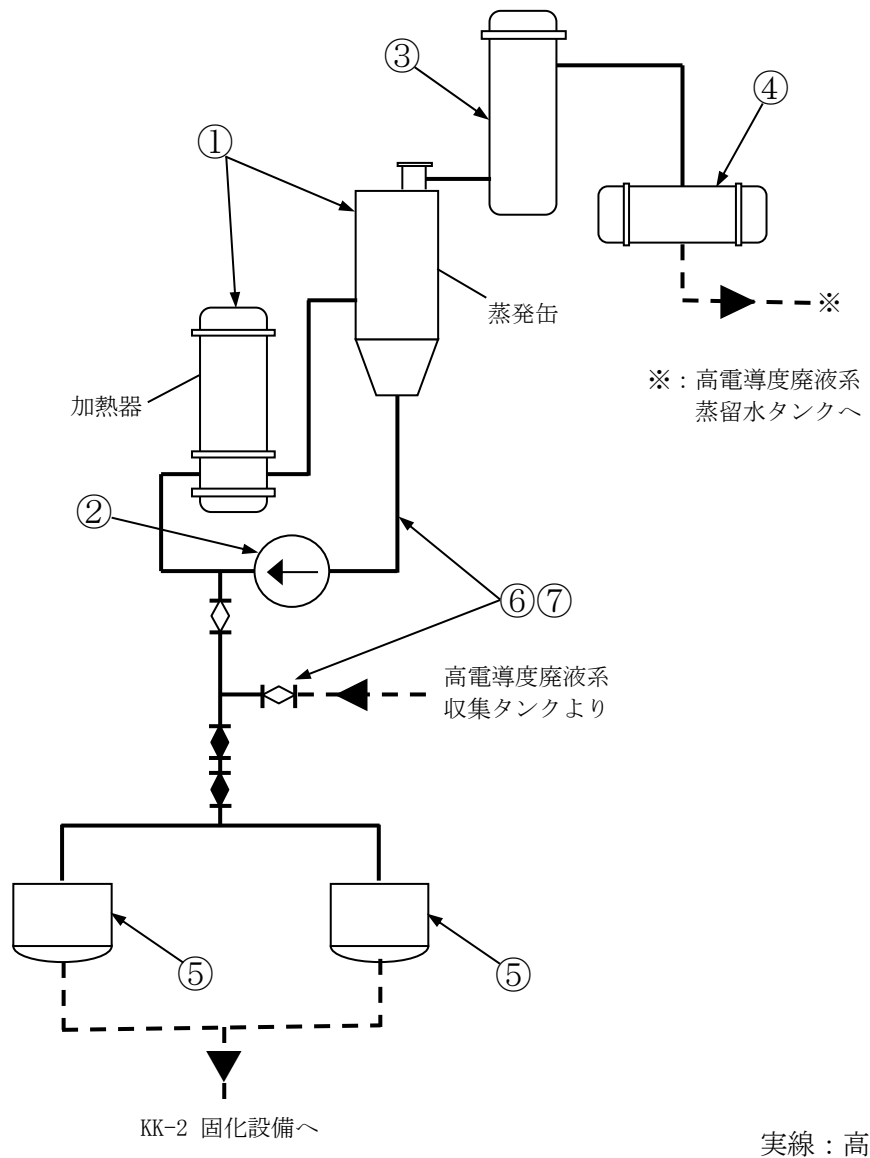


図 2.1-1 濃縮設備 構成図

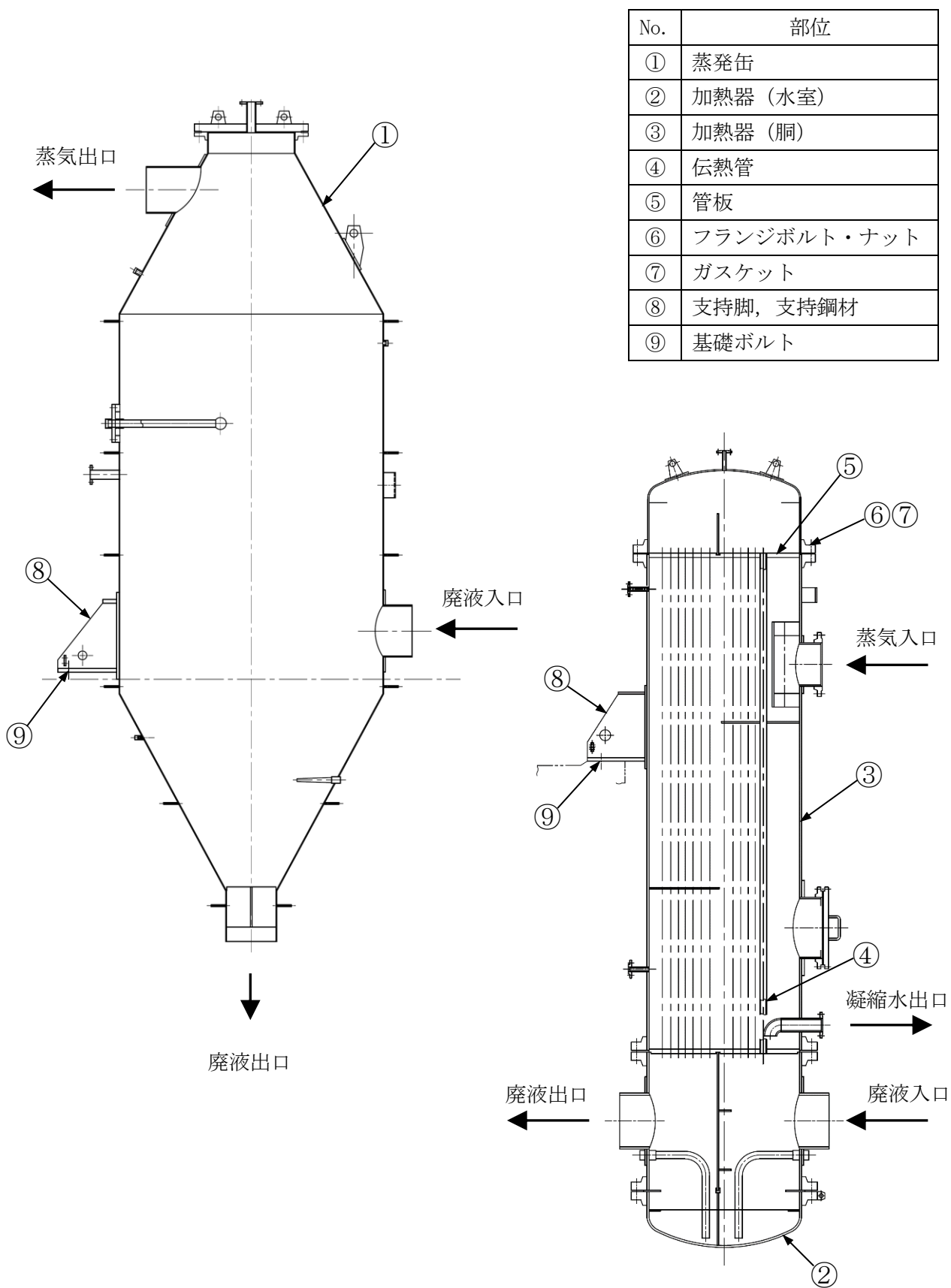


図 2.1-2 高電導度廃液系濃縮装置 構造図

No.	部位
①	ケーシング
②	ケーシングボルト
③	主軸
④	メカニカルシール
⑤	ベース
⑥	基礎ボルト

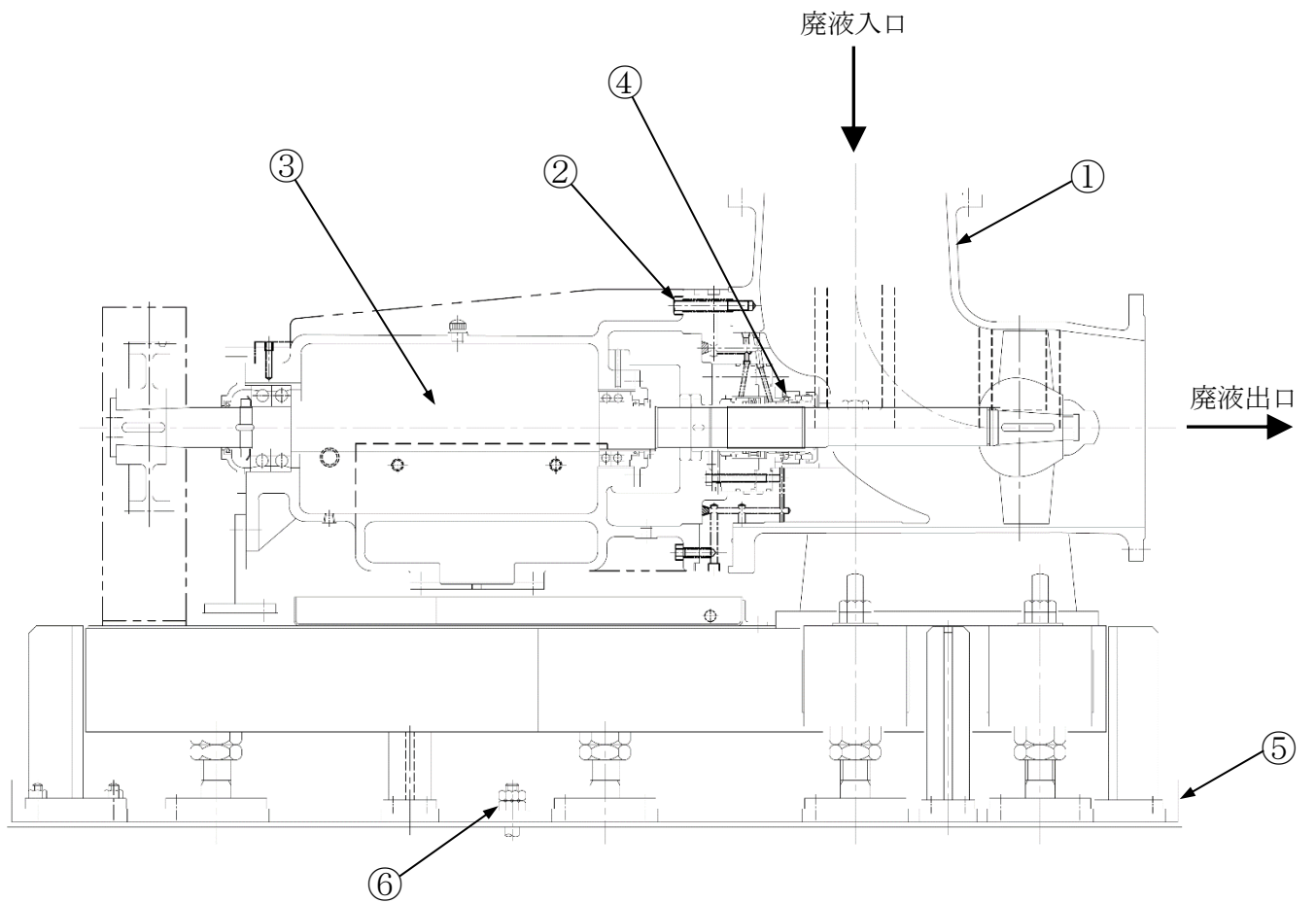


図 2.1-3 高電導度廃液系濃縮装置循環ポンプ 構造図



No.	部位
①	鏡板
②	胴
③	フランジボルト・ナット
④	ガスケット
⑤	支持脚, 支持鋼材
⑥	取付ボルト
⑦	埋込金物

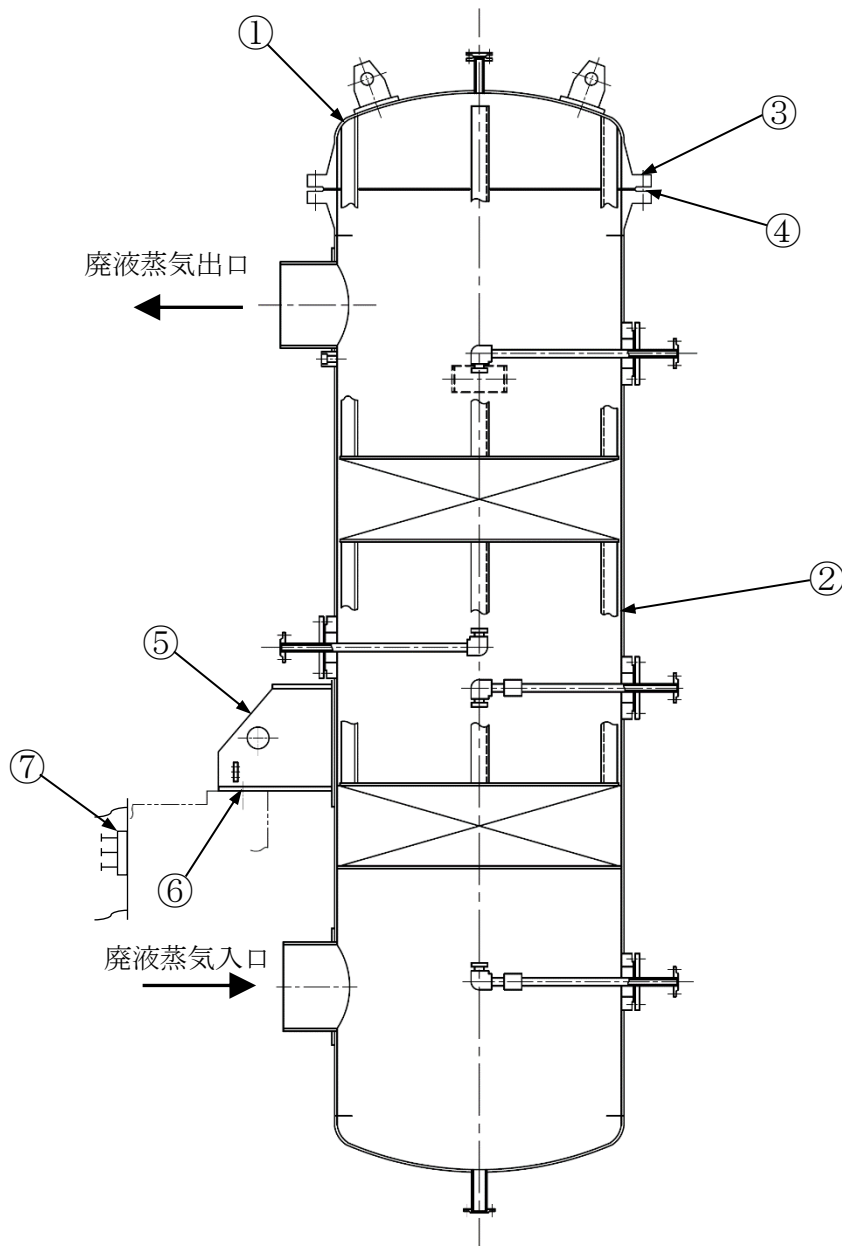


図 2.1-4 高電導度廃液系濃縮装置デミスタ 構造図

No.	部位
①	水室
②	胴
③	伝熱管
④	管板
⑤	フランジボルト・ナット
⑥	ガスケット
⑦	支持脚, 支持鋼材
⑧	取付ボルト
⑨	埋込金物

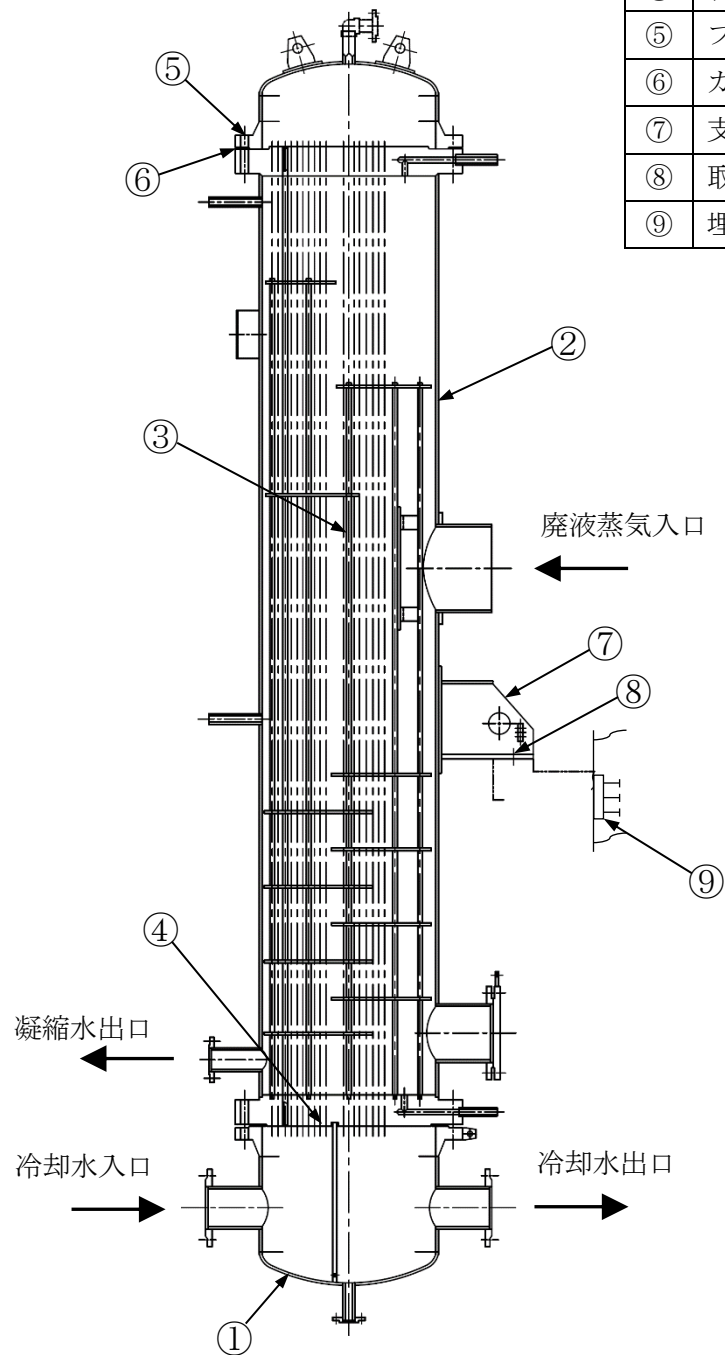


図 2.1-5 高電導度廃液系濃縮装置復水器 構造図

No.	部位
①	胴
②	マンホール蓋
③	フランジボルト・ナット
④	ガスケット
⑤	支持鋼材
⑥	基礎ボルト

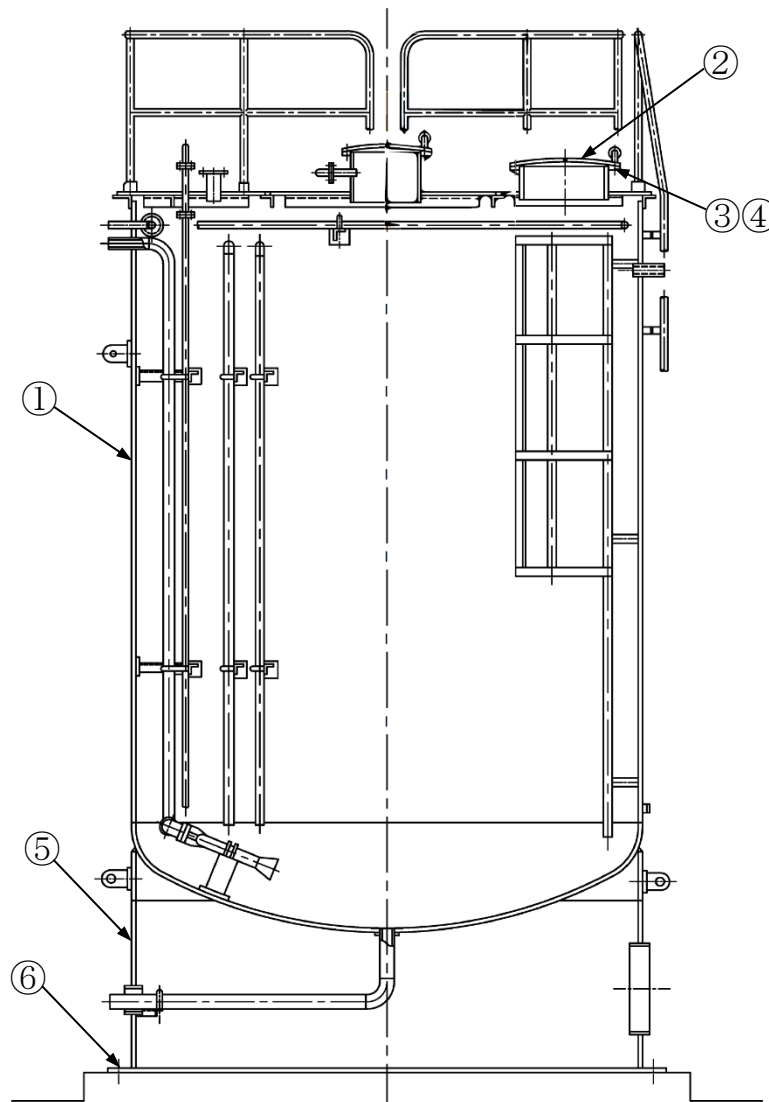


図 2.1-6 濃縮廃液系濃縮廃液タンク 構造図

表 2.1-1 濃縮設備主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料	
バウンダリの維持	耐圧	高電導度廃液系濃縮装置	蒸発缶	耐食耐熱合金鋼 (GNCF1)
			加熱器 (水室)	耐食耐熱合金鋼 (GNCF1)
			加熱器 (胴)	炭素鋼 (SB42)
			伝熱管	耐食耐熱合金鋼 (GNCF1)
			管板	耐食耐熱合金鋼 (GNCF1)
			フランジボルト・ナット	炭素鋼 (S45C, SS41)
			ガスケット	(消耗品)
		高電導度廃液系濃縮装置循環ポンプ	ケーシング	ステンレス鋳鋼 (SCS23)
			ケーシングボルト	ステンレス鋼 (SUS304)
			主軸	ステンレス鋳鋼 (ASTM B473)
			メカニカルシール	(消耗品)
		高電導度廃液系濃縮装置デミスタ	鏡板	ステンレス鋼 (SUS316L)
			胴	ステンレス鋼 (SUS316L)
			フランジボルト・ナット	炭素鋼 (S45C, SS41)
			ガスケット	(消耗品)
		高電導度廃液系濃縮装置復水器	水室	炭素鋼 (SB42)
			胴	ステンレス鋼 (SUS304L)
			伝熱管	ステンレス鋼 (SUS304LTP)
			管板	ステンレス鋼 (SUS304L)
			フランジボルト・ナット	炭素鋼 (S45C, SS41)
			ガスケット	(消耗品)
		濃縮廃液系濃縮廃液タンク	胴	ステンレス鋼 (SUS316L)
			マンホール蓋	ステンレス鋼 (SUS316L)
			フランジボルト・ナット	ステンレス鋼
			ガスケット	(消耗品)
		配管, 弁	ステンレス鋼 (SUS316LTP, SUS304LTP, SUS316-B, SUS630, SUSF304L, SUSF316L, SUS316L, SUS403-B), ステンレス鋳鋼 (ASTM A351 CN7M, SCS16A, SCS19A), 高ニッケル合金 (ASTM A494 CW-12MW) 耐食耐熱合金鋼 (GNCF1)	
機器の支持	支持	ベース	炭素鋼 (SS41)	
		支持脚, 支持鋼材, 埋込金物	炭素鋼 (SS41, SM41B)	
		配管サポート	炭素鋼	
		サポート取付ボルト・ナット	炭素鋼	
		取付ボルト	炭素鋼 (SS41)	
		基礎ボルト	炭素鋼 (SS41), 樹脂*	

\*: 後打ちケミカルアンカ

表 2.1-2 濃縮設備の使用条件

機器名称		内部流体	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)
高電導度廃液系濃縮装置	加熱器	管側：廃液 胴側：蒸気	管側：約 0.3 胴側：約 0.3	管側：148 胴側：170
	蒸発缶	廃液	約 0.3	148
高電導度廃液系濃縮装置循環ポンプ		廃液	約 0.3	148
高電導度廃液系濃縮装置デミスタ		廃液蒸気	約 0.3	148
高電導度廃液系濃縮装置復水器		管側：冷却水 胴側：廃液蒸気	管側：約 1.4 胴側：約 0.3	管側：70 胴側：148
濃縮廃液系濃縮廃液タンク		廃液	静水頭	100

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

廃棄物処理設備の機能達成に必要な項目は以下のとおり。

- ① バウンダリの維持
- ② 機器の支持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

廃棄物処理設備について、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の材料、構造、使用条件（水質、圧力、温度等）及び現在までの運転経験を考慮し、表 2.2-1 に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

なお、消耗品及び定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

ガスケット、メカニカルシールは消耗品であり、設計時に長期使用せず取替を前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

#### (3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

想定される経年劣化事象のうち主要 6 事象に該当する事象及び下記①、②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。なお、下記①、②に該当する事象については、2.2.3 項に示すとおり、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

- ① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△）
- ② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲）

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

a. 基礎ボルトの腐食（全面腐食）〔高電導度廃液系濃縮装置，高電導度廃液系濃縮装置循環ポンプ，濃縮廃液系濃縮廃液タンク〕

基礎ボルトの腐食については、「10 基礎ボルト」にて評価を実施するものとし、本評価書には含めていない。

b. ケーシング，主軸，鏡板，胴及び配管・弁の腐食（孔食）〔高電導度廃液系濃縮装置循環ポンプ，高電導度廃液系濃縮装置デミスタ，ステンレス鋼及びステンレス鋳鋼配管・弁〕

高電導度廃液系濃縮装置循環ポンプのケーシング，主軸，高電導度廃液系濃縮装置デミスタの鏡板，胴及び濃縮設備の配管・弁はステンレス鋼またはステンレス鋳鋼であり，内部流体は廃液蒸気または廃液であるため，孔食の発生は否定できないが，運転時間が比較的短いことから，孔食の発生する可能性は小さい。

また，これまでの点検結果から有意な腐食は確認されていない。

今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. 蒸発缶，加熱器（水室，胴），管板，ケーシング，鏡板，胴の疲労割れ〔高電導度廃液系濃縮装置，高電導度廃液系濃縮装置循環ポンプ，高電導度廃液系濃縮装置デミスタ，高電導度廃液系濃縮装置復水器〕

高電導度廃液系濃縮装置の蒸発缶，加熱器（水室，胴），管板，高電導度廃液系濃縮装置循環ポンプのケーシング，高電導度廃液系濃縮装置デミスタの鏡板，胴及び高電導度廃液系濃縮装置復水器の胴，管板は，濃縮設備の起動・停止操作に伴い，熱過渡により疲労が蓄積される可能性は否定できないが，高電導度廃液系濃縮装置は起動・停止時において蒸気流入量を調整して緩やかな温度変化とする運用を行っている。

また，高電導度廃液系濃縮装置復水器については，高電導度廃液系濃縮装置にて発生した蒸気を凝縮するため，高電導度廃液系濃縮装置と同様またはそれより緩やかな温度変化となり，熱疲労の発生する可能性は小さい。

なお，これまでの目視点検，浸透探傷検査及び漏えい確認から割れは確認されていない。

今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- d. 伝熱管の高サイクル疲労割れ及び摩耗 [高電導度廃液系濃縮装置, 高電導度廃液系濃縮装置復水器]

伝熱管は管板により適切なスパンで支持されており、伝熱管の流体による振動は十分抑制されている。

なお、これまでの目視点検、渦流探傷検査、漏えい確認から割れ及び有意な摩耗は確認されていない。

今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- e. 鏡板, 胴, 伝熱管, 管板及び配管・弁の応力腐食割れ [高電導度廃液系濃縮装置デミスタ, 高電導度廃液系濃縮装置復水器, ステンレス鋼配管・弁]

高電導度廃液系濃縮装置デミスタの鏡板, 胴, 高電導度廃液系濃縮装置復水器の胴, 伝熱管, 管板及び濃縮設備廻りに使用される配管・弁はステンレス鋼であり, 設備運転中は湿り廃液蒸気環境中にあるため, 応力腐食割れが発生する可能性は否定できないが, 運転時間が比較的短く, 設備停止時は 100℃未満の温度で保管していることから, 応力腐食割れが発生する可能性は小さい。

なお、これまでの目視点検、浸透探傷検査及び漏えい確認から割れは確認されていない。

今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- f. 主軸の高サイクル疲労割れ [高電導度廃液系濃縮装置循環ポンプ]

主軸には運転時に繰返し応力が発生することから、応力集中部等において、高サイクル疲労割れが想定されるが、主軸は設計段階において疲労割れが発生しないように考慮された設計となっており、高サイクル疲労が発生する可能性は小さい。また、これまでの分解点検時の目視点検及び浸透探傷検査において、割れは認められていない。

今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- g. 主軸の摩耗 [高電導度廃液系濃縮装置循環ポンプ]

転がり軸受を使用している高電導度廃液系濃縮装置循環ポンプの主軸については、軸受と主軸の接触面の摩耗が想定されるが、これまでの点検において主軸の目視点検、寸法測定を行い、有意な摩耗は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。



h. 水室の腐食（全面腐食）〔高電導度廃液系濃縮装置復水器〕

高電導度廃液系濃縮装置復水器の水室は炭素鋼であるが、内部流体は防錆剤入りの冷却水であることから、腐食の可能性は小さい。また、これまでの点検結果から有意な腐食は確認されていない。

今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

i. フランジボルト・ナットの腐食（全面腐食）〔高電導度廃液系濃縮装置，高電導度廃液系濃縮装置デミスタ，高電導度廃液系濃縮装置復水器〕

高電導度廃液系濃縮装置，高電導度廃液系濃縮装置デミスタ及び高電導度廃液系濃縮装置復水器のフランジボルト・ナットは炭素鋼であり腐食が想定されるが、これまで開放点検の都度手入れを行っており、目視による点検結果から有意な腐食は確認されていない。

今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

j. 加熱器（胴）の腐食（全面腐食）〔高電導度廃液系濃縮装置〕

高電導度廃液系濃縮装置の加熱器（胴）は炭素鋼で内部流体は蒸気であり、腐食が想定されるが、蒸気入口部は緩衝板が蒸気の流れを緩やかにする構造となっており、さらに開放点検時の目視点検により確認可能であり、これまでの点検結果から有意な腐食は確認されていない。

今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

k. 支持脚，支持鋼材，ベース及び取付ボルトの腐食（全面腐食）〔共通〕

支持脚，支持鋼材，ベース及び取付ボルトは炭素鋼であり腐食が想定されるが、大気接触部は防食塗装を施しており、腐食発生の可能性は小さい。また、これまでの点検結果から有意な腐食は確認されていない。

今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

1. 埋込金物の腐食（全面腐食）〔高電導度廃液系濃縮装置デミスタ，高電導度廃液系濃縮装置復水器，配管〕

埋込金物は炭素鋼であり，腐食の発生が想定されるが，大気接触部は防食塗装を施しており，必要に応じて補修を実施することとしていることから，腐食発生の可能性は小さい。

また，コンクリート埋設部については，コンクリートが中性化した場合に腐食が想定されるが，実機コンクリートにおけるサンプリング結果では，中性化は殆ど見られておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

m. 配管サポート及びサポート取付ボルト・ナットの腐食（全面腐食）〔配管〕

配管サポート及びサポート取付ボルト・ナットは炭素鋼であり，腐食の発生が想定されるが，防食塗装により腐食を防止しているため，腐食発生の可能性は小さい。

また，これまでの目視点検結果からは有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

a. 基礎ボルトの樹脂の劣化（後打ちケミカルアンカ）〔配管〕

基礎ボルトの樹脂の劣化については，「10 基礎ボルト」にて評価を実施するものとし，本評価書には含めていない。

表 2.2-1 (1/3) 廃棄物処理設備（濃縮設備）に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象						備考	
					減肉		割れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	高電導度廃液系濃縮装置	蒸発缶		合金鋼*3			△				*1:孔食 *2:高サイクル疲労割れ *3:耐食耐熱合金鋼
			加熱器（水室）		合金鋼*3			△				
			加熱器（胴）		炭素鋼		△	△				
			伝熱管		合金鋼*3	△		△*2				
			管板		合金鋼*3			△				
			フランジボルト・ナット		炭素鋼		△					
			ガスケット	◎								
		高電導度廃液系濃縮装置循環ポンプ	ケーシング		ステンレス 鋳鋼		△*1	△				
			ケーシングボルト		ステンレス鋼							
			主軸		ステンレス 鋳鋼	△	△*1	△*2				
			メカニカルシール	◎								
		高電導度廃液系濃縮装置デミスタ	鏡板		ステンレス鋼		△*1	△	△			
			胴		ステンレス鋼		△*1	△	△			
			フランジボルト・ナット		炭素鋼		△					
			ガスケット	◎								

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (2/3) 廃棄物処理設備（濃縮設備）に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位		消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象						備考	
						減肉		割れ		材質変化			その他
						摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	高電導度廃液系濃縮装置復水器	水室		炭素鋼		△						*1:孔食 *2:高サイクル疲労割れ *3:ステンレス鋼及びステンレス鋳鋼配管・弁 *4:ステンレス鋼配管・弁
			胴		ステンレス鋼			△	△				
			伝熱管		ステンレス鋼	△		△*2	△				
			管板		ステンレス鋼			△	△				
			フランジボルト・ナット		炭素鋼			△					
			ガスケット	◎									
		濃縮廃液系濃縮廃液タンク	胴		ステンレス鋼								
			マンホール蓋		ステンレス鋼								
			フランジボルト・ナット		ステンレス鋼								
			ガスケット	◎									
		配管, 弁			ステンレス鋼, ステンレス鋳鋼, 高ニッケル合金, 耐食耐熱合金鋼			△*1*3		△*4			

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (3/3) 廃棄物処理設備（濃縮設備）に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象						備考	
					減肉		割れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
機器の支持	支持	ベース		炭素鋼		△					*1:樹脂の劣化 (後打ちケカルンカ)	
		支持脚, 支持鋼材, 埋込金物		炭素鋼		△						
		配管サポート		炭素鋼		△						
		サポート取付ボルト・ナット		炭素鋼		△						
		取付ボルト		炭素鋼		△						
		基礎ボルト		炭素鋼, 樹脂		△				▲*1		

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

以上

## 10 基礎ボルト

## 目 次

1. 対象機器 .....	10-1
2. 技術評価 .....	10-7
2.1 構造及び材料 .....	10-7
2.1.1 機器付基礎ボルト .....	10-7
2.1.2 後打ちメカニカルアンカ .....	10-10
2.1.3 後打ちケミカルアンカ .....	10-12
2.2 経年劣化事象の抽出 .....	10-14
2.2.1 機能達成に必要な項目 .....	10-14
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 .....	10-14
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 .....	10-15

## 1. 対象機器

基礎ボルトの主な仕様を表 1-1 に、評価対象一覧を表 1-2 に示す。

表 1-1 基礎ボルトの主な仕様

機器名称	仕 様
機器付基礎ボルト	J型等の形状のボルトを予めコンクリート基礎に埋設してあるものや、管内部にボルトを通し、隙間部にモルタル等を充填したもの。
後打ちメカニカルアンカ	施工後の基礎に打設するもので、基礎に穿孔し、シールド打設後、テーパボルトを締め込むもの。
後打ちケミカルアンカ	施工後の基礎に打設するもので、基礎に穿孔し、アンカボルトを打ち込み樹脂を内部で攪拌することにより、ボルト周囲を樹脂で固めたもの。

本項では、各機器の技術評価書にて抽出された基礎ボルトの評価を纏めて記載している。

各機器の基礎ボルトの重要度、使用環境、機器支持位置等の詳細については、各機器の技術評価書を参照のこと。



表 1-2 (1/5) 基礎ボルト評価対象一覧

評価書	機器名称	型式	設置場所
ポンプ	制御棒駆動系駆動水ポンプ	機器付基礎ボルト	屋内
	残留熱除去系封水ポンプ		屋内
	低圧炉心スプレイ系封水ポンプ		屋内
	原子炉補機冷却水ポンプ		屋内
	高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水ポンプ		屋内
	換気空調補機非常用冷却水系ポンプ		屋内
	残留熱除去系ポンプ		屋内
	低圧炉心スプレイ系ポンプ		屋内
	高圧炉心スプレイ系ポンプ		屋内
	原子炉冷却材浄化系ポンプ		屋内
	ほう酸水注入系ポンプ		屋内
熱交換器	原子炉補機冷却水系熱交換器	機器付基礎ボルト	屋内
	高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系熱交換器		屋内
	原子炉冷却材浄化系再生熱交換器		屋内
	原子炉冷却材浄化系非再生熱交換器		屋内
	残留熱除去系熱交換器		屋内
容器	原子炉補機冷却水系サージタンク	機器付基礎ボルト	屋内
	高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系サージタンク		屋内
	ほう酸水注入系貯蔵タンク		屋内
	原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器		屋内
	制御棒駆動系制御棒駆動水フィルタ		屋内

表 1-2 (2/5) 基礎ボルト評価対象一覧

評価書	機器名称	型式	設置場所
配管 (配管サ ポート)	ステンレス鋼配管		
	・制御棒駆動系	後打ちケミカルアンカ・ 後打ちメカニカルアンカ	屋内
	・ほう酸水注入系		屋内
	・残留熱除去系		屋内
	・低圧炉心スプレイ系		屋内
	・高圧炉心スプレイ系		屋内
	・原子炉冷却材浄化系		屋内
	・燃料プール冷却浄化系		屋内
	・液体固体廃棄物処理系		屋内・屋外
	・計装用圧縮空気系		屋内
	・事故後サンプリング系		屋内
	炭素鋼配管		
	・制御棒駆動系	後打ちケミカルアンカ・ 後打ちメカニカルアンカ	屋内
	・残留熱除去系		屋内
	・低圧炉心スプレイ系		屋内
	・高圧炉心スプレイ系		屋内
	・原子炉冷却材浄化系		屋内
	・燃料プール冷却浄化系		屋内
	・給水系		屋内
	・復水補給水系		屋内
	・原子炉補機冷却水系		屋内・屋外
	・換気空調補機非常用冷却水系		屋内
	・高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系		屋内・屋外
	・原子炉補機冷却海水系		屋内
	・高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却海水系		屋内
	・非常用ガス処理系		屋内・屋外
	・可燃性ガス濃度制御系		屋内

表 1-2 (3/5) 基礎ボルト評価対象一覧

評価書	機器名称	型式	設置場所
空調設備	非常用ガス処理系排風機	機器付基礎ボルト	屋内
	残留熱除去系ポンプ室空調機		屋内
	高圧炉心スプレー系ポンプ室空調機		屋内
	低圧炉心スプレー系ポンプ室空調機		屋内
	FCS 室空調機		屋内
	非常用ガス処理系室空調機		屋内
	非常用ディーゼル発電機 (A) 室送風機		屋内
	非常用ディーゼル発電機 (B) 室送風機		屋内
	非常用ディーゼル発電機 (A) 室排風機		屋内
	非常用ディーゼル発電機 (B) 室排風機		屋内
	非常用ディーゼル発電機 (HPCS) 室送風機		屋内
	非常用ディーゼル発電機 (HPCS) 室排風機		屋内
	中央制御室排風機		屋内
	中央制御室再循環送風機		屋内
	中央制御室送風機		屋内
	海水熱交換器建屋 (A) 非常用送風機		屋内
	海水熱交換器建屋 (B) 非常用送風機		屋内
	海水熱交換器建屋 (HPCS) 非常用送風機		屋内
	非常用ディーゼル発電機室非常用送風機		屋内
	換気空調補機非常用冷却水系冷凍機		屋内
	非常用ガス処理系乾燥装置		屋内
	非常用ガス処理系フィルタ装置		屋内
	中央制御室再循環フィルタユニット		屋内
	原子炉建屋隔離弁	屋内	
	中央制御室系ダクト	後打ちケミカルアンカ・ 後打ちメカニカルアンカ	屋内
	非常用ディーゼル発電設備系ダクト		屋内
海水熱交換器建屋系ダクト	屋内		

表 1-2 (4/5) 基礎ボルト評価対象一覧

評価書	機器名称	型式	設置場所
機械設備	非常用ディーゼル機関 (A, B 号機) , 非常用ディーゼル機関 (A, B 号機) 付属設備		
	・非常用ディーゼル機関	機器付基礎ボルト	屋内
	・清水膨張タンク		屋内
	・軽油タンク		屋外
	・潤滑油サンプタンク		屋内
	・空気だめ		屋内
	・燃料ディタンク		屋内
	・燃料移送ポンプ		屋外
	・空気圧縮機		屋内
	・配管 (配管サポート)	後打ちケミカルアンカ・ 後打ちメカニカルアンカ	屋内・屋外
	HPCS ディーゼル機関, HPCS ディーゼル機関付属設備		
	・HPCS ディーゼル機関	機器付基礎ボルト	屋内
	・清水膨張タンク		屋内
	・空気だめ		屋内
	・燃料ディタンク		屋内
	・清水冷却器		屋内
	・燃料移送ポンプ		屋外
	・空気圧縮機		屋内
	・軽油タンク		屋外
	・共通ベース (潤滑油冷却器)		屋内
	・共通ベース (発電機軸受潤滑油冷却器)		屋内
	・共通ベース (燃料フィルタ)		屋内
	・配管 (配管サポート)		後打ちケミカルアンカ・ 後打ちメカニカルアンカ
	可燃性ガス濃度制御系設備		
	・共通ベース (ブロワ, 加熱管, 再結合器, 冷却器, 気水分 離器)	機器付基礎ボルト	屋内
	・配管 (配管サポート)	後打ちケミカルアンカ・ 後打ちメカニカルアンカ	屋内
	圧縮空気系設備		
	・共通ベース (空気圧縮機)	機器付基礎ボルト	屋内
	・共通ベース (後部冷却器)		屋内
	・共通ベース (除湿塔)		屋内

表 1-2 (5/5) 基礎ボルト評価対象一覧

評価書	機器名称	型式	設置場所
機械設備 (続き)	廃棄物処理設備		
	・高電導度廃液系濃縮装置	機器付基礎ボルト	屋内
	・高電導度廃液系濃縮装置循環ポンプ		屋内
	・濃縮廃液系濃縮廃液タンク		屋内
	・配管 (配管サポート)	後打ちケミカルアンカ・ 後打ちメカニカルアンカ	屋内
電源設備	ディーゼル発電設備		
	・非常用ディーゼル発電設備 (A, B 号機)	機器付基礎ボルト	屋内
	・HPCS ディーゼル発電設備		屋内
ケーブル	ケーブルトレイ・電線管	後打ちケミカルアンカ・ 後打ちメカニカルアンカ	屋内・屋外
計測制御 設備	振動計測装置		
	・地震加速度	機器付基礎ボルト	屋内
	圧力計測装置		
	・RSW ポンプ吐出圧力	後打ちケミカルアンカ・ 後打ちメカニカルアンカ	屋内
	・HPSW ポンプ吐出圧力		屋内
	・LPCS 注入隔離弁差圧		屋内
	・RCW 冷却水供給圧力		屋内
	・HPCW ポンプ吐出圧力		屋内
	水位計測装置		
	・HPCW サージタンク水位	後打ちケミカルアンカ・ 後打ちメカニカルアンカ	屋内
	中性子束計測装置		
	・SRM	後打ちケミカルアンカ・ 後打ちメカニカルアンカ	屋内
	放射線計測装置		
	・原子炉建屋換気系排気放射線	後打ちケミカルアンカ・ 後打ちメカニカルアンカ	屋内
計装配管 (計装配管サポート)	後打ちケミカルアンカ・ 後打ちメカニカルアンカ	屋内	

## 2. 技術評価

本章では、1章で対象とした以下の基礎ボルトについて、技術評価を実施する。

- ① 機器付基礎ボルト
- ② 後打ちメカニカルアンカ
- ③ 後打ちケミカルアンカ

### 2.1 構造及び材料

#### 2.1.1 機器付基礎ボルト

##### (1) 構造

機器付基礎ボルトは、ベースプレートに取り付けたボルトを予め、コンクリート基礎に埋設した構造となっている。

機器付基礎ボルトの代表的な構造図を、図 2.1-1 に示す。

No.	部 位
①	機器付基礎ボルト

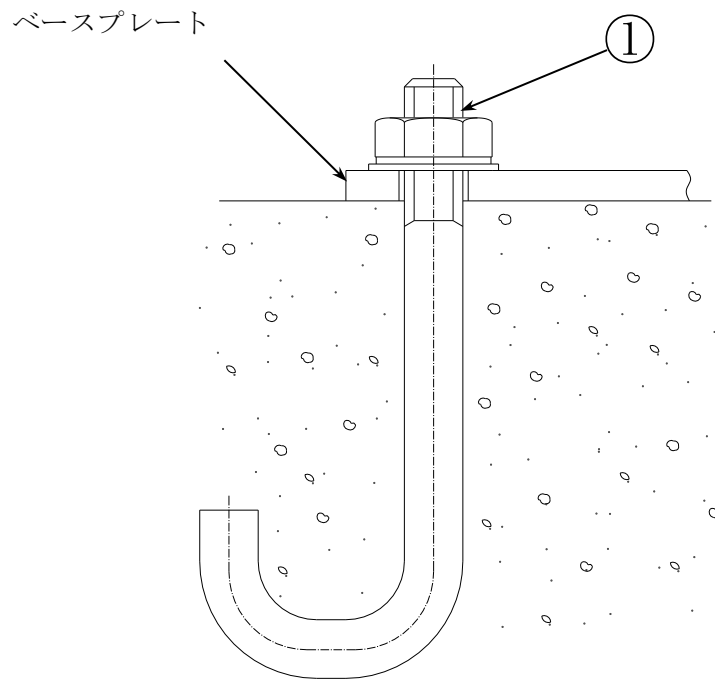
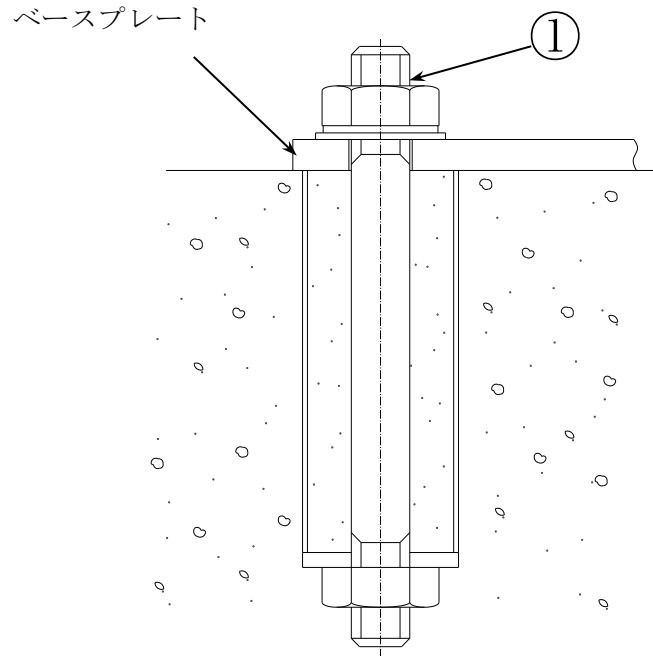


図 2.1-1 機器付基礎ボルト構造図

(2) 材料

機器付基礎ボルトの代表的な使用材料を，表 2.1-1 に示す。

表 2.1-1 機器付基礎ボルトの使用材料

部 位	仕 様
機器付基礎ボルト	炭素鋼



## 2.1.2 後打ちメカニカルアンカ

### (1) 構造

後打ちメカニカルアンカは、施工後の基礎に穿孔し、テーパボルト、シールドを打ちこむ構造となっている。

後打ちメカニカルアンカの代表的な構造図を、図 2.1-2 に示す。

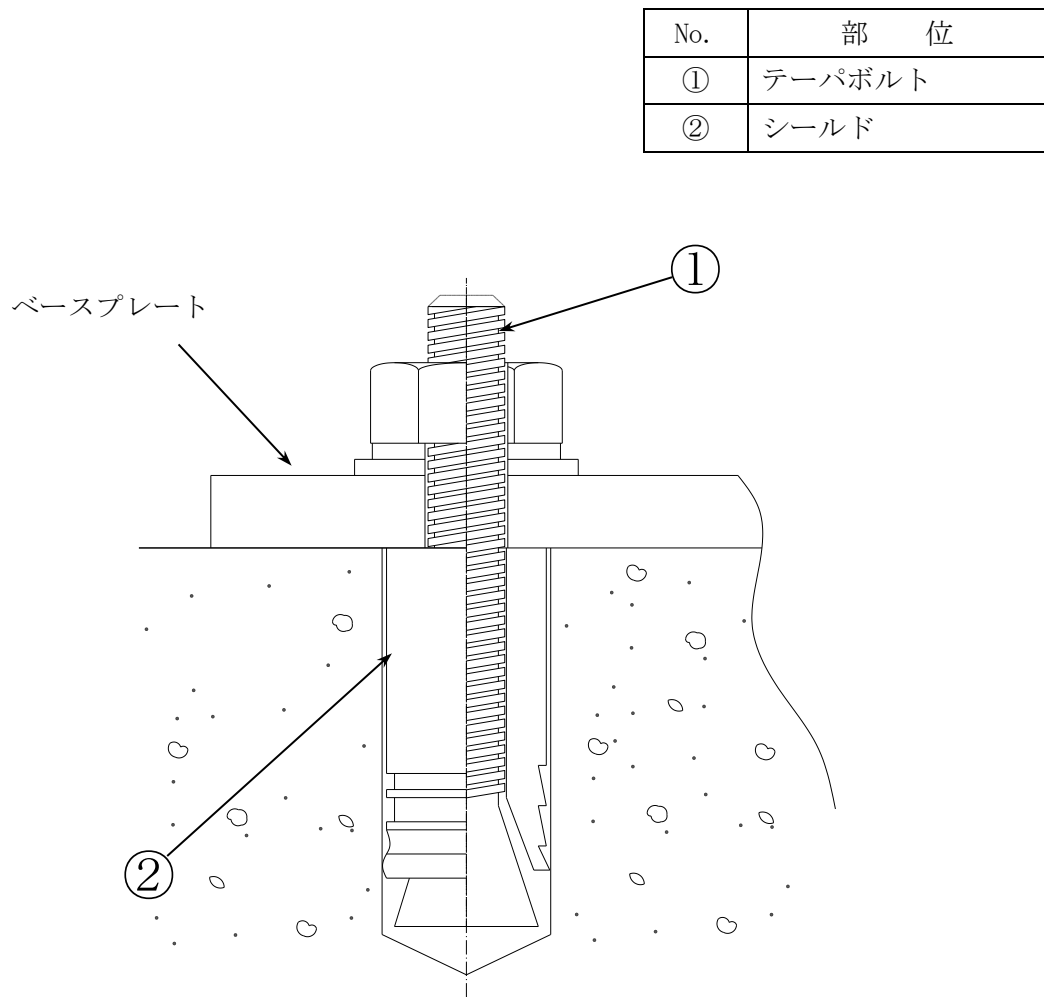


図 2.1-2 後打ちメカニカルアンカ構造図

(2) 材料

後打ちメカニカルアンカの代表的な使用材料を，表 2. 1-2 に示す。

表 2. 1-2 後打ちメカニカルアンカの使用材料

部 位	仕 様
テーパボルト	炭素鋼
シールド	炭素鋼

### 2.1.3 後打ちケミカルアンカ

#### (1) 構造

後打ちケミカルアンカは、施工後の基礎に穿孔し、アンカボルトを打ち込み樹脂を内部で攪拌することにより、穿孔部とアンカボルト部の間隙部に樹脂が充填される構造となっている。

後打ちケミカルアンカの代表的な構造図を、図 2.1-3 に示す。

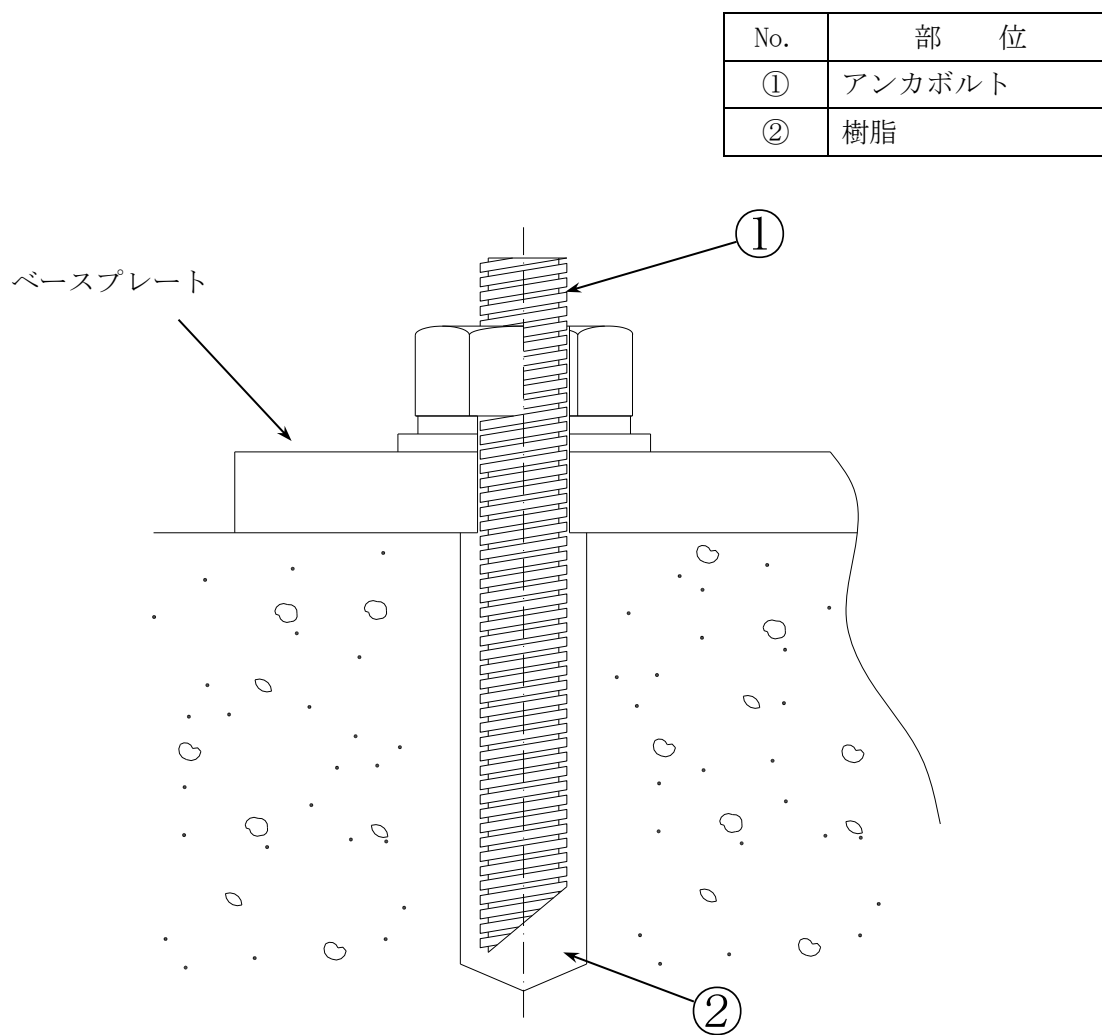


図 2.1-3 後打ちケミカルアンカ構造図

(2) 材料

後打ちケミカルアンカの代表的な使用材料を，表 2.1-3 に示す。

表 2.1-3 後打ちケミカルアンカの使用材料

部 位	仕 様
アンカボルト	炭素鋼
樹脂	不飽和ポリエステル樹脂

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機能達成に必要な項目

基礎ボルトに要求される機能は、機器の支持である。

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

各機器の基礎ボルトについて、機能達成に必要な項目、構造、材料及び使用環境を考慮し、表 2.2-2 に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

なお、消耗品及び定期取替品は次項の通り評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

基礎ボルトには、消耗品及び定期取替品はない。

#### (3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

想定される経年劣化事象のうち主要 6 事象に該当する事象及び下記①、②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。なお、下記①、②に該当する事象については、2.2.3 項に示すとおり、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの(日常劣化管理事象として表 2.2-2 で△)

② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象(日常劣化管理事象以外として表 2.2-2 で▲)

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

a. 基礎ボルトの腐食（全面腐食）〔機器付基礎ボルト大気接触部（屋外），後打ちメカニカルアンカ大気接触部（屋外），後打ちケミカルアンカ大気接触部（屋外）〕

基礎ボルトは炭素鋼であり，屋外に設置されている基礎ボルトの締付ナットから下部にある塗装が施されていない大気接触部については，腐食が発生する可能性は否定できない。

しかしながら，東海第二原子力発電所において，基礎ボルトの腐食を確認するため，既設機器の撤去に合わせて目視点検を実施したところ，大気接触部にほとんど腐食は確認されていない。また，腐食量については，同じく東海第二原子力発電所において，プラント建設当初から34年間使用している屋外基礎ボルトの腐食量を調査した結果，最も環境条件の厳しい屋外設置機器でも腐食量は30年で0.237 mmを下回ることが確認され，この結果から60年の腐食量は0.3 mmを下回ると推定された（（社）腐食防食協会主催「材料と環境2002」発表）。

なお，福島第一原子力発電所1号炉において，機器取替に合わせて31年間使用の基礎ボルトの引張試験を実施したところ，表2.2-1に示す試験荷重に対して健全であることを確認した。

表2.2-1 基礎ボルト引張試験条件

No.	ボルト径	設置場所	試験荷重
①	W1	R/B内	15.6 kN(機器の転倒モーメント×2倍)
②	W1	T/B内	48 kN(ボルト許容引張荷重)

今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

なお，機器取替等における基礎ボルトの引張試験の機会があれば，サンプル調査により健全性評価の妥当性を確認していく。

b. 基礎ボルトの腐食（全面腐食）〔機器付基礎ボルト塗装部，後打ちメカニカルアンカ塗装部，後打ちケミカルアンカ塗装部〕

基礎ボルトは炭素鋼であり腐食の発生が想定されるが，締付ナットから上部の大気接触部は防食塗装により腐食を防止しており，必要に応じて補修を行うこととしている。また，これまで基礎ボルト（塗装部位）の腐食により，支持機能を喪失した事例は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- c. 基礎ボルトの腐食（全面腐食）〔機器付基礎ボルト大気接触部（屋内）、後打ちメカニカルアンカ大気接触部（屋内）、後打ちケミカルアンカ大気接触部（屋内）〕

基礎ボルトは炭素鋼であり、屋内に設置されている基礎ボルトの締付ナットから下部にある塗装が施されていない大気接触部については、腐食が発生する可能性は否定できない。

しかしながら、巡視点検や定期検査時の試運転にて機器に異常な振動等がないことを確認している。また、柏崎刈羽原子力発電所5号炉において、屋内基礎ボルト代表箇所の締付ナットを取外して、腐食が発生する可能性のある大気接触部を目視点検したところ、腐食は認められていないことから、同様な環境である柏崎刈羽3号炉についても、腐食の可能性は小さいと判断する。

今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

a. 樹脂の劣化 [後打ちケミカルアンカ]

後打ちケミカルアンカの樹脂本体については、高温環境下における変形、紫外線、放射線、水分付着による劣化の可能性は否定できないが、温度及び紫外線による劣化については、樹脂部はコンクリート内に埋設されており、高温環境下及び紫外線環境下にさらされることはなく、支持機能を喪失するような接着力低下の可能性は小さい。

また、放射線及び水分付着についても、メーカー試験結果より支持機能を喪失するような接着力低下の可能性は小さい。

今後もこの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. 基礎ボルトの腐食（全面腐食） [機器付基礎ボルトコンクリート埋設部、後打ちメカニカルアンカコンクリート埋設部、後打ちケミカルアンカコンクリート埋設部]

基礎ボルトコンクリート埋設部では、コンクリートが中性化した場合に腐食の発生が想定されるが、実機コンクリートにおけるサンプリング結果では中性化は殆ど見られておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

後打ちケミカルアンカについては、コンクリート埋設部のボルト自体が樹脂に覆われていることから、腐食が発生する可能性は小さく、今後もこの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。



c. 基礎ボルトの付着力低下 [機器付基礎ボルト, 後打ちメカニカルアンカ]

先端を曲げ加工している機器付基礎ボルトについては, 耐力は主に付着力に担保されることから, 付着力低下を起こした場合, 支持機能を喪失する可能性は否定できないが, 「コンクリート及び鉄骨構造物の技術評価書」にて熱によるコンクリート中の水分の逸散を伴う乾燥に起因する微細なひび割れ, 機械振動による繰返し荷重によるひび割れに起因する付着力低下がないこと, 中性化による基礎ボルト材の腐食助長環境にないことを健全性評価にて確認しており, また, 経年劣化によりコンクリート内部からの付着力低下を起こす可能性は小さく, 今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから, 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

後打ちメカニカルアンカの付着力の低下については, 60年相当の加振(試験荷重: 当該アンカ設計許容荷重)後のボルト引抜結果からは, 設計許容荷重に対して, 十分な耐力を有していることを確認しており, 振動による有意な強度低下を起こす可能性は小さく, 今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから, 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

表 2.2-2 (1/3) 機器付基礎ボルトに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期 取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
機器の支持	支持	機器付基礎 ボルト		炭素鋼		△ <sup>*1</sup> △ <sup>*2</sup> △ <sup>*3</sup> ▲ <sup>*4</sup>					▲ <sup>*5</sup>	*1: 大気接触部 (屋内) *2: 大気接触部 (屋外) *3: 塗装部 *4: コンクリート埋設部 *5: 付着力低下

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 (日常劣化管理事象)

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 (日常劣化管理事象以外)

表 2.2-2 (2/3) 後打ちメカニカルアンカに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期 取替品	材料	経 年 劣 化 事 象						備考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
機器の支持	支持	メカニカルアンカ (テーパボルト, シールド)		炭素鋼		△*1 △*2 △*3 ▲*4					▲*5	*1:大気接触部 (屋内) *2:大気接触部 (屋外) *3:塗装部 *4:コンクリート埋設部 *5:付着力低下

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表 2.2-2 (3/3) 後打ちケミカルアンカに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備考	
					減 肉		割 れ		材 質 変 化			その他
					摩 耗	腐 食	疲 勞 割 れ	応 力 腐 食 割 れ	熱 時 効	劣 化		
機器の支持	支持	アンカボルト		炭素鋼		△*1 △*2 △*3 ▲*4						*1:大気接触部 (屋内) *2:大気接触部 (屋外) *3:塗装部 *4:コンクリート埋設部 *5:樹脂の劣化
		樹脂		不飽和ポリエステル樹脂						▲*5		

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

以 上

柏崎刈羽原子力発電所3号炉

# 電源設備の技術評価書

東京電力ホールディングス株式会社

本評価書は、柏崎刈羽原子力発電所3号炉（以下柏崎刈羽3号炉という）における安全上重要な電源設備（重要度分類指針におけるPS-1, 2及びMS-1, 2に該当する機器）の高経年化に係わる技術評価についてまとめたものである。なお、高温・高圧の環境下にある電源設備はない。

評価対象機器の一覧を表1に、機能を表2に示す。

評価対象機器を電圧区分、型式及び設置場所で分類し、それぞれのグループから重要度及び使用条件等の観点で代表機器を選定し技術評価を行った後、代表以外の機器について評価を展開している。

本評価書では、電源設備をグループ化し、以下の9分冊で構成されている。

- 1 高圧閉鎖配電盤
- 2 動力用変圧器
- 3 低圧閉鎖配電盤
- 4 コントロールセンタ
- 5 ディーゼル発電設備
- 6 バイタル電源用CVCF
- 7 直流電源設備
- 8 計測用変圧器
- 9 計測用分電盤

表1 評価対象機器一覧

種 類	機 器 名 称 (台数等)	仕 様	重要度*
高圧閉鎖配電盤	非常用M/C(3)	7,200 V×63 kA	MS-1
動力用変圧器	非常用P/C変圧器(4)	2,500/3,000/4,000 kVA	MS-1
	非常用MCC変圧器(HPCS)(1)	750 kVA	MS-1
低圧閉鎖配電盤	非常用P/C(4)	AC 480 V×100 kA AC 480 V×63 kA	MS-1
	直流 P/C(3)	DC 250 V×40 kA	MS-1
コントロールセンタ	非常用MCC(17)	AC 550 V×35 kA AC 550 V×30 kA AC 550 V×22 kA AC 500 V×30 kA	MS-1
	直流 MCC(1)	DC 250 V × 40 kA	MS-1
ディーゼル発電設備	非常用ディーゼル発電設備(2) (A, B号機)	6,900 V×8,250 kVA×500 rpm	MS-1
	HPCSディーゼル発電設備(1)	6,900 V×4,500 kVA×1,000 rpm	MS-1
バイタル電源用CVCF	バイタル電源用CVCF(2)	440 V×35 kVA	MS-1
直流電源設備	125 V 蓄電池(3)	4,000/3,000/500 Ah	MS-1
	125 V 充電器盤(3)	125 V×650 A 125 V×60 A	MS-1
計測用変圧器	中央制御室計測用変圧器(2)	480 V×50 kVA	MS-1
	HPCS計測用変圧器(1)	480 V×10 kVA	MS-1
計測用分電盤	交流計測用分電盤(3)	AC 120 V	MS-1
	バイタル計測用分電盤(2)	AC 120 V	MS-1
	直流分電盤(5)	DC 125 V	MS-1

\*：最上位の重要度を示す

表2 評価対象機器機能一覧

機器名称	機 能
高圧閉鎖配電盤	所内の高圧電気機器に対し、電源供給及び遮断を行う設備
動力用変圧器	高圧閉鎖配電盤から受電して低圧に変換し、低圧閉鎖配電盤へ送電する設備
低圧閉鎖配電盤	所内の低圧電気機器（比較的電気容量の大きいもの）に対し、電源供給及び遮断を行う設備
コントロールセンタ	所内の低圧電気機器（比較的電気容量の小さいもの）に対し、電源供給及び遮断を行う設備
ディーゼル発電設備	外部電源喪失の際に、ディーゼル駆動の非常用発電機で非常用母線へ電源を供給する設備（本章ではディーゼル発電設備のうち発電機について評価）
バイタル電源用CVCF	所内計測制御回路に無停電交流電源を供給する設備
直流電源設備	所内計測制御回路や非常時に運転される非常用補機に直流電源を供給する設備
計測用変圧器	所内計測制御回路に交流電源を降圧して供給する設備
計測用分電盤	所内計測制御回路に直流及び交流電源を供給する設備



# 1 高压閉鎖配電盤

[対象高压閉鎖配電盤]

①非常用 M/C

# 目 次

1. 対象機器及び代表機器の選定.....	1-1
2. 代表機器の技術評価.....	1-2
2.1 構造，材料及び使用条件 .....	1-2
2.1.1 非常用 M/C.....	1-2
2.2 経年劣化事象の抽出 .....	1-6
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目 .....	1-6
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象.....	1-6
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象.....	1-8
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価.....	1-15

1. 対象機器及び代表機器の選定

高圧閉鎖配電盤のうち、対象となる高圧閉鎖配電盤の主な仕様を表 1-1 に示す。

この設備としては、非常用 M/C のみが対象であることから、これを代表機器とした。

表 1-1 高圧閉鎖配電盤の主な仕様

名 称 (群数)	仕 様		重要度*	使 用 条 件	
	盤 (定格電圧)	遮断器 (定格電圧 × 定格遮断電流)		定格電圧 (V)	定格電流 (A)
非常用 M/C (3)	6,900 V	7,200 V × 63 kA	MS-1	6,900	1,200

\* : 最上位の重要度を示す

## 2. 代表機器の技術評価

本章では、1章で代表機器とした以下の高圧閉鎖配電盤について技術評価を実施する。

### ① 非常用 M/C

#### 2.1 構造, 材料及び使用条件

##### 2.1.1 非常用 M/C

###### (1) 構造

非常用 M/C は真空遮断器 (VCB) を内蔵しており, 電源回路の保護・制御のために計器用変流器, 計器用変圧器, 継電器, 計器, ヒューズ等を収納している。

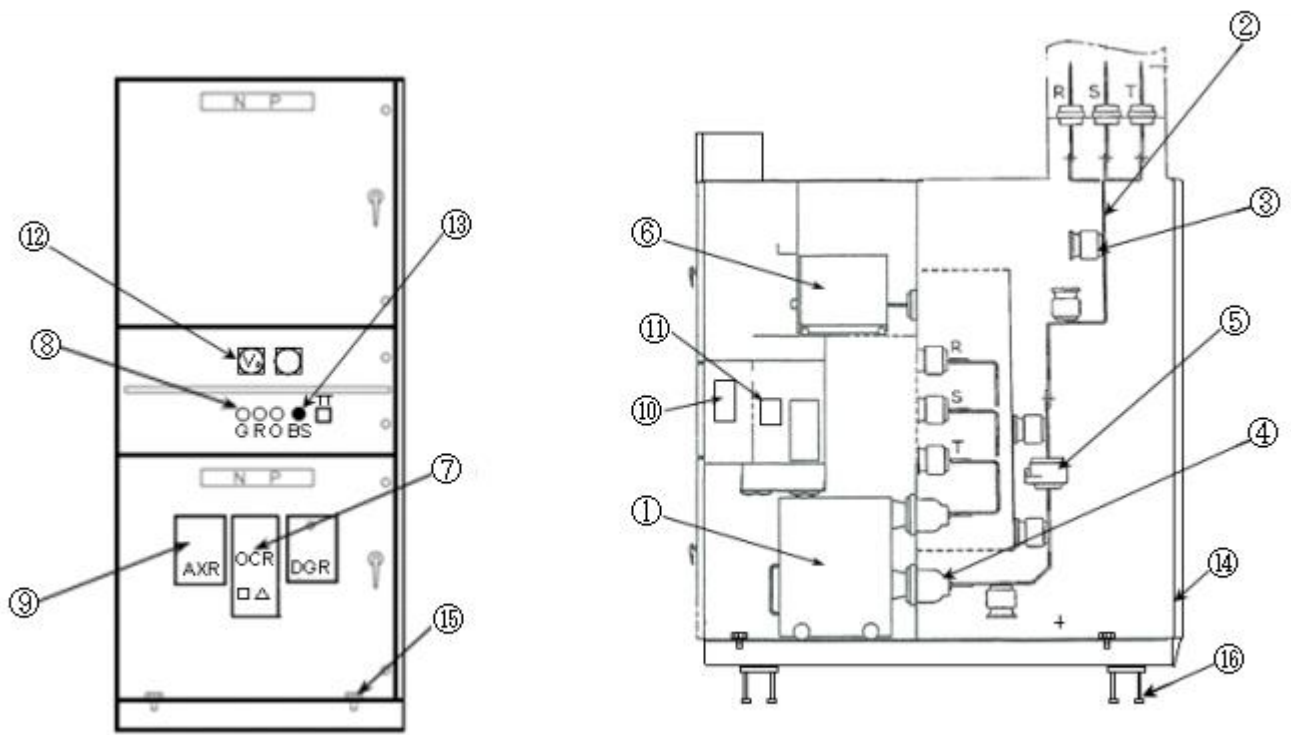
真空遮断器は, 投入コイルの励磁により, 操作機構が動作することによって投入し, 引外しコイルの励磁により, 操作機構の支えが外れて開路ばねにより開放される構造となっている。

また, 真空遮断器本体は盤から引出して外に出すことにより, 点検手入れが可能である。

非常用 M/C 構造図を図 2.1-1 に, 真空遮断器構造図を図 2.1-2 に示す。

###### (2) 材料及び使用条件

非常用 M/C 主要部位の使用材料を表 2.1-1 に, 使用条件を表 2.1-2 に示す。

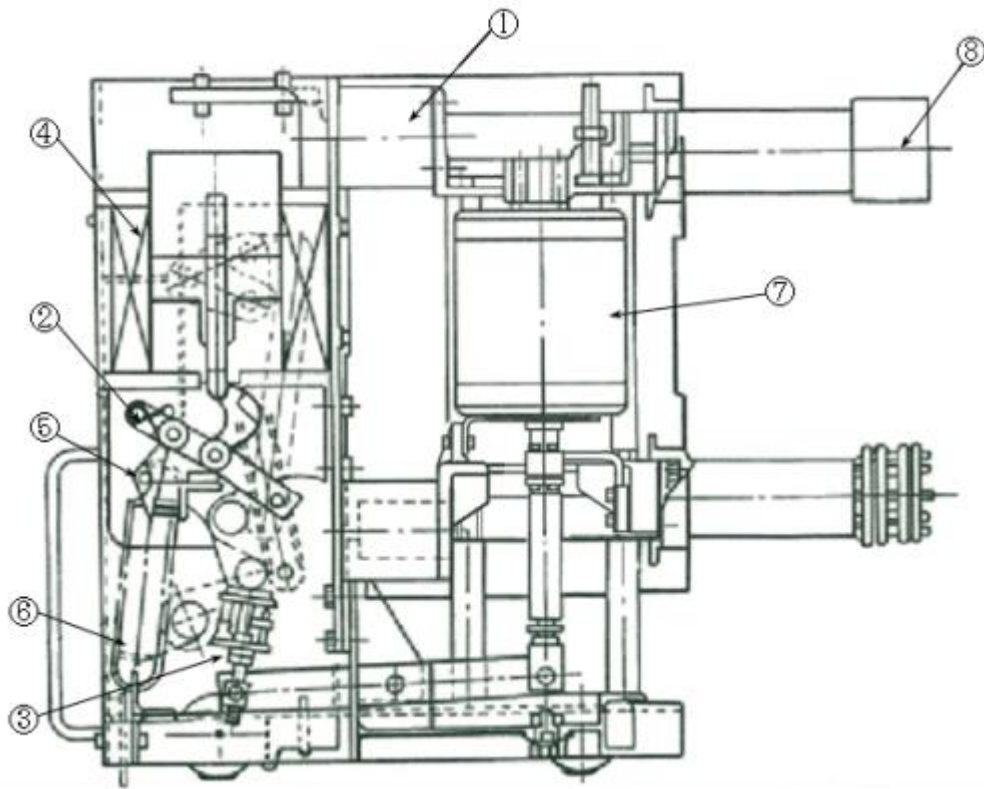


M/C 正面図

M/C 断面図 (遮断器)

No.	部 位
①	真空遮断器
②	主回路導体
③	主回路導体支持碍子
④	主回路断路部
⑤	計器用変流器 (貫通形)
⑥	計器用変圧器
⑦	保護継電器 (静止形), 保護継電器 (機械式)
⑧	表示灯
⑨	補助継電器, タイマー
⑩	配線用遮断器, ヒューズ
⑪	電磁接触器
⑫	指示計
⑬	押し釦スイッチ
⑭	筐体
⑮	取付ボルト
⑯	埋込金物

図 2.1-1 非常用 M/C 構造図



真空遮断器断面図

No.	部 位
①	支持サポート
②	操作機構
③	ワイプばね
④	投入コイル
⑤	引外しコイル
⑥	開路ばね
⑦	真空バルブ
⑧	断路部

図 2.1-2 真空遮断器構造図

表 2.1-1 非常用 M/C 主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料	
遮断機能の維持	遮断動作	真空遮断器	支持サポート	エポキシ成形材樹脂
			操作機構	炭素鋼 (SS400) 他
		ワイプばね	ピアノ線 (SWPA)	
		投入コイル	銅 (PEW) 他	
		引外しコイル	銅 (PEW) 他	
		開路ばね	ピアノ線 (SWPA)	
		真空バルブ	銅合金 (C1100BD-H), セラミックス他	
		断路部	銅 (C1100BDC-H), エポキシ樹脂他	
	開閉・保護制御	保護継電器 (静止形)	電解コンデンサ*, 可変抵抗器*, 銅, 半導体他	
		保護継電器 (機械式)	銅他	
		表示灯	(消耗品)	
		補助継電器	(定期取替品)	
		タイマー	(定期取替品)	
		配線用遮断器	銅他	
		ヒューズ	(消耗品)	
		電磁接触器	(定期取替品)	
		指示計	銅他	
		押し釦スイッチ	銅他	
	通電・絶縁性能の確保	エネルギー伝達	主回路導体	アルミ合金 (A6101SBC-T6)
導体支持		主回路導体支持碍子	磁器	
		主回路断路部	エポキシ成形材樹脂	
信号伝達機能の維持	電圧, 電流変成	計器用変流器 (貫通形)	銅 (ポリエステル電線), エポキシ樹脂	
		計器用変圧器	銅 (ポリエステル電線), エポキシ樹脂	
機器の支持	支持	筐体	炭素鋼 (SS400)	
		取付ボルト	炭素鋼 (SS400)	
		埋込金物	炭素鋼 (SS400)	

\*: 定期取替品

表 2.1-2 非常用 M/C の使用条件

設 置 場 所	屋内
周 囲 温 度	40 °C 以下*
定 格 電 圧	6,900 V

\*: 原子炉建屋内の設計値

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

高圧閉鎖配電盤の機能である給電機能を維持するためには、次の項目が必要である。

- ① 通電・絶縁性能の確保
- ② 遮断機能の維持
- ③ 信号伝達機能の維持
- ④ 機器の支持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

高圧閉鎖配電盤について、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の構造、材料、使用条件（電圧・温度等）及び現在までの運転経験を考慮し、表 2.2-1 に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

なお、消耗品及び定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

表示灯及びヒューズは消耗品、タイマー、電解コンデンサ、可変抵抗器、電磁接触器及び補助継電器は定期取替品であり、設計時に長期使用せず取り替えを前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

#### (3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

想定される経年劣化事象のうち主要 6 事象に該当する事象及び下記①, ②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。なお、下記①, ②に該当する事象については、2.2.3 項に示すとおり、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

- ① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△）
- ② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲）



この結果，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象として以下の事象が抽出された（表 2.2-1 で○）。

- a. 遮断器断路部の絶縁特性低下
- b. 計器用変圧器の絶縁特性低下
- c. 支持サポート及び主回路断路部の絶縁特性低下

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

#### a. 操作機構の固着

操作機構の固着要因としては、グリースの劣化による粘度の増大、グリースへの塵埃付着による潤滑性の低下が挙げられ、これにより操作機構部の駆動性を低下させ、ばね等の駆動力を阻害して固着が生ずる可能性がある。

しかし、屋内空調環境に設置していることから塵埃付着の可能性は小さく、点検時において各部の目視点検、清掃、グリースの塗布及び開閉試験を実施し、異常のないことを確認しており、固着が発生する可能性は小さい。

したがって、今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### b. 遮断器断路部の摩耗

遮断器の断路部は、遮断器の挿入・引出しにより、摩耗が想定されるが、断路部にはグリースを塗布しているため潤滑性は良好である。

また、遮断器の挿入・引出しは点検時にしか行わないため、断路部が摩耗する可能性は小さい。

さらに、点検時に目視点検を行い、これまで有意な摩耗は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### c. 投入コイル及び引外しコイルの絶縁特性低下

投入コイル及び引外しコイルの絶縁物は有機物であるため、熱的、機械的、電氣的及び環境的要因で経年的に劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性があるが、コイルは静止型の低圧機器であり、屋内空調環境に設置されていることから、機械的、電氣的及び環境的要因による劣化は起きない。

また、コイルへの通電は投入・開放動作時の瞬時であり、温度上昇が僅かであることから熱的要因による劣化の可能性は小さい。

さらに、点検時に絶縁抵抗測定を行い、これまでの点検結果では急激な絶縁抵抗低下は認められていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. 配線用遮断器の固渋

配線用遮断器は周囲温度、浮遊塵埃、発熱及び不動作状態の継続により、手動操作機構部の潤滑性能が低下し、摩擦の増大による固渋が想定される。

しかし、屋内空調環境に設置されていることから、周囲温度及び浮遊塵埃による影響は小さい。

また、点検時に動作確認を行い、異常が確認された場合は取り替えを行うこととしている。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. 押し釦スイッチの導通不良

押し釦スイッチは、接点に付着する浮遊塵埃により導通不良が想定されるが、屋内空調環境に設置されていることから、塵埃付着の可能性は小さい。

また、点検時に動作確認を行い、これまで導通不良は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f. 主回路導体の腐食（全面腐食）

主回路導体はアルミ合金であるため腐食の発生が想定されるが、主回路導体表面は防食処理が施されており、屋内空調環境に設置されていることから腐食が発生する可能性は小さい。

また、点検時に目視確認を行い、これまで有意な腐食は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

g. 主回路導体支持碍子の絶縁特性低下

主回路導体支持碍子は無機物であるため、機械的要因による劣化及び環境的要因による塵埃付着により、絶縁特性低下が想定されるが、高圧閉鎖配電盤は静止型機器であることから、機械的要因による劣化は起きない。

また、環境的要因については、点検時に清掃を実施しており絶縁特性低下の可能性は小さい。

さらに、点検時に絶縁抵抗測定を行い、これまで有意な絶縁抵抗低下は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

h. 筐体の腐食（全面腐食）

筐体は炭素鋼であるため腐食の発生が想定されるが、筐体の外表面は防食塗装が施されており、屋内空調環境に設置されていることから腐食が発生する可能性は小さい。

また、点検時に目視確認を行い、これまで有意な腐食は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

i. 取付ボルトの腐食（全面腐食）

取付ボルトは炭素鋼であるため腐食の発生が想定されるが、取付ボルト表面は防食処理が施されており、屋内空調環境に設置されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、点検時に目視確認を行い、これまで有意な腐食は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

j. 真空バルブの真空度低下

真空バルブは真空度低下による遮断性能低下が想定されるが、電気学会・電気規格調査会標準規格 JEC-181 及び 2300 の参考試験に基づく 10,000 回の開閉試験にて異常のないことを確認しており、本格点検周期内の真空バルブ開閉回数は、実績から 10,000 回より十分少ないことから真空度低下の可能性は小さい。

また、点検時において真空度確認を行い、これまで有意な真空度低下は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

k. 保護継電器（機械式）の特性変化

機械式の保護継電器は、誘導円板などの可動部があり、回転軸及び軸受の摩耗により回転摩擦が変化することによる影響で特性が変化する可能性がある。

しかし、保護継電器は電気学会・電気規格調査会標準規格 JEC-174 及び 2500 に基づく、10,000 回の動作試験にて異常のないことを確認しており、回転軸及び軸受摩耗による影響の可能性は小さい。

また、点検時に動作特性試験を実施しており、これまでの点検結果では有意な特性変化は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### 1. 保護継電器（静止形）の特性変化

保護継電器（静止形）は、半導体（トランジスタ）を使用しており、長期間の使用により特性が変化する可能性があるが、設計段階において長期間使用による劣化を考慮していることから、特性が急激に変化する可能性は小さい。

また、点検時に動作試験にて特性を確認し、異常が確認された場合には取り替えを行うこととしている。

したがって、今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### m. 指示計の特性変化

指示計は、長期間の使用に伴い指示特性に誤差が生じ、精度が確保できなくなる可能性があるが、設計段階において長期間使用による劣化を考慮していることから、特性が急激に変化する可能性は小さい。

また、点検時に特性試験・調整にて特性を確認し、異常が確認された場合には取り替えを行うこととしている。

したがって、今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### n. 計器用変流器（貫通形）の絶縁特性低下

計器用変流器（貫通形）の絶縁物は有機物であるため、熱的、機械的、電氣的及び環境的要因で経年的に劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性があるが、計器用変流器は静止型の低圧機器であり、屋内空調環境に設置されていることから、機械的、電氣的及び環境的要因による劣化は起きない。

また、熱的要因については、コイルへの通電電流が少ないことから温度上昇は僅かであり劣化の可能性は小さい。

さらに、点検時に絶縁抵抗測定を行い、これまでの点検結果では急激な絶縁抵抗低下は認められていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

o. ワイプばね及び開路ばねのへたり

ワイプばね及び開路ばねには、遮断器の投入及び引外しに必要な応力が長時間かかる構造になっており、へたりが生ずることが想定される。

しかし、ワイプばね及び開路ばねは、遮断器の投入及び引外しに必要なねじり応力が許容ねじり応力以下になるように設定されており、さらにばねの材料に対する推奨使用最高温度よりも実際の使用温度は低いことから、へたりの進行の可能性は小さい。

また、分解点検時に目視点検及び組立後の作動確認を行い、これまでへたりは確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

a. 埋込金物の腐食（全面腐食）

埋込金物は炭素鋼であるため腐食が発生する可能性は否定できないが、大気接触部はなく、コンクリート埋設部については、コンクリートが中性化した場合に腐食の発生が想定されるが、実機コンクリートにおけるサンプリング結果では、中性化は殆ど見られていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

表 2.2-1 (1/2) 非常用 M/C に想定される経年劣化事象炭素鋼

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経年劣化事象								備 考
					減 肉		割 れ		絶縁	導通	信号	その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁特性低下	導通不良	信号特性変化		
遮断機能の維持	遮断動作	真空遮断器	支持サポート	エポキシ樹脂					○				*1:固着 *2:へたり *3:固渋 *4:真空度低下 *5:電解コンデンサ, 可変抵抗器
		操作機構	炭素鋼(SS400)他								△*1		
		投入コイル	銅 (PEW 線) 他					△					
		引外しコイル	銅 (PEW 線) 他					△					
		開路ばね	ピアノ線								△*2		
		ワイプばね	ピアノ線								△*2		
		真空バルブ	銅合金, セラミクス他								△*4		
	断路部	銅, エポキシ樹脂他	△					○					
	開閉・保護制御	保護継電器 (静止型)	◎*5	銅, 半導体他							△		
		保護継電器 (機械式)		銅他							△		
		表示灯	◎										
		補助継電器	◎										
		タイマー	◎										
		ヒューズ	◎										
		配線用遮断器		銅他								△*3	
		指示計		銅他							△		
		押し釦スイッチ		銅他							△		
		電磁接触器	◎										

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2. 2-1 (2/2) 非常用 M/C に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経年劣化事象								備 考
					減 肉		割 れ		絶縁	導通	信号	その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁特性低下	導通不良	特性変化		
通電, 絶縁性能の確保	エネルギー伝達	主回路導体		アルミ合金		△							
	導体支持	主回路導体支持碍子		磁器					△				
		主回路断路部		エポキシ樹脂					○				
信号伝達機能の維持	電圧・電流変成	計器用変流器 (貫通形)		銅, エポキシ樹脂					△				
		計器用変圧器		銅, エポキシ樹脂					○				
機器の支持	支持	筐 体		炭素鋼		△							
		取付ボルト		炭素鋼		△							
		埋込金物		炭素鋼		▲							

○ : 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△ : 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 (日常劣化管理事象)

▲ : 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 (日常劣化管理事象以外)



## 2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

### (1) 遮断器断路部の絶縁特性低下

#### a. 事象の説明

遮断器断路部の絶縁物は有機物であるため、熱による特性変化、絶縁物に付着する塵埃、絶縁物中のボイド等での放電等、機械的、熱的、電氣的及び環境的要因により経年的に劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性がある。

ただし、遮断器断路部は静止型機器であるため、機械的な劣化は起きないと考えられる。

#### b. 技術評価

##### ① 健全性評価

遮断器断路部の絶縁特性低下要因としては、主回路電流による熱的劣化、絶縁物中のボイド等での放電による電氣的劣化、絶縁物表面に塵埃が付着・吸湿して沿面絶縁を低下させる環境的劣化があるが、これまでの点検実績から最も絶縁特性低下に影響を及ぼす要因は環境的劣化である。

遮断器断路部は屋内空調環境に設置していることから塵埃付着の可能性は小さいが、長期間の使用を考慮すると絶縁特性低下が起こる可能性は否定できない。

##### ② 現状保全

遮断器断路部の絶縁特性低下に対しては、点検時に絶縁物の変色有無や塵埃付着の有無等の目視点検、清掃及び絶縁抵抗測定を行い、有意な環境要因の変化及び絶縁特性低下のないことを確認している。

また、これらの点検で有意な絶縁特性低下が認められた場合は、補修または取り替えることとしている。

##### ③ 総合評価

遮断器断路部の絶縁特性低下の可能性は否定できないが、現状保全にて絶縁特性の低下は把握可能である。

また、今後も定期的な目視点検、清掃及び絶縁抵抗測定を実施していくとともに、必要に応じて補修または取り替え等の適切な対応をとることにより、当面の冷温停止維持における健全性は維持できると判断する。

#### c. 高経年化への対応

遮断器断路部の絶縁特性低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に対し追加すべき項目はなく、今後も現状保全を継続していく。

## (2) 計器用変圧器の絶縁特性低下

### a. 事象の説明

計器用変圧器の絶縁物は有機物であるため、熱による特性変化、絶縁物に付着する塵埃、または絶縁物中のボイド等での放電等、機械的、熱的、電氣的及び環境的要因により経年的に劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性がある。

ただし、計器用変圧器は静止型機器であるため、機械的な劣化は起きないと考えられる。

### b. 技術評価

#### ① 健全性評価

計器用変圧器の絶縁特性低下要因としては、コイルの通電電流による熱的劣化、絶縁物中のボイド等での放電による電氣的劣化、絶縁物表面に塵埃が付着・吸湿して沿面絶縁を低下させる環境的劣化があるが、これまでの点検実績から最も絶縁特性低下に影響を及ぼす要因は環境的劣化である。

計器用変圧器は屋内空調環境に設置していることから塵埃付着の可能性は小さいが、長期間の使用を考慮すると絶縁特性低下の可能性は否定できない。

#### ② 現状保全

計器用変圧器の絶縁特性低下に対しては、点検時に絶縁物の変色有無や塵埃付着の有無等の目視点検、清掃及び絶縁抵抗測定を行い、有意な環境要因の変化及び絶縁特性変化のないことを確認している。

また、これらの点検で有意な絶縁特性低下が認められた場合は、補修または取り替えることとしている。

#### ③ 総合評価

計器用変圧器の絶縁特性低下の可能性は否定できないが、現状保全にて絶縁特性の低下は把握可能である。

また、今後も定期的な目視点検、清掃及び絶縁抵抗測定を実施していくとともに、必要に応じて補修または取り替え等の適切な対応をとることにより、当面の冷温停止維持における健全性は維持できると判断する。

### c. 高経年化への対応

計器用変圧器の絶縁特性低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に追加すべき項目はなく、今後も現状保全を継続していく。

### (3) 支持サポート及び主回路断路部の絶縁特性低下

#### a. 事象の説明

支持サポート及び主回路断路部の絶縁物は有機物であるため、熱による特性変化、絶縁物に付着する塵埃、絶縁物中のボイド等での放電等、機械的、熱的、電氣的及び環境的要因により経年的に劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性がある。

ただし、支持サポート及び主回路断路部は静止型機器であるため、機械的な劣化は起きないと考えられる。

#### b. 技術評価

##### ① 健全性評価

支持サポート及び主回路断路部の絶縁特性低下要因としては、主回路電流による熱的劣化、絶縁物中のボイド等での放電による電氣的劣化、絶縁物表面に塵埃が付着・吸湿して沿面絶縁を低下させる環境的劣化があるが、これまでの点検実績から最も絶縁特性低下に影響を及ぼす要因は環境的劣化である。

支持サポート及び主回路断路部は屋内空調環境に設置していることから塵埃付着の可能性は小さいが、長期間の使用を考慮すると絶縁特性低下が起こる可能性は否定できない。

##### ② 現状保全

支持サポート及び主回路断路部の絶縁特性低下に対しては、点検時に絶縁物の変色有無や塵埃付着の有無等の目視点検、清掃及び絶縁抵抗測定を行い、有意な環境要因の変化及び絶縁特性低下のないことを確認している。

また、これらの点検で有意な絶縁特性低下が認められた場合は、補修または取り替えることとしている。

##### ③ 総合評価

支持サポート及び主回路断路部の絶縁特性低下の可能性は否定できないが、現状保全にて絶縁特性の低下は把握可能である。

また、今後も定期的な目視点検、清掃及び絶縁抵抗測定を実施していくとともに、必要に応じて補修または取り替え等の適切な対応をとることにより、当面の冷温停止維持における健全性は維持できると判断する。

#### c. 高経年化への対応

支持サポート及び主回路断路部の絶縁特性低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に対し追加すべき項目はなく、今後も現状保全を継続していく。

以 上

## 2 動力用変圧器

[対象動力用変圧器]

- ① 非常用 P/C 変圧器
- ② 非常用 MCC 変圧器 (HPCS)

## 目 次

1. 対象機器及び代表機器の選定.....	2-1
1.1 グループ化の考え方及び結果.....	2-1
1.2 代表機器の選定.....	2-1
2. 代表機器の技術評価.....	2-3
2.1 構造, 材料及び使用条件.....	2-3
2.1.1 非常用 P/C 変圧器.....	2-3
2.2 経年劣化事象の抽出.....	2-7
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目.....	2-7
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象.....	2-7
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象.....	2-8
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価.....	2-12
3. 代表機器以外への展開.....	2-14
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象.....	2-14
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象.....	2-15

## 1. 対象機器及び代表機器の選定

動力用変圧器のうち、対象となる動力用変圧器の主な仕様を表 1-1 に示す。

これらの動力用変圧器をグループ化し、代表機器を選定した。

### 1.1 グループ化の考え方及び結果

分類基準である電圧区分、型式及び設置場所とも同じであるため 1 グループとする。

### 1.2 代表機器の選定

動力用変圧器のグループには、非常用 P/C 変圧器、非常用 MCC 変圧器 (HPCS) が属するが、容量の観点から非常用 P/C 変圧器を代表機器とする。

表 1-1 動力用変圧器のグループ化と代表機器の選定

分類基準			名称 (台数)	仕様 (定格容量)	選定基準			選定	選定理由	
電圧区分	型式	設置場所			重要度*	使用条件				
						定格容量 (kVA)	一次電圧 (V)			二次電圧 (V)
高 圧	シリコン 乾式	屋 内	非常用 P/C 変圧器 (4)	2, 500/3, 000/4, 000 kVA	MS-1	2, 500 /3, 000 /4, 000	6, 900	480	◎	容量
			非常用 MCC 変圧器 (HPCS) (1)	750 kVA	MS-1	750	6, 900	480		

◎ : 代表機器

\* : 最上位の重要度を示す

## 2. 代表機器の技術評価

本章では、1章で代表機器とした以下の動力用変圧器について技術評価を実施する。

### ① 非常用 P/C 変圧器

#### 2.1 構造, 材料及び使用条件

##### 2.1.1 非常用 P/C 変圧器

###### (1) 構造

非常用 P/C 変圧器は、定格容量 2,500/3,000/4,000 kVA, 一次電圧 6,900 V, 二次電圧 480V の三相二巻線のシリコン乾式変圧器（自冷/風冷式）が設置されている。

変圧器本体は電流回路となるコイルと磁気回路となる鉄心及びコイルの絶縁を保持する絶縁物から構成され、電磁誘導の原理に基づき電圧変成を行っている。

コイルは細分された銅線を必要回数巻いて構成されており、銅線間についてはガラステープ（一次・二次コイル）及びマイカテープ（一次コイル）を巻回した後、シリコン樹脂で固めた構成となっている。

コイルと鉄心間についてはガラス繊維とエポキシ樹脂で固めた絶縁筒を挿入し、コイル間についてはガラス繊維とフェノール樹脂で固めたダクトスペーサを挿入して固定されており、これらの絶縁物によって保たれている空隙も絶縁の大きな要素であると共に冷却媒体となっている。

鉄心は三相三脚鉄心で主脚は各コイルの内側を貫通し、各コイルの外側で閉路となるよう構成され、鉄心締付ボルト及びベース部金具で保持、固定されている。

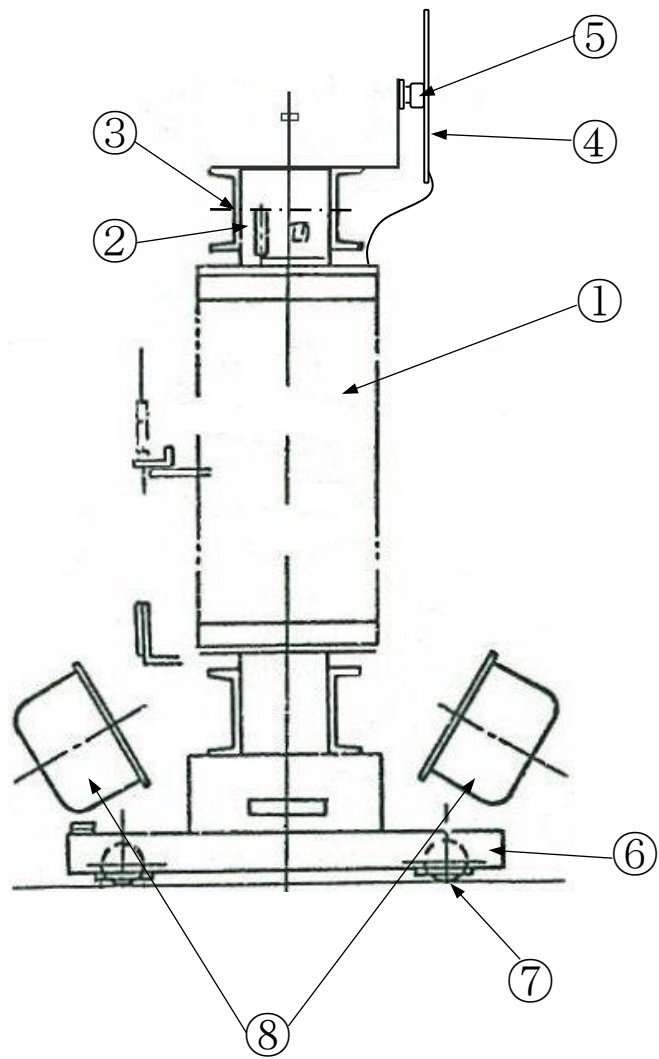
なお、コイルで発生する熱は、ファンモータによる強制風冷又は自然循環による風冷により冷却される構造となっている。

非常用 P/C 変圧器の外観構造図を図 2.1-1 に、内部構造図を図 2.1-2 に示す。

###### (2) 材料及び使用条件

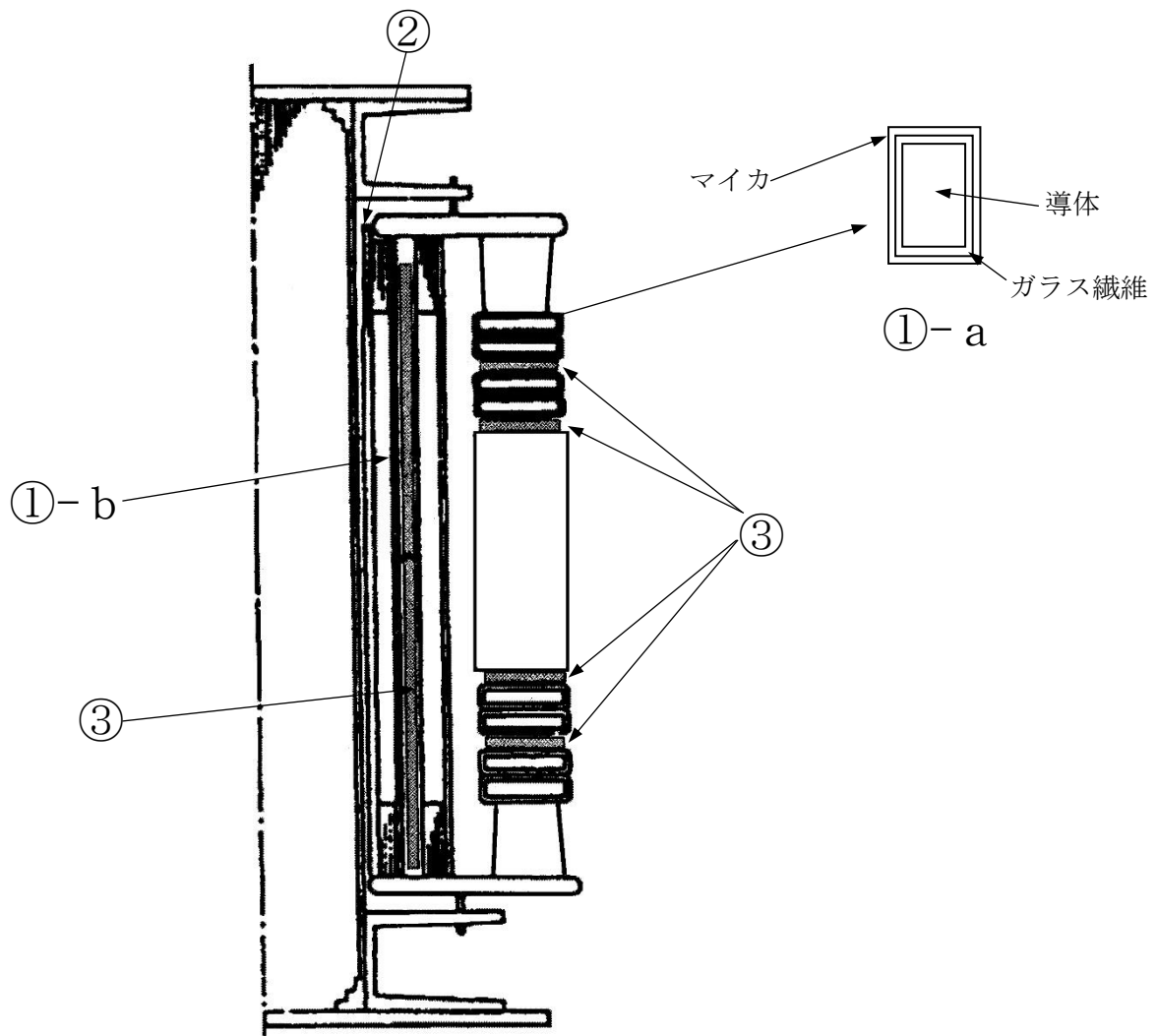
非常用 P/C 変圧器主要部位の使用材料を表 2.1-1 に、使用条件を表 2.1-2 に示す。





No.	部 位
①	変圧器コイル
②	鉄心
③	鉄心締付ボルト
④	接続導体
⑤	支持碍子
⑥	ベース
⑦	取付ボルト
⑧	冷却ファン

図 2.1-1 非常用 P/C 変圧器外観構造図



No.	部 位	
①	a	一次コイル
	b	二次コイル
②	絶縁筒	
③	ダクトスペーサ	

図 2.1-2 非常用 P/C 変圧器内部構造図

表 2.1-1 非常用 P/C 変圧器主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
電圧変成機能の維持	電圧変成	変圧器コイル	銅 (C1100BB-0) , ガラス繊維, シリコン樹脂, マイカ他
		絶縁筒	ガラス繊維, エポキシ樹脂
		ダクトスペーサ	ガラス繊維, フェノール樹脂
		鉄心	方向性電磁鋼 (30G130)
		鉄心締付ボルト	炭素鋼 (SS400)
		接続導体	銅 (C1100BB-0)
		支持碍子	磁器
	冷却	ファン	鋼板 (SPCC)
		冷却ファンモータ (低圧, 交流, 全閉)	主軸: 炭素鋼 (S40C) 固定子コイル: 銅, アラミド絶縁紙 口出線: キャプタイヤケーブル (2PNCT-3C) 接続部品: 銀ロー付, 圧着端子 回転子: けい素鋼板, アルミニウム 回転子エンドリング: アルミニウム 軸受 (転がり) : (消耗品)
	機器の支持	支持	ベース
取付ボルト			炭素鋼 (SS400B)

表 2.1-2 非常用 P/C 変圧器の使用条件

定 格 容 量	2,500/3,000/4,000 kVA
周 囲 温 度	40 °C 以下*
一 次 電 圧	6,900 V
二 次 電 圧	480 V
設 置 場 所	屋 内
運 転 条 件	連 続

\*: 原子炉建屋内, 海水熱交換器建屋内の設計値

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

動力用変圧器の機能である電圧変成機能を維持するためには、次の項目が必要である。

- ① 電圧変成機能の維持
- ② 機器の支持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

動力用変圧器について、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の構造、材料、使用条件（電圧・温度等）及び現在までの運転経験を考慮し、表 2.2-1 に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

なお、消耗品及び定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

転がり軸受は消耗品であり、設計時に長期使用せず取り替えを前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

#### (3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

想定される経年劣化事象のうち主要 6 事象に該当する事象及び下記①、②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。なお、下記①、②に該当する事象については、2.2.3 項に示すとおり、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

- ① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△）
- ② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲）

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象として以下の事象が抽出された（表 2.2-1 で○）。

- a. 変圧器コイルの絶縁特性低下
- b. 冷却ファンモータ（低圧、交流、全閉）の固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

#### a. 鉄心及び鉄心締付けボルトの腐食（全面腐食）

鉄心及び鉄心締付けボルトは電磁鋼及び炭素鋼であるため腐食の発生が想定されるが、鉄心及び鉄心締付けボルトの表面は防食塗装が施されており、屋内空調環境に設置されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、点検時に目視確認を行い、これまで有意な腐食は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### b. 接続導体の腐食（全面腐食）

接続導体は銅であるため腐食の発生が想定されるが、接続導体である銅の外表面は防食処理が施されており、屋内空調環境に設置されていることから腐食が発生する可能性は小さい。

また、点検時に目視確認を行い、これまで有意な腐食は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### c. ベースの腐食（全面腐食）

ベースは炭素鋼であるため腐食の発生が想定されるが、ベース表面は防食塗装が施されており、屋内空調環境に設置されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、点検時に目視確認を行い、これまで有意な腐食は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### d. 取付ボルトの腐食（全面腐食）

取付ボルトは炭素鋼であるため腐食の発生が想定されるが、取付ボルト表面は防食処理が施されており、屋内空調環境に設置されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、点検時に目視確認を行い、これまで有意な腐食は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. 支持碍子の絶縁特性低下

支持碍子は無機物であるが、機械的要因による劣化及び環境的要因による塵埃付着により、絶縁特性低下が想定されるが、動力用変圧器は静止型機器であることから、機械的要因による劣化は起きない。

また、環境的要因については、点検時に清掃を実施しており絶縁特性低下の可能性は小さい。

さらに、点検時に絶縁抵抗測定を行い、これまで有意な絶縁抵抗低下は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f. ファンの羽根車の腐食（全面腐食）

ファンの羽根車は鋼板であり腐食の発生が想定されるが、ファンの羽根車表面には防食塗装が施されており、腐食が発生する可能性は小さい。

また、点検時に目視確認を行い、これまで有意な腐食は確認されていない。したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高年対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

g. 冷却ファンモータ（低圧、交流、全閉）の主軸の摩耗

主軸については、軸受と主軸の接触面の摩耗が想定されるが、冷却ファンモータについては、間欠運転であるため、主軸の摩耗が発生する可能性は小さい。

また、点検時の動作確認において、異音等の異常は確認されておらず、異常が確認された場合は、必要に応じて取り替えを行うこととしており、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

h. 冷却ファンモータ（低圧、交流、全閉）の主軸の高サイクル疲労割れ

i. 冷却ファンモータ（低圧、交流、全閉）のフレーム、端子箱及びエンドブラケットの腐食（全面腐食）

j. 冷却ファンモータ（低圧、交流、全閉）の固定子コア及び回転子コアの腐食（全面腐食）

k. 冷却ファンモータ（低圧、交流、全閉）の取付ボルトの腐食（全面腐食）

l. 冷却ファンモータ（低圧、交流、全閉）の回転子棒及び回転子エンドリングの疲労割れ（アルミダイキャスト製）

以上、h.～l.の評価については「ポンプモータの技術評価書」の低圧ポンプモータと同一であることから、当該の評価書を参照のこと。

- (2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。

表 2.2-1 非常用 P/C 変圧器に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象								備 考
					減 肉		割 れ		絶 縁	導 通	信 号	そ の 他	
					摩 耗	腐 食	疲 労 割 れ	応 力 腐 食 割 れ	絶 縁 特 性 低 下	導 通 不 良	特 性 変 化		
電圧変成機能の維持	電圧変成	変圧器コイル		銅, ガラス繊維, シリコン樹脂, マイカ他					○				*1: 主軸の高サイクル疲労割れ
		絶縁筒		ガラス繊維, エポキシ樹脂									*2: 主軸の摩耗
		ダクトスペーサ		ガラス繊維, フェノール樹脂									*3: 回転子棒及びエンドリング
		鉄心		方向性電磁鋼		△							*4: フレーム, 端子箱及びエンドブラケット
		鉄心締付ボルト		炭素鋼		△							*5: 固定子コア及び回転子コア
		接続導体		銅		△							*6: 取付ボルト
		支持碍子		磁器					△				*7: 固定子コイル及び口出線・接続部品
	冷却	ファン		鋼板		△ <sup>*9</sup>							*8: 軸受(転がり)
		ファンモータ(低圧, 交流, 全閉)	◎ <sup>*8</sup>	炭素鋼, 銅, 絶縁物 アルミニウム	△ <sup>*2</sup>	△ <sup>*4*5*6</sup>	△ <sup>*1</sup> △ <sup>*3</sup>		○ <sup>*7</sup>				*9: 羽根車
機器の支持	支持	ベース		炭素鋼		△							
		取付ボルト		炭素鋼		△							

○: 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△: 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象(日常劣化管理事象)



## 2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

### (1) 変圧器コイルの絶縁特性低下

#### a. 事象の説明

変圧器コイルの絶縁に使用しているシリコン樹脂は有機物を含むため、熱による特性変化、絶縁物に付着する埃、または絶縁物中のボイド等での放電等、機械的、熱的、電氣的、環境的要因により経年的に劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性がある。

ただし、非常用P/C変圧器は静止型機器であるため、機械的な劣化は起きないと考えられる。

#### b. 技術評価

##### ① 健全性評価

変圧器コイルの絶縁特性低下要因としては、変圧器コイルの通電電流による熱的劣化、絶縁物中のボイド等での放電による電氣的劣化、絶縁物表面に埃が付着・吸湿して沿面絶縁を低下させる環境的劣化があるが、これまでの点検実績から最も絶縁特性低下に影響を及ぼす要因は、熱的劣化であることから、長期間の使用を考慮すると絶縁特性低下が起こる可能性は否定できない。

##### ② 現状保全

変圧器コイルの絶縁特性低下に対しては、点検時に絶縁物の変色有無や塵埃付着の有無等の目視点検、清掃及び絶縁抵抗測定を行い、有意な熱劣化及び絶縁特性低下のないことを確認している。

また、これらの点検で有意な絶縁特性低下が認められた場合は取り替えることとしている。

##### ③ 総合評価

変圧器コイルの絶縁特性低下の可能性は否定できないが、現状保全にて絶縁特性の低下は把握可能である。

また、今後も定期的に目視点検、清掃及び絶縁抵抗測定を実施していくとともに、必要に応じて取り替え等の適切な対応をとることにより、当面の冷温停止状態における健全性は維持できると判断する。

#### c. 高経年化への対応

変圧器コイルの絶縁特性低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に追加すべき項目はなく、今後も現状保全を継続していく。

(2) 冷却ファンモータ（低圧，交流，全閉）の固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下

冷却ファンモータ（低圧，交流，全閉）の固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下の評価については，「ポンプモータの技術評価書」の低圧ポンプモータと同一であることから，当該評価書を参照のこと。

### 3. 代表機器以外への展開

本章では、2章で実施した代表機器の技術評価について1章で代表機器となっていない機器への展開について検討した。

#### ① 非常用 MCC 変圧器 (HPCS)

### 3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

#### a. 変圧器コイルの絶縁特性低下

代表機器同様、変圧器コイルの絶縁物は有機物であるため、機械的、熱的、電氣的、環境的要因で経年的に劣化進行し絶縁特性低下を起こす可能性があるが、静止型機器であるため、機械的な劣化は起きないと考えられ、点検時に絶縁物の変色有無や塵埃付着の有無等の目視点検、清掃及び絶縁抵抗測定を行い、有意な熱劣化及び絶縁特性低下のないことを確認しており、現状保全にて絶縁特性の低下は把握可能である。

今後も定期的に目視点検、清掃及び絶縁抵抗測定を実施していくとともに、必要に応じて補修または取り替え等の適切な対応をとることにより、当面の冷温停止状態における健全性は維持できると判断する。

したがって、高経年化対策の観点から現状の保全内容に対し追加すべき項目はない。

### 3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

#### a. 鉄心及び鉄心締付ボルトの腐食（全面腐食）

代表機器同様、鉄心及び鉄心締付けボルトは電磁鋼及び炭素鋼であるため腐食の発生が想定されるが、鉄心及び鉄心締付けボルトの表面は防食塗装が施されており、屋内空調環境に設置されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、点検時に目視確認を行い、これまで有意な腐食は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### b. 接続導体の腐食（全面腐食）

代表機器同様、接続導体は銅であるため腐食の発生が想定されるが、接続導体である銅の外表面は防食処理が施されており、屋内空調環境に設置されていることから腐食が発生する可能性は小さい。

また、点検時に目視確認を行い、これまで有意な腐食は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### c. ベースの腐食（全面腐食）

代表機器同様、ベースは炭素鋼であるため腐食の発生が想定されるが、ベースの表面は防食塗装が施されており、屋内空調環境に設置されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、点検時に目視確認を行い、これまで有意な腐食は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### d. 取付ボルトの腐食（全面腐食）

代表機器同様、取付ボルトは炭素鋼であるため腐食の発生が想定されるが、取付ボルト表面は防食処理が施されており、屋内空調環境に設置されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、点検時に目視確認を行い、これまで有意な腐食は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. 支持碍子の絶縁特性低下

代表機器同様，支持碍子は無機物であるが，機械的要因による劣化及び環境的要因である塵埃付着により，絶縁特性低下が想定されるが，動力用変圧器は静止型機器であることから，機械的要因による劣化は起きない。環境的要因については，点検時に清掃を実施しており絶縁特性低下の可能性は小さい。

また，点検時に絶縁抵抗測定を行い，これまで有意な絶縁抵抗低下は確認されていない。

したがって，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- (2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

代表機器同様，日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。

以 上

### 3 低圧閉鎖配電盤

[対象低圧閉鎖配電盤]

- ① 非常用 P/C
- ② 直 流 P/C

## 目 次

1. 対象機器及び代表機器の選定.....	3-1
1.1 グループ化の考え方及び結果.....	3-1
1.2 代表機器の選定.....	3-1
2. 代表機器の技術評価.....	3-3
2.1 構造，材料及び使用条件.....	3-3
2.1.1 非常用 P/C.....	3-3
2.2 経年劣化事象の抽出.....	3-7
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目.....	3-7
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象.....	3-7
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象.....	3-8
3. 代表機器以外への展開.....	3-17
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象.....	3-17
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象.....	3-17

## 1. 対象機器及び代表機器の選定

低圧閉鎖配電盤のうち，対象となる低圧閉鎖配電盤の主な仕様を表 1-1 に示す。

これらの低圧閉鎖配電盤をグループ化し，代表機器を選定した。

### 1.1 グループ化の考え方及び結果

分類基準である電圧区分，型式及び設置場所とも同じであるため 1 グループとする。

### 1.2 代表機器の選定

低圧閉鎖配電盤のグループには，非常用 P/C 及び直流 P/C が含まれるが，定格電圧の観点から，非常用 P/C を代表機器とする。



表 1-1 低圧閉鎖配電盤のグループ化と代表機器の選定

分類基準			名称 (群数)	仕様		選定基準			選定	選定理由
電圧 区分	型式 (内蔵 遮断器)	設置 場所		盤 (最高使用電圧)	遮断器 (定格電圧×定格遮断電流)	重要度*	使用条件			
							定格電圧 (V)	定格電流 (A)		
低 圧	気中 遮断器	屋 内	非常用 P/C(4)	600 V	AC 480 V × 100 kA AC 480 V × 63 kA	MS-1	480	5,000 3,000	◎	定格電圧
			直流 P/C(3)	750 V	DC 250 V × 40 kA	MS-1	125	1,800 1,200		

◎：代表機器

\*：最上位の重要度を示す

## 2. 代表機器の技術評価

本章では、1章で代表機器とした以下の低圧閉鎖配電盤について技術評価を実施する。

### ① 非常用 P/C

#### 2.1 構造, 材料及び使用条件

##### 2.1.1 非常用 P/C

###### (1) 構造

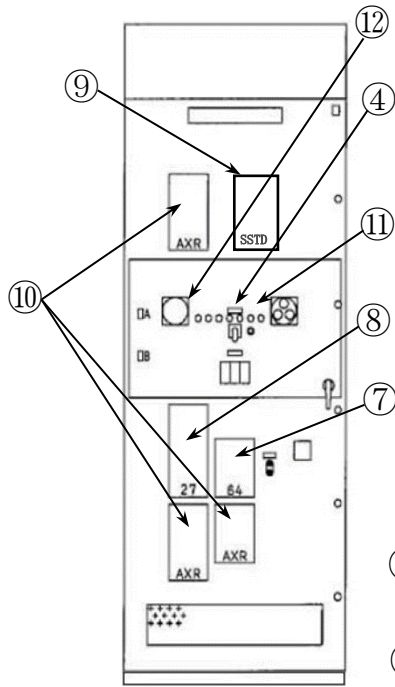
非常用 P/C は気中遮断器 (ACB) を内蔵しており, 電源回路の保護・制御のために計器用変流器, 計器用変圧器, 継電器, 計器, ヒューズ等を収納している。

気中遮断器は, ばね蓄勢用モータの回転により蓄勢された投入ばねを放勢することで投入し, 開放は投入時に蓄圧された開路ばねを放勢することで開放する構造となっている。

また, 気中遮断器は盤から引出して外に出すことにより, 点検手入れが可能である。非常用 P/C 構造図を図 2.1-1 に, 気中遮断器構造図を図 2.1-2 に示す。

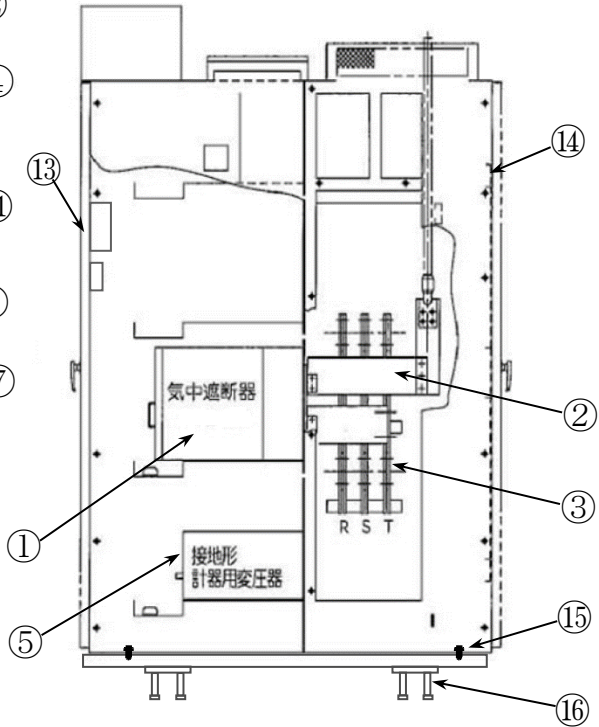
###### (2) 材料及び使用条件

非常用 P/C 主要部位の使用材料を表 2.1-1 に, 使用条件を表 2.1-2 に示す。



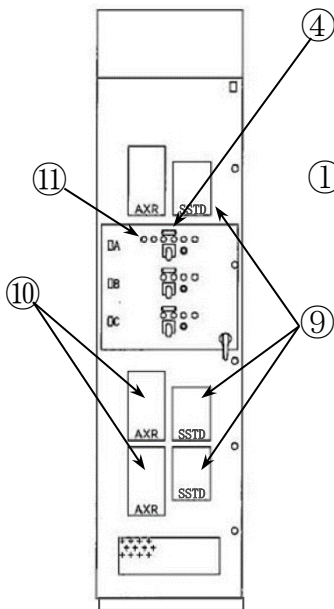
P/C 正面図

ACB (B10-4A, 5A 収納用)



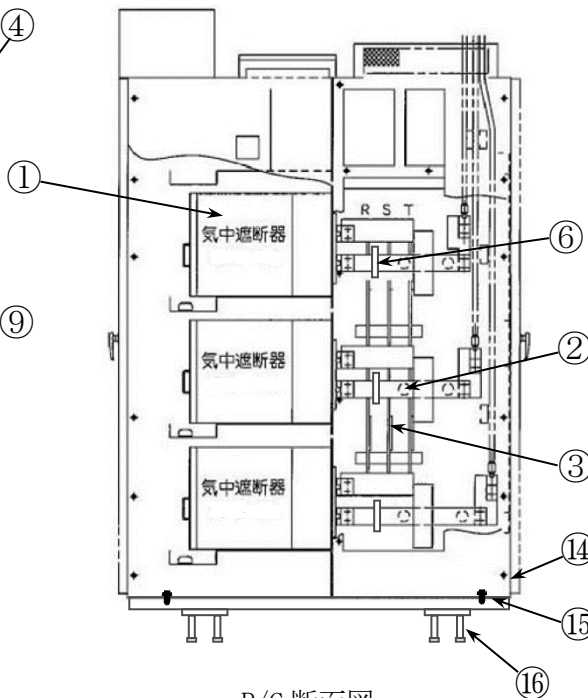
P/C 断面図 (計器用変圧器収納)

ACB (B10-4A, 5A 収納用)



P/C 正面図

ACB (B10-1A, 3A 収納用)

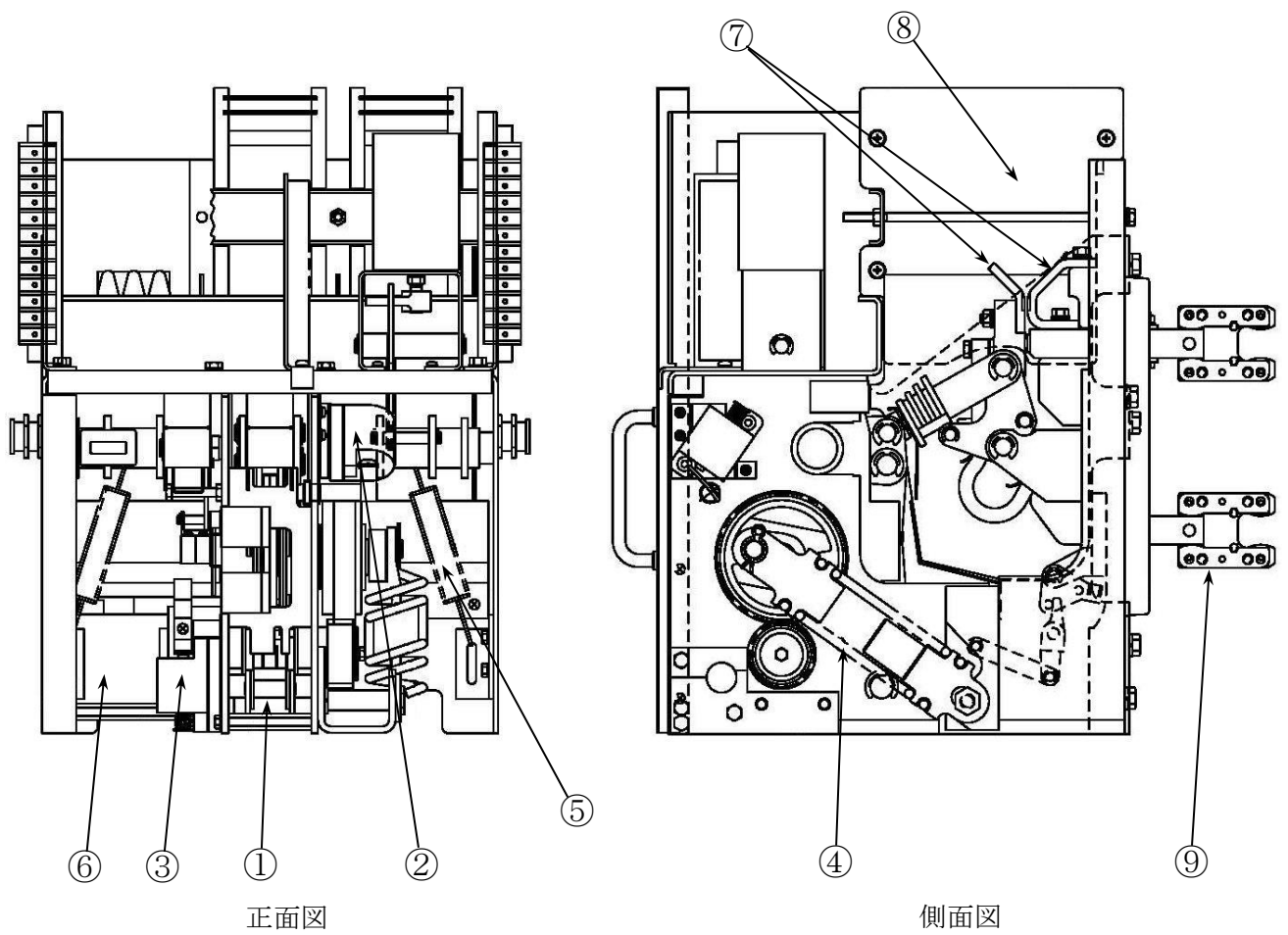


P/C 断面図

ACB (B10-1A, 3A 収納用)

No.	部 位
①	気中遮断器
②	主回路導体
③	絶縁支持板
④	操作スイッチ
⑤	接地形計器用変圧器
⑥	計器用変流器 (貫通形)
⑦	保護継電器 (機械式)
⑧	保護継電器 (静止形)
⑨	過電流引外し装置 (静止形)
⑩	補助継電器, タイマー
⑪	表示灯
⑫	指示計
⑬	ヒューズ, 配線用遮断器
⑭	筐体
⑮	取付ボルト
⑯	埋込金物

図 2.1-1 非常用 P/C 構造図 (ACB : B10-1A, B10-3A, B10-4A, B10-5A)



No.	部 位
①	操作機構
②	投入コイル
③	引外しコイル
④	投入ばね
⑤	開路ばね
⑥	ばね蓄勢モータ
⑦	接触子
⑧	消弧室
⑨	断路部

図 2.1-2 気中遮断器構造図 (ACB : B10-1A, B10-3A, B10-4A, B10-5A )

表 2.1-1 非常用 P/C 主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
遮断機能の維持	遮断動作	操作機構	炭素鋼 (SDG400-D)
		投入・開路ばね	ピアノ線 (SWP-B) 弁ばね用シリクロム鋼オイルテンパー線 (SWOSC-V)
		投入コイル	銅 (PEW) , 絶縁物
		引外しコイル	銅 (PEW) , 絶縁物
		接触子	銀合金
		消弧室	絶縁物
		断路部	銅 (C1100PC-1/2H) , エポキシ樹脂他
		過電流引外し装置 (静止形)	電解コンデンサ* , 可変抵抗器* , 銅 , 半導体他
		ばね蓄勢モータ	主軸 : ステンレス鋼 (SUS420) 固定子コイル及び接続部品 : 銅 , エポキシワニス 回転子コイル : 銅 , エポキシワニス 軸受 (転がり) : (消耗品)
	開閉・保護制御	保護継電器 (機械式)	銅他
		保護継電器 (静止形)	電解コンデンサ* , 可変抵抗器* , 銅 , 半導体他
		補助継電器	(定期取替品)
		配線用遮断器	銅他
		タイマー	(定期取替品)
		操作スイッチ	銅他
		指示計	銅他
		表示灯	(消耗品)
	ヒューズ	(消耗品)	
通電・絶縁性能の確保	エネルギー伝達	主回路導体	アルミ合金 (A6101SB-T6)
	導体支持	絶縁支持板	フェノール成形材樹脂
信号伝達機能の維持	電圧変成	接地形計器用変圧器	銅 (ポリエステル電線) , 絶縁物 (エポキシ樹脂他)
	電流変成	計器用変流器 (貫通形)	銅 (ポリエステル電線) , 絶縁物 (エポキシ樹脂他)
機器の支持	支持	筐体	炭素鋼 (SS400)
		取付ボルト	炭素鋼 (SS400)
		埋込金物	炭素鋼 (SS400)

\* : 定期取替品

表 2.1-2 非常用 P/C の使用条件

設置場所	屋 内
周囲温度	40 °C以下*
定格電圧	480 V

\* : 原子炉建屋内, 海水熱交換器建屋内の設計値

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

低圧閉鎖配電盤の機能である給電機能を維持するためには、次の項目が必要である。

- ① 通電・絶縁性能の確保
- ② 遮断機能の維持
- ③ 信号伝達機能の維持
- ④ 機器の支持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

低圧閉鎖配電盤について、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の構造、材料、使用条件（電圧・温度等）及び現在までの運転経験を考慮し、表 2.2-1 に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

なお、消耗品及び定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

表示灯、ヒューズ及び転がり軸受は消耗品、タイマー、補助継電器、電解コンデンサ及び可変抵抗器は定期取替品であり、設計時に長期使用せず取り替えを前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

#### (3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

想定される経年劣化事象のうち主要 6 事象に該当する事象及び下記①、②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。なお、下記①、②に該当する事象については、2.2.3 項に示すとおり、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

- ① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△）
- ② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲）

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

#### a. 操作機構の固着

操作機構の固着要因としては、グリースの劣化による粘度の増大、グリースへの塵埃付着による潤滑性の低下が挙げられ、これにより操作機構部の駆動性を低下させ、ばね等の駆動力を阻害して固着が生ずる可能性がある。

しかし、操作機構部は屋内空調環境に設置していることから埃付着の可能性は小さく、点検時において各部の目視点検、清掃、グリースの塗布及び開閉試験を実施し、異常のないことを確認しており、固着が発生する可能性は小さい。

したがって、今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### b. 投入・開路ばねのへたり

投入・開路ばねには、遮断器の投入及び引外しに必要な応力が長時間かかる構造になっており、へたりを生ずることが想定される。

しかし、投入・開路ばねは、遮断器の投入及び引外しに必要なねじり応力が許容ねじり応力以下になるように設定されており、さらにばねの材料に対する最高使用温度よりも実際の使用温度は低いことから、へたりの進行の可能性は小さい。

また、分解点検時に目視点検及び組立後の作動確認を行い、これまでへたりは確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### c. 投入コイル及び引外しコイルの絶縁特性低下

投入コイル、引外しコイルの絶縁物は有機物であるため、熱的、機械的、電氣的及び環境的要因で経年劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性がある。

ただし、コイルは静止型の低圧機器であり、屋内空調環境に設置されていることから、機械的、電氣的及び環境的要因による劣化は起きない。

また、コイルへの通電は投入・開放動作時の瞬時であり、温度上昇が僅かであることから熱的要因による劣化の可能性は小さく、点検時に絶縁抵抗測定を行い健全性の確認をしており、これまでの点検結果では急激な絶縁特性低下は認められていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. 接触子の摩耗

接触子は遮断器の開閉動作に伴い、負荷電流の開閉を行うことから、摩耗が想定されるが、接触子は電気学会・電気規格調査会標準規格 JEC-160 に基づき 100 回（定格電流 2,500 A 超過の受電用遮断器）、500 回（定格電流 630 A 超過～2,500 A 以下の負荷用遮断器）の負荷電流遮断試験にて異常のないことを確認している。

また、本格点検周期内の遮断器動作回数（無負荷電流遮断を含む）は、負荷電流遮断試験の動作回数より十分少なく、点検時において目視点検及び寸法測定を行い、これまで有意な摩耗は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. 消弧室の汚損

消弧室は遮断器の電流遮断動作に伴い、アークの消弧を行うことから、汚損が想定されるが、消弧室は電気学会・電気規格調査会標準規格 JEC-160 に基づき 100 回（定格電流 2,500 A 超過の受電用遮断器）、500 回（定格電流 630 A 超過～2,500 A 以下の負荷用遮断器）の負荷電流遮断試験にて異常のないことを確認している。

また、本格点検周期内の遮断器動作回数（無負荷電流遮断を含む）は、負荷電流遮断試験の動作回数より十分少なく、点検時において目視点検及び清掃を行い、これまで有意な汚れは確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f. 断路部の摩耗

断路部は、遮断器の挿入・引出しにより、摩耗が想定されるが、断路部にはグリースを塗布していることから潤滑性は良好であり、遮断器の挿入・引出しは点検時にしか行わないため、断路部が摩耗する可能性は小さい。

また、点検時に目視点検を行い、これまで有意な摩耗は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。



g. 断路部の絶縁特性低下

断路部の絶縁物は、有機物であるため、機械的、熱的、電氣的及び環境的要因で経年的に劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性がある。

ただし、低圧閉鎖配電盤は静止型の低圧機器であり、屋内空調環境に設置されていることから、機械的、熱的、電氣的及び環境的要因による劣化の可能性は小さい。

また、これまでの点検実績から絶縁特性低下に影響を及ぼす要因は環境的劣化であるが、点検時に実施する目視点検、清掃及び絶縁抵抗測定において急激な絶縁特性低下は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

h. 過電流引外し装置（静止形）の特性変化

過電流引外し装置（静止形）は、マイグレーションによる基板内 IC での回路間短絡・断線といった電気回路の不良及び半導体（トランジスタ）の劣化により特性が変化する可能性がある。

しかし、マイグレーション対策については、設計・製造プロセスが改善されており、屋内空調環境に設置されていることから、その発生の可能性は十分小さい。

半導体（トランジスタ）は、長期間の使用により特性が変化する可能性があるが、設計段階において長期間使用による劣化を考慮していることから、特性が急激に変化する可能性は小さい。

また、点検時に過電流引外し装置（静止形）を含む各装置の特性試験によって異常がないことを確認している。

したがって、今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

i. ばね蓄勢用モータの絶縁特性低下

ばね蓄勢用モータの絶縁物は有機物であるため、機械的、熱的、電氣的及び環境的要因で経年的に劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性がある。

ただし、ばね蓄勢用モータは動作頻度の少ない低圧機器であり、屋内空調環境に設置されていることから、機械的、電氣的及び環境的要因による劣化の可能性は小さい。

また、熱的要因については、遮断器の動作頻度が少なく、ばね蓄勢用モータの通電時間が少ないことから熱的要因においても劣化の可能性は小さい。

さらに、点検時に絶縁抵抗測定を行い健全性の確認をしており、これまで急激な絶縁特性低下は認められていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

j. 保護継電器（機械式）の特性変化

機械式の保護継電器は、誘導円板などの可動部があり、回転軸及び軸受の摩耗により回転摩擦が変化することによる影響で特性が変化する可能性がある。

しかし、保護継電器は電気学会・電気規格調査会標準規格 JEC-174 及び 2500 に基づく、10,000 回の動作試験にて異常のないことを確認しており、回転軸及び軸受摩耗による影響の可能性は小さい。

また、点検時の動作特性試験にて特性の変化を確認しており、これまでの点検結果では有意な特性変化は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

k. 保護継電器（静止形）の特性変化

保護継電器（静止形）は、マイグレーションによる基板内 IC での回路間短絡・断線といった電気回路の不良及び半導体（トランジスタ）の劣化により特性が変化する可能性がある。

しかし、マイグレーション対策については、設計・製造プロセスが改善されており、屋内空調環境に設置されていることから、その発生の可能性は十分小さい。

半導体（トランジスタ）は、長期間の使用により特性が変化する可能性があるが、設計段階において長期間使用による劣化を考慮していることから、特性が急激に変化する可能性は小さい。

また、点検時に動作試験にて特性を確認し、異常が確認された場合は取り替えを行うこととしている。

したがって、今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

1. 配線用遮断器の固渋

配線用遮断器は周囲温度、浮遊塵埃、発熱及び不動作状態の継続により、手動操作機構部の潤滑性能が低下し、摩擦の増大による固渋が想定される。

しかし、屋内空調環境に設置されていることから、周囲温度及び浮遊塵埃による影響は小さい。

また、点検時に動作確認を行い、異常が確認された場合は取り替えを行うこととしている。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象でないと判断する。

m. 操作スイッチの導通不良

操作スイッチは、接点に付着する浮遊塵埃により導通不良が想定されるが、屋内空調環境に設置されていることから、塵埃付着の可能性は小さい。

また、点検時に動作確認を行い、これまで導通不良は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

n. 指示計の特性変化

指示計は、長期間の使用に伴い指示特性に誤差が生じ、精度が確保できなくなる可能性があるが、設計段階において長期間使用による劣化を考慮していることから、特性が急激に変化する可能性は小さい。

また、点検時に特性試験・調整にて特性を確認し、異常が確認された場合には取り替えを行うこととしている。

したがって、今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

o. 主回路導体の腐食（全面腐食）

主回路導体はアルミ合金であるため腐食の発生が想定されるが、主回路導体の外表面は防食処理が施されており、屋内空調環境に設置されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、点検時に目視確認を行い、これまで有意な腐食は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

p. 筐体の腐食（全面腐食）

筐体は炭素鋼であるため腐食の発生が想定されるが、筐体の外表面は防食塗装が施されており、屋内空調環境に設置されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、点検時に目視確認を行い、これまで有意な腐食は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

q. 取付ボルトの腐食（全面腐食）

取付ボルトは炭素鋼であるため腐食の発生が想定されるが、取付ボルト表面は防食処理が施されており、屋内空調環境に設置されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、点検時に目視確認を行い、これまで有意な腐食は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

r. 絶縁支持板の絶縁特性低下

絶縁支持板の絶縁物は有機物であるため、機械的、熱的、電氣的及び環境的要因で経年的に劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性がある。

ただし、低圧閉鎖配電盤は静止型の低圧機器であり、屋内空調環境に設置されていることから、機械的、電氣的及び環境的要因による劣化の可能性は小さい。

また、熱的要因についても、通電による温度上昇は僅かであり劣化の可能性は小さい。

さらに、点検時に絶縁抵抗測定を行い健全性の確認をしており、これまでの点検結果では急激な絶縁特性低下は認められていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

s. 接地形計器用変圧器及び計器用変流器（貫通形）の絶縁特性低下

接地形計器用変圧器及び計器用変流器（貫通形）の絶縁物は有機物であるため、熱的、機械的、電氣的及び環境的要因で経年的に劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性がある。

ただし、接地形計器用変圧器及び計器用変流器（貫通形）は静止型の低圧機器であり、屋内空調環境に設置されていることから、機械的、電氣的及び環境的要因による劣化は起きない。

また、熱的要因については、コイル通電電流が少ないことから温度上昇は僅かであり劣化の可能性は小さい。

さらに、点検時には目視点検、清掃及び絶縁抵抗測定を行い健全性の確認をしており、これまでの点検結果では急激な絶縁特性低下は認められていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

a. 埋込金物の腐食（全面腐食）

埋込金物は炭素鋼であるため腐食の発生する可能性は否定できないが、大気接触部はなく、コンクリート埋設部については、コンクリートが中性化した場合に腐食の発生が想定されるが、実機コンクリートにおけるサンプリング結果では、中性化は殆ど見られていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

表 2.2-1 (1/2) 非常用 P/C に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経年劣化事象							備 考			
					減 肉		割 れ		絶縁	導通	信号		その他		
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁特性低下	導通不良	特性変化				
遮断機能の維持	遮断動作	気中遮断器	操作機構		炭素鋼								△*1	*1：固着 *2：へたり *3：汚損 *4：固渋 *5：電解コンデンサ，可変抵抗器 *6：軸受(転がり)	
			投入・開路ばね		ピアノ線他										△*2
			投入コイル		銅他					△					
			引外しコイル		銅他					△					
			接触子		銀合金	△									
			消弧室		絶縁物										△*3
			断路部		銅，エポキシ樹脂他	△				△					
			過電流引外し装置(静止形)	◎*5	銅，半導体他							△			
			ばね蓄勢モータ	◎*6	ステンレス鋼，銅，絶縁物					△					
	開閉・保護制御	保護継電器(機械式)		銅他							△				
		保護継電器(静止形)	◎*5	銅，半導体他							△				
		補助継電器	◎												
		配線用遮断器		銅他								△*4			
		タイマー	◎												
		操作スイッチ		銅他						△					
		指示計		銅他							△				
		表示灯	◎												
ヒューズ	◎														

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2. 2-1 (2/2) 非常用 P/C に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期 取替品	材 料	経年劣化事象							備 考	
					減 肉		割 れ		絶縁	導通	信号		その他
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	絶縁特 性低下	導通 不良	特性 変化		
通電・絶縁 性能の確保	エネルギー 伝達	主回路導体		アルミ合金		△							
	導体支持	絶縁支持板		フェノール樹脂					△				
信号伝達機能 の維持	電圧変成, 電流変成	接地形計器用変圧器		銅, エポキシ樹脂					△				
		計器用変流器 (貫通形)		銅, エポキシ樹脂					△				
機器の支持	支 持	筐 体		炭素鋼		△							
		取付ボルト		炭素鋼		△							
		埋込金物		炭素鋼		▲							

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

### 3. 代表機器以外への展開

本章では、2章で実施した代表機器の技術評価について1章で代表機器となっていない機器への展開について検討した。

#### ① 直流P/C

#### 3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

代表機器同様、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

#### 3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

##### a. 操作機構の固着

代表機器同様、操作機構の固着要因としては、グリースの劣化による粘度の増大、グリースへの塵埃付着による潤滑性の低下が挙げられ、これにより操作機構部の駆動性を低下させ、ばね等の駆動力を阻害して固着が生ずる可能性がある。

しかし、操作機構部は屋内空調環境に設置していることから埃付着の可能性は小さく、点検時において各部の目視点検、清掃、グリースの塗布及び開閉試験を実施し、異常のないことを確認しており、固着が発生する可能性は小さい。

したがって、今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

##### b. 投入・開路ばねのへたり

代表機器同様、投入・開路ばねには、遮断器の投入及び引外しに必要な応力が長時間かかる構造になっており、へたりを生ずることが想定される。

しかし、投入・開路ばねは、遮断器の投入及び引外しに必要なねじり応力が許容ねじり応力以下になるように設定されており、さらにばねの材料に対する最高使用温度よりも実際の使用温度は低いことから、へたりの進行の可能性は小さい。

また、分解点検時に目視点検及び組立後の作動確認を行い、これまでへたりは確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。



c. 投入コイル及び引外しコイルの絶縁特性低下

代表機器同様、投入コイル、引外しコイルの絶縁物は有機物であるため、熱的、機械的、電氣的及び環境的要因で経年劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性がある。

ただし、コイルは静止型の低圧機器であり、屋内空調環境に設置されていることから、機械的、電氣的及び環境的要因による劣化は起きない。

また、コイルへの通電は投入・開放動作時の瞬時であり、温度上昇が僅かであることから熱的要因による劣化の可能性は小さく、点検時に絶縁抵抗測定を行い健全性の確認をしており、これまでの点検結果では急激な絶縁特性低下は認められていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. 接触子の摩耗

代表機器同様、接触子は遮断器の開閉動作に伴い、負荷電流の開閉を行うことから、摩耗が想定されるが、接触子は電気学会・電気規格調査会標準規格 JEC-160 に基づき 100 回（定格電流 2,500 A 超過の受電用遮断器）、500 回（定格電流 630 A 超過～2,500 A 以下の負荷用遮断器）の負荷電流遮断試験にて異常のないことを確認している。

また、本格点検周期内の遮断器動作回数（無負荷電流遮断を含む）は、負荷電流遮断試験の動作回数より十分少なく、点検時において目視点検及び寸法測定を行い、これまで有意な摩耗は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. 消弧室の汚損

代表機器同様、消弧室は遮断器の電流遮断動作に伴い、アークの消弧を行うことから、汚損が想定されるが、消弧室は電気学会・電気規格調査会標準規格 JEC-160 に基づき 100 回（定格電流 2,500 A 超過の受電用遮断器）、500 回（定格電流 630 A 超過～2,500 A 以下の負荷用遮断器）の負荷電流遮断試験にて異常のないことを確認している。

また、本格点検周期内の遮断器動作回数（無負荷電流遮断を含む）は、負荷電流遮断試験の動作回数より十分少なく、点検時において目視点検及び清掃を行い、これまで有意な汚れは確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f. 断路部の摩耗

代表機器同様、断路部は、遮断器の挿入・引出しにより、摩耗が想定されるが、断路部にはグリースを塗布していることから潤滑性は良好であり、遮断器の挿入・引出しは点検時にしか行わないため、断路部が摩耗する可能性は小さい。

また、点検時に目視点検を行い、これまで有意な摩耗は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

g. 断路部の絶縁特性低下

代表機器同様、断路部の絶縁物は、有機物であるため、機械的、熱的、電氣的及び環境的要因で経年的に劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性がある。

ただし、低圧閉鎖配電盤は静止型の低圧機器であり、屋内空調環境に設置されていることから、機械的、熱的、電氣的及び環境的要因による劣化の可能性は小さい。

また、これまでの点検実績から絶縁特性低下に影響を及ぼす要因は環境的劣化であるが、点検時に実施する目視点検、清掃及び絶縁抵抗測定において急激な絶縁特性低下は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

h. 過電流引外し装置（静止形）の特性変化

代表機器同様、過電流引外し装置（静止形）は、マイグレーションによる基板内 IC での回路間短絡・断線といった電気回路の不良及び半導体（トランジスタ）の劣化により特性が変化する可能性がある。

しかし、マイグレーション対策については、設計・製造プロセスが改善されており、屋内空調環境に設置されていることから、その発生の可能性は小さい。

半導体（トランジスタ）は、長期間の使用により特性が変化する可能性があるが、設計段階において長期間使用による劣化を考慮していることから、特性が急激に変化する可能性は小さい。

また、点検時に過電流引外し装置（静止形）を含む各装置の特性試験によって異常がないことを確認している。

したがって、今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

i. ばね蓄勢用モータの絶縁特性低下

代表機器同様、ばね蓄勢用モータの絶縁物は有機物であるため、機械的、熱的、電氣的及び環境的要因で経年的に劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性がある。

ただし、ばね蓄勢用モータは動作頻度の少ない低圧機器であり、屋内空調環境に設置されていることから、機械的、電氣的及び環境的要因による劣化の可能性は小さい。

また、熱的要因については、遮断器の動作頻度が少なく、ばね蓄勢用モータの通電時間が少ないことから熱的要因においても劣化の可能性は小さい。

さらに、点検時に絶縁抵抗測定を行い健全性の確認をしており、これまで急激な絶縁特性低下は認められていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

j. 配線用遮断器の固渋

代表機器同様、配線用遮断器は周囲温度、浮遊塵埃、発熱及び不動作状態の継続により、手動操作機構部の潤滑性能が低下し、摩擦の増大による固渋が想定される。

しかし、屋内空調環境に設置されていることから、周囲温度及び浮遊塵埃による影響は小さい。

また、点検時に動作確認を行い、異常が確認された場合は取り替えを行うこととしている。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象でないと判断する。

k. 操作スイッチの導通不良

代表機器同様、操作スイッチは、接点に付着する浮遊塵埃により導通不良が想定されるが、屋内空調環境に設置されていることから、塵埃付着の可能性は小さい。

また、点検時に動作確認を行い、これまで導通不良は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

1. 指示計の特性変化

代表機器同様、指示計は、長期間の使用に伴い指示特性に誤差が生じ、精度が確保できなくなる可能性があるが、設計段階において長期間使用による劣化を考慮していることから、特性が急激に変化する可能性は小さい。

また、点検時に特性試験・調整にて特性を確認し、異常が確認された場合には取り替えを行うこととしている。

したがって、今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

m. 主回路導体の腐食（全面腐食）

代表機器同様、主回路導体はアルミ合金であるため腐食の発生が想定されるが、主回路導体の外表面は防食処理が施されており、屋内空調環境に設置されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、点検時に目視確認を行い、これまで有意な腐食は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

n. 絶縁支持板の絶縁特性低下

代表機器同様、絶縁支持板の絶縁物は有機物であるため、機械的、熱的、電氣的及び環境的要因で経年的に劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性がある。

ただし、低圧閉鎖配電盤は静止型の低圧機器であり、屋内空調環境に設置されていることから、機械的、電氣的及び環境的要因による劣化の可能性は小さい。

また、熱的要因についても、通電による温度上昇は僅かであり劣化の可能性は小さい。

さらに、点検時に絶縁抵抗測定を行い健全性の確認をしており、これまでの点検結果では急激な絶縁特性低下は認められていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

o. 筐体の腐食（全面腐食）

代表機器同様、筐体は炭素鋼であるため腐食の発生が想定されるが、筐体の外表面は防食塗装が施されており、屋内空調環境に設置されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、点検時に目視確認を行い、これまで有意な腐食は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

p. 取付ボルトの腐食（全面腐食）

代表機器同様、取付ボルトは炭素鋼であるため腐食の発生が想定されるが、取付ボルト表面は防食処理が施されており、屋内空調環境に設置されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、点検時に目視確認を行い、これまで有意な腐食は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化（日常劣化管理事象以外）

a. 埋込金物の腐食（全面腐食）

代表機器同様、埋込金物は炭素鋼であるため腐食の発生する可能性は否定できないが、大気接触部は防食塗装を施しており、必要に応じて補修を行っていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、コンクリート埋設部については、コンクリートが中性化した場合に腐食の発生が想定されるが、実機コンクリートにおけるサンプリング結果では、中性化は殆ど見られていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

以 上

## 4 コントロールセンタ

[対象コントロールセンタ]

- ① 非常用 MCC
- ② 直 流 MCC

## 目 次

1. 対象機器及び代表機器の選定.....	4-1
1.1 グループ化の考え方及び結果.....	4-1
1.2 代表機器の選定.....	4-1
2. 代表機器の技術評価.....	4-3
2.1 構造, 材料及び使用条件.....	4-3
2.1.1 非常用 MCC.....	4-3
2.2 経年劣化事象の抽出.....	4-6
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目.....	4-6
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象.....	4-6
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象.....	4-7
3. 代表機器以外への展開.....	4-12
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象.....	4-12
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象.....	4-13

## 1. 対象機器及び代表機器の選定

コントロールセンタのうち，対象となるコントロールセンタの主な仕様を表 1-1 に示す。

これらのコントロールセンタをグループ化し，それぞれのグループより代表機器を選定した。

### 1.1 グループ化の考え方及び結果

分類基準である電圧区分，型式及び設置場所とも同じであるため 1 グループとする。

### 1.2 代表機器の選定

コントロールセンタのグループには，非常用 MCC，直流 MCC が含まれるが，定格電圧の観点から，非常用 MCC を代表機器とする。



表 1-1 コントロールセンタのグループ化と代表機器の選定

分類基準			機器名称 (群数)	仕様		選定基準			選定	選定理由
電圧区分	型式 (内蔵遮断器)	設置場所		盤 (最高使用電圧)	遮断器 (定格電圧×定格遮断電流)	重要度*	使用条件			
							定格電圧 (V)	定格電流 (A)		
低 圧	配線用遮断器	屋 内	非常用 MCC(17)	600 V	AC 550 V × 35 kA AC 550 V × 30 kA AC 550 V × 22 kA AC 500 V × 30 kA	MS-1	480	800	◎	定格電圧
			直流 MCC(1)	750 V	DC 250 V × 40 kA	MS-1	125	800		

◎ : 代表機器

\* : 最上位の重要度を示す

## 2. 代表機器の技術評価

本章では、1章で代表機器とした以下のコントロールセンタについて技術評価を実施する。

### ① 非常用 MCC

#### 2.1 構造, 材料及び使用条件

##### 2.1.1 非常用 MCC

###### (1) 構造

非常用 MCC は、電源を開閉する装置（ユニット）が内蔵されており、ユニットから負荷へ電源が供給されている。

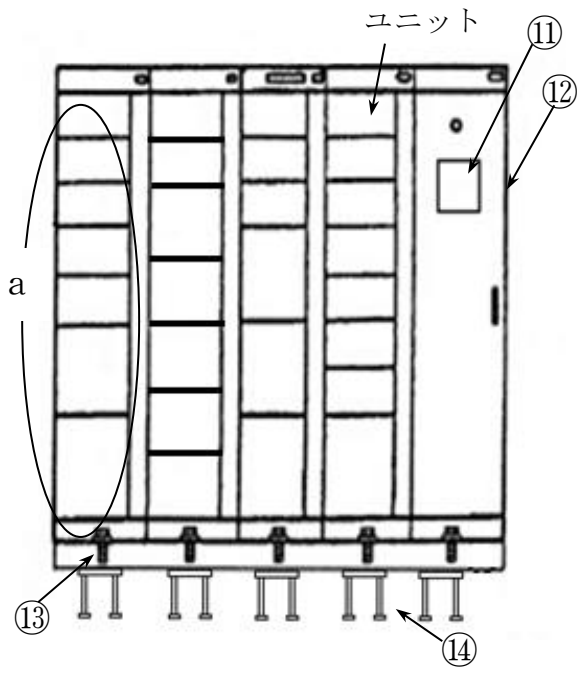
ユニットは主に配線用遮断器及び電磁接触器で構成されている。

なお、ユニットは盤から引出して外に出すことにより、内蔵部品の点検手入れが可能である。

非常用 MCC の構造図を図 2.1-1 に示す。

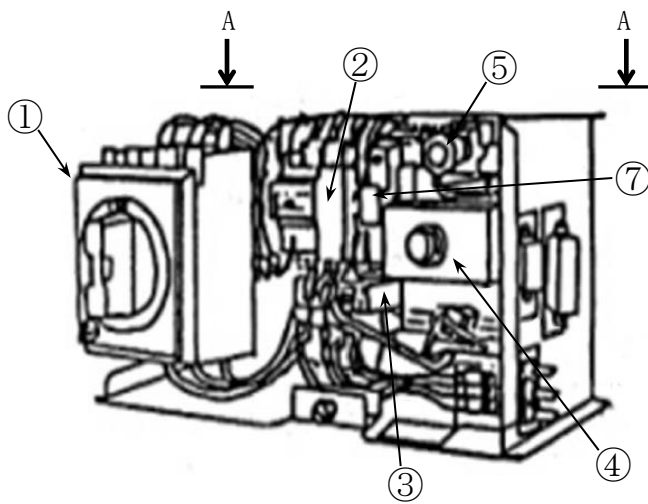
###### (2) 材料及び使用条件

非常用 MCC 主要部位の使用材料を表 2.1-1 に、使用条件を表 2.1-2 に示す。

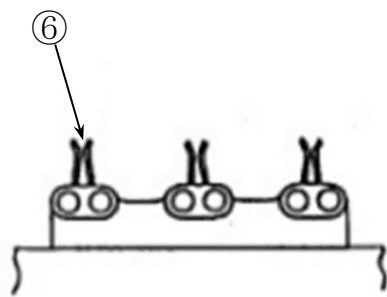


コントロールセンタ正面図

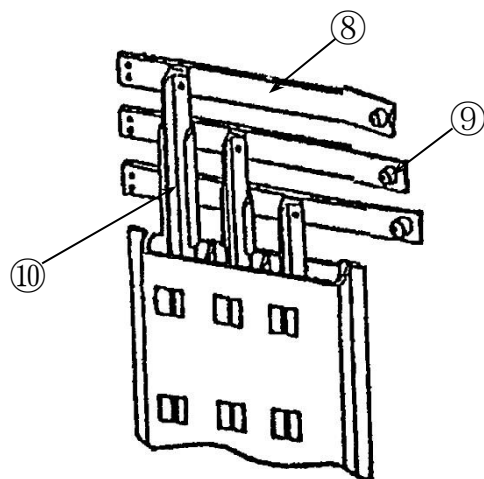
No.	部 位
①	配線用遮断器
②	電磁接触器
③	サーマルリレー
④	表示灯
⑤	ヒューズ
⑥	断路部
⑦	補助継電器
⑧	水平母線
⑨	水平母線取付 サポート
⑩	垂直母線
⑪	保護継電器 (機械式) 保護継電器 (静止形)
⑫	筐体
⑬	取付ボルト
⑭	埋込金物



コントロールセンタユニット詳細図



矢視 A-A (ユニット裏面側)



a 部詳細図

図 2. 1-1 非常用 MCC 構造図

表 2.1-1 非常用 MCC 主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
遮断機能の維持	開閉・変成 保護・制御	配線用遮断器	銅他
		電磁接触器	(定期取替品)
		サーマルリレー	銅他
通電・絶縁性能の確保		表示灯	(消耗品)
		ヒューズ	(消耗品)
		断路部	断路部：不飽和ポリエステル樹脂 接触子：銅 (HSM)
		補助継電器	(定期取替品)
		保護継電器 (機械式)	銅他
		保護継電器 (静止形)	電解コンデンサ*, 可変抵抗器*, 銅, 半導体他
		エネルギー伝達	主回路導体 (水平母線, 垂直母線)
導体支持	水平母線取付サポート	不飽和ポリエステル樹脂	
機器の支持	支持	筐体	炭素鋼 (SPHC)
		取付ボルト	炭素鋼 (SS400)
		埋込金物	炭素鋼 (SS400)

\*：定期取替品

表 2.1-2 非常用 MCC の使用条件

設置場所	屋 内
周囲温度	40 °C以下*
定格電圧	480 V

\*：原子炉建屋内，タービン建屋内，海水熱交換器建屋内の設計値

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

コントロールセンタの補機への給電機能を維持するためには、次の項目が必要である。

- ① 通電・絶縁性能の確保
- ② 遮断機能の維持
- ③ 機器の支持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

コントロールセンタについて、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の構造、材料、使用条件（電圧・温度等）及び現在までの運転経験を考慮し、表 2.2-1 に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

なお、消耗品及び定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

表示灯及びヒューズは消耗品、可変抵抗器、電解コンデンサ、電磁接触器及び補助継電器は定期取替品であり、設計時に長期使用せず取り替えを前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

#### (3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

想定される経年劣化事象のうち主要 6 事象に該当する事象及び下記①、②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。なお、下記①、②に該当する事象については、2.2.3 項に示すとおり、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

- ① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△）
- ② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲）

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

#### a. 配線用遮断器の固渋

配線用遮断器は周囲温度、浮遊塵埃、発熱及び不動作状態の継続により、手動操作機構部の潤滑性能が低下し、摩擦の増大による固渋が想定される。

しかし、屋内空調環境に設置されていることから、周囲温度及び浮遊塵埃による影響は小さい。

また、点検時に動作確認を行い、異常が確認された場合は取り替えを行うこととしている。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### b. サーマルリレーの導通不良

サーマルリレーは、浮遊塵埃が接点に付着することで導通不良が想定されるが、使用しているサーマルリレーは個々にハードケースに収納され、屋内空調環境に設置されていることから、浮遊塵埃による影響は小さい。

また、点検時にユニット内清掃及び接点の動作確認試験を行い、これまで導通不良は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### c. 断路部の摩耗

ユニットは点検のため挿入・引出しを行うことから、断路部の摩耗が想定されるが、断路部にはグリースを塗布しているため潤滑性は良好であり、ユニットの挿入・引出しは点検時にしか行わないため、断路部が摩耗する可能性は小さい。

また、点検時に目視点検及び清掃を行い、これまで有意な摩耗は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. 保護継電器（機械式）の特性変化

機械式の保護継電器は、誘導円板などの可動部があり、回転軸及び軸受の摩耗により回転摩擦が変化することによる影響で特性が変化する可能性がある。

しかし、保護継電器は電気学会・電気規格調査会標準規格 JEC-174 及び 2500 に基づく、10,000 回の動作試験にて異常のないことを確認しており、回転軸及び軸受摩耗による影響の可能性は小さい。

また、点検時の動作特性試験にて特性の変化を確認しており、これまでの点検結果では有意な特性変化は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. 保護継電器（静止形）の特性変化

保護継電器（静止形）は、マイグレーションによる基板内 IC での回路間短絡・断線といった電気回路の不良及び半導体（トランジスタ）の劣化により特性が変化する可能性がある。

しかし、マイグレーション対策については、設計・製造プロセスが改善されており、屋内空調環境に設置されていることから、その発生の可能性は十分小さい。

半導体（トランジスタ）は、長期間の使用により特性が変化する可能性があるが、設計段階において長期間使用による劣化を考慮していることから、特性が急激に変化する可能性は小さい。

また、点検時に動作試験にて特性を確認し、異常が確認された場合は取り替えを行うこととしている。

したがって、今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f. 主回路導体の腐食（全面腐食）

主回路導体は銅であるため腐食の発生が想定されるが、主回路導体表面は銀メッキが施されており、屋内空調環境に設置されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、点検時に目視確認を行い、これまで有意な腐食は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

g. 水平母線取付サポートの絶縁特性低下

水平母線取付サポートは有機物であるため、熱的、機械的、電氣的及び環境的要因で経年的に劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性がある。

ただし、コントロールセンタは、静止型の低圧機器であり筐体に収納されていることから、機械的、電氣的及び環境的要因による劣化は起きない。

また、熱的要因については、通電による温度上昇は僅かであり劣化の可能性は小さい。

さらに、点検時に絶縁抵抗測定を行い健全性の確認をしており、これまでの点検結果では急激な絶縁特性低下は認められていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

h. 筐体の腐食（全面腐食）

筐体は炭素鋼であるため腐食の発生が想定されるが、筐体の外表面は防食塗装が施されており、屋内空調環境に設置されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、点検時に目視確認を行い、これまで有意な腐食は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

i. 取付ボルトの腐食（全面腐食）

取付ボルトは炭素鋼であるため腐食の発生が想定されるが、取付ボルト表面は防食処理が施されており、屋内空調環境に設置されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、点検時に目視確認を行い、これまで有意な腐食は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。



(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

a. 埋込金物の腐食（全面腐食）

埋込金物は炭素鋼であるため腐食の発生する可能性は否定できないが、大気接触部は防食塗装を施しており、必要に応じて補修を行っていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、コンクリート埋設部については、コンクリートが中性化した場合に腐食の発生が想定されるが、実機コンクリートにおけるサンプリング結果では、中性化は殆ど見られていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

表 2.2-1 非常用 MCC に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経年劣化事象							備 考	
					減 肉		割 れ		絶縁	導通	信号		その他
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁特性低下	導通不良	特性変化		
遮断機能の維持	開閉・変成保護・制御	配線用遮断器		銅他								△*1	*1:固渋 *2:可変抵抗器, 電解コンデンサ
		電磁接触器	◎										
サーマルリレー			銅他						△				
補助継電器		◎											
表示灯		◎											
ヒューズ		◎											
断路部			銅他	△									
保護継電器 (機械式)			銅他							△			
保護継電器 (静止形)		◎*2	銅, 半導体他							△			
エネルギー伝達	主回路導体 (水平母線, 垂直母線)			アルミニウム, 銅		△							
導体支持	水平母線取付サポート			不飽和ポリエステル樹脂					△				
機器の支持	支持	筐体		炭素鋼		△							
		取付ボルト		炭素鋼		△							
		埋込金物		炭素鋼		▲							

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

### 3. 代表機器以外への展開

本章では、2章で実施した代表機器の技術評価結果について1章で代表機器となっていない機器への展開について検討した。

#### ① 直流 MCC

#### 3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

### 3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

#### a. 配線用遮断器の固渋

代表機器同様、配線用遮断器は周囲温度、浮遊塵埃、発熱及び不動作状態の継続により、手動操作機構部の潤滑性能が低下し、摩擦の増大による固渋が想定される。

しかし、屋内空調環境に設置されていることから、周囲温度及び浮遊塵埃による影響は小さい。

また、点検時に動作確認を行い、異常が確認された場合は取り替えを行うこととしている。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### b. サーマルリレーの導通不良

代表機器同様、サーマルリレーは、浮遊塵埃が接点に付着することで導通不良が想定されるが、使用しているサーマルリレーは個々にハードケースに収納され、屋内空調環境に設置されていることから、浮遊塵埃による影響は小さい。

また、点検時にユニット内清掃及び接点の動作確認試験を行い、これまで導通不良は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### c. 断路部の摩耗

代表機器同様、ユニットは点検のため挿入・引出しを行うことから、断路部の摩耗が想定されるが、断路部にはグリースを塗布しているため潤滑性は良好であり、ユニットの挿入・引出しは点検時にしか行わないため、断路部が摩耗する可能性は小さい。

また、点検時に目視点検及び清掃を行い、これまで有意な摩耗は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. 主回路導体の腐食（全面腐食）

代表機器同様、主回路導体は銅であるため腐食の発生が想定されるが、主回路導体表面は銀メッキが施されており、屋内空調環境に設置されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、点検時に目視確認を行い、これまで有意な腐食は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. 水平母線取付サポートの絶縁特性低下

代表機器同様、水平母線取付サポートは有機物であるため、熱的、機械的、電氣的及び環境的要因で経年的に劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性がある。

ただし、コントロールセンタは、静止型の低圧機器であり筐体に収納されていることから、機械的、電氣的及び環境的要因による劣化は起きない。

また、熱的要因については、通電による温度上昇は僅かであり劣化の可能性は小さい。

さらに、点検時に絶縁抵抗測定を行い健全性の確認をしており、これまでの点検結果では急激な絶縁特性低下は認められていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f. 筐体の腐食（全面腐食）

代表機器同様、筐体は炭素鋼であるため腐食の発生が想定されるが、筐体の外表面は防食塗装が施されており、屋内空調環境に設置されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、点検時に目視確認を行い、これまで有意な腐食は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

g. 取付ボルトの腐食（全面腐食）

代表機器同様、取付ボルトは炭素鋼であるため腐食の発生が想定されるが、取付ボルト表面は防食処理が施されており、屋内空調環境に設置されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、点検時に目視確認を行い、これまで有意な腐食は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

a. 埋込金物の腐食（全面腐食）

代表機器同様、埋込金物は炭素鋼であるため腐食の発生する可能性は否定できないが、大気接触部は防食塗装を施しており、必要に応じて補修を行っていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、コンクリート埋設部については、コンクリートが中性化した場合に腐食の発生が想定されるが、実機コンクリートにおけるサンプリング結果では、中性化は殆ど見られていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

以 上

## 5 ディーゼル発電設備

[対象ディーゼル発電機]

- ① 非常用ディーゼル発電設備 (A, B 号機)
- ② HPCS ディーゼル発電設備

## 目 次

1. 対象機器及び代表機器の選定.....	5-1
1.1 グループ化の考え方及び結果.....	5-1
1.2 代表機器の選定.....	5-1
2. 代表機器の技術評価.....	5-3
2.1 構造,材料及び使用条件.....	5-3
2.1.1 非常用ディーゼル発電設備 (A, B 号機).....	5-3
2.2 経年劣化事象の抽出.....	5-9
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目.....	5-9
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象.....	5-9
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象.....	5-11
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価.....	5-20
3. 代表機器以外への展開.....	5-29
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象.....	5-29
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象.....	5-30



## 1. 対象機器及び代表機器の選定

ディーゼル発電設備のうち、対象となるディーゼル発電設備の主な仕様を表 1-1 に示す。  
これらのディーゼル発電設備をグループ化し、代表機器を選定した。

### 1.1 グループ化の考え方及び結果

分類基準である電圧区分、型式及び設置場所とも同じであるため、1 グループとする。

### 1.2 代表機器の選定

ディーゼル発電設備のグループには、非常用ディーゼル発電設備（A、B 号機）及び HPCS デ  
ィーゼル発電設備が含まれるが、容量の大きい非常用ディーゼル発電設備（A、B 号機）を代  
表機器とする。

表 1-1 ディーゼル発電設備のグループ化と代表機器の選定

分類基準			機 器 名 称 (台 数)	仕 様 (定格電圧×定格容量)	選定基準			選定	選定理由	
電圧区分	型式	設置場所			重要度*	使用条件				
						電圧(V)	容量(kVA)			回転速度(rpm)
高圧	空気冷却 横軸回転界磁 三相交流 同期発電機	屋内	非常用ディーゼル発電設備(2) (A, B号機)	6,900 V×8,250 kVA	MS-1	6,900	8,250	500	◎	容量
			HPCS ディーゼル発電設備(1)	6,900 V×4,500 kVA	MS-1	6,900	4,500	1,000		

◎：代表機器

\*：最上位の重要度を示す

## 2. 代表機器の技術評価

本章では、1章で代表機器とした以下の設備について技術評価を実施する。

### ① 非常用ディーゼル発電設備 (A, B 号機)

#### 2.1 構造, 材料及び使用条件

##### 2.1.1 非常用ディーゼル発電設備 (A, B 号機)

###### (1) 構造

非常用ディーゼル発電設備 (A, B 号機) は, 定格容量 8, 250 kVA, 定格電圧 6, 900V, 定格回転速度 500 rpm の横軸回転界磁三相交流同期発電機及び制御盤にて構成されている。

###### a. 発電機

###### (a) 固定部

発電機のフレームは基礎に固定され, フレーム内には固定子コアが装着されており, 固定子コアには固定子コイルが保持されている。

また, フレームの片端部には回転子を支持する軸受台が設置され, 内側にすべり軸受が組み込まれている。

すべり軸受から発生する熱は, 外部からの強制給油により冷却している。

###### (b) 回転部

主軸はすべり軸受により支持されている。主軸には回転子コアが固定され, 回転子コアに回転子コイルが取り付けられている。

また, 回転子及び固定子や主軸は, コイルエンドカバーを取り外すことにより, 点検手入れが可能である。

###### b. 制御盤

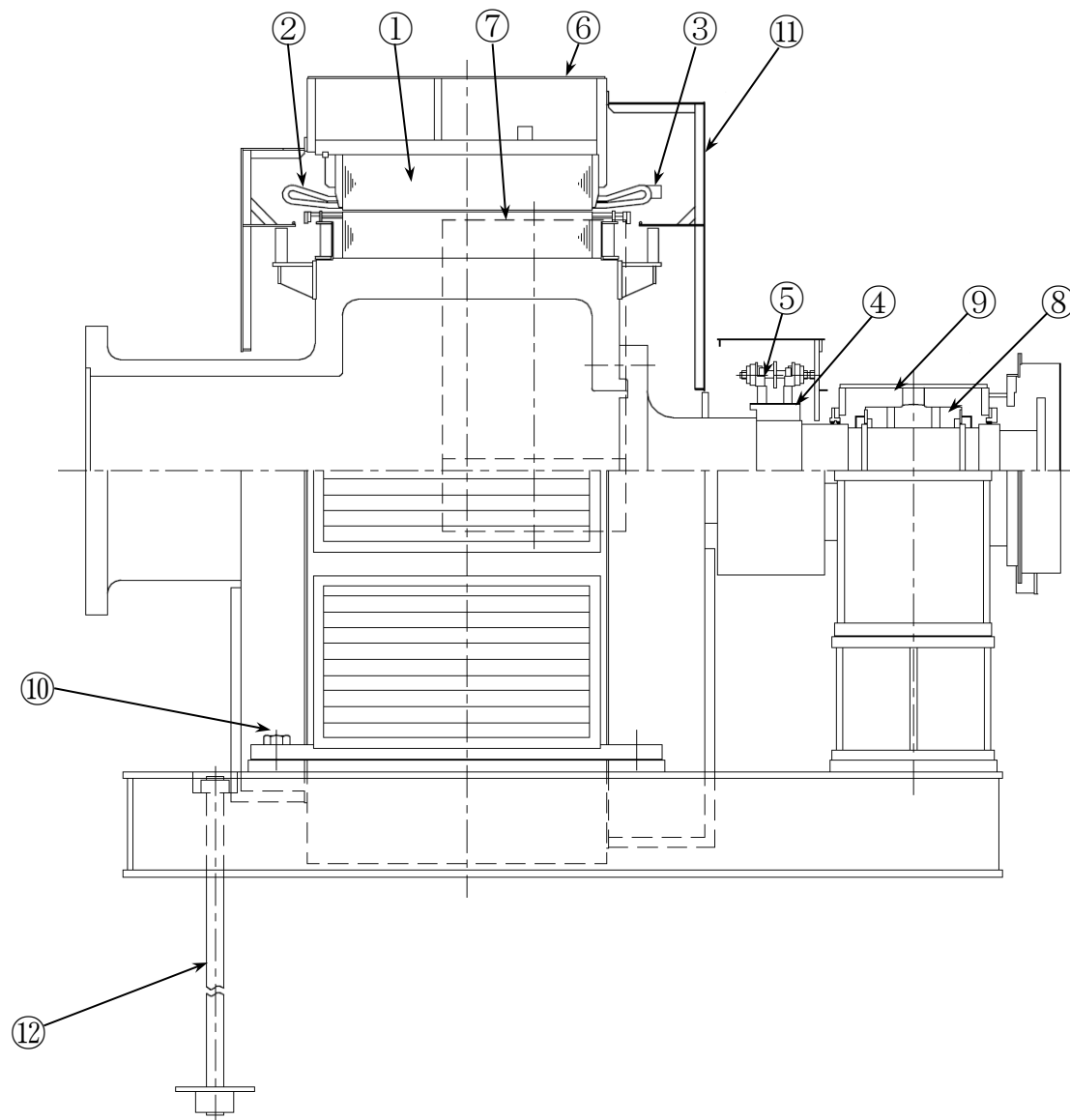
制御盤は, 自立形配電盤が 9 面構成で設置されている。

内部機器として, 励磁用可飽和変流器, 速度変換器, シリコン整流器, リアクトル, 励磁用変圧器, 計器用変圧器, 計器用変流器, 信号変換処理部, 界磁調整器, 保護継電器, ロックアウト継電器, 補助継電器, 電磁接触器, 配線用遮断器, 故障表示器, ヒューズ, タイマー, 表示灯, 指示計, 操作スイッチ及び押し釦スイッチで構成されており, これらの機器を支持するための筐体, 取付ボルト及び埋込金物からなる。

非常用ディーゼル発電設備 (A, B 号機) の構造図を図 2. 1-1, 2 に制御盤の構成図を図 2. 1-3 に示す。

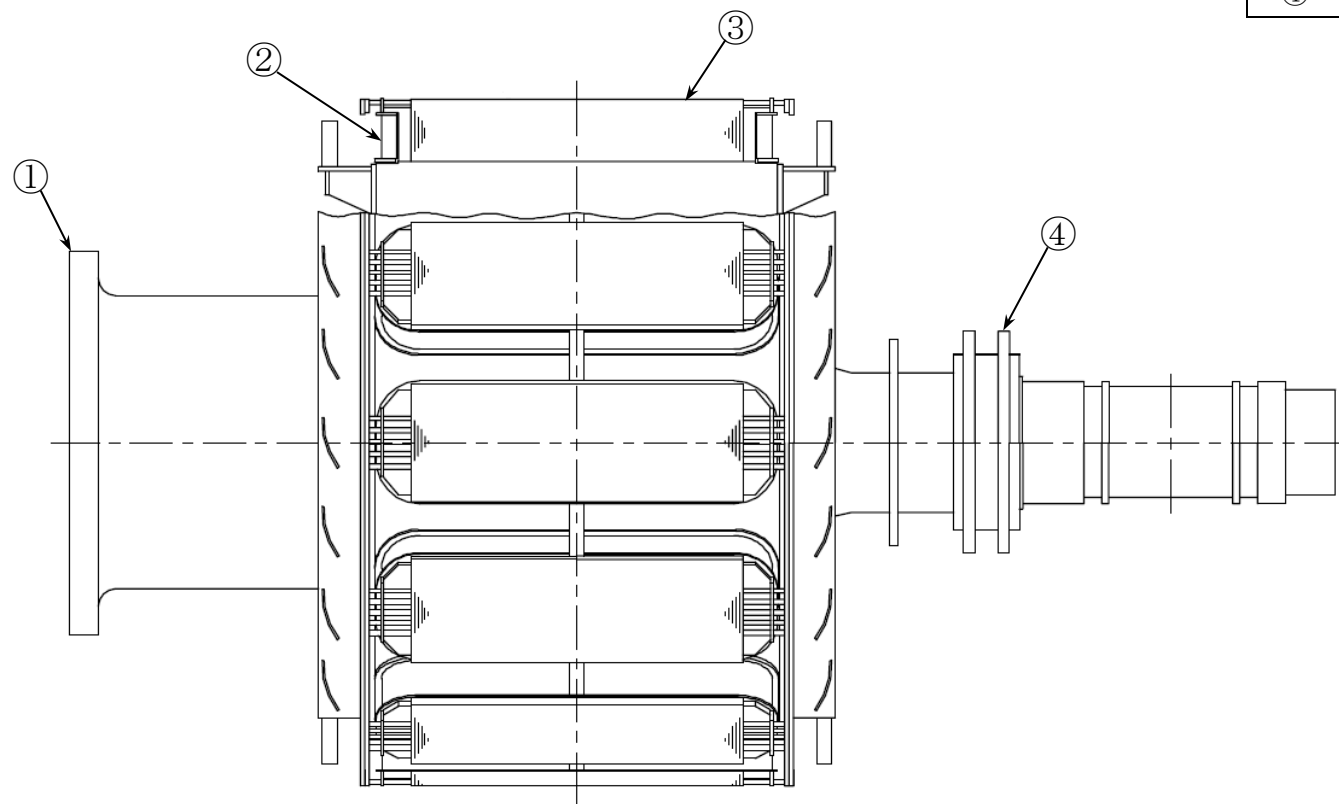
###### (2) 材料及び使用条件

非常用ディーゼル発電設備 (A, B 号機) 主要部位の使用材料を表 2. 1-1 に, 使用条件を表 2. 1-2, 3 に示す。



No.	部 位
①	固定子コア
②	固定子コイル
③	口出線・接続部品
④	コレクタリング
⑤	ブラシ
⑥	フレーム
⑦	端子箱
⑧	軸受 (すべり)
⑨	軸受台
⑩	取付ボルト
⑪	コイルエンドカバー
⑫	基礎ボルト

図 2.1-1 非常用ディーゼル発電機 (A, B 号機) 構造図



No.	部 位
①	主軸
②	回転子コイル
③	回転子コア
④	コレクタリング

図 2.1-2 非常用ディーゼル発電機 (A, B 号機) 回転子構造図

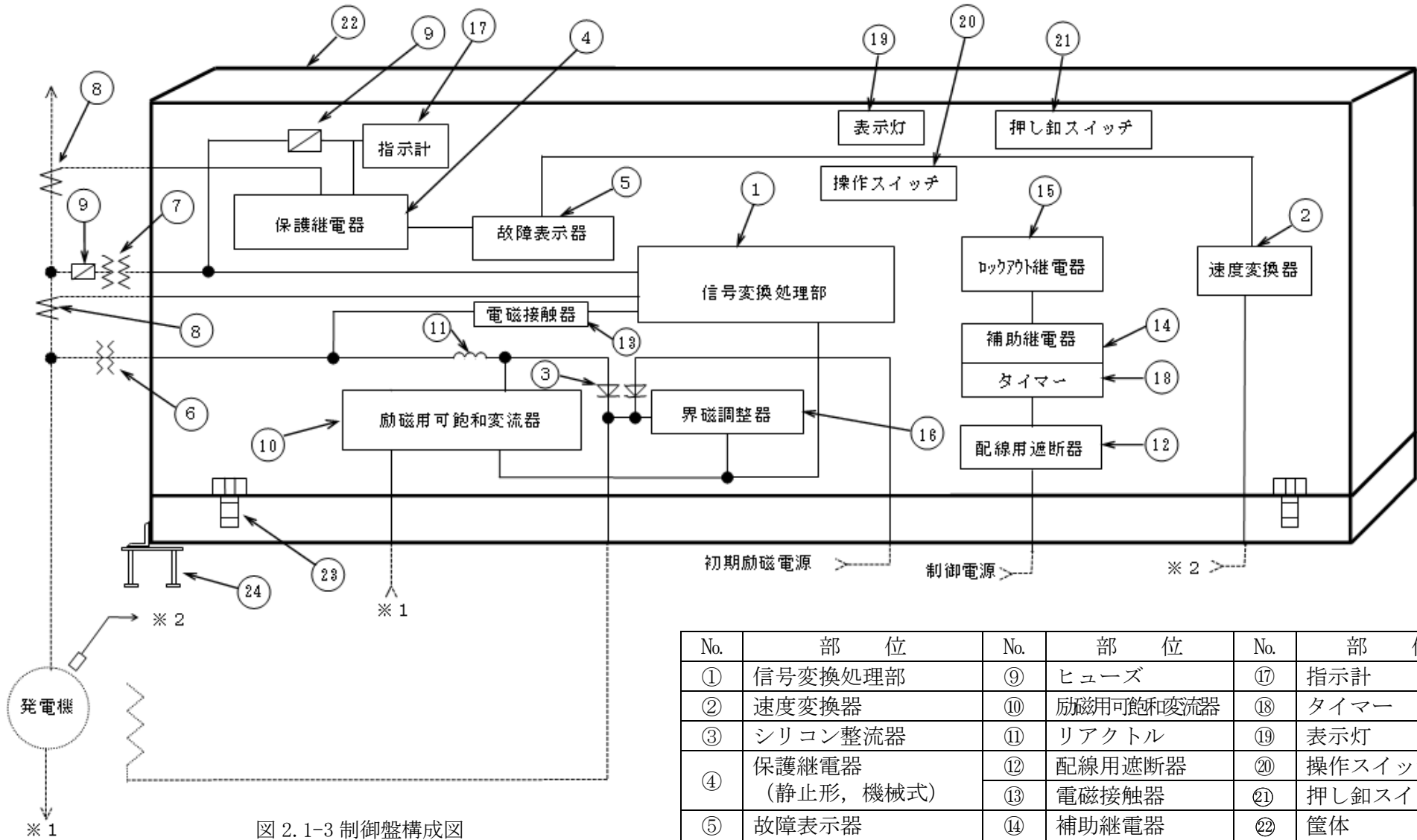


図 2.1-3 制御盤構成図

No.	部 位	No.	部 位	No.	部 位
①	信号変換処理部	⑨	ヒューズ	⑰	指示計
②	速度変換器	⑩	励磁用可飽和変流器	⑱	タイマー
③	シリコン整流器	⑪	リアクトル	⑲	表示灯
④	保護継電器 (静止形, 機械式)	⑫	配線用遮断器	⑳	操作スイッチ
		⑬	電磁接触器	㉑	押し釦スイッチ
⑤	故障表示器	⑭	補助継電器	㉒	筐体
⑥	励磁用変圧器	⑮	ロックアウト継電器	㉓	取付ボルト
⑦	計器用変圧器	⑯	界磁調整器	㉔	埋込金物
⑧	計器用変流器(貫通形)				

表 2.1-1 (1/2) 非常用ディーゼル発電設備 (A, B 号機) 主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
発電機能の維持	エネルギー伝達	主軸	鍛鋼 (SF490A) 構造用鋳鉄 (SCW410)
	エネルギー変換	固定子コア	電磁鋼 (50A400 相当)
		固定子コイル	銅 (平角銅線), 絶縁物 (マイカ, エポキシ樹脂等)
		口出線・接続部品	銅 (C1100BB), 絶縁物 (マイカ, エポキシ樹脂等)
		フレーム	炭素鋼 (SS400)
		端子箱	炭素鋼 (SS400)
		コイルエンドカバー	炭素鋼 (SS400)
		回転子コイル	銅 (平角銅線), 絶縁物 (エポキシ樹脂等)
		回転子コア	磁極用鋼板 (SPFC390)
		コレクタリング	ステンレス鋼 (SUS304)
	ブラシ	(消耗品)	
	軸支持	軸受 (すべり)	鋳物, ホワイトメタル
軸受台		炭素鋼 (SS400)	
機器の支持 (発電機)	支持	取付ボルト	炭素鋼 (S20C-N)
		基礎ボルト	炭素鋼 (S45C-N)
電圧制御機能の維持	アナログ制御	信号変換処理部	可変抵抗器*, 半導体, 銅他
		速度変換器	電解コンデンサ*, 可変抵抗器*, 半導体, 補助リレー, 銅他
		界磁調整器	可変抵抗器*他
		励磁用可飽和変流器	銅, 珪素鋼板, ポリアミド紙, ガラス繊維
		リアクトル	銅, 珪素鋼板, ポリアミド紙, ガラス繊維
		励磁用変圧器	銅, 珪素鋼板, ポリアミド紙, ガラス繊維
		計器用変圧器	銅, エポキシ樹脂, 珪素鋼板
		計器用変流器 (貫通形)	銅, エポキシ樹脂, 珪素鋼板
		シリコン整流器	半導体他
		保護継電器 (静止形)	電解コンデンサ*, 可変抵抗器*, 半導体, 銅他
		保護継電器 (機械式)	銅他
		故障表示器	(消耗品)
		配線用遮断器	銅他
		電磁接触器	(定期取替品)
		補助継電器	(定期取替品)
		ロックアウト継電器	銅他
ヒューズ	(消耗品)		
指示計	銅他		

\*: 定期取替品

表 2.1-1 (2/2) 非常用ディーゼル発電設備 (A, B 号機) 主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
電圧制御機能の維持 (続き)	アナログ制御 (続き)	タイマー	(定期取替品)
		表示灯	(消耗品)
		操作スイッチ	銅他
		押し釦スイッチ	銀他
機器の支持 (制御盤)	支持	筐体	炭素鋼 (SS400)
		取付ボルト	炭素鋼 (SS400)
		埋込金物	炭素鋼 (SS400)

表 2.1-2 非常用ディーゼル発電設備 (A, B 号機) の使用条件

定格容量	8,250 kVA
定格電圧	6,900 V
定格回転速度	500 rpm
設置場所	屋内
周囲温度	40 °C以下*

\*: 原子炉建屋内の設計値

表 2.1-3 非常用ディーゼル発電設備 (A, B 号機) 制御盤の使用条件

設置場所	屋内
周囲温度	40 °C以下*

\*: 原子炉建屋内の設計値



## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

非常用ディーゼル発電設備機能である給電機能を維持するためには、次の項目が必要である。

- ① 発電機能の維持
- ② 電圧制御機能の維持
- ③ 機器の支持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

非常用ディーゼル発電設備について、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の構造、材料、使用条件（定格電圧・周囲温度等）及び現在までの運転経験を考慮し、表 2.2-1 に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。なお、消耗品及び定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

故障表示器、表示灯、ヒューズ及びブラシは消耗品、電解コンデンサ、可変抵抗器、電磁接触器、補助継電器及びタイマーは定期取替品であり、設計時に長期使用せず取替を前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

(3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

想定される経年劣化事象のうち主要 6 事象に該当する事象及び下記①, ②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。なお, ①, ②に該当する事象については, 2.2.3 項に示すとおり, 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

- ① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって, 想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの(日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△)
- ② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により, 今後も経年劣化の進展が考えられない, または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象(日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲)

この結果, 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象として以下の事象が抽出された(表 2.2-1 で○)。

- a. 固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下
- b. 回転子コイルの絶縁特性低下
- c. 励磁用可飽和変流器, 励磁用変圧器及びリアクトルの絶縁特性低下
- d. 計器用変圧器の絶縁特性低下

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

#### a. 主軸及び回転子コアの高サイクル疲労割れ

主軸及び回転子コアには、ディーゼル発電機運転時に繰り返し応力が発生することから、応力集中部において疲労割れが想定されるが、主軸及び回転子コアは、設計段階において疲労割れが発生しないように考慮された設計となっており、高サイクル疲労が発生する可能性は小さい。

また、点検時に目視点検を行い、これまで割れは確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### b. 固定子コア及び回転子コアの腐食（全面腐食）

固定子コア及び回転子コアは電磁鋼及び磁極用鋼板であるため腐食の発生が想定されるが、固定子コア及び回転子コア表面は、耐食性の高い絶縁ワニス処理が施されており、屋内空調環境に設置されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、点検時に目視確認及び必要に応じてワニス塗布を行い、これまで有意な腐食は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### c. コレクタリングの摩耗

コレクタリングはブラシとの摺動部があり、ブラシ設定状態不良及び塵埃の侵入により摩耗が想定されるが、コレクタリング材はブラシ材より硬質であり摩耗の可能性は小さい。

また、屋内空調環境に設置されていることから塵埃による摩耗の可能性も小さい。

さらに、点検時に清掃、目視点検、ブラシ摩耗量測定及び動作時の火花発生有無確認を行い、これまで有意な摩耗は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. フレーム，端子箱，コイルエンドカバー及び軸受台の腐食（全面腐食）

フレーム，端子箱，コイルエンドカバー及び軸受台は炭素鋼であるため腐食の発生が想定されるが，フレーム，端子箱，コイルエンドカバー及び軸受台表面は防食塗装が施されており，屋内空調環境に設置されていることから，腐食が発生する可能性は小さい。

また，点検時に目視確認を行い，これまで有意な腐食は確認されていない。

したがって，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. 主軸の摩耗

主軸については，すべり軸受と主軸の接触面において摩耗が想定されるが，軸受には潤滑剤が供給され主軸と軸受間に膜が形成されることから，主軸の摩耗が発生する可能性は小さい。

また，分解点検時に目視点検及び寸法測定を行い，これまで有意な摩耗は確認されていない。

したがって，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f. 保護継電器（機械式）の特性変化

機械式の保護継電器は，誘導円板などの可動部があり，回転軸及び軸受の摩耗により回転摩擦が変化することによる影響で特性が変化する可能性がある。

しかし，保護継電器は電気学会・電気規格調査会標準規格 JEC-174 及び 2500 に基づく 10,000 回の動作試験で異常のないことを確認しており，回転軸及び軸受摩耗による影響の可能性は小さい。

さらに，点検時に動作特性試験を実施しており，これまでの点検結果では有意な特性変化は認められていない。

したがって，今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

g. ロックアウト継電器の導通不良

ロックアウト継電器は、コイルの通電電流による熱的要因及び吸湿による環境的要因により経年的に劣化が進行し、継電器動作時の振動・衝撃でコイルが断線する可能性がある。

しかし、コイルの通電電流は非常に少なく、屋内空調環境に設置されていることから、断線による導通不良に至る可能性は小さい。

さらに、点検時に動作試験を行い健全性の確認をしておき、これまでの点検結果では有意な導通不良は認められていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

h. 配線用遮断器の固渋

配線用遮断器は周囲温度、浮遊塵埃、発熱及び不動作状態の継続により、手動操作機構部の潤滑性能が低下し、摩擦の増大による固渋が想定される。

しかし、屋内空調環境に設置されていることから、周囲温度及び浮遊塵埃による影響は少ない。

また、点検時に動作確認を行い、異常が確認された場合は取り替えを行うこととしている。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

i. 操作スイッチ及び押し釦スイッチの導通不良

操作スイッチ及び押し釦スイッチは、接点に付着する浮遊塵埃により導通不良が想定されるが、屋内空調環境に設置されていることから、塵埃付着の可能性は小さい。

また、点検時に動作確認を行い、これまで導通不良は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

j. 指示計の特性変化

指示計は、長期間の使用に伴い指示特性に誤差が生じ、精度が確保できなくなる可能性があるが、設計段階において長期間使用による劣化を考慮していることから、特性が急激に変化する可能性は小さい。

また、点検時に特性試験・調整にて特性を確認し、異常が確認された場合には取り替えを行うこととしている。

したがって、今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

k. 計器用変流器（貫通形）の絶縁特性低下

計器用変流器（貫通形）の絶縁材は有機物であるため、熱的、機械的、電氣的及び環境的要因で経年的に劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性がある。

ただし、計器用変流器は静止型の低圧機器であり、屋内空調環境に設置されていることから、機械的、電氣的及び環境的要因による劣化は起きない。

熱的要因については、コイルへの通電電流が少ないことから温度上昇は僅かであり劣化の可能性は小さい。

さらに、点検時に絶縁抵抗測定を行い健全性の確認をしており、これまでの点検結果では急激な絶縁特性低下は認められていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する

l. 筐体の腐食（全面腐食）

筐体は炭素鋼であるため腐食の発生が想定されるが、筐体の外表面は防食塗装が施されており、屋内空調環境に設置されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、点検時に目視確認を行い、これまで有意な腐食は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

m. 取付ボルトの腐食（全面腐食）

取付ボルトは炭素鋼であるため腐食の発生が想定されるが、取付ボルト表面は防食処理が施されており、屋内空調環境に設置されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、点検時に目視確認を行い、これまで有意な腐食は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

n. 信号変換処理部の特性変化

信号変換処理部は、半導体等を使用しており、長期間の使用により特性が変化する可能性があるが、設計段階において長期間使用による劣化を考慮していることから、特性が急激に変化する可能性は小さい。

また、点検時に動作試験にて特性を確認し、異常が確認された場合には取り替えを行うこととしている。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

o. 速度変換器及び保護継電器（静止形）の特性変化

速度変換器及び保護継電器（静止形）は、マイグレーションによる基板内 IC での回路間短絡・断線といった電気回路の不良及び半導体（トランジスタ）の劣化により特性が変化する可能性がある。

しかし、マイグレーション対策については、設計・製造プロセスが改善されており、屋内空調環境に設置されていることから、その発生の可能性は十分小さい。

半導体（トランジスタ）は、長期間の使用により特性が変化する可能性があるが、設計段階において長期間使用による劣化を考慮していることから、特性が急激に変化する可能性は小さい。

また、速度変換器及び保護継電器（静止形）は、点検時に動作試験にて特性を確認し異常が確認された場合は取り替えを行うこととしている。

したがって、今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

p. すべり軸受の摩耗及びはく離

すべり軸受はホワイトメタルを軸受に鑄込み溶着しているため摩耗及びはく離が想定される。

しかし、摩耗については、軸受に潤滑剤が供給され主軸と軸受間に膜が形成される構造となっており、分解点検時に目視点検及び主軸と軸受間隙の寸法測定を行い、間隙が基準値に達した場合は取り替えを行うこととしている。

また、はく離についても分解点検時に目視点検及び浸透探傷検査を実施し、必要に応じて取り替えを実施することとしている。

したがって、今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

q. シリコン整流器の漏れ電流の変化

シリコン整流器は、長期間の使用に伴い、熱により半導体素子の空乏層が変化して漏れ電流が増加する可能性があるが、設計段階において長期間使用による劣化を考慮していることから、特性が急激に変化する可能性は小さい。

また、点検時に漏れ電流測定を実施し、増加状態を確認し、異常が確認された場合には取り替えを行うこととしている。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

r. 基礎ボルトの腐食（全面腐食）

基礎ボルトの腐食については、「機械設備の技術評価書」にて評価を実施するものとし本評価書には含めていない。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

a. 埋込金物の腐食（全面腐食）

埋込金物は炭素鋼であるため腐食が発生する可能性は否定できないが、大気接触部は防食塗装を施しており、必要に応じて補修を行っていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、コンクリート埋設部については、コンクリートが中性化した場合に腐食の発生が想定されるが、実機コンクリートにおけるサンプリング結果では、中性化は殆ど見られていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。



表 2.2-1 (1/3) 非常用ディーゼル発電設備 (A, B号機) に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考		
					減 肉		割 れ		絶縁	導通	信号		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁特性低下	導通不良	特性変化			
発電機能の維持	エネルギー伝達	主軸		炭素鋼	△		△*1						*1:高サイクル疲労 *2:はく離	
	エネルギー変換	固定子コア		電磁鋼		△								
		固定子コイル		銅, 絶縁物他					○					
		口出線・接続部品		銅, 絶縁物他					○					
		フレーム		炭素鋼		△								
		端子箱		炭素鋼		△								
		コイルエンドカバー		炭素鋼		△								
		回転子コイル		銅, 絶縁物他					○					
		回転子コア		磁極用鋼板		△	△*1							
		コレクタリング		ステンレス鋼		△								
	ブラシ	◎												
軸支持	軸受 (すべり)			鋳物, ホワイトメタル	△							△*2		
	軸受台			炭素鋼		△								
機器の支持 (発電機)	支持	取付ボルト		炭素鋼		△								
		基礎ボルト		炭素鋼		△								

○: 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△: 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 (日常劣化管理事象)

表 2.2-1 (2/3) 非常用ディーゼル発電設備 (A, B 号機) に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期 取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象								備考
					減 肉		割 れ		絶 縁	導 通	信 号	そ の 他	
					摩 耗	腐 食	疲 勞 割 れ	応 力 腐 食 割 れ	絶 縁 特 性 低 下	導 通 不 良	特 性 変 化		
電圧制御 機能の維持	アナログ 制御	信号変換処理部	◎*1	半導体他								△	*1:可変抵抗器 *2:電解コンデンサ, 可変抵抗器 *3:漏れ電流の 変化 *4:固渋
		速度変換器	◎*2	半導体他								△	
		界磁調整器	◎*1										
		励磁用可飽和変流器		銅,珪素鋼板, ポリアミド紙, ガラス繊維					○				
		リアクトル		銅,珪素鋼板, ポリアミド紙, ガラス繊維					○				
		励磁用変圧器		銅,珪素鋼板, ポリアミド紙, ガラス繊維					○				
		計器用変圧器		銅,エポキシ樹脂他					○				
		計器用変流器(貫通形)		銅,エポキシ樹脂他					△				
		シリコン整流器		半導体								△*3	
		保護継電器(静止形)	◎*2	半導体,銅他								△	
		保護継電器(機械式)		銅他								△	
		故障表示器	◎										
		配線用遮断器		銅他								△*4	
		電磁接触器	◎										
		補助継電器	◎										
		ロックアウト継電器		銅他							△		
ヒューズ	◎												

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (3/3) 非常用ディーゼル発電設備 (A, B 号機) に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期 取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象								備考	
					減 肉		割 れ		絶縁	導通	信号	その他		
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	絶縁特 性低下	導通 不良	特性 変化			
電圧制御 機能の維持 (続き)	アナログ 制御 (続き)	指示計		銅他								△		
		タイマー	◎											
		表示灯	◎											
		操作スイッチ		銅他							△			
		押し釦スイッチ		銀他							△			
機器の支持 (制御盤)	支持	筐体		炭素鋼		△								
		取付ボルト		炭素鋼		△								
		埋込金物		炭素鋼		▲								

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

## 2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

### (1) 固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下

発電機の固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下に対する「事象の説明」,  
「技術評価」及び「高経年化への対応」は, 高圧ポンプモータと同一であることから,  
「ポンプモータの技術評価書」高圧ポンプモータの固定子コイル及び口出線・接続部品  
の絶縁特性低下を参照のこと。

(2) 回転子コイルの絶縁特性低下

a. 事象の説明

回転子コイルの絶縁物は有機物であるため、熱による特性変化、絶縁物に付着する埃、絶縁物中のボイド等での放電、運転時の遠心力、振動等による機械的、熱的、電氣的、環境的要因により経年的に劣化が進行し、絶縁物の外表面、内部から絶縁特性低下を起こす可能性がある。ただし、非常用ディーゼル発電機の回転子は低圧機器であるため、電氣的な劣化は起きないと考えられる。

絶縁特性低下を起こす可能性がある部位を図 2.3-1 に示す。

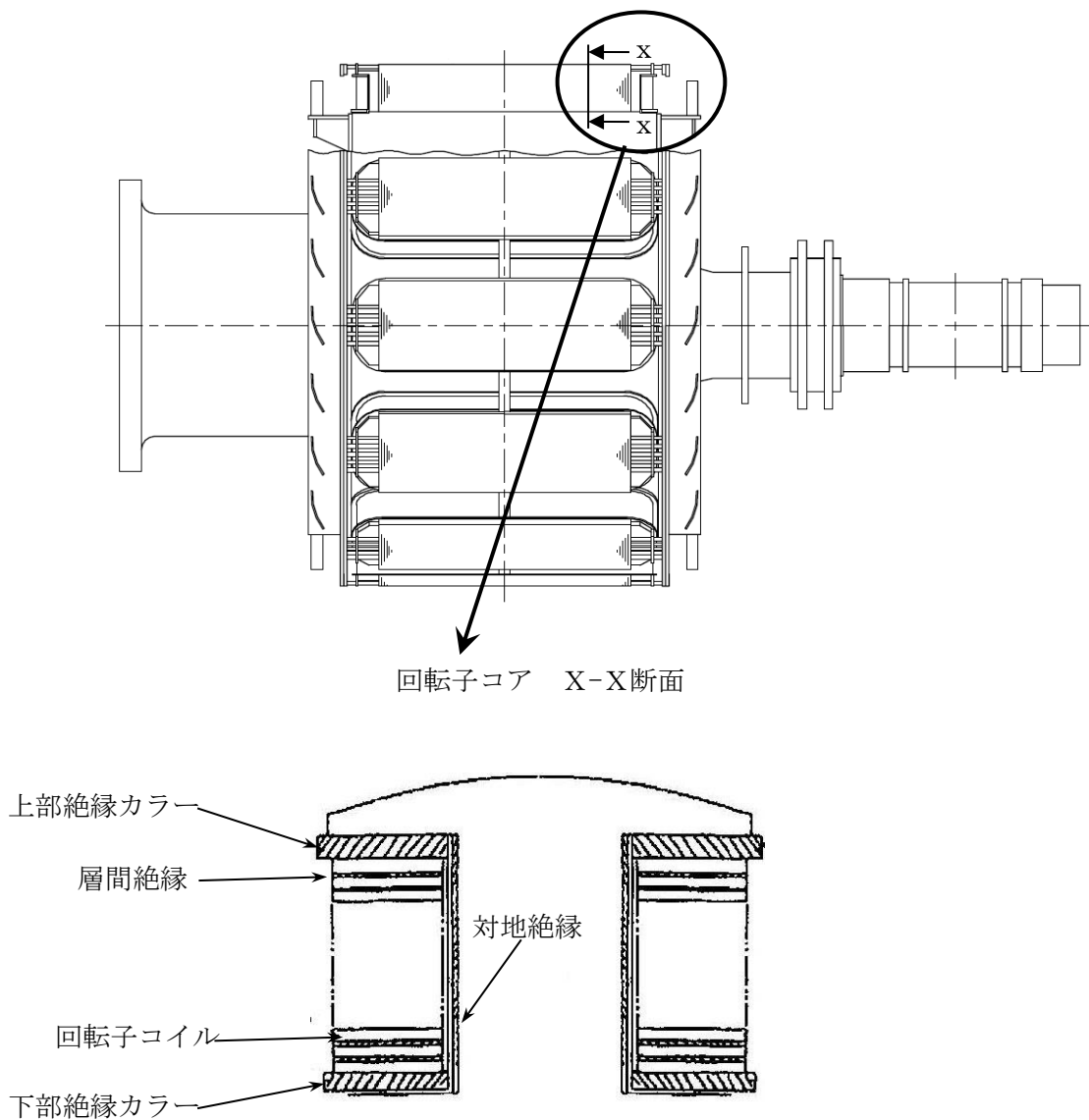


図 2.3-1 回転子コイル絶縁特性低下部位

## b. 技術評価

### ① 健全性評価

回転子コイルの絶縁特性低下要因としては、コイルの通電電流による熱的劣化、絶縁物表面に埃が付着・吸湿して沿面絶縁を低下させる環境的劣化及び運転時の回転によるコイル絶縁部の緩み等による機械的劣化があるが、これまでの点検実績から最も絶縁特性低下に影響を及ぼす要因は、環境的劣化であることから、長期間の使用を考慮すると絶縁特性低下が起こる可能性は否定できない。

### ② 現状保全

回転子コイルの絶縁特性低下に対しては、点検時に絶縁物の変色有無や塵埃付着の有無、絶縁材・コイルの緩み有無等の目視点検、清掃及び絶縁抵抗測定を行い、有意な絶縁特性低下のないことを確認している。

また、これらの点検で有意な絶縁特性の低下が認められた場合は、洗浄、乾燥及び絶縁補修（絶縁材にワニスを注入）または回転子コイルを取り替えることとしている。

### ③ 総合評価

回転子コイルの絶縁特性低下の可能性は否定できないが、現状保全にて絶縁特性の低下は把握可能である。

また、今後も定期的な目視点検、清掃及び絶縁抵抗測定を実施し、絶縁特性低下を監視していくとともに、必要に応じて補修、取り替えの適切な対応をとることにより、当面の冷温停止状態における健全性は維持できると判断する。

## c. 高経年化への対応

回転子コイルの絶縁特性低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に対し追加すべき項目はなく、今後も現状保全を継続していく。

(3) 励磁用可飽和変流器，励磁用変圧器及びリアクトルの絶縁特性低下

a. 事象の説明

励磁用可飽和変流器，励磁用変圧器及びリアクトルの絶縁物は有機物であるため，熱による特性変化，絶縁物に付着する埃，または絶縁物中のボイド等での放電等，機械的，熱的，電氣的及び環境的要因で経年的に劣化が進行し，絶縁特性低下を起こす可能性がある。

ただし，励磁用可飽和変流器，励磁用変圧器及びリアクトルは静止型機器であるため，機械的な劣化は起きないと考えられる。

絶縁特性低下を生ずる可能性のある部位を図 2. 3-2, 3, 及び 4 に示す。

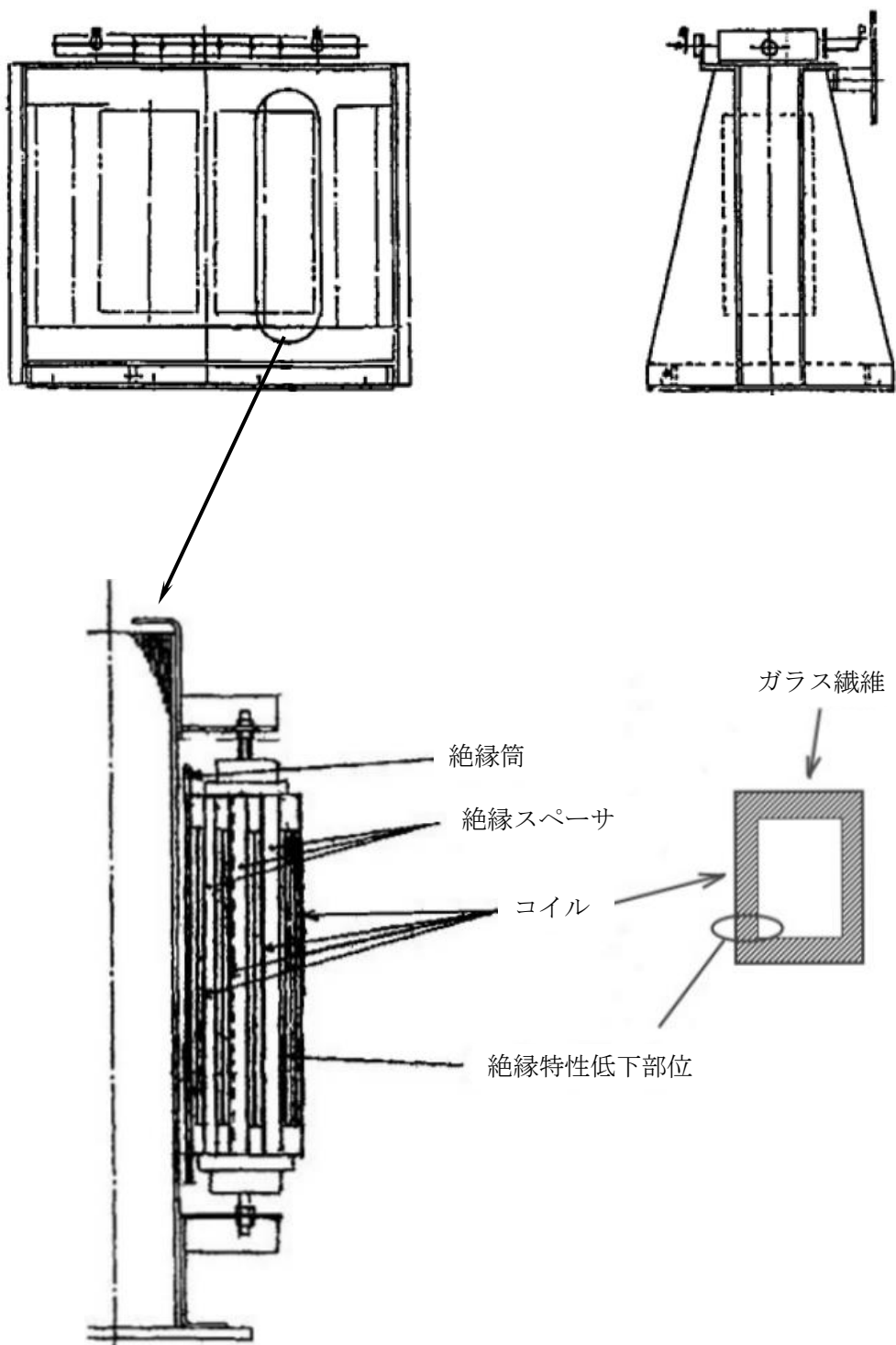


図2.3-2 励磁用可飽和変流器の絶縁特性低下部位



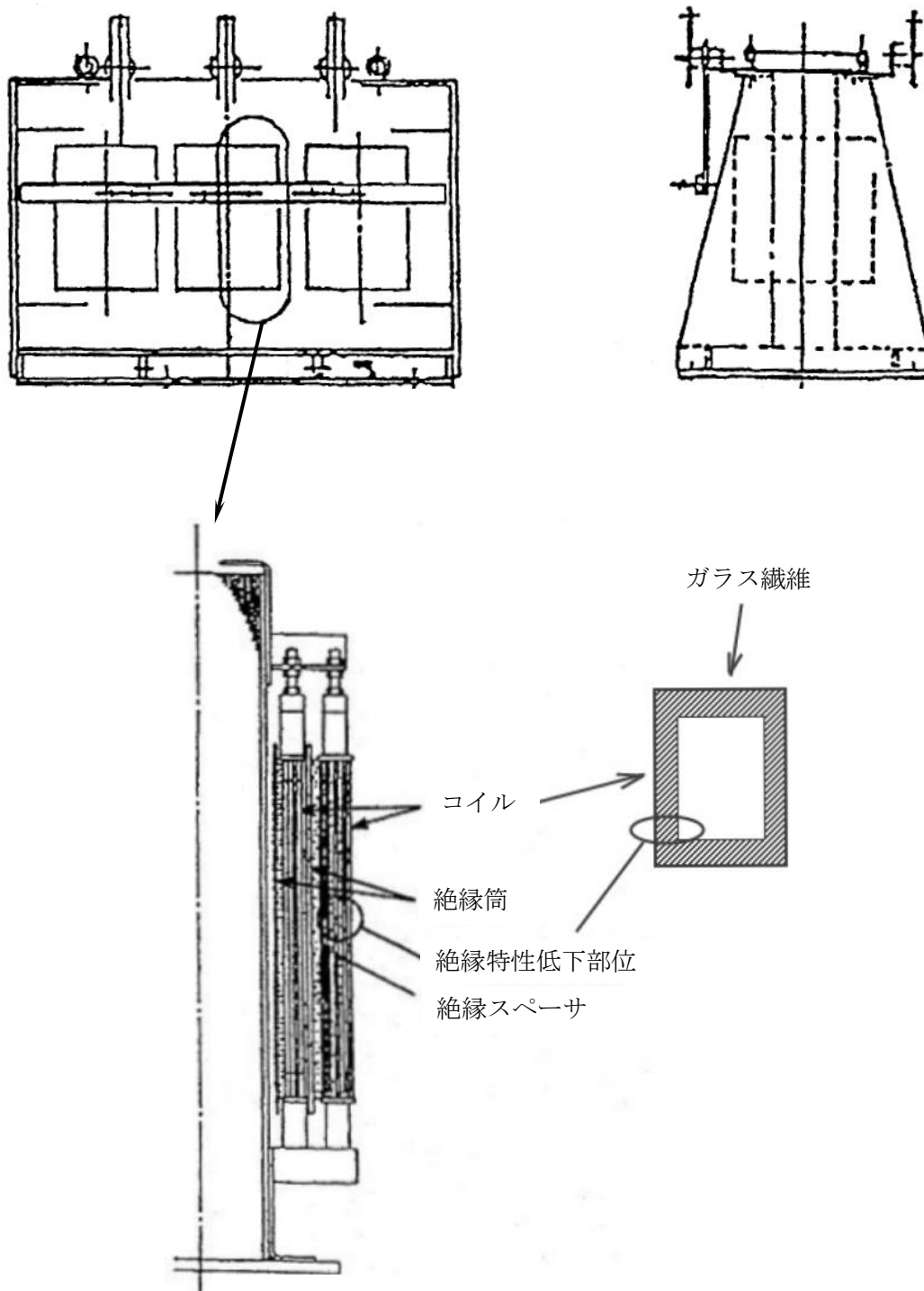


図2.3-3 励磁用変圧器の絶縁特性低下部位

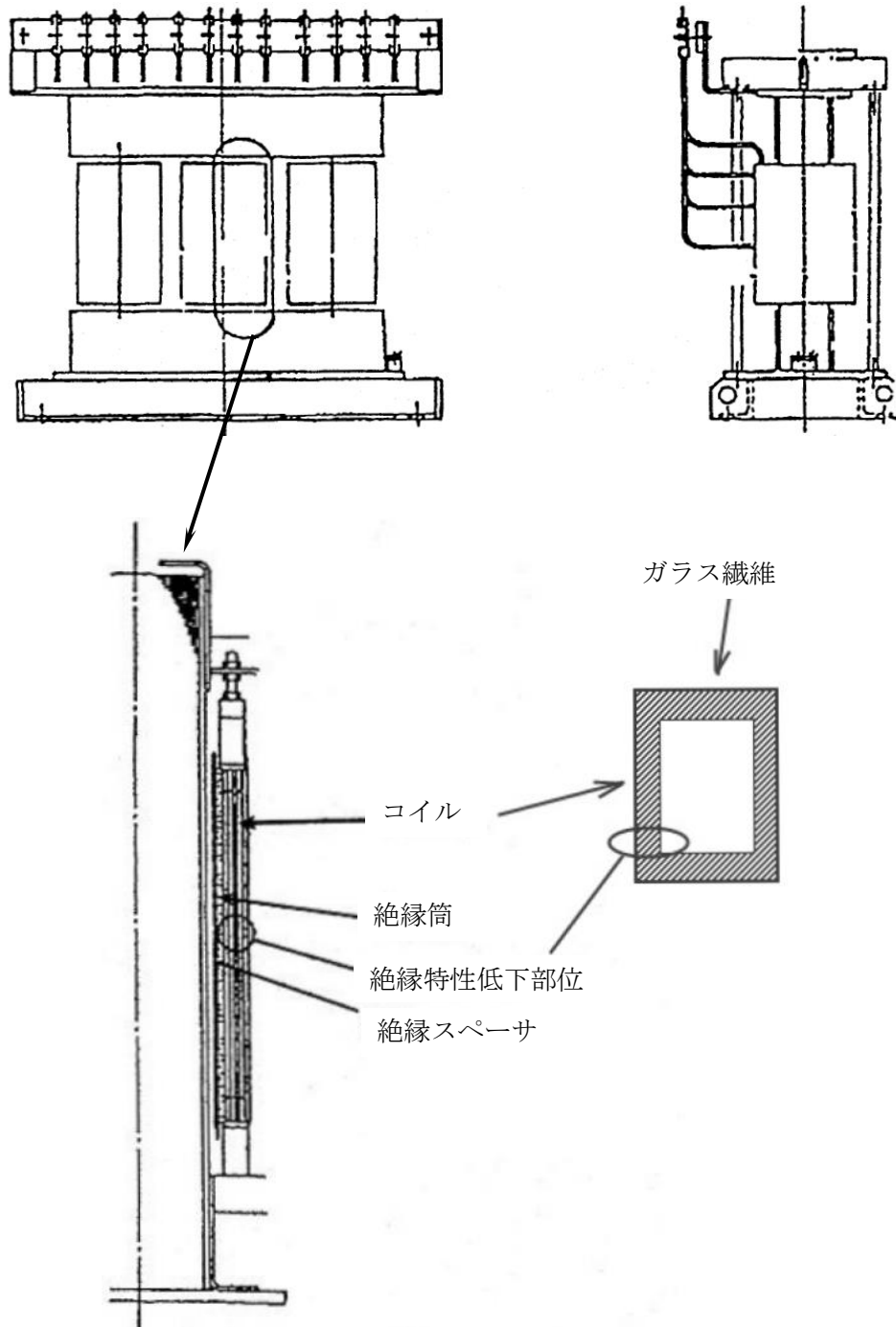


図2.3-4 リアクトルの絶縁特性低下部位

## b. 技術評価

### ①健全性評価

励磁用可飽和変流器、励磁用変圧器及びリアクトルの絶縁特性低下要因としては、コイルの通電電流による熱的劣化、絶縁物中のボイド等での放電による電氣的劣化及び絶縁物表面に埃が付着・吸湿して沿面絶縁を低下させる環境的劣化があるが、これまでの点検実績から最も絶縁特性低下に影響を及ぼす要因は、熱的劣化及び環境的劣化であることから、長期間の使用を考慮すると絶縁特性低下が起こる可能性は否定できない。

### ②現状保全

励磁用可飽和変流器・励磁用変圧器及びリアクトルの絶縁特性低下に対しては、点検時に絶縁物の変色有無や塵埃付着の有無等の目視点検、清掃及び絶縁抵抗測定を行い、有意な熱的劣化及び環境的劣化による絶縁特性低下のないことを確認している。

また、これらの点検で有意な絶縁特性の低下が認められた場合は、洗浄、乾燥及び絶縁補修（絶縁物にワニスを注入）または取り替えることとしている。

### ③総合評価

励磁用可飽和変流器・励磁用変圧器及びリアクトルの絶縁特性低下の可能性は否定できないが、現状保全にて絶縁特性の低下は把握可能である。

また、今後も定期的に目視点検、清掃及び絶縁抵抗測定を実施し、絶縁特性低下を監視していくとともに、必要に応じて補修、取り替えの適切な対応をとることにより、当面の冷温停止状態における健全性は維持できると判断する。

## c. 高経年化への対応

励磁用可飽和変流器・励磁用変圧器及びリアクトルの絶縁特性低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に対し追加すべき項目はなく、今後も現状保全を継続していく。

#### (4) 計器用変圧器の絶縁特性低下

##### a. 事象の説明

計器用変圧器の絶縁物は有機物であるため、熱による特性変化、絶縁物に付着する埃、または絶縁物中のボイド等での放電等、機械的、熱的、電氣的及び環境的要因により経年的に劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性がある。

ただし、計器用変圧器は静止型機器であるため、機械的な劣化は起きないと考えられる。

##### b. 技術評価

###### ① 健全性評価

計器用変圧器の絶縁特性低下要因としては、コイルの通電電流による熱的劣化、絶縁物中のボイド等での放電による劣化、絶縁物表面に埃が付着・吸湿して沿面絶縁を低下させる環境的劣化があるが、これまでの点検実績から最も絶縁特性低下に影響を及ぼす要因は環境的劣化であることから、長期間の使用を考慮すると絶縁特性低下が起こる可能性は否定できない。

###### ② 現状保全

計器用変圧器の絶縁特性低下に対しては、点検時に絶縁物の変色有無や塵埃付着の有無等の目視点検、清掃及び絶縁抵抗測定を行い、有意な環境要因の変化及び絶縁特性低下のないことを確認している。

また、これらの点検で有意な絶縁特性の低下が認められた場合は、取り替えることとしている。

###### ③ 総合評価

計器用変圧器の絶縁特性低下の可能性は否定できないが、現状保全にて絶縁特性の低下は把握可能である。

また、今後も定期的な目視点検、清掃及び絶縁抵抗測定を実施し、絶縁特性低下を監視していくとともに、必要に応じて補修、取り替えの適切な対応をとることにより、当面の冷温停止状態における健全性は維持できると判断する。

##### c. 高経年化への対応

計器用変圧器の絶縁特性低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に対し追加すべき項目はなく、今後も現状保全を継続していく。

### 3. 代表機器以外への展開

本章では、2章で実施した代表機器の技術的評価について、1章で実施したグループ化で代表機器となっていない機器への展開について検討した。

#### ① HPCS ディーゼル発電設備

#### 3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

##### a. 固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下

代表機器同様、発電機の固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下は、高圧ポンプモータと同一であることから、「ポンプモータの技術評価書」高圧ポンプモータの固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下を参照のこと。

##### b. 回転子コイルの絶縁特性低下

代表機器同様、回転子コイルの絶縁物は熱的な特性変化及び環境的劣化に加え、回転子コイルの遠心力による機械的な特性変化により、絶縁特性の低下を起こす可能性がある。

しかし、代表機器と同様に目視点検、清掃及び絶縁抵抗測定を行っており、必要に応じて補修、取り替えを実施していくことにより健全性は維持できると判断する。

したがって、高経年化対策の観点から現状の保全内容に対し追加すべき項目はない。

##### c. 励磁用可飽和変流器、励磁用変圧器及びリアクトルの絶縁特性低下

代表機器同様、励磁用飽和変流器、励磁用変圧器及びリアクトルの絶縁物は有機物であるため、機械的、熱的、電氣的及び環境的要因で経年的に劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性がある。

しかし、代表機器と同様に目視点検、清掃及び絶縁抵抗測定を行っており、必要に応じて補修、取り替えを実施していくことにより健全性は維持できると判断する。

したがって、高経年化対策の観点から現状の保全内容に対し追加すべき項目はない。

##### d. 計器用変圧器の絶縁特性低下

代表機器同様、計器用変圧器の絶縁物は有機物であるため、機械的、熱的、電氣的及び環境的要因で経年的に劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性がある。

しかし、代表機器と同様に目視点検、清掃及び絶縁抵抗測定を行っており、必要に応じて、取り替えを実施していくことにより健全性は維持できると判断する。

したがって、高経年化対策の観点から現状の保全内容に対し追加すべき項目はない。

### 3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

#### a. 主軸及び回転子コアの高サイクル疲労割れ

代表機器同様、主軸及び回転子コアには、ディーゼル発電機運転時に繰り返し応力が発生することから、応力集中部において疲労割れが想定されるが、主軸及び回転子コアは、設計段階において疲労割れが発生しないように考慮された設計となっており、高サイクル疲労が発生する可能性は小さい。

また、点検時に目視点検を行い、これまで割れは確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### b. 固定子コア及び回転子コアの腐食（全面腐食）

代表機器同様、固定子コア及び回転子コアは電磁鋼及び磁極用鋼板であるため腐食の発生が想定されるが、固定子コア及び回転子コア表面は、耐食性の高い絶縁ワニス処理が施されており、屋内空調環境に設置されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、点検時に目視確認及び必要に応じてワニス塗布を行い、これまで有意な腐食は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### c. コレクタリングの摩耗

代表機器同様、コレクタリングはブラシとの摺動部があり、ブラシ設定状態不良及び塵埃の侵入により摩耗が想定されるが、コレクタリング材はブラシ材より硬質であり摩耗の可能性は小さい。

また、屋内空調環境に設置されていることから塵埃による摩耗の可能性も小さい。

さらに、点検時に清掃、目視点検、ブラシ摩耗量測定及び動作時の火花発生有無確認を行い、これまで有意な摩耗は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. フレーム，端子箱，コイルエンドカバー及び軸受台の腐食（全面腐食）

代表機器同様，フレーム，端子箱，コイルエンドカバー及び軸受台は炭素鋼であるため腐食の発生が想定されるが，フレーム，端子箱，コイルエンドカバー及び軸受台表面は防食塗装が施されており，屋内空調環境に設置されていることから，腐食が発生する可能性は小さい。

また，点検時に目視確認を行い，これまで有意な腐食は確認されていない。

したがって，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. 主軸の摩耗

代表機器同様，主軸については，すべり軸受と主軸の接触面において摩耗が想定されるが，軸受には潤滑剤が供給され主軸と軸受間に膜が形成されることから，主軸の摩耗が発生する可能性は小さい。

また，分解点検時に目視点検及び寸法測定を行い，これまで有意な摩耗は確認されていない。

したがって，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f. ロックアウト継電器の導通不良

代表機器同様，ロックアウト継電器は，コイルの通電電流による熱的要因及び吸湿による環境的要因により経年的に劣化が進行し，継電器動作時の振動・衝撃でコイルが断線する可能性がある。

しかし，コイルへの通常電流は非常に少なく，屋内空調環境に設置されていることから，断線による導通不良に至る可能性は小さい。

さらに，点検時に動作試験を行い健全性の確認をしており，これまでの点検結果では有意な導通不良は認められていない。

したがって，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

g. 配線用遮断器の固渋

代表機器同様、配線用遮断器は周囲温度、浮遊塵埃、発熱及び不動作状態の継続により、手動操作機構部の潤滑性能が低下し、摩擦の増大による固渋が想定される。

しかし、屋内空調環境に設置されていることから、周囲温度及び浮遊塵埃による影響は小さい。

また、点検時に動作確認を行い、異常が確認された場合は取り替えを行うこととしている。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

h. 操作スイッチ及び押し釦スイッチの導通不良

代表機器同様、操作スイッチ及び押し釦スイッチは、接点に付着する浮遊塵埃により導通不良が想定されるが、屋内空調環境に設置されていることから、塵埃付着の可能性は小さい。

また、点検時に動作確認を行い、これまで導通不良は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

i. 計器用変流器（貫通形）の絶縁特性低下

代表機器同様、計器用変流器（貫通形）の絶縁材は有機物であるため、熱的、機械的、電氣的及び環境的要因で経年的に劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性がある。

ただし、計器用変流器は静止型の低圧機器であり、屋内空調環境に設置されていることから、機械的、電氣的及び環境的要因による劣化は起きない。

熱的要因については、コイルへの通電電流が少ないことから温度上昇は僅かであり劣化の可能性は小さい。

また、点検時に絶縁抵抗測定を行い健全性の確認をしており、これまでの点検結果では急激な絶縁特性低下は認められていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。



j. 筐体の腐食（全面腐食）

代表機器同様、筐体は炭素鋼であるため腐食の発生が想定されるが、筐体の外表面は防食塗装が施されており、屋内空調環境に設置されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、点検時に目視確認を行い、これまで有意な腐食は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

k. 取付ボルトの腐食（全面腐食）

代表機器同様、取付ボルトは炭素鋼であるため腐食の発生が想定されるが、取付ボルト表面は防食処理が施されており、屋内空調環境に設置されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、点検時に目視確認を行い、これまで有意な腐食は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

l. シリコン整流器の漏れ電流の変化

代表機器同様、長期間の使用に伴い、熱により半導体素子の空乏層が変化して漏れ電流が増加する可能性があるが、設計段階において長期間使用による劣化を考慮していることから、特性が急激に変化する可能性は小さい。

また、点検時に漏れ電流測定を実施し、増加状態を確認し、異常が確認された場合には取り替えを行うこととしている。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

m. すべり軸受の摩耗及びはく離

代表機器同様、すべり軸受はホワイトメタルを軸受に鋳込み溶着しているため摩耗及びはく離が想定される。

しかし、摩耗については、軸受に潤滑剤が供給され主軸と軸受間に膜が形成される構造となっており、分解点検時に目視点検及び主軸と軸受間隙の寸法測定を行い、間隙が基準値に達した場合は取り替えを行うこととしている。

また、はく離についても分解点検時に目視点検及び浸透探傷検査を実施し、必要に応じて取り替えを実施することとしている。

したがって、今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

n. 保護継電器（機械式）の特性変化

代表機器同様、機械式の保護継電器は、誘導円板などの可動部があり、回転軸及び軸受の摩耗により回転摩擦が変化することによる影響で特性が変化する可能性がある。

しかし、保護継電器は電気学会・電気規格調査会標準規格 JEC-174 及び 2500 に基づく 10,000 回の動作試験で異常のないことを確認しており、回転軸及び軸受摩耗による影響の可能性は小さい。

さらに、点検時に動作特性試験を実施しており、これまでの点検結果では有意な特性変化は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

o. 指示計の特性変化

代表機器同様、指示計は、長期間の使用に伴い指示特性に誤差が生じ、精度が確保できなくなる可能性があるが、設計段階において長期間使用による劣化を考慮していることから、特性が急激に変化する可能性は小さい。

また、点検時に特性試験・調整にて特性を確認し、異常が確認された場合には取り替えを行うこととしている。

したがって、今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

p. 信号変換処理部の特性変化

代表機器同様、信号変換処理部は、半導体等を使用しており、長期間の使用により特性が変化する可能性があるが、設計段階において長期間使用による劣化を考慮していることから、特性が急激に変化する可能性は小さい。

また、点検時に動作試験にて特性を確認し、異常が確認された場合には取替を行うこととしている。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

q. 速度変換器及び保護継電器（静止形）の特性変化

代表機器同様、速度変換器及び保護継電器（静止形）は、マイグレーションによる基板内 IC での回路間短絡・断線といった電気回路の不良及び半導体（トランジスタ）の劣化により特性が変化する可能性がある。

しかし、マイグレーション対策については、設計・製造プロセスが改善されており、屋内空調環境に設置されていることから、その発生の可能性は十分小さい。

半導体（トランジスタ）は、長期間の使用により特性が変化する可能性があるが、設計段階において長期間使用による劣化を考慮していることから、特性が急激に変化する可能性は小さい。

また、速度変換器及び保護継電器（静止形）は、点検時に動作試験にて特性を確認し、異常が確認された場合は取り替えを行うこととしている。

したがって、今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

r. 基礎ボルトの腐食（全面腐食）

基礎ボルトの腐食については、代表機器同様「機械設備の技術評価書」にて評価を実施するものとし本評価書には含めていない。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

a. 埋込金物の腐食（全面腐食）

代表機器同様、埋込金物は炭素鋼であるため腐食が発生する可能性は否定できないが、大気接触部は防食塗装を施しており、必要に応じて補修を行っていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、コンクリート埋設部については、コンクリートが中性化した場合に腐食の発生が想定されるが、実機コンクリートにおけるサンプリング結果では、中性化は殆ど見られていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

以 上

## 6 バイタル電源用 CVCF

[対象バイタル電源用 CVCF]

① バイタル電源用 CVCF

## 目 次

1. 対象機器及び代表機器の選定 .....	6-1
2. 代表機器の技術評価 .....	6-2
2.1 構造, 材料及び使用条件 .....	6-2
2.1.1 バイタル電源用 CVCF .....	6-2
2.2 経年劣化事象の抽出 .....	6-5
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目 .....	6-5
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 .....	6-5
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 .....	6-7
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価 .....	6-12

1. 対象機器及び代表機器の選定

バイタル電源用 CVCF の主な仕様を表 1-1 に示す。

この設備としては、バイタル電源用 CVCF のみが対象であることから、これを代表機器とした。

表 1-1 バイタル電源用 CVCF の主な仕様

機器名称 (面数)	仕 様 (定格電圧×定格容量)	重要度*	使用条件
			定格電圧 (V)
バイタル電源用 CVCF (2)	440 V×35 kVA	MS-1	440

\* : 最上位の重要度を示す

## 2. 代表機器の技術評価

本章では、1章で代表機器とした以下のバイタル電源用 CVCF について技術評価を実施する。

### ① バイタル電源用 CVCF

#### 2.1 構造, 材料及び使用条件

##### 2.1.1 バイタル電源用 CVCF

###### (1) 構造

バイタル電源用 CVCF は、自立型配電盤 7 面構成で設置されている。

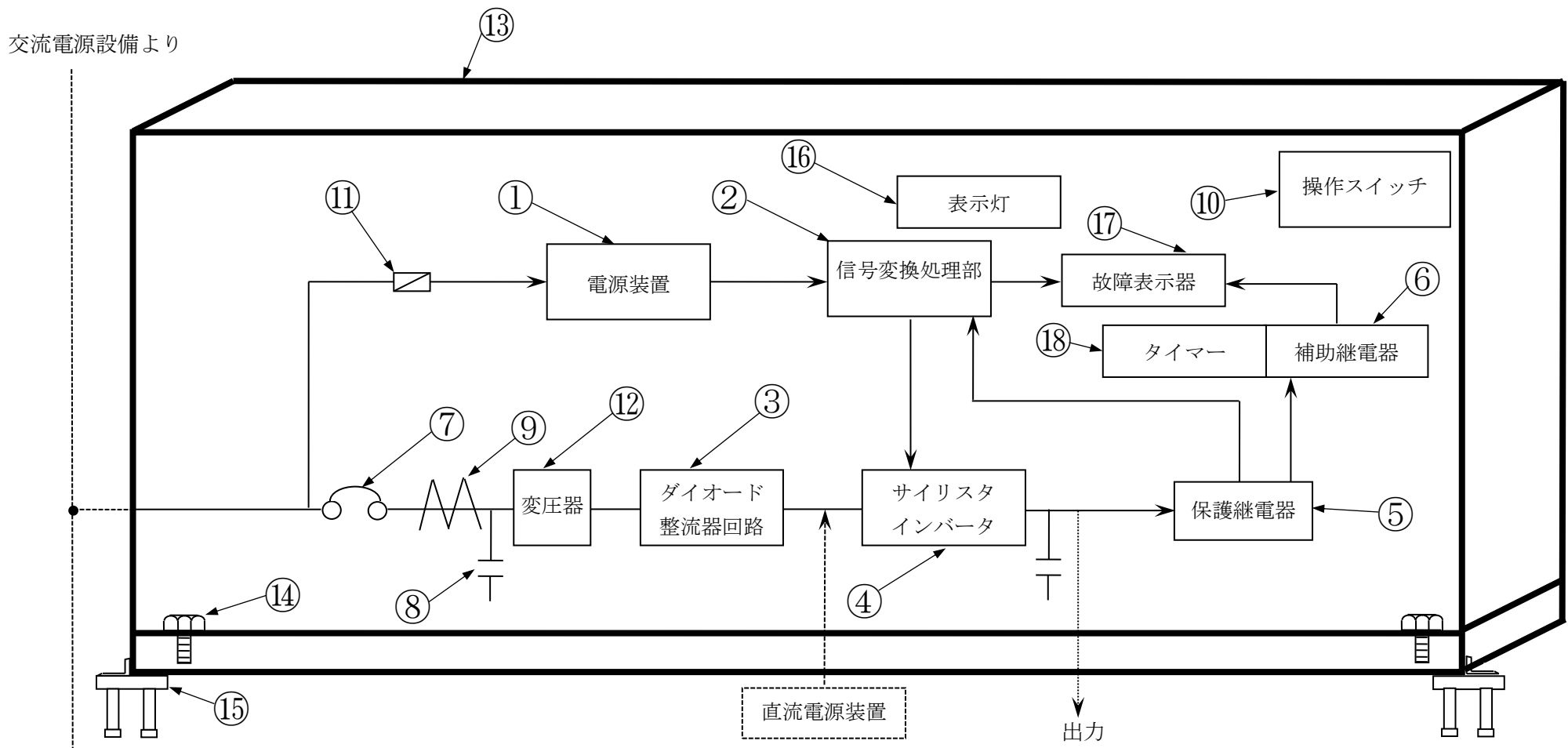
CVCF 機能として、出力電圧制御を行う信号変換処理部、交流を直流に変換するダイオード整流器回路、直流を交流に変換するサイリスタインバータ、信号変換処理部に電源を供給するための電源装置、その他電気回路構成品である配線用遮断器、変圧器、計器用変流器、交流フィルタコンデンサ、保護継電器、補助継電器、ヒューズ、操作スイッチ、タイマー、故障表示器、表示灯、機器を支持するための筐体、取付ボルト、基礎ボルト及び埋込金物からなる。

バイタル電源用 CVCF の構成図を図 2.1-1 に示す。

###### (2) 材料及び使用条件

バイタル電源用 CVCF 主要部位の使用材料を表 2.1-1 に、使用条件を表 2.1-2 に示す。





No.	部 位	No.	部 位	No.	部 位	No.	部 位
①	電源装置	⑥	補助継電器	⑪	ヒューズ	⑯	表示灯
②	信号変換処理部	⑦	配線用遮断器	⑫	変圧器	⑰	故障表示器
③	ダイオード整流器回路	⑧	交流フィルタコンデンサ	⑬	筐体	⑱	タイマー
④	サイリスタインバータ	⑨	計器用変流器	⑭	取付ボルト		
⑤	保護継電器 (静止形)	⑩	操作スイッチ	⑮	埋込金物		

図 2. 1-1 バイタル電源用 CVCF 構成図

表 2.1-1 バイタル電源用 CVCF 主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
制御機能の維持	デジタル制御	電源装置	(定期取替品)
		信号変換処理部	可変抵抗器*, 電解コンデンサ*, 半導体他
		ダイオード整流器回路	半導体
		サイリスタインバータ	半導体
		保護継電器 (静止形)	半導体, 銅, 電解コンデンサ*他
		補助継電器	(定期取替品)
		タイマー	(定期取替品)
		配線用遮断器	銅他
		交流フィルタコンデンサ	(定期取替品)
		計器用変流器	銅 (SA), 絶縁物 (エポキシ樹脂等)
		操作スイッチ	銅他
		故障表示器	(消耗品)
		表示灯	(消耗品)
		ヒューズ	(消耗品)
	変圧器	コイル導体: 銅 鉄心: 電磁鋼 (35A360) コイル絶縁物: アラミド紙, シリコン樹脂 ダクトスペーサ: ガラス材, エポキシ樹脂等	
機器の支持	支持	筐 体	炭素鋼 (SS400)
		取付ボルト	炭素鋼 (SS400)
		埋込金物	炭素鋼 (SS400)

\*: 定期取替品

表 2.1-2 バイタル電源用 CVCF の使用条件

設 置 場 所	屋内
周 囲 温 度	40 °C 以下*

\*: 原子炉建屋内の設計値

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

バイタル電源用 CVCF の機能（電圧調整，周波数調整）を維持するためには，次の項目が必要である。

- ① 制御機能の維持
- ② 機器の支持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

バイタル電源用 CVCF について，機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で，個々の部位の構造，材料，使用条件（周囲温度）及び現在までの運転経験を考慮し，表 2.2-1 に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

なお，消耗品及び定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

故障表示器，表示灯及びヒューズは消耗品，タイマー，電源装置，交流フィルタコンデンサ，電解コンデンサ，可変抵抗器及び補助継電器は定期取替品であり，設計時に長期使用せず取り替えを前提としていることから，高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

(3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

想定される経年劣化事象のうち主要6事象に該当する事象及び下記①, ②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。なお, 下記①, ②に該当する事象については, 2.2.3 項に示すとおり, 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

- ① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって, 想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの (日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△)
- ② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により, 今後も経年劣化の進展が考えられない, または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象 (日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲)

この結果, 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象として以下の事象が抽出された(表 2.2-1 で○)。

a. 変圧器コイルの絶縁特性低下

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

#### a. 保護継電器（静止形）の特性変化

保護継電器（静止形）は、マイグレーションによる基板内 IC での回路間短絡・断線といった電気回路の不良及び半導体等の使用部品の劣化により特性が変化する可能性がある。

しかし、マイグレーション対策については、設計・製造プロセスが改善されており、屋内空調環境に設置されていることから、その発生の可能性は十分小さい。

半導体を使用している保護継電器（静止形）は、長期間の使用により特性が変化する可能性があるが、設計段階において長期間使用による劣化を考慮していることから、特性が急激に変化する可能性は小さい。

また、点検時に動作試験にて特性を確認し、異常が確認された場合は取り替えを行うこととしている。

したがって、今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### b. ダイオード整流器回路、サイリスタインバータ及び信号変換処理部の特性変化

ダイオード整流器回路及びサイリスタインバータは、長期間の使用に伴い、熱により半導体素子の空乏層が変化して漏れ電流が増加する可能性があるが、設計段階において長期間使用による劣化を考慮していることから、特性が急激に変化する可能性は小さい。

信号変換処理部は、電解コンデンサ等の使用部品の劣化や電気回路の不良により特性が変化する可能性があるが、特性変化の主要因である電解コンデンサについては、大きな劣化をきたす前に定期的に取り替えている。

また、電気回路の不良はマイグレーションによる基板内 IC での回路間短絡及び断線が挙げられるが、マイグレーション対策については、設計・製造プロセスが改善されており、屋内空調環境に設置されていることから、その発生の可能性は十分小さい。

さらに、ダイオード整流器回路、サイリスタインバータ及び信号変換処理部は、点検時に動作試験にて特性を確認し、異常が確認された場合には取り替えを行うこととしている。

したがって、今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. 操作スイッチの導通不良

操作スイッチは、接点に付着する浮遊塵埃により導通不良が想定されるが、屋内空調環境に設置されていることから、塵埃付着の可能性は小さい。

また、点検時に動作確認を行い、これまで導通不良は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. 配線用遮断器の固渋

配線用遮断器は周囲温度、浮遊塵埃、発熱及び不動作状態の継続により、手動操作機構部の潤滑性能が低下し、摩擦の増大による固渋が想定される。

しかし、屋内空調環境に設置されていることから、周囲温度及び浮遊塵埃による影響は小さい。

また、点検時に動作確認を行い、異常が確認された場合は取り替えを行うこととしている。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. 計器用変流器の絶縁特性低下

計器用変流器の絶縁物は有機物であるため、熱的、機械的、電氣的及び環境的要因で経年的に劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性がある。

ただし、計器用変流器は静止型の低電圧機器であり屋内空調環境に設置されていることから、機械的、電氣的及び環境的要因による劣化は起きない。

熱的要因については、コイルへの通電電流が少ないことから温度上昇は僅かであり劣化の可能性は小さい。

さらに、点検時に絶縁抵抗測定を行い健全性の確認をしており、これまでの点検結果では急激な絶縁特性低下は認められていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f. 筐体の腐食（全面腐食）

筐体は炭素鋼であるため腐食の発生が想定されるが、筐体の外表面は防食塗装が施されており、屋内空調環境に設置されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、点検時に目視確認を行い、これまで有意な腐食は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

g. 取付ボルトの腐食（全面腐食）

取付ボルトは炭素鋼であるため腐食の発生が想定されるが、取付ボルト表面は防食処理が施されており、屋内空調環境に設置されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、点検時に目視確認を行い、これまで有意な腐食は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

a. 埋込金物の腐食（全面腐食）

埋込金物は炭素鋼であるため腐食が発生する可能性は否定できないが、大気接触部は防食塗装を施しており、必要に応じて補修を行っていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、コンクリート埋設部については、コンクリートが中性化した場合に腐食の発生が想定されるが、実機コンクリートにおけるサンプリング結果では、中性化は殆ど見られていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。



表 2.2-1 バイタル電源用 CVCF に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考	
					減 肉		割 れ		絶 縁	導 通	信 号		その他
					摩 耗	腐 食	疲 勞 割 れ	応 力 腐 食 割 れ	絶 縁 特 性 低 下	導 通 不 良	特 性 変 化		
制御機能の維持	デジタル制御	電源装置	◎										*1:固渋 *2:コイル *3:電解コンデンサ、可変抵抗器 *4:電解コンデンサ
		信号変換処理部	◎*3	半導体他							△		
		ダイオード整流器回路		半導体							△		
		サイリスタインバータ		半導体							△		
		保護継電器（静止形）	◎*4	半導体、銅他							△		
		補助継電器	◎										
		タイマー	◎										
		配線用遮断器		銅他								△*1	
		交流フィルタコンデンサ	◎										
		計器用変流器		銅、絶縁物					△				
		操作スイッチ		銅他						△			
		故障表示器	◎										
		表示灯	◎										
		ヒューズ	◎										
変圧器		銅、絶縁物他					○*2						
機器の支持	支持	筐体		炭素鋼		△							
		取付ボルト		炭素鋼		△							
		埋込金物		炭素鋼		▲							

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

## 2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

### (1) 変圧器コイルの絶縁特性低下

#### a. 事象の説明

変圧器コイルの絶縁物は有機物であるため、熱による特性変化、絶縁物に付着する埃、絶縁物中のボイド等での放電等、機械的、熱的、電氣的及び環境的要因により経年的に劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性がある。

ただし、変圧器は低電圧の静止型機器であるため、電氣的及び機械的な劣化は起きないと考えられる。

#### b. 技術評価

##### ① 健全性評価

変圧器コイルの絶縁特性低下要因としては、コイルの通電電流による熱的劣化、絶縁物表面に埃が付着・吸湿して沿面絶縁を低下させる環境的劣化があるが、これまでの点検実績から最も絶縁特性低下に影響を及ぼす要因は熱的劣化であることから、長期間の使用を考慮すると絶縁特性低下が起こる可能性は否定できない。

##### ② 現状保全

変圧器コイルの絶縁特性低下に対しては、点検時に絶縁物の変色有無や塵埃付着の有無等の目視点検、清掃及び絶縁抵抗測定を行い、有意な熱劣化及び絶縁特性低下のないことを確認している。

また、これらの点検で有意な絶縁特性の低下が認められた場合は、補修または取り替えることとしている。

##### ③ 総合評価

変圧器コイルの絶縁特性低下の可能性は否定できないが、現状保全にて絶縁特性の低下は把握可能である。

また、今後も定期的な目視点検、清掃及び絶縁抵抗測定を実施し、絶縁特性低下を監視していくとともに、必要に応じて補修、取り替えの適切な対応をとることにより、当面の冷温停止維持における健全性は維持できると判断する。

#### c. 高経年化への対応

変圧器コイルの絶縁特性低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に追加すべき項目はなく、今後も現状保全を継続していく。

以 上

## 7 直流電源設備

[対象直流電源装置]

- ① 125V 蓄電池
- ② 125V 充電器盤

## 目 次

1. 対象機器及び代表機器の選定 .....	7-1
2. 代表機器の技術評価 .....	7-2
2.1 構造, 材料及び使用条件 .....	7-2
2.1.1 125 V 蓄電池 .....	7-2
2.1.2 125 V 充電器盤 .....	7-5
2.2 経年劣化事象の抽出 .....	7-8
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目 .....	7-8
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 .....	7-8
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 .....	7-10
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価 .....	7-16

1. 対象機器及び代表機器の選定

直流電源設備のうち、対象となる直流電源設備の主な仕様を表 1-1 に示す。

この設備としては、125V 蓄電池及び 125V 充電器盤が対象であることから、これらを代表機器とした。

表 1-1 直流電源設備の主な仕様

機器名称 (組数)	仕様 (蓄電池 : 定格容量) (充電器盤 : 定格電圧× 定格電流)	重要度*	使用条件	
			設置場所	周囲温度 (°C)
125 V 蓄電池 (3)	4,000 Ah	MS-1	屋内	40 以下
	3,000 Ah	MS-1	屋内	40 以下
	500 Ah	MS-1	屋内	40 以下
125 V 充電器盤 (3)	125 V × 650 A	MS-1	屋内	40 以下
	125 V × 60 A	MS-1	屋内	40 以下

\* : 最上位の重要度を示す

## 2. 代表機器の技術評価

本章では、1章で代表機器とした以下の直流電源設備について技術評価を実施する。

- ① 125 V 蓄電池
- ② 125 V 充電器盤

### 2.1 構造, 材料及び使用条件

#### 2.1.1 125 V 蓄電池

##### (1) 構造

125 V 蓄電池は、4,000Ah(10 時間率), 3,000Ah(10 時間率), 500Ah(10 時間率), それぞれ 60 セルを 1 組として設置されている。

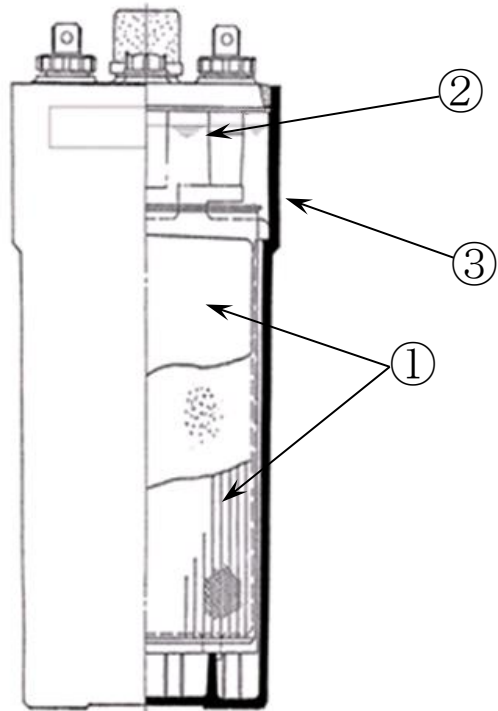
125 V 蓄電池は、架台上にセル (単電池) 毎に設置され, 各々直列に接続され固定されている。

また, 各セルは, 極板, 電解液及び電槽から構成されており, 架台によって支持されている。

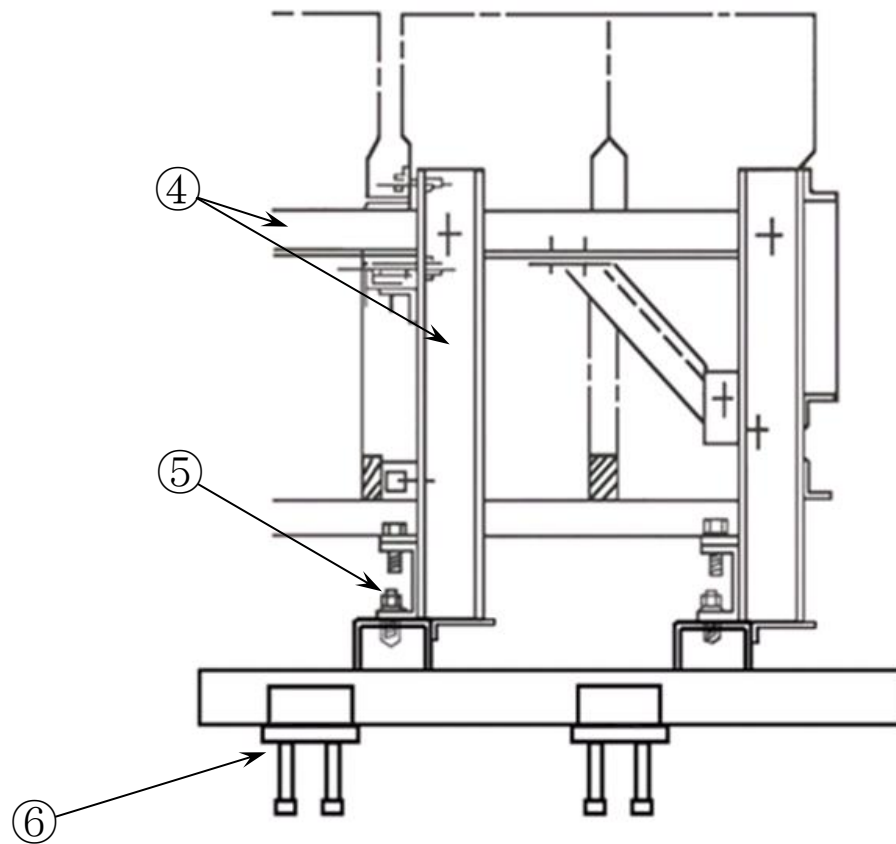
125 V 蓄電池の構造図を図 2.1-1 に示す。

##### (2) 材料及び使用条件

125 V 蓄電池主要部位の使用材料を表 2.1-1 に, 使用条件を表 2.1-2 に示す。



蓄電池内部構造図 (単体セル)



蓄電池据付図

No.	部 位	No.	部 位
①	極板	④	架台
②	電解液	⑤	取付ボルト
③	電槽	⑥	埋込金物

図2.1-1 125 V 蓄電池構造図

表 2.1-1 125 V 蓄電池主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
蓄電・給電機能の維持	蓄電・給電	極板	鉛地金
		電解液	(消耗品)
		電槽	合成樹脂 (SBA S 0403)
機器の支持	支持	架台	炭素鋼 (SS400)
		取付ボルト	炭素鋼 (SWRCH17R)
		埋込金物	炭素鋼 (SS400)

表 2.1-2 125 V 蓄電池の使用条件

設置場所	屋内
周囲温度	40 °C以下*

\*：原子炉建屋内の設計値



## 2.1.2 125 V 充電器盤

### (1) 構造

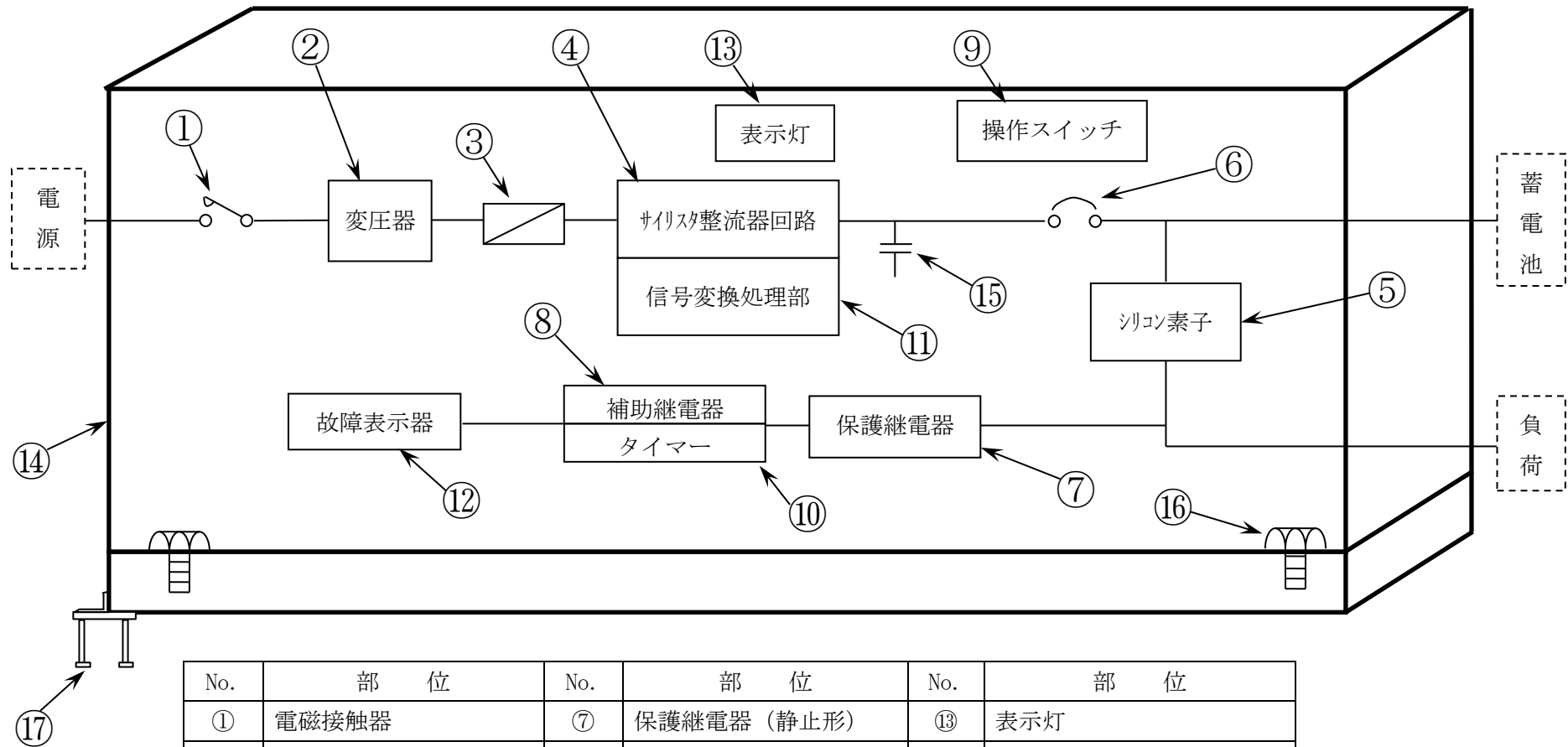
125 V 充電器盤は、自立型配電盤 1 面または 2 面構成で設置されている。

盤内には回路を開閉する電磁接触器及び配線用遮断器、電圧を変換する変圧器、交流一直流変換を行うサイリスタ整流器回路、整流器への信号を変換する信号変換処理部、異常検出を行う保護継電器、その他電気回路構成部品であるシリコン素子、電解コンデンサ、補助継電器、タイマー、故障表示器、操作スイッチ、ヒューズ、表示灯、機器を支持するための筐体及び取付ボルトから構成されている。

125V 充電器盤の構成図を図 2.1-2 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

125 V 充電器盤主要部位の使用材料を表 2.1-3 に、使用条件を表 2.1-4 に示す。



No.	部 位	No.	部 位	No.	部 位
①	電磁接触器	⑦	保護継電器 (静止形)	⑬	表示灯
②	変圧器	⑧	補助継電器	⑭	筐体
③	ヒューズ	⑨	操作スイッチ	⑮	電解コンデンサ
④	サイリスタ整流器回路	⑩	タイマー	⑯	取付ボルト
⑤	シリコン素子	⑪	信号変換処理部	⑰	埋込金物
⑥	配線用遮断器	⑫	故障表示器		

図2.1-2 125 V 充電器盤主要機器構成図

表 2.1-3 125 V 充電器盤主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
順変換機能の維持	直流電源の確保	電磁接触器	(定期取替品)
		変圧器	導体：銅線 鉄心：珪素鋼板 コイル絶縁物：アラミド絶縁紙
		ヒューズ	(消耗品)
		サイリスタ整流器回路	半導体他
		シリコン素子	(定期取替品)
		配線用遮断器	銅，鉄，樹脂他
		保護継電器（静止形）	電解コンデンサ*，可変抵抗器*，半導体他
		操作スイッチ	銅，樹脂他
		タイマー	(定期取替品)
		補助継電器	(定期取替品)
		信号変換処理部	電解コンデンサ*，可変抵抗器*，半導体他
		故障表示器	(消耗品)
		表示灯	(消耗品)
		電解コンデンサ	(定期取替品)
機器の支持	支持	筐体	炭素鋼 (SS400)
		取付ボルト	炭素鋼 (SS400)
		埋込金物	炭素鋼 (SS400)

\*：定期取替品

表2.1-4 125 V 充電器盤の使用条件

設置場所	屋内
周囲温度	40 °C以下*

\*：原子炉建屋内の設計値

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

直流電源設備の機能である蓄電・給電機能を維持するためには、次の項目が必要である。

- ① 蓄電・給電機能の維持
- ② 順変換機能の維持
- ③ 機器の支持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

直流電源設備について、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の構造、材料、使用条件（周囲温度）及び現在までの運転経験を考慮し、表 2.2-1 に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

なお、消耗品及び定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

故障表示器、表示灯、ヒューズ及び蓄電池の電解液は消耗品、充電器盤のタイマー、電磁接触器、補助継電器、電解コンデンサ、可変抵抗器及びシリコン素子は定期取替品であり、設計時に長期使用せず取り替えを前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

#### (3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

想定される経年劣化事象のうち主要6事象に該当する事象及び下記①、②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。なお、下記①、②に該当する事象については、2.2.3項に示すとおり、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

- ① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△）
- ② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲）

この結果，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象として以下の事象が抽出された（表 2.2-1 で○）。

- a. 変圧器コイルの絶縁特性低下 [125V 充電器盤]

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

#### a. 保護継電器（静止形）の特性変化 [125 V 充電器盤]

保護継電器（静止形）は、マイグレーションによる基板内 IC での回路間短絡・断線といった電気回路の不良及び半導体（トランジスタ）の劣化により特性が変化する可能性がある。

しかし、マイグレーション対策については、設計・製造プロセスが改善されており、屋内空調環境に設置されていることから、その発生の可能性は十分小さい。

半導体（トランジスタ）は、長期間の使用により特性が変化する可能性があるが、設計段階において長期間使用による劣化を考慮していることから、特性が急激に変化する可能性は小さい。

また、点検時に動作試験にて特性を確認し、異常が確認された場合は取り替えを行うこととしている。

したがって、今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### b. 信号変換処理部の特性変化 [125 V 充電器盤]

信号変換処理部は、電解コンデンサ等の使用部品の劣化や電気回路の不良により特性が変化する可能性があるが、特性変化の主要因である電解コンデンサについては、大きな劣化をきたす前に定期的に取り替えている。

また、電気回路の不良はマイグレーションによる基板内 IC での回路間短絡及び断線が挙げられるが、マイグレーション対策については、設計・製造プロセスが改善されており、屋内空調環境に設置されていることから、その発生の可能性は十分小さい。

さらに、点検時に動作試験にて特性を確認し、異常が確認された場合には取り替えを行うこととしている。

したがって、今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### c. サイリスタ整流器回路の特性変化 [125 V 充電器盤]

サイリスタ整流器回路は、半導体等を使用しており、長期間の使用により特性が変化する可能性があるが、設計段階において長期間使用による劣化を考慮していることから、特性が急激に変化する可能性は小さい。

また、点検時に波形測定を実施し、異常が確認された場合には取り替えを行うこととしている。

したがって、今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. 取付ボルトの腐食（全面腐食） [共通]

取付ボルトは炭素鋼であるため腐食の発生が想定されるが、取付ボルト表面は防食処理が施されており、屋内空調環境に設置されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、点検時に目視確認を行い、これまで有意な腐食は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. 架台の腐食（全面腐食） [125 V 蓄電池]

架台は炭素鋼であるため腐食の発生が想定されるが、架台表面は防食塗装が施されており、屋内空調環境に設置されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、点検時に目視確認を行い、これまで有意な腐食は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f. 配線用遮断器の固渋 [125 V 充電器盤]

配線用遮断器は周囲温度、浮遊塵埃、発熱及び不動作状態の継続により、手動操作機構部の潤滑性能が低下し、摩擦の増大による固渋が想定される。

しかし、屋内空調環境に設置されていることから、周囲温度及び浮遊塵埃による影響は少ない。

さらに、点検時に動作確認を行い、異常が確認された場合は取り替えを行うこととしている。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

g. 操作スイッチの導通不良 [125 V 充電器盤]

操作スイッチは、接点に付着する浮遊塵埃により導通不良が想定されるが、屋内空調環境に設置されていることから、塵埃付着の可能性は小さい。

また、点検時に動作確認を行い、これまで導通不良は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

h. 筐体の腐食（全面腐食） [125 V 充電器盤]

筐体は炭素鋼であるため腐食の発生が想定されるが、筐体の外表面は防食塗装が施されており、屋内空調環境に設置されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、点検時に目視確認を行い、これまで有意な腐食は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

i. 電槽の割れ、変形 [125 V 蓄電池]

電槽は、電解液の減少により極板が露出、発熱し、内部圧力が上昇することによる電槽の割れ、変形が想定されるが、電槽上部の排気栓から内部圧力を放出できることから、電槽の割れ、変形の可能性は小さい。

また、点検時に目視確認を行い、これまで割れ、変形は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

j. 極板の腐食 [125 V 蓄電池]

蓄電池の極板は、長期間の使用に伴い腐食し、蓄電池の容量を低下させる可能性があるが、電解液液位及び電解液比重が維持されていることから、極板に腐食が発生する可能性は小さい。

また、点検時に浮動充電電流測定、蓄電池容量測定及び電解液比重測定を行っており、これまで有意な腐食は確認されていない。

さらに、蓄電池容量測定等により異常が認められた場合には取り替えを行うこととしている。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。



(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

a. 埋込金物の腐食（全面腐食）〔共通〕

埋込金物は炭素鋼であるため腐食が発生する可能性は否定できないが、大気接触部は防食塗装を施しており、必要に応じて補修を行っていることから、腐食の発生する可能性は小さい。

また、コンクリート埋設部については、コンクリートが中性化した場合に腐食の発生が想定されるが、実機コンクリートにおけるサンプリング結果では、中性化は殆ど見られていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

表 2.2-1 (1/2) 125 V 蓄電池に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象								備 考
					減 肉		割 れ		絶縁	導通	信号	その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁特性低下	導通不良	特性変化		
蓄電・給電機能の維持	蓄電・給電	極板		鉛地金		△							*1: 電槽の割れ, 変形
		電解液	◎										
		電槽		合成樹脂								△*1	
機器の支持	支 持	架台		炭素鋼		△							
		取付ボルト		炭素鋼		△							
		埋込金物		炭素鋼		▲							

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表 2.2-1 (2/2) 125 V 充電器盤に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期 取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象								備 考
					減 肉		割 れ		絶縁	導通	信号	その他	
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	絶縁特 性低下	導通 不良	特性 変化		
順変換機能の 維持	直流電源 の確保	電磁接触器	◎										*1:固渋 *2:コイル *3:電解コンデンサ, 可変抵抗器
		変圧器		銅線, 珪素鋼板, アラミド絶縁紙					○*2				
		ヒューズ	◎										
		サイリスタ整流器回路		半導体他							△		
		シリコン素子	◎										
		配線用遮断器		銅他								△*1	
		保護継電器 (静止形)	◎*3	半導体他							△		
		操作スイッチ		銅他							△		
		タイマー	◎										
		補助継電器	◎										
		信号変換処理部	◎*3	半導体他							△		
		故障表示器	◎										
		表示灯	◎										
電解コンデンサ	◎												
機器の支持	支持	筐体		炭素鋼		△							
		取付ボルト		炭素鋼		△							
		埋込金物		炭素鋼		▲							

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 (日常劣化管理事象)

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 (日常劣化管理事象以外)

## 2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

### (1) 変圧器コイルの絶縁特性低下 [125V 充電器盤]

#### a. 事象の説明

変圧器コイルの絶縁物は有機物であるため、熱による特性変化、絶縁物に付着する埃、絶縁物中のボイド等での放電等、機械的、熱的、電氣的及び環境的要因により経年的に劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性がある。

ただし、変圧器は低電圧の静止型機器であるため、電氣的及び機械的な劣化は起きないと考えられる。

#### b. 技術評価

##### ① 健全性評価

変圧器コイルの絶縁特性低下要因としては、コイルの通電電流による熱的劣化及び絶縁物表面に埃が付着・吸湿して沿面絶縁を低下させる環境的劣化があるが、これまでの点検実績から最も絶縁特性低下に影響を及ぼす要因は熱的劣化であることから、長期間の使用を考慮すると絶縁特性低下が起こる可能性は否定できない。

##### ② 現状保全

変圧器コイルの絶縁特性低下に対しては、点検時に絶縁物の変色有無や塵埃付着の有無等の目視点検、清掃及び絶縁抵抗測定を行い、有意な熱劣化及び絶縁特性低下のないことを確認している。

また、これらの点検で有意な絶縁特性の低下が認められた場合は、補修または取り替えることとしている。

##### ③ 総合評価

変圧器コイルの絶縁特性低下の可能性は否定できないが、現状保全にて絶縁特性の低下は把握可能である。

また、今後も定期的な目視点検、清掃及び絶縁抵抗測定を実施し、絶縁特性低下を監視していくとともに、必要に応じて補修または取り替えの適切な対応をとることにより、当面の冷温停止維持における健全性は維持できると判断する。

#### c. 高経年化への対応

変圧器コイルの絶縁特性低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に対し追加すべき項目はなく、今後も現状保全を継続していく。

以 上

## 8 計測用変圧器

[対象計測用変圧器]

- ① 中央制御室計測用変圧器
- ② HPCS 計測用変圧器

## 目 次

1. 対象機器及び代表機器の選定 .....	8-1
1.1 グループ化の考え方及び結果 .....	8-1
1.2 代表機器の選定 .....	8-1
2. 代表機器の技術評価 .....	8-3
2.1 構造, 材料及び使用条件 .....	8-3
2.1.1 中央制御室計測用変圧器 .....	8-3
2.2 経年劣化事象の抽出 .....	8-6
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目 .....	8-6
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 .....	8-6
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 .....	8-7
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価 .....	8-10
3. 代表機器以外への展開 .....	8-11
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 .....	8-11
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 .....	8-12

## 1. 対象機器及び代表機器の選定

計測用変圧器のうち、対象となる計測用変圧器の主な仕様を表 1-1 に示す。

これらの計測用変圧器をグループ化し、代表機器を選定した。

### 1.1 グループ化の考え方及び結果

分類基準である電圧区分、型式及び設置場所とも同じであるため 1 グループとする。

### 1.2 代表機器の選定

計測用変圧器のグループには、中央制御室計測用変圧器と HPCS 計測用変圧器が属するが、容量の観点から、中央制御室計測用変圧器を代表機器とする。

表 1-1 計測用変圧器のグループ化と代表機器の選定

分類基準			機器名称 (台数)	仕様 (定格容量)	選定基準			選定	選定理由	
電圧区分	型式	設置場所			重要度*	使用条件				
						定格容量 (kVA)	一次電圧 (V)			二次電圧 (V)
低圧	シリコン 乾式	屋内	中央制御室計測用変圧器 (2)	50 kVA	MS-1	50	480	240/120	◎	容量
			HPCS 計測用変圧器 (1)	10 kVA	MS-1	10	480	240/120		

◎：代表機器

\*：最上位の重要度を示す



## 2. 代表機器の技術評価

本章では、1章で代表機器とした以下の計測用変圧器について技術評価を実施する。

### ① 中央制御室計測用変圧器

#### 2.1 構造、材料及び使用条件

##### 2.1.1 中央制御室計測用変圧器

###### (1) 構造

中央制御室計測用変圧器は、定格容量 50 kVA、一次電圧 480 V、二次電圧 240/120 V の単相二巻線のシリコン乾式変圧器が設置されている。

中央制御室計測用変圧器は、変圧器本体及び付属品で構成されており、変圧器本体は電流回路となるコイルと磁気回路となる鉄心及びコイルの絶縁を保持する絶縁物から構成されている。

コイルは細分された銅線を必要回数巻いて構成されており、銅線間、コイル間やコイルと鉄心間はガラス繊維とフェノール製のダクトスペーサ（間隔片）を挿入して固定されている。

また、これら絶縁物によって保たれている空隙も絶縁の大きな要素であり、また冷却媒体となっている。

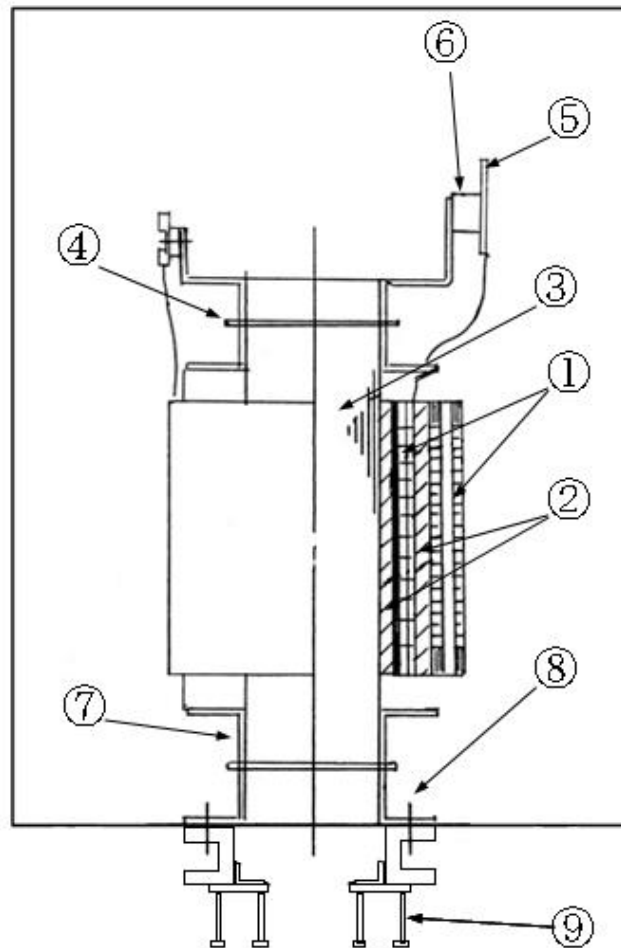
鉄心は二脚鉄心で主脚は各コイルの内側を貫通し、各コイルの上下部側で閉路となるように構成され、鉄心締付ボルトで保持・固定されている。

なお、巻線及び鉄心で発生する熱は、空気の自然対流により放熱される構造（自冷式）となっている。

中央制御室計測用変圧器の構造図を図 2.1-1 に示す。

###### (2) 材料及び使用条件

中央制御室計測用変圧器主要部位の使用材料を表 2.1-1 に、使用条件を表 2.1-2 に示す。



No.	部 位
①	変圧器コイル
②	ダクトスペーサ
③	鉄心
④	鉄心締付ボルト
⑤	接続導体
⑥	支持碍子
⑦	クランプ
⑧	取付ボルト
⑨	埋込金物

図 2.1-1 中央制御室計測用変圧器の構造図

表 2. 1-1 中央制御室計測用変圧器主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
電圧変成機能の維持	電圧変成	変圧器コイル	コイル導体：銅 絶縁物：ガラス繊維，シリコン樹脂
		ダクトスペーサ	ガラス繊維， フェノール樹脂
		鉄心	電磁鋼（S14）
		鉄心締付ボルト	炭素鋼（SS400）
		接続導体	銅（C1100）
		支持碍子	磁器
機器の支持	支持	クランプ	炭素鋼（SS400）
		取付ボルト	炭素鋼（SS400）
		埋込金物	炭素鋼（SS400）

表 2. 1-2 中央制御室計測用変圧器の使用条件

定格容量	50 kVA
定格電圧	一次：480 V 二次：240/120 V
使用場所	屋内
周囲温度	40 °C以下*

\*：原子炉建屋内の設計値

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

計測用変圧器の機能である電圧変成機能を維持するためには、次の項目が必要である。

- ① 電圧変成機能の維持
- ② 機器の支持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

中央制御室計測用変圧器について、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の構造、材料、使用条件（電圧・温度等）及び現在までの運転経験を考慮し、表 2.2-1 に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

なお、消耗品及び定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

中央制御室計測用変圧器には、消耗品及び定期取替品はない。

#### (3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

想定される経年劣化事象のうち主要 6 事象に該当する事象及び下記①、②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。なお、下記①、②に該当する事象については、2.2.3 項に示すとおり、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

- ① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△）
- ② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲）

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象として以下の事象が抽出された（表 2.2-1 で○）。

#### a. 変圧器コイルの絶縁特性低下

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

#### a. 鉄心の腐食（全面腐食）

鉄心は電磁鋼であり腐食の発生が想定されるが、鉄心表面は防食塗装が施されており、屋内空調環境に設置されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、点検時に目視確認を行い、これまで有意な腐食は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### b. 接続導体の腐食（全面腐食）

接続導体は銅であり腐食の発生が想定されるが、屋内空調環境に設置されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、点検時に目視確認を行い、これまで有意な腐食は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### c. 鉄心締付ボルトの腐食（全面腐食）

鉄心締付ボルトは炭素鋼であり腐食の発生が想定されるが、ボルトの外表面は防食処理が施されており、屋内空調環境に設置されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、点検時に目視確認を行い、これまで有意な腐食は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### d. クランプ及び取付ボルトの腐食（全面腐食）

クランプ及び取付ボルトは炭素鋼であり腐食の発生が想定されるが、クランプ表面及び取付ボルト表面は防食処理が施されており、屋内空調環境に設置されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、点検時に目視確認を行い、これまで有意な腐食は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. 支持碍子の絶縁特性低下

支持碍子は機械的要因による劣化及び、環境的要因による塵埃付着により、絶縁特性低下が想定されるが、静止型の機器であることから、機械的要因による劣化は起きない。また、点検時に清掃を実施しており絶縁特性低下の可能性は小さい。

また、点検時に赤外線温度測定を行い、これまで有意な異常は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- (2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

a. 埋込金物の腐食（全面腐食）

埋込金物は炭素鋼であるため腐食が発生する可能性は否定できないが、大気接触部は防食塗装を施しており、必要に応じて補修を行っていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、コンクリート埋設部については、コンクリートが中性化した場合に腐食の発生が想定されるが、実機コンクリートにおけるサンプリング結果では、中性化は殆ど見られていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

表 2.2-1 中央制御室計測用変圧器に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経年劣化事象							備 考	
					減 肉		割 れ		絶縁	導通	信号		その他
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁特性低下	導通不良	特性変化		
電圧変成機能の維持	電圧変成	変圧器コイル		銅, ガラス繊維, シリコン樹脂					○				
		ダクトスペーサ		フェノール樹脂 ガラス繊維									
		鉄心		電磁鋼		△							
		接続導体		銅		△							
		鉄心締付ボルト		炭素鋼		△							
		支持碍子		磁器					△				
機器の支持	支持	クランプ		炭素鋼		△							
		取付ボルト		炭素鋼		△							
		埋込金物		炭素鋼		▲							

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

## 2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

### (1) 変圧器コイルの絶縁特性低下

#### a. 事象の説明

変圧器コイルの絶縁に使用しているシリコン樹脂は有機物を含むため、熱による特性変化、絶縁物に付着する埃、絶縁物中のボイド等での放電等、機械的、熱的、電氣的及び環境的要因により経年的に劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性がある。

ただし、変圧器は低圧の静止型機器であるため、電氣的及び機械的な劣化は起きないと考えられる。

#### b. 技術評価

##### ① 健全性評価

変圧器コイルの絶縁特性低下要因としては、コイルの通電電流による熱的劣化、絶縁物表面に埃が付着・吸湿して沿面絶縁を低下させる環境的劣化があるが、これまでの点検実績から最も絶縁特性低下に影響を及ぼす要因は熱的劣化であることから、長期間の使用を考慮すると絶縁特性低下が起こる可能性は否定できない。

##### ② 現状保全

変圧器コイルの絶縁特性低下に対しては、点検時に絶縁物の変色有無や塵埃付着の有無等の目視点検、清掃及び赤外線温度測定を行い、有意な熱劣化及び異常のないことを確認している。

また、これらの点検で有意な異常が認められた場合は補修または取り替えることとしている。

##### ③ 総合評価

変圧器コイルの絶縁特性低下の可能性は否定できないが、定期的な目視点検、清掃及び赤外線温度測定を実施し、異常を監視していくとともに、必要に応じて補修、取り替えの適切な対応をとることにより、当面の冷温停止状態における健全性は維持できると判断する。

#### c. 高経年化への対応

変圧器コイルの絶縁特性低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に対し追加すべき項目はなく、今後も現状保全を継続していく。



### 3. 代表機器以外への展開

本章では、2章で実施した代表機器の技術評価について1章で代表機器となっていない機器への展開について検討した。

#### ① HPCS 計測用変圧器

#### 3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

##### a. 変圧器コイルの絶縁特性低下

代表機器同様、変圧器コイルの絶縁物は有機物であるため、機械的、熱的、電氣的及び環境的要因で経年的に劣化進行し絶縁特性低下を起こす可能性があるが、これまでの点検実績から最も影響を及ぼす要因は熱的劣化である。

しかし、定期的に行う目視による絶縁物の変色有無や塵埃付着の有無等の目視点検、清掃及び赤外線温度測定を行い、有意な異常が認められた場合は、補修または取り替えることとしている。

また、点検時に目視点検、清掃及び赤外線温度測定を行っており、必要に応じて取り替えをすることにより、健全性は維持できると判断する。

したがって、高経年化対策の観点から現状の保全内容に追加すべき項目はない。

### 3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

#### a. 鉄心の腐食（全面腐食）

代表機器同様、鉄心は電磁鋼であり腐食の発生が想定されるが、鉄心表面は防食塗装が施されており、屋内空調環境に設置されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、点検時に目視確認を行い、これまで有意な腐食は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### b. 接続導体の腐食（全面腐食）

代表機器同様、接続導体は銅であり腐食の発生が想定されるが、屋内空調環境に設置されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、点検時に目視確認を行い、これまで有意な腐食は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### c. 鉄心締付ボルトの腐食（全面腐食）

代表機器同様、鉄心締付ボルトは炭素鋼であり腐食の発生が想定されるが、ボルトの外表面は防食処理が施されており、屋内空調環境に設置されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、点検時に目視確認を行い、これまで有意な腐食は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### d. クランプ及び取付ボルトの腐食（全面腐食）

代表機器同様、クランプ及び取付ボルトは炭素鋼であり腐食の発生が想定されるが、クランプ表面及び取付ボルト表面は防食処理が施されており、屋内空調環境に設置されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、点検時に目視確認を行い、これまで有意な腐食は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. 支持碍子の絶縁特性低下

代表機器同様，支持碍子は機械的要因による劣化及び，環境的要因による塵埃付着により，絶縁特性低下が想定されるが，計測用変圧器は，静止型の低圧機器であることから，機械的及び電氣的による劣化は起きない。環境的要因については，点検時に清掃を実施しており絶縁特性低下の可能性は小さい。

また，点検時に赤外線温度測定を行い，これまで有意な異常は確認されていない。

したがって，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

a. 埋込金物の腐食（全面腐食）

代表機器同様，埋込金物は炭素鋼であるため腐食が発生する可能性は否定できないが，大気接触部は防食塗装を施しており，必要に応じて補修を行っていることから，腐食が発生する可能性は小さい。

また，コンクリート埋設部については，コンクリートが中性化した場合に腐食の発生が想定されるが，実機コンクリートにおけるサンプリング結果では，中性化は殆ど見られていない。

したがって，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

以 上

## 9 計測用分電盤

[対象計測用分電盤]

- ①交流計測用分電盤
- ②バイタル計測用分電盤
- ③直流分電盤

## 目 次

1. 対象機器及び代表機器の選定 .....	9-1
1.1 グループ化の考え方及び結果 .....	9-1
1.2 代表機器の選定 .....	9-1
2. 代表機器の技術評価 .....	9-3
2.1 構造, 材料及び使用条件 .....	9-3
2.1.1 交流計測用分電盤 .....	9-3
2.2 経年劣化事象の抽出 .....	9-6
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目 .....	9-6
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 .....	9-6
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 .....	9-7
3. 代表機器以外への展開 .....	9-10
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象.....	9-10
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象.....	9-10

## 1. 対象機器及び代表機器の選定

計測用分電盤のうち、対象となる計測用分電盤の主な仕様を表 1-1 に示す。

これらの計測用分電盤をグループ化し、それぞれのグループより代表機器を選定した。

### 1.1 グループ化の考え方及び結果

分類基準である、電圧区分、型式及び設置場所とも同じであるため 1 グループとする。

### 1.2 代表機器の選定

計測用分電盤のグループには、交流計測用分電盤、バイタル計測用分電盤及び直流分電盤が含まれるが、重要度、主要な負荷が多い交流計測用分電盤を代表機器とする。

表 1-1 計測用分電盤のグループ化と代表機器の選定

分類基準			名称 (面数)	仕様 (定格母線電圧)	選定基準		選定	選定理由
					重要度*	使用条件 定格母線電圧 (V)		
電圧区分	型式	設置場所						
低圧	配線用遮断器	屋内	交流計測用分電盤(3)	AC 120 V	MS-1	AC120	◎	主要な負荷が多い
			バイタル計測用分電盤(2)	AC 120 V	MS-1	AC120		
			直流分電盤(5)	DC 125 V	MS-1	DC125		

◎：代表機器

\*：最上位の重要度を示す

## 2. 代表機器の技術評価

本章では、1章で代表機器とした以下の計測用分電盤についての技術評価を実施する。

### ① 交流計測用分電盤

#### 2.1 構造, 材料及び使用条件

##### 2.1.1 交流計測用分電盤

###### (1) 構造

交流計測用分電盤は、屋内壁掛型であり、それぞれの負荷に電源を分割供給するための配線用遮断器、機器を支持するための筐体及び取付ボルトで構成されている。

交流計測用分電盤の構成図を図2.1-1に示す。

###### (2) 材料及び使用条件

交流計測用分電盤主要部位の使用材料を表2.1-1に、使用条件を表2.1-2に示す。



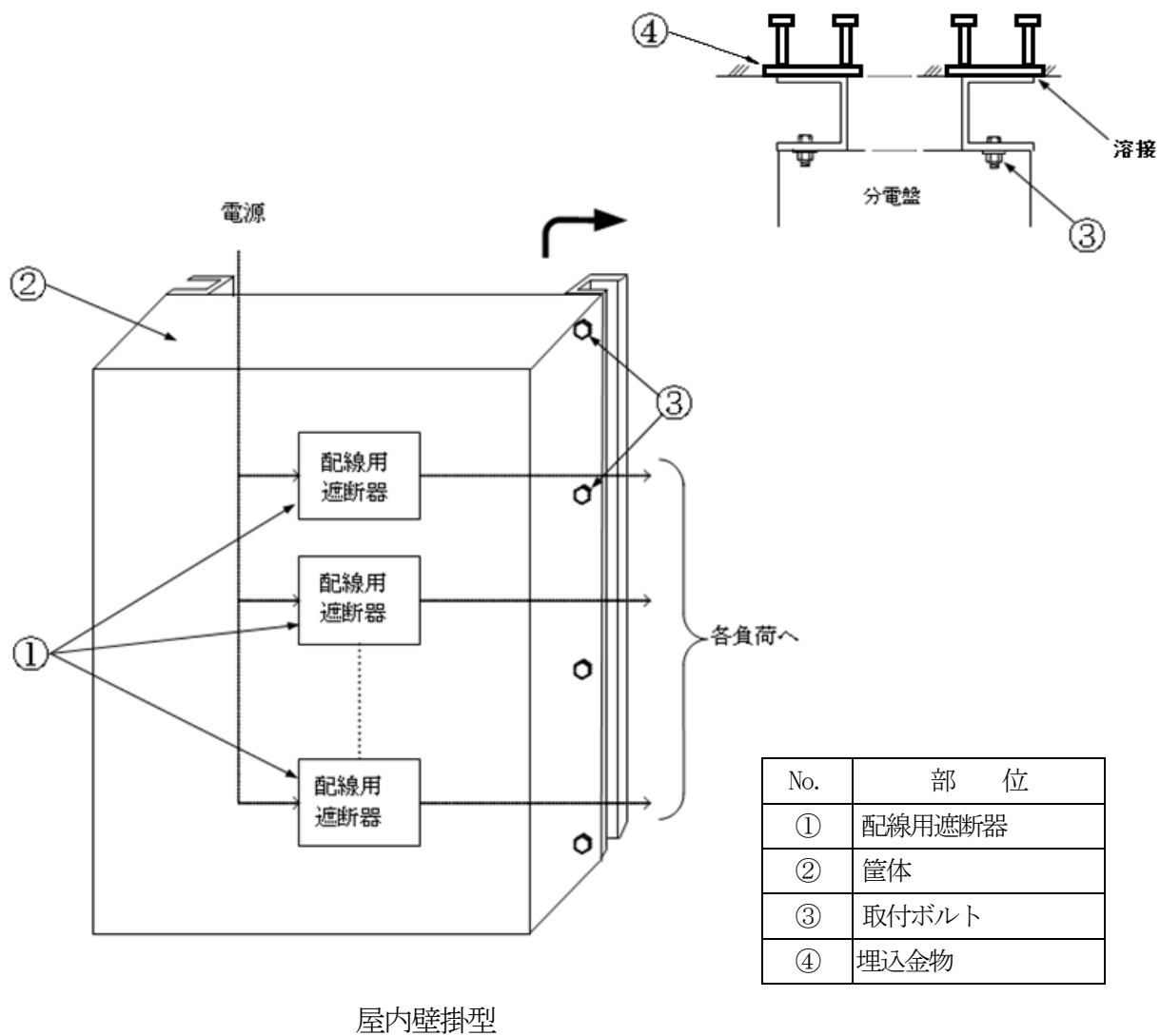


図 2. 1-1 交流計測用分電盤構成図

表 2.1-1 交流計測用分電盤主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
遮断・通電性能の確保	開閉・保護	配線用遮断器	銅他
機器の支持	支持	筐体	炭素鋼 (SPHC-P)
		取付ボルト	炭素鋼 (SS400)
		埋込金物	炭素鋼 (SS400)

表 2.1-2 交流計測用分電盤の使用条件

設置場所	屋内
周囲温度	40 °C以下*

\*：原子炉建屋内の設計値

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

交流計測用分電盤の機能である電源の供給機能を維持するためには、次の項目が必要である。

- ① 遮断・通電性能の確保
- ② 機器の支持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

交流計測用分電盤について、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の構造、材料、使用条件（電圧・温度等）及び現在までの運転経験を考慮し、表 2.2-1 に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

なお、消耗品及び定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

交流計測用分電盤には、消耗品及び定期取替品はない。

#### (3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

想定される経年劣化事象のうち主要 6 事象に該当する事象及び下記①、②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。なお、下記①、②に該当する事象については、2.2.3 項に示すとおり、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

- ① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△）
- ② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲）

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

#### a. 配線用遮断器の固渋

配線用遮断器は周囲温度、浮遊塵埃、発熱及び不動作状態の継続により、手動操作機構部の潤滑性能が低下し、摩擦の増大による固渋が想定される。

しかし、屋内空調環境に設置されていることから、周囲温度及び浮遊塵埃による影響は少ない。

また、点検時に動作確認を行い、異常が確認された場合は取り替えを行うこととしている。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### b. 筐体の腐食（全面腐食）

筐体は炭素鋼であるため腐食の発生が想定されるが、筐体の外表面には防食塗装が施されており、屋内空調環境に設置されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、点検時に目視確認を行い、これまで有意な腐食は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### c. 取付ボルトの腐食（全面腐食）

取付ボルトは炭素鋼であるため腐食の発生が想定されるが、取付ボルト表面は防食処理が施されており、屋内空調環境に設置されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、点検時に目視確認を行い、これまで有意な腐食は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

a. 埋込金物の腐食（全面腐食）

埋込金物は炭素鋼であるため腐食が発生する可能性は否定できないが、大気接触部は防食塗装を施しており、必要に応じて補修を行っていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、コンクリート埋設部については、コンクリートが中性化した場合に腐食の発生が想定されるが、実機コンクリートにおけるサンプリング結果では、中性化は殆ど見られていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年劣化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

表 2. 2-1 交流計測用分電盤に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経年劣化事象								備 考
					減 肉		割 れ		絶縁	導通	信号	その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁特性低下	導通不良	特性変化		
遮断・通電性能の確保	開閉・保護	配線用遮断器		銅他								△*1	*1：固渋
機器の支持	支持	筐体		炭素鋼		△							
		取付ボルト		炭素鋼		△							
		埋込金物		炭素鋼		▲							

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）  
 ▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

### 3. 代表機器以外への展開

本章では、2章で実施した代表機器の技術評価について、1章で代表機器となっていない機器への展開について検討した。

- ① バイタル計測用分電盤
- ② 直流分電盤

#### 3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

代表機器同様、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

#### 3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行なっているもの（日常劣化管理事象）

##### a. 配線用遮断器の固渋 [共通]

代表機器同様、配線用遮断器は周囲温度、浮遊塵埃、発熱及び不動作状態の継続により、手動操作機構部の潤滑性能が低下し、摩擦の増大による固渋が想定される。

しかし、屋内空調環境に設置されていることから、周囲温度及び浮遊塵埃による影響は少ない。

また、点検時に動作確認を行い、異常が確認された場合は取り替えを行うこととしている。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

##### b. 筐体の腐食（全面腐食） [共通]

代表機器同様、筐体は炭素鋼であるため腐食の発生が想定されるが、筐体の外表面には防食塗装が施されており、屋内空調環境に設置されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、点検時に目視確認を行い、これまで有意な腐食は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. 取付ボルトの腐食（全面腐食）〔共通〕

代表機器同様，取付ボルトは炭素鋼であるため腐食の発生が想定されるが，取付ボルト表面は防食処理が施されており，屋内空調環境に設置されていることから，腐食が発生する可能性は小さい。

また，点検時に目視確認を行い，これまで有意な腐食は確認されていない。

したがって，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

a. 埋込金物の腐食（全面腐食）〔共通〕

代表機器同様，埋込金物は炭素鋼であるため腐食が発生する可能性は否定できないが，大気接触部は防食塗装を施しており，必要に応じて補修を行っていることから，腐食が発生する可能性は小さい。

また，コンクリート埋設部については，コンクリートが中性化した場合に腐食の発生が想定されるが，実機コンクリートにおけるサンプリング結果では，中性化は殆ど見られていない。

したがって，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

以 上



柏崎刈羽原子力発電所 3 号炉

耐震安全性評価書

東京電力ホールディングス株式会社

## 目 次

1. 耐震安全性評価の目的	1
2. 耐震安全性評価の進め方	2
2.1 評価対象機器	2
2.2 評価手順	2
2.3 耐震安全性評価に関する共通事項	8
3. 個別機器の耐震安全性評価	3.1-1
3.1 ポンプ	3.1-1
3.2 熱交換器	3.2-1
3.3 ポンプモータ	3.3-1
3.4 容器	3.4-1
3.5 配管	3.5-1
3.6 弁	3.6-1
3.7 炉内構造物	3.7-1
3.8 ケーブル	3.8-1
3.9 コンクリート及び鉄骨構造物	3.9-1
3.10 計測制御設備	3.10-1
3.11 空調設備	3.11-1
3.12 機械設備	3.12-1
3.13 電源設備	3.13-1
3.14 基礎ボルト	3.14-1

## 1. 耐震安全性評価の目的

「高経年化対策技術評価」（以下、技術評価という）検討においては機器の材料、環境条件等を考慮し、想定される経年劣化事象に対して、これらが適切な保全対策により管理し得るかについて検討してきたが、保全対策を講じることによっても管理ができないという経年劣化事象は抽出されていない。このことから、耐震性を考慮した場合にも、耐震性に影響を与えると思われる経年劣化事象を保全対策により適切に管理することで、安全性の確保が可能であると考えられる。

しかしながら、高経年プラントの耐震性については、上記経年劣化事象の管理の観点からも、技術的評価を実施して安全性を確認しておくことが重要であると思われることから、高経年化対策の検討の一環としてこれを実施するものである。

## 2. 耐震安全性評価の進め方

### 2.1 評価対象機器

評価対象機器は、技術評価における評価対象機器と同じとする。

### 2.2 評価手順

#### (1) 代表機器の選定

技術評価における代表機器を本検討の代表機器として選定する。ただし、技術評価において機器のグループ化を行ったが、同一グループ内に技術評価の代表機器より耐震重要度の上位の機器が存在する場合には、これについても代表機器として評価することとする。

#### (2) 耐震安全上考慮する必要がある経年劣化事象の抽出

##### a. 技術評価での検討結果の整理

耐震安全性評価にあたっては、技術評価における保全対策等に対する評価結果を取り入れることとする。

技術評価においては、想定される経年劣化事象のうち、以下の経年劣化事象に該当するものについて、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象としている。

- ① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの
- ② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象

耐震安全性評価においては、想定される全ての経年劣化事象のうち、②の経年劣化事象については、現在発生しておらず、今後発生の可能性がない、または小さい経年劣化事象であることから、耐震安全性に有意な影響を与えるものではないと判断し、評価の対象外とする。

したがって、技術評価で検討された高経年化対策上着目すべき経年劣化事象及び高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象①の経年劣化事象を耐震安全性評価の対象とする。

b. 耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象の抽出

耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象の抽出は、以下の3ステップで実施する。

(表1参照)

【ステップ1】

a. 項の検討結果より、耐震安全性評価の対象となる経年劣化事象は、技術評価における想定される経年劣化事象のうち、下記に該当するものを抽出する。

- (a) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象
- (b) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象①  
(前項 a. で①に分類したもの)

【ステップ2】

ステップ1で抽出した耐震安全性評価の対象となる経年劣化事象を以下の観点で整理し、iの事象は除外、iiの事象についてはステップ3に進む。

- i. 現在発生しておらず、今後も発生の可能性がないもの、または小さいもの
- ii. 現在発生しているか、または将来にわたって起こることが否定できないもの

【ステップ3】

ステップ2で抽出された経年劣化事象について、これらの事象が顕在化した場合、代表機器の振動応答特性上または構造・強度上、影響が「有意」であるか「軽微もしくは無視」できるか検討し、耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象の抽出を行う。

ステップ1で抽出した(b)の高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象に対する、耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象の抽出については、まとめて表4にて整理し、抽出された経年劣化事象について、個別機器の耐震安全性評価において評価結果を記載する。

表1 耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象の抽出までの手順

技術評価で想定される経年劣化事象		ステップ1	ステップ2		ステップ3		備考	
高経年化対策上着目すべき経年劣化事象	下記①, ②を除く経年劣化事象	○	i	高経年化対策上着目すべき経年劣化事象であるが、現在発生しておらず、今後も発生の可能性がないもの、または小さいもの	×	×		耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象は個別機器ごとに抽出
			ii	現在発生しているか、または将来にわたって起こることが否定できないもの	○	振動応答特性上または構造・強度上「軽微もしくは無視」できない事象	◎	
高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象	①	○	i	日常劣化管理事象であるが、現在発生しておらず、今後も発生の可能性がないもの、または小さいもの	—	—		ステップ3に係る検討については、表4にて耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象を抽出
			ii	現在発生しているか、または将来にわたって起こることが否定できないもの	○	振動応答特性上または構造・強度上「軽微もしくは無視」できない事象	◎	
	②	—	—	—	—	—	—	—

○：評価対象として抽出。

—：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象であり、日常劣化管理事象以外であるもの、あるいは日常劣化管理事象であるが、現在発生しておらず、今後も発生の可能性がないもの、または小さいものとして評価対象から除外。

×：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではあるが、現在発生しておらず、今後も発生の可能性がないもの、または小さいものとして評価対象から除外。

■：振動応答特性上または構造・強度上「軽微もしくは無視」できる事象として評価対象から除外。

◎：耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象として抽出。

(3) 経年劣化事象に対する耐震安全性評価

前項で整理された耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象ごとに、耐震安全性に関する詳細評価を実施する。特に、同一事象が複数の機器（同一グループの機器に限らない）に発生する可能性がある場合は、必要に応じて当該事象に対する詳細評価を実施する機器を選定することとする。

耐震安全性評価は、日本電気協会「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1984, JEAG4601-1987, JEAG4601-1991」（以下、「耐震設計技術指針（JEAG4601）」という）等に基づき行われ、その基本となる項目は、大別すると、

- ①設備の耐震重要度分類
- ②設備に作用する地震力の算定
- ③想定される経年劣化事象のモデル化
- ④振動特性解析（地震応答解析）
- ⑤地震荷重と内圧等他の荷重との組合せ
- ⑥許容限界との比較

となる。これら項目のうち、経年劣化の影響を受けるものとしては、④及び⑥が考えられることから、各経年劣化事象に対して耐震安全性を確認する。耐震安全性評価に用いる地震力は、各設備の耐震重要度に応じて以下のとおり選定する。

・Sクラス

基準地震動  $S_s$  により定まる地震力

弾性設計用地震動  $S_d$  により定まる地震力と S クラスに適用される静的地震力の大きい方

・Bクラス

B クラスに適用される地震力\*

・Cクラス

C クラスに適用される静的地震力

※支持構造物の振動と共振のおそれがあるものについては、弾性設計用地震動  $S_d$  により定まる地震力の 1/2 についても考慮する。

なお、基準地震動 Ss により定まる地震力は、表 2 に示す地震を考慮した以下の模擬地震波により定めた地震力である。また、弾性設計用地震動 Sd により定まる地震力は、基準地震動 Ss により定まる地震力を 0.5 倍して設定した。

・基準地震動 Ss

敷地周辺の地質・地質構造ならびに地震活動性等の地震学及び地震工学的見地から施設の供用期間中に極めてまれではあるが発生する可能性があり、施設に大きな影響を与えるおそれがあると想定することが適切な地震動。

なお、本評価では、「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」に従い策定を進めていた地震動及び新潟県中越沖地震の地震観測データにより設定した地震動を踏まえた地震動を用いている。

表 2 考慮した地震と地震動

地震動	最大加速度振幅		内容
	水平方向	鉛直方向	
Ss-1 <sup>※1</sup>	2300Gal	1050Gal	F－B断層による地震
Ss-2 <sup>※1</sup>	1703Gal	510Gal	
Ss-3 <sup>※1</sup>	600Gal	400Gal	長岡平野西縁断層帯による地震
Ss-4 <sup>※1</sup>	589Gal	314Gal	
Ss-5 <sup>※1</sup>	554Gal	266Gal	
NCO <sup>※2</sup>	1020Gal	612Gal	新潟県中越沖地震

※1 「柏崎刈羽原子力発電所における平成 19 年新潟県中越沖地震時に取得された地震観測データの分析及び基準地震動に係る報告書」（平成 20 年 5 月 22 日（平成 20 年 9 月 22 日補正））

※2 新潟県中越沖地震における原子炉建屋基礎版上の地震観測データにより設定した地震動



(4) 評価対象機器への水平展開検討

代表機器に想定される経年劣化事象の整理及び耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象の整理の妥当性について確認したうえ、代表機器の評価結果を基に評価対象機器全体に対して同様の評価が可能であるかを検討する。

この結果、評価対象機器のうち同様と見なせないものについては、耐震安全性評価を実施する。

(5) 経年劣化事象に対する動的機能維持評価

地震時に動的機能の維持が要求される機器（「耐震設計技術指針（JEAG4601）」により動的機能維持が要求される機器）については、地震時の応答加速度が各機器の機能確認済加速度以下であることを確認している。

よって、経年劣化事象に対する動的機能維持評価については、

- ・経年劣化事象に対する技術評価
- ・耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象に対する耐震安全性評価  
（部位ごとの耐震安全性評価及び設備全体として振動応答特性に有意な影響を及ぼさないことの確認）

を踏まえ、経年劣化事象を考慮しても地震時に動的機能が要求される機器の地震時の応答加速度が各機器の機能確認済加速度以下であることを検討する。

なお、冷温停止状態が維持されることを前提とした評価では、制御棒が全挿入状態であるため、制御棒挿入性評価については対象外とする。

(6) 保全対策に反映すべき項目の抽出

以上の検討結果を基に、耐震安全性の観点から保全対策に反映すべき項目があるか、検討を実施する。

## 2.3 耐震安全性評価に関する共通事項

### (1) 耐震安全性を維持できることが既知である経年劣化事象

日本機械学会「発電用原子力設備規格 維持規格 JSME S NA1-2008」(以下、「維持規格」という)及び日本原子力技術協会「BWR 炉内構造物点検評価ガイドライン」(以下、「ガイドライン」という)に基づき、点検・評価を実施している機器の経年劣化事象のうち、粒界型応力腐食割れについては、耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象に該当するものである。

しかしながら、上記経年劣化事象については、維持規格及びガイドラインにおいて機器の振動応答特性または構造強度への影響を評価しており、現状保全を継続することにより耐震安全性は維持できると判断されるため、本評価においては耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象として抽出しないものとする。

### (2) 耐震安全性に影響を与えないことが自明な経年劣化事象

経年劣化事象のうち、絶縁特性低下及び特性変化については、以下のとおり発生する部位に依らず機器の振動応答特性または構造強度への影響が「軽微もしくは無視」できると判断されるため、本項の評価を当該事象の耐震安全性評価とし、個別機器における記載を省略する。

#### a. 絶縁特性低下 (絶縁体の水トリー劣化による絶縁特性低下を含む)

機器の質量等、耐震性に影響を及ぼすパラメータの変化とは無関係であり、また地震により絶縁特性劣化の進行が助長されるものではないことから、耐震安全性への影響は無視できるものと判断する。

#### b. 特性変化

計測制御設備等の特性変化は長期間の使用に伴い入出力の特性が変化する事象であり、耐震性に影響を及ぼすパラメータの変化とは無関係である。また地震により特性変化の進行が助長されるものではないことから、耐震安全性への影響は無視できるものと判断する。

### (3) 基礎ボルトの耐震安全性評価

基礎ボルトに関する耐震安全性評価は、第 3.14 項で評価を実施するものとし、個別機器の評価では記載を省略する。

### (4) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象に対する耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象の抽出

2.2(2)項における a. ①の経年劣化事象に対する耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象の抽出についてはまとめて表 4 に整理し、抽出された経年劣化事象について、個別機器の耐震安全性評価において評価結果を記載する。

(5) 冷温停止の維持状態での劣化の想定期間

至近のプラント停止以降，冷温停止状態を維持していることを考慮した，主な経年劣化事象の劣化の想定期間を以下に示すとともに，表3に整理する。

① 炭素鋼製機器（熱交換器等）の腐食（全面腐食）

評価期間は運転開始後40年時点，劣化の想定期間も同様とする。

② 炉内構造物，RPV，配管，弁等の低サイクル疲労

評価期間は運転開始後40年時点であるが，至近のプラント停止時点（新潟県中越沖地震発生日）以降，過渡は発生しないことから，劣化の想定期間は至近のプラント停止時点までとする。

③ RPVの中性子照射脆化

評価期間は運転開始後40年時点であるが，至近のプラント停止時点（新潟県中越沖地震発生日）以降，中性子照射は発生しないことから，劣化の想定期間は至近のプラント停止時点までとする。

④ 炉内構造物の中性子照射による靱性低下

評価期間は運転開始後40年時点であるが，至近のプラント停止時点（新潟県中越沖地震発生日）以降，中性子照射は発生しないことから，劣化の想定期間は至近のプラント停止時点までとする。

表3 冷温停止状態での劣化の想定期間

劣化事象	評価対象機器	評価期間及び劣化の想定期間		至近のプラント	現時点	運転開始後
				停止時点 2007. 7. 16	2021. 8. 11	40年時点 2033. 8. 11
腐食 (全面腐食)	熱交換器等	評価期間	運転開始後 40年時点まで	[Timeline bar from 2007.7.16 to 2033.8.11]		
		劣化の 想定期間	運転開始後 40年時点まで	[Timeline bar from 2007.7.16 to 2033.8.11]		
低サイ クル疲 労	炉内構造物, RPV, 配管, 弁等	評価期間	運転開始後 40年時点まで	[Timeline bar from 2007.7.16 to 2033.8.11]		
		劣化の 想定期間	至近のプラ ント停止時 点 (新潟県中 越沖地震発 生日) まで	[Timeline bar from 2007.7.16 to 2021.8.11]		
中性子 照射脆 化	RPV	評価期間	運転開始後 40年時点まで	[Timeline bar from 2007.7.16 to 2033.8.11]		
		劣化の 想定期間	至近のプラ ント停止時 点 (新潟県中 越沖地震発 生日) まで	[Timeline bar from 2007.7.16 to 2021.8.11]		
中性子 照射に よる靱 性低下	炉内構造物	評価期間	運転開始後 40年時点まで	[Timeline bar from 2007.7.16 to 2033.8.11]		
		劣化の 想定期間	至近のプラ ント停止時 点 (新潟県中 越沖地震発 生日) まで	[Timeline bar from 2007.7.16 to 2021.8.11]		

(6) 新潟県中越沖地震による地震動の影響評価

新潟県中越沖地震後に設備点検・評価を実施しており、地震による原子炉安全に影響を及ぼす重大な異常は確認されなかった。

また、同時期に、新潟県中越沖地震時に取得された地震観測データの分析と、耐震設計審査指針に従い地震動の策定を進めており\*、この耐震設計審査指針に従い策定を進めていた地震動及び新潟県中越沖地震の地震観測データにより設定した地震動を踏まえた地震動に対する耐震安全性が確保されていることを確認している。

※「柏崎刈羽原子力発電所における平成 19 年新潟県中越沖地震時に取得された地震観測データの分析及び基準地震動に係る報告書」（平成 20 年 5 月 22 日（平成 20 年 9 月 22 日補正））

表4 (1/8) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象に対する耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象の抽出結果

機器分類	型式	経年劣化事象	耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象の抽出結果	
			事象区分	判断理由
ポンプ	ターボポンプ	主軸の摩耗	■	主軸は十分な剛性を有しており、現状保全によって管理される程度の摩耗による固有振動への影響は軽微であることから、耐震安全性に影響を与えるものではない。
ポンプ	ターボポンプ	羽根車とケーシングリング間の摩耗	■	羽根車及びケーシングリングに摩耗が生じた場合であっても、現状保全によって管理される程度の摩耗による固有振動への影響は軽微であることから、耐震安全性に影響を与えるものではない。
ポンプ	ターボポンプ	すべり軸受の摩耗	■	すべり軸受に摩耗が生じた場合であっても、現状保全によって管理される程度の摩耗による固有振動への影響は軽微であることから、耐震安全性に影響を与えるものではない。
ポンプ	ターボポンプ	すべり軸受の摩耗、及びはく離	■	すべり軸受に摩耗及びはく離が生じた場合であっても、現状保全によって管理される程度の摩耗及びはく離による固有振動への影響は軽微であることから、耐震安全性に影響を与えるものではない。
ポンプ	ターボポンプ	主軸、ケーシング、羽根車、軸受箱、取付ボルト等接液部の腐食（孔食、隙間腐食）	■	主軸、ケーシング、羽根車、軸受箱、取付ボルト等接液部に腐食が生じた場合であっても、現状保全によって管理される程度の腐食による固有振動への影響は軽微であることから、耐震安全性に影響を与えるものではない。
熱交換器	直管式	伝熱管の高サイクル疲労割れ及び摩耗	■	伝熱管は支持板により適切なスパンで支持することで振動を抑制しており、現状保全によって管理される程度の疲労割れ及び摩耗による固有振動への影響は軽微であることから耐震安全性に影響を与えるものではない。
熱交換器	直管式	支持脚スライド部の腐食（全面腐食）	■	地震時の熱交換器の支持機能は、基礎ボルト及びナットのせん断力、締め付け力により担保される。したがって、支持脚スライド部（スライド脚とベースプレート間）に万が一腐食が生じても、耐震安全性に影響を与えるものではない。

■：現在発生しているか、または将来にわたって起こることが否定できないが、機器の振動応答特性または構造強度への影響が「軽微もしくは無視」できるもの

表4 (2/8) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象に対する耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象の抽出結果

機器分類	型式	経年劣化事象	耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象の抽出結果	
			事象区分	判断理由
熱交換器	U字管式	水室の腐食（全面腐食）	■	水室は厚肉で、十分な剛性を有しており、現状保全によって管理される程度の腐食による固有振動への影響は軽微である。また、構造上、支持脚からの地震荷重を直接受ける部位ではないことから、耐震安全性に影響を与えるものではない。
熱交換器	U字管式	伝熱管の粒界型応力腐食割れ	■	伝熱管端部はシール溶接部であり、溶接残留応力が小さいことから、応力腐食割れが発生してもその進展量は無視できるほど小さく、また、構造上、伝熱管は拡管により管板に固定されており、耐震安全性に影響を与えるものではない。
熱交換器	U字管式	胴の腐食（全面腐食）	◎	腐食により胴の肉厚が減少すると剛性が低下し、地震時に大きな応力が発生することが考えられるため、耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象として詳細評価を実施する。
熱交換器	U字管式	支持脚スライド部の腐食（全面腐食）	■	地震時の熱交換器の支持機能は、基礎ボルト及びナットのせん断力、締め付け力により担保される。したがって、支持脚スライド部（スライド脚とベースプレート間）に万が一腐食が生じて、耐震安全性に影響を与えるものではない。
ポンプモータ	高圧ポンプモータ	すべり軸受の摩耗及びはく離	■	すべり軸受に摩耗及びはく離が生じた場合であっても、現状保全によって管理される程度の摩耗及びはく離による固有振動への影響は軽微であることから、耐震安全性に影響を与えるものではない。

◎：耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象

■：現在発生しているか、または将来にわたって起こることが否定できないが、機器の振動応答特性または構造強度への影響が「軽微もしくは無視」できるもの

表 4 (3/8) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象に対する耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象の抽出結果

機器分類	型式	経年劣化事象	耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象の抽出結果	
			事象区分	判断理由
容器	原子炉圧力容器	主蒸気ノズル, 給水ノズル及び上鏡内面等の腐食 (流れ加速型腐食 (FAC) 及び全面腐食)	■	主蒸気ノズル, 給水ノズル, 上鏡内面等に腐食が生じた場合であっても, 現状保全によって管理される程度の腐食による固有振動への影響は軽微であることから, 耐震安全性に影響を与えるものではない。
容器	原子炉圧力容器	ブラケットの粒界型応力腐食割れ	■	ブラケットは内部取付物であり, 圧力容器の構造強度部材ではないことから, 耐震安全性に影響を与えるものではない。
容器	原子炉格納容器	サンドクッション部 (鋼板) の腐食 (全面腐食)	■	サンドクッション部 (鋼板) は, 他プラントにおいて原子炉格納容器上部の漏えい水が流入し, サンドクッション部のドレン管が閉塞していたために当該部の胴板が腐食した事例があるが, 当該号炉では当該漏えい箇所は溶接構造となっており腐食が発生する可能性は小さいことから, 耐震安全性に影響を与えるものではない。
配管	炭素鋼配管	配管の腐食 (流れ加速型腐食 (FAC) )	◎	腐食により配管の肉厚が減少すると剛性が低下し, 地震時に大きな応力が発生することが考えられるため, 耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象として詳細評価を実施する。
弁	仕切弁	弁箱, 弁ふた, 弁体及び弁座の腐食 (流れ加速型腐食 (FAC) )	■	弁箱, 弁ふた, 弁体及び弁座に腐食が生じた場合であっても, 現状保全によって管理される程度の腐食による固有振動への影響は軽微であることから, 耐震安全性に影響を与えるものではない。

◎：耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象

■：現在発生しているか, または将来にわたって起こることが否定できないが, 機器の振動応答特性または構造強度への影響が「軽微もしくは無視」できるもの

表 4 (4/8) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象に対する耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象の抽出結果

機器分類	型式	経年劣化事象	耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象の抽出結果	
			事象区分	判断理由
弁	玉形弁	ベローズの応力腐食割れ	■	ベローズは弁軸封部のリークポテンシャルを低減するためのシール機能部材であり、応力腐食割れが発生しても弁の構造強度への影響はないことから、耐震安全性に影響を与えるものではない。
弁	玉形弁	弁箱、弁ふた、弁体及び弁座の腐食（流れ加速型腐食（FAC））	■	弁箱、弁ふた、弁体及び弁座に腐食が生じた場合であっても、現状保全によって管理される程度の腐食による固有振動への影響は軽微であることから、耐震安全性に影響を与えるものではない。
弁	逆止弁	アームと弁体・弁棒連結部の摩耗	■	アームと弁体及び弁棒連結部に摩耗が生じた場合であっても、現状保全によって管理される程度の摩耗による固有振動への影響は軽微であることから、耐震安全性に影響を与えるものではない。
弁	逆止弁	弁箱、弁ふた、弁体、弁座及びアームの腐食（流れ加速型腐食（FAC））	■	弁箱、弁ふた、弁体、弁座及びアームに腐食が生じた場合であっても、現状保全によって管理される程度の腐食による固有振動への影響は軽微であることから、耐震安全性に影響を与えるものではない。
弁	逆止弁	弁箱、弁ふた、弁体及び弁座の腐食（全面腐食）	■	弁箱、弁ふた、弁体及び弁座に腐食が生じた場合であっても、現状保全によって管理される程度の腐食による固有振動への影響は軽微であることから、耐震安全性に影響を与えるものではない。
弁	逆止弁	弁棒の腐食（孔食、隙間腐食）	■	弁棒に腐食が生じた場合であっても、現状保全によって管理される程度の腐食による固有振動への影響は軽微であることから、耐震安全性に影響を与えるものではない。

■：現在発生しているか、または将来にわたって起こることが否定できないが、機器の振動応答特性または構造強度への影響が「軽微もしくは無視」できるもの



表 4 (5/8) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象に対する耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象の抽出結果

機器分類	型式	経年劣化事象	耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象の抽出結果	
			事象区分	判断理由
弁	バタフライ弁	弁箱及び弁体の腐食 (全面腐食)	■	弁箱及び弁体に腐食が生じた場合であっても、現状保全によって管理される程度の腐食による固有振動への影響は軽微であることから、耐震安全性に影響を与えるものではない。
弁	ボール弁	弁箱及び弁ふたの腐食 (流れ加速型腐食 (FAC))	■	弁箱及び弁ふたに腐食が生じた場合であっても、現状保全によって管理される程度の腐食による固有振動への影響は軽微であることから、耐震安全性に影響を与えるものではない。
弁	制御弁	弁箱及び弁ふたの腐食 (流れ加速型腐食 (FAC))	■	弁箱及び弁ふたに腐食が生じた場合であっても、現状保全によって管理される程度の腐食による固有振動への影響は軽微であることから、耐震安全性に影響を与えるものではない。
弁	電動弁駆動部	ステムナット及びギアの摩耗	■	ステムナット及びギアに摩耗が生じた場合であっても、現状保全によって管理される程度の摩耗による固有振動への影響は軽微であることから、耐震安全性に影響を与えるものではない。
炉内構造物	炉内構造物	粒界型応力腐食割れ	■	炉心シュラウド、シュラウドサポート、上部格子板、炉心支持板、周辺燃料支持金具、制御棒案内管、残留熱除去系（低圧注水系）配管、炉心スプレイ配管・スパージャ及び差圧検出・ほう酸水注入系配管は、維持規格等に基づき計画的に水中テレビカメラによる目視点検を実施することとしており、一部は残留応力低減による予防保全を実施している。これらの現状保全によって管理される程度の応力腐食割れによる固有振動及び構造強度への影響は軽微である。 また、炉心シュラウドの亀裂については健全性評価を実施し、今後も十分な強度を有することを確認しており、「実用発電用原子炉及びその附属施設における破壊を引き起こす亀裂その他の欠陥の解釈」に基づく現状保全を継続することにより耐震安全性の維持が可能であり、耐震安全性に影響を与えるものではない。

■：現在発生しているか、または将来にわたって起こることが否定できないが、機器の振動応答特性または構造強度への影響が「軽微もしくは無視」できるもの

表4 (6/8) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象に対する耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象の抽出結果

機器分類	型式	経年劣化事象	耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象の抽出結果	
			事象区分	判断理由
炉内構造物	炉内構造物	中性子照射による靱性低下	◎	炉心シュラウド、上部格子板、炉心支持板、燃料支持金具（中央・周辺）及び制御棒案内管は高照射により靱性が低下し、地震時に大きな応力が発生することが考えられるため、耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象として詳細評価を実施する。
ケーブル	ケーブルトレイ、電線管	ケーブルトレイ、電線管、サポート、ベースプレート、トレイ取付ボルト、ナット、ユニバーチャンネル、パイプクランプの外面からの腐食（全面腐食）	■	外面からの腐食が生じた場合であっても、現状保全によって管理される程度の腐食による固有振動への影響は軽微であることから、耐震安全性に影響を与えるものではない。
コンクリート及び鉄骨構造物	鉄骨構造物	鉄骨の強度低下（腐食）	■	鉄骨に腐食が生じた場合であっても、現状保全によって管理される程度の腐食による固有振動への影響は軽微であることから、耐震安全性に影響を与えるものではない。
空調設備	フィルタユニット	支持鋼材スライド部の腐食（全面腐食）	■	地震時のフィルタユニットの支持機能は、基礎ボルト及びナットのせん断力及び締め付け力により担保される。したがって、支持鋼材のスライド部（スライド脚とベースプレート間）に万が一腐食が生じても、現状保全によって管理される程度の腐食による基礎ボルト及びナットのせん断力及び締め付け力への影響は軽微であることから、耐震安全性に影響を与えるものではない。
空調設備	ダクト	ダクト本体（外気取入部）の腐食（全面腐食）	■	外気取入部のダクト本体内面に腐食が生じた場合であっても、現状保全によって管理される程度の腐食による固有振動への影響は軽微であることから、耐震安全性に影響を与えるものではない。
機械設備	制御棒	制御材の中性子吸収による制御能力低下	■	制御材の中性子吸収による制御能力の低下は、耐震安全性に影響を及ぼすパラメータの変化とは無関係であることから、耐震安全性に影響を与えるものではない。

◎：耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象

■：現在発生しているか、または将来にわたって起こることが否定できないが、機器の振動応答特性または構造強度への影響が「軽微もしくは無視」できるもの

表4 (7/8) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象に対する耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象の抽出結果

機器分類	型式	経年劣化事象	耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象の抽出結果	
			事象区分	判断理由
機械設備	制御棒	制御材被覆管, シース, タイロッド, ソケット, 上部ハンドルの粒界型応力腐食割れ	■	通常運転時の引抜状態の制御棒は原子炉压力容器内下部プレナム部に設置された制御棒案内管内に収納されており, 地震時においても制御棒の挿入を阻害する応力が発生しない構造となっている。また, 挿入状態でも, 制御棒上下に取り付けたローラを介して燃料集合体に拘束され, 有意な応力が発生しないことから, 耐震安全性に影響を与えるものではない。
機械設備	制御棒	制御材被覆管, シース, タイロッド, ピン, 上部ハンドルの中性子照射による靱性低下	■	制御棒の中性子照射による靱性低下は, オーステナイト系ステンレス鋼における知見より靱性が高く, 中性子照射による靱性低下が進行しても欠陥が存在しなければ, 不安定破壊は生じず, 制御棒の挿入性に影響を与えることは考え難いことから, 耐震安全性に影響を与えるものではない。
機械設備	制御棒駆動機構	ピストンチューブ, コレットピストン, インデックスチューブの隙間腐食	■	ピストンチューブ, コレットピストン, インデックスチューブに腐食が生じた場合であっても, 現状保全によって管理される程度の腐食による固有振動への影響は軽微であることから, 耐震安全性に影響を与えるものではない。
機械設備	制御棒駆動機構	ピストンチューブ, アウターチューブ, インデックスチューブ, コレットフィンガの粒界型応力腐食割れ	■	引抜状態では制御棒駆動機構ハウジングに収納されており, 地震時においても有意な応力が発生しない構造となっている。また, 挿入状態でも, 制御棒上下に取り付けたローラを介して燃料集合体に拘束され, 有意な応力が発生しないことから, 耐震安全性に影響を与えるものではない。
機械設備	非常用ディーゼル機関	シリンダヘッド (冷却水側), シリンダライナ (冷却水側) 及び過給機ケーシング (冷却水側) の腐食 (全面腐食)	■	これらの部位に腐食が生じた場合であっても, 現状保全によって管理される程度の腐食による固有振動への影響は軽微であることから, 耐震安全性に影響を与えるものではない。

■ : 現在発生しているか, または将来にわたって起こることが否定できないが, 機器の振動応答特性または構造強度への影響が「軽微もしくは無視」できるもの

表 4 (8/8) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象に対する耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象の抽出結果

機器分類	型式	経年劣化事象	耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象の抽出結果	
			事象区分	判断理由
機械設備	非常用ディーゼル機関付属設備	屋外設置機器の外表面腐食（全面腐食）	■	屋外設置機器の外表面に腐食が生じた場合であっても、現状保全によって管理される程度の腐食による固有振動への影響は軽微であることから、耐震安全性に影響を与えるものではない。
機械設備	基礎ボルト	基礎ボルトの腐食（全面腐食）	◎	腐食により機器付基礎ボルト大気接触部（屋外）、後打ちメカニカルアンカ大気接触部（屋外）、後打ちケミカルアンカ大気接触部（屋外）の径が減少すると剛性が低下し、地震時に大きな応力が発生することが考えられるため、耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象として詳細評価を実施する。
電源設備	高圧閉鎖配電盤	操作機構の固着	■	操作機構の固着は、耐震安全性に影響を及ぼすパラメータの変化とは無関係であることから、耐震安全性に影響を与えるものではない。
電源設備	低圧閉鎖配電盤	操作機構の固着	■	操作機構の固着は、耐震安全性に影響を及ぼすパラメータの変化とは無関係であることから、耐震安全性に影響を与えるものではない。
電源設備	ディーゼル発電設備	すべり軸受の摩耗及びはく離	■	すべり軸受に摩耗及びはく離が生じた場合であっても、現状保全によって管理される程度の摩耗及びはく離による固有振動への影響は軽微であることから、耐震安全性に影響を与えるものではない。

◎：耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象

■：現在発生しているか、または将来にわたって起こることが否定できないが、機器の振動応答特性または構造強度への影響が「軽微もしくは無視」できるもの

### 3. 個別機器の耐震安全性評価

#### 3.1 ポンプ

本章は、技術評価における評価対象機器のうち、主要なポンプの高経年化について、耐震安全性への影響をまとめたものである。

なお、ポンプについては技術評価において、経年劣化事象に対する健全性評価を行うとともに、現状の保全の評価を実施しているため、本章においてはこれら検討結果を前提条件とし、評価することとする。

##### 3.1.1 評価対象機器

技術評価における評価対象機器のうち、主要なポンプを評価対象機器とする。

評価対象機器一覧を表3.1-1に示す。

表 3.1-1 評価対象機器一覧

分類	機器名称 (台数)	耐震重要度
ターボポンプ	制御棒駆動系駆動水ポンプ (2)	B
	残留熱除去系封水ポンプ (1)	S
	低圧炉心スプレイ系封水ポンプ (1)	S
	原子炉補機冷却水ポンプ (4)	S
	高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水ポンプ (1)	S
	換気空調補機非常用冷却水系ポンプ (4)	S
	高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却海水ポンプ (1)	S
	残留熱除去系ポンプ (3)	S
	低圧炉心スプレイ系ポンプ (1)	S
	高圧炉心スプレイ系ポンプ (1)	S
	原子炉補機冷却海水ポンプ (4)	S
原子炉冷却材浄化系ポンプ (2)	B	
往復ポンプ	ほう酸水注入系ポンプ (2)	S

### 3.1.2 代表機器の選定

技術評価では、評価対象ポンプにおいて型式等を基に分類して評価しているが、本検討においてもこの分類に従って整理するものとする。

本検討における代表機器は、技術評価における代表機器に従うことを基本とする。ただし、耐震安全性評価の観点から、技術評価において行った機器のグループ化の中に、技術評価代表機器より耐震重要度の上位の機器が存在する場合には、これを本検討における代表機器に追加して評価することとする。

#### (1) ターボポンプのグループ化及び代表機器選定（表3.1-2）

表3.1-2でのターボポンプのグループ化に従った代表機器を以下に示す。

- ① 制御棒駆動系駆動水ポンプ
- ② 残留熱除去系封水ポンプ
- ③ 原子炉補機冷却水ポンプ
- ④ 高圧炉心スプレィディーゼル補機冷却海水ポンプ
- ⑤ 残留熱除去系ポンプ
- ⑥ 原子炉補機冷却海水ポンプ
- ⑦ 原子炉冷却材浄化系ポンプ

#### (2) 往復ポンプのグループ化及び代表機器選定

評価対象機器のうち往復ポンプに分類されるものはほう酸水注入系ポンプのみであり、これを代表機器とする。

- ① ほう酸水注入系ポンプ

表 3.1-2 (1/2) ターボポンプのグループ化及び代表機器の選定

分類基準			機器名称 (台数)	選定基準						技術 評価 代表 機器	耐震 安全性 評価 代表 機器	備考
型式	内部流体	材料*1		仕様 (容量×揚程)	重要度*4	使用条件			耐震 重要度			
						運転 状態*7	最高使用 圧力 (MPa) *5	最高使用 温度 (°C) *5				
横軸遠心	純水*2	ステンレス 鋼	制御棒駆動系駆動水ポンプ (2)	46 m <sup>3</sup> /h×1,270 m	高*6	連続 (連続)	約 13.8	66	B	○	◎	
		炭素鋼	残留熱除去系封水ポンプ (1)	5 m <sup>3</sup> /h×50 m	高*6	連続 (連続)	約 1.4	100	S	○	◎	
			低圧炉心スプレイ系封水ポンプ (1)	5 m <sup>3</sup> /h×50 m	高*6	連続 (連続)	約 1.4	100	S			
	冷却水*3	炭素鋼	原子炉補機冷却水ポンプ (4)	1,700m <sup>3</sup> /h×58 m	MS-1	連続 (連続)	約 1.4	70	S	○	◎	
			高圧炉心スプレイディーゼル 補機冷却水ポンプ (1)	260 m <sup>3</sup> /h×60 m	MS-1	一時 (一時)	約 1.3	70	S			
			換気空調補機非常用冷却水系ポンプ (4)	91.2 m <sup>3</sup> /h×35 m 85.2 m <sup>3</sup> /h×35 m	MS-1	一時 (一時)	約 0.8	66	S			

\*1：ケーシングの材料を示す

\*2：復水，サプレッションプール水を示す

\*3：補機冷却水（防錆剤入り純水）を示す

\*4：最上位の重要度を示す

\*5：ポンプ吐出配管の仕様を示す

\*6：最高使用温度が 95°C を超え，または最高使用圧力が 1,900kPa を超える環境下にある原子炉格納容器外の重要度クラス 3 の機器

\*7：上段は冷温停止状態時における運転状態，下段の（ ）は断続的運転時の運転状態を示す

表 3.1-2 (2/2) ターボポンプのグループ化及び代表機器の選定

分類基準			機器名称 (台数)	選定基準					技術 評価 代表 機器	耐震 安全性 評価 代表 機器	備考	
型式	内部流体	材料*1		仕様 (容量×揚程)	重要度*3	使用条件						耐震 重要度
						運転 状態*5	最高使用 圧力 (MPa) *4	最高使用 温度 (°C) *4				
立軸斜流	海水	ステンレス鋼	高圧炉心スプレイディーゼル 補機冷却海水ポンプ (1)	480 m <sup>3</sup> /h×39 m	MS-1	一時 (一時)	約 0.7	50	S	○	◎	
立軸遠心	純水*2	炭素鋼	残留熱除去系ポンプ (3)	1,630 m <sup>3</sup> /h×89 m	MS-1	連続 (一時)	約 3.4	182	S	○	◎	
			低圧炉心スプレイ系ポンプ (1)	1,441 m <sup>3</sup> /h×205 m	MS-1	一時 (一時)	約 4.4	100	S			
			高圧炉心スプレイ系ポンプ (1)	369 m <sup>3</sup> /h×863 m 1,462 m <sup>3</sup> /h×274 m	MS-1	一時 (一時)	約 10.8	100	S			
	海水	ステンレス鋼	原子炉補機冷却海水ポンプ (4)	2,200 m <sup>3</sup> /h×30 m	MS-1	連続 (連続)	約 0.6	50	S	○	◎	
立軸 キャンド モータ	純水*2	ステンレス鋼	原子炉冷却材浄化系ポンプ (2)	62 m <sup>3</sup> /h×120 m	PS-2	連続 (連続)	約 10.0	66	B	○	◎	

\*1：ケーシングの材料を示す

\*2：一次冷却材，復水，サプレッションプール水を示す

\*3：最上位の重要度を示す

\*4：ポンプ吐出配管の仕様を示す

\*5：上段は冷温停止状態時における運転状態，下段の（ ）は断続的運転時の運転状態を示す



### 3.1.3 耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象

#### (1) 技術評価における検討結果の整理

技術評価における経年劣化事象の抽出及び保全対策の検討結果（詳細は柏崎刈羽原子力発電所3号炉の「ポンプの技術評価書」参照）を用いて、3.1.2項で選定した代表機器について、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象を整理した結果、現在発生しているか、または将来にわたって起こることが否定できない事象は抽出されなかった。

#### (2) 耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象の抽出

3.1.3(1)項の整理結果より、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象において、現在発生しているか、または将来にわたって起こることが否定できない事象はないため、耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象は抽出されなかった。

### 3.1.4 耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象の評価

前項における検討結果より、ポンプの代表機器において、耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象はない。

### 3.1.5 評価対象機器全体への展開

以下の手順により、代表機器以外の機器への耐震安全性評価を展開する。

#### 3.1.5.1 代表機器以外の機器の高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の整理

3.1.3項の代表機器における技術評価での高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出及び保全対策の検討結果を用いて、代表機器以外の機器に展開すべき経年劣化事象の整理を行った。

その結果、現在発生しているか、または将来にわたって起こることが否定できない経年劣化事象は抽出されなかった。

また、代表機器以外の機器に特有の高経年化対策上着目すべき経年劣化事象はない。

### 3.1.6 経年劣化事象に対する動的機能維持評価

ポンプにおける高経年化に対する技術評価により、各部位に想定される経年劣化事象については、現状の保全対策により機器に与える影響が十分小さいことを確認した。

また、耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象は抽出されなかった。

これより、経年劣化事象を考慮しても、地震時に動的機能の維持が要求される機器における地震時の応答加速度は各機器の機能確認済加速度を上回るものでないと考えられ、地震時の動的機能についても維持されると判断される。

### 3.1.7 保全対策に反映すべき項目の抽出

評価対象のポンプに対して耐震安全性評価を実施した結果、耐震上の観点から保全対策に追加すべき項目は抽出されなかった。

### 3.2 熱交換器

本章は、技術評価における評価対象機器のうち、主要な熱交換器の高経年化について、耐震安全性への影響をまとめたものである。

なお、熱交換器については技術評価において、経年劣化事象に対する健全性評価を行うとともに、現状の保全の評価を実施しているため、本章においてはこれら検討結果を前提条件とし、評価することとする。

#### 3.2.1 評価対象機器

技術評価における評価対象機器のうち、主要な熱交換器を評価対象機器とする。

評価対象機器一覧を表3.2-1に示す。

表 3.2-1 評価対象機器一覧

型式	機器名称 (基数)	耐震重要度
直管式熱交換器	原子炉補機冷却水系熱交換器 (6)	S
	高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系熱交換器 (1)	S
U字管式熱交換器	原子炉冷却材浄化系再生熱交換器 (1)	B
	原子炉冷却材浄化系非再生熱交換器 (2)	B
	残留熱除去系熱交換器 (2)	S

### 3.2.2 代表機器の選定

技術評価では、評価対象熱交換器において型式等を基に分類して評価しているが、本検討においてもこの分類に従って整理するものとする。

本検討における代表機器は、技術評価における代表機器に従うことを基本とする。ただし、耐震安全性評価の観点から、技術評価において行った機器のグループ化の中に、技術評価代表機器より耐震重要度の上位の機器が存在する場合には、これを本検討における代表機器に追加して評価することとする。

#### (1) 直管式熱交換器のグループ化及び代表機器選定（表3.2-2）

表3.2-2での直管式熱交換器のグループ化に従った代表機器を以下に示す。

- ① 原子炉補機冷却水系熱交換器

#### (2) U字管式熱交換器のグループ化及び代表機器選定（表3.2-3）

表3.2-3でのU字管式熱交換器のグループ化に従った代表機器を以下に示す。

- ① 原子炉冷却材浄化系再生熱交換器
- ② 残留熱除去系熱交換器

表3.2-2 直管式熱交換器のグループ化及び代表機器の選定

分類基準					機器名称 (基数)	選定基準								技術 評価 代表 機器	耐震 安全性 評価 代表 機器	備考
型式	流体		材料			仕様 (熱交換量)	重要度*2	運転 状態*3	使用条件				耐震 重要度			
	管側	胴側	伝熱管	胴					最高使用 圧力 (MPa)		最高使用 温度 (°C)					
									管側	胴側	管側	胴側				
直管式	海水	冷却水*1	銅合金	炭素鋼	原子炉補機冷却水系熱交換器 (6)	約 32.67 MW	MS-1	連続 (連続)	約 0.6	約 1.4	50	70	S	○	◎	
					高圧炉心スプレイディ ーゼル補機冷却水系熱 交換器 (1)	約 3.26 MW	MS-1	一時 (一時)	約 0.7	約 1.3	50	70	S			

\*1：防錆剤入り純水を示す

\*2：最上位の重要度を示す

\*3：上段は冷温停止状態時における運転状態，下段の( )は断続的運転時の運転状態を示す

表3.2-3 U字管式熱交換器のグループ化及び代表機器の選定

分類基準					機器名称 (基数)	選定基準								技術 評価 代表 機器	耐震 安全性 評価 代表 機器	備考
型式	流体		材料			仕様 (熱交換量)	重要度*2	運転 状態*3	使用条件				耐震 重要度			
	管側	胴側	伝熱管	胴					最高使用 圧力 (MPa)		最高使用 温度 (°C)					
									管側	胴側	管側	胴側				
U字 管式	純水	純水	ステン レス鋼	炭素鋼	原子炉冷却材浄化系 再生熱交換器 (1)	約 25.58 MW	PS-2	連続 (連続)	約 8.8	約 10.0	302	302	B	○	◎	
		冷却水*1	ステン レス鋼	炭素鋼	原子炉冷却材浄化系 非再生熱交換器 (2)	約 4.43 MW	PS-2	連続 (連続)	約 8.8	約 1.4	302	85	B			
					残留熱除去系熱交換 器 (2)	約 85.72 MW	MS-1	連続 (一時)	約 3.4	約 1.4	182	70	S	○	◎	

\*1：防錆剤入り純水を示す

\*2：最上位の重要度を示す

\*3：上段は冷温停止状態時における運転状態，下段の( )は断続的運転時の運転状態を示す

### 3.2.3 耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象

#### (1) 技術評価における検討結果の整理

技術評価における経年劣化事象の抽出及び保全対策の検討結果（詳細は柏崎刈羽原子力発電所3号炉の「熱交換器の技術評価書」参照）を用いて、3.2.2項で選定した代表機器について、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象を整理した結果、現在発生しているか、または将来にわたって起こることが否定できない事象は抽出されなかった。

#### (2) 耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象の抽出

3.2.3(1)項の整理結果より、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象において、現在発生しているか、または将来にわたって起こることが否定できない事象はないため、耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象は抽出されなかった。

### 3.2.4 耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象の評価

前項における検討結果より、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象については、熱交換器の代表機器において、耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象は抽出されなかったが、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象について、表4で抽出された耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象の評価を実施する。

#### (1) 胴の腐食（全面腐食）〔原子炉冷却材浄化系再生熱交換器〕

胴の腐食に対する耐震安全性評価については、日本電気協会「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987」に記載される熱交換器の計算手法に基づき、日本電気協会「原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 JEAG4601・補-1984」に示される荷重の組み合わせと許容限界を用いて、40年間分の腐食量0.8mmを想定し評価を実施した。

評価の結果、発生応力は許容応力を下回り、耐震安全性に問題のないことを確認した（表3.2-4参照）。

表3.2-4 胴の腐食に対する耐震安全性評価結果

評価対象	区分	耐震重要度	評価地震力	許容応力状態	応力種別	発生応力 (MPa)	許容* 応力 (MPa)
原子炉冷却材 浄化系 再生熱交換器	クラス3	B	1/2S <sub>d</sub>	B <sub>A</sub> S	一次一般膜応力	97	198
					一次応力	109	198

\*：許容値は日本機械学会「発電用原子力設備規格 設計・建設規格（2005年版（2007年追補版を含む））＜第I編 軽水炉規格＞ JSME S NC1-2005/2007」付録材料図表Part5表8、9より求まる値

### 3.2.5 評価対象機器全体への展開

以下の手順により、代表機器以外の機器への耐震安全性評価を展開する。

#### 3.2.5.1 代表機器以外の機器の高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の整理

3.2.3項の代表機器における技術評価での高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出及び保全対策の検討結果を用いて、代表機器以外の機器に展開すべき経年劣化事象の整理を行った。

その結果、現在発生しているか、または将来にわたって起こることが否定できない経年劣化事象は抽出されなかった。

また、代表機器以外の機器に特有の高経年化対策上着目すべき経年劣化事象はない。

### 3.2.6 保全対策に反映すべき項目の抽出

評価対象の熱交換器に対して耐震安全性評価を実施した結果、耐震上の観点から保全対策に追加すべき項目は抽出されなかった。



### 3.3 ポンプモータ

本章は、技術評価における評価対象機器のうち、主要なポンプモータの高経年化について、耐震安全性への影響をまとめたものである。

なお、ポンプモータについては技術評価において、経年劣化事象に対する健全性評価を行うとともに、現状の保全の評価を実施しているため、本章においてはこれらの検討結果を前提条件とし、評価を実施することとする。

#### 3.3.1 評価対象機器

技術評価における評価対象機器のうち、主要なポンプモータを評価対象機器とする。

評価対象機器一覧を表3.3-1に示す。

表3.3-1 評価対象機器一覧

分類	機器名称 (台数)	耐震重要度
高圧ポンプモータ	残留熱除去系ポンプモータ (3)	S
	高圧炉心スプレイ系ポンプモータ (1)	S
	低圧炉心スプレイ系ポンプモータ (1)	S
	原子炉補機冷却水ポンプモータ (4)	S
低圧ポンプモータ	原子炉補機冷却海水ポンプモータ (4)	S
	高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水ポンプモータ (1)	S
	ほう酸水注入系ポンプモータ (2)	S
	高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却海水ポンプモータ (1)	S
	換気空調補機非常用冷却水系ポンプモータ (4)	S
	原子炉冷却材浄化系ポンプモータ (2)	B

### 3.3.2 代表機器の選定

技術評価では、評価対象ポンプモータにおいて電圧区分を基に2つに分類して評価しているが、本検討においてもこの分類に従って整理するものとする。

本検討における代表機器は、技術評価における代表機器に従うことを基本とする。ただし、耐震安全性評価の観点から、技術評価において行った機器のグループ化の中に、技術評価代表機器より耐震重要度の上位の機器が存在する場合には、これを本検討における代表機器に追加して評価を実施することとする。

#### (1) 高圧ポンプモータのグループ化及び代表機器選定（表3.3-2）

表3.3-2での高圧ポンプモータのグループ化に従った代表機器を以下に示す。

- ① 原子炉補機冷却水ポンプモータ

#### (2) 低圧ポンプモータのグループ化及び代表機器選定（表3.3-3）

表3.3-3での低圧ポンプモータのグループ化に従った代表機器を以下に示す。

- ① 原子炉補機冷却海水ポンプモータ
- ② 原子炉冷却材浄化系ポンプモータ

表3.3-2 高圧ポンプモータのグループ化及び代表機器の選定

分類基準		機器名称 (台数)	仕様 (定格出力×回転速度)	選定基準					技術 評価 代表 機器	耐震 安全性 評価 代表 機器	備考
型式	設置 場所			重要度*1	使用条件			耐震 重要度			
					運転状態*2	定格電圧 (V)	周囲温度 (°C)				
開放	屋内	残留熱除去系ポンプモータ (3)	750 kW×1,480 rpm	MS-1	連続*3 (一時)	6,600	40 以下	S			
		高圧炉心スプレイ系ポンプモータ (1)	2,650 kW×1,480 rpm	MS-1	一時 (一時)	6,600	40 以下	S			
		低圧炉心スプレイ系ポンプモータ (1)	1,250 kW×1,480 rpm	MS-1	一時 (一時)	6,600	40 以下	S			
		原子炉補機冷却水ポンプモータ (4)	380 kW×1,475 rpm	MS-1	連続 (連続)	6,600	40 以下	S	○	◎	

\*1：最上位の重要度を示す

\*2：上段は冷温停止状態時における運転状態，下段の（ ）は断続的運転時の運転状態を示す

\*3：運転状態は，3 台中 2 台が連続で残り 1 台は一時

表3.3-3 低圧ポンプモータのグループ化及び代表機器の選定

分類基準		機器名称 (台数)	仕様 (定格出力×回転速度)	選定基準					技術 評価 代表 機器	耐震 安全性 評価 代表 機器	備考
型式	設置 場所			重要度*1	使用条件			耐震 重要度			
					運転状態*2	定格電圧 (V)	周囲温度 (°C)				
全閉	屋内	原子炉補機冷却海水ポンプモータ (4)	280 kW×740 rpm	MS-1	連続 (連続)	440	40 以下	S	○	◎	
		高圧炉心スプレィディーゼル補機冷却水ポンプモータ (1)	75 kW×1,460 rpm	MS-1	一時 (一時)	440	40 以下	S			
		ほう酸水注入系ポンプモータ (2)	37 kW×1,450 rpm	MS-1	一時 (一時)	440	40 以下	S			
		高圧炉心スプレィディーゼル補機冷却海水ポンプモータ (1)	85 kW×1,460 rpm	MS-1	一時 (一時)	440	40 以下	S			
		換気空調補機非常用冷却水系ポンプモータ (4)	18.5 kW×1,450 rpm	MS-1	一時 (一時)	440	40 以下	S			
水浸	屋内	原子炉冷却材浄化系ポンプモータ (2)	90 kW×2,970 rpm	PS-2	連続 (連続)	440	40 以下	B	○	◎	

\*1：最上位の重要度を示す

\*2：上段は冷温停止状態時における運転状態，下段の( )は断続的運転時の運転状態を示す

### 3.3.3 耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象

#### (1) 技術評価における検討結果の整理

技術評価における経年劣化事象の抽出及び保全対策の検討結果（詳細は柏崎刈羽原子力発電所3号炉の「ポンプモータの技術評価書」参照）を用いて、3.3.2項で選定した代表機器について、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象を整理した結果、現在発生しているか、または将来にわたって起こることが否定できない事象は抽出されなかった。

#### (2) 耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象の抽出

3.3.3(1)項の整理結果より、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象において、現在発生しているか、または将来にわたって起こることが否定できない事象はないため、耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象は抽出されなかった。

### 3.3.4 耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象の評価

前項における検討結果より、ポンプモータの代表機器において、耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象はない。

### 3.3.5 評価対象機器全体への展開

以下の手順により、代表機器以外の機器への耐震安全性評価を展開する。

#### 3.3.5.1 代表機器以外の機器の高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の整理

3.3.3項の代表機器における技術評価での高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出及び保全対策の検討結果を用いて、代表機器以外の機器に展開すべき経年劣化事象の整理を行った。

その結果、現在発生しているか、または将来にわたって起こることが否定できない経年劣化事象は抽出されなかった。

また、代表機器以外の機器に特有の高経年化対策上着目すべき経年劣化事象はない。

### 3.3.6 経年劣化事象に対する動的機能維持評価

ポンプモータにおける高経年化に対する技術評価により、各部位に想定される経年劣化事象については、現状の保全対策により機器に与える影響が十分小さいことを確認した。

また、耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象は抽出されなかった。

これより、経年劣化事象を考慮しても、地震時に動的機能の維持が要求される機器における地震時の応答加速度は各機器の機能確認済加速度を上回るものでないと考えられ、地震時の動的機能についても維持されると判断される。

### 3.3.7 保全対策に反映すべき項目の抽出

評価対象のポンプモータに対して耐震安全性評価を実施した結果、耐震上の観点から保全対策に追加すべき項目は抽出されなかった。

### 3.4 容器

本章は、技術評価における評価対象機器のうち、主要な容器の高経年化について、耐震安全性への影響をまとめたものである。

なお、容器については技術評価において、経年劣化事象に対する健全性評価を行うとともに、現状の保全の評価を実施しているため、本章においてはこれら検討結果を前提条件とし、評価することとする。

#### 3.4.1 評価対象機器

技術評価における評価対象機器のうち、主要な容器を評価対象機器とする。

評価対象機器一覧を表3.4-1に示す。

表 3.4-1 評価対象機器一覧

種類		機器名称 (基数)	耐震重要度
容器		スクラム排出容器 (2)	B
		原子炉補機冷却水系サージタンク (2)	S
		高圧炉心スプレィディーゼル補機冷却水系サージタンク (1)	S
		ほう酸水注入系貯蔵タンク (1)	S
		使用済燃料貯蔵プール (1)	S
		原子炉ウエル (1)	B
		復水補給水系復水貯蔵槽 (1)	B
		主蒸気逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータ (7)	S
		原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器 (2)	B
		制御棒駆動系制御棒駆動水フィルタ (2)	B
原子炉圧力容器		原子炉圧力容器 (1)	S
原子炉格納容器	原子炉格納容器本体	原子炉格納容器 (1)	S
	機械ペネトレーション	配管貫通部	S
		ハッチ及びマンホール	S
	電気ペネトレーション	モジュール型低圧動力用電気ペネトレーション	S
		モジュール型制御用電気ペネトレーション	S
		モジュール型計装用電気ペネトレーション	S
		モジュール型制御棒位置表示用電気ペネトレーション	S
モジュール型中性子計装用電気ペネトレーション		S	
モジュール型制御及び計装用電気ペネトレーション	S		

### 3.4.2 代表機器の選定

技術評価では、評価対象容器において型式等を基に分類して評価しているが、本検討においてもこの分類に従って整理するものとする。

本検討における代表機器は、技術評価における代表機器に従うことを基本とする。ただし、耐震安全性評価の観点から、技術評価において行った機器のグループ化の中に、技術評価代表機器より耐震重要度の上位の機器が存在する場合には、これを本検討における代表機器に追加して評価することとする。

#### (1) 容器のグループ化及び代表機器選定（表3.4-2）

表3.4-2での容器のグループ化に従った代表機器を以下に示す。

- ① 原子炉補機冷却水系サージタンク
- ② ほう酸水注入系貯蔵タンク
- ③ 使用済燃料貯蔵プール
- ④ 復水補給水系復水貯蔵槽
- ⑤ 主蒸気逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータ
- ⑥ 原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器
- ⑦ 制御棒駆動系制御棒駆動水フィルタ

#### (2) 原子炉圧力容器のグループ化及び代表機器選定

技術評価では原子炉圧力容器を単独で分類し代表機器としており、グループ化は行っていない。本検討においても原子炉圧力容器を単独で代表機器とする。

- ① 原子炉圧力容器

#### (3) 原子炉格納容器のグループ化及び代表機器選定（表3.4-3, 4）

技術評価では原子炉格納容器を「原子炉格納容器本体」「機械ペネトレーション」「電気ペネトレーション」に分類して評価を行っているが、原子炉格納容器本体は単独で分類し代表機器としている。表3.4-3, 4に機械ペネトレーションと電気ペネトレーションのグループ化及び代表機器選定を示した。以下に原子炉格納容器の代表機器を示す。

- ① 原子炉格納容器本体
- ② X-220 主蒸気隔離弁リークオフライン配管貫通部
- ③ X-7 サプレッションチェンバアクセスハッチ
- ④ モジュール型中性子計装用電気ペネトレーション



表 3.4-2 容器のグループ化及び代表機器の選定

分類基準			機器名称 (基数)	選定基準				技術 評価 代表 機器	耐震 安全性 評価 代表 機器	備考
種類	内部流体	胴部材質		重要度*1	使用条件		耐震 重要度			
					最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (℃)				
タンク	純水	炭素鋼	スクラム排出容器 (2)	高*2	約 8.6	138	B			
			原子炉補機冷却水系サージタンク (2)	MS-1	大気圧	70	S	○	◎	
			高圧炉心スプレィディーゼル補機冷却水系サージタンク (1)	MS-1	大気圧	70	S			
	五ほう酸 ナトリウム水	ステンレス鋼	ほう酸水注入系貯蔵タンク (1)	MS-1	大気圧	66	S	○	◎	
ライニング槽	純水	コンクリート (ステンレス鋼 内張)	使用済燃料貯蔵プール (1) *3	PS-2	大気圧	66	S		◎*4	
			原子炉ウエル (1)	PS-2	大気圧	66	B			
			復水補給水系復水貯蔵槽 (1)	MS-1	大気圧	66	B	○	◎	
アキュムレータ	ガス (窒素)	ステンレス鋼	主蒸気逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータ (7)	MS-1	約 1.8	171	S	○	◎	
フィルタ等	純水	炭素鋼	原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器 (2)	PS-2	約 10.0	66	B	○	◎	
		ステンレス鋼	制御棒駆動系制御棒駆動水フィルタ (2)	高*2	約 13.8	66	B	○	◎	

\*1：最上位の重要度を示す

\*2：最高使用温度が 95 ℃を超え、または最高使用圧力が 1,900 kPa を超える環境下にある原子炉格納容器外の重要度クラス 3 の機器

\*3：キャスク専用プール含む

\*4：耐震重要度より代表機器を追加

表 3.4-3 (1/3) 機械ペネトレーションのグループ化及び代表機器の選定

分類	ペネ No.	用途	選定基準				技術評価 代表機器	耐震 安全性 評価 代表機器	備考
			重要度*	形式	配管口径	最高使用 温度(°C)			
配管貫通部	X-213	原子炉隔離時冷却系(タービン排気)	MS-1	固定式 1	14B	184	S		
	X-220	主蒸気隔離弁リークオフライン			2B	302	S	○	◎
	X-230	低電導度ドレン			3B	171	S		
	X-231	高電導度ドレン			3B	171	S		
	X-240	サブプレッションチェンバ換気(送気)			22B	104	S		
	X-241	サブプレッションチェンバ換気(排気)			22B	104	S		
	X-242	可燃性ガス濃度制御系(戻り)			6B	104	S		
	X-250	予備			—	—	S		
	X-251	予備			—	—	S		
	X-252	予備			—	—	S		
	X-253	予備			—	—	S		
	X-254	予備			—	—	S		
	X-255	予備			—	—	S		
	X-320	計測(真空破壊弁)			3/4B	104	S		
	X-321 A, B	計測(サブプレッションチェンバ圧力及び予備)			3/4B	104	S		
	X-322 A~C	計測(サブプレッションチェンバ水位)			2B	104	S		
	X-323 A~C	計測(サブプレッションチェンバ水位)			2B	104	S		
	X-332 A, B	計測(CAMS サンプルング)			3/4B	104	S		
X-342	計測(原子炉冷却材サンプルング戻り)	1B	104	S					

\*: 最上位の重要度を示す

表 3.4-3 (2/3) 機械ペネトレーションのグループ化及び代表機器の選定

分類	ペネ No.	用途	選定基準				技術評価 代表機器	耐震 安全性 評価 代表機器	備考
			重要度*	形式	配管口径	最高使用 温度(°C)			
配管貫通部 (続き)	X-200 A, B	格納容器スプレイライン (サブプレッションチェンバ)	MS-1	固定式 2	4B	104	S		
	X-201	残留熱除去系 A 系(供給)			24B	104	S		
	X-202	残留熱除去系 B 系(供給)			24B	104	S		
	X-203	残留熱除去系 C 系(供給)			24B	104	S		
	X-204	残留熱除去系 A 系 (テストライン)			16B	104	S		
	X-205	残留熱除去系 B・C 系 (テストライン)			16B	104	S		
	X-208	低圧炉心スプレイ系(供給)			24B	104	S		
	X-209	低圧炉心スプレイ系(テストライン)			12B	104	S		
	X-210	高圧炉心スプレイ系(供給)			24B	104	S		
	X-211	高圧炉心スプレイ系(テストライン)			12B	104	S		
	X-214	原子炉隔離時冷却系(ポンプ供給)			8B	104	S		
	X-215	原子炉隔離時冷却系真空ポンプ(排出)			2B	104	S		

\*: 最上位の重要度を示す

表3.4-3 (3/3) 機械ペネトレーションのグループ化及び代表機器の選定

分類	ペネ No.	用途	選定基準					技術評価 代表機器	耐震 安全性 評価 代表機器	備考
			重要度*	形式	使用頻度	最高使用 温度(℃)	耐震 重要度			
ハッチ 及び マンホール	X-7	サプレッションチェンバアクセスハッチ	MS-1	—	頻度大	104	S	○	◎	

\*: 最上位の重要度を示す

表 3.4-4 電気ペネトレーションのグループ化及び代表機器の選定

分類基準		ペネトレーション 番号	使用用途	仕様 呼び径	選定基準			技術評価 代表機器	耐震安全 性評価 代表機器	備考
型式	シール材 材料				重要度		耐震 重要度			
					ペネトレ ーション	接続機器*				
モジュール型	エポキシ樹脂	X-101A, 101B, 101C, 101D	低圧動力用	300A	MS-1	MS-1	S			
		X-102A, 102B, 102C, 102D, 102E	制御用	300A	MS-1	MS-1	S			
		X-103A, 103B, 103C	計装用	300A	MS-1	MS-1	S			
		X-104A, 104B, 104C, 104D	制御棒位置表示用	300A	MS-1	MS-3	S			
		X-105A, 105B, 105C, 105D	中性子計装用	300A	MS-1	MS-1	S	○	◎	
		X-300A, 300B	制御及び計装用	300A	MS-1	MS-2	S			

\*：最上位の重要度を示す

### 3.4.3 耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象

#### (1) 技術評価における検討結果の整理

技術評価における経年劣化事象の抽出及び保全対策の検討結果（詳細は柏崎刈羽原子力発電所3号炉の「容器の技術評価書」参照）を用いて、3.4.2項で選定した代表機器について、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象を以下のとおり整理した（表3.4-5～9参照）。

- ① 現在発生しておらず、今後も発生の可能性がないもの、または小さいもの（保全対策により発生の可能性が十分に低減されているものを含む）（表中×）
- ② 現在発生しているか、または将来にわたって起こることが否定できないもの（表中○）

表3.4-5 容器の技術評価における検討結果の整理

機能達成に必要な項目	部位	経年劣化事象	代表機器							技術評価結果概要
			原子炉補機冷却水系サージタンク	ほう酸水注入系貯蔵タンク	使用済燃料貯蔵プール	復水補給水系復水貯蔵槽	主蒸気逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータ	原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器	制御棒駆動系制御棒駆動水フィルタ	
高経年化対策上着目すべき経年劣化事象はない										

表3.4-6 原子炉圧力容器の技術評価における検討結果の整理

機能達成に必要な項目	部位	経年劣化事象		技術評価結果概要
		疲労割れ	中性子照射脆化	
バウンダリの維持	上鏡	○	—	
	下鏡	○	—	
	胴	○	○	
	主フランジ	○	—	
	ノズル, セーフエンド	○	—	
	スタッドボルト	○	—	
機器の支持	支持スカート	○	—	

○：現在発生しているか、または将来にわたって起こることが否定できないもの

—：経年劣化事象が想定されないもの、または該当部位がないもの



表3.4-7 原子炉格納容器の技術評価における検討結果の整理

機能達成に必要な項目	部位	経年劣化事象	代表機器	技術評価結果概要
			原子炉格納容器	
高経年化対策上着目すべき経年劣化事象はない				

表3.4-8 機械ペネトレーションの技術評価における検討結果の整理

機能達成に必要な項目	部位	経年劣化事象	代表機器		技術評価結果概要
			X-220 主蒸気隔離弁リークオフライン配管貫通部	X-7 サプレッションチェンバ アクセスハッチ	
高経年化対策上着目すべき経年劣化事象はない					

表3.4-9 電気ペネトレーションの技術評価における検討結果の整理

機能達成に必要な項目	部位	経年劣化事象	代表機器		技術評価結果概要
			モジュール型 中性子計装用 電気ペネトレーション		
高経年化対策上着目すべき経年劣化事象はない					

(2) 耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象の抽出

3.4.3項(1)で整理された②の経年劣化事象については、これら事象が顕在化した場合、対象となる機器の振動応答特性または構造・強度評価上、「有意」であるか「軽微もしくは無視」できるかを以下で検討し、「軽微もしくは無視」できる事象については耐震安全性評価対象外とする（表3.4-10～14に耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象を示す）。

a. 容器

容器について、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象を、技術評価での検討結果を考慮して整理した結果（表3.4-5参照）、現在発生しているか、または将来にわたって起こることが否定できない事象は抽出されなかった（表3.4-10）。

b. 原子炉圧力容器

原子炉圧力容器における高経年化対策上着目すべき経年劣化事象を、技術評価での検討結果を考慮して整理した結果（表3.4-6参照）、現在発生しているか、または将来にわたって起こることが否定できない事象として以下の事象が抽出された。

- ・ 上鏡，下鏡，胴，主フランジ，ノズル，セーフエンド，スタッドボルト及び支持スカートの疲労割れ
- ・ 胴の中性子照射脆化

本事象については機器の振動応答特性または構造強度への影響が「軽微もしくは無視」できるとは言えず、耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象とした（表3.4-11で◎）。

c. 原子炉格納容器

原子炉格納容器本体，機械ペネトレーション及び電気ペネトレーションにおける高経年化対策上着目すべき経年劣化事象を、技術評価での検討結果を考慮して整理した結果（表3.4-7～9参照）、現在発生しているか、または将来にわたって起こることが否定できない事象は抽出されなかった（表3.4-12～14参照）。

表3.4-10 容器の耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	経年劣化事象	代表機器						
			原子炉補機冷却水系サージタンク	ほう酸水注入系貯蔵タンク	使用済燃料貯蔵プール	復水補給水系復水貯蔵槽	主蒸気逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータ	原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器	制御棒駆動系制御棒駆動水フィルタ
耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象はない									

表3.4-11 原子炉圧力容器の耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	経年劣化事象	
		疲労割れ	中性子照射脆化
バウンダリの維持	上鏡	◎	—
	下鏡	◎	—
	胴	◎	◎
	主フランジ	◎	—
	ノズル, セーフエンド	◎	—
	スタッドボルト	◎	—
機器の支持	支持スカート	◎	—

◎：耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象

—：以下の条件に該当するもの

- ・経年劣化事象が想定されないもの
- ・該当部位がないもの
- ・現在発生しておらず、今後も発生の可能性がないもの、または小さいもの（保全対策により発生可能性を低減しているものを含む）

表3.4-12 原子炉格納容器の耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	経年劣化事象	代表機器
			原子炉格納容器
耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象はない			

表3.4-13 機械ペネトレーションの耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	経年劣化事象	代表機器	
			X-220 主蒸気隔離弁リークオフライン配管貫通部	X-7 サプレッションチェンバ アクセスハッチ
耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象はない				

表3.4-14 電気ペネトレーションの耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	経年劣化事象	代表機器	
			モジュール型 中性子計装用 電気ペネトレーション	
耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象はない				

### 3.4.4 耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象の評価

前項にて抽出した経年劣化事象に対して耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象の評価を実施する。なお、必要があれば経年劣化事象ごとに、詳細評価実施機器を選定して検討することとする。

#### 3.4.4.1 原子炉圧力容器の耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象の評価

(1) 上鏡，下鏡，胴，主フランジ，ノズル，セーフエンド，スタッドボルト及び支持スカート  
の疲労割れ

ノズル等の疲労に関しては、技術評価において現時点（令和3年8月11日）での疲れ累積係数を技術評価にて最も厳しいとする給水ノズル，主フランジ，スタッドボルト，下鏡及び支持スカートについて評価し健全性を確認している。

耐震安全性評価では、許容応力状態Ⅲ<sub>AS</sub>，Ⅳ<sub>AS</sub>における疲れ累積係数について、耐震設計技術指針（JEAG4601）に従い運転実績回数に基づく疲れ累積係数と地震動のみの疲れ解析により求められる疲れ累積係数との和として算出し、疲労評価を実施した。

評価の結果、疲れ累積係数の和は許容値1以下となり、耐震安全性に問題のないことを確認した（表3.4-15参照）。

表3.4-15 ノズル等の疲れ解析結果

評価部位	区分	運転実績回数に基づく 疲れ累積係数	地震動による 疲れ累積係数 (S <sub>s</sub> 地震動)	合計 (許容値1以下)
主フランジ	クラス1	0.037	0.000	0.037
スタッドボルト		0.144	0.000	0.144
給水ノズル		0.316*	0.001	0.317
下鏡		0.004	0.000	0.004
支持スカート		0.080	0.001	0.081

\*：環境を考慮



## (2) 胴中性子照射脆化

中性子照射脆化については、技術評価において最低使用温度の評価及び上部棚吸収エネルギーの評価を実施し、健全性評価上問題のないことを確認している。また、靱性低下による脆性破壊を防止するための点検や運転温度の管理を行っており、現状保全の妥当性についても示されている。

ここでは、原子炉压力容器円筒胴（炉心領域）に、中性子照射脆化（令和3年8月11日時点）と地震を考慮した場合の温度・圧力制限曲線を求め健全性を評価した。評価は日本電気協会「原子力発電所用機器に対する破壊靱性の確認試験方法 JEAC4206-2007」に基づくものとし、欠陥は、深さを原子炉压力容器の板厚の1/4倍、長さを板厚の1.5倍とし、地震荷重の寄与が大きい周方向及び評価上厳しい軸方向の両方を想定した。

現在は冷温停止状態ではあるが、耐圧試験時の評価結果と比較して保守的となることから炉心臨界時の原子炉压力容器の温度・圧力制限曲線（令和3年8月11日時点）を図3.4-1に示す。

なお、図中には、参考として供用前の水圧試験圧力の20%以下の臨界炉心の場合及び供用前の水圧試験圧力の20%を超える臨界炉心の場合における最低温度要求を示す。

ケース①～④は図3.4-1に示す欠陥を想定した場合の線形破壊力学に基づく運転条件の制限である。脆性破壊防止の観点から、原子炉压力容器の運転は、これら曲線（温度・圧力制限曲線）より高温側の条件で運転温度の管理が要求される。

図3.4-1のケース①及び②に示すように、軸方向欠陥に地震が作用しても円筒胴の円周方向応力は有意な変化をしないため、温度・圧力制限曲線は地震荷重の有無に係わらずほとんど変化しない。周方向欠陥に地震が作用した場合は、軸方向応力の増加に寄与するため、地震荷重を考慮しないケース④に比べて考慮したケース③の方が厳しくなる。

さらに、冷温停止状態においても原子炉冷却材温度は管理されており、図3.4-1に示した温度・圧力制限曲線を満足していることを確認している。

以上より、原子炉压力容器の運転は図3.4-1に参考で示した飽和圧力-温度曲線に従うことから、中性子照射脆化に対する耐震性を考慮した運転・冷温停止状態での制限に対し、十分な安全性が確保されていると判断する。

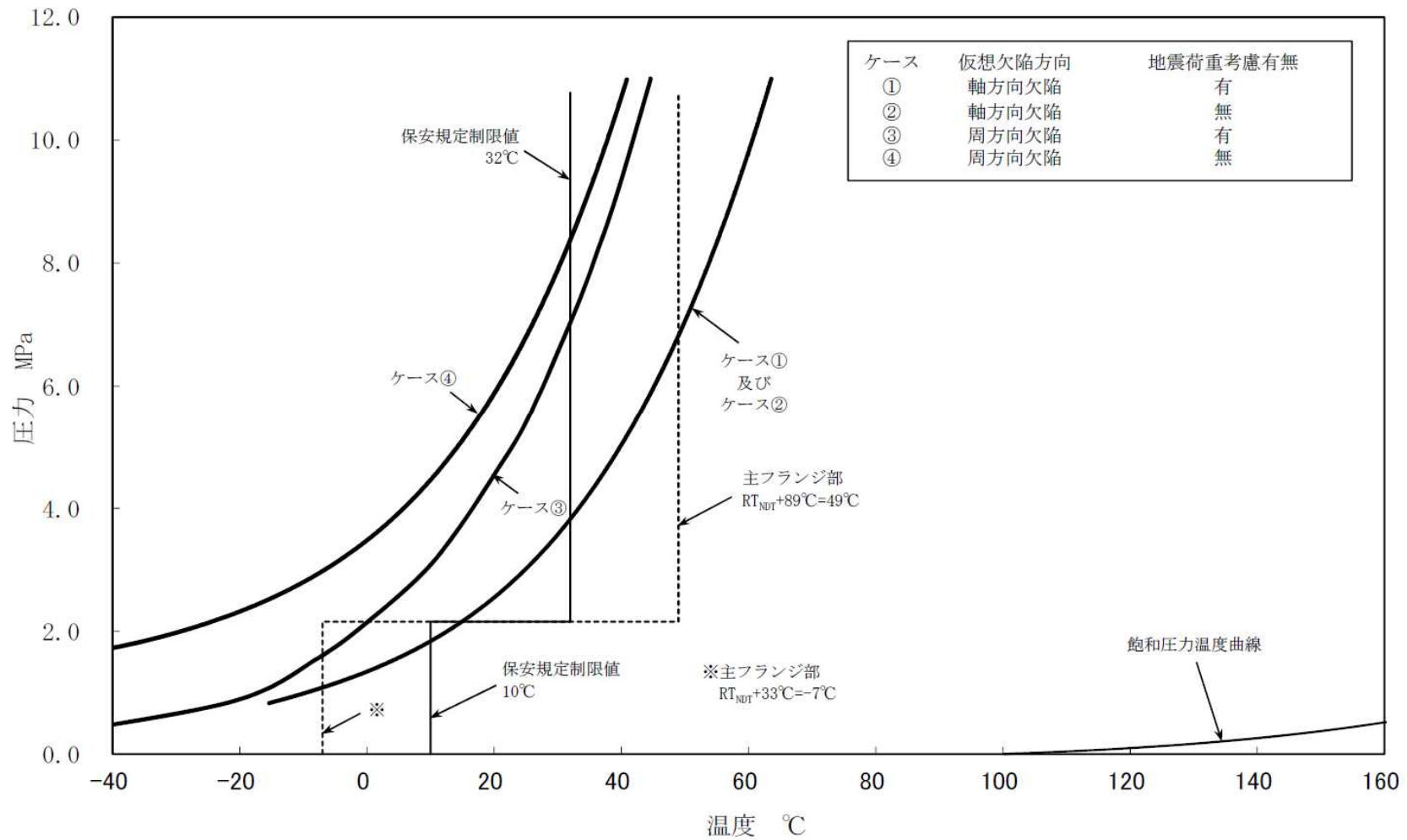


図3.4-1 原子炉圧力容器の圧力-温度制限図（令和3年8月11日時点）（炉心領域円筒胴，炉心臨界時）

### 3.4.5 評価対象機器全体への展開

以下の手順により、代表機器以外の機器への耐震安全性評価を展開する。

#### 3.4.5.1 代表機器以外の機器の高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の整理

3.4.3項の代表機器における技術評価での高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出及び保全対策の検討結果を用いて、代表機器以外の機器に展開すべき経年劣化事象の整理を行った。

##### 3.4.5.1.1 容器における代表機器以外の機器の高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の整理

容器について整理した結果、現在発生しているか、または将来にわたって起こることが否定できない経年劣化事象は抽出されなかった。

また、代表機器以外の機器に特有の高経年化対策上着目すべき経年劣化事象はない。

##### 3.4.5.1.2 原子炉圧力容器における代表機器以外の機器の高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の整理

原子炉圧力容器においては代表機器を選定せず、全ての部位について評価を実施しているため、他機器への評価の展開は不要である。

##### 3.4.5.1.3 原子炉格納容器における代表機器以外の機器の高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の整理

原子炉格納容器の本体においては代表機器を選定せず、全ての部位について評価を実施しているため、他機器への評価の展開は不要である。

機械ペネトレーション及び電気ペネトレーションについて整理した結果、現在発生しているか、または将来にわたって起こることが否定できない経年劣化事象は抽出されなかった。

また、代表機器以外の機器に特有の高経年化対策上着目すべき経年劣化事象はない。

### 3.4.6 保全対策に反映すべき項目の抽出

評価対象の容器に対して耐震安全性評価を実施した結果、耐震上の観点から保全対策に追加すべき項目は抽出されなかった。

### 3.5 配管

本章は、技術評価における評価対象機器のうち、主要な配管の高経年化について、耐震安全性への影響をまとめたものである。

なお、配管については技術評価において、経年劣化事象に対する健全性評価を行うとともに、現状の保全の評価を実施しているため、本章においてはこれら検討結果を前提条件とし、評価することとする。

#### 3.5.1 評価対象機器

技術評価における評価対象機器のうち、主要な配管を評価対象機器とする。

評価対象機器一覧を表3.5-1に示す。

表 3.5-1 評価対象機器一覧

分類	配管系統	耐震重要度
ステンレス鋼配管	原子炉冷却材再循環系 (PLR)	S
	制御棒駆動系 (CRD)	S
	ほう酸水注入系 (SLC)	S
	残留熱除去系 (RHR)	S
	低圧炉心スプレイ系 (LPCS)	S
	高圧炉心スプレイ系 (HPCS)	S
	原子炉冷却材浄化系 (CUW)	S
	燃料プール冷却浄化系 (FPC)	S
	液体固体廃棄物処理系 (RW)	S
	復水補給水系 (MUWC)	B
	原子炉補機冷却水系 (RCW)	S
	高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系 (HPCW)	S
	計装用圧縮空気系 (IA)	S
	事故後サンプリング系 (PASS)	S
炭素鋼配管	原子炉冷却材再循環系 (PLR)	S
	制御棒駆動系 (CRD)	B
	残留熱除去系 (RHR)	S
	低圧炉心スプレイ系 (LPCS)	S
	高圧炉心スプレイ系 (HPCS)	S
	原子炉冷却材浄化系 (CUW)	S
	燃料プール冷却浄化系 (FPC)	S
	給水系 (FDW)	S
	復水補給水系 (MUWC)	S
	原子炉補機冷却水系 (RCW)	S
	換気空調補機常用冷却水系 (HNCW)	S
	換気空調補機非常用冷却水系 (HECW)	S
	高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系 (HPCW)	S
	原子炉補機冷却海水系 (RSW)	S
	高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却海水系 (HPSW)	S
	非常用ガス処理系 (SGTS)	S
	可燃性ガス濃度制御系 (FCS)	S

### 3.5.2 代表機器の選定

技術評価では、評価対象配管をその材料を基に分類して評価しているが、本検討においてもこの分類に従って整理するものとする。

本検討における代表機器は、技術評価における代表機器に従うことを基本とする。ただし、耐震安全性評価の観点から、技術評価において行った機器のグループ化の中に、技術評価代表機器より耐震重要度の上位の機器が存在する場合には、これを本検討における代表機器に追加して評価することとする。

#### (1) ステンレス鋼配管のグループ化及び代表機器選定（表3.5-2）

表3.5-2でのステンレス鋼配管のグループ化に従った代表機器を以下に示す。

- ① 原子炉冷却材再循環系
- ② 計装用圧縮空気系
- ③ ほう酸水注入系（五ほう酸ナトリウム水部）
- ④ 原子炉補機冷却水系

#### (2) 炭素鋼配管のグループ化及び代表機器選定（表3.5-3）

表3.5-3での炭素鋼配管のグループ化に従った代表機器を以下に示す。

- ① 給水系
- ② 可燃性ガス濃度制御系
- ③ 原子炉補機冷却水系
- ④ 原子炉補機冷却海水系

表 3.5-2 (1/2) ステンレス鋼配管のグループ化及び代表機器の選定

分類基準		配管系統	選定基準					技術評価代表機器	耐震安全性評価代表機器	備考	
材料	内部流体		仕様 (口径×肉厚)	重要度*1	使用条件						耐震重要度
					運転状態*2	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)				
ステンレス鋼	純水	原子炉冷却材再循環系	600 A×S 100	PS-1	連続 (連続)	約 10.40	302	S	○	◎	
		制御棒駆動系	32 A×S 80	MS-1	連続 (連続)	約 13.83	66	S			
		ほう酸水注入系	40 A×S 80	MS-1	一時 (一時)	約 8.62	302	S			
		残留熱除去系	20 A×S 80	MS-1	連続 (一時)	約 8.62	302	S			
		低圧炉心スプレイ系	20 A×S 80	MS-1	一時 (一時)	約 8.62	302	S			
		高圧炉心スプレイ系	20 A×S 80	MS-1	一時 (一時)	約 8.62	302	S			
		原子炉冷却材浄化系	20 A×S 80	MS-1	連続 (連続)	約 8.62	302	S			
		燃料プール冷却浄化系	200 A×S 40	MS-2	連続 (連続)	約 1.37	66	S			
		液体固体廃棄物処理系	80 A×S 40	MS-1	連続 (連続)	約 0.31	171	S			
		復水補給水系	400 A×9.5 mm	MS-1	連続 (連続)	静水頭	66	B			
		事故後サンプリング系	25 A×S 80	MS-1	一時 (一時)	約 0.31	104	S			

\*1：最上位の重要度を示す

\*2：上段は冷温停止状態時における運転状態，下段の（ ）は断続的運転時の運転状態を示す

表 3.5-2 (2/2) ステンレス鋼配管のグループ化及び代表機器の選定

分類基準		配管系統	選定基準						技術 評価 代表 機器	耐震 安全性 評価 代表 機器	備考
材料	内部流体		仕様 (口径×肉厚)	重要度*1	使用条件			耐震 重要度			
					運転 状態*2	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (°C)				
ステンレス鋼	その他ガス	計装用圧縮空気系	50 A×S 80	MS-1	連続 (連続)	約 0.86	171	S	○	◎	
		事故後サンプリング系	20 A×S 80	MS-1	一時 (一時)	約 8.62	66	S			
	五ほう酸ナ トリウム水	ほう酸水注入系	20 A×S 80	MS-1	一時 (一時)	約 8.62	302	S	○	◎	
	冷却水*3	原子炉補機冷却水系	20 A×S 80	MS-1	連続 (連続)	約 1.37	70	S	○	◎	
		高圧炉心スプレイディ ーゼル補機冷却水系	15 A×S 80	MS-1	一時 (一時)	約 1.27	70	S			

\*1：最上位の重要度を示す

\*2：上段は冷温停止状態時における運転状態，下段の（ ）は断続的運転時の運転状態を示す

\*3：冷却水（防錆剤入り純水）を示す



表 3.5-3 (1/2) 炭素鋼配管のグループ化及び代表機器の選定

分類基準		配管系統	選定基準						技術 評価 代表 機器	耐震 安全性 評価 代表 機器	備考
材料	内部流体		仕様 (口径×肉厚)	重要度*1	使用条件			耐震 重要度			
					運転 状態*2	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (℃)				
炭素鋼	純水	原子炉冷却材再循環系	150 A×S 120	PS-1	連続 (連続)	約 8.62	302	S			
		制御棒駆動系	200 A×S 120	MS-1	連続 (一時)	約 8.62	138	B			
		残留熱除去系	350 A×S 120	PS-1	連続 (一時)	約 10.40	302	S			
		低圧炉心スプレイ系	300 A×S 100	PS-1	一時 (一時)	約 8.62	302	S			
		高圧炉心スプレイ系	300 A×S 100	PS-1	一時 (一時)	約 8.62	302	S			
		原子炉冷却材浄化系	150 A×S 120	PS-1	連続 (連続)	約 8.62	302	S			
		燃料プール冷却浄化系	200 A×S 40	MS-2	連続 (連続)	約 3.43	66	S			
		給水系	500 A×S 100	PS-1	連続 (連続)	約 8.62	302	S	○	◎	
		復水補給水系	80 A×S 40	MS-1	一時 (一時)	約 0.31	171	S			
		可燃性ガス濃度制御系	50 A×S 80	MS-1	一時 (一時)	約 3.43	182	S			

\*1：最上位の重要度を示す

\*2：上段は冷温停止状態時における運転状態，下段の（）は断続的運転時の運転状態を示す

表 3.5-3 (2/2) 炭素鋼配管のグループ化及び代表機器の選定

分類基準		配管系統	選定基準						技術 評価 代表 機器	耐震 安全性 評価 代表 機器	備考
材料	内部流体		仕様 (口径×肉厚)	重要度*1	使用条件			耐震 重要度			
					運転 状態*2	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (℃)				
炭素鋼	その他ガス	非常用ガス処理系	300 A×S 40	MS-1	一時 (一時)	約 0.02	150	S			
		可燃性ガス濃度制御系	150 A×S 40	MS-1	一時 (一時)	約 0.31	171	S	○	◎	
	冷却水*3	原子炉補機冷却水系	200 A×S 40	MS-1	連続 (連続)	約 1.37	171	S	○	◎	
		換気空調補機常用冷却水系	20 A×S 80	MS-1	連続 (連続)	約 1.27	171	S			
		換気空調補機非常用冷却水系	200 A×S 40	MS-1	一時 (一時)	約 0.78	66	S			
		高圧炉心スプレイデ ーゼル補機冷却水系	200 A×S 40	MS-1	一時 (一時)	約 1.27	70	S			
	海水	原子炉補機冷却海水系	750 A×9.5 mm	MS-1	連続 (連続)	約 0.59	50	S	○	◎	
		高圧炉心スプレイデ ーゼル補機冷却海水系	250 A×S 40	MS-1	一時 (一時)	約 0.69	50	S			

\*1：最上位の重要度を示す

\*2：上段は冷温停止状態時における運転状態，下段の（ ）は断続的運転時の運転状態を示す

\*3：冷却水（防錆剤入り純水）を示す

### 3.5.3 耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象

#### (1) 技術評価における検討結果の整理

技術評価における経年劣化事象の抽出及び保全対策の検討結果（詳細は柏崎刈羽原子力発電所3号炉の「配管の技術評価書」参照）を用いて、3.5.2項で選定した代表機器について、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象を以下のとおり整理した（表3.5-4～5参照）。

- ① 現在発生しておらず、今後も発生の可能性がないもの、または小さいもの（保全対策により発生可能性が十分に低減されているものを含む）（表中×）
- ② 現在発生しているか、または将来にわたって起こることが否定できないもの（表中○）

表 3.5-4 ステンレス鋼配管の技術評価における検討結果の整理

機能達成に必要な項目	部位	経年劣化事象	代表機器				技術評価結果概要
			原子炉冷却材再循環系	計装用圧縮空気系	ほう酸水注入系	原子炉補機冷却水系	
バウンダリの維持	配管	疲労割れ	○	—	—	—	

○：現在発生しているか，または将来にわたって起こることが否定できないもの  
 —：経年劣化事象が想定されないもの，または該当部位がないもの

表 3.5-5 炭素鋼配管の技術評価における検討結果の整理

機能達成に必要な項目	部位	経年劣化事象	代表機器				技術評価結果概要
			給水系	可燃性ガス濃度制御系	原子炉補機冷却水系	原子炉補機冷却海水系	
バウンダリの維持	配管	疲労割れ	○	—	—	—	

○：現在発生しているか，または将来にわたって起こることが否定できないもの  
 —：経年劣化事象が想定されないもの，または該当部位がないもの

(2) 耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象の抽出

3.5.3項(1)で整理された②の経年劣化事象については、これらの事象が顕在化した場合、対象となる機器の振動応答特性または構造・強度評価上、「有意」であるか「軽微もしくは無視」できるかを検討し、「軽微もしくは無視」できる事象については耐震安全性評価対象外とする（表3.5-6～7に耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象を示す）。

a. ステンレス鋼配管

ステンレス鋼配管における高経年化対策上着目すべき経年劣化事象を、技術評価での検討結果を考慮して整理した結果（表3.5-4参照）、現在発生しているか、または将来にわたって起こることが否定できない事象として以下の事象が抽出された。

- ・ 配管の疲労割れ [原子炉冷却材再循環系]

本事象については機器の振動応答特性または構造強度への影響が「軽微もしくは無視」できるとは言えず、耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象とした（表3.5-6で◎）。

b. 炭素鋼配管

炭素鋼配管における高経年化対策上着目すべき経年劣化事象を、技術評価での検討結果を考慮して整理した結果（表3.5-5参照）、現在発生しているか、または将来にわたって起こることが否定できない事象として以下の事象が抽出された。

- ・ 配管の疲労割れ [給水系]

本事象については機器の振動応答特性または構造強度への影響が「軽微もしくは無視」できるとは言えず、耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象とした（表3.5-7で◎）。

表 3.5-6 ステンレス鋼配管の耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	経年劣化事象	代表機器			
			原子炉冷却材再循環系	計装用圧縮空気系	ほう酸水注入系	原子炉補機冷却水系
バウンダリの維持	配管	疲労割れ	◎	—	—	—

◎：耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象

—：以下の条件に該当するもの

- ・経年劣化事象が想定されないもの
- ・該当部位がないもの
- ・現在発生しておらず、今後も発生の可能性がないもの、または小さいもの（保全対策により発生の可能性を低減しているものを含む）

表 3.5-7 炭素鋼配管の耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	経年劣化事象	代表機器			
			給水系	可燃性ガス濃度制御系	原子炉補機冷却水系	原子炉補機冷却海水系
バウンダリの維持	配管	疲労割れ	◎	—	—	—

◎：耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象

—：以下の条件に該当するもの

- ・経年劣化事象が想定されないもの
- ・該当部位がないもの
- ・現在発生しておらず、今後も発生の可能性がないもの、または小さいもの（保全対策により発生の可能性を低減しているものを含む）

### 3.5.4 耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象の評価

前項にて抽出した経年劣化事象に対して耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象の評価を実施する。なお、必要があれば経年劣化事象ごとに、詳細評価実施機器を選定して検討することとする。

また、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象について、表4で抽出された耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象の評価を実施する。

#### (1) 配管の疲労割れ [ステンレス鋼配管：原子炉冷却材再循環系，炭素鋼配管：給水系]

配管の疲労割れに関しては、技術評価において令和3年8月11日時点での過渡条件より疲れ累積係数を評価し健全性を確認しているが、耐震安全性評価では、耐震設計技術指針（JEAG4601）に従い、地震時の「1次+2次+ピーク応力」評価を各系統について実施することとする。

なお、許容応力状態Ⅲ<sub>A</sub>S，Ⅳ<sub>A</sub>Sにおける疲れ累積係数は、上記の数値と地震動のみの疲れ解析により求められる疲れ累積係数との和として算出した。

評価の結果、疲れ累積係数の和は、許容値1以下となり、耐震安全性に問題のないことを確認した（表3.5-8参照）。

表 3.5-8 配管の疲れ解析結果

評価対象	区分	運転実績回数に基づく 疲れ累積係数	地震動による 疲れ累積係数 (S <sub>s</sub> 地震動)	合計 (許容値1以下)
原子炉冷却材再循環系	クラス1	0.160*	0.240	0.400
給水系	クラス1	0.106*	0.003	0.109

\*：環境を考慮

(2) 炭素鋼配管の腐食（流れ加速型腐食（FAC））〔給水系〕

配管の腐食（FAC）に対しては、超音波厚さ測定器等による肉厚測定を実施し、その結果に基づき余寿命を管理し、配管の取替等の対策を検討することとしているが、耐震安全性評価では、配管の減肉が広範囲にわたって徐々に進行するFACによる減肉を想定し、耐震設計技術指針（JEAG4601）等に基づき以下のとおり実施した。なお、評価の実施にあたっては、JSME減肉管理規格において、FAC発生の可能性が小さいとされているFAC-1管理範囲以外で常時流れがあり、減肉が想定される全てのラインを評価対象ラインとして選定した。

a. 減肉想定範囲に必要な最小肉厚\*まで一様な減肉を想定した評価（第一段階評価）

- ① エルボ部、分岐部、レジューサ部等の偏流発生部及びその下流部の以下に示す減肉想定範囲（JSME減肉管理規格に規定されている測定長さ）に必要な最小肉厚まで一様な減肉を想定し、三次元はりモデルに反映
  - ・管の呼び径125A以下：300（mm）
  - ・管の呼び径125Aを超えるもの：500（mm）

（ただし、原則としてオリフィス下流部の直管については3D、弁下流部の直管については1Dの範囲：Dは配管口径）
- ② 評価対象ラインの耐震クラスに応じた地震力を用いて地震時の発生応力（1次応力）の評価を実施（評価に用いる減衰定数は、日本電気協会「原子力発電所 耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」に基づき設定）
- ③ 耐震重要度Sクラス等の配管については、1次+2次応力の評価を実施し、許容応力を満足しない場合には疲れ解析による評価を実施
- ④ 以上の評価から耐震安全性が確認できない評価対象ラインを第二段階評価の評価対象ラインとして抽出

\*：減肉がみられる配管については、JSME減肉管理規格を踏まえた減肉管理指針に基づき、必要最小肉厚に達するまでに取替を実施することから、配管肉厚が最も厳しい条件となる必要最小肉厚を設定



b. 実機測定データに基づいて想定した肉厚による評価（第二段階評価）

- ① 第二段階評価対象ラインの系統全体における肉厚測定箇所から，評価対象ライン中の減肉想定範囲において流体条件が類似する箇所の実機測定データを整理して最大減肉率を選定
- ② 評価対象ラインの全ての減肉想定範囲に対し①で選定した最大減肉率を用いて保守的に設定した運転開始後40年時点まで一様な減肉を想定し，三次元はりモデルに反映（ただし，オリフィス下流部等，他の偏流部と比較して減肉率が著しく大きい場合には当該データを当該部位のみに適用し，他の偏流部へは当該データを除いた最大の減肉率を適用）
- ③ 評価対象ラインの耐震クラスに応じた地震力を用いて地震時の発生応力（1次応力）の評価を実施（ただし，想定した肉厚が必要最小肉厚未滿となる部位が存在する場合には保守的に設定した運転開始後40年時点の評価は実施しない）
- ④ 耐震重要度Sクラス等の配管については，1次+2次応力の評価を実施し，許容応力を満足しなかった場合には疲れ解析による評価を実施

評価の結果，減肉想定範囲に必要な最小肉厚まで一様な減肉を想定した評価において，発生応力が許容応力を下回り，耐震安全性に問題のないことを確認した（表3.5-9）。

表 3.5-9 炭素鋼配管系の腐食に対する耐震安全性評価結果

評価対象	区分	耐震重要度	評価地震力	許容応力状態	応力種別	発生応力 (MPa) *1		許容応力*4 (MPa)
						必要最小肉厚*2	40年時点肉厚*3	
給水系	クラス2	B	1/2 Sd	B <sub>A</sub> S	1次応力	91	—	195

\*1：評価対象ラインにおける最大の発生応力を示す

\*2：配管の内圧等より決定される最小の肉厚

\*3：これまでの測定データに基づき想定した肉厚

\*4：日本機械学会「発電用原子力設備規格 設計・建設規格（2005年版（2007年追補版を含む））＜第I編 軽水炉規格＞ JSME S NC1-2005/2007」付録材料図表Part5表1または表8，表9より求まる値

### 3.5.5 評価対象機器全体への展開

以下の手順により、代表機器以外の機器への耐震安全性評価を展開する。

#### 3.5.5.1 代表機器以外の機器の高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の整理

3.5.3項の代表機器における技術評価での高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出及び保全対策の検討結果を用いて、代表機器以外の機器に展開すべき経年劣化事象の整理を行った。

##### (1) 代表機器に想定される経年劣化事象の整理

- ・ 配管の疲労割れ [炭素鋼配管：原子炉冷却材再循環系，残留熱除去系，低圧炉心スプレィ系，高圧炉心スプレィ系，原子炉冷却材浄化系]

上記経年劣化事象は、代表機器以外の機器においても、代表機器と同様の整理が可能である。

##### (2) 代表機器以外の機器に特有な経年劣化事象の整理

代表機器以外の機器に特有の高経年化対策上着目すべき経年劣化事象はない。

#### 3.5.5.2 耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象の抽出

3.5.3項において、代表機器に想定される経年劣化事象に対して、機器の振動応答特性上または構造・強度上、影響が「軽微もしくは無視」できる事象を耐震安全性評価対象外としたが、以下の経年劣化事象については、影響が「軽微もしくは無視」できないと判断し、次項にて耐震安全性評価を実施することとする。

- ・ 配管の疲労割れ [炭素鋼配管：原子炉冷却材再循環系，残留熱除去系，低圧炉心スプレィ系，高圧炉心スプレィ系，原子炉冷却材浄化系]

### 3.5.5.3 耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象の評価

代表機器に想定される経年劣化事象と同じ事象及び代表機器以外の機器に特有な経年劣化事象に対する耐震安全性評価を実施した（代表機器以外の機器については表3.5-2～3を参照のこと）。

#### (1) 代表機器に想定される経年劣化事象と同じ事象に対する耐震安全性評価

- a. 配管の疲労割れ [炭素鋼配管：原子炉冷却材再循環系，残留熱除去系，低圧炉心スプレィ系，高圧炉心スプレィ系，原子炉冷却材浄化系]

配管の熱疲労割れについては熱疲労強度上，厳しい代表配管の評価を行い，耐震安全性を確認した。代表以外の配管についても，代表機器と同等またはそれ以下の過渡変化を受ける部位であることから，代表配管同様に疲労評価は許容値を下回ると考えられる。

地震による疲労強度への影響は，代表配管の評価結果と同様に小さいものと考えられ，地震を考慮しても，これらの系統の耐震安全性に問題はないものと判断する。

### 3.5.6 保全対策に反映すべき項目の抽出

評価対象の配管に対して耐震安全性評価を実施した結果，耐震上の観点から保全対策に追加すべき項目は抽出されなかった。

### 3.6 弁

本章は、技術評価における評価対象機器のうち、主要な弁の高経年化について、耐震安全性への影響をまとめたものである。

なお、弁については技術評価において、経年劣化事象に対する健全性評価を行うとともに、現状の保全の評価を実施しているため、本章においてはこれら検討結果を前提条件とし、評価することとする。

#### 3.6.1 評価対象機器

技術評価における評価対象機器のうち、主要な弁を評価対象機器とする。

評価対象機器一覧を表3.6-1に示す。

表 3.6-1 (1/6) 評価対象機器一覧

分類	分類基準		当該系統	耐震重要度
	材料	流体		
仕切弁	炭素鋼	ガス（窒素）	可燃性ガス濃度制御系（FCS）	S
		純水	残留熱除去系（RHR）	S
			低圧炉心スプレイ系（LPCS）	S
			高圧炉心スプレイ系（HPCS）	S
			原子炉冷却材浄化系（CUW）	S
			給水系（FDW）	S
			復水補給水系（MUWC）	S
		冷却水 （防錆剤入り純水）	原子炉補機冷却水系（RCW）	S
			換気空調補機常用冷却水系（HNCW）	S
			換気空調補機非常用冷却水系（HECW）	S
	高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系（HPCW）		S	
	ステンレス鋼	純水	原子炉冷却材再循環系（PLR）	S
			制御棒駆動系（CRD）	B
			ほう酸水注入系（SLC）	S
			高圧炉心スプレイ系（HPCS）	B
			燃料プール冷却浄化系（FPC）	S
			液体固体廃棄物処理系（RW）	S
五ほう酸ナトリウム水		ほう酸水注入系（SLC）	S	

表3.6-1 (2/6) 評価対象機器一覧

分類	分類基準		当該系統	耐震重要度
	材料	流体		
玉形弁	炭素鋼	純水	残留熱除去系 (RHR)	S
			低圧炉心スプレイ系 (LPCS)	S
			高圧炉心スプレイ系 (HPCS)	S
			原子炉冷却材浄化系 (CUW)	S
			復水補給水系 (MUWC)	S
			可燃性ガス濃度制御系 (FCS)	S
		冷却水 (防錆剤入り純水)	原子炉補機冷却水系 (RCW)	S
			換気空調補機常用冷却水系 (HNCW)	S
			換気空調補機非常用冷却水系 (HECW)	S
			高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系 (HPCW)	S
	ステンレス鋼	ガス (空気, 窒素)	計装用圧縮空気系 (IA)	S
		純水	制御棒駆動系 (CRD)	S
			ほう酸水注入系 (SLC)	S
			残留熱除去系 (RHR)	S
			低圧炉心スプレイ系 (LPCS)	S
			高圧炉心スプレイ系 (HPCS)	S
			原子炉冷却材浄化系 (CUW)	S
			燃料プール冷却浄化系 (FPC)	S
			復水補給水系 (MUWC)	S
			液体固体廃棄物処理系 (RW)	S
事故後サンプリング系 (PASS)	S			
五ほう酸ナトリウム水	ほう酸水注入系 (SLC)	S		

表3.6-1 (3/6) 評価対象機器一覧

分類	分類基準		当該系統	耐震重要度
	材料	流体		
逆止弁	炭素鋼	ガス (窒素)	可燃性ガス濃度制御系 (FCS)	S
		純水	残留熱除去系 (RHR)	S
			低圧炉心スプレイ系 (LPCS)	S
			高圧炉心スプレイ系 (HPCS)	S
			原子炉冷却材浄化系 (CUW)	B
			液体固体廃棄物処理系 (RW)	B
			給水系 (FDW)	S
		冷却水 (防錆剤入り純水)	原子炉補機冷却水系 (RCW)	S
			換気空調補機非常用冷却水系 (HECW)	S
		海水	原子炉補機冷却海水系 (RSW)	S
	高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却海水系 (HPSW)		S	
	ステンレス鋼	ガス (空気)	計装用圧縮空気系 (IA)	S
		純水	制御棒駆動系 (CRD)	B
			ほう酸水注入系 (SLC)	S
			原子炉冷却材浄化系 (CUW)	B
			燃料プール冷却浄化系 (FPC)	S
			液体固体廃棄物処理系 (RW)	B
事故後サンプリング系 (PASS)			C	
五ほう酸ナトリウム水	ほう酸水注入系 (SLC)	S		

表3.6-1 (4/6) 評価対象機器一覧

分類	分類基準		当該系統	耐震重要度
	材料	流体		
バタフライ弁	炭素鋼	ガス (空気)	非常用ガス処理系 (SGTS)	S
			換気空調系 (HVAC)	S
		冷却水 (防錆剤入り純水)	原子炉補機冷却水系 (RCW)	S
		海水	原子炉補機冷却海水系 (RSW)	S
	高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却海水系 (HPSW)		S	
ステンレス鋼	純水	液体固体廃棄物処理系 (RW)	B	
安全弁	炭素鋼	ガス (窒素)	可燃性ガス濃度制御系 (FCS)	S
			残留熱除去系 (RHR)	S
		純水	低圧炉心スプレイ系 (LPCS)	S
			高圧炉心スプレイ系 (HPCS)	S
	ステンレス鋼	純水	原子炉冷却材浄化系 (CUW)	B
五ほう酸ナトリウム水		ほう酸水注入系 (SLC)	S	
ボール弁	炭素鋼	純水	原子炉冷却材浄化系 (CUW)	B
	ステンレス鋼	純水	液体固体廃棄物処理系 (RW)	B
制御弁	炭素鋼	純水	原子炉冷却材浄化系 (CUW)	B
			原子炉補機冷却水系 (RCW)	S
		冷却水 (防錆剤入り純水)	換気空調補機非常用冷却水系 (HECW)	S
	ステンレス鋼	純水	制御棒駆動系 (CRD)	B

表3.6-1 (5/6) 評価対象機器一覧

分類	分類基準		当該系統	耐震重要度
	設置場所	電源		
電動弁用駆動部	原子炉格納容器内	交流	残留熱除去系 (RHR)	S
			原子炉冷却材浄化系 (CUW)	S
			事故後サンプリング系 (PASS)	S
			原子炉補機冷却水系 (RCW)	S
	屋内	交流	ほう酸水注入系 (SLC)	S
			残留熱除去系 (RHR)	S
			低圧炉心スプレイ系 (LPCS)	S
			高圧炉心スプレイ系 (HPCS)	S
			原子炉冷却材浄化系 (CUW)	S
			復水補給水系 (MUWC)	S
			事故後サンプリング系 (PASS)	S
			原子炉補機冷却水系 (RCW)	S
			換気空調補機常用冷却水系 (HNCW)	S
			換気空調補機非常用冷却水系 (HECW)	S
			原子炉補機冷却海水系 (RSW)	S
			高圧窒素ガス供給系 (HPIN)	S
			計装用圧縮空気系 (IA)	S
			非常用ガス処理系 (SGTS)	S
			可燃性ガス濃度制御系 (FCS)	S
			換気空調系 (HVAC)	S



表3.6-1 (6/6) 評価対象機器一覧

分類	分類基準		当該系統	耐震重要度
	区分	設置場所		
空気作動弁用駆動部	ダイヤフラム型	屋内	換気空調補機非常用冷却水系 (HECW)	S
	シリンダ型	原子炉格納容器内	残留熱除去系 (RHR)	S
			低圧炉心スプレイ系 (LPCS)	S
			高圧炉心スプレイ系 (HPCS)	S
		屋内	液体固体廃棄物処理系 (RW)	S
			非常用ガス処理系 (SGTS)	S
			換気空調系 (HVAC)	S

### 3.6.2 代表機器の選定

技術評価では、評価対象弁において型式等を基に分類して評価しているが、本検討においてもこの分類に従って整理するものとする。

本検討における代表機器は、技術評価における代表機器に従うことを基本とする。ただし、耐震安全性評価の観点から、技術評価において行った機器のグループ化の中に、技術評価代表機器より耐震重要度の上位の機器が存在する場合には、これを本検討における代表機器に追加して評価することとする。

#### (1) 仕切弁のグループ化及び代表機器選定（表3.6-2）

表3.6-2での仕切弁のグループ化に従った代表機器を以下に示す。

- ① 可燃性ガス濃度制御系出口隔離弁
- ② 給水系原子炉給水ライン手動止め弁
- ③ 原子炉補機冷却水系 PCV 入口外側隔離弁
- ④ 原子炉冷却材再循環系ポンプ吐出弁
- ⑤ ほう酸水注入系ポンプ吐出弁

#### (2) 玉形弁のグループ化及び代表機器選定（表3.6-3）

表3.6-3での玉形弁のグループ化に従った代表機器を以下に示す。

- ① 原子炉冷却材浄化系ボトム吸込弁
- ② 原子炉補機冷却水系 PCV 出口隔離弁テスト弁
- ③ 計装用圧縮空気系 SRV 用窒素ガス PCV 外側隔離弁
- ④ E31-FT001 元弁
- ⑤ ほう酸水注入系注入ライン試験タップ第二弁

#### (3) 逆止弁のグループ化及び代表機器選定（表3.6-4）

表3.6-4での逆止弁のグループ化に従った代表機器を以下に示す。

- ① 可燃性ガス濃度制御系出口逆止弁
- ② 給水系原子炉給水ライン外側隔離弁
- ③ 原子炉補機冷却水系 PCV 入口内側隔離逆止弁
- ④ 原子炉補機冷却海水系ポンプ吐出逆止弁
- ⑤ 高圧窒素ガス供給系常用 PCV 内側隔離弁
- ⑥ ほう酸水注入系外側隔離弁
- ⑦ ほう酸水注入系ポンプ吐出逆止弁

#### (4) バタフライ弁のグループ化及び代表機器選定（表3.6-5）

表3.6-5でのバタフライ弁のグループ化に従った代表機器を以下に示す。

- ① 可燃性ガス濃度制御系室給気隔離弁
- ② 原子炉補機冷却水系冷却水供給温度調節弁熱交換器側前弁

- ③ 原子炉補機冷却海水系ポンプ吐出弁
- ④ 濃縮廃液ポンプ吐出タンク攪拌絞り弁

(5) 安全弁のグループ化及び代表機器選定 (表3. 6-6)

表3. 6-6での安全弁のグループ化に従った代表機器を以下に示す。

- ① 可燃性ガス濃度制御系出口ライン逃がし弁
- ② 残留熱除去系停止時冷却吸込ライン隔離弁間逃がし弁
- ③ 原子炉冷却材浄化系ポンプパーシライン逃がし弁
- ④ ほう酸水注入系ポンプ吐出ライン逃がし弁

(6) ボール弁のグループ化及び代表機器選定 (表3. 6-7)

表3. 6-7でのボール弁のグループ化に従った代表機器を以下に示す。

- ① 原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器プリコート出口第1弁
- ② 液体固体廃棄物処理系 HCW 濃縮装置デミスタドレン出口弁

(7) 制御弁のグループ化及び代表機器選定 (表3. 6-8)

表3. 6-8での制御弁のグループ化に従った代表機器を以下に示す。

- ① 原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器流量調整弁
- ② 原子炉補機冷却水系冷却水供給温度調節弁
- ③ 制御棒駆動系駆動水流量調節弁

(8) 電動弁駆動部のグループ化及び代表機器選定 (表3. 6-9)

表3. 6-9での電動弁駆動部のグループ化に従った代表機器を以下に示す。

- ① 残留熱除去系停止時冷却内側隔離弁用駆動部
- ② 残留熱除去系熱交換器出口弁用駆動部

(9) 空気作動弁用駆動部のグループ化及び代表機器選定 (表3. 6-10)

表3. 6-10での空気作動弁用駆動部のグループ化に従った代表機器を以下に示す。

- ① 換気空調補機非常用冷却水系 MCR 給気冷却器温度調節弁用駆動部
- ② 残留熱除去系試験可能逆止弁用駆動部
- ③ 換気空調系 FCS 室給気隔離弁用駆動部

表3.6-2 (1/2) 仕切弁のグループ化及び代表機器の選定

分類基準		系統名称	選定基準						技術評価代表機器	耐震安全性評価代表機器	代表弁	備考
材料	内部流体		重要度*1	使用条件				耐震重要度				
				口径(A)	運転状態*2	最高使用圧力(MPa)	最高使用温度(°C)					
炭素鋼	ガス(窒素)	可燃性ガス濃度制御系	MS-1	100~150	一時(一時)	約0.3	171	S	○	◎	可燃性ガス濃度制御系出口隔離弁 (150 A, 約0.3 MPa, 171 °C, 150 LB) T49-M0-F008A/B	
	純水	残留熱除去系	PS-1	100~600	連続(一時)	約1.4~10.4	100~302	S			給水系原子炉給水ライン手動止め弁 (500 A, 約8.6 MPa, 302 °C, 900 LB) B21-F053A/B	
		低圧炉心スプレイ系	PS-1	300~600	一時(一時)	約1.4~8.6	104~302	S				
		高圧炉心スプレイ系	PS-1	100~600	一時(一時)	約1.4~10.8	100~302	S				
		原子炉冷却材浄化系	PS-1	100~150	連続(連続)	約8.6~10.0	66~302	S				
		給水系	PS-1	500	連続(連続)	約8.6~10.0	302	S	○	◎		
		復水補給水系	MS-1	80	連続(連続)	約1.4	171	S				
	冷却水*3	原子炉補機冷却水系	MS-1	150~500	連続(連一*4)	約1.4	70~171	S	○	◎	原子炉補機冷却水系 PCV 入口外側隔離弁 (200A, 約1.4MPa, 171°C, 150LB) P21-M0-F075A/B	
		換気空調補機常用冷却水系	MS-1	200	連続(連続)	約1.3	171	S				
		換気空調補機非常用冷却水系	MS-1	100~150	一時(一時)	約0.8	66	S				
		高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系	MS-1	80~200	一時(一時)	約1.3	70	S				

\*1: 最上位の重要度を示す

\*2: 上段は冷温停止状態時における運転状態, 下段の( )は断続運転時の運転状態を示す

\*3: 防錆剤入り純水

\*4: 連続/一時

表3.6-2 (2/2) 仕切弁のグループ化及び代表機器の選定

分類基準		系統名称	選定基準						技術評価 代表機器	耐震安全性 評価 代表機器	代表弁	備考
材料	内部流体		重要度*1	使用条件				耐震重要度				
				口径 (A)	運転状態*2	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)					
ステンレス鋼	純水	原子炉冷却材再循環系	PS-1	600	連続 (連続)	約 8.6～ 10.4	302	S	○	◎	原子炉冷却材再循環系ポンプ吐出弁 (600 A, 約 10.4 MPa, 302 °C, 887 LB) B31-M0-F002A/B	
		制御棒駆動系	高*3	20～50	連続 (連続)	約 13.8	66	B				
		ほう酸水注入系	MS-1	40	一時 (一時)	約 8.6	302	S				
		高圧炉心スプレイ系	MS-1	250～ 400	一時 (一時)	約 1.4	66	B				
		燃料プール冷却浄化系	MS-2	150	連続 (連続)	約 1.4	66	S				
		液体固体廃棄物処理系	MS-1	80	連続 (連続)	約 0.3	171	S				
	五ほう酸 ナトリウム 水	ほう酸水注入系	MS-1	40～80	一時 (一時)	約 1.4～ 10.8	66	S	○	◎	ほう酸水注入系ポンプ吐出弁 (40 A, 約 10.8 MPa, 66 °C, 900 LB) C41-F005A/B	

\*1：最上位の重要度を示す

\*2：上段は冷温停止状態時における運転状態，下段の（ ）は断続運転時の運転状態を示す

\*3：最高使用温度が 95 °C を超え，または最高使用圧力が 1,900 kPa を超える環境下にある原子炉格納容器外の重要度クラス 3 の機器

表3.6-3 (1/3) 玉形弁のグループ化及び代表機器の選定

分類基準		系統名称	選定基準						技術 評価 代表 機器	耐震 安全性 評価 代表 機器	代表弁	備考
材料	内部 流体		重要度*1	使用条件				耐震 重要度				
				口径 (A)	運転 状態*2	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (°C)					
炭素鋼	純水	残留熱除去系	PS-1	15～ 500	連続 (一時)	約 0.3～ 10.4	100～302	S			原子炉冷却材浄化系ボトム吸込弁 (50A, 約 8.6MPa, 302°C, 900LB) G31-F026	
		低圧炉心スプレイ系	MS-1	15～ 300	一時 (一時)	約 0.3～ 8.6	100～302	S				
		高圧炉心スプレイ系	MS-1	15～ 300	一時 (一時)	約 8.6～ 10.8	100～302	S				
		原子炉冷却材浄化系	PS-1	20～ 150	連続 (連続)	約 8.6～ 10.0	66～302	S	○	◎		
		復水補給水系	MS-1	80	連続 (連続)	約 1.4	171	S				
		可燃性ガス濃度制御系	MS-1	50	一時 (一時)	約 3.4	182	S				
	冷却水*3	原子炉補機冷却水系	MS-1	20～ 500	連続 (連一*4)	静水頭～ 約 1.4	70～171	S	○	◎	原子炉補機冷却水系 PCV 出口隔離弁テ スト弁 (20A, 約 1.4MPa, 171°C, 150LB) P21-F085A/F087B	
		換気空調補機常用冷却 水系	MS-1	20	連続 (連続)	約 1.3	66	S				
		換気空調補機非常用冷 却水系	MS-1	150	一時 (一時)	約 0.8	66	S				
		高圧炉心スプレイディ ーゼル補機冷却水系	MS-1	25～ 150	一時 (一時)	約 1.3	70	S				

\*1：最上位の重要度を示す

\*2：上段は冷温停止状態時における運転状態，下段の（）は断続運転時の運転状態を示す

\*3：防錆剤入り純水

\*4：連続／一時

表3.6-3 (2/3) 玉形弁のグループ化及び代表機器の選定

分類基準		系統名称	選定基準					技術評価代表機器	耐震安全性評価代表機器	代表弁	備考	
材料	内部流体		重要度*1	使用条件								耐震重要度
				口径(A)	運転状態*2	最高使用圧力(MPa)	最高使用温度(°C)					
ステンレス鋼	ガス(空気,窒素)	計装用圧縮空気系	MS-1	25~50	連続(連続)	約0.9~1.8	171	S	○	◎	計装用圧縮空気系 SRV 用窒素ガス PCV 外側隔離弁 (25A, 約1.8MPa, 171°C, 300LB) P54-M0-F016	
	純水	制御棒駆動系	MS-1	20~50	連続(連続)	約13.8	66	S			E31-FT001 元弁 (20A, 約8.6MPa, 302°C, 1500LB) G31-F700A~D	
		ほう酸水注入系	MS-1	40	一時(一時)	約10.8	66~302	S				
		残留熱除去系	MS-1	20	連続(一時)	約8.6	302	S				
		低圧炉心スプレイ系	MS-1	20	一時(一時)	約8.6	302	S				
		高圧炉心スプレイ系	MS-1	20	一時(一時)	約8.6	302	S				
		原子炉冷却材浄化系	MS-1	20	連続(連続)	約8.6~13.8	66~302	S	○	◎		
		燃料プール冷却浄化系	MS-2	200	連続(連続)	約3.4	66	S				
		復水補給水系	MS-1	20~50	連続(連続)	約1.4~13.8	66~171	S				
		液体固体廃棄物処理系	MS-1	20~50	連続(連続)	約0.3	171	S				
事故後サンプリング系	MS-1	25	一時(一時)	約0.3	104	S						

\*1: 最上位の重要度を示す

\*2: 上段は冷温停止状態時における運転状態, 下段の( )は断続運転時の運転状態を示す

表3.6-3 (3/3) 玉形弁のグループ化及び代表機器の選定

分類基準		系統名称	選定基準						技術 評価 代表 機器	耐震 安全性 評価 代表 機器	代表弁	備考
材料	内部 流体		重要度*1	使用条件				耐震 重要度				
				口径 (A)	運転 状態*2	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (°C)					
ステン レス鋼	五ほう酸 ナトリウ ム水	ほう酸水注入系	MS-1	20~80	一時 (一時)	約 1.4~ 10.8	66~302	S	○	◎	ほう酸水注入系注入ライン試験タップ 第二弁 (20A, 約 8.6MPa, 302°C, 1500LB) C41-F025	

\*1：最上位の重要度を示す

\*2：上段は冷温停止状態時における運転状態，下段の（ ）は断続運転時の運転状態を示す



表3.6-4 (1/2) 逆止弁のグループ化及び代表機器の選定

分類基準		系統名称	選定基準						技術 評価 代表 機器	耐震 安全 評価 代表 機器	代表弁	備考
材料	内部 流体		重要度*1	使用条件				耐震 重要度				
				口径 (A)	運転 状態*2	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (℃)					
炭素鋼	ガス	可燃性ガス濃度制御系	MS-1	50～ 150	一時 (一時)	約 0.3	171	S	○	◎	可燃性ガス濃度制御系出口逆止弁 (スイング型, 150 A, 約 0.3 MPa, 171 ℃, 150 LB) T49-F005A/B	
	純水	残留熱除去系	PS-1	25～ 500	連続 (連一*4)	約 3.4～ 10.4	100～ 302	S			給水系原子炉給水ライン外側隔離弁 (スイング型, 500 A, 約 8.6 MPa, 302 ℃, 900 LB) B21-A0-F051A/B	
		低圧炉心スプレイ系	PS-1	25～ 400	連一*4 (連一*4)	約 4.4～ 8.6	100～ 302	S				
		高圧炉心スプレイ系	PS-1	50～ 600	一時 (一時)	約 1.4～ 10.8	100～ 302	S				
		原子炉冷却材浄化系	PS-2	100～ 150	連続 (連続)	約 10.0	66～302	B				
		液体固体廃棄物処理系	高*3	50	連続 (連続)	約 2.0	66	B				
	冷却水*5	給水系	PS-1	500	連続 (連続)	約 8.6	302	S	○	◎		
		原子炉補機冷却水系	MS-1	200～ 500	連続 (連続)	約 1.4	70～171	S	○	◎	原子炉補機冷却水系 PCV 入口内側隔離 逆止弁 (スイング型, 200 A, 約 1.4 MPa, 171 ℃, 150 LB) P21-F076A/B	
	海水	換気空調補機非常用冷 却水系	MS-1	150	一時 (一時)	約 0.8	66	S				
		原子炉補機冷却海水系	MS-1	550	連続 (連続)	約 0.6	50	S	○	◎	原子炉補機冷却海水系ポンプ吐出逆止 弁 (スイング型, 550 A, 約 0.6 MPa, 50 ℃, JIS 10 K) P41-F001A～D	
	高圧炉心スプレイデー ーゼル補機冷却海水系	MS-1	250	一時 (一時)	約 0.7	50	S					

\*1: 最上位の重要度を示す

\*2: 上段は冷温停止状態時における運転状態, 下段の ( ) は断続的運転時の運転状態を示す

\*3: 最高使用温度が 95 ℃ を超え, または最高使用圧力が 1,900 kPa を超える環境下にある原子炉格納容器外の重要度クラス 3 の機器

\*4: 連続/一時

\*5: 防錆剤入り純水

表3.6-4 (2/2) 逆止弁のグループ化及び代表機器の選定

分類基準		系統名称	選定基準					技術評価 代表機器	耐震 安全性 評価 代表 機器	代表弁	備考	
材料	内部 流体		重要度*1	使用条件								耐震 重要度
				口径 (A)	運転 状態*2	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (°C)					
ステン レス鋼	ガス	計装用圧縮空気系	MS-1	25~50	連続 (連続)	約 0.9~ 1.8	171	S	○	◎	高压窒素ガス供給系常用 PCV 内側隔離弁 (スイング型, 25 A, 約 1.8 MPa, 171 °C, 300 LB) P54-F017	
	純水	制御棒駆動系	高*3	25~50	連続 (連続)	約 13.8	66	B			ほう酸水注入系外側隔離弁 (スイング型, 40A, 約 8.6 MPa, 302 °C, 900 LB) C41-F007	
		ほう酸水注入系	MS-1	40	一時 (一時)	約 8.6	302	S	○	◎		
		原子炉冷却材浄化系	高*3	20	連続 (連続)	約 10.0	66	B				
		燃料プール冷却浄化系	MS-2	150~ 200	連続 (連続)	約 1.4	66	S				
		液体固体廃棄物処理系	高*3	40	連続 (連続)	約 2.0	66	B				
	事故後サンプリング系	高*3	20~25	一時 (一時)	約 0.3~ 3.4	104~182	C					
五ほう 酸ナト リウム 水	ほう酸水注入系	MS-1	40	一時 (一時)	約 10.8	66	S	○	◎	ほう酸水注入系ポンプ吐出逆止弁 (スイング型, 40A, 約 10.8 MPa, 66 °C, 900 LB) C41-F004A/B		

\*1: 最上位の重要度を示す

\*2: 上段は冷温停止状態時における運転状態, 下段の ( ) は断続運転時の運転状態を示す

\*3: 最高使用温度が 95 °C を超え, または最高使用圧力が 1,900 kPa を超える環境下にある原子炉格納容器外の重要度クラス 3 の機器

表3.6-5 バタフライ弁のグループ化及び代表機器の選定

分類基準		系統名称	選定基準						技術 評価 代表 機器	耐震 安全性 評価 代表 機器	代表弁	備考
材料	内部 流体		重要度*1	使用条件				耐震 重要度				
				口径 (A)	運転 状態*2	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (°C)					
炭素鋼	ガス (空気)	非常用ガス処理系	MS-1	300	一時 (一時)	約 0.1	100~150	S	○	◎	可燃性ガス濃度制御系室給気隔離弁 (250A, 約 0.1MPa, 100°C, 5K) U41-A0-F004A/B	
		換気空調系	MS-1	250	連続 (連続)	約 0.1	100	S				
	冷却水*3	原子炉補機冷却水系	MS-1	650	連続 (連続)	約 1.4	70	S	○	◎	原子炉補機冷却水系冷却水供給温度 調節弁熱交換器側前弁 (650A, 約 1.4MPa, 70°C, 150LB) P21-F005A/B	
	海水	原子炉補機冷却海水系	MS-1	450~ 550	連続 (連続)	約 0.6	50	S	○	◎	原子炉補機冷却海水系ポンプ吐出弁 (550A, 約 0.6MPa, 50°C, 150LB) P41-F002A~D	
		高圧炉心スプレイディ ーゼル補機冷却海水系	MS-1	250	一時 (一時)	約 0.7	50	S				
ステン レス鋼	純水	液体固体廃棄物処理系	高*4	80	連続 (連続)	約 1.7	100	B	○	◎	濃縮廃液ポンプ吐出タンク攪拌絞り 弁 (80A, 約 1.7MPa, 100°C, 300LB) K22-F008A/B	

\*1：最上位の重要度を示す

\*2：上段は冷温停止状態時における運転状態，下段の（ ）は断続運転時の運転状態を示す

\*3：防錆剤入り純水

\*4：最高使用温度が 95 °C を超え，または最高使用圧力が 1,900 kPa を超える環境下にある原子炉格納容器外の重要度クラス 3 の機器

表3.6-6 安全弁のグループ化及び代表機器の選定

分類基準		系統名称	選定基準					技術評価代表機器	耐震安全性評価代表機器	代表弁	備考	
材料	内部流体		重要度*1	使用条件								耐震重要度
				口径(A)	運転状態*2	最高使用圧力(MPa)	最高使用温度(°C)					
炭素鋼	ガス(窒素)	可燃性ガス濃度制御系	MS-1	25	一時(一時)	約0.3	171	S	○	◎	可燃性ガス濃度制御系出口ライン逃がし弁 (25 A, 約0.3 MPa, 171 °C, 10 K) T49-F009	
	純水	残留熱除去系	MS-1	20~25	連続(一時)	約1.4~8.6	104~302	S	○	◎	残留熱除去系停止時冷却吸込ライン隔離弁間逃がし弁 (20 A, 約8.6 MPa, 302 °C, 110 K) E11-F079A/B	
		低圧炉心スプレイ系	MS-1	25	一時(一時)	約4.4	104	S				
		高圧炉心スプレイ系	MS-1	25	一時(一時)	約1.4	104	S				
ステンレス鋼	純水	原子炉冷却材浄化系	高*3	20	連続(連続)	約13.8	66	B	○	◎	原子炉冷却材浄化系ポンプパージライン逃がし弁 (20 A, 約13.8 MPa, 66 °C, 140 K) G31-F040A/B	
	ほう酸ナトリウム水	ほう酸水注入系	高*3	25	一時(一時)	約10.8	66	S	○	◎	ほう酸水注入系ポンプ吐出ライン逃がし弁 (25 A, 約10.8 MPa, 66 °C, 110 K) C41-F003A/B	

\*1: 最上位の重要度を示す

\*2: 上段は冷温停止状態時における運転状態, 下段の( )は断続運転時の運転状態を示す

\*3: 最高使用温度が95 °Cを超え, または最高使用圧力が1,900 kPaを超える環境下にある原子炉格納容器外の重要度クラス3の機器

表3.6-7 ボール弁のグループ化及び代表機器の選定

分類基準		系統名称	選定基準						技術評価代表機器	耐震安全性評価代表機器	代表弁	備考
材料	内部流体		重要度*1	使用条件				耐震重要度				
				口径(A)	運転状態*2	最高使用圧力(MPa)	最高使用温度(°C)					
炭素鋼	純水	原子炉冷却材浄化系	PS-2	100～125	連続(連続)	約 10.0	66	B	○	◎	原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器プリコート出口第1弁 (125 A, 約 10.0 MPa, 66 °C, 900 LB) G31-A0-F058A/B	
ステンレス鋼	純水	液体固体廃棄物処理系	高*3	40～100	連続(連続)	約 0.3～2.0	66～148	B	○	◎	液体固体廃棄物処理系 HCW 濃縮装置デミスタドレン出口弁 (50 A, 約 0.3 MPa, 148 °C, 150 LB) K13-F287	

\*1：最上位の重要度を示す

\*2：上段は冷温停止状態時における運転状態，下段の（ ）は断続運転時の運転状態を示す

\*3：最高使用温度が 95 °C を超え，または最高使用圧力が 1,900 kPa を超える環境下にある原子炉格納容器外の重要度クラス 3 の機器

表3.6-8 制御弁のグループ化及び代表機器の選定

分類基準		系統名称	選定基準					技術 評価 代表 機器	耐震 安全性 評価 代表 機器	代表弁	備考	
材料	内部 流体		重要度*1	使用条件								耐震 重要度
				口径 (A)	運転 状態*2	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (°C)					
炭素鋼	純水	原子炉冷却材浄化系	PS-2	100	連続 (連続)	約 10.0	66	B	○	◎	原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器流量調整弁 (100 A, 約 10.0 MPa, 66 °C, 900 LB) G31-FCV-F018A/B	
	冷却水*3	原子炉補機冷却水系	MS-1	150~ 650	連続 (連続)	約 1.4	70	S	○	◎	原子炉補機冷却水系冷却水供給温度調節弁 (650 A, 約 1.4 MPa, 70 °C, 150 LB)	
		換気空調補機非常用 冷却水系	MS-1	150	一時 (一時)	約 0.8	66	S			P21-TCV-F006A/B	
ステン レス鋼	純水	制御棒駆動系	高*4	20~ 50	連続 (連続)	約 13.8	66	B	○	◎	制御棒駆動系駆動水流量調節弁 (50 A, 約 13.8 MPa, 66 °C, 900 LB) C12-FCV-F010A/B	

\*1：最上位の重要度を示す

\*2：上段は冷温停止状態時における運転状態，下段の（ ）は断続運転時の運転状態を示す

\*3：防錆剤入り純水

\*4：最高使用温度が 95 °C を超え，または最高使用圧力が 1,900 kPa を超える環境下にある原子炉格納容器外の重要度クラス 3 の機器

表 3.6-9 電動弁用駆動部のグループ化及び代表機器の選定

分類基準		系統名称	選定基準				技術 評価 代表 機器	耐震 安全性 評価 代表 機器	代表弁	備考	
設置場所	電源		重要度*1	使用条件							耐震 重要度
				口径 (A)	出力 (kW)	周囲温度					
原子炉格納容器内	交流	残留熱除去系	MS-1	25~400	0.28~14.7	66℃以下	S	○	残留熱除去系停止時冷却内側隔離弁用駆動部 E11-MO-F024A/B		
		原子炉冷却材浄化系	MS-1	150	3.7		S				
		事故後サンプリング系	MS-1	20	0.12		S				
		原子炉補機冷却水系	MS-1	20	0.37		S				
屋内	交流	ほう酸水注入系	MS-1	40~80	0.28	40℃以下	S		残留熱除去系熱交換器出口弁用駆動部 E11-MO-F010A/B		
		残留熱除去系	MS-1	40~500	0.37~16	40℃以下	S	○			◎
		低圧炉心スプレイ系	MS-1	60~300	1.8~16	40℃以下	S				
		高圧炉心スプレイ系	MS-1	40~300	1.8~16	40℃以下	S				
		原子炉冷却材浄化系	MS-1	100~150	1.1~3.7	40℃以下	S				
		復水補給水系	MS-1	80	0.12~0.37	40℃以下	S				
		事故後サンプリング系	MS-1	20~25	0.12	40℃以下	S				
		原子炉補機冷却水系	MS-1	20~500	0.37~1.8	40℃以下	S				
		換気空調補機常用冷却水系	MS-1	20	0.37	40℃以下	S				
		換気空調補機非常用冷却水系	MS-1	100	0.004	40℃以下	S				
		原子炉補機冷却海水系	MS-1	450	0.23~0.53	40℃以下	S				
		高圧窒素ガス供給系	MS-1	25	0.12	40℃以下	S				
		計装用圧縮空気系	MS-1	50	0.12	40℃以下	S				
		非常用ガス処理系	MS-1	300	0.23	40℃以下	S				
可燃性ガス濃度制御系	MS-1	10~80	0.12~0.37	40℃以下	S						
換気空調系	MS-1	250~600	0.23~0.53	40℃以下	S						

\*1：最上位の重要度を示す

表 3.6-10 空気作動弁用駆動部のグループ化及び代表機器の選定

分類基準		系統名称	選定基準					技術評価代表機器	耐震安全性評価代表機器	代表弁	備考
区分	設置場所		重要度*1	使用条件			耐震重要度				
				口径(A)	運転状態*2	周囲温度(°C)					
ダイヤフラム型	屋内	換気空調補機非常用冷却水系	MS-1	150	一時(一時)	40	S	○	◎	換気空調補機非常用冷却水系 MCR 給気冷却器温度調節弁用駆動部 (150 A) P25-TCV-F005A/B	
シリンダ型	原子炉格納容器内	残留熱除去系	MS-1	20	連続(一時)	66	S	○	◎	残留熱除去系試験可能逆止弁用駆動部 (20A) E11-N0-F048A~C	
		低圧炉心スプレイ系	MS-1	20	一時(一時)	66	S				
		高圧炉心スプレイ系	MS-1	20	一時(一時)	66	S				
	屋内	液体固体廃棄物処理系	MS-1	80	連続(連続)	40	S			換気空調系 FCS 室給気隔離弁用駆動部 (250A) U41-A0-F004A/B	
		非常用ガス処理系	MS-1	300	一時(一時)	40	S				
		換気空調系	MS-1	250	連続(連続)	40	S	○	◎		

\*1：最上位の重要度を示す

\*2：上段は冷温停止状態時における運転状態，下段の（）は断続運転時の運転状態を示す



### 3.6.3 耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象

#### (1) 技術評価における検討結果の整理

技術評価における経年劣化事象の抽出及び保全対策の検討結果（詳細は柏崎刈羽原子力発電所3号炉の「弁の技術評価書」参照）を用いて、3.6.2項で選定した代表機器について、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象を以下のとおり整理した（表3.6-11～19参照）。

- ① 現在発生しておらず、今後も発生の可能性がないもの、または小さいもの（保全対策により発生可能性が十分に低減されているものを含む）（表中×）
- ② 現在発生しているか、または将来にわたって起こることが否定できないもの（表中○）

表3.6-11 仕切弁の技術評価における検討結果の整理

機能達成に必要な項目	部位	経年劣化事象	代表機器					技術評価結果概要
			可燃性ガス濃度制御系出口隔離弁	給水系原子炉給水ライン手動止め弁	原子炉補機冷却水系PCV入口外側隔離弁	原子炉冷却材再循環系ポンプ吐出弁	ほう酸水注入系ポンプ吐出弁	
バウンダリの維持	弁箱	疲労割れ	—	○	—	○	—	
		熱時効	—	—	—	○	—	

○：現在発生しているか、または将来にわたって起こることが否定できないもの

—：経年劣化事象が想定されないもの、または該当部位がないもの

表3.6-12 玉形弁の技術評価における検討結果の整理

機能達成に必要な項目	部位	経年劣化事象	代表機器				技術評価結果概要	
			原子炉冷却材浄化系ボトム吸込弁	原子炉補機冷却水系PCV出口隔離弁テスト弁	計装用圧縮空気系SRV用窒素ガスPCV外側隔離弁	E31-FT001元弁		ほう酸水注入系注入ライン試験タック第二弁
バウンダリの維持	弁箱	疲労割れ	○	—	—	—	—	

○：現在発生しているか、または将来にわたって起こることが否定できないもの

—：経年劣化事象が想定されないもの、または該当部位がないもの

表3.6-13 逆止弁の技術評価における検討結果の整理

機能達成に必要な項目	部位	経年劣化事象	代表機器							技術評価結果概要
			可燃性ガス濃度制御系出口逆止弁	給水系原子炉給水ライン外側隔離弁	原子炉補機冷却水系PCV入口内側隔離逆止弁	原子炉補機冷却海水系ポンプ吐出逆止弁	高压窒素ガス供給系常用PCV内側隔離弁	ほう酸水注入系外側隔離弁	ほう酸水注入系ポンプ吐出逆止弁	
バウンダリの維持	弁箱	疲労割れ	—	○	—	—	—	—	—	

○：現在発生しているか、または将来にわたって起こることが否定できないもの  
 —：経年劣化事象が想定されないもの、または該当部位がないもの

表3.6-14 バタフライ弁の技術評価における検討結果の整理

機能達成に必要な項目	部位	経年劣化事象	代表機器			技術評価結果概要
			可燃性ガス濃度制御系室給気隔離弁	原子炉補機冷却水系冷却水供給温度調節弁熱交換器側前弁	原子炉補機冷却海水系ポンプ吐出弁	
高経年化対策上着目すべき経年劣化事象はない						

表3.6-15 安全弁の技術評価における検討結果の整理

機能達成に必要な項目	部位	経年劣化事象	代表機器			技術評価結果概要
			可燃性ガス濃度制御系出口ライン逃がし弁	残留熱除去系停止時冷却吸込ライン隔離弁間逃がし弁	原子炉冷却材浄化系ポンプパーシライン逃がし弁	
高経年化対策上着目すべき経年劣化事象はない						

表3.6-16 ボール弁の技術評価における検討結果の整理

機能達成に必要な項目	部位	経年劣化事象	代表機器		技術評価結果概要
			原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器 プリコート出口第1弁	液体固体廃棄物処理系HCW濃縮装置 デミスタドレン出口弁	
高経年化対策上着目すべき経年劣化事象はない					

表3.6-17 制御弁の技術評価における検討結果の整理

機能達成に必要な項目	部位	経年劣化事象	代表機器			技術評価結果概要
			原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器流量調整弁	原子炉補機冷却水系冷却水供給温度調節弁	制御棒駆動系駆動水流量調節弁	
高経年化対策上着目すべき経年劣化事象はない						

表3.6-18 電動弁用駆動部の技術評価における検討結果の整理

機能達成に必要な項目	部位	経年劣化事象	代表機器		技術評価結果概要
			残留熱除去系停止時冷却内側隔離弁用駆動部	残留熱除去系熱交換器出口弁用駆動部	
高経年化対策上着目すべき経年劣化事象はない					

表3.6-19 空気作動弁用駆動部の技術評価における検討結果の整理

機能達成に必要な項目	部位	経年劣化事象	代表機器			技術評価結果概要
			換気空調補機非常用冷却水系MCR給気冷却器温度調節弁用駆動部	残留熱除去系試験可能逆止弁用駆動部	換気空調系 FCS 室給気隔離弁用駆動部	
高経年化対策上着目すべき経年劣化事象はない						

(2) 耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象の抽出

3.6.3項(1)で整理された②の経年劣化事象については、これらの事象が顕在化した場合、対象となる機器の振動応答特性または構造・強度評価上、「有意」であるか「軽微もしくは無視」できるかを検討し、「軽微もしくは無視」できる事象については耐震安全性評価対象外とする（表3.6-20～28に耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象を示す）。

a. 仕切弁

仕切弁における高経年化対策上着目すべき経年劣化事象を、技術評価での検討結果を考慮して整理した結果（表3.6-11参照）、現在発生しているか、または将来にわたって起こることが否定できない事象として以下の事象が抽出された。

- ・ 弁箱の疲労割れ [給水系原子炉給水ライン手動止め弁, 原子炉冷却材再循環系ポンプ吐出弁]
- ・ 弁箱の熱時効 [原子炉冷却材再循環系ポンプ吐出弁]

これらのうち以下に示す事象については、機器の振動応答特性または構造強度への影響が「軽微もしくは無視」できるものと判断した（表3.6-20で■）。

(a) 弁箱の熱時効 [原子炉冷却材再循環系ポンプ吐出弁]

熱時効により靱性が低下した状態において、他の事象で亀裂が発生・進展した場合に不安定破壊を引き起こす可能性がある。

しかしながら、亀裂が発生する他の事象が想定されないこと、分解点検時に目視点検及び浸透探傷検査を実施し、亀裂がないことを確認していることから、熱時効が問題となる可能性は低く、耐震性への影響は軽微であると判断した。

この結果、耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象として、以下の事象が抽出された。（表3.6-20で◎）。

- ・ 弁箱の疲労割れ [給水系原子炉給水ライン手動止め弁, 原子炉冷却材再循環系ポンプ吐出弁]

b. 玉形弁

玉形弁における高経年化対策上着目すべき経年劣化事象を、技術評価での検討結果を考慮して整理した結果（表3.6-12参照）、現在発生しているか、または将来にわたって起こることが否定できない事象として以下の事象が抽出された。

- ・ 弁箱の疲労割れ [原子炉冷却材浄化系ボトム吸込弁]

本事象については機器の振動応答特性または構造強度への影響が「軽微もしくは無視」できるとは言えず、耐震安全上考慮する必要がある経年劣化事象とした（表3.6-21で◎）。

c. 逆止弁

逆止弁における高経年化対策上着目すべき経年劣化事象を、技術評価での検討結果を考慮して整理した結果（表3.6-13参照）、現在発生しているか、または将来にわたって起こることが否定できない事象として以下の事象が抽出された。

- ・ 弁箱の疲労割れ [給水系原子炉給水ライン外側隔離弁]

本事象については機器の振動応答特性または構造強度への影響が「軽微もしくは無視」できるとは言えず、耐震安全上考慮する必要がある経年劣化事象とした（表3.6-22で◎）。

d. バタフライ弁

バタフライ弁における高経年化対策上着目すべき経年劣化事象を、技術評価での検討結果を考慮して整理した結果（表3.6-14参照）、現在発生しているか、または将来にわたって起こることが否定できない事象は抽出されなかった（表3.6-23）。

e. 安全弁

安全弁における高経年化対策上着目すべき経年劣化事象を、技術評価での検討結果を考慮して整理した結果（表3.6-15参照）、現在発生しているか、または将来にわたって起こることが否定できない事象は抽出されなかった（表3.6-24）。

f. ボール弁

ボール弁における高経年化対策上着目すべき経年劣化事象を、技術評価での検討結果を考慮して整理した結果（表3.6-16参照）、現在発生しているか、または将来にわたって起こることが否定できない事象は抽出されなかった（表3.6-25）。

g. 制御弁

制御弁における高経年化対策上着目すべき経年劣化事象を、技術評価での検討結果を考慮して整理した結果（表3.6-17参照）、現在発生しているか、または将来にわたって起こることが否定できない事象は抽出されなかった（表3.6-26）。

h. 電動弁用駆動部

電動弁用駆動部における高経年化対策上着目すべき経年劣化事象を、技術評価での検討結果を考慮して整理した結果（表3.6-18参照）、現在発生しているか、または将来にわたって起こることが否定できない事象は抽出されなかった（表3.6-27）。

i. 空気作動弁用駆動部

空気作動弁用駆動部における高経年化対策上着目すべき経年劣化事象を、技術評価での検討結果を考慮して整理した結果（表3.6-19参照）、現在発生しているか、または将来にわたって起こることが否定できない事象は抽出されなかった（表3.6-28）。

表3.6-20 仕切弁の耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	経年劣化事象	代表機器				
			可燃性ガス濃度制御系出口隔離弁	給水系原子炉給水ライン手動止め弁	原子炉補機冷却水系PCV入口外側隔離弁	原子炉冷却材再循環系ポンプ吐出弁	ほう酸水注入系ポンプ吐出弁
バウンダリの維持	弁箱	疲労割れ	—	◎	—	◎	—
		熱時効	—	—	—	■	—

◎：耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象

■：現在発生しているか、または将来にわたって起こることが否定できないが、機器の振動応答特性または構造強度への影響が「軽微もしくは無視」できるもの

—：以下の条件に該当するもの

- ・ 経年劣化事象が想定されないもの
- ・ 該当部位がないもの
- ・ 現在発生しておらず、今後も発生の可能性がないもの、または小さいもの（保全対策により発生の可能性を低減しているものを含む）

表3.6-21 玉形弁の耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	経年劣化事象	代表機器				
			原子炉冷却材浄化系ボトム吸込弁	原子炉補機冷却水系PCV出口隔離弁テスト弁	計装用圧縮空気系SRV用窒素ガスPCV外側隔離弁	E31-FT001元弁	ほう酸水注入系注入ライン試験タップ第二弁
バウンダリの維持	弁箱	疲労割れ	◎	—	—	—	—

◎：耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象

—：以下の条件に該当するもの

- ・ 経年劣化事象が想定されないもの
- ・ 該当部位がないもの
- ・ 現在発生しておらず、今後も発生の可能性がないもの、または小さいもの（保全対策により発生の可能性を低減しているものを含む）



表3.6-22 逆止弁の耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	経年劣化事象	代表機器						
			可燃性ガス濃度制御系出口逆止弁	給水系原子炉給水ライン外側隔離弁	原子炉補機冷却水系PCV入口内側隔離逆止弁	原子炉補機冷却海水系ポンプ吐出逆止弁	高圧窒素ガス供給系常用PCV内側隔離弁	ほう酸水注入系外側隔離弁	ほう酸水注入系ポンプ吐出逆止弁
バウンダリの維持	弁箱	疲労割れ	—	◎	—	—	—	—	—

◎:耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象

—:以下の条件に該当するもの

- ・経年劣化事象が想定されないもの
- ・該当部位がないもの
- ・現在発生しておらず、今後も発生の可能性がないもの、または小さいもの（保全対策により発生の可能性を低減しているものを含む）

表3.6-23 バタフライ弁の耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	経年劣化事象	代表機器		
			可燃性ガス濃度制御系室給気隔離弁	原子炉補機冷却水系冷却水供給温度調節弁熱交換器側前弁	原子炉補機冷却海水系ポンプ吐出弁
耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象はない					

表3.6-24 安全弁の耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	経年劣化事象	代表機器		
			可燃性ガス濃度制御系出口ライン逃がし弁	残留熱除去系停止時冷却吸込ライン隔離弁間逃がし弁	原子炉冷却材浄化系ポンプパージライン逃がし弁
耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象はない					

表3.6-25 ボール弁の耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	経年劣化事象	代表機器	
			原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器プリコート出口第1弁	液体固体廃棄物処理系HCW濃縮装置デミスタドレン出口弁
耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象はない				

表3.6-26 制御弁の耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	経年劣化事象	代表機器		
			原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器流量調整弁	原子炉補機冷却水系冷却水供給温度調整弁	制御棒駆動系駆動水流量調節弁
耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象はない					

表3.6-27 電動弁用駆動部の耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	経年劣化事象	代表機器	
			残留熱除去系停止時冷却内側隔離弁用駆動部	残留熱除去系熱交換器出口弁用駆動部
耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象はない				

表3.6-28 空気作動弁用駆動部の耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	経年劣化事象	代表機器		
			換気空調補機非常用冷却水系MCR給気冷却器温度調節弁用駆動部	残留熱除去系試験可能逆止弁用駆動部	換気空調系FCS室給気隔離弁用駆動部
耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象はない					

### 3.6.4 耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象の評価

前項にて抽出した経年劣化事象に対して耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象の評価を実施する。なお、必要があれば経年劣化事象ごとに、詳細評価実施機器を選定して検討することとする。

- (1) 弁箱の疲労割れ [給水系原子炉給水ライン手動止め弁, 原子炉冷却材再循環系ポンプ吐出弁, 原子炉冷却材浄化系ボトム吸込弁, 給水系原子炉給水ライン外側隔離弁]

弁箱の疲労割れに関しては、技術評価において令和3年8月11日時点での過渡条件より疲れ累積係数を評価し健全性を確認しているが、耐震安全性評価では、耐震設計技術指針 (JEAG4601) に従い、地震動による疲れ解析から求められる疲れ累積係数との和に対する疲労評価を行う。

評価の結果、疲れ累積係数の和は、許容値1以下となり、耐震安全性に問題のないことを確認した (表3.6-29参照)。

表3.6-29 弁箱の疲れ解析結果

評価対象	区分	耐震重要度	運転実績回数に基づく疲れ累積係数*	地震動による疲れ累積係数 (Ss地震動)	合計 (許容値1以下)
給水系原子炉給水ライン手動止め弁	クラス1	S	0.134	0.002	0.136
原子炉冷却材再循環系ポンプ吐出弁	クラス1	S	0.582	0.001	0.583
原子炉冷却材浄化系ボトム吸込弁	クラス1	S	0.240	0.011	0.251
給水系原子炉給水ライン外側隔離弁	クラス1	S	0.082	0.001	0.083

\*: 環境を考慮

### 3.6.5 評価対象機器全体への展開

以下の手順により、代表機器以外の機器への耐震安全性評価を展開する。

#### 3.6.5.1 代表機器以外の機器の高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の整理

3.6.3項の代表機器における技術評価での高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出及び保全対策の検討結果を用いて、代表機器以外の機器に展開すべき経年劣化事象の整理を行った。

##### (1) 代表機器に想定される経年劣化事象の整理

- ・ 弁箱の疲労割れ [原子炉冷却材再循環系ポンプ吸込弁，給水系原子炉給水ライン内側隔離弁]
- ・ 弁箱の熱時効 [原子炉冷却材再循環系ポンプ吸込弁]

上記経年劣化事象は、代表機器以外の機器においても、代表機器と同様の整理が可能である。

##### (2) 代表機器以外の機器に特有な経年劣化事象の整理

代表機器以外の機器に特有の高経年化対策上着目すべき経年劣化事象はない。

#### 3.6.5.2 耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象の抽出

3.6.3項において、代表機器に想定される経年劣化事象に対して、機器の振動応答特性上または構造・強度上、影響が「軽微もしくは無視」できる事象を耐震安全性評価対象外としたが、以下の経年劣化事象については、影響が「軽微もしくは無視」できないと判断し、次項にて耐震安全性評価を実施することとする。

- ・ 弁箱の疲労割れ [原子炉冷却材再循環系ポンプ吸込弁，給水系原子炉給水ライン内側隔離弁]

### 3.6.5.3 耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象の評価

代表機器に想定される経年劣化事象以外の事象は抽出されなかったことから、代表機器に想定される経年劣化事象と同じ事象に対する耐震安全性評価を実施した。(代表機器以外の機器については表3.6-2～10を参照のこと)。

#### (1) 代表機器に想定される経年劣化事象と同じ事象に対する耐震安全性評価

- a. 弁箱の疲労割れ [原子炉冷却材再循環系ポンプ吸込弁, 給水系原子炉給水ライン内側隔離弁]

弁箱の疲労割れにおいては代表機器と同様の熱過渡条件であり、また、地震による疲れ累積係数は熱疲労による疲れ累積係数に比して十分に低い値となると考えられる。さらに、代表機器の評価で許容値に対して十分に余裕があることから、これらの弁についても耐震安全性上問題ないと判断する。

### 3.6.6 経年劣化事象に対する動的機能維持評価

弁における高経年化に対する技術評価により、各部位に想定される経年劣化事象については、現状の保全対策により機器に与える影響が十分小さいことを確認した。

また、耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象に対する耐震安全性評価の実施により、弁における動的機能維持に必要となる部位での経年劣化事象は、機器の振動応答特性への影響が「軽微もしくは無視」できる事象であることを確認した。

さらに、耐震安全上考慮する必要のある配管に対する耐震安全性評価の実施により、配管の経年劣化事象は、配管が支持する機器の支持機能に影響を及ぼさないことを確認している。

これより、経年劣化事象を考慮しても、地震時に動的機能の維持が要求される機器における地震時の応答加速度は各機器の機能確認済加速度を上回るものでないと考えられ、地震時の動的機能についても維持されると判断される。

### 3.6.7 保全対策に反映すべき項目の抽出

評価対象の弁に対して耐震安全性評価を実施した結果、耐震上の観点から保全対策に追加すべき項目は抽出されなかった。

### 3.7 炉内構造物

本章は、技術評価における評価対象機器のうち、主要な炉内構造物の高経年化について、耐震安全性への影響をまとめたものである。制御棒は、第3.12章「機械設備」にて評価を実施するものとし、本章には含まれない。

なお、これらの評価対象機器については技術評価において、経年劣化事象に対する健全性評価を行うとともに、現状の保全の評価を実施しているため、本章においてはこれら検討結果を前提条件とし、評価することとする。

#### 3.7.1 評価対象機器

技術評価における評価対象機器のうち、本評価にあたっては、評価対象機器についてグループ化や代表機器の選定を行わずに評価を実施する。

評価対象機器一覧を表3.7-1に示す。

表 3.7-1 評価対象機器一覧

機器名称 (個数)	耐震重要度
炉心シュラウド (1)	S
シュラウドサポート (1)	S
上部格子板 (1)	S
炉心支持板 (1)	S
燃料支持金具 (中央 185, 周辺 24)	S
制御棒案内管 (185)	S
残留熱除去系 (低圧注水系) 配管 (3)	S
炉心スプレイ配管・スパージャ (2)	S
差圧検出・ほう酸水注入系配管 (1)	S

### 3.7.2 耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象

#### (1) 技術評価における検討結果の整理

技術評価における経年劣化事象の抽出及び保全対策の検討結果（詳細は柏崎刈羽原子力発電所3号炉の「炉内構造物の技術評価書」参照）を用いて、3.7.1項に記載の評価対象機器について、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象を以下のとおり整理した（表3.7-2～10参照）。

- ① 現在発生しておらず、今後も発生の可能性がないもの、または小さいもの（保全対策により発生の可能性が十分に低減されているものを含む）（表中×）
- ② 現在発生しているか、または将来にわたって起こることが否定できないもの（表中○）

なお、①（表中×）に分類した経年劣化事象については耐震安全性評価対象外とし、その理由を表3.7-2～10中に記載した。

表3.7-2 炉心シュラウドの技術評価における検討結果の整理

機能達成に必要な項目	部位	経年劣化事象		技術評価結果概要*
		疲労割れ	照射誘起型 応力腐食割れ	
炉心の支持	上部胴	○	—	維持規格に示されるしきい照射量を超えないことから、照射誘起型応力腐食割れ発生の可能性はない。
	中間胴	○	×	
	下部胴	○	—	
	リング	○	—	

○：現在発生しているか、または将来にわたって起こることが否定できないもの

×：現在発生しておらず、今後も発生の可能性がないもの、または小さいもの（保全対策により発生可能性が十分に低減されているものを含む）

—：経年劣化事象が想定されないもの、または該当部位がないもの

\*：「×」とした理由を記載

表3.7-3 シュラウドサポートの技術評価における検討結果の整理

機能達成に必要な項目	部位	経年劣化事象		技術評価結果概要
		疲労割れ		
炉心の支持	シリンダ	○		
	プレート	○		
	レグ	○		
炉心冷却材流路の確保	マンホール蓋	○		
	取付ボルト	○		

○：現在発生しているか、または将来にわたって起こることが否定できないもの



表3.7-4 上部格子板の技術評価における検討結果の整理

機能達成に必要な項目	部位	経年劣化事象		技術評価結果概要*
		照射誘起型応力腐食割れ		
炉心の支持	上板	—		グリッドプレートの中央部において維持規格に示されるしきい照射量を超えるものの、溶接部はなく、運転中の差圧、熱及び自重等に起因する引張応力成分は低いことから、照射誘起型応力腐食割れ発生の可能性はない。
	グリッドプレート	×		
	リム胴	—		
	下板	—		
機器の支持	ウエッジ	—		

×：現在発生しておらず、今後も発生の可能性がないもの、または小さいもの（保全対策により発生可能性が十分に低減されているものを含む）  
 —：経年劣化事象が想定されないもの、または該当部位がないもの  
 \*：「×」とした理由を記載

表3.7-5 炉心支持板の技術評価における検討結果の整理

機能達成に必要な項目	部位	経年劣化事象		技術評価結果概要*
		照射誘起型応力腐食割れ		
炉心の支持	上板	×		維持規格に示されるしきい照射量を超えないことから、照射誘起型応力腐食割れ発生の可能性はない。
	リム胴	—		
	補強ビーム	—		

×：現在発生しておらず、今後も発生の可能性がないもの、または小さいもの（保全対策により発生可能性が十分に低減されているものを含む）  
 —：経年劣化事象が想定されないもの、または該当部位がないもの  
 \*：「×」とした理由を記載

表3.7-6 燃料支持金具の技術評価における検討結果の整理

機能達成に必要な項目	部位	経年劣化事象	技術評価結果概要*
		照射誘起型応力腐食割れ	
炉心の支持	周辺燃料支持金具	×	維持規格に示されるしきい照射量を超えないことから、照射誘起型応力腐食割れ発生の可能性はない。

×：現在発生しておらず、今後も発生の可能性がないもの、または小さいもの（保全対策により発生可能性が十分に低減されているものを含む）

\*：「×」とした理由を記載

表3.7-7 制御棒案内管の技術評価における検討結果の整理

機能達成に必要な項目	部位	経年劣化事象	技術評価結果概要*
		照射誘起型応力腐食割れ	
炉心の支持	スリーブ	×	維持規格に示されるしきい照射量を超えないことから、照射誘起型応力腐食割れ発生の可能性はない。
	ボディ	—	
	ベース	—	

×：現在発生しておらず、今後も発生の可能性がないもの、または小さいもの（保全対策により発生可能性が十分に低減されているものを含む）

—：経年劣化事象が想定されないもの、または該当部位がないもの

\*：「×」とした理由を記載

表3.7-8 残留熱除去系（低圧注水系）配管の技術評価における検討結果の整理

機能達成に必要な項目	部位	経年劣化事象	技術評価結果概要
高経年化対策上着目すべき経年劣化事象はない			

表3.7-9 炉心スプレイ配管・スパージャの技術評価における検討結果の整理

機能達成に必要な項目	部位	経年劣化事象	技術評価結果概要
高経年化対策上着目すべき経年劣化事象はない			

表3.7-10 差圧検出・ほう酸水注入系配管の技術評価における検討結果の整理

機能達成に必要な項目	部位	経年劣化事象	技術評価結果概要
高経年化対策上着目すべき経年劣化事象はない			

(2) 耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象の抽出

3.7.2項(1)で整理された②の経年劣化事象については、これらの事象が顕在化した場合、対象となる機器の振動応答特性または構造・強度評価上、「有意」であるか「軽微もしくは無視」できるかを検討し、「軽微もしくは無視」できる事象については耐震安全性評価対象外とする（表3.7-11～19に耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象を示す）。

a. 炉心シュラウド

炉心シュラウドにおける高経年化対策上着目すべき経年劣化事象を、技術評価での検討結果及び規格基準等に基づいた点検・評価を考慮して整理した結果（表3.7-2参照）、耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象として、以下の事象が抽出された（表3.7-11で◎）。

- ・ 疲労割れ

b. シュラウドサポート

シュラウドサポートにおける高経年化対策上着目すべき経年劣化事象を、技術評価での検討結果及び規格基準等に基づいた点検・評価を考慮して整理した結果（表3.7-3参照）、耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象として、以下の事象が抽出された（表3.7-12で◎）。

- ・ 疲労割れ

c. 上部格子板

上部格子板における高経年化対策上着目すべき経年劣化事象を、技術評価での検討結果及び規格基準等に基づいた点検・評価を考慮して整理した結果（表3.7-4参照）、耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象は抽出されなかった（表3.7-13）。

d. 炉心支持板

炉心支持板における高経年化対策上着目すべき経年劣化事象を、技術評価での検討結果及び規格基準等に基づいた点検・評価を考慮して整理した結果(表3.7-5参照)、耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象は、抽出されなかった(表3.7-14)。

e. 燃料支持金具

燃料支持金具における高経年化対策上着目すべき経年劣化事象を、技術評価での検討結果及び規格基準等に基づいた点検・評価を考慮して整理した結果(表3.7-6参照)、耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象は、抽出されなかった(表3.7-15)。

f. 制御棒案内管

制御棒案内管における高経年化対策上着目すべき経年劣化事象を、技術評価での検討結果及び規格基準等に基づいた点検・評価を考慮して整理した結果(表3.7-7参照)、耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象は、抽出されなかった(表3.7-16)。

g. 残留熱除去系(低圧注水系)配管

残留熱除去系(低圧注水系)配管における高経年化対策上着目すべき経年劣化事象を、技術評価での検討結果及び規格基準等に基づいた点検・評価を考慮して整理した結果(表3.7-8参照)、耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象は、抽出されなかった(表3.7-17)。

h. 炉心スプレイ配管・スパージャ

炉心スプレイ配管・スパージャにおける高経年化対策上着目すべき経年劣化事象を、技術評価での検討結果及び規格基準等に基づいた点検・評価を考慮して整理した結果(表3.7-9参照)、耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象は、抽出されなかった(表3.7-18)。

i. 差圧検出・ほう酸水注入系配管

差圧検出・ほう酸水注入系配管における高経年化対策上着目すべき経年劣化事象を、技術評価での検討結果及び規格基準等に基づいた点検・評価を考慮して整理した結果(表3.7-10参照)、耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象は、抽出されなかった(表3.7-19)。

表3.7-11 炉心シュラウドの耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	経年劣化事象	
		疲労割れ	照射誘起型 応力腐食割れ
炉心の支持	上部胴	◎	—
	中間胴	◎	—
	下部胴	◎	—
	リング	◎	—

◎：耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象

—：以下の条件に該当するもの

- ・経年劣化事象が想定されないもの
- ・該当部位がないもの
- ・現在発生しておらず、今後も発生の可能性がないもの、または小さいもの（保全対策により発生可能性を低減しているものを含む）

表3.7-12 シュラウドサポートの耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	経年劣化事象
		疲労割れ
炉心の支持	シリンダ	◎
	プレート	◎
	レグ	◎
炉心冷却材流路の確保	マンホール蓋	◎
	取付ボルト	◎

◎：耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象

表3.7-13 上部格子板の耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	経年劣化事象
耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象はない		

表3.7-14 炉心支持板の耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	経年劣化事象
耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象はない		

表3.7-15 燃料支持金具の耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	経年劣化事象
耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象はない		

表3.7-16 制御棒案内管の耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	経年劣化事象
耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象はない		

表3.7-17 残留熱除去系（低圧注水系）配管の耐震安全上考慮する必要がある経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	経年劣化事象
耐震安全上考慮する必要がある経年劣化事象はない		

表3.7-18 炉心スプレイ配管・スパージャの耐震安全上考慮する必要がある経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	経年劣化事象
耐震安全上考慮する必要がある経年劣化事象はない		

表3.7-19 差圧検出・ほう酸水注入系配管の耐震安全上考慮する必要がある経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	経年劣化事象
耐震安全上考慮する必要がある経年劣化事象はない		



### 3.7.3 耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象の評価

前項にて抽出した経年劣化事象に対して耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象の評価を実施する。なお、必要があれば経年劣化事象ごとに、詳細評価実施機器を選定して検討することとする。

また、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象について、表4で抽出された耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象の評価を実施する。

#### (1) 疲労割れ [炉心シュラウド, シュラウドサポート]

疲労割れについては、技術評価において現時点（令和3年8月11日）の過渡回数を設定し、これに基づく疲労評価の結果、疲労割れの可能性が小さいことを確認している。

ここでは、運転実績回数による疲れ累積係数に、 $S_s$ 地震動による疲れ解析から求められる疲れ累積係数を加算して評価を行う。

評価の結果、許容値1以下となり、耐震安全性に問題のないことを確認した（表3.7-20参照）。

また、新潟県中越沖地震（以下、NCOという）による疲労強度への影響を確認するため、疲れ累積係数が最も高い炉心シュラウドに対して評価を実施した。評価は、上記の評価結果にNCO地震動による疲れ累積係数を加算することとし、評価の結果、許容値1以下なることを確認した（表3.7-20参照）。

表3.7-20 炉内構造物の疲れ解析結果

評価対象	区分	耐震重要度	運転実績回数に基づく疲れ累積係数 (環境を考慮)	地震動による疲れ累積係数 ( $S_s$ 地震動)	地震動による疲れ累積係数 (NCO地震動)	合計*2 (許容値1以下)
炉心シュラウド	炉心支持構造物	S	0.455*1	0.025	0.001	0.481
シュラウドサポート	炉心支持構造物	S	0.031*1	0.001	—	0.032

\*1：環境考慮

\*2：日本機械学会「発電用原子力設備規格 設計・建設規格（2005年版（2007年追補版を含む）」により算出

- (2) 中性子照射による靱性低下 [炉心シュラウド, 上部格子板, 炉心支持板, 燃料支持金具, 制御棒案内管]

中性子照射による靱性低下については, 技術評価に基づく計画的な点検を実施することで原子炉の安全性は維持されと考えられるが, 耐震安全性評価では, 中性子照射量が大きい上部格子板に対して評価を実施した。

上部格子板については, 中性子照射による靱性低下の発生を想定し, グリッドプレート切り欠き部に亀裂が発生したと仮定して,  $S_s$ 地震に対する評価を実施した。

評価の結果, 想定欠陥の応力拡大係数は中性子照射材料の破壊靱性値の下限値を下回り, 不安定破壊は生じず, 耐震安全性に問題のないことを確認した (表3.7-21参照)。

表3.7-21 上部格子板の靱性低下評価

評価対象	区分	耐震重要度	評価地震力	許容応力状態	想定欠陥 応力拡大係数 ( $MPa\sqrt{m}$ )	破壊靱性値*1 ( $MPa\sqrt{m}$ )
上部格子板	炉心支持 構造物	S	$S_s$	—*2	21.5	43.2

\*1: 発電設備技術検査協会「プラントの長寿命化技術開発に関する調査報告書」における照射ステンレス鋼の破壊靱性値の下限値 (BWR)

\*2: 破壊靱性値と比較

#### 3.7.4 評価対象機器全体への展開

炉内構造物においては代表機器を選定せず, 全ての部位について評価を実施しているため, 他機器への評価の展開は不要である。

#### 3.7.5 保全対策に反映すべき項目の抽出

評価対象の炉内構造物に対して耐震安全性評価を実施した結果, 耐震上の観点から保全対策に追加すべき項目は抽出されなかった。

### 3.8 ケーブル

本章は、技術評価における評価対象機器のうち、主要なケーブル（トレイ及び電線管を含む）の高経年化について、耐震安全性への影響をまとめたものである。

なお、ケーブルについては技術評価において、経年劣化事象に対する健全性評価を行うとともに、現状の保全の評価を実施しているため、本章においてはこれらの検討結果を前提条件とし、評価を実施することとする。

#### 3.8.1 評価対象機器

技術評価における評価対象機器のうち、主要なケーブル（トレイ及び電線管を含む）を評価対象機器とする。

評価対象機器一覧を表3.8-1に示す。

表 3.8-1 評価対象機器一覧

分類	機器名称	耐震重要度
高圧ケーブル	高圧難燃 CV ケーブル	S
低圧ケーブル	KGB ケーブル	S
	難燃 PN ケーブル	S
	難燃 CV ケーブル	S
	難燃 CC ケーブル	S
	難燃 FN ケーブル	S
同軸ケーブル	難燃一重同軸ケーブル	S
	難燃二重同軸ケーブル (絶縁体が耐放射線性架橋ポリエチレン)	S
	難燃二重同軸ケーブル (絶縁体が耐放射線性架橋発泡ポリエチレン)	S
	難燃複合同軸ケーブル	S
光ファイバケーブル	GI 型光ファイバケーブル	S
ケーブルトレイ, 電線管	ケーブルトレイ	S
	電線管	S
ケーブル接続部	端子台接続 (ジアルルフタレート樹脂)	S
	端子接続	S
	直ジョイント接続	S
	電動弁コネクタ接続	S
	同軸コネクタ接続 (ポリエーテルエーテルケトン)	S

### 3.8.2 代表機器の選定

技術評価では、評価対象ケーブル（トレイ及び電線管を含む）をその型式等を基に分類して評価しているが、本検討においてもこの分類に従って整理するものとする。

本検討における代表機器は、技術評価における代表機器に従うことを基本とする。ただし、耐震安全性評価の観点から、技術評価において行った機器のグループ化の中に、技術評価代表機器より耐震重要度の上位の機器が存在する場合には、これを本検討における代表機器に追加して評価を実施することとする。

#### (1) 高圧ケーブルのグループ化及び代表機器選定

技術評価では高圧難燃CVケーブルを単独で分類し代表機器としており、グループ化は行っていない。本検討においても高圧難燃CVケーブルを単独で代表機器とする。

##### ① 高圧難燃 CV ケーブル

#### (2) 低圧ケーブルのグループ化及び代表機器選定（表3.8-2）

表3.8-2での低圧ケーブルのグループ化に従った代表機器を以下に示す。

##### ① KGB ケーブル

##### ② 難燃 PN ケーブル

##### ③ 難燃 CV ケーブル

##### ④ 難燃 FN ケーブル

#### (3) 同軸ケーブルのグループ化及び代表機器選定（表3.8-3）

表3.8-3での同軸ケーブルのグループ化に従った代表機器を以下に示す。

##### ① 難燃二重同軸ケーブル（絶縁体が耐放射線性架橋ポリエチレン）

##### ② 難燃二重同軸ケーブル（絶縁体が耐放射線性架橋発泡ポリエチレン）

##### ③ 難燃複合同軸ケーブル

#### (4) 光ファイバケーブルのグループ化及び代表機器選定

技術評価では光ファイバケーブルを単独で分類し代表機器としており、グループ化は行っていない。本検討においても光ファイバケーブルを単独で代表機器とする。

##### ① GI 型光ファイバケーブル

#### (5) ケーブルトレイ及び電線管のグループ化及び代表機器選定

技術評価では、ケーブルトレイ及び電線管をそれぞれ単独で分類し、代表機器としており、グループ化は行っていない。本検討においても、ケーブルトレイ及び電線管を単独で代表機器とする。

##### ① ケーブルトレイ

##### ② 電線管

(6) ケーブル接続部のグループ化及び代表機器選定 (表3.8-4)

表3.8-4でのケーブル接続部のグループ化に従った代表機器を以下に示す。

- ① 端子台接続 (ジアリルフタレート樹脂)
- ② 直ジョイント接続
- ③ 電動弁コネクタ接続
- ④ 同軸コネクタ接続 (ポリエーテルエーテルケトン)

表 3.8-2 低圧ケーブルのグループ化及び代表機器の選定

分類基準	機器名称	選定基準						仕様		耐震 重要度	技術 評価 代表 機器	耐震 安全性 評価 代表 機器	備考
		用途	重要度*1	設置場所		使用開始時期		シース	電圧				
				原子炉 格納 容器内	原子炉 格納 容器外	建設時	運転 開始後						
けい素ゴム	KGB ケーブル	制御・計測	MS-1	○	(削除)	○	○	ガラス編組	600V 以下	S	○	◎	
		計測	MS-2	○		○		けい素ゴム	600V 以下	S			
難燃性 エチレン プロピレンゴム	難燃 PN ケーブル	動力・制御・計測	MS-1	○	(削除)	○	○	難燃性 クロロプレ ン	600V 以下	S	○	◎	
難燃性 架橋ポリエチレン	難燃 CV ケーブル	動力・制御・計測	MS-1	○	○	○	○	難燃性 ノンコロシ ブビニル	600V 以下	S	○	◎	
	難燃 CC ケーブル	制御	MS-1		○	○		難燃性 架橋ポリエ チレン	600V 以下	S			
ETFE*2 樹脂	難燃 FN ケーブル	制御・計測	MS-1		○	○	○	難燃性 クロロプレ ン	600V 以下	S	○	◎	

\*1：最上位の重要度を示す

\*2：四フッ化エチレン・エチレン共重合樹脂

表 3.8-3 同軸ケーブルのグループ化及び代表機器の選定

分類基準	機器名称	選定基準						仕様		耐震重要度	技術評価代表機器	耐震安全性評価代表機器	備考
		用途	重要度*1	設置場所		使用開始時期		シース	電圧				
				原子炉格納容器内	原子炉格納容器外	建設時	運転開始後						
耐放射線性架橋ポリエチレン	難燃一重同軸ケーブル	計測	MS-1		○	○		ノンコロシブ ビニル		S			
				○	○	○		難燃性架橋ポリエチレン		S			
	難燃二重同軸ケーブル	計測	MS-1	○	○	○		難燃性架橋ポリエチレン		S	○	◎	
耐放射線性架橋発泡ポリエチレン	難燃二重同軸ケーブル	計測	MS-1	○	○	○		難燃性架橋ポリエチレン		S	○	◎	
耐放射線性難燃性架橋ポリエチレン*2 耐放射線性架橋ポリエチレン*3	難燃複合同軸ケーブル	計測	MS-1		○	○		ノンコロシブ ビニル		S	○	◎	

\*1：最上位の重要度を示す

\*2：高圧電源心，制御心

\*3：同軸心

表 3.8-4 ケーブル接続部のグループ化及び代表機器の選定

分類基準	接続部名称	絶縁体材料	選定基準					技術評価 代表機器	耐震安全性 評価代表機器	備考
			用途	重要度*	設置場所		耐震重要度			
					原子炉格納容器内	原子炉格納容器外				
端子接続	端子台接続	ジアリルフタレート樹脂	動力・制御・計測	MS-1	○	○	S	○	◎	
		ポリフェニレンエーテル樹脂	動力・制御・計測	MS-1		○	S			
	端子接続	ビニルテープ	動力	MS-1		○	S			
直ジョイント接続	直ジョイント接続	架橋ポリオレフィン	動力・制御・計測	MS-1	○	○	S	○	◎	
電動弁コネクタ接続	電動弁コネクタ接続	ジアリルフタレート樹脂	動力・制御	MS-1	○	○	S	○	◎	
同軸コネクタ接続	同軸コネクタ接続	ポリエーテルエーテルケトン	計測	MS-1	○		S	○	◎	
		架橋ポリスチレン		MS-1	○	○	S			
		四フッ化エチレン樹脂		MS-1		○	S			

\*：最上位の重要度を示す



### 3.8.3 耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象

#### (1) 技術評価における検討結果の整理

技術評価における経年劣化事象の抽出及び保全対策の検討結果（詳細は柏崎刈羽原子力発電所3号炉の「ケーブル（トレイ及び電線管を含む）の技術評価書」参照）を用いて、3.8.2項で選定した代表機器について、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象を整理した結果、現在発生しているか、または将来にわたって起こることが否定できない事象は抽出されなかった。

#### (2) 耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象の抽出

3.8.3(1)項の整理結果より、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象において、現在発生しているか、または将来にわたって起こることが否定できない事象はないため、耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象は抽出されなかった。

### 3.8.4 耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象の評価

前項における検討結果より、ケーブル（トレイ及び電線管を含む）の代表機器において、耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象はない。

### 3.8.5 評価対象機器全体への展開

以下の手順により、代表機器以外の機器全体への耐震安全性評価を展開する。

#### 3.8.5.1 代表機器以外の機器の高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の整理

3.8.3項の代表機器における技術評価での高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出及び保全対策の検討結果を用いて、代表機器以外の機器に展開すべき経年劣化事象の整理を行った。

その結果、現在発生しているか、または将来にわたって起こることが否定できない経年劣化事象は抽出されなかった。

また、代表機器以外の機器に特有の高経年化対策上着目すべき経年劣化事象はない。

### 3.8.6 保全対策に反映すべき項目の抽出

評価対象のケーブル(トレイ及び電線管を含む)に対して耐震安全性評価を実施した結果、耐震上の観点から保全対策に追加すべき項目は抽出されなかった。

### 3.9 コンクリート及び鉄骨構造物

本章は、技術評価における評価対象機器のうち、主要なコンクリート及び鉄骨構造物の高経年化について、耐震安全性への影響をまとめたものである。

なお、コンクリート及び鉄骨構造物については技術評価において、経年劣化事象に対する健全性評価を行うとともに、現状の保全の評価を実施しているため、本章においてはこれら検討結果を前提条件とし、評価することとする。

#### 3.9.1 評価対象構造物

技術評価における評価対象機器のうち、主要なコンクリート及び鉄骨構造物を評価対象構造物とする。

評価対象構造物一覧を表3.9-1に示す。

表3.9-1 評価対象構造物一覧

構造物名称	耐震重要度*
① 原子炉建屋（鉄筋コンクリート造，一部鉄骨鉄筋コンクリート造及び鉄骨造）	S
② タービン建屋（鉄筋コンクリート造，一部鉄骨鉄筋コンクリート造及び鉄骨造）	B
③ 海水熱交換器建屋（鉄筋コンクリート造，一部鉄骨造）	S
④ 取水構造物（鉄筋コンクリート造）	S
⑤ 非常用ガス処理系配管ダクト（鉄筋コンクリート造）	S
⑥ 原子炉補機冷却水系配管ダクト（鉄筋コンクリート造）	S
⑦ 排気筒（鉄骨造，一部鉄筋コンクリート造）	S

\*：評価対象構造物が支持する機器等の耐震重要度のうち最上位を示す

#### 3.9.2 代表部位の選定

技術評価では、評価対象構造物について、想定される経年劣化事象を抽出するとともに、評価すべき経年劣化要因ごとに材料及び劣化進展に影響を与える環境を考慮して評価対象部位及び評価点を抽出している。本検討においてもこの手法に従うこととし、次項において、経年劣化事象に対応する評価対象部位について整理する。

### 3.9.3 耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象

#### (1) 技術評価における検討結果の整理

技術評価における経年劣化事象の抽出及び保全対策の検討結果（詳細は柏崎刈羽原子力発電所3号炉の「コンクリート及び鉄骨構造物の技術評価書」参照）を用いて、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象を以下のとおり整理した（表3.9-2参照）。

- ① 現在発生しておらず、今後も発生の可能性がないもの、または小さいもの（保全対策により発生可能性が十分に低減されている物を含む）（表中×）。
- ② 現在発生しているか、または将来にわたって起こることが否定できないもの（表中○）。

なお、①（表中×）に分類した経年劣化事象については耐震安全性評価対象外とし、その理由を表3.9-2中に記載した。

表3.9-2 (1/2) コンクリート及び鉄骨構造物の技術評価における検討結果の整理

構造種別	機能達成に必要な項目	経年劣化事象	要因	評価対象部位	経年劣化事象分類	技術評価結果概要*
コンクリート 構造物	強度の維持	強度低下	熱	原子炉建屋 (原子炉ペデスタル)	×	運転中、高温条件下となる可能性のある原子炉ペデスタルについて温度分布解析を実施した結果、コンクリートの温度制限値以下であり、熱によるコンクリートの強度低下は、長期健全性評価上問題とならない。
			放射線照射	原子炉建屋 (一次遮へい壁)	×	中性子照射量、ガンマ線照射量と強度との関係については、Hilsdorf等の文献に示されているが、運転開始後40年時点の中性子及びガンマ線照射量は、一次遮へい壁内面において、コンクリート強度に影響を及ぼす照射量以下である。よって、放射線照射によるコンクリートの強度低下は、長期健全性評価上問題とならない。
			中性化	タービン建屋 (内壁)、 海水熱交換器建屋 (外壁)、 非常用ガス処理系配管ダクト (内壁)、 原子炉補機冷却水系配管ダクト (内壁)、 排気筒 (基礎部)	×	プラントの運転開始後40年時点において推定される中性化深さは、鉄筋が腐食し始めるときの中性化深さを十分下回っており、中性化によるコンクリートの強度低下は、長期健全性評価上問題とならない。 定期的な目視点検により補修対象となったひび割れ等については、計画的に補修を実施しており、さらに、定期的な中性化深さを測定し、コンクリートの健全性に問題がないことを確認している。

×：現在発生しておらず、今後も発生の可能性がないもの、または小さいもの（保全対策により発生の可能性を低減しているものを含む）

\*：「×」とした理由を記載

表3.9-2 (2/2) コンクリート及び鉄骨構造物の技術評価における検討結果の整理

構造種別	機能達成に必要な項目	経年劣化事象	要因	評価対象部位	経年劣化事象分類	技術評価結果概要*
コンクリート 構造物	強度の維持	強度低下	塩分浸透	タービン建屋（外壁）、 取水構造物（内壁）	×	鉄筋の腐食減量がかぶりコンクリートにひび割れが発生する時点の腐食減量に達するまでの期間の予測式を用い、運転開始後28年経過したタービン建屋及び取水構造物で測定した塩化物イオン濃度に基づき、運転開始後40年時点での評価を実施した結果、鉄筋の腐食減量はかぶりコンクリートにひび割れが発生する時点の鉄筋の腐食減量を十分に下回っており、塩分浸透によるコンクリートの強度低下は、長期健全性評価上問題とならない。 定期的な目視点検により補修対象となったひび割れ等については、計画的に補修を実施しており、コンクリートの健全性に問題がないことを確認している。
			機械振動	原子炉建屋 （非常用ディーゼル発電 設備基礎）	×	当該設備を支持するコンクリートについては、定期的に目視点検を実施し、コンクリート表面において、強度に支障をきたす可能性のある欠陥がないことを確認している。仮に機械振動により機器のコンクリート基礎への定着部の支持力が失われるような場合には、機械の異常振動が発生するものと考えられるが、機械振動は定例試験時に異常がないことを確認しており、異常の兆候は検知可能であることから長期健全性評価上問題とならない。 定期的な目視点検により補修対象となったひび割れ等については、計画的に補修を実施しており、コンクリートの健全性に問題がないことを確認している。
	遮へい能力の維持	遮へい能力低下	熱	原子炉建屋 （ガンマ線遮へい壁）	×	ガンマ線遮へいコンクリートの温度分布解析を行った結果、最高温度は、「コンクリート遮へい体設計基準」に示されている最高温度制限値を下回っている。また、仮に熱による遮へい能力の低下が生じた場合でも、放射線量を日常的に監視することにより異常の兆候は検知可能であり、熱によるコンクリートの遮へい能力低下は、長期健全性評価上問題とならない。

×：現在発生しておらず、今後も発生の可能性がないもの、または小さいもの（保全対策により発生の可能性を低減しているものを含む）

\*：「×」とした理由を記載

## (2) 耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象の抽出

3.9.3(1)項の整理結果より、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象において、現在発生しているか、または将来にわたって起こることが否定できない事象はないため、耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象は抽出されなかった。

### 3.9.4 耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象の評価

前項における検討結果より、コンクリート及び鉄骨構造物の評価対象部位において、耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象はない。

### 3.9.5 評価対象部位全体への展開

以下の手順により、評価対象部位以外の部位への耐震安全性評価を展開する。

#### 3.9.5.1 評価対象部位以外の部位の高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の整理

3.9.3項の評価対象部位における技術評価での高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出及び保全対策の検討結果を用いて、評価対象部位以外の部位に展開すべき経年劣化事象の整理を行った。

その結果、現在発生しているか、または将来にわたって起こることが否定できない経年劣化事象は抽出されなかった。

また、評価対象部位以外の部位に特有の高経年化対策上着目すべき経年劣化事象はない。

### 3.9.6 保全対策に反映すべき項目の抽出

評価対象のコンクリート及び鉄骨構造物に対して耐震安全性評価を実施した結果、耐震上の観点から保全対策に追加すべき項目は抽出されなかった。

### 3.10 計測制御設備

本章は、技術評価における評価対象機器のうち、主要な計測制御設備の高経年化について、耐震安全性への影響をまとめたものである。

なお、計測制御設備については技術評価において、経年劣化事象に対する健全性評価を行うとともに、現状の保全の評価を実施しているため、本章においてはこれらの検討結果を前提条件とし、評価を実施することとする。

#### 3.10.1 評価対象機器

技術評価における評価対象機器のうち、主要な計測制御設備を評価対象機器とする。評価対象機器一覧を表3.10-1に示す。

表3.10-1(1/4) 評価対象機器一覧

分類	機器名	耐震重要度	
計測装置	圧力	圧力計測装置（ダイヤフラム式）	S
		圧力計測装置（ベローズ式）	S
	温度	温度計測装置（熱電対式）	S
		温度計測装置（測温抵抗体式）	S
	流量	流量計測装置（ダイヤフラム式）	S
	水位	水位計測装置（ダイヤフラム式）	S
		水位計測装置（フロート式）	S
	中性子束	中性子束計測装置（核分裂計数管式/核分裂電離箱式）	S
	放射線	放射線計測装置（半導体式）	S
	振動	振動計測装置（倒立振子式）	S
	位置	位置計測装置（リミットスイッチ式）	C
		位置計測装置（可変抵抗式）	S

表3.10-1(2/4) 評価対象機器一覧

分類	機 器 名	耐震重要度
補助継電器盤 (屋内設置)	A系原子炉緊急停止系盤	S
	B系原子炉緊急停止系盤	S
	A系原子炉系プロセス計装盤	S
	B系原子炉系プロセス計装盤	S
	B系・C系残留熱除去系盤 ESS-II	S
	原子炉隔離時冷却系盤 ESS-I	S
	格納容器外側隔離弁盤	S
	格納容器内側隔離弁盤	S
	高圧炉心スプレイ系盤 ESS-III	S
	低圧炉心スプレイ系・A系残留熱除去系盤 ESS-I	S
	トリップチャンネル盤 RPS-I A・NSSSS-I A	S
	トリップチャンネル盤 RPS-II A・NSSSS-II A	S
	トリップチャンネル盤 RPS-I B・NSSSS-I B	S
	トリップチャンネル盤 RPS-II B・NSSSS-II B	S
	トリップチャンネル盤 ESS-I	S
	トリップチャンネル盤 ESS-II	S
	トリップチャンネル盤 ESS-III	S
	M/C 補助継電器盤 3C	S
	M/C 補助継電器盤 3D	S
	M/C 補助継電器盤 3HPCS	S
	スクラムソレノイドヒューズ盤 A RPS-G1	S
	スクラムソレノイドヒューズ盤 B RPS-G2	S
	スクラムソレノイドヒューズ盤 C RPS-G3	S
	スクラムソレノイドヒューズ盤 D RPS-G4	S
	スクラムソレノイドヒューズ盤 E RPS-G1	S
	スクラムソレノイドヒューズ盤 F RPS-G2	S
	スクラムソレノイドヒューズ盤 G RPS-G3	S
スクラムソレノイドヒューズ盤 H RPS-G4	S	



表3.10-1(3/4) 評価対象機器一覧

分類	機 器 名	耐震重要度
操作制御盤 (屋内設置)	ユニット監視制御盤 1	S
	ユニット監視制御盤 2	S
	ユニット監視制御盤 3	S
	放射線モニタ盤	C
	出力領域モニタ盤区分 I	S
	出力領域モニタ盤区分 II	S
	原子炉系温度記録計盤	C
	漏えい検出系盤区分 I	S
	漏えい検出系盤区分 II	S
	SRM/IRM 盤区分 I	S
	SRM/IRM 盤区分 II	S
	漏えい検出系表示盤	C
	FPC・MUWF・SLC 系制御盤	S
	非常用炉心冷却制御盤 ESS- I	S
	非常用炉心冷却制御盤 ESS- II・III	S
	A 系 RCW・RSW 盤 ESS- I	S
	B 系 RCW・RSW 盤 ESS- II	S
	A 系非常用換気空調系盤 ESS- I	S
	B 系・HPCS 系非常用換気空調系盤 ESS- II・III	S
	原子炉系制御盤	C
	中央制御室端子盤(H12-P802)	S
	中央制御室端子盤(H12-P804)	S
	中央制御室端子盤(H12-P805)	S
	中央制御室端子盤(H12-P841)	S
	中央制御室端子盤(H12-P842)	S
	所内電源制御盤	S
	原子炉系補助制御盤	S
	SGTS・FCS 盤 ESS- I	S
SGTS・FCS 盤 ESS- II	S	

表3.10-1(4/4) 評価対象機器一覧

分類	機 器 名	耐震重要度
操作制御盤 (屋内設置)	制御棒位置伝送補助盤 A	C
	制御棒位置伝送補助盤 B	C
	HECW 冷凍機 A 制御盤 ESS- I	S
	HECW 冷凍機 B 制御盤 ESS- II	S
	HECW 冷凍機 C 制御盤 ESS- I	S
	HECW 冷凍機 D 制御盤 ESS- II	S
	非常用ディーゼル発電機 3A 制御盤	S
	非常用ディーゼル発電機 3B 制御盤	S
	非常用ディーゼル発電機 3A 補機制御盤	S
	非常用ディーゼル発電機 3B 補機制御盤	S
	高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機制御盤	S
	高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機補機制御盤	S
	RSW ストレーナ制御盤 A	S
	RSW ストレーナ制御盤 B	S
	SRM/IRM 前置増幅器盤 A	S
	SRM/IRM 前置増幅器盤 B	S
	SRM/IRM 前置増幅器盤 C	S
	SRM/IRM 前置増幅器盤 D	S

### 3.10.2 代表機器の選定

技術評価では、評価対象機器をその設備区分を基に3つに分類して評価しているが、本検討においてもこの分類に従って整理するものとする。

本検討における代表機器は、技術評価における代表機器に従うことを基本とする。ただし、耐震安全性評価の観点から、技術評価において行った機器のグループ化の中に、技術評価代表機器より耐震重要度の上位の機器が存在する場合には、これを本検討における代表機器に追加して評価を実施することとする。

#### (1) 計測装置のグループ化及び代表機器選定 (表3.10-2)

表3.10-2での計測装置のグループ化に従った代表機器を以下に示す。

- ① 圧力計測装置 (ダイヤフラム式)  
LPCI 注入隔離弁差圧計測装置
- ② 圧力計測装置 (ベローズ式)  
D/G 機関入口潤滑油圧力計測装置
- ③ 温度計測装置 (熱電対式)  
SGTS 系フィルタ装置活性炭フィルタ入口温度計測装置 (熱電対式)
- ④ 温度計測装置 (測温抵抗体式)  
SGTS 系フィルタ装置活性炭フィルタ入口温度計測装置 (測温抵抗体式)
- ⑤ 流量計測装置 (ダイヤフラム式)  
RHR 系統流量計測装置
- ⑥ 水位計測装置 (ダイヤフラム式)  
原子炉水位 (狭帯域) 計測装置
- ⑦ 水位計測装置 (フロート式)  
スクラム排出容器水位計測装置 (フロート式)
- ⑧ 中性子束計測装置 (核分裂計数管式/核分裂電離箱式)  
SRM 計測装置
- ⑨ 放射線計測装置 (半導体式)  
原子炉建屋換気系排気放射線計測装置
- ⑩ 振動計測装置 (倒立振子式)  
地震加速度計測装置
- ⑪ 位置計測装置 (リミットスイッチ式)  
D/G 機関過速度計測装置
- ⑫ 位置計測装置 (可変抵抗式)  
SGTS 乾燥装置入口弁開度計測装置

(2) 補助継電器盤のグループ化及び代表機器選定 (表3.10-3)

表3.10-3での補助継電器盤のグループ化に従った代表機器を以下に示す。

- ① A系原子炉緊急停止系盤

(3) 操作制御盤のグループ化及び代表機器選定 (表3.10-4)

表3.10-4での操作制御盤のグループ化に従った代表機器を以下に示す。

- ① ユニット監視制御盤2

表 3.10-2 (1/9) 計測装置のグループ化及び代表機器の選定

分類基準		計測装置名称	主な仕様 (信号用途)	選定基準			技術 評価 代表 機器	耐震 安全性 評価 代表 機器	備考	
計測対象	検出部型式			重要度*	使用条件					耐震 重要度
					設置場所	周囲温度 (°C)				
圧力	ダイヤフラム式 (1/2)	LPCI 注入隔離弁差圧	RHR 系 LPCI 注入隔離弁 制御 監視	MS-1	原子炉建屋	40 以下	S	○	◎	
					中央制御室	26 以下				
		RHR ポンプ吐出圧力	ADS 作動 監視	MS-1	原子炉建屋	40 以下	S			
					中央制御室	26 以下				
		LPCS 注入隔離弁差圧	LPCS 系注入隔離弁制御 監視	MS-1	原子炉建屋	40 以下	S			
					中央制御室	26 以下				
		LPCS ポンプ吐出圧力	ADS 作動 監視	MS-1	原子炉建屋	40 以下	S			
					中央制御室	26 以下				
		HPCS ポンプ吸込圧力	HPCS ポンプトリップ 監視	MS-1	原子炉建屋	40 以下	S			
					中央制御室	26 以下				
		HPCS ポンプ吐出圧力	HPCS 系最小流量バイパ ス弁制御 監視	MS-1	原子炉建屋	40 以下	S			
					中央制御室	26 以下				
		MUWF ポンプ吸込圧力	MUWF 制御 監視	MS-2	原子炉建屋	40 以下	S			
					中央制御室	26 以下				

\* : 最上位の重要度を示す

表 3. 10-2 (2/9) 計測装置のグループ化及び代表機器の選定

分類基準		計測装置名称	主な仕様 (信号用途)	選定基準			技術 評価 代表 機器	耐震 安全性 評価 代表 機器	備考	
計測対象	検出部型式			重要度*	使用条件					耐震 重要度
					設置場所	周囲温度 (°C)				
圧力	ダイヤフラム式 (2/2)	RCW 差圧	ディーゼル発電機制御 監視	MS-1	原子炉建屋	40 以下	S			
					中央制御室	26 以下				
		RCW 冷却水供給圧力	RCW 制御 監視	MS-1	海水熱 交換器建屋	40 以下	S			
					中央制御室	26 以下				
		HPCW 差圧	ディーゼル発電機制御 監視	MS-1	原子炉建屋	40 以下	S			
					中央制御室	26 以下				
		HPCW ポンプ吐出圧力	監視	MS-2	原子炉建屋	40 以下	S			
					中央制御室	26 以下				
		RSW ポンプ吐出圧力	監視	MS-2	海水熱 交換器建屋	40 以下	S			
					中央制御室	26 以下				
		HPSW ポンプ吐出圧力	監視	MS-2	海水熱 交換器建屋	40 以下	S			
					中央制御室	26 以下				

\*: 最上位の重要度を示す

表 3.10-2 (3/9) 計測装置のグループ化及び代表機器の選定

分類基準		計測装置名称	主な仕様 (信号用途)	選定基準			技術 評価 代表 機器	耐震 安全性 評価 代表 機器	備考	
計測対象	検出部型式			重要度*	使用条件					耐震 重要度
					設置場所	周囲温度 (°C)				
圧力	ベローズ式	機関付清水ポンプ吐出圧力	ディーゼル発電機制御 監視	MS-1	原子炉建屋	40 以下	S			
					中央制御室	26 以下				
		D/G 機関入口潤滑油圧力	ディーゼル発電機制御 監視	MS-1	原子炉建屋	40 以下	S	○	◎	
					中央制御室	26 以下				
		HPCS D/G 機関付清水ポン プ吐出圧力	ディーゼル発電機制御 監視	MS-1	原子炉建屋	40 以下	S			
					中央制御室	26 以下				
		HPCS D/G 機関入口潤滑油 圧力	ディーゼル発電機制御 監視	MS-1	原子炉建屋	40 以下	S			
					中央制御室	26 以下				

\*：最上位の重要度を示す

表 3.10-2 (4/9) 計測装置のグループ化及び代表機器の選定

分類基準		計測装置名称	主な仕様 (信号用途)	選定基準			技術 評価 代表 機器	耐震 安全性 評価 代表 機器	備考	
計測対象	検出部型式			重要度*	使用条件					耐震 重要度
					設置場所	周囲温度 (°C)				
温度	熱電対式	SGTS系フィルタ装置活性炭フィルタ入口温度	監視	MS-1	原子炉建屋	40以下	S	○	◎	
					中央制御室	26以下				
		SGTS系フィルタ装置活性炭フィルタ出口温度	監視	MS-1	原子炉建屋	40以下	S			
					中央制御室	26以下				
	測温抵抗体式	SGTS系フィルタ装置活性炭フィルタ入口温度	SGTS制御 監視	MS-1	原子炉建屋	40以下	S	○	◎	
					中央制御室	26以下				
		SGTS系フィルタ装置活性炭フィルタ出口温度	SGTS制御 監視	MS-1	原子炉建屋	40以下	S			
					中央制御室	26以下				

\*：最上位の重要度を示す



表 3.10-2 (5/9) 計測装置のグループ化及び代表機器の選定

分類基準		計測装置名称	主な仕様 (信号用途)	選定基準			技術 評価 代表 機器	耐震 安全性 評価 代表 機器	備考	
計測対象	検出部型式			重要度*	使用条件					耐震 重要度
					設置場所	周囲温度 (°C)				
流量	ダイヤフラム式	RHR 系統流量	RHR 系最小流量バイパス弁制御 監視	MS-1	原子炉建屋	40 以下	S	○	◎	
					中央制御室	26 以下				
		LPCS 系統流量	LPCS 系最小流量バイパス弁制御 監視	MS-1	原子炉建屋	40 以下	S			
					中央制御室	26 以下				
		HPCS 系統流量	HPCS 系最小流量バイパス弁制御 監視	MS-1	原子炉建屋	40 以下	S			
					中央制御室	26 以下				
		HPCS 系統流量	監視	MS-2	原子炉建屋	40 以下	S			
					中央制御室	26 以下				
		MUWF 系統流量	MUWF 制御 監視	MS-2	原子炉建屋	40 以下	S			
					中央制御室	26 以下				
		SGTS 排気流量	監視	MS-2	原子炉建屋	40 以下	S			
					中央制御室	26 以下				

\* : 最上位の重要度を示す

表 3.10-2 (6/9) 計測装置のグループ化及び代表機器の選定

分類基準		計測装置名称	主な仕様 (信号用途)	選定基準			技術 評価 代表 機器	耐震 安全性 評価 代表 機器	備考	
計測対象	検出部型式			重要度*	使用条件					耐震 重要度
					設置場所	周囲温度 (°C)				
水位	ダイヤフラム式 (1/2)	原子炉水位 (狭帯域)	スクラム 隔離弁作動 SGTS 起動 監視	MS-1	原子炉建屋	40 以下	S	○	◎	
					中央制御室	26 以下				
		原子炉水位 (広帯域)	ADS 作動 RCIC 起動 RHR 起動 LPCS 起動 HPCS 起動 ディーゼル発電機起動 監視	MS-1	原子炉建屋	40 以下	S			
					中央制御室	26 以下				
		サブプレッションプール水 位	HPCS 系圧力抑制室側吸 込隔離弁制御 監視	MS-1	原子炉建屋	40 以下	S			
					中央制御室	26 以下				
		復水貯蔵槽水位	監視	MS-2	原子炉建屋	40 以下	S			
					中央制御室	26 以下				
		RCW サージタンク水位	RCW 制御 監視	MS-2	原子炉建屋	40 以下	S			
					中央制御室	26 以下				
		HPCW サージタンク水位	HPCW 制御 監視	MS-2	原子炉建屋	40 以下	S			
					中央制御室	26 以下				

\*: 最上位の重要度を示す

表 3.10-2 (7/9) 計測装置のグループ化及び代表機器の選定

分類基準		計測装置名称	主な仕様 (信号用途)	選定基準			技術 評価 代表 機器	耐震 安全性 評価 代表 機器	備考	
計測対象	検出部型式			重要度*	使用条件					耐震 重要度
					設置場所	周囲温度 (°C)				
水位	ダイヤフラム式 (2/2)	スクラム排出容器水位	スクラム 監視	MS-1	原子炉建屋	40 以下	S			
					中央制御室	26 以下				
	フロート式	スクラム排出容器水位	スクラム 監視	MS-1	原子炉建屋	40 以下	S	○	◎	
					中央制御室	26 以下				
		復水貯蔵槽水位	HPCS 系圧力抑制室側吸 込隔離弁制御 監視	MS-1	原子炉建屋	40 以下	S			
					中央制御室	26 以下				
		RCW サージタンク水位	RCW 制御 監視	MS-1	原子炉建屋	40 以下	S			
					中央制御室	26 以下				
		HPCW サージタンク水位	HPCW 制御	MS-1	原子炉建屋	40 以下	S			
					中央制御室	26 以下				

\* : 最上位の重要度を示す

表 3.10-2 (8/9) 計測装置のグループ化及び代表機器の選定

分類基準		計測装置名称	主な仕様 (信号用途)	選定基準			技術 評価 代表 機器	耐震 安全性 評価 代表 機器	備考	
計測対象	検出部型式			重要度*	使用条件					耐震 重要度
					設置場所	周囲温度 (°C)				
中性子束	核分裂計数管式/ 核分裂電離箱式	SRM	制御棒引抜阻止 スクラム 監視	MS-1	原子炉内/ 原子炉建屋	302 以下/ 40 以下	S	○	◎	
					中央制御室	26 以下				
		IRM	制御棒引抜阻止 スクラム 監視	MS-1	原子炉内/ 原子炉建屋	302 以下/ 40 以下	S			
					中央制御室	26 以下				
		LPRM	スクラム APRM, RBM へ出力 監視	MS-1	原子炉内/ 原子炉建屋	302 以下/ 40 以下	S			
					中央制御室	26 以下				
放射線	半導体式	原子炉建屋換気系排気 放射線	中央制御室換気系隔離 原子炉建屋換気系隔離 SGTS 起動 監視	MS-1	原子炉建屋	40 以下	S	○	◎	
					中央制御室	26 以下				
		燃料取替エリア排気放 射線	中央制御室換気系隔離 原子炉建屋換気系隔離 SGTS 起動 監視	MS-1	原子炉建屋	40 以下	S			
					中央制御室	26 以下				
振動	倒立振子式	地震加速度	スクラム 監視	MS-1	原子炉建屋	40 以下	S	○	◎	
					中央制御室	26 以下				

\*：最上位の重要度を示す

表 3.10-2 (9/9) 計測装置のグループ化及び代表機器の選定

分類基準		計測装置名称	主な仕様 (信号用途)	選定基準			技術 評価 代表 機器	耐震 安全性 評価 代表 機器	備考	
計測対象	検出部型式			重要度*	使用条件					耐震 重要度
					設置場所	周囲温度 (°C)				
位置	リミットスイッチ式	D/G 機関過速度	ディーゼル発電機制御 監視	MS-1	原子炉建屋	40 以下	C	○	◎	
					中央制御室	26 以下				
		D/G 燃料ハンドル停止 位置	ディーゼル発電機制御 監視	MS-1	原子炉建屋	40 以下	C			
					中央制御室	26 以下				
	HPCS D/G 機関過速度	ディーゼル発電機制御 監視	MS-1	原子炉建屋	40 以下	C				
				中央制御室	26 以下					
	HPCS D/G 燃料ハンドル 停止位置	ディーゼル発電機制御 監視	MS-1	原子炉建屋	40 以下	C				
				中央制御室	26 以下					
可変抵抗式	SGTS 乾燥装置入口弁開 度	SGTS 制御 監視	MS-1	原子炉建屋	40 以下	S	○	◎		
				中央制御室	26 以下					

\*：最上位の重要度を示す

表 3.10-3 (1/3) 補助継電器盤のグループ化及び代表機器の選定

分類基準		機器名称 (面数)	仕様 (W×H×D) (mm)	選定基準			技術 評価 代表 機器	耐震 安全性 評価 代表 機器	備考	
型式	設置 場所			重要度*	使用条件					耐震 重要度
					設置場所	周囲温度 (°C)				
自立型	屋内	A系原子炉緊急停止系盤 (2)	3,000×2,300×1,000	MS-1	中央制御室	26 以下	S	○	◎	
		B系原子炉緊急停止系盤 (2)	3,000×2,300×1,000	MS-1	中央制御室	26 以下	S			
		A系原子炉系プロセス計装盤 (1)	2,000×2,300×1,000	MS-1	下部中央制御室	26 以下	S			
		B系原子炉系プロセス計装盤 (1)	2,000×2,300×1,000	MS-1	下部中央制御室	26 以下	S			
		B系・C系残留熱除去系盤ESS-II (1)	1,000×2,300×1,000	MS-1	下部中央制御室	26 以下	S			
		原子炉隔離時冷却系盤ESS-I (1)	1,000×2,300×1,000	MS-1	下部中央制御室	26 以下	S			
		格納容器外側隔離弁盤 (1)	2,000×2,300×1,000	MS-1	下部中央制御室	26 以下	S			
		格納容器内側隔離弁盤 (1)	2,000×2,300×1,000	MS-1	下部中央制御室	26 以下	S			
		高压炉心スプレイ系盤ESS-III (1)	1,000×2,300×1,000	MS-1	下部中央制御室	26 以下	S			

\* : 最上位の重要度を示す

表 3.10-3 (2/3) 補助継電器盤のグループ化及び代表機器の選定

分類基準		機器名称 (面数)	仕様 (W×H×D) (mm)	選定基準			技術 評価 代表 機器	耐震 安全性 評価 代表 機器	備考	
型式	設置 場所			重要度*	使用条件					耐震 重要度
					設置場所	周囲温度 (°C)				
自立型	屋内	低圧炉心スプレイ系・A系残留熱除去系盤ESS-I (1)	1,000×2,300×1,000	MS-1	下部中央制御室	26以下	S			
		トリップチャンネル盤RPS-I A・NSSSS-I A (1)	1,000×2,300×1,000	MS-1	中央制御室	26以下	S			
		トリップチャンネル盤RPS-II A・NSSSS-II A (1)	1,000×2,300×1,000	MS-1	中央制御室	26以下	S			
		トリップチャンネル盤RPS-I B・NSSSS-I B (1)	1,000×2,300×1,000	MS-1	中央制御室	26以下	S			
		トリップチャンネル盤RPS-II B・NSSSS-II B (1)	1,000×2,300×1,000	MS-1	中央制御室	26以下	S			
		トリップチャンネル盤ESS-I (1)	2,000×2,300×1,000	MS-1	下部中央制御室	26以下	S			
		トリップチャンネル盤ESS-II (1)	2,000×2,300×1,000	MS-1	下部中央制御室	26以下	S			
		トリップチャンネル盤ESS-III (1)	1,000×2,300×1,000	MS-1	下部中央制御室	26以下	S			
		M/C補助継電器盤3C (1)	1,000×2,300×1,000	MS-1	下部中央制御室	26以下	S			

\*：最上位の重要度を示す

表 3.10-3 (3/3) 補助継電器盤のグループ化及び代表機器の選定

分類基準		機器名称 (面数)	仕様 (W×H×D) (mm)	選定基準			技術 評価 代表 機器	耐震 安全性 評価 代表 機器	備考	
型式	設置 場所			重要度*	使用条件					耐震 重要度
					設置場所	周囲温度 (°C)				
自立型	屋内	M/C補助継電器盤3D (1)	1,000×2,300×1,000	MS-1	下部中央制御室	26 以下	S			
		M/C補助継電器盤3HPCS (1)	1,000×2,300×1,000	MS-1	下部中央制御室	26 以下	S			
壁掛型	屋内	スクラムソレノイドヒューズ盤 A RPS-G1 (1)	950×1,500×300	MS-1	原子炉建屋	40以下	S			
		スクラムソレノイドヒューズ盤 B RPS-G2 (1)	950×1,500×300	MS-1	原子炉建屋	40以下	S			
		スクラムソレノイドヒューズ盤 C RPS-G3 (1)	950×1,500×300	MS-1	原子炉建屋	40以下	S			
		スクラムソレノイドヒューズ盤 D RPS-G4 (1)	950×1,500×300	MS-1	原子炉建屋	40以下	S			
		スクラムソレノイドヒューズ盤 E RPS-G1 (1)	950×1,500×300	MS-1	原子炉建屋	40以下	S			
		スクラムソレノイドヒューズ盤 F RPS-G2 (1)	950×1,500×300	MS-1	原子炉建屋	40以下	S			
		スクラムソレノイドヒューズ盤 G RPS-G3 (1)	950×1,500×300	MS-1	原子炉建屋	40以下	S			
		スクラムソレノイドヒューズ盤 H RPS-G4 (1)	950×1,500×300	MS-1	原子炉建屋	40以下	S			

\*: 最上位の重要度を示す



表 3.10-4 (1/4) 操作制御盤のグループ化及び代表機器の選定

分類基準		機器名称 (面数)	仕様 (W×H×D) (mm)	選定基準			技術 評価 代表 機器	耐震 安全性 評価 代表 機器	備考	
型式	設置 場所			重要度*	使用条件					耐震 重要度
					設置場所	周囲温度 (°C)				
自立型	屋内	ユニット監視制御盤1 (1)	2,862×1,660×1,756	MS-1	中央制御室	26 以下	S			
		ユニット監視制御盤2 (3)	4,414×1,660×1,756	MS-1	中央制御室	26 以下	S	○	◎	
		ユニット監視制御盤3 (1)	2,324×1,660×1,756	MS-1	中央制御室	26 以下	S			
		放射線モニタ盤 (1)	1,500×2,300×1,000	MS-1	中央制御室	26 以下	C			
		出力領域モニタ盤区分Ⅰ (3)	3,000×2,300×1,000	MS-1	中央制御室	26 以下	S			
		出力領域モニタ盤区分Ⅱ (3)	3,000×2,300×1,000	MS-1	中央制御室	26 以下	S			
		原子炉系温度記録計盤 (1)	2,000×2,300×1,000	MS-2	中央制御室	26 以下	C			
		漏えい検出系盤区分Ⅰ (1)	2,000×2,300×1,000	MS-1	中央制御室	26 以下	S			
		漏えい検出系盤区分Ⅱ (1)	2,000×2,300×1,000	MS-1	中央制御室	26 以下	S			
		SRM/IRM盤区分Ⅰ (2)	2,000×2,300×1,000	MS-1	中央制御室	26 以下	S			
		SRM/IRM盤区分Ⅱ (2)	2,000×2,300×1,000	MS-1	中央制御室	26 以下	S			
		漏えい検出系表示盤 (1)	2,000×2,300×1,000	MS-1	中央制御室	26 以下	C			
FPC・MUWF・SLC系制御盤 (1)	1,000×2,300×1,000	MS-1	中央制御室	26 以下	S					

\* : 最上位の重要度を示す

表 3.10-4 (2/4) 操作制御盤のグループ化及び代表機器の選定

分類基準		機器名称 (面数)	仕様 (W×H×D) (mm)	選定基準			技術 評価 代表 機器	耐震 安全性 評価 代表 機器	備考	
型式	設置 場所			重要度*	使用条件					耐震 重要度
					設置場所	周囲温度 (°C)				
自立型	屋内	非常用炉心冷却制御盤ESS- I (1)	4,100×2,300×1,796	MS-1	中央制御室	26 以下	S			
		非常用炉心冷却制御盤ESS- II・III (2)	3,620×2,300×1,796	MS-1	中央制御室	26 以下	S			
		A系RCW・RSW盤ESS- I (1)	2,000×2,300×1,000	MS-1	下部中央制御室	26 以下	S			
		B系RCW・RSW盤ESS- II (1)	2,000×2,300×1,000	MS-1	下部中央制御室	26 以下	S			
		A系非常用換気空調系盤ESS- I (1)	2,000×2,300×1,000	MS-1	中央制御室	26 以下	S			
		B系・HPCS系非常用換気空調系盤ESS- II・III (2)	2,500×2,300×1,000	MS-1	中央制御室	26 以下	S			
		原子炉系制御盤 (1)	2,000×2,300×1,000	MS-2	下部中央制御室	26 以下	C			
		中央制御室端子盤 (2) (H12-P802)	2,500×1,800×600	MS-1	下部中央制御室	26 以下	S			
		中央制御室端子盤 (2) (H12-P804)	2,500×1,800×600	MS-1	下部中央制御室	26 以下	S			
		中央制御室端子盤 (2) (H12-P805)	2,500×1,800×600	MS-1	下部中央制御室	26 以下	S			
		中央制御室端子盤 (2) (H12-P841)	2,500×1,800×600	MS-1	下部中央制御室	26 以下	S			
		中央制御室端子盤 (2) (H12-P842)	2,500×1,800×600	MS-1	下部中央制御室	26 以下	S			

\* : 最上位の重要度を示す

表 3.10-4 (3/4) 操作制御盤のグループ化及び代表機器の選定

分類基準		機器名称 (面数)	仕様 (W×H×D) (mm)	選定基準			技術 評価 代表 機器	耐震 安全性 評価 代表 機器	備考	
型式	設置 場所			重要度*	使用条件					耐震 重要度
					設置場所	周囲温度 (°C)				
自立型	屋内	所内電源制御盤 (2)	4,950×2,300×1,796	MS-1	中央制御室	26 以下	S			
		原子炉系補助制御盤 (1)	1,200×2,300×1,796	MS-1	中央制御室	26 以下	S			
		SGTS・FCS盤ESS-I (1)	2,500×2,300×1,000	MS-1	下部中央制御室	26 以下	S			
		SGTS・FCS盤ESS-II (1)	2,500×2,300×1,000	MS-1	下部中央制御室	26 以下	S			
		制御棒位置伝送補助盤A (1)	1,000×2,300×1,000	MS-2	原子炉建屋	40 以下	C			
		制御棒位置伝送補助盤B (1)	1,000×2,300×1,000	MS-2	原子炉建屋	40 以下	C			
		HECW冷凍機A制御盤ESS-I (1)	1,200×2,300×1,200	MS-1	HECW 冷凍機室	40 以下	S			
		HECW冷凍機B制御盤ESS-II (1)	1,200×2,300×1,200	MS-1	HECW 冷凍機室	40 以下	S			
		HECW冷凍機C制御盤ESS-I (1)	1,200×2,300×1,200	MS-1	HECW 冷凍機室	40 以下	S			
		HECW冷凍機D制御盤ESS-II (1)	1,200×2,300×1,200	MS-1	HECW 冷凍機室	40 以下	S			
		非常用ディーゼル発電機3A制御盤 (1)	1,200×2,300×1,300	MS-1	A系非常用ディーゼル発電機室	40 以下	S			
		非常用ディーゼル発電機3B制御盤 (1)	1,200×2,300×1,300	MS-1	B系非常用ディーゼル発電機室	40 以下	S			

\*: 最上位の重要度を示す

表 3.10-4 (4/4) 操作制御盤のグループ化及び代表機器の選定

分類基準		機器名称 (面数)	仕様 (W×H×D) (mm)	選定基準			技術 評価 代表 機器	耐震 安全性 評価 代表 機器	備考	
型式	設置 場所			重要度*	使用条件					耐震 重要度
					設置場所	周囲温度 (°C)				
自立型	屋内	非常用ディーゼル発電機3A補機制御盤 (1)	1,200×2,300×1,300	MS-1	A系非常用ディーゼル発電機室	40以下	S			
		非常用ディーゼル発電機3B補機制御盤 (1)	1,200×2,300×1,300	MS-1	B系非常用ディーゼル発電機室	40以下	S			
		高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機制御盤 (1)	1,200×2,300×1,300	MS-1	HPCS系非常用ディーゼル発電機室	40以下	S			
		高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機補機制御盤 (1)	1,200×2,300×1,300	MS-1	HPCS系非常用ディーゼル発電機室	40以下	S			
		RSWストレナ制御盤A (1)	1,800×2,300×1,000	MS-1	海水熱交換器建屋	40以下	S			
		RSWストレナ制御盤B (1)	1,800×2,300×1,000	MS-1	海水熱交換器建屋	40以下	S			
壁掛型	屋内	SRM/IRM前置増幅器盤A (1)	600×1,000×500	MS-1	原子炉建屋	40以下	S			
		SRM/IRM前置増幅器盤B (1)	600×1,000×500	MS-1	原子炉建屋	40以下	S			
		SRM/IRM前置増幅器盤C (1)	600×1,000×500	MS-1	原子炉建屋	40以下	S			
		SRM/IRM前置増幅器盤D (1)	600×1,000×500	MS-1	原子炉建屋	40以下	S			

\* : 最上位の重要度を示す

### 3.10.3 耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象

#### (1) 技術評価における検討結果の整理

技術評価における経年劣化事象の抽出及び保全対策の検討結果（詳細は柏崎刈羽原子力発電所3号炉の「計測制御設備の技術評価書」参照）を用いて、3.10.2項で選定した代表機器について、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象を整理した結果、現在発生しているか、または将来にわたって起こることが否定できない事象は抽出されなかった。

#### (2) 耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象の抽出

3.10.3(1)項の整理結果より、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象において、現在発生しているか、または将来にわたって起こることが否定できない事象はないため、耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象は抽出されなかった。

### 3.10.4 耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象の評価

前項における検討結果より、計測制御設備の代表機器において、耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象はない。

### 3.10.5 評価対象機器全体への展開

以下の手順により、代表機器以外の機器への耐震安全性評価を展開する。

#### 3.10.5.1 代表機器以外の機器の高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の整理

3.10.3項の代表機器における技術評価での高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出及び保全対策の検討結果を用いて、代表機器以外の機器に展開すべき経年劣化事象の整理を行った。

その結果、現在発生しているか、または将来にわたって起こることが否定できない経年劣化事象は抽出されなかった。

また、代表機器以外の機器に特有の高経年化対策上着目すべき経年劣化事象はない。

### 3.10.6 経年劣化事象に対する動的機能維持評価

計測制御設備における高経年化に対する技術評価により、各部位に想定される経年劣化事象については、現状の保全対策により機器に与える影響が十分小さいことを確認した。

また、耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象は抽出されなかった。

これより、経年劣化事象を考慮しても、地震時に動的機能の維持が要求される機器における地震時の応答加速度は各機器の機能確認済加速度を上回るものでないと考えられ、地震時の動的機能についても維持されると判断される。

### 3.10.7 保全対策に反映すべき項目の抽出

評価対象の計測制御設備に対して耐震安全性評価を実施した結果、耐震上の観点から保全対策に追加すべき項目は抽出されなかった。

### 3.11 空調設備

本章は、技術評価における評価対象機器のうち、主要な空調設備の高経年化について、耐震安全性への影響をまとめたものである。

なお、空調設備については技術評価において、経年劣化事象に対する健全性評価を行うとともに、現状の保全の評価を実施しているため、本章においてはこれら検討結果を前提条件とし、評価することとする。

#### 3.11.1 評価対象機器

技術評価における評価対象機器のうち、主要な空調設備を評価対象機器とする。

評価対象機器一覧を表3.11-1に示す。

表3.11-1 (1/2) 評価対象機器一覧

機種	機器名称 (基数)	耐震重要度
ファン及び空調機	非常用ガス処理系排風機 (2)	S
	残留熱除去系ポンプ室空調機 (3)	S
	高圧炉心スプレイ系ポンプ室空調機 (1)	S
	低圧炉心スプレイ系ポンプ室空調機 (1)	S
	FCS室空調機 (2)	S
	非常用ガス処理系室空調機 (2)	S
	非常用ディーゼル発電機 (A) 室送風機 (2)	S
	非常用ディーゼル発電機 (B) 室送風機 (2)	S
	非常用ディーゼル発電機 (A) 室排風機 (2)	S
	非常用ディーゼル発電機 (B) 室排風機 (2)	S
	非常用ディーゼル発電機 (HPCS) 室送風機 (2)	S
	非常用ディーゼル発電機 (HPCS) 室排風機 (2)	S
	中央制御室排風機 (2)	S
	中央制御室再循環送風機 (2)	S
	中央制御室送風機 (2)	S
	海水熱交換器建屋 (A) 非常用送風機 (1)	S
	海水熱交換器建屋 (B) 非常用送風機 (1)	S
	海水熱交換器建屋 (HPCS) 非常用送風機 (1)	S
	非常用ディーゼル発電機室非常用送風機 (8)	S

表3.11-1 (2/2) 評価対象機器一覧

機種	機器名称 (基数)	耐震重要度
冷凍機	換気空調補機非常用冷却水系冷凍機 (4)	S
フィルタユニット	非常用ディーゼル発電機 (A) 室給気処理装置 (1)	S
	非常用ディーゼル発電機 (B) 室給気処理装置 (1)	S
	非常用ディーゼル発電機 (HPCS) 室給気処理装置 (1)	S
	非常用ディーゼル発電機 (A) 室非常用給気処理装置 (1)	S
	非常用ディーゼル発電機 (B) 室非常用給気処理装置 (1)	S
	非常用ディーゼル発電機 (HPCS) 室非常用給気処理装置 (1)	S
	中央制御室給気処理装置 (2)	S
	海水熱交換器建屋 (A) 非常用給気処理装置 (1)	S
	海水熱交換器建屋 (B) 非常用給気処理装置 (1)	S
	海水熱交換器建屋 (HPCS) 非常用給気処理装置 (1)	S
	非常用ガス処理系乾燥装置 (2)	S
	非常用ガス処理系フィルタ装置 (1)	S
中央制御室再循環フィルタ装置 (1)	S	
ダクト	中央制御室系ダクト	S
	非常用ディーゼル発電設備系ダクト	S
	海水熱交換器建屋系ダクト	S
ダンパ及び弁	非常用ガス処理系重力式ダンパ (2)	S
	非常用ディーゼル発電設備系重力式ダンパ (20)	S
	中央制御室系重力式ダンパ (7)	S
	海水熱交換器建屋系重力式ダンパ (3)	S
	原子炉建屋隔離弁 (4)	S
	中央制御室隔離弁 (8)	S



### 3.11.2 代表機器の選定

技術評価では、評価対象空調設備において型式等をもとに分類して評価しているが、本検討においてもこの分類に従って整理するものとする。

本検討における代表機器は、技術評価における代表機器に従うことを基本とする。ただし、耐震安全性評価の観点から、技術評価において行った機器のグループ化の中に、技術評価代表機器より耐震重要度の上位の機器が存在する場合には、これを本検討における代表機器に追加して評価することとする。

#### (1) ファン及び空調機の代表機器選定（表3.11-2）

表3.11-2でのファン及び空調機のグループ化に従った代表機器を以下に示す。

- ① 非常用ガス処理系排風機
- ② 中央制御室送風機
- ③ 非常用ディーゼル発電機室非常用送風機

#### (2) 冷凍機の代表機器選定（表3.11-3）

表3.11-3での冷凍機のグループ化に従った代表機器を以下に示す。

- ① 換気空調補機非常用冷却水系冷凍機

#### (3) フィルタユニットの代表機器選定（表3.11-4）

表3.11-4でのフィルタユニットのグループ化に従った代表機器を以下に示す。

- ① 中央制御室給気処理装置

#### (4) ダクトの代表機器選定（表3.11-5）

表3.11-5でのダクトのグループ化に従った代表機器を以下に示す。

- ① 中央制御室系ダクト（角ダクト）
- ② 非常用ディーゼル発電設備系ダクト（角ダクト）
- ③ 中央制御室系ダクト（丸ダクト）

#### (5) ダンパ及び弁の代表機器選定（表3.11-6）

表3.11-6でのダンパ及び弁のグループ化に従った代表機器を以下に示す。

- ① 中央制御室送風機出口グラビティダンパ
- ② 原子炉建屋隔離弁
- ③ 中央制御室外気取入弁

表 3.11-2 (1/2) ファン及び空調機のグループ化及び代表機器の選定

分類基準		機器名称 (基数)	選定基準				技術評価 代表機器	耐震 安全性 評価 代表機器	備考
型式	駆動方式		仕様	重要度*1	使用条件	耐震 重要度			
			流量×静圧 (m <sup>3</sup> /h) (Pa)		運転状態*2				
遠心式	直結型	非常用ガス処理系排風機 (2)	2,500×約 7,355	MS-1	一時 (一時)	S	○	◎	
遠心式	直動型	残留熱除去系ポンプ室空調機 (3)	12,000×0*3	MS-2	連続 (一時)	S			
		高圧炉心スプレイ系ポンプ室空調機 (1)	24,000×0*3	MS-2	一時 (一時)	S			
		低圧炉心スプレイ系ポンプ室空調機 (1)	13,000×0*3	MS-2	一時 (一時)	S			
		FCS 室空調機 (2)	3,500×約 147	MS-2	一時 (一時)	S			
		非常用ガス処理系室空調機 (2)	4,500×約 294	MS-2	一時 (一時)	S			
		非常用ディーゼル発電機 (A) 室送風機 (2)	60,000×約 1,765	MS-2	連続 (連続)	S			
		非常用ディーゼル発電機 (B) 室送風機 (2)	60,000×約 1,765	MS-2	連続 (連続)	S			
		非常用ディーゼル発電機 (A) 室排風機 (2)	5,000×約 637	MS-2	連続 (連続)	S			
		非常用ディーゼル発電機 (B) 室排風機 (2)	5,000×約 637	MS-2	連続 (連続)	S			
		非常用ディーゼル発電機 (HPCS) 室送風機 (2)	40,000×約 1,471	MS-2	連続 (連続)	S			

\*1：最上位の重要度を示す

\*2：上段は冷温停止状態時における運転状態，下段の（）は断続的運転時の運転状態を示す

\*3：機外静圧

表 3.11-2 (2/2) ファン及び空調機のグループ化及び代表機器の選定

分類基準		機器名称 (基数)	選定基準				技術評価 代表機器	耐震 安全性 評価 代表機器	備考
型式	駆動方式		仕様	重要度*1	使用条件	耐震 重要度			
			流量×静圧 (m <sup>3</sup> /h) (Pa)		運転状態*2				
遠心式	直動型	非常用ディーゼル発電機 (HPCS) 室排風機 (2)	40,000×約 981	MS-2	連続 (連続)	S			
		中央制御室排風機 (2)	5,000×約 588	MS-1	連続 (連続)	S			
		中央制御室再循環送風機 (2)	7,000×約 2,648	MS-1	一時 (一時)	S			
		中央制御室送風機 (2)	73,000×約 2,256	MS-1	連続 (連続)	S	○	◎	
		海水熱交換器建屋 (A) 非常用送風機 (1)	59,000×約 1,373	MS-2	一時 (一時)	S			
		海水熱交換器建屋 (B) 非常用送風機 (1)	59,000×約 1,373	MS-2	一時 (一時)	S			
		海水熱交換器建屋 (HPCS) 非常用送風機 (1)	4,200×約 1,177	MS-2	一時 (一時)	S			
軸流式	直動型	非常用ディーゼル発電機室非常用送風機 (8)	61,000×約 981	MS-1	一時 (一時)	S	○	◎	

\*1：最上位の重要度を示す

\*2：上段は冷温停止状態時における運転状態，下段の（ ）は断続的運転時の運転状態を示す

表 3.11-3 冷凍機のグループ化及び代表機器の選定

分類基準	機器名称 (基数)	選定基準				技術評価 代表機器	耐震 安全性 評価 代表機器	備考
		仕様	重要度*1	使用条件	耐震 重要度			
		冷却能力 (W)		運転状態*2				
ターボ式	換気空調補機非常用冷却水系冷凍機 (4)	527,442	MS-1	連続 (連続)	S	○	◎	

\*1：最上位の重要度を示す

\*2：上段は冷温停止状態時における運転状態，下段の（ ）は断続的運転時の運転状態を示す

表 3.11-4 フィルタユニットのグループ化及び代表機器の選定

分類基準	機器名称 (基数)	選定基準				技術評価 代表機器	耐震 安全性 評価 代表機器	備考
		仕様	重要度*2	使用条件	耐震 重要度			
材料*1		流量 (m <sup>3</sup> /h)				運転状態*3		
炭素鋼	非常用ディーゼル発電機 (A) 室給気処理装置 (1)	60,000	MS-2	連続 (連続)	S			
	非常用ディーゼル発電機 (B) 室給気処理装置 (1)	60,000	MS-2	連続 (連続)	S			
	非常用ディーゼル発電機 (HPCS) 室給気処理装置 (1)	40,000	MS-2	連続 (連続)	S			
	非常用ディーゼル発電機 (A) 室非常用給気処理装置 (1)	234,000	MS-1	一時 (一時)	S			
	非常用ディーゼル発電機 (B) 室非常用給気処理装置 (1)	234,000	MS-1	一時 (一時)	S			
	非常用ディーゼル発電機 (HPCS) 室非常用給気処理装置 (1)	152,000	MS-1	一時 (一時)	S			
	中央制御室給気処理装置 (2)	73,000	MS-1	連続 (連続)	S	○	◎	
	海水熱交換器建屋 (A) 非常用給気処理装置 (1)	59,000	MS-2	一時 (一時)	S			
	海水熱交換器建屋 (B) 非常用給気処理装置 (1)	59,000	MS-2	一時 (一時)	S			
	海水熱交換器建屋 (HPCS) 非常用給気処理装置 (1)	4,200	MS-2	一時 (一時)	S			
	非常用ガス処理系乾燥装置 (2)	2,500	MS-1	一時 (一時)	S			
	非常用ガス処理系フィルタ装置 (1)	2,500	MS-1	一時 (一時)	S			
	中央制御室再循環フィルタ装置 (1)	7,000	MS-1	一時 (一時)	S			

\*1:ケーシング (またはフィルタ取付枠) の材料を示す

\*2:最上位の重要度を示す

\*3:上段は冷温停止状態時における運転状態, 下段の ( ) は断続的運転時の運転状態を示す

表 3.11-5 ダクトのグループ化及び代表機器の選定

分類基準		機器名称	選定基準				技術評価 代表機器	耐震 安全性 評価 代表機器	備考
型式	材料		仕様	重要度*1	使用条件	耐震 重要度			
			流量*2 (m <sup>3</sup> /h)		運転状態*3				
角ダクト	亜鉛メッキ鋼	中央制御室系ダクト	73,000	MS-1	連続 (連続)	S	○	◎	
		非常用ディーゼル発電設備系ダクト	60,000	MS-2	連続 (連続)	S			
		海水熱交換器建屋系ダクト	59,000	MS-2	連続 (一時)	S			
		非常用空調機ダクト	4,500	MS-2	一時 (一時)	S			
	炭素鋼	非常用ディーゼル発電設備系ダクト	60,000	MS-2	連続 (連続)	S	○	◎	
丸ダクト	亜鉛メッキ鋼	中央制御室系ダクト	73,000	MS-1	連続 (連続)	S	○	◎	
		非常用ディーゼル発電設備系ダクト	60,000	MS-2	連続 (連続)	S			

\*1：最上位の重要度を示す

\*2：最大流量を示す

\*3：上段は冷温停止状態時における運転状態，下段の（ ）は断続的運転時の運転状態を示す

表 3.11-6 ダンパ及び弁のグループ化及び代表機器の選定

分類基準		機器名称 (基数)	選定基準				技術評価 代表機器	耐震 安全性 評価 代表機器	代表ダンパ及び弁	備考
型式	駆動 方式		仕様	重要度*1	使用条件	耐震 重要度				
			流量 (m <sup>3</sup> /h)		運転状態*3					
ダンパ	重力式	非常用ガス処理系重力式ダンパ (2)	2,500	MS-1	一時 (一時)	S			中央制御室送風機 出口グラビティダ ンパ	
		非常用ディーゼル発電設備系 重力式ダンパ (20)	60,000*2	MS-2	連続 (連続)	S				
			61,000	MS-1	一時 (一時)	S				
		中央制御室系重力式ダンパ (7)	73,000*2	MS-1	連続 (連続)	S	○	◎		
			7,000	MS-1	一時 (一時)	S				
		海水熱交換器建屋系重力式ダンパ (3)	59,000*2	MS-2	連続 (一時)	S				
バタフライ 弁	空気 作動式	原子炉建屋隔離弁 (4)	175,000	MS-1	連続 (連続)	S	○	◎	原子炉建屋隔離弁	
	電動式	中央制御室隔離弁 (8)	5,000	MS-1	連続 (連続)	S	○	◎	中央制御室外気取 入弁	
			7,000*2	MS-1	一時 (一時)	S				

\*1: 最上位の重要度を示す

\*2: 最大流量

\*3: 上段は冷温停止状態時における運転状態, 下段の ( ) は断続的運転時の運転状態を示す

### 3.11.3 耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象

#### (1) 技術評価における検討結果の整理

技術評価における経年劣化事象の抽出及び保全対策の検討結果（詳細は柏崎刈羽原子力発電所3号炉の「空調設備の技術評価書」参照）を用いて、3.11.2項で選定した代表機器について、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象を整理した結果、現在発生しているか、または将来にわたって起こることが否定できない事象は抽出されなかった。

#### (2) 耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象の抽出

3.11.3(1)項の整理結果より、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象において、現在発生しているか、または将来にわたって起こることが否定できない事象はないため、耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象は抽出されなかった。

### 3.11.4 耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象の評価

前項における検討結果より、空調設備の代表機器において、耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象はない。

### 3.11.5 評価対象機器全体への展開

以下の手順により、代表機器以外の機器への耐震安全性評価を展開する。

#### 3.11.5.1 代表機器以外の機器の高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の整理

3.11.3項の代表機器における技術評価での高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出及び保全対策の検討結果を用いて、代表機器以外の機器に展開すべき経年劣化事象の整理を行った。

その結果、現在発生しているか、または将来にわたって起こることが否定できない経年劣化事象は抽出されなかった。

また、代表機器以外の機器に特有の高経年化対策上着目すべき経年劣化事象はない。

### 3.11.6 経年劣化事象に対する動的機能維持評価

空調設備における高経年化に対する技術評価により、各部位に想定される経年劣化事象については、現状の保全対策により機器に与える影響が十分小さいことを確認した。

また、耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象は抽出されなかった。

これより、経年劣化事象を考慮しても、地震時に動的機能の維持が要求される機器における地震時の応答加速度は各機器の機能確認済加速度を上回るものでないと考えられ、地震時の動的機能についても維持されると判断される。

### 3.11.7 保全対策に反映すべき項目の抽出

評価対象の空調設備に対して耐震安全性評価を実施した結果、耐震上の観点から保全対策に追加すべき項目は抽出されなかった。



### 3.12 機械設備

本章は、技術評価における評価対象機器のうち、主要な機械設備の高経年化について、耐震安全性への影響をまとめたものである。

なお、機械設備については技術評価において、経年劣化事象に対する健全性評価を行うとともに、現状の保全の評価を実施しているため、本章においてはこれら検討結果を前提条件とし、評価することとする。

#### 3.12.1 評価対象機器

技術評価における評価対象機器のうち、主要な機械設備を評価対象機器とする。

評価対象機器一覧を表3.12-1に示す。

表 3.12-1 評価対象機器一覧

機種	機器名称（基数）	耐震重要度
制御棒	ボロン・カーバイド型制御棒（185）	S
制御棒駆動機構	制御棒駆動機構（185）	S
水圧制御ユニット	水圧制御ユニット（185）	S
非常用ディーゼル機関	非常用ディーゼル機関（A, B号機）（2）	S
	HPCS*1ディーゼル機関（1）	S
可燃性ガス濃度制御系設備	可燃性ガス濃度制御系設備（2）	S
燃料取替機	燃料取替機（1）	B
原子炉建屋クレーン	原子炉建屋クレーン（1）	B
圧縮空気系設備	計装用圧縮空気系設備（2）	C
廃棄物処理設備	濃縮設備（1）	B

\*1：高圧炉心スプレイ系

### 3.12.2 代表機器の選定

本検討においては、技術評価において代表機器の選定を行っている非常用ディーゼル機関を除き、設備の特殊性を考慮しグループ化や代表機器の選定を行わずに評価を実施する。

#### (1) 非常用ディーゼル機関のグループ化及び代表機器選定（表3.12-2, 3）

表3.12-2, 3での非常用ディーゼル機関のグループ化に従った代表機器を以下に示す。

##### ① HPCS ディーゼル機関（付属設備含む）

なお、次項以降の評価については、3.12.1項に示した各機種種の耐震安全性評価を実施することとする。

表 3.12-2 非常用ディーゼル機関のグループ化及び代表機器の選定

機器名称 (基数)	選定基準				技術 評価 代表 機器	耐震 安全性 評価 代表機器	備考	
	重要度*1	使用条件		仕様 (機関出力×回転速度)				耐震 重要度
		運転 状態*4	最高 爆発圧力					
非常用ディーゼル機関 (A, B号機) (2)	MS-1	一時*2 (一時*2)	約 9.3 MPa	6,950 kW×500 rpm (9,450 ps)	S			
HPCS*3ディーゼル機関 (1)	MS-1	一時*2 (一時*2)	約 13.7 MPa	3,861 kW×1000 rpm (5,250 ps)	S	○	◎	

\*1：最上位の重要度を示す

\*2：通常は待機，定期的（1回あたりの運転時間：約1時間，年間の運転回数：約20回，年間の運転時間：約20時間）に定例試験を実施

\*3：高圧炉心スプレイ系

\*4：上段は冷温停止状態時における運転状態，下段の（ ）は断続的運転時の運転状態を示す

表 3.12-3 非常用ディーゼル機関付属設備のグループ化及び代表機器の選定

機器名称		選定基準				技術 評価 代表 機器	耐震 安全性 評価 代表機器	備考
		重要度*1	使用条件		耐震 重要度			
			最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (°C)				
A, B 号機	始動空気系		MS-1	約 3.2	90	S		
	潤滑油系		MS-1	約 1.0	85	S		
	冷却水系	冷却水*2	MS-1	約 1.4	70	S		
		純水	MS-1	約 0.6	85	S		
	燃料油系		MS-1	約 1.0	66	S		
HPCS*3	始動空気系		MS-1	約 3.2	90	S	○	
	潤滑油系		MS-1	約 1.0	85	S		
	冷却水系	冷却水*2	MS-1	約 1.3	70	S		
		純水	MS-1	約 0.6	95	S		
	燃料油系		MS-1	約 1.0	66	S		

\*1：最上位の重要度を示す

\*2：冷却水（防錆剤入り純水）

\*3：高圧炉心スプレイ系

### 3.12.3 各機種の耐震安全性評価

#### 3.12.3.1 制御棒

##### (1) 耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象

###### a. 技術評価における検討結果の整理

技術評価における経年劣化事象の抽出及び保全対策の検討結果（詳細は柏崎刈羽原子力発電所3号炉の「機械設備の技術評価書」参照）を用いて、制御棒について、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象を以下のとおり整理した（表3.12.3.1-1参照）。

- ① 現在発生しておらず、今後も発生の可能性がないもの、または小さいもの（保全対策により発生の可能性が十分に低減されているものを含む）（表中×）
- ② 現在発生しているか、または将来にわたって起こることが否定できないもの（表中○）

表3.12.3.1-1 ボロン・カーバイド型制御棒の技術評価における検討結果の整理

機能達成に必要な項目	部位	経年劣化事象	技術評価結果概要
		照射誘起型応力腐食割れ	
原子炉の緊急停止	制御材被覆管	○	
	シース	○	
	タイロッド	○	
	ピン	○	
ハンドリング	上部ハンドル	○	

○：現在発生しているか，または将来にわたって起こることが否定できないもの

b. 耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象の抽出

3. 12. 3. 1 (1) a項で整理された②の経年劣化事象については、これらの事象が顕在化した場合、対象となる機器の振動応答特性または構造・強度評価上、「有意」であるか「軽微もしくは無視」できるかを検討し、「軽微もしくは無視」できる事象については耐震安全性評価対象外とする（表3. 12. 3. 1-2に耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象を示す）。

制御棒における高経年化対策上着目すべき経年劣化事象を、技術評価での検討結果を考慮して整理した結果（表3. 12. 3. 1-1参照）、現在発生しているか、または将来にわたって起こることが否定できない事象として以下の事象が抽出された。

・照射誘起型応力腐食割れ [制御材被覆管，シース，タイロッド，ピン，上部ハンドル]

本事象については、機器の振動応答特性または構造強度への影響が「軽微もしくは無視」できるものと判断した（表3. 12. 3. 1-2で■）。

(a) 照射誘起型応力腐食割れ

通常運転時の引抜状態の制御棒は原子炉圧力容器内下部プレナム部に設置された制御棒案内管内に収納されており、地震時においても制御棒の挿入を阻害する応力が発生しない構造となっている。

また、挿入状態にある制御棒については、制御棒上下に取り付けたローラを介して燃料集合体に拘束され、有意な応力は発生しないと考えられる。

福島第二3号炉において使用されているボロン・カーバイド型制御棒の上部ハンドルのローラ取付部近傍及び上部ハンドルーシース溶接部近傍には、照射誘起型応力腐食割れと推定されるひびが確認されている。

本事象については、ひびが制御棒の4翼全ての上部ハンドルとシース溶接部が完全に破断した場合に、地震及びスクラムによりシースに発生する応力及びシースのスポット溶接部に発生するせん断力について、制御棒の構造健全性に影響を与えないと評価されており、耐震性への影響は軽微であると考えられる（参考報告書：経済産業省原子力安全・保安院発行 沸騰水型原子炉における制御棒ひび発生事象について（平成16・06・30原院第4号 平成16年7月12日付け））。

なお、柏崎刈羽原子力発電所3号炉は現在、冷温停止状態であり、照射誘起型応力腐食割れが新たに発生または進行する可能性はない。

この結果、耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象は抽出されなかった。

表3.12.3.1-2 ボロン・カーバイド型制御棒の耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	経年劣化事象
		照射誘起型応力腐食割れ
原子炉の緊急停止	制御材被覆管	■
	シース	■
	タイロッド	■
	ピン	■
ハンドリング	上部ハンドル	■

■：現在発生しているか、または将来にわたって起こることが否定できないが、機器の振動応答特性または構造強度への影響が「軽微もしくは無視」できるもの



c. 評価対象機器全体への展開

制御棒においては代表機器を選定せず、全ての部位について評価を実施しているため、他機器への評価の展開は不要である。

### 3.12.3.2 制御棒駆動機構

#### (1) 耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象

##### a. 技術評価における検討結果の整理

技術評価における経年劣化事象の抽出及び保全対策の検討結果（詳細は柏崎刈羽原子力発電所3号炉の「機械設備の技術評価書」参照）を用いて、制御棒駆動機構について、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象を整理した結果、現在発生しているか、または将来にわたって起こることが否定できない事象は抽出されなかった。

##### b. 評価対象機器全体への展開

制御棒駆動機構においては代表機器を選定せず、全ての部位について評価を実施しているため、他機器への評価の展開は不要である。

### 3.12.3.3 水圧制御ユニット

#### (1) 耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象

##### a. 技術評価における検討結果の整理

技術評価における経年劣化事象の抽出及び保全対策の検討結果（詳細は柏崎刈羽原子力発電所3号炉の「機械設備の技術評価書」参照）を用いて、水圧制御ユニットについて、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象を整理した結果、現在発生しているか、または将来にわたって起こることが否定できない事象は抽出されなかった。

##### b. 評価対象機器全体への展開

水圧制御ユニットにおいては代表機器を選定せず、全ての部位について評価を実施しているため、他機器への評価の展開は不要である。

#### 3.12.3.4 非常用ディーゼル機関

##### (1) 耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象

###### a. 技術評価における検討結果の整理

技術評価における経年劣化事象の抽出及び保全対策の検討結果（詳細は柏崎刈羽原子力発電所3号炉の「機械設備の技術評価書」参照）を用いて、非常用ディーゼル機関について、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象を整理した結果、現在発生しているか、または将来にわたって起こることが否定できない事象は抽出されなかった。

###### b. 評価対象機器全体への展開

以下の手順により、代表機器以外の機器への耐震安全性評価を展開する。

###### (a) 代表機器以外の機器の高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の整理

3.12.3.4(1)a項の代表機器における技術評価での高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出及び保全対策の検討結果を用いて、代表機器以外の機器に展開すべき経年劣化事象の整理を行った結果、現在発生しているか、または将来にわたって起こることが否定できない事象は抽出されなかった。

また、代表機器以外の機器に特有の高経年化対策上着目すべき経年劣化事象はない。

### 3.12.3.5 可燃性ガス濃度制御系設備

#### (1) 耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象

##### a. 技術評価における検討結果の整理

技術評価における経年劣化事象の抽出及び保全対策の検討結果（詳細は柏崎刈羽原子力発電所3号炉の「機械設備の技術評価書」参照）を用いて、可燃性ガス濃度制御系設備について、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象を整理した結果、現在発生しているか、または将来にわたって起こることが否定できない事象は抽出されなかった。

##### b. 評価対象機器全体への展開

可燃性ガス濃度制御系設備においては代表機器を選定せず、全ての部位について評価を実施しているため、他機器への評価の展開は不要である。

### 3.12.3.6 燃料取替機

#### (1) 耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象

##### a. 技術評価における検討結果の整理

技術評価における経年劣化事象の抽出及び保全対策の検討結果（詳細は柏崎刈羽原子力発電所3号炉の「機械設備の技術評価書」参照）を用いて、燃料取替機について、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象を整理した結果、現在発生しているか、または将来にわたって起こることが否定できない事象は抽出されなかった。

##### b. 評価対象機器全体への展開

燃料取替機においては代表機器を選定せず、全ての部位について評価を実施しているため、他機器への評価の展開は不要である。

### 3.12.3.7 原子炉建屋クレーン

#### (1) 耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象

##### a. 技術評価における検討結果の整理

技術評価における経年劣化事象の抽出及び保全対策の検討結果（詳細は柏崎刈羽原子力発電所3号炉の「機械設備の技術評価書」参照）を用いて、原子炉建屋クレーンについて、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象を整理した結果、現在発生しているか、または将来にわたって起こることが否定できない事象は抽出されなかった。

##### b. 評価対象機器全体への展開

原子炉建屋クレーンにおいては代表機器を選定せず、全ての部位について評価を実施しているため、他機器への評価の展開は不要である。

### 3.12.3.8 圧縮空気系設備

#### (1) 耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象

##### a. 技術評価における検討結果の整理

技術評価における経年劣化事象の抽出及び保全対策の検討結果（詳細は柏崎刈羽原子力発電所3号炉の「機械設備の技術評価書」参照）を用いて、圧縮空気系設備について、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象を整理した結果、現在発生しているか、または将来にわたって起こることが否定できない事象は抽出されなかった。

##### b. 評価対象機器全体への展開

圧縮空気系設備においては代表機器を選定せず、全ての部位について評価を実施しているため、他機器への評価の展開は不要である。



### 3.12.3.9 廃棄物処理設備

#### (1) 耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象

##### a. 技術評価における検討結果の整理

技術評価における経年劣化事象の抽出及び保全対策の検討結果（詳細は柏崎刈羽原子力発電所3号炉の「機械設備の技術評価書」参照）を用いて、廃棄物処理設備について、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象を整理した結果、現在発生しているか、または将来にわたって起こることが否定できない事象は抽出されなかった。

##### b. 評価対象機器全体への展開

廃棄物処理設備においては代表機器を選定せず、全ての部位について評価を実施しているため、他機器への評価の展開は不要である。

#### 3.12.4 経年劣化事象に対する動的機能維持評価

機械設備における高経年化に対する技術評価により、各部位に想定される経年劣化事象については、現状の保全対策により機器に与える影響が十分小さいことを確認した。

また、耐震安全上考慮する必要がある経年劣化事象は抽出されなかった。

さらに、耐震安全上考慮する必要がある基礎ボルトに対する耐震安全性評価の実施により、基礎ボルトの経年劣化事象は、ボルトが支持する機器の支持機能に影響を及ぼさないことを確認している。

これより、経年劣化事象を考慮しても、地震時に動的機能の維持が要求される機器における地震時の応答加速度は各機器の機能確認済加速度を上回るものでないと考えられ、地震時の動的機能についても維持されると判断される。

#### 3.12.5 保全対策に反映すべき項目の抽出

評価対象の機械設備に対して耐震安全性評価を実施した結果、耐震上の観点から保全対策に追加すべき項目は抽出されなかった。

### 3.13 電源設備

本章は、技術評価における評価対象機器のうち、主要な電源設備の高経年化について、耐震安全性への影響をまとめたものである。

なお、電源設備については技術評価において、経年劣化事象に対する健全性評価を行うとともに、現状の保全の評価を実施しているため、本章においてはこれらの検討結果を前提条件とし、評価を実施することとする。

#### 3.13.1 評価対象機器

技術評価における評価対象機器のうち、主要な電源設備を評価対象機器とする。  
評価対象機器一覧を表3.13-1に示す。

表 3.13-1 評価対象機器一覧

分類	機器名称 (台数等)	耐震重要度
高圧閉鎖配電盤	非常用 M/C(3)	S
動力用変圧器	非常用 P/C 変圧器(4)	S
	非常用 MCC 変圧器 (HPCS) (1)	S
低圧閉鎖配電盤	非常用 P/C(4)	S
	直流 P/C(3)	S
コントロールセンタ	非常用 MCC(17)	S
	直流 MCC(1)	S
ディーゼル発電設備	非常用ディーゼル発電設備 (A, B 号機) (2)	S
	HPCS ディーゼル発電設備(1)	S
バイタル電源用 CVCF	バイタル電源用 CVCF(2)	S
直流電源設備	125 V 蓄電池(3)	S
	125 V 充電器盤(3)	S
計測用変圧器	中央制御室計測用変圧器(2)	S
	HPCS 計測用変圧器(1)	S
計測用分電盤	交流計測用分電盤(3)	S
	バイタル計測用分電盤(2)	S
	直流分電盤(5)	S

### 3.13.2 代表機器の選定

技術評価では、評価対象機器をその型式等を基に分類して評価しているが、本検討においてもこの分類に従って整理するものとする。

本検討における代表機器は、技術評価における代表機器に従うことを基本とする。ただし、耐震安全性評価の観点から、技術評価において行った機器のグループ化の中に、技術評価代表機器より耐震重要度の上位の機器が存在する場合には、これを本検討における代表機器に追加して評価を実施することとする。

#### (1) 高圧閉鎖配電盤のグループ化及び代表機器選定

技術評価では非常用M/Cを単独で分類し代表機器としており、グループ化は行っていない。本検討においても非常用M/Cを単独で代表機器とする。

- ① 非常用 M/C

#### (2) 動力用変圧器のグループ化及び代表機器選定（表3.13-2）

表3.13-2での動力用変圧器のグループ化に従った代表機器を以下に示す。

- ① 非常用 P/C 変圧器

#### (3) 低圧閉鎖配電盤のグループ化及び代表機器選定（表3.13-3）

表3.13-3での低圧閉鎖配電盤のグループ化に従った代表機器を以下に示す。

- ① 非常用 P/C

#### (4) コントロールセンタのグループ化及び代表機器選定（表3.13-4）

表3.13-4でのコントロールセンタのグループ化に従った代表機器を以下に示す。

- ① 非常用 MCC

#### (5) ディーゼル発電設備のグループ化及び代表機器選定（表3.13-5）

表3.13-5でのディーゼル発電設備のグループ化に従った代表機器を以下に示す。

- ① 非常用ディーゼル発電設備（A, B 号機）

#### (6) バイタル電源用CVCFのグループ化及び代表機器選定

技術評価ではバイタル電源用CVCFを単独で分類し代表機器としており、グループ化は行っていない。本検討においてもバイタル電源用CVCFを単独で代表機器とする。

- ① バイタル電源用 CVCF

(7) 直流電源設備のグループ化及び代表機器選定

技術評価では125V蓄電池，125V充電器盤を単独で分類し代表機器としており，グループ化は行っていない。本検討においても125V蓄電池，125V充電器盤を単独で代表機器とする。

- ① 125V 蓄電池
- ② 125V 充電器盤

(8) 計測用変圧器のグループ化及び代表機器選定（表3.13-6）

表3.13-6での計測用変圧器のグループ化に従った代表機器を以下に示す。

- ① 中央制御室計測用変圧器

(9) 計測用分電盤のグループ化及び代表機器選定（表3.13-7）

表3.13-7での計測用分電盤のグループ化に従った代表機器を以下に示す。

- ① 交流計測用分電盤

表 3.13-2 動力用変圧器のグループ化及び代表機器の選定

分類基準			名 称 (台数)	仕様 (定格容量)	選定基準				技術 評価 代表 機器	耐震 安全性 評価 代表 機器	備考	
電圧 区分	型式	設置 場所			重要度*	使用条件						耐震 重要度
						定格容量 (kVA)	一次電圧 (V)	二次電圧 (V)				
高圧	シリコン 乾式	屋内	非常用 P/C 変圧器 (4)	2,500/3,000/ 4,000 kVA	MS-1	2,500 /3,000 /4,000	6,900	480	S	○	◎	
			非常用 MCC 変圧器 (HPCS) (1)	750 kVA	MS-1	750	6,900	480	S			

\* : 最上位の重要度を示す

表 3.13-3 低圧閉鎖配電盤のグループ化及び代表機器の選定

分類基準			名称 (群数)	仕様		選定基準			技術 評価 代表 機器	耐震 安全性 評価 代表 機器	備考	
電圧 区分	型式 (内蔵遮断器)	設置 場所		盤 (最高使用電圧)	遮断器 (定格電圧×定格遮断電流)	重要度*	使用条件					耐震 重要度
							定格電圧 (V)	定格電流 (A)				
低圧	気中 遮断器	屋内	非常用 P/C(4)	600 V	AC 480 V × 100 kA AC 480 V × 63 kA	MS-1	480	5,000 3,000	S	○	◎	
			直流 P/C(3)	750 V	DC 250 V × 40 kA	MS-1	125	1,800 1,200	S			

\*：最上位の重要度を示す



表 3.13-4 コントロールセンタのグループ化及び代表機器の選定

分類基準			機器名称 (群数)	仕様		選定基準				技術 評価 代表 機器	耐震 安全性 評価 代表 機器	備考
電圧 区分	型式 (内蔵遮断器)	設置 場所		盤 (最高 使用電圧)	遮断器 (定格電圧× 定格遮断電流)	重要度*	使用条件		耐震 重要度			
							定格電圧 (V)	定格電流 (A)				
低圧	配線用遮断器	屋内	非常用 MCC(17)	600 V	AC 550 V × 35 kA AC 550 V × 30 kA AC 550 V × 22 kA AC 500 V × 30 kA	MS-1	480	800	S	○	◎	
			直流 MCC(1)	750 V	DC 250 V×40 kA	MS-1	125	800	S			

\*：最上位の重要度を示す

表 3.13-5 ディーゼル発電設備のグループ化及び代表機器の選定

分類基準			機器名称 (台数)	仕様 (定格電圧×定格容量)	選定基準				技術 評価 代表 機器	耐震 安全性 評価 代表 機器	備考	
電圧 区分	型式	設置 場所			重要度*	使用条件						耐震 重要度
						電圧 (V)	容量 (kVA)	回転速度 (rpm)				
高圧	空気冷却 横軸回転界磁 三相交流 同期発電機	屋内	非常用ディーゼル発電設備 (A, B 号機) (2)	6,900 V×8,250 kVA	MS-1	6,900	8,250	500	S	○	◎	
			HPCS ディーゼル発電設備(1)	6,900 V×4,500 kVA	MS-1	6,900	4,500	1,000	S			

\*：最上位の重要度を示す

表 3.13-6 計測用変圧器のグループ化及び代表機器の選定

分類基準			機器名称 (台数)	仕様 (定格容量)	選定基準				技術 評価 代表 機器	耐震 安全性 評価 代表 機器	備考	
電圧 区分	型式	設置 場所			重要度*	使用条件						耐震 重要度
						定格容量 (kVA)	一次電圧 (V)	二次電圧 (V)				
低圧	シリコン 乾式	屋内	中央制御室計測用変圧器(2)	50 kVA	MS-1	50	480	240/120	S	○	◎	
			HPCS 計測用変圧器(1)	10 kVA	MS-1	10	480	240/120	S			

\*：最上位の重要度を示す

表 3.13-7 計測用分電盤のグループ化及び代表機器の選定

分類基準			機器名称 (面数)	仕様 (定格母線電圧)	選定基準			技術 評価 代表 機器	耐震 安全性 評価 代表 機器	備考
電圧 区分	型式	設置 場所			重要度*	使用条件	耐震 重要度			
						定格母線 電圧(V)				
低圧	配線用遮断器	屋内	交流計測用分電盤(3)	AC 120 V	MS-1	AC120	S	○	◎	
			バイタル計測用分電盤(2)	AC 120 V	MS-1	AC120	S			
			直流分電盤(5)	DC 125 V	MS-1	DC125	S			

\*：最上位の重要度を示す

### 3.13.3 耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象

#### (1) 技術評価における検討結果の整理

技術評価における経年劣化事象の抽出及び保全対策の検討結果（詳細は柏崎刈羽原子力発電所3号炉の「電源設備の技術評価書」参照）を用いて、3.13.2項で選定した代表機器について、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象を整理した結果、現在発生しているか、または将来にわたって起こることが否定できない事象は抽出されなかった。

#### (2) 耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象の抽出

3.13.3(1)項の整理結果より、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象において、現在発生しているか、または将来にわたって起こることが否定できない事象はないため、耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象は抽出されなかった。

### 3.13.4 耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象の評価

前項における検討結果より、電源設備の代表機器において、耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象はない。

### 3.13.5 評価対象機器全体への展開

以下の手順により、代表機器以外の機器への耐震安全性評価を展開する。

#### 3.13.5.1 代表機器以外の機器の高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の整理

3.13.3項の代表機器における技術評価での高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出及び保全対策の検討結果を用いて、代表機器以外の機器に展開すべき経年劣化事象の整理を行った。

その結果、現在発生しているか、または将来にわたって起こることが否定できない経年劣化事象は抽出されなかった。

また、代表機器以外の機器に特有の高経年化対策上着目すべき経年劣化事象はない。

### 3.13.6 経年劣化事象に対する動的機能維持評価

電源設備における高経年化に対する技術評価により、各部位に想定される経年劣化事象については、現状の保全対策により機器に与える影響が十分小さいことを確認した。

また、耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象は抽出されなかった。

これより、経年劣化事象を考慮しても、地震時に動的機能の維持が要求される機器における地震時の応答加速度は各機器の機能確認済加速度を上回るものでないと考えられ、地震時の動的機能についても維持されると判断される。

### 3.13.7 保全対策に反映すべき項目の抽出

評価対象の電源設備に対して耐震安全性評価を実施した結果、耐震上の観点から保全対策に追加すべき項目は抽出されなかった。

### 3.14 基礎ボルト

本章は、技術評価における評価対象機器のうち、主要な基礎ボルトの高経年化について、耐震安全性への影響をまとめたものである。

なお、主要機器については技術評価において、経年劣化事象に対する健全性評価を行うとともに、現状の保全の評価を実施しているため、本章においてはこれら検討結果を前提条件とし、評価することとする。

#### 3.14.1 評価対象機器

技術評価における評価対象機器のうち、主要な基礎ボルトを評価対象機器とする。  
評価対象機器一覧を表3.14-1に示す。

表 3.14-1 (1/5) 評価対象機器一覧 (基礎ボルト)

評価書	機器名称	耐震重要度
ポンプ	制御棒駆動系駆動水ポンプ	B
	残留熱除去系封水ポンプ	S
	低圧炉心スプレイ系封水ポンプ	S
	原子炉補機冷却水ポンプ	S
	高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水ポンプ	S
	換気空調補機非常用冷却水系ポンプ	S
	残留熱除去系ポンプ	S
	低圧炉心スプレイ系ポンプ	S
	高圧炉心スプレイ系ポンプ	S
	原子炉冷却材浄化系ポンプ	B
	ほう酸水注入系ポンプ	S
熱交換器	原子炉補機冷却水系熱交換器	S
	高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系熱交換器	S
	原子炉冷却材浄化系再生熱交換器	B
	原子炉冷却材浄化系非再生熱交換器	B
	残留熱除去系熱交換器	S
容器	原子炉補機冷却水系サージタンク	S
	高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系サージタンク	S
	ほう酸水注入系貯蔵タンク	S
	原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器	B
	制御棒駆動系制御棒駆動水フィルタ	B



表 3.14-1 (2/5) 評価対象機器一覧 (基礎ボルト)

評価書	機器名称	耐震重要度
配管 (配管サポート)	ステンレス鋼配管	—
	・制御棒駆動系	S
	・ほう酸水注入系	S
	・残留熱除去系	S
	・低圧炉心スプレイ系	S
	・高圧炉心スプレイ系	S
	・原子炉冷却材浄化系	S
	・燃料プール冷却浄化系	S
	・液体固体廃棄物処理系	S
	・計装用圧縮空気系	S
	・事故後サンプリング系	S
	炭素鋼配管	—
	・制御棒駆動系	B
	・残留熱除去系	S
	・低圧炉心スプレイ系	S
	・高圧炉心スプレイ系	S
	・原子炉冷却材浄化系	S
	・燃料プール冷却浄化系	S
	・給水系	S
	・復水補給水系	S
	・原子炉補機冷却水系	S
	・換気空調補機非常用冷却水系	S
	・高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系	S
	・原子炉補機冷却海水系	S
	・高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却海水系	S
	・非常用ガス処理系	S
	・可燃性ガス濃度制御系	S

表 3.14-1 (3/5) 評価対象機器一覧 (基礎ボルト)

評価書	機器名称	耐震重要度
空調設備	非常用ガス処理系排風機	S
	残留熱除去系ポンプ室空調機	S
	高压炉心スプレイ系ポンプ室空調機	S
	低压炉心スプレイ系ポンプ室空調機	S
	FCS 室空調機	S
	非常用ガス処理系室空調機	S
	非常用ディーゼル発電機 (A) 室送風機	S
	非常用ディーゼル発電機 (B) 室送風機	S
	非常用ディーゼル発電機 (A) 室排風機	S
	非常用ディーゼル発電機 (B) 室排風機	S
	非常用ディーゼル発電機 (HPCS) 室送風機	S
	非常用ディーゼル発電機 (HPCS) 室排風機	S
	中央制御室排風機	S
	中央制御室再循環送風機	S
	中央制御室送風機	S
	海水熱交換器建屋(A) 非常用送風機	S
	海水熱交換器建屋(B) 非常用送風機	S
	海水熱交換器建屋(HPCS) 非常用送風機	S
	非常用ディーゼル発電機室非常用送風機	S
	換気空調補機非常用冷却水系冷凍機	S
	非常用ガス処理系乾燥装置	S
	非常用ガス処理系フィルタ装置	S
	中央制御室再循環フィルタユニット	S
	原子炉建屋隔離弁	S
	中央制御室系ダクト	S
	非常用ディーゼル発電設備系ダクト	S
海水熱交換器建屋系ダクト	S	

表 3.14-1 (4/5) 評価対象機器一覧 (基礎ボルト)

評価書	機器名称	耐震重要度
機械設備	非常用ディーゼル機関 (A, B 号機) , 非常用ディーゼル機関 (A, B 号機) 附属設備	—
	・非常用ディーゼル機関	S
	・清水膨張タンク	S
	・軽油タンク	S
	・潤滑油サンプタンク	S
	・空気だめ	S
	・燃料ディタンク	S
	・燃料移送ポンプ	S
	・空気圧縮機	S
	・配管 (配管サポート)	S
	HPCS ディーゼル機関, HPCS ディーゼル機関附属設備	—
	・HPCS ディーゼル機関	S
	・清水膨張タンク	S
	・空気だめ	S
	・燃料ディタンク	S
	・清水冷却器	S
	・燃料移送ポンプ	S
	・空気圧縮機	S
	・軽油タンク	S
	・共通ベース (潤滑油冷却器)	S
	・共通ベース (発電機軸受潤滑油冷却器)	S
	・共通ベース (燃料フィルタ)	S
	・配管 (配管サポート)	S
	可燃性ガス濃度制御系設備	—
	・共通ベース (ブロワ, 加熱管, 再結合器, 冷却器, 気水分離器)	S
	・配管 (配管サポート)	S
	圧縮空気系設備	—
	・共通ベース (空気圧縮機)	C
	・共通ベース (後部冷却器)	C
	・共通ベース (除湿塔)	C
	廃棄物処理設備	—
	・高電導度廃液系濃縮装置	B
	・高電導度廃液系濃縮装置循環ポンプ	B
・濃縮廃液系濃縮廃液タンク	B	
・配管 (配管サポート)	B	

表 3.14-1 (5/5) 評価対象機器一覧 (基礎ボルト)

評価書	機器名称	耐震重要度
電源設備	ディーゼル発電設備	—
	・非常用ディーゼル発電設備 (A, B 号機)	S
	・HPCS ディーゼル発電設備	S
ケーブル	ケーブルトレイ・電線管	S
計測制御設備	振動計測装置	—
	・地震加速度	S
	圧力計測装置	—
	・RSW ポンプ吐出圧力	S
	・HPSW ポンプ吐出圧力	S
	・LPCS 注入隔離弁差圧	S
	・RCW 冷却水供給圧力	S
	・HPCW ポンプ吐出圧力	S
	水位計測装置	—
	・HPCW サージタンク水位	S
	中性子束計測装置	—
	・SRM	S
	放射線計測装置	—
	・原子炉建屋換気系排気放射線	S
計装配管 (計装配管サポート)	S	

### 3.14.2 代表機器の選定

技術評価では、評価対象機器において型式等を基に分類して評価しているが、本検討においてもこの分類にしたがって整理するものとする。

ただし、本検討ではグループ化及び代表機器の選定を行わずに評価するものとする。

### 3.14.3 耐震安全上考慮する必要がある経年劣化事象

#### (1) 技術評価における検討結果の整理

技術評価における経年劣化事象の抽出及び保全対策の検討結果（詳細は柏崎刈羽原子力発電所3号炉の「機械設備の技術評価書」参照）を用いて、基礎ボルトについて、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象を整理した結果、現在発生しているか、または将来にわたって起こることが否定できない事象は抽出されなかった。

#### (2) 耐震安全上考慮する必要がある経年劣化事象の抽出

3.14.3(1)項の整理結果より、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象において、現在発生しているか、または将来にわたって起こることが否定できない事象はないため、耐震安全上考慮する必要がある経年劣化事象は抽出されなかった。

### 3.14.4 耐震安全上考慮する必要がある経年劣化事象の評価

前項における検討結果より、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象については、基礎ボルトにおいて、耐震安全上考慮する必要がある経年劣化事象は抽出されなかったが、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象について、表4で抽出された耐震安全上考慮する必要がある経年劣化事象の評価を実施する。

#### (1) 基礎ボルトの腐食（全面腐食）[機器付基礎ボルト大気接触部（屋外）、後打ちメカニカルアンカ大気接触部（屋外）、後打ちケミカルアンカ大気接触部（屋外）]

##### a. 機器付基礎ボルト

基礎ボルトの腐食における機器付基礎ボルトの耐震安全性評価については、詳細な耐震安全性評価を実施する。

この際、地震動の適用は2項に基づくものとし、Sクラス機器については鉛直地震動を考慮する。

なお、耐震安全性評価が必要な設備が複数選定された場合には、それぞれの支持構造を考慮して、最も厳しいと考えられる代表パラメータを設定して評価を実施することとする。

b. 後打ちメカニカルアンカ及び後打ちケミカルアンカの評価

後打ちメカニカルアンカ及び後打ちケミカルアンカの許容荷重は、ボルト部の破損、コンクリートのコーン状破壊及び引抜（付着力喪失）を考慮して定められるが、技術評価においては塗装が施されていないボルトの大気接触部に腐食が想定されると評価しており、このとき、影響を受けるのはボルト部の破損である。

ここで、保守的に設定した運転開始後40年間の腐食量である0.3mmを想定し、建設時を含めて最大値となる基準地震動 $S_s$ による耐震評価時に用いられる設計許容荷重が負荷されたときのボルト発生応力と設計・建設規格に基づく許容応力との関係を調べた結果、ボルトの発生応力はいずれも許容応力を下回っていることが確認できた（表3.14-2, 3参照）。

したがって、後打ちメカニカルアンカ及び後打ちケミカルアンカについては機種に係わらず、塗装が施されていないボルトの大気接触部の腐食を想定した場合でも耐震安全性は確保できると考えられる。

表3.14-2 後打ちメカニカルアンカの腐食に対する耐震安全性評価

評価項目		ボルト径	M6	M8	M10	M12	M16	M20
		応力比 (発生応力/ 許容応力*)	荷重 種別	引張	0.46	0.34	0.27	0.29
せん断	0.28			0.22	0.18	0.19	0.15	0.18

\*：日本機械学会「発電用原子力設備規格 設計・建設規格（2005年版（2007年追補版を含む））＜第Ⅰ編 軽水炉規格＞ JSME S NC1-2005/2007」付録材料図表Part5 表8, 表9より求まる値

表3.14-3 後打ちケミカルアンカの腐食に対する耐震安全性評価

評価項目		ボルト径	M12	M16	M20	M22
		応力比 (発生応力/ 許容応力*)	荷重 種別	引張	0.85	0.87
せん断	0.62			0.63	0.65	0.66

\*：日本機械学会「発電用原子力設備規格 設計・建設規格（2005年版（2007年追補版を含む））＜第Ⅰ編 軽水炉規格＞ JSME S NC1-2005/2007」付録材料図表Part5 表8, 表9より求まる値

### 3.14.5 基礎ボルトの詳細耐震安全性評価

前項に示したとおり，機器付基礎ボルトの腐食評価について，詳細耐震安全性評価の結果を以下に示す。

#### 3.14.5.1 「機械設備」基礎ボルトの詳細耐震安全性評価

詳細な耐震安全性評価では，基礎ボルトに0.3mmの腐食を想定し，機器の地震時の振動により基礎ボルトに発生する応力を算出した。

評価の結果，発生応力は許容応力を下回り，耐震安全性に問題がないことを確認した(表3.14-4参照)。

表3.14-4 詳細耐震安全性評価の結果

機器名	荷重種別	発生応力 (MPa)	許容応力* (MPa)	備考
非常用ディーゼル機関 (A, B号機) 付属設備				
軽油タンク	引張荷重	181	235	
	せん断荷重	69	190	
燃料移送ポンプ	引張荷重	19	175	
	せん断荷重	5	135	
HPCSディーゼル機関付属設備				
軽油タンク	引張荷重	181	235	
	せん断荷重	69	190	
燃料移送ポンプ	引張荷重	19	175	
	せん断荷重	5	135	

\*：日本機械学会「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 (2005年版 (2007年追補版を含む)) <第I編 軽水炉規格> JSME S NC1-2005/2007」付録材料図表Part5 表8, 表9より求まる値

#### 3.14.6 評価対象機器全体への展開

基礎ボルトにおいては代表機器を選定せず、全ての基礎ボルトについて評価を実施しているため、他機器への評価の展開は不要である。

#### 3.14.7 保全対策に反映すべき項目の抽出

評価対象の基礎ボルトに対して耐震安全性評価を実施した結果、耐震上の観点から保全対策に追加すべき項目は抽出されなかった。

以 上