

柏崎刈羽原子力発電所 5 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 5 号炉（以下、柏崎刈羽 5 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、非常用ディーゼル発電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)	35 m ³ /h×1,266 m	高*2
	残留熱除去系封水ポンプ(1)	5 m ³ /h×50 m	高*2
	低圧炉心スプレイ系封水ポンプ(1)	5 m ³ /h×50 m	高*2
	原子炉補機冷却水ポンプ(4)	1,900 m ³ /h×50 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 ³ /h×41 m	MS-1
	換気空調補機非常用冷却水系ポンプ(4)	96 m ³ /h×40 m	MS-1
	残留熱除去系ポンプ(3)	1,629 m ³ /h×90 m	MS-1
	低圧炉心スプレイ系ポンプ(1)	1,442 m ³ /h×214 m	MS-1
	高圧炉心スプレイ系ポンプ(1)	369 m ³ /h×863 m 1,462 m ³ /h×274 m	MS-1
	原子炉補機冷却海水ポンプ(4)	2,460 m ³ /h×28 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)	390 m ³ /h×22 m	MS-1
原子炉冷却材浄化系ポンプ(2)	62 m ³ /h×120 m	PS-2	
往復ポンプ	ほう酸水注入系ポンプ(2)	約 9.78 m ³ /h×約 980 m	MS-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

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シール冷却器及び軸受冷却器，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	中央制御室空気フィルタユニット，非常用ディーゼル発電機 (A) 室非常用給気フィルタ，非常用ディーゼル発電機 (B) 室非常用給気フィルタの冷却コイル，換気空調補機非常用主冷凍機の蒸発器へ冷却水を循環供給する。
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。
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。
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 残留熱除去系ポンプ
- ⑧ 低圧炉心スプレイ系ポンプ
- ⑨ 高圧炉心スプレイ系ポンプ
- ⑩ 原子炉補機冷却海水ポンプ
- ⑪ 高圧炉心スプレイディーゼル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 残留熱除去系封水ポンプ.....	1-5
2.1.2 原子炉補機冷却水ポンプ.....	1-8
2.1.3 換気空調補機非常用冷却水系ポンプ.....	1-11
2.1.4 残留熱除去系ポンプ.....	1-14
2.1.5 原子炉補機冷却海水ポンプ.....	1-17
2.1.6 原子炉冷却材浄化系ポンプ.....	1-20
2.2 経年劣化事象の抽出.....	1-23
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目.....	1-23
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象.....	1-23
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.....	1-25
3. 代表機器以外への展開.....	1-37
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、残留熱除去系封水ポンプ、低圧炉心スプレー系封水ポンプが属するが、最高使用温度の観点から残留熱除去系封水ポンプ、低圧炉心スプレー系封水ポンプのいずれかとなるが、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。

(2) 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、高圧炉心スプレーディーゼル補機冷却水ポンプが属するが、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。

(3) 横軸遠心ポンプ（内部流体：冷却水、材料：鋳鉄）

このグループには換気空調補機非常用冷却水系ポンプのみが属するので、換気空調補機非常用冷却水系ポンプを代表機器とする。

(4) 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、低圧炉心スプレー系ポンプ、高圧炉心スプレー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。

(5) 立軸斜流ポンプ（内部流体：海水、材料：ステンレス鋼）

このグループには原子炉補機冷却海水ポンプ、高圧炉心スプレーディーゼル補機冷却海水ポンプが属するが、運転状態の観点から原子炉補機冷却海水ポンプを代表機器とする。

(6) 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)	35 m ³ /h×1,266 m	高*6	連続 (連続)	約 13.8	66		最高使用温度
			残留熱除去系封水ポンプ (1)	5 m ³ /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 ³ /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)	1,900 m ³ /h×50 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 ³ /h×41 m	MS-1	一時 (一時)	約 1.3	70		
		鋳鉄	換気空調補機非常用冷却水系ポンプ (4)	96 m ³ /h×40 m	MS-1	一時 (一時)	約 1.4	70	◎	

*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		
立軸遠心	純水*2	炭素鋼	残留熱除去系ポンプ (3)	1,629 m ³ /h×90 m	MS-1	連続 (一時)	約 3.4	182(A/B 号機) 100(C 号機)	◎	運転状態
			低圧炉心スプレイ系ポンプ (1)	1,442 m ³ /h×214 m	MS-1	一時 (一時)	約 4.4	100		
			高圧炉心スプレイ系ポンプ (1)	369 m ³ /h×863 m 1,462 m ³ /h×274 m	MS-1	一時 (一時)	約 10.8	100		
立軸斜流	海水	ステンレス鋼	原子炉補機冷却海水ポンプ (4)	2,460 m ³ /h×28 m	MS-1	連続 (連続)	約 0.6	50	◎	運転状態
			高圧炉心スプレイディーゼル 補機冷却海水ポンプ (1)	390 m ³ /h×22 m	MS-1	一時 (一時)	約 0.7	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 ³ /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 残留熱除去系封水ポンプ
- ② 原子炉補機冷却水ポンプ
- ③ 換気空調補機非常用冷却水系ポンプ
- ④ 残留熱除去系ポンプ
- ⑤ 原子炉補機冷却海水ポンプ
- ⑥ 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 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 m³/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。

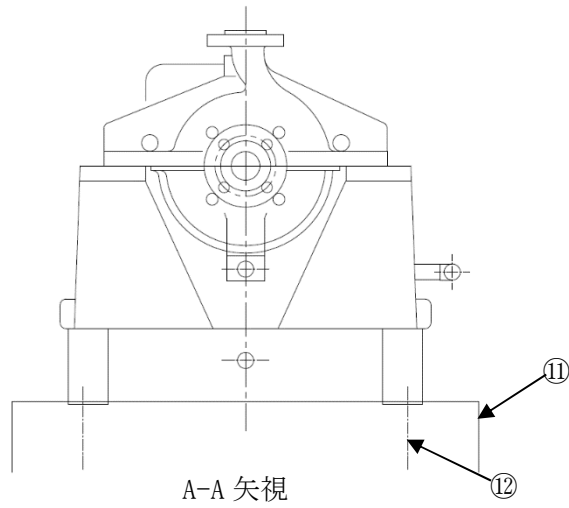
純水に接液するケーシング，羽根車にはステンレス鋳鋼，主軸にはステンレス鋼を使用しており，軸封部には，内部流体の漏れを防止するため，メカニカルシールを使用している。

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 2.1-1 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 2.1-1 に，使用条件を表 2.1-2 に示す。



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

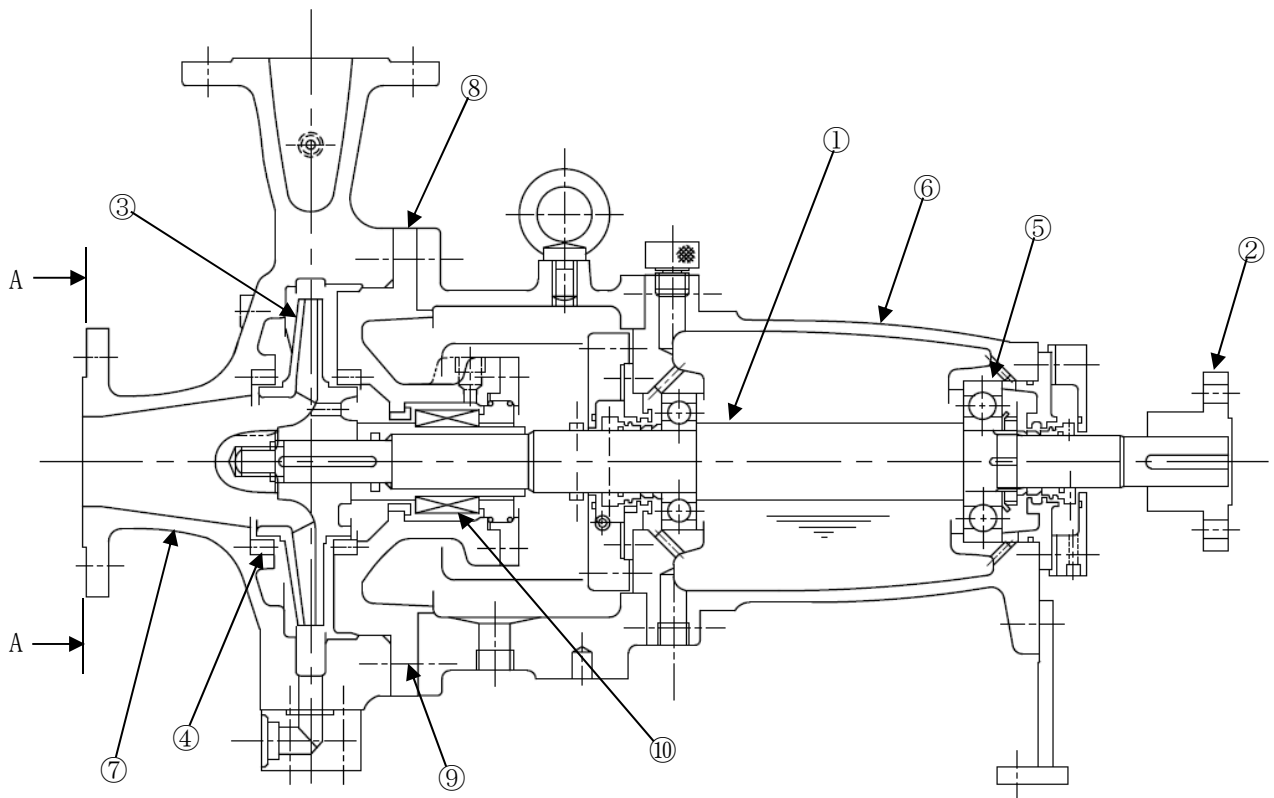


図 2.1-1 残留熱除去系封水ポンプ構造図

表 2.1-1 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
	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 (SUS304)
	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	ステンレス鋳鋼 (SCS13)
		ケーシングカバー	ステンレス鋳鋼 (SCS13)
		取付ボルト	ステンレス鋼 (SUS304)
	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 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 ³ /h
内 部 流 体	純水

2.1.2 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 1,900 m³/h、揚程 50 m の横軸単段遠心ポンプであり、4 台設置している。

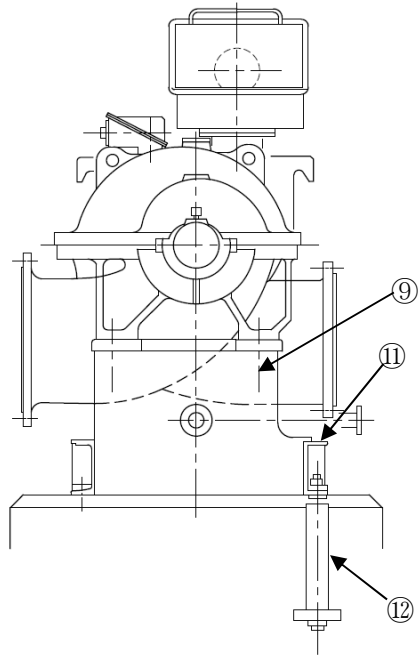
冷却水（防食剤入り純水）に接液するケーシングには炭素鋼鋳鋼、主軸にはステンレス鋼、羽根車にはステンレス鋳鋼を使用しており、軸封部には、内部流体の漏れを防止するため、メカニカルシールを使用している。

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。

原子炉補機冷却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

原子炉補機冷却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 (すべり)
⑥	軸受 (転がり)
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

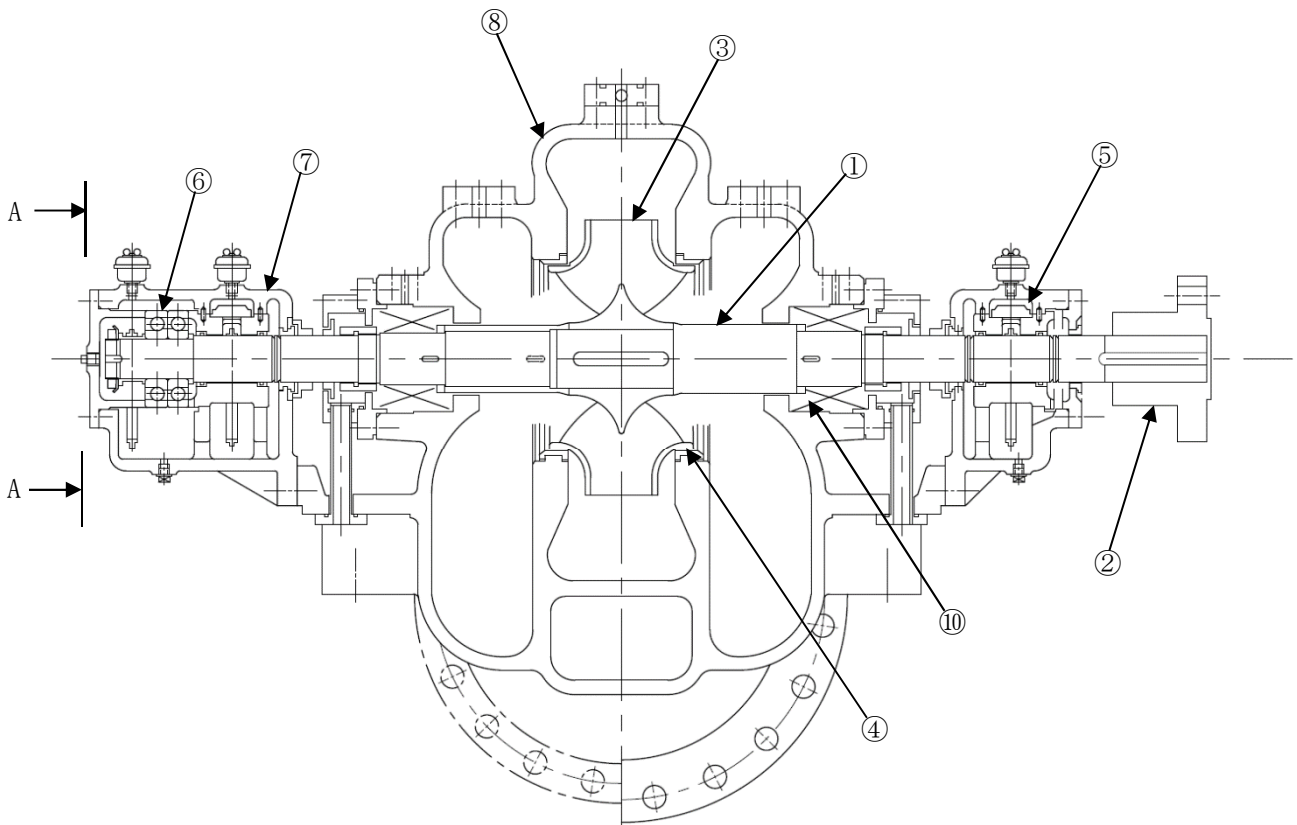


図 2.1-2 原子炉補機冷却水ポンプ構造図

表 2.1-3 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	ステンレス鋼 (SUS403)
		軸継手	低合金鋼
	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 (SUS420J2)
	軸支持	軸受 (すべり)	鋳鉄 (FC20) , ホワイトメタル (WJ2)
		軸受 (転がり)	(消耗品)
軸受箱		鋳鉄 (FC20)	
ハウンドリの維持	耐 圧	ケーシング	炭素鋼鋳鋼 (SCW42)
		取付ボルト	炭素鋼
	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	低合金鋼 (SCM435)

表 2.1-4 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	1,900 m ³ /h
内 部 流 体	冷却水

2.1.3 換気空調補機非常用冷却水系ポンプ

(1) 構造

換気空調補機非常用冷却水系ポンプは、容量 96 m³/h、揚程 40 m の横軸単段遠心ポンプであり、4 台設置している。

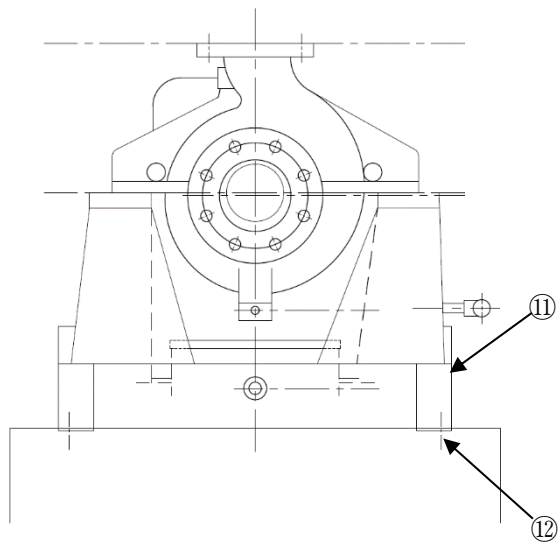
冷却水（防食剤入り純水）に接液するケーシングには鋳鉄、主軸にはステンレス鋼、羽根車にはステンレス鋳鋼を使用しており、軸封部には、内部流体の漏れを防止するため、メカニカルシールを使用している。

また、羽根車及び主軸は、取付ボルトを緩め、ケーシングカバー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。

換気空調補機非常用冷却水系ポンプの構造図を図 2.1-3 に示す。

(2) 材料及び使用条件

換気空調補機非常用冷却水系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	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

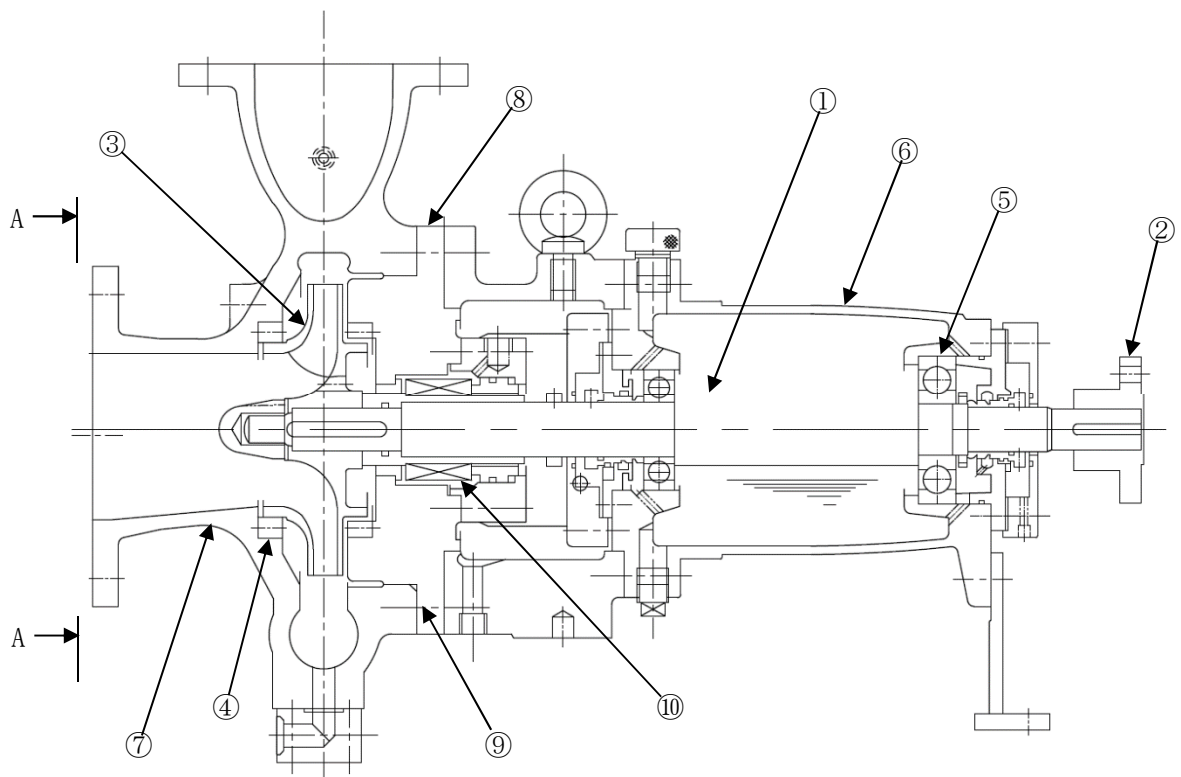


図 2.1-3 換気空調補機非常用冷却水系ポンプ構造図

表 2.1-5 換気空調補機非常用冷却水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 (SUS403)
		軸継手	炭素鋼
	エネルギー変換	羽根車	ステンレス鋼 (SCS13)
		ケーシングリング	ステンレス鋼 (SUS304)
	軸支持	軸受 (転がり)	(消耗品)
		軸受箱	鋳鉄 (FC20)
ハウンドリの維持	耐 圧	ケーシング	鋳鉄 (FCD45)
		ケーシングカバー	鋳鉄 (FCD45)
		取付ボルト	炭素鋼 (SS41)
	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 換気空調補機非常用冷却水系ポンプの使用条件

最高使用圧力	約 1.4 MPa
最高使用温度	70 °C
容 量	96 m ³ /h
内 部 流 体	冷却水

2.1.4 残留熱除去系ポンプ

(1) 構造

残留熱除去系ポンプは、容量 1,629 m³/h、揚程 90 m の立軸多段遠心ポンプであり、3 台設置している。

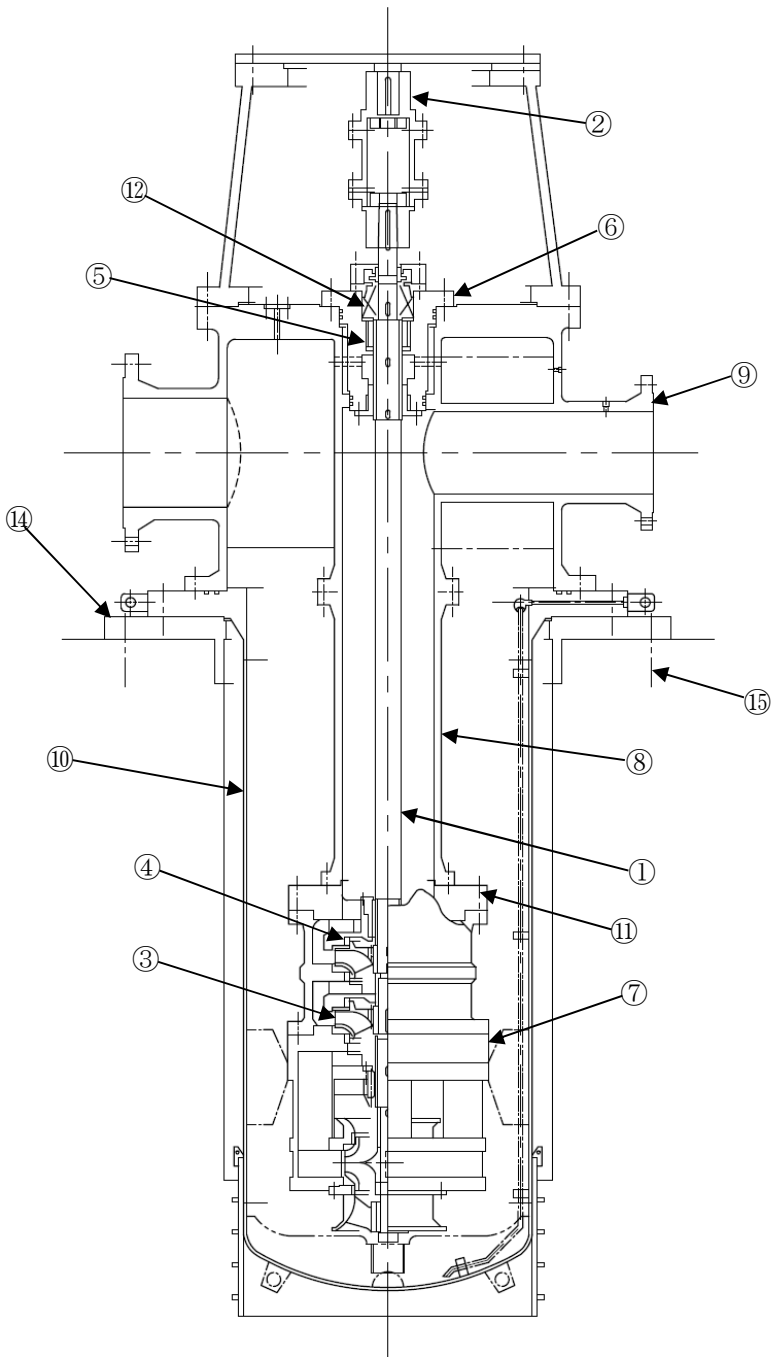
純水に接液するケーシングには炭素鋼、主軸にはステンレス鋼、羽根車にはステンレス鋳鋼を使用しており、軸封部には、内部流体の漏れを防止するため、メカニカルシールを使用している。

また、羽根車及び主軸は、取付ボルトを緩め、ケーシングカバー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 2.1-4 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 2.1-7 に、使用条件を表 2.1-8 に示す。



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

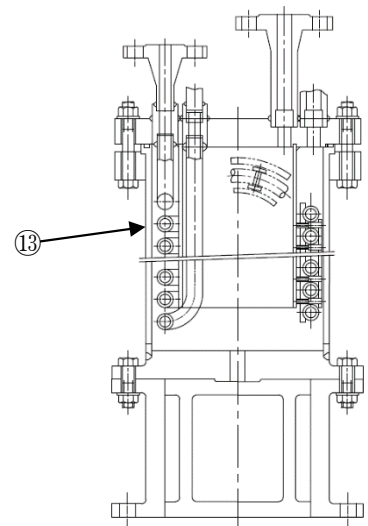


図 2.1-4 残留熱除去系ポンプ構造図

表 2.1-7 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 (SUS403)
		軸継手	炭素鋼 (SF45A)
	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 (SUS420J2)
	軸支持	軸受 (すべり)	炭素鋼 (S22C, カーボン)
		軸受箱	炭素鋼 (SFV1)
バウンダリの維持	耐 圧	ケーシング	炭素鋼 (SFV1, S22C)
		揚水管	炭素鋼 (SM41B)
		デリベリ	炭素鋼 (SFV1, SM41B)
		バレル	炭素鋼 (SFV1, SM41B)
		取付ボルト	低合金鋼
	軸シール	メカニカルシール	(消耗品)
		シール水クーラ	ステンレス鋼 (SUS304TP, SUS316LTB)
機器の支持	支 持	ベース	炭素鋼 (SM41A)
		基礎ボルト	低合金鋼 (SCM435)

表 2.1-8 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 (A/B 号機) °C 100 (C 号機) °C
容 量	1,629 m ³ /h
内 部 流 体	純水

2.1.5 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 2,460 m³/h、揚程 28 m の立軸単段斜流ポンプであり、4 台設置している。

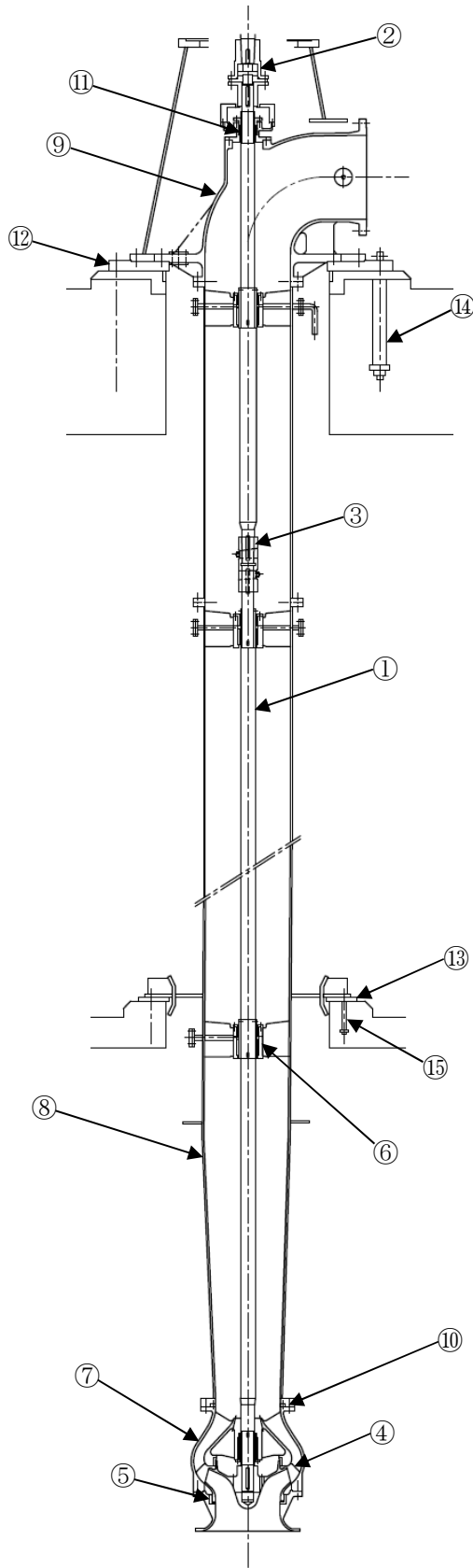
海水に接液するケーシング、羽根車にはステンレス鋳鋼、主軸にはステンレス鋼を使用しており、軸封部には、内部流体の漏れを防止するため、グランドパッキンを使用している。

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 2.1-5 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 2.1-9 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	ケーシング
⑧	揚水管
⑨	デリベリ
⑩	取付ボルト
⑪	グランドパッキン
⑫	ベース
⑬	中間支持台
⑭	基礎ボルト
⑮	中間支持台 基礎ボルト

図 2.1-5 原子炉補機冷却海水ポンプ構造図

表 2.1-9 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 (SUS316)
		軸継手	炭素鋼 (S22C) , ステンレス鋼 (SUS316)
		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	ステンレス鋳鋼 (SCS14)
	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 (SCS14)
		揚水管	ステンレス鋼 (SUS316 , SUSF316L, SUS316LTP)
		デリベリ	ステンレス鋳鋼 (SCS14)
		取付ボルト	ステンレス鋼 (SUS304)
	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 (SS400)
		中間支持台	ステンレス鋼
		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 2.1-10 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	2,460 m ³ /h
内 部 流 体	海水

2.1.6 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 m³/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。

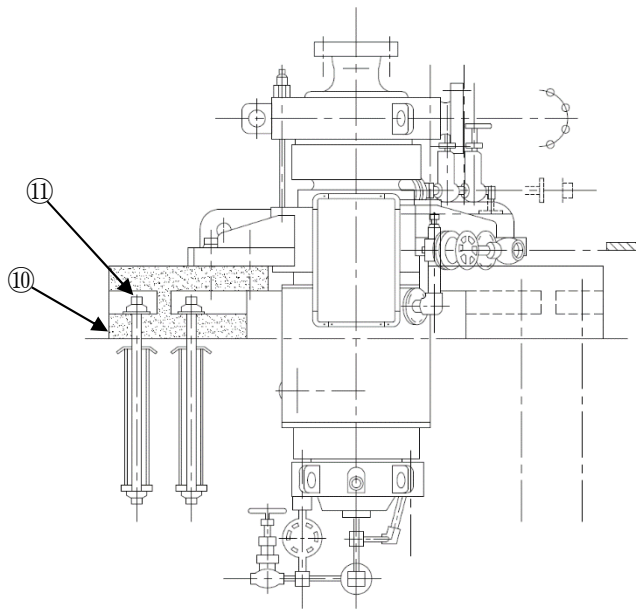
純水に接液するケーシング、羽根車にはステンレス鋳鋼、主軸にはステンレス鋼を使用しており、内部流体の漏れを防止するため、軸封部のないキャンドモータ型ポンプを使用している。

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 2.1-6 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 2.1-11 に、使用条件を表 2.1-12 に示す。



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

外形図

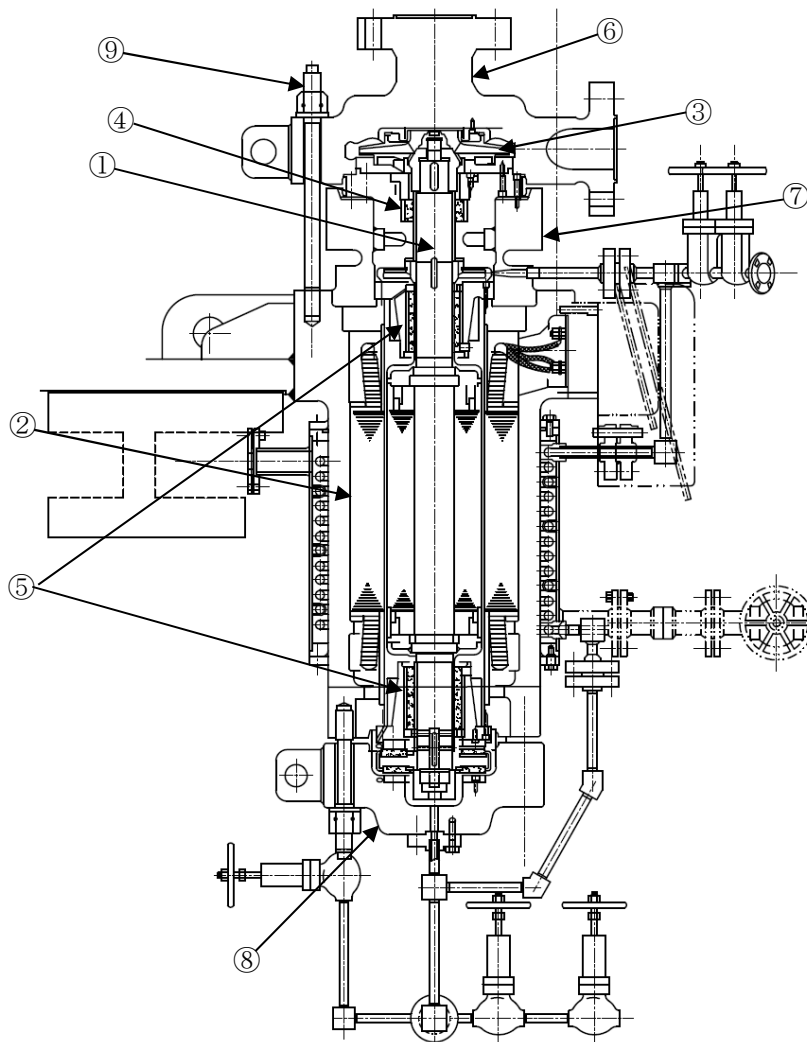


図 2.1-6 原子炉冷却材浄化系ポンプ構造図

表 2.1-11 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 (SCS14)
		ケーシングリング	ステンレス鋼 (SUS316)
	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 (SCS16)
		アダプタ	ステンレス鋼 (SUSF316L)
		リアカバー	ステンレス鋳鋼 (SCS14)
		取付ボルト	ステンレス鋼 (SUH660)
機器の支持	支 持	スタンド	鋳鉄 (FCD45)
		基礎ボルト	炭素鋼 (SS41)

表 2.1-12 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 ³ /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（原子炉補機冷却水ポンプ、残留熱除去系ポンプ、原子炉補機冷却海水ポンプを除く）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. 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、間隙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 [原子炉補機冷却水ポンプ]

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，取付ボルト等接液部の腐食（孔食，隙間腐食） [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，揚水管，デリベリ，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） [残留熱除去系封水ポンプ，原子炉補機冷却水ポンプ，換気空調補機非常用冷却水系ポンプ，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 [原子炉補機冷却水ポンプ]

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. 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。

i. 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）は狭唼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。

j. 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） [残留熱除去系ポンプ]

ケーシング、揚水管、デリベリは炭素鋼であり、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。

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、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。

- k. ケーシング、ケーシングカバーの腐食（全面腐食）〔原子炉補機冷却水ポンプ、換気空調補機非常用冷却水系ポンプ〕

原子炉補機冷却水ポンプのケーシングは炭素鋼鋳鋼、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鋳鉄であることから、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。

- l. 軸受箱の腐食（全面腐食）〔残留熱除去系封水ポンプ、原子炉補機冷却水ポンプ、換気空調補機非常用冷却水系ポンプ、残留熱除去系ポンプ〕

軸受箱は鋳鉄または炭素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。

- m. 取付ボルトの腐食（全面腐食）〔原子炉補機冷却水ポンプ、換気空調補機非常用冷却水系ポンプ、残留熱除去系ポンプ〕

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。

- n. 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。

o. 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。

p. 羽根車，ケーシングの熱時効 [原子炉冷却材浄化系ポンプ]

羽根車，ケーシング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、使用環境温度は十分に低く、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 (1/6) 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		ステンレス鋳鋼								
		ケーシングカバー		ステンレス鋳鋼								
		取付ボルト		ステンレス鋼								
	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 (2/6) 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		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 *3:はく離	
		軸継手		低合金鋼	△							
	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)		鋳鉄, ホワイトメタル	△					△*3		
		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		炭素鋼			△					
	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		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 (3/6) 換気空調補機非常用冷却水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								
	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		鋳鉄		△						
		ケーシングカバー		鋳鉄		△						
		取付ボルト		炭素鋼		△						
	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 (4/6) 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								
	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)		炭素鋼, カーボン	△							
		軸受箱		炭素鋼		△						
バウンダリの維持	耐 圧	ケーシング		炭素鋼		△						
		揚水管		炭素鋼		△						
		デリベリ		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		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 (5/6) 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, ステンレス鋼								
		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		ステンレス鋳鋼	△	△*3						
	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		△*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	グランドパッキング	◎									
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		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 (6/6) 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	△		△*1				*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		△*3						
	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)	◎									
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）

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 制御棒駆動系駆動水ポンプ
- ② 低圧炉心スプレイ系封水ポンプ
- ③ 高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水ポンプ
- 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
- ⑥ 高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却海水ポンプ

3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

- a. 潤滑油ユニット補助油ポンプモータ（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〕

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事象の説明を参照のこと。

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. 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、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。

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, 高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却海水ポンプ]

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. 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]

代表機器同様, 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っており, 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, 取付ボルト等接液部の腐食 (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ポンプ]

代表機器同様, 海水に接液する主軸, 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, 揚水管, デリベリ, 中間支持台, 中間支持台基礎ボルトは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が, これらの部位については分解点検時目視点検を行い, 腐食の状況に応じて寸法測定を実施しており, 必要に応じて修理及び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。

- 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, 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, 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, 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。

- g. 軸継手の摩耗 [制御棒駆動系駆動水ポンプ, 高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水ポンプ]

代表機器同様, 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低合金鋼, 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]

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。

- k. 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）〔制御棒駆動系駆動水ポンプ，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，制御棒駆動系駆動水ポンプのケーシングカバーは炭素鋼鋳鋼，合金鋼であり，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。

- l. 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〕

代表機器同様，ケーシング，ケーシングカバー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。

- m. 軸受箱の腐食（全面腐食）〔制御棒駆動系駆動水ポンプ，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，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，軸受箱は鋳鉄または炭素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。

- n. 取付ボルトの腐食（全面腐食）〔制御棒駆動系駆動水ポンプ，高圧炉心スプレイディーズル補機冷却水ポンプ，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，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。
- o. 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。
- p. 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。
- q. 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，鋳鉄または耐食性を有する青銅鋳物，銅合金である。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。

- r. 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]
歯面は摩耗が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。
- s. 潤滑油ユニット油冷却器の伝熱管の高サイクル疲労割れ及び摩耗 [制御棒駆動系駆動水ポンプ]
- t. 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]
- u. 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]
- v. 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]
- w. 潤滑油ユニット補助油ポンプモータ（低圧，交流，全閉）の主軸の摩耗 [制御棒駆動系駆動水ポンプ]
- x. 潤滑油ユニット補助油ポンプモータ（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]
- y. 潤滑油ユニット補助油ポンプモータ（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]
- z. 潤滑油ユニット補助油ポンプモータ（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，s.の技術評価については，「熱交換器の技術評価書」と同一であり，t., u.の技術評価については，「配管の技術評価書」と同一であり，v.の技術評価については，「弁の技術評価書」と同一であり，w.～z.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）

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 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)	約 9.78 m ³ /h×約 980 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, 容量約 9.78 m³/h, 揚程約 980 m の 3 連往復動式ポンプであり, 2 台設置している。

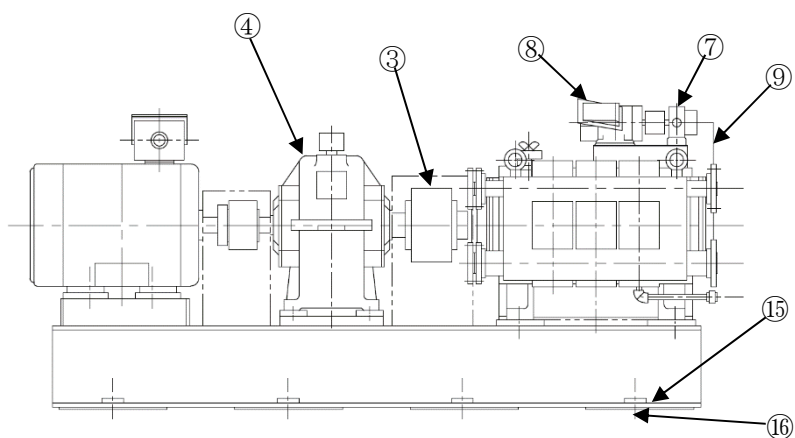
内部流体は五ほう酸ナトリウム水で, 内部流体に接液するケーシング, プランジヤーにはステンレス鋼が使用されており, 軸封部には, 内部流体の漏れを防止するため, グランドパッキンが使用されている。その他, クランクケース内潤滑用に潤滑油ユニットがあり, 油ポンプは鋳鉄及び低合金鋼, 配管はステンレス鋼を使用している。

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。

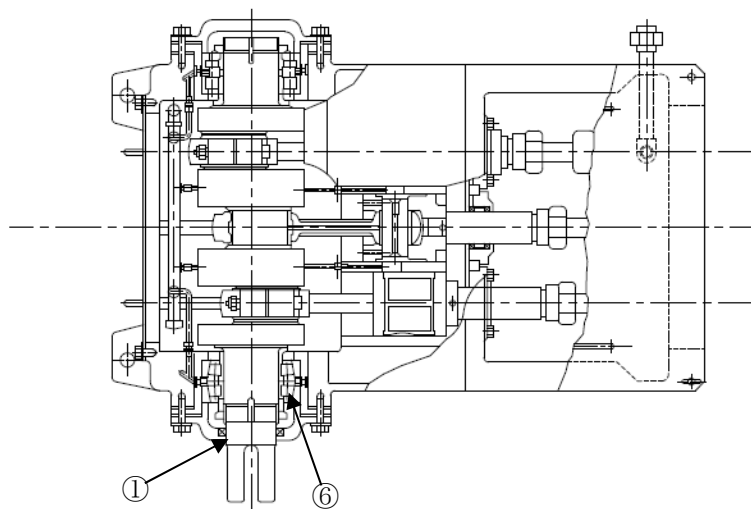
ほう酸水注入系ポンプの構造図を図 2.1-1 に示す。

(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	グラントパッキン	
⑮	ベース	
⑯	基礎ボルト	

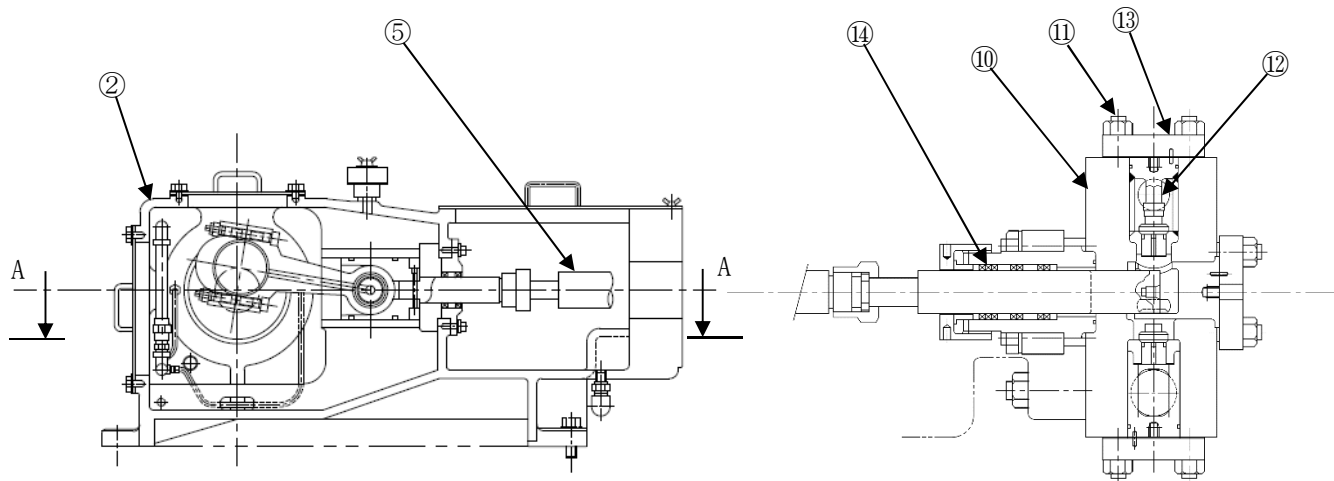


図 2.1-1 ほう酸水注入系ポンプ構造図

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 (S30C)	
		減速機	鋳鉄 (FCD45) , 炭素鋼 (S45C)	
	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 (SCM415), 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	約 9.78 m ³ /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は待機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及び間隙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。

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, エンドブラケット, 端子箱, 固定子コア, 回転子コア, 取付ホルト *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	△*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, アルミニウム, 銅, 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 5 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 5 号炉（以下柏崎刈羽 5 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*
直管式熱交換器	原子炉補機冷却水系熱交換器 (6)	約 18.26 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 4.42 MW	PS-2
	残留熱除去系熱交換器 (2)	約 12.09 MW	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
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。
高圧炉心スプレィディーゼル補機冷却水系熱交換器	高圧炉心スプレィ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ィ系の各種補機で発生する熱を海水（高圧炉心スプレィ補機冷却海水系）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 18.26 MW	MS-1	連続 (連続)	約 0.6	約 1.4	50	70	◎	重要度, 運転状態	
					高圧炉心スプレィディーゼル冷却水系熱交換器 (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 18.26 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。

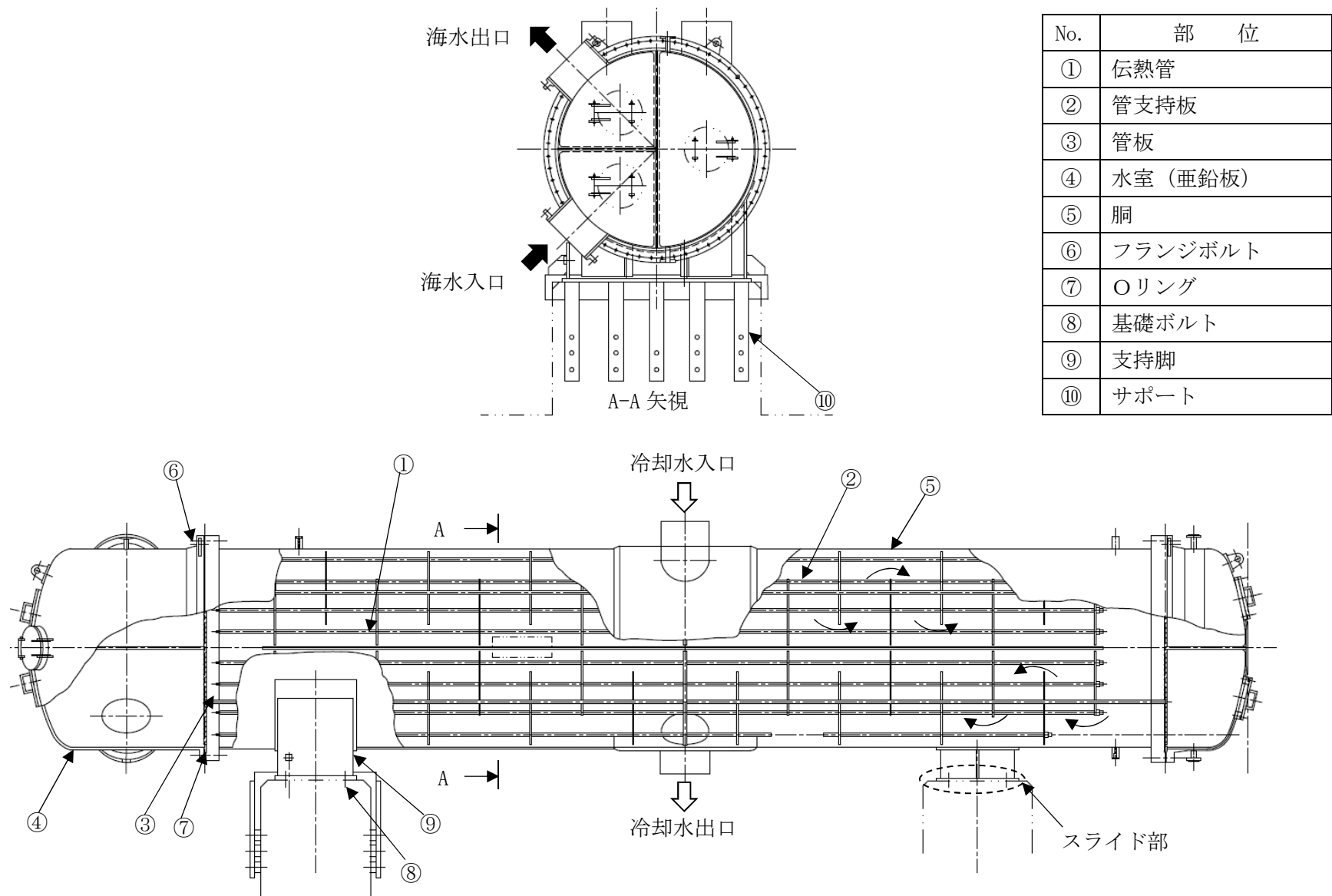


図 2.1-1 原子炉補機冷却水系熱交換器構造図

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 (C6870T)
	伝熱管の支持	管支持板	炭素鋼 (SM41A, SS41, STPT42)
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 (SM41B) (ゴムライニング, 亜鉛板*)
		胴	炭素鋼 (SGV49)
		フランジボルト	低合金鋼 (SCM435)
		Oリング	(消耗品)
機器の支持	支 持	基礎ボルト	炭素鋼 (SS41, SS400), 樹脂
		支持脚	炭素鋼 (SM41A, SGV49)
		サポート	炭素鋼 (SM400A, 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 18.26 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

リング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. 支持脚及びサポートの腐食（全面腐食）

支持脚及びサポー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。

b. 基礎ボルトの樹脂の劣化（後打ちケミカルアンカ）

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 2.2-2 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 *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：亜鉛板 *8：樹脂の劣化
	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}		△						
		水室	◎ ^{*7}	炭素鋼 ^{*4}		△						
		胴		炭素鋼		▲						
		フランジボルト		低合金鋼		△						
		Oリング	◎									
機器の支持	支 持	基礎ボルト		炭素鋼		△				▲ ^{*8}		
		支持脚		炭素鋼		△ ^{*6} △						
		サポート		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）

▲：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. 支持脚及びサポートの腐食（全面腐食）

代表機器同様、支持脚及びサポー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。

b. 基礎ボルトの樹脂の劣化（後打ちケミカルアンカ）

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。

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 原子炉冷却材浄化系非再生熱交換器	2-6
2.1.3 残留熱除去系熱交換器	2-9
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

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のみが属するため，代表機器は原子炉冷却材浄化系非再生熱交換器となる。

(3) 内部流体（管側：冷却水，胴側：純水）

このグループには残留熱除去系熱交換器のみが属するため，代表機器は残留熱除去系熱交換器となる。

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			
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 4.42 MW	PS-2	連続 (連続)	約 8.8	約 1.4	302	85	◎	
	冷却水*1	純水	ステンレス鋼	炭素鋼	残留熱除去系熱交換器 (2)	約 12.09 MW	MS-1	連続 (一時)	約 1.4	約 3.4	70	182	◎	

*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 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

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。

原子炉冷却材浄化系再生熱交換器は、局部応力の低減を図るため、第 6 回定期検査時（平成 9 年度）に、水室構造をブリーチロック構造から鏡板構造に変更を行っている。また、伝熱管損傷の低減を図るため、第 12 回定期検査時（平成 19 年度）に、一式取替及び銅側連絡配管の取り付け位置の変更を行っている。

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。

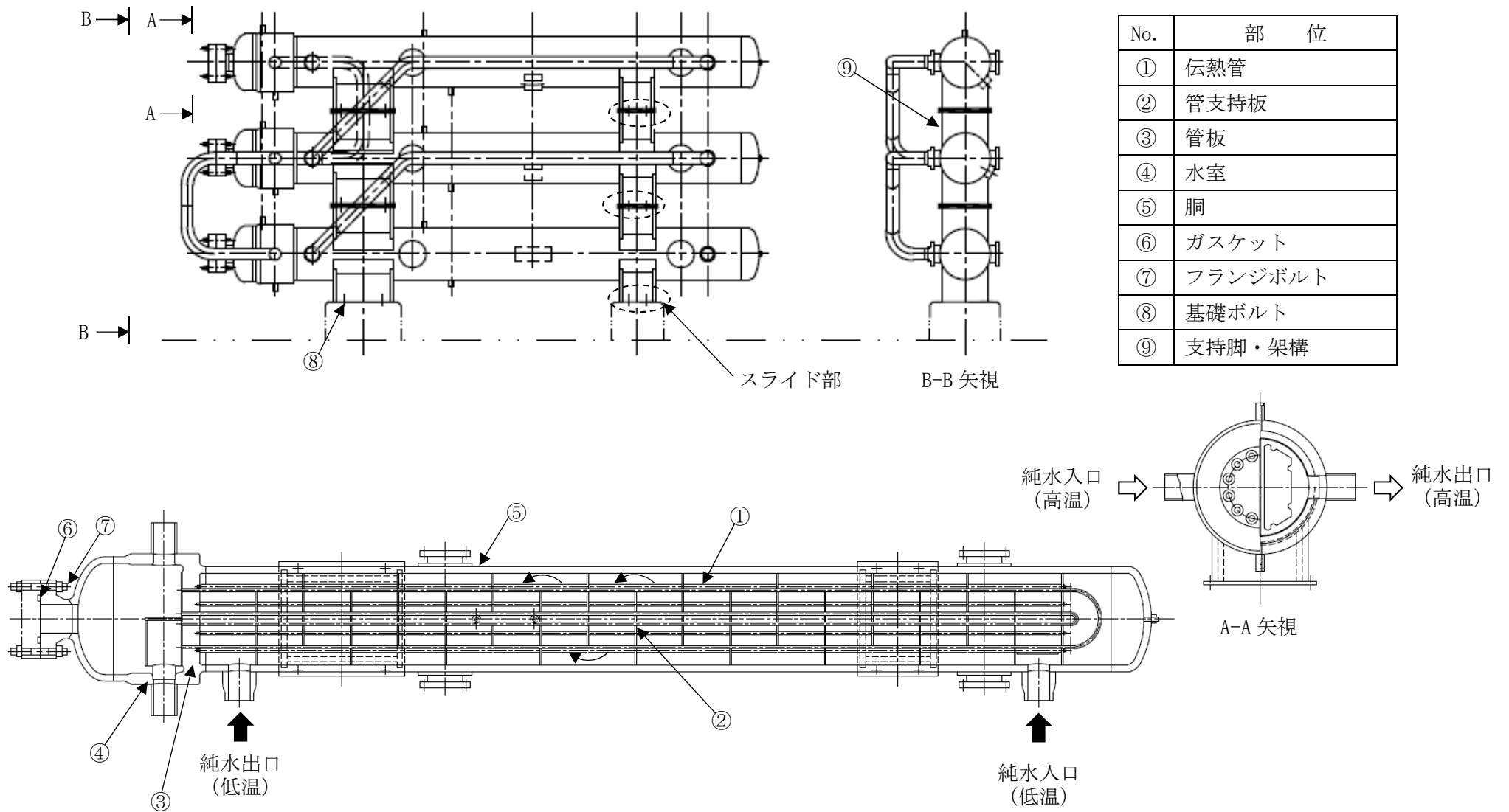


図 2.1-1 原子炉冷却材浄化系再生熱交換器構造図

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 (SUS316L, SUS316LTP-S)
バウンダリの維持	耐 圧	管板	炭素鋼 (SF490A) (ステンレス鋼クラッド)
		水室	炭素鋼 (SF490A, SGV480)
		胴	炭素鋼 (SB480, STPT480)
		ガスケット	(消耗品)
		フランジボルト	低合金鋼 (SNB23-3)
機器の支持	支 持	基礎ボルト	低合金鋼 (SCM435)
		支持脚・架構	炭素鋼 (SM400A, SB480)

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	8.8 MPa	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 原子炉冷却材浄化系非再生熱交換器

(1) 構造

原子炉冷却材浄化系非再生熱交換器は、熱交換量約 4.42 MW の横型 U 字管式熱交換器であり、2 基（2 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。

原子炉冷却材浄化系非再生熱交換器は漏えい対策のため、第 12 回定期検査時（平成 19 年度）に、水室構造をブリーチロック構造から平板フランジ構造に変更を行っている。

原子炉冷却材浄化系非再生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

原子炉冷却材浄化系非再生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。

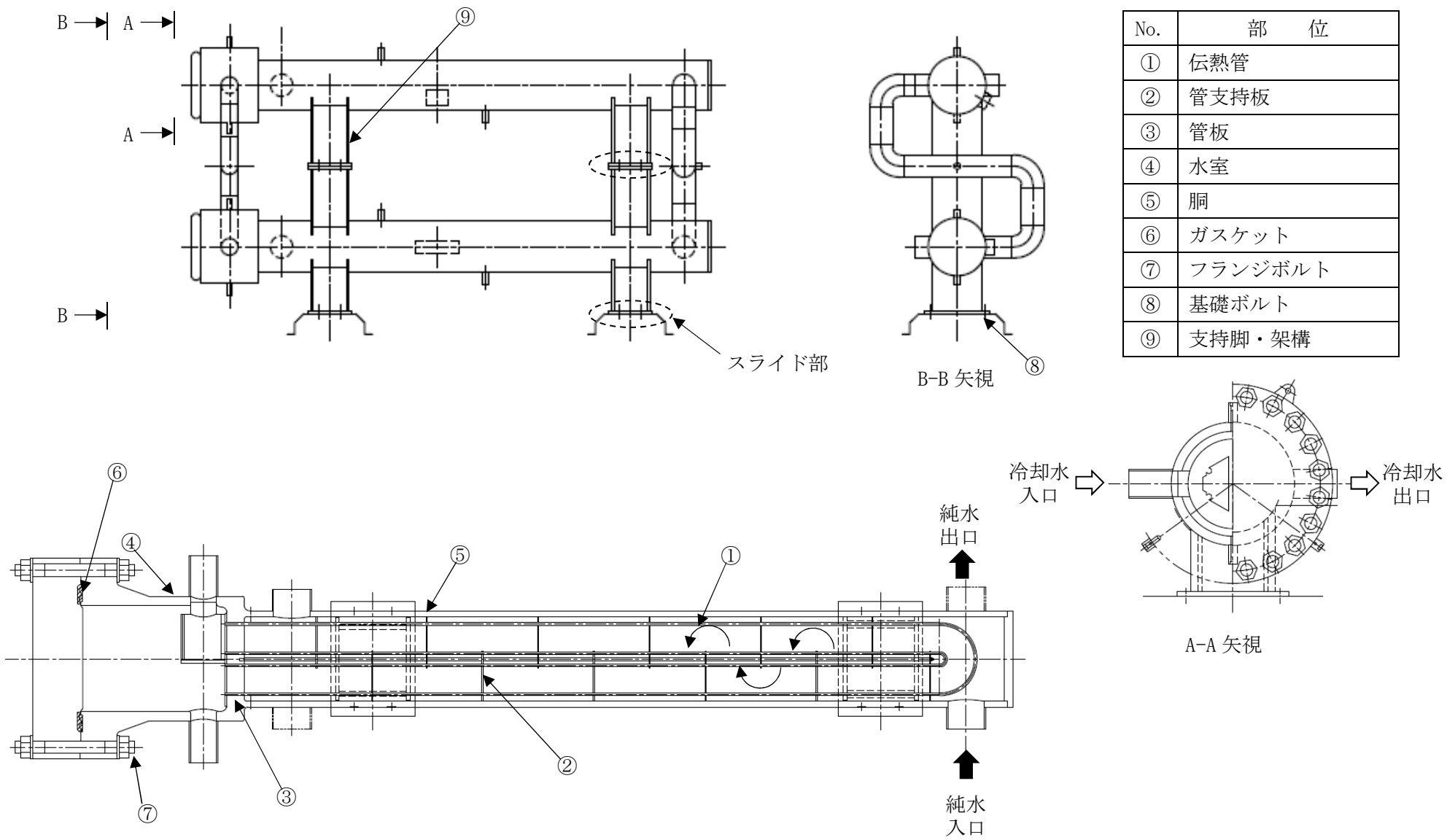


図 2.1-2 原子炉冷却材浄化系非再生熱交換器構造図

表 2.1-3 原子炉冷却材浄化系非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	炭素鋼 (SS400, STPT410)
バウンダリの維持	耐 圧	管板	炭素鋼 (SF490A) (ステンレス鋼クラッド)
		水室	炭素鋼 (SF490A)
		胴	炭素鋼 (STPT410, SB410)
		ガスケット	(消耗品)
		フランジボルト	低合金鋼 (SNB23-3)
機器の支持	支 持	基礎ボルト	炭素鋼 (SS400)
		支持脚・架構	炭素鋼 (SM400A)

表 2.1-4 原子炉冷却材浄化系非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	85 °C
最高使用圧力	約 8.8 MPa	約 1.4 MPa
容量 (熱交換量)	約 4.42 MW	
内部流体	純 水 (原子炉冷却材)	冷却水 (防錆剤入り)

2.1.3 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 12.09 MW の縦型 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ための冷却水（防錆剤入り）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、伝熱管、水室、管板は、管側管台より、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 2.1-3 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 2.1-5 に、使用条件を表 2.1-6 に示す。

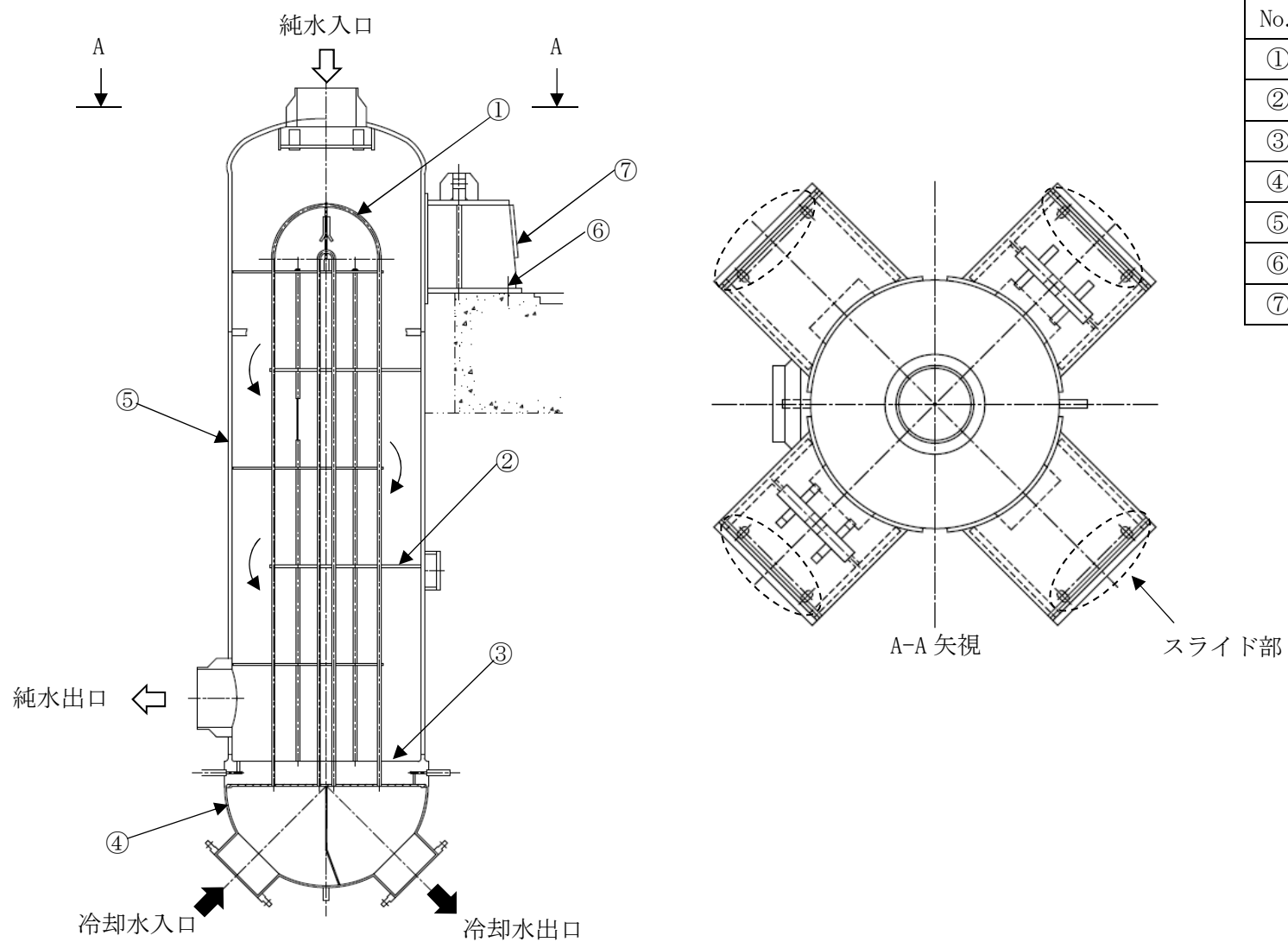


図 2.1-3 残留熱除去系熱交換器構造図

表 2.1-5 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	ステンレス鋼 (SUS304, SUS304TP)
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 (SGV49)
		胴	炭素鋼 (SGV49)
機器の支持	支持	基礎ボルト	低合金鋼 (SCM435)
		支持脚	炭素鋼 (SGV49)

表 2.1-6 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	70 °C	182 °C
最高使用圧力	約 1.4 MPa	約 3.4 MPa
容量 (熱交換量)	約 12.09 MW	
内部流体	冷却水 (防錆剤入り)	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

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）〔原子炉冷却材浄化系再生熱交換器，原子炉冷却材浄化系非再生熱交換器〕

原子炉冷却材浄化系再生熱交換器及び原子炉冷却材浄化系非再生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〔原子炉冷却材浄化系再生熱交換器，原子炉冷却材浄化系非再生熱交換器〕

原子炉冷却材浄化系再生熱交換器及び原子炉冷却材浄化系非再生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。

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. 胴の腐食（全面腐食）〔原子炉冷却材浄化系再生熱交換器，残留熱除去系熱交換器〕
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。

残留熱除去系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おり，当面の冷温停止状態においては，巡視点検等の日常点検を継続的に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。

- 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，原子炉冷却材浄化系非再生熱交換器，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，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。

h. フランジボルトの腐食（全面腐食） [原子炉冷却材浄化系再生熱交換器，原子炉冷却材浄化系非再生熱交換器]

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。

j. 水室の腐食（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の冷却水であることから，腐食の発生する可能性は小さく，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。

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）〔原子炉冷却材浄化系非再生熱交換器〕

原子炉冷却材浄化系非再生熱交換器の胴，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 (1/3) 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 *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		△						
		ガスケット	◎									
		フランジボルト		低合金鋼		△						
機器の支持	支 持	基礎ボルト		低合金鋼		△						
		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 (2/3) 原子炉冷却材浄化系非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 *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*2								
		水室		炭素鋼		△						
		胴		炭素鋼		▲						
		ガスケット	◎									
		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）

▲：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) 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				△*1	*1：異物付着 *2：スライム部 *3：高サイクル疲労 *4：ステンレス鋼クラック
	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*4								
		水室		炭素鋼		△						
		胴		炭素鋼		△						
機器の支持	支 持	基礎ボルト		低合金鋼		△						
		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）

以上

柏崎刈羽原子力発電所 5 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5号炉（以下、柏崎刈羽5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×1,475 rpm	MS-1
	高圧炉心スプレイ系ポンプモータ (1)	2,600 kW×1,485 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)	390 kW×1,470 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)	270 kW×985 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)	55 kW×2,930 rpm	MS-1
	ほう酸水注入系ポンプモータ (2)	45 kW×1,460 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)	45 kW×970 rpm	MS-1
	換気空調補機非常用冷却水系ポンプモータ (4)	22 kW×2,920 rpm	MS-1
	原子炉冷却材浄化系ポンプモータ (2)	90 kW×2,974 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シール冷却器及び軸受冷却器、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	中央制御室空気フィルタユニット、非常用ディーゼル発電機(A)室非常用給気フィルタ、非常用ディーゼル発電機(B)室非常用給気フィルタの冷却コイル、換気空調補機非常用主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×1,475 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)	2,600 kW×1,485 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)	390 kW×1,470 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 390 kW、回転速度 1,470 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

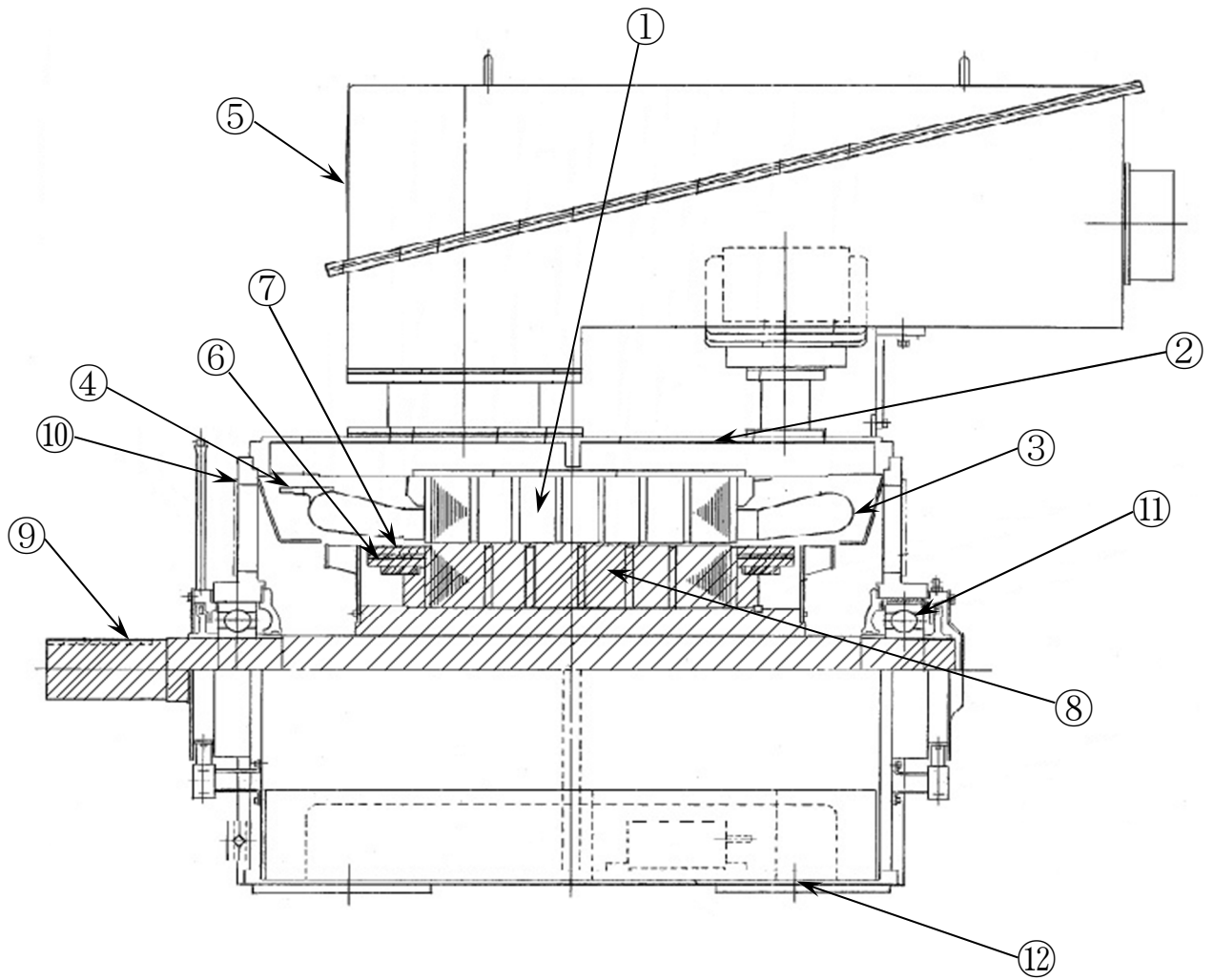
転がり軸受により支持される主軸に回転子コアが固定されている。

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 (SR440H)
		エネルギー変換	固定子コア
	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		銅合金・銅
	回転子棒		銅合金・銅
	回転子コア	無方向性電磁鋼 (50A600)	
	軸支持	エンドブラケット	炭素鋼 (SS400)
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	390 kW
定 格 電 圧	6,600 V
回 転 速 度	1,470 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、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、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無方向性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		無方向性電磁鋼		△							
		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		銅合金・銅			△						
		回転子コア		無方向性電磁鋼		△							
	軸支持	軸受（転がり）	◎										
エンドブラケット			炭素鋼		△								
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）

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。

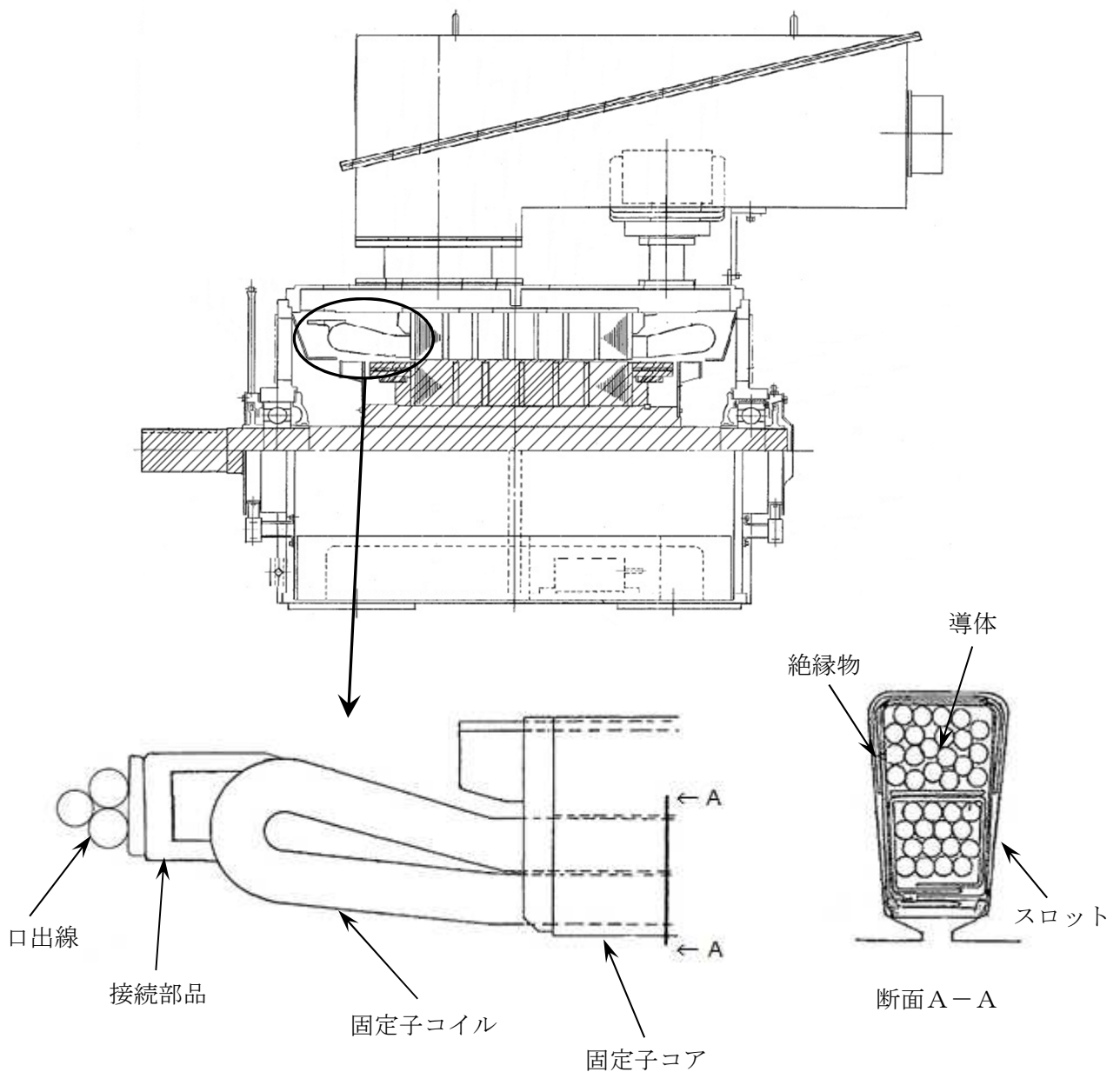


図2.3-1 固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁部位

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。

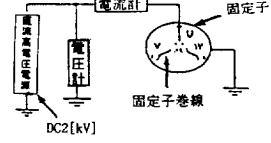
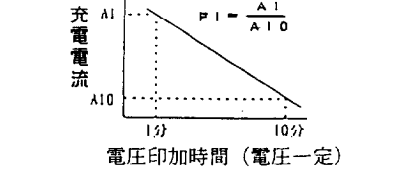
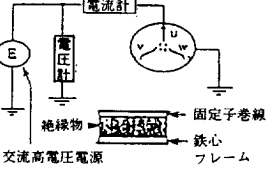

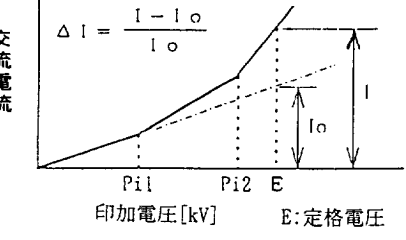
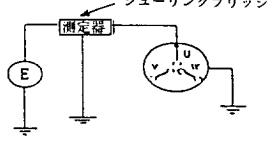
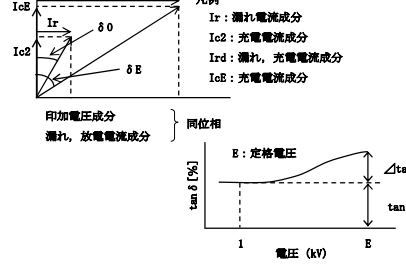
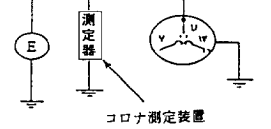
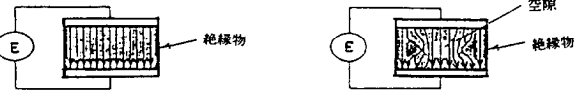
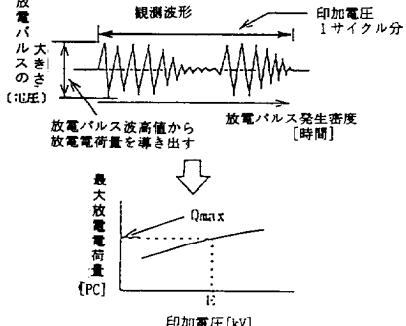
② 現状保全

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
直流吸収試験 (PI)	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。	
交流電流試験 (Pi1, ΔI)	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。 	
誘電正接試験 (Δtanδ)	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。	
部分放電試験 [コロナパルス試験] (Qmax)	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 $C = \epsilon S$ （空隙の面積）/ d（空隙の距離）により大きくなる。 よって $Q [c] = C [F] \times V [v]$ の関係より、空隙の電荷量Q[c]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 [共通]

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無方向性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. 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。
- g. 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。

h. 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無酸素銅であることから、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.....	2-16
3. 代表機器以外への展開.....	2-18
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象.....	2-18
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.....	2-19

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)	270 kW×985 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)	55 kW×2,930 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)	45 kW×1,460 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)	45 kW×970 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)	22 kW×2,920 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×2,974 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 270 kW，回転速度 985 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、内側には軸受が挿入されている。

上部の軸受は、軸受表面に油膜を形成させ、摩擦熱を防ぎ、軸受から発生する熱を取り除くために、潤滑油が満たされており、水冷式油冷却器により冷却される。

b. 回転部

下部軸受、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。

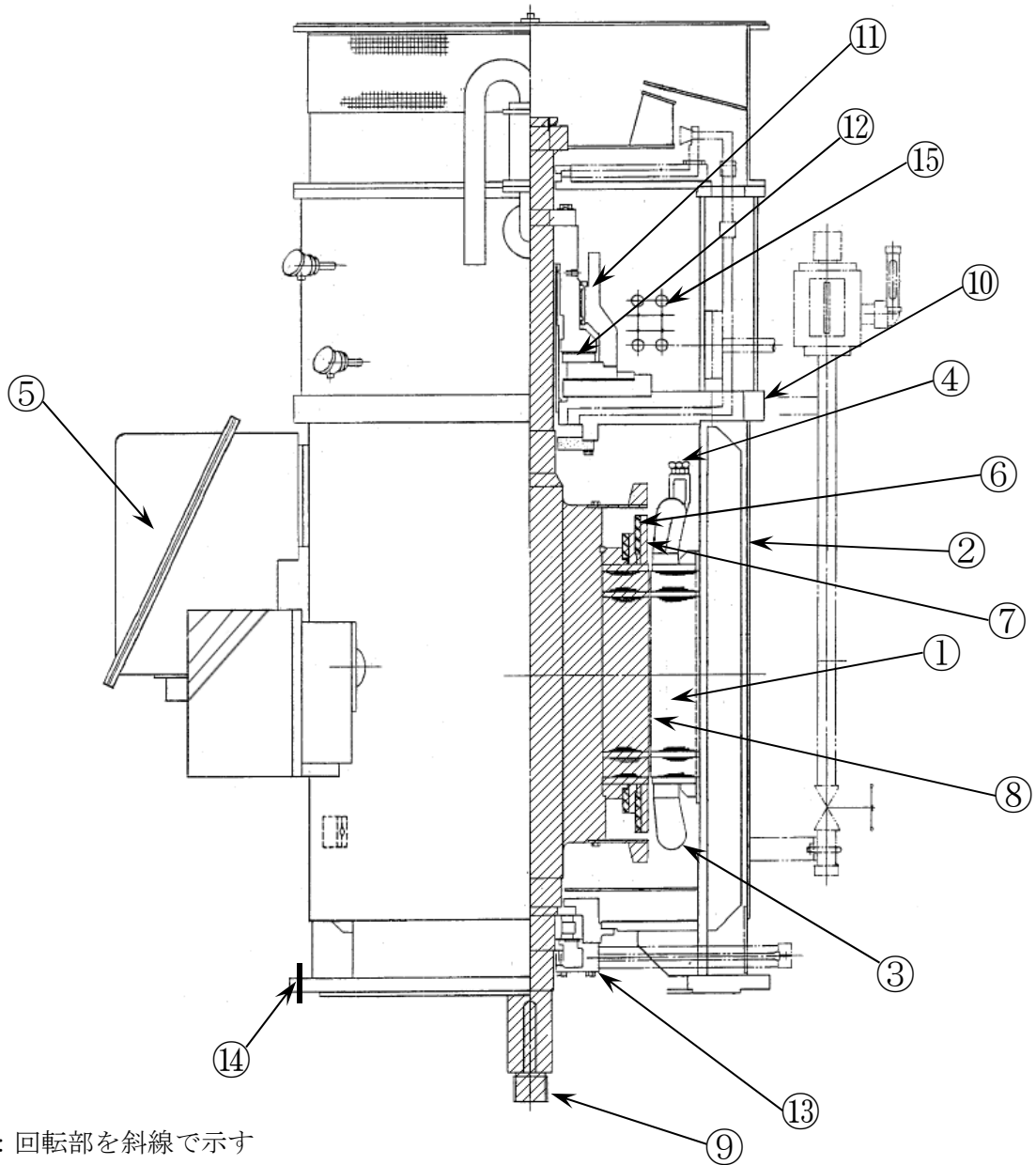
また、回転子コアには回転子棒が挿入され、両端には回転子エンドリングが取り付けられている。

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	⑨	主軸
②	フレーム	⑩	エンドブラケット
③	固定子コイル	⑪	上部ガイド軸受（すべり）
④	口出線・接続部品	⑫	上部スラスト軸受（すべり）
⑤	端子箱	⑬	下部軸受（転がり）
⑥	回転子エンドリング	⑭	取付ボルト
⑦	回転子棒	⑮	油冷却器
⑧	回転子コア		

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	無方向性電磁鋼 (50A600)
		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	銅合金, 銅
		回転子棒	銅合金, 銅
		回転子コア	無方向性電磁鋼 (50A600)
	エネルギー伝達	主軸	炭素鋼 (S25CN)
	軸支持	エンドブラケット	炭素鋼 (SM400A)
		上部ガイド軸受 (すべり)	ホワイトメタル (W J 2)、炭素鋼 (S15C)
		上部スラスト軸受 (すべり)	ホワイトメタル (W J 2)、炭素鋼 (S15C)
		下部軸受 (転がり)	(消耗品)
	油冷却	油冷却器	無酸素銅 (C1020T)
	機器の支持	支持	取付ボルト

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	270 kW
定 格 電 圧	440 V
回 転 速 度	985 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 2,974 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。

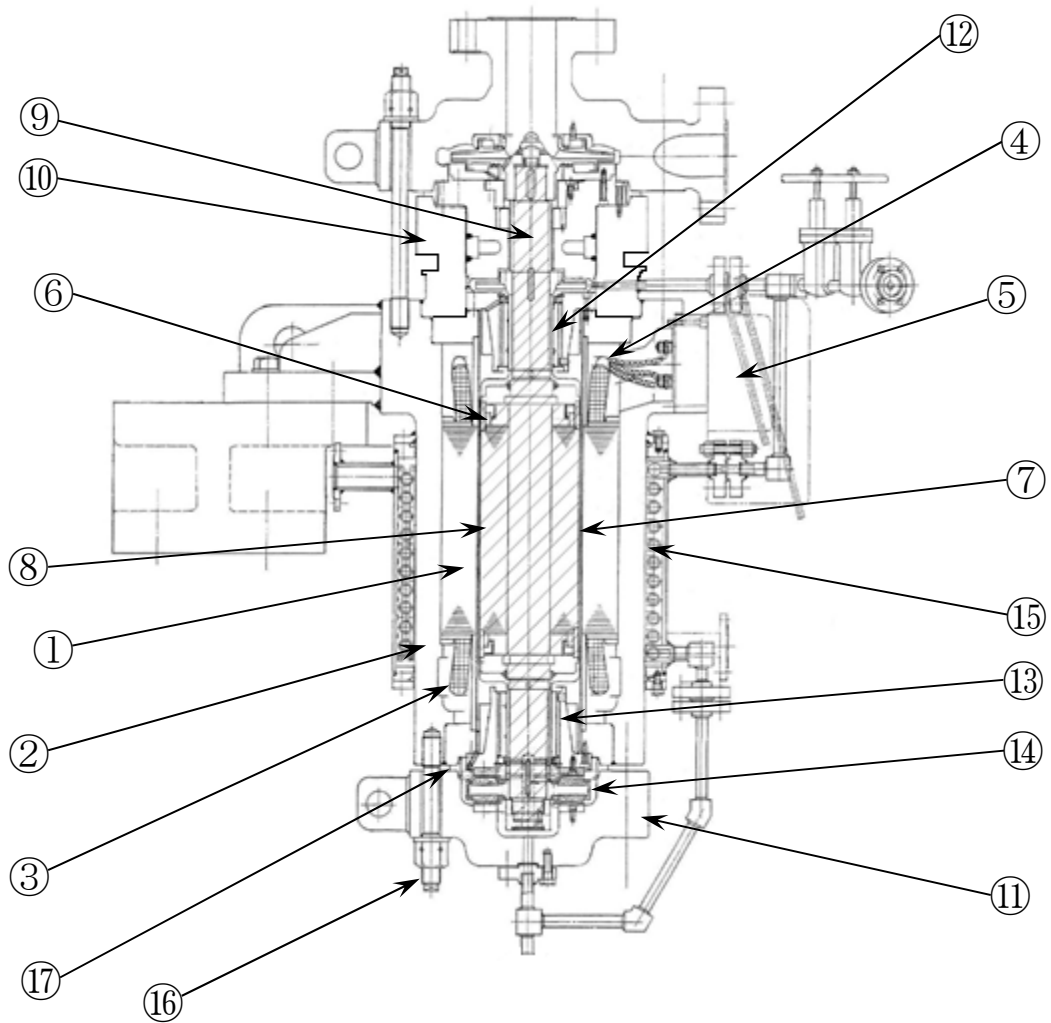
また、回転子コアには回転子棒が挿入され、その両端には回転子エンドリングが取り付けられている。

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	無方向性電磁鋼
		フレーム	ステンレス鋼 (SUSF304)
		固定子コイル	銅, 絶縁物 (ポリイミドフィルム)
		口出線・接続部品	銅, 絶縁物 (ポリイミドフィルム)
		端子箱	炭素鋼
		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	無方向性電磁鋼
	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	2,974 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〕

フレームエンドブラケット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。

b. すべり軸受の摩耗及びはく離〔原子炉補機冷却海水ポンプモータ〕

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。

c. 油冷却器伝熱管の腐食（全面腐食）〔原子炉補機冷却海水ポンプモータ〕

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、伝熱管の材料は酸化物を含まない無酸素銅であることから、腐食が発生する可能性は小さく、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。

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. 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。

e. 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無方向性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]

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。

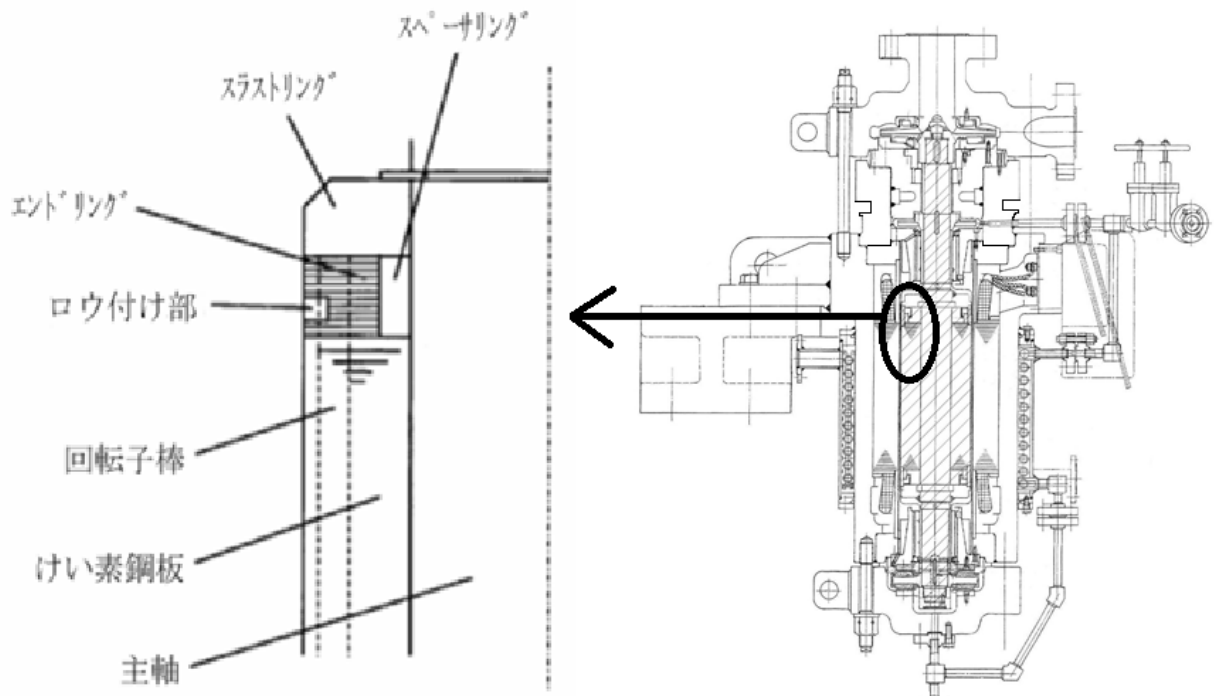


図2.2-1 原子炉冷却材浄化系ポンプモータ回転子エンドリング部構造

g. 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。

h. 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		無方向性電磁鋼		△							*1：高サイクル疲労割れ *2：はく離
		フレーム		炭素鋼		△							
		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		銅合金, 銅				△					
		回転子コア		無方向性電磁鋼		△							
	エネルギー伝達	主軸		炭素鋼	△			△*1					
	軸支持	エンドブラケット		炭素鋼		△							
		上部ガイド軸受(すべり)		ホワイトメタル、炭素鋼	△							△*2	
		上部スラスト軸受(すべり)		ホワイトメタル、炭素鋼	△							△*2	
		下部軸受(転がり)	◎										
油冷却	油冷却器		無酸素銅		△								
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		無方向性電磁鋼		△							*: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		無方向性電磁鋼		△							
	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。

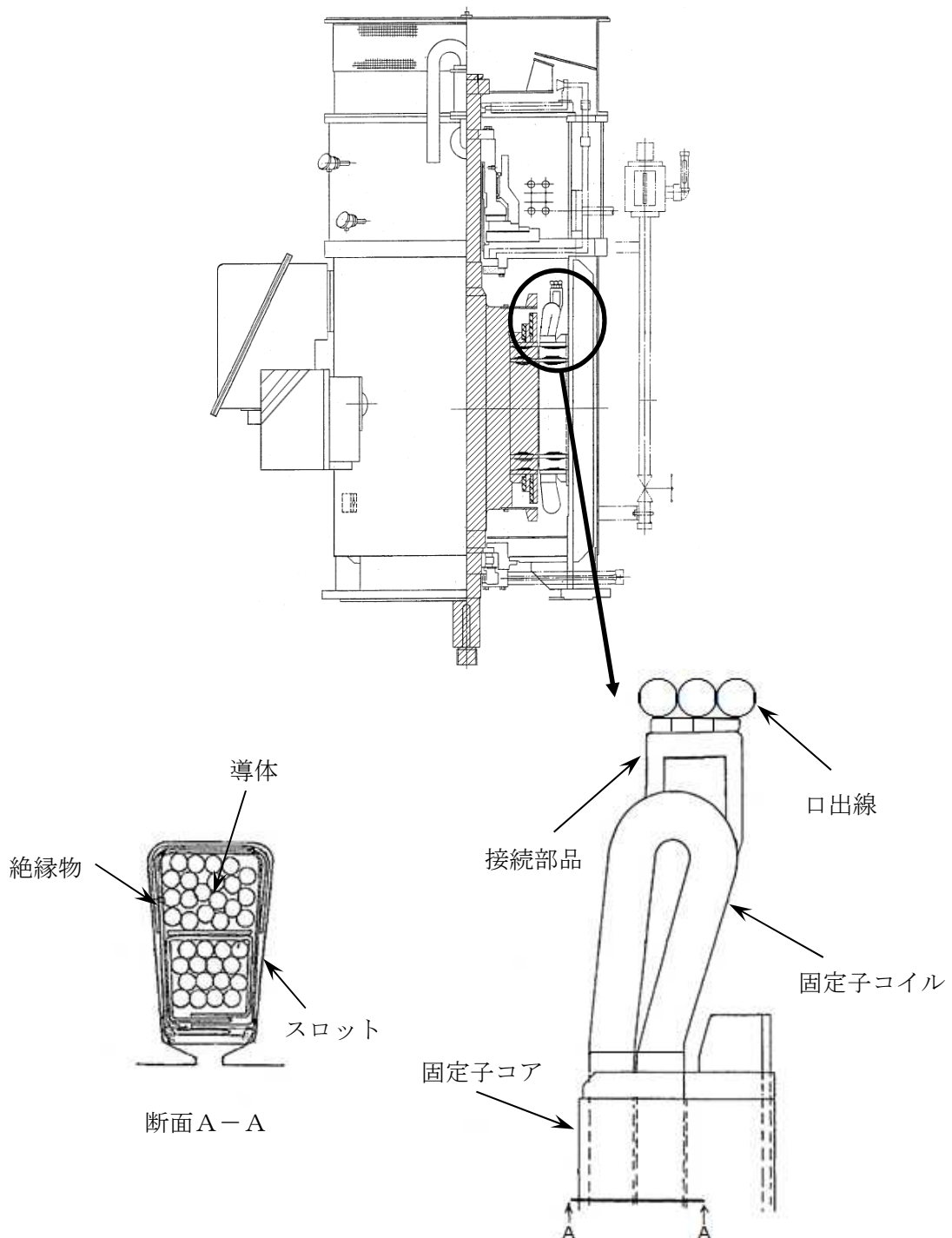


図2.3-1 固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁部位

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 高圧炉心スプレイ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 高圧炉心スプレイ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炭素鋼及び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。

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無方向性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。

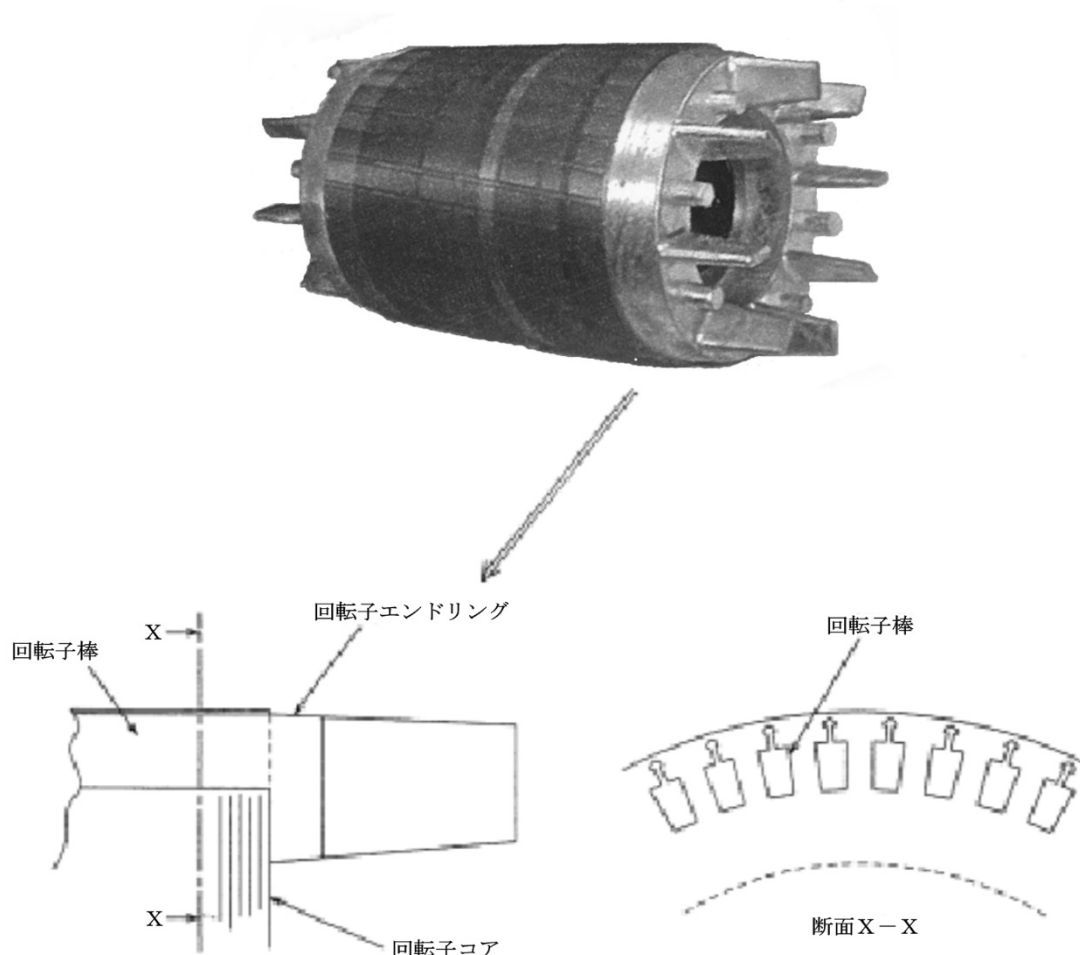


図3.2-1 アルミダイキャスト構造図

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 5 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5号炉（以下、柏崎刈羽5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 2,370 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 3,066 mm 内径 3,300 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 2,906 mm 内径 1,500 mm	MS-1
	ほう酸水注入系貯蔵タンク (1)	全高 4,650 mm 内径 2,800 mm	MS-1
	使用済燃料貯蔵プール (1) *3	縦 13,600 mm×横 12,200 mm× 深さ 11,820 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 17,400 mm×横 9,500 mm× 深さ 21,600 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 1,210 mm 内径 477.8 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 858 mm 内径 85.4 mm	高*2
原子炉圧力容器	原子炉圧力容器 (1)	全高 22,934.5 mm 内径 6,434 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 47,950 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 原子炉ウエル
- 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. 評価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，重要度の観点から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となるが，同条件であるため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
			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	鏡板
②	胴
③	上蓋
④	マンホール蓋
⑤	取付ボルト
⑥	支持脚
⑦	基礎ボルト

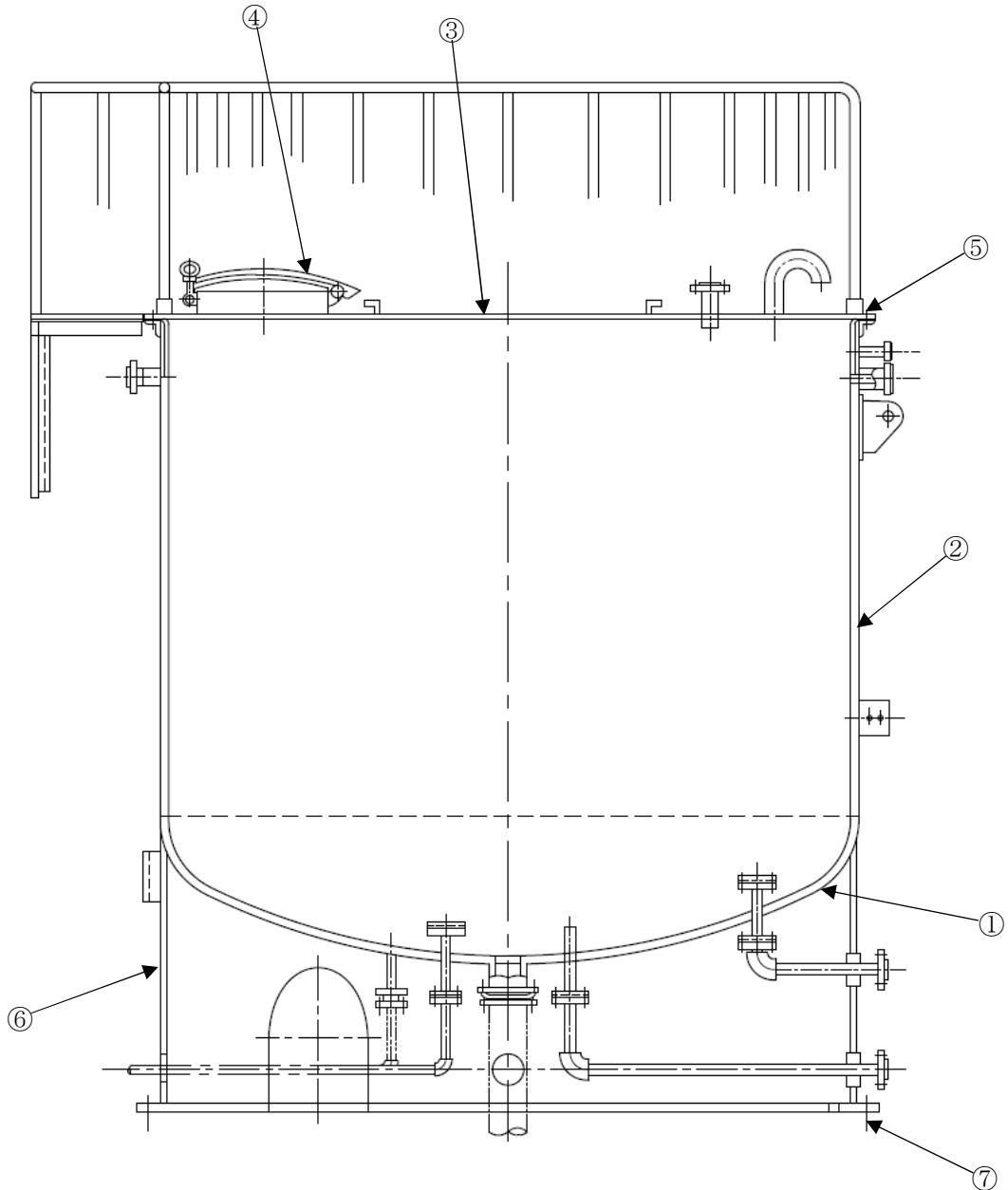


図 2. 1-1 原子炉補機冷却水系サージタンク構造図

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	鏡板	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)
		取付ボルト	炭素鋼
機器の支持	支持	支持脚	炭素鋼 (SM41A)
		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 : 3,066 mm 内径 : 3,300 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	基礎ボルト
⑥	ヒータ
⑦	スパージャ

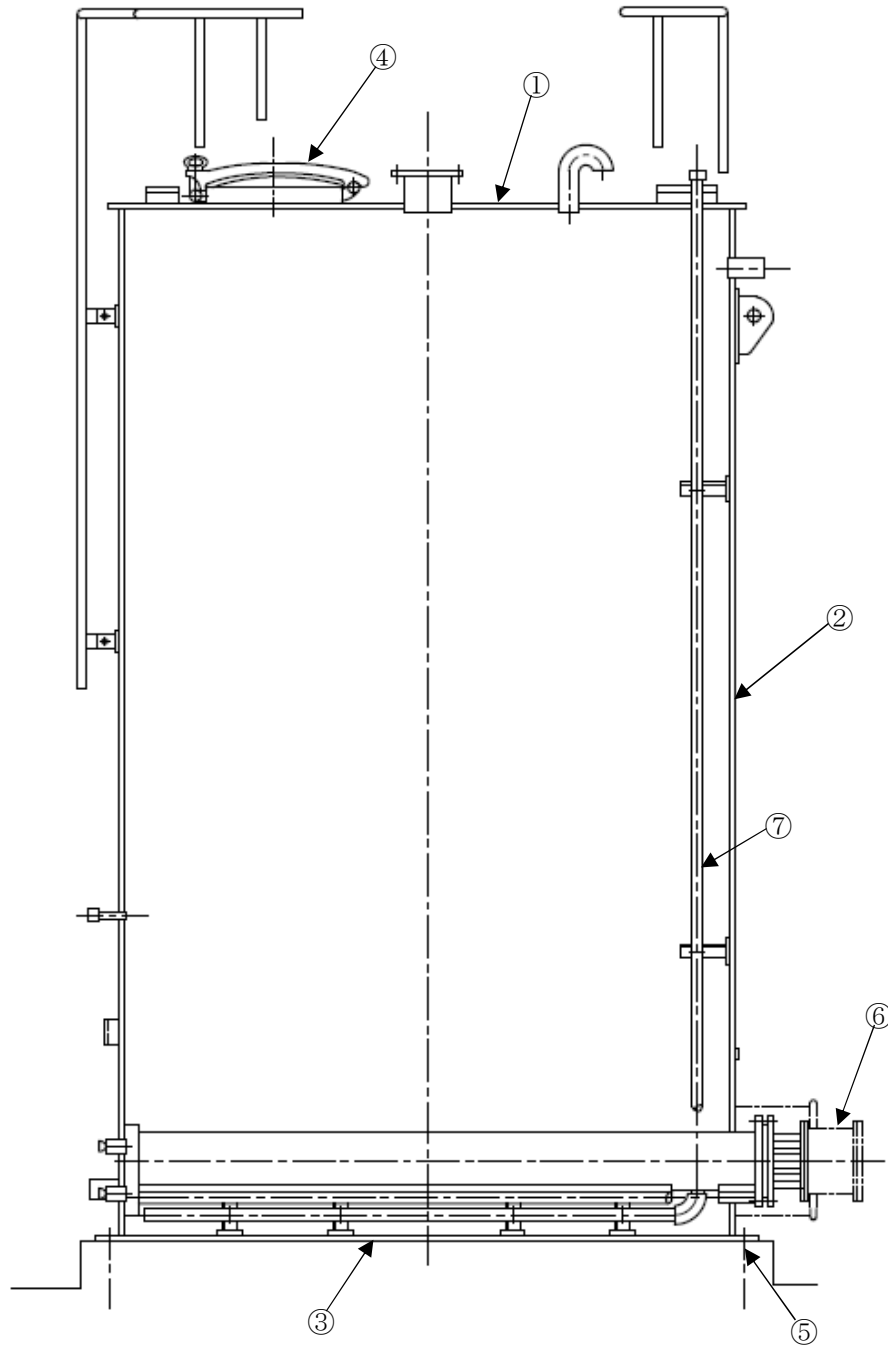


図 2.1-2 ほう酸水注入系貯蔵タンク構造図

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 (SUS316L)
		胴	ステンレス鋼 (SUS316L)
		底板	ステンレス鋼 (SUS316L)
		マンホール蓋	ステンレス鋳鋼 (SCS13)
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	電熱線, 絶縁材, ステンレス鋼 (SUS316TP) *
		スパージャ	ステンレス鋼 (SUS316LTP)

*: 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: 4,650 mm 内径: 2,800 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）

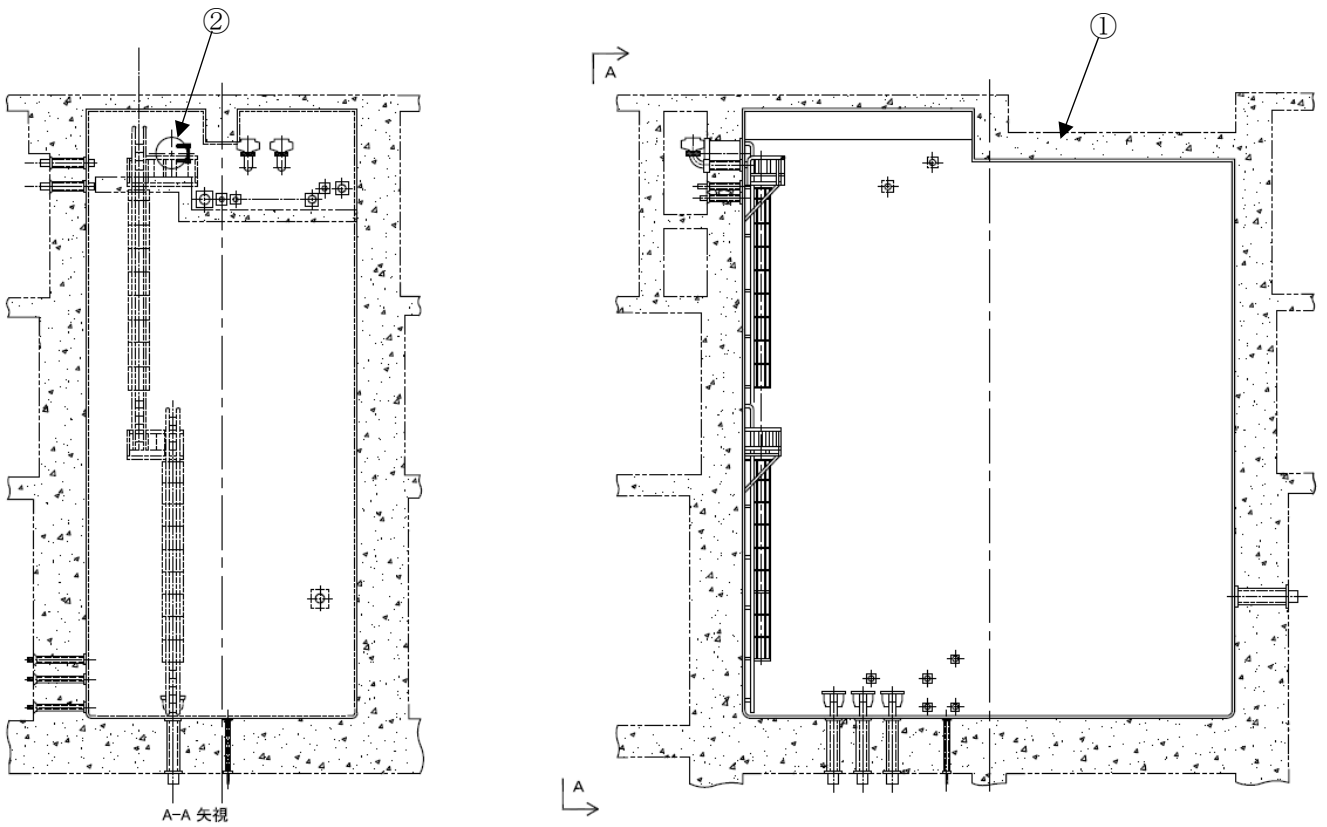


図 2.1-3 復水補給水系復水貯蔵槽構造図

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	炭素鋼（SM41B＋ステンレス鋼内張）

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 : 17,400 mm 横 : 9,500 mm 深さ : 21,600 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横型容器であり、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
③	支持脚

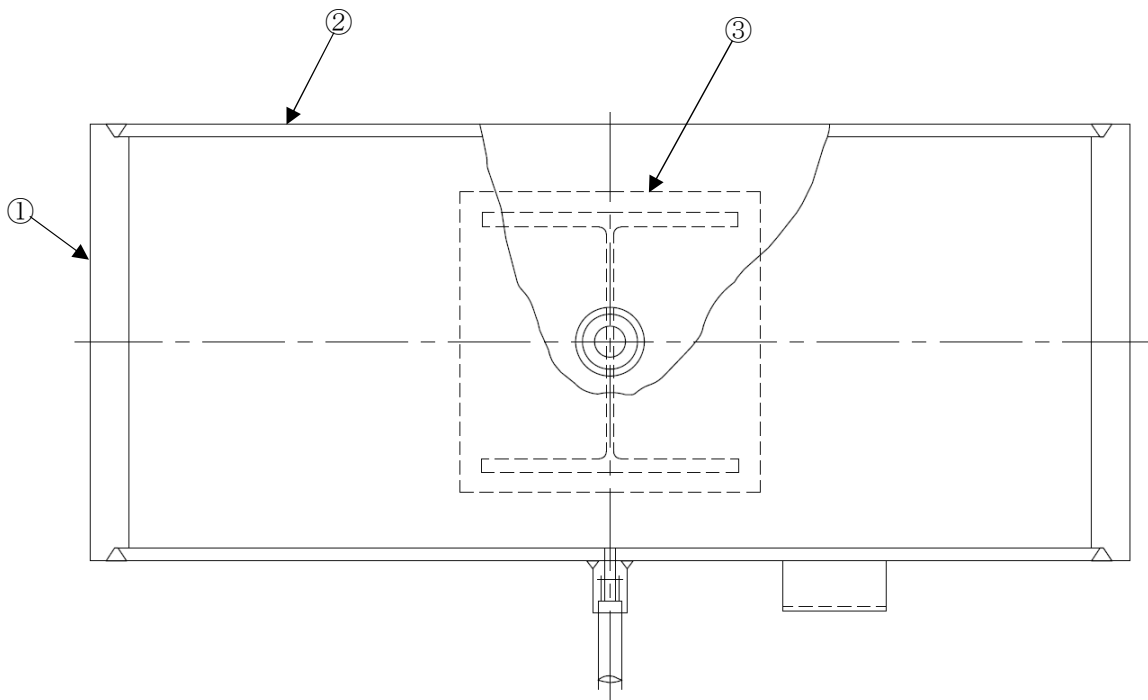


図 2.1-4 主蒸気逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータ構造図

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 (SUS304TP)
機器の支持	支持	支持脚	炭素鋼 (SS41)

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 : 1,210 mm 内径 : 477.8 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たて置円筒形であり、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

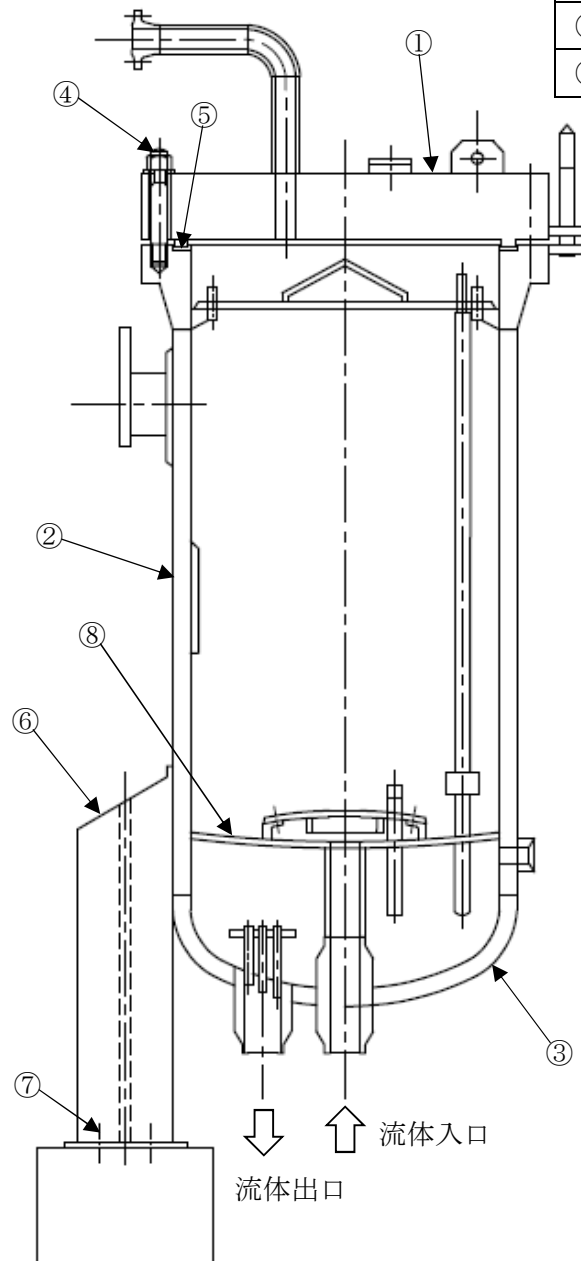


図 2.1-5 原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器構造図

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 (SF490A) (ステンレス鋼クラッド)
		胴	炭素鋼 (SB410) (ステンレス鋼クラッド)
		鏡板	炭素鋼 (SB410) (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 (SS400)
		基礎ボルト	炭素鋼 (SS400)
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たて置円筒形であり，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。

No.	部 位
①	上蓋
②	胴
③	底板
④	取付ボルト
⑤	Oリング

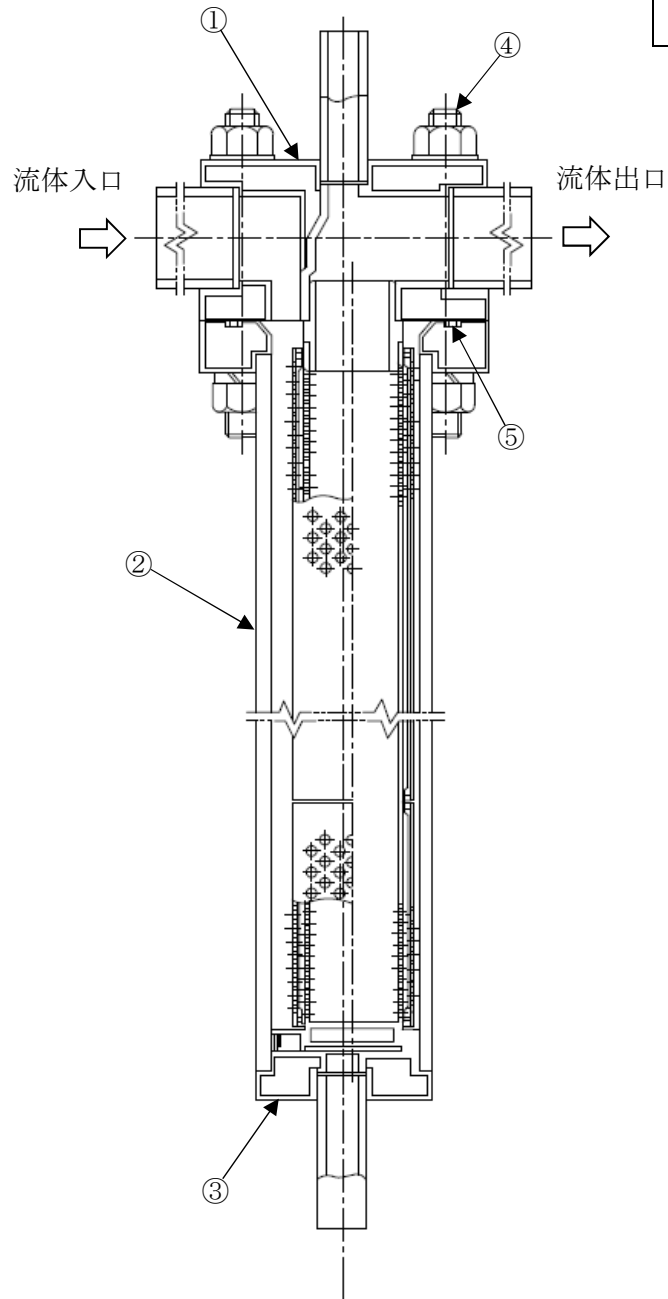


図 2.1-6 制御棒駆動系制御棒駆動水フィルタ構造図

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 (SUS304)
		胴	ステンレス鋼 (SUS304TP)
		底板	ステンレス鋼 (SUS304)
		取付ボルト	低合金鋼 (SCM435)
	シール	Oリング	(消耗品)

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： 858 mm 内径：85.4 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、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. 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〕

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）〔原子炉補機冷却水系サージタンク，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〕

取付ボルトは炭素鋼または低合金鋼であり，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，鏡板，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。

ほう酸水注入系貯蔵タンクの上板，胴，底板及びスパージャはステンレス鋼，マンホール蓋はステンレス鋳鋼であり，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，ステンレス鋼及びステンレス鋳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）〔支持脚：原子炉補機冷却水系サージタンク，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〕

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，絶縁材には酸化マグネシウムが使用されている。絶縁材はステンレス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，パイプ腐食によるタンク内溶液の絶縁材への浸入及び外気中湿分の絶縁材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。ニクロム線はステンレスパイプ中に絶縁材（酸化マグネシウム）と共に納められ，かつ外気シールされていることから，パイプ腐食によるタンク内溶液の浸入及び外気中湿分の浸入による加熱線の酸化腐食を起因とした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	鏡板		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		炭素鋼		△						
機器の支持	支持	支持脚		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 (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		ステンレス鋳鋼		△						
機器の支持	支持	基礎ボルト		炭素鋼		△						
その他	その他	ヒータ		電熱線, 絶縁材, 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		炭素鋼*1								

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								
		胴		ステンレス鋼								
機器の支持	支持	支持脚		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 (5/6) 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	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）

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、鏡板、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. 支持脚の腐食（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，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，これまでの機器の外観確認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. 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40℃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。
- f. 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40℃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.....	2-17

1. 対象機器

原子炉压力容器の主な仕様を表 1-1 に示す。

表 1-1 原子炉压力容器の主な仕様

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)
原子炉压力容器 (1)	PS-1	約 8.62	302

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 12 回定期検査 (平成 19 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 12 回定期検査 (平成 19 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 12 回定期検査 (平成 19 年度)	応力腐食割れ対策

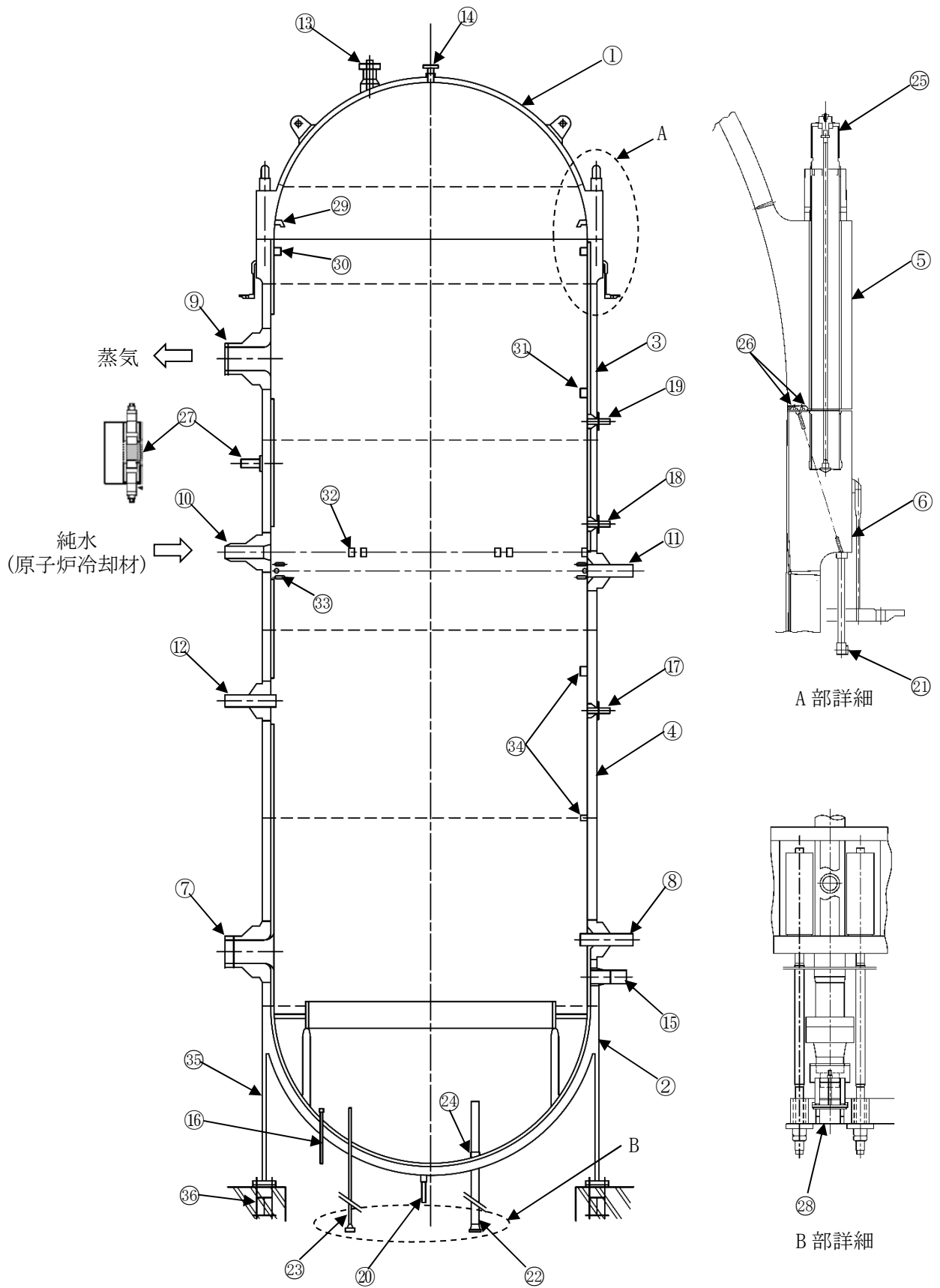


图 2.1-1 原子炉压力容器构造图

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) , セーフエンド
③	胴上部 (胴 1, 2)	㉑	漏えい検出ノズル (N17) , セーフエンド
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, セーフエンド	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~N14	高ニッケル合金 (NCF600)
			N15, N17	炭素鋼 (SFVC2B)
		セーフエンド	N1, N2, N11~N14	ステンレス鋼 (SUSF316)
			N3~N6, N15~N17	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 (SUSF316)
		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 (SQV2A)	
		スタビライザ	炭素鋼 (SM400A) 低合金鋼 (SNCM439)	
		ハウジングサポート	炭素鋼 (SM400B, STS410)	
		蒸気乾燥器ホールダウンブラケット	低合金鋼 (SQV2A)	
		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 (SQV2A)	
		基礎ボルト	低合金鋼 (SNCM439)	

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	0.26	0.004	0.96	0.01
溶接金属*	0.29	0.007	0.92	0.04

*：溶接方法はミグ自動溶接

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が，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，差圧計装・ほう酸水注入ノズルセーフエンド及びティ，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〕

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 12 回定期検査時（平成 19 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いるため，SCC が発生する可能性は小さい。

差圧計装・ほう酸水注入ノズルセーフエンド及びティ，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セーフエンド及びティ，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（差圧計装・ほう酸水注入ノズル，水位計装ノズル），スタブチューブ〕

差圧計装・ほう酸水注入ノズル，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，差圧計装・ほう酸水注入ノズル，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（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，差圧計装・ほう酸水注入ノズルセーフエンド及びティ，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，スタブチューブ]

再循環水出口ノズルセーフエンド溶接部，再循環水入口ノズルセーフエンド溶接部，ジェットポンプ計装ノズル貫通部シール溶接部，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。さらに，再循環水出口ノズルセーフエンド溶接部，再循環水入口ノズルセーフエンド溶接部，ジェットポンプ計装ノズル貫通部シール溶接部については，第 12 回定期検査時（平成 19 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いるため，SCC が発生する可能性は小さい。

原子炉圧力容器／差圧計装・ほう酸水注入ノズル溶接部，水位計装ノズル溶接部，原子炉圧力容器／スタブチューブ溶接部，原子炉圧力容器／中性子束計測ハウジング溶接部は 182 合金を使用しており，高温の純水または飽和蒸気環境中にあるため，SCC 発生の可能性を否定することはできない。水位計装ノズルセーフエンド溶接部，原子炉圧力容器／差圧計装・ほう酸水注入ノズル溶接部，水位計装ノズル溶接部は，小口径配管であり残留応力が小さく，SCC が発生する可能性は小さい。

また，原子炉圧力容器／スタブチューブ溶接部，原子炉圧力容器／中性子束計測ハウジング溶接部については，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。

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 ⁶ *2:ステンレス鋼クラット ⁶ *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, セーフエンド ⁶	
		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, セーフエンド, 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		炭素鋼	△ ^{*6}	△	△						
		スタビライザ		低合金鋼		△							
		ハウジングサポート		炭素鋼		△							
		蒸気乾燥器ホールド ダウンブラケット		低合金鋼		△ ^{*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		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。

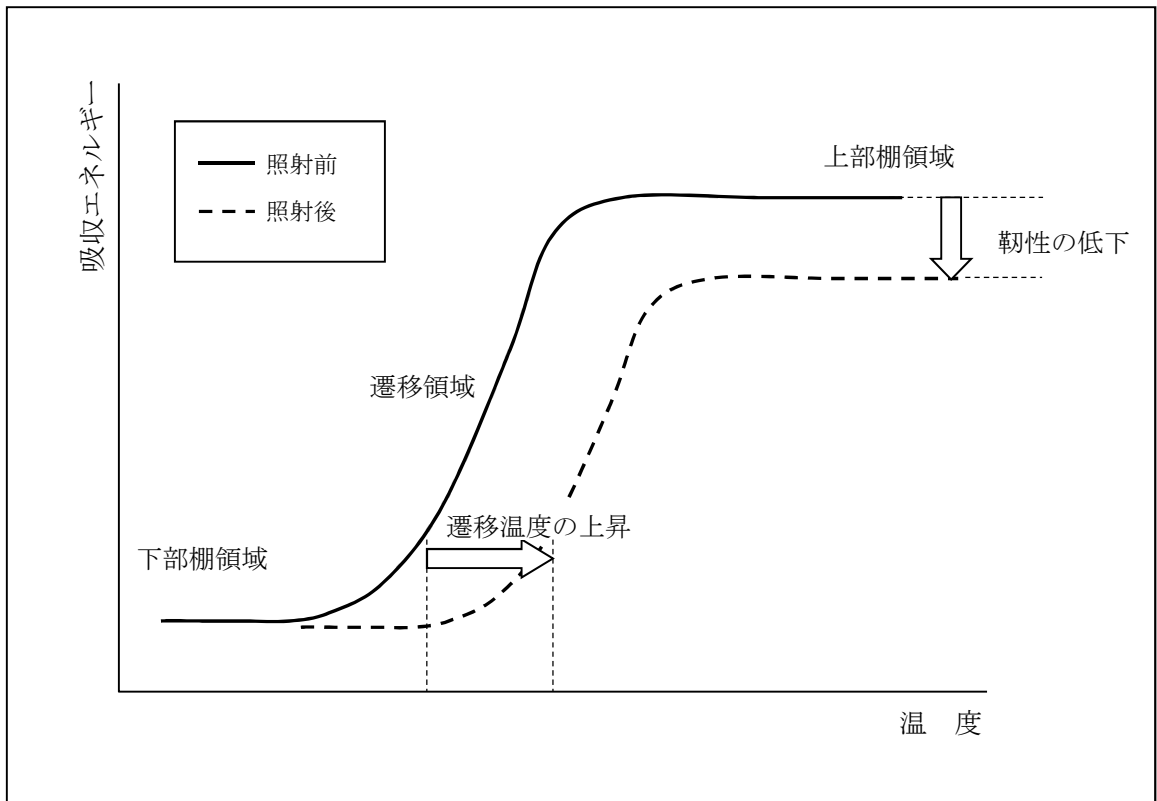


図 2.3-1 中性子照射による機械的性質（靱性）の変化

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、平成 30 年 3 月 31 日時点で 3.3×10^{21} n/m² (>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、平成 30 年 3 月 31 日時点で 2.3×10^{21} n/m² (>1MeV) 程度と評価される。

本項では柏崎刈羽 5 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 1.0×10^{21} n/m² (>1MeV) を超えると予測される炉心領域には、運転開始後平成 30 年 3 月 31 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

平成 30 年 3 月 31 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(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 により求めた平成 30 年 3 月 31 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、平成 30 年 3 月 31 日時点で $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 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 $24\text{ }^{\circ}\text{C}$ を考慮すると、平成 30 年 3 月 31 日時点で $9\text{ }^{\circ}\text{C}$ 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）194 J、平成 30 年 3 月 31 日時点で 159 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 ($\times 10^{23}n/m^2$) ($E > 1\text{ MeV}$)	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		-80		-40		248	194	243
第 1 回 (加速)	0.125 (約 57 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	242	194	245
		12	-28	6	-74	5	-35			
第 2 回	0.019 (約 9 EFPY*)	17	-23	11	-69	-5	-45	235	178	228

*: 定格負荷相当年数

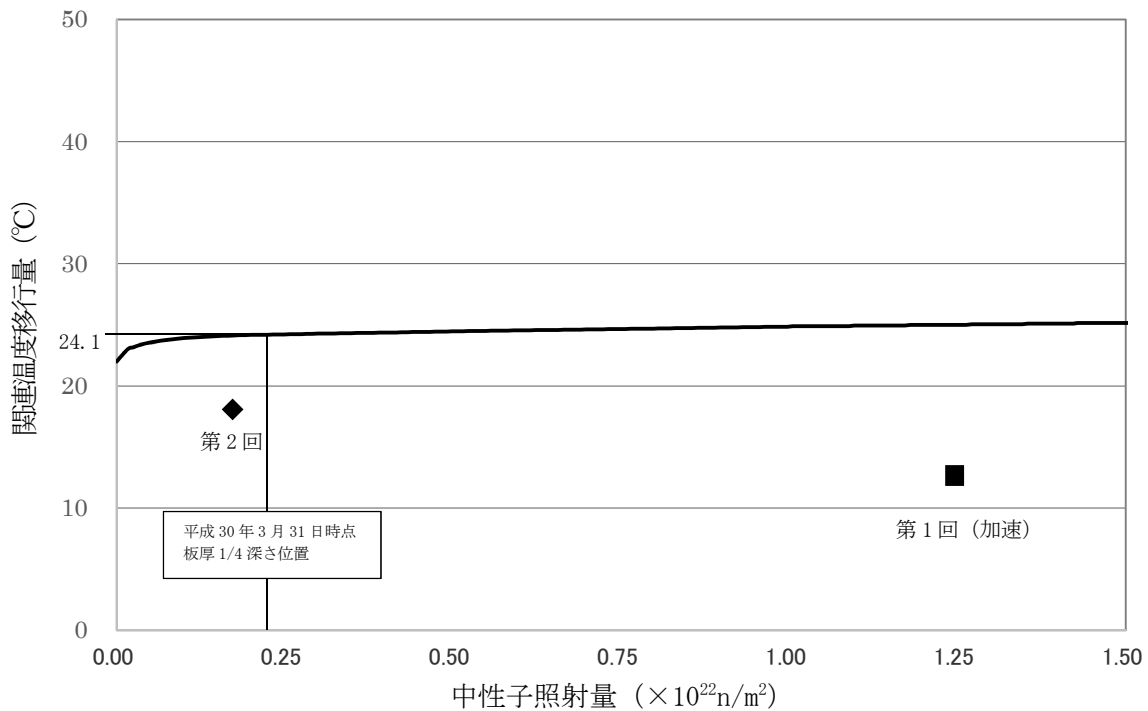


図 2.3-2 関連温度移行量の測定値と予測値（マージン有り）

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)
平成 30 年 3 月 31 日 時点	母材	-40	25	-15	24	9
	溶接金属	-80	25	-55		
	熱影響部	-40	25	-15		

*：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	平成 30 年 3 月 31 日時点
母材	T 方向	248	213
溶接金属	溶接線に直角方向	194	159
熱影響部	溶接線に直角方向	243	209

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平成30年3月31日時点の破壊靱性の変化を予測している。

全4セット中2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平成 30 年 3 月 31 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, 0.128 であり, 平成 30 年 3 月 31 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, 平成 30 年 3 月 31 日時点では 0.563 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, 平成 30 年 3 月 31 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 (平成 30 年 3 月 31 日時点)
ボルト締付	16
耐圧試験	15
起動 (昇温)	27
起動 (タービン起動)	27
給水加熱器機能喪失 (発電機トリップ)	8
スクラム (タービントリップ)	5
スクラム (その他)	2
停止	27
ボルト取外し	16

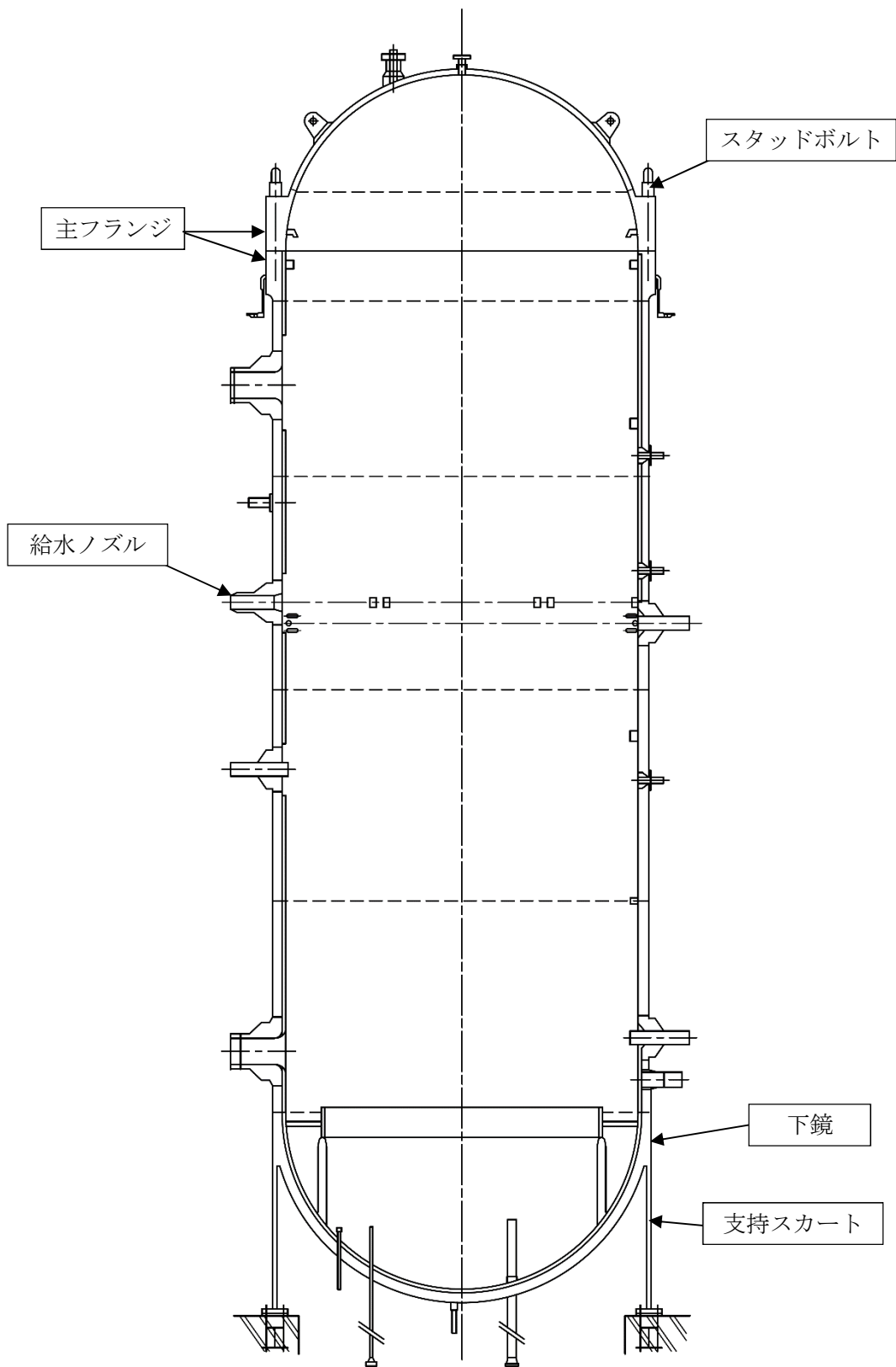


図 2.3-3 原子炉圧力容器 評価対象部位

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 (平成30年3月31日時点)	現時点 (平成30年3月31日時点)
主フランジ	0.004	—
スタッドボルト	0.128	—
給水ノズル	0.041	0.563
下鏡	0.003	0.037
支持スカート	0.105	—

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：2008」（AESJ-SC-P005：2008）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、平成30年3月31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。

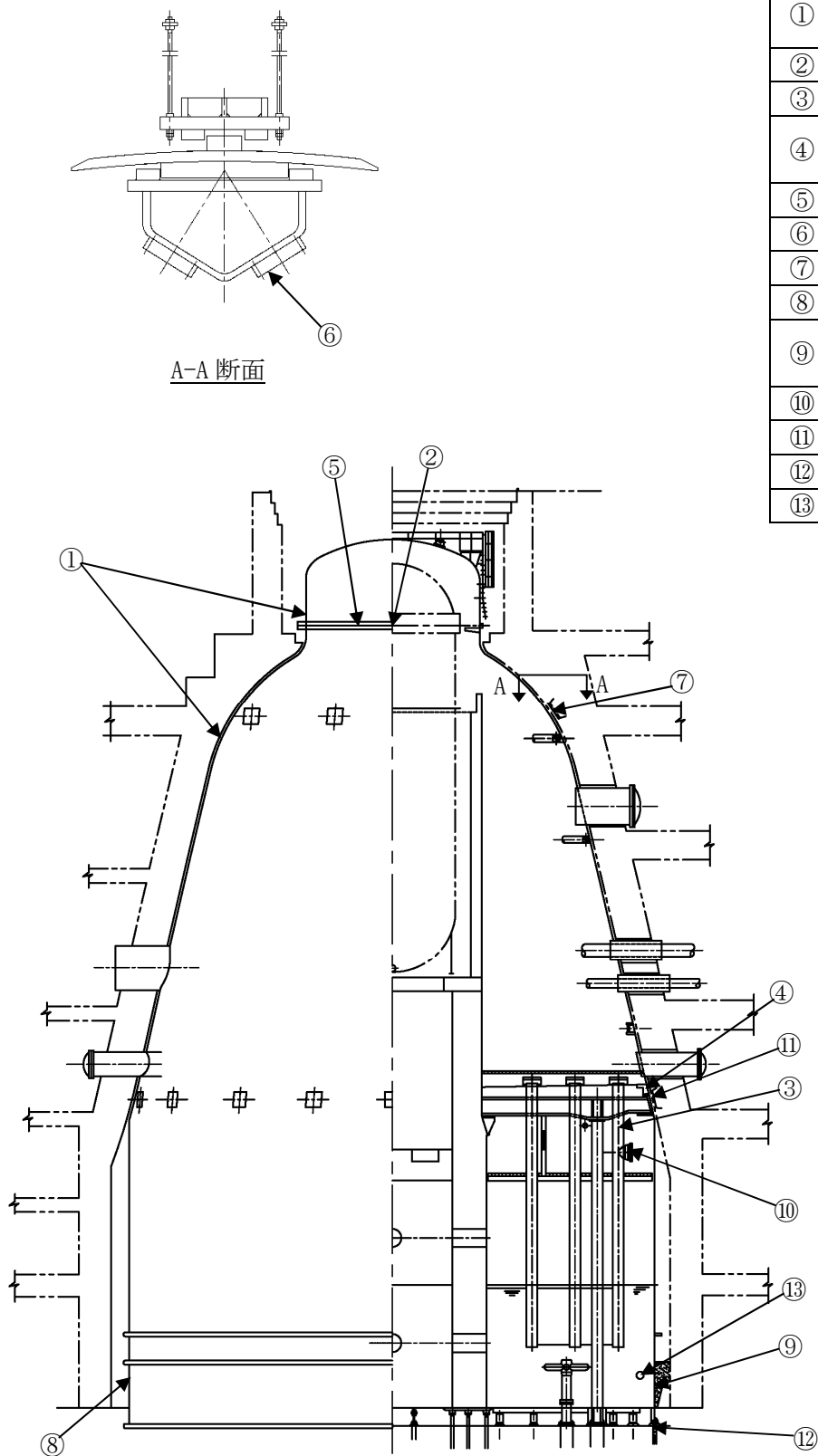
原子炉格納容器は, 円錐形をしたドライウエルと, 円筒状で内部に純水を保有するサブプレッションチェンバ及び機器を支持する支持構造物等から構成される。

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。



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 シールベローズ
⑤		ガスケット
⑥		スタビライザ
⑦		上部シアラグ
⑧	サブプレッ 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 (SGV480, SPV490)
			主フランジボルト	低合金鋼 (SNCM439)
			ベント管	炭素鋼 (SGV480)
			ダイアフラムフロアーシールベローズ	ステンレス鋼 (SUS304L)
			ガスケット	(消耗品)
機器の支持	支持	ドライウエル	スタビライザ	炭素鋼 (SGV480, SM490B, STS480)
			上部シアラグ	炭素鋼 (SGV480)
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 (SPV490)
			サンドクッション部 (鋼板)	炭素鋼 (SPV490)
真空破壊弁	炭素鋼 (SGV480)			
機器の支持	支持		下部シアラグ	炭素鋼 (SGV480)
			基礎ボルト	低合金鋼 (SNCM439)
その他	その他	ドライウエル	ストレーナ	ステンレス鋼 (SUS304, SUS304L)

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 ₂)	窒素 (N ₂) , 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11回定期検査時（平成17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っている。

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12回定期検査時（平成19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. 2-7
2.1 構造, 材料及び使用条件	3. 2-7
2.1.1 配管貫通部.....	3. 2-7
2.1.2 サプレッションチェンバアクセスハッチ	3. 2-10
2.2 経年劣化事象の抽出	3. 2-13
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目	3. 2-13
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象	3. 2-13
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. 2-14
3. 代表機器以外への展開.....	3. 2-17
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象.....	3. 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.....	3. 2-17

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 (1/4) 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-206	予備	MS-1	固定式 1	—	—	◎	最高使用温度
	X-207	予備			—	—		
	X-212A, B	予備			—	—		
	X-213	原子炉隔離時冷却系 (タービン排気)			14B	184		
	X-217	主蒸気隔離弁リークオフライン			2B	186		
	X-230	低電導度ドレン			3B	171		
	X-231	高電導度ドレン			3B	171		
	X-320A~D	計測 (真空破壊弁用供給空気, 予備)			3/4B	104		
	X-321A, B	計測 (圧力抑制室圧力, 予備)			3/4B	104		
	X-322A~C	計測 (圧力抑制室水位, 圧力抑制室水位 (HPCS))			3/4B, 1B	104		
	X-323A~C	計測 (圧力抑制室水位, 圧力抑制室水位 (HPCS))			3/4B, 1B	104		
	X-330	計測 (FP モニタ戻り)			1B	104		
	X-332A, B	計測 (CAMS サンプリング, ガスサンプリング戻り, 事故後 (ドレン) , 予備)			3/4B	104		
	X-343	予備			—	—		

* : 最上位の重要度を示す

表 1-1 (2/4) 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 (続き)	X-200A, B	格納容器スプレライン (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	低圧炉心スプレ系 (供給)			24B	104		
	X-209	低圧炉心スプレ系 (テストライン)			12B	104		
	X-210	高圧炉心スプレ系 (供給)			24B	104		
	X-211	高圧炉心スプレ系 (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		
	X-240	サプレッションチェンバ換気 (送気)			22B	104		
	X-241	サプレッションチェンバ換気 (排気)			22B	104		
	X-242A, B	可燃性ガス濃度制御系 (戻り)			6B	104		

*: 最上位の重要度を示す

表 1-1 (3/4) 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

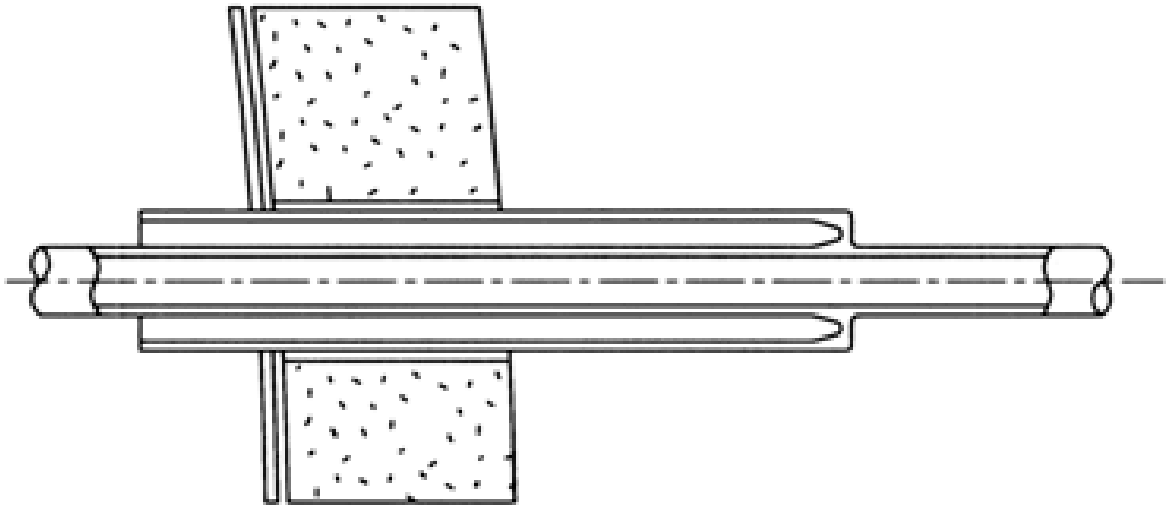
分類	ペネ No.	用途	選定基準				選定	選定理由
			重要度*	形式	配管口径	最高使用温度 (°C)		
配管貫通部 (続き)	X-250	予備	MS-1	固定式 2	—	—		
	X-251	予備			—	—		
	X-252	予備			—	—		
	X-253	予備			—	—		
	X-254	予備			—	—		
	X-255	予備			—	—		
	X-300A, B	制御及び計装			12B	104		
	X-331A, B	計測 (CAMS (γ線検出))			10B	104		
	X-500	建設用			—	—		
	X-501	建設用			—	—		
	X-502	建設用			—	—		
	X-503	建設用			—	—		

*: 最上位の重要度を示す

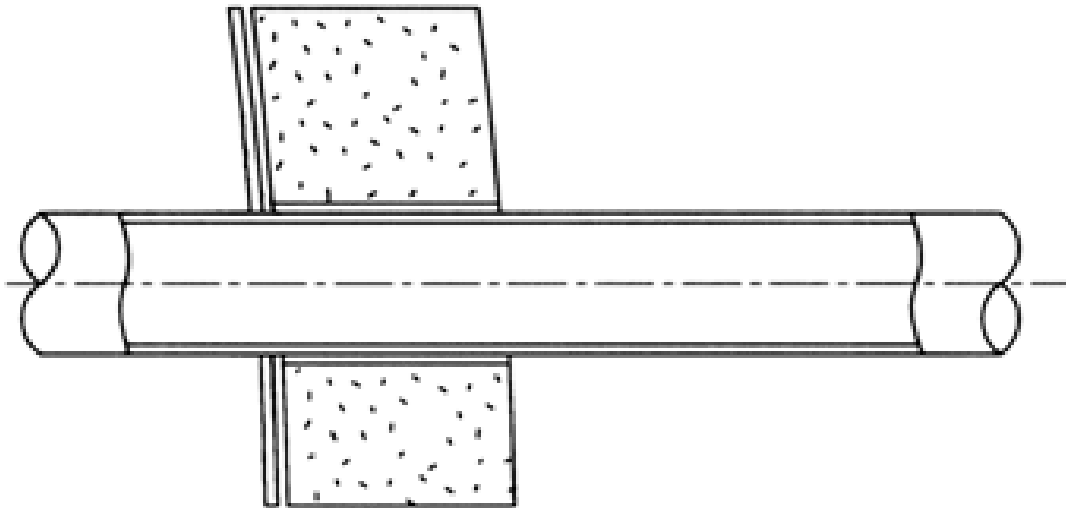
表 1-1 (4/4) 機械ペネトレーションのグループ化及び代表機器の選定

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）

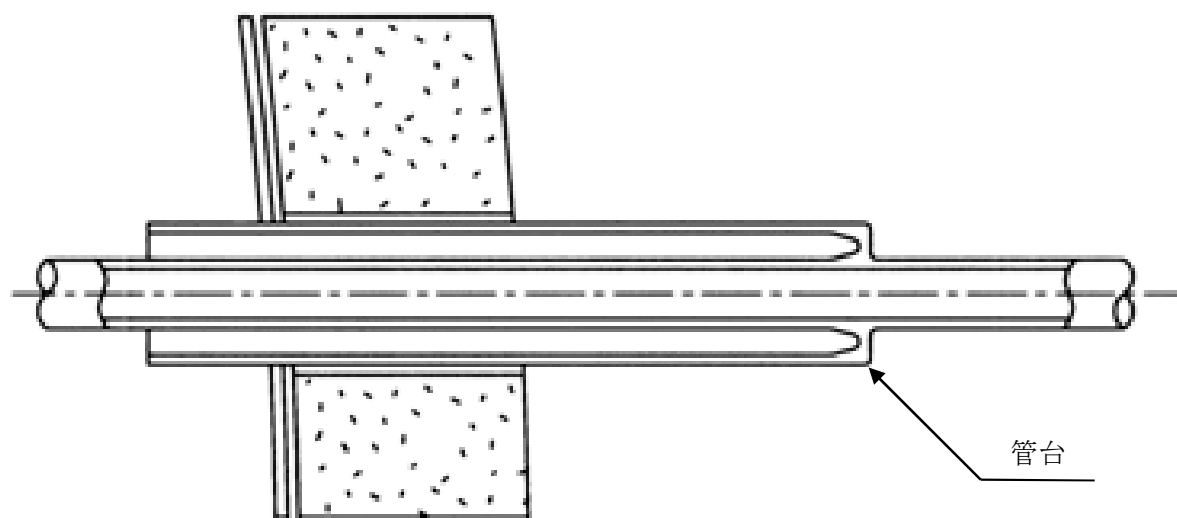


図 2.1-1 代表配管貫通部構造図

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（STPL380）

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*	186 °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

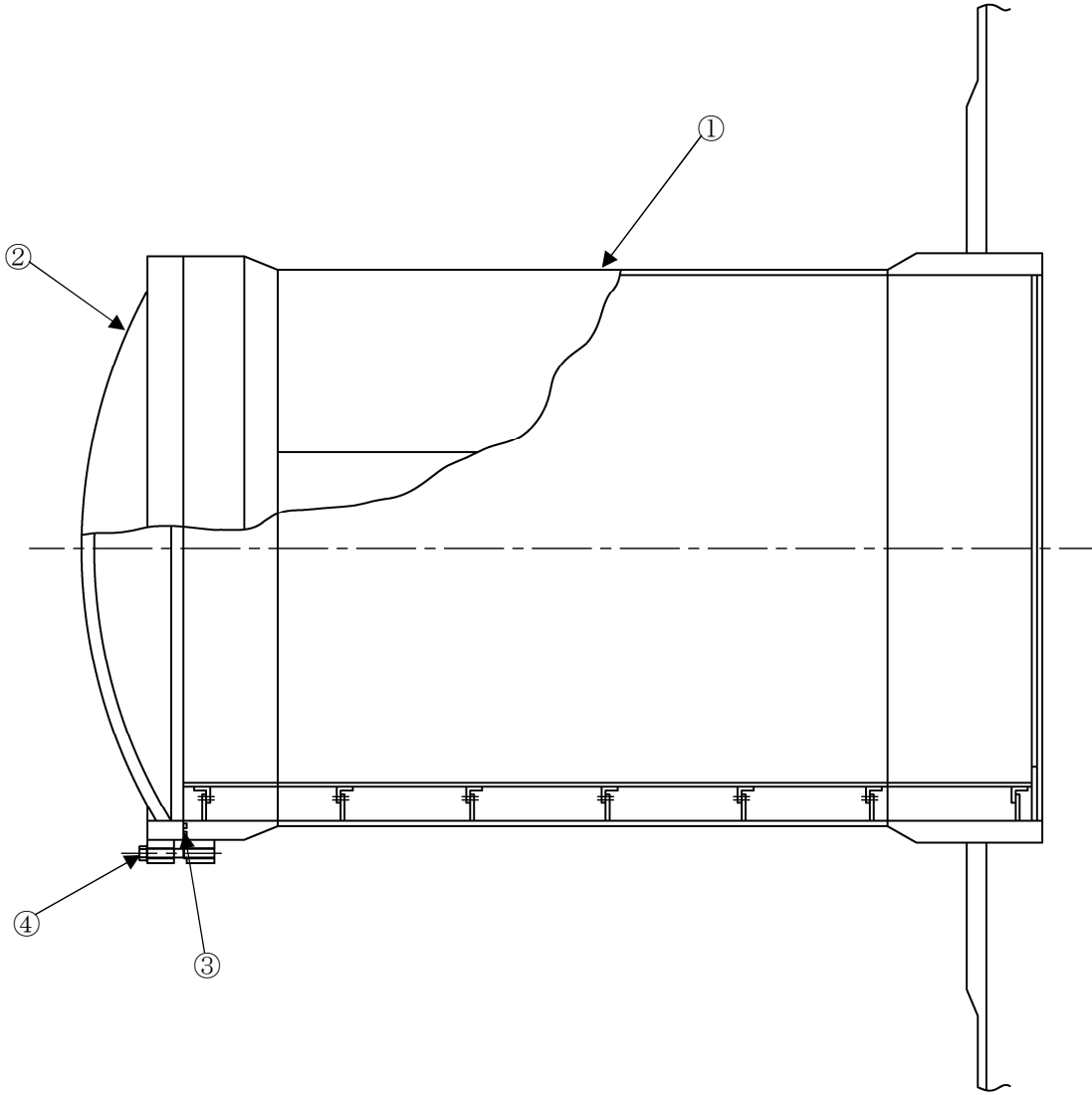


図 2.1-2 サプレッションチェンバアクセスハッチ構造図

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 (SGV480)
		蓋	炭素鋼 (SGV480)
		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）〔サブ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、防食塗装及びグリースの塗布（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。

(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		△	△					

△：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) 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。

モジュール内部は、同軸ケーブルが貫通し、ケーブル内部を通して大気などの漏えいがないように、気密同軸導体でエポキシ樹脂による二重シールを構成し、コネクタにより同軸ケーブルを再接続する構造となっている。なお、コネクタ、同軸ケーブルについても、エポキシ樹脂によりシールしている。

また、二重シール同士の間接部は中空で、この部分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。

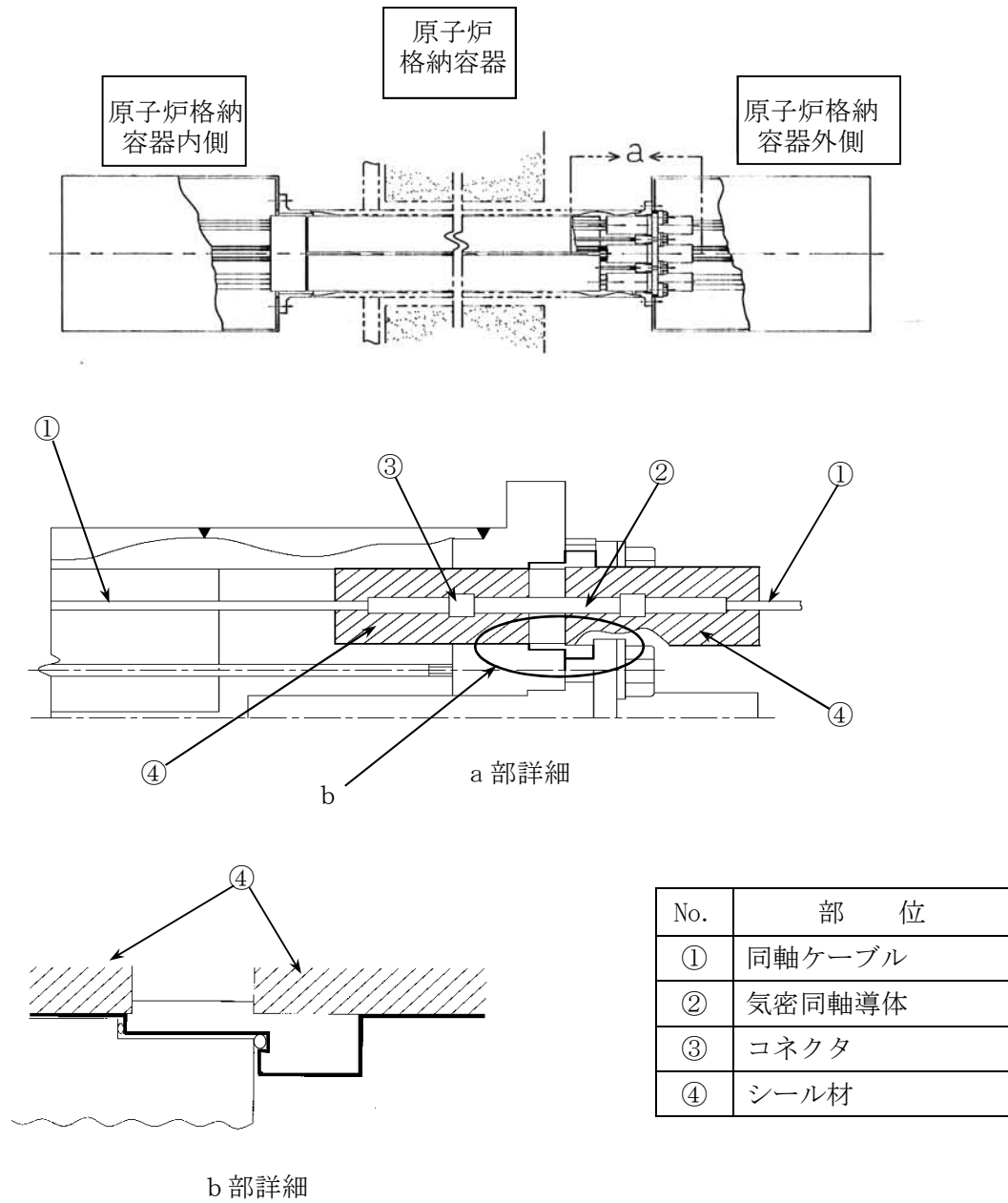


図 2.1-1 モジュール型中性子計装用電気ペネトレーション構造図

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（難燃性架橋ポリエチレン）
		気密同軸導体	銅，架橋ポリスチレン
		コネクタ	黄銅，架橋ポリスチレン
	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

設置場所	原子炉格納容器内
周囲温度	約 44 °C*

*：モジュール型中性子計装用電気ペネトレーションの原子炉格納容器内外温度より推定されるモジュールボディ設置場所の温度

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の絶縁特性低下 [モジュール型中性子計装用電気ペネトレーション]

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，気密同軸導体，コネクタの導通不良

同軸ケーブル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の外れ等により導通不良が想定されるが，同軸ケーブル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，接続機器の点検時に実施する動作試験で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, 絶縁体					○	△		
		気密同軸導体		銅, 架橋ポリスチレン						△		
		コネクタ		黄銅, 架橋ポリスチレン						△		
	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の絶縁特性低下 [モジュール型中性子計装用電気ペネトレーション]

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の絶縁体で使用している難燃性架橋ポリエチレ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、気密同軸導体等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。

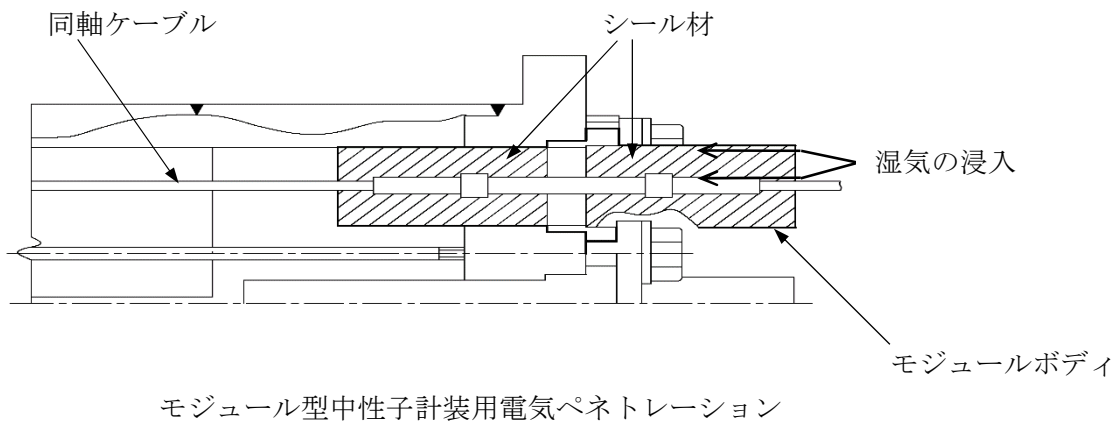


図 2.3-1 湿気の浸入ルート

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の絶縁体で使用される難燃性架橋ポリエチレ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、接続機器点検時に絶縁抵抗測定を実施し、有意な絶縁特性低下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、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ける絶縁抵抗測定で把握可能と考える。

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、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. シール材及び同軸ケーブルの絶縁特性低下 [共通]

代表機器同様, シール材及び同軸ケーブルの絶縁体の材料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, 系統機器点検時に実施する絶縁抵抗測定や動作試験で把握可能である。

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. 同軸ケーブル, 気密同軸導体, コネクタの導通不良 [共通]

代表機器同様, 同軸ケーブル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の外れ等により導通不良が想定されるが, 同軸ケーブル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, 接続機器の点検時に実施する動作試験で健全性を確認している。

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5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5号炉（以下柏崎刈羽5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3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
- 3 低合金鋼配管

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」、冷媒配管、非常用ガス処理系換気ファンのメカニカルシール水配管については「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 (°C)
ステンレス鋼	純水	原子炉冷却材再循環系 (PLR)	660.0 mm×64.1 mm	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
		漏えい検出系 (LDS)	20 A×S 40	MS-1	連続 (連続)	約 0.31	171
		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)	250 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)	20 A×S 80	MS-1	一時 (一時)	約 8.62	302

*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 (°C)
ステンレス鋼	その他ガス	漏えい検出系 (LDS)	25 A×S 60	MS-1	連続 (連続)	約 0.01	65
		計装用圧縮空気系 (IA)	50 A×S 80	MS-1	連続 (連続)	約 1.77	171
		試料採取系 (SAM)	20 A×S 40	MS-1	連続 (連続)	約 0.31	171
	五ほう酸ナトリウム水	ほう酸水注入系 (SLC)	40 A×S 80	MS-1	一時 (一時)	約 10.79	66
	冷却水*3	原子炉補機冷却水系 (RCW)	15 A×S 80	MS-1	連続 (連続)	約 1.37	70
		高圧炉心スプレィ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	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 120	PS-1	一時 (一時)	約 8.62	302
		高圧炉心スプレイ系 (HPCS)	300 A×S 120	PS-1	一時 (一時)	約 8.62	302
		原子炉冷却材浄化系 (CUW)	150 A×S 80	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	182
		液体固体廃棄物処理系 (RW)	150 A×S 40	高*3	一時 (一時)	約 1.96	66
		給水系 (FDW)	500 A×S 80	PS-1	連続 (連続)	約 8.62	302
		復水補給水系 (MUWC)	200 A×S 40	MS-1	連続 (連続)	大気圧	66
	可燃性ガス濃度制御系 (FCS)	40 A×S 80	MS-1	一時 (一時)	約 3.43	182	
	その他ガス	非常用ガス処理系 (SGTS)	400 A×S 30	MS-1	一時 (一時)	約 0.02	140
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	

*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 1,900kPa 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

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	冷却水*3	原子炉補機冷却水系 (RCW)	700 A×12.7 mm	MS-1	連続 (連続)	約 1.37	70
		換気空調補機常用冷却水系 (HNCW)	200 A×S 40	MS-1	連続 (連続)	約 1.37	70
		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 1.37	70
		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)	900 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
低合金鋼	純水	給水系 (FDW)	500 A×S 80	PS-2	連続 (連続)	約 8.62	302

*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圧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、原子炉圧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タンク水をスプレーする高圧炉心スプレー系統を構成する。
漏えい検出系 (LDS)	冷却材境界 (バウンダリ) に係わる原子炉系の必要な配管、機器類からの一次冷却材の漏えいを検出し、適切な動作 (警報、隔離等) を行う漏えい検出系統を構成する。
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
試料採取系配管 (SAM)	プラント内の各系統のプロセス流体を採取，分析し系統の運転状態を監視する試料採取系統を構成する
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 漏えい検出系
- ⑧ 原子炉冷却材浄化系
- ⑨ 燃料プール冷却浄化系
- ⑩ 液体固体廃棄物処理系
- ⑪ 復水補給水系
- ⑫ 原子炉補機冷却水系
- 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 試料採取系
- ⑯ 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.....	1-25
3. 代表機器以外への展開.....	1-29
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象.....	1-29
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.....	1-29

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、漏えい検出系、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

このグループには漏えい検出系、計装用圧縮空気系及び試料採取系が属するが、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	660.0 mm×64.1 mm	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		
	漏えい検出系	20 A×S 40	MS-1	連続 (連続)	約 0.31	171		
	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	250 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	20 A×S 80	MS-1	一時 (一時)	約 8.62	302		

*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	漏えい検出系	25 A×S 60	MS-1	連続 (連続)	約 0.01	65	◎	最高使用温度, 最高 使用圧力
	計装用圧縮空気系	50 A×S 80	MS-1	連続 (連続)	約 1.77	171		
	試料採取系	20 A×S 40	MS-1	連続 (連続)	約 0.31	171		
五ほう酸ナ トリウム水	ほう酸水注入系	40 A×S 80	MS-1	一時 (一時)	約 10.79	66	◎	
冷却水*3	原子炉補機冷却水系	15 A×S 80	MS-1	連続 (連続)	約 1.37	70	◎	運転状態
	高圧炉心スプレィディーゼル 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

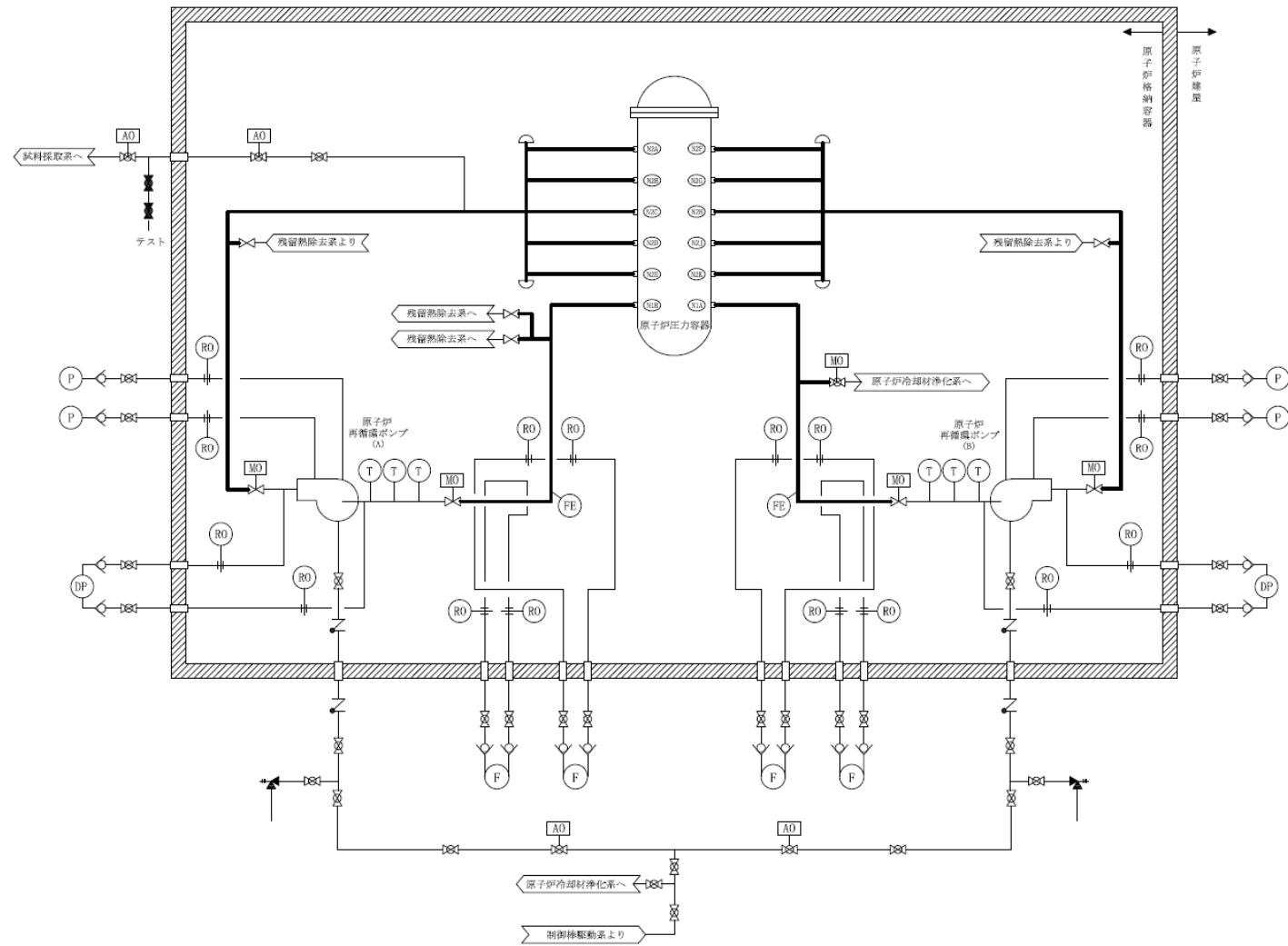
原子炉冷却材再循環系配管は、配管（直管、エルボ、T 継手）及びサンプリングノズル等で構成されており、ステンレス鋼が使用されている。

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。



—— (太線) : 評価対象 (ステンレス鋼)

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
		レストレイント	炭素鋼
		ハンガ	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

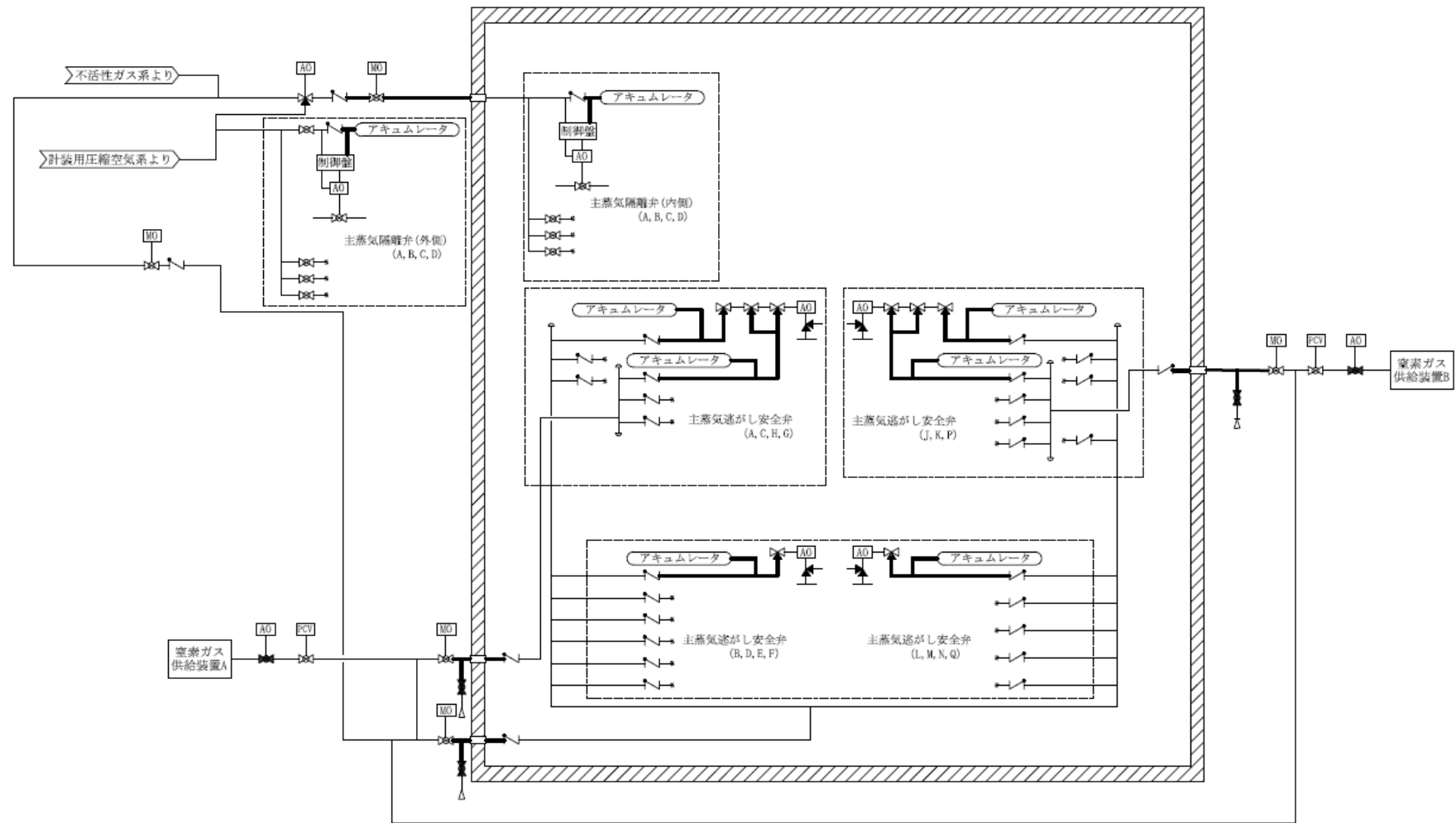
計装用圧縮空気系配管は、配管（直管、エルボ、T 継手）等で構成されており、ステンレス鋼が使用されている。

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 (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)
機器の支持	支持	ラグ	ステンレス鋼
		レストレイント	炭素鋼
		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。

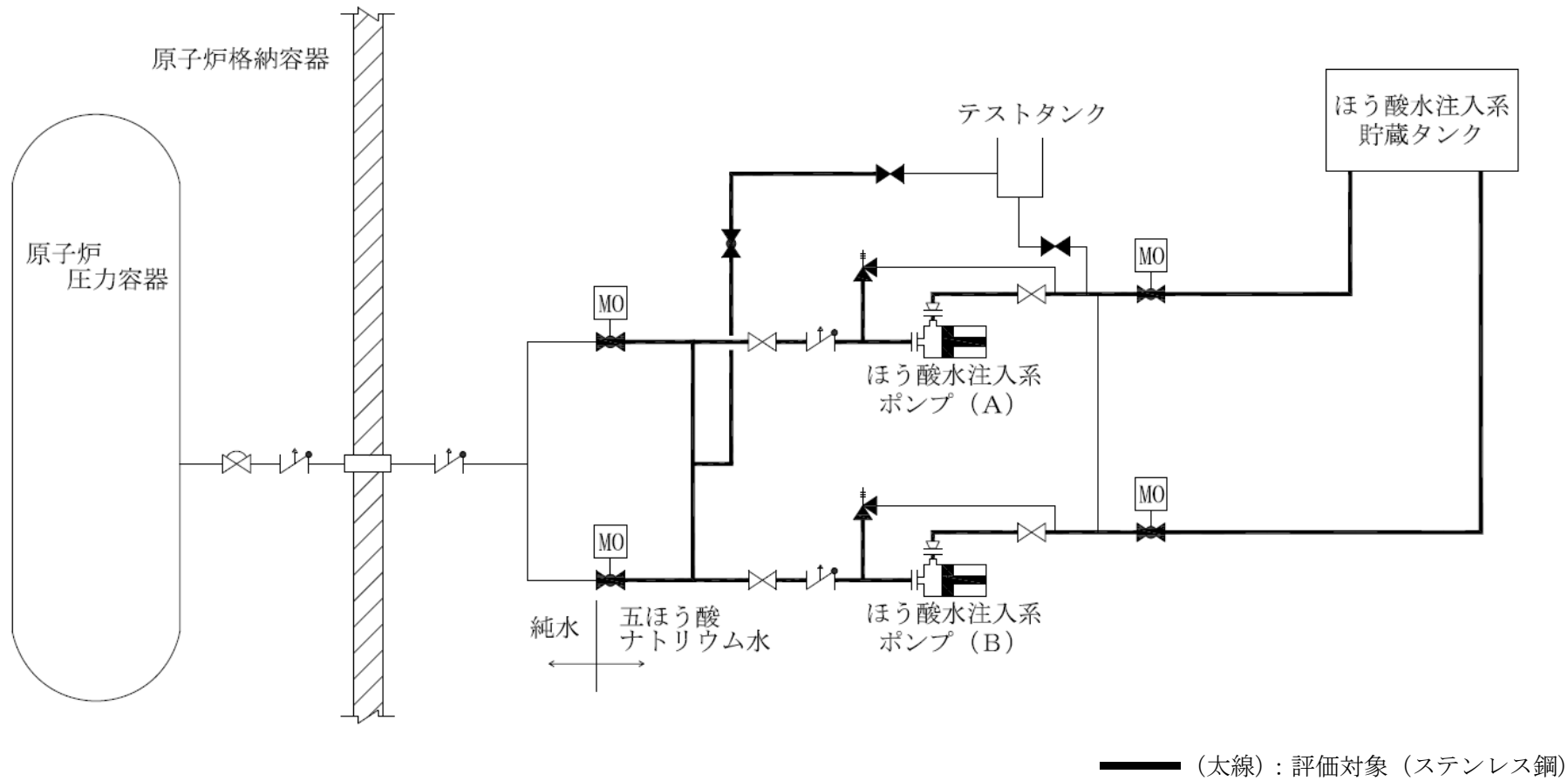


図 2.1-3 ほう酸水注入系（五ほう酸ナトリウム水部）系統図

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)
		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	ハンガ	炭素鋼
		ラグ	ステンレス鋼
		レストレイント	炭素鋼
		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 10.79 MPa
最高使用温度	66 °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。

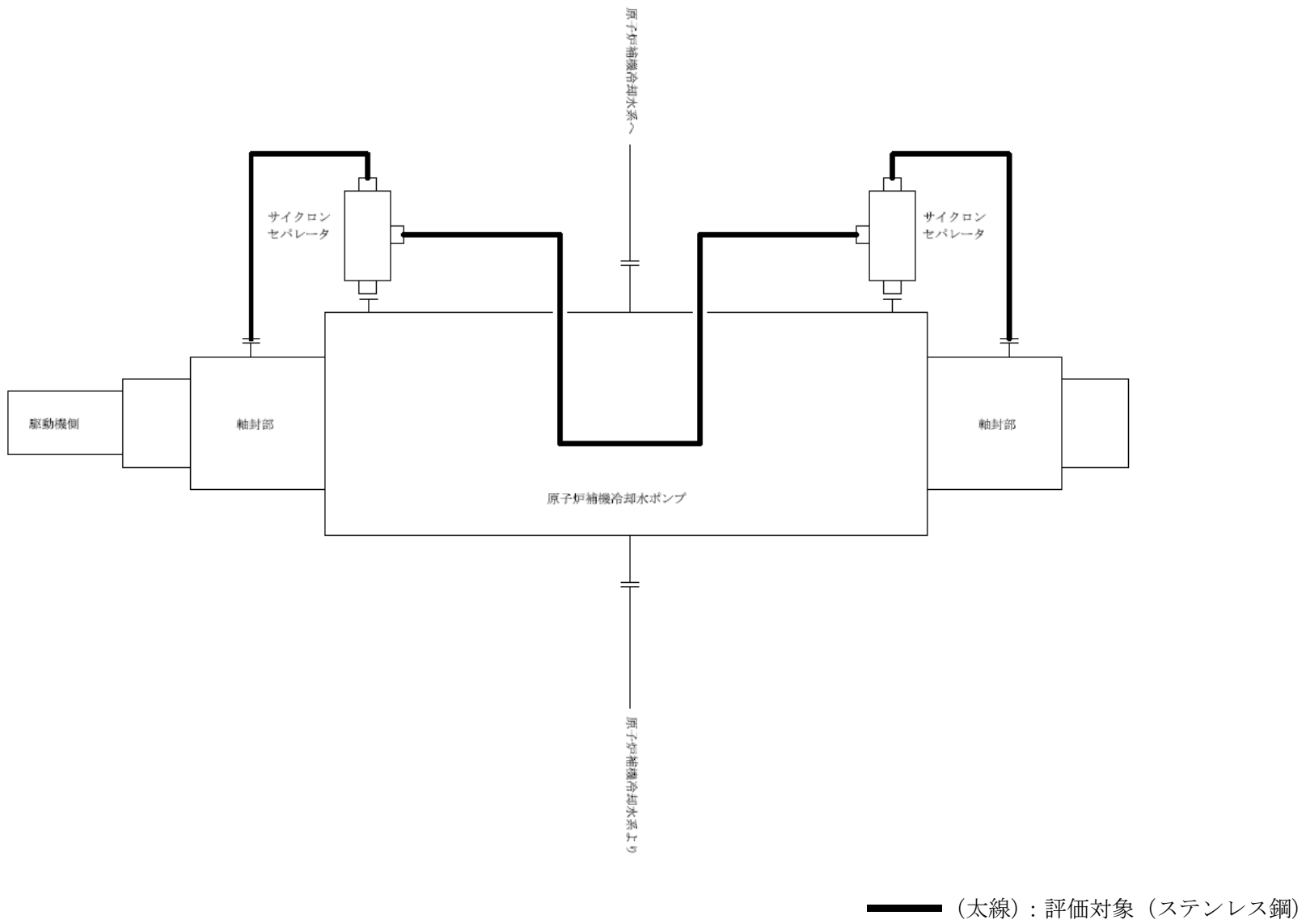


図 2.1-4 原子炉補機冷却水系系統図

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 (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)

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，水冷溶接工法（HSW）及び高周波誘導加熱応力改善工法（IHSI））を実施していることから，応力腐食割れが発生する可能性は小さい。

第12回定期検査時（平成18年度）の超音波探傷試験において，継手に応力腐食割れによるひび割れが確認されているが，健全性評価にて健全性の確認を実施しており，「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の制定について（平成26年8月6日 原規技発第1408063号）」に従い毎定検時に超音波探傷試験による検査の継続実施と運転年数で5年を超えない時期に，健全性評価を実施することとしている。

また，第13回定検にて超音波探傷検査を実施し，当該継手部について亀裂が進展してい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。

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（70mgCl/m²）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. メカニカルスナッパ及びハンガの機能低下〔原子炉冷却材再循環系，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}		
		レストレイント		炭素鋼		△	△					
		ハンガ		炭素鋼		△				△ ^{*4}		
		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			△ ^{*1}	△ ^{*2}			*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	ラグ		ステンレス鋼			△					
		レストレイント		炭素鋼		△	△					
		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		△				▲ ^{*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 (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		△	△ ^{*1}	△ ^{*2}			*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	ハンガ		炭素鋼		△				△ ^{*4}		
		ラグ		ステンレス鋼			△					
		レストレイント		炭素鋼		△	△					
		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		△				▲ ^{*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 (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現時点（平成 30 年 3 月 31 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、疲労割れ発生の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：2008」（AESJ-SC-P005：2008）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。

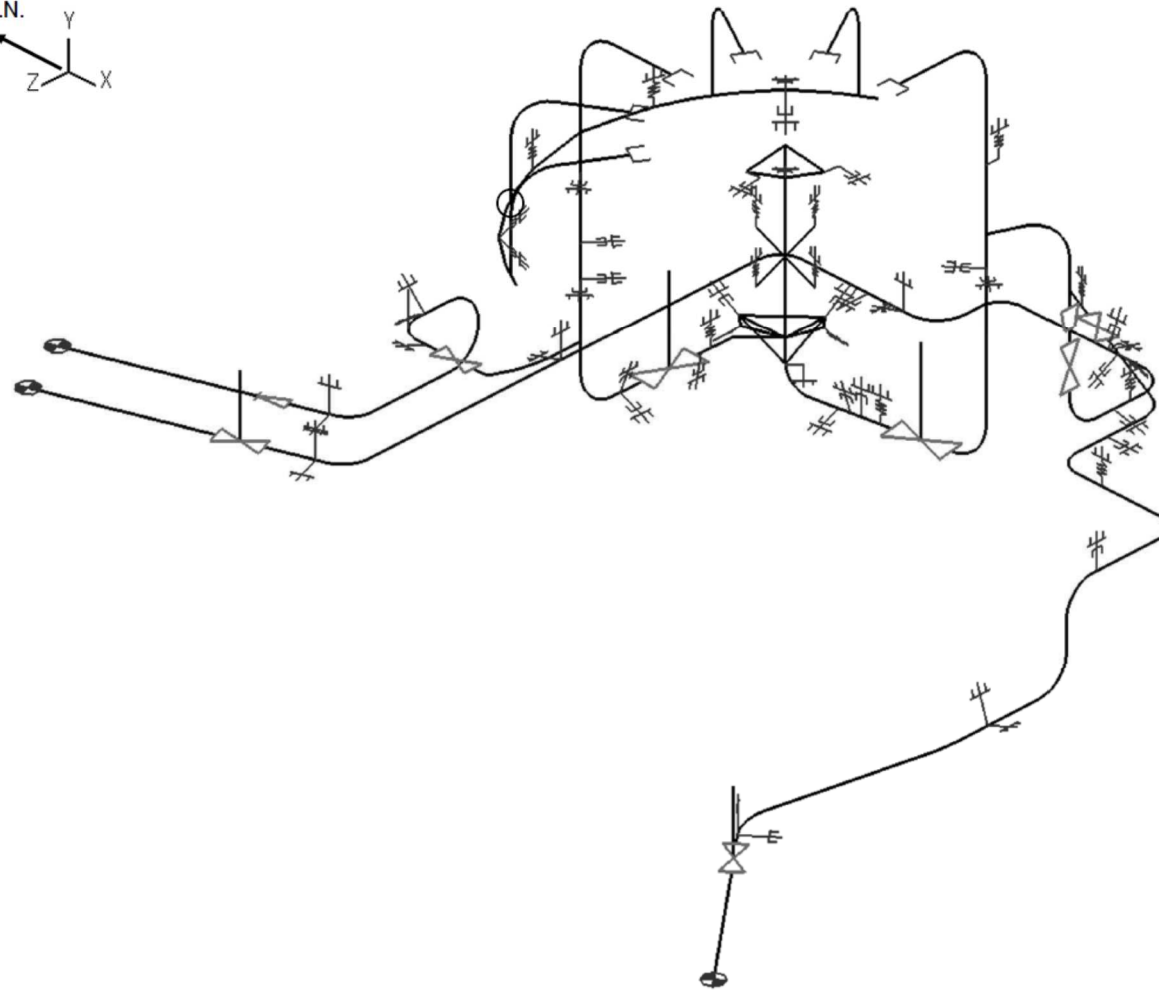
なお、当面の冷温停止状態においては、有意な熱過渡はなく、今後の疲労割れ
の発生・進展の可能性はない。

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。

P.N.
Y
Z X



○ : 最大点を示す

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 (平成 30 年 3 月 31 日時点)
耐圧試験	15
起動 (昇温)	27
起動 (タービン起動)	27
夜間低出力運転	15
週末低出力運転	14
制御棒パターン変更	58
給水加熱器機能喪失 (発電機トリップ)	8
スクラム (タービントリップ)	5
スクラム (その他)	2
停止	27
ボルト取外し	16

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 (平成 30 年 3 月 31 日時点)	現時点 (平成 30 年 3 月 31 日時点)
原子炉冷却材再循環系	0.002	0.039

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 漏えい検出系
- 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 高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系
- ⑫ 試料採取系
- ⑬ 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〕

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, 漏えい検出系, 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, 復水補給水系は, 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, 漏えい検出系, 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, 試料採取系, 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、ハンガ及びばね防振器の機能低下 [制御棒駆動系、ほう酸水注入系（純水部）、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、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、ハンガ及びばね防振器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。
- 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、漏えい検出系、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、試料採取系、事故後サンプリング系]
代表機器同様、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。
- 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、漏えい検出系、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、試料採取系、事故後サンプリング系]
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。

- 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，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，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。

- i. メカニカルスナッパ，ハンガ，ばね防振器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，漏えい検出系，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，試料採取系，事故後サンプリング系〕

代表機器同様，メカニカルスナッパ，ハンガ，ばね防振器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。

- 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，漏えい検出系，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，試料採取系，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〔フローノズル及びオリフィスを有するステンレス鋼配管系共通〕

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、漏えい検出系、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、試料採取系、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

2 炭素鋼配管

[対象系統]

- ① 制御棒駆動系
- 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 燃料プール冷却浄化系
- ⑦ 液体固体廃棄物処理系
- 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	2-31

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、液体固体廃棄物処理系、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、運転状態及び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、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、口径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	制御棒駆動系	200 A×S 120	MS-1	連続 (一時)	約 8.62	138		重要度，運転状態， 口径
	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 120	PS-1	一時 (一時)	約 8.62	302		
	高圧炉心スプレイ系	300 A×S 120	PS-1	一時 (一時)	約 8.62	302		
	原子炉冷却材浄化系	150 A×S 80	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	182		
	液体固体廃棄物処理系	150 A×S 40	高*3	一時 (一時)	約 1.96	66		
	給水系	500 A×S 80	PS-1	連続 (連続)	約 8.62	302	◎	
	復水補給水系	200 A×S 40	MS-1	連続 (連続)	大気圧	66		
	可燃性ガス濃度制御系	40 A×S 80	MS-1	一時 (一時)	約 3.43	182		
その他ガス	非常用ガス処理系	400 A×S 30	MS-1	一時 (一時)	約 0.02	140		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	◎	

*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 1,900kPa 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

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)		
冷却水*3	原子炉補機冷却水系	700 A×12.7 mm	MS-1	連続 (連続)	約 1.37	70	◎	運転状態, 口径
	換気空調補機常用冷却水系	200 A×S 40	MS-1	連続 (連続)	約 1.37	70		
	換気空調補機非常用冷却水系	200 A×S 40	MS-1	一時 (一時)	約 1.37	70		
	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	900 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。

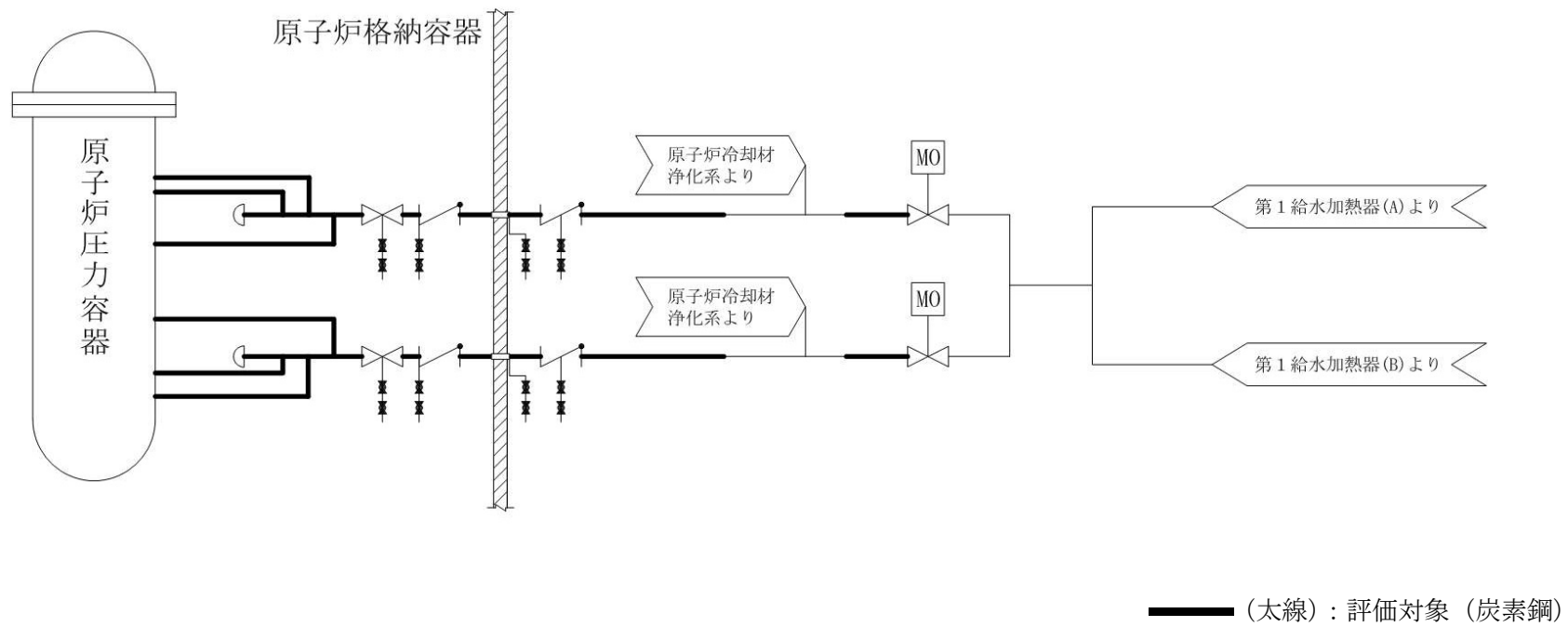


図 2.1-1 給水系統図

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, STS410, STS480)
機器の支持	支持	メカニカルスナップ	炭素鋼
		ハンガ	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。

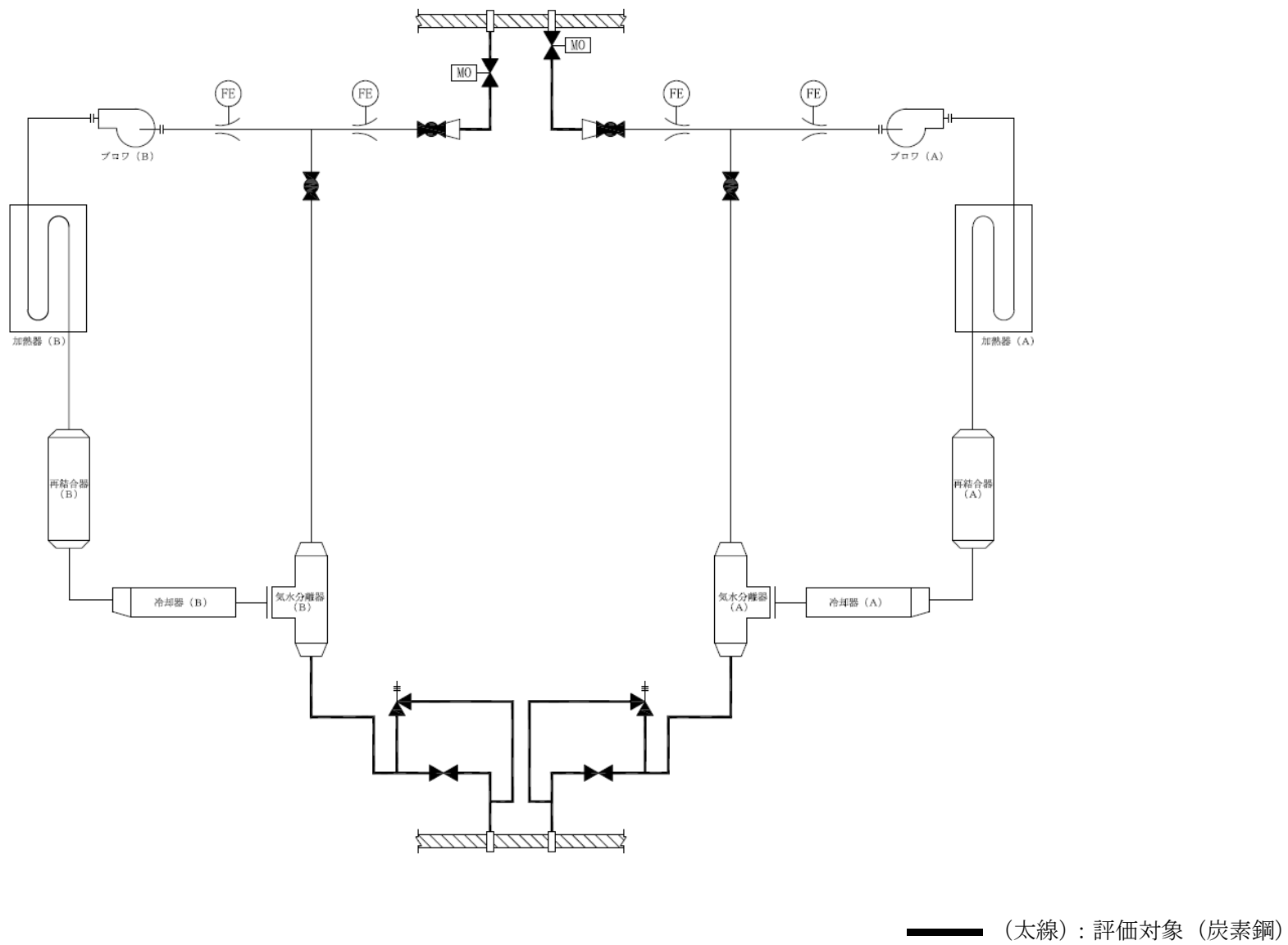


図 2.1-2 可燃性ガス濃度制御系系統図

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 (STPT42)
		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	ラグ	炭素鋼
		レストレイント	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
		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。

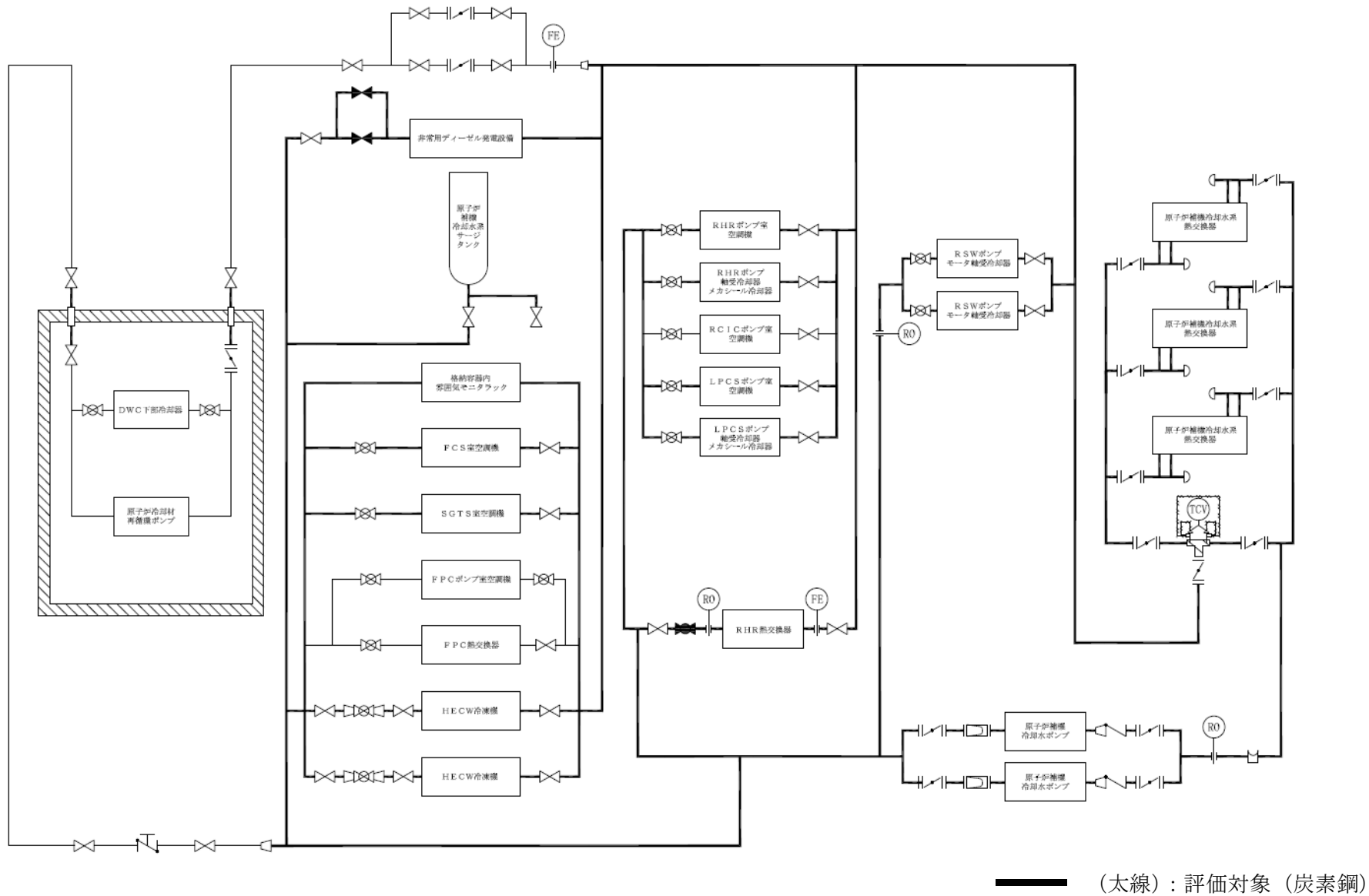


図 2.1-3 原子炉補機冷却水系系統図

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 (STPT42, SM41C)
		温度計ウェル	炭素鋼
		サンプリングノズル	ステンレス鋼
		オリフィス	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	メカニカルスナッパ	炭素鋼
		オイルスナッパ	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 2.1-6 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	70 °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）及び温度計ウエ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。

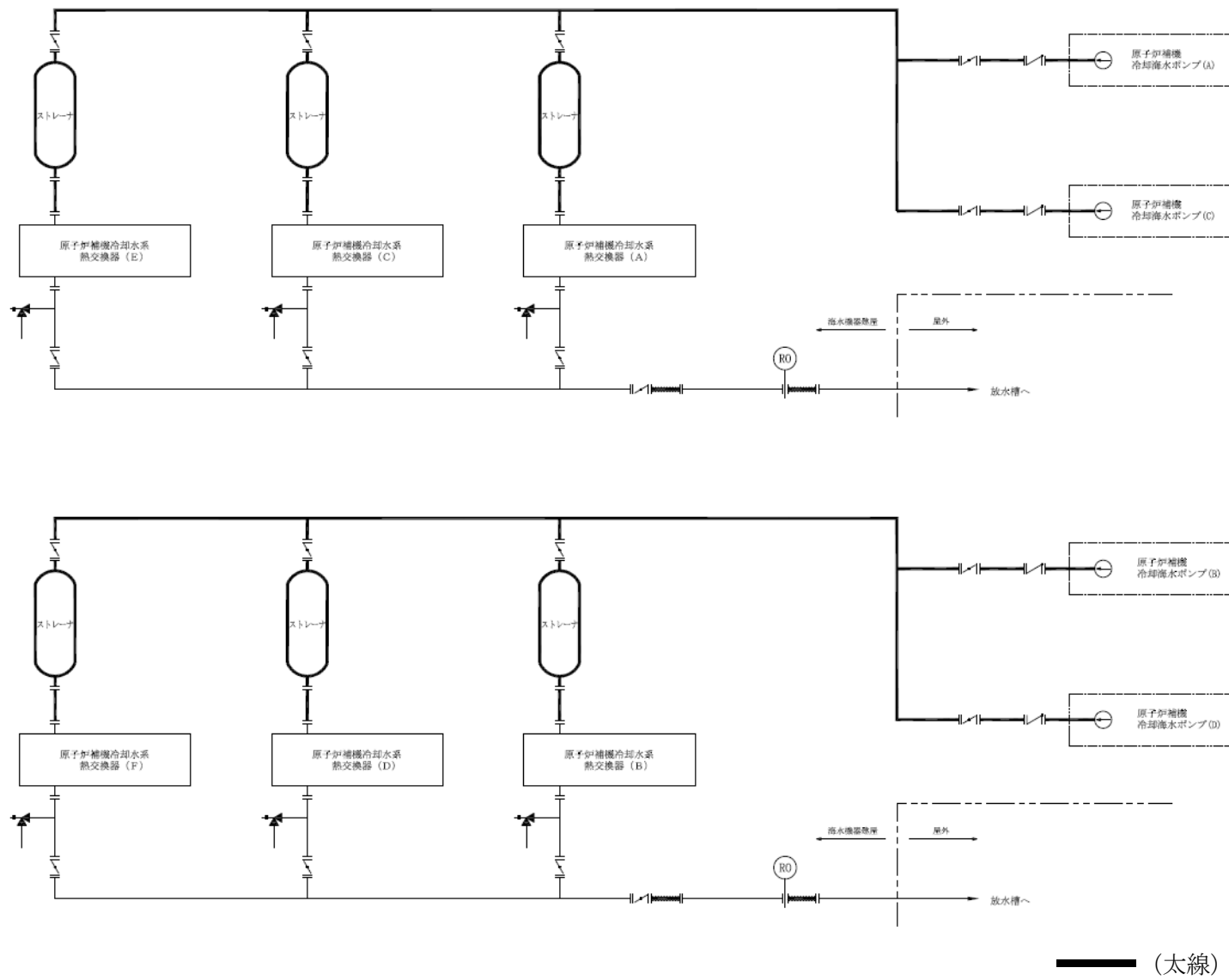


図 2.1-4 原子炉補機冷却海水系系統図

—— (太線) : 評価対象 (炭素鋼)

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 (SM41C (ポリエチレンライニング))
		ストレナーナ	炭素鋼 (SM41A (内面ゴムライニング))
		温度計ウェル	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	メカニカルスナッパ	炭素鋼
		オイルスナッパ	炭素鋼
		ハンガ	炭素鋼
		ラグ	炭素鋼
		レストレイント	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
		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。

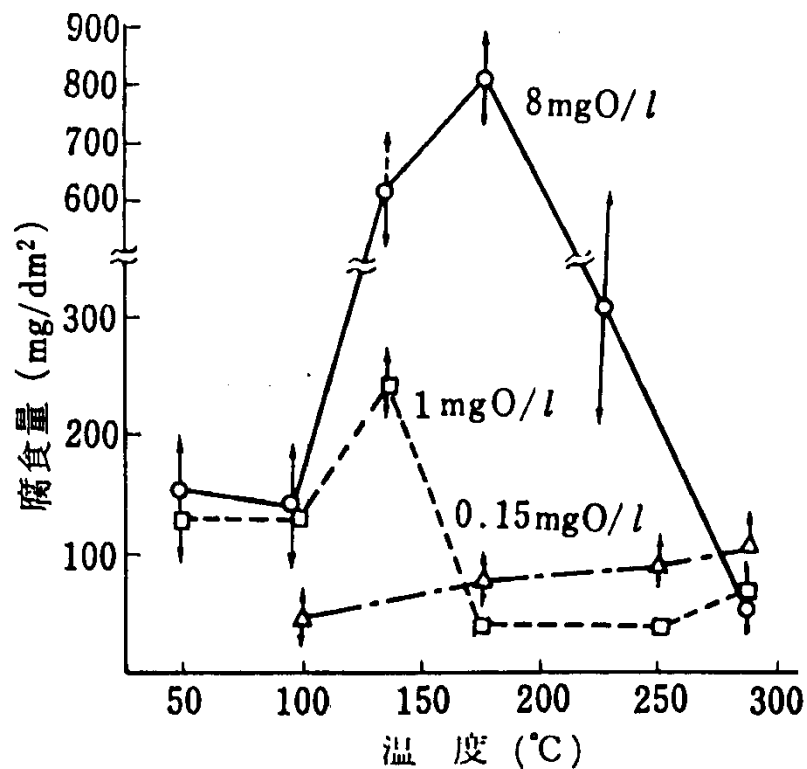


図 2.2.3-1 酸素含有水中における炭素鋼の腐食に及ぼす影響，200 hr
〔出典：「防食技術便覧」腐食防食協会編〕

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. メカニカルスナッパ、オイルスナッパ及びハンガの機能低下 [給水系, 原子炉補機冷却水系, 原子炉補機冷却海水系]

メカニカルスナッパ、オイルスナッパ及びハンガは、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，オイルスナッパ，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，オイルスナッパ，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. 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]

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、原子炉補機冷却海水系]

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	メカニカルスナップ		炭素鋼		△					△*3	
		ハンガ		炭素鋼		△					△*3	
		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	
		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	ラグ		炭素鋼		△	△					
		レストレイント		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		△						
		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					
		オリフィス		ステンレス鋼		△*2					△*5	
		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	
		オイルスナッパ		炭素鋼		△					△*6	
		ハンガ		炭素鋼		△					△*6	
		ラグ		炭素鋼		△	△					
		レストレイント		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		△						
		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		△						*1:高サイクル疲労割れ *2:樹脂の劣化 *3:機能低下
		ストレーナ		炭素鋼		△						
		温度計ウェル		ステンレス鋼				▲*1				
		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	
		オイルスナッパ		炭素鋼		△					△*3	
		ハンガ		炭素鋼		△					△*3	
		ラグ		炭素鋼		△	△					
		レストレイント		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		△						
		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）

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現時点（平成 30 年 3 月 31 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：2008」（AESJ-SC-P005：2008）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

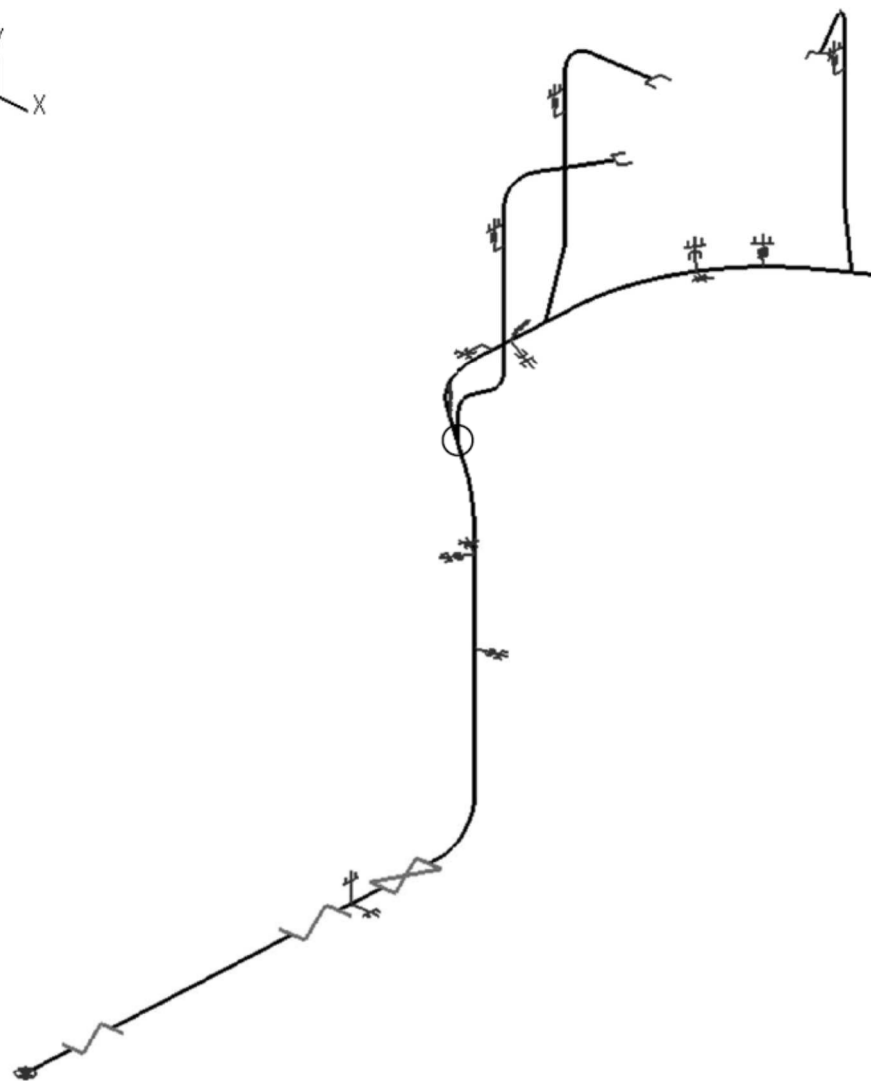
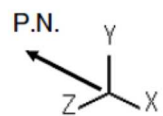
配管の疲労割れについては、現時点までの健全性は確認されており配管の疲労割れが発生する可能性は十分に小さく、次回高経年化技術評価時に、実過渡回数
の確認による疲労評価を行うことが有効と判断する。

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 (平成 30 年 3 月 31 日時点)
耐圧試験	15
起動 (昇温)	27
起動 (タービン起動)	27
夜間低出力運転	15
週末低出力運転	14
制御棒パターン変更	58
給水加熱器機能喪失 (発電機トリップ)	8
スクラム (タービントリップ)	5
スクラム (その他)	2
停止	27
ボルト取外し	16

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 (平成 30 年 3 月 31 日時点)	現時点 (平成 30 年 3 月 31 日時点)
給水系	0.034	0.097

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 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 燃料プール冷却浄化系
- ⑦ 液体固体廃棄物処理系
- 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 [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） [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. 配管の腐食（全面腐食）〔制御棒駆動系，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，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。

高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系，換気空調補機常用冷却水系及び換気空調補機非常用冷却水系の配管は，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。

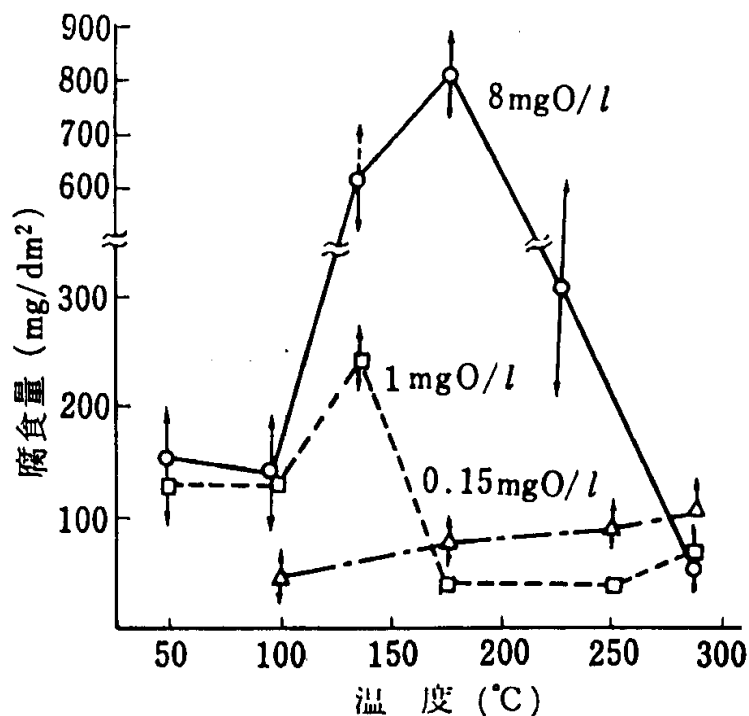


図 3.2-1 酸素含有水中における炭素鋼の腐食に及ぼす影響，200 hr
〔出典：「防食技術便覧」腐食防食協会編〕

- 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, 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、オイルスナッパ、ハンガ及びばね防振器の機能低下 [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、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、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、オイルスナッパ、ハンガ及びばね防振器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 [共通]

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） [共通]

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，液体固体廃棄物処理系，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，オイルスナッパ，ハンガ，ばね防振器，ラグ及びレストレイントの腐食（全面腐食）〔共通〕
代表機器同様，メカニカルスナッパ，オイルスナッパ，ハンガ，ばね防振器，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。
- l. ラグ及びレストレイントの疲労割れ〔共通〕
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〔フローノズル及びオリフィスを有する炭素鋼配管系共通〕
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、高サイクル熱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） [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，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、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

3 低合金鋼配管

[対象系統]

- ① 給水系

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	3-3
2.1 構造, 材料及び使用条件	3-3
2.1.1 給水系	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	3-7

1. 対象機器及び代表機器の選定

主要な低合金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、低合金鋼配管を表 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

このグループには給水系のみが属することから、給水系を代表機器とする。

表 1-1 低合金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	給水系	500 A×S 80	PS-2	連続 (連続)	約 8.62	302	◎	

*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配管について技術評価を実施する。

① 給水系

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，低合金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。

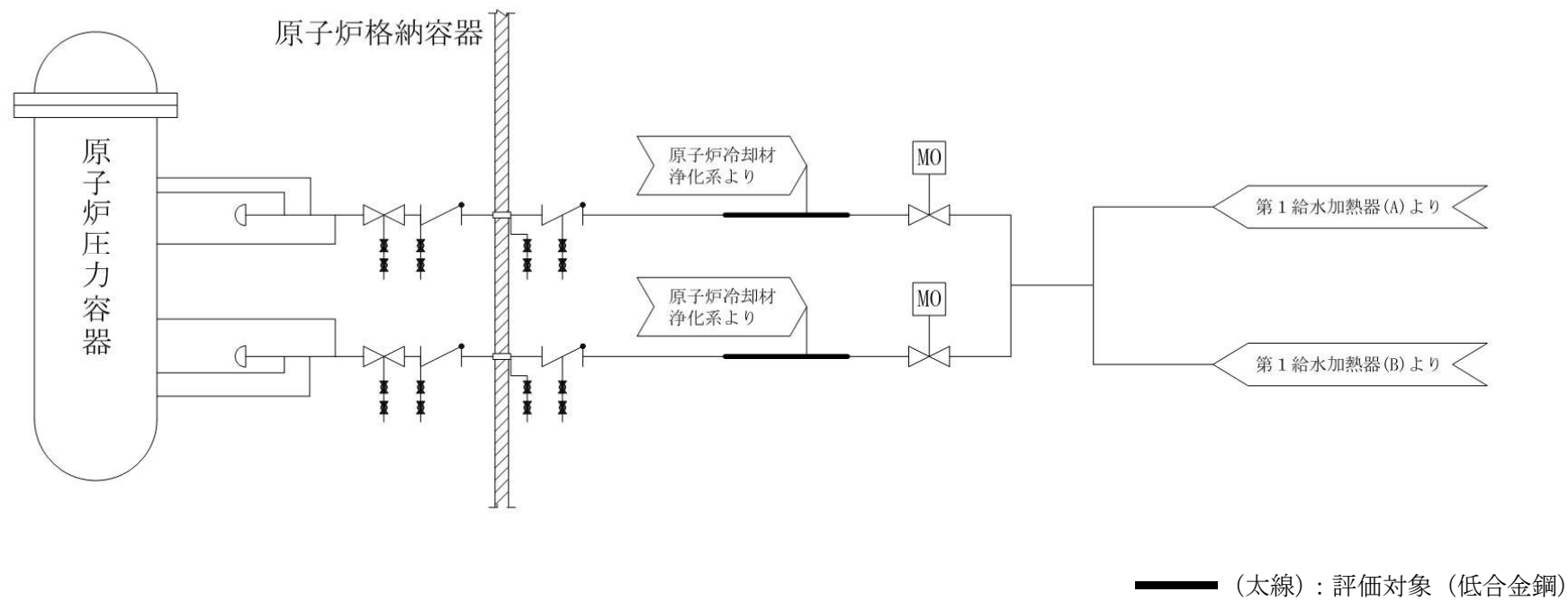


図 2. 1-1 給水系系統図

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	低合金鋼 (STPA23, SFVAF11A)

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

2.2 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

低合金鋼配管の機能（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

低合金鋼配管について、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) 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なっているもの（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、分岐部及びレギュレータ部等、流れの乱れが起きる箇所は腐食（FAC）の発生が想定されるが、低合金鋼配管は耐食性に優れているため、腐食（FAC）が発生する可能性は小さい。

低合金鋼配管に対しては、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。

今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年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 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		低合金鋼		△*						*:FAC

△：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

柏崎刈羽原子力発電所 5 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5号炉（以下柏崎刈羽5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)
			残留熱除去系 (RHR)
			原子炉冷却材浄化系 (CUW)
			液体固体廃棄物処理系 (RW)
			復水補給水系 (MUWC)
		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
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)			
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)	漏えい検出系 (LDS)
			計装用圧縮空気系 (IA)
			試料採取系 (SAM)
		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)
			漏えい検出系 (LDS)
			原子炉冷却材浄化系 (CUW)
			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	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)
		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, 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)
			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)
		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)
	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)
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)

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	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	燃料プール冷却浄化系 (FPC)
			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)
			換気空調補機常用冷却水系 (HNCW)
			事故後サンプリング系 (PASS)
	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)
			高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却海水系 (HPSW)
			計装用圧縮空気系 (IA)
			所内蒸気系 (HS)
			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	漏えい検出系 (LDS)
			液体固体廃棄物処理系 (RW)
			原子炉補機冷却水系 (RCW)
			換気空調補機非常用冷却水系 (HECW)
			試料採取系 (SAM)
			非常用ガス処理系 (SGTS)

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。
低圧炉心スプレー系弁 (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ーする系統を構成する弁である。
高圧炉心スプレー系弁 (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タンク水をスプレーする系統を構成する弁である。
漏えい検出系弁 (LDS)	冷却材境界 (バウンダリ) に係わる原子炉系の必要な配管、機器類からの一次冷却材の漏えいを検出し、適切な動作 (警報、隔離等) を行う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を処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タンク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) 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。
高圧炉心スプレーディーゼル補機冷却水系弁 (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。
試料採取系弁 (SAM)	プラント内の各系統のプロセス流体を、採取、分析し、系統の運転状況を監視する試料採取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 液体固体廃棄物処理系
- ⑨ 給水系
- ⑩ 復水補給水系
- ⑪ 原子炉補機冷却水系
- ⑫ 換気空調補機常用冷却水系
- ⑬ 換気空調補機非常用冷却水系
- ⑭ 高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系
- ⑮ 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 RHR 熱交換器 RCW 入口弁	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
(1)	構造	1-18
(2)	材料及び使用条件	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-F003A/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，運転状態及び口径の観点から原子炉補機冷却水系 RHR 熱交換器 RCW 入口弁を代表機器とする。

(P21-F051A/B, 550 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，運転状態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, 900 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，重要度及び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-F003A/B	口径
	純水	残留熱除去系	PS-1	100~600	連続 (一時)	約 1.4~8.6	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	100~600	一時 (一時)	約 1.4~8.6	100~302			
		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 1.0~10.0	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	一時 (一時)	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	20~550	連続 (連続)	約 1.4	70	原子炉補機冷却水系 RHR 熱交換器 RCW 入口弁 (550 A, 約 1.4 MPa, 70 °C, 150 LB) P21-F051A/B	重要度, 運転状態, 口径	
		換気空調補機常用冷却水系	MS-1	200	連続 (連続)	約 1.4	70			
		換気空調補機非常用冷却水系	MS-1	100~150	一時 (一時)	約 1.4	70			
		高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系	MS-1	65~200	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

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	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	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, 900LB) B31-M0-F002A/B	重要度, 運転状態, 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			
		残留熱除去系	PS-1	350~400	連続(一時)	約 8.6~10.4	302			
		原子炉冷却材浄化系	PS-1	150	連続(連続)	約 8.6	302			
		液体固体廃棄物処理系	MS-1	80	連続(連続)	約 0.3	171			
		復水補給水系	MS-1	250~400	連続(連続)	約 1.4	66			
	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	重要度, 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 RHR 熱交換器 RCW 入口弁
- 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, 弁ふた及び弁体は炭素鋼鋳鋼, 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、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

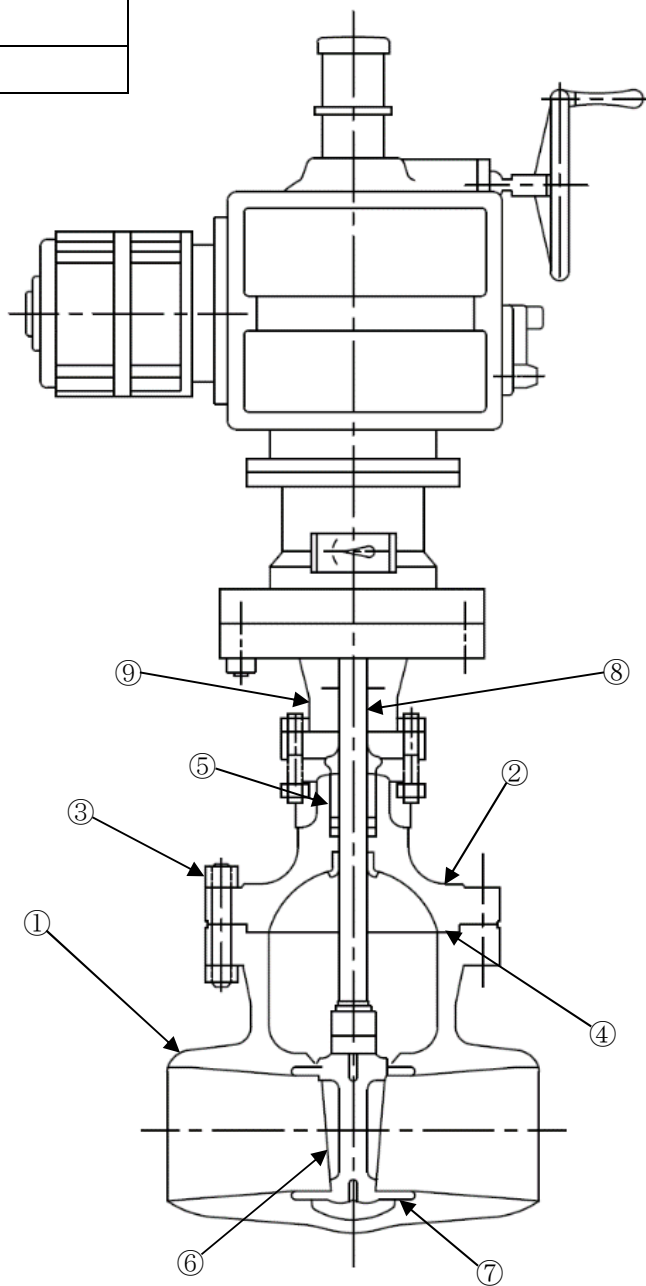


図 2.1-1 可燃性ガス濃度制御系出口隔離弁構造図

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 (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 (SUS431)
		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、弁ふた及び弁体は炭素鋼鋳鋼、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

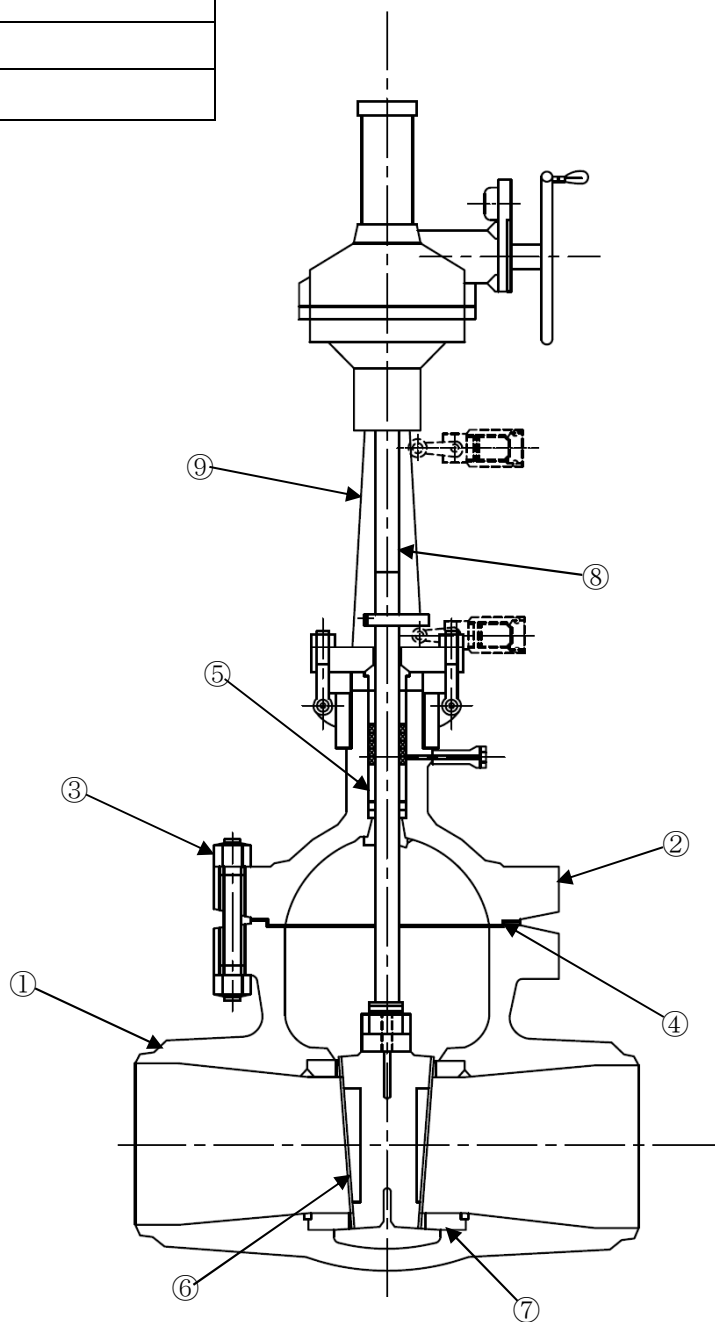


図 2.1-2 給水系原子炉給水ライン手動止め弁構造図

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 (SCPL1)
		弁ふた	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	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 (SCPL1 ステライト肉盛)
		弁座	炭素鋼 (ASME SA350LF2 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)
		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 RHR 熱交換器 RCW 入口弁

(1) 構造

原子炉補機冷却水系 RHR 熱交換器 RCW 入口弁は、口径 550 A、圧力クラス 150 LB の手動仕切弁で、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、弁ふた及び弁体は炭素鋼鋳鋼、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。

原子炉補機冷却水系 RHR 熱交換器 RCW 入口弁の構造図を図 2.1-3 に示す。

(2) 材料及び使用条件

原子炉補機冷却水系 RHR 熱交換器 RCW 入口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

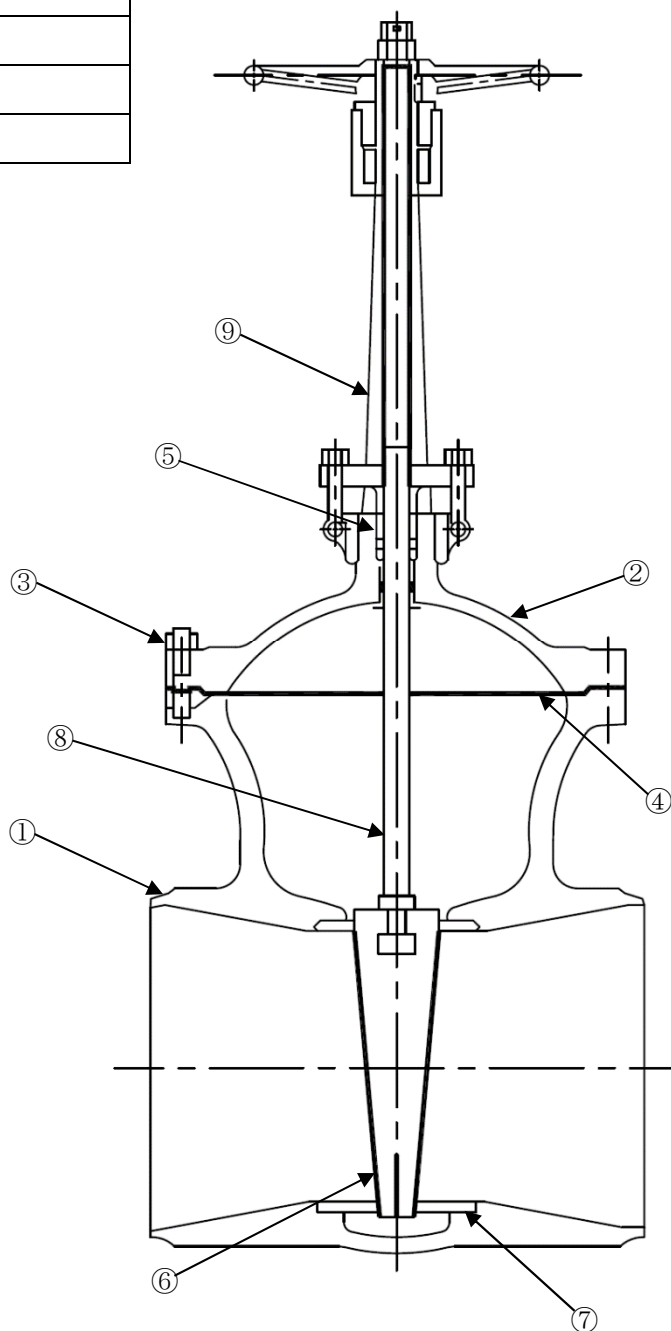


図 2. 1-3 原子炉補機冷却水系 RHR 熱交換器 RCW 入口弁構造図

表 2.1-5 原子炉補機冷却水系 RHR 熱交換器 RCW 入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	炭素鋼鋳鋼 (SCPL1)
		弁ふた	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	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 (SCPL1 ステライト肉盛)
		弁座	炭素鋼 (ASME SA350LF2 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)
		ヨーク	炭素鋼鋳鋼 (SCPH2)

表 2.1-6 原子炉補機冷却水系 RHR 熱交換器 RCW 入口弁の使用条件

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)

2.1.4 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 900 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

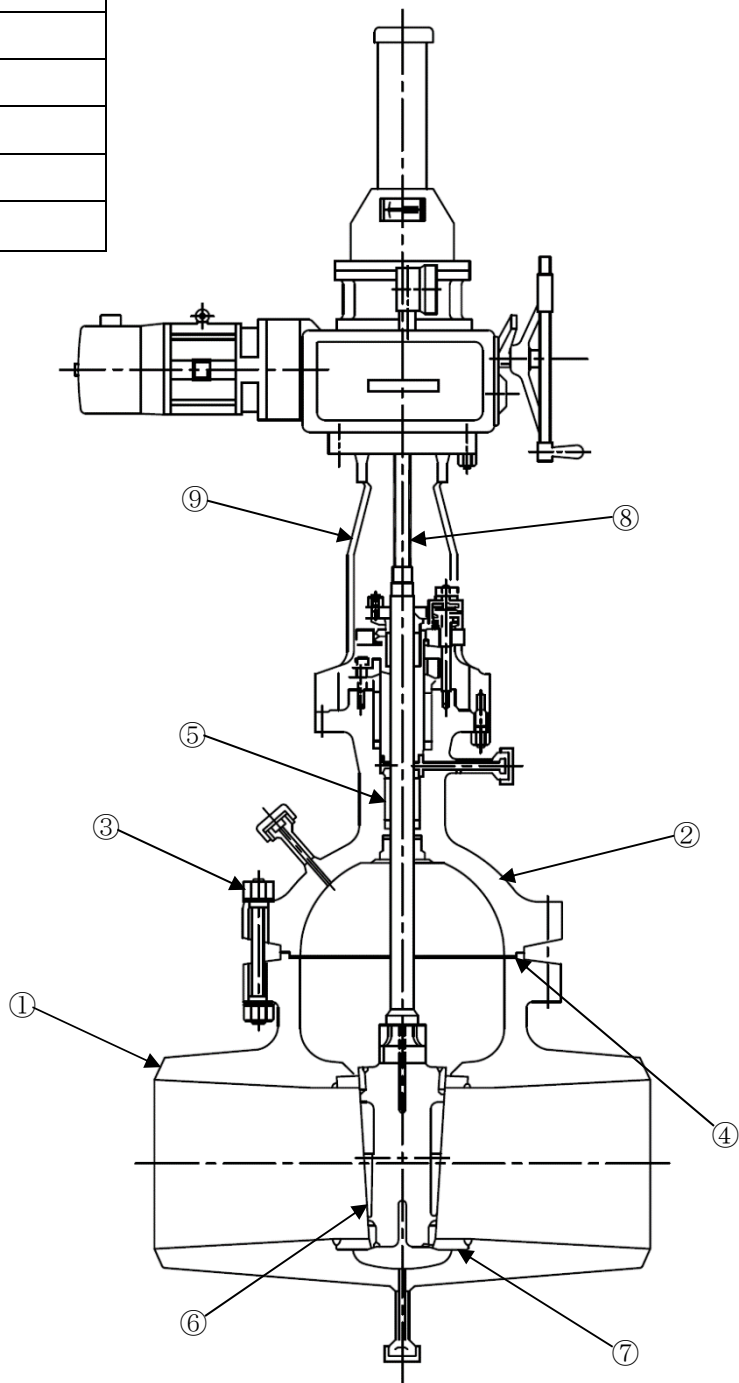


図 2.1-4 原子炉冷却材再循環系ポンプ吐出弁構造図

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 (SUS316L 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

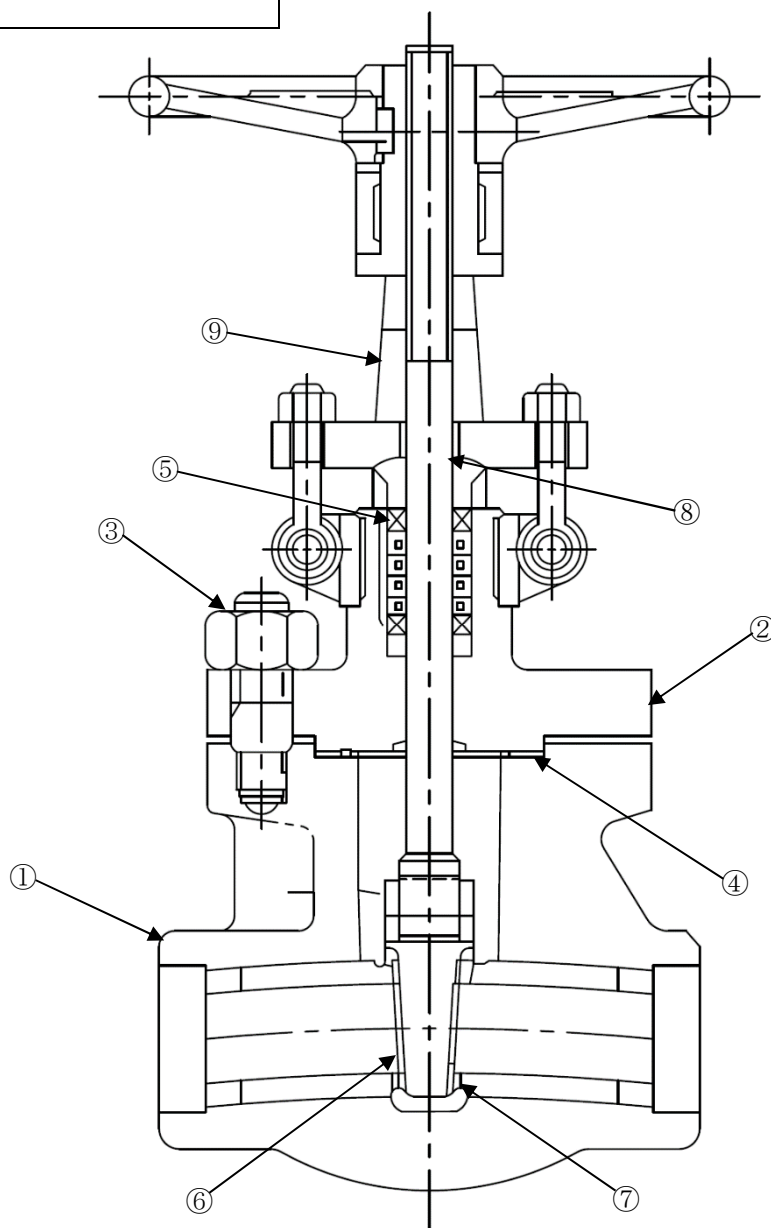


図 2.1-5 ほう酸水注入系ポンプ吐出弁構造図

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 (SUSF316)
		弁ふた	ステンレス鋼 (SUSF316 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 (SUSF316 ステライト肉盛)
		弁座	ステンレス鋼 (SUSF316 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)
		ヨーク	炭素鋼鋳鋼 (SCPH2)

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 RHR 熱交換器 RCW 入口弁]

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		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		炭素鋼鋳鋼		△*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	◎									
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 RHR 熱交換器 RCW 入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		炭素鋼鋳鋼		△					*:ステライト肉盛	
		弁ふた		炭素鋼鋳鋼		△						
		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		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）

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（平成 30 年 3 月 31 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（平成 30 年 3 月 31 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。

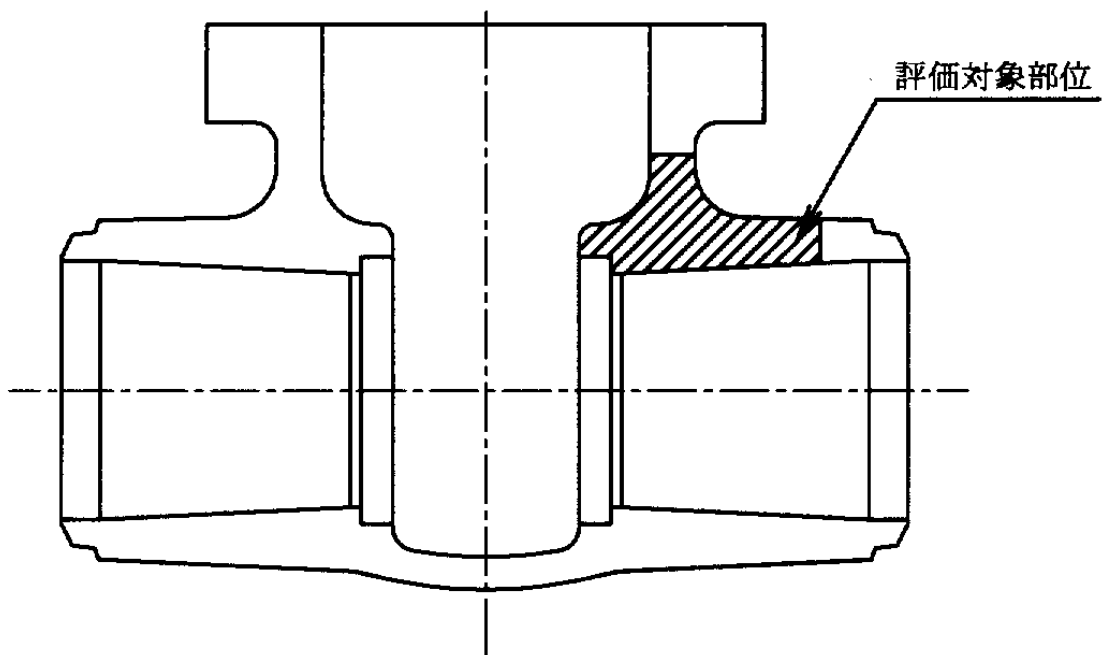


図 2.3-1 仕切弁疲労評価部位

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 (平成 30 年 3 月 31 日時点)
耐圧試験	15
起動 (昇温)	27
起動 (タービン起動)	27
夜間低出力運転	15
週末低出力運転	14
制御棒パターン変更	58
給水加熱器機能喪失 (発電機トリップ)	8
タービントリップに伴うスクラム	5
スクラム (その他)	2
停止	27
ボルト取外し	16

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 (平成 30 年 3 月 31 日時点)
耐圧試験	15
起動 (昇温)	27
起動 (タービン起動)	27
給水加熱器機能喪失 (発電機トリップ)	8
タービントリップに伴うスクラム	5
スクラム (その他)	2
停止	27
ボルト取外し	16

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 (平成30年3月31日時点)	現時点 (平成30年3月31日時点)
給水系原子炉給水ライン手動止め弁	0.044	0.137
原子炉冷却材再循環系ポンプ吐出弁	0.037	0.818

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：2008」（AESJ-SC-P005：2008）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 液体固体廃棄物処理系
- ⑨ 給水系
- ⑩ 復水補給水系
- ⑪ 原子炉補機冷却水系
- ⑫ 換気空調補機常用冷却水系
- ⑬ 換気空調補機非常用冷却水系
- ⑭ 高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系
- 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 [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 [純水系ステンレス鋳鋼仕切弁：原子炉再循環系，残留熱除去系，原子炉冷却材浄化系]

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〕

代表機器同様，弁箱，弁ふた，弁体及び弁座は炭素鋼，炭素鋼鑄鋼または低合金鋼で，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、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。
- 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：低圧炉心スプレイ系，高圧炉心スプレイ系，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. 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。

- k. 弁ふた，弁体の熱時効 [純水系ステンレス鋳鋼仕切弁：原子炉再循環系，残留熱除去系，原子炉冷却材浄化系]

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。

- (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 漏えい検出系
- 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 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 試料採取系
- ⑯ 事故時サンプリング系
- 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.....	2-7
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 RPV ドレン弁.....	2-7
2.1.2 原子炉補機冷却水系 RHR 熱交換器 RCW 出口弁.....	2-10
2.1.3 計装用圧縮空気系 SRV 用 PCV 外側隔離弁.....	2-13
2.1.4 原子炉冷却材浄化系入口流量計装元弁.....	2-16
2.1.5 ほう酸水注入系ポンプ吸込弁用電動弁.....	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，重要度の観点から原子炉冷却材浄化系 RPV ドレン弁を代表機器とする。

(G31-F020, 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，及び口径の観点から原子炉補機冷却水系 RHR 熱交換器 RCW 出口弁を代表機器とする。

(P21-M0-F052A/B, 550 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，最高使用温度，最高使用圧力及び口径の観点から計装用圧縮空気系 SRV 用 PCV 外側隔離弁を代表機器とする。

(P54-M0-F008, 50 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原子炉冷却材浄化系入口流量計装元弁を代表機器とする。

(G31-F703A/B, 20 A, 900 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，重要度の観点からほう酸水注入系ポンプ吸込弁用電動弁を代表機器とする。

(C41-M0-F001A/B, 80 A, 150 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	MS-1	20~500	連続 (連一*3)	約 1.4~10.4	100~302	◎	原子炉冷却材浄化系 RPV ドレン弁 (50 A, 約 8.6 MPa, 302 °C, 900 LB) G31-F020	重要度
		低圧炉心スプレイ系	MS-1	20~300	連一*3 (連一*3)	約 1.4~8.6	100~302			
		高圧炉心スプレイ系	MS-1	20~300	一時 (一時)	約 1.4~10.8	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			
		燃料プール冷却浄化系	MS-2	200	連続 (連続)	約 3.4	182			
		復水補給水系	MS-1	20~80	一時 (一時)	約 1.4	66~171			
		可燃性ガス濃度制御系	MS-1	40	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

*3：連続／一時

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	20~550	連続 (連続)	約 1.4	70	◎	原子炉補機冷却水系 RHR 熱交換器 RCW 出口弁 (550 A, 約 1.4 MPa, 70 °C, 150 LB) P21-MO-F052A/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	100~150	一時 (一時)	約 1.4	70			
		高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系	MS-1	100~150	一時 (一時)	約 1.3	70			
ステンレス鋼	ガス (空気, 窒素)	漏えい検出系	MS-1	25	連続 (連続)	約 0.3	171	◎	計装用圧縮空気系 SRV 用 PCV 外側隔離弁 (50 A, 約 1.8 MPa, 171 °C, 300 LB) P54-MO-F008	最高使用温度, 最高使用圧力, 口径
		計装用圧縮空気系	MS-1	20~50	連続 (連続)	約 0.9~1.8	66~171			
		試料採取系	MS-1	20	連続 (連続)	約 0.3	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

*3: 防錆剤入り純水

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	66~138	原子炉冷却材浄化系入口流量計装元弁 (20 A, 約 8.6 MPa, 302 °C, 900 LB) G31-F703A/B	重要度, 運転状態, 最高使用温度	
		ほう酸水注入系	MS-1	20~40	一時 (一時)	約 8.6~10.8	302			
		残留熱除去系	MS-1	20	連続 (一時)	約 3.4~8.6	182~302			
		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			
		漏えい検出系	MS-1	20	連続 (連続)	約 0.3	171			
		原子炉冷却材浄化系	MS-1	20	連続 (連続)	約 8.6~13.8	66~302			◎
		液体固体廃棄物処理系	MS-1	20~80	連続 (連続)	約 0.3	171			
		事故後サンプリング系	MS-1	20	一時 (一時)	約 0.3~8.6	104~302			

*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	40~80	一時 (一時)	約 1.4~10.8	66	◎	ほう酸水注入系ポンプ吸込弁 用電動弁 (80 A, 約 1.4 MPa, 66 °C, 150 LB) C41-MO-F001A/B	重要度

*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 RPV ドレン弁
- ② 原子炉補機冷却水系 RHR 熱交換器 RCW 出口弁
- ③ 計装用圧縮空気系 SRV 用 PCV 外側隔離弁
- ④ 原子炉冷却材浄化系入口流量計装元弁
- ⑤ ほう酸水注入系ポンプ吸込弁用電動弁

2.1 構造、材料及び使用条件

2.1.1 原子炉冷却材浄化系 RPV ドレン弁

(1) 構造

原子炉冷却材浄化系 RPV ドレン弁は、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 RPV ドレン弁の構造図を図 2.1-1 に示す。

(2) 材料及び使用条件

原子炉冷却材浄化系 RPV ドレン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

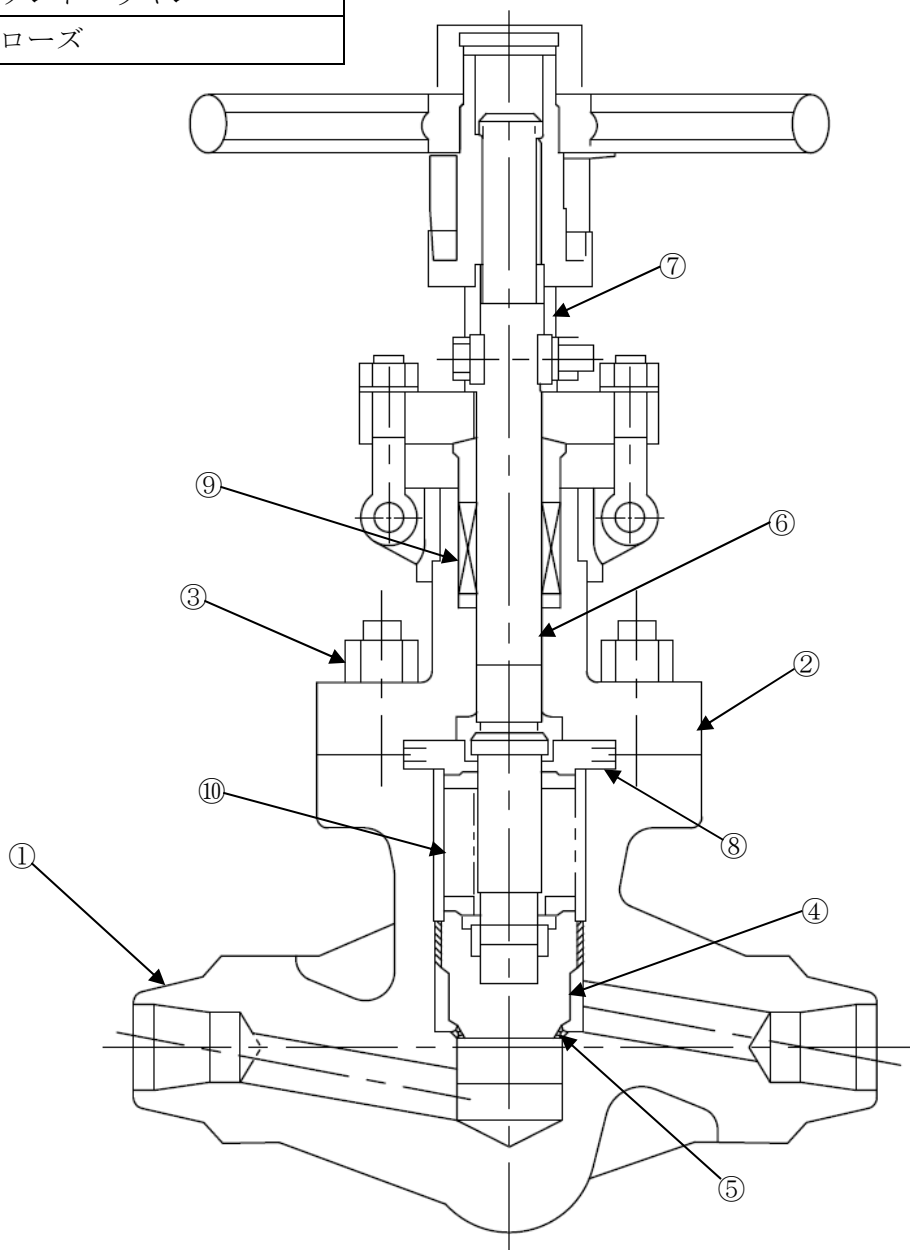


図 2.1-1 原子炉冷却材浄化系 RPV ドレン弁構造図

表 2.1-1 原子炉冷却材浄化系 RPV ドレン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 (S28C)
		弁ふた	炭素鋼 (S28C 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	ベローズ	高ニッケル合金 (インコネル 718, インコネル 625)
		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 (SUS316L ステライト肉盛)
		弁座	炭素鋼 (S28C 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 (SC480)

表 2.1-2 原子炉冷却材浄化系 RPV ドレン弁の使用条件

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 RHR 熱交換器 RCW 出口弁

(1) 構造

原子炉補機冷却水系 RHR 熱交換器 RCW 出口弁は、口径 550 A、圧力クラス 150 LB の電動玉形弁で、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、弁ふた及び弁体は炭素鋼鋳鋼、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、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 RHR 熱交換器 RCW 出口弁の構造図を図 2.1-2 に示す。

(2) 材料及び使用条件

原子炉補機冷却水系 RHR 熱交換器 RCW 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	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

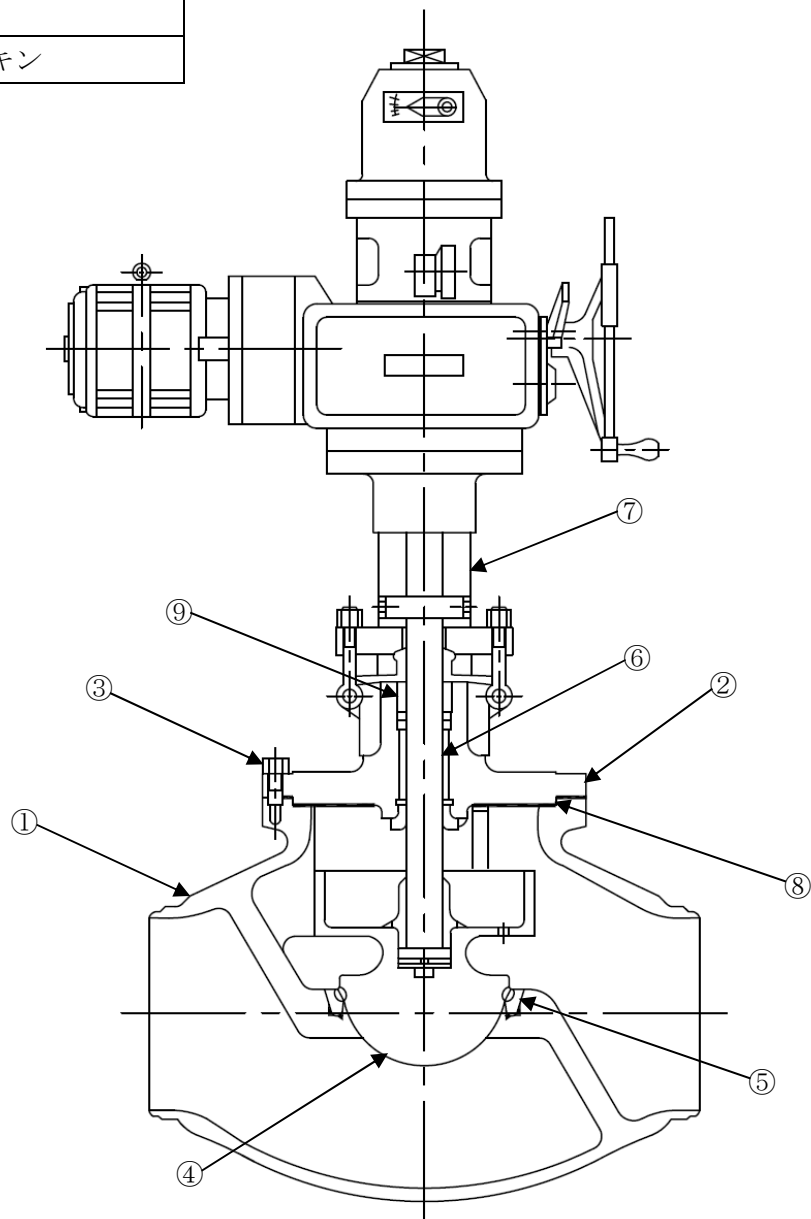


図 2.1-2 原子炉補機冷却水系 RHR 熱交換器 RCW 出口弁構造図

表 2.1-3 原子炉補機冷却水系 RHR 熱交換器 RCW 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	炭素鋼鋳鋼 (SCPL1)
		弁ふた	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	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 (SCPL1 ステライト肉盛)
		弁座	炭素鋼 (ASME SA350LF2 13Cr 肉盛)
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼 (SUS431)
		ヨーク	炭素鋼鋳鋼 (SCPH2)

表 2.1-4 原子炉補機冷却水系 RHR 熱交換器 RCW 出口弁の使用条件

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 計装用圧縮空気系 SRV 用 PCV 外側隔離弁

(1) 構造

計装用圧縮空気系 SRV 用 PCV 外側隔離弁は、口径 50 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 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 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

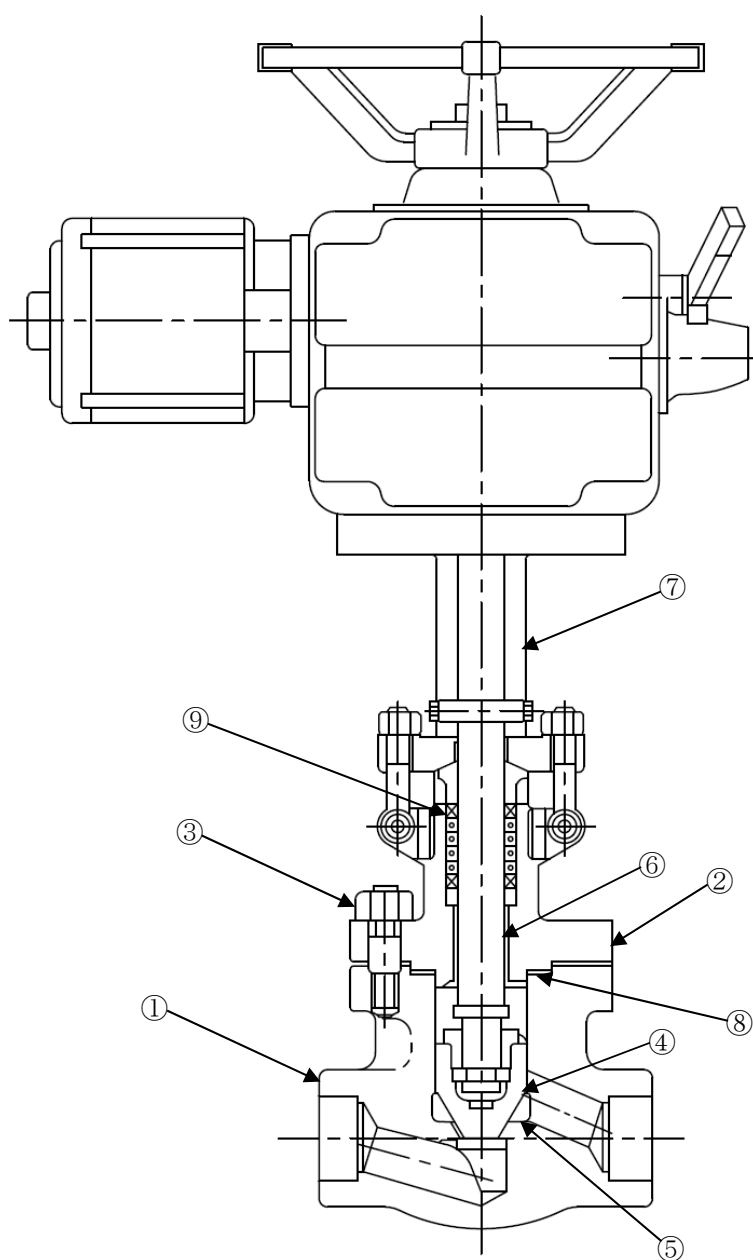


図 2.1-3 計装用圧縮空気系 SRV 用 PCV 外側隔離弁構造図

表 2.1-5 計装用圧縮空気系 SRV 用 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 (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 (SUS431)
		ヨーク	炭素鋼鋳鋼 (SCPH2)

表 2.1-6 計装用圧縮空気系 SRV 用 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 原子炉冷却材浄化系入口流量計装元弁

(1) 構造

原子炉冷却材浄化系入口流量計装元弁は、口径 20 A、圧力クラス 900 LB の手動玉形弁で、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入口流量計装元弁の構造図を図 2.1-4 に示す。

(2) 材料及び使用条件

原子炉冷却材浄化系入口流量計装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

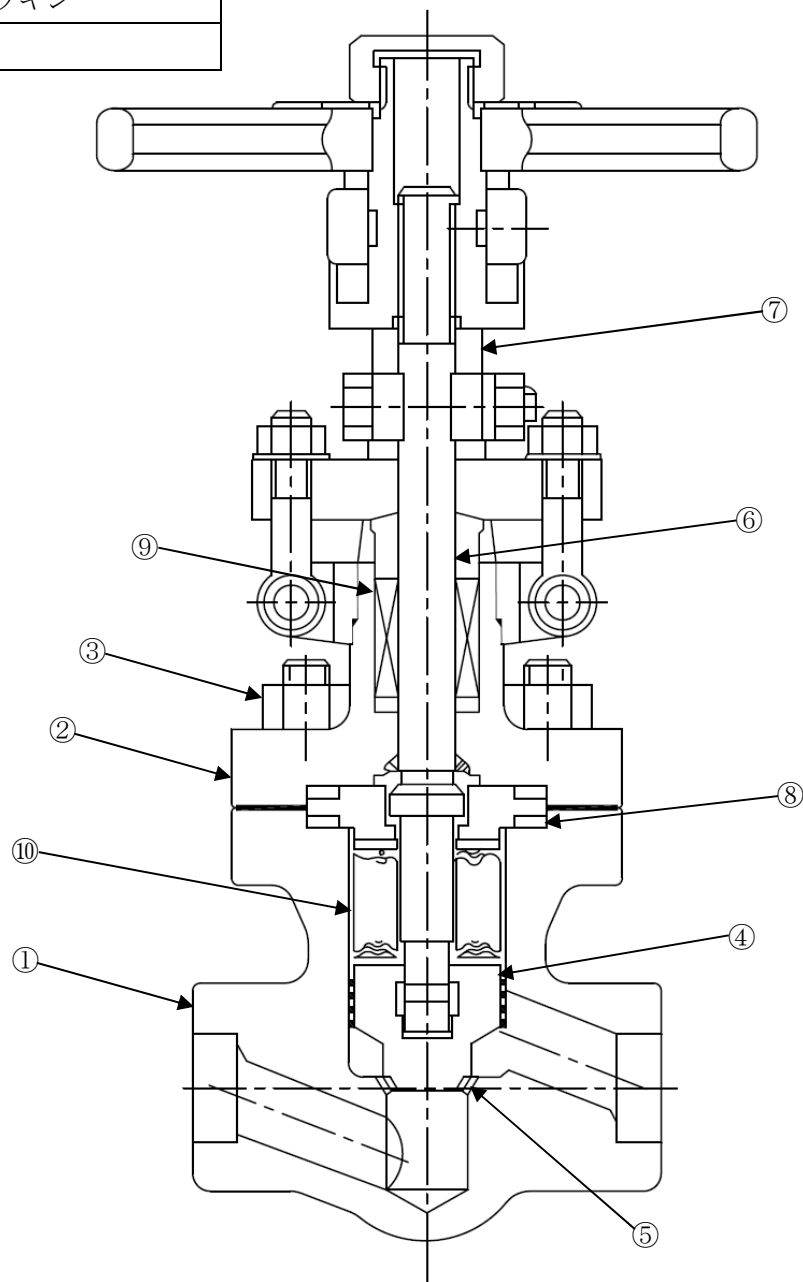


図 2.1-4 原子炉冷却材浄化系入口流量計装元弁構造図

表 2.1-7 原子炉冷却材浄化系入口流量計装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 (SUSF316)
		弁ふた	ステンレス鋼 (SUSF316)
		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 (NK30)	
隔離機能の維持	隔離	弁体	ステンレス鋼 (SUS316)
		弁座	ステンレス鋼 (SUSF316 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 (S25C)

表 2.1-8 原子炉冷却材浄化系入口流量計装元弁の使用条件

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 ほう酸水注入系ポンプ吸込弁用電動弁

(1) 構造

ほう酸水注入系ポンプ吸込弁用電動弁は、口径 80 A、圧力クラス 150 LB の電動玉形弁で、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及び弁ふたはステンレス鋳鋼、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、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吸込弁用電動弁の構造図を図 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吸込弁用電動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

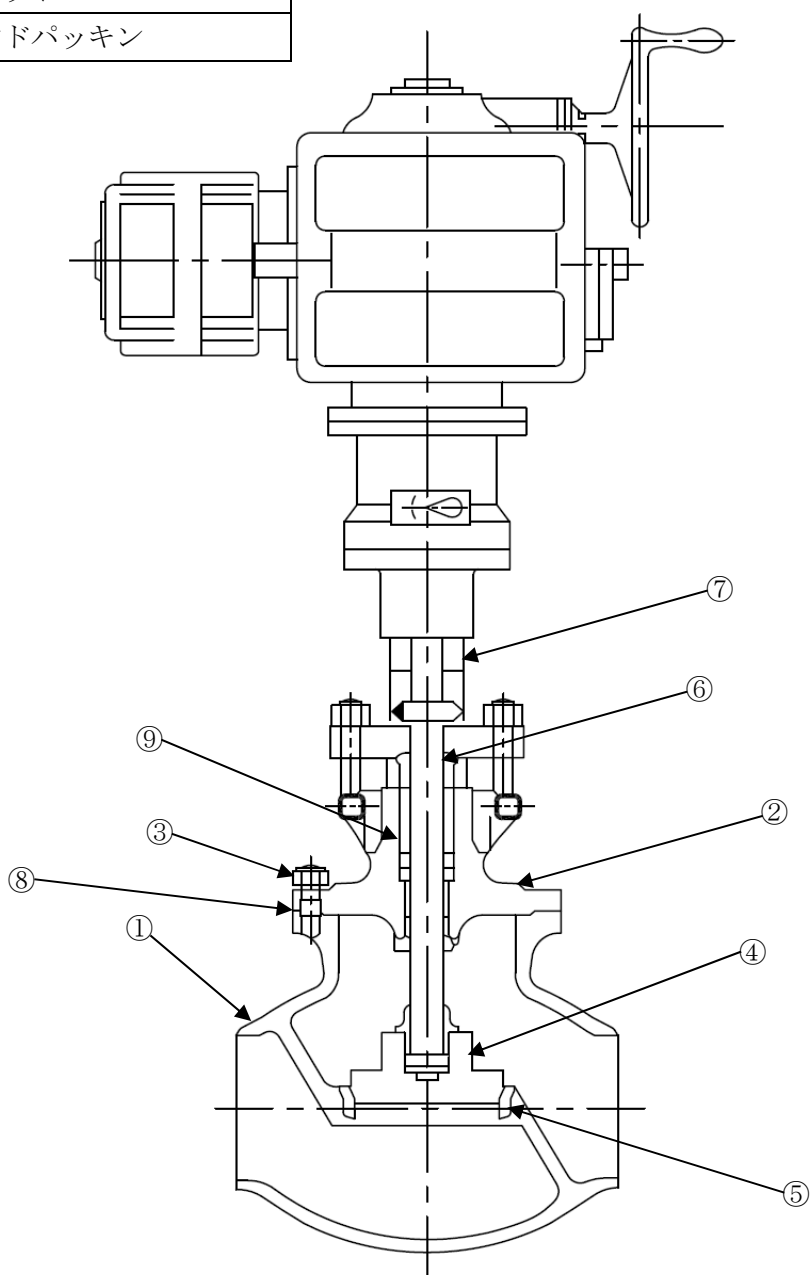


図 2.1-5 ほう酸水注入系ポンプ吸込弁用電動弁構造図

表 2.1-9 ほう酸水注入系ポンプ吸込弁用電動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	ステンレス鋳鋼 (SCS13A)
		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 (SUS431)
		ヨーク	炭素鋼鋳鋼 (SCPH2)

表 2.1-10 ほう酸水注入系ポンプ吸込弁用電動弁の使用条件

最高使用圧力	約 1.4 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

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 RPV ドレン弁]

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 RPV ドレン弁, 原子炉冷却材浄化系入口流量計装元弁]

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 RPV ドレン弁]

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，弁体及び弁座の腐食（全面腐食）〔原子炉補機冷却水系 RHR 熱交換器 RCW 出口弁〕

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。

f. 弁箱，弁ふた，弁体，弁座及び弁棒の腐食（全面腐食）〔ほう酸水注入系ポンプ吸込弁用電動弁〕

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。

g. 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。

h. ベローズの疲労割れ [原子炉冷却材浄化系 RPV ドレン弁, 原子炉冷却材浄化系入口流量計装元弁]

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 RPV ドレン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*1		△*2						
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	シール	ベローズ		高ニッケル合金			△	△				
		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		△*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 (2/5) 原子炉補機冷却水系 RHR 熱交換器 RCW 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		炭素鋼鋳鋼		△					*1:ステライト肉盛 *2:13Cr 肉盛	
		弁ふた		炭素鋼鋳鋼		△						
		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		炭素鋼鋳鋼*1		△						
		弁座		炭素鋼*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 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) 原子炉冷却材浄化系入口流量計装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) ほう酸水注入系ポンプ吸込弁用電動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）

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 RPV ドレン弁]

a. 事象の説明

原子炉冷却材浄化系 RPV ドレン弁は、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 RPV ドレン弁について、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（平成 30 年 3 月 31 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（平成 30 年 3 月 31 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。

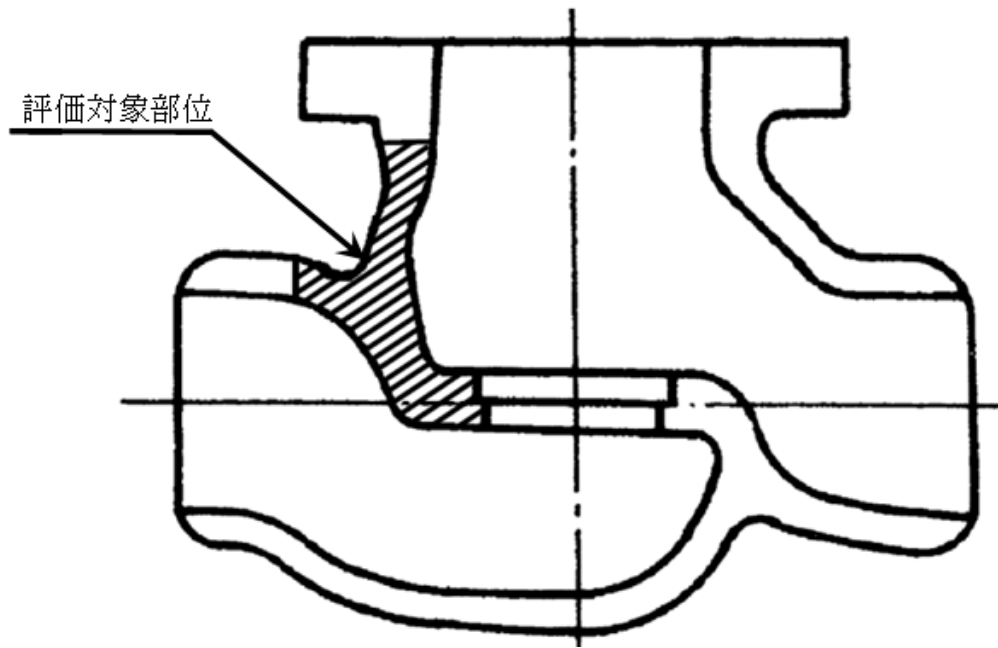


图 2.3-1 玉形弁疲劳评价部位

表 2.3-1 原子炉冷却材浄化系 RPV ドレン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 (平成 30 年 3 月 31 日時点)
起動 (昇温)	27
起動 (タービン起動)	27
給水加熱器機能喪失 (発電機トリップ)	8
タービントリップに伴うスクラム	5
スクラム (その他)	2
停止	27
ボルト取外し	16

表 2.3-2 原子炉冷却材浄化系 RPV ドレン弁の疲労評価結果

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 (平成 30 年 3 月 31 日時点)	現時点 (平成 30 年 3 月 31 日時点)
原子炉冷却材浄化系 RPV ドレン弁	0.009	0.237

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：2008」（AESJ-SC-P005：2008）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 RPV ドレン弁は、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 漏えい検出系
- 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 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 試料採取系
- ⑯ 事故時サンプリング系
- ⑰ 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. 電磁コイルの絶縁特性低下 [制御棒駆動系]

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は否定できない。

しかし、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。

また、点検時に絶縁抵抗測定を行っており、有意な絶縁特性の変化が認められた場合は、取替を行っていくことで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。

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、原子炉冷却材浄化系、燃料プール冷却浄化系]

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：低圧炉心スプレイ系，高圧炉心スプレイ系，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）〔ほう酸水注入系テストタンク戻り弁〕

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。

- 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 液体固体廃棄物処理系
- ⑦ 原子炉冷却材浄化系
- ⑧ 燃料プール冷却浄化系
- ⑨ 給水系
- ⑩ 原子炉補機冷却系
- 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

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	3-5
2.1 構造, 材料及び使用条件	3-5
2.1.1 給水系原子炉給水ライン外側隔離弁	3-5
2.1.2 原子炉補機冷却水系ポンプ吐出逆止弁	3-8
2.1.3 原子炉補機冷却海水系ポンプ吐出逆止弁	3-11
2.1.4 計装用圧縮空気系 ADS 用アキュムレータ逆止弁	3-14
2.1.5 ほう酸水注入系原子炉格納容器外側逆止弁	3-17
2.1.6 ほう酸水注入系ポンプ吐出逆止弁	3-20
2.2 経年劣化事象の抽出	3-23
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目	3-23
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象	3-23
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	3-24
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価	3-33
3. 代表機器以外への展開	3-37
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象	3-37
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	3-38

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) 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-F051A/B, 500 A, 900 LB)

(2) 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，運転状態の観点から，原子炉補機冷却水系ポンプ吐出逆止弁を代表機器とする。

(P21-F002A～D, 600 A, 150 LB)

(3) 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, 600 A, JIS 10K)

(4) 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，最高使用温度及び最高使用圧力の観点から，計装用圧縮空気系 ADS 用アキュムレータ逆止弁を代表機器とする。

(B21-F027A/C/G/H/J/K/P, 50 A, 300 LB)

(5) 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，ほう酸水注入系原子炉格納容器外側逆止弁を代表機器とする。

(C41-F007, 40 A, 1,500 LB)

(6) 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 (1/2) 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					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	25~500	連続 (連一*3)	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, 500A, 約 8.6MPa, 302°C, 900LB) B21-F051A/B	重要度, 運転状態		
		低圧炉心スプレイ系	PS-1	25~400	連一*3 (連一*3)	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				
		給水系	PS-1	500	連続 (連続)	約 8.6	302			◎	
	冷却水*4	原子炉補機冷却水系	MS-1	600	連続 (連続)	約 1.4	70		◎	原子炉補機冷却水系ポンプ吐出逆止弁 (スイング型, 600A, 約 1.4MPa, 70°C, 150LB) P21-F002A~D	運転状態
		換気空調補機非常用冷却水系	MS-1	150	一時 (一時)	約 1.4	70				
	海水	原子炉補機冷却海水系	MS-1	600	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, 600A, 約 0.6MPa, 50°C, JIS 10K) P41-F001A~D	運転状態
高圧炉心スプレイデュ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: 連続/一時

*4: 防錆剤入り純水

表 1-1 (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				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 (空気, 窒素)	計装用圧縮空気系	MS-1	50	連続 (連続)	約 0.9~1.8	66~171	◎	計装用圧縮空気系 ADS 用アキュムレータ逆止弁 (リフト型, 50A, 約 1.8MPa, 171°C, 300LB) B21-F027A/C/G/H/J/K/P	最高使用温度, 最高使用圧力
	純水	制御棒駆動系	高*3	15~50	連続 (連続)	約 2.5~13.8	66		ほう酸水注入系原子炉格納容器外側逆止弁 (リフト型, 40A, 約 8.6MPa, 302°C, 1,500LB) 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 1.0	100			
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 (リフト型, 40A, 約 10.8MPa, 66°C, 900LB) 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 給水系原子炉給水ライン外側隔離弁
- ② 原子炉補機冷却水系ポンプ吐出逆止弁
- ③ 原子炉補機冷却海水系ポンプ吐出逆止弁
- ④ 計装用圧縮空気系 ADS 用アキュムレータ逆止弁
- ⑤ ほう酸水注入系原子炉格納容器外側逆止弁
- ⑥ 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 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、弁座及びアームは炭素鋼鋳鋼、弁ふた及び弁体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 2.1-1 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 2.1-1 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	アーム
⑨	弁棒

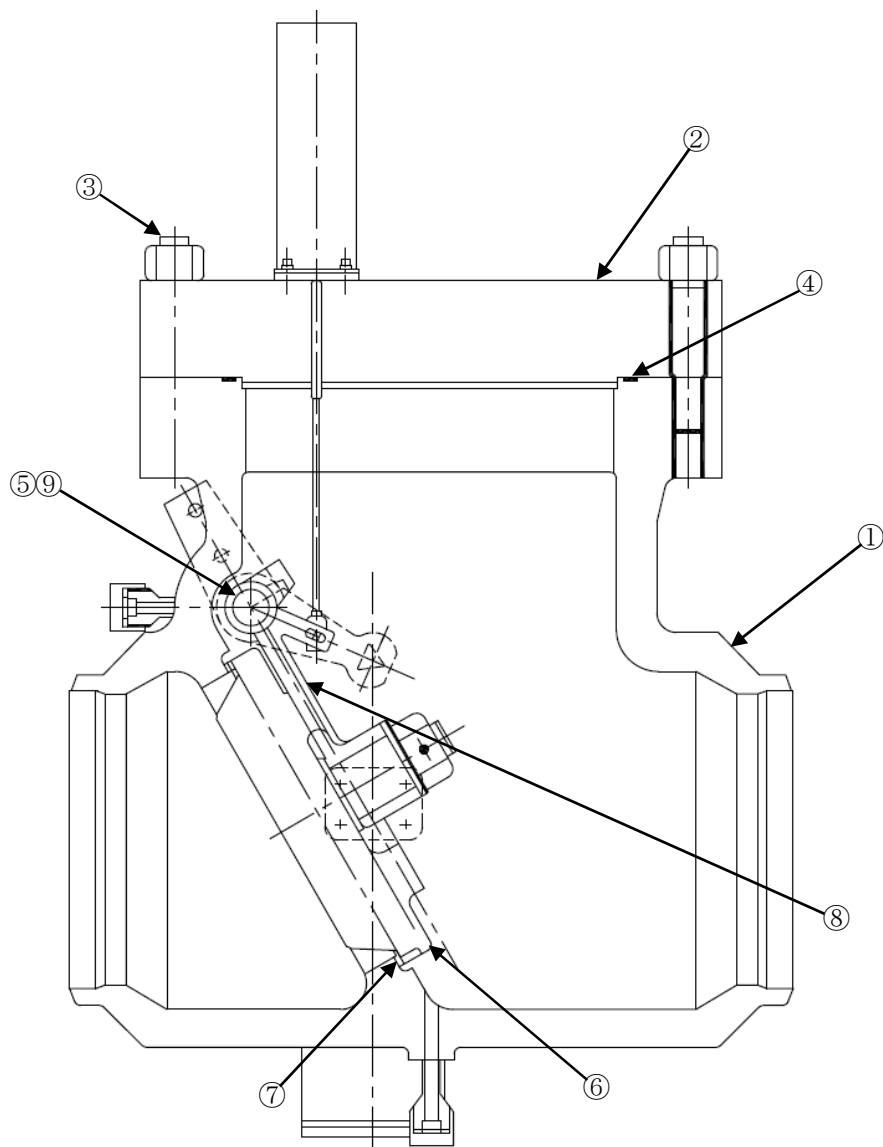


図 2. 1-1 給水系原子炉給水ライン外側隔離弁構造図

表 2.1-1 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 (SCPL1)
		弁ふた	炭素鋼 (SA350GR LF2)
		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	炭素鋼 (SA350GR LF2)
		弁座	炭素鋼鋳鋼 (SCPL1 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 (SCPL1)
		弁棒	ステンレス鋼 (SUS630)

表 2.1-2 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

2.1.2 原子炉補機冷却水系ポンプ吐出逆止弁

(1) 構造

原子炉補機冷却水系ポンプ吐出逆止弁は、口径 600 A、圧力クラス 150 LB のスイング型逆止弁で、4 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、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ポンプ吐出逆止弁の構造図を図 2.1-2 に示す。

(2) 材料及び使用条件

原子炉補機冷却水系ポンプ吐出逆止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	弁体
⑥	弁座
⑦	アーム
⑧	弁棒

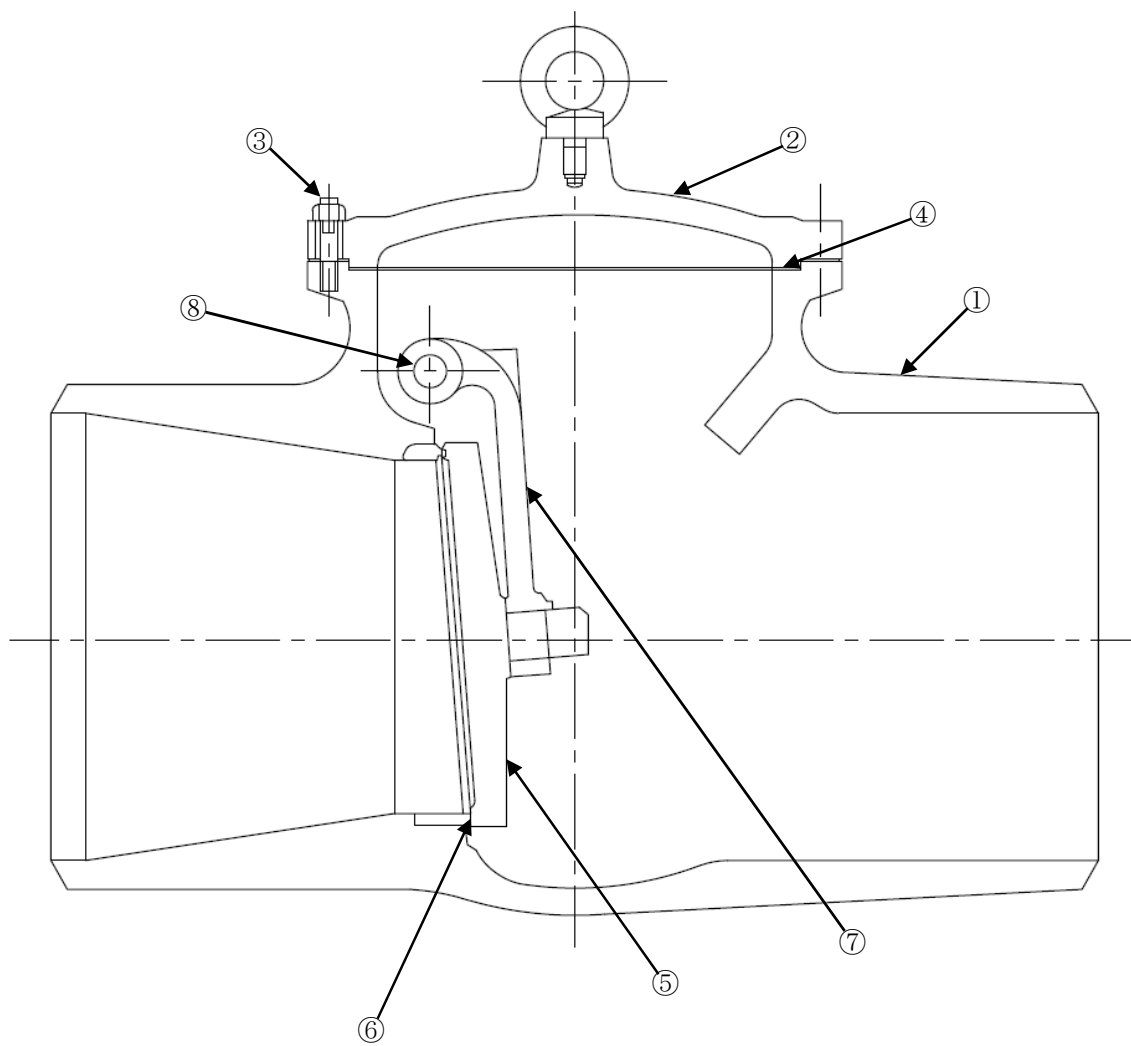


図 2.1-2 原子炉補機冷却水系ポンプ吐出逆止弁構造図

表 2.1-3 原子炉補機冷却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
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	炭素鋼鋳鋼 (SCPL1)
		弁ふた	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	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 HIGH Cr 肉盛)
		弁座	炭素鋼 (SA350 LF2 HIGH Cr 肉盛)
作動機能の維持	駆動力伝達	アーム	炭素鋼鋳鋼 (SCPL1)
		弁棒	ステンレス鋼 (SUS403)

表 2.1-4 原子炉補機冷却水系ポンプ吐出逆止弁の使用条件

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 600 A、圧力クラス JIS 10K 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、弁体及び弁座は炭素鋼鋳鋼、弁ふたは炭素鋼で製作されている。

なお、当該弁については、フランジボルトを緩め弁箱を取り外し、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。

原子炉補機冷却海水系ポンプ吐出逆止弁の構造図を図 2.1-3 に示す。

(2) 材料及び使用条件

原子炉補機冷却海水系ポンプ吐出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 (アーム一体型)
⑥	弁座
⑦	弁棒

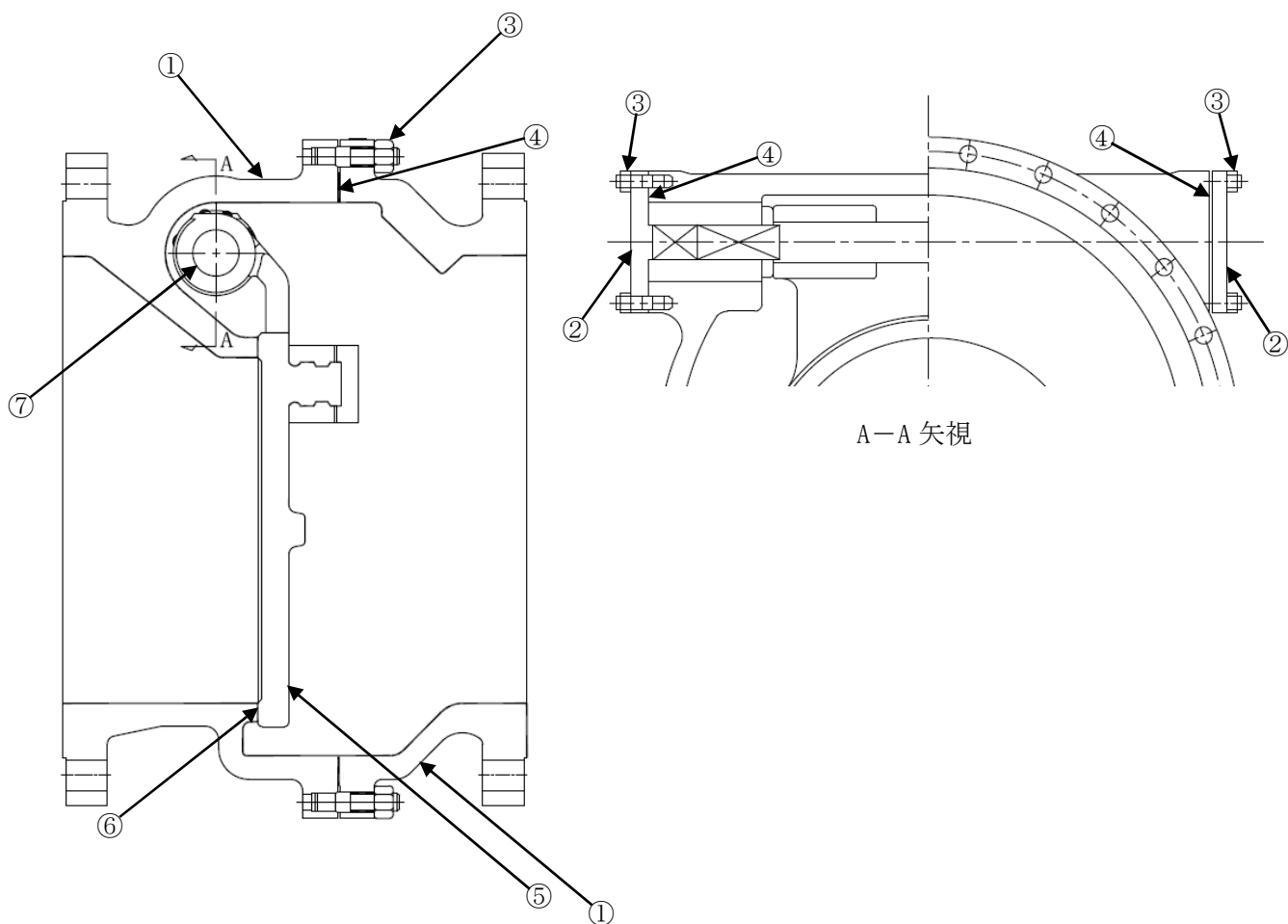


図 2.1-3 原子炉補機冷却海水系ポンプ吐出逆止弁構造図

表 2.1-5 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
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	炭素鋼鋳鋼 (SCPH2 ETFE ライニング)
		弁ふた	炭素鋼 (S25C 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 2.1-6 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

2.1.4 計装用圧縮空気系 ADS 用アキュムレータ逆止弁

(1) 構造

計装用圧縮空気系 ADS 用アキュムレータ逆止弁は、口径 50 A、圧力クラス 300 LB のリフト型逆止弁で、7 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（リフト型弁体、弁座）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。

計装用圧縮空気系 ADS 用アキュムレータ逆止弁の構造図を図 2.1-4 に示す。

(2) 材料及び使用条件

計装用圧縮空気系 ADS 用アキュムレータ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
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

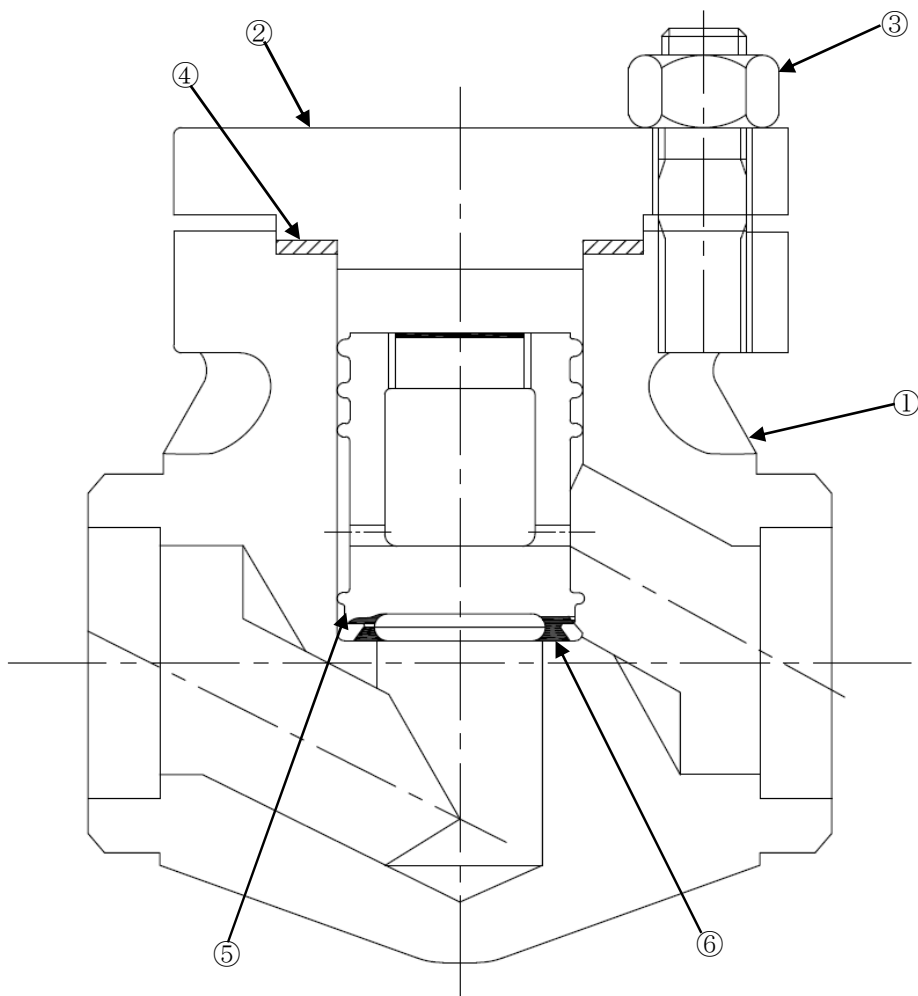


図 2.1-4 計装用圧縮空気系 ADS 用アキュムレータ逆止弁構造図

表 2.1-7 計装用圧縮空気系 ADS 用アキュムレータ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	ステンレス鋼 (SUSF304)
		弁ふた	ステンレス鋼 (SUSF304)
		ジョイントボルト	ステンレス鋼 (SUS316-B)
		ジョイントナット	ステンレス鋼 (SUS304-B)
	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 (SUS304-B ステライト肉盛)
		弁座	ステンレス鋼 (SUSF304 ステライト肉盛)

表 2.1-8 計装用圧縮空気系 ADS 用アキュムレータ逆止弁の使用条件

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)

2.1.5 ほう酸水注入系原子炉格納容器外側逆止弁

(1) 構造

ほう酸水注入系原子炉格納容器外側逆止弁は、口径 40 A、圧力クラス 1,500 LB のリフト型逆止弁で、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（リフト型弁体、弁座）からなる。

純水に接する弁箱及び弁座はステンレス鋳鋼、弁ふた及び弁体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。

ほう酸水注入系原子炉格納容器外側逆止弁の構造図を図 2.1-5 に示す。

(2) 材料及び使用条件

ほう酸水注入系原子炉格納容器外側逆止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

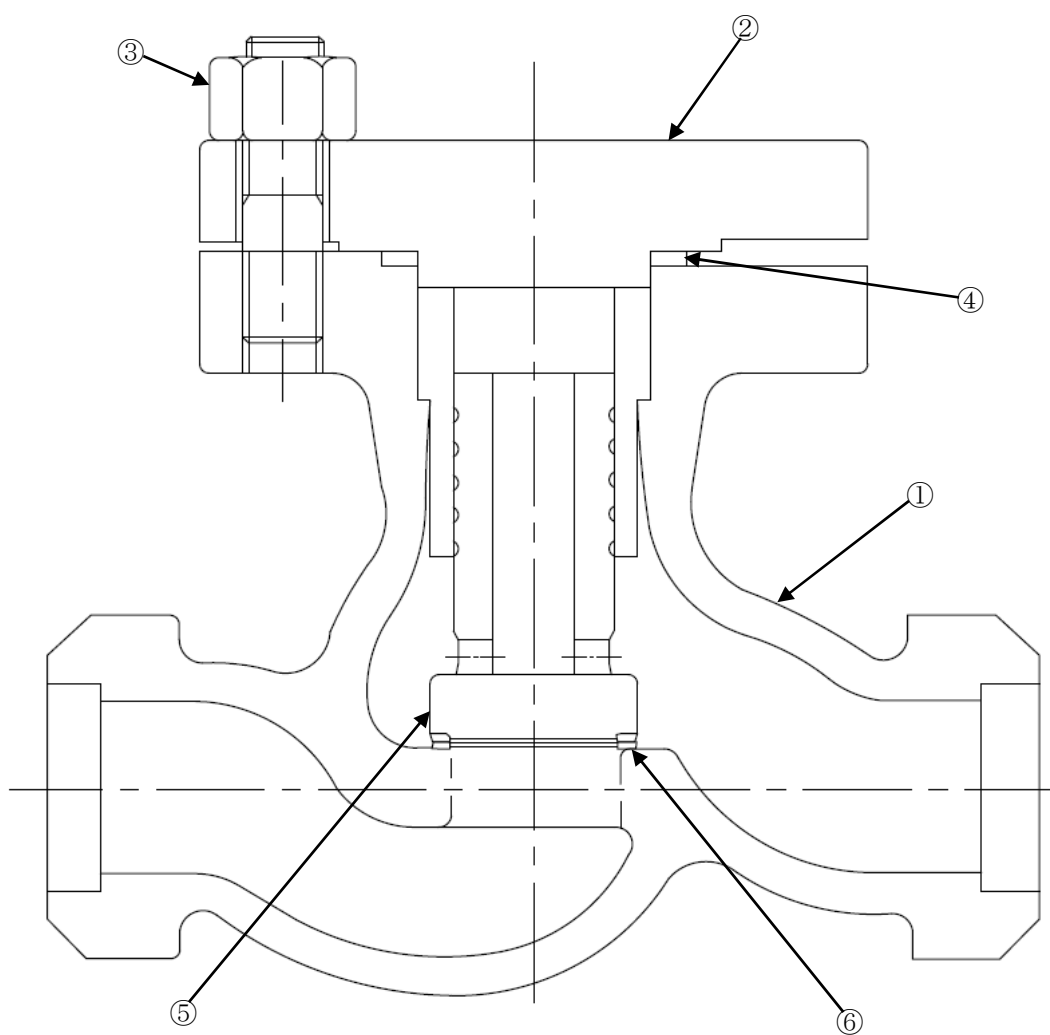


図 2.1-5 ほう酸水注入系原子炉格納容器外側逆止弁構造図

表 2.1-9 ほう酸水注入系原子炉格納容器外側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 (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	ステンレス鋳鋼 (SCS16A ステライト肉盛)

表 2.1-10 ほう酸水注入系原子炉格納容器外側逆止弁の使用条件

最高使用圧力	約 8.6 MPa
最高使用温度	302 °C
内部流体	純水

2.1.6 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 のリフト型逆止弁で、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（リフト型弁体、弁座）からなる。

五ほう酸ナトリウム水に接する弁箱及び弁座はステンレス鋳鋼、弁ふた及び弁体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 2.1-6 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 2.1-11 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

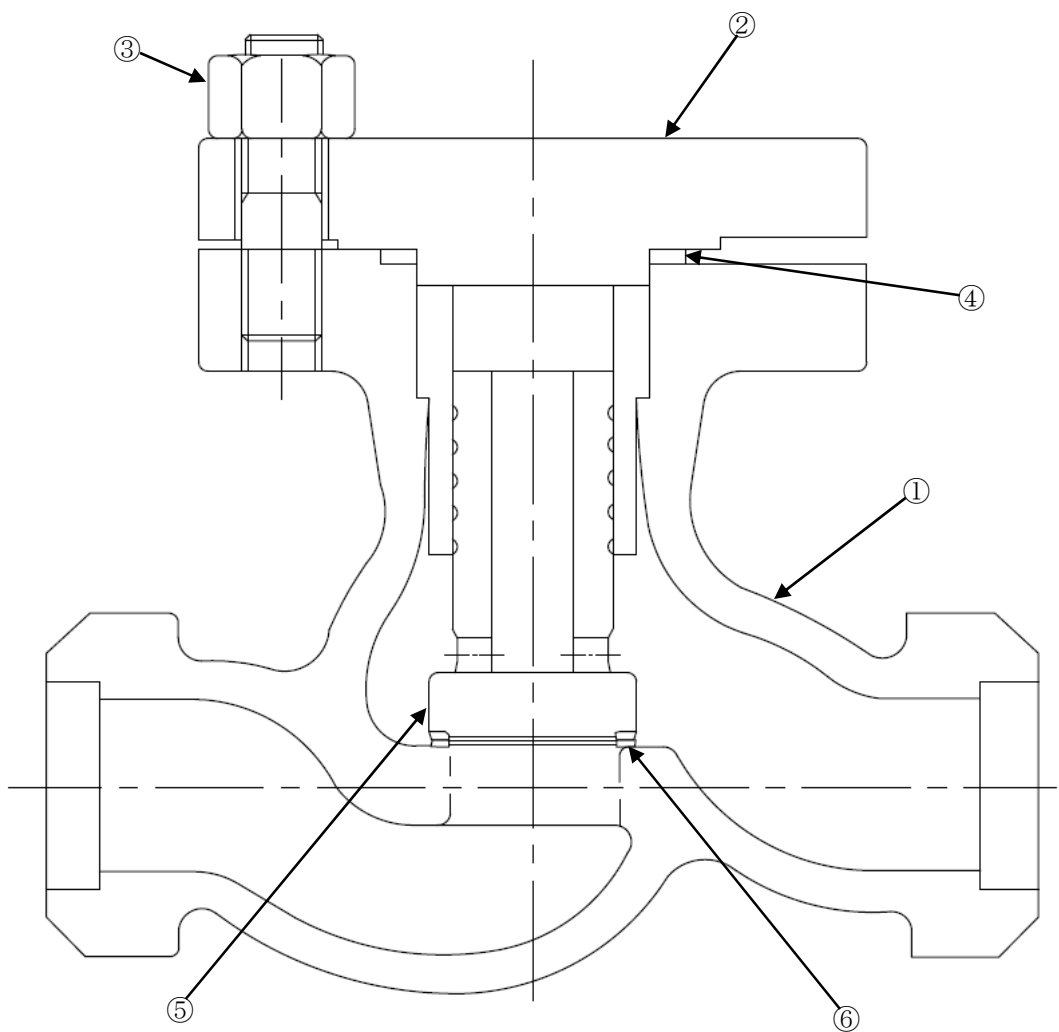


図 2.1-6 ほう酸水注入系ポンプ吐出逆止弁構造図

表 2.1-11 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
ハウンドリの維持	耐圧	弁箱	ステンレス鋳鋼 (SCS14A)
		弁ふた	ステンレス鋼 (SUSF316)
		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 (SUSF316 ステライト肉盛)
		弁座	ステンレス鋳鋼 (SCS14A ステライト肉盛)

表 2.1-12 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〔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ポンプ吐出逆止弁，原子炉補機冷却海水系ポンプ吐出逆止弁〕

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）〔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または炭素鋼で，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）〔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。

e. ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）〔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ポンプ吐出逆止弁，原子炉補機冷却海水系ポンプ吐出逆止弁，ほう酸水注入系原子炉格納容器外側逆止弁，ほう酸水注入系ポンプ吐出逆止弁〕

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。

f. 弁体の固着〔計装用圧縮空気系 ADS 用アキュムレータ逆止弁，ほう酸水注入系原子炉格納容器外側逆止弁，ほう酸水注入系ポンプ吐出逆止弁〕

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）〔原子炉補機冷却水系ポンプ吐出逆止弁〕

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，弁体及び弁座の腐食（全面腐食）〔ほう酸水注入系ポンプ吐出逆止弁〕

弁箱，弁ふた，弁体及び弁座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。

- (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) 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:ステライト肉盛 *2:連結部 *3:FAC	
		弁ふた		炭素鋼		△*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	△*2	△*3						
		弁座		炭素鋼鋳鋼*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 (2/6) 原子炉補機冷却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:HIGH Cr 肉盛 *2:連結部	
		弁ふた		炭素鋼鋳鋼		△						
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	シール	ガスケット	◎									
隔離機能の維持	隔離	弁体		炭素鋼鋳鋼*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 (3/6) 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*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 (4/6) 計装用圧縮空気系 ADS 用アキュムレータ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		ステンレス鋼							*1:ステライト肉盛 *2:固着	
		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	◎									
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								

△：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 (5/6) ほう酸水注入系原子炉格納容器外側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:固着	
		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		ステンレス鋳鋼*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）

表 2.2-1 (6/6) 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:固着	
		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		ステンレス鋳鋼*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）

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（平成 30 年 3 月 31 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（平成 30 年 3 月 31 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。

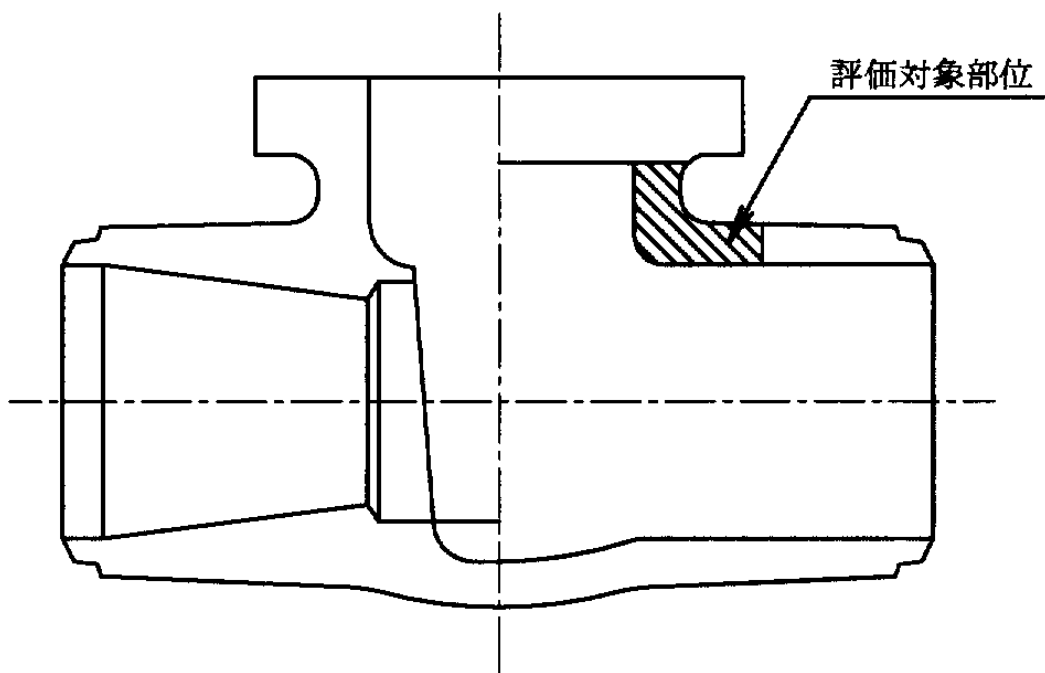


图 2.3-1 逆止弁疲労評価部位

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 (平成 30 年 3 月 31 日時点)
耐圧試験	15
起動 (昇温)	27
起動 (タービン起動)	27
夜間低出力運転	15
週末低出力運転	14
制御棒パターン変更	58
給水加熱器機能喪失 (発電機トリップ)	8
タービントリップに伴うスクラム	5
スクラム (その他)	2
停止	27
ボルト取外し	16

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 (平成 30 年 3 月 31 日時点)	現時点 (平成 30 年 3 月 31 日時点)
給水系原子炉給水ライン外側隔離弁	0.030	0.145

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：2008」（AESJ-SC-P005：2008）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 液体固体廃棄物処理系
- ⑦ 原子炉冷却材浄化系
- ⑧ 燃料プール冷却浄化系
- ⑨ 給水系
- 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海水系
- ⑫ 計装用圧縮空気系

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、原子炉冷却材浄化系、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〕

代表機器同様，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，弁座及びアームの腐食（全面腐食）〔換気空調補機非常用冷却水系ポンプ吐出弁〕

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 原子炉補機冷却水系
- ② 原子炉補機冷却海水系
- ③ 高圧炉心スプレィディーゼル補機冷却海水系
- ④ 非常用ガス処理系

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 非常用ガス処理系トレイン出口隔離弁	4-3
2.1.2 原子炉補機冷却水系冷却水供給温度調節弁バイパス側前弁	4-6
2.1.3 原子炉補機冷却海水系 RCW 熱交換器 RSW 出口元弁	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	4-18
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象	4-18
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	4-18

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。弁箱材料は炭素鋼のみに分類され、流体はガス、冷却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) ガス系炭素鋼バタフライ弁（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バタフライ弁のうち、最高使用温度の観点から非常用ガス処理系トレイン出口隔離弁を代表機器とする。

(T22-MO-F004A/B, 400 A, JIS 10 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、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バイパス側前弁を代表機器とする。

(P21-F011A/B, 700 A, JIS 20 K)

(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、運転状態及び口径の観点から原子炉補機冷却海水系 RCW 熱交換器 RSW 出口元弁を代表機器とする。

(P41-MO-F009A/B, 900 A, JIS 10 K)

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
			重要度*1	使用条件						
材料	内部流体			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	400	一時 (一時)	約 0.1	100~140	◎	非常用ガス処理系トレイン出口隔離弁 (400 A, 約 0.1 MPa, 140 °C, JIS 10 K) T22-M0-F004A/B	最高使用温度
	冷却水*3	原子炉補機冷却水系	MS-1	450~700	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バイパス側前弁 (700 A, 約 1.4 MPa, 70 °C, JIS 20 K) P21-F011A/B	口径
	海水	原子炉補機冷却海水系	MS-1	500~900	連続 (連続)	約 0.6	50	◎	原子炉補機冷却海水系 RCW 熱交換器 RSW 出口元弁 (900 A, 約 0.6 MPa, 50 °C, JIS 10 K) P41-M0-F009A/B	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			

*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

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 非常用ガス処理系トレイン出口隔離弁
- ② 原子炉補機冷却水系冷却水供給温度調節弁バイパス側前弁
- ③ 原子炉補機冷却海水系 RCW 熱交換器 RSW 出口元弁

2.1 構造、材料及び使用条件

2.1.1 非常用ガス処理系トレイン出口隔離弁

(1) 構造

非常用ガス処理系トレイン出口隔離弁は、口径 400 A、圧力クラス JIS 10 K の電動バタフライ弁で、2台設置されている。

ガス（空気）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（空気）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（空気）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，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。

非常用ガス処理系トレイン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

非常用ガス処理系トレイン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	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

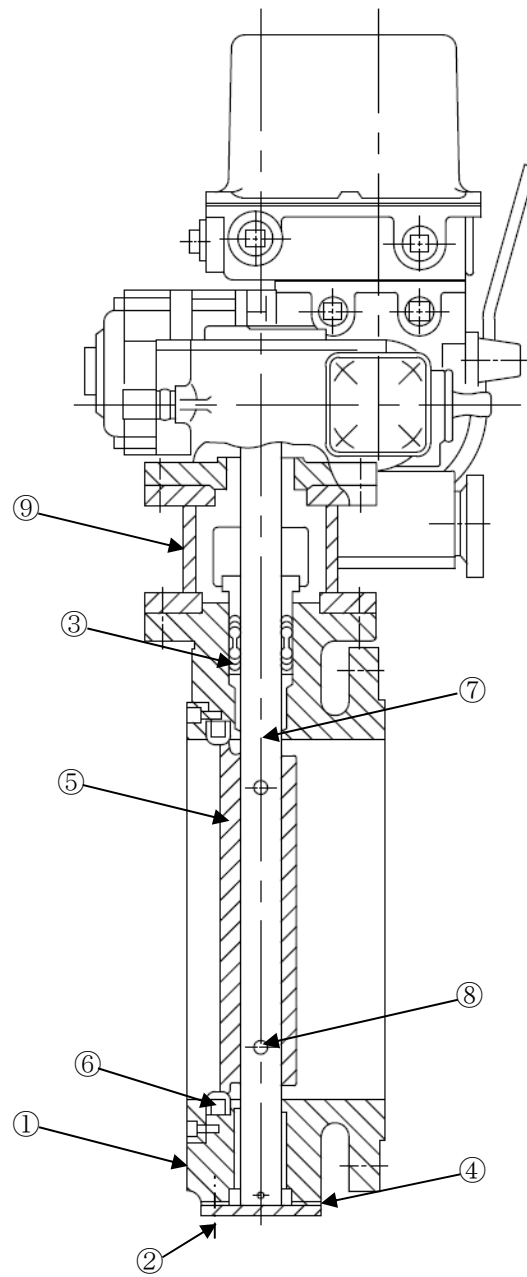


図 2.1-1 非常用ガス処理系トレン出口隔離弁構造図

表 2.1-1 非常用ガス処理系トレイン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 (SCPL1)
		ジョイントボルト	低合金鋼
		ジョイントナット	低合金鋼
	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 ステンレス鋼肉盛)
		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)
		ピン	ステンレス鋼 (SUS304)
		ヨーク	炭素鋼 (SS41)

表 2.1-2 非常用ガス処理系トレイン出口隔離弁の使用条件

最高使用圧力	約 0.1 MPa
最高使用温度	140 °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バイパス側前弁

(1) 構造

原子炉補機冷却水系冷却水供給温度調節弁バイパス側前弁は、口径 700 A、圧力クラス JIS 20 K 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・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。

原子炉補機冷却水系冷却水供給温度調節弁バイパス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バイパス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・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

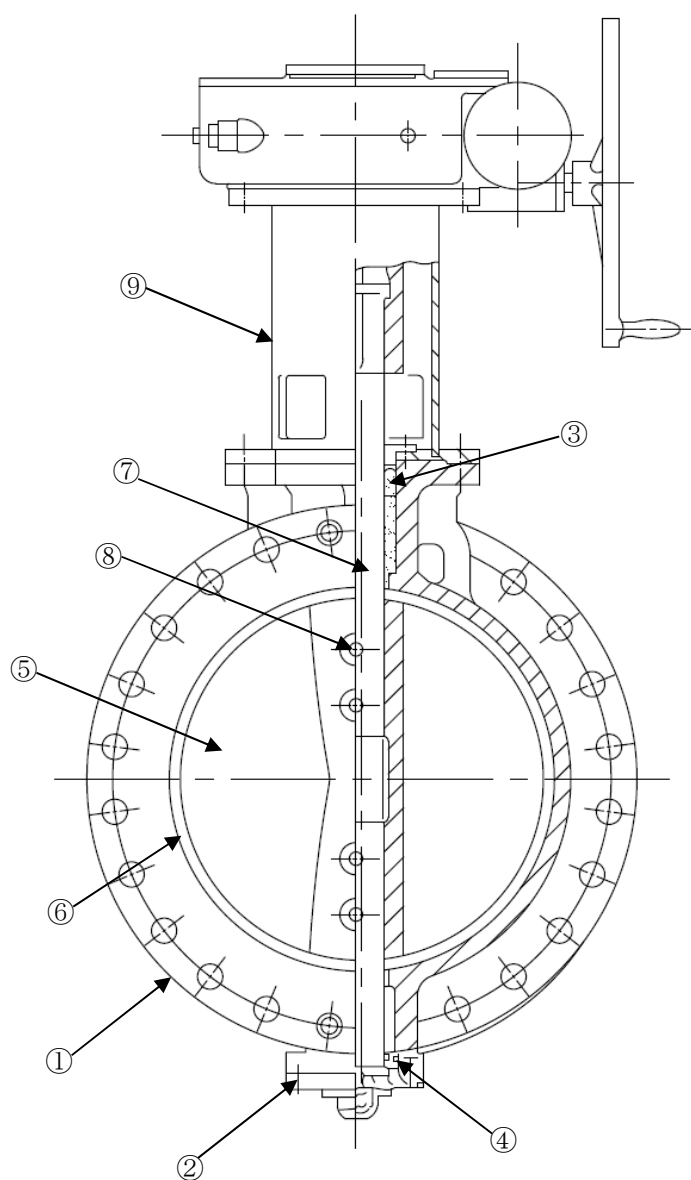


図 2.1-2 原子炉補機冷却水系冷却水供給温度調節弁バイパス側前弁構造図

表 2.1-3 原子炉補機冷却水系冷却水供給温度調節弁バイパス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 (SCPL1)
		ジョイントボルト	炭素鋼
		ジョイントナット	炭素鋼
	シール	Oリング	(消耗品)
		グラントパッキン	(消耗品)
隔離機能の維持	隔離	弁体	炭素鋼鋳鋼 (SCPL1)
		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 2.1-4 原子炉補機冷却水系冷却水供給温度調節弁バイパス側前弁の使用条件

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 RCW 熱交換器 RSW 出口元弁

(1) 構造

原子炉補機冷却海水系 RCW 熱交換器 RSW 出口元弁は、口径 900 A、圧力クラス JIS 10 K の電動バタフライ弁で、2 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 RCW 熱交換器 RSW 出口元弁の構造図を図 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 RCW 熱交換器 RSW 出口元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

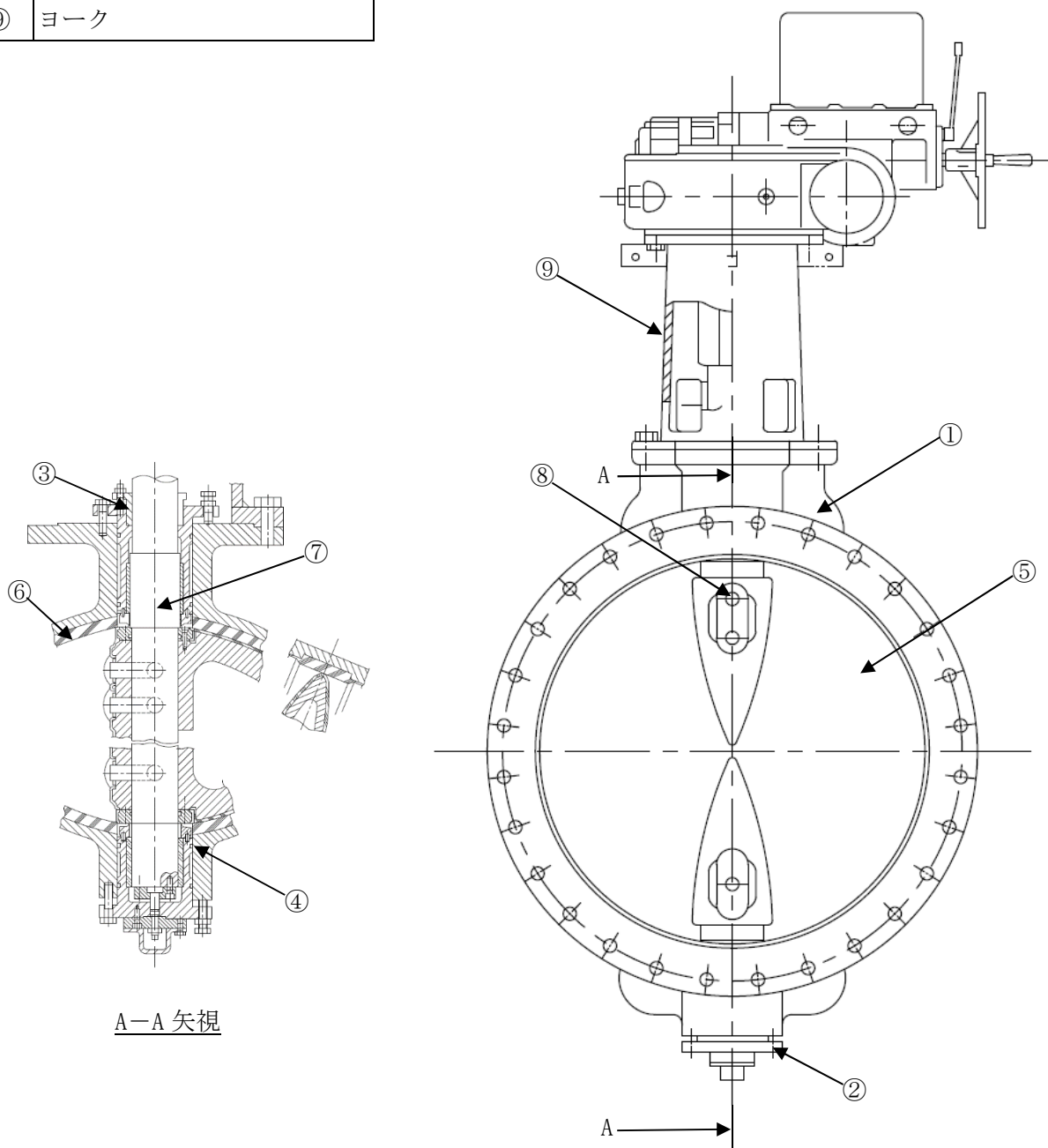


図 2.1-3 原子炉補機冷却海水系 RCW 熱交換器 RSW 出口元弁構造図

表 2.1-5 原子炉補機冷却海水系 RCW 熱交換器 RSW 出口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	炭素鋼鋳鋼 (SCPL1 ゴムライニング)
		ジョイントボルト	炭素鋼 (SS41)
		ジョイントナット	炭素鋼 (SS41)
	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 (SCPL1 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 (SUS316)
		ピン	ステンレス鋼 (SUS316)
		ヨーク	炭素鋼 (SS41)

表 2.1-6 原子炉補機冷却海水系 RCW 熱交換器 RSW 出口元弁の使用条件

最高使用圧力	約 0.6 MPa
最高使用温度	50 °C
内部流体	海水

2.2 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 RCW 熱交換器 RSW 出口元弁〕

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）〔非常用ガス処理系トレイン出口隔離弁〕

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. 弁箱及び弁体の腐食（全面腐食）〔原子炉補機冷却水系冷却水供給温度調節弁パイパス側前弁〕

弁箱及び弁体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。

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. ヨークの腐食（全面腐食） [共通]

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 (1/3) 非常用ガス処理系トレイン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		△					*1:ステンレス 鋼肉盛	
		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 (2/3) 原子炉補機冷却水系冷却水供給温度調節弁バイパス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・ナット		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（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 (3/3) 原子炉補機冷却海水系 RCW 熱交換器 RSW 出口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		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		炭素鋼		△						
	シール	グランドパッキン	◎									
		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）

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 高圧炉心スプレィディーゼル補機冷却海水系
- ④ 非常用ガス処理系

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、高圧炉心スプレィディーゼル補機冷却海水系]

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） [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〕
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. 弁箱及び弁体の腐食（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、弁箱及び弁体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。
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. 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

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安全弁	5-3
2.1.2 残留熱除去系停止時冷却ライン外側隔離弁逃がし弁	5-6
2.1.3 原子炉冷却材浄化系パージライン逃がし弁	5-9
2.1.4 ほう酸水注入系ほう酸水注入ポンプ吐出側逃がし弁	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安全弁のみであり，この弁を代表機器とする。

(T49-F008A/B, 40 A, JIS 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ライン外側隔離弁逃がし弁を代表機器とする。

(E11-F103A/B, 25 A, 1500 LB)

(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, 25 A, 1500 LB)

(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，ほう酸水注入系ほう酸水注入ポンプ吐出側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, 1500 LB)

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	40	一時 (一時)	約 0.3	171	◎	可燃性ガス濃度制御系出口ライン安全弁 (40 A, 約 0.3 MPa, 171 °C, JIS 10 K) T49-F008A/B	
	純水	残留熱除去系	MS-1	25	連続 (一時)	約 1.4~8.6	104~302	◎	残留熱除去系停止時冷却ライン外側隔離弁逃がし弁 (25 A, 約 8.6 MPa, 302 °C, 1500 LB) E11-F103A/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	25	連続 (連続)	約 13.8	66	◎	原子炉冷却材浄化系パージライン逃がし弁 (25 A, 約 13.8 MPa, 66 °C, 1500 LB) 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	◎	ほう酸水注入系ほう酸水注入ポンプ吐出側逃がし弁 (25 A, 約 10.8 MPa, 66 °C, 1500 LB) 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安全弁
- ② 残留熱除去系停止時冷却ライン外側隔離弁逃がし弁
- ③ 原子炉冷却材浄化系パージライン逃がし弁
- ④ ほう酸水注入系ほう酸水注入ポンプ吐出側逃がし弁

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安全弁

(1) 構造

可燃性ガス濃度制御系出口ライン安全弁は、口径 40 A、圧力クラス JIS 10 K の安全弁で、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）に接する弁箱は炭素鋼鋳鋼、弁体及びノズルシート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安全弁の構造図を図 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安全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

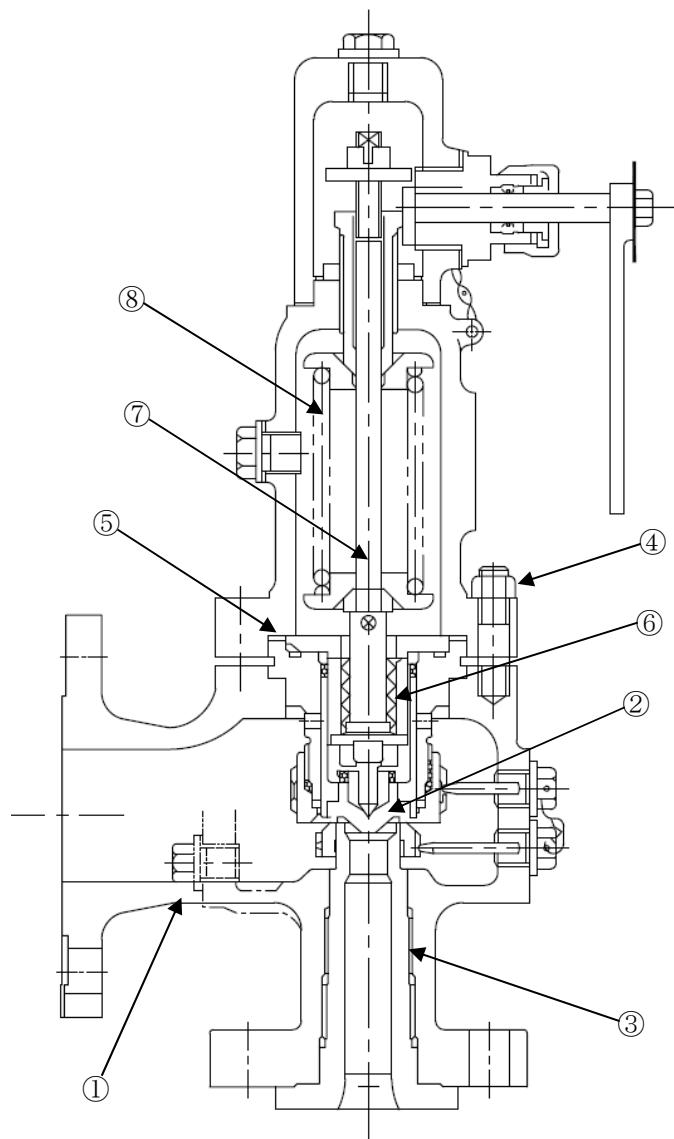


図 2. 1-1 可燃性ガス濃度制御系出口ライン安全弁構造図

表 2.1-1 可燃性ガス濃度制御系出口ライン安全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	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)
		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安全弁の使用条件

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ライン外側隔離弁逃がし弁

(1) 構造

残留熱除去系停止時冷却ライン外側隔離弁逃がし弁は、口径 25 A、圧力クラス 1500 LB 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。

純水に接する弁箱は炭素鋼鋳鋼、弁体及びノズルシート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。

残留熱除去系停止時冷却ライン外側隔離弁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ライン外側隔離弁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

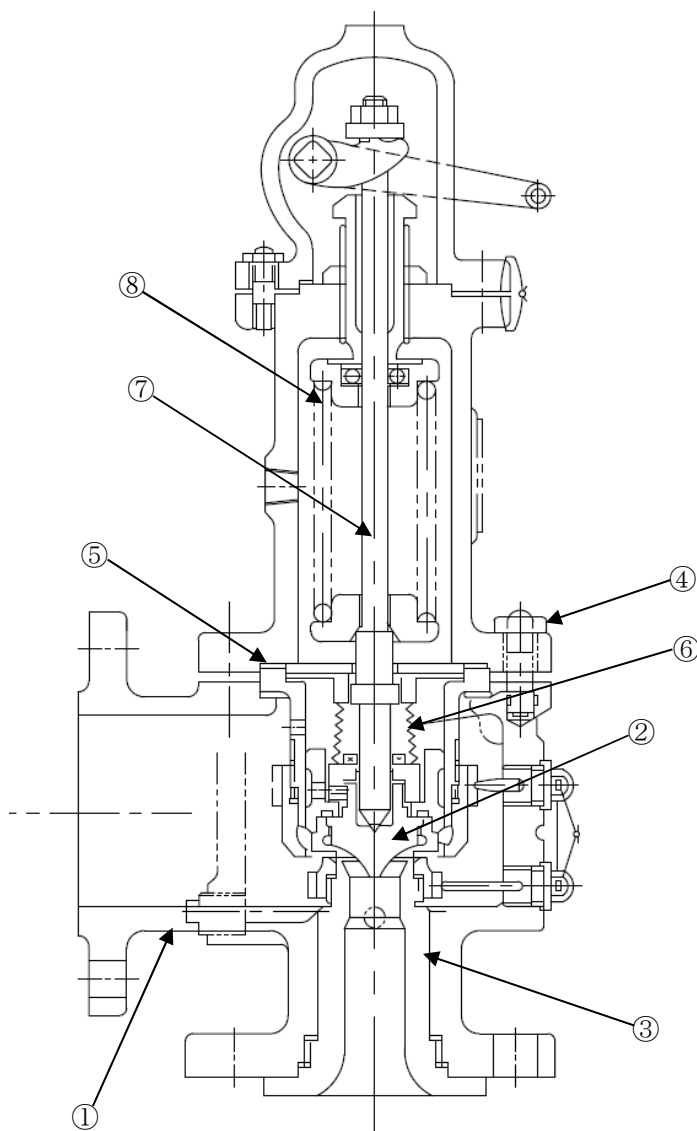


図 2. 1-2 残留熱除去系停止時冷却ライン外側隔離弁逃がし弁構造図

表 2.1-3 残留熱除去系停止時冷却ライン外側隔離弁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	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	炭素鋼 (S45C)
	シール	ガスケット	(消耗品)
		ベローズ	高ニッケル合金 (NK30)
作動機能の維持	作動力伝達	弁棒	ステンレス鋼 (SUS630)
		スプリング	ステンレス鋼 (SUS304WPB)

表 2.1-4 残留熱除去系停止時冷却ライン外側隔離弁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パーシライン逃がし弁

(1) 構造

原子炉冷却材浄化系パーシライン逃がし弁は、口径 25 A、圧力クラス 1500 LB 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。

純水に接する弁箱はステンレス鋳鋼、弁体及びノズルシート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。

原子炉冷却材浄化系パーシ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パーシ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

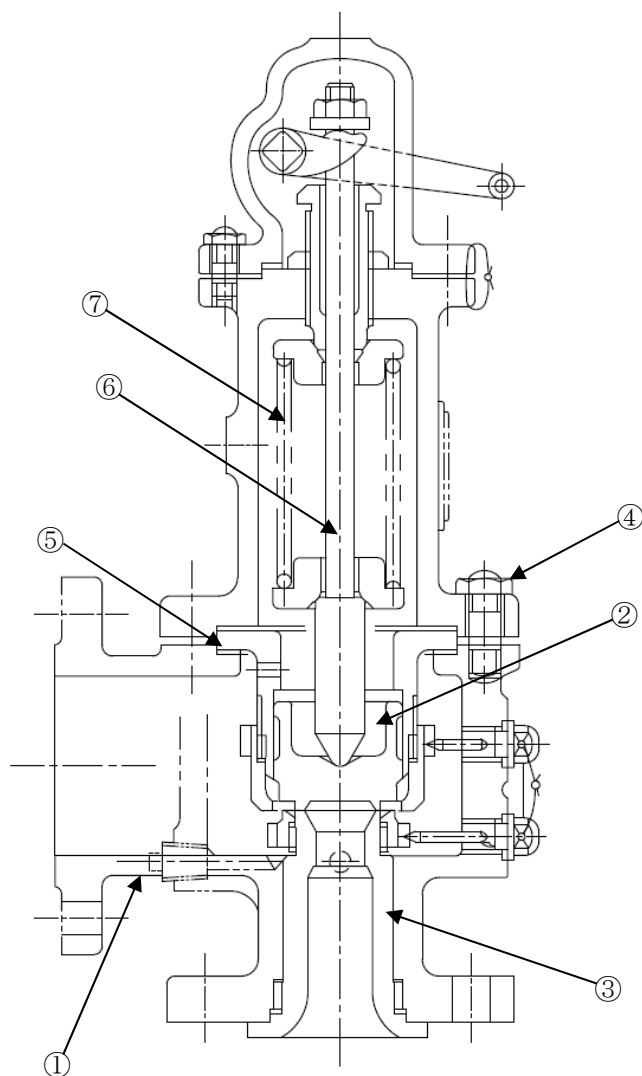


図 2.1-3 原子炉冷却材浄化系パーライン逃がし弁構造図

表 2.1-5 原子炉冷却材浄化系パー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	ステンレス鋳鋼 (SCS14A)
		弁体	ステンレス鋼 (SUSF316 ステライト肉盛)
		ノズルシート	ステンレス鋼 (SUSF316 ステライト肉盛)
		ジョイントボルト	ステンレス鋼 (SUS304D)
		ジョイントナット	ステンレス鋼 (SUS304)
	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 (SUS316 ステライト肉盛)
		スプリング	ステンレス鋼 (SUS304WPB)

表 2.1-6 原子炉冷却材浄化系パー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 ほう酸水注入系ほう酸水注入ポンプ吐出側逃がし弁

(1) 構造

ほう酸水注入系ほう酸水注入ポンプ吐出側逃がし弁は、口径 25 A、圧力クラス 1500 LB 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はステンレス鋳鋼、弁体及びノズルシート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。

ほう酸水注入系ほう酸水注入ポンプ吐出側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

ほう酸水注入系ほう酸水注入ポンプ吐出側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	ベローズ
⑦	弁棒
⑧	スプリング

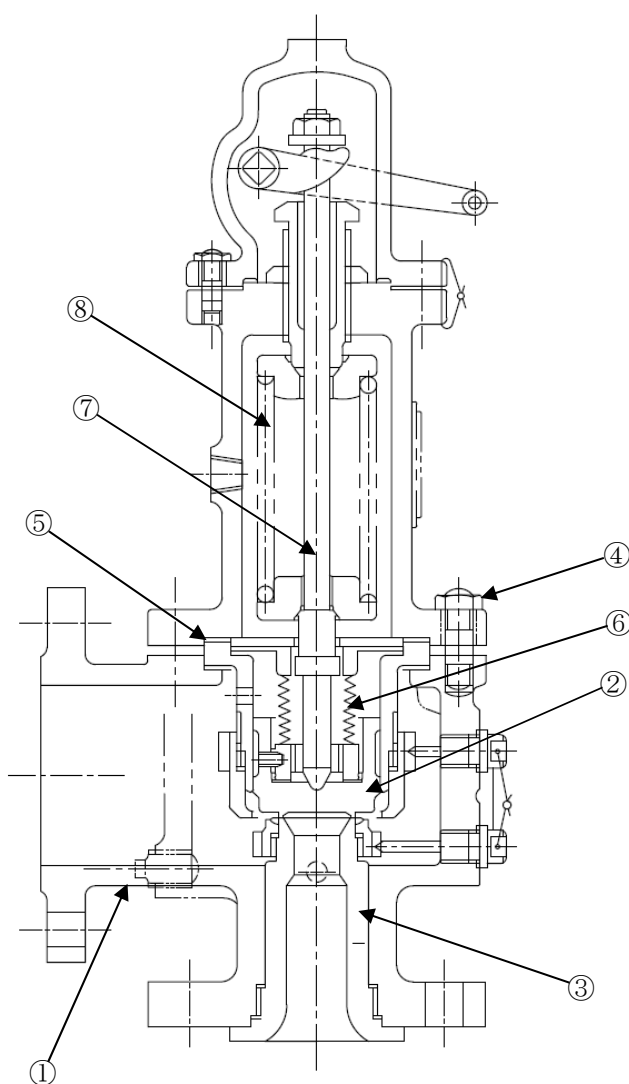


図 2.1-4 ほう酸水注入系ほう酸水注入ポンプ吐出側逃がし弁構造図

表 2.1-7 ほう酸水注入系ほう酸水注入ポンプ吐出側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	ステンレス鋳鋼 (SCS14A)
		弁体	ステンレス鋼 (SUSF316 ステライト肉盛)
		ノズルシート	ステンレス鋼 (SUSF316 ステライト肉盛)
		ジョイントボルト	ステンレス鋼 (SUS304D)
		ジョイントナット	ステンレス鋼 (SUS304)
	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 (SUS630)
		スプリング	ステンレス鋼 (SUS304WPB)

表 2.1-8 ほう酸水注入系ほう酸水注入ポンプ吐出側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. 弁箱の腐食（全面腐食）〔残留熱除去系停止時冷却ライン外側隔離弁逃がし弁〕

弁箱は炭素鋼鋳鋼で、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。

b. 弁箱の腐食（全面腐食）〔可燃性ガス濃度制御系出口ライン安全弁〕

弁箱は炭素鋼鋳鋼で、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。

c. 弁箱、弁体及びノズルシートの腐食（全面腐食）〔ほう酸水注入系ほう酸水注入ポンプ吐出側逃がし弁〕

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。

d. ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）〔可燃性ガス濃度制御系出口ライン安全弁、残留熱除去系停止時冷却ライン外側隔離弁逃がし弁〕

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安全弁，残留熱除去系停止時冷却ライン外側隔離弁逃がし弁，ほう酸水注入系ほう酸水注入ポンプ吐出側逃がし弁]

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安全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		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	◎									
		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ライン外側隔離弁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		ステンレス鋼*1								
		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	◎									
		ベローズ		高ニッケル合金			△					
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		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 (3/4) 原子炉冷却材浄化系パー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		ステンレス鋼*1								
		ノズルシート		ステンレス鋼*1								
		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	◎									
作動機能の維持	作動力伝達	弁棒		ステンレス鋼*1								
		スプリング		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 (4/4) ほう酸水注入系ほう酸水注入ポンプ吐出側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		ステンレス鋳鋼		△						*1:ステライト肉盛 *2:へたり
		弁体		ステンレス鋼*1		△						
		ノズルシート		ステンレス鋼*1		△						
		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	◎									
		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		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）

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. 弁箱の腐食（全面腐食） [共通]

代表機器同様、弁箱は炭素鋼鋳鋼で、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。

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・ナットは炭素鋼であるため、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 燃料プール冷却浄化系
- ③ 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1次入口弁	6-3
2.1.2 燃料プール冷却浄化系使用済燃料貯蔵プール散水管入口弁	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 1 次入口弁を代表機器とする。

(G31-A0-F308C/D, 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、重要度の観点から燃料プール冷却浄化系使用済燃料貯蔵プール散水管入口弁を代表機器とする。

(G41-F013A/B, 150 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 1 次入口弁 (125A, 約 10.0MPa, 66°C, 900LB) G31-A0-F308C/D	口径
ステンレス鋼	純水	燃料プール冷却浄化系	MS-2	150	連続 (連続)	約 1.4	66	◎	燃料プール冷却浄化系使用済燃料貯蔵プール散水管入口弁 (150A, 約 1.4MPa, 66°C, 150LB) G41-F013A/B	重要度
		液体固体廃棄物処理系	高*3	40~100	連続 (連続)	約 1.0	100			

*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1次入口弁
- ② 燃料プール冷却浄化系使用済燃料貯蔵プール散水管入口弁

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1次入口弁

(1) 構造

原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器プリコート1次入口弁は、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、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1次入口弁の構造図を図 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1次入口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

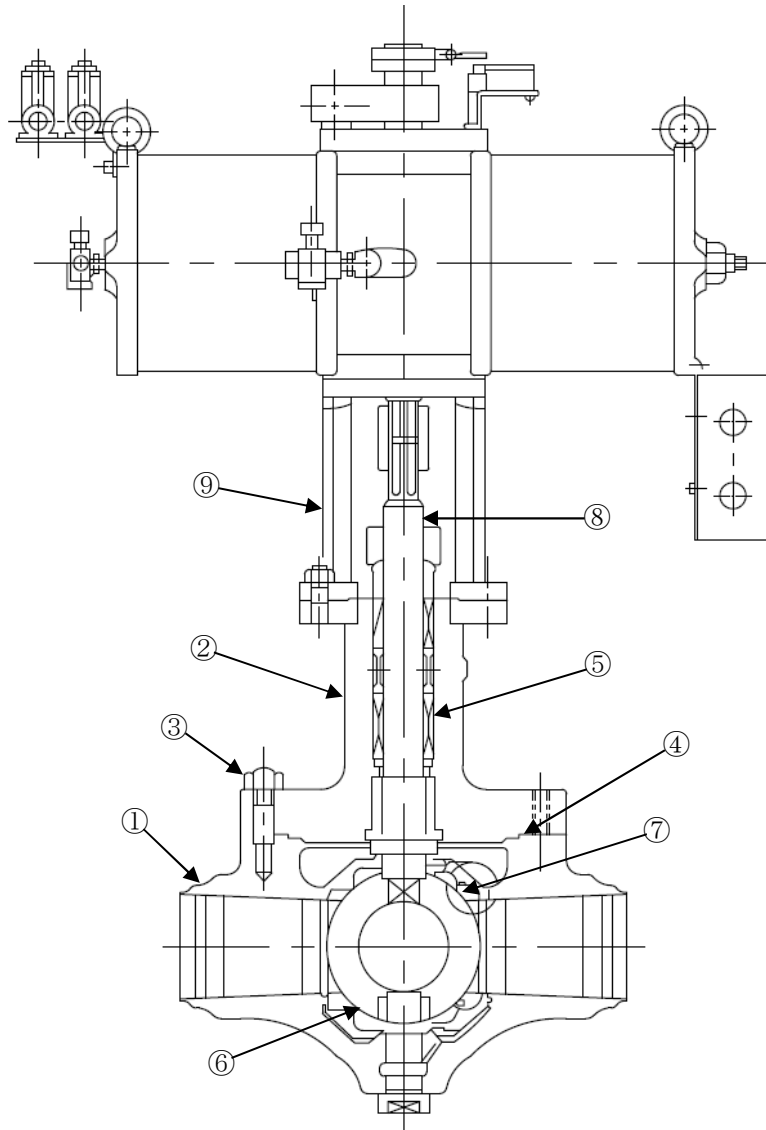


図 2.1-1 原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器プリコート1次入口弁構造図

表 2.1-1 原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器プリコート1次入口弁
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	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1次入口弁の使用条件

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 燃料プール冷却浄化系使用済燃料貯蔵プール散水管入口弁

(1) 構造

燃料プール冷却浄化系使用済燃料貯蔵プール散水管入口弁は、口径 150 A、圧力クラス 150 LB の手動ボール弁で、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，弁ふた及び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。

燃料プール冷却浄化系使用済燃料貯蔵プール散水管入口弁の構造図を図 2.1-2 に示す。

(2) 材料及び使用条件

燃料プール冷却浄化系使用済燃料貯蔵プール散水管入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
⑨	ヨーク

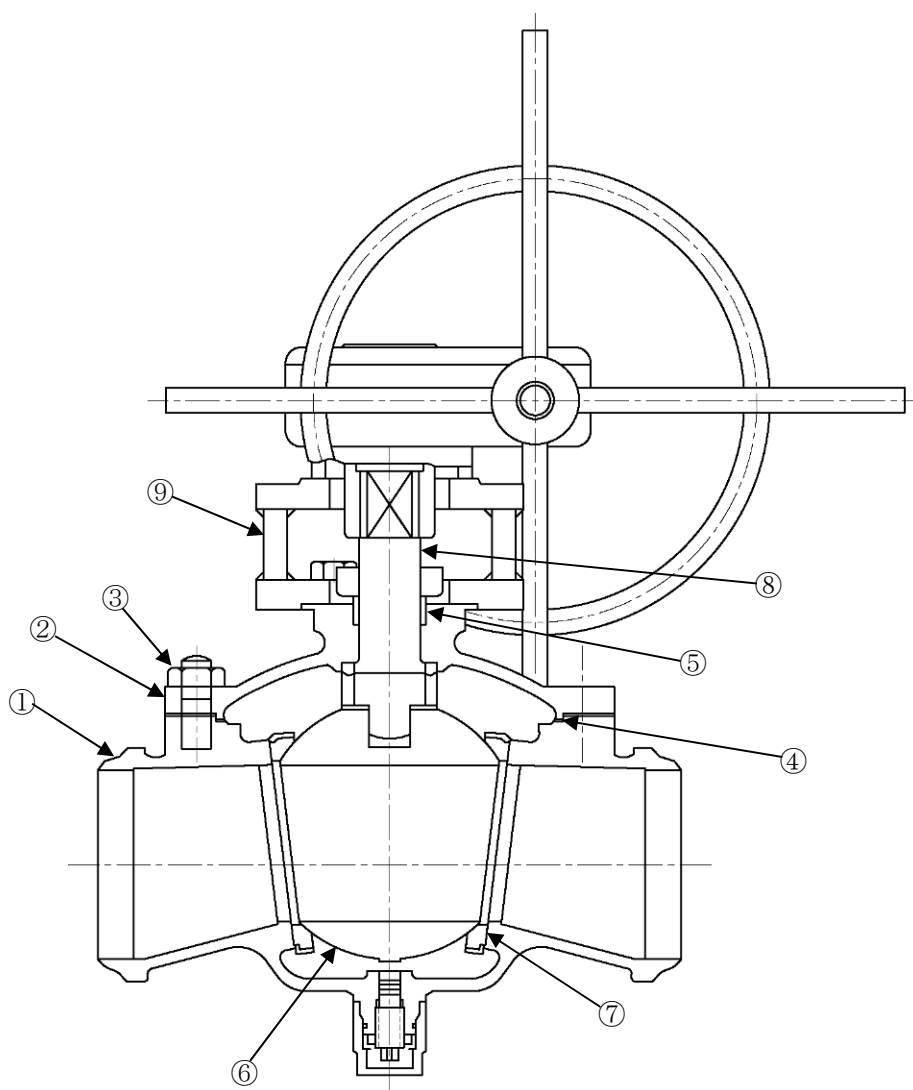


図 2.1-2 燃料プール冷却浄化系使用済燃料貯蔵プール散水管入口弁構造図

表 2.1-3 燃料プール冷却浄化系使用済燃料貯蔵プール散水管入口弁
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 (SCS13A)
		弁ふた	ステンレス鋳鋼 (SCS13A)
		ジョイントボルト	炭素鋼 (S45C)
		ジョイントナット	炭素鋼 (S45C)
	シール	ガスケット	(消耗品)
		グラントパッキン	(消耗品)
隔離機能の維持	隔離	弁体	ステンレス鋳鋼 (SCS13A)
		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 (SUS304)
		ヨーク	炭素鋼

表 2.1-4 燃料プール冷却浄化系使用済燃料貯蔵プール散水管入口弁の使用条件

最高使用圧力	約 1.4 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

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プリコート1次入口弁〕

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〔原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器プリコート1次入口弁〕

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）〔共通〕

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）

a. 弁体の摩耗 [燃料プール冷却浄化系使用済燃料貯蔵プール散水管入口弁]

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）よりも硬く、作動頻度も少ないため、摩耗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 (1/2) 原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器プリコート1次入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		炭素鋼鋳鋼		△ ^{*1}					*1:FAC	
		弁ふた		炭素鋼鋳鋼		△ ^{*1}						
		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) 燃料プール冷却浄化系使用済燃料貯蔵プール散水管入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		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		ステンレス鋳鋼	▲							
		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）

▲：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。

[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。

今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年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）

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節弁.....	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圧力調節弁.....	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節弁のみであり、この弁を代表機器とする。

(G31-FCV-F302A/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、運転状態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-F009A/B, 700 A, JIS 20 K)

(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圧力調節弁を代表機器とする。

(C12-PCV-F014, 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*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	◎	原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器流量調節弁 (100 A, 約 10.0 MPa, 66 °C, 900 LB) G31-FCV-F302A/B	
	冷却水*3	原子炉補機冷却水系	MS-1	700	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 (700 A, 約 1.4 MPa, 70 °C, JIS 20 K) P21-TCV-F009A/B	運転状態
		換気空調補機非常用冷却水系	MS-1	150	一時 (一時)	約 1.4	70			
ステンレス鋼	純水	制御棒駆動系	高*4	40~50	連続 (連続)	約 13.8	66	◎	制御棒駆動系駆動水圧力調節弁 (50 A, 約 13.8 MPa, 66 °C, 900 LB) C12-PCV-F014	口径

*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 原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器流量調節弁
- 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圧力調節弁

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節弁

(1) 構造

原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器流量調節弁は、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、弁ふたは炭素鋼鋳鋼、弁座及び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節弁の構造図を図 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節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

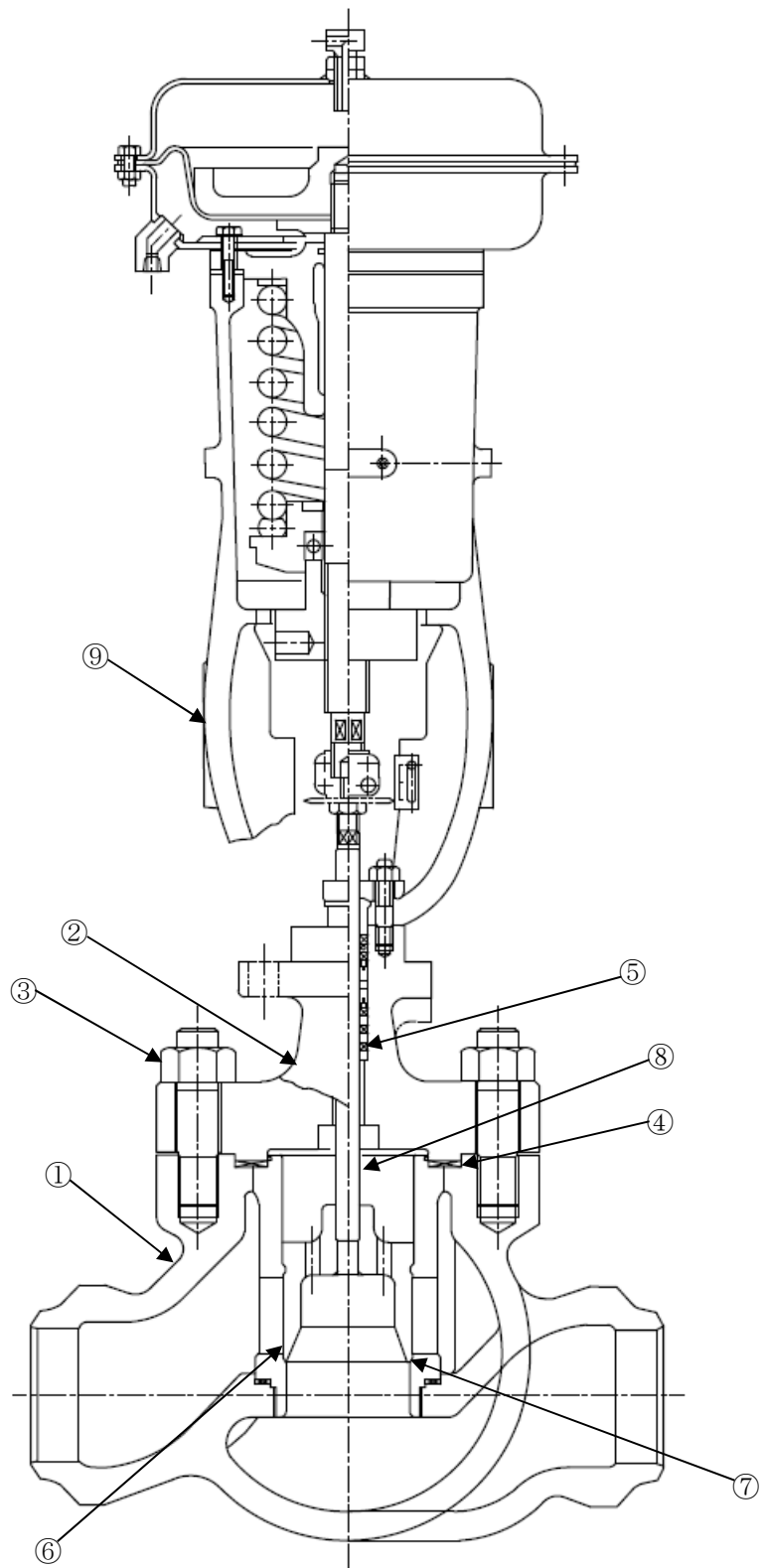


図 2.1-1 原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器流量調節弁構造図

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)
		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	ステンレス鋳鋼 (SCS1)
		弁座	ステンレス鋳鋼 (SCS24)
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節弁の使用条件

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 700 A、圧力クラス JIS 20 K 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	グラウンドパッキン
④	弁体
⑤	弁座 (弁体シート)
⑥	弁棒
⑦	ピン
⑧	ヨーク

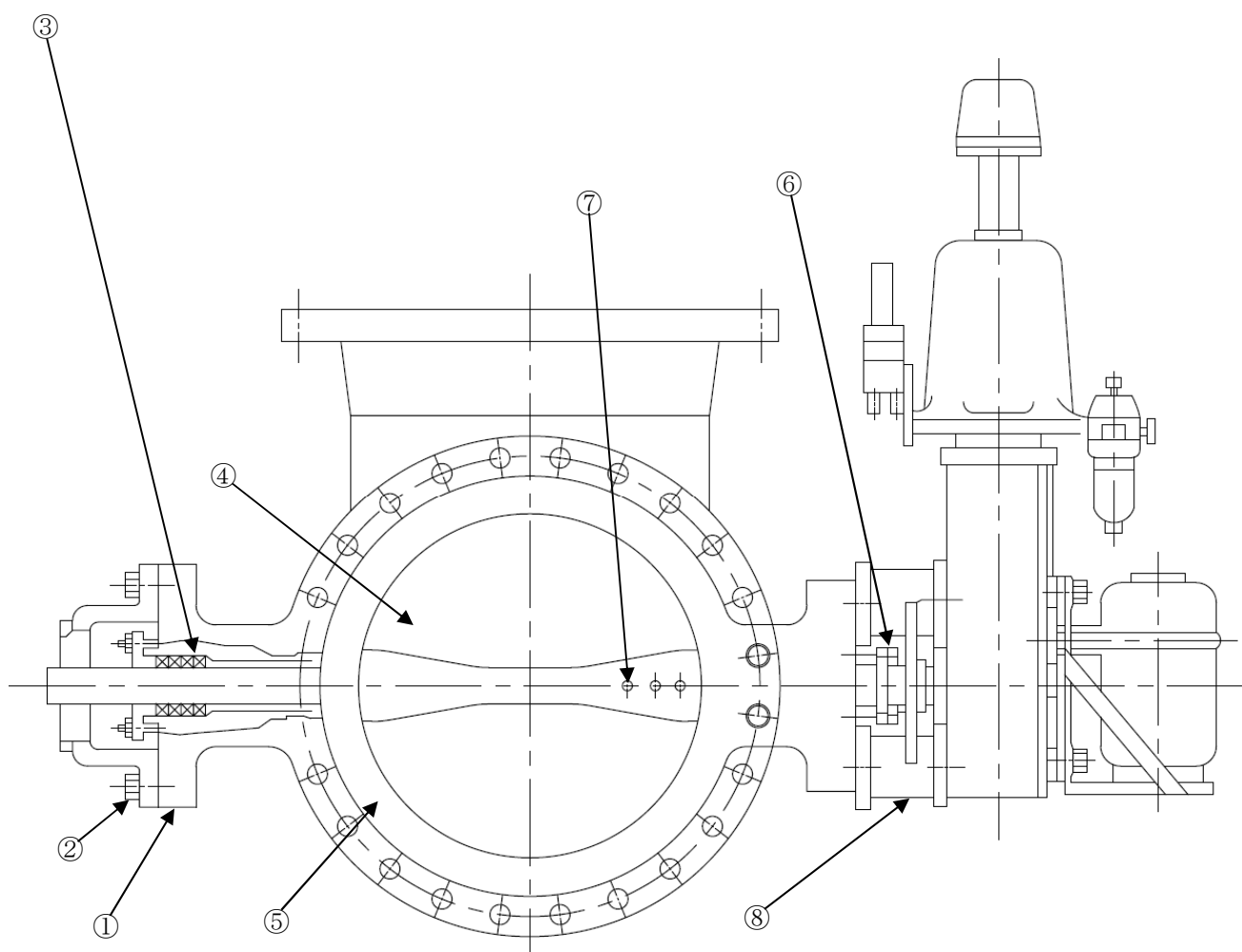


図 2.1-2 原子炉補機冷却水系冷却水供給温度調節弁構造図

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 (SCPL1)
		ジョイントボルト	低合金鋼
		ジョイントナット	低合金鋼
	シール	グラントパッキン	(消耗品)
隔離機能の維持	隔離	弁体	ステンレス鋳鋼 (SCS14A)
		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 (SUS630)
		ピン	ステンレス鋼 (ASTM A564 S17400)
		ヨーク	炭素鋼

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圧力調節弁

(1) 構造

制御棒駆動系駆動水圧力調節弁は、口径 50 A、圧力クラス 900 LB の電動圧力制御弁で、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，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圧力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圧力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

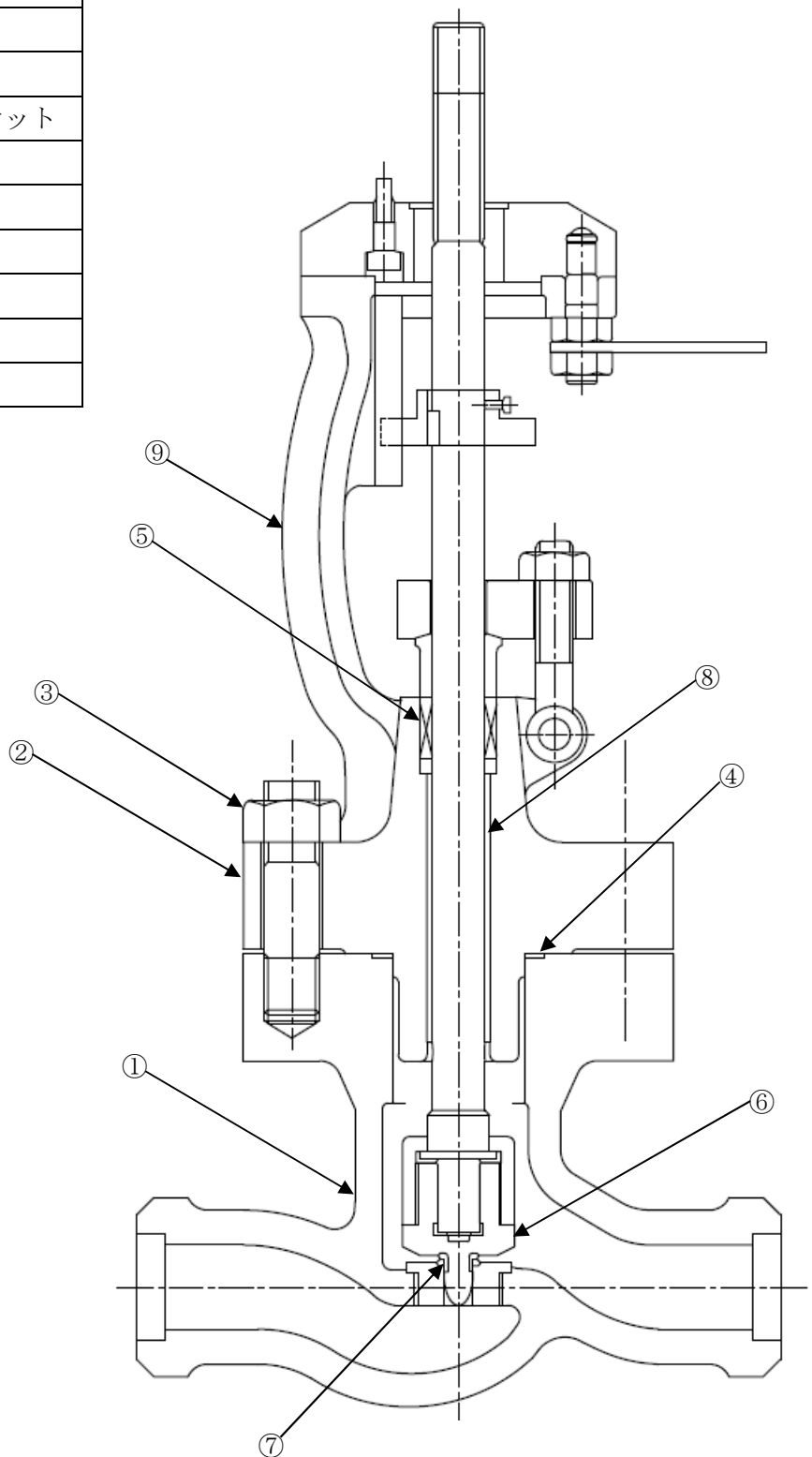


図 2.1-3 制御棒駆動系駆動水圧力調節弁構造図

表 2.1-5 制御棒駆動系駆動水圧力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	ステンレス鋳鋼 (SCS13A)
		弁ふた	ステンレス鋳鋼 (SCS13A ステライト肉盛)
		ジョイントボルト	ステンレス鋼 (SUS304-D)
		ジョイントナット	ステンレス鋼 (SUS304)
	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	ステンレス鋼 (SUS304 ステライト肉盛)
		弁座	ステンレス鋼 (SUS304 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	ステンレス鋳鋼 (SCS13A)

表 2.1-6 制御棒駆動系駆動水圧力調節弁の使用条件

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節弁〕

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節弁，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）〔原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器流量調節弁，原子炉補機冷却水系冷却水供給温度調節弁〕

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		△*					*:FAC	
		弁ふた		炭素鋼鋳鋼		△*						
		ジョイントボルト・ナット		炭素鋼・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		ステンレス鋳鋼								
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		△						
	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 (3/3) 制御棒駆動系駆動水圧力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		ステンレス鋼								
	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		ステンレス鋳鋼								

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 制御棒駆動水圧系
- ② 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. 弁箱及び弁ふたの腐食（全面腐食）〔冷却水系炭素鋼制御弁：換気空調補機非常用冷却水系〕

代表機器同様、弁箱、弁ふたは炭素鋼鋳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 換気空調補機常用冷却水系
- ④ 事故後サンプリング系
- 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 原子炉補機冷却系
- 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 所内蒸気系
- ⑮ 非常用ガス処理系
- ⑯ 可燃性ガス濃度制御系
- ⑰ 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 高圧炉心スプレイ系圧力抑制室側吸込隔離弁用駆動部	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	8-20

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高圧炉心スプレイ系圧力抑制室側吸込隔離弁用駆動部を代表機器とする。

(E22-MO-F006, 600 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	20~400	0.28~11	56℃(最高)	○	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					
			換気空調補機常用冷却水系	MS-1	200	1.1					
			事故後サンプリング系	MS-1	20	0.12					
	屋内	交流	ほう酸水注入系	MS-1	40~80	0.12~0.37	40℃以下		E22-M0-F006	高圧炉心スプレ イ系圧力抑制室 側吸込隔離弁用 駆動部	重要度, 口径, 出力
			残留熱除去系	MS-1	20~600	0.12~16	40℃以下				
			低圧炉心スプレイ系	MS-1	100~600	2~16	40℃以下				
			高圧炉心スプレイ系	MS-1	100~600	2.7~16	40℃以下	○			
			原子炉冷却材浄化系	MS-1	100~150	0.72~3.7	40℃以下				
			復水補給水系	MS-1	80	0.12	40℃以下				
			事故後サンプリング系	MS-1	20	0.05~0.12	40℃以下				
			原子炉補機冷却水系	MS-1	150~550	0.37~3.7	40℃以下				
			換気空調補機常用冷却水系	MS-1	200	0.72	40℃以下				
			換気空調補機非常用冷却水系	MS-1	25~100	0.008~0.08	40℃以下				
			原子炉補機冷却海水系	MS-1	500~900	0.53~2	40℃以下				
			高圧炉心スプレイディーゼル 補機冷却海水系	MS-1	250	0.23	40℃以下				
			計装用圧縮空気系	MS-1	50	0.28	40℃以下				
			所内蒸気系	MS-2	80~100	0.12	60℃(最高)				
			非常用ガス処理系	MS-1	400	0.53	40℃以下				
可燃性ガス濃度制御系	MS-1	20~150	0.12~0.72	40℃以下							
換気空調系	MS-1	500	0.23~0.53	26℃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 高圧炉心スプレイ系圧力抑制室側吸込隔離弁用駆動部

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

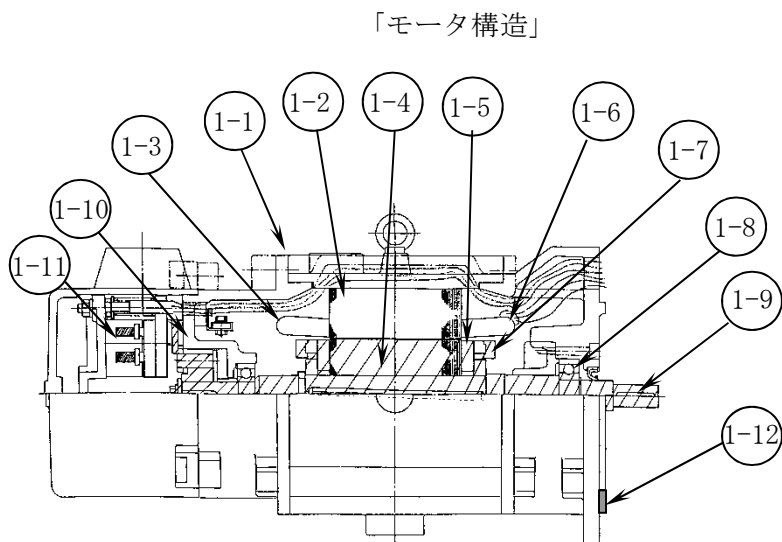
残留熱除去系停止時冷却内側隔離弁用駆動部はモータ，ギア等で構成されており，モータの回転力を，歯車（ギア）を介して弁棒，ステムナットに伝達し，弁を駆動させる構造となっている。

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。

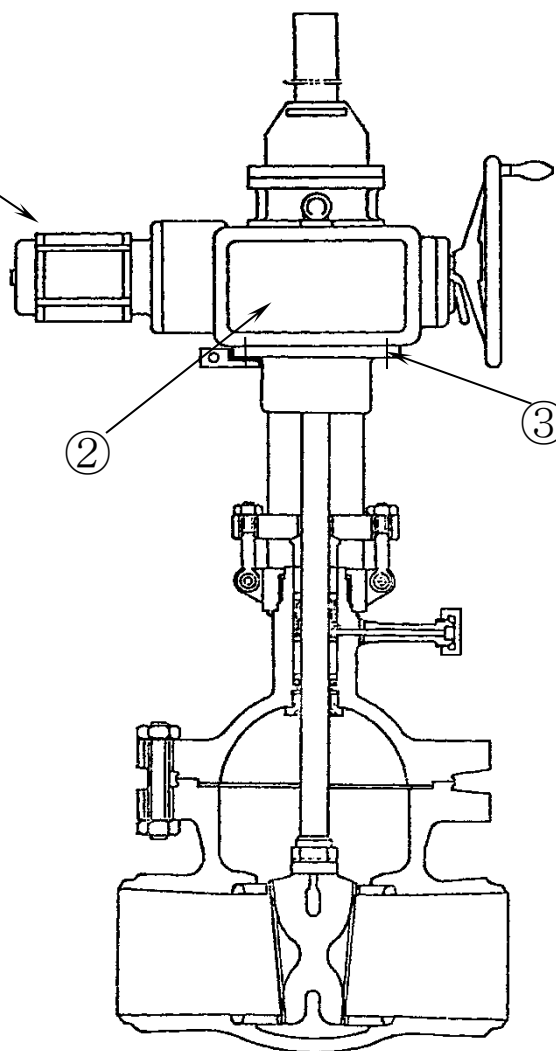
(2) 材料及び使用条件

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。



斜線：回転部位

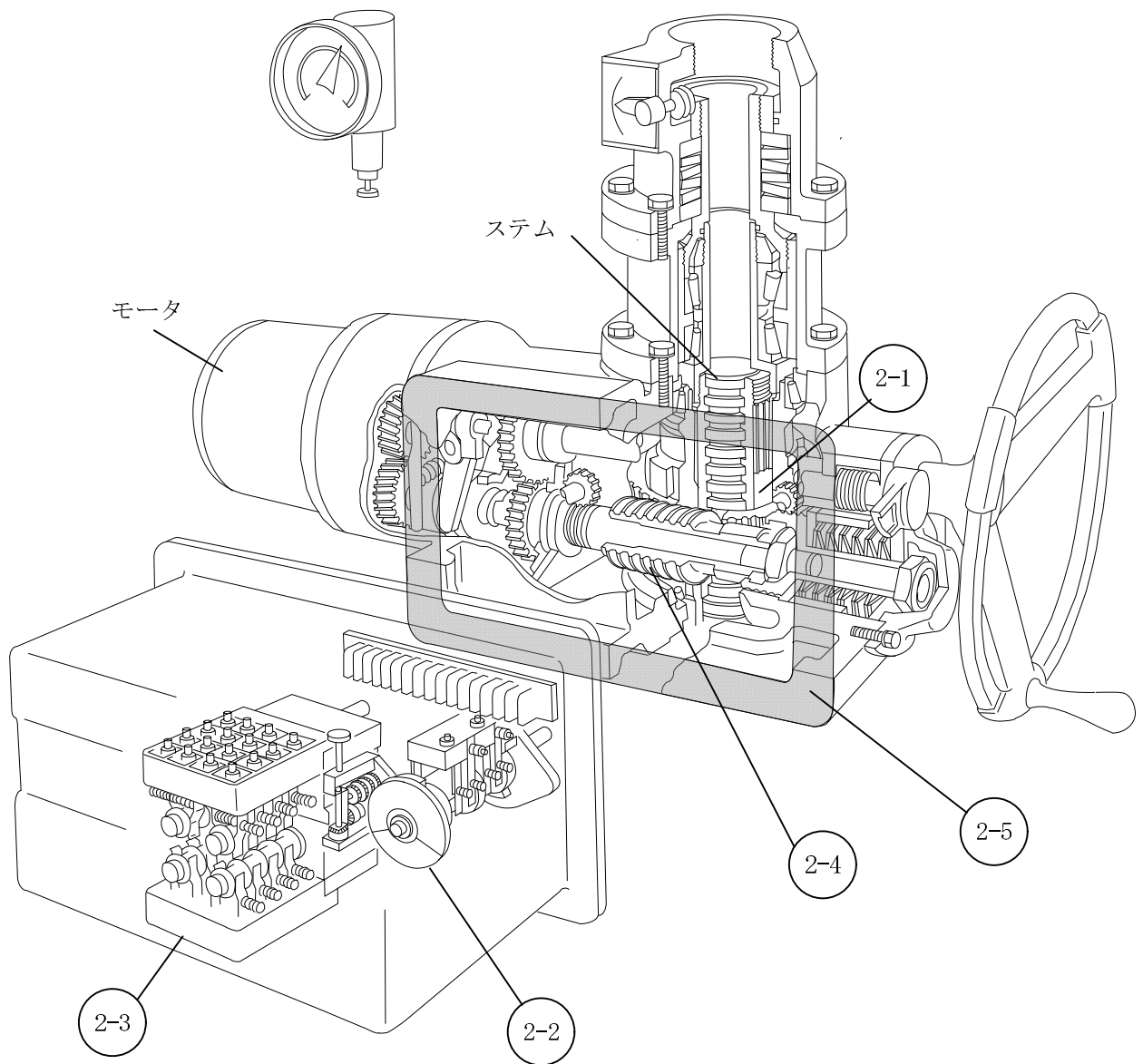
①



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

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

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	硅素鋼
		固定子コイル	銅, 絶縁物 (ポリアミドイミド, ガラス編組, シリコンワニス)
		回転子コア	硅素鋼
		回転子棒	特殊銅合金
		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
		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 (FC150)
		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) 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 2.1-2 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	11 kW
定格電圧	AC 440 V
設置場所	原子炉格納容器内
周囲温度	約 48 °C* (最高)

* : 原子炉格納容器内で電動弁用駆動部が設置されている最も周囲温度が高い区域の実測値

2.1.2 高圧炉心スプレイ系圧力抑制室側吸込隔離弁用駆動部

(1) 構造

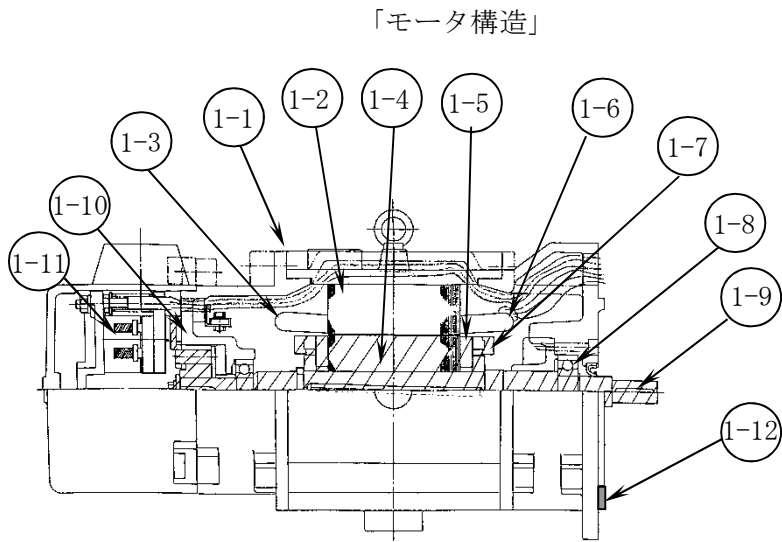
高圧炉心スプレイ系圧力抑制室側吸込隔離弁用駆動部はモータ、ギア等で構成されており、モータの回転力を、歯車（ギア）を介して弁棒、ステムナットに伝達し、弁を駆動させる構造となっている。

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。

高圧炉心スプレイ系圧力抑制室側吸込隔離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

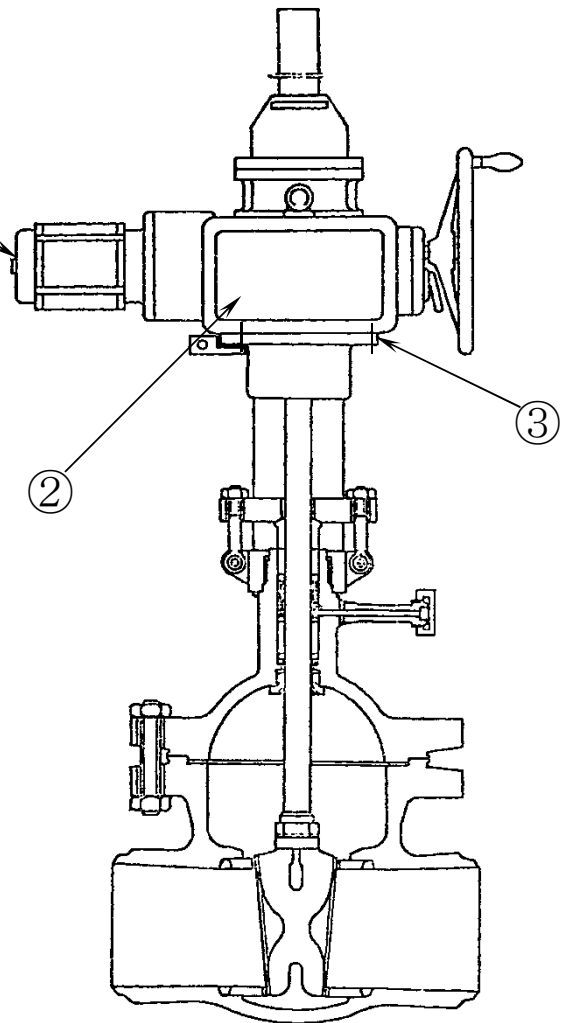
高圧炉心スプレイ系圧力抑制室側吸込隔離弁用駆動部主要部位の使用材料を表 2.1-3 に、使用条件を表 2.1-4 に示す。



斜線：回転部位

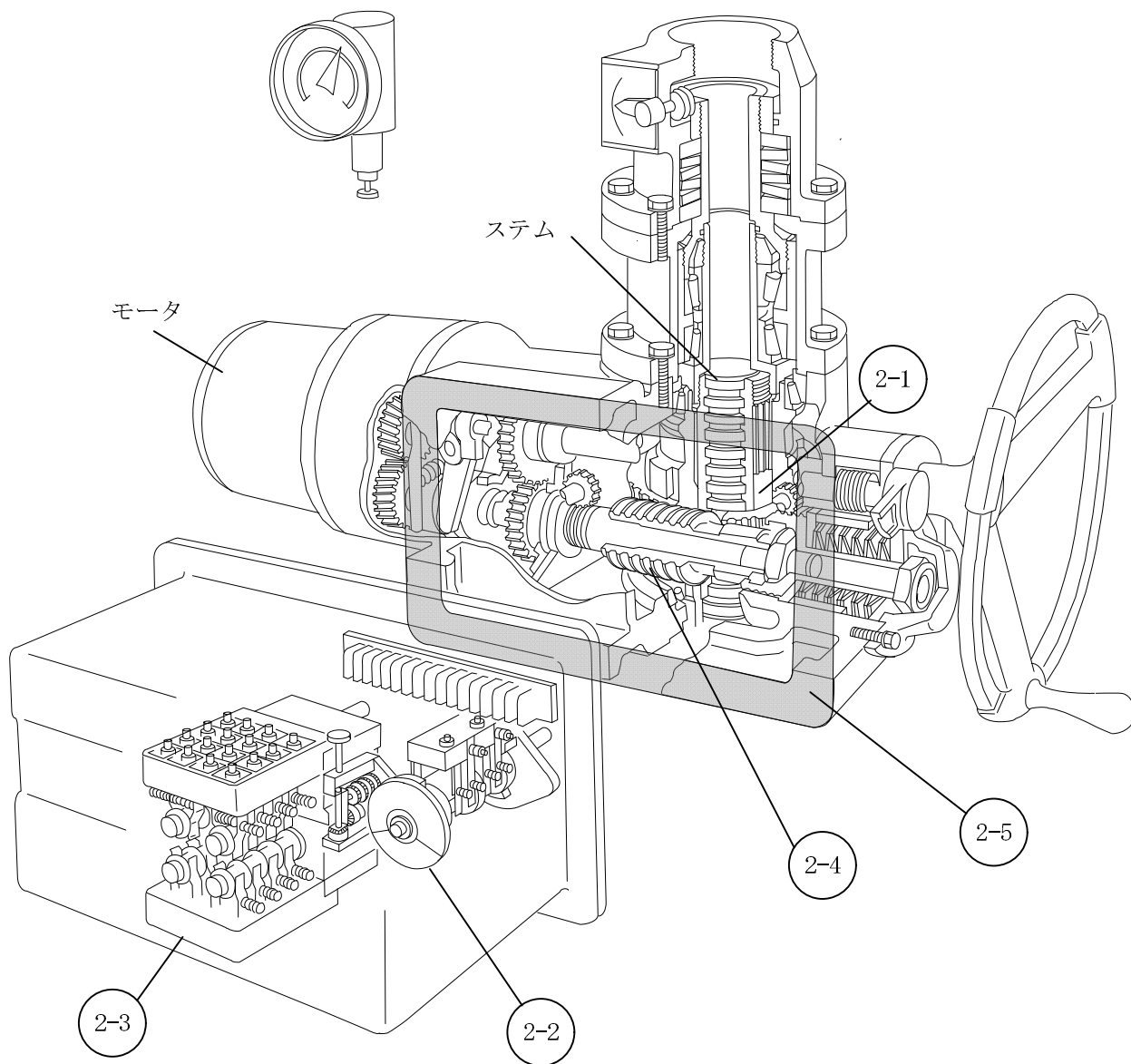
No.	部 位
①-1	フレーム
①-2	固定子コア
①-3	固定子コイル
①-4	回転子コア
①-5	回転子棒
①-6	口出線・接続部品
①-7	回転子エンドリング
①-8	軸受（転がり）
①-9	主轴
①-10	エンドブラケット
①-11	電磁ブレーキ
①-12	ガスケット

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) 高圧炉心スプレイ系圧力抑制室側吸込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 2.1-2 (2/2) 高圧炉心スプレイ系圧力抑制室側吸込隔離弁用駆動部構造図

表 2.1-3 高圧炉心スプレイ系圧力抑制室側吸込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	硅素鋼
		固定子コイル	銅, 絶縁物 (ポリアミドイミド, ポリエステル)
		回転子コア	硅素鋼
		回転子棒	特殊銅合金
		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
		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	黄銅铸件 (CAC303)
		トルクスイッチ	アルミ, 絶縁物 (フェノール樹脂)
		リミットスイッチ	アルミ, 絶縁物 (ジアリルフタレート樹脂)
		ギア	低合金鋼 (SCM), アルミニウム青銅铸件 (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 高圧炉心スプレイ系圧力抑制室側吸込隔離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*

* : 高圧炉心スプレイ系圧力抑制室側吸込隔離弁用駆動部が設置されている原子炉建屋地下4階の設計値

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、ブラシ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〔残留熱除去系停止時冷却内側隔離弁用駆動部，高圧炉心スプレイ系圧力抑制室側吸込隔離弁用駆動部〕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. 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、定期的な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、点検時に外観点検を行い、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		硅素鋼		△								
		固定子コイル		銅, 絶縁物					○					
		回転子コア		硅素鋼		△								
		回転子棒		特殊銅合金			△							
		口出線・接続部品		銅, 絶縁物					○					
		回転子エンドリング		銅			△							
		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) 高圧炉心スプレイ系圧力抑制室側吸込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		硅素鋼		△								
		固定子コイル		銅, 絶縁物					○					
		回転子コア		硅素鋼		△								
		回転子棒		特殊銅合金			△							
		口出線・接続部品		銅, 絶縁物					○					
		回転子エンドリング		銅			△							
		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		アルミ, 絶縁物						△				
		リミットスイッチ		アルミ, 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〔原子炉格納容器内の電動弁（交流）用駆動部〕

代表機器同様，原子炉格納容器内の電動弁（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，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。

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。

b. 固定子コイル，口出線・接続部品，回転子コイルの絶縁特性低下 [屋内の電動弁（交流）用駆動部]

代表機器同様，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，回転子コイル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、定期的な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日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。

また、屋内の電動弁（交流）用駆動部については、震災時の津波により浸水したことによる腐食の発生が想定されるが、震災後に洗浄を実施し、外観点検の結果では有意な腐食、塗装のはく離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. 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 漏えい検出系
- ⑤ 液体固体廃棄物処理系
- ⑥ 原子炉補機冷却水系
- ⑦ 換気空調補機非常用冷却水系
- ⑧ 試料採取系
- ⑨ 非常用ガス処理系

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 給気処理装置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バイパス弁用駆動部	9-6
2.1.3 原子炉補機冷却水系冷却水供給温度調節弁用駆動部	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は、換気空調補機非常用冷却水系 MCR 給気処理装置温度調節弁用駆動部のみであり、この駆動部を代表機器とする。

(P25-TCV-F014A/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用駆動部を代表機器とする。

(P21-TCV-F009A/B, 700 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 給気処理装置温度調節弁用駆動部 (150 A) P25-TCV-F014A/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)	65	◎	残留熱除去系試験可能逆止バイパス弁用駆動部 (20 A) E11-N0-F048A~C	運転状態
		低圧炉心スプレイ系	MS-1	20	一時 (一時)	65			
		高圧炉心スプレイ系	MS-1	20	一時 (一時)	65			
	屋内	漏えい検出系	MS-1	25	連続 (連続)	40		原子炉補機冷却水系冷却水供給温度調節弁用駆動部 (700 A) P21-TCV-F009A/B	運転状態, 口径
		液体固体廃棄物処理系	MS-1	80	連続 (連続)	40			
		原子炉補機冷却水系	MS-1	700	連続 (連続)	40	◎		
換気空調補機非常用冷却水系	MS-1	150	一時 (一時)	40					
試料採取系	MS-1	20	連続 (連続)	40					
非常用ガス処理系	MS-1	400	一時 (一時)	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 給気処理装置温度調節弁用駆動部
- ② 残留熱除去系試験可能逆止バイパス弁用駆動部
- ③ 原子炉補機冷却水系冷却水供給温度調節弁用駆動部

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 給気処理装置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 給気処理装置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 給気処理装置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 給気処理装置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

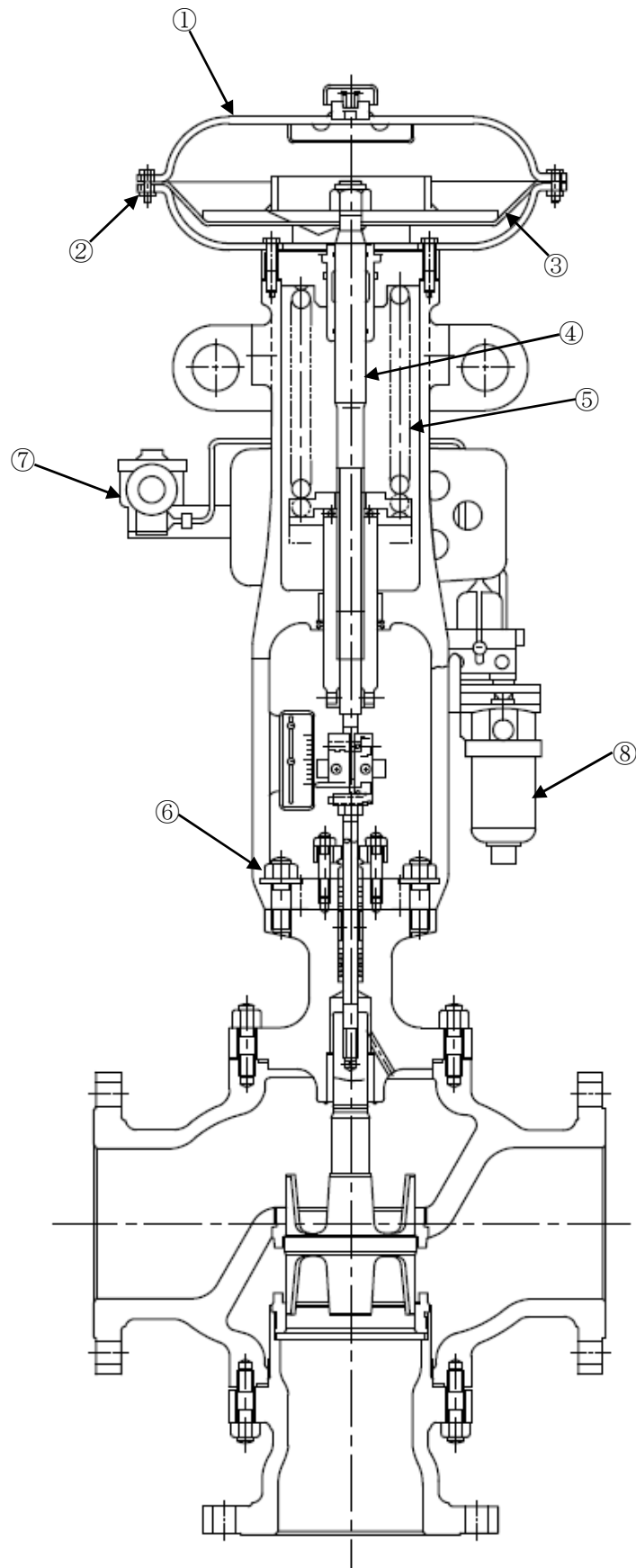


図 2.1-1 換気空調補機非常用冷却水系 MCR 給気処理装置温度調節弁用駆動部構造図

表 2.1-1 換気空調補機非常用冷却水系 MCR 給気処理装置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 (SPHC)
		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 (SUS403)
		スプリング	ばね鋼 (SUP10)
		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 給気処理装置温度調節弁用駆動部の使用条件

作動空気圧力	約 0.5 ~ 0.8 MPa
定格電圧	AC 115 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バイパス弁用駆動部

(1) 構造

残留熱除去系試験可能逆止バイパス弁用駆動部は、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。

残留熱除去系テスト可能逆止弁バイパス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バイパス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・ナット

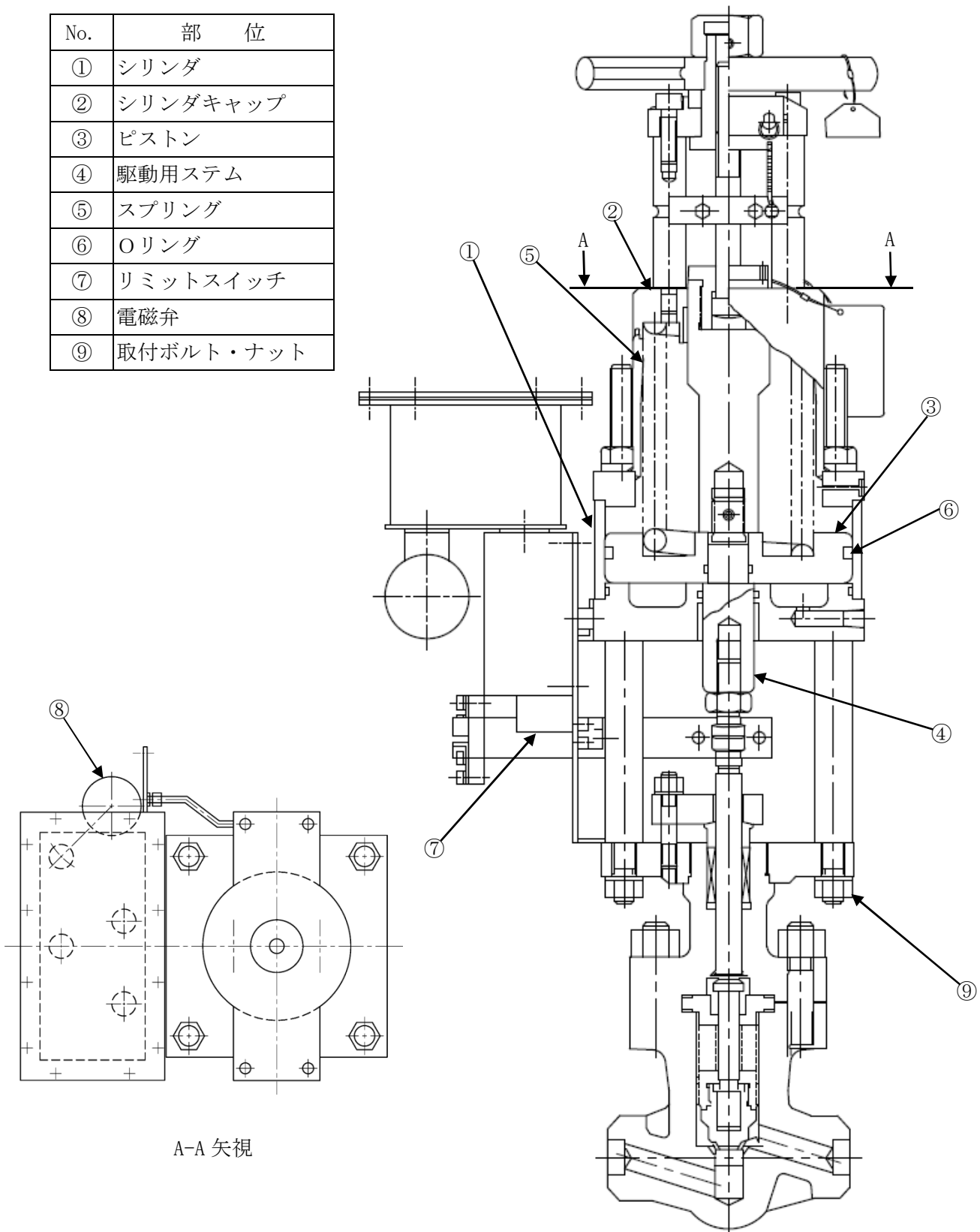


図 2.1-2 残留熱除去系試験可能逆止バイパス弁用駆動部構造図

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 (STKM13A クロムメッキ)
		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	炭素鋼 (SS41)
		駆動用ステム	炭素鋼 (S45C クロムメッキ)
		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)
		取付ナット	炭素鋼 (SS41)

表 2.1-4 残留熱除去系試験可能逆止バイパス弁用駆動部の使用条件

作動空気圧力	約 0.5 ~ 0.8 MPa
定格電圧	AC 115 V
周囲温度 (通常温度)	約 65 °C

2.1.3 原子炉補機冷却水系冷却水供給温度調節弁用駆動部

(1) 構造

原子炉補機冷却水系冷却水供給温度調節弁用駆動部は、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。

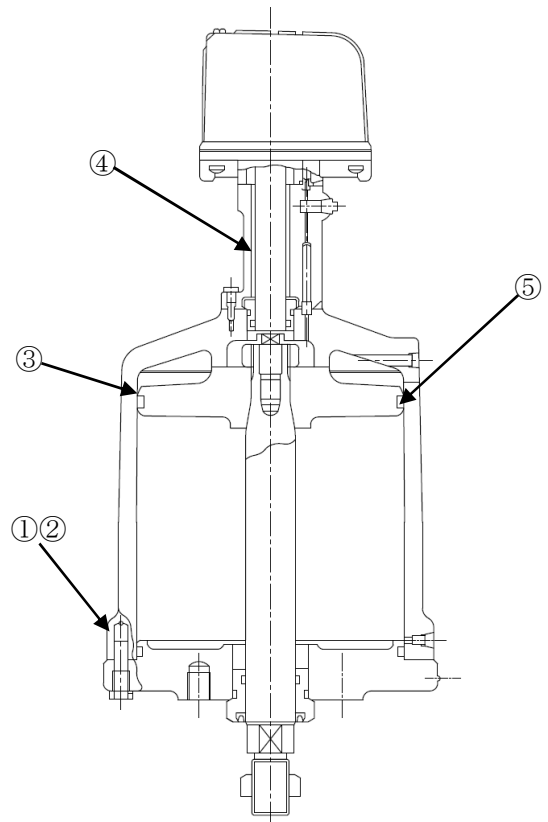
なお、当該駆動部についてはシリンダキャップ類を取り外すことで駆動部内の点検手入りが可能である。

原子炉補機冷却水系冷却水供給温度調節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

原子炉補機冷却水系冷却水供給温度調節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	Oリング
⑥	リミットスイッチ
⑦	電磁弁
⑧	取付ボルト・ナット



A-A 矢視

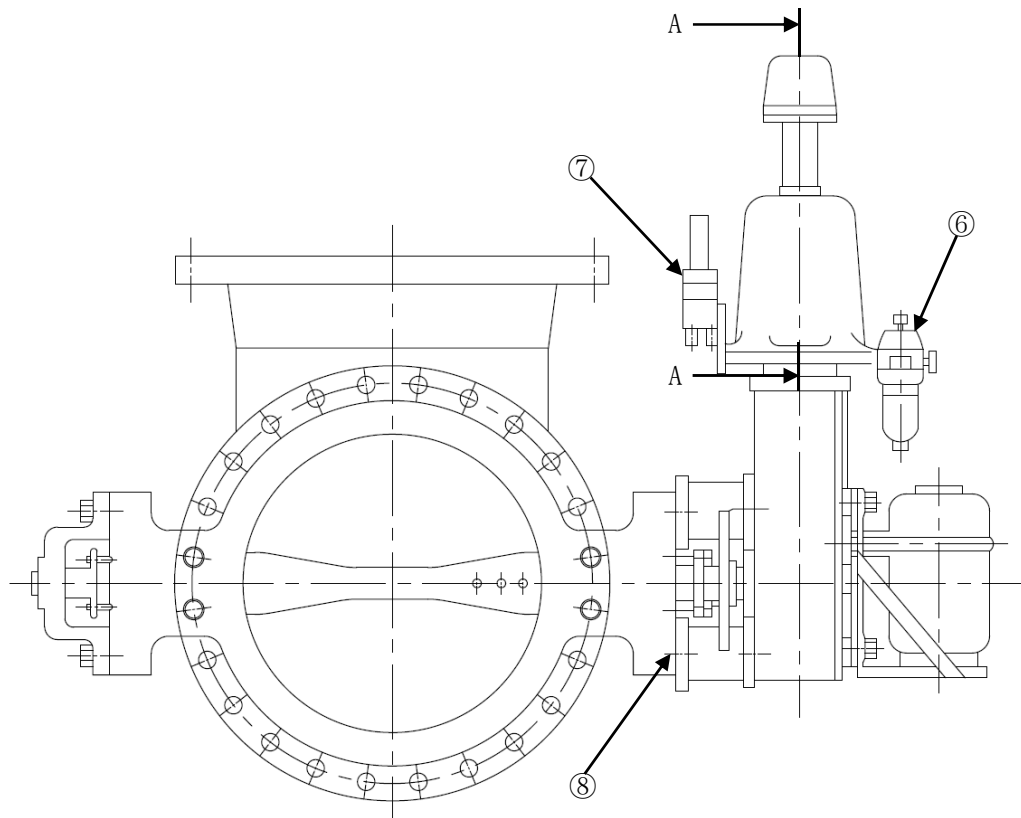


図 2. 1-3 原子炉補機冷却水系冷却水供給温度調節弁用駆動部構造図

表 2.1-5 原子炉補機冷却水系冷却水供給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
バウンダリの維持	耐圧	シリンダ	アルミニウム合金 (AC4C-T6)
		シリンダキャップ	アルミニウム合金 (AC4C-T6)
駆動伝達機能の維持	エネルギー伝達	ピストン	アルミニウム合金 (AC4C-T6)
		駆動用ステム	ステンレス鋼 (SUS403)
		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	低合金鋼
		取付ナット	低合金鋼

表 2.1-6 原子炉補機冷却水系冷却水供給温度調節弁用駆動部の使用条件

作動空気圧力	約 0.5 ~ 0.8 MPa
定格電圧	DC 125 V
周囲温度 (通常温度)	約 40 °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

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バイパス弁用駆動部〕

シリンダ及びシリンダキャップは炭素鋼であることから、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〔換気空調補機非常用冷却水系 MCR 給気処理装置温度調節弁用駆動部、残留熱除去系試験可能逆止バイパス弁用駆動部〕

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バイパス弁用駆動部、原子炉補機冷却水系冷却水供給温度調節弁用駆動部〕

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バイパス弁用駆動部]

ピストンは炭素鋼であることから、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バイパス弁用駆動部]

駆動用ステムは炭素鋼であることから、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 給気処理装置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 給気処理装置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）

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 給気処理装置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*1	△	△							*1:クロムメッキ *2: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		炭素鋼	△	△								
		駆動用ステム		炭素鋼*1		△								
		スプリング		ばね鋼								△*2		
		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		△								
		取付ナット		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）

表 2.2-1 (3/3) 原子炉補機冷却水系冷却水供給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	シリンダ		アルミニウム合金	△									
		シリンダキャップ		アルミニウム合金										
駆動伝達機能の維持	エネルギー伝達	ピストン		アルミニウム合金	△									
		駆動用ステム		ステンレス鋼										
		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・ナット		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 設置場所が格納容器内のシリンダ型駆動部 [代表機器以外]
- ② 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、ピストンの摩耗 [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） [炭素鋼または鋳鉄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. 取付ボルト・ナットの腐食（全面腐食） [炭素鋼の取付ボルト・ナットを有するシリンダ型駆動部共通]

代表機器同様、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、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 5 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5号炉（以下柏崎刈羽5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5号炉の原子炉熱出力は、3,293 MWt、原子炉冷却材全流量は、 48.3×10^3 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

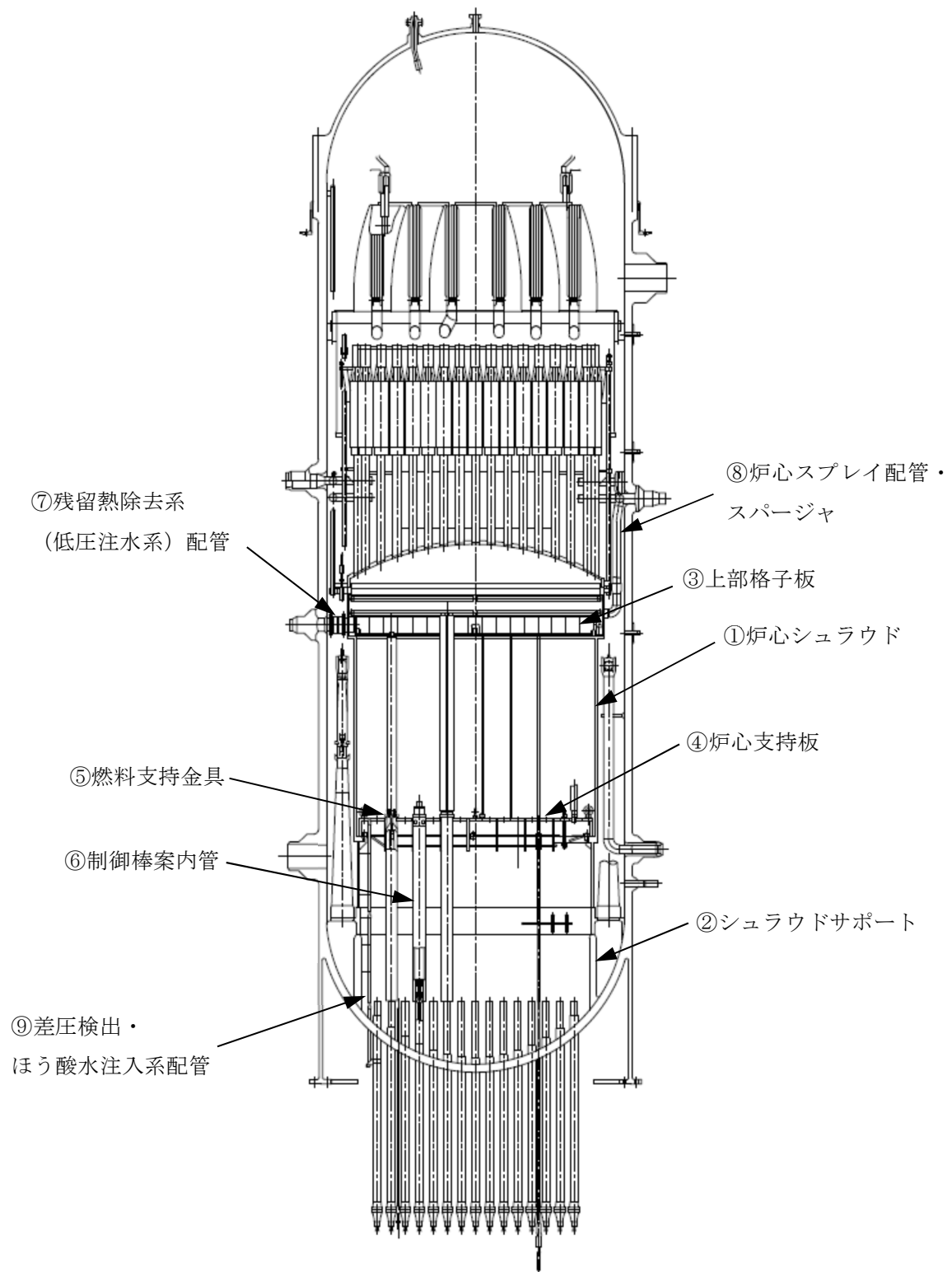


図1 炉内構造物組立図

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压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10回定期検査時（平成15年度）に、周方向溶接線（H4）及び縦溶接線（V14）近傍に応力腐食割れを確認したため、研削加工によりひびを除去後、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。

(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

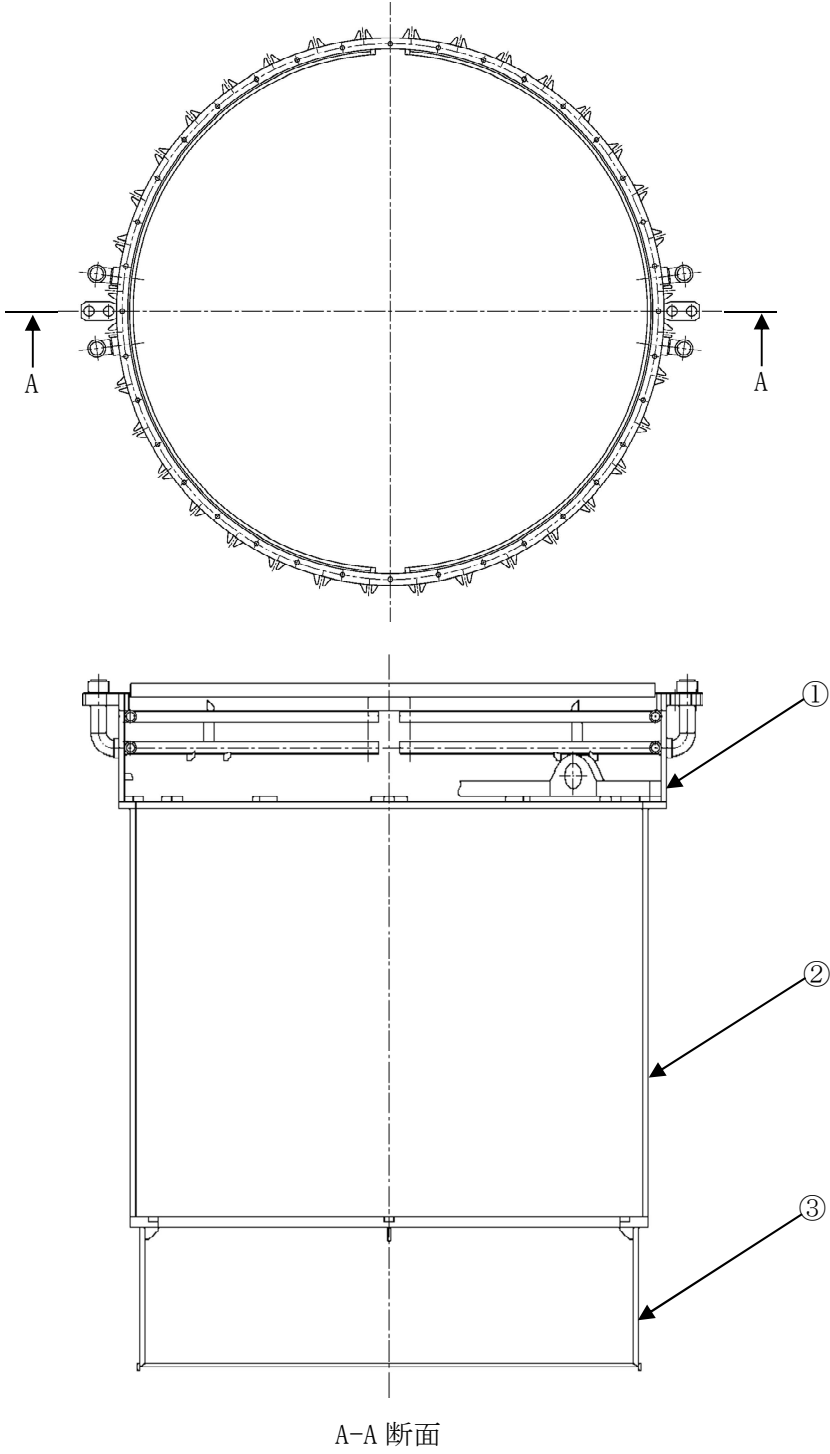


図 2.1-1 炉心シュラウド構造図

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)

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。

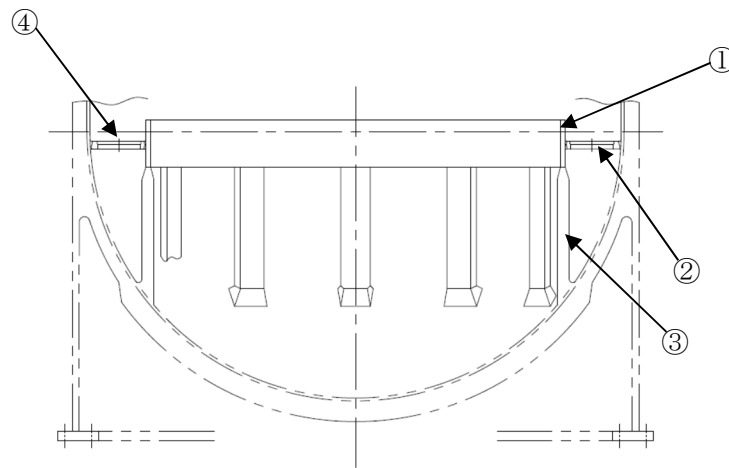
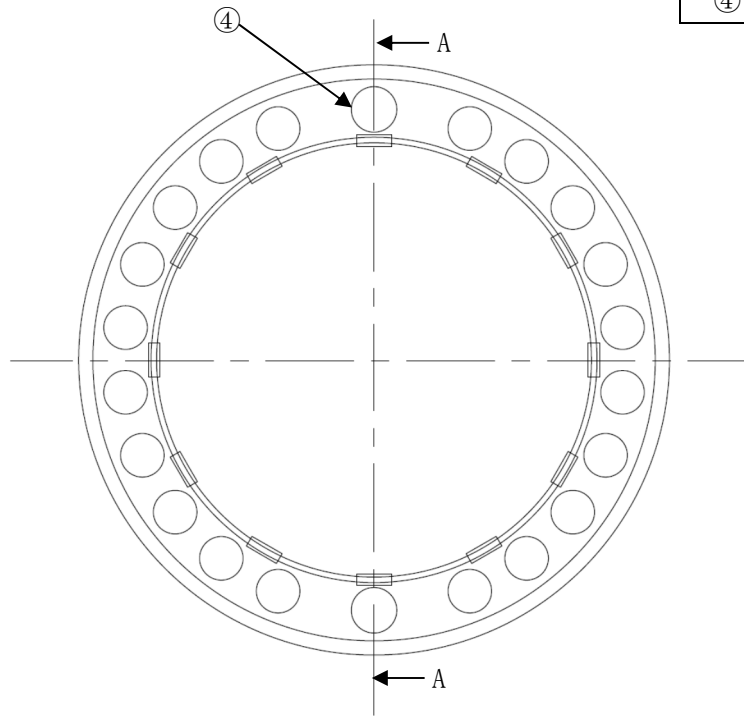
材料は、耐食性の高い高ニッケル合金を使用している。

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



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-B)

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

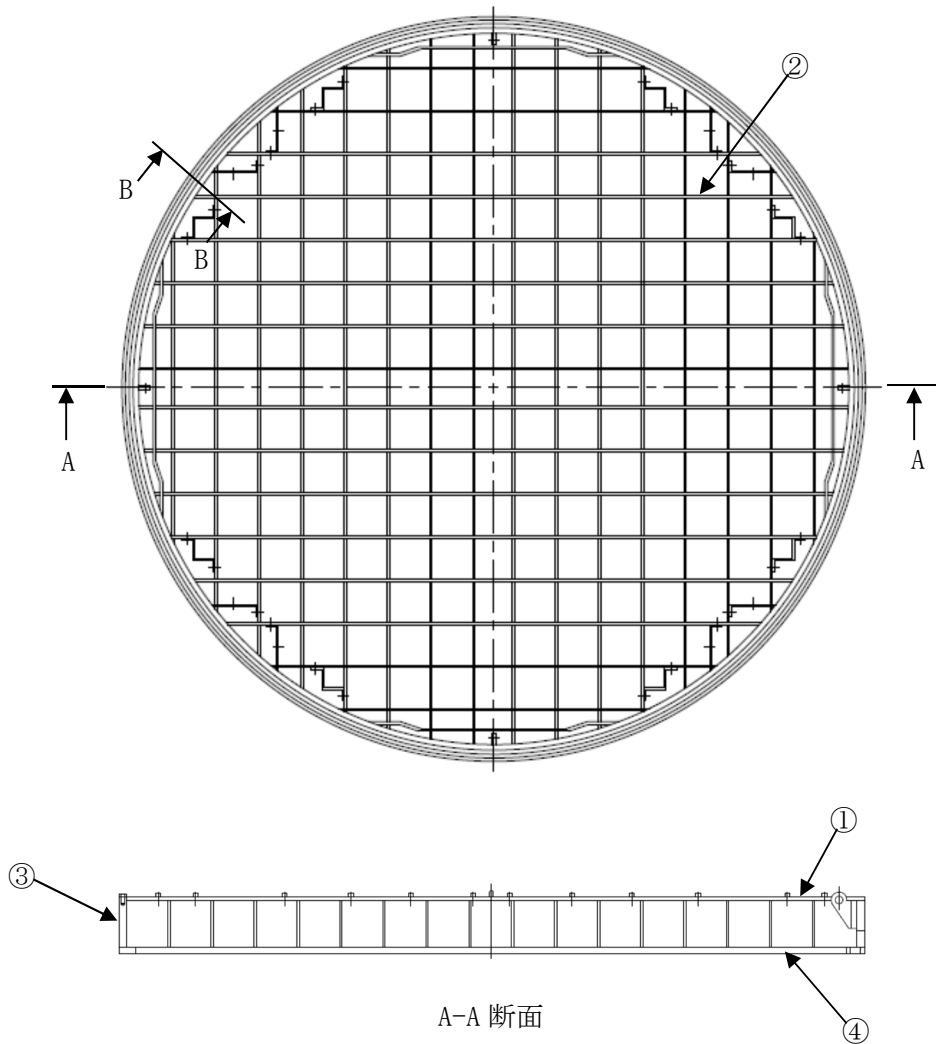
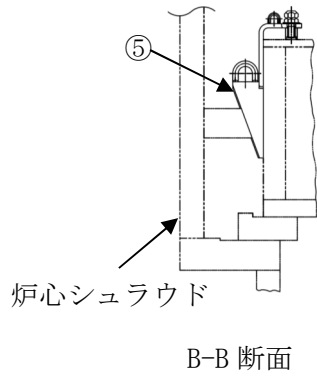


図 2.1-3 上部格子板構造図

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 (SUS316L)

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

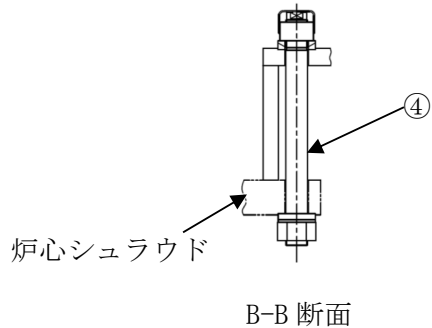
炉心支持板は、制御棒案内管上部及び中性子束計測案内管等の水平方向を支持する多孔円板状の構造物で 1 個設置されており、炉心シュラウドにスタッドにて取り付けられている。

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

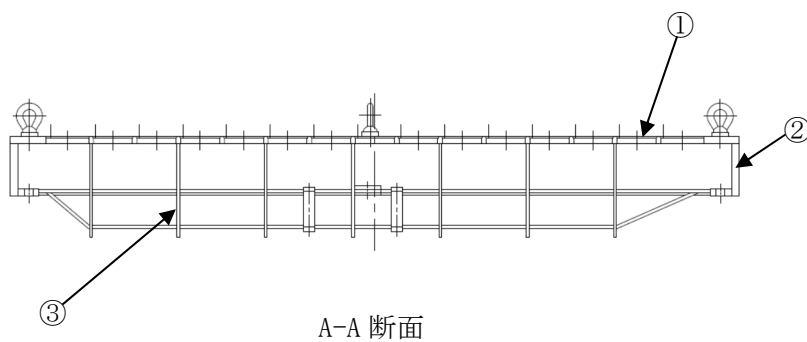
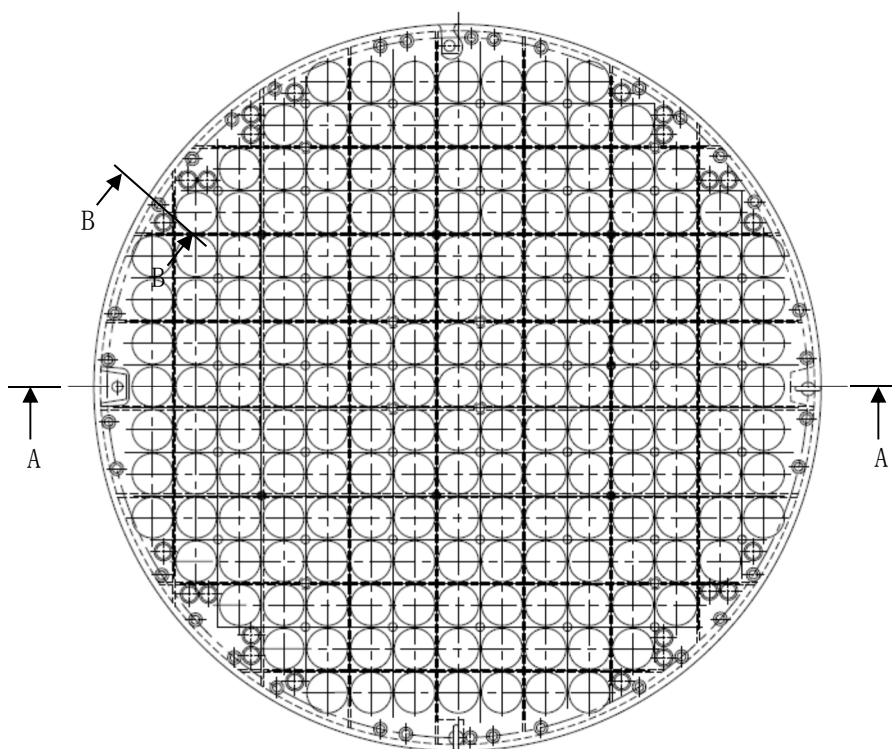


図 2.1-4 炉心支持板構造図

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 (SUS316L)
		リム胴	ステンレス鋼 (SUS316L)
		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 (SUS316L)

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

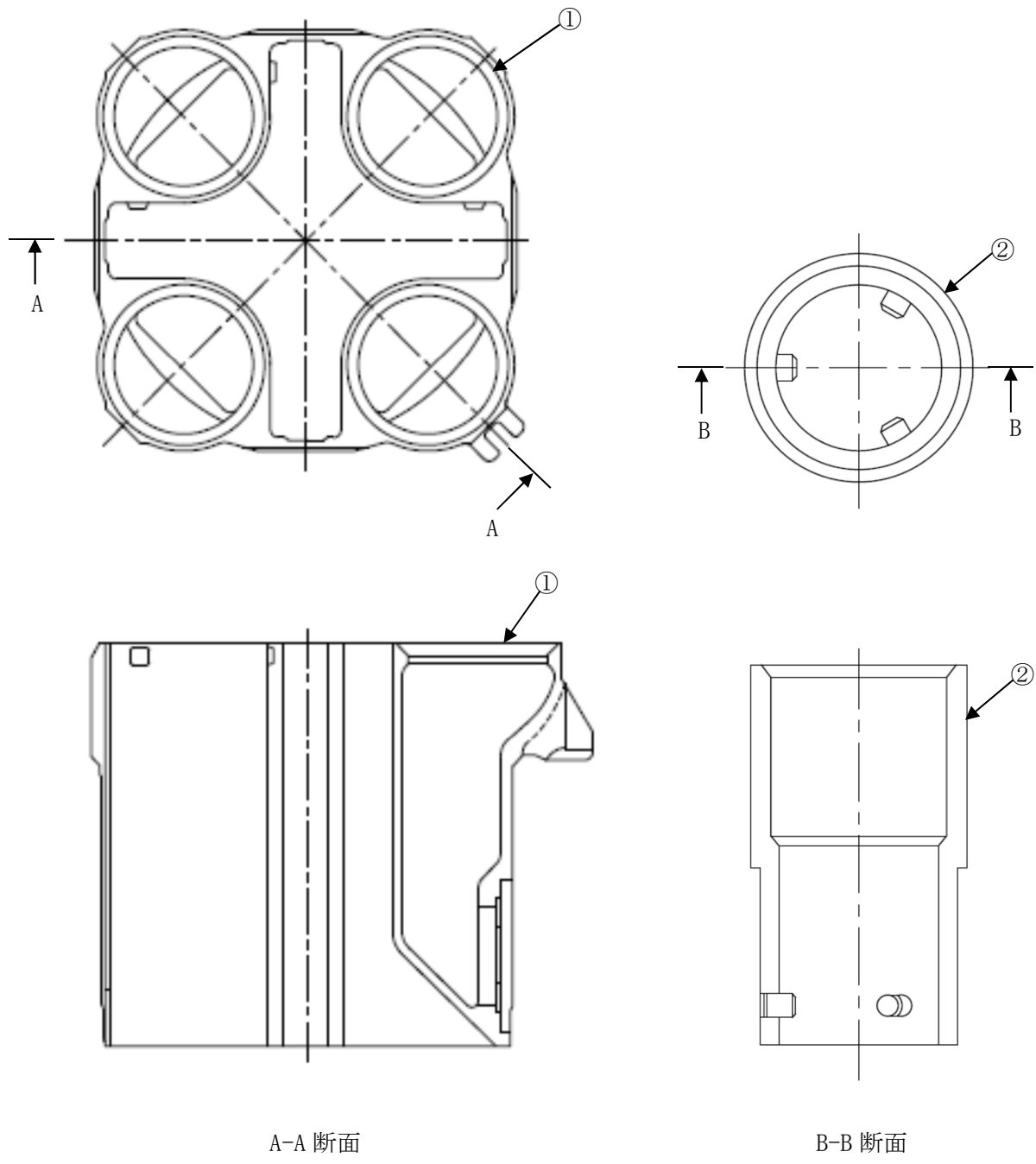


图 2.1-5 燃料支持金具構造図

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

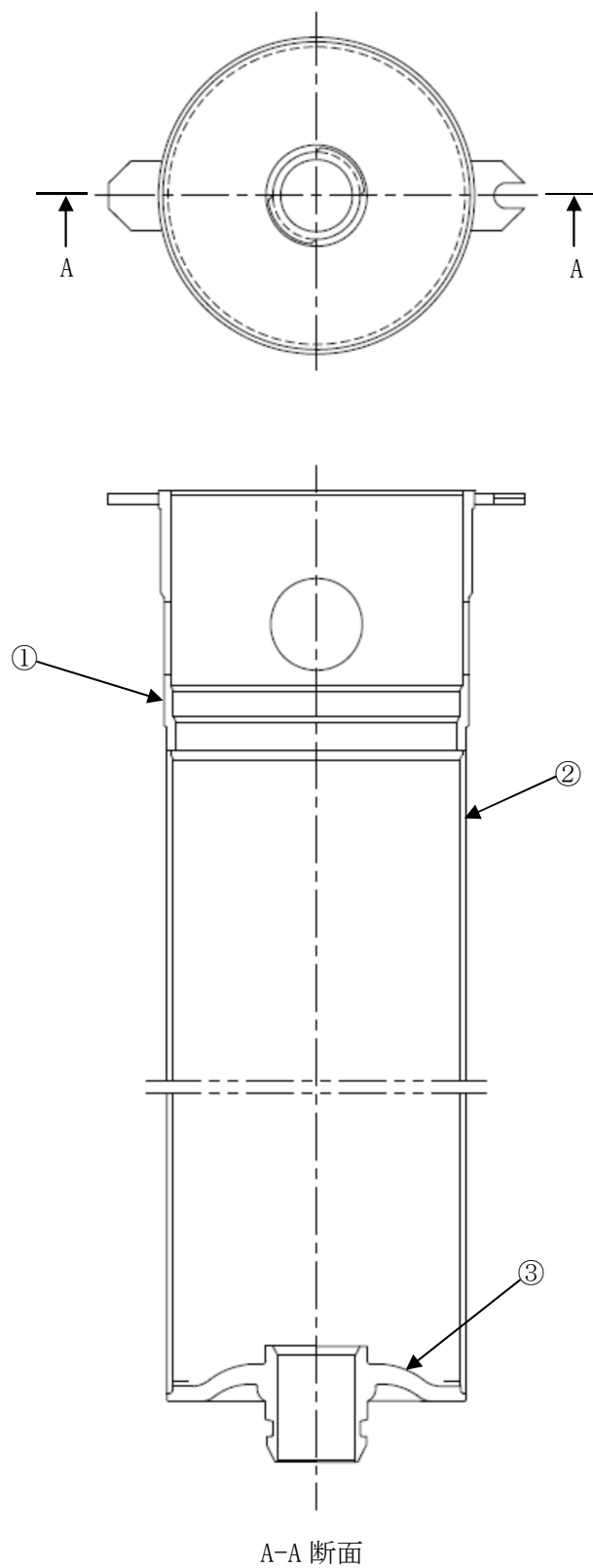
制御棒案内管は、制御棒の挿入・引抜きの際のガイドとなるとともに、中央燃料支持金具の重量を支える円筒形状の構造物で 185 個設置されており、上端は炉心支持板により水平方向を支持され、下端は制御棒駆動機構ハウジングに取り付けられている。

材料は、耐食性の高いステンレス鋼及びステンレス鋳鋼を使用している。

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

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	ステンレス鋳鋼 (SCS19A)

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、原子炉压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

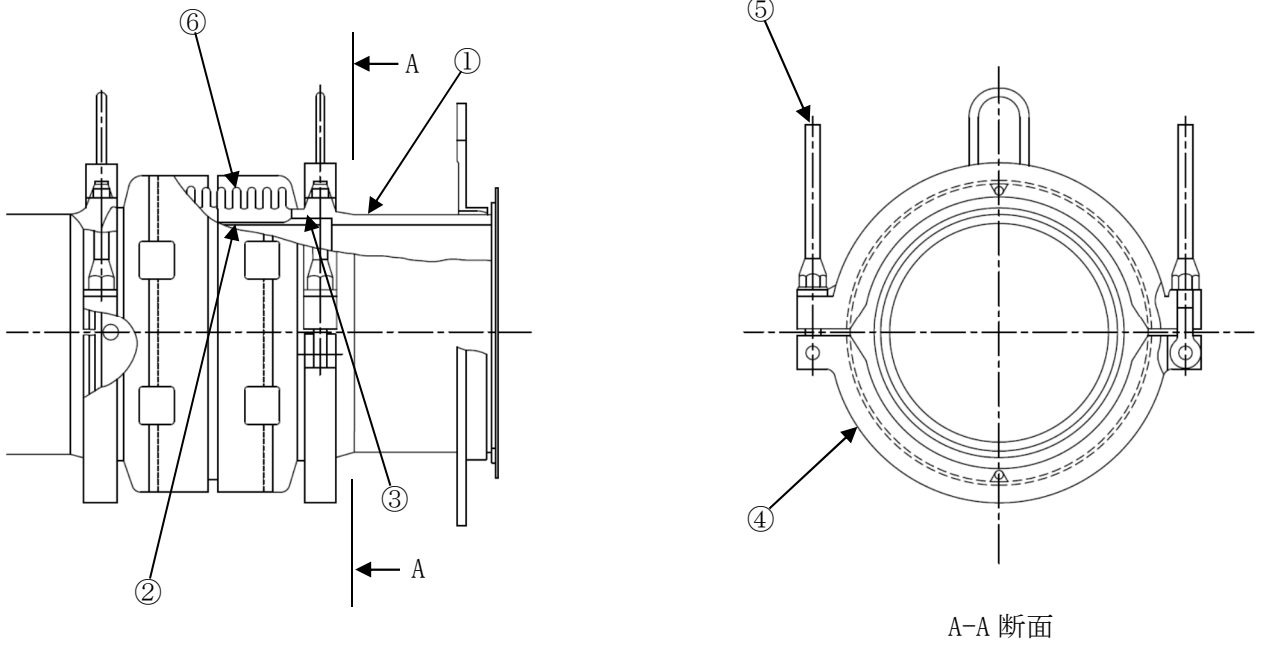


図 2.1-7 残留熱除去系（低圧注水系）配管構造図

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 (SUS316L)
機器の支持	支持	フランジ	ステンレス鋼 (SUSF316L)
		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

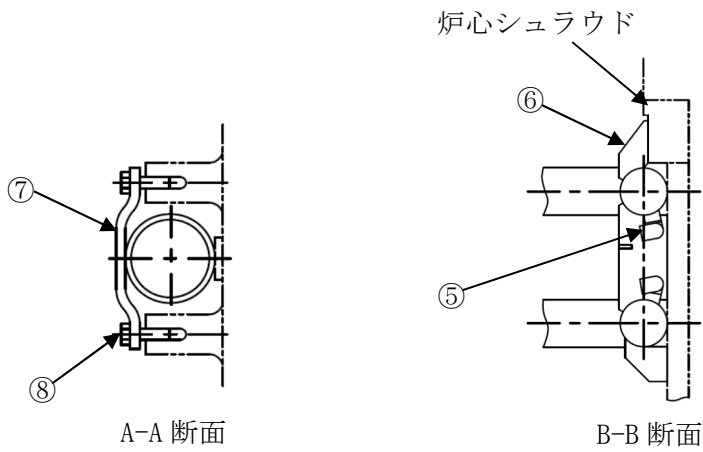
炉心スプレイ配管・スパージャは、冷却水を炉心に供給するための管状の構造物で2系統設置されており、配管はサーマルスリーブを介し炉心スプレイノズルセーフエンドに溶接され原子炉压力容器内面のブラケットに、スパージャはヘッドをスパージャブラケットに支持されている。

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

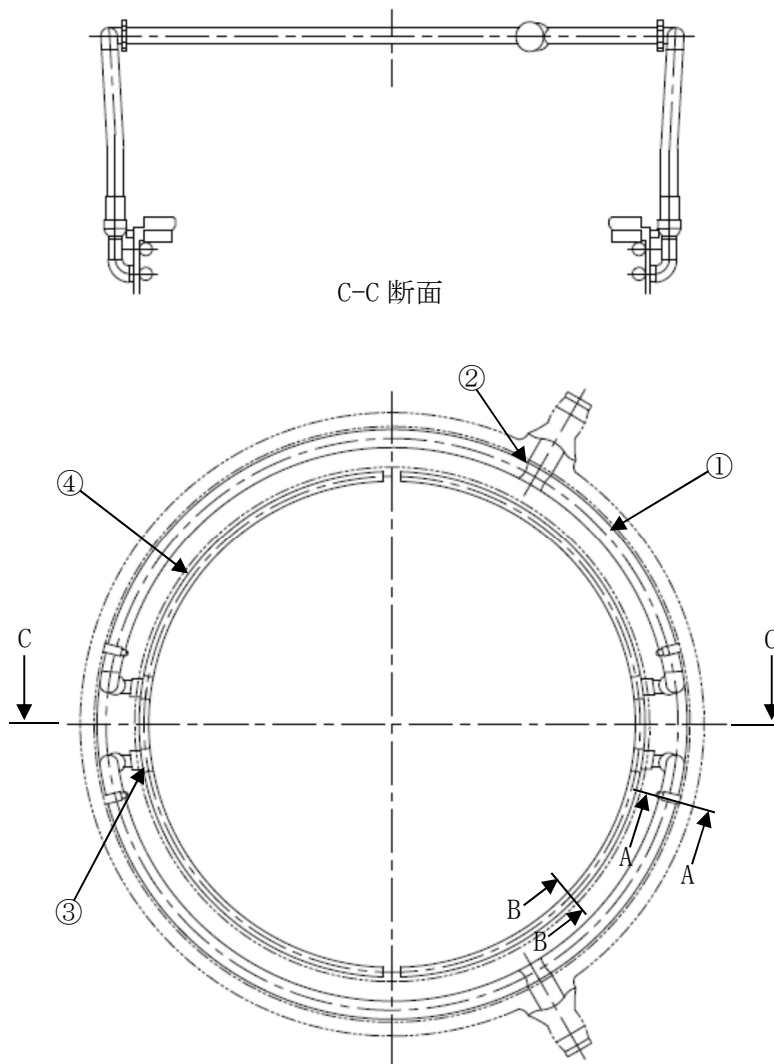


図 2.1-8 炉心スプレー配管・スパージャ構造図

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 (SUS316LTP)
		ティ (スパージャ)	ステンレス鋼 (SUSF316L)
		ヘッダ	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 (SUS316L)
		取付ボルト	ステンレス鋼 (SUS316L)

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

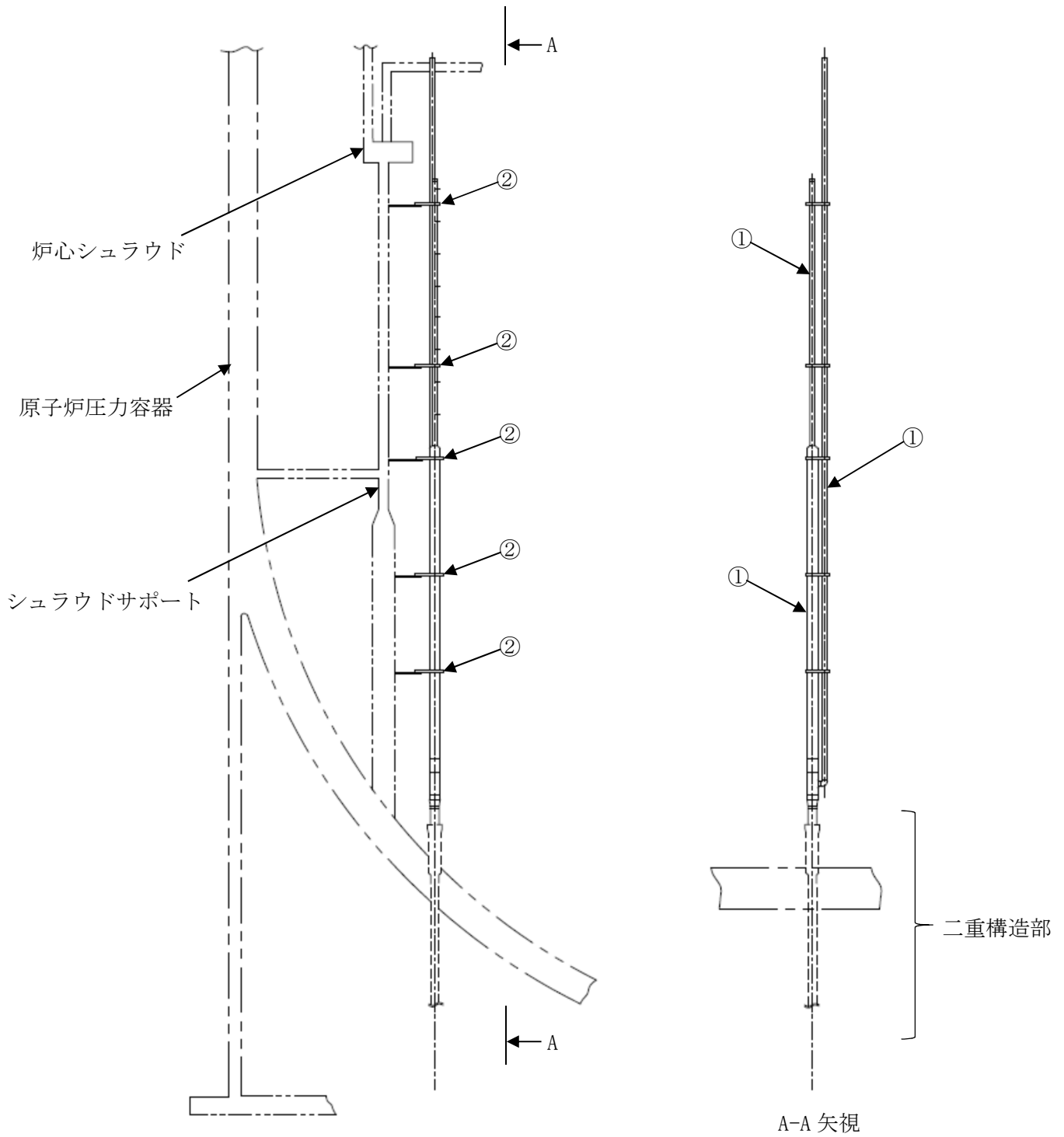


図 2.1-9 差圧検出・ほう酸水注入系配管構造図

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 (SUS316L)

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。

炉心シュラウドについては, 第 10 回定期検査時（平成 15 年度）に, 周方向溶接線（H4）及び縦溶接線（V14）近傍に応力腐食割れを確認し, 研削加工によりひびを除去後, 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。なお, 第 11 回定期検査時（平成 17 年度）に, ひび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, 炉心シュラウド溶接部の一部については, 第 11 回定期検査時（平成 17 年度）に, 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 °C 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 (平成 30 年 3 月 31 日) での予想照射量は, 中央部の $4.7 \times 10^{25} \text{n/m}^2$ 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 11 回定期検査時 (平成 17 年度) に, ひび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, 制御棒案内管]

中央燃料支持金具及び制御棒案内管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, 中央燃料支持金具及び制御棒案内管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, 中央燃料支持金具及び制御棒案内管は, 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				

○：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			○	△*				

○：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					△	△ ^{*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:照射クリープ
		周辺燃料支持金具		ステンレス鋼				○ ^{*2} △ ^{*1}		△ ^{*3}	△ ^{*4}	

○：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 (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、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5号炉の運転実績に基づいた平成30年3月31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（平成30年3月31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：2008」（AESJ-SC-P005：2008）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 (平成 30 年 3 月 31 日時点)
耐圧試験	15
起動 (昇温)	27
起動 (タービン起動)	27
給水加熱器機能喪失 (発電機トリップ)	8
スクラム (タービントリップ)	5
スクラム (その他)	2
停止	27

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 (平成 30 年 3 月 31 日時点)	現時点 (平成 30 年 3 月 31 日時点)
炉心シュラウド	0.001	0.008
シュラウドサポート	0.005	0.013

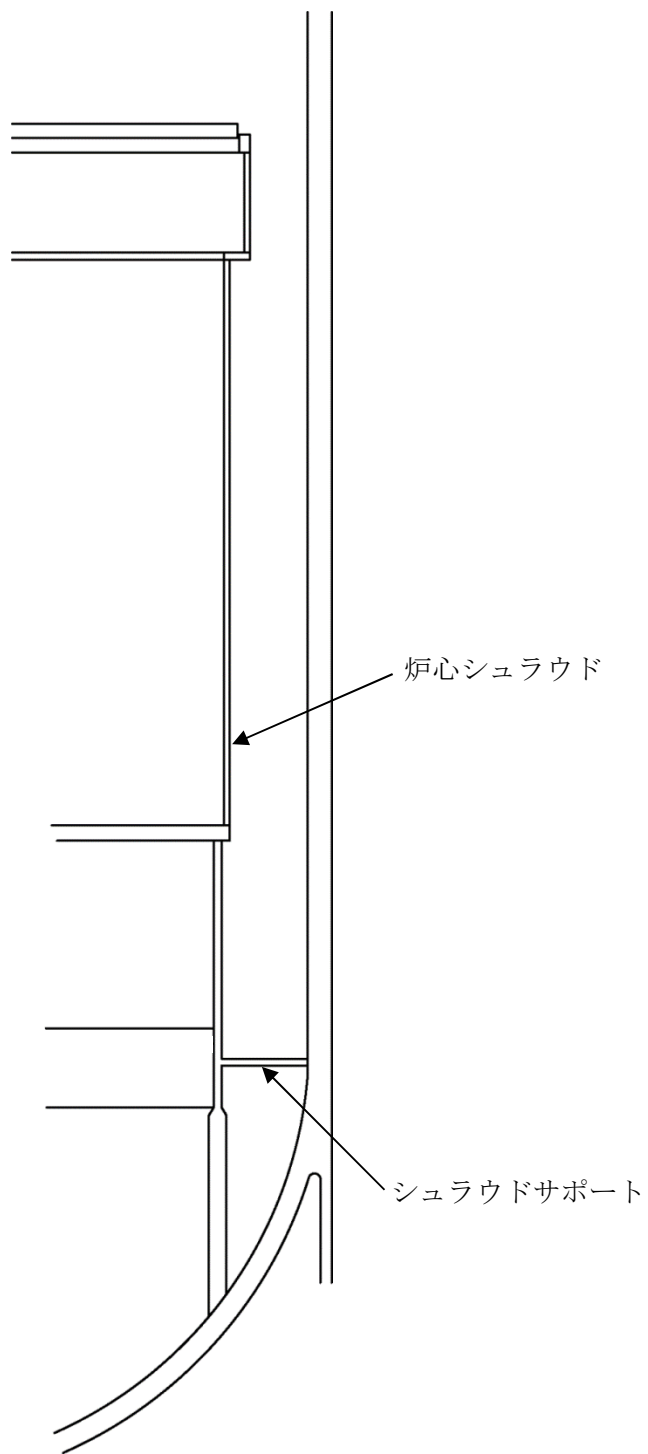


図 2.3-1 炉心シュラウド・シュラウドサポート疲労評価対象部位

(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 ($1 \times 10^{25} \text{ n/m}^2$ (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 (平成 30 年 3 月 31 日) での評価対象機器の予想照射量の最大値は、上部格子板中央部の $4.7 \times 10^{25} \text{ n/m}^2$ 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 (平成 30 年 3 月 31 日) での照射量は以下の値と予想される。

・ 炉心シュラウド	約 $4.7 \times 10^{24} \text{ n/m}^2$
・ 上部格子板	約 $4.7 \times 10^{25} \text{ n/m}^2$
・ 周辺燃料支持金具	約 $4.7 \times 10^{24} \text{ n/m}^2$
・ 炉心支持板	約 $4.7 \times 10^{23} \text{ n/m}^2$
・ 制御棒案内管	約 $4.7 \times 10^{23} \text{ n/m}^2$

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。

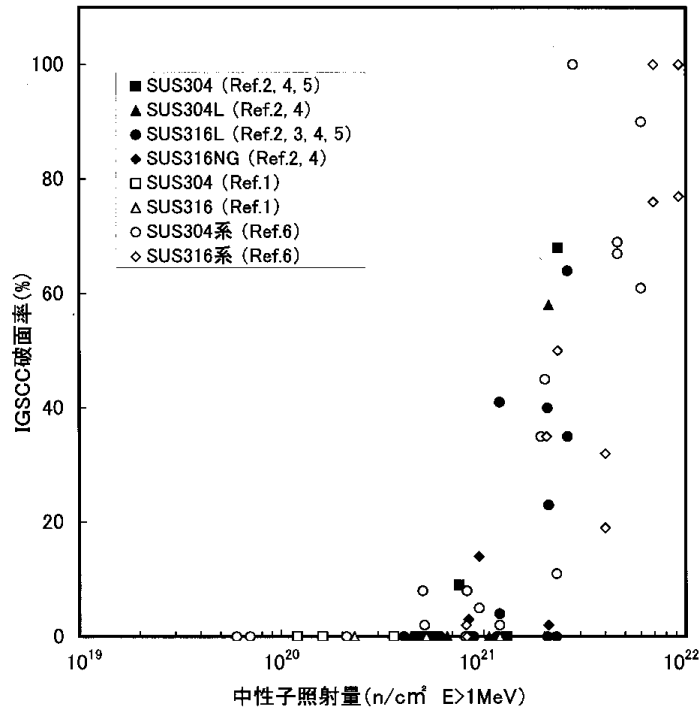


図 2.3-2 304, 316 ステンレス鋼の IGSCC 破面率に及ぼす中性子照射量の影響

[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