

島根原子力発電所 2 号炉  
ポンプの技術評価書

[運転を断続的に行うことを前提とした評価]

中国電力株式会社

本評価書は、島根原子力発電所2号炉（以下、「島根2号炉」という。）における安全上重要なポンプ（重要度分類審査指針におけるPS-1, 2およびMS-1, 2に該当する機器）、高温・高圧の環境下にあるクラス3のポンプおよび常設重大事故等対処設備に属する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、重要度およ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、ポンプの型式をもとに、以下の3つに分類して整理する。

1. ターボポンプ
2. 往復ポンプ
3. 原子炉再循環ポンプ

なお、原子炉再循環ポンプは遠心ポンプでありターボポンプに属するが、構造の複雑さとPS-1の重要性を考慮し、ターボポンプと分けて単独で評価する。

また、タービン設備のポンプは「タービンの技術評価書」にて、非常用ディーゼル機関付属設備、排ガス処理設備、所内ボイラ設備のポンプは「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、ジェットポンプは「炉内構造物の技術評価書」にて、原子炉給水ポンプおよび原子炉隔離時冷却ポンプにおけるタービンは「タービンの技術評価書」にて、ポンプモータは「ポンプモータの技術評価書」にて、原子炉再循環ポンプのサポート部は「配管の技術評価書」にてそれぞれ評価を実施するものとし、本評価書には含めていない。

また、本文中の単位の記載は、原則としてSI単位系に基づくものとする（圧力の単位は特に注がない限り、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	原子炉補機海水ポンプ (4)	2,040m <sup>3</sup> /h × 50m	MS-1, 重*2
	高压炉心スプレイ補機海水ポンプ (1)	336m <sup>3</sup> /h × 35m	MS-1, 重*2
	循環水ポンプ (3)	67,400m <sup>3</sup> /h × 8.5m	設*3
	タービン補機海水ポンプ (3)	2,100m <sup>3</sup> /h × 24m	設*3
	復水ポンプ (3)	2,720m <sup>3</sup> /h × 150m	高*4
	低压炉心スレイポンプ (1)	1,074m <sup>3</sup> /h × 199m	MS-1, 重*2
	高压炉心スレイポンプ (1)	1,074m <sup>3</sup> /h × 288m	MS-1, 重*2
	電動機駆動原子炉給水ポンプ (2)	1,430m <sup>3</sup> /h × 815m	高*4
	原子炉隔離時冷却ポンプ (1)	99m <sup>3</sup> /h × 918/128m	MS-1, 重*2
	燃料プール冷却ポンプ (2)	198m <sup>3</sup> /h × 88m	重*2
	残留熱代替除去ポンプ*5 (2)	150m <sup>3</sup> /h × 70m	重*2
	復水昇圧ポンプ (3)	2,720m <sup>3</sup> /h × 250m	高*4
	制御棒駆動水圧ポンプ (2)	31/54m <sup>3</sup> /h × 1,266/860m	高*4
	原子炉浄化循環ポンプ (2)	114m <sup>3</sup> /h × 800m	PS-2
	原子炉浄化補助ポンプ (1)	228m <sup>3</sup> /h × 152m	PS-2
	残留熱除去封水ポンプ (2)	5m <sup>3</sup> /h × 50m	高*4
	低压原子炉代替注水ポンプ*5 (2)	230m <sup>3</sup> /h × 190m	重*2
	高压原子炉代替注水ポンプ*5 (1)	93m <sup>3</sup> /h × 918m	重*2
	タービン駆動原子炉給水ポンプ (2)	2,860m <sup>3</sup> /h × 738m	高*4
	原子炉補機冷却水ポンプ (4)	1,680m <sup>3</sup> /h × 57m	MS-1, 重*2
高压炉心スプレイ補機冷却水ポンプ (1)	240m <sup>3</sup> /h × 30m	MS-1, 重*2	
残留熱除去ポンプ (3)	1,218m <sup>3</sup> /h × 98m	MS-1, 重*2	
原子炉建物機器ドレンポンプ (2)	15m <sup>3</sup> /h × 40m	高*4	
往復ポンプ	ほう酸水注入ポンプ (2)	9.72m <sup>3</sup> /h × 11.8MPa*6	MS-1, 重*2
原子炉再循環ポンプ	原子炉再循環ポンプ (2)	7,380m <sup>3</sup> /h × 245m	PS-1

\*1：最上位の重要度を示す。

\*2：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器および構造物であることを示す。

\*3：設計基準対象施設として評価対象とした機器および構造物であることを示す。

\*4：最高使用温度が95℃を超え、または最高使用圧力が1,900 kPaを超える環境下にある原子炉格納容器外の重要度クラス3の機器。

\*5：新規に設置される機器。

\*6：吐出圧力を示す。

表2 (1/2) 評価対象機器機能一覧

機器名称	機 能
原子炉補機海水ポンプ	原子炉補機冷却系熱交換器に冷却用海水を送水する。
高圧炉心スプレ補機海水ポンプ	高圧炉心スプレ補機冷却系熱交換器に冷却用海水を送水する。
循環水ポンプ	復水器に冷却用海水を送水する。
タービン補機海水ポンプ	タービン補機冷却系熱交換器に冷却用海水を送水する。
復水ポンプ	復水器ホットウェル内の復水を吸出し、空気抽出器、グラント蒸気復水器、復水昇圧ポンプに必要な押し込み圧力を与える。
低圧炉心スプレポンプ	冷却材喪失事故時に、サプレッションチェンバを水源とし炉心上部に設けられたスプージャより炉心にスプレする。
高圧炉心スプレポンプ	冷却材喪失事故時に、サプレッションチェンバまたは復水貯蔵タンクを水源とし炉心上部に設けられたスプージャより炉心にスプレする。
電動機駆動原子炉給水ポンプ	原子炉が必要とする給水量を供給できるようにする。
原子炉隔離時冷却ポンプ	原子炉隔離時における給水喪失時に、原子炉で発生した主蒸気でタービン駆動のポンプを起動して原子炉に注水し、水位低下を防ぐ。
燃料プール冷却ポンプ	燃料プール水を所定の水質、水温に維持するため、ろ過脱塩装置、熱交換器に通し循環させる。
残留熱代替除去ポンプ	重大事故等時に残留熱除去ポンプの復旧が困難で原子炉格納容器の循環冷却に移行できない場合に、代替で原子炉格納容器循環冷却のための冷却水を供給する。
復水昇圧ポンプ	復水脱塩装置で浄化された復水を昇圧して、原子炉給水ポンプに送水する。
制御棒駆動水圧ポンプ	制御棒駆動機構の冷却、常駆動および緊急挿入に必要な圧力と流量を供給する。
原子炉浄化循環ポンプ	原子炉冷却材の水質を維持できるように浄化装置を介し、原子炉一次冷却水を循環させる。
原子炉浄化補助ポンプ	原子炉圧力が低い時に、循環ポンプの運転ができないため原子炉冷却材の水質を維持できるように浄化装置を介し、原子炉一次冷却水を循環させる。
残留熱除去封水ポンプ	残留熱除去ポンプ及び低圧炉心スプレポンプの吐出配管を満水状態にする。
低圧原子炉代替注水ポンプ	設計基準事故対処設備の有する原子炉の冷却機能が喪失した場合において、炉心の著しい損傷及び格納容器破損を防止するため、低圧原子炉代替注水槽から原子炉に注水する。
高圧原子炉代替注水ポンプ	設計基準事故対処設備の有する原子炉の冷却機能が喪失した場合において、炉心の著しい損傷を防止するため、高圧状態の原子炉圧力容器に注水し炉心を冷却する。
タービン駆動原子炉給水ポンプ	原子炉が必要とする給水量を供給できるようにする。
原子炉補機冷却水ポンプ	原子炉の補機等が所定の機能・性能を維持するために冷却水を原子炉補機冷却系統の閉回路内に循環させる。
高圧炉心スプレ補機冷却水ポンプ	高圧炉心スプレ系機器が所定の機能・性能を維持するために冷却水を高圧炉心スプレ補機冷却系統の閉回路内に循環させる。
残留熱除去ポンプ	原子炉停止時の崩壊熱除去のため、原子炉冷却材を原子炉再循環系より残留熱除去系熱交換器に送水し冷却する。他に低圧注水モード等のモードがある。

表2 (2/2) 評価対象機器機能一覧

機器名称	機 能
原子炉建物機器ドレンサンプポンプ	原子炉建物の機器より発生する放射性機器ドレンを機器ドレンタンクに送水する。
ほう酸水注入ポンプ	通常運転時で制御棒が挿入できない時に、原子炉を冷温未臨界にするために必要なほう酸水を原子炉に注入する。
原子炉再循環ポンプ	原子炉冷却材を原子炉圧力容器より抜き出し、加圧した後、原子炉圧力容器内に設置したジェットポンプに送水することにより、原子炉冷却材を強制循環させる。

## 1. ターボポンプ

### [対象ポンプ]

- ① 原子炉補機海水ポンプ
- ② 高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ
- ③ 循環水ポンプ
- ④ タービン補機海水ポンプ
- ⑤ 復水ポンプ
- ⑥ 低圧炉心スプレイポンプ
- ⑦ 高圧炉心スプレイポンプ
- ⑧ 電動機駆動原子炉給水ポンプ
- ⑨ 原子炉隔離時冷却ポンプ
- ⑩ 燃料プール冷却ポンプ
- ⑪ 残留熱代替除去ポンプ
- ⑫ 復水昇圧ポンプ
- ⑬ 制御棒駆動水圧ポンプ
- ⑭ 原子炉浄化循環ポンプ
- ⑮ 原子炉浄化補助ポンプ
- ⑯ 残留熱除去封水ポンプ
- ⑰ 低圧原子炉代替注水ポンプ
- ⑱ 高圧原子炉代替注水ポンプ
- ⑲ タービン駆動原子炉給水ポンプ
- ⑳ 原子炉補機冷却水ポンプ
- ㉑ 高圧炉心スプレイ補機冷却水ポンプ
- ㉒ 残留熱除去ポンプ
- ㉓ 原子炉建物機器ドレンサンプポンプ

## 目 次

1. 対象機器および代表機器の選定	1-1
1.1 グループ化の考え方および結果	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, 材料および使用条件	1-5
2.1.1 原子炉補機海水ポンプ	1-5
2.1.2 復水ポンプ	1-8
2.1.3 高圧炉心スプレイポンプ	1-11
2.1.4 原子炉隔離時冷却ポンプ	1-14
2.1.5 原子炉浄化循環ポンプ	1-17
2.1.6 タービン駆動原子炉給水ポンプ	1-20
2.1.7 原子炉補機冷却水ポンプ	1-23
2.1.8 残留熱除去ポンプ	1-26
2.1.9 原子炉建物機器ドレンサンプポンプ	1-29
2.2 経年劣化事象の抽出	1-32
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目	1-32
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出	1-32
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	1-33
3. 代表機器以外への展開	1-47
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象	1-47
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	1-48

## 1. 対象機器および代表機器の選定

島根2号炉で使用している主要なターボポンプ（原子炉再循環ポンプを除く）の仕様を表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以下のとおり代表機器を選定した。

### 1.1 グループ化の考え方および結果

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、容量・揚程、最高使用圧力の観点から、代表機器を選定する。

#### (1) 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、原子炉補機海水ポンプ、高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ、循環水ポンプおよびタービン補機海水ポンプが属するが、重要度、運転状態から、原子炉補機海水ポンプを代表機器とする。

#### (2) 立軸斜流ポンプ（内部流体：純水、材料：鋳鉄、炭素鋼）

このグループには、復水ポンプのみが属するため復水ポンプを代表機器とする。

#### (3) 立軸斜流ポンプ（内部流体：純水、材料：炭素鋼）

このグループには、低圧炉心スプレイポンプおよび高圧炉心スプレイポンプが属するが、重要度、運転状態、揚程から高圧炉心スプレイポンプを代表機器とする。

#### (4) 横軸遠心ポンプ（内部流体：純水、材料：炭素鋼）

このグループには、電動機駆動原子炉給水ポンプ、原子炉隔離時冷却ポンプ、燃料プール冷却ポンプおよび残留熱代替除去ポンプが属するが、重要度から、原子炉隔離時冷却ポンプを代表機器とする。

#### (5) 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、復水昇圧ポンプ、制御棒駆動水圧ポンプ、原子炉浄化循環ポンプ、原子炉浄化補助ポンプ、残留熱除去封水ポンプ、低圧原子炉代替注水ポンプおよび高圧原子炉代替注水ポンプが属するが、重要度、運転状態から原子炉浄化循環ポンプを代表機器とする。

#### (6) 横軸遠心ポンプ（内部流体：純水、材料：低合金鋼）

このグループには、タービン駆動原子炉給水ポンプのみが属することから、タービン駆動原子炉給水ポンプを代表機器とする。

(7) 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および高圧炉心スプレイ補機冷却水ポンプが属するが，重要度，運転状態から原子炉補機冷却水ポンプを代表機器とする。

(8) 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，残留熱除去ポンプのみが属することから，残留熱除去ポンプを代表機器とする。

(9) 立軸遠心ポンプ（内部流体：純水，材料：鋳鉄）

このグループには，原子炉建物機器ドレンサンプポンプのみが属することから，原子炉建物機器ドレンサンプポンプを代表機器とする。

表1-1 (1/2) ターボポンプのグループ化と代表機器

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*2	運転 状態	最高使用圧力 (MPa) *3			最高使用温度 (℃) *3
立軸斜流	海水	ステンレス鋼	原子炉補機海水ポンプ (4)	2,040m <sup>3</sup> /h × 50m	MS-1, 重*4	連続	1.0	40	◎	運転状態
			高圧炉心スプレ補機海水ポンプ (1)	336m <sup>3</sup> /h × 35m	MS-1, 重*4	一時	1.0	40		
			循環水ポンプ (3)	67,400m <sup>3</sup> /h × 8.5m	設*5	連続	0.3	30		
			タービン補機海水ポンプ (3)	2,100m <sup>3</sup> /h × 24m	設*5	連続	0.5	30		
	純水*6	鋳鉄 炭素鋼	復水ポンプ (3)	2,720m <sup>3</sup> /h × 150m	高*7	連続	1.9	60	◎	揚程
		炭素鋼	低圧炉心スプレポンプ (1)	1,074m <sup>3</sup> /h × 199m	MS-1, 重*4	一時	4.4	116		
			高圧炉心スプレポンプ (1)	1,074m <sup>3</sup> /h × 288m	MS-1, 重*4	一時	12.2	110	◎	
横軸遠心	純水*6	炭素鋼	電動機駆動原子炉給水ポンプ (2)	1,430m <sup>3</sup> /h × 815m	高*7	連続 (短期)	16.7	175		重要度
			原子炉隔離時冷却ポンプ (1)	99m <sup>3</sup> /h × 918/128m	MS-1, 重*4	一時	11.3	100	◎	
			燃料プール冷却ポンプ (2)	198m <sup>3</sup> /h × 88m	重*4	連続	1.4	66		
			残留熱代替除去ポンプ (2) *8	150m <sup>3</sup> /h × 70m	重*4	一時	2.5	185		
		ステンレス鋼	復水昇圧ポンプ (3)	2,720m <sup>3</sup> /h × 250m	高*7	連続	6.5	60		運転状態
			制御棒駆動水圧ポンプ (2)	31/54m <sup>3</sup> /h × 1,266/860m	高*7	連続	13.8	66		
			原子炉浄化循環ポンプ (2)	114m <sup>3</sup> /h × 800m	PS-2	連続	12.7	66	◎	

\*1：ケーシングの材料を示す。

\*2：最上位の重要度を示す。

\*3：ポンプの吐出配管の仕様を示す。

\*4：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器および構造物であることを示す。

\*5：設計基準対象施設として評価対象とした機器および構造物であることを示す。

\*6：原子炉冷却材，復水，サプレッションプール水を示す。

\*7：最高使用温度が95℃を超え，または最高使用圧力が1,900 kPaを超える環境下にある原子炉格納容器外の重要度クラス3の機器。

\*8：新規に設置される機器。



表1-1 (2/2) ターボポンプのグループ化と代表機器

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*2	運転状態	最高使用圧力 (MPa) *3		
横軸遠心	純水*4	ステンレス鋼 (続き)	原子炉浄化補助ポンプ (1)	228m <sup>3</sup> /h × 152m	PS-2	連続 (短期)	8.6	302	運転状態
			残留熱除去封水ポンプ (2)	5m <sup>3</sup> /h × 50m	高*5	連続	1.4	100	
			低圧原子炉代替注水ポンプ (2) *6	230m <sup>3</sup> /h × 190m	重*7	一時	3.9	66	
			高圧原子炉代替注水ポンプ (1) *6	93m <sup>3</sup> /h × 918m	重*7	一時	11.3	120	
		低合金鋼	タービン駆動原子炉給水ポンプ (2)	2,860m <sup>3</sup> /h × 738m	高*5	連続	10.0	175	◎
		冷却水*8	炭素鋼	原子炉補機冷却水ポンプ (4)	1,680m <sup>3</sup> /h × 57m	MS-1, 重*7	連続	1.4	85
			高圧炉心スレイ補機冷却水ポンプ (1)	240m <sup>3</sup> /h × 30m	MS-1, 重*7	一時	1.0	66	運転状態
立軸遠心	純水*4	炭素鋼	残留熱除去ポンプ (3)	1,218m <sup>3</sup> /h × 98m	MS-1, 重*7	連続 (短期)	3.9	185	◎
		鋳鉄	原子炉建物機器トレンサンプポンプ (2)	15m <sup>3</sup> /h × 40m	高*5	連続	1.0	100	◎

\*1：ケーシングの材料を示す。

\*2：最上位の重要度を示す。

\*3：ポンプの吐出配管の仕様を示す。

\*4：原子炉冷却材，復水，サブプレッションプール水を示す。

\*5：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。

\*6：新規に設置される機器。

\*7：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器および構造物であることを示す。

\*8：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9機器のポンプについて技術評価を実施する。

- ① 原子炉補機海水ポンプ
- ② 復水ポンプ
- ③ 高圧炉心スプレイポンプ
- ④ 原子炉隔離時冷却ポンプ
- ⑤ 原子炉浄化循環ポンプ
- ⑥ タービン駆動原子炉給水ポンプ
- ⑦ 原子炉補機冷却水ポンプ
- ⑧ 残留熱除去ポンプ
- ⑨ 原子炉建物機器ドレンサンプポンプ

### 2.1 構造，材料および使用条件

#### 2.1.1 原子炉補機海水ポンプ

##### (1) 構造

原子炉補機海水ポンプは，容量2,040 m<sup>3</sup>/h，揚程50 mの立軸単段斜流式ポンプであり，4台設置している。

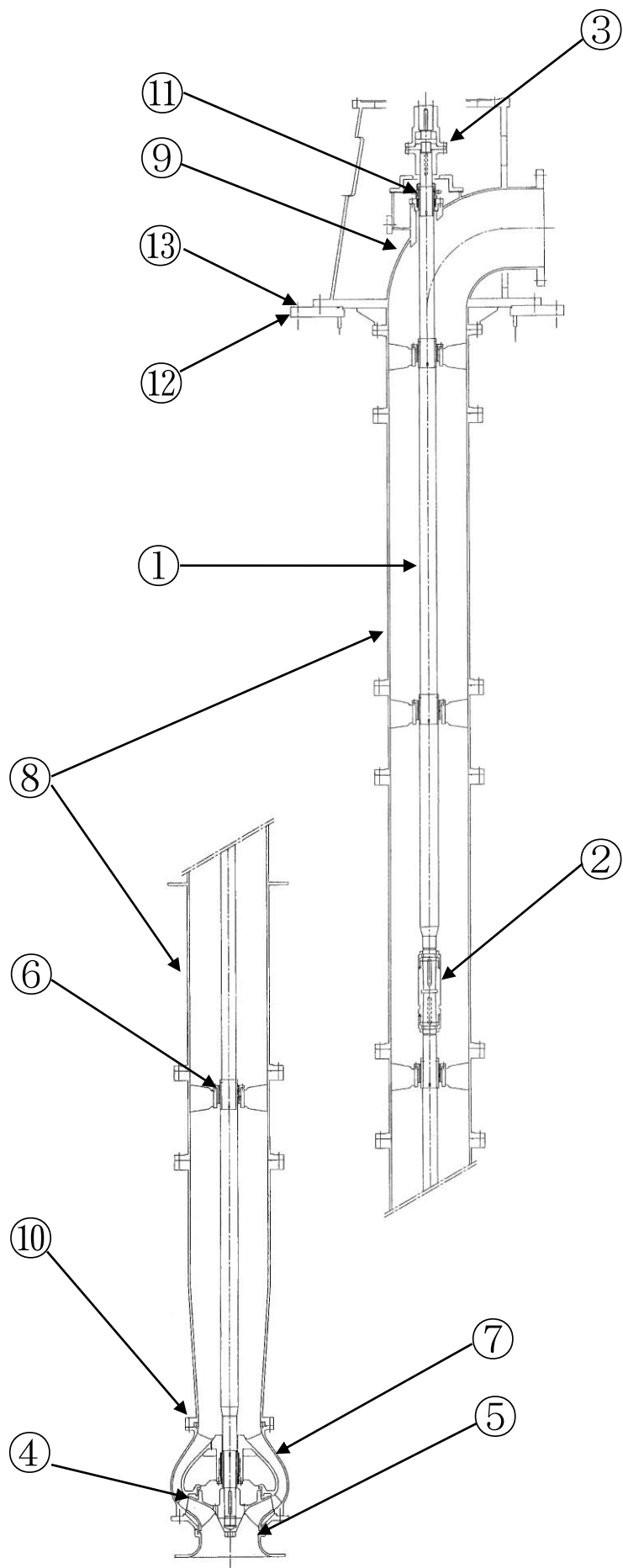
海水に接液するケーシング，羽根車にはステンレス鋳鋼，主軸にはステンレス鋼を使用しており，軸封部には，内部流体の漏れを防止するため，グランドパッキンを使用している。

なお，羽根車や主軸は，取付ボルトを外し，ケーシング等を取り外すことにより，点検・手入れが可能である。

原子炉補機海水ポンプの構造図を図2.1-1に示す。

##### (2) 材料および使用条件

原子炉補機海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	中間軸継手
③	軸継手
④	羽根車
⑤	ケーシングリング
⑥	水中軸受
⑦	ケーシング
⑧	揚水管
⑨	デリバリー
⑩	取付ボルト
⑪	グランドパッキン
⑫	ベース
⑬	基礎ボルト

図2.1-1 原子炉補機海水ポンプ構造図

表2.1-1 原子炉補機海水ポンプ主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
ポンプの容量と揚程の確保	主軸	ステンレス鋼 (SUS316)
	中間軸継手	ステンレス鋼 (SUS316)
	軸継手	炭素鋼 (S25C), ステンレス鋼 (SUS403)
	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)
	水中軸受	ステンレス鋳鋼 (SCS14) ゴム, テフロン
ハウダリの維持	ケーシング	ステンレス鋳鋼 (SCS14)
	揚水管	炭素鋼 (SM400B), ステンレス鋼 (SUS316L) エポキシライニング
	デリバリー	炭素鋼 (SM400B, S25C) エポキシライニング
	取付ボルト	ステンレス鋼 (SUS316)
	グラントパッキン	(消耗品)
機器の支持	ベース	炭素鋼 (SS400)
	基礎ボルト	ステンレス鋼 (SUS304)

表2.1-2 原子炉補機海水ポンプの使用条件

最高使用圧力	1.0MPa
最高使用温度	40℃
容 量	2,040m <sup>3</sup> /h
内 部 流 体	海水

## 2.1.2 復水ポンプ

### (1) 構造

復水ポンプは、容量2,720 m<sup>3</sup>/h、揚程150 mの立軸多段斜流式ポンプで、3台設置している。

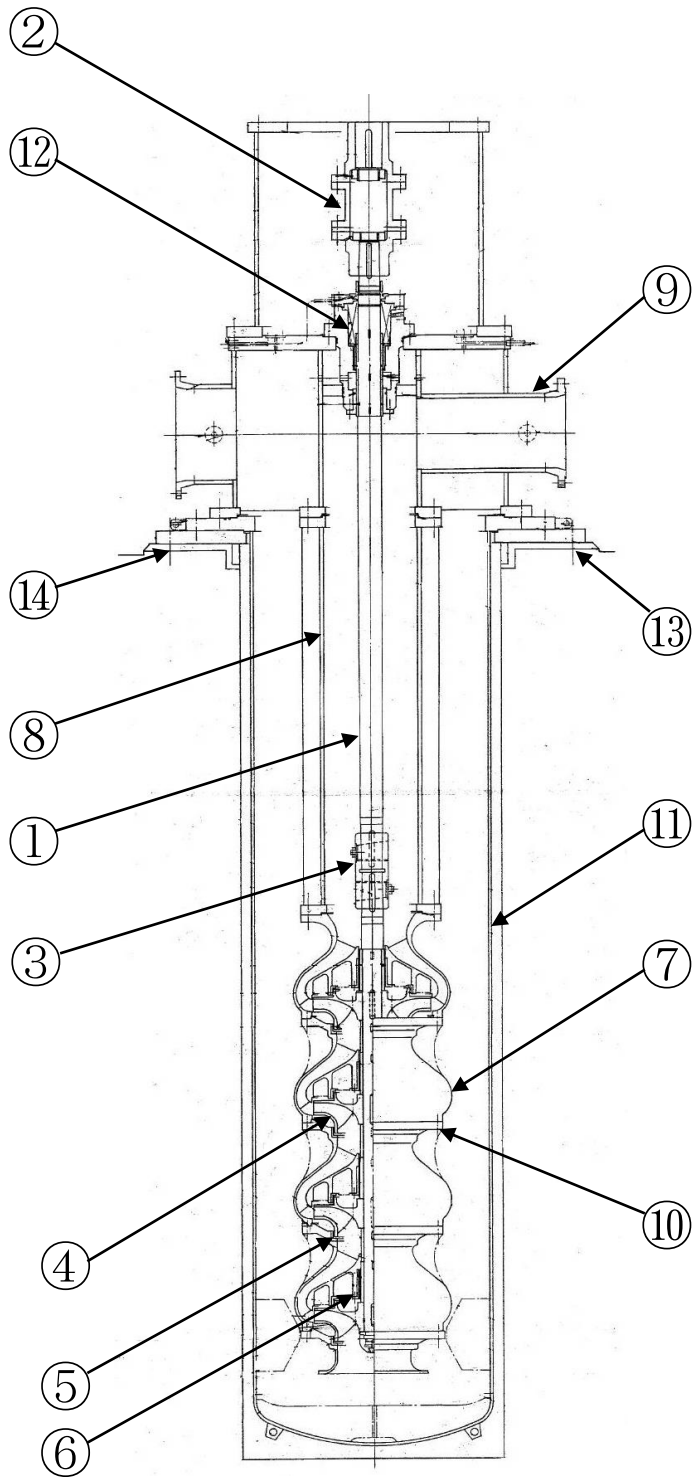
純水に接液するケーシングは鋳鉄および炭素鋼鋳鋼、主軸はステンレス鋼、羽根車はステンレス鋳鋼を使用しており、軸封部には、内部流体の漏れを防止するため、メカニカルシールを使用している。

なお、羽根車や主軸は、取付ボルトを外し、ケーシング等を取り外すことにより、点検・手入れが可能である。

復水ポンプの構造図を図2.1-2に示す。

### (2) 材料および使用条件

復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。



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	水中軸受
⑦	ケーシング
⑧	揚水管
⑨	デリバリ
⑩	取付ボルト
⑪	バレル
⑫	メカニカルシール
⑬	ベース
⑭	基礎ボルト

図2.1-2 復水ポンプ構造図

表2.1-3 復水ポンプ主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
ポンプの容量と揚程の確保	主軸	ステンレス鋼 (SUS403)
	軸継手	炭素鋼 (SF45A)
	中間軸継手	ステンレス鋼 (SUS403)
	羽根車	ステンレス鋳鋼 (SCS1相当)
	ケーシングリング	ステンレス鋼 (SUS420J2)
	水中軸受	炭素鋼 (S22C) +カーボン
ハウジングの維持	ケーシング	鋳鉄 (FC25) (1~3段目) 炭素鋼鋳鋼 (SCW42) (4段目)
	揚水管	炭素鋼 (SM41A)
	デリバリー	炭素鋼 (SM41A, S25C)
	取付ホルト	低合金鋼 (SCM435)
	バレル	炭素鋼 (SM41A)
	メカニカルシール	(定期取替品)
機器の支持	ベース	炭素鋼 (SS41)
	基礎ホルト	炭素鋼 (SS41)

表2.1-4 復水ポンプの使用条件

最高使用圧力	1.9MPa
最高使用温度	60℃
容 量	2,720m <sup>3</sup> /h
内 部 流 体	純水

### 2.1.3 高圧炉心スプレイポンプ

#### (1) 構造

高圧炉心スプレイポンプは、容量1,074 m<sup>3</sup>/h、揚程288 mの立軸多段斜流式ポンプで、1台設置している。

純水に接液するケーシングは炭素鋼および炭素鋼鋳鋼、羽根車にはステンレス鋳鋼、主軸にはステンレス鋼を使用しており、軸封部には、内部流体の漏れを防止するため、メカニカルシールを使用している。メカニカルシールはシール水クーラで冷却されたシール水がパージされており、このシール水クーラの伝熱管、胴体はステンレス鋼を使用している。また、冷却源として冷却水（防錆剤入り）を使用している。

なお、羽根車や主軸は、取付ボルトを外し、ケーシング等を取り外すことにより、点検・手入れが可能である。

高圧炉心スプレイポンプの構造図を図2.1-3に示す。

#### (2) 材料および使用条件

高圧炉心スプレイ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。



No.	部 位
①	主軸
②	軸継手
③	羽根車
④	ケーシングリング
⑤	水中軸受
⑥	ケーシング
⑦	デリバリー
⑧	取付ボルト
⑨	ハレル
⑩	メカニカルシール
⑪	シール水クーラ
⑫	ベース
⑬	基礎ボルト

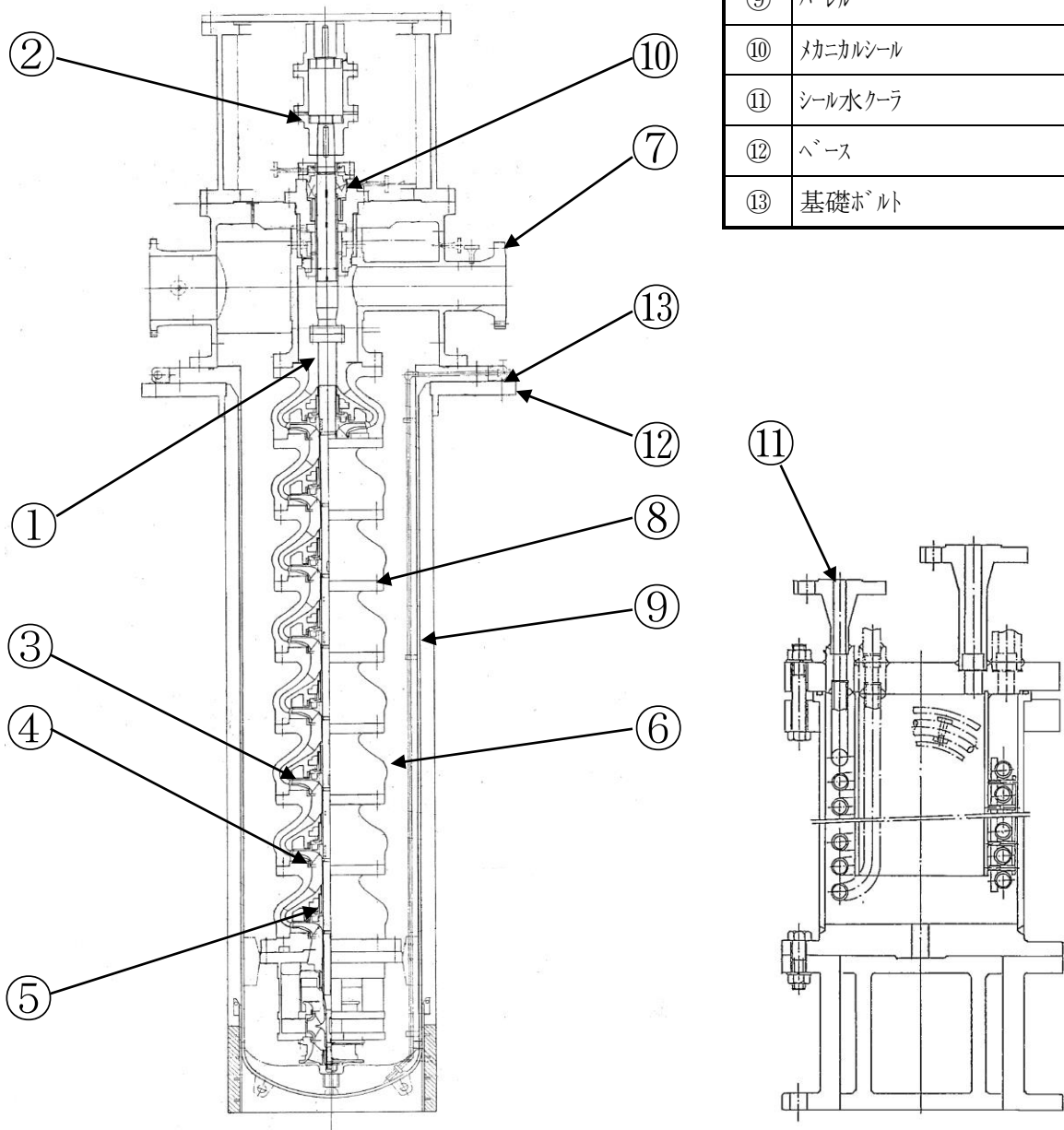


図2.1-3 高圧炉心スプレイポンプ構造図

表2.1-5 高圧炉心スプレイポンプ主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
ポンプの容量と揚程の確保	主軸	ステンレス鋼 (SUS403)
	軸継手	炭素鋼 (SF45A)
	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)
	水中軸受	炭素鋼 (S22C) +カーボン
バウダリの維持	ケーシング	炭素鋼鋳鋼 (SCW42) 炭素鋼 (SM41B)
	デリバリー	炭素鋼 (SFV1, SM41B)
	取付ボルト	低合金鋼 (SCM435)
	バレル	炭素鋼 (SFV1, SM41B)
	メカニカルシール	(定期取替品)
	シール水クーラ	ステンレス鋼 (SUSF304, SUS304TP)
機器の支持	ベース	炭素鋼 (SM41A)
	基礎ボルト	低合金鋼 (SCM435)

表2.1-6 高圧炉心スプレイポンプの使用条件

最高使用圧力	12.2MPa
最高使用温度	110℃
容 量	1,074m <sup>3</sup> /h
内 部 流 体	純水

## 2.1.4 原子炉隔離時冷却ポンプ

### (1) 構造

原子炉隔離時冷却ポンプは、容量99 m<sup>3</sup>/h、揚程918/128 mの横軸多段遠心式ポンプで、1台設置している。

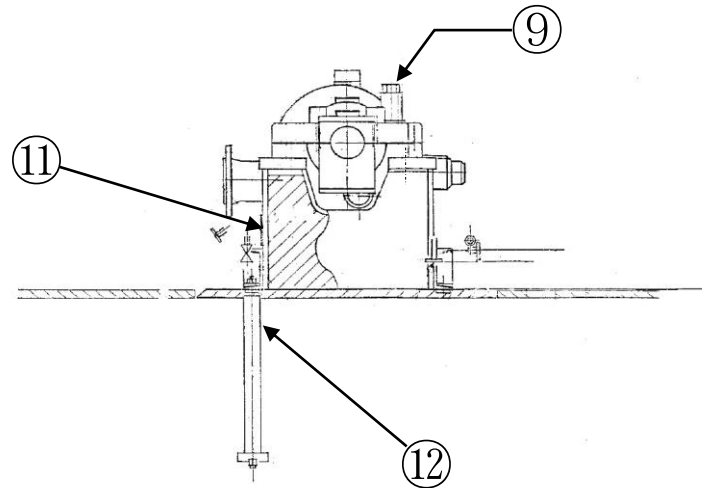
純水に接液するケーシングは炭素鋼鑄鋼、主軸はステンレス鋼、羽根車には、ステンレス鑄鋼を使用しており、軸封部には、内部流体の漏れを防止するため、メカニカルシールを使用している。

なお、羽根車や主軸は、取付ボルトを外し、ケーシング等を取り外すことにより、点検・手入れが可能である。

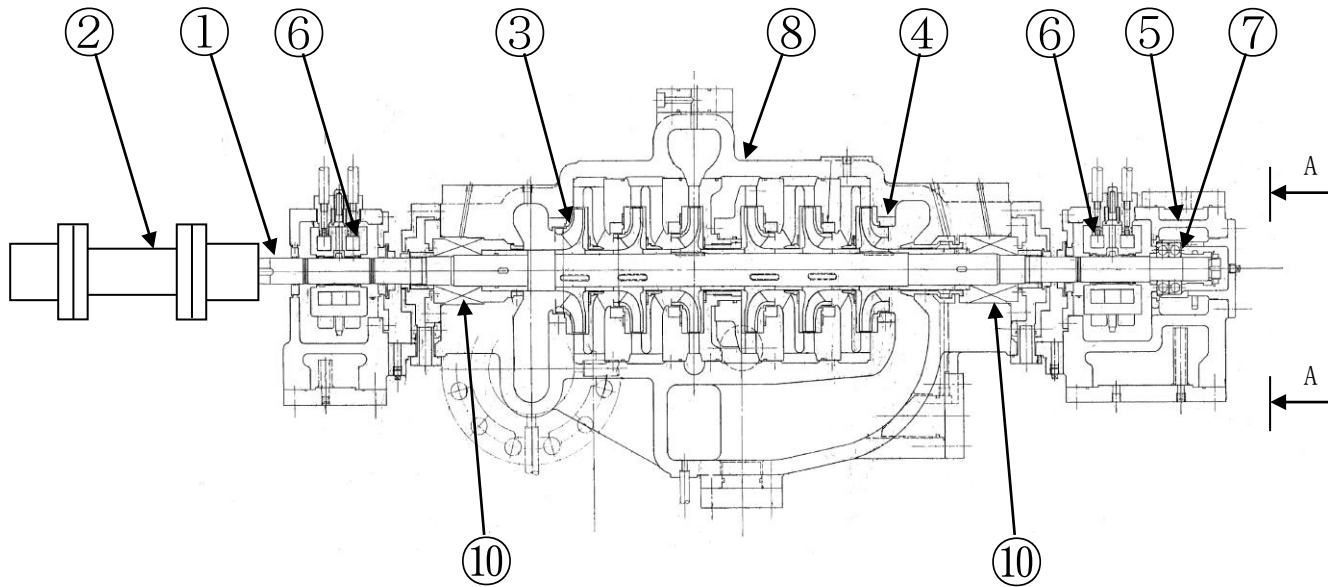
原子炉隔離時冷却ポンプの構造図を図2.1-4に示す。

### (2) 材料および使用条件

原子炉隔離時冷却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。



A-A 矢視図



No.	部 位
①	主軸
②	軸継手
③	羽根車
④	ケーシングリング
⑤	軸受箱
⑥	軸受 (すべり)
⑦	軸受 (転がり)
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2.1-4 原子炉隔離時冷却ポンプ構造図

表2.1-7 原子炉隔離時冷却ポンプ主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
ポンプの容量と揚程の確保	主軸	ステンレス鋼 (AISI414相当)
	軸継手	低合金鋼 (SCM440H), 炭素鋼 (S45C)
	羽根車	ステンレス鋳鋼 (SCS2)
	ケーシングリング	ステンレス鋼 (SUS420J2)
	軸受箱	炭素鋼鋳鋼 (SCW42)
	軸受 (すべり)	炭素鋼 (S22C), ホワイトメタル (WJ1)
	軸受 (転がり)	(消耗品)
ハウジングの維持	ケーシング	炭素鋼鋳鋼 (SCW42)
	取付ホルト	低合金鋼 (SCM440)
	メカニカルシール	(定期取替品)
機器の支持	ベース	炭素鋼 (SS41)
	基礎ホルト	低合金鋼 (SCM435)

表2.1-8 原子炉隔離時冷却ポンプの使用条件

最高使用圧力	11.3MPa
最高使用温度	100℃
容 量	99m <sup>3</sup> /h
内 部 流 体	純水

## 2.1.5 原子炉浄化循環ポンプ

### (1) 構造

原子炉浄化循環ポンプは、容量114 m<sup>3</sup>/h、揚程800 mの横軸多段遠心式ポンプで2台設置している。

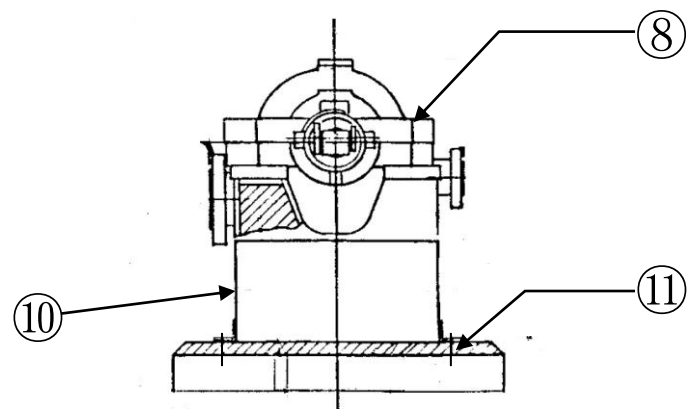
純水に接液するケーシング，羽根車はステンレス鋳鋼，主軸はステンレス鋼を使用しており，軸封部には，内部流体の漏れを防止するため，メカニカルシールを使用している。

なお，羽根車や主軸は，取付ボルトを外し，ケーシング等を取り外すことにより，点検・手入れが可能である。

原子炉浄化循環ポンプの構造図を図2.1-5に示す。

### (2) 材料および使用条件

原子炉浄化循環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。



A-A 矢視図

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

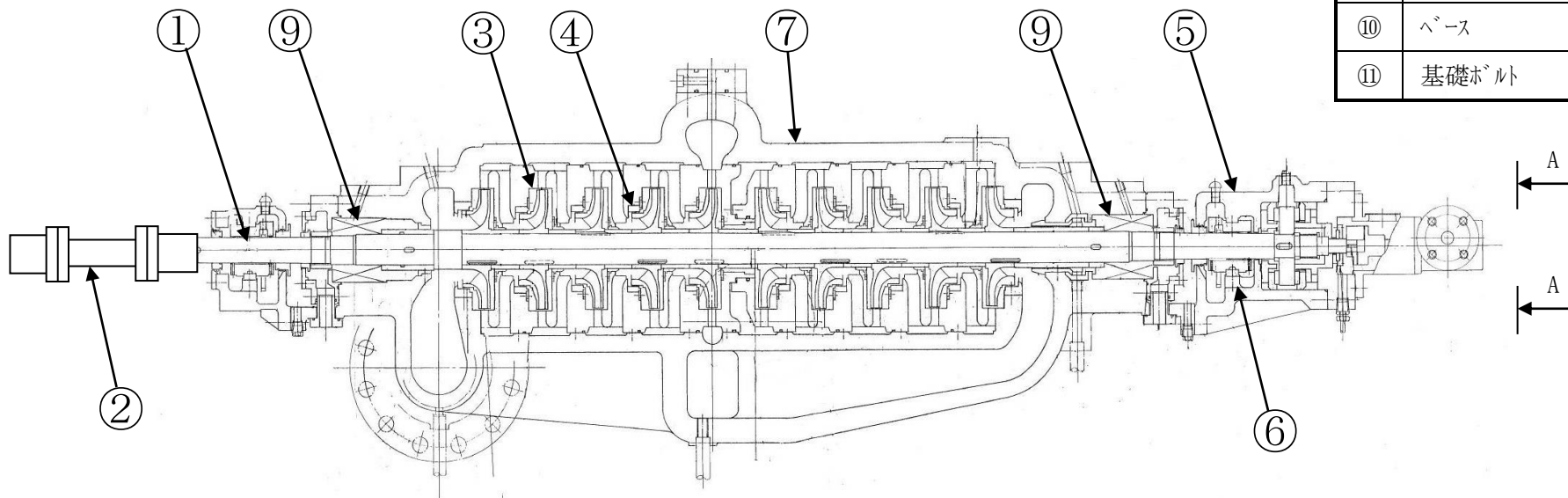


図2.1-5 原子炉浄化循環ポンプ構造図

表2.1-9 原子炉浄化循環ポンプ主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
ポンプの容量と揚程の確保	主軸	ステンレス鋼 (SUS403)
	軸継手	低合金鋼 (SCM435, SNCM439)
	羽根車	ステンレス鋳鋼 (SCS2)
	ケーシングリング	ステンレス鋼 (SUS420J2)
	軸受箱	鋳鉄 (FC25)
	軸受 (すべり)	炭素鋼 (S15C), 鋳鉄 (FC20) ホワイトメタル (WJ2)
ハウダリの維持	ケーシング	ステンレス鋳鋼 (SCS1相当)
	取付ボルト	低合金鋼 (SCM440)
	メカニカルシール	(定期取替品)
機器の支持	ベース	炭素鋼 (SS41)
	基礎ボルト	炭素鋼 (SS41)

表2.1-10 原子炉浄化循環ポンプの使用条件

最高使用圧力	12.7MPa
最高使用温度	66℃
容 量	114m <sup>3</sup> /h
内 部 流 体	純水



## 2.1.6 タービン駆動原子炉給水ポンプ

### (1) 構造

タービン駆動原子炉給水ポンプは、容量2,860 m<sup>3</sup>/h、揚程738 mの横軸単段遠心式ポンプで、2台設置している。

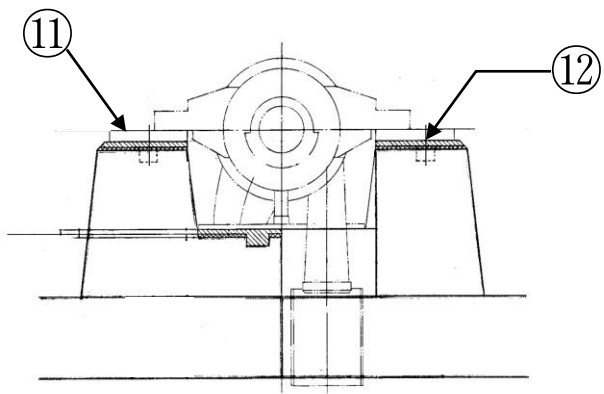
純水に接液するケーシングは低合金鋼、主軸はステンレス鋼、羽根車はステンレス鋳鋼を使用しており、軸封部には、スロットルブッシュによるシールと共に内部流体の漏れを防止するため、シール水を注入している。

なお、羽根車や主軸は、取付ボルトを外し、ケーシング等を取り外すことにより、点検・手入れが可能である。

タービン駆動原子炉給水ポンプの構造図を図2.1-6に示す。

### (2) 材料および使用条件

タービン駆動原子炉給水ポンプ主要部位の使用材料を表2.1-11に、使用条件を表2.1-12に示す。



A-A 矢視図

No.	部 位
①	主軸
②	軸継手
③	羽根車
④	ケーシングリング
⑤	軸受箱
⑥	軸受 (すべり)
⑦	ケーシング
⑧	ケーシングカバー
⑨	取付ホルト
⑩	スロットルブッシュ
⑪	ベース
⑫	基礎ホルト

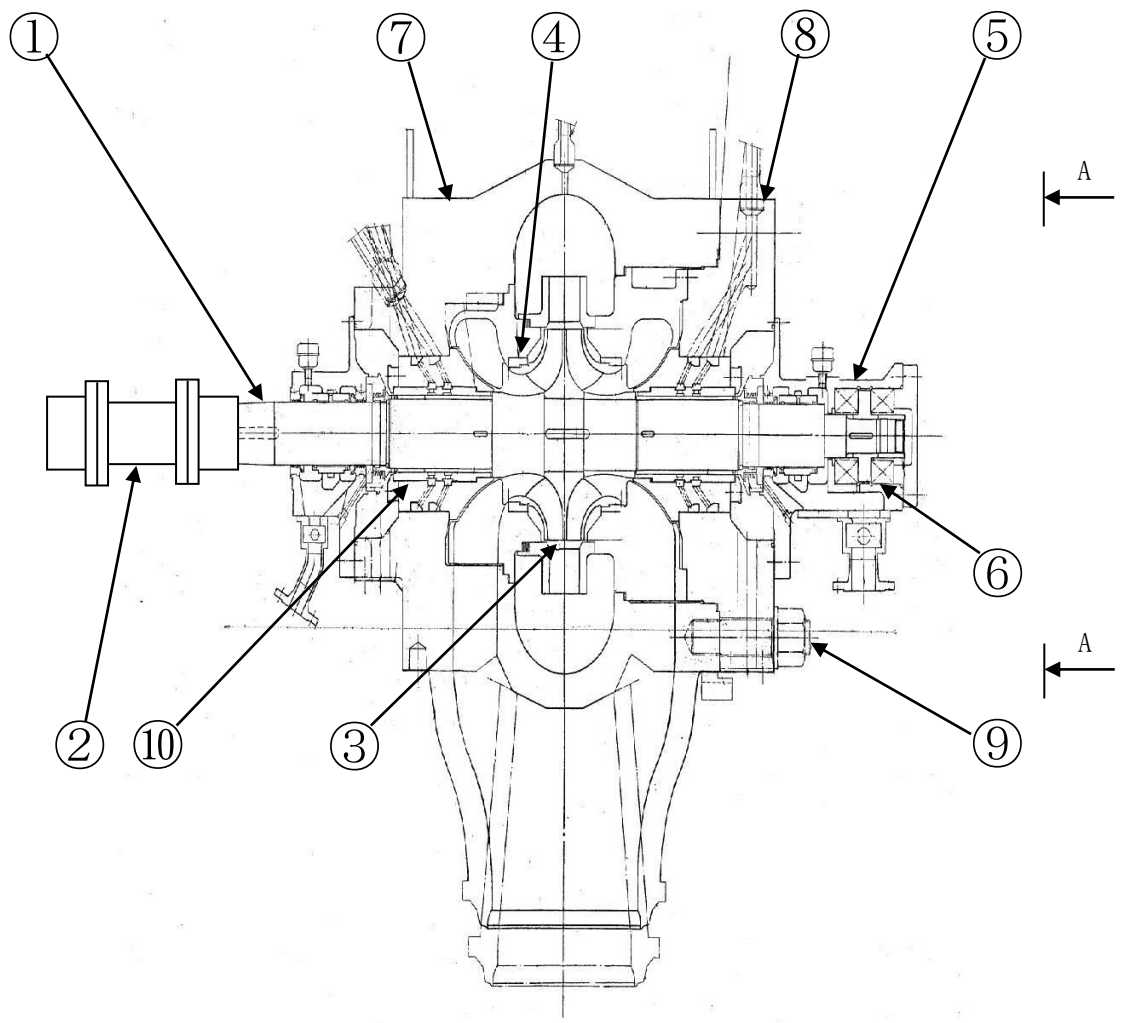


図2.1-6 タービン駆動原子炉給水ポンプ構造図

表2.1-11 タービン駆動原子炉給水ポンプ主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
ポンプの容量と揚程の確保	主軸	ステンレス鋼 (AISI414相当)
	軸継手	低合金鋼 (SNC815, SCM432, SCM440)
	羽根車	ステンレス鋳鋼 (SCS2相当)
	ケーシングリング	ステンレス鋼 (SUS420J2)
	軸受箱	炭素鋼鋳鋼 (SCW42)
	軸受 (すべり)	炭素鋼 (ASTM A576, S20C), ホワイトメタル (WJ)
ハウダリの維持	ケーシング	低合金鋼 (SFVAF5B, SCPH61)
	ケーシングカバー	低合金鋼 (SFVAF5B)
	取付ボルト	低合金鋼 (SCM435)
	スロットルブッシュ	ステンレス鋼 (SUS420J2)
機器の支持	ベース	炭素鋼 (SS41)
	基礎ボルト	低合金鋼 (SCM435)

表2.1-12 タービン駆動原子炉給水ポンプの使用条件

最高使用圧力	10.0MPa
最高使用温度	175℃
容 量	2,860m <sup>3</sup> /h
内 部 流 体	純水

## 2.1.7 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1,680 m<sup>3</sup>/h、揚程57 mの横軸単段遠心式ポンプで、4台設置している。

冷却水に接液するケーシングは炭素鋼鋳鋼、主軸はステンレス鋼、羽根車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。

なお、羽根車や主軸は、取付ボルトを外し、ケーシング等を取り外すことにより、点検・手入れが可能である。

原子炉補機冷却水ポンプの構造図を図2.1-7に示す。

### (2) 材料および使用条件

原子炉補機冷却水ポンプ主要部位の使用材料を表2.1-13に、使用条件を表2.1-14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	取付ボルト
⑨	メカニカルシール
⑩	ベース
⑪	基礎ボルト

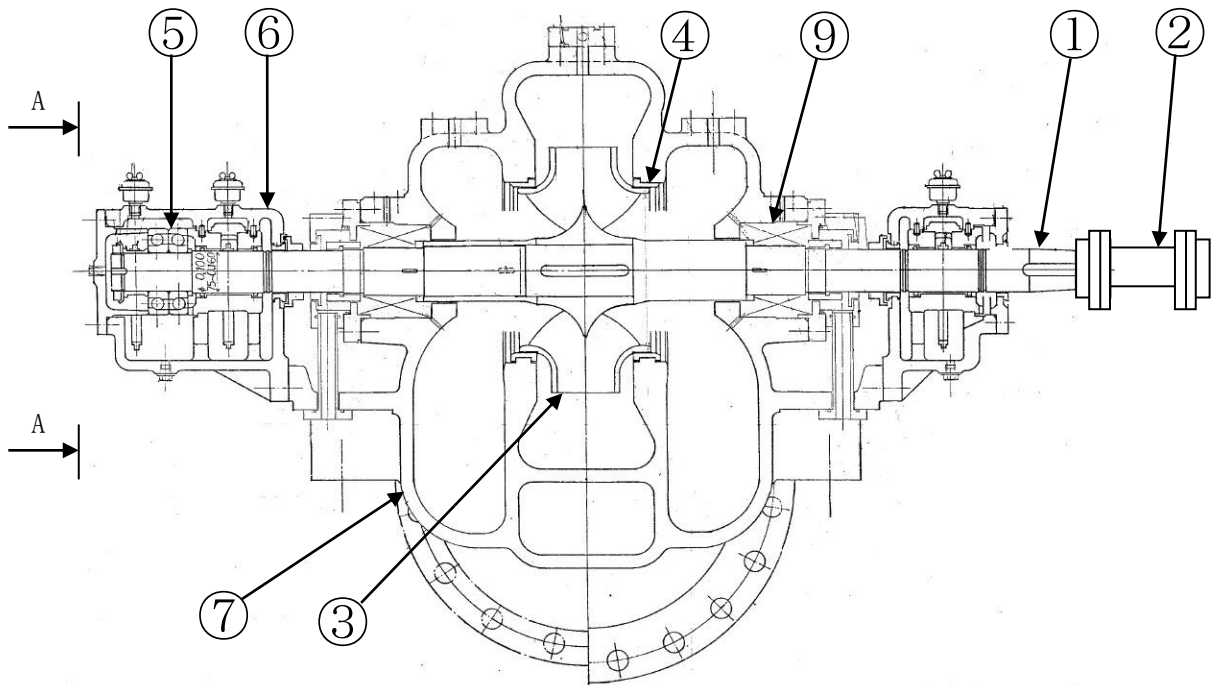
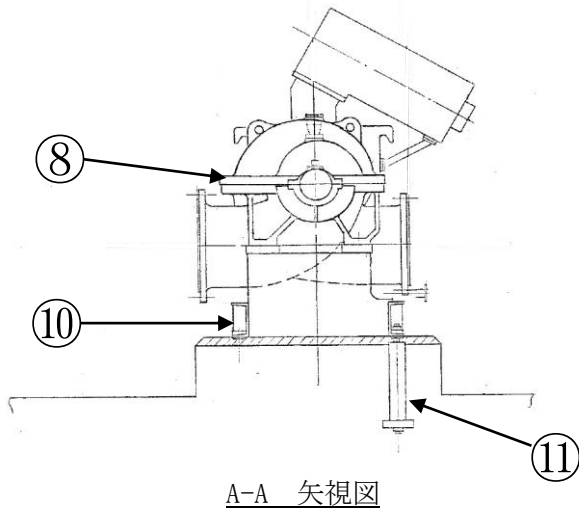


図2.1-7 原子炉補機冷却水ポンプ構造図

表2.1-13 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	部 位	材 料
ポンプの容量と揚程の確保	主軸	ステンレス鋼 (SUS403)
	軸継手	低合金鋼 (SCM435)
	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)
	軸受 (転がり)	(消耗品)
	軸受箱	鋳鉄 (FC20)
ハウジングの維持	ケーシング	炭素鋼鋳鋼 (SCW42)
	取付ボルト	低合金鋼 (SCM440)
	メカニカルシール	(定期取替品)
機器の支持	ベース	炭素鋼 (SS41)
	基礎ボルト	低合金鋼 (SCM435)

表2.1-14 原子炉補機冷却水ポンプの使用条件

最高使用圧力	1.4MPa
最高使用温度	85℃
容 量	1,680m <sup>3</sup> /h
内 部 流 体	冷却水 (防錆剤入り)

## 2.1.8 残留熱除去ポンプ

### (1) 構造

残留熱除去ポンプは、容量1,218 m<sup>3</sup>/h、揚程98 mの立軸多段遠心ポンプで、3台設置している。

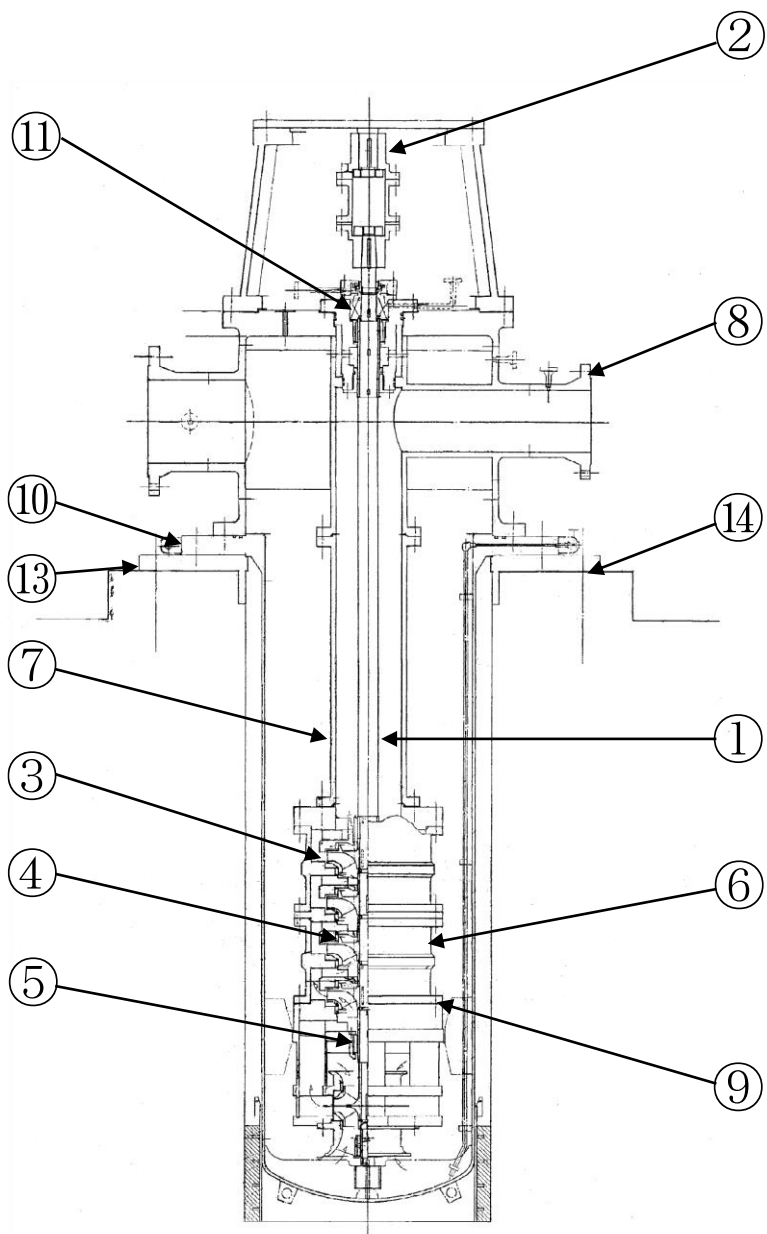
純水に接液するケーシングは炭素鋼、主軸はステンレス鋼、羽根車はステンレス鋳鋼を使用しており、軸封部には、内部流体の漏れを防止するため、メカニカルシールを使用している。メカニカルシールはシール水クーラで冷却されたシール水がパージされており、このシール水クーラの伝熱管、胴体はステンレス鋼を使用している。また、冷却源として冷却水（防錆剤入り）を使用している。

なお、羽根車や主軸は、取付ボルトを外し、ケーシング等を取り外すことにより、点検・手入れが可能である。

残留熱除去ポンプの構造図を図2.1-8に示す。

### (2) 材料および使用条件

残留熱除去ポンプ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	主軸
②	軸継手
③	羽根車
④	ケーシングリング
⑤	水中軸受
⑥	ケーシング
⑦	揚水管
⑧	デリバリー
⑨	取付ボルト
⑩	バレル
⑪	メカニカルシール
⑫	シール水クーラ
⑬	ベース
⑭	基礎ボルト

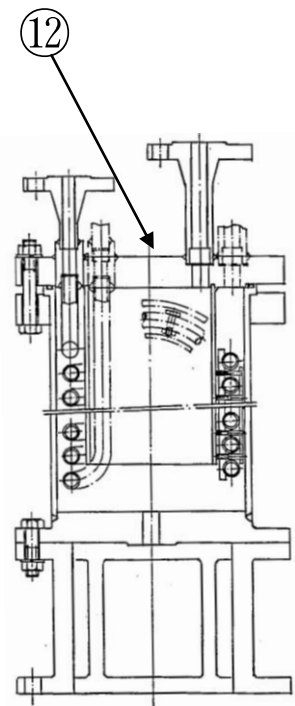


図2.1-8 残留熱除去ポンプ構造図



表2.1-15 残留熱除去ポンプ主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
ポンプの容量と揚程の確保	主軸	ステンレス鋼 (SUS403)
	軸継手	炭素鋼 (SF45A)
	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)
	水中軸受	炭素鋼 (S22C) +カーボン
バウダリの維持	ケーシング	炭素鋼 (SM41B, SM41BW, S22C)
	揚水管	炭素鋼 (SM41B)
	デリバリー	炭素鋼 (SFV1, SM41B)
	取付ボルト	低合金鋼 (SCM435)
	バレル	炭素鋼 (SFV1, SM41B)
	メカニカルシール	(定期取替品)
	シール水クーラ	ステンレス鋼 (SUSF304, SUS304TP)
機器の支持	ベース	炭素鋼 (SM41A)
	基礎ボルト	低合金鋼 (SCM435)

表2.1-16 残留熱除去ポンプの使用条件

最高使用圧力	3.9MPa
最高使用温度	185℃
容 量	1,218m <sup>3</sup> /h
内 部 流 体	純水

## 2.1.9 原子炉建物機器ドレンサンプポンプ

### (1) 構造

原子炉建物機器ドレンサンプポンプは、容量15 m<sup>3</sup>/h、揚程40 mの立軸多段遠心ポンプであり、2台設置している。

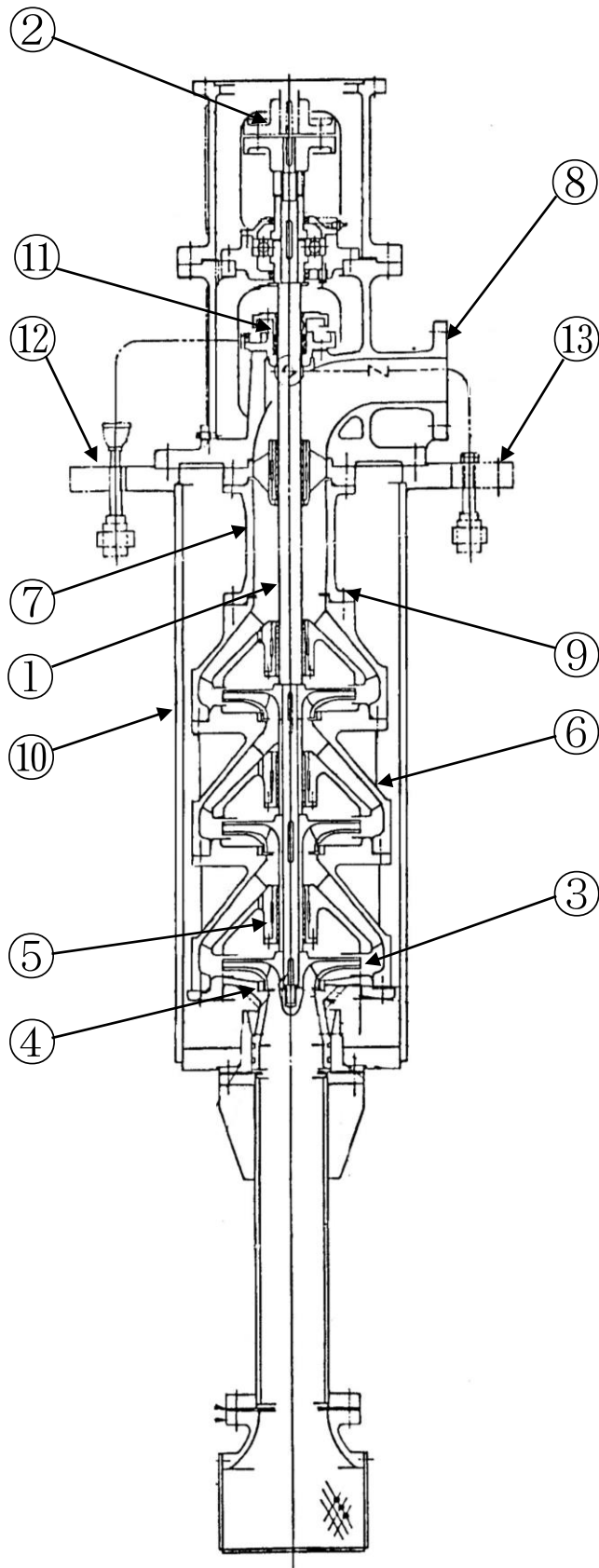
純水に接液するケーシングは鋳鉄、主軸はステンレス鋼、羽根車は青銅鋳物を使用しており、軸封部には、内部流体の漏れを防止するため、グランドパッキンを使用している。

なお、羽根車や主軸は、取付ボルトを外し、ケーシング等を取り外すことにより、点検・手入れが可能である。

原子炉建物機器ドレンサンプポンプの構造図を図2.1-9に示す。

### (2) 材料および使用条件

原子炉建物機器ドレンサンプポンプ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	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	ケーシング
⑦	揚水管
⑧	デリバリー
⑨	取付ボルト
⑩	バレル
⑪	グランドパッキン
⑫	ベース
⑬	取付ボルト (ベース)

図2.1-9 原子炉建物機器ドレンサンプポンプ構造図

表2.1-17 原子炉建物機器ドレンサンプポンプ主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
ポンプの容量と揚程の確保	主軸	ステンレス鋼 (SUS304)
	軸継手	鋳鉄 (FC20)
	羽根車	青銅鋳物 (BC3)
	ケーシングリング	青銅鋳物 (BC2)
	軸受 (すべり)	青銅鋳物 (BC2) +カーボン
ハウジングの維持	ケーシング	鋳鉄 (FCD45)
	揚水管	鋳鉄 (FC25)
	デリバリー	鋳鉄 (FC25)
	取付ボルト	ステンレス鋼 (SUS304)
	バレル	炭素鋼 (SS41, STPG38)
	グラウトパッキン	(消耗品)
機器の支持	ベース	炭素鋼 (SS41)
	取付ボルト (ベース)	炭素鋼 (SS41)

表2.1-18 原子炉建物機器ドレンサンプポンプの使用条件

最高使用圧力	1.0MPa
最高使用温度	100°C
容 量	15m <sup>3</sup> /h
内 部 流 体	純水

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

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

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

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

#### (1) 想定される経年劣化事象

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（流体の種類、圧力、温度等）およ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、消耗品および定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品および定期取替品の扱い

グラウンドパッキン、軸受（転がり）、メカニカルシールは消耗品であり、長期使用せず取替を前提としていることから、高経年化対策を見極める上で評価対象外とする。

#### (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（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（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〕

軸受（転がり）を使用している主軸については、軸受と主軸の接触面で摩耗が想定されるが、定期的に見視確認および寸法測定を行い、健全性を確認しており、これまで有意な摩耗は認められていない。

軸受（すべり）を使用している主軸については、軸受と主軸の接触面で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、主軸の摩耗が発生する可能性は小さい。また、定期的に見視確認および寸法測定を行い、健全性を確認しており、これまで有意な摩耗は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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、羽根車、ケーシング、取付ボルト等の接液部の腐食（全面腐食、孔食、隙間腐食、異種金属接触腐食）〔原子炉補機海水ポンプ〕

主軸、中間軸継手、羽根車、ケーシングリング、ケーシング、揚水管、デリベリ、取付ボルトは、ステンレス鋼、ステンレス鋳鋼または炭素鋼であり海水接液部について腐食（孔食、隙間腐食）が想定される。また、炭素鋼を使用しているデリベリ、揚水管はライニングにより腐食を防止しているが、ライニングに欠陥が発生した場合に接液部で全面腐食が想定される。さらに、ケーシングと揚水管の接触部については、異種金属であることから、腐食電位の違いによる腐食（異種金属接触腐食）が想定される。

これらの部位については、定期的に見視確認を行い、健全性を確認しており、必要に応じて補修および取替を行っている。

異種金属接触部については、防食材（亜鉛）を取付け、腐食を防止しているため、腐食（異種金属接触腐食）が発生する可能性は小さい。なお、防食材（亜鉛）については、定期的に取り替えている。

したがって、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にくいことから、高経年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. 羽根車、ケーシングリングの摩耗〔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、定期的に見視確認および寸法測定を行い、必要に応じてケーシングリングの取替を行っている。なお、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。

したがって、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にくいことから、高経年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. ケーシング、デリベリ、揚水管の腐食（流れ加速型腐食）〔復水ポンプ〕

復水ポンプのケーシングは鋳鉄および炭素鋼、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、局所的な流れの乱れにより流れ加速型腐食が想定される。

これらの部位については、定期的を目視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. 軸受（すべり）のはく離〔原子炉隔離時冷却ポンプ、原子炉浄化循環ポンプ、タービン駆動原子炉給水ポンプ〕

軸受（すべり）は、ホワイトメタルと軸受の接合部ではく離が想定されるが、定期的を目視確認および浸透探傷試験を行うとともに、必要に応じ取替または補修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変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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）〔復水ポンプ、高圧炉心スプレイポンプ、原子炉隔離時冷却ポンプ、原子炉浄化循環ポンプ、タービン駆動原子炉給水ポンプ、原子炉補機冷却水ポンプ、残留熱除去ポンプ〕

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. 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、設計段階において疲労割れが発生しないよう考慮されており、高サイクル疲労割れが発生する可能性は小さい。また、定期的を目視確認および浸透探傷試験を行い、健全性を確認しており、これまで有意な割れは認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. 主軸のフレットング疲労割れ〔タービン駆動原子炉給水ポンプ〕

主軸と羽根車の嵌め合い部は、他プラントにおいてフレットング疲労による割れ事象が発生しており、焼きばめにより取付けられているポンプにおいてはフレットング疲労割れが想定されるが、当該ポンプケーシングはディフューザ構造であることから、半径方向スラストによる変動応力はほとんどなく、フレットング疲労割れの発生する可能性は小さい。

また、定期的を目視確認および浸透探傷試験を行い、健全性を確認しており、これまで有意な割れは認められていない。したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. 軸継手の腐食（全面腐食）〔共通〕

軸継手のうち、炭素鋼、低合金鋼または鋳鉄を使用しているものについては腐食が想定されるが、定期的を目視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。なお、有意な腐食が認められた場合には、必要に応じ補修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変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

j. 羽根車の腐食（キャビテーション）〔共通〕

ポンプ内部でキャビテーションが発生すると羽根車表面に減肉が生じ、ポンプ性能の低下が想定されるが、設計段階においてキャビテーションを起こさない条件

$$h_{s,v} \text{ (有効吸込ヘッド)} > H_{s,v} \text{ (必要有効吸込ヘッド)}$$

を満たすよう考慮しており、この大小関係は経年的に変わるものではないことから、キャビテーションが発生する可能性は小さい。また、定期的を目視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意なキャビテーションによる減肉は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. 軸受（すべり）の摩耗〔原子炉隔離時冷却ポンプ、原子炉浄化循環ポンプ、タービン駆動原子炉給水ポンプ、原子炉建物機器ドレンサンプポンプ〕

軸受（すべり）は主軸との接触面において摩耗が想定されるが、潤滑剤が供給される構造となっており、摩耗が発生する可能性は小さい。また、定期的を目視確認および寸法測定を行い、健全性を確認しており、必要に応じ取替を実施している。

したがって、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にくいことから、高経年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. ケーシング等接液部の腐食（全面腐食）〔復水ポンプ、高圧炉心スプレイポンプ、原子炉隔離時冷却ポンプ、タービン駆動原子炉給水ポンプ、残留熱除去ポンプ、原子炉建物機器ドレンサンプポンプ〕

高圧炉心スプレイポンプのケーシングは炭素鋼鋳鋼、炭素鋼、デリベリは炭素鋼、原子炉隔離時冷却ポンプのケーシングは炭素鋼鋳鋼、タービン駆動原子炉給水ポンプのケーシング、ケーシングカバーは低合金鋼、残留熱除去ポンプのケーシング、揚水管、デリベリは炭素鋼、原子炉建物機器ドレンサンプポンプの羽根車、ケーシングリング、ケーシング、揚水管、デリベリ、バレルは青銅鋳物、鋳鉄または炭素鋼であり、内部流体が純水のため、接液部では腐食が想定されるが、定期的を目視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。



復水ポンプ、高圧炉心スプレイポンプ、残留熱除去ポンプのバレルは炭素鋼で、内部流体は純水であり、腐食が想定されるが、定期的に見視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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）〔復水ポンプ、高圧炉心スプレイポンプ、原子炉隔離時冷却ポンプ、原子炉浄化循環ポンプ、タービン駆動原子炉給水ポンプ、原子炉補機冷却水ポンプ、残留熱除去ポンプ〕

取付ボルトは炭素鋼または低合金鋼であり腐食が想定されるが、定期的に見視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. ベースの腐食（全面腐食）〔共通〕

ベースは炭素鋼であり、腐食が想定されるが、塗装により腐食を防止しており、腐食が発生する可能性は小さい。また、定期的に見視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. 軸継手の摩耗〔原子炉隔離時冷却ポンプ、タービン駆動原子炉給水ポンプ〕

原子炉隔離時冷却ポンプ、タービン駆動原子炉給水ポンプの軸継手は歯車型軸継手であり、歯車によりトルクを伝達するため、長期使用により摩耗が想定されるが、歯車には潤滑剤が塗布されており、摩耗が発生する可能性は小さい。また、定期的に見視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な摩耗は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. 軸受箱の腐食（全面腐食）〔原子炉隔離時冷却ポンプ、原子炉浄化循環ポンプ、タービン駆動原子炉給水ポンプ、原子炉補機冷却水ポンプ〕

軸受箱は炭素鋼鋳鋼または鋳鉄であり腐食が想定されるが、外面は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潤滑油であるため、腐食が発生する可能性は小さい。また、定期的に見視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. ケーシングの腐食（全面腐食）〔原子炉補機冷却水ポンプ〕

原子炉補機冷却水ポンプのケーシングは炭素鋼鋳鋼であり腐食が想定されるが、内部流体は冷却水（防錆剤入り）のため腐食が発生する可能性は小さい。また、定期的に見視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. 取付ボルト（ベース）の腐食（全面腐食）〔原子炉建物機器ドレンサンプポンプ〕

原子炉建物機器ドレンサンプポンプの取付ボルト（ベース）は炭素鋼であり腐食が想定されるが、定期的に見視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. 水中軸受の摩耗〔原子炉補機海水ポンプ、復水ポンプ、高圧炉心スプレイポンプ、残留熱除去ポンプ〕

水中軸受は主軸との摺動部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、摩耗が発生する可能性は小さい。また、定期的に見視確認および寸法測定を行い、健全性を確認しており、必要に応じ取替を実施している。

したがって、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にくいことから、高経年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 (1/9) 原子炉補機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	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	主軸		ステンレス鋼	△	△*1	△*2					*1：孔食他 *2：高サイクル疲労割れ *3：炭素鋼のみ *4：キャビテーション *5：テフロン、ゴム *6：エポキシライニング
	中間軸継手		ステンレス鋼		△*1						
	軸継手		炭素鋼 ステンレス鋼		△*3						
	羽根車		ステンレス鋳鋼	△	△*1△*4						
	ケーシングリング		ステンレス鋳鋼	△	△*1						
	水中軸受		ステンレス鋳鋼*5	△							
ハウタリの維持	ケーシング		ステンレス鋳鋼		△*1						
	揚水管		炭素鋼*6 ステンレス鋼		△△*1						
	テリバリ		炭素鋼*6		△△*1						
	取付ボルト		ステンレス鋼		△*1						
	グランドパッキン	◎	—								
機器の支持	ベース		炭素鋼		△						
	基礎ボルト		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 (2/9) 復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	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	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：流れ加速型腐食
	軸継手		炭素鋼		△						
	中間軸継手		ステンレス鋼								
	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	△							
	水中軸受		炭素鋼+カーボン	△							
ハウダリの維持	ケーシング		鋳鉄 炭素鋼鋳鋼		△*3						
	揚水管		炭素鋼		△*3						
	デリバリー		炭素鋼		△*3						
	取付ボルト		低合金鋼		△						
	バレル		炭素鋼		△						
	メカニカルシール	◎	—								
機器の支持	ベース		炭素鋼		△						
	基礎ボルト		炭素鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-1 (3/9) 高圧炉心スプレイ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	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	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		△						
	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	△							
	水中軸受		炭素鋼+カーボン	△							
ハウダリの維持	ケーシング		炭素鋼鋳鋼 炭素鋼		△						
	デリバリー		炭素鋼		△						
	取付ホルト		低合金鋼		△						
	バレル		炭素鋼		△						
	メカニカルシール	◎	—								
	シール水ケーラ		ステンレス鋼								
機器の支持	ベース		炭素鋼		△						
	基礎ホルト		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 (4/9) 原子炉隔離時冷却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	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	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, 炭素鋼	△	△						
	羽根車		ステンレス鋳鋼	△	△*2						
	ケーシングリンク		ステンレス鋼	△							
	軸受箱		炭素鋼鋳鋼		△						
	軸受（すべり）		炭素鋼, ホワイトメタル	△						△*3	
	軸受（転がり）	◎	—								
ハウンドリの維持	ケーシング		炭素鋼鋳鋼		△						
	取付ボルト		低合金鋼		△						
	メカニカルシール	◎	—								
機器の支持	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 (5/9) 原子炉浄化循環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	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	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		△						
	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	△							
	軸受箱		鋳鉄		△						
	軸受（すべり）		炭素鋼，鋳鉄，ホワイトメタル	△					△*3		
ハウダリの維持	ケーシング		ステンレス鋳鋼								
	取付ホルト		低合金鋼		△						
	メカニカルシール	◎	—								
機器の支持	ベース		炭素鋼		△						
	基礎ホルト		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 (6/9) タービン駆動原子炉給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	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	主軸		ステンレス鋼	△		△ <sup>*1*4</sup>					*1：高サイクル疲労割れ *2：キャビテーション *3：はく離 *4：フレETING疲労割れ
	軸継手		低合金鋼	△	△						
	羽根車		ステンレス鋳鋼	△	△ <sup>*2</sup>						
	ケーシングリンク		ステンレス鋼	△							
	軸受箱		炭素鋼鋳鋼		△						
	軸受（すべり）		炭素鋼，ホワイトメタル	△						△ <sup>*3</sup>	
ハウタリの維持	ケーシング		低合金鋼		△						
	ケーシングカバー		低合金鋼		△						
	取付ボルト		低合金鋼		△						
	スロットルブッシュ		ステンレス鋼								
機器の支持	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 (7/9) 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	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	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		低合金鋼		△						
	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	△							
	軸受（転がり）	◎	—								
	軸受箱		鋳鉄		△						
ハウダリの維持	ケーシング		炭素鋼鋳鋼		△						
	取付ボルト		低合金鋼		△						
	メカニカルシール	◎	—								
機器の支持	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 (8/9) 残留熱除去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	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	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		△						
	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	△							
	水中軸受		炭素鋼+カーボン	△							
ハウダリの維持	ケーシング		炭素鋼		△						
	揚水管		炭素鋼		△						
	デリバリー		炭素鋼		△						
	取付ボルト		低合金鋼		△						
	バレル		炭素鋼		△						
	メカニカルシール	◎	—								
	シール水ケーラ		ステンレス鋼								
機器の支持	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 (9/9) 原子炉建物機器ドレンサンプ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	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	主軸		ステンレス鋼	△		△ <sup>*1</sup>				*1：高サイクル疲労割れ *2：キャビテーション	
	軸継手		鋳鉄		△						
	羽根車		青銅鋳物	△	△△ <sup>*2</sup>						
	ケーシングリング		青銅鋳物	△	△						
	軸受（すべり）		青銅鋳物+カーボン	△							
バウタリの維持	ケーシング		鋳鉄		△						
	揚水管		鋳鉄		△						
	デリバリー		鋳鉄		△						
	取付ボルト		ステンレス鋼								
	バレル		炭素鋼		△						
	グラントパッキン	◎	—								
機器の支持	ベース		炭素鋼		△						
	取付ボルト（ベース）		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 高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ
- ② 循環水ポンプ
- ③ タービン補機海水ポンプ
- ④ 電動機駆動原子炉給水ポンプ
- ⑤ 燃料プール冷却ポンプ
- ⑥ 残留熱代替除去ポンプ
- ⑦ 復水昇圧ポンプ
- ⑧ 制御棒駆動水圧ポンプ
- ⑨ 原子炉浄化補助ポンプ
- ⑩ 残留熱除去封水ポンプ
- ⑪ 低圧原子炉代替注水ポンプ
- ⑫ 高圧原子炉代替注水ポンプ
- ⑬ 高圧炉心スプレイ補機冷却水ポンプ
- ⑭ 低圧炉心スプレイポンプ

#### 3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

代表機器と同様に、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. 主軸の摩耗〔共通〕

代表機器と同様に、軸受（転がり）を使用している主軸については、軸受と主軸の接触面で摩耗が想定されるが、定期的に見視確認および寸法測定を行い、健全性を確認しており、これまで有意な摩耗は認められていない。

軸受（すべり）を使用している主軸については、軸受と主軸の接触面で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、主軸の摩耗が発生する可能性は小さい。また、定期的に見視確認および寸法測定を行い、健全性を確認しており、これまで有意な摩耗は認められていない。

新規に設置される機器については、定期的に見視確認および寸法測定を行い、健全性を確認することとしている。

したがって、高経年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，羽根車，ケーシング，取付ボルト等の接液部の腐食（全面腐食，孔食，隙間腐食，異種金属接触腐食）〔高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ，循環水ポンプ，タービン補機海水ポンプ〕

代表機器と同様に、高圧炉心スプレイ補機海水ポンプの主軸，中間軸継手，羽根車，ケーシングリング，ケーシング，揚水管，デリベリ，取付ボルトは，ステンレス鋼，ステンレス鋳鋼および炭素鋼，循環水ポンプおよびタービン補機海水ポンプのケーシング，揚水管，デリベリ，取付ボルトはステンレス鋼，ステンレス鋳鋼および炭素鋼であり海水接液部について腐食（孔食，隙間腐食）が想定される。また，炭素鋼を使用しているデリベリ，揚水管はライニングにより腐食を防止しているが，ライニングに欠陥が発生した場合に接液部で全面腐食が想定される。さらに，ケーシングと揚水管の接触部については，異種金属であることから，腐食電位の違いによる腐食（異種金属接触腐食）が想定される。

これらの部位については，定期的に見視確認を行い，健全性を確認しており，必要に応じて補修および取替を行っている。

異種金属接触部については，防食材（亜鉛）を取付け，腐食を防止しているため，腐食（異種金属接触腐食）が発生する可能性は小さい。なお，防食材（亜鉛）については，定期的に取り替えている。

したがって，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にくいことから，高経年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. 羽根車，ケーシングリングの摩耗〔共通〕

代表機器と同様に，羽根車とケーシングリングの間には摩耗が想定されるが，定期的に見視確認および寸法測定を行い，必要に応じてケーシングリングの取替を行っている。なお，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。

新規に設置される機器については、定期的を目視確認および寸法測定を行い、健全性を確認することとしている。

したがって、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- d. 軸受（すべり）のはく離〔電動機駆動原子炉給水ポンプ、復水昇圧ポンプ、制御棒駆動水圧ポンプ、低圧原子炉代替注水ポンプ〕

代表機器と同様に、軸受（すべり）は、ホワイトメタルと軸受の接合部ではく離が想定されるが、定期的を目視確認および浸透探傷試験を行うとともに、必要に応じ取替または補修を実施することとしている。

新規に設置される機器については、定期的を目視確認および浸透探傷試験を行い、健全性を確認することとしている。

したがって、高経年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）〔電動機駆動原子炉給水ポンプ、燃料プール冷却ポンプ、残留熱代替除去ポンプ、復水昇圧ポンプ、制御棒駆動水圧ポンプ、原子炉浄化補助ポンプ、残留熱除去封水ポンプ、高圧炉心スプレー補機冷却水ポンプ、低圧炉心スプレーポンプ、低圧原子炉代替注水ポンプ、高圧原子炉代替注水ポンプ〕

代表機器と同様に、基礎ボルトの腐食については「機械設備の評価書」にて評価を行う。

- f. 主軸の高サイクル疲労割れ〔共通〕

代表機器と同様に、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、設計段階において疲労割れが発生しないよう考慮されており、高サイクル疲労割れが発生する可能性は小さい。また、定期的を目視確認および浸透探傷試験を行い、健全性を確認しており、これまで有意な割れは認められていない。

新規に設置される機器については、定期的を目視確認および浸透探傷試験を行い、健全性を確認することとしている。

したがって、高経年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. 軸継手の腐食（全面腐食）〔高圧炉心スプレー補機海水ポンプ、電動機駆動原子炉給水ポンプ、燃料プール冷却ポンプ、残留熱代替除去ポンプ、復水昇圧ポンプ、制御棒駆動水圧ポンプ、原子炉浄化補助ポンプ、残留熱除去封水ポンプ、低圧原子炉代替注水ポンプ、高圧炉心スプレー補機冷却水ポンプ、低圧炉心スプレーポンプ、循環水ポンプ、タービン補機海水ポンプ〕

代表機器と同様に、軸継手は炭素鋼または合金鋼であり腐食が想定されるが、定期的を目視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。なお、有意な腐食が認められた場合には、必要に応じ補修を行うこととしている。

新規に設置される機器については、定期的を目視確認を行い、健全性を確認することとしている。

したがって、高経年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〕

代表機器と同様に、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減肉が生じ、ポンプ性能の低下が想定されるが、設計段階においてキャビテーションを起こさない条件

$$h_{s.v} \text{（有効吸込ヘッド）} > H_{s.v} \text{（必要有効吸込ヘッド）}$$

を満たすよう考慮しており、この大小関係は経年的に変わるものではないことから、キャビテーションが発生する可能性は小さい。また、定期的に見視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意なキャビテーションによる減肉は認められていない。

新規に設置される機器については、定期的に見視確認を行い、健全性を確認することとしている。

したがって、高経年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. 軸受（すべり）の摩耗〔高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ、電動機駆動原子炉給水ポンプ、復水昇圧ポンプ、制御棒駆動水圧ポンプ、低圧原子炉代替注水ポンプ、高圧原子炉代替注水ポンプ〕

代表機器と同様に、軸受（すべり）は主軸との接触面において摩耗が想定されるが、潤滑剤が供給される構造となっており、摩耗が発生する可能性は小さい。また、定期的に見視確認および寸法測定を行うとともに、必要に応じ取替を実施している。

新規に設置される機器については、定期的に見視確認および寸法測定を行い、健全性を確認することとしている。

したがって、高経年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. 軸継手の摩耗〔電動機駆動原子炉給水ポンプ、復水昇圧ポンプ、制御棒駆動水圧ポンプ、原子炉浄化補助ポンプ、高圧炉心スプレイ補機冷却水ポンプ〕

電動機駆動原子炉給水ポンプ、復水昇圧ポンプ、制御棒駆動水圧ポンプ、原子炉浄化補助ポンプ、高圧炉心スプレイ補機冷却水ポンプの軸継手は歯車型軸継手であり、歯車によりトルクを伝達するため長期使用により摩耗が想定されるが、歯車は潤滑剤が塗布されており、摩耗が発生する可能性は小さい。また、定期的に見視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な摩耗は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. ケーシング等接液部の腐食（全面腐食）〔電動機駆動原子炉給水ポンプ、燃料プール冷却ポンプ、残留熱代替除去ポンプ、低圧炉心スプレイポンプ〕

代表機器と同様に、電動機駆動原子炉給水ポンプおよび燃料プール冷却ポンプのケーシングは炭素鋼、低圧炉心スプレイポンプのケーシング、デリベリは炭素鋼または炭素鋼鋳鋼であり、内部流体が純水のため、接液部では腐食が想定されるが、定期的に見視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。

低圧炉心スプレイポンプのバレルは炭素鋼で内部流体は純水であり外面はコンクリートで覆われているため、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外面については腐食が発生する可能性は小さく、内面については定期的に目視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。

新規に設置される機器については、定期的に目視確認を行い、健全性を確認することとしている。

したがって、高経年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. 軸受箱の腐食（全面腐食）〔電動機駆動原子炉給水ポンプ、燃料プール冷却ポンプ、残留熱代替除去ポンプ、復水昇圧ポンプ、制御棒駆動水圧ポンプ、原子炉浄化補助ポンプ、残留熱除去封水ポンプ、高圧炉心スプレイ補機冷却水ポンプ、低圧原子炉代替注水ポンプ〕

代表機器と同様に、軸受箱は炭素鋼鋳鋼または鋳鉄であり腐食が想定されるが、外面は塗装により腐食を防止しており、また内面については内部流体が潤滑油であるため、腐食が発生する可能性は小さい。また、定期的に目視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。

新規に設置される機器については、定期的に目視確認を行い、健全性を確認することとしている。

したがって、高経年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）〔電動機駆動原子炉給水ポンプ、燃料プール冷却ポンプ、残留熱代替除去ポンプ、復水昇圧ポンプ、制御棒駆動水圧ポンプ、原子炉浄化補助ポンプ、残留熱除去封水ポンプ、高圧炉心スプレイ補機冷却水ポンプ、低圧炉心スプレイポンプ、高圧原子炉代替注水ポンプ〕

代表機器と同様に、取付ボルトは炭素鋼、低合金鋼であり腐食が想定されるが、定期的に目視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。

新規に設置される機器については、定期的に目視確認を行い、健全性を確認することとしている。

したがって、高経年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. ケーシングの粒界型応力腐食割れ〔原子炉浄化補助ポンプ〕

原子炉浄化補助ポンプのケーシングはステンレス鋼で内部流体は高温の純水であり粒界型応力腐食割れが想定されるが、本ポンプはプラントの起動・停止時のみ使用するため、実運転時間が短く、粒界型応力腐食割れが発生する可能性は小さい。また、定期的に目視確認および漏えい確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な割れは認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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〕

代表機器と同様に、ベースは炭素鋼であり腐食が想定されるが、塗装により腐食を防止しており、腐食が発生する可能性は小さい。また、定期的に目視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。

新規に設置される機器については、定期的に目視確認を行い、健全性を確認することとしている。

したがって、高経年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. ケーシングの腐食（全面腐食）〔高圧炉心スプレイ補機冷却水ポンプ〕

代表機器と同様に、高圧炉心スプレイ補機冷却水ポンプのケーシングは炭素鋼であり腐食が想定されるが、内部流体は冷却水（防錆剤入り）のため腐食が発生する可能性は小さい。

また、定期的に目視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. 水中軸受の摩耗〔低圧炉心スプレイポンプ〕

代表機器と同様に、水中軸受は主軸との摺動部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、摩耗が発生する可能性は小さい。また、定期的に目視確認および寸法測定を行い、健全性を確認しており、必要に応じ取替を実施している。

したがって、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にくいことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

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

日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。

## 2. 往復ポンプ

[対象ポンプ]

- ① ほう酸水注入ポンプ

## 目 次

1. 対象機器	2-1
2. 対象機器の技術評価	2-2
2.1 構造, 材料および使用条件	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の抽出	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	2-11

## 1. 対象機器

島根2号炉で使用している往復ポンプの仕様を表1-1に示す。

表1-1 ほう酸水注入ポンプの仕様

機器名称 (台数)	仕様 (容量×吐出圧力)	重要度*1	使用条件		
			運転状態	最高使用圧力 (MPa) *2	最高使用温度 (℃) *2
ほう酸水注入 ポンプ (2)	9.72m <sup>3</sup> /h×11.8MPa	MS-1, 重*3	一時	11.8	66

\*1：最上位の重要度を示す。

\*2：ポンプ吐出配管の仕様を示す。

\*3：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器および構造物であることを示す。

## 2. 対象機器の技術評価

### 2.1 構造, 材料および使用条件

#### (1) 構造

ほう酸水注入ポンプは, 容量 $9.72 \text{ m}^3/\text{h}$ , 吐出圧力 $11.8 \text{ MPa}$ の水平3連プランジヤ往復動ポンプであり, 2台設置している。

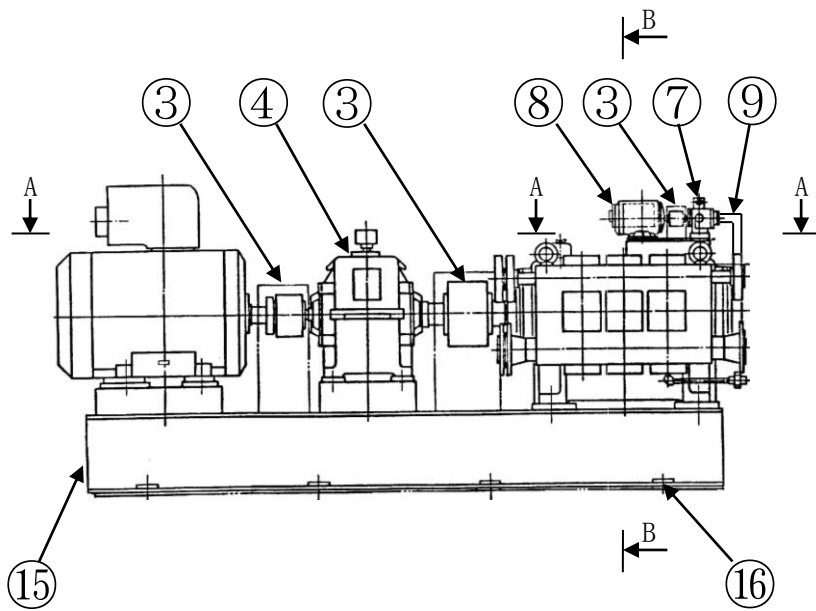
内部流体は五ほう酸ナトリウム水で, 内部流体に接液するケーシング, プランジヤ等にはステンレス鋼を使用しており, 軸封部には内部流体の漏れを防止するため, グランドパッキンを使用している。

また, ケーシングは取付ボルトを外し, ケーシングカバー等を取外すことにより, 点検・手入れが可能である。

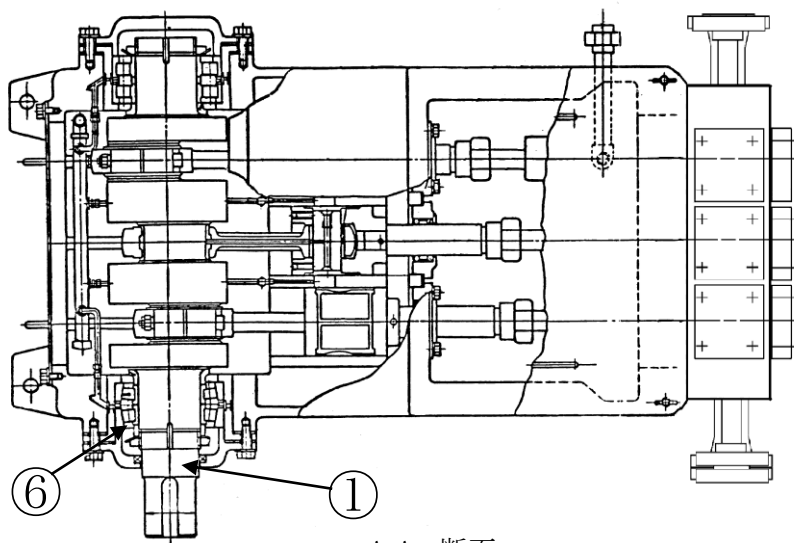
ほう酸水注入ポンプの構造図を図2.1-1に示す。

#### (2) 材料および使用条件

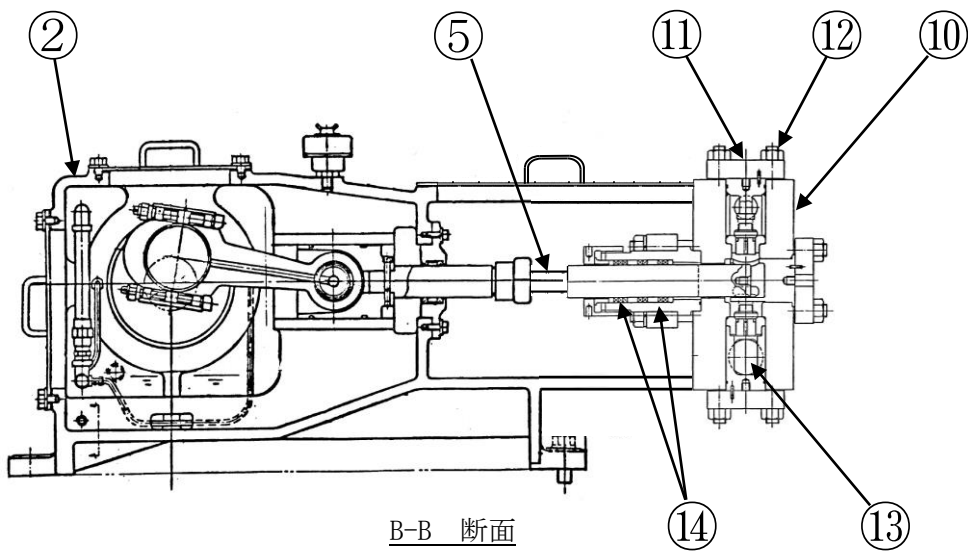
ほう酸水注入ポンプ主要部位の使用材料を表2.1-1に, 使用条件を表2.1-2に示す。



No.	部 位
①	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
⑥	軸受 (転がり)
⑦	潤滑油ユニット (油ポンプ)
⑧	潤滑油ユニット (ポンプモータ)
⑨	潤滑油ユニット (油配管)
⑩	ケーシング
⑪	ケーシングカバー
⑫	取付ボルト
⑬	リフト抑え
⑭	グランドパッキン
⑮	ベース
⑯	基礎ボルト



A-A 断面



B-B 断面

図2.1-1 ほう酸水注入ポンプ構造図

表2.1-1 ほう酸水注入ポンプ主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
ポンプ容量と揚程の確保	クランク軸	炭素鋼 (S48C)
	クランク軸ケーシング	鋳鉄 (FCD45)
	軸継手	炭素鋼 (S35C, SAE1035, SAE1041), 低合金鋼 (SCM420, SCM822)
	減速機	ケーシング : 鋳鉄 (FCD45) 歯車 : 低合金鋼 (SCM440H), 炭素鋼 (S45C) 軸受 (転がり) : 消耗品
	フランジ	ステンレス鋼 (SUS304L) +コルモノイ#6
	軸受 (転がり)	(消耗品)
	潤滑油ユニット (油ポンプ)	鋳鉄 (FC25), 低合金鋼 (SCM415), 複合セラミックス (MGC)
	潤滑油ユニット (ポンプモータ)	主軸 : 炭素鋼 固定子コイルおよび口出線・接続部品 : 銅, 絶縁物 回転子棒および回転子エンドリング : アルミニウム 軸受 (転がり) : 消耗品
潤滑油ユニット (油配管)	ステンレス鋼 (SUS304, SUS304TP), ステンレス 鋳鋼 (SCS13)	
ハウタリの維持	ケーシング	ステンレス鋼 (SUSF304)
	ケーシングカバー	ステンレス鋼 (SUSF304)
	取付ホルト	低合金鋼 (SNB7)
	リフト抑え	ステンレス鋼 (SUS304)
	グラントパッキン	(消耗品)
機器の支持	ベース	炭素鋼 (SS41)
	基礎ホルト	炭素鋼 (SS41)

表2.1-2 ほう酸水注入ポンプの使用条件

最高使用圧力	11.8MPa
最高使用温度	66℃
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、プランジヤの往復動により流体の吸込・吐出作用を行うものであり、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の抽出

#### (1) 想定される経年劣化事象

ほう酸水注入ポンプについて、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、使用条件および現在までの運転経験等を考慮し、表2.2-1に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

なお、消耗品および定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品および定期取替品の扱い

軸受（転がり）、グラウンドパッキンは消耗品であり、長期使用せず取替を前提としていることから、高経年化対策を見極める上で評価対象外とする。



(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 (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 (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 (ポンプモータ) の固定子コイルおよび口出線・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. 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、定期的に目視確認および浸透探傷試験を行い、健全性を確認しており、これまで有意な割れは認められていない。

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

#### c. クランク軸ケーシング、減速機ケーシングの腐食（全面腐食）

クランク軸ケーシング、減速機ケーシングは鋳鉄であり腐食が想定されるが、外面は塗装により腐食を防止しており、内面については潤滑油が供給されており、腐食が発生する可能性は小さい。また、定期的に目視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。

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

#### d. 軸継手の摩耗

軸継手は、ローラチェーンと歯車によりトルクを伝達するため摩耗が想定されるが、ローラチェーンと歯車の間は潤滑剤が供給されており、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状態であり実運転時間が短く、これまでの目視確認による点検結果から有意な摩耗は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. 減速機歯車の摩耗

減速機歯車は歯車の接触により摩耗が想定されるが、減速機内部は潤滑油が供給されており、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状態であり実運転時間が短く、これまでの目視確認による点検結果から有意な摩耗は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. プランジヤの摩耗

プランジヤは、往復運動によりグランドパッキンとの摺動部に摩耗が想定されるが、本ポンプはプラント通常運転時は待機状態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、定期的に見視確認および寸法測定を行うとともに、必要に応じ取替を行っている。

したがって、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にくいことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

g. 潤滑油ユニット（油ポンプ）の歯車の摩耗

潤滑油ユニット（油ポンプ）の歯車の噛み合い部には摩耗が想定されるが、内部流体が潤滑油であることから、摩耗が発生する可能性は小さい。また、定期的に見視確認および寸法測定を行い、健全性を確認しており、これまで有意な摩耗は認められていない。

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

h. 潤滑油ユニット（油ポンプ）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、腐食が想定されるが、外面は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、定期的に見視確認を行い、塗装の状態を確認するとともに、必要に応じ補修塗装を実施することとしており、これまで有意な腐食は認められていない。

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

i. 潤滑油ユニット（油配管）の高サイクル疲労割れ

潤滑油ユニット（油配管）は、ポンプの機械・流体振動による繰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、定期的に見視確認を実施し有意な振動がないことを確認している。また、振動の状態は経年的に変化するものではないことから、高サイクル疲労割れが発生する可能性は小さい。

したがって、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にくいことから、高経年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. プランジヤ、ケーシング、リフト抑え接液部の腐食（全面腐食）

プランジヤ、ケーシング、リフト抑えはステンレス鋼であり、内部流体は五ほう酸ナトリウム水であることから腐食が想定されるが、ステンレス鋼は低温では一般的にほう酸水に対し耐食性を有しているため、腐食が発生する可能性は小さい。また、定期的に見視確認を行うとともに、必要に応じ取替または補修を実施している。

したがって、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にくいことから、高経年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高サイクル疲労割れ

ケーシング，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，この圧力変動の繰返しにより疲労が蓄積し，疲労割れが想定されるが，本ポンプはプラントの通常運転時は待機状態であり実運転時間が短く，運転時の圧力変動により発生する応力も小さいため，高サイクル疲労割れが発生する可能性は小さい。また，定期的に目視確認を行い，健全性を確認しており，これまで有意な割れは認められていない。

したがって，今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから，高経年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. 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が想定されるが，定期的に目視確認を行い，健全性を確認しており，これまで有意な腐食は認められていない。

したがって，今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから，高経年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. ベースの腐食（全面腐食）

ベースは炭素鋼であり腐食が想定されるが，塗装により腐食を防止しており，腐食が発生する可能性は小さい。また，定期的に目視確認を行い，健全性を確認しており，これまで有意な腐食は認められていない。

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

以下のn. ～q. の評価については「ポンプモータの技術評価書」の低圧ポンプモータと同一であることから，それぞれの評価書を参照のこと。

n. 潤滑油ユニット（ポンプモータ）の主軸の摩耗

o. 潤滑油ユニット（ポンプモータ）のフレーム，エンドブラケット，端子箱，固定子コア，回転子コアおよび取付ボルトの腐食（全面腐食）

p. 潤滑油ユニット（ポンプモータ）の主軸の高サイクル疲労割れ

q. 潤滑油ユニット（ポンプモータ）の回転子棒および回転子エンドリングの疲労割れ

- (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	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		
ポンプ容量と揚程の確保	クランク軸		炭素鋼			△*1				*1：高サイクル疲労割れ *2：軸受（転がり） *3：歯車 *4：主軸 *5：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、取付ボルト *6：回転子棒、回転子エンドリング *7：固定子コイルおよび口出線・接続部品の絶縁特性低下 *8：小口径配管	
	クランク軸ケーシング		鋳鉄		△						
	軸継手		炭素鋼 低合金鋼	△							
	減速機	◎*2	鋳鉄, 低合金鋼, 炭素鋼	△*3	△						
	フランジヤ		ステンレス鋼	△	△						
	軸受（転がり）	◎	-								
	潤滑油ユニット（油ポンプ）		鋳鉄 低合金鋼	△*3	△						
	潤滑油ユニット（ポンプモータ）	◎*2	炭素鋼, アルミニウム, 銅, 絶縁物	△*4	△*5	△*1*4 △*6			○*7		
	潤滑油ユニット（油配管）		ステンレス鋼, ステンレス鋳鋼			△*1*8					
ハウダリの維持	ケーシング		ステンレス鋼		△	△					
	ケーシングカバー		ステンレス鋼			△					
	取付ボルト		低合金鋼		△						
	リフト抑え		ステンレス鋼		△						
	グランドパッキン	◎	-								
機器の支持	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（ポンプモータ）の固定子コイル，口出線・接続部品の絶縁特性低下

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

### 3. 原子炉再循環ポンプ

[対象ポンプ]

- ① 原子炉再循環ポンプ

## 目 次

1. 対象機器	3-1
2. 原子炉再循環ポンプの技術評価	3-2
2.1 構造, 材料および使用条件	3-2
2.2 経年劣化事象の抽出	3-5
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目	3-5
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出	3-5
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	3-7
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価	3-11



## 1. 対象機器

原子炉再循環ポンプの仕様を表1-1に示す。

表1-1 原子炉再循環ポンプの仕様

機器名称 (台数)	仕様 (容量×揚程)	重要度*1	使用条件		
			運転 状態	最高使用圧力 (MPa)*2	最高使用温度 (℃)*2
原子炉再循環ポンプ (2)	7,380m <sup>3</sup> /h×245m	PS-1	連続	10.4	302

\*1：最上位の重要度を示す。

\*2：ポンプ吐出配管の仕様を示す。

## 2. 原子炉再循環ポンプの技術評価

### 2.1 構造, 材料および使用条件

#### (1) 構造

原子炉再循環ポンプは、容量7,380 m<sup>3</sup>/h、揚程245 mの立軸単段うず巻ポンプであり、原子炉冷却材を高温・高圧で循環させる機能を有し、2台設置している。

純水に接液する羽根車、ケーシング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、軸封部はメカニカルシール方式を採用している。

また、羽根車や主軸は、取付ボルトを外し、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。

第11回定期検査（2003年度）において、主軸とケーシングカバーの熱疲労等への対策として、ヒータ付サーマルバリアを内蔵したケーシングカバーへの取替を実施している。

原子炉再循環ポンプの構造図を図2.1-1に示す。

#### (2) 材料および使用条件

原子炉再循環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	水中軸受
⑤	ケーシング
⑥	ケーシングカバー
⑦	ケーシングリング
⑧	取付ボルト
⑨	メカニカルシール

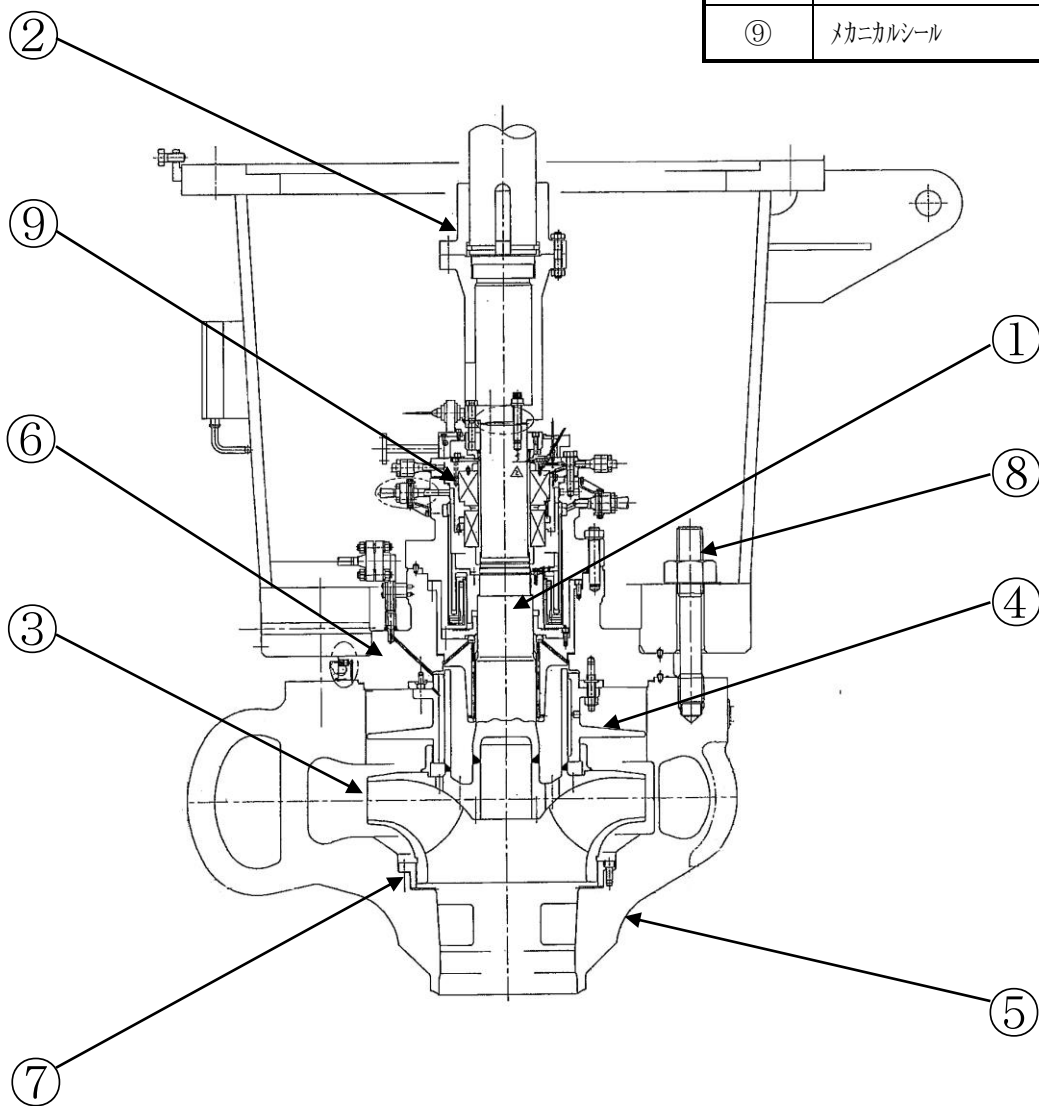


図2.1-1 原子炉再循環ポンプ構造図

表2. 1-1 原子炉再循環ポンプ主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
ポンプ容量と揚程の確保	主軸	ステンレス鋼 (ASTM A-182M Gr. FXM-19)
	軸継手	ステンレス鋼 (ASTM A-182M Gr. F6NM)
	羽根車	ステンレス鋳鋼 (SCS19A)
	水中軸受	ステンレス鋳鋼 (SCS16A-CF)
ハウダリの維持	ケーシング	ステンレス鋳鋼 (SCS16A)
	ケーシングカバー	ステンレス鋼 (SUSF316)
	ケーシングリング	ステンレス鋳鋼 (SCS16A-CF)
	取付ボルト	低合金鋼 (SNB23-4)
	メカニカルシール	(定期取替品)

表2. 1-2 原子炉再循環ポンプの使用条件

最高使用圧力	10. 4MPa
最高使用温度	302℃
容 量	7, 380m <sup>3</sup> /h
内 部 流 体	純水

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

原子炉再循環ポンプの機能は、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 ポンプ容量と揚程の確保
- ② 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の抽出

#### (1) 想定される経年劣化事象

原子炉再循環ポンプについて、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（流体の種類、圧力、温度等）およ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、消耗品および定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品および定期取替品の扱い

メカニカルシールは定期取替品であり、長期使用せず取替を前提としていることから、高経年化対策を見極める上で評価対象外とする。

(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 (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 (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. ケーシングの疲労割れ
- b. ケーシングの熱時効

## 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. 羽根車，ケーシングリングの摩耗

羽根車とケーシングリングの間には摩耗が想定されるが，定期的に見視確認を行い，必要に応じケーシングリングの取替を行うこととしている。なお，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り，今後も進展傾向が大きく変化することは考え難い。

したがって，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にくいことから，高経年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

回転中の主軸とケーシングカバー等の接触部には摩耗が想定されるが，主軸とケーシングカバーの間には十分な間隙があることから摩耗が発生する可能性は小さい。また，定期的に見視確認を行い，健全性を確認しており，これまで有意な摩耗は認められていない。

したがって，今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから，高経年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

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，設計段階において疲労割れが発生しないよう考慮されており，高サイクル疲労割れが発生する可能性は小さい。また，定期的に見視確認および浸透探傷試験を行い，健全性を確認しており，これまで有意な割れは認められていない。

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

### d. 主軸の粒界型応力腐食割れ

主軸はステンレス鋼であり粒界型応力腐食割れが想定されるが，主軸の材料は応力腐食割れの感受性を低減した材料であり，環境面からも第13回定期検査終了後（2006年6月）から水素注入を実施することで溶存酸素濃度を低減し，腐食環境の改善を実施しており，粒界型応力腐食割れが発生する可能性は小さい。また，定期的に見視確認および浸透探傷試験を行い，健全性を確認しており，これまで有意な割れは認められていない。

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

### e. 羽根車の腐食（キャビテーション）

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減肉が生じ，ポンプ性能の低下が想定されるが，設計段階においてキャビテーションを起こさない条件

$$h_{s,v} \text{ (有効吸込ヘッド)} > H_{s,v} \text{ (必要有効吸込ヘッド)}$$

を満たすよう考慮しており、この大小関係は経年的に変わるものではないことから、キャビテーションが発生する可能性は小さい。また、定期的を目視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意なキャビテーションによる減肉は認められていない。

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

f. 羽根車，水中軸受，ケーシングリングの熱時効

羽根車，水中軸受，ケーシングリングはステンレス鋳鋼であり、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。しかし、き裂の原因となる経年劣化事象は想定されないことから、熱時効が問題となる可能性はないと評価する。また、定期的を目視確認または浸透探傷試験を行い、健全性を確認しており、これまで有意な欠陥は認められていない。

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

g. 水中軸受の疲労割れ

国内他プラントで水中軸受リング溶接部の疲労による損傷事例があり、同様の事象として疲労割れが想定されるが、島根2号炉は平成元年に水中軸受と水中軸受リングを溶接型から一体鋳造型に取替を行っており、疲労割れが発生する可能性は小さい。また、定期的を目視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な割れは認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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，ケーシングカバーの熱疲労割れ

原子炉再循環ポンプの主軸，ケーシングカバーは、メカニカルシール（軸封部）へ注入されている低温のパージ水と高温の純水の混合部に温度変動が生じることにより、表面に熱疲労割れが想定される。これに対して、第11回定期検査（2003年度）時に原子炉再循環ポンプはA, B 号機とも、ヒータ付きサーマルバリアを採用したケーシングカバーへの取替を行い純水との混合部における温度差を低減しているため、熱疲労割れ発生の可能性は小さい。また、定期的を目視確認および浸透探傷試験を行い、健全性を確認している。

したがって、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にくいことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

i. 取付ボルトの腐食（全面腐食）

取付ボルトは低合金鋼であり腐食が想定されるが、定期的を目視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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 原子炉再循環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	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		
ポンプ容量と 揚程の確保	主軸		ステンレス鋼	△		△ <sup>*1*2</sup>	△ <sup>*3</sup>				*1：熱疲労割れ *2：高サイクル疲労割れ *3：粒界型応力腐食割れ *4：キャビテーション
	軸継手		ステンレス鋼								
	羽根車		ステンレス鋳鋼	△	△ <sup>*4</sup>			△			
	水中軸受		ステンレス鋳鋼			△		△			
ハウタリの維持	ケーシング		ステンレス鋳鋼			○		○			
	ケーシングカバー		ステンレス鋼			△ <sup>*1</sup>					
	ケーシングリング		ステンレス鋳鋼	△				△			
	取付ボルト		低合金鋼		△						
	メカニカルシール	◎	—								

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

## 2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

### (1) ケーシングの疲労割れ

#### a. 事象の説明

原子炉再循環ポンプのケーシングはプラントの起動・停止時等の温度や圧力の変化により、疲労が蓄積し、疲労割れが発生する可能性があることから、経年劣化に対する評価が必要である。

#### b. 技術評価

##### (a) 健全性評価

原子炉再循環ポンプのケーシングは局所的な応力集中を避ける形状に設計していることから、形状が不連続で、配管反力を受け荷重が厳しいケーシング入口ノズルと配管との溶接部を最も厳しい部位と判断した。疲労評価にあたっては、配管・弁を含む三次元梁モデルにより応力算出を行い、図2.3-1に示す部位について疲労評価を行った。

疲労評価は、島根2号炉の運転実績に基づいた2015年7月末時点の過渡回数と、今後も同様な運転を続けたと仮定して推定した運転開始後60年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））」に基づいて評価した。また、使用環境を考慮した疲労評価については、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。評価用過渡条件を表2.3-1に、評価結果を表2.3-2に示す。

評価の結果、表2.3-2に示すとおり、運転開始後60年時点の疲れ累積係数は許容値を下回っており、60年間の運転において、疲労割れが問題となる可能性はないと判断する。

表2.3-1 原子炉再循環系 評価用過渡条件

運転条件	運転実績に基づく過渡回数 (2015年7月末時点)	運転開始後 60年時点
ボルト締付	20	45
耐圧試験	24	55
起動 (昇温, タービン起動)	36	74
夜間低出力運転 (75%出力)	40	81
週末低出力運転 (50%出力)	34	84
制御棒パターン変更	58	143
給水加熱機能喪失 (発電機トリップ)	0	1
給水加熱機能喪失 (給水加熱器部分ハイパス)	0	1
スクラム (タービントリップ)	1	2
スクラム (その他スクラム)	4	7
停止	36	74
ボルト取り外し	21	46
スクラム (原子炉給水ポンプ停止)	0	1
スクラム (逃がし安全弁誤作動)	0	1

表2.3-2 原子炉再循環ポンプの疲労評価結果

部 位	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 (2015年7月末時点)	運転開始後 60年時点	運転開始後 60年時点
ケーシングと配管の溶接部	0.001	0.001	0.005

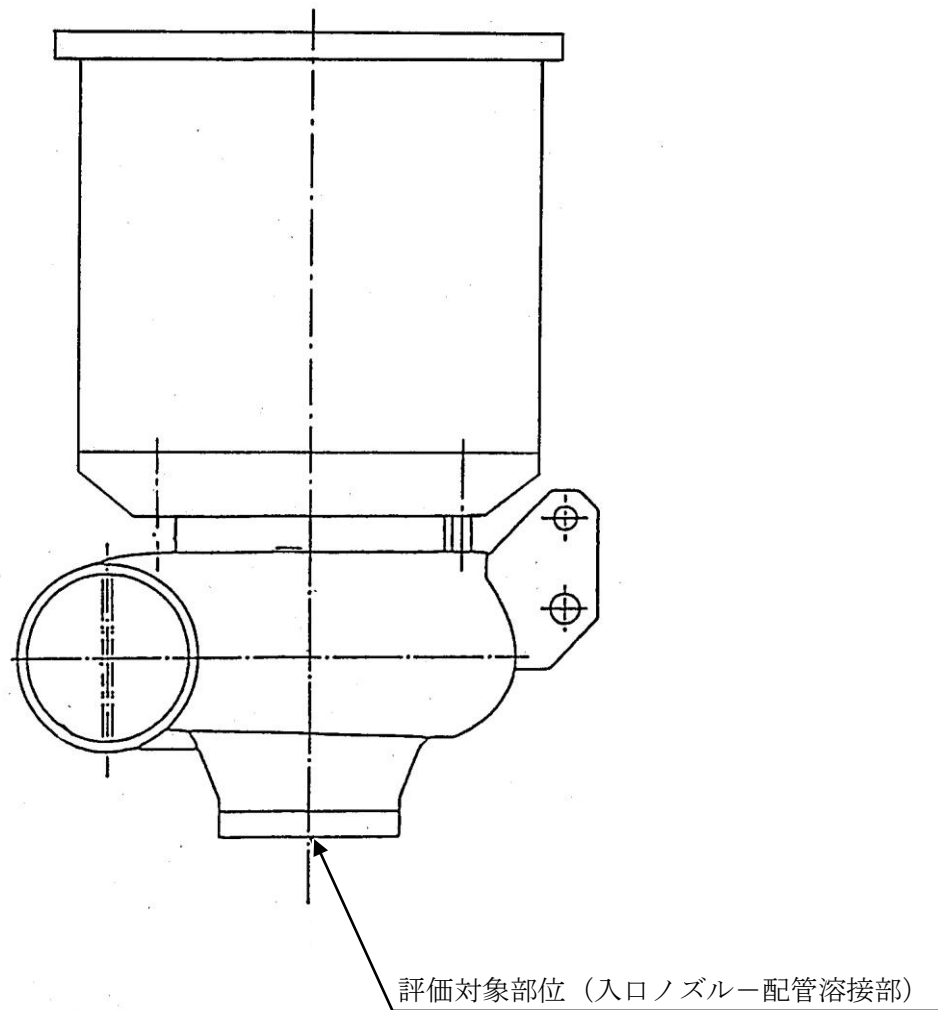


図2.3-1 ケーシングの疲労評価対象部位

(b) 現状保全

原子炉再循環ポンプのケーシングの疲労割れについては、定期的に見視確認を行い、健全性を確認している。また、供用期間中検査にて、ケーシング内表面の見視確認およびケーシング出入口ノズルと配管との溶接部の超音波探傷試験を行い、健全性を確認している。

(c) 総合評価

原子炉再循環ポンプのケーシングの疲労割れは、健全性評価結果から、評価期間において問題となる可能性はなく、60年間の健全性は維持できると判断する。

ただし、疲労評価は実績過渡回数に依存するため、今後も実績過渡回数を把握し評価する必要がある。

c. 高経年化への対応

原子炉再循環ポンプのケーシングの疲労割れについては、実績過渡回数の確認を継続的に実施し、運転開始後60年時点の推定過渡回数を上回らないことを確認する。

## (2) ケーシングの熱時効

### a. 事象の説明

原子炉再循環ポンプのケーシングはステンレス鋳鋼であり、最高使用温度が250℃以上であることから熱時効による靱性低下等の機械的特性が変化することが想定される。

### b. 技術評価

#### (a) 健全性評価

靱性が低下した状態でき裂が存在する場合には小さな荷重でき裂が進展し、不安定破壊を引き起こす可能性があるが、前述(1)に記載のとおり、き裂の原因となる疲労割れが発生する可能性は小さいとしている。しかしながら、製造時に判定基準未達の初期欠陥が存在する可能性は否定できないことから、保守的に初期欠陥を想定し、き裂安定性評価を実施した。

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。また、健全性評価としては、評価条件として発生応力（荷重）が大きいほど健全性への影響は大きくなる。そのため、フェライト量<sup>\*1</sup>および発生応力が最大となるA-原子炉再循環ポンプのケーシングを評価部位として選定し、健全性評価を以下のとおり実施した。評価条件を表2.3-3に示す。

具体的には、評価部位の熱時効後の材料のき裂進展抵抗<sup>\*2</sup> ( $J_{mat}$ ) と構造系に与えられた応力（一次応力である内圧、自重、地震の応力に二次応力の熱膨張荷重による応力を加えたもの）とき裂形状から算出されるき裂進展力<sup>\*3</sup> ( $J_{app}$ ) を求めて、その比較を行った。

その結果、図2.3-2に示すように運転開始後60年時点までの疲労き裂進展長さを考慮した評価用き裂<sup>\*4</sup>を想定しても、 $J_{mat}$ が $J_{app}$ と交差し、 $J_{mat}$ と $J_{app}$ の交点において $J_{mat}$ の傾きが $J_{app}$ の傾きを上回ることから、ケーシングは不安定破壊することはなく、健全性評価上問題とならないと判断する。

\*1：フェライト量は、製造時の材料成分を用いて、「Standard Practice for Steel Casting, Austenitic Alloy, Estimating Ferrite Content Thereof (ASTM A800/A800M-2006)」に示される線図により決定した。

\*2：き裂進展抵抗は、「S. Kawaguchi et al., “PREDICTION METHOD OF TENSILE PROPERTIES AND FRACTURE TOUGHNESS OF THERMALLY AGED CAST DUPLEX STAINLESS STEEL PIPING”, ASME PVP 2005-71528」にて公開されている靱性予測モデル (H3Tモデル：Hyperbolic Time Temperature Toughness) を用いて、評価部位のフェライト量を基に、運転開始後60年時点の熱時効時間（設備利用率90%を想定）におけるき裂進展抵抗を予測した。また、予測の下限値を採用した。

\*3：初期き裂の想定は「原子力発電所配管破損防護設計技術指針 (JEAG 4613-1998)」の評価手法を参考にした。き裂進展速度は、社団法人 日本機械学会「発電用原子力設備規格 維持規格 (JSME S NA1-2008)」に規定されているオーステナイト系ステンレス鋼のBWR環境中の疲労き裂進展速度を用いて算出した。き裂進展力は、

き裂安定性評価用想定き裂（周方向貫通き裂）を用いて、「DUCTILE FRACTURE HANDBOOK」EPRI NP-6301-D（1989）のJ積分の解析解に基づき算出した。

\*4: 表2.3-1に示す過渡条件および地震動による運転開始後60年時点までの疲労き裂の進展を考慮しても、当該き裂はケーシングを貫通しない評価結果となったが、その後のき裂の安定性評価においては、保守的に貫通き裂を想定した。

表2.3-3 熱時効の評価条件

評価部位	フェライト量 (%)	発生応力 (MPa)
A-原子炉再循環ポンプのケーシング	約20.7	203

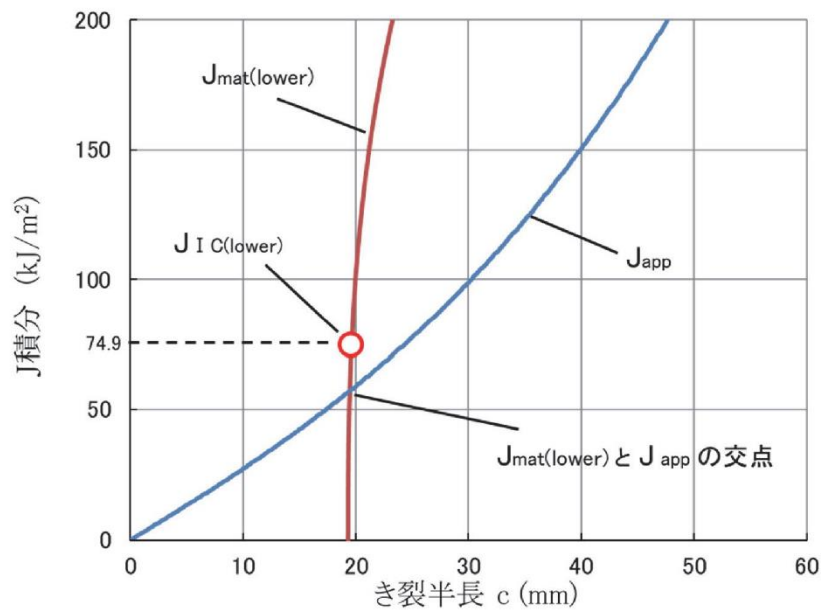


図2.3-2 A-原子炉再循環ポンプケーシングのき裂安定性評価結果

(b) 現状保全

原子炉再循環ポンプのケーシングの熱時効については定期的を目視確認、ケーシング耐圧部の溶接継手への浸透探傷試験およびケーシングと配管の溶接部への超音波探傷試験を行い、健全性を確認している。

(c) 総合評価

原子炉再循環ポンプのケーシングの熱時効については、高温環境下のため熱時効により靱性が低下する可能性はあるが、当該部位は不安定破壊することなく、また、定期的な目視確認によりき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。



c. 高経年化への対応

原子炉再循環ポンプのケーシングの熱時効については、現状保全の項目に高経年化対策の観点から追加すべき項目はない。引き続き、現状保全を継続していく。

以 上

島根原子力発電所2号炉  
熱交換器の技術評価書

[運転を断続的に行うことを前提とした評価]

中国電力株式会社

本評価書は、島根原子力発電所2号炉（以下、「島根2号炉」という）における安全上重要な熱交換器（重要度分類審査指針におけるPS-1, 2およびMS-1, 2に該当する機器）、高温・高圧の環境下にあるクラス3の熱交換器および常設重大事故等対処設備に属する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、重要度およ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、熱交換器の型式をもとに、以下の2つに分類して整理する。

1. 直管式熱交換器
2. U字管式熱交換器

なお、タービン設備の熱交換器は「タービン設備の技術評価書」にて、非常用ディーゼル機関附属設備、計装用圧縮空気系設備、液体廃棄物処理系設備の熱交換器は「機械設備の技術評価書」にて、それぞれ評価を実施するものとし、本評価書には含めていない。

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

表1 評価対象機器一覧

型 式	機器名称 ( 基 数 )	仕様 (熱交換量)	重要度*1
直管式	原子炉補機冷却系熱交換器 (6)	9.9MW	MS-1, 重*2
	高压炉心スプレィ補機冷却系熱交換器 (1)	2.6MW	MS-1, 重*2
U字管式	原子炉浄化系再生熱交換器 (3)	47.2MW	PS-2
	残留熱除去系熱交換器 (2)	9.1MW	MS-1, 重*2
	原子炉浄化系非再生熱交換器 (2)	16.4MW	PS-2
	原子炉浄化系補助熱交換器 (1)	21.9MW	PS-2
	燃料プール冷却系熱交換器 (2)	1.9MW	重*2
	クォント蒸気発生器 (1)	8.5MW	高*3
	給水加熱器 (14)	53.6MW~84.2MW	高*3
	クォント蒸気復水器 (1)	4.7MW	高*3
	排ガス予熱器 (1)	79.5kW	高*3
	排ガス復水器 (1)	3.2MW	高*3

\*1：最上位の重要度を示す。

\*2：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器および構造物であることを示す。

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

表2 評価対象機器機能一覧

機器名称	機 能
原子炉補機冷却系熱交換器	原子炉建物内の補機等に供給する原子炉補機冷却水を海水により冷却する。
高圧炉心スプレイ補機冷却系熱交換器	高圧炉心スプレイ系に供給する冷却水を海水により冷却する。
原子炉浄化系再生熱交換器	熱効率向上を図るため、原子炉から取り出した高温の原子炉冷却材で、浄化した後に給水系に戻す低温の原子炉冷却材を熱交換する。
残留熱除去系熱交換器	原子炉停止時の崩壊熱除去のため、原子炉再循環系から、残留熱除去系へ送られた原子炉冷却材を原子炉補機冷却水で冷却する。
原子炉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。原子炉停止時の高温待機状態における崩壊熱を除去する。
原子炉浄化系補助熱交換器	原子炉浄化系非再生熱交換器とともに原子炉停止時の高温待機状態における崩壊熱を除去する。
燃料プール冷却系熱交換器	燃料プール水を原子炉補機冷却水により冷却し使用済燃料からの崩壊熱を除去する。
グラント蒸気発生器	復水貯蔵タンク水を抽気等で加熱し、主タービンおよび蒸気弁等のグラント部にシール蒸気を供給する。
給水加熱器	タービンの抽気蒸気により原子炉に供給する給水を加熱する。
グラント蒸気復水器	主タービングラント部等のシール蒸気を復水で凝縮する。
排ガス予熱器	復水器から抽出された空気（排ガス）を再結合器の触媒反応に適した排ガス温度とするため、所内蒸気を用いて空気（排ガス）を加熱し乾燥させる。
排ガス復水器	排ガス再結合器から排出された水蒸気をタービン補機冷却水で冷却する。

## 1. 直管式熱交換器

[対象熱交換器]

- ① 原子炉補機冷却系熱交換器
- ② 高圧炉心スプレイ補機冷却系熱交換器

## 目 次

1. 対象機器および代表機器の選定 .....	1-1
1.1 グループ化の考え方および結果 .....	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, 材料および使用条件 .....	1-3
2.1.1 原子炉補機冷却系熱交換器 .....	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の抽出 .....	1-6
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 .....	1-8
3. 代表機器以外への展開 .....	1-12
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 .....	1-12
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 .....	1-12

## 1. 対象機器および代表機器の選定

島根2号炉で使用している主要な直管式熱交換器の仕様を表1-1に示す。

これらの熱交換器を内部流体，材料の観点からグループ化し，それぞれのグループより以下のとおり代表機器を選定した。

### 1.1 グループ化の考え方および結果

内部流体，材料を分類基準とし，表1-1に示すとおりグループ化する。

### 1.2 代表機器の選定

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ものとする。

#### (1) 材料／内部流体（伝熱管：銅合金／海水 胴：炭素鋼／冷却水）

このグループには，原子炉補機冷却系熱交換器および高圧炉心スプレイ補機冷却系熱交換器が属するが，重要度，運転状態から，原子炉補機冷却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と代表機器

分類基準					熱交換器名称 (基数)	仕様 (熱交換量)	選定基準						選定	選定理由
型式	内部流体		材料				重要度*1	運転状態	使用条件					
	管側	胴側	伝熱管	胴					最高使用圧力 (MPa)		最高使用温度 (°C)			
							管側	胴側	管側	胴側				
直管式	海水	冷却水*2	銅合金	炭素鋼	原子炉補機冷却系熱交換器 (6)	9.9MW	MS-1, 重*3	連続	1.0	1.4	40	85	◎	運転状態
					高圧炉心スプレイ補機冷却系熱交換器 (1)	2.6MW	MS-1, 重*3	一時	1.0	1.0	40	66		

\*1：最上位の重要度を示す。

\*2：防錆剤入り純水。

\*3：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器および構造物であることを示す。

## 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 原子炉補機冷却系熱交換器

#### 2.1 構造、材料および使用条件

##### 2.1.1 原子炉補機冷却系熱交換器

###### (1) 構造

原子炉補機冷却系熱交換器は、熱交換量9.9 MWの横置直管式熱交換器であり、6基設置している。

本熱交換器は、熱交換機能を有する伝熱管に冷却用の海水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、伝熱管を介して冷却される冷却水（防錆剤入り純水）が流れる胴側構成品、機器を支持するための支持脚、サポート、基礎ボルトから構成される。

なお、伝熱管、水室、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。

原子炉補機冷却系熱交換器の構造図を図2.1-1に示す。

###### (2) 材料および使用条件

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

No.	部 位	No.	部 位
①	伝熱管	⑥	ガスケット
②	管支持板	⑦	フランジボルト
③	水室	⑧	基礎ボルト
④	管板	⑨	支持脚
⑤	胴	⑩	サポート

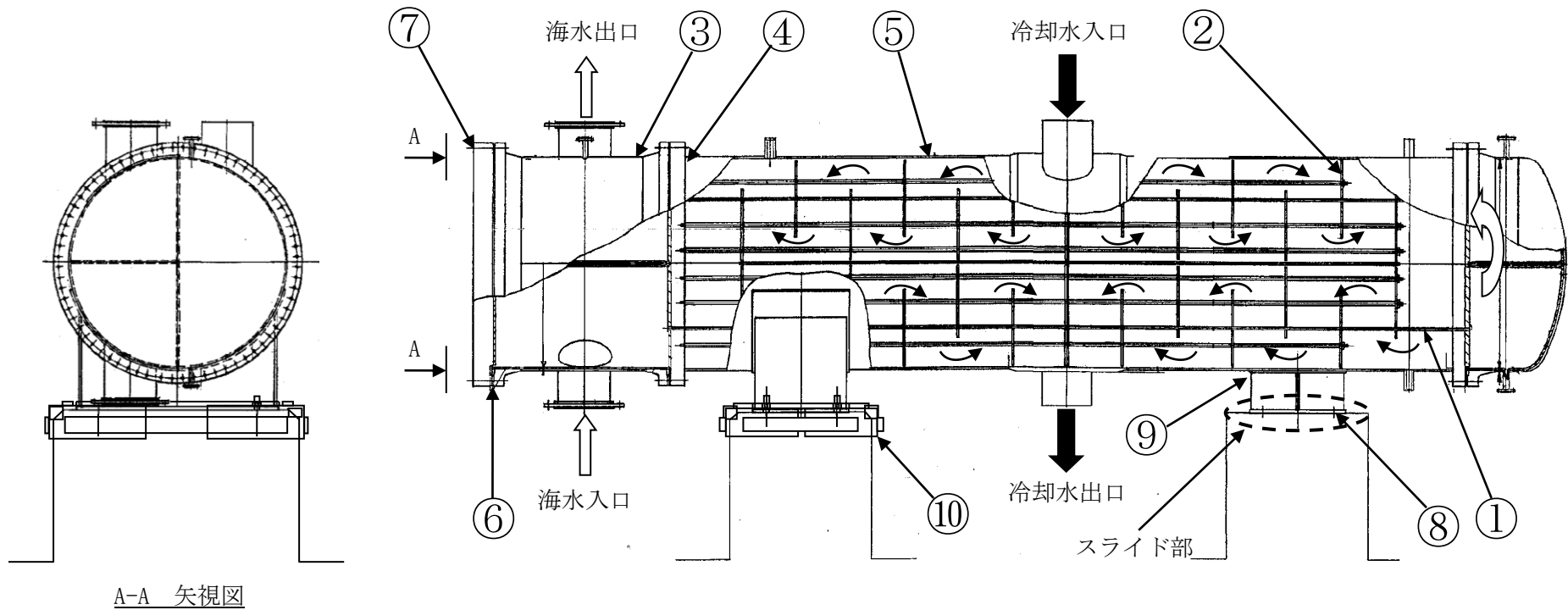


図2. 1-1 原子炉補機冷却系熱交換器構造図

表2.1-1 原子炉補機冷却系熱交換器主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
伝熱性能の確保	伝熱管	銅合金 (C6870T)
	管支持板	炭素鋼 (SS41)
ハウダリの維持	水室	炭素鋼 (SGV49, SFVC2B) + コムライニング <sup>6</sup>
	管板	炭素鋼 (SGV49) + 銅合金 (C4621P) クラッド <sup>6</sup>
	胴	炭素鋼 (SGV49)
	ガスケット	(消耗品)
	フランジボルト	低合金鋼 (SCM435)
機器の支持	基礎ボルト	炭素鋼 (SS41)
	支持脚	炭素鋼 (SM41A)
	サポ-ト	炭素鋼 (SM400A)

表2.1-2 原子炉補機冷却系熱交換器の使用条件

	管 側	胴 側
最高使用温度	40°C	85°C
最高使用圧力	1.0MPa	1.4MPa
容量 (熱交換量)	9.9MW	
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

熱交換器の機能は2つの流体の熱交換であり、この機能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の抽出

#### (1) 想定される経年劣化事象

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（流体の種類、温度等）およ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、消耗品および定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品およ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 (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 (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. 伝熱管の腐食（流れ加速型腐食）

原子炉補機冷却系熱交換器の伝熱管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の渦流および海生物（貝類）の付着に伴う渦流により保護皮膜が破壊した場合、伝熱管内面に流れ加速型腐食による減肉が想定される。

しかし、伝熱管については渦流探傷試験による減肉傾向の確認を行っており、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。また、海生物付着による流れ加速型腐食については、海水入口側へのストレーナ設置および海水取水口への次亜塩素酸ソーダ注入により海生物の付着を抑制しており、腐食が発生する可能性は小さい。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. 伝熱管の異物付着

原子炉補機冷却系熱交換器は、伝熱管内面の流体が海水であることから、伝熱管内面に異物が付着し、伝熱性能に影響を及ぼすことが想定されるが、海水入口側へのストレーナ設置および海水取水口への次亜塩素酸ソーダ注入により海生物の付着を抑制している。また、定期的に伝熱管内部の清掃により異物除去を図るとともに、目視確認および渦流探傷試験を行い、健全性を確認しており、これまで異物付着による伝熱性能の低下は認められていない。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）であることから、異物付着により伝熱性能が低下する可能性は小さい。

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

### c. 基礎ボルトの腐食（全面腐食）

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。

### d. 支持脚（スライド部）の腐食（全面腐食）

支持脚（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、スライド部およびベースプレートは炭素鋼であり、接触面に腐食が想定される。

しかし、大気接触部については塗装により腐食を防止しており、目視確認により健全性を確認している。なお、これまで有意な腐食は発生していない。

したがって、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にくいことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. 伝熱管の摩耗および高サイクル疲労割れ

原子炉補機冷却系熱交換器の伝熱管は、流体による振動により管支持板との間に摩耗および高サイクル疲労割れが想定されるが、伝熱管は管支持板等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考慮されていることから、高サイクル疲労割れが発生する可能性は小さい。また、定期的を目視確認、渦流探傷試験および漏えい確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な摩耗および割れは認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. 水室の腐食（全面腐食）

原子炉補機冷却系熱交換器の水室は炭素鋼で内部流体が海水であり腐食が想定されるが、海水との接液部には耐食性・密着性に優れたゴムライニングにより腐食を防止しており、また、亜鉛防食板設置による防食処置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、ゴムライニングについては目視確認およびピンホールテストによる点検により健全性を確認しており、必要により補修を行うこととしている。なお、亜鉛防食板は定期的に取り替を実施している。

したがって、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にくいことから、高経年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. 管板の腐食（全面腐食）

原子炉補機冷却系熱交換器の管板は炭素鋼で内部流体は海水であり腐食が想定されるが、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おり、さらに亜鉛防食板設置による防食処置および硫酸第一鉄注入による管板表面への保護皮膜（水酸化鉄被膜）を形成していることから、腐食が発生する可能性は小さい。また、定期的管板の目視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。なお、亜鉛防食板は定期的に取り替を実施している。

したがって、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にくいことから、高経年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）

フランジボルトは低合金鋼であり腐食が想定されるが、定期的を目視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. 支持脚およびサポートの腐食（全面腐食）

支持脚およびサポートは炭素鋼であり腐食が想定されるが、塗装により腐食を防止しているため、腐食が発生する可能性は小さい。また、定期的を目視確認を行い、塗装の状態



を確認するとともに、必要に応じ補修塗装を実施することとしている。なお、支持脚は、これまで有意な腐食は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. 管支持板，胴の腐食（全面腐食）

原子炉補機冷却系熱交換器の管支持板，胴は炭素鋼であり腐食が想定されるが，内部流体は冷却水（防錆剤入り）であり，腐食が発生する可能性は小さい。

したがって，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから，高経年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 原子炉補機冷却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	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	伝熱管		銅合金	△	△*1	△*2				△*3	*1：流れ加速型腐食 *2：高サイクル疲労割れ *3：異物付着 *4：コムライニング *5：銅合金クラッド *6：スライト部
	管支持板		炭素鋼		▲						
バウダリの維持	水室		炭素鋼*4		△						
	管板		炭素鋼*5		△						
	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	基礎ボルト		炭素鋼		△						
	支持脚		炭素鋼		△△*6						
	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）

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

### 3. 代表機器以外への展開

本章では、2章で実施した代表機器の技術評価結果について、1章で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 高圧炉心スプレイ補機冷却系熱交換器

##### 3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

代表機器と同様に、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. 伝熱管の腐食（流れ加速型腐食）

代表機器と同様に、高圧炉心スプレイ補機冷却系熱交換器の伝熱管は、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の渦流および海生物（貝類）の付着に伴う渦流により保護皮膜が破壊した場合、伝熱管内面に流れ加速型腐食による減肉が想定される。

しかし、伝熱管については渦流探傷試験による減肉傾向の確認を行っており、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。また、海生物付着による流れ加速型腐食については、海水入口側へのストレーナ設置および海水取水口への次亜塩素酸ソーダ注入により海生物の付着を抑制しており、腐食が発生する可能性は小さい。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. 伝熱管の異物付着

代表機器と同様に、高圧炉心スプレイ補機冷却系熱交換器は、伝熱管内面の流体が海水であることから、伝熱管内面に異物が付着し、伝熱性能に影響を及ぼすことが想定されるが、海水入口側へのストレーナ設置および海水取水口への次亜塩素酸ソーダ注入により海生物の付着を抑制している。また、定期的に伝熱管内部の清掃により異物除去を図るとともに、目視確認および渦流探傷試験を行い、健全性を確認しており、これまで異物付着による伝熱性能の低下は認められていない。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）であることから、異物付着により伝熱性能が低下する可能性は小さい。

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

###### c. 基礎ボルトの腐食（全面腐食）

代表機器と同様に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。

d. 支持脚（スライド部）の腐食（全面腐食）

代表機器と同様に、支持脚（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、スライド部およびベースプレートは炭素鋼であり、接触面に腐食が想定される。

しかし、大気接触部については塗装により腐食を防止しており、目視確認により健全性を確認している。なお、これまで有意な腐食は発生していない。

したがって、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にくいことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. 伝熱管の摩耗および高サイクル疲労割れ

代表機器と同様に、高圧炉心スプレイ補機冷却系熱交換器の伝熱管は、流体による振動により管支持板との間に摩耗および高サイクル疲労割れが想定されるが、伝熱管は管支持板等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考慮されていることから、高サイクル疲労割れが発生する可能性は小さい。また、定期的目視確認、渦流探傷試験および漏えい確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な摩耗および割れは認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. 水室の腐食（全面腐食）

代表機器と同様に、高圧炉心スプレイ補機冷却系熱交換器の水室は炭素鋼で内部流体は海水であり腐食が想定されるが、海水との接液部には耐食性・密着性に優れたゴムライニングにより腐食を防止しており、また、亜鉛防食板設置による防食処置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、ゴムライニングについては目視確認およびピンホールテストによる点検により健全性を確認しており、必要により補修を行うこととしている。なお、亜鉛防食板は定期的に取り替を実施している。

したがって、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にくいことから、高経年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. 管板の腐食（全面腐食）

代表機器と同様に、高圧炉心スプレイ補機冷却系熱交換器の管板は炭素鋼（銅合金クラッド）で内部流体は海水であり腐食が想定されるが、亜鉛防食板設置による防食処置および硫酸第一鉄注入による管板表面への保護皮膜（水酸化鉄被膜）を形成していることから、腐食が発生する可能性は小さい。また、定期的管板の目視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。なお、亜鉛防食板は定期的に取り替を実施している。

したがって、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にくいことから、高経年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）

代表機器と同様に、高圧炉心スプレイ補機冷却系熱交換器のフランジボルトは低合金鋼であり腐食が想定されるが、定期的に見視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. 支持脚の腐食（全面腐食）

代表機器と同様に、高圧炉心スプレイ補機冷却系熱交換器の支持脚は炭素鋼であり腐食が想定されるが、塗装により腐食を防止しているため、腐食が発生する可能性は小さい。また、定期的に見視確認を行い、塗装の状態を確認するとともに、必要に応じ補修塗装を実施することとしており、これまで有意な腐食は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. 管支持板、胴の腐食（全面腐食）

代表機器と同様に、高圧炉心スプレイ補機冷却系熱交換器の管支持板、胴は炭素鋼であり腐食が想定されるが、内部流体は冷却水（防錆剤入り）であり、腐食が発生する可能性は小さい。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. U字管式熱交換器

[対象熱交換器]

- ① 原子炉浄化系再生熱交換器
- ② 残留熱除去系熱交換器
- ③ 原子炉浄化系非再生熱交換器
- ④ 原子炉浄化系補助熱交換器
- ⑤ 燃料プール冷却系熱交換器
- ⑥ グランド蒸気発生器
- ⑦ 給水加熱器
- ⑧ グランド蒸気復水器
- ⑨ 排ガス予熱器
- ⑩ 排ガス復水器

## 目 次

1. 対象機器および代表機器の選定	2-1
1.1 グループ化の考え方および結果	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, 材料および使用条件	2-3
2.1.1 原子炉浄化系再生熱交換器	2-3
2.1.2 残留熱除去系熱交換器	2-6
2.1.3 グラント蒸気発生器	2-9
2.1.4 給水加熱器	2-12
2.1.5 排ガス予熱器	2-21
2.1.6 排ガス復水器	2-24
2.2 経年劣化事象の抽出	2-27
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目	2-27
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出	2-27
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象	2-29
3. 代表機器以外への展開	2-41
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象	2-41
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	2-42

## 1. 対象機器および代表機器の選定

島根2号炉で使用している主要なU字管式熱交換器の仕様を表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以下のとおり代表機器を選定した。

### 1.1 グループ化の考え方および結果

内部流体、材料を分類基準とし、表1-1に示すとおりグループ化する。

### 1.2 代表機器の選定

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ものとする。

#### (1) 材料／内部流体（伝熱管：ステンレス鋼／純水 胴：炭素鋼／純水）

このグループには、原子炉浄化系再生熱交換器のみが属することから、原子炉浄化系再生熱交換器を代表機器とする。

#### (2) 材料／内部流体（伝熱管：ステンレス鋼／純水 胴：炭素鋼／冷却水）

このグループには、残留熱除去系熱交換器、原子炉浄化系非再生熱交換器、原子炉浄化系補助熱交換器および燃料プール冷却系熱交換器が属するが、重要度から残留熱除去系熱交換器を代表機器とする。

#### (3) 材料／内部流体（伝熱管：ステンレス鋼／蒸気 胴：低合金鋼／純水）

このグループには、グラウンド蒸気発生器のみが属することから、グラウンド蒸気発生器を代表機器とする。

#### (4) 材料／内部流体（伝熱管：ステンレス鋼／純水 胴：低合金鋼／蒸気）

このグループには、給水加熱器およびグラウンド蒸気復水器が属するが、重要度、運転状態、最高使用温度から給水加熱器を代表機器とする。

#### (5) 材料／内部流体（伝熱管：ステンレス鋼／空気（排ガス） 胴：炭素鋼／蒸気）

このグループには、排ガス予熱器のみが属することから、排ガス予熱器を代表機器とする。

#### (6) 材料／内部流体（伝熱管：ステンレス鋼／冷却水 胴：ステンレス鋼／空気（排ガス））

このグループには、排ガス復水器のみが属することから、排ガス復水器を代表機器とする。



表1-1 U字管式熱交換器のグループ化と代表機器

分類基準					熱交換器名称 (基数)	仕様 (熱交換量)	選定基準						選定	選定理由
型式	内部流体		材料				重要度*1	使用条件						
	管側	胴側	伝熱管	胴				運転状態	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	原子炉浄化系再生熱交換器 (3)	47.2MW	PS-2	連続	8.6	10	302	302	◎	
	純水	冷却水*2	ステンレス鋼	炭素鋼	残留熱除去系熱交換器 (2)	9.1MW	MS-1, 重*3	一時	3.9	1.4	185	85	◎	重要度
					原子炉浄化系非再生熱交換器 (2)	16.4MW	PS-2	連続	8.6	1.4	302	85		
					原子炉浄化系補助熱交換器 (1)	21.9MW	PS-2	連続 (短期)	8.6	1.4	302	85		
					燃料プール冷却系熱交換器 (2)	1.9MW	重*3	連続	1.4	1.4	66	85		
	蒸気	純水	ステンレス鋼	低合金鋼	グランド蒸気発生器 (1)	8.5MW	高*4	連続	1.8	0.4	209	155	◎	
	純水	蒸気	ステンレス鋼	低合金鋼	給水加熱器 (14)	53.6MW～ 84.2MW	高*4	連続	6.5～ 10	0.4～ 2.7	149～ 230	149～ 230	◎	最高使用 温度
					グランド蒸気復水器 (1)	4.7MW	高*4	連続	1.9	0.02	60	150		
	空気 (排ガス)	蒸気	ステンレス鋼	炭素鋼	排ガス予熱器 (1)	79.5kW	高*4	連続	2.5	1.0	225	180	◎	
	冷却水*2	空気 (排ガス)	ステンレス鋼	ステンレス鋼	排ガス復水器 (1)	3.2MW	高*4	連続	1.1	2.5	70	420	◎	

\*1：最上位の重要度を示す。

\*2：防錆剤入り純水。

\*3：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器および構造物であることを示す。

\*4：最高使用温度が95°Cを超え、または最高使用圧力が1,900 kPaを超える環境下にある原子炉格納容器外の重要度クラス3の機器。

## 2. 代表機器の技術評価

本章では1章で代表機器とした以下の6種類の熱交換器について技術評価を実施する。

- ① 原子炉浄化系再生熱交換器
- ② 残留熱除去系熱交換器
- ③ グランド蒸気発生器
- ④ 給水加熱器
- ⑤ 排ガス予熱器
- ⑥ 排ガス復水器

### 2.1 構造, 材料および使用条件

#### 2.1.1 原子炉浄化系再生熱交換器

##### (1) 構造

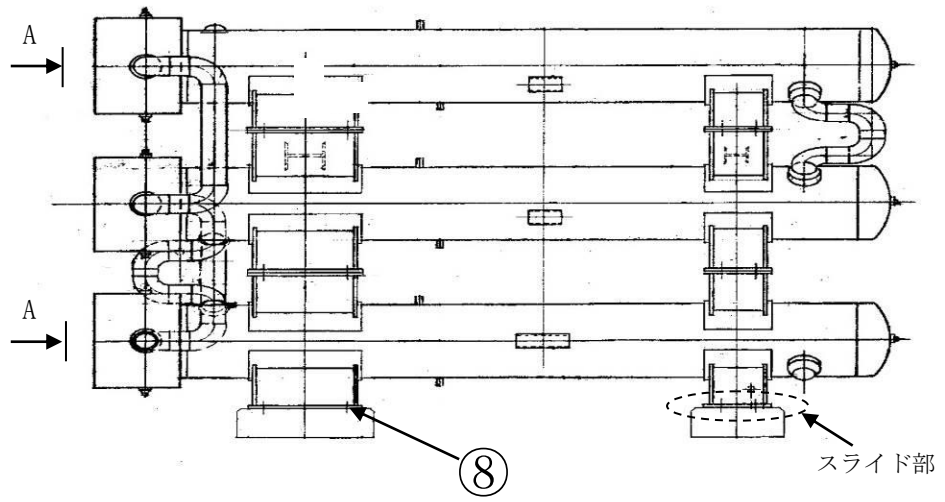
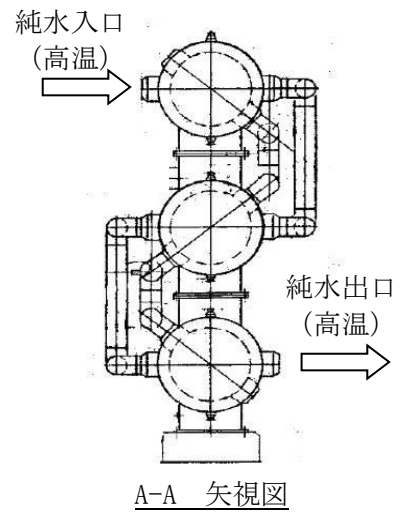
原子炉浄化系再生熱交換器は、総熱交換量47.2 MWの横型U字管式熱交換器であり、3基設置している。

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支持脚、基礎ボルトから構成される。また水室とダイヤフラムはリークポテンシャルを低減するため、溶接にて取り付けられている。

原子炉浄化系再生熱交換器の構造図を図2.1-1に示す。

##### (2) 材料および使用条件

原子炉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。



No.	部 位
①	伝熱管
②	管支持板
③	水室
④	ダイヤフラム
⑤	管板
⑥	胴
⑦	フランジボルト
⑧	基礎ボルト
⑨	支持脚

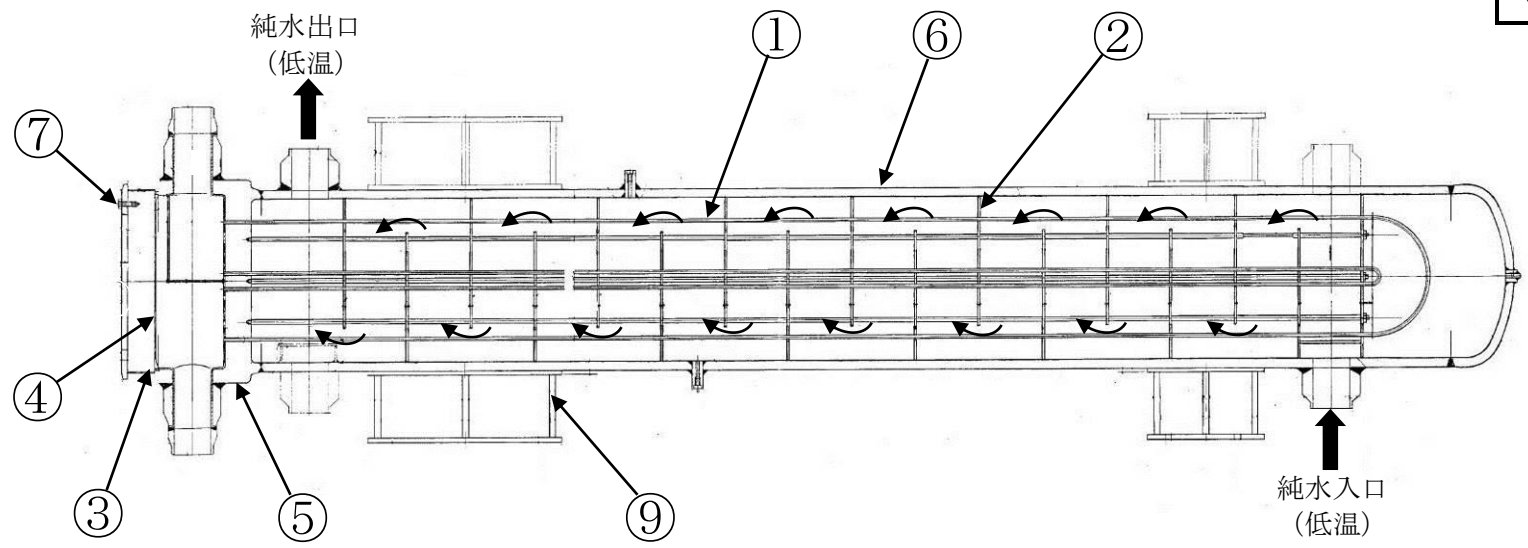


図2.1-1 原子炉浄化系再生熱交換器構造図

表2.1-1 原子炉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	部 位	材 料
伝熱性能の確保	伝熱管	ステンレス鋼 (SUS316LTB)
	管支持板	ステンレス鋼 (SUS304)
ハウダリの維持	水室	炭素鋼 (SF50A) + ステンレス鋼クレッツ
	ダイヤフラム	ステンレス鋼 (SUS316L)
	管板	炭素鋼 (SF50A) + ステンレス鋼クレッツ
	胴	炭素鋼 (SGV49)
	フランジボルト	炭素鋼 (S30C)
機器の支持	基礎ボルト	低合金鋼 (SCM435)
	支持脚	炭素鋼 (SM41A)

表2.1-2 原子炉浄化系再生熱交換器の使用条件

	管 側	胴 側
最高使用温度	302℃	302℃
最高使用圧力	8.6MPa	10MPa
容量 (熱交換量)	47.2MW	
内 部 流 体	純水 (原子炉冷却材)	純水 (原子炉冷却材)

## 2.1.2 残留熱除去系熱交換器

### (1) 構造

残留熱除去系熱交換器は、熱交換量9.1 MWの縦型U字管式熱交換器であり、2基設置している。

本熱交換器は、熱交換機能を有する伝熱管に純水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、伝熱管を介して純水を冷却する冷却水（防錆剤入り純水）が流れる胴側構成品、機器を支持するための支持脚、サポート、基礎ボルトから構成される。

なお、伝熱管、水室、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。

残留熱除去系熱交換器の構造図を図2.1-2に示す。

### (2) 材料および使用条件

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

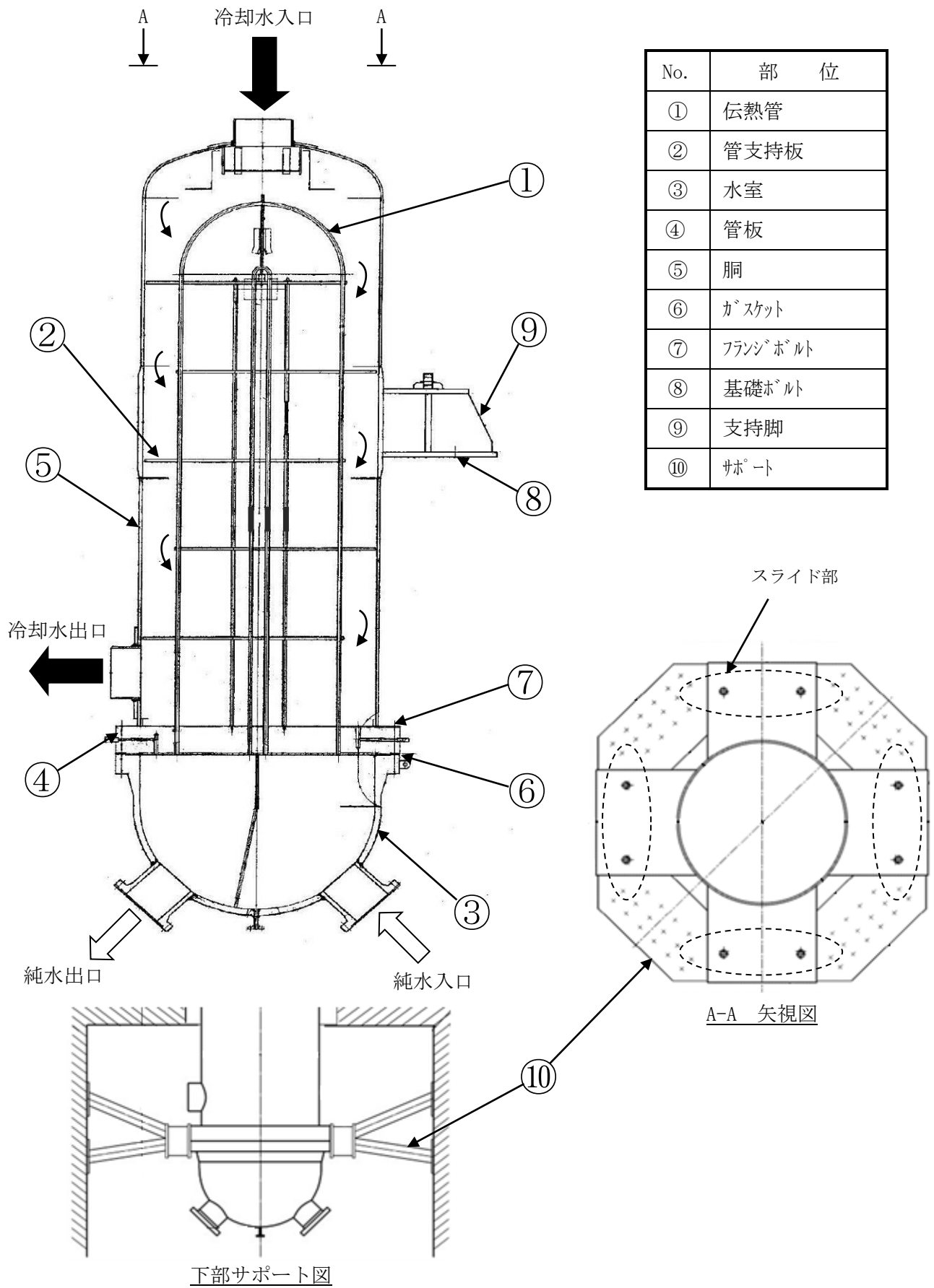


図2.1-2 残留熱除去系熱交換器構造図

表2.1-3 残留熱除去系熱交換器主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
伝熱性能の確保	伝熱管	ステンレス鋼 (SUS304TB)
	管支持板	炭素鋼 (SS41)
バウダリの維持	水室	炭素鋼 (SGV49)
	管板	炭素鋼 (SFVC2B) + ステンレス鋼クラッド*
	胴	炭素鋼 (SGV49)
	ガスケット	(消耗品)
	フランジボルト	低合金鋼 (SNB23-1)
機器の支持	基礎ボルト	低合金鋼 (SCM435), 樹脂*1
	支持脚	炭素鋼 (SM41A)
	サポート	炭素鋼 (SS400, SM400A, STKR400)

\*1：後打ちケミカルアンカを示す。

表2.1-4 残留熱除去系熱交換器の使用条件

	管 側	胴 側
最高使用温度	185℃	85℃
最高使用圧力	3.9MPa	1.4MPa
容量 (熱交換量)	9.1MW	
内 部 流 体	純水 (原子炉冷却材)	冷却水 (防錆剤入り純水)

### 2.1.3 グランド蒸気発生器

#### (1) 構造

グランド蒸気発生器は、熱交換量8.5 MWの横型U字管式熱交換器であり、1基設置している。

本熱交換器は、熱交換機能を有する伝熱管に蒸気を送るための管側構成品、管側と胴側を分離するための管板、伝熱管を介して蒸気を発生する純水（復水）が流れる胴側構成品、機器を支持するための支持脚、基礎ボルトおよび取付ボルトから構成される。

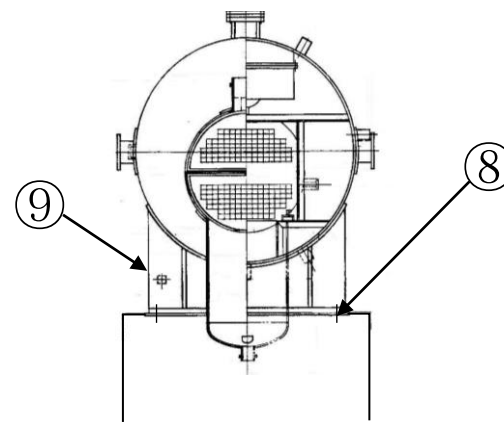
なお、伝熱管、水室、管板は、フランジボルトを取り外すことにより、点検手入れが可能である。

グランド蒸気発生器の構造図を図2.1-3に示す。

#### (2) 材料および使用条件

グランド蒸気発生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。





A-A 矢視図

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

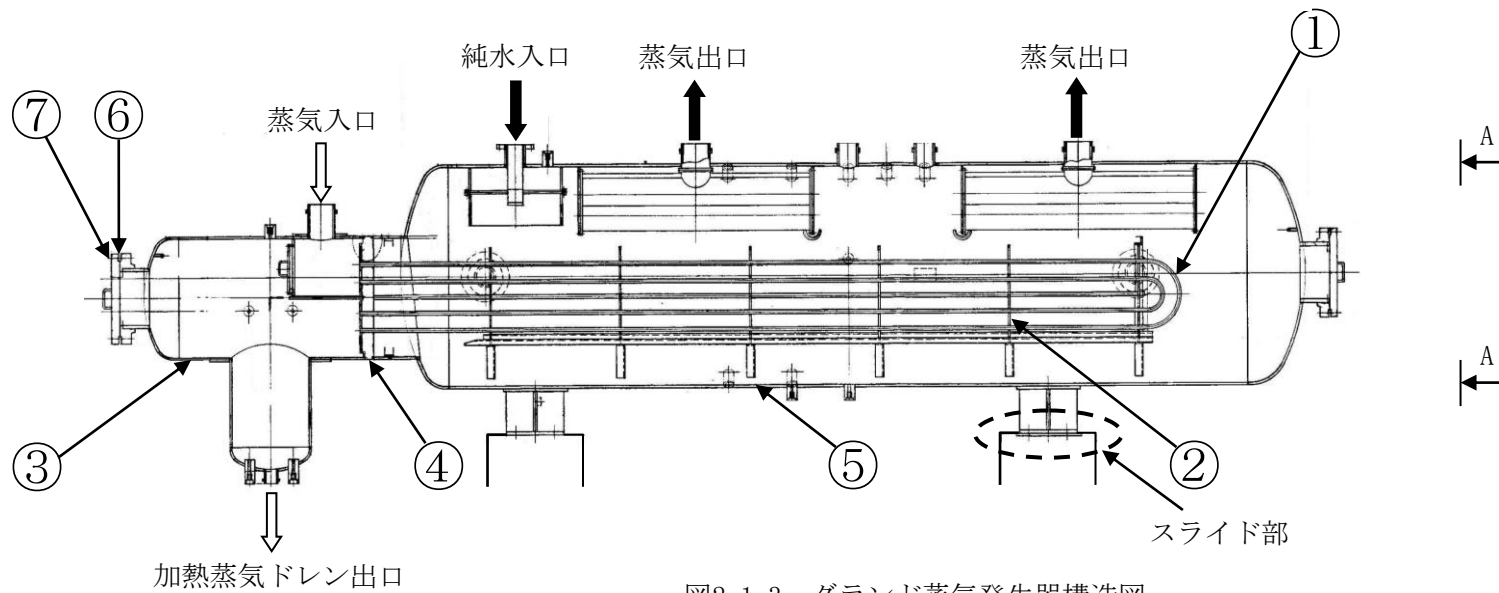


図2.1-3 グランド蒸気発生器構造図

表2.1-5 グランド蒸気発生器主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
伝熱性能の確保	伝熱管	ステンレス鋼 (SUS304TB)
	管支持板	低合金鋼 (SCMV3)
バウダリの維持	水室	低合金鋼 (SCMV3)
	管板	炭素鋼 (SF50A) (ステンレス鋼クラッド)
	胴	低合金鋼 (SCMV3)
	ガスケット	(消耗品)
	フランジボルト	低合金鋼 (SNB7)
機器の支持	基礎ボルト	低合金鋼 (SS41)
	支持脚	炭素鋼 (SM41A)

表2.1-6 グランド蒸気発生器の使用条件

	管 側	胴 側
最高使用温度	209℃	155℃
最高使用圧力	1.8MPa	0.4MPa
容量 (熱交換量)	8.5 MW	
内部流体	蒸気	純水

## 2.1.4 給水加熱器

### (1) 構造

給水加熱器は、熱交換量53.6 MW ～84.2 MWの横型U字管式熱交換器であり、14基設置している。

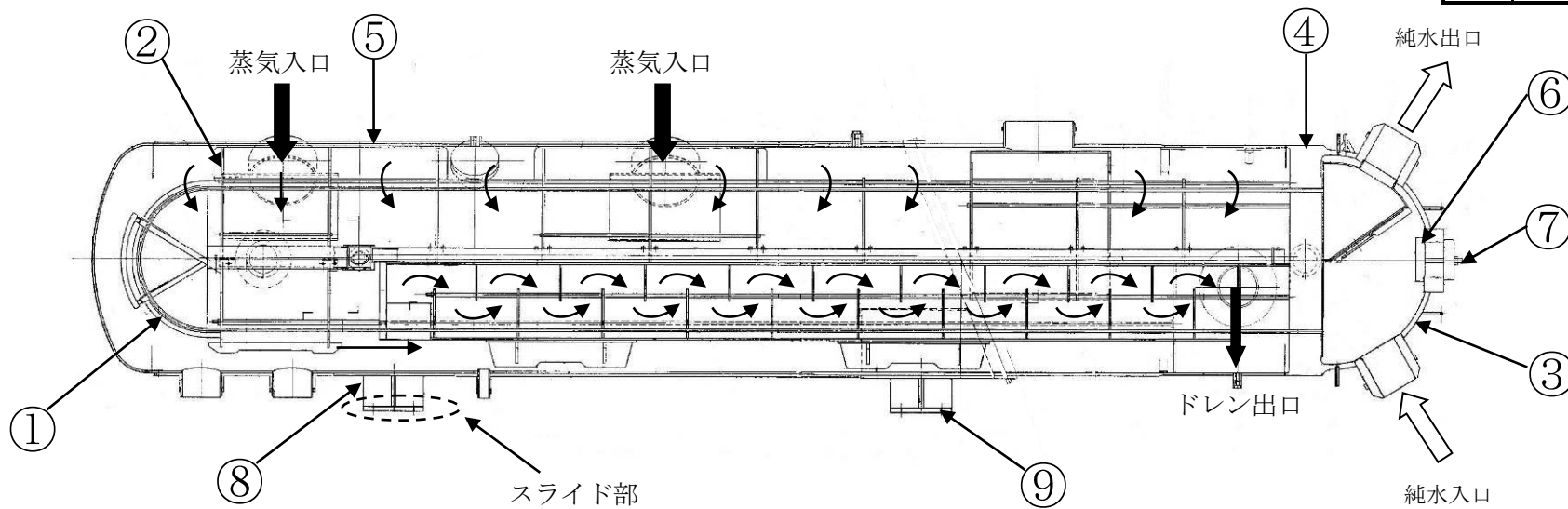
本熱交換器は、熱交換機能を有する伝熱管に純水（原子炉冷却材）を送水するための管側構成品、管側と胴側を分離するための管板、伝熱管を介して純水（原子炉冷却材）を加熱するタービン抽気蒸気が流れる胴側構成品、機器を支持するための支持脚、取付ボルトまたは基礎ボルトから構成される。

なお、伝熱管、水室、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。

給水加熱器の構造図を図2.1-4 (a) ～ (f) に示す。

### (2) 材料および使用条件

給水加熱器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	伝熱管
②	管支持板
③	水室
④	管板
⑤	胴
⑥	ガasket
⑦	フランジボルト
⑧	支持脚
⑨	取付ボルト

図2.1-4 (a) 第1給水加熱器構造図

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

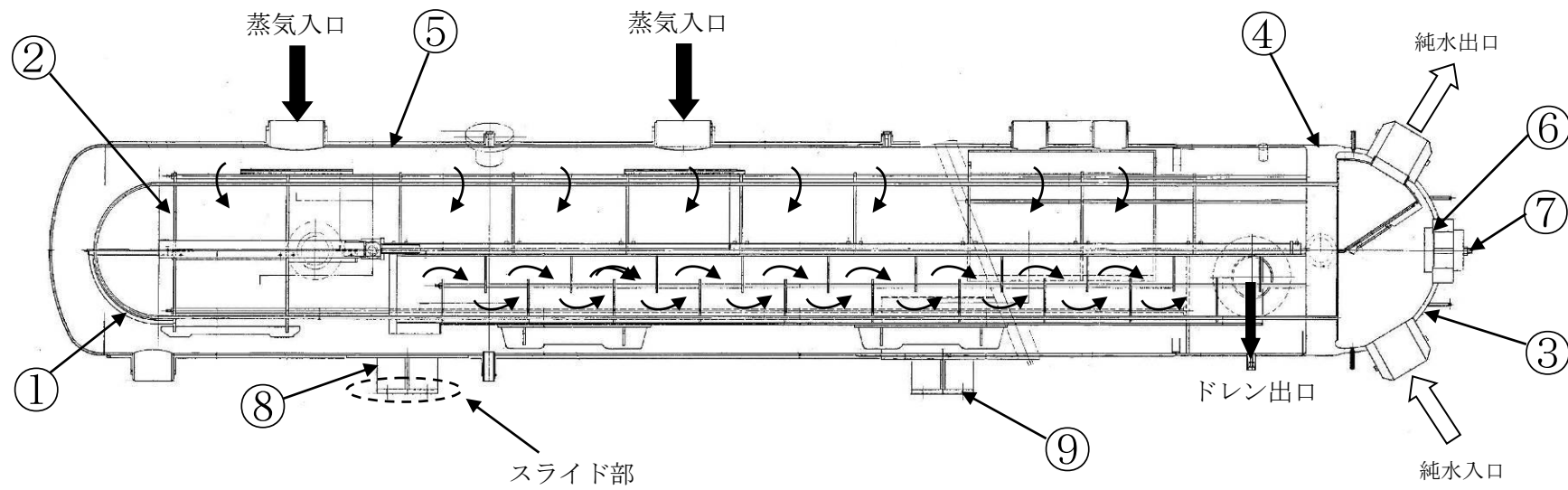
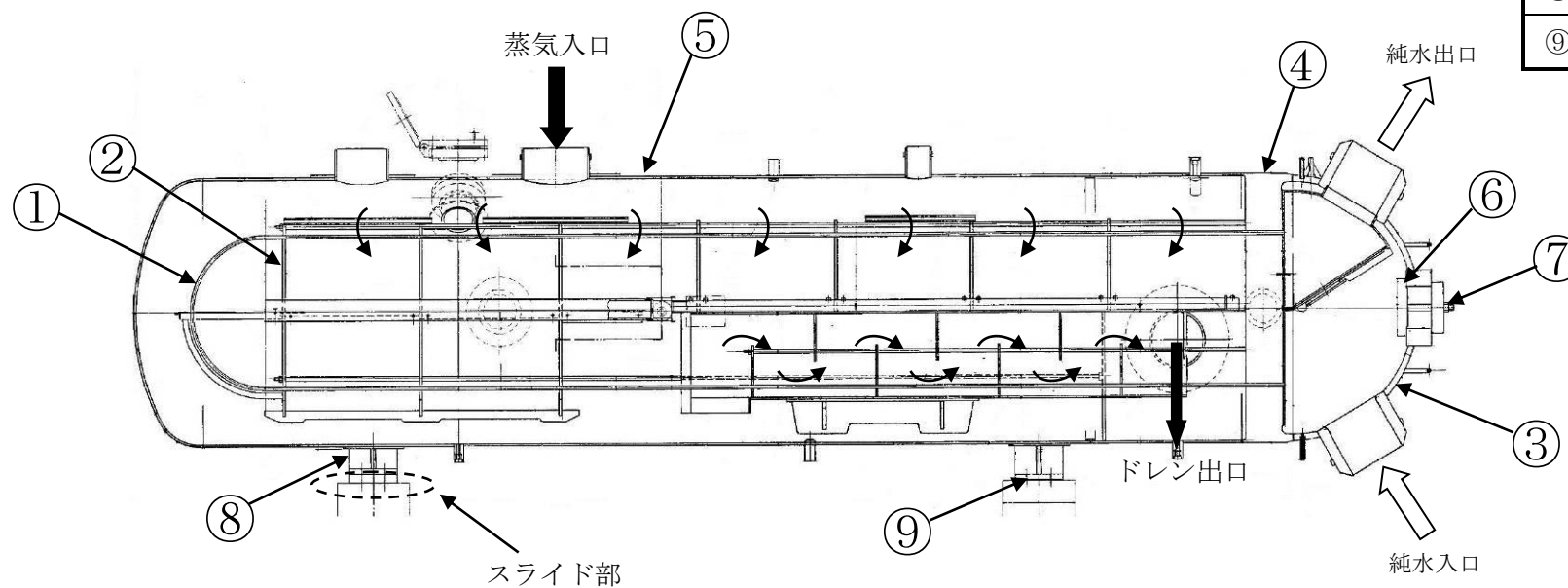


図2.1-4 (b) 第2給水加熱器構造図



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

図2.1-4 (c) 第3給水加熱器構造図

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

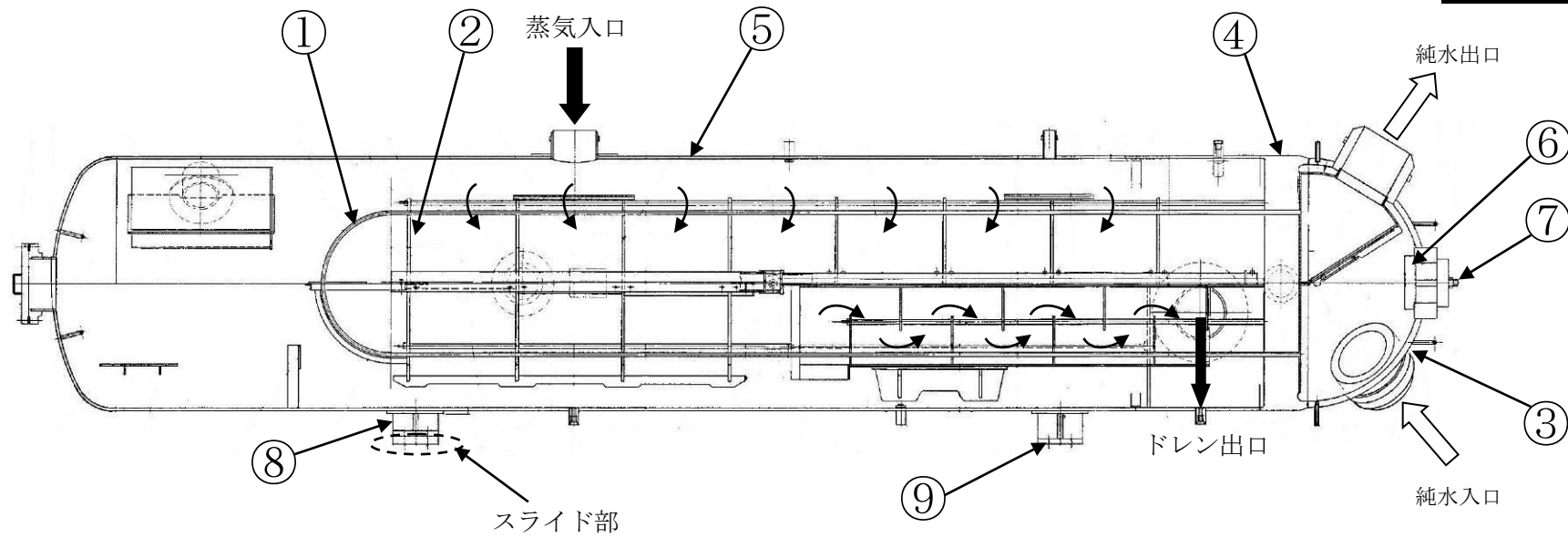
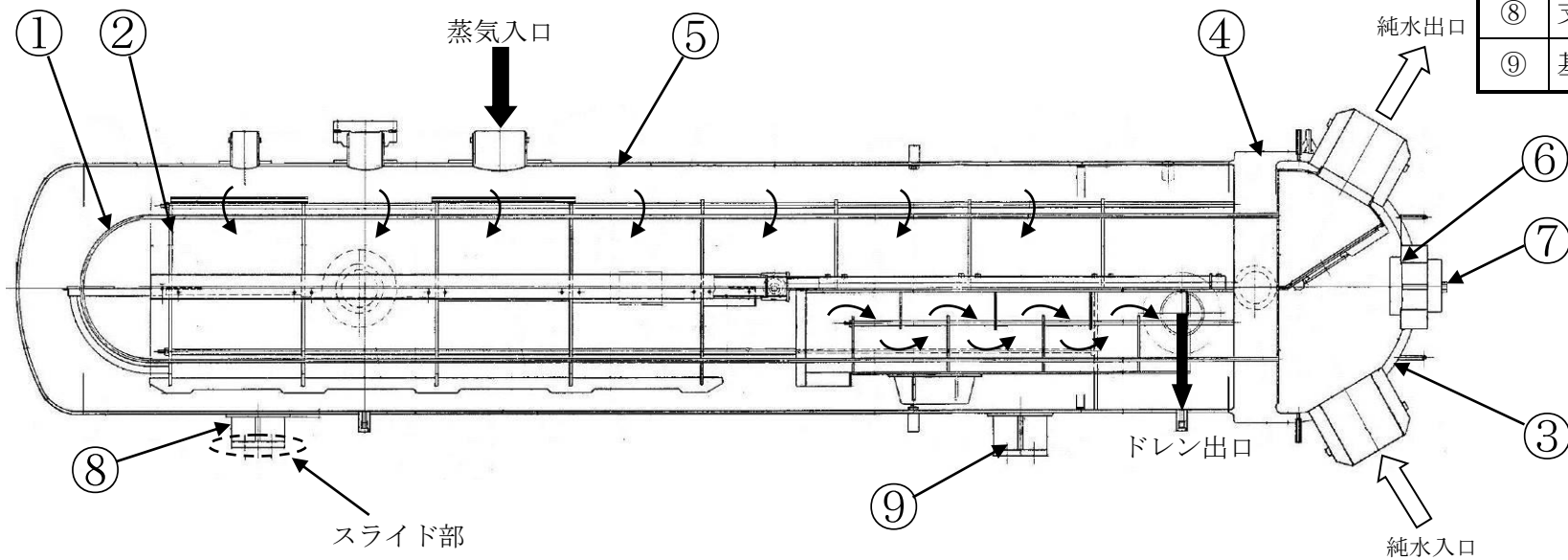


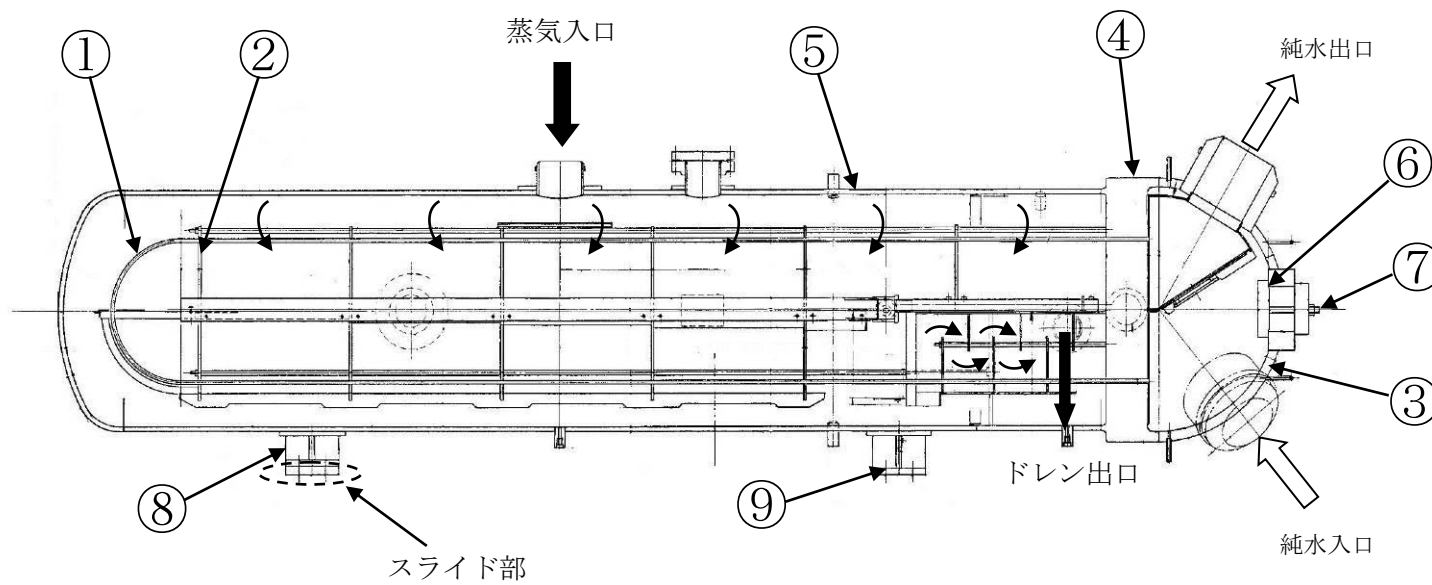
図2.1-4 (d) 第4給水加熱器構造図



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

図2.1-4 (e) 第5給水加熱器構造図





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

図2.1-4 (f) 第6給水加熱器構造図

表2. 1-7 給水加熱器主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料					
		第1給水加熱器	第2給水加熱器	第3給水加熱器	第4給水加熱器	第5給水加熱器	第6給水加熱器
伝熱性能の確保	伝熱管	ステンレス鋼 (SUS304TB)	ステンレス鋼 (SUS304TB)	ステンレス鋼 (SUS304TB)	ステンレス鋼 (SUS304TB)	ステンレス鋼 (SUS304TB)	ステンレス鋼 (SUS304TB)
	管支持板	低合金鋼 (SCMV3)	低合金鋼 (SCMV3)	低合金鋼 (SCMV3)	低合金鋼 (SCMV3)	低合金鋼 (SCMV3)	低合金鋼 (SCMV3)
ハウダリの維持	水室	炭素鋼 (SB49)	炭素鋼 (SB49)	炭素鋼 (SB49)	炭素鋼 (SB49)	炭素鋼 (SB49)	炭素鋼 (SB49)
	管板	炭素鋼 (SF50A) +ステンレス鋼クラッド <sup>6)</sup>	炭素鋼 (SF50A) +ステンレス鋼クラッド <sup>6)</sup>	炭素鋼 (SF50A) +ステンレス鋼クラッド <sup>6)</sup>	炭素鋼 (SF50A) +ステンレス鋼クラッド <sup>6)</sup>	炭素鋼 (SF50A) +ステンレス鋼クラッド <sup>6)</sup>	炭素鋼 (SF50A) +ステンレス鋼クラッド <sup>6)</sup>
	胴	低合金鋼 (SCMV3)	低合金鋼 (SCMV3)	低合金鋼 (SCMV3)	低合金鋼 (SCMV3)	低合金鋼 (SCMV3)	低合金鋼 (SCMV3)
	ガスケット	(消耗品)	(消耗品)	(消耗品)	(消耗品)	(消耗品)	(消耗品)
	フランジ <sup>6)</sup> ホルト	低合金鋼 (Cr-Mo-V鋼)	低合金鋼 (Cr-Mo-V鋼)	低合金鋼 (Cr-Mo-V鋼)	低合金鋼 (Cr-Mo-V鋼)	低合金鋼 (Cr-Mo-V鋼)	低合金鋼 (Cr-Mo-V鋼)
機器の支持	支持脚	低合金鋼 (SCMV3)	低合金鋼 (SCMV3)	炭素鋼 (SM41A)	炭素鋼 (SM41A)	炭素鋼 (SM41A)	炭素鋼 (SM41A)
	取付 <sup>6)</sup> ホルト	低合金鋼 (SCM435)	低合金鋼 (SCM435)	-	-	-	-
	基礎 <sup>6)</sup> ホルト	-	-	炭素鋼 (SS41)	炭素鋼 (SS41)	炭素鋼 (SS41)	炭素鋼 (SS41)

表2. 1-8 給水加熱器の使用条件

	第1給水加熱器		第2給水加熱器		第3給水加熱器		第4給水加熱器		第5給水加熱器		第6給水加熱器	
	管側	胴側	管側	胴側	管側	胴側	管側	胴側	管側	胴側	管側	胴側
最高使用温度	149℃	149℃	149℃	149℃	149℃	149℃	172℃	172℃	209℃	209℃	230℃	230℃
最高使用圧力	6. 5MPa	0. 4MPa	6. 5MPa	0. 4MPa	6. 5MPa	0. 4MPa	6. 5MPa	0. 7MPa	10MPa	1. 8MPa	10MPa	2. 7MPa
容量 (熱交換量)	53. 6MW		76. 1MW		61. 8MW		65. 8MW		84. 2MW		73. 5MW	
内部流体	純水	蒸気 ドレン	純水	蒸気 ドレン	純水	蒸気 ドレン	純水	蒸気 ドレン	純水	蒸気 ドレン	純水	蒸気 ドレン

## 2.1.5 排ガス予熱器

### (1) 構造

排ガス予熱器は、熱交換量79.5 kWの横型U字管式熱交換器であり、1基設置している。

本熱交換器は熱交換機能を有する伝熱管に排ガスを送るための管側構成品、管側と胴側を分離するための管板、伝熱管を介して排ガスを加熱するための蒸気が流れる胴側構成品、機器を支持するための支持脚および基礎ボルトから構成される。

なお、伝熱管、水室、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。

排ガス予熱器の構造図を図2.1-5に示す。

### (2) 材料および使用条件

排ガス予熱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。

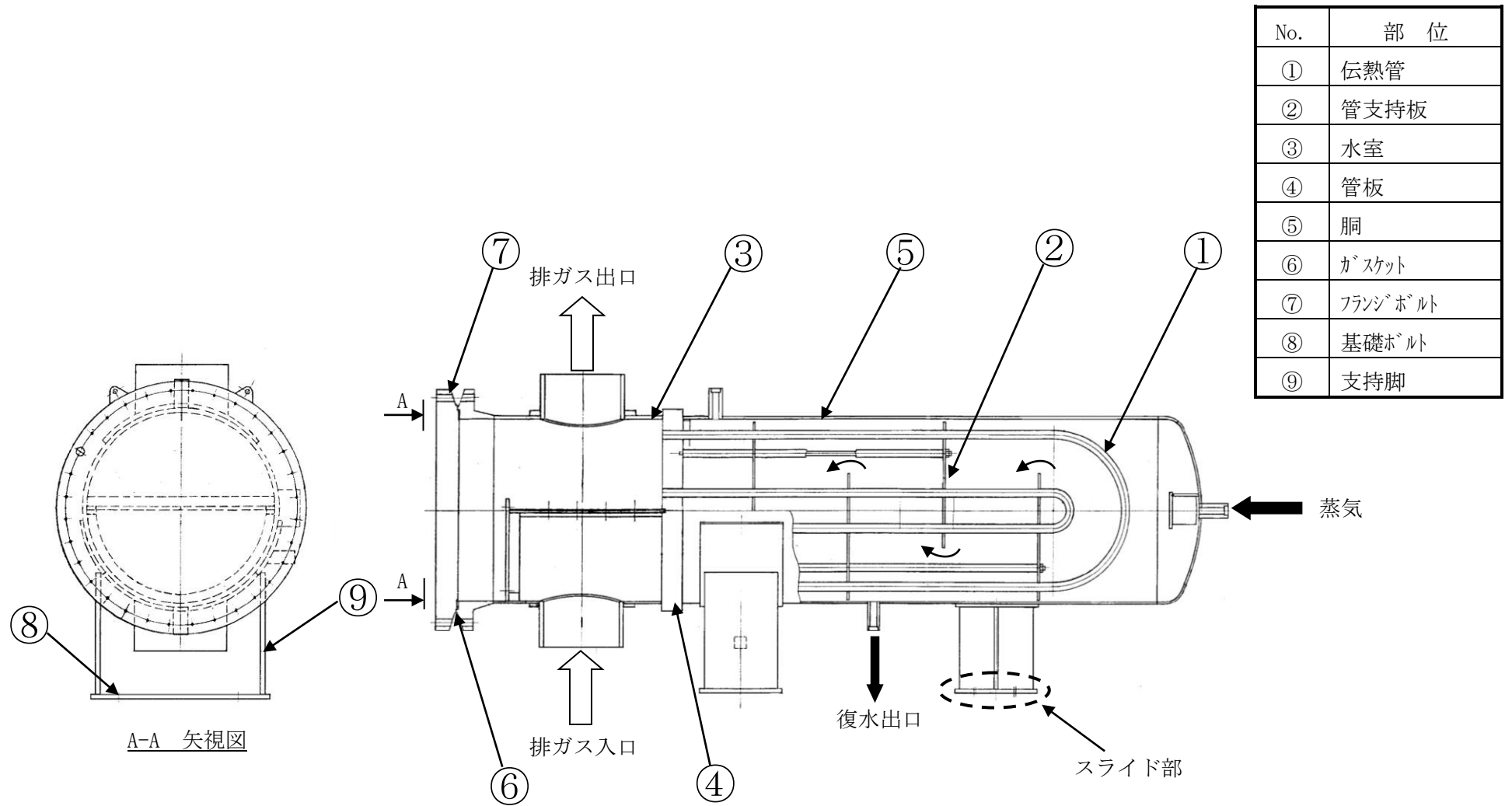


図2.1-5 排ガス予熱器構造図

表2.1-9 排ガス予熱器主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
伝熱性能の確保	伝熱管	ステンレス鋼 (SUS304TB)
	管支持板	炭素鋼 (SS41)
ハウダリの維持	水室	ステンレス鋼 (SUS304)
	管板	ステンレス鋼 (SUS304)
	胴	炭素鋼 (SM41A)
	ガスケット	(消耗品)
	フランジボルト	低合金鋼 (SNB7)
機器の支持	基礎ボルト	炭素鋼 (SS41)
	支持脚	炭素鋼 (SM41A)

表2.1-10 排ガス予熱器の使用条件

	管 側	胴 側
最高使用温度	225℃	180℃
最高使用圧力	2.5MPa	1.0MPa
容量 (熱交換量)	79.5kW	
内 部 流 体	排ガス	蒸気

## 2.1.6 排ガス復水器

### (1) 構造

排ガス復水器は、熱交換量3.2MWの横型U字管式熱交換器であり、1基設置している。

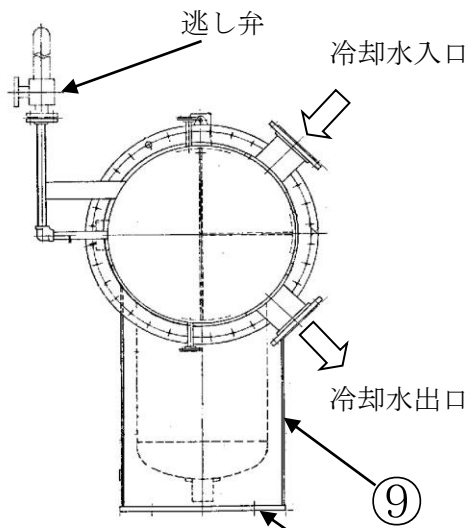
本熱交換器は熱交換機能を有する伝熱管に冷却水（防錆剤入り）を送るための管側構成品、管側と胴側を分離するための管板、伝熱管内を介して排ガスが流れる胴側構成品、機器を支持するための支持脚および基礎ボルトから構成される。

なお、伝熱管、水室、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。

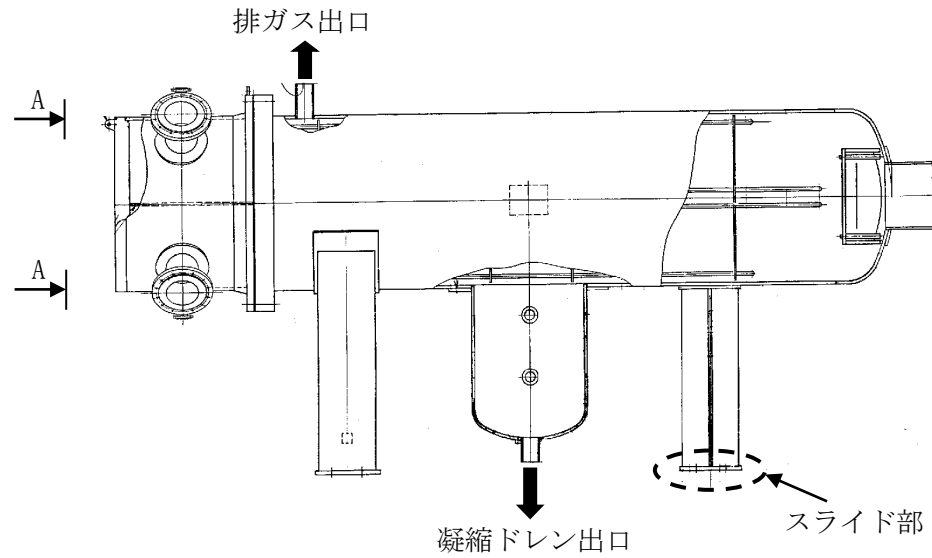
排ガス復水器の構造図を図2.1-6に示す。

### (2) 材料および使用条件

排ガス復水器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。



A-A 矢視図



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

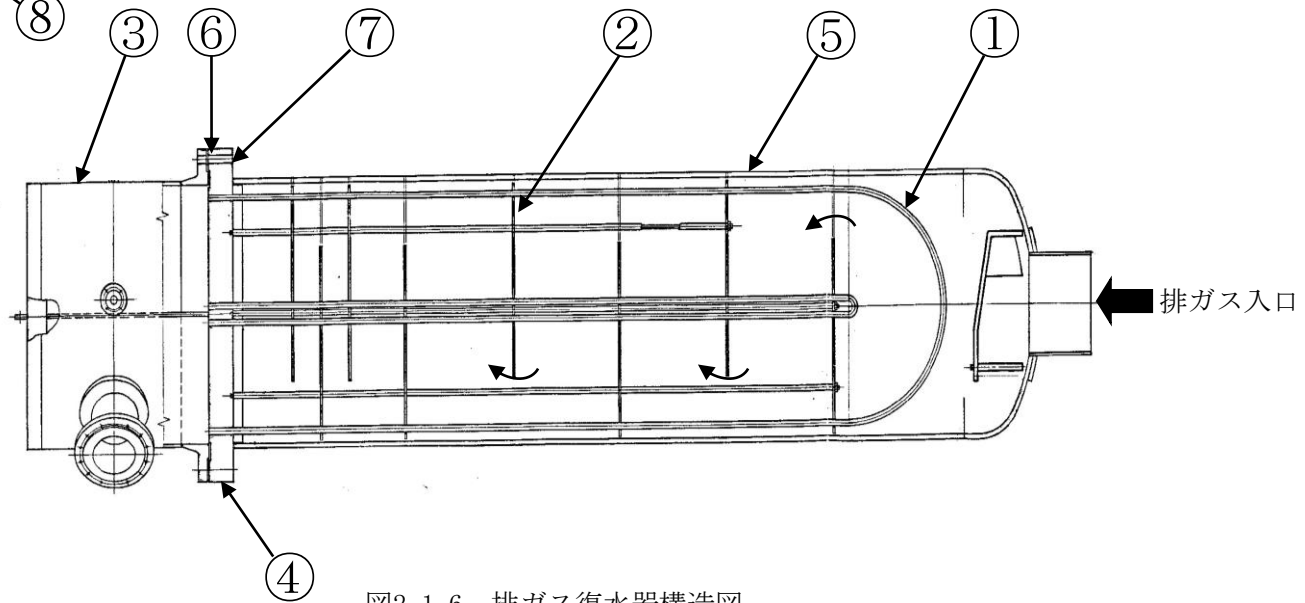


図2.1-6 排ガス復水器構造図



表2.1-11 排ガス復水器主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
伝熱性能の確保	伝熱管	ステンレス鋼 (SUS304TB)
	管支持板	ステンレス鋼 (SUS304)
ハウダリの維持	水室	炭素鋼 (SM41A)
	管板	ステンレス鋼 (SUS304)
	胴	ステンレス鋼 (SUS304)
	ガスケット	(消耗品)
	フランジボルト	低合金鋼 (SNB7)
機器の支持	基礎ボルト	炭素鋼 (SS41)
	支持脚	炭素鋼 (SM41A)

表2.1-12 排ガス復水器の使用条件

	管 側	胴 側
最高使用温度	70℃	420℃
最高使用圧力	1.1MPa	2.5MPa
容量 (熱交換量)	3.2MW	
内 部 流 体	冷却水 (防錆剤入り純水)	排ガス

## 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

熱交換器の機能は2つの流体の熱交換であり、この機能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の抽出

#### (1) 想定される経年劣化事象

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（流体の種類、温度等）およ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、消耗品および定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品およ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 (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 (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. 胴等の腐食（流れ加速型腐食）〔原子炉浄化系再生熱交換器，給水加熱器，排ガス予熱器〕

原子炉浄化系再生熱交換器の胴は炭素鋼，内部流体が純水であり，局所的な流れの乱れにより流れ加速型腐食による減肉が発生する可能性がある。

しかし，原子炉浄化系再生熱交換器については，定期的に漏えい確認を実施し，健全性を確認しており，これまで有意な腐食は確認されていない。また，至近の肉厚測定結果においても必要厚さに対し，十分な肉厚があることを確認している。

給水加熱器の内部流体は高温の蒸気であり，蒸気と接する胴および管支持板で流れ加速型腐食による減肉が想定されるが，流れ加速型腐食に対し耐食性の良い低合金鋼を使用しているため腐食が発生する可能性は小さい。また，定期的に目視確認を実施し，健全性を確認しており，これまで有意な腐食は認められていない。

排ガス予熱器の内部流体は高温の蒸気であり，高速の蒸気と接する胴および管支持板で流れ加速型腐食による減肉が想定されるが，定期的に漏えい確認を行い，健全性を確認しており，これまで有意な腐食は認められていない。また，至近の肉厚測定結果においても必要厚さに対し，十分な肉厚があることを確認している。

したがって，今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから，高経年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）〔第1～2給水加熱器〕

第1～2給水加熱器の取付ボルトは低合金鋼であり，腐食が想定されるが，定期的に目視確認を行い，健全性を確認しており，これまで有意な腐食は認められていない。

したがって，今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから，高経年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. 伝熱管の摩耗および高サイクル疲労割れ〔共通〕

排ガス予熱器を除く熱交換器の伝熱管は，流体による振動により管支持板との間に摩耗および高サイクル疲労割れが想定されるが，管支持板等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考慮されていることから，高サイクル疲労割れが発生する可能性は小さい。また，定期的に渦流探傷試験または漏えい確認を行い，健全性を確認しており，これまで有意な摩耗および割れは認められていない。

排ガス予熱器の伝熱管についても同様に設計段階において，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考慮されているが，排ガス予熱器の管支持板は炭素鋼であり，流れ加速型腐食により管支持板に減肉が発生した場合に，伝熱管の摩耗および高サイクル疲労割れが想定される。しかし，定期的に目視確認および渦流探傷試験を実施し，健全性を確認しており，これまで有意な摩耗や割れは認められていない。

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

d. 基礎ボルトの腐食（全面腐食）〔原子炉浄化系再生熱交換器，残留熱除去系熱交換器，グラウンド蒸気発生器，第3～6給水加熱器，排ガス予熱器，排ガス復水器〕

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

e. 支持脚（スライド部）の腐食（全面腐食）〔原子炉浄化系再生熱交換器，残留熱除去系熱交換器，グラウンド蒸気発生器，給水加熱器，排ガス予熱器，排ガス復水器〕

これらの熱交換器の支持脚（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、スライド部およびベースプレートは炭素鋼または低合金鋼であり、接触面に腐食が想定される。

しかし、大気接触部については塗装により腐食を防止しており、目視確認により健全性を確認している。なお、これまで有意な腐食は発生していない。

したがって、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にくいことから、高経年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，管板の粒界型応力腐食割れ〔共通〕

伝熱管はステンレス鋼，管板は炭素鋼（ステンレス鋼クラッド）またはステンレス鋼であり，内部流体は高温の純水または蒸気であることから粒界型応力腐食割れが想定されるが，伝熱管と管板の溶接部（シール溶接）は溶接による引張残留応力が小さいと考えられることから，粒界型応力腐食割れが発生する可能性は小さい。なお，伝熱管と管板の溶接部（シール溶接）については，伝熱管の拡管により管板に固定および密封されているため，当該部に応力腐食割れが発生しても熱交換器の機能に影響を与える可能性は小さい。

原子炉浄化系再生熱交換器については定期的に系統の運転パラメータ確認により異常の無いことを確認しており，これまで有意な割れは認められていない。

残留熱除去系熱交換器，グラウンド蒸気発生器，給水加熱器，排ガス予熱器および排ガス復水器については伝熱管と管板の溶接部の目視確認または浸透探傷試験を行い，健全性を確認しており，これまで有意な割れは認められていない。

したがって，今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから，高経年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〕

伝熱管の内外面の流体は，水質管理された純水，冷却水（防錆剤入り）または不純物の流入が抑制された排ガスまたは蒸気であり，異物付着により伝熱性能が低下する可能性は小さい。また，定期的に目視確認または系統の運転パラメータ確認により異常の無いことを確認しており，これまで異物付着による運転性能の低下は認められていない。

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

h. 水室等の粒界型応力腐食割れ〔原子炉浄化系再生熱交換器，排ガス予熱器〕

原子炉浄化系再生熱交換器の水室は炭素鋼（内面ステンレス鋼クラッド）、ダイヤフラムはステンレス鋼であり、内部流体は高温の純水であるため、粒界型応力腐食割れが想定されるが、定期的に見視確認および系統運転圧による漏えい確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な割れは認められていない。

排ガス予熱器の水室はステンレス鋼であり、内部流体は高温の蒸気-空気混合ガスであることから、粒界型応力腐食割れが想定されるが、定期的に見視確認および漏えい確認を実施し、健全性を確認しており、これまで有意な割れは認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. フランジボルトの腐食（全面腐食）〔共通〕

フランジボルトは炭素鋼または低合金鋼であり腐食が想定されるが、定期的に見視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. 支持脚の腐食（全面腐食）〔共通〕

支持脚は炭素鋼または低合金鋼であり腐食が想定されるが、第1～2給水加熱器を除く熱交換器については、塗装により腐食を防止しているため、腐食が発生する可能性は小さい。

また、定期的に見視確認を行い、塗装の状態を確認するとともに、必要に応じ補修塗装を実施している。

第1～2給水加熱器は復水器の内部にあるため、塗装はされていないが、定期的に見視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. サポートの腐食（全面腐食）〔残留熱除去系熱交換器〕

サポートは炭素鋼であり腐食が想定されるが、塗装により腐食を防止しているため、腐食が発生する可能性は小さい。また、定期的に見視点検を行い、塗装の状態を確認するとともに、必要に応じ補修塗装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変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. 水室の腐食（全面腐食）〔残留熱除去系熱交換器，給水加熱器，排ガス復水器〕

残留熱除去系熱交換器の水室は炭素鋼で、内部流体は純水であることから、腐食が想定

されるが、定期的に見視確認および漏えい確認を実施し、健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。

給水加熱器の水室は炭素鋼で内部流体が純水であることから腐食が想定されるが、腐食対策として酸素注入を実施し、復水・給水中の溶存酸素濃度を調整しており、有意な腐食が発生する可能性は小さい。また、定期的に見視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。

排ガス復水器の水室は炭素鋼であり腐食が想定されるが、内部流体は冷却水（防錆剤入り）であることから腐食が発生する可能性は小さい。また、定期的に見視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. 胴、管支持板の腐食（全面腐食）〔グラウンド蒸気発生器〕

グラウンド蒸気発生器の胴、管支持板は低合金鋼であり内部流体が純水のため、腐食が想定されるが、定期的に見視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. 水室の腐食（流れ加速型腐食）〔グラウンド蒸気発生器〕

グラウンド蒸気発生器の水室は低合金鋼であり内部流体が蒸気であることから腐食（流れ加速型腐食）が想定されるが、流れ加速型腐食に対し耐食性の良い低合金鋼を使用しているため、腐食が発生する可能性は小さい。また、定期的に見視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. 伝熱管の液滴衝撃エロージョン〔給水加熱器〕

国内数プラントの主復水器伝熱管外表面において液滴衝撃エロージョンの発生した事例があるが、給水加熱器において流入する蒸気は、衝撃防止板に衝突した後に、伝熱管外表面を通過するため流速が抑えられており、液滴衝撃エロージョンが発生する可能性は小さい。また、定期的に見視確認および漏えい確認を行い、健全性を確認しており、これまでに島根2号炉において給水加熱器伝熱管外表面に液滴衝撃エロージョンの発生した事例はない。

したがって、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にくいことから、高経年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. 胴の粒界型応力腐食割れ〔排ガス復水器〕

排ガス復水器の胴はステンレス鋼であり内部流体は高温の排ガスであることから、粒界

型応力腐食割れが想定されるが、定期的に超音波探傷試験および漏えい確認を行い、健全性を確認しておりこれまで有意な割れは認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. 管支持板，胴の腐食（全面腐食）〔残留熱除去系熱交換器〕

残留熱除去系熱交換器の胴，管支持板は炭素鋼であり腐食が想定されるが，内部流体は冷却水（防錆剤入り）であることから腐食が発生する可能性は小さい。

したがって，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから，高経年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（後打ちケミカルアンカ）の樹脂の劣化〔残留熱除去系熱交換器〕

基礎ボルト（後打ちケミカルアンカ）の樹脂の劣化については「機械設備の技術評価書」にて評価を実施するものとし，本評価書には含めていない。

表2.2-1 (1/6) 原子炉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	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	伝熱管		ステンレス鋼	△		△*1	△*2			△*3	*1：高サイクル疲労割れ *2：粒界型応力腐食 割れ
	管支持板		ステンレス鋼								
ハウタリの維持	水室		炭素鋼*4				△*2				*3：異物付着 *4：ステンレス鋼クラック *5：流れ加速型腐食 *6：スライド部
	ダイヤフラム		ステンレス鋼				△*2				
	管板		炭素鋼*4				△*2				
	胴		炭素鋼		△*5						
	フランジボルト		炭素鋼		△						
機器の支持	基礎ボルト		低合金鋼		△						
	支持脚		炭素鋼		△△*6						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-1 (2/6) 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	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	伝熱管		ステンレス鋼	△		△*1	△*2			△*3	*1：高サイクル疲労割れ *2：粒界型応力腐食 割れ
	管支持板		炭素鋼		▲						
ハウタリの維持	水室		炭素鋼		△						*3：異物付着 *4：ステンレス鋼クラック *5：後打ちケミカルアンカ *6：樹脂の劣化 *7：スライム部
	管板		炭素鋼*4				△*2				
	胴		炭素鋼		▲						
	カスケット	◎	—								
	フランジボルト		低合金鋼		△						
機器の支持	基礎ボルト		低合金鋼，樹脂*5		△				▲*6		
	支持脚		炭素鋼		△△*7						
	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）

表2.2-1 (3/6) グランド蒸気発生器に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	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	伝熱管		ステンレス鋼	△		△*1	△*2			△*3	*1：高サイクル疲労割れ *2：粒界型応力腐食割れ *3：異物付着 *4：流れ加速型腐食 *5：ステンレス鋼クラック *6：スライト部
	管支持板		低合金鋼		△						
バウダリの維持	水室		低合金鋼		△*4						
	管板		炭素鋼*5				△*2				
	胴		低合金鋼		△						
	ガスケット	◎	—								
機器の支持	フランジボルト		低合金鋼		△						
	基礎ボルト		低合金鋼		△						
	支持脚		炭素鋼		△△*6						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-1 (4/6) 給水加熱器に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	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	伝熱管		ステンズ鋼	△	△*1	△*2	△*3			△*4	*1：液滴衝撃エロージョン *2：高サイクル疲労割れ *3：粒界型応力腐食割れ *4：異物付着 *5：流れ加速型腐食 *6：ステンズ鋼クラック *7：第1～2給水加熱器 *8：第3～6給水加熱器 *9：スライト部
	管支持板		低合金鋼		△*5						
ハウダリの維持	水室		炭素鋼		△						
	管板		炭素鋼*6				△*3				
	胴		低合金鋼		△*5						
	カスケツ	◎	—								
機器の支持	フランジボルト		低合金鋼		△						
	取付ボルト		低合金鋼*7		△*7						
	基礎ボルト		炭素鋼*8		△*8						
	支持脚		低合金鋼*7 炭素鋼*8		△*7*8 △*9						

△：高経年化対策上着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) 排ガス予熱器に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	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	伝熱管		ステンレス鋼	△		△*1	△*2			△*3	*1：高サイクル疲労割れ *2：粒界型応力腐食 割れ *3：異物付着 *4：流れ加速型腐食 *5：スライド部
	管支持板		炭素鋼		△*4						
ハウダリの維持	水室		ステンレス鋼				△*2				
	管板		ステンレス鋼				△*2				
	胴		炭素鋼		△*4						
	フランジホルト		低合金鋼		△						
	カスケット	◎	—								
機器の支持	基礎ホルト		炭素鋼		△						
	支持脚		炭素鋼		△△*5						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-1 (6/6) 排ガス復水器に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	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	伝熱管		ステンレス鋼	△		△*1	△*2			△*3	*1：高サイクル疲労割れ *2：粒界型応力腐食 割れ *3：異物付着 *4：スライド部
	管支持板		ステンレス鋼								
ハウダリの維持	水室		炭素鋼		△						
	管板		ステンレス鋼				△*2				
	胴		ステンレス鋼				△*2				
	フランジボルト		低合金鋼		△						
	ガスケット	◎	—								
機器の支持	基礎ボルト		炭素鋼		△						
	支持脚		炭素鋼		△△*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）

### 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 原子炉浄化系非再生熱交換器
- ② 原子炉浄化系補助熱交換器
- ③ 燃料プール冷却系熱交換器
- ④ グランド蒸気復水器

#### 3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

代表機器と同様に、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. 胴、管支持板の腐食（流れ加速型腐食）〔グラント蒸気復水器〕

代表機器と同様にグラント蒸気復水器の胴、管支持板は低合金鋼であり内部流体が純水または蒸気であることから、腐食（流れ加速型腐食）が想定されるが、流れ加速型腐食に対し耐食性の良い低合金鋼を使用しているため、腐食が発生する可能性は小さい。また、定期的目視確認および漏えい確認を実施し、健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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）〔原子炉浄化系補助熱交換器，燃料プール冷却系熱交換器，グラント蒸気復水器〕

代表機器と同様に、「機械設備の技術評価書」にて評価を行うこととする。

#### c. 支持脚（スライド部）の腐食（全面腐食）〔共通〕

代表機器と同様に、支持脚（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、スライド部およびベースプレートは炭素鋼または低合金鋼であり、接触面に腐食が想定される。しかし、大気接触部については塗装により腐食を防止しており、目視確認により健全性を確認している。なお、これまで有意な腐食は発生していない。

したがって、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にくいことから、高経年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. 伝熱管の摩耗および高サイクル疲労割れ〔共通〕

代表機器と同様に、伝熱管は、流体による振動により管支持板との間に摩耗および高サイクル疲労割れが想定されるが、伝熱管は管支持板等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考慮されていることから、高サイクル疲労割れが発生する可能性は小さい。また、定期的に渦流探傷試験または漏えい確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な摩耗および割れは認められていない。

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

#### e. 伝熱管，管板の粒界型応力腐食割れ〔原子炉浄化系非再生熱交換器，原子炉浄化系補助熱交換器〕

代表機器と同様に、原子炉浄化系非再生熱交換器および原子炉浄化系補助熱交換器の伝熱管はステンレス鋼、管板は炭素鋼（内面ステンレス鋼クラッド）であり、内部流体は高温の

純水であることから粒界型応力腐食割れが想定されるが、伝熱管と管板の溶接部（シール溶接）は溶接による引張残留応力が小さいと考えられることから、粒界型応力腐食割れが発生する可能性は小さい。なお、伝熱管と管板の溶接部（シール溶接）については、伝熱管の拡管により管板に固定および密封されているため、当該部に応力腐食割れが発生しても熱交換器の機能に影響を与える可能性は小さい。

原子炉浄化系非再生熱交換器，原子炉浄化系補助熱交換器については，定期的に漏えい確認または系統の運転パラメータ確認により異常の無いことを確認しており，これまで有意な割れは認められていない。

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

#### f. 伝熱管の異物付着〔共通〕

代表機器と同様に，伝熱管の内外面の流体は，水質管理された純水または不純物の流入が抑制された蒸気であり，異物付着により伝熱性能が低下する可能性は小さい。

また，定期的に目視確認または系統の運転パラメータ確認により異常の無いことを確認しており，これまで異物付着による運転性能の低下は認められていない。

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

#### g. 水室，ダイヤフラムの粒界型応力腐食割れ〔原子炉浄化系非再生熱交換器，原子炉浄化系補助熱交換器〕

原子炉浄化系非再生熱交換器，原子炉浄化系補助熱交換器の水室は炭素鋼（内面ステンレス鋼クラッド），ダイヤフラムはステンレス鋼であり，内部流体は高温の純水であるため，粒界型応力腐食割れが想定されるが，定期的に目視確認および系統運転圧による漏えい確認を行い，健全性を確認しており，これまで有意な割れは認められていない。

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

#### h. フランジボルトの腐食（全面腐食）〔共通〕

代表機器と同様に，フランジボルトは炭素鋼または合金鋼であり腐食が想定されるが，定期的に目視確認を行い，健全性を確認しており，これまで有意な腐食は認められていない。

したがって，今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから，高経年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. 支持脚の腐食（全面腐食）〔共通〕

代表機器と同様に，支持脚は炭素鋼であり腐食が想定されるが，塗装により腐食を防止しているため，腐食が発生する可能性は小さい。また，定期的に目視確認を行い，塗装の状態を確認するとともに，必要に応じ補修塗装を実施し健全性を確認しており，これまで有意な腐食は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. サポートの腐食（全面腐食）〔原子炉浄化系補助熱交換器〕

代表機器と同様に、サポートは炭素鋼であり腐食が想定されるが、塗装により腐食を防止しているため、腐食が発生する可能性は小さい。また、定期的目視点検を行い、塗装の状態を確認するとともに、必要に応じ補修塗装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変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. 管板、水室の腐食（全面腐食）〔グラウンド蒸気復水器〕

グラウンド蒸気復水器の管板、水室は炭素鋼であり内部流体は純水であることから腐食が想定されるが、腐食対策として酸素注入を実施し、復水・給水中の溶存酸素濃度を調整しており、有意な腐食が発生する可能性は小さい。また、定期的目視確認を実施し健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. 取付ボルトの腐食（全面腐食）〔原子炉浄化系非再生熱交換器〕

原子炉浄化系非再生熱交換器の取付ボルトは低合金鋼であり、腐食が想定されるが、定期的目視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. 管支持板、胴の腐食（全面腐食）〔原子炉浄化系非再生熱交換器，原子炉浄化系補助熱交換器，燃料プール冷却系熱交換器〕

代表機器と同様に、原子炉浄化系非再生熱交換器，原子炉浄化系補助熱交換器および燃料プール冷却系熱交換器の胴，管支持板は炭素鋼であり腐食が想定されるが、内部流体は冷却水（防錆剤入り）であることから腐食が発生する可能性は小さい。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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（後打ちケミカルアンカ）の樹脂の劣化〔原子炉浄化系補助熱交換器〕

代表機器と同様に、基礎ボルト（後打ちケミカルアンカ）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

島根原子力発電所 2 号炉

# ポンプモータの技術評価書

[運転を断続的に行うことを前提とした評価]

中国電力株式会社

本評価書は、島根原子力発電所2号炉（以下「島根2号炉」という）における安全上重要なポンプモータ（重要度分類審査指針におけるPS-1, 2およびMS-1, 2に該当する機器）および常設重大事故等対処設備に属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、型式および設置場所で分類し、それぞれのグループから重要度およ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、ポンプモータの電圧区分をもとに、以下の2つに分類して整理する。

1. 高圧ポンプモータ
2. 低圧ポンプモータ

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

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*1
高圧ポンプモータ	原子炉補機海水ポンプモータ (4)	410 kW×1,180 rpm	MS-1, 重*2
	残留熱除去ポンプモータ (3)	560 kW×1,180 rpm	MS-1, 重*2
	低圧炉心スプレイポンプモータ (1)	910 kW×1,180 rpm	MS-1, 重*2
	高圧炉心スプレイポンプモータ (1)	2,380 kW×1,780 rpm	MS-1, 重*2
	原子炉補機冷却水ポンプモータ (4)	360 kW×1,765 rpm	MS-1, 重*2
低圧ポンプモータ	高圧炉心スプレイ補機海水ポンプモータ (1)	75 kW×1,160 rpm	MS-1, 重*2
	高圧炉心スプレイ補機冷却水ポンプモータ (1)	37 kW×1,765 rpm	MS-1, 重*2
	ほう酸水注入ポンプモータ (2)	45 kW×1,740 rpm	MS-1, 重*2
	低圧原子炉代替注水ポンプモータ (2) *3	210 kW×1,765 rpm	重*2
	燃料プール冷却ポンプモータ (2)	110 kW×3,530 rpm	重*2
	残留熱代替除去ポンプモータ (2) *3	75 kW×1,780 rpm	重*2

\*1：最上位の重要度を示す。

\*2：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器および構造物であることを示す。

\*3：新規に設置される機器

表2 評価対象機器機能一覧

機器名称	機能
原子炉補機海水ポンプモータ	原子炉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。
残留熱除去ポンプモータ	原子炉停止時の崩壊熱除去のため、原子炉冷却材を原子炉再循環系より残留熱除去系熱交換器に送水し冷却するポンプを駆動する。他に低圧注水モード等のモードがある。
低圧炉心スプレイポンプモータ	冷却材喪失事故時に、サブレーションチェンバを水源とし炉心上部に設けられたスプレイャより炉心にスプレイするポンプを駆動する。
高圧炉心スプレイポンプモータ	冷却材喪失事故時に、サブレーションチェンバまたは復水貯蔵タンクを水源とし炉心上部に設けられたスプレイャより炉心に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	原子炉の補機等が所定の機能・性能を維持するために冷却水を原子炉補機冷却系統の閉回路内に循環させるポンプを駆動する。
高圧炉心スプレイ補機海水ポンプモータ	高圧炉心スプレイ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。
高圧炉心スプレイ補機冷却水ポンプモータ	高圧炉心スプレイ系機器が所定の機能・性能を維持するために冷却水を高圧炉心スプレイ補機冷却系統の閉回路内に循環させるポンプを駆動する。
ほう酸水注入ポンプモータ	通常運転時で制御棒が挿入できない時に、原子炉を冷温未臨界にするために必要なほう酸水を原子炉に注入するポンプを駆動する。
低圧原子炉代替注水ポンプモータ	設計基準事故対処設備の有する原子炉の冷却機能が喪失した場合において、炉心の著しい損傷及び格納容器破損を防止するため、低圧原子炉代替注水槽から原子炉に注水するポンプを駆動する。
燃料プール冷却ポンプモータ	燃料プール水を所定の水質、水温に維持するため、ろ過脱塩装置、熱交換器に通し循環させるポンプを駆動する。
残留熱代替除去ポンプモータ	重大事故時に残留熱除去ポンプの復旧が困難で原子炉格納容器の循環冷却に移行できない場合に、代替で原子炉格納容器循環冷却のための冷却水を供給するポンプを駆動する。

## 1. 高圧ポンプモータ

[対象モータ]

- ① 原子炉補機海水ポンプモータ
- ② 残留熱除去ポンプモータ
- ③ 低圧炉心スプレイポンプモータ
- ④ 高圧炉心スプレイポンプモータ
- ⑤ 原子炉補機冷却水ポンプモータ



## 目 次

1. 対象機器および代表機器の選定 .....	1-1
1.1 グループ化の考え方および結果 .....	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, 材料および使用条件 .....	1-3
2.1.1 原子炉補機海水ポンプモータ .....	1-3
2.1.2 原子炉補機冷却水ポンプモータ .....	1-7
2.2 経年劣化事象の抽出 .....	1-10
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目 .....	1-10
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出 .....	1-10
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 .....	1-12
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価 .....	1-16
3. 代表機器以外への展開 .....	1-20
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 .....	1-20
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 .....	1-23

## 1. 対象機器および代表機器の選定

島根2号炉で使用している主要な高圧ポンプモータの仕様を表1-1に示す。

これらの高圧ポンプモータを型式およ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以下のとおり代表機器を選定した。

### 1.1 グループ化の考え方および結果

型式およ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（事故時動作要求を含む）、運転状態、定格電圧および定格出力の観点から代表機器を選定する。

#### (1) 屋外設置（型式：開放型）

このグループには原子炉補機海水ポンプモータのみが属することから、原子炉補機海水ポンプモータを代表機器とする。

#### (2) 屋内設置（型式：開放型）

このグループには残留熱除去ポンプモータ、低圧炉心スプレイポンプモータ、高圧炉心スプレイポンプモータおよび原子炉補機冷却水ポンプモータが属するが、重要度および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機器とする。

表1-1 高圧ポンプモータのグループ化と代表機器

分類基準		機器名称 (台数)	仕様 (定格出力×回転速度)	選定基準			使用条件	選定	選定理由
型式	設置場所			重要度*1	運転状態	定格電圧 (V)	周囲温度 (°C)		
開放	屋外	原子炉補機海水ポンプモータ(4)	410 kW×1, 180 rpm	MS-1, 重*2	連続	6, 600	40以下	◎	
	屋内	残留熱除去ポンプモータ(3)	560 kW×1, 180 rpm	MS-1, 重*2	連続 (短期)	6, 600	40以下		重要度 運転状態
		低圧炉心スプレッドポンプモータ(1)	910 kW×1, 180 rpm	MS-1, 重*2	一時	6, 600	40以下		
		高圧炉心スプレッドポンプモータ(1)	2, 380 kW×1, 780 rpm	MS-1, 重*2	一時	6, 600	40以下		
		原子炉補機冷却水ポンプモータ(4)	360 kW×1, 765 rpm	MS-1, 重*2	連続	6, 600	40以下	◎	

\*1：最上位の重要度を示す。

\*2：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器および構造物であることを示す。

## 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 原子炉補機海水ポンプモータ
- ② 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、材料および使用条件

#### 2.1.1 原子炉補機海水ポンプモータ

##### (1) 構造

原子炉補機海水ポンプモータは、定格出力410kW、回転速度1,180rpm の開放形三相誘導モータであり、4台設置している。

##### a. 固定部

ポンプモータをポンプの取付台に固定支持する下部エンドブラケット上部にフレームが固定され、フレーム内に固定子コアが挿入されている。固定子コアには固定子コイルが保持されている。また、下部のエンドブラケットとフレーム上部のエンドブラケットの内側には軸受が挿入され回転子を支持している。

なお、軸受表面には油膜を形成させ、摩擦熱を防いでいる。また、軸受から発生する熱を取り除くため、上部は油潤滑により冷却し、下部はグリース潤滑により自然冷却している。

##### b. 回転部

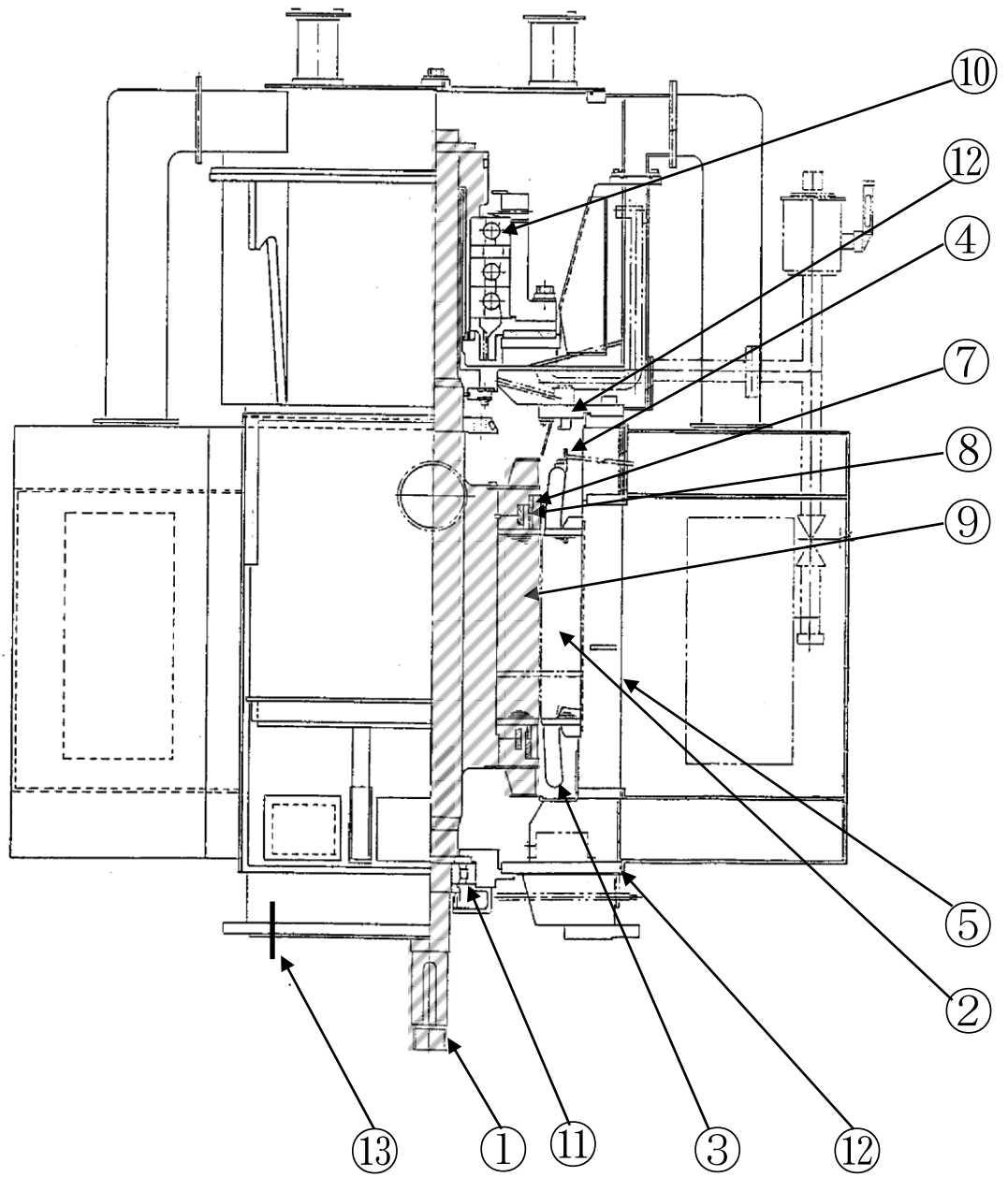
軸受により支持される主軸に回転子コアが固定されている。回転子コアには回転子棒が挿入され、両端には回転子エンドリングが取り付けられている。

なお、固定子や回転子は、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。

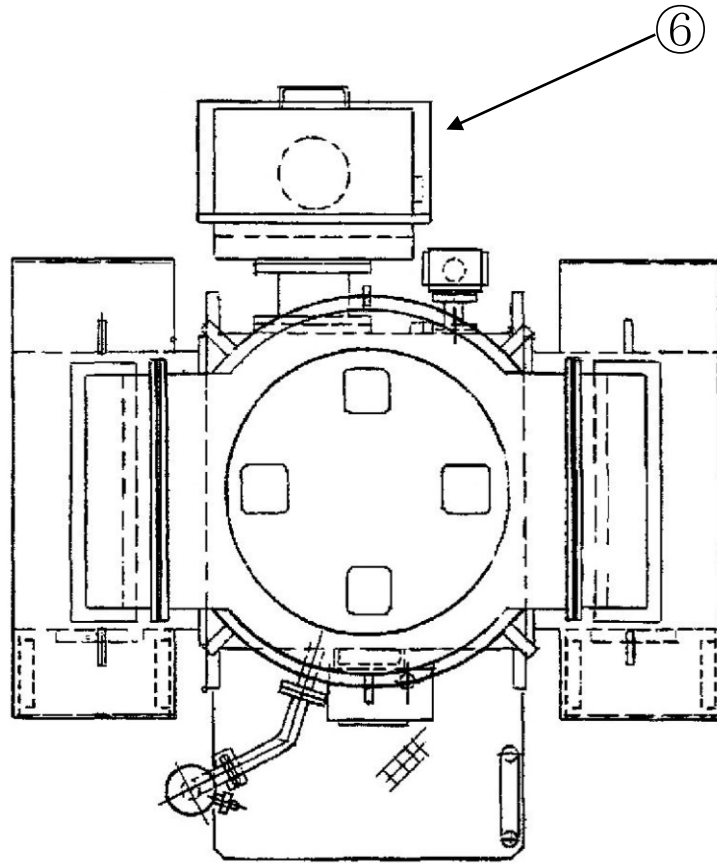
原子炉補機海水ポンプモータの構造図を図2.1-1に示す。

##### (2) 材料および使用条件

原子炉補機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	主軸	⑧	回転子エンドリング
②	固定子コア	⑨	回転子コア
③	固定子コイル	⑩	上部軸受
④	口出線・接続部品	⑪	下部軸受
⑤	フレーム	⑫	エンドブラケット
⑥	端子箱	⑬	取付ボルト
⑦	回転子棒		

図2.1-1 原子炉補機海水ポンプモータ構造図

表2.1-1 原子炉補機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	部 位	材 料
駆動機能の確保	主軸	炭素鋼 (S35CN相当)
	固定子コア	無方向性電磁鋼 (50A600相当)
	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)
	フレーム	炭素鋼 (SS400相当)
	端子箱	炭素鋼 (SS400相当)
	回転子棒	銅合金
	回転子エンドリング	銅
	回転子コア	無方向性電磁鋼 (50A600相当)
	上部軸受 (転がり)	(消耗品)
	下部軸受 (転がり)	(消耗品)
	エンドブラケット	炭素鋼 (SS400相当)
機器の支持	取付ボルト	低合金鋼 (SNB7)

表2.1-2 原子炉補機海水ポンプモータの使用条件

	通常運転時
定格出力	410 kW
定格電圧	6,600 V
回転速度	1,180 rpm
設置場所	屋外
周囲温度	40℃以下
最高圧力	大気圧

## 2.1.2 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360kW、回転速度1,765 rpm の開放形三相誘導モータであり、4台設置している。

#### a. 固定部

モータを基礎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

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。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。

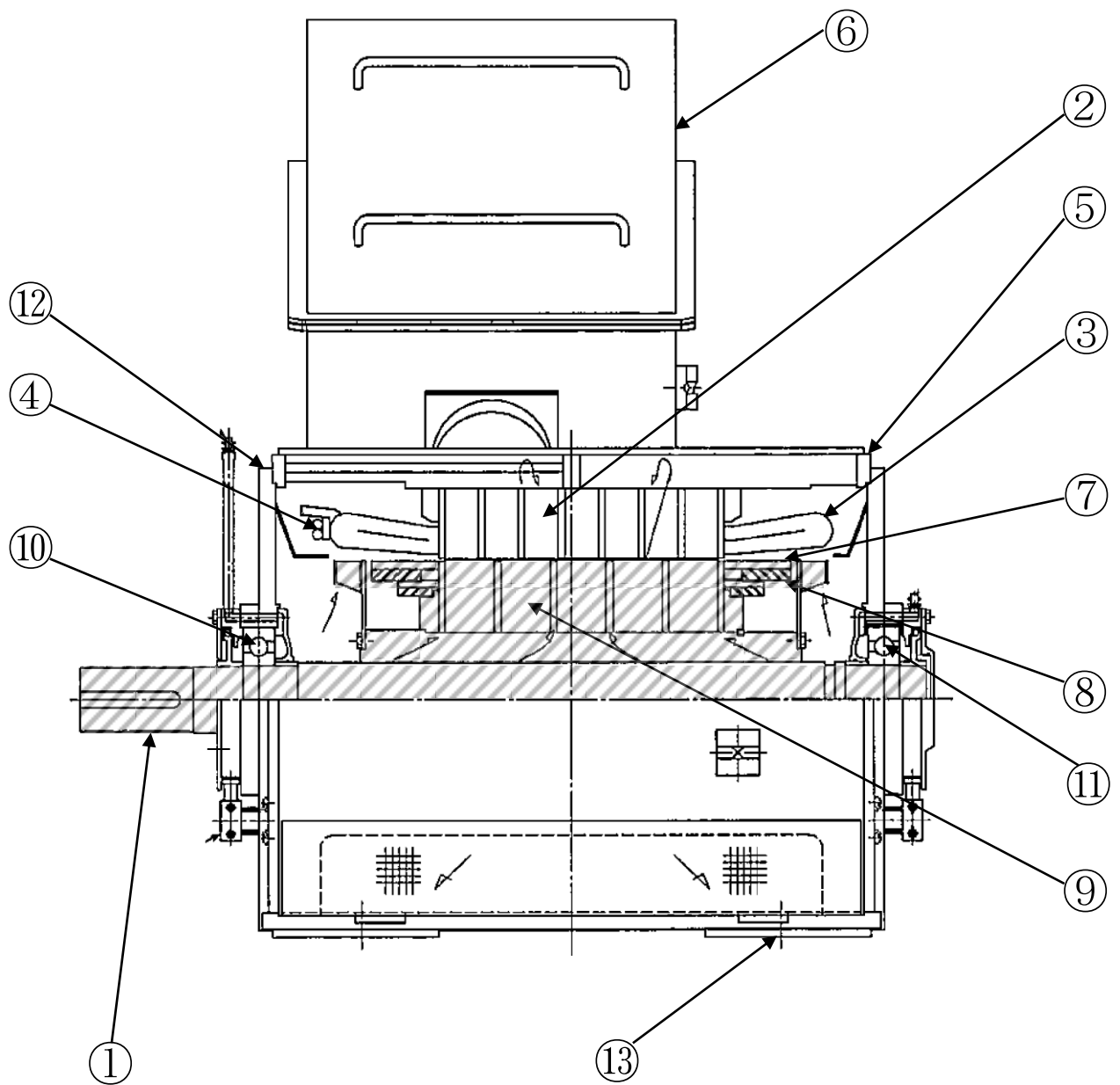
なお、固定子や回転子は、エンドブラケットを取り外すことにより、点検手入れが可能である。

原子炉補機冷却水ポンプモータの構造図を図2.1-2に示す。

### (2) 材料および使用条件

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2.1-3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	主軸	⑧	回転子エンドリング
②	固定子コア	⑨	回転子コア
③	固定子コイル	⑩	負荷側軸受
④	口出線・接続部品	⑪	反負荷側軸受
⑤	フレーム	⑫	エンドブラケット
⑥	端子箱	⑬	取付ボルト
⑦	回転子棒		

図2.1-2 原子炉補機冷却水ポンプモータ構造図

表2.1-3 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	部 位	材 料
駆動機能の確保	主軸	炭素鋼 (S35CN相当)
	固定子コア	無方向性電磁鋼 (50A600相当)
	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)
	フレーム	炭素鋼 (SS400相当)
	端子箱	炭素鋼 (SS400相当)
	回転子棒	銅合金
	回転子エンドリング	銅
	回転子コア	無方向性電磁鋼 (50A600相当)
	負荷側軸受 (転がり)	(消耗品)
	反負荷側軸受 (転がり)	(消耗品)
	エンドブラケット	炭素鋼 (SS400相当)
機器の支持	取付ボルト	炭素鋼 (SS400)

表2.1-4 原子炉補機冷却水ポンプモータの使用条件

	通常運転時
定格出力	360 kW
定格電圧	6,600 V
回転速度	1,765 rpm
設置場所	原子炉格納容器外 (原子炉建物内)
周囲温度	40℃以下
最高圧力	大気圧

## 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はポンプ送水機能であり、この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の抽出

#### (1) 想定される経年劣化事象

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、設置場所、使用条件（定格電圧、周囲温度等）および現在までの運転経験を考慮して、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、消耗品および定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品および定期取替品の扱い

軸受（転がり）は消耗品であり、長期使用せず取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 (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 (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. 固定子コイルおよび口出線・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. 主軸の摩耗〔共通〕

主軸については、軸受と主軸の接触面で摩耗が想定されるが、定期的に主軸の寸法測定を行い、健全性を確認しており、これまで有意な摩耗は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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〔共通〕

主軸にはモータ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、高サイクル疲労割れが発生する可能性は小さい。

また、定期的に目視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な割れは認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. 固定子コアおよび回転子コアの腐食（全面腐食）〔共通〕

固定子コアおよび回転子コアは電磁鋼であり腐食が想定されるが、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、定期的に目視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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、エンドブラケットおよび端子箱の腐食（全面腐食）〔共通〕

フレーム、エンドブラケットおよび端子箱は炭素鋼であり腐食が想定されるが、塗装により腐食を防止しており、腐食が発生する可能性は小さい。

また、定期的に目視確認を行い、塗装の状態を確認するとともに、必要に応じ補修塗装を実施することとしており、これまで有意な腐食は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. 回転子棒および回転子エンドリングの疲労割れ〔共通〕

回転子棒およ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、定期的に目視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な割れは認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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り腐食が想定されるが、塗装により腐食を防止しており、腐食が発生する可能性は小さい。

また、定期的に見視確認を行い、塗装の状態を確認するとともに、必要に応じ補修塗装を実施することとしており、これまで有意な腐食は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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	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	主軸		炭素鋼	△		△*1						*1：高サイクル疲労割れ
	固定子コア		電磁鋼		△							
	固定子コイル		銅・絶縁物					○				
	口出線・接続部品		銅・絶縁物					○				
	フレーム		炭素鋼		△							
	端子箱		炭素鋼		△							
	回転子棒		銅合金			△						
	回転子エンட்リング		銅			△						
	回転子コア		電磁鋼		△							
	上部軸受（転がり）	◎	—									
	下部軸受（転がり）	◎	—									
エンドブラケット			炭素鋼		△							
機器の支持	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) 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	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	主軸		炭素鋼	△		△*1						*1:高サイクル疲労割れ
	固定子コア		電磁鋼		△							
	固定子コイル		銅・絶縁物					○				
	口出線・接続部品		銅・絶縁物					○				
	フレーム		炭素鋼		△							
	端子箱		炭素鋼		△							
	回転子棒		銅合金			△						
	回転子エンツリング		銅			△						
	回転子コア		電磁鋼		△							
	負荷側軸受（転がり）	◎	—									
	反負荷側軸受（転がり）	◎	—									
エンツブラケット			炭素鋼		△							
機器の支持	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) 固定子コイルおよび口出線・接続部品の絶縁特性低下〔共通〕

#### a. 事象の説明

固定子コイルおよび口出線・接続部品の絶縁物は有機物であり、熱による特性変化、振動等の機械的劣化、絶縁物中のボイド等での放電、絶縁物に付着する塵埃等、熱的、機械的、電氣的、環境的要因により経年劣化が進行し、絶縁特性が低下する可能性があることから、経年劣化に対する評価が必要である。

なお、絶縁物の放射線影響については、通常運転および事故時雰囲気における放射線量が低いことから、絶縁特性低下に至る可能性は小さいと考える。

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。

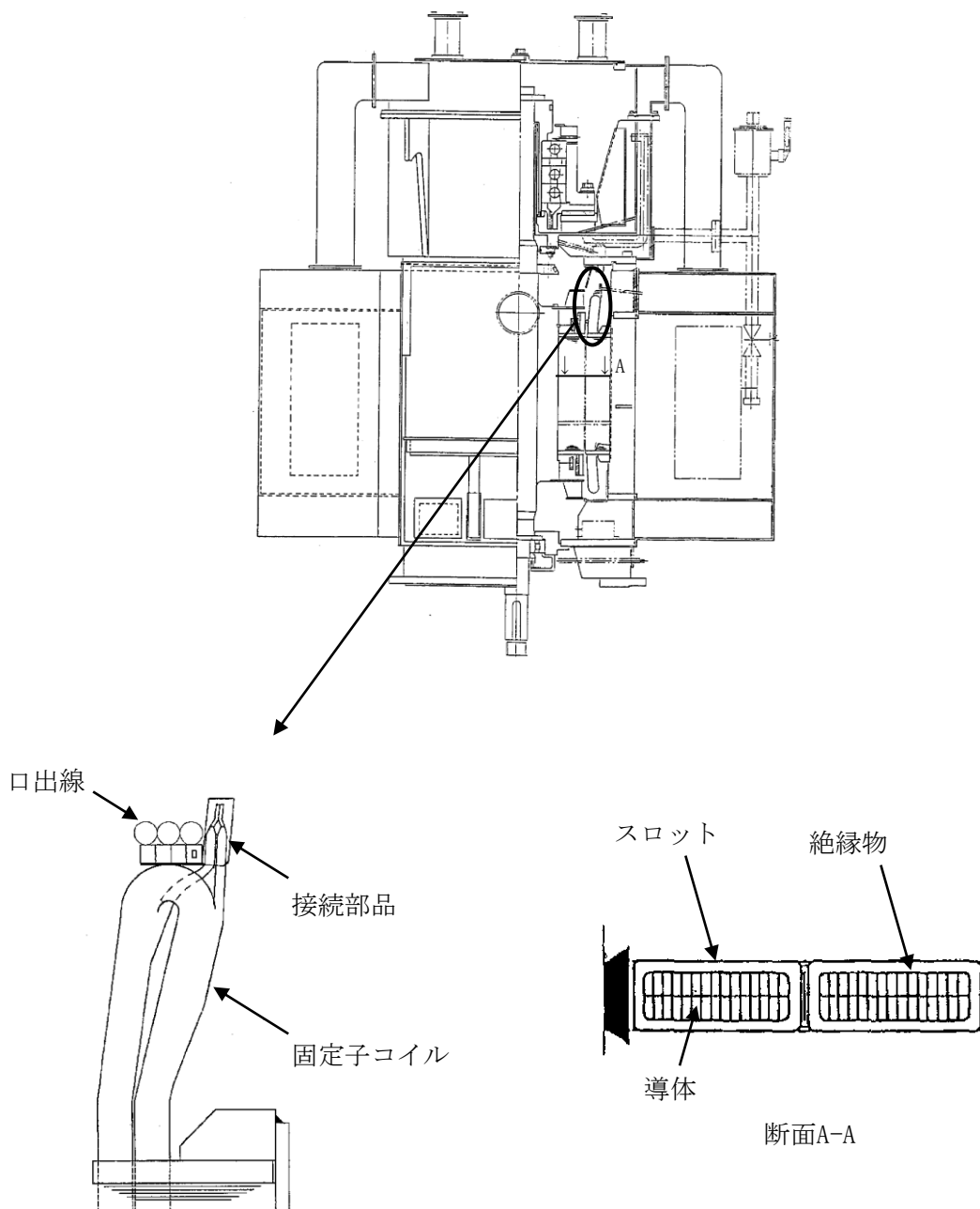


図2.3-1 固定子コイルおよび口出線・接続部品の絶縁部位

## b. 技術評価

### (a) 健全性評価

固定子コイルおよび口出線・接続部品の絶縁特性低下については、保守実績よりもっとも影響を及ぼす要因は環境的要因と考えられる。

原子炉補機冷却水ポンプモータについては、設置環境の温度、放射線量とも低く、また、屋内空調環境に設置していることから塵埃付着による影響も小さいと考えるが、長期間の使用を考慮すると絶縁特性が低下する可能性は否定できない。

また、原子炉補機海水ポンプモータについては、屋外設置機器であり、長期間の使用を考慮すると環境的要因により絶縁特性が低下する可能性は否定できない。

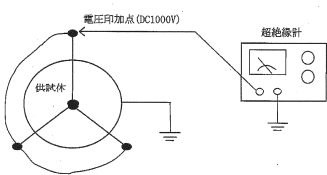
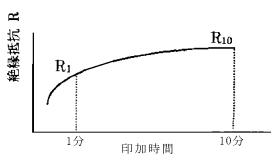
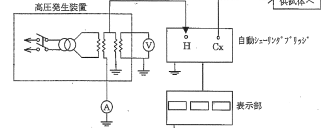
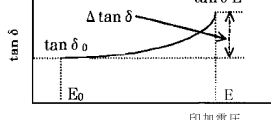
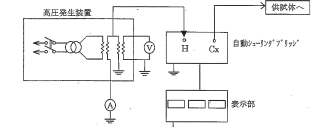
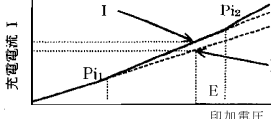
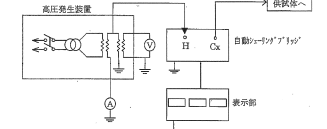
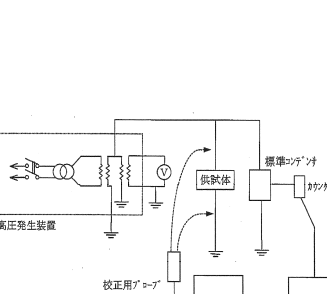
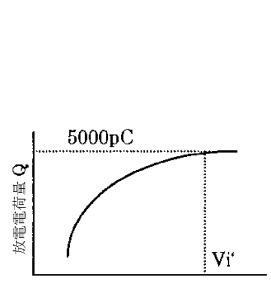
ただし、絶縁抵抗測定および絶縁診断試験を行うことで、絶縁特性低下が確認できる。

### (b) 現状保全

固定子コイルおよび口出線・接続部品の絶縁特性低下に対しては、定期的に絶縁抵抗測定および表2.3-1に示す絶縁診断試験を実施し、絶縁特性に有意な変化がないことを確認している。また、目視確認および清掃を実施し、健全性を確認している。

なお、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には、洗浄、乾燥および絶縁補修（絶縁物にワニスを注入）または固定子コイルおよび口出線・接続部品を取り替えることとしている。

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 (P. I)	コイル絶縁層の乾燥状態を把握することを目的とする。		<p>超絶縁抵抗計により三相一括にて直流1,000 Vを印加し、絶縁抵抗-時間特性を測定する。</p> <p>絶縁抵抗10分値と1分値により成極指数(P. I)を算出する。          [成極指数(P. I) = 絶縁抵抗10分値 / 絶縁抵抗1分値]</p> <p>成極指数が1.5未満の場合は絶縁層吸湿状態と判断し、その後の試験(誘電正接, 交流電流, 部分放電試験)を中止する。</p>	
誘電正接試験 (tan δ)	絶縁層の乾燥状態および絶縁層の全体的なボルト放電を検出することを目的とする。		<p>コイルと対地間に交流電圧を印加し、2 kVから各電圧におけるtan δを測定する。</p> <p>また、最高電圧まで測定後、電圧下降時にも同様の電圧で測定を行い、tan δ<sub>0</sub>、Δtan δ<sub>1</sub>、Δtan δ<sub>1.25</sub>を算出する。</p>	
交流電流試験 (Pi1, ΔI)	絶縁層の乾燥状態および絶縁層の全体的なボルト放電を検出することを目的とする。		<p>コイルと対地間に交流電圧を印加し、1 kVから各電圧における充電電流の測定を行い、充電電流-電圧特性からPi1及びΔIを算出する。</p>	
耐電圧試験	試験電圧を1分間印加し、絶縁破壊しないことを確認する。		<p>試験電圧を1分間印加し、コイルが絶縁破壊しないことを確認する。</p>	<p style="text-align: center;">—</p>
部分放電試験	絶縁層内の局所的なボルト放電を検出することを目的とする。		<p>電圧印加前に校正パルス発生器にて標準パルス電圧を発生させ、校正用プローブ(100 pF)よりコイルに注入し、減衰抵抗(dB)と放電電荷(pC)との関係を調べる。校正(校正ケーブルの採取)終了後、校正用プローブを取外す。</p> <p>初めにコイルと対地間に試験時における最高試験電圧を約30秒間印加し、経過後最低試験電圧まで降下しコマ放電パルスの発生頻度の測定を開始する。</p> <p>順次各電圧におけるコマ放電パルスの発生頻度の測定を行い、試験における最高電圧まで実施する(昇圧方向のみの測定)。</p> <p>測定終了後、各測定電圧における発生頻度-放電電荷量特性グラフから最大放電電荷量(Qmax)を求める。</p> <p>各電圧時の最大放電電荷量-電圧特性からコマ開始電圧Vi'(放電電荷量5,000 pC発生時の電圧)を求める。</p>	

(c) 総合評価

固定子コイルおよび口出線・接続部品については、絶縁特性が低下する可能性は否定できないが、絶縁抵抗測定および絶縁診断試験により検知可能であるため、引き続き現状保全を継続することで、60年間の健全性は維持できると判断する。

c. 高経年化への対応

固定子コイルおよび口出線・接続部品の絶縁特性低下については、現状の保全項目に高経年化対策の観点から追加すべき項目はない。引き続き、現状保全を継続していく。

### 3. 代表機器以外への展開

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

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

#### 3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

##### a. 固定子コイルおよび口出線・接続部品の絶縁特性低下〔共通〕

事故時雰囲気内で機能要求される残留熱除去ポンプモータ、低圧炉心スプレイポンプモータおよび高圧炉心スプレイポンプモータについては、IEEE Std. 323(1974)および334(1974)に準拠して、固定子コイルおよび口出線・接続部品絶縁物の熱、機械的による長期的な経年劣化および事故時雰囲気を考慮した実機同等品による長期健全性試験を実施しており、この結果に基づき長期間の健全性を評価した。

長期健全性試験は、図3.1-1に示す試験手順により実施されており、試験条件は表3.1-1に示すとおり、固定子コイルおよび口出線・接続部品絶縁物の60年間の運転期間を想定した熱および事故時雰囲気による劣化条件を包絡している。なお、機械的劣化については、長期健全性試験結果および機械的損傷実績より、60年間の健全性を維持できると考えられる。また、屋内空調環境に設置されていることから、塵埃付着による影響は小さいと考える。

試験結果は、表3.1-2に示すとおり判定基準を満足しており、熱、機械的および事故時雰囲気による劣化に対して、固定子コイルおよび口出線・接続部品絶縁物は60年間の通常運転および事故時雰囲気において絶縁性能を維持できると考えられる。

また、代表機器と同様に、絶縁抵抗測定、絶縁診断試験、目視確認および清掃を実施しており、今後もこの保全方法を継続することにより、絶縁特性低下を監視していくとともに、必要に応じて適切な対応をとることとする。

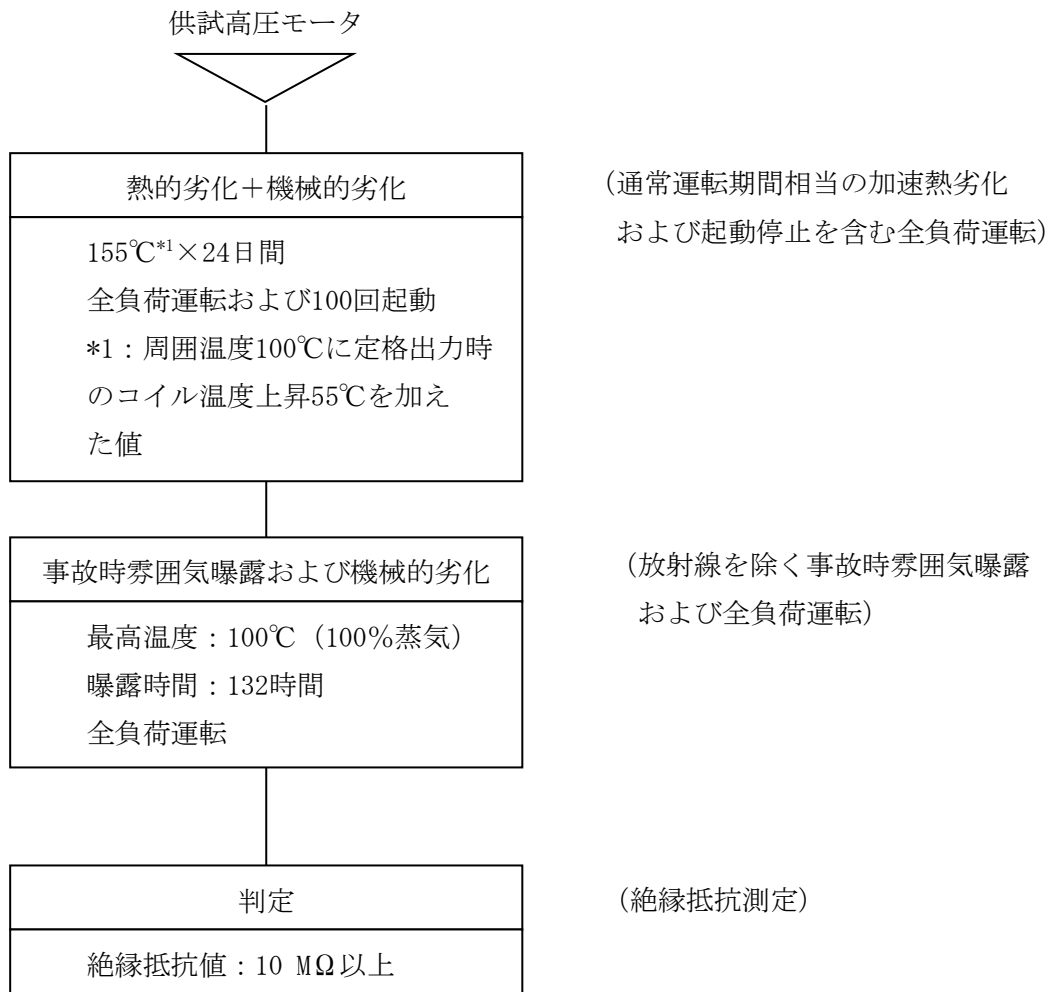


図3. 1-1 高圧ポンプモータ長期健全性試験手順（設計基準事故，重大事故等）

表3.1-1 高圧ポンプモータの長期健全性試験条件（設計基準事故，重大事故等）

	試験条件	説明
熱的劣化 ＋ 機械的劣化	155℃*1×24日間 全負荷運転および100回起動 *1：周囲温度100℃に定格出力時のコイル温度上昇55℃を加えた値	各モータの周囲温度最高値(40℃)では、60年間の運転期間を包絡する。 機械的劣化については、60年間の起動回数（約2000回）を包絡できていないが、他産業を含めた機械的損傷実績（回転子棒・回転子エンドリングの疲労割れ件数≫固定子巻線等の機械的損傷件数），および回転子棒・回転子エンドリングの疲労割れが60年間の起動回数に対応できることから、固定子コイル等は60年間の起動回数においても健全性を維持できると考える。
事故時雰囲気曝露および機械的劣化	最高温度：100℃（100%蒸気） 曝露時間：132時間 全負荷運転	島根2号炉の事故時温度（100℃）を包絡している。定常温度（66℃）については、電動機にとって特殊な運転条件ではないため、支障は生じないと判断した。

表3.1-2 高圧ポンプモータ長期健全性試験の結果（設計基準事故，重大事故等）

試験手順	判定基準*1	結果	判定
事故時雰囲気曝露および機械的劣化試験終了後，高圧ポンプモータの絶縁抵抗測定を行う。 また，参考試験として絶縁破壊試験を行う。	絶縁抵抗値10 MΩ以上	試験後：20 MΩ	良

\*1：判定基準はメーカー判定目安値

### 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〔残留熱除去ポンプモータ，低圧炉心スプレイポンプモータ〕

すべり軸受およ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、点検において定期的に主軸の寸法測定を行い、健全性を確認しており、これまで有意な摩耗は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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〔高圧炉心スプレイポンプモータ〕

すべ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、摩耗する可能性は小さい。

また、定期的に主軸の寸法測定を行い、健全性を確認しており、これまで有意な摩耗は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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〕

代表機器と同様に、主軸にはモータ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、高サイクル疲労割れが発生する可能性は小さい。

また、定期的に目視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な割れは認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. 固定子コアおよび回転子コアの腐食（全面腐食）〔共通〕

代表機器と同様に、固定子コアおよび回転子コアは炭素鋼であり腐食が想定されるが、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、定期的に目視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。

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

#### e. フレーム，エンドブラケットおよび端子箱の腐食（全面腐食）〔共通〕

代表機器と同様に、フレーム，エンドブラケットおよび端子箱は炭素鋼であり腐食が想定されるが、塗装により腐食を防止しており、腐食が発生する可能性は小さい。

また、定期的に目視確認を行い、塗装の状態を確認するとともに、必要に応じ補修塗装を実施することとしており、これまで有意な腐食は認められていない。



したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. 回転子棒および回転子エンドリングの疲労割れ〔共通〕

代表機器と同様に、回転子棒およ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、定期的に目視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な割れは認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. 伝熱管の腐食（全面腐食）〔共通〕

伝熱管は白銅であり腐食が想定されるが、内部流体である冷却水は純水（防錆剤入り）であり、伝熱管の材料は耐食性の良い白銅であることから、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、定期的に目視確認、漏えい確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. 上部軸受（すべり）および下部軸受（すべり）の摩耗およびはく離〔高圧炉心スプレイポンプモータ〕

高圧炉心スプレイポンプモータについては、上部軸受および下部軸受はすべり軸受を使用しており、ホワイトメタルを軸受に鑄込み溶着しているので摩耗およびはく離が想定されるが、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、定期的に目視確認および主軸と軸受部の間隙測定を行い、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、はく離についても定期的に目視確認および浸透探傷試験を実施し、必要に応じて取替または修理を行っており、これまで有意なはく離は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. 上部軸受（すべり）の摩耗およびはく離〔残留熱除去ポンプモータ、低圧炉心スプレイポンプモータ〕

残留熱除去ポンプモータおよび低圧炉心スプレイポンプモータについては、上部軸受はすべり軸受を使用しており、ホワイトメタルを軸受に鑄込み溶着しているので摩耗およびはく離が想定されるが、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、定期的に目視確認および主軸と軸受部の間隙測定を行い、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、はく離についても定期的に目視確認および浸透探傷試験を実施し、必要に応じて取替または修理を行っており、これまで有意なはく離は認められていない。

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

j. 取付ボルトの腐食（全面腐食）〔共通〕

取付ボルトは低合金鋼であり腐食が想定されるが、塗装により腐食を防止しており、腐食が発生する可能性は小さい。

また、定期的に目視確認を行い、塗装の状態を確認するとともに、必要に応じ補修塗装を実施することとしており、これまで有意な腐食は認められていない。

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

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

日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。

## 2. 低圧ポンプモータ

[対象モータ]

- ① 高圧炉心スプレイ補機海水ポンプモータ
- ② 高圧炉心スプレイ補機冷却水ポンプモータ
- ③ ほう酸水注入ポンプモータ
- ④ 低圧原子炉代替注水ポンプモータ
- ⑤ 燃料プール冷却ポンプモータ
- ⑥ 残留熱代替除去ポンプモータ

## 目 次

1. 対象機器および代表機器の選定 .....	2-1
1.1 グループ化の考え方および結果 .....	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, 材料および使用条件 .....	2-3
2.1.1 高圧炉心スプレイ補機海水ポンプモータ .....	2-3
2.1.2 ほう酸水注入ポンプモータ .....	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の抽出 .....	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 .....	2-11
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. 対象機器および代表機器の選定

島根2号炉で使用している主要な低圧ポンプモータの仕様を表1-1に示す。

これらの低圧ポンプモータを型式およ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以下のとおり代表機器を選定した。

### 1.1 グループ化の考え方および結果

型式およ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（事故時動作要求を含む）、運転状態、定格電圧および定格出力の観点から代表機器を選定する。

#### (1) 屋外設置（型式：全閉型）

このグループには、高圧炉心スプレイ補機海水ポンプモータのみが属することから、高圧炉心スプレイ補機海水ポンプモータを代表機器とする。

#### (2) 屋内設置（型式：全閉型）

このグループには、高圧炉心スプレイ補機冷却水ポンプモータ、ほう酸水注入ポンプモータ、低圧原子炉代替注水ポンプモータ、燃料プール冷却ポンプモータおよび残留熱代替除去ポンプモータが属するが、重要度、運転状態、定格電圧および定格出力の観点からほう酸水注入ポンプモータを代表機器とする。

表1-1 低圧ポンプモータのグループ化と代表機器

分類基準		機器名称 (台数)	仕様 (定格出力×回転速度)	選定基準			使用条件	選定	選定理由
型式	設置場所			重要度*1	運転状態	定格電圧 (V)	周囲温度 (℃)		
全閉	屋外	高圧炉心スプレイ補機海水ポンプモータ (1)	75 kW×1, 160 rpm	MS-1, 重*2	一時	440	40以下	◎	重要度 運転状態 定格電圧 定格出力
	屋内	高圧炉心スプレイ補機冷却水ポンプモータ (1)	37 kW×1, 765 rpm	MS-1, 重*2	一時	440	40以下		
		ほう酸水注入ポンプモータ (2)	45 kW×1, 740 rpm	MS-1, 重*2	一時	440	40以下	◎	
		低圧原子炉代替注水ポンプモータ (2) *3	210 kW×1, 765 rpm	重*2	一時	440	40以下		
		燃料プール冷却ポンプモータ (2)	110 kW×3, 530 rpm	重*2	連続	440	40以下		
		残留熱代替除去ポンプモータ (2) *3	75 kW×1, 780 rpm	重*2	一時	440	40以下		

\*1：最上位の重要度を示す。

\*2：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器および構造物であることを示す。

\*3：新規に設置される機器

## 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2機器のポンプモータについて技術評価を実施する。

- ① 高圧炉心スプレイ補機海水ポンプモータ
- ② ほう酸水注入ポンプモータ

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、材料および使用条件

#### 2.1.1 高圧炉心スプレイ補機海水ポンプモータ

##### (1) 構造

高圧炉心スプレイ補機海水ポンプモータは、定格出力75 kW、回転速度1,160 rpmの全閉型三相誘導モータであり、1台設置している。

##### a. 固定部

ポンプモータをポンプの取付台に固定支持する下部エンドブラケット上部にフレームが固定され、フレーム内に固定子コアが挿入されている。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。

##### b. 回転部

軸受により支持される主軸には回転子コアが固定されている。回転子コアと回転子棒は、回転子エンドリングとアルミダイキャストで一体に形成されている。

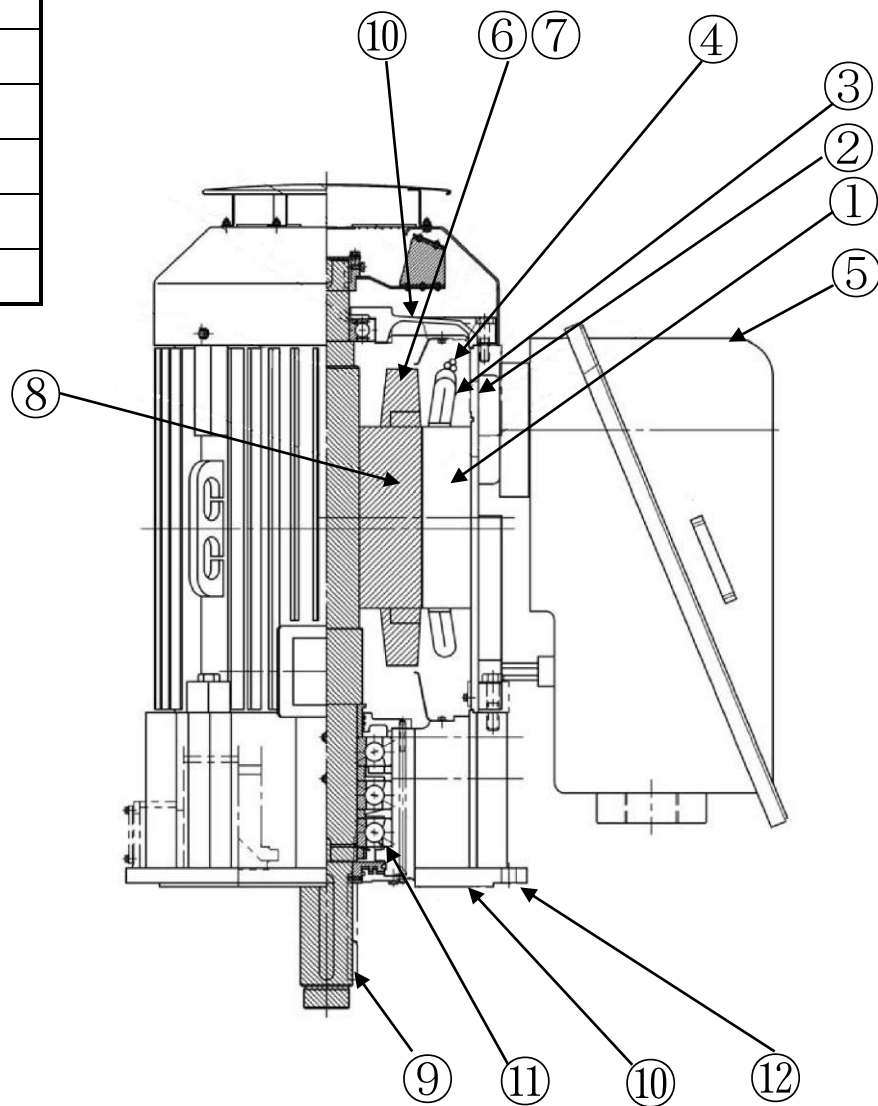
なお、固定部および回転部は、エンドブラケットを取り外すことにより、点検手入れが可能である。

高圧炉心スプレイ補機海水ポンプモータの構造図を図2.1-1に示す。

##### (2) 材料および使用条件

高圧炉心スプレイ補機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。

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



注：回転部を斜線で示す。

図2.1-1 高圧炉心スプレヱ補機海水ポンプモータ構造図



表2.1-1 高圧炉心スプレイ補機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	部 位	材 料
駆動機能の確保	固定子コア	無方向性電磁鋼板
	フレーム	鋼板 (SS400)
	固定子コイル	銅, 絶縁物 (アラミド紙, エポキシ樹脂)
	口出線・接続部品	銅, 絶縁物 (アラミド紙, エポキシ樹脂)
	端子箱	鋼板 (SS400)
	回転子棒	アルミニウム
	回転子エンツリング	アルミニウム
	回転子コア	無方向性電磁鋼板
	主軸	炭素鋼 (S35C)
	エンツブラケット (負荷側)	鋼板 (SS400)
	エンツブラケット (反負荷側)	鋳鉄 (FC200)
	軸受 (転がり)	(消耗品)
機器の支持	取付ホルツ	ステンレス鋼 (SUS304)

表2.1-2 高圧炉心スプレイ補機海水ポンプモータの使用条件

	通常運転時
定格出力	75 kW
定格電圧	440 V
回転速度	1,160 rpm
設置場所	屋外
周囲温度	40℃以下
最高圧力	大気圧

## 2.1.2 ほう酸水注入ポンプモータ

### (1) 構造

ほう酸水注入ポンプモータは、定格出力45 kW、回転速度1,740 rpmの全閉型三相誘導モータであり、2台設置している。

#### a. 固定部

モータを基礎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

軸受により支持される主軸には回転子コアが固定されている。回転子コアと回転子棒は、回転子エンドリングとアルミダイキャストで一体に形成されている。

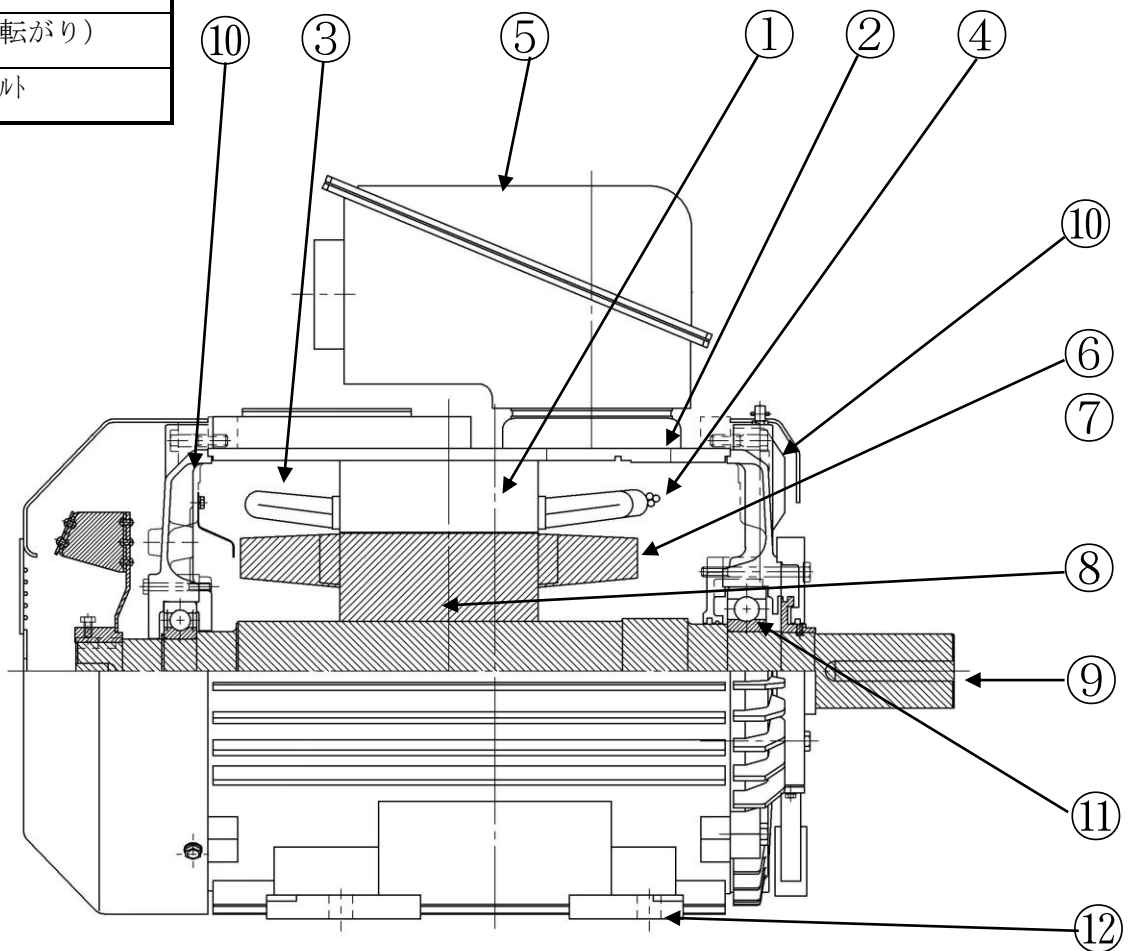
なお、固定部および回転部は、エンドブラケットを取り外すことにより、点検手入れが可能である。

ほう酸水注入ポンプモータの構造図を図2.1-2に示す。

### (2) 材料および使用条件

ほう酸水注入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。

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



注：回転部を斜線で示す。

図2.1-2 ほう酸水注入ポンプモータ構造図

表2.1-3 ほう酸水注入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	部 位	材 料
駆動機能の確保	固定子コア	無方向性電磁鋼板
	フレーム	鋼板 (SS400)
	固定子コイル	銅, 絶縁物 (アラミド紙, エポキシ樹脂)
	口出線・接続部品	銅, 絶縁物 (アラミド紙, エポキシ樹脂)
	端子箱	鋼板 (SS400)
	回転子棒	アルミニウム
	回転子エンドリング	アルミニウム
	回転子コア	無方向性電磁鋼板
	主軸	炭素鋼 (S35C)
	エンドブラケット (負荷側)	鋳鉄 (FC250)
	エンドブラケット (反負荷側)	鋳鉄 (FC200)
	軸受 (転がり)	(消耗品)
機器の支持	取付ボルト	鋼板 (SS400)

表2.1-4 ほう酸水注入ポンプモータの使用条件

	通常運転時
定格出力	45 kW
定格電圧	440 V
回転速度	1,740 rpm
設置場所	原子炉格納容器外 (原子炉建物内)
周囲温度	40°C以下
放射線	$2.7 \times 10^{-4}$ Gy/h (最大)
最高圧力	大気圧

## 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は、ポンプ送水機能であり、この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の抽出

#### (1) 想定される経年劣化事象

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）および現在までの運転経験を考慮して、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、消耗品および定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品および定期取替品の扱い

軸受（転がり）は消耗品であり、長期使用せず取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 (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 (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. 固定子コイルおよび口出線・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. 固定子コアおよび回転子コアの腐食（全面腐食）〔共通〕

固定子コアおよび回転子コアは電磁鋼であり腐食が想定されるが、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、定期的に見視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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、エンドブラケットおよび端子箱の腐食（全面腐食）〔共通〕

フレーム、エンドブラケットおよび端子箱は炭素鋼または鋳鉄であり腐食が想定されるが、塗装により腐食を防止しており、腐食が発生する可能性は小さい。

また、定期的に見視確認を行い、塗装の状態を確認するとともに、必要に応じ補修塗装を実施することとしており、これまで有意な腐食は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. 回転子棒および回転子エンドリングの疲労割れ〔共通〕

回転子棒およ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、高圧炉心スプレイ補機海水ポンプモータおよびほう酸水注入ポンプモータの回転子棒およ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の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が発生する可能性は小さい。アルミダイキャストの構造図を図2.2-1に示す。

さらに、定期的に見視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な割れは認められていない。

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

### d. 主軸の摩耗〔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、定期的に見視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な摩耗は認められていない。

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

e. 主軸の高サイクル疲労割れ〔共通〕

主軸にはモータ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、高サイクル疲労割れが発生する可能性は小さい。

また、定期的に見視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な割れは認められていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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〕

取付ボルトは炭素鋼であり腐食が想定されるが、塗装により腐食を防止しており、腐食が発生する可能性は小さい。

また、定期的に見視確認を行い、塗装の状態を確認するとともに、必要に応じ補修塗装を実施することとしており、これまで有意な腐食は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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。



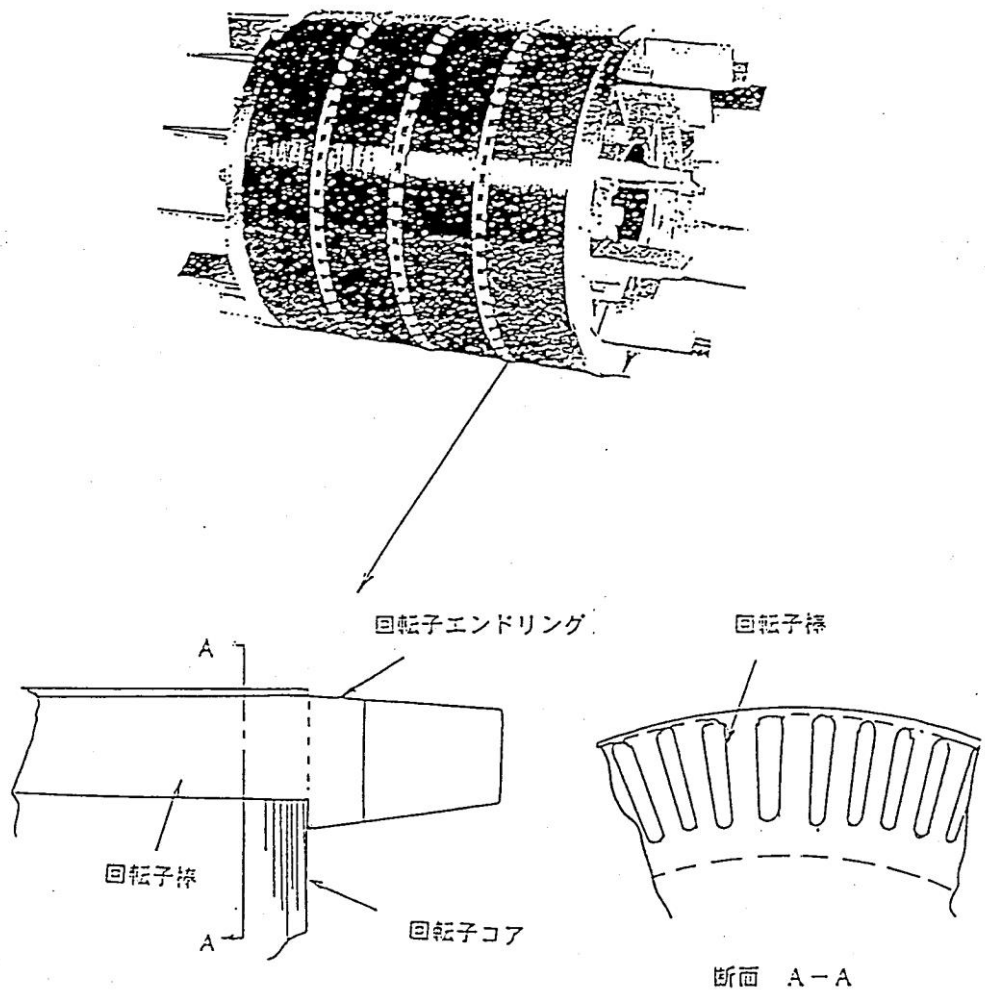


図2.2-1 アルミダイキャスト回转子図

表2.2-1 (1/2) 高圧炉心スプレィ補機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	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		
駆動機能の維持	固定子コア		電磁鋼		△							*1：高サイクル疲労割れ
	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		アルミニウム			△						
	回転子エンドリング		アルミニウム			△						
	回転子コア		電磁鋼		△							
	主軸		炭素鋼	△		△*1						
	エンドブラケット (負荷側)		炭素鋼		△							
	エンドブラケット (反負荷側)		鋳鉄		△							
	軸受(転がり)	◎	—									
機器の支持	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）

表2.2-1 (2/2) ほう酸水注入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	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		
駆動機能の維持	固定子コア		電磁鋼		△							*1：高サイクル疲労割れ
	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		アルミニウム			△						
	回転子エンドリング		アルミニウム			△						
	回転子コア		電磁鋼		△							
	主軸		炭素鋼	△		△*1						
	エンドブラケット (負荷側)		鋳鉄		△							
	エンドブラケット (反負荷側)		鋳鉄		△							
	軸受(転がり)	◎	—									
機器の支持	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) 固定子コイルおよび口出線・接続部品の絶縁特性低下〔共通〕

#### a. 事象の説明

固定子コイルおよび口出線・接続部品の絶縁物は有機物であり、熱による特性変化、振動等の機械的劣化、絶縁物中のボイド等での放電、絶縁物に付着する塵埃等による熱的、機械的、電氣的、環境的要因により経年劣化が進行し、絶縁特性が低下する可能性があることから、経年劣化に対する評価が必要である。

なお、固定子コイルおよび口出線・接続部品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、絶縁物の放射線影響については、通常運転および事故時雰囲気における放射線量が低いことから、絶縁特性低下に至る可能性は小さいと考える。

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。

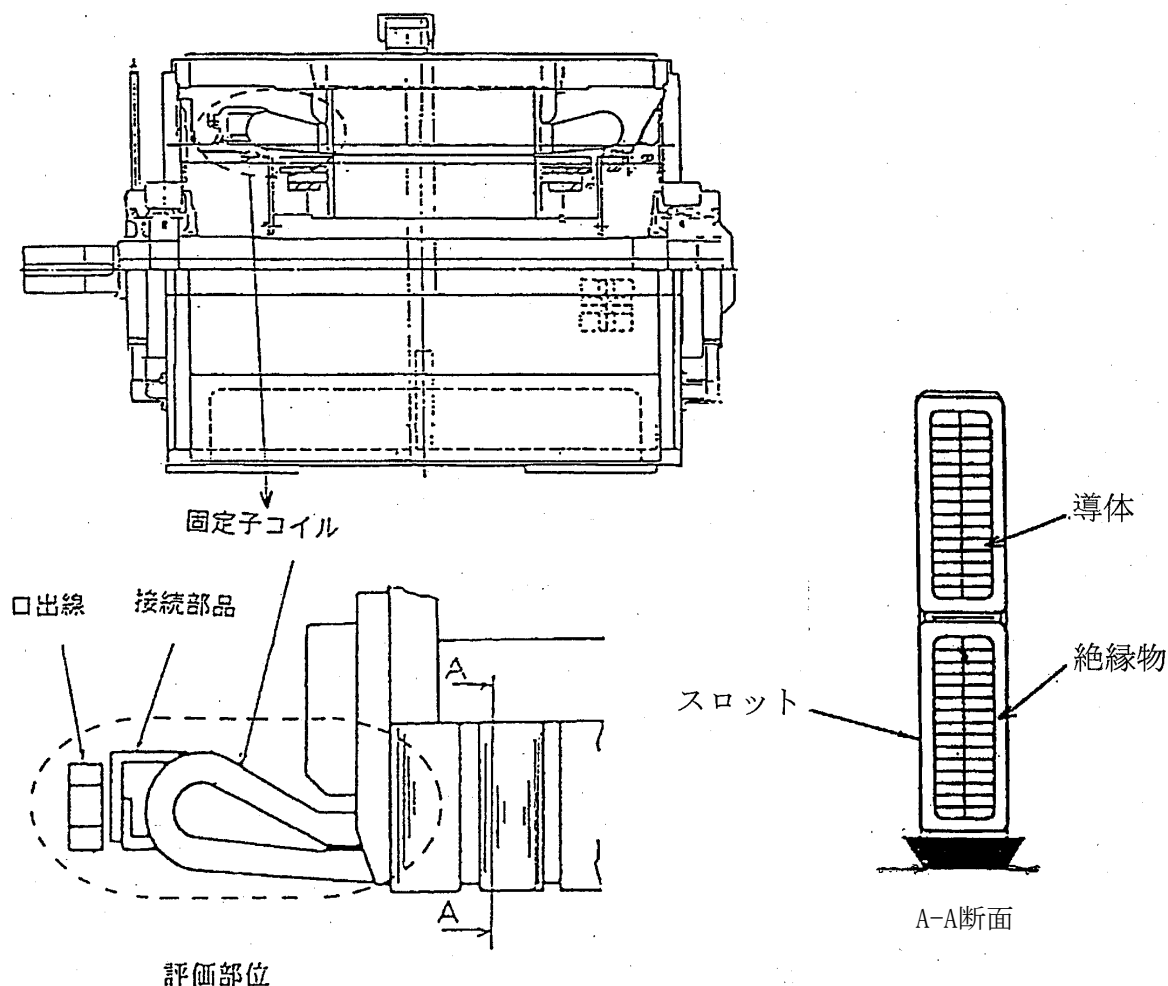


図2.3-1 固定子コイルの絶縁部位

## b. 技術評価

### (a) 健全性評価

高圧炉心スプレイ補機海水ポンプモータ，ほう酸水注入ポンプモータについては，長期間の使用を考慮すると環境的要因により絶縁特性低下を起こす可能性は否定できないが，絶縁抵抗測定を行うことで，絶縁特性低下が確認できる。

### (b) 現状保全

固定子コイルおよび口出線・接続部品の絶縁特性低下に対しては，定期的に絶縁抵抗測定を実施し，絶縁特性に有意な変化がないことを確認している。また，目視確認および清掃を実施し，健全性を確認している。

なお，これらの点検で有意な絶縁特性低下が認められた場合には，洗浄・乾燥および絶縁補修（絶縁物にワニスを注入）または，固定子コイルおよび口出線・接続部品またはモータの取替を行うこととしている。

### (c) 総合評価

固定子コイルおよび口出線・接続部品については，絶縁特性が低下する可能性は否定できないが，絶縁抵抗測定および目視確認により検知可能であるため，引き続き現状保全を継続することで，60年間の健全性は維持できると判断する。

## c. 高経年化への対応

固定子コイルおよび口出線・接続部品の絶縁特性低下については，現状の保全項目に高経年化対策の観点から追加すべき項目はない。引き続き，現状保全を継続していく。

### 3. 代表機器以外への展開

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

- ① 高圧炉心スプレイ補機冷却水ポンプモータ
- ② 低圧原子炉代替注水ポンプモータ
- ③ 燃料プール冷却ポンプモータ
- ④ 残留熱代替除去ポンプモータ

#### 3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

##### a. 固定子コイルおよび口出線・接続部品の絶縁特性低下〔共通〕

代表機器と同様に固定子コイルおよび口出線・接続部品の絶縁物は有機物であり、熱、機械的要因で経年的に劣化が進行し、長期間の使用を考慮すると絶縁特性低下を起こす可能性があるが、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、点検時に絶縁抵抗測定、目視確認および清掃を実施することにより健全性の確認は可能であるため、引き続き現状保全を継続することで60年間の健全性は維持できると判断する。

したがって、固定子コイルおよび口出線・接続部品の絶縁特性低下については、現状の保全項目に高経年化対策の観点から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. 固定子コアおよび回転子コアの腐食（全面腐食）〔共通〕

代表機器と同様に固定子コアおよび回転子コアは電磁鋼であり腐食が想定されるが、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、定期的を目視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。

新規に設置される機器については、定期的を目視確認により健全性を確認することとしている。

したがって、高経年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、エンドブラケットおよび端子箱の腐食（全面腐食）〔共通〕

代表機器と同様にフレーム、エンドブラケットおよび端子箱は炭素鋼または鋳鉄であり腐食が想定されるが、塗装により腐食を防止しており、腐食が発生する可能性は小さい。

また、定期的を目視確認を行い、塗装の状態を確認するとともに、必要に応じ補修塗装を実施することとしており、これまで有意な腐食は認められていない。

新規に設置される機器については、定期的を目視確認により健全性を確認することとしている。

したがって、高経年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. 主軸の摩耗〔共通〕

代表機器と同様に主軸については、軸受と主軸の接触面の摩耗が想定されるが、定期的主軸の寸法測定を行い、健全性を確認しており、これまで有意な摩耗は認められていない。

新規に設置される機器については、定期的主軸の寸法測定により健全性を確認することとしている。

したがって、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### d. 主軸の高サイクル疲労割れ〔共通〕

代表機器と同様に主軸にはモータ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、高サイクル疲労割れが発生する可能性は小さい。

また、定期的を目視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な割れは認められていない。

新規に設置される機器については、定期的を目視確認により健全性を確認することとしている。

したがって、高経年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. 回転子棒および回転子エンドリングの疲労割れ〔共通〕

代表機器と同様に回転子棒およ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、高圧炉心スプレイ補機冷却水ポンプモータおよび残留熱代替除去ポンプモータの回転子棒およ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の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が発生する可能性は小さい。

また、低圧原子炉代替注水ポンプモータおよび燃料プール冷却ポンプモータ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。

さらに、定期的に見視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な割れは認められていない。

新規に設置される機器については、定期的に見視確認により健全性を確認することとしている。

したがって、高経年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〕

代表機器と同様に取付ボルトは炭素鋼および低合金鋼であり腐食が想定されるが、塗装により腐食を防止しており、腐食が発生する可能性は小さい。

また、定期的に見視確認を行い、塗装の状態を確認するとともに、必要に応じ補修塗装を実施することとしており、これまで有意な腐食は認められていない。

新規に設置される機器については、定期的に見視確認により健全性を確認することとしている。

したがって、高経年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



島根原子力発電所 2 号炉  
容器の技術評価書

[運転を断続的に行うことを前提とした評価]

中国電力株式会社

本評価書は、島根原子力発電所 2 号炉（以下、「島根 2 号炉」という。）における安全上重要な容器（重要度分類審査指針における PS-1, 2 および MS-1, 2 に該当する機器）、高温・高圧の環境下にあるクラス 3 の容器および常設重大事故等対処設備に属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、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、重要度およ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、容器の型式等をもとに、以下の 3 つに分類して整理する。

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、重要性および特殊性を考慮し、その他の容器と分けて単独で評価する。

また、非常用ディーゼル発電機関附属設備、可燃性ガス濃度制御系設備、計装用圧縮空気系設備、液体廃棄物処理設備、所内ボイラ設備および雑固体廃棄物焼却設備の容器については「機械設備の技術評価書」、タービン設備の容器については「タービン設備の技術評価書」に含めて評価するものとし、本評価書には含めていない。

なお、本文中の単位の記載は、原則として SI 単位系に基づくものとする。（圧力の単位は特に注がない限り、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	排ガス脱湿塔 (2)	全高 3,700mm 内径 800mm	高*2
	排ガス再結合器 (2)	全高 2,585mm 内径 1,050mm	高*2
	湿分分離器 (2)	全長 12,320mm 内径 3,200mm	高*2
	スクラム排水容器 (2)	全高 1,970mm 内径 318.5mm	高*2
	原子炉浄化系サージタンク (1)	全長 2,500mm 内径 1,200mm	PS-2
	原子炉建物機器ドレンサージタンク (1)	全高 2,150mm 内径 1,500mm	高*2
	スキマサージタンク (2)	高さ 7,240mm 内径 1,700mm	重*3
	原子炉補機冷却系サージタンク (2)	全高 3,500mm 内径 2,500mm	MS-1, 重*3
	高压炉心スプレ補機冷却系サージタンク (1)	全高 3,100mm 内径 1,500mm	MS-1, 重*3
	ほう酸水貯蔵タンク (1)	全高 3,850mm 内径 3,000mm	MS-1, 重*3
	燃料プール (1)	縦 14,000 mm, 横 13,500 mm, 深さ 12,070 mm	PS-2, 重*3
	原子炉ウェル (1)	—	PS-2
	逃がし安全弁逃がし弁機能用アキュムレータ (12)	全長 550mm 外径 216.3mm	MS-1, 重*3
	逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータ (6)	全長 1,200mm 内径 450mm	MS-1
	主蒸気隔離弁用アキュムレータ (内側) (4)	全長 1,050mm 内径 400mm	PS-1
	主蒸気隔離弁用アキュムレータ (外側) (4)	全長 1,050mm 内径 400mm	PS-1
	水圧制御ユニット (窒素容器) (137)	全高 1,005mm 内径 229mm	MS-1, 重*3
	水圧制御ユニット (アキュムレータ) (137)	全高 927mm 内径 195mm	MS-1, 重*3
	活性炭式希ガスホルトアップ塔 (18)	全高 6,400mm 内径 1,500mm	PS-2
	第1ベントフィルタスクラバ容器(4)*4	高さ 7,500mm 内径 2,200mm	重*3
	第1ベントフィルタ銀ベロ弁容器(1)*4	高さ 3,850mm 内径 3,000mm	重*3
	復水ろ過脱塩装置ろ過脱塩器 (8)	全高 4,775.5mm 内径 1,800mm	高*2
	復水脱塩装置脱塩器 (8)	全高 4,880 mm, 内径 2,810mm	高*2
	復水ろ過脱塩装置ストレナ (8)	全高 2,732mm 内径 378.4mm	高*2
	制御棒駆動水フィルタ (2)	全高 858mm 内径 101.6mm	高*2
	原子炉浄化系ろ過脱塩装置ろ過脱塩器 (2)	全高 3,800mm 内径 1,050mm	PS-2

\*1: 最上位の重要度を示す。

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

\*3: 重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器および構造物であることを示す。

\*4: 新規に設置される機器。

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
容器	原子炉浄化系脱塩装置脱塩器 (2)		全高 3,900mm 内径 2,200mm	PS-2
	原子炉補機海水ストレーナ (2)		全長 2,800mm	MS-1, 重*2
	高圧炉心スプレイ補機海水ストレーナ (1)		全長 1,350mm	MS-1, 重*2
原子炉 圧力容器	原子炉圧力容器 (1)		高さ 21,094mm 内径 5,587mm	PS-1, 重*2
原子炉 格納容器	原子炉格 納容器本体	原子炉格納容器本体 (1)	ドライウェル 全内高 37,100mm 円筒部内径 22,800mm サブレクションチェンバ 円環中心線直径 37,860mm 円環断面内径 9,400mm	MS-1, 重*2
	機械 ハネレーション	配管貫通部	—	MS-1, 重*2
		機器搬入口	—	MS-1, 重*2
		エアロック	—	MS-1, 重*2
		ハッチ	—	MS-1, 重*2
	電気 ハネレーション	モジュール型核計装用電気 ハネレーション	—	MS-1, 重*2
		モジュール型低圧動力用電気 ハネレーション	—	MS-1, 重*2
		モジュール型制御計測用電気 ハネレーション	—	MS-1, 重*2
		モジュール型高圧動力用電気 ハネレーション	—	MS-1, 重*2
		モジュール型制御計測用高 耐熱電気ハネレーション	—	MS-1, 重*2
		モジュール型制御計測用 MI 電気ハネレーション	—	MS-1, 重*2

\*1: 最上位の重要度を示す。

\*2: 重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器および構造物であることを示す。

表2 (1/2) 評価対象機器機能一覧

機器名称	機能
排ガス脱湿塔	活性炭の吸着性能を確保するため、除湿冷却器で除湿された排ガスに対し更に湿分の除去を行う。
排ガス再結合器	排ガス中の水素と酸素を容器内の触媒により接触反応させて、水蒸気に再結合させる。
湿水分離器	高压タービンと低压タービンの間に位置し蒸気の湿分を除く。
スクラム排水容器	スクラム動作時に制御棒駆動機構から排出される水を保持し、これによって原子炉からの炉水の喪失を制限する。
原子炉浄化系サージタンク	圧力変動時の原子炉冷却材浄化循環ポンプ吸込圧力の保持と原子炉冷却材浄化系流量低下時に浄化ポンプ循環回路を形成し、ポンプ運転を継続させる。
原子炉建物機器ドレンポンプタンク	原子炉建物の機器より発生する放射性機器ドレンを収集する。
スキマサージタンク	燃料プール水位の維持、燃料プール冷却ポンプの安定な運転のため燃料プールおよび原子炉ウエルからのオーバーフロー水を一時的に受ける。
原子炉補機冷却系サージタンク	原子炉補機冷却水ポンプ吸込圧力を確保すると共に原子炉補機冷却水ポンプ起動時の圧力変動や温度による体積変化を吸収する。
高压炉心スプレイ補機冷却系サージタンク	高压炉心スプレイ補機冷却水ポンプ吸込圧力を確保すると共に高压炉心スプレイ補機冷却水ポンプ起動時の圧力変動や温度による体積変化を吸収する。
ほう酸水貯蔵タンク	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トリウム水を貯蔵する。
燃料プール	使用済燃料、制御棒を冷却貯蔵する。
原子炉ウエル	定期事業者検査時の燃料交換に合わせ満水とする。
逃がし安全弁逃がし弁機能用アキュムレータ	逃がし弁機能作動時における逃がし弁駆動用の窒素ガスを蓄えている。
逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータ	自動減圧機能作動時における逃がし安全弁駆動用の窒素ガスを蓄えている。
主蒸気隔離弁用アキュムレータ（内側）	主蒸気内側隔離弁駆動用の空気を蓄えている。
主蒸気隔離弁用アキュムレータ（外側）	主蒸気外側隔離弁駆動用の空気を蓄えている。
水圧制御ユニット（窒素容器）	制御棒の緊急挿入を行わせるためのエネルギー源として使われる高压窒素ガスを貯蔵している。
水圧制御ユニット（アキュムレータ）	制御棒の緊急挿入に必要な初期水圧エネルギーを供給するもので、窒素ガスで駆動水を駆動する。
活性炭式希ガスホルダアップ塔	放射性希ガスを装置内の活性炭により吸着させ、減衰させる。
第1ベントフィルタスクラバ容器	原子炉格納容器のベント実施時に、放射性物質の大気への放出量を低減するため、放射性物質を捕捉する。
第1ベントフィルタ銀ゼオライト容器	原子炉格納容器のベント実施時に、有機よう素の大気への放出量を低減するため、有機よう素を捕捉する。
復水ろ過脱塩装置ろ過脱塩器	原子炉冷却材に含まれる不純物をろ過する。
復水脱塩装置脱塩器	原子炉冷却材に含まれる溶解性不純物をイオン交換により取り除き、純度の高い水にする。

表2 (2/2) 評価対象機器機能一覧

機器名称		機能
復水ろ過脱塩装置ストレーナ		復水ろ過脱塩装置ろ過脱塩器出口ラインに設置され復水中に含まれる異物を除去する。
制御棒駆動水フィルタ		制御棒駆動水圧系内のスケール等の異物を取り除く。
原子炉浄化系ろ過脱塩装置ろ過脱塩器		原子炉冷却材に含まれる不純物をろ過する。
原子炉浄化系脱塩装置脱塩器		原子炉冷却材に含まれる溶解性不純物をイオン交換により取り除き、純度の高い水にする。
原子炉補機海水ストレーナ		原子炉補機海水ポンプ出口ラインに設置され海水中に含まれる異物を除去する。
高圧炉心スプレイ補機海水ストレーナ		高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ出口ラインに設置され海水中に含まれる異物を除去する。
原子炉圧力容器		原子炉の燃料を収容し、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	原子炉格納容器本体	原子炉圧力容器等の原子炉一次系を格納し、障壁を形成して冷却材喪失事故時等に核分裂生成物の発電所敷地周辺への放出を制限することにより、一般公衆に対する被ばく線量を低い値に保つ。
	機械 <sup>h</sup> ネレーション	
	電気 <sup>h</sup> ネレーション	

## 1. 容器

### [対象容器]

- ① 排ガス脱湿塔
- ② 排ガス再結合器
- ③ 湿分分離器
- ④ スクラム排出水容器
- ⑤ 原子炉浄化系サージタンク
- ⑥ 原子炉建物機器ドレンサンプタンク
- ⑦ スキマサージタンク
- ⑧ 原子炉補機冷却系サージタンク
- ⑨ 高圧炉心スプレイ補機冷却系サージタンク
- ⑩ ほう酸水貯蔵タンク
- ⑪ 燃料プール
- ⑫ 原子炉ウェル
- ⑬ 逃がし安全弁逃がし弁機能用アキュムレータ
- ⑭ 逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータ
- ⑮ 主蒸気隔離弁用アキュムレータ（内側）
- ⑯ 主蒸気隔離弁用アキュムレータ（外側）
- ⑰ 水圧制御ユニット（窒素容器）
- ⑱ 水圧制御ユニット（アキュムレータ）
- ⑲ 活性炭式希ガスホールドアップ塔
- ⑳ 第1ベントフィルタスクラバ容器
- ㉑ 第1ベントフィルタ銀ゼオライト容器
- ㉒ 復水ろ過脱塩装置ろ過脱塩器
- ㉓ 復水脱塩装置脱塩器
- ㉔ 復水ろ過脱塩装置ストレーナ
- ㉕ 制御棒駆動水フィルタ
- ㉖ 原子炉浄化系ろ過脱塩装置ろ過脱塩器
- ㉗ 原子炉浄化系脱塩装置脱塩器
- ㉘ 原子炉補機海水ストレーナ
- ㉙ 高圧炉心スプレイ補機海水ストレーナ

## 目 次

1. 対象機器および代表機器の選定	1-1
1.1 グループ化の考え方および結果	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, 材料および使用条件	1-6
2.1.1 排ガス脱湿塔	1-6
2.1.2 排ガス再結合器	1-9
2.1.3 湿分分離器	1-12
2.1.4 スクラム排出水容器	1-15
2.1.5 原子炉浄化系サージタンク	1-18
2.1.6 原子炉補機冷却系サージタンク	1-21
2.1.7 ほう酸水貯蔵タンク	1-24
2.1.8 燃料プール	1-27
2.1.9 主蒸気隔離弁用アキュムレータ (内側)	1-30
2.1.10 水圧制御ユニット (窒素容器)	1-33
2.1.11 水圧制御ユニット (アキュムレータ)	1-36
2.1.12 活性炭式希ガスホールドアップ塔	1-39
2.1.13 第1ベントフィルタスクラバ容器	1-42
2.1.14 復水ろ過脱塩装置ろ過脱塩器	1-45
2.1.15 原子炉浄化系ろ過脱塩装置ろ過脱塩器	1-48
2.1.16 原子炉補機海水ストレーナ	1-51
2.2 経年劣化事象の抽出	1-54
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目	1-54
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出	1-54
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象	1-56
3. 代表機器以外への展開	1-77
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象	1-77
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	1-78



## 1. 対象機器および代表機器の選定

島根2号炉で使用している主要な容器（原子炉圧力容器，原子炉格納容器を除く）の仕様を表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以下のとおり代表機器を選定した。

### 1.1 グループ化の考え方および結果

種類，内部流体およ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，同一グループ内の機器の中から重要度および使用条件を考慮し，原則として，重要度，最高使用温度，最高使用圧力，運転状態から代表機器に選定するものとする。

#### (1) タンク（内部流体：ガス，胴部材料：炭素鋼）

このグループには，排ガス脱湿塔のみが属することから，排ガス脱湿塔を代表機器とする。

#### (2) タンク（内部流体：ガス，胴部材料：ステンレス鋼）

このグループには，排ガス再結合器のみが属することから，排ガス再結合器を代表機器とする。

#### (3) タンク（内部流体：蒸気，胴部材料：低合金鋼）

このグループには，湿分分離器のみが属することから，湿分分離器を代表機器とする。

#### (4) タンク（内部流体：純水，胴部材料：炭素鋼）

このグループには，スクラム排水容器のみが属することから，スクラム排水容器を代表機器とする。

#### (5) タンク（内部流体：純水，胴部材料：ステンレス鋼）

このグループには，原子炉浄化系サージタンク，原子炉建物機器ドレンサンプタンクおよびスキマサージタンクが属するが，重要度が高い原子炉浄化系サージタンクを代表機器とする。

#### (6) タンク（内部流体：冷却水（防錆剤入り），胴部材料：炭素鋼）

このグループには，原子炉補機冷却系サージタンクおよび高圧炉心スプレー補機冷却系サージタンクが属するが，重要度，最高使用温度，最高使用圧力，運転状態から原子炉補機冷却系サージタンクを代表機器とする。

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

このグループには，ほう酸水貯蔵タンクのみが属することから，ほう酸水貯蔵タンクを代表機器とする。

- (8) ライニング槽（内部流体：純水，胴部材料：コンクリート（ステンレス鋼内張））  
このグループには，燃料プールおよび原子炉ウェルが属するが，重要度および常時使用している燃料プールを代表機器とする。
- (9) アキュムレータ（内部流体：ガス，胴部材料：ステンレス鋼）  
このグループには，逃がし安全弁逃がし弁機能用アキュムレータ，逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータ，主蒸気隔離弁用アキュムレータ（内側）および主蒸気隔離弁用アキュムレータ（外側）が属するが，重要度が高い主蒸気隔離弁用アキュムレータ（内側）および主蒸気隔離弁用アキュムレータ（外側）は使用条件が同一であるため前段に設置されている主蒸気隔離弁用アキュムレータ（内側）を代表機器とする。
- (10) アキュムレータ（内部流体：ガス，胴部材料：合金鋼）  
このグループには，水圧制御ユニット（窒素容器）のみが属することから，水圧制御ユニット（窒素容器）を代表機器とする。
- (11) アキュムレータ（内部流体：ガス・純水，胴部材料：ステンレス鋼）  
このグループには，水圧制御ユニット（アキュムレータ）のみが属することから，水圧制御ユニット（アキュムレータ）を代表機器とする。
- (12) フィルタ等（内部流体：ガス，胴部材料：炭素鋼）  
このグループには，活性炭式希ガスホールドアップ塔のみが属することから，活性炭式希ガスホールドアップ塔を代表機器とする。
- (13) フィルタ等（内部流体：ガス，胴部材料：ステンレス鋼）  
このグループには，第1ベントフィルタスクラバ容器および第1ベントフィルタ銀ゼオライト容器が属するが，重要度，最高使用温度，最高使用圧力の観点から第1ベントフィルタスクラバ容器を代表機器とする。
- (14) フィルタ等（内部流体：純水，胴部材料：炭素鋼）  
このグループには，復水ろ過脱塩装置ろ過脱塩器，復水脱塩装置脱塩器および復水ろ過脱塩装置ストレーナが属するが，使用条件が同一であるため，前段に設置されている復水ろ過脱塩装置ろ過脱塩器を代表機器とする。
- (15) フィルタ等（内部流体：純水，胴部材料：ステンレス鋼）  
このグループには，制御棒駆動水フィルタ，原子炉浄化系ろ過脱塩装置ろ過脱塩器および原子炉浄化系脱塩装置脱塩器が属するが，重要度が高い原子炉浄化系ろ過脱塩装置ろ過脱塩器および原子炉浄化系脱塩装置脱塩器は使用条件が同一であるため，前段に設置されている原子炉浄化系ろ過脱塩装置ろ過脱塩器を代表機器とする。

(16) フィルタ等（内部流体：海水，胴部材料：炭素鋼）

このグループには，原子炉補機海水ストレーナおよび高圧炉心スプレイ補機海水ストレーナが属するが，重要度，最高使用温度，最高使用圧力，運転状態から原子炉補機海水ストレーナを代表機器とする。

表1-1 (1/2) 容器のグループ化と代表機器

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	材料		重要度*1	運転状態	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)		
タンク	ガス	炭素鋼	排ガス脱湿塔 (2)	高*2	連続	0.3	340	◎	
		ステンレス鋼	排ガス再結合器 (2)	高*2	連続	2.5	420	◎	
	蒸気	低合金鋼	湿分分離器 (2)	高*2	連続	1.8	209	◎	
	純水	炭素鋼	スクラム排出水容器 (2)	高*2	一時	8.6	138	◎	
		ステンレス鋼	原子炉浄化系サージタンク (1)	PS-2	連続	1.2	66	◎	重要度
			原子炉建物機器トレンサンプタンク (1)	高*2	連続	静水頭	100		
	スキマサージタンク (2)	重*3	連続	静水頭	66				
	冷却水*4	炭素鋼	原子炉補機冷却系サージタンク (2)	MS-1, 重*3	連続	静水頭	66	◎	運転状態
			高圧炉心スプレイ補機冷却系サージタンク (1)	MS-1, 重*3	一時	静水頭	66		
		五ほう酸ナトリウム水	ステンレス鋼	ほう酸水貯蔵タンク (1)	MS-1, 重*3	一時	静水頭	66	◎
ライニング槽	純水	コンクリート (ステンレス鋼内張)	燃料プール (1)	PS-2, 重*3	連続	静水頭	66	◎	運転状態
			原子炉ウェル (1)	PS-2	一時	静水頭	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：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器および構造物であることを示す。

\*4：防錆剤入り純水。

表1-1 (2/2) 容器のグループ化と代表機器

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	材料		重要度*1	運転状態	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)		
アキュムレータ	ガス	ステンレス鋼	逃がし安全弁逃がし弁機能用アキュムレータ (12)	MS-1, 重*2	一時	2.2	200	前段設置	
			逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータ (6)	MS-1	一時	1.8	171		
			主蒸気隔離弁用アキュムレータ (内側) (4)	PS-1	一時	1.4	171		◎
			主蒸気隔離弁用アキュムレータ (外側) (4)	PS-1	一時	1.4	171		
		合金鋼	水圧制御ユニット (窒素容器) (137)	MS-1, 重*2	一時	15.2	66	◎	
	ガス, 純水	ステンレス鋼	水圧制御ユニット (アキュムレータ) (137)	MS-1, 重*2	一時	15.2	66	◎	
フィルタ等	ガス	炭素鋼	活性炭式希ガスホルトアップ塔 (18)	PS-2	連続	0.3	66	◎	
	ガス	ステンレス鋼	第1ベントフィルタスクラバ容器 (4) *3	重*2	一時	0.9	200	◎	最高使用圧力
			第1ベントフィルタ銀ゼオライト容器 (1) *3	重*2	一時	0.4	200		
	純水	炭素鋼	復水ろ過脱塩装置ろ過脱塩器 (8)	高*4	連続	1.9	60	◎	前段設置
			復水脱塩装置脱塩器 (8)	高*4	連続	1.9	60		
			復水ろ過脱塩装置ストレーナ (8)	高*4	連続	1.9	60		
	純水	ステンレス鋼	制御棒駆動水フィルタ (2)	高*4	連続	13.8	66		前段設置
			原子炉浄化系ろ過脱塩装置ろ過脱塩器 (2)	PS-2	連続	1.2	66	◎	
			原子炉浄化系脱塩装置脱塩器 (2)	PS-2	連続	1.2	66		
	海水	炭素鋼	原子炉補機海水ストレーナ (2)	MS-1, 重*2	連続	1.0	40	◎	運転状態
高圧炉心スプレィ補機海水ストレーナ (1)			MS-1, 重*2	一時	1.0	40			

\*1：最上位の重要度を示す。

\*2：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器および構造物であることを示す。

\*3：新規に設置される機器

\*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16基の容器について技術評価を実施する。

- ① 排ガス脱湿塔
- ② 排ガス再結合器
- ③ 湿分分離器
- ④ スクラム排出水容器
- ⑤ 原子炉浄化系サージタンク
- ⑥ 原子炉補機冷却系サージタンク
- ⑦ ほう酸水貯蔵タンク
- ⑧ 燃料プール
- ⑨ 主蒸気隔離弁用アキュムレータ（内側）
- ⑩ 水圧制御ユニット（窒素容器）
- ⑪ 水圧制御ユニット（アキュムレータ）
- ⑫ 活性炭式希ガスホールドアップ塔
- ⑬ 第1ベントフィルタスクラバ容器
- ⑭ 復水ろ過脱塩装置ろ過脱塩器
- ⑮ 原子炉浄化系ろ過脱塩装置ろ過脱塩器
- ⑯ 原子炉補機海水ストレーナ

### 2.1 構造，材料および使用条件

#### 2.1.1 排ガス脱湿塔

##### (1) 構造

排ガス脱湿塔は、全高3,700 mm、内径800 mmのたて置円筒形容器であり、2基設置している。

胴は炭素鋼であり、ガス（排ガス）を内包している。排ガス脱湿塔は、上部および側面に設置されているフランジカバーを取り外すことにより、内部の点検手入れが可能である。排ガス脱湿塔の構造図を図2.1-1に示す。

##### (2) 材料および使用条件

排ガス脱湿塔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。

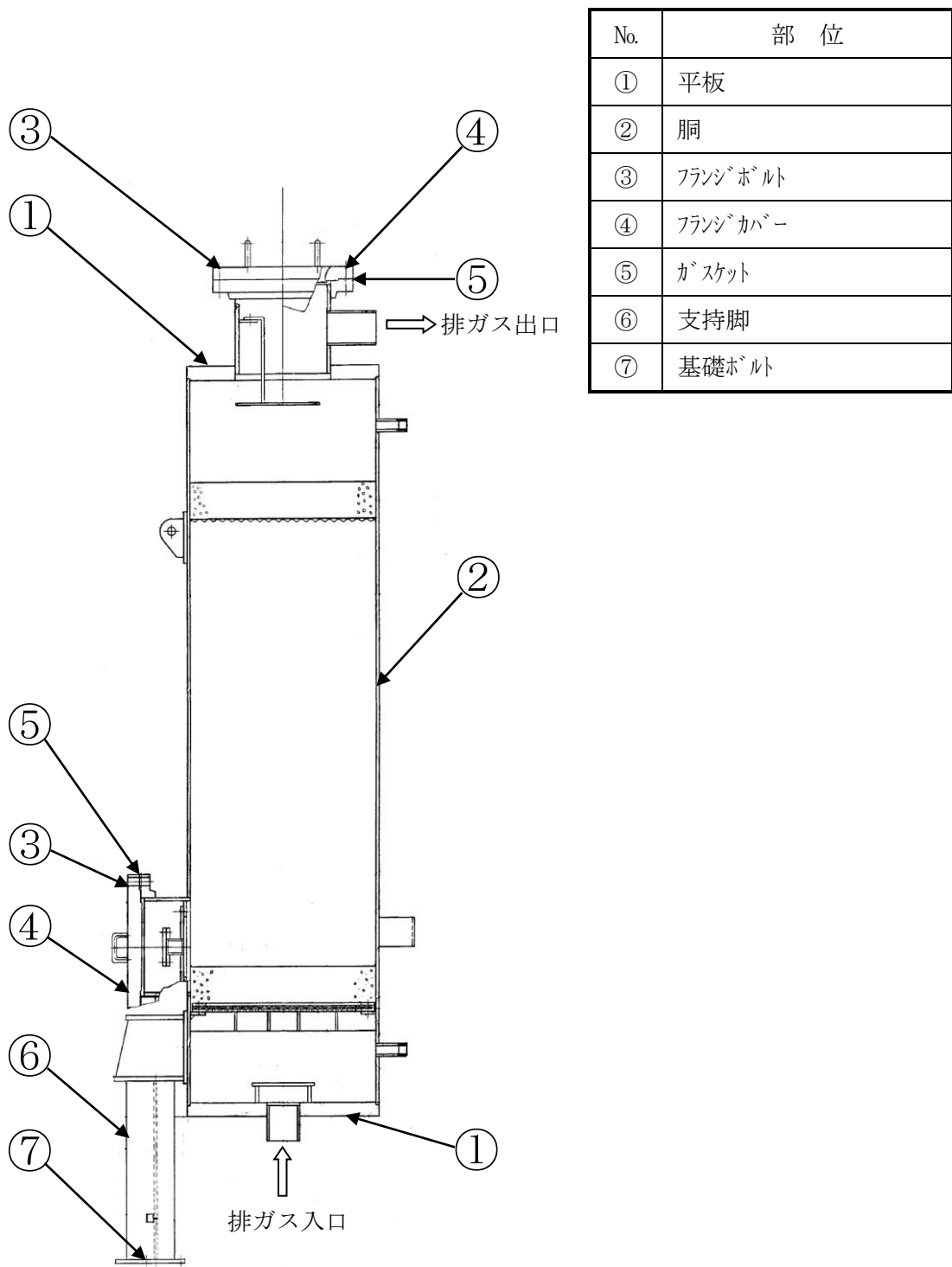


図2.1-1 排ガス脱湿塔構造図

表2.1-1 排ガス脱湿塔主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
ハウダリの維持	平板	炭素鋼 (SM41A)
	胴	炭素鋼 (SM41A)
	フランジカバー	炭素鋼 (SM41A)
	フランジボルト	低合金鋼 (SNB7)
	ガスケット	(消耗品)
機器の支持	支持脚	炭素鋼 (SS41)
	基礎ボルト	炭素鋼 (SS41)

表2.1-2 排ガス脱湿塔の使用条件

最高使用圧力	0.3MPa
最高使用温度	340℃
内 部 流 体	ガス (排ガス)



## 2.1.2 排ガス再結合器

### (1) 構造

排ガス再結合器は、全高2,585 mm、内径1,050 mmのたて置円筒形容器であり、2基設置している。胴はステンレス鋼であり、ガス（排ガス）を内包している。排ガス再結合器は、上部に設置されている蓋を取り外すことにより、内部の点検手入れが可能である。

排ガス再結合器の構造図を図2.1-2に示す。

### (2) 材料および使用条件

排ガス再結合器主要部位の使用材料を表2.1-3に、使用条件を表2.1-4に示す。

No.	部 位
①	鏡板
②	胴
③	蓋
④	フランジボルト
⑤	支持脚
⑥	基礎ボルト

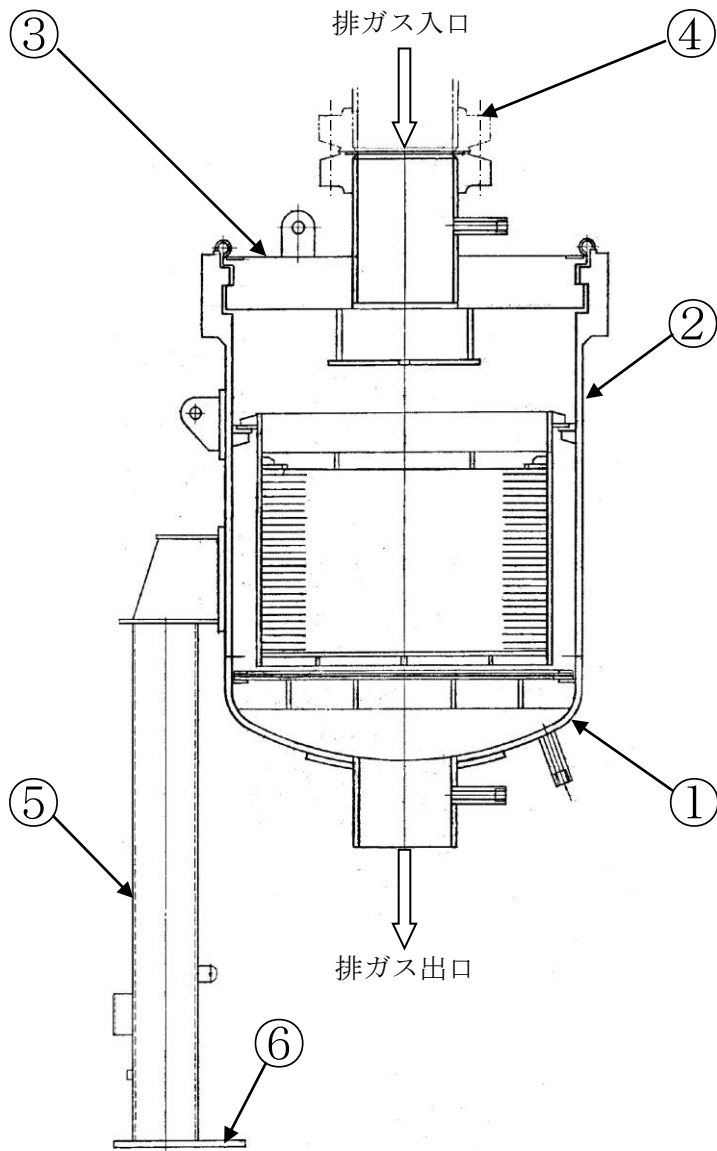


図2.1-2 排ガス再結合器構造図

表2.1-3 排ガス再結合器主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
ハウダリの維持	鏡板	ステンレス鋼 (SUS304)
	胴	ステンレス鋼 (SUS304, SUSF304)
	蓋	ステンレス鋼 (SUS304)
	フランジボルト	低合金鋼 (SNB7)
機器の支持	支持脚	炭素鋼 (STKR41)
	基礎ボルト	炭素鋼 (SS41)

表2.1-4 排ガス再結合器の使用条件

最高使用圧力	2.5MPa
最高使用温度	420°C
内 部 流 体	排ガス

### 2.1.3 湿分分離器

#### (1) 構造

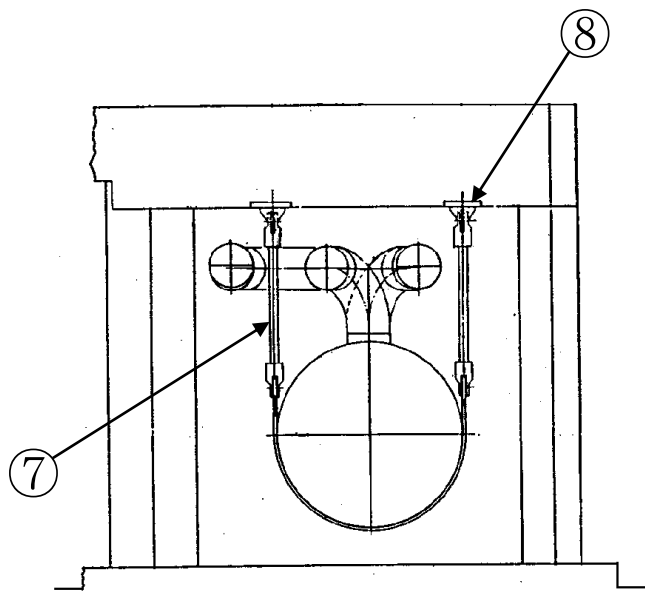
湿分分離器は、全長12,320 mm、内径3,200 mmの円筒吊下形容器であり、2基設置している。

胴は低合金鋼であり、蒸気を内包している。湿分分離器は、マンホール蓋を取り外すことにより、内部の点検手入れが可能である。

湿分分離器の構造図を図2.1-3に示す。

#### (2) 材料および使用条件

湿分分離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。



No.	部 位
①	鏡板
②	胴
③	マンホール蓋
④	マンホール蓋取付ボルト
⑤	ガスケット
⑥	ドレンタンク
⑦	ハンガ
⑧	埋込金物
⑨	エレメント

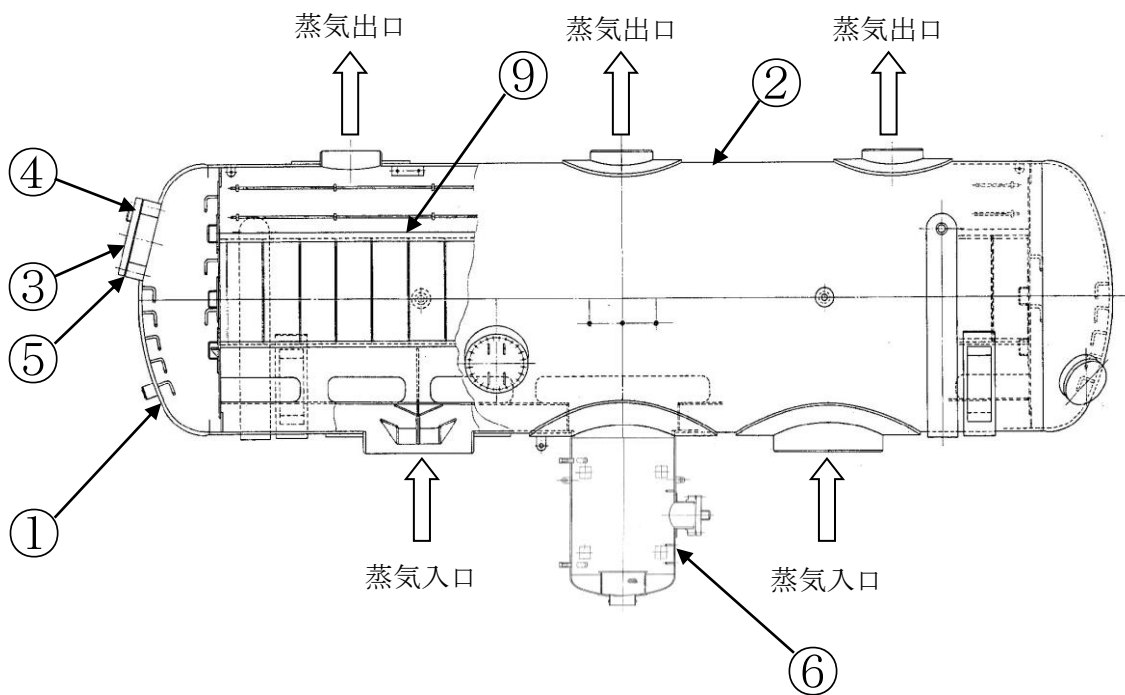


図2.1-3 湿分分離器構造図

表2.1-5 湿分分離器主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
ハウダリの維持	鏡板	低合金鋼 (SCMV3)
	胴	低合金鋼 (SCMV3)
	マンホール蓋	低合金鋼 (SCMV3)
	マンホール蓋取付ボルト	低合金鋼 (SNB7)
	ガスケット	(消耗品)
	ドレンタンク	低合金鋼 (SCMV3)
機器の支持	ハンカ	炭素鋼 (SB49)
	埋込金物	炭素鋼 (SS41)
その他	エレメント	ステンレス鋼 (SUS405)

表2.1-6 湿分分離器の使用条件

最高使用圧力	1.8MPa
最高使用温度	209℃
内 部 流 体	蒸気

#### 2.1.4 スクラム排水容器

##### (1) 構造

スクラム排水容器は、全高1,970 mm、外径318.5 mmのたて置円筒形容器であり、2基設置している。胴は炭素鋼であり、純水を内包している。

スクラム排水容器の構造図を図2.1-4に示す。

##### (2) 材料および使用条件

スクラム排水容器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	鏡板
②	胴

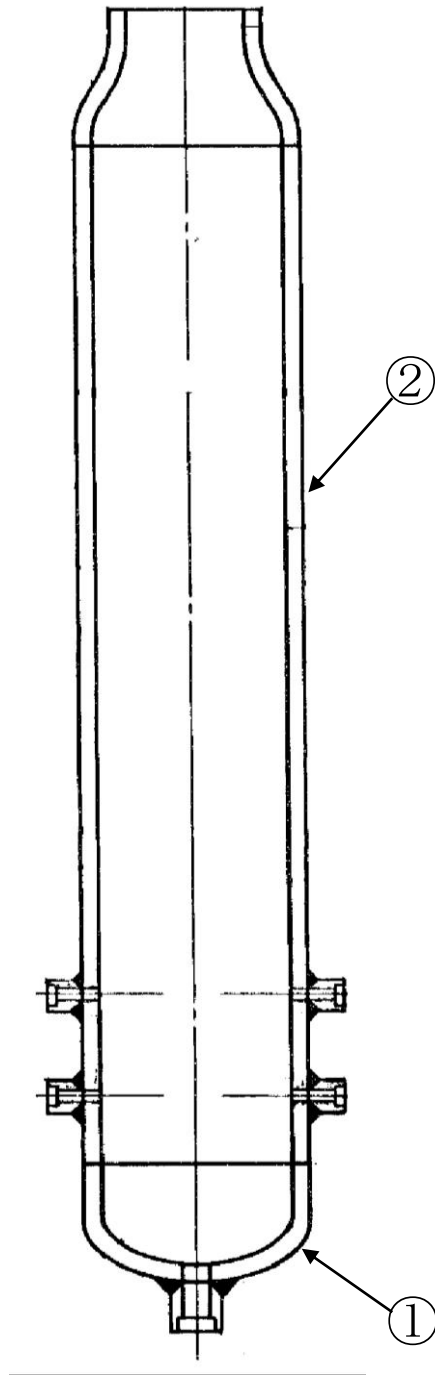


図2.1-4 スクラム排水容器構造図



表2.1-7 スクラム排水容器主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
ハウダリの維持	胴	炭素鋼 (STPT42)
	鏡板	炭素鋼 (SB42)

表2.1-8 スクラム排水容器の使用条件

最高使用圧力	8.6 MPa
最高使用温度	138 °C
内 部 流 体	純水

## 2.1.5 原子炉浄化系サージタンク

### (1) 構造

原子炉浄化系サージタンクは、全長2,500 mm、内径1,200 mmの横置円筒型容器であり、1基設置している。胴はステンレス鋼であり、純水を内包している。

原子炉浄化系サージタンクの構造図を図2.1-5に示す。

### (2) 材料および使用条件

原子炉浄化系サージタンク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	鏡板
②	胴
③	支持脚
④	基礎ボルト

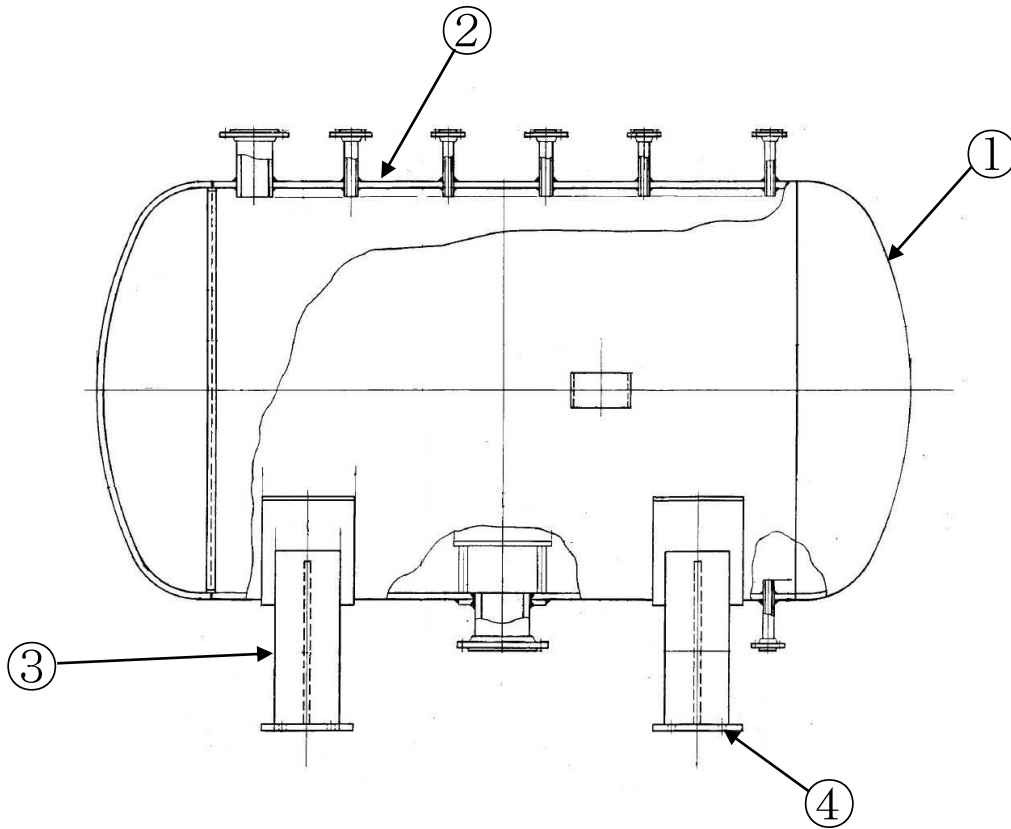


図2.1-5 原子炉浄化系サージタンク構造図

表2.1-9 原子炉浄化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	部 位	材 料
ハウダリの維持	鏡板	ステンレス鋼 (SUS304)
	胴	ステンレス鋼 (SUS304)
機器の支持	支持脚	炭素鋼 (SM41A)
	基礎ボルト	炭素鋼 (SS41)

表2.1-10 原子炉浄化系サージタンクの使用条件

最高使用圧力	1.2MPa
最高使用温度	66℃
内 部 流 体	純水

## 2.1.6 原子炉補機冷却系サージタンク

### (1) 構造

原子炉補機冷却系サージタンクは、全高3,500 mm、内径2,500 mmのたて置円筒型容器であり、2基設置している。胴は炭素鋼であり、冷却水（防錆剤入り純水）を内包している。原子炉補機冷却系サージタンクは、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、点検手入れが可能である。

原子炉補機冷却系サージタンクの構造図を図2.1-6に示す。

### (2) 材料および使用条件

原子炉補機冷却系サージタンク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	胴
②	鏡板
③	マンホール蓋
④	マンホール蓋取付ボルト
⑤	支持脚
⑥	基礎ボルト

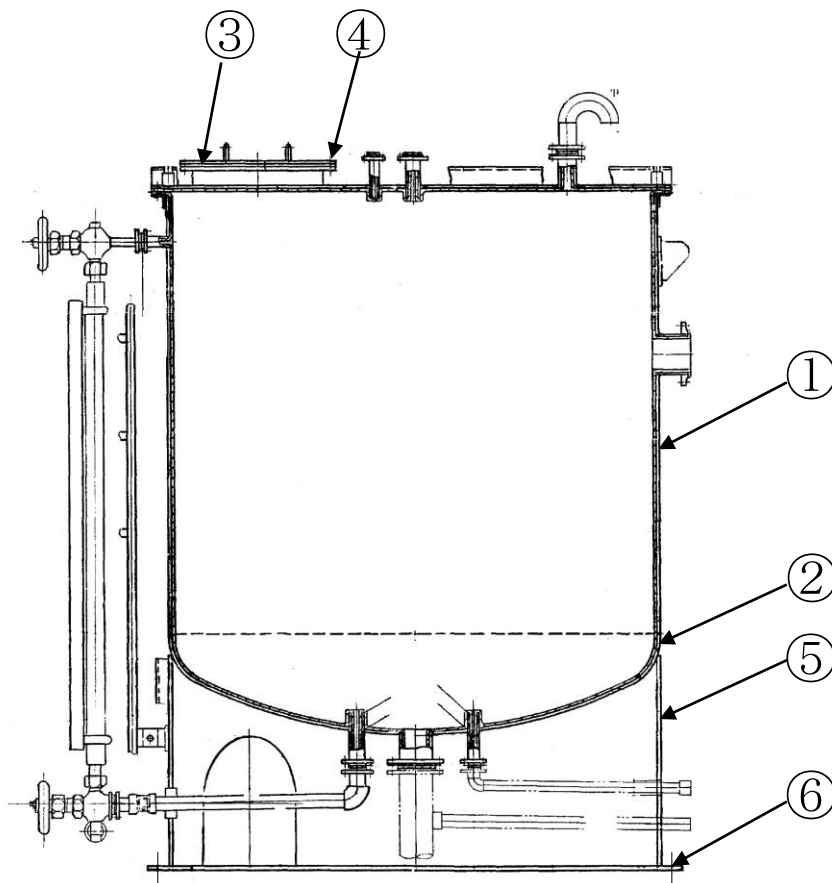


図2.1-6 原子炉補機冷却系サージタンク構造図

表2.1-11 原子炉補機冷却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	部 位	材 料
ハウダリの維持	胴	炭素鋼 (SM41A エポキシ樹脂コーティング (内面))
	鏡板	炭素鋼 (SM41A エポキシ樹脂コーティング (内面))
	マンホール蓋	炭素鋼 (SM41A エポキシ樹脂コーティング (内面))
	マンホール蓋取付ボルト	炭素鋼 (SS41)
機器の支持	支持脚	炭素鋼 (SM41A)
	基礎ボルト	炭素鋼 (SS41)

表2.1-12 原子炉補機冷却系サージタンクの使用条件

最高使用圧力	静水頭
最高使用温度	66℃
内 部 流 体	冷却水 (防錆剤入り)

## 2.1.7 ほう酸水貯蔵タンク

### (1) 構造

ほう酸水貯蔵タンクは、全高3,850 mm、内径3,000 mmのたて置円筒型容器であり、1基設置している。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、点検手入れが可能である。また、ほう酸の析出防止のためタンク内部に電気ヒータおよびスパージャが設置されている。

ほう酸水貯蔵タンクの構造図を図2.1-7に示す。

### (2) 材料および使用条件

ほう酸水貯蔵タンク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	上板
②	胴
③	底板
④	マンホール蓋
⑤	基礎ボルト
⑥	電気ヒータ
⑦	スパージャ

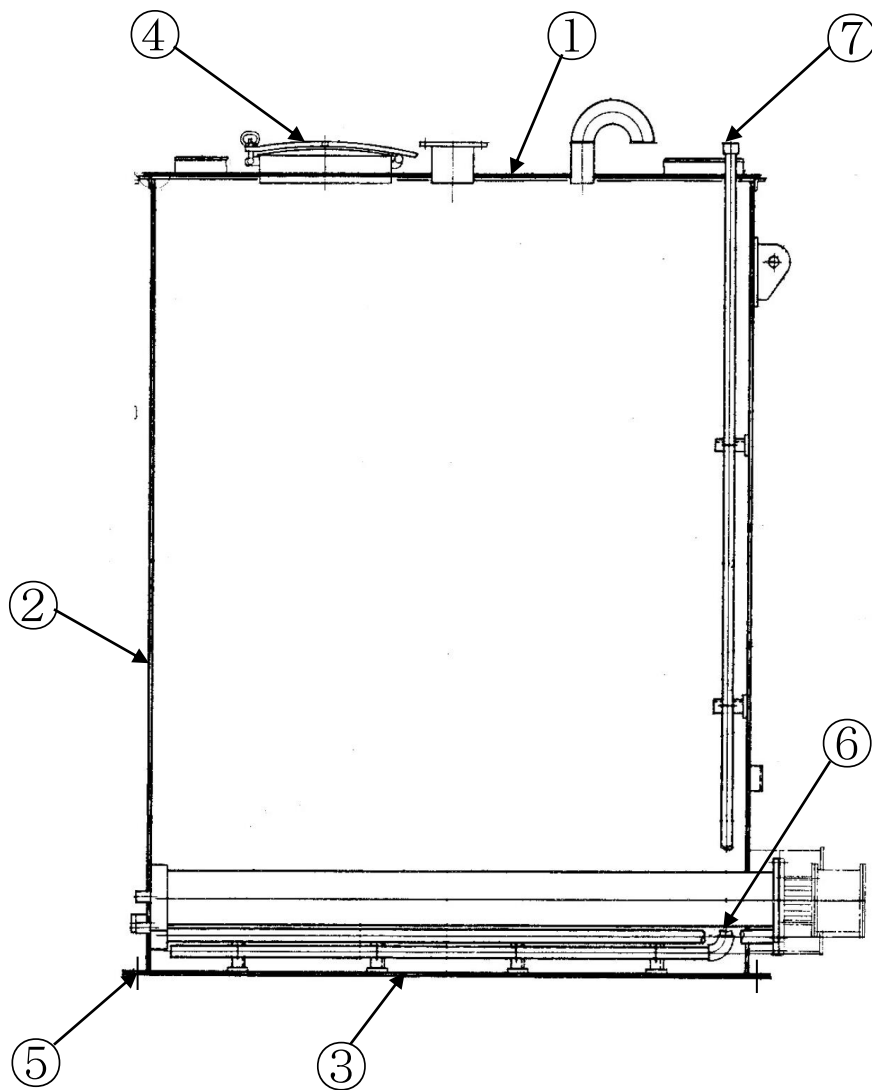


図2.1-7 ほう酸水貯蔵タンク構造図

表2.1-13 ほう酸水貯蔵タンク主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
ハウダリの維持	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	基礎ボルト	炭素鋼 (SS41)
その他	ヒータ (電気ヒータ)	ステンレス鋼 (SUS316LTP)
	スパーージャ	ステンレス鋼 (SUS316LTP)

表2.1-14 ほう酸水貯蔵タンクの使用条件

最高使用圧力	静水頭
最高使用温度	66℃
内 部 流 体	五ほう酸ナトリウム水

## 2.1.8 燃料プール

### (1) 構造

燃料プールは、縦14,000 mm、横13,500 mm、深さ12,070 mmのステンレス鋼内張りプール型容器であり、1基設置している。本体部はステンレス鋼をコンクリートに内張しており、純水を内包している。

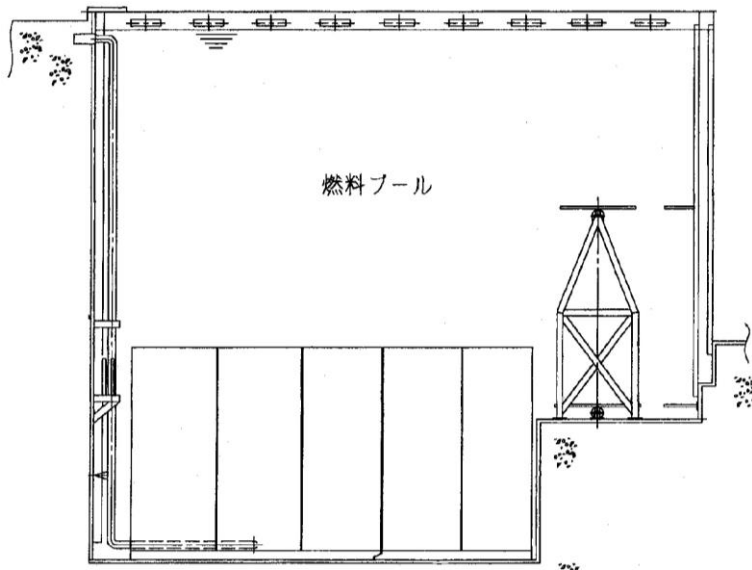
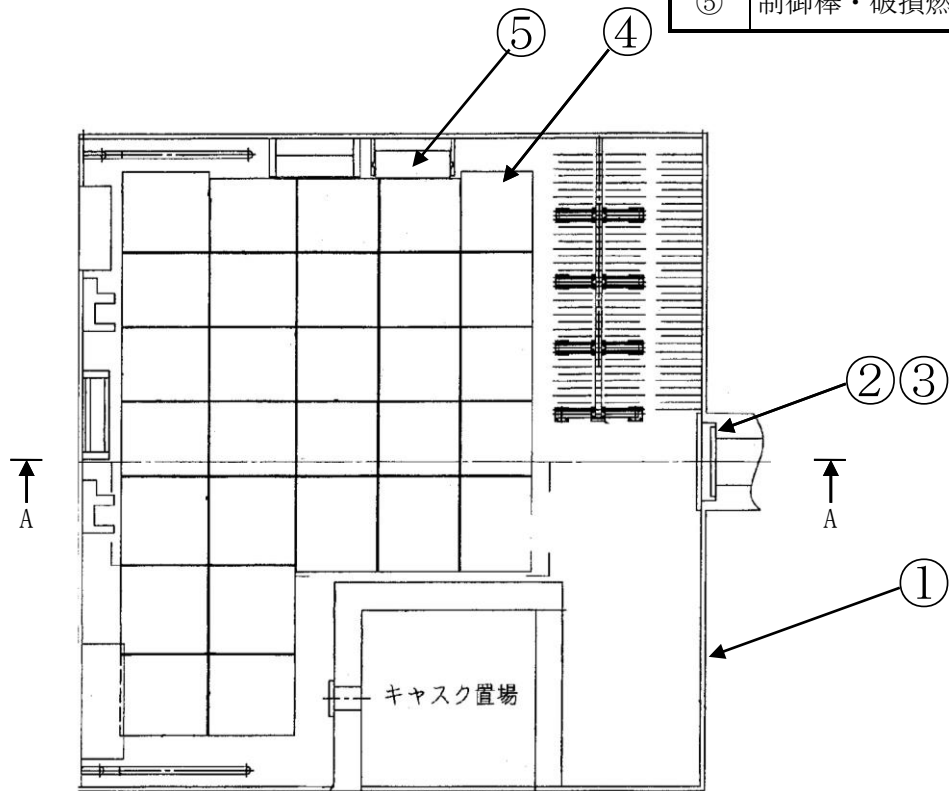
また、プール内には、使用済燃料を貯蔵するための使用済燃料貯蔵ラックおよび原子炉内から取出した制御棒、破損燃料集合体を収納する制御棒・破損燃料貯蔵ラックを設置している。

燃料プールの構造図を図2.1-8に示す。

### (2) 材料および使用条件

燃料プール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	本体
②	ゲート
③	ゲートパッキン
④	使用済燃料貯蔵ラック
⑤	制御棒・破損燃料貯蔵ラック



A-A 断面図

図2.1-8 燃料プール構造図

表2.1-15 燃料プール主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
ハウダリの維持	本体	コンクリート（ステンレス鋼（SUS304）内張）
	ゲート	ステンレス鋼（SUS304）
	ゲートパッキン	（消耗品）
その他	使用済燃料貯蔵ラック	ボロン添加ステンレス鋼
	制御棒・破損燃料貯蔵ラック	ステンレス鋼（SUS304）

表2.1-16 燃料プールの使用条件

最高使用圧力	静水頭
最高使用温度	66℃
内 部 流 体	純水

## 2.1.9 主蒸気隔離弁用アキュムレータ（内側）

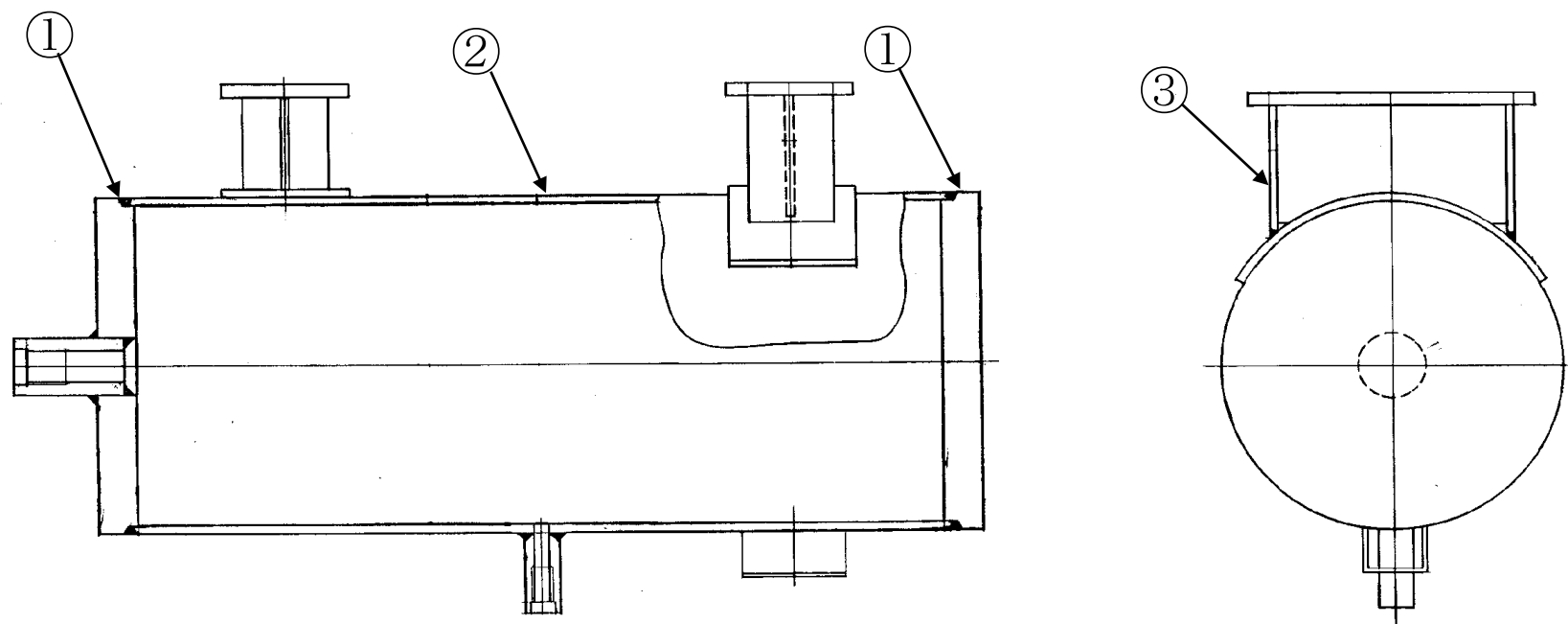
### (1) 構造

主蒸気隔離弁用アキュムレータ（内側）は、全長1,050 mm 内径 400 mmの密閉型の横置円筒型容器であり、4基設置している。胴はステンレス鋼であり、窒素を内包している。

主蒸気隔離弁用アキュムレータ（内側）の構造図を図2.1-9に示す。

### (2) 材料および使用条件

主蒸気隔離弁用アキュムレータ（内側）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	平板
②	胴
③	支持脚

図2.1-9 主蒸気隔離弁用アキュムレータ（内側）構造図

表2.1-17 主蒸気隔離弁用アキュムレータ（内側）主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
ハウダリの維持	平板	ステンレス鋼（SUS304）
	胴	ステンレス鋼（SUS304）
機器の支持	支持脚	炭素鋼（SM41A）

表2.1-18 主蒸気隔離弁用アキュムレータ（内側）の使用条件

最高使用圧力	1.4MPa
最高使用温度	171℃
内 部 流 体	ガス（窒素）



## 2.1.10 水圧制御ユニット（窒素容器）

### (1) 構造

水圧制御ユニット（窒素容器）は、全高1,005 mm、内径229 mmのたて置円筒型であり、137基設置している。

胴は合金鋼であり、窒素を内包している。

水圧制御ユニット（窒素容器）は、制御棒駆動水圧制御ユニットから窒素容器自体を取り外し、内部の確認が可能な構造である。

水圧制御ユニット（窒素容器）の構造図を図2.1-10に示す。

### (2) 材料および使用条件

水圧制御ユニット（窒素容器）の使用材料を表2.1-19に、使用条件を表2.1-20に示す。

No.	部 位
①	胴

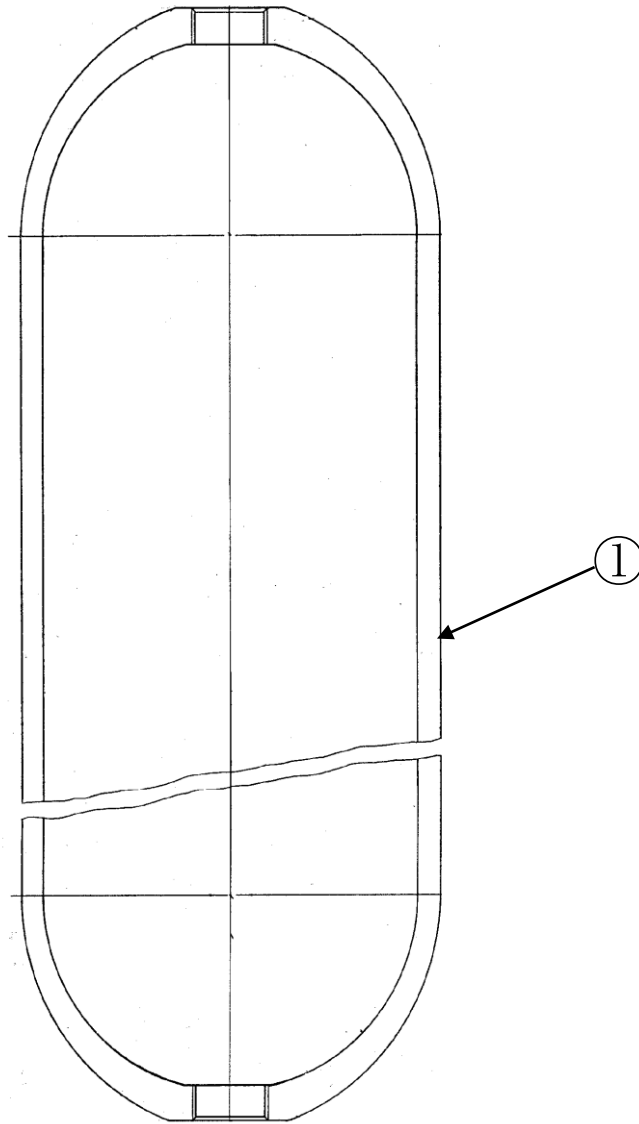


図2.1-10 水圧制御ユニット（窒素容器）構造図

表2.1-19 水圧制御ユニット（窒素容器）主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
ハウダリの維持	胴	合金鋼 (GSTH)

表2.1-20 水圧制御ユニット（窒素容器）の使用条件

最高使用圧力	15.2MPa
最高使用温度	66℃
内 部 流 体	ガス（窒素）

## 2.1.11 水圧制御ユニット（アキュムレータ）

### (1) 構造

水圧制御ユニット（アキュムレータ）は、全高927 mm、内径195 mmの縦置円筒形容器であり、137基設置している。

胴はステンレス鋼であり、窒素および純水を内包している。

水圧制御ユニット（アキュムレータ）は制御棒駆動水圧系水圧制御ユニットより取り外し、エンドキャップを取り外すことにより、点検手入れが可能である。

水圧制御ユニット（アキュムレータ）の構造図を図2.1-11に示す。

### (2) 材料および使用条件

水圧制御ユニット（アキュムレータ）主要部位の使用材料を表2.1-21に、使用条件を表2.1-22に示す。

No.	部 位
①	エンドキャップ
②	胴
③	リング
④	ピストン

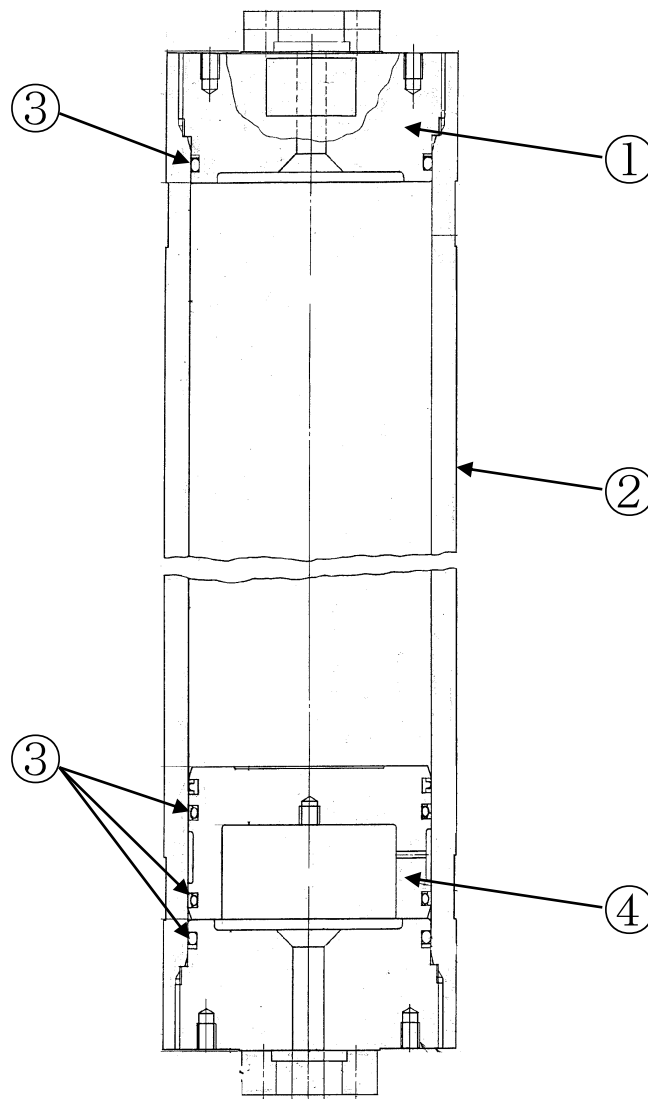


図2.1-11 水圧制御ユニット（アキュムレータ）構造図

表2.1-21 水圧制御ユニット（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	部 位	材 料
ハウダリの維持	エンドキャップ	ステンレス鋼（SUS304）
	胴	ステンレス鋼（SUS304TP）
	リング	（消耗品）
その他	ピストン	アルミニウム合金（A6061FD-T6）

表2.1-22 水圧制御ユニット（アキュムレータ）の使用条件

最高使用圧力	15.2MPa
最高使用温度	66℃
内 部 流 体	ガス（窒素）および純水

## 2.1.12 活性炭式希ガスホールドアップ塔

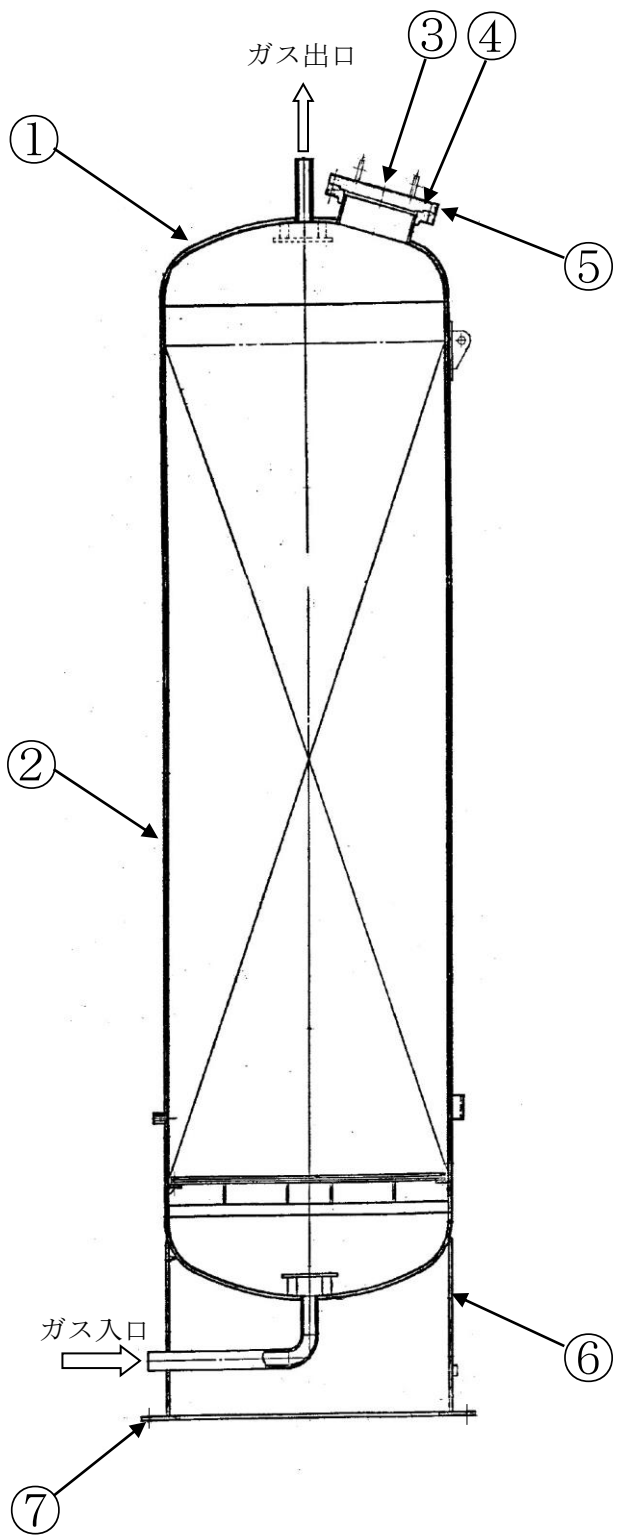
### (1) 構造

活性炭式希ガスホールドアップ塔は、全高6,400 mm、内径1,500 mmの縦置円筒形容器であり、18基設置している。胴は炭素鋼であり、排ガスを内包している。活性炭式希ガスホールドアップ塔は、上部に設置されているフランジカバーを取り外すことにより、点検手入れが可能である。

活性炭式希ガスホールドアップ塔の構造図を図2.1-12に示す。

### (2) 材料および使用条件

活性炭式希ガスホールドアップ塔主要部位の使用材料を表2.1-23に、使用条件を表2.1-24に示す。



No.	部 位
①	鏡板
②	胴
③	フランジカバー
④	フランジボルト
⑤	ガスケット
⑥	スカート
⑦	基礎ボルト

図2.1-12 活性炭式希ガスホールドアップ塔構造図



表2.1-23 活性炭式希ガスホールドアップ塔主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
ハウダリの維持	鏡板	炭素鋼 (SM41A)
	胴	炭素鋼 (SM41A)
	フランジカバー	炭素鋼 (SM41A)
	フランジボルト	低合金鋼 (SCM435)
	ガスケット	(消耗品)
機器の支持	スカート	炭素鋼 (SM41A)
	基礎ボルト	炭素鋼 (SS41)

表2.1-24 活性炭式希ガスホールドアップ塔の使用条件

最高使用圧力	0.3MPa
最高使用温度	66℃
内 部 流 体	ガス (排ガス)

### 2.1.13 第1ベントフィルタスクラバ容器

#### (1) 構造

第1ベントフィルタスクラバ容器は、高さ7,500 mm、内径2,200 mmの縦置円筒形容器であり、4基設置している。胴はステンレス鋼であり、スクラビング水として [REDACTED] [REDACTED]、水酸化ナトリウム水溶液の混合液を内包し、それ以外の気相部は窒素ガスで置換されている。

第1ベントフィルタスクラバ容器の構造図を図2.1-13に示す。

#### (2) 材料および使用条件

第1ベントフィルタスクラバ容器主要部位の使用材料を表2.1-25に、使用条件を表2.1-26に示す。

No.	部 位
①	鏡板
②	胴
③	マンホール平板
④	スカート
⑤	基礎ボルト
⑥	多孔板
⑦	分配管
⑧	メタルファイバーフィルタ

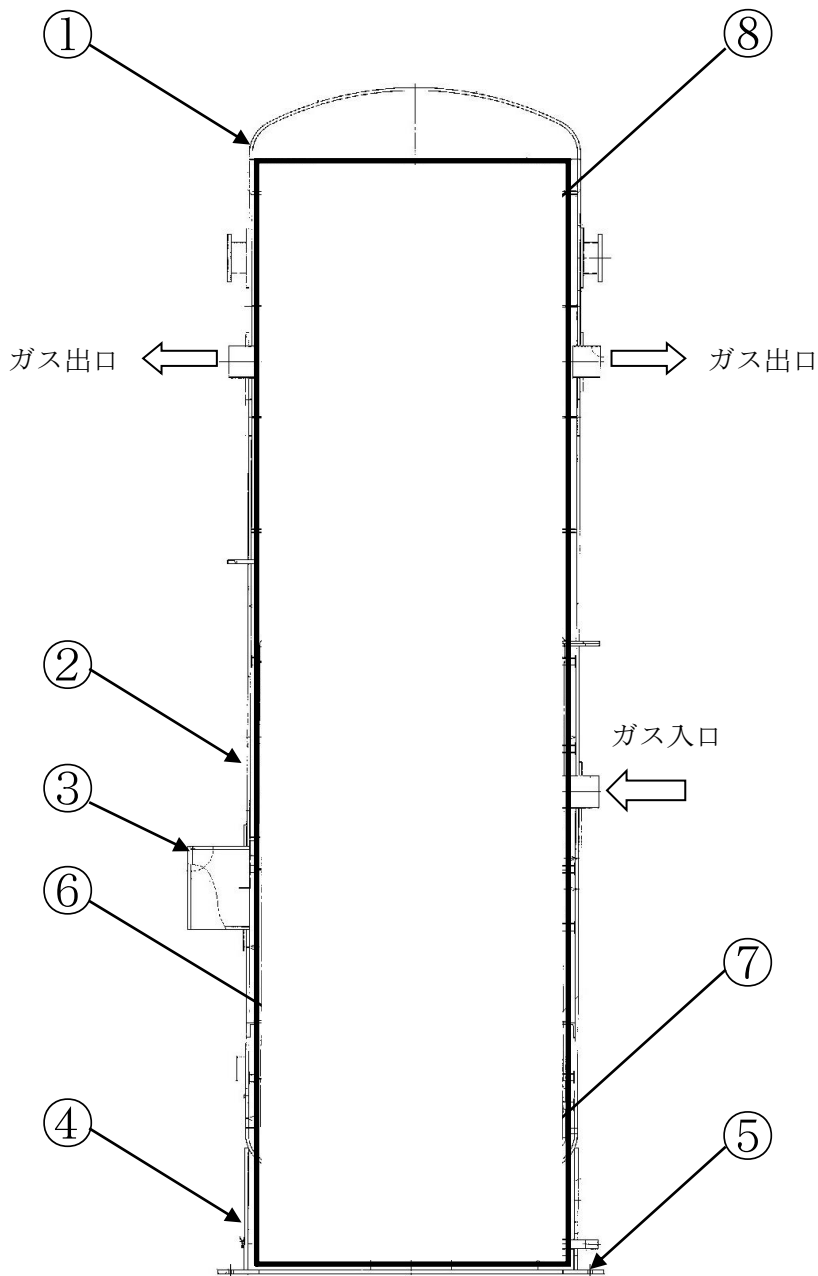


図2.1-13 第1ベントフィルタスクラバ容器構造図

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

表2.1-25 第1ベントフィルタスクラバ容器主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
ハウダリの維持	鏡板	ステンレス鋼 (SUS316L)
	胴	ステンレス鋼 (SUS316L)
	マンホール平板	ステンレス鋼 (SUS316L)
機器の支持	スカート	ステンレス鋼 (SUS304)
	基礎ボルト	低合金鋼 (SNB7)
その他	多孔板	ステンレス鋼 (SUS316L)
	分配管	ステンレス鋼 (SUS316LTP)
	メタルファイバーフィルタ	ステンレス鋼

表2.1-26 第1ベントフィルタスクラバ容器の使用条件

最高使用圧力	0.9MPa	
最高使用温度	200℃	
内 部 流 体	気相部	待機時：ガス（窒素ガス） 事故時：ベントガス
	液相部	スクラビング水 ( <input type="text"/> + 水酸化ナトリウム水溶液)

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

## 2.1.14 復水ろ過脱塩装置ろ過脱塩器

### (1) 構造

復水ろ過脱塩装置ろ過脱塩器は、全高4,775.5 mm、内径1,800 mmのたて置円筒型容器であり、8基設置している。

胴は炭素鋼であり、復水を内包している。復水ろ過脱塩装置ろ過脱塩器は、カバーフランジを取り外すことにより、点検手入れが可能である。

復水ろ過脱塩装置ろ過脱塩器の構造図を図2.1-14に示す。

### (2) 材料および使用条件

復水ろ過脱塩装置ろ過脱塩器主要部位の使用材料を表2.1-27に、使用条件を表2.1-28に示す。

No.	部 位
①	胴
②	フランジ
③	カバーフランジ
④	鏡板
⑤	フランジホルト
⑥	ガスケット
⑦	基礎ホルト
⑧	スカート
⑨	エレメント

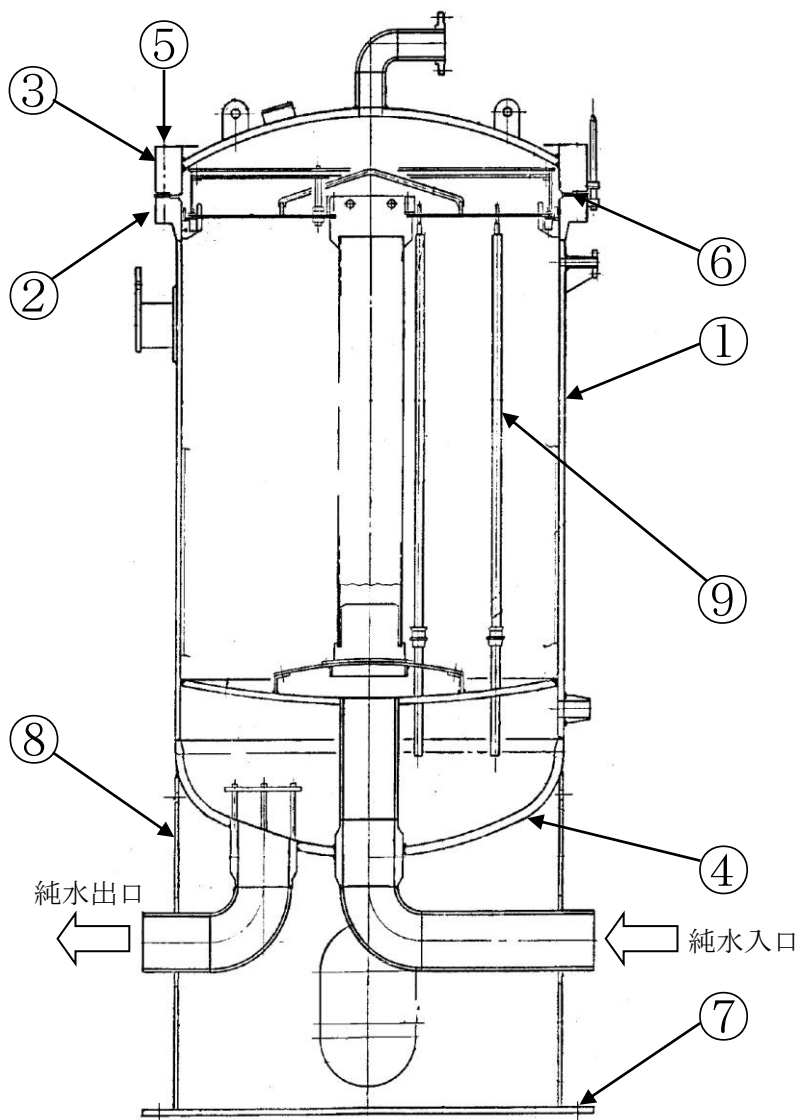


図2.1-14 復水ろ過脱塩装置ろ過脱塩器構造図

表2.1-27 復水ろ過脱塩装置ろ過脱塩器主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
ハウタリの維持	胴	炭素鋼 (SB42 ゴムライニング (内面))
	フランジ	炭素鋼 (SF45A)
	カバーフランジ	炭素鋼 (SF45A)
	鏡板	炭素鋼 (SB42)
	フランジボルト	低合金鋼 (SNB7)
	ガスケット	(消耗品)
機器の支持	基礎ボルト	炭素鋼 (SS41)
	スカート	炭素鋼 (SS41)
その他	エレメント	(消耗品)

表2.1-28 復水ろ過脱塩装置ろ過脱塩器の使用条件

最高使用圧力	1.9MPa
最高使用温度	60℃
内部流体	純水

## 2.1.15 原子炉浄化系ろ過脱塩装置ろ過脱塩器

### (1) 構造

原子炉浄化系ろ過脱塩装置ろ過脱塩器は、全長3,800 mm、内径1,050 mmの円筒型容器であり、2基設置している。

胴はステンレス鋼であり、純水（原子炉冷却材）を内包している。

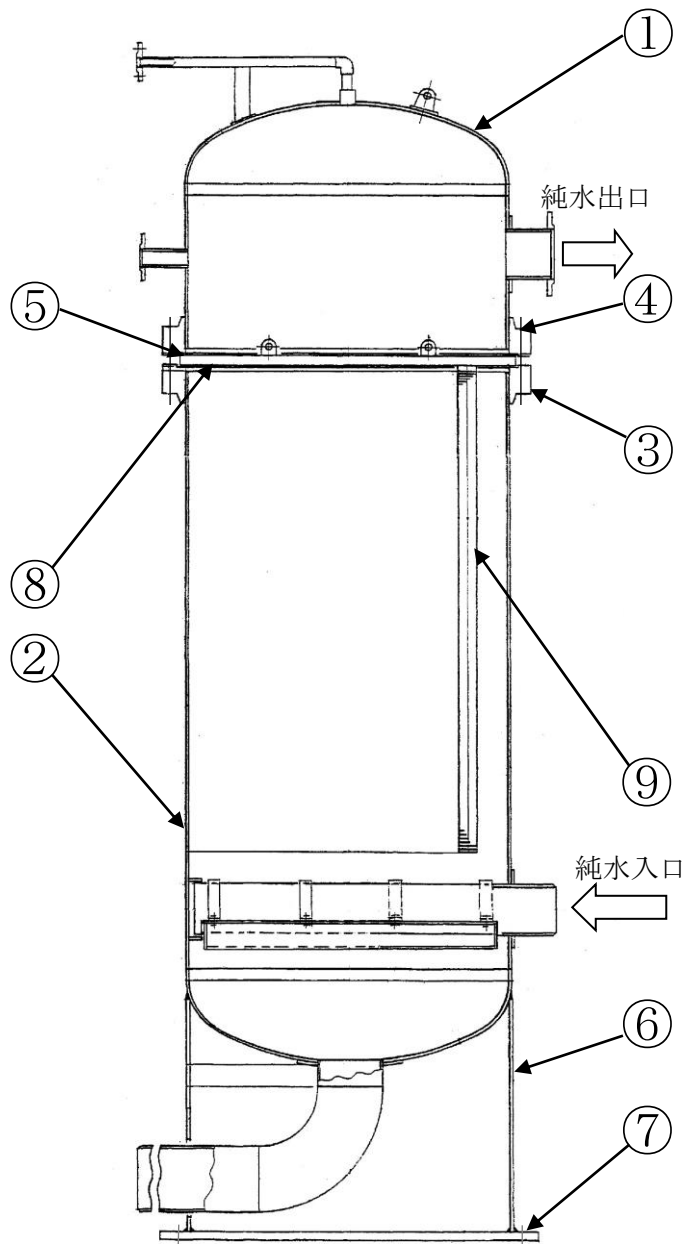
原子炉浄化系ろ過脱塩装置ろ過脱塩器は上部鏡板を取り外すことにより内部の開放が可能である。

原子炉浄化系ろ過脱塩装置ろ過脱塩器の構造図を図2.1-15に示す。

### (2) 材料および使用条件

原子炉浄化系ろ過脱塩装置ろ過脱塩器主要部位の使用材料を表2.1-29に、使用条件を表2.1-30に示す。





No.	部 位
①	鏡板
②	胴
③	フランジ
④	フランジボルト
⑤	ガスケット
⑥	スカート
⑦	基礎ボルト
⑧	管板
⑨	エレメント

図2.1-15 原子炉浄化系ろ過脱塩装置ろ過脱塩器構造図

表2.1-29 原子炉浄化系ろ過脱塩装置ろ過脱塩器主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
ハウダリの維持	鏡板	ステンレス鋼 (SUS304)
	胴	ステンレス鋼 (SUS304)
	フランジ	ステンレス鋼 (SUSF304)
	フランジボルト	低合金鋼 (SNB7)
	ガスケット	(消耗品)
機器の支持	スカート	ステンレス鋼 (SUS304)
	基礎ボルト	炭素鋼 (SS41)
その他	管板	ステンレス鋼 (SUS304)
	エレメント	ステンレス鋼 (SUS304W1)

表2.1-30 原子炉浄化系ろ過脱塩装置ろ過脱塩器の使用条件

最高使用圧力	1.2MPa
最高使用温度	66℃
内 部 流 体	純水

## 2.1.16 原子炉補機海水ストレーナ

### (1) 構造

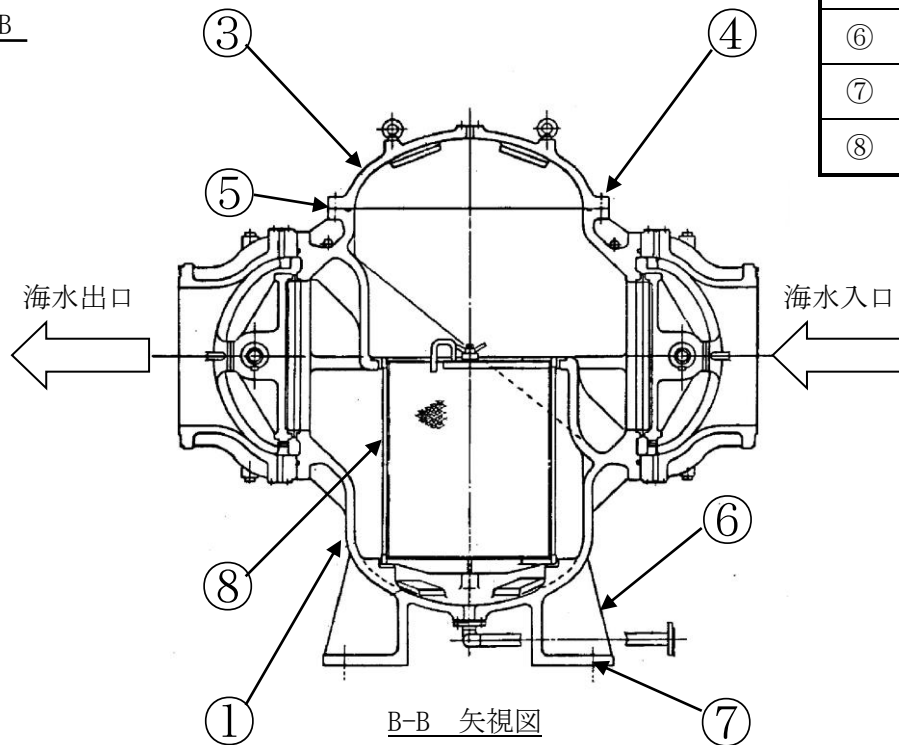
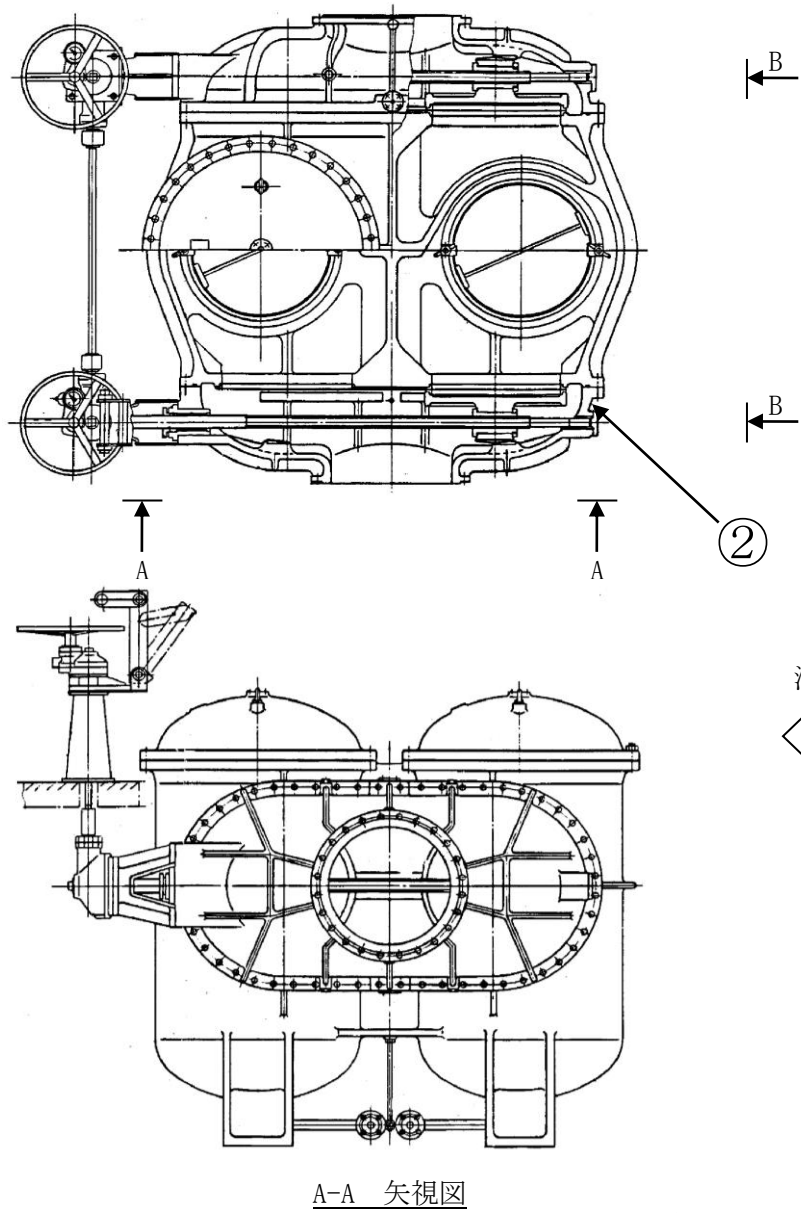
原子炉補機海水ストレーナは、全長2,800 mmのバスケット型ダブルストレーナであり、2基設置している。

胴は炭素鋼鋳鋼であり海水を内包している。原子炉補機海水ストレーナは上部のカバーを取り外すことにより内部の開放が可能である。

原子炉補機海水ストレーナの構造図を図2.1-16に示す。

### (2) 材料および使用条件

原子炉補機海水ストレーナ主要部位の使用材料を表2.1-31に、使用条件を表2.1-32に示す。



No.	部 位
①	ボディ
②	ボンネット
③	カバー
④	フランジボルト
⑤	ガスケット
⑥	支持脚
⑦	基礎ボルト
⑧	バスケット

図2.1-16 原子炉補機海水ストレーナ構造図

表2.1-31 原子炉補機海水ストレーナ主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
ハウダリの維持	ボデー	炭素鋼鋳鋼 (SCPL1 エポキシ樹脂コーティング (内面)) 亜鉛防食板 (消耗品) 付
	ボンネット	炭素鋼鋳鋼 (SCPL1 エポキシ樹脂コーティング (内面)) 亜鉛防食板 (消耗品) 付
	カバー	炭素鋼鋳鋼 (SCPL1 エポキシ樹脂コーティング (内面)) 亜鉛防食板 (消耗品) 付
	フランジボルト	低合金鋼 (SNB7)
	ガスケット	(消耗品)
機器の支持	支持脚	炭素鋼鋳鋼 (SCPL1)
	基礎ボルト	低合金鋼 (SCM435)
その他	バスケット	ステンレス鋼 (SUS316L)

表2.1-32 原子炉補機海水ストレーナの使用条件

最高使用圧力	1.0MPa
最高使用温度	40℃
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

容器の機能は貯蔵機能であり，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
- ③ その他

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

#### (1) 想定される経年劣化事象

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）およ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，消耗品および定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品および定期取替品の扱い

ガスケット，ゲートパッキン，Oリング，エレメントは消耗品であり，長期使用せず取替を前提としていることから，高経年化対策を見極める上で評価対象外とする。

(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（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（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）〔排ガス脱湿塔，排ガス再結合器，原子炉浄化系サージタンク，原子炉補機冷却系サージタンク，ほう酸水貯蔵タンク，活性炭式希ガスホールドアップ塔，第1ベントフィルタスクラバ容器，復水ろ過脱塩装置ろ過脱塩器，原子炉浄化系ろ過脱塩装置ろ過脱塩器，原子炉補機海水ストレーナ〕

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. ボディ等の腐食（孔食，隙間腐食）〔原子炉補機海水ストレーナ〕

原子炉補機海水ストレーナのボディ，ボンネット，カバーは炭素鋼鋳鋼，バスケットはステンレス鋼であり，海水中の塩化物イオンの影響により腐食（孔食，隙間腐食）が発生する可能性がある。

しかし，原子炉補機海水ストレーナは亜鉛板による防食措置が施され，ボディ，ボンネット，カバーについては，エポキシ樹脂コーティングにより腐食を防止しており，腐食が発生する可能性は小さい。また，定期的に見視確認を行い，健全性を確認しており，腐食が認められた場合は，必要により補修等を実施しており，これまで有意な腐食は認められていない。なお，亜鉛板については定期的に取り替を実施している。

したがって，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にくいことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. ボディ等の外面の腐食（全面腐食）〔原子炉補機海水ストレーナ〕

原子炉補機海水ストレーナのボディ，ボンネット，カバー，支持脚は炭素鋼鋳鋼，フランジボルトは合金鋼であり，屋外に設置されていることから，外面に腐食が想定されるが，塗装により腐食を防止しているため，腐食が発生する可能性は小さい。

また，定期的に見視確認を行い，健全性を確認しており，塗装の状態を確認するとともに，必要により補修塗装を実施しており，これまで有意な腐食は認められていない。

したがって，今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから，高経年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. 鏡板，胴等の腐食（全面腐食）〔排ガス脱湿塔，スクラム排水容器，原子炉補機冷却系サージタンク，ほう酸水貯蔵タンク，水圧制御ユニット（窒素容器），活性炭式希ガスホールドアップ塔，第1ベントフィルタスクラバ容器，復水ろ過脱塩装置ろ過脱塩器〕

排ガス脱湿塔の平板，胴およびフランジカバーは炭素鋼であり腐食が想定されるが，外面については，塗装により腐食を防止しているため，腐食が発生する可能性は小さい。内面については，内部流体が除湿された空気であることから，腐食が発生する可能性は小さい。また，定期的に見視確認を行い，健全性を確認しており，これまで有意な腐食は認められていない。



スクラム排水容器の鏡板および胴は炭素鋼であり腐食が想定されるが、外面については塗装により腐食を防止しているため、腐食が発生する可能性は小さい。内面については、通常運転時は内部流体が空気であり腐食が想定されるが、至近の肉厚測定の結果から、有意な減肉は見られなかったため、今後も腐食が発生する可能性は小さい。また、定期的を目視確認を行い、塗装の健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。

原子炉補機冷却系サージタンクの胴、鏡板およびマンホール蓋は炭素鋼であり、腐食が想定されるが、外面については、塗装により腐食を防止しているため、腐食が発生する可能性は小さい。内面については内部流体である冷却水に防錆剤が添加されているため、腐食が発生する可能性は小さい。また、定期的を目視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。

ほう酸水貯蔵タンクの上板、胴、底板、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ため、腐食が想定されるが、ステンレス鋼は低温では一般的にほう酸水に対し耐食性を有しているため、腐食が発生する可能性は小さい。また、定期的を目視確認および肉厚測定を行い、健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。

水圧制御ユニット（窒素容器）の胴は合金鋼であり腐食が想定されるが、内部流体は窒素であり、腐食が発生する可能性は小さい。また、定期的を目視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。

活性炭式希ガスホールドアップ塔の鏡板、胴、フランジカバーは炭素鋼であり腐食が想定されるが、外面については、塗装により腐食を防止しているため、腐食が発生する可能性は小さい。内面については内部流体が除湿された空気であることから腐食が発生する可能性は小さい。また、定期的を目視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。

第1ベントフィルタスクラバ容器の鏡板、胴、マンホール平板、多孔板および分配管（外面）はステンレス鋼であり、内包しているスクラビング水である [ ]、水酸化ナトリウムの混合液と接液することから腐食が想定されるが、ステンレス鋼は一般的に [ ]、水酸化ナトリウムの混合液に対し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、定期的を目視確認を行い、健全性を確認することとしている。

復水ろ過脱塩装置ろ過脱塩器の胴（ライニング施工部）、フランジおよびカバーフランジは炭素鋼であり腐食が想定されるが、外面については塗装により腐食を防止している。純水と接液する胴内面についてはゴムライニングを施工しており、腐食が発生する可能性は小さい。また、定期的を目視確認を行い健全性を確認しておりこれまで有意な腐食は認められていない。ライニング施工部については、ピンホールテストによる点検を行い、健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。なお、ライニングの膨れ、はく離等が認められた場合には補修を行うこととしている。

したがって、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. フランジボルト，マンホール蓋取付ボルトの腐食（全面腐食）〔排ガス脱湿塔，排ガス再結合器，湿水分離器，原子炉補機冷却系サージタンク，活性炭式希ガスホールドアップ塔，復水ろ過脱塩装置ろ過脱塩器，原子炉浄化系ろ過脱塩装置ろ過脱塩器〕

これらの機器のフランジボルト，マンホール蓋取付ボルトは低合金鋼または炭素鋼であり，腐食が想定されるが，定期的に見視確認を行い，健全性を確認しており，これまで有意な腐食は認められていない。

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

f. 支持脚，ハンガ，スカートの腐食（全面腐食）〔排ガス脱湿塔，排ガス再結合器，湿水分離器，原子炉浄化系サージタンク，原子炉補機冷却系サージタンク，主蒸気隔離弁用アキュムレータ（内側），活性炭式希ガスホールドアップ塔，復水ろ過脱塩装置ろ過脱塩器〕

支持脚，ハンガ，スカートは炭素鋼であり腐食が想定されるが，塗装により腐食を防止しているため，腐食が発生する可能性は小さい。また，定期的に見視確認を行い，塗装の状態を確認するとともに，必要に応じ補修塗装を実施しており，これまで有意な腐食は認められていない。

したがって，今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから，高経年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. 鏡板，胴および蓋の粒界型応力腐食割れ〔排ガス再結合器〕

排ガス再結合器の鏡板，胴および蓋はステンレス鋼であり，内部流体が高温のガス（排ガス）であることから，粒界型応力腐食割れが想定されるが，定期的に見視確認および溶接部の超音波探傷試験を行い，健全性を確認しており，これまで有意な割れは確認されていない。

したがって，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にくいことから，高経年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. 鏡板，胴，マンホール蓋，ドレンタンクの腐食（流れ加速型腐食）〔湿水分離器〕

湿水分離器の鏡板，胴，マンホール蓋およびドレンタンクは内部流体が湿分を含む高温の蒸気または純水であることから，流れ加速型腐食による減肉が想定されるが，流れ加速型腐食に対し耐食性に優れた低合金鋼を使用しており腐食が発生する可能性は小さい。また，定期的に見視確認を行い，健全性を確認しており，これまで有意な腐食は認められていない。

したがって，今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから，高経年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〔湿水分離器〕

湿水分離器の埋込金物は炭素鋼であるため，腐食が想定されるが，大気接触部については塗装により腐食を防止しており腐食が発生する可能性は小さい。また，定期的に見視確

認を行い、塗装の状態を確認するとともに、必要に応じ補修塗装を実施することとしており、これまで有意な腐食は認められていない。

コンクリート埋設部については、コンクリートが中性化した場合に腐食が想定されるが、実機コンクリートにおけるサンプリング結果からは中性化は殆ど見られておらず、腐食が発生する可能性は小さい。

したがって、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にくいことから、高経年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. 電気ヒータの絶縁特性低下〔ほう酸水貯蔵タンク〕

ほう酸水貯蔵タンクの電気ヒータはシースヒータであり、絶縁特性の低下が想定されるが、絶縁体がステンレス鋼製パイプ中に納められ、かつシールにより外気から遮断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体への浸入および外気中湿分の絶縁体への浸入による絶縁特性が低下する可能性は小さい。また、定期的に絶縁抵抗測定を行い、健全性を確認しており、これまで有意な絶縁低下は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. 電気ヒータの断線〔ほう酸水貯蔵タンク〕

ほう酸水貯蔵タンクの電気ヒータはシースヒータであり、ニクロム線が使用されている。シースヒータは長期使用に伴い、ヒータON-OFF時に発生する熱伸縮による繰り返し応力による断線が想定されるが、定期的に目視確認および端子間の抵抗測定を行い、健全性を確認しており、これまで有意な抵抗の変化は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. ピストンの腐食（全面腐食）〔水圧制御ユニット（アキュムレータ）〕

水圧制御ユニット（アキュムレータ）のピストンはアルミニウム合金であり、腐食が想定されるが、ピストンに接する流体は窒素および純水であることから、不動態皮膜が形成されるため、腐食が発生する可能性は小さい。また、定期的に目視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. 胴、鏡板の腐食（全面腐食）〔復水ろ過脱塩装置ろ過脱塩器〕

復水ろ過脱塩装置ろ過脱塩器の胴（ライニング未施工部）、鏡板は炭素鋼であり、純水と接液するため腐食が想定されるが、定期的に目視確認および肉厚測定を行い健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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、今後とも経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

a. 本体およびゲートの貫粒型応力腐食割れ〔燃料プール〕

平成12年3月に他プラント（伊方3号炉）において使用済燃料ピットのステンレス鋼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、建設施工時のコーティング表面補修に伴い海塩粒子がステンレス鋼ライニングの裏側に侵入したことが原因と考えられている。

島根2号炉の燃料プールについては、ステンレスライニング構造であり、ゲートの材料はステンレス鋼であるため、海塩粒子の侵入による貫粒型応力腐食割れが想定されるが、施工時に塩分が付着しないよう対策を実施しており貫粒型応力腐食割れが発生する可能性は小さい。また、ライニング表面のプール水接液部については、水質管理された純水であり通常使用温度も40℃以下と低いため、貫粒型応力腐食割れが発生する可能性は小さい。

なお、本事象は施工後、比較的早期に発生するものと考えられ、燃料プール水の有意な水位低下のないことを通常の巡視点検時に確認するとともに、ライニングからの漏洩がないことを検出ラインにより確認しており、これまで漏洩が検出されたことはない。

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にくいことから、高経年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. ボロンの中性子吸収能力の低下〔燃料プール（使用済燃料貯蔵ラック）〕

燃料プール内に設置されている使用済燃料貯蔵ラックの材料は、ボロン添加ステンレス鋼を使用しており長期の使用により中性子吸収に伴うボロンの中性子吸収能力の低下が想定されるが、燃料ラックの未臨界性については、設計時において検討されており通常状態および燃料集合体接近時等の異常状態においても $K_{eff}$ （実行増倍率）は最大で0.95であり、未臨界性は確保されていることが確認されている。これらの評価は安全側の仮定で行った結果であることから、十分な余裕を持って未臨界であると判断できる。また燃料ラックを40年間使用した場合のボロンの劣化量は、初期値の $10^{-5}$ 未満であることが確認されており、核的な減損は無視できるため中性子吸収能力に変化はない。

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にくいことから、高経年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、胴および蓋のクリープ〔排ガス再結合器〕

排ガス再結合器は最高使用温度が420℃であることから、鏡板、胴および蓋にクリープが想定されるが、排ガス再結合器の運転温度は約370℃であり、クリープの発生開始温度である425℃よりも低いためクリープが発生する可能性はない。

したがって、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にくいことから、高経年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 (1/16) 排ガス脱湿塔に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	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		
ハウダリの維持	平板		炭素鋼		△						
	胴		炭素鋼		△						
	フランジボルト		低合金鋼		△						
	フランジカバー		炭素鋼		△						
	ガasket	◎	—								
機器の支持	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 (2/16) 排ガス再結合器に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	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		
ハウダリの維持	鏡板		ステンレス鋼				△*1			▲*2	*1：粒界型応力腐食割れ *2：クリープ
	胴		ステンレス鋼				△*1			▲*2	
	蓋		ステンレス鋼				△*1			▲*2	
	フランジボルト		低合金鋼		△						
機器の支持	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）

▲：高経年化対策上着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 (3/16) 湿分分離器に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	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		
ハウダリの維持	鏡板		低合金鋼		△*1					*1：流れ加速型腐食	
	胴		低合金鋼		△*1						
	マンホール蓋		低合金鋼		△*1						
	マンホール蓋取付ボルト		低合金鋼		△						
	ガスケット	◎	—								
	ドレンタンク		低合金鋼		△*1						
機器の支持	ハンガ		炭素鋼		△						
	埋込金物		炭素鋼		△						
その他	エレメント		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 (4/16) スクラム排水容器に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	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		
ハウダリの維持	鏡板		炭素鋼		△						
	胴		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 (5/16) 原子炉浄化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	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		
ハウダリの維持	鏡板		ステンレス鋼								
	胴		ステンレス鋼								
機器の支持	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 (6/16) 原子炉補機冷却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	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		
ハウダリの維持	胴		炭素鋼*1		△					*1：エポキシ樹脂コーティング	
	鏡板		炭素鋼*1		△						
	マンホール蓋		炭素鋼*1		△						
	マンホール蓋取付ボルト		炭素鋼		△						
	支持脚		炭素鋼		△						
機器の支持	基礎ボルト		炭素鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-1 (7/16) ほう酸水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	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	上板		ステンレス鋼		△						*1：絶縁特性低下 *2：断線
	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	基礎ボルト		炭素鋼		△						
その他	ヒータ（電気ヒータ）		ステンレス鋼							△*1*2	
	スパーンジャ		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 (8/16) 燃料プールに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	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		
バウダリの維持	本体		コンクリート*1				▲*2				*1：ステンレス鋼内張 *2：貫粒型応力腐食割れ *3：ボロンの中性子吸収能力低下
	ゲート		ステンレス鋼				▲*2				
	ゲートパッキン	◎	—								
その他	使用済燃料貯蔵ラック		ボロン添加ステンレス鋼							▲*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（日常劣化管理事象以外）

表2.2-1 (9/16) 主蒸気隔離弁用アキュムレータ (内側) に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	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		
ハウダリの維持	平板		ステンレス鋼								
	胴		ステンレス鋼								
機器の支持	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 (10/16) 水圧制御ユニット（窒素容器）に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	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		
ハウダリの維持	胴		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 (11/16) 水圧制御ユニット（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	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		
ハウタリの維持	エントキャップ		ステンレス鋼								
	胴		ステンレス鋼								
	リング	◎	—								
その他	ピストン		アルミニウム合金		△						

△：高経年化対策上着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 (12/16) 活性炭式希ガスホールドアップ塔に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	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		
ハウダリの維持	鏡板		炭素鋼		△						
	胴		炭素鋼		△						
	フランジカバー		炭素鋼		△						
	フランジボルト		低合金鋼		△						
	ガスケット	◎	—								
機器の支持	スカート		炭素鋼		△						
	基礎ボルト		炭素鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）



表2.2-1 (13/16) 第1ベントフィルタスクラバ容器に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	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		
バウダリの維持	鏡板		ステンレス鋼		△						
	胴		ステンレス鋼		△						
	マンホール平板		ステンレス鋼		△						
機器の支持	スカート		ステンレス鋼								
	基礎ボルト		低合金鋼		△						
その他	多孔板		ステンレス鋼		△						
	分配管		ステンレス鋼		△						
	メタルファイバーフィルタ		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 (14/16) 復水ろ過脱塩装置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	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		
ハウダリの維持	胴		炭素鋼*1		△△*2					*1：ゴムライニング *2：ライニング未施工部	
	フランジ		炭素鋼		△						
	カバーフランジ		炭素鋼		△						
	鏡板		炭素鋼		△						
	フランジボルト		低合金鋼		△						
	ガasket	◎	—								
機器の支持	基礎ボルト		炭素鋼		△						
	スカート		炭素鋼		△						
その他	エレメント	◎	—								

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-1 (15/16) 原子炉浄化系ろ過脱塩装置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	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		
ハウダリの維持	鏡板		ステンレス鋼								
	胴		ステンレス鋼								
	フランジ		ステンレス鋼								
	フランジボルト		低合金鋼		△						
	ガスケット	◎	—								
機器の支持	スカート		ステンレス鋼								
	基礎ボルト		炭素鋼		△						
その他	管板		ステンレス鋼								
	エレメント		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 (16/16) 原子炉補機海水ストレーナに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	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		
ハウタリの維持	ボディ	◎*1	炭素鋼鋳鋼*2		△*3△						*1：亜鉛防食板 *2：エポキシ樹脂コーティング *3：孔食，隙間腐食
	ボンネット	◎*1	炭素鋼鋳鋼*2		△*3△						
	カバー	◎*1	炭素鋼鋳鋼*2		△*3△						
	フランジボルト		低合金鋼		△						
	ガスケット	◎	—								
機器の支持	支持脚		炭素鋼鋳鋼		△						
	基礎ボルト		低合金鋼		△						
その他	バスケット		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）

### 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 原子炉建物機器ドレンサンプタンク
- ② スキマサージタンク
- ③ 高圧炉心スプレイ補機冷却系サージタンク
- ④ 原子炉ウェル
- ⑤ 逃がし安全弁逃がし弁機能用アキュムレータ
- ⑥ 逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータ
- ⑦ 主蒸気隔離弁用アキュムレータ（外側）
- ⑧ 第1ベントフィルタ銀ゼオライト容器
- ⑨ 復水脱塩装置脱塩器
- ⑩ 復水ろ過脱塩装置ストレーナ
- ⑪ 制御棒駆動水フィルタ
- ⑫ 原子炉浄化系脱塩装置脱塩器
- ⑬ 高圧炉心スプレイ補機海水ストレーナ

#### 3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

代表機器と同様に、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）〔原子炉建物機器ドレンサンプタンク，高圧炉心スプレイ補機冷却系サージタンク，第1ベントフィルタ銀ゼオライト容器，復水脱塩装置脱塩器，復水ろ過脱塩装置ストレーナ，原子炉浄化系脱塩装置脱塩器，高圧炉心スプレイ補機海水ストレーナ〕

代表機器と同様に、「機械設備の技術評価書」にて評価を行うものとし、本評価書には含まれていない。

- b. ボディ等の腐食（孔食，隙間腐食）〔高圧炉心スプレイ補機海水ストレーナ〕

代表機器と同様に，高圧炉心スプレイ補機海水ストレーナのボディ，ボンネット，カバーは炭素鋼鋳鋼，バスケットはステンレス鋼であり，海水中の塩化物イオンの影響により腐食（孔食，隙間腐食）が発生する可能性がある。

しかし，高圧炉心スプレイ補機海水ストレーナは亜鉛板による防食措置が施され，ボディ，ボンネット，カバーについてはエポキシ樹脂コーティングにより腐食を防止しており腐食が発生する可能性は小さい。また，定期的を目視確認を行い，健全性を確認しており，腐食が認められた場合は，必要により補修等を実施しておりこれまで有意な腐食は認められていない。なお，亜鉛板については定期的に取り替を実施している。

したがって，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にくいことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- c. ボディ，ボンネット，カバー，フランジボルト，支持脚の外面の腐食（全面腐食）〔高圧炉心スプレイ補機海水ストレーナ〕

代表機器と同様に高圧炉心スプレイ補機海水ストレーナは屋外に設置されており，ボディ，ボンネット，カバー，支持脚は炭素鋼鋳鋼，フランジボルトは合金鋼屋外に設置されていることから，外面に腐食が想定されるが，塗装により腐食を防止しているため，腐食が発生する可能性は小さい。また，定期的を目視確認を行い，健全性を確認しており，塗装の状態を確認するとともに，必要により補修塗装を実施しており，これまで有意な腐食は認められていない。

したがって，今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから，高経年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. 鏡板，胴等の腐食（全面腐食）〔高圧炉心スプレイ補機冷却系サージタンク，復水脱塩装置脱塩器，復水ろ過脱塩装置ストレーナ〕

代表機器と同様に高圧炉心スプレイ補機冷却系サージタンクの胴，鏡板，マンホール蓋は炭素鋼であり腐食が想定されるが，外面については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である冷却水に防錆剤が添加されているため，腐食が発生する可能性は小さい。また，定期的を目視確認を行い，健全性を確認しており，これまで有意な腐食は認められていない。

代表機器と同様に、復水脱塩装置脱塩器の胴（ライニング施工部）およびフランジは炭素鋼であり腐食が想定されるが、外面については塗装により腐食を防止しており、純水と接液する胴内面についてはゴムライニングを施工しており、腐食が発生する可能性は小さい。また、定期的に見視確認を行い健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。ライニング施工部については、ピンホールテストによる点検を行い、健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。なお、ライニングの膨れ、はく離等が認められた場合には補修を行うこととしている。

代表機器と同様に、復水ろ過脱塩装置ストレーナの胴は炭素鋼であり腐食が想定されるが、外面については塗装により腐食を防止しており、内面については、定期的に見視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。

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

e. フランジボルト、マンホール蓋取付ボルトの腐食（全面腐食）〔高圧炉心スプレイ補機冷却系サージタンク、復水脱塩装置脱塩器、復水ろ過脱塩装置ストレーナ、制御棒駆動水フィルタ〕

フランジボルト、マンホール蓋取付ボルトは炭素鋼または低合金鋼であり、腐食が想定されるが、定期的に見視確認を行っており、これまで有意な腐食は認められていない。

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

f. 支持脚、スカート（全面腐食）〔原子炉建物機器ドレンサンプタンク、高圧炉心スプレイ補機冷却系サージタンク、逃がし安全弁逃がし弁機能用アキュムレータ、逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータ、復水脱塩装置脱塩器、復水ろ過脱塩装置ストレーナ〕

代表機器と同様に、支持脚、スカートは炭素鋼であり腐食が想定されるが、塗装により腐食を防止しており、腐食が発生する可能性は小さい。また、定期的に見視確認を行い、塗装の状態を確認するとともに、必要に応じ補修塗装を行っており、これまで有意な腐食は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. 鏡板、胴の粒界型応力腐食割れ〔原子炉建物機器ドレンサンプタンク〕

代表機器と同様に、原子炉建物機器ドレンサンプタンクの鏡板、胴はステンレス鋼であり内部流体は高温の純水であるため、粒界型応力腐食割れが想定されるが、タンク内部に冷却器を設置していることから、粒界型応力腐食割れが発生する可能性は小さい。

また、定期的に見視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な割れは確認されていない。

したがって、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にくいことから、高経年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. 胴，鏡板の腐食（全面腐食）〔復水脱塩装置脱塩器〕

復水脱塩装置脱塩器の胴（ライニング未施工部），鏡板は炭素鋼であり，純水と接液するため腐食が想定されるが，定期的に目視確認および肉厚測定を行い健全性を確認しており，これまで有意な腐食は認められていない。

したがって，今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから，高経年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. ステンレス鋼ライニングの貫粒型応力腐食割れ〔原子炉ウェル〕

代表機器と同様に，ステンレス鋼ライニングには，ライニング施工時に海塩粒子がステンレス鋼ライニングの裏側に侵入したことが原因と考えられる貫粒型応力腐食割れが想定されるが，施工時には塩分が付着しないよう対策を実施しており貫粒型応力腐食割れが発生する可能性は小さい。また，ライニング表面のプール水接液部については水質管理された純水に接液していることから，貫粒型応力腐食割れが発生する可能性は小さい。

なお，原子炉ウェルは通常気中環境であり，満水となる定期事業者検査における燃料交換時には原子炉ウェルの水位に有意な低下がないことを確認するとともに，ウェルライニングからの漏えいは検出ラインにより検知可能でありこれまで漏えいが検出されたことはない。

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にくいことから，高経年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. 原子炉压力容器

[対象機器]

- 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, 材料および使用条件	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の抽出	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	2-14

## 1. 対象機器

島根2号炉で使用している原子炉圧力容器の仕様を表1-1に示す。

表1-1 原子炉圧力容器の仕様

機器名称 (基数)	重要度*1	使用条件	
		最高使用圧力(MPa)	最高使用温度(°C)
原子炉圧力容器(1)	PS-1, 重*2	9.0	304

\*1：最上位の重要度を示す。

\*2：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器および構造物であることを示す。

## 2. 原子炉圧力容器の技術評価

### 2.1 構造，材料および使用条件

#### (1) 構造

原子炉圧力容器は，たて形円筒形容器であり1基設置している。

原子炉圧力容器は，円筒胴，上鏡，下鏡，ノズル，ブラケットおよ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履歴を表2.1-1に，構造図を図2.1-1に，部位名称を表2.1-2に示す。

#### (2) 材料および使用条件

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17回定期事業者検査 (2011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17回定期事業者検査 (2011年度)	応力腐食割れ対策
ジェットポンプ計測ノズル(N9)貫通部シール	第17回定期事業者検査 (2011年度)	応力腐食割れ対策

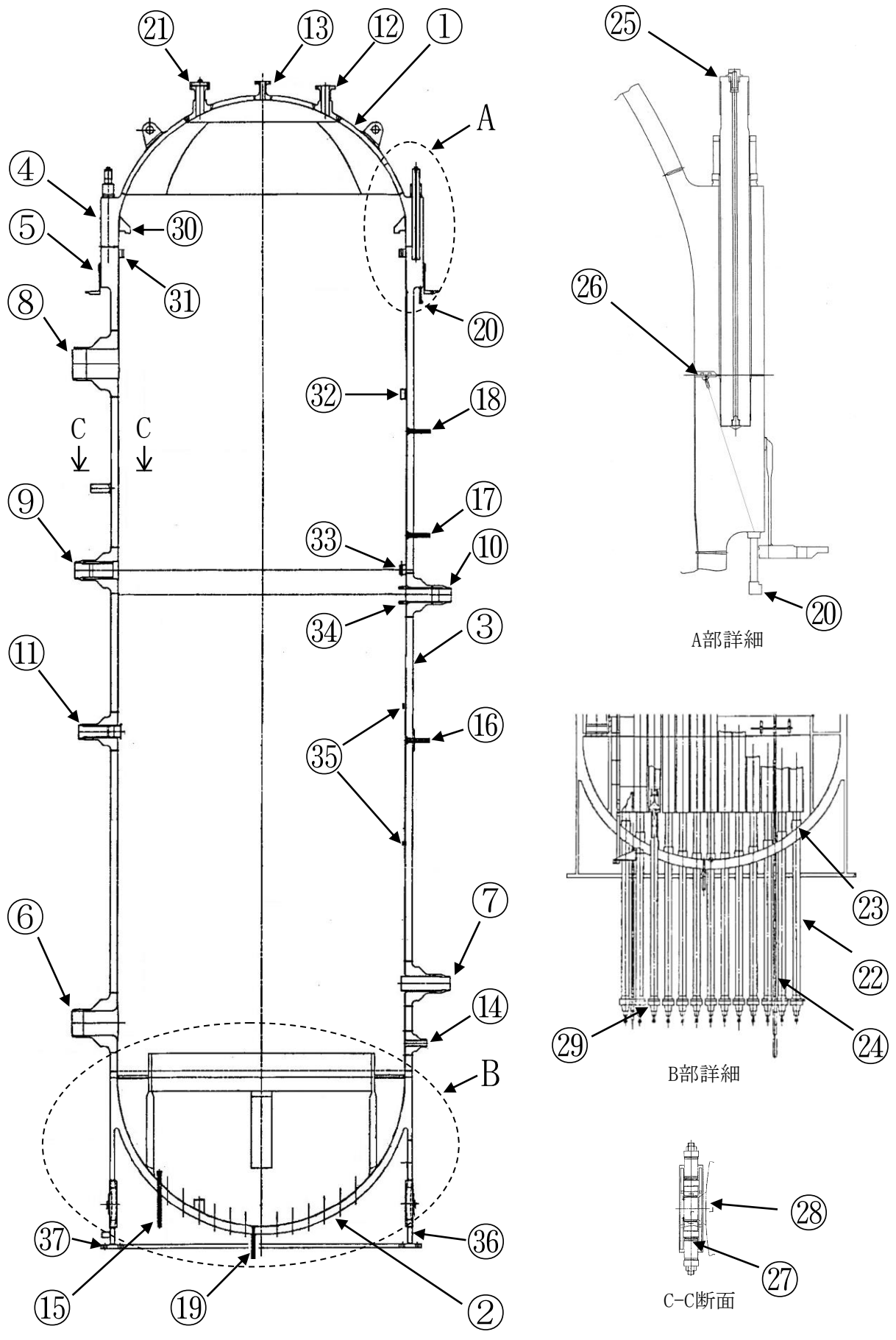


图2. 1-1 原子炉压力容器構造図

表2.1-2 原子炉圧力容器部位名称

No.	部位	No.	部位
①	上鏡	⑳	漏えい検出ノズル(N17)
②	下鏡	㉑	予備ノズル(N18)
③	円筒胴	㉒	制御棒駆動機構ハウジング
④	上蓋フランジ	㉓	制御棒駆動機構スタブチューブ
⑤	胴体フランジ	㉔	炉内計装ハウジング
⑥	再循環水出口ノズル(N1)	㉕	スタットボルト
⑦	再循環水入口ノズル(N2)	㉖	Oリング
⑧	主蒸気ノズル(N3)	㉗	スタビライザ
⑨	給水ノズル(N4)	㉘	スタビライザブラケット
⑩	炉心スプレインズル(N5, N16)	㉙	ハウジングサポート
⑪	低圧注水ノズル(N6)	㉚	トライヤホルダダウブラケット
⑫	上蓋スプレインズル(N7)	㉛	ガイトロットブラケット
⑬	計測およびベントノズル(N8)	㉜	トライヤ支持ブラケット
⑭	ジェットポンプ計測ノズル(N9)	㉝	給水スパーギャブラケット
⑮	ほう酸水注入および炉心差圧計測ノズル(N11)	㉞	炉心スプレイブラケット
⑯	計測ノズル(N12)	㉟	監視試験片支持ブラケット
⑰	計測ノズル(N13)	㊱	支持スカート
⑱	計測ノズル(N14)	㊲	基礎ボルト
㉑	ドレンノズル(N15)		

表2.1-3 原子炉圧力容器主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料	
バウンダリの維持	上鏡, 円筒胴	低合金鋼 (SQV2A)	
	下鏡	低合金鋼 (SFVQ1A)	
	主フランジ (上蓋フランジ, 胴体フランジ)	低合金鋼 (SFVQ1A)	
	ノズル	N1~N9, N16, N18	低合金鋼 (SFVQ1A)
		N11~N14	高ニッケル合金 (NCF600-B)
		N15, N17	炭素鋼 (SFVC2B)
	セーフエント	N1, N2, N11~N14	ステンレス鋼 (SUSF316)
		N3~N6, N16	炭素鋼 (SFVC2B)
	貫通部シール	N9	ステンレス鋼 (SUSF316)
	エルボ	N17	炭素鋼 (SFVC2B)
	制御棒駆動機構ハウジング		ステンレス鋼 (SUSF316 (M))
	制御棒駆動機構スタブチューブ		高ニッケル合金 (NCF600-B)
	炉内計装ハウジング		ステンレス鋼 (SUS316TP, SUSF316)
スタットホルト		低合金鋼 (SNB24-3)	
リング		(消耗品)	
機器の支持	スタビライザ	炭素鋼 (SF50A) 低合金鋼 (SNCM439)	
	スタビライザブラケット	低合金鋼 (SQV2A)	
	ブラケット (カイトロッド, トライヤ支持, 給水スライダ, 炉心スプレイ, 監視試験片支持)	ステンレス鋼 (SUSF316)	
	ブラケット (トライヤホルトダウン)	炭素鋼 (SGV49)	
	支持スカート	低合金鋼 (SQV2A)	
	基礎ホルト	低合金鋼 (SNCM439)	
	ハウジングサポート	炭素鋼 (S30C)	



表2.1-4 原子炉压力容器炉心領域部材料の化学成分  
 (中性子照射脆化に影響を与える成分) (単位：質量%)

区分	Si	P	Ni	Cu
母材	0.26	0.003	0.67	0.01
溶接金属 <sup>*1</sup>	0.23	0.009	0.97	0.03

\*1：溶接方法はミグ溶接。

表2.1-5 原子炉压力容器の使用条件

最高使用圧力	9.0 MPa
最高使用温度	304 °C
内部流体	純水・蒸気 (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

原子炉圧力容器の機能であるバウンダリ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の抽出

#### (1) 想定される経年劣化事象

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（内部流体、圧力、温度等）およ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。

#### (2) 消耗品および定期取替品の扱い

Oリングは消耗品であり、長期使用せず取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 (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 (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. 円筒胴の中性子照射脆化
- b. ノズル等の疲労割れ [上鏡, 円筒胴, 下鏡, 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，給水ノズルおよび上鏡内面等の腐食（全面腐食および流れ加速型腐食）  
ステンレス鋼合金クラッドが内面に施されていない主蒸気ノズル，給水ノズルおよび上鏡内面等は，低合金鋼等が高温流体に接しているため，腐食（全面腐食および流れ加速型腐食）が想定される。

給水ノズル，炉心スプレイノズルおよび低圧注水ノズルはサーマルスリーブ構造であり，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，計測およびベントノズル，ドレンノズル，予備ノズル，上鏡の内面，主フランジ（上蓋フランジ）の内面およびドライヤ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，流れ加速型腐食が発生する可能性は小さいが，低合金鋼等が高温流体に接しているため全面腐食が想定される。

また，蒸気が高速で流れる主蒸気ノズルは流れ加速型腐食が想定される。

しかしながら，原子炉圧力容器については定期事業者検査時の漏えい検査により，上鏡の内面，主フランジ（上蓋フランジ）の内面およびドライヤホールドダウンブラケットについては目視確認により，計画的に健全性を確認している。

したがって，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にくいことから，高経年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. ステンレス鋼および高ニッケル合金使用部位（母材，溶接部）の粒界型応力腐食割れ〔ほう酸水注入および炉心差圧計測ノズル，計測ノズル，制御棒駆動機構ハウジング，制御棒駆動機構スタブチューブ，炉内計装ハウジング〕

ほう酸水注入および炉心差圧計測ノズル，計測ノズル，制御棒駆動機構ハウジング，制御棒駆動機構スタブチューブおよび炉内計装ハウジングについては，ステンレス鋼または高ニッケル合金であり，粒界型応力腐食割れが想定される。

しかしながら，制御棒駆動機構ハウジングおよび炉内計装ハウジングについては目視確認により，ほう酸水注入および炉心差圧計測ノズル，計測ノズルおよび制御棒駆動機構スタブチューブについては，定期事業者検査時の漏えい確認により，計画的に健全性を確認している。

したがって，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にくいことから，高経年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. ブラケットの粒界型応力腐食割れ〔ガイドロッド，ドライヤ支持，給水スパージャ，炉心スプレイ，監視試験片支持〕

ブラケット（ガイドロッド，ドライヤ支持，給水スパージャ，炉心スプレイおよび監視試験片支持）については，ステンレス鋼であり，粒界型応力腐食割れが想定される。

しかしながら，ブラケットについては，定期的な目視確認を実施しており，これまで有意な欠陥は確認されていない。

したがって，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にくいことから，高経年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. ステンレス鋼使用部位（母材，溶接部）の粒界型応力腐食割れ〔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〕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およびジェットポンプ計装ノズル貫通部シールはステンレス鋼であり，高温の純水環境中にあるため，粒界型応力腐食割れが想定されるが，第17回定検時（2011年度）に高周波誘導加熱処理により残留応力改善を行っており，粒界型応力腐食割れが発生する可能性は小さい。

また，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およびジェットポンプ計装ノズル貫通部シールについては，計画的に超音波探傷試験および浸透探傷試験を実施しており，これまで有意な欠陥は確認されていない。

したがって，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にくいことから，高経年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，スタッドボルトについては，原子炉開放時に目視確認を実施しており，これまで有意な腐食は確認されていない。

したがって，今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから，高経年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は地震時のみ摺動する構造であり，発生回数が少ないことから摩耗が発生する可能性は小さい。

また，スタビライザについては，目視確認を実施しており，有意な欠陥は確認されていない。

したがって，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にくいことから，高経年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. スタビライザ，スタビライザブラケット，ハウジングサポートおよび支持スカート  
の腐食（全面腐食）

スタビライザ，スタビライザブラケット，ハウジングサポートおよび支持スカートは，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，スタビライザブラケット，ハウジングサポートおよび支持スカートについては，目視確認を実施しており，これまで有意な腐食は確認されていない。

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

h. スタビライザおよびスタビライザブラケットの疲労割れ

スタビライザおよびスタビライザブラケットは原子炉圧力容器の水平サポートであり、疲労割れが想定されるが、地震時のみ摺動する構造であることから、疲労割れが発生する可能性は小さい。

また、スタビライザおよびスタビライザブラケットについては、目視確認を実施しており、これまで有意な欠陥は確認されていない。

したがって、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にくいことから、高経年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. 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腐食が想定されるが、露出部については通常運転時に窒素ガス雰囲気中にあり、また、コンクリート埋設部は、コンクリートが中性化した場合に腐食が想定されるが、実機コンクリートにおけるサンプリング結果では中性化はほとんど確認されておらず、腐食が発生する可能性は小さい。

また、基礎ボルトについては、定期的を目視確認しており、これまでに有意な腐食は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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									
バウダリの維持	耐圧	上鏡		低合金鋼		△	○					*1：内面ステンレス鋼クラッドまたは内面高ニッケル合金クラッド *2：中性子照射脆化 *3：主蒸気ノズル内面の流れ加速型腐食 *4：給水ノズル内面等の全面腐食 *5：粒界型応力腐食割れ *6：摺動部 *7：ドライホールダウンブラケットの全面腐食							
		円筒胴		低合金鋼*1			○			○*2									
		下鏡		低合金鋼*1			○												
		主フランジ（上蓋フランジ、胴体フランジ）		低合金鋼*1		△	○												
		ノズル、セーフメント、貫通部シール、エルボ		炭素鋼，低合金鋼		炭素鋼，低合金鋼*1	△*3,4	○											
														炭素鋼，低合金鋼*1		○			
														ステンレス鋼，高ニッケル合金		○	△*5		
		ハウジング、スタブチューブ		ステンレス鋼，高ニッケル合金				△*5											
	スタッドボルト		低合金鋼		△	○													
シール	Oリング	◎	—																
機器の支持	支持	スタビライザ、スタビライザブラケット		炭素鋼，低合金鋼	△*6	△	△												
		ハウジングサポート		炭素鋼		△													
		支持スカート		低合金鋼		△	○												
		ブラケット		炭素鋼		△*7													
				ステンレス鋼				△*5											
		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（日常劣化管理対象）

## 2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

### (1) 円筒胴の中性子照射脆化

#### a. 事象の説明

中性子の照射を受けると金属材料は非常に微小な欠陥（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。原子炉压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、材料中の銅、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的に低くなっている。

以上より、円筒胴は中性子照射脆化が発生する可能性があることから、経年劣化に対する評価が必要である。

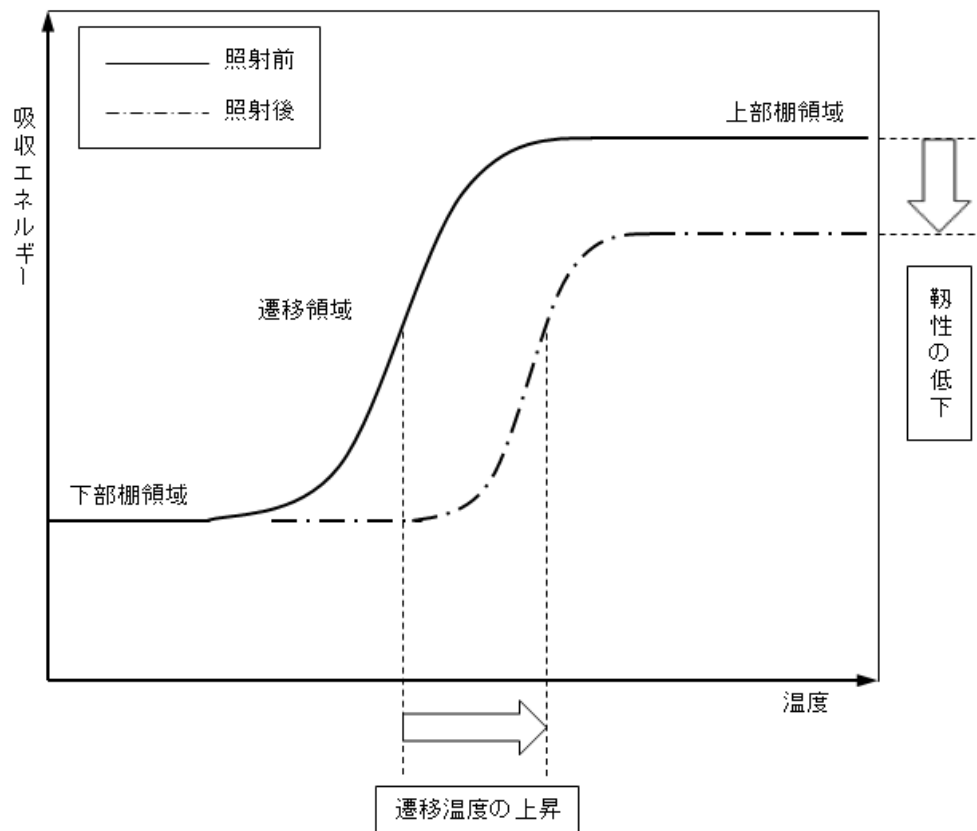


図2.3-1 中性子照射による機械的性質（靱性）の変化



## b. 技術評価

### (a) 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、炉心領域の円筒胴である。円筒胴内表面の中性子照射量<sup>\*1</sup>は、2015年7月末時点<sup>\*2</sup>で $1.32 \times 10^{18}$  n/cm<sup>2</sup> (>1 MeV) , 運転開始後60年時点で $3.23 \times 10^{18}$  n/cm<sup>2</sup> (>1 MeV) 程度と評価される。

また、評価に用いる板厚1/4深さ位置での中性子照射量<sup>\*3</sup>は、2015年7月末時点<sup>\*2</sup>で $9.9 \times 10^{17}$  n/cm<sup>2</sup> (>1 MeV) , 運転開始後60年時点で $2.42 \times 10^{18}$  n/cm<sup>2</sup> (>1 MeV) 程度と評価される。

\*1：第2回監視試験片の中性子照射量実測値と、2次元輸送計算コードDORTにより算出した監視試験片位置と胴内表面との中性子束の比率に基づき算出

\*2：中性子照射量については、2012年1月のプラント停止より中性子照射が停止し、それ以降の中性子照射の累積がないことから、2012年1月時点での中性子照射量とする。

\*3：第2回監視試験片の中性子照射量実測値と、2次元輸送計算コードDORTにより算出した監視試験片位置と板厚1/4深さ位置との中性子束の比率に基づき算出

本項では島根2号炉の監視試験結果と日本電気協会「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。)及び日本電気協会「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。)に基づいた評価を示す。

なお、JEAC4201「監視試験の対象」である相当運転期間末期の最大中性子照射量が容器内面で $1.0 \times 10^{17}$  n/cm<sup>2</sup> (>1 MeV) を超えると予測される炉心領域近傍には、運転開始後60年時点において、低圧注水ノズルが含まれるが、その中性子照射量は $6.28 \times 10^{17}$  n/cm<sup>2</sup> (>1 MeV) 程度と評価されるため、中性子照射脆化に対する健全性評価は、円筒胴を代表に実施する。

定期事業者検査で行う漏えい試験は、比較的温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、漏えい試験時には原子炉圧力容器の最低使用温度を守るよう運転管理を行っている。

次に、JEAC4206においては、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で最も問題となるのは加圧熱衝撃(PTS)事象であることから、PTS事象の影響を確認する。

ここで、島根2号炉は沸騰水型軽水炉(BWR-5)であり、原子炉は飽和圧力・飽和温度の関係にあることから、温度の低下に伴い圧力は低下するため、高圧(高い応力がかかった状態)のまま低温になることはない。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、サーマルスリーブを経てシュラウド内に注水されること、また、炉水スプレイ系はシュラウド内に設置された炉心スプレイスパーチャヘッダから注水されることから、いずれも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ことから、PTS事象は発生しない<sup>\*4</sup>。なお、設計基準事故時に原子炉圧力容器内の温度低下率が一番厳しいとされている「原子炉冷却材喪失事故」に対して、60年運転を想定した48EFPY時点での破壊靱性を評価した結果、中性子照射脆化を考慮し関連温度移行量(脆化量)が増加しても、静的平面ひずみ破壊靱性値( $K_{IC}$ )は応力拡大係数( $K_I$ )

に対して十分な裕度があることが確認されている\*5。国内BWR-5プラントの供用状態Dにおける原子炉圧力容器の評価結果を図2.3-2に示す。

重大事故等時においても静的平面ひずみ破壊靱性値が応力拡大係数を上回ることを評価する。圧力または熱応力の観点で温度変化が大きい方が厳しい評価となるが、重大事故等時に想定される事故シーケンスにおける温度変化率が「原子炉冷却材喪失事故」に包絡されていることを確認した。したがって、重大事故等時においても、静的平面ひずみ破壊靱性値は応力拡大係数を十分上回ると評価する。

\*4：(財)発電設備技術検査協会，溶接部等熱影響部信頼性実証試験に関する調査報告書[原子炉圧力容器加圧熱衝撃試験][総まとめ版]，平成4年3月，P20-26

\*5：梶田他，「沸騰水型原子炉圧力容器の過渡事象における加圧熱衝撃の評価」，日本保全学会第10回学術講演会，2013.7

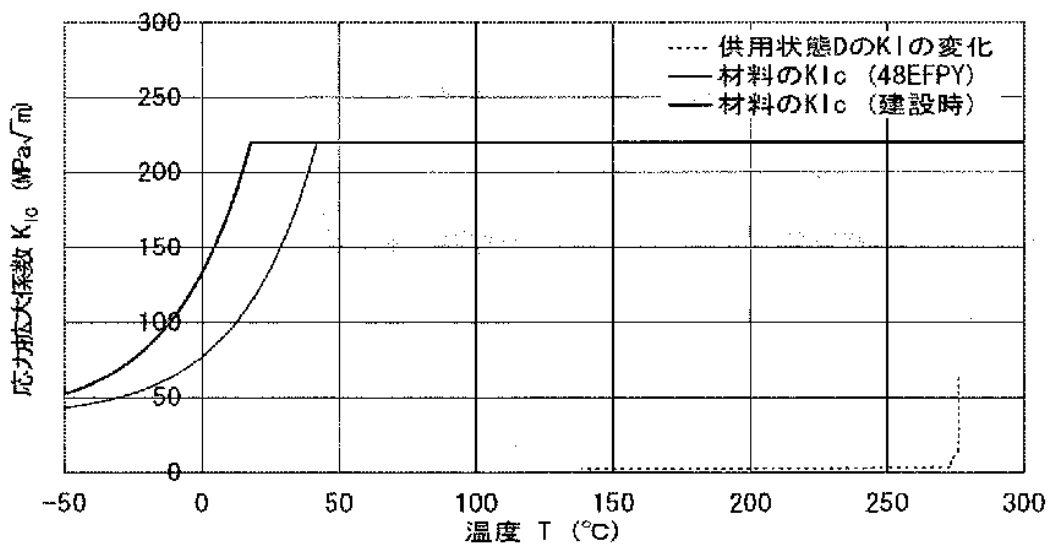


図2.3-2 供用状態Dにおける原子炉圧力容器の加圧熱衝撃評価 (BWR-5)

#### ①最低使用温度

現在までの監視試験結果を表2.3-1に示す。

JEAC4201により求めた関連温度移行量の予測値と測定値は，図2.3-3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，JEAC4206ならびにJEAC4201により求めた2015年7月末時点および運転開始後60年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2015年度7月末時点で $-14^{\circ}\text{C}$ 程度，運転開始後60年時点で $-14^{\circ}\text{C}$ 程度となる。その際の円筒胴の最低使用温度は，破壊力学的検討により求めた $T-RT_{NDT}$ を踏まえると，2015年度7月末時点で $8^{\circ}\text{C}$ 程度，運転開始後60年時点で $9^{\circ}\text{C}$ 程度となる。

また，運転開始後60年時点を考慮した場合の炉心臨界時および耐圧・漏えい試験時の圧力-温度制限線曲線を求め健全性を評価した結果，図2.3-4に示すとおり設定可能であることを確認した。

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低下について、JEAC4201附属書B「中性子照射による関連温度移行量及び上部棚吸収エネルギー減少率の予測」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溶接金属であり、2015年7月末時点で167J、運転開始後60年時点で164Jとなっている。

いずれの場合もJEAC4206で要求されている68 Jを上回っている。

表2.3-1 監視試験結果

監視試験	中性子照射量 ( $\times 10^{17}$ n/cm <sup>2</sup> , E > 1 MeV)	関連温度(°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	-53	-40	212	207	219
第1回(加速)	10.6 (約22EFPY*1)	-43	-59	-24	228	210	211
第2回(炉壁1)	2.6 (約5.5EFPY*1)	-51	-61	-43	227	209	223

\*1：監視試験片位置の中性子束から、設備利用率100 %として原子炉压力容器内表面に換算した場合の照射年数

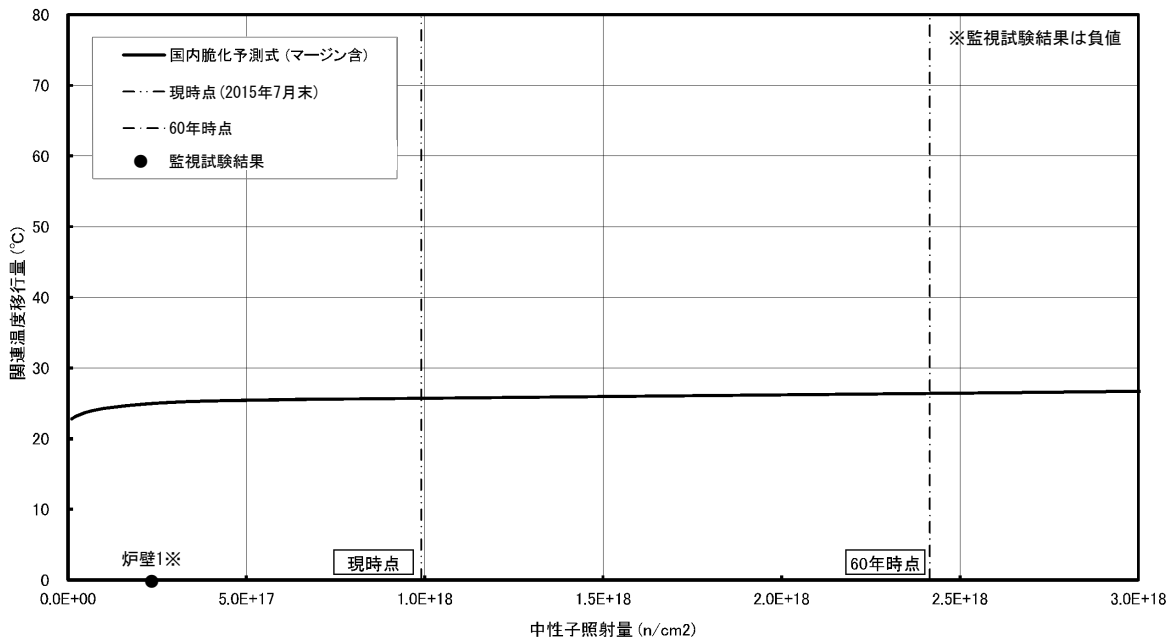


図2.3-3 関連温度移行量の予測値と測定値 (マージン有り)

表2.3-2 関連温度の予測値

評価時期	材料	関連温度の初期値 (°C)	関連温度の移行量*1 (°C)	関連温度 (°C)	T-RT <sub>NDT</sub> *2 (°C)	最低使用温度*3 (°C)
2015年7月末時点	母材	-40	26	-14	22	8
	溶接金属	-53	26	-27		
	熱影響部	-40	26	-14		
運転開始後60年時点	母材	-40	26	-14		9
	溶接金属	-53	27	-26		
	熱影響部	-40	26	-14		

\*1：原子炉圧力容器内表面から板厚1/4深さでの予測値。

\*2： $K_{IC} = 36.48 + 22.78 \exp[0.036(T - RT_{NDT})]$  (JEAC4206 A-3222) より、

$$T - RT_{NDT} = 1 / 0.036 \times \ln[(K_{IC} - 36.48) / 22.78]$$

要求温度Tは、 $K_I$ が $K_{IC}$ を超えない $T - RT_{NDT}$ として、上式に耐圧試験時 (  MPa) の応力拡大係数 $K_I = 86.9 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}$ を代入し算出

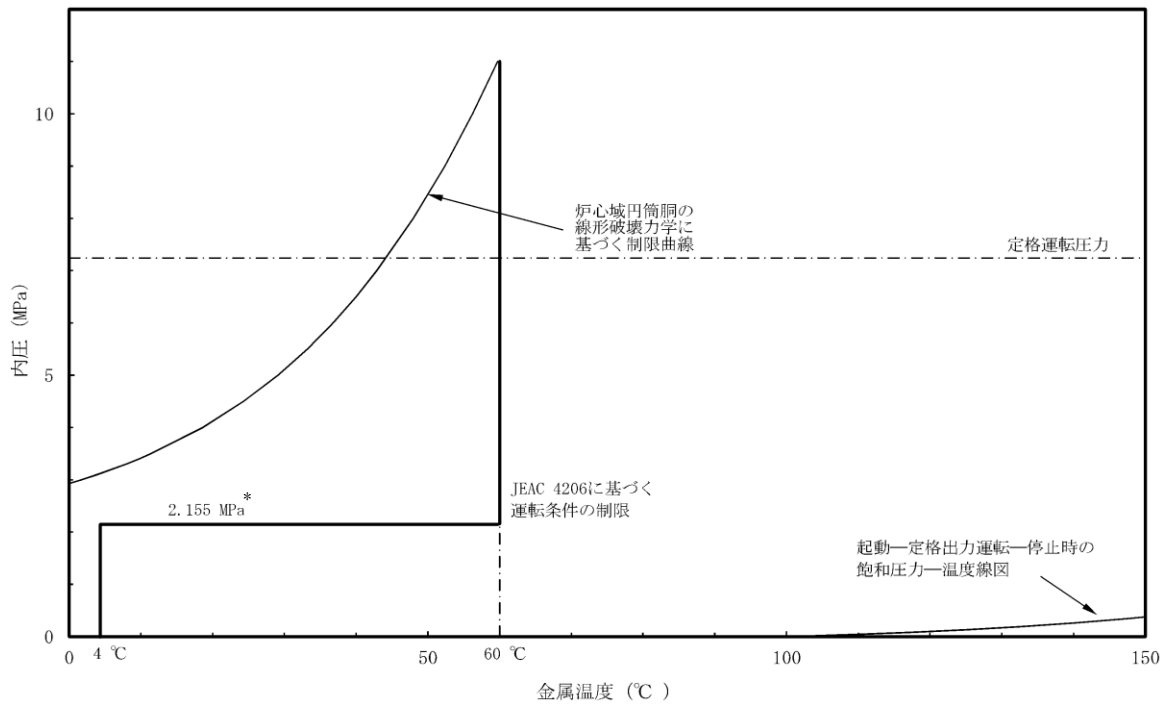
\*3：計算結果の小数第1位を切り上げ処理した値を記載しているため、表中の記載値で計算した値と一致しないことがある

表2.3-3 上部棚吸収エネルギーの予測値

評価時期	上部棚吸収エネルギー*1 (単位：J)		
	母材	溶接金属	熱影響部
2015年7月末時点	180	167	186
運転開始後60年時点	178	164	183

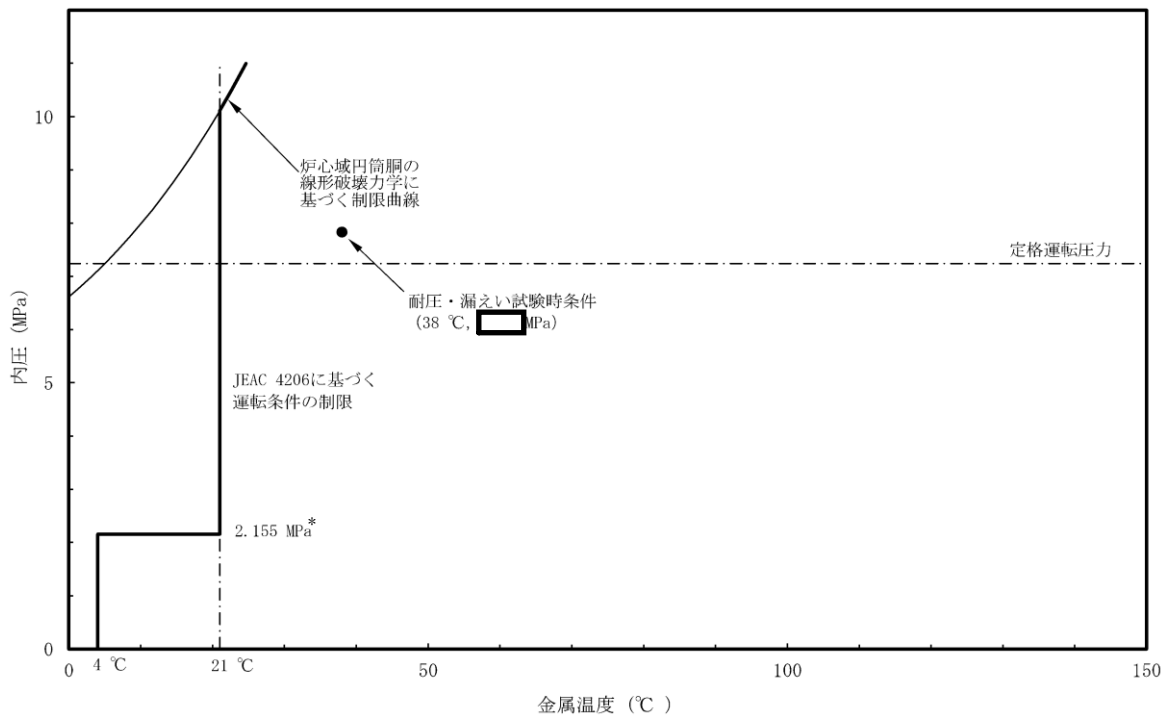
\*1：原子炉圧力容器内表面から板厚1/4深さでの予測値。

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。



\* : 供用前の耐圧試験圧力の20% ((最高使用圧力8.62MPa) × (供用前耐圧1.25倍) × (20%) = 2.155MPa)

図2.3-4 (1/2) 原子炉圧力容器の圧力-温度制限線図 (運転開始後60年時点, 炉心臨界時)



\* : 供用前の耐圧試験圧力の20% ((最高使用圧力8.62MPa) × (供用前耐圧1.25倍) × (20%) = 2.155MPa)

図2.3-4 (2/2) 原子炉圧力容器の圧力-温度制限線図 (運転開始後60年時点, 耐圧・漏えい試験時)

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

(b) 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。)およびJEAC4201に基づいて計画的に監視試験を実施し、破壊靱性の将来の変化を予測している。

監視試験結果から、JEAC4206に基づく最低使用温度により漏えい試験を実施しており、全4セット中2セットを取り出し済である。

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試験および漏えい試験を実施し、有意な欠陥のないことを確認している。

(c) 総合評価

健全性評価結果から、円筒胴(炉心領域部)の中性子照射脆化が問題となる可能性は小さい。今後も適切な時期に監視試験を実施し、破壊靱性の変化を把握するとともに、JEAC4201の脆化予測式に基づき、漏えい試験時の最低使用温度を管理していくことにより60年の健全性は維持できると判断する。

ただし、円筒胴(炉心領域部)の中性子照射脆化について、今後も計画的に監視試験を実施して健全性評価の妥当性を確認する必要がある。

c. 高経年化への対応

円筒胴(炉心領域部)の中性子照射脆化に対しては、JEAC4201に基づき計画的に監視試験を実施し、定期的に超音波探傷試験および漏えい試験を実施していく。

また、監視試験結果から、JEAC4206に基づき耐圧・漏えい試験温度を設定していく。

なお、健全性評価の結果から円筒胴(炉心領域部)の中性子照射脆化が原子炉の安全性に影響を及ぼす可能性はないと考えるが、今後の原子炉の運転サイクル・照射量を勘案して第3回監視試験の実施計画を策定する。

(2) ノズル等の疲労割れ〔上鏡, 円筒胴, 下鏡, 主フランジ, ノズル, スタッドボルト, 支持スカート〕

a. 事象の説明

上鏡, 円筒胴, 下鏡, 主フランジ, ノズル, スタッドボルトおよび支持スカートについては, プラントの起動・停止時等の熱過渡を受けることになるため, 繰返しにより疲労が蓄積する可能性がある。

b. 技術評価

(a) 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(上蓋フランジおよび胴体フランジ), スタッドボルト, 原子炉圧力容器の自重が加わる下鏡および支持スカートを選択し, 設計建設規格に基づき評価を実施した。

疲労評価は, 運転実績に基づいた2015年7月末時点の過渡回数と, 今後も同様な運転を続けたと仮定して推定した運転開始後60年時点の過渡回数を用いて行った。評価対象部位を図2.3-4に, 評価用過渡条件を表2.3-4に示す。

また, 一次冷却材と接液する給水ノズルおよび下鏡については, 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。

その結果, 表2.3-5のとおり運転開始後60年時点の疲れ累積係数は許容値を下回っており, 60年間の運転において, 疲労割れが問題となる可能性はないと判断する。

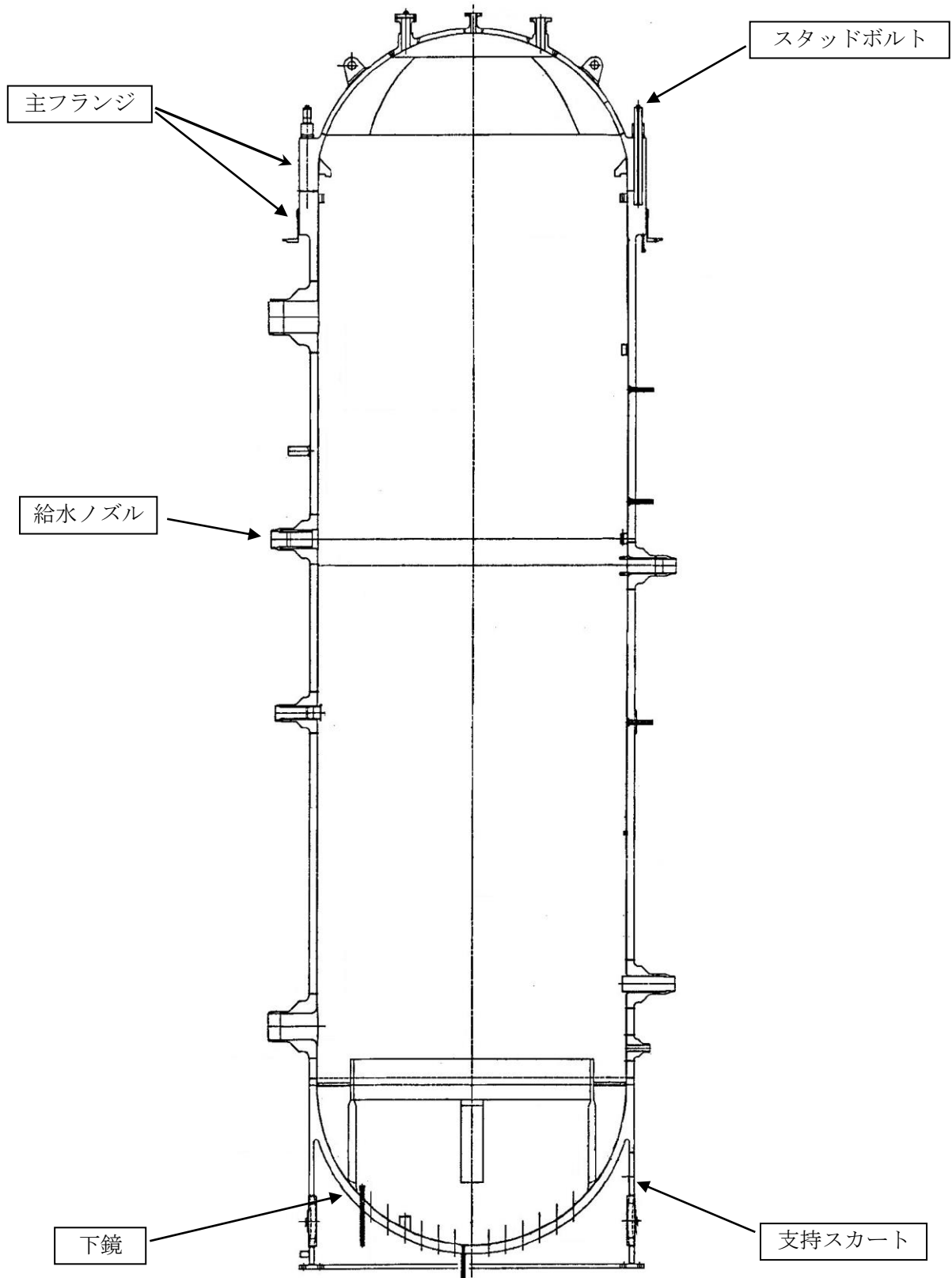


図2.3-4 原子炉圧力容器 疲労評価対象部位



表2.3-4 原子炉压力容器 評価用過渡条件

運転条件	2015年7月末時点			運転開始後60年時点		
	主フランジ スタッドボルト	下鏡 支持スカート	給水 ノズル	主フランジ スタッドボルト	下鏡 支持スカート	給水 ノズル
ボルト締付け	20	0	0	45	0	0
耐圧試験 (最高使用圧力以下)	24	24	24	55	55	55
起動 (昇温)	36	36	36	74	74	74
起動 (タービン起動)	36	36	36	74	74	74
夜間低出力運転 (出力 75%)	0	0	40	0	0	81
週末低出力運転 (出力 50%)	0	0	34	0	0	84
制御棒パターン変更	0	0	58	0	0	143
給水加熱機能喪失 (発 電機トリップ)	0	0	0	0	1	1
給水加熱機能喪失 (給 水加熱器部分バイパス)	0	0	0	0	0	1
スクラム (タービントリップ)	1	1	1	2	2	2
スクラム (その他のスクラム)	4	4	4	7	7	7
停止 (タービン停止)	36	36	36	74	74	74
停止 (高温待機)	36	36	36	74	74	74
停止 (冷却)	36	36	36	74	74	74
停止 (容器満水)	36	36	36	74	74	74
停止 (満水後冷却)	36	36	36	74	74	74
ボルト取外し	21	0	0	46	0	0
スクラム (原子炉給水ポン プ停止)	0	0	0	1	1	1
スクラム (逃がし安全弁誤 作動)	0	0	0	1	1	1

表2.3-5 原子炉圧力容器の疲労評価結果

部位	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
	2015年7月末時点	運転開始後 60年時点	運転開始後 60年時点
主フランジ	0.004	0.008	-
スタッドボルト	0.180	0.383	-
給水ノズル	0.045	0.094	0.411
下鏡	0.004	0.007	0.332
下鏡（支持スカート との接合部）	0.110	0.231	-
支持スカート	0.003	0.005	-

(b) 現状保全

原子炉圧力容器およびスタッドボルトに対しては、供用期間中検査にて超音波探傷試験を実施し、健全性を確認している。また供用期間中検査にて漏えい試験を行い、耐圧部の健全性を確認している。

(c) 総合評価

健全性評価結果より、ノズル等の疲労割れが評価期間において問題となる可能性はなく、60年の健全性は維持できると判断する。

ただし、疲労評価は実績過渡回数に依存するため、今後も実績過渡回数を把握し評価する必要がある。

c. 高経年化への対応

ノズル等の疲労割れに対しては、実績過渡回数の確認を継続的に実施し、運転開始後60年時点の推定過渡回数を上回らないことを確認する。

### 3. 原子炉格納容器

[対象機器]

- 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

島根2号炉で使用している原子炉格納容器は、本体および貫通部に大きく分かれ、形式等でグループ化すると3つのグループに分類されるため、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

[対象機器]

- ① 原子炉格納容器本体

## 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, 材料および使用条件	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の抽出	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	3.1-7
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価	3.1-12

1. 対象機器

島根2号炉で使用している原子炉格納容器の仕様を表1-1に示す。

表1-1 原子炉格納容器の仕様

機器名称 (基数)	重要度*1	使用条件			
		最高使用圧力(MPa)		最高使用温度(°C)	
		ドライウェル	サブプレッションチェンバ	ドライウェル	サブプレッションチェンバ
原子炉格納容器 本体(1)	MS-1, 重*2	0.9 (内圧) 0.01 (外圧)	0.9 (内圧) 0.01 (外圧)	200	200

\*1：最上位の重要度を示す。

\*2：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器および構造物であることを示す。

## 2. 原子炉格納容器の技術評価

### 2.1 構造, 材料および使用条件

#### (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, 上下部半球胴部円筒形で原子炉圧力容器および原子炉再循環系等を取り囲むドライウエル, 円環状で内部に純水を保有しているサプレッションチェンバおよび機器を支持する支持構造物等から構成されている。

ドライウエルおよびサプレッションチェンバの外表面(コンクリート埋設部は除く), 内表面とも鋼板に塗装を施している。

原子炉格納容器の構造図を図2.1-1に示す。

#### (2) 材料および使用条件

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。



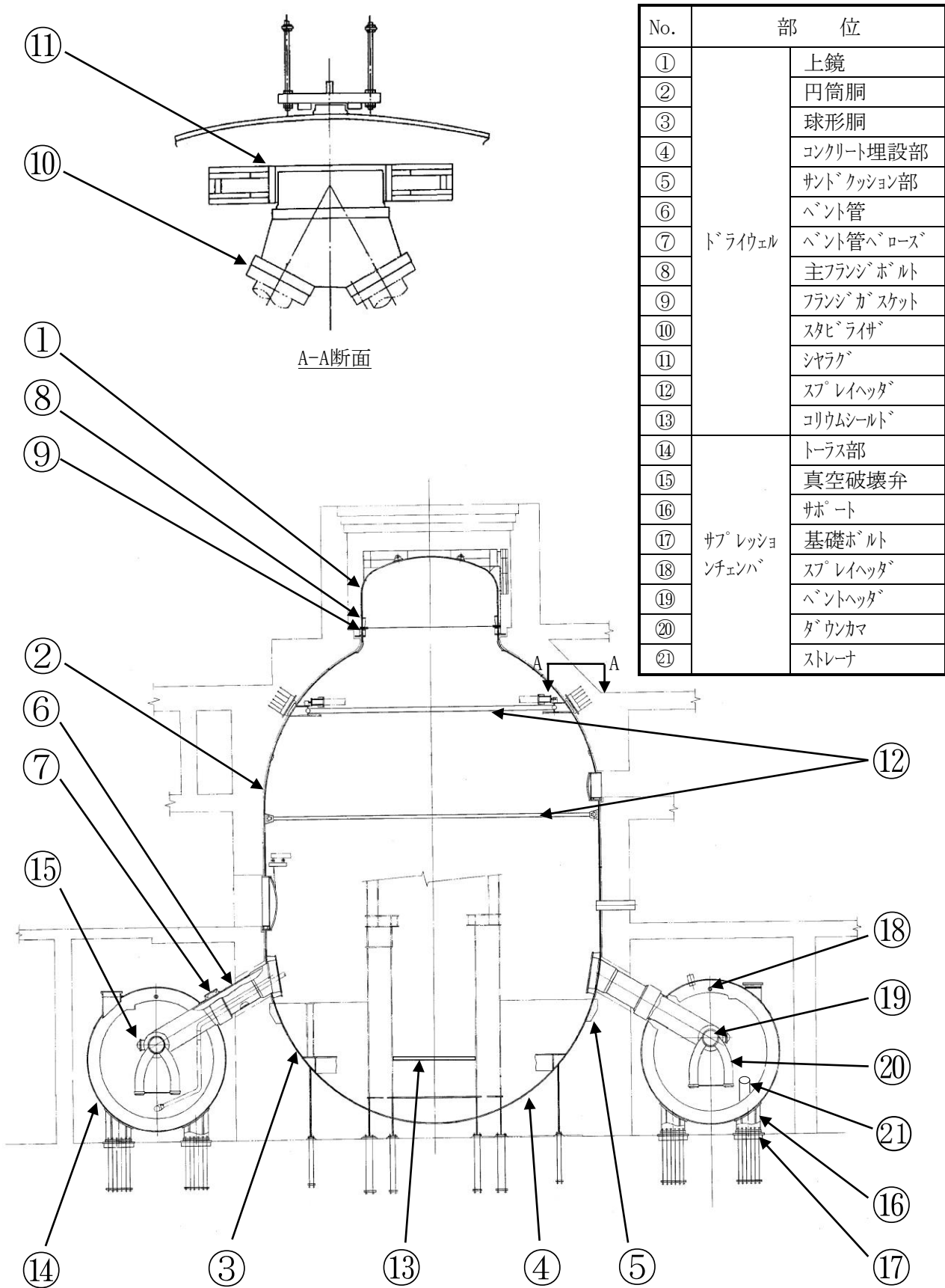


図2. 1-1 原子炉格納容器構造図

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	部 位	材 料	
バウンダリの維持	ドライウエル	上鏡, 円筒胴, 球形胴	炭素鋼(SGV49, SPV50)
		コンクリート埋設部	炭素鋼(SGV49, SPV50)
		サントクッション部	炭素鋼(SPV50)
		ベント管	炭素鋼(SGV49)
		ベント管ベローズ	ステンレス鋼(SUS304)
		主フランジボルト	低合金鋼(SNCM439)
		フランジガasket	(消耗品)
機器の支持	ドライウエル	スタビライザ	炭素鋼(STS42, SGV49) 低合金鋼(SNCM439)
		シヤラク	炭素鋼(SGV49)
その他	ドライウエル	スプレイヘッド	炭素鋼(STS42)
		コリウムシールド	ジルコニア
バウンダリの維持	サブレクションチェンバ	トラス部	炭素鋼(SPV50)
機器の支持		真空破壊弁	炭素鋼(SGV49)
		サポート	炭素鋼(SGV49)
その他		基礎ボルト	低合金鋼(SNCM439)
		スプレイヘッド	炭素鋼(STS42)
		ベントヘッド	炭素鋼(SGV49)
		ダウンカム	炭素鋼(SGV49)
	ストレナ	ステンレス鋼(SUS304, SUS304L, SUS316L)	

表2.1-2 原子炉格納容器の使用条件

	ドライウエル	サブレクションチェンバ
最高使用圧力	0.9 MPa (内圧) 0.01 MPa (外圧)	0.9 MPa (内圧) 0.01 MPa (外圧)
最高使用温度	200 °C	200 °C
内部流体	窒素(N <sub>2</sub> )	窒素(N <sub>2</sub> ), 純水

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

原子炉格納容器の機能は、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原子炉格納容器外への漏えいを防止するものであり、この機能の達成に必要な項目は以下のとおり。

- ① バウンダリの維持
- ② 機器の支持
- ③ その他

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

#### (1) 想定される経年劣化事象

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（内部流体の種類、圧力、温度等）およ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。

#### (2) 消耗品および定期取替品の扱い

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

(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 (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 (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. ベント管ベローズの疲労割れ

なお, 基礎ボルトの健全性評価については各機器で共通であることから, 「機械設備の技術評価書」にて実施するものとし, 本評価書には含めていない。

## 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. 上鏡，円筒胴，球形胴およびベント管の腐食（全面腐食）

上鏡，円筒胴，球形胴およびベント管は炭素鋼であり，腐食が想定されるが，内表面は塗装が施されており，通常運転中は窒素雰囲気中にあること，また，外表面（コンクリート埋設部を除く）は塗装が施されていることから，腐食が発生する可能性は小さい。

また，上鏡，円筒胴，球形胴およびベント管については，定期的を目視確認しており，これまで有意な腐食は認められていない。

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

### c. サンドクッション部の腐食（全面腐食）

サンドクッション部は炭素鋼であり，腐食が想定されるが，内表面は塗装が施されており，通常運転中は窒素雰囲気中にあること，また，外表面は塗装が施されていることから腐食が発生する可能性は小さい。

また，サンドクッション部については肉厚測定を実施し，有意な腐食がないことを確認しているとともに，定期的にドレン水の有無を確認している。

なお，海外プラントにおいて，ドレン管が閉塞していたことにより，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溜まり，腐食する事例が報告されているが，島根2号炉の原子炉格納容器上部は溶接構造となっており漏えい水の流れ込みを防止していることから，同不具合が発生する可能性は小さい。

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

### d. 主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，腐食が想定される。

しかしながら，主フランジボルトについては，開放点検時における目視確認により健全性を定期的に確認しており，これまで有意な腐食は認められていない。

したがって，今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから，高経年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. スタビライザおよびシヤラグの摩耗

スタビライザおよびシヤラグは摺動部があり，摩耗が想定されるが，地震時のみ摺動するものであり，摺動回数が少なく，摩耗が発生する可能性は小さい。

また，スタビライザおよびシヤラグについては，定期的を目視確認しており，これまで

有意な摩耗は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. スタビライザ、シヤラグおよびサポートの腐食（全面腐食）

スタビライザ、シヤラグおよびサポ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、塗装が施されていることから腐食が発生する可能性は小さい。

また、スタビライザ、シヤラグおよびサポートは定期的に見視確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. ドライウェル・スプレイヘッド、サプレッションチェンバ・スプレイヘッド、ベントヘッドおよびダウンカマの腐食（全面腐食）

ドライウェル・スプレイヘッド、サプレッションチェンバ・スプレイヘッド、ベントヘッドおよびダウンカマは炭素鋼であり、腐食が想定されるが、塗装が施されていること、また、通常運転中は窒素雰囲気にあることから腐食が発生する可能性は小さい。

また、ドライウェル・スプレイヘッド、サプレッションチェンバ・スプレイヘッド、ベントヘッドおよびダウンカマは定期的に見視確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. トーラス部の腐食（全面腐食）

トーラス部は炭素鋼であり、腐食が想定されるが、内表面は塗装が施されており、通常運転中は水中部を除き窒素雰囲気中にあること、外表面は塗装が施されていることから腐食が発生する可能性は小さい。

また、トーラス部の内外表面（水中部含む）については、定期的に見視確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. 真空破壊弁の腐食（全面腐食）

真空破壊弁は炭素鋼であり、腐食が想定されるが、塗装が施されていること、また通常運転中は窒素雰囲気にあることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、真空破壊弁は、定期的に見視確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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が、定期的にサブプレッションチェンバの清掃、目視確認を実施しており、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、定期事業者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いない。

したがって、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にくいことから、高経年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. サポートの摩耗

サポートは摺動部があり、摩耗が想定されるが、熱膨張時のみ摺動するものであり、摺動回数が非常に少なく、摩耗が発生する可能性は小さい。

また、サポートは定期的に目視確認しており、これまで有意な摩耗は認められていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. コンクリート埋設部の腐食（全面腐食）

コンクリート埋設部は炭素鋼であり、コンクリートが中性化した場合に腐食が想定されるが、実機コンクリートにおけるサンプリング結果では中性化はほとんど確認されておらず、腐食が発生する可能性は小さい。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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	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		
バウダリの維持	ドライウェル	上鏡, 円筒胴, 球形胴	炭素鋼		△						
		コンクリート埋設部	炭素鋼		▲						
		サトクッション部	炭素鋼		△						
		ベント管	炭素鋼		△						
		ベント管ベローズ	ステンレス鋼			○					
		主フランジホルト	低合金鋼		△						
		フランジカスケット	◎	-							
機器の支持	ドライウェル	スタビライザ	炭素鋼 低合金鋼	△	△						
		シヤラク	炭素鋼	△	△						
その他	ドライウェル	スプレイヘッド	炭素鋼		△						
		コリウムシールド		ジルコニア							

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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



表2.2-1 (2/2) 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	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		
ハウダリの維持	サブレクションチェンバ	トラス部		炭素鋼		△					*1：閉塞	
		真空破壊弁		炭素鋼		△						
機器の支持		サポート		炭素鋼	△	△						
		基礎ボルト		低合金鋼		△						
その他		スプレイヘッド		炭素鋼		△						
		ベントヘッド		炭素鋼		△						
		ダウンカム		炭素鋼		△						
		ストレーナ		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）

## 2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

### (1) ベント管ベローズの疲労割れ

#### a. 事象の説明

プラントの起動・停止等の熱過渡によるドライウエルとサプレッションチェンバの相対変位を吸収するため、ベローズには伸縮の繰返しによる疲労が蓄積され低サイクル疲労割れが想定される。

#### b. 技術評価

##### (a) 健全性評価

ベント管ベローズについて、疲労評価を実施した。

疲労評価は、「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 2005年版（2007年追補版含む）」（以下、「設計・建設規格」という。）に基づき実施した。評価対象部位を図2.3-1に、評価用過渡条件を表2.3-1に、評価結果を表2.3-2に示す。

その結果、表2.3-2に示すとおり運転開始後60年時点の疲れ累積係数は許容値を下回っており、60年間の運転において、疲労割れが問題となる可能性はないと判断する。

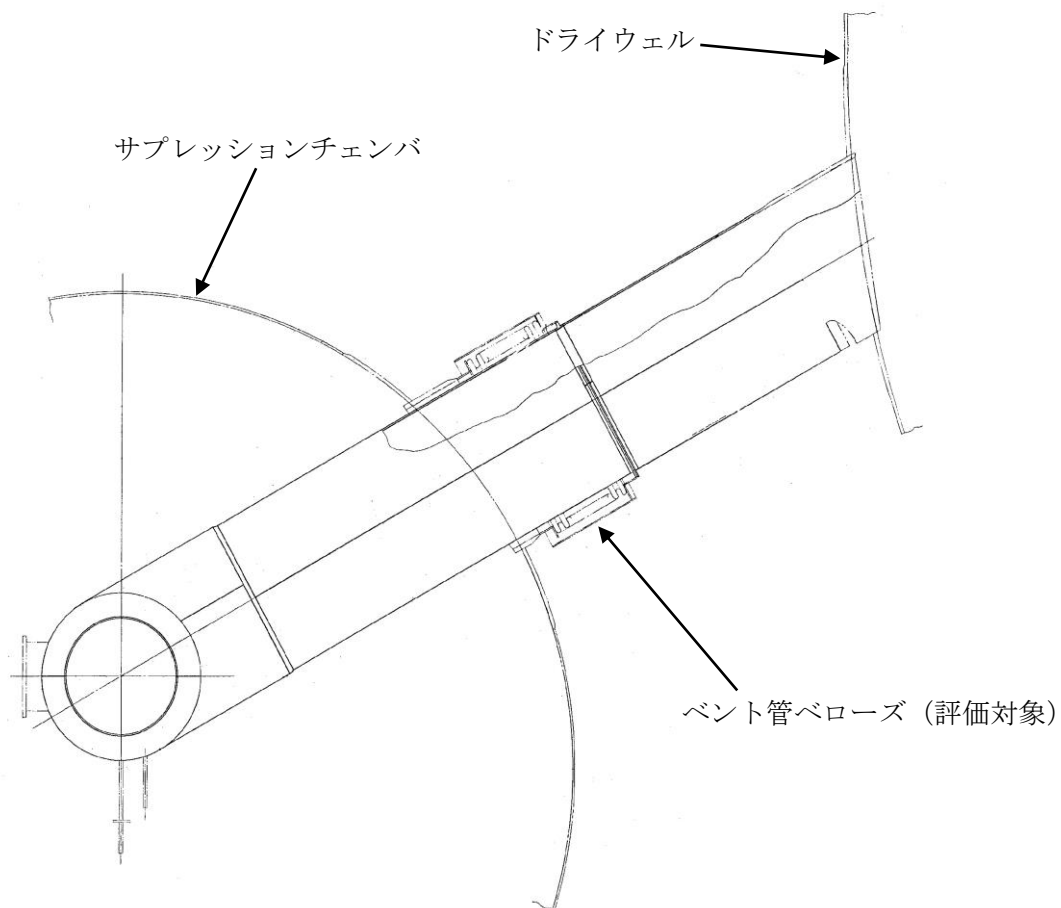


図2.3-1 原子炉格納容器 疲労評価対象部位

表2.3-1 原子炉格納容器 評価用過渡条件

運転条件	運転実績に基づく過渡回数 (2015年7月末時点)	60年目の推定 過渡回数
ボルト締付	20	45
耐圧試験	24	55
起動（昇温，タービン起動）	36	74
夜間出力運転（75%出力）	40	81
週末出力運転（50%出力）	34	84
制御棒パターン変更	58	143
給水加熱機能喪失（発電機トリップ）	0	1
給水加熱機能喪失（給水加熱器部分バイパス）	0	1
スクラム（タービントリップ）	1	2
スクラム（その他スクラム）	4	7
停止（タービン停止，高温待機，冷却，容器満水，満水後冷却）	36	74
ボルト取り外し	21	46
スクラム（原子炉給水ポンプ停止）	0	1
スクラム（逃がし安全弁誤作動）	0	1

表2.3-2 ベント管ベローズの疲労評価結果

評価対象部位	疲れ累積係数（60年目時点）（許容値：1以下）	
	現時点 (2015年7月末時点)	運転開始後 60年時点
ベント管ベローズ	0.030	0.049

(b) 現状保全

原子炉格納容器全体として，定期事業者検査時に原子炉格納容器の全体漏えい率試験を実施し，バウンダリ機能の健全性を確認している。

(c) 総合評価

健全性評価結果より，ベント管ベローズの疲労割れが評価期間において問題となる可能性はなく，60年間の健全性は維持できると判断する。

ただし，疲労評価は実績過渡回数に依存するため，今後も実績過渡回数を把握し評価する必要がある。

c. 高経年化への対応

ベント管ベローズの疲労割れについては，実績過渡回数の確認を継続的に実施し，運転開始後60年時点の推定過渡回数を上回らないことを確認する。

## 3.2 機械ペネトレーション

[対象機器]

- ① 配管貫通部
- ② 機器搬入口
- ③ エアロック
- ④ ハッチ

## 目 次

1. 対象機器および代表機器の選定 .....	3.2-1
1.1 グループ化の考え方および結果 .....	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 .....	3.2-11
2.1 構造, 材料および使用条件 .....	3.2-11
2.1.1 配管貫通部 .....	3.2-11
2.1.2 機器搬入口 .....	3.2-14
2.1.3 所員用エアロック .....	3.2-17
2.1.4 制御棒駆動機構搬出ハッチ .....	3.2-20
2.2 経年劣化事象の抽出 .....	3.2-23
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目 .....	3.2-23
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出 .....	3.2-23
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 .....	3.2-24
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価 .....	3.2-29
3. 代表機器以外への展開 .....	3.2-32
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 .....	3.2-32
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 .....	3.2-33

## 1. 対象機器および代表機器の選定

島根2号炉で使用している機械ペネトレーションの仕様を表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および結果

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、配管口径および使用頻度の観点から代表機器を選定するものとする。

#### (1) 配管貫通部（ベローズ式）

大口徑で高温となる配管貫通部に使用されるもので、プラントの起動・停止時等の熱膨張差による変位を吸収するため、ベローズを取付けている。

ベローズ式について、配管口径が大きい主蒸気系配管貫通部を代表機器とする。配管貫通部の構造を図1-1に示す。

#### (2) 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場合、または拘束部に発生する荷重の小さい場合に使用される。通常時の内部流体温度が比較的高い、もしくは異材継手となるものは二重管とし、通常時の内部流体温度が低いものは直管としている（ここでは便宜上、それぞれ固定式1、固定式2と称す）。

固定式1は通常時の配管温度が高く拘束部における発生応力が固定式2よりも大きくなるため、固定式1を評価することとする。固定式1については、最高使用温度が高く、配管口径の大きいほう酸水注入系配管貫通部を代表機器とする。配管貫通部の構造を図1-1に示す。

#### (3) 機器搬入口

このグループには、機器搬入口のみが属するため、機器搬入口を代表機器とする。

#### (4) エアロック

このグループには、所員用エアロックのみが属するため、所員用エアロックを代表機器とする。

#### (5) ハッチ

このグループには、逃がし安全弁ハッチ、制御棒駆動機構搬出ハッチ、サブプレッションチェンバアクセスハッチおよびISI用が属するが、使用頻度の観点から制御棒駆動機構搬出ハッチを代表機器とする。

表1-1 (1/8) 機械ペネトレーションのグループ化と代表機器

分類基準	ペネトレーション No.	名称	選定基準				選定	選定理由
			重要度*1	形式	配管口径	最高使用温度 (°C)		
配管貫通部	X-10A~D	主蒸気系 (タービンへ)	MS-1, 重*2	ヘローズ式	600A	302	◎	配管口径
	X-11	主蒸気系トレン	MS-1, 重*2		80A	302		
	X-12A, B	給水 (原子炉圧力容器へ)	MS-1, 重*2		450A	304		
	X-31A~C	低圧注水 (低圧注水系, 残留熱除去系)	MS-1, 重*2		250A	304		
	X-32A, B	残留熱除去系戻り	MS-1, 重*2		250A	304		
	X-33	残留熱除去系給水	MS-1, 重*2		450A	304		
	X-34	低圧炉心スプレイ (低圧炉心スプレイ系)	MS-1, 重*2		250A	304		
	X-35	高圧炉心スプレイ (高圧炉心スプレイ系)	MS-1, 重*2		250A	304		
	X-38	原子炉隔離時冷却系蒸気	MS-1, 重*2		100A	304		
	X-39	原子炉圧力容器ヘッドスプレイ (残留熱除去系)	MS-1, 重*2		100A	302		
	X-50	原子炉浄化系給水	MS-1, 重*2		250A	302		
	X-13A, B	原子炉再循環ポンプメカニカルシール水供給	MS-1, 重*2	固定式1	20A	302		配管口径
	X-14	再循環系サブリング	MS-1, 重*2		20A	200		
	X-20A~D	制御棒駆動系挿入	MS-1, 重*2		32A	200		
	X-21A~D	制御棒駆動系引抜	MS-1, 重*2		25A	200		
	X-22	ほう酸水注入系	MS-1, 重*2		40A	302	◎	
X-36	トライウエル冷却器サブリング	MS-1, 重*2	20A		200			

\*1: 最上位の重要度を示す。

\*2: 重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器および構造物であることを示す。

表1-1 (2/8) 機械ペネトレーションのグループ化と代表機器

分類基準	ペネトレーション No.	名称	選定基準				選定	選定理由
			重要度*1	形式	配管口径	最高使用温度 (°C)		
配管貫通部	X-60	補給水系補給水	MS-1, 重*2	固定式1	100A	200		
	X-67	計装用空気供給	MS-1, 重*2		50A	200		
	X-68A~C	逃がし安全弁N2ガス供給系ガス供給	MS-1, 重*2		50A	200		
	X-83	ドライウェル床ドレン	MS-1, 重*2		65A	200		
	X-84	ドライウェル機器ドレン	MS-1, 重*2		65A	200		
	X-130	計測 (主蒸気流量, 残留熱除去系, 低圧炉心スプレイ系)	MS-1, 重*2		20A	200		
	X-131	計測 (主蒸気流量)	MS-1, 重*2		20A	200		
	X-132	計測 (主蒸気流量, 残留熱除去系)	MS-1, 重*2		20A	200		
	X-133	計測 (主蒸気流量)	MS-1, 重*2		20A	200		
	X-134	計測 (原子炉再循環系)	MS-1, 重*2		20A	200		
	X-135	計測 (原子炉再循環系, 原子炉浄化系)	MS-1, 重*2		20A	200		
	X-136	計測 (原子炉再循環系, 原子炉浄化系)	MS-1, 重*2		20A	200		
	X-137	計測 (原子炉再循環系)	MS-1, 重*2		20A	200		
	X-138A, B	計測 (残留熱除去系)	MS-1, 重*2		20A	200		
	X-140	計測 (高圧炉心スプレイ系注入, 格納容器漏えい率試験盤, 原子炉補機冷却系)	MS-1, 重*2		20A	200		
X-141A, B	計測 (原子炉隔離時冷却系)	MS-1, 重*2	20A	200				

\*1: 最上位の重要度を示す。

\*2: 重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器および構造物であることを示す。



表1-1 (3/8) 機械ペネトレーションのグループ化と代表機器

分類基準	ペネトレーション No.	名称	選定基準				選定	選定理由
			重要度*1	形式	配管口径	最高使用温度 (°C)		
配管貫通部	X-142A~D	計測 (原子炉水位及び圧力)	MS-1, 重*2	固定式1	20A	200		
	X-143A~D	計測 (原子炉水位及び圧力)	MS-1, 重*2		20A	200		
	X-144A~D	計測 (原子炉水位及び圧力)	MS-1, 重*2		20A	200		
	X-145A~F	計測 (ジェットポンプ流量)	MS-1, 重*2		20A	200		
	X-146A~D	計測 (ドライウェル圧力, 窒素ガス制御系)	MS-1, 重*2		20A	200		
	X-147	計測 (原子炉水位水張用)	MS-1, 重*2		20A	200		
	X-160	計測 (格納容器内漏えい検出モタ)	MS-1, 重*2		25A	200		
	X-164A, B	計測 (格納容器内雰囲気モタ系 (原子炉格納容器内H2/O2分析用))	MS-1, 重*2		20A	200		
	X-165	計測 (格納容器内漏えい検出モタ戻り)	MS-1, 重*2		25A	200		
	X-170	計測 (格納容器内ガスサンプルリング (露点計用))	MS-1, 重*2		20A	200		
	X-180	予備	MS-1, 重*2		20A	200		
	X-181	予備	MS-1, 重*2		20A	200		
	X-182	計測 (格納容器内漏えい検出モタ戻り)	MS-1, 重*2		20A	200		
	X-183	予備	MS-1, 重*2		20A	200		
	X-320A, B	計測 (真空破壊装置駆動用)	MS-1, 重*2		25A	200		

\*1: 最上位の重要度を示す。

\*2: 重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器および構造物であることを示す。

表1-1 (4/8) 機械ペネトレーションのグループ化と代表機器

分類基準	ペネトレーション No.	名称	選定基準				選定	選定理由
			重要度*1	形式	配管口径	最高使用温度 (°C)		
配管貫通部	X-321A, B	計測 (サブレーションチェンバ` 圧力)	MS-1, 重*2	固定式1	20A	200		
	X-322A~F	計測 (サブレーションプール水位)	MS-1, 重*2		20A 25A	200		
	X-332A, B	計測 (格納容器内雰囲気モニタ系 (原子炉格納容器内H2/O2分析用戻り))	MS-1, 重*2		20A	200		
	X-340	計測 (格納容器内ガスサンプルリング (露点計用戻り))	MS-1, 重*2		20A	200		
	X-350	予備	MS-1, 重*2		20A	200		
	X-351	予備	MS-1, 重*2		20A	200		
	X-23A~E	移動式炉心内計装系案内管ハ`ージ`	MS-1, 重*2	固定式2	40A*3	200		
	X-30A, B	格納容器スプ`レイ (ドライウエル)	MS-1, 重*2		350A	200		
	X-61	原子炉補機冷却系供給	MS-1, 重*2		300A	200		
	X-62	原子炉補機冷却系戻り	MS-1, 重*2		300A	200		
	X-69	所内用圧縮空気	MS-1, 重*2		25A	200		
	X-80	ドライウエル換気 (送気)	MS-1, 重*2		500A	200		
	X-81	ドライウエル換気 (排気)	MS-1, 重*2		500A	200		
	X-82A, B	可燃性ガス濃度制御系吸入	MS-1, 重*2		100A	200		

\*1: 最上位の重要度を示す。

\*2: 重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器および構造物であることを示す。

\*3: スリーブ径を記載。

表1-1 (5/8) 機械ペネトレーションのグループ化と代表機器

分類基準	ペネトレーション No.	名称	選定基準				選定	選定理由
			重要度*1	形式	配管口径	最高使用温度 (°C)		
配管貫通部	X-90A, B	予備	MS-1, 重*2	固定式2	450A*3	200		
	X-91	予備	MS-1, 重*2		650A*3	200		
	X-92	予備	MS-1, 重*2		450A*3	200		
	X-98	除湿用冷却供給	MS-1, 重*2		150A*3	200		
	X-99	除湿用冷却戻り	MS-1, 重*2		150A*3	200		
	X-106	予備	MS-1, 重*2		300A*3	200		
	X-110	予備	MS-1, 重*2		300A*3	200		
	X-111	予備	MS-1, 重*2		300A*3	200		
	X-162A, B	計測 (格納容器内雰囲気モニタ系 (電離箱))	MS-1, 重*2		250A*3	200		
	X-200A, B	格納容器スプレィ (圧力抑制室)	MS-1, 重*2		100A	200		
	X-201	A-残留熱除去系ポンプ 給水	MS-1, 重*2		500A	200		
	X-202	B-残留熱除去系ポンプ 給水	MS-1, 重*2		500A	200		
	X-203	C-残留熱除去系ポンプ 給水	MS-1, 重*2		500A	200		
	X-204	A-残留熱除去系ポンプ テスト	MS-1, 重*2		250A	200		
	X-205	B, C-残留熱除去系ポンプ テスト	MS-1, 重*2		250A	200		

\*1: 最上位の重要度を示す。

\*2: 重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器および構造物であることを示す。

\*3: スリーブ径を記載。

表1-1 (6/8) 機械ペネトレーションのグループ化と代表機器

分類基準	ペネトレーション No.	名称	選定基準				選定	選定理由
			重要度*1	形式	配管口径	最高使用温度 (°C)		
配管貫通部	X-208	低圧炉心スプレイ系ポンプ 給水	MS-1, 重*2	固定式2	500A	200		
	X-209	低圧炉心スプレイ系ポンプ テスト	MS-1, 重*2		250A	200		
	X-210	高圧炉心スプレイ系ポンプ 給水	MS-1, 重*2		500A	200		
	X-212A	主蒸気隔離弁間ドレン	MS-1, 重*2		100A	302		
	X-212B	格納容器雰囲気監視	MS-1, 重*2		100A	200		
	X-213	原子炉隔離時冷却系タービン排気	MS-1, 重*2		250A	200		
	X-214	原子炉隔離時冷却系ポンプ 給水	MS-1, 重*2		150A	200		
	X-215	原子炉隔離時冷却系真空ポンプ 排気	MS-1, 重*2		50A	200		
	X-233	原子炉浄化系逃がし弁排気	MS-1, 重*2		200A	200		
	X-240	サブレーションチェンバ 換気 (送気)	MS-1, 重*2		500A	200		
	X-241	サブレーションチェンバ 換気 (排気)	MS-1, 重*2		500A	200		
	X-242A, B	可燃性ガス濃度制御系戻り	MS-1, 重*2		150A	200		
	X-244A~H	原子炉格納容器ベント管	MS-1, 重*2		1,740mm*3	200		
	X-250	予備	MS-1, 重*2		400A*3	200		
	X-251	予備	MS-1, 重*2		400A*3	200		
X-253	予備	MS-1, 重*2	400A*3	200				

\*1：最上位の重要度を示す。

\*2：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器および構造物であることを示す。

\*3：スリーブ径を記載。

表1-1 (7/8) 機械ペネトレーションのグループ化と代表機器

分類基準	ペネトレーション No.	名称	選定基準				選定	選定理由
			重要度*1	形式	配管口径	最高使用温度 (°C)		
配管貫通部	X-254	予備	MS-1, 重*2	固定式2	400A*3	200		
	X-255	予備	MS-1, 重*2		400A*3	200		
	X-256	予備	MS-1, 重*2		400A*3	200		
	X-505A~D	建設用	MS-1, 重*2		200A*3	200		

\*1：最上位の重要度を示す。

\*2：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器および構造物であることを示す。

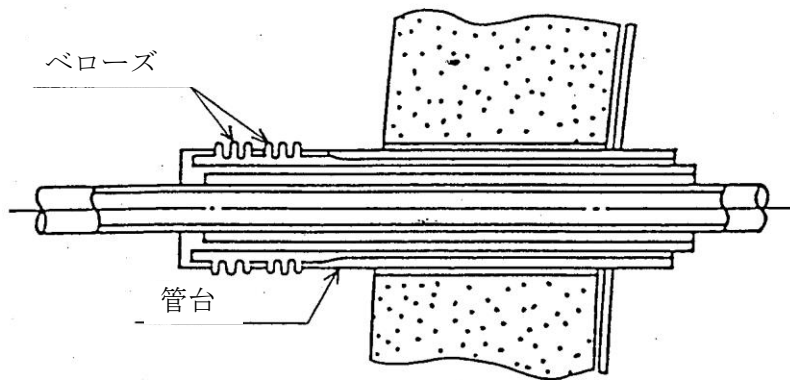
\*3：スリーブ径を記載。

表1-1 (8/8) 機械ペネトレーションのグループ化と代表機器

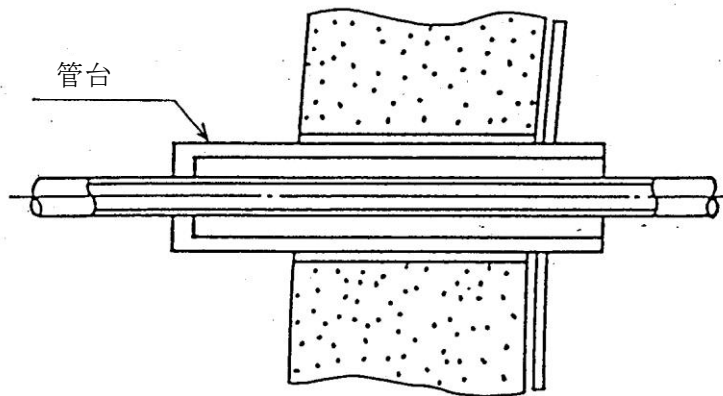
分類基準	ペネトレーション No.	名称	選定基準				選定	選定理由
			重要度*1	形式	使用頻度	最高使用温度 (°C)		
機器搬入口	X-4A, B	機器搬入口	MS-1, 重*2	—	頻度大	200	◎	
エアロック	X-5	所員用エアロック	MS-1, 重*2	—	頻度大	200	◎	
ハッチ	X-3	逃がし安全弁搬出ハッチ	MS-1, 重*2	—	頻度小	200		使用頻度
	X-6	制御棒駆動機構搬出ハッチ	MS-1, 重*2	—	頻度大	200	◎	
	X-7A, B	サブレーションチェンバアクセスハッチ	MS-1, 重*2	—	頻度小	200		
	X-107	ISI用	MS-1, 重*2	—	頻度小	200		

\*1：最上位の重要度を示す。

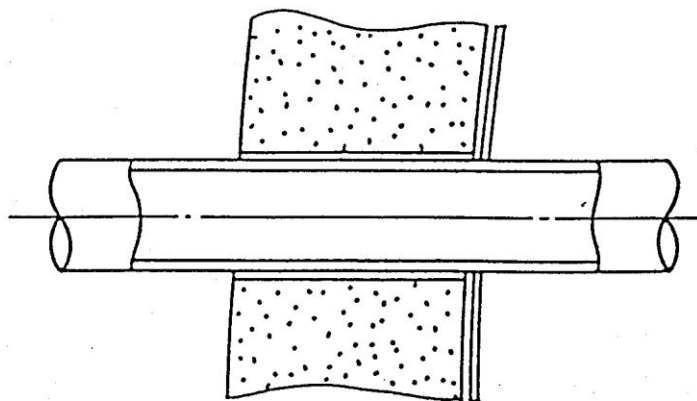
\*2：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器および構造物であることを示す。



ベローズ式



固定式1



固定式2

図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 機器搬入口
- ③ 所員用エアロック
- ④ 制御棒駆動機構搬出ハッチ

### 2.1 構造, 材料および使用条件

#### 2.1.1 配管貫通部

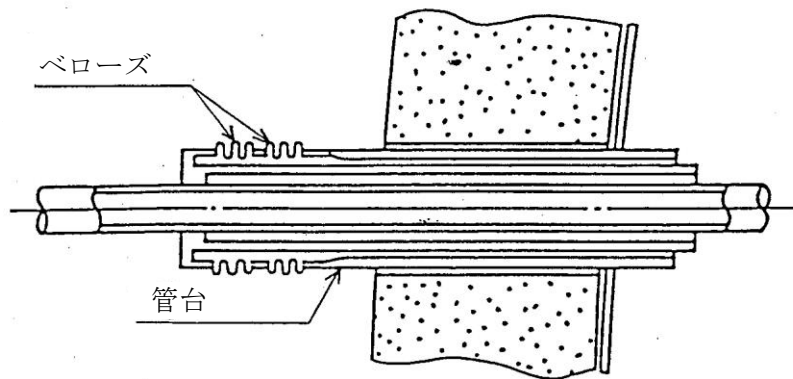
##### (1) 構造

代表配管貫通部の構造図を図2.1-1に示す。

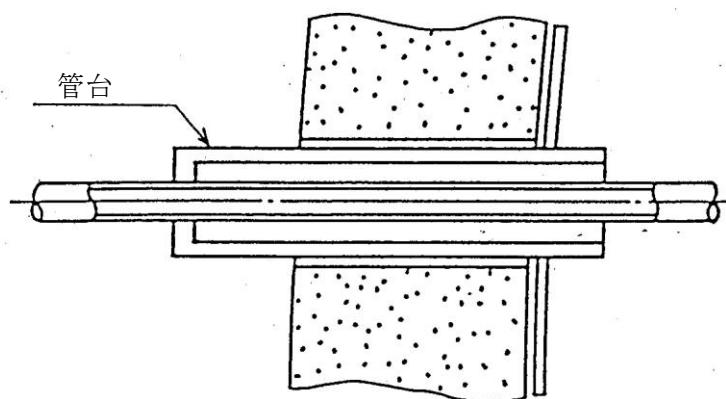
##### (2) 材料および使用条件

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。





主蒸気系（ベローズ式）



ほう酸水注入系（固定式1）

図2.1-1 配管貫通部構造図

表2.1-1 代表配管貫通部主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
ハウダリの維持	管台	主蒸気系 : 炭素鋼 (SGV49) ほう酸水注入系 : 炭素鋼 (STS42)
	ハ <sup>ッ</sup> ロ <sup>ズ</sup> (ハ <sup>ッ</sup> ロ <sup>ズ</sup> 式のみ)	ステンレス鋼 (SUS304)

表2.1-2 代表配管貫通部の使用条件

最高使用圧力*1	主蒸気系, ほう酸水注入系 : 8.6 MPa
最高使用温度*1	主蒸気系, ほう酸水注入系 : 302 °C

\*1 : 貫通配管の使用条件

## 2.1.2 機器搬入口

### (1) 構造

機器搬入口は、円筒型であり、原子炉格納容器に2箇所設置されている。  
機器搬入口の構造図を図2.1-2に示す。

### (2) 材料および使用条件

機器搬入口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	胴体
②	鏡板
③	カスケット
④	スイングボルト

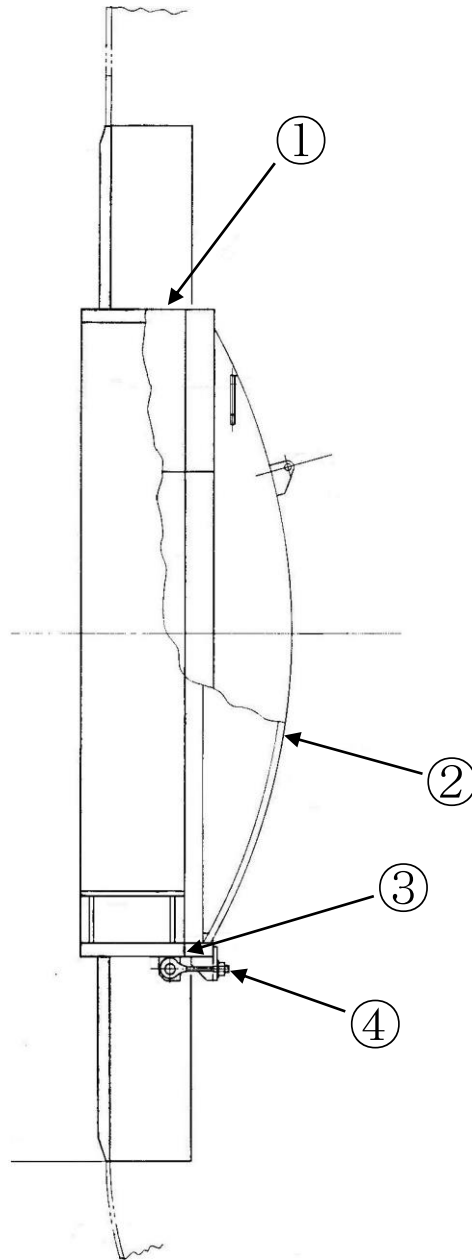


図2.1-2 機器搬入口構造図

表2.1-3 機器搬入口主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
ハウダリの維持	胴体	炭素鋼 (SGV49)
	鏡板	炭素鋼 (SGV49)
	カスケット	(消耗品)
	スイングボルト	低合金鋼 (SNCM439)

表2.1-4 機器搬入口の使用条件

最高使用圧力	0.9 MPa
最高使用温度	200 °C

### 2.1.3 所員用エアロック

#### (1) 構造

所員用エアロックは、円筒2重扉式で、原子炉格納容器に1箇所設置されている。

胴体と原子炉格納容器の内側および外側に1枚ずつ設けられた扉により構成された構造となっている。

所員用エアロックの構造図を図2.1-3に示す。

#### (2) 材料および使用条件

所員用エアロック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	胴体
②	扉
③	ガスケット

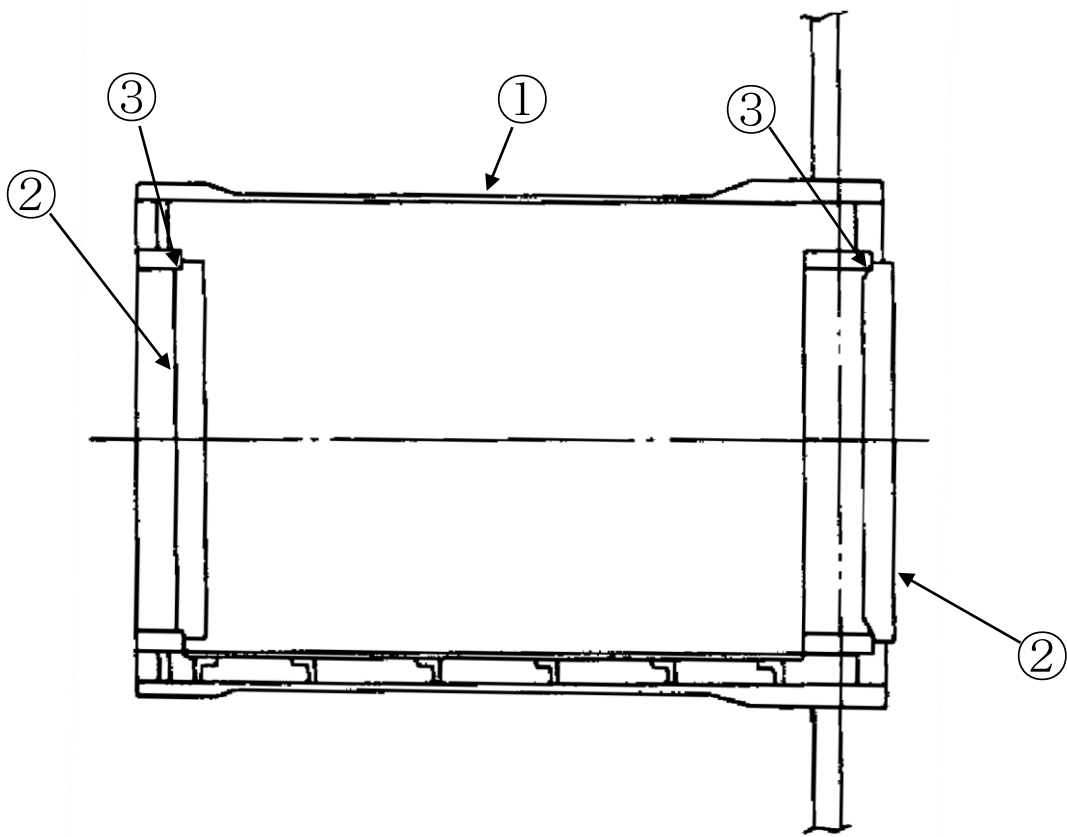


図2.1-3 所員用エアロック構造図

表2.1-5 所員用エアロック主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
ハウタリの維持	胴体	炭素鋼 (SGV49)
	扉	炭素鋼 (SGV49)
	カスケツト	(消耗品)

表2.1-6 所員用エアロックの使用条件

最高使用圧力	0.9 MPa
最高使用温度	200 °C



#### 2.1.4 制御棒駆動機構搬出ハッチ

##### (1) 構造

制御棒駆動機構搬出ハッチは、円筒型であり、原子炉格納容器に1箇所設置している。  
制御棒駆動機構搬出ハッチの構造図を図2.1-4に示す。

##### (2) 材料および使用条件

制御棒駆動機構搬出ハッチ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	胴体
②	鏡板
③	ガスケット
④	取付ホルト

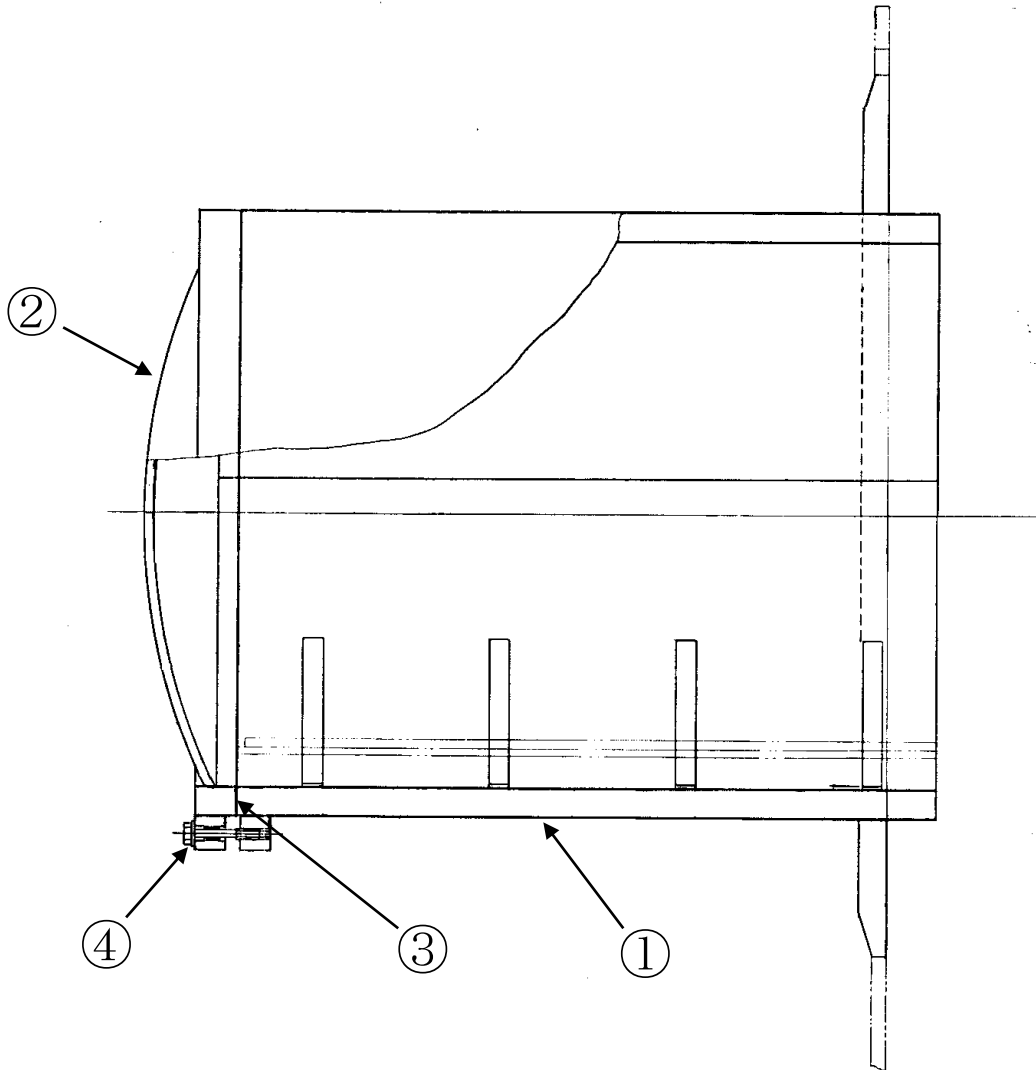


図2.1-4 制御棒駆動機構搬出ハッチ構造図

表2.1-7 制御棒駆動機構搬出ハッチ主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
バウダリの維持	胴体	炭素鋼 (SGV49)
	鏡板	炭素鋼 (SGV49)
	カスケット	(消耗品)
	取付ボルト	低合金鋼 (SNCM439)

表2.1-8 制御棒駆動機構搬出ハッチの使用条件

最高使用圧力	0.9 MPa
最高使用温度	200 °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の機能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の抽出

#### (1) 想定される経年劣化事象

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）およ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。

#### (2) 消耗品および定期取替品の扱い

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

#### (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（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（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. ベローズの疲労割れ〔主蒸気系配管貫通部（ベローズ式配管貫通部）〕

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

#### a. 管台の疲労割れ〔ほう酸水注入系配管貫通部（固定式配管貫通部）〕

管台については、内部流体の温度変化により疲労割れが想定されるが、通常運転時は内部流体の流れはなく、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、ほう酸水注入系配管貫通部（固定式配管貫通部）については、定期事業者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、これまで検査において異常は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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、胴体、鏡板および扉の腐食（全面腐食）〔主蒸気系配管貫通部（ベローズ式配管貫通部）、ほう酸水注入系配管貫通部（固定式配管貫通部）、機器搬入口、所員用エアロック、制御棒駆動機構搬出ハッチ〕

主蒸気系配管貫通部（ベローズ式配管貫通部）、ほう酸水注入系配管貫通部（固定式配管貫通部）、機器搬入口の胴体、鏡板、所員用エアロックの胴体、扉および制御棒駆動機構搬出ハッチの胴体、鏡板は、炭素鋼であり腐食が想定されるが、塗装が施されていること、通常運転中は窒素雰囲気にあることから腐食が発生する可能性は小さい。

また、主蒸気系配管貫通部（ベローズ式配管貫通部）、ほう酸水注入系配管貫通部（固定式配管貫通部）、機器搬入口の胴体、鏡板、所員用エアロックの胴体、扉および制御棒駆動機構搬出ハッチの胴体、鏡板については、定期事業者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、これまで検査において異常は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. スイングボルトおよび取付ボルトの腐食（全面腐食）〔機器搬入口、制御棒駆動機構搬出ハッチ〕

スイングボルトおよび取付ボルトは低合金鋼であり、腐食が想定されるが、定期的にボルトの点検・手入れを行い、健全性の確認を行っており、これまで有意な腐食は認められていない。

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

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

日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。

表2.2-1 (1/4) 配管貫通部に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	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		
バルブの維持	管台		炭素鋼		△	△*2					*1：バルブ式のみ *2：固定式のみ
	バルブ*1		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（日常劣化管理対象）

表2.2-1 (2/4) 機器搬入口に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	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		
ハウタリの維持	胴体		炭素鋼		△						
	鏡板		炭素鋼		△						
	ガスケット	◎	—								
	スイングボルト		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（日常劣化管理対象）

表2.2-1 (3/4) 所員用エアロックに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	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		
ハウタリの維持	胴体		炭素鋼		△						
	扉		炭素鋼		△						
	ガスケット	◎	—								

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理対象）



表2.2-1 (4/4) 制御棒駆動機構搬出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	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		
バウンタリの維持	胴体		炭素鋼		△						
	鏡板		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（日常劣化管理対象）

## 2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

### (1) ベローズの疲労割れ〔主蒸気系配管貫通部〕

#### a. 事象の説明

プラント起動・停止等の運転状態の変化に伴う配管熱移動により，配管貫通部のベローズが伸縮を繰り返し，疲労が蓄積され，疲労割れが発生する可能性がある。

#### b. 技術評価

##### (a) 健全性評価

図 2.3-1 に示す評価部位に対して，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）」に基づき疲労評価を行った。

運転実績に基づいた 2015 年 7 月末時点の評価用過渡条件と，今後も同様な運転を続けたと仮定して推定した運転開始後 60 年時点の評価用過渡条件を表 2.3-1，評価結果を表 2.3-2 に示す。その結果，評価部位に対して 60 年時点の疲れ累積係数は許容値を下回っており，60 年間の運転において，疲労割れが問題となる可能性はないと判断する。

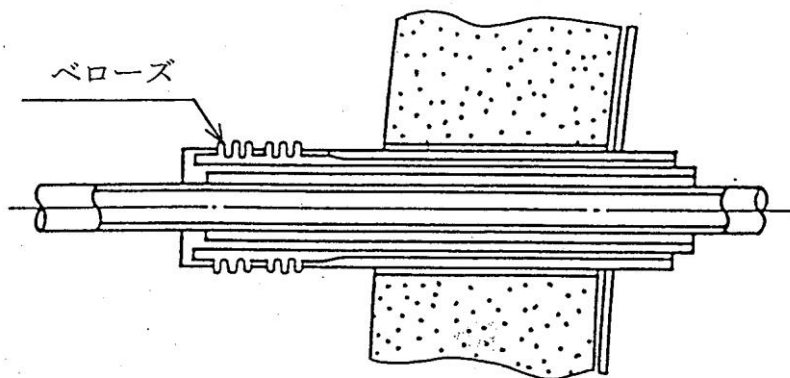


図2.3-1 主蒸気系配管貫通部の疲労評価対象部位

表2.3-1 主蒸気系配管貫通部 評価用過渡条件

運転条件	2015年7月末時点	運転開始後60年時点
ボルト締付	20	45
耐圧試験	24	55
起動（昇温，タービン起動）	36	74
夜間低出力運転（75%出力）	40	81
週末低出力運転（50%出力）	34	84
制御棒パターン変更	58	143
給水加熱機能喪失（発電機トリップ）	0	1
給水加熱機能喪失（給水加熱器部分バイパス）	0	1
スクラム（タービントリップ）	1	2
スクラム（その他スクラム）	4	7
停止	36	74
ボルト取外し	21	46
スクラム（原子炉給水ポンプ停止）	0	1
スクラム（逃がし安全弁誤作動）	0	1

表2.3-2 主蒸気系配管貫通部の疲労評価結果

貫通部	部位	疲れ累積係数（60年目時点）（許容値：1以下）	
		2015年7月末時点	運転開始後60年時点
主蒸気系配管貫通部	ベローズ	0.091	0.159

(b) 現状保全

原子炉格納容器全体として、定期的に原子炉格納容器漏えい率検査を実施し、バウンダリ機能の健全性を確認している。

(c) 総合評価

健全性評価結果から、ベローズの疲労割れが評価期間において問題となる可能性はなく、60年の健全性は維持できると判断する。

ただし、疲労評価は実績過渡回数に依存するため、今後も実績過渡回数を把握し評価する必要がある。

c. 高経年化への対応

主蒸気系配管貫通部（ベローズ）の疲労割れについては、実績過渡回数の確認を継続的に実施し、運転開始後60年時点の推定過渡回数を上回らないことを確認する。

### 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 配管貫通部（主蒸気系，ほう酸水注入系配管貫通部以外）
- ② ハッチ（制御棒駆動機構搬出ハッチ以外）

#### 3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

##### a. ベローズの疲労割れ〔ベローズ式配管貫通部〕

代表機器以外のベローズ式配管貫通部のうち，プラント起動・停止等，運転状態の変化に伴う配管熱移動の影響が大きいと考えられる部位は，給水系配管貫通部である。この部位に対して代表機器と同様の疲労評価を行った結果，表 3.1-1 に示すとおり，評価部位に対して60年時点の疲れ累積係数は許容値を下回っており，60年間の運転において，疲労割れが問題となる可能性はないと判断する。その他の貫通部についても同様に問題ないと判断する。

また，定期事業者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，これまで検査において異常は認められていない。

したがって，代表機器以外のベローズ式配管貫通部については，現状の保全項目に高経年化対策の観点から追加すべき項目はない。

ただし，疲労評価は実績過渡回数に依存するため，今後も実績過渡回数を把握し評価する必要がある。

表3.1-1 給水系配管貫通部の疲労評価結果

貫通部	部位	疲れ累積係数（60年目時点）（許容値：1以下）	
		2015年7月末時点	運転開始後60年時点
給水系配管貫通部	ベローズ	0.069	0.116

### 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. 管台の疲労割れ〔固定式配管貫通部〕

代表機器と同様に、管台については内部流体の温度変化により疲労割れが想定されるが、通常運転時は内部流体の流れはなく、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、定期事業者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、これまで検査において異常は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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、胴体、鏡板および扉の腐食（全面腐食）〔主蒸気系配管貫通部（ベローズ式配管貫通部）、ほう酸水注入系配管貫通部（固定式配管貫通部）以外の配管貫通部および制御棒駆動機構搬出ハッチ以外のハッチ〕

代表機器と同様に、管台、胴体、鏡板および扉は、炭素鋼であり腐食が想定されるが、塗装が施されていること、通常運転中は窒素雰囲気にあることから腐食が発生する可能性は小さい。

また、定期事業者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、これまで検査において異常は認められていない。

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

#### c. 取付ボルトの腐食（全面腐食）〔制御棒駆動機構搬出ハッチ以外のハッチ〕

代表機器と同様に、取付ボルトは定期的にボルトの点検・手入れを行い、健全性の確認を行っており、これまで有意な腐食は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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。

### 3.3 電気ペネトレーション

[対象機器]

- ① モジュール型核計装用電気ペネトレーション
- ② モジュール型低圧動力用電気ペネトレーション
- ③ モジュール型制御計測用電気ペネトレーション
- ④ モジュール型高圧動力用電気ペネトレーション
- ⑤ モジュール型制御計測用高耐熱電気ペネトレーション
- ⑥ モジュール型計測用MI電気ペネトレーション

## 目 次

1. 対象機器および代表機器の選定	3.3-1
1.1 グループ化の考え方および結果	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, 材料および使用条件	3.3-3
2.1.1 モジュール型核計装用電気ペネトレーション	3.3-3
2.1.2 モジュール型高圧動力用電気ペネトレーション	3.3-6
2.1.3 モジュール型制御計測用高耐熱電気ペネトレーション	3.3-9
2.1.4 モジュール型計測用MI電気ペネトレーション	3.3-12
2.2 経年劣化事象の抽出	3.3-15
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目	3.3-15
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出	3.3-15
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	3.3-17
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価	3.3-23
3. 代表機器以外への展開	3.3-52
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象	3.3-52
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	3.3-54



## 1. 対象機器および代表機器の選定

島根2号炉で使用している電気ペネトレーションの仕様を表1-1に示す。

これらの電気ペネトレーションを型式およ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および結果

型式およ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、重要度（事故時動作要求を含む）の観点から代表機器を選定するものとする。

#### (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、核計装用、低圧動力用および制御計測用が属するが、接続機器の原子炉保護上の重要度が高く、事故時機能要求がある核計装用を代表機器とする。

#### (2) モジュール型電気ペネトレーション（シール材材料：エチレンプロピレンゴム）

このグループには、高圧動力用のみが属することから、高圧動力用を代表機器とする。

#### (3) モジュール型高耐熱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、制御計測用のみが属することから、制御計測用を代表機器とする。

#### (4) モジュール型MI電気ペネトレーション（シール材材料：SUS，セラミック）

このグループには、計測用のみが属することから、計測用を代表機器とする。

表1-1 電気ペネトレーションのグループ化と代表機器

分類基準		ペネトレーション番号	使用用途	仕様 スリーブサイズ	選定基準（重要度）*1		選定	選定理由
型式	シール材材料				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-105A, 105B, 105C, 105D	核計装用	300A	MS-1, 重*3	MS-1*2, 重*2,*3	◎	接続機器の原子炉保護上の重要度が高く、事故時に機能要求がある
		X-101A, 101B, 101C, 101D	低圧動力用	300A	MS-1, 重*3	MS-1*2, 重*2,*3		
		X-102A, 102B, 102C, 102D, 102E	制御計測用	300A	MS-1, 重*3	MS-1*2		
		X-103A, 103B, 103C		300A	MS-1, 重*3	PS-1		
		X-104A, 104B, 104C, 104D		300A	MS-1, 重*3	MS-3		
	X-300A, 300B	300A	MS-1, 重*3	MS-2*2				
エチレンプロピレンゴム	X-100A, 100B, 100C, 100D	高圧動力用	450A	MS-1, 重*3	PS-3	◎		
モジュール(高耐熱)型	エポキシ樹脂	X-104A(G)*4, 104B(G)*4	制御計測用	300A	MS-1, 重*3	重*2,*3	◎	
モジュール(MI)型	SUS, セラミック	X-103A(E)*4, 103B(G)*4 X-300A(A)*4, 300B(A)*4	計測用	300A	MS-1, 重*3	重*2,*3	◎	

\*1：最上位の重要度を示す。

\*2：事故時に機能要求あり。

\*3：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器および構造物であることを示す。

\*4：既設ペネトレーションの()に該当するモジュールを新規に取替えることを示す。

## 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 モジュール型核計装用電気ペネトレーション
- ② モジュール型高圧動力用電気ペネトレーション
- ③ モジュール型制御計測用高耐熱電気ペネトレーション
- ④ モジュール型計測用MI電気ペネトレーション

### 2.1 構造，材料および使用条件

#### 2.1.1 モジュール型核計装用電気ペネトレーション

##### (1) 構造

モジュール型核計装用電気ペネトレーションは，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ドに固定した構造であり，モジュール交換の便を図ったものである。

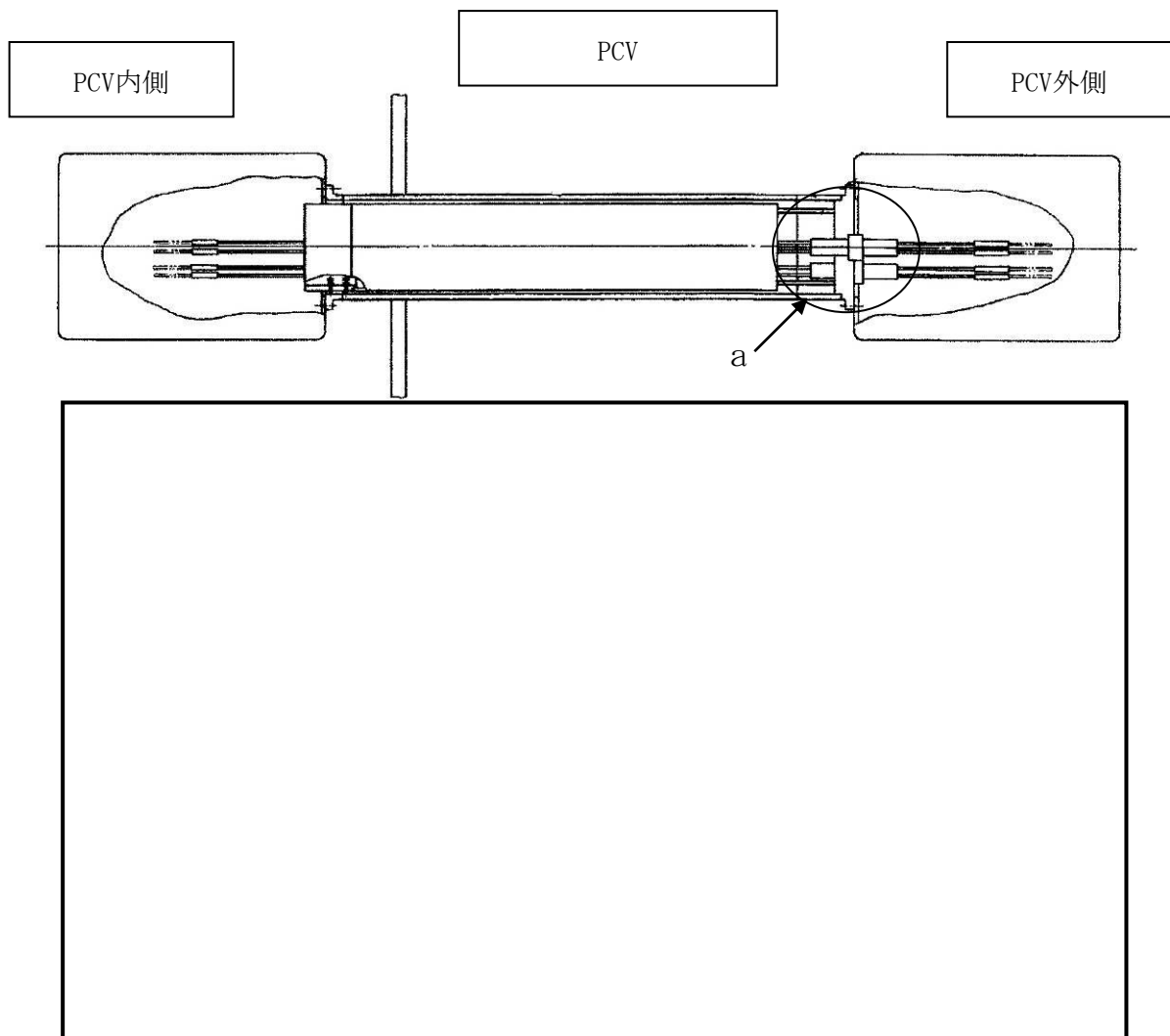
モジュール内部は同軸ケーブルまたは電線が貫通し，このケーブル内部を通して窒素ガスなどの漏えいがないように，エポキシ樹脂による2重シールを構成し，気密同軸導体部または導体部をコネクタまたは接続子により再接続する構造となっている。なお，コネクタ，接続子，同軸ケーブルおよび電線についても，エポキシ樹脂によりシールを行っている。

また，2重シール間は中空で，この部分を窒素ガスで加圧し，シール部の気密確認が出来る構造となっている。

モジュール型核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) 材料および使用条件

モジュール型核計装用電気ペネトレーション主要部位の使用材料を表2.1-1に，使用条件を表2.1-2に示す。



a 部詳細

No.	部 位	No.	部 位
①	同軸ケーブル／電線	⑥	アダプタ
②	気密同軸導体／導体	⑦	ヘッダ
③	接続子	⑧	モジュールホッティ
④	シール材	⑨	リング
⑤	スリーブ	⑩	取付ボルト

図2.1-1 モジュール型核計装用電気ペネトレーション構造図

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

表2.1-1 モジュール型核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	部 位	材 料
通電・絶縁性能の確保	同軸ケーブル／電線	銅，絶縁物（難燃架橋ポリエチレン）
	気密同軸導体／導体	銅
	接続子	銅，銅合金，クロメル，コンスタンタン，アルメル
通電・絶縁性能の確保およびハウタリの維持	シール材	エポキシ樹脂
ハウタリの維持	スリーブ	炭素鋼（STS42）
	アダプタ	炭素鋼（STS42）
	ヘッド	ステンレス鋼（SUS304）
	モジュールボディ	ステンレス鋼（SUS304TP）
	リング	エチレンプロピレンゴム
	取付ホルト	ステンレス鋼（SUS304）

表2.1-2 モジュール型核計装用電気ペネトレーションの使用条件

	通常運転時	設計基準事故時	重大事故等時
設置場所	原子炉格納容器内（電気ペネトレーション付近）		
周囲温度	50℃（最高）*1	171℃（最高）	178℃（最高）
放射線	$3.3 \times 10^{-2}$ Gy/h *1	$1.9 \times 10^4$ Gy （最大積算値）	$3.6 \times 10^5$ Gy （最大積算値）
最高圧力	0.014 MPa	0.427 MPa	0.853 MPa

\*1：原子炉格納容器内で電気ペネトレーションが設置されている区域の実測値

## 2.1.2 モジュール型高圧動力用電気ペネトレーション

### (1) 構造

モジュール型高圧動力用電気ペネトレーションは、モジュールパイプを溶接でヘッドに固定した構造である。

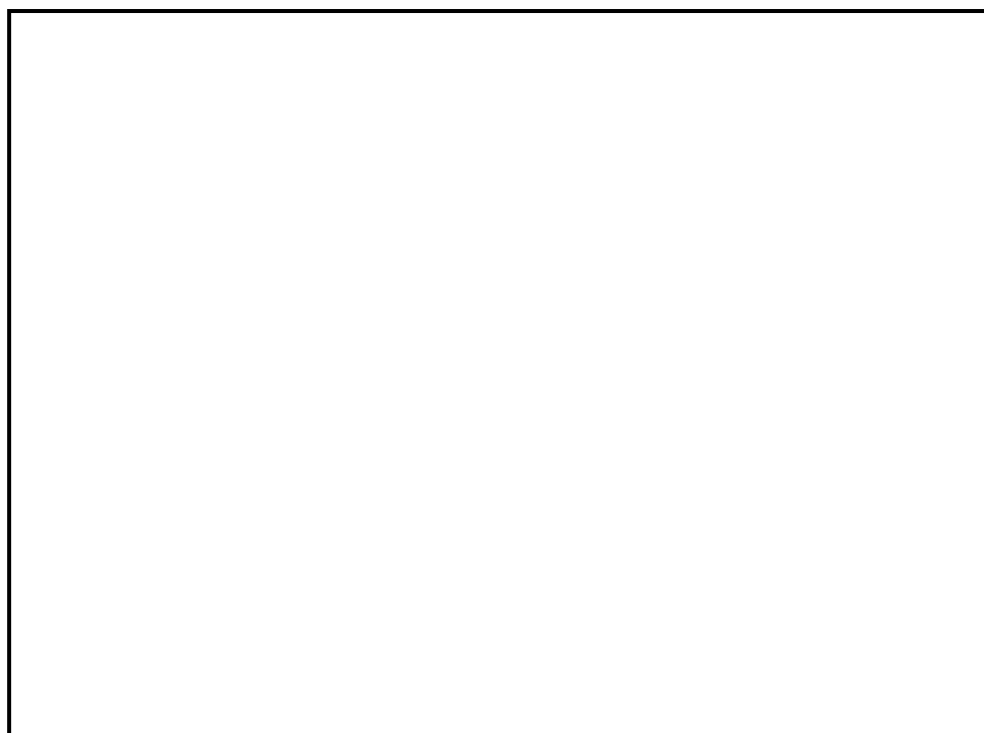
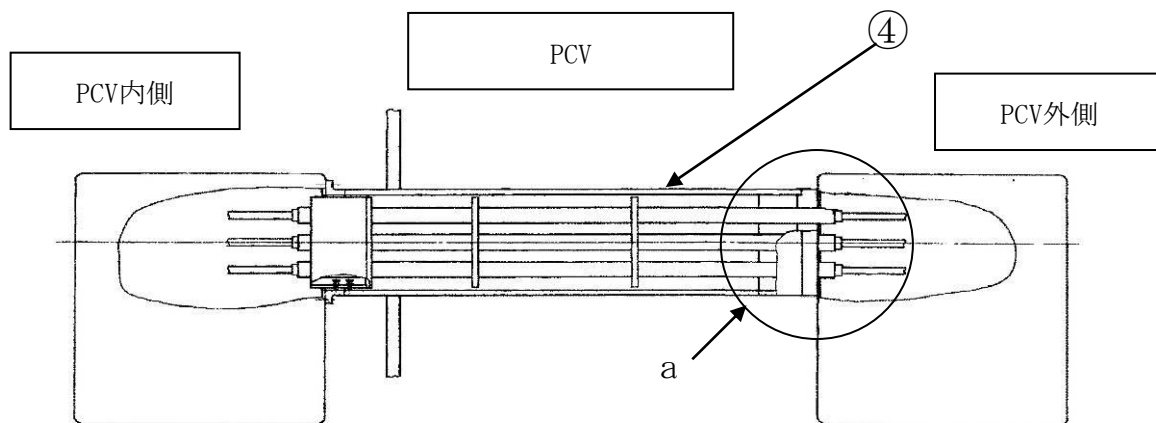
モジュール内部は電線が貫通し、この電線内部の導線部分を通して窒素などの漏えいがないように、接続スリーブにより電線を再接続した部分をエチレンプロピレンゴムによりシールする構造とし、このシール部をPCV内側および外側に2重に設けている。

また、2重シールの間は中空で、この部分を窒素ガスで加圧し、シール部の気密確認が出来る構造となっている。

モジュール型高圧動力用電気ペネトレーションの構造図を図2.1-2に示す。

### (2) 材料および使用条件

モジュール型高圧動力用電気ペネトレーション主要部位の使用材料を表2.1-3に、使用条件を表2.1-4に示す。



a 部詳細

No.	部 位
①	電線
②	接続スリーブ
③	シール材
④	スリーブ
⑤	アダプタ
⑥	ハッタ
⑦	モジュールハ イ

図2.1-2 モジュール型高圧動力用電気ペネトレーション構造図

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

表2.1-3 モジュール型高圧動力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	部 位	材 料
通電・絶縁性能の確保	電線	銅, 絶縁物 (エチレンポリレンゴム)
	接続スリーブ	銅
通電・絶縁性能の確保 およびハウダリの維持	シール材	エチレンポリレンゴム
ハウダリの維持	スリーブ	炭素鋼 (STS42)
	アダプタ	炭素鋼 (STS42)
	ヘッド	ステンレス鋼 (SUS304)
	モジュールハウダリ	ステンレス鋼 (SUS304TP)

表2.1-4 モジュール型高圧動力用電気ペネトレーションの使用条件

	通常運転時	設計基準事故時	重大事故等時
設置場所	原子炉格納容器内 (電気ペネトレーション付近)		
周囲温度	50℃ (最高) *1	171℃ (最高)	178℃ (最高)
放射線	$3.3 \times 10^{-2}$ Gy/h *1	$1.9 \times 10^4$ Gy (最大積算値)	$3.6 \times 10^5$ Gy (最大積算値)
最高圧力	0.014 MPa	0.427 MPa	0.853 MPa

\*1: 原子炉格納容器内で電気ペネトレーションが設置されている区域の実測値



### 2.1.3 モジュール型制御計測用高耐熱電気ペネトレーション

#### (1) 構造

モジュール型制御計測用高耐熱電気ペネトレーションは、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であり、モジュール交換の便を図ったものである。

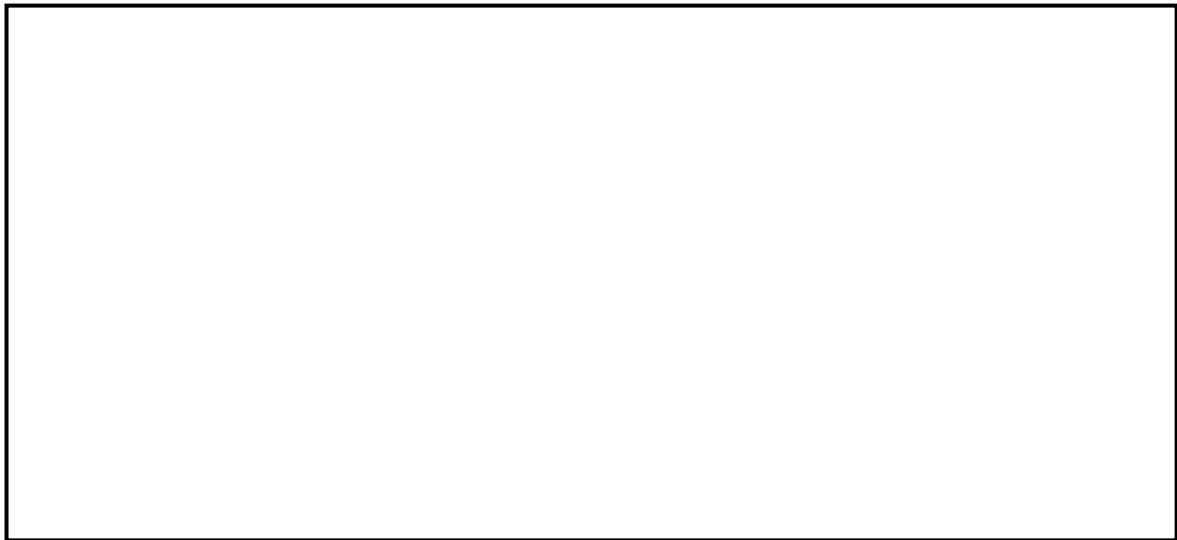
モジュール内部は電線が貫通し、この電線内部を通して窒素ガスなどの漏えいがないように、エポキシ樹脂による2重シールを構成し、導体部を接続子により再接続する構造となっている。なお、接続子、電線についても、エポキシ樹脂によりシールを行っている。

また、2重シール間は中空で、この部分を窒素ガスで加圧し、シール部の気密確認が出来る構造となっている。

モジュール型制御計測用高耐熱電気ペネトレーションの構造はモジュール部をのぞき、モジュール型核計装用電気ペネトレーションと同一であることから、モジュール型制御計測用高耐熱電気ペネトレーションのうち、モジュール部の構造図を図2.1-3に示す。

#### (2) 材料および使用条件

モジュール型制御計測用高耐熱電気ペネトレーション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	No.	部 位
①	モジュールボディ	⑤	導体
②	モジュールスリーブ	⑥	接続子
③	リング	⑦	シール材
④	電線		

図2.1-3 モジュール型制御計測用高耐熱電気ペネトレーション（モジュール部）構造図

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

表2.1-5 モジュール型制御計測用高耐熱電気ペネトレーション（モジュール部）の  
主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
通電・絶縁性能の確保	電線	銅, 絶縁物(フッ素樹脂混和物)
	導体	銅, クロム, アルメル他
	接続子	銅, クロム, アルメル他
通電・絶縁性能の確保 およびバウダリの維持	シール材	エポキシ樹脂
バウダリの維持	モジュールホテイスリーブ <sup>△</sup>	ステンレス鋼 (SUS304TP)
	Oリング <sup>△</sup>	EPDM

表2.1-6 モジュール型制御計測用高耐熱電気ペネトレーションの使用条件

	通常運転時	設計基準事故時	重大事故等時
設置場所	原子炉格納容器内（電気ペネトレーション付近）		
周囲温度	50℃（最高） <sup>*1</sup>	171℃（最高）	178℃（最高）
放射線	$3.3 \times 10^{-2}$ Gy/h <sup>*1</sup>	$1.9 \times 10^4$ Gy （最大積算値）	$3.6 \times 10^5$ Gy （最大積算値）
最高圧力	0.014 MPa	0.427 MPa	0.853 MPa

\*1：原子炉格納容器内で電気ペネトレーションが設置されている区域の実測値

## 2.1.4 モジュール型計測用MI電気ペネトレーション

### (1) 構造

モジュール型計測用MI電気ペネトレーションは、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ドに固定した構造であり、モジュール交換の便を図ったものである。

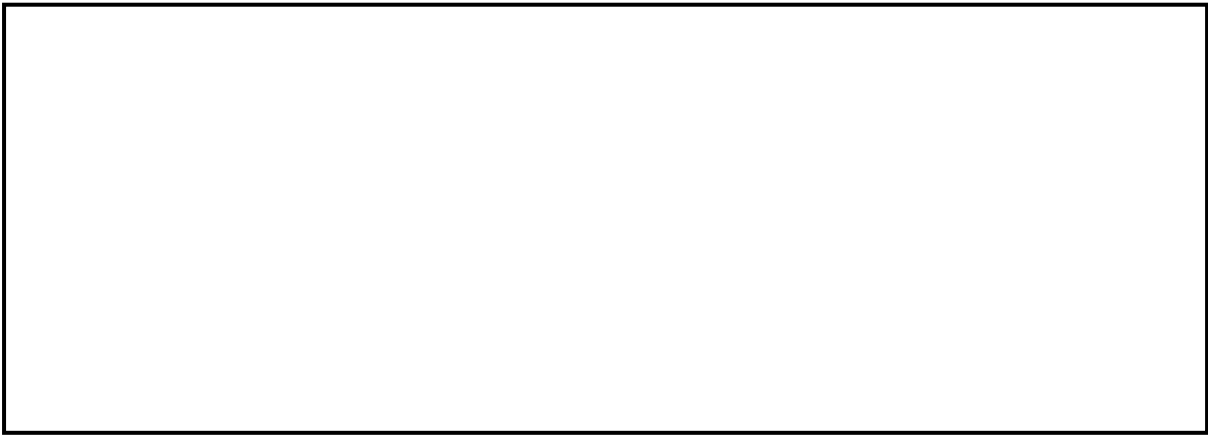
モジュール内部は電線および接続子が貫通し、この内部を通して窒素ガスなどの漏えいがないように、シール部にはSUS及びセラミック板を溶接している。接続子内部にはセラミックシールによる2重シールを構成し、導体部を接続子により再接続する構造となっている。

また、2重シール間は中空で、この部分を窒素ガスで加圧し、シール部の気密確認が出来る構造となっている。

モジュール型計測用MI電気ペネトレーションの構造はモジュール部をのぞき、モジュール型核計装用電気ペネトレーションと同一であることから、モジュール型計測用MI電気ペネトレーションのうち、モジュール部の構造図を図2.1-4に示す。

### (2) 材料および使用条件

モジュール型計測用MI電気ペネトレーション主要部位の使用材料を表2.1-7に、使用条件を表2.1-8に示す。



No.	部 位	No.	部 位
①	モジュールボディ	④	電線
②	モジュールスリーブ	⑤	導体
③	リング	⑥	接続子
⑦	シール材		

図2.1-4 モジュール型計測用MI電気ペネトレーション（モジュール部）構造図

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

表2.1-7 モジュール型計測用MI電気ペネトレーション（モジュール部）の  
主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
通電・絶縁性能の確保	電線	酸化マグネシウム，ステンレス鋼，銅，インコネル
	導体	クロメル，アルメル
	接続子	ステンレス鋼，セラミック
通電・絶縁性能の確保およびハウダリの維持	シール材	ステンレス鋼，セラミック
ハウダリの維持	モジュールホッティ/スリーブ	ステンレス鋼（SUS304TP）
	Oリング	EPDM

表2.1-8 モジュール型計測用MI電気ペネトレーションの使用条件

	通常運転時	設計基準事故時	重大事故等時
設置場所	原子炉格納容器内（電気ペネトレーション付近）		
周囲温度	50℃（最高）*1	171℃（最高）	178℃（最高）
放射線	$3.3 \times 10^{-2}$ Gy/h *1	$1.9 \times 10^4$ Gy （最大積算値）	$3.6 \times 10^5$ Gy （最大積算値）
最高圧力	0.014 MPa	0.427 MPa	0.853 MPa

\*1：原子炉格納容器内で電気ペネトレーションが設置されている区域の実測値

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

電気ペネトレーションの機能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 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の抽出

#### (1) 想定される経年劣化事象

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）およ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。

#### (2) 消耗品および定期取替品の扱い

電気ペネトレーションには、消耗品およ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 (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 (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. シール材および同軸ケーブル・電線の絶縁特性低下 [モジュール型核計装用電気ペネトレーション]
- b. シール材および電線の絶縁特性低下 [モジュール型高圧動力用電気ペネトレーション]
- c. シール材および電線の絶縁特性低下 [モジュール型制御計測用高耐熱電気ペネトレーション]
- d. シール材の劣化による気密性の低下 [モジュール型核計装用電気ペネトレーション]
- e. シール材の劣化による気密性の低下 [モジュール型高圧動力用電気ペネトレーション]
- f. シール材の劣化による気密性の低下 [モジュール型制御計測用高耐熱電気ペネトレーション]
- g. Oリングの劣化による気密性の低下 [モジュール型核計装用電気ペネトレーション]
- h. Oリングの劣化による気密性の低下 [モジュール型制御計測用高耐熱電気ペネトレーション, モジュール型計測用MI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・電線，気密同軸導体・導体，接続子の導通不良〔モジュール型核計装用電気ペネトレーション，モジュール型制御計測用高耐熱電気ペネトレーション，モジュール型計測用MI電気ペネトレーション〕および電線，接続スリーブの導通不良〔モジュール型高圧動力用電気ペネトレーション〕

同軸ケーブル・電線，気密同軸導体・導体，接続子および電線，接続スリーブは大きな荷重が作用すると，断線や途中接続点の接続子の外れ等により，導通不良が想定されるが，両端をシール材で固定し電線単体には外部からの大きな荷重が作用しない構造となっており，導通不良が発生する可能性は小さい。

また，定期的実施する系統機器の動作特性試験で健全性を確認しており，これまで有意な導通不良は認められていない。

なお，新規に設置される機器については，定期的に系統機器の動作特性試験により健全性を確認することとしている。

したがって，今後もこれらの進展傾向が変化する要因があると考えにくいことから，導通不良は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- b. アダプタの腐食（全面腐食）〔共通〕

アダプタは炭素鋼であり，腐食が想定されるが，塗装により腐食を防止しているため，腐食が発生する可能性は小さい。

また，定期的目視により塗装の状態を確認しており，これまで有意な腐食は認められていない。

したがって，今後もこれらの進展傾向が変化する要因があると考えにくいことから，高経年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. シール材の劣化による気密性の低下〔モジュール型計測用MI電気ペネトレーション〕

シール材については劣化によりシール機能が低下することで，気密性の低下が想定されるが，シール材は無機物であり，熱等による影響はほとんどないため，劣化による気密性低下の可能性は小さいと考える。

なお，新規に設置される機器については，定期的に気密性試験により健全性を確認することとしている。

したがって，高経年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. スリーブの腐食（全面腐食）〔共通〕

スリーブは炭素鋼であり、腐食が想定されるが、気中部については塗装により腐食を防止していることに加え、窒素環境であることから、腐食が発生する可能性は小さい。また、コンクリート埋設部は、コンクリートの中性化により腐食が想定されるが、実機コンクリートの中性化深さを評価した結果、問題ないことを確認している。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があると考えにくいことから、高経年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) モジュール型核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	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	同軸ケーブル/電線		銅, 絶縁物					○	△		*1: 劣化による気密性の低下
	気密同軸導体/導体		銅						△		
	接続子		銅他						△		
通電・絶縁性能の確保およびハウタリの維持	シール材		エポキシ樹脂					○		○*1	
ハウタリの維持	スリーブ		炭素鋼		▲						
	アダプタ		炭素鋼		△						
	ヘッド		ステンレス鋼								
	モジュールボディ		ステンレス鋼								
	リング		エチレンプロピレンゴム							○*1	
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）

▲：高経年化対策上着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) モジュール型高圧動力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	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	電線		銅, 絶縁物					○	△		*1: 劣化による気密性の低下
	接続スリーブ		銅						△		
通電・絶縁性能の確保およびハンタリの維持	シール材		エチレンプロピレンゴム					○		○*1	
ハンタリの維持	スリーブ		炭素鋼		▲						
	アダプタ		炭素鋼		△						
	ヘッド		ステンレス鋼								
	モジュールパイプ		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）

▲：高経年化対策上着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) モジュール型制御計測用高耐熱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	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	電線		銅, 絶縁物					○	△		*1:劣化による気 密性の低下
	導体		銅, クロメル, アルメル他						△		
	接続子		銅, クロメル, アルメル他						△		
通電・絶縁性能の確保 およびハウダリの維持	シール材		エポキシ樹脂					○		○*1	
ハウダリの維持	スリーブ		炭素鋼		▲						
	アダプタ		炭素鋼		△						
	ヘッダ		ステンレス鋼								
	モジュールホッテイ		ステンレス鋼								
	リング		EPDM							○*1	
	取付ホルト		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）

▲：高経年化対策上着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) モジュール型計測用MI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	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	電線		酸化マグネシウム, ステンレス鋼, 銅, インコネル						△		*1: 劣化による気密性の低下
	導体		クロム, アルメル						△		
	接続子		ステンレス鋼, セラミック						△		
通電・絶縁性能の確保およびハウダリの維持	シール材		ステンレス鋼, セラミック							△*1	
ハウダリの維持	スリーブ		炭素鋼		▲						
	アダプタ		炭素鋼		△						
	ハッタ		ステンレス鋼								
	モジュールホテイ		ステンレス鋼								
	リング		EPDM							○*1	
	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）

▲：高経年化対策上着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) シール材および同軸ケーブル・電線の絶縁特性低下〔モジュール型核計装用電気ペネトレーション〕

#### a. 事象の説明

シール材としているエポキシ樹脂および同軸ケーブル・電線の絶縁物としている架橋ポリスチレンは有機物であり、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、経年劣化に対する評価が必要である。また、モジュールボディ、導体等との接着力が低下し、これら接着面の隙間から大気中の湿気が電気ペネトレーション内部に侵入する可能性があり、これが絶縁特性に影響する可能性が有る。

図 2.3-1 に想定される湿気の侵入ルートを示す。

なお、モジュール型核計装用電気ペネトレーションは静止機器であること、電圧が低いこと、密封状態であることから、機械的、電氣的、環境的要因による劣化は起きないと考えられる。

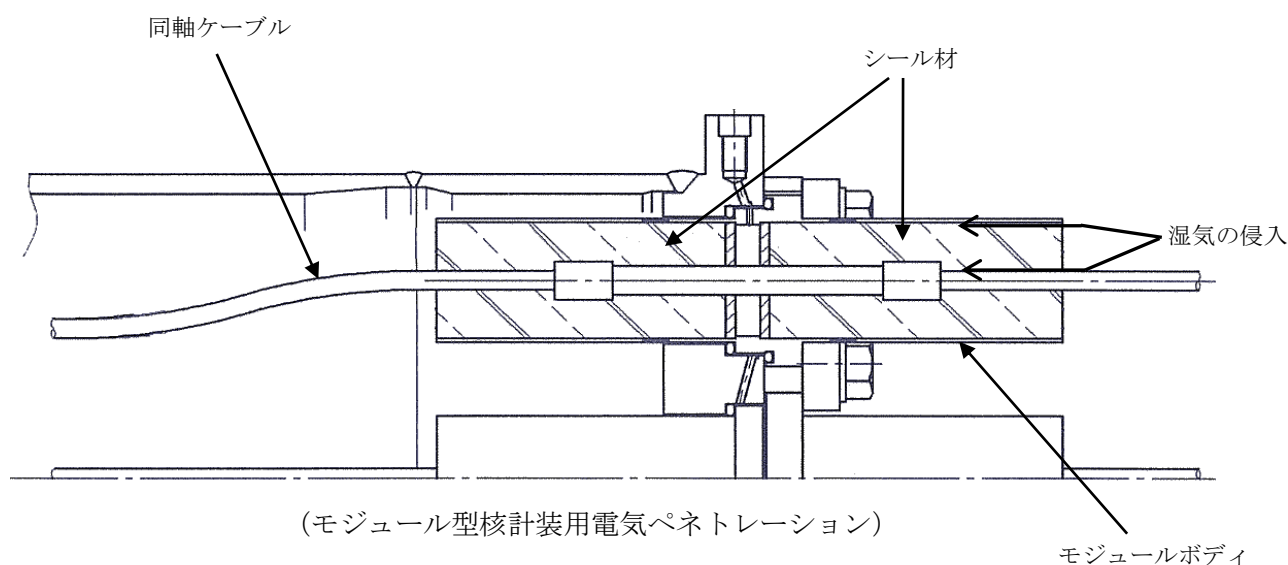


図2.3-1 湿気の侵入ルート

b. 技術評価

(a) 健全性評価

モジュール型核計装用電気ペネトレーションの絶縁特性低下については、長期間の経年劣化を考慮した必要性能の評価方法が IEEE Std. 317 (1976) , 323 (1974) および 383 (1974) の規格にまとめられており、これに基づき、実機同等品による通常環境および設計基準事故時雰囲気を考慮した長期健全性試験を実施した。

また、重大事故等時雰囲気内において信号伝達が求められることから、長期健全性試験を実施し、この結果に基づき、重大事故等時雰囲気内での健全性を評価した。

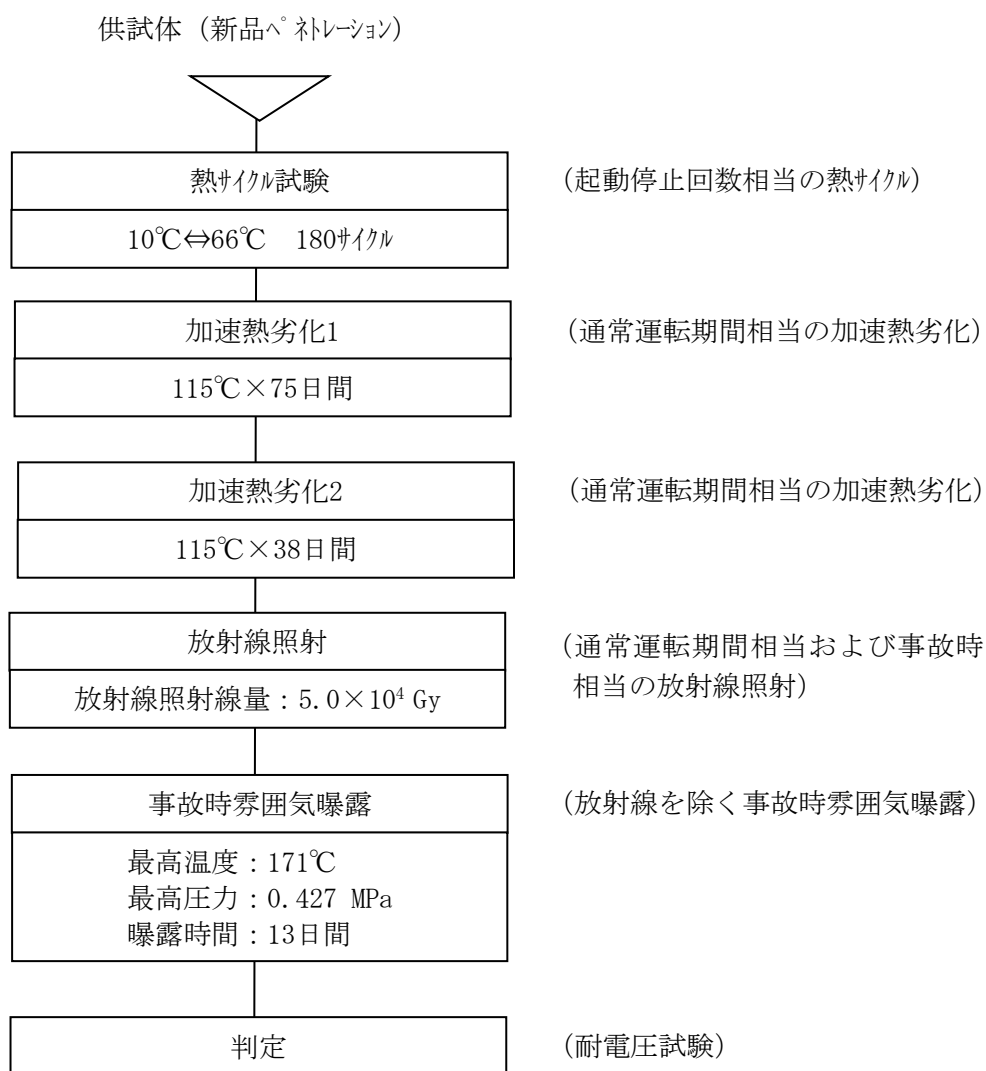


図2.3-2 モジュール型核計装用電気ペネトレーションの長期健全性試験手順  
(設計基準事故, 重大事故等)



表 2.3-1 モジュール型核計装用電気ペネトレーションの長期健全性試験条件  
(設計基準事故, 重大事故等)

	試験条件	説明
熱サイクル試験	10°C⇔66°C 180サイクル	島根2号炉の60年間の起動停止に伴う熱サイクル回数を包絡する。
加速熱劣化	加速熱劣化1 115°C×75日間 加速熱劣化2 115°C×38日間	島根2号炉の通常運転時周囲温度最高値 (50°C) に対して, 60年間の運転期間を包絡する。
放射線照射	5.0×10 <sup>4</sup> Gy	島根2号炉で想定される線量3.7×10 <sup>4</sup> Gy (60年間の通常運転線量1.8×10 <sup>4</sup> に設計基準事故時線量1.9×10 <sup>4</sup> Gyを加えた値) を包括する。 また, 島根2号炉で想定される線量3.8×10 <sup>4</sup> Gy (60年間の通常運転線量1.8×10 <sup>4</sup> Gyに重大事故等時線量2.0×10 <sup>4</sup> Gyを加えた値) を包括する。
事故時雰囲気曝露	最高温度: 171°C 最高圧力: 0.427 MPa 曝露時間: 13日間	島根2号炉の事故時の最高温度 (171°C), 最高圧力 (0.427 MPa) を包絡する。

表 2.3-2 モジュール型核計装用電気ペネトレーションの長期健全性試験耐電圧試験結果  
(設計基準事故, 重大事故等)

試験内容	判定基準*1	結果
720 Vを4秒間印加	絶縁破壊しないこと	良

\*1: 判定基準は IEEE Std. 317 (1976) に基づく。

図 2.3-2 に示す試験条件は, 表 2.3-1, 2.3-2 に示すとおり島根2号炉の60年間の運転期間を想定した劣化条件および事故時環境条件を包絡し, 判定基準を満足している。

よって, モジュール型核計装用電気ペネトレーションは, 60年間の通常運転および事故時雰囲気において絶縁特性を維持できるものと評価できる。

#### (b) 現状保全

モジュール型核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, 定期的に絶縁抵抗測定を実施し, 健全性を確認している。

なお, 電気ペネトレーションに有意な絶縁特性低下が認められた場合は, 必要により取替え等を行うこととしている。

#### (c) 総合評価

モジュール型核計装用電気ペネトレーションの絶縁特性低下は, 健全性評価結果および現状保全より, 運転開始から60年間の通常運転および事故時雰囲気において絶縁性能を維持できると判断する。

c. 高経年化への対応

シール材および同軸ケーブル・電線の絶縁特性低下に対しては，高経年化対策の観点から現状の保全内容に追加すべき項目はない。引き続き，現状保全を継続していく。

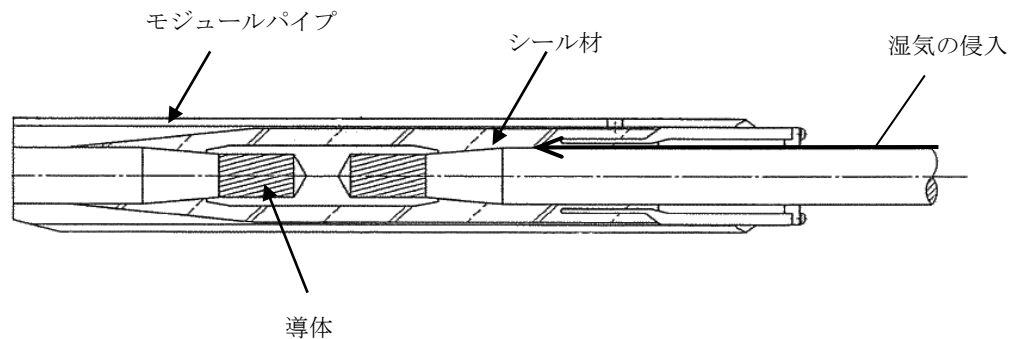
(2) シール材および電線の絶縁特性低下〔モジュール型高圧動力用電気ペネトレーション〕

a. 事象の説明

シール材および電線の絶縁物としているエチレンプロピレンゴムは有機物であり、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、絶縁特性が低下する可能性があることから、経年劣化に対する評価が必要である。また、モジュールボディ、導体等との接着力が低下し、これら接着面の隙間から大気中の湿気が電気ペネトレーション内部に侵入する可能性があり、これが絶縁特性に影響する可能性が有る。

図 2.3-3 に、想定される湿気の侵入ルートを示す。

なお、モジュール型高圧動力用電気ペネトレーションは静止機器であること、密封状態であることから、機械的、環境的要因による劣化は起きないと考えられる。



(モジュール型高圧動力用電気ペネトレーション)

図2.3-3 湿気の侵入ルート

b. 技術評価

(a) 健全性評価

モジュール型高圧動力用電気ペネトレーションの絶縁特性低下については、長期間の経年劣化を考慮した必要性能の評価方法が IEEE Std. 317 (1976) , 323 (1974) および 383 (1974) の規格にまとめられており、これに基づき、実機同等品による通常環境および設計基準事故時雰囲気を考慮した長期健全性試験を実施した。

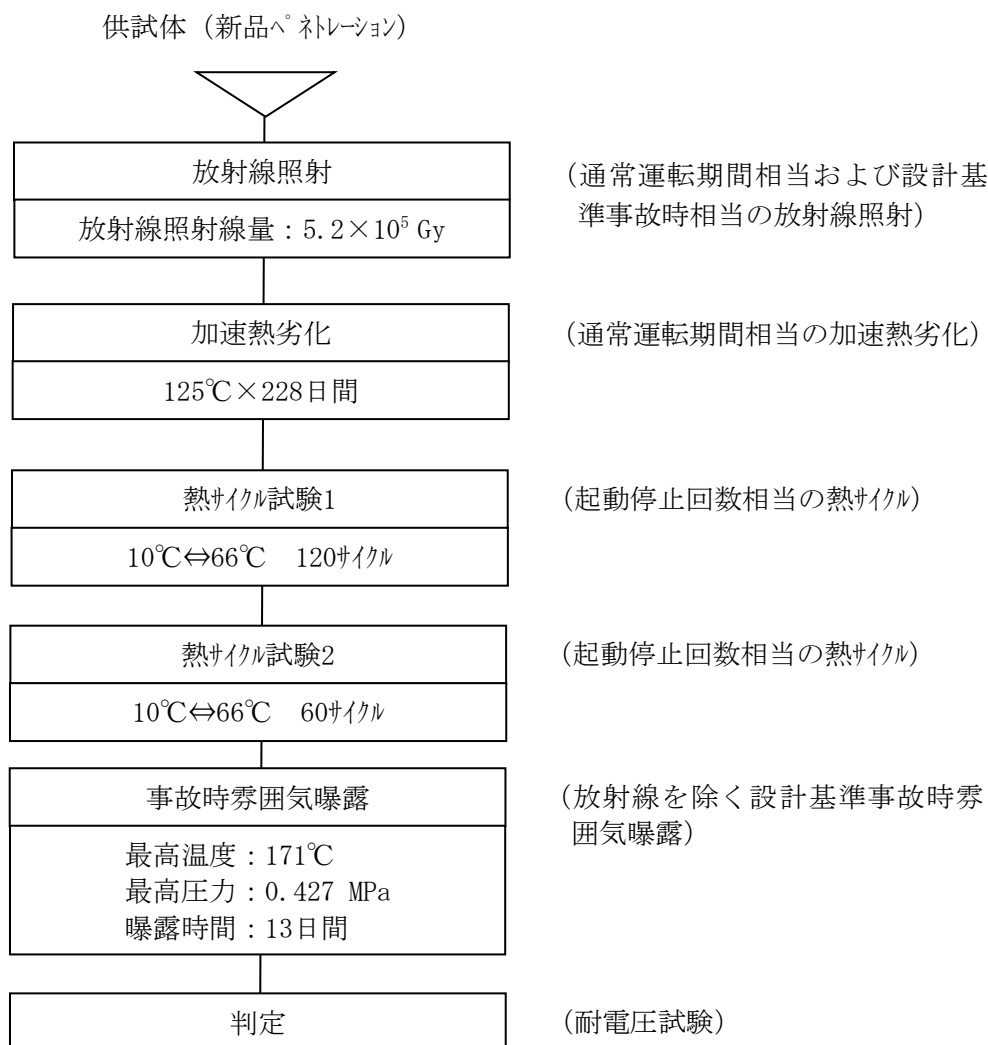


図2.3-4 モジュール型高圧動力用電気ペネトレーションの長期健全性試験手順  
(設計基準事故)

表 2.3-3 モジュール型高圧動力用電気ペネトレーションの長期健全性試験条件  
(設計基準事故)

	試験条件	説明
熱サイクル試験	10℃⇔66℃ 180サイクル	島根2号炉の60年間の起動停止に伴う熱サイクル回数を包絡する。
加速熱劣化	125℃×228日間	島根2号炉の通常運転時周囲温度最高値(50℃)に通電温度上昇を考慮した温度(55℃)に対して、60年間の運転期間を包絡する。
放射線照射	放射線照射線量 5.2×10 <sup>5</sup> Gy (1×10 <sup>4</sup> Gy/h)	島根2号炉で想定される線量3.7×10 <sup>4</sup> Gy(60年間の通常運転時線量1.8×10 <sup>4</sup> Gyに設計基準事故時線量1.9×10 <sup>4</sup> Gyを加えた値)を包絡する。
事故時雰囲気曝露	最高温度: 171℃ 最高圧力: 0.427 MPa 曝露時間 13日間	島根2号炉の設計基準事故時の最高温度(171℃), 最高圧力(0.427 MPa)を包絡する。

表 2.3-4 モジュール型高圧動力用電気ペネトレーション長期健全性試験耐電圧試験結果  
(設計基準事故)

試験内容	判定基準*1	結果
交流電圧7,920 Vを5分間印加	絶縁破壊しないこと	良

\*1: 判定基準は IEEE Std. 317 (1976) に基づく。

図 2.3-4 に示す試験条件は、表 2.3-3, 2.3-4 に示すとおり島根2号炉の60年間の運転期間を想定した劣化条件および設計基準事故時環境条件を包絡し、判定基準を満足している。

よって、モジュール型高圧動力用電気ペネトレーションは、60年間の通常運転および設計基準事故時雰囲気において絶縁特性を維持できるものと評価できる。

#### (b) 現状保全

モジュール型高圧動力用電気ペネトレーションの絶縁特性低下に対しては、定期的に絶縁抵抗測定を実施し、健全性を確認している。

なお、電気ペネトレーションに有意な絶縁特性低下が認められた場合は、必要により取替え等を行うこととしている。

#### (c) 総合評価

モジュール型高圧動力用電気ペネトレーションの絶縁特性低下は、健全性評価結果および現状保全より、運転開始から60年間の通常運転および設計基準事故時雰囲気において絶縁性能を維持できると判断する。

c. 高経年化への対応

シール材および電線の絶縁特性低下に対しては，高経年化対策の観点から現状の保全内容に追加すべき項目はない。引き続き，現状保全を継続していく。

(3) シール材および電線の絶縁特性低下 [モジュール型制御計測用高耐熱電気ペネトレーション]

a. 事象の説明

シール材としているエポキシ樹脂および電線の絶縁物としているフッ素樹脂混和物は有機物であり、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、経年劣化に対する評価が必要である。また、モジュールボディ、導体等との接着力が低下し、これら接着面の隙間から大気中の湿気が電気ペネトレーション内部に侵入する可能性があり、これが絶縁特性に影響する可能性が有る。

図 2.3-5 に想定される湿気の侵入ルートを示す。

なお、モジュール型制御計測用高耐熱電気ペネトレーションは静止機器であること、電圧が低いこと、密封状態であることから、機械的、電氣的、環境的要因による劣化は起きないと考えられる。

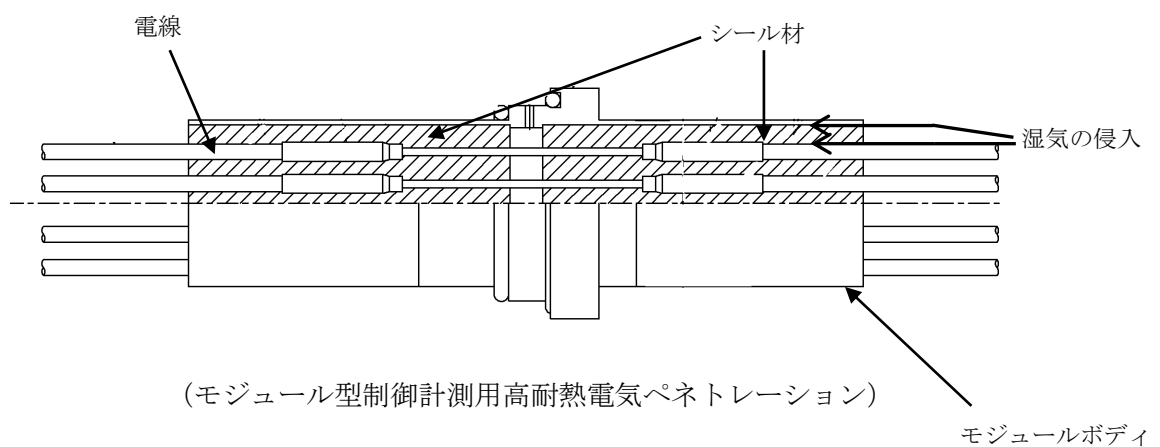


図2.3-5 湿気の侵入ルート

b. 技術評価

(a) 健全性評価

モジュール型制御計測用高耐熱電気ペネトレーションの絶縁特性低下については、長期間の経年劣化を考慮した必要性能の評価方法が IEEE Std. 317 (1983, 2013), 323 (1974) および 383 (1974) の規格にまとめられており、これに基づき、実機同等品による通常環境および設計基準事故時雰囲気を考慮した長期健全性試験を実施した。

また、重大事故等時雰囲気内において信号伝達が求められることから、長期健全性試験を実施し、この結果に基づき、重大事故等時雰囲気内での健全性を評価した。

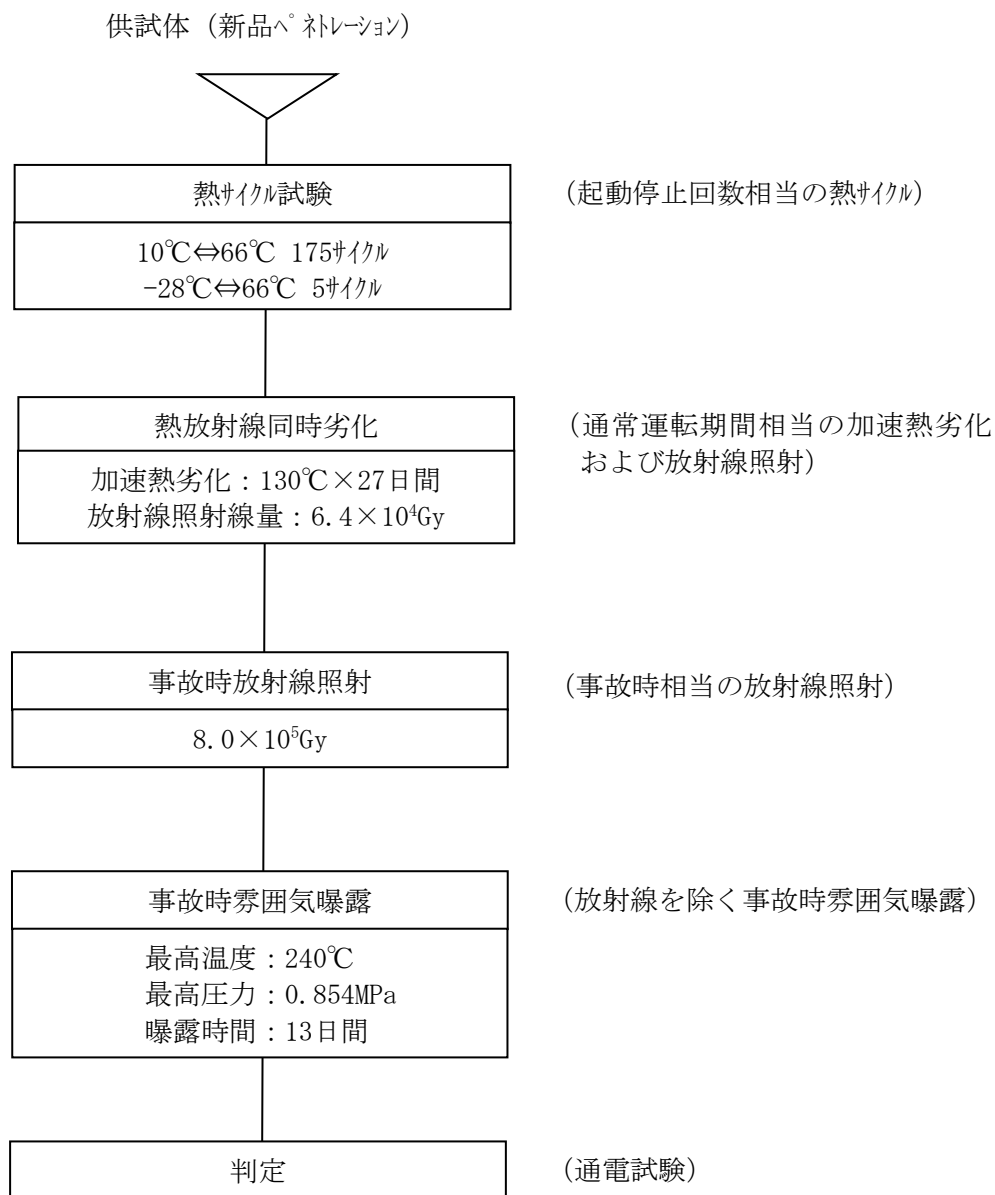


図2.3-6 モジュール型制御計測用高耐熱電気ペネトレーションの長期健全性試験手順  
(設計基準事故，重大事故等)



表 2.3-5 モジュール型制御計測用高耐熱電気ペネトレーションの長期健全性試験条件  
(設計基準事故, 重大事故等)

	試験条件	説明
熱サイクル試験	10°C⇔66°C 175サイクル -28°C⇔66°C 5サイクル	島根2号炉の60年間の起動停止に伴う熱サイクル回数を包絡する。
熱放射線同時劣化	加速熱劣化 130°C×27日間 放射線照射線量 6.4×10 <sup>4</sup> Gy	島根2号炉の通常運転時周囲温度最高値(50°C)に対して, 30年間の運転期間を包絡する。 また, 島根2号炉で想定される30年間の通常運転時線量0.9×10 <sup>4</sup> Gyを包絡する。
事故時放射線照射	8.0×10 <sup>5</sup> Gy	島根2号炉で想定される事故時線量3.6×10 <sup>5</sup> Gyを包括する。
事故時雰囲気曝露	最高温度: 240°C 最高圧力: 0.854MPa 曝露時間: 13日間	島根2号炉の事故時の最高温度(178°C), 最高圧力(0.853 MPa)を包絡する。

表 2.3-6 モジュール型制御計測用高耐熱電気ペネトレーションの  
長期健全性試験通電試験結果 (設計基準事故, 重大事故等)

試験内容	判定基準*1	結果
14Aを10秒間印加 79Aを2秒間印加	絶縁破壊しないこと 異常のないこと	良

\*1: 判定基準は IEEE Std. 317 (1983, 2013) に基づく。

図 2.3-6 に示す試験条件は, 表 2.3-5, 2.3-6 に示すとおり島根2号炉の30年間の運転期間を想定した劣化条件および事故時環境条件を包絡し, 判定基準を満足している。

また, 事故時環境において動作要求のあるモジュール型制御計測用高耐熱電気ペネトレーションについては, 運転開始後34年目に設置予定である。

よって, モジュール型制御計測用高耐熱電気ペネトレーションは, 60年間の通常運転および事故時雰囲気において絶縁特性を維持できるものと評価できる。

#### (b) 現状保全

モジュール型制御計測用高耐熱電気ペネトレーションの絶縁特性低下に対しては, 定期的に絶縁抵抗測定を実施し, 健全性を確認することとしている。

なお, 電気ペネトレーションに有意な絶縁特性低下が認められた場合は, 必要により取替え等を行うこととしている。

#### (c) 総合評価

モジュール型制御計測用高耐熱電気ペネトレーションの絶縁特性低下は, 健全性評価結果および現状保全より, 運転開始から60年間の通常運転および事故時雰囲気において絶縁性能を維持できると判断する。

c. 高経年化への対応

シール材および電線の絶縁特性低下に対しては，高経年化対策の観点から現状の保全内容に追加すべき項目はない。引き続き，現状保全を継続していく。

#### (4) シール材の劣化による気密性の低下〔モジュール型核計装用電気ペネトレーション〕

##### a. 事象の説明

シール材としているエポキシ樹脂は有機物であり、熱的、放射線照射、機械的、環境的要因により経年的に劣化が進行し、リークを起こす可能性があることから、経年劣化に対する評価が必要である。

シール材の劣化による気密性低下要因としては、熱および放射線照射による経年劣化により、鋼材、導体等との接着力が低下する。この結果、プラント運転・停止による温度変化のため膨張と収縮を繰り返すことにより相互間ではく離が生じ、リークを生じる可能性は否定できない。

ただし、モジュール型核計装用電気ペネトレーションは静止機器であること、密封状態であることから、機械的、環境的要因による劣化は起きないと考えられる。

##### b. 技術評価

###### (a) 健全性評価

モジュール型核計装用電気ペネトレーションの気密性の低下については、長期間の経年劣化を考慮した必要性能の評価方法が IEEE Std. 317 (1983) , 323 (1974) および 383 (1974) の規格にまとめられており、これに基づき、実機同等品による通常環境および設計基準事故時雰囲気を考慮した長期健全性試験を実施した。

また、重大事故等においても気密性が求められることから、長期健全性試験を実施し、この結果に基づき、重大事故等時雰囲気内での健全性を評価した。

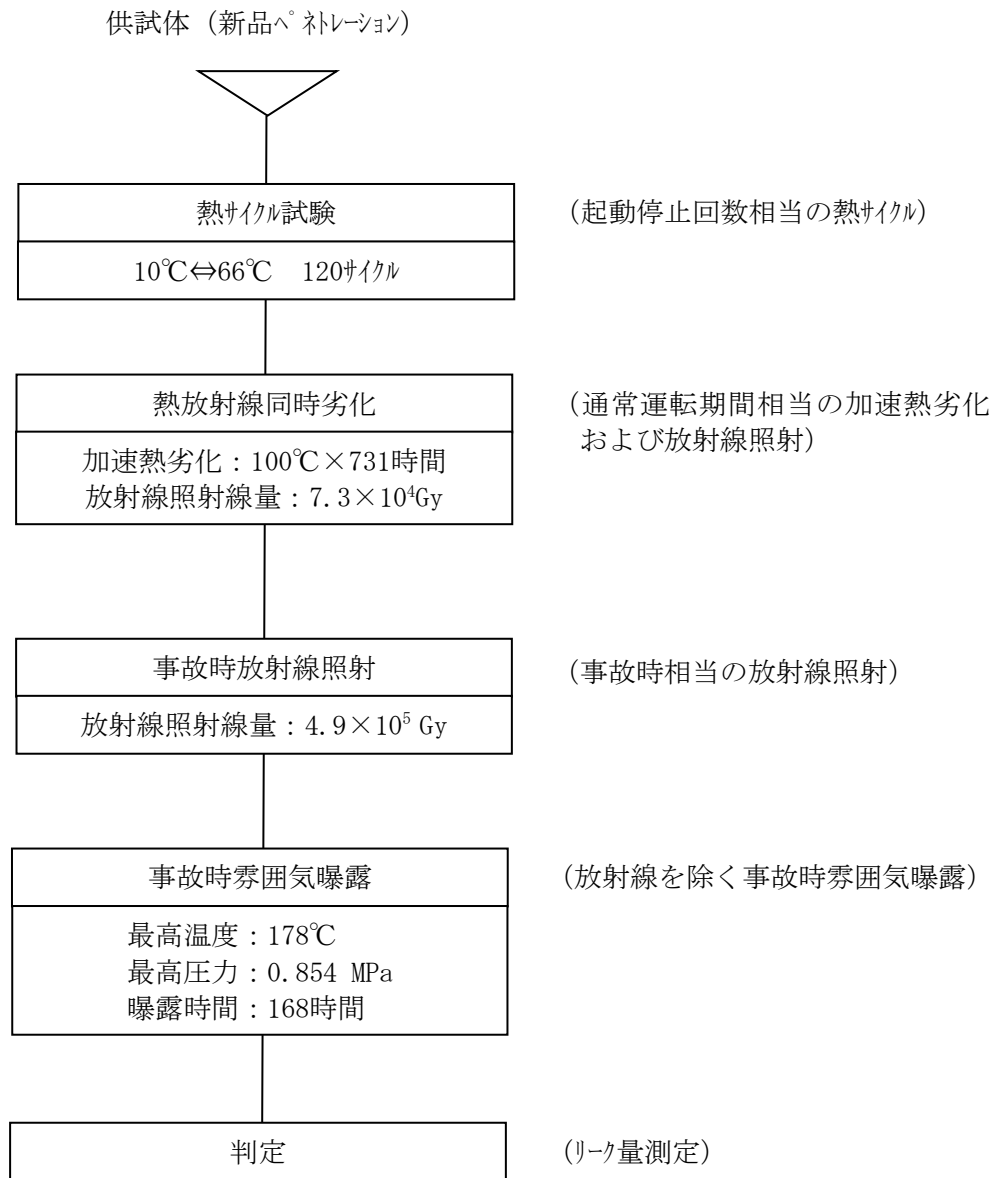


図2.3-7 モジュール型核計装用電気ペネトレーションの長期健全性試験手順  
(設計基準事故, 重大事故等)

表2.3-7 モジュール型核計装用電気ペネトレーションの長期健全性試験条件  
(設計基準事故, 重大事故等)

	試験条件	説明
熱サイクル試験	10°C⇔66°C 120サイクル	島根2号炉の60年間の起動停止に伴う熱サイクル回数を包絡する。
熱放射線同時劣化	加速熱劣化 100°C×731時間 放射線照射線量 7.3×10 <sup>4</sup> Gy	島根2号炉の通常運転時周囲温度最高値(50°C)に対して, 60年間の運転期間を包絡する。 また, 島根2号炉で想定される60年間通常運転時線量1.8×10 <sup>4</sup> Gyを包絡する。
事故時放射線照射	4.9×10 <sup>5</sup> Gy	島根2号炉で想定される事故時線量3.6×10 <sup>5</sup> Gyを包括する。
事故時雰囲気曝露	最高温度: 178°C 最高圧力: 0.854MPa 曝露時間: 168時間	島根2号炉の事故時の最高温度(178°C), 最高圧力(0.853 MPa)を包絡する。

表 2.3-8 モジュール型核計装用電気ペネトレーションの長期健全性試験リーク量測定結果  
(設計基準事故, 重大事故等)

試験前	試験後	判定基準*1	結果
1.1×10 <sup>-9</sup> Pa・m <sup>3</sup> /s以下	1.1×10 <sup>-5</sup> Pa・m <sup>3</sup> /s 以下	1.0×10 <sup>-4</sup> Pa・m <sup>3</sup> /s以下	良

\*1: 判定基準は IEEE Std. 317 (1983) に基づく。

図 2.3-7 に示す試験条件は, 表 2.3-7, 2.3-8 に示すとおり島根2号炉の60年間の運転期間を想定した劣化条件および事故時環境条件を包絡し, 判定基準を満足している。

よって, モジュール型核計装用電気ペネトレーションは, 60年間の通常運転および事故時雰囲気において気密性を維持できるものと評価できる。

#### (b) 現状保全

モジュール型核計装用電気ペネトレーションのシール材の気密性低下に対しては, 定期事業者検査時に原子炉格納容器漏えい率検査を実施し, 原子炉格納容器全体の漏えい率が基準を満たし, 漏えい率が増加傾向に無いことを確認している。

なお, 電気ペネトレーションに有意な気密性の低下が認められた場合には, 必要により取替え等を行うこととしている。

#### (c) 総合評価

モジュール型核計装用電気ペネトレーションのシール材の気密性低下は, 健全性評価結果および現状保全より, 運転開始から60年間の通常運転および事故時雰囲気において気密性能を維持できると判断する。

c. 高経年化への対応

シール材の気密性低下に対しては，高経年化対策の観点から現状の保全内容に追加すべき項目はない。引き続き，現状保全を継続していく。

(5) シール材の劣化による気密性の低下〔モジュール型高圧動力用電気ペネトレーション〕

a. 事象の説明

シール材としているエチレンプロピレンゴムは有機物であり、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、リークを起こす可能性があることから、経年劣化に対する評価が必要である。

シール材の劣化による気密性低下要因としては、熱および放射線照射による経年劣化により、鋼材、導体等との接着力が低下する。この結果、プラント運転・停止による温度変化のため膨張と収縮を繰り返すことにより相互間ではく離が生じ、リークを生じる可能性は否定できない。

ただし、モジュール型高圧動力用電気ペネトレーションは静止機器であること、密封状態であることから、機械的、環境的要因による劣化は起きないと考えられる。

b. 技術評価

(a) 健全性評価

モジュール型核計装用電気ペネトレーションの気密性の低下については、長期間の経年劣化を考慮した必要性能の評価方法が IEEE Std. 317 (1983) , 323 (1974) および 383 (1974) の規格にまとめられており、これに基づき、実機同等品による通常環境および設計基準事故時雰囲気を考慮した長期健全性試験を実施した。

また、重大事故等においても気密性が求められることから、長期健全性試験を実施し、この結果に基づき、重大事故等時雰囲気内での健全性を評価した。

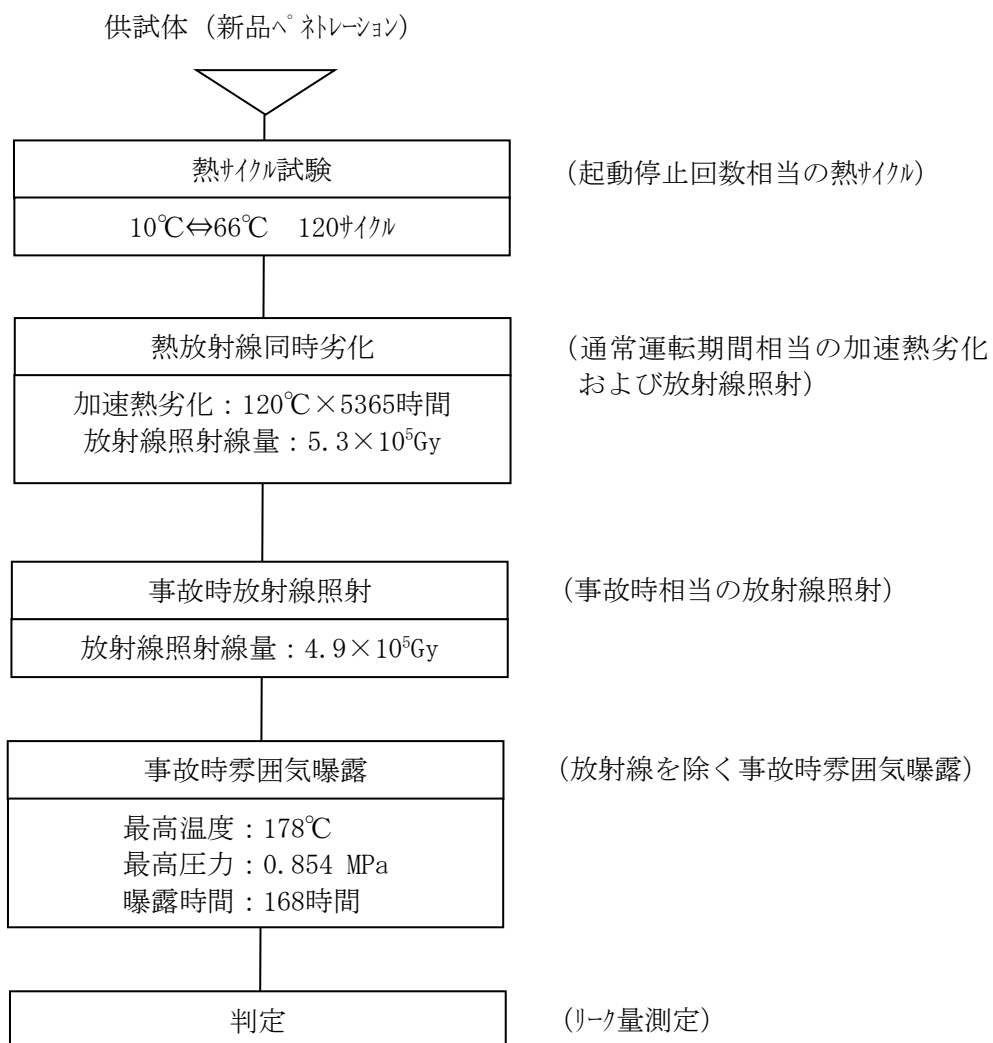


図2.3-8 モジュール型高圧動力用電気ペネトレーションの長期健全性試験手順  
（設計基準事故，重大事故等）



表2.3-9 モジュール型高圧動力用電気ペネトレーションの長期健全性試験条件  
(設計基準事故, 重大事故等)

	試験条件	説明
熱サイクル試験	10℃⇔66℃ 120サイクル	島根2号炉の60年間の起動停止に伴う熱サイクル回数を包絡する。
熱放射線同時劣化	加速熱劣化 120℃×5365時間 放射線照射線量 5.3×10 <sup>5</sup> Gy	島根2号炉の通常運転時周囲温度最高値(50℃)に通電温度上昇を考慮した温度(55℃)に対して, 60年間の運転期間を包絡する。 また, 島根2号炉で想定される60年間通常運転時線量1.8×10 <sup>4</sup> Gyを包絡する。
事故時放射線照射	4.9×10 <sup>5</sup> Gy	島根2号炉で想定される事故時線量3.6×10 <sup>5</sup> Gyを包括する。
事故時雰囲気曝露	最高温度: 178℃ 最高圧力: 0.854 MPa 曝露時間: 168時間	島根2号炉の事故時の最高温度(178℃), 最高圧力(0.853MPa)を包絡する。

表 2.3-10 モジュール型高圧動力用電気ペネトレーションの長期健全性試験リーク量測定結果  
(設計基準事故, 重大事故等)

試験前	試験後	判定基準*1	結果
1.0×10 <sup>-11</sup> Pa・m <sup>3</sup> /s以下	3.6×10 <sup>-5</sup> Pa・m <sup>3</sup> /s以下	1.0×10 <sup>-4</sup> Pa・m <sup>3</sup> /s以下	良

\*1: 判定基準は IEEE Std. 317 (1983) に基づく。

図 2.3-8 に示す試験条件は, 表 2.3-9, 2.3-10 に示すとおり島根 2 号炉の 60 年間の運転期間を想定した劣化条件および事故時環境条件を包絡し, 判定基準を満足している。

よって, モジュール型高圧動力用電気ペネトレーションは, 60 年間の通常運転および事故時雰囲気において気密性を維持できるものと評価できる。

#### (b) 現状保全

モジュール型高圧動力用電気ペネトレーションのシール材の気密性低下に対しては, 定期事業者検査時に原子炉格納容器漏えい率検査を実施し, 原子炉格納容器全体の漏えい率が基準を満たし, 漏えい率が増加傾向に無いことを確認している。

なお, 電気ペネトレーションに有意な気密性の低下が認められた場合には, 必要により取替え等を行うこととしている。

#### (c) 総合評価

モジュール型高圧動力用電気ペネトレーションのシール材の気密性低下は, 健全性評価結果および現状保全より, 運転開始から 60 年間の通常運転および事故時雰囲気において気密性能を維持できると判断する。

c. 高経年化への対応

シール材の気密性低下に対しては，高経年化対策の観点から現状の保全内容に追加すべき項目はない。引き続き，現状保全を継続していく。

(6) シール材の劣化による気密性の低下〔モジュール型制御計測用高耐熱電気ペネトレーション〕

a. 事象の説明

シール材としているエポキシ樹脂は有機物であり、熱的、放射線照射、機械的、環境的要因により経年的に劣化が進行し、リークを起こす可能性があることから、経年劣化に対する評価が必要である。

シール材の劣化による気密性低下要因としては、熱および放射線照射による経年劣化により、鋼材、導体等との接着力が低下する。この結果、プラント運転・停止による温度変化のため膨張と収縮を繰り返すことにより相互間での離れが生じ、リークを生じる可能性は否定できない。

ただし、モジュール型制御計測用高耐熱電気ペネトレーションは静止機器であること、密封状態であることから、機械的、環境的要因による劣化は起きないと考えられる。

b. 技術評価

(a) 健全性評価

モジュール型制御計測用高耐熱電気ペネトレーションの気密性の低下については、長期間の経年劣化を考慮した必要性能の評価方法が IEEE Std. 317 (1983) , 323 (1974) および 383 (1974) の規格にまとめられており、これに基づき、実機同等品による通常環境および設計基準事故時雰囲気を考慮した長期健全性試験を実施した。

また、重大事故等においても気密性が求められることから、長期健全性試験を実施し、この結果に基づき、重大事故等時雰囲気内の健全性を評価した。

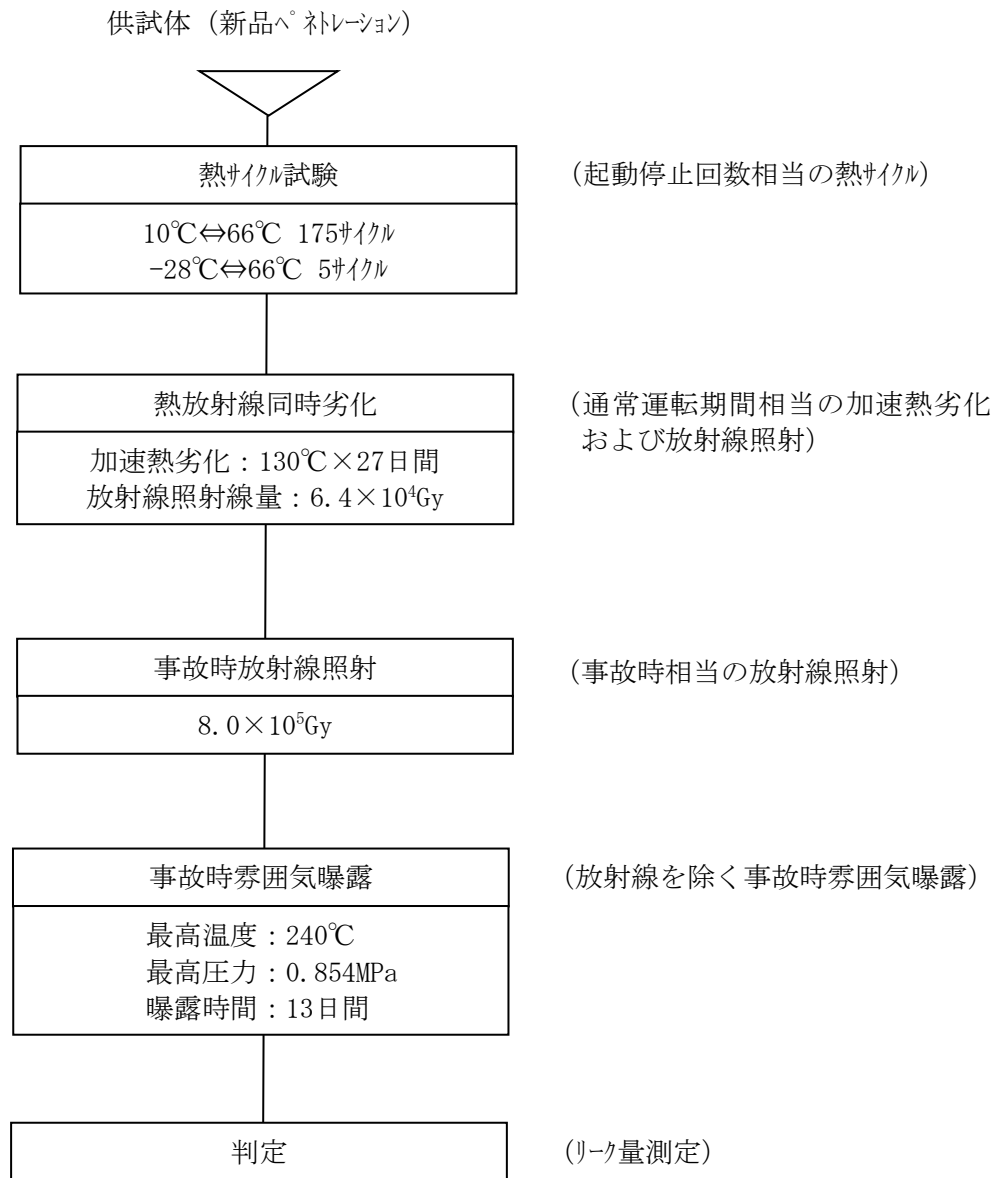


図2.3-9 モジュール型制御計測用高耐熱電気ペネトレーションの長期健全性試験手順  
(設計基準事故，重大事故等)

表2.3-11 モジュール型制御計測用高耐熱電気ペネトレーションの長期健全性試験条件  
(設計基準事故, 重大事故等)

	試験条件	説明
熱サイクル試験	10°C⇔66°C 175サイクル -28°C⇔66°C 5サイクル	島根2号炉の60年間の起動停止に伴う熱サイクル回数を包絡する。
熱放射線同時劣化	加速熱劣化 130°C×27日間 放射線照射線量 6.4×10 <sup>4</sup> Gy	島根2号炉の通常運転時周囲温度最高値(50°C)に対して, 30年間の運転期間を包絡する。 また, 島根2号炉で想定される60年間通常運転時線量0.9×10 <sup>4</sup> Gyを包絡する。
事故時放射線照射	8.0×10 <sup>5</sup> Gy	島根2号炉で想定される事故時線量3.6×10 <sup>5</sup> Gyを包括する。
事故時雰囲気曝露	最高温度: 240°C 最高圧力: 0.854MPa 曝露時間: 13日間	島根2号炉の事故時の最高温度(178°C), 最高圧力(0.853 MPa)を包絡する。

表 2.3-12 モジュール型制御計測用高耐熱電気ペネトレーションの  
長期健全性試験リーク量測定結果 (設計基準事故, 重大事故等)

試験前	試験後	判定基準*1	結果
1.1×10 <sup>-9</sup> Pa・m <sup>3</sup> /s以下	3.8×10 <sup>-9</sup> Pa・m <sup>3</sup> /s 以下	1.0×10 <sup>-4</sup> Pa・m <sup>3</sup> /s以下	良

\*1: 判定基準は IEEE Std. 317 (1983) に基づく。

図 2.3-9 に示す試験条件は, 表 2.3-11, 2.3-12 に示すとおり島根 2 号炉の 30 年間の運転期間を想定した劣化条件および事故時環境条件を包絡し, 判定基準を満足している。

また, 事故時環境において動作要求のあるモジュール型制御計測用高耐熱電気ペネトレーションについては, 運転開始後 34 年目に設置予定である。

よって, モジュール型制御計測用高耐熱電気ペネトレーションは, 60 年間の通常運転および事故時雰囲気において気密性を維持できるものと評価できる。

#### (b) 現状保全

モジュール型制御計測用高耐熱電気ペネトレーションのシール材の気密性低下に対しては, 定期事業者検査時に原子炉格納容器漏えい率検査を実施し, 原子炉格納容器全体の漏えい率が基準を満たし, 漏えい率が増加傾向に無いことを確認することとしている。

なお, 電気ペネトレーションに有意な気密性の低下が認められた場合には, 必要により取替え等を行うこととしている。

#### (c) 総合評価

モジュール型制御計測用高耐熱電気ペネトレーションのシール材の気密性低下は, 健全性評価結果および現状保全より, 運転開始から 60 年間の通常運転および事故時雰囲気において気密性能を維持できると判断する。

c. 高経年化への対応

シール材の気密性低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に追加すべき項目はない。引き続き、現状保全を継続していく。

(7) Oリングの劣化による気密性の低下〔モジュール型核計装用電気ペネトレーション〕

a. 事象の説明

Oリング材に使用しているエチレンプロピレンゴムは有機物であり、熱的、放射線照射、機械的、環境的要因により経年的に劣化が進行し、リークを起こす可能性があることから、経年劣化に対する評価が必要である。

Oリング材の劣化による気密性低下要因としては、熱的および放射線照射による経年劣化により、鋼材との密着性が低下する。この結果、プラント運転・停止による温度変化のため膨張と収縮を繰り返すことにより、リークを生じる可能性は否定できない。

ただし、モジュール型核計装用電気ペネトレーションは静止機器であること、密封状態であることから、機械的、環境的要因による劣化は起きないと考えられる。

b. 技術評価

(a) 健全性評価

モジュール型核計装用電気ペネトレーションの気密性の低下については、長期間の経年劣化を考慮した必要性能の評価方法が IEEE Std. 317 (1976) , 323 (1974) および 383 (1974) の規格にまとめられており、これに基づき、実機同等品による通常環境および設計基準事故時雰囲気を考慮した長期健全性試験を実施した。

また、重大事故等においても気密性が求められることから、長期健全性試験を実施し、この結果に基づき、重大事故等時雰囲気内の健全性を評価した。

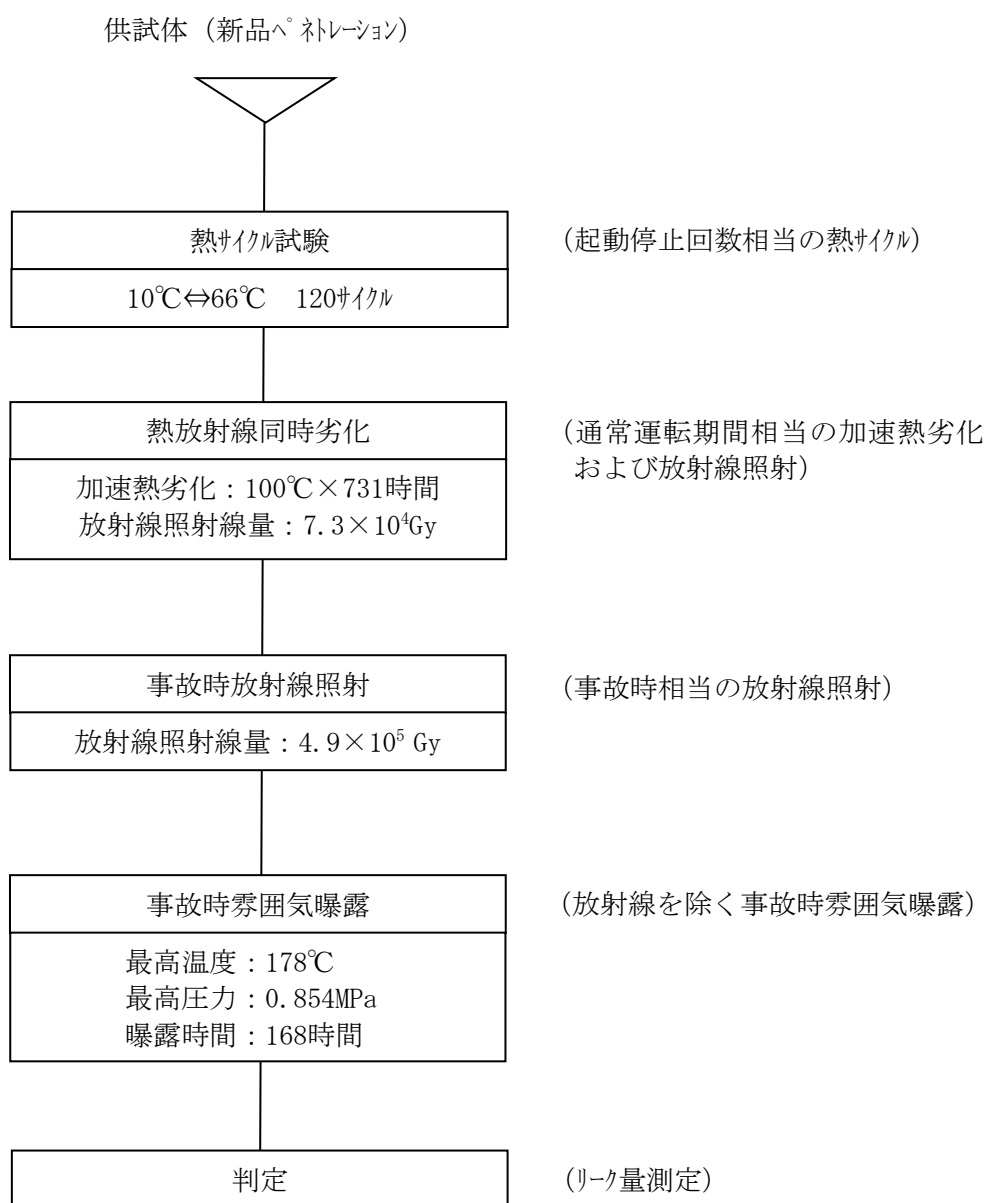


図2.3-10 モジュール型核計装用電気ペネトレーションの長期健全性試験手順  
(設計基準事故, 重大事故等)



表2.3-13 モジュール型核計装用電気ペネトレーションの長期健全性試験条件  
(設計基準事故, 重大事故等)

	試験条件	説明
熱サイクル試験	10℃⇔66℃ 120サイクル	島根2号炉の60年間の起動停止に伴う熱サイクル回数を包絡する。
熱放射線同時劣化	加速熱劣化 100℃×731時間 放射線照射線量 7.3×10 <sup>4</sup> Gy	島根2号炉の通常運転時周囲温度最高値(50℃)に対して, 60年間の運転期間を包絡する。 また, 島根2号炉で想定される60年間通常運転時線量1.8×10 <sup>4</sup> Gyを包絡する。
事故時放射線照射	4.9×10 <sup>5</sup> Gy	島根2号炉で想定される事故時線量3.6×10 <sup>5</sup> Gyを包括する。
事故時雰囲気曝露	最高温度: 178℃ 最高圧力: 0.854MPa 曝露時間: 168時間	島根2号炉の事故時の最高温度(178℃), 最高圧力(0.853MPa)を包絡する。

表2.3-14 モジュール型核計装用電気ペネトレーションの長期健全性試験リーク量測定結果  
(設計基準事故, 重大事故等)

試験前	試験後	判定基準*1	結果
1.1×10 <sup>-9</sup> Pa・m <sup>3</sup> /s以下	1.1×10 <sup>-5</sup> Pa・m <sup>3</sup> /s 以下	1.0×10 <sup>-4</sup> Pa・m <sup>3</sup> /s以下	良

\*1: 判定基準は IEEE Std. 317 (1983) に基づく。

図2.3-10に示す試験条件は, 表2.3-13, 2.3-14に示すとおり島根2号炉の60年間の運転期間を想定した劣化条件および事故時環境条件を包絡し, 判定基準を満足している。

よって, モジュール型核計装用電気ペネトレーションは, 60年間の通常運転および事故時雰囲気において気密性を維持できるものと評価できる。

#### (b) 現状保全

モジュール型核計装用電気ペネトレーションのOリングの気密性低下に対しては, 定期事業者検査時に原子炉格納容器漏えい率検査を実施し, 原子炉格納容器全体の漏えい率が基準を満たし, 漏えい率が増加傾向に無いことを確認している。

なお, 電気ペネトレーションに有意な気密性の低下が認められた場合は, 取替え等を行うこととしている。

#### (c) 総合評価

モジュール型核計装用電気ペネトレーションのOリングの気密性低下は, 健全性評価結果および現状保全より, 運転開始から60年間の通常運転および事故時雰囲気において気密性能を維持できると判断する。

#### c. 高経年化への対応

Oリングの気密性低下に対しては, 高経年化対策の観点から現状の保全内容に追加すべき項目はない。引き続き, 現状保全を継続していく。

(8) Oリングの劣化による気密性の低下〔モジュール型制御計測用高耐熱電気ペネトレーション, モジュール型計測用MI電気ペネトレーション〕

a. 事象の説明

Oリング材に使用している EPDM は有機物であり、熱的、放射線照射、機械的、環境的要因により経年的に劣化が進行し、リークを起こす可能性があることから、経年劣化に対する評価が必要である。

Oリング材の劣化による気密性低下要因としては、熱的および放射線照射による経年劣化により、鋼材との密着性が低下する。この結果、プラント運転・停止による温度変化のため膨張と収縮を繰り返すことにより、リークを生じる可能性は否定できない。

ただし、モジュール型制御計測用高耐熱電気ペネトレーション, モジュール型計測用 MI 電気ペネトレーションは静止機器であること、密封状態であることから、機械的、環境的要因による劣化は起きないと考えられる。

b. 技術評価

(a) 健全性評価

モジュール型制御計測用高耐熱電気ペネトレーション, モジュール型計測用 MI 電気ペネトレーションの気密性の低下については、長期間の経年劣化を考慮した必要性能の評価方法が IEEE Std. 317 (1983), 323 (1974) および 383 (1974) の規格にまとめられており、これに基づき、実機同等品による通常環境および設計基準事故時雰囲気を考慮した長期健全性試験を実施した。

また、重大事故等においても気密性が求められることから、長期健全性試験を実施し、この結果に基づき、重大事故等時雰囲気内での健全性を評価した。

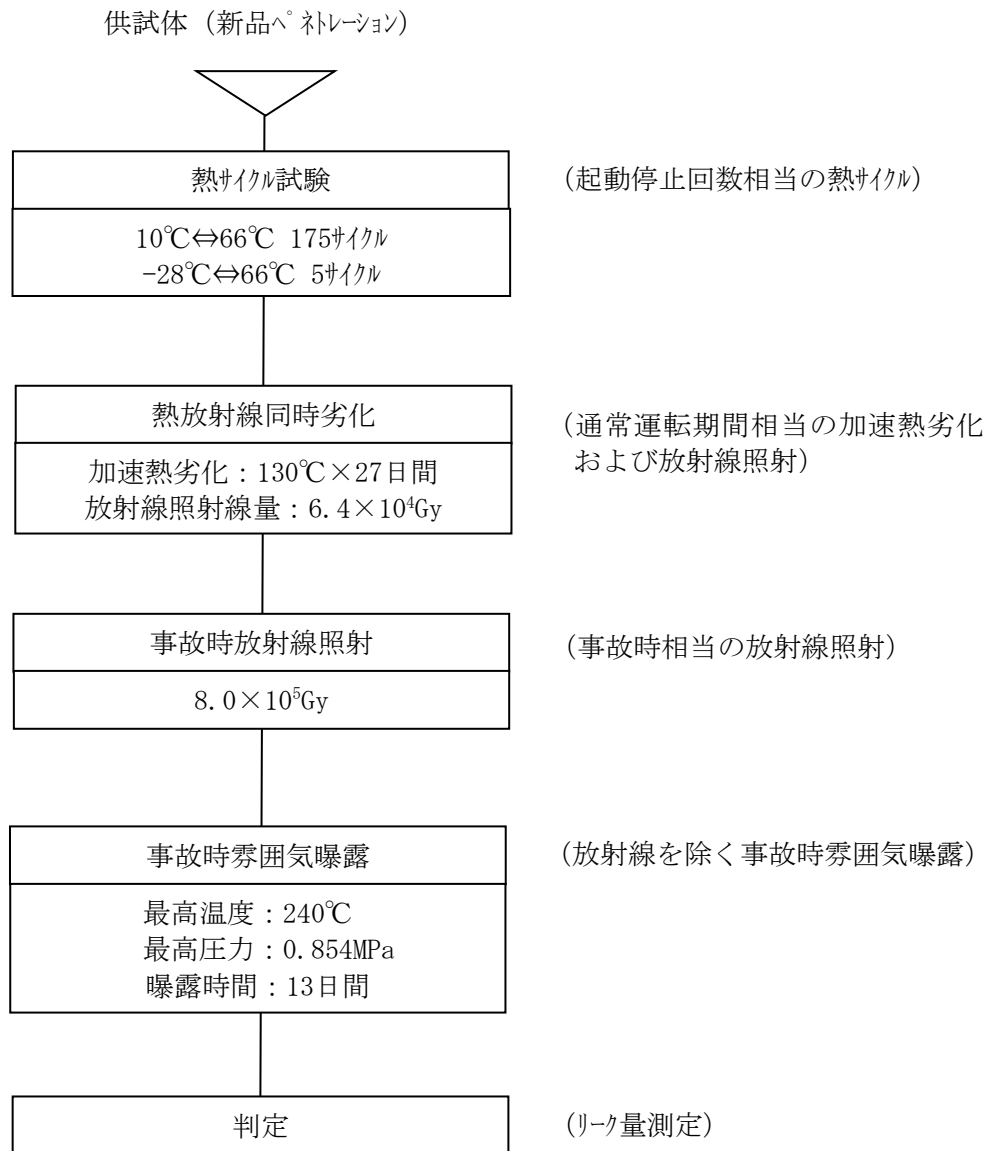


図2.3-11 モジュール型制御計測用高耐熱電気ペネトレーション，モジュール型計測用MI電気ペネトレーションの長期健全性試験手順（設計基準事故，重大事故等）

表2.3-15 モジュール型制御計測用高耐熱電気ペネトレーション，モジュール型計測用MI電気ペネトレーションの長期健全性試験条件（設計基準事故，重大事故等）

	試験条件	説明
熱サイクル試験	10°C⇔66°C 175サイクル -28°C⇔66°C 5サイクル	島根2号炉の60年間の起動停止に伴う熱サイクル回数を包絡する。
熱放射線同時劣化	加速熱劣化 150°C×27日間 放射線照射線量 6.4×10 <sup>4</sup> Gy	島根2号炉の通常運転時周囲温度最高値（50°C）に対して，30年間の運転期間を包絡する。 また，島根2号炉で想定される30年間通常運転時線量0.9×10 <sup>4</sup> Gyを包絡する。
放射線照射	8.0×10 <sup>5</sup> Gy	島根2号炉で想定される事故時線量3.6×10 <sup>5</sup> Gyを包括する。
事故時雰囲気曝露	最高温度：240°C 最高圧力：0.854MPa 曝露時間：13日間	島根2号炉の事故時の最高温度（178°C），最高圧力（0.853MPa）を包絡する。

表 2.3-16 モジュール型制御計測用高耐熱電気ペネトレーション，モジュール型計測用 MI 電気ペネトレーションの長期健全性試験リーク量測定結果（設計基準事故，重大事故等）

試験前	試験後	判定基準*1	結果
1.1×10 <sup>-9</sup> Pa・m <sup>3</sup> /s以下	3.8×10 <sup>-9</sup> Pa・m <sup>3</sup> /s 以下	1.0×10 <sup>-4</sup> Pa・m <sup>3</sup> /s以下	良

\*1：判定基準は IEEE Std. 317（1983）に基づく。

図 2.3-11 に示す試験条件は，表 2.3-15，2.3-16 に示すとおり島根 2 号炉の 30 年間の運転期間を想定した劣化条件および事故時環境条件を包絡し，判定基準を満足している。

また，事故時環境において動作要求のあるモジュール型制御計測用高耐熱電気ペネトレーション，モジュール型計測用 MI 電気ペネトレーションについては，運転開始後 34 年目に設置予定である。

よって，モジュール型制御計測用高耐熱電気ペネトレーション，モジュール型計測用 MI 電気ペネトレーションは，60 年間の通常運転および事故時雰囲気において気密性を維持できるものと評価できる。

#### (b) 現状保全

モジュール型制御計測用高耐熱電気ペネトレーション，モジュール型計測用 MI 電気ペネトレーションの Oリングの気密性低下に対しては，定期事業者検査時に原子炉格納容器漏えい率検査を実施し，原子炉格納容器全体の漏えい率が基準を満たし，漏えい率が増加傾向に無いことを確認することとしている。

なお，電気ペネトレーションに有意な気密性の低下が認められた場合は，取替え等を行うこととしている。

(c) 総合評価

モジュール型制御計測用高耐熱電気ペネトレーション, モジュール型計測用 MI 電気ペネトレーションの O リングの気密性低下は, 健全性評価結果および現状保全より, 運転開始から 60 年間の通常運転および事故時雰囲気において気密性能を維持できると判断する。

c. 高経年化への対応

O リングの気密性低下に対しては, 高経年化対策の観点から現状の保全内容に追加すべき項目はない。引き続き, 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 モジュール型低圧動力用電気ペネトレーション
- ② モジュール型制御計測用電気ペネトレーション

#### 3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

代表機器以外の低圧動力・制御計測用電気ペネトレーションと代表機器である核計装用電気ペネトレーションは、その目的に応じて使用電圧、通電電流、導体サイズおよび導体員数が異なっているが、基本構造・シール材および同軸ケーブル・電線の材料がほぼ同一であることから、基本的には2章の評価と同等と考えられる。

##### a. シール材および電線の絶縁特性低下 [モジュール型低圧動力用電気ペネトレーション, モジュール型制御計測用電気ペネトレーション]

モジュール型低圧動力用および制御計測用電気ペネトレーションの基本構造・シール材および電線の材料は、代表機器であるモジュール型核計装用電気ペネトレーションとほぼ同一であり、絶縁特性低下要因は同一といえる。

低圧動力用に使用している場合は通常運転時周囲温度は通電電流により5℃高くなるが、長期健全性試験の加速熱劣化試験条件は、通電温度上昇を考慮した周囲温度（55℃）に対して60年間の運転期間を包絡する。このことから、運転開始から60年間の通常運転および事故時雰囲気において絶縁性能を維持できると評価できる。

現状保全については、代表機器と同様な保全を行っており、この保全方法を継続する。なお、一部のケーブルには絶縁抵抗測定を実施していないものがあるが、系統機器点検時に動作試験を実施し、絶縁機能の健全性を確認している。

##### b. シール材の劣化による気密性の低下 [モジュール型低圧動力用電気ペネトレーション, モジュール型制御計測用電気ペネトレーション]

モジュール型低圧動力用および制御計測用電気ペネトレーションの基本構造およびシール材材料は、代表機器であるモジュール型核計装用電気ペネトレーションとほぼ同一であり、気密性低下要因は同一といえる。

低圧動力用に使用している場合は通常運転時周囲温度は通電電流により5℃高くなるが、長期健全性試験の加速熱劣化試験条件は、通電温度上昇を考慮した周囲温度（55℃）に対して60年間の運転期間を包絡する。このことから、運転開始から60年間の通常運転および事故時雰囲気において気密性能を維持できると評価できる。

現状保全については、代表機器と同様に行っており、この保全方法を継続する。

c. Oリングの劣化による気密性低下〔モジュール型低圧動力用電気ペネトレーション，モジュール型制御計測用電気ペネトレーション〕

モジュール型低圧動力用および制御計測用電気ペネトレーションの基本構造およびシール材材料は，代表機器である核計装用電気ペネトレーションとほぼ同一であり，気密性低下要因は同一といえる。

代表機器と同様に，長期健全性試験を実施しており，この試験結果は60年間の運転期間を包絡する。このことから，運転開始から60年間の通常運転および事故時雰囲気において気密性能を維持できると評価できる。

現状保全については，代表機器と同様に行っており，この保全方法を継続する。

### 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. 電線、導体、接続子の導通不良〔共通〕

代表機器と同様に、電線、導体、接続子は大きな荷重が作用すると、断線や途中接続点の接続子の外れ等により、導通不良が想定されるが、両端をシール材で固定し電線単体には外部からの大きな荷重が作用しない構造となっており、導通不良が発生する可能性は小さい。

また、定期的実施する系統機器の動作特性試験で健全性を確認しており、これまで有意な導通不良は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があると考えにくいことから、導通不良は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### b. アダプタの腐食（全面腐食）〔共通〕

代表機器と同様に、アダプタは炭素鋼であり、腐食が想定されるが、塗装により腐食を防止しているため、腐食が発生する可能性は小さい。

また、定期的目視により塗装の状態を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があると考えにくいことから、高経年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. スリーブの腐食（全面腐食）〔共通〕

代表機器と同様に、スリーブは炭素鋼であり、腐食が想定されるが、気中部については塗装により腐食を防止していることに加え、窒素環境であることから腐食が発生する可能性は小さい。また、コンクリート埋設部は、コンクリートの中性化により腐食が想定されるが、実機コンクリートの中性化深さを評価した結果、問題ないことを確認している。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があると考えにくいことから、高経年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



島根原子力発電所 2 号炉  
配管の技術評価書

[運転を断続的に行うことを前提とした評価]

中国電力株式会社

本評価書は、島根原子力発電所2号炉（以下、「島根2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およびMS-1，2に該当する機器）、高温・高圧の環境下にあるクラス3の配管および常設重大事故等対処設備に属する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およ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、配管の材料をもとに、以下の5つに分類して整理する。

1. ステンレス鋼配管
2. 炭素鋼配管
3. 低合金鋼配管
4. 銅配管
5. 配管サポート

なお、本評価書におけるほう酸水注入系ポンプ廻りの油配管については「ポンプの技術評価書」、タービン主要配管については「タービン設備の技術評価書」、中央制御室冷凍機の補機系配管については「空調設備の技術評価書」、非常用ディーゼル機関、可燃性ガス濃度制御系設備、計装用圧縮空気系設備、所内ボイラ設備、固体廃棄物処理系設備、ガスタービン発電機用ガスタービン機関および中央制御室待避室の補機系統配管については「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、本評価書には含めていない。

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

表1 (1/11) 評価対象機器一覧

分類基準		配管名称 (略称)	仕様 (口径×肉厚)	選定基準			
				重要度*1	使用条件		
材料	流体				運転状態	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (°C)
ステンレス鋼	純水	原子炉再循環系配管 (PLR)	500A × 30.5mm	PS-1	連続	10.4	304
		制御棒駆動系配管 (CRD)	65A × Sch80	MS-1, 重*2	連続	15.2	200
		原子炉浄化系配管 (CUW)	250A × Sch80	PS-1	連続	8.6	302
		燃料プール冷却系配管 (FPC)	300A × Sch40	MS-2, 重*2	連続	1.4	66
		窒素ガス制御系配管 (NGC)	25A × Sch40	MS-1	連続	0.4	104
		原子炉隔離時冷却系配管 (RCIC)	150A × Sch40	MS-1, 重*2	一時	11.3	100
		残留熱除去系配管 (RHR)	450A × Sch100	PS-1, 重*2	連続 (短期)	10.4	304
		低圧炉心スプレイ系配管 (LPCS)	20A × Sch80	MS-1	一時	8.6	302
		高圧炉心スプレイ系配管 (HPCS)	450A × STD	MS-1	一時	8.6	302
		ほう酸水注入系配管 (SLC)	40A × Sch80	MS-1, 重*2	一時	9.0	304
		可燃性ガス濃度制御系配管 (FCS)	20A × Sch40	MS-1	一時	0.4	171
		液体廃棄物処理系配管 (RWL)	400A × STD	高*3	連続	1.0	105
		固体廃棄物処理系配管 (RWS)	100A × Sch40	高*3	連続	1.0	100

\*1：最上位の重要度を示す。

\*2：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器および構造物であることを示す。

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

表1 (2/11) 評価対象機器一覧

分類基準		配管名称 (略称)	仕様 (口径×肉厚)	選定基準			
				重要度*1	使用条件		
材料	流体				運転状態	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (°C)
ステンレス鋼	純水	補給水系配管 (MUW)	100A × Sch40	MS-1	連続	0.9	200
		サンプリンク系配管 (SAM)	20A × Sch80	MS-1	一時	8.6	302
		原子炉圧力容器計装系配管 (RVS)	50A × Sch80	MS-1	連続	8.6	302
		低圧原子炉代替注水系配管*2 (FLSR)	250A × Sch40	重*3	一時	3.9	185
		格納容器代替スプレイ系配管*2 (ACSS)	150A × Sch40	重*3	一時	3.9	185
		ペデスタル代替注水系配管*2 (APFS)	150A × Sch40	重*3	一時	2.5	200
		燃料プールスプレイ系配管*2 (SFPS)	150A × Sch40	重*3	一時	2.5	66
		残留熱代替除去系配管*2 (RHAR)	150A × Sch40	重*3	一時	3.9	185
	ガス	主蒸気系配管 (MS)	50A × Sch40	MS-1, 重*3	連続	1.8	200
		制御棒駆動系配管 (CRD)	20A × Sch80	MS-1, 重*3	連続	15.2	66
		窒素ガス制御系配管 (NGC)	25A × Sch40	MS-1	連続	0.4	171
		非常用ガス処理系配管 (SGT)	50A × Sch80	高*4, 重*3	一時	0.02	120
		逃がし安全弁N2ガス供給系配管 (ADS)	50A × Sch80	MS-1, 重*3	連続	14.7	200
		可燃性ガス濃度制御系配管 (FCS)	20A × Sch40	MS-1	一時	0.4	171

\*1：最上位の重要度を示す。

\*2：新規に設置される機器を含む。

\*3：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器および構造物であることを示す。

\*4：最高使用温度が95 °Cを超え、または最高使用圧力が1,900 kPaを超える環境下にある原子炉格納容器外の重要度クラス3の機器。

表1 (3/11) 評価対象機器一覧

分類基準		配管名称 (略称)	仕様 (口径×肉厚)	選定基準			
				重要度*1	使用条件		
材料	流体				運転状態	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (°C)
ステンレス鋼	ガス	水素ガス冷却系配管 (HGC)	20A × Sch80	高*2	連続	15.0	70
		排ガス処理系配管 (OFG)	300A × Sch40	高*2	連続	2.5	420
		原子炉棟空調換気系配管 (HVR)	25A × Sch40	MS-1	連続	0.001	60
		計装用圧縮空気系配管 (IA)	50A × Sch40	MS-1	連続	0.9	171
		ポンプリング系配管 (SAM)	20A × Sch40	MS-1	一時	0.4	171
		格納容器附帯設備配管 (PCE)	20A × Sch80	MS-1	連続	0.4	171
		中性子計装系配管 (NMS)	φ 9.5mm*3 × 1.2mm	MS-1	一時	0.4	171
		プロセス放射線モニタ系配管 (PRM)	25A × Sch40	MS-1	連続	0.4	171
		エリア放射線モニタ系配管 (ARM)	25A × Sch20	MS-1	連続	-0.04	74
		格納容器フィルバント系配管*4 (FCVS)	300A × Sch40	重*5	一時	0.9	200
		窒素ガス代替注入系配管*4 (ANI)	50A × Sch80	重*5	一時	0.9	200
		緊急時対策所空調換気系配管*4 (EMR HVAC)	300A × Sch40	重*5	一時	0.6	50

\*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：外径を示す。

\*4：新規に設置される機器を含む。

\*5：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器および構造物であることを示す。

表1 (4/11) 評価対象機器一覧

分類基準		配管名称 (略称)	仕様 (口径×肉厚)	選定基準			
				重要度*1	使用条件		
材料	流体				運転状態	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (°C)
ステンレス鋼	蒸気	主蒸気系配管 (MS)	25A × Sch80	MS-1	連続	8.6	302
		原子炉ベントドレン系配管 (RVD)	20A × Sch80	MS-1	連続	8.6	302
		原子炉隔離時冷却系配管 (RCIC)	20A × Sch80	MS-1	一時	8.6	302
		可燃性ガス濃度制御系配管 (FCS)	20A × Sch40	MS-1	一時	0.4	171
		液体廃棄物処理系配管 (RWL)	450A × STD	高*2	連続	0.1	100
	五ほう酸 トリウム水	ほう酸水注入系配管 (SLC)	80A × Sch40	MS-1, 重*3	一時	11.8	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：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器および構造物であることを示す。

表1 (5/11) 評価対象機器一覧

分類基準		配管名称 (略称)	仕様 (口径×肉厚)	選定基準			
				重要度*1	使用条件		
材料	流体				運転状態	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (°C)
炭素鋼	純水	復水系配管 (CW)	700A × Sch60	高*2	連続	6.5	172
		給水系配管 (FW)	700A × Sch80	PS-1	連続	16.7	304
		制御棒駆動系配管 (CRD)	200A × Sch120	高*2	連続	8.6	138
		原子炉浄化系配管 (CUW)	200A × Sch120	PS-1	連続	12.7	302
		燃料プール冷却系配管 (FPC)	300A × Sch40	MS-2, 重*3	連続	1.4	66
		原子炉隔離時冷却系配管 (RCIC)	150A × Sch40	MS-1, 重*3	一時	11.3	302
		残留熱除去系配管 (RHR)	550A × STD	PS-1, 重*3	連続 (短期)	10.4	304
		低圧炉心スプレイ系配管 (LPCS)	500A × STD	PS-1, 重*3	一時	9.0	304
		高圧炉心スプレイ系配管 (HPCS)	500A × STD	PS-1, 重*3	一時	12.2	304
		可燃性ガス濃度制御系配管 (FCS)	40A × Sch80	MS-1	一時	3.9	100
		タービングラント蒸気系配管 (TGS)	65A × Sch40	高*2	連続	0.4	155
		タービンヒートレン系配管 (THD)	450A × STD	高*2	連続	2.7	230
		液体廃棄物処理系配管 (RWL)	80A × Sch40	MS-1, 設*4	連続	1.4	171

\*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：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器および構造物であることを示す。

\*4：設計基準対象施設として評価対象とした機器および構造物であることを示す。

表1 (6/11) 評価対象機器一覧

分類基準		配管名称 (略称)	仕様 (口径×肉厚)	選定基準			
				重要度*1	使用条件		
材料	流体				運転状態	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (°C)
炭素鋼	純水	高圧原子炉代替注水系配管*2 (HPAC)	450A × STD	重*3	一時	11.3	302
		低圧原子炉代替注水系配管*2 (FLSR)	200A × Sch80	重*3	一時	3.9	185
		格納容器代替スプレイ系配管*2 (ACSS)	65A × Sch80	重*3	一時	3.9	185
		ペデスタル代替注水系配管*2 (APFS)	100A × Sch40	重*3	一時	1.4	66
		残留熱代替除去系配管*2 (RHAR)	250A × Sch40	重*3	一時	3.9	185
	冷却水*4	原子炉補機冷却系配管 (RCW)	700A × XS	MS-1, 重*3	連続	1.4	171
		高圧炉心スプレイ補機冷却系配管 (HPCW)	300A × Sch40	MS-1, 重*3	一時	1.0	66
		中央制御室空調換気系配管 (HVC)	150A × Sch40	MS-1	連続	1.4	85
		トライウェル冷却系配管 (HVD)	150A × Sch40	MS-1	連続	1.4	171
		原子炉補機代替冷却系配管*2 (AHEF)	400A × Sch40	重*3	一時	1.4	85

\*1：最上位の重要度を示す。

\*2：新規に設置される機器を含む。

\*3：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器および構造物であることを示す。

\*4：防錆剤入り純水。



表1 (7/11) 評価対象機器一覧

分類基準		配管名称 (略称)	仕様 (口径×肉厚)	選定基準			
				重要度*1	使用条件		
材料	流体				運転状態	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (°C)
炭素鋼	蒸気	主蒸気系配管 (MS)	1,600A × 90.0mm	PS-1, 重*2	連続	9.0	304
		原子炉ベントリ線系配管 (RVD)	50A × Sch160	PS-1	連続	8.6	302
		原子炉隔離時冷却系配管 (RCIC)	250A × Sch40	PS-1, 重*2	一時	9.0	304
		残留熱除去系配管 (RHR)	20A × Sch160	高*3	連続 (短期)	8.6	302
		タービンラント蒸気系配管 (TGS)	400A × Sch40	高*3	連続	0.4	173
		抽気系配管 (ES)	25A × Sch80	高*3	連続	0.4	149
		タービンハイパス系配管 (TBY)	1,050A × 52.4mm	PS-2	一時	8.6	302
		補助蒸気系配管 (AUS)	150A × Sch120	高*3	連続	8.6	302
		所内蒸気系配管 (HS)	250A × Sch40	高*3	連続	2.0	214
		高圧原子炉代替注水系配管*4 (HPAC)	250A × Sch40	重*2	一時	9.0	304

\*1：最上位の重要度を示す。

\*2：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器および構造物であることを示す。

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

\*4：新規に設置される機器を含む。

表1 (8/11) 評価対象機器一覧

分類基準		配管名称 (略称)	仕様 (口径×肉厚)	選定基準			
				重要度*1	使用条件		
材料	流体				運転状態	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (℃)
炭素鋼	ガス	復水系配管 (CW)	150A × Sch40	高*2	連続	1.9	60
		窒素ガス制御系配管 (NGC)	600A × STD	MS-1, 重*3	連続	0.9	200
		原子炉隔離時冷却系配管 (RCIC)	50A × Sch80	MS-1	一時	0.4	120
		非常用ガス処理系配管 (SGT)	400A × STD	MS-1, 重*3	一時	0.9	200
		可燃性ガス濃度制御系配管 (FCS)	150A × Sch40	MS-1	一時	0.4	171
		抽出空気系配管 (EJ)	250A × Sch40	高*2	連続	0.4	170
		排ガス処理系配管 (OFG)	300A × Sch40	高*2	連続	2.5	340
		所内用圧縮空気系配管 (HA)	25A × Sch80	MS-1	連続	0.9	171
		計装用圧縮空気系配管 (IA)	200A × Sch40	高*2	連続	0.9	250
		格納容器フィルタヘント系配管*4 (FCVS)	400A × Sch40	重*3	一時	0.9	200
窒素ガス代替注入系配管*4 (ANI)	50A × Sch80	重*3	一時	0.9	200		

\*1：最上位の重要度を示す。

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

\*3：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器および構造物であることを示す。

\*4：新規に設置される機器を含む。

表1 (9/11) 評価対象機器一覧

分類基準		配管名称 (略称)	仕様 (口径×肉厚)	選定基準			
				重要度*1	使用条件		
材料	流体				運転状態	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (°C)
炭素鋼	海水	原子炉補機海水系配管 (RSW)	700A × STD	MS-1, 重*2, 設*3	連続	1.0	40
		高圧炉心スプレ補機海水系配管 (HPSW)	250A × Sch40	MS-1, 重*2, 設*3	一時	1.0	40
		循環水系配管 (CSW)	φ 2, 600mm*4 × 21mm	設*3	連続	0.3	30
		タービン補機海水系配管 (TSW)	750A × STD	設*3	連続	0.5	40
		取水管 (取水口含む) (一)	φ 4, 300mm*4 × 23mm	MS-1, 重*2	連続	—*5	—*5

\*1：最上位の重要度を示す。

\*2：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器および構造物であることを示す。

\*3：設計基準対象施設として評価対象とした機器および構造物であることを示す。

\*4：内径を示す。

\*5：設計上設定されていない。

表1 (10/11) 評価対象機器一覧

分類基準		配管名称 (略称)	仕様 (口径×肉厚)	選定基準			
材料	流体			重要度*1	使用条件		
					運転状態	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (°C)
低合金鋼	純水	原子炉隔離時冷却系配管 (RCIC)	50A × Sch160	高*2	一時	8.6	302
		タービンヒートレイン系配管 (THD)	700A × XS	高*2	連続	1.8	230
	蒸気	主蒸気系配管 (MS)	80A × Sch160	PS-1	連続	8.6	302
		タービンゲランド蒸気系配管 (TGS)	200A × Sch40	高*2	連続	1.8	209
		抽気系配管 (ES)	1500A × 16.0mm	高*2	連続	2.7	230
		タービンヒートバント系配管 (THV)	125A × Sch40	高*2	連続	2.7	230
	所内蒸気系配管 (HS)	80A × Sch40	高*2	連続	0.5	175	

\*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1 (11/11) 評価対象機器一覧

分類基準		配管名称 (略称)	仕様 (口径×肉厚)	選定基準			
材料	流体			重要度*1	使用条件		
					運転状態	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (°C)
銅	ガス	水素ガス冷却系配管 (HGC)	φ 14mm*2 × 3.0mm	高*3	連続	15.0	40

\*1：最上位の重要度を示す。

\*2：外径を示す。

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

表2 (1/3) 評価対象機器機能一覧

配管名称 (系統略称)	機 能
原子炉再循環系配管 (PLR)	炉心における核分裂によって発生する熱エネルギーを燃料の熱的限界を超えない範囲で、原子炉冷却材に伝達して蒸気を発生させるため、原子炉冷却材を炉心に強制循環するジェットポンプに駆動水を供給する系統を構成する配管
主蒸気系配管 (MS)	発電用の蒸気タービンを駆動するため、原子炉で発生した蒸気を蒸気タービンに供給する系統を構成する配管
復水系配管 (CW)	復水器にて凝縮された復水を原子炉給水ポンプへ移送する系統を構成する配管
給水系配管 (FW)	復水系から移送された給水を原子炉へ供給する系統を構成する配管
原子炉ベントライン系配管 (RVD)	原子炉圧力容器から非凝縮性ガスの抽出および原子炉冷却材の抽出を行う系統を構成する配管
制御棒駆動系配管 (CRD)	制御棒に駆動水を供給する系統を構成する配管
原子炉浄化系配管 (CUW)	原子炉冷却材の一部をろ過、脱塩し、給水系に戻す系統を構成する配管
原子炉補機冷却系配管 (RCW)	原子炉補機が所定の機能を達成できるように、発生する熱を除去する系統を構成する配管
原子炉補機海水系配管 (RSW)	原子炉補機冷却系に冷却用の海水を供給する系統を構成する配管
燃料プール冷却系配管 (FPC)	燃料プール中の使用済燃料からの崩壊熱を除去するために、燃料プール水の冷却を行うとともに、燃料プール水の浄化を行う系統を構成する配管
窒素ガス制御系配管 (NGC)	通常運転中、原子炉格納容器内に窒素ガスを供給する系統を構成する配管
高圧炉心スプレイ補機冷却系配管 (HPCW)	事故時に、高圧炉心スプレイ系補機から発生する熱を除去する系統を構成する配管
高圧炉心スプレイ補機海水系配管 (HPSW)	高圧炉心スプレイ補機冷却系に冷却用の海水を供給する系統を構成する配管
原子炉隔離時冷却系配管 (RCIC)	原子炉隔離時に、蒸気駆動のポンプにより原子炉へ給水する系統を構成する配管
残留熱除去系配管 (RHR)	冷却材喪失事故時に炉心の再冠水を行うとともに、原子炉停止時に残留熱を除去する系統を構成する配管
低圧炉心スプレイ系配管 (LPCS)	冷却材喪失事故時に、炉心をスプレイ冷却および再冠水する系統を構成する配管
高圧炉心スプレイ系配管 (HPCS)	冷却材喪失事故時に、炉心を減圧、スプレイ冷却および再冠水する系統を構成する配管
ほう酸水注入系配管 (SLC)	制御棒が挿入できない時に、原子炉を冷温未臨界状態に維持するため、五ほう酸トリウム水溶液を原子炉に注入する系統を構成する配管
非常用ガス処理系配管 (SGT)	事故時および原子炉棟放射能高時に、放射性よう素が原子炉棟から直接大気へ放出されることを防止する系統を構成する配管
逃がし安全弁N2ガス供給系配管 (ADS)	主蒸気逃がし安全弁をアクチュエータにより作動させるために駆動ガスを供給する系統を構成する配管

表2 (2/3) 評価対象機器機能一覧

配管名称 (系統略称)	機 能
可燃性ガス濃度制御系配管 (FCS)	冷却材喪失事故時に、格納容器内で発生する可燃性ガスの濃度を制限する系統を構成する配管
タービングランド蒸気系配管 (TGS)	タービン室への蒸気漏えいおよび復水器への空気混入を防止するため、タービン軸封部および主要弁のグランド部にシール蒸気を供給する系統を構成する配管
水素ガス冷却系配管 (HGC)	発電機内に水素を安全に供給する系統を構成する配管
抽気系配管 (ES)	給水加熱器、原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービンおよびグランド蒸気発生器にタービン抽気を供給する系統を構成する配管
タービンバイパス系配管 (TBY)	原子炉で発生した蒸気を復水器へ排出し原子炉圧力を制御する系統を構成する配管
タービンヒータント系配管 (THV)	給水加熱器の非凝縮性ガスを抽出し、復水器へ排出する系統を構成する配管
タービンヒータント系配管 (THD)	給水加熱器のドレンを低圧側の給水加熱器に供給する系統を構成する配管
循環水系配管 (CSW)	復水器に流入するタービン排気およびドレンを冷却するために冷却用の海水を供給する系統を構成する配管
タービン補機海水系配管 (TSW)	タービン補機冷却水熱交換器に冷却用の海水を供給する系統を構成する配管
補助蒸気系配管 (AUS)	原子炉で発生した蒸気を空気抽出器、原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービンおよびグランド蒸気発生器へ供給する系統を構成する配管
抽出空気系配管 (EJ)	復水器内の非凝縮性ガスを抽出し、排ガス処理系へ排出系統を構成する配管
排ガス処理系配管 (OFG)	周辺環境に放出される放射性物質の量を低減するために、排ガスを処理する系統を構成する配管
液体廃棄物処理系配管 (RWL)	機器からのドレン等の液体廃棄物を処理する系統を構成する配管
固体廃棄物処理系配管 (RWS)	濃縮廃液および固体廃棄物の放射能を減衰させるため、処理および貯蔵する系統を構成する配管
原子炉棟空調換気系配管 (HVR)	原子炉棟および原子炉棟付属棟の換気および温度調節を行う系統を構成する配管
中央制御室空調換気系配管 (HVC)	制御建物等の換気および温度調節を行う系統を構成する配管
ドライウェル冷却系配管 (HVD)	ドライウェル内の雰囲気温度および湿度を適正に保持する系統を構成する配管
補給水系配管 (MUW)	プラントの運転保守上必要な純水を供給する系統を構成する配管
所内蒸気系配管 (HS)	プラントの運転保守上必要な所内蒸気を供給する系統を構成する配管
所内用圧縮空気系配管 (HA)	樹脂移送、攪拌、逆洗、駆動、作業用等に使用する圧縮空気を供給する系統を構成する配管
計装用圧縮空気系配管 (IA)	空気式制御の計測制御機器に作動空気を供給する系統を構成する配管
サンプリング系配管 (SAM)	各系統および機器の運転状況を確認し、プラント運転保守を適確に行うため、プロセス流体を採取し分析する系統を構成する配管

表2 (3/3) 評価対象機器機能一覧

配管名称 (系統略称)	機 能
格納容器附帯設備配管 (PCE)	原子炉格納容器漏えい率試験を行う系統を構成する配管
中性子計装系配管 (NMS)	中性子束を計測して運転員に出力状況を提供するとともに、異常時に警報およびインターロック信号を提供する系統を構成する配管
プロセス放射線モニタ系配管 (PRM)	発電所の運転制御のために発電所内で使用される種々の水系統およびガス系統の放射線レベルを監視する系統を構成する配管
エリア放射線モニタ系配管 (ARM)	管理区域内の各エリアの放射線濃度を計測する系統を構成する配管
原子炉圧力容器計装系配管 (RVS)	原子炉圧力容器内圧力、原子炉水位等を計測するため、原子炉格納容器外の検出器へ炉水等を供給する系統を構成する配管
高圧原子炉代替注水系配管 (HPAC)	重大事故等時に、原子炉水位の維持を目的とし、蒸気駆動のポンプにより高圧で注水を行う系統を構成する配管
低圧原子炉代替注水系配管 (FLSR)	重大事故等時に、原子炉冷却材圧力バウンダリが低圧の状態において炉心の冷却を目的とし、注水を行う系統を構成する配管
格納容器フィルバント系配管 (FCVS)	重大事故等時に、原子炉格納容器の加圧破損の防止およびFPの大量放出を回避するため、原子炉格納容器バントを行う系統を構成する配管
格納容器代替スプレイ系配管 (ACSS)	重大事故等時に、格納容器をスプレイ冷却する系統を構成する配管
ペデスタル代替注水系配管 (APFS)	重大事故等時に、ペデスタルに落下した炉心を冷却するために注水する系統を構成する配管
燃料プールスプレイ系配管 (SFPS)	重大事故等時に、燃料プールをスプレイ冷却する系統を構成する配管
残留熱代替除去系配管 (RHAR)	重大事故等時に残留熱除去ポンプの復旧が困難で原子炉格納容器の循環冷却に移行できない場合に、代替で原子炉格納容器を循環冷却する系統を構成する配管
原子炉補機代替冷却系配管 (AHEF)	原子炉補機冷却系および原子炉補機冷却海水系が機能を喪失した際に、屋外の移動式代替熱交換設備と系統を構成する配管
窒素ガス代替注入系配管 (ANI)	重大事故等時に、建物外に設置される可搬式窒素供給装置から原子炉格納容器内に窒素を供給する系統を構成する配管
緊急時対策所空調換気系配管 (EMR HVAC)	重大事故等時に、緊急時対策所内の換気および雰囲気温度を適正範囲に保持し、運転員の居住性の確保および建物内を正圧に維持する系統を構成する配管
取水管 (取水口含む) (一)	取水口から取り入れた海水を取水槽まで供給する配管



## 1. ステンレス鋼配管

[対象配管]

- |                   |                   |
|-------------------|-------------------|
| ① 原子炉再循環系配管       | ③⑩ 格納容器フィルタベント系配管 |
| ② 主蒸気系配管          | ③⑪ 格納容器代替スプレイ系配管  |
| ③ 原子炉ベントドレン系配管    | ③⑫ ペDESTAL代替注水系配管 |
| ④ 制御棒駆動系配管        | ③⑬ 燃料プールスプレイ系配管   |
| ⑤ 原子炉浄化系配管        | ③⑭ 残留熱代替除去系配管     |
| ⑥ 燃料プール冷却系配管      | ③⑮ 窒素ガス代替注入系配管    |
| ⑦ 窒素ガス制御系配管       | ③⑯ 緊急時対策所空調換気系配管  |
| ⑧ 原子炉隔離時冷却系配管     |                   |
| ⑨ 残留熱除去系配管        |                   |
| ⑩ 低圧炉心スプレイ系配管     |                   |
| ⑪ 高圧炉心スプレイ系配管     |                   |
| ⑫ ほう酸水注入系配管       |                   |
| ⑬ 非常用ガス処理系配管      |                   |
| ⑭ 逃がし安全弁N2ガス供給系配管 |                   |
| ⑮ 可燃性ガス濃度制御系配管    |                   |
| ⑯ 水素ガス冷却系配管       |                   |
| ⑰ 排ガス処理系配管        |                   |
| ⑱ 液体廃棄物処理系配管      |                   |
| ⑲ 固体廃棄物処理系配管      |                   |
| ⑳ 原子炉棟空調換気系配管     |                   |
| ㉑ 補給水系配管          |                   |
| ㉒ 計装用圧縮空気系配管      |                   |
| ㉓ サンプリング系配管       |                   |
| ㉔ 格納容器附帯設備配管      |                   |
| ㉕ 中性子計装系配管        |                   |
| ㉖ プロセス放射線モニタ系配管   |                   |
| ㉗ エリア放射線モニタ系配管    |                   |
| ㉘ 原子炉圧力容器計装系配管    |                   |
| ㉙ 低圧原子炉代替注水系配管    |                   |

## 目 次

1. 対象機器および代表機器の選定 .....	1-1
1.1 グループ化の考え方および結果 .....	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, 材料および使用条件 .....	1-6
2.1.1 原子炉再循環系配管 .....	1-6
2.1.2 逃がし安全弁N2ガス供給系配管 .....	1-10
2.1.3 主蒸気系配管 .....	1-13
2.1.4 ほう酸水注入系配管 .....	1-16
2.2 経年劣化事象の抽出 .....	1-19
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目 .....	1-19
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出 .....	1-19
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 .....	1-21
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価 .....	1-28
3. 代表機器以外への展開 .....	1-31
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 .....	1-32
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 .....	1-33

## 1. 対象機器および代表機器の選定

島根2号炉で使用している主要なステンレス鋼配管の仕様を表1-1に示す。

これらの配管を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以下のとおり代表機器を選定した。

### 1.1 グループ化の考え方および結果

内部流体を分類基準とし、表1-1に示すとおりステンレス鋼配管をグループ化する。

### 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、最高使用圧力および口径の観点から代表機器を選定する。

#### (1) 純水系ステンレス鋼配管（内部流体：純水）

このグループには、原子炉再循環系配管、制御棒駆動系配管、原子炉浄化系配管、燃料プール冷却系配管、窒素ガス制御系配管、原子炉隔離時冷却系配管、残留熱除去系配管、低圧炉心スプレイ系配管、高圧炉心スプレイ系配管、ほう酸水注入系配管、可燃性ガス濃度制御系配管、液体廃棄物処理系配管、固体廃棄物処理系配管、補給水系配管、サンプリング系配管、原子炉圧力容器計装系配管、低圧原子炉代替注水系配管、格納容器代替スプレイ系配管、ペダスタル代替注水系配管、燃料プールのスプレイ系配管および残留熱代替除去系配管が属するが、重要度、運転状態および最高使用温度の観点から、原子炉再循環系配管を代表機器とする。

#### (2) ガス系ステンレス鋼配管（内部流体：ガス）

このグループには、主蒸気系配管、制御棒駆動系配管、窒素ガス制御系配管、非常用ガス処理系配管、逃がし安全弁N2ガス供給系配管、可燃性ガス濃度制御系配管、水素ガス冷却系配管、排ガス処理系配管、原子炉棟空調換気系配管、計装用圧縮空気系配管、サンプリング系配管、格納容器付帯設備配管、中性子計装系配管、プロセス放射線モニタ系配管、エリア放射線モニタ系配管、格納容器フィルタベント系配管、窒素ガス代替注入系配管および緊急時対策所空調換気系配管が属するが、重要度、運転状態、最高使用温度および最高使用圧力の観点から逃がし安全弁N2ガス供給系配管を代表機器とする。

#### (3) 蒸気系ステンレス鋼配管（内部流体：蒸気）

このグループには、主蒸気系配管、原子炉ベントドレン系配管、原子炉隔離時冷却系配管、可燃性ガス濃度制御系配管および液体廃棄物処理系配管が属するが、重要度、運転状態、最高使用温度、最高使用圧力および口径の観点から、主蒸気系配管を代表機器とする。

#### (4) 五ほう酸ナトリウム水系ステンレス鋼配管（内部流体：五ほう酸ナトリウム水）

このグループには、ほう酸水注入系配管のみが属することから、ほう酸水注入系配管を代表機器とする。

表1-1 (1/4) ステンレス鋼配管のグループ化と代表機器

分類基準		配管名称 (略称)	仕様 (口径×肉厚)	選定基準			選定	選定理由
				重要度*1	使用条件			
材料	流体				運転状態	最高使用 圧力 (MPa)		
ステンレス鋼	純水	原子炉再循環系配管 (PLR)	500A × 30.5mm	PS-1	連続	10.4	304	◎
		制御棒駆動系配管 (CRD)	65A × Sch80	MS-1, 重*2	連続	15.2	200	
		原子炉浄化系配管 (CUW)	250A × Sch80	PS-1	連続	8.6	302	
		燃料プール冷却系配管 (FPC)	300A × Sch40	MS-2, 重*2	連続	1.4	66	
		窒素ガス制御系配管 (NGC)	25A × Sch40	MS-1	連続	0.4	104	
		原子炉隔離時冷却系配管 (RCIC)	150A × Sch40	MS-1, 重*2	一時	11.3	100	
		残留熱除去系配管 (RHR)	450A × Sch100	PS-1, 重*2	連続 (短期)	10.4	304	
		低圧炉心スプレイ系配管 (LPCS)	20A × Sch80	MS-1	一時	8.6	302	
		高圧炉心スプレイ系配管 (HPCS)	450A × STD	MS-1	一時	8.6	302	
		ほう酸水注入系配管 (SLC)	40A × Sch80	MS-1, 重*2	一時	9.0	304	
		可燃性ガス濃度制御系配管 (FCS)	20A × Sch40	MS-1	一時	0.4	171	
		液体廃棄物処理系配管 (RWL)	400A × STD	高*3	連続	1.0	105	
固体廃棄物処理系配管 (RWS)	100A × Sch40	高*3	連続	1.0	100			

\*1：最上位の重要度を示す。

\*2：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器および構造物であることを示す。

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

表1-1 (2/4) ステンレス鋼配管のグループ化と代表機器

分類基準		配管名称 (略称)	仕様 (口径×肉厚)	選定基準			選定	選定理由
材料	流体			重要度*1	使用条件			
					運転状態	最高使用 圧力 (MPa)		
ステンレス鋼	純水	補給水系配管 (MUW)	100A × Sch40	MS-1	連続	0.9	200	最高使用温度
		サンプリング系配管 (SAM)	20A × Sch80	MS-1	一時	8.6	302	
		原子炉圧力容器計装系配管 (RVS)	50A × Sch80	MS-1	連続	8.6	302	
		低圧原子炉代替注水系配管*2 (FLSR)	250A × Sch40	重*3	一時	3.9	185	
		格納容器代替スプレイ系配管*2 (ACSS)	150A × Sch40	重*3	一時	3.9	185	
		ペデスタル代替注水系配管*2 (APFS)	150A × Sch40	重*3	一時	2.5	200	
		燃料プールスプレイ系配管*2 (SFPS)	150A × Sch40	重*3	一時	2.5	66	
		残留熱代替除去系配管*2 (RHAR)	150A × Sch40	重*3	一時	3.9	185	
	ガス	主蒸気系配管 (MS)	50A × Sch40	MS-1, 重*3	連続	1.8	200	最高使用圧力
		制御棒駆動系配管 (CRD)	20A × Sch80	MS-1, 重*3	連続	15.2	66	
		窒素ガス制御系配管 (NGC)	25A × Sch40	MS-1	連続	0.4	171	
		非常用ガス処理系配管 (SGT)	50A × Sch80	高*4, 重*3	一時	0.02	120	
		逃がし安全弁N2ガス供給系配管 (ADS)	50A × Sch80	MS-1, 重*3	連続	14.7	200	
可燃性ガス濃度制御系配管 (FCS)		20A × Sch40	MS-1	一時	0.4	171		

\*1: 最上位の重要度を示す。

\*2: 新規に設置される機器を含む。

\*3: 重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器および構造物であることを示す。

\*4: 最高使用温度が95 °Cを超え、または最高使用圧力が1,900 kPaを超える環境下にある原子炉格納容器外の重要度クラス3の機器。

表1-1 (3/4) ステンレス鋼配管のグループ化と代表機器

分類基準		配管名称 (略称)	仕様 (口径×肉厚)	選定基準			選定	選定理由	
				重要度*1	使用条件				
材料	流体				運転状態	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (°C)		
ステンレス鋼	ガス	水素ガス冷却系配管 (HGC)	20A × Sch80	高*2	連続	15.0	70		最高使用圧力
		排ガス処理系配管 (OFG)	300A × Sch40	高*2	連続	2.5	420		
		原子炉棟空調換気系配管 (HVR)	25A × Sch40	MS-1	連続	0.001	60		
		計装用圧縮空気系配管 (IA)	50A × Sch40	MS-1	連続	0.9	171		
		ポンプリング系配管 (SAM)	20A × Sch40	MS-1	一時	0.4	171		
		格納容器附带設備配管 (PCE)	20A × Sch80	MS-1	連続	0.4	171		
		中性子計装系配管 (NMS)	φ9.5mm*3 × 1.2mm	MS-1	一時	0.4	171		
		プロセス放射線モニタ系配管 (PRM)	25A × Sch40	MS-1	連続	0.4	171		
		エリア放射線モニタ系配管 (ARM)	25A × Sch20	MS-1	連続	-0.04	74		
		格納容器フィルタベント系配管*4 (FCVS)	300A × Sch40	重*5	一時	0.9	200		
		窒素ガス代替注入系配管*4 (ANI)	50A × Sch80	重*5	一時	0.9	200		
		緊急時対策所空調換気系配管*4 (EMR HVAC)	300A × Sch40	重*5	一時	0.6	50		

\*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：外径を示す。

\*4：新規に設置される機器を含む。

\*5：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器および構造物であることを示す。

表1-1 (4/4) ステンレス鋼配管のグループ化と代表機器

分類基準		配管名称 (略称)	仕様 (口径×肉厚)	選定基準			選定	選定理由
				重要度*1	使用条件			
材料	流体				運転状態	最高使用 圧力 (MPa)		
ステンレス鋼	蒸気	主蒸気系配管 (MS)	25A × Sch80	MS-1	連続	8.6	302	◎
		原子炉ベントリ系配管 (RVD)	20A × Sch80	MS-1	連続	8.6	302	
		原子炉隔離時冷却系配管 (RCIC)	20A × Sch80	MS-1	一時	8.6	302	
		可燃性ガス濃度制御系配管 (FCS)	20A × Sch40	MS-1	一時	0.4	171	
		液体廃棄物処理系配管 (RWL)	450A × STD	高*2	連続	0.1	100	
	五ほう酸 ナトリウム水	ほう酸水注入系配管 (SLC)	80A × Sch40	MS-1, 重*3	一時	11.8	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：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器および構造物であることを示す。

## 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4種類の配管について技術評価を実施する。

- ① 原子炉再循環系配管
- ② 逃がし安全弁N2ガス供給系配管
- ③ 主蒸気系配管
- ④ ほう酸水注入系配管

### 2.1 構造，材料および使用条件

#### 2.1.1 原子炉再循環系配管

##### (1) 構造

原子炉再循環系配管は，直管，エルボ，温度計ウェル等で構成されており，ステンレス鋼を使用している。また，各配管は溶接またはフランジにより他の配管，機器に接続している。

原子炉再循環系配管の系統図を図2.1-1に示す。

##### (2) 材料および使用条件

原子炉再循環系配管主要部位の使用材料を表2.1-1に，使用条件を表2.1-2に示す。



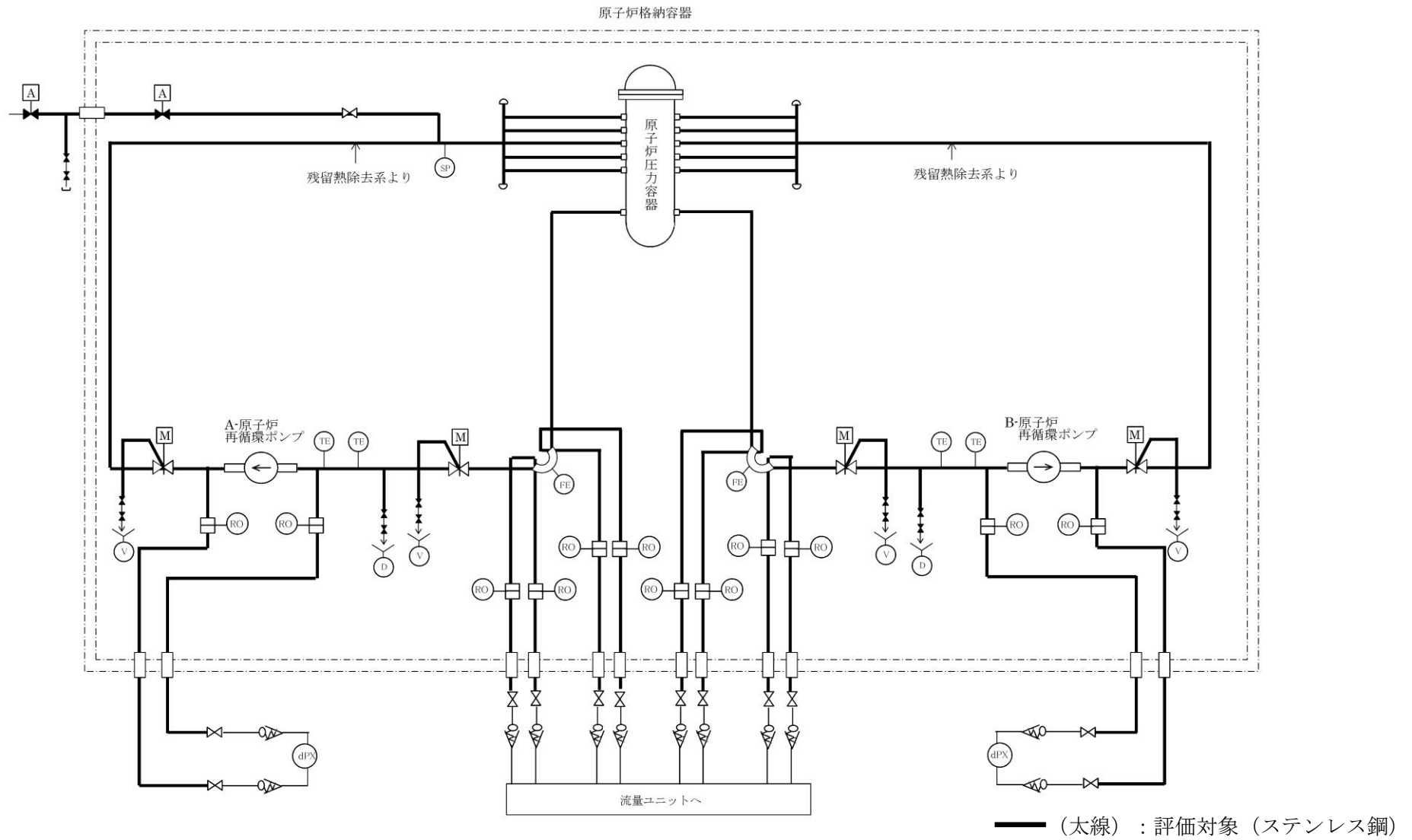


図2.1-1 (1/2) 原子炉再循環系 系統図

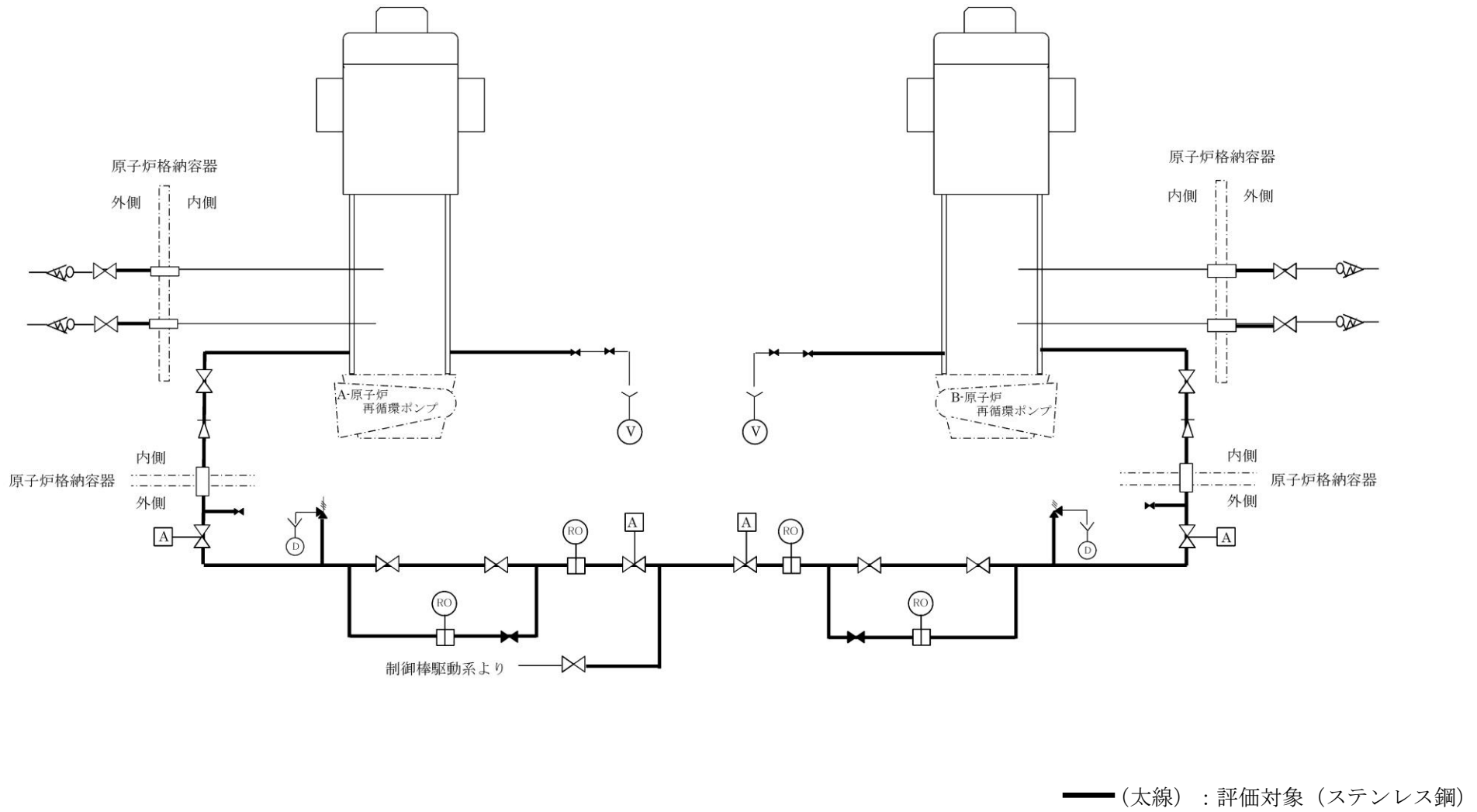


図2.1-1 (2/2) 原子炉再循環系 系統図

表2.1-1 原子炉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	部 位	材 料
ハウンドガリの維持	配管	ステンレス鋼 (SUS316TP, SUSF316, SUS316LTP, SUS304TP)
	フランジボルト・ナット	低合金鋼 (SNB7) 炭素鋼 (S45C)
	ガスケット	(消耗品)
	温度計ウエル	ステンレス鋼 (SUSF316)
	サンプリングノズル	ステンレス鋼 (SUSF316)
	オリフィス	ステンレス鋼 (SUSF316L, SUS304)

表2.1-2 原子炉再循環系配管の使用条件

最高使用圧力	10.4MPa
最高使用温度	304℃
内 部 流 体	純水

## 2.1.2 逃がし安全弁N2ガス供給系配管

### (1) 構造

逃がし安全弁N2ガス供給系配管は、直管、エルボ等で構成されており、ステンレス鋼を使用している。また、各配管は溶接またはフランジにより他の配管、機器に接続している。

逃がし安全弁N2ガス供給系配管の系統図を図2.1-2に示す。

### (2) 材料および使用条件

逃がし安全弁N2ガス供給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。



表2.1-3 逃がし安全弁N2ガス供給系配管主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部位	材料
バウダリの維持	配管	ステンレス鋼 (SUS304TP, SUS304 )
	フランジボルト・ナット	ステンレス鋼 (SUS304, SUS304L)
	ガスケット	(消耗品)

表2.1-4 逃がし安全弁N2ガス供給系配管の使用条件

最高使用圧力	14.7MPa
最高使用温度	200℃
内部流体	ガス (窒素)

### 2.1.3 主蒸気系配管

#### (1) 構造

主蒸気系配管は、直管、エルボ等で構成されており、ステンレス鋼を使用している。また、各配管は溶接により他の配管、機器に接続している。

主蒸気系配管の系統図を図2.1-3に示す。

#### (2) 材料および使用条件

主蒸気系配管の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。

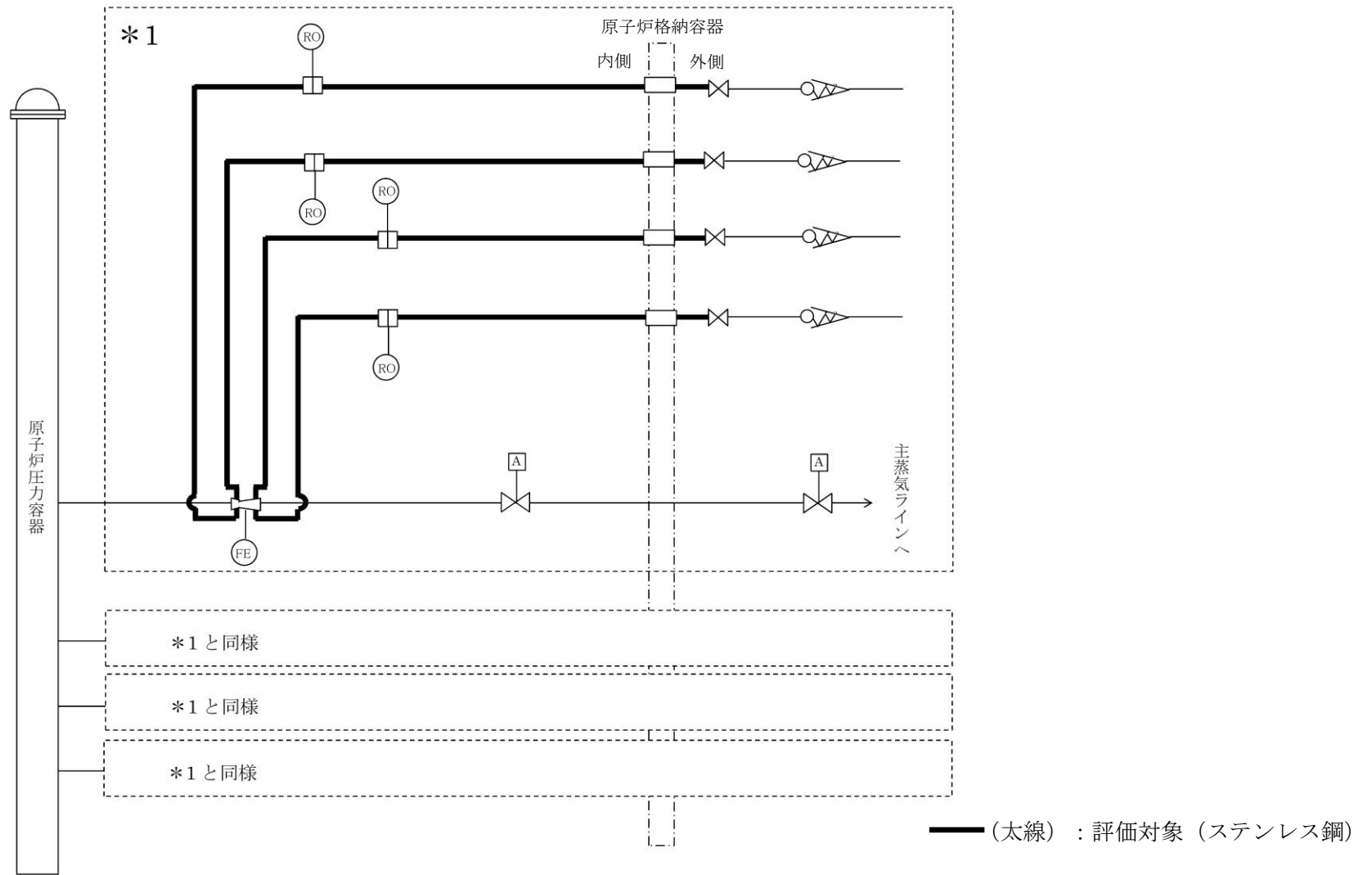


図2.1-3 主蒸気系 系統図



表2.1-5 主蒸気系配管主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部位	材料
ハウダリの維持	配管	ステンレス鋼 (SUS304TP, SUS316LTP)
	オリフイス	ステンレス鋼 (SUSF316L)

表2.1-6 主蒸気系配管の使用条件

最高使用圧力	8.6MPa
最高使用温度	302℃
内部流体	蒸気

#### 2.1.4 ほう酸水注入系配管

##### (1) 構造

ほう酸水注入系配管は、直管、エルボ等で構成されており、ステンレス鋼を使用している。また、各配管は溶接またはフランジにより他の配管、機器に接続している。

ほう酸水注入系配管の系統図を図2.1-4に示す。

##### (2) 材料および使用条件

ほう酸水注入系配管の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。

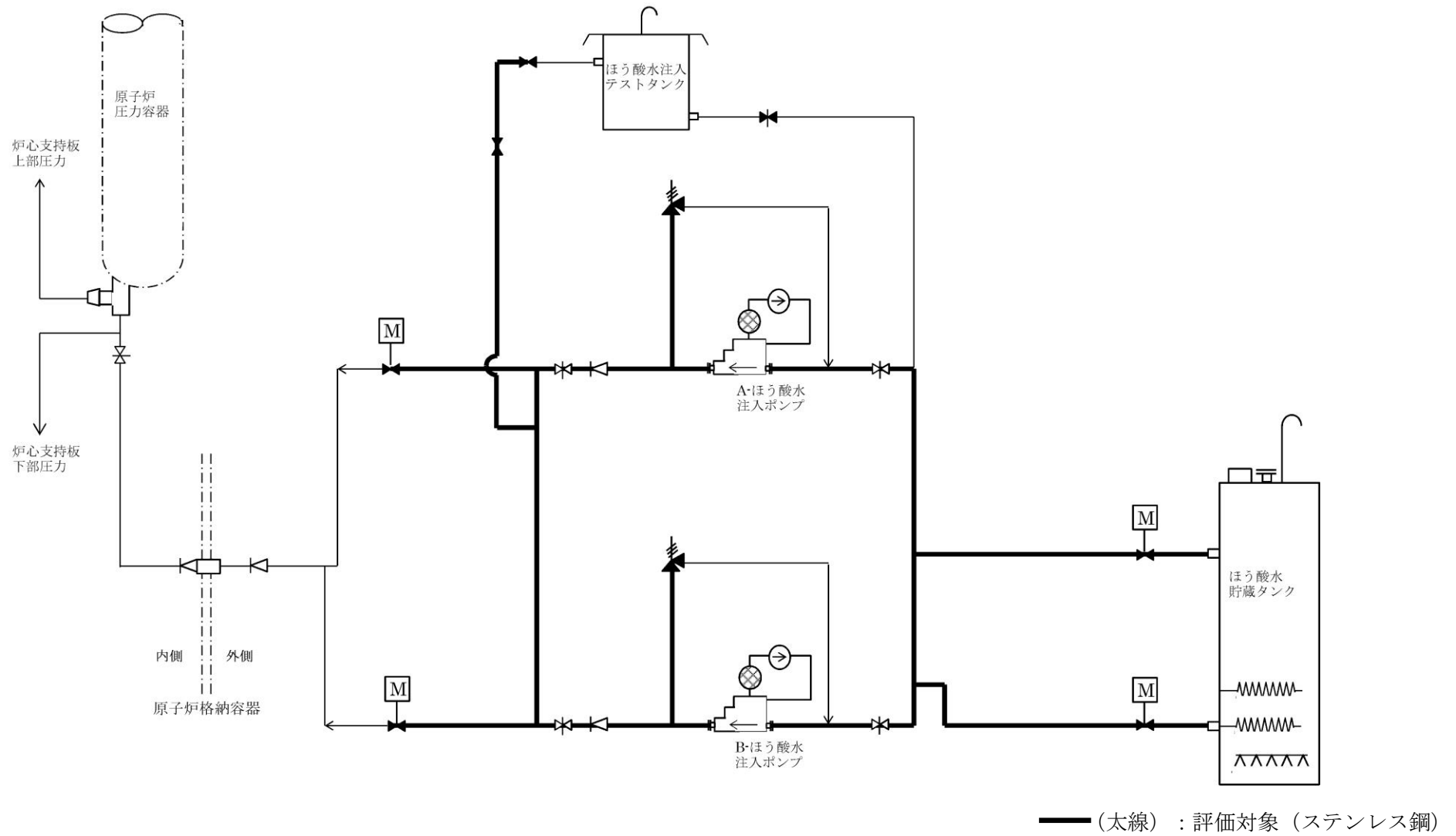


図2.1-4 ほう酸水注入系 系統図

表2.1-7 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	部位	材料
バウダリの維持	配管	ステンレス鋼 (SUS304, SUS304TP, SUSF304)
	フランジボルト・ナット	低合金鋼 (SNB7) 炭素鋼 (S45C)
	ガスケット	(消耗品)

表2.1-8 ほう酸水注入系配管の使用条件

最高使用圧力	11.8MPa
最高使用温度	66℃
内部流体	五ほう酸トリウム水

## 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

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

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

#### (1) 想定される経年劣化事象

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（流体の種類、圧力、温度等）およ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、消耗品および定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品および定期取替品の扱い

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

(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 (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 (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 [原子炉再循環系配管]

### 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. 配管の高サイクル疲労割れ〔原子炉再循環系配管，主蒸気系配管，ほう酸水注入系配管〕

小口径配管のソケット溶接部には，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が想定されるが，高サイクル疲労割れが懸念される部位については，突合せ溶接にて施工する等の設計考慮を行っていることおよびこれまで高サイクル疲労割れ事例はなく，振動の状態は経年的に変化するものではないことから，高サイクル疲労割れが発生する可能性は小さい。

また，定期的に漏えい試験を実施しており，これまで有意な割れは認められていない。

したがって，今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから，高経年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. 配管の粒界型応力腐食割れ〔原子炉再循環系配管，主蒸気系配管〕

100℃以上の流体に接液するステンレス鋼配管であるため，粒界型応力腐食割れが想定されるが，原子炉再循環系配管については，第17回定期事業者検査（2011年度）において，再循環系配管の一部に高周波誘導加熱処理により応力腐食割れ対策を実施していることから，粒界型応力腐食割れが発生する可能性は小さい。また，第12回定期事業者検査（2004年度）および第15回定期事業者検査（2008年度）において確認されたひびについては，取替時に，水冷溶接施工または固溶化熱処理による応力腐食割れ対策を実施している。

主蒸気系配管については，小口径配管であり，溶接部の残留応力が小さいことから粒界型応力腐食割れが発生する可能性は小さい。

また，原子炉再循環系配管については，定期的な溶接部の超音波探傷検査および漏えい試験により，主蒸気系配管については，定期的な漏えい試験により健全性を確認している。

したがって，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にくいことから，高経年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. 配管の腐食（全面腐食）〔ほう酸水注入系配管〕

ほう酸水注入系配管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，機器の点検時における取合い部近傍の目視確認においてもこれまで有意な腐食は認められていない。

したがって，今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから，高経年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. 配管の高サイクル熱疲労割れ〔原子炉再循環系配管〕

高温流体に接続されている閉塞配管に高温水が流入すること（キャビティフロー）により閉塞配管に熱成層が発生し、境界面の温度変動により高サイクル熱疲労割れが発生する可能性がある。高サイクル熱疲労割れについては、「高サイクル熱疲労に係る評価及び検査に対する要求事項について」（平成19・02・15 原院第2号）に基づき、評価を行っており、本評価に基づき、第15回定期事業者検査（2008年度）に配管のルート変更を行っていることから、高サイクル熱疲労割れが発生する可能性は小さい。

また、定期的に漏えい試験を実施しており、これまで有意な割れは認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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が、建設時から、空調設備に中性能フィルタが設置されていることおよび工場出荷前における配管養生等の塩害対策が実施されていることから、貫粒型応力腐食割れが発生する可能性は小さい。

また、定期的に目視確認または漏えい試験を実施することとしており、これまで有意な割れは認められていない。したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. 温度計ウェルおよびサンプリングノズルの高サイクル疲労割れ〔原子炉再循環系配管〕

温度計ウェルおよびサンプリングノズルは、内部流体の流体力による振動により、高サイクル疲労割れが想定されるが、同期振動の回避および流力振動に対する強度が考慮されていれば損傷を回避できるものと判断する。

他プラントにおいて損傷事例が発生したため、原子力安全・保安院文書「発電用原子力設備に関する技術基準を定める省令の改正に伴う電気事業法に基づく定期事業者検査の実施について」（平成17・12・22原院第6号）に従い、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 S 012-1998）」に基づく評価により、健全性を確認しており、高サイクル疲労割れが発生する可能性は小さい。

また、定期的に漏えい試験を実施しており、これまで有意な割れは認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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・ナットの腐食〔原子炉再循環系配管，ほう酸水注入系配管〕

フランジボルト・ナットは炭素鋼または低合金鋼であり、腐食が想定されるが、定期的目視確認を行い、健全性を確認することとしており、これまで有意な腐食は確認されていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. 配管の高サイクル熱疲労割れ〔原子炉再循環系配管〕

原子炉再循環系配管と残留熱除去系吐出合流部の高低温水合流部は、温度ゆらぎが生じ、かつ応力集中が生じることにより、高サイクル熱疲労割れが想定される。

高低温水合流部の高サイクル熱疲労割れに対しては、日本機械学会基準「配管の高サイクル熱疲労に関する評価指針」（JSME S 017 2003）に基づき評価を実施しており、保守的な温度条件で評価を実施した結果、高温側および低温側の温度差が判定温度差を下回ってい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にくいことから、高経年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	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		
ハウタリの維持	配管		ステンレス鋼			○△*1△*2▲*2	△*3△*4				*1：高サイクル疲労割れ *2：高サイクル熱疲労割れ *3：粒界型応力腐食割れ *4：貫粒型応力腐食割れ
	フランジボルト・ナット		低合金鋼 炭素鋼		△						
	ガスケット	◎	—								
	温度計ウエル		ステンレス鋼			△*1					
	サンプリングノズル		ステンレス鋼			△*1					
	オリフイス		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）

▲：高経年化対策上着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) 逃がし安全弁N2ガス供給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	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		
バウタリの維持	配管		ステンレス鋼				△*1				*1：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								
	ガスケット	◎	—								

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2. 2-1 (3/4) 主蒸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	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		
バウダリの維持	配管		ステンレス鋼			△*1	△*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
	オリフイス		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 (4/4) 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	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		
バウダリの維持	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		低合金鋼 炭素鋼		△						
	ガスケット	◎	—								

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

## 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〔原子炉再循環系配管〕

#### a. 事象の説明

原子炉再循環系配管は、プラントの起動・停止時等の温度・圧力変化により材料に疲労が蓄積され、疲労割れが発生する可能性があることから、経年劣化に対する評価が必要である。

#### b. 技術評価

##### (a) 健全性評価

原子炉再循環系配管について、応力算出ならびに疲労評価を実施した。

評価方法は、図 2.3-1 に示す三次元梁モデルを作成し、島根 2 号炉の運転実績に基づいた現時点の過渡回数（2015 年 7 月末）と、今後も同様な運転を続けたと仮定して推定した運転開始後 60 年時点で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 JSME S NC1-2005（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。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。評価用過渡条件を表 2.3-1 に、評価結果を表 2.3-2 に示す。

この結果、表 2.3-2 に示すとおり、疲れ累積係数は 60 年時点でも許容値以下であり、60 年間の運転において、疲労割れが問題となる可能性はないと判断する。

##### (b) 現状保全

原子炉再循環系配管に対しては、原子力規制委員会文書「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」（平成 26 年 8 月 6 日原規技発第 1408063 号）および日本機械学会「発電用原子力設備規格 維持規格 JSME S NA1-2008」に基づき定期的に超音波探傷試験および漏えい試験を実施し、耐圧部の健全性を確認している。

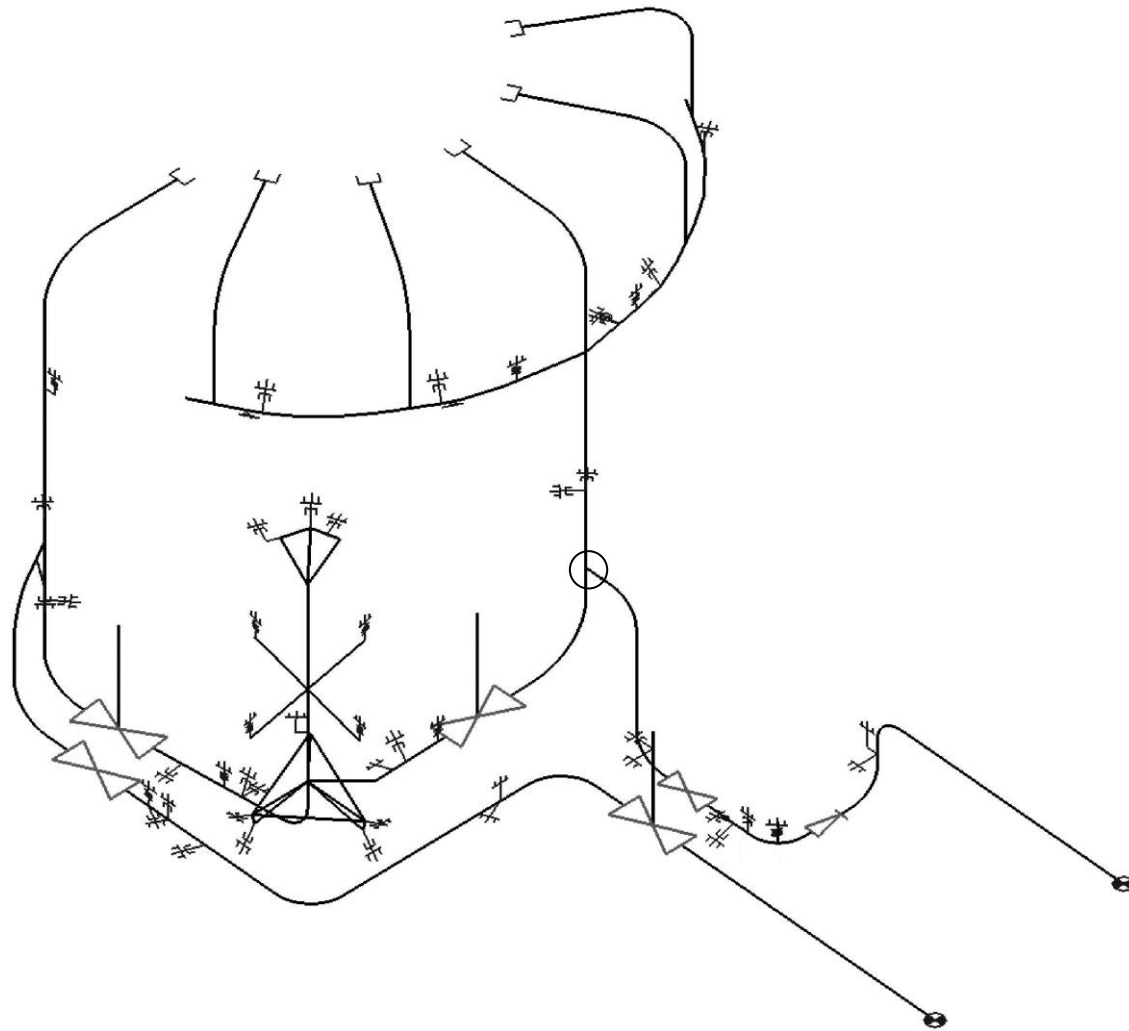
##### (c) 総合評価

原子炉再循環系配管については、定量評価結果から評価期間において疲労割れが問題となる可能性はなく、60 年間の健全性は維持できると判断する。

ただし、疲労評価は実績過渡回数に依存するため、今後も実績過渡回数を把握し評価する必要がある。

#### c. 高経年化への対応

原子炉再循環系配管の疲労割れについては、実績過渡回数の確認を継続的に実施し、運転開始後 60 年時点の推定過渡回数を上回らないことを確認する。



○ : 最大点を示す

図2.3-1 原子炉再循環系配管三次元梁モデル

表2.3-1 原子炉再循環系配管 評価用過渡条件

運転条件	運転実績に基づく 過渡回数 (2015年7月末時点)	運転開始後 60年時点
ボルト締付	20	45
耐圧試験	24	55
起動 (昇温, タービン起動)	36	74
夜間低出力運転 (75%出力)	40	81
週末低出力運転 (50%出力)	34	84
制御棒パターン変更	58	143
給水加熱機能喪失 (発電機トリップ)	0	1
給水加熱機能喪失 (給水加熱器部分バイパス)	0	1
スクラム (タービントリップ)	1	2
スクラム (その他スクラム)	4	7
停止	36	74
ボルト取り外し	21	46
スクラム (原子炉給水ポンプ停止)	0	1
スクラム (逃がし安全弁誤作動)	0	1

表2.3-2 原子炉再循環系配管の疲労評価結果

配管系	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 (2015年7月末時点)	運転開始後 60年時点	運転開始後 60年時点
原子炉再循環系	0.002	0.004	0.067



### 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 主蒸気系配管
- ② 原子炉ベントドレン系配管
- ③ 制御棒駆動系配管
- ④ 原子炉浄化系配管
- ⑤ 燃料プール冷却系配管
- ⑥ 窒素ガス制御系配管
- ⑦ 原子炉隔離時冷却系配管
- ⑧ 残留熱除去系配管
- ⑨ 低圧炉心スプレイ系配管
- ⑩ 高圧炉心スプレイ系配管
- ⑪ ほう酸水注入系配管
- ⑫ 非常用ガス処理系配管
- ⑬ 可燃性ガス濃度制御系配管
- ⑭ 水素ガス冷却系配管
- ⑮ 排ガス処理系配管
- ⑯ 液体廃棄物処理系配管
- ⑰ 固体廃棄物処理系配管
- ⑱ 原子炉棟空調換気系配管
- ⑲ 補給水系配管
- ⑳ 計装用圧縮空気系配管
- ㉑ サンプリング系配管
- ㉒ 格納容器附帯設備配管
- ㉓ 中性子計装系配管
- ㉔ プロセス放射線モニタ系配管
- ㉕ エリア放射線モニタ系配管
- ㉖ 原子炉圧力容器計装系配管
- ㉗ 低圧原子炉代替注水系配管
- ㉘ 格納容器フィルタベント系配管
- ㉙ 格納容器代替スプレイ系配管
- ㉚ ペDESTAL注水系配管
- ㉛ 燃料プールスプレイ系配管
- ㉜ 残留熱代替除去系配管
- ㉝ 窒素ガス代替注入系配管
- ㉞ 緊急時対策所空調換気系配管

### 3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

#### a. 配管の疲労割れ〔原子炉浄化系配管，残留熱除去系配管〕

代表機器と同様に，プラントの起動・停止時等の温度・圧力変化によって材料に疲労が蓄積されることにより，疲労割れが想定されるが，代表機器の疲労評価結果は運転開始後60年時点でも十分許容値を下回っていることから，代表機器と同様に評価期間において疲労割れが問題となる可能性はなく，現状保全を継続することで60年間の健全性は維持できると判断する。

したがって，配管の疲労割れについては，現状の保全項目に高経年化対策の観点から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. 配管の高サイクル疲労割れ〔制御棒駆動系配管，原子炉浄化系配管，原子炉隔離時冷却系配管，低压炉心スプレイ系配管，高压炉心スプレイ系配管，ほう酸水注入系配管〕

代表機器と同様に，小口径配管のソケット溶接部には，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が想定されるが，高サイクル疲労割れが懸念される部位については，突合せ溶接にて施工する等の設計考慮を行っていること，および，これまで高サイクル疲労割れ事例はなく，振動の状態は経年的に変化するものではないことから，高サイクル疲労割れが発生する可能性は小さい。

また，定期的に目視確認または漏えい試験を実施することとしており，これまで有意な割れは認められていない。

新規に設置される機器については，定期的に目視確認を行うこととしている。

したがって，高経年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. 配管の粒界型応力腐食割れ〔原子炉压力容器ベントドレン系配管，制御棒駆動系配管，原子炉浄化系配管，窒素ガス制御系配管，原子炉隔離時冷却系配管，残留熱除去系配管，低压炉心スプレイ系配管，高压炉心スプレイ系配管，ほう酸水注入系配管，可燃性ガス濃度制御系配管，排ガス処理系配管，液体廃棄物処理系配管，固体廃棄物処理系配管，補給水系配管，サンプリング系配管，原子炉压力容器計装系配管，低压原子炉代替注水系配管，格納容器代替スプレイ系配管，ペDESTAL代替注水系配管，残留熱代替除去系配管〕

代表機器と同様に，100℃以上の流体に接液するステンレス鋼配管であるため，粒界型応力腐食割れが想定されるが，原子炉浄化系配管の一部および残留熱除去系配管に対しては，高周波誘導加熱処理または水冷溶接により応力腐食割れ対策を実施している。また，実施していない範囲については残留応力の観点から応力腐食割れが発生する可能性が小さい。

排ガス処理系配管については，内部流体が高温の排ガスであり，運転中は乾燥状態となるため，応力腐食割れが発生する可能性は小さい。

その他の系統については，最高使用温度が100℃以上ではあるが，運転温度が100℃未満となるか100℃以上となる時間が短いことまたは小口径配管であり，残留応力が小さいことから，応力腐食割れが発生する可能性は小さい。

また，原子炉浄化系配管および残留熱除去系配管については，定期的な溶接部の超音波探傷試験および耐圧部の漏えい試験により，排ガス処理系配管については超音波探傷試験および浸透探傷検査により健全性を確認しており，これまで有意な割れは認められていない。

したがって，今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから，高経年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. フランジボルト・ナットの腐食（全面腐食）〔炭素鋼・低合金鋼製フランジボルト・ナット共通〕

代表機器と同様に、フランジボルト・ナットは炭素鋼または低合金鋼であり、腐食が想定されるが、定期的に見視確認を行い、健全性を確認することとしており、これまで有意な腐食は確認されていない。

新規に設置される機器については、定期的に見視確認を行うこととしている。

したがって、高経年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. 配管の貫粒型応力腐食割れ〔共通〕

代表機器と同様に、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、建設時から、空調設備に中性能フィルタが設置されていることおよび工場出荷前における配管養生等の塩害対策が実施されていることから、貫粒型応力腐食割れが発生する可能性は小さい。

また、屋外に設置される配管については塗装により塩分付着を防止していることから、貫粒型応力腐食割れ発生する可能性は小さい。

また、定期的に見視確認または漏えい試験を実施することとしており、これまで有意な割れは認められていない。

新規に設置される機器については、定期的に見視確認を行うこととしている。

したがって、高経年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. 温度計ウェル・サンプリングノズルの高サイクル疲労割れ〔原子炉浄化系配管〕

代表機器と同様に、温度計ウェルおよびサンプリングノズルは、内部流体の流体力による振動により、高サイクル疲労割れが想定されるが、同期振動の回避および流力振動に対する強度が考慮されていれば損傷を回避できるものと判断する。

他プラントにおいて損傷事例が発生したため、原子力安全・保安院文書「発電用原子力設備に関する技術基準を定める省令の改正に伴う電気事業法に基づく定期事業者検査の実施について」（平成17・12・22原院第6号）に従い、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 S 012-1998）」に基づく評価により、健全性を確認しており、高サイクル疲労割れが発生する可能性は小さい。

また、定期的に見視確認を実施しており、これまで有意な割れは認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. 配管の高サイクル熱疲労割れ〔残留熱除去系配管〕

代表機器と同様に、原子炉再循環系配管と残留熱除去系吐出合流部の高低温水合流部は、温度ゆらぎが生じ、かつ応力集中が生じることにより、高サイクル熱疲労割れが想定される。

高低温水合流部の高サイクル熱疲労割れに対しては、日本機械学会基準「配管の高サイクル熱疲労に関する評価指針」（JSME S 017 2003）に基づき評価を実施しており、保守的な温度条件で評価を実施した結果、高温側および低温側の温度差が判定温度差を下回ってい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にくいことから、高経年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. 炭素鋼配管

### 〔対象配管〕

- ① 主蒸気系配管
- ② 復水系配管
- ③ 給水系配管
- ④ 原子炉ベントドレン系配管
- ⑤ 制御棒駆動系配管
- ⑥ 原子炉浄化系配管
- ⑦ 原子炉補機冷却系配管
- ⑧ 原子炉補機海水系配管
- ⑨ 燃料プール冷却系配管
- ⑩ 窒素ガス制御系配管
- ⑪ 高圧炉心スプレー補機冷却系配管
- ⑫ 高圧炉心スプレー補機海水系配管
- ⑬ 原子炉隔離時冷却系配管
- ⑭ 残留熱除去系配管
- ⑮ 低圧炉心スプレー系配管
- ⑯ 高圧炉心スプレー系配管
- ⑰ 非常用ガス処理系配管
- ⑱ 可燃性ガス濃度制御系配管
- ⑲ タービングラント蒸気系配管
- ⑳ 抽気系配管
- ㉑ タービンバイパス系配管
- ㉒ タービンヒータドレン系配管
- ㉓ 循環水系配管
- ㉔ タービン補機海水系配管
- ㉕ 補助蒸気系配管
- ㉖ 抽出空気系配管
- ㉗ 排ガス処理系配管
- ㉘ 液体廃棄物処理系配管
- ㉙ 中央制御室空調換気系配管
- ㉚ ドライウェル冷却系配管
- ㉛ 所内用圧縮空気系配管
- ㉜ 所内蒸気系配管
- ㉝ 計装用圧縮空気系配管
- ㉞ 高圧原子炉代替注水系配管
- ㉟ 低圧原子炉代替注水系配管
- ㊱ 格納容器フィルタベント系配管
- ㊲ 格納容器代替スプレー系配管
- ㊳ ペDESTAL代替注水系配管
- ㊴ 残留熱代替除去系配管
- ㊵ 原子炉補機代替冷却系配管
- ㊶ 窒素ガス代替注入系配管
- ㊷ 取水管（取水口含む）

## 目 次

1. 対象機器および代表機器の選定	2-1
1.1 グループ化の考え方および結果	2-1
1.2 代表機器の選定	2-1
2. 代表機器の技術評価	2-8
2.1 構造, 材料および使用条件	2-8
2.1.1 給水系配管	2-8
2.1.2 原子炉補機冷却系配管	2-11
2.1.3 主蒸気系配管	2-14
2.1.4 窒素ガス制御系配管	2-17
2.1.5 原子炉補機海水系配管	2-20
2.2 経年劣化事象の抽出	2-23
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目	2-23
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出	2-23
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	2-25
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価	2-33
3. 代表機器以外への展開	2-37
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象	2-38
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	2-39

## 1. 対象機器および代表機器の選定

島根2号炉で使用している主要な炭素鋼配管の仕様を表1-1に示す。

これらの配管を内部流体の観点からグループ化し、それぞれのグループから以下のとおり代表機器を選定した。

### 1.1 グループ化の考え方および結果

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、最高使用圧力および口径の観点から代表機器を選定する。

#### (1) 内部流体：純水

このグループには復水系配管、給水系配管、制御棒駆動系配管、原子炉浄化系配管、燃料プール冷却系配管、原子炉隔離時冷却系配管、残留熱除去系配管、低圧炉心スプレイ系配管、高圧炉心スプレイ系配管、可燃性ガス濃度制御系配管、タービングランド蒸気系配管、タービンヒータドレン系配管、液体廃棄物処理系配管、高圧原子炉代替注水系配管、低圧原子炉代替注水系配管、格納容器代替スプレイ系配管、ペDESTAL代替注水系配管および残留熱代替除去系配管が属するが、重要度、運転状態および最高使用温度の観点から給水系配管を代表機器とする。

#### (2) 内部流体：冷却水

このグループには原子炉補機冷却系配管、高圧炉心スプレイ補機冷却系配管、中央制御室空調換気系配管、ドライウェル冷却系配管および原子炉補機代替冷却系配管が属するが、重要度、運転状態、最高使用温度、最高使用圧力および口径の観点から原子炉補機冷却系配管を代表機器とする。

#### (3) 内部流体：蒸気

このグループには主蒸気系配管、原子炉ベントドレン系配管、原子炉隔離時冷却系配管、残留熱除去系配管、タービングランド蒸気系配管、抽気系配管、タービンバイパス系配管、補助蒸気系配管、所内蒸気系配管および高圧原子炉代替注水系配管が属するが、重要度、運転状態および最高使用温度の観点から、主蒸気系配管を代表機器とする。

#### (4) 内部流体：ガス

このグループには復水系配管、窒素ガス制御系配管、原子炉隔離時冷却系配管、非常用ガス処理系配管、可燃性ガス濃度制御系配管、抽出空気系配管、排ガス処理系配管、所内用圧縮空気系配管、計装用圧縮空気系配管、格納容器フィルタベント系配管および窒素ガス代替注入系配管が属するが、重要度、運転状態および最高使用温度の観点から窒素ガス制御系配管を代表機器とする。



(5) 内部流体：海水

このグループには原子炉補機海水系配管，高圧炉心スプレイ補機海水系配管，循環水系配管，タービン補機海水系配管および取水管（取水口含む）が属するが，重要度，運転状態および最高使用温度の観点から，原子炉補機海水系配管を代表機器とする。

表1-1 (1/5) 炭素鋼配管のグループ化と代表機器

分類基準		配管名称 (略称)	仕様 (口径×肉厚)	選定基準			選定	選定理由	
				重要度*1	使用条件				
材料	流体				運転状態	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (°C)		
炭素鋼	純水	復水系配管 (CW)	700A × Sch60	高*2	連続	6.5	172		最高使用温度
		給水系配管 (FW)	700A × Sch80	PS-1	連続	16.7	304	◎	
		制御棒駆動系配管 (CRD)	200A × Sch120	高*2	連続	8.6	138		
		原子炉浄化系配管 (CUW)	200A × Sch120	PS-1	連続	12.7	302		
		燃料プール冷却系配管 (FPC)	300A × Sch40	MS-2, 重*3	連続	1.4	66		
		原子炉隔離時冷却系配管 (RCIC)	150A × Sch40	MS-1, 重*3	一時	11.3	302		
		残留熱除去系配管 (RHR)	550A × STD	PS-1, 重*3	連続 (短期)	10.4	304		
		低圧炉心スプレイ系配管 (LPCS)	500A × STD	PS-1, 重*3	一時	9.0	304		
		高圧炉心スプレイ系配管 (HPCS)	500A × STD	PS-1, 重*3	一時	12.2	304		
		可燃性ガス濃度制御系配管 (FCS)	40A × Sch80	MS-1	一時	3.9	100		
		タービン-generator蒸気系配管 (TGS)	65A × Sch40	高*2	連続	0.4	155		
		タービンヒーテリン系配管 (THD)	450A × STD	高*2	連続	2.7	230		
		液体廃棄物処理系配管 (RWL)	80A × Sch40	MS-1, 設*4	連続	1.4	171		

\*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：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器および構造物であることを示す。

\*4：設計基準対象施設として評価対象とした機器および構造物であることを示す。

表1-1 (2/5) 炭素鋼配管のグループ化と代表機器

分類基準		配管名称 (略称)	仕様 (口径×肉厚)	選定基準			選定	選定理由	
				重要度*1	使用条件				
材料	流体				運転状態	最高使用 圧力 (MPa)			最高使用 温度 (°C)
炭素鋼	純水	高压原子炉代替注水系配管*2 (HPAC)	450A × STD	重*3	一時	11.3	302	最高使用温度	
		低压原子炉代替注水系配管*2 (FLSR)	200A × Sch80	重*3	一時	3.9	185		
		格納容器代替スプレィ系配管*2 (ACSS)	65A × Sch80	重*3	一時	3.9	185		
		ペデスタル代替注水系配管*2 (APFS)	100A × Sch40	重*3	一時	1.4	66		
		残留熱代替除去系配管*2 (RHAR)	250A × Sch40	重*3	一時	3.9	185		
	冷却水*4	原子炉補機冷却系配管 (RCW)	700A × XS	MS-1, 重*3	連続	1.4	171	◎	口径
		高压炉心スプレィ補機冷却系配管 (HPCW)	300A × Sch40	MS-1, 重*3	一時	1.0	66		
		中央制御室空調換気系配管 (HVC)	150A × Sch40	MS-1	連続	1.4	85		
		ドライウェル冷却系配管 (HVD)	150A × Sch40	MS-1	連続	1.4	171		
		原子炉補機代替冷却系配管*2 (AHEF)	400A × Sch40	重*3	一時	1.4	85		

\*1：最上位の重要度を示す。

\*2：新規に設置される機器を含む。

\*3：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器および構造物であることを示す。

\*4：防錆剤入り純水。

表1-1 (3/5) 炭素鋼配管のグループ化と代表機器

分類基準		配管名称 (略称)	仕様 (口径×肉厚)	選定基準			選定	選定理由
				重要度*1	使用条件			
材料	流体				運転状態	最高使用 圧力 (MPa)		
炭素鋼	蒸気	主蒸気系配管 (MS)	1,600A × 90.0mm	PS-1, 重*2	連続	9.0	304	◎
		原子炉ベントリン系配管 (RVD)	50A × Sch160	PS-1	連続	8.6	302	
		原子炉隔離時冷却系配管 (RCIC)	250A × Sch40	PS-1, 重*2	一時	9.0	304	
		残留熱除去系配管 (RHR)	20A × Sch160	高*3	連続 (短期)	8.6	302	
		タービンラント蒸気系配管 (TGS)	400A × Sch40	高*3	連続	0.4	173	
		抽気系配管 (ES)	25A × Sch80	高*3	連続	0.4	149	
		タービンハイス系配管 (TBY)	1,050A × 52.4mm	PS-2	一時	8.6	302	
		補助蒸気系配管 (AUS)	150A × Sch120	高*3	連続	8.6	302	
		所内蒸気系配管 (HS)	250A × Sch40	高*3	連続	2.0	214	
	高圧原子炉代替注水系配管*4 (HPAC)	250A × Sch40	重*2	一時	9.0	304		

\*1：最上位の重要度を示す。

\*2：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器および構造物であることを示す。

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

\*4：新規に設置される機器を含む。

表1-1 (4/5) 炭素鋼配管のグループ化と代表機器

分類基準		配管名称 (略称)	仕様 (口径×肉厚)	選定基準			選定	選定理由	
				重要度*1	使用条件				
材料	流体				運転状態	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (°C)		
炭素鋼	ガス	復水系配管 (CW)	150A × Sch40	高*2	連続	1.9	60		最高使用温度
		窒素ガス制御系配管 (NGC)	600A × STD	MS-1, 重*3	連続	0.9	200	◎	
		原子炉隔離時冷却系配管 (RCIC)	50A × Sch80	MS-1	一時	0.4	120		
		非常用ガス処理系配管 (SGT)	400A × STD	MS-1, 重*3	一時	0.9	200		
		可燃性ガス濃度制御系配管 (FCS)	150A × Sch40	MS-1	一時	0.4	171		
		抽出空気系配管 (EJ)	250A × Sch40	高*2	連続	0.4	170		
		排ガス処理系配管 (OFG)	300A × Sch40	高*2	連続	2.5	340		
		所内用圧縮空気系配管 (HA)	25A × Sch80	MS-1	連続	0.9	171		
		計装用圧縮空気系配管 (IA)	200A × Sch40	高*2	連続	0.9	250		
		格納容器フィルタヘント系配管*4 (FCVS)	400A × Sch40	重*3	一時	0.9	200		
窒素ガス代替注入系配管*4 (ANI)	50A × Sch80	重*3	一時	0.9	200				

\*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：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器および構造物であることを示す。

\*4：新規に設置される機器を含む。

表1-1 (5/5) 炭素鋼配管のグループ化と代表機器

分類基準		配管名称 (略称)	仕様 (口径×肉厚)	選定基準			選定	選定理由
				重要度*1	使用条件			
材料	流体				重要度*1	運転状態		
炭素鋼	海水	原子炉補機海水系配管 (RSW)	700A × STD	MS-1, 重*2, 設*3	連続	1.0	40	◎
		高圧炉心スプレ補機海水系配管 (HPSW)	250A × Sch40	MS-1, 重*2, 設*3	一時	1.0	40	
		循環水系配管 (CSW)	φ 2, 600mm*4 × 21mm	設*3	連続	0.3	30	
		タービン補機海水系配管 (TSW)	750A × STD	設*3	連続	0.5	40	
		取水管 (取水口含む) (一)	φ 4, 300mm*4 × 23mm	MS-1, 重*2	連続	—*5	—*5	

\*1：最上位の重要度を示す。

\*2：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器および構造物であることを示す。

\*3：設計基準対象施設として評価対象とした機器および構造物であることを示す。

\*4：内径を示す。

\*5：設計上設定されていない。

## 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5種類の配管について技術評価を実施する。

- ① 給水系配管
- ② 原子炉補機冷却系配管
- ③ 主蒸気系配管
- ④ 窒素ガス制御系配管
- ⑤ 原子炉補機海水系配管

### 2.1 構造，材料および使用条件

#### 2.1.1 給水系配管

##### (1) 構造

給水系配管は，直管，エルボ，温度計ウェル，サンプリングノズル，オリフィス，フローノズル等で構成されており，配管には炭素鋼を使用している。また，各配管は溶接により他の配管，機器に接続している。

給水系配管の系統図を図2.1-1に示す。

##### (2) 材料および使用条件

給水系配管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。

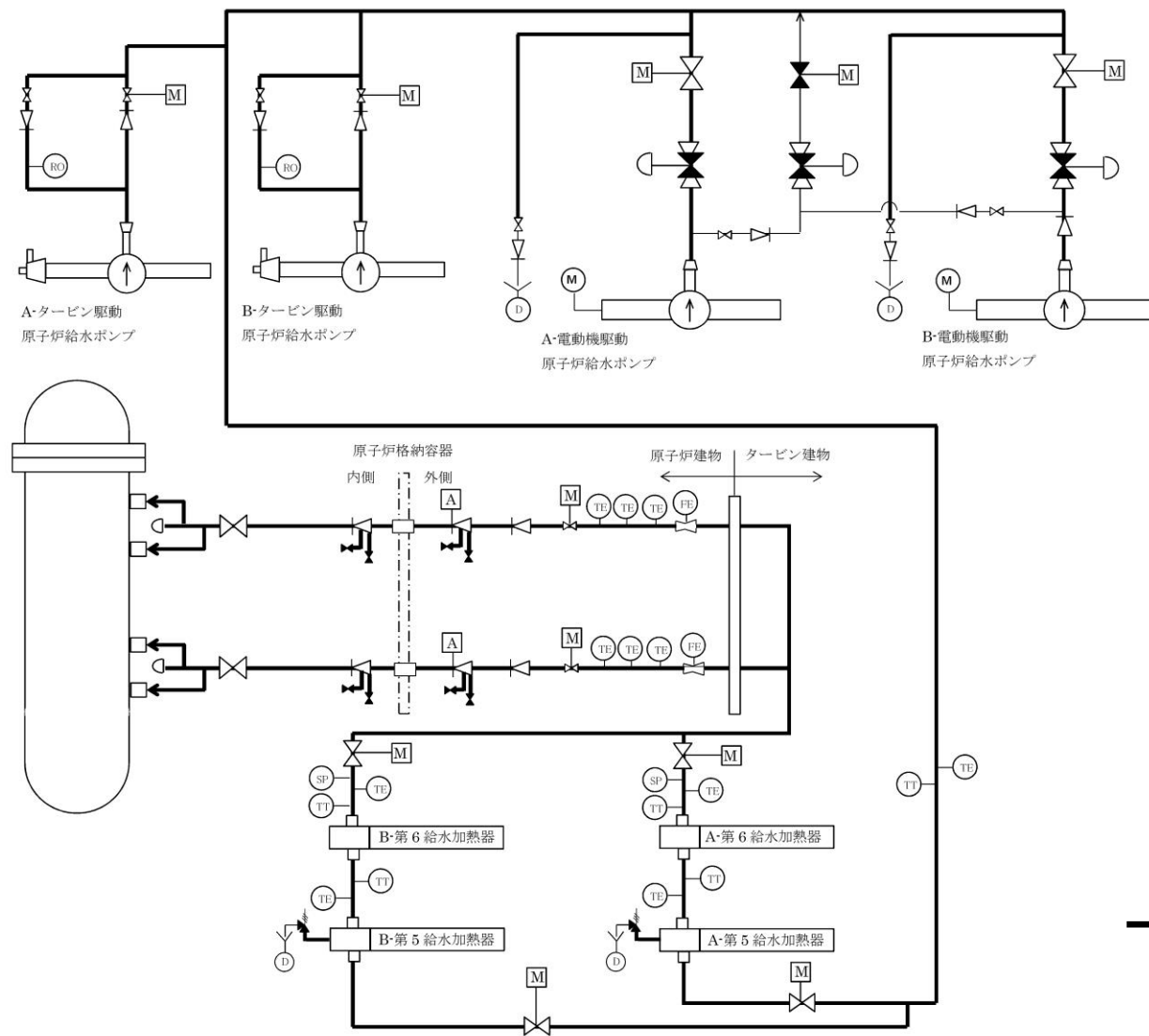


図2.1-1 給水系 系統図

— (太線) : 評価対象 (炭素鋼)



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	部位	材料
ハウダリの維持	配管	炭素鋼 (STPT42, STPT49, SB49, S25C, STS49, SF50A)
	温度計ウェル	ステンレス鋼 (SUS316, SUS316L)
	サンプリングノズル	ステンレス鋼 (SUS316L)
	オリフイス	炭素鋼 (S25C)
	フローノズル	ステンレス鋳鋼 (ASTM-A351GrCF3)

表2.1-2 給水系配管の使用条件

最高使用圧力	16.7MPa
最高使用温度	304℃
内部流体	純水

## 2.1.2 原子炉補機冷却系配管

### (1) 構造

原子炉補機冷却系配管は、直管、エルボ、オリフィス等で構成されており、配管には炭素鋼を使用している。また、各配管はフランジまたは溶接により他の配管、機器に接続している。

原子炉補機冷却系配管の系統図を図2.1-2に示す。

### (2) 材料および使用条件

原子炉補機冷却系配管の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。

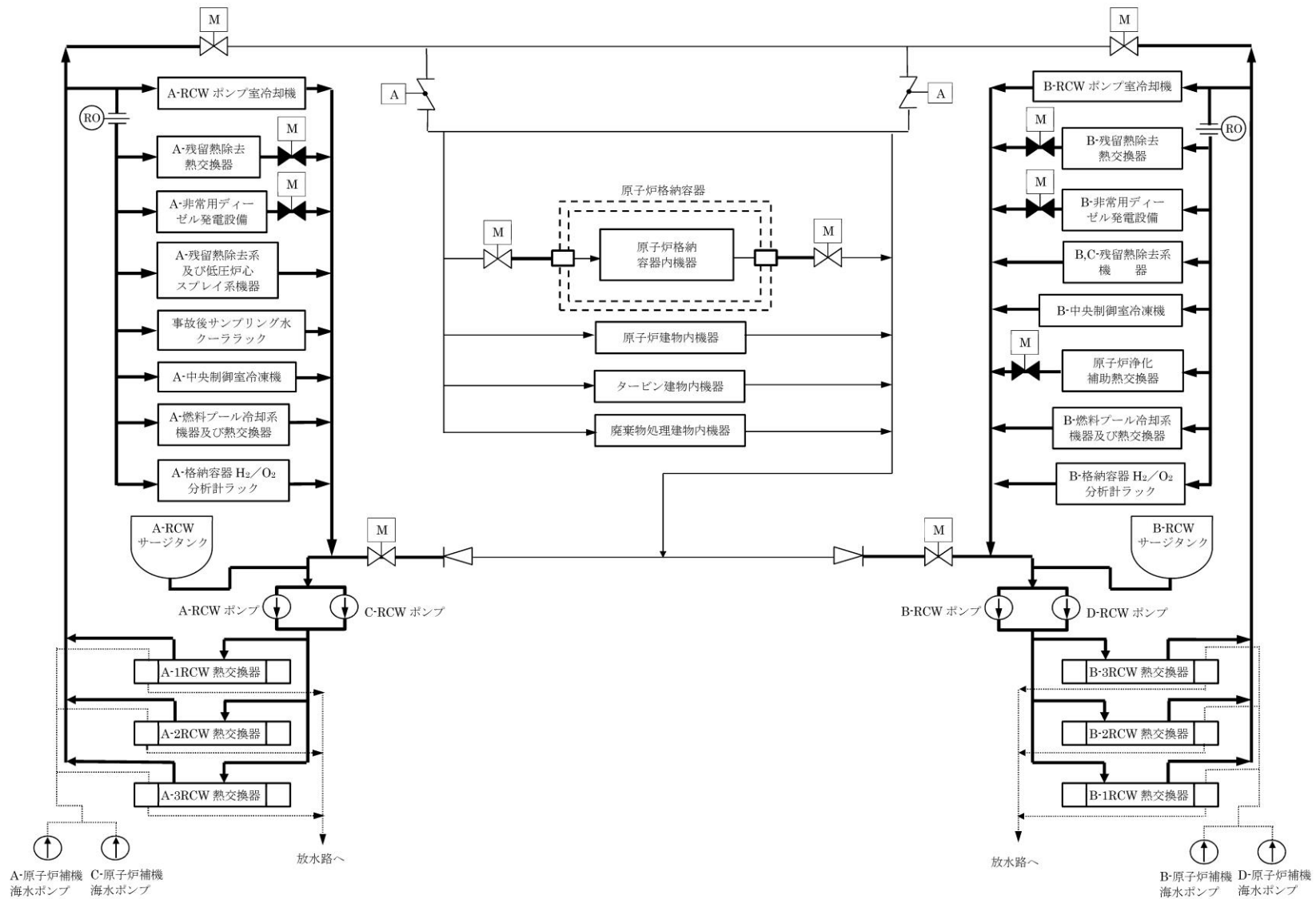


図2.1-2 原子炉補機冷却系 系統図

表2.1-3 原子炉補機冷却系配管主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部位	材料
バウダリの維持	配管	炭素鋼 (SM41A, SM41C, STPT42, STPG38)
	オリフィス	ステンレス鋼 (SUS304)
	フランジボルト・ナット	炭素鋼 (S20C, S25C, S30C, S45C)
	ガスケット	(消耗品)

表2.1-4 原子炉補機冷却系配管の使用条件

最高使用圧力	1.4MPa
最高使用温度	171℃
内部流体	防錆剤入り純水

### 2.1.3 主蒸気系配管

#### (1) 構造

主蒸気系配管は、直管、エルボ、温度計ウェル、フローノズル等で構成されており、配管には炭素鋼を使用している。また、各配管はフランジまたは溶接により他の配管、機器に接続している。

主蒸気系配管の系統図を図2.1-3に示す。

#### (2) 材料および使用条件

主蒸気系配管の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。

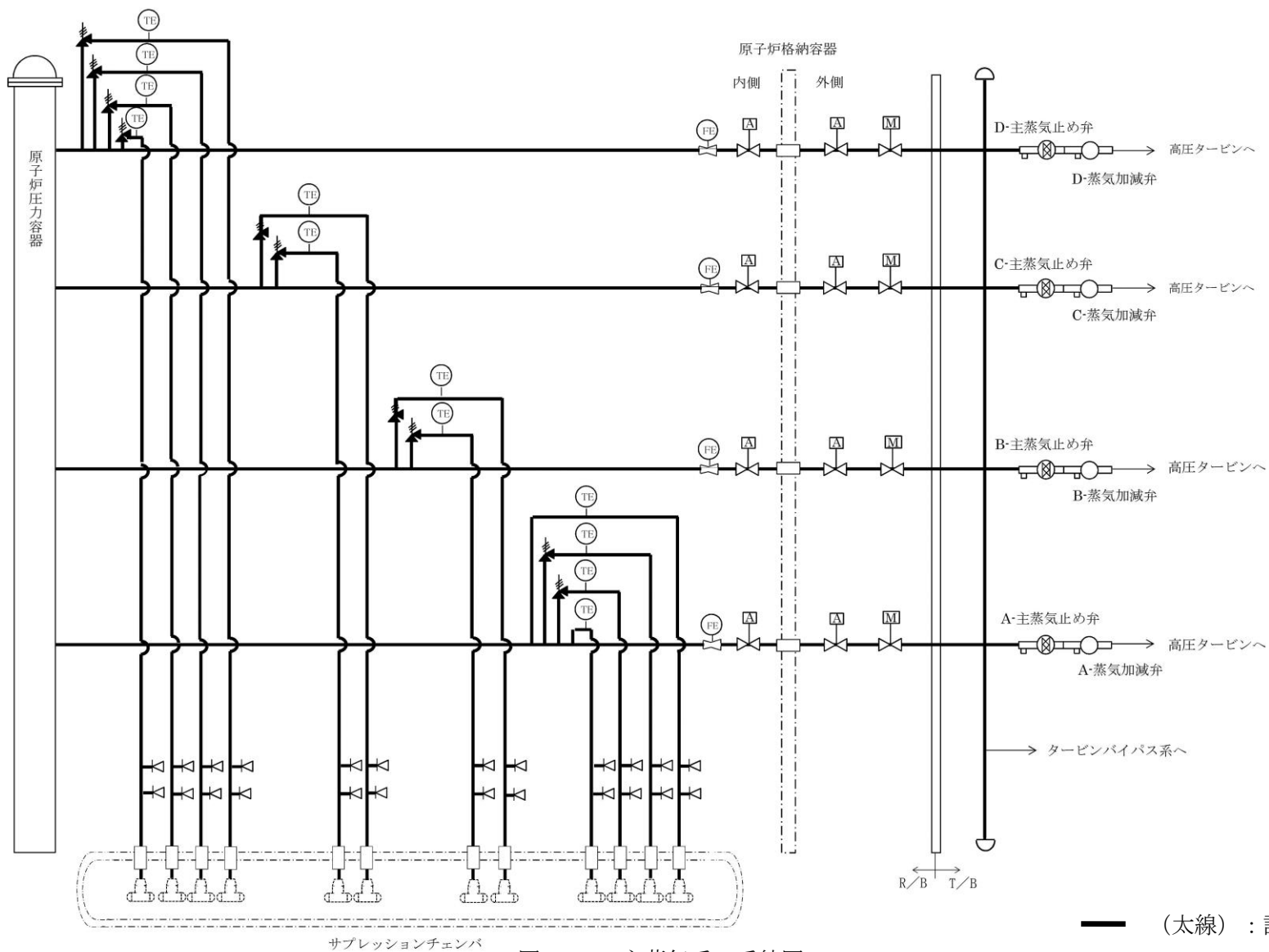


図2.1-3 主蒸気系 系統図

表2.1-5 主蒸気系配管主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部位	材料
ハウタリの維持	配管	炭素鋼 (STPT42, STS42, STS49, SB49, SF50A)
	温度計ウェル	ステンレス鋼 (SUS316L)
	フローノズル	ステンレス鋳鋼 (ASTM-A351 GrCF3)
	フランジボルト・ナット	低合金鋼 (SNB7)
	ガスケット	(消耗品)

表2.1-6 主蒸気系配管の使用条件

最高使用圧力	9.0MPa
最高使用温度	304℃
内部流体	蒸気

#### 2.1.4 窒素ガス制御系配管

##### (1) 構造

窒素ガス制御系配管は、直管、エルボ等で構成されており、配管には炭素鋼を使用している。

また、各配管はフランジまたは溶接により他の配管、機器に接続している。

窒素ガス制御系配管の系統図を図2.1-4に示す。

##### (2) 材料および使用条件

窒素ガス制御系配管の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。



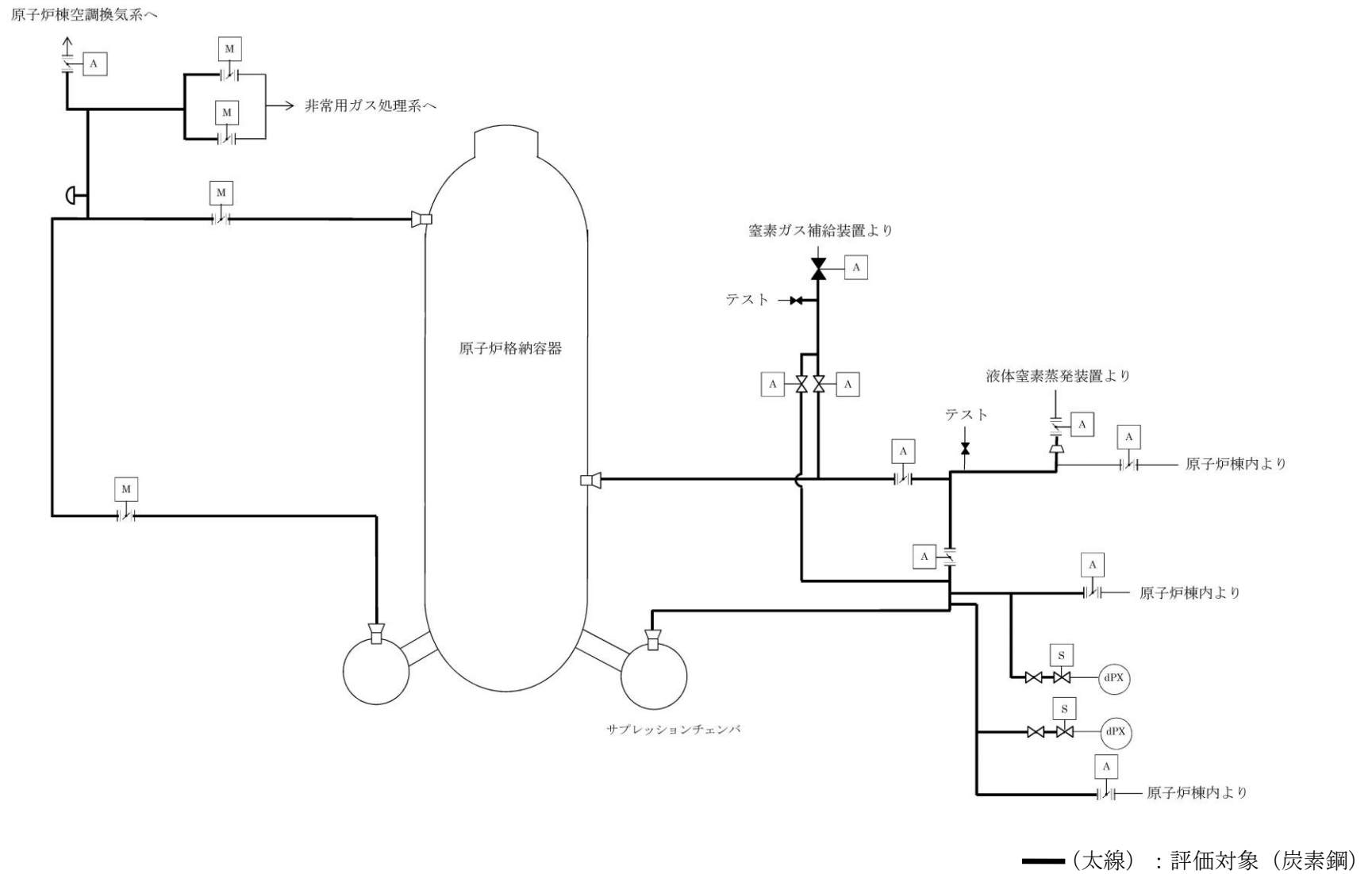


図2.1-4 窒素ガス制御系配管 系統図

表2.1-7 窒素ガス制御系配管主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部位	材料
バウンダリの維持	配管	炭素鋼 (SM41C, STPT42, SF45A, S25C, SFVC2B)
	フランジボルト・ナット	低合金鋼 (SNB7)
	ガスケット	消耗品

表2.1-8 窒素ガス制御系配管の使用条件

最高使用圧力	0.9MPa
最高使用温度	200℃
内部流体	ガス (窒素) (蒸気: SA時のみ)

## 2.1.5 原子炉補機海水系配管

### (1) 構造

原子炉補機海水系配管は、直管、エルボ、オリフィス等で構成されており、配管には炭素鋼を使用している。また、各配管はフランジにより他の配管、機器に接続している。

原子炉補機海水系配管の系統図を図2.1-5に示す。

### (2) 材料および使用条件

原子炉補機海水系配管の主要部位の使用材料を表2.1-9に、使用条件を表2.1-10に示す。

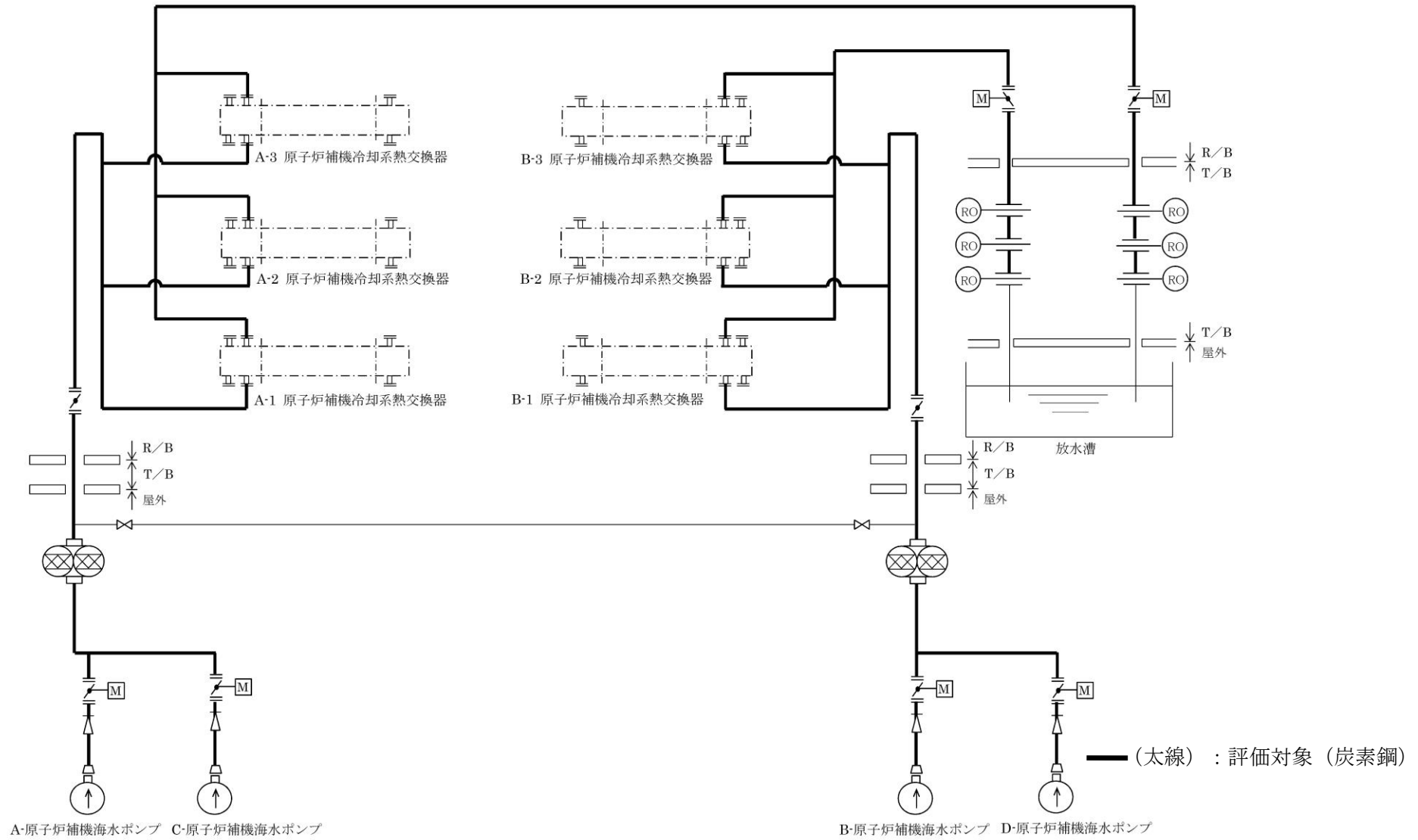


図2.1-5 原子炉補機海水系 系統図

表2.1-9 原子炉補機海水系配管主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部位	材料
バウンダリの維持	配管	炭素鋼 (SM41A+ホ <sup>°</sup> リエチレンライニング) 炭素鋼 (SM400C+ホ <sup>°</sup> リエチレンライニング) 炭素鋼 (SM41C+ホ <sup>°</sup> リエチレンライニング) 炭素鋼 (STPT42+ホ <sup>°</sup> リエチレンライニング) 炭素鋼 (SM41A+コ <sup>°</sup> ムライニング) 炭素鋼 (SM400A+コ <sup>°</sup> ムライニング)
	オリフィス	ステンレス鋼 (SUS316)
	フランジボルト・ナット	炭素鋼 (S30C) 低合金鋼 (SNB7)
	ガスケット	(消耗品)

表2.1-10 原子炉補機海水系配管の使用条件

最高使用圧力	1.0MPa
最高使用温度	40°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の抽出

#### (1) 想定される経年劣化事象

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（流体の種類、圧力、温度等）およ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、消耗品および定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品および定期取替品の扱い

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

(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 (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 (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 [給水系配管, 主蒸気系配管]

## 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. 配管の腐食（流れ加速型腐食）〔主蒸気系配管，給水系配管〕

常時流れがある高温の純水および蒸気環境のエルゴ部，分岐部，レギュレーサ部等，流れの乱れが起きる箇所に流れ加速型腐食による減肉が発生する可能性がある。

配管の流れ加速型腐食については，社内規定「配管肉厚管理手引書」に基づき，配管材質，内部流体等を考慮して管理ランクを設定し，超音波厚さ測定，放射線透過試験等により点検を実施し，減肉傾向を把握している。

また，必要最小厚さまたは耐震管理厚さ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の計画，取替または耐震補強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変化する要因があるとは考えにくいことから，高経年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. 配管の高サイクル疲労割れ〔主蒸気系配管，給水系配管，原子炉補機冷却系配管，原子炉補機海水系配管〕

小口径配管のソケット溶接部には，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が想定されるが，高サイクル疲労割れが懸念される部位については，突合せ溶接にて施工する等の設計考慮を行っていること，および，これまで高サイクル疲労割れ事例はなく，振動の状態は経年的に変化するものではないことから，高サイクル疲労割れが発生する可能性は小さい。

また，定期的に漏えい試験を実施しており，これまで有意な割れは認められていない。

したがって，今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから，高経年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. フローノズルおよびオリフィスの腐食（流れ加速型腐食）および異物付着〔主蒸気系配管，給水系配管〕

流れ加速型腐食による減肉の影響は，フローノズルおよびオリフィスが偏流発生点となり，その下流側配管に顕著である。フローノズルおよびオリフィスを含めた範囲については，社内規定「配管肉厚管理手引書」に基づき，健全性を確認することとしている。

また，これまでフローノズル，オリフィスの有意な減肉および異物付着による性能低下は確認されていない。

したがって，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にくいことから，高経年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. フランジボルト・ナットの腐食〔主蒸気系配管，原子炉補機冷却系配管，原子炉補機海水系配管，窒素ガス制御系配管〕

フランジボルト・ナットは炭素鋼または低合金鋼であり，腐食が想定されるが，定期的に見視確認により健全性を確認しており，これまで有意な腐食は確認されていない。

新規に設置される機器については，定期的に見視確認を行うこととしている。

したがって，今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから，高経年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. 配管の腐食（全面腐食）〔原子炉補機冷却系配管〕

原子炉補機冷却系配管は炭素鋼であり腐食が想定されるが，内部流体は防錆剤入り純水であることから腐食が発生する可能性は小さい。

また，機器の点検時における取合い部近傍の見視確認においてもこれまで有意な腐食は認められていない。

したがって，今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから，高経年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. 配管の腐食（全面腐食）〔窒素ガス制御系配管〕

窒素ガス制御系配管は炭素鋼であり腐食が想定されるが，内部流体はガス（窒素）であることから腐食が発生する可能性は小さい。重大事故時においては，内部流体が蒸気となる可能性があるが，通常運転時に蒸気は流れないことから腐食が発生する可能性は小さい。

また，機器の点検時における取合い部近傍の見視確認においてもこれまで有意な腐食は認められていない。

新規に設置される機器については，機器の点検時には取合い部の見視確認を行うこととしている。

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

g. 配管の腐食（全面腐食）〔原子炉補機海水系配管〕

原子炉補機海水系配管は炭素鋼であり，内部流体が海水であることから腐食が想定されるが，内面にはライニングが施工されており，腐食が発生する可能性は小さい。

また，機器分解点検時およびフランジガasketの交換時に併せて内面ライニングの見視確認を実施し，健全性を確認しており，内面ライニングにはく離，損傷が認められた場合には，補修を行うこととしている。

原子炉補機海水系配管は，屋外に設置されていることから外面に腐食が想定されるが，防食塗装が施されていることから，腐食が発生する可能性は小さい。

また，定期的に見視確認を行い，塗装の健全性を確認し，必要に応じて補修塗装を行うこととしており，これまで有意な腐食は認められていない。

したがって，今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから，高経年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. 温度計ウェルおよびサンプリングノズルの高サイクル疲労割れ〔主蒸気系配管，給水系配管〕

温度計ウェル，サンプリングノズルは，内部流体の流体力による振動により，高サイクル疲労割れが想定されるが，同期振動の回避および流力振動に対する強度が考慮されていれば損傷を回避できるものと判断する。

他プラントにおいて損傷事例が発生したため，原子力安全・保安院文書「発電用原子力設備に関する技術基準を定める省令の改正に伴う電気事業法に基づく定期事業者検査の実施について」（平成17・12・22原院第6号）に従い，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 S 012-1998）」に基づき評価を行い，損傷の可能性が否定できない箇所については設備改造を実施しており，共振が回避され，強度的にも十分な裕度を有しているため，高サイクル疲労割れが発生する可能性は小さい。

また，定期的に漏えい試験を行い，健全性を確認しており，これまで有意な割れは認められていない。

したがって，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから，高経年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. フローノズルの熱時効〔主蒸気系配管〕

主蒸気系配管のフローノズルはステンレス鋳鋼であり，使用温度が250℃以上であるため，熱時効による材料の靱性低下が想定される。

しかしながら，き裂の原因となる経年劣化事象は想定されないことから，熱時効が問題となる可能性はない。

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にくいことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

表2.2-1 (1/5) 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	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	配管		炭素鋼		△ <sup>*1</sup>	○△ <sup>*2</sup>					*1：流れ加速型腐食 *2：高サイクル疲労割れ *3：異物付着
	温度計ウェル		ステンレス鋼			△ <sup>*2</sup>					
	サンプリンクノズル		ステンレス鋼			△ <sup>*2</sup>					
	オリフイス		炭素鋼		△ <sup>*1</sup>					△ <sup>*3</sup>	
	フローノズル		ステンレス鋳鋼		△ <sup>*1</sup>					△ <sup>*3</sup>	

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-1 (2/5) 原子炉補機冷却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	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		
ハウンドリの維持	配管		炭素鋼		△	△*1					*1：高サイクル疲労割れ
	オリフィス		ステンレス鋼								
	フランジボルト・ナット		炭素鋼		△						
	ガスケット	◎	—								

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-1 (3/5) 主蒸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	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		
ハウダリの維持	配管		炭素鋼		△ <sup>*1</sup>	○△ <sup>*2</sup>					*1：流れ加速型腐食 *2：高サイクル疲労割れ *3：異物付着
	温度計ウェル		ステンレス鋼			△ <sup>*2</sup>					
	フローバル		ステンレス鋳鋼		△ <sup>*1</sup>			▲		△ <sup>*3</sup>	
	フランジボルト・ナット		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

△：高経年化対策上着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 (4/5) 窒素ガス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	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		
ハウダリの維持	配管		炭素鋼		△						
	フランジボルト・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）

表2.2-1 (5/5) 原子炉補機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	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		
バウダリの維持	配管		炭素鋼*1*2		△	△*3					*1：ポリエチレンライニング *2：ゴムライニング *3：高サイクル疲労割れ
	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	◎	—								

△：高経年化対策上着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〔主蒸気系配管，給水系配管〕

#### a. 事象の説明

主蒸気系配管および給水系配管は，プラントの起動・停止時等の温度・圧力変化により，材料に疲労が蓄積され，疲労割れが発生する可能性があることから，経年劣化に対する評価が必要である。

#### b. 技術評価

##### (a) 健全性評価

主蒸気系配管および給水系配管について，応力算出ならびに疲労評価を実施した。

評価方法は，図2.3-1および図2.3-2に示す三次元梁モデルを作成し，島根2号炉の運転実績に基づいた現時点（2015年7月末）の過渡回数と，今後も同様な運転を続けたと仮定して推定した運転開始後60年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。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。評価用過渡条件を表2.3-1に，評価結果を表2.3-2に示す。

この結果，表2.3-2に示すとおり，疲れ累積係数は60年時点でも許容値以下であり，60年間の運転において，疲労割れが問題となる可能性はないと判断する。

##### (b) 現状保全

主蒸気系配管および給水系配管に対しては，日本機械学会「発電用原子力設備規格 維持規格 JSME S NA1-2008」に基づき定期的に超音波探傷試験および漏えい試験を実施し，耐圧部の健全性を確認している。

##### (c) 総合評価

主蒸気系配管および給水系配管については，定量評価結果から評価期間において疲労割れが問題となる可能性はなく，60年間の健全性は維持できると判断する。

ただし，疲労評価は実績過渡回数に依存するため，今後も実績過渡回数を把握し評価する必要がある。

#### c. 高経年化への対応

主蒸気系配管および給水系配管の疲労割れについては，実績過渡回数の確認を継続的に実施し，運転開始後60年時点の推定過渡回数を上回らないことを確認する。



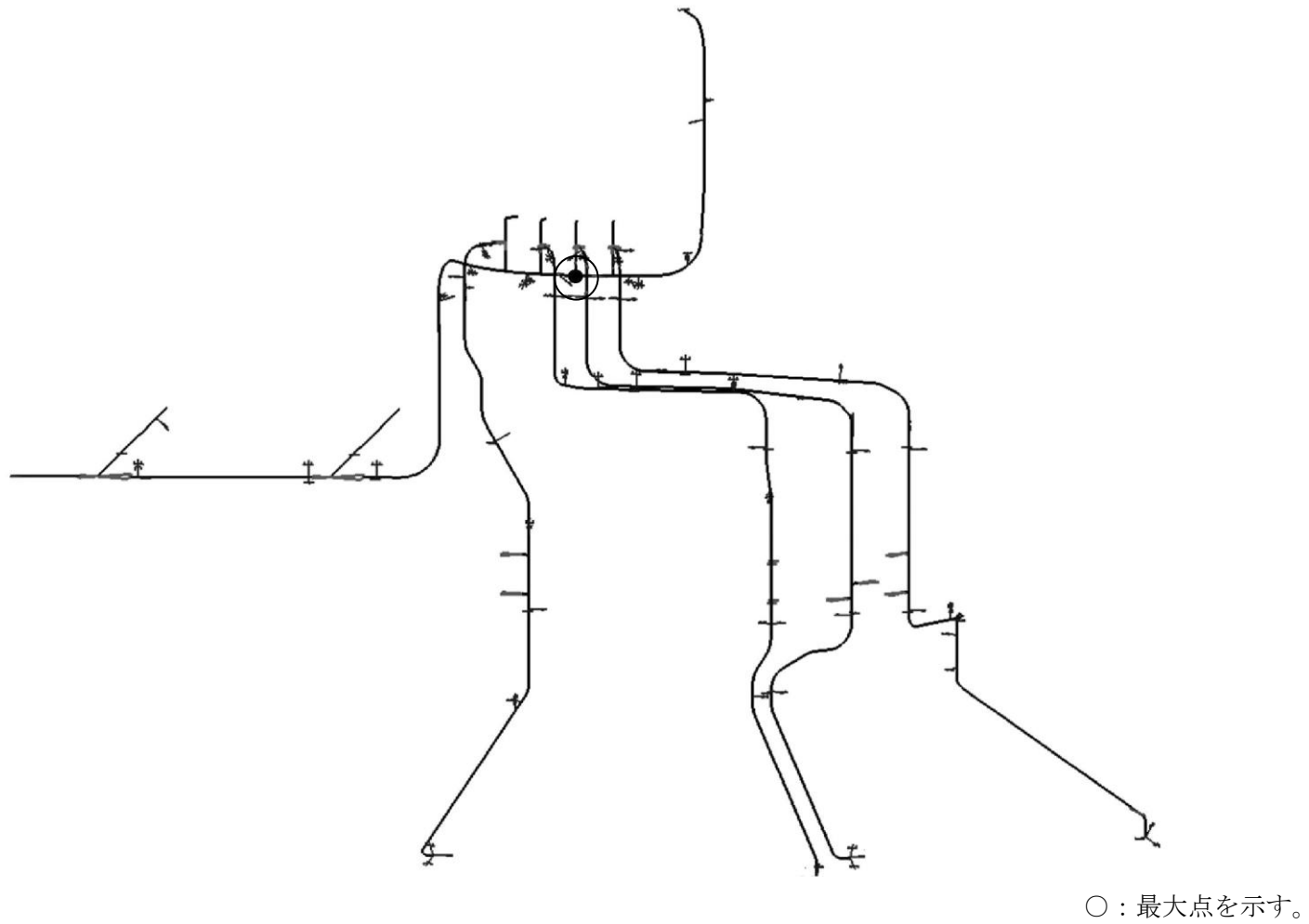


図2.3-1 主蒸気系配管三次元梁モデル

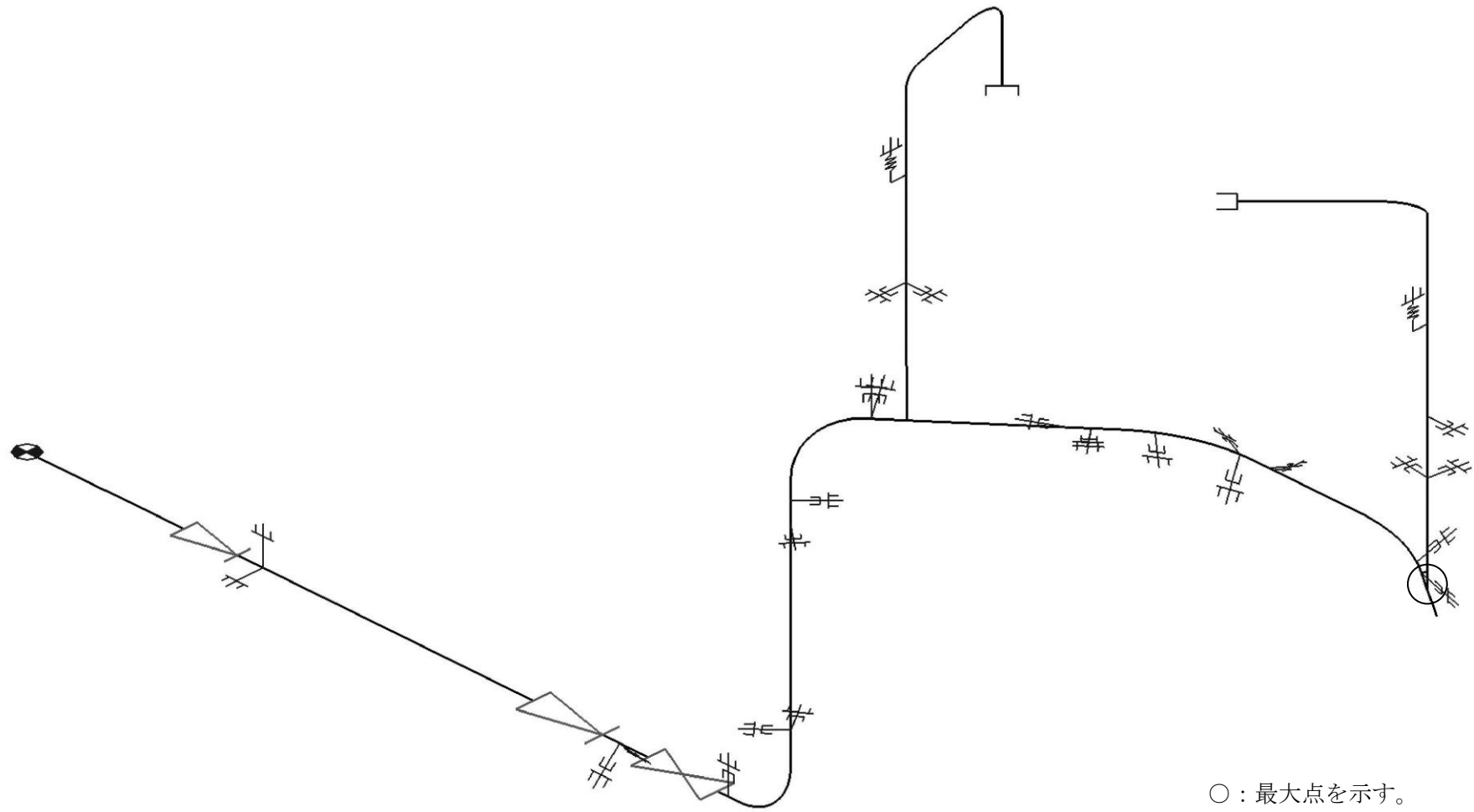


図2.3-2 給水系配管三次元梁モデル

表2.3-1 主蒸気系配管・給水系配管 評価用過渡条件

運転条件	運転実績に基づく 過渡回数 (2015年7月末時点)	運転開始後 60年時点
ボルト締付	20	45
耐圧試験	24	55
起動（昇温，タービン起動）	36	74
夜間低出力運転（75%出力）	40	81
週末低出力運転（50%出力）	34	84
制御棒パターン変更	58	143
給水加熱機能喪失（発電機トリップ）	0	1
給水加熱機能喪失（給水加熱器部分パイプ）	0	1
スクラム（タービントリップ）	1	2
スクラム（その他スクラム）	4	7
停止	36	74
ボルト取り外し	21	46
スクラム（原子炉給水ポンプ停止）	0	1
スクラム（逃がし安全弁誤作動）	0	1

表2.3-2 主蒸気系配管・給水系配管の疲労評価結果

系統名	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 (2015年7月末時点)	運転開始後 60年時点	運転開始後 60年時点
主蒸気系配管	0.006	0.014	—
給水系配管	0.015	0.031	0.146

### 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 復水系配管
- ② 原子炉ベントドレン系配管
- ③ 制御棒駆動系配管
- ④ 原子炉浄化系配管
- ⑤ 燃料プール冷却系配管
- ⑥ 高圧炉心スプレイ補機冷却系配管
- ⑦ 高圧炉心スプレイ補機海水系配管
- ⑧ 原子炉隔離時冷却系配管
- ⑨ 残留熱除去系配管
- ⑩ 低圧炉心スプレイ系配管
- ⑪ 高圧炉心スプレイ系配管
- ⑫ 非常用ガス処理系配管
- ⑬ 可燃性ガス濃度制御系配管
- ⑭ タービングランド蒸気系配管
- ⑮ 抽気系配管
- ⑯ タービンバイパス系配管
- ⑰ タービンヒータドレン系配管
- ⑱ 循環水系配管
- ⑲ タービン補機海水系配管
- ⑳ 補助蒸気系配管
- ㉑ 抽出空気系配管
- ㉒ 排ガス処理系配管
- ㉓ 液体廃棄物処理系配管
- ㉔ 中央制御室空調換気系配管
- ㉕ ドライウェル冷却系配管
- ㉖ 所内蒸気系配管
- ㉗ 所内用圧縮空気系配管
- ㉘ 計装用圧縮空気系配管
- ㉙ 高圧原子炉代替注水系配管
- ㉚ 低圧原子炉代替注水系配管
- ㉛ 格納容器フィルタベント系配管
- ㉜ 格納容器代替スプレイ系配管
- ㉝ ペDESTAL代替注水系配管
- ㉞ 残留熱代替除去系配管
- ㉟ 原子炉補機代替冷却系配管
- ㊱ 窒素ガス代替注入系配管
- ㊲ 取水管（取水口含む）

### 3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

#### a. 配管の疲労割れ〔原子炉浄化系配管，原子炉隔離時冷却系配管，残留熱除去系配管，低圧炉心スプレイ系配管，高圧炉心スプレイ系配管〕

代表機器と同様に，プラントの起動・停止時等の温度・圧力変化により材料に疲労が蓄積されることにより，疲労割れが想定されるが，代表機器の疲労評価結果は十分許容値を下回っていること，加わる温度・圧力変化も同等またはそれ以下と考えられることから，代表機器と同様に評価期間において疲労割れが問題となる可能性はなく，現状保全を継続することで60年間の健全性は維持できる。

したがって，配管の疲労割れについては，現状の保全項目に留意すべき項目はない。

### 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. 配管の腐食（流れ加速型腐食，液滴衝撃エロージョン）

〔配管肉厚管理対象範囲：復水系配管，原子炉ベントドレン系配管，原子炉浄化系配管，原子炉隔離時冷却系配管，残留熱除去系配管，タービンランド蒸気系配管，タービンバイパス系配管，タービンヒータドレン系配管，補助蒸気系配管，抽出空気系配管，排ガス処理系配管，所内蒸気系配管〕

常時流れがある高温の純水および蒸気環境のエルボ部，分岐部，レジューサ部等，流れの乱れが起きる箇所に流れ加速型腐食による減肉が，また，高速二相流において蒸気とともに加速された液滴が配管の壁面に衝突する部位では，液滴衝撃エロージョンによる減肉が発生する可能性がある。

しかし，社内規定「配管肉厚管理手引書」に基づき，配管材質，内部流体等を考慮して管理ランクを設定し，超音波厚さ測定，放射線透過試験等により点検を実施し，減肉傾向を把握している。

また，必要最小厚さまたは耐震管理厚さ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の計画，取替または耐震補強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変化する要因があるとは考えにくいことから，高経年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. 純水系・蒸気系配管の腐食（全面腐食）〔配管肉厚管理対象範囲外：制御棒駆動系配管，燃料プール冷却系配管，原子炉隔離時冷却系配管，残留熱除去系配管，低圧炉心スプレイ系配管，高圧炉心スプレイ系配管，可燃性ガス濃度制御系配管，タービングランド蒸気系配管，抽気系配管，液体廃棄物処理系配管，高圧原子炉代替注水系配管，低圧原子炉代替注水系配管，格納容器代替スプレイ系配管，ペDESTAL代替注水系配管および残留熱代替除去系配管〕

配管は炭素鋼であり，内部流体が純水または蒸気であるため，長期の使用に伴う腐食が配管内面に想定されるが，各系統について，腐食量の推定を図3.2-1に示す酸素含有水中（酸素濃度8mgO/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60年時点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。

また機器の点検時における取合い部近傍の目視確認においてもこれまで有意な腐食は認められていない。

新規に設置される機器については，機器の点検時には取合い部の目視確認を行うこととしている。

したがって高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

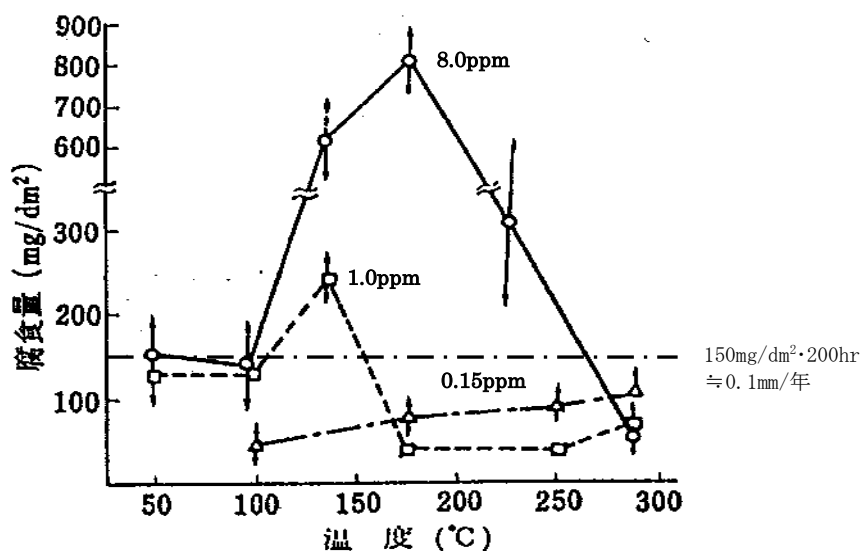


図3.2-1 酸素含有水中における炭素鋼の腐食に及ぼす影響200hr

〔出典：「防食技術便覧」腐食防食協会編〕

c. 冷却水系配管の腐食（全面腐食）〔高圧炉心スプレイ補機冷却系配管，中央制御室空調換気系配管，ドライウェル冷却系配管，原子炉補機代替冷却系配管〕

代表機器と同様に，配管は炭素鋼であり腐食が想定されるが，内部流体である冷却水に防錆剤が添加されていることから腐食が発生する可能性は小さい。

また，機器の点検時における取合い部近傍の目視確認においてもこれまで有意な腐食は認められていない。

新規に設置される機器については，機器の点検時に取合い部の目視確認を行うこととしている。

したがって高経年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. ガス系配管の腐食（全面腐食）〔復水系配管，窒素ガス制御系配管，原子炉隔離時冷却系配管，非常用ガス処理系配管，可燃性ガス濃度制御系配管，排ガス処理系配管，所内用圧縮空気系配管，計装用圧縮空気系配管，格納容器フィルタベント系配管，窒素ガス代替注入系配管〕

代表機器と同様に，配管は炭素鋼であり腐食が想定されるが，内部流体がガス（空気，窒素，排ガス）であり，腐食が発生する可能性は小さい。

また，機器の点検時における取合い部近傍の目視確認においてもこれまで有意な腐食は認められていない。

新規に設置される機器については，機器の点検時に取合い部の目視確認を行うこととしている。

したがって高経年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. 配管の腐食（全面腐食）〔高圧炉心スプレイ補機海水系配管，タービン補機海水系配管〕

代表機器と同様に，配管は炭素鋼であり，内部流体が海水であることから腐食が想定されるが，内面にはライニングが施工されており，腐食が発生する可能性は小さい。

また，機器分解点検時およびフランジガasketの交換時に併せて内面ライニングの目視確認を実施し，健全性を確認しており，内面ライニングにはく離，損傷が認められた場合には，補修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変化する要因があるとは考えにくいことから，高経年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. 配管の腐食（全面腐食）〔循環水系配管，取水管（取水口含む）〕

配管は炭素鋼であり，海水と接液することから腐食が想定されるが，防食塗装が施されていることから，腐食が発生する可能性は小さい。

また，循環水系配管については機器分解点検時に併せて配管内面の目視確認を実施し，健全性を確認しており，塗装にはく離，損傷が認められた場合には，補修を行うこととしている。

取水管（取水口含む）については定期的に目視確認を行うこととしており，これまで有意な腐食は認められていない。

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

g. 配管の腐食（全面腐食）〔高圧炉心スプレィ補機海水系配管，所内蒸気系配管，循環水系配管，タービン補機海水系配管，原子炉補機代替冷却系配管，格納容器フィルタベント系配管〕

代表機器と同様に，屋外に設置される配管については，外面に腐食が想定されるが，防食塗装が施されていることから，腐食が発生する可能性は小さい。

また，定期的に目視確認を行い，健全性を確認しており，これまで有意な腐食は認められていない。

新規に設置される機器については，定期的に目視確認を行うこととしている。

したがって，今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから，高経年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〔炭素鋼および合金鋼製のフランジボルト・ナット共通〕

代表機器と同様に，フランジボルト・ナットは炭素鋼または低合金鋼であり，腐食が想定されるが，定期的に目視確認を行うこととしており，これまで有意な腐食は確認されていない。

新規に設置される機器については，定期的に目視確認を行うこととしている。

したがって，高経年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. 配管の高サイクル疲労割れ〔復水系配管，原子炉浄化系配管，原子炉ベントドレン系配管，原子炉隔離時冷却系配管，残留熱除去系配管，低圧炉心スプレィ系配管，高圧炉心スプレィ系配管，タービン補機海水系配管〕

代表機器と同様に，小口径配管のソケット溶接部には，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が想定されるが，高サイクル疲労割れが懸念される部位については，突合せ溶接にて施工する等の設計考慮を行っていること，および，これまで高サイクル疲労割れ事例はなく，振動の状態は経年的に変化するものではないことから，高サイクル疲労割れが発生する可能性は小さい。

また，定期的に目視確認または漏えい試験を実施しており，これまで有意な割れは認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. フローノズル，オリフィスの腐食（流れ加速型腐食）および異物付着〔復水系配管，原子炉浄化系配管〕

代表機器と同様に，流れ加速型腐食による減肉の影響は，フローノズルおよびオリフィスが偏流発生点となり，その下流側配管に顕著である。フローノズルおよびオリフィスを含めた範囲については，社内規定「配管肉厚管理手引書」に基づき，健全性を確認することとしている。

また，これまでフローノズル，オリフィスの有意な減肉および異物付着による性能低下は確認されていない。

したがって，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから，高経年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. 温度計ウェル，サンプリングノズルの高サイクル疲労割れ〔復水系配管，原子炉浄化系配管，残留熱除去系配管，タービンヒータドレン系配管〕

代表機器と同様に，温度計ウェル，サンプリングノズルは，内部流体の流体力による振動により，高サイクル疲労割れが想定されるが，同期振動の回避および流力振動に対する強度が考慮されていれば損傷を回避できるものと判断する。

他プラントにおいて損傷事例が発生したため，原子力安全・保安院文書「発電用原子力設備に関する技術基準を定める省令の改正に伴う電気事業法に基づく定期事業者検査の実施について」（平成 17・12・22 原院第 6 号）に従い，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 S 012-1998）」に基づき評価を行い，損傷の可能性が否定できない箇所については設備改造を実施しており，共振が回避され，強度的にも十分な裕度を有しているため，高サイクル疲労割れが発生する可能性は小さい。

また，定期的に目視確認または漏えい試験を行っており，健全性を確認しており，これまで有意な割れは認められていない。

したがって，今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから，高経年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. 配管の高サイクル熱疲労割れ〔残留熱除去系配管〕

残留熱除去系熱交換器出口配管とバイパス配管合流部の高低温水合流部は，温度ゆらぎが生じ，かつ応力集中が生じることにより，高サイクル熱疲労割れが想定される。

高低温水合流部の高サイクル熱疲労割れに対しては，日本機械学会基準「配管の高サイクル熱疲労に関する評価指針」（JSME S 017 2003）に基づき評価を実施しており，保守的な温度条件で評価を実施した結果，熱応力振幅が疲労限を下回ってい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にくいことから、高経年  
化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

### 3. 低合金鋼配管

[対象配管]

- ① 主蒸気系配管
- ② 原子炉隔離時冷却系配管
- ③ タービングラント蒸気系配管
- ④ 抽気系配管
- ⑤ タービンヒータベント系配管
- ⑥ タービンヒータドレン系配管
- ⑦ 所内蒸気系配管

## 目 次

1. 対象機器および代表機器の選定 .....	3-1
1.1 グループ化の考え方および結果 .....	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, 材料および使用条件 .....	3-3
2.1.1 タービンヒータドレン系配管 .....	3-3
2.1.2 主蒸気系配管 .....	3-6
2.2 経年劣化事象の抽出 .....	3-9
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目 .....	3-9
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出 .....	3-9
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 .....	3-11
3. 代表機器以外への展開 .....	3-14
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 .....	3-14
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 .....	3-15

## 1. 対象機器および代表機器の選定

島根2号炉で使用している主要な低合金鋼配管の仕様を表1-1に示す。

これらの配管を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以下のとおり代表機器を選定した。

### 1.1 グループ化の考え方および結果

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、最高使用圧力および口径の観点から代表機器を選定するものとする。

#### (1) 内部流体：純水

このグループには、原子炉隔離時冷却系配管およびタービンヒータドレン系配管が属するが、重要度および運転状態の観点からタービンヒータドレン系配管を代表機器とする。

#### (2) 内部流体：蒸気

このグループには主蒸気系配管、タービンランド蒸気系配管、抽気系配管、タービンヒータベント系配管および所内蒸気系配管が属するが、重要度の観点から主蒸気系配管を代表機器とする。

表1-1 低合金鋼配管のグループ化と代表機器

分類基準		配管名称 (略称)	仕様 (口径×肉厚)	選定基準			選定	選定理由	
				重要度*1	使用条件				
材料	内部流体				運転状態	最高使用 圧力 (MPa)			最高使用 温度 (℃)
低合金鋼	純水	原子炉隔離時冷却系配管 (RCIC)	50A × Sch160	高*2	一時	8.6	302	運転状態	
		タービンヒーティング系配管 (THD)	700A × XS	高*2	連続	1.8	230		◎
	蒸気	主蒸気系配管 (MS)	80A × Sch160	PS-1	連続	8.6	302	◎	重要度
		タービンジェネレータ蒸気系配管 (TGS)	200A × Sch40	高*2	連続	1.8	209		
		抽気系配管 (ES)	1,500A × 16.0mm	高*2	連続	2.7	230		
		タービンヒーティング系配管 (THV)	125A × Sch40	高*2	連続	2.7	230		
所内蒸気系配管 (HS)	80A × Sch40	高*2	連続	0.5	175				

\*1：最上位の重要度を示す。

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

## 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2種類の配管について技術評価を実施する。

- ① タービンヒータドレン系配管
- ② 主蒸気系配管

### 2.1 構造，材料および使用条件

#### 2.1.1 タービンヒータドレン系配管

##### (1) 構造

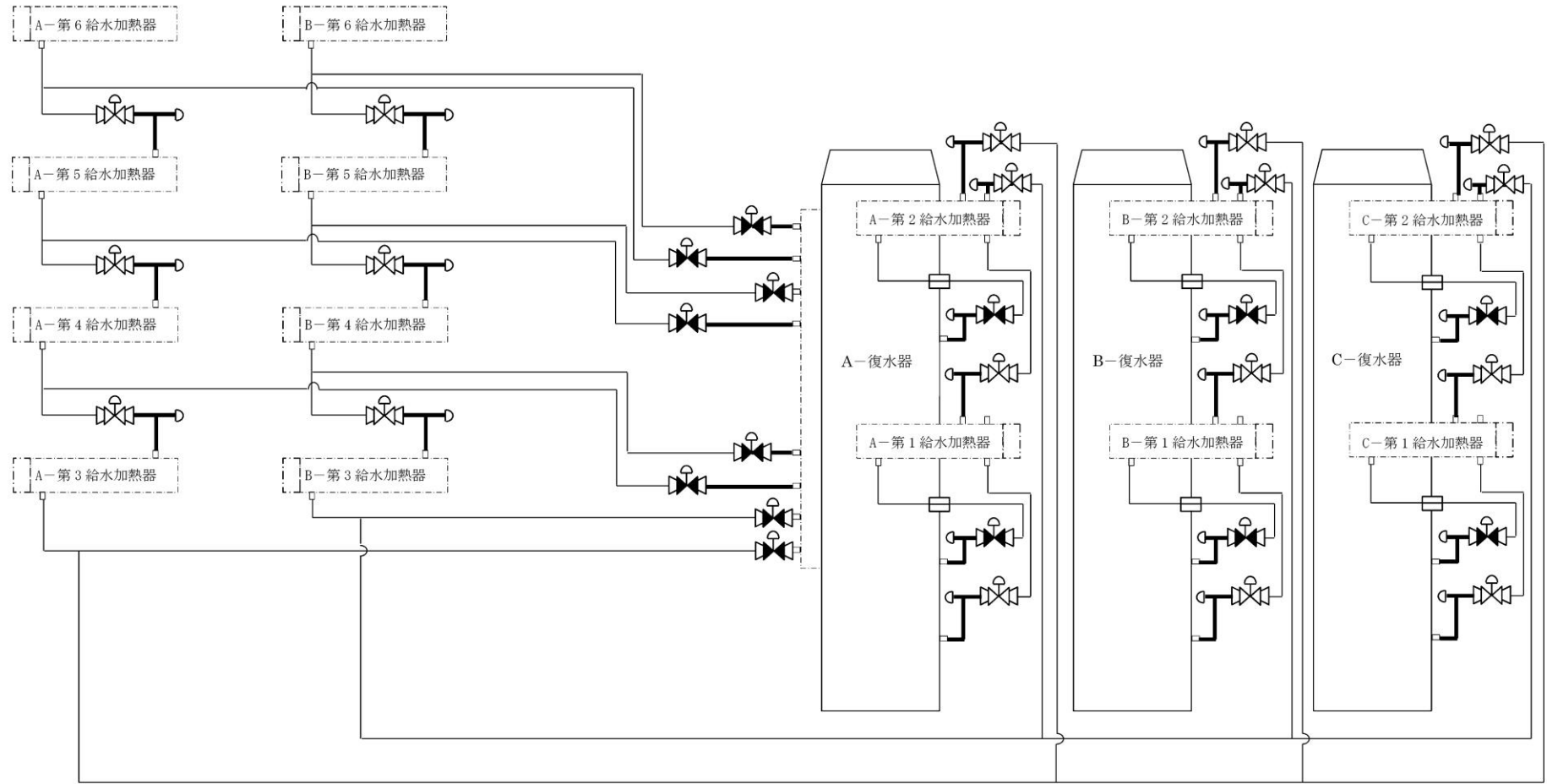
タービンヒータドレン系配管は，直管，エルボ等で構成されており，低合金鋼を使用している。また，各配管は溶接により他の配管，機器に接続している。

タービンヒータドレン系配管の系統図を図2.1-1に示す。

##### (2) 材料および使用条件

タービンヒータドレン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 (低合金鋼)

図2.1-1 タービンヒータドレン系 系統図

表2.1-1 タービンヒータドレン系配管主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部位	材料
ハウダリの維持	配管	低合金鋼 (STPA23, SCMV3)

表2.1-2 タービンヒータドレン系配管の使用条件

最高使用圧力	1.8MPa
最高使用温度	230℃
内部流体	純水 (蒸気ドレン)

## 2.1.2 主蒸気系配管

### (1) 構造

主蒸気系配管は、直管、エルボ等で構成されており、低合金鋼を使用している。また、各配管は溶接により他の配管、機器に接続している。

主蒸気系配管の系統図を図2.1-2に示す。

### (2) 材料および使用条件

主蒸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。

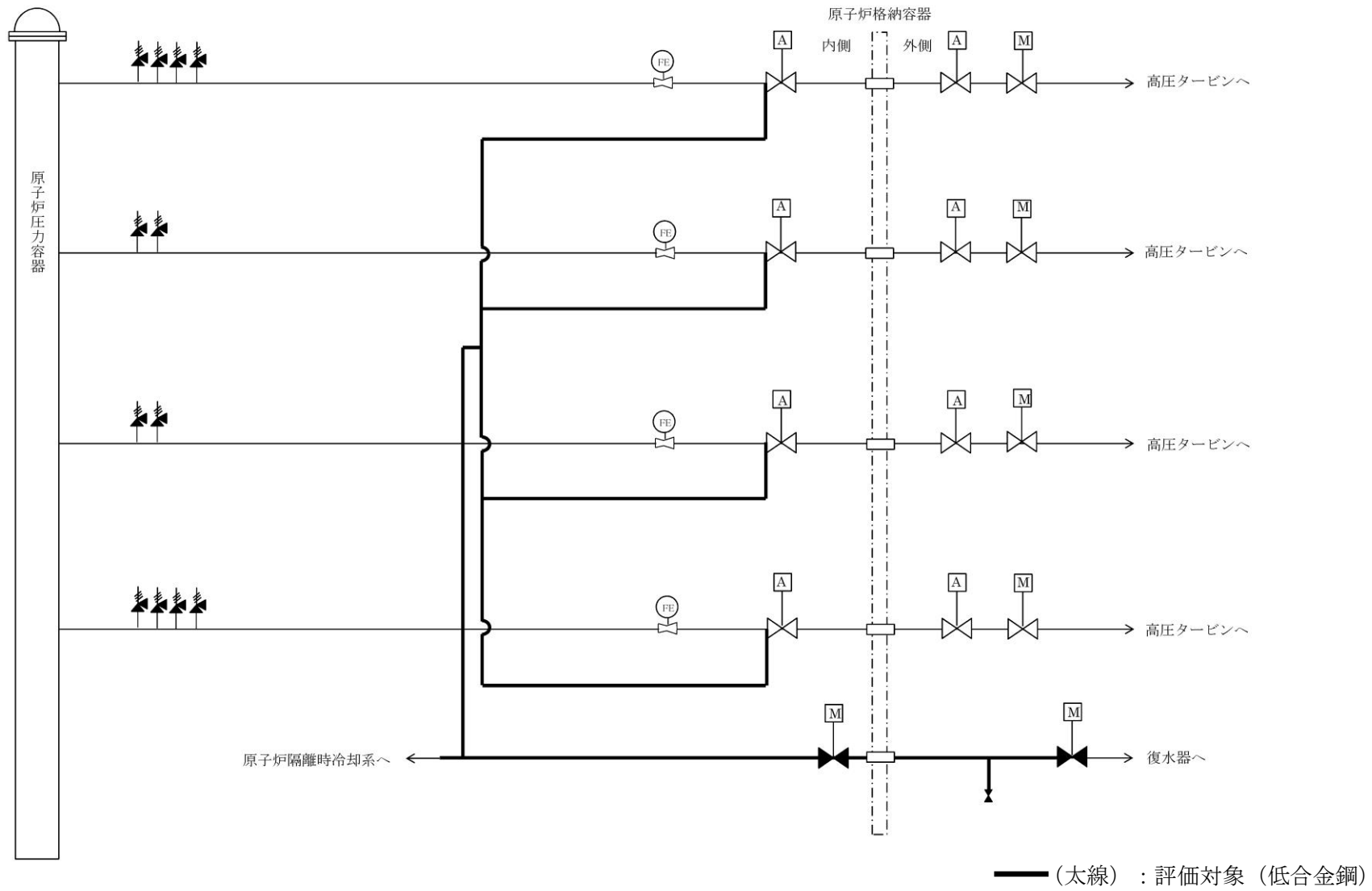


図2.1-2 主蒸気系 系統図

表2.1-3 主蒸気系配管主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部位	材料
ハウタリの維持	配管	低合金鋼 (STPA23)

表2.1-4 主蒸気系配管の使用条件

最高使用圧力	8.6MPa
最高使用温度	302℃
内部流体	蒸気

## 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の抽出

#### (1) 想定される経年劣化事象

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（流体の種類、圧力、温度等）およ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。

#### (2) 消耗品および定期取替品の扱い

タービンヒータドレン系配管および主蒸気系配管には、消耗品およ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 (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 (表2.2-1で▲)

この結果, 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

## 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

### a. 配管の腐食（液滴衝撃エロージョン）〔タービンヒータドレン系配管〕

高速二相流において蒸気とともに加速された液滴が配管の壁面に衝突する部位では、液滴衝撃エロージョンによる減肉が発生する可能性がある。

しかし、社内規定「配管肉厚管理手引書」に基づき、配管材質および内部流体等を考慮して管理ランクを設定し、超音波厚さ測定および放射線透過試験等により点検を実施し、減肉傾向を把握している。また、必要最小厚さ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の計画、取替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変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. 配管の腐食（流れ加速型腐食）〔タービンヒータドレン系配管，主蒸気系配管〕

常時流れがある高温の純水および蒸気環境のエルボ部，分岐部，レジューサ部等，流れの乱れが起きる箇所に流れ加速型腐食による減肉が想定されるが，低合金鋼配管は耐食性に優れているため，腐食（流れ加速型腐食）が発生する可能性は小さい。

また，社内規定「配管肉厚管理手引書」に基づき，超音波厚さ測定および放射線透過試験等による点検を実施しており，これまで有意な腐食（流れ加速型腐食）は認められていない。

したがって，今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから，高経年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. 配管の高サイクル疲労割れ〔主蒸気系配管〕

小口径配管のソケット溶接部には，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が想定されるが，高サイクル疲労割れが懸念される部位については，突合せ溶接にて施工する等の設計考慮を行っていること，および，これまで高サイクル疲労割れ事例はなく，振動の状態は経年的に変化するものではないことから，高サイクル疲労割れが発生する可能性は小さい。

また，定期的に目視確認および漏えい試験を実施しており，これまで有意な割れは認められていない。

したがって，今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから，高経年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) タービンヒータドレン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	部品	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		
ハウダリの維持	配管		低合金鋼		△*1△*2						*1：液滴衝撃エロージョン *2：流れ加速型腐食

△：高経年化対策上着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) 主蒸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	部 品	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	配管		低合金鋼		△*1	△*2					*1：流れ加速型腐食 *2：高サイクル疲労割れ

△：高経年化対策上着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への技術評価結果について、1章で実施したグループ化で代表機器となっていない機器への展開について検討した。

- ① 原子炉隔離時冷却系配管
- ② タービンランド蒸気系配管
- ③ 抽気系配管
- ④ タービンヒータベント系配管
- ⑤ 所内蒸気系配管

#### 3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

代表機器と同様に、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

### 3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

a. 配管の腐食（液滴衝撃エロージョン）〔原子炉隔離時冷却系配管，タービングランド蒸気系配管，抽気系配管，タービンヒータベント系配管〕

代表機器と同様に、高速二相流において蒸気とともに加速された液滴が配管の壁面に衝突する部位では、液滴衝撃エロージョンによる減肉が発生する可能性がある。

しかし、社内規定「配管肉厚管理手引書」に基づき、配管材質および内部流体等を考慮して管理ランクを設定し、超音波厚さ測定、放射線透過試験等により点検を実施し、減肉傾向を把握している。また、必要最小厚さ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の計画、取替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変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. 配管の腐食（流れ加速型腐食）〔共通〕

代表機器と同様に、常時流れがある高温の純水および蒸気環境のエルゴ部、分岐部、レギュレータ部等、流れの乱れが起きる箇所に流れ加速型腐食による減肉が想定されるが、低合金鋼配管は耐食性に優れているため、腐食（流れ加速型腐食）が発生する可能性は小さい。

また、社内規定「配管肉厚管理手引書」に基づき、超音波厚さ測定、放射線透過試験等による点検を実施しており、これまで有意な腐食（流れ加速型腐食）は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. 配管の高サイクル疲労割れ〔原子炉隔離時冷却系配管，タービングランド蒸気系配管〕

代表機器と同様に、小口径配管のソケット溶接部には、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が想定されるが、高サイクル疲労割れが懸念される部位については、突合せ溶接にて施工する等の設計考慮を行っていること、および、これまで高サイクル疲労割れ事例はなく、振動の状態は経年的に変化するものではないことから、高サイクル疲労割れが発生する可能性は小さい。

また、定期的に目視確認を実施しており、これまで有意な割れは認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. オリフィスの腐食（流れ加速型腐食，液滴衝撃エロージョン）および異物付着〔タービンヒータベント系配管〕

流れ加速型腐食および液滴衝撃エロージョンによる減肉の影響は，オリフィスが偏流発生点となり，その下流側配管に顕著である。オリフィスを含めた範囲については，社内規定「配管肉厚管理手引書」に基づき，健全性を確認することとしている。

また，これまでオリフィスの有意な減肉および異物付着による性能低下は確認されていない。

したがって，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にくいことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. フランジボルト・ナットの腐食〔炭素鋼および低合金鋼製のフランジボルト・ナット共通〕

フランジボルト・ナットは炭素鋼または低合金鋼であり，腐食が想定されるが，定期的を目視確認を行うこととしており，これまで有意な腐食は確認されていない。

したがって，今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから，高経年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）

代表機器と同様に，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。

## 4. 銅配管

[対象配管]

- ① 水素ガス冷却系配管

## 目 次

1. 対象機器	4-1
2. 対象機器の技術評価	4-3
2.1 構造, 材料および使用条件	4-3
2.1.1 水素ガス冷却系配管	4-3
2.2 経年劣化事象の抽出	4-6
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目	4-6
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出	4-6
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象	4-8

## 1. 対象機器

島根2号炉で使用している銅配管の仕様を表1-1に示す。



表1-1 銅配管の仕様

分類基準		配管名称 (略称)	仕様 (口径×肉厚)	選定基準			
				重要度*1	使用条件		
材料	流体				運転状態	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (°C)
銅	ガス	水素ガス冷却系配管 (HGC)	φ 14mm*2 × 3.0mm	高*3	連続	15.0	40

\*1：最上位の重要度を示す。

\*2：外径を示す。

\*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. 対象機器の技術評価

### 2.1 構造, 材料および使用条件

#### 2.1.1 水素ガス冷却系配管

##### (1) 構造

水素ガス冷却系配管は, 直管のみを使用している。また, 各配管はフランジにより他の機器に接続している。

水素ガス冷却系配管の系統図を図2.1-1に示す。

##### (2) 材料および使用条件

水素ガス冷却系配管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。

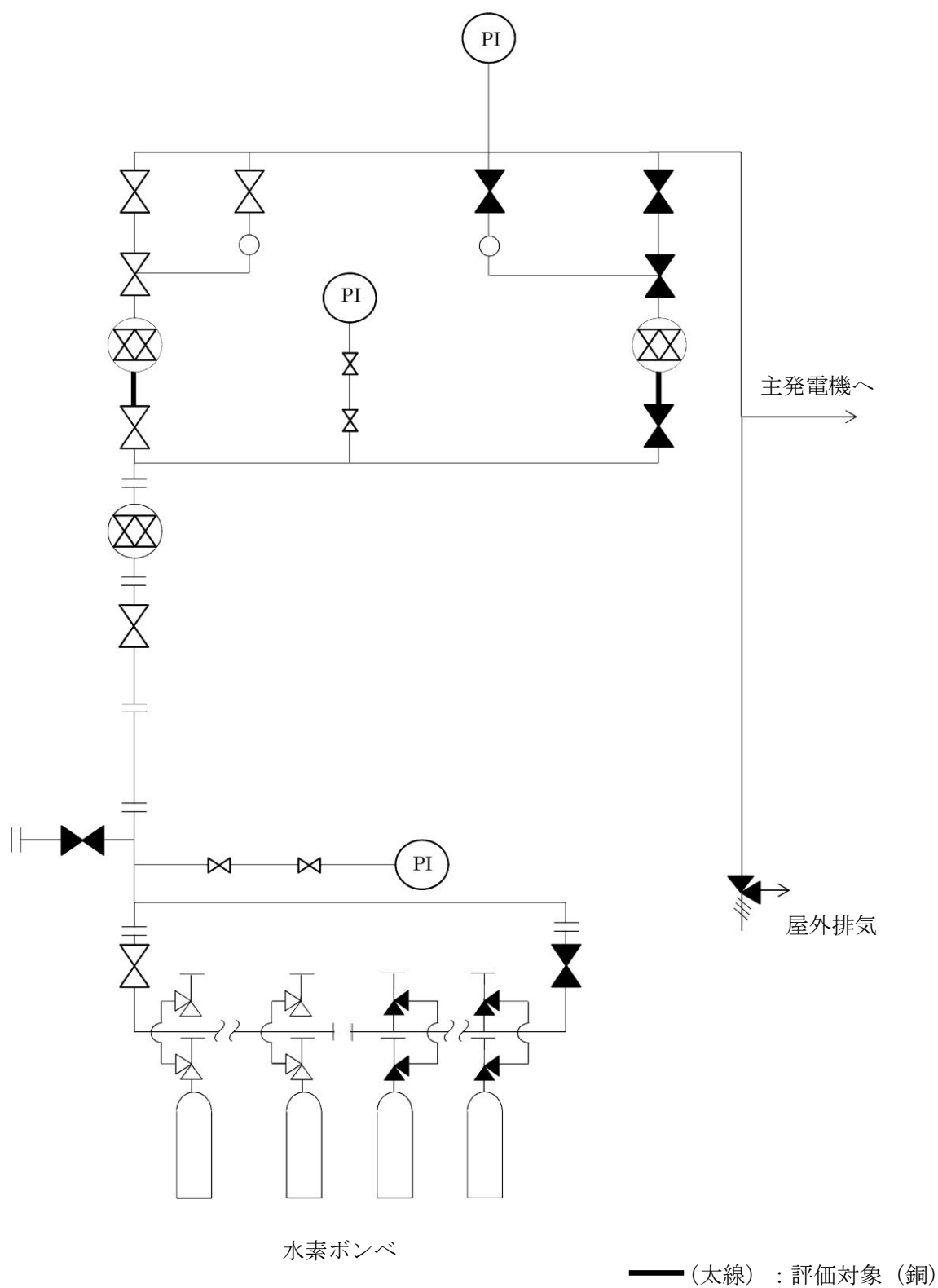


図2.1-1 水素ガス冷却系 系統図

表2.1-1 水素ガス冷却系配管主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部位	材料
バウナガリの維持	配管	銅 (C1220T-0)
	フランジボルト・ナット	ステンレス鋼
	ガスケット	(消耗品)

表2.1-2 水素ガス冷却系配管の使用条件

最高使用圧力	15.0MPa
最高使用温度	40℃
内部流体	ガス(水素)

## 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

銅配管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の抽出

#### (1) 想定される経年劣化事象

銅配管について、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（流体の種類、圧力、温度等）およ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、消耗品および定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品および定期取替品の扱い

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

(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 (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 (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、想定した経年劣化傾向等に基づき適切な保全を行っているもの（日常劣化管理事象）

#### a. 配管の腐食（全面腐食）

水素ガス冷却系配管は銅であり、腐食が想定されるが、内部流体は水素であることから腐食が発生する可能性は小さい。

また、機器の点検時における取合い部近傍の目視確認においてもこれまで有意な腐食は認められていない。

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

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

日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。

表2.2-1 水素ガス冷却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	部品	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		
ハウダリの維持	配管		銅		△						
	フランジ・ボルト・ナット		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）



## 5. 配管サポート

[対象機器]

- ① アンカ
- ② レストレイント
- ③ Uボルト
- ④ ハンガ
- ⑤ オイルスナッパ
- ⑥ メカニカルスナッパ
- ⑦ ばね式防振器
- ⑧ 粘性ダンパ

## 目 次

1. 対象機器	5-1
2. 配管サポートの技術評価	5-2
2.1 構造および材料	5-2
2.1.1 アンカ	5-2
2.1.2 レストレイント	5-5
2.1.3 Uボルト	5-8
2.1.4 ハンガ	5-11
2.1.5 オイルスナッパ	5-14
2.1.6 メカニカルスナッパ	5-17
2.1.7 ばね式防振器	5-20
2.1.8 粘性ダンパ	5-23
2.1.9 ベースプレートおよび基礎ボルト等	5-26
2.2 経年劣化事象の抽出	5-29
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目	5-29
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出	5-29
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	5-31

## 1. 対象機器

島根2号炉で使用している主要な配管サポートの機能を表1-1に示す。

これらの配管サポートの構造・機能については、支持する配管の種類によらず一律の評価が可能であるため、型式毎に評価対象とした。

表1-1 評価対象機器機能一覧

機器名称	機能
アンカ	配管の全方向の変位およびモーメントを拘束する。
レストレイント	配管の特定方向の変位を拘束する。
Uボルト	配管の軸直方向の変位を拘束する。
ハンガ	配管の自重を支持する。
オイルスツパ	地震時に、配管の特定方向の変位を拘束する。
メカニカルスツパ	地震時に、配管の特定方向の変位を拘束する。
ばね式防振器	機械振動による配管の振動を防止または減衰させる。
粘性ダンパ <sup>*1</sup>	地震時に、配管の全方向の振動を減衰させる。

\*1：新規に設置される機器

## 2. 配管サポートの技術評価

本章では1章で対象機器とした以下の8種類の配管サポートについて技術評価を実施する。

また、各サポートに共通な項目として、ベースプレートおよび基礎ボルト等についても技術評価を実施する。

- ① アンカ
- ② レストレイント
- ③ Uボルト
- ④ ハンガ
- ⑤ オイルスナッパ
- ⑥ メカニカルスナッパ
- ⑦ ばね式防振器
- ⑧ 粘性ダンパ
- ⑨ ベースプレートおよび基礎ボルト等

### 2.1 構造および材料

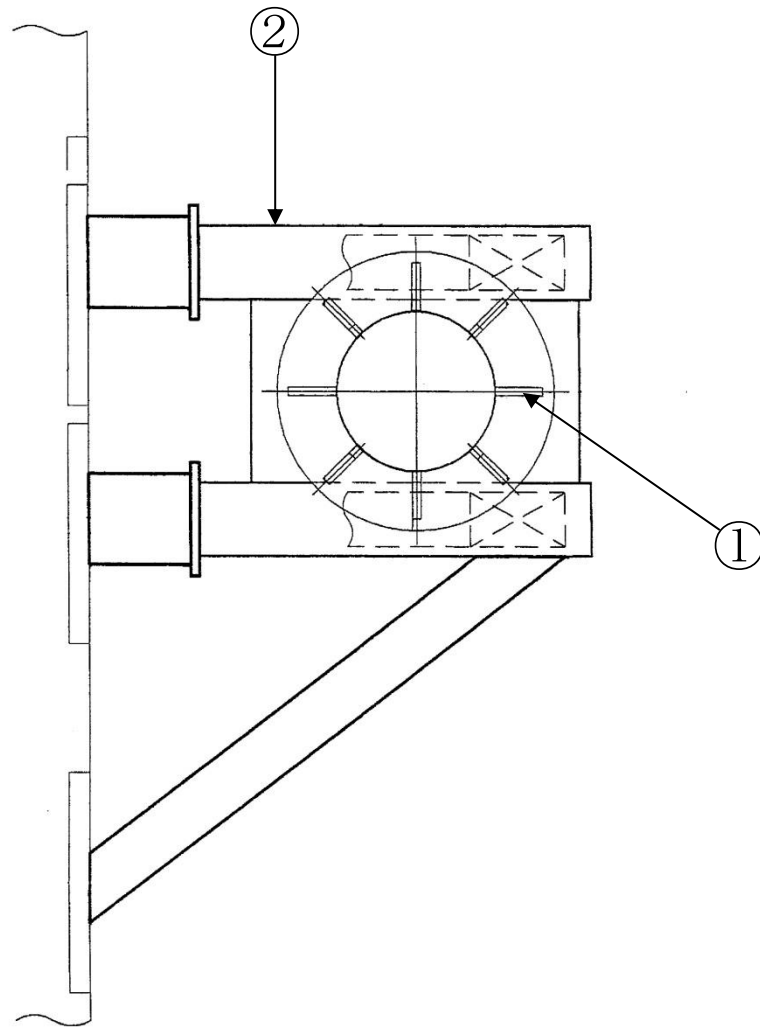
#### 2.1.1 アンカ

##### (1) 構造

アンカは、配管の全方向の変位およびモーメントを拘束する構造である。  
代表的なアンカの構造図を図2.1-1に示す。

##### (2) 材料

アンカ主要部位の使用材料を表2.1-1に示す。



No.	部 位
①	ラゲ
②	鋼材

図2. 1-1 アンカ構造図

表2.1-1 アンカ主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
配管の支持	ラゲ	炭素鋼, ステンレス鋼, 低合金鋼
	鋼材	炭素鋼

## 2.1.2 レストレイント

### (1) 構造

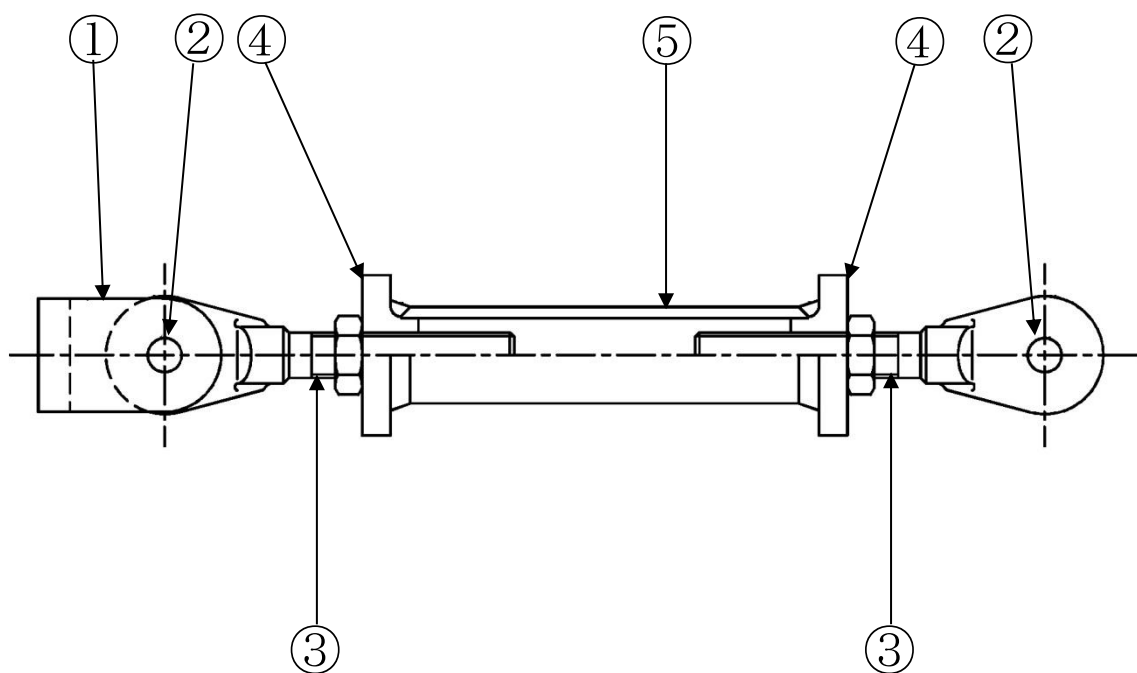
レストレイントは、配管の特定方向の変位を拘束する構造である。

レストレイントには主としてロッドレストレイントおよび架構型レストレイントがあるが、架構型レストレイントはアンカと同様の構造であるため、アンカの評価に含めるものとする。

代表的なロッドレストレイントの構造図を図2.1-2に示す。

### (2) 材料

ロッドレストレイント主要部位の使用材料を表2.1-2に示す。



No.	部 位
①	ブラケット
②	ピン
③	スphericalアィョルト
④	アィョストナツト
⑤	パイプ

図2.1-2 ロッドレストレイント構造図



表2.1-2 ロッドレストレイント主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
配管の支持	ブラケット	炭素鋼
	ピン	炭素鋼
	スリカアイト	炭素鋼
	アジャストナット	炭素鋼
	パイプ	炭素鋼

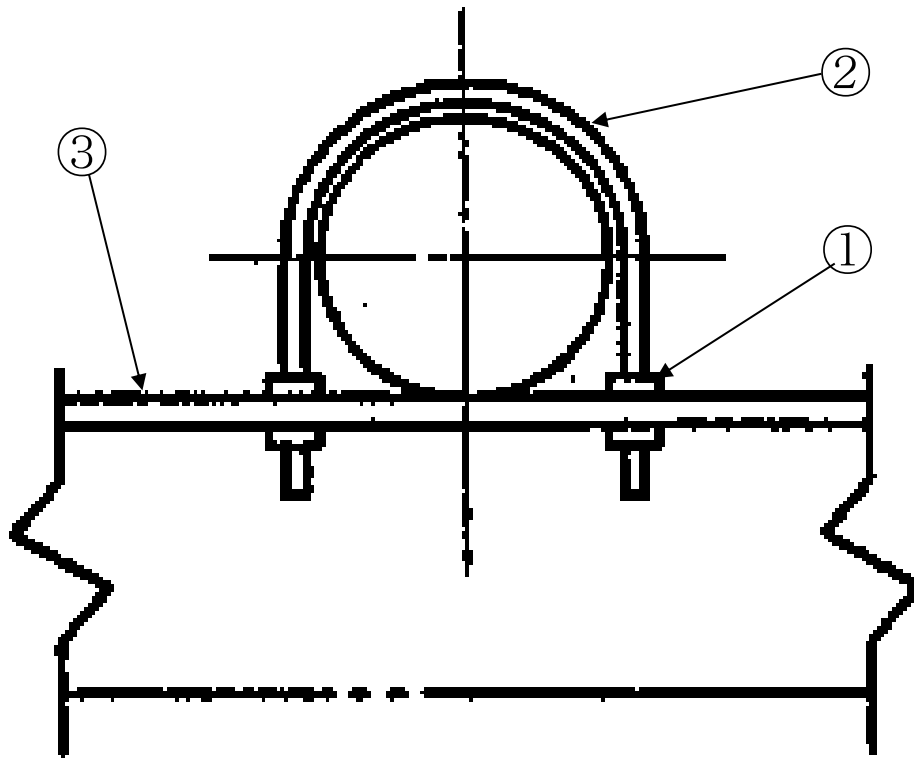
### 2.1.3 Uボルト

#### (1) 構造

Uボルトは、配管の軸直方向の変位を拘束する構造である。  
代表的なUボルトの構造図を図2.1-3に示す。

#### (2) 材料

Uボルト主要部位の使用材料を表2.1-3に示す。



No.	部 位
①	ナット
②	Uボルト本体
③	鋼材

図2.1-3 Uボルト構造図

表2.1-3 Uボルト主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
配管の支持	ナット	炭素鋼, ステンレス鋼
	Uボルト本体	炭素鋼, ステンレス鋼
	鋼材	炭素鋼

#### 2.1.4 ハンガ

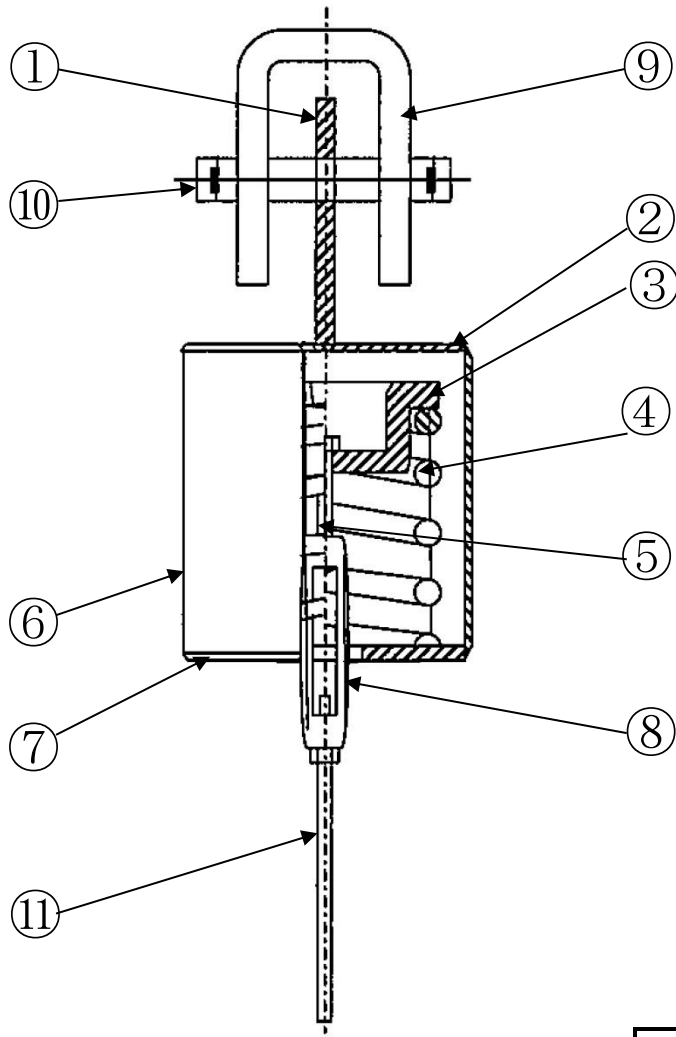
##### (1) 構造

ハンガは、配管の自重を支持する構造である。

ハンガには主としてスプリングハンガおよびリジットハンガがあるが、リジットハンガの評価はスプリングハンガの評価に包含されるため、スプリングハンガについて評価する。代表的なスプリングハンガの構造図を図2.1-4に示す。

##### (2) 材料

スプリングハンガ主要部位の使用材料を表2.1-4に示す。



No.	部 位
①	イヤ
②	上フタ
③	ばね座
④	スプリング
⑤	ハンガロッド
⑥	ケース
⑦	下フタ
⑧	ターンバックル
⑨	クレビス
⑩	ピン
⑪	ロッド

図2.1-4 スプリングハンガ構造図

表2.1-4 スプリングハンガ主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
配管の支持	イヤ	炭素鋼
	上ブタ	炭素鋼
	ばね座	炭素鋼
	スプリング	ばね鋼
	ハンガロッド	炭素鋼
	ケース	炭素鋼
	下ブタ	炭素鋼
	ターンバックル	炭素鋼
	クレビス	炭素鋼
	ピン	炭素鋼
	ロッド	炭素鋼

## 2.1.5 オイルスナッパ

### (1) 構造

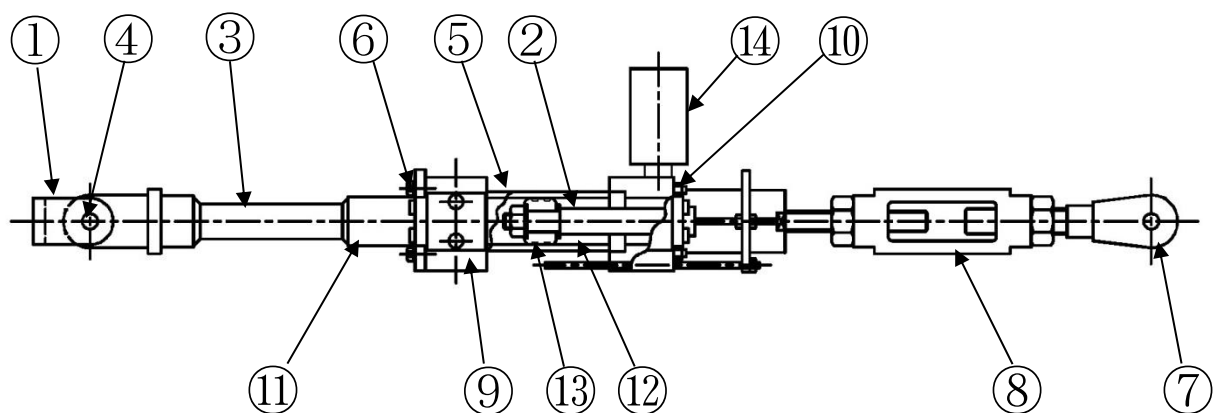
オイルスナッパは、地震に伴い発生する応力に対して、配管の特定1方向の変位を拘束する構造であり、抵抗力発生媒体にオイルを使用している。

代表的なオイルスナッパの構造図を図2.1-5に示す。

### (2) 材料

オイルスナッパ主要部位の使用材料を表2.1-5に示す。





No.	部 位
①	ブラケット
②	ピストンロッド
③	コネクティングパイプ
④	ピン
⑤	シリンダチューブ
⑥	六角ボルト
⑦	スphericalアイボルト
⑧	ターンバックル
⑨	シリンダカバー
⑩	タイロッド
⑪	アダプタ
⑫	オイル
⑬	オイルシール
⑭	オイルサバーバ

図2.1-5 オイルスナッパ構造図

表2.1-5 オイルスナッパ主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
配管の支持	ブラケット	炭素鋼
	ピストンロッド	炭素鋼
	コネクティングパイプ	炭素鋼
	ピン	炭素鋼
	シリンダチューブ	炭素鋼
	六角ボルト	低合金鋼
	スリカルアイトボルト	炭素鋼
	ターンバックル	炭素鋼
	シリンダカバー	炭素鋼
	タイロッド	炭素鋼
	アダプタ	炭素鋼
	オイル	(消耗品)
	オイルシール	(消耗品)
	オイルリザーバ	ステンレス鋼

## 2.1.6 メカニカルスナッパ

### (1) 構造

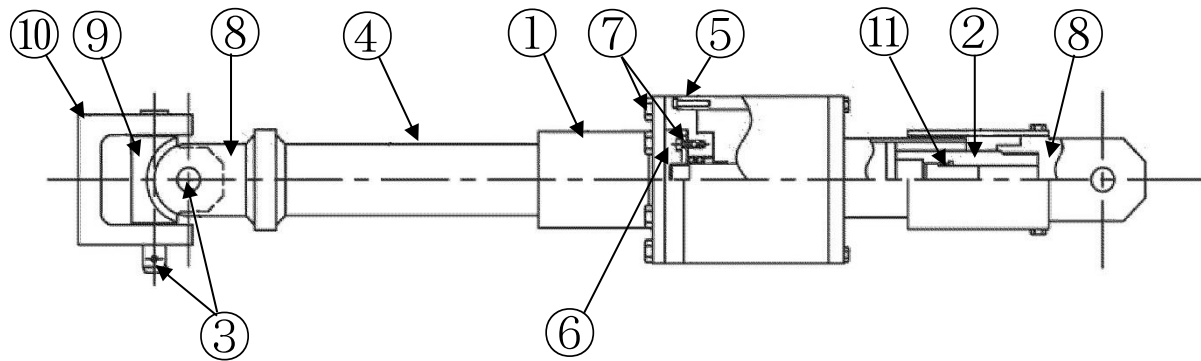
メカニカルスナッパは、地震に伴い発生する応力に対して、配管の特定1方向の変位を拘束する構造である。

機構は全て機械的な部位で構成されており、地震時の荷重がボールネジ・ボールナットにより回転運動に変換され、抵抗力を発生し拘束する。

代表的なメカニカルスナッパの構造図を図2.1-6に示す。

### (2) 材料

メカニカルスナッパ主要部位の使用材料を表2.1-6に示す。



No.	部 位
①	ジヤクシヨコラム
②	ロッドコラム
③	ピン
④	コネクティングチューブ
⑤	ケース
⑥	ベアリング押さえ
⑦	六角ボルト
⑧	イーヤ
⑨	ユニバーサルボックス
⑩	ユニバーサルブラケット
⑪	ホールネジ・ホールナット

図2.1-6 メカニカルスナップ構造図

表2.1-6 メカニカルスナツバ主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
配管の支持	ジャンクションコラム	炭素鋼
	ロッドコラム	炭素鋼 低合金鋼
	ピン	炭素鋼
	コネクティングチューブ	炭素鋼
	ケース	炭素鋼
	ベアリング押さえ	炭素鋼
	六角ボルト	低合金鋼
	イーヤ	炭素鋼
	ユニバーサルボックス	炭素鋼
	ユニバーサルブラケット	炭素鋼
	ホールネジ・ホールナット	低合金鋼

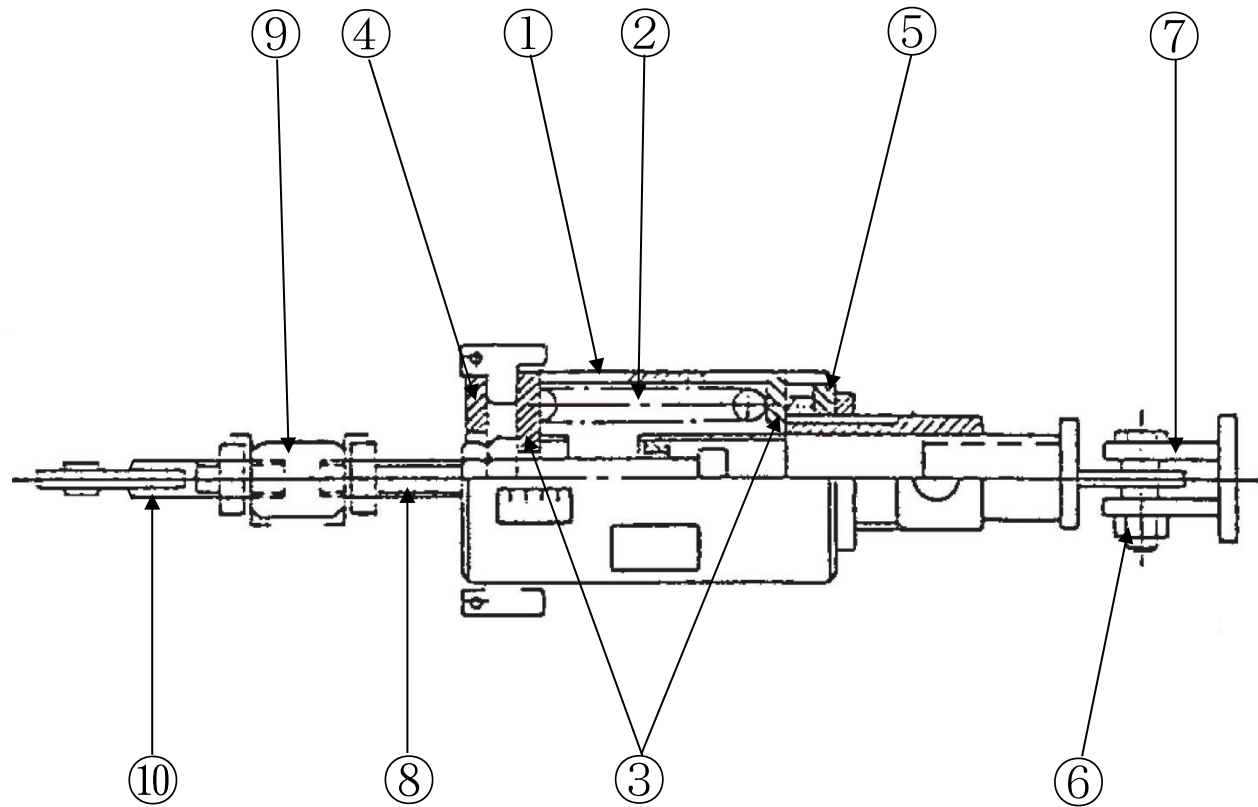
## 2.1.7 ばね式防振器

### (1) 構造

ばね式防振器は、機械振動による配管の振動を防止または減衰させる構造である。  
代表的なばね式防振器の構造図を図2.1-7に示す。

### (2) 材料

ばね式防振器主要部位の使用材料を表2.1-7に示す。



No.	部 位
①	ケース
②	スプリング
③	ばね座
④	下部カバー
⑤	上部カバー
⑥	ボルト・ナット
⑦	クレビス
⑧	コネクティング・ロッド
⑨	ターンバックル
⑩	アイボルト

図2. 1-7 ばね式防振器構造図

表2.1-7 ばね式防振器主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
配管の支持	ケース	炭素鋼
	スプリング	ばね鋼
	ばね座	炭素鋼
	下部カバー	炭素鋼
	上部カバー	炭素鋼
	ホルト・ナット	炭素鋼
	クレビス	炭素鋼
	コネクティングロッド	炭素鋼
	ターンバックル	炭素鋼
	アイホルト	炭素鋼



## 2.1.8 粘性ダンパ

### (1) 構造

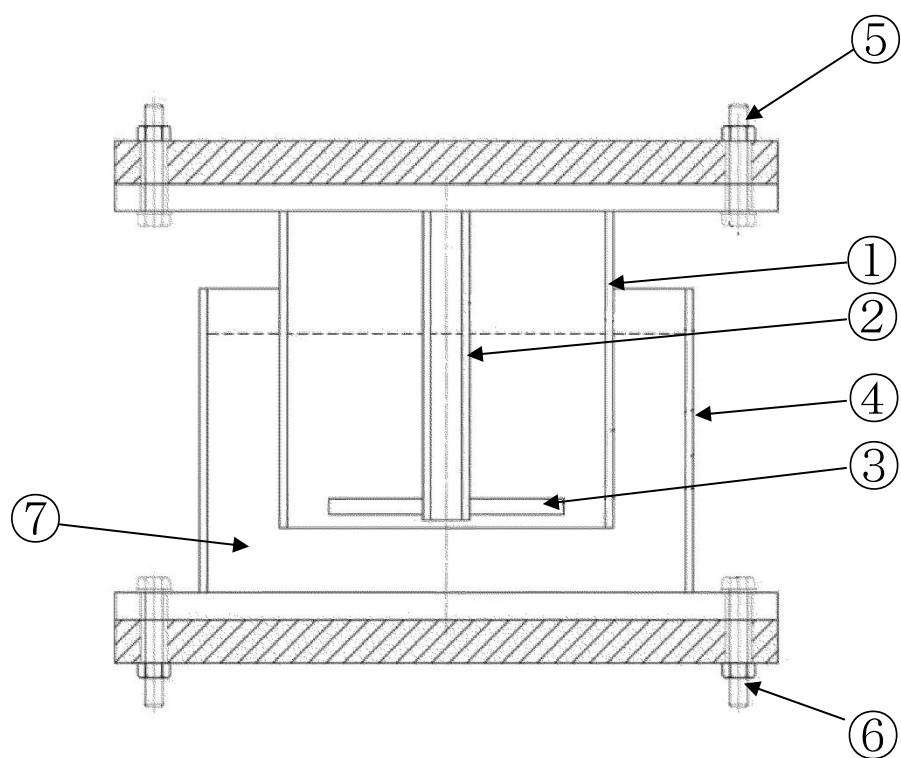
粘性ダンパは、地震時に、配管の全方向の振動を減衰させる装置である。

粘性体で満たされたハウジング内にピストンが挿入されており、粘性体とピストンの間に相対運動が生じることで、相対運動の逆向きに抵抗力を発生し振動を減衰させる。

粘性ダンパの構造図を図2.1-8に示す。

### (2) 材料

粘性ダンパ主要部位の使用材料を表2.1-8に示す。



No.	部 位
①	アウターピストン
②	インナーピストン
③	プレート
④	ハウジング
⑤	上部六角ボルト
⑥	下部六角ボルト
⑦	粘性体

図2.1-8 粘性ダンパ構造図

表2.1-8 粘性ダンパ主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
配管の支持	アウターピストン	炭素鋼
	インナーピストン	炭素鋼
	プレート	炭素鋼
	ハウジング	炭素鋼
	上部六角ボルト	低合金鋼
	下部六角ボルト	低合金鋼
	粘性体	シリコン

## 2.1.9 ベースプレートおよび基礎ボルト等

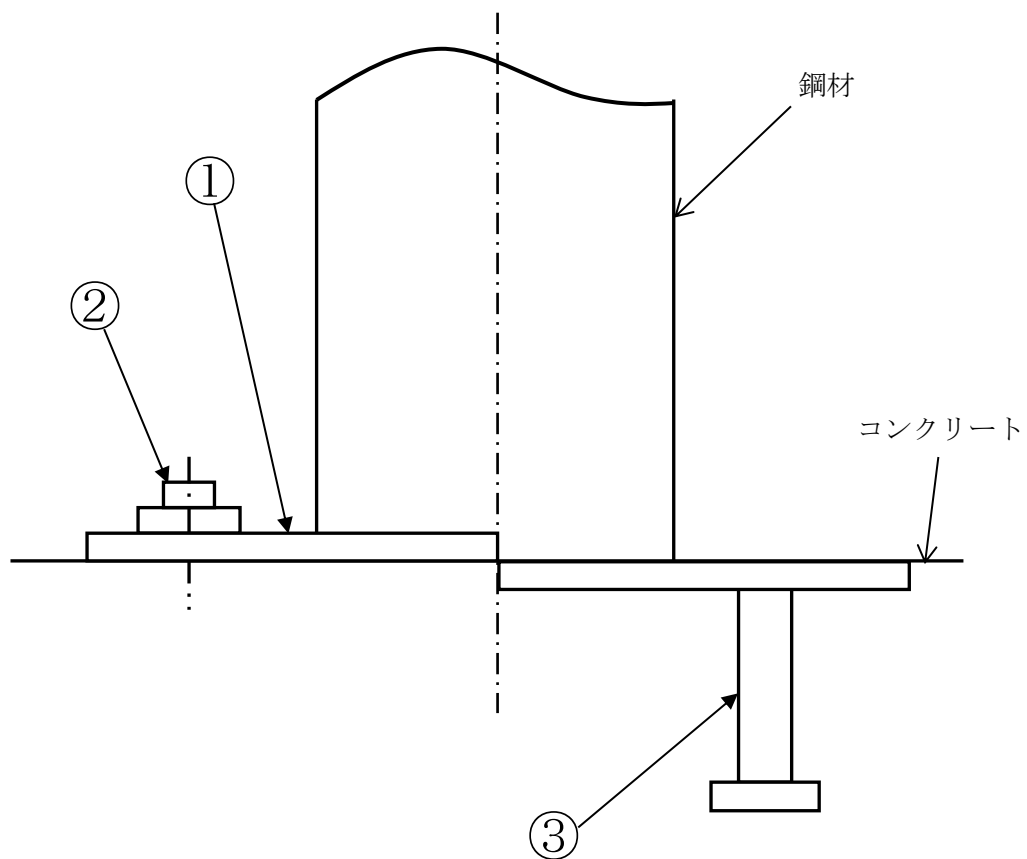
### (1) 構造

ベースプレート、基礎ボルトおよび埋込金物は、各配管サポートと構築物を固定するためのものである。

代表的なベースプレートおよび基礎ボルト等の構造図を図2.1-9に示す。

### (2) 材料

ベースプレートおよび基礎ボルト等の主要部位の使用材料を表2.1-9に示す。



No.	部 位
①	ベースプレート
②	基礎ボルト
③	埋込金物

図2.1-9 ベースプレートおよび基礎ボルト等構造図

表2.1-9 ベースプレートおよび基礎ボルト等主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位		材 料
配管の支持	ベースプレート		炭素鋼
	基礎ボルト等	埋込金物	炭素鋼
		基礎ボルト	炭素鋼，樹脂*1

\*1：後打ちケミカルアンカを示す。

## 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

配管サポートの機能の達成に必要な項目は以下のとおり。

#### ① 配管の支持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

#### (1) 想定される経年劣化事象

配管サポートについて、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の構造、材料および現在までの運転経験を考慮し、型式毎に表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、消耗品および定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品および定期取替品の扱い

オイルスナップのオイル、オイルシールは消耗品であり、長期使用せず取替を前提としていることから、高経年化対策を見極める上で評価対象外とする。

(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 (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 (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）〔ベースプレートおよび基礎ボルト等〕

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. サポート各部位の腐食（全面腐食）〔共通〕

配管サポート各部位については、炭素鋼、低合金鋼またはばね鋼を使用しており、腐食が想定されるが、大気接触部は塗装により腐食を防止しており、腐食が発生する可能性は小さい。

また、定期的に目視確認を行い、塗装の状態を確認するとともに、必要に応じ補修塗装を実施しており、これまで有意な腐食は認められていない。

新規に設置される機器については、定期的に目視確認を行うこととしている。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. ラグ等の疲労割れ〔アンカ、ロッドレストレイント〕

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、ラグ等が熱力により、割れに至る疲労が蓄積される可能性は小さい。

また、定期的に目視確認によりき裂の有無の確認を行うこととしており、これまで有意な割れは認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. ピン等の摺動部の摩耗〔ロッドレストレイント、Uボルト、スプリングハンガ、オイルスナッパ、メカニカルスナッパ、ばね式防振器〕

配管熱移動を許容するタイプの配管サポートは、長期にわたる摺動の繰返しによるピン等摺動部材の摩耗が想定されるが、起動・停止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、定期的に目視確認により摺動部の健全性を確認しており、必要に応じて部品交換等を行うこととしており、これまで有意な摩耗は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. 粘性体の劣化〔粘性ダンパ〕

粘性体はシリコンであり、粘度低下等の劣化が想定されるが、異常事象が発生しなければ劣化が起こる可能性は小さい。

また、定期的に汚れ・変色、液面高さおよび粘度の確認を行うこととしている。

したがって、高経年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. ベースプレートおよび埋込金物の腐食（全面腐食）〔ベースプレートおよび基礎ボルト等〕

ベースプレートおよび埋込金物は炭素鋼であり腐食が想定されるが、大気接触部は塗装により腐食を防止しており、腐食が発生する可能性は小さい。

また、定期的に目視確認を行い、塗装の状態を確認するとともに、必要に応じ補修塗装を実施することとしている。

コンクリート埋設部については、コンクリートが中性化した場合に腐食が想定されるが、実機コンクリートにおけるサンプリング結果では中性化はほとんど見られておらず、腐食が発生する可能性は小さい。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. スプリングのへたり〔スプリングハンガ、ばね式防振器〕

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いること、および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が低いことから、へたりが発生する可能性は小さい。

また、定期的に目視確認またはインジケータ指示位置の確認を行っており、これまで有意なへたりは認められていない。

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

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

a. 樹脂の劣化（後打ちケミカルアンカ）〔ベースプレートおよび基礎ボルト等〕

樹脂の劣化（後打ちケミカルアンカ）については「機械設備の技術評価書」にて評価を実施するものとし、本評価書には含めていない。

表2.2-1 (1/9) アンカに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 品	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		
配管の支持	ラゲ		炭素鋼 ステンレス鋼 低合金鋼		△*1	△					*1：炭素鋼製および 低合金鋼製のみ
	鋼材		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 (2/9) ロッドレストレイントに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 品	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		
配管の支持	ブラケット		炭素鋼	△	△	△					
	ピン		炭素鋼	△	△						
	スリカルアボルト		炭素鋼	△	△						
	アジャストナット		炭素鋼		△						
	パイプ		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 (3/9) Uボルトに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 品	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		
配管の支持	ナット		炭素鋼 ステンレス鋼		△*1						*1：炭素鋼製のみ
	Uボルト本体		炭素鋼 ステンレス鋼	△	△*1						
	鋼材		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 (4/9) スプリングハンガに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 品	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		
配管の支持	イヤ		炭素鋼	△	△						*1：スプリングのへたり
	上フタ		炭素鋼		△						
	ばね座		炭素鋼		△						
	スプリング		ばね鋼		△					△*1	
	ハンガロッド		炭素鋼		△						
	ケース		炭素鋼		△						
	下フタ		炭素鋼		△						
	ターンバックル		炭素鋼		△						
	クレビス		炭素鋼	△	△						
	ピン		炭素鋼	△	△						
ロッド		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 (5/9) オイルスナッパに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 品	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		
配管の支持	ブラケット		炭素鋼	△	△						
	ピストンロッド		炭素鋼		△						
	コネクティングパイプ		炭素鋼		△						
	ピン		炭素鋼	△	△						
	シリンダチューブ		炭素鋼		△						
	六角ボルト		低合金鋼		△						
	スハリカルアイト		炭素鋼	△	△						
	ターンバックル		炭素鋼		△						
	シリンダカバー		炭素鋼		△						
	タイロッド		炭素鋼		△						
	アダプタ		炭素鋼		△						
	オイル	◎	—								
	オイルシール	◎	—								
	オイルリザーバ			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 (6/9) メカニカルスナッパに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 品	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		
配管の支持	ジャンクションコラム		炭素鋼		△						
	ロートコラム		炭素鋼 低合金鋼		△						
	ピン		炭素鋼	△	△						
	コネクティングチューブ		炭素鋼		△						
	ケース		炭素鋼		△						
	ベアリング押さえ		炭素鋼		△						
	六角ボルト		低合金鋼		△						
	イーヤ		炭素鋼	△	△						
	ユニバーサルボックス		炭素鋼	△	△						
	ユニバーサルブラケット		炭素鋼	△	△						
	ボールネジ・ボールナット		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）



表2.2-1 (7/9) ばね式防振器に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 品	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		
配管の支持	ケース		炭素鋼		△						*1：スプリングのへたり
	スプリング		ばね鋼		△					△*1	
	ばね座		炭素鋼		△						
	下部カバー		炭素鋼		△						
	上部カバー		炭素鋼		△						
	ボルト・ナット		炭素鋼	△	△						
	クレビス		炭素鋼	△	△						
	コネクティングロッド		炭素鋼		△						
	ターンバックル		炭素鋼		△						
	アイボルト		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 (8/9) 粘性ダンパに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 品	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		
配管の支持	アウターヒートン		炭素鋼		△						
	インナーヒートン		炭素鋼		△						
	プレート		炭素鋼		△						
	ハウジング		炭素鋼		△						
	上部六角ボルト		低合金鋼		△						
	下部六角ボルト		低合金鋼		△						
	粘性体		シリコン						△		

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-1 (9/9) ベースプレートおよび基礎ボルト等に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 品		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		
配管の支持	ベースプレート			炭素鋼		△					*1：後打ちケカルンカ *2：樹脂の劣化	
	基礎ボルト等	埋込金物		炭素鋼		△						
		基礎ボルト		炭素鋼樹脂*1		△				▲*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）

島根原子力発電所2号炉  
弁の技術評価書

[運転を断続的に行うことを前提とした評価]

中国電力株式会社

本評価書は、島根原子力発電所2号炉（以下、「島根2号炉」という）における安全上重要な弁（重要度分類審査指針におけるPS-1, 2およびMS-1, 2に該当する機器）、高温・高圧の環境下にあるクラス3の弁および常設重大事故等対処設備に属する機器ならびに浸水防護施設に属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、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、重要度およ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、弁本体および弁駆動部の型式をもとに、以下の13種類に分類して整理する。

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. 主蒸気隔離弁
8. 主蒸気逃がし安全弁
9. 制御弁
10. ラプチャーディスク
11. ドレントラップ弁
12. 電動弁用駆動部
13. 空気作動弁用駆動部

ここで、主蒸気隔離弁は玉形弁に、主蒸気逃がし安全弁は安全弁に属することになるが、構造の複雑さと特殊性を考慮し、玉形弁、安全弁と分けて単独で評価している。また、制御弁については、玉形弁に属することになるが、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、主蒸気止め弁、主蒸気加減弁等のタービン系の特殊弁およびその他のタービン系（タービン潤滑油、原子炉隔離時冷却系タービン）弁は「タービン設備の技術評価書」、中央制御室冷凍機関係弁は「空調設備の技術評価書」、非常用ディーゼル機関、可燃性ガス濃度制御系設備、計装用圧縮空気系設備、所内ボイラ設備、固体廃棄物処理系設備、ガスタービン発電機用ガスタービン機関および中央制御室待避設備に関する弁は「機械設備の技術評価書」に含めて評価するものとし、本評価書には含めていない。

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

表1 (1/8) 評価対象機器一覧

分類	分類基準		当該系統
	材料	流体	
仕切弁	炭素鋼	蒸気	主蒸気系
			原子炉隔離時冷却系
			タービン・ラント蒸気系
			補助蒸気系
			液体廃棄物処理系
			所内蒸気系
		ガス	原子炉隔離時冷却系
			可燃性ガス濃度制御系
			抽出空気系
			排ガス処理系
		純水	復水系
			給水系
			原子炉浄化系
			原子炉隔離時冷却系
			残留熱除去系
			低圧炉心スプレイ系
			高圧炉心スプレイ系
			液体廃棄物処理系
		冷却水*1	原子炉補機冷却系
			高圧炉心スプレイ補機冷却系
			中央制御室空調換気系
	ドライウェル冷却系		
	ステンレス鋼	ガス	排ガス処理系
		純水	原子炉再循環系
			制御棒駆動系
			原子炉浄化系
			原子炉隔離時冷却系
残留熱除去系			
ほう酸水注入系			
復水輸送系			
補給水系			
五ほう酸ナトリウム水	ほう酸水注入系		

\*1：防錆剤入り純水。

表1 (2/8) 評価対象機器一覧

分類	分類基準		当該系統
	材料	流体	
仕切弁	低合金鋼	蒸気	主蒸気系
			タービンラント蒸気系
			抽気系
			タービンヒーティング系
玉形弁	炭素鋼	蒸気	主蒸気系
			復水系
			原子炉ベントリ系
			原子炉隔離時冷却系
			残留熱除去系
			タービンラント蒸気系
			抽気系
			補助蒸気系
			液体廃棄物処理系
			固体廃棄物処理系
			所内蒸気系
		ガス	復水系
			窒素ガス制御系
			非常用ガス処理系
			排ガス処理系
			所内用圧縮空気系
		純水	復水系
			給水系
			原子炉浄化系
			原子炉隔離時冷却系
			残留熱除去系
			低圧炉心スプレイ系
			高圧炉心スプレイ系
			可燃性ガス濃度制御系
			液体廃棄物処理系
			高圧原子炉代替注水系
			残留熱代替除去系

表1 (3/8) 評価対象機器一覧

分類	分類基準		当該系統				
	材料	流体					
玉形弁	炭素鋼	冷却水*1	原子炉補機冷却系				
			高压炉心スプレ補機冷却系				
			中央制御室空調換気系				
	ステンレス鋼	蒸気		主蒸気系			
				原子炉ベントトレン系			
				原子炉隔離時冷却系			
				可燃性ガス濃度制御系			
				多機能格納容器雰囲気監視系			
				ガス			窒素ガス制御系
							非常用ガス処理系
							逃がし安全弁N2ガス供給系
							可燃性ガス濃度制御系
							水素ガス冷却系
							計装用圧縮空気系
							サンプルリング系
							格納容器附帯設備
							プロセス放射線モニタ系
							エリア放射線モニタ系
		純水			原子炉再循環系		
					制御棒駆動系		
					原子炉浄化系		
					燃料プール冷却系		
					窒素ガス制御系		
					原子炉隔離時冷却系		
					残留熱除去系		
					低压炉心スプレ系		
					高压炉心スプレ系		
					ほう酸水注入系		
					可燃性ガス濃度制御系		
					液体廃棄物処理系		
補給水系							
サンプルリング系							
原子炉圧力容器計装系							

\*1：防錆剤入り純水。



表1 (4/8) 評価対象機器一覧

分類	分類基準		当該系統
	材料	流体	
玉形弁	ステンレス鋼	五ほう酸水ナトリウム水	ほう酸水注入系
	低合金鋼	蒸気	タービンラント <sup>ゝ</sup> 蒸気系 タービンヒーバント系
		純水	原子炉隔離時冷却系
逆止弁	炭素鋼	蒸気	原子炉隔離時冷却系
		ガス	原子炉隔離時冷却系
		純水	復水系
			給水系
			原子炉浄化系
			原子炉隔離時冷却系
			残留熱除去系
			低圧炉心スプレ <sup>ゝ</sup> 系
			高圧炉心スプレ <sup>ゝ</sup> 系
		液体廃棄物処理系	
	冷却水*1	原子炉補機冷却系	
		高圧炉心スプレ <sup>ゝ</sup> 補機冷却系	
		中央制御室空調換気系	
		ドライウェル冷却系	
	鋳鉄	純水	液体廃棄物処理系
		海水	タービン補機海水系
	ステンレス鋼	ガス	主蒸気系
			逃がし安全弁N2ガス供給系
			計装用圧縮空気系
		純水	原子炉再循環系
			制御棒駆動系
原子炉浄化系			
燃料プール冷却系			
原子炉隔離時冷却系			
ほう酸水注入系			
液体廃棄物処理系			
ポンプリング <sup>ゝ</sup> 系			
津波防止設備系			

\*1：防錆剤入り純水。

表1 (5/8) 評価対象機器一覧

分類	分類基準		当該系統		
	材料	流体			
逆止弁	ステンレス鋼	五ほう酸ナトリウム水	ほう酸水注入系		
		海水	原子炉補機海水系 高圧炉心スプレ補機海水系		
	低合金鋼	蒸気	タービンラント蒸気系		
			抽気系		
パタライ弁	炭素鋼	ガス	窒素ガス制御系 非常用ガス処理系		
		海水	原子炉補機海水系 高圧炉心スプレ補機海水系		
	低合金鋼	蒸気	抽気系		
	鋳鉄	海水	タービン補機海水系		
	安全弁	炭素鋼	蒸気	タービンラント蒸気系 所内蒸気系	
ガス				可燃性ガス濃度制御系	
純水			復水系 給水系 原子炉浄化系 残留熱除去系 低圧炉心スプレ系 高圧炉心スプレ系		
			ステンレス鋼	純水	原子炉再循環系 原子炉隔離時冷却系
				五ほう酸ナトリウム水	ほう酸水注入系
				ガス	逃がし安全弁N2ガス供給系
			ホール弁	炭素鋼	ガス
純水		復水系			
ステンレス鋼		ガス		中性子計装系	
		純水		復水系 原子炉浄化系 液体廃棄物処理系 固体廃棄物処理系	
主蒸気隔離弁		炭素鋼	蒸気	主蒸気系	
主蒸気逃がし安全弁		炭素鋼	蒸気	主蒸気系	

表1 (6/8) 評価対象機器一覧

分類	分類基準		当該系統
	材料	流体	
制御弁	炭素鋼	蒸気	原子炉隔離時冷却系
			タービンラント蒸気系
			所内蒸気系
		純水	復水系
			原子炉浄化系
			残留熱除去系
	冷却水*1	原子炉補機冷却系	
		中央制御室空調換気系	
	ステンレス鋼	ガス	逃がし安全弁N2ガス供給系
		純水	制御棒駆動系
			原子炉浄化系
	低合金鋼	蒸気	原子炉隔離時冷却系
			タービンラント蒸気系
		純水	補助蒸気系
給水系			
銅合金	ガス	タービンヒーترلン系	
		水素ガス冷却系	
ラプチャーディスク	炭素鋼	ガス	格納容器フィルバント系*2
	ステンレス鋼	蒸気	原子炉隔離時冷却系
ドレントラップ弁	炭素鋼	純水	原子炉隔離時冷却系

\*1：防錆剤入り純水。

\*2：新規に設置される機器を含む。

表1 (7/8) 評価対象機器一覧

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	主蒸気系
			原子炉浄化系
			原子炉隔離時冷却系
			残留熱除去系
			液体廃棄物処理系
			ポンピング系
	屋内	交流	主蒸気系
			原子炉浄化系
			原子炉補機冷却系
			原子炉補機海水系
			燃料プール冷却系
			窒素ガス制御系
			残留熱除去系
			低圧炉心スプレイ系
			高圧炉心スプレイ系
			ほう酸水注入系
			非常用ガス処理系
			逃がし安全弁N2ガス供給系
			可燃性ガス濃度制御系
			補助蒸気系
			抽出空気系
			液体廃棄物処理系
			ドライウェル冷却系
			補給水系
			計装用圧縮空気系
			ポンピング系
			中性子計装系
			低圧原子炉代替注水系
残留熱代替除去系			
多機能格納容器雰囲気監視系			

表1 (8/8) 評価対象機器一覧

分類	分類基準		当該系統		
	区分	設置場所			
電動弁用駆動部	屋内	直流	原子炉隔離時冷却系		
			高圧原子炉代替注水系		
	屋外	交流	原子炉補機海水系		
			高圧炉心スプレ補機海水系		
			タービン補機海水系		
			常設交流代替電源設備燃料移送系		
空気作動弁用駆動部	ダイヤフラム型	屋内	制御棒駆動系		
			原子炉浄化系		
			原子炉補機冷却系		
			残留熱除去系		
			中央制御室空調換気系		
	シリンダ型	原子炉格納容器内		原子炉再循環系	
				残留熱除去系	
				低圧炉心スプレ系	
				高圧炉心スプレ系	
		屋内			原子炉再循環系
					給水系
					原子炉浄化系
					窒素ガス制御系
					原子炉隔離時冷却系
					非常用ガス処理系
					ポンピング系
					プロセス放射線モニタ系

表2 (1/3) 評価対象機器機能一覧

弁名称 (系統略称)	機 能
原子炉再循環系弁 (PLR)	炉心における核分裂によって発生する熱エネルギーを燃料の熱的限界を超えない範囲で、原子炉冷却材に伝達して蒸気を発生させるため、原子炉冷却材を炉心に強制循環するジェットポンプに駆動水を供給する系統を構成する弁
主蒸気系弁 (MS)	発電用の蒸気タービンを駆動するため、原子炉で発生した蒸気を蒸気タービンに供給する系統を構成する弁
復水系弁 (CW)	復水器にて凝縮された復水を原子炉給水ポンプへ移送する系統を構成する弁
給水系弁 (FW)	復水系から移送された給水を原子炉へ供給する系統を構成する弁
原子炉ベントドレン系弁 (RVD)	原子炉圧力容器から非凝縮性ガスの抽出および原子炉冷却材の抽出を行う系統を構成する弁
制御棒駆動系弁 (CRD)	制御棒に駆動水を供給する系統を構成する弁
原子炉浄化系弁 (CUW)	原子炉冷却材の一部をろ過、脱塩し、給水系に戻す系統を構成する弁
原子炉補機冷却系弁 (RCW)	原子炉補機が所定の機能を達成できるように、発生する熱を除去する系統を構成する弁
原子炉補機海水系弁 (RSW)	原子炉補機冷却系に冷却用の海水を供給する系統を構成する弁
燃料プール冷却系弁 (FPC)	燃料プール中の使用済燃料からの崩壊熱を除去するために、燃料プール水の冷却を行なうとともに、燃料プール水の浄化を行なう系統を構成する弁
窒素ガス制御系弁 (NGC)	通常運転中、原子炉格納容器内に窒素ガスを供給する系統を構成する弁
高圧炉心スプレイ補機冷却系弁 (HPCW)	事故時に、高圧炉心スプレイ系補機から発生する熱を除去する系統を構成する弁
高圧炉心スプレイ補機海水系弁 (HPSW)	高圧炉心スプレイ補機冷却系に冷却用の海水を供給する系統を構成する弁
原子炉隔離時冷却系弁 (RCIC)	原子炉隔離時に、蒸気駆動のポンプにより原子炉へ給水する系統を構成する弁
残留熱除去系弁 (RHR)	冷却材喪失事故時に炉心の再冠水を行うとともに、原子炉停止時に残留熱を除去する系統を構成する弁
低圧炉心スプレイ系弁 (LPCS)	冷却材喪失事故時に、炉心をスプレイ冷却および再冠水する系統を構成する弁

表2 (2/3) 評価対象機器機能一覧

弁名称 (系統略称)	機 能
高圧炉心スプレイ系弁 (HPCS)	冷却材喪失事故時に、炉心を減圧、スプレイ冷却および再冠水する系統を構成する弁
ほう酸水注入系弁 (SLC)	制御棒が挿入できない時に、原子炉を冷温未臨界状態に維持するため、五ほう酸ナトリウム水溶液を原子炉に注入する系統を構成する弁
非常用ガス処理系弁 (SGT)	事故時および原子炉棟放射能高時に、放射性よう素が原子炉棟から直接大気へ放出されることを防止する系統を構成する弁
逃がし安全弁N2ガス供給系弁 (ADS)	主蒸気逃がし安全弁をアクチュエータにより作動させるために駆動ガスを供給する系統を構成する弁
可燃性ガス濃度制御系弁 (FCS)	冷却材喪失事故時に、格納容器内で発生する可燃性ガスの濃度を制限する系統を構成する弁
タービングランド蒸気系弁 (TGS)	タービン室への蒸気漏えいおよび復水器への空気混入を防止するため、タービン軸封部および主要弁のグランド部にシール蒸気を供給する系統を構成する弁
水素ガス冷却系弁 (HGC)	発電機内に水素を安全に供給する系統を構成する弁
抽気系弁 (ES)	給水加熱器、原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービンおよびグランド蒸気発生器にタービン抽気を供給する系統を構成する弁
タービン補機海水系弁 (TSW)	タービン補機冷却系に冷却用の海水を供給する系統を構成する弁
タービンヒータベント系弁 (THV)	給水加熱器の非凝縮性ガスを抽出し、復水器へ排出する系統を構成する弁
タービンヒータドレン系弁 (THD)	給水加熱器のドレンを低圧側の給水加熱器に供給する系統を構成する弁
補助蒸気系弁 (AUS)	原子炉で発生した蒸気を空気抽出器、原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービンおよびグランド蒸気発生器へ供給する系統を構成する弁
抽出空気系弁 (EJ)	復水器内の非凝縮性ガスを抽出し、排ガス処理系へ排出系統を構成する弁
排ガス処理系弁 (OFG)	周辺環境に放出される放射性物質の量を低減するために、排ガスを処理する系統を構成する弁
液体廃棄物処理系弁 (RWL)	機器からのドレン等の液体廃棄物を処理する系統を構成する弁
固体廃棄物処理系弁 (RWS)	濃縮廃液および固体廃棄物の放射能を減衰させるため、処理および貯蔵する系統を構成する弁
中央制御室空調換気系弁 (HVC)	制御建物等の換気および温度調節を行う系統を構成する弁
ドライウェル冷却系弁 (HVD)	ドライウェル内の雰囲気温度および湿度を適正に保持する系統を構成する弁
復水輸送系弁 (CWT)	発電所運転に伴い発生する廃液の処理水を回収しプラント運用水として再使用する系統を構成する弁

表2 (3/3) 評価対象機器機能一覧

弁名称 (系統略称)	機 能
補給水系弁 (MUW)	プラントの運転保守上必要な純水を供給する系統を構成する弁
所内蒸気系弁 (HS)	プラントの運転保守上必要な所内蒸気を供給する系統を構成する弁
所内用圧縮空気系弁 (HA)	樹脂移送, 攪拌, 逆洗, 駆動, 作業用等に使用する圧縮空気を供給する系統を構成する弁
計装用圧縮空気系弁 (IA)	空気式制御の計測制御機器に作動空気を供給する系統を構成する弁
サンプルリング系弁 (SAM)	各系統および機器の運転状況を確認し, プラント運転保守を適確に行うため, プロセス流体を採取し分析する系統を構成する弁
格納容器附帯設備弁 (PCE)	原子炉格納容器漏えい率試験を行う系統を構成する弁
中性子計装系弁 (NMS)	中性子束を計測して運転員に出力状況を提供するとともに, 異常時に警報およびインターロック信号を提供する系統を構成する弁
プロセス放射線モニタ系弁 (PRM)	発電所の運転制御のために発電所内で使用される種々の水系統およびガス系統の放射線レベルを監視する系統を構成する弁
エリア放射線モニタ系弁 (ARM)	管理区域内の各エリアの放射線濃度を計測する系統を構成する弁
原子炉圧力容器計装系弁 (RVS)	原子炉圧力容器内圧力, 原子炉水位等を計測するため, 原子炉格納容器外の検出器へ炉水等を供給する系統を構成する弁
格納容器フィルバント系弁 (FCVS)	重大事故時に, 原子炉格納容器の加圧破損の防止およびFPの大量放出を回避するため, 原子炉格納容器バントを行う系統を構成する弁
高圧原子炉代替注水系弁 (HPAC)	設計基準事故対処設備の有する原子炉の冷却機能が喪失した場合において, 炉心の著しい損傷を防止するため, 高圧状態の原子炉圧力容器に注水し炉心を冷却する系統を構成する弁
低圧原子炉代替注水系弁 (FLSR)	設計基準事故対処設備の有する原子炉の冷却機能が喪失した場合において, 炉心の著しい損傷及び格納容器破損を防止するため, 低圧原子炉代替注水槽から原子炉に注水する系統を構成する弁
残留熱代替除去系弁 (RHAR)	重大事故時に残留熱除去ポンプの復旧が困難で原子炉格納容器の循環冷却に移行できない場合に, 代替で原子炉格納容器を循環冷却する系統を構成する弁
多機能格納容器雰囲気監視系 (MCAMS)	炉心の著しい損傷が発生した場合に, 原子炉格納容器内の雰囲気ガスを原子炉建物原子炉棟内へ導き, 水素濃度監視および酸素濃度監視を行う系統を構成する弁
常設交流代替電源設備燃料移送系弁 (GTGFO)	ガスタービン発電機用発電機に使用する燃料をガスタービン発電機用軽油タンクからガスタービン発電機用サビスタックを經由して, ガスタービン発電機用ガスタービン機関の燃料供給口まで供給する系統を構成する弁
津波防止設備系弁	津波が取水槽の床面開口部から取水槽海水ポンプエリアおよび取水槽循環水ポンプエリアに流入することを防止するための弁タービン建物 (復水器を設置するエリア) から浸水防護重点化範囲への溢水の流入を防止するための弁



# 1. 仕切弁

[対象系統]

- ① 原子炉再循環系
- ② 主蒸気系
- ③ 復水系
- ④ 給水系
- ⑤ 制御棒駆動系
- ⑥ 原子炉浄化系
- ⑦ 原子炉補機冷却系
- ⑧ 高圧炉心スプレイ補機冷却系
- ⑨ 原子炉隔離時冷却系
- ⑩ 残留熱除去系
- ⑪ 低圧炉心スプレイ系
- ⑫ 高圧炉心スプレイ系
- ⑬ ほう酸水注入系
- ⑭ 可燃性ガス濃度制御系
- ⑮ タービングラント蒸気系
- ⑯ 抽気系
- ⑰ タービンヒータベント系
- ⑱ 補助蒸気系
- ⑲ 抽出空気系
- ⑳ 排ガス処理系
- ㉑ 液体廃棄物処理系
- ㉒ 中央制御室空調換気系
- ㉓ ドライウェル冷却系
- ㉔ 復水輸送系
- ㉕ 補給水系
- ㉖ 所内蒸気系

## 目 次

1. 対象機器および代表機器の選定	1-1
1.1 グループ化の考え方および結果	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, 材料および使用条件	1-6
2.1.1 蒸気内側隔離弁 (MV221-20)	1-6
2.1.2 可燃性ガス濃度制御系出口隔離弁 (MV229-2A/B)	1-9
2.1.3 原子炉給水元弁 (V204-102A/B)	1-12
2.1.4 原子炉補機冷却系常用補機冷却水入口切替弁 (MV214-1A/B)	1-15
2.1.5 排ガス再結合器出口弁 (V251-3A/B)	1-18
2.1.6 原子炉再循環ポンプ出口弁 (MV201-2A/B)	1-21
2.1.7 ほう酸水注入ポンプ入口弁 (V225-1A/B)	1-24
2.1.8 主蒸気ドレン内側隔離弁 (MV202-2)	1-27
2.2 経年劣化事象の抽出	1-30
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目	1-30
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出	1-30
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	1-32
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価	1-43
3. 代表機器以外への展開	1-48
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象	1-49
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	1-50

## 1. 対象機器および代表機器の選定

島根2号炉で使用している主要な仕切弁の仕様を表1-1に示す。

これらの仕切弁を材料およ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以下のとおり代表機器を選定した。

### 1.1 グループ化の考え方および結果

材料およ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、ステンレス鋼および低合金鋼に分類され、流体は蒸気、ガス、純水、冷却水およ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、口径、最高使用温度、最高使用圧力および運転状態の観点から代表機器を選定する。

#### (1) 蒸気系炭素鋼仕切弁（内部流体：蒸気、弁箱材質：炭素鋼）

蒸気系に使用されている炭素鋼仕切弁のうち、重要度の観点から、蒸気内側隔離弁を代表機器とする。

(MV221-20, 100 A, 8.6 MPa, 302 °C)

#### (2) ガス系炭素鋼仕切弁（内部流体：ガス、弁箱材質：炭素鋼）

ガス系に使用されている炭素鋼仕切弁のうち、重要度および口径の観点から、可燃性ガス濃度制御系出口隔離弁を代表機器とする。

(MV229-2A/B, 150 A, 0.4 MPa, 171 °C)

#### (3) 純水系炭素鋼仕切弁（内部流体：純水、弁箱材質：炭素鋼）

純水系に使用されている炭素鋼仕切弁のうち、重要度、口径、最高使用温度、最高使用圧力および運転状態の観点から、原子炉給水元弁を代表機器とする。

(V204-102A/B, 450 A, 8.6 MPa, 302 °C)

#### (4) 冷却水系炭素鋼仕切弁（内部流体：冷却水、弁箱材質：炭素鋼）

冷却水系に使用されている炭素鋼仕切弁のうち、重要度および口径の観点から、原子炉補機冷却系常用補機冷却水入口切替弁を代表機器とする。

(MV214-1A/B, 600 A, 1.4 MPa, 85 °C)

#### (5) ガス系ステンレス鋼仕切弁（内部流体：ガス、弁箱材質：ステンレス鋼）

ガス系に使用されているステンレス鋼仕切弁のうち、重要度、口径および最高使用温度の観点から、排ガス再結合器出口弁を代表機器とする。

(V251-3A/B, 300 A, 2.5 MPa, 420 °C)

(6) 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）

純水系に使用されているステンレス鋼仕切弁のうち，重要度，口径，最高使用温度および最高使用圧力の観点から，原子炉再循環ポンプ出口弁を代表機器とする。

(MV201-2A/B, 500 A, 10.4 MPa, 302 °C)

(7) 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に使用されているステンレス鋼仕切弁のうち，重要度および口径の観点から，ほう酸水注入ポンプ入口弁を代表機器とする。

(V225-1A/B, 80 A, 0.9 MPa, 66 °C)

(8) 蒸気系低合金鋼仕切弁（内部流体：蒸気，弁箱材質：低合金鋼）

蒸気系に使用されている低合金鋼仕切弁のうち，重要度の観点から，主蒸気ドレン内側隔離弁を代表機器とする。

(MV202-2, 80 A, 8.6 MPa, 302 °C)

表1-1 (1/3) 仕切弁のグループ化と代表機器

分類基準		系統名称	選定基準					選定	代表弁	選定理由
材料	流体		重要度*1	使用条件						
				口径 (A)	運転状態	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)			
炭素鋼	蒸気	主蒸気系	MS-1	50~600	連続	8.6	302		蒸気内側隔離弁 (100A, 8.6MPa, 302°C) MV221-20	重要度
		原子炉隔離時冷却系	PS-1, 重*2	100~250	一時	8.6	302	◎		
		タービンgenerator蒸気系	高*3	125~250	連続	2.0	214			
		補助蒸気系	MS-2	80~150	連続	8.6	302			
		液体廃棄物処理系	高*3	65~150	連続	2.0	214			
		所内蒸気系	高*3	65~250	連続	2.0	214			
	ガス	原子炉隔離時冷却系	MS-1	50	一時	0.4	120		可燃性ガス濃度制御系出口隔離弁 (150A, 0.4MPa, 171°C) MV229-2A/B	口径
		可燃性ガス濃度制御系	MS-1	100~150	一時	0.4	171	◎		
		抽出空気系	MS-2	250~550	連続	2.5	225			
		排ガス処理系	高*3	20~300	連続	2.5	225			

\*1：最上位の重要度を示す。

\*2：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器および構造物であることを示す。

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

表1-1 (2/3) 仕切弁のグループ化と代表機器

分類基準		系統名称	選定基準					選定	代表弁	選定理由
材料	流体		重要度*1	使用条件						
				口径 (A)	運転状態	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)			
炭素鋼	純水	復水系	高*2	50～550	連続	6.5	172		原子炉給水元弁 (450A, 8.6MPa, 302°C) V204-102A/B	運転状態
		給水系	PS-1	350～500	連続	16.7	302	◎		
		原子炉浄化系	PS-2	100～200	連続	12.7	302			
		原子炉隔離時冷却系	MS-1, 重*3	100～150	一時	11.3	302			
		残留熱除去系	PS-1, 重*3	40～500	連続(短期)	8.6	302			
		低压炉心スプレイ系	PS-1, 重*3	100～500	一時	8.6	302			
		高压炉心スプレイ系	PS-1, 重*3	100～500	一時	12.2	302			
		液体廃棄物処理系	MS-1	65	連続	1.4	171			
	冷却水*4	原子炉補機冷却系	MS-1	20～600	連続	1.4	171	◎	原子炉補機冷却系常用 補機冷却水入口切替弁 (600A, 1.4MPa, 85°C) MV214-1A/B	口径
		高压炉心スプレイ補機冷却系	MS-1	65～200	一時	1.0	66			
		中央制御室空調換気系	MS-1	150	連続	1.4	85			
ドライウェル冷却系		MS-1	150	連続	1.4	171				
ステンレス鋼	ガス	排ガス処理系	高*2	300	連続	2.5	420	◎	排ガス再結合器出口弁 (300A, 2.5MPa, 420°C) V251-3A/B	最高使用温度

\*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：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器および構造物であることを示す。

\*4：防錆剤入り純水。

表1-1 (3/3) 仕切弁のグループ化と代表機器

分類基準		系統名称	選定基準					選定	代表弁	選定理由
材料	流体		重要度 *1	使用条件						
				口径 (A)	運転 状態	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (°C)			
ステンレス鋼	純水	原子炉再循環系	PS-1	500	連続	10.4	302	◎	原子炉再循環ポンプ 出口弁 (500A, 10.4MPa, 302°C) MV201-2A/B	最高 使用圧力
		制御棒駆動系	MS-1	15~50	連続	13.8	138			
		原子炉浄化系	PS-1	200~250	連続	8.6	302			
		原子炉隔離時冷却系	MS-1	100~150	一時	11.3	66			
		残留熱除去系	PS-1	250~450	連続 (短期)	10.4	302			
		ほう酸水注入系	MS-1	40	一時	11.8	302			
		復水輸送系	MS-1	150~450	連続	1.4	66			
	補給水系	MS-1	100	連続	0.9	171				
	五ほう酸 ナトリウム水	ほう酸水注入系	MS-1	40~80	一時	11.8	66	◎	ほう酸水注入ポンプ 入口弁 (80A, 0.9MPa, 66°C) V225-1A/B	口径
低合金鋼	蒸気	主蒸気系	PS-1	80	連続	8.6	302	◎	主蒸気ドレン内側隔離弁 (80A, 8.6MPa, 302°C) MV202-2	重要度
		タービンラント蒸気系	高*2	100~200	連続	1.8	209			
		抽気系	高*2	80~200	連続	2.0	214			
		タービンヒータベント系	高*2	65	連続	0.4	149			

\*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。

## 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8種類の弁について技術評価を実施する。

- ① 蒸気内側隔離弁 (MV221-20)
- ② 可燃性ガス濃度制御系出口隔離弁 (MV229-2A/B)
- ③ 原子炉給水元弁 (V204-102A/B)
- ④ 原子炉補機冷却系常用補機冷却水入口切替弁 (MV214-1A/B)
- ⑤ 排ガス再結合器出口弁 (V251-3A/B)
- ⑥ 原子炉再循環ポンプ出口弁 (MV201-2A/B)
- ⑦ ほう酸水注入ポンプ入口弁 (V225-1A/B)
- ⑧ 主蒸気ドレン内側隔離弁 (MV202-2)

### 2.1 構造, 材料および使用条件

#### 2.1.1 蒸気内側隔離弁 (MV221-20)

##### (1) 構造

蒸気内側隔離弁は、口径100 A、最高使用圧力8.6 MPa、最高使用温度302 °Cの電動仕切弁であり、1台設置している。

弁本体は蒸気を内包する耐圧部（弁箱、弁ふた、ジョイントボルト・ナット、軸封部）、蒸気を仕切る隔離部（弁体、弁座）およ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。

蒸気に接する弁箱、弁ふたおよび弁体は炭素鋼鋳鋼、弁座は炭素鋼である。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を使用している。

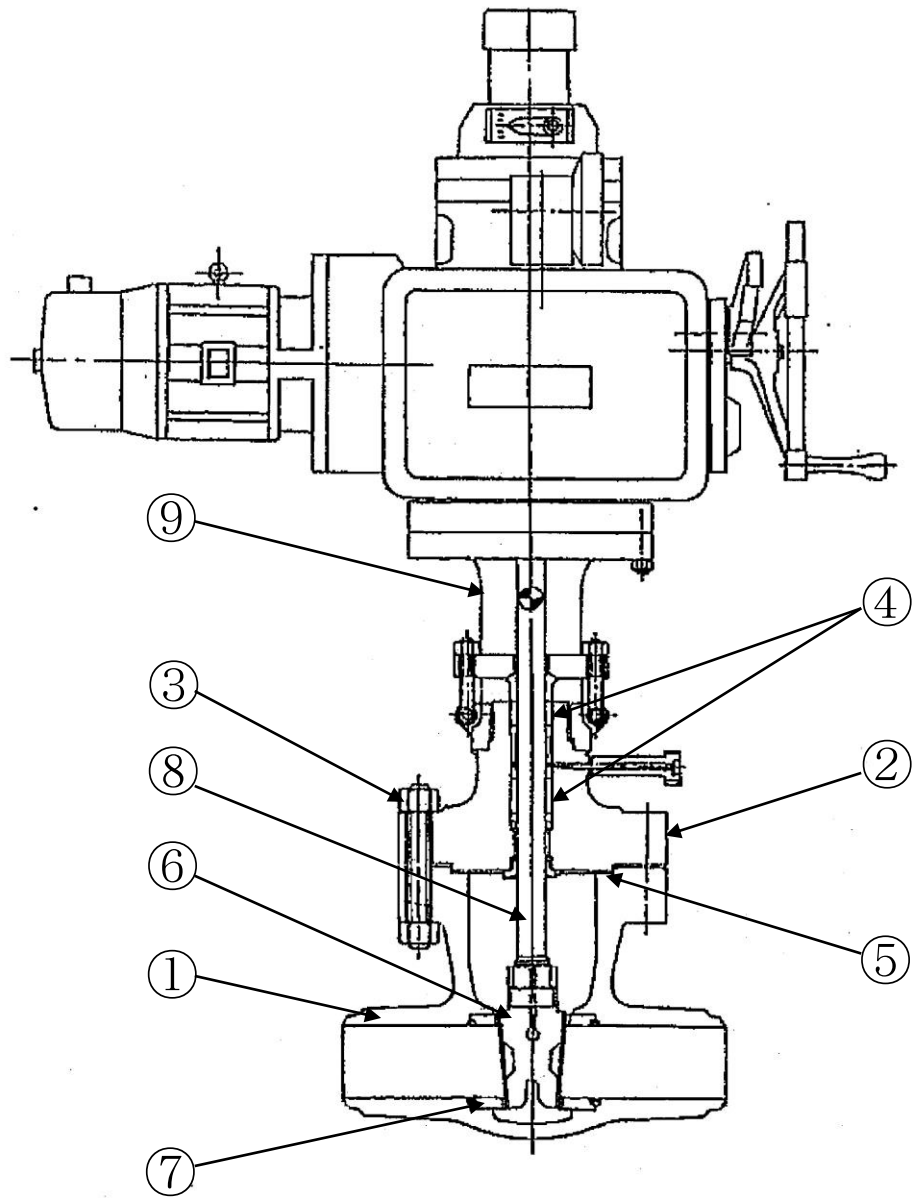
なお、当該弁については、駆動部を切り離し、ジョイントボルト・ナットを取り外すことにより、弁内部の点検手入れが可能である。

蒸気内側隔離弁の構造図を図2.1-1に示す。

##### (2) 材料および使用条件

蒸気内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	グラントパッキン
⑤	ガスケット
⑥	弁体
⑦	弁座
⑧	弁棒
⑨	ヨーク

図2.1-1 蒸気内側隔離弁構造図

表2.1-1 蒸気内側隔離弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部位	材料
ハウダリの維持	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・ナット	低合金鋼 (SNB7)
	グラフトパッキン	(消耗品)
	ガスケット	(消耗品)
隔離機能の維持	弁体	炭素鋼鋳鋼 (SCPH2 ストレイト肉盛)
	弁座	炭素鋼 (S25C ストレイト肉盛)
作動機能の維持	弁棒	ステンレス鋼 (SUS630)
	ヨーク	炭素鋼鋳鋼 (SCPH2)

表2.1-2 蒸気内側隔離弁の使用条件

最高使用圧力	8.6MPa
最高使用温度	302℃
内部流体	蒸気

## 2.1.2 可燃性ガス濃度制御系出口隔離弁 (MV229-2A/B)

### (1) 構造

可燃性ガス濃度制御系出口隔離弁は、口径150 A、最高使用圧力0.4 MPa、最高使用温度171 °Cの電動仕切弁であり、2台設置している。

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）およ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。

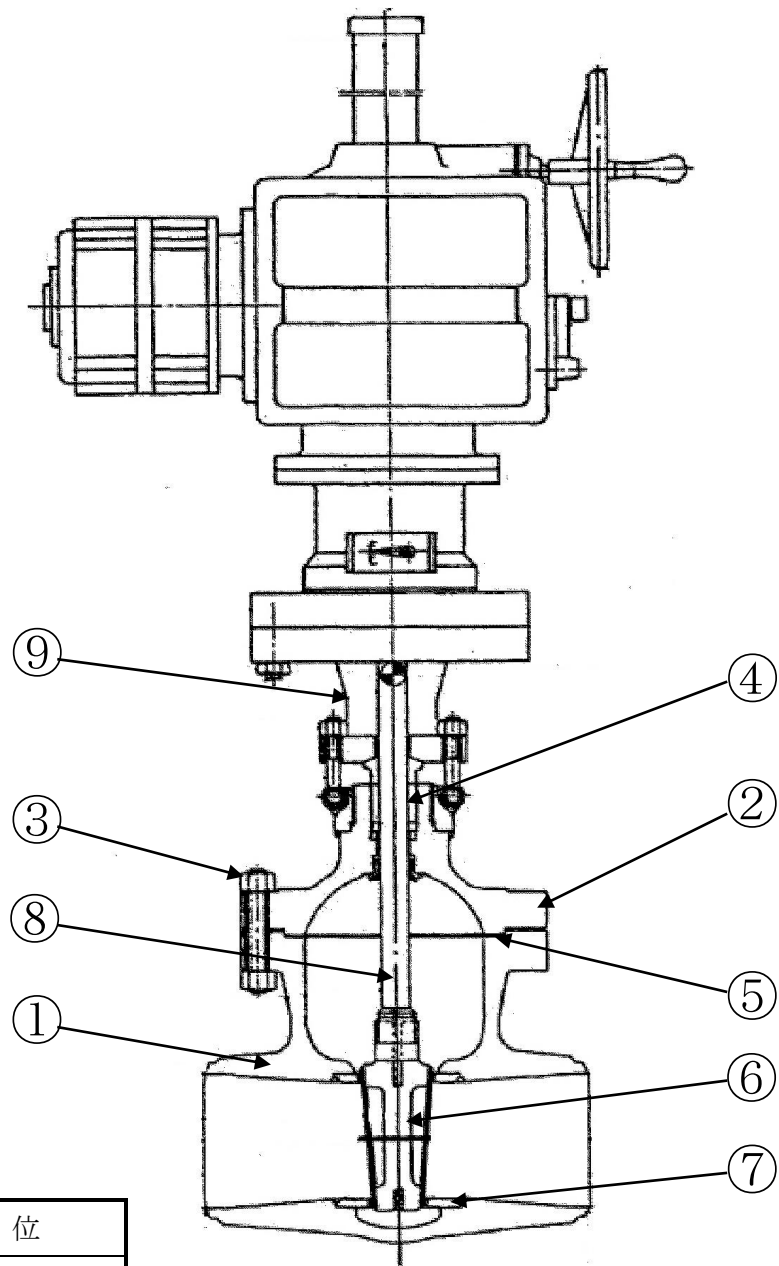
ガス（窒素）に接する弁箱、弁体および弁ふたは炭素鋼鋳鋼、弁座は炭素鋼である。また、軸封部には流体の漏れを防止するためグランドパッキンを使用している。

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2.1-2に示す。

### (2) 材料および使用条件

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2.1-3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	グラントパッキン
⑤	ガスケット
⑥	弁体
⑦	弁座
⑧	弁棒
⑨	ヨーク

図2.1-2 可燃性ガス濃度制御系出口隔離弁構造図

表2.1-3 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	部位	材料
バウダリの維持	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・ナット	低合金鋼 (SNB7)
	グラフトパッキン	(消耗品)
	ガスケット	(消耗品)
隔離機能の維持	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	弁棒	ステンレス鋼 (SUS431)
	ヨーク	炭素鋼鋳鋼 (SCPH2)

表2.1-4 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	0.4MPa
最高使用温度	171℃
内部流体	ガス (窒素) (事故時：水)

### 2.1.3 原子炉給水元弁 (V204-102A/B)

#### (1) 構造

原子炉給水元弁は、口径450 A、最高使用圧力8.6 MPa、最高使用温度302 °Cの手動仕切弁であり、2台設置している。

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）およ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。

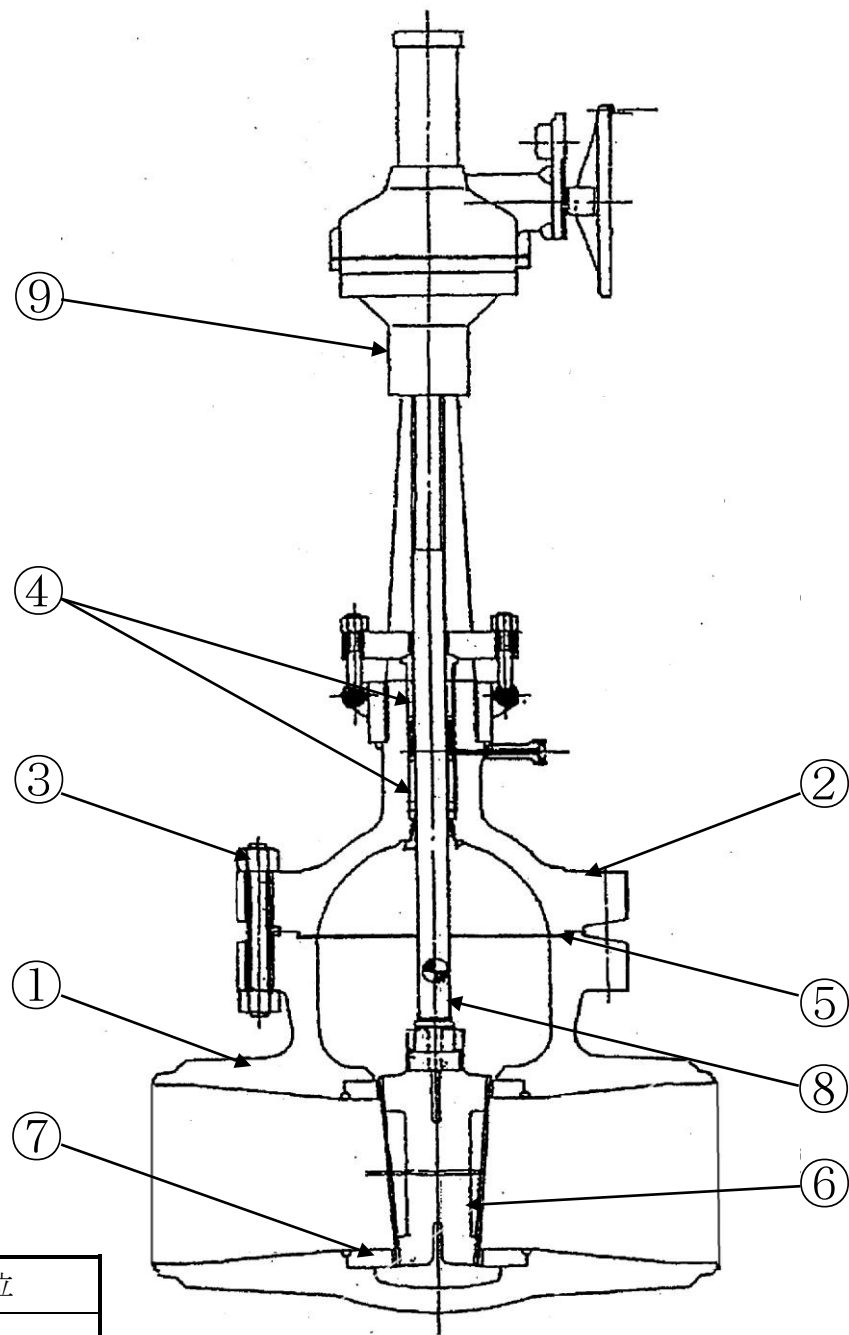
純水に接する弁箱、弁ふたおよび弁体は炭素鋼鋳鋼、弁座は炭素鋼である。また、軸封部には流体の漏れを防止するためグランドパッキンを使用している。

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。

原子炉給水元弁の構造図を図2.1-3に示す。

#### (2) 材料および使用条件

原子炉給水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	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	グラントパッキン
⑤	ガスケット
⑥	弁体
⑦	弁座
⑧	弁棒
⑨	ヨーク

図2. 1-3 原子炉給水元弁構造図

表2.1-5 原子炉給水元弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部位	材料
バックダリの維持	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・ナット	低合金鋼 (SNB7)
	グラフトパッキン	(消耗品)
	ガスケット	(消耗品)
隔離機能の維持	弁体	炭素鋼鋳鋼 (SCPL1 ステライト肉盛)
	弁座	炭素鋼 (ASME SA350 LF2 ステライト肉盛)
作動機能の維持	弁棒	ステンレス鋼 (SUS431)
	ヨーク	炭素鋼鋳鋼 (SCPH2)

表2.1-6 原子炉給水元弁の使用条件

最高使用圧力	8.6MPa
最高使用温度	302℃
内部流体	純水



#### 2.1.4 原子炉補機冷却系常用補機冷却水入口切替弁 (MV214-1A/B)

##### (1) 構造

原子炉補機冷却系常用補機冷却水入口切替弁は、口径600 A、最高使用圧力1.4 MPa、最高使用温度85 °Cの電動仕切弁であり、2台設置している。

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）およ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。

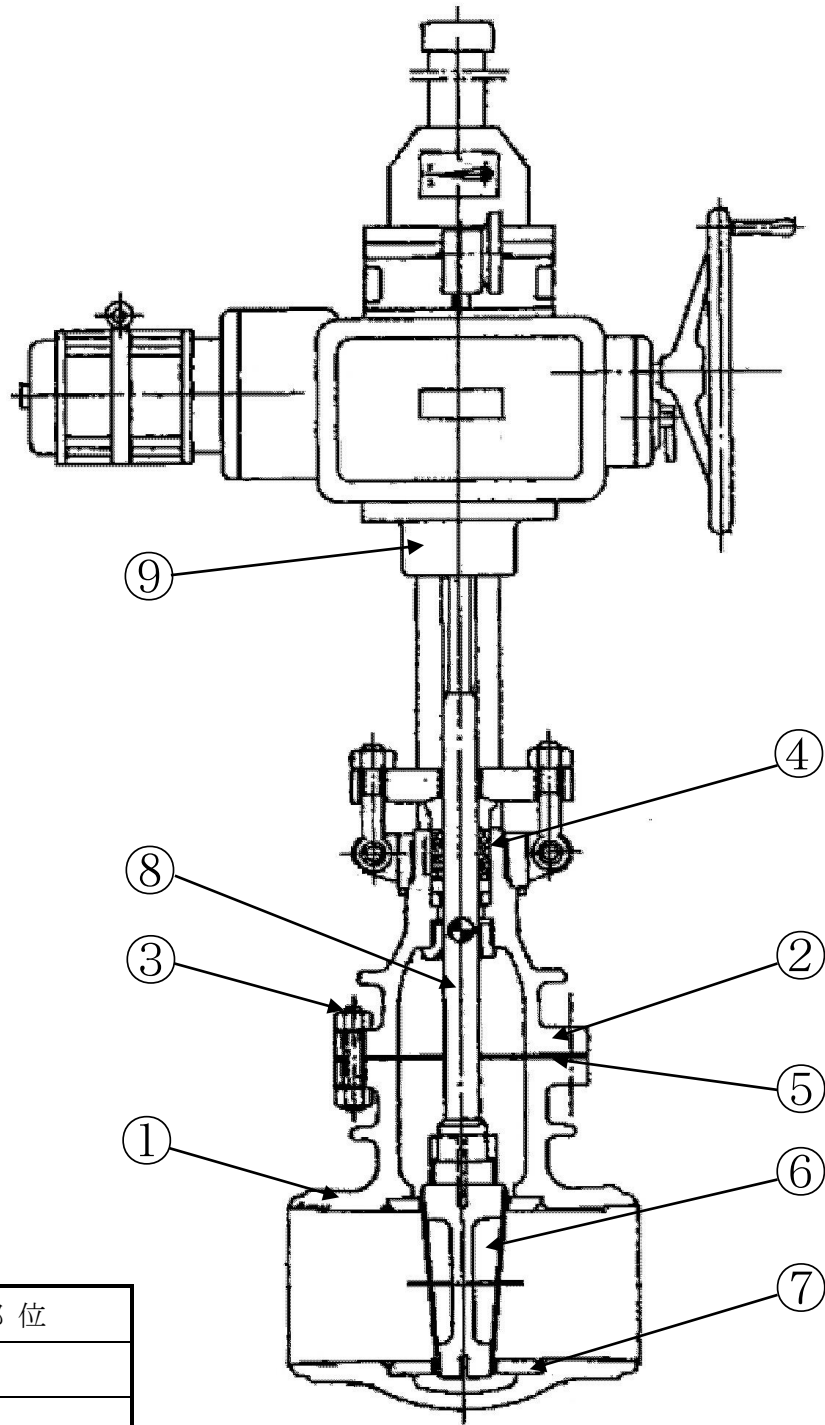
冷却水に接する弁箱、弁ふたおよび弁体は炭素鋼鋳鋼、弁座は炭素鋼である。また、軸封部には流体の漏れを防止するためグランドパッキンを使用している。

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。

原子炉補機冷却系常用補機冷却水入口切替弁の構造図を図2.1-4に示す。

##### (2) 材料および使用条件

原子炉補機冷却系常用補機冷却水入口切替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	グラントパッキン
⑤	ガスケット
⑥	弁体
⑦	弁座
⑧	弁棒
⑨	ヨーク

図2.1-4 原子炉補機冷却系常用補機冷却水入口切替弁構造図

表2.1-7 原子炉補機冷却系常用補機冷却水入口切替弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部位	材料
バウダリの維持	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・ナット	低合金鋼 (SNB7)
	グラフトパッキン	(消耗品)
	ガスケット	(消耗品)
隔離機能の維持	弁体	炭素鋼鋳鋼 (SCPL1 ステライト肉盛)
	弁座	炭素鋼 (ASME SA350 LF2 ステライト肉盛)
作動機能の維持	弁棒	ステンレス鋼 (SUS431)
	ヨーク	炭素鋼鋳鋼 (SCPH2)

表2.1-8 原子炉補機冷却系常用補機冷却水入口切替弁の使用条件

最高使用圧力	1.4MPa
最高使用温度	85℃
内部流体	防錆剤入り純水

## 2.1.5 排ガス再結合器出口弁 (V251-3A/B)

### (1) 構造

排ガス再結合器出口弁は、口径300 A、最高使用圧力2.5 MPa、最高使用温度420 °Cの手動仕切弁であり、2台設置している。

弁本体は、ガス（排ガス）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（排ガス）を仕切る隔離部（弁体、弁座）およ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。

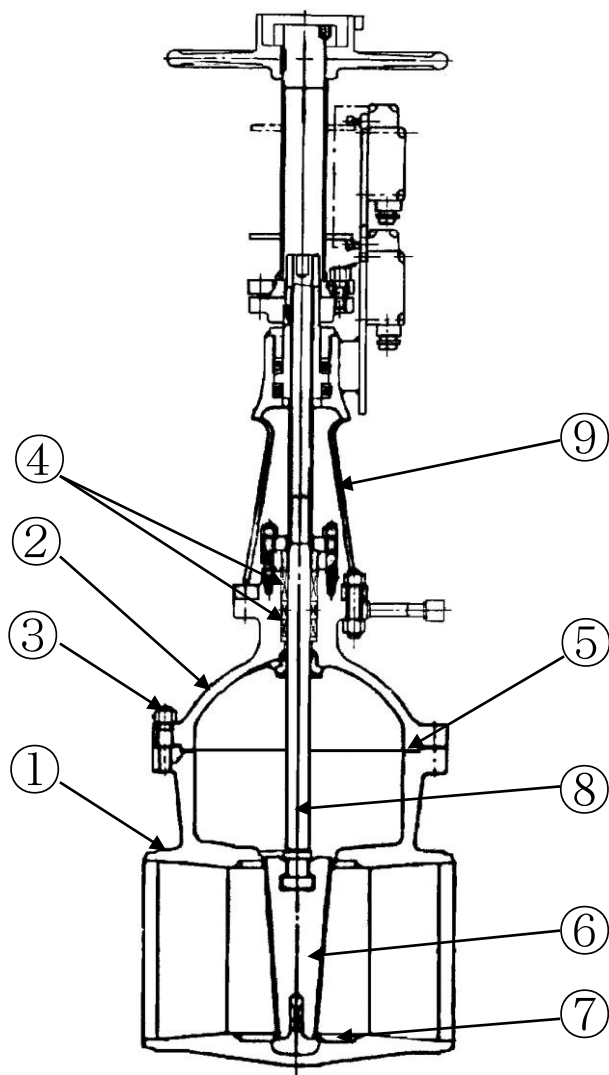
ガス（排ガス）に接する弁箱および弁体はステンレス鋳鋼、弁ふたおよび弁座はステンレス鋼である。また、軸封部には流体の漏れを防止するためグランドパッキンを使用している。

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。

排ガス再結合器出口弁の構造図を図2.1-5に示す。

### (2) 材料および使用条件

排ガス再結合器出口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	グラントパッキン
⑤	ガスケット
⑥	弁体
⑦	弁座
⑧	弁棒
⑨	ヨーク

図2.1-5 排ガス再結合器出口弁構造図

表2.1-9 排ガス再結合器出口弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部位	材料
ハウダリの維持	弁箱	ステンレス鋳鋼 (SCS13A)
	弁ふた	ステンレス鋼 (SUSF304)
	ジョイントボルト・ナット	低合金鋼 (SNB7)
	グラフトパッキン	(消耗品)
	ガスケット	(消耗品)
隔離機能の維持	弁体	ステンレス鋳鋼 (SCS13A 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	弁棒	ステンレス鋼 (SUH660)
	ヨーク	炭素鋼鋳鋼 (SCPH2)

表2.1-10 排ガス再結合器出口弁主要部位の使用条件

最高使用圧力	2.5MPa
最高使用温度	420°C
内部流体	ガス (排ガス)

## 2.1.6 原子炉再循環ポンプ出口弁 (MV201-2A/B)

### (1) 構造

原子炉再循環ポンプ出口弁は、口径500 A、最高使用圧力10.4 MPa、最高使用温度302 °Cの電動仕切弁であり、2台設置している。

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）およ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。

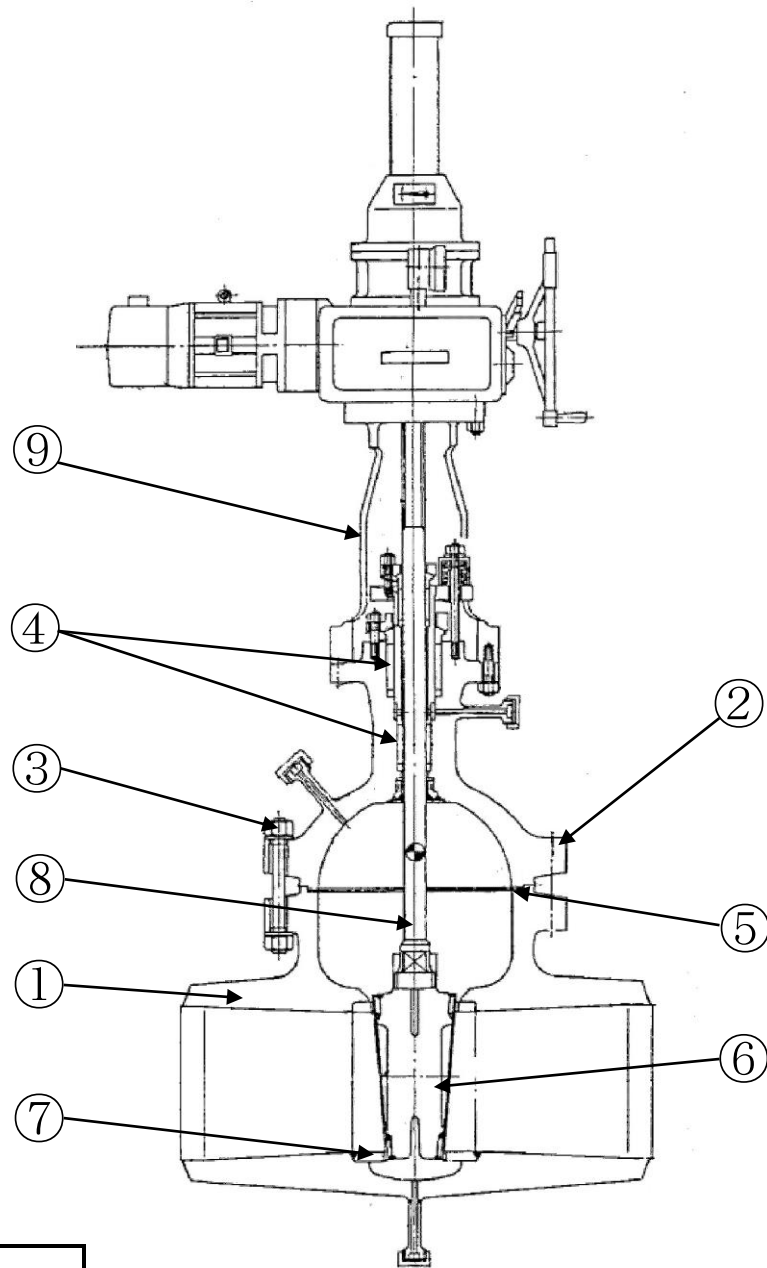
純水に接する弁箱、弁ふたおよび弁体はステンレス鋳鋼、弁座はステンレス鋼である。また、軸封部には流体の漏れを防止するためグランドパッキンを使用している。

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。

原子炉再循環ポンプ出口弁の構造図を図2.1-6に示す。

### (2) 材料および使用条件

原子炉再循環ポンプ出口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	グラントパッキン
⑤	ガスケット
⑥	弁体
⑦	弁座
⑧	弁棒
⑨	ヨーク

図2.1-6 原子炉再循環ポンプ出口弁構造図



表2.1-11 原子炉再循環ポンプ出口弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部位	材料
ハウダリの維持	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・ナット	低合金鋼 (SNB7)
	グラフトパッキン	(消耗品)
	ガスケット	(消耗品)
隔離機能の維持	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	弁棒	ステンレス鋼 (SUS630)
	ヨーク	炭素鋼鋳鋼 (SCPH2)

表2.1-12 原子炉再循環ポンプ出口弁の使用条件

最高使用圧力	10.4MPa
最高使用温度	302°C
内部流体	純水

## 2.1.7 ほう酸水注入ポンプ入口弁 (V225-1A/B)

### (1) 構造

ほう酸水注入ポンプ入口弁は、口径80 A、最高使用圧力0.9 MPa、最高使用温度66 °Cの手動仕切弁であり、2台設置している。

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）および弁体に動力を伝達する動力伝達部（弁棒、ヨーク）からなる。

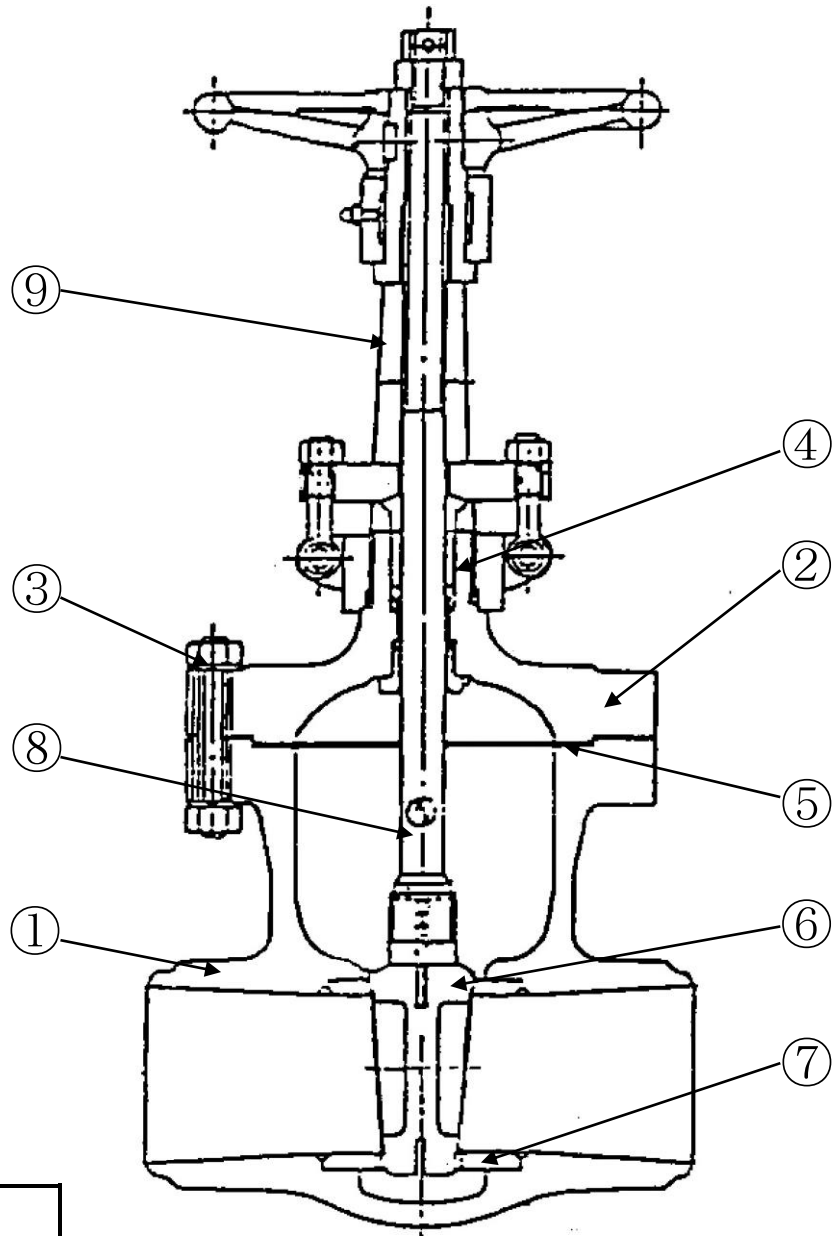
五ほう酸ナトリウム水に接する弁箱および弁ふたはステンレス鋳鋼、弁体および弁座はステンレス鋼である。また、軸封部には流体の漏れを防止するためグランドパッキンを使用している。

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。

ほう酸水注入ポンプ入口弁の構造図を図2.1-7に示す。

### (2) 材料および使用条件

ほう酸水注入ポンプ入口弁主要部位の使用材料を表2.1-13に、使用条件を表2.1-14に示す。



No.	部 位
①	弁箱
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	グラントパッキン
⑤	ガスケット
⑥	弁体
⑦	弁座
⑧	弁棒
⑨	ヨーク

図2. 1-7 ほう酸水注入ポンプ入口弁構造図

表2.1-13 ほう酸水注入ポンプ入口弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
ハウダリの維持	弁箱	ステンス铸鋼 (SCS13A)
	弁ふた	ステンス铸鋼 (SCS13A)
	ジョイントボルト・ナット	低合金鋼 (SNB7)
	グラッドパッキン	(消耗品)
	ガスケット	(消耗品)
隔離機能の維持	弁体	ステンス鋼 (SUSF304 ステライト肉盛)
	弁座	ステンス鋼 (SUSF304 ステライト肉盛)
作動機能の維持	弁棒	ステンス鋼 (SUS403)
	ヨーク	炭素鋼铸鋼 (SCPH2)

表2.1-14 ほう酸水注入ポンプ入口弁の使用条件

最高使用圧力	0.9MPa
最高使用温度	66℃
内 部 流 体	五ほう酸ナリウム水

## 2.1.8 主蒸気ドレン内側隔離弁 (MV202-2)

### (1) 構造

主蒸気ドレン内側隔離弁は、口径80 A、最高使用圧力8.6 MPa、最高使用温度302 °Cの電動仕切弁であり、1台設置している。

弁本体は蒸気を内包する耐圧部（弁箱、弁ふた、ジョイントボルト・ナット、軸封部）、蒸気を仕切る隔離部（弁体、弁座）、およ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。

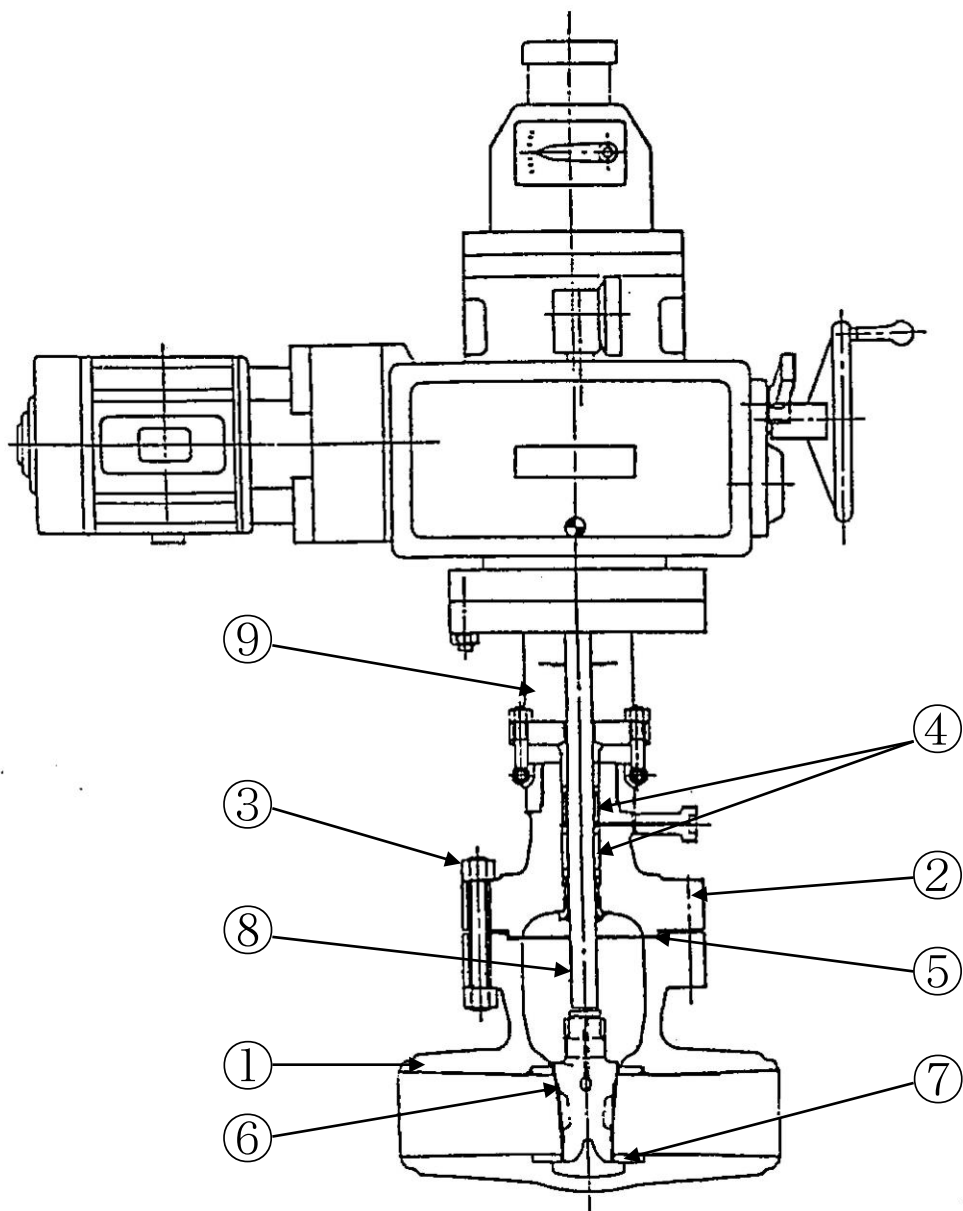
蒸気に接する弁箱、弁ふた、弁体および弁座は低合金鋼である。また、軸封部には流体の漏れを防止するためグランドパッキンを使用している。

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。

主蒸気ドレン内側隔離弁の構造図を図2.1-8に示す。

### (2) 材料および使用条件

主蒸気ドレン内側隔離弁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	弁箱
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	グラントパッキン
⑤	ガスケット
⑥	弁体
⑦	弁座
⑧	弁棒
⑨	ヨーク

図2.1-8 主蒸気ドレン内側隔離弁構造図

表2.1-15 主蒸気ドレン内側隔離弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部位	材料
パウンダリの維持	弁箱	低合金鋼 (SCPH21)
	弁ふた	低合金鋼 (SCPH21)
	ジョイントボルト・ナット	低合金鋼 (SNB7)
	グラフトパッキン	(消耗品)
	ガスケット	(消耗品)
隔離機能の維持	弁体	低合金鋼 (SCPH21 ステライト肉盛)
	弁座	低合金鋼 (SFVAF11A ステライト肉盛)
作動機能の維持	弁棒	ステンレス鋼 (SUS630)
	ヨーク	炭素鋼鋳鋼 (SCPH2)

表2.1-16 主蒸気ドレン内側隔離弁の使用条件

最高使用圧力	8.6MPa
最高使用温度	302℃
内部流体	蒸気

## 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の抽出

#### (1) 想定される経年劣化事象

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（流体の種類、圧力、温度等）およ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、消耗品および定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品および定期取替品の扱い

ガスケット、グランドパッキンは消耗品である。いずれも、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 (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 (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 [原子炉再循環ポンプ出口弁]
- b. 弁箱の熱時効 [原子炉再循環ポンプ出口弁]

### 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，弁体および弁座の腐食（流れ加速型腐食）〔蒸気内側隔離弁，原子炉給水元弁，主蒸気ドレン内側隔離弁〕

弁箱，弁ふた，弁体および弁座は炭素鋼，炭素鋼鋳鋼または低合金鋼であり，内部流体は純水または蒸気であることから腐食（流れ加速型腐食）が想定される。

しかし，定期的に見視確認を行い，健全性を確認しており，これまで有意な腐食（流れ加速型腐食）は認められていない。

したがって，今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから，高経年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. 弁箱および弁ふたの腐食（全面腐食）〔蒸気内側隔離弁，原子炉給水元弁，主蒸気ドレン内側隔離弁〕

弁箱および弁ふたは炭素鋼鋳鋼または低合金鋼であり，外面に腐食が想定されるが，防食塗装が施されていることから，腐食が発生する可能性は小さい。

また，定期的に見視確認を行い，塗装の状態を確認するとともに，必要により補修塗装を実施することとしており，これまで有意な腐食は認められていない。

したがって，今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから，高経年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. 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り，腐食が想定されるが，定期的に見視確認を行い，健全性を確認しており，これまで有意な腐食は認められていない。

したがって，今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから，高経年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. 弁体および弁座の摩耗〔共通〕

弁が開閉するとシート面の摺動による摩耗が想定されるが，シート面にはステライト肉盛が施されていることから，摩耗が発生する可能性は小さい。

また，定期的に見視確認を行い，健全性を確認しており，これまで有意な摩耗は認められていない。

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

e. 弁棒の摩耗〔共通〕

弁棒はグランドパッキンと接触することにより、摩耗が想定されるが、弁棒は摺動するグランドパッキンよりも硬いため、摩耗が発生する可能性は小さい。

また、定期的に目視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な摩耗は認められていない。

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

f. 弁棒の疲労割れ〔共通〕

弁の全開使用時に、弁棒のバックシート部に過負荷がかかった状態で配管振動等による変動応力が加わると、バックシート部に疲労割れが想定されるが、電動弁については、全開操作時にバックシート部に過負荷がかからない位置でリミットスイッチが切れるよう設定されていることから、疲労割れが発生する可能性は小さい。

手動弁については、開操作時に過負荷がかからないように適切な操作を行っていることから、疲労割れが発生する可能性は小さい。

また、定期的に目視確認および浸透探傷試験により、健全性を確認しており、これまで有意な割れは認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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であり、腐食が想定されるが、防食塗装が施されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、定期的に目視確認を行い、塗装の状態を確認するとともに、必要により補修塗装を実施することとしており、これまで有意な腐食は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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、弁体および弁座の腐食（全面腐食）〔可燃性ガス濃度制御系出口隔離弁、原子炉補機冷却系常用補機冷却水入口切替弁〕

弁箱、弁ふたおよび弁体は炭素鋼鋳鋼、弁座は炭素鋼であり、腐食が想定されるが、内部流体はガス（窒素）または防錆剤入り純水であり、腐食が発生する可能性は小さい。

また、定期的に目視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。

弁箱および弁ふたの外面については、防食塗装が施されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、定期的に目視確認を行い、塗装の状態を確認するとともに、必要により補修塗装を実施することとしており、これまで有意な腐食は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. 弁箱および弁ふたの貫粒型応力腐食割れ〔排ガス再結合器出口弁，原子炉再循環ポンプ出口弁，ほう酸水注入ポンプ入口弁〕

弁箱および弁ふたはステンレス鋼またはステンレス鋳鋼であり，貫粒型応力腐食割れが想定されるが，屋内空調環境に設置されていることおよびステンレス材を使用する工事においては塩分管理を実施していることから，塩分付着による貫粒型応力腐食割れが発生する可能性は小さい。

また，定期的に目視確認を行い，健全性を確認しており，これまでに有意な割れは認められていない。

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

j. 弁箱，弁ふたおよび弁体の熱時効〔原子炉再循環ポンプ出口弁，排ガス再結合器出口弁〕

原子炉再循環ポンプ出口弁の弁ふたおよび弁体，排ガス再結合器出口弁の弁箱および弁体については，ステンレス鋳鋼であり，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，き裂の原因となる経年劣化事象は想定されないことから，熱時効が問題となる可能性はないと評価する。

また，定期的に目視確認および浸透探傷試験を行い，健全性を確認しており，これまで有意な欠陥は認められていない。

したがって，今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから，高経年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. 弁箱，弁ふた，弁体，弁座および弁棒の腐食（全面腐食）〔ほう酸水注入ポンプ入口弁〕

弁箱および弁ふたはステンレス鋳鋼製，弁体，弁座および弁棒はステンレス鋼であり，内部流体は五ほう酸ナトリウム水であることから腐食が想定される。しかし，ステンレス鋳鋼および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，定期的に目視確認を行い，健全性を確認しており，これまで有意な腐食は認められていない。

したがって，今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから，高経年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 (1/8) 蒸気内側隔離弁に想定される経年劣化事象〔蒸気系炭素鋼仕切弁〕

機能達成に必要な項目	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		
ハウタリの維持	弁箱		炭素鋼鋳鋼		△*2△					*1：シートはスライト肉盛 *2：流れ加速型腐食	
	弁ふた		炭素鋼鋳鋼		△*2△						
	ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	グラントパッキン	◎	—								
	カスケット	◎	—								
隔離機能の維持	弁体		炭素鋼鋳鋼*1	△	△*2						
	弁座		炭素鋼*1	△	△*2						
作動機能の維持	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 (2/8) 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〔ガス系炭素鋼仕切弁〕

機能達成に必要な項目	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		
ハウダリの維持	弁箱		炭素鋼鋳鋼		△						*1:シートはステイト肉盛
	弁ふた		炭素鋼鋳鋼		△						
	ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	グラントパッキン	◎	—								
	ガスケット	◎	—								
隔離機能の維持	弁体		炭素鋼鋳鋼*1	△	△						
	弁座		炭素鋼*1	△	△						
作動機能の維持	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 (3/8) 原子炉給水元弁に想定される経年劣化事象〔純水系炭素鋼仕切弁〕

機能達成に必要な項目	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		
ハウダリの維持	弁箱		炭素鋼鋳鋼		△*2△						*1：シートはストレイト肉盛 *2：流れ加速型腐食
	弁ふた		炭素鋼鋳鋼		△*2△						
	ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	グラントパッキン	◎	—								
	ガスケット	◎	—								
隔離機能の維持	弁体		炭素鋼鋳鋼*1	△	△*2						
	弁座		炭素鋼*1	△	△*2						
作動機能の維持	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 (4/8) 原子炉補機冷却系常用補機冷却水入口切替弁に想定される経年劣化事象〔冷却水系炭素鋼仕切弁〕

機能達成に必要な項目	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		
ハンタリの維持	弁箱		炭素鋼鋳鋼		△						*1：シートはステイト肉盛
	弁ふた		炭素鋼鋳鋼		△						
	ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	グラントパッキン	◎	—								
	ガスケット	◎	—								
隔離機能の維持	弁体		炭素鋼鋳鋼*1	△	△						
	弁座		炭素鋼*1	△	△						
作動機能の維持	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 (5/8) 排ガス再結合器出口弁に想定される経年劣化事象〔ガス系ステンレス鋼仕切弁〕

機能達成に必要な項目	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		
ハウダリの維持	弁箱		ステンレス鋳鋼				△*2	△			*1：シートはスライト肉盛 *2：貫粒型応力腐食割れ
	弁ふた		ステンレス鋼				△*2				
	ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	グラントパッキン	◎	—								
	ガスケット	◎	—								
隔離機能の維持	弁体		ステンレス鋳鋼*1	△				△			
	弁座		ステンレス鋼*1	△							
作動機能の維持	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 (6/8) 原子炉再循環ポンプ出口弁に想定される経年劣化事象〔純水系ステンレス鋼仕切弁〕

機能達成に必要な項目	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		
ハウダリの維持	弁箱		ステンス铸鋼			○	△*2	○			*1：シートはスライム肉盛 *2：貫粒型応力腐食割れ
	弁ふた		ステンス铸鋼				△*2	△			
	ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	グラントパッキン	◎	—								
	カスケツト	◎	—								
隔離機能の維持	弁体		ステンス铸鋼*1	△				△			
	弁座		ステンス鋼*1	△							
作動機能の維持	弁棒		ステンス鋼	△		△					
	ヨーク		炭素鋼铸鋼		△						

○：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 (7/8) ほう酸水注入ポンプ入口弁に想定される経年劣化事象〔五ほう酸ナトリウム水系ステンレス鋼仕切弁〕

機能達成に必要な項目	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		
バウダリの維持	弁箱		ステンス铸鋼		△		△*2				*1：シートはスライ卜肉盛 *2：貫粒型応力腐食割れ
	弁ふた		ステンス铸鋼		△		△*2				
	ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	グラントパッキン	◎	—								
	カスケツト	◎	—								
隔離機能の維持	弁体		ステンス鋼*1	△	△						
	弁座		ステンス鋼*1	△	△						
作動機能の維持	弁棒		ステンス鋼	△	△	△					
	ヨーク		炭素鋼铸鋼		△						

△：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 (8/8) 主蒸気ドレン内側隔離弁に想定される経年劣化事象〔蒸気系低合金鋼仕切弁〕

機能達成に必要な項目	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		
ハウダリの維持	弁箱		低合金鋼		△*2△						*1：シートはスライ卜肉盛 *2：流れ加速型腐食
	弁ふた		低合金鋼		△*2△						
	ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	グラントパッキン	◎	—								
	ガスケット	◎	—								
隔離機能の維持	弁体		低合金鋼*1	△	△*2						
	弁座		低合金鋼*1	△	△*2						
作動機能の維持	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〔原子炉再循環ポンプ出口弁〕

#### a. 事象の説明

原子炉再循環ポンプ出口弁の弁箱は、プラントの起動・停止時等の温度・圧力変化により疲労が蓄積され、疲労割れが発生する可能性があることから経年劣化に対する評価が必要である。

#### b. 技術評価

##### (a) 健全性評価

原子炉再循環ポンプ出口弁について、応力算出ならびに疲労評価を実施した。

疲労評価は、運転実績に基づいた現時点（2015年7月末時点）の過渡回数と、今後も同様な運転を続けたと仮定して推定した運転開始後60年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 SNF1-2009」に基づいて評価した。評価用過渡条件を表2.3-1に、評価結果を表2.3-2に示す。

この結果、表2.3-2に示すとおり、疲れ累積係数は60年時点でも許容値以下であり、60年間の運転において、疲労割れが問題となる可能性はないと判断する。

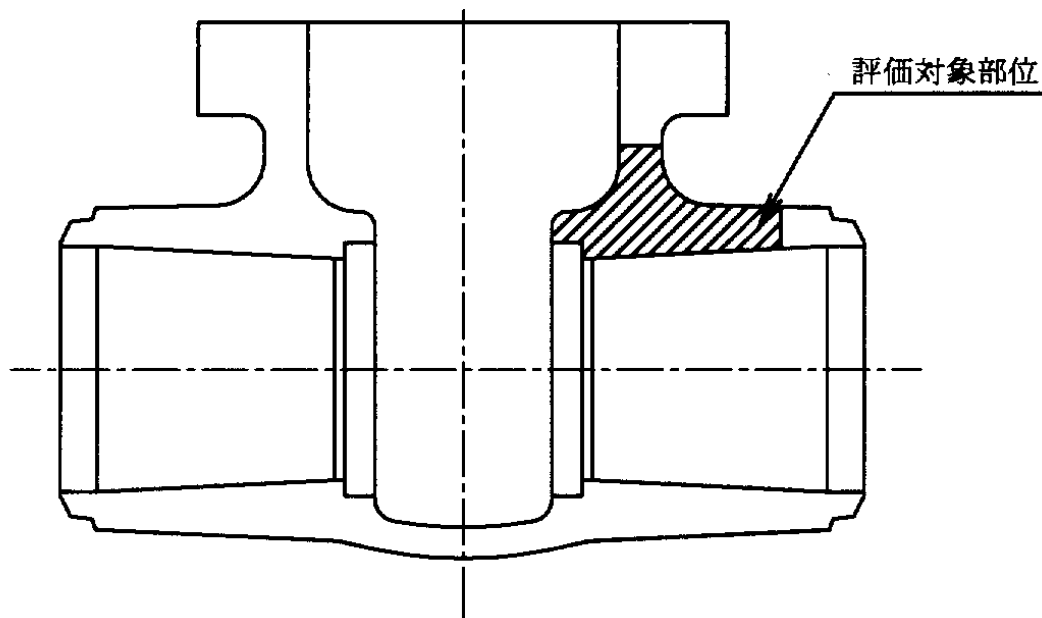


図2.3-1 原子炉再循環ポンプ出口弁 弁箱の疲労評価対象部位

表2.3-1 原子炉再循環ポンプ出口弁 評価用過渡条件

運転条件	運転実績に基づく 過渡回数 (2015年7月末時点)	運転開始後 60年時点
ボルト締付	20	45
耐圧試験	24	55
起動 (昇温, タービン起動)	36	74
夜間低出力運転 (75%出力)	40	81
週末低出力運転 (50%出力)	34	84
制御棒パターン変更	58	143
給水加熱機能喪失 (発電機トリップ)	0	1
給水加熱機能喪失 (給水加熱器部分バイパス)	0	1
スクラム (タービントリップ)	1	2
スクラム (その他スクラム)	4	7
停止	36	74
ボルト取り外し	21	46
スクラム (原子炉給水ポンプ停止)	0	1
スクラム (逃がし安全弁誤作動)	0	1

表2.3-2 原子炉再循環ポンプ出口弁の疲労評価結果

対象機器	運転実績に基づく疲れ解析 (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 (2015年7月末時点)	運転開始後 60年時点	運転開始後 60年時点
原子炉再循環ポンプ 出口弁	0.001	0.002	0.037

(b) 現状保全

原子炉再循環ポンプ出口弁の弁箱については、定期的に弁箱の目視確認を実施し、健全性を確認している。

(c) 総合評価

原子炉再循環ポンプ出口弁の弁箱については、定量評価結果から、疲労割れが評価期間において問題となる可能性はなく、引き続き現状保全を継続することで60年間の健全性は維持できると判断する。

ただし、疲労評価は実績過渡回数に依存するため、今後も実績過渡回数を把握し評価する必要がある。

c. 高経年化への対応

原子炉再循環ポンプ出口弁の弁箱の疲労割れについては、実績過渡回数の確認を継続的に実施し、運転開始後60年時点の推定過渡回数を上回らないことを確認する。

## (2) 弁箱の熱時効〔原子炉再循環ポンプ出口弁〕

### a. 事象の説明

原子炉再循環ポンプ出口弁の弁箱はステンレス鋳鋼であり、最高使用温度が250℃以上であることから熱時効による靱性低下等の機械的特性が変化することが想定される。

### b. 技術評価

#### (a) 健全性評価

靱性が低下した状態でき裂が存在する場合には小さな荷重でき裂が進展し、不安定破壊を引き起こす可能性があるが、前述(1)および2.2.3(1)iに記載のとおり、き裂の原因となる疲労割れおよび貫粒型応力腐食割れが発生する可能性はないまたは小さいとしている。しかしながら、製造時に判定基準未満の初期欠陥が存在する可能性は否定できないことから、保守的に初期欠陥を想定し、き裂安定性評価を実施した。

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。また、健全性評価としては、評価条件として発生応力(荷重)が大きいかほど健全性評価への影響が大きくなる。ここで、表2.3-3に示すとおり、原子炉再循環ポンプ出口弁の弁箱よりもフェライト量\*1が多く、発生応力が大きいA-原子炉再循環ポンプケーシングの健全性評価を以下のとおり実施している。

具体的には、評価対象部位の熱時効後の材料のき裂進展抵抗\*2( $J_{mat}$ )と構造系に与えられた応力(一次応力である内圧、自重、地震の応力に二次応力の熱膨張荷重による応力を加えたもの)とき裂形状から算出されるき裂進展力\*3( $J_{app}$ )を求めて、その比較を行った。

その結果、図2.3-2に示すように運転開始後60年時点までの疲労き裂進展長さを考慮した評価用き裂を想定しても、 $J_{mat}$ が $J_{app}$ と交差し、 $J_{mat}$ と $J_{app}$ の交点において $J_{mat}$ の傾きが $J_{app}$ の傾きを上回ることから、評価対象機器は不安定破壊することはなく、健全性評価上問題とならないと判断する。

したがって、より条件の厳しいA-原子炉再循環ポンプのケーシングで不安定破壊を起こさないことが確認されていることから、原子炉再循環ポンプ出口弁の弁箱についても熱時効による不安定破壊は起こらないと判断する。

\*1:フェライト量は、製造時の材料成分を用いて、「Standard Practice for Steel Casting, Austenitic Alloy, Estimating Ferrite Content Thereof (ASTM A800/A800M-2006)」に示される線図により決定した。

\*2:き裂進展抵抗は、「S.Kawaguchi et al., "PREDICTION METHOD OF TENSILE PROPERTIES AND FRACTURE TOUGHNESS OF THERMALLY AGED CAST DUPLEX STAINLESS STEEL PIPING", ASME PVP 2005-71528」にて公開されている靱性予測モデル(H3Tモデル:Hyperbolic Time Temperature Toughness)を用いて、評価部位のフェライト量を基に、運転開始後60年時点の熱時効時間(設備利用率90%を想定)におけるき裂進展抵抗を予測した。また、予測の下限値を採用した。

\*3:初期き裂の想定は「原子力発電所配管破損防護設計技術指針(JEAG 4613-1998)」の評価手法を参考にした。き裂進展速度は、社団法人日本機械学会「発電用原子力設備規格 維持規格(JSME S NA1-2008)」に規定されているオーステナイト系ステンレス



鋼のBWR環境中の疲労き裂進展速度を用いて算出した。亀裂進展力は、き裂安定性評価用想定き裂(周方向貫通き裂)を用いて、「DUCTILE FRACTURE HANDBOOK」EPRI NP-6301-D(1989)のJ積分の解析解に基づき算出した。

表 2.3-3 熱時効の評価条件の比較

評価部位	フェライト量 (%)	発生応力 (MPa)
原子炉再循環ポンプ出口弁の弁箱	約12.2	106
A-原子炉再循環ポンプのケーシング	約20.7	203

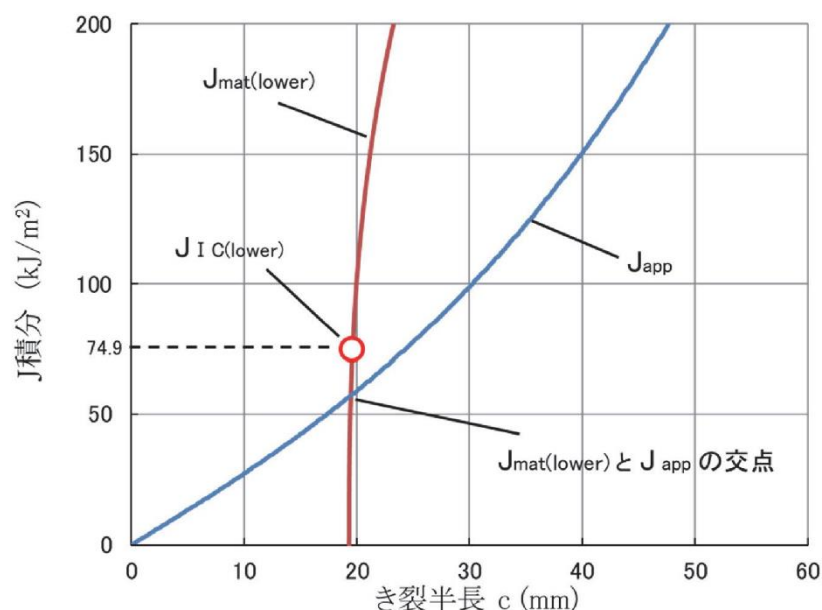


図2.3-2 A-原子炉再循環ポンプケーシングのき裂安定性評価結果

(b) 現状保全

原子炉再循環ポンプ出口弁の弁箱については、定期的に分解点検時の目視確認および弁箱と配管の溶接部の超音波探傷試験を行い、健全性を確認している。

(c) 総合評価

運転開始後60年時点を想定したA-原子炉再循環ポンプのケーシングのき裂安定性評価結果から判断して、原子炉再循環ポンプ出口弁の弁箱においても不安定破壊することはなく、分解点検時の目視確認および弁箱と配管の溶接部の超音波探傷試験によりき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ないと判断する。

c. 高経年化への対応

弁箱の熱時効については、現状保全の項目に高経年化対策の観点から追加すべき項目はない。引き続き、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 原子炉再循環系
- ② 主蒸気系
- ③ 復水系
- ④ 給水系
- ⑤ 制御棒駆動系
- ⑥ 原子炉浄化系
- ⑦ 原子炉補機冷却系
- ⑧ 高圧炉心スプレイ補機冷却系
- ⑨ 原子炉隔離時冷却系
- ⑩ 残留熱除去系
- ⑪ 低圧炉心スプレイ系
- ⑫ 高圧炉心スプレイ系
- ⑬ ほう酸水注入系
- ⑭ 可燃性ガス濃度制御系
- ⑮ タービンランド蒸気系
- ⑯ 抽気系
- ⑰ タービンヒータベント系
- ⑱ 補助蒸気系
- ⑲ 抽出空気系
- ⑳ 排ガス処理系
- ㉑ 液体廃棄物処理系
- ㉒ 中央制御室空調換気系
- ㉓ ドライウェル冷却系
- ㉔ 復水輸送系
- ㉕ 補給水系
- ㉖ 所内蒸気系

### 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〔原子炉再循環系，原子炉浄化系，残留熱除去系，低圧炉心スプレー系，高圧炉心スプレー系〕

代表機器と同様に，疲労割れが想定されるが，弁形状，運転状態および過渡条件が代表機器と同様もしくは緩やかであることから，評価期間において疲労割れが問題となる可能性はないと判断する。

また，定期的を目視確認を行い，健全性を確認しており，これまで有意な割れは認められていないことから，引き続き現状保全を継続することで60年間の健全性は維持できると判断する。

したがって，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に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，原子炉浄化系，残留熱除去系〕

代表機器と同様に，最高使用温度が250℃以上であることから熱時効による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，3.1 aおよび3.2(1) iに記載のとおり疲労割れおよび貫粒型応力腐食割れが発生する可能性は小さいことから，熱時効が問題となる可能性は小さい。

また，定期的弁箱の目視確認または弁箱と配管の溶接部の超音波探傷試験により，健全性を確認している。また，これまで有意な欠陥は認められていないことから，引き続き現状保全を継続することで60年間の健全性は維持できると判断する。

したがって，弁箱および弁ふたの熱時効については，高経年化対策の観点から現状保全に追加すべき項目はない。

### 3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

- a. 弁箱、弁ふた、弁体および弁座の腐食（流れ加速型腐食）〔蒸気系・純水系炭素鋼仕切弁および蒸気系低合金鋼仕切弁（配管肉厚管理対象範囲）：主蒸気系、復水系、給水系、原子炉浄化系、原子炉隔離時冷却系、タービングランド蒸気系、抽気系、タービンヒータベント系、補助蒸気系、所内蒸気系〕

代表機器と同様に、弁箱、弁ふた、弁体および弁座は炭素鋼、炭素鋼鋳鋼または低合金鋼であり、内部流体が蒸気または純水であることから腐食（流れ加速型腐食）が想定される。

しかし、定期的に見視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な腐食（流れ加速型腐食）は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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、弁体および弁座の腐食（全面腐食）〔蒸気系・純水系炭素鋼仕切弁および蒸気系低合金鋼仕切弁（配管肉厚管理対象外範囲）：主蒸気系、原子炉浄化系、原子炉隔離時冷却系、残留熱除去系、低圧炉心スプレイ系、高圧炉心スプレイ系、タービングランド蒸気系、抽気系、液体廃棄物処理系、所内蒸気系〕

弁箱、弁ふた、弁体および弁座は炭素鋼、炭素鋼鋳鋼または低合金鋼で内部流体が蒸気または純水であることから腐食が想定される。

しかし、定期的に見視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。

弁箱および弁ふたは炭素鋼、炭素鋼鋳鋼または低合金鋼であり、外面に腐食が想定されるが、防食塗装が施されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、定期的に見視確認を行い、塗装の状態を確認するとともに、必要により補修塗装を実施することとしており、これまで有意な腐食は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. 弁箱および弁ふたの腐食（全面腐食）〔蒸気系・純水系炭素鋼仕切弁および蒸気系低合金鋼仕切弁（配管肉厚管理対象範囲）：主蒸気系，復水系，給水系，原子炉浄化系，原子炉隔離時冷却系，タービンランド蒸気系，タービンヒータベント系，補助蒸気系，所内蒸気系〕

代表機器と同様に，弁箱および弁ふたは炭素鋼，炭素鋼鋳鋼または低合金鋼であり，腐食が想定されるが，防食塗装が施されていることから，外面に腐食が発生する可能性は小さい。

また，定期的に見視確認を行い，健全性を確認しており，これまで有意な腐食は認められていない。

したがって，今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから，高経年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）〔炭素鋼製または低合金鋼製のジョイントボルト・ナットを有する仕切弁共通〕

代表機器と同様に，ジョイントボルト・ナットは炭素鋼または低合金鋼であり，腐食が想定されるが，定期的に見視確認を行い，健全性を確認しており，これまで有意な腐食は認められていない。

したがって，今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから，高経年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. 弁体および弁座の摩耗〔共通〕

代表機器と同様に，弁が開閉するとシート面の摺動による摩耗が想定されるが，シート面にはステライト肉盛が施されているため，摩耗が発生する可能性は小さい。

また，定期的に見視確認を行い，健全性を確認しており，これまで有意な摩耗は認められていない。

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

- f. 弁棒の摩耗〔共通〕

代表機器と同様に，弁棒はランドパッキンと接触することにより，摩耗が想定されるが，弁棒は摺動するランドパッキンよりも硬いため，摩耗が発生する可能性は小さい。

また，定期的に見視確認を行い，健全性を確認しており，これまで有意な摩耗は認められていない。

したがって，今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから，高経年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. 弁棒の疲労割れ〔共通〕

弁の全開使用時に、弁棒のバックシート部に過負荷がかかった状態で配管振動等による変動応力が加わると、バックシート部に疲労割れが想定されるが、電動弁については、全開操作時にバックシート部に過負荷がかからない位置でリミットスイッチが切れるよう設定されている。一部の電動弁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、バックシート部が高応力となり疲労割れが想定されるが、バックシートが効く程度の方で動作が止まるようトルク設定されていることから疲労割れが発生する可能性は小さい。

手動弁については、開操作時に過負荷がかからないように適切な操作を行っていることから、疲労割れが発生する可能性は小さい。

また、定期的に見視確認および浸透探傷試験を行い、健全性を確認しており、これまで有意な割れは認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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）〔共通〕

代表機器と同様に、ヨークは炭素鋼鋳鋼または低合金鋼であり、腐食が想定されるが、防食塗装が施されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、定期的に見視確認を行い、塗装の状態を確認するとともに、必要により補修塗装を実施することとしており、これまで有意な腐食は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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、弁体および弁座の腐食（全面腐食）〔ガス系・冷却水系炭素鋼仕切弁：原子炉隔離時冷却系、原子炉補機冷却系、高圧炉心スプレー補機冷却系、可燃性ガス濃度制御系、抽出空気系、排ガス処理系、中央制御室空調換気系、ドライウエル冷却系〕

代表機器と同様に、弁箱、弁ふた、弁体および弁座は炭素鋼または炭素鋼鋳鋼であり、腐食が想定されるが、内部流体はガス（窒素、空気または排ガス）または防錆剤入り純水であり、腐食が発生する可能性は小さい。

また、定期的に見視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。

弁箱および弁ふたは炭素鋼または炭素鋼鋳鋼であり、外面に腐食が想定されるが、防食塗装が施されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、定期的に見視確認を行い、塗装の状態を確認するとともに、必要により補修塗装を実施することとしており、これまで有意な腐食は認められていない。

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

j. 弁箱および弁ふたの貫粒型応力腐食割れ〔ステンレス鋼製またはステンレス鋳鋼製の弁箱、弁ふたを有する仕切弁共通〕

代表機器と同様に、弁箱および弁ふたはステンレス鋼またはステンレス鋳鋼であり、貫粒型応力腐食割れが想定されるが、屋内空調環境に設置されていることおよびステンレス材を使用する工事においては塩分管理を実施していることから、塩分付着による貫粒型応力腐食割れが発生する可能性は小さい。

また、定期的に見視確認を行い、健全性を確認しており、これまでに有意な割れは認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. 弁ふたおよび弁体の熱時効〔純水系ステンレス鋳鋼仕切弁：原子炉再循環系，原子炉浄化系，残留熱除去系〕

代表機器と同様に、弁ふたおよび弁体がステンレス鋳鋼の弁については、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、き裂の原因となる経年劣化事象は想定されないことから、熱時効が問題となる可能性はないと評価する。

また、定期的に見視確認等および浸透探傷試験を行い、健全性を確認しており、これまで有意な欠陥は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. 弁箱，弁ふた，弁体，弁座および弁棒の腐食（全面腐食）〔五ほう酸ナトリウム水系ステンレス鋼仕切弁：ほう酸水注入系〕

代表機器と同様に、弁箱，弁ふた，弁体，弁座および弁棒はステンレス鋼であり、内部流体は五ほう酸ナトリウム水であるが、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、定期的に見視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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）

代表機器と同様に、日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。

## 2. 玉形弁

[対象系統]

- ① 原子炉再循環系
- ② 主蒸気系
- ③ 復水系
- ④ 給水系
- ⑤ 原子炉ベントドレン系
- ⑥ 制御棒駆動系
- ⑦ 原子炉浄化系
- ⑧ 原子炉補機冷却系
- ⑨ 燃料プール冷却系
- ⑩ 窒素ガス制御系
- ⑪ 高圧炉心スプレイ補機冷却系
- ⑫ 原子炉隔離時冷却系
- ⑬ 残留熱除去系
- ⑭ 低圧炉心スプレイ系
- ⑮ 高圧炉心スプレイ系
- ⑯ ほう酸水注入系
- ⑰ 非常用ガス処理系
- ⑱ 逃がし安全弁N<sub>2</sub>ガス供給系
- ⑲ 可燃性ガス濃度制御系
- ⑳ タービングラント蒸気系
- ㉑ 水素ガス冷却系
- ㉒ 抽気系
- ㉓ タービンヒータベント系
- ㉔ 補助蒸気系
- ㉕ 排ガス処理系
- ㉖ 液体廃棄物処理系
- ㉗ 固体廃棄物処理系
- ㉘ 中央制御室空調換気系
- ㉙ 補給水系
- ㉚ 所内蒸気系
- ㉛ 所内用圧縮空気系
- ㉜ 計装用圧縮空気系
- ㉝ サンプリング系
- ㉞ 格納容器附帯設備
- ㉟ プロセス放射線モニタ系
- ㊱ エリア放射線モニタ系
- ㊲ 原子炉圧力容器計装系
- ㊳ 高圧原子炉代替注水系
- ㊴ 残留熱代替除去系
- ㊵ 多機能格納容器雰囲気監視系



## 目 次

1. 対象機器および代表機器の選定	2-1
1.1 グループ化の考え方および結果	2-1
1.2 代表機器の選定	2-1
2. 代表機器の技術評価	2-9
2.1 構造, 材料および使用条件	2-9
2.1.1 原子炉圧力容器連続ベント弁 (V211-502)	2-9
2.1.2 N <sub>2</sub> 補給隔離弁 (AV217-7)	2-12
2.1.3 残留熱除去ポンプ炉水戻り弁 (MV222-11A/B)	2-15
2.1.4 残留熱除去系熱交冷却水出口弁 (MV214-7A/B)	2-18
2.1.5 主蒸気系計装元弁 (V202-700A/B/C/D)	2-21
2.1.6 逃がし弁N <sub>2</sub> 供給弁 (MV227-3)	2-24
2.1.7 原子炉浄化系入口元弁 (MV213-1A/B)	2-27
2.1.8 ほう酸水貯蔵タンク出口弁 (MV225-1A/B)	2-30
2.1.9 胴体圧力調節弁バイパス弁 (MV231-4)	2-33
2.1.10 蒸気第1ドレン弁 (AV221-20)	2-36
2.2 経年劣化事象の抽出	2-39
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目	2-39
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出	2-39
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	2-41
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価	2-55
3. 代表機器以外への展開	2-58
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象	2-59
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	2-59

## 1. 対象機器および代表機器の選定

島根2号炉で使用している主要な玉形弁の仕様を表1-1に示す。

これらの玉形弁を材料およ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以下のとおり代表機器を選定した。

### 1.1 グループ化の考え方および結果

材料およ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、低合金鋼に分類され、流体は蒸気、ガス、純水、冷却水およ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、口径、最高使用温度、最高使用圧力および運転状態の観点から代表機器を選定するものとする。

#### (1) 蒸気系炭素鋼玉形弁（内部流体：蒸気、弁箱材質：炭素鋼）

蒸気系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、原子炉圧力容器連続ベント弁を代表機器とする。

(V211-502, 50 A, 8.6 MPa, 302 °C)

#### (2) ガス系炭素鋼玉形弁（内部流体：ガス、弁箱材質：炭素鋼）

ガス系に使用されている炭素鋼玉形弁のうち、重要度、口径、最高使用温度および最高使用圧力の観点から、N2補給隔離弁を代表機器とする。

(AV217-7, 50 A, 1.8 MPa, 171 °C)

#### (3) 純水系炭素鋼玉形弁（内部流体：純水、弁箱材質：炭素鋼）

純水系に使用されている炭素鋼玉形弁のうち、原則とは異なるが、工事計画認可申請書において疲労評価対象としていることから、残留熱除去ポンプ炉水戻り弁を代表機器とする。

(MV222-11A/B, 250 A, 10.4 MPa, 302 °C)

#### (4) 冷却水系炭素鋼玉形弁（内部流体：冷却水、弁箱材質：炭素鋼）

冷却水系に使用されている炭素鋼玉形弁のうち、重要度および口径の観点から、残留熱除去系熱交冷却水出口弁を代表機器とする。

(MV214-7A/B, 450 A, 1.4 MPa, 85 °C)

#### (5) 蒸気系ステンレス鋼玉形弁（内部流体：蒸気、弁箱材質：ステンレス鋼）

蒸気系に使用されているステンレス鋼玉形弁のうち、重要度、口径、最高使用温度、最高使用圧力および運転状態の観点から、主蒸気系計装元弁を代表機器とする。

(V202-700A/B/C/D, 20 A, 8.6 MPa, 302 °C)

(6) 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）

ガス系に使用されているステンレス鋼玉形弁のうち，重要度，口径，最高使用温度および最高使用圧力の観点から，逃がし弁N2供給弁を代表機器とする。

(MV227-3, 50 A, 1.8 MPa, 200 °C)

(7) 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）

純水系に使用されているステンレス鋼玉形弁のうち，重要度および口径の観点から，原子炉浄化系入口元弁を代表機器とする。

(MV213-1A/B, 200 A, 8.6 MPa, 302 °C)

(8) 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に使用されているステンレス鋼玉形弁のうち，重要度および口径の観点から，ほう酸水貯蔵タンク出口弁を代表機器とする。

(MV225-1A/B, 80 A, 0.9 MPa, 66 °C)

(9) 蒸気系低合金鋼玉形弁（内部流体：蒸気，弁箱材質：低合金鋼）

蒸気系に使用されている低合金鋼玉形弁のうち，重要度および口径の観点から，胴体圧力調節弁バイパス弁を代表機器とする。

(MV231-4, 200 A, 1.8 MPa, 209 °C)

(10) 純水系低合金鋼玉形弁（内部流体：純水，弁箱材質：低合金鋼）

純水系に使用されている低合金鋼玉形弁のうち，重要度，口径，最高使用温度，最高使用圧力および運転状態の観点から，蒸気第1ドレン弁を代表機器とする。

(AV221-20, 25 A, 8.6 MPa, 302 °C)

表1-1 (1/6) 玉形弁のグループ化と代表機器

分類基準		系統名称	選定基準					選定	代表弁	選定理由
材料	流体		重要度*1	使用条件						
				口径 (A)	運転 状態	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (°C)			
炭素鋼	蒸気	主蒸気系	MS-1	20	連続	8.6	302		原子炉压力容器連続 ヘッド弁 (50A, 8.6MPa, 302°C) V211-502	重要度
		復水系	高*2	40	連続	2.0	214			
		原子炉ヘッド弁系	PS-1	50	連続	8.6	302	◎		
		原子炉隔離時冷却系	MS-1	20~100	一時	8.6	302			
		残留熱除去系	MS-1	20	連続(短期)	8.6	302			
		タービン・generator蒸気系	高*2	250	連続	0.4	173			
		抽気系	MS-1	25	連続	0.4	149			
		補助蒸気系	MS-2	80	連続	8.6	302			
		液体廃棄物処理系	高*2	150	連続	2.0	214			
		固体廃棄物処理系	高*2	25~40	連続	2.0	214			
	所内蒸気系	高*2	20~125	連続	2.0	214				
	ガス	復水系	高*2	20	連続	1.9	66		N2補給隔離弁 (50A, 1.8MPa, 171°C) AV217-7	最高使用圧力
		窒素ガス制御系	MS-1	20~50	連続	1.8	171	◎		
		非常用ガス処理系	高*2	40~50	一時	0.02	120			
		排ガス処理系	高*2	20~80	連続	2.5	340			
所内用圧縮空気系		MS-1	20~25	連続	0.9	171				

\*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1-1 (2/6) 玉形弁のグループ化と代表機器

分類基準		系統名称	選定基準					選定	代表弁	選定理由
材料	流体		重要度*1	使用条件						
				口径 (A)	運転状態	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)			
炭素鋼	純水	復水系	高*2	40~450	連続	1.9	66		残留熱除去ポンプ炉水戻り弁 (250A, 10.4MPa, 302°C) MV222-11A/B	疲労評価対象
		給水系	MS-1	20~40	連続	16.7	302			
		原子炉浄化系	PS-1	50~200	連続	12.7	302			
		原子炉隔離時冷却系	MS-1	20~50	一時	8.6	302			
		残留熱除去系	MS-1, 重*3	20~350	連続(短期)	10.4	302	◎		
		低圧炉心スプレイ系	MS-1	20~250	一時	8.6	302			
		高圧炉心スプレイ系	MS-1	20~250	一時	12.2	302			
		可燃性ガス濃度制御系	MS-1	40	一時	3.9	185			
		液体廃棄物処理系	MS-1	20~50	連続	1.4	171			
		高圧原子炉代替注水系*4	重*3	100	一時	11.3	302			
		残留熱代替除去系*4	重*3	150	一時	2.5	185			

\*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：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器および構造物であることを示す。

\*4：新規に設置される機器。

表1-1 (3/6) 玉形弁のグループ化と代表機器

分類基準		系統名称	選定基準					選定	代表弁	選定理由
材料	流体		重要度*1	使用条件						
				口径 (A)	運転 状態	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (°C)			
炭素鋼	冷却水*2	原子炉補機冷却系	MS-1, 重*3	20~450	連続	1.4	171	◎	残留熱除去系熱交冷却 水出口弁 (450A, 1.4MPa, 85°C) MV214-7A/B	口径
		高圧炉心スプレイ補機冷却系	MS-1	80	一時	1.0	66			
		中央制御室空調換気系	MS-1	150	連続	1.4	85			
ステンレス鋼	蒸気	主蒸気系	MS-1	20	連続	8.6	302	◎	主蒸気系計装元弁 (20A, 8.6MPa, 302°C) V202-700A/B/C/D	運転状態
		原子炉ベントリ系	MS-1	20	連続	8.6	302			
		原子炉隔離時冷却系	MS-1	20	一時	8.6	302			
		可燃性ガス濃度制御系	MS-1	20	一時	0.4	171			
		多機能格納容器雰囲気監視系*4	重*3	20	一時	0.9	230			

\*1：最上位の重要度を示す。

\*2：防錆剤入り純水。

\*3：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器および構造物であることを示す。

\*4：新規に設置される機器。

表1-1 (4/6) 玉形弁のグループ化と代表機器

分類基準		系統名称	選定基準					選定	代表弁	選定理由
材料	流体		重要度*1	使用条件						
				口径 (A)	運転状態	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)			
ステンレス鋼	ガス	窒素ガス制御系	MS-1	20~25	連続	0.4	171	逃がし弁N2供給弁 (50A, 1.8MPa, 200°C) MV227-3	最高使用圧力	
		非常用ガス処理系	高*2	50	一時	0.02	120			
		逃がし安全弁N2ガス供給系	MS-1, 重*3	20~50	連続	14.7	200			◎
		可燃性ガス濃度制御系	MS-1	20	一時	0.4	171			
		水素ガス冷却系	高*2	10	連続	15.0	40			
		計装用圧縮空気系	MS-1	15~50	連続	0.9	171			
		サンプリング系	MS-1	20	一時	0.4	171			
		格納容器附帯設備	MS-1	20	連続	0.4	171			
		プロセス放射線モニタ系	MS-1	25	連続	0.4	171			
		エア放射線モニタ系	MS-1	25	連続	0.4	171			

\*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：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器および構造物であることを示す。

表1-1 (5/6) 玉形弁のグループ化と代表機器

分類基準		系統名称	選定基準					選定	代表弁	選定理由
材料	流体		重要度*1	使用条件						
				口径 (A)	運転 状態	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (°C)			
ステンレス鋼	純水	原子炉再循環系	PS-1	20~50	連続	13.8	302		原子炉浄化系入口元弁 (200A, 8.6MPa, 302°C) MV213-1A/B	口径
		制御棒駆動系	MS-1, 重*2	20~50	連続	15.2	138			
		原子炉浄化系	PS-1	20~200	連続	10.0	302	◎		
		燃料プール冷却系	重*2	200	連続	1.4	66			
		窒素ガス制御系	MS-1	20~25	連続	0.4	104			
		原子炉隔離時冷却系	MS-1, 重*2	20~100	一時	11.3	100			
		残留熱除去系	MS-1	20	連続 (短期)	8.6	302			
		低圧炉心スプレイ系	MS-1	20	一時	8.6	302			
		高圧炉心スプレイ系	MS-1	20	一時	8.6	302			
		ほう酸水注入系	MS-1	20~40	一時	11.8	302			
		可燃性ガス濃度制御系	MS-1	20	一時	0.4	171			
		液体廃棄物処理系	高*3	20	連続	1.0	105			
		補給水系	MS-1	20~80	連続	0.9	200			
		チャンリング系	MS-1	20~25	一時	8.6	302			
原子炉圧力容器計装系	MS-1	20	連続	8.6	302					

\*1：最上位の重要度を示す。

\*2：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器および構造物であることを示す。

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



表1-1 (6/6) 玉形弁のグループ化と代表機器

分類基準		系統名称	選定基準					選定	代表弁	選定理由
材料	流体		重要度*1	使用条件						
				口径 (A)	運転 状態	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, 重*2	40~80	一時	11.8	66	◎	ほう酸水貯蔵タンク出口弁 (80A, 0.9MPa, 66°C) MV225-1A/B	口径
低合金鋼	蒸気	タービンラント蒸気系	高*3	40~200	連続	8.6	302	◎	胴体圧力調節弁パイプ弁 (200A, 1.8MPa, 209°C) MV231-4	口径
		タービンヒータベント系	高*3	40	連続	2.7	230			
	純水	原子炉隔離時冷却系	高*3	25	一時	8.6	302	◎	蒸気第1ドレン弁 (25A, 8.6MPa, 302°C) AV221-20	運転状態

\*1: 最上位の重要度を示す。

\*2: 重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器および構造物であることを示す。

\*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10種類の弁について技術評価を実施する。

- ① 原子炉圧力容器連続ベント弁 (V211-502)
- ② N<sub>2</sub>補給隔離弁 (AV217-7)
- ③ 残留熱除去ポンプ炉水戻り弁 (MV222-11A/B)
- ④ 残留熱除去系熱交冷却水出口弁 (MV214-7A/B)
- ⑤ 主蒸気系計装元弁 (V202-700A/B/C/D)
- ⑥ 逃がし弁N<sub>2</sub>供給弁 (MV227-3)
- ⑦ 原子炉浄化系入口元弁 (MV213-1A/B)
- ⑧ ほう酸水貯蔵タンク出口弁 (MV225-1A/B)
- ⑨ 胴体圧力調節弁バイパス弁 (MV231-4)
- ⑩ 蒸気第1ドレン弁 (AV221-20)

### 2.1 構造、材料および使用条件

#### 2.1.1 原子炉圧力容器連続ベント弁 (V211-502)

##### (1) 構造

原子炉圧力容器連続ベント弁は、口径50 A、最高使用圧力8.6 MPa、最高使用温度302 °Cの手動玉形弁であり、1台設置している。

弁本体は、蒸気を内包する耐圧部（弁箱、弁ふた、ジョイントボルト・ナット、軸封部）、蒸気を仕切る隔離部（弁体、弁座）およ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。

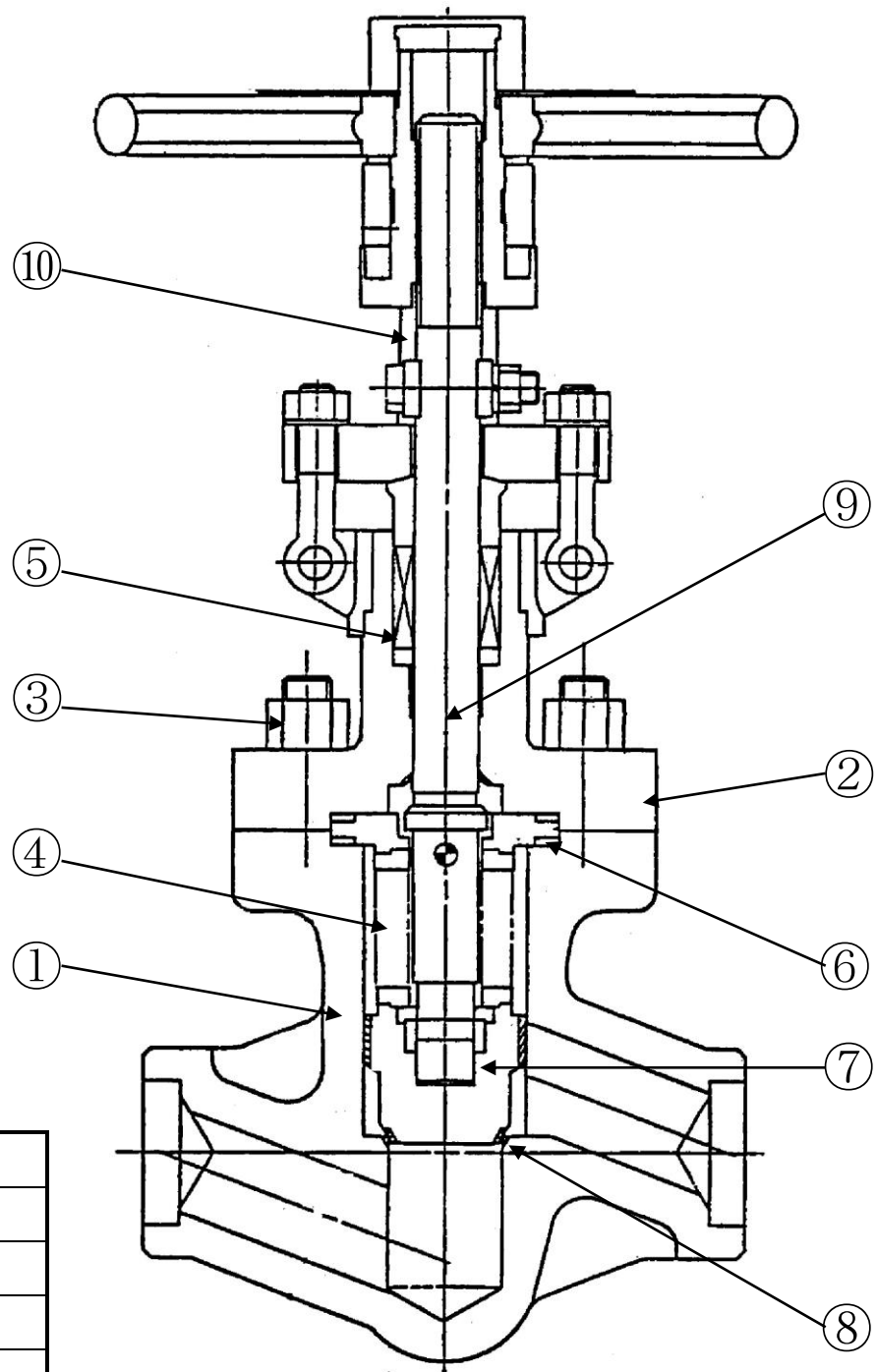
蒸気に接する弁箱、弁ふた、弁座は炭素鋼、弁体はステンレス鋼である。また、軸封部には流体の漏れを防止するためベローズおよびグランドパッキンを使用している。

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。

原子炉圧力容器連続ベント弁の構造図を図2.1-1に示す。

##### (2) 材料および使用条件

原子炉圧力容器連続ベント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	ハローズ
⑤	グラントパッキン
⑥	ガスケット
⑦	弁体
⑧	弁座
⑨	弁棒
⑩	ヨーク

図2.1-1 原子炉圧力容器連続ベント弁構造図

表2.1-1 原子炉圧力容器連続ベント弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部位	材料
パウンドガリの維持	弁箱	炭素鋼 (S28C)
	弁ふた	炭素鋼 (S28C)
	ジョイントボルト・ナット	低合金鋼 (SNB7)
	パッキン	高ニッケル合金 (インコネル718)
	グライトパッキン	(消耗品)
	ガスケット	(消耗品)
隔離機能の維持	弁体	ステンレス鋼 (SUS304 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	弁棒	ステンレス鋼 (SUS630)
	ヨーク	炭素鋼鋳鋼 (SC49)

表2.1-2 原子炉圧力容器連続ベント弁の使用条件

最高使用圧力	8.6MPa
最高使用温度	302℃
内部流体	蒸気

## 2.1.2 N2補給隔離弁 (AV217-7)

### (1) 構造

N2補給隔離弁は、口径50 A、最高使用圧力1.8 MPa、最高使用温度171 °Cの空気作動玉形弁であり、1台設置している。

弁本体は、ガス（窒素、空気）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、空気）を仕切る隔離部（弁体、弁座）およ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。

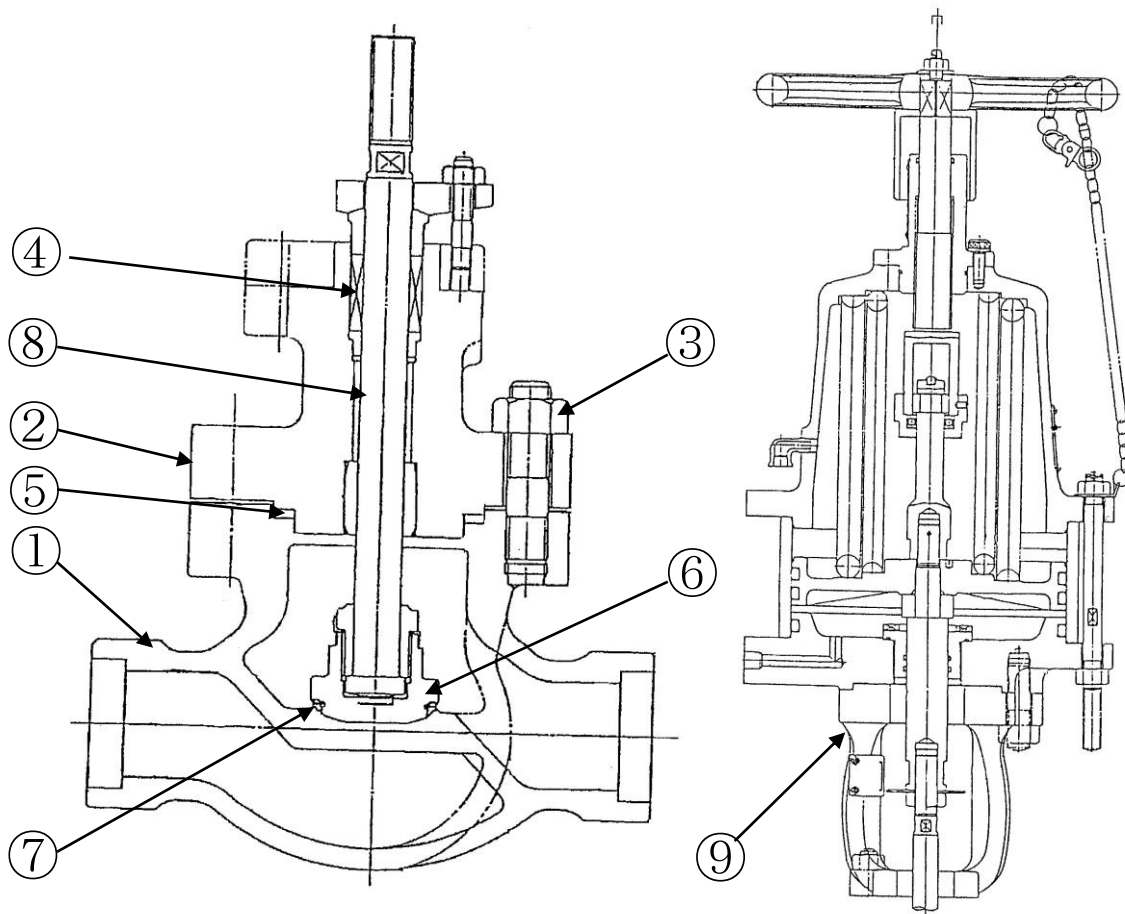
ガス（窒素、空気）に接する弁箱、弁ふたおよび弁座は炭素鋼鋳鋼、弁体はステンレス鋼である。また、軸封部には漏れを防止するためグランドパッキンを使用している。

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。

N2補給隔離弁の構造図を図2.1-2に示す。

### (2) 材料および使用条件

N2補給隔離弁主要部位の使用材料を表2.1-3に、使用条件を表2.1-4に示す。



No.	部 位
①	弁箱
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	グラントパッキン
⑤	ガスケット
⑥	弁体
⑦	弁座
⑧	弁棒
⑨	ヨーク

図2.1-2 N2補給隔離弁構造図

表2.1-3 N2補給隔離弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部位	材料
バウダリの維持	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・ナット	低合金鋼 (SNB7) 炭素鋼 (S45C)
	グラフトパッキン	(消耗品)
	カスケット	(消耗品)
隔離機能の維持	弁体	ステンレス鋼 (SUSF304 ステライト肉盛)
	弁座	炭素鋼鋳鋼 (SCPH2 ステライト肉盛)
作動機能の維持	弁棒	ステンレス鋼 (SUS403)
	ヨーク	炭素鋼鋳鋼 (SCPH2)

表2.1-4 N2補給隔離弁の使用条件

最高使用圧力	1.8MPa
最高使用温度	171℃
内部流体	ガス (窒素, 空気)

### 2.1.3 残留熱除去ポンプ炉水戻り弁 (MV222-11A/B)

#### (1) 構造

残留熱除去ポンプ炉水戻り弁は、口径250 A、最高使用圧力10.4 MPa、最高使用温度302 °Cの電動玉形弁であり、2台設置している。

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）およ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、弁体および弁座は炭素鋼である。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を使用している。

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。

残留熱除去ポンプ炉水戻り弁の構造図を図2.1-3に示す。

#### (2) 材料および使用条件

残留熱除去ポンプ炉水戻り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。



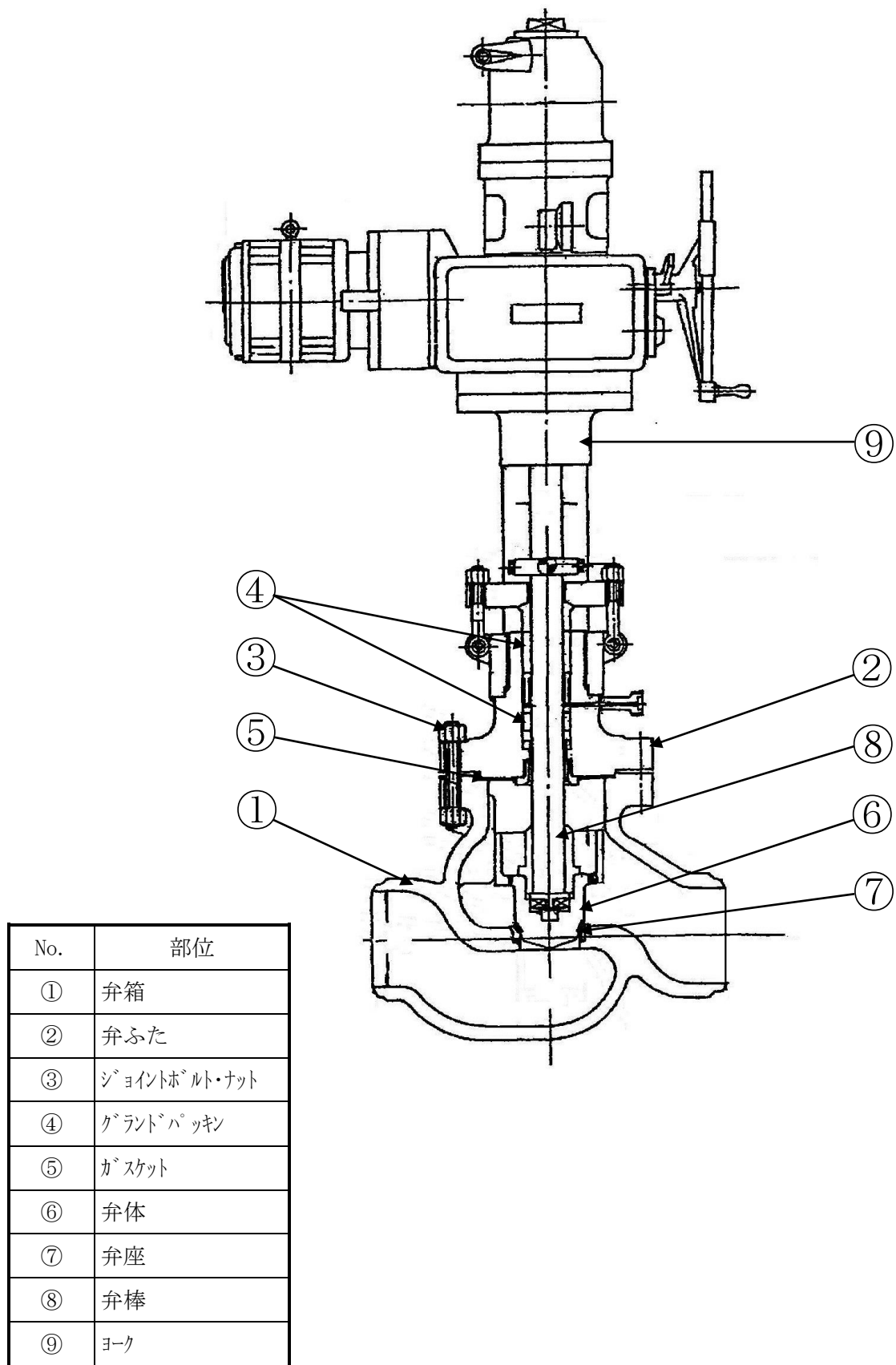


図2.1-3 残留熱除去ポンプ炉水戻り弁構造図

表2.1-5 残留熱除去ポンプ炉水戻り弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部位	材料
ハウンドリの維持	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・ナット	低合金鋼 (SNB7)
	グラフトパッキン	(消耗品)
	ガスケット	(消耗品)
隔離機能の維持	弁体	炭素鋼 (GLF2 ステライト肉盛)
	弁座	炭素鋼 (ASME SA350 LF2 13Cr盛)
作動機能の維持	弁棒	ステンレス鋼 (SUS431)
	ヨーク	炭素鋼鋳鋼 (SCPH2)

表2.1-6 残留熱除去ポンプ炉水戻り弁の使用条件

最高使用圧力	10.4MPa
最高使用温度	302°C
内部流体	純水

## 2.1.4 残留熱除去系熱交冷却水出口弁 (MV214-7A/B)

### (1) 構造

残留熱除去系熱交冷却水出口弁は、口径450 A, 最高使用圧力1.4 MPa, 最高使用温度85 °Cの電動玉形弁であり、2台設置している。

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）およ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、弁ふたおよび弁体は炭素鋼鋳鋼、弁座は炭素鋼である。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を使用している。

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。

残留熱除去系熱交冷却水出口弁の構造図を図2.1-4に示す。

### (2) 材料および使用条件

残留熱除去系熱交冷却水出口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。

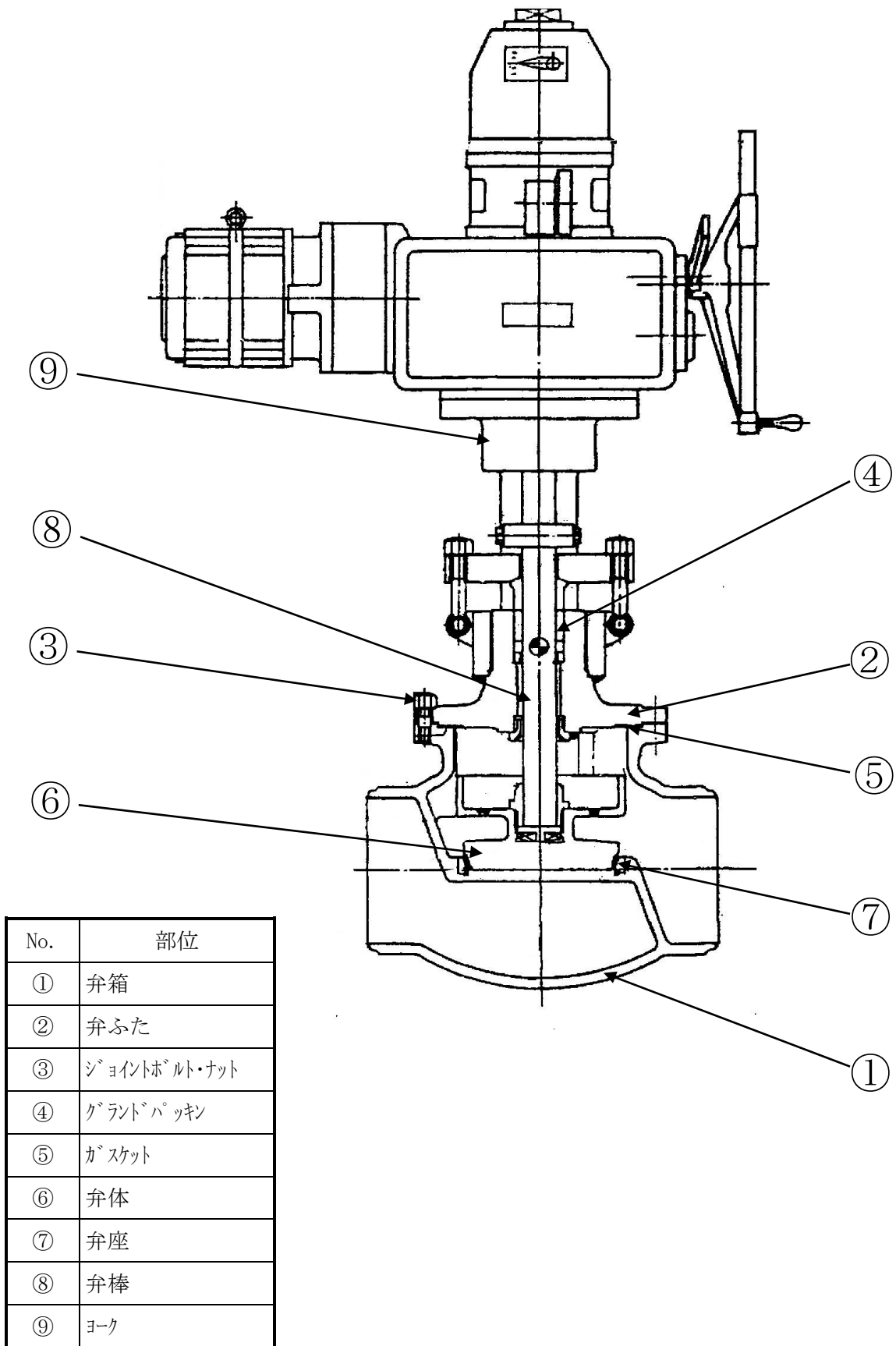


図2.1-4 残留熱除去系熱交冷却水出口弁構造図

表2.1-7 残留熱除去系熱交冷却水出口弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部位	材料
バウダリの維持	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・ナット	低合金鋼 (SNB7)
	グラフトパッキン	(消耗品)
	ガスケット	(消耗品)
隔離機能の維持	弁体	炭素鋼鋳鋼 (SCPL1 ステライト肉盛)
	弁座	炭素鋼 (ASME SA350 LF2 13Cr肉盛)
作動機能の維持	弁棒	ステンレス鋼 (SUS431)
	ヨーク	炭素鋼鋳鋼 (SCPH2)

表2.1-8 残留熱除去系熱交冷却水出口弁の使用条件

最高使用圧力	1.4MPa
最高使用温度	85℃
内部流体	防錆剤入り純水

## 2.1.5 主蒸気系計装元弁 (V202-700A/B/C/D)

### (1) 構造

主蒸気系計装元弁は、口径20 A、最高使用圧力8.6 MPa、最高使用温度302 °Cの手動玉形弁であり、4台設置している。

弁本体は、蒸気を内包する耐圧部（弁箱、弁ふた、ジョイントボルト・ナット、軸封部）、蒸気を仕切る隔離部（弁体、弁座）およ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。

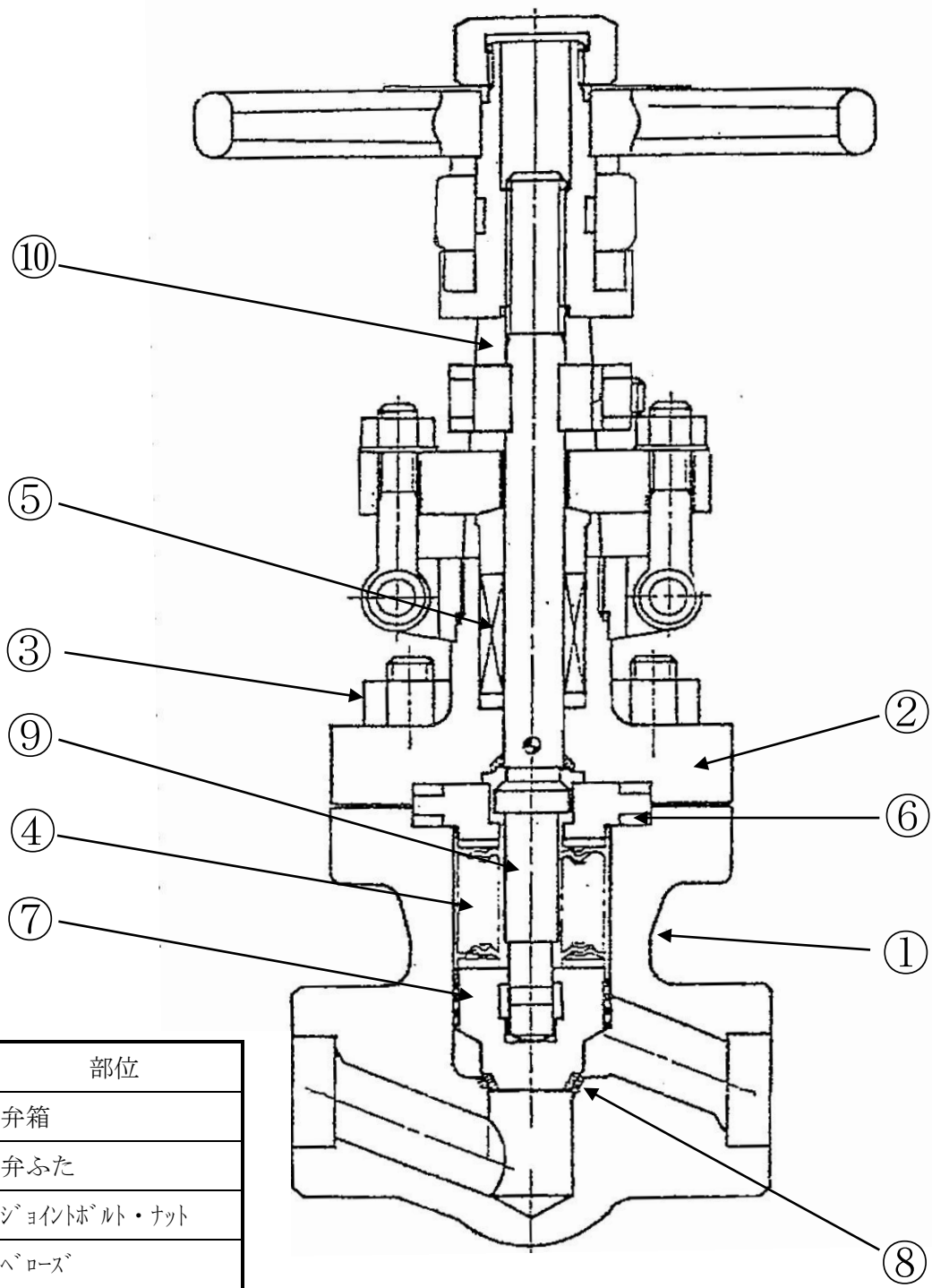
蒸気に接する弁箱、弁ふた、弁体および弁座はステンレス鋼である。また、軸封部には流体の漏れを防止するためベローズおよびグランドパッキンを使用している。

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。

主蒸気系計装元弁の構造図を図2.1-5に示す。

### (2) 材料および使用条件

主蒸気系計装元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	パッキン
⑤	グラウトパッキン
⑥	ガスケット
⑦	弁体
⑧	弁座
⑨	弁棒
⑩	ヨーク

図2.1-5 主蒸気系計装元弁構造図

表2.1-9 主蒸気系計装元弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部位	材料
ハウダリの維持	弁箱	ステンレス鋼 (SUSF316 ステライト肉盛)
	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・ナット	低合金鋼 (SNB7)
	ベローズ	高ニッケル合金 (インコネル718)
	グラフトパッキン	(消耗品)
	ガスケット	(消耗品)
隔離機能の維持	弁体	ステンレス鋼 (SUS316 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	弁棒	ステンレス鋼 (SUS630)
	ヨーク	炭素鋼 (S25C)

表2.1-10 主蒸気系計装元弁の使用条件

最高使用圧力	8.6MPa
最高使用温度	302℃
内部流体	蒸気



## 2.1.6 逃がし弁N2供給弁 (MV227-3)

### (1) 構造

逃がし弁N2供給弁は、口径50 A、最高使用圧力1.8 MPa、最高使用温度200 °Cの電動玉形弁であり、1台設置している。

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）およ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。

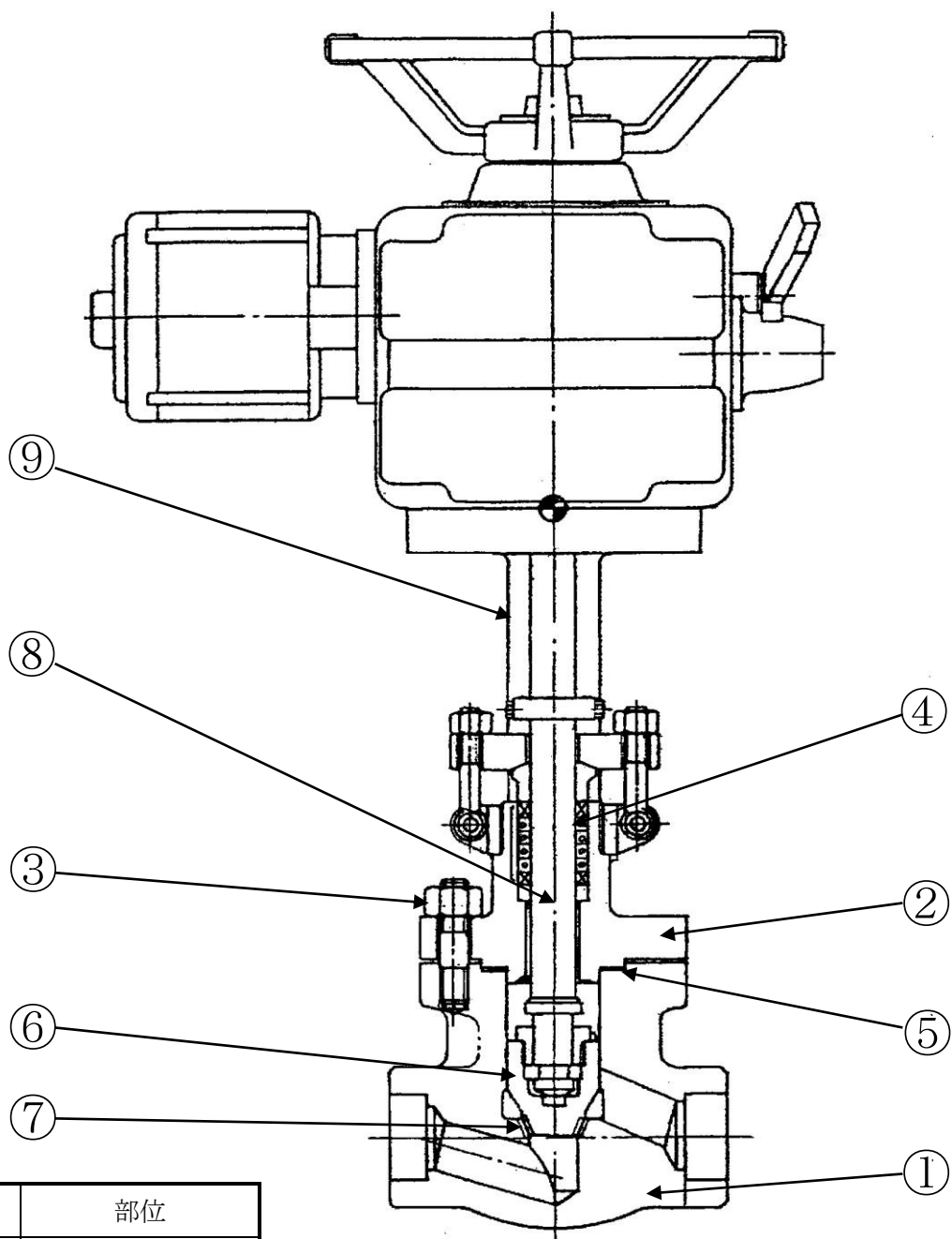
ガス（窒素）に接する弁箱、弁ふた、弁体および弁座はステンレス鋼である。また、軸封部には流体の漏れを防止するためグランドパッキンを使用している。

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。

逃がし弁N2供給弁の構造図を図2.1-6に示す。

### (2) 材料および使用条件

逃がし弁N2供給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	グラントパッキン
⑤	ガスケット
⑥	弁体
⑦	弁座
⑧	弁棒
⑨	ヨーク

図2.1-6 逃がし弁N2供給弁構造図

表2.1-11 逃がし弁N2供給弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部位	材料
ハウダリの維持	弁箱	ステンレス鋼 (SUSF304 ステライト肉盛)
	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・ナット	低合金鋼 (SNB7)
	グランドパッキン	(消耗品)
	ガスケット	(消耗品)
隔離機能の維持	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	弁棒	ステンレス鋼 (SUS431)
	ヨーク	炭素鋼鋳鋼 (SCPH2)

表2.1-12 逃がし弁N2供給弁の使用条件

最高使用圧力	1.8MPa
最高使用温度	200℃
内部流体	ガス (窒素)

## 2.1.7 原子炉浄化系入口元弁 (MV213-1A/B)

### (1) 構造

原子炉浄化系入口元弁は、口径200 A、最高使用圧力8.6 MPa、最高使用温度302 °Cの電動玉形弁であり、2台設置している。

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）およ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、弁ふたはステンレス鋳鋼、弁体、弁座はステンレス鋼である。また、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を使用している。

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。

原子炉浄化系入口元弁の構造図を図2.1-7に示す。

### (2) 材料および使用条件

原子炉浄化系入口元弁主要部位の使用材料を表2.1-13に、使用条件を表2.1-14に示す。

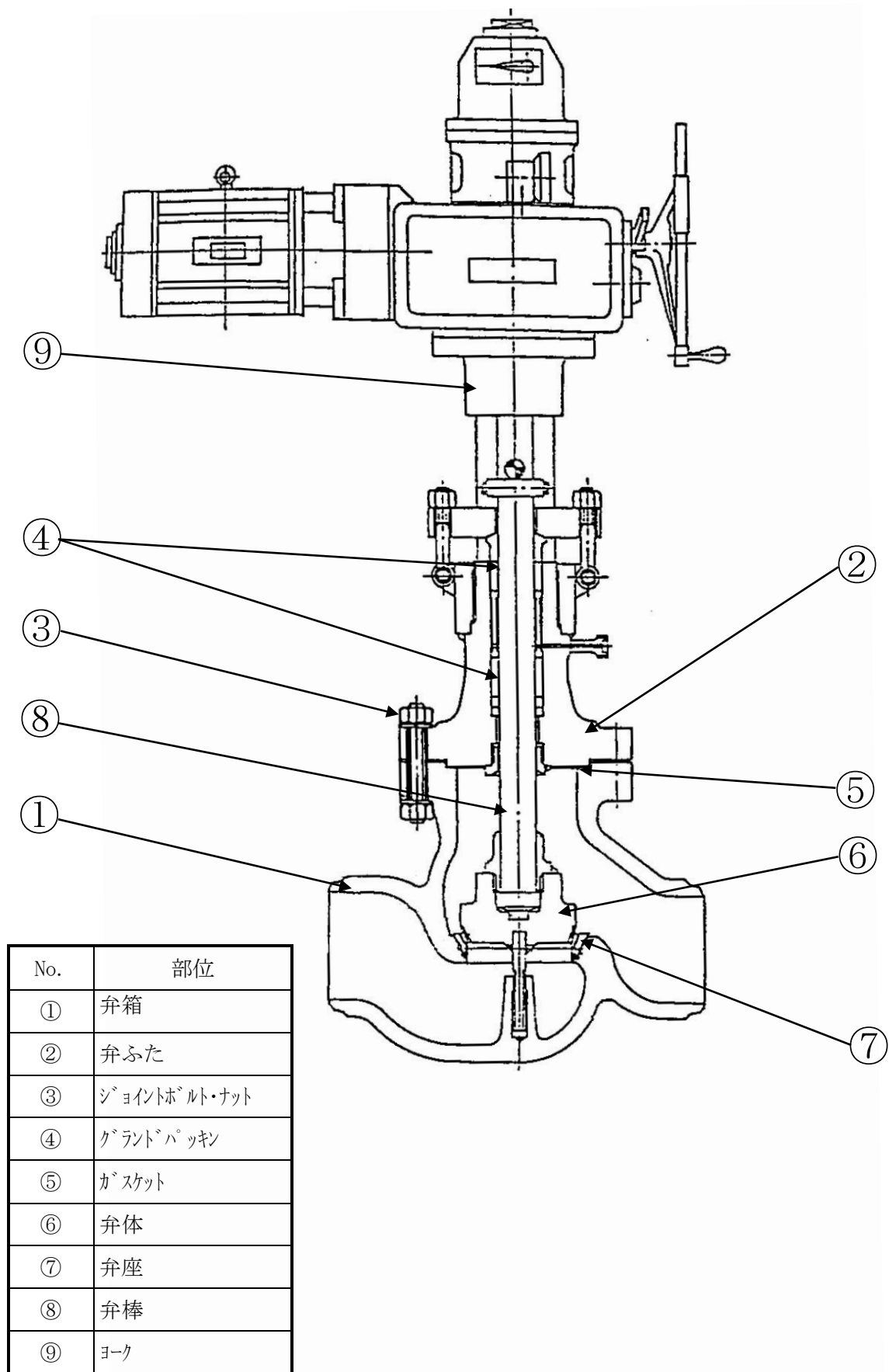


図2.1-7 原子炉浄化系入口元弁構造図

表2.1-13 原子炉浄化系入口元弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部位	材料
バウンダリの維持	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・ナット	低合金鋼 (SNB7)
	グランドパッキン	(消耗品)
	ガスケット	(消耗品)
隔離機能の維持	弁体	ステンレス鋼 (SUSF316L ステライト肉盛)
	弁座	ステンレス鋼 (SUSF316L ステライト肉盛)
作動機能の維持	弁棒	ステンレス鋼 (SUS431)
	ヨーク	炭素鋼鋳鋼 (SCPH2)

表2.1-14 原子炉浄化系入口元弁の使用条件

最高使用圧力	8.6MPa
最高使用温度	302℃
内部流体	純水

## 2.1.8 ほう酸水貯蔵タンク出口弁 (MV225-1A/B)

### (1) 構造

ほう酸水貯蔵タンク出口弁は、口径80 A、最高使用圧力0.9 MPa、最高使用温度66 °Cの電動玉形弁であり、2台設置している。

弁本体は、五ほう酸ナトリウム水を包含する耐圧部（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）およ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。

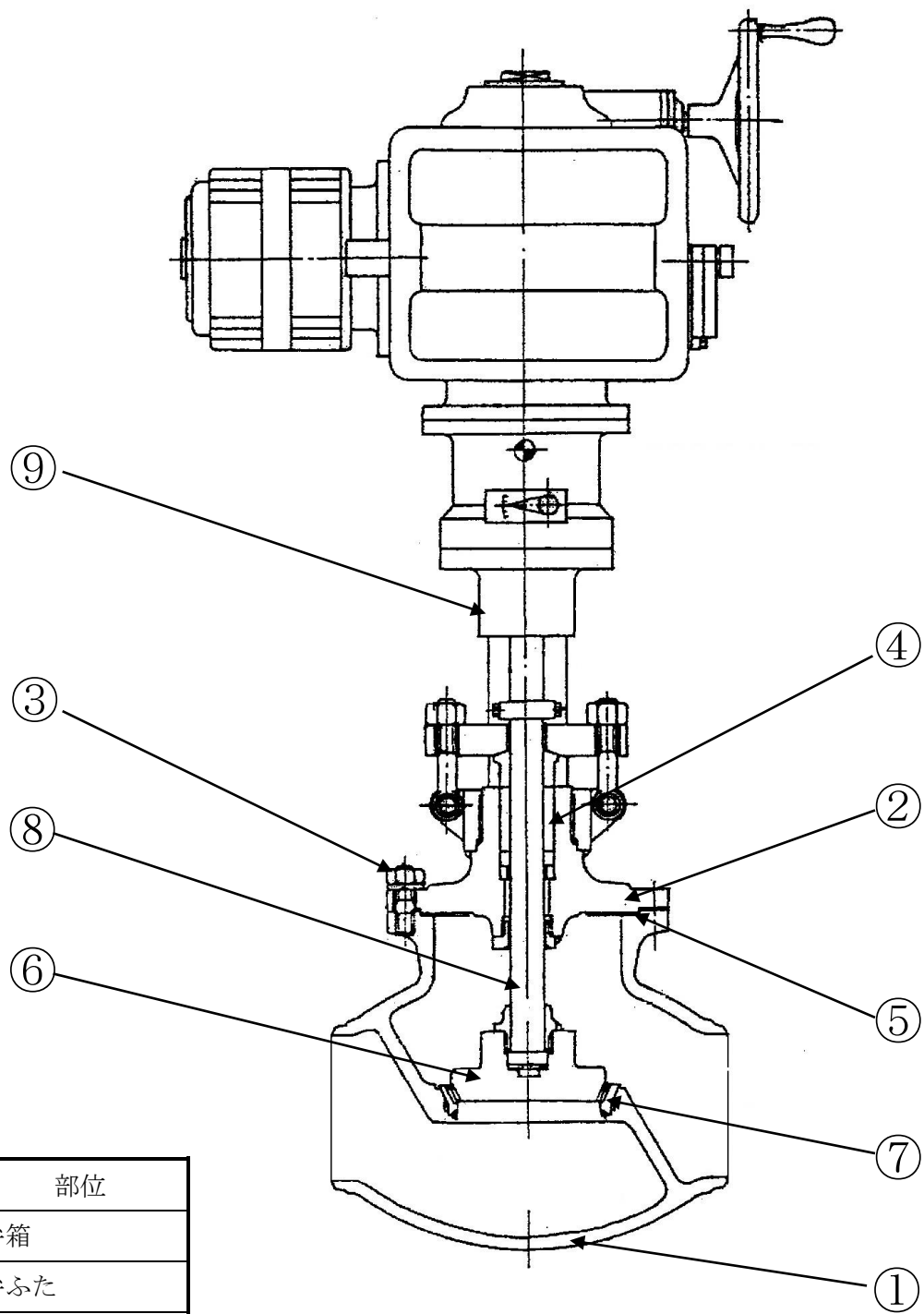
五ほう酸ナトリウム水に接する弁箱、弁ふたはステンレス鋳鋼、弁体、弁座はステンレス鋼である。また、軸封部には流体の漏れを防止するためグランドパッキンを使用している。

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。

ほう酸水貯蔵タンク出口弁の構造図を図2.1-8に示す。

### (2) 材料および使用条件

ほう酸水貯蔵タンク出口弁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	弁箱
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	グラントパッキン
⑤	ガスケット
⑥	弁体
⑦	弁座
⑧	弁棒
⑨	ヨーク

図2.1-8 ほう酸水貯蔵タンク 出口弁構造図



表2.1-15 ほう酸水貯蔵タンク出口弁の主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部位	材料
パウンダリの維持	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・ナット	低合金鋼 (SNB7)
	グラインドパッキン	(消耗品)
	ガスケット	(消耗品)
隔離機能の維持	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	弁棒	ステンレス鋼 (SUS431)
	ヨーク	炭素鋼鋳鋼 (SCPH2)

表2.1-16 ほう酸水貯蔵タンク出口弁の主要部位の使用条件

最高使用圧力	0.9MPa
最高使用温度	66℃
内部流体	五ほう酸ナトリウム水

## 2.1.9 胴体圧力調節弁バイパス弁 (MV231-4)

### (1) 構造

胴体圧力調節弁バイパス弁は、口径200 A、最高使用圧力1.8 MPa、最高使用温度209 °Cの電動玉形弁であり、1台設置している。

弁本体は、蒸気を包含する耐圧部（弁箱、弁ふた、ジョイントボルト・ナット、軸封部）、蒸気を仕切る隔離部（弁体、弁座）およ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。

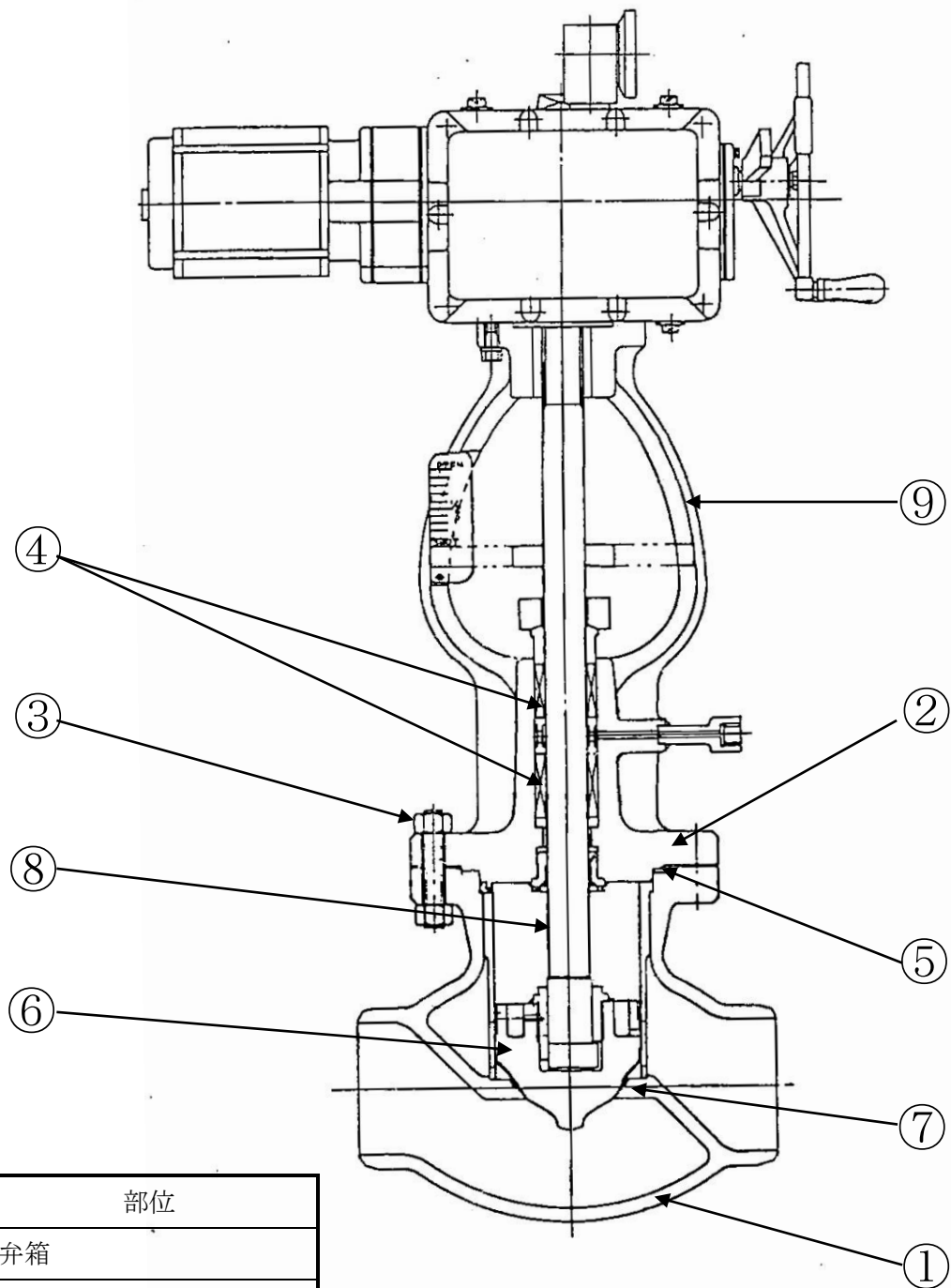
蒸気に接する弁箱、弁ふた、弁座は低合金鋼、弁体はステンレス鋼である。また、軸封部には流体の漏れを防止するためグランドパッキンを使用している。

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。

胴体圧力調節弁バイパス弁の構造図を図2.1-9に示す。

### (2) 材料および使用条件

胴体圧力調節弁バイパス弁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	弁箱
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	グランドパッキン
⑤	ガスケット
⑥	弁体
⑦	弁座
⑧	弁棒
⑨	ヨーク

図2.1-9 胴体圧力調節弁バイパス弁構造図

表2.1-17 胴体圧力調節弁バイパス弁の主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部位	材料
バウダリの維持	弁箱	低合金鋼 (SCPH21)
	弁ふた	低合金鋼 (SCPH21)
	ジョイントボルト・ナット	低合金鋼 (SNB7)
	グラフトパッキン	(消耗品)
	ガスケット	(消耗品)
隔離機能の維持	弁体	ステンレス鋼 (SUSF304 ステライト肉盛)
	弁座	低合金鋼 (SCPH21 ステライト肉盛)
作動機能の維持	弁棒	ステンレス鋼 (SUS431B)
	ヨーク	低合金鋼 (SCPH21)

表2.1-18 胴体圧力調節弁バイパス弁の主要部位の使用条件

最高使用圧力	1.8MPa
最高使用温度	209℃
内部流体	蒸気

## 2.1.10 蒸気第1ドレン弁 (AV221-20)

### (1) 構造

蒸気第1ドレン弁は口径25 A, 最高使用圧力8.6 MPa, 最高使用温度302 °Cの空気作動玉形弁であり, 1台設置している。

弁本体は, 純水を包含する耐圧部 (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) およ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。

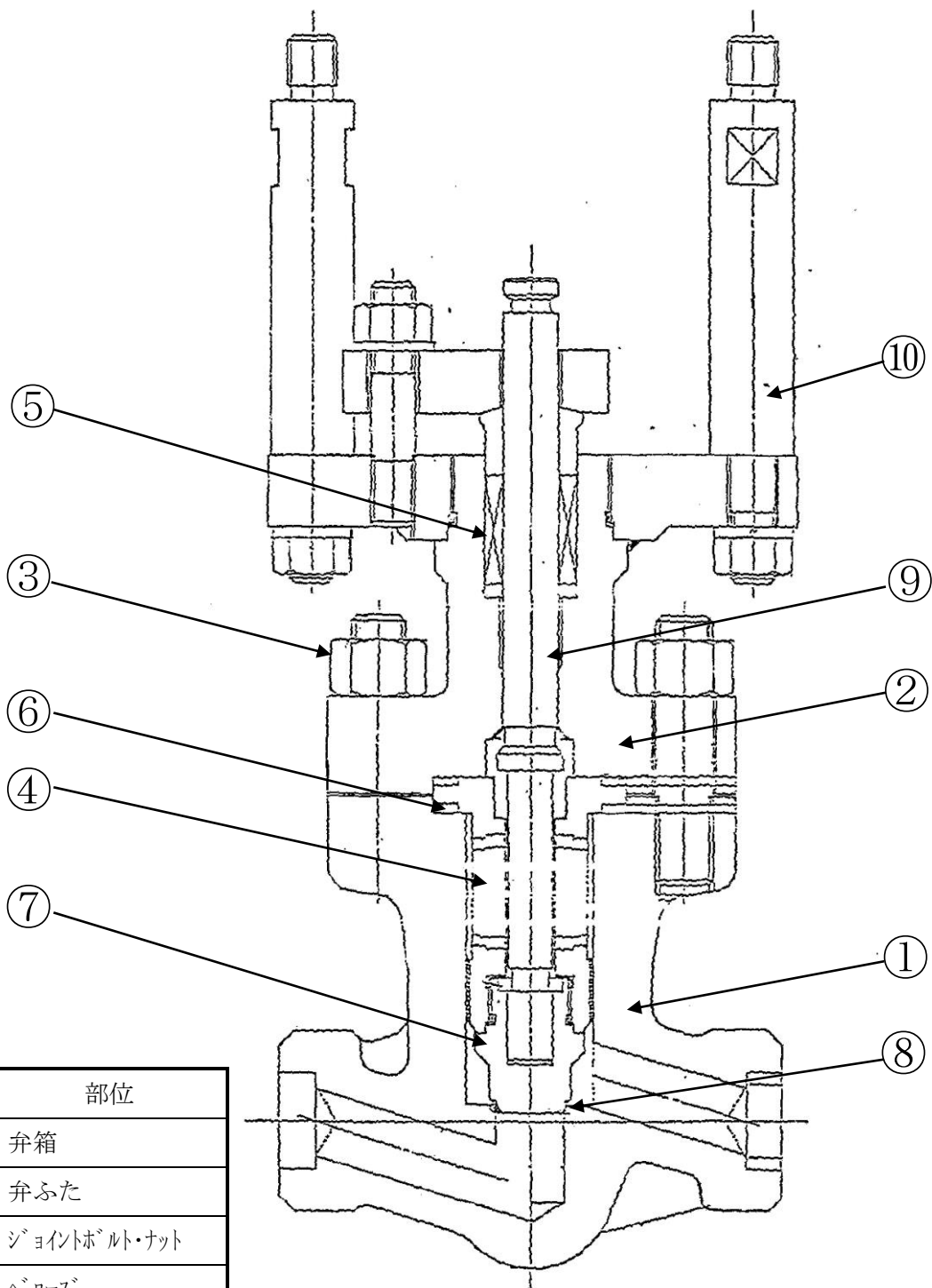
純水に接する弁箱, 弁ふた, 弁座は低合金鋼, 弁体はステンレス鋼である。また, 軸封部には流体の漏れを防止するためベローズおよびグランドパッキンを使用している。

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。

蒸気第1ドレン弁の構造図を図2.1-10に示す。

### (2) 材料および使用条件

蒸気第1ドレン弁主要部位の使用材料を表2.1-19に, 使用条件を表2.1-20に示す。



No.	部位
①	弁箱
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	ベローズ
⑤	グラントパッキン
⑥	ガスケット
⑦	弁体
⑧	弁座
⑨	弁棒
⑩	ヨーク

図2.1-10 蒸気第1ドレン弁構造図

表2.1-19 蒸気第1ドレン弁の主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部位	材料
ハウタリの維持	弁箱	低合金鋼 (SFVAF11A)
	弁ふた	低合金鋼 (SFVAF11A)
	ジョイントボルト・ナット	低合金鋼 (SNB7)
	ベローズ	高ニッケル合金 (インコネル718)
	グラントパッキン	(消耗品)
	ガスケット	(消耗品)
隔離機能の維持	弁体	ステンレス鋼 (SUS304 ストレイト肉盛)
	弁座	低合金鋼 (SFVAF11A ストレイト肉盛)
作動機能の維持	弁棒	ステンレス鋼 (SUS630)
	ヨーク	炭素鋼 (S25C)

表2.1-20 蒸気第1ドレン弁の主要部位の使用条件

最高使用圧力	8.6MPa
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

玉形弁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 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の抽出

#### (1) 想定される経年劣化事象

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（流体の種類、圧力、温度等）およ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、消耗品および定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品および定期取替品の扱い

ガスケット、グランドパッキンは消耗品であり、長期使用せず取替を前提としていることから、高経年化対策を見極める上で評価対象外とする。



(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にく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 (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 (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 [残留熱除去ポンプ炉水戻り弁]

### 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、弁ふたおよび弁座の腐食（流れ加速型腐食）〔原子炉圧力容器連続ベント弁、胴体圧力調節弁バイパス弁、蒸気第1ドレン弁〕

弁箱、弁ふたおよび弁座は炭素鋼または低合金鋼であり、内部流体が蒸気または純水であることから腐食（流れ加速型腐食）が想定される。

しかし、定期的に見視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な腐食（流れ加速型腐食）は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. 弁箱および弁ふたの腐食（全面腐食）〔原子炉圧力容器連続ベント弁、胴体圧力調節弁バイパス弁、蒸気第1ドレン弁〕

弁箱および弁ふたは炭素鋼または低合金鋼であり、外面に腐食が想定されるが、防食塗装が施されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、定期的に見視確認を行い、塗装の状態を確認するとともに、必要により補修塗装を実施することとしており、これまで有意な腐食は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. ベローズの粒界型応力腐食割れ〔原子炉圧力容器連続ベント弁、主蒸気系計装元弁、蒸気第1ドレン弁〕

ベローズは高ニッケル合金であり、内部流体が蒸気または純水であることから、応力腐食割れが想定される。

しかし、定期的に見視確認および漏えい確認により健全性を確認しており、これまで有意な割れは確認されていない。

したがって、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にくいことから、高経年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〔原子炉圧力容器連続ベント弁、主蒸気系計装元弁、蒸気第1ドレン弁〕

ベローズは弁の開閉動作により疲労が蓄積し、疲労割れが想定されるが、弁の作動頻度が少ないことから疲労割れが発生する可能性は小さい。

また、定期的に見視確認および漏えい確認により健全性を確認しており、これまで有意な割れは確認されていない。

したがって、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にくいことから、高経年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）〔共通〕

ジョイントボルト・ナットは炭素鋼または低合金鋼であり、腐食が想定されるが、定期的に見視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。

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

f. 弁棒の摩耗〔共通〕

弁棒はグランドパッキンと接触することにより、摩耗が想定されるが、弁棒は摺動するグランドパッキンよりも硬いため、摩耗が発生する可能性は小さい。

また、定期的に見視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な摩耗は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. 弁棒の疲労割れ〔共通〕

弁の全開使用時に、弁棒のバックシート部に過負荷がかかった状態で配管振動等による変動応力が加わると、バックシート部に疲労割れが想定されるが、電動弁については、全開操作時にバックシート部に過負荷がかからない位置でリミットスイッチが切れるよう設定されていることから疲労割れが発生する可能性は小さい。

手動弁については、開操作時に過負荷がかからないように適切な操作を行っており、空気作動弁については作動空気圧が小さいことから、疲労割れが発生する可能性は小さい。

また、定期的に見視確認および浸透探傷試験により、健全性を確認しており、これまで有意な割れは認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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）〔共通〕

ヨークは炭素鋼、炭素鋼鋳鋼または低合金鋼であり、腐食が想定されるが、防食塗装が施されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、定期的に見視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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, 弁体および弁座の腐食（全面腐食）〔N2補給隔離弁, 残留熱除去系熱交冷却水出口弁〕

N2補給隔離弁の弁箱, 弁ふたおよび弁座は炭素鋼鋳鋼, 残留熱除去系熱交冷却水出口弁の弁箱, 弁ふた, 弁体および弁座は炭素鋼または炭素鋼鋳鋼であるが, 内部流体がガス（窒素または空気）または防錆剤入り純水であることから腐食が発生する可能性は小さい。

また, 定期的に目視確認を行い, 健全性を確認しており, これまで有意な腐食は認められていない。

弁箱および弁ふたは炭素鋼鋳鋼であり, 外面に腐食が想定されるが, 防食塗装が施されていることから, 腐食が発生する可能性は小さい。

また, 定期的に目視確認を行い, 塗装の状態を確認するとともに, 必要により補修塗装を実施することとしており, これまで有意な腐食は認められていない。

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

j. 弁箱, 弁ふた, 弁体および弁座の腐食（全面腐食）〔残留熱除去ポンプ炉水戻り弁〕

弁箱, 弁ふた, 弁体および弁座は炭素鋼または炭素鋼鋳鋼であり, 内部流体が純水であることから腐食が想定される。

しかし, 定期的に目視確認を行い, 健全性を確認しており, これまで有意な腐食は認められていない。

弁箱および弁ふたは炭素鋼鋳鋼であり, 外面に腐食が想定されるが, 防食塗装が施されていることから, 腐食が発生する可能性は小さい。

また, 定期的に目視確認を行い, 塗装の状態を確認するとともに, 必要により補修塗装を実施することとしており, これまで有意な腐食は認められていない。

したがって, 今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから, 高経年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. 弁箱および弁ふたの貫粒型応力腐食割れ〔主蒸気系計装元弁, 逃がし弁N2供給弁, 原子炉浄化系入口元弁, ほう酸水貯蔵タンク出口弁〕

弁箱および弁ふたはステンレス鋼またはステンレス鋳鋼であり, 貫粒型応力腐食割れが想定されるが, 屋内空調環境に設置されていることおよびステンレス材を使用する工事においては塩分管理を実施していることから, 塩分付着による貫粒型応力腐食割れが発生する可能性は小さい。

また, 定期的に目視確認を行い, 健全性を確認しており, これまでに有意な割れは認められていない。

したがって, 今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから, 高経年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. 弁箱，弁ふた，弁体，弁座および弁棒の腐食〔ほう酸水貯蔵タンク出口弁〕

弁箱および弁ふたはステンレス鋳鋼，弁体，弁座および弁棒はステンレス鋼であり，内部流体は五ほう酸ナトリウム水であるため，腐食が想定されるが，ステンレス鋳鋼および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，定期的に目視確認を行い，健全性を確認しており，これまで有意な腐食は認められていない。

したがって，今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから，高経年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. 弁箱および弁ふたの熱時効〔原子炉浄化系入口元弁〕

弁箱および弁ふたはステンレス鋳鋼であり，熱時効による材料の靱性低下等の機械的特性の変化が想定されるが，き裂の原因となる経年劣化事象は想定されないことから，熱時効が問題となる可能性はないと評価する。

また，定期的に目視確認または浸透探傷試験により健全性を確認しており，これまで有意な欠陥は認められていない。

したがって，今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから，高経年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 (1/10) 原子炉圧力容器連続ベント弁に想定される経年劣化事象〔蒸気系炭素鋼玉形弁〕

機能達成に必要な項目	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		
バウダリの維持	弁箱		炭素鋼		△*2△						*1：シートはスライト肉盛 *2：流れ加速型腐食
	弁ふた		炭素鋼		△*2△						
	ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	ベローズ		高ニッケル合金			△	△				
	グラフトパッキン	◎	—								
	ガスケット	◎	—								
隔離機能の維持	弁体		ステンレス鋼*1								
	弁座		炭素鋼*1		△*2						
作動機能の維持	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 (2/10) N2補給隔離弁に想定される経年劣化事象〔ガス系炭素鋼玉形弁〕

機能達成に必要な項目	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		
ハウタリの維持	弁箱		炭素鋼鋳鋼		△					*1：シートはスライト肉盛	
	弁ふた		炭素鋼鋳鋼		△						
	ジョイントボルト・ナット		低合金鋼 炭素鋼		△						
	グラントパッキン	◎	—								
	ガスケット	◎	—								
隔離機能の維持	弁体		ステンレス鋼*1								
	弁座		炭素鋼鋳鋼*1		△						
作動機能の維持	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 (3/10) 残留熱除去ポンプ炉水戻り弁に想定される経年劣化事象〔純水系炭素鋼玉形弁〕

機能達成に必要な項目	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		
ハウダリの維持	弁箱		炭素鋼鋳鋼		△	○				*1：シートはスチール肉盛 *2：シートは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		△						
	グラントパッキン	◎	—								
	ガスケット	◎	—								
隔離機能の維持	弁体		炭素鋼*1		△						
	弁座		炭素鋼*2		△						
作動機能の維持	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 (4/10) 残留熱除去系熱交冷却水出口弁に想定される経年劣化事象〔冷却水系炭素鋼玉形弁〕

機能達成に必要な項目	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		
ハウダリの維持	弁箱		炭素鋼鋳鋼		△					*1：シートはスライ卜肉盛 *2：シートは13Cr肉盛	
	弁ふた		炭素鋼鋳鋼		△						
	ジョイントホルト・ナット		低合金鋼		△						
	グラントパッキン	◎	—								
	カスケツト	◎	—								
隔離機能の維持	弁体		炭素鋼鋳鋼*1		△						
	弁座		炭素鋼*2		△						
作動機能の維持	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 (5/10) 主蒸気系計装元弁に想定される経年劣化事象〔蒸気系ステンレス鋼玉形弁〕

機能達成に必要な項目	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		
バウダリの維持	弁箱		ステンレス鋼*1				△*2				*1：シートはストレイト肉盛 *2：貫粒型応力腐食割れ
	弁ふた		ステンレス鋼*1				△*2				
	ジョイントホルト・ナット		低合金鋼		△						
	ベローズ		高ニッケル合金			△	△				
	グラフトパッキン	◎	—								
	ガスケット	◎	—								
隔離機能の維持	弁体		ステンレス鋼*1								
	弁座		ステンレス鋼*1								
作動機能の維持	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 (6/10) 逃がし弁N2供給弁に想定される経年劣化事象〔ガス系ステンレス鋼玉形弁〕

機能達成に必要な項目	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		
ハウダリの維持	弁箱		ステンレス鋼*1				△*2				*1：シートはステイト肉盛 *2：貫粒型応力腐食割れ
	弁ふた		ステンレス鋼*1				△*2				
	ジョイントホルト・ナット		低合金鋼		△						
	グラントパッキン	◎	—								
	カスケット	◎	—								
隔離機能の維持	弁体		ステンレス鋼*1								
	弁座		ステンレス鋼*1								
作動機能の維持	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 (7/10) 原子炉浄化系入口元弁に想定される経年劣化事象〔純水系ステンレス鋼玉形弁〕

機能達成に必要な項目	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		
ハウダリの維持	弁箱		ステンレス鋳鋼				△*2	△			*1：シートはストレイト肉盛 *2：貫粒型応力腐食割れ
	弁ふた		ステンレス鋳鋼				△*2	△			
	ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	グラントパッキン	◎	—								
	カスケット	◎	—								
隔離機能の維持	弁体		ステンレス鋼*1								
	弁座		ステンレス鋼*1								
作動機能の維持	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 (8/10) ほう酸水貯蔵タンク出口弁に想定される経年劣化事象〔五ほう酸ナトリウム水系ステンレス鋼玉形弁〕

機能達成に必要な項目	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		
ハウダリの維持	弁箱		ステンレス鋳鋼		△		△*2				*1：シートはフライト肉盛 *2：貫粒型応力腐食割れ
	弁ふた		ステンレス鋳鋼		△		△*2				
	ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	グラントパッキン	◎	—								
	ガスケット	◎	—								
隔離機能の維持	弁体		ステンレス鋼*1		△						
	弁座		ステンレス鋼*1		△						
作動機能の維持	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 (9/10) 胴体圧力調節弁バイパス弁に想定される経年劣化事象〔蒸気系低合金玉形弁〕

機能達成に必要な項目	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		
パワントリの維持	弁箱		低合金鋼		△*2△					*1：シートはストレイト肉盛 *2：流れ加速型腐食	
	弁ふた		低合金鋼		△*2△						
	ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	グラントパッキン	◎	—								
	ガスケット	◎	—								
隔離機能の維持	弁体		ステンレス鋼*1								
	弁座		低合金鋼*1		△*2						
作動機能の維持	弁棒		ステンレス鋼	△		△					
	ヨーク		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 (10/10) 蒸気第1ドレン弁に想定される経年劣化事象〔純水系低合金玉形弁〕

機能達成に必要な項目	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	熟時効	劣化		
ハウダリの維持	弁箱		低合金鋼		△*2△						*1：シートはステライト肉盛 *2：流れ加速型腐食
	弁ふた		低合金鋼		△*2△						
	ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	ベローズ		高ニッケル合金			△	△				
	グラフトパッキン	◎	—								
	ガスケット	◎	—								
隔離機能の維持	弁体		ステンレス鋼*1								
	弁座		低合金鋼*1		△*2						
作動機能の維持	弁棒		ステンレス鋼	△		△					
	ヨーク		炭素鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

## 2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

### (1) 弁箱の疲労割れ〔残留熱除去ポンプ炉水戻り弁〕

#### a. 事象の説明

残留熱除去ポンプ炉水戻り弁の弁箱は、プラントの起動・停止時等の温度・圧力変化により疲労が蓄積され、疲労割れが発生する可能性があることから経年劣化に対する評価が必要である。

#### b. 技術評価

##### (a) 健全性評価

残留熱除去ポンプ炉水戻り弁について、応力算出ならびに疲労評価を実施した。

疲労評価は、運転実績に基づいた現時点（2015年7月末時点）の過渡回数と、今後も同様な運転を続けたと仮定して推定した運転開始後60年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 SNF1-2009」に基づいて評価した。評価用過渡条件を表2.3-1に、評価結果を表2.3-2に示す。

この結果、表2.3-2に示すとおり、疲れ累積係数は60年時点でも許容値以下であり、60年間の運転において疲労割れが問題となる可能性はないと判断する。

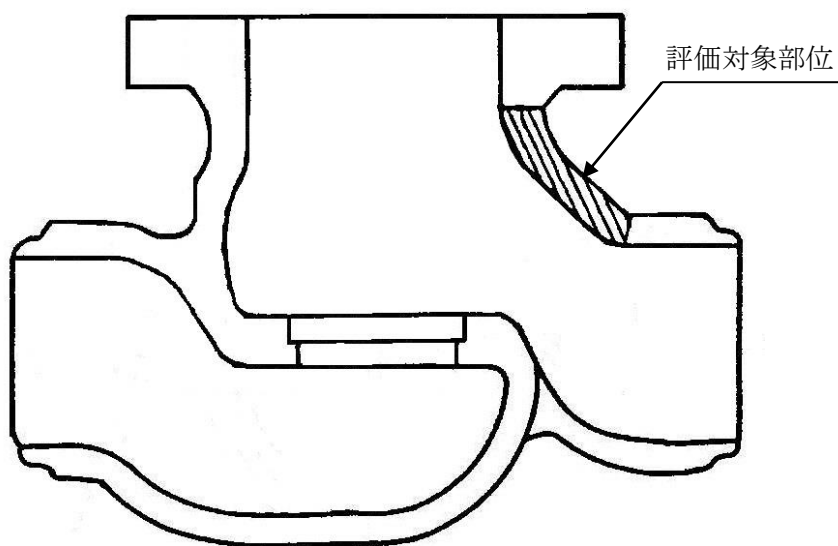


図2.3-1 残留熱除去ポンプ炉水戻り弁 弁箱の疲労評価対象部位



表2.3-1 残留熱除去ポンプ炉水戻り弁 評価用過渡条件

運転条件	運転実績に基づく 過渡回数 (2015年7月末時点)	運転開始後 60年時点
ボルト締付	20	45
耐圧試験	24	55
起動（昇温，タービン起動）	36	74
夜間低出力運転（75%出力）	40	81
週末低出力運転（50%出力）	34	84
制御棒パターン変更	58	143
給水加熱機能喪失（発電機トリップ）	0	1
給水加熱機能喪失（給水加熱器部分バイパス）	0	1
スクラム（タービントリップ）	1	2
スクラム（その他スクラム）	4	7
停止	36	74
ボルト取り外し	21	46
スクラム（原子炉給水ポンプ停止）	0	1
スクラム（逃がし安全弁誤作動）	0	1

表2.3-2 残留熱除去ポンプ炉水戻り弁の疲労評価結果

対象機器	運転実績に基づく疲れ解析（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 (2015年7月末時点)	運転開始後 60年時点	運転開始後 60年時点
残留熱除去ポンプ炉水戻り弁	0.003	0.005	0.030

(b) 現状保全

残留熱除去ポンプ炉水戻り弁の弁箱については、定期的に弁箱の目視確認を実施し、健全性を確認している。

(c) 総合評価

残留熱除去ポンプ炉水戻り弁の弁箱については、定量評価結果から、評価期間において疲労割れが問題となる可能性はなく、引き続き現状保全を継続することで60年間の健全性は維持できると判断する。

ただし、疲労評価は実績過渡回数に依存するため、今後も実績過渡回数を把握し評価する必要がある。

c. 高経年化への対応

残留熱除去ポンプ炉水戻り弁の弁箱の疲労割れについては、実績過渡回数の確認を継続的に実施し、運転開始後60年時点の推定過渡回数を上回らないことを確認する。

### 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 原子炉再循環系
- ② 主蒸気系
- ③ 復水系
- ④ 給水系
- ⑤ 原子炉ベントドレン系
- ⑥ 制御棒駆動系
- ⑦ 原子炉浄化系
- ⑧ 原子炉補機冷却系
- ⑨ 燃料プール冷却系
- ⑩ 窒素ガス制御系
- ⑪ 高圧炉心スプレイ補機冷却系
- ⑫ 原子炉隔離時冷却系
- ⑬ 残留熱除去系
- ⑭ 低圧炉心スプレイ系
- ⑮ 高圧炉心スプレイ系
- ⑯ ほう酸水注入系
- ⑰ 非常用ガス処理系
- ⑱ 逃がし安全弁N<sub>2</sub>ガス供給系
- ⑲ 可燃性ガス濃度制御系
- ⑳ タービンランド蒸気系
- ㉑ 水素ガス冷却系
- ㉒ 抽気系
- ㉓ タービンヒータベント系
- ㉔ 補助蒸気系
- ㉕ 排ガス処理系
- ㉖ 液体廃棄物処理系
- ㉗ 固体廃棄物処理系
- ㉘ 中央制御室空調換気系
- ㉙ 補給水系
- ㉚ 所内蒸気系
- ㉛ 所内用圧縮空気系
- ㉜ 計装用圧縮空気系
- ㉝ サンプリング系
- ㉞ 格納容器附帯設備
- ㉟ プロセス放射線モニタ系
- ㊱ エリア放射線モニタ系
- ㊲ 原子炉圧力容器計装系
- ㊳ 高圧原子炉代替注水系
- ㊴ 残留熱代替除去系
- ㊵ 多機能格納容器雰囲気監視系

### 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. 弁箱，弁ふた，弁体および弁座の腐食（流れ加速型腐食）〔蒸気系・純水系炭素鋼・低合金鋼玉形弁（配管肉厚管理対象範囲）：復水系，給水系，原子炉浄化系，原子炉隔離時冷却系，残留熱除去系，タービングランド蒸気系，タービンヒータベント系，補助蒸気系，所内蒸気系〕

代表機器と同様に，弁箱，弁ふた，弁体および弁座は炭素鋼，炭素鋼鋳鋼または低合金鋼であり，内部流体が蒸気または純水であることから腐食（流れ加速型腐食）が想定される。

しかし，定期的に目視確認を行い，健全性を確認しており，これまで有意な腐食（流れ加速型腐食）は認められていない。したがって，今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから，高経年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. ベローズの粒界型応力腐食割れ〔ベローズを有する玉形弁共通〕

代表機器と同様に，ベローズは高ニッケル合金またはステンレス鋼であり，内部流体が高温の蒸気または純水であることから，応力腐食割れが想定される。

しかし，定期的に目視確認および漏えい確認により健全性を確認しており，これまで有意な割れは確認されていない。

新規に設置される機器については，定期的に目視確認および漏えい確認を行い，健全性を確認することとしている。

したがって，高経年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，弁体および弁座の腐食（全面腐食）〔蒸気系・純水系炭素鋼玉形弁（配管肉厚管理対象外範囲）：主蒸気系，復水系，給水系，原子炉ベントドレン系，原子炉浄化系，低圧炉心スプレイ系，高圧炉心スプレイ系，原子炉隔離時冷却系，残留熱除去系，可燃性ガス濃度制御系，抽気系，液体廃棄物処理系，固体廃棄物処理系，所内蒸気系，高圧原子炉代替注水系，残留熱代替除去系〕

代表機器と同様に，弁箱，弁ふた，弁体および弁座は炭素鋼または炭素鋼鋳鋼であり，内部流体が蒸気または純水であることから腐食が想定される。

しかし，定期的に目視確認を行い，健全性を確認することとしており，これまで有意な腐食は認められていない。

弁箱および弁ふたは炭素鋼または炭素鋼鋳鋼であり，外面に腐食が想定されるが，防食塗装が施されていることから，腐食が発生する可能性は小さい。

また，定期的に目視確認を行い，塗装の状態を確認するとともに，必要により補修塗装を実施することとしており，これまで有意な腐食は認められていない。

新規に設置される機器については，定期的に目視確認を行い，健全性を確認することとしている。

したがって，高経年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. 弁箱および弁ふたの腐食（全面腐食）〔蒸気系・純水系炭素鋼・低合金鋼玉形弁（配管肉厚管理対象範囲）：復水系，給水系，原子炉浄化系，原子炉隔離時冷却系，残留熱除去系，タービングランド蒸気系，タービンヒータベント系，補助蒸気系，所内蒸気系〕

代表機器と同様に，弁箱および弁ふたは炭素鋼，炭素鋼鋳鋼または低合金鋼であり，外面に腐食が想定されるが，防食塗装が施されていることから，腐食が発生する可能性は小さい。

また，定期的に見視確認を行い，塗装の状態を確認するとともに，必要により補修塗装を実施することとしており，これまで有意な腐食は認められていない。

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

e. ベローズの疲労割れ〔ベローズを有する玉形弁共通〕

代表機器と同様に，ベローズは弁の開閉動作により疲労が蓄積し，疲労割れが想定されるが，弁の作動頻度が少ないことから疲労割れが発生する可能性は小さい。

また，定期的に見視確認および漏えい確認により健全性を確認しており，これまで有意な割れは確認されていない。

新規に設置される機器については，定期的に見視確認および漏えい確認を行い，健全性を確認することとしている。

したがって，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f. ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）〔炭素鋼製または低合金鋼製のジョイントボルト・ナットを有する玉形弁共通〕

代表機器と同様に，ジョイントボルト・ナットは炭素鋼または低合金鋼であり，腐食が想定されるが，定期的に見視確認を行い，健全性を確認しており，これまで有意な腐食は認められていない。

新規に設置される機器については，定期的に見視確認を行い，健全性を確認することとしている。

したがって，高経年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. 弁棒の摩耗〔共通〕

代表機器と同様に，弁棒はグランドパッキンと接触することにより，摩耗が想定されるが，弁棒は摺動するグランドパッキンよりも硬いため，摩耗が発生する可能性は小さい。また，定期的に見視確認を行い，健全性を確認しており，これまで有意な摩耗は認められていない。

新規に設置される機器については，定期的に見視確認を行い，健全性を確認することとしている。

したがって，高経年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. 弁棒の疲労割れ〔共通〕

代表機器と同様に，弁の全開使用時に，弁棒のバックシート部に過負荷がかかった状態で配管振動等による変動応力が加わると，バックシート部に疲労割れが想定されるが，電動弁については，全開操作時にバックシート部に過負荷がかからない位置でリミットスイッチが

切れるよう設定されている。一部の電動弁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、バックシート部が高応力となり疲労割れが想定されるが、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いることから疲労割れが発生する可能性は小さい。

手動弁については、開操作時に過負荷がかからないように適切な操作を行っており、空気作動弁については作動空気圧が小さいことから、疲労割れが発生する可能性は小さい。

また、定期的に目視確認および浸透探傷試験により、健全性を確認しており、これまで有意な割れは認められていない。

新規に設置される機器については、定期的に目視確認および浸透探傷試験を行い、健全性を確認することとしている。

したがって、高経年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. ヨークの腐食（全面腐食）〔炭素鋼製，炭素鋼鋳鋼製，鋳鉄製または低合金鋼製のヨークを有する玉形弁共通〕

代表機器と同様に、ヨークは炭素鋼，炭素鋼鋳鋼，鋳鉄または低合金鋼であり、腐食が想定されるが、防食塗装が施されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、定期的に目視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。

新規に設置される機器については、定期的に目視確認を行い、健全性を確認することとしている。

したがって、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

j. 弁箱，弁ふた，弁体および弁座の腐食（全面腐食）〔ガス系・冷却水系炭素鋼玉形弁：復水系，原子炉補機冷却系，高圧炉心スプレィ補機冷却系，窒素ガス制御系，非常用ガス処理系，排ガス処理系，中央制御室空調換気系，所内用圧縮空気系〕

代表機器と同様に、弁箱，弁ふた，弁体，弁座は炭素鋼または炭素鋼鋳鋼であるが、内部流体がガス（窒素または空気）または防錆剤入り純水であることから腐食が発生する可能性は小さい。

また、定期的に目視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。

弁箱および弁ふたは炭素鋼または炭素鋼鋳鋼であり、外面に腐食が想定されるが、防食塗装が施されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、定期的に目視確認を行い、塗装の状態を確認するとともに、必要により補修塗装を実施することとしており、これまで有意な腐食は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. 弁箱および弁ふたの貫粒型応力腐食割れ〔ステンレス鋼製またはステンレス鋳鋼製の弁箱，弁ふたを有する玉形弁共通〕

代表機器と同様に、弁箱および弁ふたはステンレス鋼またはステンレス鋳鋼であり、貫粒型応力腐食割れが想定されるが、屋内空調環境に設置されていることおよびステンレス材を

使用する工事においては塩分管理を実施していることから、塩分付着による貫粒型応力腐食割れが発生する可能性は小さい。

また、定期的に見視確認を行い、健全性を確認しており、これまでに有意な割れは認められていない。

新規に設置される機器については、定期的に見視確認を行い、健全性を確認することとしている。

したがって、高経年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. 弁箱、弁ふた、弁体、弁座および弁棒の腐食〔五ほう酸ナトリウム水系ステンレス鋼玉形弁：ほう酸水注入系〕

代表機器と同様に、弁箱、弁ふた、弁体、弁座および弁棒はステンレス鋼であり、内部流体は五ほう酸ナトリウム水であるため、腐食が想定されるが、ステンレス鋼および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、定期的に見視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. 弁箱、弁ふたの熱時効〔純水系ステンレス鋼玉形弁：原子炉浄化系〕

代表機器と同様に、弁箱および弁ふたはステンレス鋼であり、熱時効による材料の靱性低下等の機械的特性の変化が想定されるが、き裂の原因となる経年劣化事象は想定されないことから、熱時効が問題となる可能性はないと評価する。

また、定期的に見視確認または浸透探傷試験により健全性を確認しており、これまで有意な欠陥は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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)

代表機器と同様に、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。

### 3. 逆止弁

[対象系統]

- ① 原子炉再循環系
- ② 主蒸気系
- ③ 復水系
- ④ 給水系
- ⑤ 制御棒駆動系
- ⑥ 原子炉浄化系
- ⑦ 原子炉補機冷却系
- ⑧ 原子炉補機海水系
- ⑨ 燃料プール冷却系
- ⑩ 高圧炉心スプレイ補機冷却系
- ⑪ 高圧炉心スプレイ補機海水系
- ⑫ 原子炉隔離時冷却系
- ⑬ 残留熱除去系
- ⑭ 低圧炉心スプレイ系
- ⑮ 高圧炉心スプレイ系
- ⑯ ほう酸水注入系
- ⑰ 逃がし安全弁N2ガス供給系
- ⑱ タービンランド蒸気系
- ⑲ 抽気系
- ⑳ タービン補機海水系
- ㉑ 液体廃棄物処理系
- ㉒ 中央制御室空調換気系
- ㉓ ドライウェル冷却系
- ㉔ 所内蒸気系
- ㉕ 計装用圧縮空気系
- ㉖ サンプリング系
- ㉗ 津波防止設備系



## 目 次

1. 対象機器および代表機器の選定	3-1
1.1 グループ化の考え方および結果	3-1
1.2 代表機器の選定	3-1
2. 代表機器の技術評価	3-6
2.1 構造, 材料および使用条件	3-6
2.1.1 原子炉隔離時冷却系タービン排気逆止弁 (V221-20)	3-6
2.1.2 原子炉隔離時冷却系真空ポンプ出口逆止弁 (V221-12)	3-9
2.1.3 原子炉給水内側隔離逆止弁 (V204-101A/B)	3-12
2.1.4 原子炉補機冷却系常用補機冷却水出口A/B切替逆止弁 (V214-10A/B)	3-15
2.1.5 液体廃棄物処理系逆止弁	3-18
2.1.6 タービン補機海水系逆止弁	3-21
2.1.7 内側主蒸気隔離弁アキュムレータ逆止弁 (V202-10A/B/C/D)	3-24
2.1.8 原子炉隔離時冷却ポンプトラス水入口逆止弁 (V221-4)	3-27
2.1.9 ほう酸水注入ポンプ出口逆止弁 (V225-2A/B)	3-30
2.1.10 原子炉補機海水ポンプ出口逆止弁 (V215-1A/B/C/D)	3-33
2.1.11 第4抽気逆止弁 (AV241-4A/B)	3-36
2.2 経年劣化事象の抽出	3-39
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目	3-39
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出	3-39
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	3-41
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価	3-57
3. 代表機器以外への展開	3-60
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象	3-60
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	3-61

## 1. 対象機器および代表機器の選定

島根2号炉で使用している主要な逆止弁の仕様を表1-1に示す。

これらの逆止弁を材料およ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以下のとおり代表機器を選定した。

### 1.1 グループ化の考え方および結果

材料およ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、低合金鋼に分類され、流体は、蒸気、ガス、純水、冷却水、五ほう酸ナトリウム水、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、口径、最高使用温度、最高使用圧力および運転状態の観点から代表機器を選定する。

#### (1) 蒸気系炭素鋼逆止弁（内部流体：蒸気、弁箱材質：炭素鋼）

このグループには、原子炉隔離時冷却系タービン排気逆止弁のみが属することから、原子炉隔離時冷却系タービン排気逆止弁を代表機器とする。

(V221-20, 250 A, 1.0 MPa, 184 °C)

#### (2) ガス系炭素鋼逆止弁（内部流体：ガス、弁箱材質：炭素鋼）

このグループには、原子炉隔離時冷却系真空ポンプ出口逆止弁のみが属することから、原子炉隔離時冷却系真空ポンプ出口逆止弁を代表機器とする。

(V221-12, 50 A, 0.4 MPa, 120 °C)

#### (3) 純水系炭素鋼逆止弁（内部流体：純水、弁箱材質：炭素鋼）

純水系に使用されている炭素鋼逆止弁のうち、重要度および口径の観点から、原子炉給水内側隔離逆止弁を代表機器とする。

(V204-101A/B, 450 A, 8.6 MPa, 302 °C)

#### (4) 冷却水系炭素鋼逆止弁（内部流体：冷却水、弁箱材質：炭素鋼）

冷却水系に使用されている炭素鋼逆止弁のうち、重要度および口径の観点から、原子炉補機冷却系常用補機冷却水出口A/B切替逆止弁を代表機器とする。

(V214-10A/B, 600 A, 1.4 MPa, 85 °C)

#### (5) 純水系鋳鉄逆止弁（内部流体：純水、弁箱材質：鋳鉄）

このグループには、液体廃棄物処理系逆止弁のみが属することから、液体廃棄物処理系逆止弁を代表機器とする。

(V252-6000, 80 A, 1.0 MPa, 66 °C)

(6) 海水系鋳鉄逆止弁（内部流体：海水，弁箱材質：鋳鉄）

このグループには，タービン補機海水系逆止弁のみが属することから，タービン補機海水系逆止弁を代表機器とする。

(V247-5, 750 A, 0.5 MPa, 40 °C)

(7) 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，内側主蒸気隔離弁アキュムレータ逆止弁を代表機器とする。

(V202-10A/B/C/D, 40 A, 1.4 MPa, 171 °C)

(8) 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）

純水系に使用されているステンレス鋼逆止弁のうち，重要度および口径の観点から，原子炉隔離時冷却ポンプトラス水入口逆止弁を代表機器とする。

(V221-4, 150 A, 1.4 MPa, 66 °C)

(9) 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）

このグループには，ほう酸水注入ポンプ出口逆止弁のみが属することから，ほう酸水注入ポンプ出口逆止弁を代表機器とする。

(V225-2A/B, 40 A, 11.8 MPa, 66 °C)

(10) 海水系ステンレス鋼逆止弁（内部流体：海水，弁箱材質：ステンレス鋼）

海水系に使用されているステンレス鋼逆止弁のうち，重要度および口径の観点から，原子炉補機海水ポンプ出口逆止弁を代表機器とする。

(V215-1A/B/C/D, 500 A, 1.0 MPa, 40 °C)

(11) 蒸気系低合金鋼逆止弁（内部流体：蒸気，弁箱材質：低合金鋼）

蒸気系に使用されている低合金鋼逆止弁のうち，重要度および口径の観点から，第4抽気逆止弁を代表機器とする。

(AV241-4A/B, 550 A, 0.5 MPa, 149 °C)

表1-1 (1/3) 逆止弁のグループ化と代表機器

分類基準		系統名称	選定基準					選定	代表弁	選定理由	
材料	流体		重要度*1	口径 (A)	使用条件						
					運転 状態	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (°C)				
炭素鋼	蒸気	原子炉隔離時冷却系	高*2	250	一時	1.0	184	◎	原子炉隔離時冷却系タービン排気 逆止弁 (250A, 1.0MPa, 184°C) V221-20		
	ガス	原子炉隔離時冷却系	高*2	50	一時	0.4	120	◎	原子炉隔離時冷却系真空ポンプ 出口逆止弁 (50A, 0.4MPa, 120°C) V221-12		
	純水	復水系		高*2	40~500	連続	6.5	66		原子炉給水内側隔離逆止弁 (450A, 8.6MPa, 302°C) V204-101A/B	口径
		給水系		PS-1	40~500	連続	16.7	302	◎		
		原子炉浄化系		MS-1	50~200	連続	12.7	302			
		原子炉隔離時冷却系		MS-1	50~100	一時	8.6	302			
		残留熱除去系		PS-1	25~350	連続 (短期)	10.4	302			
		低圧炉心スプレイ系		PS-1	25~300	一時	8.6	302			
		高圧炉心スプレイ系		PS-1	50~500	一時	12.2	302			
液体廃棄物処理系		高*2	50	連続	1.4	171					

\*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1-1 (2/3) 逆止弁のグループ化と代表機器

分類基準		系統名称	選定基準					選定	代表弁	選定理由
材料	流体		重要度*1	口径 (A)	使用条件					
					運転 状態	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (℃)			
炭素鋼	冷却水*2	原子炉補機冷却系	MS-1	300~600	連続	1.4	171	◎	原子炉補機冷却系常用補機冷却水 出口A/B切替逆止弁 (600A, 1.4MPa, 85℃) V214-10A/B	口径
		高压炉心スプレイ補機冷却系	MS-1	200	一時	1.0	66			
		中央制御室空調換気系	MS-1	150	連続	1.4	85			
		ドライウェル冷却系	高*3	150	連続	1.4	171			
鋳鉄	純水	液体廃棄物処理系*4	設*5	80	連続	1.0	66	◎	液体廃棄物処理系逆止弁 (80 A, 1.0 MPa, 66 °C) V252-6000	
	海水	タービン補機海水系*4	設*5	750	連続	0.5	40	◎	タービン補機海水系逆止弁 (750A, 0.5MPa, 40℃) V247-5	
ステンレス鋼	ガス	主蒸気系	PS-1	40~50	連続	1.8	171	◎	内側主蒸気隔離弁アキュムレータ逆止弁 (40A, 1.4MPa, 171℃) V202-10A/B/C/D	重要度
		逃がし安全弁N2ガス供給系	MS-1	50	連続	1.8	200			
		計装用圧縮空気系	MS-1	50	連続	0.9	171			

\*1：最上位の重要度を示す。

\*2：防錆剤入り純水。

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

\*4：新規に設置される機器。

\*5：設計基準対象施設として評価対象とした機器および構造物を示す。

表1-1 (3/3) 逆止弁のグループ化と代表機器

分類基準		系統名称	選定基準					選定	代表弁	選定理由
材料	流体		重要度*1	口径 (A)	使用条件					
					運転 状態	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (℃)			
ステンレス鋼	純水	原子炉再循環系	MS-1	20	連続	8.6	302		原子炉隔離時冷却ポンプトラス水 入口逆止弁 (150A, 1.4MPa, 66℃) V221-4	口径
		制御棒駆動系	高*2	15~50	連続	13.8	138			
		原子炉浄化系	PS-2	25~200	連続	10.0	302			
		燃料プール冷却系	MS-2	150~200	連続	1.4	66			
		原子炉隔離時冷却系	MS-1	150	一時	1.4	66	◎		
		ほう酸水注入系	MS-1	40	一時	8.6	302			
		液体廃棄物処理系	高*2	25~40	連続	1.0	105			
		ポンプリング系	高*2	20	一時	0.4	104			
		津波防止設備系*3	設*4	80~300	一時	0.3	100			
	五ほう酸 ナトリウム水	ほう酸水注入系	MS-1	40	一時	11.8	66	◎	ほう酸水注入ポンプ出口逆止弁 (40A, 11.8MPa, 66℃) V225-2A/B	
海水	原子炉補機海水系	MS-1	500	連続	1.0	40	◎	原子炉補機海水ポンプ出口逆止弁 (500A, 1.0MPa, 40℃) V215-1A/B/C/D	口径	
	高圧炉心スプレイ補機海水系	MS-1	250	一時	1.0	40				
低合金鋼	蒸気	タービンジェント蒸気系	高*2	200	連続	1.8	209		第4抽気逆止弁 (550A, 0.5MPa, 149℃) AV241-4A/B	口径
		抽気系	高*2	300~550	連続	2.7	230	◎		

\*1：最上位の重要度を示す。

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

\*3：新規に設置される機器。

\*4：設計基準対象施設として評価対象とした機器および構造物を示す。

## 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9種類の弁について技術評価を実施する。

- ① 原子炉隔離時冷却系タービン排気逆止弁 (V221-20)
- ② 原子炉隔離時冷却系真空ポンプ出口逆止弁 (V221-12)
- ③ 原子炉給水内側隔離逆止弁 (V204-101A/B)
- ④ 原子炉補機冷却系常用補機冷却水出口A/B切替逆止弁 (V214-10A/B)
- ⑤ 液体廃棄物処理系逆止弁 (V252-6000)
- ⑥ タービン補機海水系逆止弁 (V247-5)
- ⑦ 内側主蒸気隔離弁アキュムレータ逆止弁 (V202-10A/B/C/D)
- ⑧ 原子炉隔離時冷却系ポンプトラス水入口逆止弁 (V221-4)
- ⑨ ほう酸水注入ポンプ出口逆止弁 (V225-2A/B)
- ⑩ 原子炉補機海水ポンプ出口逆止弁 (V215-1A/B/C/D)
- ⑪ 第4抽気逆止弁 (AV241-4A/B)

### 2.1 構造, 材料および使用条件

#### 2.1.1 原子炉隔離時冷却系タービン排気逆止弁 (V221-20)

##### (1) 構造

原子炉隔離時冷却系タービン排気逆止弁は、口径250 A、最高使用圧力1.0 MPa、最高使用温度184 °Cのスイング型逆止弁であり、1台設置している。

弁本体は蒸気を内包する耐圧部（弁箱、弁ふた、ジョイントボルト・ナット）、蒸気を仕切る隔離部（弁体、弁座）およ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。

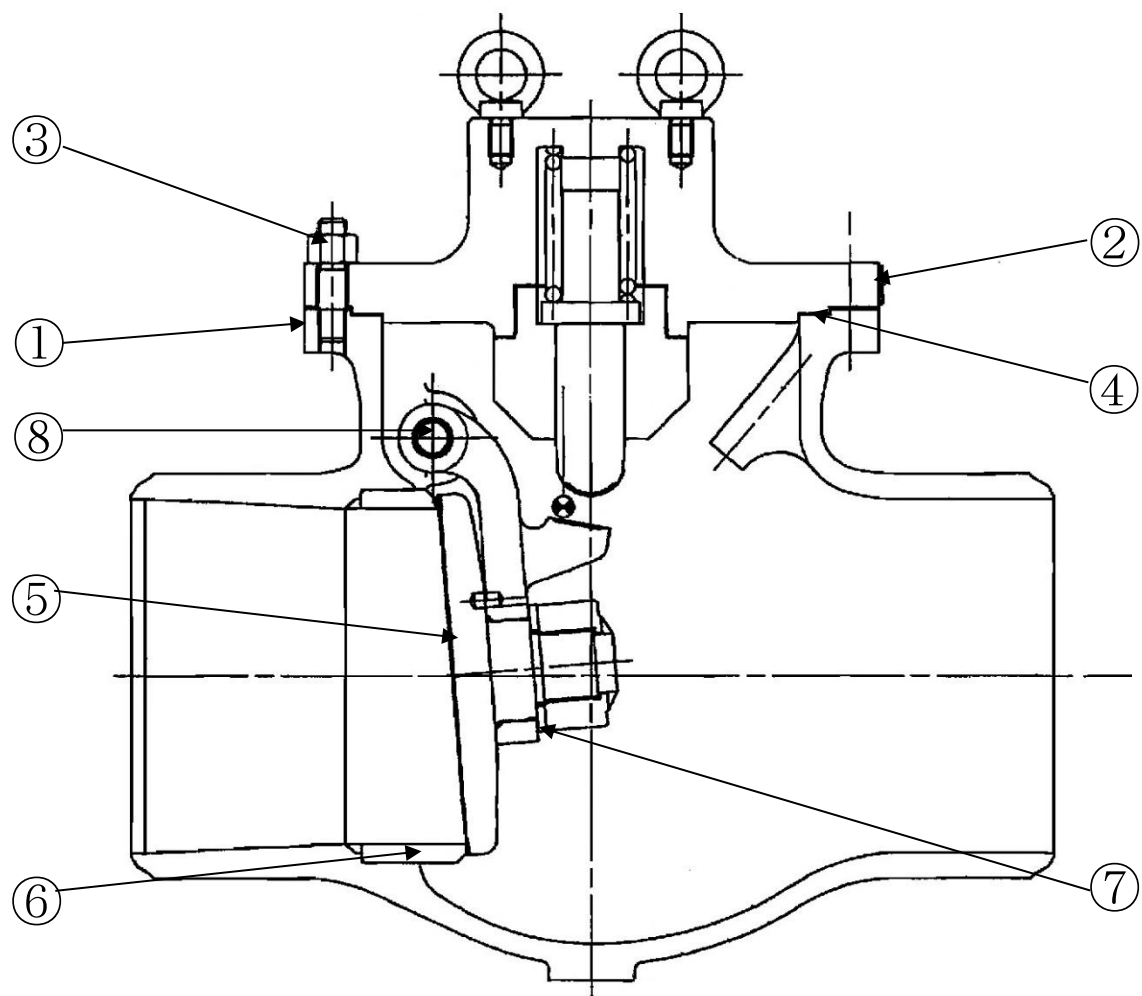
蒸気に接する弁箱は炭素鋼鋳鋼、弁体、弁座、弁ふた、アームは炭素鋼である。

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。

原子炉隔離時冷却系タービン排気逆止弁の構造図を図2.1-1に示す。

##### (2) 材料および使用条件

原子炉隔離時冷却系タービン排気逆止弁主要部位の使用材料を表2.1-1に、使用条件を表2.1-2に示す。



No.	部 位
①	弁箱
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	ガスケット
⑤	弁体
⑥	弁座
⑦	アーム
⑧	弁棒

図2.1-1 原子炉隔離時冷却系タービン排気逆止弁構造図



表2. 1-1 原子炉隔離時冷却系タービン排気逆止弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
バウダリの維持	弁箱	炭素鋼鋳鋼 (SCPH2)
	弁ふた	炭素鋼 (SF490A)
	ジョイントボルト・ナット	低合金鋼 (SNB7)
	ガスケット	(消耗品)
隔離機能の維持	弁体	炭素鋼 (SF490A ステライト肉盛)
	弁座	炭素鋼 (SF490A ステライト肉盛)
作動機能の維持	アーム	炭素鋼 (S25C ステライト肉盛)
	弁棒	ステンレス鋼 (SUS431)

表2. 1-2 原子炉隔離時冷却系タービン排気逆止弁の使用条件

最高使用圧力	1. 0MPa
最高使用温度	184℃
内 部 流 体	蒸気

## 2.1.2 原子炉隔離時冷却系真空ポンプ出口逆止弁 (V221-12)

### (1) 構造

原子炉隔離時冷却系真空ポンプ出口逆止弁は、口径50 A、最高使用圧力0.4 MPa、最高使用温度120 °Cのリフト型逆止弁であり、1台設置している。

弁本体は、ガス（空気）を内包する耐圧部（弁箱、弁ふた、ジョイントボルト）、ガス（空気）を仕切る隔離部（弁体、弁座）からなる。

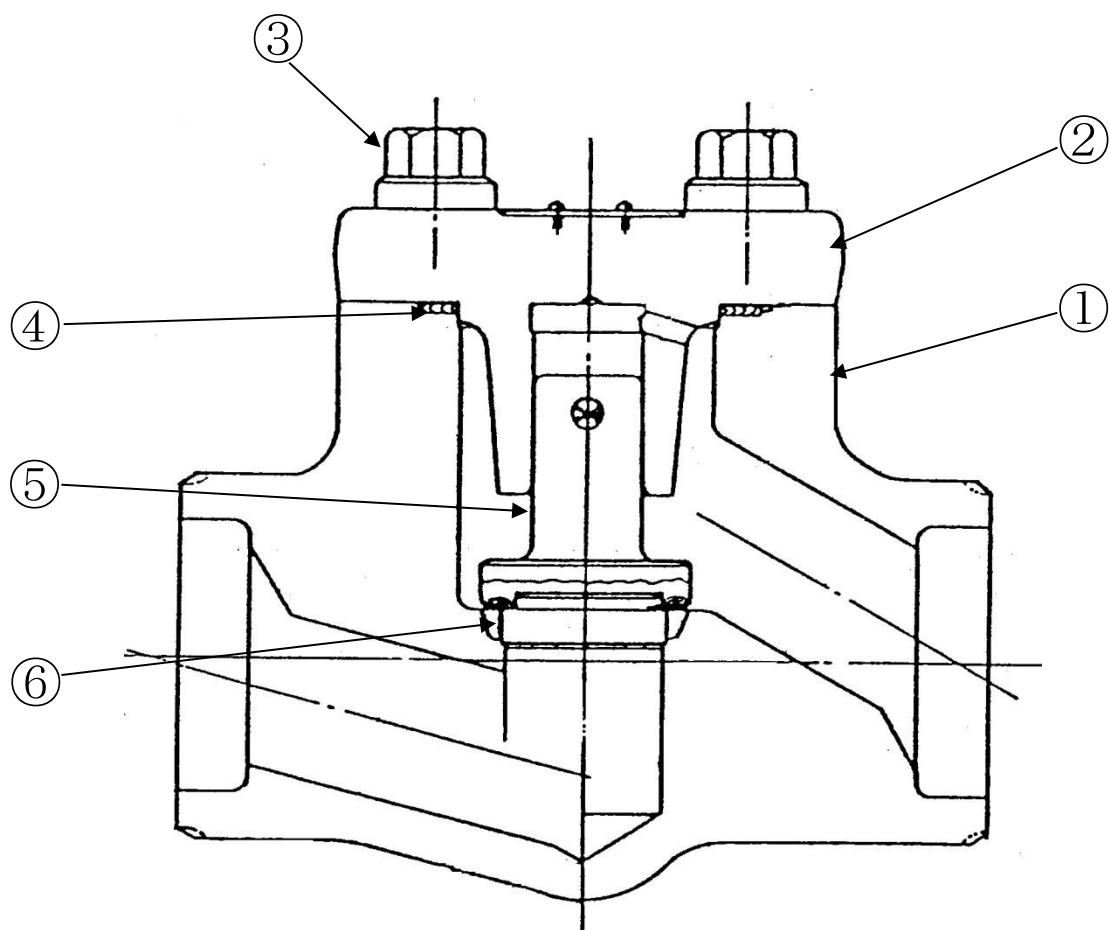
ガス（空気）に接する弁箱、弁ふたおよび弁座は炭素鋼、弁体はステンレス鋼である。

なお、当該弁については、ジョイントボル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。

原子炉隔離時冷却系真空ポンプ出口逆止弁の構造図を図2.1-2に示す。

### (2) 材料および使用条件

原子炉隔離時冷却系真空ポンプ出口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
④	ガスケット
⑤	弁体
⑥	弁座

図2.1-2 原子炉隔離時冷却系真空ポンプ出口逆止弁構造図

表2.1-3 原子炉隔離時冷却系真空ポンプ出口逆止弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
ハウダリの維持	弁箱	炭素鋼 (S28C)
	弁ふた	炭素鋼 (S28C)
	ジョイントボルト	低合金鋼 (SNB7)
	ガスケット	(消耗品)
隔離機能の維持	弁体	ステンレス鋼 (SUS630 ストレイト肉盛)
	弁座	炭素鋼 (S28C ストレイト肉盛)

表2.1-4 原子炉隔離時冷却系真空ポンプ出口逆止弁の使用条件

最高使用圧力	0.4MPa
最高使用温度	120℃
内 部 流 体	ガス (空気)

### 2.1.3 原子炉給水内側隔離逆止弁 (V204-101A/B)

#### (1) 構造

原子炉給水内側隔離逆止弁は、口径450 A、最高使用圧力8.6 MPa、最高使用温度302 °Cのスイング型逆止弁であり、2台設置している。

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（弁体、弁座）およ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。

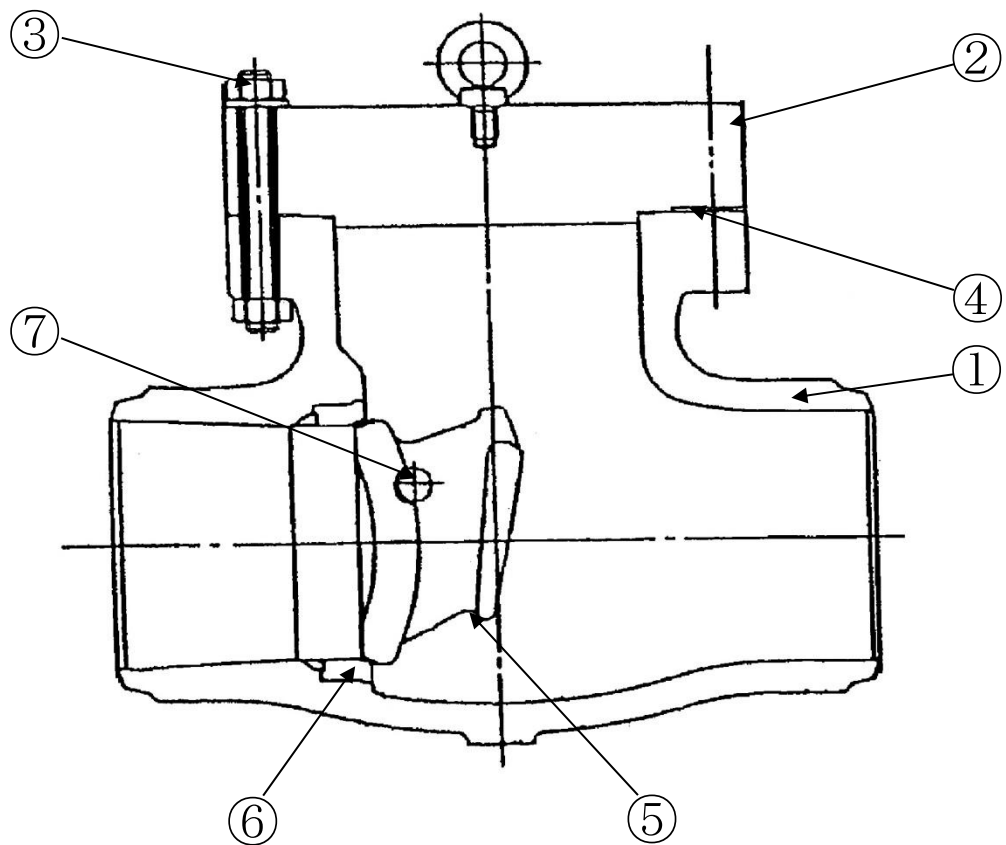
純水に接する弁箱は炭素鋼鋳鋼、弁ふたは炭素鋼、弁体および弁座は低合金鋼である。

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。

原子炉給水内側隔離逆止弁の構造図を図2.1-3に示す。

#### (2) 材料および使用条件

原子炉給水内側隔離逆止弁主要部位の使用材料を表2.1-5に、使用条件を表2.1-6に示す。



No.	部 位
①	弁箱
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	ガスケット
⑤	弁体
⑥	弁座
⑦	弁棒

図2.1-3 原子炉給水内側隔離逆止弁構造図

表2.1-5 原子炉給水内側隔離逆止弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
ハウダリの維持	弁箱	炭素鋼鋳鋼 (SCPL1)
	弁ふた	炭素鋼 (ASME SA350LF2)
	ジョイントボルト・ナット	低合金鋼 (SNB7)
	ガスケット	(消耗品)
隔離機能の維持	弁体	低合金鋼 (SCPH61 ステライト肉盛)
	弁座	低合金鋼 (ASME SA182F11 ステライト肉盛)
作動機能の維持	弁棒	ステンレス鋼 (SUS420J1)

表2.1-6 原子炉給水内側隔離逆止弁の使用条件

最高使用圧力	8.6MPa
最高使用温度	302℃
内 部 流 体	純水

## 2.1.4 原子炉補機冷却系常用補機冷却水出口A/B切替逆止弁 (V214-10A/B)

### (1) 構造

原子炉補機冷却系常用補機冷却水出口A/B切替逆止弁は、口径600 A、最高使用圧力1.4 MPa、最高使用温度85 °Cのスイング型逆止弁であり、2台設置している。

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（弁体、弁座）およ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、弁座、アームは炭素鋼鋳鋼である。

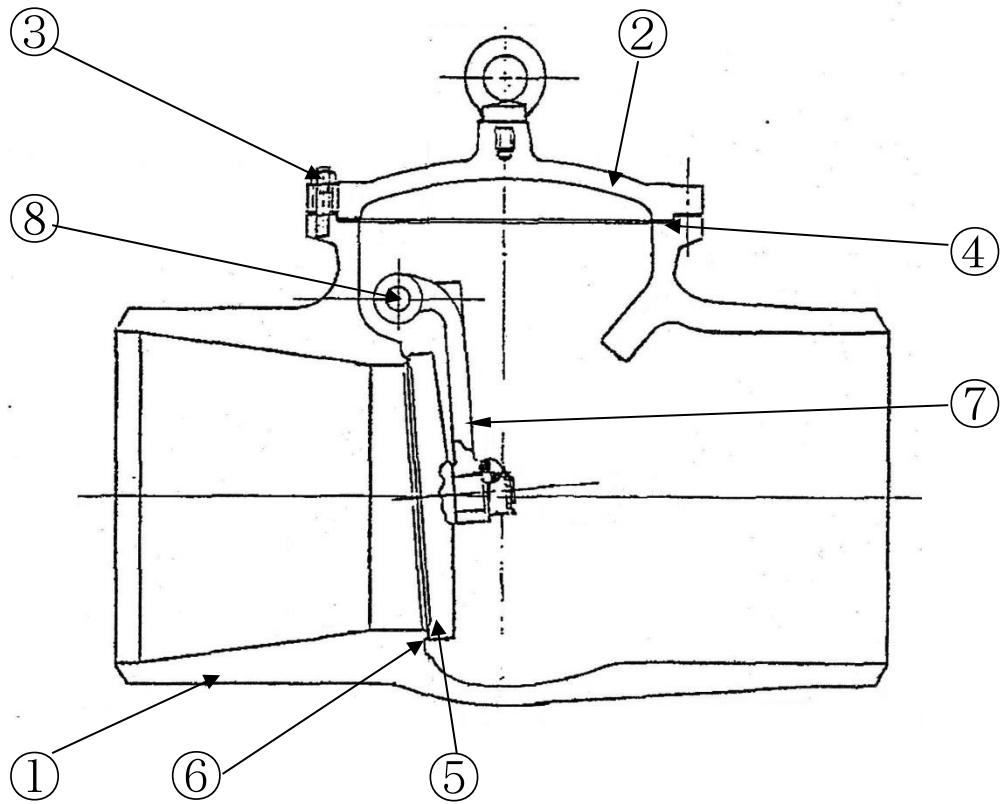
なお、当該弁については、ジョイントボルト・ナットを取り外すことにより、弁内部の点検手入れが可能である。

原子炉補機冷却系常用補機冷却水出口A/B切替逆止弁の構造図を図2.1-4に示す。

### (2) 材料および使用条件

原子炉補機冷却系常用補機冷却水出口A/B切替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
⑦	アーム
⑧	弁棒

図2.1-4 原子炉補機冷却系常用補機冷却水出口A/B切替逆止弁構造図

表2.1-7 原子炉補機冷却系常用補機冷却水出口A/B切替逆止弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
バウンダリの維持	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・ナット	低合金鋼 (ASME SA320 L7, ASME SA194 Gr4)
	ガスケット	(消耗品)
隔離機能の維持	弁体	炭素鋼鋳鋼 (SCPL1 HIGH CR盛)
	弁座	炭素鋼鋳鋼 (SCPL1 HIGH CR盛)
作動機能の維持	アーム	炭素鋼鋳鋼 (SCPL1)
	弁棒	ステンレス鋼 (SUS304)

表2.1-8 原子炉補機冷却系常用補機冷却水出口A/B切替逆止弁の使用条件

最高使用圧力	1.4MPa
最高使用温度	85°C
内 部 流 体	防錆剤入り純水

## 2.1.5 液体廃棄物処理系逆止弁 (V252-6000)

### (1) 構造

液体廃棄物処理系逆止弁は、口径80 A、最高使用圧力1.0 MPa、最高使用温度66 °Cのスイング型逆止弁であり、1台設置している。

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（弁体、弁座）およ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。

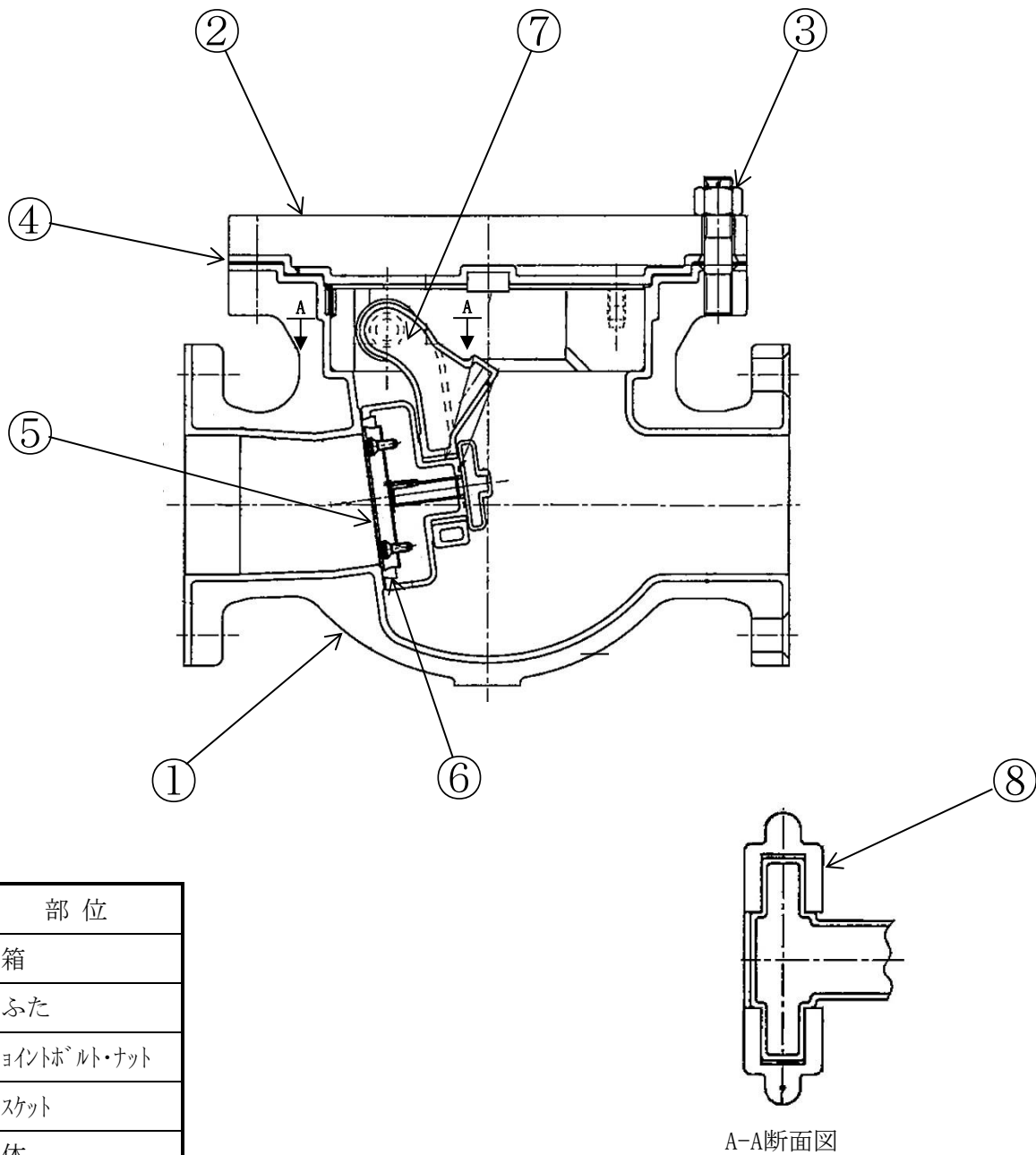
純水に接する弁箱は鋳鉄、弁ふたは炭素鋼である。

なお、当該弁については、ジョイントボルト・ナットを取り外すことにより、弁内部の点検手入れが可能である。

液体廃棄物処理系逆止弁の構造図を図2.1-5に示す。

### (2) 材料および使用条件

液体廃棄物処理系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
⑦	アーム
⑧	ブッシュ

図2.1-5 液体廃棄物処理系逆止弁構造図

表2.1-9 液体廃棄物処理系逆止弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
バウダリの維持	弁箱	鋳鉄 (FCD450 ゴムライニング)
	弁ふた	炭素鋼 (S25C ゴムライニング)
	ジョイントボルト・ナット	低合金鋼 (SNB7), 炭素鋼 (S45C)
	ガスケット	(消耗品)
隔離機能の維持	弁体	炭素鋼 (S25C ゴムライニング)
	弁座	樹脂 (EPDM)
作動機能の維持	アーム	ステンレス鋳鋼 (SCS14A ゴムライニング), ステンレス鋼 (SUS316 ゴムライニング)
	ブッシュ	(消耗品)

表2.1-10 液体廃棄物処理系逆止弁の使用条件

最高使用圧力	1.0 MPa
最高使用温度	66 °C
内 部 流 体	純水

## 2.1.6 タービン補機海水系逆止弁 (V247-5)

### (1) 構造

タービン補機海水系逆止弁は、口径750 A、最高使用圧力0.5 MPa、最高使用温度40 °Cのスイング型逆止弁であり、1台設置している。

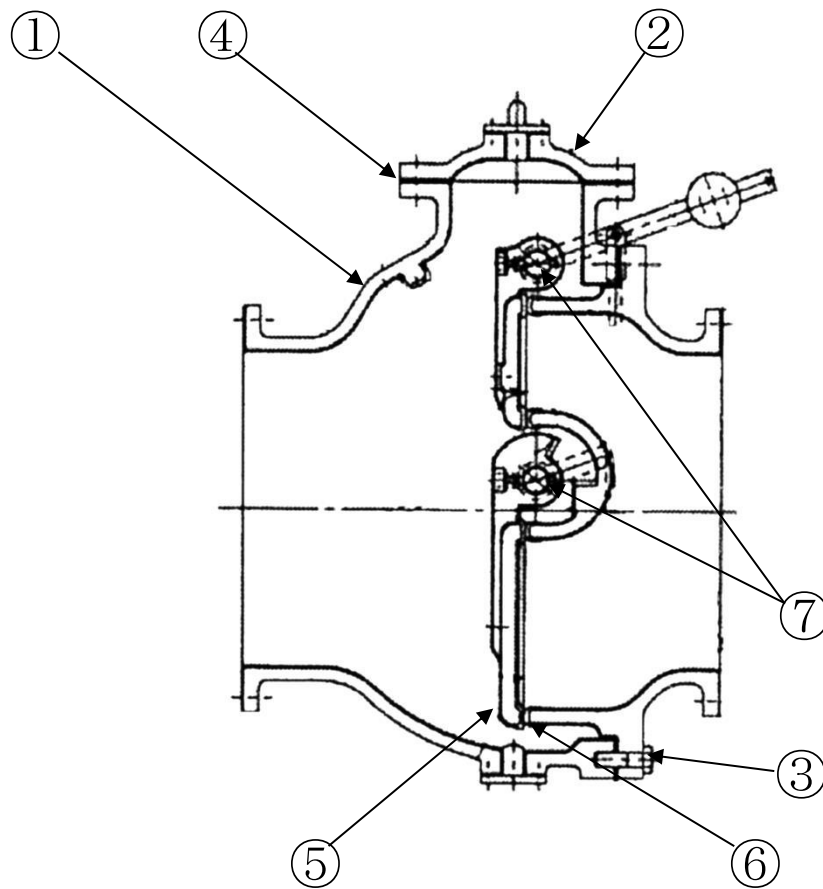
弁本体は海水を内包する耐圧部（弁箱、弁ふた、ジョイントボルト・ナット）、海水を仕切る隔離部（弁体、弁座）および弁体を支持し駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒）からなる。海水に接する弁箱、弁ふたは鋳鉄である。

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。

タービン補機海水系逆止弁の構造図を図2.1-6に示す。

### (2) 材料および使用条件

タービン補機海水系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
⑦	弁棒

図2.1-6 タービン補機海水系逆止弁構造図

表2.1-11 タービン補機海水系逆止弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
ハウダリの維持	弁箱	鋳鉄 (FCD450 コムライニング)
	弁ふた	鋳鉄 (FCD450 コムライニング)
	ジョイントボルト・ナット	低合金鋼 (SCM435)
	ガスケット	(消耗品)
隔離機能の維持	弁体	鋳鉄 (FCD450 コムライニング)
	弁座	鋳鉄 (FCD450 コムライニング)
作動機能の維持	弁棒	ステンレス鋼 (SUS316 コムライニング)

表2.1-12 タービン補機海水系逆止弁の使用条件

最高使用圧力	0.5 MPa
最高使用温度	40 °C
内 部 流 体	海水



## 2.1.7 内側主蒸気隔離弁アキュムレータ逆止弁 (V202-10A/B/C/D)

### (1) 構造

内側主蒸気隔離弁アキュムレータ逆止弁は、口径40 A、最高使用圧力1.4 MPa、最高使用温度171 °Cのリフト型逆止弁であり、4台設置している。

弁本体は、ガス（窒素または空気）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（窒素または空気）を仕切る隔離部（弁体、弁座）からなる。

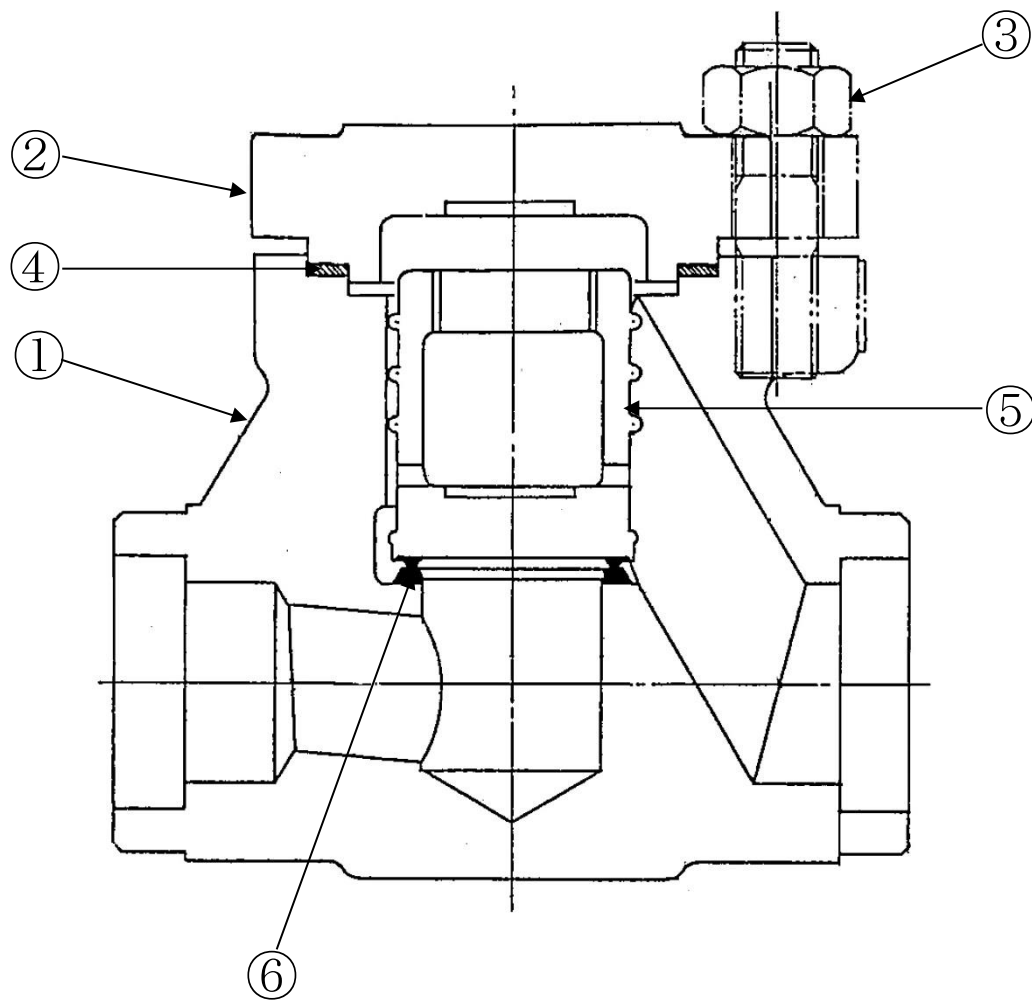
ガス（窒素または空気）に接する弁箱、弁ふた、弁体、弁座はステンレス鋼である。

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。

内側主蒸気隔離弁アキュムレータ逆止弁の構造図を図2.1-7に示す。

### (2) 材料および使用条件

内側主蒸気隔離弁アキュムレータ逆止弁主要部位の使用材料を表2.1-13に、使用条件を表2.1-14に示す。



No.	部 位
①	弁箱
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	ガスケット
⑤	弁体
⑥	弁座

図2.1-7 内側主蒸気隔離弁アキュムレータ逆止弁構造図

表2.1-13 内側主蒸気隔離弁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	部 位	材 料
バウダリの維持	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・ナット	ステンレス鋼 (SUS316, SUS304)
	ガスケット	(消耗品)
隔離機能の維持	弁体	ステンレス鋼 (SUS304 ステライト肉盛)
	弁座	ステンレス鋼 (SUSF304 ステライト肉盛)

表2.1-14 内側主蒸気隔離弁アキュムレータ逆止弁の使用条件

最高使用圧力	1.4MPa
最高使用温度	171℃
内 部 流 体	ガス (窒素または空気)

## 2.1.8 原子炉隔離時冷却ポンプトーラス水入口逆止弁 (V221-4)

### (1) 構造

原子炉隔離時冷却ポンプトーラス水入口逆止弁は、口径150 A、最高使用圧力1.4 MPa、最高使用温度66 °Cのスイング型逆止弁であり、1台設置している。

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（弁体、弁座）およ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。

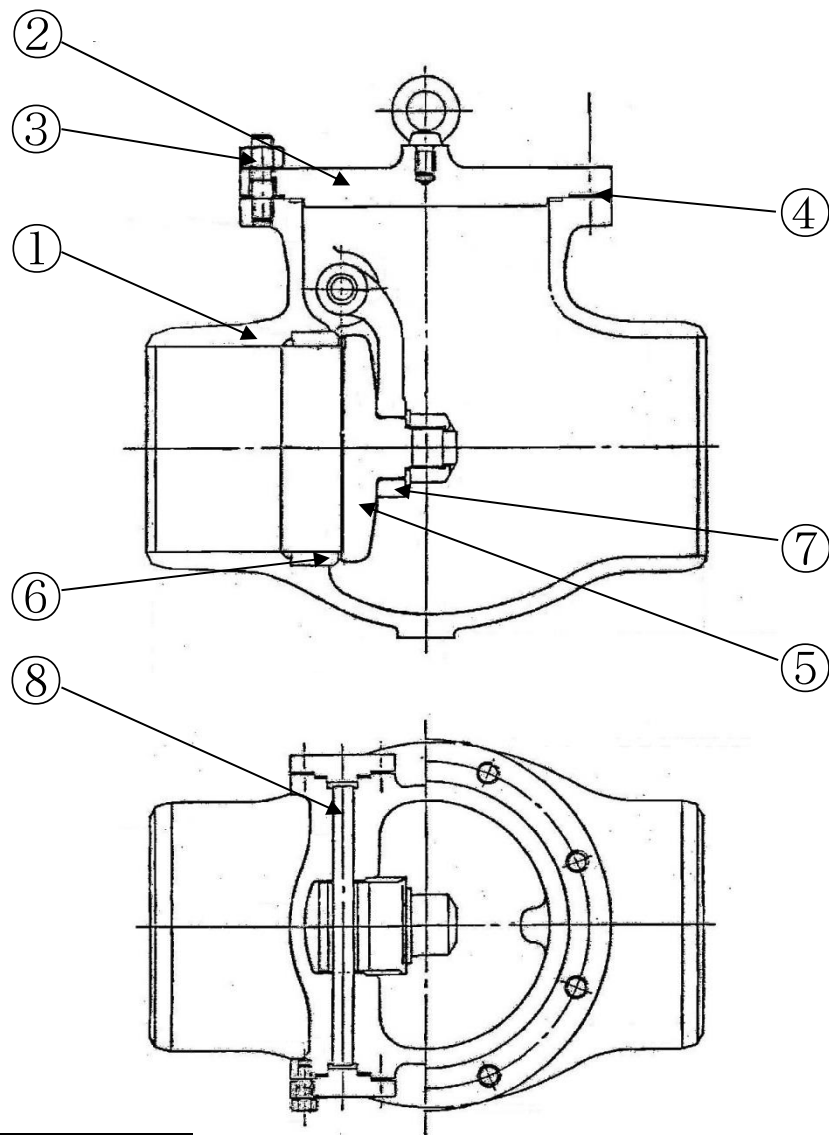
純水に接する弁箱はステンレス鋳鋼、弁ふた、弁体、弁座、アームはステンレス鋼である。

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。

原子炉隔離時冷却ポンプトーラス水入口逆止弁の構造図を図2.1-7に示す。

### (2) 材料および使用条件

原子炉隔離時冷却ポンプトーラス水入口逆止弁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	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. 1-8 原子炉隔離時冷却ポンプトラス水入口逆止弁構造図

表2.1-15 原子炉隔離時冷却ポンプトラス水入口逆止弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
ハウダリの維持	弁箱	ステンレス鋳鋼 (SCS13A)
	弁ふた	ステンレス鋼 (SUSF304)
	ジョイントボルト・ナット	低合金鋼 (SNB7)
	ガスケット	(消耗品)
隔離機能の維持	弁体	ステンレス鋼 (SUSF304 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	アーム	ステンレス鋼 (SUS304)
	弁棒	ステンレス鋼 (SUS630)

表2.1-16 原子炉隔離時冷却ポンプトラス水入口逆止弁の使用条件

最高使用圧力	1.4MPa
最高使用温度	66°C
内 部 流 体	純水

## 2.1.9 ほう酸水注入ポンプ出口逆止弁 (V225-2A/B)

### (1) 構造

ほう酸水注入ポンプ出口逆止弁は、口径40 A, 最高使用圧力11.8 MPa, 最高使用温度66 °C のリフト型逆止弁であり、2台設置している。

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（弁体、弁座）からなる。

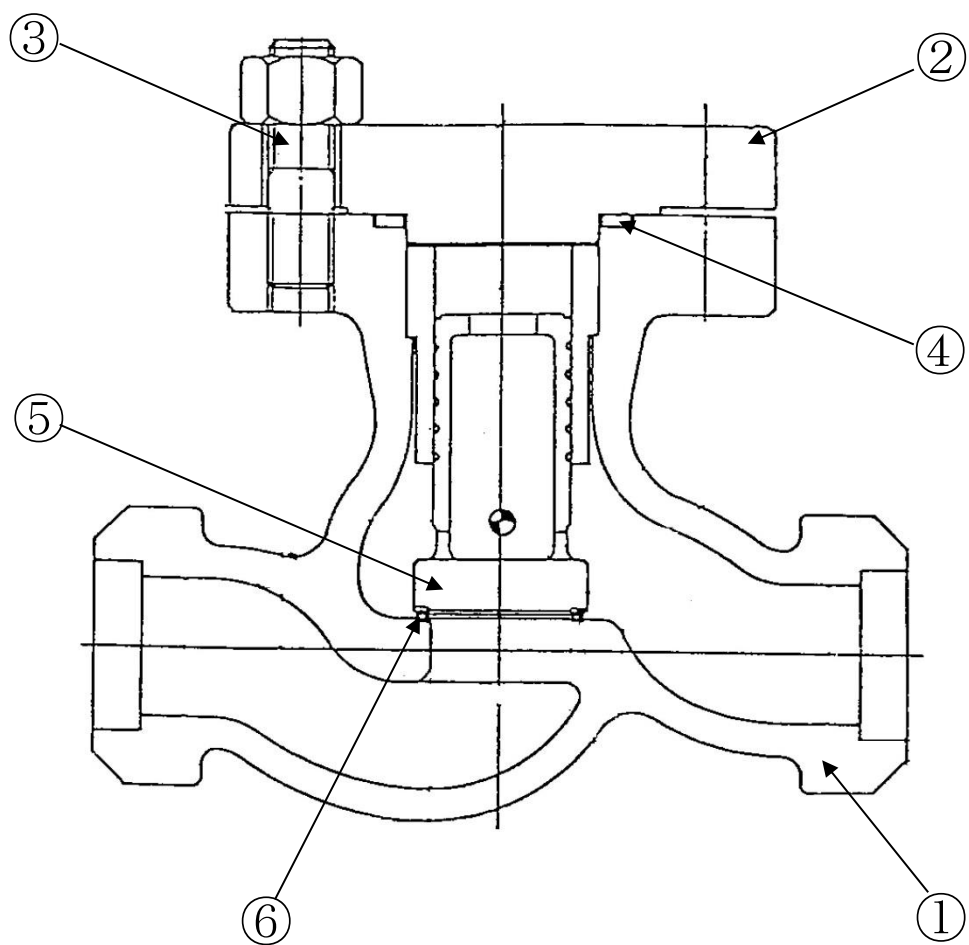
五ほう酸ナトリウム水に接する弁箱、弁座はステンレス鋳鋼、弁ふた、弁体はステンレス鋼である。

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。

ほう酸水注入ポンプ出口逆止弁の構造図を図2.1-8に示す。

### (2) 材料および使用条件

ほう酸水注入ポンプ出口逆止弁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	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2.1-9 ほう酸水注入ポンプ出口逆止弁構造図



表2.1-17 ほう酸水注入ポンプ出口逆止弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
ハウダリの維持	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・ナット	低合金鋼 (SNB7)
	ガスケット	(消耗品)
隔離機能の維持	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2.1-18 ほう酸水注入ポンプ出口逆止弁の使用条件

最高使用圧力	11.8MPa
最高使用温度	66°C
内 部 流 体	五ほう酸ナトリウム水

## 2.1.10 原子炉補機海水ポンプ出口逆止弁 (V215-1A/B/C/D)

### (1) 構造

原子炉補機海水ポンプ出口逆止弁は、口径500 A、最高使用圧力1.0 MPa、最高使用温度40 °Cのスイング型逆止弁であり、4台設置している。

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（弁体、弁座）およ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。

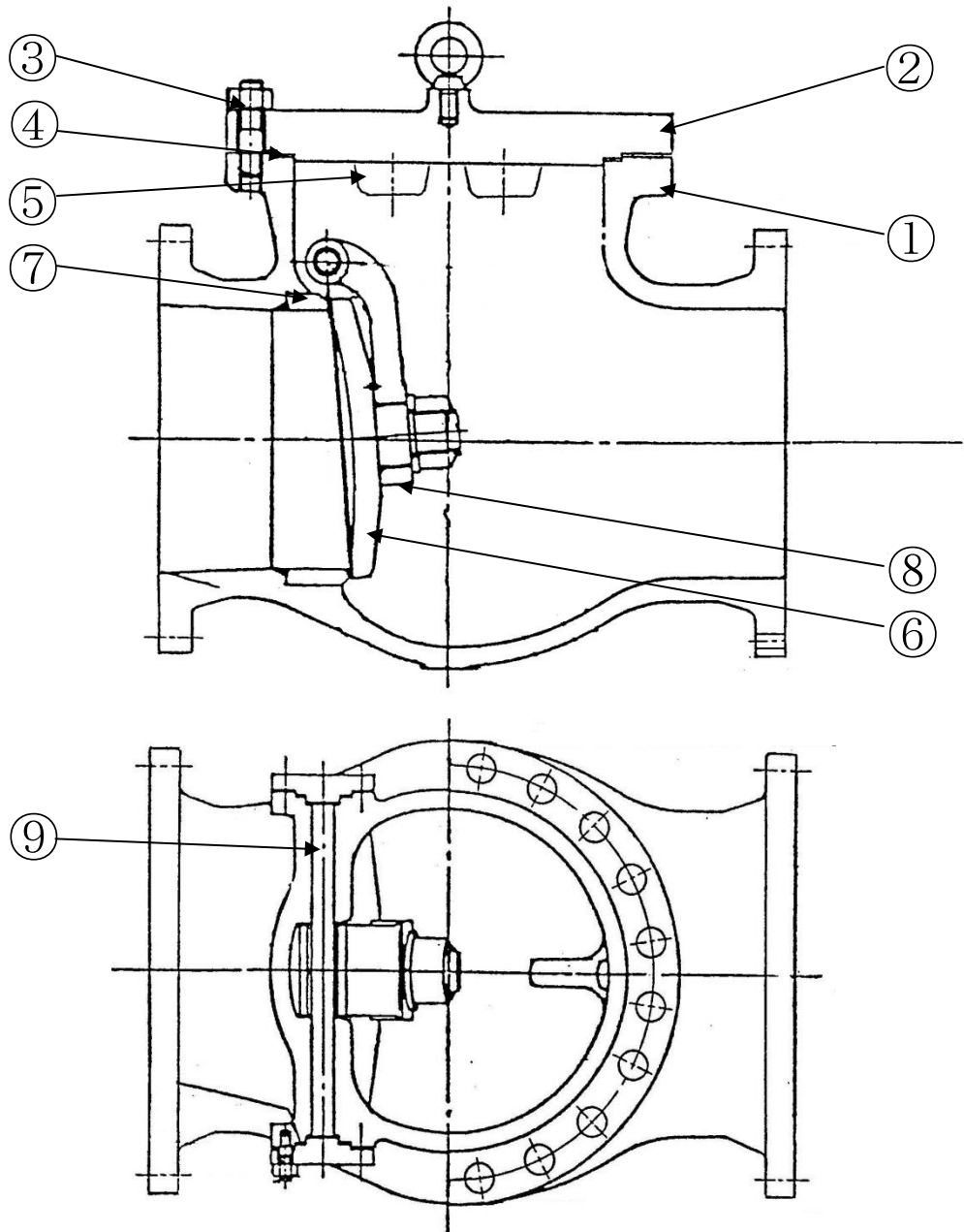
海水に接する弁箱はステンレス鋳鋼、弁ふた、弁体、弁座、アームはステンレス鋼である。

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。

原子炉補機海水ポンプ出口逆止弁の構造図を図2.1-9に示す。

### (2) 材料および使用条件

原子炉補機海水ポンプ出口逆止弁主要部位の使用材料を表2.1-19に、使用条件を表2.1-20に示す。



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	犠牲陽極材
⑥	弁体
⑦	弁座
⑧	アーム
⑨	弁棒

図2.1-10 原子炉補機海水ポンプ出口逆止弁構造図

表2.1-19 原子炉補機海水ポンプ出口逆止弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
バウダリの維持	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・ナット	低合金鋼 (SNB7)
	ガスケット	(消耗品)
	犠牲陽極材	(消耗品)
隔離機能の維持	弁体	ステンレス鋼 (SUSF316 ストレイト肉盛)
	弁座	ステンレス鋼 (SUS316 ストレイト肉盛)
作動機能の維持	アーム	ステンレス鋼 (SUS316)
	弁棒	ステンレス鋼 (SUS316)

表2.1-20 原子炉補機海水ポンプ出口逆止弁の使用条件

最高使用圧力	1.0MPa
最高使用温度	40℃
内 部 流 体	海水

## 2.1.11 第4抽気逆止弁 (AV241-4A/B)

### (1) 構造

第4抽気逆止弁は、口径550 A、最高使用圧力0.5 MPa、最高使用温度149 °Cのスイング型逆止弁であり、2台設置している。

弁本体は、蒸気を内包する耐圧部（弁箱、弁ふた、ジョイントボルト・ナット）、蒸気を仕切る隔離部（弁体、弁座）およ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。

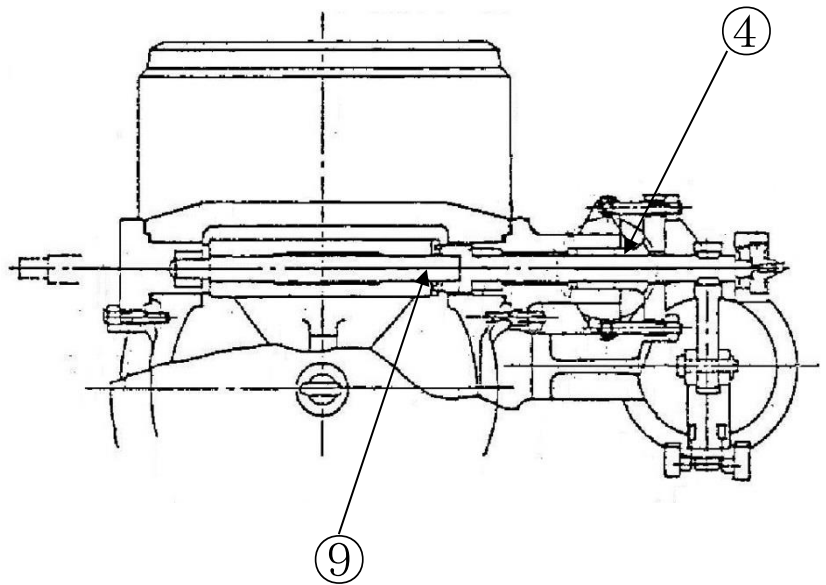
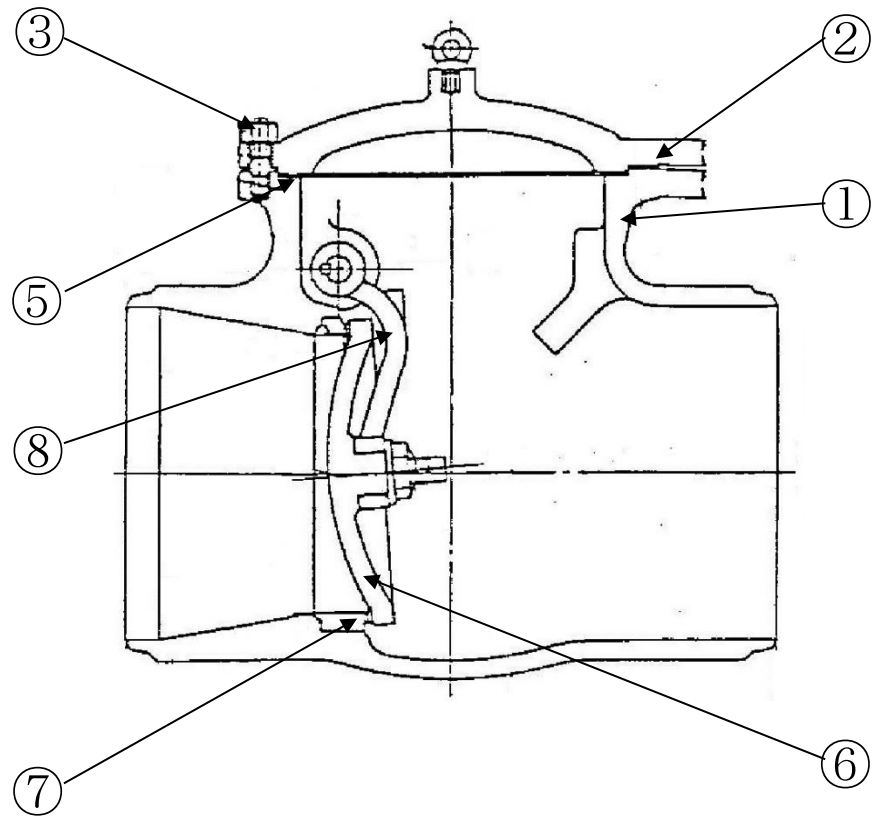
蒸気に接する弁箱、弁ふた、弁体、弁座およびアームは低合金鋼である。また、当該弁は駆動部付きであり、駆動部に繋がる弁棒の軸封部には流体の漏れを防止するためグラندドパッキンを使用している。

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。

第4抽気逆止弁の構造図を図2.1-10に示す。

### (2) 材料および使用条件

第4抽気逆止弁主要部位の使用材料を表2.1-21に、使用条件を表2.1-22に示す。



No.	部位
①	弁箱
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	グラントパッキン
⑤	ガスケット
⑥	弁体
⑦	弁座
⑧	アーム
⑨	弁棒

図2. 1-11 第4抽気逆止弁構造図

表2.1-21 第4抽気逆止弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
ハウダリの維持	弁箱	低合金鋼 (SCPH21)
	弁ふた	低合金鋼 (SCPH21)
	ジョイントボルト・ナット	低合金鋼 (SNB7)
	グラフトパッキン	(消耗品)
	ガスケット	(消耗品)
隔離機能の維持	弁体	低合金鋼 (SCPH21 ステライト肉盛)
	弁座	低合金鋼 (SFVAF11A ステライト肉盛)
作動機能の維持	アーム	低合金鋼 (SCPH21)
	弁棒	ステンレス鋼 (SUS403)

表2.1-22 第4抽気逆止弁の使用条件

最高使用圧力	0.5MPa
最高使用温度	149℃
内部流体	蒸気

## 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の抽出

#### (1) 想定される経年劣化事象

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（流体の種類、圧力、温度等）およ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、消耗品および定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品および定期取替品の扱い

グランドパッキン、ガスケット、犠牲陽極材は消耗品であり、長期使用せず取替を前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。



(3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

想定される経年劣化事象のうち下記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（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（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〔原子炉給水内側隔離逆止弁〕

## 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、弁体、弁棒連結部の摩耗〔原子炉隔離時冷却系タービン排気逆止弁、原子炉給水内側隔離逆止弁、原子炉補機冷却系常用補機冷却水出口A/B切替逆止弁、液体廃棄物処理系逆止弁、タービン補機海水系逆止弁、原子炉隔離時冷却系ポンプトラス水入口逆止弁、原子炉補機海水ポンプ出口逆止弁、第4抽気逆止弁〕

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み、アームと弁体連結部に摩耗が想定されるが、アームと弁体の連結部を固定しているナットには廻り止めを実施しており、摩耗が発生する可能性は小さい。アームと弁棒との連結部は、弁作動時の摺動により摩耗が想定される。また、原子炉給水内側隔離逆止弁およびタービン補機海水系逆止弁については、アームを介さないスイング型逆止弁であり、弁体と弁棒の連結部に摩耗が想定される。

しかし、定期的に目視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な摩耗は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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、弁座およびアームの腐食（流れ加速型腐食）〔原子炉給水内側隔離逆止弁、第4抽気逆止弁〕

弁箱、弁ふた、弁体、弁座およびアームは炭素鋼、炭素鋼鋳鋼または低合金鋼であり、内部流体は純水または蒸気であることから腐食（流れ加速型腐食）が想定される。

しかし、定期的に目視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な腐食（流れ加速型腐食）は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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、弁座、アームおよび弁棒の腐食（孔食・隙間腐食）〔原子炉補機海水ポンプ出口逆止弁〕

弁箱はステンレス鋳鋼、弁ふた、弁体、弁座、アームおよび弁棒はステンレス鋼であり、内部流体が海水であることから、塩素イオンの付着および隙間部の影響による腐食（孔食・隙間腐食）が想定されるが、犠牲陽極材により防食を行っており、腐食（孔食・隙間腐食）が発生する可能性は小さい。

また、定期的に目視確認を行い、健全性を確認しており、必要により補修または取替を実施することとしており、これまで有意な腐食（孔食・隙間腐食）は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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）〔原子炉隔離時冷却系タービン排気逆止弁、原子炉隔離時冷却系真空ポンプ出口逆止弁、原子炉給水内側隔離逆止弁、原子炉補

機冷却系常用補機冷却水出口A/B切替逆止弁，液体廃棄物処理系逆止弁，タービン補機海水系逆止弁，原子炉隔離時冷却ポンプトーラス水入口逆止弁，ほう酸水注入ポンプ出口逆止弁，原子炉補機海水ポンプ出口逆止弁，第4抽気逆止弁]

ジョイントボルト・ナットは低合金鋼または炭素鋼であり，腐食が想定されるが，定期的に見視確認を行い，健全性を確認しており，これまで有意な腐食は認められていない。

なお，原子炉補機海水ポンプ出口逆止弁については，屋外設置であるが，防食塗装が施されていることから腐食が発生する可能性は小さい。

また，定期的に見視確認を行い，塗装の状態を確認するとともに，必要に応じ補修塗装を実施しており，これまで有意な腐食は認められていない。

したがって，今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから，高経年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，弁座およびアームの腐食（全面腐食）〔原子炉隔離時冷却系タービン排気逆止弁〕

弁箱は炭素鋼鋳鋼，弁ふた，弁体，弁座およびアームは炭素鋼であり，内部流体は蒸気であることから腐食が想定される。

しかし，定期的に見視確認を行い，健全性の確認しており，これまで有意な腐食は認められていない。

弁箱および弁ふたの外表面については，防食塗装が施されていることから，腐食が発生する可能性は小さい。

また，定期的に見視確認を行い，塗装の状態を確認するとともに，必要により補修塗装を実施することとしており，これまで有意な腐食は認められていない。

したがって，今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから，高経年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，弁ふたおよび弁座の腐食（全面腐食）〔原子炉隔離時冷却系真空ポンプ出口逆止弁〕

弁箱，弁ふたおよび弁座は炭素鋼であり，腐食が想定されるが，内部流体はガス（空気）であることから腐食が発生する可能性は小さい。

弁箱および弁ふたの外表面については，防食塗装が施されていることから，腐食が発生する可能性は小さい。

また，定期的に見視確認を実施し，健全性確認を行っており，これまで有意な腐食は認められていない。

したがって，今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから，高経年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. 弁体の固着〔原子炉隔離時冷却系真空ポンプ出口逆止弁、内側主蒸気隔離弁アキュムレータ逆止弁、ほう酸水注入ポンプ出口逆止弁〕

リフト型逆止弁は、過去に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弁体が固着する事例が確認されているが、島根2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、定期的に目視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な固着は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. 弁箱および弁ふたの腐食（全面腐食）〔原子炉給水内側隔離逆止弁、第4抽気逆止弁〕

弁箱および弁ふたは炭素鋼、炭素鋼鋳鋼または低合金鋼であり、外面に腐食が想定されるが、防食塗装が施されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、定期的に目視確認を行い、塗装の状態を確認するとともに、必要により補修塗装を実施することとしており、これまで有意な腐食は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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、弁座およびアームの腐食（全面腐食）〔原子炉補機冷却系常用補機冷却水出口A/B切替逆止弁〕

弁箱、弁ふた、弁体、弁座およびアームは炭素鋼鋳鋼であり、腐食が想定されるが、内部流体である冷却水には防錆剤が添加されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、定期的に目視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。

弁箱および弁ふたの外面については、防食塗装が施されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、定期的に目視確認を行い、塗装の状態を確認するとともに、必要により補修塗装を実施することとしており、これまで有意な腐食は認められていない。

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

j. 弁箱および弁ふたの貫粒型応力腐食割れ〔内側主蒸気隔離弁アキュムレータ逆止弁，原子炉隔離時冷却ポンプトラス水入口逆止弁，ほう酸水注入ポンプ出口逆止弁〕

弁箱および弁ふたは，ステンレス鋼またはステンレス鋳鋼であり，貫粒型応力腐食割れが想定されるが，屋内空調環境に設置されていることおよびステンレス材を使用する工事においては塩分管理を実施していることから，塩分付着による貫粒型応力腐食割れが発生する可能性は小さい。

また，定期的に目視確認を行い，健全性を確認しており，これまでに有意な割れは認められていない。

したがって，今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから，高経年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. 弁箱，弁ふた，弁体および弁座の腐食（全面腐食）〔ほう酸水注入ポンプ出口逆止弁〕

弁箱，弁座，弁ふたおよび弁体はステンレス鋼またはステンレス鋳鋼であり，内部流体が五ほう酸ナトリウム水であることから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，定期的に目視確認を行い，健全性を確認しており，これまで有意な腐食は認められていない。

したがって，今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから，高経年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. 弁箱および弁ふたの貫粒型応力腐食割れ〔原子炉補機海水ポンプ出口逆止弁〕

弁箱はステンレス鋳鋼，弁ふたはステンレス鋼を用いており，屋外に設置されていることから，海塩粒子の付着による貫粒型応力腐食割れが想定されるが，塗装により塩分付着を防止していることから，塩分付着による貫粒型応力腐食割れが発生する可能性は小さい。

また，定期的に目視確認を行い，塗装の状態を確認するとともに，必要により補修塗装を実施することとしており，これまで有意な割れは認められていない。

したがって，今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから，高経年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. 弁箱，弁ふた，弁体の腐食（全面腐食）〔液体廃棄物処理系逆止弁〕

弁箱，弁ふた，弁体は鋳鉄または炭素鋼であり，内部流体が純水であることから腐食が想定されるが，内面にはライニングが施工されており，腐食が発生する可能性は小さい。

また，定期的に目視確認を行い，健全性を確認し，必要により補修または取替を実施することとしている。

したがって，高経年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. 弁座の樹脂の劣化〔液体廃棄物処理系逆止弁〕

弁座は樹脂であり，樹脂の劣化が想定されるが，定期的に見視確認を行い，健全性を確認することとしている。

したがって，高経年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. 弁箱，弁ふた，弁体，弁座の腐食（全面腐食）〔タービン補機海水系逆止弁〕

弁箱，弁ふた，弁体，弁座は鋳鉄であり，内部流体が海水であることから腐食が想定されるが，内面にはライニングが施工されており，腐食が発生する可能性は小さい。

また，定期的に見視確認を行い，健全性を確認し，必要により補修または取替を実施することとしている。

したがって，高経年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 (1/11) 原子炉隔離時冷却系タービン排気逆止弁に想定される経年劣化事象〔蒸気系炭素鋼逆止弁〕

機能達成に必要な項目	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		
ハウダリの維持	弁箱		炭素鋼鋳鋼		△						*1：シートはストレイト肉盛 *2：連結部
	弁ふた		炭素鋼		△						
	ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	ガスケット	◎	—								
隔離機能の維持	弁体		炭素鋼*1	△*2	△						
	弁座		炭素鋼*1		△						
作動機能の維持	アーム		炭素鋼	△*2	△						
	弁棒		ステンレス鋼	△*2							

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-1 (2/11) 原子炉隔離時冷却系真空ポンプ出口逆止弁に想定される経年劣化事象〔ガス系炭素鋼逆止弁〕

機能達成に必要な項目	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	弁箱		炭素鋼		△						*1：シートはフライト肉盛 *2：固着
	弁ふた		炭素鋼		△						
	ジョイントボルト		低合金鋼		△						
	ガスケット	◎	—								
隔離機能の維持	弁体		ステンレス鋼*1							△*2	
	弁座		炭素鋼*1		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）



表2.2-1 (3/11) 原子炉給水内側隔離逆止弁に想定される経年劣化事象〔純水系炭素鋼逆止弁〕

機能達成に必要な項目	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		
ハウダリの維持	弁箱		炭素鋼鋳鋼		△*2△	○					*1：シートはステイト肉盛 *2：流れ加速型腐食 *3：連結部
	弁ふた		炭素鋼		△*2△						
	ジョイントホルト・ナット		低合金鋼		△						
	ガスケット	◎	—								
隔離機能の維持	弁体		低合金鋼*1	△*3	△*2						
	弁座		低合金鋼*1		△*2						
作動機能の維持	弁棒		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

△：高経年化対策上着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 (4/11) 原子炉補機冷却系常用補機冷却水出口A/B切替逆止弁に想定される経年劣化事象〔冷却水系炭素鋼逆止弁〕

機能達成に必要な項目	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		
ハウダリの維持	弁箱		炭素鋼鋳鋼		△						*1：シートは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		△						
	ガスケット	◎	—								
隔離機能の維持	弁体		炭素鋼鋳鋼*1	△*2	△						
	弁座		炭素鋼鋳鋼*1		△						
作動機能の維持	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 (5/11) 液体廃棄物処理系逆止弁に想定される経年劣化事象〔純水系鋳鉄逆止弁〕

機能達成に必要な項目	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		
ハウタリの維持	弁箱		鋳鉄*1		△					*1：ゴムライニング *2：連結部 *3：劣化	
	弁ふた		炭素鋼*1		△						
	ジョイントボルト・ナット		炭素鋼，低合金鋼		△						
	ガスケット	◎	—								
隔離機能の維持	弁体		炭素鋼*1	△*2	△						
	弁座		樹脂						△*3		
作動機能の維持	アーム		ステンレス鋳鋼*1， ステンレス鋼*1	△*2							
	ブッシュ	◎	—								

△：高経年化対策上着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 (6/11) タービン補機海水系逆止弁に想定される経年劣化事象〔海水系鋳鉄逆止弁〕

機能達成に必要な項目	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		
ハウダリの維持	弁箱		鋳鉄*1		△						*1：ゴムライニング *2：連結部 *3：孔食・隙間腐食
	弁ふた		鋳鉄*1		△						
	ジョイントホルト・ナット		低合金鋼		△						
	ガスケット	◎	—								
隔離機能の維持	弁体		鋳鉄*1	△*2	△						
	弁座		鋳鉄*1		△						
作動機能の維持	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 (7/11) 内側主蒸気隔離弁アキュムレータ逆止弁に想定される経年劣化事象〔ガス系ステンレス鋼逆止弁〕

機能達成に必要な項目	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		
ハウダリの維持	弁箱		ステンレス鋼				△*2				*1：シートはスライム肉盛 *2：貫粒型応力腐食 割れ *3：固着
	弁ふた		ステンレス鋼				△*2				
	ジョイントボルト・ナット		ステンレス鋼								
	ガスケット	◎	—								
隔離機能の維持	弁体		ステンレス鋼*1							△*3	
	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 (8/11) 原子炉隔離時冷却ポンプトラス水入口逆止弁に想定される経年劣化事象〔純水系ステンレス鋼逆止弁〕

機能達成に必要な項目	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		
ハウダリの維持	弁箱		ステンレス鋳鋼				△*2				*1：シートはスライ仆肉 盛 *2：貫粒型応力腐 食割れ *3：連結部
	弁ふた		ステンレス鋼				△*2				
	ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	ガスケット	◎	—								
隔離機能の維持	弁体		ステンレス鋼*1	△*3							
	弁座		ステンレス鋼*1								
作動機能の維持	アーム		ステンレス鋼	△*3							
	弁棒		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 (9/11) ほう酸水注入ポンプ出口逆止弁に想定される経年劣化事象〔五ほう酸ナトリウム水系ステンレス鋼逆止弁〕

機能達成に必要な項目	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		
ハウダリの維持	弁箱		ステンレス鋳鋼		△		△*2				*1：シートはスライト肉盛 *2：貫粒型応力腐食割れ *3：固着
	弁ふた		ステンレス鋼		△		△*2				
	ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	ガスケット	◎	—								
隔離機能の維持	弁体		ステンレス鋼*1		△					△*3	
	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 (10/11) 原子炉補機海水ポンプ出口逆止弁に想定される経年劣化事象〔海水系ステンレス鋼逆止弁〕

機能達成に必要な項目	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		
ハウダリの維持	弁箱		ステンレス鋳鋼		△*2		△*3				*1：シートはスライム肉盛 *2：孔食・隙間腐食 *3：貫粒型応力腐食割れ *4：連結部
	弁ふた		ステンレス鋼		△*2		△*3				
	ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	ガスケット	◎	—								
	犠牲陽極材	◎	—								
隔離機能の維持	弁体		ステンレス鋼*1	△*4	△*2						
	弁座		ステンレス鋼*1		△*2						
作動機能の維持	アーム		ステンレス鋼	△*4	△*2						
	弁棒		ステンレス鋼	△*4	△*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 (11/11) 第4抽気逆止弁に想定される経年劣化事象〔蒸気系低合金鋼逆止弁〕

機能達成に必要な項目	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		
ハウダリの維持	弁箱		低合金鋼		△*2△					*1：シートはスライト肉盛 *2：流れ加速型腐食 *3：連結部	
	弁ふた		低合金鋼		△*2△						
	ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	グラントパッキン	◎	—								
	ガスケット	◎	—								
隔離機能の維持	弁体		低合金鋼*1	△*3	△*2						
	弁座		低合金鋼*1		△*2						
作動機能の維持	アーム		低合金鋼	△*3	△*2						
	弁棒		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）

## 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〔原子炉給水内側隔離逆止弁〕

#### a. 事象の説明

原子炉給水内側隔離逆止弁の弁箱は、プラントの起動・停止等の温度・圧力変化により疲労が蓄積され、疲労割れが発生する可能性があることから、経年劣化に対する評価が必要である。

#### b. 技術評価

##### (a) 健全性評価

原子炉給水内側隔離逆止弁について、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（2015年7月末時点）の過渡回数と、今後も同様な運転を続けたと仮定して推定した運転開始後60年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。評価用過渡条件を表2.3-1に、評価結果を表2.3-2に示す。

この結果、表2.3-2に示すとおり、疲れ累積係数は60年時点でも許容値以下であり、60年間の運転において疲労割れが問題となる可能性はないと判断する。

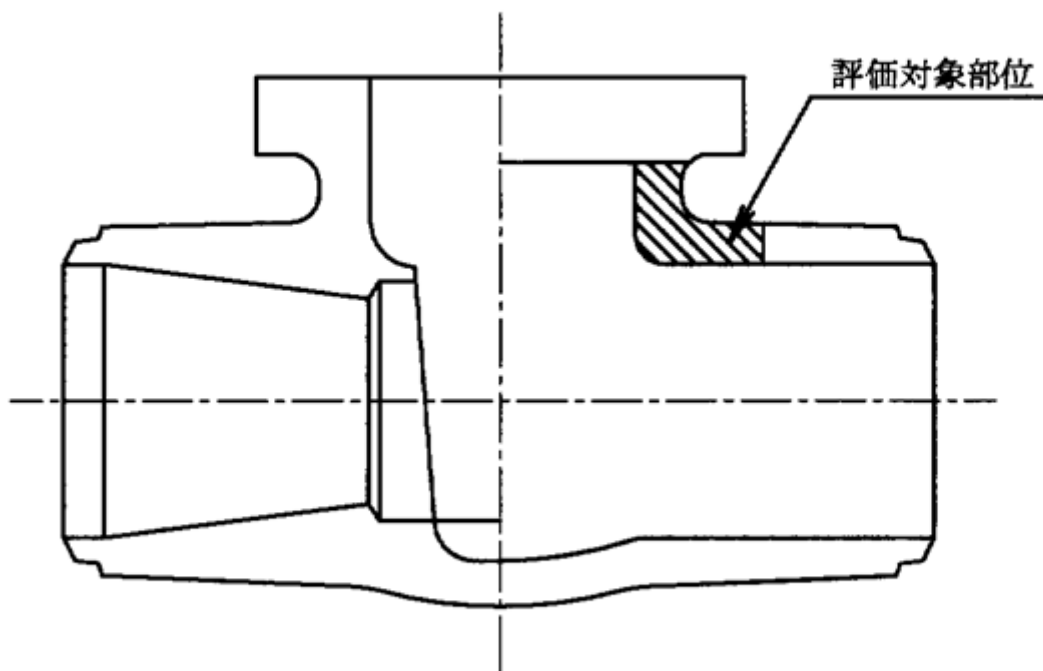


図2.3-1 原子炉給水内側隔離逆止弁 弁箱の疲労評価対象部位

表2.3-1 原子炉給水内側隔離逆止弁 評価用過渡条件

運転条件	運転実績に基づく 過渡回数 (2015年7月末時点)	運転開始後60年時点
ボルト締付	20	45
耐圧試験	24	55
起動（昇温，タービン起動）	36	74
夜間低出力運転（75%出力）	40	81
週末低出力運転（50%出力）	34	84
制御棒パターン変更	58	143
給水加熱機能喪失（発電機トリップ）	0	1
給水加熱機能喪失（給水加熱器部分バイパス）	0	1
スクラム（タービントリップ）	1	2
スクラム（その他スクラム）	4	7
停止	36	74
ボルト取り外し	21	46
スクラム（原子炉給水ポンプ停止）	0	1
スクラム（逃がし安全弁誤作動）	0	1

表2.3-2 原子炉給水内側隔離逆止弁の疲労評価結果

対象機器	運転実績に基づく疲れ解析（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 (2015年7月末時 点)	運転開始後 60年時点	運転開始後 60年時点
原子炉給水内側隔離逆止弁	0.014	0.032	0.279

(b) 現状保全

原子炉給水内側隔離逆止弁の弁箱については、定期的に目視確認を実施し、健全性を確認している。

(c) 総合評価

原子炉給水内側隔離逆止弁の弁箱については、疲労評価結果から、疲労割れが評価期間において問題となる可能性はなく、引き続き現状保全を継続することで60年間の健全性は維持できると判断する。

ただし、疲労評価は実績過渡回数に依存するため、今後も実績過渡回数を把握し評価する必要がある。

c. 高経年化への対応

原子炉給水内側隔離逆止弁の弁箱の疲労割れについては、実績過渡回数の確認を継続的に実施し、運転開始後60年時点の推定過渡回数を上回らないことを確認する。

### 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 原子炉再循環系
- ② 主蒸気系
- ③ 復水系
- ④ 給水系
- ⑤ 制御棒駆動系
- ⑥ 原子炉浄化系
- ⑦ 原子炉補機冷却系
- ⑧ 燃料プール冷却系
- ⑨ 高圧炉心スプレイ補機冷却系
- ⑩ 高圧炉心スプレイ補機海水系
- ⑪ 原子炉隔離時冷却系
- ⑫ 残留熱除去系
- ⑬ 低圧炉心スプレイ系
- ⑭ 高圧炉心スプレイ系
- ⑮ ほう酸水注入系
- ⑯ 逃がし安全弁N<sub>2</sub>ガス供給系
- ⑰ タービンランド蒸気系
- ⑱ 抽気系
- ⑲ 液体廃棄物処理系
- ⑳ 中央制御室空調換気系
- ㉑ ドライウェル冷却系
- ㉒ 計装用圧縮空気系
- ㉓ サンプリング系
- ㉔ 津波防止設備系

#### 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、残留熱除去系、低圧炉心スプレイ系、高圧炉心スプレイ系〕

代表機器と同様に、疲労割れが想定されるが、弁形状、運転状態および過渡条件が代表機器と同様もしくは緩やかであることから、疲労割れが評価期間において問題となる可能性はないと判断する。

また、定期的な目視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な割れは認められていないことから、引き続き現状保全を継続することで60年間の健全性は維持できると判断する。

したがって、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に追加すべき項目はない。

### 3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

#### a. アーム、弁体、弁棒連結部の摩耗〔スイング型逆止弁共通〕

代表機器と同様に、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み、アームと弁体連結部に摩耗が想定されるが、アームと弁体の連結部を固定しているナットには廻り止めを実施しており、摩耗が発生する可能性は小さい。アームと弁棒連結部は、弁作動時の摺動により摩耗が想定される。また、アームを介さないスイング型逆止弁については、弁体と弁棒の連結部に摩耗が想定される。

しかし、定期的に見視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な摩耗は認められていない。

また、新規に設置される機器については見視確認を行い、健全性を確認することとしている。

したがって、高経年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、弁座およびアームの腐食（流れ加速型腐食）〔純水系炭素鋼逆止弁および蒸気系低合金鋼逆止弁（配管肉厚管理対象範囲）：復水系、給水系、原子炉浄化系、タービングランド蒸気系、抽気系〕

代表機器と同様に、弁箱、弁ふた、弁体、弁座およびアームは炭素鋼、炭素鋼鋳鋼または低合金鋼であり、内部流体が純水または蒸気であることから腐食（流れ加速型腐食）が想定される。

しかし、定期的に見視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な腐食（流れ加速型腐食）は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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、弁座、アームおよび弁棒の腐食（孔食・隙間腐食）〔海水系ステンレス鋼逆止弁：高圧炉心スプレイ補機海水系、津波防止設備系〕

代表機器と同様に、高圧炉心スプレイ補機海水系の弁箱はステンレス鋳鋼、弁ふた、弁体、弁座、アームおよび弁棒はステンレス鋼であり、内部流体が海水であることから、塩素イオンの付着および隙間部の影響による腐食（孔食・隙間腐食）が想定されるが、犠牲陽極材により防食を行っており、腐食（孔食・隙間腐食）が発生する可能性は小さい。

また、定期的に見視確認を行い、健全性を確認しており、必要により補修または取替を実施することとしており、これまで有意な腐食（孔食・隙間腐食）は認められていない。

津波防止設備系の弁箱、弁体はステンレス鋼であり、同様に腐食（孔食・隙間腐食）が想定されるが、津波発生時のみ接液することから、通常状態で海水と接液する可能性は小さいため、腐食（孔食・隙間腐食）が発生する可能性は小さい。

また、定期的に見視確認を行い、健全性を確認することとしている。

したがって、高経年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）〔炭素鋼製または低合金鋼製のジョイントボルト・ナットを有する逆止弁共通〕

ジョイントボルト・ナットは炭素鋼または低合金鋼であり、腐食が想定されるが、定期的に見視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。

なお、屋外設置の弁については、防食塗装が施されていることから腐食が発生する可能性は小さい。

したがって、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にくいことから、高経年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、弁座およびアームの腐食（全面腐食）〔純水系炭素鋼逆止弁（配管肉厚管理対象外範囲）：復水系、原子炉浄化系、原子炉隔離時冷却系、残留熱除去系、低圧炉心スプレイ系、高圧炉心スプレイ系、液体廃棄物処理系〕

代表機器と同様に、弁箱、弁ふた、弁体、弁座およびアームは炭素鋼または炭素鋼鋳鋼であり、内部流体は純水であることから腐食が想定される。

しかし、定期的に見視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。

弁箱および弁ふたは炭素鋼または炭素鋼鋳鋼であり、外面に腐食が想定されるが、防食塗装が施されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、定期的に見視確認を行い、塗装の状態を確認するとともに、必要により補修塗装を実施することとしており、これまで有意な腐食は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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〕

代表機器と同様に、リフト型逆止弁は、過去に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弁体の固着事例が確認されているが、島根2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、定期的に見視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な固着は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. 弁箱および弁ふた外面の腐食（全面腐食）〔純水系炭素鋼逆止弁・蒸気系低合金鋼逆止弁（配管肉厚管理対象範囲）：復水系、給水系、原子炉浄化系、タービンランド蒸気系、抽気系〕

代表機器と同様に、弁箱および弁ふたは炭素鋼、炭素鋼鋳鋼または低合金鋼であり、外面に腐食が想定されるが、防食塗装が施されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、定期的に見視確認を行い、塗装の状態を確認するとともに、必要により補修塗装を

実施することとしており、これまで有意な腐食は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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、弁座およびアームの腐食（全面腐食）〔冷却水系炭素鋼逆止弁：原子炉補機冷却系，高圧炉心スプレイ補機冷却系，中央制御室空調換気系，ドライウエル冷却系〕

代表機器と同様に、弁箱、弁ふた、弁体、弁座およびアームは炭素鋼または炭素鋼鋳鋼であり、腐食が想定されるが、内部流体である冷却水には防錆剤が添加されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、定期的に見視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。

弁箱および弁ふたは炭素鋼または炭素鋼鋳鋼であり、腐食が想定されるが、防食塗装が施されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、定期的に見視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. 弁箱および弁ふたの貫粒型応力腐食割れ〔ステンレス鋼製またはステンレス鋳鋼製の弁箱，弁ふたを有する逆止弁共通〕

代表機器と同様に、弁箱および弁ふたは、ステンレス鋼またはステンレス鋳鋼であり、貫粒型応力腐食割れが想定されるが、屋内空調環境に設置されており、ステンレス材を使用する工事においては塩分管理を実施していることから、塩分付着による貫粒型応力腐食割れが発生する可能性は小さい。

また、定期的に見視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な割れは認められていない。

屋外設置の弁については、塗装が施されていることから、塩分付着による貫粒型応力腐食割れが発生する可能性は小さい。

また、定期的に見視確認を行い、健全性を確認しており、これまでに有意な割れは認められていない。

新規に設置される機器については見視確認を行い、健全性を確認することとしている。

したがって、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。



j. 弁箱の熱時効〔純水系ステンレス鋳鋼逆止弁：原子炉浄化系，ほう酸水注入系〕

弁箱はステンレス鋳鋼であり，熱時効による材料の靱性低下等の機械的特性の変化が想定されるが，き裂の原因となる経年劣化事象は想定されないことから，熱時効が問題となる可能性はないと評価する。

また，定期的に目視確認により健全性を確認しており，これまで有意な欠陥は認められていない。

したがって，今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから，高経年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）

代表機器と同様に，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。

## 4. バタフライ弁

[対象系統]

- ① 原子炉補機海水系
- ② 窒素ガス制御系
- ③ 高圧炉心スプレイ補機海水系
- ④ 非常用ガス処理系
- ⑤ タービン補機海水系
- ⑥ 抽気系

## 目 次

1. 対象機器および代表機器の選定	4-1
1.1 グループ化の考え方および結果	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, 材料および使用条件	4-3
2.1.1 N2ドライウェル入口隔離弁 (AV217-2)	4-3
2.1.2 原子炉補機冷却系熱交海水入口弁 (V215-2A/B)	4-6
2.1.3 タービン補機海水ポンプ第二出口弁 (MV247-3)	4-9
2.1.4 原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン排気弁 (MV241-1A/B)	4-12
2.2 経年劣化事象の抽出	4-15
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目	4-15
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出	4-15
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象	4-17
3. 代表機器以外への展開	4-24
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象	4-24
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	4-25

## 1. 対象機器および代表機器の選定

島根2号炉で使用している主要なバタフライ弁の仕様を表1-1に示す。

これらのバタフライ弁を材料およ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以下のとおり代表機器を選定した。

### 1.1 グループ化の考え方および結果

材料およ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、鋳鉄および低合金鋼であり、流体はガス、海水および蒸気に分類される。

### 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、口径、最高使用温度、最高使用圧力および運転状態の観点から代表機器を選定するものとする。

#### (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）

ガス系に使用されている炭素鋼バタフライ弁のうち、重要度、口径および最高使用温度の観点から、N2ドライウェル入口隔離弁を代表機器とする。

(AV217-2, 600 A, 0.4 MPa, 171 °C)

#### (2) 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）

海水系に使用されている炭素鋼バタフライ弁のうち、重要度および口径の観点から、原子炉補機冷却系熱交海水入口弁を代表機器とする。

(V215-2A/B, 700 A, 1.0 MPa, 40 °C)

#### (3) 海水系鋳鉄バタフライ弁（内部流体：海水、弁箱材質：鋳鉄）

海水系に使用されている鋳鉄バタフライ弁のうち、重要度および口径の観点から、タービン補機海水ポンプ第二出口弁を代表機器とする。

(MV247-3, 750 A, 0.5 MPa, 30 °C)

#### (4) 蒸気系低合金鋼バタフライ弁（内部流体：蒸気、弁箱材質：低合金鋼）

このグループには、原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン排気弁のみが属することから、原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン排気弁を代表機器とする。

(MV241-1A/B, 1,500 A, 0.05 MPa, 110 °C)

表1-1 バタフライ弁のグループ化および代表機器

分類基準		系統名称	選定基準					選定	代表弁	選定理由
材料	流体		重要度*1	使用条件						
				口径 (A)	運転 状態	最高使用 圧力(MPa)	最高使用 温度(℃)			
炭素鋼	ガス	窒素ガス制御系	MS-1, 重*2	400~600	連続	1.0	200	◎	N2ドライウェル入口隔離弁 (600A, 0.4MPa, 171℃) AV217-2	最高 使用温度
		非常用ガス処理系	MS-1, 重*2	100~400	一時	0.9	200			
	海水	原子炉補機海水系	MS-1, 重*2	500~700	連続	1.0	40	◎	原子炉補機冷却系熱交海水 入口弁 (700A, 1.0MPa, 40℃) V215-2A/B	口径
		高圧炉心スプレ イ補機海水系	MS-1, 重*2	250	一時	1.0	40			
鋳鉄	海水	タービン補機海水系*3	設*4	550~750	連続	0.5	30	◎	タービン補機海水ポンプ 第二出 口弁 (750A, 0.5MPa, 30℃) MV247-3	口径
低合金鋼	蒸気	抽気系	高*5	1,500	連続	0.05	110	◎	原子炉給水ポンプ 駆動用蒸気 タービン排気弁 (1,500A, 0.05MPa, 110℃) MV241-1A/B	

\*1：最上位の重要度を示す。

\*2：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器および構造物であることを示す。

\*3：新規に設置される機器を含む。

\*4：設計基準対象施設として評価対象とした機器および構造物を示す。

\*5：最高使用温度が95℃を超え、または最高使用圧力が1,900 kPaを超える環境下にある原子炉格納容器外の重要度クラス3の機器。

## 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4種類の弁について技術評価を実施する。

- ① N2ドライウエル入口隔離弁 (AV217-2)
- ② 原子炉補機冷却系熱交海水入口弁 (V215-2A/B)
- ③ タービン補機海水ポンプ第二出口弁 (MV247-3)
- ④ 原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン排気弁 (MV241-1A/B)

### 2.1 構造, 材料および使用条件

#### 2.1.1 N2ドライウエル入口隔離弁 (AV217-2)

##### (1) 構造

N2ドライウエル入口隔離弁は, 口径600 A, 最高使用圧力0.4 MPa, 最高使用温度171 °Cの空気作動バタフライ弁であり, 1台設置している。

ガス(窒素)を内包する耐圧部(弁箱, 底ふた, 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)および弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部(弁棒)からなる。

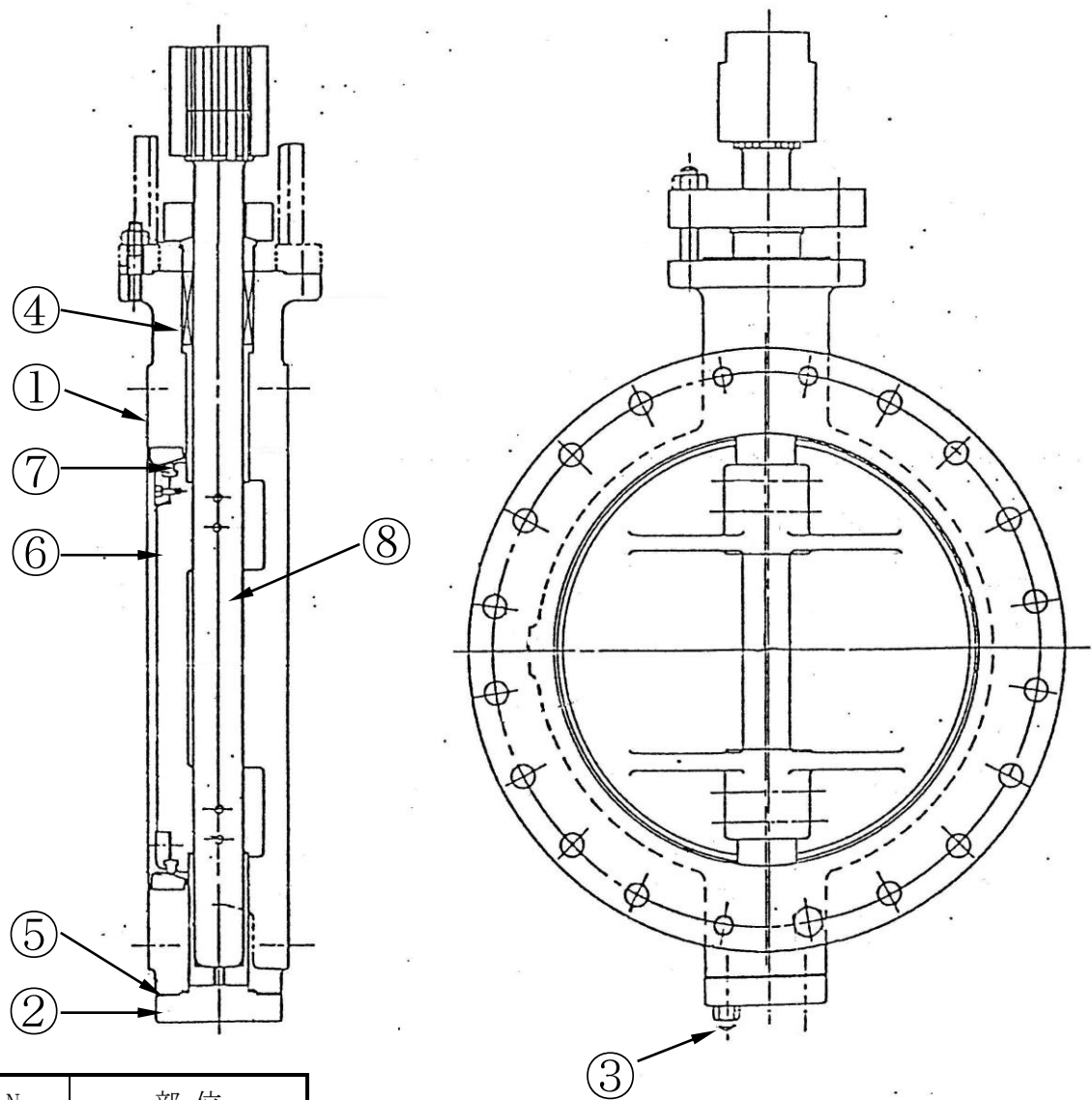
ガス(窒素)に接する弁箱, 弁体および底ふたは炭素鋼鋳鋼であり, 軸封部には流体の漏れを防止するためグランドパッキンを使用している。

なお, 当該弁については, フランジボルトを緩め, 弁箱を取り外すことにより, 弁内部の点検手入れが可能である。

N2ドライウエル入口隔離弁の構造図を図2.1-1に示す。

##### (2) 材料および使用条件

N2ドライウエル入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	底ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	グランドパッキン
⑤	ガスケット
⑥	弁体
⑦	弁座 (弁体シート)
⑧	弁棒

図2. 1-1 N2ドライウェル入口隔離弁構造図

表2.1-1 N2ドライウェル入口隔離弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
ハウダリの維持	弁箱	炭素鋼鋳鋼(SCPL1)
	底ふた	炭素鋼鋳鋼(SCPL1)
	ジョイントボルト・ナット	低合金鋼(SNB7)
	グラントパッキン	(消耗品)
	ガスケット	(消耗品)
隔離機能の維持	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	弁棒	ステンレス鋼(SUS420J2-B)

表2.1-2 N2ドライウェル入口隔離弁の使用条件

最高使用圧力	0.4MPa
最高使用温度	171℃
内部流体	ガス(窒素)



## 2.1.2 原子炉補機冷却系熱交海水入口弁 (V215-2A/B)

### (1) 構造

原子炉補機冷却系熱交海水入口弁は、口径700 A、最高使用圧力1.0 MPa、最高使用温度40 °Cの手動バタフライ弁であり、2台設置している。

海水を内包する耐圧部（弁箱、底ふた、ジョイントボルト、軸封部）、海水を仕切る隔離部（弁体、弁座）および弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒）からなる。

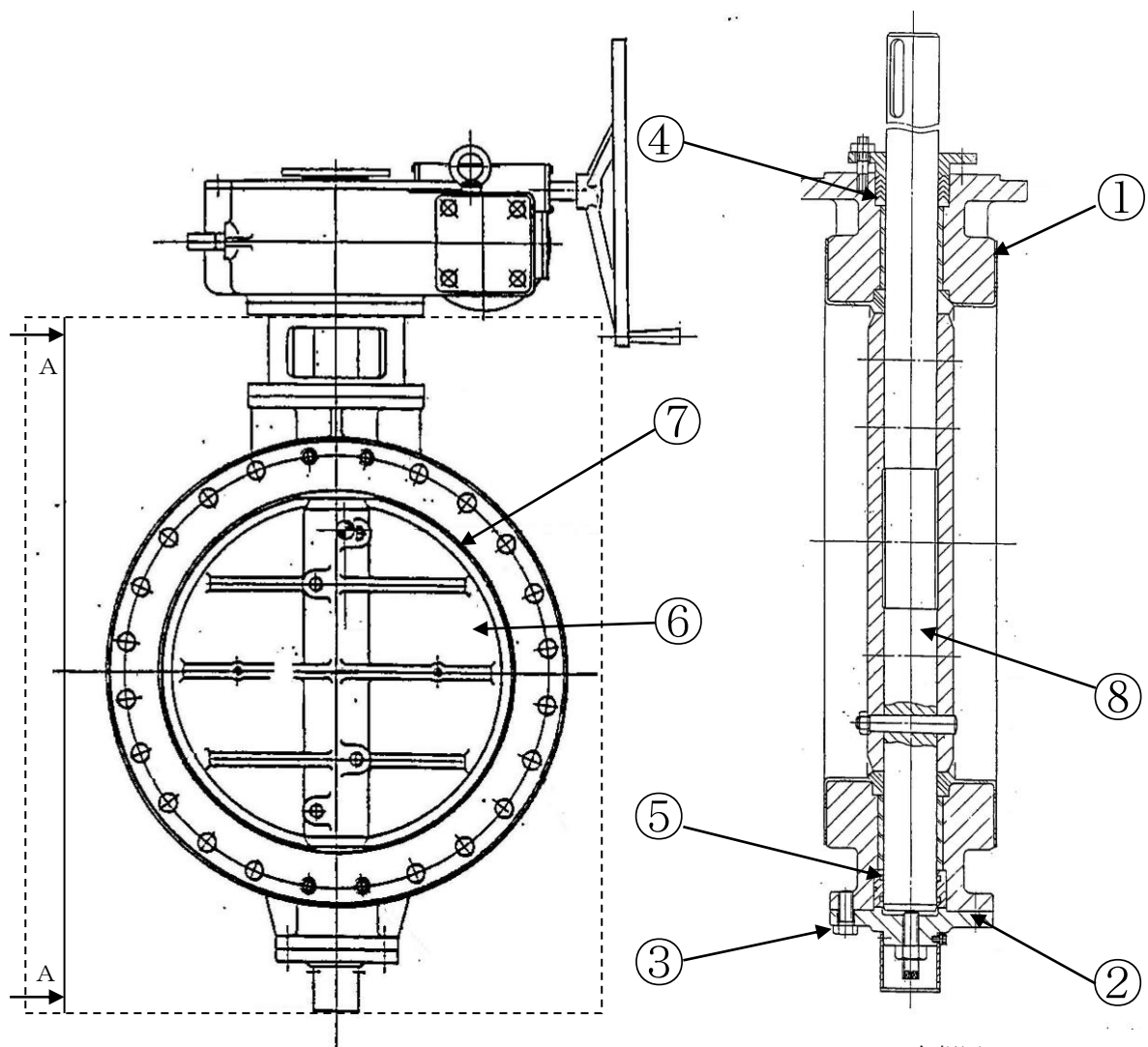
海水に接する弁箱および弁座は炭素鋼鋳鋼、弁体はステンレス鋳鋼であり、弁箱および弁座についてはライニングを施している。また、軸封部には流体の漏れを防止するためグランドパッキンを使用している。

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。

原子炉補機冷却系熱交海水入口弁の構造図を図2.1-2に示す。

### (2) 材料および使用条件

原子炉補機冷却系熱交海水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。



A-A矢视图

No.	部 位
①	弁箱
②	底ふた
③	ジョイントボルト
④	グランドパッキン
⑤	リング
⑥	弁体
⑦	弁座
⑧	弁棒

図2.1-2 原子炉補機冷却系熱交海水入口弁構造図

表2.1-3 原子炉補機冷却系熱交海水入口弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
ハウダリの維持	弁箱	炭素鋼鋳鋼(SCPH2 ゴムライニング)
	底ふた	炭素鋼鋳鋼(SCPH2)
	ジョイントボルト	炭素鋼(SS41)
	グラントパッキン	(消耗品)
	Oリング	(消耗品)
隔離機能の維持	弁体	ステンス鋳鋼(SCS16A)
	弁座	炭素鋼鋳鋼(SCPH2 ゴムライニング)
作動機能の維持	弁棒	ステンス鋼(SUS316)

表2.1-4 原子炉補機冷却系熱交海水入口弁の使用条件

最高使用圧力	1.0MPa
最高使用温度	40℃
内 部 流 体	海水

### 2.1.3 タービン補機海水ポンプ第二出口弁 (MV247-3)

#### (1) 構造

タービン補機海水ポンプ第二出口弁は、口径750 A、最高使用圧力0.5 MPa、最高使用温度30 °Cの電動バタフライ弁であり、1台設置している。

海水を内包する耐圧部（弁箱、底ふた、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）および弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒）からなる。

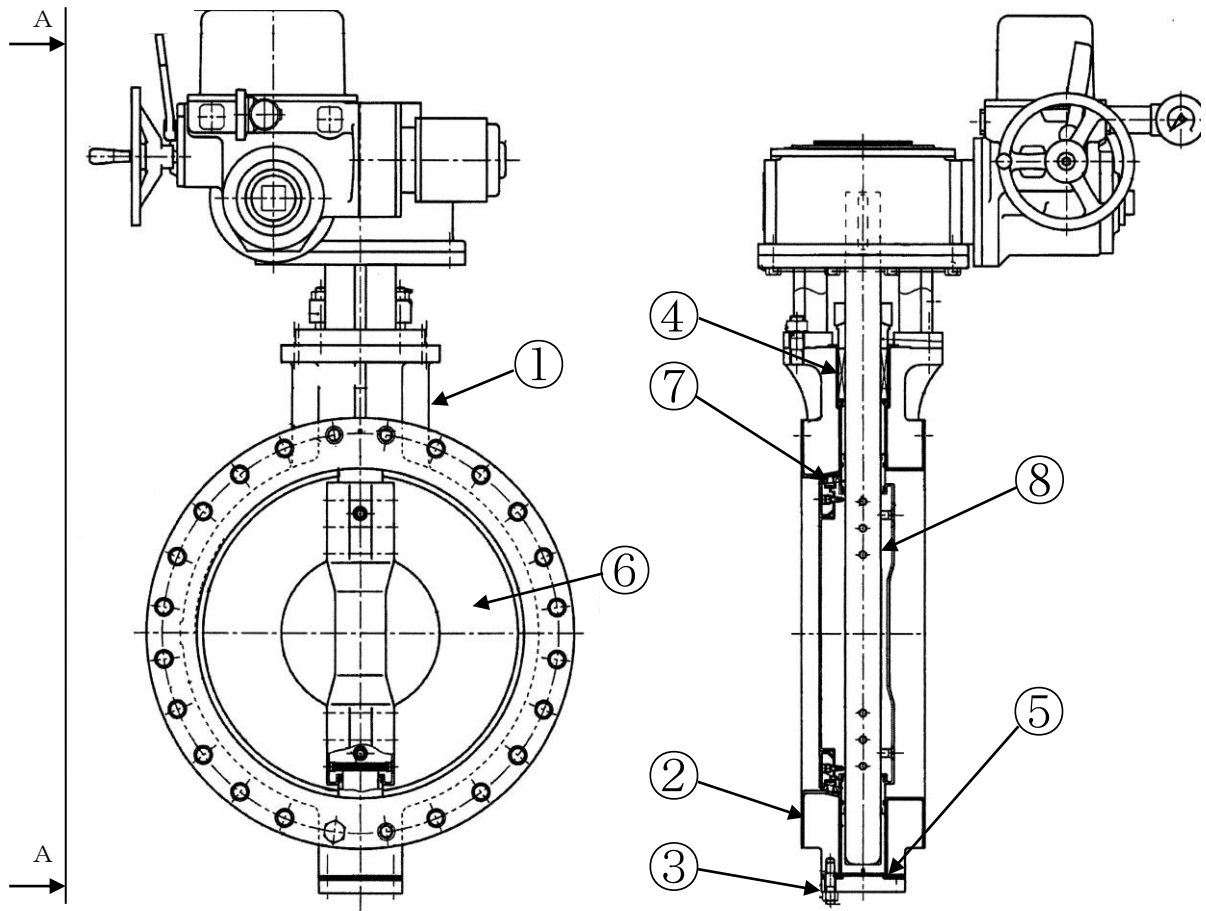
海水に接する弁箱および弁体は鋳鉄であり、軸封部には流体の漏れを防止するためグラインドパッキンを使用している。

なお、当該弁については、フランジボルトを緩め、弁箱を取り外すことにより、弁内部の点検手入れが可能である。

タービン補機海水ポンプ第二出口弁の構造図を図2.1-3に示す。

#### (2) 材料および使用条件

タービン補機海水ポンプ第二出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。



A-A矢視図

No.	部 位
①	弁箱
②	底ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	グラントパッキン
⑤	Oリング
⑥	弁体
⑦	弁座 (弁体シート)
⑧	弁棒

図2.1-3 タービン補機海水ポンプ第二出口弁構造図

表2.1-5 タービン補機海水ポンプ第二出口弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
バウダリの維持	弁箱	鋳鉄 (FCD450-10 コムライニング)
	底ふた	炭素鋼 (SFVC2B コムライニング)
	ジョイントボルト・ナット	低合金鋼 (SNB7), 炭素鋼 (S45C)
	グラフトパッキン	(消耗品)
	リング	(消耗品)
隔離機能の維持	弁体	鋳鉄 (FCD450-10 コムライニング)
	弁座 (弁体シート)	(消耗品)
作動機能の維持	弁棒	ステンレス鋼 (SUS420J2-B)

表2.1-6 タービン補機海水ポンプ第二出口弁の使用条件

最高使用圧力	0.5MPa
最高使用温度	30℃
内 部 流 体	海水

## 2.1.4 原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン排気弁 (MV241-1A/B)

### (1) 構造

原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン排気弁は、口径1,500 A、最高使用圧力0.05 MPa、最高使用温度110 °Cの電動バタフライ弁であり、2台設置している。

蒸気を内包する耐圧部（弁箱、底ふた、ジョイントボルト、軸封部）、蒸気を仕切る隔離部（弁体、弁座）および弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒）からなる。

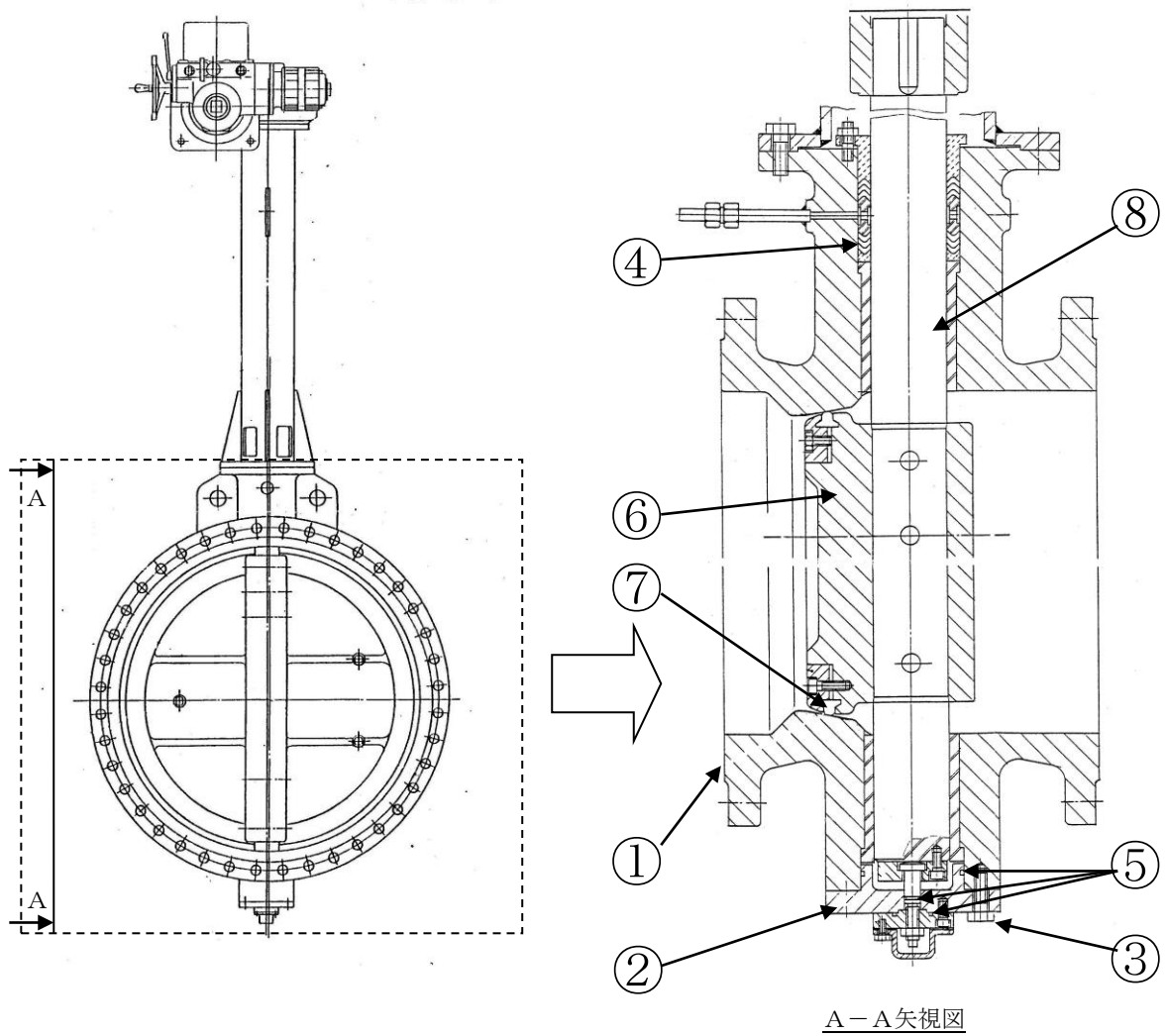
蒸気に接する弁箱、底ふたおよび弁体は低合金鋼であり、軸封部には流体の漏れを防止するためグランドパッキンを使用している。

なお、当該弁については、弁内部に入ることにより、弁内部の点検手入れが可能である。

原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン排気弁の構造図を図2.1-4に示す。

### (2) 材料および使用条件

原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン排気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	底ふた
③	ジョイントボルト
④	グラウトパッキン
⑤	リング
⑥	弁体
⑦	弁座 (弁体シート)
⑧	弁棒

図2.1-4 原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン排気弁構造図



表2.1-7 原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン排気弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
ハウダリの維持	弁箱	低合金鋼(SCPH21)
	底ふた	低合金鋼(SCPH21)
	ジョイントボルト	炭素鋼(SS41)
	グラントパッキン	(消耗品)
	リング	(消耗品)
隔離機能の維持	弁体	低合金鋼(SCPH21)
	弁座(弁体シート)	(消耗品)
作動機能の維持	弁棒	ステンレス鋼(SUS420J2)

表2.1-8 原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン排気弁(MV241-1A/B)の使用条件

最高使用圧力	0.05MPa
最高使用温度	110°C
内部流体	蒸気

## 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の抽出

#### (1) 想定される経年劣化事象

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（流体の種類、圧力、温度等）およ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、消耗品および定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品およ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、弁座（弁体シート）は消耗品であり、長期使用せず取替を前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

(3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

想定される経年劣化事象のうち下記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（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（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. 弁箱および弁座の腐食（全面腐食）〔原子炉補機冷却系熱交海水入口弁，タービン補機海水ポンプ第二出口弁〕

原子炉補機冷却系熱交海水入口弁の弁箱（内面）および弁座は炭素鋼鋳鋼，タービン補機海水ポンプ第二出口弁の弁箱（内面）は鋳鉄であり，内部流体が海水であることから腐食が想定されるが，接液部にはライニングが施されていることから，腐食が発生する可能性は小さい。

また，定期的に目視確認を行い，ライニングの健全性を確認し，必要に応じて補修および取替を実施することとしており，これまで有意な腐食は認められていない。

新規に設置される機器については，定期的に目視確認を行い，健全性を確認することとしている。

したがって，高経年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. 弁体の腐食（孔食・隙間腐食）〔原子炉補機冷却系熱交海水入口弁〕

弁体はステンレス鋳鋼であり，内部流体が海水のため，塩素イオンの影響および隙間部の影響による腐食（孔食・隙間腐食）が想定される。

しかし，定期的に目視確認を行い，健全性を確認しており，これまで有意な腐食（孔食・隙間腐食）は認められていない。

したがって，今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから，高経年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，底ふたおよび弁体の腐食（流れ加速型腐食）〔原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン排気弁〕

弁箱，底ふたおよび弁体は低合金鋼であり，内部流体が蒸気であることから，腐食（流れ加速型腐食）が想定されるが，低合金鋼は耐食性に優れていることから，腐食（流れ加速型腐食）が発生する可能性は小さい。

また，定期的に目視確認を行い，健全性を確認しており，これまで有意な腐食（流れ加速型腐食）は認められていない。

したがって，今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから，高経年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，底ふたおよび弁体の腐食（全面腐食）〔N2ドライウエル入口隔離弁〕

弁箱，底ふたおよび弁体は炭素鋼鋳鋼であり，腐食が想定されるが，内部流体はガス（窒素）であることから腐食が発生する可能性は小さい。

また，定期的に目視確認を行い，健全性を確認しており，これまで有意な腐食は認められていない。

弁箱および底ふたの外面については，防食塗装が施されていることから，腐食が発生する可能性は小さい。

また、定期的に目視確認を行い、塗装の状態を確認するとともに、必要により補修塗装を実施することとしており、これまで有意な腐食は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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）〔N2ドライウエル入口隔離弁，原子炉補機冷却系熱交海水入口弁，原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン排気弁〕

ジョイントボルト・ナットは炭素鋼または低合金鋼であり，腐食が想定されるが，定期的目視確認を行い，健全性を確認しており，これまで有意な腐食は認められていない。

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

f. 弁棒の摩耗〔共通〕

弁棒はグラウンドパッキンと接触することにより，摩耗が想定されるが，弁棒は摺動するグラウンドパッキンよりも硬いため，摩耗が発生する可能性は小さい。

また，定期的目視確認を行い，健全性を確認しており，これまで有意な摩耗は認められていない。

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

g. 弁箱の腐食（全面腐食）〔原子炉補機冷却系熱交海水入口弁〕

弁箱（外面）は炭素鋼鋳鋼であり，外面に腐食が想定されるが，防食塗装が施されていることから，腐食が発生する可能性は小さい。

また，定期的目視確認を行い，塗装の状態を確認するとともに，必要により補修塗装を実施することとしており，これまで有意な腐食は認められていない。

したがって，今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから，高経年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. 底ふたの腐食（全面腐食）〔原子炉補機冷却系熱交海水入口弁，タービン補機海水ポンプ第二出口弁〕

底ふた（内面）は炭素鋼鋳鋼であり，内部流体が海水であることから腐食が想定されるが，底ふたはOリングでシールされており，直接内部流体と接液しない構造となっていることから腐食が発生する可能性は小さい。

また，定期的目視確認を行い，健全性を確認することとしており，これまで有意な腐食は認められていない。

底ふた（外面）については，防食塗装が施されていることから，腐食が発生する可能性は小さい。

また，定期的目視確認を行い，塗装の状態を確認するとともに，必要により補修塗装を実施することとしており，これまで有意な腐食は認められていない。

新規に設置される機器については目視確認を行い，健全性を確認することとしている。

したがって、高経年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. 弁箱およびジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）〔タービン補機海水ポンプ第二出口弁〕

弁箱（外面）は鋳鉄、ジョイントボルト・ナットは低合金鋼および炭素鋼であり、屋外に設置されることから外面に腐食が想定されるが、防食塗装が施されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、定期的に目視確認を行い、塗装の状態を確認するとともに、必要により補修塗装を実施することとしている。

したがって、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

j. 弁体の腐食（全面腐食）〔タービン補機海水ポンプ第二出口弁〕

弁体は鋳鉄であり、内部流体が海水であることから腐食が想定されるが、接液部にはライニングが施されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、定期的に目視確認を行い、ライニングの健全性を確認し、必要に応じて補修および取替を実施することとしている。

したがって、高経年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. 弁箱および底ふたの腐食（全面腐食）〔原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン排気弁〕

弁箱および底ふたは低合金鋼であり、外面に腐食が想定されるが、防食塗装が施されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、定期的に目視確認を行い、塗装の状態を確認するとともに、必要により補修塗装を実施することとしており、これまで有意な腐食は認められていない。

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

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

日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。

表2.2-1 (1/4) N2ドライウェル入口隔離弁に想定される経年劣化事象〔ガス系炭素鋼バタフライ弁〕

機能達成に必要な項目	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	弁箱		炭素鋼鋳鋼		△						
	底ふた		炭素鋼鋳鋼		△						
	ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	グラントパッキン	◎	—								
	ガスケット	◎	—								
隔離機能の維持	弁体		炭素鋼鋳鋼		△						
	弁座（弁体シート）	◎	—								
作動機能の維持	弁棒		ステンレス鋼	△							

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-1 (2/4) 原子炉補機冷却系熱交海水入口弁に想定される経年劣化事象〔海水系炭素鋼バタフライ弁〕

機能達成に必要な項目	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	弁箱		炭素鋼鋳鋼*1		△*2△*3						*1：ゴムライニング *2：内面 *3：外面 *4：孔食・隙間腐食
	底ふた		炭素鋼鋳鋼		△*2△*3						
	ジョイントボルト		炭素鋼		△						
	グラウトパッキン	◎	—								
	Oリング	◎	—								
隔離機能の維持	弁体		ステンレス鋳鋼		△*4						
	弁座		炭素鋼鋳鋼*1		△						
作動機能の維持	弁棒		ステンレス鋼	△							

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）



表2.2-1 (3/4) タービン補機海水ポンプ第二出口弁に想定される経年劣化事象〔海水系鋳鉄バタフライ弁〕

機能達成に必要な項目	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		
バウダリの維持	弁箱		鋳鉄*1		△*2△*3						*1：ゴムライニング *2：内面 *3：外面
	底ふた		炭素鋼*1		△*2△*3						
	ジョイントボルト・ナット		低合金鋼, 炭素鋼		△						
	グランドパッキン	◎	—								
	Oリング	◎	—								
隔離機能の維持	弁体		鋳鉄*1		△						
	弁座（弁体シート）	◎	—								
作動機能の維持	弁棒		ステンレス鋼	△							

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-1 (4/4) 原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン排気弁に想定される経年劣化事象〔蒸気系合金鋼バタフライ弁〕

機能達成に必要な項目	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		
バウダリの維持	弁箱		低合金鋼		△*1△*2						*1：流れ加速型腐食 *2：外面
	底ふた		低合金鋼		△*1△*2						
	ジョイントボルト		炭素鋼		△						
	グラントパッキン	◎	—								
	リング	◎	—								
隔離機能の維持	弁体		低合金鋼		△*1						
	弁座（弁体シート）	◎	—								
作動機能の維持	弁棒		ステンレス鋼	△							

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

### 3. 代表機器以外への展開

本章では、2章で実施した代表機器の技術評価結果について、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 原子炉補機海水系
- ② 窒素ガス制御系
- ③ 高圧炉心スプレイ補機海水系
- ④ 非常用ガス処理系
- ⑤ タービン補機海水系

#### 3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

代表機器と同様に、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、想定した経年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、弁体および弁座の腐食（全面腐食）〔海水系炭素鋼バタフライ弁：原子炉補機海水系、高圧炉心スプレイ補機海水系、海水系鋳鉄バタフライ弁：タービン補機海水系〕

代表機器と同様に、海水系炭素鋼バタフライ弁の弁箱、弁体および弁座は炭素鋼鋳鋼、海水系鋳鉄バタフライ弁の弁箱は鋳鉄であり、内部流体が海水であることから腐食が想定されるが、接液部にはライニングが施されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、定期的に見視確認を行い、ライニングの健全性を確認しており、必要に応じ補修および取替を実施することとしており、これまで有意な腐食は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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、底ふたおよびジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）〔海水系炭素鋼バタフライ弁のうち屋外設置の弁：原子炉補機海水系、高圧炉心スプレイ補機海水系、海水系鋳鉄バタフライ弁：タービン補機海水系〕

代表機器と同様に、弁箱、底ふたおよびジョイントボルト・ナットは炭素鋼または炭素鋼鋳鋼であり、屋外に設置されることから外面に腐食が想定されるが、防食塗装が施されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、定期的に見視確認を行い、塗装の状態を確認するとともに、必要により補修塗装を実施することとしており、これまで有意な腐食は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. 弁体の腐食（孔食・隙間腐食）〔ステンレス鋳鋼製の弁体を有する海水系炭素鋼バタフライ弁：高圧炉心スプレイ補機海水系、海水系鋳鉄バタフライ弁：タービン補機海水系〕

代表機器と同様に、弁体はステンレス鋳鋼であり、内部流体が海水のため、塩素イオンの影響および隙間部の影響による腐食（孔食・隙間腐食）が想定される。

しかし、定期的に見視確認を行っており、健全性を確認し、必要に応じ補修または取替を行うこととしており、これまで有意な腐食（孔食・隙間腐食）は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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、底ふたおよび弁体の腐食（全面腐食）〔ガス系炭素鋼バタフライ弁：窒素ガス制御系，非常用ガス処理系〕

代表機器と同様に、弁箱、底ふたおよび弁体は炭素鋼または炭素鋼鋳鋼であり、腐食が想定されるが、内部流体はガス（窒素または空気）であり、腐食が発生する可能性は小さい。

また、定期的に見視確認を実施し、健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。

弁箱、底ふたの外面については、防食塗装が施されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、定期的に見視確認を実施し、塗装の状態を確認するとともに、必要により補修塗装を実施しており、これまで有意な腐食は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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）〔屋内に設置される弁のうち炭素鋼製または低合金製のジョイントボルト・ナットを有するバタフライ弁共通〕

代表機器と同様に、ジョイントボルト・ナットは炭素鋼または低合金鋼であり、腐食が想定されるが、定期的に見視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。

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

f. 弁棒の摩耗〔共通〕

代表機器と同様に、弁棒はグランドパッキンと接触することにより、摩耗が想定されるが、弁棒は摺動するグランドパッキンよりも硬いため、摩耗が発生する可能性は小さい。

また、定期的に見視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な摩耗は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. 弁箱および底ふたの腐食（全面腐食）〔海水系炭素鋼バタフライ弁のうち屋内設置の弁：原子炉補機海水系，高圧炉心スプレイ補機海水系〕

代表機器と同様に、弁箱および底ふたは炭素鋼鋳鋼であり、外面の腐食が想定されるが、防食塗装が施されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、定期的に見視確認を行い、塗装の状態を確認しており、必要により補修塗装を実施することとしており、これまで有意な腐食は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. 底ふたの腐食（全面腐食）〔海水系炭素鋼バタフライ弁：原子炉補機海水系， 高圧炉心スプレイ補機海水系， 海水系鋳鉄バタフライ弁：タービン補機海水系〕

底ふた（内面）は炭素鋼鋳鋼または鋳鉄であり，内部流体が海水であるため，腐食が想定されるが，底ふたはOリングでシールされており，直接内部流体と接液しない構造となっていることから腐食が発生する可能性は小さい。Oリングでシールされていない構造の底ふたについては，内部流体が海水であるため，腐食が想定される。

しかし，定期的に目視確認を行い，健全性を確認しており，これまで有意な腐食は認められていない。

したがって，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから，高経年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）

代表機器と同様に，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。

## 5. 安全弁

[対象系統]

- ① 原子炉再循環系
- ② 復水系
- ③ 給水系
- ④ 原子炉浄化系
- ⑤ 原子炉隔離時冷却系
- ⑥ 残留熱除去系
- ⑦ 低圧炉心スプレイ系
- ⑧ 高圧炉心スプレイ系
- ⑨ ほう酸水注入系
- ⑩ 逃がし安全弁N2ガス供給系
- ⑪ 可燃性ガス濃度制御系
- ⑫ タービングラント蒸気系
- ⑬ 所内蒸気系

## 目 次

1. 対象機器および代表機器の選定	5-1
1.1 グループ化の考え方および結果	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, 材料および使用条件	5-3
2.1.1 グランド蒸気発生器加熱蒸気安全弁 (RV231-1A/B/C)	5-3
2.1.2 可燃性ガス濃度制御系出口安全弁 (RV229-1A/B)	5-7
2.1.3 高圧炉心スプレイポンプ入口逃し弁 (RV224-1)	5-10
2.1.4 原子炉再循環ポンプメカニカルシールパージ入口逃がし弁 (RV201-1A/B)	5-13
2.1.5 ほう酸水注入ポンプ出口安全弁 (RV225-1A/B)	5-16
2.1.6 逃がし安全弁N2ガス供給装置出口安全弁 (RV227-1A/B)	5-19
2.2 経年劣化事象の抽出	5-22
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目	5-22
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出	5-22
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	5-24
3. 代表機器以外への展開	5-33
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象	5-33
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	5-34



## 1. 対象機器および代表機器の選定

島根2号炉で使用している主要な安全弁の仕様を表1-1に示す。

これらの安全弁を材料およ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以下のとおり代表機器を選定した。

### 1.1 グループ化の考え方および結果

材料およ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。

弁箱材料は炭素鋼およびステンレス鋼に分類され、流体は蒸気、ガス、純水およ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、口径、最高使用温度、最高使用圧力および運転状態の観点から代表機器を選定する。

#### (1) 蒸気系炭素鋼安全弁（内部流体：蒸気、弁箱材質：炭素鋼）

蒸気系に使用されている炭素鋼安全弁のうち、重要度、口径および最高使用温度の観点から、グラウンド蒸気発生器加熱蒸気安全弁を代表機器とする。

(RV231-1A/B/C, 200 A, 1.8 MPa, 209 °C)

#### (2) ガス系炭素鋼安全弁（内部流体：ガス、弁箱材質：炭素鋼）

このグループには可燃性ガス濃度制御系出口安全弁のみが属することから、可燃性ガス濃度制御系出口安全弁を代表機器とする。

(RV229-1A/B, 40 A, 0.4 MPa, 171 °C)

#### (3) 純水系炭素鋼安全弁（内部流体：純水、弁箱材質：炭素鋼）

純水系に使用されている炭素鋼安全弁のうち、重要度および口径の観点から、高圧炉心スプレイポンプ入口逃し弁を代表機器とする。

(RV224-1, 40 A, 1.4 MPa, 104 °C)

#### (4) 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）

純水系に使用されているステンレス鋼安全弁のうち、重要度の観点から、原子炉再循環ポンプメカニカルシールパージ入口逃がし弁を代表機器とする。

(RV201-1A/B, 20 A, 13.8 MPa, 66 °C)

#### (5) 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）

このグループには、ほう酸水注入ポンプ出口安全弁のみが属することから、ほう酸水注入ポンプ出口安全弁を代表機器とする。

(RV225-1A/B, 25 A, 11.8 MPa, 66 °C)

(6) ガス系ステンレス鋼安全弁（内部流体：ガス，弁箱材質：ステンレス鋼）

このグループには，逃がし安全弁N2ガス供給装置出口安全弁のみが属することから，逃がし安全弁N2ガス供給装置出口安全弁を代表機器とする。

(RV227-1A/B, 40A, 1.8MPa, 66°C)

表1-1 安全弁のグループ化および代表機器

分類基準		系統名称	選定基準				選定	代表弁	選定理由	
材料	流体		重要度*1	使用条件						
				口径 (A)	運転状態	最高使用圧力 (MPa)				最高使用温度 (°C)
炭素鋼	蒸気	タービン・グラント蒸気系	高*2	150~200	連続	1.8	209	◎	グラント蒸気発生器加熱蒸気安全弁 (200A, 1.8MPa, 209°C) RV231-1A/B/C	最高使用温度
		所内蒸気系	高*2	25~80	連続	1.0	190			
	ガス	可燃性ガス濃度制御系	MS-1	40	一時	0.4	171	◎	可燃性ガス濃度制御系出口安全弁 (40A, 0.4MPa, 171°C) RV229-1A/B	
		純水	復水系	高*2	40	連続	6.5	149		高圧炉心スプレイトンフ入口逃し弁 (40A, 1.4MPa, 104°C) RV224-1
	給水系		高*2	40	連続	10.0	209			
	原子炉浄化系		高*2	80	連続	10.0	302			
	残留熱除去系		MS-1, 重*3	25	連続 (短期)	3.9	185			
低圧炉心スプレイトンフ系	MS-1, 重*3	25	一時	4.4	104					
高圧炉心スプレイトンフ系	MS-1, 重*3	40	一時	1.4	104	◎				
ステンレス鋼	純水	原子炉再循環系	高*2	20	連続	13.8	66	◎	原子炉再循環ポンプメカニカルパージ 入口逃がし弁 (20A, 13.8MPa, 66°C) RV201-1A/B	重要度
		原子炉隔離時冷却系	重*3	40	一時	1.4	66			
	五ほう酸ナトリウム水	ほう酸水注入系	高*2, 重*3	25	一時	11.8	66	◎	ほう酸水注入ポンプ出口安全弁 (25A, 11.8MPa, 66°C) RV225-1A/B	
		ガス	逃がし安全弁N2ガス供給系	重*3	40	連続	1.8	66	◎	逃がし安全弁N2ガス供給装置出口 安全弁 (40A, 1.8MPa, 66°C) RV227-1A/B

\*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：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器および構造物であることを示す。

## 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6種類の弁について技術評価を実施する。

- ① グランド蒸気発生器加熱蒸気安全弁 (RV231-1A/B/C)
- ② 可燃性ガス濃度制御系出口安全弁 (RV229-1A/B)
- ③ 高圧炉心スプレイポンプ入口逃し弁 (RV224-1)
- ④ 原子炉再循環ポンプメカニカルシールパージ入口逃がし弁 (RV201-1A/B)
- ⑤ ほう酸水注入ポンプ出口安全弁 (RV225-1A/B)
- ⑥ 逃がし安全弁N2ガス供給装置出口安全弁 (RV227-1A/B)

### 2.1 構造, 材料および使用条件

#### 2.1.1 グランド蒸気発生器加熱蒸気安全弁 (RV231-1A/B/C)

##### (1) 構造

グランド蒸気発生器加熱蒸気安全弁は、口径200 A, 最高使用圧力1.8 MPa, 最高使用温度209 °Cの安全弁で、3台設置している。

弁本体は、蒸気を内包する耐圧部（弁箱、弁体、ノズルシート、ジョイントボルト・ナット、ベローズ）および弁体を作動させる作動部（弁棒、スプリング）からなる。

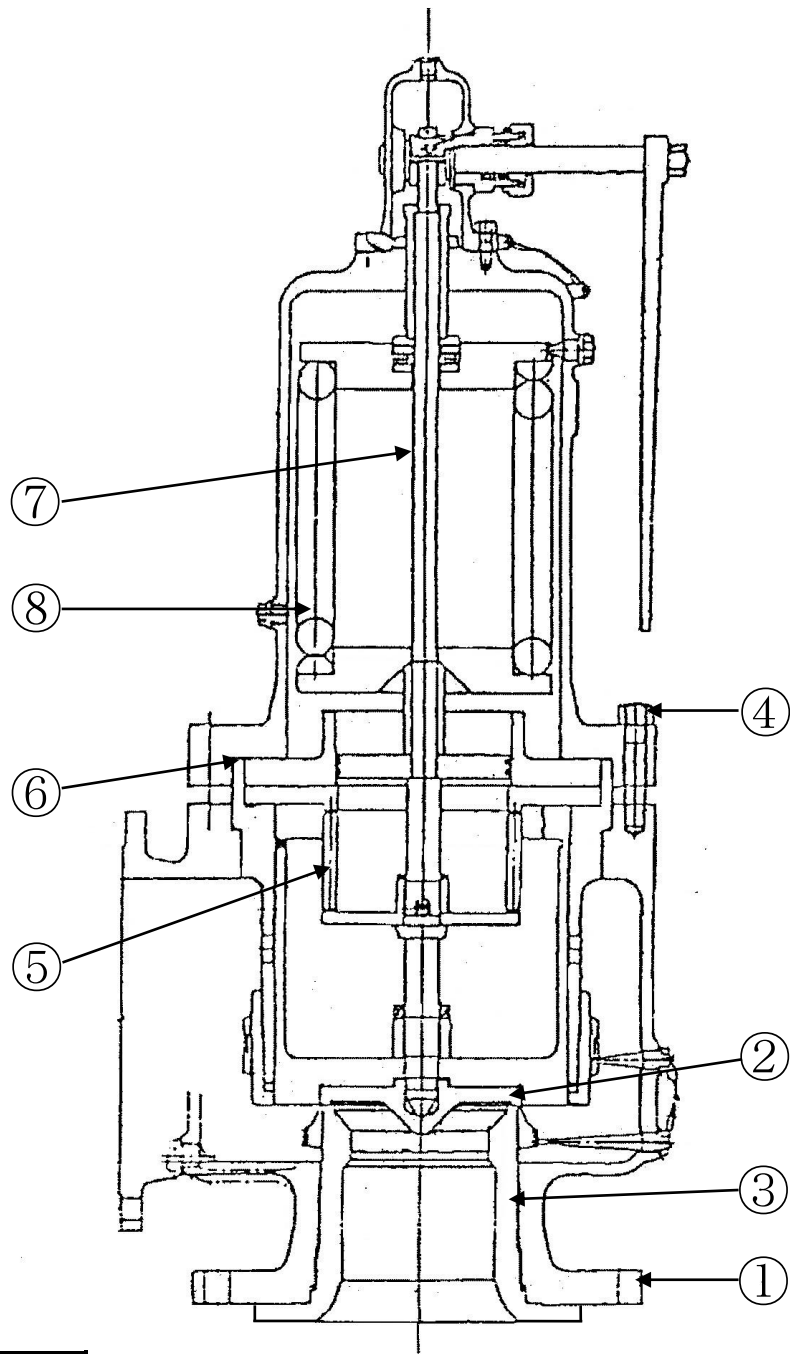
蒸気に接する弁箱は炭素鋼鋳鋼、弁体およびノズルシートはステンレス鋼である。

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。

グランド蒸気発生器加熱蒸気安全弁の構造図を図2.1-1に示す。

##### (2) 材料および使用条件

グランド蒸気発生器加熱蒸気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	パッキン
⑥	ガスケット
⑦	弁棒
⑧	スプリング

図2.1-1 グランド蒸気発生器加熱蒸気安全弁構造図

表2.1-1 グランド蒸気発生器加熱蒸気安全弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
ハウダリの維持	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 ストレイト肉盛)
	ジョイントボルト・ナット	低合金鋼 (SNB7)
	パッキン	ステンレス鋼 (SUS316L)
	ガスケット	(消耗品)
作動機能の維持	弁棒	ステンレス鋼 (SUS431B)
	スプリング	ばね鋼 (SUP10)

表2.1-2 グランド蒸気発生器加熱蒸気安全弁の使用条件

最高使用圧力	1.8MPa
最高使用温度	209℃
内 部 流 体	蒸気

## 2.1.2 可燃性ガス濃度制御系出口安全弁 (RV229-1A/B)

### (1) 構造

可燃性ガス濃度制御系出口安全弁は、口径40 A、最高使用圧力0.4 MPa、最高使用温度171 °Cの安全弁で、2台設置している。

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、ベローズ）および弁体を作動させる作動部（弁棒、スプリング）からなる。

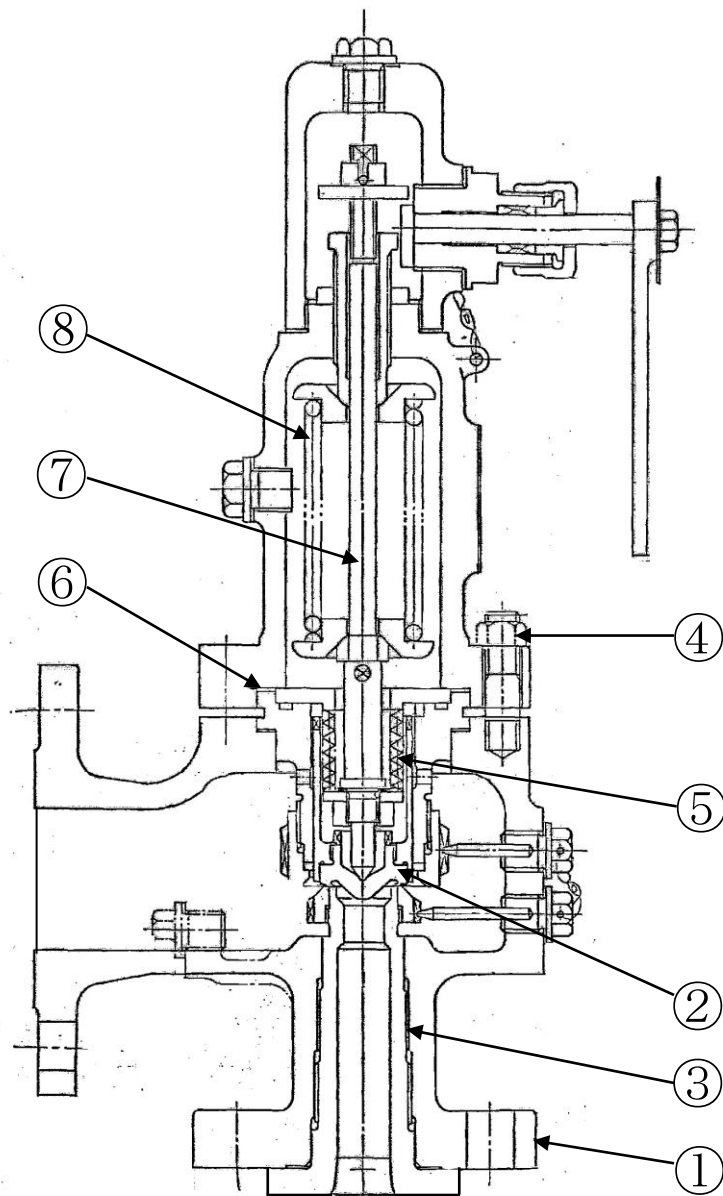
ガスに接する弁箱は炭素鋼鋳鋼、ノズルシートは炭素鋼、弁体はステンレス鋼である。

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安全弁の構造図を図2.1-2に示す。

### (2) 材料および使用条件

可燃性ガス濃度制御系出口安全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
④	ジョイントボルト・ナット
⑤	バルブシート
⑥	ガスケット
⑦	弁棒
⑧	スプリング

図2.1-2 可燃性ガス濃度制御系出口安全弁構造図



表2.1-3 可燃性ガス濃度制御系出口安全弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
ハウジングの維持	弁箱	炭素鋼鋳鋼 (SCPH2)
	弁体	ステンレス鋼 (SUS630)
	ノズルシート	炭素鋼 (SF50A ストレイト肉盛)
	ジョイントボルト・ナット	低合金鋼 (SNB7)
	ベローズ	ステンレス鋼 (SUS316L)
	ガスケット	(消耗品)
作動機能の維持	弁棒	ステンレス鋼 (SUS431B)
	スプリング	ばね鋼 (SWOCV-V)

表2.1-4 可燃性ガス濃度制御系出口安全弁の使用条件

最高使用圧力	0.4MPa
最高使用温度	171℃
内 部 流 体	ガス (窒素)

### 2.1.3 高圧炉心スプレィポンプ入口逃し弁 (RV224-1)

#### (1) 構造

高圧炉心スプレィポンプ入口逃し弁は、口径40 A、最高使用圧力1.4 MPa、最高使用温度104 °Cの安全弁で、1台設置している。

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）および弁体を作動させる作動部（弁棒、スプリング）からなる。

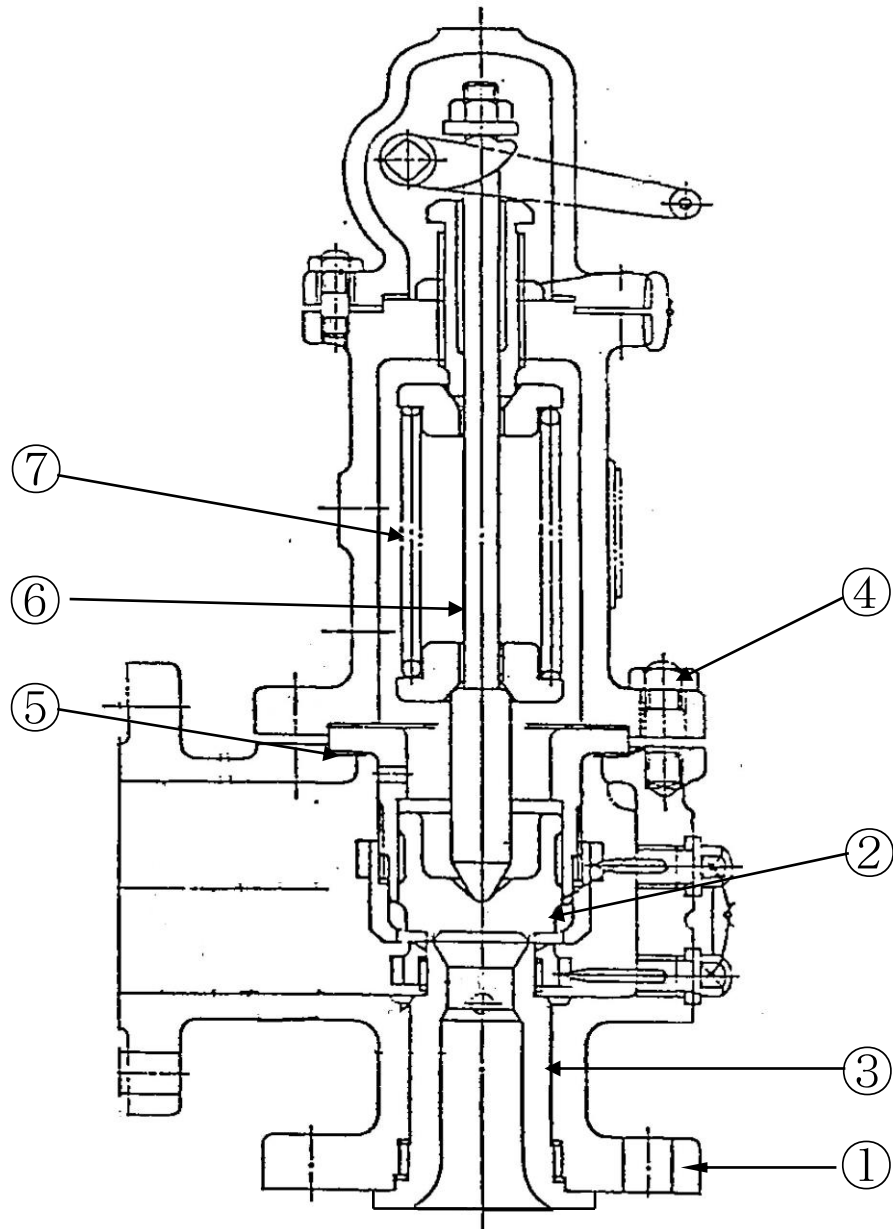
純水に接する弁箱は炭素鋼鋳鋼、弁体およびノズルシートはステンレス鋼である。

なお、当該弁については、ジョイントボルト・ナットを取り外すことにより、弁内部の点検手入れが可能である。

高圧炉心スプレィポンプ入口逃し弁の構造図を図2.1-3に示す。

#### (2) 材料および使用条件

高圧炉心スプレィポンプ入口逃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	ガスケット
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 高圧炉心スプレイポンプ入口逃し弁構造図

表2.1-5 高圧炉心スプレイポンプ入口逃し弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
ハウダリの維持	弁箱	炭素鋼鋳鋼 (SCPH2)
	弁体	ステンレス鋼 (SUSF304 ステライト肉盛)
	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・ナット	炭素鋼 (S45C)
	ガスケット	(消耗品)
作動機能の維持	弁棒	ステンレス鋼 (SUS403 ステライト肉盛)
	スプリング	ばね鋼 (SWOCV-V)

表2.1-6 高圧炉心スプレイポンプ入口逃し弁の使用条件

最高使用圧力	1.4MPa
最高使用温度	104℃
内 部 流 体	純水

#### 2.1.4 原子炉再循環ポンプメカニカルシールパージ入口逃がし弁 (RV201-1A/B)

##### (1) 構造

原子炉再循環ポンプメカニカルシールパージ入口逃がし弁は、口径20 A、最高使用圧力13.8 MPa、最高使用温度66 °Cの安全弁で、2台設置している。

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）および弁体を作動させる作動部（弁棒、スプリング）からなる。

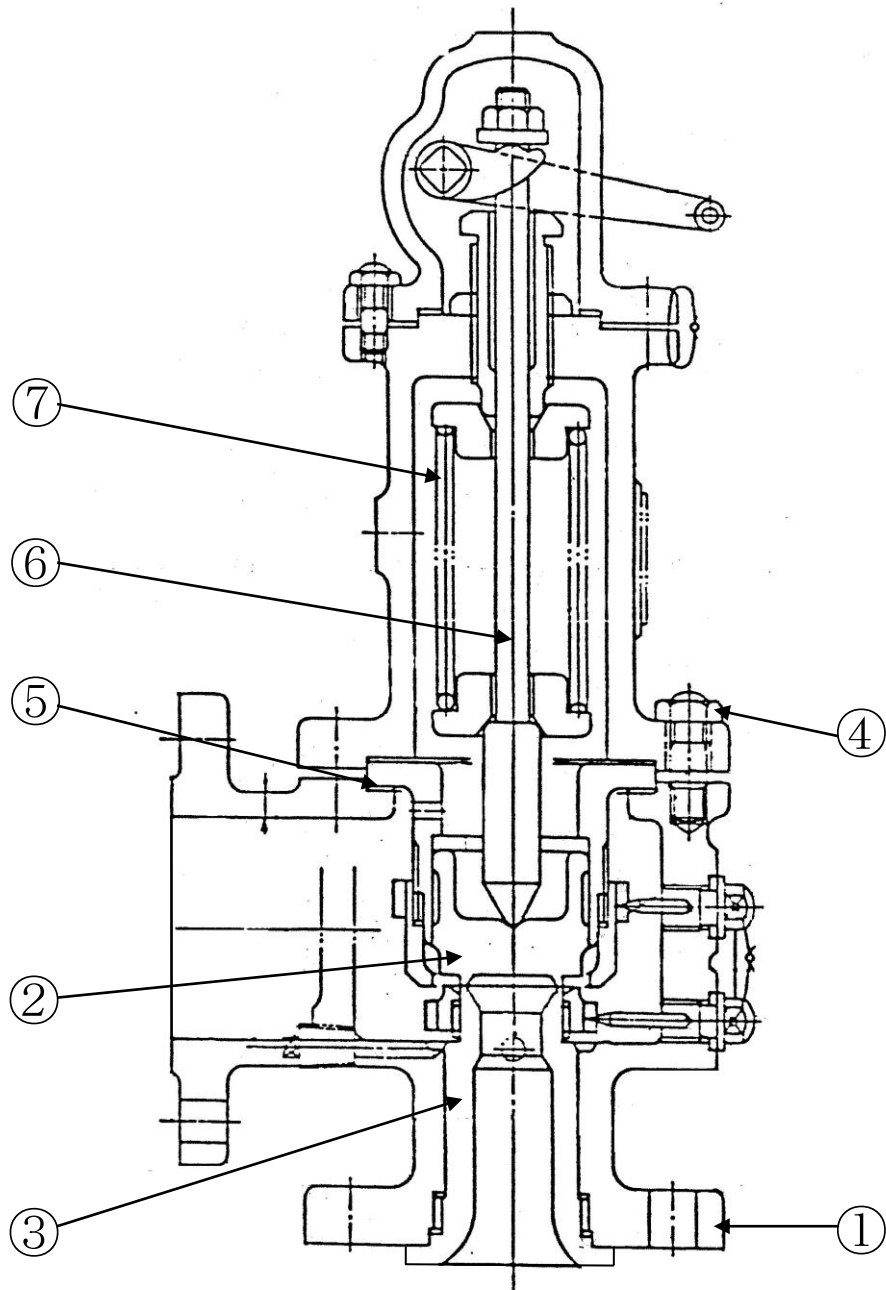
純水に接する弁箱はステンレス鋳鋼、弁体およびノズルシートはステンレス鋼である。

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。

原子炉再循環ポンプメカニカルシールパージ入口逃がし弁の構造図を図2.1-4に示す。

##### (2) 材料および使用条件

原子炉再循環ポンプメカニカルシールパージ入口逃がし弁主要部位の使用材料を表2.1-7に、使用条件を表2.1-8に示す。



No.	部 位
①	弁箱
②	弁体
③	ノズルシート
④	ジョイントボルト・ナット
⑤	ガスケット
⑥	弁棒
⑦	スプリング

図2.1-4 原子炉再循環ポンプメカニカルシールパージ入口逃がし弁構造図

表2.1-7 原子炉再循環ポンプメカニカルシールパージ入口逃がし弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
ハウダリの維持	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・ナット	ステンレス鋼 (SUS304, SUS304D)
	ガスケット	(消耗品)
作動機能の維持	弁棒	ステンレス鋼 (SUS316 ステライト肉盛)
	スプリング	ばね鋼 (SUS304WPB)

表2.1-8 原子炉再循環ポンプメカニカルシールパージ入口逃がし弁の使用条件

最高使用圧力	13.8MPa
最高使用温度	66℃
内 部 流 体	純水

## 2.1.5 ほう酸水注入ポンプ出口安全弁 (RV225-1A/B)

### (1) 構造

ほう酸水注入ポンプ出口安全弁は、口径25 A, 最高使用圧力11.8 MPa, 最高使用温度66 °Cの安全弁で、2台設置している。

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）およ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、弁体およびノズルシートはステンレス鋼である。

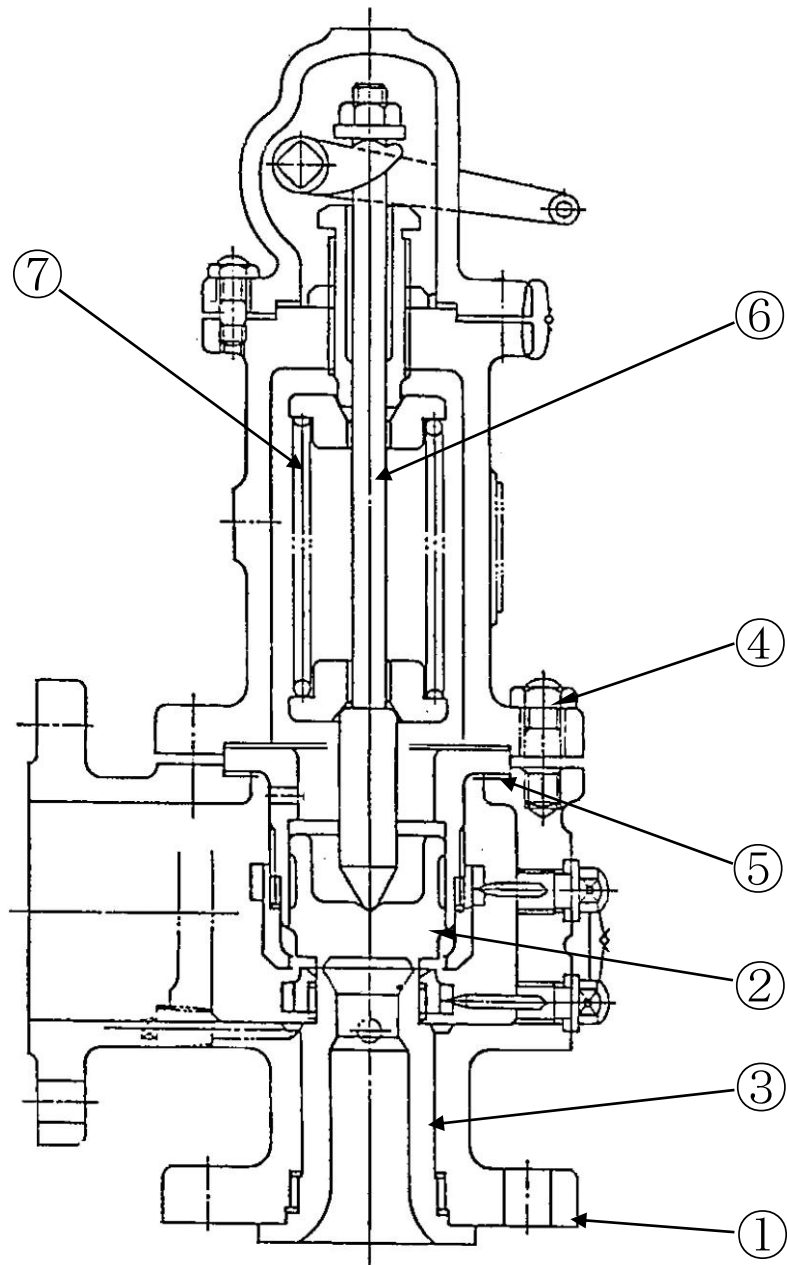
なお、当該弁については、ジョイントボルト・ナットを取り外すことにより、弁内部の点検手入れが可能である。

ほう酸水注入ポンプ出口安全弁の構造図を図2.1-5に示す。

### (2) 材料および使用条件

ほう酸水注入ポンプ出口安全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2.1-5 ほう酸水注入ポンプ出口安全弁構造図

表2.1-9 ほう酸水注入ポンプ出口安全弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
ハウタリの維持	弁箱	ステンス鋳鋼 (SCS14A)
	弁体	ステンス鋼 (SUSF316 ステライト肉盛)
	ノズルシート	ステンス鋼 (SUSF316 ステライト肉盛)
	ジョイントボルト・ナット	ステンス鋼 (SUS304, SUS304D)
	ガスケット	(消耗品)
作動機能の維持	弁棒	ステンス鋼 (SUS316 ステライト肉盛)
	スプリング	ばね鋼 (SUS304WPB)

表2.1-10 ほう酸水注入ポンプ出口安全弁の使用条件

最高使用圧力	11.8MPa
最高使用温度	66℃
内 部 流 体	五ほう酸ナトリウム水

## 2.1.6 逃がし安全弁N2ガス供給装置出口安全弁 (RV227-1A/B)

### (1) 構造

逃がし安全弁N2ガス供給装置出口安全弁は、口径40 A、最高使用圧力1.8 MPa、最高使用温度66 °Cの安全弁で、2台設置している。

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）および弁体を作動させる作動部（弁棒、スプリング）からなる。

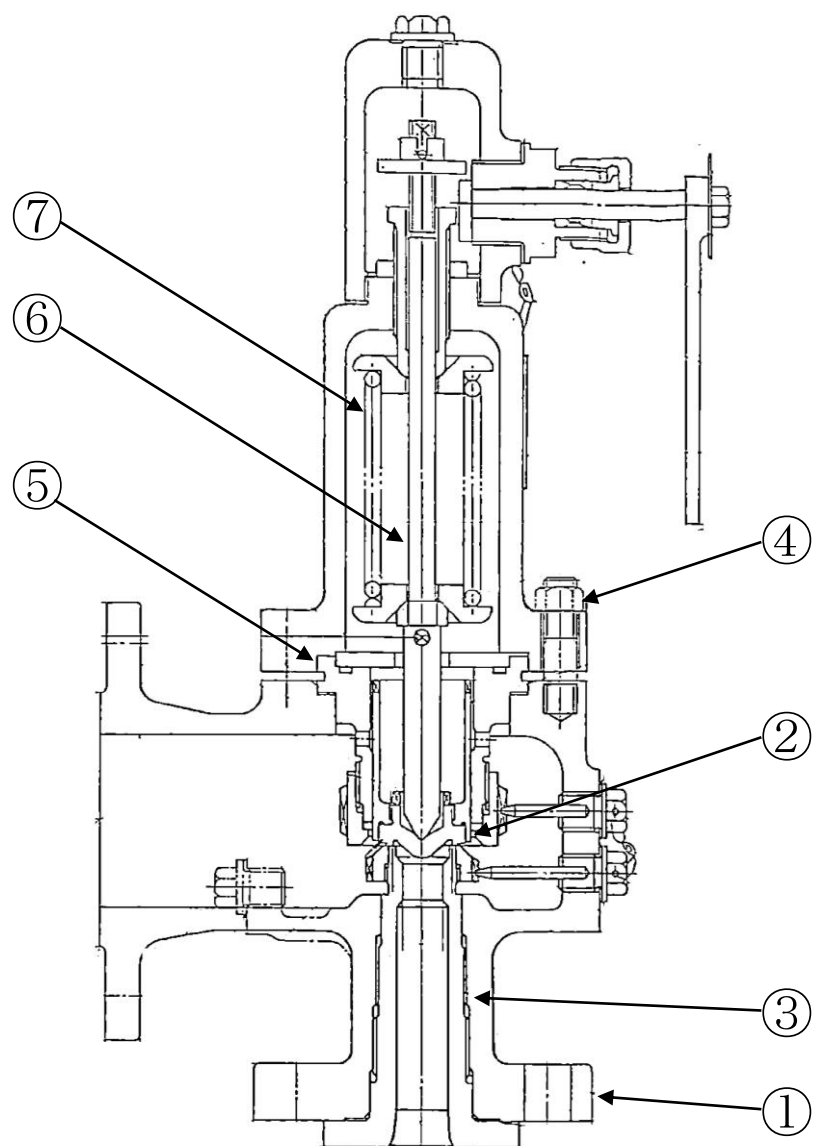
ガス（窒素）に接する弁箱はステンレス鋳鋼、弁体およびノズルシートはステンレス鋼である。

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。

逃がし安全弁N2ガス供給装置出口安全弁の構造図を図2.1-6に示す。

### (2) 材料および使用条件

逃がし安全弁N2ガス供給装置出口安全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2.1-6 逃がし安全弁N2ガス供給装置出口安全弁構造図

表2.1-11 逃がし安全弁N2ガス供給装置出口安全弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
ハウタリの維持	弁箱	ステンス鋳鋼 (SCS13A)
	弁体	ステンス鋼 (SUS630)
	ノズルシート	ステンス鋼 (SUSF304 ステライト肉盛)
	ジョイントボルト・ナット	低合金鋼 (SNB7)
	ガスケット	(消耗品)
作動機能の維持	弁棒	ステンス鋼 (SUS431B)
	スプリング	ばね鋼 (SWOCV-V)

表2.1-12 逃がし安全弁N2ガス供給装置出口安全弁の使用条件

最高使用圧力	1.8 MPa
最高使用温度	66 °C
内 部 流 体	ガス (窒素)

## 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の抽出

#### (1) 想定される経年劣化事象

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（流体の種類、圧力、温度等）およ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、消耗品および定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品および定期取替品の扱い

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

(3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

想定される経年劣化事象のうち下記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（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（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）〔グラウンド蒸気発生器加熱蒸気安全弁，高圧炉心スプレイポンプ入口逃し弁〕

弁箱は炭素鋼鋳鋼であり，内部流体は蒸気または純水であるため腐食が想定される。

しかし，定期的を目視確認を行い，健全性を確認しており，これまで有意な腐食は認められていない。

弁箱の外表面については，防食塗装が施されていることから，腐食が発生する可能性は小さい。

また，定期的を目視確認を行い，塗装の状態を確認するとともに，必要により補修塗装を実施することとしており，これまで有意な腐食は認められていない。

したがって，今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから，高経年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〔グラウンド蒸気発生器加熱蒸気安全弁，可燃性ガス濃度制御系出口安全弁，高圧炉心スプレイポンプ入口逃し弁，逃がし安全弁N2ガス供給装置出口安全弁〕

ジョイントボルト・ナットは低合金鋼または炭素鋼であり腐食が想定されるが，定期的を目視確認を行い，健全性を確認しており，これまで有意な腐食は認められていない。

したがって，今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから，高経年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. ベローズの疲労割れ〔グラウンド蒸気発生器加熱蒸気安全弁，可燃性ガス濃度制御系出口安全弁〕

ベローズは弁の開閉に伴う伸縮の繰返しにより，疲労割れが想定されるが，弁の作動回数は少なく，疲労割れが発生する可能性は小さい。

また，定期的を目視確認および漏えい確認を行い，健全性を確認しており，これまで有意な割れは認められていない。

したがって，今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから，高経年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. ベローズの粒界型応力腐食割れ〔グラウンド蒸気発生器加熱蒸気安全弁〕

ベローズはステンレス鋼であり，内部流体が蒸気であることから，粒界型応力腐食割れが想定される。

しかし，定期的を目視確認および漏えい確認により健全性を確認しており，これまで有意な割れは認められていない。

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



e. 弁棒の摩耗〔共通〕

弁棒には摩耗が想定されるが、弁の作動回数が少ないことから、摩耗が発生する可能性は小さい。

また、定期的に目視確認および浸透探傷試験を行い、健全性を確認しており、これまで有意な摩耗は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. スプリングのへたり〔共通〕

スプリングはばね鋼であり、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いること、および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が低いことから、へたりが発生する可能性は小さい。

また、定期的に目視確認および作動確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意なへたりは認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. 弁箱およびノズルシートの腐食（全面腐食）〔可燃性ガス濃度制御系出口安全弁〕

弁箱は炭素鋼鋳鋼、ノズルシートは炭素鋼であり、腐食が想定されるが、内部流体がガス（窒素）であるため腐食が発生する可能性は小さい。

また、定期的に目視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。

弁箱の外表面については、防食塗装が施されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、定期的に目視確認を行い、塗装の状態を確認するとともに、必要により補修塗装を実施することとしており、これまで有意な腐食は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. 弁箱の貫粒型応力腐食割れ〔原子炉再循環ポンプメカニカルシールパージ入口逃がし弁、ほう酸水注入ポンプ出口安全弁、逃がし安全弁N2ガス供給装置出口安全弁〕

弁箱はステンレス鋳鋼であり、貫粒型応力腐食割れが想定されるが、屋内空調環境に設置されていることおよびステンレス材を使用する工事においては塩分管理を実施していることから、塩分付着による貫粒型応力腐食割れが発生する可能性は小さい。

また、定期的に目視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な割れは認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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，弁体およびノズルシートの腐食（全面腐食）〔ほう酸水注入ポンプ出口安全弁〕  
弁箱はステンレス鋳鋼，弁体およびノズルシートはステンレス鋼であり，内部流体が五  
ほう酸ナトリウム水であるため腐食が想定されるが，ステンレス鋼およびステンレス鋳鋼  
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，定期的に目視確認を行い，健全性を確認しており，これまで有意な腐食は認めら  
れていない。

したがって，今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから，  
高経年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) グランド蒸気発生器加熱蒸気安全弁に想定される経年劣化事象〔蒸気系炭素鋼安全弁〕

機能達成に必要な項目	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		
バウダリの維持	弁箱		炭素鋼鋳鋼		△						*1：ステイト肉盛 *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		△						
	ベローズ		ステンレス鋼			△	△				
	ガasket	◎	—								
作動機能の維持	弁棒		ステンレス鋼	△							
	スプリング		ばね鋼							△*2	

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-1 (2/6) 可燃性ガス濃度制御系出口安全弁に想定される経年劣化事象〔ガス系炭素鋼安全弁〕

機能達成に必要な項目	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	弁箱		炭素鋼鋳鋼		△					*1：ステライル肉盛 *2：へたり	
	弁体		ステンレス鋼								
	ノズルシート		炭素鋼*1		△						
	ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	ベローズ		ステンレス鋼			△					
	ガスケット	◎	—								
作動機能の維持	弁棒		ステンレス鋼	△							
	スプリング		ばね鋼						△*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) 高圧炉心スプレイポンプ入口逃し弁に想定される経年劣化事象〔純水系炭素鋼安全弁〕

機能達成に必要な項目	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		
バックダリの維持	弁箱		炭素鋼鋳鋼		△					*1：ステイト肉盛 *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		炭素鋼		△						
	ガスケット	◎	—								
作動機能の維持	弁棒		ステンレス鋼*1	△						△*2	
	スプリング		ばね鋼								

△：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) 原子炉再循環ポンプメカニカルシールパージ入口逃がし弁に想定される経年劣化事象〔純水系ステンレス鋼安全弁〕

機能達成に必要な項目	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		
ハウダリの維持	弁箱		ステンレス鋳鋼				△*2			*1：ステイト肉盛 *2：貫粒型応力 腐食割れ *3：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								
	ジョイントホルト・ナット		ステンレス鋼								
	カスケット	◎	—								
作動機能の維持	弁棒		ステンレス鋼*1	△							
	スプリング		ばね鋼						△*3		

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-1 (5/6) ほう酸水注入ポンプ出口安全弁に想定される経年劣化事象〔五ほう酸ナトリウム水系ステンレス鋼安全弁〕

機能達成に必要な項目	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		
ハウダリの維持	弁箱		ステンレス鋳鋼		△		△*2				*1：ステイト肉盛 *2：貫粒型応力 腐食割れ *3：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		△						
	ジョイントホルト・ナット		ステンレス鋼								
	ガスケット	◎	—								
作動機能の維持	弁棒		ステンレス鋼*1	△							
	スプリング		ばね鋼							△*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) 逃がし安全弁N2ガス供給装置出口安全弁に想定される経年劣化事象〔ガス系ステンレス鋼安全弁〕

機能達成に必要な項目	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		
ハウダリの維持	弁箱		ステンレス鋳鋼				△*1			*1：貫粒型応力 腐食割れ *2：ストレイト肉盛 *3：へたり	
	弁体		ステンレス鋼								
	ノズルシート		ステンレス鋼*2								
	ジョイントホルト・ナット		低合金鋼		△						
	ガスケット	◎	—								
作動機能の維持	弁棒		ステンレス鋼	△							
	スプリング		ばね鋼						△*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）



### 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 復水系
- ② 給水系
- ③ 原子炉浄化系
- ④ 原子炉隔離時冷却系
- ⑤ 残留熱除去系
- ⑥ 低圧炉心スプレイ系
- ⑦ タービングランド蒸気系
- ⑧ 所内蒸気系

#### 3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

代表機器と同様に、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象はない。

### 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傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した経年劣化傾向等に基づき適切な保全を行っているもの（日常劣化管理事象）

a. 弁箱、弁体およびノズルシートの腐食（全面腐食）〔蒸気系・純水系炭素鋼安全弁：復水系、給水系、原子炉浄化系、残留熱除去系、低圧炉心スプレイ系、タービングラント蒸気系、所内蒸気系〕

代表機器と同様に、弁箱、弁体およびノズルシートは炭素鋼、炭素鋼鋳鋼または低合金鋼で内部流体が蒸気または純水であることから腐食が想定される。

しかし、定期的に目視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。

弁箱は炭素鋼または炭素鋼鋳鋼であり、外面に腐食が想定されるが、防食塗装が施されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、定期的に目視確認を行い、塗装の状態を確認するとともに、必要により補修塗装を実施することとしており、これまで有意な腐食は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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）〔炭素鋼製または低合金鋼製のジョイントボルト・ナットを有する安全弁共通〕

代表機器と同様に、ジョイントボルト・ナットは炭素鋼または低合金鋼であり、腐食が想定されるが、定期的に目視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. ベローズの疲労割れ〔ベローズを有する安全弁共通〕

代表機器と同様に、ベローズは弁の開閉に伴う伸縮の繰返しにより、疲労割れが想定されるが、弁の作動回数は少なく、疲労割れが発生する可能性は小さい。

また、定期的に目視確認および漏えい確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な割れは認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. ベローズの粒界型応力腐食割れ〔ステンレス製のベローズを有する安全弁共通〕

代表機器と同様に、ベローズはステンレス鋼で内部流体が蒸気または純水であることから、粒界型応力腐食割れが想定される。

しかし、定期的に目視確認および漏えい確認により健全性を確認しており、これまで有意な割れは確認されていない。

したがって、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にくいことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. 弁棒の摩耗〔共通〕

代表機器と同様に、弁棒には摩耗が想定されるが、弁の作動回数が少ないことから、摩耗が発生する可能性は小さい。

また、定期的に目視確認および浸透探傷試験を行い、健全性を確認しており、これまで有意な摩耗は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. スプリングのへたり〔共通〕

代表機器と同様に、スプリングはばね鋼であり、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いること、および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が低いことから、へたりが発生する可能性は小さい。

また、定期的に目視確認および作動確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意なへたりは認められていない。

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

g. 弁箱の貫粒型応力腐食割れ〔原子炉隔離時冷却系ポンプ入口逃がし弁〕

代表機器と同様に弁箱はステンレス鋳鋼であり、貫粒型応力腐食割れが想定されるが、屋内空調環境に設置されていることおよびステンレス材を使用する工事においては塩分管理を実施していることから、塩分付着による貫粒型応力腐食割れが発生する可能性は小さい。

また、定期的に目視確認を行い、健全性を確認しており、これまでに有意な割れは認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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）

代表機器と同様に、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。

## 6. ボール弁

[対象系統]

- ① 復水系
- ② 原子炉浄化系
- ③ 液体廃棄物処理系
- ④ 固体廃棄物処理系
- ⑤ 中性子計装系

## 目 次

1. 対象機器および代表機器の選定	6-1
1.1 グループ化の考え方および結果	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, 材料および使用条件	6-3
2.1.1 復水フィルタ逆洗空気入口弁 (AV203-1042A~H)	6-3
2.1.2 復水フィルタプリコート出口弁 (AV203-1032A~H)	6-6
2.1.3 移動形出力領域計装ボール弁 (MV294-1A/B/C/D)	6-9
2.1.4 ろ過脱塩器入口弁 (AV213-1001A/B)	6-12
2.2 経年劣化事象の抽出	6-15
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目	6-15
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出	6-15
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象	6-17
3. 代表機器以外への展開	6-23
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象	6-23
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象	6-24

## 1. 対象機器および代表機器の選定

島根 2 号炉で使用している主要なボール弁の仕様を表 1-1 に示す。

これらのボール弁を材料およ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以下のとおり代表機器を選定した。

### 1.1 グループ化の考え方および結果

材料およ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、ステンレス鋼に分類され、流体は純水、ガスに分類される。

### 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、口径、最高使用温度、最高使用圧力および運転状態の観点から代表機器を選定するものとする。

#### (1) ガス系炭素鋼ボール弁（内部流体：ガス、弁箱材質：炭素鋼）

このグループには、復水フィルタ逆洗空気入口弁のみが属するため、復水フィルタ逆洗空気入口弁を代表機器とする。

(AV203-1042A~H, 150 A, 1.9 MPa, 66 °C)

#### (2) 純水系炭素鋼ボール弁（内部流体：純水、弁箱材質：炭素鋼）

純水系に使用されている炭素鋼ボール弁のうち、重要度および口径の観点から、復水フィルタプリコート出口弁を代表機器とする。

(AV203-1032A~H, 200 A, 1.9 MPa, 66 °C)

#### (3) ガス系ステンレス鋼ボール弁（内部流体：ガス、弁箱材質：ステンレス鋼）

このグループには、移動形出力領域計装ボール弁のみが属するため、移動形出力領域計装ボール弁を代表機器とする。

(MV294-2A/B/C/D,  $\phi 7.5\text{mm}^{*1}$ , 0.4 MPa, 171 °C)

#### (4) 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）

純水系に使用されているステンレス鋼ボール弁のうち、重要度の観点から、ろ過脱塩器入口弁を代表機器とする。

(AV213-1001A/B, 150 A, 1.2 MPa, 66 °C)

\*1：内径を示す。

表 1-1 ボール弁のグループ化および代表機器

分類基準		系統名称	選定基準					選定	代表弁	選定理由
材料	流体		重要度*1	使用条件						
				口径 (A)	運転状態	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (°C)			
炭素鋼	ガス	復水系	高*2	150	連続	1.9	66	◎	復水フィルタ逆洗空気入口弁 (150A, 1.9MPa, 66°C) AV203-1042A~H	
	純水	復水系	高*2	100~200	連続	1.9	66	◎	復水フィルタフ リコト出口弁 (200A, 1.9MPa, 66°C) AV203-1032A~H	口径
ステンレス鋼	ガス	中性子計装系	MS-1	φ 7.5mm*3	一時	0.4	171	◎	移動形出力領域計装ボール弁 (φ 7.5mm*3, 0.4MPa, 171°C) MV294-2A/B/C/D	
	純水	復水系	高*2	100	連続	1.9	66		ろ過脱塩器入口弁 (150A, 1.2MPa, 66°C) AV213-1001A/B	重要度
		原子炉浄化系	PS-2	150	連続	1.2	66	◎		
		液体廃棄物処理系	高*2	50	連続	1.0	105			
固体廃棄物処理系	高*2	100	連続	1.0	100					

\*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：内径を示す。

## 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4種類の弁について技術評価を実施する。

- ① 復水フィルタ逆洗空気入口弁 (AV203-1042A～H)
- ② 復水フィルタプリコート出口弁 (AV203-1032A～H)
- ③ 移動形出力領域計装ボール弁 (MV294-2A/B/C/D)
- ④ ろ過脱塩器入口弁 (AV213-1001A/B)

### 2.1 構造, 材料および使用条件

#### 2.1.1 復水フィルタ逆洗空気入口弁 (AV203-1042A～H)

##### (1) 構造

復水フィルタ逆洗空気入口弁は、口径 150 A, 最高使用圧力 1.9 MPa, 最高使用温度 66 °C の空気作動ボール弁であり、8 台設置している。

弁本体はガス（空気）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（空気）を仕切る隔離部（弁体, 弁座）およ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（空気）に接する弁箱, 弁ふたは炭素鋼鋳鋼, 弁体はステンレス鋼である。また, 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を使用している。

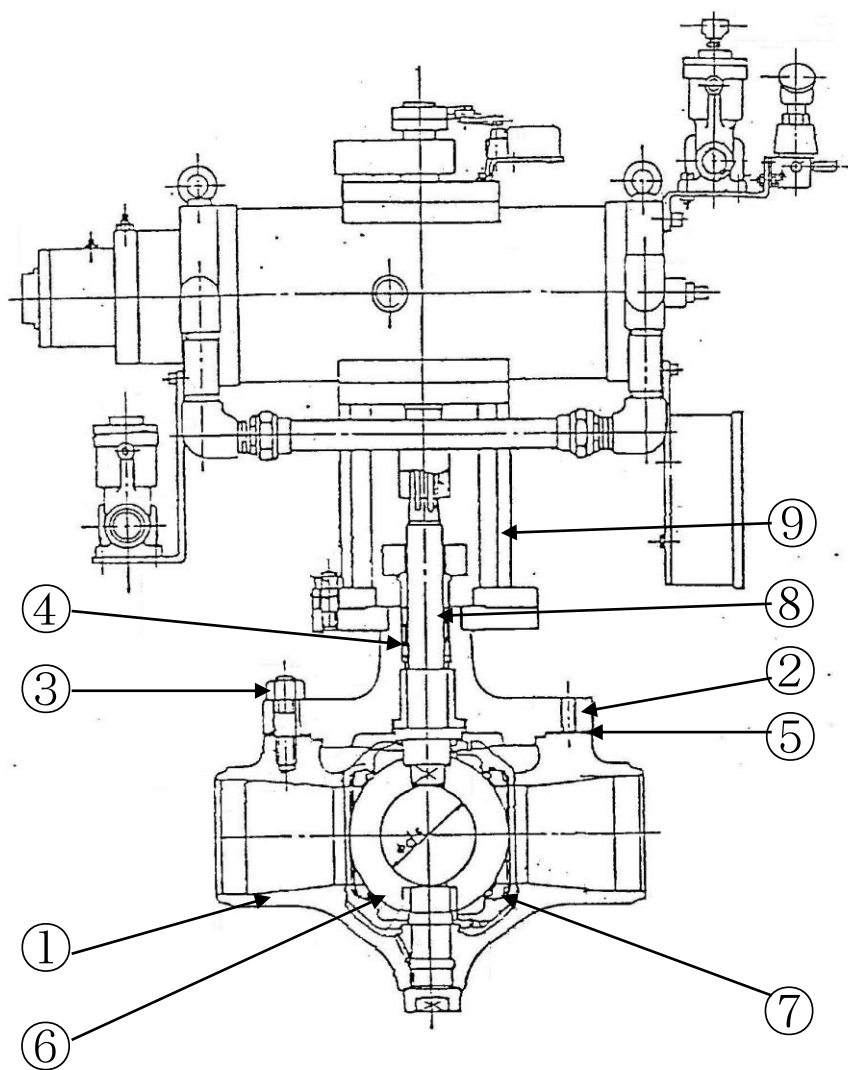
なお, 当該弁については, 駆動部を切り離し, ジョイントボルト・ナットを取り外すことにより, 弁内部の点検手入れが可能である。

復水フィルタ逆洗空気入口弁の構造図を図 2.1-1 に示す。

##### (2) 材料および使用条件

復水フィルタ逆洗空気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	グラントパッキン
⑤	ガスケット
⑥	弁体
⑦	弁座
⑧	弁棒
⑨	ヨーク

図 2. 1-1 復水フィルタ逆洗空気入口弁構造図

表 2.1-1 復水フィルタ逆洗空気入口弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
バウダリの維持	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・ナット	炭素鋼 (S45C) 低合金鋼 (SNB7)
	グラントパッキン	(消耗品)
	ガスケット	(消耗品)
隔離機能の維持	弁体	ステンレス鋼 (SUSF304)
	弁座	(消耗品)
作動機能の維持	弁棒	ステンレス鋼 (SUS403)
	ヨーク	炭素鋼 (SS41)

表 2.1-2 復水フィルタ逆洗空気入口弁の使用条件

最高使用圧力	1.9MPa
最高使用温度	66℃
内 部 流 体	ガス (空気)

## 2.1.2 復水フィルタプリコート出口弁 (AV203-1032A~H)

### (1) 構造

復水フィルタプリコート出口弁は、口径 200 A、最高使用圧力 1.9 MPa、最高使用温度 66 °Cの空気作動ボール弁であり、8 台設置している。

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）およ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。

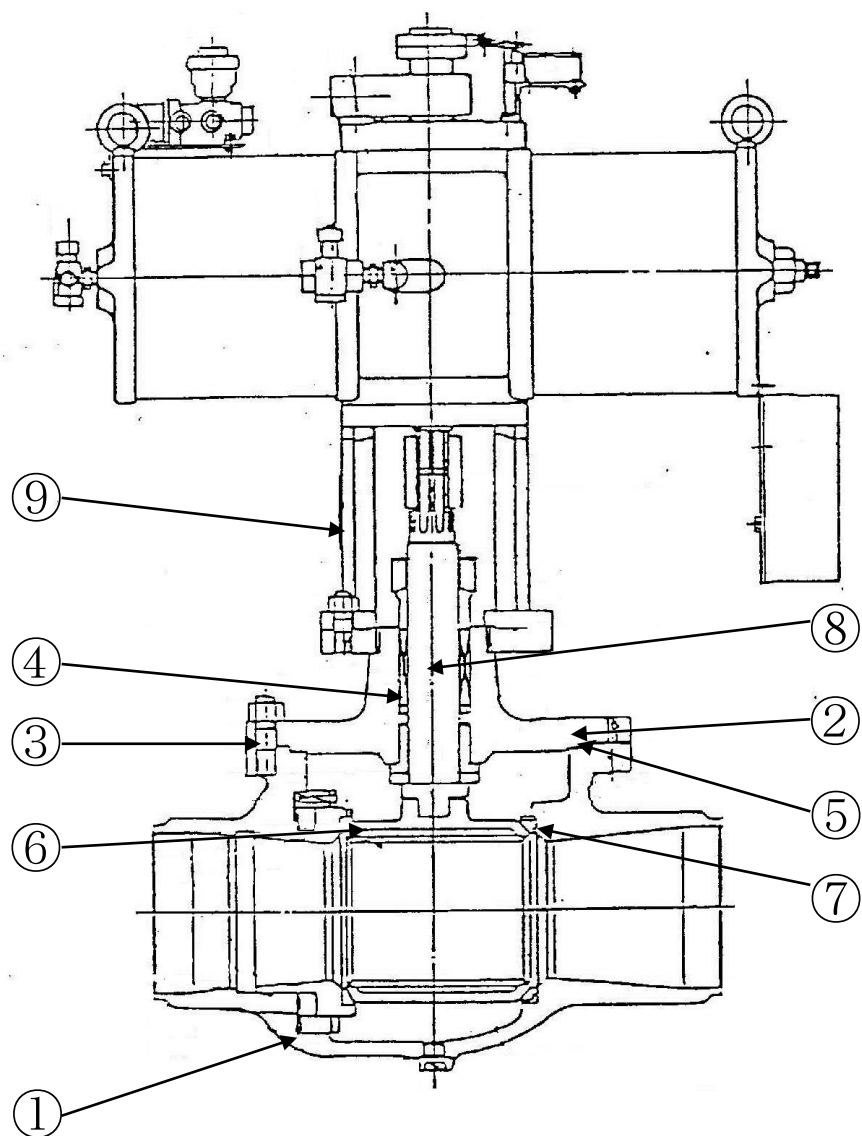
純水に接する弁箱、弁ふたは炭素鋼鋳鋼、弁体はステンレス鋳鋼である。また、軸封部には流体の漏れを防止するためグランドパッキンを使用している。

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。

復水フィルタプリコート出口弁の構造図を図 2.1-2 に示す。

### (2) 材料および使用条件

復水フィルタプリコート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	グランドパッキン
⑤	ガスケット
⑥	弁体
⑦	弁座
⑧	弁棒
⑨	ヨーク

図 2.1-2 復水フィルタプリコート出口弁構造図

表 2.1-3 復水フィルタプリコート出口弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
バウンダリの維持	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・ナット	低合金鋼 (SNB7) 炭素鋼 (S45C)
	グラントパッキン	(消耗品)
	ガスケット	(消耗品)
隔離機能の維持	弁体	ステンレス鋳鋼 (SCS13A)
	弁座	(消耗品)
作動機能の維持	弁棒	ステンレス鋼 (SUS403)
	ヨーク	炭素鋼 (SS41)

表 2.1-4 復水フィルタプリコート出口弁の使用条件

最高使用圧力	1.9MPa
最高使用温度	66℃
内 部 流 体	純水

### 2.1.3 移動形出力領域計装ボール弁 (MV294-2A/B/C/D)

#### (1) 構造

移動形出力領域計装ボール弁は、内径  $\phi 7.5$  mm, 最高使用圧力 0.4 MPa, 最高使用温度 171 °C の電動ボール弁であり、4 台設置している。

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、軸封部）、ガス（窒素）を仕切る隔離部（弁体、弁座）およ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。

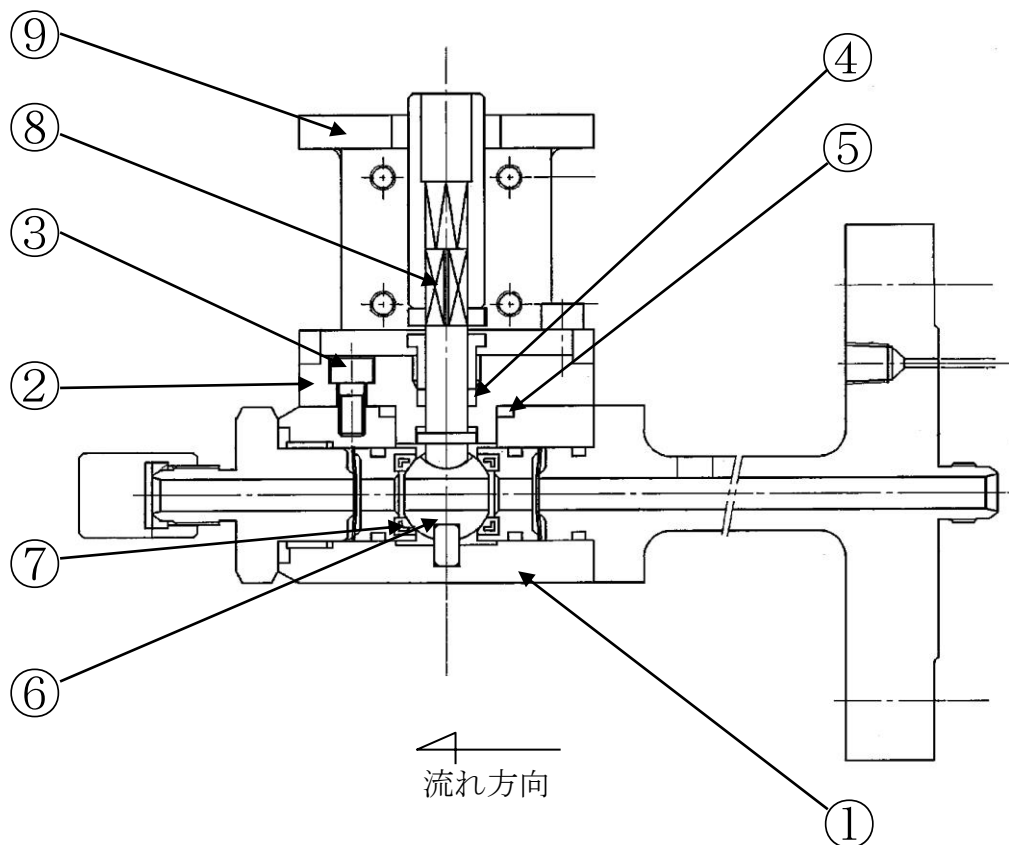
ガス（窒素）に接する弁箱、弁ふた、弁体はステンレス鋼である。また、軸封部には流体の漏れを防止するためグランドパッキンを使用している。

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。

移動形出力領域計装ボール弁の構造図を図 2.1-3 に示す。

#### (2) 材料および使用条件

移動形出力領域計装ボール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
④	グラウトパッキン
⑤	Oリング
⑥	弁体
⑦	弁座
⑧	弁棒
⑨	ヨーク

図 2.1-3 移動形出力領域計装ボール弁構造図

表 2.1-5 移動形出力領域計装ボール弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
ハウダリの維持	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	低合金鋼 (SCM435)
	グラントパッキン	(消耗品)
	Oリング	(消耗品)
隔離機能の維持	弁体	ステンレス鋼 (SUSF304)
	弁座	(消耗品)
作動機能の維持	弁棒	ステンレス鋼 (SUS630)
	ヨーク	ステンレス鋼 (SUS304)

表 2.1-6 移動形出力領域計装ボール弁の使用条件

最高使用圧力	0.4MPa
最高使用温度	171℃
内 部 流 体	ガス (窒素)



## 2.1.4 ろ過脱塩器入口弁 (AV213-1001A/B)

### (1) 構造

ろ過脱塩器入口弁は、口径 150 A、最高使用圧力 1.2 MPa、最高使用温度 66 °C の空気作動ボール弁であり、2 台設置している。

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）およ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、弁体はステンレス鋳鋼である。また、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を使用している。

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。

ろ過脱塩器入口弁の構造図を図 2.1-4 に示す。

### (2) 材料および使用条件

ろ過脱塩器入口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	グランドパッキン
⑤	ガスケット
⑥	Oリング
⑦	キャップ
⑧	弁体
⑨	弁座
⑩	弁棒
⑪	ヨーク

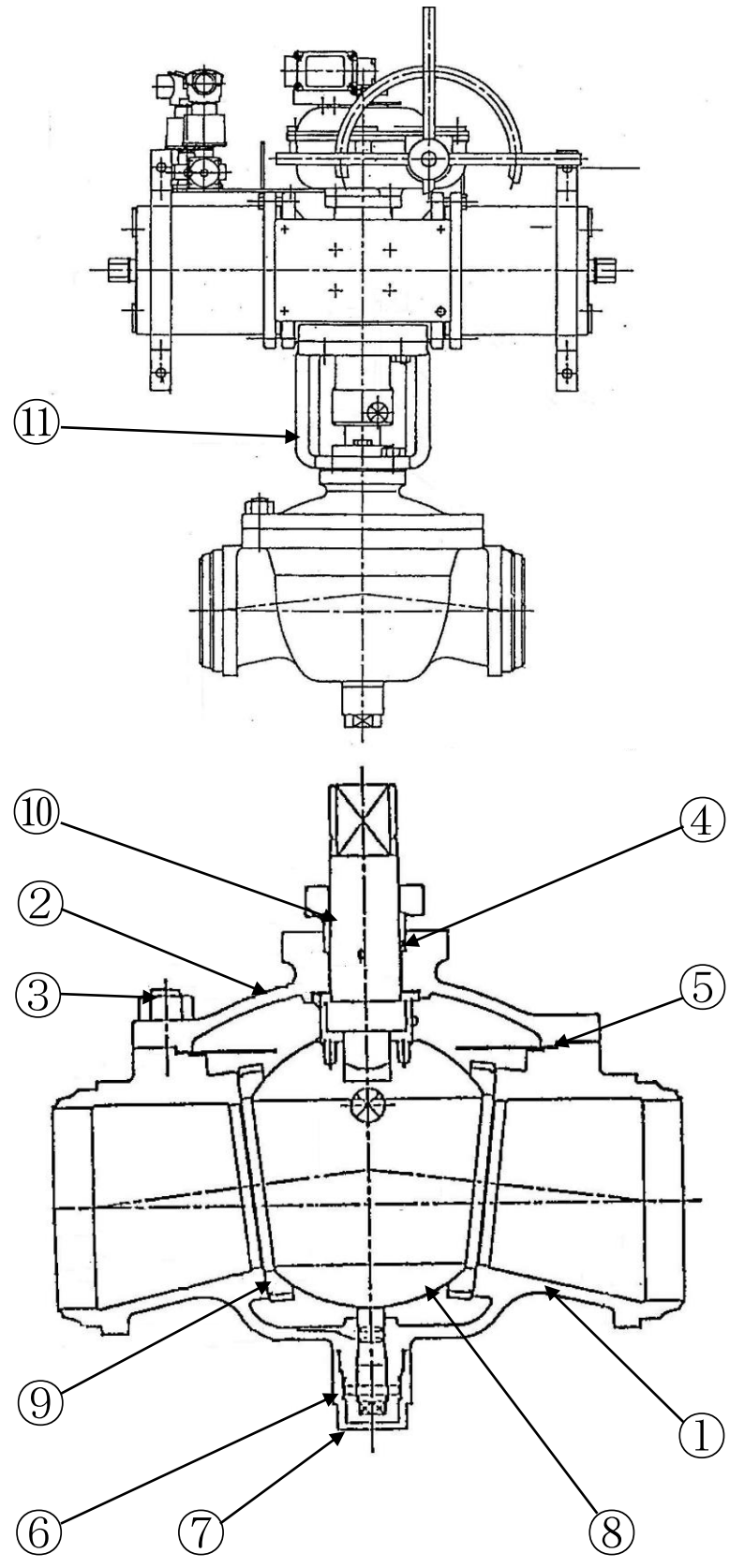


図 2.1-4 ろ過脱塩器入口弁構造図

表 2.1-7 ろ過脱塩器入口弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
バウダリの維持	弁箱	ステンス铸鋼 (SCS13A)
	弁ふた	ステンス铸鋼 (SCS13A)
	ジョイントボルト・ナット	炭素鋼 (S45C 亜鉛メッキ)
	グランドパッキン	(消耗品)
	ガスケット	(消耗品)
	Oリング	(消耗品)
	キャップ	ステンス鋼 (SUS304)
隔離機能の維持	弁体	ステンス铸鋼 (SCS13A)
	弁座	(消耗品)
作動機能の維持	弁棒	ステンス鋼 (SUS304)
	ヨーク	铸鉄 (FCD45)

表 2.1-8 ろ過脱塩器入口弁の使用条件

最高使用圧力	1.2MPa
最高使用温度	66℃
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の抽出

#### (1) 想定される経年劣化事象

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（流体の種類、圧力、温度等）およ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、消耗品および定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品および定期取替品の扱い

グランドパッキン、ガスケット、弁座、Oリングは消耗品であり、長期使用せず取替を前提としていることから、高経年化対策を見極める上で評価対象外とする。

(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（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（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. 弁箱および弁ふたの腐食（全面腐食）〔復水フィルタ逆洗空気入口弁〕

弁箱および弁ふたは炭素鋼・鋳鋼であり、腐食が想定されるが、内部流体はガス（空気）であることから腐食が発生する可能性は小さい。

しかし、定期的に見視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。

弁箱および弁ふたの外面については、防食塗装が施されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、定期的に見視確認を行い、塗装の状態を確認するとともに、必要により補修塗装を実施することとしており、これまで有意な腐食は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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・ナットは炭素鋼もしくは低合金鋼であり、腐食が想定されるが、定期的に見視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。

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

### c. 弁体の摩耗〔共通〕

弁体は常に弁座と接触しているため、弁体が回転することにより摩耗が想定されるが、弁体はステンレス鋼またはステンレス鋳鋼であり、弁座（ゴム製あるいはポリエチレン製）よりも硬く、摩耗が発生する可能性は小さい。

また、定期的に見視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な摩耗は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. 弁棒の摩耗〔共通〕

弁棒はランドパッキンと接触することにより、摩耗が想定されるが、弁棒は摺動するランドパッキンよりも硬いことから摩耗が発生する可能性は小さい。

また、定期的に見視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な摩耗は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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）〔復水フィルタ逆洗空気入口弁，復水フィルタプリコート出口弁，ろ過脱塩器入口弁〕

ヨークは炭素鋼または鋳鉄であり，腐食が想定されるが，防食塗装が施されていることから，腐食が発生する可能性は小さい。

また，定期的に見視確認を行い，塗装の状態を確認するとともに，必要により補修塗装を実施することとしており，これまで有意な腐食は認められていない。

したがって，今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから，高経年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. 弁箱および弁ふたの腐食（全面腐食）〔復水フィルタプリコート出口弁〕

弁箱および弁ふたは炭素鋼鋳鋼であり，内部流体が純水であることから，腐食が想定される。

しかし，定期的に見視確認を行い，健全性を確認しており，これまで有意な腐食は認められていない。

弁箱および弁ふたの外面については，防食塗装が施されていることから，腐食が発生する可能性は小さい。

また，定期的に見視確認を行い，塗装の状態を確認するとともに，必要により補修塗装を実施することとしており，これまで有意な腐食は認められていない。

したがって，今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから，高経年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，ヨークおよびキャップの貫粒型応力腐食割れ

〔移動形出力領域計装ボール弁，ろ過脱塩器入口弁〕

弁箱，弁ふた，ヨークおよびキャップについては，ステンレス鋼またはステンレス鋳鋼であり，貫粒型応力腐食割れが想定されるが，屋内空調環境に設置されていることおよびステンレス材を使用する工事においては塩分管理を実施していることから，塩分付着による貫粒型応力腐食割れが発生する可能性は小さい。

また，定期的に見視確認を行い，健全性を確認しており，これまでに有意な割れは認められていない。

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

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

日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。

表 2.2-1 (1/4) 復水フィルタ逆洗空気入口弁に想定される経年劣化事象〔ガス系炭素鋼ボール弁〕

機能達成に必要な項目	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		
ハウダリの維持	弁箱		炭素鋼鋳鋼		△						
	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		△						
	グラフトパッキン	◎	—								
	ガスケット	◎	—								
隔離機能の維持	弁体		ステンレス鋼	△							
	弁座	◎	—								
作動機能の維持	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 (2/4) 復水フィルタプリコート出口弁に想定される経年劣化事象〔純水系炭素鋼ボール弁〕

機能達成に必要な項目	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		
バウダリの維持	弁箱		炭素鋼鋳鋼		△						
	弁ふた		炭素鋼鋳鋼		△						
	ジョイントボルト・ナット		低合金鋼 炭素鋼		△						
	グラウトパッキン	◎	—								
	ガスケット	◎	—								
隔離機能の維持	弁体		ステンズ鋳鋼	△							
	弁座	◎	—								
作動機能の維持	弁棒		ステンズ鋼	△							
	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 (3/4) 移動形出力領域計装ボール弁に想定される経年劣化事象〔ガス系ステンレス鋼ボール弁〕

機能達成に必要な項目	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		
バックダリの維持	弁箱		ステンレス鋼				△*1			*1：貫粒型応力 腐食割れ	
	弁ふた		ステンレス鋼				△*1				
	ジョイントボルト		低合金鋼		△						
	グラフトパッキン	◎	—								
	Oリング	◎	—								
隔離機能の維持	弁体		ステンレス鋼	△							
	弁座	◎	—								
作動機能の維持	弁棒		ステンレス鋼	△							
	ヨーク		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 (4/4) ろ過脱塩器入口弁に想定される経年劣化事象〔純水系ステンレス鋼ボール弁〕

機能達成に必要な項目	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	弁箱		ステンレス鋳鋼				△*1				*1：貫粒型応力腐食割れ *2：亜鉛メッキ
	弁ふた		ステンレス鋳鋼				△*1				
	ジョイントボルト・ナット		炭素鋼*2		△						
	グランドパッキン	◎	—								
	ガスケット	◎	—								
	Oリング	◎	—								
	キャップ		ステンレス鋼				△*1				
隔離機能の維持	弁体		ステンレス鋳鋼	△							
	弁座	◎	—								
作動機能の維持	弁棒		ステンレス鋼	△							
	ヨーク		鋳鉄		△						

△：高経年化対策上着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 復水系
- ② 原子炉浄化系
- ③ 液体廃棄物処理系
- ④ 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

代表機器と同様に、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. 弁箱および弁ふたの腐食（全面腐食）〔純水系炭素鋼ボール弁：復水系〕

代表機器と同様に、弁箱および弁ふたは炭素鋼鋳鋼であり、内部流体が純水であることから、腐食が想定される。

しかし、定期的に目視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。

弁箱および弁ふたの外面については、防食塗装が施されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、定期的に目視確認を行い、塗装の状態を確認するとともに、必要により補修塗装を実施することとしており、これまで有意な腐食は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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）〔炭素鋼製または低合金鋼製のジョイントボルト・ナットを有するボール弁共通〕

代表機器と同様に、ジョイントボルト・ナットは炭素鋼または低合金鋼であり、腐食が想定されるが、定期的に目視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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〕

代表機器と同様に、弁体は常に弁座と接触しているため、弁体が回転することにより摩耗が想定されるが、弁体はステンレス鋼またはステンレス鋳鋼であり、弁座（ポリエチレン製）よりも硬く、摩耗が発生する可能性は小さい。一部のボール弁については、金属同士の接触となることから、摩耗が発生する可能性がある。

しかし、定期的に目視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な摩耗は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. 弁棒の摩耗〔共通〕

代表機器と同様に、弁棒はグランドパッキンと接触することにより、摩耗が想定されるが、弁棒は摺動するグランドパッキンよりも硬いことから摩耗が発生する可能性は小さい。

また、定期的に目視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な摩耗は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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）〔炭素鋼製または鋳鉄製のヨークを有する弁共通〕

代表機器と同様に、ヨークは炭素鋼または鋳鉄であり、腐食が想定されるが、防食塗装が施されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、定期的に見視確認を行い、塗装の状態を確認するとともに、必要により補修塗装を実施することとしており、これまで有意な腐食は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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，キャップおよびヨークの貫粒型応力腐食割れ〔ステンレス鋼製またはステンレス鋳鋼製の弁箱，弁ふた，ヨーク，キャップを有するボール弁共通〕

代表機器と同様に、弁箱，弁ふた，ヨークおよびキャップは、ステンレス鋼またはステンレス鋳鋼であり、貫粒型応力腐食割れが想定されるが、屋内空調環境に設置されていることおよびステンレス材を使用する工事においては塩分管理を実施していることから、塩分付着による貫粒型応力腐食割れが発生する可能性は小さい。

また、定期的に見視確認を行い、健全性を確認しており、これまでに有意な割れは認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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）

代表機器と同様に、日常劣化管理事象に該当する事象は抽出されなかった。

## 7. 主蒸気隔離弁

[対象機器]

- ① 主蒸気隔離弁

## 目 次

1. 対象機器	7-1
2. 対象機器の技術評価	7-2
2.1 構造, 材料および使用条件	7-2
2.2 経年劣化事象の抽出	7-5
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目	7-5
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出	7-5
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	7-6
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価	7-11



1. 対象機器

島根2号炉で使用している主蒸気隔離弁の仕様を表1-1に示す。

表1-1 主蒸気隔離弁の仕様

分類基準		系統 名称	選定基準					弁名称／弁番号
			重要度*1	口径 (A)	使用条件			
材料	流体				運転 状態	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (°C)	
炭素鋼	蒸気	主蒸気系	PS-1	600	連続	8.6	302	主蒸気内側隔離弁 AV202-1A/B/C/D
								主蒸気外側隔離弁 AV202-2A/B/C/D

\*1：最上位の重要度を示す。

## 2. 対象機器の技術評価

### 2.1 構造, 材料および使用条件

#### (1) 構造

主蒸気隔離弁は窒素（原子炉格納容器内）または空気（原子炉格納容器外）作動式玉形弁で、原子炉格納容器の内・外側に各4台設置している。

##### a. 弁本体

蒸気を内包する耐圧部（弁箱, 弁ふた, ジョイントボルト・ナット, 軸封部）, 蒸気を仕切る隔離部（弁体, 弁座, パイロットシート）に駆動力を伝達する駆動力伝達部（ヨークロッド, 弁棒）からなる。

蒸気に接する弁箱および弁座は炭素鋼鋳鋼, 弁体および弁ふたは炭素鋼である。また, 軸封部には流体の漏れを防止するためのグランドパッキンを使用している。

弁本体については, 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。

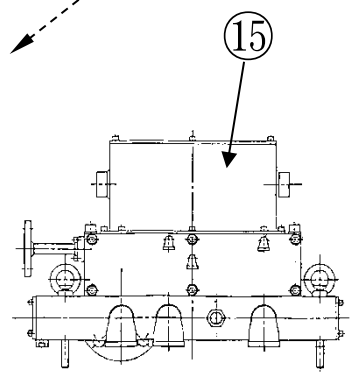
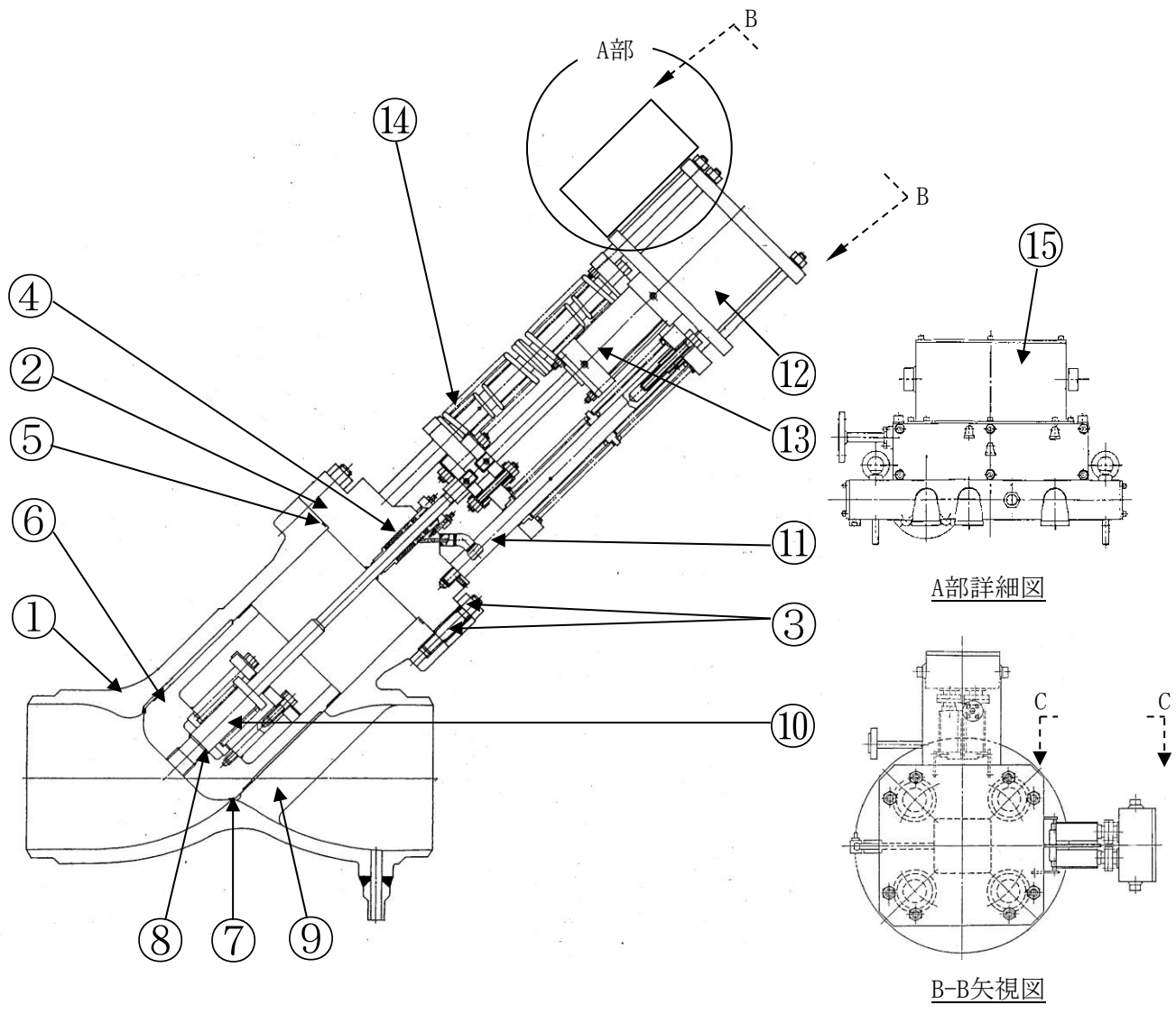
##### b. 駆動部

主蒸気隔離弁は窒素（原子炉格納容器内）または空気（原子炉格納容器外）作動式弁であるため弁棒を動かす駆動部としてシリンダを有し, シリンダを駆動するための作動用空気切替用の電磁弁と, 弁体の位置を検出するためのリミットスイッチがある。

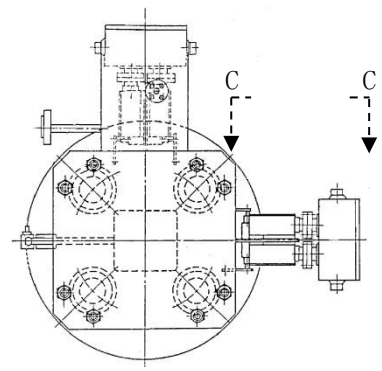
主蒸気隔離弁の構造図を図 2.1-1 に示す。

#### (2) 材料および使用条件

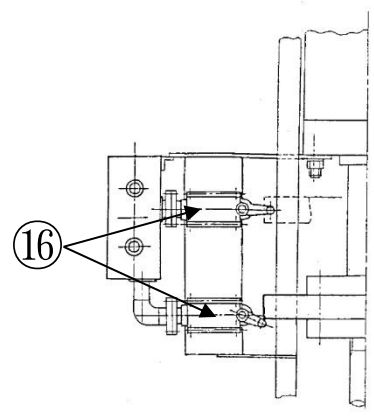
主蒸気隔離弁主要部位の使用材料を表2.1-1に, 使用条件を表2.1-2に示す。



A部詳細図



B-B矢視図



C-C矢視図

No.		部位
①	弁本体	弁箱
②		弁ふた
③		ジョイントボルト・ナット
④		グラントパッキン
⑤		ガスケット
⑥		弁体
⑦		弁座
⑧		パロットシート

No.		部位
⑨	弁本体	ガイドリブ
⑩		弁棒
⑪		ヨークロッド
⑫	駆動部	空気シリンダ
⑬		油圧シリンダ
⑭		スプリング
⑮		電磁弁
⑯		リミットスイッチ

図2.1-1 主蒸気隔離弁構造図

表2.1-1 主蒸気隔離弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
バウンダリの維持	弁箱	炭素鋼鋳鋼 (SCPH2)
	弁ふた	炭素鋼 (SFVC2B)
	ジョイントボルト・ナット	低合金鋼 (SNB7)
	グラントパッキン	(消耗品)
	ガスケット	(消耗品)
隔離機能の維持	弁体	炭素鋼 (SFVC2B ステライト肉盛)
	弁座	炭素鋼鋳鋼 (SCPH2 ステライト肉盛)
	パイロットシート	炭素鋼 (SFVC2B ステライト肉盛)
作動機能の維持	弁棒 (パイロットディスク一体型)	ステンレス鋼 (SUS630)
	ガイドリブ	炭素鋼鋳鋼 (SCPH2 ステライト肉盛)
	ヨークロッド	低合金鋼 (SCM435)
	空気シリンダ	炭素鋼 (STKM18B)
	油圧シリンダ	炭素鋼 (STKM13C)
	スプリング	ばね鋼 (SUP9)
	電磁弁	(定期取替品)
	リミットスイッチ	(定期取替品)

表2.1-2 主蒸気隔離弁の使用条件

最高使用圧力	8.6MPa
最高使用温度	302°C
内部流体	蒸気

## 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

主蒸気隔離弁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 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の抽出

#### (1) 想定される経年劣化事象

主蒸気隔離弁について、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の材料、構造、使用条件（流体の種類、圧力、温度等）およ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、消耗品および定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品および定期取替品の扱い

グランドパッキン、ガスケットは消耗品であり、電磁弁、リミットスイッチは定期取替品である。いずれも、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（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（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

### 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、弁座およびパイロットシートの腐食（流れ加速型腐食）

弁箱、弁ふた、弁体、弁座およびパイロットシートは炭素鋼鋳鋼または炭素鋼であり、内部流体が蒸気であることから腐食（流れ加速型腐食）が想定される。

しかし、定期的に見視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な腐食（流れ加速型腐食）は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. 弁箱および弁ふたの腐食（全面腐食）

弁箱は炭素鋼鋳鋼、弁ふたは炭素鋼であり、外面に腐食が想定されるが、防食塗装が施されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、定期的に見視確認を行い、塗装の健全性を確認し、必要に応じて補修塗装を行うこととしており、これまで有意な腐食は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）

ジョイントボルト・ナットは低合金鋼であり、腐食が想定されるが、定期的に見視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. 弁棒の摩耗

弁棒はグランドパッキンと接触することにより、摩耗が想定されるが、弁棒はステンレス鋼であり、接触部はグランドパッキンよりも硬いことから摩耗が発生する可能性は小さい。

また、定期的に見視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な摩耗は認められていない。

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

#### e. 弁棒の疲労割れ

弁の全開使用時に、弁棒のバックシート部に過負荷がかかった状態で配管振動等による変動応力が加わると、バックシート部に疲労割れが想定されるが、主蒸気隔離弁のバックシート部は角部を滑らかにし、応力集中を低減した構造としていることから、疲労割れが発生する可能性は小さい。

また、定期的に見視確認および浸透探傷試験を行い、健全性を確認しており、これまで疲労割れは認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. ガイドリブの摩耗

国内他プラントにおいて、弁全開時、流路に突出した弁体先端に流体が衝突することにより弁体先端に振動が発生し、弁体先端とガイドリブが衝突を繰り返すことで、ガイドリブに摩耗が発生した事例がある。

ただし、ガイドリブの摩耗は、口径650 A以上の主蒸気隔離弁について着目すべきものであることが確認されている。島根2号機については口径600 Aであることから、摩耗が発生する可能性は小さい。

また、定期的に見視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な摩耗は認められていない。

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

#### g. 空気シリンダの摩耗

空気シリンダのシリンダとピストンには摩耗が想定されるが、ゴム製のシールリングと金属部が摺動する構造であり金属同士の接触はないことから、摩耗が発生する可能性は小さい。

また、定期的に見視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な摩耗は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. 油圧シリンダの摩耗

油圧シリンダのシリンダとピストンには摩耗が想定されるが、シリンダ内はシリコンオイルが封入されており、潤滑性が良好であることから、金属摺動部の摩耗が発生する可能性は小さい。

また、定期的に見視確認を行い、健全性を確認しており、これまで金属粉の発生や有意な摩耗は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. スプリングのへたり

スプリングは常時応力がかかった状態で使用されるため、へたりが想定されるが、スプリング使用時のねじり応力が許容ねじり応力以下になるように設定されており、さらに、インターナルスプリングおよびスプリングの材料に対する推奨最高使用温度よりも実際の使用温度は低いことから、へたりの進行の可能性は小さい。

また、定期的に目視確認および作動確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意なへたりは認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. ヨークロッドの腐食（全面腐食）

ヨークロッドは低合金鋼であり、腐食が想定されるが、メッキにより腐食を防止しており、腐食が発生する可能性は小さい。

また、定期的に目視確認を行い、メッキの状態を確認するとともに、必要に応じ補修を実施することとしており、これまで有意な腐食は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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) 主蒸気隔離弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	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		
ハウタリの維持	弁箱		炭素鋼鋳鋼		△*2△	○					*1：ステイト肉盛 *2：流れ加速型腐食
	弁ふた		炭素鋼		△*2△						
	ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	グラントパッキン	◎	—								
	ガスケット	◎	—								
隔離機能の維持	弁体		炭素鋼*1		△*2						
	弁座		炭素鋼鋳鋼*1		△*2						
	パレットシート		炭素鋼*1		△*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 (2/2) 主蒸気隔離弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	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		
作動機能の維持	弁棒		ステンレス鋼	△		△				*1：ステライト肉盛 *2：へたり	
	ガイドリブ		炭素鋼鋳鋼*1	△							
	ヨークロッド		低合金鋼		△						
	空気シリンダ		炭素鋼	△							
	油圧シリンダ		炭素鋼	△							
	スプリング		ばね鋼						△*2		
	電磁弁	◎	—								
	リミットスイッチ	◎	—								

△：高経年化対策上着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

#### a. 事象の説明

主蒸気隔離弁は、プラントの起動・停止時等の温度・圧力変化により疲労が蓄積され、疲労割れが発生する可能性があることから、経年劣化に対する評価が必要である。

#### b. 技術評価

##### (a) 健全性評価

主蒸気隔離弁について応力算出並びに疲労評価を実施した。

疲労評価は、運転実績に基づいた現時点（2015年7月末時点）の過渡回数と、今後も同様な運転を続けたと仮定して推定した運転開始後60年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に示す。また、評価用過渡条件を表2.3-1に、評価結果を表2.3-2に示す。

この結果、表2.3-2に示すとおり、疲れ累積係数は60年時点でも許容値以下であり、60年間の運転において疲労割れが問題となる可能性はないと判断する。

##### (b) 現状保全

弁箱の疲労割れに対しては、定期的に弁箱の目視確認を実施し、健全性を確認するとともに、主蒸気隔離弁漏えい率検査にて異常のないことを確認している。

##### (c) 総合評価

主蒸気隔離弁の弁箱については、定量評価結果から疲労割れが評価期間において問題となる可能性はなく、60年間の健全性は維持できると判断する。

ただし、疲労評価は実績過渡回数に依存するため、今後も実績過渡回数を把握し評価する必要がある。

#### c. 高経年化への対応

主蒸気隔離弁の弁箱の疲労割れについては、実績過渡回数の確認を継続的に実施し、運転開始後60年時点の推定過渡回数を上回らないことを確認する。

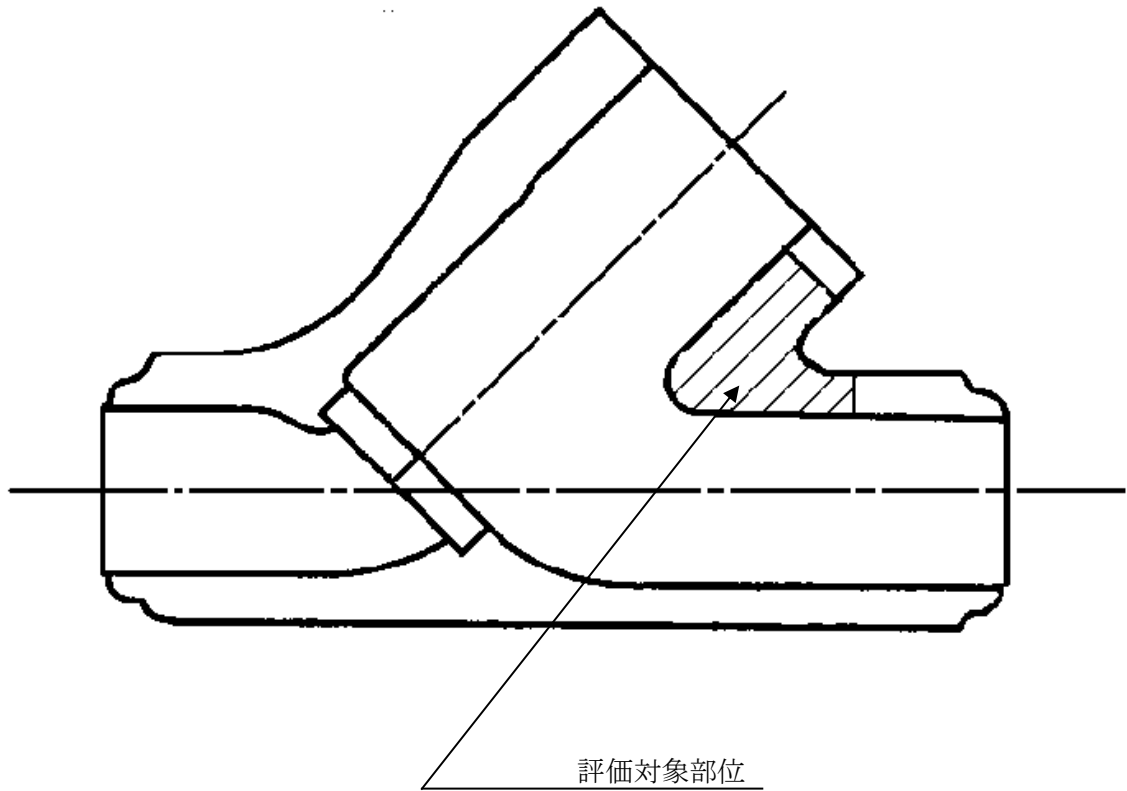


図2. 3-1 主蒸気隔離弁疲労評価部位

表2.3-1 主蒸気隔離弁 評価用過渡条件

運転条件	運転実績に基づく過渡回数 (2015年7月末時点)	運転開始後60年時点
ボルト締付	20	45
耐圧試験	24	55
起動 (昇温, タービン起動)	36	74
夜間低出力運転 (75%出力)	40	81
週末低出力運転 (50%出力)	34	84
制御棒パターン変更	58	143
給水加熱機能喪失 (発電機トリップ)	0	1
給水加熱機能喪失 (給水加熱器部分バイパス)	0	1
スクラム (タービントリップ)	1	2
スクラム (その他スクラム)	4	7
停止	36	74
ボルト取り外し	21	46
スクラム (原子炉給水ポンプ停止)	0	1
スクラム (逃がし安全弁誤作動)	0	1

表2.3-2 主蒸気隔離弁の疲労評価結果

対象機器	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	
	現時点 (2015年7月末時点)	運転開始後 60年時点
主蒸気隔離弁	0.006	0.013

## 8. 主蒸気逃がし安全弁

[対象機器]

- ① 主蒸気逃がし安全弁

## 目 次

1. 対象機器	8-1
2. 対象機器の技術評価	8-2
2.1 構造, 材料および使用条件	8-2
2.2 経年劣化事象の抽出	8-5
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目	8-5
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出	8-5
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	8-6

1. 対象機器

主蒸気逃がし安全弁の仕様を表1-1に示す。

表1-1 主蒸気逃がし安全弁の仕様

分類基準		系統 名称	選定基準					弁名称／弁番号
			重要度*1	口径 (A)	使用条件			
材料	流体				重要度*1	口径 (A)	運転 状態	
炭素鋼	蒸気	主蒸気系	PS-1, 重*2	150×250	一時	8.6	302	主蒸気逃がし安全弁 RV202-1A～M

\*1：最上位の重要度を示す。

\*2：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器および構造物であることを示す。



## 2. 対象機器の技術評価

### 2.1 構造, 材料および使用条件

#### (1) 構造

島根2号炉で使用している主蒸気逃がし安全弁は平衡型補助作動装置付ばね安全弁で, 原子炉格納容器内に12台設置している。

##### a. 弁本体

蒸気を内包するバウンダリを構成する耐圧部 (弁箱, 弁体, ノズルシート, ジョイントボルト・ナット, ベローズ), および弁体を作動させる作動部 (スプリング, 弁棒) からなる。

蒸気に接する弁箱は炭素鋼鋳鋼, 弁体およびノズルシートは炭素鋼である。また, 外部への流体の漏れを防止するためガスケットが使用されている。

当該弁については, 駆動部を切り離し, ジョイントボルト・ナットを取外すことにより, 弁内部の点検手入れが可能である。

##### b. 駆動部

主蒸気逃がし安全弁はシリンダによって発生する力を, リンク機構を介して弁棒に伝える駆動部を有している。

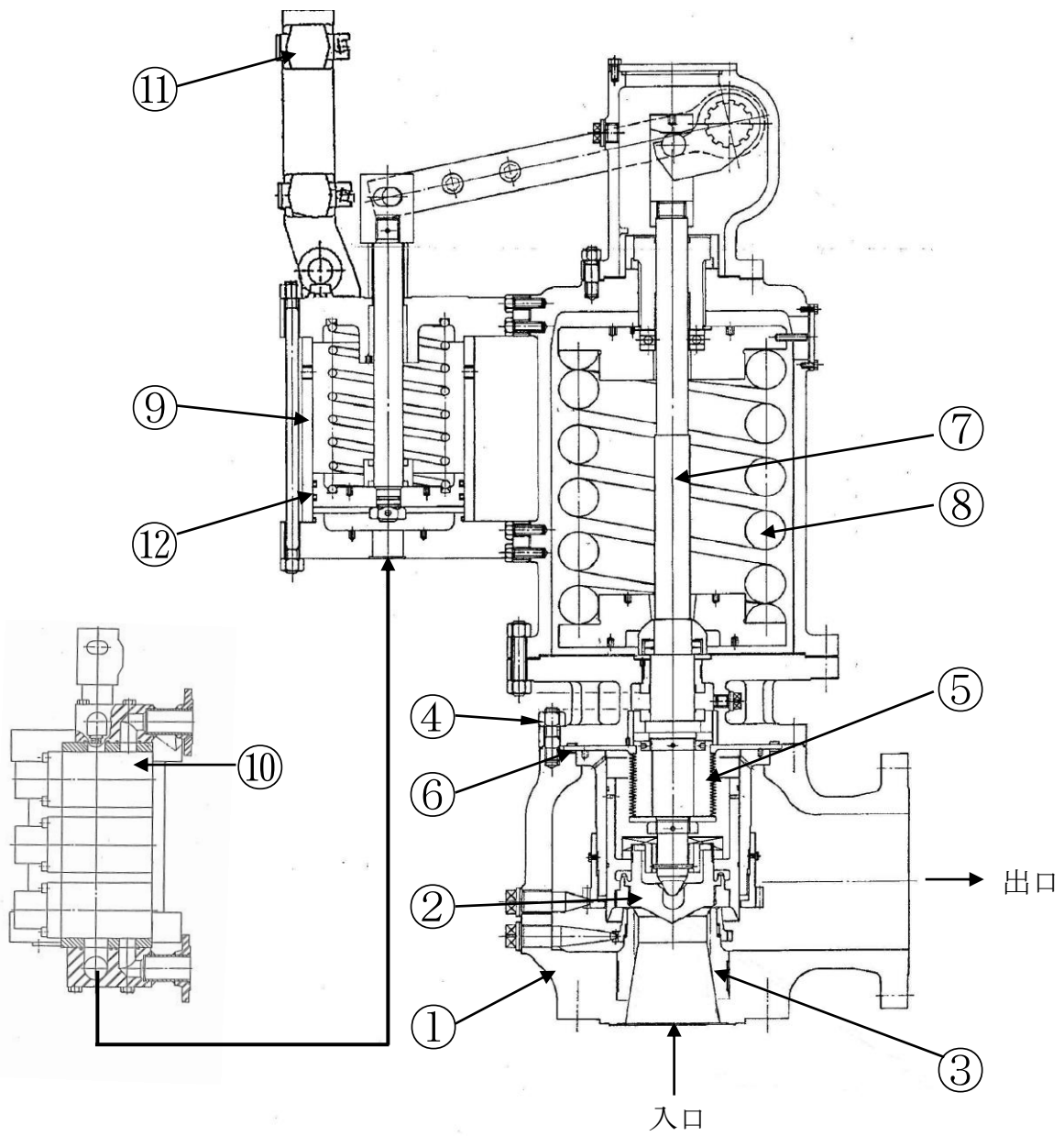
駆動部は, シリンダ, シリンダを駆動するための作動空気切替用の電磁弁, シリンダ位置を検出するためのリミットスイッチ等から構成される。

弁駆動部については, 本体および空気シリンダとの連結部の取付ボルト類を取り外すことにより, 点検手入れが可能である。

主蒸気逃がし安全弁主要部位の構造図を図 2. 1-1 に示す。

#### (2) 材料および使用条件

主蒸気逃がし安全弁の使用材料を表2. 1-1, 使用条件を表2. 1-2に示す。



No.		部位	No.		部位
①	弁本体	弁箱	⑨	駆動部	シリンダ <sup>°</sup>
②		弁体	⑩		電磁弁
③		ノズルシート	⑪		リミットスイッチ
④		ジョイントボルト・ナット	⑫		Oリング <sup>°</sup>
⑤		ベローズ <sup>°</sup>			
⑥		ガスケット			
⑦		弁棒			
⑧		スプリング <sup>°</sup>			

図2.1-1 主蒸気逃がし安全弁構造図

表2.1-1 主蒸気逃がし安全弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
ハウジングの維持	弁箱	炭素鋼鋳鋼 (SCPH2)
	弁体	炭素鋼 (S25C ステライト肉盛)
	ノズルシート	炭素鋼 (S25C ステライト肉盛)
	ジョイントボルト・ナット	低合金鋼 (SNB7)
	ベローズ	高ニッケル合金 (インコネル718)
	ガスケット	(消耗品)
作動機能の維持	弁棒	ステンレス鋼 (SUS431 ステライト肉盛)
	スプリング	ばね鋼 (SUP10)
	シリンダ	炭素鋼 (STKM13A-S-H Crメッキ)
	電磁弁	(定期取替品)
	リミットスイッチ	(定期取替品)
	Oリング	(消耗品)

表2.1-2 主蒸気逃がし安全弁の使用条件

最高使用圧力	8.6MPa
最高使用温度	302℃
内 部 流 体	蒸気

## 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

主蒸気逃がし安全弁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 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の抽出

#### (1) 想定される経年劣化事象

主蒸気逃がし安全弁について、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（流体の種類、圧力、温度等）およ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、消耗品および定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品およ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、電磁弁、リミットスイッチは定期取替品である。いずれも、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（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（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、弁体およびノズルシートの腐食（全面腐食）

弁箱、弁体およびノズルシートは炭素鋼鋳鋼または炭素鋼であり、内部流体が蒸気のため腐食が想定される。

しかし、定期的に見視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。

弁箱は炭素鋼鋳鋼であり、外面に腐食が想定されるが、防食塗装が施されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、定期的に見視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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）

ジョイントボルト・ナットは低合金鋼であり、腐食が想定されるが、定期的に見視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. ベローズの疲労割れ

ベローズは弁の開閉に伴う伸縮の繰返しにより、ベローズに疲労割れが想定されるが、弁の作動回数は少なく、疲労割れが発生する可能性は小さい。

また、定期的に見視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な割れは認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. 弁棒の摩耗

弁の開閉動作に伴い、摩耗が想定されるが、弁の作動回数が少ないことから、摩耗が発生する可能性は小さい。

また、定期的に見視確認および浸透探傷検査を行い、健全性を確認しており、これまで有意な摩耗は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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

スプリングは常時応力がかかった状態で使用されるため、へたりが想定されるが、スプリング使用時のねじり応力が許容ねじり応力以下になるように設定されており、さらに、スプリングの材料に対する推奨最高使用温度よりも実際の使用温度は低いことから、へたりの進行の可能性は小さい。

また、定期的に目視確認および作動確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意なへたりは認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. シリンダの摩耗

シリンダはシリンダとピストンからなるため、作動時に摺動による摩耗が想定されるが、金属部とゴム製のOリングが摺動する構造であり、金属同士の接触がないことから、摩耗が発生する可能性は小さい。

また、定期的に目視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な摩耗は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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 主蒸気逃がし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	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		
ハウダリの維持	弁箱		炭素鋼鋳鋼		△						*1：ステライト肉盛 *2：Crメッキ *3：へたり
	弁体		炭素鋼*1		△						
	ノズルシート		炭素鋼*1		△						
	ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	ベローズ		高ニッケル合金			△					
	ガスケット	◎	—								
作動機能の維持	弁棒		ステンレス鋼*1	△							
	スプリング		ばね鋼						△*3		
	シリング		炭素鋼*2	△							
	Oリング	◎	—								
	電磁弁	◎	—								
	リミットスイッチ	◎	—								

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

## 9. 制御弁

[対象系統]

- ① 復水系
- ② 給水系
- ③ 制御棒駆動系
- ④ 原子炉浄化系
- ⑤ 原子炉補機冷却系
- ⑥ 原子炉隔離時冷却系
- ⑦ 残留熱除去系
- ⑧ 逃がし安全弁N2ガス供給系
- ⑨ タービングラウンド蒸気系
- ⑩ 水素ガス冷却系
- ⑪ タービンヒータドレン系
- ⑫ 補助蒸気系
- ⑬ 中央制御室空調換気系
- ⑭ 所内蒸気系



## 目 次

1. 対象機器および代表機器の選定	9-1
1.1 グループ化の考え方および結果	9-1
1.2 代表機器の選定	9-1
2. 代表機器の技術評価	9-5
2.1 構造, 材料および使用条件	9-5
2.1.1 グランド蒸気圧力調節弁 (CV231-4)	9-5
2.1.2 炉頂部冷却水流量調節弁 (CV222-1)	9-8
2.1.3 中央制御室冷凍機出口圧力調節弁 (CV214-1A/B)	9-11
2.1.4 窒素ガス供給装置出口減圧弁 (CV227-1A/B)	9-14
2.1.5 原子炉隔離時冷却系冷却水減圧弁 (CV221-1)	9-17
2.1.6 グランド蒸気発生器胴体圧力調節弁 (CV231-2)	9-20
2.1.7 第4ヒータ高水位調節弁 (CV244-9A/B)	9-23
2.1.8 水素ガス制御装置圧力調整弁 (CV233-1A/B)	9-26
2.2 経年劣化事象の抽出	9-29
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目	9-29
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出	9-29
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	9-31
3. 代表機器以外への展開	9-43
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象	9-43
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象	9-43

## 1. 対象機器および代表機器の選定

島根2号炉で使用している主要な制御弁の仕様を表1-1に示す。

これらの制御弁を材料および内部流体の観点からグループ化し、以下のとおり代表機器を選定した。

### 1.1 グループ化の考え方および結果

材料およ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，ステンレス鋼，低合金鋼，銅合金，流体は蒸気，純水，ガス，冷却水である。

### 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，最高使用温度，最高使用圧力および運転状態の観点から代表機器を選定する。

#### (1) 蒸気系炭素鋼制御弁（内部流体：蒸気，弁箱材質：炭素鋼）

蒸気系に使用されている炭素鋼制御弁のうち，重要度および口径の観点から，グランド蒸気圧力調節弁を代表機器とする。

(CV231-4, 250A, 0.4MPa, 173°C)

#### (2) 純水系炭素鋼制御弁（内部流体：純水，弁箱材質：炭素鋼）

純水系に使用されている炭素鋼制御弁のうち，重要度の観点から，炉頂部冷却水流量調節弁を代表機器とする。

(CV222-1, 100A, 3.9 MPa, 185°C)

#### (3) 冷却水系炭素鋼制御弁（内部流体：冷却水，弁箱材質：炭素鋼）

冷却水系に使用されている炭素鋼制御弁のうち，重要度および口径の観点から，中央制御室冷凍機出口圧力調節弁を代表機器とする。

(CV214-1A/B, 200A, 1.4MPa, 85°C)

#### (4) ガス系ステンレス鋼制御弁（内部流体：ガス，弁箱材質：ステンレス鋼）

このグループには窒素ガス供給装置出口減圧弁のみが属するため，窒素ガス供給装置出口減圧弁を代表機器とする。

(CV227-1A/B, 50A, 14.7MPa, 66°C)

#### (5) 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）

純水系に使用されているステンレス鋼制御弁のうち，重要度の観点から，原子炉隔離時冷却系冷却水減圧弁を代表機器とする。

(CV221-1, 50A, 11.3MPa, 66°C)

(6) 蒸気系低合金鋼制御弁（内部流体：蒸気，弁箱材質：低合金鋼）

蒸気系に使用されている低合金鋼制御弁のうち，重要度および口径の観点から，グラウンド蒸気発生器胴体圧力調節弁を代表機器とする。

(CV231-2, 200A, 1.8MPa, 209°C)

(7) 純水系低合金鋼制御弁（内部流体：純水，弁箱材質：低合金鋼）

純水系に使用されている低合金鋼制御弁のうち，重要度，口径および最高使用温度の観点から，第4ヒータ高水位調節弁を代表機器とする。

(CV244-9A/B, 400A, 0.7MPa, 172°C)

(8) ガス系銅合金制御弁（内部流体：ガス，弁箱材質：銅合金）

このグループには水素ガス制御装置圧力調整弁のみが属するため，水素ガス制御装置圧力調整弁を代表機器とする。

(CV233-1A/B, 8A, 15.0MPa, 40°C)

表1-1 (1/2) 制御弁のグループ化と代表機器

分類基準		系統名称	選定基準					選定	代表弁	選定理由
材料	流体		重要度*1	使用条件						
				口径 (A)	運転状態	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)			
炭素鋼	蒸気	原子炉隔離時冷却系	高*2	20	一時	0.1	120	◎	グラント`蒸気圧力調節弁 (250A, 0.4MPa, 173°C) CV231-4	口径
		タービン`グラント`蒸気系	高*2	250	連続	0.4	173			
		所内蒸気系	高*2	20~80	連続	2.0	214			
	純水	復水系	高*2	50~250	連続	6.5	60	◎	炉頂部冷却水流量調節弁 (100A, 3.9MPa, 185°C) CV222-1	重要度
		原子炉浄化系	PS-2	80~200	連続	10.0	66			
		残留熱除去系	MS-1	100	連続 (短期)	3.9	185			
	冷却水*3	原子炉補機冷却系	MS-1	200	連続	1.4	85	◎	中央制御室冷凍機出口圧力調節弁 (200A, 1.4MPa, 85°C) CV214-1A/B	口径
中央制御室空調換気系		MS-1	150	連続	1.4	85				
ステンレス鋼	ガス	逃がし安全弁N2ガス供給系	高*2	50	連続	14.7	66	◎	窒素ガス供給装置出口減圧弁 (50A, 14.7MPa, 66°C) CV227-1A/B	
	純水	制御棒駆動系	高*2	40	連続	13.8	66	◎	原子炉隔離時冷却系冷却水減圧弁 (50A, 11.3MPa, 66°C) CV221-1	重要度
		原子炉浄化系	PS-2	150~200	連続	8.6	66			
		原子炉隔離時冷却系	MS-1	50	一時	11.3	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：防錆剤入り純水。

表1-1 (2/2) 制御弁のグループ化と代表機器

分類基準		系統名称	選定基準					選定	代表弁	選定理由
材料	流体		重要度*1	使用条件						
				口径 (A)	運転 状態	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (°C)			
低合金鋼	蒸気	タービン・ラント蒸気系	高*2	150~200	連続	8.6	302	◎	グラント蒸気発生器胴体圧力調節弁 (200A, 1.8MPa, 209°C) CV231-2	口径
		補助蒸気系	高*2	80	連続	8.6	302			
	純水	給水系	高*2	300	連続	16.7	175		第4ヒータ高水位調節弁 (400A, 0.7MPa, 172°C) CV244-9A/B	口径
		タービンヒータ系	高*2	125~400	連続	2.7	230	◎		
銅合金	ガス	水素ガス冷却系	高*2	8	連続	15.0	40	◎	水素ガス制御装置圧力調整弁 (8A, 15.0MPa, 40°C) CV233-1A/B	

\*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。

## 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 グランド蒸気圧力調節弁 (CV231-4)
- ② 炉頂部冷却水流量調節弁 (CV222-1)
- ③ 中央制御室冷凍機出口圧力調節弁 (CV214-1A/B)
- ④ 窒素ガス供給装置出口減圧弁 (CV227-1A/B)
- ⑤ 原子炉隔離時冷却系冷却水減圧弁 (CV221-1)
- ⑥ グランド蒸気発生器胴体圧力調節弁 (CV231-2)
- ⑦ 第4ヒータ高水位調節弁 (CV244-9A/B)
- ⑧ 水素ガス制御装置圧力調整弁 (CV233-1A/B)

### 2.1 構造, 材料および使用条件

#### 2.1.1 グランド蒸気圧力調節弁 (CV231-4)

##### (1) 構造

グランド蒸気圧力調節弁は、口径250A、最高使用圧力0.4MPa、最高使用温度173℃の空気作動式圧力制御弁であり、1台設置している。

弁本体は蒸気を内包する耐圧部（弁箱、弁ふた、ジョイントボルト・ナット、軸封部）、蒸気を仕切る隔離部（弁体、弁座）およ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。

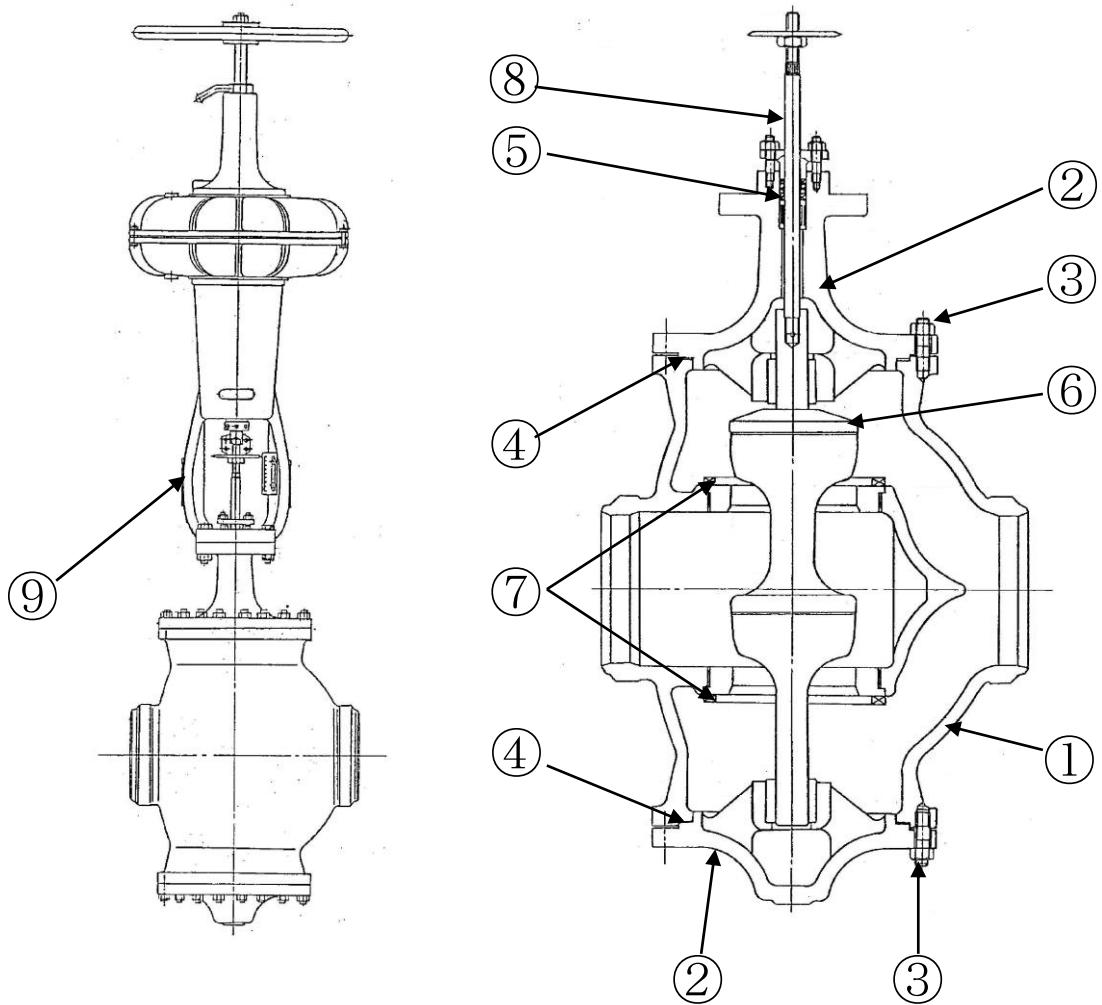
蒸気に接する弁箱、弁ふたは炭素鋼鋳鋼、弁体はステンレス鋳鋼、弁座はステンレス鋼であり、軸封部には流体の漏れを防止するためグランドパッキンを使用している。

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。

グランド蒸気圧力調節弁の構造図を図2.1-1に示す。

##### (2) 材料および使用条件

グランド蒸気圧力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	グランドパッキン
⑥	弁体
⑦	弁座
⑧	弁棒
⑨	ヨーク

図2.1-1 グランド蒸気圧力調節弁構造図

表2.1-1 グランド蒸気圧力調節弁（CV231-4）主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
バウダリの維持	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・ナット	低合金鋼（SNB7） 炭素鋼（S45C）
	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	弁体	ステンレス鋳鋼（SCS13）
	弁座	ステンレス鋼（SUS304）
機能の維持	弁棒	ステンレス鋼（SUS630）
	ヨーク	炭素鋼鋳鋼（SCPH2）

表2.1-2 グランド蒸気圧力調節弁（CV231-4）の使用条件

最高使用圧力	0.4MPa
最高使用温度	173℃
内 部 流 体	蒸気



## 2.1.2 炉頂部冷却水流量調節弁 (CV222-1)

### (1) 構造

炉頂部冷却水流量調節弁は、口径100A、最高使用圧力3.9MPa、最高使用温度185℃の空気作動式流量制御弁であり、1台設置している。

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）およ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。

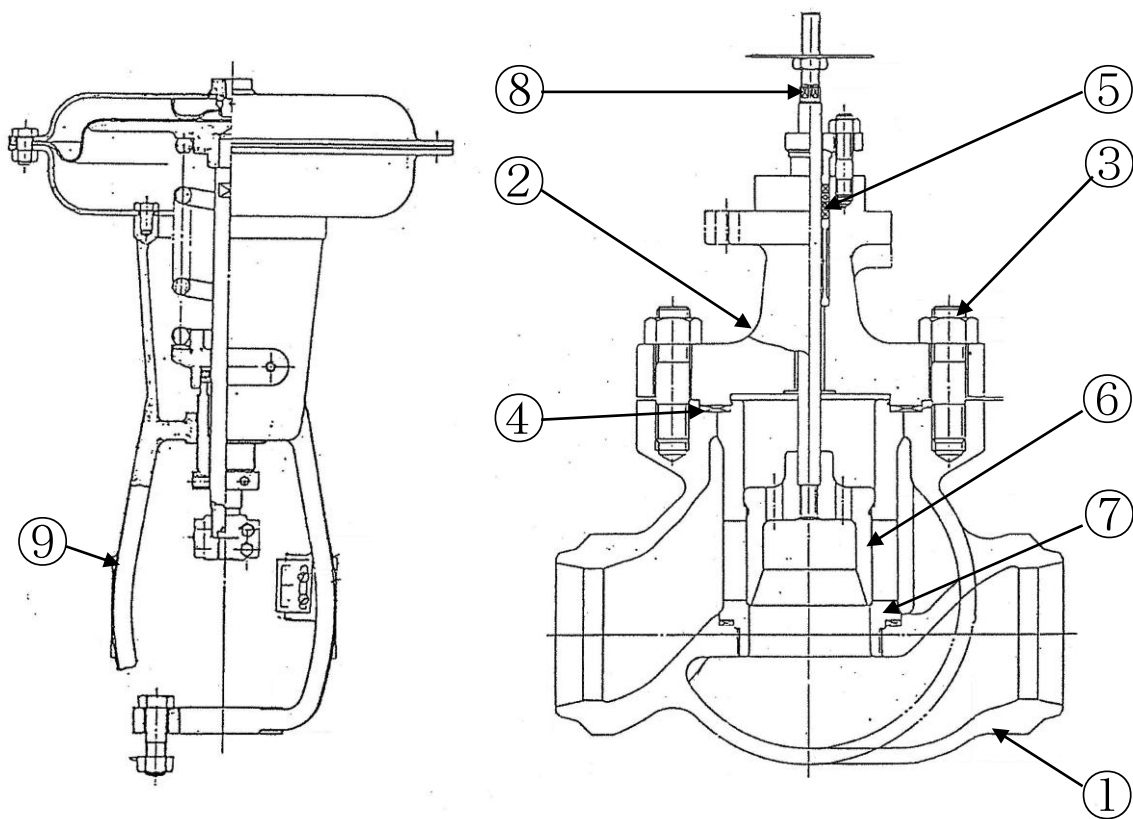
純水に接する弁箱、弁ふたは炭素鋼鋳鋼、弁体、弁座はステンレス鋳鋼であり、軸封部には流体の漏れを防止するためグランドパッキンを使用している。

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。

炉頂部冷却水流量調節弁の構造図を図2.1-2に示す。

### (2) 材料および使用条件

炉頂部冷却水流量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	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	ガスケット
⑤	グランドパッキン
⑥	弁体
⑦	弁座
⑧	弁棒
⑨	ヨーク

図2.1-2 炉頂部冷却水流量調節弁構造図

表2.1-3 炉頂部冷却水流量調節弁（CV222-1）主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
ハウダリの維持	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・ナット	低合金鋼（SNB7） 炭素鋼（S45C）
	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	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	弁棒	ステンレス鋼（SUS630）
	ヨーク	炭素鋼鋳鋼（SCPH2）

表2.1-4 炉頂部冷却水流量調節弁（CV222-1）の使用条件

最高使用圧力	3.9MPa
最高使用温度	185℃
内 部 流 体	純水

### 2.1.3 中央制御室冷凍機出口圧力調節弁 (CV214-1A/B)

#### (1) 構造

中央制御室冷凍機出口圧力調節弁は、口径200A、最高使用圧力1.4MPa、最高使用温度85℃の空気作動式流量制御弁であり、2台設置している。

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）およ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。

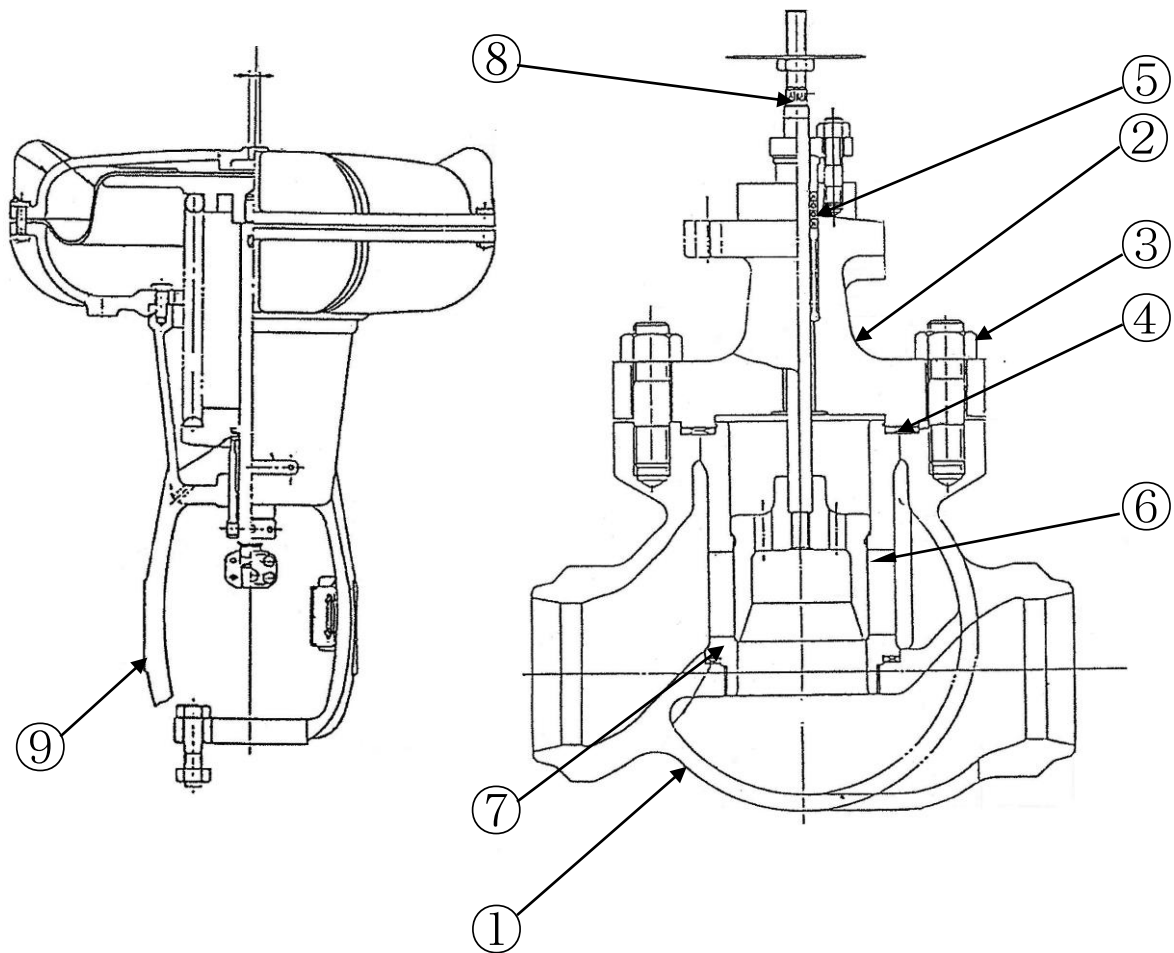
冷却水に接する弁箱、弁ふたは炭素鋼鋳鋼、弁体、弁座はステンレス鋳鋼であり、軸封部には流体の漏れを防止するためグランドパッキンを使用している。

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。

中央制御室冷凍機出口圧力調節弁の構造図を図2.1-3に示す。

#### (2) 材料および使用条件

中央制御室冷凍機出口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	グラントパッキン
⑥	弁体
⑦	弁座
⑧	弁棒
⑨	ヨーク

図2.1-3 中央制御室冷凍機出口圧力調節弁構造図

表2.1-5 中央制御室冷凍機出口圧力調節弁（CV214-1A/B）主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
ハウダリの維持	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・ナット	低合金鋼（SNB7） 炭素鋼（S45C）
	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	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	弁棒	ステンレス鋼（SUS630）
	ヨーク	炭素鋼鋳鋼（SCPH2）

表2.1-6 中央制御室冷凍機出口圧力調節弁（CV214-1A/B）の使用条件

最高使用圧力	1.4MPa
最高使用温度	85℃
内 部 流 体	冷却水

## 2.1.4 窒素ガス供給装置出口減圧弁 (CV227-1A/B)

### (1) 構造

窒素ガス供給装置出口減圧弁は、口径50A、最高使用圧力14.7MPa、最高使用温度66℃の自力制御式減圧弁であり、2台設置している。

弁本体はガスを内包する耐圧部（弁箱、弁ふた、ジョイントボルト・ナット）、ガスを仕切る隔離部（弁体、弁座）および弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒、スプリング、ピストン）からなる。

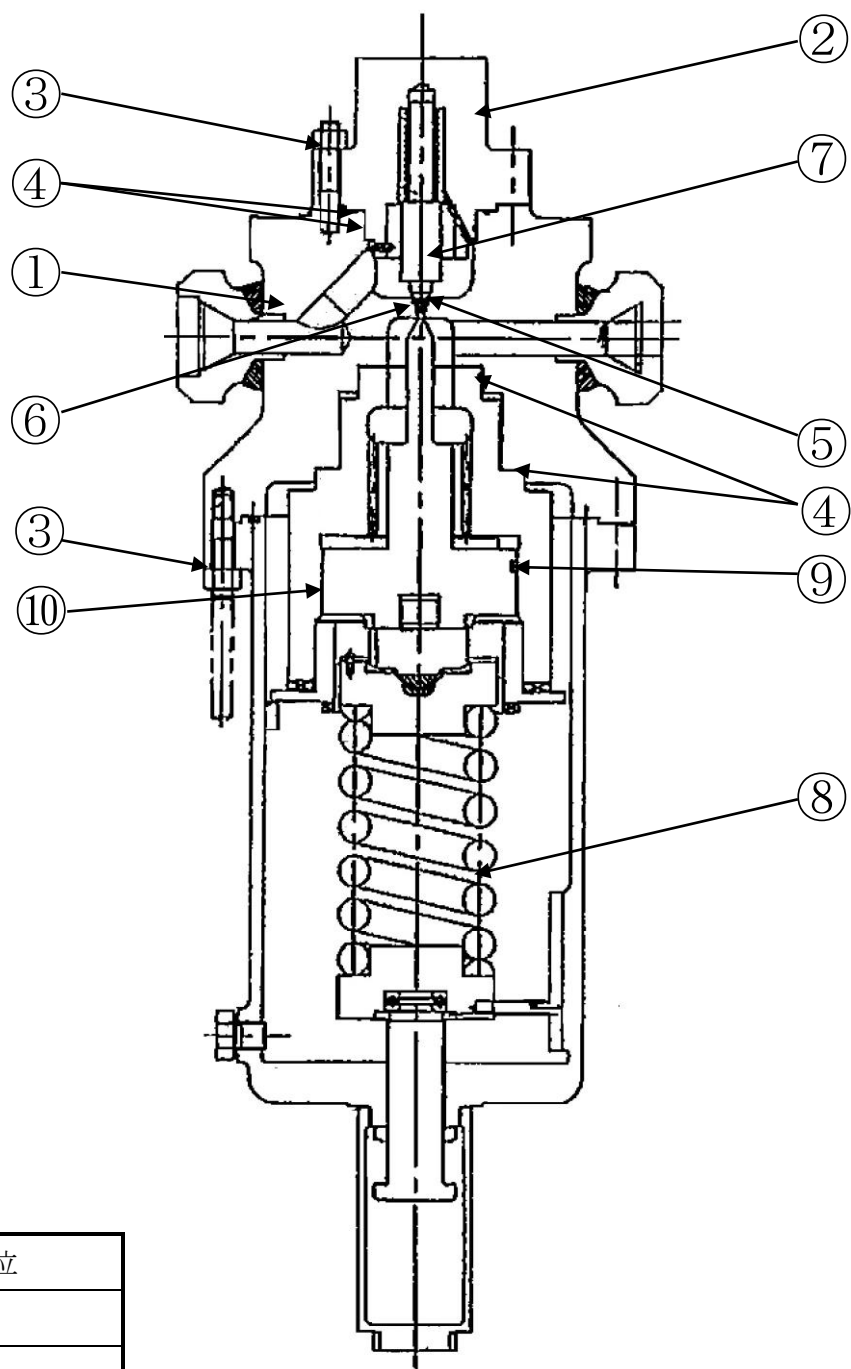
ガスに接する弁箱、弁ふた、弁体、弁座はステンレス鋼である。

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。

窒素ガス供給装置出口減圧弁の構造図を図2.1-4に示す。

### (2) 材料および使用条件

窒素ガス供給装置出口減圧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	Oリング
⑤	弁体
⑥	弁座
⑦	弁棒
⑧	スプリング
⑨	ピストンリング
⑩	ピストン

図2.1-4 窒素ガス供給装置出口減圧弁構造図



表2.1-7 窒素ガス供給装置出口減圧弁（CV227-1A/B）主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
バックガリの維持	弁箱	ステンレス鋼（SUSF316 ステライト肉盛）
	弁ふた	ステンレス鋼（SUSF316）
	ジョイントボルト・ナット	低合金鋼（SNB7）
	Oリング	（消耗品）
隔離機能の維持	弁体	ステンレス鋼（SUS630）
	弁座	ステンレス鋼（SUSF316 ステライト肉盛）
作動機能の維持	弁棒	ステンレス鋼（SUS630）
	スプリング	ばね鋼（SUP10）
	ピストンリング	（消耗品）
	ピストン	ステンレス鋼（SUS403 ステライト肉盛）

表2.1-8 窒素ガス供給装置出口減圧弁（CV227-1A/B）の使用条件

最高使用圧力	14.7MPa
最高使用温度	66℃
内部流体	ガス（窒素）

## 2.1.5 原子炉隔離時冷却系冷却水減圧弁 (CV221-1)

### (1) 構造

原子炉隔離時冷却系冷却水減圧弁は、口径50A、最高使用圧力11.3MPa、最高使用温度66°Cの自力制御式減圧弁であり、1台設置している。

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（弁体、弁座）および弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒、スプリング、ピストン）からなる。

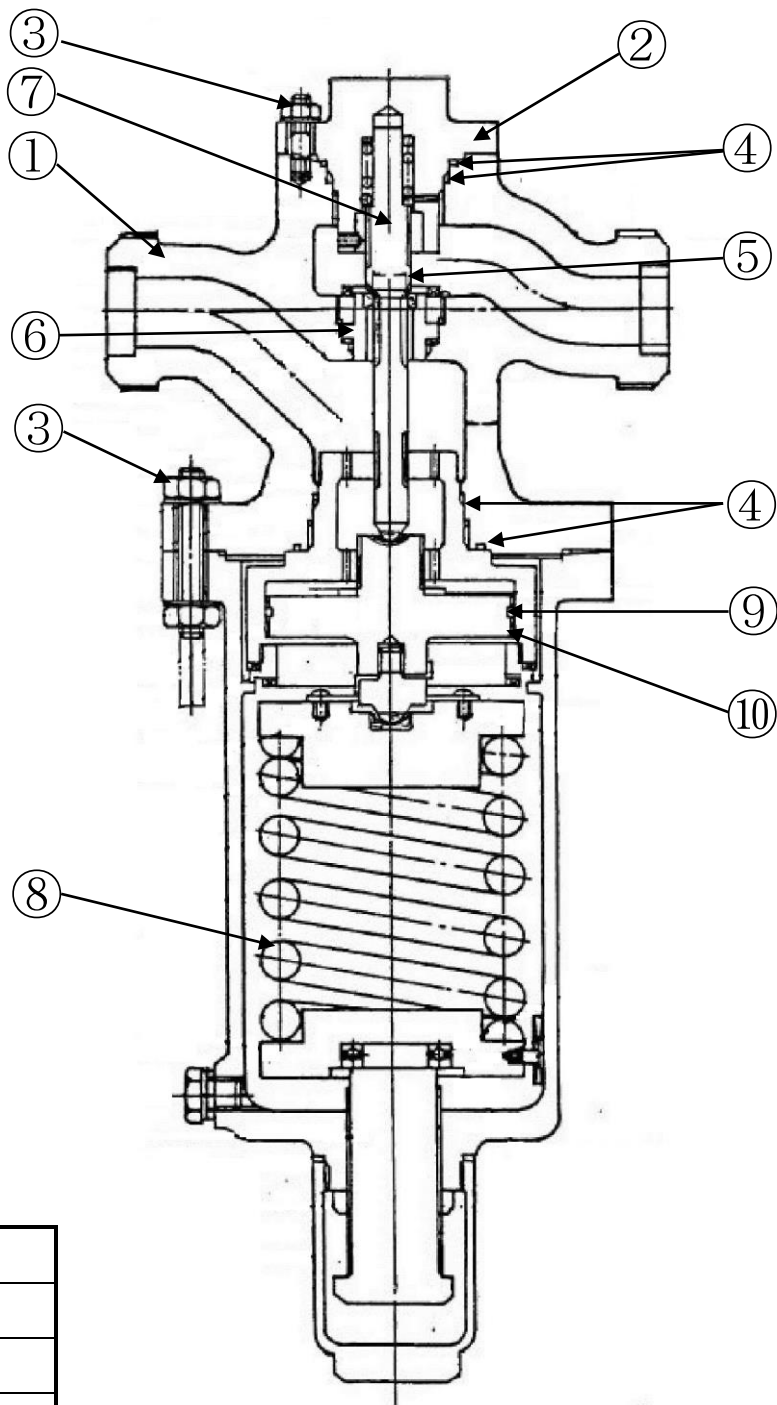
純水に接する弁箱はステンレス鋳鋼、弁ふた、弁体、弁座はステンレス鋼である。

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。

原子炉隔離時冷却系冷却水減圧弁の構造図を図2.1-5に示す。

### (2) 材料および使用条件

原子炉隔離時冷却系冷却水減圧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	Oリング
⑤	弁体
⑥	弁座
⑦	弁棒
⑧	スプリング
⑨	ピストンリング
⑩	ピストン

図2.1-5 原子炉隔離時冷却系冷却水減圧弁構造図

表2.1-9 原子炉隔離時冷却系冷却水減圧弁（CV221-1）主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
バウダリの維持	弁箱	ステンス铸鋼（SCS14A）
	弁ふた	ステンス鋼（SUSF316）
	ジョイントボルト・ナット	低合金鋼（SNB7）
	リング	（消耗品）
隔離機能の維持	弁体	ステンス鋼（SUS403 ステライト肉盛）
	弁座	ステンス鋼（SUSF316 ステライト肉盛）
作動機能の維持	弁棒	ステンス鋼（SUS403 ステライト肉盛）
	スプリング	ばね鋼（SUP10）
	ピストリング	（消耗品）
	ピストン	ステンス鋼（SUS403 ステライト肉盛）

表2.1-10 原子炉隔離時冷却系冷却水減圧弁（CV221-1）の使用条件

最高使用圧力	11.3MPa
最高使用温度	66℃
内部流体	純水

## 2.1.6 グランド蒸気発生器胴体圧力調節弁 (CV231-2)

### (1) 構造

グランド蒸気発生器胴体圧力調節弁は、口径200A、最高使用圧力1.8MPa、最高使用温度209℃の空気作動式圧力制御弁であり、1台設置している。

弁本体は蒸気を内包する耐圧部（弁箱、弁ふた、ジョイントボルト・ナット、軸封部）、蒸気を仕切る隔離部（弁体、弁座）およ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。

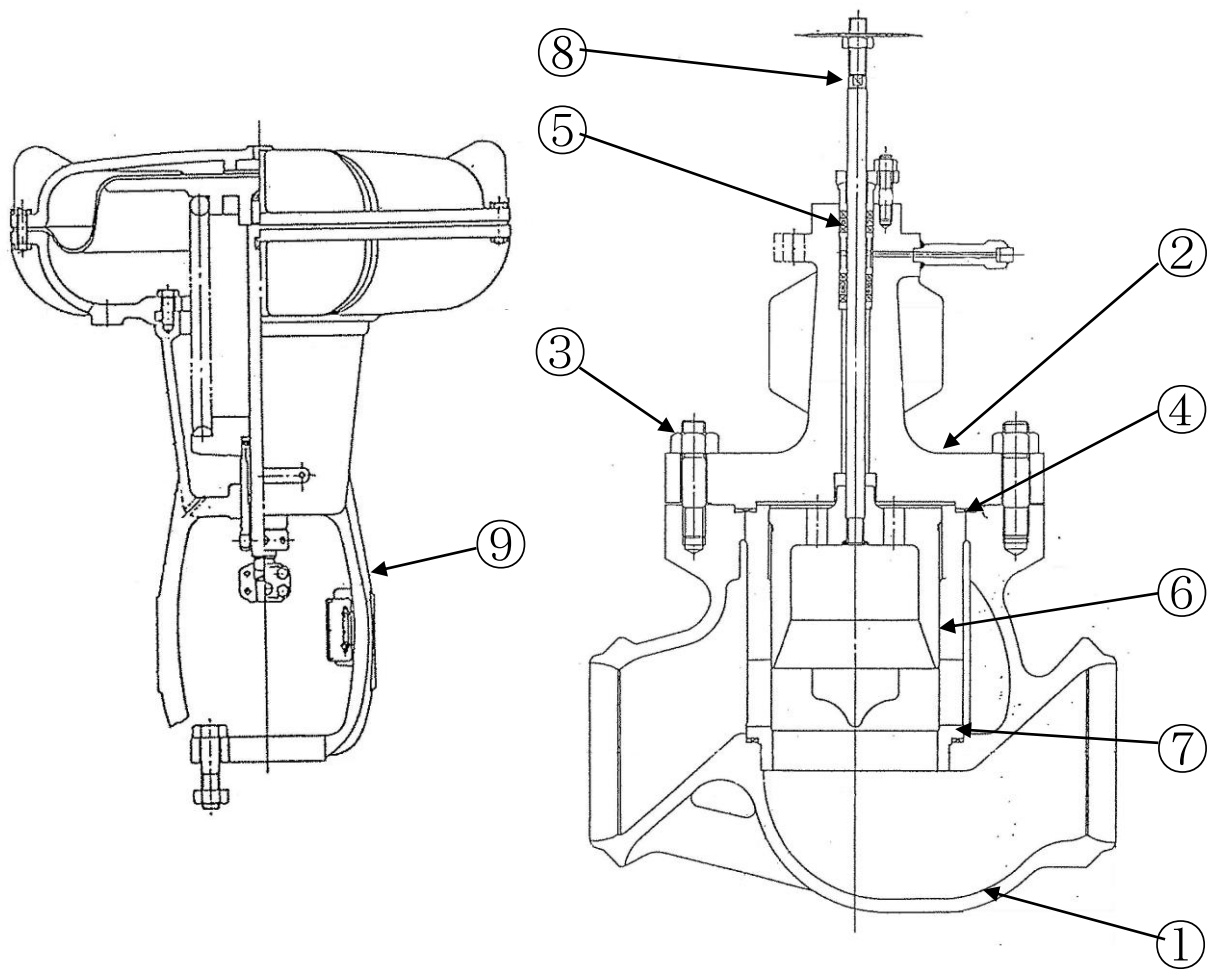
蒸気に接する弁箱、弁ふたは低合金鋼、弁体、弁座はステンレス鋳鋼であり、軸封部には流体の漏れを防止するためグランドパッキンを使用している。

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。

グランド蒸気発生器胴体圧力調節弁の構造図を図2.1-6に示す。

### (2) 材料および使用条件

グランド蒸気発生器胴体圧力調節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	グランドパッキン
⑥	弁体
⑦	弁座
⑧	弁棒
⑨	ヨーク

図2.1-6 グランド蒸気発生器胴体圧力調節弁構造図

表2.1-11 グランド蒸気発生器胴体圧力調節弁（CV231-2）主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
ハウダリの維持	弁箱	低合金鋼（SCPH32）
	弁ふた	低合金鋼（SCPH32）
	ジョイントボルト・ナット	低合金鋼（SNB16） 低合金鋼（ASTM A194 Gr4）
	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	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	弁棒	ステンレス鋼（SUS630）
	ヨーク	炭素鋼鋳鋼（SCPH2）

表2.1-12 グランド蒸気発生器胴体圧力調節弁（CV231-2）の使用条件

最高使用圧力	1.8MPa
最高使用温度	209℃
内 部 流 体	蒸 気

## 2.1.7 第4ヒータ高水位調節弁 (CV244-9A/B)

### (1) 構造

第4ヒータ高水位調節弁は、口径400A、最高使用圧力0.7MPa、最高使用温度172℃の空気作動式圧力制御弁であり、2台設置している。

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）および弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒、ヨーク）からなる。

純水に接する弁箱は低合金鋼、弁ふたは合金鋼、弁体はステンレス鋳鋼、弁座はステンレス鋼であり、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を使用している。

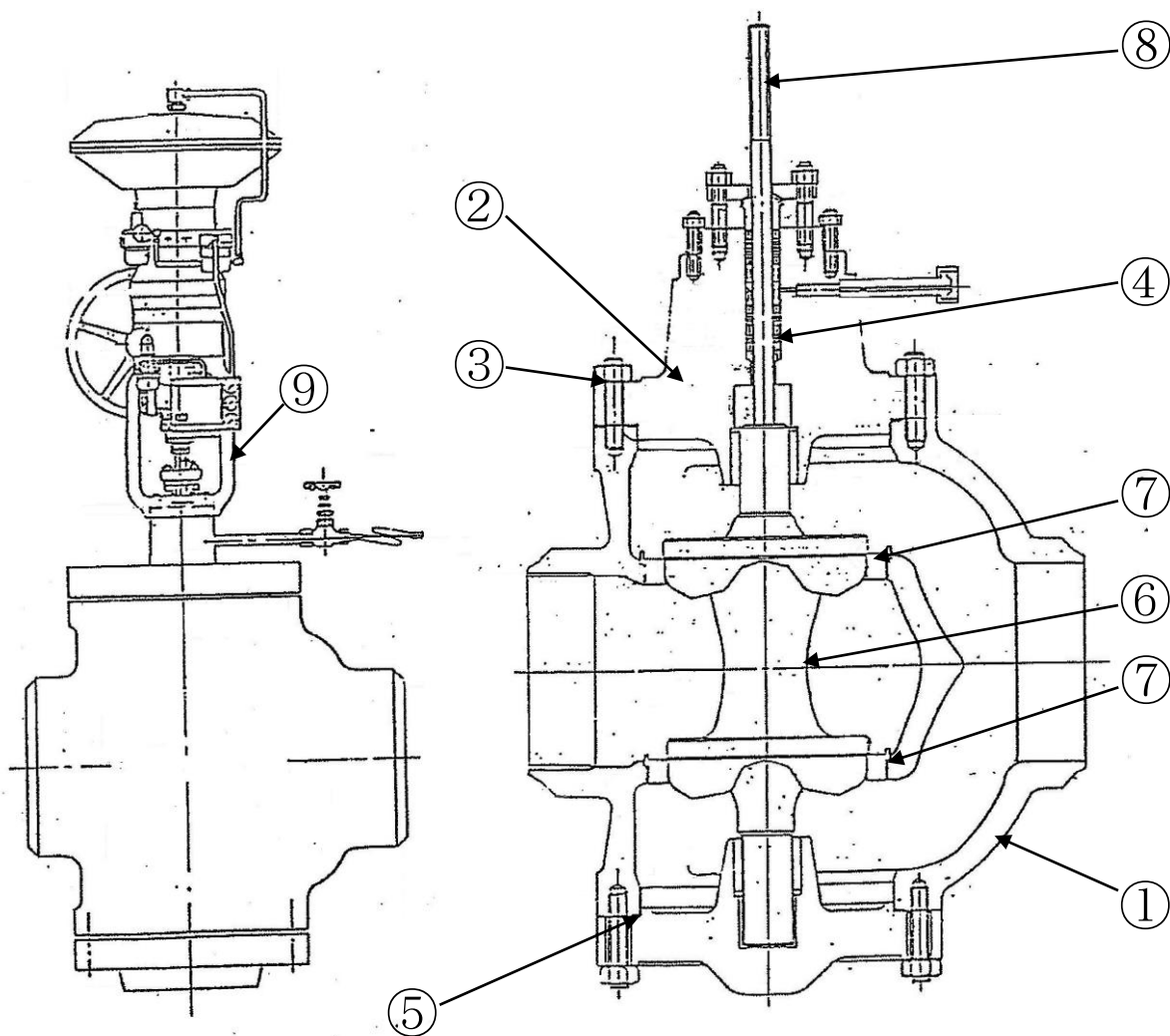
なお、当該弁については、駆動部を切り離し、ジョイントボルト・ナットを取り外すことにより、弁内部の点検手入れが可能である。

第4ヒータ高水位調節弁の構造図を図2.1-7に示す。

### (2) 材料および使用条件

第4ヒータ高水位調節弁主要部位の使用材料を表2.1-13に、使用条件を表2.1-14に示す。





No.	部位
①	弁箱
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	グランドパッキン
⑤	ガスケット
⑥	弁体
⑦	弁座
⑧	弁棒
⑨	ヨーク

図2.1-7 第4ヒータ高水位調節弁構造図

表2.1-13 第4ヒータ高水位調節弁 (CV244-9A/B) 主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
ハウダリの維持	弁箱	低合金鋼 (SCPH61)
	弁ふた	合金鋼 (SFVAF 5B)
	ジョイントボルト・ナット	低合金鋼 (ASTM A193 B7) 低合金鋼 (ASTM A194 Gr2H)
	グラントパッキン	(消耗品)
	ガスケット	(消耗品)
隔離機能の維持	弁体	ステンレス鋳鋼 (SCS14A)
	弁座	ステンレス鋼 (SUSF316)
作動機能の維持	弁棒	ステンレス鋼 (ASTM A276-316)
	ヨーク	炭素鋼鋳鋼 (ASTM A216 WCB)

表2.1-14 第4ヒータ高水位調節弁 (CV244-9A/B) の使用条件

最高使用圧力	0.7MPa
最高使用温度	172℃
内 部 流 体	純 水

## 2.1.8 水素ガス制御装置圧力調整弁 (CV233-1A/B)

### (1) 構造

水素ガス制御装置圧力調整弁は、口径8A、最高使用圧力15.0MPa、最高使用温度40℃の自力制御式減圧弁であり、2台設置している。

弁本体はガスを内包する耐圧部（弁箱、弁ふた、ジョイントボルト、軸封部）、ガスを仕切る隔離部（弁体、弁座）および弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒、スプリング、ダイヤフラム、ダイヤフラム押え）からなる。

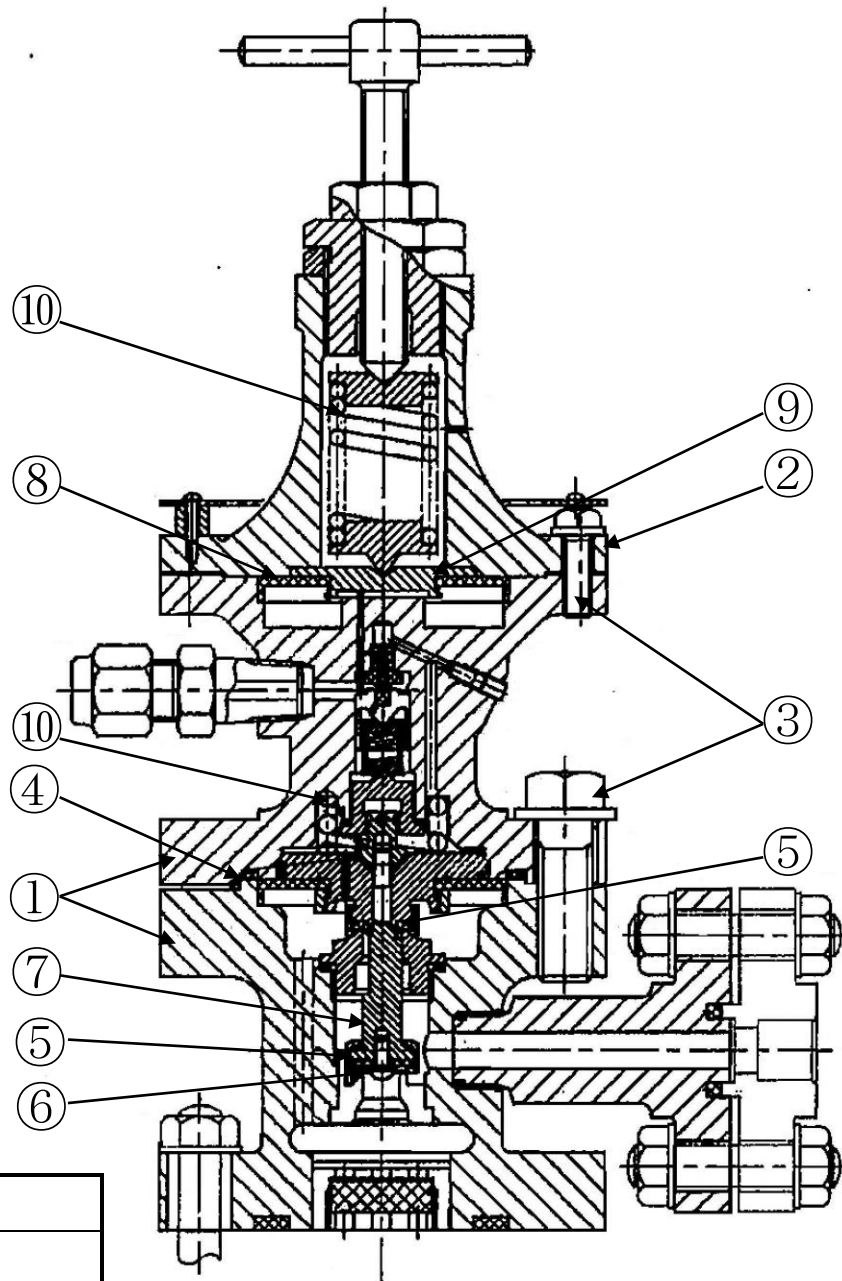
ガスに接する弁箱は銅合金、弁体はステンレス鋼である。

なお、当該弁については、ジョイントボル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。

水素ガス制御装置圧力調整弁の構造図を図2.1-8に示す。

### (2) 材料および使用条件

水素ガス制御装置圧力調整弁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	弁箱
②	弁ふた
③	ジョイントボルト
④	ガスケット
⑤	弁体
⑥	弁座
⑦	弁棒
⑧	ダイヤフラム
⑨	ダイヤフラム押え
⑩	スプリング

図2.1-8 水素ガス制御装置圧力調整弁構造図

表2.1-15 水素ガス制御装置圧力調整弁（CV233-1A/B）主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
バックガリの維持	弁箱	銅合金（C3771B）
	弁ふた	青銅鋳物（BC6）
	ジョイントボルト	ステンレス鋼（SUS304）
	ガスケット	（消耗品）
隔離機能の維持	弁体	（定期取替品）
	弁座	銅合金（C5101B）
作動機能の維持	弁棒	（定期取替品）
	ダイヤフラム	（消耗品）
	ダイヤフラム押え	銅合金（C3604B）
	スプリング	ばね鋼（SWPB）

表2.1-16 水素ガス制御装置圧力調整弁（CV233-1A/B）の使用条件

最高使用圧力	15.0MPa
最高使用温度	40℃
内部流体	ガス（水素）

## 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の抽出

#### (1) 想定される経年劣化事象

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（流体の種類、圧力、温度等）およ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、消耗品および定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品および定期取替品の扱い

グランドパッキン、ガスケット、ダイヤフラム、Oリングは消耗品、弁棒、弁体は定期取替品であり、長期使用せず取替を前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

(3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

想定される経年劣化事象のうち下記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（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（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. 弁箱および弁ふたの腐食（流れ加速型腐食）〔グラウンド蒸気圧力調節弁，グラウンド蒸気発生器胴体圧力調節弁，第4ヒータ高水位調節弁〕

弁箱および弁ふたは炭素鋼鋳鋼，低合金鋼または合金鋼であり，内部流体が純水または蒸気であることから腐食（流れ加速型腐食）が想定されるが，定期的に目視確認を行い，健全性を確認しており，これまで有意な腐食（流れ加速型腐食）は認められていない。

したがって，今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから，高経年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. 弁箱および弁ふたの腐食（全面腐食）〔グラウンド蒸気圧力調節弁，グラウンド蒸気発生器胴体圧力調節弁，第4ヒータ高水位調節弁〕

弁箱および弁ふたは炭素鋼鋳鋼，低合金鋼または合金鋼であり，外面に腐食が想定されるが，防食塗装が施されていることから，腐食が発生する可能性は小さい。

また，定期的に目視確認を行い，塗装の状態を確認するとともに，必要に応じ補修塗装を実施することとしており，これまで有意な腐食は認められていない。

したがって，今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから，高経年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. ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）〔グラウンド蒸気圧力調節弁，炉頂部冷却水流量調節弁，中央制御室冷凍機出口圧力調節弁，窒素ガス供給装置出口減圧弁，原子炉隔離時冷却系冷却水減圧弁，グラウンド蒸気発生器胴体圧力調節弁，第4ヒータ高水位調節弁〕

ジョイントボルト・ナットは炭素鋼または低合金鋼であり，腐食が想定されるが，定期的に目視確認を行い，健全性を確認しており，これまで有意な腐食は認められていない。

したがって，今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから，高経年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. 弁棒の摩耗〔グラウンド蒸気圧力調節弁，炉頂部冷却水流量調節弁，中央制御室冷凍機出口圧力調節弁，グラウンド蒸気発生器胴体圧力調節弁，第4ヒータ高水位調節弁〕

弁棒はグラウンドパッキンと接触することにより，摩耗が想定されるが，弁棒はステンレス鋼であり，接触部はグラウンドパッキンよりも硬いことから摩耗が発生する可能性は小さい。

また，定期的に目視確認を行い，健全性を確認しており，これまで有意な摩耗は認められていない。

したがって，今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから，高経年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）〔グラウンド蒸気圧力調節弁，炉頂部冷却水流量調節弁，中央制御室冷凍機出口圧力調節弁，グラウンド蒸気発生器胴体圧力調節弁，第4ヒータ高水位調節弁〕

ヨークは炭素鋼鋳鋼であり，腐食が想定されるが，防食塗装が施されていることから，腐食が発生する可能性は小さい。

また，定期的に目視確認を行い，塗装の状態を確認するとともに，必要に応じ補修塗装を実施することとしており，これまで有意な腐食は認められていない。

したがって，今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから，高経年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. 弁箱および弁ふたの腐食（全面腐食）〔炉頂部冷却水流量調節弁〕

弁箱および弁ふたは炭素鋼鋳鋼であり，内部流体が純水であることから，腐食が想定されるが，定期的に目視確認を行い，健全性を確認しており，これまで有意な腐食は認められていない。

弁箱および弁ふたは炭素鋼鋳鋼であり，外面に腐食が想定されるが，防食塗装が施されていることから，腐食が発生する可能性は小さい。

また，定期的に目視確認を行い，塗装の状態を確認するとともに，必要に応じ補修塗装を実施することとしており，これまで有意な腐食は認められていない。

したがって，今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから，高経年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. 弁箱および弁ふたの腐食（全面腐食）〔中央制御室冷凍機出口圧力調節弁〕

弁箱および弁ふたは炭素鋼鋳鋼であり，腐食が想定されるが，内部流体である冷却水には防錆剤が添加されていることから，腐食が発生する可能性は小さい。

また，定期的に目視確認を行い，健全性を確認しており，これまで有意な腐食は認められていない。

弁箱および弁ふたは炭素鋼鋳鋼であり，外面に腐食が想定されるが，防食塗装が施されていることから，腐食が発生する可能性は小さい。

また，定期的に目視確認を行い，塗装の状態を確認するとともに，必要に応じ補修塗装を実施することとしており，これまで有意な腐食は認められていない。

したがって，今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから，高経年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. 弁箱および弁ふたの貫粒型応力腐食割れ〔窒素ガス供給装置出口減圧弁，原子炉隔離時冷却系冷却水減圧弁〕

弁箱および弁ふたはステンレス鋼またはステンレス鋳鋼であり，貫粒型応力腐食割れが想定されるが，屋内空調環境に設置されていること，およびステンレス材を使用する工事においては塩分管理を実施していることから，塩分付着による貫粒型応力腐食割れが発生する可能性は小さい。

また，定期的に目視確認を行い，健全性を確認しており，これまでに有意な割れは認められていない。

したがって，今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから，高経年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. スプリングのへたり〔窒素ガス供給装置出口減圧弁，原子炉隔離時冷却系冷却水減圧弁，水素ガス制御装置圧力調整弁〕

スプリングはばね鋼であり，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いること，および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が低いことから，へたりが発生する可能性は小さい。

また，定期的に目視確認および作動確認を行い，健全性を確認しており，これまで有意なへたりは認められていない。

したがって，今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから，高経年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. ピストンの摩耗〔窒素ガス供給装置出口減圧弁，原子炉隔離時冷却系冷却水減圧弁〕

ピストン動作時の摺動による摩耗が想定されるが，ピストンにはピストンリングが装着され，金属同士が直接接触しない構造となっており，摩耗が発生する可能性は小さい。

また，目視確認および作動確認より健全性を確認しており，これまで有意な摩耗は認められていない。

したがって，今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから，高経年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. 弁箱，弁ふた，弁座およびダイヤフラム押えの腐食（全面腐食）〔水素ガス制御装置圧力調整弁〕

弁箱，弁座およびダイヤフラム押えは銅合金，弁ふたは青銅鋳物であり，腐食が想定されるが，内部流体がガス（水素）であることから腐食が発生する可能性は小さい。

また，定期的に目視確認を行い，健全性を確認しており，これまで有意な腐食は認められていない。

弁箱は銅合金，弁ふたは青銅鋳物であり，外面に腐食が想定されるが，定期的に目視確認を行い，健全性を確認しており，これまで有意な腐食は認められていない。

したがって，今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから，高経年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 (1/8) グランド蒸気圧力調節弁に想定される経年劣化事象〔蒸気系炭素鋼制御弁〕

機能達成に必要な項目	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		
ハウダリの維持	弁箱		炭素鋼鋳鋼		△*1△						*1：流れ加速型腐食
	弁ふた		炭素鋼鋳鋼		△*1△						
	ジョイントボルト・ナット		低合金鋼 炭素鋼		△						
	ガスケット	◎	—								
	グラント <sup>※</sup> パッキン	◎	—								
隔離機能の維持	弁体		ステンレス鋳鋼								
	弁座		ステンレス鋼								
作動機能の維持	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 (2/8) 炉頂部冷却水流量調節弁に想定される経年劣化事象〔純水系炭素鋼制御弁〕

機能達成に必要な項目	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		
ハウダリの維持	弁箱		炭素鋼鋳鋼		△						
	弁ふた		炭素鋼鋳鋼		△						
	ジョイントボルト・ナット		低合金鋼 炭素鋼		△						
	ガスケット	◎	—								
	グラントパッキン	◎	—								
隔離機能の維持	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	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 (3/8) 中央制御室冷凍機出口圧力調節弁に想定される経年劣化事象〔冷却水系炭素鋼制御弁〕

機能達成に必要な項目	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		
ハウタリの維持	弁箱		炭素鋼鋳鋼		△						
	弁ふた		炭素鋼鋳鋼		△						
	ジョイントボルト・ナット		低合金鋼 炭素鋼		△						
	ガスケット	◎	—								
	グラフトパッキン	◎	—								
隔離機能の維持	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	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 (4/8) 窒素ガス供給装置出口減圧弁に想定される経年劣化事象〔ガス系ステンレス鋼制御弁〕

機能達成に必要な項目	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		
バウダリの維持	弁箱		ステンレス鋼*1				△*2				*1：セライト肉盛 *2：貫粒型応力腐食割れ *3：へたり
	弁ふた		ステンレス鋼				△*2				
	ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	リング	◎	—								
隔離機能の維持	弁体		ステンレス鋼								
	弁座		ステンレス鋼*1								
作動機能の維持	弁棒		ステンレス鋼								
	スプリング		ばね鋼						△*3		
	ピストンリング	◎	—								
	ピストン		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 (5/8) 原子炉隔離時冷却系冷却水減圧弁に想定される経年劣化事象〔純水系ステンレス鋼制御弁〕

機能達成に必要な項目	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		
バウダリの維持	弁箱		ステンレス鋳鋼				△*2				*1：ストレイト肉盛 *2：貫粒型応力腐食割れ *3：へたり
	弁ふた		ステンレス鋼				△*2				
	ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	リング	◎	—								
隔離機能の維持	弁体		ステンレス鋼*1								
	弁座		ステンレス鋼*1								
作動機能の維持	弁棒		ステンレス鋼*1								
	スプリング		ばね鋼						△*3		
	ピストンリング	◎	—								
	ピストン		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 (6/8) グランド蒸気発生器胴体圧力調節弁に想定される経年劣化事象〔蒸気系低合金制御弁〕

機能達成に必要な項目	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		
ハウダリの維持	弁箱		低合金鋼		△*1△*2						*1：流れ加速型腐食 *2：外面
	弁ふた		低合金鋼		△*1△*2						
	ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	ガスケット	◎	—								
	グラントパッキン	◎	—								
隔離機能の維持	弁体		ステンス鋳鋼								
	弁座		ステンス鋳鋼								
作動機能の維持	弁棒		ステンス鋼	△							
	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 (7/8) 第4ヒータ高水位調節弁に想定される経年劣化事象〔純水系低合金制御弁〕

機能達成に必要な項目	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		
ハウダリの維持	弁箱		低合金鋼		△*1△					*1：流れ加速型腐食	
	弁ふた		合金鋼		△*1△						
	ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	グラントパッキン	◎	—								
	ガスケット	◎	—								
隔離機能の維持	弁体		ステンレス鋳鋼								
	弁座		ステンレス鋼								
作動機能の維持	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 (8/8) 水素ガス制御装置圧力調整弁に想定される経年劣化事象〔ガス系銅合金制御弁〕

機能達成に必要な項目	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		
バウダリの維持	弁箱		銅合金		△						*1：へたり
	弁ふた		青銅鋳物		△						
	ジョイントボルト		ステンレス鋼								
	ガスケット	◎	—								
隔離機能の維持	弁体	◎	—								
	弁座		銅合金		△						
作動機能の維持	弁棒	◎	—								
	ダイヤフラム	◎	—								
	ダイヤフラム押え		銅合金		△						
	スプリング		ばね鋼						△*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）

### 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 復水系
- ② 給水系
- ③ 制御棒駆動系
- ④ 原子炉浄化系
- ⑤ 原子炉隔離時冷却系
- ⑥ タービングランド蒸気系
- ⑦ タービンヒータドレン系
- ⑧ 補助蒸気系
- ⑨ 中央制御室空調換気系
- ⑩ 所内蒸気系

#### 3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

代表機器と同様に、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、弁ふたおよび弁座の腐食（流れ加速型腐食）〔蒸気・純水系炭素鋼・低合金鋼制御弁（配管肉厚管理対象範囲）：復水系，給水系，原子炉浄化系，補助蒸気系，タービングランド蒸気系，タービンヒータドレン系，所内蒸気系〕

代表機器と同様に、弁箱、弁ふたおよび弁座は炭素鋼，炭素鋼鋳鋼，低合金鋼または合金鋼であり，内部流体が純水または蒸気であることから腐食（流れ加速型腐食）が想定されるが，定期的に目視確認を行い，健全性を確認しており，これまで有意な腐食（流れ加速型腐食）は認められていない。

したがって，今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから，高経年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. 弁箱および弁ふたの腐食（全面腐食）〔蒸気・純水系炭素鋼・低合金鋼制御弁（配管肉厚管理対象範囲）：復水系，給水系，原子炉浄化系，補助蒸気系，タービングランド蒸気系，タービンヒータドレン系，所内蒸気系〕

代表機器と同様に，弁箱および弁ふたは炭素鋼，炭素鋼鋳鋼または低合金鋼であり，腐食が想定されるが，防食塗装が施されていることから，腐食が発生する可能性は小さい。

また，定期的に目視確認を行い，塗装の状態を確認するとともに，必要に応じ補修塗装を実施しており，これまで有意な腐食は認められていない。

したがって，今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから，高経年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. ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）〔炭素鋼または低合金鋼のジョイント・ボルトナットを有する制御弁共通〕

代表機器と同様に，ジョイントボルト・ナットは炭素鋼または低合金鋼であり，腐食が想定されるが，定期的に目視確認を行い，健全性を確認しており，これまで有意な腐食は認められていない。

したがって，今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから，高経年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. 弁棒の摩耗〔共通〕

代表機器と同様に，弁棒はグランドパッキンと接触することにより，摩耗が想定されるが，弁棒はステンレス鋼であり，接触部はグランドパッキンよりも硬いことから摩耗が発生する可能性は小さい。

定期的に目視確認を行い，健全性を確認しており，これまで有意な摩耗は認められていない。

したがって，今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから，高経年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〕

代表機器と同様に，ヨークは炭素鋼鋳鋼であり，腐食が想定されるが，防食塗装が施されていることから，腐食が発生する可能性は小さい。

また，定期的に目視確認を行い，塗装の状態を確認するとともに，必要に応じ補修塗装を実施しており，これまで有意な腐食は認められていない。

したがって，今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから，高経年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. 弁箱および弁ふたの腐食（全面腐食）〔蒸気系炭素鋼制御弁（配管肉厚管理対象外範囲）：  
原子炉隔離時冷却系，所内蒸気系〕

代表機器と同様に，弁箱および弁ふたは炭素鋼鋳鋼であり，内部流体が蒸気であることから，腐食が想定されるが，定期的に目視確認を行い，健全性を確認しており，これまで有意な腐食は認められていない。

弁箱および弁ふたは炭素鋼鋳鋼であり，外面に腐食が想定されるが，防食塗装が施されていることから，腐食が発生する可能性は小さい。

また，定期的に目視確認を行い，塗装の状態を確認するとともに，必要に応じ補修塗装を実施しており，これまで有意な腐食は認められていない。

したがって，今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから，高経年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. 弁箱および弁ふたの腐食（全面腐食）〔冷却水系炭素鋼制御弁：中央制御室空調換気系〕

代表機器と同様に，弁箱および弁ふたは炭素鋼鋳鋼であり，腐食が想定されるが，内部流体である冷却水には防錆剤が添加されていることから，腐食が発生する可能性は小さい。

また，定期的に目視確認を行い，健全性を確認しており，これまで有意な腐食は認められていない。

弁箱および弁ふたは炭素鋼鋳鋼であり，外面に腐食が想定されるが，防食塗装が施されていることから，腐食が発生する可能性は小さい。

また，定期的に目視確認を行い，塗装の状態を確認するとともに，必要に応じ補修塗装を実施しており，これまで有意な腐食は認められていない。

したがって，今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから，高経年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. 弁箱および弁ふたの貫粒型応力腐食割れ〔純水系ステンレス鋼制御弁：制御棒駆動系，原子炉浄化系〕

代表機器と同様に，弁箱，弁ふたはステンレス鋼またはステンレス鋳鋼であり，貫粒型応力腐食割れが想定されるが，屋内空調環境に設置されていること，およびステンレス材を使用する工事においては塩分管理を実施していることから，塩分付着による貫粒型応力腐食割れが発生する可能性は小さい。

また，定期的に目視確認を行い，健全性を確認しており，これまでに有意な割れは認められていない。

したがって，今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから，高経年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. スプリングのへたり〔スプリングを有する制御弁共通〕

代表機器と同様に、スプリングはばね鋼であり、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いること、および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が低いことから、へたりが発生する可能性は小さい。

また、定期的に目視確認および作動確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意なへたりは認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. ピストンの摩耗〔ピストンを有する制御弁共通〕

ピストン動作時の摺動による摩耗が想定されるが、ピストンにはピストンリングが装着され、金属同士が直接接触しない構造となっており、摩耗が発生する可能性は小さい。

また、目視確認および作動確認より健全性を確認しており、これまで有意な摩耗は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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）

代表機器と同様に、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。

## 10. ラプチャーディスク

[対象系統]

- ① 原子炉隔離時冷却系
- ② 格納容器フィルタベント系



## 目 次

1. 対象機器および代表機器の選定 .....	10-1
1.1 グループ化の考え方および結果 .....	10-1
1.2 代表機器の選定 .....	10-1
2. 代表機器の技術評価 .....	10-3
2.1 構造, 材料および使用条件 .....	10-3
2.1.1 圧力開放板 .....	10-3
2.1.2 タービンラプチャーディスク .....	10-6
2.2 経年劣化事象の抽出 .....	10-9
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目 .....	10-9
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出 .....	10-9
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 .....	10-11

## 1. 対象機器および代表機器の選定

島根2号炉で使用している主要なラプチャーディスクの仕様を表1-1に示す。

これらのラプチャーディスクを材料およ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以下のとおり代表機器を選定した。

### 1.1 グループ化の考え方および結果

材料および内部流体を分類基準とし、ラプチャーディスクを表1-1に示すとおりグループ化する。ホルダーまたはベース材料は炭素鋼、ステンレス鋼であり、流体はガスおよび蒸気に分類される。

### 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、口径、最高使用温度、最高使用圧力および運転状態の観点から代表機器を選定する。

#### (1) 蒸気系炭素鋼ラプチャーディスク（内部流体：ガス、ホルダー材料：炭素鋼）

このグループには圧力開放板のみが属するため、圧力開放板を代表機器とする。

(S2B3-22, 400A, 0.43MPa, 200°C)

#### (2) 蒸気系ステンレス鋼ラプチャーディスク（内部流体：蒸気、ベース材料：ステンレス鋼）

このグループにはタービンラプチャーディスクのみが属するため、タービンラプチャーディスクを代表機器とする。

(S221-6, 7, 250A, 1.0MPa, 184°C)

表1-1 ラプチャーディスクのグループ化と代表機器

分類基準		系統名称	選定基準				代表選定	代表機器	選定理由	
			重要度*1	使用条件						
材料	流体			口径(A)	運転状態	最高使用圧力(MPa)				最高使用温度(°C)
炭素鋼	ガス	格納容器フィルバント系*2	重*3	400	一時	0.43	200	◎	圧力開放板 (400A, 0.43MPa, 200°C) S2B3-22	
ステンレス鋼	蒸気	原子炉隔離時冷却系	高*4	250	一時	1.0	184	◎	タービンラプチャーディスク (250A, 1.0MPa, 184°C) S221-6, 7	

\*1：最上位の重要度を示す。

\*2：新たに設置される機器を含む。

\*3：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器および構造物であることを示す。

\*4：最高使用温度が95 °Cを超え、または最高使用圧力が1,900 kPaを超える環境下にある原子炉格納容器外の重要度クラス3の機器。

## 2. 代表機器の技術評価

本章では、1章で代表機器とした以下のラプチャーディスクについて技術評価を実施する。

- ① 圧力開放板
- ② タービンラプチャーディスク

### 2.1 構造，材料および使用条件

#### 2.1.1 圧力開放板

##### (1) 構造

圧力開放板は、口径400 A、最高使用圧力0.43 MPa、最高使用温度200 °Cのラプチャーディスクで、1台設置している。

本体はガスを内包する耐圧部（ホルダー、六角ボルト）、ガスを仕切る隔離部（ディスク）からなる。

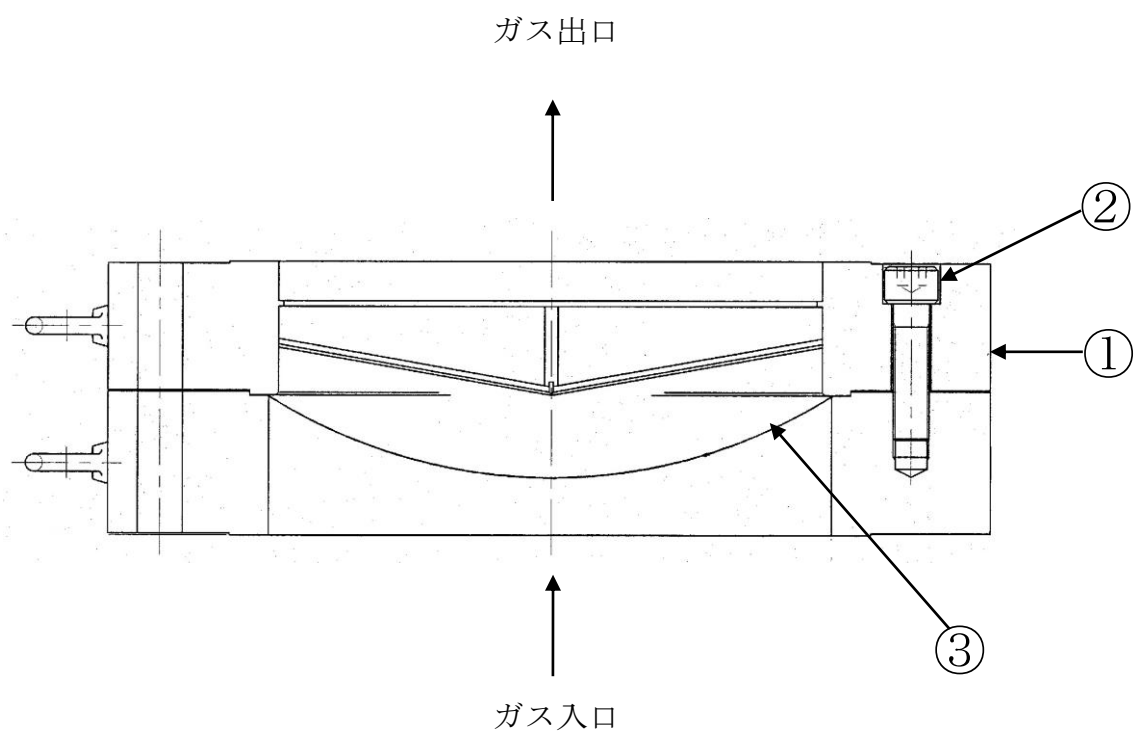
ガスに接するホルダーは炭素鋼である。

なお、当該ラプチャーディスクについては、六角ボルトを取外すことにより、内部の点検が可能である。

圧力開放板の構造図を図2.1-1に示す。

##### (2) 材料および使用条件

圧力開放板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。



No.	部位
①	ホルダー
②	六角ボルト
③	ディスク

図2.1-1 圧力開放板 構造図

表2.1-1 圧力開放板主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
ハウダリの維持	ホルダー	炭素鋼(SF440A メッキ仕様)
	六角ボルト	低合金鋼(SCM435)
隔離機能の維持	ディスク	(定期取替品)

表2.1-2 圧力開放板の使用条件

最高使用圧力	0.43MPa
最高使用温度	200℃
内 部 流 体	待機時：ガス(窒素) 事故時：ベントガス

## 2.1.2 タービンラプチャーディスク

### (1) 構造

タービンラプチャーディスクは、口径250 A、最高使用圧力1.0 MPa、最高使用温度184 °Cのラプチャーディスクで、2台設置している。

本体は、蒸気を内包する耐圧部（ベース、ホールドダウン、ジョイントボルト・ナット）、蒸気を仕切る隔離部（ディスク）からなる。

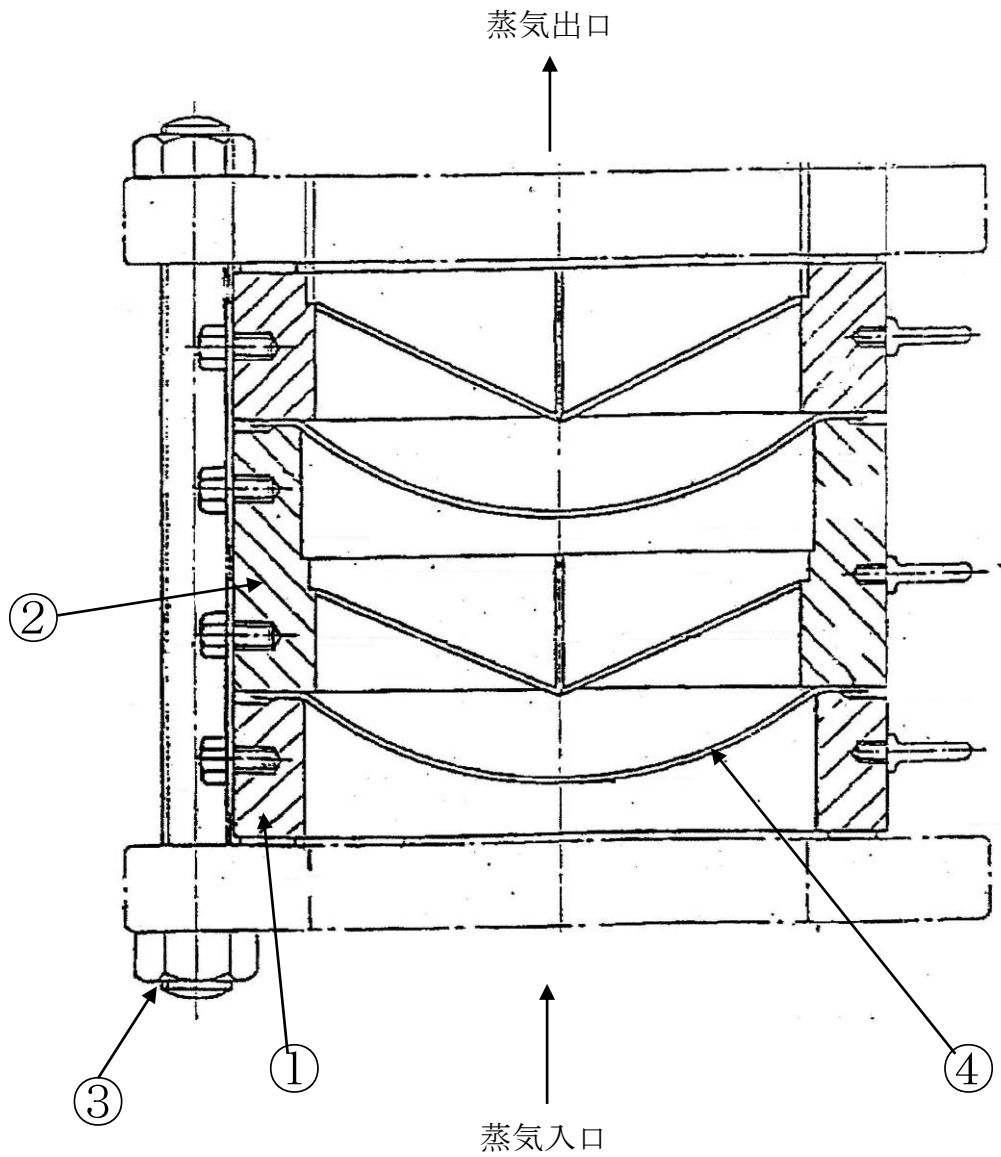
蒸気に接するベースはステンレス鋼である。

なお、当該ラプチャーディスクについては、ジョイントボルト・ナットを取り外すことにより、内部の点検手入れが可能である。

タービンラプチャーディスクの構造図を図2.1-2に示す。

### (2) 材料および使用条件

タービンラプチャーディスク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	ベース
②	ホルトダウン
③	ジョイントボルト・ナット
④	ディスク

図2.1-2 タービンラプチャーディスク 構造図



表2.1-3 タービンラプチャーディスク主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
ハウダリの維持	ベース	ステンレス鋼(SUS316)
	ホルトダウ	ステンレス鋼(SUS316)
	ジョイントボルト・ナット	低合金鋼(SNB7) 炭素鋼(S45C)
隔離機能の維持	ディスク	(定期取替品)

表2.1-4 タービンラプチャーディスクの使用条件

最高使用圧力	1.0MPa
最高使用温度	184℃
内 部 流 体	蒸 気

## 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

ラプチャーディスク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 隔離機能の維持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

#### (1) 想定される経年劣化事象

ラプチャーディスクについて、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）およ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、消耗品および定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品および定期取替品の扱い

ディスクは定期取替品であり、長期使用せず取替を前提としていることから、高経年化対策を見極める上で評価対象外とする。

(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（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（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. ホルダーの腐食（全面腐食）〔圧力開放板〕

ホルダーは炭素鋼であることから腐食が想定されるが、内部流体がガス（窒素）であることから腐食が発生する可能性は小さい。

また、定期的に見視確認を行うこととしている。

ホルダーは炭素鋼であることから、外面に腐食が想定されるが、メッキにより防食していることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、定期的に見視確認を行い、メッキの健全性を確認することとしている。

したがって、高経年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・ナットおよび六角ボルトの腐食（全面腐食）〔共通〕

ジョイントボルト・ナットおよび六角ボルトは炭素鋼または低合金鋼であり、腐食が想定される。

しかし、定期的に見視確認を行い、健全性を確認することとしており、これまで有意な腐食は認められていない。

新規に設置される機器については定期的に見視確認することとしている。

したがって、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### c. ベースおよびホールドダウンの粒界型応力腐食割れ〔タービンラプチャーディスク〕

ベースおよびホールドダウンはステンレス鋼であり、内部流体が蒸気であることから粒界型応力腐食割れが想定されるが、構造上溶接部がなく、引張応力が生じる箇所がないこと、通常時は蒸気と接しないことから、粒界型応力腐食割れが発生する可能性は小さい。

また、定期的に見視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な割れは認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. ベースおよびホールドダウンの貫粒型応力腐食割れ〔タービンラプチャーディスク〕

ベースおよびホールドダウンはステンレス鋼であり、貫粒型応力腐食割れが想定されるが、屋内空調環境に設置されていることおよびステンレス材を使用する工事においては塩分管理を実施していることから、塩分付着による貫粒型応力腐食割れの発生可能性は小さい。

また、定期的に見視確認を行い、健全性を確認しており、これまでに有意な割れは認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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) 圧力開放板に想定される経年劣化事象〔ガス系炭素鋼ラプチャーディスク〕

機能達成に必要な項目	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		
ハウンドリの維持	ホルダー		炭素鋼*1		△						*1：メッキ仕様
	六角ボルト		低合金鋼		△						
隔離機能の維持	ディスク	◎	—								

△：高経年化対策上着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) タービンラプチャーディスクに想定される経年劣化事象 [蒸気系ステンレス鋼ラプチャーディスク]

機能達成に必要な項目	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		
ハウンドリの維持	ベース		ステンレス鋼				△*1△*2				*1:粒界型応力腐食割れ *2:貫型応力腐食割れ
	ホールダウン		ステンレス鋼				△*1△*2				
	ジョイントボルト・ ナット		低合金鋼 炭素鋼		△						
隔離機能の維持	ディスク	◎	—								

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

## 11. ドレントラップ弁

[対象系統]

- ① 原子炉隔離時冷却系



## 目 次

1. 対象機器および代表機器の選定	11-1
1.1 グループ化の考え方および結果	11-1
1.2 代表機器の選定	11-1
2. 代表機器の技術評価	11-3
2.1 構造, 材料および使用条件	11-3
2.1.1 原子炉隔離時冷却系入口管ドレンポット出口ドレントラップ	11-3
2.2 経年劣化事象の抽出	11-6
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目	11-6
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出	11-6
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	11-8
3. 代表機器以外への展開	11-10
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象	11-10
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象	11-11

## 1. 対象機器および代表機器の選定

島根2号炉で使用している主要なドレントラップ弁の仕様を表1-1に示す。

これらのドレントラップ弁を材料およ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以下のとおり代表機器を選定した。

### 1.1 グループ化の考え方および結果

材料および内部流体を分類基準とし、ドレントラップ弁を表1-1に示すとおりグループ化する。本体材料は炭素鋼であり、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、口径、最高使用温度、最高使用圧力および運転状態の観点から代表機器を選定する。

#### (1) 純水系炭素鋼ドレントラップ弁

純水系に使用される炭素鋼ドレントラップ弁のうち、重要度、口径および最高使用温度の観点から、原子炉隔離時冷却系入口管ドレンポット出口ドレントラップを代表機器とする。

(S221-9, 25A, 8.6 MPa, 302 °C)

表1-1 ドレントラップ弁のグループ化と代表機器

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	流体		重要度*1	口径(A)	使用条件					
					運転状態	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)			
炭素鋼	純水	原子炉隔離時冷却系	高*2	25	一時	8.6	302	◎	原子炉隔離時冷却系入口管ドレンポット出口ドレントラップ (25A, 8.6MPa, 302°C) S221-9	最高使用温度

\*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以外の重要度クラス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原子炉隔離時冷却系入口管ドレンポット出口ドレントラップ

#### 2.1 構造、材料および使用条件

##### 2.1.1 原子炉隔離時冷却系入口管ドレンポット出口ドレントラップ

###### (1) 構造

原子炉隔離時冷却系入口管ドレンポット出口ドレントラップは口径25 A、最高使用圧力8.6 MPa、最高使用温度302 °Cのフリーフロート式ドレントラップ弁で、1台設置している。

弁本体は、純水を内包する耐圧部（本体、ふた、ジョイントボルト・ナット）、純水を仕切る隔離部（フロート、オリフィス）からなる。

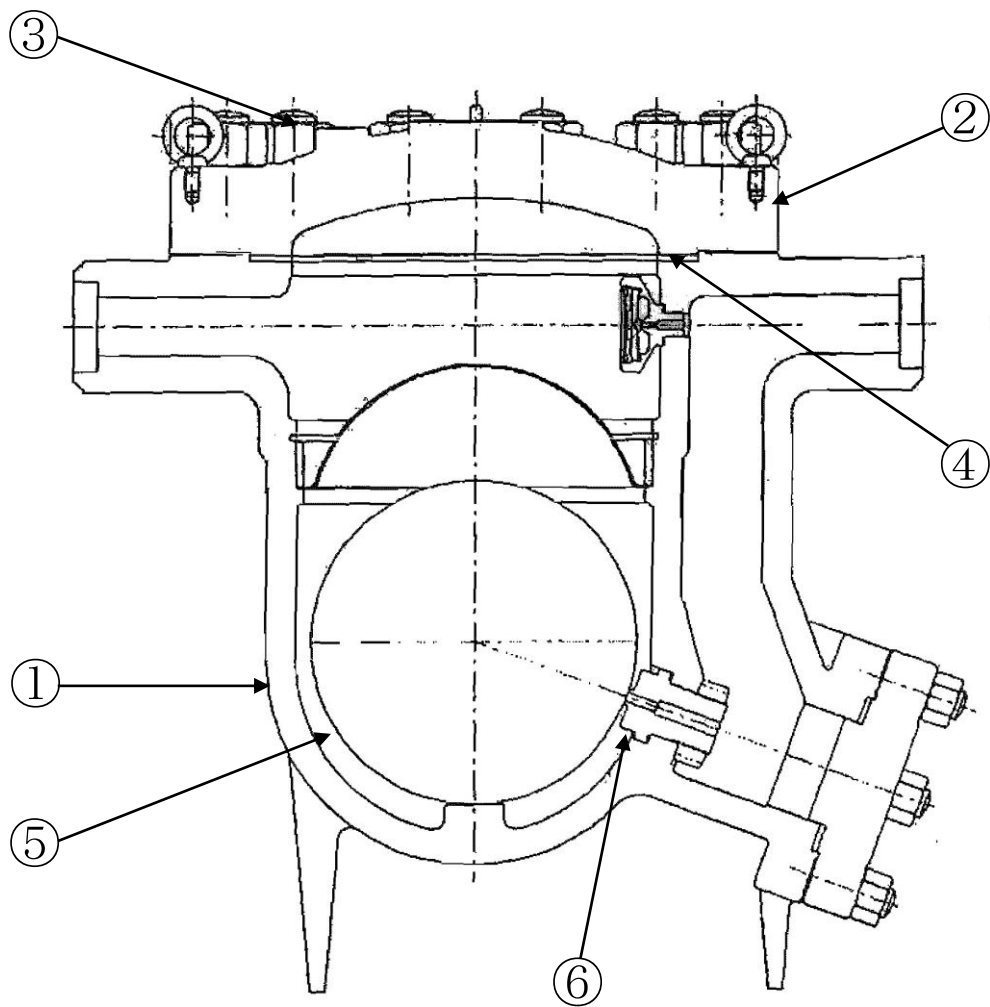
純水に接する本体およびふたは炭素鋼鋳鋼である。

なお、当該弁はジョイントボルト・ナットを取り外すことにより、内部の点検手入れが可能である。

原子炉隔離時冷却系入口管ドレンポット出口ドレントラップの構造図を図2.1-1に示す。

###### (2) 材料および使用条件

原子炉隔離時冷却系入口管ドレンポット出口ドレントラッ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	本体
②	ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	ガスケット
⑤	フロート
⑥	オフイス

図2.1-1 原子炉隔離時冷却系入口管ドレンポット出口ドレントラップ構造図

表2.1-1 原子炉隔離時冷却系入口管ドレンポット出口ドレントラップ主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
ハウダリの維持	本体	炭素鋼鋳鋼 (SCPH2)
	ふた	炭素鋼鋳鋼 (SCPH2)
	ジョイントボルト・ナット	低合金鋼 (SNB16) 炭素鋼 (S45C)
	ガスケット	(消耗品)
隔離機能の維持	フロート	ステンレス鋼 (SUS316L)
	オリフィス	(定期取替品)

表2.1-2 原子炉隔離時冷却系入口管ドレンポット出口ドレントラップの使用条件

最高使用圧力	8.6 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

ドレントラップ弁の機能達成に必要な項目は以下のとおり。

- ① バウンダリの維持
- ② 隔離機能の維持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

#### (1) 想定される経年劣化事象

ドレントラップ弁について、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の材料、構造、使用条件（流体の種類、圧力、温度等）および現在までの運転経験を考慮し、代表機器に表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、消耗品および定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品および定期取替品の扱い

ガスケットは消耗品、オリフィスは定期取替品であり、長期使用せず取替を前提としていることから、高経年化対策を見極める上で評価対象外とする。

(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 (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 (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. 本体およびふたの腐食（全面腐食）

本体およびふたは炭素鋼鋳鋼であり、内部流体は純水であるため腐食が想定される。

しかし、定期的に見視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。

本体およびふたの外表面については、防食塗装が施されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、定期的に見視確認を行い、塗装の状態を確認するとともに、必要により補修塗装を実施することとしており、これまで有意な腐食は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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）

ジョイントボルト・ナットは炭素鋼または低合金鋼であり腐食が想定されるが、定期的に見視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. フロートの粒界型応力腐食割れ

フロートはステンレス鋼であり、溶接部が高温の純水と接液する環境にあることから、粒界型応力腐食割れが想定される。

しかし、定期的に見視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な割れは認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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 原子炉隔離時冷却系入口管ドレンポット出口ドレントラップに想定される経年劣化事象〔純水系炭素鋼ドレントラップ弁〕

機能達成に必要な項目	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		
ハウダリの維持	本体		炭素鋼鋳鋼		△						*1:粒界型応力腐食割れ
	ふた		炭素鋼鋳鋼		△						
	ジョイントボルト・ナット		合金鋼 炭素鋼		△						
	ガスケット	◎	—								
隔離機能の維持	フロート		ステンレス鋼				△*1				
	オリフイス	◎	—								

△：高経年化対策上着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 原子炉隔離時冷却系

#### 3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

代表機器と同様に，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. 本体およびふたの腐食（全面腐食）〔共通〕

代表機器と同様に、本体およびふたは炭素鋼鋳鋼であり、内部流体は純水であるため腐食が想定される。

しかし、定期的に見視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。

本体、ふたは炭素鋼鋳鋼であり、外面に腐食が想定されるが、防食塗装が施されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、定期的に見視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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〕

代表機器と同様に、ジョイントボルト・ナットは炭素鋼または低合金鋼であり腐食が想定されるが、定期的に見視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. フロートの粒界型応力腐食割れ〔共通〕

代表機器と同様に、代表機器と同様に、フロートはステンレス鋼であり、溶接部が高温の純水と接液する環境にあることから、粒界型応力腐食割れが想定される。

しかし、定期的に見視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な応力腐食割れは認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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）

代表機器と同様に、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。

## 12. 電動弁用駆動部

[対象系統]

- ① 主蒸気系
- ② 原子炉浄化系
- ③ 原子炉補機冷却系
- ④ 原子炉補機海水系
- ⑤ 窒素ガス制御系
- ⑥ 高圧炉心スプレイ補機海水系
- ⑦ 原子炉隔離時冷却系
- ⑧ 残留熱除去系
- ⑨ 低圧炉心スプレイ系
- ⑩ 高圧炉心スプレイ系
- ⑪ ほう酸水注入系
- ⑫ 非常用ガス処理系
- ⑬ 逃し安全弁N<sub>2</sub>ガス供給系
- ⑭ 可燃性ガス濃度制御系
- ⑮ 補助蒸気系
- ⑯ 抽出空気系
- ⑰ 液体廃棄物処理系
- ⑱ ドライウェル冷却系
- ⑲ 補給水系
- ⑳ 計装用圧縮空気系
- ㉑ サンプリング系
- ㉒ 中性子計装系
- ㉓ 燃料プール冷却系
- ㉔ タービン補機海水系
- ㉕ 低圧原子炉代替注水系
- ㉖ 高圧原子炉代替注水系
- ㉗ 残留熱代替除去系
- ㉘ 多機能格納容器雰囲気監視系
- ㉙ 常設交流代替電源設備燃料移送系

## 目 次

1. 対象機器および代表機器の選定	12-1
1.1 グループ化の考え方および結果	12-1
1.2 代表機器の選定	12-1
2. 代表機器の技術評価	12-5
2.1 構造, 材料および使用条件	12-5
2.1.1 残留熱除去系炉水入口内側隔離弁用駆動部	12-5
2.1.2 原子炉補機冷却系熱交海水出口弁用駆動部	12-9
2.1.3 原子炉隔離時冷却系タービン排気隔離弁用駆動部	12-13
2.1.4 原子炉補機海水ポンプ出口弁用駆動部	12-17
2.2 経年劣化事象の抽出	12-21
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目	12-21
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出	12-21
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	12-23
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価	12-29
3. 代表機器以外への展開	12-38
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象	12-38
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	12-43

## 1. 対象機器および代表機器の選定

島根2号炉で使用している主要な電動弁用駆動部の仕様を表1-1に示す。

これらの電動弁用駆動部を設置場所およ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および結果

設置場所およ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、口径およ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（交流）弁用駆動部

原子炉格納容器内設置の電動（交流）弁用駆動部のうち、口径の観点から、残留熱除去系炉水入口内側隔離弁用駆動部を代表機器とする。

(MV222-6 (M))

#### (2) 設置場所が屋内の電動（交流）弁用駆動部

屋内設置の電動（交流）弁用駆動部のうち、口径の観点から、原子炉補機冷却系熱交海水出口弁用駆動部を代表機器とする。

(MV215-2A/B (M))

#### (3) 設置場所が屋内の電動（直流）弁用駆動部

屋内設置の電動（直流）弁用駆動部のうち、重要度の観点から、原子炉隔離時冷却系タービン排気隔離弁用駆動部を代表機器とする。

(MV221-23 (M))

#### (4) 設置場所が屋外の電動（交流）弁用駆動部

屋外設置の電動（交流）弁用駆動部のうち、口径の観点から、原子炉補機海水ポンプ出口弁用駆動部を代表機器とする。

(MV215-1A/B/C/D (M))

表1-1 (1/3) 電動弁用駆動部のグループ化と代表機器

分類基準			系統名称	選定基準			使用条件	選定	代表電動弁用駆動部	電動弁用駆動部名称	選定理由
区分	設置場所	電源		重要度*1	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	主蒸気系	MS-1	80	1.3	63		MV222-6(M)	残留熱除去系炉水入口内側隔離弁用駆動部	口径
			原子炉浄化系	MS-1	250	5.2	63				
			原子炉隔離時冷却系	MS-1, 重*2	100	4.5	63				
			残留熱除去系	MS-1, 重*2	20~450	0.13~19	63	◎			
			液体廃棄物処理系	MS-1	65	0.43	63				
			サンプリング系	MS-1	20	0.13	63				

\*1：最上位の重要度を示す。

\*2：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器および構造物であることを示す。



表1-1 (2/3) 電動弁用駆動部のグループ化と代表機器

分類基準			系統名称	選定基準			使用条件	選定	代表電動弁用駆動部	電動弁用駆動部名称	選定理由
区分	設置場所	電源		重要度*1	口径(A)	出力(kW)	周囲温度(℃)				
電動弁用駆動部	屋内	交流	主蒸気系	MS-1	50~100	0.13~1.3	60以下		MV215-2A/B(M)	原子炉補機冷却系熱交海水出口弁用駆動部	口径
			原子炉浄化系	MS-1	200~250	5.2~9.8	40以下				
			原子炉補機冷却系	MS-1, 重*2	250~600	0.56~4.2	40以下				
			原子炉補機海水系	MS-1, 重*2	700	3.8	40以下	◎			
			燃料プール冷却系	重*2	150~200	0.43~0.82	40以下				
			窒素ガス制御系	MS-1, 重*2	400~600	0.72~1.4	40以下				
			残留熱除去系	MS-1, 重*2	100~500	0.82~22.7	40以下				
			低圧炉心スプレイ系	MS-1, 重*2	100~500	2.4~8.7	40以下				
			高圧炉心スプレイ系	MS-1, 重*2	100~500	5.8~11.9	40以下				
			ほう酸水注入系	MS-1, 重*2	40~80	0.13~0.43	40以下				
			非常用ガス処理系	MS-1, 重*2	400	0.57	40以下				
			逃がし安全弁N2ガス供給系	MS-1, 重*2	50	0.13	40以下				
			可燃性ガス濃度制御系	MS-1	20~150	0.06~0.56	40以下				
			補助蒸気系	MS-2	80~100	0.3~0.56	50以下				
			抽出空気系	MS-2	250~550	2.1~3.1	50以下				
			液体廃棄物処理系	MS-1	65	0.43	40以下				
			ドライウェル冷却系	MS-1	150	0.82	40以下				
			補給水系	MS-1	80	0.43	40以下				
			計装用圧縮空気系	MS-1	50	0.13	40以下				
			サブリング系	MS-1	20	0.06~0.13	40以下				
中性子計装系	MS-1	φ7.5mm*3	0.02	40以下							
低圧原子炉代替注水系	重*2	200	2.1	40以下							
残留熱代替除去系	重*2	150	0.43	40以下							
多機能格納容器雰囲気監視系	重*2	20	0.13	40以下							

\*1：最上位の重要度を示す。

\*2：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器および構造物であることを示す。

\*3：φは内径を示す。

表1-1 (3/3) 電動弁用駆動部のグループ化と代表機器

分類基準			系統名称	選定基準			使用条件	選定	代表電動弁用駆動部	電動弁用駆動部名称	選定理由
区分	設置場所	電源		重要度*1	口径(A)	出力(kW)	周囲温度(℃)				
電動弁用駆動部	屋内	直流	原子炉隔離時冷却系	MS-1, 重*2	50~250	0.27 ~ 3.73	40以下	◎	MV221-23 (M)	原子炉隔離時冷却系タービン排気隔離弁用駆動部	重要度
			高圧原子炉代替注水系	重*2	100	1.42	40以下				
	屋外	交流	原子炉補機海水系	MS-1, 重*2	500	2.4	40以下	◎	MV215-1 A/B/C/D (M)	原子炉補機海水ポンプ°出口弁用駆動部	口径
			高圧炉心ス°レイ補機海水系	MS-1, 重*2	250	0.57	40以下				
			タービン補機海水系	設*3	550~750	2.4	40以下				
			常設交流代替電源設備燃料移送系	重*2	50	0.13	40以下				

\*1：最上位の重要度を示す。

\*2：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器および構造物であることを示す。

\*3：設計基準対象施設として評価対象とした機器および構造物を示す。

## 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 残留熱除去系炉水入口内側隔離弁用駆動部
- ② 原子炉補機冷却系熱交海水出口弁用駆動部
- ③ 原子炉隔離時冷却系タービン排気隔離弁用駆動部
- ④ 原子炉補機海水ポンプ出口弁用駆動部

### 2.1 構造，材料および使用条件

#### 2.1.1 残留熱除去系炉水入口内側隔離弁用駆動部

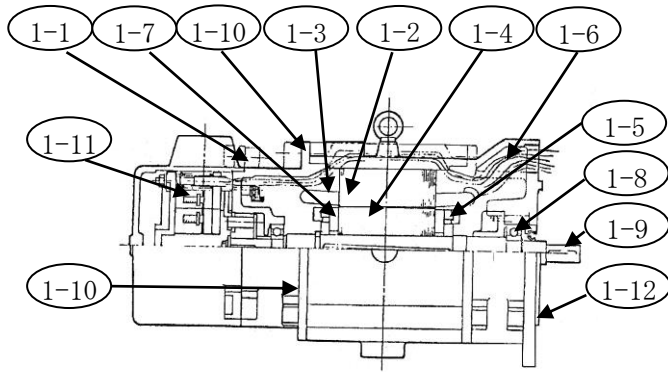
##### (1) 構造

残留熱除去系炉水入口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，ギアを介してステムナット，弁棒に伝達し，弁を駆動させる構造となっている。

残留熱除去系炉水入口内側隔離弁用駆動部の構造図を図2.1-1に示す。

##### (2) 材料および使用条件

残留熱除去系炉水入口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。



モータ詳細

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	ブレーキ電磁コイル
①-12	ガスケット

No.	部位
①	モータ
②	駆動部 (ギア機構, スイッチ類内蔵)
③	取付ホルト

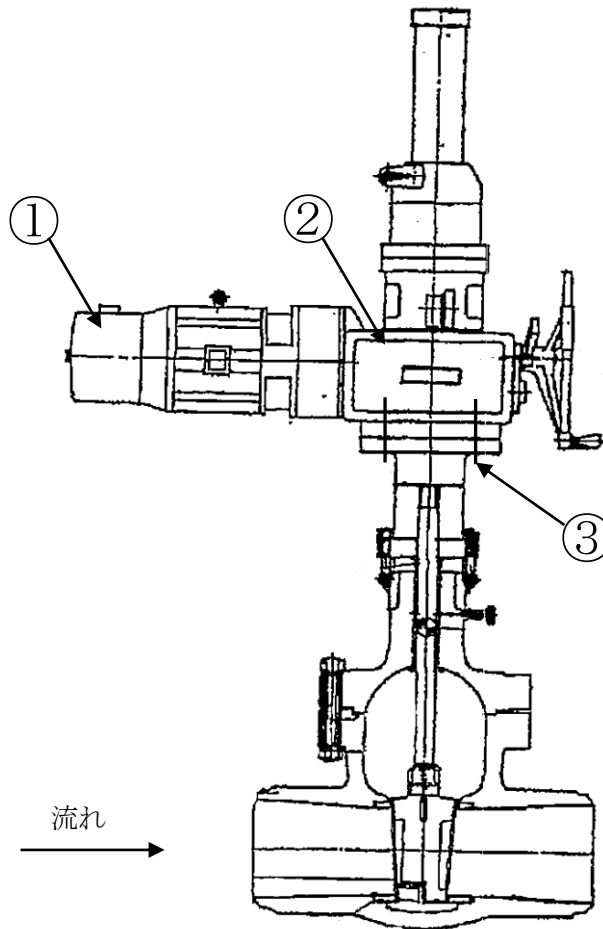
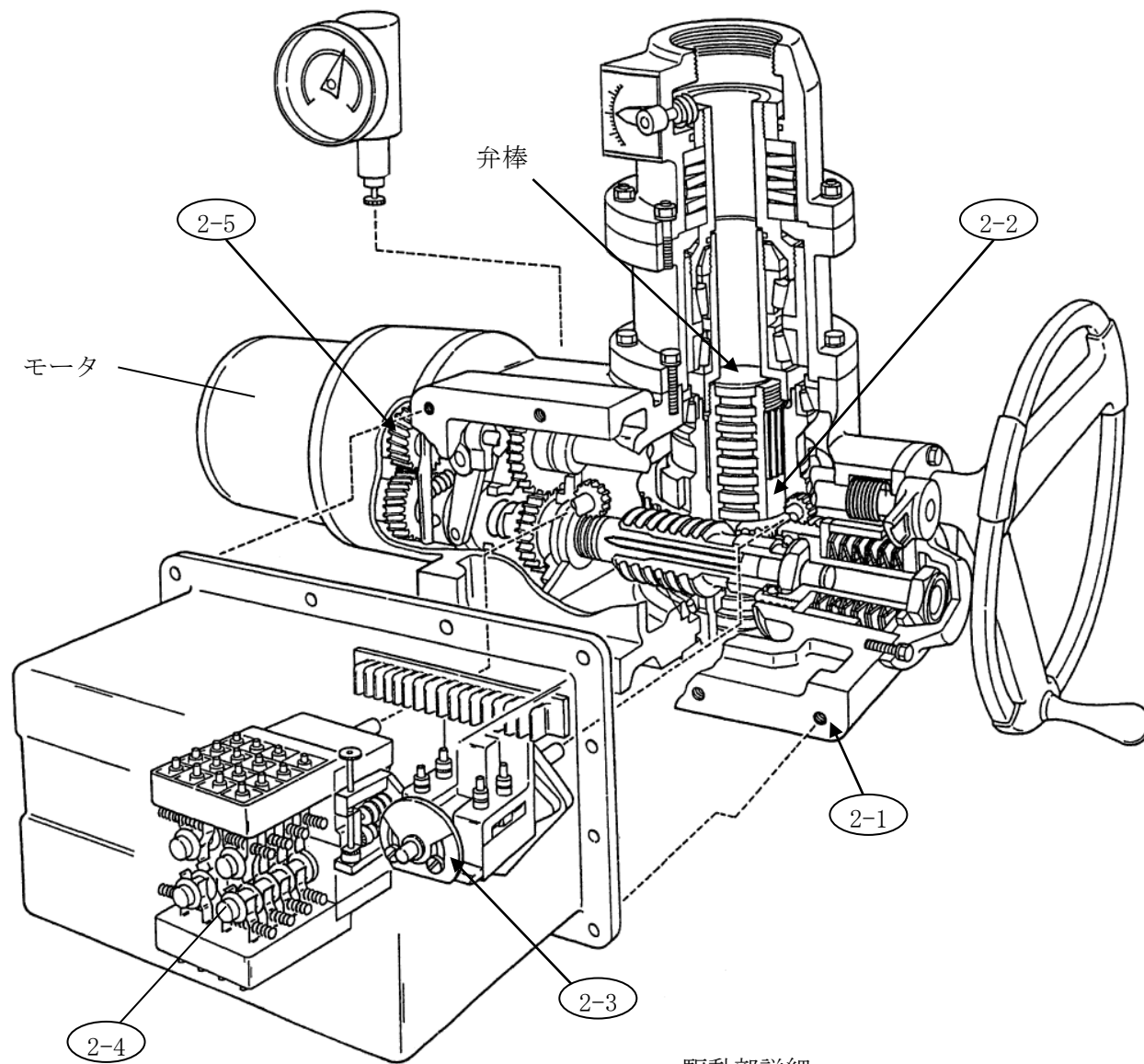


図2. 1-1 (1/2) 残留熱除去系炉水入口内側隔離弁用駆動部構造図



駆動部詳細

No.	部 位
2-1	ガスケット
2-2	ステムナット
2-3	トルクスイッチ
2-4	リミットスイッチ
2-5	ギア

図2.1-1 (2/2) 残留熱除去系炉水入口内側隔離弁用駆動部構造図

表2.1-1 残留熱除去系炉水入口内側隔離弁用駆動部主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部位	材料
モータ駆動力機能の維持	フレーム	鋳鉄
	固定子コア	珪素鋼
	固定子コイル	銅, 絶縁物(ポリアミドイミド線, シリコンワニス)
	回転子コア	珪素鋼
	回転子棒	銅合金
	口出線・接続部品	銅, 絶縁物(シリコンゴム)
	回転子エンドリング	銅合金
	軸受(転がり)	(消耗品)
	主軸	低合金鋼
	エンドブラケット	鋳鉄
	ブレーキ電磁コイル	銅, 絶縁物(ポリアミドイミド線, シリコンワニス)
	ガスケット	(消耗品)
駆動伝達機能の維持	ガスケット	(消耗品)
	ステムナット	高力黄銅鋳物
	トルクスイッチ	(定期取替品)
	リミットスイッチ	(定期取替品)
	ギア	低合金鋼, アルミニウム青銅鋳物
機器の支持	取付ボルト	低合金鋼

表2.1-2 残留熱除去系炉水入口内側隔離弁用駆動部の使用条件

	通常運転時	設計基準事故時	重大事故等時
定格出力	19 kW		
定格電圧	AC440 V		
設置場所	原子炉格納容器内		
周囲温度	63℃*1 (最高)	171℃ (最高)	171℃ (最高)
放射線	1.6×10 <sup>-1</sup> Gy/h*1 (最大)	2.7×10 <sup>5</sup> Gy (最大積算値)	2.7×10 <sup>5</sup> Gy (最大積算値)
最高圧力	14 kPa	4.3×10 <sup>2</sup> kPa	4.3×10 <sup>2</sup> kPa

\*1: 原子炉格納容器内で電動弁用駆動部が設置されている箇所の実測値。

## 2.1.2 原子炉補機冷却系熱交海水出口弁用駆動部

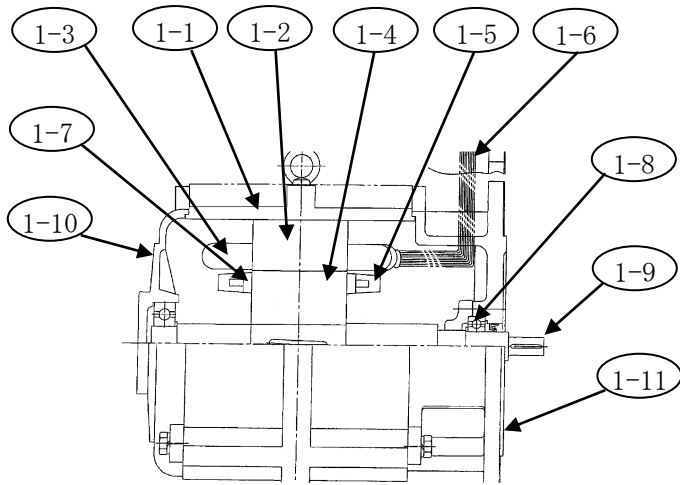
### (1) 構造

原子炉補機冷却系熱交海水出口弁用駆動部はモータ、ギア等で構成されており、モータの回転力を、ギアを介してステムナット、弁棒に伝達し、弁を駆動させる構造となっている。

原子炉補機冷却系熱交海水出口弁用駆動部の構造図を図2.1-2に示す。

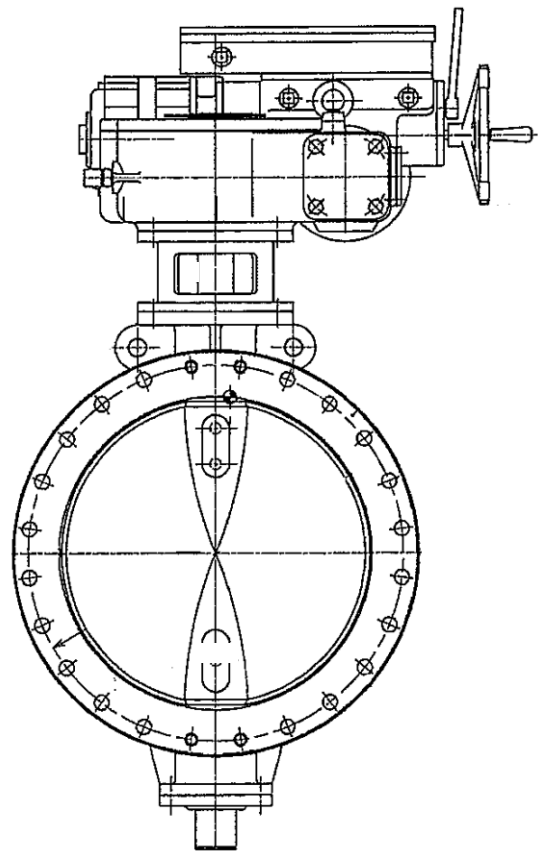
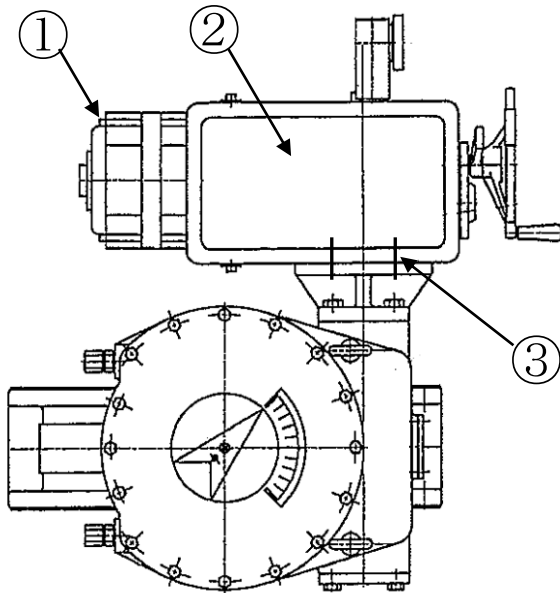
### (2) 材料および使用条件

原子炉補機冷却系熱交海水出口弁用駆動部主要部位の使用材料を表2.1-3に、使用条件を表2.1-4に示す。



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

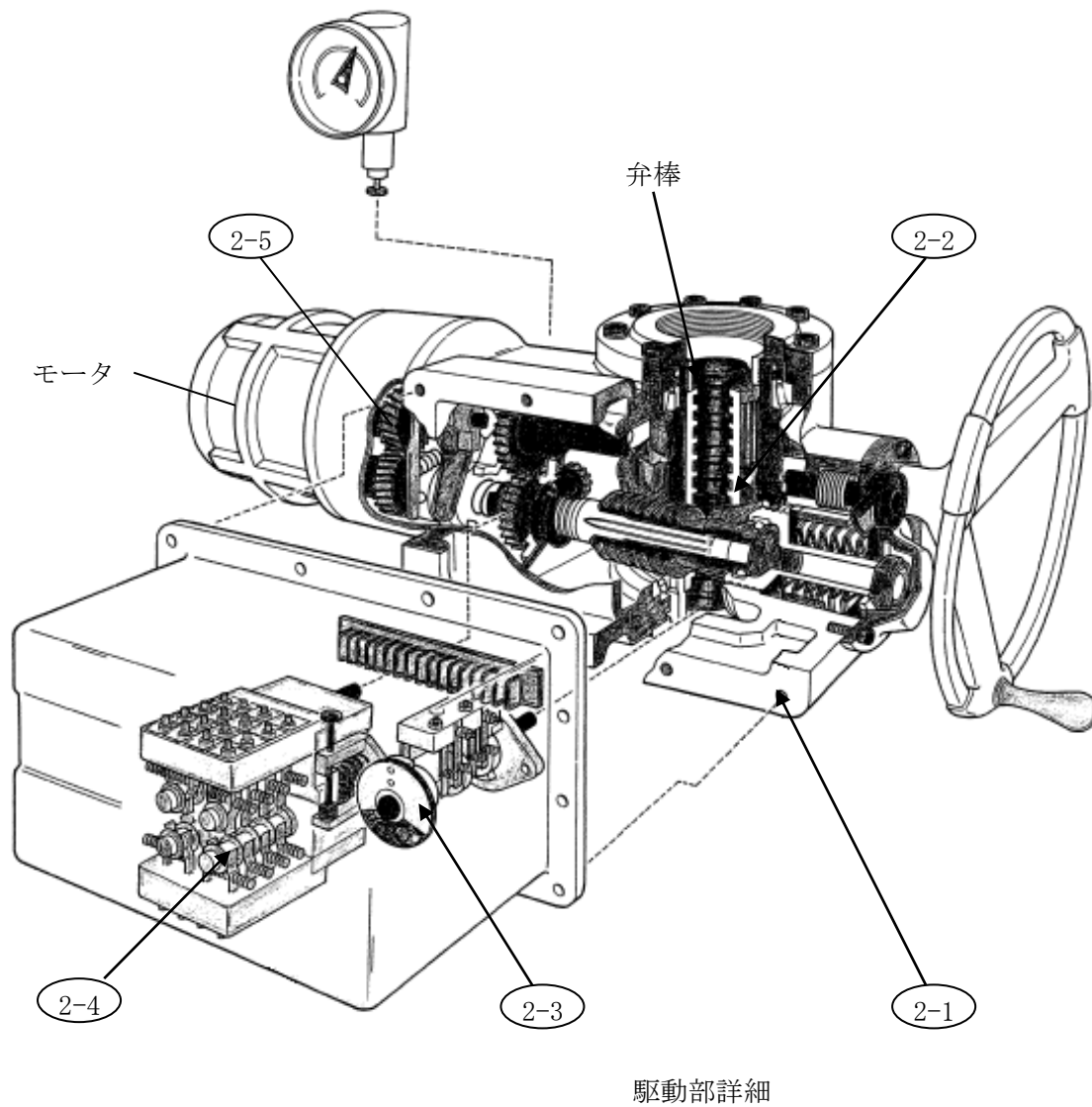
モータ詳細



No.	部位
①	モータ
②	駆動部 (ギア機構, スイッチ類内蔵)
③	取付ホルト

図2.1-2 (1/2) 原子炉補機冷却系熱交海水出口弁用駆動部図





No.	部 位
2-1	ガスケット
2-2	ステムナット
2-3	トルクスイッチ
2-4	リミットスイッチ
2-5	ギア

図2.1-2 (2/2) 原子炉補機冷却系熱交海水出口弁用駆動部構造図

表2.1-3 原子炉補機冷却系熱交海水出口弁用駆動部主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部位	材料
モータ駆動力機能の維持	フレーム	鋳鉄
	固定子コア	珪素鋼
	固定子コイル	銅, 絶縁物(ホ <sup>°</sup> リエステル線, ホ <sup>°</sup> リエステルワニス)
	回転子コア	珪素鋼
	回転子棒	アルミニウム
	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	アルミニウム
	軸受(転がり)	(消耗品)
	主軸	低合金鋼
	エンドブラケット	鋳鉄
	ガスケット	(消耗品)
駆動伝達機能の維持	ガスケット	(消耗品)
	ステムナット	炭素鋼
	トルクスイッチ	(定期取替品)
	リミットスイッチ	(定期取替品)
	ギア	低合金鋼, アルミニウム青銅鋳物
機器の支持	取付ボルト	炭素鋼

表2.1-4 原子炉補機冷却系熱交海水出口弁用駆動部の使用条件

	通常運転時
定格出力	3.8 kW
定格電圧	AC440V
設置場所	屋内
周囲温度	40℃ (最高)
最高圧力	大気圧

### 2.1.3 原子炉隔離時冷却系タービン排気隔離弁用駆動部

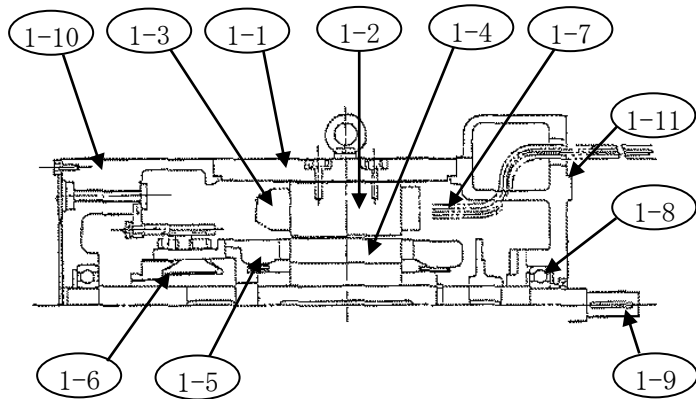
#### (1) 構造

原子炉隔離時冷却系タービン排気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、ギアを介してステムナット、弁棒に伝達し、弁を駆動させる構造となっている。

原子炉隔離時冷却系タービン排気隔離弁用駆動部の構造図を図2.1-3に示す。

#### (2) 材料および使用条件

原子炉隔離時冷却系タービン排気隔離弁用駆動部主要部位の使用材料を表2.1-5に、使用条件を表2.1-6に示す。



モータ詳細

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	回転子コイル
①-6	整流子
①-7	口出線・接続部品
①-8	軸受（転がり）
①-9	主軸
①-10	エンド・ブラケット
①-11	ガスケット

No.	部位
①	モータ
②	駆動部 (ギア機構, スイッチ類内蔵)
③	取付ホルト

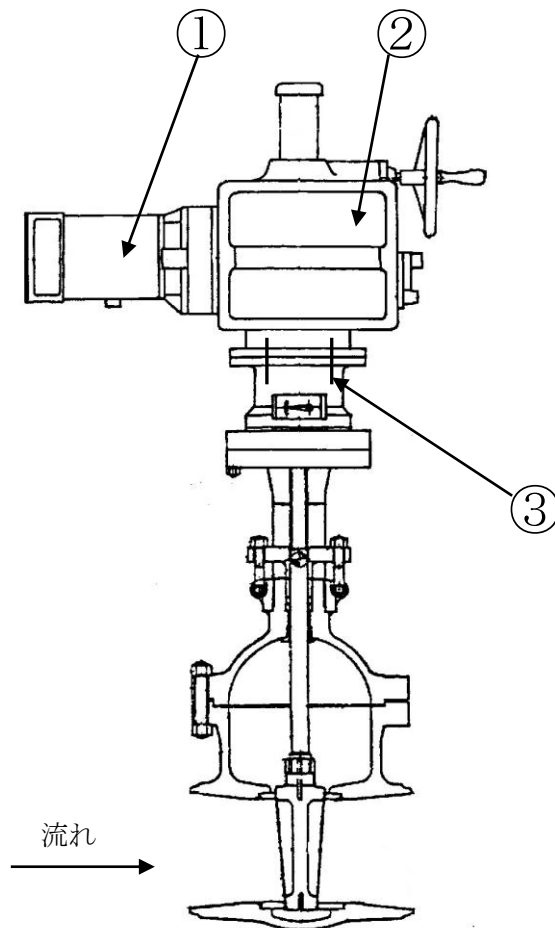
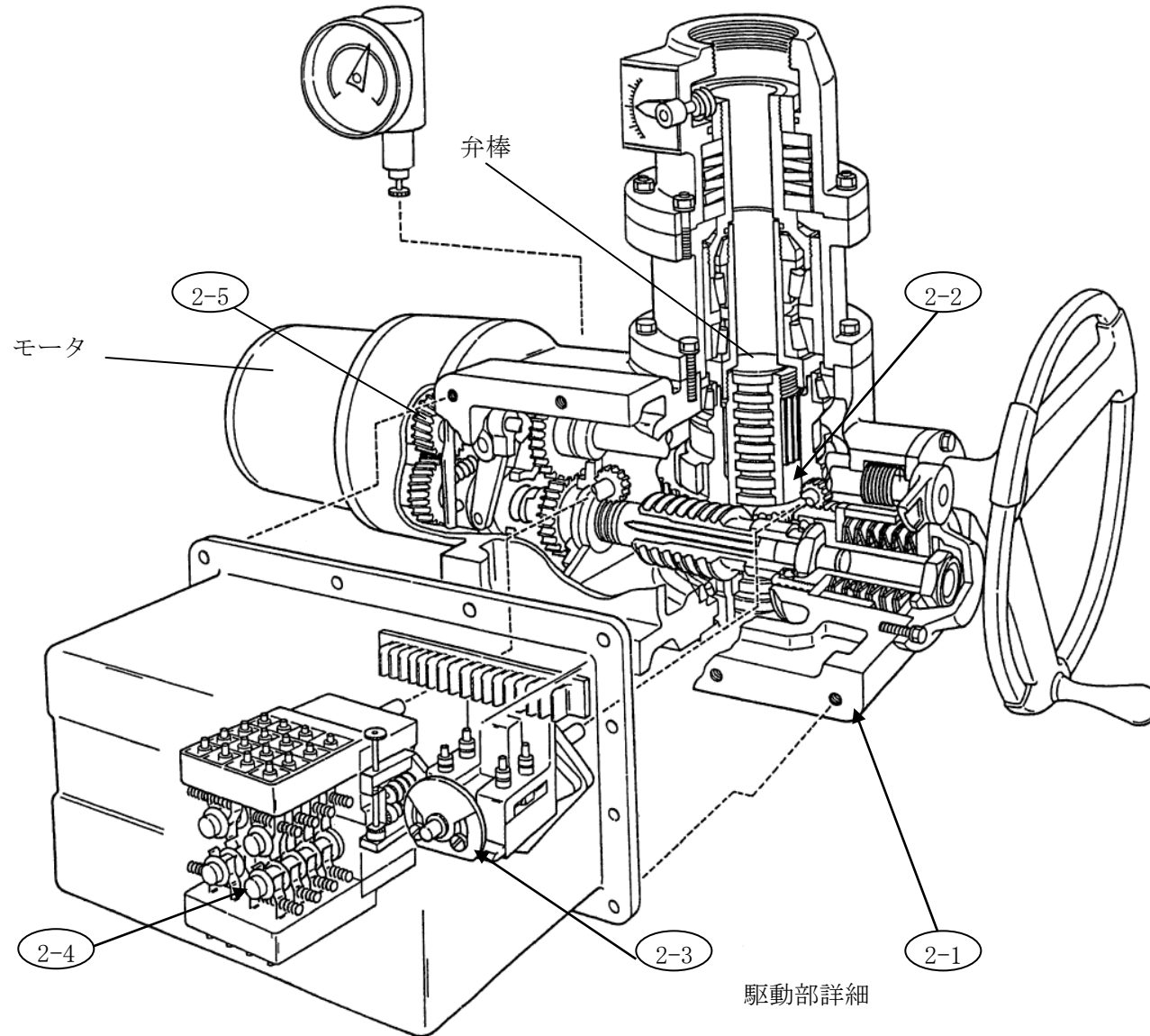


図2. 1-3 (1/2) 原子炉隔離時冷却系タービン排気隔離弁用駆動部構造図



No.	部 位
2-1	ガスケット
2-2	ステムナット
2-3	トルクスイッチ
2-4	リミットスイッチ
2-5	ギア

図2.1-3 (2/2) 原子炉隔離時冷却系タービン排気隔離弁用駆動部構造図

表2.1-5 原子炉隔離時冷却系タービン排気隔離弁用駆動部主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部位	材料
モータ駆動力機能の維持	フレーム	軟鋼
	固定子コア	軟鋼
	固定子コイル	銅, 絶縁物(ホリアミト <sup>®</sup> イミト <sup>®</sup> 線, ホリエステルワニス)
	回転子コア	珪素鋼
	回転子コイル	銅, 絶縁物(ホリアミト <sup>®</sup> イミト <sup>®</sup> 線, ホリエステルワニス)
	整流子	銅合金, ブラシ (消耗品)
	口出線・接続部品	銅, 絶縁物(シリコンゴム)
	軸受 (転がり)	(消耗品)
	主軸	低合金鋼
	エンドブラケット	鋳鉄
	ガスケット	(消耗品)
駆動伝達機能の維持	ガスケット	(消耗品)
	ステムナット	高力黄銅鋳物
	トルクスイッチ	(定期取替品)
	リミットスイッチ	(定期取替品)
	ギア	低合金鋼, アルミニウム青銅鋳物
機器の支持	取付ボルト	低合金鋼

表2.1-6 原子炉隔離時冷却系タービン排気隔離弁用駆動部の使用条件

	通常運転時	設計基準事故時	重大事故等時
定格出力	0.55 kW		
定格電圧	DC220 V		
設置場所	屋内		
周囲温度	40℃ (最高)	100℃ (最高)	120℃ (最高)
放射線	2.7×10 <sup>-4</sup> Gy/h (最大)	1.8×10 <sup>3</sup> Gy (最大積算値)	2.8×10 <sup>5</sup> Gy (最大積算値)
最高圧力	大気圧	3.4kPa	6.9 kPa

#### 2.1.4 原子炉補機海水ポンプ出口弁用駆動部

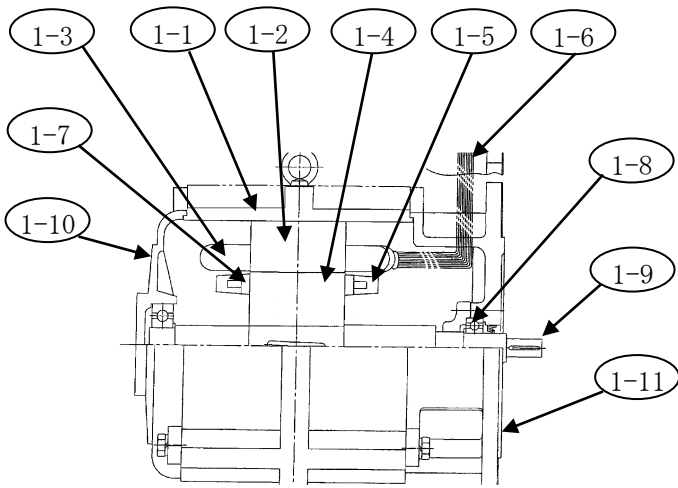
##### (1) 構造

原子炉補機海水ポンプ出口弁用駆動部はモータ，ギア等で構成されており，モータの回転力を，ギアを介してステムナット，弁棒に伝達し，弁を駆動させる構造となっている。

原子炉補機海水ポンプ出口弁用駆動部の構造図を図2.1-4に示す。

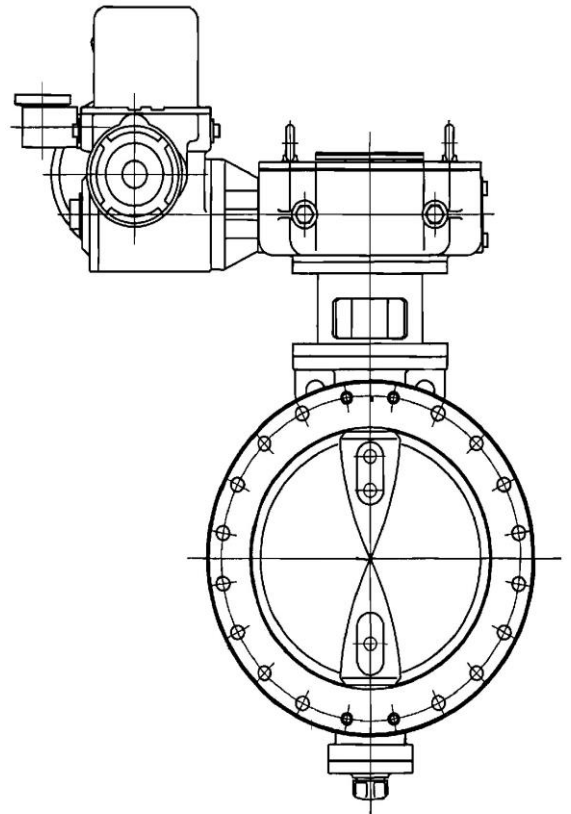
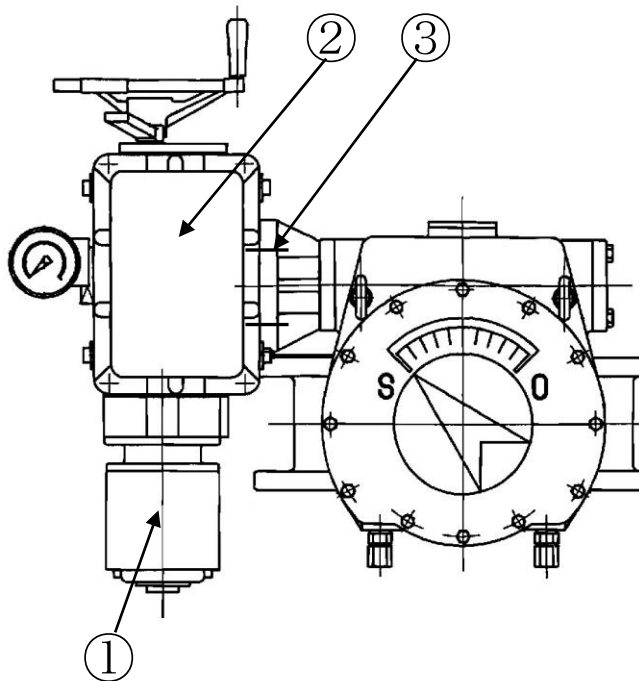
##### (2) 材料および使用条件

原子炉補機海水ポンプ出口弁用駆動部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。



モータ詳細

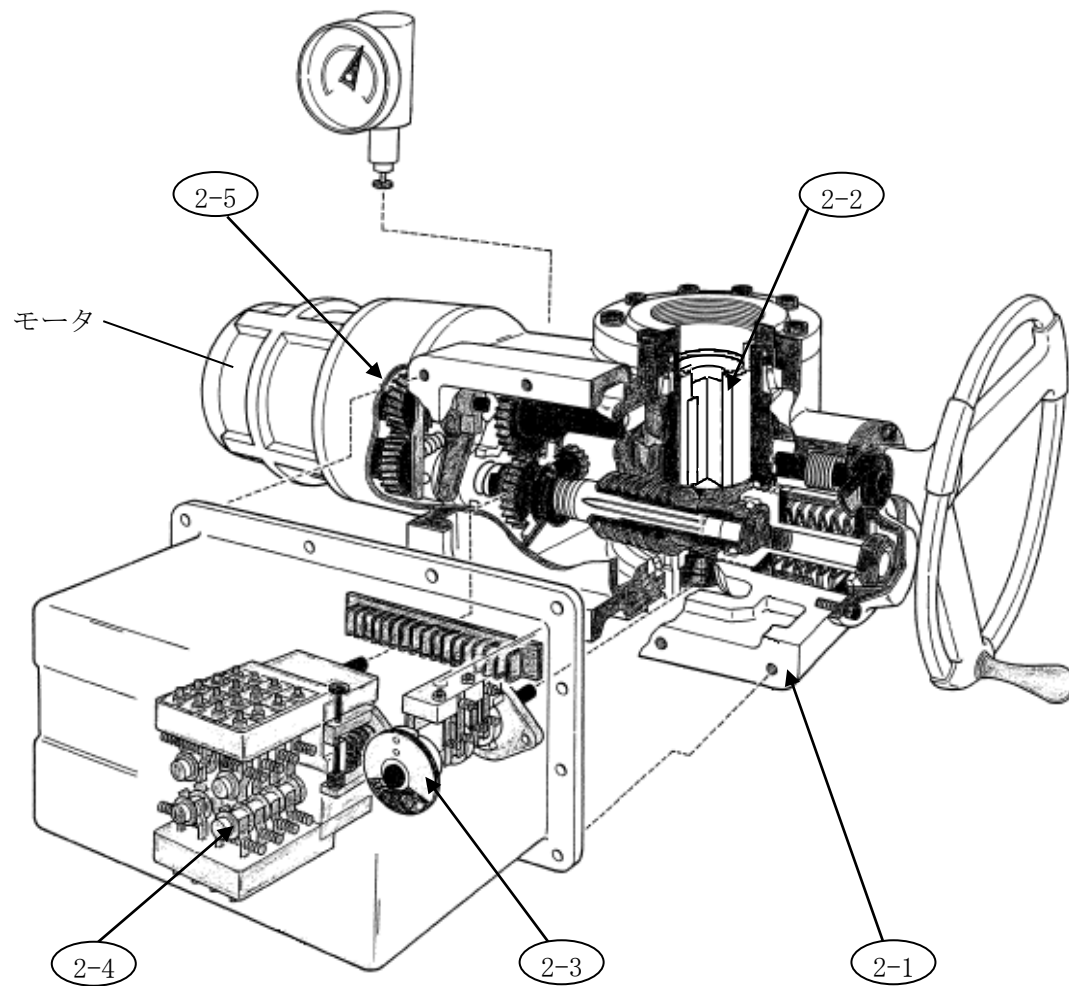
No.	部位
1-1	フレーム
1-2	固定子コア
1-3	固定子コイル
1-4	回転子コア
1-5	回転子棒
1-6	口出線・接続部品
1-7	回転子エンドリング
1-8	軸受（転がり）
1-9	主軸
1-10	エンドブラケット
1-11	ガスケット



No.	部位
①	モータ
②	駆動部 (ギア機構, スイッチ類内蔵)
③	取付ボルト

図2.1-4 (1/2) 原子炉補機海水ポンプ出口弁用駆動部構造図





駆動部詳細

No.	部 位
2-1	ガスケット
2-2	ステムナット
2-3	トルクスイッチ
2-4	リミットスイッチ
2-5	ギア

図2.1-4 (2/2) 原子炉補機海水ポンプ出口弁用駆動部構造図

表2.1-7 原子炉補機海水ポンプ出口弁用駆動部主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部位	材料
モータ駆動力機能の維持	フレーム	鋳鉄
	固定子コア	珪素鋼
	固定子コイル	銅, 絶縁物(ポリエステル線, ポリエステルワニス)
	回転子コア	珪素鋼
	回転子棒	アルミニウム
	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	アルミニウム
	軸受(転がり)	(消耗品)
	主軸	低合金鋼
	エンドブラケット	鋳鉄
	ガスケット	(消耗品)
	駆動伝達機能の維持	ガスケット
ステムナット		炭素鋼
トルクスイッチ		(定期取替品)
リミットスイッチ		(定期取替品)
ギア		低合金鋼, アルミニウム青銅鋳物
機器の支持	取付ホルト	低合金鋼

表2.1-8 原子炉補機海水ポンプ出口弁用駆動部の使用条件

	通常運転時
定格出力	2.4 kW
定格電圧	AC440 V
設置場所	屋外
周囲温度	40℃ (最高)
最高圧力	大気圧

## 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の抽出

#### (1) 想定される経年劣化事象

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）およ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、消耗品および定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品および定期取替品の扱い

軸受（転がり）、ブラシおよびガスケットは消耗品、トルクスイッチおよびリミットスイッチは定期取替品であり、長期使用せず取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 (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 (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. 固定子コイルおよび口出線・接続部品の絶縁特性低下およびブレーキ電磁コイルの絶縁特性低下 [残留熱除去系炉水入口内側隔離弁用駆動部]
- b. 固定子コイルおよび口出線・接続部品の絶縁特性低下 [原子炉補機冷却系熱交海水出口弁用駆動部, 原子炉補機海水ポンプ出口弁用駆動部]
- c. 固定子コイル, 回転子コイルおよび口出線・接続部品の絶縁特性低下 [原子炉隔離時冷却系タービン排気隔離弁用駆動部]

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

a. モータの回転子棒および回転子エンドリングの疲労割れ〔残留熱除去系炉水入口内側隔離弁用駆動部，原子炉補機冷却系熱交海水出口弁用駆動部，原子炉補機海水ポンプ出口弁用駆動部〕

回転子棒およ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は反映されていることから、高経年化上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

また、点検時に動作試験を行い、これまでに点検結果では異常は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. 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との摩耗は想定されるが、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、これまでの点検時の動作試験において、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にくいことから、高経年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. 整流子の摩耗〔原子炉隔離時冷却系タービン排気隔離弁用駆動部〕

整流子はブラシとの接触面に摩耗が想定されるが、整流子材はブラシ材より硬質であり有意な摩耗が発生する可能性は小さく、屋内空調環境に設置されていることから塵埃により摩耗が発生する可能性も小さい。また、直流の電動弁駆動部は定期的に取り替を実施している。

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にくいことから、高経年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. 電磁ブレーキのライニングのはく離〔残留熱除去系炉水入口内側隔離弁用駆動部〕

電磁ブレーキのライニングは、高湿度環境の影響で結露水がライニングの接着面に浸透し、接着力の低下によるはく離が想定されるが、島根2号炉の電動弁用駆動部は結露水が発生しやすい高湿度環境にはなく、はく離の可能性は小さい。

また、定期的に見視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意なはく離は認められていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. ステムナットおよびギアの摩耗〔共通〕

ステムナットとギアは嵌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確認による摩耗の進行程度の確認、グリースの補給および動作試験により健全性を確認しており、必要に応じて取替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変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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り腐食が想定されるが、定期的な目視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。

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

以下、g～j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、当該評価書を参照のこと。

g. モータのフレームおよびエンドブラケットの腐食（全面腐食）〔共通〕

h. モータの固定子コアおよび回転子コアの腐食（全面腐食）〔共通〕

j. モータの主軸の高サイクル疲労割れ〔共通〕

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

日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。

表2.2-1 (1/4) 残留熱除去系炉水入口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	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	フレーム		鋳鉄		△								*1：高サイクル疲労割れ *2：電磁ブレーキパットのライニングのはく離
	固定子コア		珪素鋼		△								
	固定子コイル		銅，絶縁物					○					
	回転子コア		珪素鋼		△								
	回転子棒		銅合金			△							
	口出線・接続部品		銅，絶縁物					○					
	回転子エンドリング		銅合金			△							
	軸受（転がり）	◎	—										
	主軸		低合金鋼	△		△*1							
	エンドブラケット		鋳鉄		△								
	ブレーキ電磁コイル		銅，絶縁物					○				△*2	
ガスケット	◎	—											
駆動伝達機能の維持	ガスケット	◎	—										
	ステムナット		高力黄銅鋳物	△									
	トルクスイッチ	◎	—										
	リミットスイッチ	◎	—										
	ギア		低合金鋼他	△									
機器の支持		取付ボルト		△									

○：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 (2/4) 原子炉補機冷却系熱交海水出口弁用駆動部に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	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	フレーム		鋳鉄		△								*1：高サイクル疲労割れ
	固定子コア		珪素鋼		△								
	固定子コイル		銅，絶縁物					○					
	回転子コア		珪素鋼		△								
	回転子棒		アルミニウム			△							
	口出線・接続部品		銅，絶縁物					○					
	回転子エンドリング		アルミニウム			△							
	軸受（転がり）	◎	—										
	主軸		低合金鋼	△		△*1							
	エンドブラケット		鋳鉄		△								
駆動伝達機能の維持	ガスケット	◎	—										
	ステムナット		炭素鋼	△									
	トルクスイッチ	◎	—										
	リミットスイッチ	◎	—										
	ギア		低合金鋼他	△									
機器の支持	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 (3/4) 原子炉隔離時冷却系タービン排気隔離弁用駆動部に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	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	フレーム		軟鋼		△								*1：ブランチ *2：高サイクル疲労 割れ
	固定子コア		軟鋼		△								
	固定子コイル		銅，絶縁物					○					
	回転子コア		珪素鋼		△								
	回転子コイル		銅，絶縁物					○					
	整流子	◎*1	銅合金	△									
	口出線・接続部品		銅，絶縁物					○					
	軸受（転がり）	◎	—										
	主軸		低合金鋼	△		△*2							
	エンドブラケット		鋳鉄		△								
駆動伝達機能 の維持	ガスケット	◎	—										
	ガスケット	◎	—										
	ステムナット		高力黄銅鋳物	△									
	トルクスイッチ	◎	—										
	リミットスイッチ	◎	—										
機器の支持	ギア		低合金鋼他	△									
	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 (4/4) 原子炉補機海水ポンプ出口弁用駆動部に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	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	フレーム		鋳鉄		△								*1：高サイクル疲労 割れ
	固定子コア		珪素鋼		△								
	固定子コイル		銅，絶縁物					○					
	回転子コア		珪素鋼		△								
	回転子棒		アルミニウム			△							
	口出線・接続部品		銅，絶縁物					○					
	回転子エンツリング		アルミニウム			△							
	軸受（転がり）	◎	—										
	主軸		低合金鋼	△		△*1							
	エンツブラケット		鋳鉄		△								
	ガスケット	◎	—										
駆動伝達機能 の維持	ガスケット	◎	—										
	ステムナット		炭素鋼	△									
	トルクスイッチ	◎	—										
	リミットスイッチ	◎	—										
機器の支持	ギア		低合金鋼他	△									
	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) 固定子コイルおよび口出線・接続部品の絶縁特性低下およびブレーキ電磁コイルの絶縁特性低下〔残留熱除去系炉水入口内側隔離弁用駆動部〕

#### a. 事象の説明

固定子コイル, 口出線・接続部品およびブレーキ電磁コイルの絶縁物は有機物であるため, 熱および放射線による特性変化, 振動等の機械的劣化, 絶縁物に付着する塵埃等, 熱的, 機械的, 環境的要因により経年劣化が進行し, 絶縁特性が低下する可能性があることから, 経年劣化に対する評価が必要である。

なお, 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

##### (a) 健全性評価

電動弁用駆動部絶縁物の長期間の経年劣化を考慮した絶縁特性低下の評価方法は, IEEE Std. 382 (1972) , 323 (1974) の規格にまとめられており, これに基づき, 実機同等品による通常環境および事故時雰囲気を考慮した長期健全性試験を実施した。

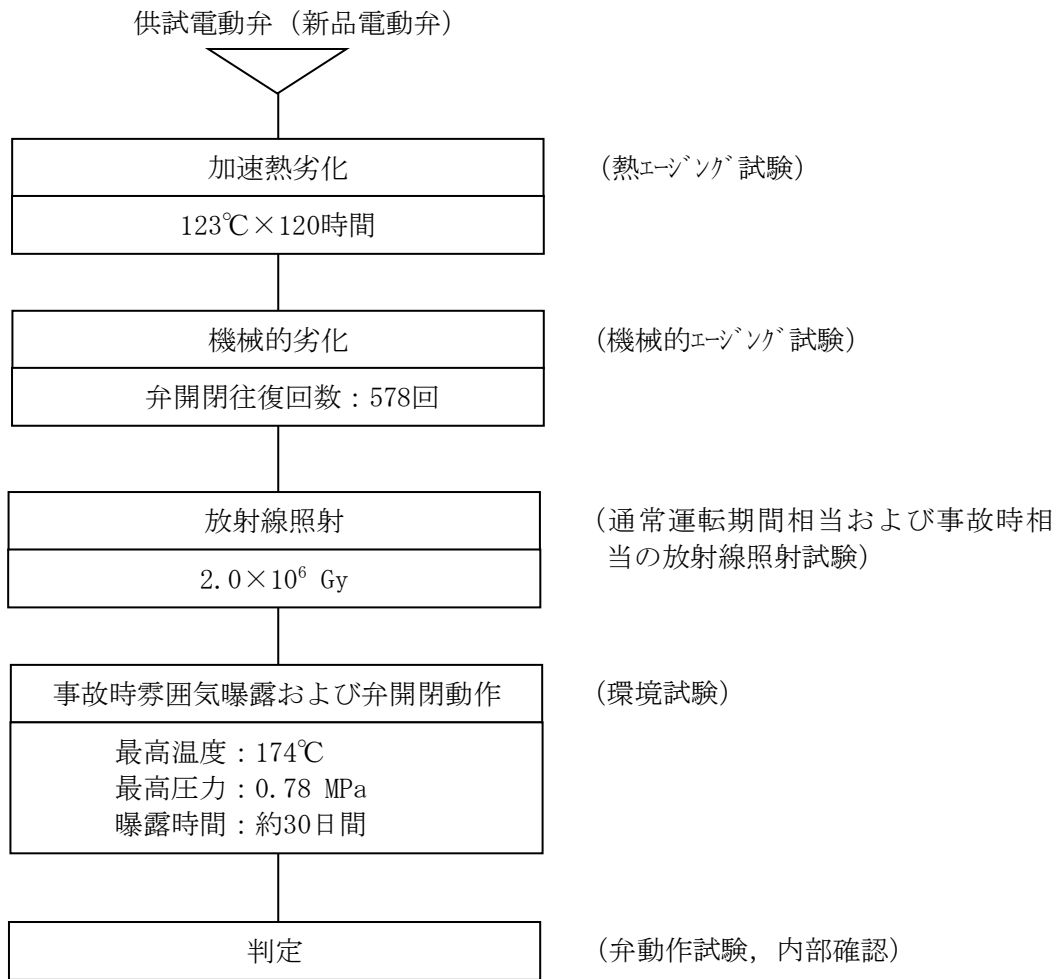


図2.3-1 電動弁用駆動部長期健全性試験手順（原子炉格納容器内電動弁）  
（設計基準事故，重大事故等）

表2.3-1 電動弁用駆動部長期健全性試験条件（原子炉格納容器内電動弁）  
（設計基準事故，重大事故等）

	試験条件	説明
加速熱劣化	熱エージング試験 123℃×120時間	原子炉格納容器内の周囲温度(63℃)では、60年間の運転期間を包絡する。
機械的劣化	機械的エージング試験 弁開閉往復動作を578回実施	島根2号炉の60年間の動作回数(約300回)を包絡する。
放射線照射	通常運転期間相当および事故時相当の放射線照射試験 2.0×10 <sup>6</sup> Gy	島根2号炉で想定される線量約3.6×10 <sup>5</sup> Gy (60年間の通常運転期間約8.4×10 <sup>4</sup> Gy に事故時線量2.7×10 <sup>5</sup> Gyを加えた線量)を包絡する。
事故時雰囲気曝露	環境試験 最高温度：174℃ 最高圧力：0.78 MPa 曝露時間：約30日間	島根2号炉の事故時の最高温度(171℃)，最高圧力(0.43 MPa)を包絡する。

表2.3-2 電動弁用駆動部長期健全性試験結果（原子炉格納容器内電動弁）  
（設計基準事故，重大事故等）

項目	試験手順	判定基準	結果
動作確認	事故時雰囲気曝露試験終了後，電動弁の開閉動作を確認する。	正常に動作すること	良

図2.3-1に示す長期健全性試験手順により評価した。本試験条件は表2.3-1に示すとおり，電動弁用駆動部絶縁物の60年間の運転期間を想定した熱，放射線，機械的および事故時雰囲気による劣化条件を包絡している。なお，環境的劣化要因のうち，絶縁物への塵埃の付着・吸湿による影響については，電動弁用駆動部に塵埃が入りづらい全閉構造であることから影響は小さいと考えられる。

本試験結果は表2.3-2に示すとおり，熱・放射線による劣化，機械的劣化および事故時雰囲気による劣化に対して判定基準を満足しており，電動弁用駆動部絶縁物は60年間の通常運転および事故時雰囲気において絶縁性能を維持できると評価できる。

(b) 現状保全

電動弁用駆動部絶縁物の絶縁特性低下に対しては，定期的に絶縁抵抗測定を実施し，絶縁機能に有意な変化がないことを確認している。また，目視確認および清掃を実施するとともに動作試験を行い，健全性を確認している。

なお，これらの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替えを行うこととしている。

(c) 総合評価

原子炉格納容器内の電動弁用駆動部絶縁物の絶縁特性低下は、健全性評価結果および現状保全より、運転開始から60年間の通常運転および事故時雰囲気において絶縁性能を維持できると判断する。

c. 高経年化への対応

原子炉格納容器内の電動弁用駆動部の絶縁特性低下については、現状の保全項目に高経年化対策の観点から追加すべき項目はない。引き続き、現状保全を継続していく。

(2) 固定子コイルおよび口出線・接続部品の絶縁特性低下〔原子炉補機冷却系熱交海水出口弁用駆動部，原子炉補機海水ポンプ出口弁用駆動部〕

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

(3) 固定子コイル，回転子コイルおよび口出線・接続部品の絶縁特性低下〔原子炉隔離時冷却系タービン排気隔離弁用駆動部〕

a. 事象の説明

電動弁用駆動部の絶縁物は有機物であるため，熱による特性変化，振動等の機械的劣化，絶縁物に付着する塵埃等，熱的，機械的，環境的要因により経年劣化が進行し，絶縁特性が低下する可能性があることから，経年劣化に対する評価が必要である。なお，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

(a) 健全性評価

電動弁用駆動部絶縁物の長期間の経年劣化を考慮した絶縁特性低下の評価方法は，IEEE Std. 382 (1972) ， 323 (1974) の規格にまとめられており，これに基づき，実機同等品による通常環境および事故時雰囲気を考慮した長期健全性試験を実施した。



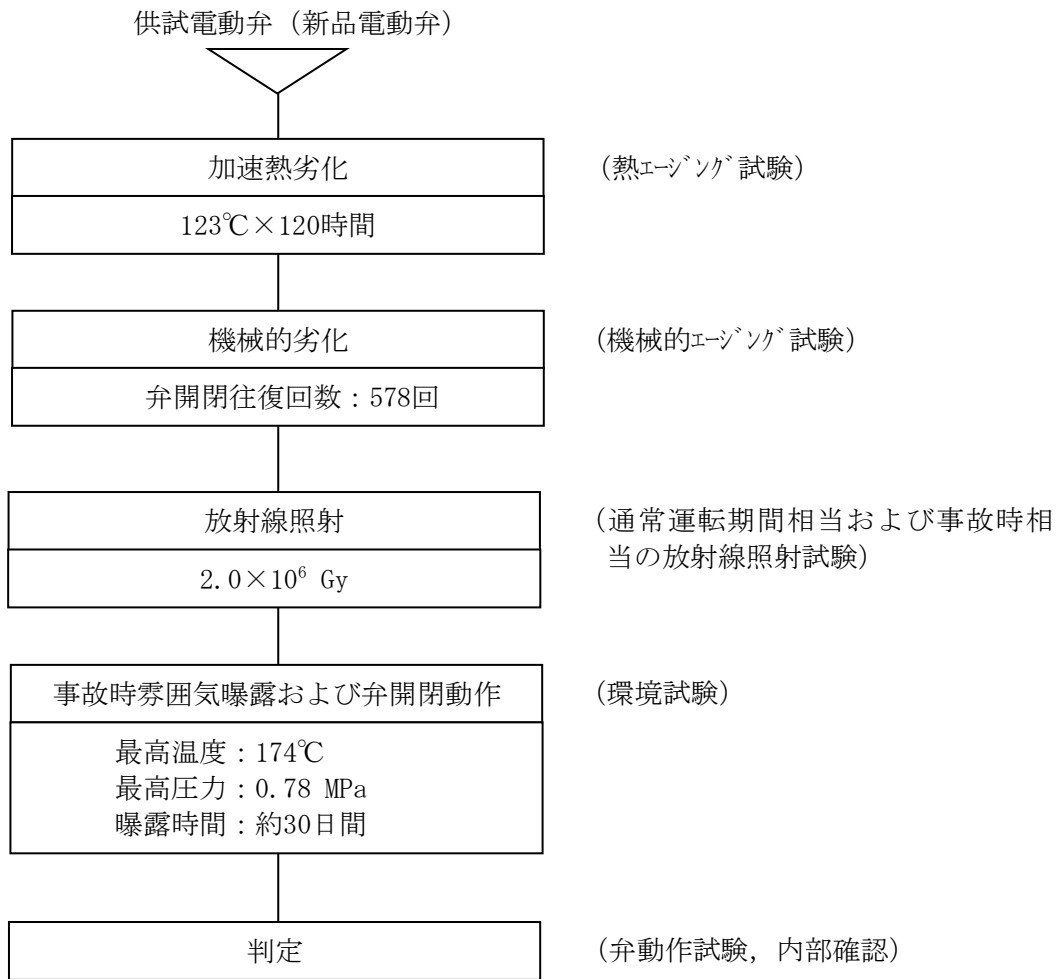


図2.3-2 電動弁用駆動部長期健全性試験手順（屋内電動（直流）弁）  
（設計基準事故， 重大事故等）

表2.3-3 電動弁用駆動部長期健全性試験条件（屋内電動（直流）弁）  
（設計基準事故，重大事故等）

	試験条件	説明
加速熱劣化	熱エージング試験 123℃×120時間	原子炉建物内の周囲温度(40℃)では、60年間の運転期間を包絡する。
機械的劣化	機械的エージング試験 弁開閉往復動作を578回実施	島根2号炉の約60年間の動作回数(約900回)を包絡しないが、動作時間が短いことから機械的劣化はわずかであり、影響は小さい。
放射線照射	通常運転期間相当および事故時相当の放射線照射試験 2.0×10 <sup>6</sup> Gy	島根2号炉で想定される線量約2.9×10 <sup>5</sup> Gy（島根2号炉で想定される60年間の通常運転時線量約1.5×10 <sup>2</sup> Gyに事故時線量2.8×10 <sup>5</sup> Gyを加えた線量）を包絡する。
事故時雰囲気曝露	環境試験 最高温度：174℃ 最高圧力：0.78 MPa 曝露時間：約30日間	島根2号炉の事故時の最高温度(120℃)，最高圧力(0.0069 MPa)を包絡する。

表2.3-4 電動弁用駆動部長期健全性試験結果（屋内電動（直流）弁）  
（設計基準事故，重大事故等）

項目	試験手順	判定基準	結果
動作確認	事故時雰囲気曝露試験終了後，電動弁の開閉動作を確認する。	正常に動作すること	良

図2.3-2に示す長期健全性試験手順により評価した。本試験条件は表2.3-3に示すとおり，電動弁用駆動部絶縁物の事故時雰囲気による劣化条件を包絡している。なお，機械的劣化条件は当該機器の動作回数では約38年に相当するが，電動弁は動作時間が短いことから機械的劣化はわずかであり，影響は少ないものとする。

表2.3-4に示す本試験結果により，熱による劣化，機械的および事故時雰囲気による劣化に対して，電動弁用駆動部絶縁物は60年の通常運転および事故時雰囲気において絶縁性能を維持できると評価できる。

(b) 現状保全

電動弁用駆動部の絶縁特性低下に対しては，定期的に絶縁抵抗測定を実施し，絶縁特性に有意な変化がないことを確認している。また，動作試験を行い，健全性を確認している。

なお，直流の電動弁用駆動部は定期的に取り替を実施している。

(c) 総合評価

事故時雰囲気内で機能要求される原子炉隔離時冷却系タービン排気隔離弁用駆動部は，健全性評価結果および現状保全より，運転開始から60年間の通常運転および事故時雰囲気において絶縁特性を維持できると判断する。

c. 高経年化への対応

電動弁用駆動部の絶縁特性低下については、現状の保全項目に高経年化対策の観点から追加すべき項目はない。引き続き、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。

〈対象電動弁用駆動部〉

- ① 設置場所が原子炉格納容器内の電動（交流）弁用駆動部
- ② 設置場所が屋内の電動（交流）弁用駆動部
- ③ 設置場所が屋内の電動（直流）弁用駆動部
- ④ 設置場所が屋外の電動（交流）弁用駆動部

#### 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・接続部品およびブレーキ電磁コイルの絶縁特性低下〔原子炉格納容器内電動（交流）弁用駆動部〕

代表機器と同様な絶縁物（ポリアミドイミド）であり，固定子コイル，口出線・接続部品およびブレーキ電磁コイルの絶縁物は有機物であるため，熱的，機械的および環境的要因により経年劣化が進行し，絶縁特性低下を起こす可能性がある。

しかし，代表機器と同様に，熱・放射線による劣化，機械的劣化および事故時雰囲気による絶縁特性低下については，電動弁用駆動部長期健全性試験結果（原子炉格納容器内電動弁）より60年間の通常運転および事故時雰囲気において絶縁性能を維持できると考えられる。

また，代表機器と同様に，定期的に絶縁抵抗測定を実施し，絶縁機能に有意な変化がないことを確認している。また，目視確認および清掃を実施するとともに動作試験を行い，健全性を確認している。

したがって，代表機器と同様に，電動弁用駆動部絶縁物の絶縁特性低下については，運転開始から60年間の通常運転および事故時雰囲気において絶縁性能を維持でき，高経年化対策の観点から現状の保全内容に追加すべき項目はないものと判断する。

b. 固定子コイル，口出線・接続部品，ブレーキ電磁コイルおよび回転子コイルの絶縁特性低下〔屋内電動（交流／直流）弁，屋外電動（交流）弁〕

(a) 事故時雰囲気内で機能要求される電動弁用駆動部（屋内電動（交流）弁）

事故時雰囲気内で機能要求される屋内電動（交流）弁用駆動部については，IEEE Std. 382（1972），323（1974）に準拠して，固定子コイルおよび口出線・接続部品絶縁物の熱，機械的による長期的な経年劣化および事故時雰囲気を考慮した実機同等品による長期健全性試験を実施しており，この結果に基づき長期間の健全性を評価した。

長期健全性試験は，図 3.1-1～図 3.1-2 に示す試験手順により実施されており，なお，機械的劣化条件（機械的劣化試験）は当該機器の動作回数では 60 年間の動作回数に満たないが，電動弁は動作時間が短いことから機械的劣化はわずかであり，影響は小さいものとする。また，環境的劣化要因のうち，絶縁物への塵埃の付着・吸湿による影響については，電動弁用駆動部内に塵埃が入りづらい全閉構造であることから影響は小さいと考えられる。

試験条件は表 3.1-1，表 3.1-3 に示すとおり，固定子コイルおよび口出線・接続部品絶縁物の 60 年間の運転期間を想定した熱および事故時雰囲気による劣化条件を包絡している。

試験結果は，表 3.1-2，表 3.1-4 に示すとおり判定基準を満足しており，熱，機械的および事故時雰囲気による劣化に対して，固定子コイルおよび口出線・接続部品絶縁物は 60 年間の通常運転および事故時雰囲気において絶縁性能を維持できると考えられる。

なお，代表機器と同様に，定期的に絶縁抵抗測定を実施し，絶縁機能に有意な変化がないことを確認している。また，目視確認および清掃を実施するとともに動作試験を行い，健全性を確認している。

したがって，代表機器と同様に，電動弁用駆動部絶縁物の絶縁特性低下については，運転開始から 60 年間の通常運転および事故時雰囲気において絶縁性能を維持でき，高経年化対策の観点から現状の保全内容に追加すべき項目はないものと判断する。

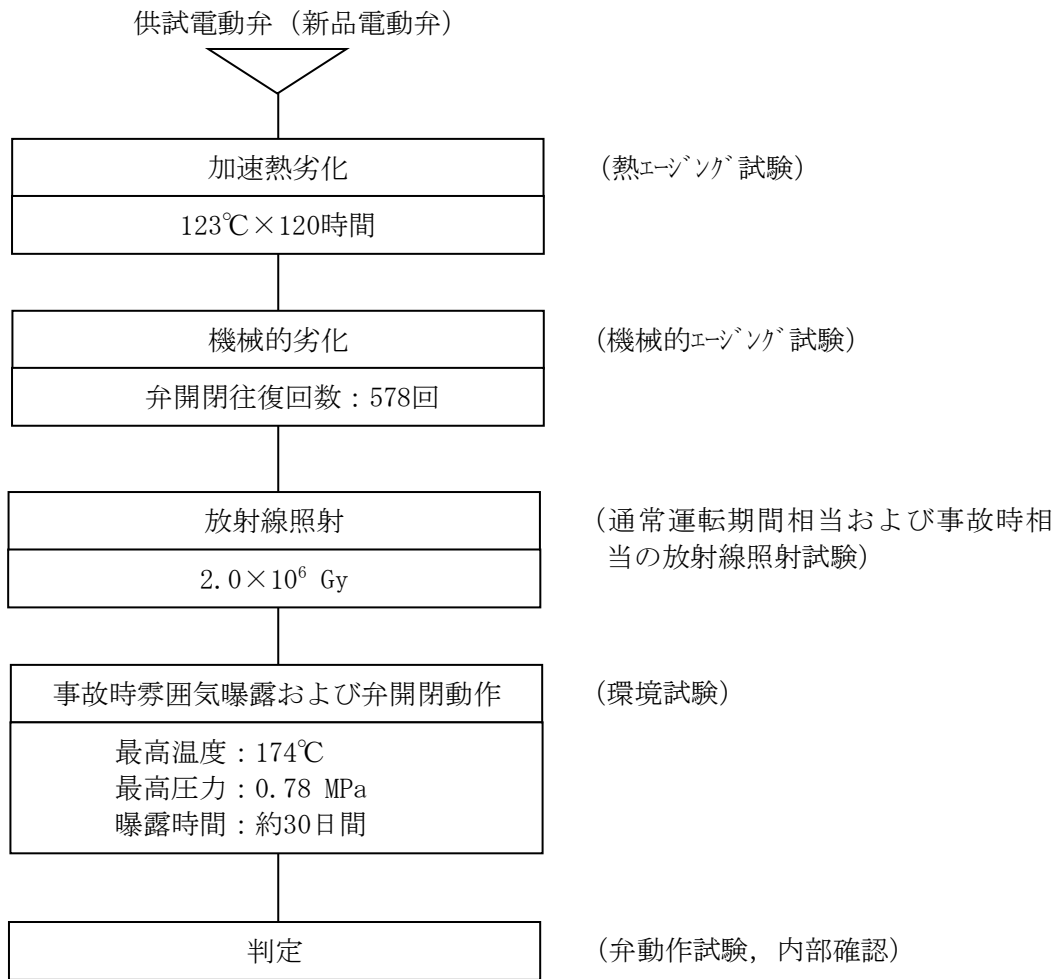


図3. 1-1 電動弁用駆動部長期健全性試験手順（屋内電動（交流）弁）  
（設計基準事故，重大事故等）

表3.1-1 電動弁用駆動部長期健全性試験条件（屋内電動（交流）弁）  
（設計基準事故，重大事故等）

	試験条件	説明
加速熱劣化	熱エージング試験 123℃×120時間	電動弁用駆動部設置場所の周囲温度(60℃)では，60年間の運転期間を包絡する。
機械的劣化	機械的エージング試験 弁開閉往復動作を578回実施	島根2号炉の約60年間の動作回数(約900回)を包絡しないが，動作時間が短いことから機械的劣化はわずかであり，影響は小さい。
放射線照射	通常運転期間相当および事故時相当の放射線照射試験 2.0×10 <sup>6</sup> Gy	島根2号炉で想定される線量約3.0×10 <sup>5</sup> Gy（60年間の通常運転期間約1.5×10 <sup>4</sup> Gyに事故時線量2.8×10 <sup>5</sup> Gyを加えた線量）を包絡する。
事故時雰囲気曝露	環境試験 最高温度：174℃ 最高圧力：0.78 MPa 曝露時間：約30日間	島根2号炉の事故時の最高温度(171℃)，最高圧力(0.014MPa)を包絡する。

表3.1-2 電動弁用駆動部長期健全性試験結果（屋内電動（交流）弁）  
（設計基準事故，重大事故等）

項目	試験手順	判定基準	結果
動作確認	事故時雰囲気曝露試験終了後，電動弁の開閉動作を確認する。	正常に動作すること	良

図 3.1-1 の試験条件は，表 3.1-1～表 3.1-2 に示すとおり，島根 2 号炉の 60 年間の運転期間を想定した劣化条件および事故時環境条件を包絡し，結果は判定基準を満足している。

(b) 事故時雰囲気内で機能要求される電動弁用駆動部（屋内電動（直流）弁）

代表機器と同様な絶縁物（ポリアミドイミド）であり，固定子コイル，口出線・接続部品およびブレーキ電磁コイルの絶縁物は有機物であるため，熱的，機械的および環境的要因により経年劣化が進行し，絶縁特性低下を起こす可能性がある。

しかし，代表機器と同様に，熱・放射線による劣化，機械的劣化および事故時雰囲気による絶縁特性低下については，電動弁用駆動部長期健全性試験結果（原子炉格納容器内電動弁）より 60 年間の通常運転および事故時雰囲気において絶縁性能を維持できると考えられる。

なお，代表機器と同様に，定期的に絶縁抵抗測定を実施し，絶縁機能に有意な変化がないことを確認している。また，動作試験を行い，健全性を確認している。さらに，直流の電動弁用駆動部は定期的に取り替を実施している。

したがって，代表機器と同様に，電動弁用駆動部絶縁物の絶縁特性低下については，運転開始から 60 年間の通常運転および事故時雰囲気において絶縁性能を維持でき，高経年化対策の観点から現状の保全内容に追加すべき項目はないものと判断する。

(c) 事故時雰囲気内で機能要求されない電動弁用駆動部

代表機器（原子炉補機冷却系熱交海水出口弁用駆動部，原子炉補機海水ポンプ出口弁用駆動部）と同様に，固定子コイル，口出線・接続部品およびブレーキ電磁コイルの絶縁物は有機物であるため，熱的，機械的および環境的要因で経年劣化が進行し，長期間の使用を考慮すると絶縁特性低下が起こる可能性は否定できないが，定期的な絶縁抵抗測定および目視確認により検知可能であるため，引き続き現状保全を継続することで60 年間の健全性は維持できると判断する。

したがって，電動弁用駆動部絶縁物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. モータの回転子棒および回転子エンドリングの疲労割れ〔モータの回転子棒および回転子エンドリングがある電動（交流）弁用駆動部〕

代表機器と同様に、回転子棒およ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は反映されていることから、高経年化上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

また、点検時に動作試験を行い、これまでに点検結果では異常は確認されていない。

なお、新規に設置される機器については、定期的に動作試験により健全性を確認することとしている。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. モータの主軸の摩耗〔共通〕

代表機器と同様に、主軸については、軸受と主軸の接触面との摩耗は想定されるが、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、これまでの点検時の動作試験において、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。

なお、新規に設置される機器については、定期的に動作試験により健全性を確認することとしている。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. 整流子の摩耗〔整流子がある電動（直流）弁用駆動部〕

代表機器と同様に、整流子はブラシとの接触面に摩耗が想定されるが、整流子材はブラシ材より硬質であり有意な摩耗が発生する可能性は小さく、屋内空調環境に設置されていることから塵埃により摩耗が発生する可能性も小さい。また、直流の電動弁用駆動部は定期的な取替を実施している。新規に設置される機器についても、定期的な取替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変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. 電磁ブレーキのライニングのはく離〔電磁ブレーキがある電動弁用駆動部〕

代表機器と同様に、電磁ブレーキのライニングは高湿度環境の影響で結露水がライニングの接着面に浸透し、接着力の低下によるはく離が想定されるが、島根2号炉の電動弁用駆動部は結露水が発生しやすい高湿度環境にはなく、はく離の可能性は小さい。

また、定期的に目視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意なはく離は認められていない。

なお、新規に設置される機器については、定期的に見視確認により健全性を確認することとしている。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. ステムナットおよびギアの摩耗〔共通〕

代表機器と同様に、ステムナットとギアは勘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見視確認による摩耗の進行程度の確認、グリースの補給および動作試験により健全性を確認しており、必要に応じて取替え等を行うこととしている。

なお、新規に設置される機器については、定期的に見視確認による摩耗の進行程度の確認、グリースの補給および動作試験により健全性を確認することとしている。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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〕

代表機器と同様に、取付ボルトは低合金鋼であり腐食が想定されるが、定期的に見視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。

なお、新規に設置される機器については、定期的に見視確認により健全性を確認することとしている。

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

以下、g～j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、当該評価書を参照のこと。

g. モータのフレームおよびエンドブラケットの腐食（全面腐食）〔共通〕

h. モータの固定子コアおよび回転子コアの腐食（全面腐食）〔共通〕

j. モータの主軸の高サイクル疲労割れ〔共通〕

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

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。

## 13. 空気作動弁用駆動部

[対象系統]

- ① 原子炉再循環系
- ② 給水系
- ③ 制御棒駆動系
- ④ 原子炉浄化系
- ⑤ 原子炉補機冷却系
- ⑥ 窒素ガス制御系
- ⑦ 原子炉隔離時冷却系
- ⑧ 残留熱除去系
- ⑨ 低圧炉心スプレイ系
- ⑩ 高圧炉心スプレイ系
- ⑪ 非常用ガス処理系
- ⑫ 中央制御室空調換気系
- ⑬ サンプルング系
- ⑭ プロセス放射線モニタ系

## 目 次

1. 対象機器および代表機器の選定	13-1
1.1 グループ化の考え方および結果	13-1
1.2 代表機器の選定	13-1
2. 代表機器の技術評価	13-3
2.1 構造, 材料および使用条件	13-3
2.1.1 中央制御室冷凍機出口圧力調節弁用駆動部	13-3
2.1.2 炉水戻り試験可能逆止弁用駆動部	13-6
2.1.3 原子炉給水外側隔離逆止弁用駆動部	13-9
2.2 経年劣化事象の抽出	13-12
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目	13-12
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出	13-12
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	13-14
3. 代表機器以外への展開	13-19
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象	13-19
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	13-20

## 1. 対象機器および代表機器の選定

島根2号炉で使用している主要な空気作動弁用駆動部の仕様を表1-1に示す。

これらの駆動部を型式、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以下のとおり代表機器を選定した。

### 1.1 グループ化の考え方および結果

型式、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、口径、運転状態および周囲温度の観点から代表機器を選定する。

#### (1) 設置場所が屋内のダイヤフラム型駆動部

ダイヤフラム型で屋内に設置されている駆動部のうち、重要度および口径の観点から、中央制御室冷凍機出口圧力調節弁用駆動部を代表機器とする。

(CV214-1A/B, 200A)

#### (2) 設置場所が原子炉格納容器内のシリンダ型駆動部

シリンダ型で原子炉格納容器内に設置されている駆動部のうち、重要度、口径および運転状態の観点から、炉水戻り試験可能逆止弁用駆動部を代表機器とする。

(AV222-3A/B, 250A)

#### (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、重要度の観点から、原子炉給水外側隔離逆止弁用駆動部を代表機器とする。

(AV204-101A/B, 450A)

表1-1 空気作動弁用駆動部のグループ化と代表機器

分類基準		系統名称	選定条件				選定	代表駆動部の弁名称	選定理由
型式	設置場所		重要度*1	使用条件					
				口径(A)	運転状態	周囲温度(°C)			
ダイヤフラム型	屋内	制御棒駆動系	MS-1	25	一時	40	◎	中央制御室冷凍機出口圧力調節弁用駆動部 (CV214-1A/B, 200A)	口径
		原子炉浄化系	PS-2	80~200	連続	50			
		原子炉補機冷却系	MS-1	200	連続	40			
		残留熱除去系	MS-1	100	連続(短期)	40			
		中央制御室空調換気系	MS-1	150	連続	40			
シリンダ型	原子炉格納容器内	原子炉再循環系	MS-1	20	連続	63*2	◎	炉水戻り試験可能逆止弁用駆動部 (AV222-3A/B, 250A)	運転状態
		残留熱除去系	PS-1	250	連続(短期)	63*2			
		低圧炉心スプレイ系	PS-1	250	一時	63*2			
		高圧炉心スプレイ系	PS-1	250	一時	63*2			
	屋内	原子炉再循環系	MS-1	20	連続	40	◎	原子炉給水外側隔離逆止弁用駆動部 (AV204-101A/B, 450A)	重要度
		給水系	PS-1	450	連続	60			
		原子炉浄化系	PS-2	50~150	連続	40			
		窒素ガス制御系	MS-1	50~600	連続	40			
		原子炉隔離時冷却系	MS-1	100	一時	60			
		非常用ガス処理系	MS-1	400	一時	40			
		サンプルリク`系	MS-1	20	一時	40			
		プロセス放射線モニタ系	MS-1	25	連続	40			

\*1: 最上位の重要度を示す。

\*2: 原子炉格納容器内のプラント運転状態における実測値。

## 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 中央制御室冷凍機出口圧力調節弁用駆動部
- ② 炉水戻り試験可能逆止弁用駆動部
- ③ 原子炉給水外側隔離逆止弁用駆動部

### 2.1 構造、材料および使用条件

#### 2.1.1 中央制御室冷凍機出口圧力調節弁用駆動部 (CV214-1A/B)

##### (1) 構造

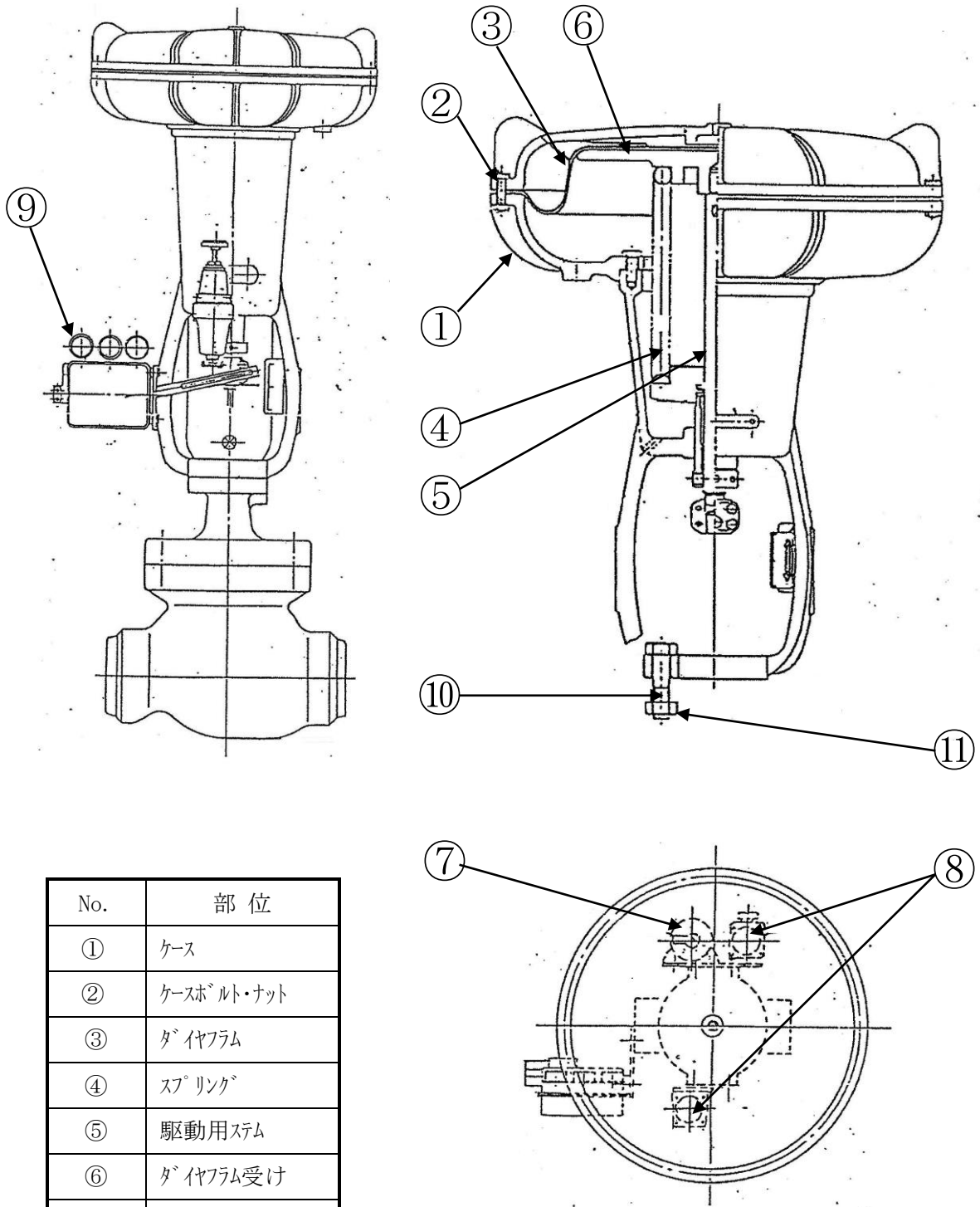
中央制御室冷凍機出口圧力調節弁用駆動部は、屋内に設置しているダイヤフラム型の空気操作装置である。また、スプリング、ダイヤフラム等で構成しており、空気圧によりダイヤフラムを加圧することによって弁を駆動させる構造としている。

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。

中央制御室冷凍機出口圧力調節弁用駆動部の構造図を図2.1-1に示す。

##### (2) 材料および使用条件

中央制御室冷凍機出口圧力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	スプリング
⑤	駆動用ステム
⑥	ダイヤフラム受け
⑦	ブースターリレー
⑧	減圧弁
⑨	ポジション
⑩	取付ボルト
⑪	取付ナット

図2.1-1 中央制御室冷凍機出口圧力調節弁用駆動部構造図



表2.1-1 中央制御室冷凍機出口圧力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	部 位	材 料
バウダリの維持	ケース	鋳鉄 (FC20)
	ケースボルト・ナット	炭素鋼 (SS41)
駆動力伝達機能の維持	ダイヤフラム	(消耗品)
	スプリング	ばね鋼 (SUP10)
	駆動用ステム	ステンレス鋼 (SUS403)
	ダイヤフラム受け	鋳鉄 (FC20)
	ブースターリレー	(定期取替品)
	減圧弁	(定期取替品)
	ポジション	アルミニウム合金 パイロットリレー：(定期取替品)
機器の支持	取付ボルト	炭素鋼 (S45C)
	取付ナット	炭素鋼 (S45C)

表2.1-2 中央制御室冷凍機出口圧力調節弁用駆動部の使用条件

作動空気圧力	約0.6MPa
周囲温度	40℃以下

## 2.1.2 炉水戻り試験可能逆止弁用駆動部 (AV222-3A/B)

### (1) 構造

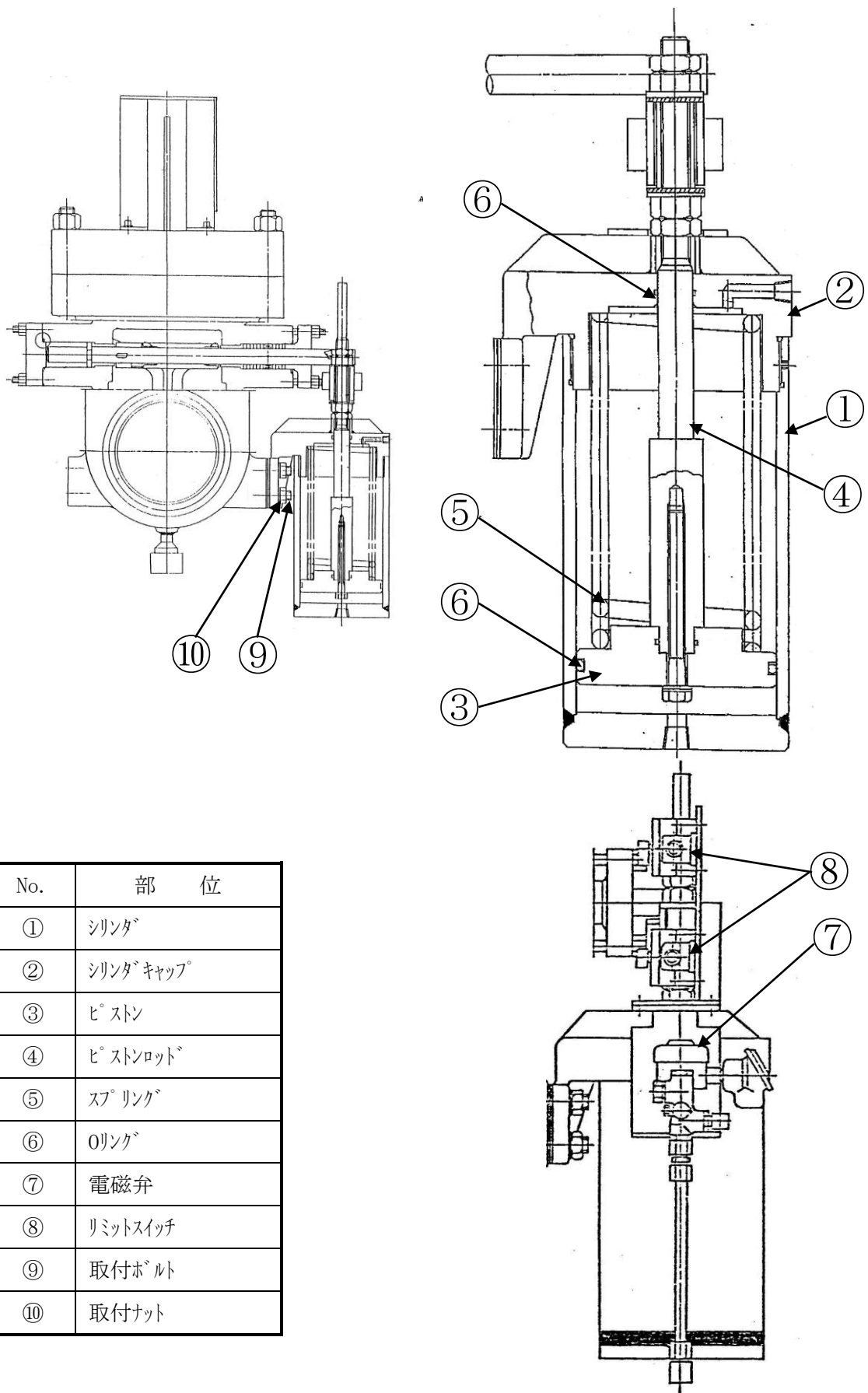
炉水戻り試験可能逆止弁用駆動部は、格納容器内に設置しているシリンダ型の空気操作装置である。また、シリンダ、スプリング、電磁弁、リミットスイッチ等で構成しており、空気圧によりシリンダを加圧することによって、弁を駆動させる構造としている。

なお、当該駆動部については、弁本体との取付ボルト・ナットおよびシャフトとピストンロッドを連結しているレバーを取り外し、駆動装置部シリンダを開放することにより駆動部内の点検手入れが可能である。

炉水戻り試験可能逆止弁用駆動部の構造図を図2.1-2に示す。

### (2) 材料および使用条件

炉水戻り試験可能逆止弁用駆動部主要部位の使用材料を表2.1-3に、使用条件を表2.1-4に示す。



No.	部 位
①	シリンダ
②	シリンダキャップ
③	ピストン
④	ピストンロッド
⑤	スプリング
⑥	Oリング
⑦	電磁弁
⑧	リミットスイッチ
⑨	取付ボルト
⑩	取付ナット

図2.1-2 炉水戻り試験可能逆止弁用駆動部構造図

表2.1-3 炉水戻り試験可能逆止弁用駆動部主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
ハウダリの維持	シリンダ <sup>°</sup>	炭素鋼 (STPG38, S25C)
	シリンダ <sup>°</sup> キャップ <sup>°</sup>	炭素鋼 <sup>°</sup> 鋳鋼 (SC49)
駆動力伝達機能の維持	ピ <sup>°</sup> ストン	ステンレス鋼 (SUS403)
	ピ <sup>°</sup> ストンロッド <sup>°</sup>	炭素鋼 (S25C)
	スプリング <sup>°</sup>	ばね鋼 (SUP9)
	リング <sup>°</sup>	(消耗品)
	電磁弁	(定期取替品)
	リミットスイッチ	(定期取替品)
機器の支持	取付ボ <sup>°</sup> ルト	低合金鋼 (SCM435)
	取付ナット	炭素鋼 (S45C)

表2.1-4 炉水戻り試験可能逆止弁用駆動部の使用条件

作動空気圧力	約0.6MPa
定 格 電 圧	AC100V
周 囲 温 度	63°C*1 (最高)

\*1：原子炉格納容器内のプラント運転状態における実測値。

### 2.1.3 原子炉給水外側隔離逆止弁用駆動部 (AV204-101A/B)

#### (1) 構造

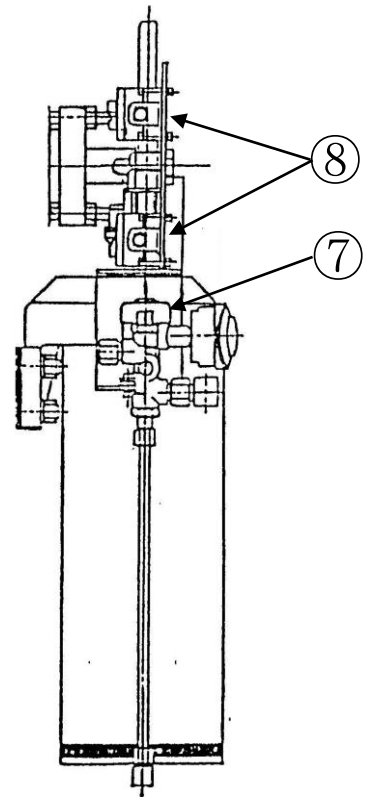
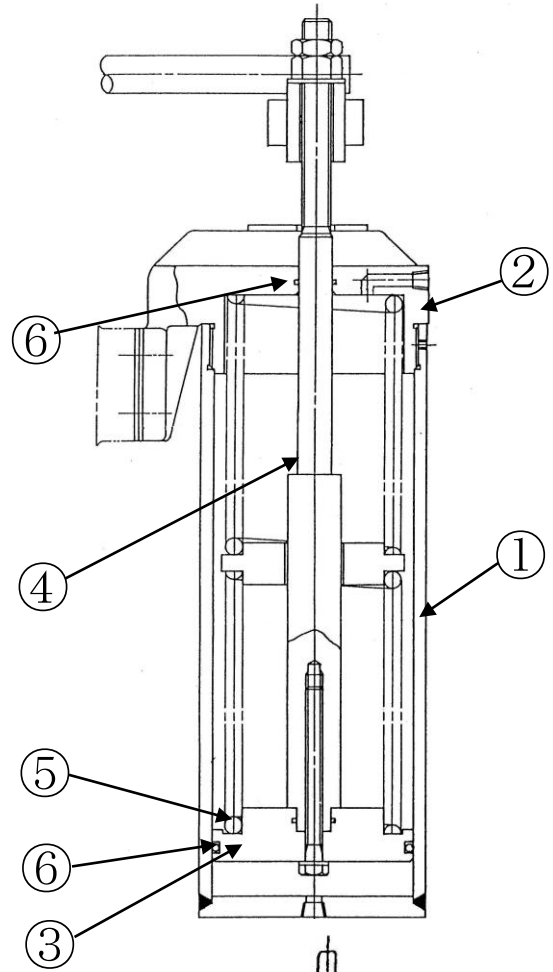
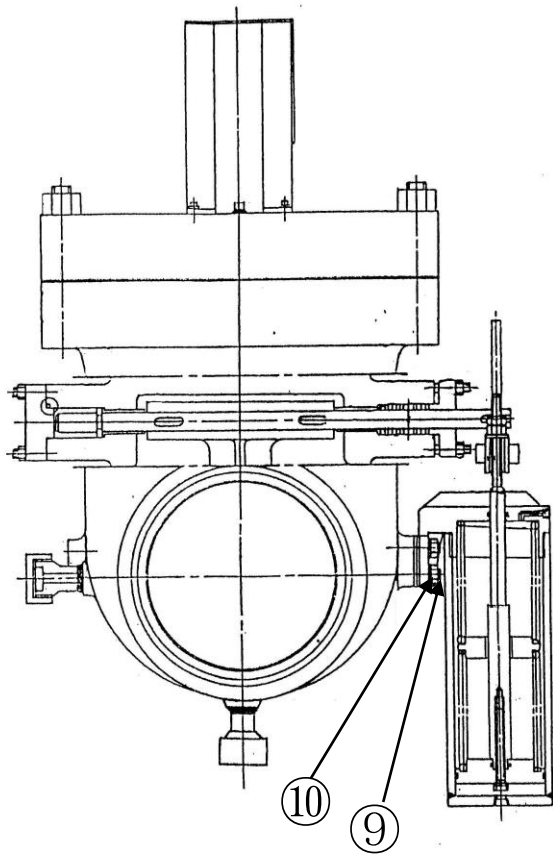
原子炉給水外側隔離逆止弁用駆動部は、屋内に設置されているシリンダ型の空気操作装置で、シリンダ、スプリング、電磁弁、リミットスイッチ等で構成しており、空気圧によりシリンダを加圧することによって弁を駆動させる構造としている。

なお、当該駆動部については、弁本体との取付ボルト・ナットおよびシャフトとピストンロッドを連結しているレバーを取り外し、駆動装置部シリンダを開放することにより駆動部内の点検手入れが可能である。

原子炉給水外側隔離逆止弁用駆動部の構造図を図2.1-3に示す。

#### (2) 材料および使用条件

原子炉給水外側隔離逆止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	ピストンロッド
⑤	スプリング
⑥	Oリング
⑦	電磁弁
⑧	リミットスイッチ
⑨	取付ボルト
⑩	取付ナット

図2.1-3 原子炉給水外側隔離逆止弁用駆動部構造図

表2.1-5 原子炉給水外側隔離逆止弁用駆動部主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
バウダリの維持	シリンダ <sup>°</sup>	炭素鋼 (STPG38, S25C)
	シリンダ <sup>°</sup> キャップ <sup>°</sup>	炭素鋼鋳鋼 (SC49)
駆動力伝達機能の維持	ピ <sup>°</sup> ストン	ステンレス鋼 (SUS403)
	ピ <sup>°</sup> ストンロッド <sup>°</sup>	炭素鋼 (S25C)
	スプリング <sup>°</sup>	ばね鋼 (SUP9)
	リング <sup>°</sup>	(消耗品)
	電磁弁	(定期取替品)
	リミットスイッチ	(定期取替品)
機器の支持	取付ホルト	低合金鋼 (SCM435)
	取付ナット	炭素鋼 (S45C)

表2.1-6 原子炉給水外側隔離逆止弁用駆動部の使用条件

作動流体圧力	約0.6MPa
定 格 電 圧	AC100V
周 囲 温 度	60℃以下

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

空気作動弁用駆動部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 駆動力伝達機能の維持
- 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の抽出

#### (1) 想定される経年劣化事象

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、設置場所、使用条件（温度等）およ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、消耗品および定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品および定期取替品の扱い

Oリングおよびダイヤフラムは消耗品であり、リミットスイッチ、電磁弁、ブースターリレー、パイロットリレーおよび減圧弁は定期取替品である。いずれも、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（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（表2.2-1で▲）

この結果，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

a. ケース、シリンダおよびシリンダキャップの腐食（全面腐食）〔共通〕

ケース、シリンダおよびシリンダキャップは鋳鉄、炭素鋼または炭素鋼鋳鋼であり、腐食が想定されるが、内面については内部流体が除湿された空気であり、外面については防食塗装が施されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、定期的に目視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。

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

b. ケースボルト・ナットの腐食（全面腐食）〔中央制御室冷凍機出口圧力調節弁用駆動部〕

ケースボルト・ナットは炭素鋼であり、腐食が想定されるが、定期的に目視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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〕

スプリングはばね鋼であり、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いること、および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が低いことから、へたりが発生する可能性は小さい。

また、定期的に目視確認および作動確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意なへたりは認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. ダイヤフラム受けの腐食（全面腐食）〔中央制御室冷凍機出口圧力調節弁用駆動部〕

ダイヤフラム受けは鋳鉄であり、腐食が想定されるが、ケース内は除湿された空気であり、腐食が発生する可能性は小さい。

また、定期的に目視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。

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

e. 取付ボルト・ナットの腐食（全面腐食）〔共通〕

取付ボルト・ナットは炭素鋼または低合金鋼であり、腐食が想定されるが、定期的に目視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。

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

f. ピストンロッドの腐食（全面腐食）〔炉水戻り試験可能逆止弁用駆動部，原子炉給水外側  
隔離逆止弁用駆動部〕

ピストンロッドは炭素鋼であり、腐食が想定されるが、シリンダ内部は除湿された空気であり、腐食が発生する可能性は小さい。

また、定期的に目視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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) 中央制御室冷凍機出口圧力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	部 位	消耗品・ 定期取替 品	材 料	経年劣化事象						備 考
				減肉		割れ		材料	その他	
				摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	材料 劣化		
ハウダリの維持	ケース		鋳鉄		△					*1：へたり *2：パイロットリレー
	ケースボルト・ナット		炭素鋼		△					
駆動力伝達機能の維持	ダイヤフラム	◎	—							
	スプリング		ばね鋼						△*1	
	駆動用ステム		ステンレス鋼							
	ダイヤフラム受け		鋳鉄		△					
	プーラーリレー	◎	—							
	減圧弁	◎	—							
	ポジション	◎*2	アルミニウム合金							
機器の支持	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 (2/3) 炉水戻り試験可能逆止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	部 位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象						備考
				減肉		割れ		材料	その他	
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	材料劣化		
バウナリの維持	シリンダ <sup>°</sup>		炭素鋼		△				*1：へたり	
	シリンダキャップ <sup>°</sup>		炭素鋼鋳鋼		△					
駆動力伝達機能の維持	ピ <sup>°</sup> ストン		ステンレス鋼							
	ピ <sup>°</sup> ストンロッド <sup>°</sup>		炭素鋼		△					
	スプリング <sup>°</sup>		ばね鋼					△*1		
	Oリング <sup>°</sup>	◎	—							
	電磁弁	◎	—							
	リミットスイッチ	◎	—							
機器の支持	取付ボルト		低合金鋼		△					
	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) 原子炉給水外側隔離逆止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	部 位	消耗品・ 定期取替 品	材 料	経年劣化事象						備考
				減肉		割れ		材料	その他	
				摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	材料 劣化		
ハウダリの維持	シリンダ <sup>o</sup>		炭素鋼		△					*1：へたり
	シリンダ <sup>o</sup> キャップ		炭素鋼鋳鋼		△					
駆動力伝達機能の維持	ピ <sup>o</sup> ストン		ステンレス鋼							
	ピ <sup>o</sup> ストンロッド <sup>o</sup>		炭素鋼		△					
	スプリング <sup>o</sup>		ばね鋼						△*1	
	Oリング <sup>o</sup>	◎	—							
	電磁弁	◎	—							
	リミットスイッチ	◎	—							
機器の支持	取付ボルト		低合金鋼		△					
	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）

### 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 設置場所が屋内のダイヤフラム型駆動部（代表機器以外）
- ② 設置場所が原子炉格納容器内のシリンダ型駆動部（代表機器以外）
- ③ 設置場所が屋内のシリンダ型駆動部（代表機器以外）

#### 3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

代表機器と同様に、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象はない。

### 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. ケース、シリンダおよびシリンダキャップの腐食（全面腐食）〔炭素鋼，炭素鋼鋳鋼または鋳鉄製のケース，シリンダおよびシリンダキャップを有する空気作動弁用駆動部共通〕  
代表機器と同様に，ケース，シリンダおよびシリンダキャップは鋳鉄，炭素鋼または炭素鋼鋳鋼であり，腐食が想定されるが，内面については内部流体が除湿された空気であり，外面については防食塗装が施されていることから，腐食が発生する可能性は小さい。

また，定期的に目視確認を行い，健全性を確認しており，これまで有意な腐食は認められていない。

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

b. ケースボルト・ナットの腐食（全面腐食）〔炭素鋼または低合金鋼のケースボルト・ナットを有する空気作動弁用駆動部共通〕

代表機器と同様に，ケースボルト・ナットは炭素鋼または低合金鋼であり，腐食が想定されるが，定期的に目視確認を行い，健全性を確認しており，これまで有意な腐食は認められていない。

したがって，今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから，高経年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〔空気作動弁用駆動部共通〕

代表機器と同様に，スプリングはばね鋼であり，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いること，および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が低いことから，へたりが発生する可能性は小さい。

また，定期的に目視確認および作動確認を行い，健全性を確認しており，これまで有意なへたりは認められていない。

したがって，今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから，高経年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. ダイヤフラム受けの腐食（全面腐食）〔ダイヤフラム型空気作動弁用駆動部共通〕

ダイヤフラム受けは鋳鉄または炭素鋼であり，腐食が想定されるが，ケース内は除湿された空気であり，腐食が発生する可能性は小さい。

また，定期的に目視確認を行い，健全性を確認しており，これまで有意な腐食は認められていない。

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



e. 取付ボルト・ナットの腐食（全面腐食）〔取付ボルト・ナットが炭素鋼製または低合金鋼製の空気作動弁用駆動部共通〕

代表機器と同様に、取付ボルト・ナットは炭素鋼または低合金鋼であり、腐食が想定されるが、定期的に見視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。

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

f. ピストンおよびピストンロッドの腐食（全面腐食）〔炭素鋼または鋳鉄製のピストン、ピストンロッドを有するシリンダ型空気作動弁用駆動部共通〕

代表機器と同様に、ピストンおよびピストンロッドは炭素鋼または鋳鉄であり、腐食が想定されるが、シリンダの内部は除湿された空気であるため、腐食が発生する可能性は小さい。

また、定期的に見視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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）

代表機器と同様に、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。

島根原子力発電所2号炉

## 炉内構造物の技術評価書

[運転を断続的に行うことを前提とした評価]

中国電力株式会社

本評価書は、島根原子力発電所2号炉（以下、「島根2号炉」という。）における安全上重要な炉内構造物（重要度分類審査指針におけるPS-1, 2およびMS-1, 2に該当する機器）、高温・高圧の環境下にあるクラス3の炉内構造物および常設重大事故等対処設備に属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すべ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、本評価書には含めていない。

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*1
炉心シュラウド（1）	PS-1, 重*2
シュラウドサポート（1）	PS-1, 重*2
上部格子板（1）	PS-1, 重*2
炉心支持板（1）	PS-1, 重*2
燃料支持金具（中央137, 周辺12）	PS-1, 重*2
制御棒案内管（137）	PS-1, 重*2
炉心スプレッド配管（原子炉压力容器内部）（2）・スパーシヤ（4）	MS-1, 重*2
給水スパーシヤ（4）	MS-1, 重*2
差圧検出・ほう酸水注入系配管（原子炉压力容器内部）（1）	MS-1, 重*2
ジェットポンプ（20）	MS-1, 重*2
原子炉中性子計装案内管（43）	MS-1
低圧注水系配管（原子炉压力容器内部）（3）	MS-1, 重*2

\*1：最上位の重要度を示す。

\*2：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器および構造物であることを示す。

## 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 炉心スプレイ配管（原子炉压力容器内部）・スパージャ
- ⑧ 給水スパージャ
- ⑨ 差圧検出・ほう酸水注入系配管（原子炉压力容器内部）
- ⑩ ジェットポンプ
- ⑪ 原子炉中性子計装案内管
- ⑫ 低圧注水系配管（原子炉压力容器内部）

## 目 次

1. 対象機器	1- 1
2. 対象機器の技術評価	1- 2
2.1 構造, 材料および使用条件	1- 4
2.1.1 炉心シュラウド	1- 4
2.1.2 シュラウドサポート	1- 7
2.1.3 上部格子板	1-10
2.1.4 炉心支持板	1-13
2.1.5 燃料支持金具	1-16
2.1.6 制御棒案内管	1-19
2.1.7 炉心スプレイ配管 (原子炉压力容器内部) ・スパージャ	1-22
2.1.8 給水スパージャ	1-25
2.1.9 差圧検出・ほう酸水注入系配管 (原子炉压力容器内部)	1-28
2.1.10 ジェットポンプ	1-31
2.1.11 原子炉中性子計装案内管	1-34
2.1.12 低圧注水系配管 (原子炉压力容器内部)	1-37
2.2 経年劣化事象の抽出	1-40
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目	1-40
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出	1-40
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	1-42
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価	1-58

## 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 炉内構造物の仕様

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, 重*3	9.0	304
シュラウドサポート (1)	PS-1, 重*3		
上部格子板 (1)	PS-1, 重*3		
炉心支持板 (1)	PS-1, 重*3		
燃料支持金具 (中央137, 周辺12)	PS-1, 重*3		
制御棒案内管 (137)	PS-1, 重*3		
炉心スプレイ配管 (原子炉压力容器内部) (2) ・ スパージャ (4)	MS-1, 重*3		
給水スパージャ (4)	MS-1, 重*3		
差圧検出・ほう酸水注入系配管 (原子炉压力容器内部) (1)	MS-1, 重*3		
ジェットポンプ (20)	MS-1, 重*3		
原子炉中性子計装案内管 (43)	MS-1		
低圧注水系配管 (原子炉压力容器内部) (3)	MS-1, 重*3		

\*1：最上位の重要度を示す。

\*2：環境の最高使用圧力を示す。

\*3：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器および構造物であることを示す。

## 2. 対象機器の技術評価

本章では1章で評価対象機器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概要図を図1に示す。

なお、島根2号炉の原子炉熱出力は2,436 MW、原子炉冷却材全流量は $35.6 \times 10^3$  t/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 炉心スプレイ配管（原子炉压力容器内部）・スパージャ
- ⑧ 給水スパージャ
- ⑨ 差圧検出・ほう酸水注入系配管（原子炉压力容器内部）
- ⑩ ジェットポンプ
- ⑪ 原子炉中性子計装案内管
- ⑫ 低圧注水系配管（原子炉压力容器内部）

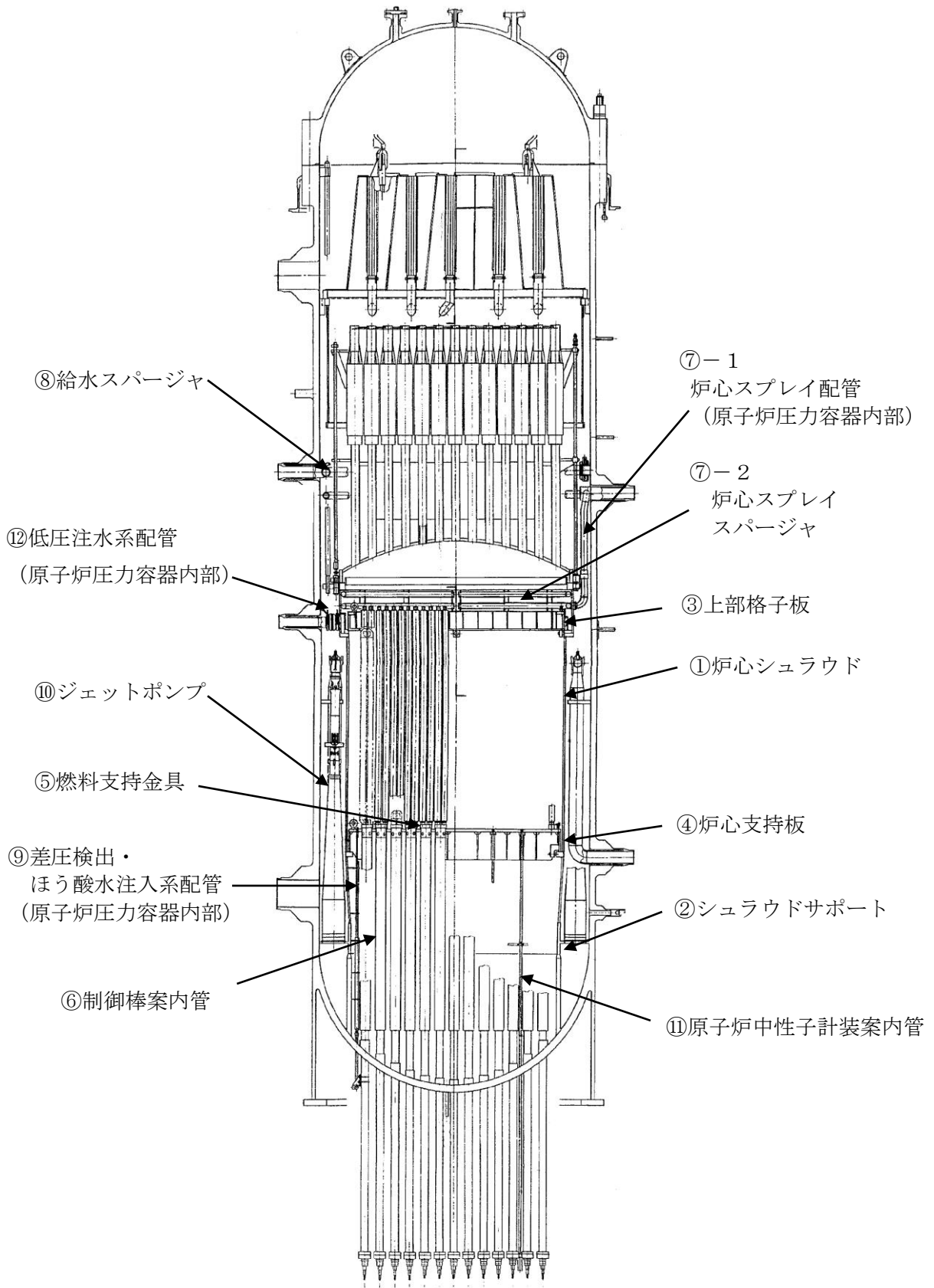


図1 炉内構造物概要図



## 2.1 構造, 材料および使用条件

### 2.1.1 炉心シュラウド

#### (1) 構造

炉心シュラウドは, 炉心内を上昇する原子炉冷却材の流れと, 炉心シュラウドと原子炉圧力容器壁との間の環状部を下降する原子炉冷却材の流れを隔離する円筒形の構造物で1個設置されており, 下端はシュラウドサポートに溶接されている。

材料は, 耐食性の高いステンレス鋼を使用している。

炉心シュラウドの構造図を図2.1-1に示す。

なお, 第11回定期検査(2003年度)において, 周方向溶接線(H4)近傍に応力腐食割れを確認し, 第12回定期検査(2004年度)において, 研削によりひびを除去している。

また, 炉心シュラウド溶接部の一部については, 第12回定期検査(2004年度)および第13回定期検査(2006年度)において, ウォータージェットピーニング法により溶接残留応力を圧縮側に改善している。

#### (2) 材料および使用条件

炉心シュラウド主要部位の使用材料を表2.1-1に, 使用条件を表2.1-2に示す。

No.	部 位
①	上部胴
②	中間胴
③	下部胴
④	リング

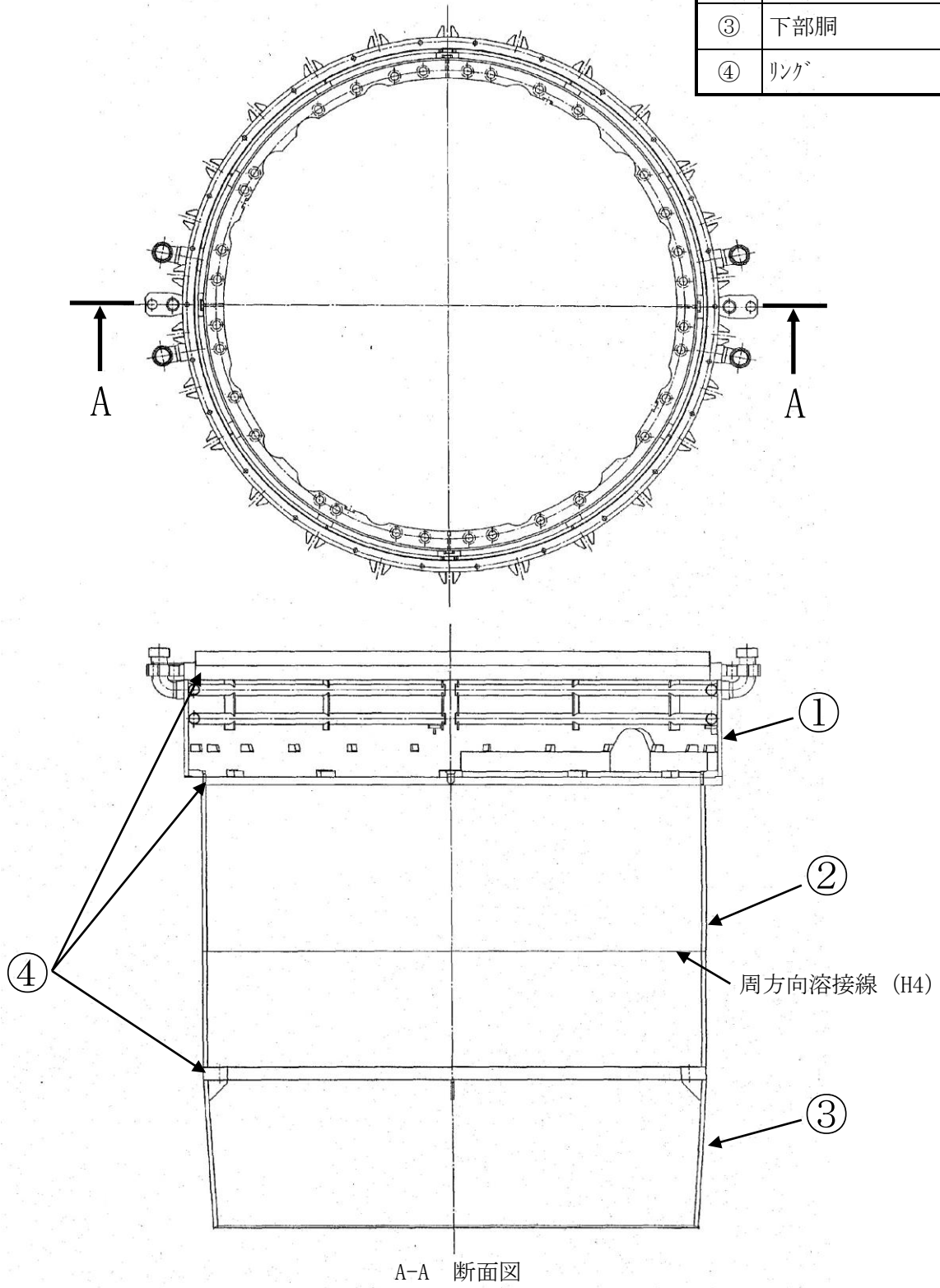


図2.1-1 炉心シュラウド構造図

表2.1-1 炉心シュラウド主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
炉心の支持	上部胴	ステンレス鋼(SUS316L)
	中間胴	ステンレス鋼(SUS316L)
	下部胴	ステンレス鋼(SUS316L)
	リング <sup>6</sup>	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	9.0 MPa
最高使用温度	304 °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、レグおよびプレートを介し原子炉圧力容器に溶接されている。

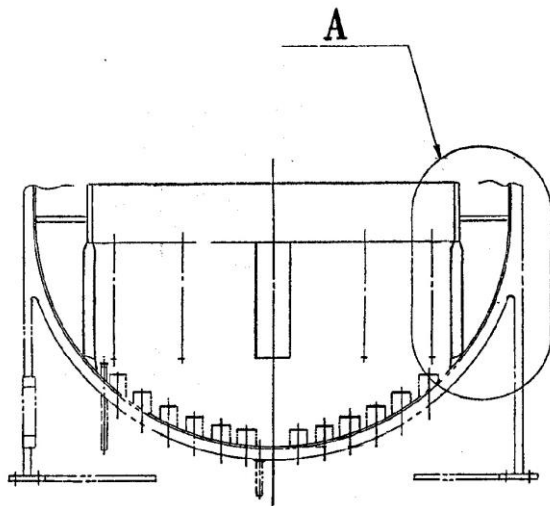
材料は、耐食性の高い高ニッケル合金を使用している。

なお、第17回定期事業者検査（2016年度）において、マンホール蓋の溶接部に応力腐食割れを確認しており、対策として第17回定期事業者検査（2019年）において、溶接部を有さないボルト締結式に取替を実施している。

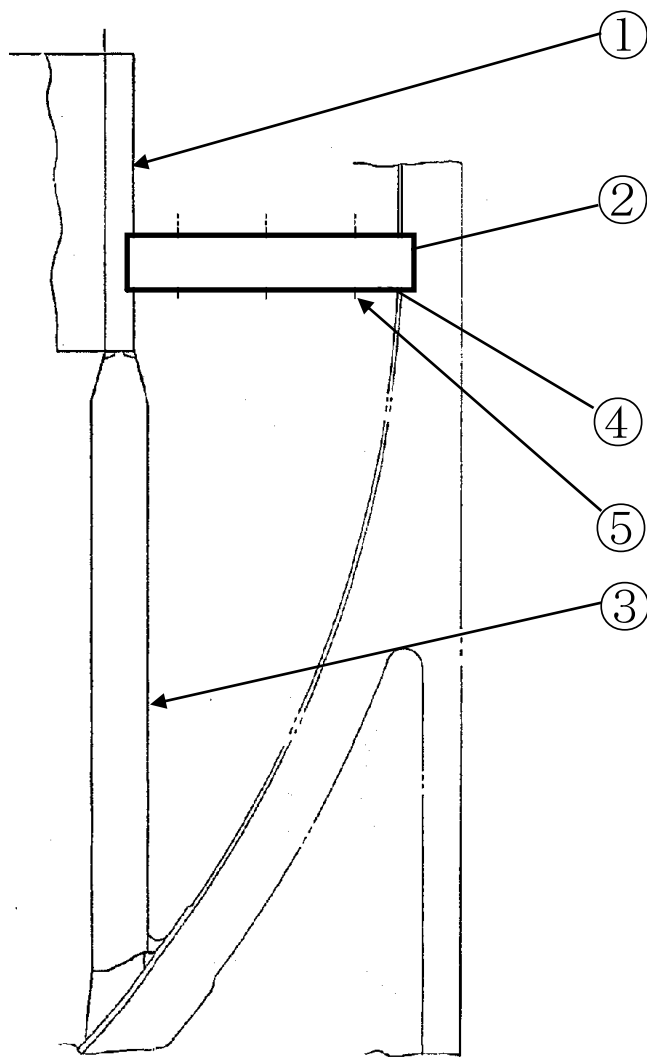
シュラウドサポートの構造図を図2.1-2に示す。

### (2) 材料および使用条件

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	シリング
②	プレート
③	レグ
④	マンホール蓋
⑤	取付ボルト



A 拡大図

図2.1-2 シュラウドサポート構造図

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

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	部 位	材 料
炉心の支持	シリング	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	マンホール蓋	高ニッケル合金(NCF600-B)
	取付ボルト	高ニッケル合金(NCF750-B相当)

表2.1-4 シュラウドサポートの使用条件

最高使用圧力	9.0 MPa
最高使用温度	304 °C
流 体	純水 (原子炉冷却材)

### 2.1.3 上部格子板

#### (1) 構造

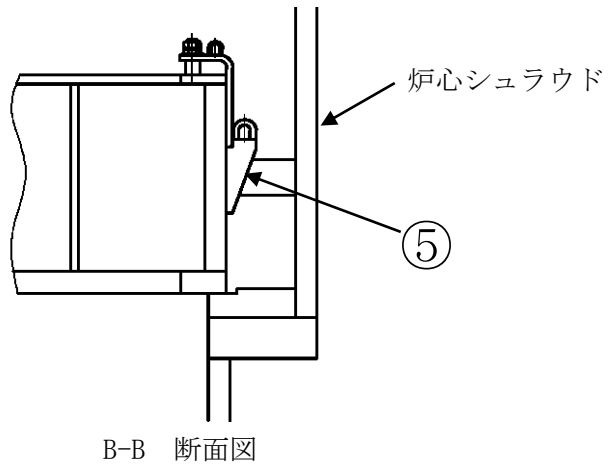
上部格子板は、燃料集合体上部の水平方向および核計装装置の上端を支持する格子状の構造物で1個設置されており、クサビにて炉心シュラウドに取り付けられている。

材料は、耐食性の高いステンレス鋼を使用している。

上部格子板の構造図を図2.1-3に示す。

#### (2) 材料および使用条件

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	上部フランジ
②	グリッドプレート
③	リム胴
④	下部フランジ
⑤	クサビ

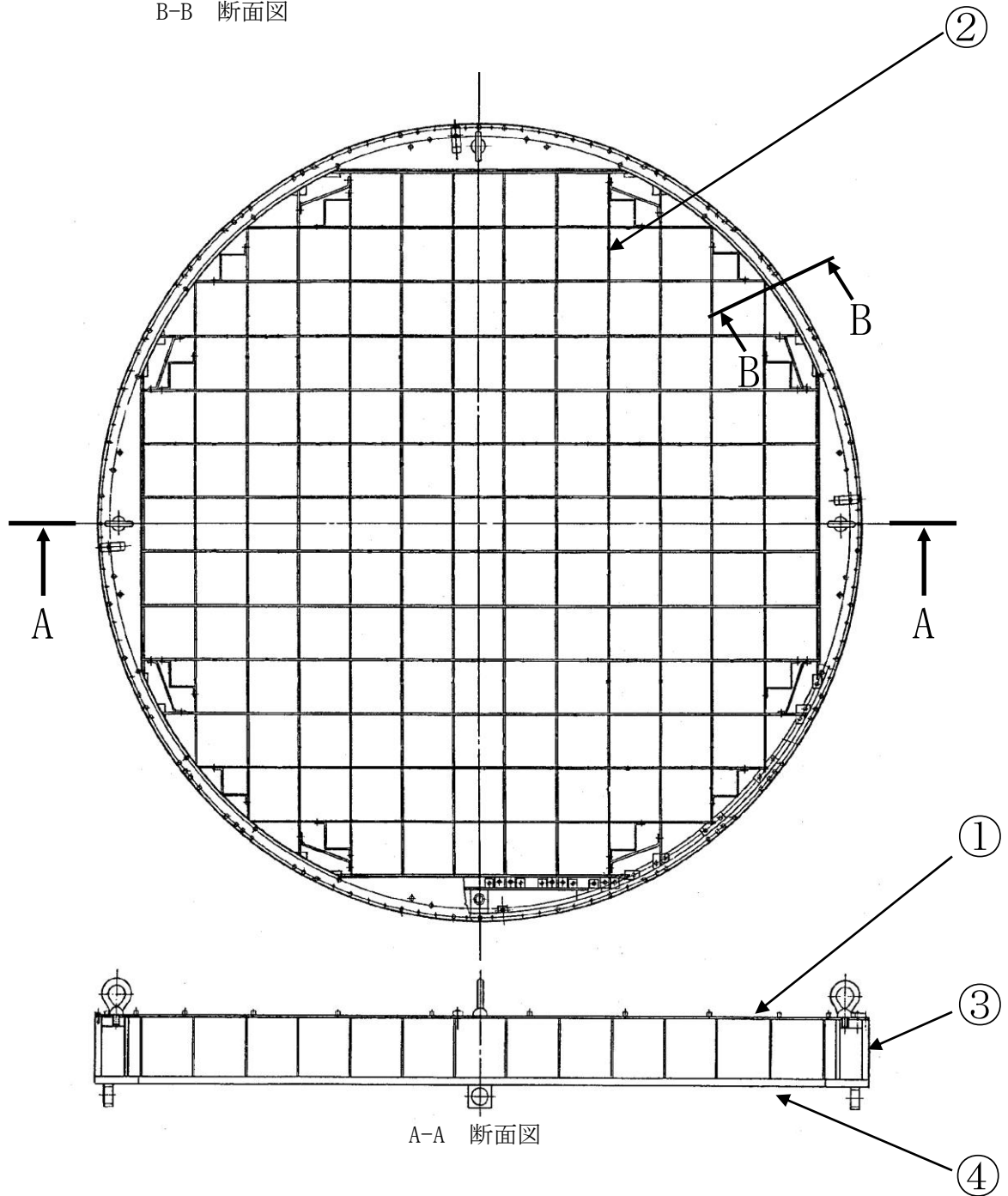


図2.1-3 上部格子板構造図



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	部 位	材 料
炉心の支持	上部フランジ	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)
	下部フランジ	ステンレス鋼 (SUS316L)
機器の支持	クサビ	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	9.0 MPa
最高使用温度	304 °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、制御棒案内管上部および原子炉中性子計装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で取り付けられている。

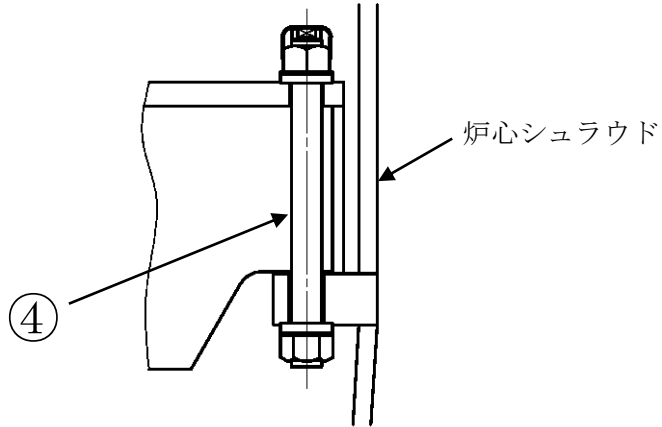
材料は、耐食性の高いステンレス鋼を使用している。

炉心支持板の構造図を図2.1-4に示す。

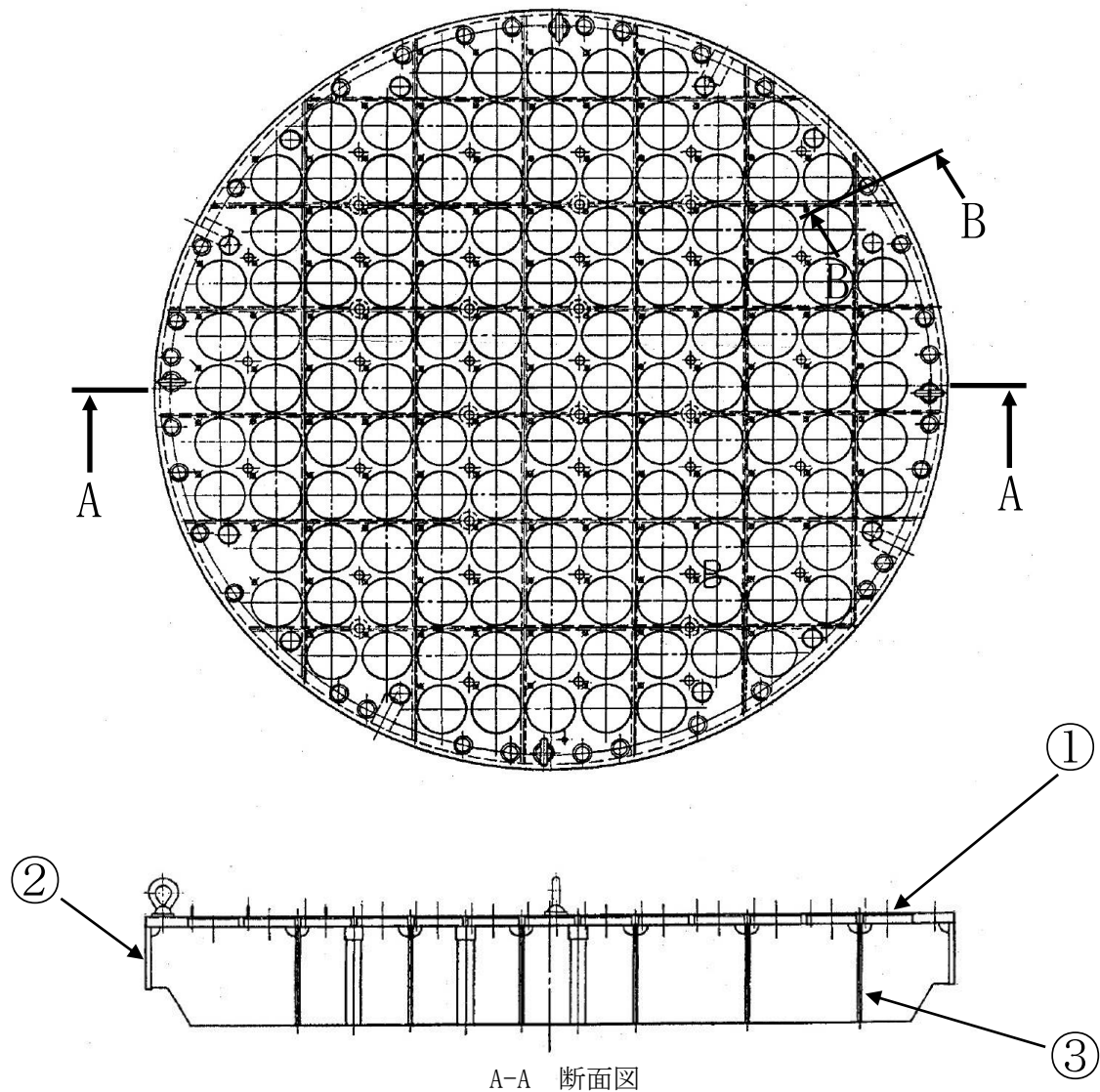
### (2) 材料および使用条件

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	支持板
②	リム胴
③	補強ビーム
④	スタッド



B-B 断面図



A-A 断面図

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	部 位	材 料
炉心の支持	支持板	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(SUS316L)
機器の支持	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	9.0 MPa
最高使用温度	304 °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137個、周辺燃料支持金具が12個設置されており、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およ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) 材料および使用条件

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

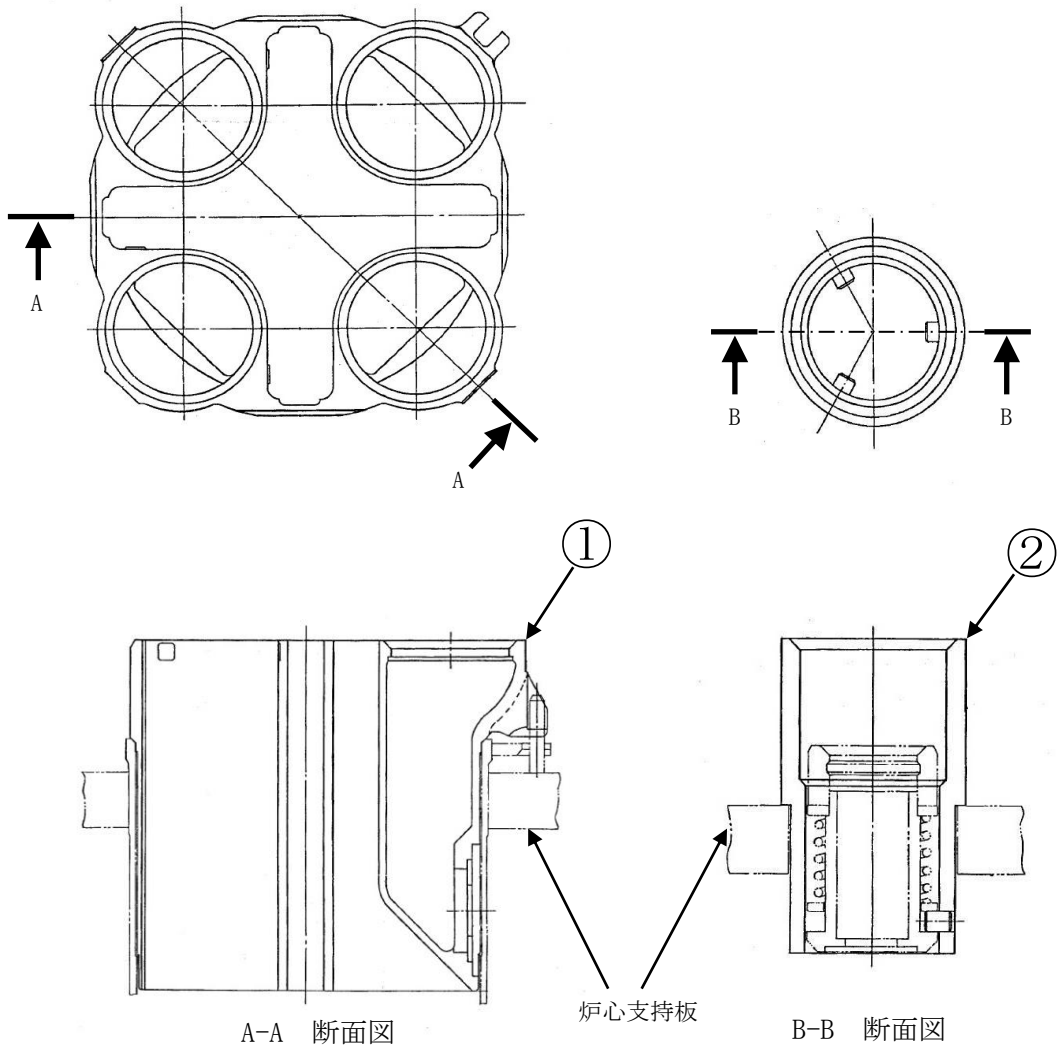


图2.1-5 燃料支持金具构造图

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	部 位	材 料
炉心の支持	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	9.0 MPa
最高使用温度	304 °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、燃料集合体および中央燃料支持金具の重量を支える円筒形状の構造物で137個設置されている。上端は炉心支持板により水平方向を支持されており、下端は制御棒駆動機構ハウジングに取付けられている。

材料は、耐食性の高いステンレス鋼およ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) 材料および使用条件

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

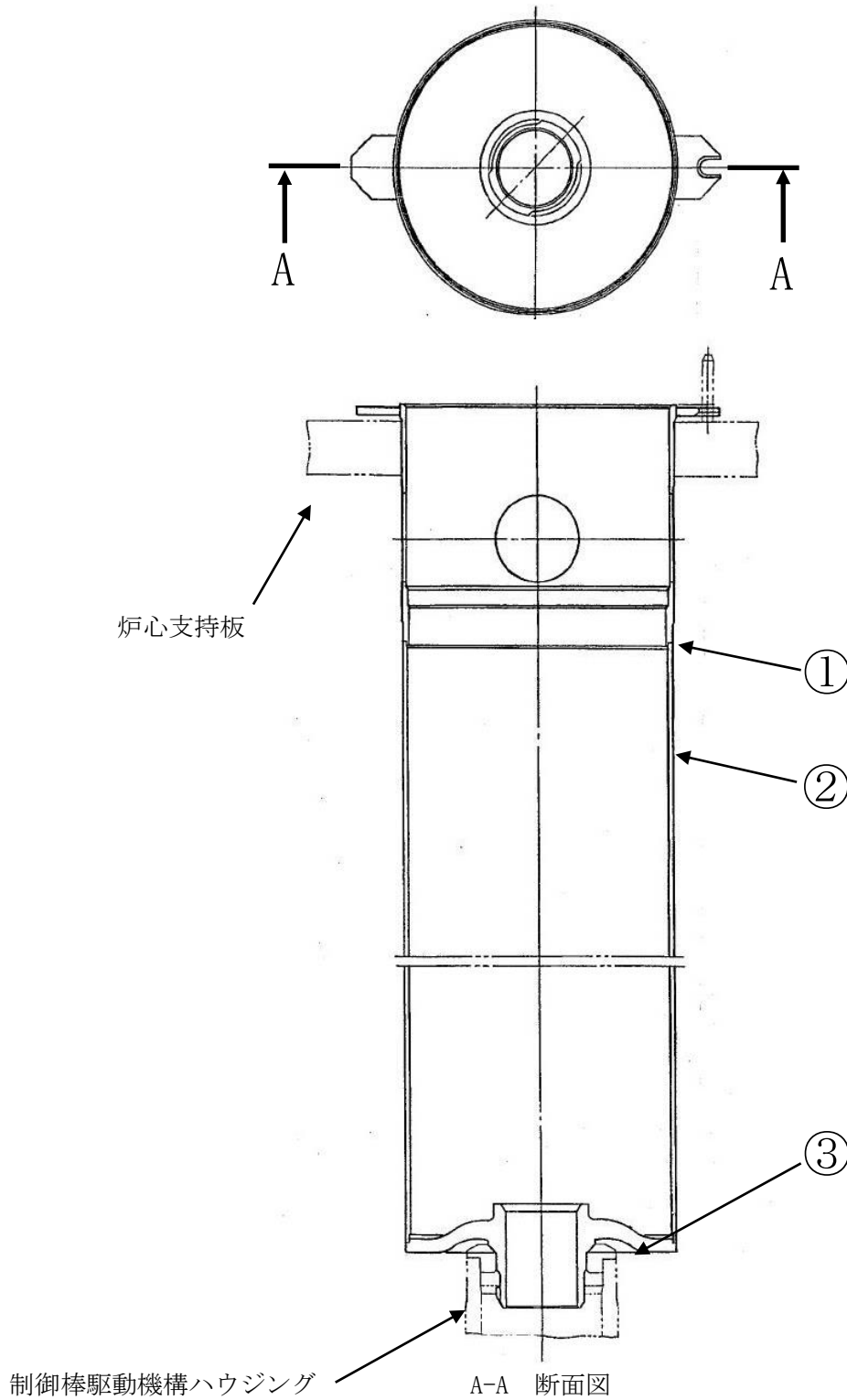


図2.1-6 制御棒案内管構造図

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	部 位	材 料
炉心の支持	スリーブ	ステンレス鋼(SUS304L)
	ボディ	ステンレス鋼(SUS304L)
	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	9.0 MPa
最高使用温度	304 °C
流 体	純水 (原子炉冷却材)

## 2.1.7 炉心スプレイ配管（原子炉压力容器内部）・スパージャ

### (1) 構造

炉心スプレイ配管（原子炉压力容器内部）・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、スパージャは炉心シユクラウドの上部胴内面のスパージャブラケット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およびステンレス鋳鋼を使用している。

炉心スプレイ配管（原子炉压力容器内部）・スパージャの構造図を図2.1-7に示す。

### (2) 材料および使用条件

炉心スプレイ配管（原子炉压力容器内部）・スパージャ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	パイプ
②	テイ (配管)
③	テイ (スパージヤ)
④	ヘッド
⑤	ノズル
⑥	クランプ
⑦	取付ホルト
⑧	スパージヤブレード

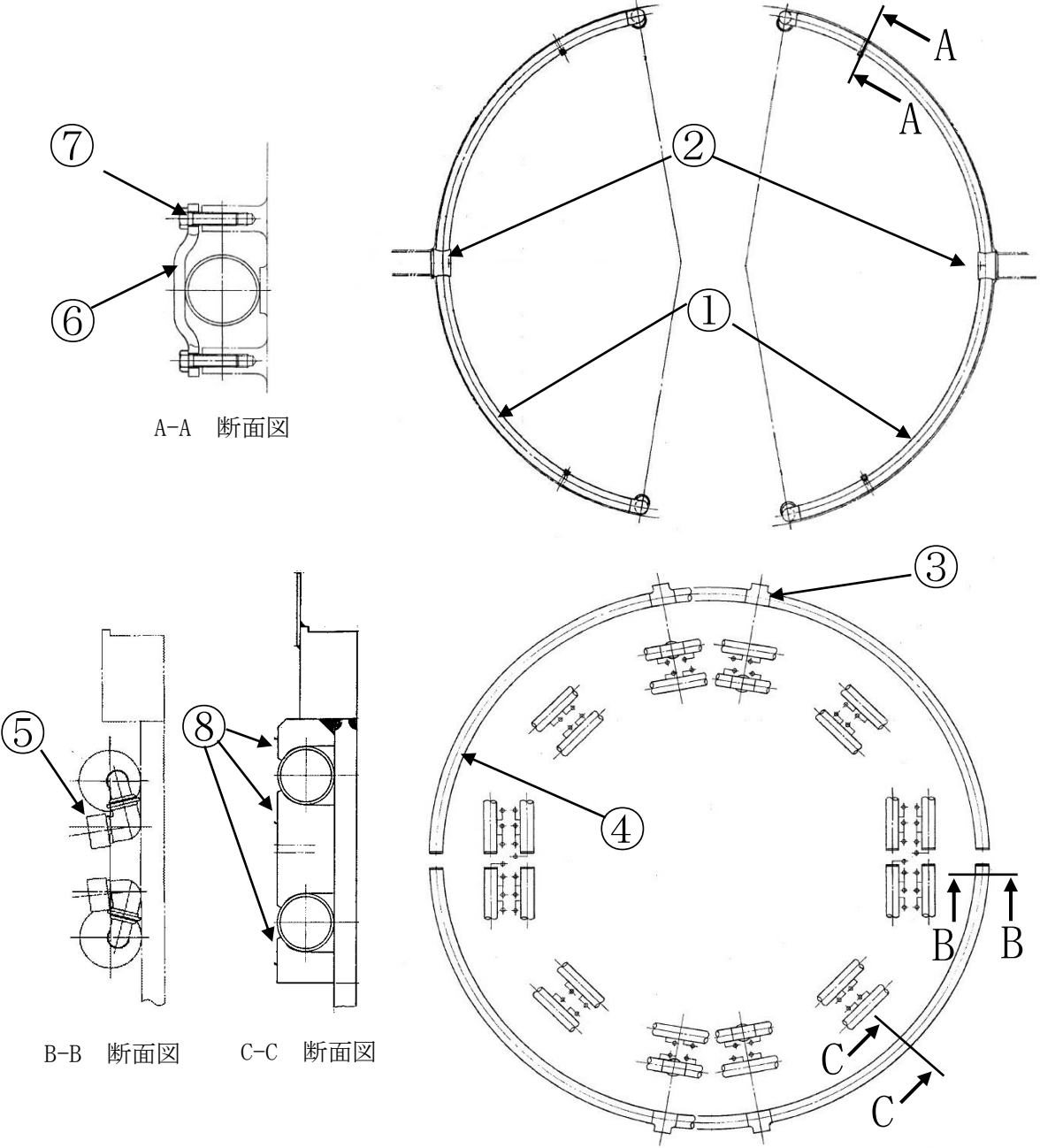


図2.1-7 炉心スプレイ配管 (原子炉圧力容器内部) ・スパージヤ構造図

表2.1-13 炉心スプレイ配管（原子炉压力容器内部）・スパーージャ主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
炉心冷却材流 路の確保	パイプ	ステンレス鋼(SUS316LTP)
	ティ（配管）	ステンレス鋼(SUS316LTP)
	ティ(スパーージャ)	ステンレス鋼(SUSF316L)
	ヘッド	ステンレス鋼(SUS316LTP)
	ノズル	ステンレス鋼(SUS316L) ステンレス鋳鋼(SCS19A)
機器の支持	クランプ	ステンレス鋼(SUS316L)
	取付ホルト	ステンレス鋼(SUS316L)
	スパーージャブラケット	ステンレス鋼(SUS316L)

表2.1-14 炉心スプレイ配管（原子炉压力容器内部）・スパーージャの使用条件

最高使用圧力	9.0 MPa
最高使用温度	304 °C
流 体	純水（原子炉冷却材）

## 2.1.8 給水スパージャ

### (1) 構造

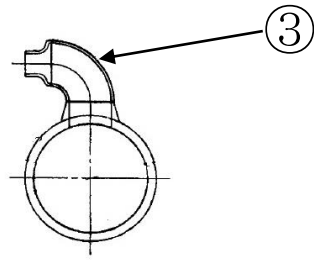
給水スパージャは、原子炉に原子炉冷却材を供給するための管状の構造物で4個設置されており、サーマルスリーブを介し給水ノズルセーフエンドに溶接され、ヘッダは原子炉圧力容器内面のブラケットにて支持されている。

材料は、耐食性の高いステンレス鋼を使用している。

給水スパージャの構造図を図2.1-8に示す。

### (2) 材料および使用条件

給水スパージャ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。



A-A 断面図

No.	部 位
①	ティ
②	ヘッド
③	ノズル
④	エンドブラケット
⑤	ピン

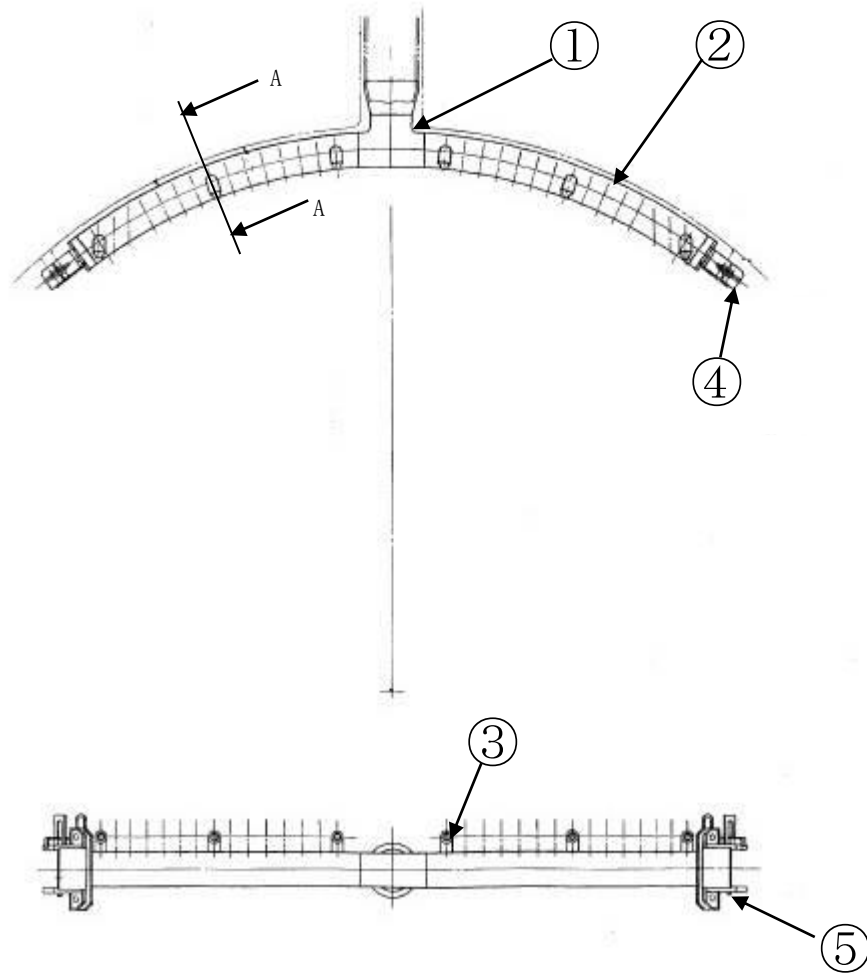


図2.1-8 給水スパージャ構造図

表2.1-15 給水スパーージャ主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
炉心冷却材流路の確保	テイ	ステンレス鋼(SUSF316L)
	ヘッド	ステンレス鋼(SUS316LTP)
	ノズル	ステンレス鋼(SUS316L, SUS316LTP)
機器の支持	エンドブラケット	ステンレス鋼(SUS316L)
	ピン	ステンレス鋼(SUS316L)

表2.1-16 給水スパーージャの使用条件

最高使用圧力	9.0 MPa
最高使用温度	304 °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（原子炉压力容器内部）

### (1) 構造

差圧検出・ほう酸水注入系配管（原子炉压力容器内部）は、炉心支持板上下の差圧検出およ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、内部配管で炉心支持板下部圧力検出およ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（原子炉压力容器内部）は、ほう酸水注入および炉心差圧計測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およ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。

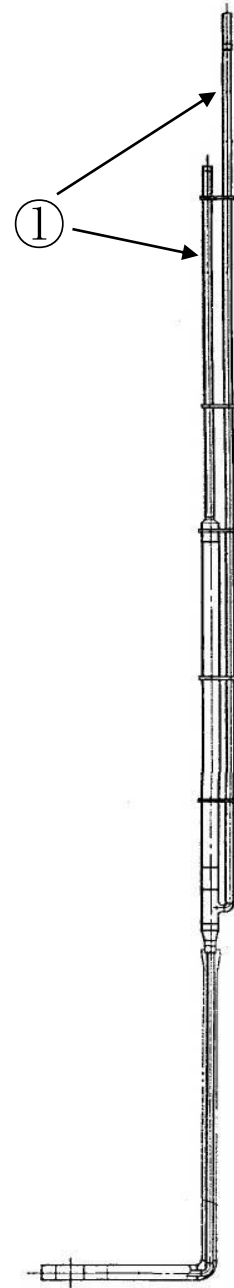
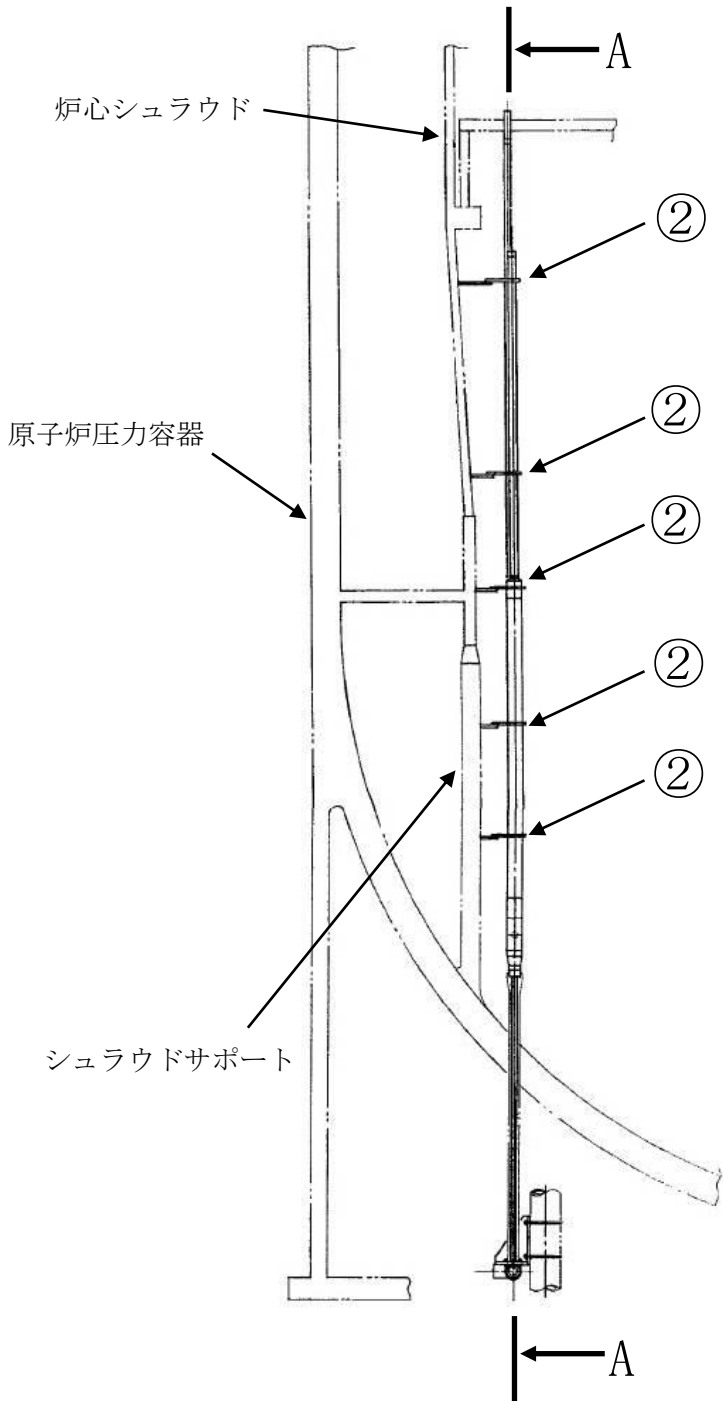
材料は、耐食性の高いステンレス鋼を使用している。

差圧検出・ほう酸水注入系配管（原子炉压力容器内部）の構造図を図2.1-9に示す。

### (2) 材料および使用条件

差圧検出・ほう酸水注入系配管（原子炉压力容器内部）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	ハ イ°
②	サポ ート



A-A 断面図

図2.1-9 差圧検出・ほう酸水注入系配管（原子炉圧力容器内部）構造図

表2.1-17 差圧検出・ほう酸水注入系配管（原子炉压力容器内部）主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
炉心冷却材 流路の確保	パイプ	ステンレス鋼(SUS316LTP)
機器の支持	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（原子炉压力容器内部）の使用条件

最高使用圧力	9.0 MPa
最高使用温度	304 °C
流 体	純水（原子炉冷却材）

## 2.1.10 ジェットポンプ

### (1) 構造

ジェットポンプは、原子炉再循環ポンプにより昇圧された原子炉冷却材をインレットミキサノズル部から高速で噴出し、炉心シュラウド外側の原子炉冷却材を吸い込み炉心に供給する流体噴射駆動式ポンプで20個設置されている。ライザ管はサーマルスリーブを介し再循環水入口ノズルセーフエンドに、ライザブレースは原子炉压力容器内面に、ディフューザ下端はシュラウドサポートプレートに溶接し、ライザ管とディフューザ間にインレットミキサを取り付けビームにより固定されている。

材料は、耐食性の高いステンレス鋼、ステンレス鋳鋼および高ニッケル合金を使用している。

ジェットポンプの構造図を図2.1-10に示す。

なお、ビームについては、他プラントにおいて応力腐食割れが発生した事例を受けて、第5回定期検査（1994年度）において、ビーム締付力の低減によりビーム端部に発生する応力を軽減するとともに、耐応力腐食割れ性に優れた材料へ全数取替を実施している。

また、計測配管については、他プラントにおいて高サイクル疲労割れが発生した事例を受けて、第14回定期検査（2007年度）および第17回定期事業者検査（2013年度）において、クランプの取付により流体振動による共振を回避する対策を実施している。

### (2) 材料および使用条件

ジェットポンプ主要部位の使用材料を表2.1-19に、使用条件を表2.1-20に示す。

No.	部 位
①	ライザ管
②	インレットミキサ
③	デファイユサ
④	ヒーム
⑤	ライザブレース
⑥	ブラケット
⑦	計測配管

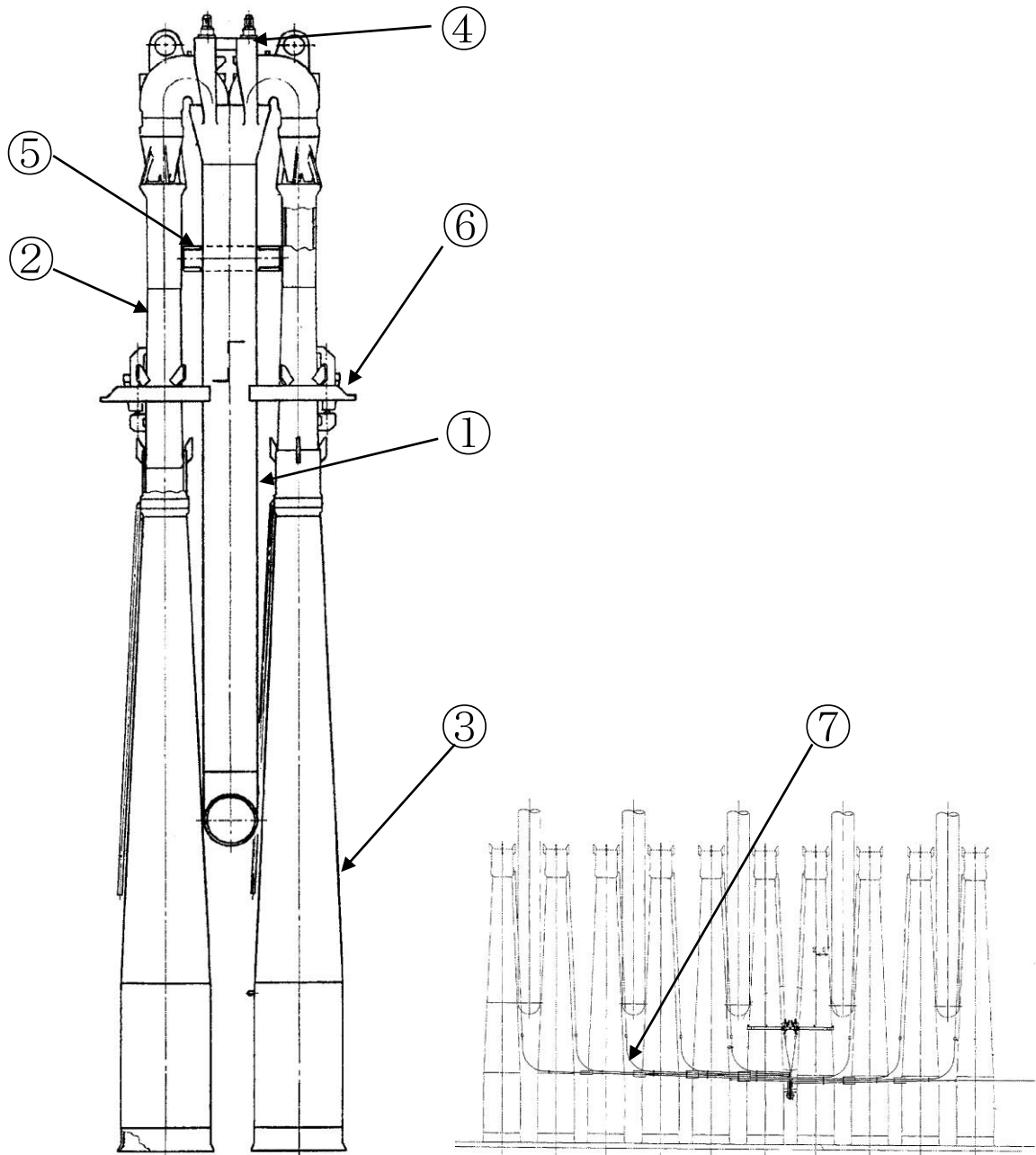


図2.1-10 ジェットポンプ構造図

表2.1-19 ジェットポンプ主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
炉心冷却材流路の確保	ライザ管	ステンレス鋼(SUS316LTP) ステンレス鋳鋼(SCS19A)
	インレットミキサ	ステンレス鋳鋼(SCS19A)
	ディフューザ	ステンレス鋼(SUS316L, SUS316LTP) ステンレス鋳鋼(SCS19A) 高ニッケル合金(NCF600-B)
機器の支持	ヒーム	高ニッケル合金(NCF750相当)
	ライザブレース	ステンレス鋼(SUS316, SUSF316L)
	ブラケット	ステンレス鋳鋼(SCS19A)
その他	計測配管	ステンレス鋼(SUS316LTP)

表2.1-20 ジェットポンプの使用条件

最高使用圧力	9.0 MPa
最高使用温度	304 °C
流 体	純水 (原子炉冷却材)

## 2.1.11 原子炉中性子計装案内管

### (1) 構造

原子炉中性子計装案内管は、核計装装置のガイドをする管形状で43個設置されており、上端を炉心支持板に支持され、下端を中性子計装ハウジングに溶接し、中間部はスタビライザにより他の原子炉中性子計装案内管と連結している。

材料は、耐食性の高いステンレス鋼を使用している。

原子炉中性子計装案内管の構造図を図2.1-11に示す。

### (2) 材料および使用条件

原子炉中性子計装案内管主要部位の使用材料を表2.1-21に、使用条件を表2.1-22に示す。

No.	部 位
①	パイプ
②	スタビライザ

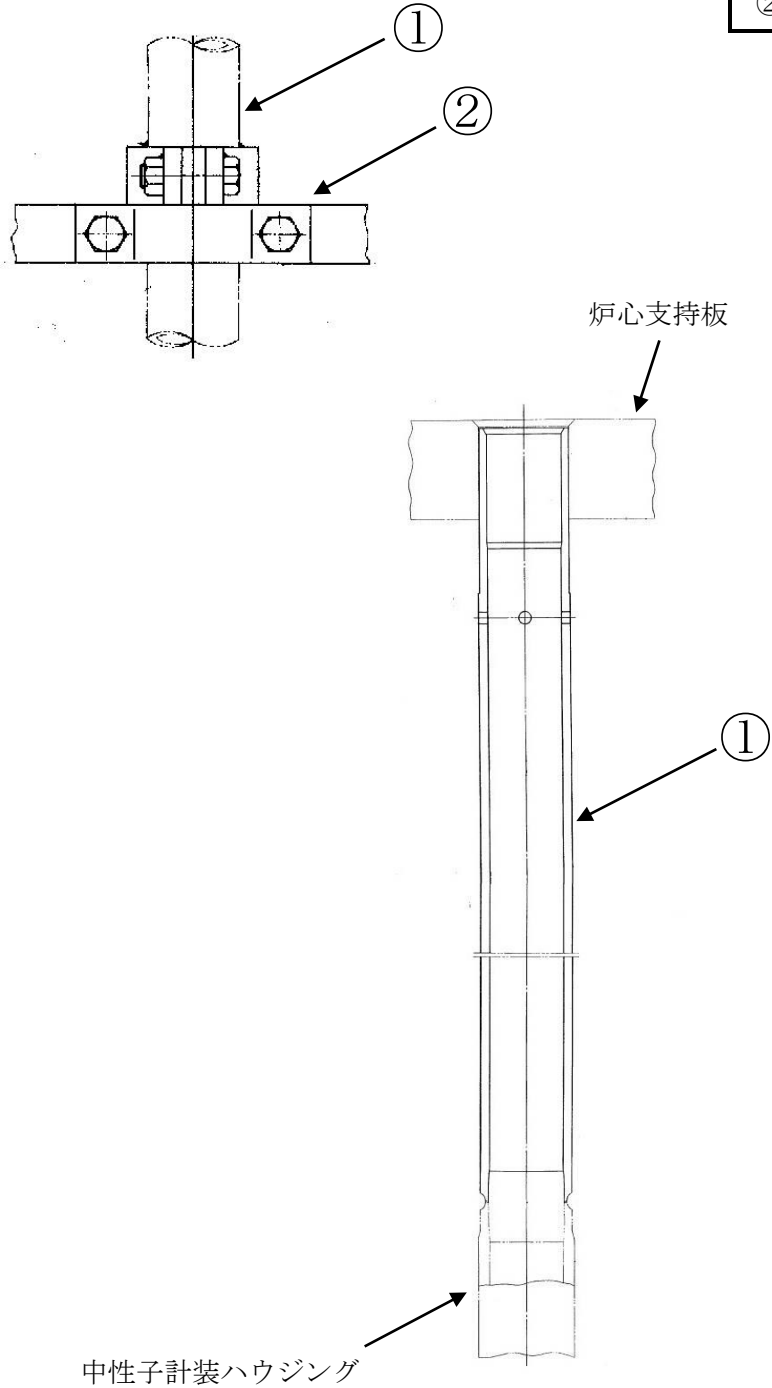


図2.1-11 原子炉中性子計装案内管構造図



表2.1-21 原子炉中性子計装案内管主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
ガイド	パイプ	ステンレス鋼(SUS316LTP)
機器の支持	スタビライザ	ステンレス鋼(SUS316L)

表2.1-22 原子炉中性子計装案内管の使用条件

最高使用圧力	9.0 MPa
最高使用温度	304 °C
流 体	純水 (原子炉冷却材)

## 2.1.12 低圧注水系配管（原子炉圧力容器内部）

### (1) 構造

低圧注水系配管（原子炉圧力容器内部）は、冷却水を炉心に供給するための管状の構造物で3個設置されており、原子炉圧力容器のノズルと炉心シュラウドを繋ぐ連絡管である。スリーブ両端はフランジネックと球面接触しており、フランジネックはベローズで結ばれており、原子炉圧力容器と炉心シュラウドの熱膨張差による相対変位を吸収できるようになっている。フランジネックは原子炉圧力容器のサーマルスリーブと炉心シュラウドに溶接されている。

材料は、耐食性の高いステンレス鋼を使用している。

低圧注水系配管（原子炉圧力容器内部）の構造図を図2.1-12に示す。

### (2) 材料および使用条件

低圧注水系配管（原子炉圧力容器内部）主要部位の使用材料を表2.1-23に、使用条件を表2.1-24に示す。

No.	部 位
①	スリーブ
②	フランジネック
③	クランプ
④	アボルト
⑤	ヘローズ

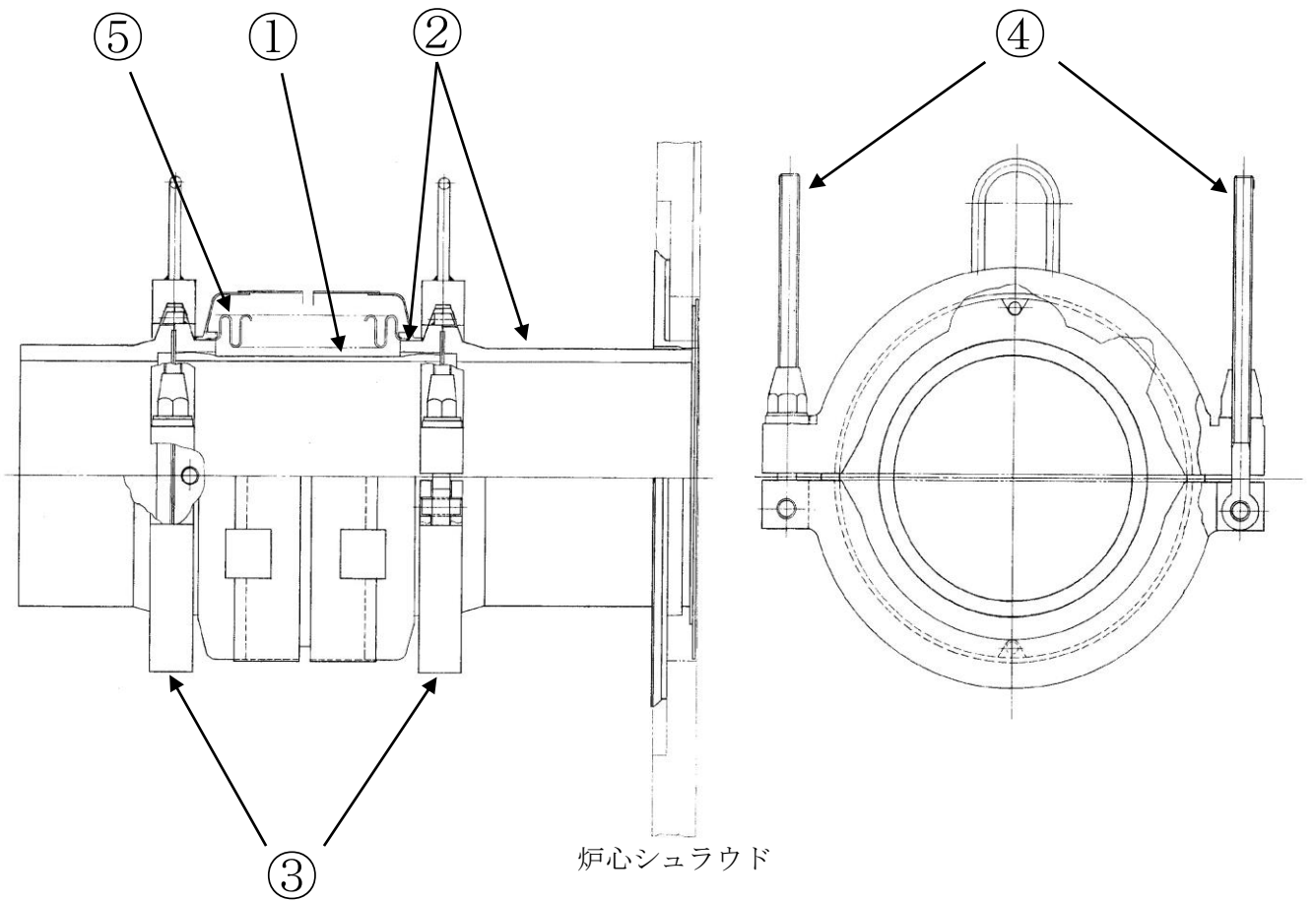


図2.1-12 低圧注水系配管（原子炉压力容器内部）構造図

表2.1-23 低圧注水系配管（原子炉压力容器内部）主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
炉心冷却材流 路の確保	スリーブ	ステンレス鋼(SUS316L)
	フランジ・ネック	ステンレス鋼(SUSF316L)
機器の支持	クランプ	ステンレス鋼(SUS316L)
	アイボルト	ステンレス鋼(SUS316L)
その他	ベローズ	ステンレス鋼(SUS316L)

表2.1-24 低圧注水系配管（原子炉压力容器内部）の使用条件

最高使用圧力	9.0 MPa
最高使用温度	304 °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（炉心形状の維持および炉外の機器・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
- ④ ガイド

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

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（流体、圧力、温度等）およ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。

#### (2) 消耗品および定期取替品の扱い

炉内構造物には、消耗品およ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（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（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、炉心スプレイ配管（原子炉压力容器内部）・スパージャ、給水スパージャ、差圧検出・ほう酸水注入系配管（原子炉压力容器内部）、ジェットポンプ、原子炉中性子計装案内管および低圧注水系配管（原子炉压力容器内部）]

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、炉心スプレイ配管（原子炉压力容器内部）・スパージャ、給水スパージャ、差圧検出・ほう酸水注入系配管（原子炉压力容器内部）、ジェットポンプ、原子炉中性子計装案内管および低圧注水系配管（原子炉压力容器内部）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環境中にあることから、粒界型応力腐食割れが想定される。

炉心シュラウドについては、第11回定期検査（2003年度）において、周方向溶接線（H4）近傍に応力腐食割れを確認したが、健全性評価を実施し、一定の期間において炉心シュラウドの構造強度が十分に保たれることを確認している。また、第12回定期検査（2004年度）において、研削によりひび除去後、第12回定期検査（2004年度）および第13回定期検査（2006年度）において、ウォータージェットピーニング法により溶接残留応力を圧縮側に改善している。

炉心シュラウド、シュラウドサポート、上部格子板、炉心支持板、周辺燃料支持金具、制御棒案内管、炉心スプレイ配管（原子炉压力容器内部）・スパージャ、給水スパージャ、差圧検出・ほう酸水注入系配管（原子炉压力容器内部）、ジェットポンプ、原子炉中性子計装案内管および低圧注水系配管（原子炉压力容器内部）については、維持規格等に基づき計画的に水中カメラによる目視点検を実施している。

したがって、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にくいことから、高経年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、中央・周辺燃料支持金具および制御棒案内管]

炉心シュラウド、上部格子板、炉心支持板、中央・周辺燃料支持金具および制御棒案内管は炉心を取り囲む機器であり、最も照射量が高い上部格子板のグリッドプレート部における運転開始後60年時点での照射量は約 $4.4 \times 10^{21} \text{n/cm}^2$ である。そのため、中性子照射による靱性低下が想定される。

しかし、中性子照射による靱性低下が進行した場合においても、有意な欠陥が存在しなければ不安定破壊は起こらない。

また、炉心シュラウド、上部格子板、炉心支持板、中央・周辺燃料支持金具および制御棒案内管については、維持規格等に基づき計画的に水中カメラによる目視点検を実施しており、これまで有意な欠陥は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、

高経年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. 摩耗 [ジェットポンプ]

ジェットポンプのブラケットのウェッジについては、インレットミキサおよびディフューザの振動による摩耗が想定される。

しかし、ジェットポンプのブラケットについては、計画的に水中カメラによる目視点検を実施しており、これまで有意な欠陥は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. 熱時効 [中央燃料支持金具, 制御棒案内管, 炉心スプレイスパーージャおよびジェットポンプ]

中央燃料支持金具, 制御棒案内管, 炉心スプレイスパーージャおよびジェットポンプに使用しているステンレス鋼は、オーステナイト相中に一部フェライト相を含む2相組織であり、使用環境温度は250℃以上であるため、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, 制御棒案内管, 炉心スプレイスパーージャおよびジェットポンプでステンレス鋼である部位には、き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, 制御棒案内管, 炉心スプレイスパーージャおよびジェットポンプについては、計画的に水中カメラによる目視点検を実施しており、これまで有意な欠陥は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. 高サイクル疲労割れ [制御棒案内管, ジェットポンプおよび原子炉中性子計装案内管]

制御棒案内管, ジェットポンプおよび原子炉中性子計装案内管は、原子炉冷却材の流れ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、設計段階で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, ジェットポンプおよび原子炉中性子計装案内管については、計画的に水中カメラによる目視点検を実施しており、これまで有意な欠陥は認められていない。

また、他プラントでの損傷事例に鑑み、予防処置としてジェットポンプの計測配管には発生応力を低減させるためのクランプを設置しており、原子炉再循環ポンプ通常運転領域での振動応力評価を実施した結果、発生応力は疲労限以下であることを確認している。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. 疲労割れ [給水スパーージャ]

給水スパーージャのヘッダについては、原子炉圧力容器との間に熱膨張差による相対変位が発生し、プラント起動停止時等の繰返しによる低サイクル疲労割れの発生が想定されるが、給水スパーージャの端部を支持しているエンドブラケット部は、相対変位の発生を考慮した長穴形状であり、構造的に大きな変動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。

また、給水スパーージャについては、計画的に水中カメラによる目視点検を実施しており、これまで有意な欠陥は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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 [低圧注水系配管 (原子炉圧力容器内部)]

低圧注水系配管 (原子炉圧力容器内部) については、炉心シュラウドと原子炉圧力容器との間に熱膨張差による相対変位が発生し、プラント起動停止時等の繰返しによる低サイクル疲労割れの発生が想定されるが、ベローズにより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、割れに至る疲労が蓄積される可能性は小さい。

また、低圧注水系配管 (原子炉圧力容器内部) については、計画的に水中カメラによる目視点検を実施しており、これまで有意な欠陥は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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 [低圧注水系配管（原子炉圧力容器内部）]

低圧注水系配管（原子炉圧力容器内部）のスリーブおよびフランジネックについては、プラント起動・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、スリーブおよびフランジネックの摺動面に対し表面硬化処理をしている。また、起動停止の温度変動による摩耗であり、繰返し回数が少ないため、有意な摩耗が発生する可能性は小さい。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. 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，中央・周辺燃料支持金具および制御棒案内管]

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，中央・周辺燃料支持金具および制御棒案内管については，照射スウェリングが想定されるが，BWRの温度環境（約280℃）や照射量ではその可能性は非常に小さい。

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にくいことから，高経年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. 照射下クリープ [炉心シュラウド，上部格子板，炉心支持板，中央・周辺燃料支持金具および制御棒案内管]

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，中央・周辺燃料支持金具および制御棒案内管については，照射下クリープが想定されるが，BWRの高照射領域にある炉内構造物においては，照射下クリープの影響が問題となる内圧等による荷重制御型の荷重はなく，差圧等による応力も非常に小さいことから，照射下クリープが発生する可能性は非常に小さい。

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にくいことから，高経年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. 粒界型応力腐食割れ [シュラウドサポート]

シュラウドサポートのマンホール蓋および取付ボルトは，高ニッケル合金であり高温の純水環境中にあることから粒界型応力腐食割れが想定されるが，マンホール蓋については，第17回定期事業者検査（2016年度）に溶接部に応力腐食割れを確認したため，第17回定期事業者検査（2019年度）において，溶接部を有さないボルト締結式に取替を実施しており，取付ボルトについては，発生する応力が小さくなるよう設計している。

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にくいことから，高経年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 (1/12) 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	部 位	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	上部胴	ステンレス鋼			○	△*1				*1：粒界型応力腐食割れ *2：照射誘起型応力腐食割れ *3：中性子照射による靱性低下 *4：照射スウェリング *5：照射下クリープ
	中間胴	ステンレス鋼			○	△*1 ○*2		△*3	▲*4*5	
	下部胴	ステンレス鋼			○	△*1				
	リング	ステンレス鋼			○	△*1				

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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

表2.2-1 (2/12) 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	部 位	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	シリンダ*	高ニッケル合金			○	△*1				*1：粒界型応力腐食割れ
	プレート	高ニッケル合金			○	△*1				
	レグ*	高ニッケル合金			○	△*1				
炉心冷却材 流路の確保	マンホール蓋	高ニッケル合金				▲*1				
	取付ボルト	高ニッケル合金				▲*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（日常劣化管理対象）

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

表2.2-1 (3/12) 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	部 位	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	上部フランジ	ステンレス鋼				△*1				*1：粒界型応力腐食割れ *2：照射誘起型応力腐食割れ *3：中性子照射による靱性低下 *4：照射スウェリング *5：照射下クリープ
	グリッドプレート	ステンレス鋼				△*1 ○*2		△*3	▲*4*5	
	リム胴	ステンレス鋼				△*1				
	下部フランジ	ステンレス鋼				△*1				
機器の支持	クサビ	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（日常劣化管理対象）

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

表2.2-1 (4/12) 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	部 位	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	支持板	ステンレス鋼				△*1 ○*2		△*3	▲*4*5	*1：粒界型応力腐食割れ *2：照射誘起型応力腐食割れ *3：中性子照射による靱性低下 *4：照射スウェリング *5：照射下クリープ
	リム胴	ステンレス鋼				△*1				
	補強ビーム	ステンレス鋼				△*1				
機器の支持	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（日常劣化管理対象）

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

表2. 2-1 (5/12) 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	部 位	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	中央燃料支持金具	ステンレス鋳鋼						△	△*3	▲*4*5	*1：粒界型応力腐食割れ *2：照射誘起型応力腐食割れ *3：中性子照射による靱性低下 *4：照射スウェリング *5：照射下クリープ
	周辺燃料支持金具	ステンレス鋼				△*1 ○*2			△*3	▲*4*5	

○：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（日常劣化管理対象）

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

表2. 2-1 (6/12) 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	部 位	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	スリーブ	ステンレス鋼				△ <sup>*1</sup> ○ <sup>*2</sup>		△ <sup>*3</sup>	▲ <sup>*4*5</sup>	*1：粒界型応力腐食割れ *2：照射誘起型応力腐食割れ *3：中性子照射による靱性低下 *4：照射スウェリング *5：照射下クリープ *6：高サイクル疲労割れ
	ボディ	ステンレス鋼			△ <sup>*6</sup>	△ <sup>*1</sup>				
	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（日常劣化管理対象）

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



表2.2-1 (7/12) 炉心スプレイ配管（原子炉圧力容器内部）・スパー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	部 位	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	パイプ	ステンレス鋼				△*1				*1：粒界型応力腐食割れ
	テイ（配管）	ステンレス鋼				△*1				
	テイ（スパーージャ）	ステンレス鋼				△*1				
	ヘッド	ステンレス鋼				△*1				
	ノズル	ステンレス鋼				△*1				
		ステンレス鋳鋼					△			
機器の支持	クランプ	ステンレス鋼								
	取付ホルト	ステンレス鋼								
	スパーージャブラケット	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（日常劣化管理対象）

表2.2-1 (8/12) 給水スパー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	部 位	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	ティ	ステンレス鋼				△*1				*1：粒界型応力腐食割れ
	ヘッダ	ステンレス鋼			△	△*1				
	ノズル	ステンレス鋼				△*1				
機器の支持	エンドブラケット	ステンレス鋼				△*1				
	ピン	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（日常劣化管理対象）

表2.2-1 (9/12) 差圧検出・ほう酸水注入系配管（原子炉圧力容器内部）に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	材 料	経年劣化事象							備 考
			減 肉		割 れ		材 質 変 化		そ の 他	
			摩 耗	腐 食	疲 勞 割 れ	応 力 腐 食 割 れ	熱 時 効	劣 化		
炉心冷却材 流路の確保	パイプ	ステンレス鋼				△*1				*1：粒界型応力腐食割れ
機器の支持	サポート	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（日常劣化管理対象）

表2.2-1 (10/12) ジェット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	部 位	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	ライザ管	ステンレス鋼				△*1				*1：粒界型応力腐食割れ *2：高サイクル疲労割れ
		ステンレス鋳鋼					△			
	インレットミキサ	ステンレス鋳鋼					△			
	ディフューザ	ステンレス鋼				△*1				
		ステンレス鋳鋼					△			
		高ニッケル合金				△*1				
機器の支持	ビーム	高ニッケル合金				△*1				
	ライザブレース	ステンレス鋼			△*2	△*1				
	ブラケット	ステンレス鋳鋼	△				△			
その他	計測配管	ステンレス鋼			△*2	△*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（日常劣化管理対象）

表2.2-1 (11/12) 原子炉中性子計装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	部 位	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		
パイプ	パイプ	ステンレス鋼			△*2	△*1				*1：粒界型応力腐食割れ *2：高サイクル疲労割れ
機器の支持	スタビライザ	ステンレス鋼			△*2	△*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（日常劣化管理対象）

表2.2-1 (12/12) 低圧注水系配管（原子炉圧力容器内部）に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	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	スリーブ <sup>°</sup>	ステンレス鋼	▲						*1：粒界型応力腐食割れ	
	フランジ <sup>°</sup> ネック	ステンレス鋼	▲			△ <sup>*1</sup>				
機器の支持	クランプ <sup>°</sup>	ステンレス鋼				△ <sup>*1</sup>				
	アイト <sup>°</sup> ルト	ステンレス鋼								
その他	ハ <sup>°</sup> ローズ	ステンレス鋼			△	△ <sup>*1</sup>				

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理対象）

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

## 2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

### (1) 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。

炉心シュラウドおよ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，疲労が蓄積して，疲労割れが発生する可能性がある。

#### b. 技術評価

##### (a) 健全性評価

炉心シュラウドおよ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。

疲労評価は，運転実績に基づいた2015年度7月末時点の過渡回数と，今後も同様な運転を続けたと仮定して推定した運転開始後60年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。）に基づいて評価した。評価用過渡条件を表2.3-1に，評価結果を表2.3-2に示す。

その結果，運転開始後60年時点の疲労累積係数は許容値を下回り，60年間の運転において疲労割れが問題となる可能性はないと判断する。

##### (b) 現状保全

炉心シュラウドおよびシュラウドサポートについては，維持規格等に基づき計画的に水中カメラによる目視点検を実施しており，これまで有意な欠陥は認められていない。

##### (c) 総合評価

健全性評価結果から，炉心シュラウドおよびシュラウドサポートの疲労割れが評価期間において問題となる可能性はなく，60年間の健全性は維持できると判断する。

ただし，疲労評価は実績過渡回数に依存するため，今後も実績過渡回数を把握し評価する必要がある。

#### c. 高経年化への対応

炉心シュラウドおよびシュラウドサポートの疲労割れに対しては，実績過渡回数の確認を継続的に実施し，運転開始後60年時点の推定過渡回数を上回らないことを確認する。

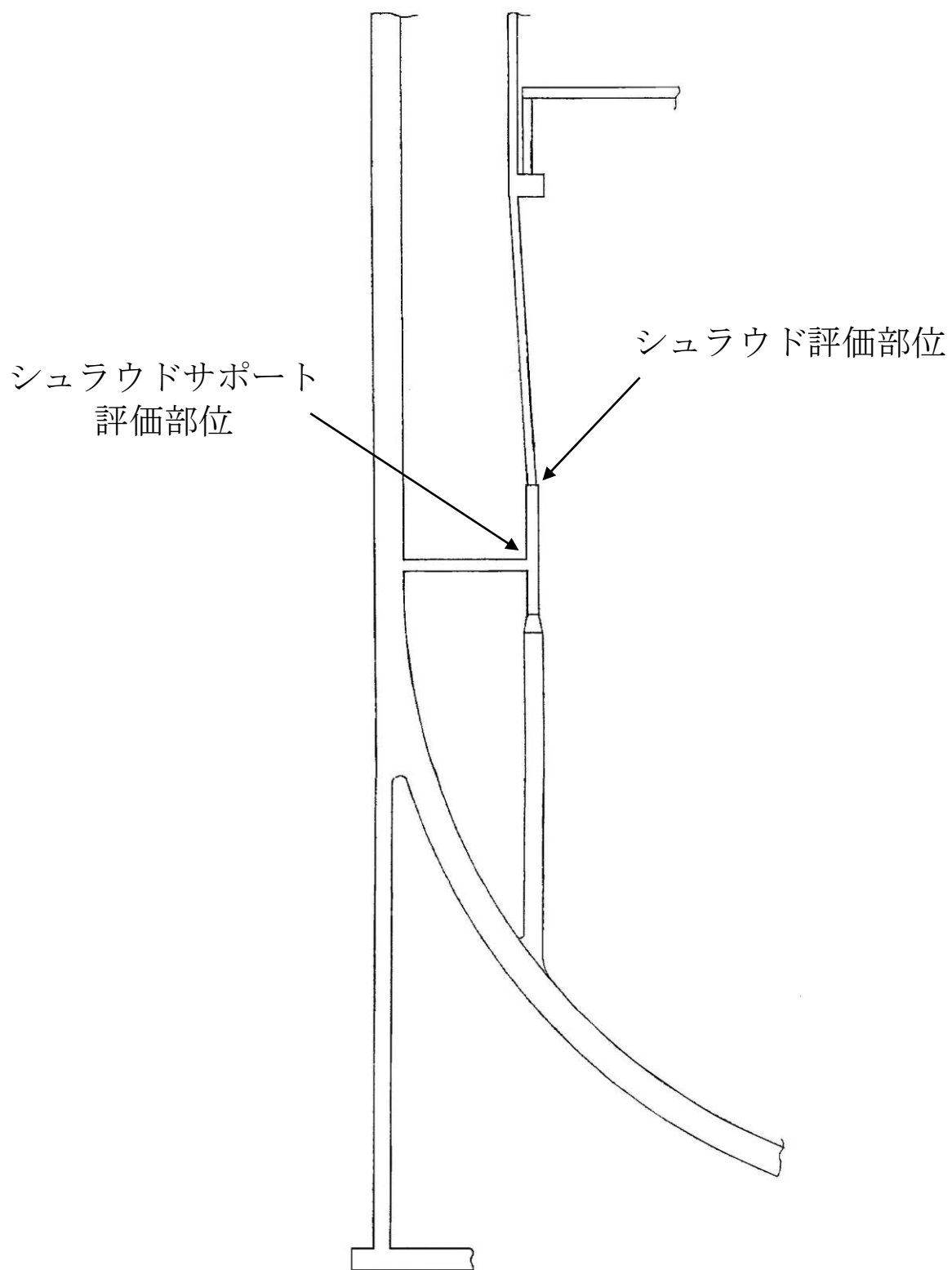


図2.3-1 疲労評価対象部位



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 (2015年7月末時点)	運転開始後 60年目推定
耐圧試験	24	55
起動（昇温）	36	74
起動（タービン起動）	36	74
給水加熱機能喪失（発電機トリップ）	0	1
スクラム（タービントリップ）	1	2
スクラム（その他のスクラム）	4	7
停止（タービン停止）	36	74
停止（高温待機）	36	74
停止（冷却）	36	74
停止（容器満水）	36	74
停止（満水後冷却）	36	74
スクラム（原子炉給水ポンプ停止）	0	1
スクラム（逃がし安全弁誤作動）	0	1

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

部位	運転実績に基づく疲れ解析 (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 (2015年度7月末時点)	運転開始後 60年時点	運転開始後 60年時点
炉心シュラウド	0.006	0.013	0.318
シュラウドサポート	0.005	0.009	0.024

(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，周辺燃料支持金具および制御棒案内管）

a. 事象の説明

ステンレス鋼については，中性子照射を受けると材料自身の応力腐食割れの感受性が高まるとともに，材料周辺の腐食環境が水の放射線分解により厳しくなることが知られている。照射誘起型応力腐食割れは，この状況に引張応力場が重畳されると粒界型応力腐食割れを生じる現象である。

図2.3-2に示すように，BWR環境下のステンレス鋼については，比較的高い累積照射量（SUS316系は $1 \times 10^{21} \text{n/cm}^2$ ，SUS304系は $5 \times 10^{20} \text{n/cm}^2$ （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

(a) 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，周辺燃料支持金具およ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。運転開始後 60 年時点の予想照射量の最大値は，上部格子板のグリッドプレート部の  $4.4 \times 10^{21} \text{n/cm}^2$  であり，しきい照射量を超える炉心シュラウドおよび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，運転開始後 60 年時点での照射量は以下の値と予想される。

・炉心シュラウド	$2.6 \times 10^{21} \text{n/cm}^2$ （H4 溶接継手内面） $2.7 \times 10^{21} \text{n/cm}^2$ （母材部）
・上部格子板	$4.4 \times 10^{21} \text{n/cm}^2$
・炉心支持板	$3.0 \times 10^{20} \text{n/cm}^2$
・周辺燃料支持金具	$1.2 \times 10^{20} \text{n/cm}^2$
・制御棒案内管	$4.5 \times 10^{20} \text{n/cm}^2$

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，高い引張応力の存在が応力腐食割れ発生条件の一つとなると考えられる。この引張応力の発生要因を検討すると，差圧，熱，自重等に起因する引張応力成分は低く，応力腐食割れの主要因となる可能性は小さい。

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，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と判断する。

炉心シュラウド中間胴 H4 周溶接継手（熱影響部含む）は、しきい照射量を超えるものの、内外面にはウォータージェットピーニング施工による残留応力の改善を行っていることから、照射誘起型応力腐食割れが発生する可能性はないと判断する。

炉心シュラウド中間胴の母材部は、しきい照射量を超えるものの、溶接による引張残留応力はなく、運転中の差圧、熱、自重等に起因する引張応力成分は小さいことから、照射誘起型応力腐食割れが発生する可能性はないと判断する。

### 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により生成される酸化性の強い過酸化水素水等の化学種の影響が顕著となる可能性がある。

なお、2006年度より水素注入を行い、応力腐食割れに対して環境面からの改善を図っている。

### ④評価結果

上部格子板のグリッドプレートには溶接部はなく、運転中の差圧、熱、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と判断する。

炉心シュラウドの溶接部の一部には、ウォータージェットピーニング法により溶接残留応力の改善を図るとともに、水素注入により応力腐食割れに対して環境面からの改善を図っており、照射誘起型応力腐食割れ発生の可能性はないと判断する。

### (b) 現状保全

炉心シュラウド、上部格子板、炉心支持板、周辺燃料支持金具および制御棒案内管については、維持規格等に基づき計画的に水中カメラによる目視点検を実施している。

### (c) 総合評価

炉心支持板、周辺燃料支持金具および制御棒案内管については、しきい照射量を越えないことから、照射誘起型応力腐食割れは発生しないものと評価する。

炉心シュラウド、上部格子板については、しきい照射量を超えるが、健全性評価結果から照射誘起型応力腐食割れが発生する可能性はなく、60年間の健全性は維持できると判断する。

### 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、周辺燃料支持金具およ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い。引き続き、現状保全を継続していく。

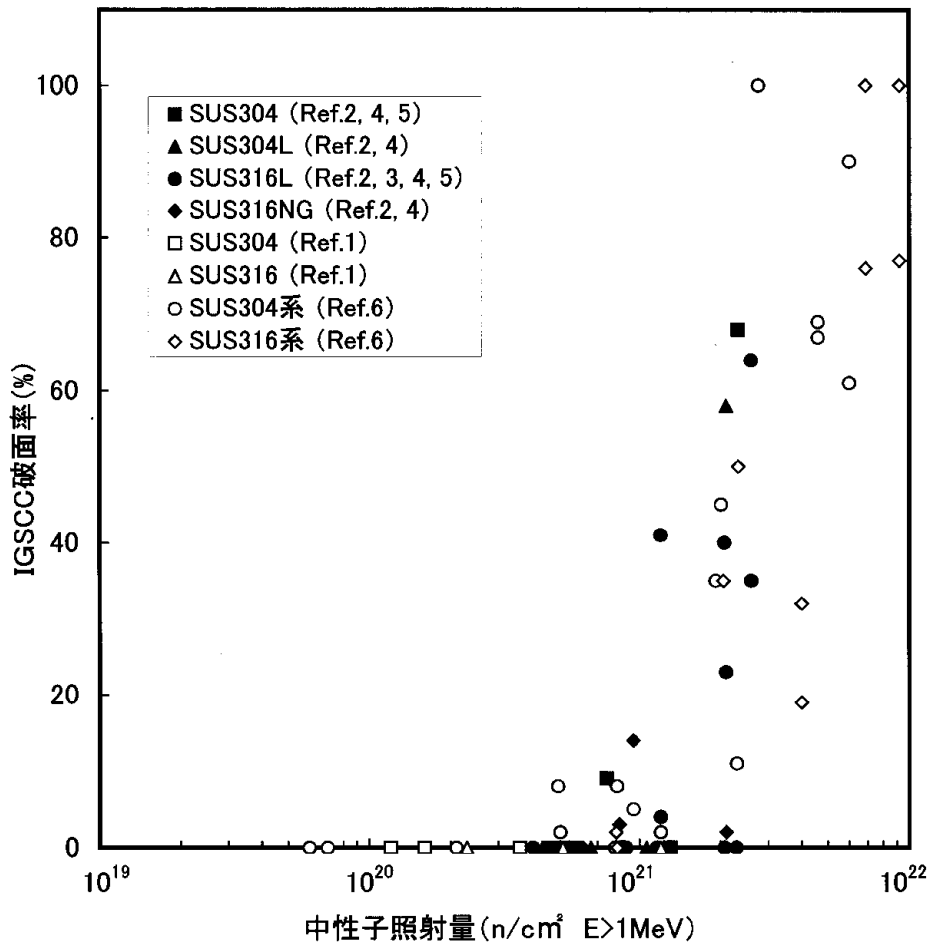


図2.3-2 304, 316 ステンレス鋼のIGSCC 破面率に及ぼす中性子照射量の影響

[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 12th International Conference on Environmental Degradation of Materials in Nuclear Power Systems -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 11th 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 Steel" Proceedings of 8th International Conference 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 6th International Conference on Environmental Degradation of Materials in Nuclear Power Systems -Water Reactors, 1993.
- Ref.6: S. Suzuki, M. Kodama, S. Shima, M. Yamamoto; Fifth International Symposium on Environmental Degradation of Materials in Nuclear Power Systems-Water Reactors (1991). Effects of Fluence and Dissolved Oxygen on IASCC in Austenitic Stainless Steels.

島根原子力発電所2号炉  
ケーブルの技術評価書

[運転を断続的に行うことを前提とした評価]

中国電力株式会社

本評価書は、島根原子力発電所2号炉（以下、「島根2号炉」という）における安全上重要なケーブル（重要度分類審査指針におけるPS-1, 2およびMS-1, 2に該当する機器）および常設重大事故等対処設備に属する機器について、高経年化に係わる技術評価をまとめたものである。なお、高温・高圧の環境下にあるケーブルはない。

評価対象機器の一覧を表1に示す。

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

本評価書は、ケーブルの電圧区分をもとに、ケーブルトレイ、電線管およびケーブル接続部を合わせて以下の5つに分類して整理する。

1. 高圧ケーブル
2. 低圧ケーブル
3. 同軸ケーブル
4. ケーブルトレイ，電線管
5. ケーブル接続部

表1 評価対象機器一覧表

区分	絶縁体材料	名称	仕様 (絶縁体×シース)	重要度*1
高圧	架橋ポリエチレン	高圧難燃CVケーブル	架橋ポリエチレン×難燃特殊耐熱ビニル	MS-1, 重*2
低圧	シリコンゴム	KGBケーブル	シリコンゴム×ガラス編組	MS-1
	難燃エチレンプロピレンゴム	難燃PNケーブル*3	難燃エチレンプロピレンゴム×特殊クロロプロピレンゴム	MS-1, 重*2
	難燃架橋ポリエチレン	難燃CVケーブル*3	難燃架橋ポリエチレン×難燃特殊耐熱ビニル	MS-1, 重*2
	難燃ビニル	難燃VVケーブル*3	難燃ビニル×難燃ビニル	MS-1, 重*2
	特殊耐熱ビニル	特殊耐熱VVケーブル	特殊耐熱ビニル×特殊耐熱ビニル	MS-2
	ポリエチレン	難燃PEケーブル*3	ポリエチレン×高難燃ポリエチレン	重*2
	酸化マグネシウム	MIケーブル*3	酸化マグネシウム×インコネル	重*2
	フロンレックス	難燃FNケーブル*3	フロンレックス×特殊クロロプロピレンゴム	MS-1, 重*2
同軸	架橋ポリエチレン	難燃一重同軸ケーブル*3	架橋ポリエチレン×難燃架橋ポリエチレン	MS-1, 重*2
		難燃二重同軸ケーブル*3	架橋ポリエチレン×難燃ビニル	MS-1, 重*2
		難燃三重同軸ケーブル*3	架橋ポリエチレン×難燃架橋ポリエチレン	MS-1, 重*2
	架橋ポリエチレン 難燃架橋ポリエチレン	複合同軸ケーブル*3	架橋ポリエチレン, 難燃架橋ポリエチレン ×難燃ビニル	MS-1, 重*2
	高発泡ポリエチレン	難燃一重同軸ケーブル*3	高発泡ポリエチレン×難燃ポリオレフィン	重*2
ケーブルトレイ, 電線管	—	ケーブルトレイ*3	炭素鋼	MS-1, 重*2
	—	電線管*3	炭素鋼	MS-1, 重*2
ケーブル 接続部	ジアリルフタレート樹脂	端子台接続	ジアリルフタレート樹脂	MS-1, 重*2
	ポリフェニレンエーテル樹脂		ポリフェニレンエーテル樹脂	MS-1, 重*2
	ビニルテープ	端子接続*3	ビニルテープ	MS-1, 重*2
	架橋ポリオレフィン	直ジョイント接続*3	架橋ポリオレフィン	MS-1, 重*2
	ジアリルフタレート樹脂	電動弁コネクタ接続	ジアリルフタレート樹脂	MS-1, 重*2
	ポリエーテルエーテルケトン	同軸コネクタ接続*3	ポリエーテルエーテルケトン	MS-1, 重*2
	架橋ポリスチレン		架橋ポリスチレン	MS-1, 重*2
	テフロン		テフロン	MS-1, 重*2
	ジアリルフタレート樹脂		ジアリルフタレート樹脂	MS-1, 重*2
	フッ素樹脂		フッ素樹脂	重*2

\*1：最上位の重要度を示す。

\*2：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器および構造物であることを示す。

\*3：新規に設置される機器を含む。

[ケーブル名称の略称について]

表1 に示す島根2号炉の主要なケーブルの略称は、各々以下のケーブルを示すものである。

No.	ケーブル略称	ケーブル名称
1	高圧難燃CVケーブル	高圧架橋ホ <sup>°</sup> リエチレン絶縁 難燃特殊耐熱ビ <sup>°</sup> ニルシースケーブル
2	KGBケーブル	シリコンゴ <sup>°</sup> ム絶縁ガ <sup>°</sup> ラス編組ケーブル
3	難燃PNケーブル	難燃エチレンプロピ <sup>°</sup> レンゴ <sup>°</sup> ム絶縁 特殊クロプロ <sup>°</sup> レンゴ <sup>°</sup> ムシースケーブル
4	難燃CVケーブル	難燃架橋ホ <sup>°</sup> リエチレン絶縁 難燃特殊耐熱ビ <sup>°</sup> ニルシースケーブル
5	難燃VVケーブル	難燃ビ <sup>°</sup> ニル絶縁 難燃ビ <sup>°</sup> ニルシースケーブル
6	特殊耐熱VVケーブル	難燃特殊耐熱ビ <sup>°</sup> ニル絶縁 難燃特殊耐熱ビ <sup>°</sup> ニルシースケーブル
7	難燃PEケーブル	ホ <sup>°</sup> リエチレン絶縁 高難燃ホ <sup>°</sup> リエチレンシースケーブル
8	MIケーブル	Mineral Insulatedケーブル
9	難燃FNケーブル	難燃フロンレックス絶縁 特殊クロプロ <sup>°</sup> レンゴ <sup>°</sup> ムシースケーブル

備考：記号の意味は、次のとおりである。

B：編組

C：架橋ポリエチレン

G：ガラス

K：シリコンゴ<sup>°</sup>ム

N：クロロprenゴ<sup>°</sup>ム

P：エチレンプロピレンゴ<sup>°</sup>ム

V：ビニル

F：フロンレックス

E：高難燃ポリエチレン



## 1. 高圧ケーブル

[対象ケーブル]

- ① 高圧難燃CVケーブル

## 目 次

1. 対象機器	1-1
2. 対象機器の技術評価	1-3
2.1 構造, 材料および使用条件	1-3
2.1.1 高圧難燃CVケーブル	1-3
2.2 経年劣化事象の抽出	1-6
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目	1-6
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出	1-6
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象	1-8
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価	1-10

## 1. 対象機器

島根2号炉で使用している高圧ケーブルの仕様を表1-1に示す。

表1-1 高圧ケーブルの仕様

分類基準		機器名称	選定基準						仕様	
区分	絶縁体材料		用途	重要度*1	設置場所		使用開始時期		シース	電圧 (V)
					原子炉 格納容 器内	原子炉 格納容 器外	建設時	運転 開始後		
高圧	架橋ポリエチレン	高圧難燃CVケーブル	動力	MS-1, 重*2	—	○	○	—	難燃特殊耐熱ビニル	7,000以下

\*1：最上位の重要度を示す。

\*2：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器および構造物であることを示す。

## 2. 対象機器の技術評価

本章では、以下のケーブルについて技術評価を実施する。

### ① 高圧難燃CVケーブル

#### 2.1 構造、材料および使用条件

##### 2.1.1 高圧難燃CVケーブル

###### (1) 構造

高圧難燃CVケーブルは、大別すると導体、内部半導電層、絶縁体、外部半導電層、シールド、押さえテープおよびシースで構成され、このうちケーブルの絶縁機能は、絶縁体で保たれている。

シールドは導体の静電誘導を低減するため、内部半導電層および外部半導電層は電界強度のバラツキを抑えるため、押さえテープはケーブルを整形するため、シースはケーブルを外的な力から保護するために設けられている。

高圧難燃CVケーブルの構造図を図2.1-1に示す。

###### (2) 材料および使用条件

高圧難燃CVケーブル主要部位の使用材料を表2.1-1に、使用条件を表2.1-2に示す。

No.	部 位
①	導体
②	絶縁体
③	シールド <sup>°</sup>
④	内部半導電層
⑤	外部半導電層
⑥	押さえテープ <sup>°</sup>
⑦	シース

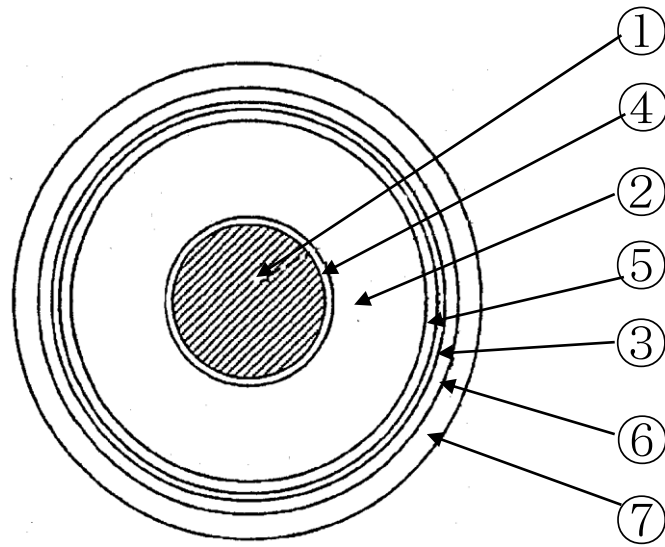


図2.1-1 高圧難燃CVケーブル構造図

表2.1-1 高圧難燃CVケーブル主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
絶縁機能の確保	導体	銅より線
	絶縁体	架橋ポリエチレン
	シールド	軟銅テープ
	内部半導電層	半導電性混和物
	外部半導電層	半導電性混和物
	押さえテープ	難燃テープ
	シース	難燃特殊耐熱ビニル

表2.1-2 高圧難燃CVケーブルの使用条件

	通常運転時	設計基準事故時	重大事故等時
設置場所	原子炉格納容器外（原子炉建物内）		
周囲温度	40℃以下	100℃（最高）	100℃（最高）
放射線	$2.7 \times 10^{-4}$ Gy/h（最大）	$1.8 \times 10^3$ Gy（最大積算値）	$4.7 \times 10^2$ Gy（最大積算値）
最高圧力	大気圧	3.4 kPa	6.9 kPa

## 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

高圧難燃CVケーブルの機能は通電機能であり、機能の達成に必要な項目は以下のとおり。

#### ① 絶縁機能の確保

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

#### (1) 想定される経年劣化事象

高圧難燃CVケーブルについて、要求事項を考慮し主要な部品に展開した上で、個々の部位の材料、構造、使用条件（設置場所、電圧）およ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。

#### (2) 消耗品および定期取替品の扱い

高圧難燃CVケーブルには、消耗品およ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（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（表2.2-1で▲）

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

- a. 絶縁体の絶縁特性低下
- b. 絶縁体の水トリー劣化

## 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

日常劣化管理事象に該当する事象は抽出されなかった。

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

### a. 熱・放射線によるシースの劣化

シースは、有機物の難燃特殊耐熱ビニルであるため、熱および放射線により硬化する可能性がある。

しかし、シースは、ケーブル布設時に生ずる外的な力からケーブルを保護するためのものであり、ケーブルに要求される絶縁機能の確保に対する影響は極めて小さい。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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 高圧難燃CVケーブルに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	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		
絶縁機能の確保	導体		銅より線									*1：熱・放射線による絶縁特性低下 *2：水トリ劣化 *3：熱・放射線による劣化
	絶縁体		架橋ポリエチレン					○*1*2				
	シールド		軟銅テープ									
	内部半導電層		半導電性混和物									
	外部半導電層		半導電性混和物									
	押さえテープ		難燃テープ									
	シース		難燃特殊耐熱ビニル								▲*3	

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

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

## 2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

### (1) 絶縁体の絶縁特性低下

#### a. 事象の説明

高圧難燃CVケーブルの絶縁体は有機物（架橋ポリエチレン）であり，熱および放射線による物性変化，絶縁物内の異物やボイドでの放電等，熱的，電氣的，環境的要因により経年劣化が進行し，絶縁特性が低下する可能性があることから，経年劣化に対する評価が必要である。

なお，高圧難燃CVケーブルは静止機器であるため，機械的要因による劣化は起きないと考えられる。

絶縁特性が低下する可能性のある部位を図2.3-1に示す。

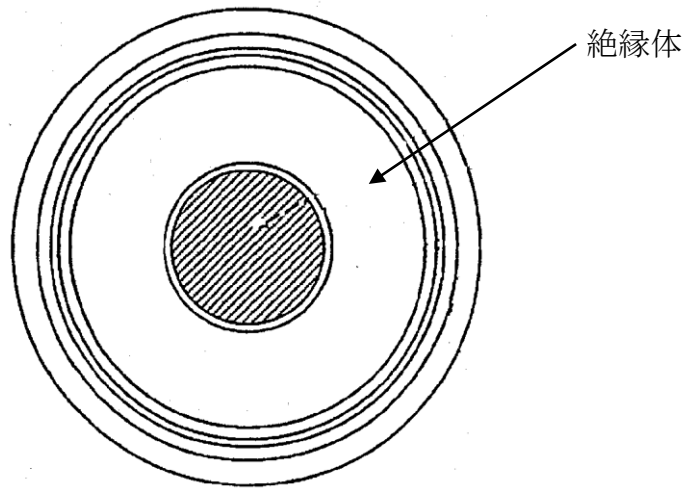


図2.3-1 高圧難燃CVケーブルの絶縁部位

b. 技術評価

(a) 健全性評価

高圧難燃CVケーブルの絶縁特性低下については、電気学会において、IEEE Std. 323 (1974) および383 (1974) の規格を根幹に、我が国のケーブル耐環境試験方法推奨案として「電気学会技術報告Ⅱ部第139号『原子力発電所用電線・ケーブルの環境試験方法ならびに耐延焼試験方法に関する推奨案』」(以下、「電気学会推奨案」という。)がまとめられており、これに基づき実機同等品による通常環境および事故時雰囲気を考慮した長期健全性試験を実施した。

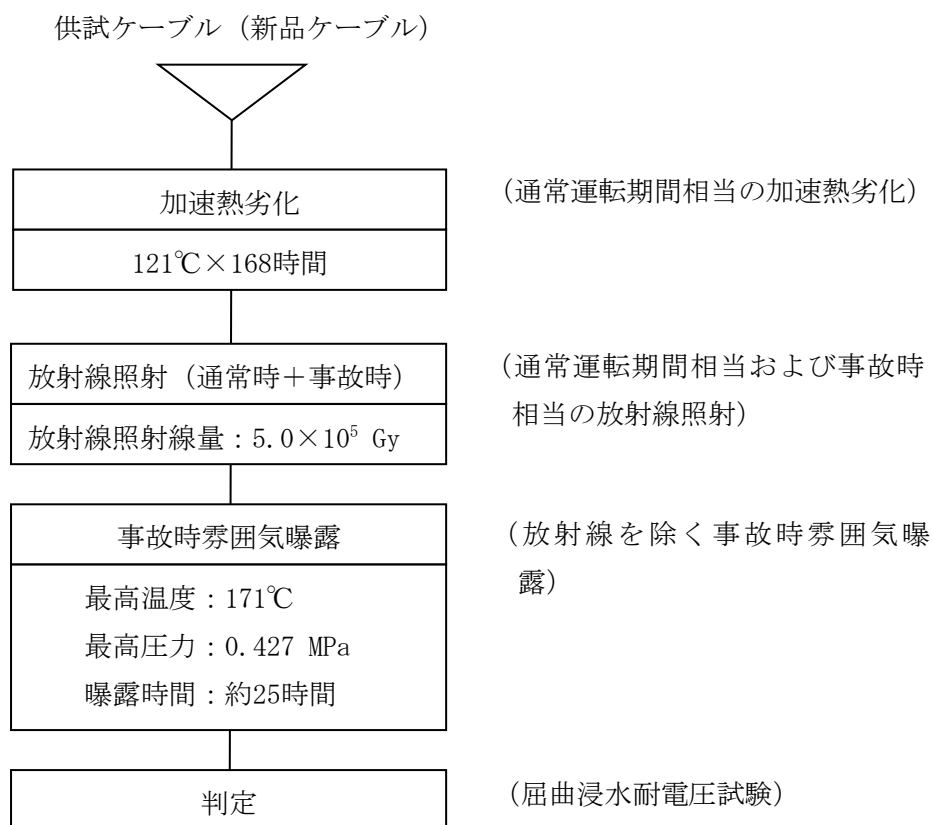


図2.3-2 高圧難燃CVケーブル長期健全性試験手順 (設計基準事故, 重大事故等時)

表2.3-1 高圧難燃CVケーブル長期健全性試験条件（設計基準事故，重大事故等時）

	試験条件	説明
加速熱劣化	121℃×168時間	原子炉格納容器外（原子炉建物内）の周囲温度最高値（40℃以下）に対して，60年間の運転期間を包絡する。
放射線照射	放射線照射線量： $5.0 \times 10^5$ Gy	島根2号炉で想定される線量約 $2.0 \times 10^3$ Gy（60年間の通常運転期間 $1.5 \times 10^2$ Gyに事故時線量 $1.8 \times 10^3$ Gyを加えた線量）を包絡する。
事故時雰囲気曝露	最高温度：171℃ 最高圧力：0.427 MPa 曝露時間：約25時間	島根2号炉の事故時の最高温度（100℃），最高圧力（6.9 kPa）を包絡する。

表2.3-2 高圧難燃CVケーブル長期健全性試験結果（設計基準事故，重大事故等時）

項目	試験手順	判定基準	結果
屈曲浸水耐電圧試験	① 直線状に試料を伸ばした後，試料外径（33.0 mm）の約40倍のマントルに巻きつける。 ② ①の両端部以外を常温の水中に浸し1時間以上放置する。 ③ ②の状態を，公称絶縁体厚さに対し交流電圧3.2 kV/mmを5分間印加する。	絶縁破壊しないこと	良

[出典：メーカーデータ]

図2.3-2の試験条件は，表2.3-1～表2.3-2に示すとおり，島根2号炉の60年間の運転期間を想定した劣化条件および事故時環境条件を包絡し，結果は判定基準を満足している。

よって，高圧難燃 CV ケーブルの絶縁体は，60年間の通常運転および事故時雰囲気において絶縁性能を維持できるものと評価できる。

さらに，系統機器点検時に電位減衰法による絶縁診断試験（電気学会技術報告第502号で紹介されている。ケーブルに所定の直流電圧を充電した後，充電用電源を開放して，ケーブルの自己放電による残留電圧の変化を調べてケーブルの絶縁劣化程度を判定する方法）（以下「絶縁診断試験」という）を実施しており，これまでの点検結果では急激な絶縁低下は認められておらず，長期健全性試験結果と同様な傾向にある。

これらのことから，今後も急激に絶縁特性低下が起こる可能性は小さいと考えられる。

#### (b) 現状保全

高圧難燃 CV ケーブルの絶縁体の絶縁特性低下については，系統機器の点検時に絶縁抵抗測定，絶縁診断試験を実施し，有意な絶縁特性低下がないことを確認している。さらに，系統機器の点検時に実施する機器の動作試験においても絶縁機能の健全性を確認している。

新規に設置されるケーブルについては，定期的に系統機器点検時の動作確認，絶縁抵抗測定および絶縁診断試験により健全性を確認することとしている。

なお，点検で有意な絶縁特性低下が認められた場合には，ケーブルの取替えを行うこととしている。

(c) 総合評価

高圧難燃 CV ケーブルの絶縁体については、運転開始から 60 年間の通常運転および事故時雰囲気において絶縁性能を維持できると判断する。

c. 高経年化への対応

高圧難燃 CV ケーブルの絶縁体の絶縁特性低下については、現状の保全項目に高経年化対策の観点から追加すべき項目はない。引き続き、現状保全を継続していく。

## (2) 絶縁体の水トリー劣化

### a. 事象の説明

高圧難燃CVケーブルの絶縁体は有機物（架橋ポリエチレン）であり，長期間にわたって水が存在する状態で高い電圧にさらされると水トリーと称される種々の樹枝状の微細な通路あるいは空隙が発生して絶縁特性低下が発生する可能性が有ることから，経年劣化に対する評価が必要である。

水トリー劣化が発生する可能性のある部位を図2.3-1に示す。

### b. 技術評価

#### (a) 健全性評価

高圧難燃CVケーブルの絶縁体の水トリー劣化については，雨水等によるケーブル浸水により発生する可能性はあるが，屋内布設ケーブルでは発生する可能性は極めて小さい。

屋外布設ケーブルは，トレンチおよびピット内部に架空化されたケーブルトレイ，電線管により布設されており，仮に水が溜まった場合は排水ポンプ，排水口により排水され，ケーブルが長時間浸水する可能性はないが，外気等による高湿度環境影響を考慮すると水トリー劣化による絶縁特性低下の可能性は否定できない。

ただし，絶縁抵抗測定および絶縁診断試験を行うことで，絶縁特性低下またはその兆候を確認できる。

#### (b) 現状保全

高圧難燃CVケーブルの絶縁体の水トリー劣化については，定期的に系統機器点検時の動作確認，絶縁抵抗測定および絶縁診断試験を実施している。

新規に設置されるケーブルについては，定期的に系統機器点検時の動作確認，絶縁抵抗測定および絶縁診断試験により健全性を確認することとしている。

なお，点検で有意な絶縁特性低下が認められた場合には，ケーブルの取替えを行うこととしている。

#### (c) 総合評価

高圧難燃CVケーブルの絶縁体については，水トリー劣化による急激な絶縁特性低下の可能性は否定できないが，系統機器点検時の動作確認，絶縁抵抗測定および絶縁診断試験で検知可能であるため，引き続き現状保全を継続することで，60年間の健全性を維持できると判断する。

### c. 高経年化への対応

高圧難燃CVケーブルの絶縁体の水トリー劣化については，現状の保全項目に高経年化対策の観点から追加すべき項目はない。引き続き，現状保全を継続していく。



## 2. 低圧ケーブル

[対象ケーブル]

- ① KGBケーブル
- ② 難燃PNケーブル
- ③ 難燃CVケーブル
- ④ 難燃VVケーブル
- ⑤ 特殊耐熱VVケーブル
- ⑥ 難燃PEケーブル
- ⑦ MIケーブル
- ⑧ 難燃FNケーブル

## 目 次

1. 対象機器および代表機器の選定 .....	2-1
1.1 グループ化の考え方および結果 .....	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, 材料および使用条件 .....	2-3
2.1.1 KGBケーブル .....	2-3
2.1.2 難燃PNケーブル .....	2-6
2.1.3 難燃CVケーブル .....	2-9
2.1.4 難燃VVケーブル .....	2-12
2.1.5 特殊耐熱VVケーブル .....	2-15
2.1.6 難燃PEケーブル .....	2-18
2.1.7 MIケーブル .....	2-21
2.1.8 難燃FNケーブル .....	2-24
2.2 経年劣化事象の抽出 .....	2-27
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目 .....	2-27
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出 .....	2-27
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 .....	2-29
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価 .....	2-38

## 1. 対象機器および代表機器の選定

島根2号炉で対象となる低圧ケーブルの仕様を表1-1に示す。

これらの低圧ケーブルを絶縁体材料の観点からグループ化し、それぞれのグループより以下のとおり代表機器を選定した。

### 1.1 グループ化の考え方および結果

絶縁体材料を分類基準とし、低圧ケーブルを表1-1に示すとおりグループ化する。

### 1.2 代表機器の選定

表1-1に分類されたグループ毎に、原則として、重要度、設置場所、使用開始時期および用途の観点から代表機器を選定するものとする。

#### (1) 絶縁体材料：シリコンゴム

このグループには、KGBケーブルのみが属するため、KGBケーブルを代表機器とする。

#### (2) 絶縁体材料：難燃エチレンプロピレンゴム

このグループには、難燃PNケーブルのみが属するため、難燃PNケーブルを代表機器とする。

#### (3) 絶縁体材料：難燃架橋ポリエチレン

このグループには、難燃CVケーブルのみが属するため、難燃CVケーブルを代表機器とする。

#### (4) 絶縁体材料：難燃ビニル

このグループには、難燃VVケーブルのみが属するため、難燃VVケーブルを代表機器とする。

#### (5) 絶縁体材料：難燃特殊耐熱ビニル

このグループには、特殊耐熱VVケーブルのみが属するため、特殊耐熱VVケーブルを代表機器とする。

#### (6) 絶縁体材料：ポリエチレン

このグループには、難燃PEケーブルのみが属するため、難燃PEケーブルを代表機器とする。

#### (7) 絶縁体材料：酸化マグネシウム

このグループには、MIケーブルのみが属するため、MIケーブルを代表機器とする。

#### (8) 絶縁体材料：フロンレックス

このグループには、難燃FNケーブルのみが属するため、難燃FNケーブルを代表機器とする。

表1-1 低圧ケーブルのグループ化と代表機器

分類基準		名称	選定基準						仕様		選定	選定理由
区分	絶縁体材料		用途	重要度*1	設置場所		使用開始時期		シース	電圧 (V)		
					原子炉格納容器内	原子炉格納容器外	建設時	運転開始後				
低圧	シリコンゴム	KGBケーブル	制御	MS-1	—	○	—	○	ガラス編組	AC600以下	◎	
	難燃エチレンプロピレンゴム	難燃PNケーブル*3	動力・制御・計測	MS-1, 重*2, *4	○	○	○	○	特殊クロロフレンゴム	AC600以下	◎	
	難燃架橋ポリエチレン	難燃CVケーブル*3	動力・制御・計測	MS-1, 重*2	—	○	○	○	難燃特殊耐熱ビニル	AC600以下	◎	
	難燃ビニル	難燃VVケーブル*3	計測	MS-1, 重*2	—	○	○	○	難燃ビニル	AC600以下	◎	
	特殊耐熱ビニル	特殊耐熱VVケーブル	制御	MS-2	—	○	○	—	特殊耐熱ビニル	AC600以下	◎	
	ポリエチレン	難燃PEケーブル*3	通信	重*2	—	○	—	○	高難燃ポリエチレン	DC500以下	◎	
	酸化マグネシウム	MIケーブル*3	計測	重*2	○	—	—	○	インコネル	AC600以下	◎	
	フロンレックス	難燃FNケーブル*3	動力・制御	MS-1, 重*2	○	—	—	○	特殊クロロフレンゴム	AC600以下	◎	

\*1：最上位の重要度を示す。

\*2：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器および構造物であることを示す。

\*3：新規に設置される機器を含む。

\*4：設置場所が原子炉格納容器外の難燃PNケーブルを示す。

## 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8種類のケーブルについて技術評価を実施する。

- ① KGBケーブル
- ② 難燃PNケーブル
- ③ 難燃CVケーブル
- ④ 難燃VVケーブル
- ⑤ 特殊耐熱VVケーブル
- ⑥ 難燃PEケーブル
- ⑦ MIケーブル
- ⑧ 難燃FNケーブル

### 2.1 構造，材料および使用条件

#### 2.1.1 KGBケーブル

##### (1) 構造

KGBケーブルは、大別すると導体、絶縁体、介在物、押さえテープおよびシースで構成され、このうちケーブルの絶縁機能は、絶縁体で保たれている。

介在物および押さえテープはケーブルを整形するため、シースはケーブルを外的な力から保護するために設けられている。

KGBケーブルの構造図を図2.1-1に示す。

##### (2) 材料および使用条件

KGBケーブル主要部位の使用材料を表2.1-1に、使用条件を表2.1-2に示す。

No.	部 位
①	導体
②	絶縁体
③	介在物
④	押さえテープ°
⑤	シース

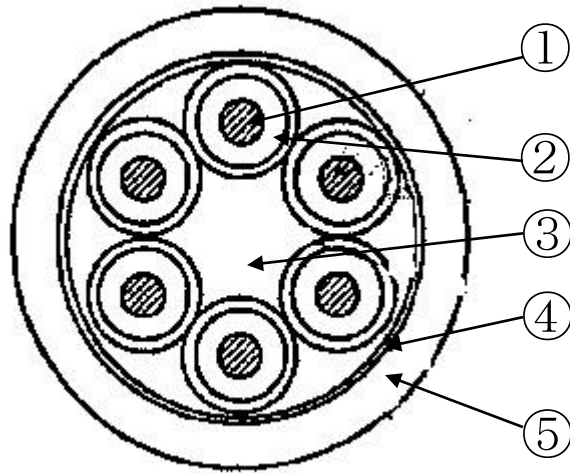


図2. 1-1 KGBケーブル構造図 (6心ケーブルの例)

表2.1-1 KGBケーブル主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
電力・信号伝達 機能の維持	導体	錫メッキ軟銅より線
	絶縁体	シリコンゴム
	介在物	ガラス繊維
	押さえテープ	ガラステープ
	シース	ガラス編組

表2.1-2 KGBケーブルの使用条件

	通常運転時	設計基準事故時
設置場所	原子炉格納容器外（原子炉建物内）	
周囲温度	60℃以下	171℃（最高）
放射線	$2.7 \times 10^{-2}$ Gy/h（最大）	$4.5 \times 10^2$ Gy（最大積算値）
最高圧力	大気圧	14 kPa

## 2.1.2 難燃PNケーブル

### (1) 構造

難燃PNケーブルは、大別すると導体、絶縁体、介在物、押さえテープおよびシースで構成され、このうちケーブルの絶縁機能は、絶縁体で保たれている。

介在物および押さえテープはケーブルを整形するため、シースはケーブルを外的な力から保護するために設けられている。

難燃PNケーブルの構造図を図2.1-2に示す。

### (2) 材料および使用条件

難燃PNケーブル主要部位の使用材料を表2.1-3に、使用条件を表2.1-4に示す。



No.	部 位
①	導体
②	絶縁体
③	介在物
④	押さえテープ°
⑤	シース

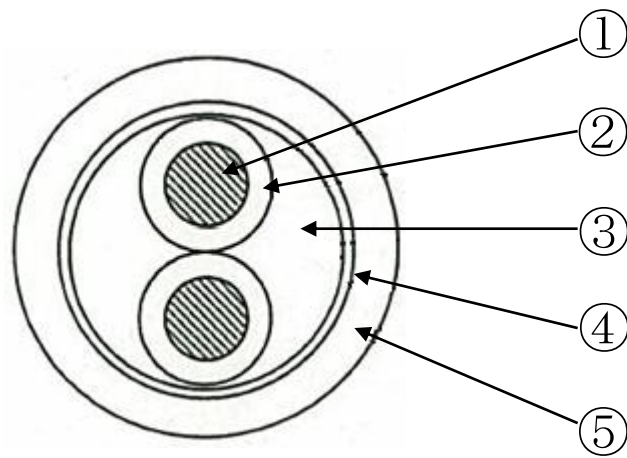


図2. 1-2 難燃PNケーブル構造図 (2心ケーブルの例)

表2.1-3 難燃PNケーブル主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
電力・信号伝達機能の維持	導体	錫メッキ軟銅より線
	絶縁体	難燃エチレンプロピレンゴム
	介在物	難燃ゴム, ジュート
	押さえテープ	プラスチックテープ
	シース	特殊クロロプロレンゴム

表2.1-4 難燃PNケーブルの使用条件

	通常運転時	設計基準事故時
設置場所	原子炉格納容器内	
周囲温度	63°C*1 (最高)	171°C (最高)
放射線	$1.6 \times 10^{-1}$ Gy/h*1 (最大)	$2.7 \times 10^5$ Gy (最大積算値)
最高圧力	14 kPa	$4.27 \times 10^2$ kPa

\*1：難燃PNケーブルが布設されている原子炉格納容器内の実測値。

### 2.1.3 難燃CVケーブル

#### (1) 構造

難燃CVケーブルは、大別すると導体、絶縁体、介在物、押さえテープ、シールドおよびシースで構成され、このうちケーブルの絶縁機能は、絶縁体で保たれている。

シールドは導体の静電誘導を低減するため、介在物および押さえテープはケーブルを整形するため、シースはケーブルを外的な力から保護するために設けられている。

難燃CVケーブルの構造図を図2.1-3に示す。

#### (2) 材料および使用条件

難燃CVケーブル主要部位の使用材料を表2.1-5に、使用条件を表2.1-6に示す。

No.	部 位
①	導体
②	絶縁体
③	介在物
④	押さえテープ°
⑤	シース

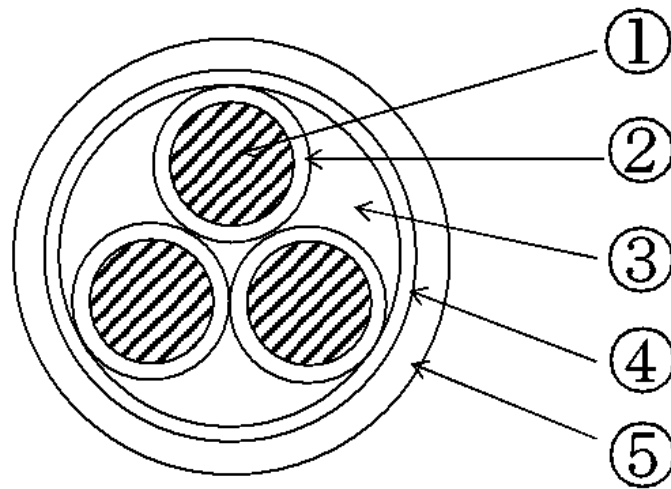


図2. 1-3 難燃CVケーブル構造図 (3心ケーブルの例)

表2.1-5 難燃CVケーブル主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
電力・信号伝達 機能の維持	導体	錫メッキ銅より線
	絶縁体	難燃架橋ポリエチレン
	介在物	ジユート
	押さえテープ	布テープ
	シース	難燃特殊耐熱ビニル

表2.1-6 難燃CVケーブルの使用条件

	通常運転時	設計基準事故時	重大事故等時
設置場所	原子炉格納容器外（原子炉建物内）		
周囲温度	50℃ 以下	100℃（最高）	120℃（最高）
放射線	$4.5 \times 10^{-2}$ Gy/h（最大）	$1.8 \times 10^3$ Gy（最大積算値）	$2.8 \times 10^5$ Gy（最大積算値）
最高圧力	大気圧	3.4 kPa	6.9 kPa

## 2.1.4 難燃VVケーブル

### (1) 構造

難燃VVケーブルは、大別すると導体、絶縁体、介在物、押さえテープおよびシースで構成され、このうちケーブルの絶縁機能は、絶縁体で保たれている。

介在物および押さえテープはケーブルを整形するため、シースはケーブルを外的な力から保護するために設けられている。

難燃VVケーブルの構造図を図2.1-4に示す。

### (2) 材料および使用条件

難燃VVケーブル主要部位の使用材料を表2.1-7に、使用条件を表2.1-8に示す。

No.	部 位
①	導体
②	絶縁体
③	介在物
④	押さえテープ°
⑤	シース

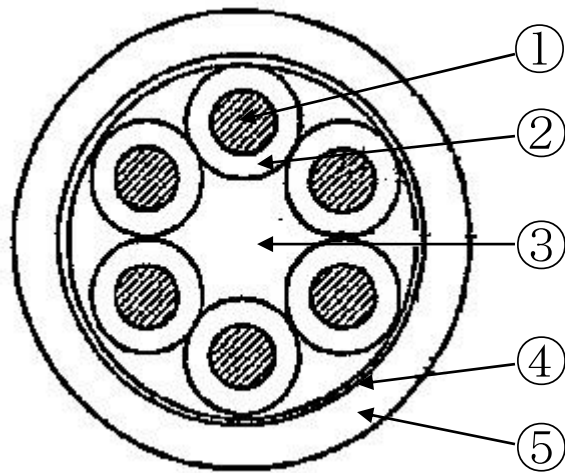


図2. 1-4 難燃VVケーブル構造図 (6心ケーブルの例)

表2.1-7 難燃VVケーブル主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
電力・信号伝達 機能の維持	導体	銅より線
	絶縁体	難燃ビニル
	介在物	ジュート
	押さえテープ	プラスチックテープ
	シース	難燃ビニル

表2.1-8 難燃VVケーブルの使用条件

設置場所	原子炉格納容器外（原子炉建物内）
周囲温度	40℃以下



## 2.1.5 特殊耐熱VVケーブル

### (1) 構造

特殊耐熱VVケーブルは、大別すると導体、絶縁体、介在物、押さえテープおよびシースで構成され、このうちケーブルの絶縁機能は、絶縁体で保たれている。

介在物および押さえテープはケーブルを整形するため、シースはケーブルを外的な力から保護するために設けられている。

特殊耐熱VVケーブルの構造図を図2.1-5に示す。

### (2) 材料および使用条件

特殊耐熱VVケーブル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	導体
②	絶縁体
③	介在物
④	押さえテープ°
⑤	シース

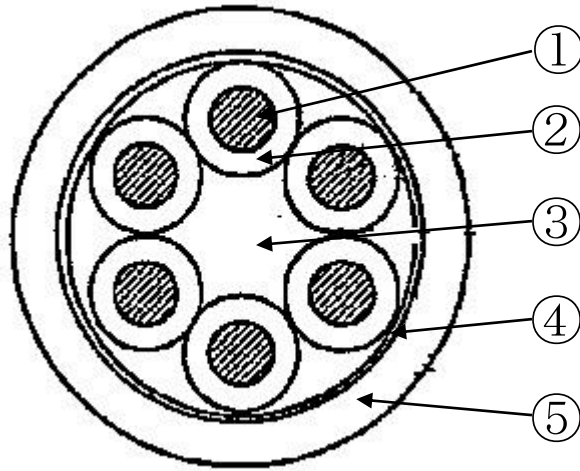


図2.1-5 特殊耐熱VVケーブル構造図 (6心ケーブルの例)

表2.1-9 特殊耐熱VVケーブル主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
信号伝達 機能の維持	導体	銅より線
	絶縁体	難燃特殊耐熱ビニル
	介在物	ジュート
	押さえテープ	プラスチックテープ
	シース	難燃特殊耐熱ビニル

表2.1-10 特殊耐熱VVケーブルの使用条件

設置場所	原子炉格納容器外（タービン建物内）
周囲温度	40℃以下

## 2.1.6 難燃PEケーブル

### (1) 構造

難燃PEケーブルは、大別すると導体、絶縁体、介在物、押さえテープおよびシースで構成され、このうちケーブルの絶縁機能は、絶縁体で保たれている。

介在物および押さえテープはケーブルを整形するため、シースはケーブルを外的な力から保護するために設けられている。

難燃PEケーブルの構造図を図2.1-6に示す。

### (2) 材料および使用条件

難燃PEケーブル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	導体
②	絶縁体
③	介在物
④	押さえテープ°
⑤	シース

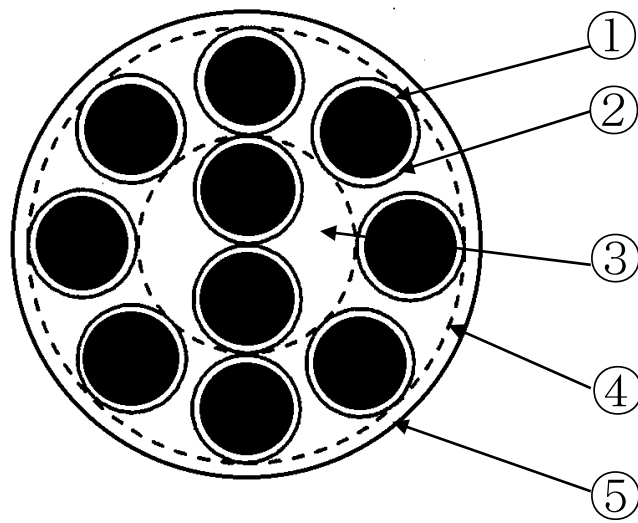


図2.1-6 難燃PEケーブル構造図

表2.1-11 難燃PEケーブル主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
信号伝達 機能の維持	導体	銅
	絶縁体	ポリエチレン
	介在物	プラスチック
	押さえテープ	プラスチックテープ
	シース	高難燃ポリエチレン

表2.1-12 難燃PEケーブルの使用条件

設置場所	原子炉格納容器外
周囲温度	40℃以下

## 2.1.7 MIケーブル

### (1) 構造

MIケーブルは、大別すると導体、絶縁体およびシースで構成され、このうちケーブルの絶縁機能は、絶縁体で保たれている。

シースはケーブルを外的な力から保護するために設けられている。

MIケーブルの構造図を図2.1-7に示す。

### (2) 材料および使用条件

MIケーブル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	導体
②	絶縁体
③	シース

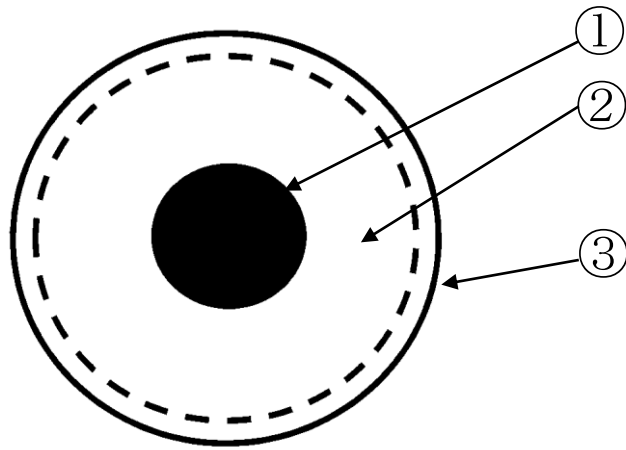


図2.1-7 MIケーブル構造図



表2.1-13 MIケーブル主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
信号伝達 機能の維持	導体	ステンレス (SUS316)
	絶縁体	酸化マグネシウム
	シース	インコネル (NCF600)

表2.1-14 MIケーブルの使用条件

	通常運転時	重大事故等時
設置場所	原子炉格納容器内	
周囲温度	63°C*1 (最高)	200°C (最高)
放射線	$1.6 \times 10^{-1}$ Gy/h*1 (最大)	$7.4 \times 10^5$ Gy (最大積算値)
最高圧力	14 kPa	$8.53 \times 10^2$ kPa

\*1：MIケーブルが布設されている原子炉格納容器内の実測値。

## 2.1.8 難燃FNケーブル

### (1) 構造

難燃FNケーブルは、大別すると導体、絶縁体、介在物、押さえテープおよびシースで構成され、このうちケーブルの絶縁機能は、絶縁体で保たれている。

介在物および押さえテープはケーブルを整形するため、シースはケーブルを外的な力から保護するために設けられている。

難燃FNケーブルの構造図を図2.1-8に示す。

### (2) 材料および使用条件

難燃FNケーブル主要部位の使用材料を表2.1-15に、使用条件を表2.1-16に示す。

No.	部 位
①	導体
②	絶縁体
③	介在物
④	押さえテープ°
⑤	シース

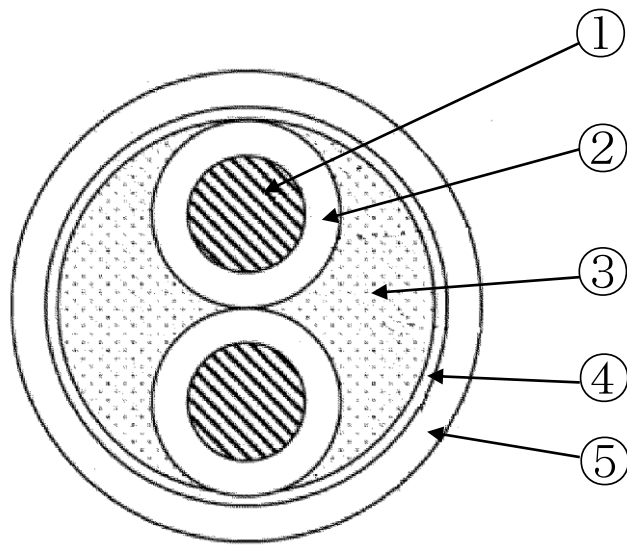


図2.1-8 難燃FNケーブル構造図

表2.1-15 難燃FNケーブル主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
信号伝達 機能の維持	導体	錫メッキ軟銅より線
	絶縁体	フロンレックス
	介在物	エチレン°ロビ°レンゴ°ム, ジ°ユ°ト
	押さえテープ°	ポリイミド°テープ°
	シース	難燃クロロ°レンゴ°ム

表2.1-16 難燃FNケーブルの使用条件

	通常運転時	設計基準事故時	重大事故等時
設置場所	原子炉格納容器内		
周囲温度	63°C*1 (最高)	171°C (最高)	200°C (最高)
放射線	$1.6 \times 10^{-1}$ Gy/h*1 (最大)	$2.7 \times 10^5$ Gy (最大積算値)	$7.4 \times 10^5$ Gy (最大積算値)
最高圧力	14 kPa	$4.27 \times 10^2$ kPa	$8.53 \times 10^2$ kPa

\*1：難燃FNケーブルが布設されている原子炉格納容器内の実測値。

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

低圧ケーブルの機能は通電機能であり、この機能の達成に必要な項目は以下のとおり。

#### ① 電力・信号伝達機能の維持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

#### (1) 想定される経年劣化事象

低圧ケーブルについて、要求事項を考慮し主要な部位に展開した上で、個々の部位の材料、構造、使用条件（設置場所、電圧）およ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。

#### (2) 消耗品および定期取替品の扱い

低圧ケーブルには、消耗品およ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 (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 (表2.2-1で▲)

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

- a. 絶縁体の絶縁特性低下 [KGBケーブル]
- b. 絶縁体の絶縁特性低下 [難燃PNケーブル]
- c. 絶縁体の絶縁特性低下 [難燃CVケーブル]
- d. 絶縁体の絶縁特性低下 [難燃VVケーブル, 特殊耐熱VVケーブル, 難燃PEケーブル]
- e. 絶縁体の絶縁特性低下 [難燃FNケーブル]

## 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

日常劣化管理事象に該当する事象は抽出されなかった。

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

- a. 熱・放射線によるシースの劣化〔難燃PNケーブル、難燃CVケーブル、難燃VVケーブル、特殊耐熱VVケーブル、難燃PEケーブル、難燃FNケーブル〕

難燃PNケーブルの特殊クロロプレンゴムシース、難燃CVケーブルおよび特殊耐熱VVケーブルの難燃特殊耐熱ビニルシース、難燃VVケーブルの難燃ビニルシース、難燃PEケーブルの高難燃ポリエチレンシースおよび難燃FNケーブルの特殊クロロプレンゴムシースは有機物であるため、熱および放射線により硬化する可能性がある。

しかし、シースは、ケーブル布設時に生ずる外的な力からケーブルを保護するためのものであり、ケーブルに要求される絶縁機能の確保に対する影響は極めて小さい。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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 (1/8) KGBケーブルに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象								備考
				減肉		割れ		絶縁	導通	信号	その他	
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁特性低下	導通不良	特性変化		
信号伝達機能の維持	導体		錫メッキ軟銅より線									
	絶縁体		シリコンゴム					○				
	介在物		ガラス繊維									
	押さえテープ		ガラステープ									
	シース		ガラス編組									

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象



表2.2-1 (2/8) 難燃PNケーブルに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象								備考
				減肉		割れ		絶縁	導通	信号	その他	
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁特性低下	導通不良	特性変化		
電力伝達機能の維持	導体		錫メッキ軟銅より線									*1：熱・放射線による劣化
	絶縁体		難燃エチレンプロピレンゴム					○				
	介在物		難燃ゴム、ジユート									
	押さえテープ		プラスチックテープ									
	シース		特殊クロロプロピレンゴム								▲*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（日常劣化管理事象以外）

表2.2-1 (3/8) 難燃CVケーブルに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象								備考
				減肉		割れ		絶縁	導通	信号	その他	
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁特性低下	導通不良	特性変化		
電力・信号伝達機能の維持	導体		錫メッキ銅より線									*1：熱・放射線による劣化
	絶縁体		難燃架橋ポリエチレン					○				
	介在物		ジエト									
	押さえテープ		布テープ									
	シース		難燃特殊耐熱ビニル								▲*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（日常劣化管理事象以外）

表2.2-1 (4/8) 難燃VVケーブルに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象								備考
				減肉		割れ		絶縁	導通	信号	その他	
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁特性低下	導通不良	特性変化		
電力・信号伝達機能の維持	導体		銅より線									*1：熱・放射線による劣化
	絶縁体		難燃ビニル					○				
	介在物		シユート									
	押さえテープ		プラスチックテープ									
	シース		難燃ビニル								▲*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（日常劣化管理事象以外）

表2.2-1 (5/8) 特殊耐熱VVケーブルに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象								備考
				減肉		割れ		絶縁	導通	信号	その他	
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁特性低下	導通不良	特性変化		
信号伝達機能の維持	導体		銅より線									*1：熱・放射線による劣化
	絶縁体		特殊耐熱ビニル					○				
	介在物		シユート									
	押さえテープ		プラスチックテープ									
	シース		特殊耐熱ビニル								▲*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（日常劣化管理事象以外）

表2.2-1 (6/8) 難燃PEケーブルに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象								備考
				減肉		割れ		絶縁	導通	信号	その他	
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁特性低下	導通不良	特性変化		
信号伝達機能の維持	導体		銅									*1：熱・放射線による劣化
	絶縁体		ポリエチレン					○				
	介在物		プラスチック									
	押さえテープ		プラスチックテープ									
	シース		高難燃ポリエチレン								▲*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（日常劣化管理事象以外）

表2.2-1 (7/8) MIケーブルに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象								備考
				減肉		割れ		絶縁	導通	信号	その他	
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁特性低下	導通不良	特性変化		
信号伝達機能の維持	導体		ステンレス (SUS316)									
	絶縁体		酸化マグネシウム									
	シース		インコネル (NCF600)									

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

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

表2.2-1 (8/8) 難燃FNケーブルに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考	
				減肉		割れ		絶縁	導通	信号		その他
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁特性低下	導通不良	特性変化		
信号伝達機能の維持	導体		錫メッキ軟銅より線								*1：熱・放射線による劣化	
	絶縁体		フロンレックス					○				
	介在物		エチレンプロピレンゴム、ジエト									
	押さえテープ		ポリイミドテープ									
	シース		特殊クロロプロレンゴム							▲*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（日常劣化管理事象以外）

## 2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

### (1) 絶縁体の絶縁特性低下 [KGBケーブル]

#### a. 事象の説明

KGBケーブルの絶縁体は有機物（シリコーンゴム）であり、熱および放射線による物性変化等、熱的、電氣的、環境的要因により経年劣化が進行し、絶縁特性が低下する可能性があることから、経年劣化に対する評価が必要である。

なお、KGBケーブルは低圧、静止機器であるため、電氣的、機械的要因による劣化は起きないと考えられる。

絶縁特性が低下する可能性のある部位を図2.3-1に示す。

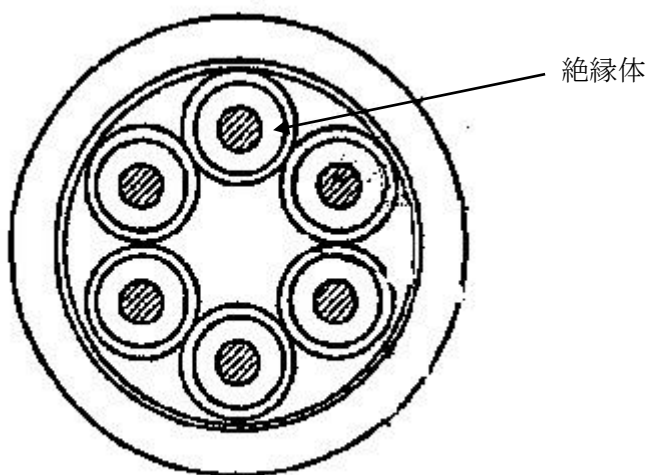


図2.3-1 KGBケーブルの絶縁部位



b. 技術評価

(a) 健全性評価

KGBケーブルの絶縁特性低下については、電気学会において、IEEE Std. 323 (1974) および383 (1974) の規格を根幹に、我が国のケーブル耐環境試験方法推奨案として「電気学会技術報告Ⅱ部第139号『原子力発電所用電線・ケーブルの環境試験方法ならびに耐延焼試験方法に関する推奨案』(以下、「電気学会推奨案」という。)がまとめられており、これに基づき実機同等品による通常環境および設計基準事故時雰囲気を考慮した長期健全性試験を実施した。

供試ケーブル (新品ケーブル)

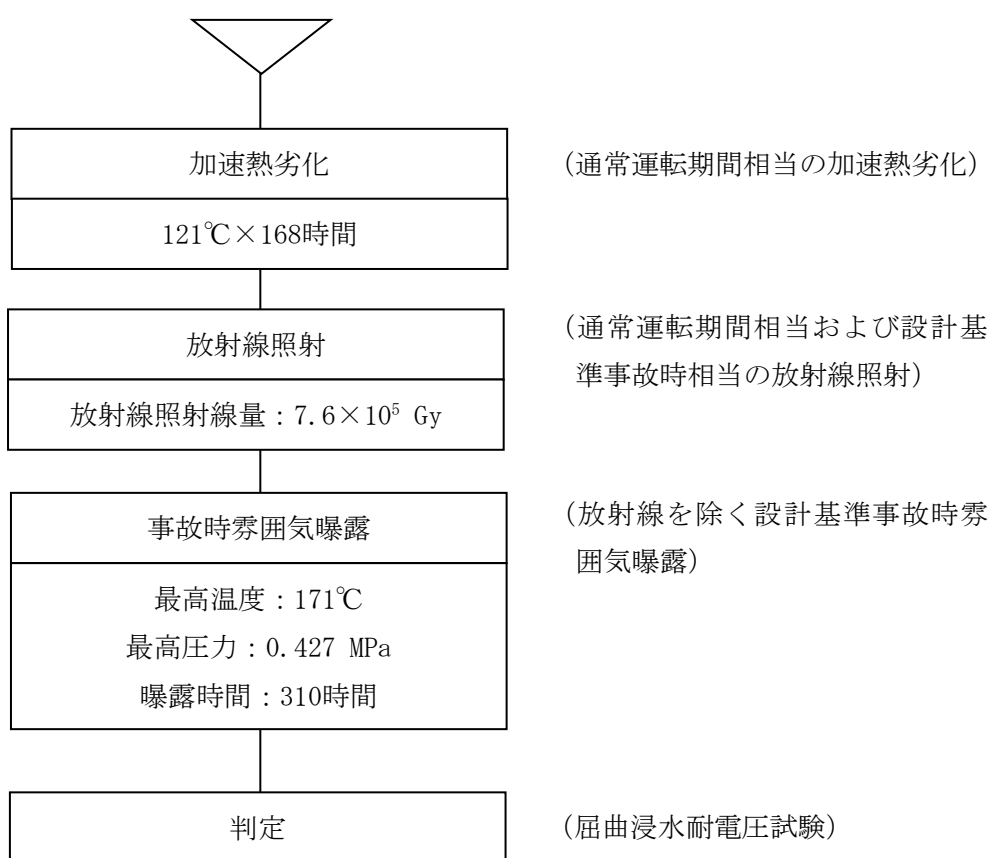


図2.3-2 KGBケーブル長期健全性試験手順 (設計基準事故)

表2.3-1 KGBケーブル長期健全性試験条件（設計基準事故）

	試験条件	説明
加速熱劣化	121℃×168時間	原子炉格納容器外（原子炉建物内）の周囲温度最高値（60℃）に対して、49年間の運転期間を包絡する。
放射線照射	放射線照射線量：7.6×10 <sup>5</sup> Gy	島根2号炉で想定される照射線量約1.6×10 <sup>4</sup> Gy（60年間の通常運転期間1.5×10 <sup>4</sup> Gyに設計基準事故時線量4.5×10 <sup>2</sup> Gyを加えた線量）を包絡する。
事故時雰囲気曝露	最高温度：171℃ 最高圧力：0.427 MPa 曝露時間：310時間	島根2号炉の設計基準事故時の最高温度（171℃）、最高圧力（14 kPa）を包絡する。

表2.3-2 KGBケーブル長期健全性試験結果（設計基準事故）

項目	試験手順	判定基準	結果
屈曲浸水耐電圧試験	① 直線状に試料を伸ばした後、試料外径（15.1 mm）の約40倍のマンドレルに巻きつける。 ② ①の両端部以外を常温の水中に浸し1時間以上放置する。 ③ ②の状態、公称絶縁体厚さに対し交流電圧3.2 kV/mmを5分間印加する。	絶縁破壊しないこと	良

[出典：メーカーデータ]

図2.3-2の試験条件は、表2.3-1～表2.3-2に示すとおり、島根2号炉の49年間の運転期間を想定した劣化条件および設計基準事故時環境条件を包絡し、結果は判定基準を満足している。

また、設計基準事故時環境において動作要求のあるKGBケーブルについては運転開始後29年（第17回定期事業者検査）に取替えを行っている。

よって、KGBケーブルの絶縁体は、60年間の通常運転および設計基準事故時雰囲気において絶縁性能を維持できるものと評価できる。

また、設計基準事故時雰囲気内で機能要求があるKGBケーブルについては、独立行政法人原子力安全基盤機構により原子力プラントでの使用条件に即したケーブルの経年劣化評価手法が検討され、その結果がまとめられている「原子力発電所のケーブル経年劣化評価ガイド」（以下、「ACAガイド」という。）に従った長期間のケーブル健全性も評価した。

ACAガイドに基づく試験手順および判定方法を図2.3-3に、試験条件ならびに試験結果を表2.3-3～表2.3-4に、ケーブル実布設環境での長期健全性評価結果を表2.3-5に示す。

供試ケーブル（新品ケーブル）

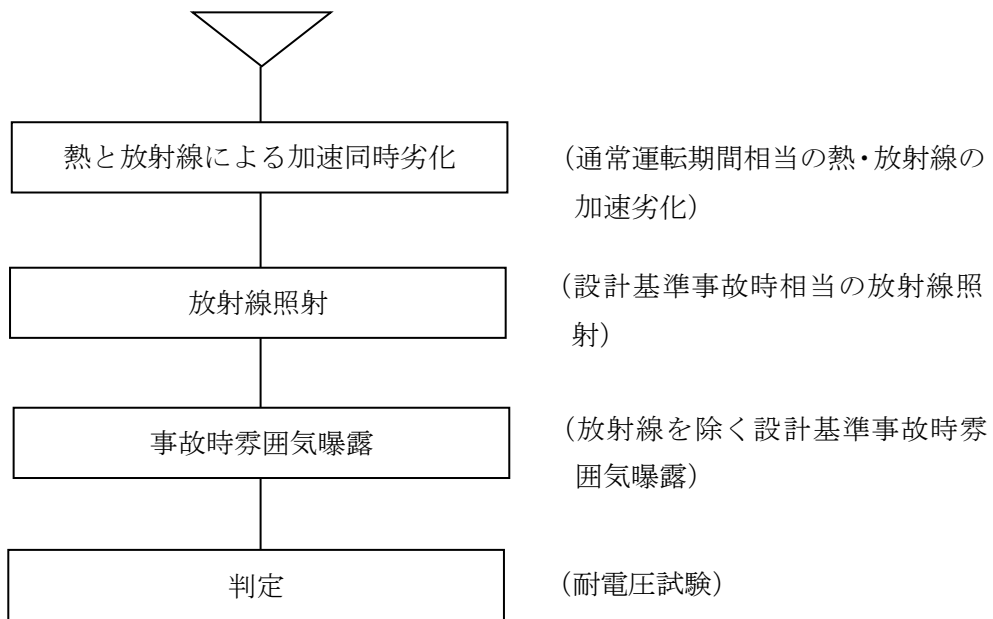


図2.3-3 KGBケーブルのACAガイドに基づく試験手順

表2.3-3 KGBケーブルの試験条件

	試験条件
熱・放射線 加速同時劣化	100℃—99.7Gy/h—260日間 (6, 241h)
事故時放射線照射 (線量率)	$5.0 \times 10^5$ Gy ( $1.0 \times 10^4$ Gy/h)
事故時雰囲気曝露	最高温度：171℃ 最高圧力：0.427 MPa

表2.3-4 KGBケーブルの試験結果

項目	試験条件	判定基準	結果
耐電圧試験	課電電圧：1,500V/1分間	絶縁破壊しないこと	良

[出典：原子力プラントのケーブル経年変化評価技術調査研究に関する最終報告書]

表2.3-5 実布設環境での長期健全性評価結果

布設区分	実機環境条件		評価年数 [年]	備考
	温度[℃]	放射線量率[Gy/h]		
主蒸気管室	60	0.03	214	

(b) 現状保全

KGBケーブルの絶縁体の絶縁特性低下については、系統機器の点検時に絶縁抵抗測定を実施している。

また、系統機器の点検時に実施する機器の動作試験においてもケーブルの絶縁機能の健全性を確認している。

なお、点検で有意な絶縁特性低下が認められた場合には、ケーブルの取替えを行うこととしている。

(c) 総合評価

KGBケーブルの絶縁体については、運転開始から60年間の通常運転および設計基準事故時雰囲気において絶縁特性を維持できると判断する。

c. 高経年化への対応

KGBケーブルの絶縁体の絶縁特性低下については、現状の保全項目に高経年化対策の観点から追加すべき項目はない。引き続き、現状保全を継続していく。

(2) 絶縁体の絶縁特性低下 [難燃PNケーブル]

a. 事象の説明

難燃PNケーブルの絶縁体は有機物（難燃エチレンプロピレンゴム）であり，熱および放射線による物性変化等，熱的，電氣的，環境的要因により経年劣化が進行し，絶縁特性が低下する可能性があることから，経年劣化に対する評価が必要である。

なお，難燃PNケーブルは低圧，静止機器であるため，電氣的，機械的要因による劣化は起きないと考えられる。

絶縁特性が低下する可能性のある部位を図2.3-4に示す。

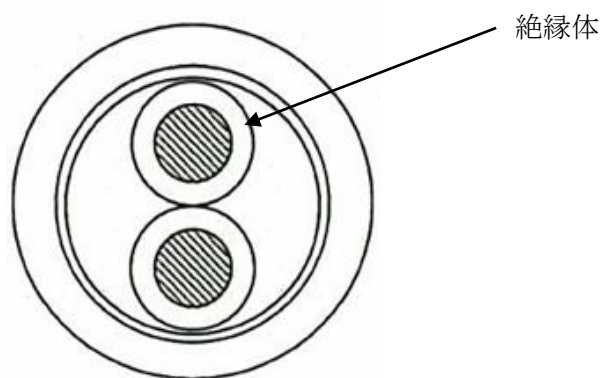


図2.3-4 難燃PNケーブルの絶縁部位

b. 技術評価

(a) 健全性評価

難燃PNケーブルの絶縁特性低下については、電気学会において、IEEE Std. 323 (1974) および383 (1974) の規格を根幹に、我が国のケーブル耐環境試験方法推奨案として「電気学会推奨案」がまとめられており、これに基づき実機同等品による通常環境および設計基準事故時雰囲気を考慮した長期健全性試験を実施した。

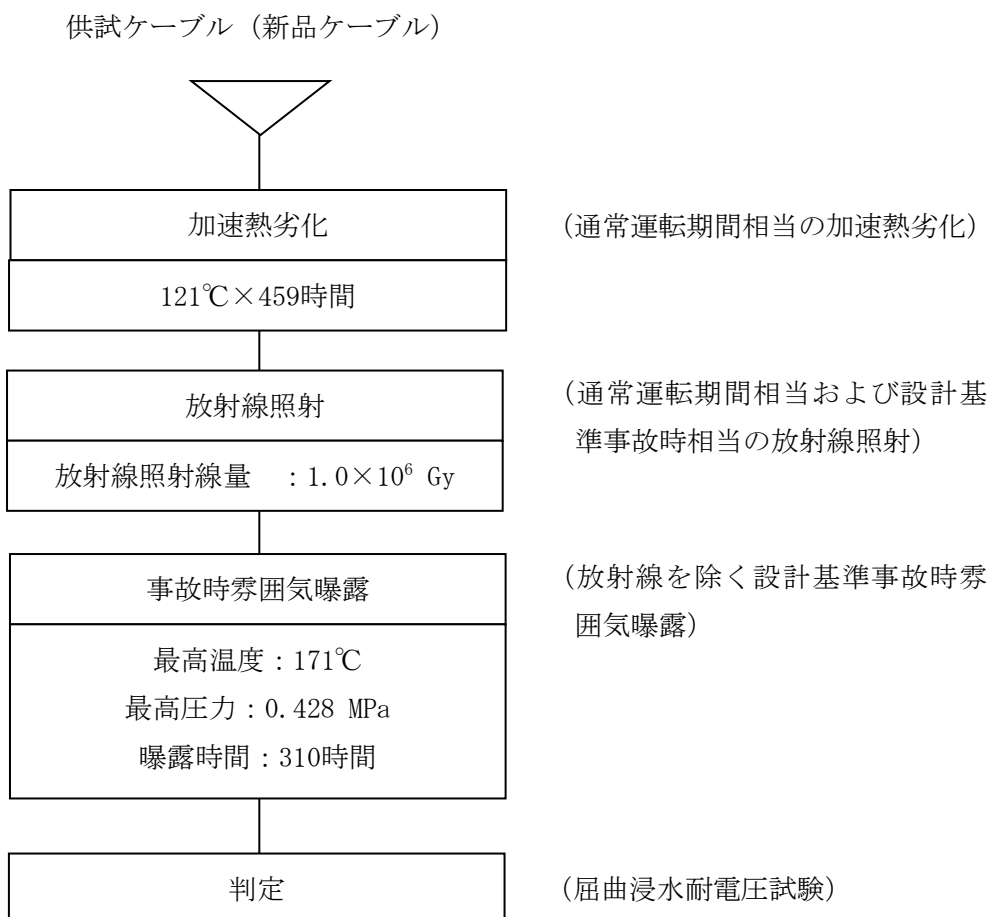


図2.3-5 難燃PNケーブル長期健全性試験手順（設計基準事故）

表2.3-6 難燃PNケーブル長期健全性試験条件（設計基準事故）

	試験条件	説明
加速熱劣化	121℃×459時間	原子炉格納容器内の周囲温度最高値（63℃）に対して、60年間の運転期間を包絡する。
放射線照射	放射線照射線量 : 1.0×10 <sup>6</sup> Gy	島根2号炉で想定される照射線量約3.6×10 <sup>5</sup> Gy（60年間の通常運転期間8.4×10 <sup>4</sup> Gyに設計基準事故時線量2.7×10 <sup>5</sup> Gyを加えた線量）を包絡する。
事故時雰囲気曝露	最高温度：171℃ 最高圧力：0.428 MPa 曝露時間：310時間	島根2号炉の設計基準事故時の最高温度（171℃）、最高圧力（0.427 MPa）を包絡する。

表2.3-7 難燃PNケーブル長期健全性試験結果（設計基準事故）

項目	試験手順	判定基準	結果
屈曲浸水耐電圧試験	① 直線状に試料を伸ばした後、試料外径（12.5 mm）の約40倍のマンドレルに巻きつける。 ② ①の両端部以外を常温の水中に浸し1時間以上放置する。 ③ ②の状態、公称絶縁体厚さに対し交流電圧3.2 kV/mmを5分間印加する。	絶縁破壊しないこと	良

[出典：メーカーデータ]

図2.3-5の試験条件は、表2.3-6～表2.3-7に示すとおり、島根2号炉の60年間の運転期間を想定した劣化条件および設計基準事故時環境条件を包絡し、結果は判定基準を満足している。

また、設計基準事故時雰囲気内で機能要求がある難燃PNケーブルについては、独立行政法人原子力安全基盤機構により原子力プラントでの使用条件に即したケーブルの経年劣化評価手法が検討され、その結果がまとめられている「ACAガイド」に従った長期間のケーブル健全性も評価した。

ACAガイドに基づく試験手順および判定方法を図2.3-6に、試験条件ならびに試験結果を表2.3-8～表2.3-9に、ケーブル実布設環境での長期健全性評価結果を表2.3-10に示す。

供試ケーブル（新品ケーブル）

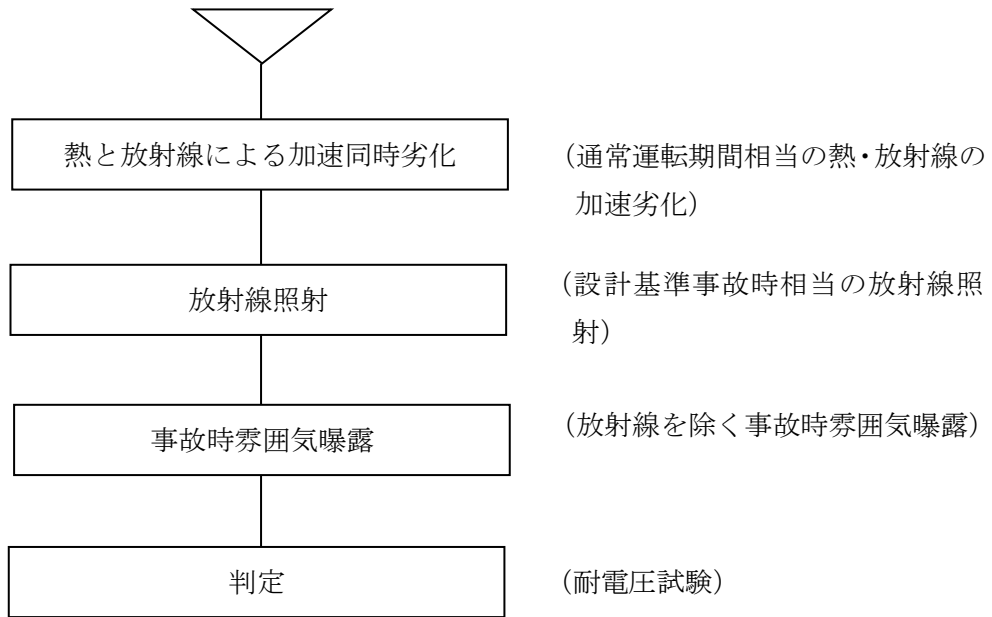


図2.3-6 難燃PNケーブルのACAガイドに基づく試験手順

表2.3-8 難燃PNケーブルの試験条件

	試験条件
熱・放射線 加速同時劣化	100℃—94.7Gy/h—291日間 (6,990h)
事故時放射線照射	$5.0 \times 10^5$ Gy ( $1.0 \times 10^4$ Gy/h)
事故時雰囲気曝露	最高温度：171℃ 最高圧力：0.427 MPa

表2.3-9 難燃PNケーブルの試験結果

項目	試験条件	判定基準	結果
耐電圧試験	課電電圧：1,500V/1分間	絶縁破壊しないこと	良

[出典：原子力プラントのケーブル経年変化評価技術調査研究に関する最終報告書]

表2.3-10 実布設環境での長期健全性評価結果

布設区分	実機環境条件		評価年数 [年]	備考
	温度[℃]	放射線量率[Gy/h]		
原子炉格納容器内	63	0.152	37	



## (b) 現状保全

難燃PNケーブルの絶縁体の絶縁特性低下については、系統機器の点検時に絶縁抵抗測定を実施している。

また、系統機器の点検時に実施する機器の動作試験においてもケーブルの絶縁機能の健全性を確認している。

新規に設置されるケーブルについては、定期的に絶縁抵抗測定または系統機器点検時の動作確認により健全性を確認することとしている。

なお、点検で有意な絶縁特性低下が認められた場合には、ケーブルの取替えを行うこととしている。

## (c) 総合評価

難燃PNケーブルの絶縁体については、使用開始から37年間を経過する前に取替えを行うことで、運転開始から60年間の通常運転および事故時雰囲気において絶縁特性を維持できると判断する。

## c. 高経年化への対応

設計基準事故時雰囲気において機能要求される難燃PNケーブルの絶縁体の絶縁特性低下については、37年間を経過するまでに取替えることにより、運転開始から60年間の通常運転期間および事故時雰囲気において絶縁性能を維持する、または、実機同等品を用いて60年間の通常運転および設計基準事故時雰囲気による劣化を考慮した事故時耐環境性能に関する再評価を実施することにより、運転開始から60年間の通常運転期間および事故時雰囲気において絶縁性能が維持できることを確認する。

(3) 絶縁体の絶縁特性低下〔難燃CVケーブル〕

a. 事象の説明

難燃CVケーブルの絶縁体は有機物（難燃架橋ポリエチレン）であり，熱および放射線による物性変化等，熱的，電氣的，環境的要因により経年劣化が進行し，絶縁特性が低下する可能性があることから，経年劣化に対する評価が必要である。

なお，難燃CVケーブルは低圧，静止機器であるため，電氣的，機械的要因による劣化は起きないと考えられる。

絶縁特性が低下する可能性のある部位を図2.3-7に示す。

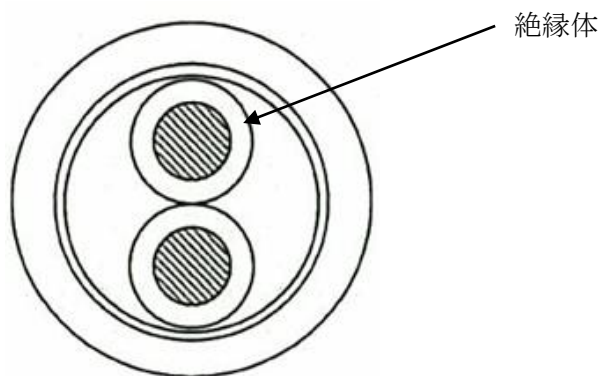


図2.3-7 難燃CVケーブルの絶縁部位

b. 技術評価

(a) 健全性評価

難燃CVケーブルの絶縁特性低下については、電気学会において、IEEE Std. 323 (1974) および383 (1974) の規格を根幹に、我が国のケーブル耐環境試験方法推奨案として「電気学会推奨案」がまとめられており、これに基づき実機同等品による通常環境および設計基準事故時雰囲気を考慮した長期健全性試験を実施した。

また、重大事故等時雰囲気内において電力信号伝達の維持が求められることから、実機同等品により長期健全性試験を実施し、この結果に基づき、重大事故等時雰囲気内の健全性を評価した。

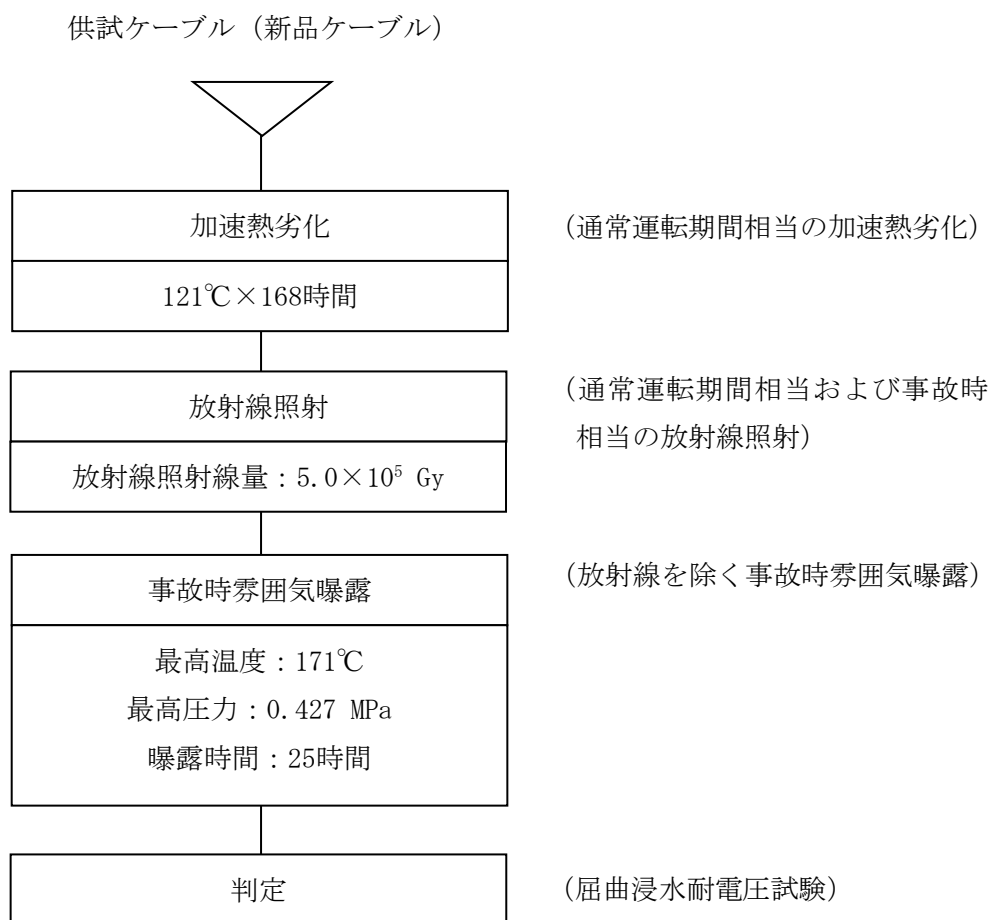


図2.3-8 難燃CVケーブル長期健全性試験手順（設計基準事故，重大事故等）

表2.3-11 難燃CVケーブル長期健全性試験条件（設計基準事故）

	試験条件	説明
加速熱劣化	121℃×168時間	原子炉格納容器外（原子炉建物内）の周囲温度最高値(50℃)に対して、60年間の運転期間を包絡する。
放射線照射	放射線照射線量 : 5.0×10 <sup>5</sup> Gy	島根2号炉で想定される照射線量約2.6×10 <sup>4</sup> Gy（60年間の通常運転期間2.4×10 <sup>4</sup> Gyに設計基準事故時線量1.8×10 <sup>3</sup> Gyを加えた線量）を包絡する。
事故時雰囲気曝露	最高温度：171℃ 最高圧力：0.427 MPa 曝露時間：25時間	島根2号炉の設計基準事故時の最高温度(100℃)，最高圧力(3.4 kPa)を包絡する。

表2.3-12 難燃CVケーブル長期健全性試験結果（設計基準事故）

項目	試験手順	判定基準	結果
屈曲浸水耐電圧試験	① 直線状に試料を伸ばした後，試料外径(13.5 mm)の約40倍のマンドレルに巻きつける。 ② ①の両端部以外を常温の水中に浸し1時間以上放置する。 ③ ②の状態では，公称絶縁体厚さに対し交流電圧3.2 kV/mmを5分間印加する。	絶縁破壊しないこと	良

[出典：メーカーデータ]

表2.3-13 難燃CVケーブル長期健全性試験条件（重大事故等）

	試験条件	説明
加速熱劣化	121℃×168時間	原子炉格納容器外（原子炉建物内）の周囲温度最高値(40℃)に対して、60年間の運転期間を包絡する。
放射線照射	放射線照射線量 : 5.0×10 <sup>5</sup> Gy	島根2号炉で想定される照射線量約2.9×10 <sup>5</sup> Gy（60年間の通常運転期間1.5×10 <sup>2</sup> Gyに重大事故等時線量2.8×10 <sup>5</sup> Gyを加えた線量）を包絡する。
事故時雰囲気曝露	最高温度：171℃ 最高圧力：0.427 MPa 曝露時間：25時間	島根2号炉の重大事故等時の最高温度(120℃)，最高圧力(6.9 kPa)を包絡する。

表2.3-14 難燃CVケーブル長期健全性試験結果（重大事故等）

項目	試験手順	判定基準	結果
屈曲浸水耐電圧試験	① 直線状に試料を伸ばした後，試料外径(13.5 mm)の約40倍のマンドレルに巻きつける。 ② ①の両端部以外を常温の水中に浸し1時間以上放置する。 ③ ②の状態では，公称絶縁体厚さに対し交流電圧3.2 kV/mmを5分間印加する。	絶縁破壊しないこと	良

[出典：メーカーデータ]

図2.3-8の試験条件は、表2.3-11～表2.3-14に示すとおり、島根2号炉の60年間の運転期間を想定した劣化条件および事故時環境条件を包絡し、結果は判定基準を満足している。

よって、難燃CVケーブルの絶縁体は、60年間の通常運転および事故時雰囲気において絶縁性能を維持できると評価できる。

また、事故時雰囲気内で機能要求がある難燃CVケーブルについては、独立行政法人原子力安全基盤機構により原子力プラントでの使用条件に即したケーブルの経年劣化評価手法が検討され、その結果がまとめられている「ACAガイド」に従った長期間のケーブル健全性も評価した。

ACAガイドに基づく試験手順および判定方法を図2.3-9に、試験条件ならびに試験結果を表2.3-15～表2.3-16に、ケーブル実布設環境での長期健全性評価結果を表2.3-17に示す。

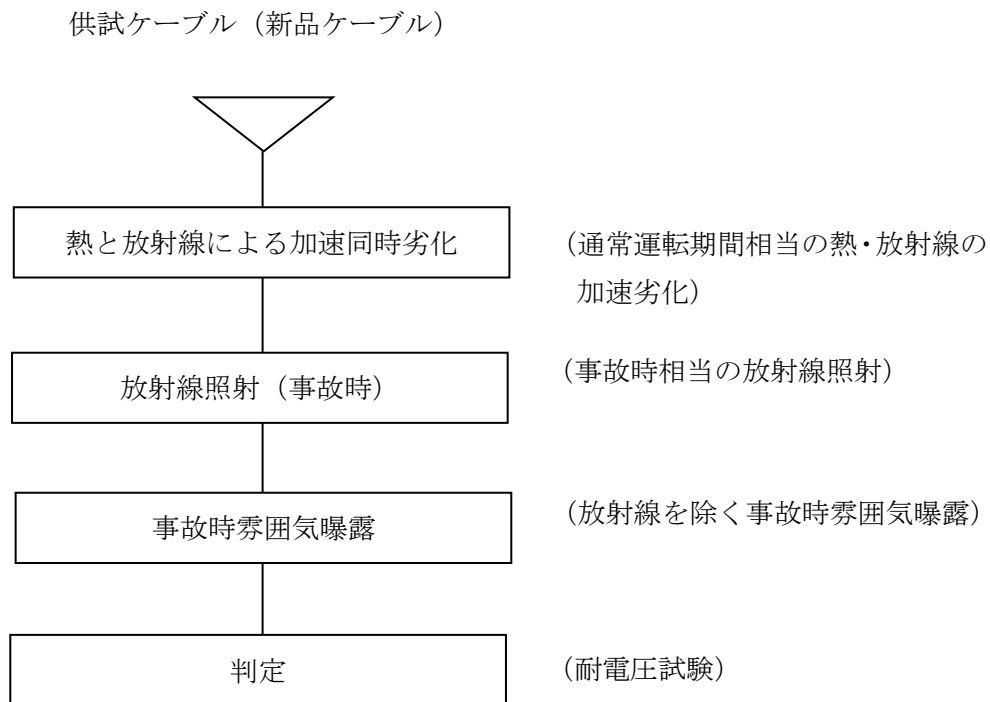


図2.3-9 難燃CVケーブルのACAガイドに基づく試験手順

表2.3-15 難燃CVケーブルの試験条件

	試験条件
熱・放射線 加速同時劣化	100℃—99.3Gy/h—104日間 (2,500h)
事故時放射線照射	$1.0 \times 10^5$ Gy ( $1.0 \times 10^3$ Gy/h)
事故時雰囲気曝露	最高温度：171℃ 最高圧力：0.18 MPa

表2.3-16 難燃CVケーブルの試験結果

項目	試験条件	判定基準	結果
耐電圧試験	課電電圧：1,500V/1分間	絶縁破壊しないこと	良

[出典：原子力プラントのケーブル経年変化評価技術調査研究に関する最終報告書]

表2.3-17 実布設環境での長期健全性評価結果

布設区分	実機環境条件		評価年数 [年]	備考
	温度[°C]	放射線量率[Gy/h]		
原子炉浄化系熱交換器室	50	0.045	47	
原子炉浄化系ポンプ室	40	0.018	102	

#### (b) 現状保全

難燃CVケーブルの絶縁体の絶縁特性低下については、系統機器の点検時に絶縁抵抗測定を実施している。

また、系統機器の点検時に実施する機器の動作試験においてもケーブルの絶縁機能の健全性を確認している。

新規に設置されるケーブルについては、定期的に絶縁抵抗測定または系統機器点検時の動作確認により健全性を確認することとしている。

なお、点検で有意な絶縁特性低下が認められた場合には、ケーブルの取替えを行うこととしている。

#### (c) 総合評価

原子炉浄化系熱交換器室に設置される難燃CVケーブルの絶縁体については、使用開始から47年間経過する前に取替えを行うことで、運転開始から60年間の通常運転および事故時雰囲気において絶縁特性を維持できると判断する。

その他の難燃CVケーブルの絶縁体については、健全性評価結果および現状保全より、運転開始から60年間の通常運転および事故時雰囲気において絶縁特性を維持できると判断する。

#### c. 高経年化への対応

難燃CVケーブルの絶縁体の絶縁特性低下については、現状の保全項目に高経年化の観点から追加すべき項目はない。引き続き、現状保全を継続していく。

(4) 絶縁体の絶縁特性低下〔難燃VVケーブル，特殊耐熱VVケーブル，難燃PEケーブル〕

a. 事象の説明

難燃VVケーブル，特殊耐熱VVケーブル，難燃PEケーブルの絶縁体は有機物（難燃ビニル，特殊耐熱ビニル，ポリエチレン）であり，熱および放射線による物性変化等，熱的，電氣的，環境的要因により経年劣化が進行し，絶縁特性が低下する可能性があることから，経年劣化に対する評価が必要である。

なお，難燃VVケーブル，特殊耐熱VVケーブル，難燃PEケーブルは低圧，静止機器であるため，電氣的，機械的要因による劣化は起きないと考えられる。

絶縁特性が低下する可能性のある部位を図2.3-10～図2.3-12に示す。

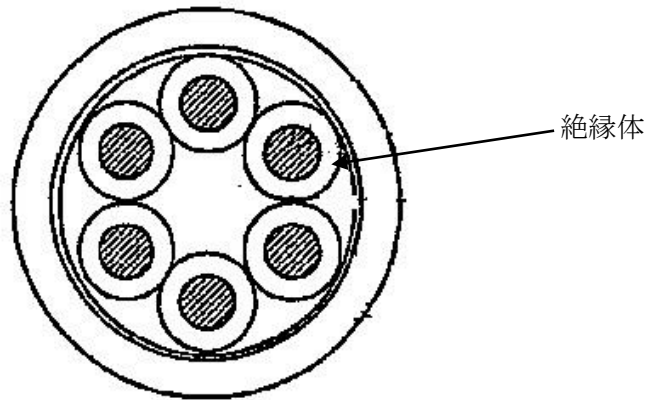


図2.3-10 難燃VVケーブルの絶縁部位

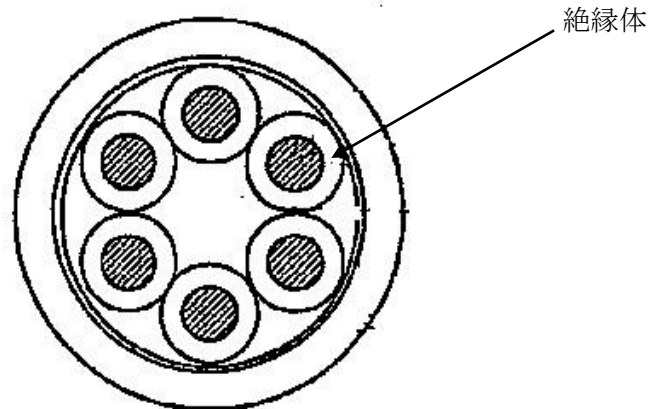


図2.3-11 特殊耐熱VVケーブルの絶縁部位

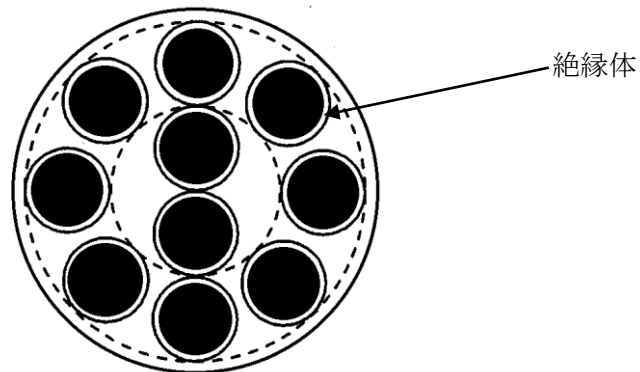


図2.3-12 難燃PEケーブルの絶縁部位

## b. 技術評価

### (a) 健全性評価

難燃VVケーブル，特殊耐熱VVケーブル，難燃PEケーブルの絶縁体の絶縁特性については，長期間の使用を考慮すると低下する可能性は否定できない。

ただし，絶縁抵抗測定または系統機器の動作試験を行うことで，絶縁特性低下またはその兆候が確認できる。

### (b) 現状保全

難燃VVケーブル，特殊耐熱VVケーブル，難燃PEケーブルの絶縁体の絶縁特性低下については，系統機器の点検時に絶縁抵抗測定を実施している。

また，系統機器の点検時に実施する機器の動作試験においてもケーブルの絶縁機能の健全性を確認している。

新規に設置されるケーブルについては，定期的に絶縁抵抗測定または系統機器点検時の動作確認より健全性を確認することとしている。

なお，点検で有意な絶縁特性低下が認められた場合には，ケーブルの取替えを行うこととしている。

### (c) 総合評価

難燃VVケーブル，特殊耐熱VVケーブル，難燃PEケーブルの絶縁体については，絶縁特性が低下する可能性は否定できないが，系統機器点検時の絶縁抵抗測定および系統機器の動作試験により検知可能であるため，引き続き現状保全を継続することで，60年間の健全性は維持できると判断する。

## c. 高経年化への対応

難燃VVケーブル，特殊耐熱VVケーブル，難燃PEケーブルの絶縁体の絶縁特性低下については，現状の保全項目に高経年化対策の観点から追加すべき項目はない。引き続き，現状保全を継続していく。



(3) 絶縁体の絶縁特性低下〔難燃FNケーブル〕

a. 事象の説明

難燃FNケーブルの絶縁体は有機物（フロンレックス）であり，熱および放射線による物性変化等，熱的，電氣的，環境的要因により経年劣化が進行し，絶縁特性が低下する可能性があることから，経年劣化に対する評価が必要である。

なお，難燃FNケーブルは低圧，静止機器であるため，電氣的，機械的要因による劣化は起きないと考えられる。

絶縁特性が低下する可能性のある部位を図2.3-13に示す。

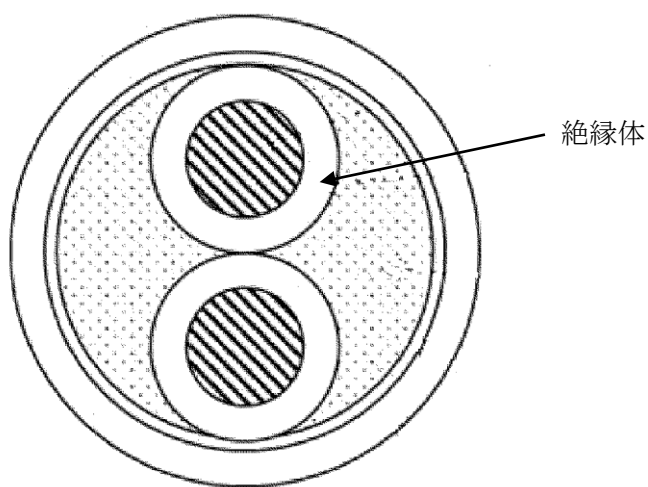


図2.3-13 難燃FNケーブルの絶縁部位

b. 技術評価

(a) 健全性評価

難燃FNケーブルの絶縁特性低下については、独立行政法人原子力安全基盤機構により原子力プラントでの使用条件に即したケーブルの経年劣化評価手法が検討され、その結果がまとめられている「ACAガイド」に基づき、通常環境および事故時を考慮した長期健全性試験を実施した。

ACAガイドに基づく試験手順および判定方法を図2.3-14に、試験条件ならびに試験結果を表2.3-18～表2.3-19に、ケーブル実布設環境での長期健全性評価結果を表2.3-22に示す。

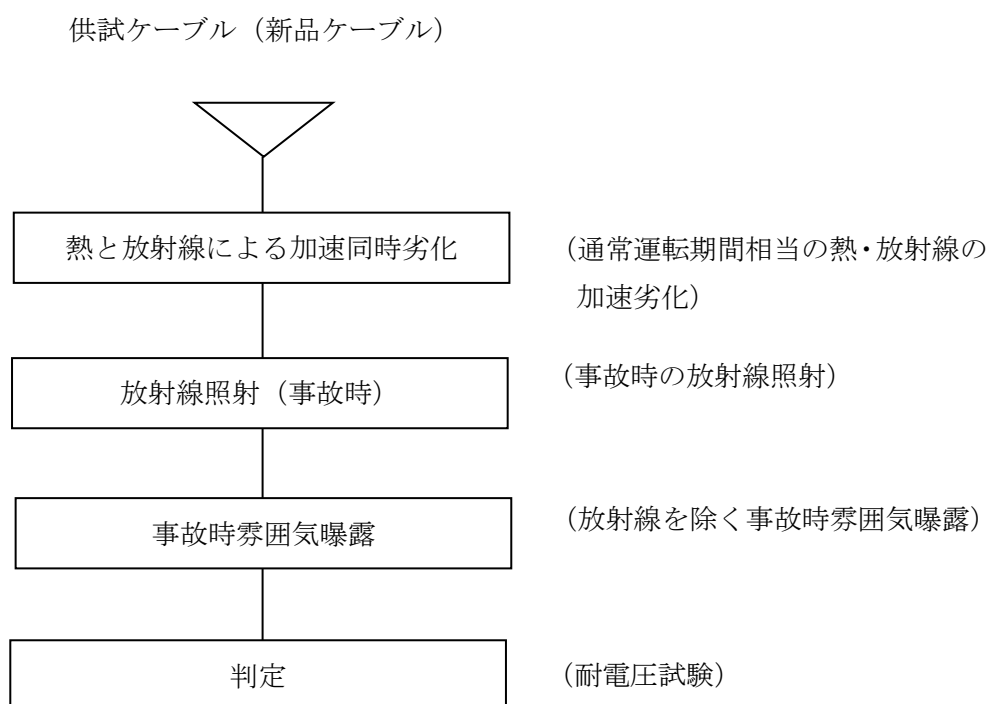


図2.3-14 難燃FNケーブルのACAガイドに基づく試験手順

表2.3-18 難燃FNケーブルの試験条件

	試験条件
熱・放射線 加速同時劣化	200℃—100Gy/h—67日間 (1,587h)
事故時放射線照射	$8.0 \times 10^5$ Gy (10Gy/h)
事故時雰囲気曝露	最高温度：235℃ 最高圧力：0.854 MPa

表2.3-19 難燃FNケーブルの試験結果

項目	試験条件	判定基準	結果
耐電圧試験	課電電圧：3,000V／1分間	規定電圧において規定時間耐えること	良

[出典：共同研究報告書「BWRにおける過酷事故用電気計装品に関する経年劣化評価研究Phase II」]

表2.3-20 実布設環境での長期健全性評価結果

布設区分	実機環境条件		評価年数 [年]	備考
	温度[℃]	放射線量率[Gy/h]		
原子炉格納容器内	63	0.152	121	

(b) 現状保全

難燃FNケーブルの絶縁体の絶縁特性低下については、系統機器の点検時に絶縁抵抗測定を実施することとしている。

また、系統機器の点検時に実施する機器の動作試験においてもケーブルの絶縁機能の健全性を確認することとしている。

なお、点検で有意な絶縁特性低下が認められた場合には、ケーブルの取替えを行うこととしている。

(c) 総合評価

原子炉格納容器内に設置される難燃FNケーブルの絶縁体については、使用開始から60年間の通常運転および事故時雰囲気において絶縁特性を維持できると判断する。

c. 高経年化への対応

難燃FNケーブルの絶縁体の絶縁特性低下については、現状の保全項目に高経年化の観点から追加すべき項目はない。

### 3. 同軸ケーブル

[対象ケーブル]

- ① 難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリエチレン）
- ② 難燃二重同軸ケーブル
- ③ 難燃三重同軸ケーブル
- ④ 複合同軸ケーブル
- ⑤ 難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が高発泡ポリエチレン）

## 目 次

1. 対象機器および代表機器の選定 .....	3-1
1.1 グループ化の考え方および結果 .....	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, 材料および使用条件 .....	3-3
2.1.1 難燃三重同軸ケーブル .....	3-3
2.1.2 複合同軸ケーブル .....	3-6
2.1.3 難燃一重同軸ケーブル (絶縁体材料が高発泡ポリエチレン) .....	3-9
2.2 経年劣化事象の抽出 .....	3-12
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目 .....	3-12
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出 .....	3-12
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 .....	3-14
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価 .....	3-18
3. 代表機器以外への展開 .....	3-25
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 .....	3-25
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 .....	3-29

## 1. 対象機器および代表機器の選定

島根2号炉で対象となる同軸ケーブルの仕様を表1-1に示す。

これらの同軸ケーブルを絶縁体材料の観点からグループ化し、それぞれのグループより以下のとおり代表機器を選定した。

### 1.1 グループ化の考え方および結果

絶縁体材料を分類基準とし、同軸ケーブルを表1-1に示すとおりグループ化する。

### 1.2 代表機器の選定

表1-1に分類したグループ毎に、原則として、重要度、設置場所、使用開始時期および用途の観点から代表機器を選定するものとする。

#### (1) 絶縁体材料：架橋ポリエチレン，発泡架橋ポリエチレン

このグループには、難燃一重同軸ケーブル，難燃二重同軸ケーブルおよび難燃三重同軸ケーブルが属するが、重要度，設置場所，使用開始時期から難燃三重同軸ケーブルを代表機器とする。

#### (2) 絶縁体材料：架橋ポリエチレン，難燃架橋ポリエチレン

このグループには、複合同軸ケーブルのみが属するため、複合同軸ケーブルを代表機器とする。

#### (3) 絶縁体材料：高発泡ポリエチレン

このグループには、難燃一重同軸ケーブルのみが属するため、難燃一重同軸ケーブルを代表機器とする。

表1-1 同軸ケーブルのグループ化と代表機器

分類基準		機器名称	選定基準						仕様	選定	選定理由
区分	絶縁体材料		用途	重要度*1	設置場所		使用開始時期		シース		
					原子炉格納容器内	原子炉格納容器外	建設時	運転開始後			
同軸	架橋 <sup>°</sup> ポリエチレン, 発泡架橋 <sup>°</sup> ポリエチレン	難燃一重同軸ケーブル*5	計測	MS-1, 重*4	○	○	○	○	難燃架橋 <sup>°</sup> ポリエチレン, 難燃 <sup>°</sup> ポリエチレン, 難燃ビニル		使用開始時期
		難燃二重同軸ケーブル*5	計測	MS-1, 重*4	—	○	○	○	難燃ビニル		
		難燃三重同軸ケーブル*5	計測	MS-1, 重*4	○	○	○	○	難燃架橋 <sup>°</sup> ポリエチレン, 難燃架橋 <sup>°</sup> リオレフィン	◎	
	架橋 <sup>°</sup> ポリエチレン*2, 難燃架橋 <sup>°</sup> ポリエチレン*3	複合同軸ケーブル*5	計測	MS-1, 重*4	—	○	○	○	難燃ビニル	◎	
	高発泡 <sup>°</sup> ポリエチレン	難燃一重同軸ケーブル*5	計測	重*4	—	○	—	○	難燃 <sup>°</sup> リオレフィン	◎	

\*1：最上位の重要度を示す。

\*2：同軸心

\*3：制御心

\*4：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器および構造物であることを示す。

\*5：新規に設置される機器を含む。

## 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5種類のケーブルについて技術評価を実施する。

- ① 難燃三重同軸ケーブル
- ② 複合同軸ケーブル
- ③ 難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が高発泡ポリエチレン）

### 2.1 構造、材料および使用条件

#### 2.1.1 難燃三重同軸ケーブル

##### (1) 構造

難燃三重同軸ケーブルは、大別すると内部導体、絶縁体、外部導体、セパレータおよびシースで構成され、このうちケーブルの絶縁機能は、絶縁体で保たれている。

シースは、ケーブルを外的な力から保護するために設けられている。

難燃三重同軸ケーブルの構造図を図2.1-1に示す。

##### (2) 材料および使用条件

難燃三重同軸ケーブル主要部位の使用材料を表2.1-1に、使用条件を表2.1-2に示す。



No.	部 位
①	内部導体
②	外部導体
③	絶縁体
④	セパレータ
⑤	シース

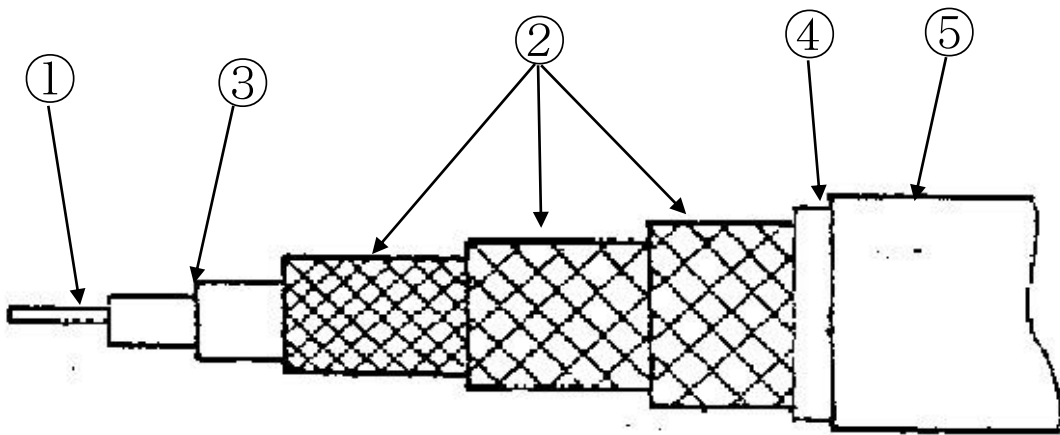


図2.1-1 難燃三重同軸ケーブル構造図

表2.1-1 難燃三重同軸ケーブル主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
信号伝達機能の維持	内部導体	錫メッキ軟銅より線
	外部導体	錫メッキ軟銅編組
	絶縁体	架橋ホ <sup>°</sup> リエチレン
	セパレータ	難燃テープ <sup>°</sup>
	シース	難燃架橋ホ <sup>°</sup> リエチレン

表2.1-2 難燃三重同軸ケーブルの使用条件

	通常運転時	設計基準事故時	重大事故等時
設置場所	原子炉格納容器内		
周囲温度	63℃*1	171℃ (最高)	171℃ (最高)
放射線	$1.6 \times 10^{-1}$ Gy/h*1	$2.7 \times 10^5$ Gy (最大積算値)	$2.7 \times 10^5$ Gy (最大積算値)
最高圧力	14 kPa	$4.27 \times 10^2$ kPa	$4.27 \times 10^2$ kPa

\*1：難燃三重同軸ケーブルが敷設されている原子炉格納容器内の実測値

## 2.1.2 複合同軸ケーブル

### (1) 構造

複合同軸ケーブルは、大別すると同軸心、制御心、押えテープ、シールドおよびシースで構成されている。

同軸心は内部導体、外部導体、絶縁体で構成され、制御心は導体および絶縁体で構成され、それぞれの絶縁機能は、絶縁体で保たれている。

シールドは導体の静電誘導を低減するため、押えテープはケーブルを整形するため、内部シースおよびシースはケーブルを外的な力から保護するために設けられている。

複合同軸ケーブルの構造図を図2.1-2に示す。

### (2) 材料および使用条件

複合同軸ケーブル主要部位の使用材料を表2.1-3に、使用条件を表2.1-4に示す。

No.	部 位	No.	部 位
①	内部導体 (同軸心)	⑤	絶縁体 (制御心)
②	外部導体 (同軸心)	⑥	押えテープ*
③	絶縁体 (同軸心)	⑦	シールド*
④	導体 (制御心)	⑧	シース

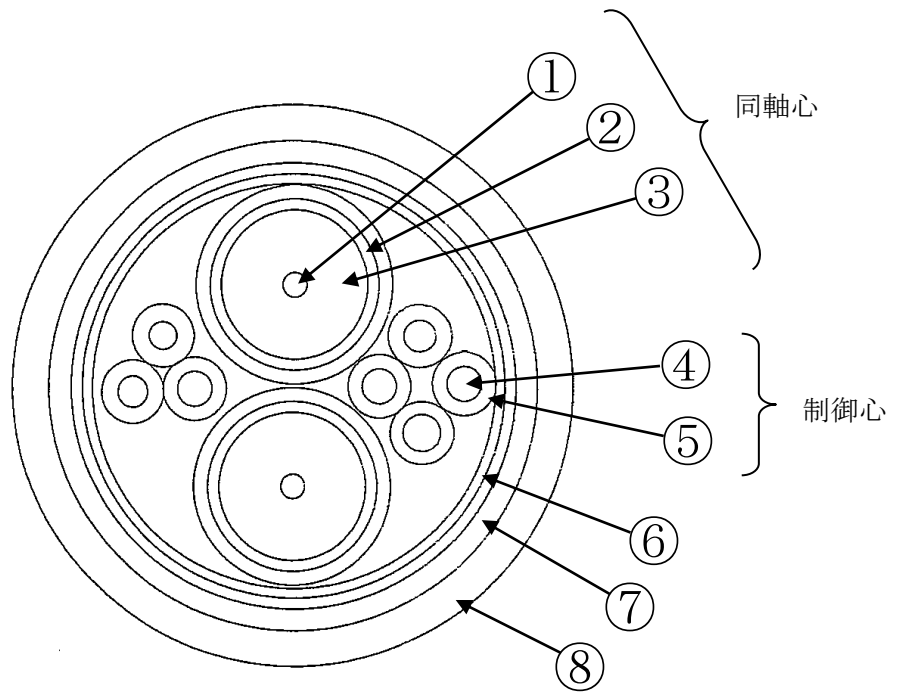


図2.1-2 複合同軸ケーブル構造図

表2.1-3 複合同軸ケーブル主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位		材 料
信号伝達機能の維持	同軸心	内部導体	錫メッキ軟銅より線
		外部導体	錫メッキ軟銅編組
		絶縁体	架橋ポリエチレン
	制御心	導体	錫メッキ軟銅より線
		絶縁体	難燃架橋ポリエチレン
	押えテープ		難燃テープ
	シールド		錫メッキ軟銅編組
	シース		難燃ビニル

表2.1-4 複合同軸ケーブルの使用条件

設置場所	原子炉格納容器外（原子炉建物内）
周囲温度	40℃以下

### 2.1.3 難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が高発泡ポリエチレン）

#### (1) 構造

難燃一重同軸ケーブルは、大別すると内部導体，絶縁体，外部導体およびシースで構成され，このうちケーブルの絶縁機能は，絶縁体で保たれている。

シースは，ケーブルを外的な力から保護するために設けられている。

難燃一重同軸ケーブルの構造図を図2.1-3に示す。

#### (2) 材料および使用条件

難燃一重同軸ケーブル主要部位の使用材料を表2.1-5に，使用条件を表2.1-6に示す。

No.	部 位
①	内部導体
②	外部導体
③	絶縁体
④	シース

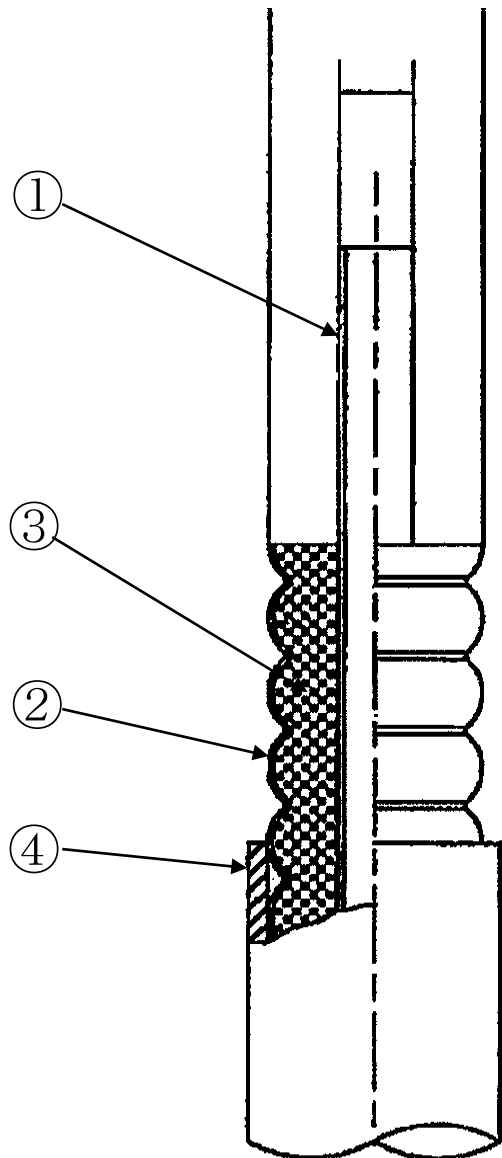


図2.1-3 難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が高発泡ポリエチレン）構造図

表2.1-5 難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が高発泡ポリエチレン）主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
信号伝達機能の維持	内部導体	銅パイプ
	外部導体	銅コルゲート
	絶縁体	高発泡ポリエチレン
	シース	難燃ポリオレフィン

表2.1-6 難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が高発泡ポリエチレン）の使用条件

設置場所	原子炉格納容器外（原子炉建物外）
周囲温度	40℃以下



## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

同軸ケーブルの機能は通電機能であり、この機能の達成に必要な項目は以下のとおり。

#### ① 信号伝達機能の維持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

#### (1) 想定される経年劣化事象

同軸ケーブルについて、要求事項を考慮し主要部位に展開した上で、個々の部位の材料、構造、使用条件（設置場所、電圧）およ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。

#### (2) 消耗品および定期取替品の扱い

同軸ケーブルには、消耗品およ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 (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 (表2.2-1で▲)

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

- a. 絶縁体の絶縁特性低下 [難燃三重同軸ケーブル]
- b. 絶縁体の絶縁特性低下 [複合同軸ケーブル, 難燃一重同軸ケーブル (絶縁体材料が高発泡ポリエチレン)]

### 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）

日常劣化管理事象に該当する事象は抽出されなかった。

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

#### a. 熱・放射線によるシースの劣化〔共通〕

難燃三重同軸ケーブル，複合同軸ケーブル，難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が高発泡ポリエチレン）のシースは有機物（難燃架橋ポリエチレン，架橋難燃ポリオレフィン，難燃ビニル，難燃ポリオレフィン）であるため，熱および放射線により硬化する可能性がある。

しかし，シースは，ケーブル布設時に生ずる外的な力から保護するためのものであり，ケーブルに要求される絶縁機能の確保に対する影響は極めて小さい。

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

表2.2-1 (1/3) 難燃三重同軸ケーブルに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象								備考
				減肉		割れ		絶縁	導通	信号	その他	
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁特性低下	導通不良	特性変化		
信号伝達機能の維持	内部導体		錫メッキ軟銅より線									*1：熱・放射線による劣化
	外部導体		錫メッキ軟銅編組									
	絶縁体		架橋ポリエチレン					○				
	セパレータ		難燃テープ									
	シース		難燃架橋ポリエチレン, 難燃架橋ポリオレフィン								▲*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（日常劣化管理事象以外）

表2.2-1 (2/3) 複合同軸ケーブルに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位		消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考	
					減肉		割れ		絶縁	導通	信号		その他
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁特性低下	導通不良	特性変化		
信号伝達機能の維持	同軸心	内部導体		錫メッキ軟銅より線								*1：熱・放射線による劣化	
		外部導体		錫メッキ軟銅編組									
	制御心	導体		錫メッキ軟銅より線									
	同軸心	絶縁体		架橋ポリエチレン					○				
	制御心			難燃架橋ポリエチレン					○				
	押えテープ			難燃テープ									
	シールド			錫メッキ軟銅編組									
	シース			難燃ビニル									▲*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（日常劣化管理事象以外）

表2.2-1 (3/3) 難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が高発泡ポリエチレン）に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象								備考
				減肉		割れ		絶縁	導通	信号	その他	
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁特性低下	導通不良	特性変化		
信号伝達機能の維持	内部導体		銅ハブ									*1：熱・放射線による劣化
	外部導体		銅コルゲート									
	絶縁体		高発泡ポリエチレン					○				
	シース		難燃ポリオレフィン								▲*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（日常劣化管理事象以外）

## 2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

### (1) 絶縁体の絶縁特性低下〔難燃三重同軸ケーブル〕

#### a. 事象の説明

難燃三重同軸ケーブルの絶縁体は有機物（架橋ポリエチレン）であり，熱および放射線による物性変化等，熱的，環境的要因により経年劣化が進行し，絶縁特性が低下する可能性があることから，経年劣化に対する評価が必要である。

なお，難燃三重同軸ケーブルは静止機器であるため，機械的要因による劣化は起きないと考えられる。

絶縁特性が低下する可能性のある部位を図2.3-1に示す。

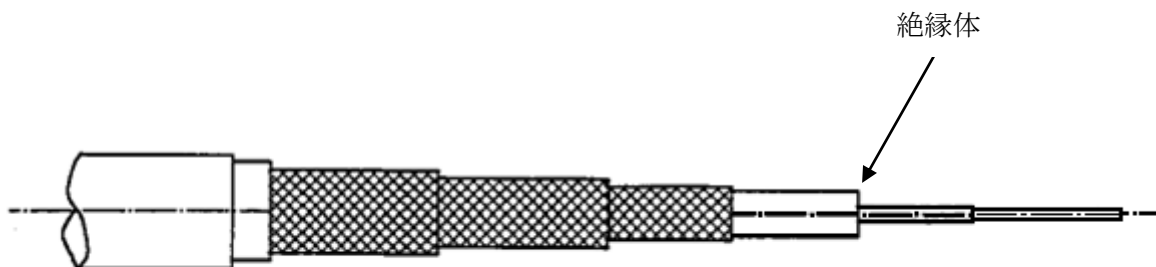


図2.3-1 難燃三重同軸ケーブルの絶縁部位

b. 技術評価

(a) 健全性評価

難燃三重同軸ケーブルの絶縁特性低下については、電気学会において、IEEE Std. 323 (1974) および383 (1974) の規格を根幹に、我が国のケーブル耐環境試験方法推奨案として「電気学会技術報告Ⅱ部第139号『原子力発電所用電線・ケーブルの環境試験方法ならびに耐延焼試験方法に関する推奨案』」(以下、「電気学会推奨案」という。)がまとめられており、これに基づき実機同等品による通常環境および事故時雰囲気を考慮した長期健全性試験を実施した。

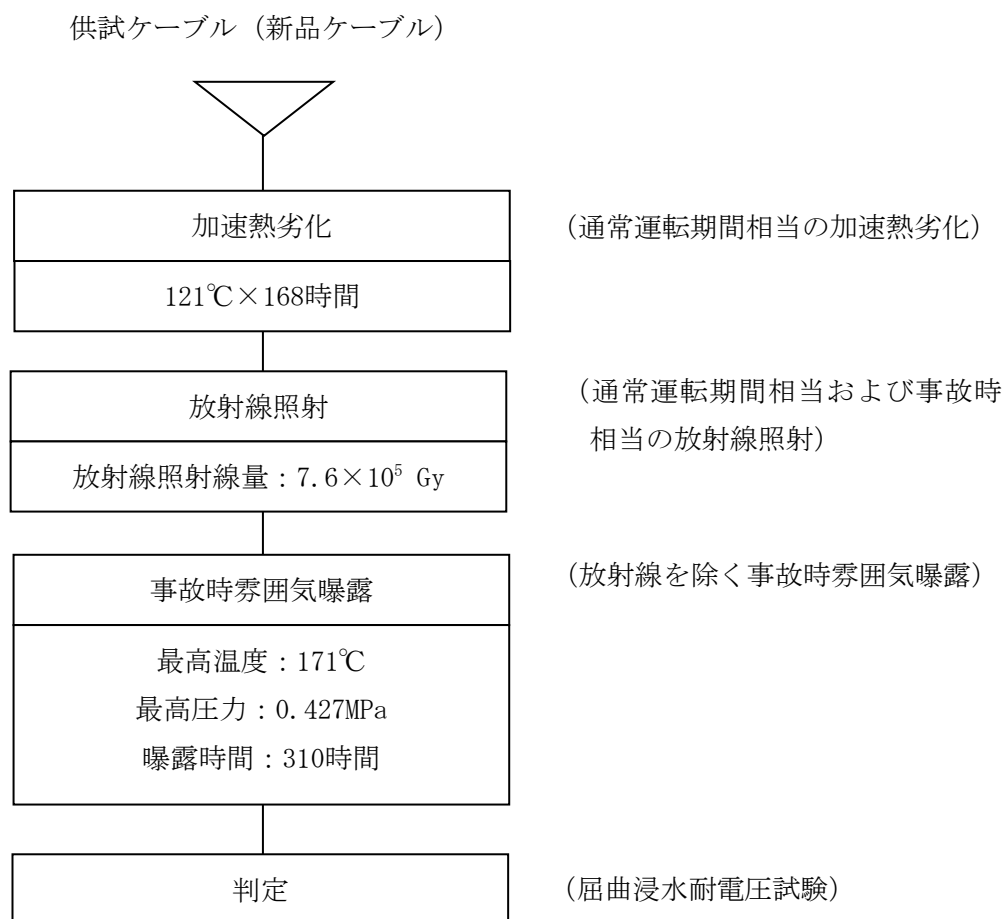


図2.3-2 難燃三重ケーブル長期健全性試験手順 (設計基準事故, 重大事故等)



表2.3-1 難燃三重同軸ケーブル長期健全性試験条件（設計基準事故，重大事故等）

	試験条件	説明
加速熱劣化	121℃×168時間	原子炉格納容器内の周囲温度(63℃)に対して，60年間の運転期間を包絡する。
放射線照射	放射線照射線量：7.6×10 <sup>5</sup> Gy	島根2号炉で想定される照射線量4.44×10 <sup>5</sup> Gy（60年間の通常運転期間8.4×10 <sup>4</sup> Gyに事故時線量3.6×10 <sup>5</sup> Gyを加えた線量）を包絡する。
事故時雰囲気曝露	最高温度：171℃ 最高圧力：0.427 MPa 曝露時間：310時間	島根2号炉の事故時の最高温度(171℃)，最高圧力(0.427 MPa)を包絡する。

表2.3-2 難燃三重同軸ケーブル長期健全性試験結果（設計基準事故，重大事故等）

項目	試験手順	判定基準	結果
屈曲浸水耐電圧試験	① 直線状に試料を伸ばした後，試料外径(10.9 mm)の約40倍のマッドレルに巻きつける。 ② ①の両端部以外を常温の水中に浸し1時間以上放置する。 ③ ②の状態，公称絶縁体厚さに対し交流電圧3.2 kV/mmを5分間印加する。	絶縁破壊しないこと	良

[出典：メーカーデータ]

図2.3-2の試験条件は，表2.3-1～表2.3-2に示すとおり，島根2号炉の60年間の運転期間を想定した劣化条件および事故時環境条件を包絡し，結果は判定基準を満足している。

よって，難燃三重同軸ケーブルの絶縁体は，60年間の通常運転および事故時雰囲気において絶縁性能を維持できるものと評価できる。

また，事故時雰囲気内で機能要求がある難燃三重同軸ケーブルについては，独立行政法人原子力安全基盤機構により原子力プラントでの使用条件に即したケーブルの経年劣化評価手法が検討され，その結果がまとめられている「原子力発電所のケーブル経年劣化評価試験ガイド」（以下，「ACAガイド」という。）に従った長期間のケーブル健全性も評価した。

ACAガイドに基づく試験手順および判定方法を図2.3-3に，試験条件ならびに試験結果を表2.3-3～表2.3-4に，ケーブル実布設環境での長期健全性評価結果を表2.3-5に示す。

供試ケーブル（新品ケーブル）

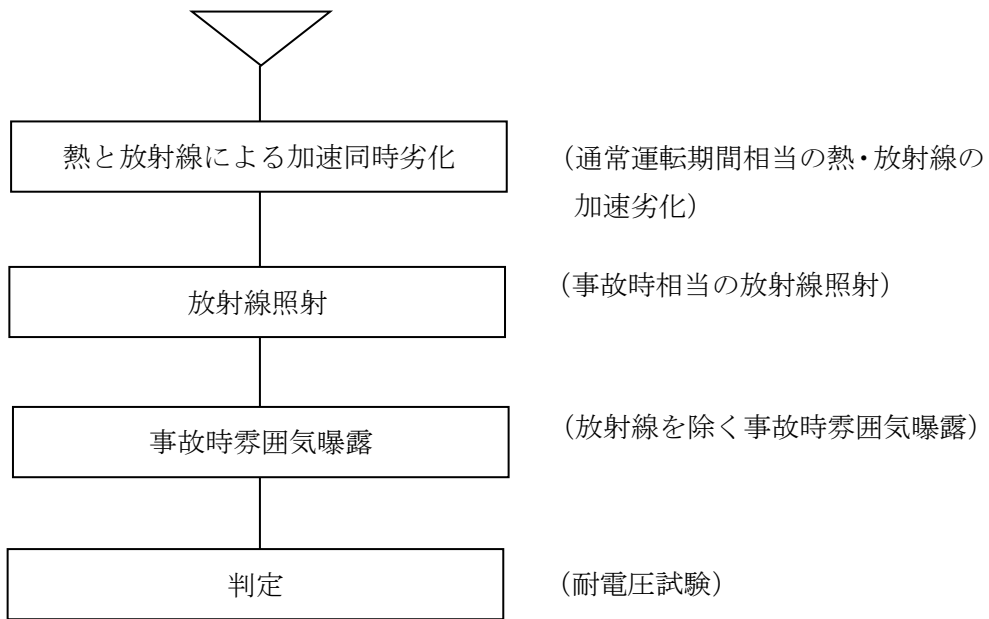


図2. 3-3 難燃三重同軸ケーブルのACAガイドに基づく試験手順

表2. 3-3 難燃三重同軸ケーブルの試験条件

	試験条件
熱・放射線 加速同時劣化	100℃—98.1Gy/h—293日間 (7,024h)
事故時放射線照射 (線量率)	5.0×10 <sup>5</sup> Gy (1.0×10 <sup>4</sup> Gy/h)
事故時雰囲気曝露	最高温度：171℃ 最高圧力：0.427 MPa

表2. 3-4 難燃三重同軸ケーブルの試験結果

項目	試験条件	判定基準	結果
耐電圧試験	課電電圧：7,000V／1分間	絶縁破壊しないこと	良

[出典：共同研究報告書「ケーブル加速劣化試験データの整備に関する研究（ACA評価ケーブル以外）」]

表2. 3-5 実布設環境での長期健全性評価結果

布設区分	実機環境条件		評価年数 [年]	備考
	温度[℃]	放射線量率[Gy/h]		
原子炉格納容器内	63	0.16	60	等価損傷簡易手法

(b) 現状保全

難燃三重同軸ケーブルの絶縁体の絶縁特性低下については、系統機器の点検時に絶縁抵抗測定を実施している。

また、系統機器の点検時に実施する機器の動作試験においてもケーブルの絶縁機能の健全性を確認している。

なお、点検で有意な絶縁特性低下が認められた場合には、ケーブルの取替えを行うこととしている。

(c) 総合評価

難燃三重同軸ケーブルの絶縁体については、運転開始から60年間の通常運転および事故時雰囲気において絶縁特性を維持できると判断する。

c. 高経年化への対応

難燃三重同軸ケーブルの絶縁体の絶縁特性低下については、現状の保全項目に高経年化対策の観点から追加すべき項目はない。引き続き、現状保全を継続していく。

(2) 絶縁体の絶縁特性低下〔複合同軸ケーブル、難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が高発泡ポリエチレン）〕

a. 事象の説明

複合同軸ケーブル、難燃一重同軸ケーブルの絶縁体は有機物（架橋ポリエチレン（同軸）および難燃架橋ポリエチレン（制御）、高発泡ポリエチレン）であり、熱および放射線による物性変化等、熱的、電氣的、環境的要因により経年劣化が進行し、絶縁特性が低下する可能性があることから、経年劣化に対する評価が必要である。

なお、複合同軸ケーブル、難燃一重同軸ケーブルは低圧・静止機器であるため、電氣的、機械的要因による劣化は起きないと考えられる。

絶縁特性が低下する可能性のある部位を図2.3-4～5に示す。

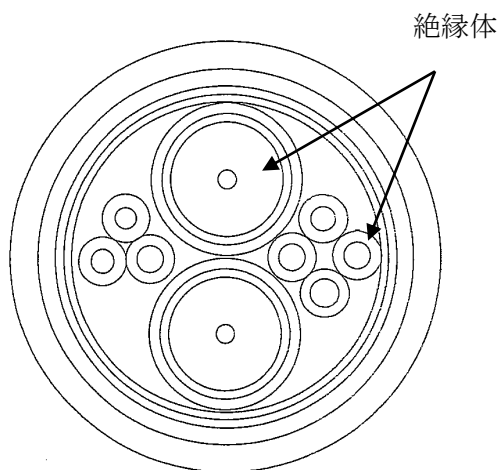


図2.3-4 複合同軸ケーブルの絶縁部位

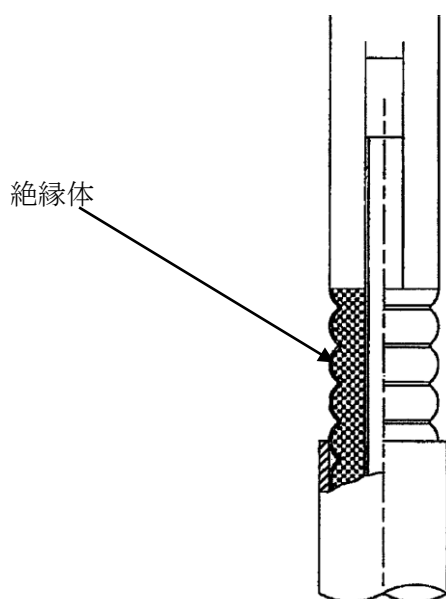


図2.3-5 難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が高発泡ポリエチレン）の絶縁部位

## b. 技術評価

### (a) 健全性評価

複合同軸ケーブル，難燃一重同軸ケーブルの絶縁体の絶縁特性については，長期間の使用を考慮すると低下する可能性は否定できない。

ただし，絶縁抵抗測定および系統機器の動作試験を行うことで，絶縁特性低下が確認できる。

### (b) 現状保全

複合同軸ケーブル，難燃一重同軸ケーブルの絶縁体の絶縁特性低下については，系統機器の点検時に絶縁抵抗測定を実施している。

また，系統機器の点検時に実施する機器の動作試験においてもケーブルの絶縁機能の健全性を確認している。

なお，点検で有意な絶縁特性低下が認められた場合には，ケーブルの取替えを行うこととしている。

### (c) 総合評価

複合同軸ケーブル，難燃一重同軸ケーブルの絶縁体については，絶縁特性が低下する可能性は否定できないが，系統機器点検時の絶縁抵抗測定および系統機器の動作試験により検知可能であるため，引き続き現状保全を継続することで，今後も健全性は維持できると判断する。

### 3. 代表機器以外への展開

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

- ① 難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリエチレン）
- ② 難燃二重同軸ケーブル

#### 3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

##### a. 絶縁体の絶縁特性低下〔共通〕

代表機器と同様に、難燃一重同軸ケーブルおよび難燃二重同軸ケーブルの絶縁体は有機物（架橋ポリエチレン、発泡架橋ポリエチレン）であるため、熱および放射線による物性変化等、熱的、環境的要因により経年劣化が進行する。難燃一重同軸ケーブルおよび難燃二重同軸ケーブルの絶縁特性低下については、実機同等品による通常環境および設計基準事故時雰囲気を考慮した長期健全性試験を実施した。

また、重大事故等時雰囲気内において信号伝達の維持が求められることから、実機同等品により長期健全性試験を実施し、この結果に基づき、重大事故等時雰囲気内での健全性を評価した。

図3.1-1の試験条件は、表3.1-1～表3.1-4に示すとおり、島根2号炉の60年間の運転期間を想定した劣化条件および事故時環境条件を包絡し、結果は判定基準を満足している。

これらのことから、難燃一重同軸ケーブルおよび難燃二重同軸ケーブルの絶縁体は、60年間の通常運転および事故時雰囲気において絶縁性能を維持できると評価できる。

供試ケーブル（新品ケーブル）

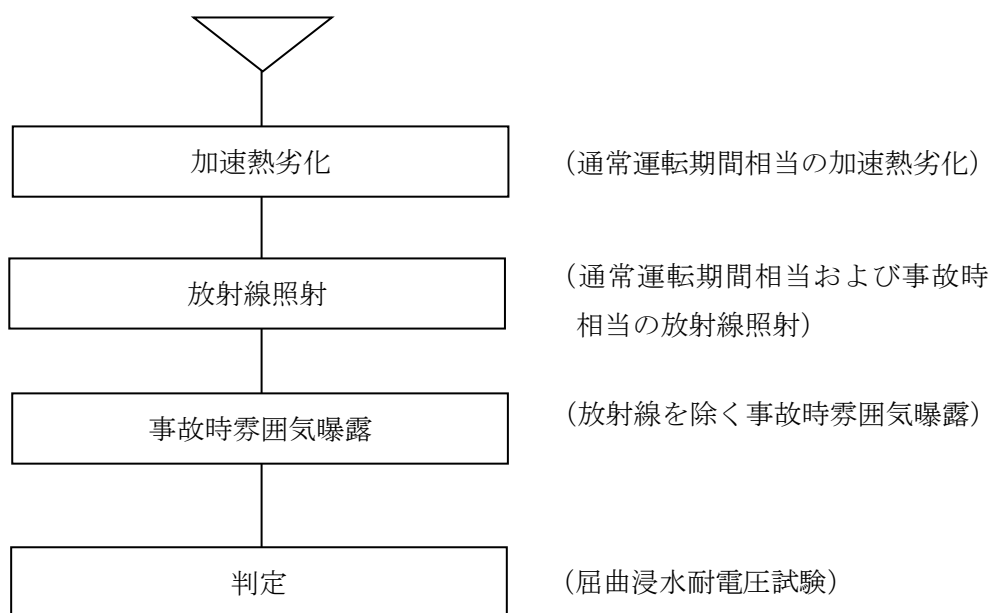


図3.1-1 難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリエチレン）および難燃二重同軸ケーブル長期健全性試験手順（設計基準事故，重大事故等）

表3.1-1 難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリエチレン）長期健全性試験条件（設計基準事故，重大事故等）

	試験条件	説明
加速熱劣化	121℃×252時間	原子炉格納容器内の周囲温度(63℃)に対して，60年間の運転期間を包絡する。
放射線照射	放射線照射線量：1.0×10 <sup>6</sup> Gy	島根2号炉で想定される照射線量4.44×10 <sup>5</sup> Gy（60年間の通常運転期間8.4×10 <sup>4</sup> Gyに事故時線量3.6×10 <sup>5</sup> Gyを加えた線量）を包絡する。
事故時雰囲気曝露	最高温度：171℃ 最高圧力：0.427 MPa 曝露時間：310時間	島根2号炉の事故時の最高温度(171℃)，最高圧力(0.427 MPa)を包絡する。

表3.1-2 難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリエチレン）長期健全性試験結果（設計基準事故，重大事故等）

項目	試験手順	判定基準	結果
屈曲浸水耐電圧試験	① 直線状に試料を伸ばした後，試料外径(6.2 mm)の約40倍のマットレルに巻きつける。 ② ①の両端部以外を常温の水中に浸し1時間以上放置する。 ③ ②の状態では，公称絶縁体厚さに対し交流電圧3.2 kV/mmを5分間印加する。	絶縁破壊しないこと	良

[出典：メーカーデータ]

表3.1-3 難燃二重同軸ケーブル長期健全性試験条件（設計基準事故，重大事故等）

	試験条件	説明
加速熱劣化	121℃×252時間	原子炉格納容器外（原子炉建物内）の周囲温度最高値(40℃)に対して，60年間の運転期間を包絡する。
放射線照射	放射線照射線量：7.5×10 <sup>5</sup> Gy	島根2号炉で想定される照射線量約6.2×10 <sup>2</sup> Gy（60年間の通常運転期間1.5×10 <sup>2</sup> Gyに事故時線量4.7×10 <sup>2</sup> Gyを加えた線量）を包絡する。
事故時雰囲気曝露	最高温度：121℃ 最高圧力：0.12 MPa 曝露時間：24時間	島根2号炉の事故時の最高温度(100℃)，最高圧力(6.9 kPa)を包絡する。

表3.1-4 難燃二重同軸ケーブル長期健全性試験結果（設計基準事故，重大事故等）

項目	試験手順	判定基準	結果
屈曲浸水耐電圧試験	① 直線状に試料を伸ばした後，試料外径(8.6 mm)の約40倍のマットレルに巻きつける。 ② ①の両端部以外を常温の水中に浸し1時間以上放置する。 ③ ②の状態では，公称絶縁体厚さに対し交流電圧3.2 kV/mmを5分間印加する。	絶縁破壊しないこと	良

[出典：メーカーデータ]

また、事故時雰囲気内で機能要求がある難燃一重同軸ケーブルおよび難燃二重同軸ケーブルについては、独立行政法人原子力安全基盤機構により原子力プラントでの使用条件に即したケーブルの経年劣化評価手法が検討され、その結果がまとめられている「ACAガイド」に従った長期間のケーブル健全性も評価した。

ACAガイドに基づく試験手順および判定方法を図3.1-2に、試験条件ならびに試験結果を表3.1-5～表3.1-6に、ケーブル実布設環境での長期健全性評価結果を表3.1-7に示す。

供試ケーブル（新品ケーブル）

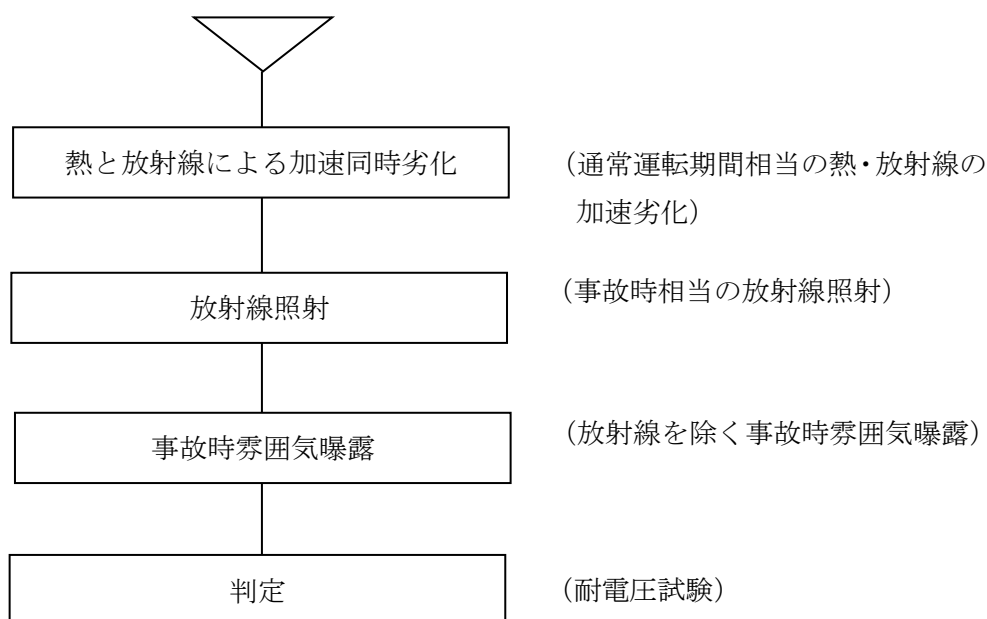


図3.1-2 難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリエチレン）および難燃二重同軸ケーブルのACAガイドに基づく試験手順



表3.1-5 難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリエチレン）および難燃二重同軸ケーブルの試験条件

	試験条件
熱・放射線 加速同時劣化	100℃—98.1Gy/h—293日間 (7,024h)
事故時放射線照射 (線量率)	$5.0 \times 10^5$ Gy ( $1.0 \times 10^4$ Gy/h)
事故時雰囲気曝露	最高温度：171℃ 最高圧力：0.427 MPa

表3.1-6 難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリエチレン）および難燃二重同軸ケーブルの試験結果

項目	試験条件	判定基準	結果
耐電圧試験	課電電圧：7,000V/1分間	絶縁破壊しないこと	良

[出典：共同研究報告書「ケーブル加速劣化試験データの整備に関する研究（ACA評価ケーブル以外）」]

表3.1-7 実布設環境での長期健全性評価結果

布設区分	実機環境条件		使用 ケーブル	評価年数 [年]	備考
	温度 [℃]	放射線量率 [Gy/h]			
通路部	63	0.16	難燃一重同軸	61	等価損傷簡易手法
	40	0.00027	難燃二重同軸	174	等価損傷簡易手法

また、系統機器点検時の絶縁抵抗測定を実施しており、今後もこの保全方法を継続し、絶縁特性低下を監視していくとともに、必要に応じて取替え等の適切な対応をとることとする。

### 3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

代表機器同様、日常劣化管理事象に該当する事象は抽出されなかった。

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

- a. 熱・放射線によるシースの劣化〔共通〕

代表機器と同様に、シースは有機物であるため、熱および放射線により硬化する可能性がある。

しかし、シースは、ケーブル布設時に生ずる外的な力からケーブルを保護するためのものであり、ケーブルに要求される絶縁機能の確保に対する影響は極めて小さい。

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

## 4. ケーブルトレイ，電線管

[対象機器]

- ① ケーブルトレイ
- ② 電線管

## 目 次

1. 対象機器および代表機器の選定 .....	4-1
2. 代表機器の技術評価 .....	4-2
2.1 構造, 材料および使用条件 .....	4-2
2.1.1 ケーブルトレイ .....	4-2
2.1.2 電線管 .....	4-5
2.2 経年劣化事象の抽出 .....	4-8
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目 .....	4-8
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出 .....	4-8
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 .....	4-10

#### 1. 対象機器および代表機器の選定

島根2号炉で対象となるケーブルトレイ，電線管の主な機能を表1-1に示す。

このグループには，ケーブルトレイ，電線管のみが対象であることから，各々を代表機器とした。

表1-1 ケーブルトレイ，電線管の主な機能

機器名称	機能
ケーブルトレイ	ケーブルを収納して支持する
電線管	ケーブルを収納して支持する

## 2. 代表機器の技術評価

本章では、1章で代表機器とした以下の2機器について技術評価を実施する。

- ① ケーブルトレイ
- ② 電線管

### 2.1 構造，材料および使用条件

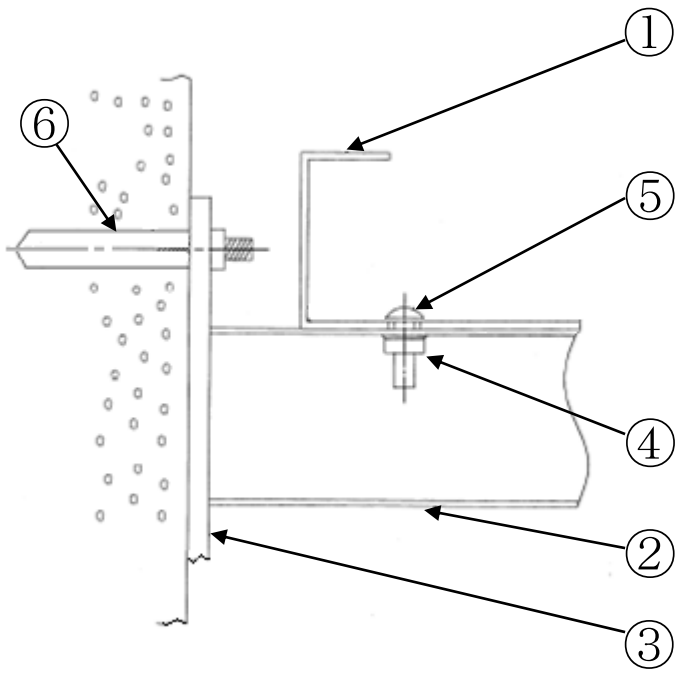
#### 2.1.1 ケーブルトレイ

##### (1) 構造

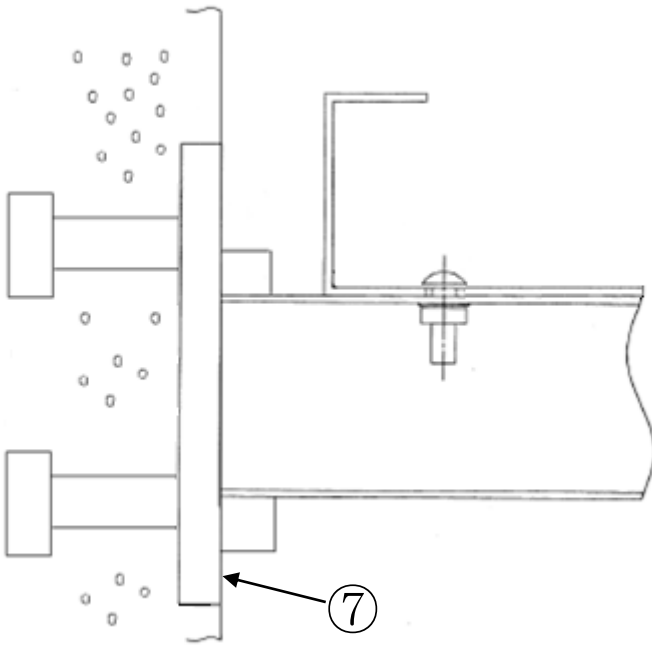
ケーブルトレイの代表的な構造図を図2.1-1に示す。

##### (2) 材料および使用条件

ケーブルトレイ主要部位の使用材料を表2.1-1に，使用条件を表2.1-2に示す。



(図-a) 基礎ボルト（後打ちアンカ）の例



(図-b) 埋込金物の例

No.	部 位
①	ケーブルトレイ
②	サポ-ト
③	ベースプレート
④	ナット
⑤	トレイ取付ボルト
⑥	基礎ボルト*1
⑦	埋込金物

\*1：ケミカルアンカ、  
メカニカルアンカ

図2.1-1 ケーブルトレイ支持構造図

表2.1-1 ケーブルトレイ主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
機器の支持	ケーブルトレイ	炭素鋼
	サポート	炭素鋼
	ベースプレート	炭素鋼
	トレイ取付ボルト, ナット	炭素鋼
	基礎ボルト	炭素鋼, 樹脂*1
	埋込金物	炭素鋼

\*1：後打ちケミカルアンカを示す

表2.1-2 ケーブルトレイの使用条件

設置場所	原子炉格納容器内外, 屋外
布設ケーブルの使用電圧	7,000 V以下



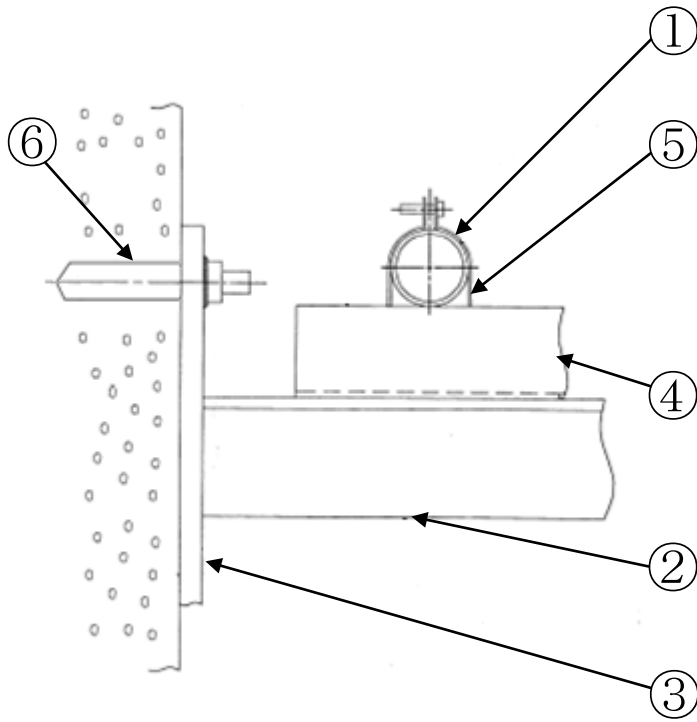
## 2.1.2 電線管

### (1) 構造

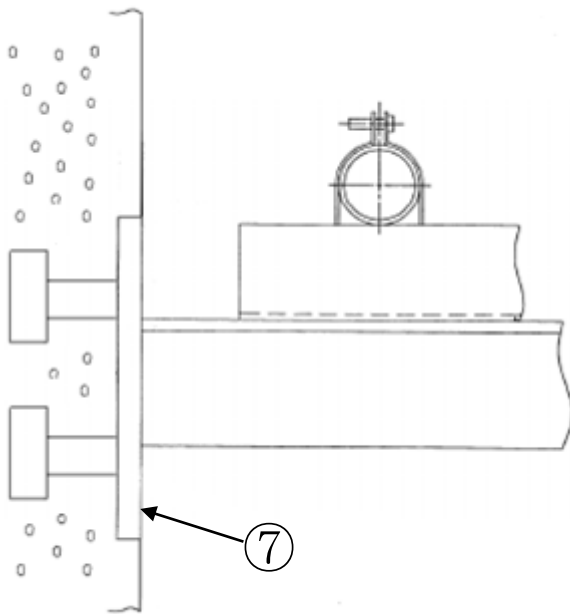
電線管の代表的な構造図を図2.1-2に示す。

### (2) 材料および使用条件

電線管主要部位の使用材料を表2.1-3に，使用条件を表2.1-4に示す。



(図-a) 基礎ボルト（後打ちアンカ）の例



(図-b) 埋込金物の例

No.	部 位
①	電線管
②	サポ-ト
③	ベースプレート
④	ユニバーチャンネル
⑤	CSクランプ
⑥	基礎ボルト <sup>*1</sup>
⑦	埋込金物

\*1：ケミカルアンカ，  
メカニカルアンカ

図2.1-2 電線管支持構造図

表2.1-3 電線管主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
機器の支持	電線管	炭素鋼
	サポート	炭素鋼
	ベースプレート	炭素鋼
	ユニバーチャンネル	炭素鋼
	CSクランプ	炭素鋼
	基礎ボルト	炭素鋼, 樹脂 <sup>*1</sup>
	埋込金物	炭素鋼

\*1：後打ちケミカルアンカを示す

表2.1-4 電線管の使用条件

設置場所	原子炉格納容器内外, 屋外
布設ケーブルの使用電圧	7,000 V以下

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

ケーブルトレイ、電線管の機能はケーブル回路の確保であり、この機能の達成に必要な項目は以下のとおり。

- ① 機器の支持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

#### (1) 想定される経年劣化事象

ケーブルトレイ、電線管について、要求事項を考慮し主要な部位に展開した上で、個々の部品の材料、構造、使用条件（設置場所、電圧）およ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。

#### (2) 消耗品および定期取替品の扱い

ケーブルトレイおよび電線管には、消耗品およ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 (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 (表2.2-1で▲)

この結果, 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

## 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

a. ケーブルトレイ，電線管，サポート，ベースプレート，トレイ取付ボルト，ナット，ユニバーチャンネル，CSクランプの腐食（全面腐食）〔共通〕

ケーブルトレイ，電線管，サポート，ベースプレート，トレイ取付ボルト，ナット，ユニバーチャンネル，CSクランプは炭素鋼であり腐食が想定されるが，大気接触部は塗装または亜鉛メッキ処理を施している。

また，定期的に目視確認または巡視時の目視確認を行い，塗装の状態を確認するとともに必要に応じて補修を行うこととしており，これまで有意な腐食は認められていない。

したがって，今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから，高経年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. 埋込金物の腐食（全面腐食）〔共通〕

埋込金物は炭素鋼であり腐食が想定されるが，大気接触部は塗装を施している。コンクリート埋設部についてはコンクリートが中性化した場合に腐食が想定されるが，実機コンクリートにおけるサンプリング結果では中性化はほとんど見られておらず，腐食が発生する可能性は小さい。

また，定期的に目視確認または巡視時の目視確認を行い，塗装の状態を確認するとともに必要に応じて補修を行うこととしており，これまで有意な腐食は認められていない。

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

c. 基礎ボルトの腐食（全面腐食）〔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。

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

a. 電線管（内面およびコンクリート埋設部）の腐食（全面腐食）〔電線管〕

電線管（内面およびコンクリート埋設部）は炭素鋼であり腐食が想定されるが，内外面は亜鉛メッキ処理が施されており，メッキに作用する外力が無いため，腐食が発生する可能性は小さい。コンクリート埋設部についてはコンクリートが中性化した場合に腐食が想定されるが，実機コンクリートにおけるサンプリング結果では中性化はほとんど見られておらず，腐食が発生する可能性は小さい。

また，電線管内面へ水気が浸入しやすい屋外においては，布設施工時，電線管接続部について防水処理を施している。

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にくいことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. 基礎ボルトの樹脂の劣化（後打ちケミカルアンカ）〔共通〕

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

表2.2-1 (1/2) ケーブルトレイに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象								備考
				減肉		割れ		絶縁	導通	信号	その他	
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁特性低下	導通不良	特性変化		
機器の支持	ケーブルトレイ		炭素鋼		△							*1：後打ちケミカルアンカ *2：樹脂の劣化
	サポート		炭素鋼		△							
	ベースプレート		炭素鋼		△							
	トレイ取付ボルト, ナット		炭素鋼		△							
	基礎ボルト		炭素鋼, 樹脂*1		△						▲*2	
	埋込金物		炭素鋼		△							

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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



表2.2-1 (2/2) 電線管に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考	
				減肉		割れ		絶縁	導通	信号		その他
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁特性低下	導通不良	特性変化		
機器の支持	電線管		炭素鋼		△*1▲*2							*1：大気接触部外面 *2：内面，コンクリート埋設部外面 *3：後打ちケミカルカ *4：樹脂の劣化
	サポート		炭素鋼		△							
	ベースプレート		炭素鋼		△							
	エニバーチャンネル		炭素鋼		△							
	CSクランプ		炭素鋼		△							
	基礎ボルト		炭素鋼，樹脂*3		△						▲*4	
	埋込金物		炭素鋼		△							

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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

## 5. ケーブル接続部

[対象ケーブル接続部]

- ① 端子台接続
- ② 端子接続
- ③ 直ジョイント接続
- ④ 電動弁コネクタ接続
- ⑤ 同軸コネクタ接続

## 目 次

1. 対象機器および代表機器の選定 .....	5-1
1.1 グループ化の考え方および結果 .....	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, 材料および使用条件 .....	5-3
2.1.1 端子台接続 .....	5-3
2.1.2 直ジョイント接続 .....	5-6
2.1.3 電動弁コネクタ接続 .....	5-8
2.1.4 同軸コネクタ接続 .....	5-11
2.2 経年劣化事象の抽出 .....	5-14
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目 .....	5-14
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出 .....	5-14
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 .....	5-16
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価 .....	5-22
3. 代表機器以外への展開 .....	5-36
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 .....	5-36
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 .....	5-41

## 1. 対象機器および代表機器の選定

島根2号炉で対象となるケーブル接続部の仕様を表1-1に示す。

これらのケーブル接続部を種類の観点からグループ化し、それぞれのグループより以下のとおり代表機器を選定した。

### 1.1 グループ化の考え方および結果

種類を分類基準とし、ケーブル接続部を表1-1に示すとおりグループ化する。

### 1.2 代表機器の選定

表1-1に分類したグループ毎に、原則として、重要度、設置場所および用途の観点から、代表機器を選定するものとする。

#### (1) 種類：端子接続

このグループには、端子台接続および端子接続が属するが、重要度、設置場所から端子台接続（ジアリルフタレート樹脂）を代表機器とする。

#### (2) 種類：直ジョイント接続

このグループには、直ジョイント接続のみが属するため、直ジョイント接続を代表機器とする。

#### (3) 種類：低圧コネクタ接続

このグループには、電動弁コネクタ接続のみが属するため、電動弁コネクタ接続を代表機器とする。

#### (4) 種類：同軸コネクタ接続

このグループには、複数の同軸コネクタ接続が属するが、重要度、設置場所から同軸コネクタ接続（ポリエーテルエーテルケトン）を代表機器とする。

表1-1 ケーブル接続部のグループ化および代表機器

分類基準 種類	接続部名称	絶縁体材料	選定基準				選定	選定理由
			用途	設置場所		重要度*1		
				原子炉格納 容器内	原子炉格納 容器外			
端子接続	端子台接続	ジアルフタレート樹脂*3	動力・制御・計測	○	○	MS-1, 重*2	◎	設置場所
		ポリフェニレンエーテル樹脂		—	○	MS-1, 重*2		
	端子接続	ビニルテープ*3	動力	○	○	MS-1, 重*2		
直ジョイント接続	直ジョイント接続	架橋ポリオレフィン*3	動力・制御	○	○	MS-1, 重*2	◎	
低圧コネクタ接続	電動弁コネクタ接続	ジアルフタレート樹脂	動力・制御	—	○	MS-1, 重*2	◎	
同軸コネクタ接続	同軸コネクタ接続	ポリエーテルエーテルケトン	計測	○	—	MS-1, 重*2	◎	設置場所
		架橋ポリスチレン*3		○	○	MS-1, 重*2		
		テフロン		—	○	MS-1, 重*2		
		ジアルフタレート樹脂		—	○	MS-1, 重*2		
		フッ素樹脂	通信	—	○	重*2		

\*1：最上位の重要度を示す。

\*2：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器および構造物であることを示す。

\*3：新規に設置される機器を含む。

## 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4種類のケーブル接続部について技術評価を実施する。

- ① 端子台接続（ジアリルフタレート樹脂）
- ② 直ジョイント接続（架橋ポリオレフィン）
- ③ 電動弁コネクタ接続（ジアリルフタレート樹脂）
- ④ 同軸コネクタ接続（ポリエーテルエーテルケトン）

### 2.1 構造，材料および使用条件

#### 2.1.1 端子台接続

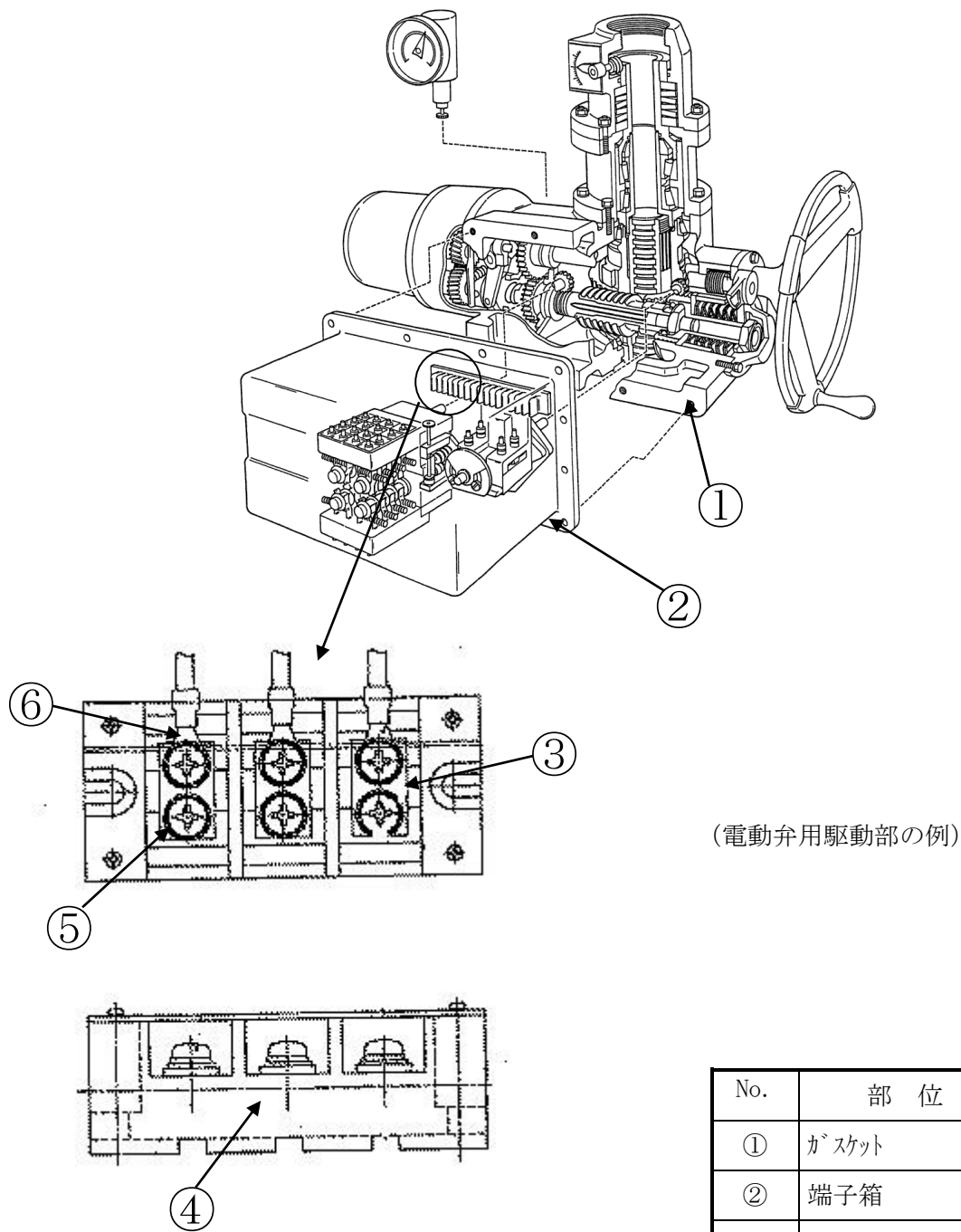
##### (1) 構造

端子台接続は，大別すると端子板，端子台ビス，接続端子，端子箱，ガスケットおよび絶縁物で構成され，このうち端子台接続の絶縁機能は，絶縁物で保たれている。

代表的な端子台接続の構造図を図2.1-1に示す。

##### (2) 材料および使用条件

代表的な端子台接続主要部位の使用材料を表2.1-1に，使用条件を表2.1-2に示す。



No.	部 位
①	ガスケット
②	端子箱
③	端子板
④	絶縁物
⑤	端子台ビス
⑥	接続端子

図2.1-1 端子台接続の構造図

表2.1-1 端子台接続主要部位の使用材料（電動弁の例）

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
電力・信号伝達 機能の維持	ガスケット	(消耗品)
	端子箱	鋳鉄
	端子板	銅合金(ニッケルメッキ)
	絶縁物	ジアリルフタレート樹脂
	端子台ビス	ステンレス鋼(SUS304)
	接続端子	銅(錫メッキ)

表2.1-2 端子台接続の使用条件

	通常運転時	設計基準事故時	重大事故等時
電 圧	600 V以下		
設置場所	原子炉格納容器内		
周囲温度	63℃*1 (最高)	171℃ (最高)	150℃ (最高)
放 射 線	0.16 Gy/h*1	2.7×10 <sup>5</sup> Gy (最大積算値)	2.7×10 <sup>5</sup> Gy (最大積算値)
最高圧力	14 kPa	0.427 MPa	0.427MPa

\*1：原子炉格納容器内のプラント運転状態における実測値



## 2.1.2 直ジョイント接続

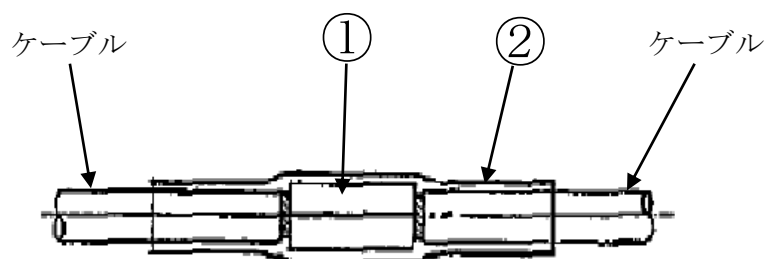
### (1) 構造

直ジョイント接続は、ケーブル同士をスプライスで圧着接続し、その周囲を熱収縮チューブにより固定および絶縁を行う構造となっている。

代表的な直ジョイント接続の構造図を図2.1-2に示す。

### (2) 材料および使用条件

代表的な直ジョイント接続主要部位の使用材料を表2.1-3に、使用条件を表2.1-4に示す。



No.	部 位
①	スプライス
②	熱収縮チューブ

図2.1-2 直ジョイント接続の構造図

表2.1-3 直ジョイント接続主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
電力・信号伝達 機能の維持	スプライン	銅
	熱収縮チューブ	架橋ポリオレフィン

表2.1-4 直ジョイント接続の使用条件

	通常運転時	設計基準事故時	重大事故等時
電 圧	600 V以下		
設置場所	原子炉格納容器内		
周囲温度	63℃*1 (最高)	171℃ (最高)	178℃ (最高)
放 射 線	0.16 Gy/h*1	2.7×10 <sup>5</sup> Gy (最大積算値)	3.6×10 <sup>5</sup> Gy (最大積算値)
最高圧力	14 kPa	0.427 MPa	0.853 MPa

\*1：原子炉格納容器内のプラント運転状態における実測値

### 2.1.3 電動弁コネクタ接続

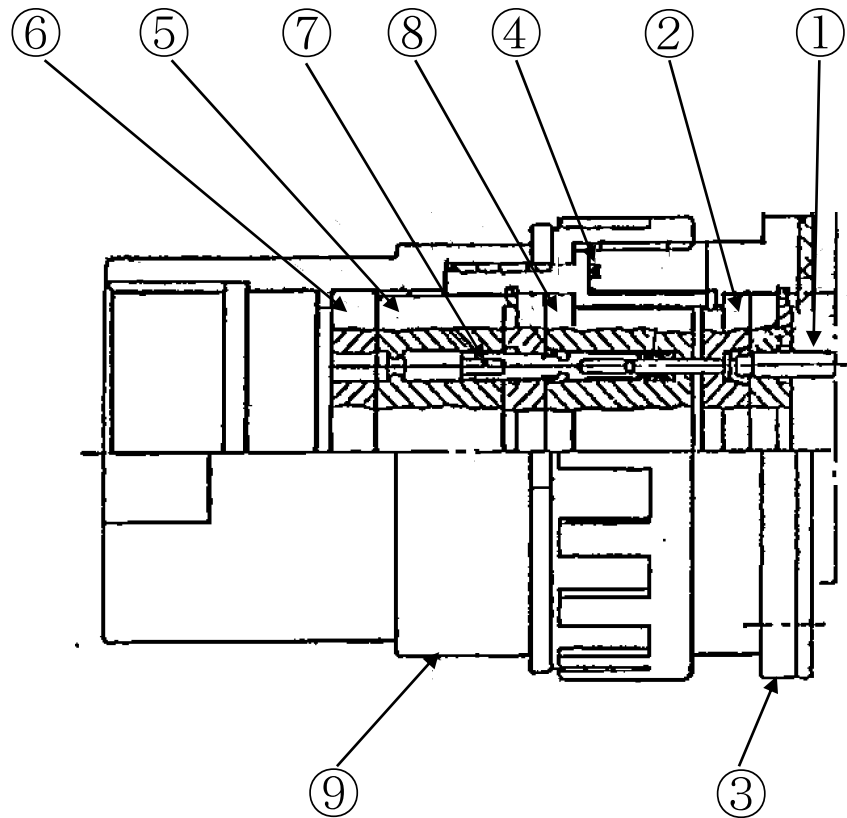
#### (1) 構造

電動弁コネクタ接続は、大別すると、オスおよびメスコンタクト、オスおよびメス絶縁物、レセプタクルシェル、Oリング、シーリングブッシュ、ワッシャおよびプラグシェルで構成され、このうち電動弁コネクタの絶縁機能は、オスおよびメス絶縁物で保たれている。

代表的な電動弁コネクタ接続の構造図を図2.1-3に示す。

#### (2) 材料および使用条件

代表的な電動弁コネクタ接続主要部位の使用材料を表2.1-5に、使用条件を表2.1-6に示す。



No.	部 位
①	オスコンタクト
②	オス絶縁物
③	レセプタクルシェル
④	Oリング
⑤	シーリングワッシャー
⑥	ワッシャ
⑦	メスコンタクト
⑧	メス絶縁物
⑨	プラグシェル

図2.1-3 電動弁コネクタ接続の構造図

表2.1-5 電動弁コネクタ接続の主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
電力・信号伝達 機能の維持	オスコンタクト	銅(銀メッキ)
	オス絶縁物	ジ`アリルフタレート樹脂
	レセプ`タクルシエル	アルミニウム合金
	Oリング`	(消耗品)
	シーリング`ブ`ッシュ	エチレンプ`ロピ`レンゴム
	ワッシャ	フェノール樹脂
	メスコンタクト	銅(銀メッキ)
	メス絶縁物	ジ`アリルフタレート樹脂
	プ`ラグ`シエル	アルミニウム合金

表2.1-6 電動弁コネクタ接続の使用条件

	通常運転時	設計基準事故時	重大事故等時
電 圧	600 V以下		
設置場所	原子炉建物内		
周囲温度	40℃以下	100℃ (最高)	100℃ (最高)
放 射 線	$2.7 \times 10^{-4}$ Gy/h	$1.8 \times 10^3$ Gy (最大積算値)	$4.7 \times 10^2$ Gy (最大積算値)
最高圧力	大気圧	3.4 kPa	6.9 kPa

## 2.1.4 同軸コネクタ接続

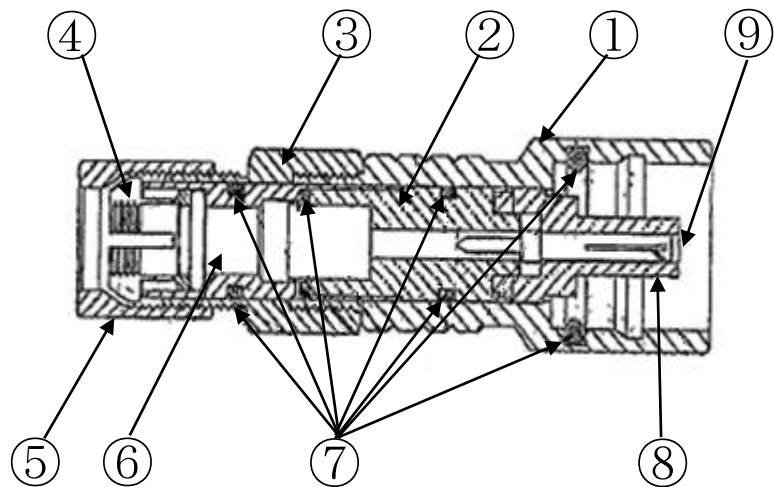
### (1) 構造

同軸コネクタ接続は、大別すると、レセプタクルボディ、スペーサ、ナット、コレット、バックナット、レセプタクルアダプタ、レセプタクルインシュレータ、プラグボディ、プラグインシュレータ、クリンプカーラー、コネクタナット、Oリング、ソケットコンタクトおよびピンコンタクトで構成され、このうち同軸コネクタの絶縁機能は、絶縁体（インシュレータ）で保たれている。

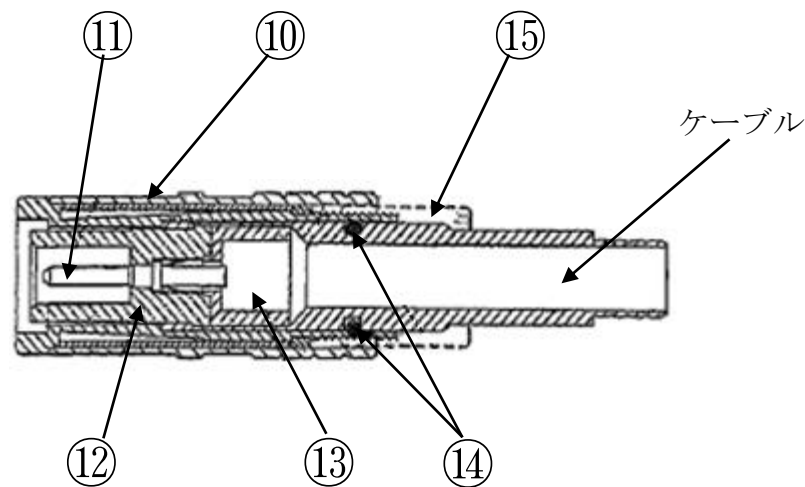
代表的な同軸コネクタ接続の構造図を図2.1-4に示す。

### (2) 材料および使用条件

代表的な同軸コネクタ接続主要部位の使用材料を表2.1-7に、使用条件を表2.1-8に示す。



[メスコンタクト側コネクタ]



[オスコンタクト側コネクタ]

No	部 位	No	部 位
①	レセプタクルボデー	⑨	ソケットコンタクト
②	スペーサ	⑩	プラグボデー
③	ナット	⑪	ピンコンタクト
④	コレット	⑫	プラグインシュレータ
⑤	バックナット	⑬	クリンプカーラー
⑥	レセプタクルアダプタ	⑭	Oリング(オス側)
⑦	Oリング(メス側)	⑮	コネクタナット
⑧	レセプタクルインシュレータ		

図2.1-4 同軸コネクタ接続の構造図

表2.1-7 同軸コネクタ接続の主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
信号伝達機能の維持	レセプタクルボデー	黄銅(クロムメッキ)
	スパーサ	ステンレス鋼(SUS304)
	ナット	黄銅(クロムメッキ)
	コレット	黄銅(クロムメッキ)
	バックナット	黄銅(クロムメッキ)
	レセプタクルアダプタ	黄銅(クロムメッキ)
	Oリング(メス側)	エチレンプロピレン
	レセプタクルインシュレータ	ポリエーテルエーテルケトン
	ソケットコンタクト	銅(金メッキ)
	プラグボデー	黄銅(クロムメッキ)
	ピンコンタクト	銅(金メッキ)
	プラグインシュレータ	ポリエーテルエーテルケトン
	クリンパークーラー	黄銅(クロムメッキ)
	Oリング(オス側)	エチレンプロピレン
	コネクタナット	黄銅(クロムメッキ)

表2.1-8 同軸コネクタ接続の使用条件

	通常運転時	設計基準事故時	重大事故等時
電 圧	600 V以下		
設置場所	原子炉格納容器内		
周囲温度	55℃*1 (最高)	171℃ (最高)	171℃ (最高)
放 射 線	$3.0 \times 10^{-4}$ Gy/h*1	$1.8 \times 10^4$ Gy (最大積算値)	$2.7 \times 10^5$ Gy (最大積算値)
最高圧力	14 kPa	0.427 MPa	0.427 MPa

\*1：原子炉格納容器内のプラント運転状態における実測値



## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

ケーブル接続部の機能は通電機能であり、この機能の達成に必要な項目は以下のとおり。

#### ① 電力・信号伝達機能の維持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

#### (1) 想定される経年劣化事象

ケーブル接続部について、機能達成に必要な項目を考慮し主要な部位に展開した上で、個々の部位の材料、構造、使用条件およ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、消耗品および定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品および定期取替品の扱い

ガスケットおよびOリングは消耗品であり、長期使用せず取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 (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 (表2.2-1で▲)

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

- a. 絶縁物の絶縁特性低下 [端子台接続]
- b. 絶縁物の絶縁特性低下 [直ジョイント接続]
- c. 絶縁物の絶縁特性低下 [電動弁コネクタ接続]
- d. 絶縁物の絶縁特性低下 [同軸コネクタ接続]

## 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

### a. 端子板および接続端子の腐食（全面腐食）〔端子台接続〕

端子台の端子板および接続端子は、湿分等の浸入により腐食が想定されるが、端子台はガスケットでシールされた端子箱に収納されているため、湿分等の浸入により腐食が発生する可能性は小さい。

また、定期的を目視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。

また、新規に設置される接続部については、定期的を目視確認により健全性を確認することとしている。

したがって、高経年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. オスおよびメスコンタクト、レセプタクルシェルおよびプラグシェルの腐食（全面腐食）〔電動弁コネクタ接続〕

電動弁コネクタのオスおよびメスコンタクトは銅、レセプタクルシェルおよびプラグシェルはアルミニウム合金が使用されていることから、湿分等の浸入により腐食が想定されるが、オスおよびメスコンタクトはOリング、シーリングブッシュにより外気とシールされているため、湿分等が浸入する可能性は小さく、さらに、外気に接触するレセプタクルシェルおよびプラグシェルの外表面にはメッキが施されており、腐食が発生する可能性は小さい。

また、定期的を目視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。

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

### c. レセプタクルボディ、ナット、コレット、バックナット、レセプタクルアダプタ、ソケットコンタクト、プラグボディ、ピンコンタクト、クリンプカーラーおよびコネクタナットの腐食（全面腐食）〔同軸コネクタ接続〕

同軸コネクタのレセプタクルボディ、ナット、コレット、バックナット、レセプタクルアダプタは黄銅、ソケットコンタクト、プラグボディ、ピンコンタクト、クリンプカーラーおよびコネクタナットは黄銅または銅であり、湿分等の浸入が生じると腐食する可能性があるが、メッキが施されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

さらに、定期的を目視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. スプライスの腐食（全面腐食）〔直ジョイント接続〕

直ジョイント接続のスプライスは銅であり腐食が想定されるが、直ジョイント接続は構造上スプライス部が熱収縮チューブにて密閉されており、腐食が発生する可能性はない。

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にくいことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

表2.2-1 (1/4) 端子台接続に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象								備考
				減肉		割れ		絶縁	導通	信号	その他	
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁特性低下	導通不良	特性変化		
電力・信号伝達機能の維持	ガスケット	◎										
	端子箱		鋳鉄									
	端子板		銅合金(ニッケルメッキ)		△							
	絶縁物		ジアリルフタレート樹脂					○				
	端子台ビス		ステンレス鋼									
	接続端子		銅(錫メッキ)		△							

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-1 (2/4) 直ジョイント接続に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象								備考
				減肉		割れ		絶縁	導通	信号	その他	
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁特性低下	導通不良	特性変化		
電力・信号伝達機能の維持	スプライス		銅(錫メッキ)		▲							
	熱収縮チューブ		架橋ポリオレフィン					○				

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

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

表2.2-1 (3/4) 電動弁コネクタ接続に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象								備考
				減肉		割れ		絶縁	導通	信号	その他	
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁特性低下	導通不良	特性変化		
電力・信号伝達機能の維持	オスコンタクト		銅(銀メッキ)		△							*1：劣化による気密性低下に伴う絶縁特性低下
	オス絶縁物		ジアリルフタレート樹脂					○				
	レセプタクルシェル		アルミニウム合金		△							
	リング	◎										
	シーリングワッシャー		エチレンプロピレンゴム					○*1				
	ワッシャー		フェノール樹脂									
	メスコンタクト		銅(銀メッキ)		△							
	メス絶縁物		ジアリルフタレート樹脂					○				
	プラグシェル		アルミニウム合金		△							

○：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 (4/4) 同軸コネクタ接続に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象								備考
				減肉		割れ		絶縁	導通	信号	その他	
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁特性低下	導通不良	特性変化		
電力・信号伝達機能の維持	レセプタクルボデー		黄銅(クロムメッキ)		△							*1：劣化による気密低下に伴う絶縁特性低下
	スペーサ		ステンレス鋼(SUS304)									
	ナット		黄銅(クロムメッキ)		△							
	コレット		黄銅(クロムメッキ)		△							
	バックナット		黄銅(クロムメッキ)		△							
	レセプタクルアダプタ		黄銅(クロムメッキ)		△							
	Oリング(メス側)		エチレンプロピレン					○*1				
	レセプタクルインシュレータ		ポリエーテルエーテルケトン					○				
	ソケットコンタクト		銅(金メッキ)		△							
	プラグボデー		黄銅(クロムメッキ)		△							
	ピンコンタクト		銅(金メッキ)		△							
	プラグインシュレータ		ポリエーテルエーテルケトン					○				
	クリンプカーラー		黄銅(クロムメッキ)		△							
	Oリング(オス側)		エチレンプロピレン					○*1				
	コネクタナット		黄銅(クロムメッキ)		△							

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）



## 2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

### (1) 絶縁物の絶縁特性低下〔端子台接続〕

#### a. 事象の説明

端子台の絶縁物は有機物（ジアリルフタレート樹脂）であり，熱および放射線による物性変化等，熱的，電氣的，環境的要因により経年劣化が進行し，絶縁特性が低下する可能性があることから，経年劣化に対する評価が必要である。

なお，端子台は低圧，静止機器であるため，電氣的，機械的要因による劣化は起きないと考えられる。

絶縁特性が低下する可能性のある部位を図2.3-1に示す。

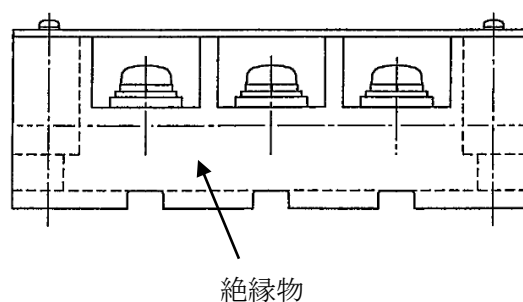


図2.3-1 端子台の絶縁部位

b. 技術評価

(a) 健全性評価

端子台の絶縁特性低下については、IEEE Std. 382 (1972), 323 (1974) の規格にまとめられており、これに基づき実機同等品（端子台は端子箱内に設置した状態）による通常環境および設計基準事故時雰囲気を考慮した長期健全性試験を実施した。

また、重大事故等時雰囲気内において電力信号伝達の維持が求められることから、実機同等品により長期健全性試験を実施し、この結果に基づき、重大事故等時雰囲気内の健全性を評価した。

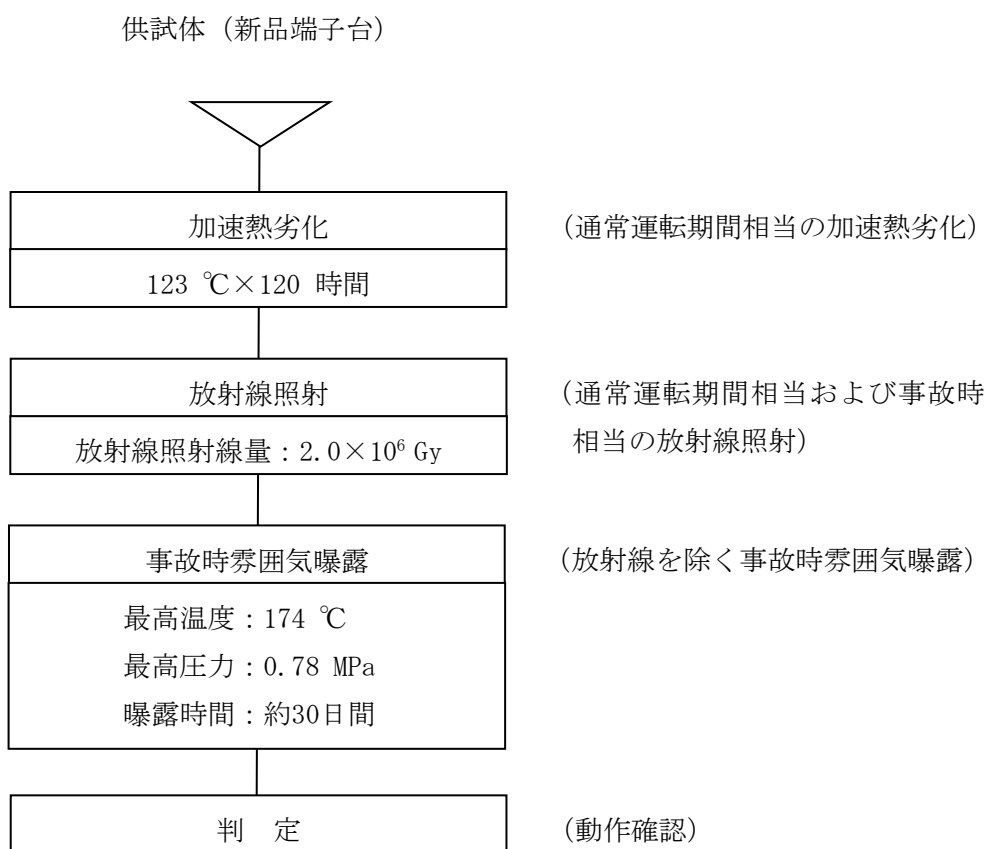


図2.3-2 端子台長期健全性試験手順（設計基準事故，重大事故等）

表2.3-1 端子台長期健全性試験条件（設計基準事故，重大事故等）

	試験条件	説明
加速熱劣化	123℃×120時間	原子炉格納容器内の周囲温度最高値（63℃）に対して，25年間の運転期間に相当する。
放射線照射	放射線照射線量 2.0×10 <sup>6</sup> Gy	島根2号炉で想定される照射線量3.6×10 <sup>5</sup> Gy（60年間の通常運転期間8.4×10 <sup>4</sup> Gyに事故時線量2.7×10 <sup>5</sup> Gyを加えた線量）を包絡する。
事故時雰囲気曝露	最高温度：174℃ 最高圧力：0.78 MPa 曝露時間：約30日間	島根2号炉の事故時の最高温度（171℃），最高圧力（0.427 MPa）を包絡する。

表2.3-2 端子台長期健全性試験結果（設計基準事故，重大事故等）

項目	試験手順	判定基準	結果
動作確認	事故時雰囲気曝露試験終了後，電動弁の開閉動作を確認する。	正常に動作すること	良

図2.3-2の試験条件は，表2.3-1～表2.3-2に示すとおり島根2号炉の25年間の運転期間を想定した劣化条件および事故時環境条件を包絡し，結果は判定基準を満足している。

また，原子炉格納容器内の事故時環境において動作要求のある端子台については，10定期事業者検査の周期で取替を実施している。なお，至近の実績では，運転開始後29年（第17回定期事業者検査（2017年度））に取替を行っている。

よって，端子台の絶縁物は60年間の通常運転および事故時雰囲気において絶縁性能を維持できると評価できる。

#### (b) 現状保全

端子台の絶縁物の絶縁特性低下に対しては，点検時に絶縁抵抗測定を実施し，有意な絶縁特性低下が無いことを確認している。さらに，点検時に実施する機器の動作試験においても端子台の絶縁機能の健全性を確認している。

また，新規に設置される端子台については，定期的に系統機器点検時の動作確認および絶縁抵抗測定により健全性を確認することとしている。

なお，点検で有意な絶縁特性低下が認められた場合には，端子台の取替を行うこととしている。

#### (c) 総合評価

端子台の絶縁体については，10定期事業者検査の周期で取替を実施しており，今後も評価期間を超えない期間内で取替を行うことで，運転開始から60年間の通常運転および事故時雰囲気において絶縁特性を維持できると判断する。

#### c. 高経年化への対応

端子台の絶縁体の絶縁特性低下については，現状の保全内容に高経年化対策の観点から追加すべき項目はない。引き続き，現状保全を継続していく。

(2) 絶縁物の絶縁特性低下〔直ジョイント接続〕

a. 事象の説明

直ジョイント接続の絶縁物は有機物（架橋ポリオレフィン）であり，熱および放射線による物性変化等，熱的，電氣的，環境的要因により経年劣化が進行し，絶縁特性が低下する可能性があることから，経年劣化に対する評価が必要である。

なお，直ジョイント接続は低圧，静止機器であるため，電氣的，機械的要因による劣化は起きないと考えられる。

絶縁特性が低下する可能性のある部位を図2.3-3に示す。

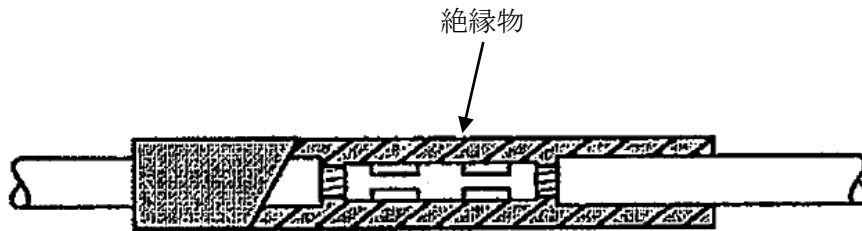


図2.3-3 直ジョイント接続の絶縁部位

b. 技術評価

(a) 健全性評価

直ジョイント接続の絶縁特性低下については、IEEE Std. 323 (1974), 383 (1974) の規格にまとめられており、これに基づき実機同等品による通常環境および設計基準事故時雰囲気を考慮した長期健全性試験を実施した。

また、重大事故等時雰囲気内において電力信号伝達の維持が求められることから、実機同等品により長期健全性試験を実施し、この結果に基づき、重大事故等時雰囲気内の健全性を評価した。

供試体 (新品直ジョイント接続)

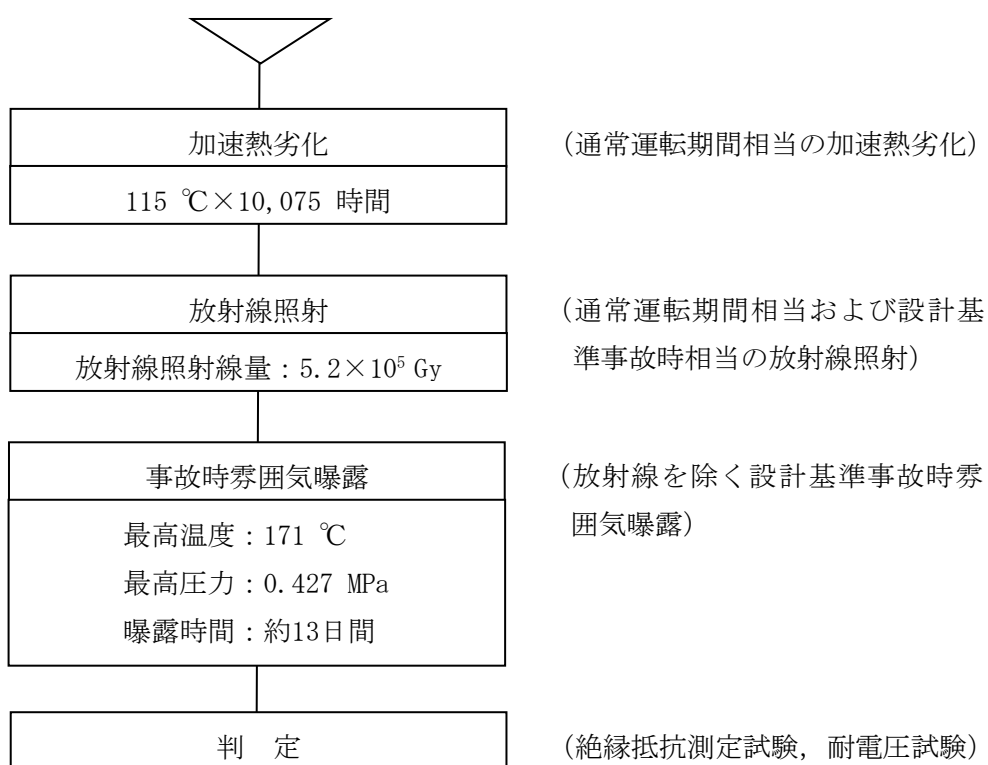


図2.3-4 直ジョイント接続長期健全性試験手順 (設計基準事故)

表2.3-3 直ジョイント接続長期健全性試験条件（設計基準事故）

	試験条件	説明
加速熱劣化	115℃×10,075時間	原子炉格納容器内の最高平均値(63℃)に対して、60年間の運転期間を包絡する。
放射線照射	放射線照射線量 : $5.2 \times 10^5$ Gy	島根2号炉で想定される照射線量 $3.6 \times 10^5$ Gy (60年間の通常運転期間 $8.4 \times 10^4$ Gyに設計基準事故時線量 $2.7 \times 10^5$ Gyを加えた線量)を包絡する。
事故時雰囲気曝露	最高温度 : 171℃ 最高圧力 : 0.427 MPa 曝露時間 : 約13日間	島根2号炉の設計基準事故時の最高温度(171℃), 最高圧力(0.427MPa)を包絡する。

表2.3-4 直ジョイント接続長期健全性試験結果（設計基準事故）

項目	試験手順	判定基準	結果
事故時雰囲気曝露後試験	絶縁抵抗測定試験	$1.0 \times 10^4 \Omega$ 以上	良
	耐電圧試験 (交流電圧720Vを4秒間印加)	絶縁破壊しないこと	良

図2.3-4の試験条件は、表2.3-3～表2.3-4に示すとおり、島根2号炉の60年間の運転期間を想定した劣化条件および設計基準事故時環境条件を包絡し、結果は判定基準を満足している。

供試体（新品直ジョイント接続）

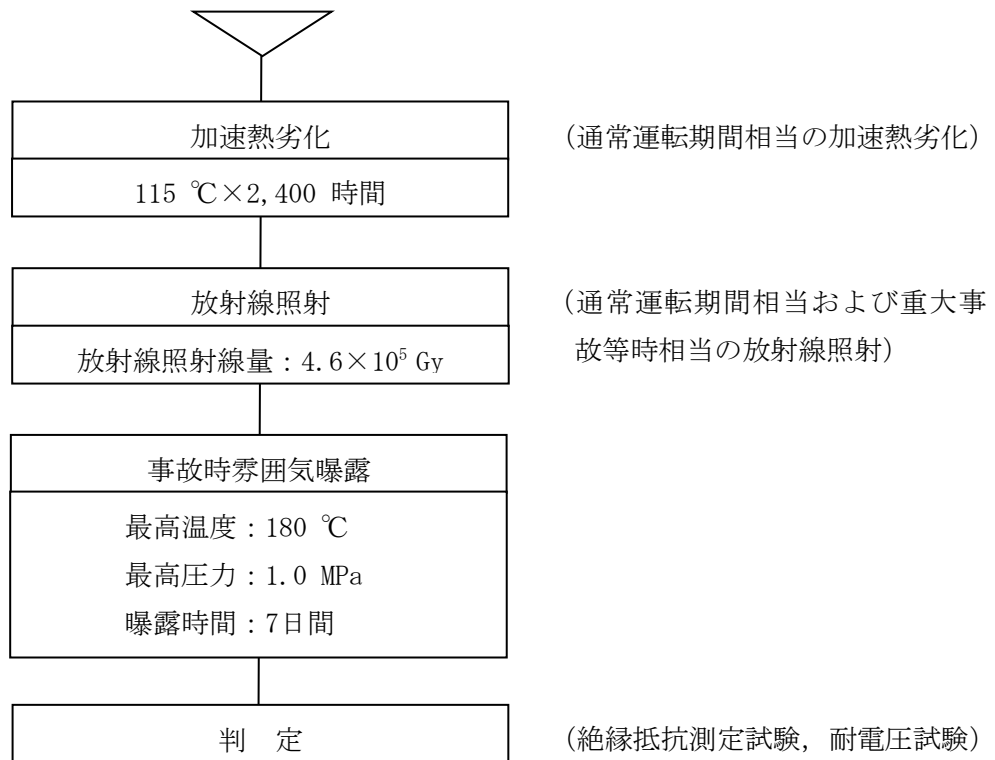


図2.3-5 直ジョイント接続長期健全性試験手順（重大事故等）

表2.3-5 直ジョイント接続長期健全性試験条件（重大事故等）

	試験条件	説明
加速熱劣化	115°C × 2,400時間	原子炉格納容器内の最高平均値(63°C)に対して、60年間の運転期間を包絡する。
放射線照射	放射線照射線量 : $4.6 \times 10^5$ Gy	島根2号炉で想定される照射線量 $4.5 \times 10^5$ Gy (60年間の通常運転期間 $8.4 \times 10^4$ Gyに重大事故等時線量 $3.6 \times 10^5$ Gyを加えた線量)を包絡する。
事故時雰囲気曝露	最高温度 : 180°C 最高圧力 : 1.0 MPa 曝露時間 : 7日間	島根2号炉の重大事故等時の最高温度(178°C), 最高圧力(0.853MPa)を包絡する。

表2.3-6 直ジョイント接続長期健全性試験結果（重大事故等）

項目	試験手順	判定基準	結果
事故時雰囲気曝露後試験	耐電圧試験 (交流電圧720Vを4秒間印加)	絶縁破壊しないこと	良

図2.3-5の試験条件は、表2.3-5～表2.3-7に示すとおり、島根2号炉の60年間の運転期間を想定した劣化条件および重大事故等時環境条件を包絡し、結果は判定基準を満足している。

よって、直ジョイント接続の絶縁物は、60年間の通常運転および事故時雰囲気において絶縁性能を維持できると評価できる。

#### (b) 現状保全

直ジョイント接続の絶縁特性低下に対しては、点検時に絶縁抵抗測定、または点検時に実施する機器の動作試験においても直ジョイント接続の絶縁機能の健全性を確認している。

また、新規に設置される直ジョイント接続については、定期的に系統機器点検時の動作確認および絶縁抵抗測定により健全性を確認することとしている。

なお、点検で有意な絶縁特性低下が認められた場合には、直ジョイント接続の取替えを行うこととしている。

#### (c) 総合評価

直ジョイント接続の絶縁体については、運転開始から60年間の通常運転および事故時雰囲気において絶縁性能を維持できると判断する。

#### c. 高経年化への対応

直ジョイント接続の絶縁体の絶縁特性低下については、現状の保全内容に高経年化対策の観点から追加すべき項目はない。引き続き、現状保全を継続していく。



### (3) 絶縁物の絶縁特性低下〔電動弁コネクタ接続〕

#### a. 事象の説明

電動弁コネクタの絶縁物は有機物（ジアリルフタレート樹脂）であり，熱および放射線による物性変化等，熱的，電氣的，環境的要因により経年劣化が進行し，絶縁特性が低下する可能性があることから，経年劣化に対する評価が必要である。

また，気密性保持部であるシーリングブッシュは有機物（エチレンプロピレンゴム）であり，熱および放射線による物性変化等，熱的，環境的要因により経年劣化が進行し，絶縁特性が低下する可能性があることから，経年劣化に対する評価が必要である。

なお，電動弁コネクタは低圧，静止機器であるため，電氣的，機械的要因による劣化は起きないと考えられる。

絶縁特性が低下する可能性のある部位を図2.3-6に示す。

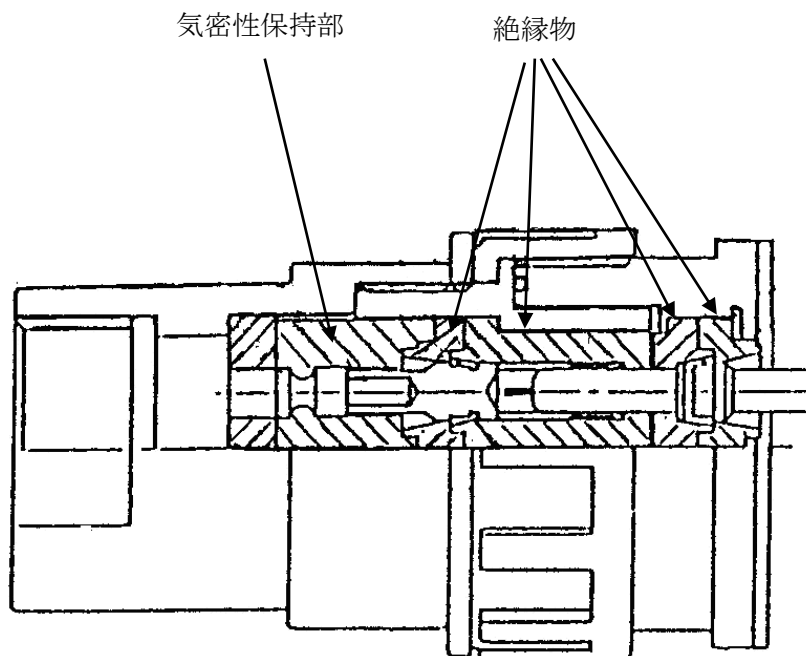


図2.3-6 電動弁コネクタ接続の絶縁部位

b. 技術評価

(a) 健全性評価

電動弁コネクタの絶縁特性低下については、IEEE Std. 382 (1980) の規格にまとめられており、これに基づき実機同等品による通常環境および事故時雰囲気を考慮した長期健全性試験を実施した。

供試体 (新品電動弁コネクタ)

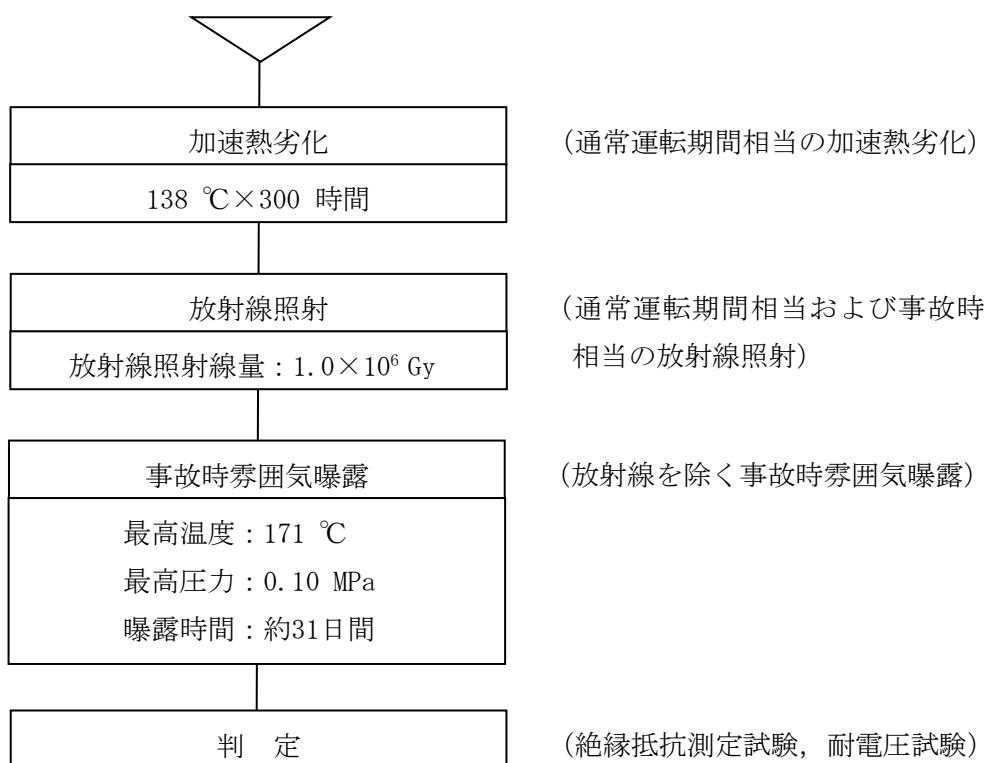


図2.3-7 電動弁コネクタ長期健全性試験手順 (設計基準事故, 重大事故等)

表2.3-8 電動弁コネクタ長期健全性試験条件（設計基準事故，重大事故等）

	試験条件	説明
加速熱劣化	138℃×300時間	原子炉格納容器外（原子炉建物内）の周囲温度最高値(40℃)に対して、60年間の運転期間を包絡する。
放射線照射	放射線照射線量 : $1.0 \times 10^6$ Gy	島根2号炉で想定される照射線量 $2.0 \times 10^3$ Gy（60年間の通常運転期間線量 $1.5 \times 10^2$ Gyに設計基準事故時線量 $1.8 \times 10^3$ Gyを加えた線量）を包絡する。
事故時雰囲気曝露	最高温度：171℃ 最高圧力：0.10 MPa 曝露時間：約31日間	島根2号炉の事故時の最高温度（100℃），最高圧力（6.9 kPa）を包絡する。

表2.3-9 電動弁コネクタ長期健全性試験結果（設計基準事故，重大事故等）

項目	試験手順	測定値 (判定基準)	結果
絶縁抵抗測定試験 (最終判定試験)	環境試験終了後，常温にてDC500 Vメガオーム計による絶縁抵抗測定を行う。	制御用 $0.25 \times 10^6 \Omega$ 以上 動力用 $0.6 \times 10^6 \Omega$ 以上	良

図2.3-7の試験条件は，表2.3-8～表2.3-9に示すとおり，島根2号炉の60年間の運転期間を想定した劣化条件および事故時環境条件を包絡し，結果は判定基準を満足している。

よって，電動弁コネクタの絶縁物は，60年間の通常運転および事故時雰囲気において絶縁性能を維持できると評価できる。

(b) 現状保全

電動弁コネクタの絶縁特性低下に対しては，点検時に絶縁抵抗測定，または点検時に実施する機器の動作試験においても，電動弁コネクタの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，電動弁コネクタの取替えを行うこととしている。

(c) 総合評価

電動弁コネクタ（ジアリルフタレート樹脂）の絶縁特性低下は，運転開始から60年間の通常運転および事故時雰囲気において絶縁性能を維持できると判断する。

c. 高経年化への対応

電動弁コネクタ（ジアリルフタレート樹脂）の絶縁特性低下に対しては，現状の保全内容に高経年化対策の観点から追加すべき項目はない。引き続き，現状保全を継続していく。

(4) 絶縁物の絶縁特性低下〔同軸コネクタ接続〕

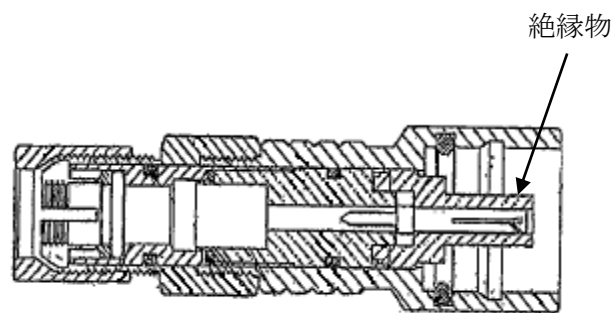
a. 事象の説明

同軸コネクタの絶縁物は有機物（ポリエーテルエーテルケトン）であり，熱および放射線による物性変化等，熱的，電氣的，環境的要因により経年劣化が進行し，絶縁特性が低下する可能性があることから，経年劣化に対する評価が必要である。

また，気密性保持部であるOリングは有機物（エチレンプロピレン）であり，熱および放射線による物性変化等，熱的，環境的要因により経年劣化が進行し，絶縁特性が低下する可能性があることから，経年劣化に対する評価が必要である。

なお，同軸コネクタは低圧，静止機器であるため，電氣的，機械的要因による劣化は起きないと考えられる。

絶縁特性が低下する可能性のある部位を図2.3-8に示す。



〔メスコンタクト側コネクタ〕

図2.3-8 同軸コネクタ接続の絶縁部位

b. 技術評価

(a) 健全性評価

同軸コネクタの絶縁特性低下については、実機同等品による通常環境および事故時雰  
囲気を考慮した長期健全性試験を実施した。

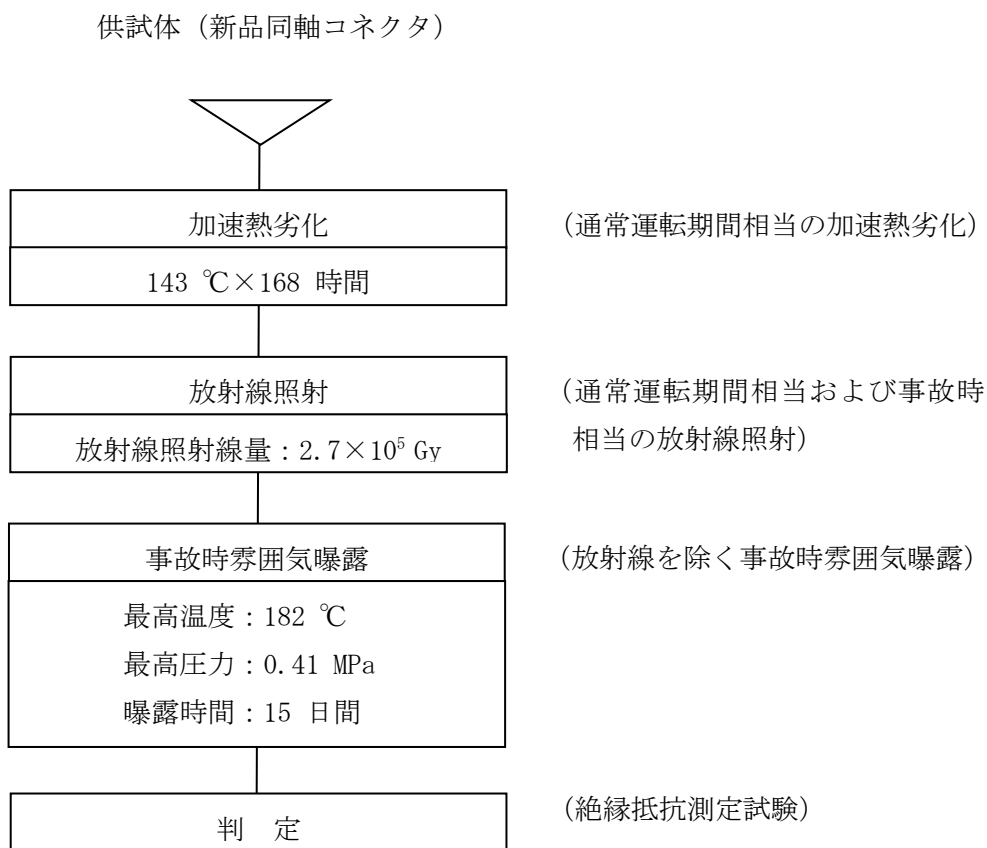


図2.3-9 同軸コネクタ長期健全性試験手順（設計基準事故，重大事故等）

表2.3-10 同軸コネクタ長期健全性試験条件（設計基準事故，重大事故等）

	試験条件	説明
加速熱劣化	143℃×168時間	原子炉格納容器内のペデスタル内の周囲温度最高値(55℃)に対して，60年間の運転期間を包絡する。
放射線照射	放射線照射線量：2.7×10 <sup>5</sup> Gy	島根2号炉で想定される照射線量1.9×10 <sup>4</sup> Gy（60年間の通常運転時線量1.6×10 <sup>2</sup> Gyに事故時照射線量1.8×10 <sup>4</sup> Gyを加えた値）に相当する。
事故時雰囲気曝露	最高温度：182℃ 最高圧力：0.41MPa 曝露時間：15日間	島根2号炉の事故時の最高温度(171℃)を包絡する。また，最高圧力(0.427 MPa)は包絡できていないが，接続部であり圧力の影響は軽微である。

表2.3-11 同軸コネクタ長期健全性試験結果（設計基準事故，重大事故等）

項目	試験手順	測定値	結果
機能試験	絶縁抵抗測定試験	1×10 <sup>9</sup> Ω以上	良

図2.3-9の試験条件は，表2.3-10～表2.3-11に示すとおり，島根2号炉の60年間の運転期間を想定した劣化条件および事故時環境条件を包絡し，結果は判定基準を満足している。

よって，同軸コネクタの絶縁物は，60年間の通常運転および事故時雰囲気において絶縁性能を維持できると評価できる。

#### (b) 現状保全

同軸コネクタの絶縁特性低下に対しては，点検時に絶縁抵抗測定を実施するとともに，出力信号測定においても絶縁機能の健全性を確認している。

また，この点検で有意な絶縁特性の変化が認められた場合には，同軸コネクタの取替えを行うこととしている。

#### (c) 総合評価

同軸コネクタの絶縁体については，運転開始から60年間の通常運転および事故時雰囲気において絶縁性能を維持できると判断する。

#### c. 高経年化への対応

同軸コネクタの絶縁体の絶縁特性低下に対しては，現状の保全内容に高経年化対策の観点から追加すべき項目はない。引き続き，現状保全を継続していく。

### 3. 代表機器以外への展開

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

- ① 端子台接続（ポリフェニレンエーテル樹脂）
- ② 端子接続（ビニルテープ）
- ③ 同軸コネクタ接続（架橋ポリスチレン、テフロン、ジアリルフタレート樹脂、フッ素樹脂）

#### 3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

##### a. 絶縁物の絶縁特性低下〔端子台接続〕（ポリフェニレンエーテル樹脂）

代表機器と同様に、端子台接続の絶縁物は有機物（ポリフェニレンエーテル樹脂）であり、熱および放射線による物性変化等、熱的、環境的要因により経年劣化が進行する。端子台接続の絶縁特性低下については、実機同等品（端子台は端子箱内に設置した状態）による通常環境および事故時雰囲気を考慮した長期健全性試験を実施した。

図3.1-1の試験条件は、表3.1-1～表3.1-2に示すとおり、島根2号炉の60年間の運転期間を想定した劣化条件および事故時環境条件を包絡し、結果は判定基準を満足している。

これらのことから、端子台接続の絶縁物は、60年間の通常運転および事故時雰囲気において絶縁性能を維持できると評価できる。

供試ケーブル（新品駆動部）

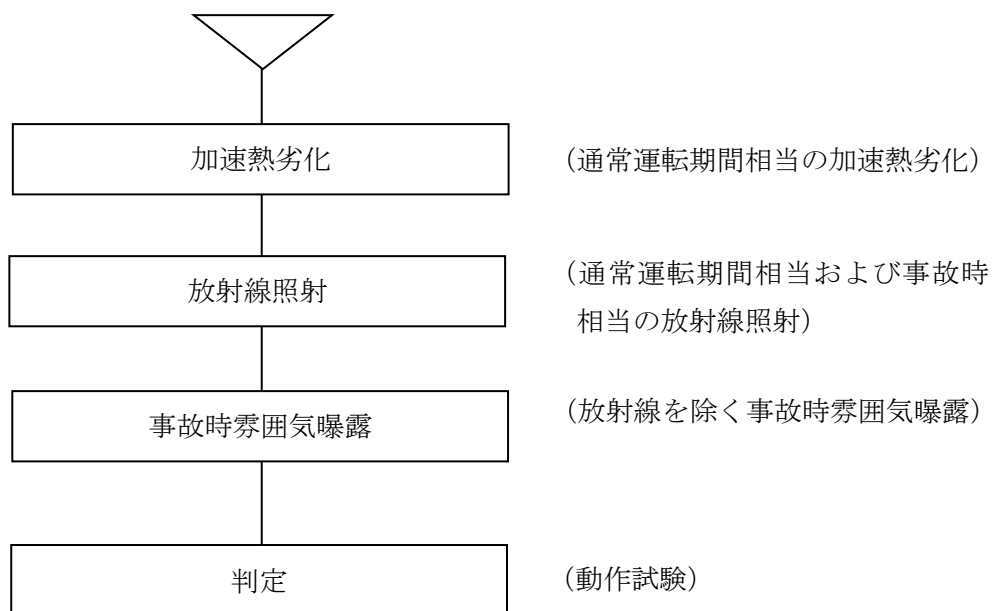


図3.1-1 端子台接続長期健全性試験手順（設計基準事故、重大事故等）

表3.1-1 端子台接続の長期健全性試験条件（設計基準事故，重大事故等）

	試験条件	説明
加速熱劣化	100℃×3, 306時間	原子炉格納容器外（原子炉建物内）の周囲温度最高値（40℃）に対して，60年間の運転期間を包絡する。
放射線照射	放射線照射線量：2.0×10 <sup>3</sup> Gy	島根2号炉で想定される照射線量2.0×10 <sup>3</sup> Gy（60年間の通常運転期間約1.5×10 <sup>2</sup> Gyに事故時線量1.8×10 <sup>3</sup> Gyを加えた線量）を包絡する。
事故時雰囲気曝露	最高温度：100℃ 最高圧力：3.4 kPa 曝露時間：約26日間	島根2号炉の事故時の最高温度（100℃），また，最高圧力（6.9 kPa）は包絡できていないが，接続部であり圧力の影響は軽微である。

表3.1-2 端子台接続の長期健全性試験結果（設計基準事故，重大事故等）

試験手順	判定基準	結果
事故時雰囲気曝露試験終了後，弁の開閉往復動作を正常に行えること。	正常に動作すること。	良

また，絶縁抵抗測定，機器の動作試験を実施しており，今後もこの保全方法を継続し，絶縁特性低下を監視していくとともに，必要に応じ取替え等の適切な対応をとることとする。



b. 絶縁物の絶縁特性低下〔同軸コネクタ接続〕（架橋ポリスチレン，テフロン）

同軸コネクタ接続の絶縁物は有機物（架橋ポリスチレン，テフロン）であり，熱および放射線による物性変化等，熱的，環境的要因により経年劣化が進行する。同軸コネクタの絶縁特性低下については，実機同等品による通常環境および設計基準事故時雰囲気を考慮した長期健全性試験を実施した。

また，絶縁物（架橋ポリスチレン）を使用する同軸コネクタは，重大事故等時雰囲気内において信号伝達の維持が求められることから，実機同等品により長期健全性試験を実施し，この結果に基づき，重大事故等時雰囲気内での健全性を評価した。

ただし，絶縁物（テフロン）を使用する同軸コネクタについては，設置場所が原子炉建物であり通常時および事故時における放射線量が低いため，放射線照射は実施していない。

図3.1-2の試験条件は，表3.1-3～表3.1-6に示すとおり，島根2号炉の60年間の運転期間を想定した劣化条件および事故時環境条件を包絡し，結果は判定基準を満足している。

これらのことから，同軸コネクタの絶縁物は，60年間の通常運転および事故時雰囲気において絶縁性能を維持できると評価できる。

供試ケーブル（新品機器）

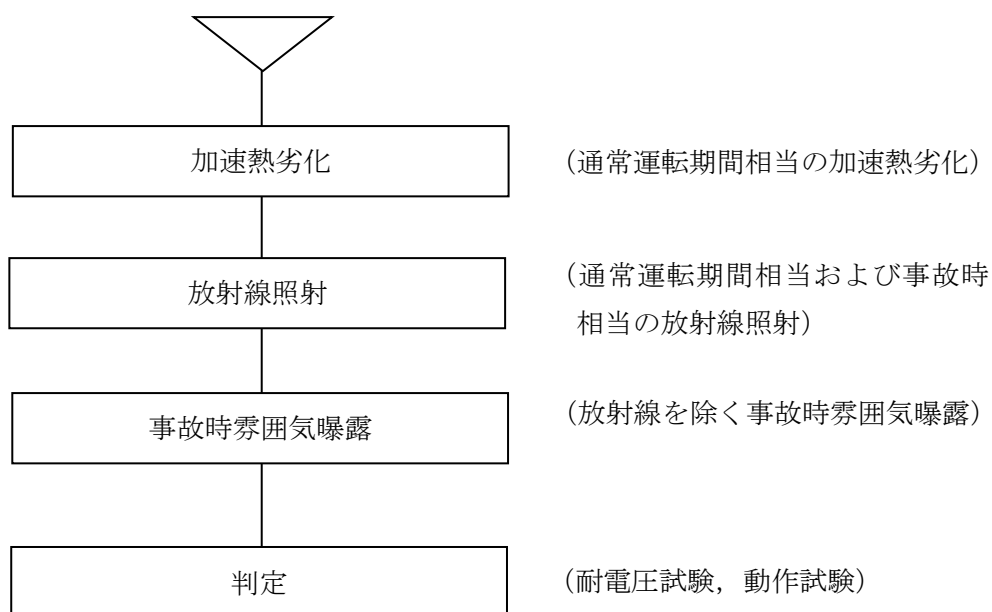


図3.1-2 端子台接続長期健全性試験手順（設計基準事故，重大事故等）

表3.1-3 同軸コネクタ（絶縁物：架橋ポリスチレン）の長期健全性試験条件  
（設計基準事故，重大事故等）

	試験条件	説明
加速熱劣化	115℃×10,075 時間	島根2号炉の通常運転時周囲温度最高値(63℃)に対して，60年間の運転期間を包絡する。
放射線放射	放射線照射線量：5.2×10 <sup>5</sup> Gy	島根2号炉で想定される線量約3.6×10 <sup>5</sup> Gy（60年間の通常運転時線量8.4×10 <sup>4</sup> Gyに事故時線量2.7×10 <sup>5</sup> Gyを加えた値）を包絡する。
事故時雰囲気曝露	最高温度：171℃ 最高圧力：0.427 MPa 曝露時間 約13日間	島根2号炉の事故時の最高温度（171℃），最高圧力（0.427 MPa）を包絡する。

表3.1-4 同軸コネクタ（絶縁物：架橋ポリスチレン）の長期健全性試験結果  
（設計基準事故，重大事故等）

項目	試験手順	判定基準	結果
耐電圧試験	耐電圧試験 （交流電圧720Vを4秒間印加）	絶縁破壊しないこと	良

表3.1-5 同軸コネクタ（絶縁物：テフロン）の長期健全性試験条件  
（設計基準事故，重大事故等時）

	試験条件	説明
加速熱劣化	110℃×1,128時間	原子炉格納容器外（原子炉建物内）の周囲温度最高値(40℃)に対して，60年間の運転期間を包絡する。
事故時雰囲気曝露	最高温度：100℃ 最高圧力：6.9 kPa 曝露時間：2時間	島根2号炉の事故時の最高温度(100℃)，最高圧力(6.9 kPa)を包絡する。

表3.1-6 同軸コネクタ（絶縁物：テフロン）の長期健全性試験結果  
（設計基準事故，重大事故等時）

項目	試験内容	判定基準	結果
パルス波特性	パルス信号を与え，その時の出力特性を評価する。	出力特性：基準値±2%	良

また，絶縁抵抗測定，機器の動作試験を実施しており，今後もこの保全方法を継続し，絶縁特性低下を監視していくとともに，必要に応じ取替え等の適切な対応をとることとする。

c. 絶縁物の絶縁特性低下〔同軸コネクタ接続〕（ジアリルフタレート樹脂，フッ素樹脂）

代表機器と同様に，同軸コネクタの絶縁物は，有機物（ジアリルフタレート樹脂，フッ素樹脂）であり，熱および放射線による物性変化等，熱的，環境的要因により経年劣化が進行し，長期間の使用を考慮すると絶縁特性低下を起こす可能性は否定できないが，系統機器点検時の絶縁抵抗測定および系統機器の動作試験で検知可能であり，点検で異常が認められた場合には同軸コネクタの取替えを行うこととしているため，引き続き現状保全を継続することで，健全性の維持は可能と判断する。

したがって，同軸コネクタの絶縁物の絶縁特性低下については，現状の保全項目に高経年化対策の観点から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. 端子板，端子台ビスおよび接続端子の腐食（全面腐食）〔端子台接続〕

端子台の端子板，端子台ビスおよび接続端子は，湿分等の浸入により腐食が想定されるが，端子台はガスケットでシールされた端子箱に収納されているため，湿分等の浸入により腐食が発生する可能性は小さい。

また，定期的を目視確認を行い，健全性を確認しており，これまで有意な腐食は認められていない。

また，新規に設置される接続部については，定期的を目視確認により健全性を確認することとしている。

したがって，高経年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. ボディ，コンタクト，ナット，リング，外部導体，ストップリング，内部導体，ガイドおよび袋ナットの腐食（全面腐食）〔同軸コネクタ接続〕

代表機器と同様に，同軸コネクタのボディ，コンタクト，ナット，リング，外部導体，ストップリング，内部導体，ガイドおよび袋ナットは黄銅およびリン青銅であり，湿分等の浸入が生じると腐食する可能性があるが，メッキが施されていることから，腐食が発生する可能性は小さい。

また，定期的を目視確認を行い，健全性を確認しており，これまで有意な腐食は認められていない。

また，新規に設置される接続部については，定期的を目視確認により健全性を確認することとしている。

したがって，高経年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

島根原子力発電所2号炉

タービン設備の技術評価書

[運転を断続的に行うことを前提とした評価]

中国電力株式会社

本評価書は、島根原子力発電所2号炉（以下、「島根2号炉」という）における安全上重要なタービン設備（重要度分類審査指針におけるPS-1, 2およびMS-1, 2に該当する機器）、高温・高圧の環境下にあるクラス3のタービン設備および常設重大事故等対処設備に属するタービン設備の高経年化に関わる技術評価についてまとめたものである。評価対象機器の一覧を表1に、機能を表2に示す。

本評価書では、評価対象のタービン設備を常用系タービン設備と非常用系タービン設備に分け、さらに以下の通りに分類して技術評価を実施する。

## 1. 常用系タービン設備

- 1.1 高圧タービン
- 1.2 低圧タービン
- 1.3 原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン
- 1.4 主要配管
- 1.5 主要弁
- 1.6 タービン制御装置
- 1.7 タービン潤滑油装置

## 2. 非常用系タービン設備

- 2.1 原子炉隔離時冷却ポンプ駆動用蒸気タービンおよび付属装置
- 2.2 高圧原子炉代替注水ポンプ（駆動用蒸気タービン）および付属装置

湿分分離器は「容器の技術評価書」、主蒸気管、抽気管等および配管サポートは「配管の技術評価書」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。

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

表1 評価対象機器一覧

分類基準		機器名称 (基数)	仕様	重要度*1	
常用系 タービン設備	高圧タービン	高圧タービン (1)	820,000kW (出力) ×1,800rpm (回転速度)	高*3	
	低圧タービン	低圧タービン (3)		高*3	
	原子炉給水ポンプ 駆動 用蒸気タービン	原子炉給水ポンプ 駆動用蒸気タービン (2)	6,550kW (出力) ×5,450rpm (回転速度)	高*3	
	主要配管	リード管 (4)	外径609.6mm (最大口径)	高*3	
		クロスアラウンド管 (6)	外径1,371.6mm (最大口径)	高*3	
		クロスアラウンド管安全弁出口管 (6)	外径508mm (最大口径)	高*3	
	主要弁	主タービン	主蒸気止め弁 (4)	口径508mm (油圧駆動式)	PS-2
			蒸気加減弁 (4)	口径431.8mm (油圧駆動式)	高*3
			組合せ中間弁 (6)	口径838.2mm (油圧駆動式)	高*3
			タービンハイパス弁 (6)	口径228.6mm (油圧駆動式)	PS-2
		原子炉給水 ポンプ 駆動用 蒸気タービン	クロスアラウンド管安全弁 (6)	口径402mm	高*3
			高圧蒸気止め弁 (2)	口径80mm (油圧駆動式)	高*3
			高圧蒸気加減弁 (2)	口径50mm (油圧駆動式)	高*3
			低圧蒸気止め弁 (2)	口径200mm (油圧駆動式)	高*3
低圧蒸気加減弁 (2)	口径70mm (油圧駆動式)	高*3			
タービン制御装置	主タービンEHC装置 (1)	電気油圧式	高*3		
タービン潤滑油装置	主タービン潤滑油装置 (1)	312m <sup>3</sup> /h (主油ポンプ容量)	高*3		
非常用系 タービン設備	原子炉隔離時冷却ポンプ 駆動用蒸気タービンおよび付属装置	原子炉隔離時冷却ポンプ 駆動用蒸気タービンおよび付属装置 (1)	550kW (出力*2) ×4,100rpm (回転速度*2)	MS-1, 重*4	
	高圧原子炉代替注水ポンプ (駆動用蒸気タービン) および付属装置*5	高圧原子炉代替注水ポンプ (駆動用蒸気タービン) および付属装置 (1)	567kW (出力*2) ×7,327rpm (回転速度*2)	重*4	

\*1：最上位の重要度を示す。

\*2：最大出力および最大回転速度を示す。

\*3：最高使用温度が95℃を超え、または最高使用圧力が1,900kPa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。

\*4：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器および構造物であることを示す。

\*5：新規に設置される機器

表2 評価対象機器機能一覧

機 器 名 称	機 能
高压タービン	発電を行うため発電機を駆動する。
低压タービン	
原子炉給水ポンプ 駆動用蒸気タービン	抽気蒸気によってタービンを回転し、原子炉給水ポンプを駆動する。
リード管	蒸気加減弁の出口蒸気を高压タービン入口に導く。
クロスアラウンド管	高压タービンの排気蒸気を低压タービン入口に導く。
クロスアラウンド管安全弁出口管	クロスアラウンド管安全弁作動時、吹き出した蒸気を主復水器に導く。
主蒸気止め弁	タービントリップ時に、高压タービンへの蒸気供給を遮断する。
蒸気加減弁	高压タービンへの蒸気流量を制御する。
組合せ中間弁	低压タービンへの蒸気流量を制御する。また、タービントリップ時に、低压タービンへの蒸気供給を遮断する。
タービンハイパス弁	タービントリップ時に、主蒸気を直接主復水器に導く。
クロスアラウンド管安全弁	タービントリップ時に、クロスアラウンド管の異常昇圧を防止する。
原子炉給水ポンプ 駆動用蒸気タービン高压蒸気止め弁	プラント低負荷運転におけるタービントリップ時、原子炉給水ポンプ 駆動用蒸気タービンへの蒸気供給を遮断する。
原子炉給水ポンプ 駆動用蒸気タービン高压蒸気加減弁	プラント低負荷運転時、原子炉給水ポンプ 駆動用蒸気タービンへの蒸気流量を制御する。
原子炉給水ポンプ 駆動用蒸気タービン低压蒸気止め弁	プラント通常運転におけるタービントリップ時、原子炉給水ポンプ 駆動用蒸気タービンへの蒸気供給を遮断する。
原子炉給水ポンプ 駆動用蒸気タービン低压蒸気加減弁	プラント通常運転時、原子炉給水ポンプ 駆動用蒸気タービンへの蒸気流量を制御する。
主タービンEHC装置	主タービン制御のため、主要弁等へ制御油を供給する。また、制御油性状を維持する。
主タービン潤滑油装置	主タービン、発電機の軸受に潤滑油を供給する。
原子炉隔離時冷却ポンプ 駆動用蒸気タービンおよび付属装置	原子炉水位低下時に原子炉に冷却水を供給する原子炉隔離時冷却ポンプを駆動する。また、付属装置は、原子炉隔離時冷却ポンプ 駆動用蒸気タービンへの蒸気流量制御、軸シール機能の確保等を行う。
高压原子炉代替注水ポンプ (駆動用蒸気タービン) および付属装置	設計基準事故対処設備である高压炉心スプレイ系及び原子炉隔離時冷却系が有する発電用原子炉の冷却機能が喪失した場合においても、炉心の著しい損傷を防止するため、高压状態の原子炉圧力容器に注水し炉心を冷却する。



## 1. 常用系タービン設備

## 1.1 高圧タービン

[対象機器]

- ① 高圧タービン

## 目 次

1. 対象機器	1. 1-1
2. 高圧タービンの技術評価	1. 1-2
2.1 構造, 材料および使用条件	1. 1-2
2.2 経年劣化事象の抽出	1. 1-5
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目	1. 1-5
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出	1. 1-5
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象	1. 1-7

## 1. 対象機器

島根2号炉で使用している高圧タービンの仕様を表1-1に示す。

表1-1 高圧タービンの仕様

タービン名称 (基数)	仕 様 (出力×回転速度)	重要度*1	使用条件		
			運転状態	運転圧力*3 (MPa)	運転温度*3 (°C)
高圧タービン (1)	820,000kW*4 ×1,800rpm	高*2	連続	6.6	282

\*1：最上位の重要度を示す。

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

\*3：主蒸気止め弁入口の蒸気条件。

\*4：低圧タービンとの合計出力を示す。

## 2. 高圧タービンの技術評価

### 2.1 構造, 材料および使用条件

#### (1) 構造

高圧タービンは6段複流式であり, 蒸気はノズル室に接続している4本の主蒸気入口管より高圧タービンに流入し, 各段を経て車室下半部にある排気口より排出される。

高圧タービン車室は銅入鋳鋼であり, 水平継手面で上, 下半車室に分割されており, ケーシングボルトにより締結されている。

ダイヤフラム(噴口, 隔板)は, 車室内に嵌め込まれており, 蒸気の通路部を形成している。噴口が12Cr鋼, 隔板が低合金鋼であり, 噴口は隔板に差し込み溶接されている。

高圧タービン車室は軸受台下半部に4本の腕(猫足)で支えられ, 水平方向にスライドする構造となっている。

高圧タービン車軸は低合金鋼であり, 軸受により支えられている。軸受は, タービン周方向の動きを制限する2個のジャーナル軸受とタービン軸方向の位置を制限する1個のスラスト軸受により構成されている。

高圧タービン車室両端面の車軸貫通部には, 蒸気流出を防止するためにスチームシールパッキン(パッキンケーシング, パッキンヘッド, ラビリンスパッキン)が設けられており, 多数のシールストリップを装備したラビリンスパッキンにより蒸気流出を防止している。

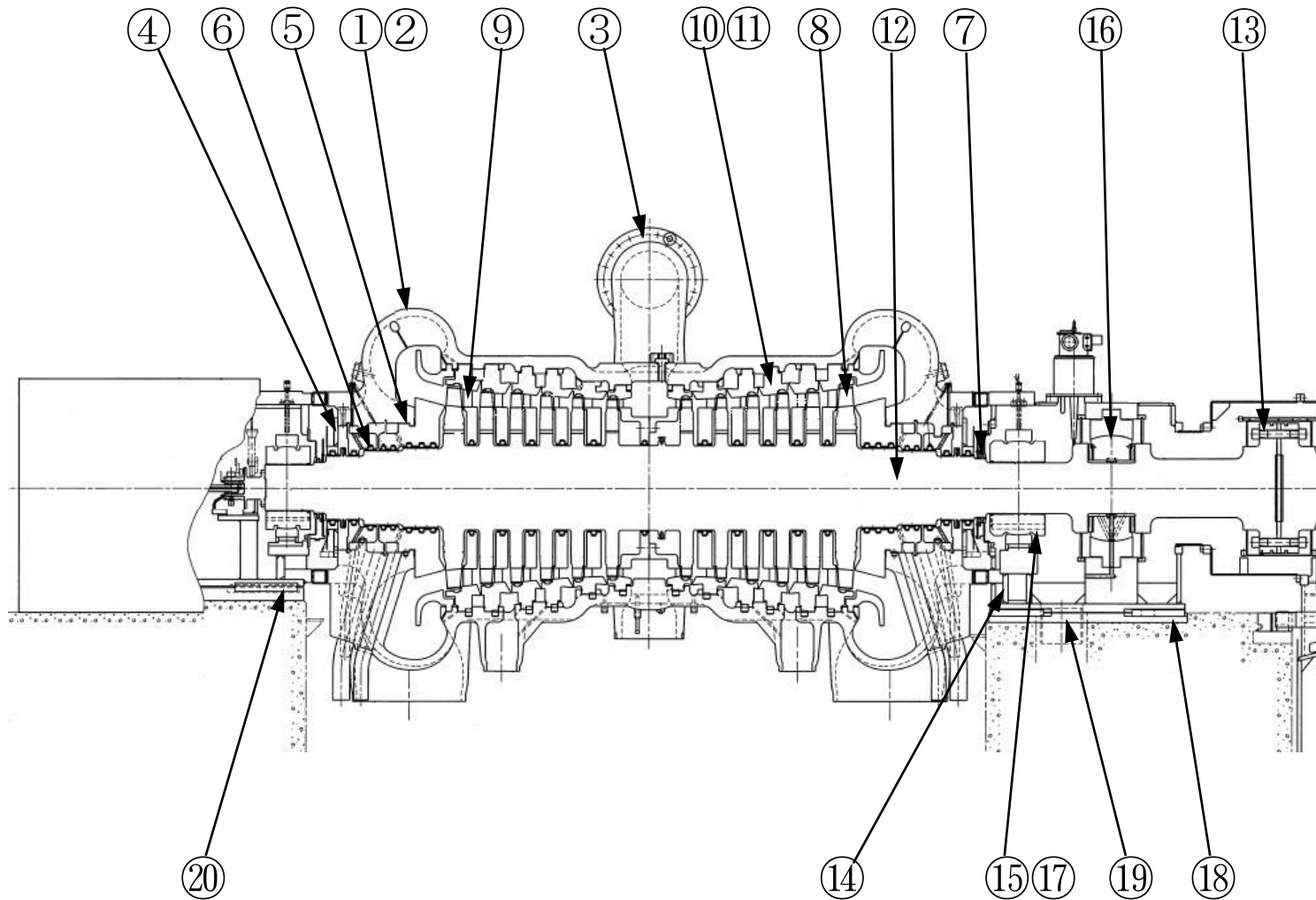
高圧タービン車室, ダイヤフラム, スチームシールパッキン等はケーシングボルトをゆるめ, 上半部を取り出すことにより点検手入れが可能である。

なお, 車軸, 翼, 隔板, 噴口および隔板締付ボルトについては, 第17回定期事業者検査(2011年度)において蒸気タービンの高効率化を図るため, 取替を行っている。

高圧タービンの構造図を図2.1-1に示す。

#### (2) 材料および使用条件

高圧タービン主要部位の使用材料を表2.1-1に, 使用条件を表2.1-2に示す。



No.	部 位
①	車室
②	ケーシングホルト
③	パッキン
④	パッキンケーシング
⑤	パッキンヘッド
⑥	ラビリンスパッキン
⑦	油切り
⑧	翼
⑨	噴口
⑩	隔板締付ホルト
⑪	隔板
⑫	車軸
⑬	カップリングホルト
⑭	軸受台
⑮	ジャーナル軸受
⑯	スラスト軸受
⑰	軸受ホルト
⑱	ベースプレート
⑲	基礎ホルト
⑳	キー

図2.1-1 高圧タービン構造図

表2.1-1 高圧タービン主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
ハウンドリの維持	車室	銅入鋳鋼
	ケーシングボルト	低合金鋼 (Cr-Mo-V鋼)
	パッキン	(消耗品)
	パッキンケーシング	炭素鋼 (SM41A)
	パッキンヘッド	低合金鋼 (Cr鋳鋼)
	ラビリンスパッキン	銅合金 (鉛入りNi黄銅), 低合金鋼 (15Cr-Mo鋼)
	油切り	炭素鋼 (SM41A)
タービン性能の確保	翼	12Cr鋼, 12Cr-Nb-N鋼
	噴口	12Cr鋼
	隔板締付ボルト	低合金鋼 (SNB16)
	隔板	低合金鋼 (SCMV4, 2Cr鋼)
	車軸	低合金鋼 (3.5Ni-1.75Cr-Mo-V鋼)
	カップリングボルト	低合金鋼 (SCM435)
	軸受台	炭素鋼 (SM41A)
	ジャーナル軸受	炭素鋼鋳鋼 (SC46), ホワイトメタル
	スラスト軸受	銅 (C1100P), ホワイトメタル
	軸受ボルト	低合金鋼 (Cr-Mo-V鋼)
機器の支持	ベースプレート	炭素鋼 (SM41A)
	基礎ボルト	炭素鋼 (S30CN), 低合金鋼 (SCM435)
	キー	炭素鋼 (SM41A)

表2.1-2 高圧タービンの使用条件

運 転 圧 力	主蒸気止め弁入口 6.6MPa～組合せ中間弁入口 1.1MPa
運 転 温 度	主蒸気止め弁入口 282℃～組合せ中間弁入口 188℃
定格回転速度	1,800rpm
内 部 流 体	蒸気

## 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

高圧タービンの機能である発電機駆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 タービン性能の確保
- ③ 機器の支持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

#### (1) 想定される経年劣化事象

高圧タービンについて、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）およ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、消耗品および定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品および定期取替品の扱い

パッキンは消耗品であり、長期使用せず取替を前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。



(3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

想定される経年劣化事象のうち下記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 (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 (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. 車室、パッキンケーシング、パッキンヘッド、翼、噴口、隔板および車軸の腐食（流れ加速型腐食）

車室は銅入鋳鋼、パッキンケーシングは炭素鋼、翼、噴口は12Cr鋼、パッキンヘッド、隔板および車軸は低合金鋼であり、内部流体は湿分を含んだ蒸気であるため、流れ加速型腐食が想定されるが、定期的に見視確認を行い、健全性を確認しており、これまでに有意な腐食による減肉は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. 車室合わせ面の不均一

車室は銅入鋳鋼であり、その合わせ面について、面の不均一が想定されるが、定期的に見視確認により合わせ面を確認しており、復旧前には水平面の手入を、復旧時には軸方向・左右方向のレベル計測および合わせ面寸法測定を実施するとともに、第17回定期事業者検査（2011年度）から車室合わせ面当たり確認を実施し、健全性を確認している。また、面の不均一が認められた場合には、肉盛溶接等の対応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変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. 翼、隔板締付ボルトおよび車軸の応力腐食割れ

翼は12Cr鋼、隔板締付ボルトおよび車軸は低合金鋼であり、湿り蒸気環境下で使用されているため、応力腐食割れが想定されるが、翼接合部、車軸接合部の応力腐食割れについては、定期的な細密点検において超音波探傷試験を実施し、健全性を確認している。また、隔板締付ボルトについては、定期的に見視確認および浸透探傷試験を実施し、健全性を確認している。なお、これまでの点検実績では、翼接合部、車軸接合部および隔板締付ボルトに応力腐食割れの発生は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. ジャーナル軸受およびスラスト軸受の摩耗・はく離

ジャーナル軸受およびスラスト軸受はホワイトメタルを鋳込み溶着したすべり軸受を使用しており、摩耗・はく離が想定される。

摩耗については、主軸と軸受間に潤滑油が供給され軸受の摩耗が発生する可能性は小さい。また、定期的に見視確認、主軸と軸受部の寸法測定を行い、基準値に達した場合は取替または補修を行っている。

はく離については、定期的に見視確認および浸透探傷試験を実施し、必要に応じて取替または補修を行っている。

摩耗の進展速度は、運転時間や主軸の回転数等により影響されるが、これらは通常運転

中ほぼ一定であり、これまでの運転経験より今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、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にくいことから、高経年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。

#### f. 車室、ケーシングボルト、油切り、隔板締付ボルト、カップリングボルト、軸受台、軸受ボルトおよびベースプレートの腐食（全面腐食）

ケーシングボルト、隔板締付ボルト、カップリングボルトおよび軸受ボルトは低合金鋼、油切り、軸受台およびベースプレートは炭素鋼、車室は銅入鋳鋼である。

ケーシングボルト、油切り、カップリングボルト、軸受台、軸受ボルト、ベースプレートおよび車室外面はオイルミストまたは空気環境下であり、腐食が想定されるが、定期的に見視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。軸受台の大气接触部には塗装により腐食を防止しており、腐食が発生する可能性は小さい。また、定期的に見視確認を行い、塗装の状態を確認するとともに、必要に応じ補修塗装を実施することとしており、これまで有意な腐食は認められていない。また、軸受台とベースプレートのスライド部については、グリースが充填されていることから、腐食が発生する可能性は小さく、定期的に見視点検を行い、健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。

隔板締付ボルトは蒸気環境下であり、腐食が想定されるが、定期的に見視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. 車室の疲労割れ

車室は、プラントの起動・停止時等の温度・圧力変化により材料に疲労が蓄積されることにより、疲労割れが想定されるが、タービン起動時には高圧タービン車室内面メタル温度を確認しながら暖気運転を実施し、発生する熱応力を緩和している。さらに、原子力プラントは定格出力にて約1年運転することを基本としていることから、起動停止回数は少なく熱応力による材料の疲労蓄積は小さい。

また、定期的に見視確認を行い、健全性を確認しており、これまで疲労割れは認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. ラビリンスパッキンの摩耗

ラビリンスパッキンは車軸との接触による摩耗が想定されるが、車軸との隙間管理によ

り接触を防止している。また、定期的に車軸との寸法測定および目視確認を行い、健全性を確認しており、必要に応じ取替を行うこととしている。なお、これまで有意な摩耗は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. 翼の高サイクル疲労割れ

第17回定期事業者検査（2011年度）における取替後、翼は、翼先端部カバーを隣接する翼どうしで接触連結させた全周1リング構造となっている。全周1リング構造となった翼の固有振動数と回転周波数との共振により高サイクル疲労割れが想定されるが、全周1リング構造となった翼の固有振動数と回転周波数との共振が起こらないよう設計されている。なお、海外プラントにおいて、翼軸連成振動により低圧タービンの最終段長翼が飛散した事例があるが、高圧タービンは低圧タービンに比べ翼長が短いため、翼軸連成振動が発生する可能性は小さい。

また、定期的に目視確認および浸透探傷試験を行い、健全性を確認しており、これまで高サイクル疲労割れは認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. 翼・車軸の腐食疲労割れ

翼・車軸隙間部に腐食媒体が濃縮して腐食が発生し、これに繰返し応力が負荷される場合、疲労割れの発生、進展が想定されるが、高圧タービンについては、腐食媒体が濃縮を起こすような乾湿交番域は存在しないことから、腐食疲労割れが発生する可能性は小さい。

また、定期的に目視確認を行い、健全性を確認しており、これまで腐食疲労割れは認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. 噴口の高サイクル疲労割れ

国内他プラント（PWR）の低圧タービン最終段静翼（BWRでは噴口に相当）溶接部およびその近傍において、高サイクル疲労によるき裂が生じた事例が見られたが、高圧タービン噴口の翼長は、低圧タービンと比較して短く剛性が高いことから、高サイクル疲労割れが発生する可能性は小さい。

また、国内外のプラントで高圧タービン噴口における高サイクル疲労割れの事例はなく、これまでの目視確認および浸透探傷試験結果からも高サイクル疲労割れは認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. 車軸の摩耗

車軸の軸受部の摺動面は摩耗が想定されるが、車軸を支持する軸受にはホワイトメタルを使用し、潤滑油が供給され車軸と軸受間には膜が形成されており、摩耗が発生する可能性は小さい。

また、定期的に目視確認および寸法測定を行い、健全性を確認しており、これまで有意な摩耗は認められていない。

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

#### m. 車軸の高サイクル疲労割れ

車軸には運転時に繰返し応力が発生することから、応力集中部等において、高サイクル疲労割れが想定されるが、設計段階において疲労割れが発生しないよう考慮されており、高サイクル疲労割れが発生する可能性は小さい。

また、定期的に目視確認を行い、健全性を確認しており、これまで高サイクル疲労割れは認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. キーの摩耗

当該キーは車室の中心を決める位置決めキーであり、車室の移動により接触面の摩耗が想定されるが、車室移動回数はプラントの起動停止回数に相当し、約1年に1回程度と少ないこと、およびタービン起動時には車室内面メタル温度の昇温率が運転管理基準値以下となるように運転しているため、車室の移動は緩やかであり、摩耗が発生する可能性は小さい。

また、定期的に目視確認およびキーの寸法測定を行い、健全性を確認しており、これまで有意な摩耗は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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) 高圧タービンに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	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		
ハウタリの維持	車室		銅入鋳鋼		△*1△	△				△*2	*1：流れ加速型腐食 *2：合わせ面の不均一 *3：高サイクル疲労割れ *4：腐食疲労割れ *5：はく離
	ケーシングボルト		低合金鋼		△						
	パッキン	◎	—								
	パッキンケーシング		炭素鋼		△*1						
	パッキンヘッド		低合金鋼		△*1						
	ラビリンスパッキン		銅合金, 低合金鋼	△							
	油切り		炭素鋼		△						
タービン性能の確保	翼		12Cr鋼		△*1	△*3 *4	△				
	噴口		12Cr鋼		△*1	△*3					
	隔板締付ボルト		低合金鋼		△		△				
	隔板		低合金鋼		△*1						
	車軸		低合金鋼	△	△*1	△*3 *4	△				
	カップリングボルト		低合金鋼		△						
	軸受台		炭素鋼		△						
	ジャーナル軸受		炭素鋼鋳鋼, ホイットメタル	△						△*5	
	スラスト軸受		銅, ホイットメタル	△						△*5	
	軸受ボルト		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 (2/2) 高圧タービンに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考
				減 肉		割 れ		材 質 変 化		その他	
				摩 耗	腐 食	疲 勞 割 れ	応 力 腐 食 割 れ	熱 時 効	劣 化		
機器の支持	ベースプレート		炭素鋼		△						
	基礎ボルト		炭素鋼, 低合金鋼		△						
	キー		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）

## 1.2 低圧タービン

[対象機器]

- ① 低圧タービン



## 目 次

1. 対象機器	1.2-1
2. 低圧タービンの技術評価	1.2-2
2.1 構造, 材料および使用条件	1.2-2
2.2 経年劣化事象の抽出	1.2-5
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目	1.2-5
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出	1.2-5
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	1.2-7

## 1. 対象機器

島根2号炉で使用している低圧タービンの仕様を表1-1に示す。

表1-1 低圧タービンの仕様

タービン名称 (基数)	仕様 (出力×回転速度)	重要度*1	使用条件		
			運転状態	運転圧力*3 (MPa)	運転温度*3 (°C)
低圧タービン (3)	820,000kW*4 ×1,800rpm	高*2	連続	1.1	188

\*1：最上位の重要度を示す。

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

\*3：組合せ中間弁入口の蒸気条件を示す。

\*4：高圧タービンとの合計出力を示す。

## 2. 低圧タービンの技術評価

### 2.1 構造, 材料および使用条件

#### (1) 構造

低圧タービンは7段の複流形タービンであり, 蒸気は高圧タービン排気より湿分分離器を経て車室中央部に流入する。流入した蒸気は中央で2つに分かれ, 各段を経て両端の排気口から下方にある主復水器に至る。

低圧タービン車室は外部車室, 内部車室にて構成され, 炭素鋼または低合金鋼が使用されており, それぞれは水平継手面にて上下分割され, ケーシングボルトにより締結されている。

ダイヤフラム(噴口, 隔板)は, 車室内に嵌め込まれており, 蒸気の通路部を形成している。噴口が12Cr鋼および13Cr鋼, 隔板が低合金鋼であり, 噴口は隔板に差し込み溶接されている。

低圧タービン車軸は, 軸・円板一体型の低合金鋼から出来ており, 2個の軸受により支えられている。また軸受台はベースプレートに基礎ボルトで固定されており, 軸受台にはタービン回転方向の動きを制限するジャーナル軸受が設置されている。

低圧タービン車室両端面の車軸貫通部には蒸気流出を防止するためにスチームシールパッキン(パッキンケーシング, ラビリンスパッキン)が設けられており, 多数のシールストリップを装備したラビリンスパッキンにより蒸気流出を防止している。

低圧タービン車室, ダイヤフラム, スチームシールパッキンは上, 下半部のケーシングボルトをゆるめ, 上半部を取り出すことにより点検手入れが可能である。

なお, 翼, 車軸については, 第17回定期事業者検査(2011年度)において, 翼接合部, 車軸接合部のうち, 車軸接合部である円板側翼取付部の応力腐食割れ対策として, 円板側翼取付部の翼溝形状の変更, 円板側翼取付部へショットピーニング, バニシングを施した車軸に取替を行っている。

また, 応力腐食割れ対策に合わせ, 車軸, 翼, 内部車室, 内部ケーシングボルト, 隔板, 噴口および隔板締付ボルトについては, 第17回定期事業者検査(2011年度)において, 蒸気タービンの高効率化を図るため, 取替を行っている。

低圧タービンの構造図を図2.1-1に示す。

#### (2) 材料および使用条件

低圧タービン主要部位の使用材料を表2.1-1に, 使用条件を表2.1-2に示す。

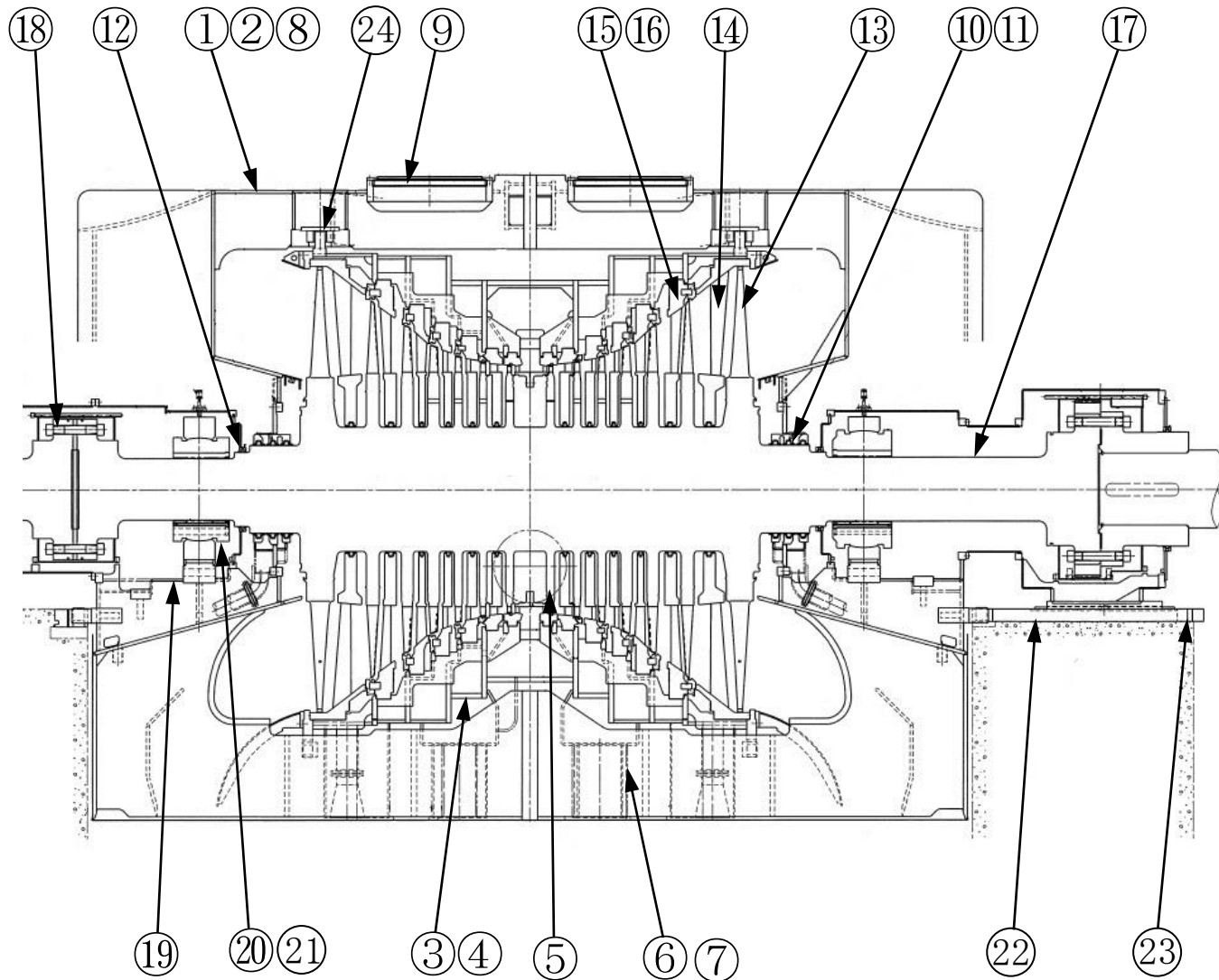


図2.1-1 低圧タービン構造図

No.	部 位
①	外部車室
②	外部ケーシングボルト
③	内部車室
④	内部ケーシングボルト
⑤	クロスアラウト管エキスパンションジョイント
⑥	抽気短管
⑦	抽気管エキスパンションジョイント
⑧	パッキン
⑨	大気放出板
⑩	パッキンケーシング
⑪	ラビリンスパッキン
⑫	油切り
⑬	翼
⑭	噴口
⑮	隔板締付ボルト
⑯	隔板
⑰	車軸
⑱	カップリングボルト
⑲	軸受台
⑳	ジャーナル軸受
㉑	軸受ボルト
㉒	ベースプレート
㉓	基礎ボルト
㉔	キー

表2.1-1 低圧タービン主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
ハウダリの維持	外部車室	炭素鋼 (SM41A)
	外部ケーシングボルト	低合金鋼 (Cr-Mo-V鋼)
	内部車室	低合金鋼 (SMA400AP)
	内部ケーシングボルト	低合金鋼 (Cr-Mo-V鋼)
	クロスアラウンド管エキスパンションジョイント	ステンレス鋼 (SUS321)
	抽気短管	低合金鋼 (SCMV3)
	抽気管エキスパンションジョイント	ステンレス鋼 (SUS316L)
	パッキン	(消耗品)
	大気放出板	(定期取替品)
	パッキンケーシング	炭素鋼 (SM41A)
	ラベリンパッキン	銅合金 (鉛入りNi黄銅)
	油切り	炭素鋼 (SM41A)
タービン性能の確保	翼	12Cr鋼, 12Cr-Nb-N鋼
	噴口	12Cr鋼, 13Cr鋼
	隔板締付ボルト	低合金鋼 (SNB16)
	隔板	低合金鋼 (SCMV4, 2Cr鋼)
	車軸	低合金鋼 (3.5Ni-1.75Cr-Mo-V鋼)
	カップリングボルト	低合金鋼 (SCM435, SNCM616)
	軸受台	炭素鋼 (SM41A)
	ジャーナル軸受	炭素鋼 (SB46N), 炭素鋼鋳鋼 (SC46), ホワイトメタル
	軸受ボルト	低合金鋼 (Cr-Mo-V鋼)
機器の支持	ベースプレート	炭素鋼 (SM41A)
	基礎ボルト	炭素鋼 (S30CN)
	キー	低合金鋼 (SMA41AP)

表2.1-2 低圧タービンの使用条件

運 転 圧 力	組合せ中間弁入口 1.1MPa～低圧タービン排気 -96kPa
運 転 温 度	組合せ中間弁入口 188℃～低圧タービン排気 33℃
定格回転速度	1,800rpm
内 部 流 体	蒸気

## 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

低圧タービンの機能である発電機駆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 タービン性能の確保
- ③ 機器の支持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

#### (1) 想定される経年劣化事象

低圧タービンについて、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）およ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、消耗品および定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品および定期取替品の扱い

パッキンは消耗品、大気放出板は定期取替品であり、長期使用せず取替を前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

(3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

想定される経年劣化事象のうち下記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（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（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. 外部車室，内部車室，抽気短管，パッキンケーシング，翼，噴口，隔板および車軸の腐食（流れ加速型腐食）

外部車室およびパッキンケーシングは炭素鋼，翼は12Cr鋼，噴口は12Cr鋼および13Cr鋼，内部車室，抽気短管，隔板および車軸は低合金鋼であり，内部流体は湿分を含んだ蒸気であるため，流れ加速型腐食が想定されるが，定期的に見視確認を実施し，健全性を確認しており，これまで有意な腐食による減肉は認められていない。

したがって，今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから，高経年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. 翼，隔板締付ボルトおよび車軸の応力腐食割れ

翼は12Cr鋼，隔板締付ボルトおよび車軸は低合金鋼であり，湿り蒸気環境下で使用されているため，応力腐食割れが想定されるが，翼接合部，車軸接合部の応力腐食割れについては，定期的な細密点検において超音波探傷試験を実施し，健全性確認をすることとしている。また，隔板締付ボルトについては，定期的に見視確認および浸透探傷試験を実施し，健全性を確認している。

翼接合部，車軸接合部については，2012年11月に国内他プラントで発生した低圧タービンの円板側翼取付部の応力腐食割れ事象を受け，島根2号炉の第17回定期事業者検査（2011年度）において翼接合部，車軸接合部の超音波探傷試験を実施した。超音波探傷試験の結果，低圧タービン（A）～（C）第10，11段の車軸接合部である円板側翼取付部に応力腐食割れが認められた。

この応力腐食割れ対策として，円板側翼取付部の翼取付部翼溝形状の変更，円板側翼取付部へショットピーニング，バニシングを施した車軸に取替（第17回定期事業者検査（2011年度））を行っている。なお，これまでの点検実績では，隔板締付ボルトに応力腐食割れの発生は認められていない。

したがって，高経年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. ジャーナル軸受の摩耗・はく離

ジャーナル軸受はホワイトメタルを鑄込み溶着したすべり軸受を使用しており，摩耗・はく離が想定される。

摩耗については，主軸と軸受間に潤滑油が供給され軸受の摩耗が発生する可能性は小さい。また，定期的に見視確認，主軸と軸受部の寸法測定を行い，基準値に達した場合は取替または補修を行っている。

はく離については，定期的に見視確認および浸透探傷試験を実施し，必要に応じて取替または補修を行っている。

摩耗の進展速度は，運転時間や主軸の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り，これまでの運転経験より今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。



したがって、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にくいことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. 基礎ボルトの腐食（全面腐食）

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。

e. 外部車室，外部ケーシングボルト，内部ケーシングボルト，油切り，隔板締付ボルト，カップリングボルト，軸受台，軸受ボルトおよびベースプレートの腐食（全面腐食）

外部ケーシングボルト，内部ケーシングボルト，隔板締付ボルト，カップリングボルトおよび軸受ボルトは低合金鋼，油切り，軸受台，ベースプレートおよび外部車室は炭素鋼である。

外部車室外面，外部ケーシングボルト，軸受ボルト，カップリングボルト，油切り，軸受台およびベースプレートはオイルミストまたは空気環境下であり，腐食が想定されるが，定期的に見視確認を行い，健全性を確認しており，これまで有意な腐食は認められていない。なお，軸受台および外部車室外面の大気接触部は，塗装により腐食を防止しており，腐食が発生する可能性は小さい。また，定期的に見視確認を行い，塗装の状態を確認するとともに，必要に応じ補修塗装を実施することとしており，これまで有意な腐食は認められていない。加えて，軸受台とベースプレートのスライド部については，グリースが充填されていることから，腐食が発生する可能性は小さく，定期的に見視点検を行い，健全性を確認しており，これまで有意な腐食は認められていない。

また，内部ケーシングボルトおよび隔板締付ボルトについては，蒸気環境下であり，腐食が想定されるが，定期的に見視確認を行い，健全性を確認しており，これまで有意な腐食は認められていない。

したがって，今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから，高経年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. 内部車室の疲労割れ

内部車室は，プラントの起動・停止時等の温度・圧力変化により材料に疲労が蓄積されることにより，疲労割れが想定されるが，タービン起動時には高圧タービン車室内面メタル温度を確認しながら暖気運転を実施し，発生する熱応力を緩和している。さらに原子力プラントは定格出力にて約1年運転することを基本としていることから，起動停止回数は少なく熱応力による材料の疲労蓄積は小さい。

また，定期的に見視確認を行い，健全性を確認しており，これまで疲労割れは認められていない。

したがって，今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから，高経年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. エキスパンションジョイント（クロスアラウンド管，抽気管）の疲労割れ

エキスパンションジョイント（クロスアラウンド管，抽気管）は，プラント起動・停止

時に熱応力がかかることにより材料に疲労が蓄積されるため、疲労割れが想定されるが、原子力プラントは定格出力により運転しており、1サイクルで約1年運転していることから、起動停止回数は少なく熱応力による材料の疲労蓄積は小さい。

また、第17回定期事業者検査（2011年度）において内部車室取替に合わせてエキスパンションジョイント（クロスアラウンド管、抽気管）を取替えた際、撤去したエキスパンションジョイントについて目視確認を実施したが、有意な欠陥は認められなかった。

したがって、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にくいことから、高経年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. エキスパンションジョイント（クロスアラウンド管、抽気管）の応力腐食割れ

エキスパンションジョイント（クロスアラウンド管、抽気管）のベローズ部はステンレス鋼であり、溶接部を有していることから、応力腐食割れが想定されるが、エキスパンションジョイント（クロスアラウンド管、抽気管）のベローズ部については、外面は低圧タービン排気環境下であり、使用温度が100℃以下であるため、応力腐食割れが発生する可能性は小さい。

また、第17回定期事業者検査（2011年度）において内部車室取替に合わせてエキスパンションジョイント（クロスアラウンド管、抽気管）を取替えた際、撤去したエキスパンションジョイントについて目視確認を実施したが、応力腐食割れは確認されていない。

したがって、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にくいことから、高経年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. ラビリンスパッキンの摩耗

ラビリンスパッキンは車軸との接触による摩耗が想定されるが、車軸との隙間管理により接触を防止している。また、定期的に車軸との寸法測定および目視確認を行い、健全性を確認しており、必要に応じて取替を行うこととしている。なお、これまで有意な摩耗は確認されていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. 翼の高サイクル疲労割れ

第17回定期事業者検査（2011年度）における取替後、翼は、翼先端部カバーを隣接する翼どおしで接触連結させた全周1リング構造となっている。

国内他プラント（PWR）において、翼を数枚ごとに翼端で連結して群を構成された群翼の固有振動数が回転周波数の整数倍に共振して翼が折損する事例が見られた。

また、海外プラント（PWR）において、車軸と翼の連成振動数が、発電機の系統周波数に共振して、運開した直後に、低圧タービン最終段翼が飛散した事例がある。

これより、翼は高サイクル疲労割れが想定されるが、島根2号炉については、このような振動数を考慮した設計をしていることから、翼の高サイクル疲労割れが発生する可能性は小さい。

また、定期的に目視確認および浸透探傷試験を行い、健全性を確認しており、これまで

有意な割れは認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. 翼・車軸の腐食疲労割れ

翼・車軸の隙間部に腐食媒体が濃縮して腐食が発生し、これに繰り返し応力が負荷される場合に疲労割れの発生・進展が想定されるが、低圧タービンについては、腐食媒体の濃縮を起こすような乾湿交番域は存在しないことから、腐食疲労割れが発生する可能性は小さい。

また、定期的に目視確認を行い、健全性を確認しており、これまで腐食疲労割れは認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. 噴口の高サイクル疲労割れ

国内他プラント（PWR）の低圧タービン最終段静翼（BWRでは噴口に相当）溶接部およびその近傍において、高サイクル疲労によるき裂が生じた事例が見られたが、島根2号炉低圧タービンの噴口は、車軸の回転数や蒸気の流れによる振動と固有振動数が共振しないように設計しており、高サイクル疲労割れが発生する可能性は十分に小さい。

また、これまでの目視確認および浸透探傷試験結果において高サイクル疲労割れは認められていない。

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

#### m. 車軸の摩耗

車軸の軸受部の摺動面は摩耗が想定されるが、車軸を支持する軸受の受面はホワイトメタルを使用し、潤滑油が供給され車軸と軸受間には膜が形成されており、摩耗が発生する可能性は小さい。

また、定期的に目視確認および寸法測定を行い、健全性を確認しており、これまで有意な摩耗は認められていない。

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

#### n. 車軸の高サイクル疲労割れ

車軸には運転時に繰り返し応力が発生することから、応力集中部等において、高サイクル疲労割れが想定されるが、設計段階において疲労割れが発生しないよう考慮されており、高サイクル疲労割れが発生する可能性は小さい。

また、定期的に目視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な割れは認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、

高経年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. キーの摩耗

当該キーは車室の中心を決める位置決めキーであり、車室の移動により接触面の摩耗が想定されるが、外部車室内部は低圧タービンの排気（約33℃）であるため、熱による変形は少なく、ほとんど移動しないと考えられることから、摩耗が発生する可能性は小さい。

また、定期的に目視確認およびキーの寸法測定を行い、健全性を確認しており、これまで有意な摩耗は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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) 低圧タービンに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	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		
ハウタリの維持	外部車室		炭素鋼		△*1△						*1：流れ加速型腐食 *2：ベローズ部
	外部ケーシングボルト		低合金鋼		△						
	内部車室		低合金鋼		△*1	△					
	内部ケーシングボルト		低合金鋼		△						
	クロスアラウト管エキスパ ンションジョイント		ステンレス鋼			△	△*2				
	抽気短管		低合金鋼		△*1						
	抽気管エキスパンション ジョイント		ステンレス鋼			△	△*2				
	パッキン	◎	—								
	大気放出板	◎	—								
	パッキンケーシング		炭素鋼		△*1						
	ラビリンスパッキン		銅合金	△							
油切り		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) 低圧タービンに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	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		
タービン性能の確保	翼		12Cr鋼		△*1	△*2*3	△				*1：流れ加速型腐食 *2：高サイクル疲労割れ *3：腐食疲労割れ *4：はく離
	噴口		12Cr鋼, 13Cr鋼		△*1	△*2					
	隔板締付ボルト		低合金鋼		△		△				
	隔板		低合金鋼		△*1						
	車軸		低合金鋼	△	△*1	△*2*3	△				
	カップリングボルト		低合金鋼		△						
	軸受台		炭素鋼		△						
	ジャーナル軸受		炭素鋼, 炭素鋼 鋳鋼, ホイタル	△						△*4	
	軸受ボルト		低合金鋼		△						
機器の支持	ベースプレート		炭素鋼		△						
	基礎ボルト		炭素鋼		△						
	キー		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）

## 1.3 原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン

[対象機器]

- ① 原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン

## 目 次

1. 対象機器および代表機器の選定	1.3-1
2. 原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービンの技術評価	1.3-2
2.1 構造, 材料および使用条件	1.3-2
2.2 経年劣化事象の抽出	1.3-5
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目	1.3-5
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出	1.3-5
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象	1.3-7



1. 対象機器および代表機器の選定

島根2号炉で使用している原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービンの仕様を表1-1に示す。

表1-1 原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービンの仕様

タービン名称 (基数)	仕様 (出力×回転速度)	重要度*1	使用条件		
			運転状態	運転圧力 (MPa)	運転温度 (°C)
原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン (2)	6, 550kW×5, 450rpm	高*2	連続	6.6	282

\*1：最上位の重要度を示す。

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

## 2. 原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービンの技術評価

### 2.1 構造, 材料および使用条件

#### (1) 構造

原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービンは6段単流式であり, 蒸気は高圧ノズルボックスよりタービンに流入し, 各段を経て車室下半部にある排気口から復水器に至る。

タービン車室は, 炭素鋼または低合金鋼であり, 水平継手面で上, 下半車室に分割されており, ケーシングボルトにより締結されている。

ダイヤフラム(噴口, 隔板)は, 噴口が12Cr鋼または13Cr鋼, 隔板は炭素鋼または低合金鋼であり, 車室内に嵌め込まれ, 蒸気の通路部を形成している。

また, 軸受支持は高圧側, 低圧側の2箇所にある。高圧側は車室の熱伸びを吸収する構造となっており, また低圧側は基礎ボルトにより基礎に固定されている。

タービン車軸は低合金鋼であり, 2個のジャーナル軸受により支えられている。

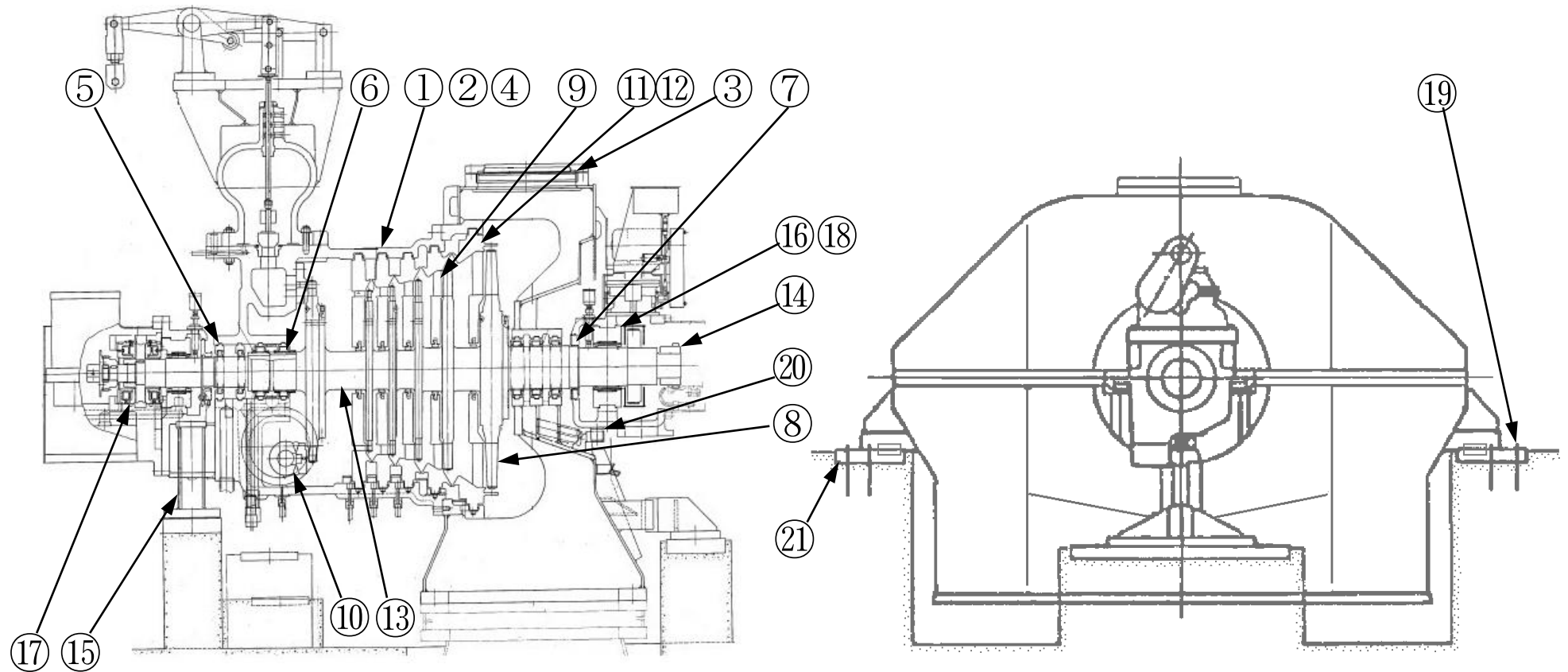
タービン車室両端面の車軸貫通部には, 蒸気流出を防止するためにスチームシールパッキン(パッキンハウジング, ラビリンスパッキン)が設けられており, 多数のシールストリップを装備し蒸気流出を防止している。

タービン車室, ダイヤフラム, スチームシールパッキン等は上, 下半車室の締付ボルトをゆるめ, 上半車室を開放することにより点検手入れが可能である。

原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービンの構造図を図2.1-1に示す。

#### (2) 材料および使用条件

原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン主要部位の使用材料を表2.1-1に, 使用条件を表2.1-2に示す。



No.	部 位	No.	部 位	No.	部 位	No.	部 位	No.	部 位	No.	部 位
①	車室	⑤	パッキンハウジング	⑨	噴口	⑬	車軸	⑰	スラスト軸受	⑳	ベースプレート
②	ケーシングボルト	⑥	ラビリンスパッキン	⑩	高圧ノズルボックス	⑭	ギアカップリング	⑱	軸受ボルト		
③	大気放出板	⑦	油切り	⑪	隔板固定キー・ボルト	⑮	軸受台	⑲	基礎ボルト		
④	パッキン	⑧	翼	⑫	隔板	⑯	ジャーナル軸受	⑳	キー		

図2. 1-1 原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン構造図

表2.1-1 原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
ハウダリの維持	車室	低合金鋼 (Cr-Mo 鑄鋼, SMA41AP) 炭素鋼 (鋼板)
	ケーシングホルト	低合金鋼 (Cr-Mo-V 鋼) 炭素鋼 (S30C)
	大気放出板	(定期取替品)
	パッキン	(消耗品)
	パッキンハウジング	炭素鋼 (SM41A), 低合金鋼 (Cr-Mo 鋼), 12Cr 鋼
	ラビリンスパッキン	銅合金 (鉛入り Ni 黄銅)
	油切り	アルミニウム合金鑄物, 銅合金 (鉛入り Ni 黄銅)
タービン性能の確保	翼	12Cr 鋼
	噴口	12Cr 鋼, 13Cr 鋼
	高圧ノズルボックス	低合金鋼 (Cr-Mo 鑄鋼), 13Cr 鋼
	隔板固定キー・ホルト	低合金鋼 (Cr-Mo-V 鋼)
	隔板	低合金鋼 (Cr-Mo 鑄鋼), 炭素鋼 (SM41A)
	車軸	低合金鋼 (Ni-Cr-Mo-V 鋼)
	ギアカップリング	低合金鋼 (SCM420)
	軸受台	炭素鋼 (SM400A)
	ジャーナル軸受	炭素鋼 (SM41A), 炭素鋼鑄鋼 (SC46), ホワイトメタル
	スラスト軸受	炭素鋼 (S15C), ホワイトメタル
軸受ホルト	低合金鋼 (SCM435)	
機器の支持	基礎ホルト	低合金鋼 (SCM435)
	キー	炭素鋼
	ベースプレート	炭素鋼 (SM41A)

表2.1-2 原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービンの使用条件

運 転 圧 力 ～-95kPa*2	6.6MPa*1～-95kPa*2
運 転 温 度 37°C*2	282°C*1～37°C*2
定格回転速度	5,450rpm
内 部 流 体	蒸気

\*1：高圧蒸気止め弁入口圧力，温度を示す。

\*2：タービン排気圧力，温度を示す。

## 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

原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービンの機能であるポンプ駆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 タービン性能の確保
- ③ 機器の支持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

#### (1) 想定される経年劣化事象

原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービンについて、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、個々に部位の材料、構造、使用条件（流体の種類、圧力、温度等）およ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、消耗品および定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品および定期取替品の扱い

パッキンは消耗品、大気放出板は定期取替品であり、長期使用せず取替を前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

(3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

想定される経年劣化事象のうち下記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（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（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. 車室、パッキンハウジング、翼、噴口、高圧ノズルボックス、隔板および車軸の腐食（流れ加速型腐食）

車室は低合金鋼または炭素鋼、パッキンハウジングは低合金鋼、炭素鋼または12Cr鋼、翼は12Cr鋼、噴口は12Cr鋼または13Cr鋼、高圧ノズルボックスは低合金鋼または13Cr鋼、隔板は低合金鋼または炭素鋼、車軸は低合金鋼であり内部流体は湿分を含んだ蒸気であるため、流れ加速型腐食が想定されるが、定期的に見視確認を行い、健全性を確認しており、これまでに腐食による有意な減肉は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. 翼および車軸の応力腐食割れ

翼は12Cr鋼、車軸は低合金鋼であり、湿り蒸気環境下で使用されているため、応力腐食割れが想定されるが、翼接合部、車軸接合部の応力腐食割れについては、定期的に超音波探傷試験を実施し、健全性を確認している。

翼接合部、車軸接合部については、2012年11月に国内他プラントで発生した低圧タービンの円板側翼取付部の応力腐食割れ事象を受け、島根2号炉の第17回定期事業者検査（2011年度）において原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービンの翼・車軸接合部の超音波探傷試験を実施した。超音波探傷試験の結果、給水ポンプ駆動用タービン（A）、（B）第4段の車軸接合部である円板側翼取付部にインジケーション波形が認められた。なお、翼接合部にインジケーション波形は認められなかった。

これにより、給水ポンプ駆動用タービン（A）、（B）の車軸接合部である円板側翼取付部の応力腐食割れ対策として、ショットピーニングを施した車軸に取替（第17回定期事業者検査（2011年度））を行っている。

したがって、高経年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. ジャーナル軸受およびスラスト軸受ホワイトメタルの摩耗・はく離

ジャーナル軸受およびスラスト軸受はホワイトメタルを鑄込み溶着したすべり軸受を使用しており、摩耗・はく離が想定される。

摩耗については、主軸と軸受間に潤滑油が供給され摩耗が発生する可能性は小さい。また、定期的に見視確認、主軸と軸受部の寸法測定を行い、基準値に達した場合は取替または補修を行っている。

はく離については、定期的に見視確認および浸透探傷検査を実施し、必要に応じて取替または補修を行っている。

摩耗の進展速度は、運転時間や主軸の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。

したがって、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にくいことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. 基礎ボルトの腐食（全面腐食）

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。

e. 車室，ケーシングボルト，油切り，隔板固定キー・ボルト，軸受台，軸受ボルトおよびベースプレートの腐食（全面腐食）

車室，ケーシングボルト，油切り，隔板固定キー・ボルト，軸受台，軸受ボルトおよびベースプレートは炭素鋼，低合金鋼または銅合金である。

ケーシングボルト，油切り，軸受ボルトおよび車室外面はオイルミストまたは空気環境下であり，腐食が想定されるが，定期的な目視確認を行い，健全性を確認しており，これまで有意な腐食は認められていない。軸受台，ベースプレートの大気接触部は，塗装により腐食を防止しており，腐食が発生する可能性は小さい。また，定期的に目視確認を行い，塗装の状態を確認するとともに，必要に応じ補修塗装を実施することとしており，これまで有意な腐食は認められていない。

隔板固定キー・ボルトについては，蒸気環境下であり，腐食が想定されるが，定期的に目視確認を行い，健全性を確認しており，これまで有意な腐食は認められていない。

したがって，今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから，高経年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. ラビリンスパッキンの摩耗

ラビリンスパッキンは，車軸との接触による摩耗が想定されるが，車軸との隙間管理により接触を防止している。また，定期的に車軸との寸法測定を行い，健全性を確認しており，これまで有意な摩耗は認められていない。

したがって，今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから，高経年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. 翼の高サイクル疲労割れ

翼は，群翼振動数と回転周波数が共振することがないように設計段階で考慮されている。なお，海外プラントにおいて，翼軸連成振動により低圧タービンの最終段翼が飛散した事例があるが，原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン翼のように翼長の非常に短い剛構造の翼については発生の可能性は小さい。

また，これまでの目視確認および浸透探傷検査結果からも翼に疲労割れは認められていない。

したがって，今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから，高経年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. 翼・車軸の腐食疲労割れ

翼・車軸隙間部に腐食媒体が濃縮して腐食が発生し，これに繰返し応力が負荷される場合，疲労き裂が発生・進展することがあるが，当該機器については，こうした腐食媒体の



濃縮を起こすような乾湿交番域が存在しないことから、腐食疲労割れが発生する可能性は小さい。

また、定期的に見視確認を行い、健全性を確認しており、これまで腐食疲労割れは認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. 噴口の高サイクル疲労割れ

国内他プラント（PWR）の低圧タービン最終段静翼（BWRでは噴口に相当）溶接部およびその近傍において、高サイクル疲労による亀裂が生じた事例が見られたが、島根2号炉原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン噴口の翼長は、低圧タービンと比較して非常に短く剛性が高いことから、高サイクル疲労割れの可能性は小さい。

また、国内外のプラントで原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン噴口における高サイクル疲労の事例はなく、これまでの見視確認および浸透探傷検査結果からも異常は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. 車軸の摩耗

車軸の軸受部の摺動面は摩耗が想定されるが、車軸を支持する軸受の受面はホワイトメタルを使用し、潤滑油が供給され車軸と軸受間には膜が形成されており、摩耗が発生する可能性は小さい。

また、定期的に見視確認および寸法測定を行い、健全性を確認しており、これまで有意な摩耗は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. 車軸の高サイクル疲労割れ

国内他プラント（PWR）の充填／高圧注入ポンプで高サイクル疲労における車軸の折損が発生しているが、これは製造上の原因によるものであり、本来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ている。

また、定期的に見視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な割れは認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. ギアカップリングの摩耗

ギアカップリングは接触による摩耗が想定されるが、油環境下にあることから、摩耗の可能性は小さい。

また、定期的に見視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な摩耗は認めら

れていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. キーの摩耗

当該キーは車室の中心を決める位置決めキーであり、車室は熱による変形が生じるため、キーの接触面で摩耗が想定されるが、車室の熱膨張による移動回数は、プラントの起動停止回数に相当し約1年で2回と少なく、またタービン起動時に車室内面温度を確認しながら昇温しているため、車室の移動は比較的緩やかであると考えられることから、摩耗が発生する可能性は小さい。

また、定期的に見視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な摩耗は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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) 原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービンに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	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		
ハウタリの維持	車室		低合金鋼, 炭素鋼		△*1△						*1: 流れ加速型腐食 *2: 銅合金のみ *3: 高サイクル疲労割れ *4: 腐食疲労割れ
	ケーシングボルト		低合金鋼, 炭素鋼		△						
	大気放出板	◎	—								
	パッキン	◎	—								
	パッキンハウジング		炭素鋼, 低合金鋼, 12Cr鋼		△*1						
	ラビリンスパッキン		銅合金	△							
	油切り		アルミニウム合金鋳物, 銅合金		△*2						
タービン性能の確保	翼		12Cr鋼		△*1	△*3*4	△				
	噴口		12Cr鋼, 13Cr鋼		△*1	△*3					
	高圧ノズルボックス		低合金鋼, 13Cr鋼		△*1						
	隔板固定キー・ボルト		低合金鋼		△						
	隔板		低合金鋼, 炭素鋼		△*1						
	車軸		低合金鋼	△	△*1	△*3*4	△				
	ギアカップリング		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 (2/2) 原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービンに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	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		
タービン性能の確保	軸受台		炭素鋼		△						*1：はく離
	ジャーナル軸受		炭素鋼, 炭素鋼鋳鋼, ホイタル	△						△*1	
	スラスト軸受		炭素鋼, ホイタル	△						△*1	
	軸受ボルト		低合金鋼		△						
機器の支持	基礎ボルト		低合金鋼		△						
	キー		炭素鋼	△							
	ベースプレート		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）

## 1.4 主要配管

[対象配管]

- ① リード管
- ② クロスアラウンド管
- ③ クロスアラウンド管安全弁出口管

## 目 次

1. 対象機器	1. 4-1
2. 配管の技術評価	1. 4-2
2.1 構造, 材料および使用条件	1. 4-2
2.1.1 リード管	1. 4-2
2.1.2 クロスアラウンド管	1. 4-5
2.1.3 クロスアラウンド管安全弁出口管	1. 4-8
2.2 経年劣化事象の抽出	1. 4-11
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目	1. 4-11
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出	1. 4-11
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	1. 4-13

## 1. 対象機器

島根2号炉で使用しているタービン廻りの主要配管の仕様を表1-1に示す。

表1-1 タービン廻りの主要配管の仕様

機器名称	仕様 (外径×肉厚) <sup>*1</sup> (mm)	重要度 <sup>*2</sup>	使用条件		
			運転 状態	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)
リード管	609.6×30.9	高 <sup>*3</sup>	連続	6.9	286
クロスアラウンド管 (高圧タービン～湿分分離器) (湿分分離器～組合せ中間弁)	1,371.6×23.8 836.6×50	高 <sup>*3</sup>	連続	1.8	209
クロスアラウンド管安全弁出口管	508×9.5	高 <sup>*3</sup>	一時	0.9	179

\*1：最大口径の配管の仕様を示す。

\*2：最上位の重要度を示す。

\*3：最高使用温度が95℃を超え、または最高使用圧力が1,900kPa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。

## 2. 配管の技術評価

### 2.1 構造, 材料および使用条件

#### 2.1.1 リード管

##### (1) 構造

リード管は, 直管, エルボ等で構成しており, 炭素鋼および炭素鋼鋳鋼を使用している。

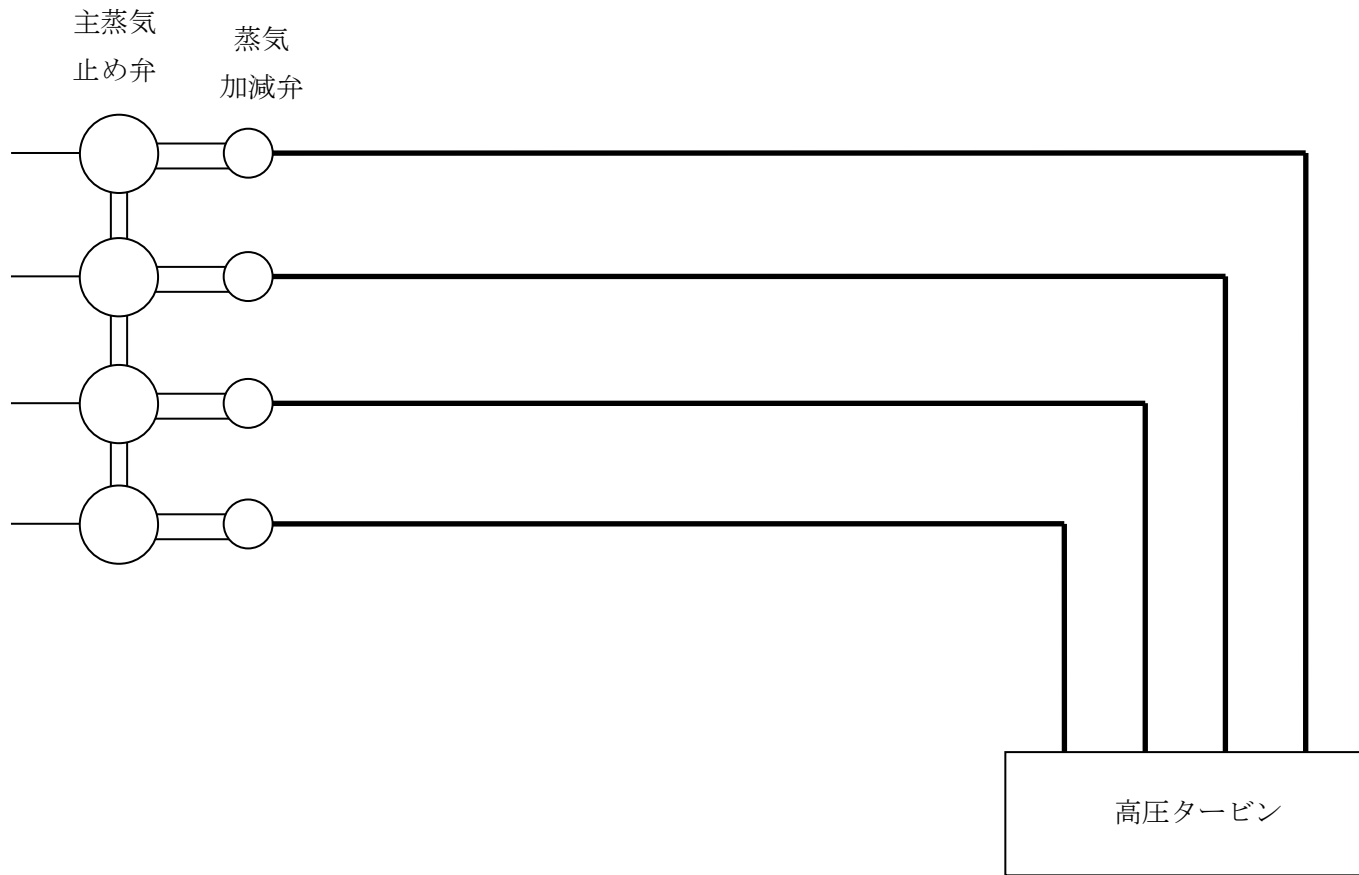
各配管は溶接により接続しており, 高圧タービン (車室上半部, 車室下半部) との取り合いは, フランジ接続, 溶接接続となっている。

リード管の系統図を図2.1-1に示す。

##### (2) 材料および使用条件

リード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：対象範囲)

図2.1-1 リード管系統図

表2.1-1 リード管主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
バウダリの維持	配管	炭素鋼 (SB49), 炭素鋼鋳鋼 (SCPH2)
	フランジ・ボルト・ナット	炭素鋼 (S30C)
	パッキン	(消耗品)

表2.1-2 リード管の使用条件

最高使用圧力	6.9MPa
最高使用温度	286℃
内 部 流 体	蒸気

## 2.1.2 クロスアラウンド管

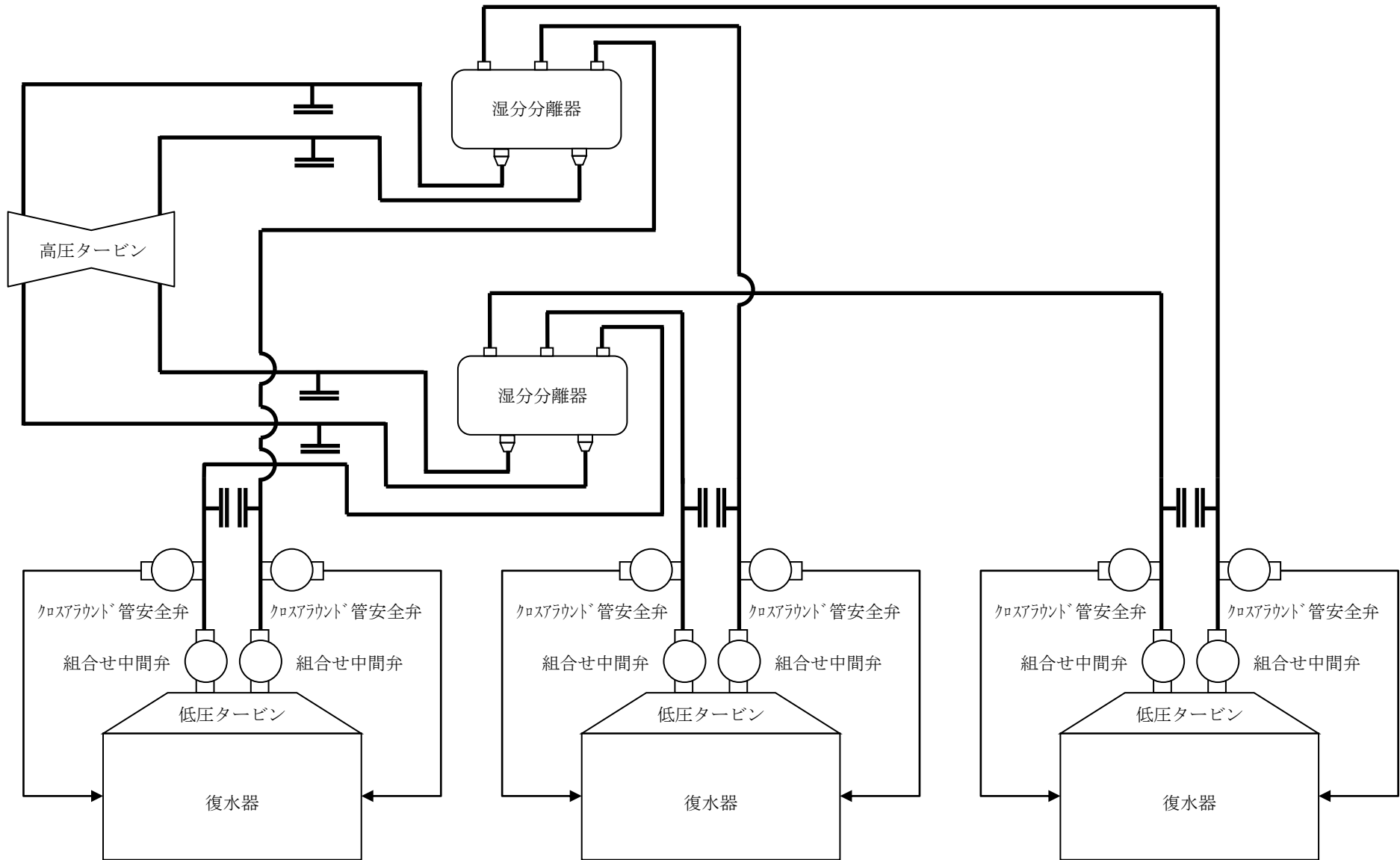
### (1) 構造

クロスアラウンド管は、直管、エルボ等で構成しており、低合金鋼を使用している。各配管は溶接により接続しており、高圧タービンとの取り合いは、溶接接続となっている。

また、配管の途中には点検用マンホールを設けており、配管内部の点検が可能である。クロスアラウンド管の系統図を図2.1-2に示す。

### (2) 材料および使用条件

クロスアラウンド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：対象範囲)

図2.1-2 クロスアラウンド管系統図

表2.1-3 クロスアラウンド管主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
ハウタリの維持	配管	低合金鋼 (SB46相当, SFVAF11A, SCM3)
	マンホール蓋	低合金鋼 (SFVAF11A)
	フランジボルト・ナット	低合金鋼 (SNB7)
	パッキン	(消耗品)

表2.1-4 クロスアラウンド管の使用条件

最高使用圧力	1.8MPa
最高使用温度	209℃
内 部 流 体	蒸気

### 2.1.3 クロスアラウンド管安全弁出口管

#### (1) 構造

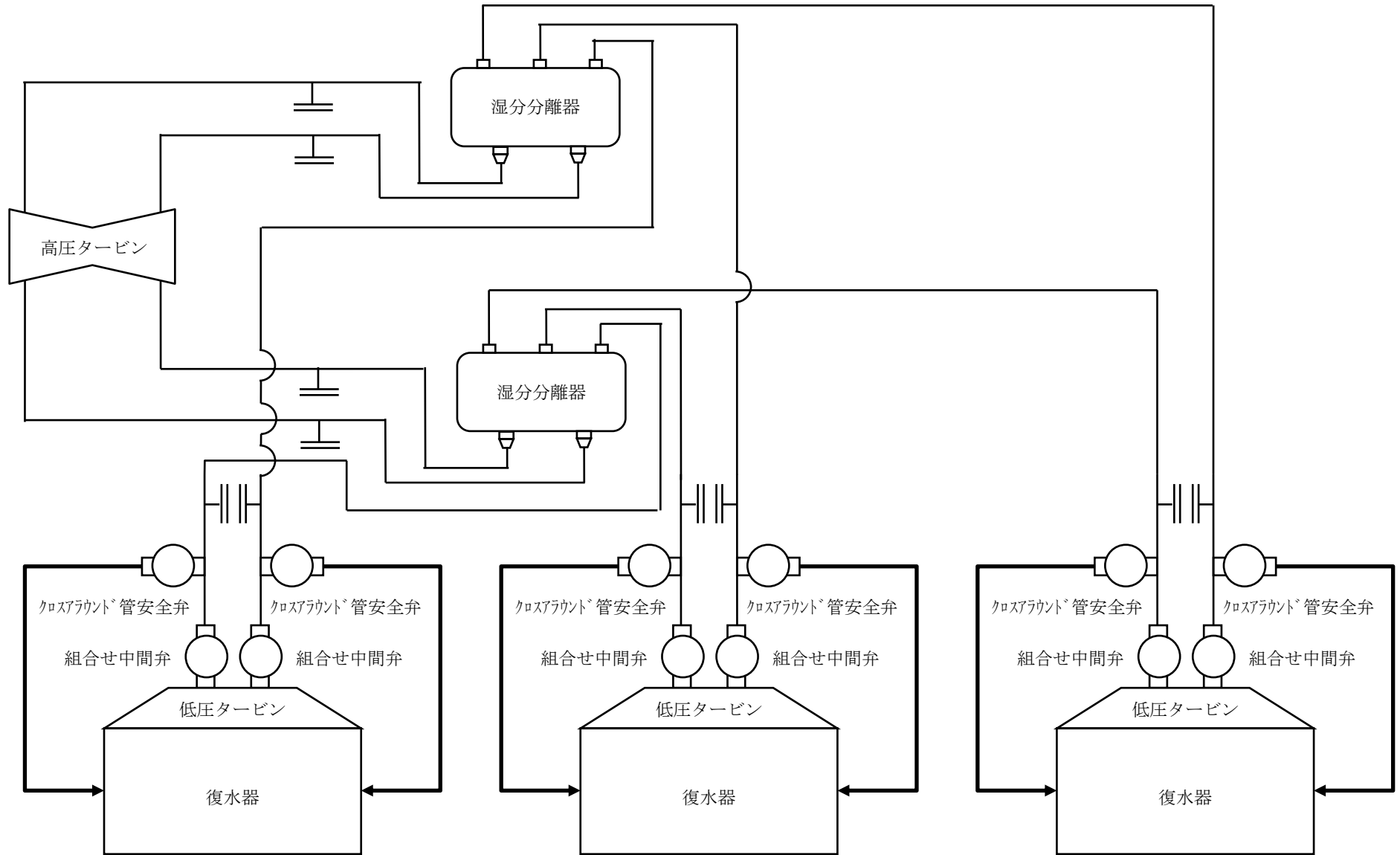
クロスアラウンド管安全弁出口管は、直管、エルボ等で構成しており、炭素鋼を使用している。

各配管は溶接により接続しており、クロスアラウンド管安全弁との取り合いは、フランジ接続となっている。

クロスアラウンド管安全弁出口管の系統図を図2.1-3に示す。

#### (2) 材料および使用条件

クロスアラウンド管安全弁出口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。



(太線：対象範囲)

図2.1-3 クロスアラウンド管安全弁出口管系統図

表2.1-5 クロスアラウンド管安全弁出口管主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
ハウタリの維持	配管	炭素鋼 (SB42, STPT42)
	フランジ・ホルト・ナット	炭素鋼 (S30C)
	パッキン	(消耗品)

表2.1-6 クロスアラウンド管安全弁出口管の使用条件

最高使用圧力	0.9MPa
最高使用温度	179℃
内 部 流 体	蒸気



## 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

配管の機能は流体の流路確保であり、これを達成するためには次の項目が必要である。

#### 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の抽出

#### (1) 想定される経年劣化事象

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（流体の種類、圧力、温度等）および現在までの運転経験を考慮し、代表機器毎に表2.2-1で示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

なお、消耗品および定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品および定期取替品の扱い

パッキンは消耗品であり、長期使用せず取替を前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

(3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

想定される経年劣化事象のうち下記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 (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 (表2.2-1で▲)

この結果, 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

## 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

### a. 配管の腐食（流れ加速型腐食）〔リード管，クロスアラウンド管〕

常時流れがある，蒸気環境のエルボ部，分岐部，レジャーサ部等の流れの乱れが起きる箇所に流れ加速型腐食による減肉が発生する可能性がある。なお，クロスアラウンド管については，耐食性に優れた低合金鋼を使用していることから腐食（流れ加速型腐食）が発生する可能性は小さい。

配管の流れ加速型腐食については，社内規定「配管肉厚管理手引書」に基づき，配管材質および内部流体等を考慮して管理ランクを設定し，超音波厚さ測定または放射線透過試験等により点検を実施し，減肉傾向を把握している。

また，必要最小厚さ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，取替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変化する要因があるとは考えにくいことから，高経年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. マンホール蓋の腐食（流れ加速型腐食）〔クロスアラウンド管〕

常時流れがある，蒸気環境のエルボ部，分岐部，レジャーサ部等の流れの乱れが起きる箇所に流れ加速型腐食による減肉が発生する可能性がある。

マンホール蓋については，これまでの目視確認において有意な腐食は認められていない。

したがって，今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから，高経年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. 配管外面の腐食（全面腐食）〔共通〕

リード管，クロスアラウンド管およびクロスアラウンド管安全弁出口管は，炭素鋼，炭素鋼鋳鋼または低合金鋼であり，外面の腐食が想定されるが，塗装により腐食を防止しており，腐食が発生する可能性は小さい。

また，これまでの目視確認において有意な腐食は認められていない。

したがって，今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから，高経年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. 配管の疲労割れ〔共通〕

リード管，クロスアラウンド管およびクロスアラウンド管安全弁出口管は，プラントの起動・停止時等の温度・圧力変化により材料に疲労が蓄積されることにより，疲労割れが想定されるが，プラント起動停止時の温度変化は運転管理基準値以下の温度変化率で管理されており，急激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，これまでの目視確認において有意な疲労割れは認められていない。

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

### e. フランジボルト，ナットの腐食（全面腐食）〔共通〕

フランジボルト, ナットは, 炭素鋼または低合金鋼であることから腐食が想定されるが, 定期的に見視確認を行い, 健全性を確認しており, これまで有意な腐食は認められていない。

したがって, 今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから, 高経年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) リード管に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	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		
ハウンダリの維持	配管		炭素鋼, 炭素鋼鋳 鋼		△*1△	△					*1：流れ加速型腐食
	フランジボルト, ナット		炭素鋼		△						
	パッキン	◎	—								

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-1 (2/3) クロスアラウンド管に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	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		
バウタリの維持	配管		低合金鋼		△*1△	△					*1：流れ加速型腐食
	マンホール蓋		低合金鋼		△*1						
	フランジボルト, ナット		低合金鋼		△						
	パッキン	◎	—								

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-1 (3/3) クロスアラウンド管安全弁出口管に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	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		
バウダリの維持	配管		炭素鋼		△	△					
	フランジボルト, ナット		炭素鋼		△						
	パッキン	◎	—								

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

## 1.5 主要弁

[対象弁]

- ① 主蒸気止め弁
- ② 蒸気加減弁
- ③ 組合せ中間弁
- ④ タービンバイパス弁
- ⑤ クロスアラウンド管安全弁
- ⑥ 原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン高圧蒸気止め弁
- ⑦ 原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン高圧蒸気加減弁
- ⑧ 原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン低圧蒸気止め弁
- ⑨ 原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン低圧蒸気加減弁



## 目 次

1. 対象機器	1.5-1
2. 主要弁の技術評価	1.5-2
2.1 構造, 材料および使用条件	1.5-2
2.1.1 主蒸気止め弁	1.5-2
2.1.2 蒸気加減弁	1.5-6
2.1.3 組合せ中間弁	1.5-9
2.1.4 タービンバイパス弁	1.5-12
2.1.5 クロスアラウンド管安全弁	1.5-15
2.1.6 原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン高圧蒸気止め弁および高圧蒸気加減弁	1.5-18
2.1.7 原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン低圧蒸気止め弁および低圧蒸気加減弁	1.5-21
2.2 経年劣化事象の抽出	1.5-25
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目	1.5-25
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出	1.5-25
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	1.5-27

## 1. 対象機器

島根2号炉で使用しているタービン廻りの主要弁の仕様を表1-1に示す。

表1-1 タービン廻りの主要弁の仕様

機器名称 (基数)	型 式	口径 (mm)	重要度*1	運 転 条 件		
				運転 状態	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (℃)
主蒸気止め弁 (4)	玉形弁	508	PS-2	連続	8.6	302
蒸気加減弁 (4)	ホッパット 玉形弁	431.8	高*2	連続	8.6	302
組合せ中間弁 (6)	複合弁	838.2	高*2	連続	1.8	209
タービンハイス弁 (6)	玉形弁	228.6	PS-2	一時	8.6	302
クロスアラウト管安全弁 (6)	安全弁	402	高*2	一時	1.8	209
原子炉給水ポンプ駆 動用蒸気タービン 高圧蒸気止め弁 (2)	玉形弁	80	高*2	連続 (短期)	8.6	302
原子炉給水ポンプ駆 動用蒸気タービン 高圧蒸気加減弁 (2)	玉形弁	50	高*2	連続 (短期)	8.6	302
原子炉給水ポンプ駆 動用蒸気タービン 低圧蒸気止め弁 (2)	玉形弁	200	高*2	連続	1.8	209
原子炉給水ポンプ駆 動用蒸気タービン 低圧蒸気加減弁 (2)	玉形弁	70	高*2	連続	1.8	209

\*1：最上位の重要度を示す。

\*2：最高使用温度が95℃を超え、または最高使用圧力が1,900kPa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。

## 2. 主要弁の技術評価

### 2.1 構造, 材料および使用条件

#### 2.1.1 主蒸気止め弁

##### (1) 構造

主蒸気止め弁は, 玉形弁であり, 高圧タービン入口に4台設置している。

本弁は, タービントリップ時等に高圧タービンへの蒸気供給を遮断するものである。

弁本体は, 蒸気を内包するバウンダリを構成する耐圧部 (弁箱, 弁ふた, 弁ふたボルト・ナット, 軸封部), 蒸気を仕切る隔離部 (弁体, 弁体ボルト, 弁座), 弁体を作動させる駆動力伝達部 (弁棒, ピストン, 油筒シリンダ, スプリング, ヨーク, 衛帯筐) および弁を支える支持部 (支持鋼材, 埋込金物) からなる。ただし, 主蒸気止め弁 (No. 2) については, ウォーミング用の副弁を有する構造となっている。

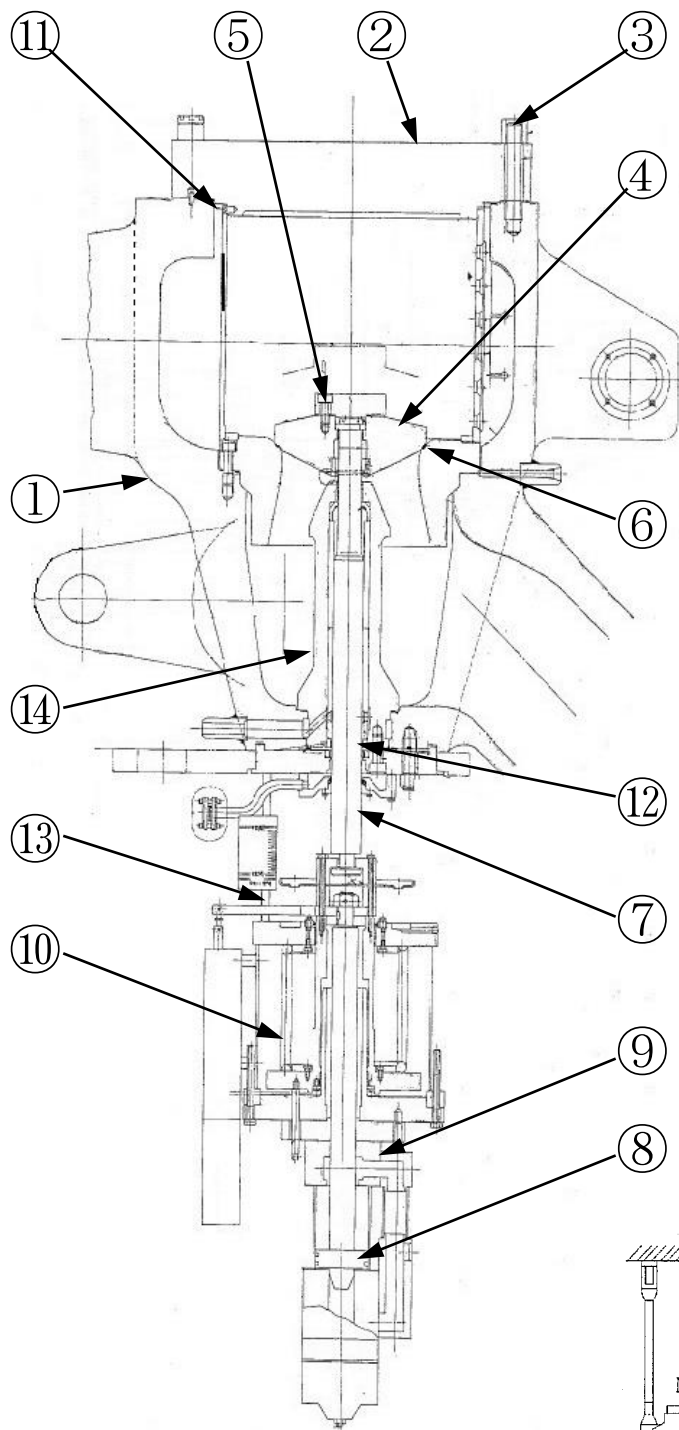
蒸気に接する弁箱, 弁ふたおよび弁座は炭素鋼鋳鋼, 弁体 (主弁), 弁体 (副弁) および弁棒は低合金鋼であり, 軸封部には, 蒸気の漏れを防止するため, グランドパッキンを使用している。

弁体, 弁座等は, 弁ふたボルトを取り外すことにより, 点検手入れが可能である。

主蒸気止め弁の構造図を図2. 1-1, 2に示す。

##### (2) 材料および使用条件

主蒸気止め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	弁ふたボルト・ナット
④	弁体
⑤	弁体ボルト
⑥	弁座
⑦	弁棒
⑧	ピストン
⑨	油筒シリンダ
⑩	スプリング
⑪	パッキン
⑫	グラントパッキン
⑬	ヨーク
⑭	衛帯筐
⑮	支持鋼材
⑯	埋込金物

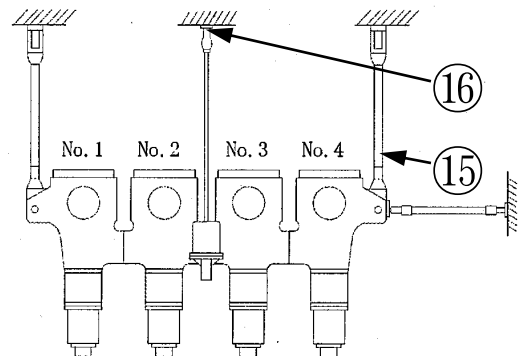
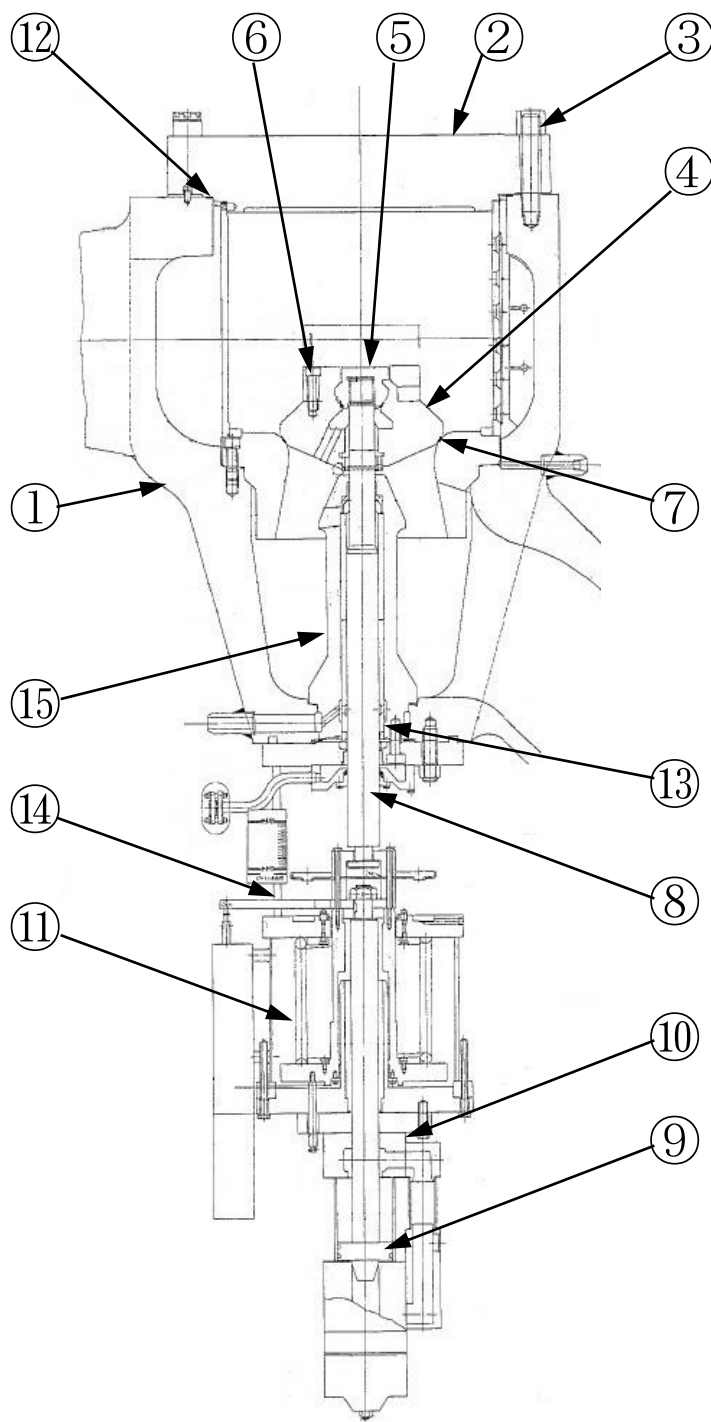


図2.1-1 主蒸気止め弁 (No. 1, 3, 4) 構造図



No.	部 位
①	弁箱
②	弁ふた
③	弁ふたボルト・ナット
④	弁体 (主弁)
⑤	弁体 (副弁)
⑥	弁体ボルト
⑦	弁座
⑧	弁棒
⑨	ピストン
⑩	油筒シリング
⑪	スプリング
⑫	パッキン
⑬	グランドパッキン
⑭	ヨーク
⑮	衛帯筐

図2. 1-2 主蒸気止め弁 (No. 2) 構造図

表2.1-1 主蒸気止め弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
パウンダリの維持	弁箱	炭素鋼鋳鋼
	弁ふた	炭素鋼鋳鋼
	弁ふたボルト・ナット	低合金鋼 (Cr-Mo-V鋼)
	パッキン	(消耗品)
	グラントパッキン	(消耗品)
隔離機能の維持	弁体 (主弁)	低合金鋼 (Cr-Mo鋼 ステライト肉盛)
	弁体 (副弁) (No. 2)	低合金鋼 (Cr-Mo-W-V鋼 ステライト肉盛)
	弁体ボルト	低合金鋼 (Cr-Mo-V鋼)
	弁座	炭素鋼鋳鋼 (ステライト肉盛)
作動機能の維持	弁棒	低合金鋼 (Cr-Mo-W-V鋼)
	ピストン	鋳鉄 (FC35)
	油筒シリンダ	炭素鋼 (STKM13A)
	スプリング	ばね鋼 (SUP10)
	ヨーク	炭素鋼 (SM41A)
	衛帯筐	炭素鋼鋳鋼
機器の支持	支持鋼材	炭素鋼
	埋込金物	炭素鋼

表2.1-2 主蒸気止め弁の使用条件

最高使用圧力	8.6MPa
最高使用温度	302℃
内部流体	蒸気

## 2.1.2 蒸気加減弁

### (1) 構造

蒸気加減弁は、ポペット玉形弁であり、主蒸気止め弁の下流に4台設置している。

本弁は、高圧タービンへの蒸気流量を制御するものである。

弁本体は、蒸気を内包するバウンダリを構成する耐圧部（弁箱、弁ふた、弁ふたボルト・ナット、軸封部）、蒸気を仕切る隔離部（弁体、弁体ボルト、弁座）および弁体を作動させる駆動力伝達部（弁棒、ピストン、油筒シリンダ、スプリング、ヨーク、ブッシュ、バランスチャンバ）からなる。なお、弁棒は、均圧機能を有する副弁と一体型の構造になっている。

蒸気に接する弁箱、弁ふたは炭素鋼鋳鋼、弁体（主弁）、弁座および弁棒は低合金鋼であり、軸封部には、蒸気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。

弁体、弁座等は、弁ふたボルトを取り外すことにより、点検手入れが可能である。

蒸気加減弁の構造図を図2.1-3に示す。

### (2) 材料および使用条件

蒸気加減弁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。





表2.1-3 蒸気加減弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
バウンダリの維持	弁箱	炭素鋼鋳鋼
	弁ふた	炭素鋼鋳鋼
	弁ふたボルト・ナット	低合金鋼 (Cr-Mo-V鋼)
	パッキン	(消耗品)
	グラントパッキン	(消耗品)
隔離機能の維持	弁体 (主弁)	低合金鋼 (Cr-Mo鋼 ステライト肉盛)
	弁体ボルト	低合金鋼 (Cr-Mo-V鋼)
	弁座	低合金鋼 (Cr-Mo鋼 ステライト肉盛)
作動機能の維持	弁棒 (副弁)	低合金鋼 (Cr-Mo-W-V鋼)
	ピストン	鋳鉄 (FC35)
	油筒シリンダ	炭素鋼 (STKM16A)
	スプリング	ばね鋼 (SUP10)
	ヨーク	炭素鋼 (SM41A)
	ブッシュ	低合金鋼 (Cr-Mo-W-V鋼)
	バランスチャンバ	低合金鋼 (SMA41A)

表2.1-4 蒸気加減弁の使用条件

最高使用圧力	8.6MPa
最高使用温度	302℃
内部流体	蒸気

### 2.1.3 組合せ中間弁

#### (1) 構造

組合せ中間弁は、インターセプト弁と中間蒸気止め弁が一体の弁箱に収められた構造の複合弁であり、低圧タービン入口に6台設置している。

本弁は、低圧タービンへの蒸気流量の制御およびタービントリップ時等に、低圧タービンへの蒸気供給を遮断するものである。

弁本体は、蒸気を内包するバウンダリを構成する耐圧部（弁箱、弁ふた、弁ふたボルト・ナット、軸封部）、蒸気を仕切る隔離部（弁体、弁体ボルト、弁座）、弁体を作動させる駆動部（弁棒、ピストン、油筒シリンダ、スプリング、ヨーク、衛帯筐、スタンド）および弁を支える支持部（支持鋼材）からなる。

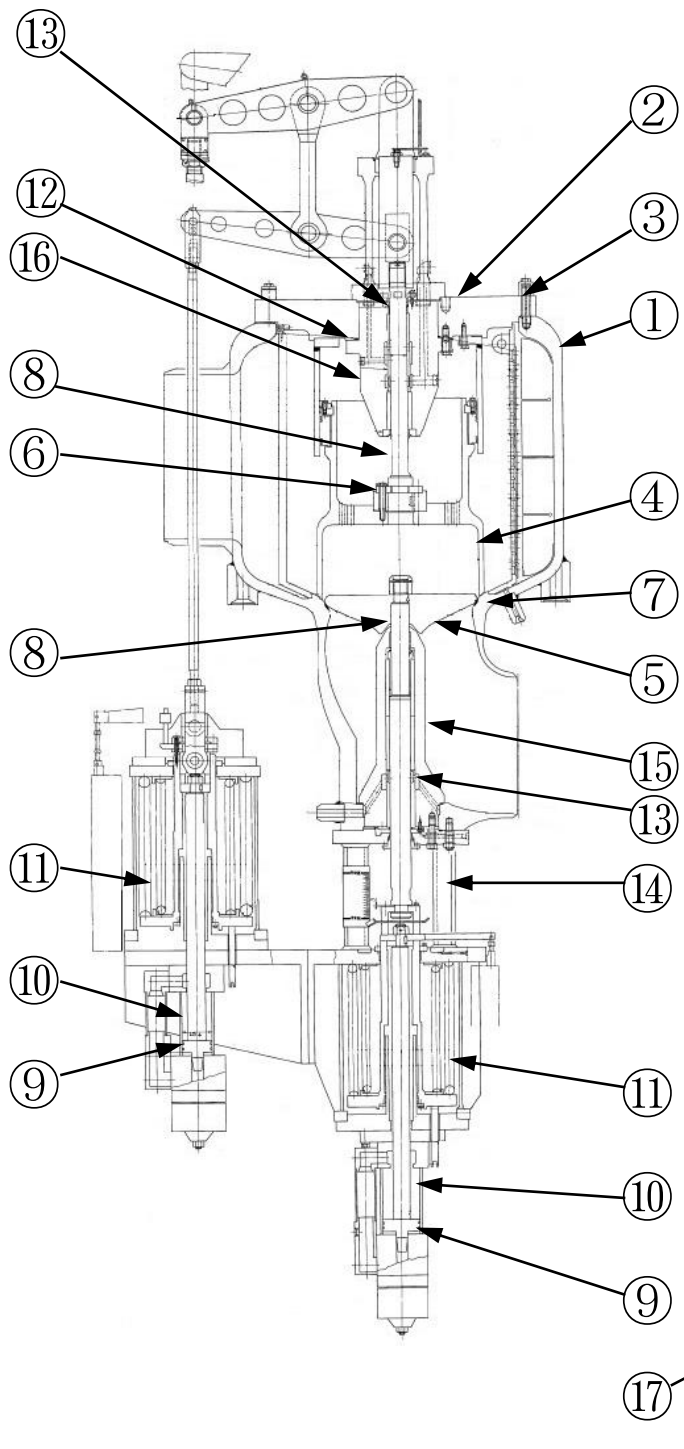
蒸気に接する弁箱、弁座は炭素鋼鋳鋼、弁ふた、弁体、弁体ボルトおよび弁棒は低合金鋼である。また、軸封部には、蒸気の漏れを防止するため、グランドパッキンを使用している。

弁体、弁座等は、弁ふたボルトを取り外すことにより、点検手入れが可能である。

組合せ中間弁の構造図を図2.1-4に示す。

#### (2) 材料および使用条件

組合せ中間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	弁ふたボルト・ナット
④	弁体 (インターセプト弁)
⑤	弁体 (中間蒸気止め弁)
⑥	弁体ボルト
⑦	弁座
⑧	弁棒
⑨	ピストン
⑩	油筒シリンダ
⑪	スプリング
⑫	パッキン
⑬	グラントパッキン
⑭	ヨーク
⑮	衛帯筐
⑯	スタッド
⑰	支持鋼材

図2.1-4 組合せ中間弁構造図

表2.1-5 組合せ中間弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
バウンダリの維持	弁箱	炭素鋼鋳鋼
	弁ふた	低合金鋼 (SMA41A)
	弁ふたボルト・ナット	低合金鋼 (Cr-Mo-V鋼)
	パッキン	(消耗品)
	グラウトパッキン	(消耗品)
隔離機能の維持	弁体 (インターセプト弁)	低合金鋼 (SMA41A)
	弁体 (中間蒸気止め弁)	低合金鋼 (Cr-Mo鋼)
	弁体ボルト	低合金鋼 (Cr-Mo-V鋼)
	弁座	炭素鋼鋳鋼 (ステンレス鋼肉盛)
作動機能の維持	弁棒	低合金鋼 (Cr-Mo-W-V鋼)
	ピストン	鋳鉄 (FC35)
	油筒シリンダ <sup>6</sup>	炭素鋼 (STKM20A, STKM13A)
	スプリング <sup>6</sup>	ばね鋼 (SUP10)
	ヨーク	炭素鋼 (SM41A)
	衛帯筐	炭素鋼鋳鋼
	スタント <sup>6</sup>	炭素鋼鋳鋼
機器の支持	支持鋼材	炭素鋼

表2.1-6 組合せ中間弁の使用条件

最高使用圧力	1.8MPa
最高使用温度	209℃
内部流体	蒸気

## 2.1.4 タービンバイパス弁

### (1) 構造

タービンバイパス弁は、玉形弁であり、主蒸気管ヘッドに6台設置している。

本弁は、タービントリップ時等に主蒸気を直接主復水器に流すものである。

弁本体は、蒸気を内包するバウンダリを構成する耐圧部（弁箱、弁ふた、弁ふたボルト・ナット、軸封部）、蒸気を仕切る隔離部（弁体、弁座）、弁体を作動させる駆動力伝達部（弁棒、ピストン、油筒シリンダ、スプリング、ヨーク、ブッシュ、スタンド）、および弁を支える支持部（支持鋼材、埋込金物）からなる。

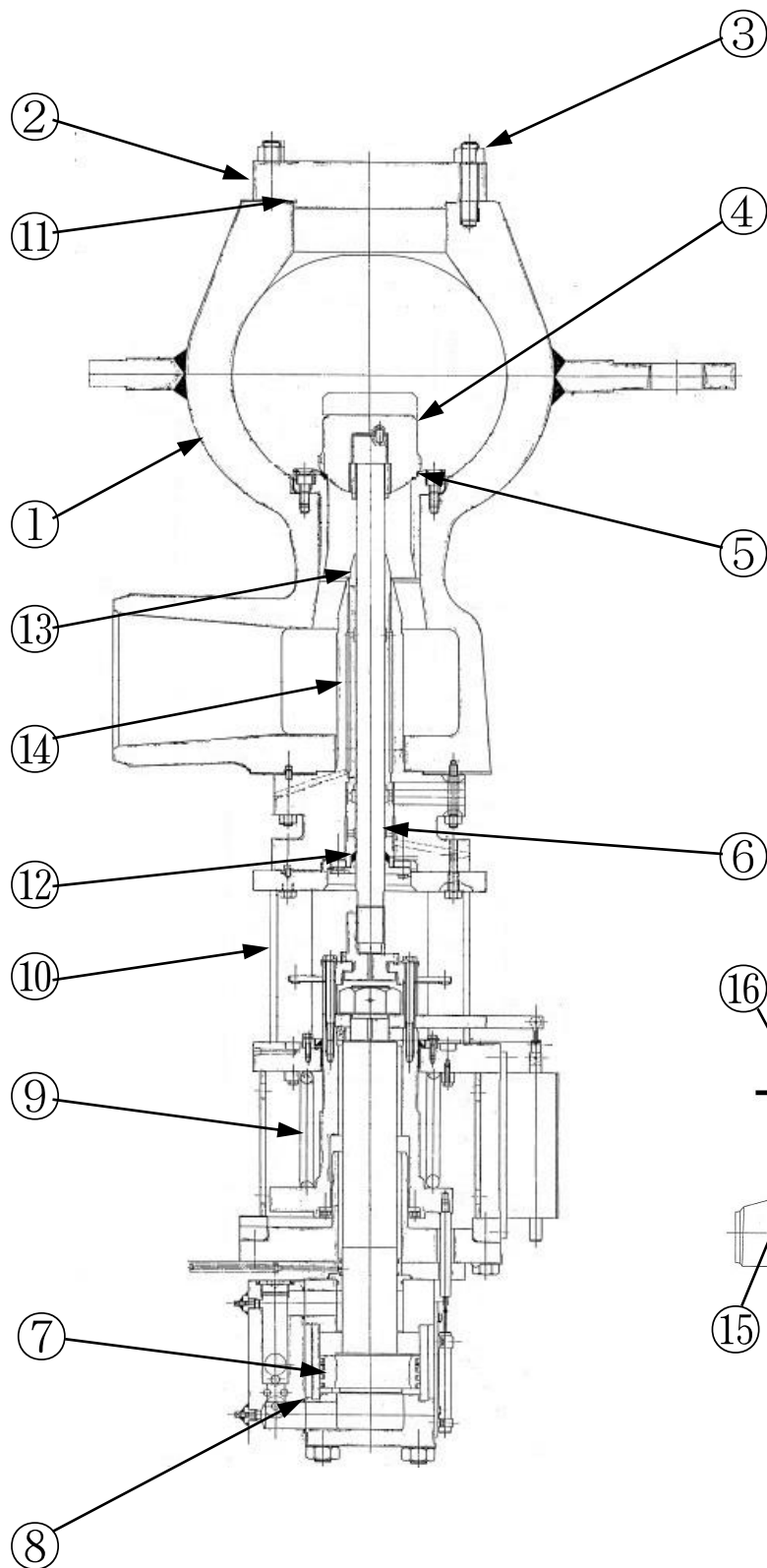
蒸気に接する弁箱、弁ふたは炭素鋼鋳鋼、弁体、弁座および弁棒は低合金鋼である。また、軸封部には、蒸気の漏れを防止するため、グランドパッキンを使用している。

弁体、弁座等は、弁ふたボルトを取り外すことにより、点検手入れが可能である。

タービンバイパス弁の構造図を図2.1-5に示す。

### (2) 材料および使用条件

タービンバイパス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	弁ふたボルト・ナット
④	弁体
⑤	弁座
⑥	弁棒
⑦	ピストン
⑧	油筒シリンダ
⑨	スプリング
⑩	ヨーク
⑪	パッキン
⑫	グラントパッキン
⑬	ブッシュ
⑭	スタント
⑮	支持鋼材
⑯	埋込金物

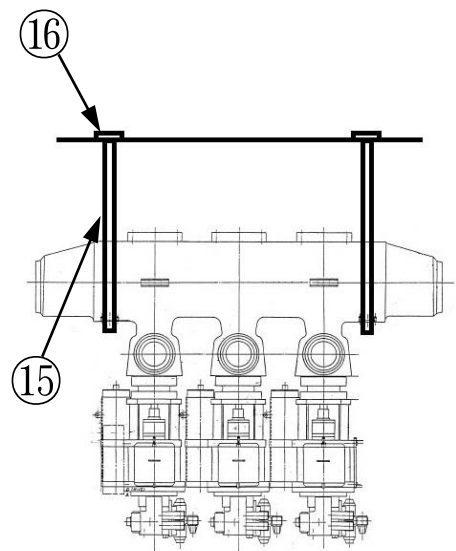


図2.1-5 タービンバイパス弁構造図

表2.1-7 タービンバイパス弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
ハウジングの維持	弁箱	炭素鋼鋳鋼 (SCPH1相当品)
	弁ふた	炭素鋼鋳鋼 (SCPH1相当品)
	弁ふたボルト・ナット	低合金鋼 (Cr-Mo-V鋼)
	パッキン	(消耗品)
	グラウトパッキン	(消耗品)
隔離機能の維持	弁体	低合金鋼 (Cr-Mo鋼 ステイト肉盛)
	弁座	低合金鋼 (Cr-Mo鋼 ステイト肉盛)
作動機能の維持	弁棒	低合金鋼 (Cr-Mo-W-V鋼)
	ピストン	鋳鉄 (FC350)
	油筒シリング	炭素鋼 (STKM20A相当)
	スプリング	ばね鋼 (SUP9)
	ヨーク	炭素鋼 (SM41A)
	ブッシュ	低合金鋼 (Cr-Mo-W-V鋼)
	スタント	炭素鋼鋳鋼 (SCPH1相当品)
機器の支持	支持鋼材	炭素鋼
	埋込金物	炭素鋼

表2.1-8 タービンバイパス弁の使用条件

最高使用圧力	8.6MPa
最高使用温度	302℃
内部流体	蒸気

## 2.1.5 クロスアラウンド管安全弁

### (1) 構造

クロスアラウンド管安全弁は、バネ式安全弁であり、クロスアラウンド管に6台設置している。

本弁は、クロスアラウンド管の異常昇圧を防止するものである。

弁本体は、蒸気を内包するバウンダリを構成する耐圧部（弁箱，弁ふたボルト），蒸気を仕切る隔離部（弁体，弁座），および弁体を作動させる作動部（弁棒，スプリング，ガイド）からなる。

蒸気に接する弁箱は炭素鋼鋳鋼，弁体および弁座は炭素鋼である。

弁体，弁座等は，弁ふたボルトを取り外すことにより，点検手入れが可能である。

クロスアラウンド管安全弁の構造図を図2.1-6に示す。

### (2) 材料および使用条件

クロスアラウンド管安全弁主要部位の使用材料を表2.1-9，使用条件を表2.1-10に示す。



No.	部 位
①	弁箱
②	弁ふたボルト
③	パッキン
④	弁体
⑤	弁座
⑥	弁棒
⑦	スプリング
⑧	ガイド

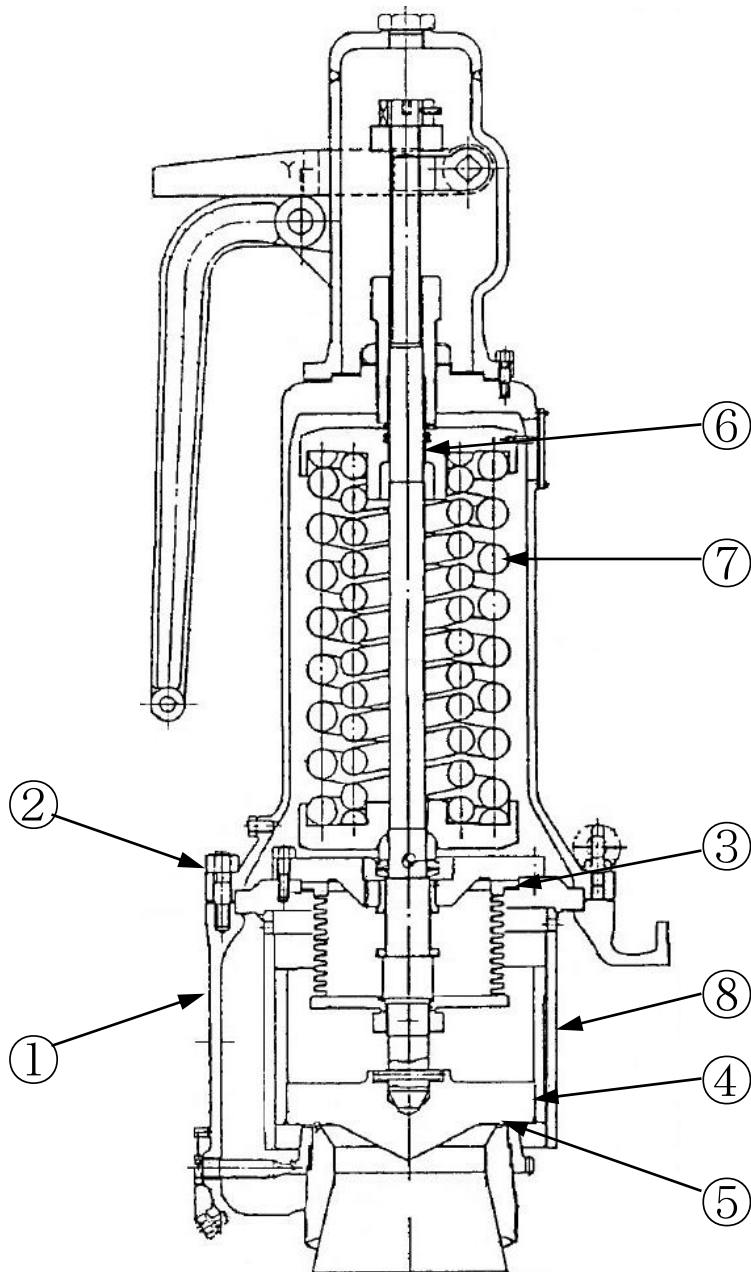


図2.1-6 クロスアラウンド管安全弁構造図

表2.1-9 クロスアラウンド管安全弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
ハウダリの維持	弁箱	炭素鋼鋳鋼 (SCPH2)
	弁ふたボルト	低合金鋼 (SNB7)
	パッキン	(消耗品)
隔離機能の維持	弁体	炭素鋼 (S25C ストレイト肉盛)
	弁座	炭素鋼 (S25C ストレイト肉盛)
作動機能の維持	弁棒	ステンレス鋼 (SUS403)
	スプリング	ばね鋼 (SUP10)
	ガイド	炭素鋼 (SS41)

表2.1-10 クロスアラウンド管安全弁の使用条件

最高使用圧力	1.8MPa
最高使用温度	209℃
内 部 流 体	蒸気

## 2.1.6 原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン高圧蒸気止め弁および高圧蒸気加減弁

### (1) 構造

#### <高圧蒸気止め弁>

原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン高圧蒸気止め弁は、玉形弁であり、原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービンA,B号機の起動時駆動用としてA,B号機に各1台設置している。

本弁は、駆動用蒸気として高圧蒸気（原子炉からの発生蒸気）使用時に蒸気を遮断するものである。

弁本体は、蒸気を内包するバウンダリを構成する耐圧部（弁箱、弁ふた、弁ふたボルト・ナット、軸封部）、蒸気を仕切る隔離部（弁体、弁体ボルト、弁座）、弁体を作動させる駆動力伝達部（弁棒、ピストン、油筒シリンダ、スプリング、ヨーク、ブッシュ、衛帯筐）および弁を支える支持部（支持鋼材）からなる。

蒸気に接する弁箱、弁ふた、弁体、弁座および弁棒は低合金鋼であり、軸封部には、蒸気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。

弁体、弁座等は、弁ふたボルトを取り外すことにより、点検手入れが可能である。

#### <高圧蒸気加減弁>

原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン高圧蒸気加減弁は、玉形弁であり、原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービンA,B号機の起動時駆動用としてA,B号機に各1台設置している。

本弁は、駆動用蒸気として高圧蒸気（原子炉からの発生蒸気）使用時に蒸気流量を加減して、原子炉への給水量を制御するものである。

弁本体は、蒸気を内包するバウンダリを構成する耐圧部（弁箱、弁ふた、弁ふたボルト・ナット、軸封部）、蒸気を仕切る隔離部（弁体、弁座）、弁体を作動させる駆動力伝達部（弁棒、ブッシュ）からなる。

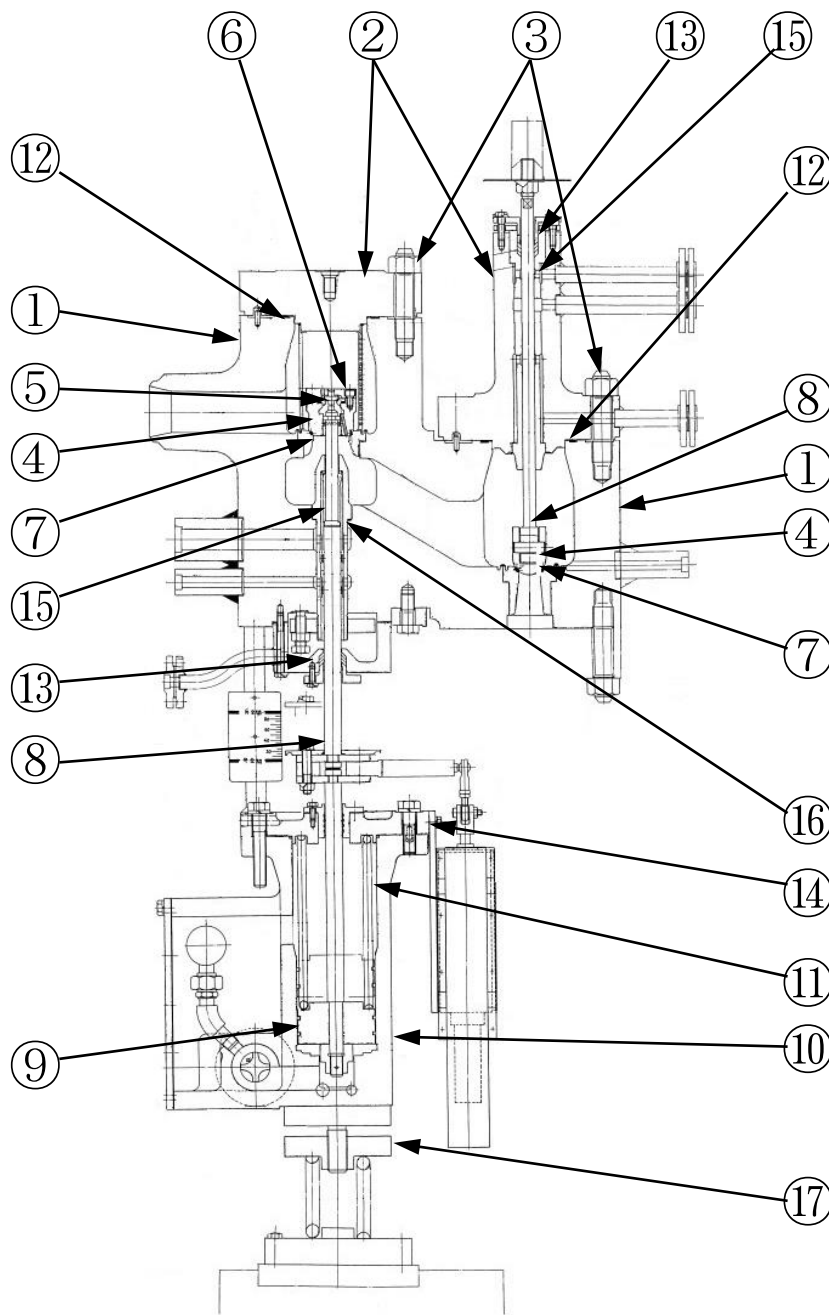
蒸気に接する弁箱、弁ふた、弁体、弁座および弁棒は低合金鋼であり、軸封部には、蒸気の漏れを防止するため、グランドパッキンを使用している。

弁体、弁座等は、弁ふたボルトを取り外すことにより、点検手入れが可能である。

原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン高圧蒸気止め弁および高圧蒸気加減弁の構造図を図2.1-7に示す。

### (2) 材料および使用条件

原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン高圧蒸気止め弁および高圧蒸気加減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	弁ふたボルト・ナット
④	弁体（主弁）
⑤	弁体（副弁）
⑥	弁体ボルト
⑦	弁座
⑧	弁棒
⑨	ピストン
⑩	油筒シリンダ
⑪	スプリング
⑫	パッキン
⑬	グラントパッキン
⑭	ヨーク
⑮	ブッシュ
⑯	衛帯管
⑰	支持鋼材

図2.1-7 原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン高圧蒸気止め弁および高圧蒸気加減弁 構造図

表2. 1-11 原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン高圧蒸気止め弁および高圧蒸気加減弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料	
		< 高圧蒸気止め弁 >	< 高圧蒸気加減弁 >
バウダリの維持	弁箱	低合金鋼 (Cr-Mo 鋳鋼)	低合金鋼 (Cr-Mo 鋳鋼)
	弁ふた	低合金鋼 (Cr-Mo 鋳鋼)	低合金鋼 (Cr-Mo 鋳鋼)
	弁ふたボルト・ナット	低合金鋼 (Cr-Mo-V 鋼)	低合金鋼 (Cr-Mo-V 鋼)
	パッキン	(消耗品)	(消耗品)
	グラントパッキン	(消耗品)	(消耗品)
隔離機能の維持	弁体 (主弁)	低合金鋼 (Cr-Mo 鋼 ステライト肉盛)	低合金鋼 (Cr-Mo 鋼 ステライト肉盛)
	弁体 (副弁)	低合金鋼 (Cr-Mo 鋼 ステライト肉盛)	—
	弁体ボルト	低合金鋼 (Cr-Mo-V 鋼)	—
	弁座	低合金鋼 (Cr-Mo 鋼 ステライト肉盛)	低合金鋼 (Cr-Mo 鋼 ステライト肉盛)
作動機能の維持	弁棒	低合金鋼 (Cr-Mo-W-V 鋼)	低合金鋼 (Cr-Mo-W-V 鋼)
	ピストン	炭素鋼 (SF45A)	—
	油筒シリンダ	炭素鋼鋳鋼 (SC46)	—
	スプリング	ばね鋼 (SUP9)	—
	ヨーク	炭素鋼 (SM41A)	—
	ブッシュ	低合金鋼 (Cr-Mo-W-V 鋼)	低合金鋼 (Cr-Mo-W-V 鋼)
	衛帯筐	低合金鋼 (Cr-Mo-V 鋼)	—
機器の支持	支持鋼材	炭素鋼	—

表2. 1-12 原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン高圧蒸気止め弁および高圧蒸気加減弁の使用条件

最高使用圧力	8. 6MPa
最高使用温度	302°C
内 部 流 体	蒸気

## 2.1.7 原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン低圧蒸気止め弁および低圧蒸気加減弁

### (1) 構造

#### <低圧蒸気止め弁>

原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン低圧蒸気止め弁は、玉形弁であり、原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービンA,B号機に各1台設置している。

本弁は、駆動用蒸気として低圧蒸気（主タービンの高圧排気蒸気）使用時に蒸気を遮断するものである。

弁本体は、蒸気を内包するバウンダリを構成する耐圧部（弁箱、弁ふた、弁ふたボルト・ナット、軸封部）、蒸気を仕切る隔離部（弁体、弁体ボルト、弁座）、弁体を作動させる駆動力伝達部（弁棒、ピストン、油筒シリンダ、スプリング、ヨーク、ブッシュ、衛帯筐）および弁を支える支持部（支持鋼材）からなる。

蒸気に接する弁箱、弁ふた、弁体、弁座および弁棒は低合金鋼であり、軸封部には、蒸気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。

弁体、弁座等は、弁ふたボルトを取り外すことにより、点検手入れが可能である。

#### <低圧蒸気加減弁>

原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン低圧蒸気加減弁は、玉形弁であり、原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービンA,B号機に各1台設置している。

本弁は、駆動用蒸気として低圧蒸気（主タービンの高圧排気蒸気）使用時に蒸気流量を加減して、原子炉への給水量を制御するものである。

弁本体は、蒸気を内包するバウンダリを構成する耐圧部（弁箱等については、原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン車室より構成されており、重複していることから評価を割愛）、蒸気を仕切る隔離部（弁体、弁座）、弁体を作動させる駆動力伝達部（弁棒、ブッシュ）からなる。

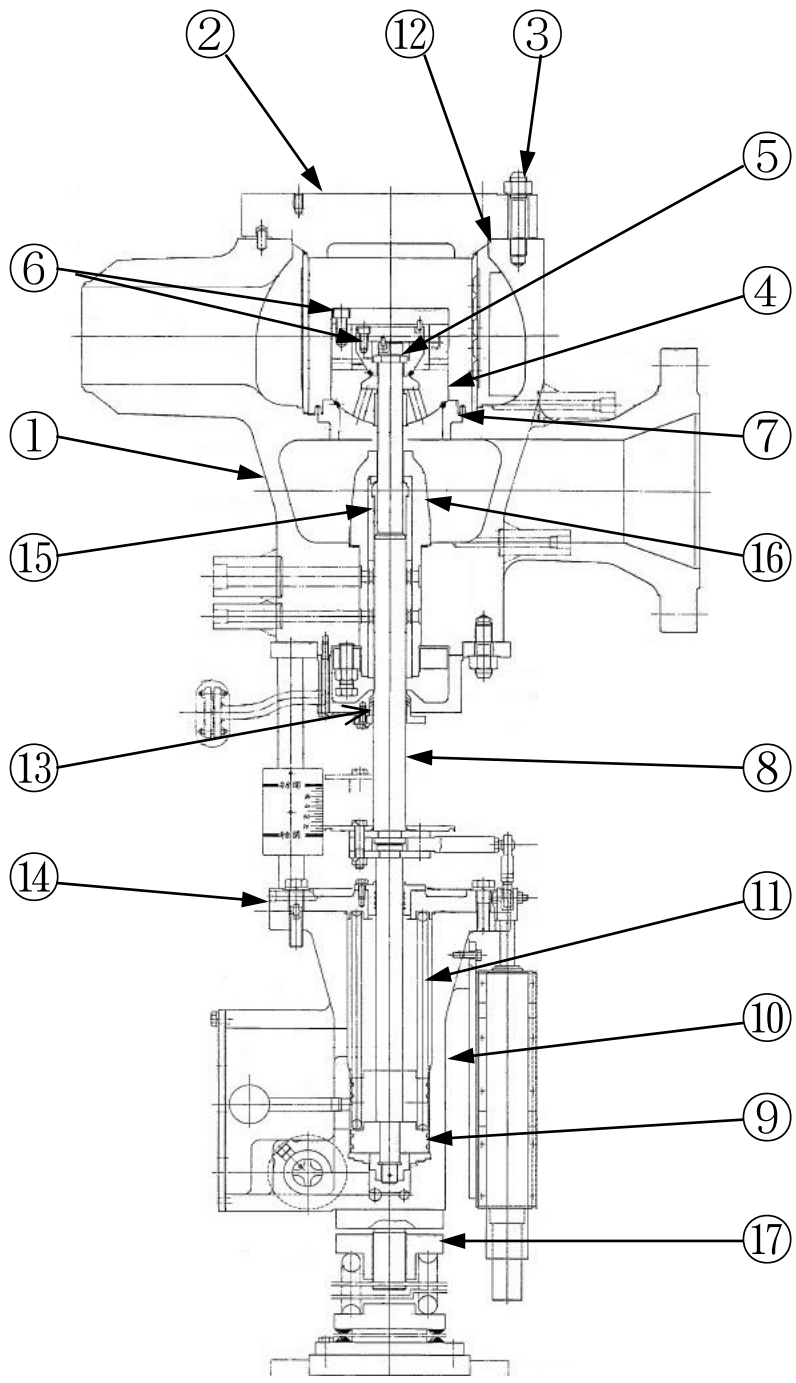
蒸気に接する弁体、弁座および弁棒は低合金鋼であり、軸封部には、蒸気の漏れを防止するため、グランドパッキンを使用している。

弁体、弁座等は、原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン車室を開放することにより、点検手入れが可能である。

原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン低圧蒸気止め弁および低圧蒸気加減弁の構造図を図2.1-8,9に示す。

### (2) 材料および使用条件

原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン低圧蒸気止め弁および低圧蒸気加減弁主要部位の使用材料を表2.1-13に、使用条件を表2.1-14に示す。



No.	部 位
①	弁箱
②	弁ふた
③	弁ふたボルト・ナット
④	弁体 (主弁)
⑤	弁体 (副弁)
⑥	弁体ボルト
⑦	弁座
⑧	弁棒
⑨	ピストン
⑩	油筒シリング
⑪	スプリング
⑫	パッキン
⑬	グラントパッキン
⑭	ヨーク
⑮	ブッシュ
⑯	衛帯筐
⑰	支持鋼材

図2.1-8 原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン低圧蒸気止め弁構造図

No.	部 位
①	弁体
②	弁座
③	弁棒
④	グラントパッキン
⑤	ブッシュ

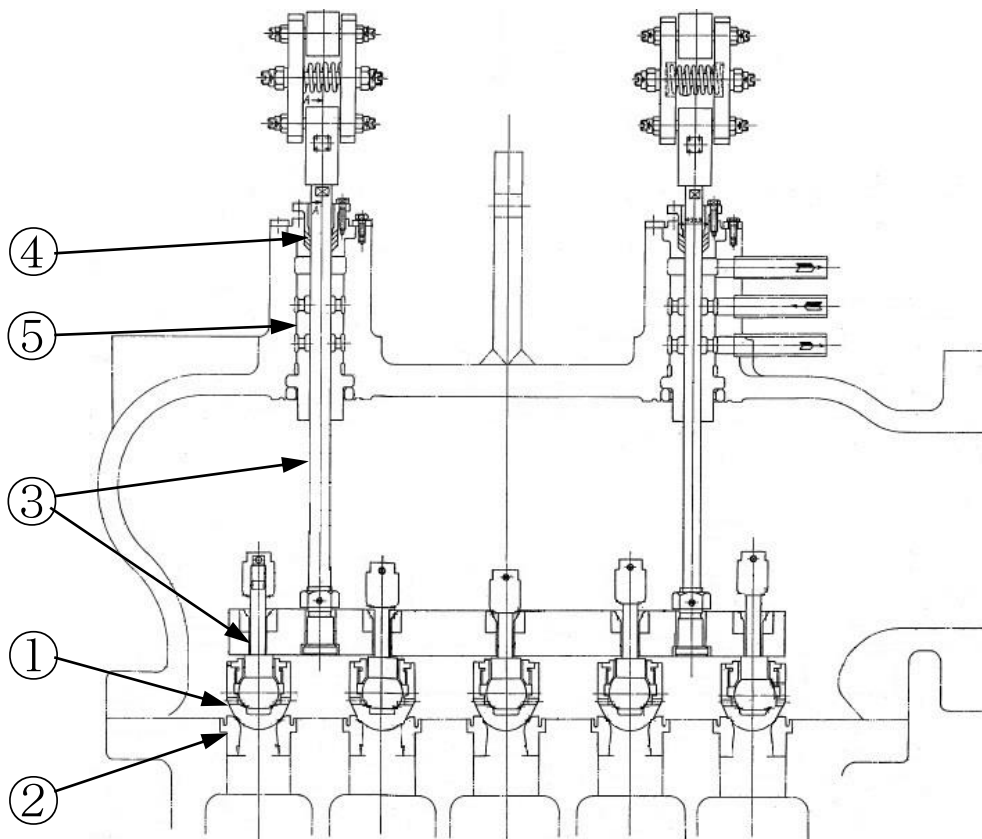


図2.1-9 原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン低圧蒸気加減弁構造図



表2.1-13 原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン低圧蒸気止め弁および低圧蒸気加減弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料	
		<低圧蒸気止め弁>	<低圧蒸気加減弁>
バウタリの維持	弁箱	低合金鋼 (Cr-Mo 鋳鋼)	(原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン車室の為割愛)
	弁ふた	低合金鋼 (Cr-Mo 鋳鋼)	(原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン車室の為割愛)
	弁ふたボルト・ナット	低合金鋼 (Cr-Mo-V 鋼)	(原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン車室の為割愛)
	パッキン	(消耗品)	—
	グラントパッキン	(消耗品)	(消耗品)
隔離機能の維持	弁体 (主弁)	低合金鋼 (Cr-Mo 鋼 ステライト肉盛)	低合金鋼 (Cr-Mo 鋼 ステライト肉盛)
	弁体 (副弁)	低合金鋼 (Cr-Mo 鋼 ステライト肉盛)	—
	弁体ボルト	低合金鋼 (Cr-Mo-V 鋼)	—
	弁座	低合金鋼 (Cr-Mo 鋼 ステライト肉盛)	低合金鋼 (Cr-Mo 鋼 ステライト肉盛)
作動機能の維持	弁棒	低合金鋼 (Cr-Mo-W-V 鋼)	低合金鋼 (Cr-Mo-W-V 鋼)
	ピストン	炭素鋼 (SF45A)	—
	油筒シリンダ	炭素鋼鋳鋼 (SC46)	—
	スプリング	ばね鋼 (SUP9)	—
	ヨーク	炭素鋼 (SM41A)	—
	ブッシュ	低合金鋼 (Cr-Mo-W-V 鋼)	低合金鋼 (Cr-Mo-W-V 鋼)
	衛帯筐	低合金鋼 (Cr-Mo-V 鋼)	—
機器の支持	支持鋼材	炭素鋼	—

表2.1-14 原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン低圧蒸気止め弁および低圧蒸気加減弁の使用条件

最高使用圧力	1.8MPa
最高使用温度	209℃
内部流体	蒸気

## 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

主要弁の機能は流体の仕切機能であり，これを達成するためには次の項目が必要である。

- ① バウンダリの維持
- ② 隔離機能の維持
- ③ 作動機能の維持
- ④ 機器の支持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

#### (1) 想定される経年劣化事象

主要弁について，機能達成に必要な項目を考慮して，主要な部位に展開した上で，個々の部位の材料，構造，使用条件（流体の種類，圧力，温度等）およ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，消耗品および定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品および定期取替品の扱い

パッキンおよびグランドパッキンは消耗品であり，長期使用せず取替を前提としていることから，高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

(3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

想定される経年劣化事象のうち下記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（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（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，弁ふた，弁体（主弁・副弁），弁座，弁棒，ブッシュ，バランスチャンバ，衛帯筐およびスタンドの腐食（流れ加速型腐食）〔主蒸気止め弁，蒸気加減弁，組合せ中間弁，タービンバイパス弁，高圧蒸気止め弁，高圧蒸気加減弁，低圧蒸気止め弁，低圧蒸気加減弁〕

弁箱，弁ふた，弁体（主弁・副弁），弁座，弁棒，ブッシュ，バランスチャンバ，衛帯筐およびスタンドは，低合金鋼または炭素鋼鋳鋼であり，内部流体は湿分を含んだ蒸気であるため腐食（流れ加速型腐食）が想定される。

しかし，定期的に目視確認を実施し，健全性を確認しており，これまで有意な腐食（流れ加速型腐食）は認められていない。

したがって，今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから，高経年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. 弁体シート部および弁座シート部の腐食（流れ加速型腐食）〔蒸気加減弁，組合せ中間弁，タービンバイパス弁，高圧蒸気加減弁，低圧蒸気加減弁〕

蒸気加減弁，組合せ中間弁，タービンバイパス弁，高圧蒸気加減弁および低圧蒸気加減弁については，起動停止時等に中間開度での運用を行っており，その際にシート部で流れが絞られ流速が速くなるため，腐食（流れ加速型腐食）が想定される。

しかし，定期的に目視確認を実施し，健全性を確認しており，これまで有意な腐食（流れ加速型腐食）は認められていない。

したがって，今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから，高経年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. 弁体シート部および弁座シート部の腐食（流れ加速型腐食）〔主蒸気止め弁，クロスアラウンド管安全弁，高圧蒸気止め弁，低圧蒸気止め弁〕

主蒸気止め弁，クロスアラウンド管安全弁，高圧蒸気止め弁および低圧蒸気止め弁の弁体シート部および弁座シート部は炭素鋼，炭素鋼鋳鋼または低合金鋼であり，腐食（流れ加速型腐食）が想定されるが，通常全開または全閉で使用されており，弁体シート部および弁座シート部の流れ加速型腐食が発生する可能性は小さい。

また，定期的に目視確認および浸透探傷試験を行い，健全性を確認しており，これまで有意な流れ加速型腐食は認められていない。

したがって，今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから，高経年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. 弁ふたボルト・ナットおよび弁体ボルトの腐食（全面腐食）〔主蒸気止め弁，蒸気加減弁，組合せ中間弁，タービンバイパス弁，クロスアラウンド管安全弁，高圧蒸気止め弁，高圧蒸気加減弁，低圧蒸気止め弁〕

弁ふたボルト・ナットおよび弁体ボルトは低合金鋼であり腐食が想定されるが，定期的

に目視確認を行い健全性を確認しており、腐食が確認された場合、取り替えることとしている。

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

- e. 弁棒の摩耗〔主蒸気止め弁、蒸気加減弁、組合せ中間弁、タービンバイパス弁、高圧蒸気止め弁、高圧蒸気加減弁、低圧蒸気止め弁、低圧蒸気加減弁〕

弁棒は低合金鋼であり、グランドパッキンと摺動することから摩耗が想定されるが、弁棒はグランドパッキンより硬いため、弁棒の摩耗が発生する可能性は小さい。

また、定期的に目視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な摩耗は認められていない。

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

- f. 弁棒の疲労割れ〔共通〕

弁棒の段付部等は疲労割れが想定されるが、角部を滑らかにし、応力集中が発生しないような構造とすることで、発生応力の低減を図っているため、疲労割れが発生する可能性は小さい。

また、これまで段付部等の応力集中の想定される部位を中心に浸透探傷試験を実施しているが、有意な欠陥は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. ピストンおよび油筒シリンダの摩耗〔主蒸気止め弁、蒸気加減弁、組合せ中間弁、タービンバイパス弁、高圧蒸気止め弁、低圧蒸気止め弁〕

ピストンおよび油筒シリンダは炭素鋼、鋳鉄または炭素鋼鋳鋼であり、摺動部に摩耗が想定されるが、シリンダ内が潤滑油で満たされていることから、摺動部の摩耗が発生する可能性は小さい。

また、定期的に目視確認および寸法測定を行い、健全性を確認しており、これまで有意な摩耗は認められていない。

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

- h. スプリングのへたり〔主蒸気止め弁、蒸気加減弁、組合せ中間弁、タービンバイパス弁、クロスアラウンド管安全弁、高圧蒸気止め弁、低圧蒸気止め弁〕

スプリングはばね鋼であり、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いること、および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が低いことから、へたりが発生する可能性は小さい。

また、定期的に目視確認および作動確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意

なへたりは認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. ヨークおよび支持鋼材の腐食（全面腐食）〔主蒸気止め弁、蒸気加減弁、組合せ中間弁、タービンバイパス弁、高圧蒸気止め弁、低圧蒸気止め弁〕

ヨークおよび支持鋼材は炭素鋼であり、腐食が想定されるが、塗装により腐食を防止しており、腐食が発生する可能性は小さい。

また、定期的に見視確認を行い、塗装の状態を確認するとともに、必要に応じ補修塗装を実施することとしており、これまで有意な腐食は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. バランスチャンバ、ブッシュ、衛帯筐およびスタンドの摩耗〔主蒸気止め弁、蒸気加減弁、組合せ中間弁、タービンバイパス弁、高圧蒸気止め弁、高圧蒸気加減弁、低圧蒸気止め弁、低圧蒸気加減弁〕

ブッシュ（蒸気加減弁、タービンバイパス弁、高圧蒸気止め弁、高圧蒸気加減弁、低圧蒸気止め弁、低圧蒸気加減弁）、バランスチャンバ（蒸気加減弁）、衛帯筐（主蒸気止め弁、組合せ中間弁、高圧蒸気止め弁、低圧蒸気止め弁）、スタンド（組合せ中間弁、タービンバイパス弁）は炭素鋼、低合金鋼または銅合金であり、摩耗が想定されるが、定期的に見視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な摩耗は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. 埋込金物の腐食（全面腐食）〔主蒸気止め弁、タービンバイパス弁〕

埋込金物は炭素鋼であり、腐食が想定されるが、大気接触部については、塗装により腐食を防止しており、腐食が発生する可能性は小さい。また、定期的に見視確認を行い、塗装の状態を確認するとともに、必要に応じ補修塗装を実施することとしている。

コンクリート埋設部については、コンクリートが中性化した場合に腐食が想定されるが、実機コンクリートにおけるサンプリング結果では中性化はほとんど見られておらず、腐食が発生する可能性は小さい。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. 弁箱、弁体、弁座およびガイドの腐食（全面腐食）〔クロスアラウンド管安全弁〕

クロスアラウンド管安全弁の弁箱は炭素鋼、弁体、弁座およびガイドは炭素鋼であり、腐食が想定されるが、定期的に見視確認を行い、健全性を確認しており、腐食が確認された場合には、必要に応じ補修、取替を行うこととしている。

弁箱の外表面については、塗装により腐食を防止しており、腐食が発生する可能性は小さい。

い。また、定期的に目視確認を行い、塗装の状態を確認するとともに、必要に応じ補修・取替を実施することとしており、これまで有意な腐食は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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 (1/9) 主蒸気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	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		
ハウタリの維持	弁箱		炭素鋼铸鋼		△*2					*1：シートはスライト肉盛 *2：流れ加速型腐食 *3：シート部流れ加速型腐食 *4：へたり	
	弁ふた		炭素鋼铸鋼		△*2						
	弁ふたボルト・ナット		低合金鋼		△						
	パッキン, グラントパッキン	◎	—								
隔離機能の維持	弁体 (主弁)		低合金鋼*1		△*2△*3						
	弁体 (副弁) (No.2)		低合金鋼*1		△*2△*3						
	弁体ボルト		低合金鋼		△						
	弁座		炭素鋼铸鋼*1		△*2△*3						
作動機能の維持	弁棒		低合金鋼	△	△*2	△					
	ピストン		铸铁	△							
	油筒シリング		炭素鋼	△							
	スプリング		ばね鋼						△*4		
	ヨーク		炭素鋼		△						
	衛帯筐		炭素鋼铸鋼	△	△*2						
機器の支持	支持鋼材		炭素鋼		△						
	埋込金物		炭素鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）



表2.2-1 (2/9) 蒸気加減弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	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	弁箱		炭素鋼鋳鋼		△ <sup>*2</sup>					*1：シートはスライト肉盛 *2：流れ加速型腐食 *3：シート部流れ加速型腐食 *4：へたり	
	弁ふた		炭素鋼鋳鋼		△ <sup>*2</sup>						
	弁ふたボルト・ナット		低合金鋼		△						
	パッキン, グラウトパッキン	◎	—								
隔離機能の維持	弁体（主弁）		低合金鋼 <sup>*1</sup>		△ <sup>*2</sup> △ <sup>*3</sup>						
	弁体ボルト		低合金鋼		△						
	弁座		低合金鋼 <sup>*1</sup>		△ <sup>*2</sup> △ <sup>*3</sup>						
作動機能の維持	弁棒（副弁）		低合金鋼	△	△ <sup>*2</sup>	△					
	ピストン		鋳鉄	△							
	油筒シリンダ		炭素鋼	△							
	スプリング		ばね鋼						△ <sup>*4</sup>		
	ヨーク		炭素鋼		△						
	ブッシュ		低合金鋼	△	△ <sup>*2</sup>						
バランスチャンバ		低合金鋼	△	△ <sup>*2</sup>							

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-1 (3/9) 組合せ中間弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	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		
ハウタリの維持	弁箱		炭素鋼鋳鋼		△*2					*1：シートはステンレス鋼肉盛 (中間蒸気止め弁のみ) *2：流れ加速型腐食 *3：シート部流れ加速型腐食 *4：へたり	
	弁ふた		低合金鋼		△*2						
	弁ふたボルト・ナット		低合金鋼		△						
	パッキン, グラントパッキン	◎	—								
隔離機能の維持	弁体		低合金鋼		△*2△*3						
	弁体ボルト		低合金鋼		△						
	弁座		炭素鋼鋳鋼*1		△*2△*3						
作動機能の維持	弁棒		低合金鋼	△	△*2	△					
	ピストン		鋳鉄	△							
	油筒シリンダ		炭素鋼	△							
	スプリング		ばね鋼						△*4		
	ヨーク		炭素鋼		△						
	衛帯筐		炭素鋼鋳鋼	△	△*2						
	スタント		炭素鋼鋳鋼	△	△*2						
機器の支持	支持鋼材		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 (4/9) タービンバイパス弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	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		
ハウタリの維持	弁箱		炭素鋼鋳鋼		△*2						*1：シートはスライト肉盛 *2：流れ加速型腐食 *3：シート部流れ加速型腐食 *4：へたり
	弁ふた		炭素鋼鋳鋼		△*2						
	弁ふたボルト・ナット		低合金鋼		△						
	パッキン, グラントパッキン	◎	—								
隔離機能の維持	弁体		低合金鋼*1		△*2△*3						
	弁座		低合金鋼*1		△*2△*3						
作動機能の維持	弁棒		低合金鋼	△	△*2	△					
	ピストン		鋳鉄	△							
	油筒シリング		炭素鋼	△							
	スプリング		ばね鋼							△*4	
	ヨーク		炭素鋼		△						
	ブッシュ		低合金鋼	△	△*2						
	スタント		炭素鋼鋳鋼	△	△*2						
機器の支持	支持鋼材		炭素鋼		△						
	埋込金物		炭素鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-1 (5/9) クロスアラウンド管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	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		
ハウダリの維持	弁箱		炭素鋼鋳鋼		△						*1：シートはセライト肉盛 *2：シート部流れ加速型腐食 *3：へたり
	弁ふたボルト		低合金鋼		△						
	パッキン	◎	—								
隔離機能の維持	弁体		炭素鋼*1		△△*2						
	弁座		炭素鋼*1		△△*2						
作動機能の維持	弁棒		ステンレス鋼			△					
	スプリング		ばね鋼							△*3	
	ガイド		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 (6/9) 原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン高圧蒸気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	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		
ハウダリの維持	弁箱		低合金鋼		△*2					*1：シートはスライト肉盛 *2：流れ加速型腐食 *3：シート部流れ加速型腐食 *4：へたり	
	弁ふた		低合金鋼		△*2						
	弁ふたボルト・ナット		低合金鋼		△						
	パッキン、グランドパッキン	◎	—								
隔離機能の維持	弁体（主弁）		低合金鋼*1		△*2△*3						
	弁体（副弁）		低合金鋼*1		△*2△*3						
	弁体ボルト		低合金鋼		△						
	弁座		低合金鋼*1		△*2△*3						
作動機能の維持	弁棒		低合金鋼	△	△*2	△					
	ピストン		炭素鋼	△							
	油筒シリング		炭素鋼鋳鋼	△							
	スプリング		ばね鋼						△*4		
	ヨーク		炭素鋼		△						
	ブッシュ		低合金鋼	△							
	衛帯筐		低合金鋼	△	△*2						
機器の支持	支持鋼材		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 (7/9) 原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン高圧蒸気加減弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	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		
ハウダリの維持	弁箱		低合金鋼		△*2					*1：シートはスライト肉盛 *2：流れ加速型腐食 *3：シート部流れ加速型腐食	
	弁ふた		低合金鋼		△*2						
	弁ふたボルト・ナット		低合金鋼		△						
	パッキン, グラントパッキン	◎	—								
隔離機能の維持	弁体		低合金鋼*1		△*2△*3						
	弁座		低合金鋼*1		△*2△*3						
作動機能の維持	弁棒		低合金鋼	△	△*2	△					
	ブッシュ		低合金鋼	△	△*2						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-1 (8/9) 原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン低圧蒸気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	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		
ハウダリの維持	弁箱		低合金鋼		△*2					*1：シートはスライト肉盛 *2：流れ加速型腐食 *3：シート部流れ加速型腐食 *4：へたり	
	弁ふた		低合金鋼		△*2						
	弁ふたボルト・ナット		低合金鋼		△						
	パッキン, グラントパッキン	◎	—								
隔離機能の維持	弁体 (主弁)		低合金鋼*1		△*2△*3						
	弁体 (副弁)		低合金鋼*1		△*2△*3						
	弁体ボルト		低合金鋼		△						
	弁座		低合金鋼*1		△*2△*3						
作動機能の維持	弁棒		低合金鋼	△	△*2	△					
	ピストン		炭素鋼	△							
	油筒シリング		炭素鋼鋳鋼	△							
	スプリング		ばね鋼						△*4		
	ヨーク		炭素鋼		△						
	ブッシュ		低合金鋼	△							
	衛帯筐		低合金鋼	△	△*2						
機器の支持	支持鋼材		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 (9/9) 原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン低圧蒸気加減弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	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		
ハウタリの維持	グラントパッキン	◎	—								*1：シートはスライト肉盛 *2：流れ加速型腐食 *3：シート部流れ加速型腐食
隔離機能の維持	弁体		低合金鋼*1		△*2△*3						
	弁座		低合金鋼*1		△*2△*3						
作動機能の維持	弁棒		低合金鋼	△	△*2	△					
	ブッシュ		低合金鋼	△	△*2						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）



## 1.6 タービン制御装置

[対象機器]

- ① 主タービンEHC装置

## 目 次

1. 対象機器	1.6-1
2. 主タービンEHC装置の技術評価	1.6-2
2.1 構造, 材料および使用条件	1.6-2
2.2 経年劣化事象の抽出	1.6-12
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目	1.6-12
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出	1.6-12
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	1.6-14
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価	1.6-19

## 1. 対象機器

島根2号炉で使用している主タービンEHC装置の仕様を表1-1に示す。

表1-1 主タービンEHC装置の仕様

名 称 (台数)	仕 様	重要度*1	使 用 条 件		
			運転状態	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)
主タービンEHC装置 (1)	電気油圧式	高*2	連続	13.7	80

\*1：最上位の重要度を示す。

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

## 2. 主タービンEHC装置の技術評価

### 2.1 構造, 材料および使用条件

#### (1) 構造

主タービンEHC装置は, 制御油系統に所定の圧力を供給するための制御油ポンプ, ラインフィルタ, EHC用アキュムレータおよび油配管, 弁から構成されている。

主タービンEHC装置の系統図を図2. 1-1, 2, 構造図を図2. 1-3~10に示す。

#### (2) 材料および使用条件

主タービンEHC装置主要部位の使用材料を表2. 1-1に, 使用条件を表2. 1-2に示す。

No.	部 位
①	制御油ポンプ
②	ポンプモータ
③	油配管, 弁
④	ラインフィルタ
⑤	EHC用アキュムレータ

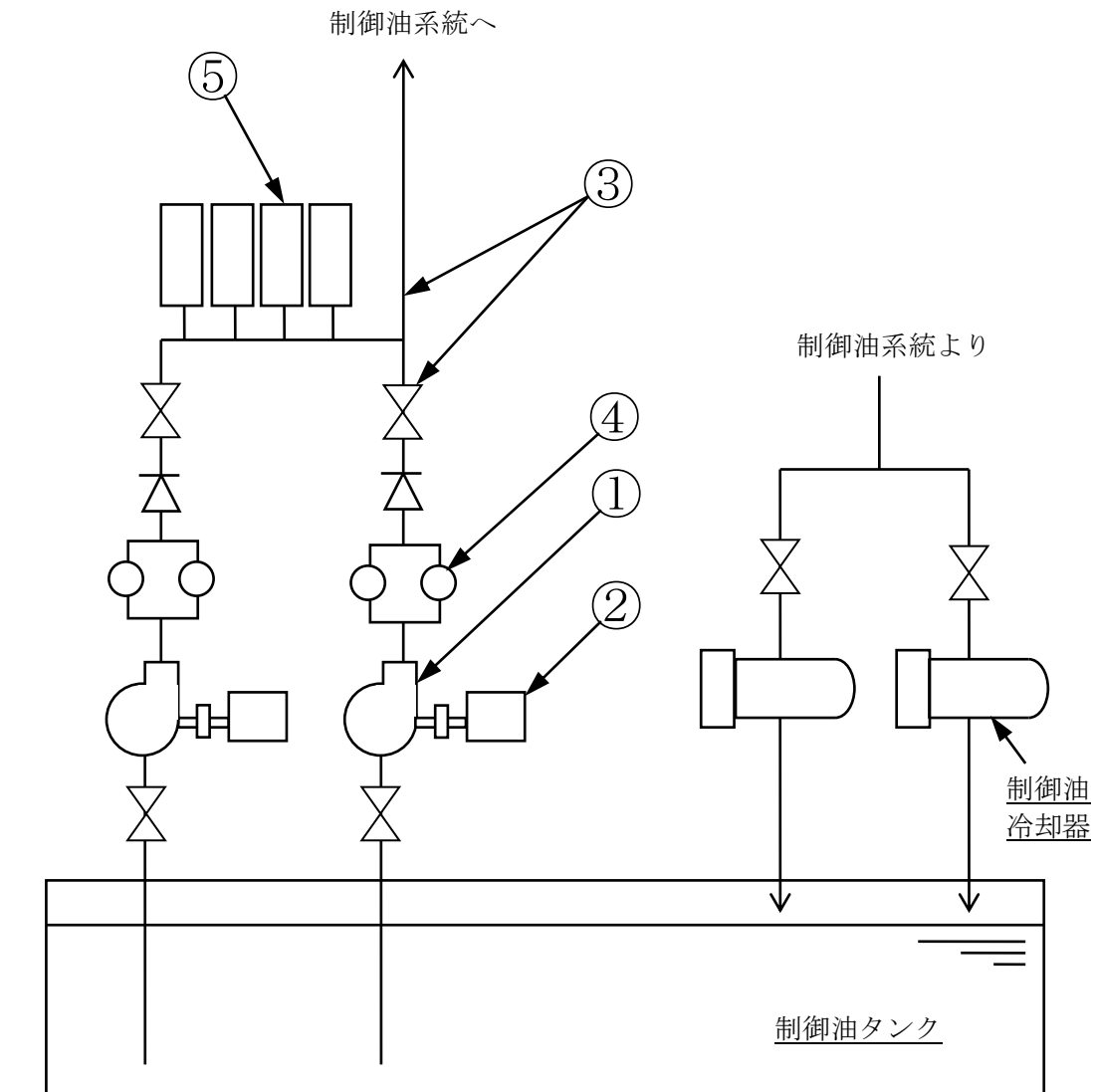


図2.1-1 主タービンEHC装置系統図 (制御油圧ユニット廻り)

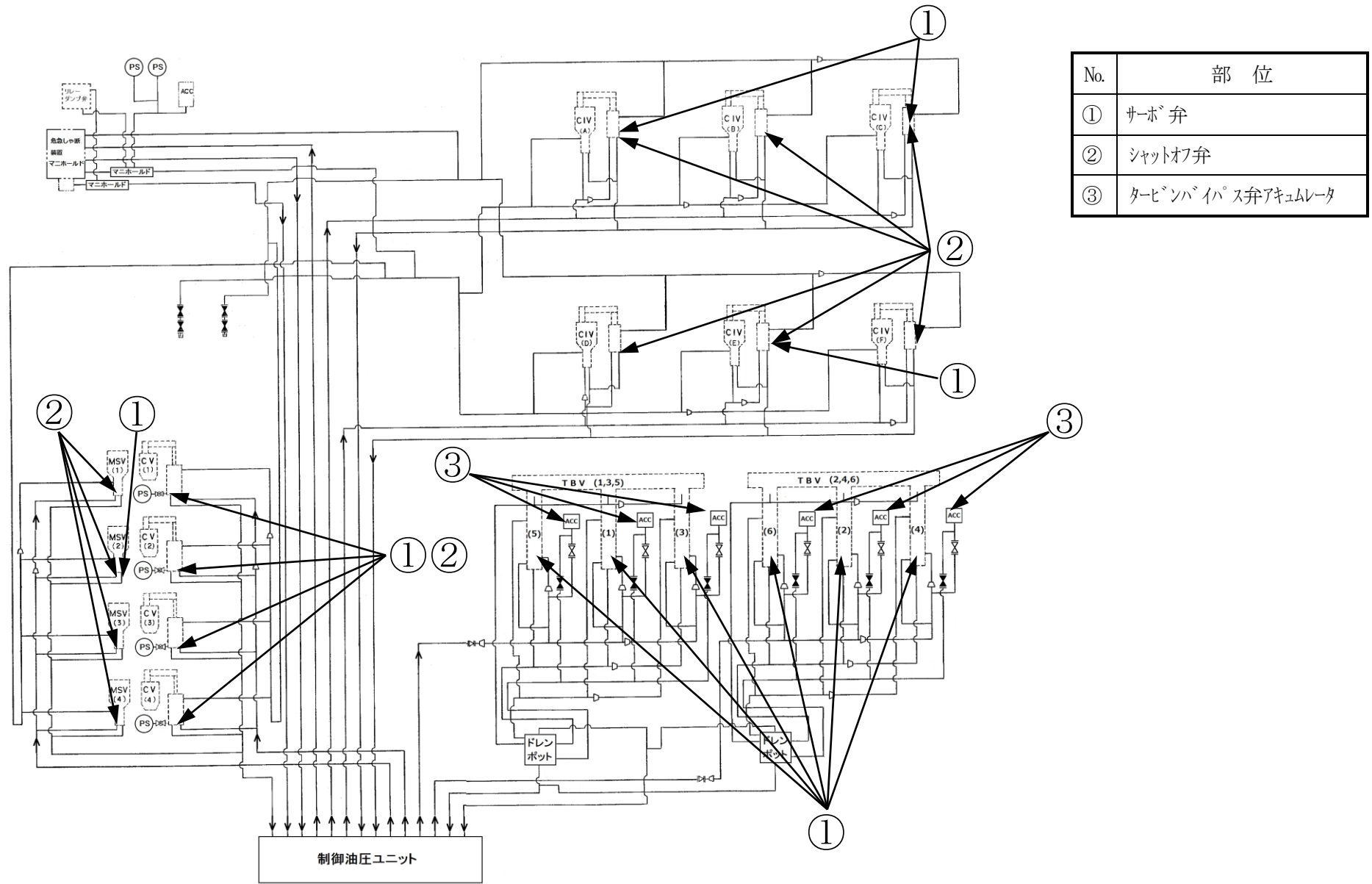


図2.1-2 主タービンEHC装置系統図（油供給先廻り）

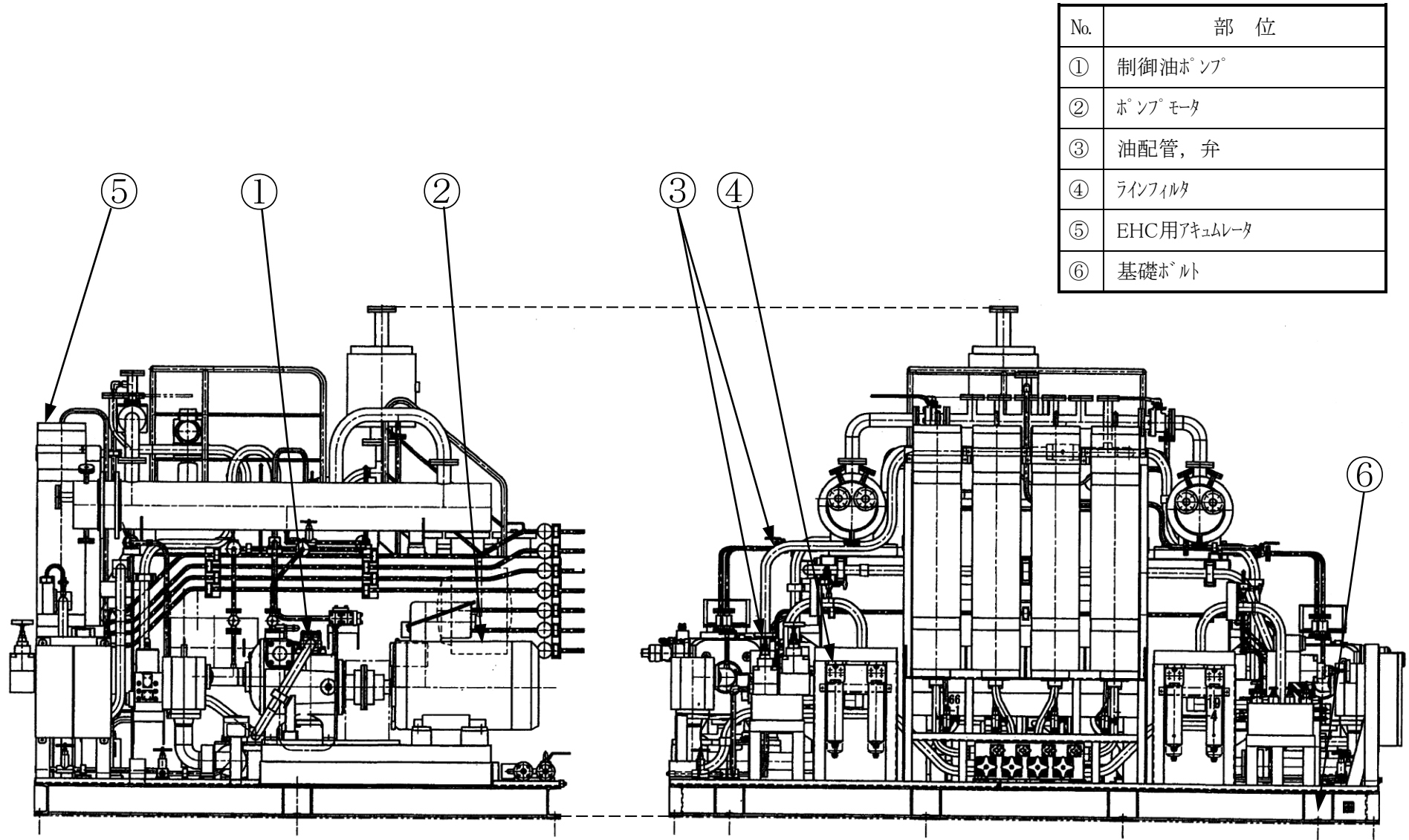


図2.1-3 制御油圧ユニット構造図

No.	部 位
①	ケーシング
②	主軸
③	ピストン
④	シリンダ
⑤	軸受 (転がり)
⑥	軸継手
⑦	取付ホルト

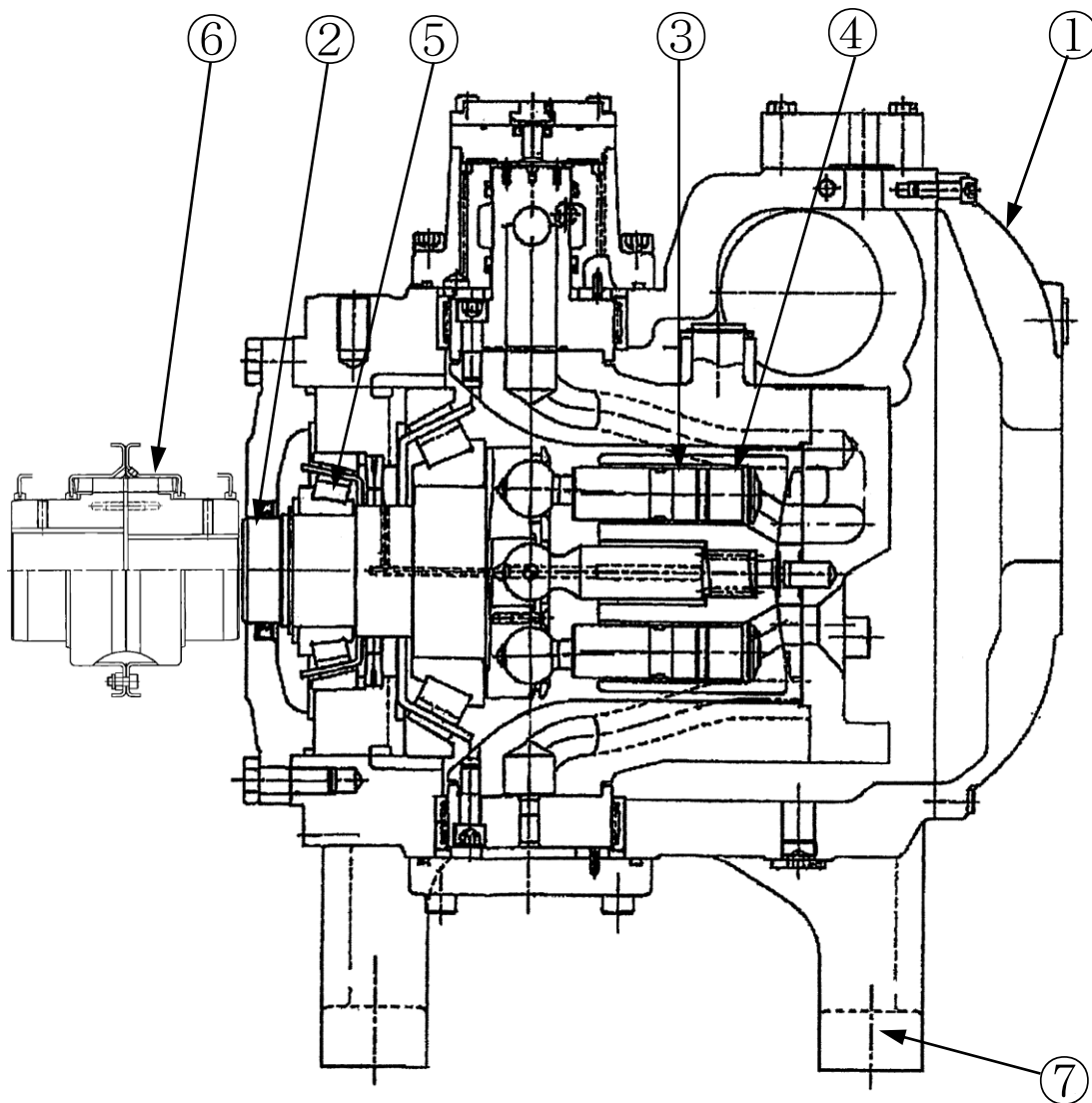


図2.1-4 制御油ポンプ構造図



No.	部 位
①	ピストン
②	ケーシング
③	スプリング
④	コイル
⑤	Oリング

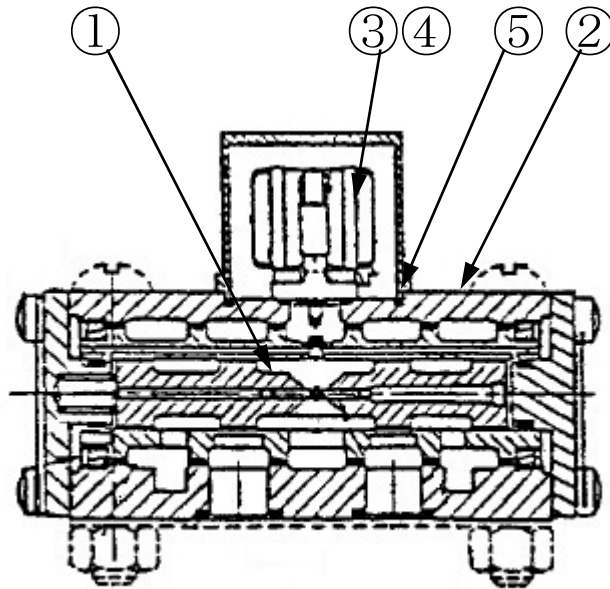


図2.1-5 サーボ弁構造図

No.	部 位
①	ピストン
②	ケーシング
③	スプリング
④	Oリング

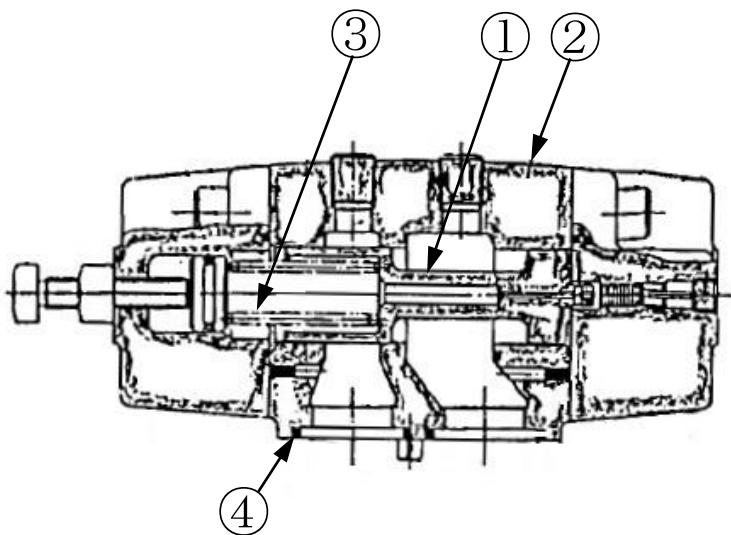


図2.1-6 シャットオフ弁構造図

No.	部 位
①	胴
②	Oリング

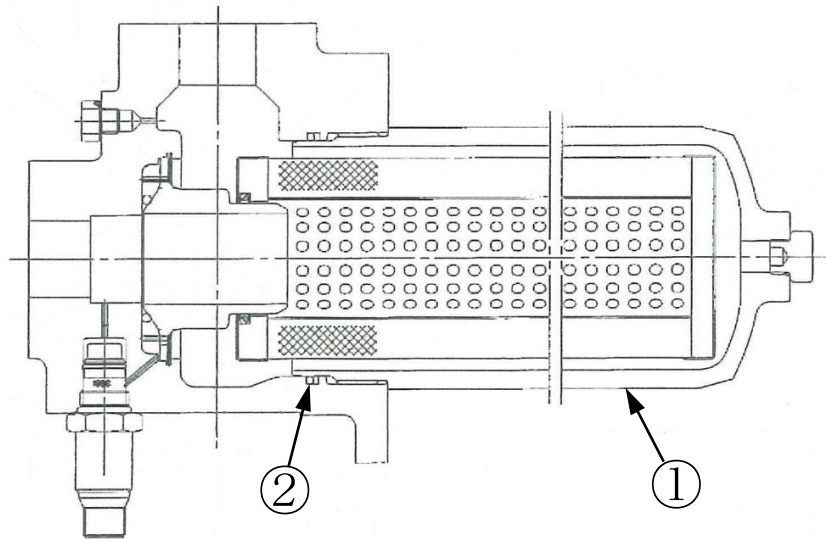


図2.1-7 ラインフィルタ構造図

No.	部 位
①	胴
②	ピストン

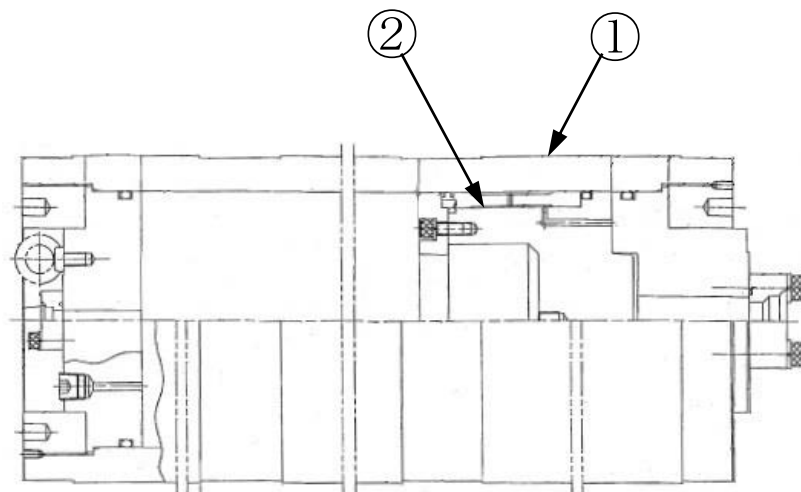


図2.1-8 アキュムレータ構造図

No.	部 位
①	ケーシング
②	スプリング

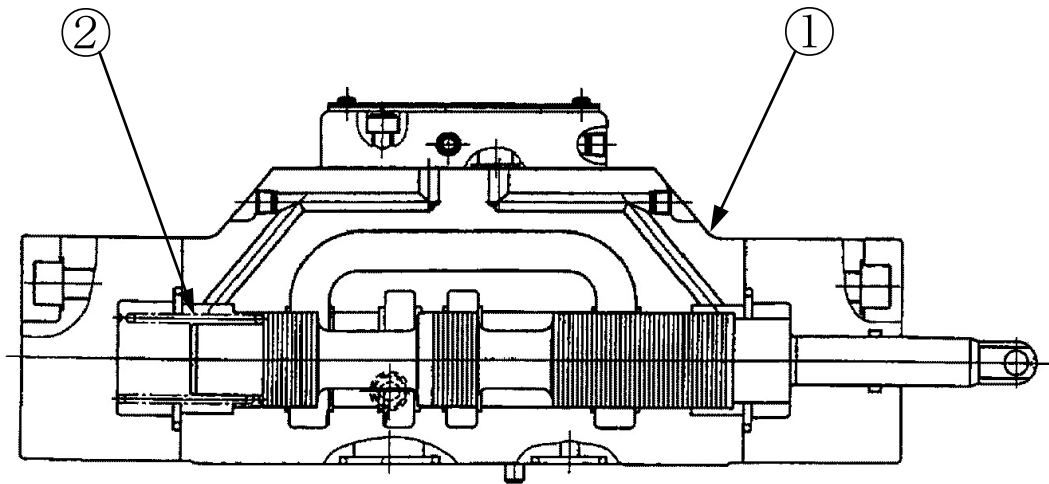


図2.1-9 機械式トリップ弁構造図

No.	部 位
①	ケーシング
②	スプリング

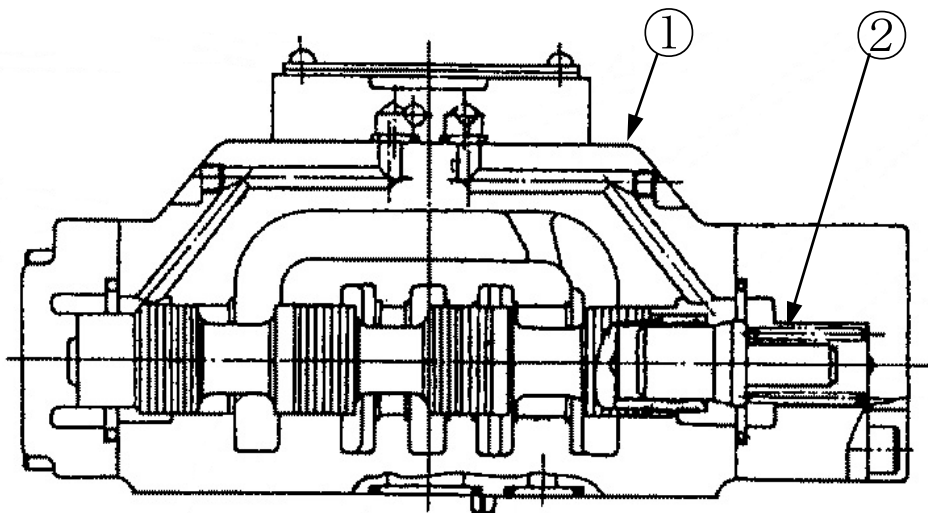


図2.1-10 リレートリップ弁構造図

表2.1-1 (1/2) 主タービンEHC装置主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料	
装置機能の維持	制御油ポンプ	ケーシング	鋳鉄 (FCV400)
		主軸	低合金鋼 (SCM435H)
		ピストン	低合金鋼 (SCM435)
		シリンダ	炭素鋼 (S55C)
		軸受 (転がり)	(消耗品)
		軸継手	炭素鋼 (S45C)
	ポンプモータ (低圧, 交流, 全閉)		主軸 : 炭素鋼 (S45C) 固定子コイルおよび口出線・接続部品 : 銅・絶縁物 (アラミド紙, エポキシ樹脂) 回転子棒・回転子エンドリング : アルミニウム 軸受 (転がり) : 消耗品
	油配管		ステンレス鋼
	弁		ステンレス鋳鋼 (SCS13), 炭素鋼 (S45C), 鋳鉄 (FCD600, FC300, FCV350)
	サーボ弁・シャットオフ弁	ピストン	ステンレス鋼, 低合金鋼 (SCM415)
		ケーシング	鋳鉄 (FC300), アルミニウム合金
		スプリング	ばね鋼 (SWOSC-V)
		コイル	銅, 絶縁物
		オリング	(消耗品)
	ラインフィルタ	胴	炭素鋼鋳鋼
		オリング	(消耗品)
	タービンハイパス弁 アキュムレータ	胴	炭素鋼 (SF490A)
		ピストン	アルミニウム合金鋳物 (AC4C)
	EHC用アキュムレータ	胴	炭素鋼 (S45C)
		ピストン	アルミニウム合金 (A2017)

表2.1-1 (2/2) 主タービンEHC装置主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位		材 料
保護機能の維持	機械式トリップ弁, リレー トリップ弁	ケーシング	鋳鉄 (FCD400, FC300)
		スプリング	ばね鋼 (SUP6, SWOSC-V)
	ロックアウト弁, マスタートリップ弁		(定期取替品)
	Oリング		(消耗品)
	電磁弁		(定期取替品)
機器の支持	制御油ポンプ	取付ボルト	低合金鋼 (SCM435)
	EHC制御油圧ユニット	基礎ボルト	炭素鋼 (S30CN)

表2.1-2 主タービンEHC装置の使用条件

最高使用圧力	13.7MPa
最高使用温度	80℃
内部流体	油

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

潤滑油装置の機能を達成するため必要な項目は以下のとおり。

- ① 装置機能の維持
- ② 保護機能の維持
- 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の抽出

#### (1) 想定される経年劣化事象

主タービンEHC装置について、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の材料、構造、使用条件（内部流体、圧力、温度等）およ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、消耗品および定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品および定期取替品の扱い

Oリング、軸受（転がり）は消耗品、ロックアウト弁、マスタートリップ弁、電磁弁は定期取替品であり、長期使用せず取替を前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

(3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

想定される経年劣化事象のうち下記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 (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 (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. ポンプモータ (低圧, 交流, 全閉) の固定子コイルおよび口出線・接続部品の絶縁特性低下 [制御油ポンプモータ]

## 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. サーボ弁の性能低下および絶縁特性低下

サーボ弁のサーボ弁接続部品に用いられている絶縁物は、有機物であるため機械的、熱的、電気的、環境的要因で経年劣化が進行した場合、入力信号に対して応答信号とのずれ等が生じ、性能低下が想定されるが、点検時に以下の性能検査を実施し、サーボ弁の性能に異常のないことを確認しており、点検で異常が認められた場合には、サーボ弁一式または部品の交換を実施することとしている。

- ・ 耐圧漏えい試験
- ・ 流量ゲイン測定
- ・ 内部漏れ試験
- ・ ヌルバイアス測定
- ・ 圧力特性試験
- ・ ヒステリシス
- ・ コイル抵抗測定
- ・ 絶縁抵抗測定

したがって、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にくいことから、高経年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）〔主タービンEHC装置〕

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

### c. ケーシング、軸継手の腐食（全面腐食）〔制御油ポンプ、サーボ弁・シャットオフ弁〕

ケーシングは鋳鉄、軸継手は炭素鋼であり腐食が想定されるが、外面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、腐食発生の可能性は小さい。

また、ケーシングの内部流体は制御油であるため、ケーシング内面の腐食発生の可能性は小さい。さらに、これまでの点検結果からも内・外面とも有意な腐食は認められていない。

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

### d. 主軸の摩耗〔制御油ポンプ〕

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が摩耗する可能性があるが、軸受部は点検時に主軸の寸法管理を行い、適切に組立てを行うこととしており、主軸の回転による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主軸の回転による有意な摩耗は認められていない。

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

### e. 主軸の高サイクル疲労割れ〔制御油ポンプ〕

国内他プラント（PWR）の充填／高圧注入ポンプで高サイクル疲労における主軸の折損が発生しているが、これは製造上の原因によるものであり、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ており、発生の可能性は小さい。



また、これまでの目視および浸透探傷試験による点検結果から高サイクル疲労割れは認められていない。

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

f. ピストン、シリンダの摩耗〔制御油ポンプ〕

ピストンは、シリンダまたはケーシング内を摺動することから摩耗の可能性があるが、油環境下にあることから、摩耗進行の可能性は小さい。

また、これまでの点検結果からも有意な摩耗は認められていない。

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

g. 配管の高サイクル疲労割れ〔油配管〕

油配管には運転時に繰返し応力が発生することから、応力集中部等において、高サイクル疲労割れが想定されるが、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ており、高サイクル疲労割れが発生する可能性は小さい。

また、定期的に目視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な割れは認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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、ラインフィルタおよびアキュムレータの腐食（全面腐食）〔弁、ラインフィルタ、タービンバイパス弁アキュムレータ、EHC用アキュムレータ〕

ラインフィルタの胴は炭素鋼、タービンバイパス弁アキュムレータ、EHC用アキュムレータの胴は炭素鋼、弁はステンレス鋼、炭素鋼または铸铁であり、ラインフィルタ、アキュムレータ、弁の外面については防食塗装を施している。また防食塗装の状態は目視確認で確認し、必要に応じて補修を実施することとしており、腐食発生の可能性は小さいと考える。

タービンバイパス弁アキュムレータおよびEHC用アキュムレータのピストンはアルミニウム合金またはアルミニウム合金鋳物であり、一般的に耐食性を有していることから、腐食発生の可能性は小さい。内面については、内部流体が油であり、腐食発生の可能性は小さい。

また、これまでの点検結果から有意な腐食は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. スプリングのへたり〔サーボ弁・シャットオフ弁、機械式トリップ弁、リレートリップ弁〕

スプリングは常時応力がかかった状態で使用されるため、へたりが想定される。

しかし、スプリング使用時のねじり応力は許容ねじり応力以下になるように設定されて

おり、スプリングの材料に対する推奨最高使用温度よりも実施の使用温度は低いことから、へたりの進行の可能性は小さいと考えられる。

また、へたりは分解点検時に目視確認および作動確認を実施していくことで検知可能であり、これまでの点検結果からも有意なへたりは認められていない。

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

j. 弁の摩耗〔機械式トリップ弁、リレートリップ弁〕

機械式トリップ弁、リレートリップ弁の摩耗については、常時制御油によって潤滑されており、急激な摩耗の可能性は小さい。また、定期的に分解点検を行い、健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。

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

k. 取付ボルトの腐食（全面腐食）〔制御油ポンプ〕

取付ボルトは低合金鋼であり腐食が想定されるが、大気接触部は防食塗装を施しており、必要に応じて補修を実施することとしていることから、腐食発生の可能性は小さい。また、定期的に目視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。

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

以下 1. ～q. の評価については「ポンプモータの技術評価書」の低圧ポンプモータと同一であることから、当該評価書を参照のこと。

1. ポンプモータ（低圧、交流、全閉）の主軸の摩耗

m. ポンプモータ（低圧、交流、全閉）の固定子コアおよび回転子コアの腐食（全面腐食）

n. ポンプモータ（低圧、交流、全閉）のフレーム、エンドブラケットおよび端子箱の腐食（全面腐食）

o. ポンプモータ（低圧、交流、全閉）の回転子棒および回転子エンドリングの疲労割れ

p. 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

q. ポンプモータ（低圧、交流、全閉）の取付ボルトの腐食（全面腐食）

〔1. ～q. : 制御油ポンプモータ〕

(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) 主タービンEHC装置に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	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		
装置機能の維持	制御油ポンプ	ケーシング		鋳鉄		△						*1:軸受(転がり) *2:高サイクル疲労割れ *3:主軸 *4:固定子コアおよび回転子コア *5:フレーム, エントブラケットおよび端子箱 *6:取付ボルト *7:回転子棒および回転子エントリング *8:固定子コイルおよび口出線・接続部品の絶縁特性低下 *9:鋳鉄 *10:スプリングのへたり *11:性能低下および絶縁特性低下
		主軸		低合金鋼	△		△*2					
		ピストン		低合金鋼	△							
		シリンダ		炭素鋼	△							
		軸受(転がり)	◎									
		軸継手		炭素鋼		△						
	ポンプモータ(低圧, 交流, 全閉)		◎*1	銅, 絶縁物他	△*3	△*4*5*6	△*2*3 △*7				○*8	
	油配管			ステンレス鋼			△*2					
	弁			ステンレス鋳鋼, 炭素鋼, 鋳鉄		△						
	サホ弁・シャットオフ弁	ピストン		ステンレス鋼, 低合金鋼								
		ケーシング		鋳鉄, アルミニウム合金		△*9						
		スプリング		ばね鋼							△*10	
		コイル		銅, 絶縁物							△*11	
		○リング	◎									

○：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) 主タービンEHC装置に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	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		
装置機能の維持	ラインフィルタ	胴		炭素鋼鋳鋼		△					*1:スプリングのへたり	
		Oリング	◎									
	タービンハイパス弁アキュムレータ	胴		炭素鋼		△						
		ピストン		アルミニウム合金鋳物		△						
	EHC用アキュムレータ	胴		炭素鋼		△						
		ピストン		アルミニウム合金		△						
保護機能の維持	機械式トリップ弁, リレートリップ弁	ケーシング		鋳鉄	△							
		スプリング		ばね鋼						△*1		
	ロックアウト弁, マスタートリップ弁		◎									
	Oリング		◎									
	電磁弁		◎									
機器の支持	制御油ポンプ	取付ボルト		低合金鋼		△						
	EHC制御油圧ユニット	基礎ボルト		炭素鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

## 2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

(1) ポンプモータ（低圧，交流，全閉）の固定子コイルおよび口出線・接続部品の絶縁特性低下〔制御油ポンプモータ〕

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

## 1.7 タービン潤滑油装置

[対象機器]

- ① 主タービン潤滑油装置

## 目 次

1. 対象機器	1. 7-1
2. 主タービン潤滑油装置の技術評価	1. 7-2
2.1 構造, 材料および使用条件	1. 7-2
2.2 経年劣化事象の抽出	1. 7-6
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目	1. 7-6
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出	1. 7-6
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. 7-8

## 1. 対象機器

島根2号炉で使用している主タービン潤滑油装置の仕様を表1-1に示す。

表1-1 主タービン潤滑油装置の仕様

名 称 (台数)	仕 様 (容量)	重要度*1	使 用 条 件		
			運転状態	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)
主タービン潤滑油装置 (1)	312m <sup>3</sup> /h (主油ポンプ容量)	高*2	連続	2.0	80

\*1：最上位の重要度を示す。

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



## 2. 主タービン潤滑油装置の技術評価

### 2.1 構造, 材料および使用条件

#### (1) 構造

主タービン潤滑油装置は, 潤滑油を所定の圧力に昇圧するための主油ポンプおよび潤滑油を各軸受に供給する油配管から構成されている。

主タービン潤滑油装置の系統図を図2. 1-1に, 構造図を図2. 1-2に示す。

#### (2) 材料および使用条件

主タービン潤滑油装置主要部位の使用材料を表2. 1-1に, 使用条件を表2. 1-2に示す。

No.	部 位
①	主油ポンプ

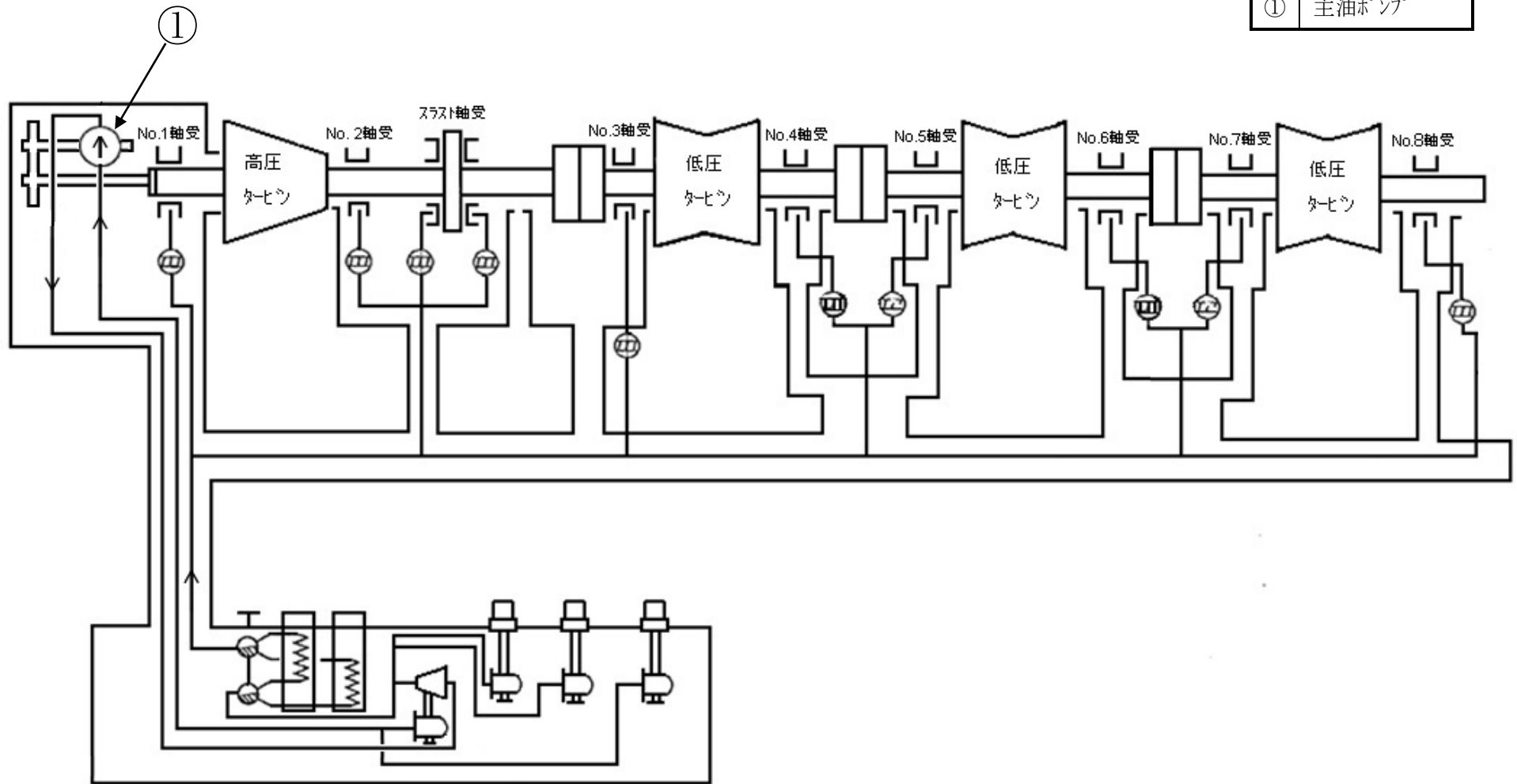
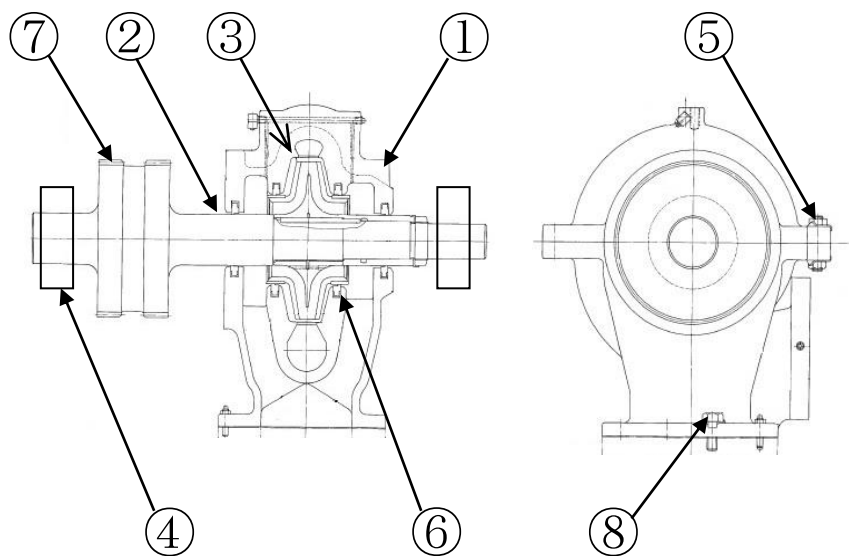


図2.1-1 主タービン潤滑油装置系統図



No.	部 位
①	ケーシング
②	主軸
③	羽根車
④	軸受 (すべり)
⑤	ケーシングボルト
⑥	シールリング
⑦	歯車
⑧	取付ボルト

図2.1-2 主油ポンプ構造図

表2.1-1 主タービン潤滑油装置主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料
装置機能の確保	ケーシング	鋳鉄 (FC20)
	主軸	低合金鋼 (SNCM439)
	羽根車	青銅鑄物 (BC-2)
	軸受 (すべり)	炭素鋼, ホイタル
	ケーシングボルト	炭素鋼 (S30CN)
	シールリング	青銅鑄物 (LBC3)
	歯車	低合金鋼 (SNCM439)
	油配管	炭素鋼
機器の支持	取付ボルト	炭素鋼 (S30CN)

表2.1-2 主タービン潤滑油装置の使用条件

最高使用圧力	2.0MPa
最高使用温度	80℃
内 部 流 体	油

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

主タービン潤滑油装置の機能を達成するため必要な項目は以下のとおり。

- ① 装置機能の確保
- ② 機器の支持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

#### (1) 想定される経年劣化事象

主タービン潤滑油装置について、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の材料、構造、使用条件（内部流体、圧力、温度等）およ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。

#### (2) 消耗品および定期取替品の扱い

主タービン潤滑油装置には、消耗品およ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 (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 (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. すべり軸受の摩耗・はく離〔主油ポンプ〕

ホワイトメタルを鑄込み溶着した軸受（すべり）を使用しており、摩耗・はく離が想定されるが、定期的に見視確認、浸透探傷試験および超音波探傷試験を実施し、健全性を確認しており、必要に応じて取替または補修を行っている。

したがって、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にくいことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

### b. ケーシングの腐食（全面腐食）〔主油ポンプ〕

ケーシングは鑄鉄であり腐食が想定されるが、内面については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。なお、定期的に見視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。

外面については、塗装により腐食を防止しており、腐食が発生する可能性は小さい。

また、定期的に見視確認を行い、塗装の状態を確認するとともに、必要に応じ補修塗装を実施することとしており、これまで有意な腐食は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. 主軸の摩耗〔主油ポンプ〕

主軸と軸受の接触面で摩耗が想定されるが、潤滑油により主軸と軸受の摩耗を防止しているため、摩耗が発生する可能性は小さい。

また、定期的に見視確認および寸法測定を行い、健全性を確認しており、これまで有意な摩耗は認められていない。

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

### d. 主軸および歯車の腐食（全面腐食）〔主油ポンプ〕

主油ポンプの主軸および歯車は低合金鋼であり、腐食が想定されるが、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、定期的に見視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。

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

### e. 主軸の高サイクル疲労割れ〔主油ポンプ〕

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ており、高サイクル疲労割れが発生する可能性は小さい。

また、定期的に目視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な割れは認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. 主軸のフレット疲労割れ

主軸と羽根車の嵌め合い部は、他プラントにおいてフレット疲労による割れ事象が発生しており、焼きばめにより取付けられているポンプにおいてはフレット疲労割れが想定されるが、当該ポンプの構造としてギアボックスを介して主タービンロータと主油ポンプロータが別軸のため、主タービン側から主油ポンプ側への振動、応力負荷伝達等の影響が回避されており、フレット疲労割れの発生する可能性は小さい。

また、定期的な目視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な割れは認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. 羽根車・シールリング間の摩耗〔主油ポンプ〕

シールリングは羽根車との摺動による摩耗が想定されるが、隙間管理を行うことにより接触を防止していることから、摩耗が発生する可能性は小さい。

また、定期的な羽根車とシールリングとの寸法測定を行い、健全性を確認しており、有意な摩耗が認められた場合にはシールリングの取替を行うこととしている。なお、これまで有意な摩耗は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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）〔主油ポンプ〕

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キャビテーションが発生する可能性は小さい。

また、定期的な目視確認を行い、健全性を確認しており、これまでキャビテーションによる有意な腐食は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. ケーシングボルトおよび取付ボルトの腐食（全面腐食）〔主油ポンプ〕

ケーシングボルトおよび取付ボルトは炭素鋼であり腐食が想定されるが、屋内空調環境にあり腐食が発生する可能性は小さい。

また、定期的な目視確認を行っており、これまで有意な腐食は認められていない。



したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. 歯車の摩耗〔主油ポンプ〕

主油ポンプの歯車は低合金鋼であり、歯面の摩耗が想定されるが、潤滑油環境下にあることから摩耗が発生する可能性は小さい。

また、定期的に目視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な摩耗は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. 油配管の腐食（全面腐食）

油配管は炭素鋼であり、腐食が想定されるが、内部流体が潤滑油であること、および外面は塗装により腐食を防止していることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、定期的に目視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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 主タービン潤滑油装置に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	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		
装置機能の確保	主油ポンプ	ケーシング		鋳鉄		△					*1：高サイクル疲労割れ *2：キャビテーション *3：はく離 *4：フレットイング疲労割れ	
		主軸		低合金鋼	△	△	△*1*4					
		羽根車		青銅鋳物	△	△*2						
		軸受（すべり）		炭素鋼, 銅合金	△					△*3		
		ケーシングボルト		炭素鋼		△						
		シールリング		青銅鋳物	△							
		歯車		低合金鋼	△	△						
	油配管		炭素鋼		△							
機器の支持	取付ボルト			炭素鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

## 2. 非常用系タービン設備

〔対象機器〕

- ① 原子炉隔離時冷却ポンプ駆動用蒸気タービンおよび附属装置
- ② 高圧原子炉代替注水ポンプ（駆動用蒸気タービン）および附属装置

## 目 次

1. 対象機器および代表機器の選定	2.1-1
1.1 グループ化の考え方および結果	2.1-1
1.2 代表機器の選定	2.1-1
2. 代表機器の技術評価	2.1-3
2.1 構造, 材料および使用条件	2.1-3
2.1.1 原子炉隔離時冷却ポンプ駆動用蒸気タービンおよび付属装置	2.1-3
2.2 経年劣化事象の抽出	2.1-19
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目	2.1-19
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出	2.1-19
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	2.1-21
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価	2.1-37
3. 代表機器以外への展開	2.1-38
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象	2.1-38
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	2.1-38

## 1. 対象機器および代表機器の選定

島根2号炉で使用している非常用系タービン設備の仕様を表1-1に示す。

これらのタービンを型式の観点からグループ化し、それぞれのグループより以下のとおり代表機器を選定した。

### 1.1 グループ化の考え方および結果

型式を分類基準とし、表1-1に示すとおり非常用系タービン設備をグループ化する。

### 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、最高使用温度、最高使用圧力および運転状態の観点から代表機器を選定するものとする。

#### (1) 非常用系タービン設備

このグループには原子炉隔離時冷却ポンプ駆動用蒸気タービンおよび付属装置、高圧原子炉代替注水ポンプ（駆動用蒸気タービン）および付属装置が属するが、重要度から原子炉隔離時冷却ポンプ駆動用蒸気タービンおよび付属装置を代表機器とする。

表1-1 非常用系タービン設備のグループ化と代表機器の選定

分類基準	名称 (基数)	選定基準					選定	選定理由
		仕様 (出力× 回転速度) *1	重要度*2	使用条件				
型式					運転状態	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (°C)	
非常用系 タービン設備	原子炉隔離時冷却ポンプ 駆動用蒸気 タービンおよび付属装置 (1)	550kW× 4,100rpm	MS-1, 重*3	一時	8.6	302	◎	重要度
	高圧原子炉代替注水ポンプ (駆動用 蒸気タービン) および付属装置 (1) *4		重*3	一時	8.6	302		

\*1：最大出力および最大回転速度を示す。

\*2：最上位の重要度を示す。

\*3：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器および構造物であることを示す。

\*4：新規に設置される機器

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

## 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タービンについて技術評価を実施する。

### ① 原子炉隔離時冷却ポンプ駆動用蒸気タービンおよび付属装置

#### 2.1 構造, 材料および使用条件

##### 2.1.1 原子炉隔離時冷却ポンプ駆動用蒸気タービンおよび付属装置

###### (1) 構造

原子炉隔離時冷却ポンプ駆動用蒸気タービンは、定格運転時最大出力550kW, 最大回転速度4,100rpmの背圧式蒸気タービンであり、1台設置している。

駆動蒸気は、主蒸気管より導かれ、蒸気加減弁を通してタービンに流入し、ケーシングを経て、サプレッションチェンバに排出される。

ケーシングは炭素鋼鋳鋼であり、円板、主軸は低合金鋼、翼はステンレス鋳鋼である。

円板、主軸および翼は、ケーシングボルトを緩め、ケーシングを取り外すことにより、点検手入れが可能である。

原子炉隔離時冷却ポンプ駆動用蒸気タービンの付属設備として、主塞止弁、非常調速装置、蒸気加減弁、調速・制御装置、グラント蒸気復水装置（バロメトリック復水器、真空タンク、真空ポンプ、復水ポンプ、セパレータ）および潤滑油装置（制御油ポンプ、油ポンプ、油冷却器、油タンク、オイルフィルタ）を設置している。

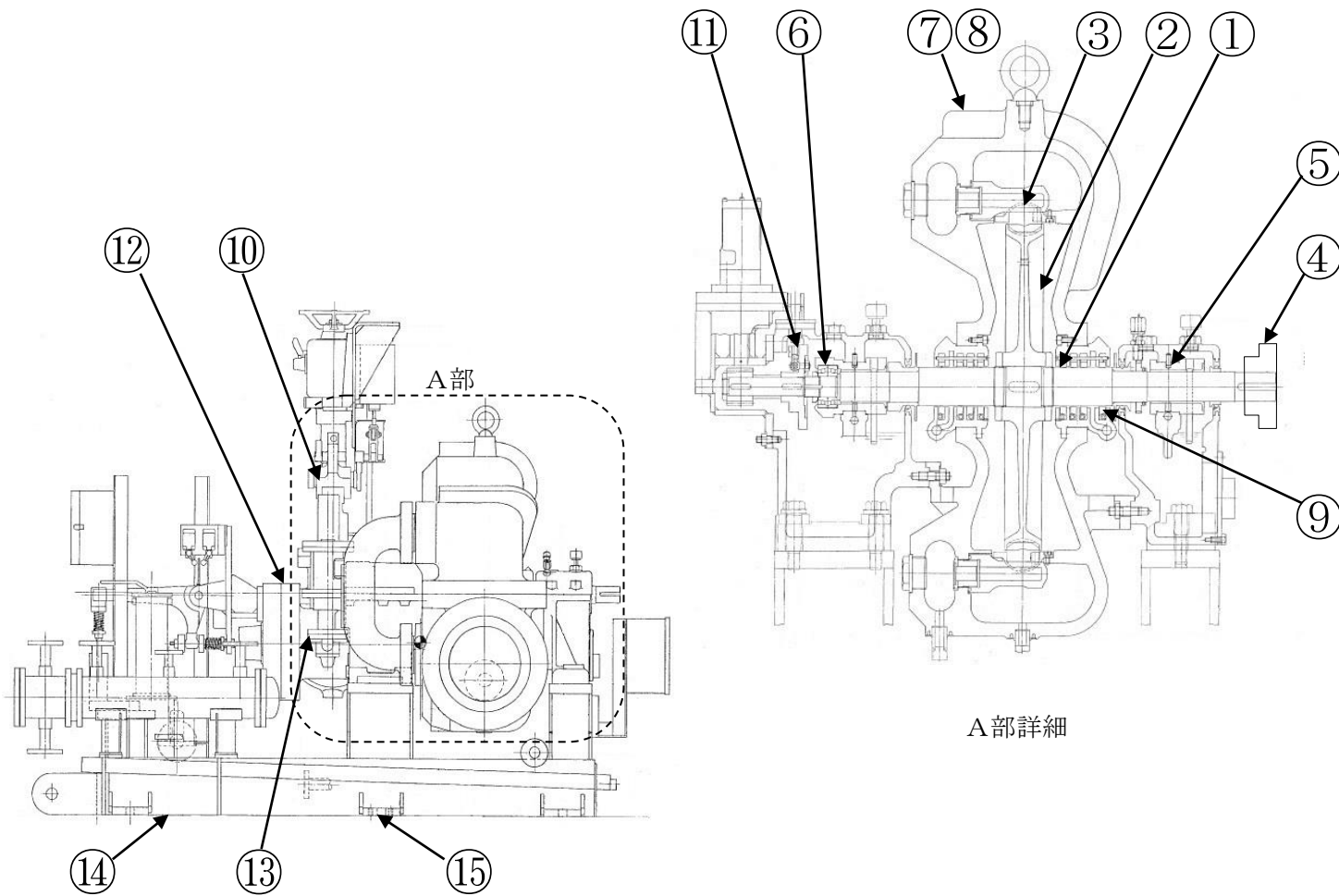
原子炉隔離時冷却ポンプ駆動用蒸気タービンおよび付属装置の全体系統図を図2.1-1に、各機器の構造図を図2.1-2～14に示す。

###### (2) 材料および使用条件

原子炉隔離時冷却ポンプ駆動用蒸気タービンおよび付属装置主要部位の使用材料を表2.1-1に、使用条件を表2.1-2に示す。







No.	部 位
①	主軸
②	円板
③	翼
④	軸継手
⑤	ジャーナル軸受
⑥	スラスト軸受
⑦	ケーシング
⑧	ケーシングボルト
⑨	カーボンパッキン
⑩	主塞止弁
⑪	非常调速装置
⑫	蒸気加減弁
⑬	调速・制御装置
⑭	ベースプレート
⑮	基礎ボルト

図2.1-2 原子炉隔離時冷却ポンプ駆動用蒸気タービンおよび付属装置構造図

No.	部 位
①	弁体（親弁）
②	弁体（子弁）
③	弁棒
④	弁箱
⑤	弁座
⑥	弁ふた
⑦	レバー
⑧	スプリング
⑨	ヨーク
⑩	ブッシュ
⑪	弁ふたボルト
⑫	電動弁用駆動部
⑬	トリップウエイト

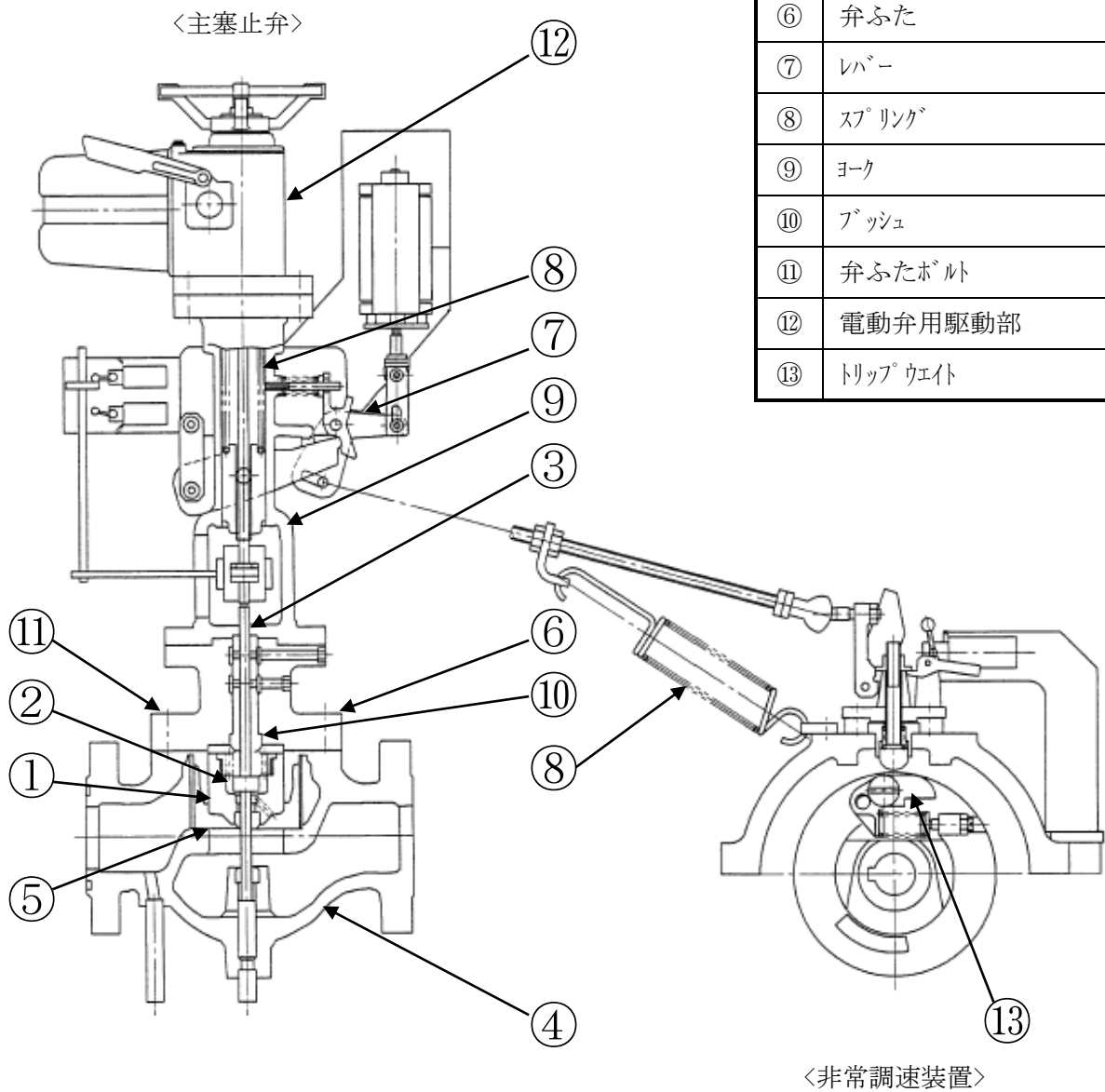
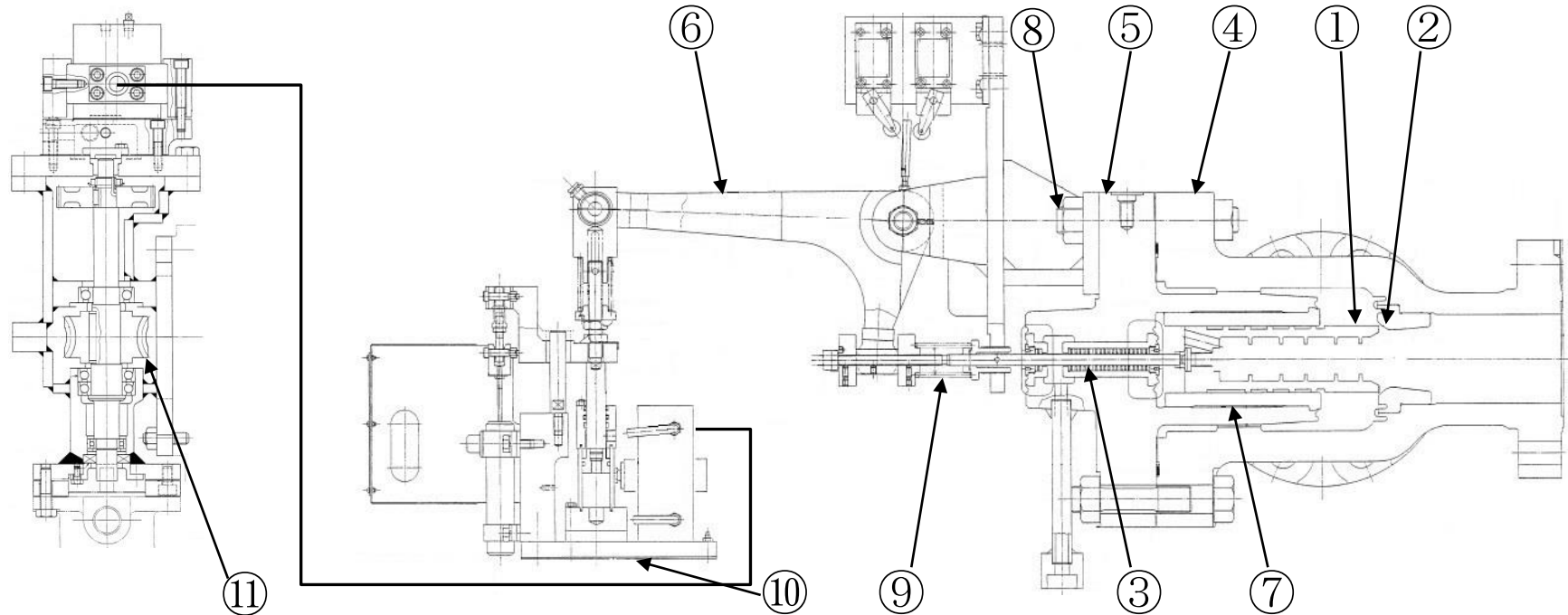


図2.1-3 原子炉隔離時冷却ポンプ駆動用蒸気タービン 主塞止弁および非常调速装置構造図



<调速・制御装置>

<蒸気加減弁>

No.	部 位	No.	部 位
①	弁体	⑦	ブッシュ
②	弁座	⑧	弁ふたボルト
③	弁棒	⑨	スプリング
④	弁箱	⑩	ガバナ
⑤	弁ふた	⑪	歯車
⑥	レバー		

図2.1-4 原子炉隔離時冷却ポンプ駆動用蒸気タービン 蒸気加減弁および调速・制御装置構造図

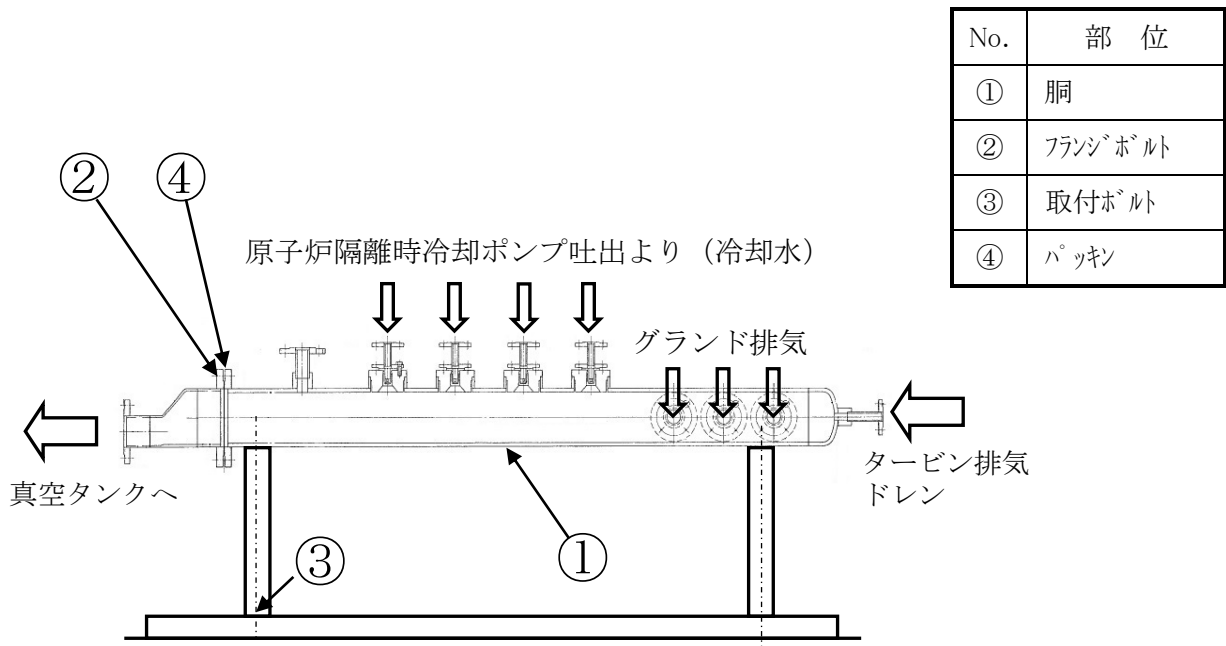


図2.1-5 原子炉隔離時冷却ポンプ駆動用蒸気タービン バロメトリック復水器構造図

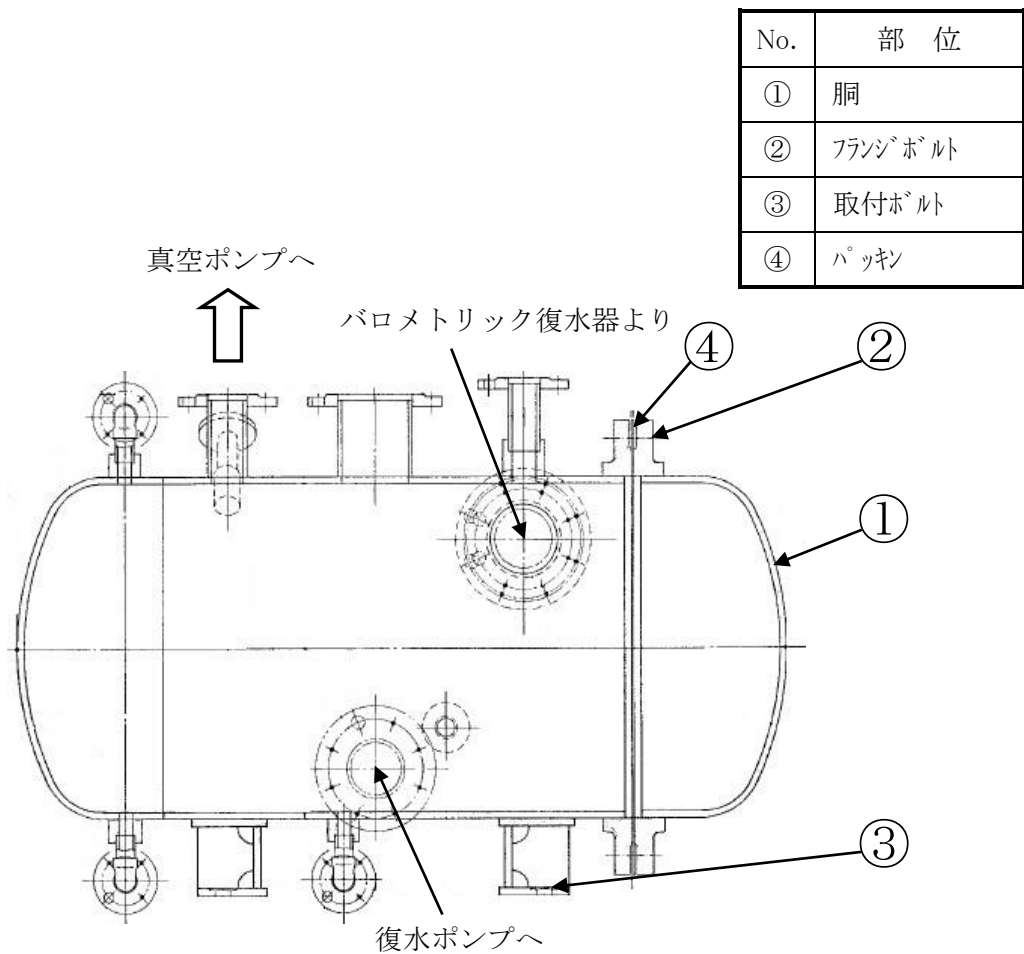
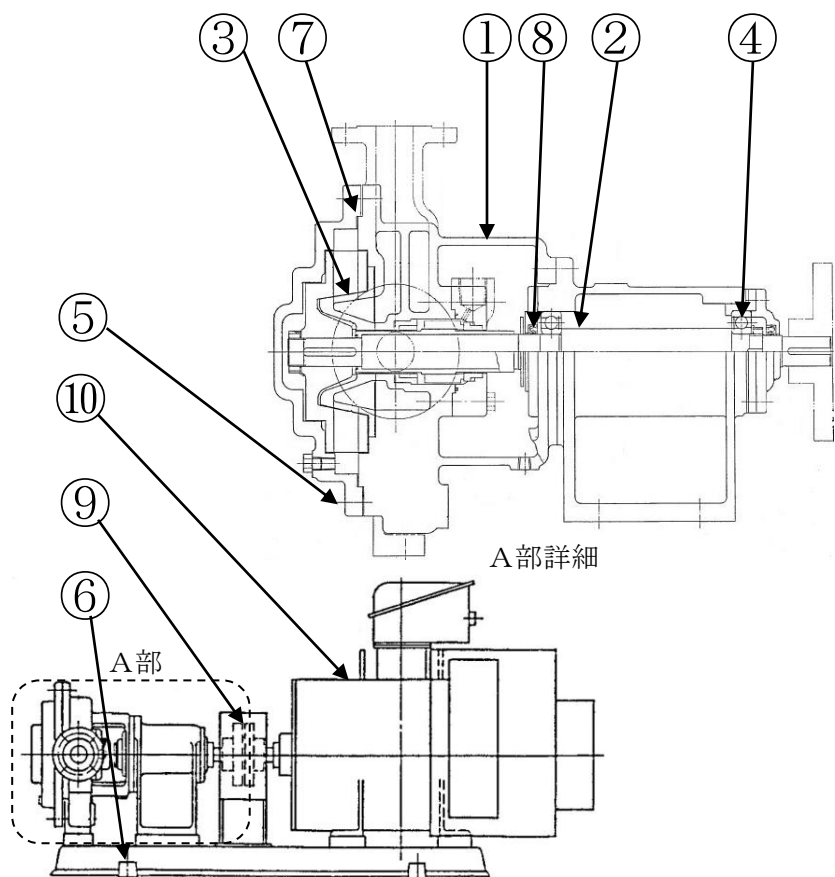
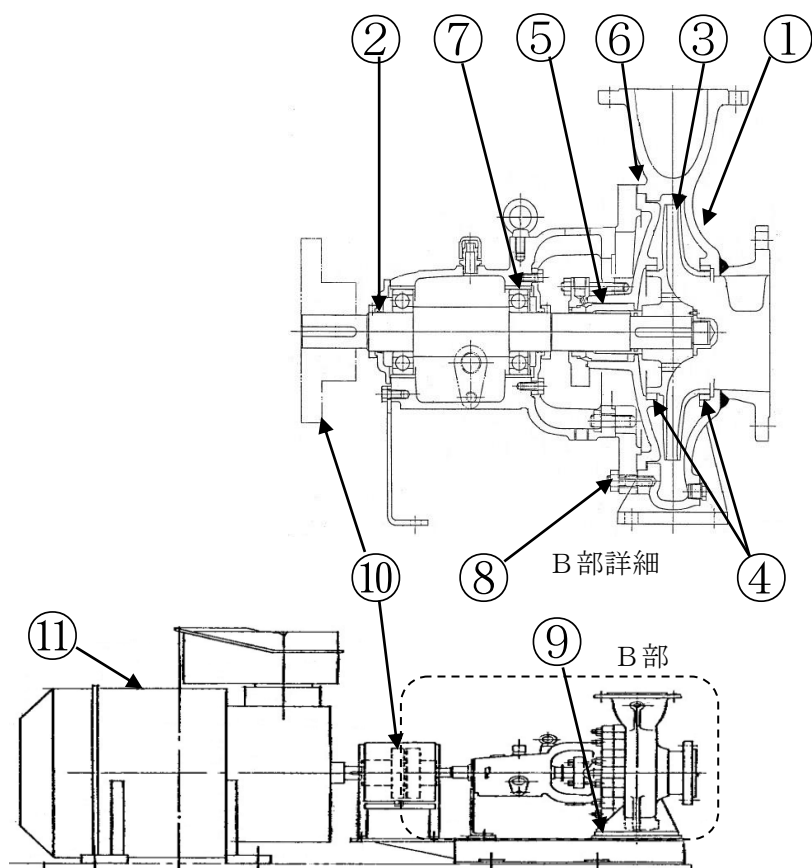


図2.1-6 原子炉隔離時冷却ポンプ駆動用蒸気タービン 真空タンク構造図



No.	部 位
①	ケーシング
②	主軸
③	羽根車
④	軸受 (転がり)
⑤	ケーシングボルト
⑥	取付ボルト
⑦	パッキン
⑧	オイルシール
⑨	軸継手
⑩	ポンプモータ

図2.1-7 原子炉隔離時冷却ポンプ駆動用蒸気タービン 真空ポンプ構造図



No.	部 位
①	ケーシング
②	主軸
③	羽根車
④	ライナーリング
⑤	メカニカルシール
⑥	ガスケット
⑦	軸受 (転がり)
⑧	ケーシングボルト
⑨	取付ボルト
⑩	軸継手
⑪	ポンプモータ

図2.1-8 原子炉隔離時冷却ポンプ駆動用蒸気タービン 復水ポンプ構造図

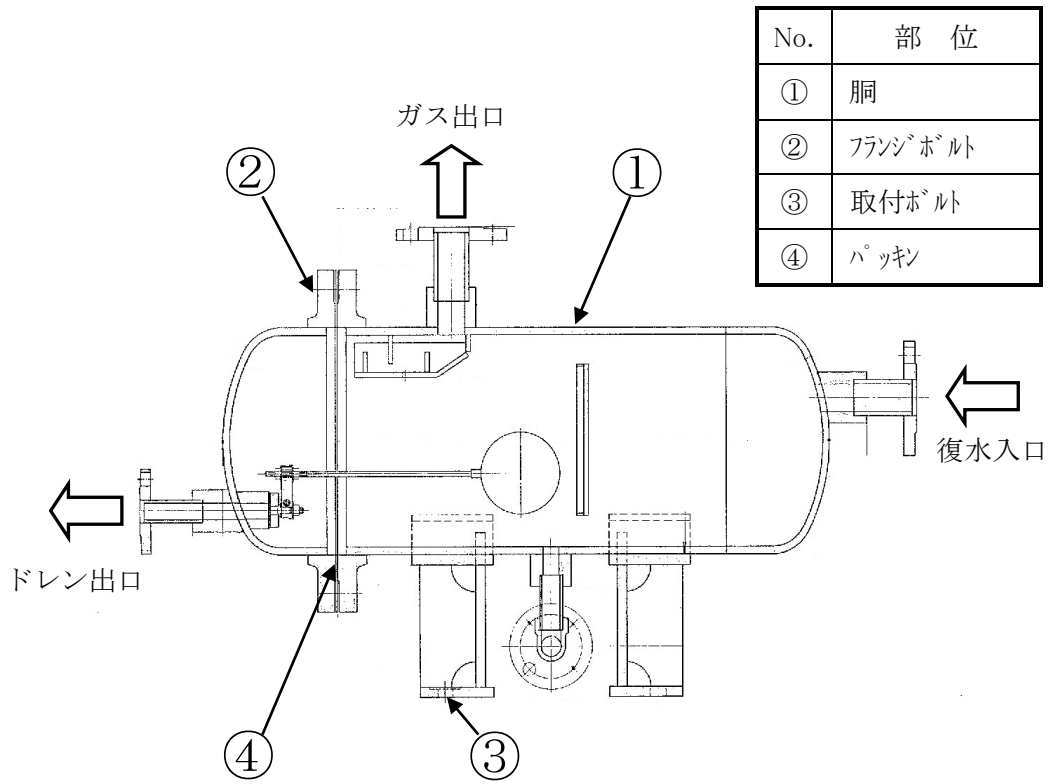


図2.1-9 原子炉隔離時冷却ポンプ駆動用蒸気タービン セパレータ構造図

No.	部 位
①	ケーシング
②	主軸
③	従軸
④	ケーシングボルト

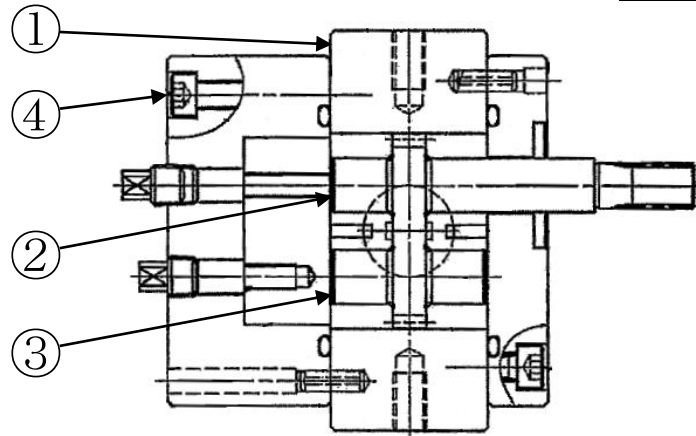


図2. 1-10 原子炉隔離時冷却ポンプ駆動用蒸気タービン 制御油ポンプ構造図

No.	部 位
①	ケーシング
②	主軸
③	ケーシングボルト

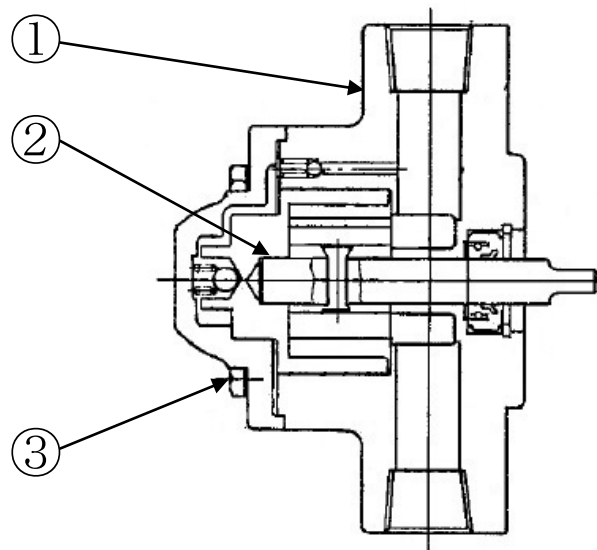
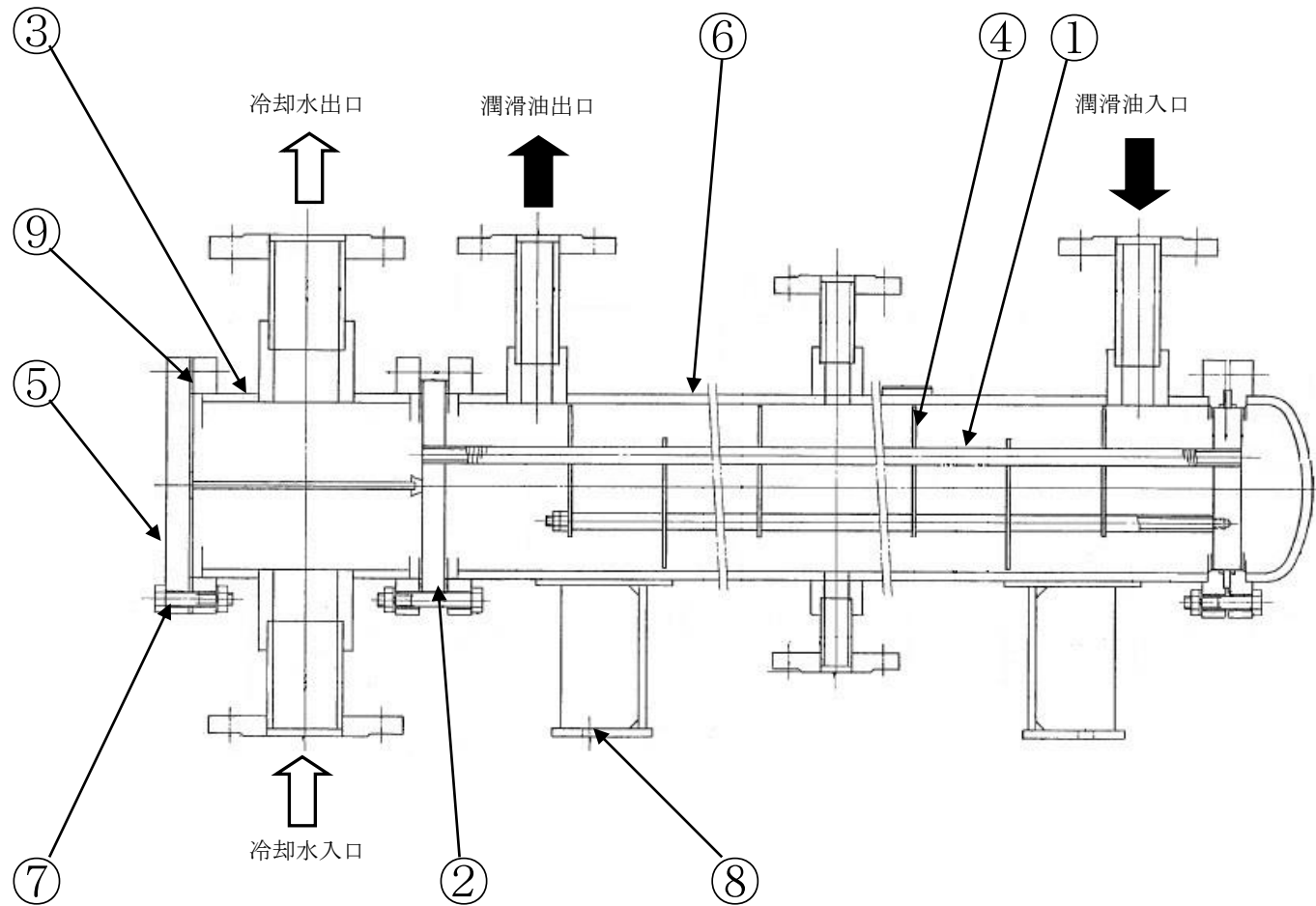


図2. 1-11 原子炉隔離時冷却ポンプ駆動用蒸気タービン 油ポンプ構造図



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

図2.1-12 原子炉隔離時冷却ポンプ駆動用蒸気タービン 油冷却器構造図



No.	部 位
①	胴
②	フランジボルト

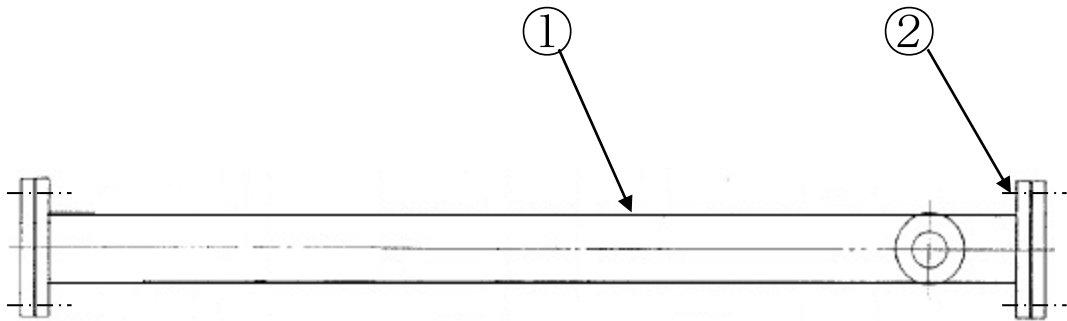


図2.1-13 原子炉隔離時冷却ポンプ駆動用蒸気タービン 油タンク構造図

No.	部 位
①	胴
②	フランジボルト

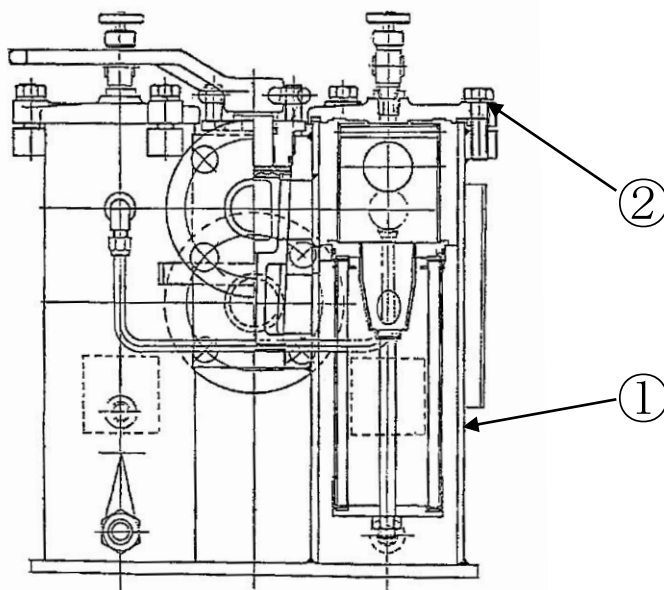


図2.1-14 原子炉隔離時冷却ポンプ駆動用蒸気タービン オイルフィルタ構造図

表2.1-1 (1/4) 原子炉隔離時冷却ポンプ駆動用蒸気タービンおよび付属装置主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位		材 料
タービン性能の確保	タービン	主軸	低合金鋼 (Ni-Cr-Mo-V鋼)
		円板	低合金鋼 (Ni-Cr-Mo-V鋼)
		翼	ステンレス鋳鋼 (SCS1)
		軸継手	低合金鋼 (SCM440H)
		ジャーナル軸受	炭素鋼 (SS41), ホイットメタル
		スラスト軸受	(消耗品)
ハウダリの維持		ケーシング	炭素鋼鋳鋼 (SCPH2)
		ケーシングボルト	低合金鋼 (Cr-Mo-V鋼)
		カーボンパッキン	(消耗品)
隔離機能の維持	主塞止弁	弁体 (親弁)	低合金鋼 (Cr-Mo鋼)
		弁体 (子弁)	低合金鋼 (Cr-Mo鋼)
		弁棒	低合金鋼 (Cr-Mo-W-V鋼)
		弁箱	炭素鋼鋳鋼 (SCPH)
		弁座	低合金鋼 (Cr-Mo鋼)
		弁ふた	炭素鋼鋳鋼 (SCPH)
		レバー	炭素鋼 (SM41A, SS41)
		スプリング	ばね鋼 (SWOSM-B)
		ヨーク	炭素鋼鋳鋼 (SC46)
		ブッシュ	低合金鋼 (Cr-Mo-W-V鋼)
		弁ふたボルト	低合金鋼 (Cr-Mo-V鋼)
		電動弁用駆動部	主軸：低合金鋼 整流子：銅合金 ステムナット・ギア：高力黄銅鋳物, 低合金鋼他 フレーム, エントブラケット：軟鋼, 鋳鉄 固定子コア, 回転子コア：珪素鋼, 軟鋼 取付ボルト：低合金鋼 回転子コイル, 固定子コイル, 口出線・接続部 品：銅, 絶縁物 トルクスイッチ, リミットスイッチ：(定期取替品) ブラシ, 軸受 (転がり)：(消耗品)
	非常调速装置	トリップウエイト	低合金鋼 (Ti-Al-V鋼)
スプリング		ばね鋼 (SWPA, SWPB)	

表2.1-1 (2/4) 原子炉隔離時冷却ポンプ駆動用蒸気タービンおよび付属装置主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料	
作動機能の維持	蒸気加減弁	弁体	ステンレス鋼 (SUS440C)
		弁座	ステンレス鋼 (SUS403)
		弁棒	ステンレス鋼 (SUS403)
		弁箱	炭素鋼鋳鋼 (SCPH2)
		弁ふた	炭素鋼鋳鋼 (SCPH2)
		レバー	炭素鋼 (SM400A)
		ブッシュ	ステンレス鋼 (SUS403)
		弁ふたボルト	低合金鋼 (Cr-Mo-V鋼)
		スプリング	ばね鋼 (SWP-B)
	調速・制御装置	ガバナ	—
		歯車	銅合金 (CAC502A)
	バロメトリック復水器	胴	炭素鋼 (STPT42)
		フランジボルト	炭素鋼 (S30C)
		取付ボルト	炭素鋼 (S30C)
		パッキン	(消耗品)
	真空タンク	胴	炭素鋼 (SB42)
		フランジボルト	炭素鋼 (S30C)
		取付ボルト	炭素鋼 (S30C)
		パッキン	(消耗品)

表2.1-1 (3/4) 原子炉隔離時冷却ポンプ駆動用蒸気タービンおよび付属装置主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位		材 料
作動機能の維持	真空ポンプ	ケーシング	ステンレス鋼 (SCS13)
		主軸	ステンレス鋼 (SUS420J2)
		羽根車	アルミニウム青銅鋳物 (A1BC)
		軸受 (転がり)	(消耗品)
		ケーシングボルト	ステンレス鋼 (SUS304)
		取付ボルト	炭素鋼 (SS400, S30C)
		パッキン	(消耗品)
		オイルシール	(消耗品)
		軸継手	炭素鋼 (FC200)
		ポンプモータ (低圧, 直流, 全閉)	主軸: 炭素鋼 (S25CN) 固定子コイルおよび口出線・接続部品: 銅, 絶縁物 軸受 (転がり): (消耗品)
	復水ポンプ	ケーシング	炭素鋼鋳鋼 (SC49)
		主軸	炭素鋼 (S35C)
		羽根車	ステンレス鋼 (SCS13)
		ライナーリング	鋳鉄 (FCD40)
		メカニカルシール	(消耗品)
		ガスケット	(消耗品)
		軸受 (転がり)	(消耗品)
		ケーシングボルト	ステンレス鋼 (SUS403)
		取付ボルト	炭素鋼 (SS400)
		軸継手	鋳鉄 (FC20)
		ポンプモータ (低圧, 直流, 全閉)	主軸: 炭素鋼 (S25CN) 固定子コイルおよび口出線・接続部品: 銅, 絶縁物 軸受 (転がり): (消耗品)
	セパレータ	胴	炭素鋼 (STPT42)
		フランジボルト	炭素鋼 (S30C)
		取付ボルト	炭素鋼 (S30C)
		パッキン	(消耗品)

表2.1-1 (4/4) 原子炉隔離時冷却ポンプ駆動用蒸気タービンおよび付属装置主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	部 位	材 料	
作動機能の維持	制御油ポンプ	ケーシング	炭素鋼 (S45C)
		主軸	低合金鋼 (SACM645)
		従軸	低合金鋼 (SACM645)
		ケーシングボルト	低合金鋼 (SCM435)
	油ポンプ	ケーシング	鋳鉄 (FC25)
		主軸	低合金鋼 (SCM435)
		ケーシングボルト	炭素鋼 (S45C)
	油冷却器	伝熱管	銅合金 (C7060T)
		管板	銅合金 (C4621P)
		水室	炭素鋼 (S25C, STPG38S, SB42)
		管支持板	炭素鋼 (SPCC)
		水室蓋	炭素鋼 (S25C)
		胴	炭素鋼 (S25C, STPG38S)
		フランジボルト	炭素鋼 (S45C)
		取付ボルト	炭素鋼
		ガasket	(消耗品)
		油タンク	胴
	フランジボルト		炭素鋼 (S30C)
	オイルフィルタ	胴	炭素鋼 (SS41, STPG38)
		フランジボルト	炭素鋼 (SS41)
	油系配管		炭素鋼 (STPT42), ステンレス鋼 (SUS304)
	油系弁		炭素鋼
	復水系配管		炭素鋼 (STPT42)
復水系弁		炭素鋼	
グラント蒸気系配管		炭素鋼 (STPT42)	
グラント蒸気系弁		炭素鋼	
機器の支持	ベースプレート	炭素鋼	
	支持鋼材	炭素鋼 (SS400)	
	基礎ボルト	低合金鋼 (SCM435)	

表2.1-2 原子炉隔離時冷却ポンプ駆動用蒸気タービンおよび附属装置の使用条件

タービン	運転圧力	0.63～8.1MPa
	運転温度	166～296℃
	回転速度	1,780～4,100rpm
	内部流体	蒸気
ポンプ・モータ		通常運転時
	設置場所	屋内（原子炉格納容器外）
	周囲温度	40℃以下
	放射線 10 <sup>-4</sup> Gy/h以下	2.7×10 <sup>-4</sup> Gy/h以下
	周囲圧力	大気圧

## 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

原子炉隔離時冷却ポンプ駆動用蒸気タービンおよび付属装置の機能であるポンプ駆動機能の達成に必要な項目は以下のとおり。

- ① タービン性能の確保
- ② バウンダリの維持
- ③ 隔離機能の維持
- ④ 作動機能の維持
- ⑤ 機器の支持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

#### (1) 想定される経年劣化事象

原子炉隔離時冷却ポンプ駆動用蒸気タービンおよび付属装置について、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の材料、構造、使用条件（流体の種類、圧力、温度等）およ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、消耗品および定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品および定期取替品の扱い

パッキン、カーボンパッキン、ガスケット、軸受（転がり）、スラスト軸受、オイルシール、メカニカルシール、電動弁用駆動部およびポンプモータのうち軸受（転がり）およびブラシは消耗品であり、電動弁用駆動部のうちリミットスイッチ、トルクスイッチは定期取替品である。いずれも、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 (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 (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は以下の事象が抽出された (表2.2-1で○)。

- a. 電動弁用駆動部の回転子コイル, 固定子コイルおよび口出線・接続部品の絶縁特性低下 [主塞止弁]
- b. ポンプモータ (低圧, 直流, 全閉) の回転子コイル, 固定子コイルおよび口出線・接続部品の絶縁特性低下 [真空ポンプモータ, 復水ポンプモータ]



## 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. ジャーナル軸受の摩耗・はく離〔原子炉隔離時冷却ポンプ駆動用蒸気タービン〕

ジャーナル軸受はホワイトメタルを鑄込み密着したすべり軸受を使用しており、摩耗・はく離が想定されるが、定期的に見視確認または浸透探傷試験を実施し、健全性を確認している。

さらに、摩耗およびはく離は、運転時間や主軸の回転数等により影響されるが、運転頻度が定期事業者検査毎の試運転および定期的なサーベランス試験（1ヶ月に1回、約30分程度）と少なく、試運転およびサーベランス試験中はほぼ一定で運転している。

したがって、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にくいことから、高経年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. 電動弁用駆動部の主軸およびステムナット・ギアの摩耗〔主塞止弁〕

電動弁用駆動部の主軸およびステムナット・ギアの摩耗については、「弁の技術評価書」のうち「12. 電動弁用駆動部」にて評価を実施するものとし、本評価書には含めていない。

### c. ポンプモータの主軸の摩耗〔真空ポンプモータ、復水ポンプモータ〕

ポンプモータの主軸の摩耗については、「ポンプモータの技術評価書」のうち「2. 低圧ポンプモータ」にて評価を実施するものとし、本評価書には含めていない。

### d. 基礎ボルトの腐食（全面腐食）〔原子炉隔離時冷却ポンプ駆動用蒸気タービン〕

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。

### e. 主軸の摩耗〔原子炉隔離時冷却ポンプ駆動用蒸気タービン、真空ポンプ、復水ポンプ、制御油ポンプ、油ポンプ〕

軸受（転がり）を使用している原子炉隔離時冷却ポンプ駆動用蒸気タービン、真空ポンプおよび復水ポンプの主軸については、軸受と主軸の接触面において摩耗が想定されるが、軸受部は寸法測定を行い、適切に組立てを行うこととしており、主軸の回転による摩耗が発生する可能性は小さい。

制御油ポンプおよび油ポンプの主軸については、ポンプ内部流体は油であることから、主軸の摩耗が発生する可能性は小さい。

また、定期的に見視確認または寸法測定を行い、健全性を確認しており、これまで主軸の回転による有意な摩耗は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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，円板，翼およびケーシングの腐食（流れ加速型腐食）（全面腐食）〔原子炉隔離時冷却ポンプ駆動用蒸気タービン〕

主軸および円板は低合金鋼，翼はステンレス鋳鋼，ケーシングは炭素鋼鋳鋼であり，内部流体が蒸気であるため，流れ加速型腐食が想定されるが，運転頻度が定期事業者検査毎の試運転および定期的なサーベランス試験（1ヶ月に1回，約30分程度）と少なく，流れ加速型腐食が発生する可能性は小さい。なお，定期的に目視確認を行い，健全性を確認しており，これまで有意な腐食は認められていない。

また，通常待機状態では主軸，円板およびケーシングは全面腐食が想定されるが，定期的に目視確認を行い，健全性を確認しており，これまで有意な腐食は認められていない。

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

- g. 主軸の高サイクル疲労割れ〔原子炉隔離時冷却ポンプ駆動用蒸気タービン，真空ポンプ，復水ポンプ，制御油ポンプ，油ポンプ〕

主軸は運転時，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，設計段階において疲労割れが発生しないよう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。

また，定期的に目視確認および浸透探傷試験を行い，健全性を確認しており，これまで有意な欠陥は認められていない。

したがって，今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから，高経年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. ケーシングボルト，フランジボルト，取付ボルトおよび弁ふたボルトの腐食（全面腐食）〔原子炉隔離時冷却ポンプ駆動用蒸気タービン，主塞止弁，蒸気加減弁，バロメトリック復水器，真空タンク，真空ポンプ，復水ポンプ，セパレータ，制御油ポンプ，油ポンプ，油冷却器，油タンク，オイルフィルタ〕

ケーシングボルト，フランジボルト，取付ボルトおよび弁ふたボルトは，炭素鋼または低合金鋼であり，腐食が想定されるが，定期的に目視確認を行い，健全性を確認しており，必要に応じて取り替えることとしている。なお，これまで有意な腐食は認められていない。

したがって，今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから，高経年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. 軸継手の摩耗〔原子炉隔離時冷却ポンプ駆動用蒸気タービン〕

軸継手は運転時に動力を伝える部品であるため，長期使用において摩耗が想定されるが，原子炉隔離時冷却ポンプ駆動用蒸気タービン軸継手は潤滑油により潤滑されているため，摩耗が発生する可能性は小さい。

また，定期的に目視確認を行い，健全性を確認しており，これまで有意な摩耗は認められていない。

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

j. 弁箱および弁ふたの腐食（流れ加速型腐食）（全面腐食）〔主塞止弁，蒸気加減弁〕

主塞止弁，蒸気加減弁の弁箱および弁ふたは炭素鋼鋳鋼であり，内部流体が蒸気であるため，流れ加速型腐食による減肉が想定されるが，運転頻度が定期事業者検査毎の試運転および定期的なサーバランス試験（1ヶ月に1回，約30分程度）と少なく，流れ加速型腐食による減肉が発生する可能性は小さい。なお，定期的に目視確認を行い，健全性を確認しており，これまで流れ加速型腐食による有意な減肉は認められていない。

また，通常は待機状態であるため，弁箱および弁ふたの内面については腐食（全面腐食）が想定されるが，定期的に目視確認を行い，健全性を確認しており，これまで有意な腐食は認められていない。

弁箱および弁ふたの外面については，塗装により腐食を防止しており，腐食が発生する可能性は小さい。定期的に目視確認を行い，塗装の状態を確認するとともに，必要に応じ補修塗装を実施することとしており，これまで有意な腐食は認められていない。

したがって，今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから，高経年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. 弁体の腐食（全面腐食）〔主塞止弁〕

主塞止弁の弁体は低合金鋼であり，内部流体が蒸気であること，および通常は待機状態であることから，腐食が想定されるが，定期的に目視確認を行い，健全性を確認しており，これまで有意な腐食は認められていない。

したがって，今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから，高経年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. レバーおよびヨークの腐食（全面腐食）〔主塞止弁，蒸気加減弁〕

主塞止弁および蒸気加減弁のレバーは炭素鋼，主塞止弁のヨークは炭素鋼鋳鋼であることから，腐食が想定されるが，塗装により腐食を防止しているため，腐食が発生する可能性は小さい。また，定期的に目視確認を行い，塗装の状態を確認するとともに，必要に応じて補修塗装を実施しており，これまで有意な腐食は認められていない。

したがって，今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから，高経年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. 弁体および弁座シート部の腐食（流れ加速型腐食）〔主塞止弁，蒸気加減弁〕

主塞止弁の弁体および弁座は低合金鋼，蒸気加減弁の弁体および弁座はステンレス鋼であり，運転時の蒸気の流量調整に伴い，弁体および弁座シート部に流れ加速型腐食が想定されるが，運転頻度が定期事業者検査毎の試運転および定期的なサーバランス試験（1ヶ月に1回，約30分程度）と少なく，主塞止弁については流量調整を行わず，通常全閉または全開で使用されていることから，弁体および弁座シート部に流れ加速型腐食が発生する可能性は小さい。

また，定期的に目視確認を行い，健全性を確認しており，これまで流れ加速型腐食による有意な減肉は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. 弁棒およびブッシュの摩耗〔主塞止弁、蒸気加減弁〕

主塞止弁の弁棒およびブッシュは低合金鋼、蒸気加減弁の弁棒およびブッシュはステンレス鋼であり、弁棒とブッシュとの摺動部に摩耗が想定されるが、弁棒はブッシュと適切に隙間管理を行っていることから、摩耗が発生する可能性は小さい。

また、定期的に目視確認および寸法測定を行い、健全性を確認しており、これまで有意な摩耗は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. 弁棒の疲労割れ〔主塞止弁、蒸気加減弁〕

弁棒の段付部等は疲労割れが想定されるが、角部を滑らかにし、応力集中がかからないような構造とすることで、発生応力の低減を図っているため、疲労割れが発生する可能性は小さい。

また、弁の全開使用時に、弁棒のバックシート部に過負荷がかかった状態で配管振動等による変動応力が加わると、バックシート部に疲労割れが想定されるが、弁全開時であってもバックシートで荷重を受けるような構造ではないことから、応力集中は発生しない。

さらに、これまで段付部等応力集中の想定される部位を中心に浸透探傷試験を実施しているが、有意な割れは認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. 弁棒の応力腐食割れ〔主塞止弁、蒸気加減弁〕

主塞止弁の弁棒には低合金鋼、蒸気加減弁の弁棒にはステンレス鋼が使用されており、蒸気環境下にあることから応力腐食割れが想定されるが、溶接部等の熱影響部がないことから、応力腐食割れが発生する可能性は小さい。

また、定期的に目視確認および浸透探傷試験を行い、健全性を確認しており、これまで応力腐食割れは認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. レバーの摩耗〔主塞止弁、蒸気加減弁〕

主塞止弁および蒸気加減弁のレバーは摩耗が想定されるが、定期的に目視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な摩耗は認められていない。

したがって、今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから、高経年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. スプリングのへたり〔主塞止弁，蒸気加減弁，非常調速装置〕

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，へたりが発生する可能性は小さい。

また，定期的に寸法測定，作動確認またはバネ力測定を行い，健全性を確認しており，これまで有意なへたりは認められていない。

したがって，今後もこれらの進展傾向が変化する要因があるとは考えにくいことから，高経年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. ガバナの摩耗〔調速・制御装置〕

調速・制御装置のガバナ摺動部は摩耗が想定されるが，常時油環境下において潤滑されていることから，摩耗の可能性は小さい。

また，定期的に目視確認を行い，健全性を確認しており，これまで有意な摩耗は認められていない。

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

t. 主軸，従軸および歯車の噛み合い部の摩耗〔制御油ポンプ，調速・制御装置〕

制御油ポンプの主軸および従軸，調速・制御装置の歯車の噛み合い部に摩耗が想定されるが，ポンプ内部流体は油であること，また調速・制御装置歯車には油が供給されており，歯面が常時潤滑されていることから，摩耗が発生する可能性は小さい。

また，定期的に目視確認を行い，健全性を確認しており，異常が見られた場合は補修を行っている。

したがって，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にくいことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

u. ポンプ羽根車の腐食（キャビテーション）〔復水ポンプ〕

ポンプ内部で羽根車の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化するものではない。

また，定期的に目視確認を行い，健全性を確認しており，これまで有意な腐食は認められていない。

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

v. 羽根車とライナーリング間の摩耗〔復水ポンプ〕

ライナー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，定期的に目視確認および寸法測定を行い，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、運転頻度が定期事業者検査毎の試運転および定期的なサーベランス試験（1ヶ月に1回、約30分程度）と少なく、試運転およびサーベランス試験中はほぼ一定で運転している。

したがって、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にくいことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

w. 伝熱管の摩耗および高サイクル疲労割れ〔油冷却器〕

管支持板の管穴に減肉が生じ、伝熱管の振動が大きくなった場合に伝熱管拘束点において伝熱管外表面から高サイクル疲労割れが想定されるが、胴側流体は油環境下であるため、管支持板の管穴が流れ加速型腐食により拡大し、伝熱管に振動が発生する可能性は小さい。

また、定期的に見視確認を行い、健全性を確認しており、これまで高サイクル疲労割れおよび有意な摩耗は認められていない。

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

x. ポンプ、タンク、配管および弁等の腐食（全面腐食）〔バロメトリック復水器、真空タンク、真空ポンプ、復水ポンプ、セパレータ、油冷却器、復水系配管・弁、グラウンド蒸気系配管・弁〕

バロメトリック復水器、真空タンクおよびセパレータの胴、真空ポンプの羽根車、軸継手、復水ポンプのケーシング、主軸、ライナーリング、軸継手、油冷却器の水室、水室蓋は、炭素鋼、炭素鋼鋳鋼、鋳鉄、銅合金またはアルミニウム青銅鋳物であり、接する流体が純水または蒸気であるため腐食が想定されるが、定期的に見視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。

復水系配管・弁、グラウンド蒸気系配管・弁は炭素鋼であり、内部流体が蒸気または純水であることから腐食が想定されるが、使用環境が同様の真空タンク、復水ポンプ、油冷却器の点検結果から考えて有意な腐食発生の可能性は小さい。

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

y. ポンプ、タンク、配管および弁等の腐食（全面腐食）〔制御油ポンプ、油ポンプ、油冷却器、油タンク、オイルフィルタ、油系配管・弁〕

制御油ポンプのケーシング、主軸および従軸、油ポンプのケーシングおよび主軸、油冷却器の伝熱管（油側）、管板（油側）、管支持板および胴、油タンクの胴、オイルフィルタの胴、油系配管・弁は炭素鋼、鋳鉄、低合金鋼または銅合金であり、腐食が想定されるが、内部流体が油であるため腐食が発生する可能性は小さい。なお、大気接触部については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している。

また、定期的に見視確認を行い、健全性を確認しており、これまで有意な腐食は認められていない。

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

z. ベースプレートおよび支持鋼材の腐食（全面腐食）〔原子炉隔離時冷却ポンプ駆動用蒸気タービン，バロメトリック復水器〕

原子炉隔離時冷却ポンプ駆動用蒸気タービンのベースプレートおよびバロメトリック復水器の支持鋼材は炭素鋼であり，腐食が想定されるが，大気接触部については，塗装により腐食を防止しており，腐食が発生する可能性は小さい。また，定期的に見視確認を行い，塗装の状態を確認するとともに，必要に応じ補修塗装を実施することとしている。

コンクリート埋設部については，コンクリートが中性化した場合に腐食が想定されるが，実機コンクリートにおけるサンプリング結果では中性化はほとんど見られておらず，腐食が発生する可能性は小さい。

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

aa. 翼の熱時効

翼はステンレス鋳鋼であり，使用温度が250℃以上であるため，熱時効による材料の靱性低下が想定されるが，き裂の原因となる経年劣化事象は想定されず，熱時効が問題となる可能性はないと評価する。

また，定期的に見視点検および浸透探傷試験により，健全性を確認しており，これまで有意な割れは認められていない。

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

ab. ポンプモータ（低圧，直流，全閉）の整流子の摩耗〔真空ポンプモータ，復水ポンプモータ〕

整流子はブラシとの接触面に摩耗が想定されるが，整流子材はブラシ材より硬質であり有意な摩耗が発生する可能性は小さい。また，屋内空調環境に設置されていることから塵埃により摩耗が発生する可能性も小さい。

また，屋内空調環境に設置されていることから，塵埃による摩耗の可能性も小さく，点検時に目視確認，ブラシ摩耗量測定および動作試験を行い，これまで有意な摩耗は認められていない。

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

以下，ac.～ag. 評価については「弁の技術評価書」の電動弁用駆動部と，ah.～ak. 評価については「ポンプモータの技術評価書」の低圧ポンプモータと同一であることから，当該評価書を参照のこと。

ac. 電動弁用駆動部の整流子の摩耗〔主塞止弁〕

ad. 電動弁用駆動部のフレームおよびエンドブラケットの腐食（全面腐食）〔主塞止弁〕

ae. 電動弁用駆動部の固定子コアおよび回転子コアの腐食（全面腐食）〔主塞止弁〕

af. 電動弁用駆動部の主軸の高サイクル疲労割れ〔主塞止弁〕

- ag. 電動弁用駆動部の取付ボルトの腐食（全面腐食）〔主塞止弁〕
- ah. ポンプモータ（低圧，直流，全閉）の固定子コアおよび回転子コアの腐食（全面腐食）  
〔真空ポンプモータ，復水ポンプモータ〕
- ai. ポンプモータ（低圧，直流，全閉）のフレーム，エンドブラケットおよび端子箱の腐食（全面腐食）〔真空ポンプモータ，復水ポンプモータ〕
- aj. ポンプモータ（低圧，直流，全閉）の主軸の高サイクル疲労割れ〔真空ポンプモータ，復水ポンプモータ〕
- ak. ポンプモータ（低圧，直流，全閉）の取付ボルトの腐食（全面腐食）〔真空ポンプモータ，復水ポンプモータ〕

(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 (1/8) 原子炉隔離時冷却ポンプ駆動用蒸気タービンおよび付属装置に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	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		
タービン性能の確保	タービン	主軸		低合金鋼	△	△△ <sup>*1</sup>	△ <sup>*2</sup>					*1：流れ加速型腐食 *2：高サイクル疲労割れ *3：はく離
		円板		低合金鋼		△△ <sup>*1</sup>						
		翼		ステンレス鋳鋼		△ <sup>*1</sup>			△			
		軸継手		低合金鋼	△							
		ジャーナル軸受		炭素鋼, ホワイトメタル	△						△ <sup>*3</sup>	
		スラスト軸受	◎	(消耗品)								
ハウダリの維持		ケーシング		炭素鋼鋳鋼		△△ <sup>*1</sup>						
		ケーシングボルト		低合金鋼		△						
		カーボンパッキン	◎	(消耗品)								

△：高経年化対策上着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 (2/8) 原子炉隔離時冷却ポンプ駆動用蒸気タービンおよび付属装置に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	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			
隔離機能の維持	主塞止弁	弁体 (親弁)		低合金鋼		△△*2						*1:トルクスイッチ, リミットスイッチ, 軸受 (転がり) およびブッシュ *2:流れ加速型腐食 *3:シート部流れ加速型腐食 *4:スプリングのへたり *5:主軸 *6:ステムナット・ギア *7:整流子 *8:フレーム, エントブラケット 固定子コアおよび回転子コア *9:取付ボルト *10:高サイクル疲労割れ *11:モータの回転子コイル, 固定子コイルおよび口出線・接続部品の絶縁特性低下	
		弁体 (子弁)		低合金鋼		△△*2							
		弁棒		低合金鋼	△			△	△				
		弁箱		炭素鋼鋳鋼		△△*2							
		弁座		低合金鋼		△*3							
		弁ふた		炭素鋼鋳鋼		△△*2							
		レバー		炭素鋼	△	△							
		スプリング		ばね鋼							△*4		
		ヨーク		炭素鋼鋳鋼		△							
		ブッシュ		低合金鋼	△								
		弁ふたボルト		低合金鋼		△							
	電動弁用駆動部	◎*1	銅, 絶縁物他	△*5*6 △*7	△*8*9	△*5*10				○*11			
	非常調速装置	トリップウェイト		低合金鋼									
スプリング			ばね鋼							△*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 (3/8) 原子炉隔離時冷却ポンプ駆動用蒸気タービンおよび付属装置に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	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		
作動機能の維持	蒸気加減弁	弁体		ステンレス鋼		△ <sup>*1</sup>						*1：流れ加速型腐食 *2：シート部流れ加速型腐食 *3：スプリングのへたり
		弁座		ステンレス鋼		△ <sup>*2</sup>						
		弁棒		ステンレス鋼	△		△	△				
		弁箱		炭素鋼鋳鋼		△△ <sup>*1</sup>						
		弁ふた		炭素鋼鋳鋼		△△ <sup>*1</sup>						
		レバー		炭素鋼	△	△						
		ブッシュ		ステンレス鋼	△							
		弁ふたボルト		低合金鋼		△						
		スプリング		ばね鋼							△ <sup>*3</sup>	
	調速・制御装置	ガバナ		—	△							
		歯車		銅合金	△							

△：高経年化対策上着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 (4/8) 原子炉隔離時冷却ポンプ駆動用蒸気タービンおよび付属装置に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	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		
作動機能の維持	バロメトリック復水器	胴		炭素鋼		△						
		フランジボルト		炭素鋼		△						
		取付ボルト		炭素鋼		△						
		パッキン	◎	—								
	真空タナ	胴		炭素鋼		△						
		フランジボルト		炭素鋼		△						
		取付ボルト		炭素鋼		△						
		パッキン	◎	—								

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-1 (5/8) 原子炉隔離時冷却ポンプ駆動用蒸気タービンおよび付属装置に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	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		
作動機能の維持	真空ポンプ	ケーシング	ステンレス鋼								*1：軸受(転がり), ブラシ *2：高サイクル疲労割れ *3：主軸 *4：整流子 *5：固定子コアおよび回転子コア *6：フレーム, エンドブラケットおよび端子箱 *7：取付ボルト *8：回転子コイル, 固定子コイルおよび口出線・接続部品の絶縁特性低下
		主軸	ステンレス鋼	△		△*2					
		羽根車	アルミニウム青銅 鋳物		△						
		軸受(転がり)	◎	—							
		ケーシングボルト		ステンレス鋼							
		取付ボルト		炭素鋼		△					
		パッキン	◎	—							
		オイルシール	◎	—							
		軸継手		炭素鋼		△					
		ポンプモータ	◎*1	銅, 絶縁物 他	△*3 △*4	△*5*6*7	△*2*3				

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象(日常劣化管理事象)

表2.2-1 (6/8) 原子炉隔離時冷却ポンプ駆動用蒸気タービンおよび付属装置に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	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		
作動機能の維持	復水ポンプ	ケーシング	炭素鋼鋳鋼		△						*1：軸受（転がり）、ブ ラン *2：高サイクル疲労割れ *3：キャビテーション *4：主軸 *5：整流子 *6：固定子コアおよび 回転子コア *7：フレーム、エンドブラケット および端子箱 *8：取付ボルト *9：回転子コイル、固定 子コイルおよび口出 線・接続部品の絶 縁特性低下
		主軸	炭素鋼	△	△	△*2					
		羽根車	ステンス鋳鋼	△	△*3						
		ライナーリング	鋳鉄	△	△						
		メカニカルシール	◎	—							
		ガスケット	◎	—							
		軸受（転がり）	◎	—							
		ケーシングボルト		ステンス鋼							
		取付ボルト		炭素鋼		△					
		軸継手		鋳鉄		△					
	ポンプモータ	◎*1	銅，絶縁物 他	△*4 △*5	△*6*7*8	△*2*4			○*9		
	セパレータ	胴		炭素鋼		△					
		フランジボルト		炭素鋼		△					
		取付ボルト		炭素鋼		△					
パッキン		◎	—								

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-1 (7/8) 原子炉隔離時冷却ポンプ駆動用蒸気タービンおよび付属装置に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	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		
作動機能の維持	制御油ポンプ	ケーシング		炭素鋼		△					*1：噛み合い部 *2：高サイクル疲労割れ	
		主軸		低合金鋼	△△ <sup>*1</sup>	△	△ <sup>*2</sup>					
		従軸		低合金鋼	△ <sup>*1</sup>	△						
		ケーシングホルト		低合金鋼		△						
	油ポンプ	ケーシング		鋳鉄		△						
		主軸		低合金鋼	△	△	△ <sup>*2</sup>					
		ケーシングホルト		炭素鋼		△						
	油冷却器	伝熱管		銅合金	△	△	△ <sup>*2</sup>					
		管板		銅合金		△						
		水室		炭素鋼		△						
		管支持板		炭素鋼		△						
		水室蓋		炭素鋼		△						
		胴		炭素鋼		△						
		フランジホルト		炭素鋼		△						
		取付ホルト		炭素鋼		△						
ガスケット	◎	—										

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-1 (8/8) 原子炉隔離時冷却ポンプ駆動用蒸気タービンおよび付属装置に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	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		
作動機能の維持	油タンク	胴		炭素鋼		△					*1：炭素鋼	
		フランジボルト		炭素鋼		△						
	オイルフィルタ	胴		炭素鋼		△						
		フランジボルト		炭素鋼		△						
	油系配管・弁			炭素鋼, ステンレス鋼		△*1						
	復水系配管・弁			炭素鋼		△						
	グラウト蒸気系配管・弁			炭素鋼		△						
機器の支持	タービン	ベースプレート		炭素鋼		△						
	バロメトリック復水器	支持鋼材		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）



## 2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

### (1) 電動弁用駆動部の回転子コイル, 固定子コイルおよび口出線・接続部品の絶縁特性低下〔主塞止弁〕

電動弁用駆動部の絶縁特性低下に対する「事象の説明」, 「技術評価」および「高経年化への対応」は, 電動弁用駆動部と同一であることから, 「弁の技術評価書」の電動弁用駆動部の回転子コイル, 固定子コイルおよび口出線・接続部品の絶縁特性低下を参照のこと。

### (2) ポンプモータ（低圧, 直流, 全閉）の回転子コイル, 固定子コイルおよび口出線・接続部品の絶縁特性低下〔真空ポンプモータ, 復水ポンプモータ〕

ポンプモータの絶縁特性低下に対する「事象の説明」, 「技術評価」および「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, また, 回転子コイルについては固定子コイルと同等であることから, 「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および口出線・接続部品の絶縁特性低下を参照のこと。

### 3. 代表機器以外への展開

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

#### ① 高圧原子炉代替注水ポンプ（駆動用蒸気タービン）および付属装置

##### 3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

###### a. 電動弁用駆動部の回転子コイル，固定子コイルおよび口出線・接続部品の絶縁特性低下 〔蒸気入口弁〕

代表機器と同様に，電動弁用駆動部の絶縁特性低下に対する「事象の説明」，「技術評価」および「高経年化への対応」は，電動弁用駆動部と同一であることから，「弁の技術評価書」の電動弁用駆動部の回転子コイル，固定子コイルおよび口出線・接続部品の絶縁特性低下を参照のこと。

##### 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. ジャーナル軸受の摩耗〔高圧原子炉代替注水ポンプ（駆動用蒸気タービン）〕

代表機器と同様に，ジャーナル軸受はカーボンを使用しており摩耗が想定されるが，定期的に目視確認を実施し，健全性を確認することとしている。

さらに，摩耗は運転時間や主軸の回転数等により影響されるが，運転頻度が定期事業者検査毎の試運転および定期的なサーベランス試験と少なく，試運転およびサーベランス試験中はほぼ一定で運転することとしている。

したがって，高経年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. 電動弁用駆動部の主軸およびステムナット・ギアの摩耗〔蒸気入口弁〕

代表機器と同様に，電動弁用駆動部の主軸およびステムナット・ギアの摩耗については，「弁の技術評価書」のうち「12. 電動弁用駆動部」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. 基礎ボルトの腐食（全面腐食）〔高圧原子炉代替注水ポンプ（駆動用蒸気タービン）〕

代表機器と同様に，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。

###### d. 主軸の摩耗〔高圧原子炉代替注水ポンプ（駆動用蒸気タービン）〕

すべり軸受けを使用している主軸については，冷却水が供給され主軸と軸受間に膜が形成されており，主軸の摩耗が発生する可能性は小さい。

また，定期的に目視確認および寸法測定を行い，健全性を確認することとしている。

したがって，高経年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，円板，翼およびケーシングの腐食（流れ加速型腐食）〔高圧原子炉代替注水ポンプ（駆動用蒸気タービン）〕

代表機器と同様に，主軸，円板および翼はステンレス鋼，ケーシングはステンレス鋳鋼であり，内部流体が蒸気であるため，流れ加速型腐食が想定されるが，運転頻度が定期事業者検査毎の試運転および定期的なサーベランス試験と少なく，流れ加速型腐食が発生する可能性は小さい。なお，定期的に目視確認を行い，健全性を確認することとしている。

したがって，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- f. 主軸の高サイクル疲労割れ〔高圧原子炉代替注水ポンプ（駆動用蒸気タービン）〕

代表機器と同様に，主軸は運転時，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，設計段階において疲労割れが発生しないよう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。

また，定期的に目視確認および浸透探傷試験を行い，健全性を確認することとしている。

したがって，高経年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. ケーシングボルトおよび取付ボルトの腐食（全面腐食）〔高圧原子炉代替注水ポンプ（駆動用蒸気タービン）〕

代表機器と同様に，ケーシングボルトおよび取付ボルトは，低合金鋼であり，腐食が想定されるが，定期的に目視確認を行い，健全性を確認することとしており，必要に応じて取り替えることとしている。

したがって，高経年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. 弁箱および弁ふたの腐食（流れ加速型腐食）（全面腐食）〔蒸気入口弁〕

代表機器と同様に，弁箱および弁ふたは炭素鋼鋳鋼であり，内部流体が蒸気であるため，流れ加速型腐食による減肉が想定されるが，運転頻度が定期事業者検査毎の試運転および定期的なサーベランス試験と少なく，流れ加速型腐食による減肉が発生する可能性は小さい。なお，定期的に目視確認を行い，健全性を確認することとしている。

また，通常は待機状態であるため，弁箱および弁ふたの内面については腐食（全面腐食）が想定されるが，定期的に目視確認を行い，健全性を確認することとしている。

弁箱および弁ふたの外面については，塗装により腐食を防止しており，腐食が発生する可能性は小さい。定期的に目視確認を行い，塗装の状態を確認するとともに，必要に応じ補修塗装を実施することとしている。

したがって，高経年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. 弁体の腐食（全面腐食）〔蒸気入口弁〕

代表機器と同様に，弁体は炭素鋼であり，内部流体が蒸気であること，および通常は待機状態であることから，腐食が想定されるが，定期的に目視確認を行い，健全性を確認することとしている。

したがって，高経年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. ヨークおよび弁ふたボルトの腐食（全面腐食）〔蒸気入口弁〕

代表機器と同様に、ヨークは炭素鋼鋳鋼、弁ふたボルトは低合金鋼であることから、腐食が想定されるが、塗装により腐食を防止しているため、腐食が発生する可能性は小さい。

また、定期的に見視確認を行い、塗装の状態を確認するとともに、必要に応じて補修塗装を実施することとしている。

したがって、高経年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. 弁体、弁棒および弁座シート部の腐食（流れ加速型腐食）〔蒸気入口弁〕

代表機器と同様に、弁体は炭素鋼、弁棒はステンレス鋼、弁座は炭素鋼鋳鋼であり、運転時の蒸気の流量調整に伴い、弁体、弁棒および弁座シート部に流れ加速型腐食が想定されるが、運転頻度が定期事業者検査毎の試運転および定期的なサーベランス試験と少なく、流量調整を行わず、通常全閉または全開で使用されていることから、弁体、弁棒および弁座シート部に流れ加速型腐食が発生する可能性は小さい。

また、定期的な目視確認を行い、健全性を確認することとしている。

したがって、高経年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. 弁棒の摩耗〔蒸気入口弁〕

代表機器と同様に、弁棒はステンレス鋼であり、ランドパッキンと摺動することから摩耗が想定されるが、弁棒はランドパッキンより硬いため、弁棒の摩耗が発生する可能性は小さい。

また、定期的に見視確認を行い、健全性を確認することとしている。

したがって、高経年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. 弁棒の疲労割れ〔蒸気入口弁〕

代表機器と同様に、弁の全開使用時に、弁棒のバックシート部に過負荷がかかった状態で配管振動等による変動応力が加わると、バックシート部に疲労割れが想定されるが、弁全開時であってもバックシートで荷重を受けるような構造ではないことから、応力集中は発生しない。また、弁棒の段付部等は角部を滑らかにし、応力集中がかからないような構造としており、発生応力の低減を図っている。

したがって、高経年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. 弁棒の応力腐食割れ〔蒸気入口弁〕

代表機器と同様に、弁棒にはステンレス鋼が使用されており応力腐食割れが想定されるが、溶接部等の熱影響部がないことから、応力腐食割れが発生する可能性は小さい。

また、定期的に見視確認および浸透探傷試験を行い、健全性を確認することとしている。

したがって、高経年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. ベースプレートの腐食（全面腐食）〔高圧原子炉代替注水ポンプ（駆動用蒸気タービン）〕

代表機器と同様に、高圧原子炉代替注水ポンプ（駆動用蒸気タービン）のベースプレー

トは炭素鋼であり、腐食が想定されるが、大気接触部については、塗装により腐食を防止しており、腐食が発生する可能性は小さい。また、定期的に見視確認を行い、塗装の状態を確認するとともに、必要に応じ補修塗装を実施することとしている。

コンクリート埋設部については、コンクリートが中性化した場合に腐食が想定されるが、実機コンクリートにおけるサンプリング結果では中性化はほとんど見られておらず、腐食が発生する可能性は小さい。

したがって、高経年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. スプリングのへたり〔調速・制御装置、非常調速装置〕

代表機器と同様に、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、使用環境における温度条件・放射線条件・振動条件・湿度条件を考慮した設計解析を実施し、裕度のある材料を選定していることから、へたりが発生する可能性は小さい。

また、定期的に見視確認または作動確認を行い、健全性を確認することとしている。

したがって、高経年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. ガバナの摩耗〔調速・制御装置〕

調速・制御装置のガバナ摺動部は摩耗が想定されるが、ピストン部と他の金属部が摺動しないよう、摺動部用のシール材を使用しており、ピストン部がシール材よりも硬いため、摩耗が発生する可能性は小さい。

また、定期的に見視確認および寸法測定を行い、健全性を確認することとしている。

したがって、高経年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. 偏心ピンおよびピストンの摩耗〔非常調速装置〕

非常調速装置の偏心ピンおよびピストンは摩耗が想定されるが、非常調速装置の作動回数は少ないことから、摩耗が発生する可能性は小さい。さらに、ピストン部と他の金属部が摺動しないよう、摺動部用のシール材を使用しており、ピストン部がシール材よりも硬いため、摩耗が発生する可能性は小さい。

また、定期的に見視確認、寸法測定または作動確認を行い、健全性を確認することとしている。

したがって、高経年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. ケーシングの熱時効

ケーシングはステンレス鋳鋼であり、使用温度が250℃以上であるため、熱時効による材料の靱性低下が想定されるが、き裂の原因となる経年劣化事象は想定されず、熱時効が問題となる可能性はないと評価する。

また、定期的に見視点検を行い、健全性を確認することとしている。

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

以下, t. ~x. 評価については「弁の技術評価書」の電動弁用駆動部と同一であることから, 当該評価書を参照のこと。

- t. 電動弁用駆動部の整流子の摩耗〔蒸気入口弁〕
- u. 電動弁用駆動部のフレームおよびエンドブラケットの腐食（全面腐食）〔蒸気入口弁〕
- v. 電動弁用駆動部の固定子コアおよび回転子コアの腐食（全面腐食）〔蒸気入口弁〕
- w. 電動弁用駆動部の主軸の高サイクル疲労割れ〔蒸気入口弁〕
- x. 電動弁用駆動部の取付ボルトの腐食（全面腐食）〔蒸気入口弁〕

- (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

# 島根原子力発電所2号炉

## コンクリートおよび鉄骨構造物の技術評価書

[運転を断続的に行うことを前提とした評価]

中国電力株式会社

本評価書は、島根原子力発電所2号炉（以下、「島根2号炉」という）で使用されている安全上重要な構造物（重要度分類審査指針におけるPS-1,2およびMS-1,2に該当する構造物または該当する機器・構造物を支持する構造物）、高温・高圧の環境下にあるPS-3, MS-3の機器を支持する構造物、常設重大事故等対処設備に該当する構造物または該当する機器・構造物を支持する構造物、ならびに浸水防護施設に属する構造物の高経年化に係わる技術評価についてまとめたものである。

評価対象構造物の一覧を表1に示す。

なお、本文中の単位の記載はSI単位系に基づくものとする。

表1 評価対象構造物一覧

名 称	重要度*1
原子炉建物（鉄筋コンクリート造，一部鉄骨鉄筋コンクリート造および鉄骨造）	PS-1, 重*4
タービン建物（鉄筋コンクリート造，一部鉄骨鉄筋コンクリート造および鉄骨造）	MS-1, 重*4
廃棄物処理建物（鉄筋コンクリート造）	MS-1, 重*4
制御室建物（鉄筋コンクリート造）	MS-1, 重*4
排気筒（制震装置付）（鉄骨造，一部鉄筋コンクリート造）	MS-1, 重*4
サイトバンカ建物（鉄筋コンクリート造）	高*2
補助ポンプ室（鉄骨造，一部鉄筋コンクリート造）	高*2
屋外配管ダクト（タービン建物～排気筒）（鉄筋コンクリート造）	MS-1, 重*4
取水槽（鉄筋コンクリート造）	MS-1, 重*4
防波壁（鉄筋コンクリート造）	設*3
防波壁通路防波扉（鉄骨造）	設*3
1号機取水槽流路縮小工（鉄骨造）	設*3
1号機取水槽北側壁（鉄筋コンクリート造）	設*3
取水槽除じん機エリア水密扉（鉄骨造）	設*3
水密扉（復水器エリア）（鉄骨造）	設*3
取水槽除じん機エリア防水壁（鉄骨造）	設*3
防水壁（復水器エリア）（鉄骨造）	設*3
屋外排水路逆止弁（鉄骨造）	設*3
漂流防止装置（係船柱）（鋳造）	設*3
漂流防止装置基礎（荷揚護岸）（鉄筋コンクリート造）	設*3
漂流防止装置基礎（多重鋼管杭）（鉄骨造）	設*3
屋外配管ダクト（タービン建物～放水槽）（鉄筋コンクリート造）	重*4
第1ベントフィルタ格納槽（鉄筋コンクリート造）	重*4
低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽（低圧原子炉代替注水槽含む）（鉄筋コンクリート造）	重*4
ガスタービン発電機建物（鉄骨鉄筋コンクリート造，一部鉄骨造）	重*4
ガスタービン発電機用軽油タンク基礎（鉄筋コンクリート造）	重*4



屋外配管ダクト（ガスタービン発電機用軽油タンク～ガスタービン発電機）（鉄筋コンクリート造）	重*4
屋外配管ダクト（B-デューセル燃料貯蔵タンク～原子炉建物）（鉄筋コンクリート造）	重*4
B-デューセル燃料貯蔵タンク格納槽（鉄筋コンクリート造）	重*4
緊急時対策所（緊急時対策所遮蔽含む）（鉄筋コンクリート造）	重*4
緊急時対策所用燃料地下タンク（鉄筋コンクリート造）	重*4

\*1：最上位の重要度を示す。

\*2：最高使用温度が 95℃を超え、または最高使用圧力が 1,900kPa 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 の機器を支える構造物を示す。

\*3：設計基準対象施設として評価対象とした機器および構造物を示す。

\*4：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器および構造物を示す。

## 11. コンクリートおよび鉄骨構造物

### [対象構造物]

- ① 原子炉建物
- ② タービン建物
- ③ 廃棄物処理建物
- ④ 制御室建物
- ⑤ 排気筒（制震装置付）
- ⑥ サイトバンカ建物
- ⑦ 補助ボイラ室
- ⑧ 屋外配管ダクト（タービン建物～排気筒）
- ⑨ 取水槽
- ⑩ 防波壁
- ⑪ 防波壁通路防波扉
- ⑫ 1号機取水槽流路縮小工
- ⑬ 1号機取水槽北側壁
- ⑭ 取水槽除じん機エリア水密扉
- ⑮ 水密扉（復水器エリア）
- ⑯ 取水槽除じん機エリア防水壁
- ⑰ 防水壁（復水器エリア）
- ⑱ 屋外排水路逆止弁
- ⑲ 漂流防止装置（係船柱）
- ⑳ 漂流防止装置基礎（荷揚護岸）
- ㉑ 漂流防止装置基礎（多重鋼管杭）
- ㉒ 屋外配管ダクト（タービン建物～放水槽）
- ㉓ 第1ベントフィルタ格納槽
- ㉔ 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽（低圧原子炉代替注水槽含む）
- ㉕ ガスタービン発電機建物
- ㉖ ガスタービン発電機用軽油タンク基礎
- ㉗ 屋外配管ダクト（ガスタービン発電機用軽油タンク～ガスタービン発電機）
- ㉘ 屋外配管ダクト（B-ディーゼル燃料貯蔵タンク～原子炉建物）
- ㉙ B-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽
- ㉚ 緊急時対策所（緊急時対策所遮蔽含む）
- ㉛ 緊急時対策所用燃料地下タンク

## 目 次

1. 対象構造物および代表構造物の選定 .....	11-1
1.1 対象構造物のグループ化 .....	11-1
1.2 代表構造物の選定 .....	11-1
2. 代表構造物の技術評価 .....	11-9
2.1 構造, 材料および使用条件 .....	11-9
2.2 経年劣化事象の抽出 .....	11-14
2.2.1 構造物の機能達成に必要な項目 .....	11-14
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出 .....	11-14
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 .....	11-16
2.2.4 評価対象部位および評価点の抽出 .....	11-18
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価 .....	11-21
2.3.1 コンクリートの強度低下 .....	11-21
2.3.2 コンクリートの遮へい能力低下 .....	11-34
3. 評価対象部位以外への展開 .....	11-35

## 1. 対象構造物および代表構造物の選定

島根 2 号炉で使用されているコンクリート構造物および鉄骨構造物のうち対象となる構造物を表 1-1 に示す。

これらの対象構造物を以下のとおりグループ化し、代表構造物を選定した。

### 1.1 対象構造物のグループ化

対象構造物は、材料によりコンクリート構造物と鉄骨構造物の 2 つのグループに分類される。

### 1.2 代表構造物の選定

表 1.2-1 に分類されるグループ毎に、使用条件などの観点から代表構造物を選定した。

#### (1) コンクリート構造物

- ① 原子炉建物
- ② タービン建物
- ③ 制御室建物
- ④ 1号機取水槽北側壁

#### (2) 鉄骨構造物

- ① 排気筒（制震装置付）
- ② 補助ボイラ室

表 1-1 (1/4) 対象構造物の選定

安全重要度分類審査指針等に定める要求機能	重要度	主要設備	主な対象構造物
原子炉冷却材圧力バウンダリ機能	PS-1	原子炉圧力容器 原子炉冷却材圧力バウンダリ配管 原子炉再循環ポンプ	原子炉建物 原子炉建物 原子炉建物
過剰反応度の印加防止機能	PS-1	制御棒	原子炉建物
炉心形状の維持機能	PS-1	炉心支持構造物 燃料集合体	原子炉建物 原子炉建物
原子炉の緊急停止機能	MS-1	制御棒 制御棒駆動系（スクラム機能）	原子炉建物 原子炉建物
未臨界維持機能	MS-1	制御棒 ほう酸水注入系	原子炉建物 原子炉建物
原子炉冷却材圧力バウンダリの過圧防止機能	MS-1	主蒸気逃し安全弁	原子炉建物
原子炉停止後の除熱機能	MS-1	残留熱除去系 原子炉隔離時冷却系 高圧炉心スプレイ系 主蒸気逃し安全弁	原子炉建物 原子炉建物 原子炉建物 原子炉建物
炉心冷却機能	MS-1	低圧炉心スプレイ系 高圧炉心スプレイ系 残留熱除去系（低圧注水モード） 主蒸気逃し安全弁	原子炉建物 原子炉建物 原子炉建物 原子炉建物
放射性物質の閉じ込め機能 放射線の遮へいおよび放出低減機能	MS-1	原子炉格納容器 原子炉格納容器隔離弁 残留熱除去系（格納容器冷却モード） 原子炉建物 非常用ガス処理系  可燃性ガス濃度制御系	原子炉建物 原子炉建物 原子炉建物 原子炉建物 原子炉建物、タービン建物、排気筒、 屋外配管ダクト（タービン建物～排気筒） 原子炉建物
工学的安全施設および原子炉停止系への作動 信号の発生機能	MS-1	原子炉保護系	廃棄物処理建物

表 1-1 (2/4) 対象構造物の選定

安全重要度分類審査指針等に定める要求機能	重要度	主要設備	主な対象構造物
安全上特に重要な関連機能	MS-1	非常用ディーゼル発電設備 中央制御室および中央制御室非常用再循環処理装置 原子炉補機冷却系および原子炉補機海水系 直流電源設備	原子炉建物 制御室建物, 廃棄物処理建物  原子炉建物, タービン建物, 取水槽 原子炉建物, 廃棄物処理建物
原子炉冷却材を内蔵する機能	PS-2	主蒸気系 原子炉浄化系	原子炉建物, タービン建物 原子炉建物
原子炉冷却材圧力バウンダリに直接接続されていないものであって, 放射線物質を貯蔵する機能	PS-2	活性炭式希ガスホルトアップ塔 燃料プール	廃棄物処理建物 原子炉建物
燃料を安全に取り扱う機能	PS-2	燃料取替設備	原子炉建物
安全弁および逃がし弁の吹き止まり機能	PS-2	主蒸気逃し安全弁	原子炉建物
燃料プール水の補給機能	MS-2	残留熱除去系	原子炉建物
放射性物質放出の防止機能	MS-2	気体廃棄物処理系の隔離弁 排気筒	タービン建物 排気筒
事故時のプラント状態の把握機能	MS-2	事故時監視計器	原子炉建物, 制御室建物
原子炉冷却材の循環機能	高*1	原子炉再循環系	原子炉建物
放射性物質の貯蔵機能	高*1	排ガス予熱器 排ガス復水器 排ガス再結合器 排ガス脱湿塔 濃縮廃液タンク 雑固体廃棄物焼却設備	タービン建物 タービン建物 タービン建物 廃棄物処理建物 廃棄物処理建物 サイトバンカ建物

\*1: 最高使用温度が 95℃ 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 の機器であることを示す。

表 1-1 (3/4) 対象構造物の選定

安全重要度分類審査指針等に定める要求機能	重要度	主要設備	主な対象構造物
電源供給機能（非常用を除く）	高*1	タービン設備系 タービンプラント蒸気系 補助蒸気系 抽気系 抽出空気系 復水系 給水系 タービンヒートレシベント系	タービン建物 タービン建物 タービン建物 タービン建物 タービン建物 タービン建物 タービン建物 原子炉建物, タービン建物 タービン建物
プラント運転補助機能	高*1	所内ボイラ設備（配管・弁） 計装用圧縮空気系	タービン建物, 補助ボイラ室 原子炉建物
原子炉圧力上昇の緩和機能	高*1	タービンバypass弁	タービン建物
原子炉冷却材の補給機能	高*1	制御棒駆動系	原子炉建物
津波防護施設	設*2	防波壁 防波壁通路防波扉 1号機取水槽流路縮小工	防波壁 防波壁通路防波扉 1号機取水槽流路縮小工, 1号機取水槽北側壁
浸水防止設備	設*2	水密扉  防水壁  屋外排水路逆止弁	取水槽除じん機エリア水密扉, 水密扉（復水器エリア） 取水槽除じん機エリア防水壁, 防水壁（復水器エリア） 屋外排水路逆止弁
漂流防止装置	設*2	漂流防止装置（係船柱）	漂流防止装置（係船柱）, 漂流防止装置基礎（荷揚護岸）, 漂流防止装置基礎（多重鋼管杭）

\*1: 最高使用温度が 95℃ 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 の機器であることを示す。

\*2: 設計基準対象施設として評価対象とした機器および構造物であることを示す。

表 1-1 (4/4) 対象構造物の選定

安全重要度分類審査指針等に定める要求機能	重要度	主要設備	主な対象構造物
常設重大事故等対処設備	重*3	高圧原子炉代替注水ポンプ 原子炉補機海水系  中央制御室外気取入調節弁 中央制御室待避室 第1ベントフィルタスクラハ容器 低圧原子炉代替注水槽	原子炉建物 タービン建物, 取水槽, 屋外配管ダクト (タービン建物～放水槽) 廃棄物処理建物 制御室建物 第1ベントフィルタ格納槽 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 (低圧原子炉代替注水槽含む)
常設重大事故等対処設備	重*1	高圧原子炉代替注水ポンプ 原子炉補機海水系  中央制御室外気取入調節弁 中央制御室待避室 第1ベントフィルタスクラハ容器 低圧原子炉代替注水槽  ガスタービン発電機用ガスタービン機関 ガスタービン発電機用ガスタービン機関付属設備  A-非常用ディーゼル発電設備  B-非常用ディーゼル発電設備  緊急時対策所 (緊急時対策所遮蔽含む) 緊急時対策所用燃料地下タンク 原子炉建物燃料取替階フロアアウトパネル	原子炉建物 タービン建物, 取水槽, 屋外配管ダクト (タービン建物～放水槽) 廃棄物処理建物 制御室建物 第1ベントフィルタ格納槽 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 (低圧原子炉代替注水槽含む) ガスタービン発電機建物 ガスタービン発電機用軽油タンク基礎, 屋外配管ダクト (ガスタービン発電機用軽油タンク～ガスタービン発電機) 原子炉建物, タービン建物, 屋外配管ダクト (タービン建物～排気筒), 排気筒の基礎 原子炉建物, 屋外配管ダクト (B-ディーゼル燃料貯蔵タンク～原子炉建物), B-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽 緊急時対策所 (緊急時対策所遮蔽含む) 緊急時対策所用燃料地下タンク 原子炉建物 (原子炉建物燃料取替階フロアアウトパネル含む)

\*1：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器および構造物であることを示す。



表 1.2-1 (1/3) 代表構造物の選定

対象構造物 (コンクリート構造物)	重要度	使用条件等								選定	選定理由
		運転 開始後 経過年数*7	高温部 の有無	放射線 の有無	振動の 有無	設置環境		供給 塩化物量	耐火 要求の 有無		
						屋内	屋外				
① 原子炉建物	クラス1, 重 設備支持	29年	○	○	△	一部 仕上げ無し	仕上げ有り	△	—	◎	高温部, 放射線の影響
② タービン建物	クラス1, 重 設備支持	29年	△	△	○	一部 仕上げ無し	仕上げ有り	△	—	◎	振動の影響
③ 廃棄物処理建物	クラス1, 重 設備支持	29年	△	△	—	一部 仕上げ無し*2	仕上げ有り	△	—		
④ 制御室建物	クラス1, 重 設備支持	43年	—	—	—	一部 仕上げ無し	仕上げ有り	△	—	◎	運転開始後経過年数
⑤ 排気筒の基礎	クラス1, 重 設備支持	29年	—	—	—	/	埋設*1	△	—		
⑥ サイトバンカ建物	クラス3 設備支持	33年	△	△	—	一部 仕上げ無し*2	仕上げ有り	△	—		
⑦ 補助ボイラ室	クラス3 設備支持	31年 20年	△	—	—	一部 仕上げ無し*2	仕上げ有り	△	/		
⑧ 屋外配管ダクト (タービン 建物～排気筒)	クラス1, 重 設備支持	29年	—	—	—	/	埋設*1	△	—		
⑨ 取水槽	クラス1, 重 設備支持	29年	—	—	—	/	仕上げ無し*3	○ (海水と接触)	—		
⑩ 防波壁	設*4	0年*6	—	—	—	/	仕上げ無し*3	△	/		
⑪ 1号機取水槽北側壁	設*4 設備支持	43年	—	—	—	/	仕上げ無し	○ (海水と接触)	/	◎	供給塩化物量の影響 (運転開始後経過年数, S クラスの支持構造物)
⑫ 漂流防止装置基礎 (荷 揚護岸)	設*4 設備支持	43年 0年*6	—	—	—	/	仕上げ無し*3	○ (海水と接触)	/		

\*1: 環境条件の区分として, 土中埋設は一般の環境として区分されることから, 他の屋外で仕上げがない構造物で代表させる。

\*2: 他の屋内で仕上げがない構造物で代表させる。

\*3: 他の屋外で仕上げがない構造物で代表させる。

\*4: 設計基準対象施設として評価対象とした機器および構造物であることを示す。

\*5: 重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器および構造物であることを示す。

\*6: 既に設置されているが, 使用前事業者検査の合格をもって使用開始とする。

\*7: 2018年2月10日時点での経過年数を示す。

<b>【凡例】</b>
○: 影響大
△: 影響小
—: 影響極小, または無し

表 1.2-1 (2/3) 代表構造物の選定

対象構造物 (コンクリート構造物)	重要度	使用条件等								選定	選定理由
		運転 開始後 経過年数*6	高温部 の有無	放射線 の有無	振動の 有無	設置環境		供給 塩化物量	耐火 要求の 有無		
						屋内	屋外				
⑬ 屋外配管ダクト(タービン建物～放水槽)	重*4 設備支持	29年	—	—	—	/	埋設*1	△	/		
⑭ 第1ベントフィルダ格納槽	重*4 設備支持	0年*5	—	—	—	仕上げ無し*2	埋設*1	△	—		
⑮ 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽(低圧原子炉代替注水槽含む)	重*4 設備支持	0年*5	—	—	—	一部 仕上げ無し*2	埋設*1	△	—		
⑯ ガスタービン発電機建物	重*4 設備支持	0年*5	△	—	△	一部 仕上げ無し*2	仕上げ有り	△	—		
⑰ ガスタービン発電機用軽油タンク基礎	重*4 設備支持	0年*5	—	—	—	/	仕上げ無し*3	△	—		
⑱ 屋外配管ダクト(ガスタービン発電機用軽油タンク～ガスタービン発電機)	重*4 設備支持	0年*5	—	—	—	/	埋設*1	△	—		
⑲ 屋外配管ダクト(B-ટેი-სელ燃料貯蔵タンク～原子炉建物)	重*4 設備支持	29年	—	—	—	/	埋設*1	△	—		
⑳ B-ટેი-სელ燃料貯蔵タンク格納槽	重*4 設備支持	0年*5	—	—	—	仕上げ無し*2	埋設*1	△	—		
㉑ 緊急時対策所(緊急時対策所遮蔽含む)	重*4	0年*5	—	—	—	一部 仕上げ無し*2	仕上げ有り	△	—		
㉒ 緊急時対策所用燃料地下タンク	重*4 設備支持	0年*5	—	—	—	/	埋設*1	△	—		

\*1：環境条件の区分として、土中埋設は一般の環境として区分されることから、他の屋外で仕上げがない構造物で代表させる。

\*2：他の屋内で仕上げがない構造物で代表させる。

\*3：他の屋外で仕上げがない構造物で代表させる。

\*4：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器および構造物であることを示す。

\*5：既に設置されているが、使用前事業者検査の合格をもって使用開始とする。

\*6：2018年2月10日時点での経過年数を示す。

【凡例】  
○：影響大  
△：影響小  
—：影響極小、または無し

表 1.2-1 (3/3) 代表構造物の選定

対象構造物 (鉄骨構造物)	重要度	使用条件等			選定	選定理由
		運転開始後 経過年数*6	設置環境			
			屋内	屋外		
① 原子炉建物 (鉄骨部)	クラス1, 重*3 設備支持	29年	仕上げ有り*1			
② タービン建物 (鉄骨部)	クラス1, 重*3 設備支持	29年	仕上げ有り*1			
③ 排気筒	クラス1, 重*3 設備支持	29年		仕上げ有り	◎	屋外環境
④ 補助ボイラ室	クラス3 設備支持	31年	仕上げ有り		◎	屋内環境
⑤ 防波壁通路防波 扉	設*2	0年*4		仕上げ有り*5		
⑥ 1号機取水槽流 路縮小工	設*2	0年*4		仕上げ有り*5		
⑦ 取水槽除じん機エ リア水密扉	設*2	0年*4		仕上げ有り*5		
⑧ 水密扉(復水器エ リア)	設*2	0年*4	仕上げ有り*1			
⑨ 取水槽除じん機エ リア防水壁	設*2	0年*4		仕上げ有り*5		
⑩ 防水壁(復水器エ リア)	設*2	0年*4	仕上げ有り*1			
⑪ 屋外排水路逆止 弁	設*2	0年*4		仕上げ無し*5 (ステンレス鋼)		
⑫ 漂流防止装置(係 船柱)	設*2	0年*4		仕上げ有り*5		
⑬ 漂流防止装置基 礎(多重鋼管杭)	設*2 設備支持	0年*4		仕上げ有り*5		
⑭ ガスタービン発電機 建物(鉄骨部)	重*3 設備支持	0年*4	仕上げ有り*1			

\*1：他の屋内で仕上げがある構造物で代表させる。

\*2：設計基準対象施設として評価対象とした機器および構造物であることを示す。

\*3：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器および構造物であることを示す。

\*4：既に設置されているが、使用前事業者検査の合格をもって使用開始とする。

\*5：他の屋外で仕上げがある構造物で代表させる。

\*6：2018年2月10日時点での経過年数を示す。

## 2. 代表構造物の技術評価

本章では、1章で選定した代表構造物について技術評価を実施する。

島根2号炉のプラント配置図を図2.1-1に、代表構造物の概要を図2.1-2、図2.1-3に示す。

### 2.1 構造、材料および使用条件

#### (1) 構造

##### a. 鉄筋コンクリート構造および鉄骨鉄筋コンクリート構造

鉄筋コンクリート構造および鉄骨鉄筋コンクリート構造は、必要な強度を確保するために、圧縮力には強いが引張力に弱いコンクリート（セメントに骨材（砂，砂利等），水および混和材料を調合したもの）を，引張力に強い鉄筋または鉄筋および鉄骨で補強した構造である。

##### b. 鉄骨構造

鉄骨構造は，構造用形鋼を溶接またはボルトにて接合した構造である。鉄骨構造物の柱脚部はコンクリート基礎にアンカーボルトで定着しているか，または埋め込んでいる。

#### (2) 材料および使用条件

島根2号炉のコンクリートおよび鉄骨構造物の主な使用材料を表2.1-1に示す。使用条件については，表1.2-1に示したとおりである。

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

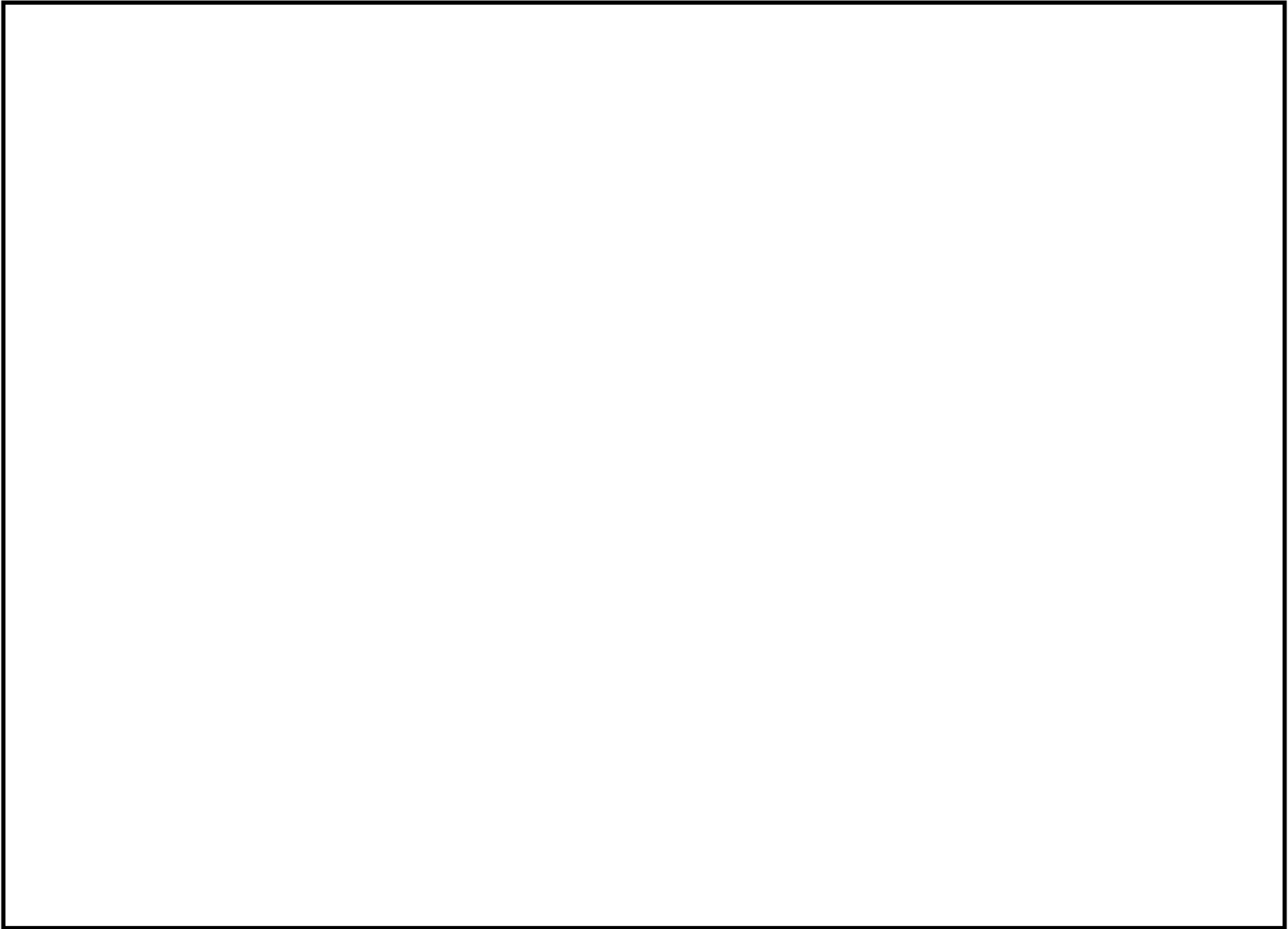


図 2.1-1 プラント配置図

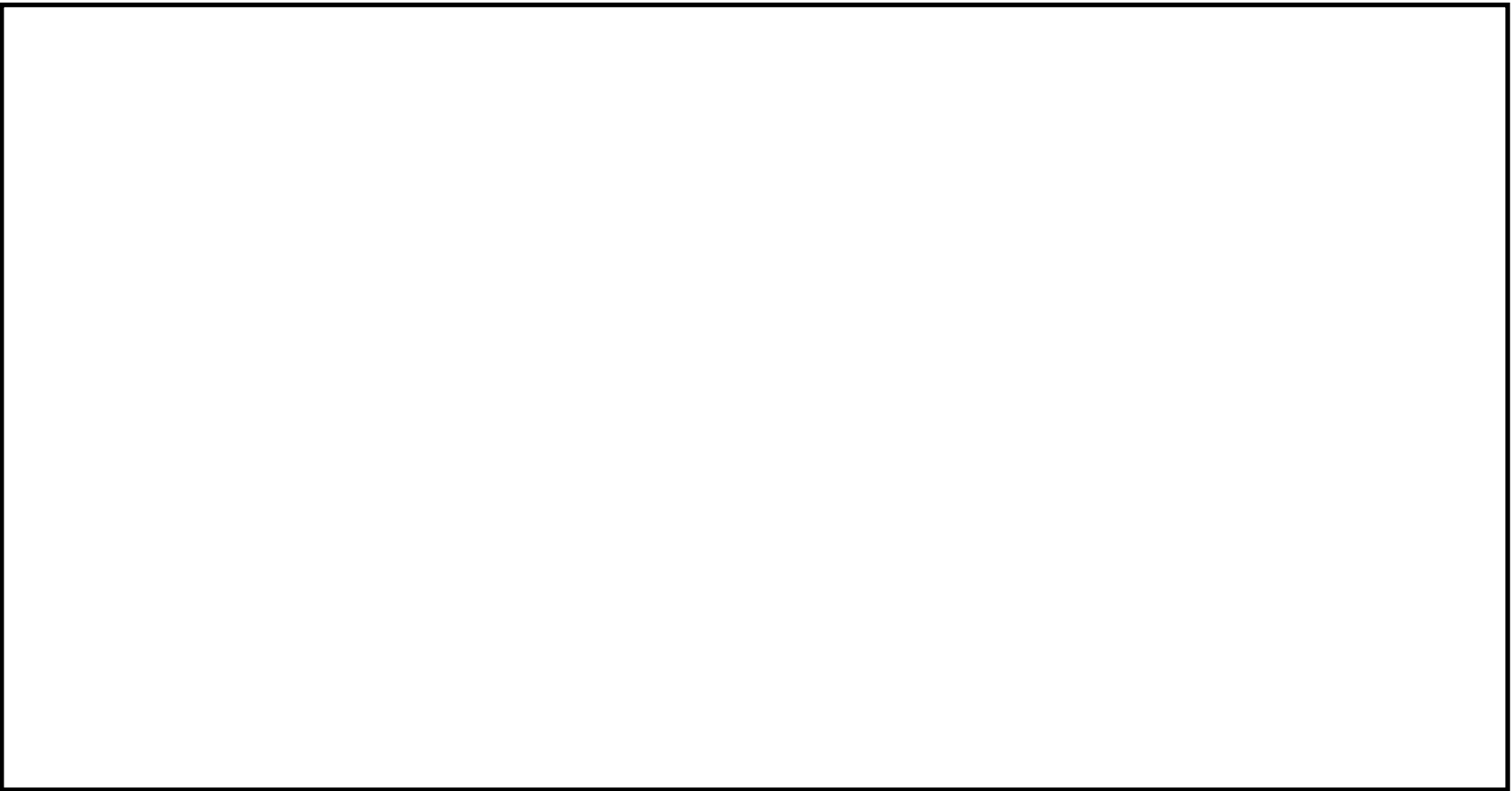


図 2.1-2 代表構造物の平面図

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

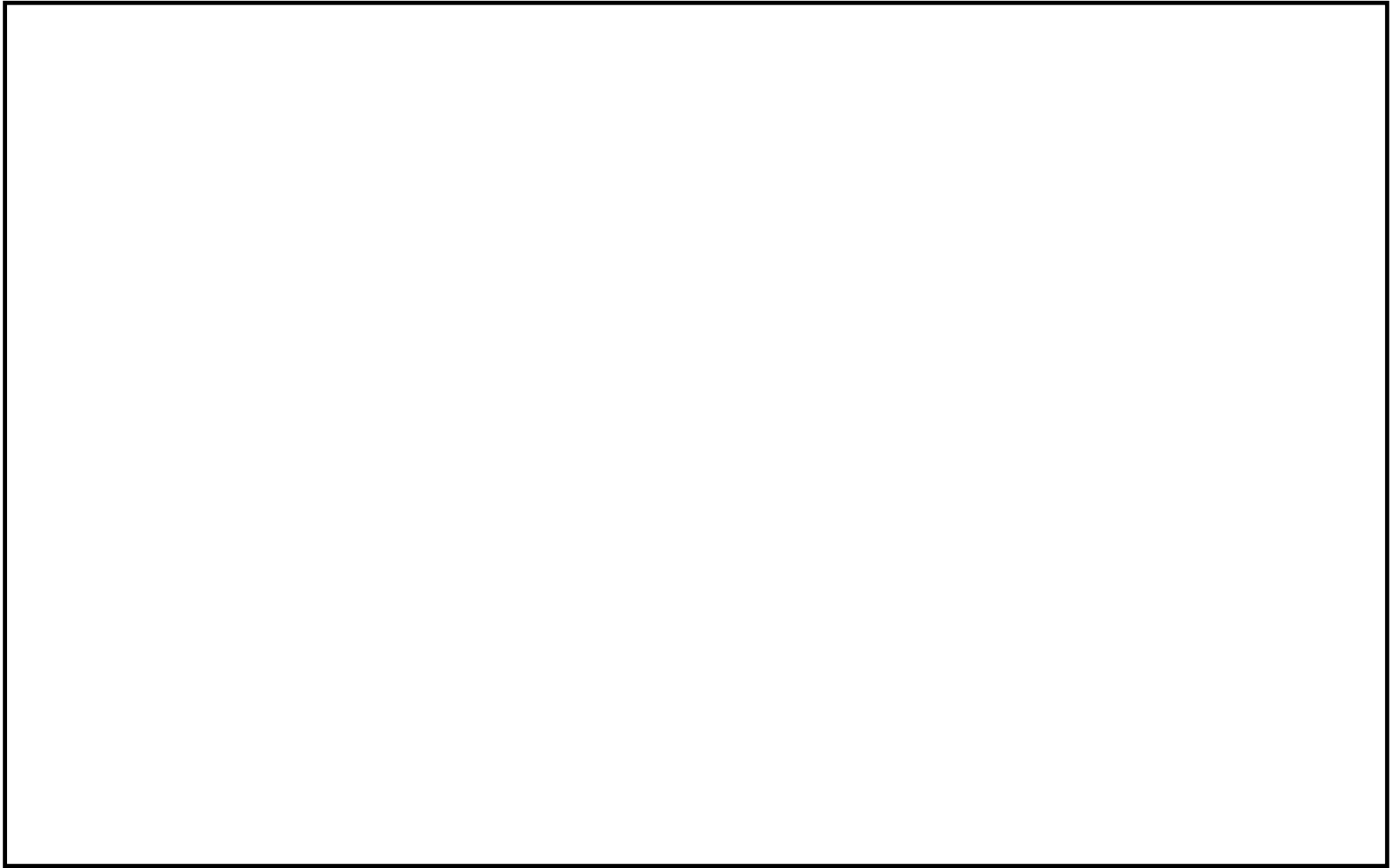


図 2.1-3 代表構造物の立面図・断面図

表 2.1-1 島根 2 号炉 コンクリートおよび鉄骨構造物の主な使用材料

部 位		材 料		
コン ク リ ー ト	骨材	粗骨材	島根県八束郡八雲村 産 砕石 島根県出雲市古志町 産 砕石	
		細骨材	島根県斐伊川 産 川砂 島根県出雲市園 産 山砂 島根県出雲市西園町 産 山砂 島根県出雲市大島町 産 山砂 島根県大原郡加茂町 産 山砂 島根県能義郡広瀬町 産 山砂 島根県仁多郡横田町 産 山砂 島根県仁多郡仁多町 産 山砂	
	セメント		フライッシュセメント B 種	
	混和材料		AE 減水剤	
	鉄筋		異形棒鋼	
	塗装材	外部	アクリル樹脂系弾性吹付塗装材	
		内部	エポキシ樹脂塗装材	
	鉄 骨	鋼材		炭素鋼
		制震装置 (粘性ダンパ)		炭素鋼 ステンレス鋼 クロムモリブデン鋼
		塗装材		フタル酸樹脂塗装材 ポリウレタン樹脂系塗装材



## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 構造物の機能達成に必要な項目

代表構造物のうちコンクリート構造物に要求される機能は、支持機能と遮へい機能および耐火機能であり、鉄骨構造物（制震装置含む）に要求される機能は支持機能である。これらの機能達成に必要な項目は以下のとおり。

- ① コンクリート強度の維持
- ② コンクリート遮へい能力の維持
- ③ コンクリート耐火能力の維持
- ④ 鉄骨強度の維持
- ⑤ 制震装置（粘性ダンパ）強度の維持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

代表構造物について、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、使用条件およ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。

ただし、化学的侵食については、化学的侵食を受ける部位がないことにより、想定不要とした。

#### (2) 消耗品および定期取替品の扱い

代表構造物に消耗品および定期取替品はない。

(3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

想定される経年劣化事象のうち下記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. コンクリートの強度低下（熱，放射線照射，中性化，塩分浸透，機械振動）
- b. コンクリートの遮へい能力低下（熱）

## 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

### a. コンクリートの強度低下

#### (a) アルカリ骨材反応

アルカリ骨材反応は、コンクリート中に存在するアルカリ溶液と、骨材中に含まれる反応性のシリカ鉱物の化学反応である。このとき生成されたアルカリ・シリカゲルが周囲の水を吸収し膨張すると、コンクリート表面にひび割れが生じ、コンクリート構造物としての健全性が損なわれる可能性がある。

当該部に使用している骨材については、1984年にモルタルバー法による反応性試験を実施し、反応性骨材ではないことを確認している。モルタルバー法による反応性試験の結果は、膨張率が材令6ヶ月で0.1%以下の判定基準に対して最大で0.068%であった。

また、使用開始から40年以上が経過した建物・構築物のコンクリートについては、2023年に実体顕微鏡観察を実施した結果、コンクリート構造物の健全性に影響を与えるような反応性がないことを確認した。

これに加え、アルカリ溶液浸漬法（（社）日本コンクリート工学会「ASR診断の現状とあるべき姿研究委員会報告書（2014）」）を実施した結果、将来の潜在膨張（急速性および遅延性）の可能性は低いことを確認した。

なお、定期的に目視点検を実施しているが、アルカリ骨材反応に起因するひび割れは確認されていない。

したがって、アルカリ骨材反応による強度低下については、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

### b. 鉄骨の強度低下

#### (a) 腐食

一般的に、鋼材は大気中の酸素および水分と化学反応を起こして腐食する。腐食は、海塩粒子等により促進され、進行すると鉄骨の断面欠損に至り、鉄骨構造物としての健全性が損なわれる可能性がある。

鉄骨構造物については、定期的に目視点検を行い、鋼材の腐食に影響する塗膜の劣化等が認められた場合には、補修塗装を施すことによって健全性を確保している。

したがって、今後も現状保全を継続することで、鉄骨の強度低下が急激に発生する可能性はないことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### (b) 金属疲労

繰返し荷重が継続的に鉄骨構造物にかかることにより、疲労による損傷が蓄積され、鉄骨の強度低下につながる可能性がある。

鉄骨構造物の風等による繰返し荷重に対する評価は、（社）日本建築学会「鋼構造設計規準—許容応力度設計法—2005」に示されている評価式により、発電所近傍の気象

官署で観測された風に関する記録（気象庁 HP および国立天文台編「理科年表 令和 5 年第 96 冊」）に基づき算定した応力範囲が、運転開始後 60 年時点においても、許容疲労強さよりも小さいことを確認し、疲労を考慮する必要はないと評価した。

なお、排気筒の各部位は共振風速を考慮した設計であるとともに、これまでの目視点検において有意なき裂は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、鉄骨の金属疲労については、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### c. 制震装置（粘性ダンパ）の強度低下

##### (a) 腐食

一般的に、鋼材は大気中の酸素および水分と化学反応を起こして腐食する。腐食は、海塩粒子等により促進され、進行すると制震装置（粘性ダンパ）本体の断面欠損に至り、制震装置（粘性ダンパ）の強度低下につながる可能性がある。

制震装置（粘性ダンパ）については、定期的な目視点検を行い、有意な塗膜の劣化等が認められた場合には、補修塗装を施すことによって健全性を確保している。

したがって、今後も現状保全を継続することで、制震装置（粘性ダンパ）の強度低下が急激に発生する可能性はないことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

##### (b) 摩耗

制震装置（粘性ダンパ）の摺動部に長期間の使用により摩耗が発生すると、動作不良に至り制震装置（粘性ダンパ）の強度低下につながる可能性がある。

制震装置（粘性ダンパ）については、定期的な目視点検を行い、有意な摩耗が認められた場合には、新品への取替え等を行うことにより、健全性を確保している。

したがって、摩耗による強度低下は、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. コンクリートの強度低下

##### (a) 凍結融解

コンクリート中の水分が凍結し、それが気温の上昇や日射を受けること等により融解する凍結融解を繰り返すことでコンクリートにひび割れが生じ、コンクリート構造物としての健全性が損なわれる可能性がある。

（社）日本建築学会「建築工事標準仕様書・同解説 JASS5 鉄筋コンクリート工事」（2015）に示されている解説図 26.1（凍害危険度の分布図）によると、島根 2 号炉の

周辺地域は凍結融解の危険性がない地域に該当している。

(社)日本建築学会「高耐久性鉄筋コンクリート造設計施工指針(案)・同解説」(1991)によると、凍害危険度が2以上の地域は、凍結融解を含む凍害を考慮する必要があるが、島根2号炉は凍害危険度が0の地域であり、凍害の恐れがない。

したがって、凍結融解については、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### b. コンクリートの耐火能力低下

##### (a) 火災時等の熱

コンクリート構造物は、断面厚により耐火能力を確保できるが、部分的な断面厚の減少に伴い耐火能力が損なわれる可能性がある。

しかしながら、通常の使用環境において、コンクリート構造物の断面厚が減少することはなく、耐火能力は維持されると考える。

したがって、コンクリートの耐火能力低下は、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。

#### 2.2.4 評価対象部位および評価点の抽出

評価対象部位および評価点は、評価すべき経年劣化要因毎に材料および事象の進展に影響を与える環境を考慮して抽出する。

評価対象部位を表2.2-1および図2.1-3に示す。

##### (1) コンクリートの強度低下

###### a. 熱

評価対象部位は、対象構造物のうち、通常運転時に雰囲気温度が高く、高温の原子炉圧力容器近傍に位置する一次遮へい壁とする。

評価点は、一次遮へい壁内側とする。

###### b. 放射線照射

評価対象部位は、対象構造物のうち、原子炉圧力容器近傍に位置し、運転時に中性子照射量およびガンマ線照射量の最も大きい一次遮へい壁とする。

評価点は、一次遮へい壁内側とする。

###### c. 中性化

評価対象部位は、コンクリートの塗装仕上げの有無、環境条件(温度、湿度、二酸化炭素濃度)、かぶり厚さを考慮して選定し、原子炉建物、タービン建物、制御室建物の内壁および1号機取水槽北側壁の壁面とする。

評価点は原子炉建物3階非常用ガス処理装置室、タービン建物3階タービン室、制御室建物1階1D非常用電気室、制御室建物1階1C非常用電気室の内壁および1号機取水槽北側壁の壁面(気中帯)とする。

なお、建物屋外においては外壁面を全面塗装しており、中性化の進展への影響度が小さいと考えられるため、評価点としない。

d. 塩分浸透

評価対象部位は、代表構造物のうち、海水とその飛沫の影響により最も厳しい塩分浸透環境下であり、塗装等の仕上げが施されていない部位がある 1 号機取水槽北側壁の壁面とする。

評価点は環境条件の異なる気中帯、干満帯および海中帯とする。

e. 機械振動

評価対象部位は、プラント運転中常時振動を受ける代表構造物のうち、最も大きな機械振動を受けるタービン建物のタービン発電機架台とする。

評価点は、機械振動荷重を直接受ける機器支持部（基礎ボルト周辺のコンクリート）付近とする。

(2) コンクリートの遮へい能力低下

a. 熱

評価対象部位は、放射線の遮へい能力が要求されるガンマ線遮へい壁および一次遮へい壁のうち、原子炉圧力容器近傍に位置し、周辺環境からの伝達熱および運転時に照射量の最も大きいガンマ線遮へい壁とする。

評価点は、ガンマ線遮へい壁の炉心領域部とする。

表 2.2-1 想定される経年劣化事象と評価対象とする構造物

構造種別		コンクリート構造物								鉄骨構造物				備考	
経年劣化事象		強度低下							遮へい能力低下	耐火能力低下	強度低下		制震装置強度低下		
要因		熱	放射線照射	中性化	塩分浸透	骨材反応 アルカリ	機械振動	凍結融解	熱	火災時等の熱	腐食	金属疲労	腐食		摩耗
代表構造物	原子炉建物	○*1	○*1	○*2	○	△	○	▲	○*5	▲					*1:一次遮へい壁 *2:内壁 *3:壁面 *4:タービン発電機架台 *5:ガンマ線遮へい壁
	タービン建物	○	○	○*2	○	△	○*4	▲	○	▲					
	制御室建物			○*2	○	△		▲		▲					
	排気筒										△	△	△	△	
	補助ボイラ室										△				
	1号機取水槽北側壁			○*3	○*3	△		▲							

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着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）

\*：評価対象部位

## 2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

### 2.3.1 コンクリートの強度低下

現状のコンクリート強度の確認例として、島根2号炉のコンクリート構造物から採取した供試体の圧縮強度試験を行った結果を、表2.3-1に示す。平均圧縮強度は設計基準強度を上回っている。

表 2.3-1 コンクリートの圧縮強度試験結果

代表構造物	部位	実施時期 (経過年数)	平均圧縮強 度(N/mm <sup>2</sup> )	設計基準強度 (N/mm <sup>2</sup> )
原子炉建物	壁面	2016年(27年) ~2017年(28年)	37.4	23.5 [240kgf/cm <sup>2</sup> ]
タービン建物	タービン発電 機架台	2016年(27年)	45.5	23.5 [240kgf/cm <sup>2</sup> ]
	壁面	2016年(27年) ~2017年(28年)	33.9	
制御室建物	壁面	2013年(39年)	30.1	22.1 [225kgf/cm <sup>2</sup> ]
1号機取水槽 北側壁	壁面	2011年(37年)	27.4	20.6 [210kgf/cm <sup>2</sup> ]

以下に、「2.2 経年劣化事象の抽出」で示した、コンクリートの強度低下をもたらす可能性のある要因毎に、長期使用時の健全性評価を行う。



## (1) 熱による強度低下

### a. 事象の説明

コンクリートが熱を受けると、温度条件によってはコンクリート中の水分の逸散に伴う乾燥に起因する微細なひび割れ、あるいは水分の移動に起因する空隙の拡大等により、強度が低下する可能性がある。

### b. 技術評価

#### (a) 健全性評価

一般にコンクリートの温度が 70℃程度では、コンクリートの基本特性に大きな影響を及ぼすような自由水の逸散は生じず、100℃以下では圧縮強度の低下は小さい。一方、コンクリート温度が 190℃付近では結晶水が解放され始め、さらに高温になると脱水現象が著しくなるため、コンクリートの特性に影響が出始めるとされている（(社)日本機械学会「発電用原子力設備規格 コンクリート製原子炉格納容器規格（2014）」）。

また、(社)日本建築学会「原子炉建屋構造設計指針・同解説（1988）」において、コンクリートの温度制限値は設計基準強度確保の観点から、局部では 90℃、一般部では 65℃と定められている。

原子炉建物においては、通常運転時に最も高温状態になるコンクリート部として一次遮へい壁が考えられる。工事計画認可申請書添付書類「生体しゃへい装置の放射線のしゃへい及び熱除去についての計算書」によると、コンクリートのガンマ線による内部発熱も考慮した温度分布解析結果は 45.5℃であり、また、一次遮へい壁に対して温度条件の厳しい原子炉格納容器内の雰囲気温度の実測値の最高温度は 62℃であることから、コンクリートの温度制限値以下であることを確認している。

さらに、長期加熱やサイクル加熱によってコンクリート強度が低下しないことは長尾らの実験によっても確かめられており、図 2.3-1 に示すとおり長期加熱後のコンクリートの圧縮強度については、65～110℃で 3.5 年間加熱した場合でも強度低下は見られないことが報告されている。

また、図 2.3-2 に示すようにサイクル加熱後のコンクリートの圧縮強度は、20～110℃で 120 回サイクル加熱した場合にも長期加熱後と同じく強度に大きな変化は認められない。これらは加熱期間が 3.5 年のコンクリート供試体を用いた実験であるが、1 年加熱と概ね同様な結果を示しており、高温加熱による圧縮強度の変化は加熱開始後比較的初期に収束すると推察されている。

以上から、熱による強度低下に対しては、長期健全性評価上問題とならない。

#### (b) 現状保全

一次遮へい壁においては、構造物の健全性維持の観点から、定期的にコンクリート表面の目視点検を実施している。目視点検の結果、ひび割れ等の補修が必要となる損傷が確認された場合、即時補修が必要な場合を除き、その経過を継続的に監視しつつ、点検実施後数年以内を目途に補修を計画、実施している。

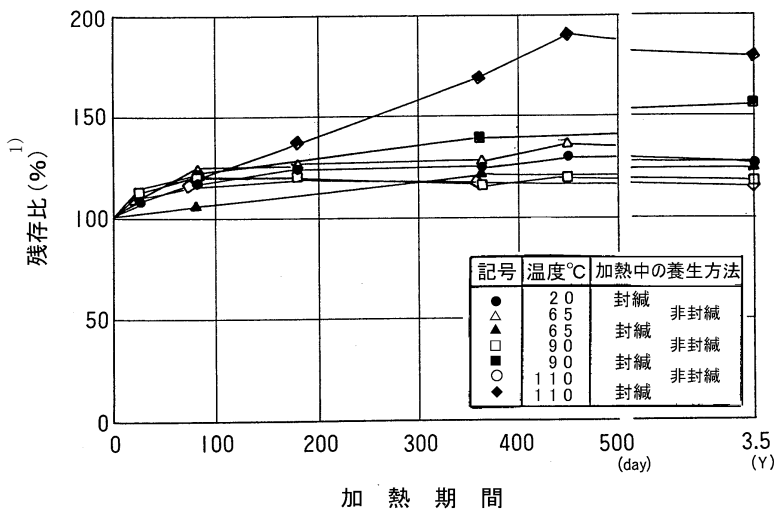
(c) 総合評価

健全性評価結果から判断して、今後、強度低下が急激に発生する可能性は小さい。

また、定期的な目視点検により補修対象となったひび割れ等の補修を計画、実施しており、現状の保全方法は、コンクリート構造物の健全性を維持する上で適切である。

c. 高経年化への対応

熱によるコンクリートの強度低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に対し追加すべき項目はなく、今後も現状保全を継続していく。



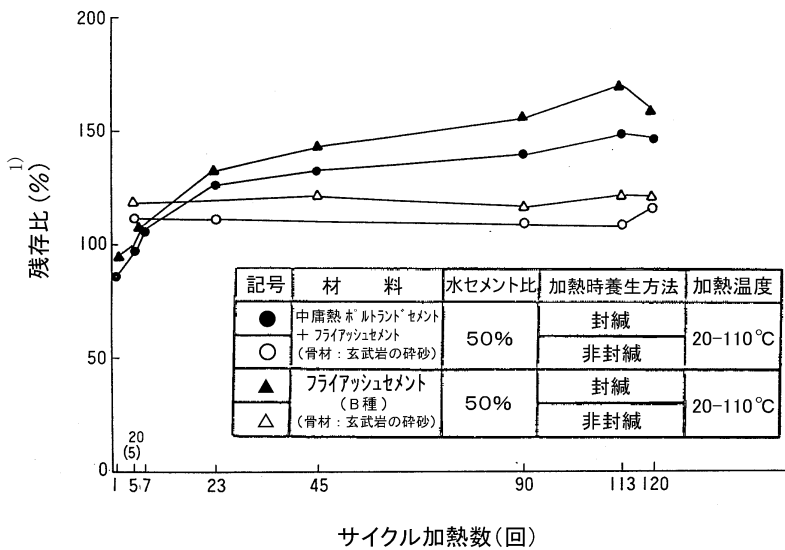
材料:中庸熱ポルトランドセメント  
 +フライアッシュセメント  
 水セメント比:50%  
 骨材:玄武岩の砕石  
 加熱前養生方法:20℃封緘養生  
 加熱開始時期:材齢 91 日  
 ※65~110℃の温度で3.5年間加熱しても強度低下は見られない。なお、記号の一部誤記は修正した。

1) 残存比: 加熱開始直前の圧縮強度に対する加熱後の圧縮強度の比

(出典) 長尾他, 第 48 回セメント技術大会講演集 1994

「熱影響場におけるコンクリートの劣化に関する研究」

図 2.3-1 長期加熱後のコンクリート圧縮強度の変化



加熱前養生方法: 20℃封緘養生  
 加熱開始時期: 材齢 91 日  
 サイクル加熱条件:

- 1 サイクル 4 日間 (96 時間)
- (20→110℃加熱: 3 時間)
- (110℃定温保持: 45 時間)
- (110→20℃冷却: 3 時間)
- (20℃定温保持: 45 時間)

※20~110℃の加熱・冷却を 120 回繰り返しても強度の大きな変化は認められない。

1) 残存比: 加熱開始直前の圧縮強度に対する加熱後の圧縮強度の比

(出典) 長尾他, 第 48 回セメント技術大会講演集 1994

「熱影響場におけるコンクリートの劣化に関する研究」

図 2.3-2 サイクル加熱後のコンクリート圧縮強度の変化

## (2) 放射線照射による強度低下

### a. 事象の説明

コンクリートが中性子照射やガンマ線照射を受けると、照射量によっては、コンクリートの強度が低下する可能性がある。

### b. 技術評価

#### (a) 健全性評価

中性子照射と強度の関係に関しては、従来 Hilsdorf 他の文献 (Hilsdorf, Kropp, and Koch, "The Effects of Nuclear Radiation on the Mechanical Properties of Concrete", American Concrete Institute Publication SP-55) における「中性子照射したコンクリートの圧縮強度 ( $f_{cu}$ ) と照射しないコンクリートの圧縮強度 ( $f_{cu0}$ ) の変化」を参照していた。一方、小嶋他の試験結果を踏まえた最新知見 (小嶋他, NTEC-2019-1001「中性子照射がコンクリートの強度に及ぼす影響」) によると、コンクリートの圧縮強度は、およそ  $1 \times 10^{19} \text{n/cm}^2$  の中性子照射量 ( $E > 0.1 \text{MeV}$ ) から低下する可能性が確認されている。

運転開始後 60 年時点で予想される中性子照射量 ( $E > 0.1 \text{MeV}$ ) は、放射線照射量解析の結果、評価点において  $1.32 \times 10^{14} \text{n/cm}^2$  であり、 $1 \times 10^{19} \text{n/cm}^2$  を超えることはないと推定され、中性子照射によるコンクリートの強度低下への影響はないものと判断する。

また、日本原子力研究所 (現: 日本原子力研究開発機構) 動力試験炉の生体遮へいコンクリートから採取したコンクリートの試験結果によると、中性子照射量は上記よりは少ない  $1 \times 10^{13} \sim 10^{17} \text{n/cm}^2$  ( $E > 0.11 \text{MeV}$ ) ではあるが、圧縮強度の低下は見られない (図 2.3-3)。

一方、ガンマ線照射量と強度との関係についても、Hilsdorf 他の文献によると、ガンマ線照射量が  $2 \times 10^{10} \text{rad}$  ( $2 \times 10^8 \text{Gy}$ ) 程度以下では有意な強度低下は見られない (図 2.3-4)。

運転開始後 60 年時点で予想されるガンマ線照射量は、放射線照射量解析の結果、評価点において  $2.81 \times 10^6 \text{rad}$  ( $2.81 \times 10^4 \text{Gy}$ ) であり、 $2 \times 10^{10} \text{rad}$  ( $2 \times 10^8 \text{Gy}$ ) を超えることはないと推定されるため、ガンマ線照射によるコンクリート強度低下への影響はないものと判断する。

ここで、中性子照射量およびガンマ線照射量は、2次元輸送計算コード DORT により算出した中性子束およびガンマ線量率に運転時間を掛けて算出している。

以上から、放射線照射による強度低下に対しては、長期健全性評価上問題とならない。

#### (b) 現状保全

一次遮へい壁においては、構造物の健全性維持の観点から、定期的にコンクリート表面の目視点検を実施している。目視点検の結果、ひび割れ等の補修が必要となる損傷が確認された場合、即時補修が必要な場合を除き、その経過を継続的に監視しつつ、点検実施後数年以内を目途に補修を計画、実施している。

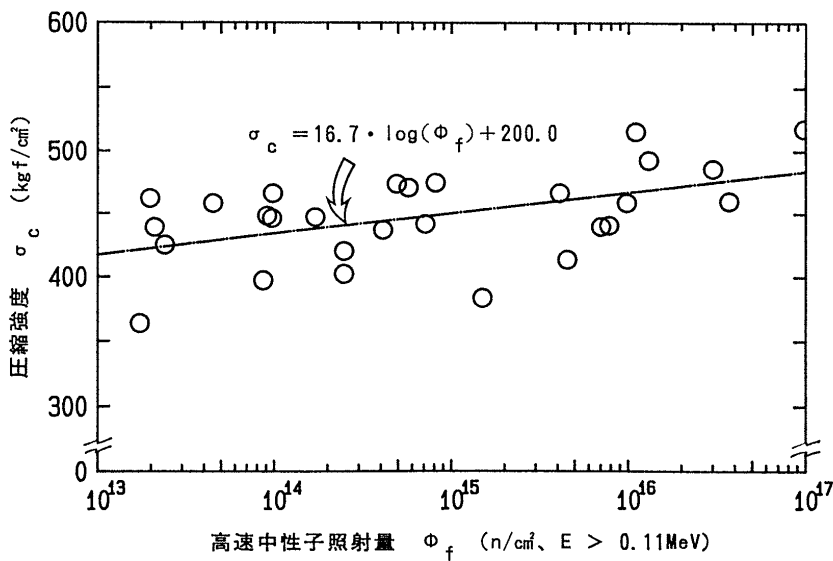
(c) 総合評価

健全性評価結果から判断して、今後、強度低下が急激に発生する可能性は小さい。

また、定期的な目視点検により補修対象となったひび割れ等の補修を計画、実施しており、現状の保全方法は、コンクリート構造物の健全性を維持する上で適切である。

c. 高経年化への対応

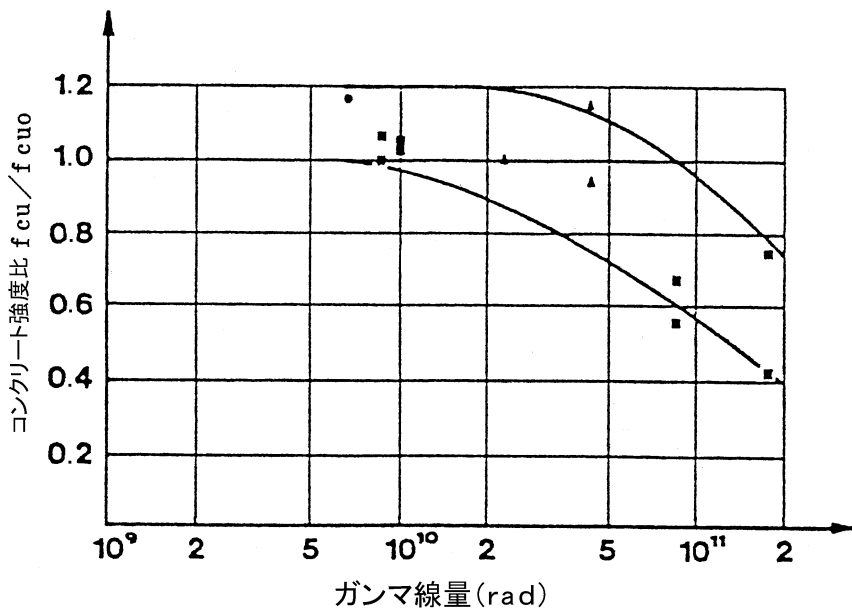
放射線照射によるコンクリートの強度低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に対し追加すべき項目はなく、今後も現状保全を継続していく。



※ $1 \times 10^{17} \text{ n/cm}^2$  程度の中性  
 子照射量では圧縮強度の  
 低下は見られない。

(出典) 出井他, 日本原子力研究所 JAERI-M 90-205  
 「JPDR 生体遮蔽コンクリートの材料強度特性」

図 2.3-3 高速中性子量とコンクリートの圧縮強度との関係



調査者	調査項目
● Alexander	圧縮強度
■ Sommers	"
▲ Gray	引張強度

※ $2 \times 10^{10} \text{ rad}$  ( $2 \times 10^8 \text{ Gy}$ )  
 程度のガンマ線照射量  
 では、有意な強度低下は  
 見られない。

(出典) Hilsdorf, Kropp, and Koch, "The Effects of Nuclear Radiation on the Mechanical Properties of Concrete", American Concrete Institute Publication SP-55, Paper 10.

図 2.3-4 ガンマ線照射したコンクリートの圧縮強度 ( $f_{cu}$ ) と照射しないコンクリートの圧縮強度 ( $f_{cu0}$ ) の変化

### (3) 中性化による強度低下

#### a. 事象の説明

コンクリートは、空気中の二酸化炭素の作用を受けると、表面から徐々にそのアルカリ性を失い中性化する。

中性化がコンクリートの内部に進行し、鉄筋を保護する能力が失われると、鉄筋はコンクリート中の水分、酸素の作用により腐食し始め、腐食に伴う体積膨張によりコンクリートにひび割れやはく離が生じ、コンクリート構造物としての健全性が損なわれる可能性がある。

#### b. 技術評価

##### (a) 健全性評価

鉄筋が腐食し始めるときの中性化深さは、「雨がかりまたは乾湿繰返し環境においては、中性化深さが鉄筋のかぶり厚さまで達したときとし、屋内などの乾燥環境では中性化深さが鉄筋のかぶり厚さから 20mm 奥まで達したとき」とされている（(社)日本建築学会「鉄筋コンクリート造建築物の耐久設計施工指針・同解説（2016）」）。

中性化の進行速度の推定式としては、岸谷式（(社)日本建築学会「高耐久性鉄筋コンクリート造設計施工指針（案）・同解説（1991）」）、森永式（森永「鉄筋の腐食速度に基づいた鉄筋コンクリート建築物の寿命予測に関する研究－東京大学学位論文（1986）」）および中性化深さの実測値に基づく $\sqrt{t}$ 式（(社)土木学会「コンクリート標準示方書 維持管理編（2013）」）がある。岸谷式、森永式および中性化深さの実測値に基づく $\sqrt{t}$ 式を用いて、運転開始後 60 年経過時点における原子炉建物、タービン建物、制御室建物および 1 号機取水槽北側壁の中性化深さを評価した結果、いずれの評価点においても鉄筋が腐食し始めるときの中性化深さを十分に下回っている。

以上を表 2.3-2 に示す。

また、定期的な目視点検を実施しているが、中性化による鉄筋腐食に起因する有害なひび割れ等は確認されていない。

以上から、中性化による強度低下に対しては、長期健全性評価上問題とならない。

##### (b) 現状保全

コンクリート構造物の健全性維持の観点から、定期的にコンクリート表面の目視点検を実施している。目視点検の結果、ひび割れ等の補修が必要となる損傷が確認された場合、即時補修が必要な場合を除き、その経過を継続的に監視しつつ、点検実施後数年以内を目途に補修を計画、実施している。

##### (c) 総合評価

健全性評価結果から判断して、今後、強度低下が急激に発生する可能性は小さい。

また、定期的な目視点検により補修対象となったひび割れ等の補修を計画、実施しており、現状の保全方法は、コンクリート構造物の健全性を維持する上で適切である。

c. 高経年化への対応

中性化によるコンクリートの強度低下に対しては，高経年化対策の観点から現状の保全内容に対し追加すべき項目はなく，今後も現状保全を継続していく。



表 2.3-2 コンクリートの中性化深さ

(単位：cm)

評価点		調査時点の中性化深さ		運転開始 60 年時点の中性化深さ*1	鉄筋が腐食し始める中性化深さ*2
		調査時期 (経過年数)	実測値 (最大値)		
屋内	原子炉建物 3 階内壁	2016 年 (27 年)	0.65 (2.2)	3.57 (岸谷式)	7.0
	タービン建物 3 階内壁	2016 年 (27 年)	0.36 (1.2)	3.57 (岸谷式)	6.0
	制御室建物 1 階内壁	2013 年 (39 年)	0.00 (0.1)	5.24 (岸谷式)	7.0
屋外	1 号機取水 槽北側壁 気中帯	2011 年 (37 年)	3.05 (4.5)	4.35 ( $\sqrt{t}$ 式)	6.6

\*1：岸谷式，森永式および中性化深さの実測値に基づく $\sqrt{t}$ 式による評価結果のうち最大値を記載

\*2：かぶり厚さから評価した値

#### (4) 塩分浸透による強度低下

##### a. 事象の説明

コンクリート中に塩化物イオンが浸透し、鉄筋位置まで達すると、鉄筋の腐食が徐々に進行し、鉄筋の膨張によりコンクリートにひび割れやはく離が生じ、コンクリート構造物としての健全性が損なわれる可能性がある。

##### b. 技術評価

###### (a) 健全性評価

塩分によるコンクリート中の鉄筋への影響を評価する方法としては、鉄筋の腐食速度に着目し、鉄筋の腐食減量が、かぶりコンクリートにひび割れが発生する時点の腐食減量に達するまでの期間の予測式として、森永式（森永「鉄筋の腐食速度に基づいた鉄筋コンクリート建築物の寿命予測に関する研究－東京大学学位論文（1986）」）が提案されている。

各評価点より試料を採取して測定した鉄筋位置での塩化物イオン濃度をもとに、鉄筋位置での塩化物イオン濃度を拡散方程式（Fick の第 2 法則）により予測し、森永式を適用して鉄筋の腐食減量を算出した結果、表 2.3-3 に示すとおり、運転開始後 60 年時点の鉄筋腐食減量は、かぶりコンクリートにひび割れが発生する時点の鉄筋腐食減量を十分に下回っている。

また、定期的に見視点検を実施しているが、塩分浸透による鉄筋腐食に起因する有害なひび割れ等は確認されていない。

以上から、塩分浸透による強度低下に対しては、長期健全性評価上問題とならない。

###### (b) 現状保全

コンクリート構造物の健全性維持の観点から、定期的コンクリート表面の見視点検を実施している。見視点検の結果、ひび割れ等の補修が必要となる損傷が確認された場合、即時補修が必要な場合を除き、その経過を継続的に監視しつつ、点検実施後数年以内を目途に補修を計画、実施している。

###### (c) 総合評価

健全性評価結果から判断して、今後、強度低下が急激に発生する可能性は小さい。

また、定期的な見視点検により補修対象となったひび割れ等の補修を計画、実施しており、現状の保全方法は、コンクリート構造物の健全性を維持する上で適切である。

##### c. 高経年化への対応

塩分浸透によるコンクリートの強度低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に対し追加すべき項目はなく、今後も現状保全を継続していく。

表 2.3-3 鉄筋の腐食減量

評価点		調査時期 (経過年数)	鉄筋位置での塩 化物イオン濃度 (%)	鉄筋の腐食減量 ( $\times 10^{-4}$ g/cm <sup>2</sup> )		
				調査時点	運転開始後 60年時点	かぶりコンクリートに ひび割れが発生 する時点
北側壁 1号機取水槽	気中帯	2011年 (37年)	0.18 (3.79) *	9.9	31.6	69.2
	干満帯	2011年 (37年)	0.016 (0.35) *	0.0	7.1	69.2
	海中帯	2011年 (37年)	0.057 (1.28) *	0.5	3.3	69.2

\*: ( ) 内は塩化物イオン量 (kg/m<sup>3</sup>)

(5) 機械振動による強度低下

a. 事象の説明

コンクリート構造物は、長期間にわたって機械振動による繰返し荷重を受けるとひび割れが発生し、コンクリート構造物としての健全性が損なわれる可能性がある。

b. 技術評価

(a) 健全性評価

タービン発電機架台については、異常振動の有無を日常的なパトロールで確認している。コンクリートについては、定期的に目視点検を実施し、コンクリート表面において強度に支障をきたす可能性のある欠陥がないことを確認している。

また、コンクリート強度については、運転開始後 27 年経過した 2016 年に、タービン発電機架台から採取された供試体の圧縮強度試験を行った結果、表 2.3-1 に示すとおり、平均圧縮強度は  $45.5 \text{ N/mm}^2$  であり、設計基準強度  $23.5 \text{ N/mm}^2$  を十分上回っていることを確認している。

なお、仮に機械振動により機器のコンクリート基礎への定着部の支持力が失われるような場合、機器の異常振動が発生するものと考えられるが、機械振動は日常的に監視されており、異常の兆候は検知可能である。

以上から、機械振動による強度低下は、長期健全性評価上問題とならない。

(b) 現状保全

コンクリート構造物の健全性維持の観点から、定期的にコンクリート表面の目視点検を実施している。目視点検の結果、ひび割れ等の補修が必要となる損傷が確認された場合、即時補修が必要な場合を除き、その経過を継続的に監視しつつ、点検実施後数年以内を目途に補修を計画、実施している。

(c) 総合評価

健全性評価結果から判断して、今後、強度低下が急激に発生する可能性は小さい。

また、定期的な目視点検により補修対象となったひび割れ等の補修を計画、実施しており、現状の保全方法は、コンクリート構造物の健全性を維持する上で適切である。

c. 高経年化への対応

機械振動によるコンクリートの強度低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に対し追加すべき項目はなく、今後も現状保全を継続していく。

## 2.3.2 コンクリートの遮へい能力低下

### (1) 熱による遮へい能力低下

#### a. 事象の説明

コンクリートは周辺環境からの伝達熱および放射線照射に起因するコンクリート内部の温度上昇により、コンクリート中の水分が逸散し、放射線に対する遮へい能力が低下する可能性がある。

#### b. 技術評価

##### (a) 健全性評価

放射線防護の観点から、コンクリート遮へい体の設計に適用されている「コンクリート遮へい体設計基準」(R. G. Jaeger et al. 「Engineering Compendium on Radiation Shielding (ECRS) VOL. 2」) には、周辺および内部最高温度の制限値が示されており、「コンクリートに対しては中性子遮へいで 88℃以下、ガンマ線遮へいで 177℃以下」となっている。

これに対し、ガンマ線遮へいコンクリートの炉心領域部の最高温度は、工事計画認可申請書添付書類「生体しゃへい装置の放射線のしゃへい及び熱除去についての計算書」によると、全ガンマ線束による発熱を考慮して温度分布解析を行った結果は 78℃であり、コンクリート温度制限値を下回っていることから、運転開始後 60 年時点においても遮へい能力への影響はないと判断する。

以上から、熱によるコンクリートの遮へい能力低下に対しては、長期健全性評価上問題とならない。

##### (b) 現状保全

ガンマ線遮へいコンクリートについては、鉄板で覆われているため、目視点検等は実施できないが、放射線量を日常的に監視している。

##### (c) 総合評価

健全性評価結果から判断して、熱によるコンクリート構造物の遮へい能力低下については、現状において問題はなく、今後も遮へい能力低下が急激に発生する可能性は小さい。

また、仮に熱によるコンクリート構造物の遮へい能力低下が生じた場合、放射線量が上昇するものと考えられるが、放射線量は日常的に監視しており、異常の兆候は検知可能である。

#### c. 高経年化への対応

熱によるコンクリートの遮へい能力低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に対し追加すべき項目はなく、今後も現状保全を継続していく。

### 3. 評価対象部位以外への展開

コンクリート構造物および鉄骨構造物の技術評価は、「2.2 経年劣化事象の抽出」および「2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価」に示すとおり、評価対象部位について、各経年劣化事象に影響を及ぼす要因毎に、使用条件を考慮して実施している。コンクリート構造物および鉄骨構造物の場合、評価対象部位以外の使用条件等は、評価対象部位に含まれているため、技術評価結果も評価対象部位の結果に含まれる。

したがって、評価対象以外の部位についても高経年化対策の観点から追加すべき保全項目はなく、今後も現状の保全方法により健全性を確認していく。

以上