

柏崎刈羽原子力発電所 4 号炉

ポンプの技術評価書

東京電力ホールディングス株式会社

本評価書は柏崎刈羽原子力発電所 4 号炉（以下、柏崎刈羽 4 号炉という）における安全上重要なポンプ（重要度分類指針における PS-1, 2 及び MS-1, 2 に該当する機器）及び高温・高圧の環境下にあるクラス 3 のポンプの高経年化に係わる技術評価についてまとめたものである。

評価対象機器の一覧を表 1 に、機能を表 2 に示す。

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

本評価書はポンプの型式等を基に、以下の 2 分冊で構成されている。

1. ターボポンプ
2. 往復ポンプ

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

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

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

表1 評価対象機器一覧

型 式	機 器 名 称 (台 数)	仕 様 (容 量×揚 程)	重要度 *1
ターボポンプ	制御棒駆動系駆動水ポンプ (2)	30 m <sup>3</sup> /h×1,266 m	高*2
	残留熱除去系封水ポンプ (1)	5 m <sup>3</sup> /h×50 m	高*2
	低圧炉心スプレイ系封水ポンプ (1)	5 m <sup>3</sup> /h×50 m	高*2
	原子炉補機冷却水ポンプ (4)	1,700 m <sup>3</sup> /h×55 m	MS-1
	高圧炉心スプレイディーゼル 補機冷却水ポンプ (1)	260 m <sup>3</sup> /h×41 m	MS-1
	換気空調補機非常用冷却水系ポンプ (4)	86 m <sup>3</sup> /h×40 m	MS-1
	高圧炉心スプレイディーゼル 補機冷却海水ポンプ (1)	390 m <sup>3</sup> /h×29 m	MS-1
	残留熱除去系ポンプ (3)	1,692 m <sup>3</sup> /h×92 m	MS-1
	低圧炉心スプレイ系ポンプ (1)	1,443 m <sup>3</sup> /h×218 m	MS-1
	高圧炉心スプレイ系ポンプ (1)	369 m <sup>3</sup> /h×863 m 1,462 m <sup>3</sup> /h×274 m 1,578 m <sup>3</sup> /h×197 m	MS-1
	原子炉補機冷却海水ポンプ (4)	2,200 m <sup>3</sup> /h×33 m	MS-1
	原子炉冷却材浄化系ポンプ (2)	62 m <sup>3</sup> /h×120 m	PS-2
往復ポンプ	ほう酸水注入系ポンプ (2)	9.78 m <sup>3</sup> /h×約 860 m	MS-1

\*1：最上位の重要度を示す

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

表 2 評価対象機器機能一覧

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

# 1 ターボポンプ

## [対象ポンプ]

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

## 目 次

1. 対象機器及び代表機器の選定	1-1
1.1 グループ化の考え方及び結果	1-1
1.2 代表機器の選定	1-1
2. 代表機器の技術評価	1-4
2.1 構造, 材料及び使用条件	1-4
2.1.1 残留熱除去系封水ポンプ	1-4
2.1.2 原子炉補機冷却水ポンプ	1-7
2.1.3 換気空調補機非常用冷却水系ポンプ	1-10
2.1.4 原子炉補機冷却海水ポンプ	1-13
2.1.5 残留熱除去系ポンプ	1-16
2.1.6 原子炉冷却材浄化系ポンプ	1-19
2.2 経年劣化事象の抽出	1-22
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目	1-22
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象	1-22
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	1-24
3. 代表機器以外への展開	1-35
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象	1-35
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	1-36

## 1. 対象機器及び代表機器の選定

主要なターボポンプの主な仕様を表 1-1 に示す。

これらのポンプをグループ化し、それぞれのグループより代表機器を選定した。

### 1.1 グループ化の考え方及び結果

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

### 1.2 代表機器の選定

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

#### (1) 横軸遠心ポンプ（内部流体：純水、材料：ステンレス鋼）

このグループには制御棒駆動系駆動水ポンプ、残留熱除去系封水ポンプ、低圧炉心スプレー系封水ポンプが属するが、最高使用温度の観点から残留熱除去系封水ポンプ、低圧炉心スプレー系封水ポンプのいずれかとなるが、どちらも同条件であるため残留熱除去系封水ポンプを代表機器とする。

#### (2) 横軸遠心ポンプ（内部流体：冷却水（防錆剤入り純水）、材料：炭素鋼）

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

#### (3) 横軸遠心ポンプ（内部流体：冷却水（防錆剤入り純水）、材料：鋳鉄）

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

#### (4) 立軸斜流ポンプ（内部流体：海水、材料：ステンレス鋼）

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

#### (5) 立軸遠心ポンプ（内部流体：純水、材料：炭素鋼）

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

#### (6) 立軸キャンドモータ型ポンプ（内部流体：純水、材料：ステンレス鋼）

このグループには原子炉冷却材浄化系ポンプのみが属するので、原子炉冷却材浄化系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及び代表機器の選定

分類基準			機器名称 (台数)	選定基準					選定	選定理由
型式	内部 流体	材料*1		仕様 (容量×揚程)	重要度*4	使用条件				
						運転 状態*7	最高使用圧 力 (MPa) *5	最高使 用温度 (°C) *5		
横軸遠心	純水*2	ステンレス鋼	制御棒駆動系駆動水ポンプ (2)	30 m <sup>3</sup> /h×1,266 m	高*6	連続 (連続)	約 13.8	66		最高使用温度
			残留熱除去系封水ポンプ (1)	5 m <sup>3</sup> /h×50 m	高*6	連続 (連続)	約 1.4	100	◎	
			低圧炉心スプレイ系封水ポンプ (1)	5 m <sup>3</sup> /h×50 m	高*6	連続 (連続)	約 1.4	100		
	冷却水*3	炭素鋼	原子炉補機冷却水ポンプ (4)	1,700 m <sup>3</sup> /h×55 m	MS-1	連続 (連続)	約 1.4	70	◎	運転状態
			高圧炉心スプレイディーゼル 補機冷却水ポンプ (1)	260 m <sup>3</sup> /h×41 m	MS-1	一時 (一時)	約 1.3	70		
		鋳鉄	換気空調補機非常用冷却水系ポンプ (4)	86 m <sup>3</sup> /h×40 m	MS-1	一時 (一時)	約 1.4	70	◎	

\*1：ケーシングの材料を示す

\*2：復水，サブプレッションプール水を示す

\*3：冷却水（防錆剤入り純水）を示す

\*4：最上位の重要度を示す

\*5：ポンプ吐出配管の仕様を示す

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

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

表 1-1 (2/2) ターボポンプのグループ化及び代表機器の選定

分類基準			機器名称 (台数)	選定基準					選定	選定理由
型式	内部 流体	材料*1		仕様 (容量×揚程)	重要度*3	使用条件				
						運転 状態*5	最高使用圧 力 (MPa) *4	最高使 用温度 (°C) *4		
立軸斜流	海水	ステンレス鋼	高圧炉心スプレィディーゼル 補機冷却海水ポンプ (1)	390 m <sup>3</sup> /h×29 m	MS-1	一時 (一時)	約 0.7	50		運転状態
			原子炉補機冷却海水ポンプ (4)	2,200 m <sup>3</sup> /h×33 m	MS-1	連続 (連続)	約 0.6	50	◎	
立軸遠心	純水*2	炭素鋼	残留熱除去系ポンプ (3)	1,692 m <sup>3</sup> /h×92 m	MS-1	連続 (一時)	約 3.4	182	◎	運転状態
			低圧炉心スプレィ系ポンプ (1)	1,443 m <sup>3</sup> /h×218 m	MS-1	一時 (一時)	約 4.4	100		
			高圧炉心スプレィ系ポンプ (1)	369 m <sup>3</sup> /h×863 m 1,462 m <sup>3</sup> /h×274 m 1,578 m <sup>3</sup> /h×197 m	MS-1	一時 (一時)	約 10.8	100		
立軸 キャンド モータ	純水*2	ステンレス鋼	原子炉冷却材浄化系ポンプ (2)	62 m <sup>3</sup> /h×120 m	PS-2	連続 (連続)	約 10.0	66	◎	

\*1：ケーシングの材料を示す

\*2：一次冷却材，復水，サブプレッションプール水を示す

\*3：最上位の重要度を示す

\*4：ポンプ吐出配管の仕様を示す

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

## 2. 代表機器の技術評価

本章では、1章で代表機器とした以下のポンプについて技術評価を実施する。

- ① 残留熱除去系封水ポンプ
- ② 原子炉補機冷却水ポンプ
- ③ 換気空調補機非常用冷却水系ポンプ
- ④ 原子炉補機冷却海水ポンプ
- ⑤ 残留熱除去系ポンプ
- ⑥ 原子炉冷却材浄化系ポンプ

### 2.1 構造，材料及び使用条件

#### 2.1.1 残留熱除去系封水ポンプ

##### (1) 構造

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

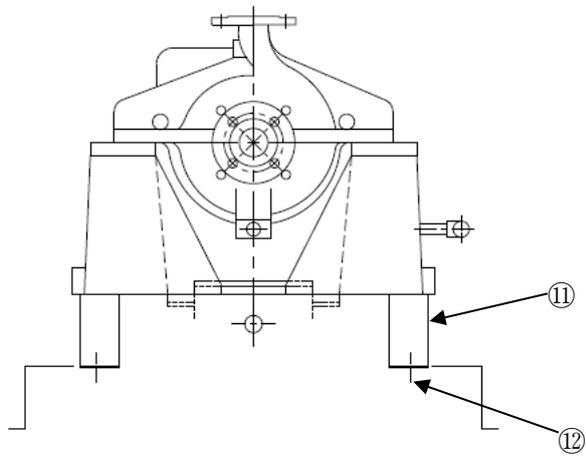
純水に接液するケーシング、羽根車にはステンレス鋳鋼、主軸にはステンレス鋼を使用しており、軸封部には、内部流体の漏れを防止するため、メカニカルシールを使用している。

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

残留熱除去系封水ポンプの構造図を図 2.1-1 に示す。

##### (2) 材料及び使用条件

残留熱除去系封水ポンプ主要部位の使用材料を表 2.1-1 に、使用条件を表 2.1-2 に示す。



A-A 矢視

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

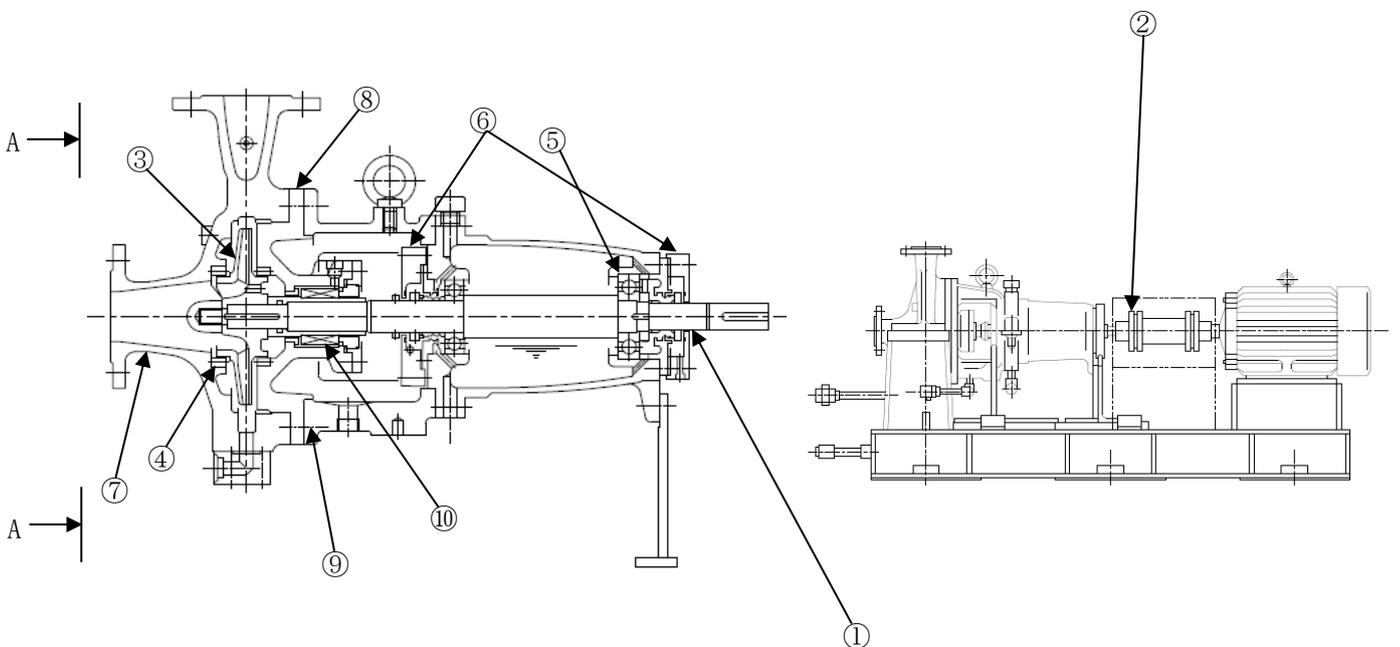


図 2.1-1 残留熱除去系封水ポンプ構造図

表 2.1-1 残留熱除去系封水ポンプ主要部位の使用材料

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

表 2.1-2 残留熱除去系封水ポンプの使用条件

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

## 2.1.2 原子炉補機冷却水ポンプ

### (1) 構造

原子炉補機冷却水ポンプは、容量 1,700 m<sup>3</sup>/h、揚程 55 m の横軸単段遠心ポンプであり、4 台設置している。

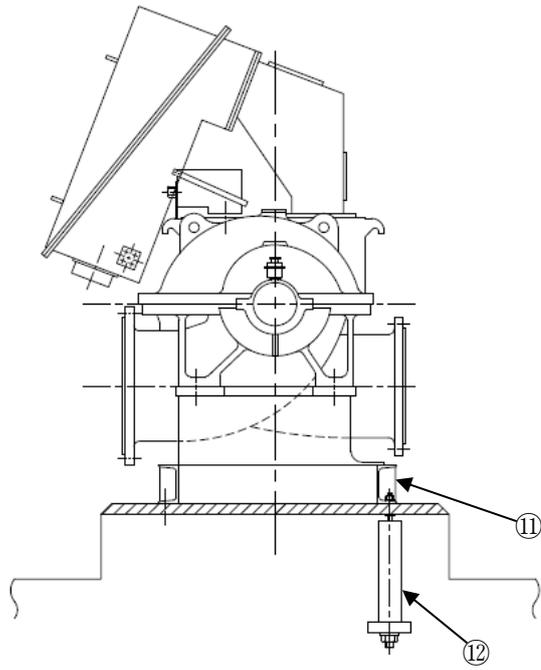
冷却水（防錆剤入り純水）に接液するケーシングには炭素鋼鋳鋼、主軸にはステンレス鋼、羽根車にはステンレス鋳鋼を使用しており、軸封部には、内部流体の漏れを防止するため、メカニカルシールを使用している。

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

原子炉補機冷却水ポンプの構造図を図 2.1-2 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

原子炉補機冷却水ポンプ主要部位の使用材料を表 2.1-3 に、使用条件を表 2.1-4 に示す。



A-A 矢視

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

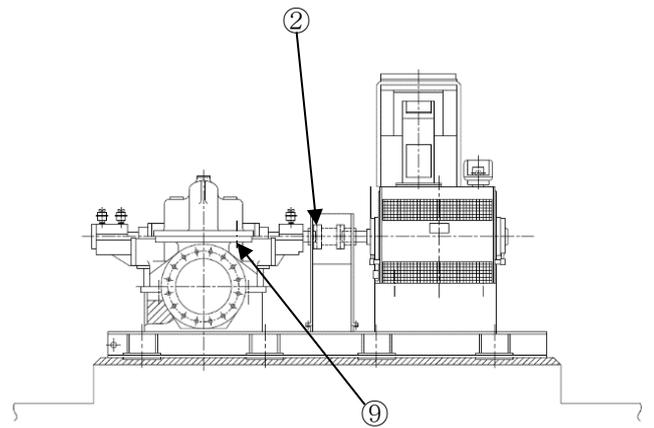
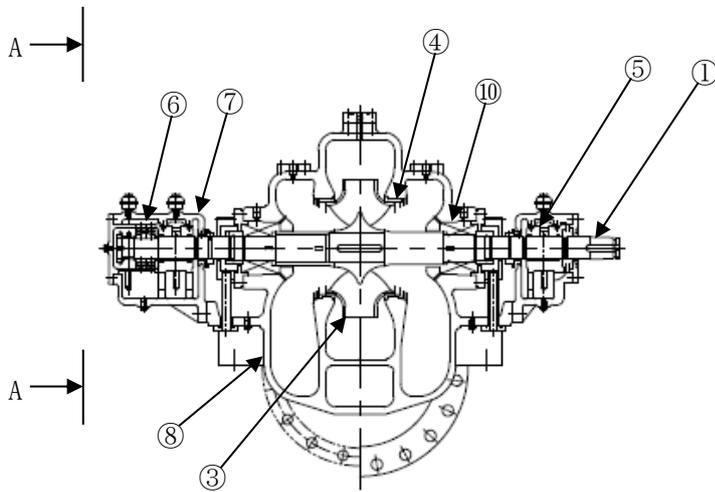


図 2.1-2 原子炉補機冷却水ポンプ構造図

表 2.1-3 原子炉補機冷却水ポンプ主要部位の使用材料

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

表 2.1-4 原子炉補機冷却水ポンプの使用条件

最高使用圧力	約 1.4 MPa
最高使用温度	70 °C
容 量	1,700 m <sup>3</sup> /h
内 部 流 体	冷却水 (防錆剤入り純水)

### 2.1.3 換気空調補機非常用冷却水系ポンプ

#### (1) 構造

換気空調補機非常用冷却水系ポンプは、容量 86 m<sup>3</sup>/h、揚程 40 m の横軸単段遠心ポンプであり、4 台設置している。

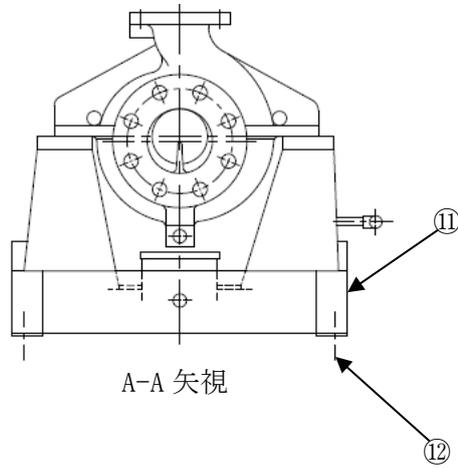
冷却水（防錆剤入り純水）に接液するケーシングには鋳鉄、主軸にはステンレス鋼、羽根車にはステンレス鋳鋼を使用しており、軸封部には、内部流体の漏れを防止するため、メカニカルシールを使用している。

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

換気空調補機非常用冷却水系ポンプの構造図を図 2.1-3 に示す。

#### (2) 材料及び使用条件

換気空調補機非常用冷却水系ポンプ主要部位の使用材料を表 2.1-5 に、使用条件を表 2.1-6 に示す。



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

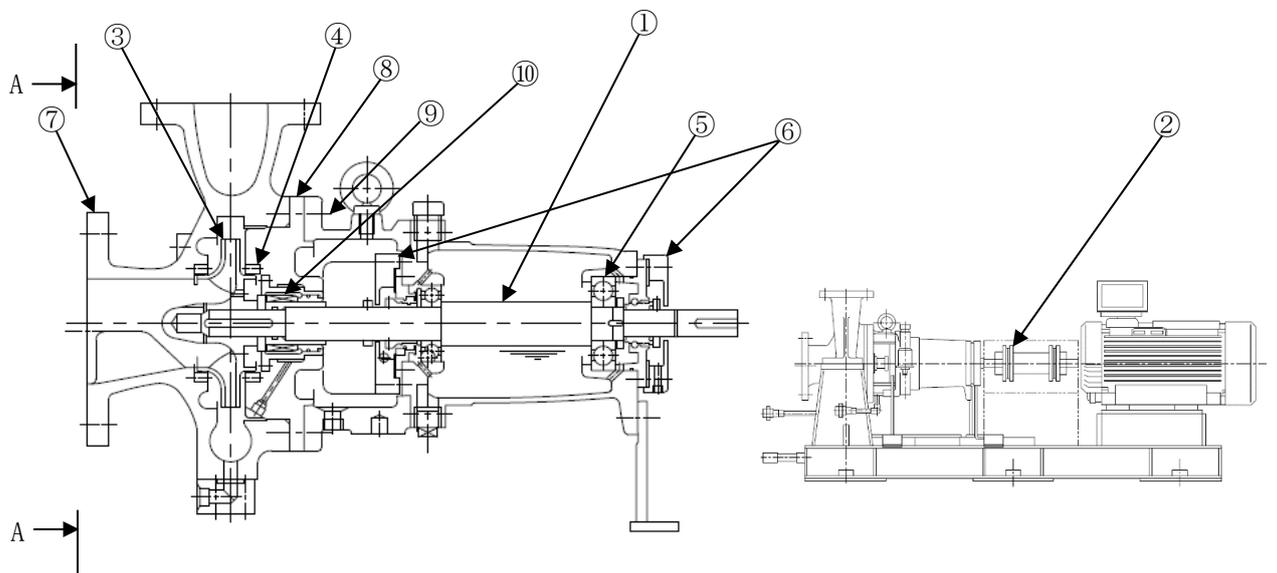


図 2.1-3 換気空調補機非常用冷却水系ポンプ構造図

表 2.1-5 換気空調補機非常用冷却水系ポンプ主要部位の使用材料

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

表 2.1-6 換気空調補機非常用冷却水系ポンプの使用条件

最高使用圧力	約 1.4 MPa
最高使用温度	70 °C
容 量	86 m <sup>3</sup> /h
内 部 流 体	冷却水（防錆剤入り純水）

#### 2.1.4 原子炉補機冷却海水ポンプ

##### (1) 構造

原子炉補機冷却海水ポンプは、容量 2,200 m<sup>3</sup>/h、揚程 33 m の立軸単段遠心斜流ポンプであり、4 台設置している。

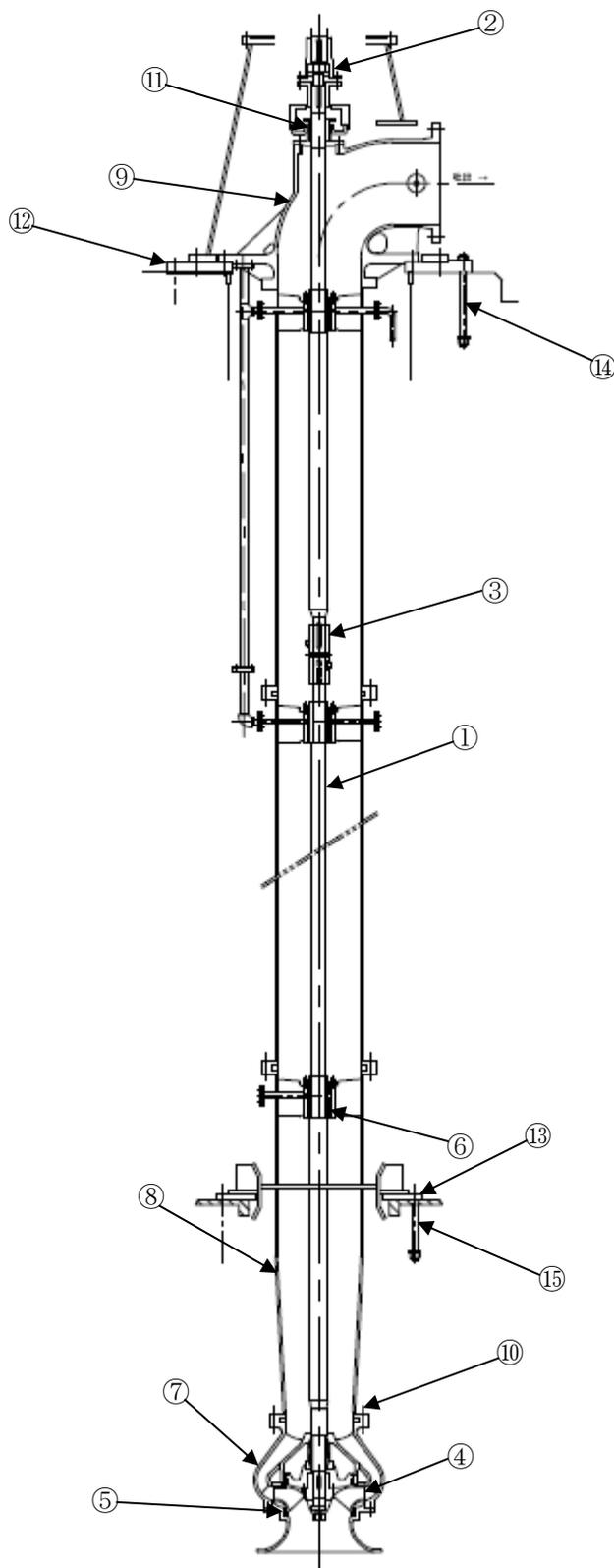
海水に接液するケーシング、羽根車にはステンレス鋳鋼、主軸にはステンレス鋼を使用しており、軸封部には、内部流体の漏れを防止するため、グランドパッキンを使用している。

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

原子炉補機冷却海水ポンプの構造図を図 2.1-4 に示す。

##### (2) 材料及び使用条件

原子炉補機冷却海水ポンプ主要部位の使用材料を表 2.1-7 に、使用条件を表 2.1-8 に示す。



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

図 2.1-4 原子炉補機冷却海水ポンプ構造図

表 2.1-7 原子炉補機冷却海水ポンプ主要部位の使用材料

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

表 2.1-8 原子炉補機冷却海水ポンプの使用条件

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

## 2.1.5 残留熱除去系ポンプ

### (1) 構造

残留熱除去系ポンプは、容量 1,692 m<sup>3</sup>/h、揚程 92 m の立軸多段遠心ポンプであり、3 台設置している。

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

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

残留熱除去系ポンプの構造図を図 2.1-5 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

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

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

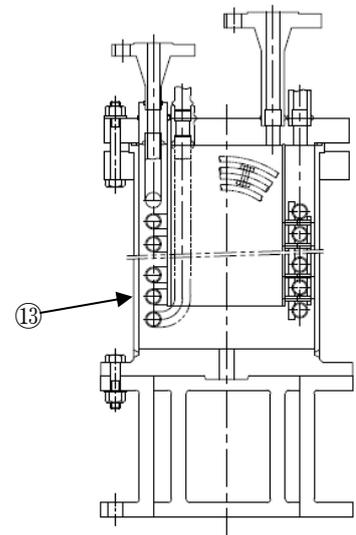
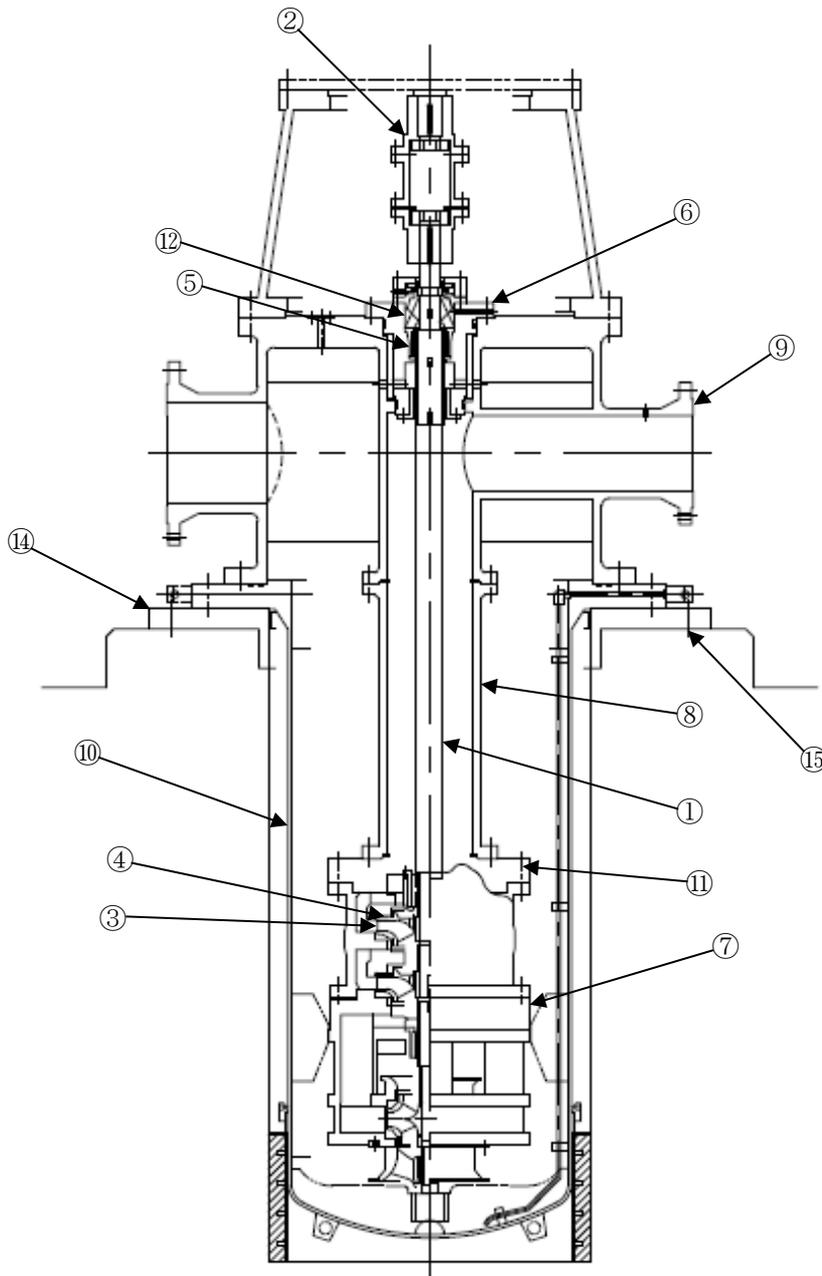


図 2.1-5 残留熱除去系ポンプ構造図

表 2.1-9 残留熱除去系ポンプ主要部位の使用材料

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

表 2.1-10 残留熱除去系ポンプの使用条件

最高使用圧力	約 3.4 MPa
最高使用温度	182 °C
容 量	1,692 m <sup>3</sup> /h
内 部 流 体	純水

## 2.1.6 原子炉冷却材浄化系ポンプ

### (1) 構造

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

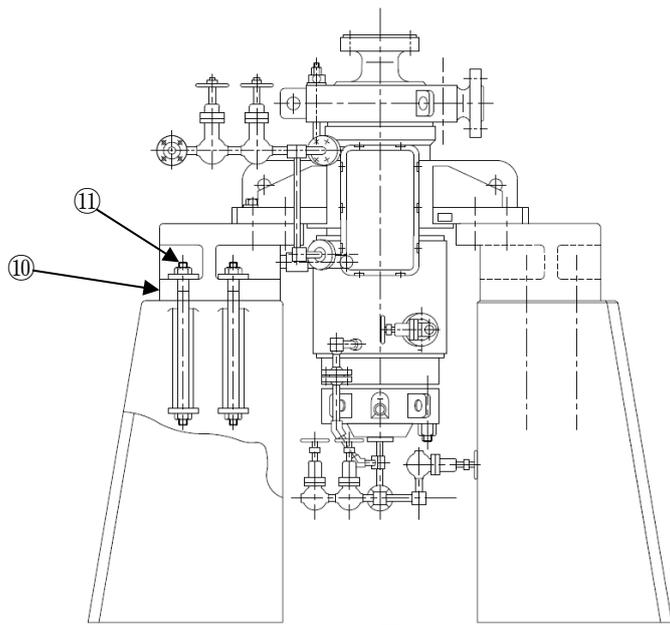
純水に接液するケーシング、羽根車にはステンレス鋳鋼、主軸にはステンレス鋼を使用しており、内部流体の漏れを防止するため、軸封部のないキャンドモータ型ポンプを使用している。

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

原子炉冷却材浄化系ポンプの構造図を図 2.1-6 に示す。

### (2) 使用材料及び使用条件

原子炉冷却材浄化系ポンプ主要部位の使用材料を表 2.1-11 に、使用条件を表 2.1-12 に示す。



外形図

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

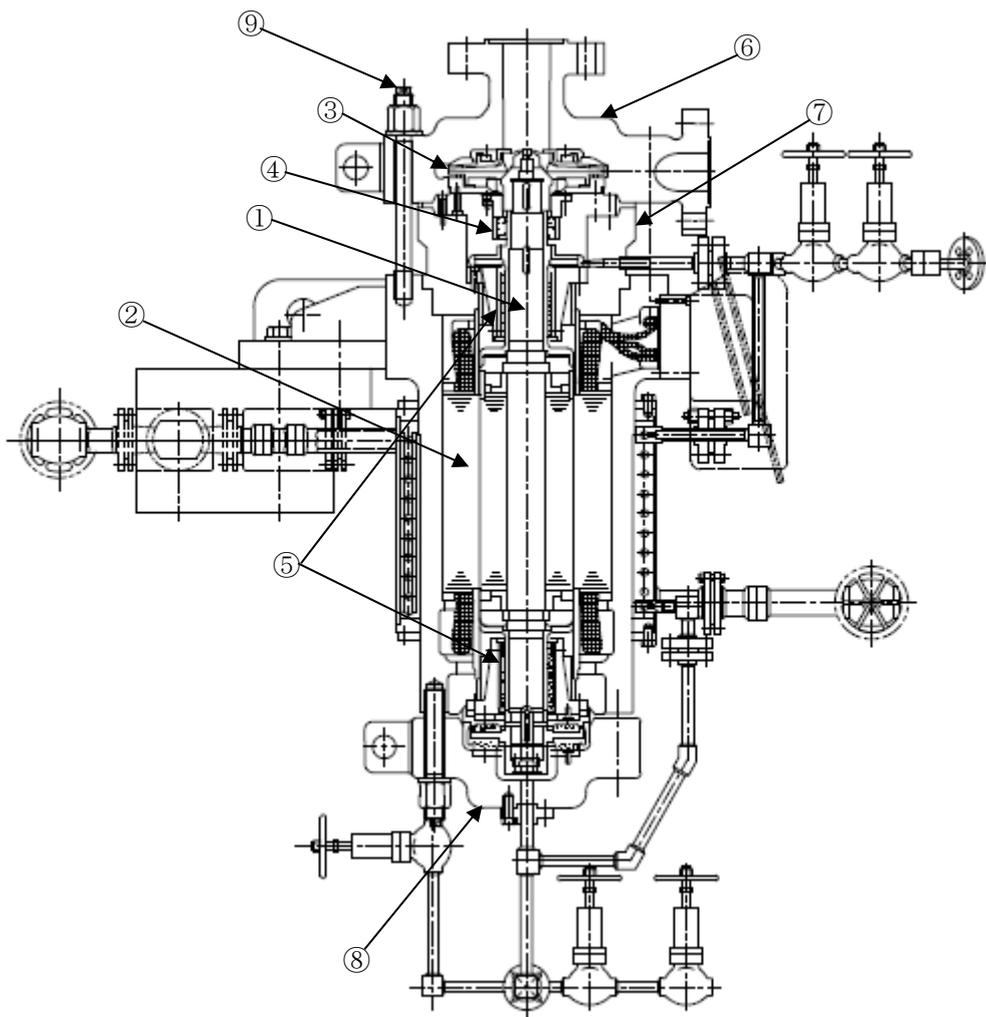


図 2.1-6 原子炉冷却材浄化系ポンプ構造図

表 2.1-11 原子炉冷却材浄化系ポンプ主要部位の使用材料

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

表 2.1-12 原子炉冷却材浄化系ポンプの使用条件

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

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

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

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

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

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

なお、消耗品及び定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

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

(3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

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

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

この結果，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象抽出はされなかった。

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

#### a. 主軸の摩耗 [共通]

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

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

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

#### b. 羽根車とケーシングリング間の摩耗 [共通]

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

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

#### c. すべり軸受の摩耗 [残留熱除去系ポンプ]

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

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

d. すべり軸受の摩耗及びはく離 [原子炉補機冷却水ポンプ]

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

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

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

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

e. 主軸、ケーシング、羽根車、取付ボルト等接液部の腐食（孔食、隙間腐食） [原子炉補機冷却海水ポンプ]

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

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

f. 基礎ボルトの腐食（全面腐食） [残留熱除去系封水ポンプ、原子炉補機冷却水ポンプ、換気空調補機非常用冷却水系ポンプ、残留熱除去系ポンプ、原子炉冷却材浄化系ポンプ]

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

g. 軸継手の摩耗 [原子炉補機冷却水ポンプ]

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

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

h. 羽根車の腐食（キャビテーション） [共通]

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

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

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

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

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

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

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

j. ケーシング等接液部の腐食（全面腐食） [残留熱除去系ポンプ]

残留熱除去系ポンプのケーシング、揚水管、デリベリは炭素鋼であり、内部流体が純水であることから、腐食の発生が想定される。

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

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

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

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

原子炉補機冷却水ポンプのケーシングは炭素鋼鋳鋼，換気空調補機非常用冷却水系ポンプのケーシング，ケーシングカバーは鋳鉄であることから，腐食が想定されるが，内部流体が冷却水（防錆剤入り純水）であるため，腐食が発生する可能性は小さい。

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

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

軸受箱は炭素鋼，鋳鉄またはアルミニウム合金であり腐食の発生が想定されるが，外面は防食塗装により腐食の発生を防止しており，また，内部流体が潤滑油であることから，腐食が発生する可能性は小さい。

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

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

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

- n. ベース（スタンド）の腐食（全面腐食）〔共通〕

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

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

- o. 主軸の高サイクル疲労割れ〔共通〕

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

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

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

日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。

表 2.2-1 (1/6) 残留熱除去系封水ポンプに想定される経年劣化事象

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

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (2/6) 原子炉補機冷却水ポンプに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期 取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
ポンプの容量と揚程の確保	エネルギー伝達	主軸		ステンレス鋼	△		△ <sup>*1</sup>				*1:高サイクル疲労割れ *2:キャビテーション *3:はく離	
		軸継手		低合金鋼	△							
	エネルギー変換	羽根車		ステンレス鋳鋼	△	△ <sup>*2</sup>						
		ケーシングリング		ステンレス鋼	△							
	軸支持	軸受 (すべり)		鋳鉄, ホワイトメタル	△					△ <sup>*3</sup>		
		軸受 (転がり)	◎									
		軸受箱		鋳鉄, 炭素鋼			△					
バウンダリの維持	耐 圧	ケーシング		炭素鋼鋳鋼			△					
		取付ボルト		低合金鋼			△					
	軸シール	メカニカルシール	◎									
機器の支持	支 持	ベース		炭素鋼			△					
		基礎ボルト		低合金鋼			△					

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (3/6) 換気空調補機非常用冷却水系ポンプに想定される経年劣化事象

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

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (4/6) 原子炉補機冷却海水ポンプに想定される経年劣化事象

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

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (5/6) 残留熱除去系ポンプに想定される経年劣化事象

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

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (6/6) 原子炉冷却材浄化系ポンプに想定される経年劣化事象

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

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

### 3. 代表機器以外への展開

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

- ① 制御棒駆動系駆動水ポンプ
- ② 低圧炉心スプレイ系封水ポンプ
- ③ 高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水ポンプ
- ④ 高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却海水ポンプ
- ⑤ 低圧炉心スプレイ系ポンプ
- ⑥ 高圧炉心スプレイ系ポンプ

#### 3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

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

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

### 3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

#### a. 主軸の摩耗 [共通]

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

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

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

#### b. 羽根車とケーシングリング間の摩耗 [共通]

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

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

#### c. すべり軸受の摩耗 [高圧炉心スプレィディーゼル補機冷却海水ポンプ，低圧炉心スプレィ系ポンプ，高圧炉心スプレィ系ポンプ]

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

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

d. すべり軸受の摩耗及びはく離 [制御棒駆動系駆動水ポンプ]

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

しかし、摩耗については分解点検時に目視点検及び主軸と軸受間隙の寸法測定を行っており、間隙が基準値に達した場合は、取替または修理を行うこととしている。

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

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

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

代表機器同様、海水に接液する主軸、ケーシング、羽根車、取付ボルト、中間軸継手、ケーシングリング、揚水管、デリベリ、中間支持台、中間支持台基礎ボルトは海水に接液する材料はステンレス鋼またはステンレス鑄鋼であり、腐食（孔食、隙間腐食）の発生が想定されるが、これらの部位については分解点検時目視点検を行い、腐食の状況に応じて寸法測定を実施しており、必要に応じて修理及び取替を実施している。

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

f. 基礎ボルトの腐食（全面腐食） [制御棒駆動系駆動水ポンプ、低圧炉心スプレィ系封水ポンプ、高圧炉心スプレィディーゼル補機冷却水ポンプ、低圧炉心スプレィ系ポンプ、高圧炉心スプレィ系ポンプ]

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

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

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

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

h. 増速機歯車の摩耗 [制御棒駆動系駆動水ポンプ]

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

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

i. 増速機ケーシングの腐食（全面腐食） [制御棒駆動系駆動水ポンプ]

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

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

j. 羽根車の腐食（キャビテーション） [共通]

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

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

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

k. ケーシング及びケーシングカバー等接液部の腐食（全面腐食） [制御棒駆動系駆動水ポンプ、低圧炉心スプレイ系ポンプ、高圧炉心スプレイ系ポンプ]

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

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

また、高圧炉心スプレイ系ポンプ、低圧炉心スプレイ系ポンプのバレルの材料は炭素鋼であり、内面は純水に接しており、外面はコンクリートに覆われているため、地下水の浸透により浸水する場合には腐食の発生が想定されるが、ピット

の止水処理を行っていることからバレル外面については腐食の発生する可能性は小さく、バレル内面についてはこれまでの目視点検の結果から有意な腐食は確認されていない。

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

1. ケーシング、ケーシングカバーの腐食（全面腐食）〔高圧炉心スプレィディーゼル補機冷却水ポンプ〕

代表機器同様、高圧炉心スプレィディーゼル補機冷却水ポンプのケーシングおよびケーシングカバーは炭素鋼であり、腐食の発生が想定されるが、内部流体が冷却水（防錆剤入り純水）であるため、腐食が発生する可能性は小さい。

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

m. 軸受箱の腐食（全面腐食）〔制御棒駆動系駆動水ポンプ、低圧炉心スプレィ系封水ポンプ、高圧炉心スプレィディーゼル補機冷却水ポンプ、低圧炉心スプレィ系ポンプ、高圧炉心スプレィ系ポンプ〕

代表機器同様、軸受箱は炭素鋼、鋳鉄およびアルミニウム合金であり腐食の発生が想定されるが、外面は防食塗装により腐食の発生を防止しており、また内部流体が潤滑油であることから、腐食が発生する可能性は小さい。

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

n. 取付ボルトの腐食（全面腐食）〔制御棒駆動系駆動水ポンプ、高圧炉心スプレィディーゼル補機冷却水ポンプ、低圧炉心スプレィ系ポンプ、高圧炉心スプレィ系ポンプ〕

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

o. ベースの腐食（全面腐食）〔共通〕

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

また、機器点検等において有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾

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

p. 主軸の高サイクル疲労割れ [共通]

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

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

q. 潤滑油ユニットの腐食（全面腐食） [制御棒駆動系駆動水ポンプ]

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

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

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

r. 潤滑油ユニット油ポンプ歯車の摩耗 [制御棒駆動系駆動水ポンプ]

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

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

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

u. 潤滑油ユニット弁の弁棒の疲労割れ [制御棒駆動系駆動水ポンプ]

v. 潤滑油ユニット補助油ポンプモータ（低圧、交流、全閉）の主軸の摩耗 [制御棒駆動系駆動水ポンプ]

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

- x. 潤滑油ユニット補助油ポンプモータ（低圧，交流，全閉）の主軸の高サイクル疲労割れ [制御棒駆動系駆動水ポンプ]
- y. 潤滑油ユニット補助油ポンプモータ（低圧，交流，全閉）の回転子棒及び回転子エンドリングの疲労割れ [制御棒駆動系駆動水ポンプ]

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

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

代表機器同様，日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。

以 上

## 2 往復ポンプ

[対象ポンプ]

- ① ほう酸水注入系ポンプ

## 目 次

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

1. 対象機器及び代表機器の選定

往復ポンプの主な仕様を表 1-1 に示す。

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

表 1-1 往復ポンプの主な仕様

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

\*1：最上位の重要度を示す

\*2：ポンプ吐出の仕様を示す

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

## 2. 往復ポンプの技術評価

### 2.1 構造, 材料及び使用条件

#### 2.1.1 ほう酸水注入系ポンプ

##### (1) 構造

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

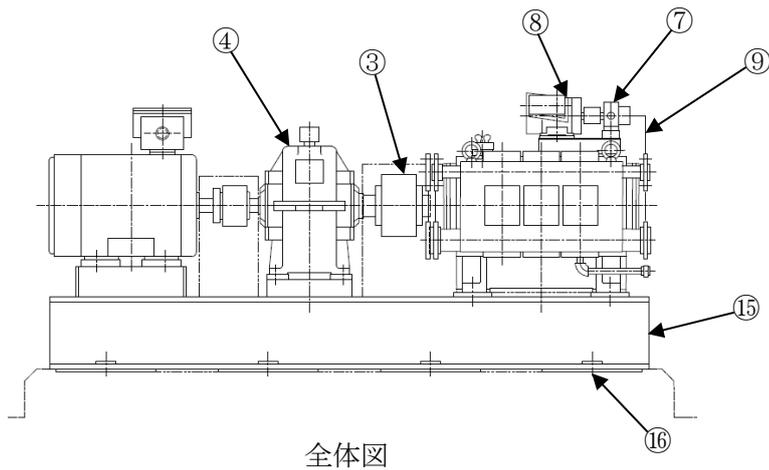
内部流体は五ほう酸ナトリウム水で, 内部流体に接液するケーシング, プランジヤーにはステンレス鋼が使用されており, 軸封部には, 内部流体の漏れを防止するため, グランドパッキンが使用されている。その他, クランクケース内潤滑用に潤滑油ユニットがあり, 油ポンプは鋳鉄, 低合金鋼及び複合セラミックス, 配管はステンレス鋼を使用している。

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

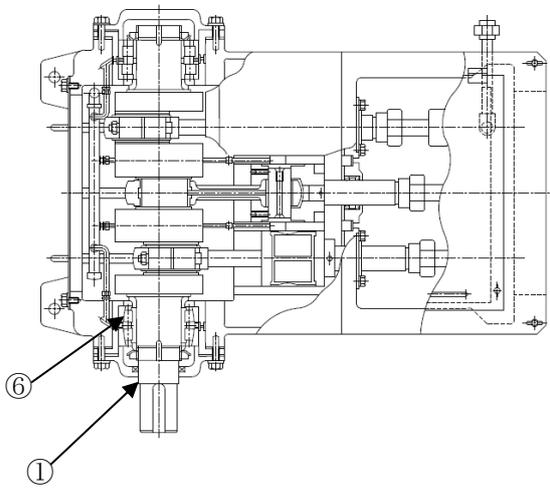
ほう酸水注入系ポンプの構造図を図 2.1-1 に示す。

##### (2) 材料及び使用条件

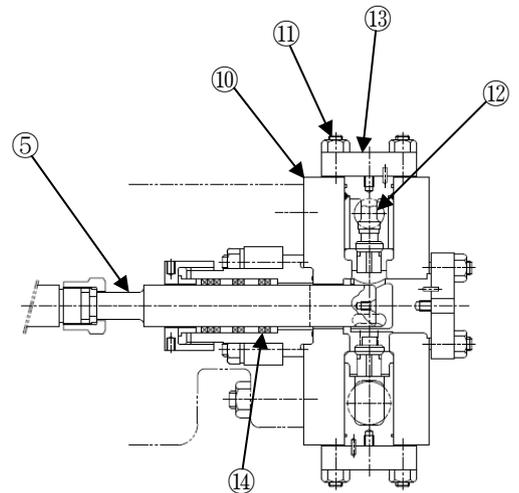
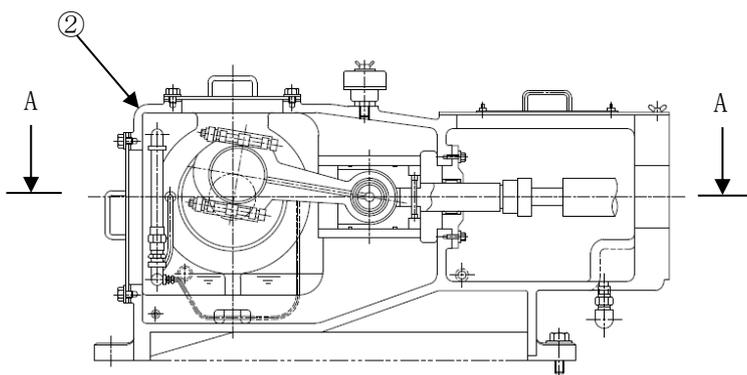
ほう酸水注入系ポンプの使用材料を表 2.1-1 に, 使用条件を表 2.1-2 に示す。



全体図



A-A 断面



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

図 2.1-1 ほう酸水注入系ポンプ構造図

表 2.1-1 ほう酸水注入系ポンプの使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料	
ポンプの容量と揚程の確保	エネルギー伝達	クランク軸	炭素鋼	
		クランク軸 ケーシング	鋳鉄	
		軸継手	炭素鋼	
		減速機	鋳鉄, 炭素鋼, 低合金鋼	
	エネルギー変換	プランジャー	ステンレス鋼	
	軸支持	潤滑油 ユニット	軸受 (転がり)	(消耗品)
			油ポンプ	鋳鉄, 低合金鋼, 複合セラミックス
			油ポンプ モータ (低圧, 交流, 全閉)	主軸: 炭素鋼 固定子コイル及び口出線・接続部品: 銅, 絶縁物 (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)
			配管	ステンレス鋼
	バウンダリの維持	耐 圧	ケーシング	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	
ケーシングカバー			ステンレス鋼	
軸シール		グランドパッキン	(消耗品)	
機器の支持	支 持	ベース	炭素鋼	
		基礎ボルト	炭素鋼	

表 2.1-2 ほう酸水注入系ポンプの使用条件

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

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

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

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

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

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

なお、消耗品及び定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

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

(3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

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

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

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

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

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

#### a. 基礎ボルトの腐食（全面腐食）

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

#### b. 軸継手及び減速機歯車の摩耗

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

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

#### c. プランジヤーの摩耗

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

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

#### d. 減速機ケーシング及びクランク軸ケーシングの腐食（全面腐食）

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

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

e. プランジャー，ケーシング及びリフト抑え接液部の腐食（全面腐食）

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

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

f. 取付ボルトの腐食（全面腐食）

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

g. ベースの腐食（全面腐食）

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

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

h. クランク軸の高サイクル疲労割れ

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

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

i. ケーシング、ケーシングカバーの高サイクル疲労割れ

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

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

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

j. 潤滑油ユニット油ポンプの腐食（全面腐食）

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

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

k. 潤滑油ユニット油ポンプの歯車の摩耗

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

l. 潤滑油ユニット配管の小口径配管の高サイクル疲労割れ

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

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

o. 潤滑油ユニット油ポンプモータ（低圧、交流、全閉）の主軸の摩耗

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

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

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

日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。

表 2. 2-1 ほう酸水注入系ポンプに想定される経年劣化事象

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

○ : 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

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

### 2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

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

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

以 上

柏崎刈羽原子力発電所 4 号炉

## 熱交換器の技術評価書

東京電力ホールディングス株式会社

本評価書は、柏崎刈羽原子力発電所 4 号炉（以下柏崎刈羽 4 号炉という）における安全上重要な熱交換器（重要度分類指針における PS-1, 2 及び MS-1, 2 に該当する機器）及び高温、高圧の環境下にあるクラス 3 の熱交換器の高経年化に係わる技術評価についてまとめたものである（評価対象機器の一覧を表 1 に、機能を表 2 に示す）。

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

本評価書は熱交換器の型式等を基に、以下の 2 分冊で構成されている。

- 1 直管式熱交換器
- 2 U 字管式熱交換器

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

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

表1 評価対象機器一覧

型 式	機 器 名 称 (基数)	仕 様 (熱交換量)	重要度*1
直管式熱交換器	原子炉補機冷却水系熱交換器 (6)	約 14.88 MW	MS-1
	高圧炉心スプレィディーゼル補機冷却水系熱交換器 (1)	約 3.26 MW	MS-1
U字管式熱交換器	原子炉冷却材浄化系再生熱交換器 (1)	約 25.58 MW	PS-2
	原子炉冷却材浄化系非再生熱交換器 (2)	約 4.42 MW	PS-2
	残留熱除去系熱交換器 (2)	約 12.09 MW	MS-1

\*1：最上位の重要度を示す

表2 評価対象機器機能一覧

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

# 1 直管式熱交換器

[対象熱交換器]

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

## 目 次

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

## 1. 対象機器及び代表機器の選定

主要な直管式熱交換器の主な仕様を表 1-1 に示す。

これらの熱交換器をグループ化し、それぞれのグループより代表機器を選定した。

### 1.1 グループ化の考え方及び結果

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

### 1.2 代表機器の選定

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

#### (1) 内部流体（管側：海水，胴側：冷却水（防錆剤入り純水））

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

表 1-1 直管式熱交換器のグループ化及び代表機器の選定

分類基準					機器名称 (基数)	選定基準								選定	選定理由
型式	流体		材料			仕様 (熱交換量)	重要度*2	使用条件							
	管側	胴側	伝熱管	胴				運転 状態*3	最高使用圧力 (MPa)		最高使用温度 (°C)				
					管側				胴側	管側	胴側				
直管式	海水	冷却水*1	銅合金	炭素鋼	原子炉補機冷却水系熱交換器 (6)	約 14.88 MW	MS-1	連続 (連続)	約 0.6	約 1.4	50	70	◎	運転状態	
					高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系熱交換器 (1)	約 3.26 MW	MS-1	一時 (一時)	約 0.7	約 1.3	50	70			

\*1：防錆剤入り純水を示す

\*2：最上位の重要度を示す

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

## 2. 代表機器の技術評価

本章では、1章で代表機器とした以下の熱交換器について技術評価を実施する。

### ① 原子炉補機冷却水系熱交換器

#### 2.1 構造、材料及び使用条件

##### 2.1.1 原子炉補機冷却水系熱交換器

###### (1) 構造

原子炉補機冷却水系熱交換器は、熱交換量約 14.88 MW の横置直管式熱交換器であり、6基設置されている。

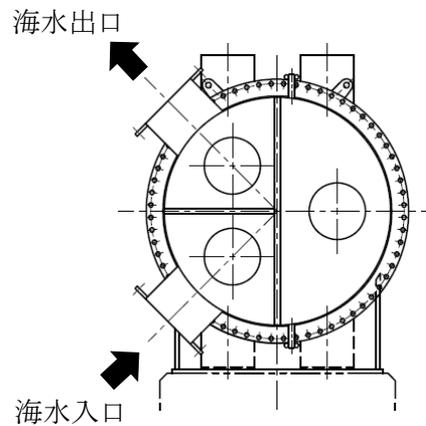
本熱交換器は、熱交換機能を有する伝熱管に冷却用海水を送水するための管側構成部品、管側と胴側を分離するための管板、伝熱管を介して冷却される冷却水（防錆剤入り純水）が流れる胴側構成部品、機器を支持するための基礎ボルトから構成される。

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

原子炉補機冷却水系熱交換器の構造図を図 2.1-1 に示す。

###### (2) 材料及び使用条件

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



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

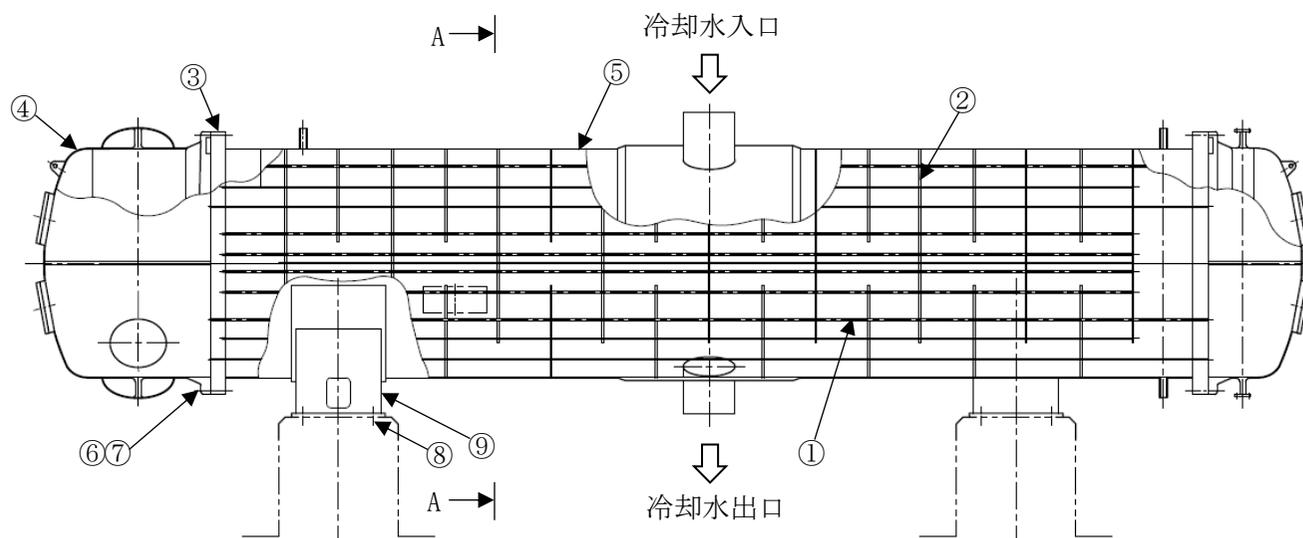


図 2.1-1 原子炉補機冷却水系熱交換器構造図

表 2.1-1 原子炉補機冷却水系熱交換器主要部位の使用材料

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

\*：消耗品

表 2.1-2 原子炉補機冷却水系熱交換器の使用条件

	管側	胴側
最高使用温度	50 °C	70 °C
最高使用圧力	約 0.6 MPa	約 1.4 MPa
容 量 (熱交換量)	約 14.88 MW	
内部流体	海水	冷却水 (防錆剤入り純水)

## 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

熱交換器の機能（熱除去）の達成に必要な項目は以下のとおり。

- ① 伝熱性能の確保
- ② バウンダリの維持
- ③ 機器の支持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

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

なお、消耗品及び定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

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

#### (3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

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

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

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

#### a. 伝熱管の高サイクル疲労割れ及び摩耗

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

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

#### b. 基礎ボルトの腐食（全面腐食）

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

#### c. 支持脚スライド部の腐食（全面腐食）

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

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

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

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

#### d. 伝熱管の異物付着

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

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

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

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

表 2.2-1 代表熱交換器の主な保全内容

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

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

e. 水室の腐食（全面腐食）

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

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

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

f. 管板の腐食（全面腐食）

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

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

g. フランジボルトの腐食（全面腐食）

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

h. 支持脚の腐食（全面腐食）

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

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

i. 伝熱管の腐食（流れ加速型腐食（FAC））

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

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

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

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

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

a. 胴及び管支持板の腐食（全面腐食）

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

表 2.2-2 原子炉補機冷却水系熱交換器に想定される経年劣化事象

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

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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

### 3. 代表機器以外への展開

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

#### ① 高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系熱交換器

#### 3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

代表機器同様、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

#### 3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

##### a. 伝熱管の高サイクル疲労割れ及び摩耗

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

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

##### b. 基礎ボルトの腐食（全面腐食）

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

##### c. 支持脚スライド部の腐食（全面腐食）

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

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

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

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

d. 伝熱管の異物付着

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

e. 水室の腐食（全面腐食）

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

また、これまでの目視による点検結果から有意な腐食は確認されていない。

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

f. 管板の腐食（全面腐食）

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

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

g. フランジボルトの腐食（全面腐食）

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

h. 支持脚の腐食（全面腐食）

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

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

i. 伝熱管の腐食（流れ加速型腐食（FAC））

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

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

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

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

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

a. 胴及び管支持板の腐食（全面腐食）

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

以 上

## 2 U字管式熱交換器

[対象熱交換器]

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

## 目 次

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

## 1. 対象機器及び代表機器の選定

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

### 1.1 グループ化の考え方及び結果

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

### 1.2 代表機器の選定

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

#### (1) 内部流体（管側：純水，胴側：純水）

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

#### (2) 内部流体（管側：純水，胴側：冷却水（防錆剤入り純水））

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

表 1-1 U 字管式熱交換器のグループ化及び代表機器の選定

分類基準					機器名称 (基数)	選定基準								選定	選定理由
型式	流体		材料			仕様 (熱交換量)	重要度*2	使用条件							
	管側	胴側	伝熱管	胴				運転 状態*3	最高使用圧力 (MPa)		最高使用温度 (°C)				
									管側	胴側	管側	胴側			
U 字 管式	純水	純水	ステンレス鋼	炭素鋼	原子炉冷却材浄化系再生熱交換器 (1)	約 25.58 MW	PS-2	連続 (連続)	約 8.8	約 10.0	302	302	◎		
		冷却水*1	ステンレス鋼	炭素鋼	原子炉冷却材浄化系非再生熱交換器 (2)	約 4.42 MW	PS-2	連続 (連続)	約 8.8	約 1.4	302	85		重要度	
					残留熱除去系熱交換器 (2)	約 12.09 MW	MS-1	連続 (一時)	約 3.4	約 1.4	182	70	◎		

\*1：防錆剤入り純水を示す

\*2：最上位の重要度を示す

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

## 2. 代表機器の技術評価

本章では、1章で代表機器とした以下の熱交換器について技術評価を実施する。

- ① 原子炉冷却材浄化系再生熱交換器
- ② 残留熱除去系熱交換器

### 2.1 構造，材料及び使用条件

#### 2.1.1 原子炉冷却材浄化系再生熱交換器

##### (1) 構造

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

本熱交換器は，熱交換機能を有する伝熱管に高温側純水（原子炉冷却材）を送水するための管側構成品，管側と胴側を分離するための管板，伝熱管を介して高温側純水を冷却する低温側純水（原子炉冷却材）が流れる胴側構成品，機器を支持するための基礎ボルトから構成される。

原子炉冷却材浄化系再生熱交換器の構造図を図 2.1-1 に示す。

##### (2) 材料及び使用条件

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

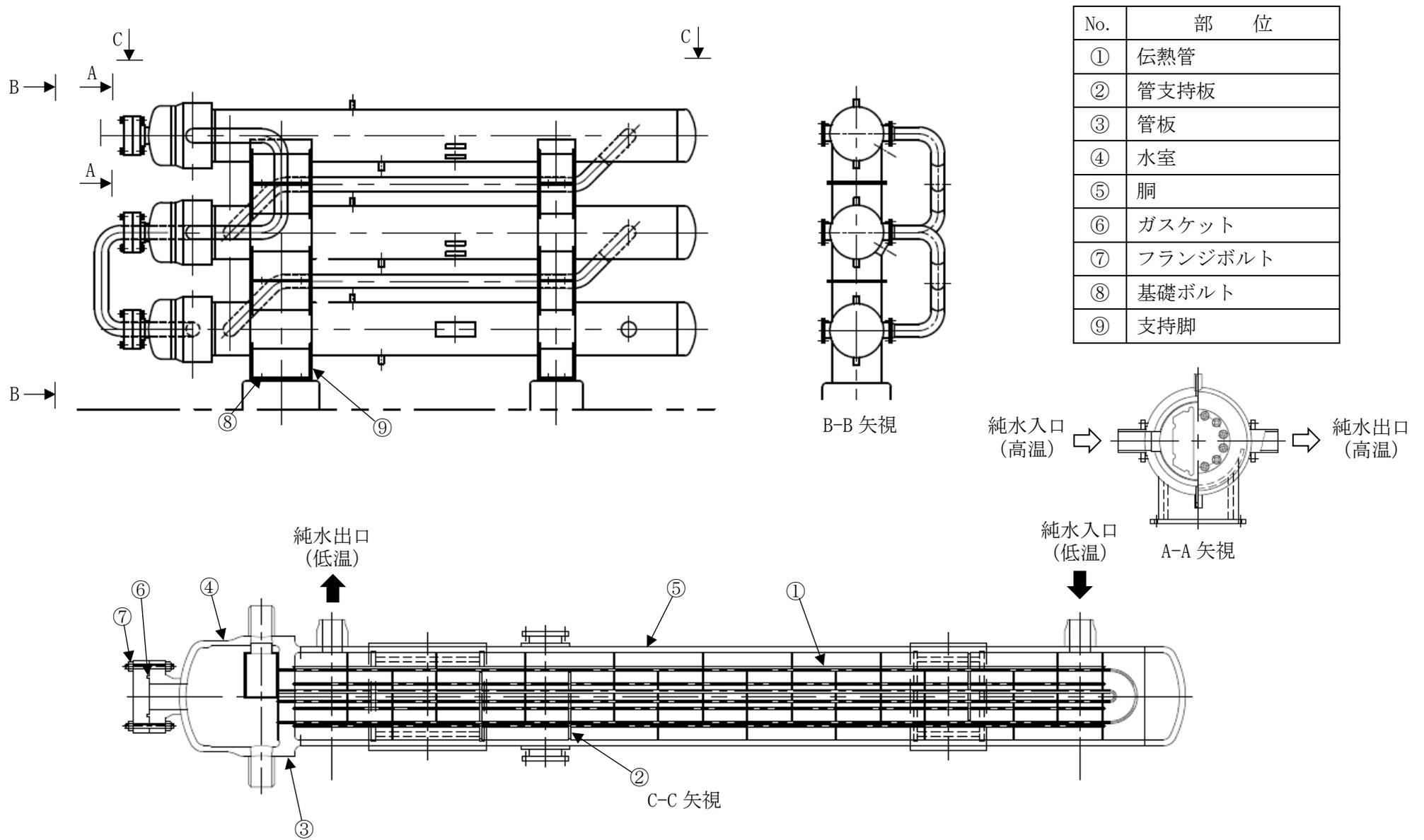


図 2.1-1 原子炉冷却材浄化系再生熱交換器構造図

表 2.1-1 原子炉冷却材浄化系再生熱交換器主要部位の使用材料

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

表 2.1-2 原子炉冷却材浄化系再生熱交換器の使用条件

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

## 2.1.2 残留熱除去系熱交換器

### (1) 構造

残留熱除去系熱交換器は、熱交換量約 12.09 MW の横置 U 字管式熱交換器であり、2 基設置されている。

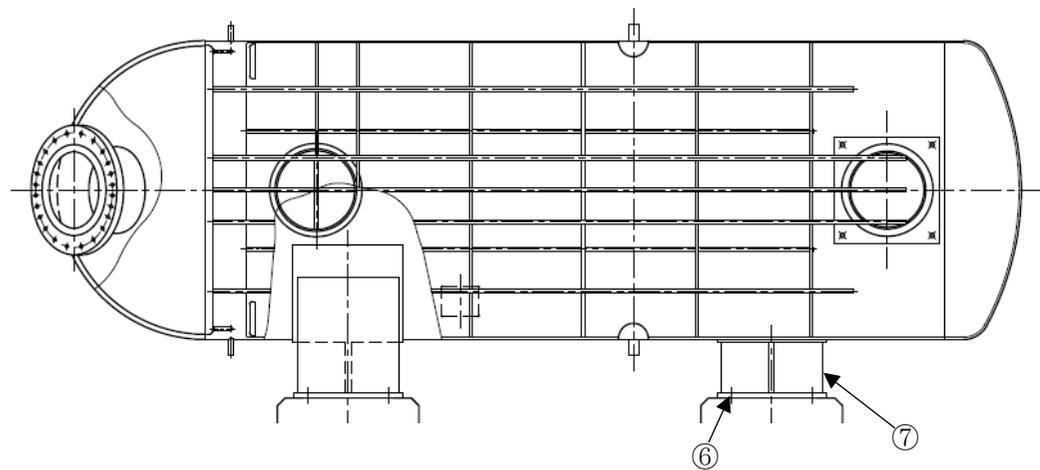
本熱交換器は、熱交換機能を有する伝熱管に残留熱を除去する純水（原子炉冷却材）が流れる管側構成品、管側と胴側を分離するための管板、伝熱管を介して残留熱を除去するための冷却水（防錆剤入り純水）が流れる胴側構成品、機器を支持するための基礎ボルトから構成される。

また、伝熱管、水室、管板は、管側管台より、点検手入れが可能である。

残留熱除去系熱交換器の構造図を図 2.1-2 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

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



No.	部 位
①	伝熱管
②	管支持板
③	管板
④	水室
⑤	胴
⑥	基礎ボルト
⑦	支持脚

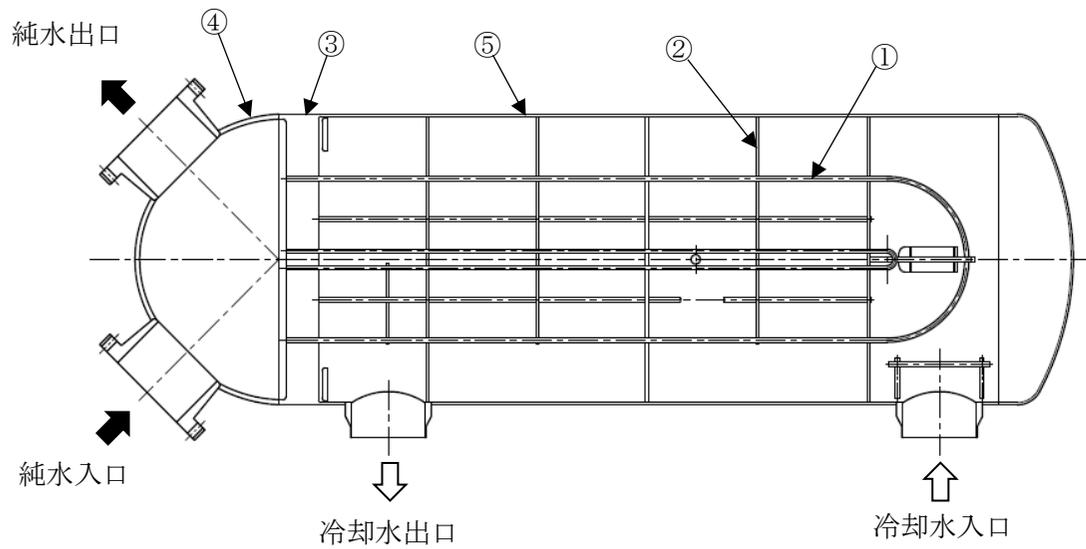


図 2.1-2 残留熱除去系熱交換器構造図

表 2.1-3 残留熱除去系熱交換器主要部位の使用材料

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

表 2.1-4 残留熱除去系熱交換器の使用条件

	管 側	胴 側
最高使用温度	182 °C	70 °C
最高使用圧力	約 3.4 MPa	約 1.4 MPa
容量 (熱交換量)	約 12.09 MW	
内部流体	純 水 (原子炉冷却材)	冷却水 (防錆剤入り純水)

## 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

熱交換器の機能（熱除去及び加熱）の達成に必要な項目は以下のとおり。

- ① 伝熱性能の確保
- ② バウンダリの維持
- ③ 機器の支持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

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

なお、消耗品及び定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

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

#### (3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

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

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

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

#### a. 水室の腐食（全面腐食）〔共通〕

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

#### b. 基礎ボルトの腐食（全面腐食）〔共通〕

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

#### c. 伝熱管の粒界型応力腐食割れ〔共通〕

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

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

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

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

#### d. 胴の腐食（全面腐食）〔原子炉冷却材浄化系再生熱交換器〕

胴は炭素鋼であり、純水と接液しているため、腐食が発生する可能性がある。

しかし、類似環境下にある柏崎刈羽1号炉第16回定期検査時（2014年度）における原子炉冷却材浄化系再生熱交換器の胴の肉厚測定において、腐食による有意な減肉は確認されていない。また、運転圧による漏えいの有無により、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大きく変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. 支持脚スライド部の腐食（全面腐食） [共通]

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

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

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

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

f. 伝熱管の高サイクル疲労割れ及び摩耗 [共通]

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

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

g. 伝熱管の異物付着 [共通]

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

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

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

h. フランジボルトの腐食（全面腐食）〔原子炉冷却材浄化系再生熱交換器〕

フランジボルトは低合金鋼であり腐食の発生する可能性は否定できないが、これまでの目視による点検結果から有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年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〕

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

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

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

a. 胴、管支持板の腐食（全面腐食）〔残留熱除去系熱交換器〕

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

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

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

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

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (2/2) 残留熱除去系熱交換器に想定される経年劣化事象

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

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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

### 3. 代表機器以外への展開

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

#### ① 原子炉冷却材浄化系非再生熱交換器

#### 3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

代表機器同様、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

#### 3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

##### a. 水室の腐食（全面腐食）

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

##### b. 基礎ボルトの腐食（全面腐食）

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

##### c. 伝熱管の粒界型応力腐食割れ

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

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

d. 支持脚スライド部の腐食（全面腐食）

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

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

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

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

e. 伝熱管の高サイクル疲労割れ及び摩耗

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

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

f. 伝熱管の異物付着

代表機器同様，内部流体は水質管理された純水であり，異物付着の可能性は小さい。

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

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

g. フランジボルトの腐食（全面腐食）

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

h. 支持脚の腐食（全面腐食）

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

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

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

a. 胴，管支持板の腐食（全面腐食）

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

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

以 上

柏崎刈羽原子力発電所 4 号炉

ポンプモータの技術評価書

東京電力ホールディングス株式会社

本評価書は、柏崎刈羽原子力発電所4号炉（以下、柏崎刈羽4号炉という）における安全上重要なポンプモータ（重要度分類指針におけるPS-1, 2及びMS-1, 2に該当する機器）の高経年化に係わる技術評価についてまとめたものである。なお、高温・高圧の環境下にあるポンプモータはない。

評価対象機器の一覧を表1に、機能を表2に示す。

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

本評価書は、ポンプモータの電圧区分をもとに、以下の2分冊で構成されている。

- 1 高圧ポンプモータ
- 2 低圧ポンプモータ

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

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

表1 評価対象機器一覧

電圧区分	機器名称 (台数)	仕様 (定格出力×回転速度)	重要度*
高圧ポンプモータ	残留熱除去系ポンプモータ (3)	750 kW×1,475 rpm	MS-1
	高圧炉心スプレイ系ポンプモータ (1)	2,650 kW×1,485 rpm	MS-1
	低圧炉心スプレイ系ポンプモータ (1)	1,250 kW×1,480 rpm	MS-1
	原子炉補機冷却水ポンプモータ (4)	390 kW×1,470 rpm	MS-1
低圧ポンプモータ	原子炉補機冷却海水ポンプモータ (4)	300 kW×985 rpm	MS-1
	高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水ポンプモータ (1)	55 kW×2,930 rpm	MS-1
	ほう酸水注入系ポンプモータ (2)	45 kW×1,460 rpm	MS-1
	高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却海水ポンプモータ (1)	75 kW×965 rpm	MS-1
	換気空調補機非常用冷却水系ポンプモータ (4)	18.5 kW×2,900 rpm	MS-1
	原子炉冷却材浄化系ポンプモータ (2)	90 kW×2,974 rpm	PS-2

\*：最上位の重要度を示す

表2 評価対象機器機能一覧

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

# 1 高圧ポンプモータ

[対象モータ]

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

## 目 次

1. 対象機器及び代表機器の選定 .....	1-1
1.1 グループ化の考え方及び結果 .....	1-1
1.2 代表機器の選定 .....	1-1
2. 代表機器の技術評価 .....	1-3
2.1 構造, 材料及び使用条件 .....	1-3
2.1.1 原子炉補機冷却水ポンプモータ .....	1-3
2.2 経年劣化事象の抽出 .....	1-6
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目 .....	1-6
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 .....	1-6
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 .....	1-7
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価 .....	1-10
3. 代表機器以外への展開 .....	1-12
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 .....	1-13

## 1. 対象機器及び代表機器の選定

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

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

### 1.1 グループ化の考え方及び結果

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

### 1.2 代表機器の選定

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

#### (1) 屋内設置（型式：開放形）

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

表 1-1 高圧ポンプモータのグループ化と代表機器の選定

分類基準		機器名称 (台数)	仕様 (定格出力×回転速度)	選定基準			選定	選定理由
				重要度*1	使用条件			
型式	設置場所				運転状態*2	定格電圧 (V)		
開放	屋内	残留熱除去系ポンプモータ (3)	750 kW×1, 475 rpm	MS-1	連続*3 (一時)	6, 600	40 以下	運転状態
		高圧炉心スプレイ系ポンプモータ (1)	2, 650 kW×1, 485 rpm	MS-1	一時 (一時)	6, 600	40 以下	
		低圧炉心スプレイ系ポンプモータ (1)	1, 250 kW×1, 480 rpm	MS-1	一時 (一時)	6, 600	40 以下	
		原子炉補機冷却水ポンプモータ (4)	390 kW×1, 470 rpm	MS-1	連続 (連続)	6, 600	40 以下	

◎：代表機器

\*1：最上位の重要度を示す

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

\*3：運転状態は，3台中2台が連続で残り1台は一時

## 2. 代表機器の技術評価

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

### ① 原子炉補機冷却水ポンプモータ

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

## 2.1 構造、材料及び使用条件

### 2.1.1 原子炉補機冷却水ポンプモータ

#### (1) 構造

原子炉補機冷却水ポンプモータは、定格出力 390kW、回転速度 1,470rpm の開放形三相誘導モータであり、4台設置されている。

#### a. 固定部

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

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

#### b. 回転部

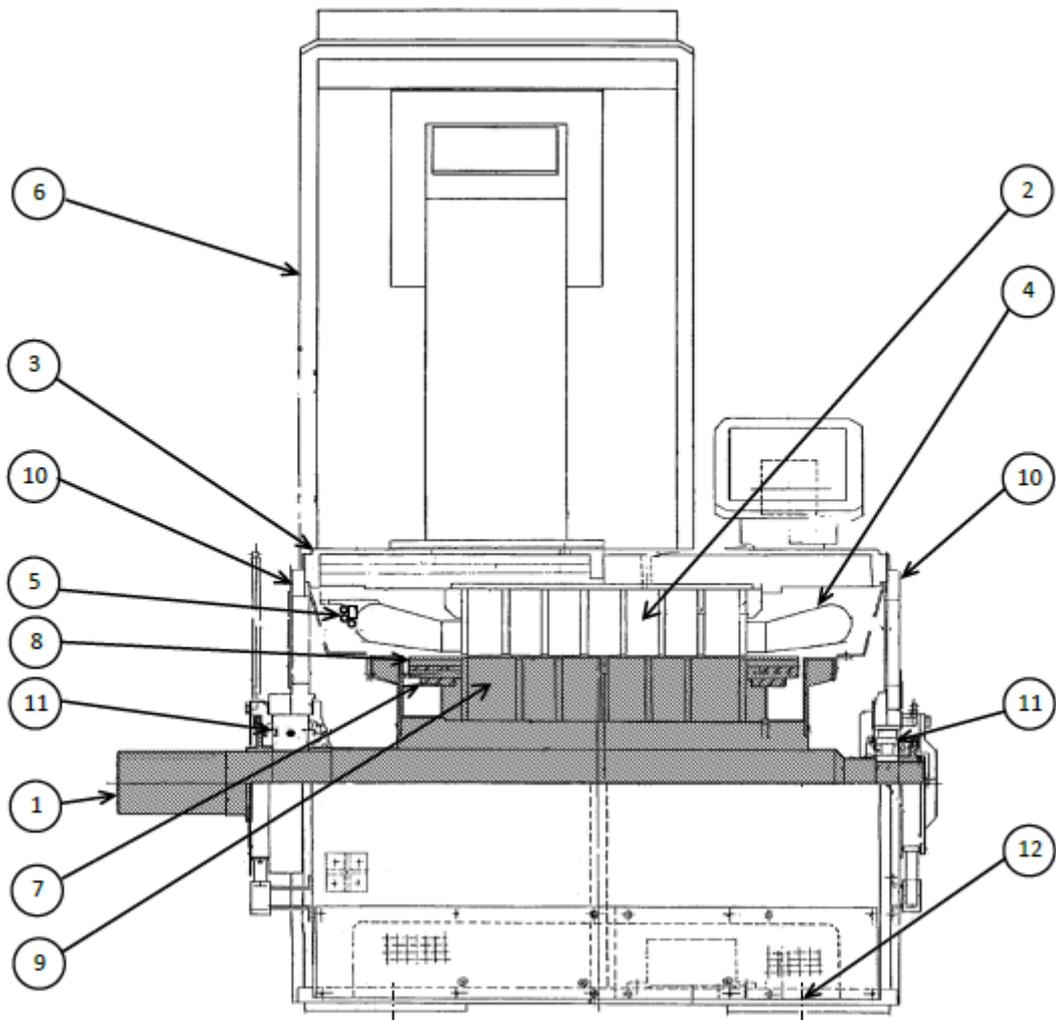
転がり軸受により支持される主軸に回転子コアが固定されている。

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

原子炉補機冷却水ポンプモータの構造図を図 2.1-1 に示す。

#### (2) 材料及び使用条件

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



注：回転部を斜線で示す

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

図2. 1-1 原子炉補機冷却水ポンプモータ構造図

表 2.1-1 原子炉補機冷却水ポンプモータ主要部位の使用材料

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

表 2.1-2 原子炉補機冷却水ポンプモータの使用条件

定 格 出 力	390kW
定 格 電 圧	6,600V
回 転 速 度	1,470rpm
周 囲 温 度	40℃以下*

\*: 海水熱交換器建屋内の設計値

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

高圧ポンプモータの機能（ポンプ送水機能）の達成に必要な項目は以下のとおり。

- ① 駆動機能の確保
- ② 機器の支持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

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

なお、消耗品及び定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

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

#### (3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

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

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

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

#### a. 固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

#### a. 主軸の摩耗

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

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

#### b. 主軸の高サイクル疲労割れ

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

また、これまでの点検においては、割れは確認されていない。

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

#### c. 固定子コア及び回転子コアの腐食（全面腐食）

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

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

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

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

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

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

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

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

e. 回転子棒及び回転子エンドリングの疲労割れ

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

また、これまでの点検においては、割れは確認されていない。

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

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

日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。

表2. 2-1 原子炉補機冷却水ポンプモータに想定される経年劣化事象

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

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

## 2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

### (1) 固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下

#### a. 事象の説明

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

絶縁特性低下を生ずる可能性のある部位を図 2.3-1 に示す。

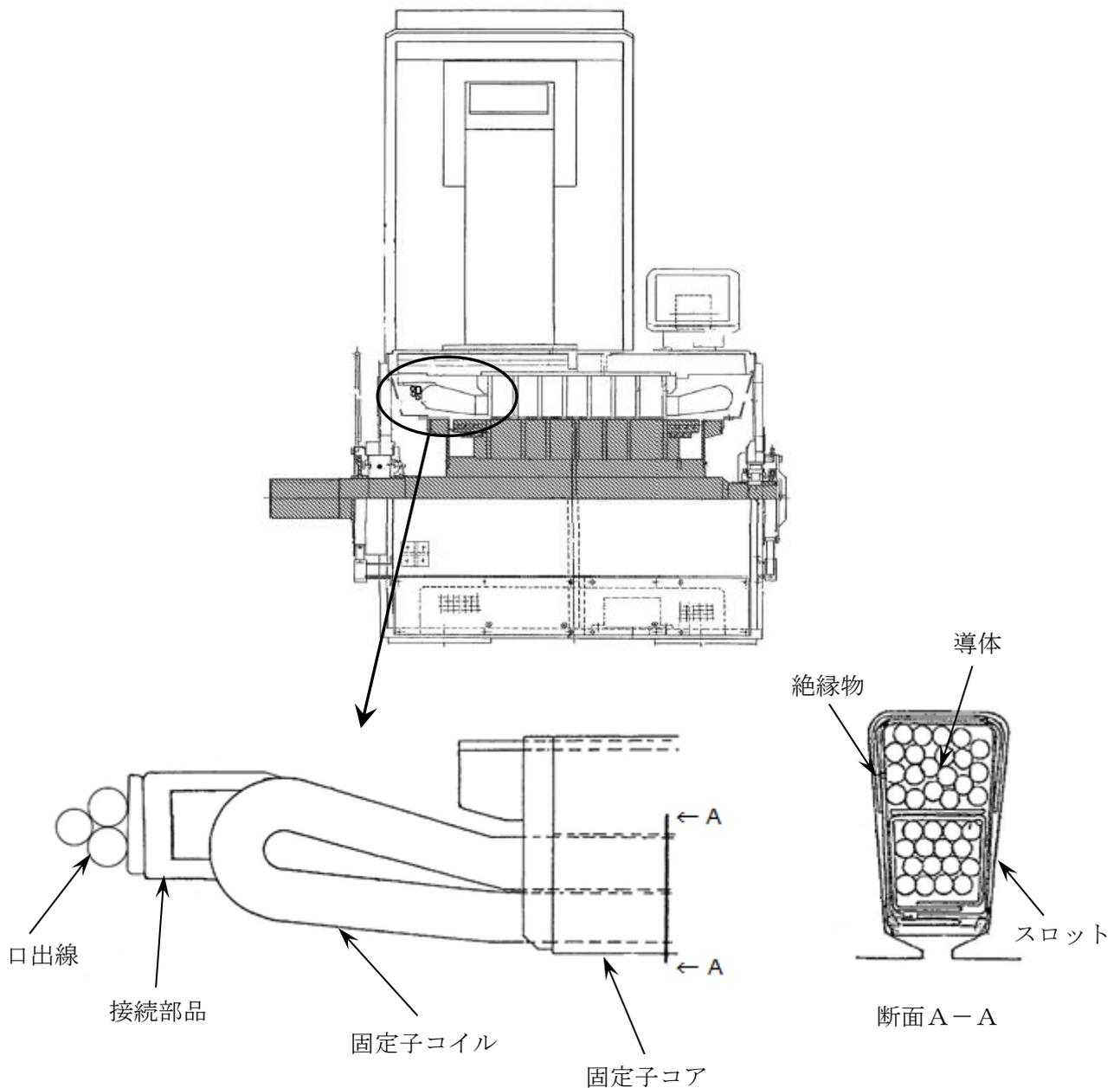


図2.3-1 固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁部位

## b. 技術評価

### ① 健全性評価

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

### ② 現状保全

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

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

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

### ③ 総合評価

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

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

## c. 高経年化への対応

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

### 3. 代表機器以外への展開

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

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

#### 3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

##### a. 固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下 [共通]

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

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

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

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

### 3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

#### a. すべり軸受の摩耗及びはく離 [共通]

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

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

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

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

#### b. 主軸の摩耗 [共通]

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

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

#### c. 主軸の高サイクル疲労割れ [共通]

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

また、これまでの点検においては、割れは確認されていない。

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

d. 固定子コア及び回転子コアの腐食（全面腐食） [共通]

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

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

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

e. フレーム，エンドブラケット，端子箱及び取付ボルトの腐食（全面腐食） [共通]

代表機器同様，フレーム，エンドブラケット，端子箱及び取付ボルトは炭素鋼及びクロムモリブデン鋼であるため腐食の発生が想定されるが，これらの表面には防食塗装が施されており，塗膜が健全であれば腐食が発生する可能性は小さい。

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

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

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

f. 回転子棒及び回転子エンドリングの疲労割れ [共通]

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

また，これまでの点検においては，割れは確認されていない。

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

g. 油冷却器伝熱管の腐食（全面腐食） [共通]

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

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

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

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

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

代表機器同様、日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。

以 上

## 2 低圧ポンプモータ

[対象モータ]

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

## 目 次

1. 対象機器及び代表機器の選定.....	2-1
1.1 グループ化の考え方及び結果.....	2-1
1.2 代表機器の選定.....	2-1
2. 代表機器の技術評価.....	2-3
2.1 構造, 材料及び使用条件.....	2-3
2.1.1 原子炉補機冷却海水ポンプモータ.....	2-3
2.1.2 原子炉冷却材浄化系ポンプモータ.....	2-6
2.2 経年劣化事象の抽出.....	2-9
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目.....	2-9
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象.....	2-9
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象.....	2-10
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価.....	2-16
3. 代表機器以外への展開.....	2-18
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象.....	2-18
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象.....	2-19

## 1. 対象機器及び代表機器の選定

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

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

### 1.1 グループ化の考え方及び結果

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

### 1.2 代表機器の選定

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

#### (1) 屋内設置（型式：全閉形）

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

#### (2) 屋内設置（型式：水浸形）

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

表 1-1 低圧ポンプモータのグループ化と代表機器の選定

分類基準		機器名称 (台数)	仕様 (定格出力×回転速度)	選定基準				選定	選定理由
				重要度*1	使用条件				
型式	設置場所				運転状態*2	定格電圧 (V)	周囲温度 (°C)		
全閉	屋内	原子炉補機冷却海水ポンプモータ (4)	300 kW×985 rpm	MS-1	連続 (連続)	440	40 以下	◎	運転状態
		高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水ポンプモータ (1)	55 kW×2,930 rpm	MS-1	一時 (一時)	440	40 以下		
		ほう酸水注入系ポンプモータ (2)	45 kW×1,460 rpm	MS-1	一時 (一時)	440	40 以下		
		高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却海水ポンプモータ (1)	75 kW×965 rpm	MS-1	一時 (一時)	440	40 以下		
		換気空調補機非常用冷却水系ポンプモータ (4)	18.5 kW×2,900 rpm	MS-1	一時 (一時)	440	40 以下		
水浸	屋内	原子炉冷却材浄化系ポンプモータ (2)	90 kW×2,974 rpm	PS-2	連続 (連続)	440	40 以下	◎	

◎：代表機器

\*1：最上位の重要度を示す

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

## 2. 代表機器の技術評価

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

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

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

### 2.1 構造、材料及び使用条件

#### 2.1.1 原子炉補機冷却海水ポンプモータ

##### (1) 構造

原子炉補機冷却海水ポンプモータは、定格出力 300kW、回転速度 985rpm の全閉形三相誘導モータであり、4台設置されている。

##### a. 固定部

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

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

##### b. 回転部

転がり軸受により支持される主軸に回転子コアが固定されている。

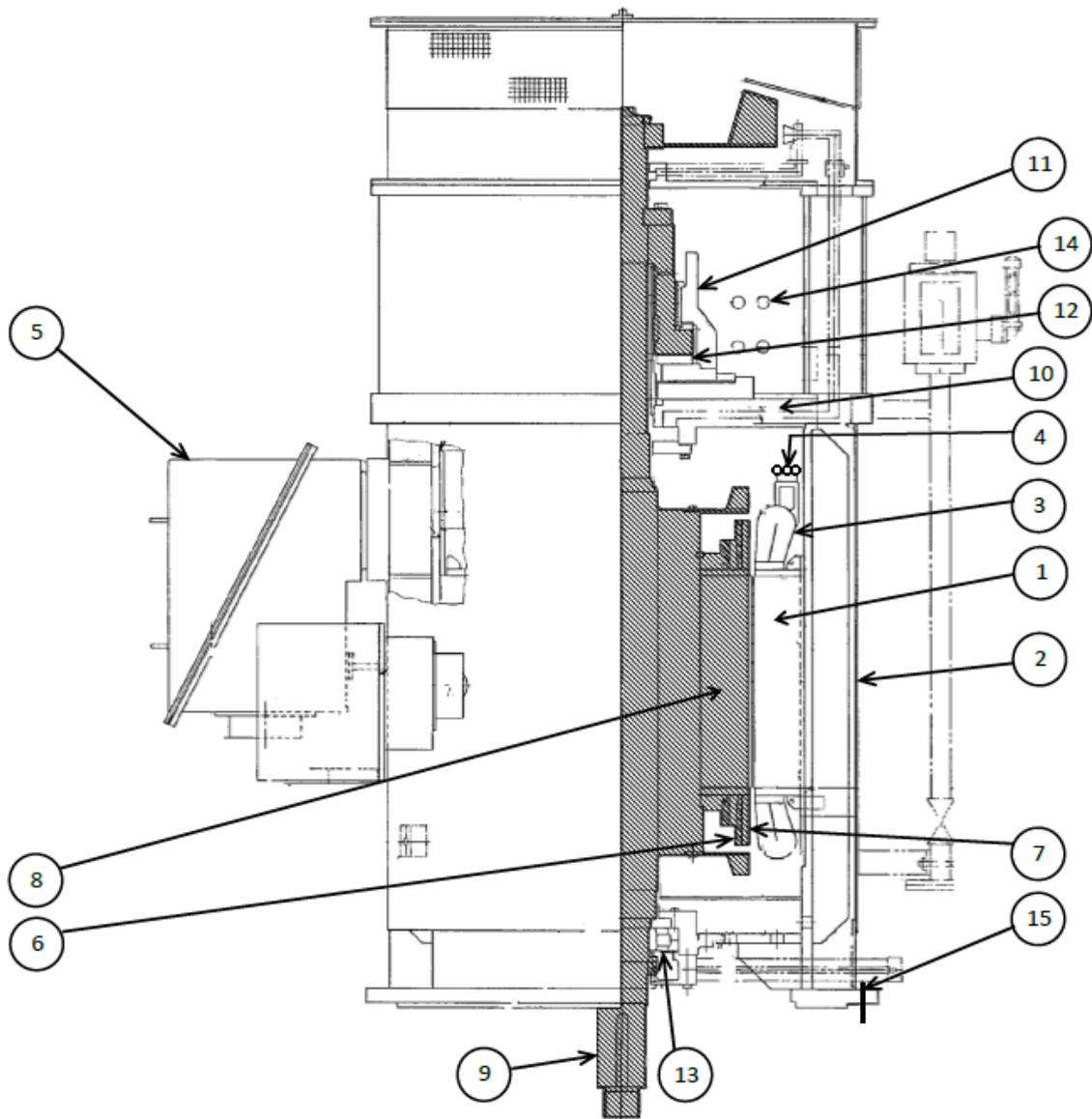
また、回転子コアには回転子棒が挿入され、両端には回転子エンドリングが取り付けられている。

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

原子炉補機冷却海水ポンプモータの構造図を図 2.1-1 に示す。

##### (2) 材料及び使用条件

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



注：回転部を斜線で示す

No.	部 位	No.	部 位
①	固定子コア	⑨	主軸
②	フレーム	⑩	エンドブラケット
③	固定子コイル	⑪	上部ガイド軸受（すべり）
④	口出線・接続部品	⑫	上部スラスト軸受（すべり）
⑤	端子箱	⑬	下部軸受（転がり）
⑥	回転子エンドリング	⑭	油冷却器
⑦	回転子棒	⑮	取付ボルト
⑧	回転子コア		

図2.1-1 原子炉補機冷却海水ポンプモータ構造図

表2.1-1 原子炉補機冷却海水ポンプモータ主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
駆動機能の確保	エネルギー変換	固定子コア	無方向性電磁鋼
		フレーム	炭素鋼
		固定子コイル	銅, 絶縁物 (マイカ, エポキシ樹脂等)
		口出線・接続部品	銅, 絶縁物 (マイカ, エポキシ樹脂等)
		端子箱	炭素鋼
		回転子エンドリング	銅, 銅合金
		回転子棒	銅, 銅合金
		回転子コア	無方向性電磁鋼
	エネルギー伝達	主軸	炭素鋼
	軸支持	エンドブラケット	炭素鋼
		上部ガイド軸受 (すべり)	ホワイトメタル, 炭素鋼
		上部スラスト軸受 (すべり)	ホワイトメタル, 炭素鋼
		下部軸受 (転がり)	(消耗品)
	油冷却	油冷却器	タフピッチ銅, りん脱酸銅
	機器の支持	支持	取付ボルト

表 2.1-2 原子炉補機冷却海水ポンプモータの使用条件

定 格 出 力	300kW
定 格 電 圧	440V
回 転 速 度	985rpm
周 囲 温 度	40 °C以下*

\*: 海水熱交換器建屋内の設計値

## 2.1.2 原子炉冷却材浄化系ポンプモータ

### (1) 構造

原子炉冷却材浄化系ポンプモータは、定格出力 90kW、回転速度 2,974rpm の水浸形三相誘導モータであり、2 台設置されている。

#### a. 固定部

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

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

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

#### b. 回転部

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

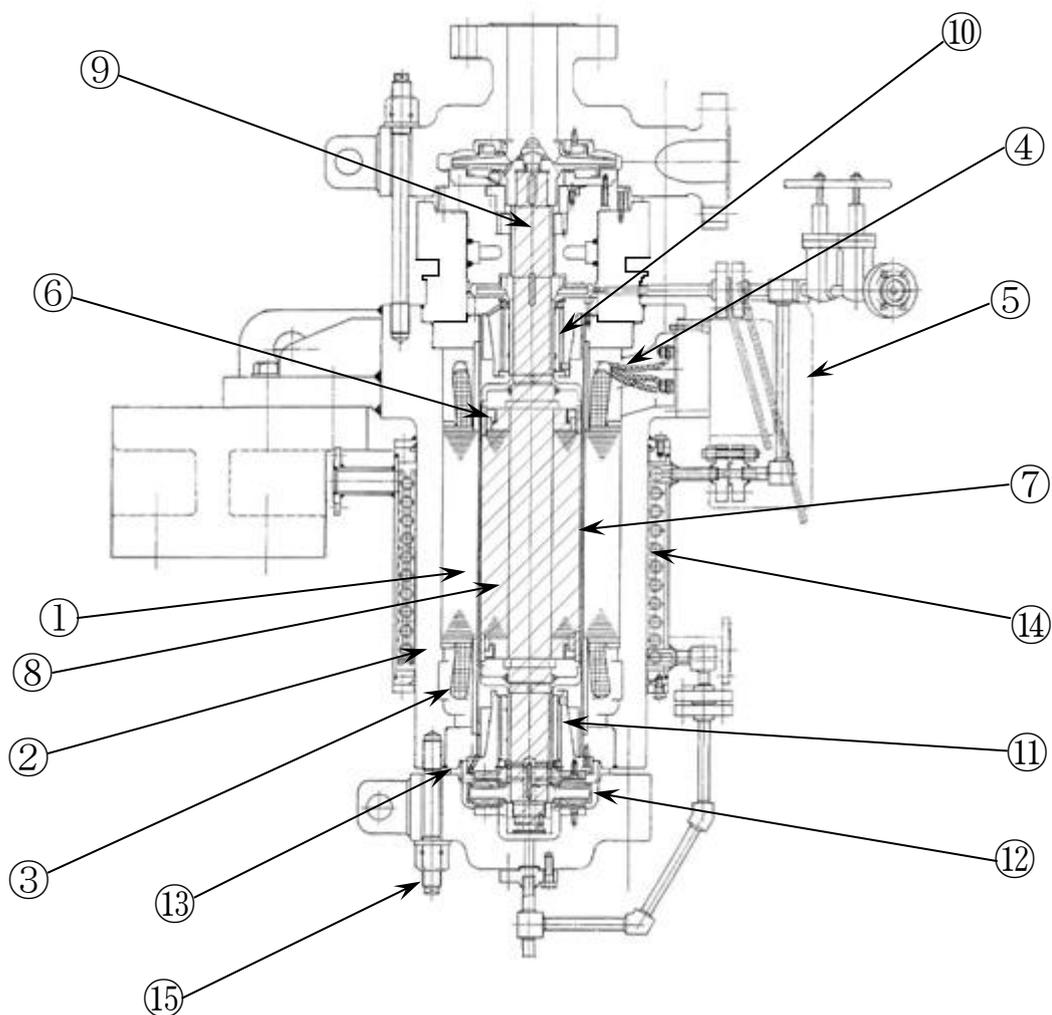
また、回転子コアには回転子棒が挿入され、その両端には回転子エンドリングが取り付けられている。

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

原子炉冷却材浄化系ポンプモータの構造図を図 2.1-2 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

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



注：回転部を斜線で示す

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

図2.1-2 原子炉冷却材浄化系ポンプモータ構造図

表 2.1-3 原子炉冷却材浄化系ポンプモータ主要部位の使用材料

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

表 2.1-4 原子炉冷却材浄化系ポンプモータの使用条件

定 格 出 力	90kW
定 格 電 圧	440V
回 転 速 度	2,974rpm
周 囲 温 度	40 °C以下*

\*: 原子炉建屋内の設計値

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

低圧ポンプモータの機能（ポンプ送水機能）の達成に必要な項目は以下のとおり。

- ① 駆動機能の確保
- ② 機器の支持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

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

なお、消耗品及び定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

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

#### (3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

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

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

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

#### a. 固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下 [共通]

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

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

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

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

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

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

b. すべり軸受の摩耗及びはく離〔原子炉補機冷却海水ポンプモータ〕

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

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

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

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

c. 油冷却器伝熱管の腐食（全面腐食）〔原子炉補機冷却海水ポンプモータ〕

油冷却器の伝熱管は、冷却水に塩素イオンやアンモニアイオン等が溶解していると、伝熱管内面に腐食が発生する可能性がある。

しかし、冷却水は防錆剤入り純水であり、伝熱管の材料はタフピッチ銅、りん脱酸銅であることから、腐食が発生する可能性は小さく、伝熱管外表面は腐食性の低い油に接しており、腐食が発生する可能性は小さい。

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

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

d. 端子箱の腐食（全面腐食） [共通]

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

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

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

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

e. 固定子コア及び回転子コアの腐食（全面腐食） [共通]

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

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

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

f. 回転子棒及び回転子エンドリングの疲労割れ [共通]

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

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

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

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

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

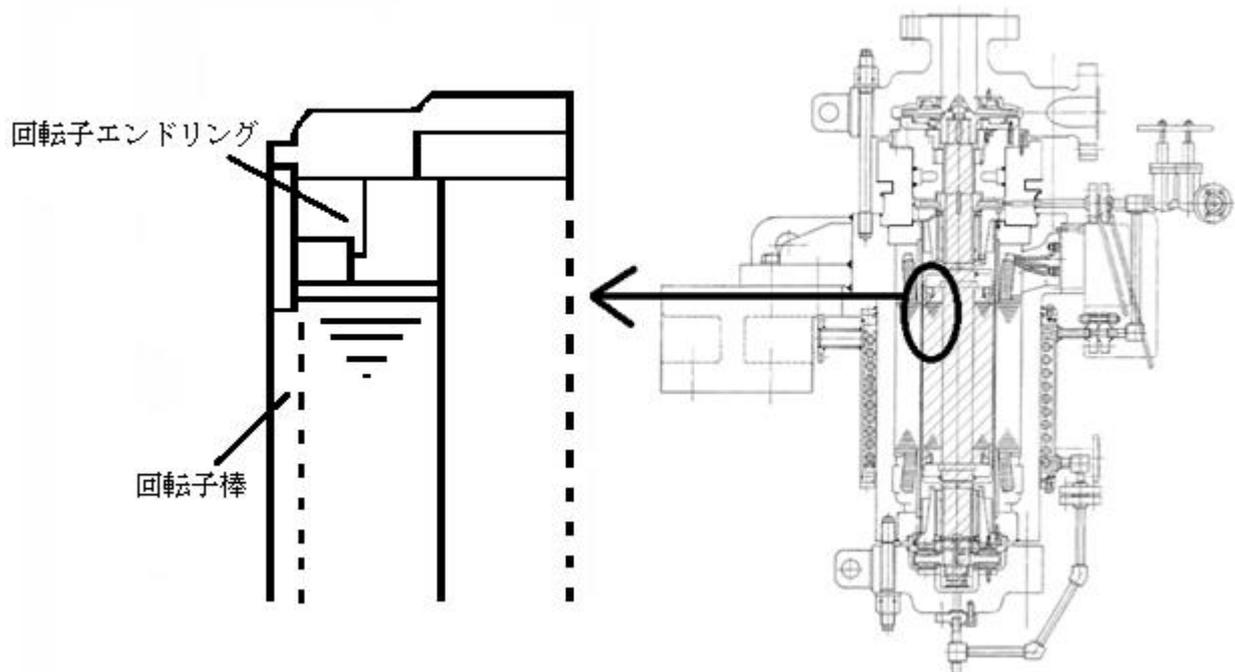


図2.2-1 原子炉冷却材浄化系ポンプモータ回転子エンドリング部構造

g. 主軸の摩耗 [共通]

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

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

h. 主軸の高サイクル疲労割れ [共通]

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

また、これまでの点検においては、割れは確認されていない。

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

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

日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。

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

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象								備 考
					減 肉		割 れ		絶 縁	導 通	信 号	そ の 他	
					摩 耗	腐 食	疲 勞 割 れ	応 力 腐 食 割 れ	絶 縁 特 性 低 下	導 通 不 良	特 性 変 化		
駆動機能の確保	エネルギー変換	固定子コア		無方向性電磁鋼		△							*1：高サイクル疲労割れ *2：はく離
		フレーム		炭素鋼		△							
		固定子コイル		銅，絶縁物					○				
		口出線・接続部品		銅，絶縁物					○				
		端子箱		炭素鋼		△							
		回転子棒・回転子エンドリング		銅，銅合金			△						
		回転子コア		無方向性電磁鋼		△							
	エネルギー伝達	主軸		炭素鋼	△		△*1						
	軸支持	エンドブラケット		炭素鋼		△							
		上部ガイド軸受(すべり)		ホワイトメタル，炭素鋼	△							△*2	
		上部スラスト軸受(すべり)		ホワイトメタル，炭素鋼	△							△*2	
		下部軸受(転がり)	◎										
	油冷却	油冷却器		タフピッチ銅，りん脱酸銅		△							
機器の支持	支持	取付ボルト		ステンレス鋼									

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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

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

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

## 2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

### (1) 固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下 [共通]

#### a. 事象の説明

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

絶縁特性低下を生ずる可能性のある部位を図 2.3-1（代表として原子炉補機冷却海水ポンプモータを記す）に示す。

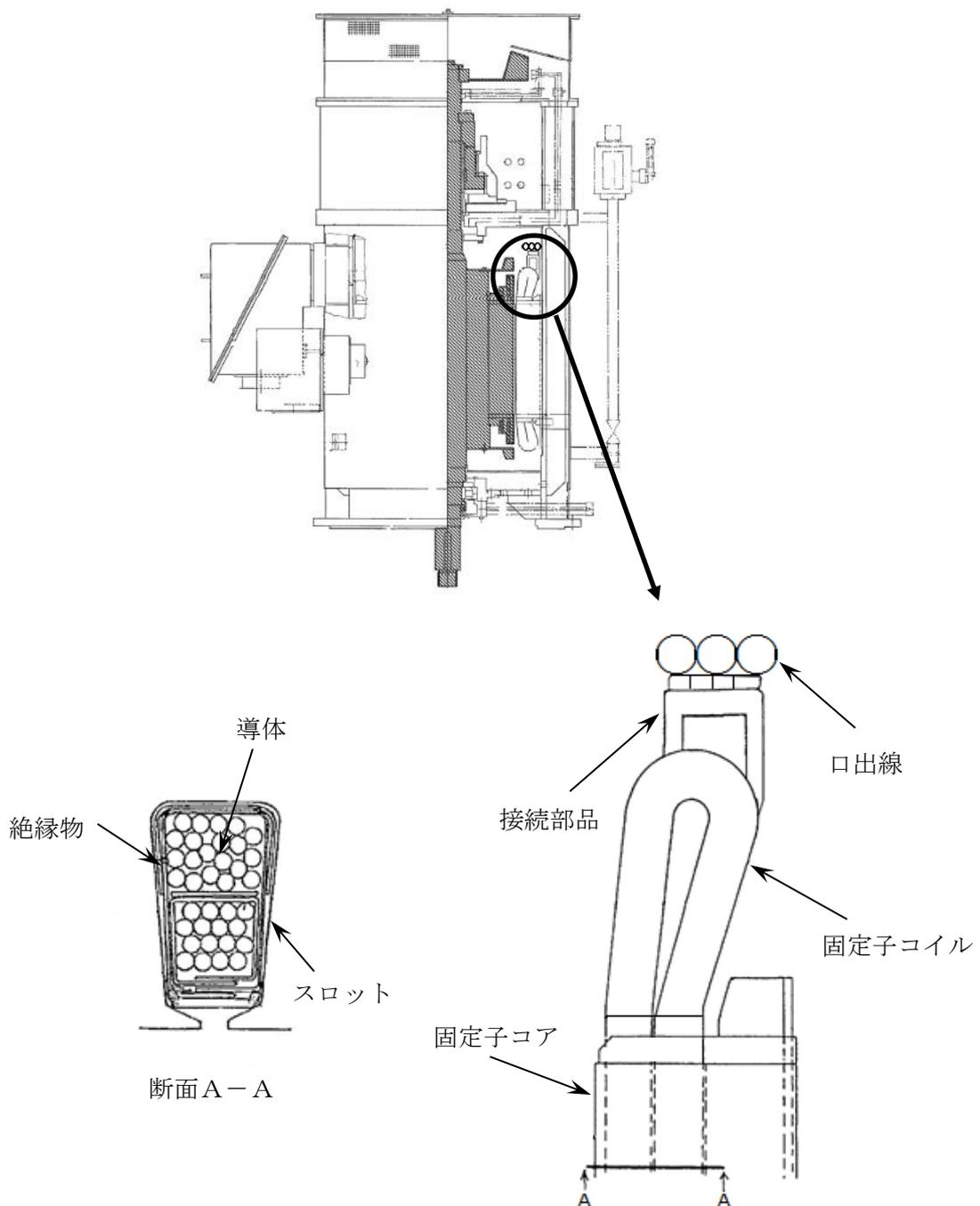


図2.3-1 固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁部位

## b. 技術評価

### ① 健全性評価

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

### ② 現状保全

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

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

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

### ③ 総合評価

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

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

## c. 高経年化への対応

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

### 3. 代表機器以外への展開

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

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

#### 3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

##### a. 固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下 [共通]

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

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

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

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

### 3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

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

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

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

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

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

#### b. 取付ボルトの腐食（全面腐食）〔高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水ポンプモータ、ほう酸水注入系ポンプモータ、換気空調補機非常用冷却水系ポンプモータ〕

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

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

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

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

#### c. 固定子コア及び回転子コアの腐食（全面腐食）〔共通〕

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

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

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

d. 回転子棒及び回転子エンドリングの疲労割れ [共通]

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

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

アルミダイキャストの構造図を図 3.2-1 に示す。

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

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

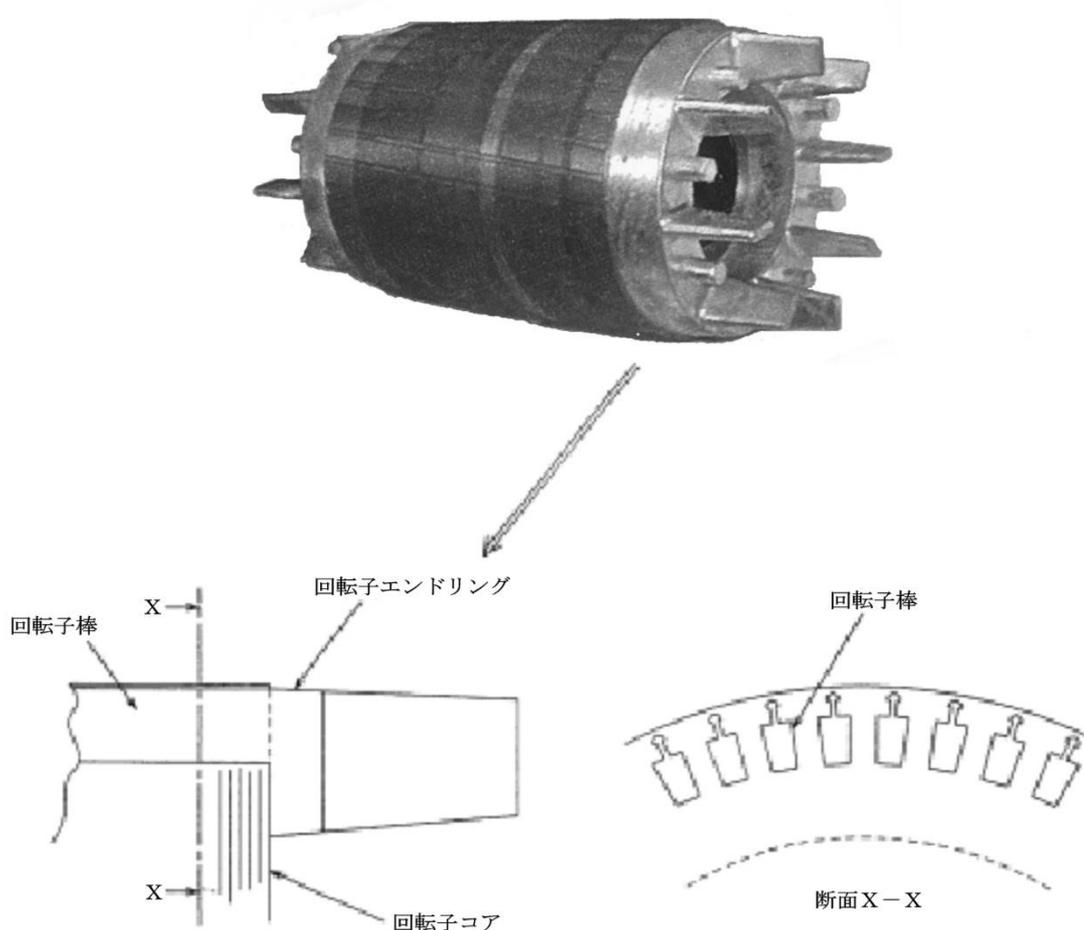


図 3.2-1 アルミダイキャスト構造図

e. 主軸の摩耗 [共通]

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

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

f. 主軸の高サイクル疲労割れ [共通]

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

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

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

代表機器同様、日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。

以 上

柏崎刈羽原子力発電所 4 号炉

容 器 の 技 術 評 価 書

東京電力ホールディングス株式会社

本評価書は柏崎刈羽原子力発電所 4 号炉（以下、柏崎刈羽 4 号炉という）における安全上重要な容器（重要度分類指針における PS-1, 2 及び MS-1, 2 に該当する機器）及び高温・高圧の環境下にあるクラス 3 の容器の高経年化に係わる技術評価についてまとめたものである。

評価対象機器の一覧を表 1 に、機能を表 2 に示す。

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

本評価書は容器の型式等を基に、以下の 3 分冊で構成されている。

- 1 容器
- 2 原子炉圧力容器
- 3 原子炉格納容器

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

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

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

表 1 (1/2) 評価対象機器一覧

種 類	機 器 名 称 (基 数)	仕 様	重要度*1
容器	スクラム排出容器 (2)	全高 2,370mm 内径 267.7mm	高*2
	原子炉補機冷却水系サージタンク (2)	全高 3,706mm 内径 3,000mm	MS-1
	高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系サージタンク (1)	全高 2,756mm 内径 1,500mm	MS-1
	ほう酸水注入系貯蔵タンク (1)	全高 4,650mm 内径 2,800 mm	MS-1
	使用済燃料貯蔵プール (1) *3	縦 13,600 mm×横 12,200 mm× 深さ 11,800 mm	PS-2
	原子炉ウェル (1)	深さ 約 8,470mm 内径 11,660mm	PS-2
	復水補給水系復水貯蔵槽 (1)	縦 18,400 mm×横 8,650 mm× 深さ 19,900 mm	MS-1
	主蒸気逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータ (7)	全長 1,210mm 内径 477.8mm	MS-1
	原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器 (2)	全高 4,680mm 内径 1,068mm	PS-2
	制御棒駆動系制御棒駆動水フィルタ (2)	全高 858mm 内径 85.4mm	高*2
原子炉圧力容器	原子炉圧力容器 (1)	全高 22,934.5 mm 内径 6,434 mm	PS-1

\*1：最上位の重要度を示す

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

\*3：キャスク専用プール含む

表 1 (2/2) 評価対象機器一覧

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

\*1：最上位の重要度を示す

表2 評価対象機器機能一覧

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

# 1 容 器

## [対象容器]

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

# 目 次

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

## 1. 対象機器及び代表機器の選定

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

### 1.1 グループ化の考え方及び結果

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

### 1.2 代表機器の選定

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

#### (1) タンク（内部流体：純水，胴部材質：炭素鋼）

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

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

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

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

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

#### (4) アキュムレータ（内部流体：ガス，胴部材質：ステンレス鋼）

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

#### (5) フィルタ等（内部流体：純水，胴部材質：炭素鋼）

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

#### (6) フィルタ等（内部流体：純水，胴部材質：ステンレス鋼）

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

表 1-1 容器のグループ化及び代表機器の選定

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

\*1：最上位の重要度を示す

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

\*3：キャスク専用プール含む

## 2. 代表機器の技術評価

本章では、1章で代表機器とした以下の容器について技術評価を実施する。

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

### 2.1 構造、材料及び使用条件

#### 2.1.1 原子炉補機冷却水系サージタンク

##### (1) 構造

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

原子炉補機冷却水系サージタンクの構造図を図 2.1-1 に示す。

##### (2) 材料及び使用条件

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

No.	部 位
①	鏡板
②	胴
③	上蓋
④	マンホール蓋
⑤	取付ボルト
⑥	支持脚
⑦	基礎ボルト

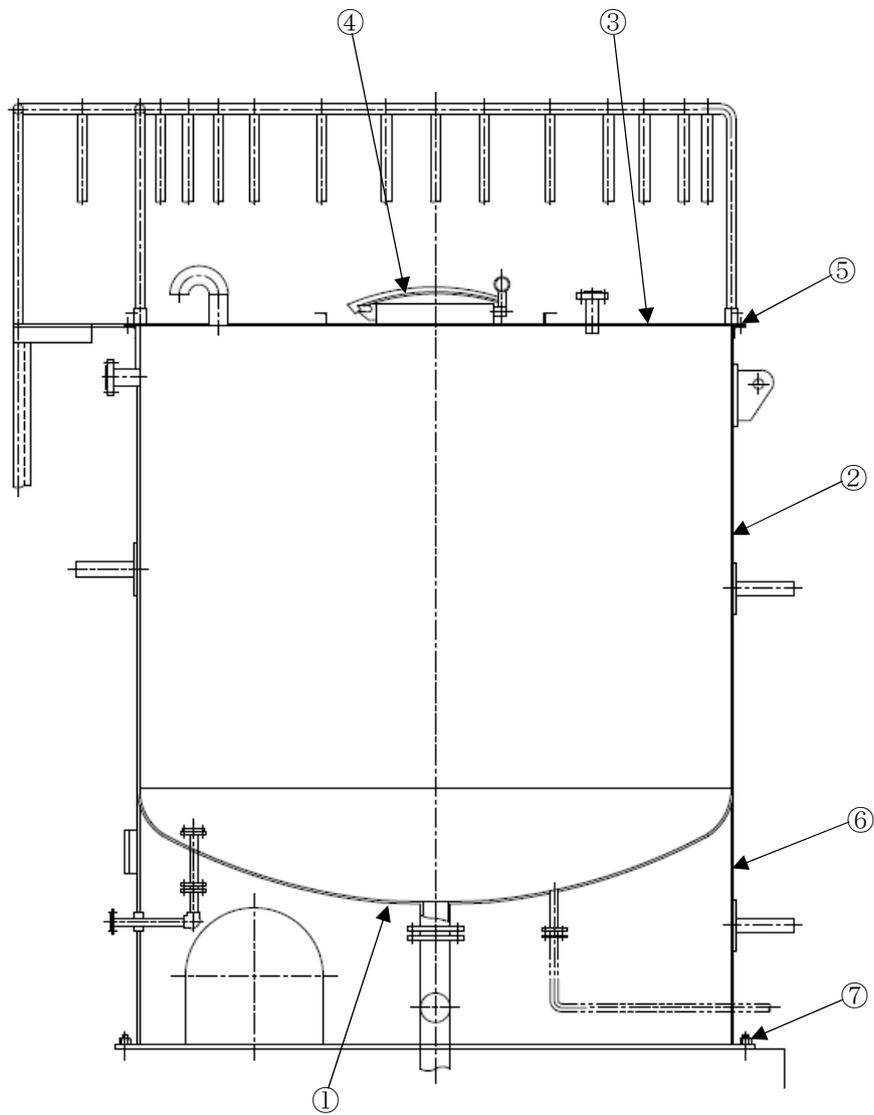


図 2.1-1 原子炉補機冷却水系サージタンク構造図

表 2.1-1 原子炉補機冷却水系サージタンク主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
バウンダリの維持	耐圧	鏡板	炭素鋼 (エポキシコーティング)
		胴	炭素鋼 (エポキシコーティング)
		上蓋	炭素鋼 (エポキシコーティング)
		マンホール蓋	ステンレス鋼
		取付ボルト	炭素鋼
機器の支持	支持	支持脚	炭素鋼
		基礎ボルト	炭素鋼

表 2.1-2 原子炉補機冷却水系サージタンクの使用条件

最高使用圧力	静水頭
最高使用温度	70 °C
主要寸法	全高：3,706 mm 内径：3,000 mm
内部流体	純水

## 2.1.2 ほう酸水注入系貯蔵タンク

### (1) 構造

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

ほう酸水注入系貯蔵タンクの構造図を図 2.1-2 示す。

### (2) 材料及び使用条件

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

No.	部 位
①	上板
②	胴
③	底板
④	マンホール蓋
⑤	基礎ボルト
⑥	ヒータ
⑦	スパージャ

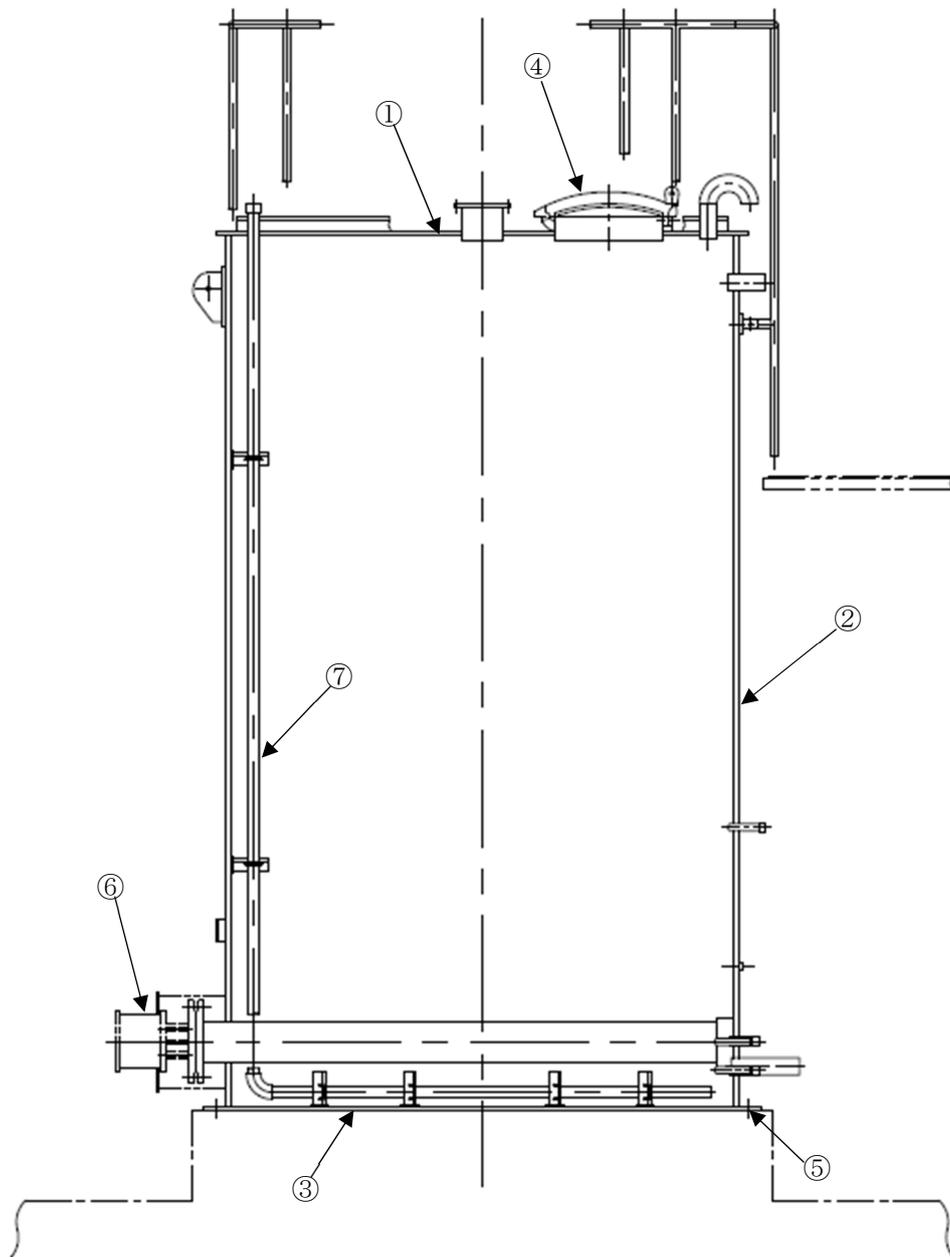


図 2.1-2 ほう酸水注入系貯蔵タンク構造図

表 2.1-3 ほう酸水注入系貯蔵タンク主要部位の使用材料

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

\*: ヒータシース部材料

表 2.1-4 ほう酸水注入系貯蔵タンクの使用条件

最高使用圧力	静水頭
最高使用温度	66 °C
主要寸法	全高 : 4,650 mm 内径 : 2,800 mm
内部流体	五ほう酸ナトリウム水

### 2.1.3 復水補給水系復水貯蔵槽

#### (1) 構造

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

復水補給水系復水貯蔵槽の構造図を図 2.1-3 に示す。

#### (2) 材料及び使用条件

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

No.	部 位
①	胴*
②	マンホール蓋

\*コンクリート（ステンレス鋼内張）

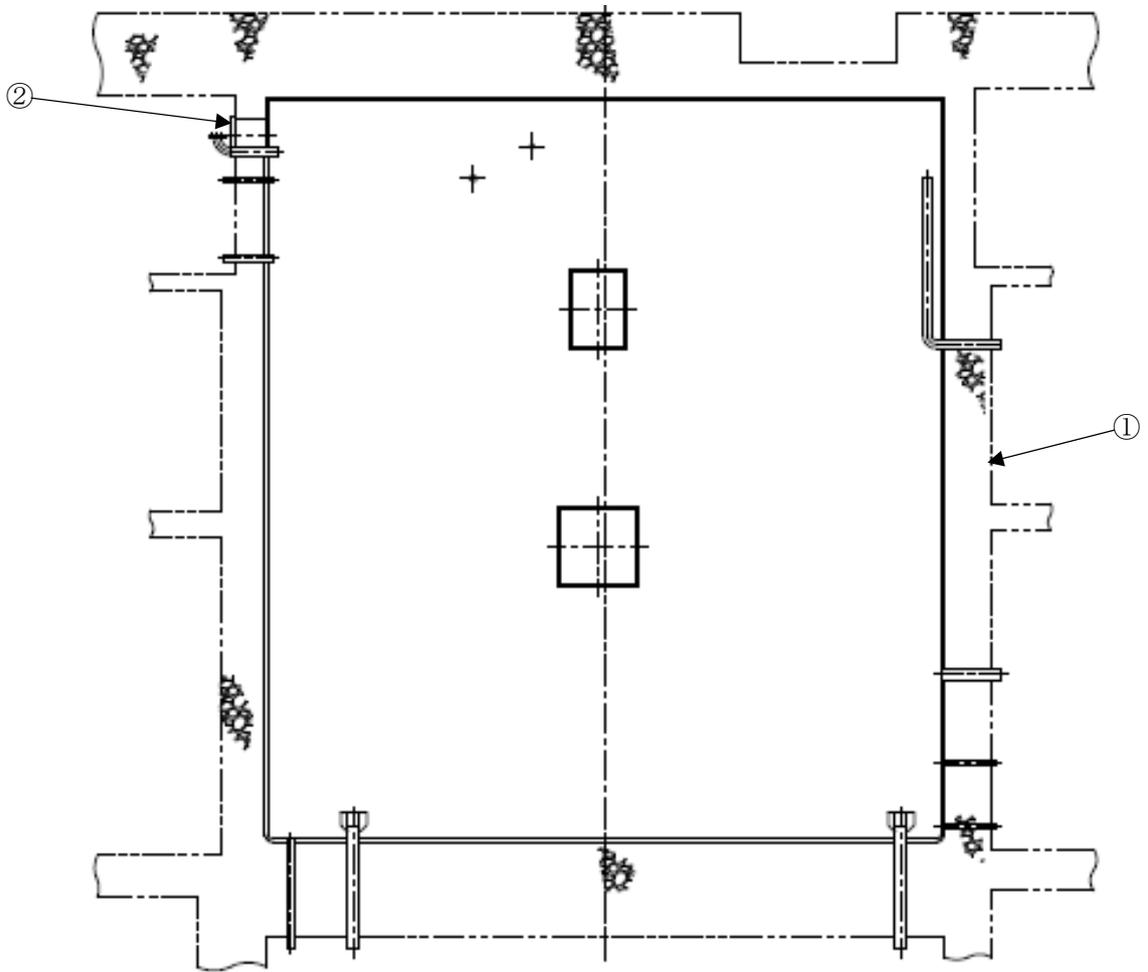


図 2.1-3 復水補給水系復水貯蔵槽構造図

表 2.1-5 復水補給水系復水貯蔵槽主要部位の使用材料

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

表 2.1-6 復水補給水系復水貯蔵槽の使用条件

最高使用圧力	静水頭
最高使用温度	66 ℃
主要寸法	縦：18,400mm 横：8,650mm 深さ：19,900mm
内部流体	純水

#### 2.1.4 主蒸気逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータ

##### (1) 構造

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

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

##### (2) 材料及び使用条件

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

No.	部 位
①	平板
②	胴
③	支持脚

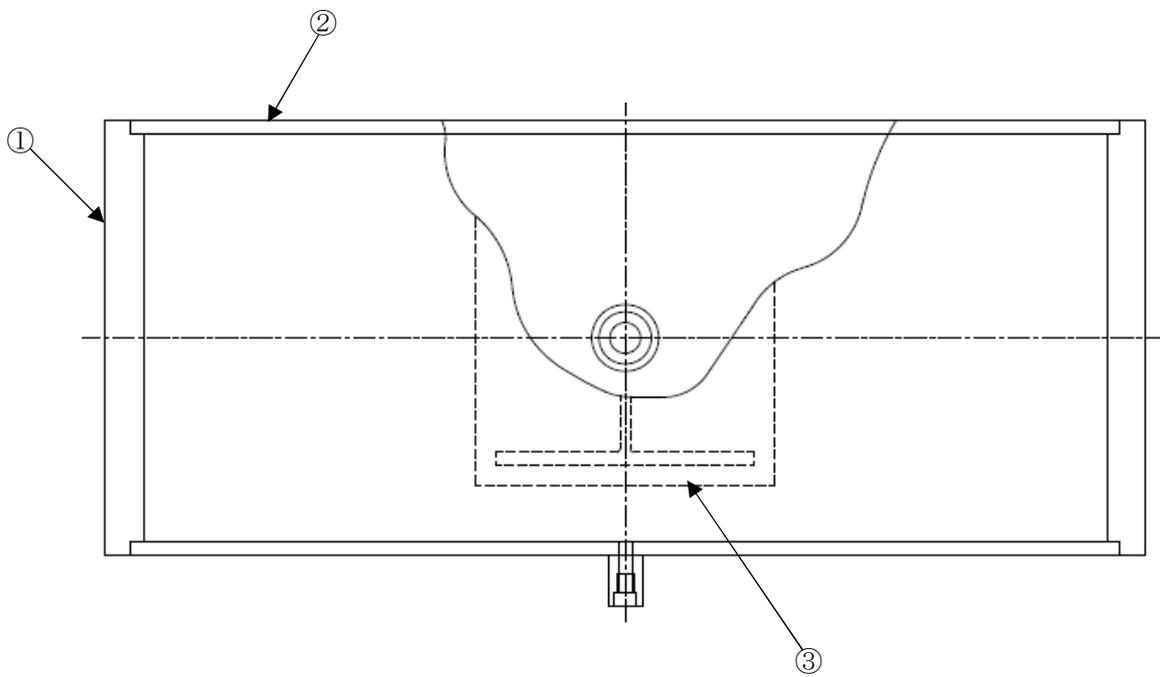


図 2.1-4 主蒸気逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータ構造図

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

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
バウンダリの維持	耐圧	平板	ステンレス鋼
		胴	ステンレス鋼
機器の支持	支持	支持脚	炭素鋼

表 2.1-8 主蒸気逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータの使用条件

最高使用圧力	約 1.8 MPa
最高使用温度	171 °C
主要寸法	全長：1,210mm 内径：477.8mm
内部流体	ガス（窒素）

## 2.1.5 原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器

### (1) 構造

原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器はたて置円筒形容器であり、2基設置されている。胴は炭素鋼にステンレス鋼クラッドを施し、純水を内包している。原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器は、上蓋を取り外すことにより開放が可能である。

原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器の構造図を図 2.1-5 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

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

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

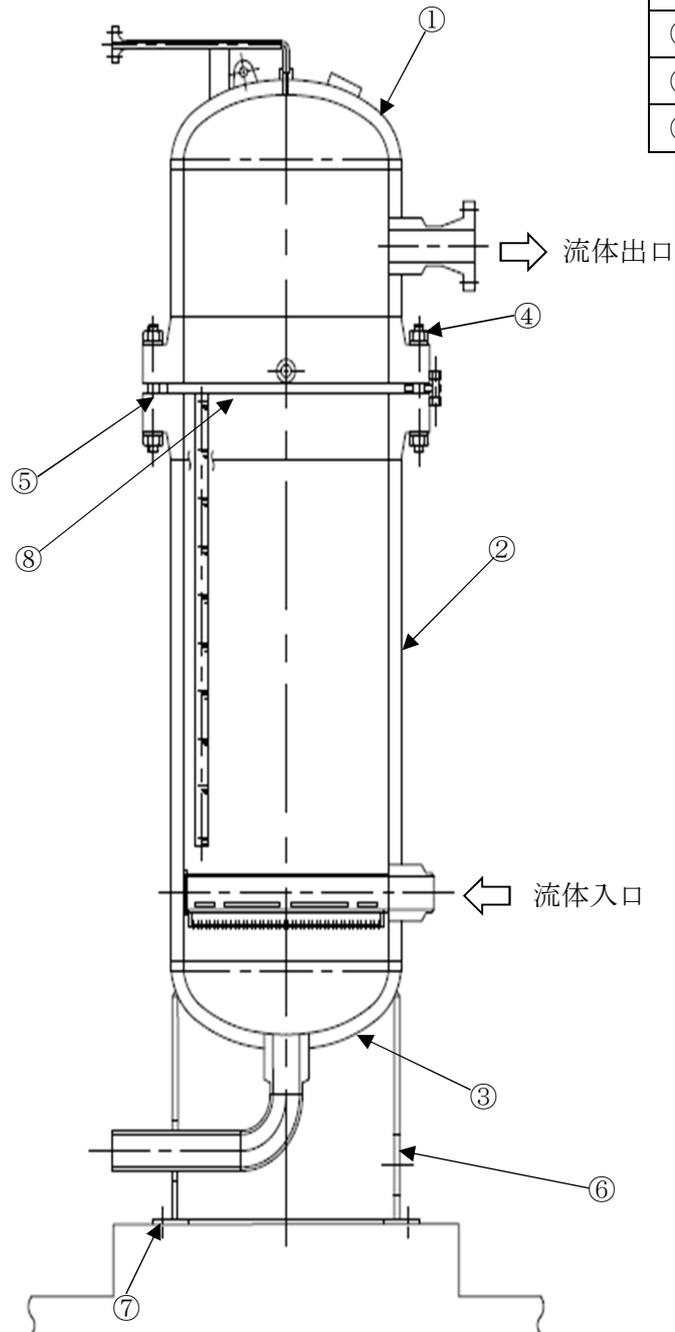


図 2.1-5 原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器構造図

表 2.1-9 原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器主要部位の使用材料

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

表 2.1-10 原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器の使用条件

最高使用圧力	約 10.0 MPa
最高使用温度	66 °C
主要寸法	全高：4,680mm 内径：1,068mm
内部流体	純水

## 2.1.6 制御棒駆動系制御棒駆動水フィルタ

### (1) 構造

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

制御棒駆動系制御棒駆動水フィルタの構造図を図 2.1-6 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

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

No.	部 位
①	上蓋
②	胴
③	底板
④	取付ボルト
⑤	Oリング

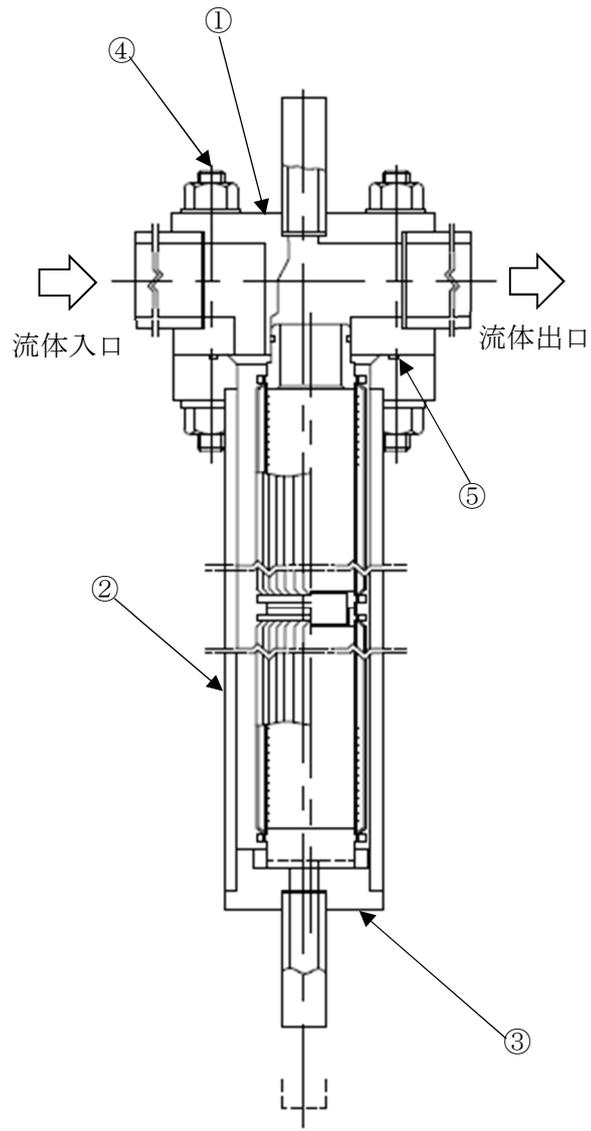


図 2.1-6 制御棒駆動系制御棒駆動水フィルタ構造図

表 2.1-11 制御棒駆動系制御棒駆動水フィルタ主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
バウンダリの維持	耐圧	上蓋	ステンレス鋼
		胴	ステンレス鋼
		底板	ステンレス鋼
		取付ボルト	低合金鋼
	シール	Oリング	(消耗品)

表 2.1-12 制御棒駆動系制御棒駆動水フィルタの使用条件

最高使用圧力	約 13.8 MPa
最高使用温度	66 °C
主要寸法	全高：858 mm 内径：85.4 mm
内部流体	純水

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

容器の機能である貯蔵機能の達成に必要な項目は以下のとおり。

- ① バウンダリの維持
- ② 機器の支持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

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

なお、消耗品及び定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

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

#### (3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

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

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

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

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

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

b. 取付ボルトの腐食（全面腐食）〔原子炉補機冷却水系サージタンク，原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器，制御棒駆動系制御棒駆動水フィルタ〕

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

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

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

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

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

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

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

- d. 支持脚の腐食（全面腐食）〔原子炉補機冷却水系サージタンク，主蒸気逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータ，原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器〕

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

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

- e. ヒータの絶縁特性低下〔ほう酸水注入系貯蔵タンク〕

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

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

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

- f. ヒータの断線〔ほう酸水注入系貯蔵タンク〕

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

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

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

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

日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。

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

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

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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

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

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (3/6) 復水補給水系復水貯蔵槽に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	胴		コンクリート*1*2	想定される経年変化事象はない						*1:ステンレス鋼内張	
		マンホール蓋		ステンレス鋼								

\*2: コンクリートの評価については「コンクリート及び鉄骨構造物の技術評価書」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 (4/6) 主蒸気逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考
					減 肉		割 れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	平板		ステンレス鋼								
		胴		ステンレス鋼								
機器の支持	支持	支持脚		炭素鋼		△						

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

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

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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

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

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

### 3. 代表機器以外への展開

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

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

#### 3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

代表機器同様、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

#### 3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

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

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

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

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

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

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

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

- d. 支持脚の腐食（全面腐食）〔高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系サージタンク〕
- 代表機器同様，支持脚は炭素鋼であり腐食の発生が想定されるが，大気接触部は防食塗装を施し腐食の発生を防止しており，必要に応じて補修塗装等を行うこととしている。
- また，これまでの機器の外観確認において有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。
- e. 胴及びプールゲート等の貫粒型応力腐食割れ〔使用済燃料貯蔵プール〕
- 2000年3月に他プラント（四国電力伊方発電所3号炉）において使用済燃料ピットのステンレスライニングに貫粒型応力腐食割れが発生している。この事象は，施工時の補修に伴い海塩粒子がステンレスライニングの裏側に浸入したことが原因と考えられている。
- 当該号炉の使用済燃料貯蔵プールはステンレスライニング構造であり，プールゲートの材料はステンレス鋼であるため，海塩粒子の浸入により貫粒型応力腐食割れが想定される。しかし，表側のプール水接液部については，管理された低塩素濃度水質であり，通常使用温度も52℃以下と低く，貫粒型応力腐食割れが発生する可能性は小さい。
- また，本事象は施工後比較的早期に発生するものと考えられ，これまで有意な水位低下及び漏えい検出ラインからプール水の漏えいは確認されていない。
- 今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。
- f. 胴の貫粒型応力腐食割れ〔原子炉ウェル〕
- 原子炉ウェルはステンレスライニング構造であり，材料はステンレス鋼であるため，海塩粒子の浸入により貫粒型応力腐食割れが想定される。しかし，表側のプール水接液部については，管理された低塩素濃度水質であり，通常使用温度も52℃以下と低く，貫粒型応力腐食割れが発生する可能性は小さい。
- また，本事象は施工後比較的早期に発生するものと考えられ，これまで有意な水位低下及び漏えい検出ラインからの漏えいは確認されていない。今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

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

代表機器同様、日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。

以 上

## 2 原子炉压力容器

[対象容器]

- ① 原子炉压力容器

# 目 次

1. 対象機器 .....	2-1
2. 原子炉圧力容器の技術評価.....	2-2
2.1 構造, 材料及び使用条件.....	2-2
2.2 経年劣化事象の抽出 .....	2-8
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目 .....	2-8
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象.....	2-8
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象.....	2-10
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価.....	2-17

## 1. 対象機器

原子炉圧力容器の主な仕様を表 1-1 に示す。

表 1-1 原子炉圧力容器の主な仕様

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

\* : 最上位の重要度を示す

## 2. 原子炉圧力容器の技術評価

### 2.1 構造, 材料及び使用条件

#### (1) 構造

原子炉圧力容器は, たて置円筒形容器であり 1 基設置されている。

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

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

#### (2) 材料及び使用条件

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

表 2.1-1 原子炉圧力容器の改造・修理履歴

部 位	時 期	理 由
再循環水出口ノズル (N1) セーフエンド	第 9 回定期検査 (2006 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 9 回定期検査 (2006 年度)	応力腐食割れ対策
ジェットポンプ計装ノズル (N9) 貫通部シール	第 9 回定期検査 (2006 年度)	応力腐食割れ対策

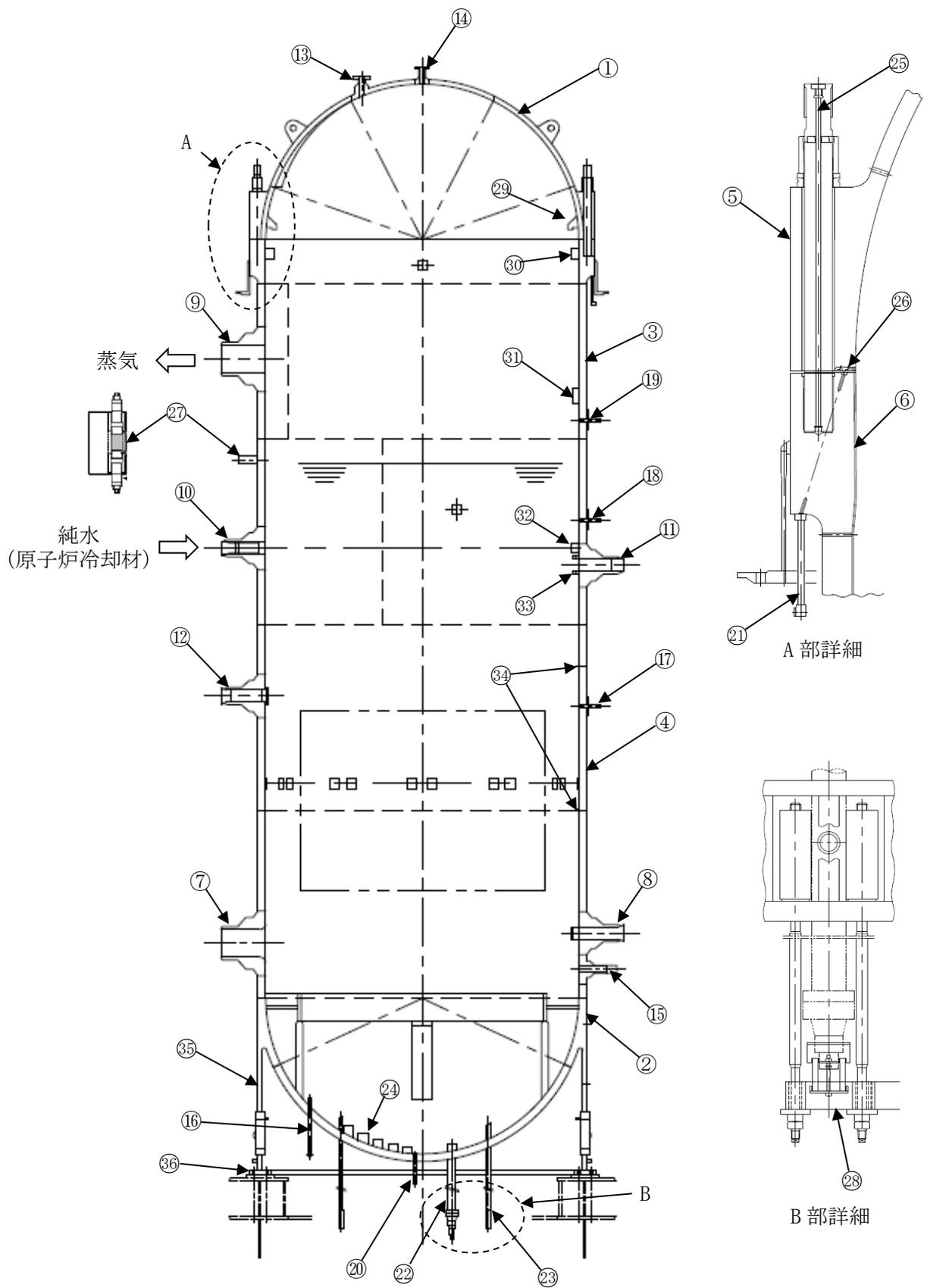


图 2.1-1 原子炉压力容器构造图

表 2.1-2 原子炉圧力容器部位名称

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

表 2.1-3 原子炉压力容器主要部位の使用材料

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

表 2.1-4 原子炉压力容器の炉心領域部材料の化学成分

(単位：重量%)

区 分	Si	P	Ni	Cu
母 材	0.18	0.002	0.90	0.03
溶接金属*	0.41	0.007	0.99	0.01

\*：溶接方法はミグ自動溶接

表 2.1-5 原子炉压力容器の使用条件

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

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

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

- ① バウンダリの維持
- ② 機器の支持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

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

なお、消耗品及び定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

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

(3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

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

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

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

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

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

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

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

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

また，蒸気が高速で流れる主蒸気ノズルは，FAC の発生は否定できない。

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

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

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

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

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

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

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

c. 主フランジ（上鏡フランジ及び胴フランジシール面）の腐食（全面腐食）

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

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

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

d. スタッドボルトの腐食（全面腐食）

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

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

e. 基礎ボルトの腐食（全面腐食）

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

また、供用期間中検査において目視点検を実施することとしている。

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

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

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

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

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

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

再循環水出口ノズルセーフエンド，再循環水入口ノズルセーフエンド，ジェットポンプ計装ノズル貫通部シールについては，炭素含有量を抑えることで SCC の感受性を低減した材料を使用していること，及び第 9 回定期検査時（2006 年度）に高周波誘導加熱応力改善法により溶接残留応力を引張側から圧縮側に改善しており，当面の冷温停止状態においては環境条件として基準としている 100 °C を超える環境とはならないため，SCC が発生する可能性はない。

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

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

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

なお，定期検査時の漏えい検査により健全性を確認している。

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

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

g. 高ニッケル合金（母材）使用部位の粒界型応力腐食割れ [ノズル（差圧計装・ほう酸水注入ノズル，水位計装ノズル），スタブチューブ]

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

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

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

なお，定期検査時の漏えい検査により健全性を確認している。

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

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

- h. 高ニッケル合金（溶接金属）使用部位の粒界型応力腐食割れ [ノズル（差圧計装・ほう酸水注入ノズル，水位計装ノズル）及びノズルセーフエンド（再循環水出口ノズルセーフエンド，再循環水入口ノズルセーフエンド，ジェットポンプ計装ノズル貫通部シール，差圧計装・ほう酸水注入ノズルセーフエンド及びティ，水位計装ノズルセーフエンド），制御棒駆動機構ハウジング，中性子束計測ハウジング，スタブチューブ]

再循環水出口ノズルセーフエンド溶接部，再循環水入口ノズルセーフエンド溶接部，ジェットポンプ計装ノズル貫通部シール溶接部，水位計装ノズルセーフエンド溶接部，スタブチューブ／制御棒駆動機構ハウジング溶接部については，82 合金を使用しているため，粒界型応力腐食割れ（以下，SCC という）が発生する可能性は小さい。さらに，再循環水出口ノズルセーフエンド溶接部，再循環水入口ノズルセーフエンド溶接部，ジェットポンプ計装ノズル貫通部シール溶接部については，第 9 回定期検査時（2006 年度）に高周波誘導加熱応力改善法により溶接残留応力を圧縮側に改善しているため，SCC が発生する可能性は小さい。

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

また，原子炉圧力容器／スタブチューブ溶接部，原子炉圧力容器／中性子束計測ハウジング溶接部については，過去に SCC が発生したプラントとは異なり低残留応力となる溶接手順で施工されているため，SCC が発生する可能性は小さい。

なお，定期検査時の漏えい検査により健全性を確認している。

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

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

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

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

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

j. スタビライザブラケット，スタビライザの摩耗

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

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

k. スタビライザブラケット及びスタビライザの疲労割れ

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

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

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

日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。

表 2.2-1 原子炉圧力容器に想定される経年劣化事象

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

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常管理事象）

## 2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

### (1) 銅の中性子照射脆化

#### a. 事象の説明

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

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

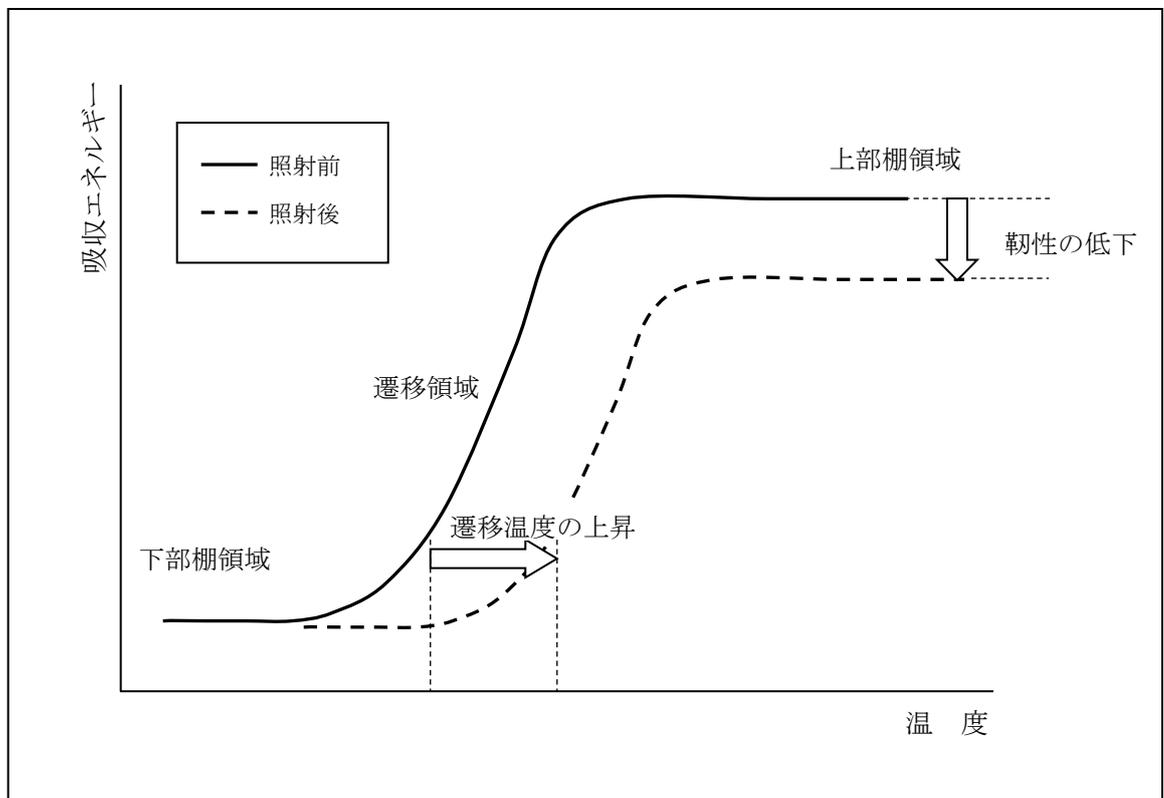


図 2.3-1 中性子照射による機械的性質（靱性）の変化

## b. 技術評価

### ①健全性評価

中性子照射脆化に対する健全性評価上厳しい箇所は、炉心領域の胴である。胴内表面での中性子照射量は2022年8月11日時点で $1.3 \times 10^{17}$  n/cm<sup>2</sup> (>1MeV)程度と評価される。

また、評価に用いる板厚1/4深さ位置での中性子照射量は、2022年8月11日時点で $8.4 \times 10^{16}$  n/cm<sup>2</sup> (>1MeV)程度と評価される。

本項では柏崎刈羽4号炉の監視試験結果と「日本電気協会 電気技術規程」（以下、「JEAC」という）に基づいた評価を示す。

なお、JEAC4201-2007 SA-1120「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> (>1MeV)を超えると予測される炉心領域には、2022年8月11日時点において、胴以外に低圧注水ノズル、水位計装ノズルが含まれるが、中性子照射脆化に対する健全性評価は、評価結果が厳しい胴で実施する。

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

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

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

1) 最低使用温度

2022年8月11日時点での監視試験結果を表2.3-1に示す。

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

また、日本電気協会「原子力発電所用機器に対する破壊靱性の確認試験方法 JEAC4206-2007」（以下、「JEAC4206」という）ならびに JEAC4201 により求めた2022年8月11日時点での関連温度移行量、関連温度、最低使用温度を表2.3-2に示す。

関連温度は、2022年8月11日時点で $-16\text{ }^{\circ}\text{C}$ 程度となる。その際の胴の最低使用温度は、破壊力学的検討により求めたマージン $24\text{ }^{\circ}\text{C}$ を考慮すると、2022年8月11日時点で $8\text{ }^{\circ}\text{C}$ 程度と算定される。

2) 上部棚吸収エネルギーの評価

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

最も上部棚吸収エネルギーが低下するのは、実測値から推定される溶接金属であり、建設時（未照射材）226 J、2022年8月11日時点で182 J程度となっている。いずれの場合も JEAC4206 で規定されている 68 J を上回っている。

表 2.3-1 監視試験結果

回数	中性子照射量 ( $\times 10^{23} \text{n/m}^2$ ) ( $E > 1 \text{MeV}$ )	関連温度及び関連温度移行量 (°C)						上部棚吸収エネルギー (J)		
		母材		溶接金属		熱影響部		母材	溶接金属	熱影響部
関連温度初期値	0	-40		-45		-40		246	226	270
第1回 (加速)	0.0993 (約 81 EFPY*)	関連温度移行量	関連温度	関連温度移行量	関連温度	関連温度移行量	関連温度	227	177	241
		23	-17	7	-38	8	-32			

\* : 定格負荷相当年数

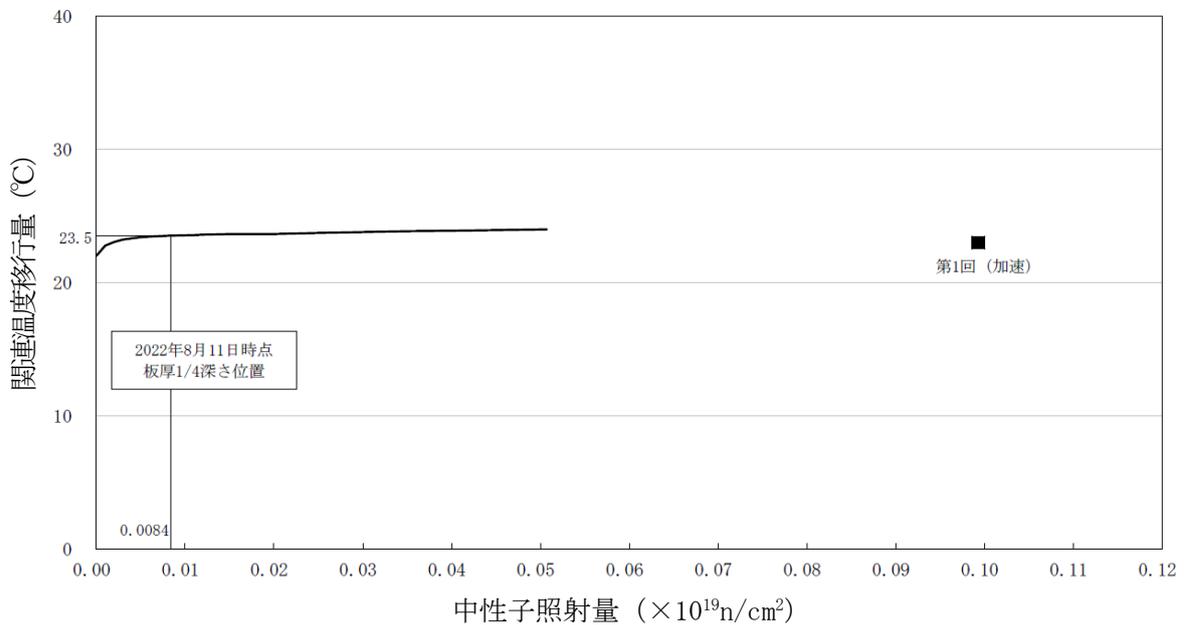


図 2.3-2 関連温度移行量の測定値と予測値 (マージン有り)

表 2.3-2 関連温度予測値

評価時期	材 料	関連温度 初期値 (°C)	関連温度 移行量 (°C) *	関連温度 (°C)	破壊力学的 検討による マージン (°C)	胴の最低使用 温度 (°C)
2022年8月11日 時点	母材	-40	24	-16	24	8
	溶接金属	-45	24	-21		
	熱影響部	-40	24	-16		

\*：圧力容器内壁面から板厚 1/4 深さでの予測値

表 2.3-3 上部棚吸収エネルギー予測値

(単位：J)

	方向	初期値	2022年8月11日時点
母材	T 方向	246	213
溶接金属	溶接線に直角方向	226	182
熱影響部	溶接線に直角方向	270	233

## ②現状保全

炉心領域部材料の中性子照射による機械的性質の変化については、日本機械学会「発電用原子力設備規格 設計・建設規格（2005年版（2007年追補版を含む）」（以下、「設計・建設規格」という）及びJEAC4201に基づいて、計画的に監視試験を実施し2022年8月11日時点の破壊靱性の変化を予測している。

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

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

## ③総合評価

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

### c. 高経年化への対応

胴の中性子照射脆化に対しては、最新の脆化予測式による評価を採用する。

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

a. 事象の説明

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

b. 技術評価

①健全性評価

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

評価は, 運転実績に基づいた 2022 年 8 月 11 日時点の過渡回数を用いて行った。評価対象部位を図 2.3-3 に, 評価用過渡条件を表 2.3-4 に, 評価結果を表 2.3-5 に示す。

この結果, 最も大きな疲れ累積係数は, 0.109 であり, 2022 年 8 月 11 日時点で許容値 1 を下回っていることが確認された。

また, 給水ノズルに対して日本機械学会「発電用原子力設備規格 環境疲労評価手法 JSME S NF1-2009」(以下, 「環境疲労評価手法」という)に基づき, 環境を考慮して評価を行った結果, 2022 年 8 月 11 日時点では 0.237 となり, 許容値 1 以下であることを確認した。

以上のことから, 2022 年 8 月 11 日時点までは全ての評価部位において疲労割れ発生の可能性は小さいと判断する。

表 2.3-4 原子炉圧力容器評価用過渡条件

運転条件	運転実績に基づく 過渡回数 (2022年8月11日時点)
ボルト締付	12
耐圧試験	12
起動（昇温）	26
起動（タービン起動）	26
夜間低出力運転（出力75%）	1
週末低出力運転（出力50%）	5
制御棒パターン変更	36
スクラム（タービントリップ）	10
スクラム（その他）	3
停止	26
ボルト取外し	12

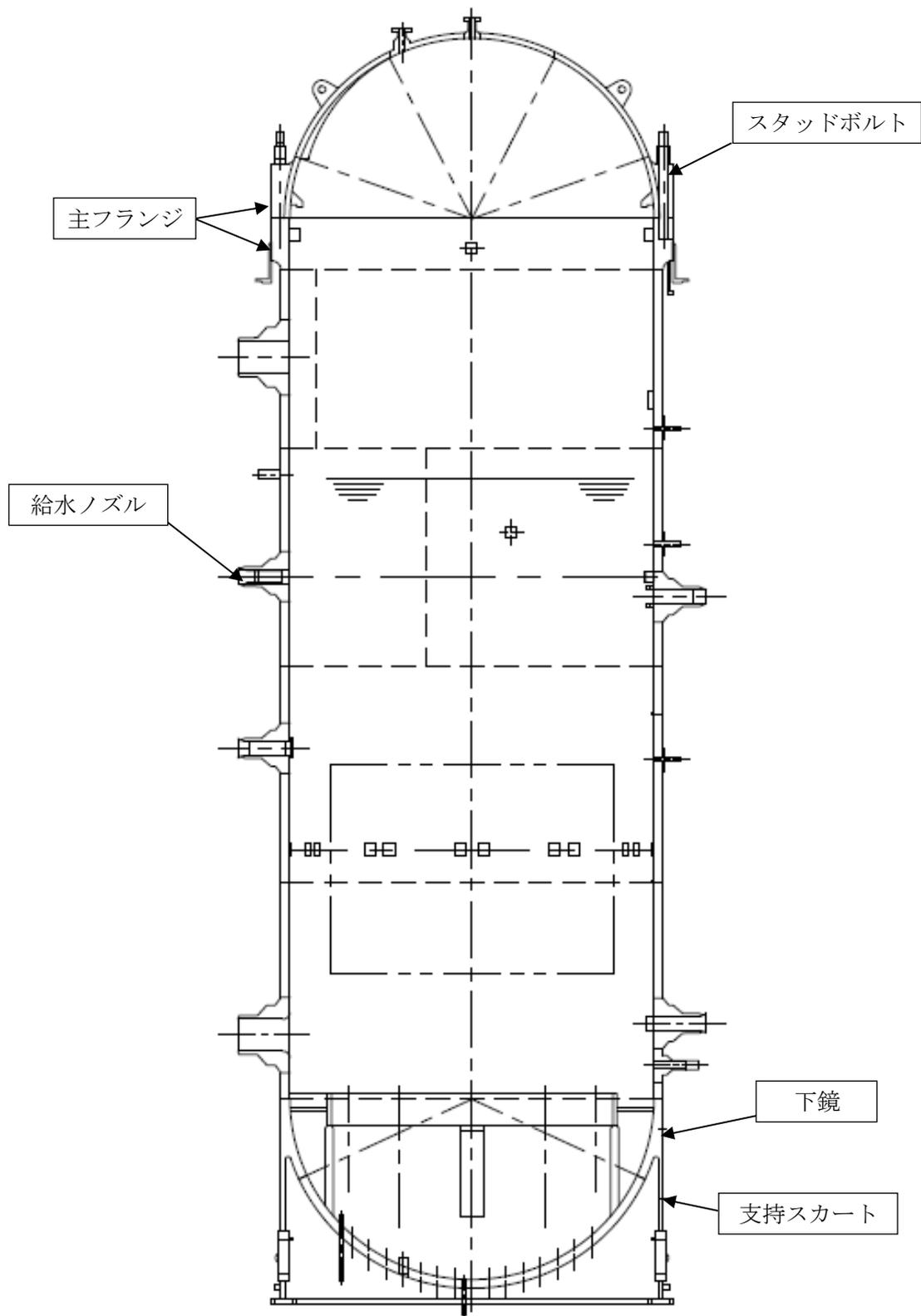


図 2.3-3 原子炉圧力容器 評価対象部位

表 2.3-5 原子炉圧力容器の疲れ累積係数のまとめ

	運転実績回数に基づく疲れ解析 (許容値：1以下)	
	設計・建設規格の疲労曲線による解析	環境疲労評価手法による解析
	現時点 (2022年8月11日時点)	現時点 (2022年8月11日時点)
主フランジ	0.004	—
スタッドボルト	0.109	—
給水ノズル	0.034	0.237
下鏡	0.083	—
支持スカート	0.001	—

②現状保全

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

また，定期検査毎に漏えい検査を行い，耐圧部の健全性を確認している。

さらに，社団法人日本原子力学会標準「原子力発電所の高経年化対策実施基準：2021」（AESJ-SC-P005：2021）に基づき，次回高経年化技術評価時に，実過渡回数の確認による疲労評価を行うこととしている。

③総合評価

健全性評価結果から，2022年8月11日時点まではノズル等の疲労割れの可能性は小さく，次回高経年化技術評価時に，実過渡回数の確認による疲労評価を行い，取替等の保全計画への反映要否を検討することが有効と判断する。

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

c. 高経年化への対応

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

以上

## 3 原子炉格納容器

[対象容器]

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

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

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

## 3.1 原子炉格納容器本体

[対象容器]

- ① 原子炉格納容器

## 目 次

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

1. 対象機器

原子炉格納容器の主な仕様を表 1-1 に示す。

表 1-1 原子炉格納容器の主な仕様

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

\*：最上位の重要度を示す

## 2. 原子炉格納容器の技術評価

### 2.1 構造, 材料及び使用条件

#### (1) 構造

原子炉格納容器は, 圧力抑制型格納容器であり 1 基設置されている。

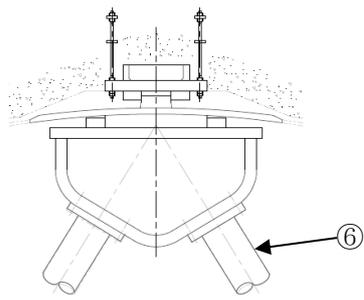
原子炉格納容器は, 円錐形をしたドライウエルと, 円筒状で内部に純水を保有するサブプレッションチェンバ及び機器を支持する支持構造物等から構成される。

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

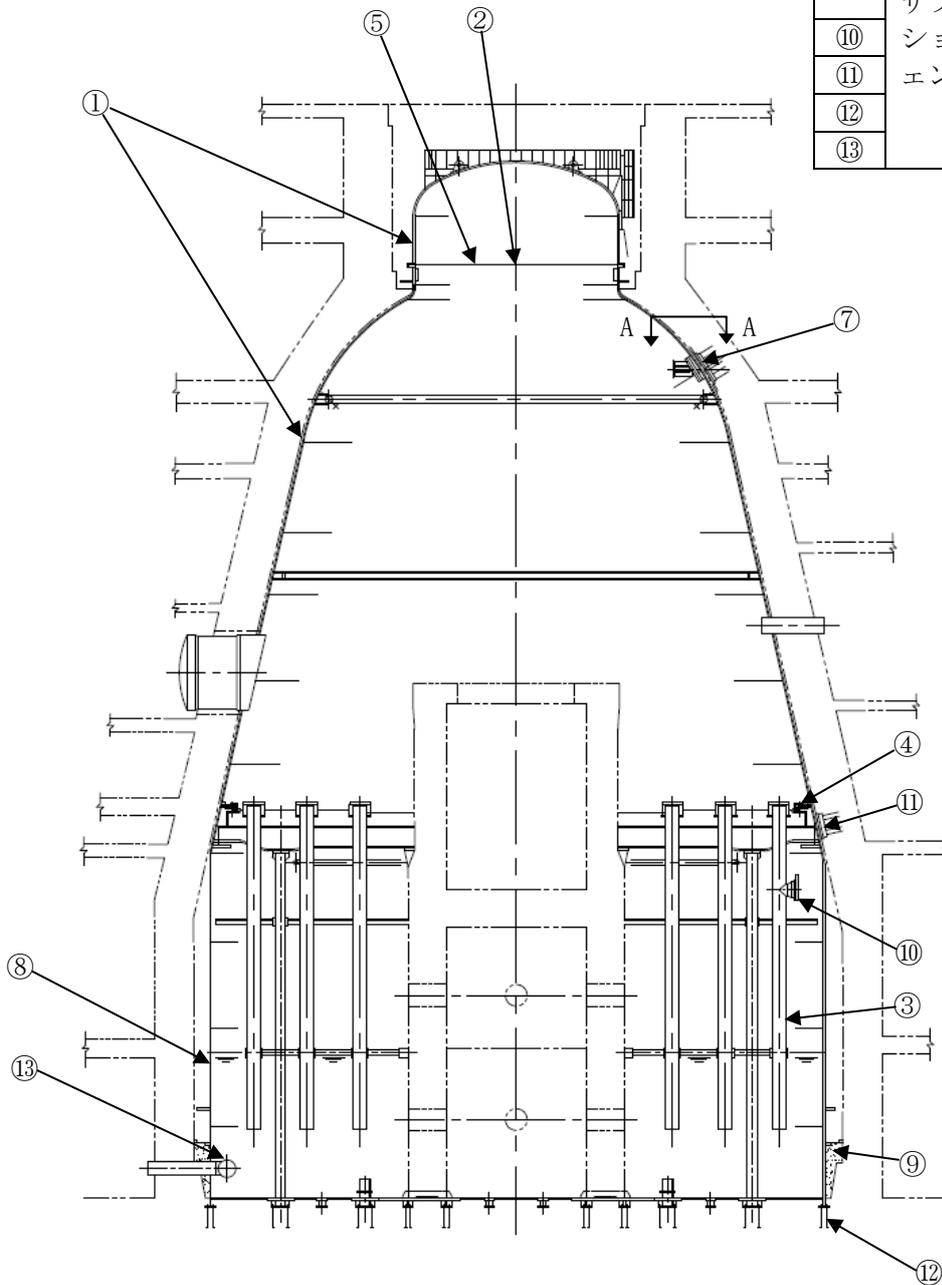
原子炉格納容器の構造図を図 2.1-1 に示す。

#### (2) 材料及び使用条件

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



A-A 断面



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

図 2.1-1 原子炉格納容器構造図

表 2.1-1 原子炉格納容器主要部位の使用材料

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

表 2.1-2 原子炉格納容器の使用条件

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

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

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

- ① バウンダリの維持
- ② 機器の支持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

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

なお、消耗品及び定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

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

#### (3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

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

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

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

#### a. サンドクッション部（鋼板）の腐食（全面腐食）

サンドクッション部（鋼板）の材料は炭素鋼であり腐食の発生が想定されるが、サンドクッション（鋼板）外表面は防食塗装を施しており、腐食が発生する可能性は小さい。

また、サンドクッション部については砂の成分分析、目視点検及び肉厚測定を行うこととしており、第2回定期検査時（1996年度）に腐食が想定される原子炉格納容器の代表ポイントの砂の成分分析、第9回定期検査時（2006年度）に目視点検を実施し、異常のないことを確認している。なお、肉厚測定については、今後の定期検査時に実施することが計画されている。

なお、オイスタークリーク発電所において、原子炉格納容器上部からの漏えい水がサンドクッション部に流入し、サンドクッション部のドレン管が閉塞していたために当該部の銅板が腐食した事例がある。

当該事例は、ウェルプール水ドレン管のフランジ部のパッキンが劣化していたため、定期検査時にウェルプール水が漏えいし、漏えい水が原子炉格納容器の外壁を伝い、サンドクッション部に流入し発生したものである。当該号炉では、当該漏えい箇所は溶接構造となっていることから、同不具合が発生する可能性は小さい。

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

#### b. ドライウエル（トップヘッド、円錐部）、サプレッションチェンバ（円筒部）の腐食（全面腐食）

ドライウエル（トップヘッド、円錐部）及びサプレッションチェンバ（円筒部）の材料は炭素鋼であり腐食の発生が想定されるが、ドライウエル（トップヘッド、円錐部）及びサプレッションチェンバ（円筒部）の内外表面は防食塗装が施されており、通常運転中は窒素雰囲気中にあるため、腐食が発生する可能性は小さい。

また、ドライウエル（トップヘッド、円錐部）及びサプレッションチェンバ（円筒部外表面）は定期検査時における目視点検より有意な腐食がないことを確認している。サプレッションチェンバ（円筒部）水中部については定期的な目視点検を行い、必要に応じて補修塗装を行うこととしている。

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

c. ベント管の腐食（全面腐食）

ベント管は炭素鋼であり腐食の発生が想定されるが、ベント管の内外表面については防食塗装を施しており、通常運転中は窒素雰囲気中にあるため腐食が発生する可能性は小さい。

また、ベント管については目視点検により腐食のないことを確認しており、必要に応じて補修塗装を行うこととしている。

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

d. スタビライザ、上部シアラグ及び下部シアラグの腐食（全面腐食）

スタビライザ、上部シアラグ及び下部シアラグは炭素鋼であり腐食の発生が想定されるが、防食塗装が施されているため腐食が発生する可能性は小さい。

また、スタビライザ及び原子炉格納容器外表面の目視点検を行うこととしており、これまでの点検において有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. 主フランジボルトの腐食（全面腐食）

主フランジボルトは低合金鋼であり、腐食の発生が想定されるが、定期検査における取外し時に目視により確認しており、これまでに有意な腐食は確認されていない。

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

f. 真空破壊弁の腐食（全面腐食）

真空破壊弁は炭素鋼であり腐食の発生が想定されるが、通常運転中は窒素雰囲気中であるため、腐食が発生する可能性は小さい。

また、分解点検時に目視点検及び浸透探傷検査により健全性の確認を行っており、これまでに有意な腐食は確認されていない。

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

g. ストレーナの閉塞

ストレーナは非常用炉心冷却系等のポンプ起動時に、長期供用に伴い閉塞が想定される。

しかし、サプレッションチェンバは計画的に清掃及び目視点検を実施しており、第9回定期検査時（2006年度）においてストレーナ閉塞の対策として非常用炉心冷却系ストレーナの大型化への改造を実施していることから、炉心冷却機能に影響を及ぼす閉塞が発生する可能性は小さい。

また、定例試験や定期検査において非常用炉心冷却機能の健全性確認を実施しており、これまでストレーナの閉塞は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

h. ダイアフラムフロアーシールベローズの疲労割れ

ダイアフラムフロアーシールベローズは、ドライウエルとサプレッションチェンバとの事故時等の熱膨張差を吸収するために取付けられており、熱膨張時の疲労の蓄積による疲労割れが想定されるが、通常時の温度変動は、プラント起動・停止によるもので、発生応力・回数は小さい。

また、定期検査時の漏えい検査においてバウンダリ機能の健全性を確認しており、これまでの検査において異常は認められていない。

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

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

a. スタビライザ，上部シアラグ及び下部シアラグの摩耗

スタビライザ，上部シアラグ及び下部シアラグは摺動部を有しているため摩耗が想定されるが，地震時のみ摺動するものであり，発生回数が非常に少ない。

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

b. 基礎ボルトの腐食（全面腐食）

基礎ボルトは低合金鋼であり，基礎ボルト全体がコンクリートに埋設されていることから，コンクリートが中性化した場合に腐食の発生が想定されるが，実機コンクリートにおけるサンプリング結果では中性化は殆ど確認されておらず，腐食が発生する可能性は小さい。

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

表 2.2-1 原子炉格納容器に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	ドライウェル (トップヘッド, 円錐部)		炭素鋼		△					*:閉塞	
		サプレッションチェンバ (円筒部)		炭素鋼		△						
		サンドクッション部 (鋼板)		炭素鋼		△						
		ベント管		炭素鋼		△						
		主フランジボルト		低合金鋼		△						
		ダイアフラムフローシールベローズ		ステンレス鋼			△					
		ガスケット	◎									
		真空破壊弁		炭素鋼		△						
機器の支持	支持	スタビライザ		炭素鋼	▲	△						
		上部シアラグ		炭素鋼	▲	△						
		下部シアラグ		炭素鋼	▲	△						
		基礎ボルト		低合金鋼		▲						
その他	その他	ストレーナ		ステンレス鋼						△*		

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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

以 上

## 3. 2 機械ペネトレーション

[対象貫通部]

- ① 配管貫通部
- ② ハッチ及びマンホール

## 目 次

1. 対象機器及び代表機器の選定.....	3. 2-1
1.1 グループ化の考え方及び結果 .....	3. 2-1
1.2 代表機器の選定 .....	3. 2-1
2. 代表機器の技術評価 .....	3. 2-6
2.1 構造, 材料及び使用条件 .....	3. 2-6
2.1.1 配管貫通部.....	3. 2-6
2.1.2 サプレッションチェンバアクセスハッチ .....	3. 2-9
2.2 経年劣化事象の抽出 .....	3. 2-12
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目 .....	3. 2-12
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 .....	3. 2-12
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化ではない事象 .....	3. 2-13
3. 代表機器以外への展開.....	3. 2-16
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象.....	3. 2-16
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象.....	3. 2-16

## 1. 対象機器及び代表機器の選定

機械ペネトレーションの主な仕様を表 1-1 に示す。

これらの機械ペネトレーションをグループ化し、それぞれのグループより代表機器を選定した。

### 1.1 グループ化の考え方及び結果

型式を分類基準とし、機械ペネトレーションを表 1-1 に示すとおり分類した。

### 1.2 代表機器の選定

表 1-1 に分類したグループ毎に、原則として重要度、最高使用温度、配管口径の観点から代表機器を選定する。

#### (1) 配管貫通部（固定式）

低温または小口径の配管貫通部で熱膨張差による変位のないもの、または拘束部に発生する荷重が小さい場合に使用される。固定式については、最高使用温度の観点から主蒸気隔離弁リークオフライン貫通部を代表とする。なお便宜上、構造の相違により固定式配管貫通部を固定式 1 または固定式 2 と称す。

配管貫通部型式の構造を図 1-1 に示す。

#### (2) ハッチ及びマンホール

このグループには、サブプレッションチェンバアクセスハッチのみが属するため、サブプレッションチェンバアクセスハッチを代表機器とする。

表 1-1 (1/3) 機械ペネトレーションのグループ化及び代表機器の選定

分類	ペネ No.	用途	選定基準				選定	選定理由
			重要度*	型式	配管口径	最高使用温度 (°C)		
配管貫通部	X-213	原子炉隔離時冷却系 (タービン排気)	MS-1	固定式 1	14B	184	◎	最高使用温度
	X-220	主蒸気隔離弁リークオフライン			2B	302		
	X-230	低電導度ドレン			3B	171		
	X-231	高電導度ドレン			3B	171		
	X-320	計測 (真空破壊弁)			3/4B	104		
	X-321 A, B	計測 (サブプレッションチェンバ圧力)			3/4B	104		
	X-322 A, B	計測 (サブプレシヨンプール水位)			3/4B	104		
	X-322 C	計測 (サブプレシヨンプール水位)			1B	104		
	X-323 A, B	計測 (サブプレシヨンプール水位)			3/4B	104		
	X-323 C	計測 (サブプレシヨンプール水位)			1B	104		
	X-330	計測 (放射線ダストモニタ戻り)			1B	104		
	X-332 A, B	計測 (CAMS サンプルング)			3/4B	104		

\*: 最上位の重要度を示す

表 1-1 (2/3) 機械ペネトレーションのグループ化及び代表機器の選定

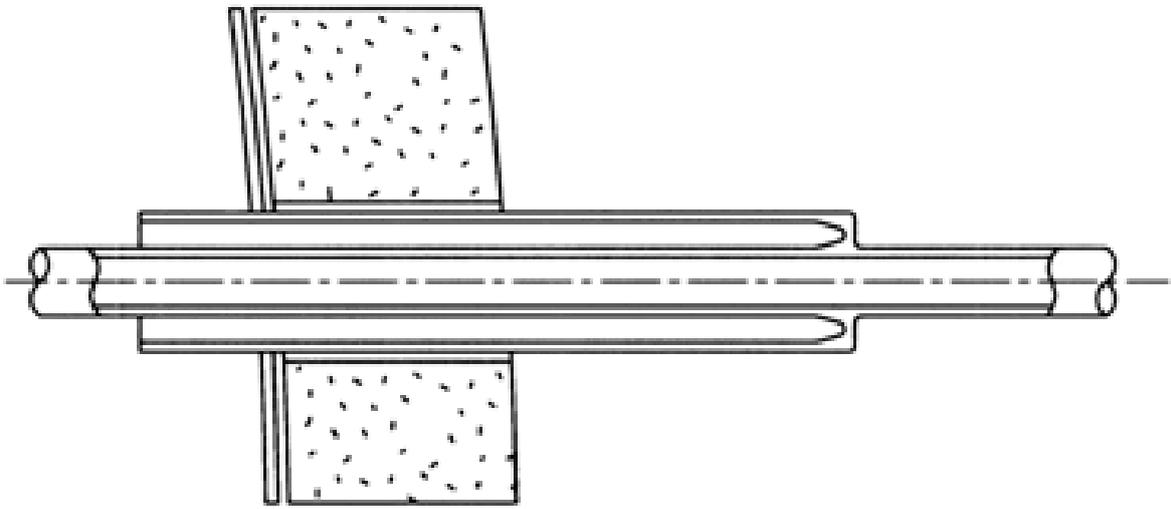
分類	ペネ No.	用途	選定基準				選定	選定理由
			重要度*	型式	配管口径	最高使用温度 (°C)		
配管貫通部	X-200 A, B	格納容器スプレイライン (サブプレッションチェンバ)	MS-1	固定式 2	4B	104		
	X-201	残留熱除去系 A 系 (供給)			24B	104		
	X-202	残留熱除去系 B 系 (供給)			24B	104		
	X-203	残留熱除去系 C 系 (供給)			24B	104		
	X-204	残留熱除去系 A 系 (テストライン)			16B	104		
	X-205	残留熱除去系 B・C 系 (テストライン)			16B	104		
	X-208	低圧炉心スプレイ系 (供給)			24B	104		
	X-209	低圧炉心スプレイ系 (テストライン)			12B	104		
	X-210	高圧炉心スプレイ系 (供給)			24B	104		
	X-211	高圧炉心スプレイ系 (テストライン)			12B	104		
	X-214	原子炉隔離時冷却系 (ポンプ供給)			8B	104		
	X-215	原子炉隔離時冷却系真空ポンプ (排出)			2B	104		
	X-240	サブプレッションチェンバ換気 (送気)			22B	104		
	X-241	サブプレッションチェンバ換気 (排気)			22B	104		
	X-242	可燃性ガス濃度制御系 (戻り)			6B	104		
	X-250	予備			—	104		
	X-251	予備			—	104		
	X-252	予備			—	104		
	X-253	予備			—	104		
	X-254	予備			—	104		
X-255	予備	—	104					

\* : 最上位の重要度を示す

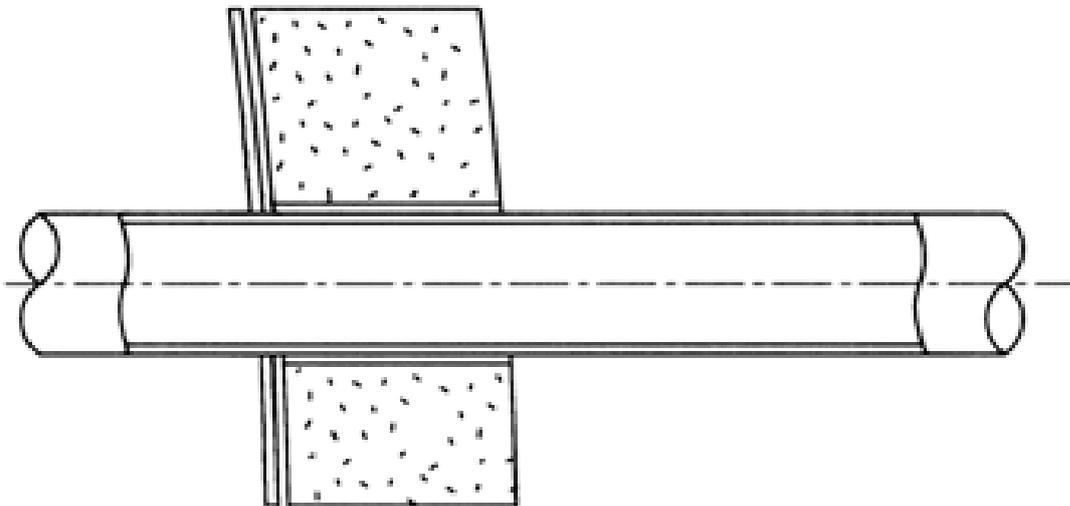
表 1-1 (3/3) 機械ペネトレーションのグループ化及び代表機器の選定

分類	ペネ No.	用途	選定基準			選定	選定理由
			重要度*	型式	最高使用温度 (°C)		
ハッチ 及び マンホール	X-7	サプレッションチェンバアクセスハッチ	MS-1	—	104	◎	

\*: 最上位の重要度を示す



固定式 1



固定式 2

图 1-1 配管貫通部構造図

## 2. 代表機器の技術評価

本章では、1章で代表機器とした以下の機械ペネトレーションについて技術評価を実施する。

- ①配管貫通部
- ②サブプレッションチェンバアクセスハッチ

### 2.1 構造, 材料及び使用条件

#### 2.1.1 配管貫通部

##### (1) 構造

代表配管貫通部の構造図を図 2.1-1 に示す。

##### (2) 材料及び使用条件

代表配管貫通部主要部位の使用材料を表 2.1-1 に、使用条件を表 2.1-2 に示す。

主蒸気隔離弁リークオフライン（固定式）

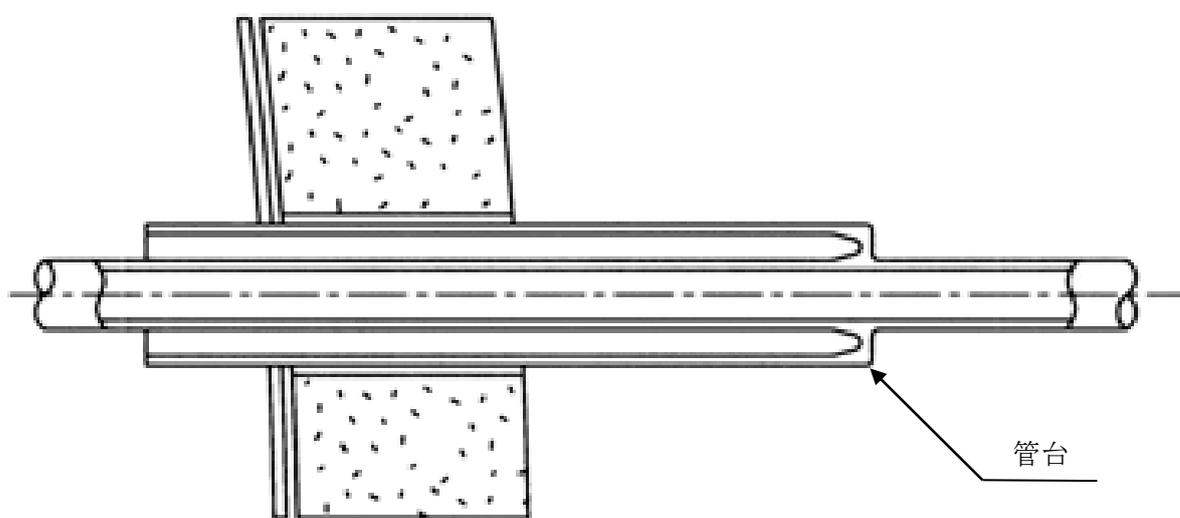


図 2.1-1 代表配管貫通部構造図

表 2.1-1 代表配管貫通部（固定式）主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
バウンダリの維持	耐圧	管台	炭素鋼

表 2.1-2 代表配管貫通部（固定式）の使用条件

最高使用圧力*	約 0.87 MPa
最高使用温度*	302 °C

\*：貫通配管の使用条件

## 2.1.2 サプレッションチェンバアクセスハッチ

### (1) 構造

サプレッションチェンバアクセスハッチは円筒型であり，原子炉格納容器に1箇所設置されている。

サプレッションチェンバアクセスハッチの構造図を図 2.1-2 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

サプレッションチェンバアクセスハッチ主要部位の使用材料を表 2.1-3 に，使用条件を表 2.1-4 に示す。

No.	部 位
①	胴
②	蓋
③	ガスケット
④	取付ボルト

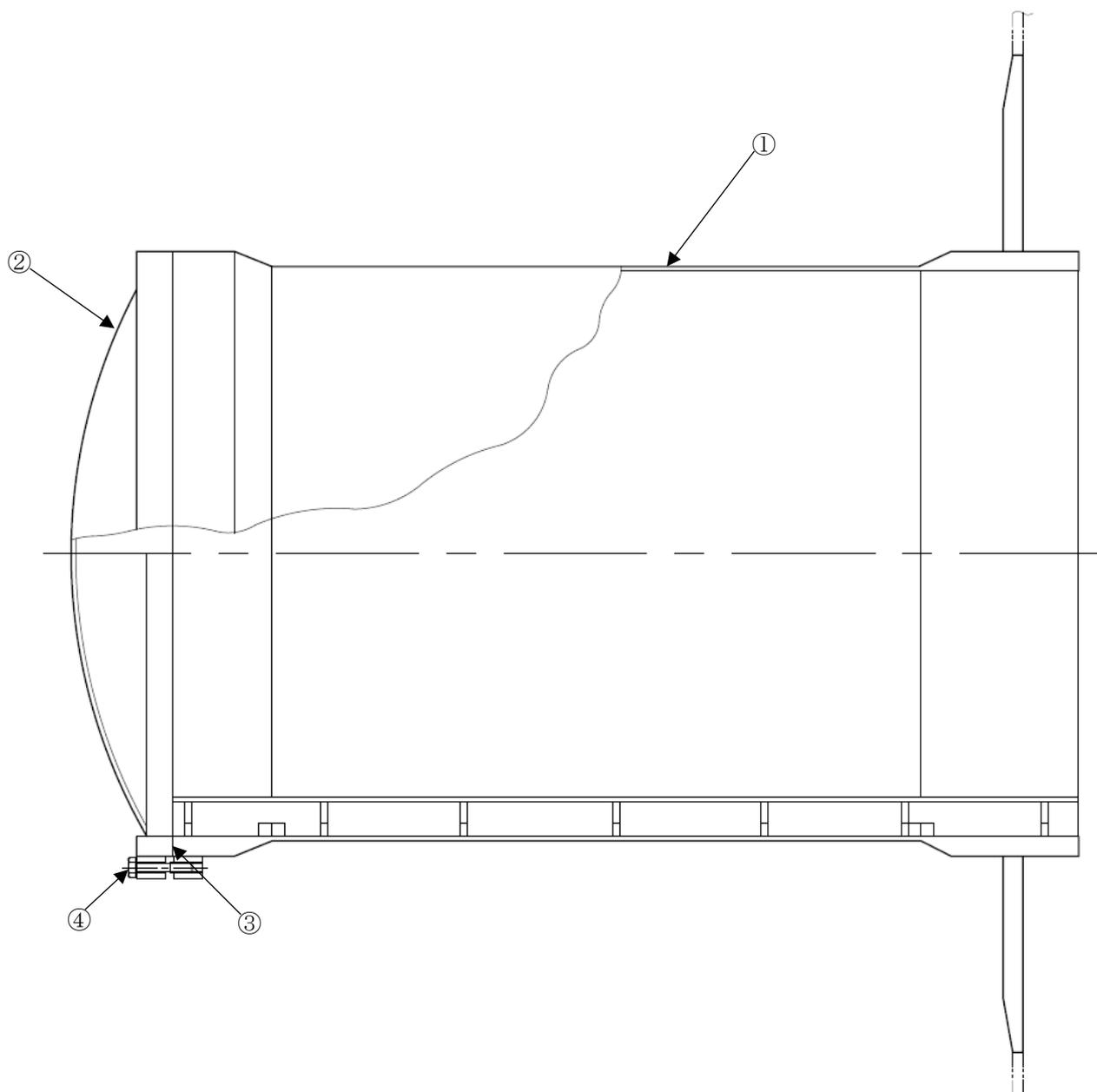


図 2.1-2 サプレッションチェンバアクセスハッチ構造図

表 2.1-3 サプレッションチェンバアクセスハッチ主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
バウンダリの維持	耐圧	胴	炭素鋼
		蓋	炭素鋼
		ガスケット	(消耗品)
		取付ボルト	低合金鋼

表 2.1-4 サプレッションチェンバアクセスハッチの使用条件

最高使用圧力	約 0.31 MPa
最高使用温度	104 °C

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

機械ペネトレーションとしての機能の達成に必要な項目は以下のとおり。

#### ① バウンダリの維持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

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

なお、消耗品及び定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

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

#### (3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

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

① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって，想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△）

② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲）

この結果，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

## 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化ではない事象

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

### a. 耐圧構成品の腐食（全面腐食）〔共通〕

機械ペネトレーションの耐圧構成品（胴、蓋、管台）の材料は炭素鋼であり、大気に接触していることから腐食が発生する可能性がある。しかしながら、機械ペネトレーションは窒素雰囲気または原子炉建屋内雰囲気であり、表面は防食塗装を施しているため、腐食が発生する可能性は小さい。

また、機械ペネトレーションの耐圧構成品については、定期検査時の原子炉格納容器漏えい率検査においてバウンダリ機能の健全性を確認しており、これまでの検査において異常は認められていない。

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

### b. 取付ボルトの腐食（全面腐食）〔サブプレッションチェンバアクセスハッチ〕

取付ボルトは低合金鋼であり、腐食の発生が想定されるが、グリースの塗布（ねじ部）を施しており、腐食が発生、進展する可能性は小さい。

また、機器外観点検時にボルトの健全性の確認を行っており、これまでに有意な腐食は確認されていない。

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

### c. 管台の疲労割れ〔主蒸気隔離弁リークオフライン配管貫通部（固定式配管貫通部）〕

管台は内部流体の温度変化に伴い疲労が蓄積することが想定されるが、主蒸気隔離弁リークオフライン配管貫通部（固定式配管貫通部）の管台の温度は低く温度変動幅も小さく、通常運転時は格納容器内温度と同程度であるため有意な熱過渡を受けることはないため、疲労割れが発生する可能性は小さい。

また、主蒸気隔離弁リークオフライン配管貫通部（固定式配管貫通部）については、定期検査時の原子炉格納容器漏えい率検査においてバウンダリ機能の健全性を確認しており、これまでの検査において異常は認められていない。

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

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

日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。

表 2.2-1 (1/2) 代表配管貫通部（固定式）に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考
					減 肉		割 れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	管台		炭素鋼		△	△					

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (2/2) サプレッションチェンバアクセスハッチに想定される経年劣化事象

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

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

### 3. 代表機器以外への展開

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

#### ① 配管貫通部（固定式）（主蒸気隔離弁リークオフライン以外）

#### 3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

代表機器同様、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

#### 3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

##### a. 耐圧構成品の腐食（全面腐食）

代表機器同様、表面は防食塗装を施しており、耐圧構成品の腐食が発生する可能性は小さい。

また、耐圧構成品に対しては、定期検査時の原子炉格納容器漏えい率検査においてバウンダリ機能の健全性を確認しており、これまでの検査において異常は認められていない。

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

##### b. 管台の疲労割れ

代表機器同様、内部流体温度は低く温度変動幅も小さいため有意な熱過渡を受けることはないと考えられる。

また、耐圧構成品に対しては、定期検査時の原子炉格納容器漏えい率検査においてバウンダリ機能の健全性を確認しており、これまでの検査において異常は認められていない。

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

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

代表機器同様、日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。

以 上

### 3. 3 電気ペネトレーション

[対象貫通部]

- ① モジュール型低圧動力用電気ペネトレーション
- ② モジュール型制御用電気ペネトレーション
- ③ モジュール型計装用電気ペネトレーション
- ④ モジュール型制御棒位置表示用電気ペネトレーション
- ⑤ モジュール型中性子計装用電気ペネトレーション
- ⑥ モジュール型制御及び計装用電気ペネトレーション

## 目 次

1. 対象機器及び代表機器の選定 .....	3.3-1
1.1 グループ化の考え方及び結果 .....	3.3-1
1.2 代表機器の選定 .....	3.3-1
2. 代表機器の技術評価 .....	3.3-3
2.1 構造, 材料及び使用条件 .....	3.3-3
2.1.1 モジュール型中性子計装用電気ペネトレーション .....	3.3-3
2.2 経年劣化事象の抽出 .....	3.3-7
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目 .....	3.3-7
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 .....	3.3-7
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 .....	3.3-8
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価 .....	3.3-10
3. 代表機器以外への展開 .....	3.3-12
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 .....	3.3-12
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 .....	3.3-13

## 1. 対象機器及び代表機器の選定

電気ペネトレーションのうち、対象となる電気ペネトレーションの主な仕様を表 1-1 に示す。

これらの電気ペネトレーションを型式及びシール材材料の観点からグループ化し、それぞれのグループより代表機器を選定した。

### 1.1 グループ化の考え方及び結果

型式及びシール材材料を分類基準とし、電気ペネトレーションを表 1-1 に示すとおりグループ化する。

### 1.2 代表機器の選定

表 1-1 に分類したグループ毎に、原則として電気ペネトレーションの重要度及び接続機器の観点から代表機器を選定する。

#### (1) モジュール型電気ペネトレーション（シール材材料：エポキシ樹脂）

このグループには、低圧動力用、制御用、計装用、制御棒位置表示用、中性子計装用、制御及び計装用が属し、接続機器の原子炉保護上の重要度が高いモジュール型中性子計装用電気ペネトレーションを代表機器とする。

表 1-1 電気ペネトレーションのグループ化と代表機器の選定

分類基準		ペネトレーション番号	用途	仕様呼び径	選定基準		選定	選定理由
型式	シール材材料				重要度			
					ペネトレーション	接続機器*		
モジュール型	エポキシ樹脂	X-101A, 101B, 101C, 101D	低圧動力用	300A	MS-1	MS-1		接続機器の重要度
		X-102A, 102B, 102C, 102D, 102E	制御用	300A	MS-1	MS-1		
		X-103A, 103B, 103C	計装用	300A	MS-1	MS-1		
		X-104A, 104B, 104C, 104D	制御棒位置表示用	300A	MS-1	MS-3		
		X-105A, 105B, 105C, 105D	中性子計装用	300A	MS-1	MS-1	◎	
		X-300A, 300B	制御及び計装用	300A	MS-1	MS-2		

◎：代表機器

\*：最上位の重要度を示す

## 2. 代表機器の技術評価

本章では、1章で代表機器とした以下の電気ペネトレーションについて技術評価を実施する。

### ① モジュール型中性子計装用電気ペネトレーション

#### 2.1 構造、材料及び使用条件

##### 2.1.1 モジュール型中性子計装用電気ペネトレーション

###### (1) 構造

モジュール型中性子計装用電気ペネトレーションは、モジュール交換を容易に実施できるように、モジュールボディを取付ボルトで原子炉格納容器外側のヘッダに固定した構造となっている。

モジュール内部は、同軸ケーブルまたは電線が貫通し、ケーブル内部を通して大気などの漏えいがないように、気密同軸導体とエポキシ樹脂による二重シールを構成し、コネクタまたはスプライスにより同軸ケーブルまたは電線を再接続する構造となっている。なお、コネクタ、スプライス、同軸ケーブル及び電線についても、エポキシ樹脂によりシールした構造となっている。

また、二重シール同士の間中部は中空で、この部分を窒素ガスで加圧し、シール部の気密確認ができる構造となっている。

モジュール型中性子計装用電気ペネトレーションの構造図を図 2.1-1 に示す。

###### (2) 材料及び使用条件

モジュール型中性子計装用電気ペネトレーションの主要部位の使用材料を表 2.1-1 に、使用条件を表 2.1-2 に示す。

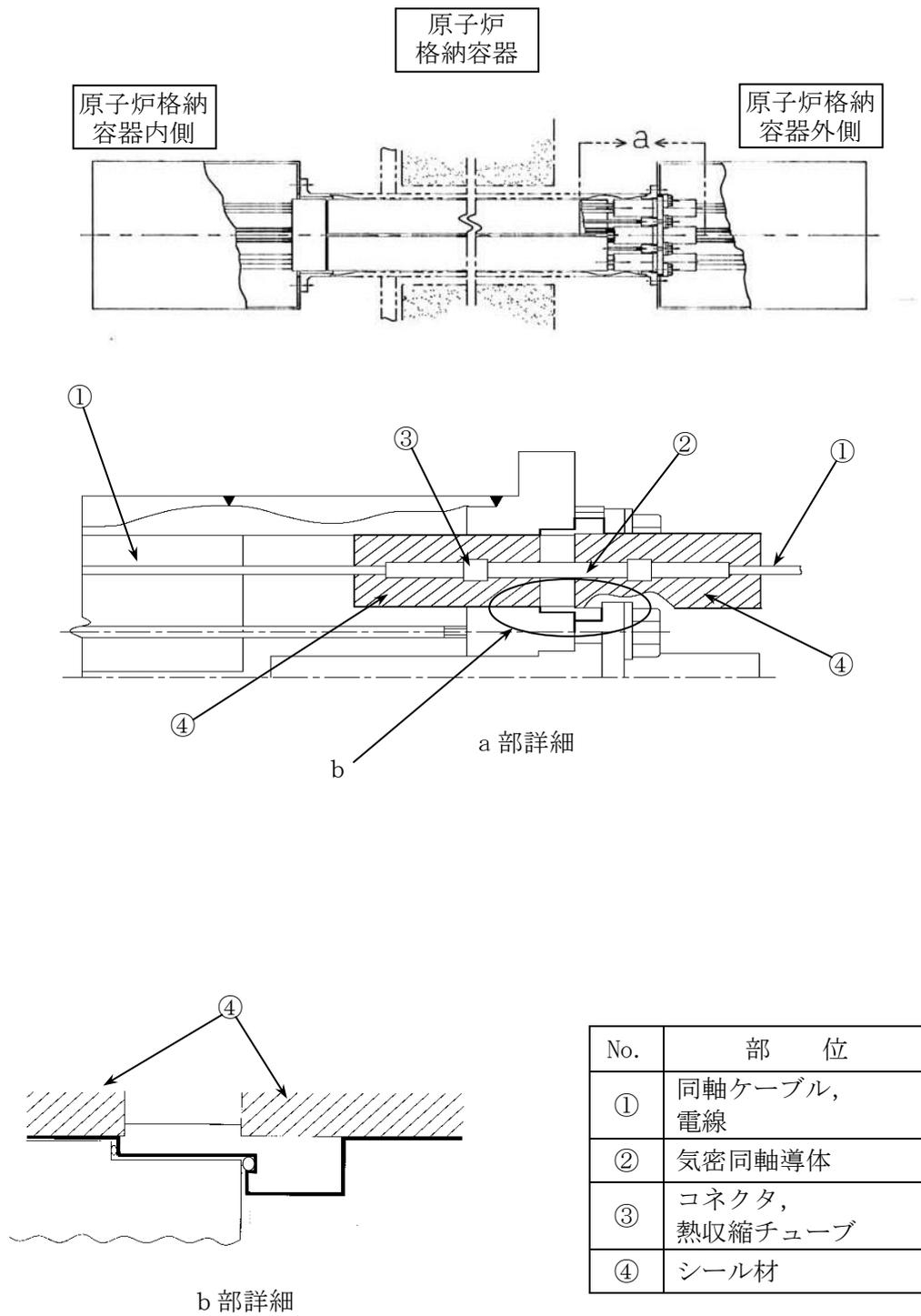


図 2.1-1 (1/2) モジュール型中性子計装用電気ペネトレーション (SRM, IRM 用) 構造図

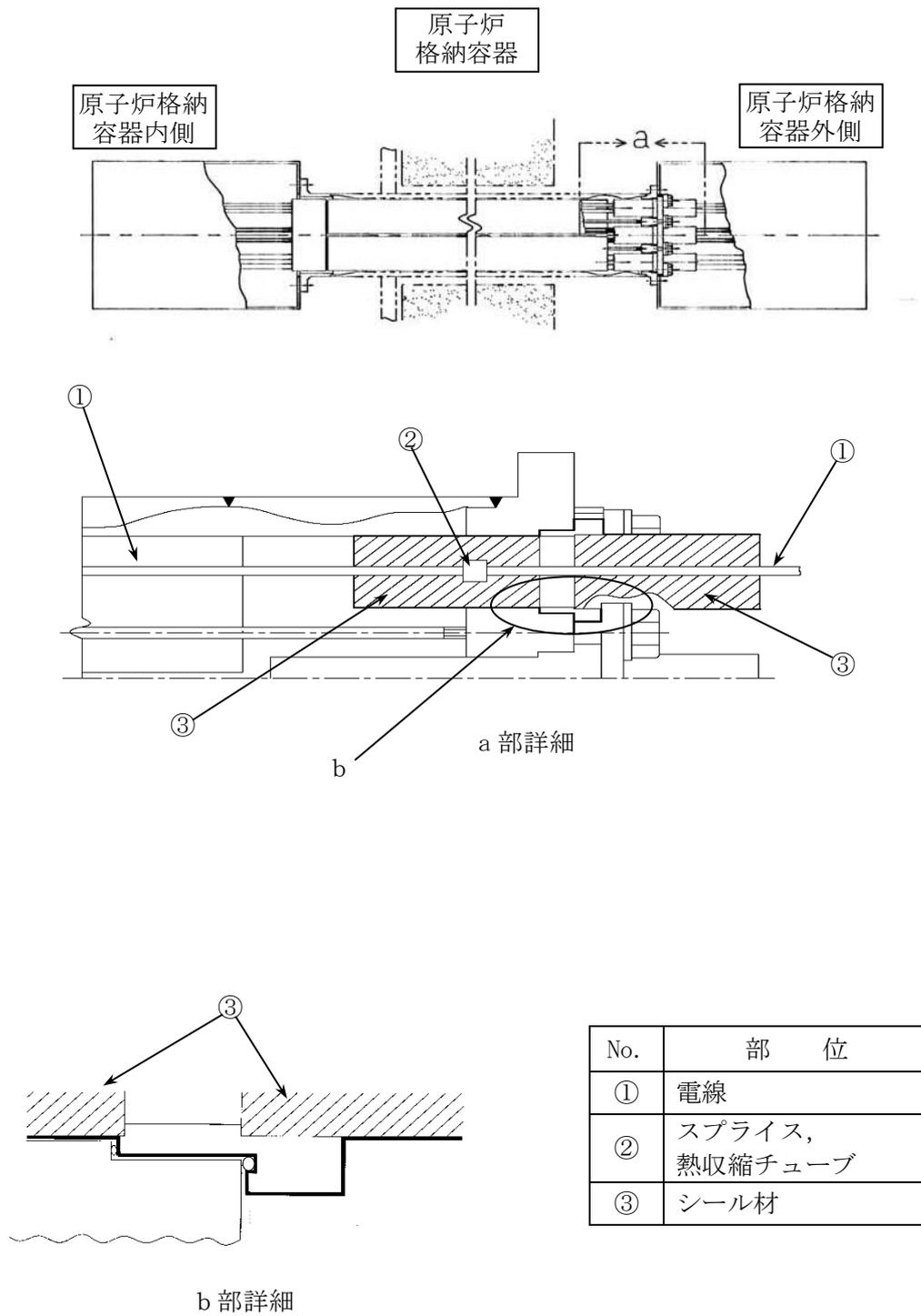


図 2. 1-1 (2/2) モジュール型中性子計装用電気ペネトレーション (LPRM 用) 構造図

表 2.1-1 モジュール型中性子計装用電気ペネトレーションの主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
通電・絶縁性能の確保	エネルギー伝達	同軸ケーブル	銅, 絶縁体 (難燃性架橋ポリエチレン)
		気密同軸導体	銅, 架橋ポリスチレン
		コネクタ	黄銅, 架橋ポリスチレン他
		電線	銅, 絶縁体 (難燃性架橋ポリオレフィン)
		スプライス	銅
		熱収縮チューブ	架橋ポリオレフィン
	絶縁	シール材	エポキシ樹脂

表 2.1-2 モジュール型中性子計装用電気ペネトレーションの使用条件

	通常運転時
設置場所	原子炉格納容器内
周囲温度	65 °C*

\* : 原子炉格納容器内の設計値

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

電気ペネトレーションの機能の達成に必要な項目は以下のとおり。

- ① 通電・絶縁性能の確保

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

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

なお、消耗品及び定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

電気ペネトレーションについて、消耗品及び定期取替品はない。

#### (3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

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

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

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

- a. シール材、同軸ケーブル、電線及び熱収縮チューブの絶縁特性低下

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

a. 同軸ケーブル，電線，気密同軸導体，コネクタ及びスプライスの導通不良

同軸ケーブル，電線及び気密同軸導体に大きな荷重が作用すると，断線や途中接続点のコネクタ，スプライスの外れ等により導通不良が想定されるが，同軸ケーブル，電線及び気密同軸導体単体には外部からの大きな荷重が作用しない構造となっており，導通不良が発生する可能性は小さい。

また，コネクタ部及びスプライス部は，点検時に接続部の異常が無いことにより健全であることを確認している。

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

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

日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。

表 2.2-1 モジュール型中性子計装用電気ペネトレーションに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期 取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考
					減 肉		割 れ		絶縁	導通	その他	
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	絶縁特 性低下	導通 不良		
通電・絶縁性能 の確保	エネルギー 伝達	同軸ケーブル		銅, 難燃性架橋ポリエチ レン					○	△		
		気密同軸導体		銅, 架橋ポリスチレン						△		
		コネクタ		黄銅, 架橋ポリスチレン他						△		
		電線		銅, 難燃性架橋ポリオレ フィン					○	△		
		スプライス		銅						△		
		熱収縮チューブ		架橋ポリオレフィン					○			
	絶縁	シール材		エポキシ樹脂					○			

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

## 2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

### (1) シール材，同軸ケーブル，電線及び熱収縮チューブの絶縁特性低下

#### a. 事象の説明

シール材として使用しているエポキシ樹脂，同軸ケーブル，電線の絶縁体で使用している難燃性架橋ポリエチレン，難燃性架橋ポリオレフィン及び熱収縮チューブの絶縁材料である架橋ポリオレフィンは，有機物であるため熱的，放射線照射，機械的，電氣的，環境的要因により，経年的に劣化が進行し，絶縁特性低下を起こす可能性があり，経年劣化に対する評価が必要である。

ただし，モジュール型中性子計装用電気ペネトレーションは静止機器であり，電圧が低く，密封状態であることから，機械的劣化，電氣的劣化及び環境的劣化については，影響を受けないと考える。

シール材，同軸ケーブル，電線及び熱収縮チューブの絶縁特性低下要因としては，熱及び放射線照射による経年劣化により，シール材とモジュールボディ，気密同軸導体との接着力が低下し，接着面の隙間から大気中の湿気がモジュール型中性子計装用電気ペネトレーション内部に浸入する可能性がある。

この劣化は，電氣的絶縁特性の低下，または電氣的絶縁特性低下に伴う信号伝送特性低下現象として現れる。

#### b. 技術評価

##### ① 健全性評価

シール材として使用しているエポキシ樹脂，同軸ケーブル，電線の絶縁体で使用している難燃性架橋ポリエチレン，難燃性架橋ポリオレフィン及び熱収縮チューブの絶縁材料である架橋ポリオレフィンは，有機物であるため熱的，放射線照射，機械的，電氣的，環境的要因により，経年的に劣化が進行し，絶縁特性低下を起こす可能性があることから，長期間の使用を考慮すると絶縁体の絶縁特性低下の可能性は否定できない。

##### ② 現状保全

モジュール型中性子計装用電気ペネトレーションの絶縁特性低下に対しては，点検時に絶縁抵抗測定を行い，有意な絶縁特性低下のないこと，気体漏えい試験及びケーブル損傷がないことを確認している。

さらに，当面の冷温停止状態においては，接続機器の使用状態を加味し，日常保全を継続し，必要に応じてモジュールの取り替え等を行うこととしている。

③ 総合評価

絶縁体の絶縁特性低下の可能性は否定できないが、絶縁特性低下は点検時において把握可能と考える。

また、当面の冷温停止状態においては、接続機器の使用状態を加味し、系統機器の日常保全を継続し、必要に応じて適切な対応をとることにより、健全性は維持できると判断する。

c. 高経年化への対応

モジュール型中性子計装用電気ペネトレーションのシール材、同軸ケーブル、電線及び熱収縮チューブの絶縁特性低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に対し追加すべき項目はなく、今後も現状保全を継続していく。

### 3. 代表機器以外への展開

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

- ① モジュール型電気ペネトレーション[低圧動力用, 制御用, 計装用, 制御棒位置表示用, 制御及び計装用]

#### 3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

##### a. シール材, 電線及び熱収縮チューブの絶縁特性低下 [共通]

代表機器同様, シール材として使用しているエポキシ樹脂, 電線の絶縁体で使用している難燃性架橋ポリオレフィン及び熱収縮チューブの絶縁材料である架橋ポリオレフインは, 有機物であるため熱的, 放射線照射, 機械的, 電氣的, 環境的要因により, 経年的に劣化が進行し, 絶縁特性低下を起こす可能性があることから, 長期間の使用を考慮すると絶縁体の絶縁特性低下の可能性があり, 絶縁特性低下の進展傾向に影響を及ぼす可能性がある。

モジュール型電気ペネトレーションの絶縁特性低下に対しては, 点検時に絶縁抵抗測定を行い, 有意な絶縁特性低下のないこと, 気体漏えい試験または, ケーブル損傷がないことを確認している。

さらに, 当面の冷温停止状態においては, 接続機器の使用状態を加味し, 日常保全を継続し, 必要に応じてモジュールの取り替え等の対応を行うことにより絶縁性能を維持できると判断する。

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

##### b. 同軸ケーブルの絶縁特性低下 [制御用, 計装用]

代表機器同様, モジュール型制御用電気ペネトレーション及びモジュール型計装用電気ペネトレーションの同軸ケーブルの絶縁体で使用している難燃性架橋ポリエチレンは, 有機物であるため熱的, 放射線照射, 機械的, 電氣的, 環境的要因により, 経年的に劣化が進行し, 絶縁特性低下を起こす可能性があることから, 長期間の使用を考慮すると絶縁体の絶縁特性低下の可能性があり, 絶縁特性低下の進展傾向に影響を及ぼす可能性がある。

モジュール型電気ペネトレーションの絶縁特性低下に対しては, 点検時に絶縁抵抗測定を行い, 有意な絶縁特性低下のないこと, 気体漏えい試験または, ケーブル損傷がないことを確認している。

さらに, 当面の冷温停止状態においては, 接続機器の使用状態を加味し, 日常保全を継続し, 必要に応じてモジュールの取り替え等の対応を行うことにより絶縁性能を維持できると判断する。

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

### 3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

#### a. 電線及びスプライスの導通不良 [共通]

代表機器同様、電線に大きな荷重が作用すると、断線や途中接続点の外れ等により導通不良が想定されるが、電線単体には外部からの大きな荷重が作用しない構造となっており、導通不良が発生する可能性は小さい。

また、スプライス部は、点検時に接続部の異常が無いことにより健全であることを確認している。

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

#### b. 同軸ケーブル、気密同軸導体及びコネクタの導通不良 [制御用、計装用]

代表機器同様、モジュール型制御用電気ペネトレーション及びモジュール型計装用電気ペネトレーションの同軸ケーブル及び気密同軸導体に大きな荷重が作用すると、断線や途中接続点の外れ等により導通不良が想定されるが、同軸ケーブル及び気密同軸導体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、モジュール型計装用電気ペネトレーションのコネクタ部は、点検時に接続部の異常が無いことにより健全であることを確認している。

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

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

代表機器同様、日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。

以 上

柏崎刈羽原子力発電所 4 号炉

配 管 の 技 術 評 価 書

東京電力ホールディングス株式会社

本評価書は柏崎刈羽原子力発電所4号炉（以下柏崎刈羽4号炉という）における安全上重要な配管（重要度分類指針におけるPS-1, 2及びMS-1, 2に該当する機器）及び原子炉格納容器外の高温・高圧の環境下にあるクラス3の配管の高経年化に係わる技術評価についてまとめたものである。

評価対象機器の一覧を表1に、機能を表2に示す。

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

本評価書は配管の材料等を基に、以下の3分冊で構成されている。

- 1 ステンレス鋼配管
- 2 炭素鋼配管
- 3 低合金鋼配管

制御棒駆動系、ほう酸水注入系の油配管については「ポンプの技術評価書」、冷凍機の冷媒配管については「空調設備の技術評価書」、水圧制御ユニット付属配管、非常用ディーゼル機関の補機系統配管及び燃料油配管、計装用圧縮空気系設備配管については「機械設備の技術評価書」に含めてそれぞれ評価を実施するものとし、本評価書には含まれていない。

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

表 1 (1/4) 評価対象機器一覧

分類基準		配管系統	仕様 (口径×肉厚)	重要度*1	使用条件		
材料	内部流体				運転状態*2	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)
ステンレス鋼	純水	原子炉冷却材再循環系 (PLR)	600 A×S 100	PS-1	連続 (連続)	約 10.40	302
		制御棒駆動系 (CRD)	32 A×S 80	MS-1	連続 (連続)	約 13.83	66
		ほう酸水注入系 (SLC)	40 A×S 80	MS-1	一時 (一時)	約 8.62	302
		残留熱除去系 (RHR)	20 A×S 80	MS-1	連続 (一時)	約 8.62	302
		低圧炉心スプレイ系 (LPCS)	20 A×S 80	MS-1	一時 (一時)	約 8.62	302
		高圧炉心スプレイ系 (HPCS)	20 A×S 80	MS-1	一時 (一時)	約 8.62	302
		漏えい検出系 (LDS)	25 A×S 40	MS-1	連続 (連続)	約 0.31	104
		原子炉冷却材浄化系 (CUW)	20 A×S 80	MS-1	連続 (連続)	約 8.62	302
		燃料プール冷却浄化系 (FPC)	250 A×S 40	MS-2	連続 (連続)	約 1.37	66
		液体固体廃棄物処理系 (RW)	80 A×S 40	MS-1	連続 (連続)	約 0.31	171
		復水補給水系 (MUWC)	400 A×9.5 mm	MS-1	連続 (連続)	静水頭	66
		事故後サンプリング系 (PASS)	20 A×S 80	MS-1	一時 (一時)	約 8.62	302

\*1：最上位の重要度を示す

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

表 1 (2/4) 評価対象機器一覧

分類基準		配管系統	仕様 (口径×肉厚)	重要度*1	使用条件		
材料	内部流体				運転状態*2	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)
ステンレス鋼	その他ガス	漏えい検出系 (LDS)	25 A×S 40	MS-1	連続 (連続)	約 0.31	171
		計装用圧縮空気系 (IA)	25 A×S 40	MS-1	連続 (連続)	約 1.77	171
		試料採取系 (SAM)	20 A×S 40	MS-1	連続 (連続)	約 0.31	171
	五ほう酸ナトリウム水	ほう酸水注入系 (SLC)	40 A×S 80	MS-1	一時 (一時)	約 10.79	66
	冷却水*3	原子炉補機冷却水系 (RCW)	15 A×S 80	MS-1	連続 (連続)	約 1.37	70
		高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系 (HPCW)	15 A×S 80	MS-1	一時 (一時)	約 1.27	70

\*1：最上位の重要度を示す

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

\*3：冷却水（防錆剤入り純水）を示す

表 1 (3/4) 評価対象機器一覧

分類基準		配管系統	仕様 (口径×肉厚)	重要度*1	使用条件		
材料	内部流体				運転状態*2	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)
炭素鋼	純水	制御棒駆動系 (CRD)	200 A×S 120	MS-1	連続 (一時)	約 8.62	138
		残留熱除去系 (RHR)	350 A×S 100	PS-1	連続 (一時)	約 10.40	302
		低圧炉心スプレイ系 (LPCS)	300 A×S 120	PS-1	一時 (一時)	約 8.62	302
		高圧炉心スプレイ系 (HPCS)	300 A×S 120	PS-1	一時 (一時)	約 8.62	302
		原子炉冷却材浄化系 (CUW)	150 A×S 80	PS-1	連続 (連続)	約 8.62	302
		燃料プール冷却浄化系 (FPC)	200 A×S 40	MS-2	連続 (連続)	約 3.43	182
		給水系 (FDW)	500 A×S 80	PS-1	連続 (連続)	約 8.62	302
		復水補給水系 (MUWC)	80 A×S 40	MS-1	一時 (一時)	約 0.31	66
		可燃性ガス濃度制御系 (FCS)	50 A×S 80	MS-1	一時 (一時)	約 3.43	104

\*1：最上位の重要度を示す

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

表 1 (4/4) 評価対象機器一覧

分類基準		配管系統	仕様 (口径×肉厚)	重要度*1	使用条件		
材料	内部流体				運転状態*2	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)
炭素鋼	その他ガス	非常用ガス処理系 (SGTS)	300 A×S 40	MS-1	一時 (一時)	約 0.02	140
		可燃性ガス濃度制御系 (FCS)	150 A×S 40	MS-1	一時 (一時)	約 0.31	171
	冷却水*3	原子炉補機冷却水系 (RCW)	650 A×12.7 mm	MS-1	連続 (連続)	約 1.37	70
		換気空調補機常用冷却水系 (HNCW)	200 A×S 40	MS-1	連続 (連続)	約 1.37	70
		換気空調補機非常用冷却水系 (HECW)	200 A×S 40	MS-1	一時 (一時)	約 1.37	70
		高圧炉心スプレィディーゼル補機冷却水系 (HPCW)	200 A×S 40	MS-1	一時 (一時)	約 1.27	70
	海水	原子炉補機冷却海水系 (RSW)	750 A×9.5 mm	MS-1	連続 (連続)	約 0.59	50
		高圧炉心スプレィディーゼル補機冷却海水系 (HPSW)	250 A×S 40	MS-1	一時 (一時)	約 0.69	50
低合金鋼	純水	給水系 (FDW)	500 A×S 80	PS-2	連続 (連続)	約 8.62	302

\*1：最上位の重要度を示す

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

\*3：冷却水（防錆剤入り純水）を示す

表 2 (1/2) 評価対象機器機能一覧

配管系統名	機能
原子炉冷却材再循環系配管 (PLR)	原子炉冷却材を原子炉圧力容器より引き出し、原子炉再循環系ポンプで加圧した後、原子炉圧力容器に設置したジェットポンプを通して原子炉内へ供給することで原子炉冷却材を強制循環させる原子炉冷却材再循環系統を構成する。
制御棒駆動系配管 (CRD)	制御棒の駆動に必要な純水を供給する制御棒駆動系統を構成する。
ほう酸水注入系配管 (SLC)	何らかの理由で制御棒が挿入できなくなり原子炉の冷温停止ができない場合にほう酸水を原子炉底部より注入して負の反応度を与え、核反応を停止させるほう酸水注入系統を構成する。
残留熱除去系配管 (RHR)	原子炉停止時の崩壊熱除去のため残留熱除去系熱交換器にて原子炉冷却材を冷却する。他に格納容器冷却モード等のモードがある。
低圧炉心スプレー系配管 (LPCS)	冷却材喪失事故時、炉心の過熱による燃料破損を防止するため、炉心にサプレッションプール水をスプレーする低圧炉心スプレー系統を構成する。
高圧炉心スプレー系配管 (HPCS)	冷却材喪失事故時、炉心の過熱による燃料破損を防止するため、炉心にサプレッションプール水及び復水貯蔵槽水をスプレーする高圧炉心スプレー系統を構成する。
漏えい検出系 (LDS)	冷却材境界 (バウンダリ) に係わる原子炉系の必要な配管、機器類からの一次冷却材の漏えいを検出し、適切な動作 (警報, 隔離等) を行う漏えい検出系統を構成する。
原子炉冷却材浄化系配管 (CUW)	原子炉冷却材の一部をろ過, 脱塩し, 給水系に戻す原子炉冷却材浄化系統を構成する。
燃料プール冷却浄化系配管 (FPC)	使用済燃料プール水の一部をろ過, 脱塩し, 使用済燃料プールに戻す燃料プール冷却浄化系統を構成する。
液体固体廃棄物処理系配管 (RW)	プラントで発生した液体固体廃棄物を処理する液体固体廃棄物処理系統を構成する。
給水系配管 (FDW)	復水系から移送されてきた給水を原子炉へ供給する給水系統を構成する。
復水補給水系配管 (MUWC)	各系統に必要な復水を復水貯蔵槽より移送する補給水系統を構成する。
原子炉補機冷却水系配管 (RCW)	原子炉建屋内にある補機, タービン建屋に設置する補機 (放射性流体を扱う補機) の冷却を必要とする補機に冷却水を循環させる原子炉補機冷却水系統を構成する。
換気空調補機常用冷却水系配管 (HNCW)	常用換気空調系の給気冷却器 (クーリングコイル) 空調機及び DWC 上部空調機へ冷却水を供給する換気空調補機常用冷却水系統を構成する。
換気空調補機非常用冷却水系配管 (HECW)	非常用換気空調系の給気冷却器 (クーリングコイル) へ冷却水を供給する換気空調補機非常用冷却水系統を構成する。
高圧炉心スプレーディーゼル補機冷却水系配管 (HPCW)	高圧炉心スプレーポンプ及び高圧炉心スプレーディーゼル発電機設備等から発生する熱を淡水の冷却水で冷却する高圧炉心スプレーディーゼル補機冷却系統を構成する。
原子炉補機冷却海水系配管 (RSW)	原子炉補機冷却水系の冷却水を熱交換器を介して, 海水にて冷却する原子炉補機冷却海水系統を構成する。
高圧炉心スプレーディーゼル補機冷却海水系配管 (HPSW)	高圧炉心スプレーディーゼル補機冷却水系熱交換器に海水を供給し冷却する高圧炉心スプレーディーゼル補機冷却海水系統を構成する。
計装用圧縮空気系配管 (IA)	空気作動弁や計装機器に圧縮空気を供給する計装用圧縮空気系統を構成する。

表 2 (2/2) 評価対象機器機能一覧

配管系統名	機能
試料採取系配管 (SAM)	プラント内の各系統のプロセス流体を採取，分析し系統の運転状態を監視する試料採取系統を構成する。
事故後サンプリング系配管 (PASS)	原子力発電設備の事故後における放射能障壁の健全性の把握を行うため，炉水及び格納容器内ガスを採取する事故後サンプリング系統を構成する。
非常用ガス処理系配管 (SGTS)	事故時に原子炉建屋内の空気を処理し，排気筒から放出する非常用ガス処理系統を構成する。
可燃性ガス濃度制御系配管 (FCS)	冷却材喪失事故で水素が格納容器内に溜まり燃焼を起こすことを回避する為，水素ガス濃度を安全な濃度以下にする可燃性ガス濃度制御系統を構成する。

# 1 ステンレス鋼配管

## [対象系統]

- ① 原子炉冷却材再循環系
- ② 制御棒駆動系
- ③ ほう酸水注入系
- ④ 残留熱除去系
- ⑤ 低圧炉心スプレイ系
- ⑥ 高圧炉心スプレイ系
- ⑦ 漏えい検出系
- ⑧ 原子炉冷却材浄化系
- ⑨ 燃料プール冷却浄化系
- ⑩ 液体固体廃棄物処理系
- ⑪ 復水補給水系
- ⑫ 原子炉補機冷却水系
- ⑬ 高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系
- ⑭ 計装用圧縮空気系
- ⑮ 試料採取系
- ⑯ 事故後サンプリング系

## 目 次

1. 対象機器及び代表機器の選定 .....	1-1
1.1 グループ化の考え方及び結果 .....	1-1
1.2 代表機器の選定 .....	1-1
2. 代表機器の技術評価 .....	1-4
2.1 構造, 材料及び使用条件 .....	1-4
2.1.1 原子炉冷却材再循環系 .....	1-4
2.1.2 計装用圧縮空気系 .....	1-7
2.1.3 ほう酸水注入系 (五ほう酸ナトリウム水部) .....	1-10
2.1.4 原子炉補機冷却水系 .....	1-13
2.2 経年劣化事象の抽出 .....	1-16
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目 .....	1-16
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 .....	1-16
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 .....	1-17
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価 .....	1-26
3. 代表機器以外への展開 .....	1-30
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 .....	1-30
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 .....	1-30

## 1. 対象機器及び代表機器の選定

主要なステンレス鋼配管の主な仕様を表 1-1 に示す。

これらの配管を内部流体毎にグループ化し、それぞれのグループより代表機器を選定した。

### 1.1 グループ化の考え方及び結果

内部流体を分類基準とし、ステンレス鋼配管を表 1-1 に示すとおりグループ化する。

### 1.2 代表機器の選定

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

#### (1) 内部流体：純水

このグループには原子炉冷却材再循環系、制御棒駆動系、ほう酸水注入系、残留熱除去系、低圧炉心スプレイ系、高圧炉心スプレイ系、漏えい検出系、原子炉冷却材浄化系、燃料プール冷却浄化系、液体固体廃棄物処理系、復水補給水系及び事故後サンプリング系が属するが、重要度の観点から原子炉冷却材再循環系を代表機器とする。

#### (2) 内部流体：その他ガス

このグループには漏えい検出系、計装用圧縮空気系及び試料採取系が属するが、最高使用圧力の観点から計装用圧縮空気系を代表機器とする。

#### (3) 内部流体：五ほう酸ナトリウム水

このグループにはほう酸水注入系のみが属することから、ほう酸水注入系を代表機器とする。

#### (4) 内部流体：冷却水（防錆剤入り純水）

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

表 1-1 (1/2) ステンレス鋼配管のグループ化及び代表機器の選定

分類基準	配管系統	選定基準					代表選定	選定理由
		仕様 (口径×肉厚)	重要度*1	使用条件				
				運転状態*2	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (°C)		
純水	原子炉冷却材再循環系	600 A×S 100	PS-1	連続 (連続)	約 10.40	302	◎	重要度
	制御棒駆動系	32 A×S 80	MS-1	連続 (連続)	約 13.83	66		
	ほう酸水注入系	40 A×S 80	MS-1	一時 (一時)	約 8.62	302		
	残留熱除去系	20 A×S 80	MS-1	連続 (一時)	約 8.62	302		
	低圧炉心スプレイ系	20 A×S 80	MS-1	一時 (一時)	約 8.62	302		
	高圧炉心スプレイ系	20 A×S 80	MS-1	一時 (一時)	約 8.62	302		
	漏えい検出系	25 A×S 40	MS-1	連続 (連続)	約 0.31	104		
	原子炉冷却材浄化系	20 A×S 80	MS-1	連続 (連続)	約 8.62	302		
	燃料プール冷却浄化系	250 A×S 40	MS-2	連続 (連続)	約 1.37	66		
	液体固体廃棄物処理系	80 A×S 40	MS-1	連続 (連続)	約 0.31	171		
	復水補給水系	400 A×9.5 mm	MS-1	連続 (連続)	静水頭	66		
	事故後サンプリング系	20 A×S 80	MS-1	一時 (一時)	約 8.62	302		

\*1：最上位の重要度を示す

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

表 1-1 (2/2) ステンレス鋼配管のグループ化及び代表機器の選定

分類基準	配管系統	選定基準					代表選定	選定理由
		仕様 (口径×肉厚)	重要度*1	使用条件				
				運転状態*2	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (℃)		
その他ガス	漏えい検出系	25 A×S 40	MS-1	連続 (連続)	約 0.31	171		最高使用圧力
	計装用圧縮空気系	25 A×S 40	MS-1	連続 (連続)	約 1.77	171	◎	
	試料採取系	20 A×S 40	MS-1	連続 (連続)	約 0.31	171		
五ほう酸ナトリウム水	ほう酸水注入系	40 A×S 80	MS-1	一時 (一時)	約 10.79	66	◎	
冷却水*3	原子炉補機冷却水系	15 A×S 80	MS-1	連続 (連続)	約 1.37	70	◎	運転状態
	高圧炉心スプレィディーゼル補機冷却水系	15 A×S 80	MS-1	一時 (一時)	約 1.27	70		

\*1：最上位の重要度を示す

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

\*3：冷却水（防錆剤入り純水）を示す

## 2. 代表機器の技術評価

本章では、1章で代表機器とした以下の配管について技術評価を実施する。

- ① 原子炉冷却材再循環系
- ② 計装用圧縮空気系
- ③ ほう酸水注入系（五ほう酸ナトリウム水部）
- ④ 原子炉補機冷却水系

### 2.1 構造、材料及び使用条件

#### 2.1.1 原子炉冷却材再循環系

##### (1) 構造

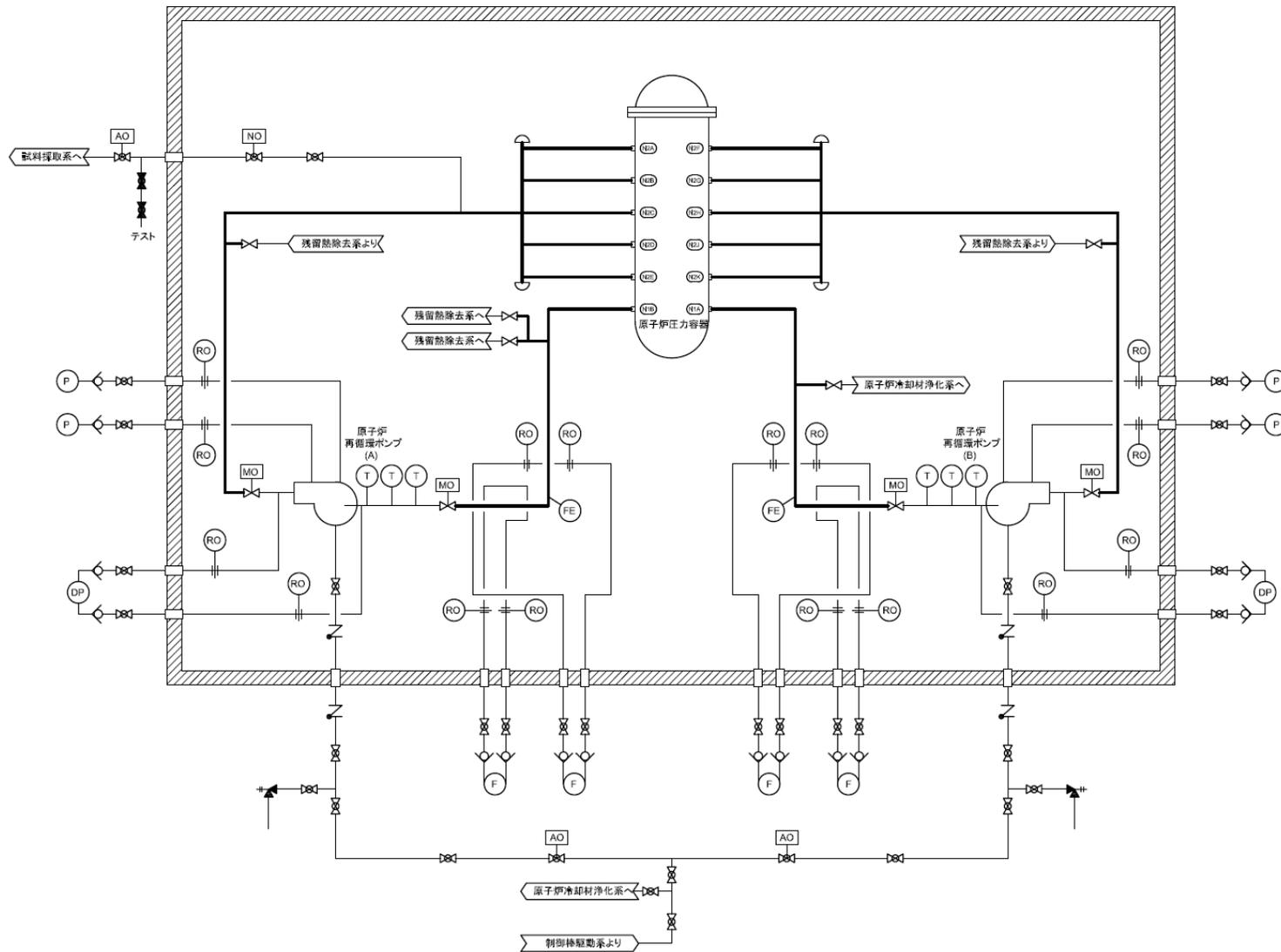
原子炉冷却材再循環系配管は、配管（直管、エルボ、T 継手）及びサンプリングノズル等で構成されており、ステンレス鋼が使用されている。

また、各配管は溶接により他の配管及び機器に接続されている。

原子炉冷却材再循環系の系統図を図 2.1-1 に示す。

##### (2) 材料及び使用条件

原子炉冷却材再循環系配管主要部位の使用材料を表 2.1-1 に、使用条件を表 2.1-2 に示す。



—— (太線) : 評価対象 (ステンレス鋼)

図 2.1-1 原子炉冷却材再循環系系統図

表 2.1-1 原子炉冷却材再循環系配管主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
バウンダリの維持	耐圧	配管	ステンレス鋼
		サンプリングノズル	ステンレス鋼
機器の支持	支持	メカニカルスナッパ	炭素鋼
		ハンガ	炭素鋼
		ラグ	ステンレス鋼
		サポート取付ボルト・ナット	炭素鋼

表 2.1-2 原子炉冷却材再循環系配管の使用条件

最高使用圧力	約 10.40 MPa
最高使用温度	302 °C
内部流体	純水

## 2.1.2 計装用圧縮空気系

### (1) 構造

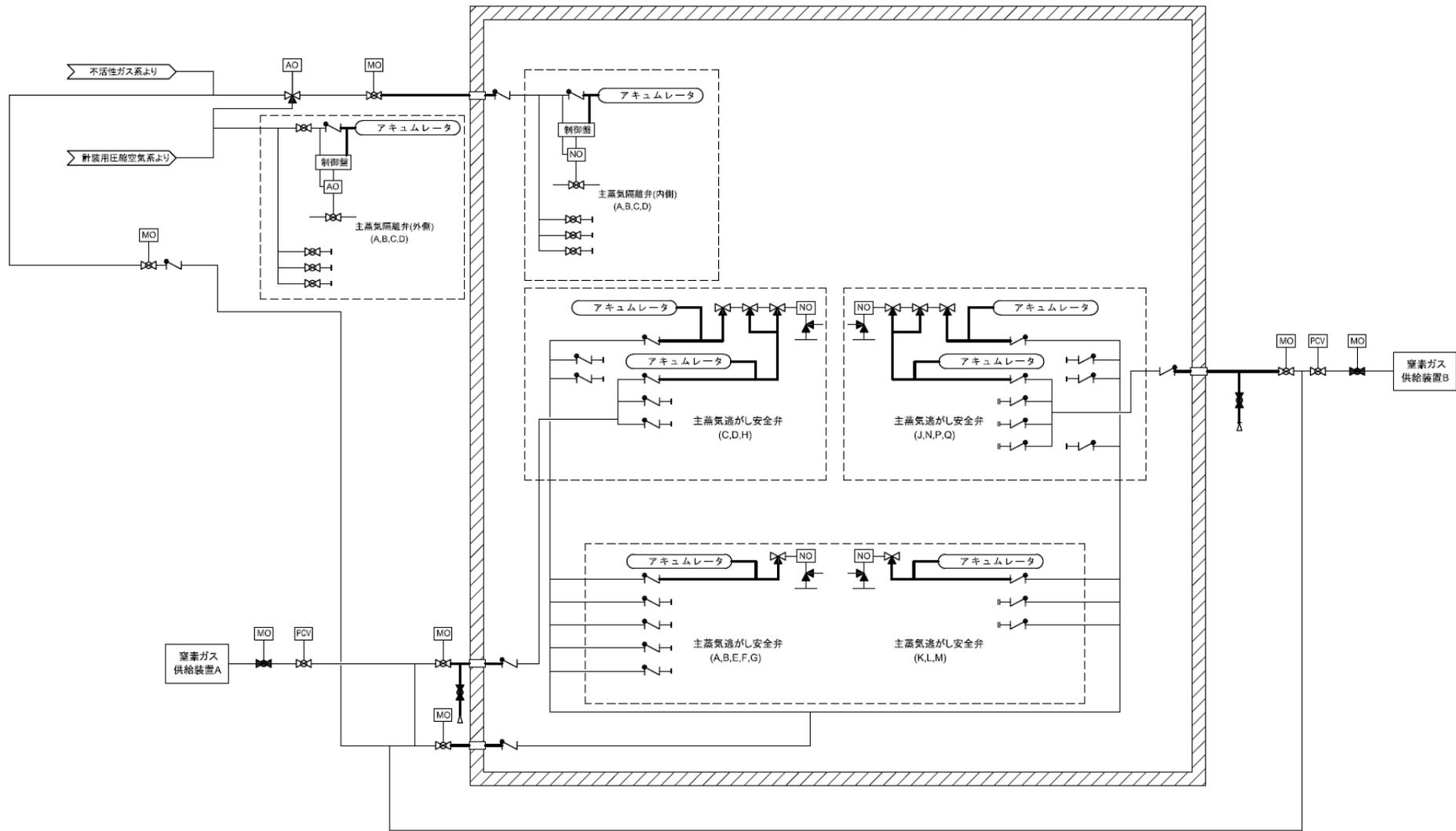
計装用圧縮空気系配管は、配管（直管、エルボ、T 継手）等で構成されており、ステンレス鋼が使用されている。

また、各配管は溶接により他の配管及び機器に接続されている。

計装用圧縮空気系配管の系統図を図 2.1-2 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

計装用圧縮空気系配管主要部位の使用材料を表 2.1-3 に、使用条件を表 2.1-4 に示す。



—— (太線) : 評価対象 (ステンレス鋼)

図 2.1-2 計装用圧縮空気系系統図

表 2.1-3 計装用圧縮空気系配管主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
バウンダリの維持	耐圧	配管	ステンレス鋼
機器の支持	支持	レストレイント	炭素鋼
		ハンガ	炭素鋼
		サポート取付ボルト・ナット	ステンレス鋼, 炭素鋼
		埋込金物	炭素鋼
		基礎ボルト	炭素鋼, 樹脂

表 2.1-4 計装用圧縮空気系配管の使用条件

最高使用圧力	約 1.77 MPa
最高使用温度	171 °C
内部流体	その他ガス

### 2.1.3 ほう酸水注入系（五ほう酸ナトリウム水部）

#### (1) 構造

ほう酸水注入系（五ほう酸ナトリウム水部）配管は、配管（直管，エルボ，T 継手）等で構成されており，ステンレス鋼が使用されている。

また，各配管はフランジまたは溶接により他の配管及び機器に接続されている。

ほう酸水注入系（五ほう酸ナトリウム水部）配管の系統図を図 2.1-3 に示す。

#### (2) 材料及び使用条件

ほう酸水注入系（五ほう酸ナトリウム水部）配管主要部位の使用材料を表 2.1-5 に，使用条件を表 2.1-6 に示す。

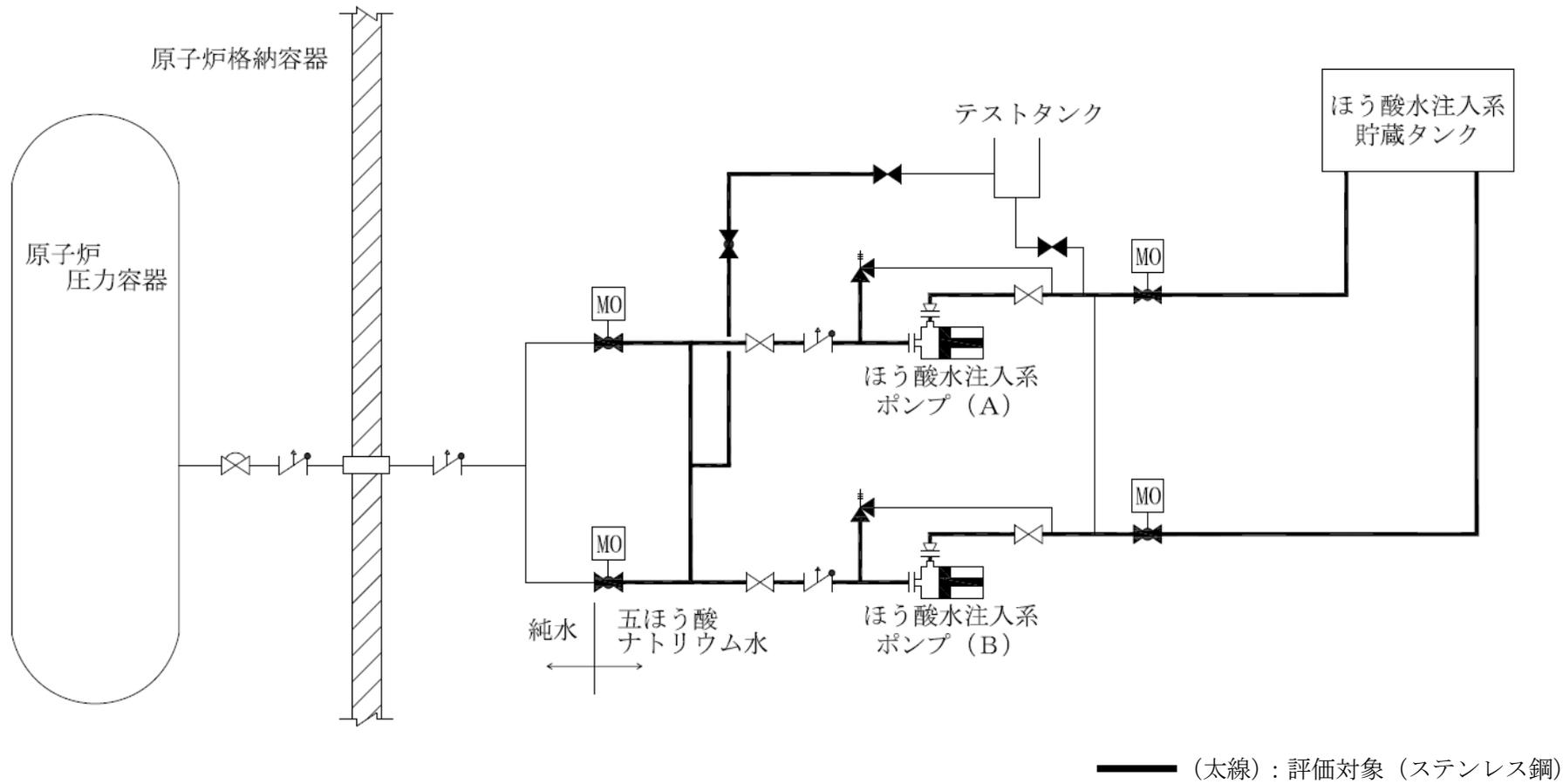


図 2.1-3 ほう酸水注入系（五ほう酸ナトリウム水部）系統図

表 2.1-5 ほう酸水注入系（五ほう酸ナトリウム水部）配管主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
バウンダリの維持	耐圧	配管	ステンレス鋼
		フランジボルト・ナット	炭素鋼, 低合金鋼
		ガスケット	(消耗品)
機器の支持	支持	レストレイント	炭素鋼
		ラグ	ステンレス鋼
		サポート取付ボルト・ナット	ステンレス鋼

表 2.1-6 ほう酸水注入系（五ほう酸ナトリウム水部）配管の使用条件

最高使用圧力	約 10.79 MPa
最高使用温度	66 °C
内部流体	五ほう酸ナトリウム水

#### 2.1.4 原子炉補機冷却水系

##### (1) 構造

原子炉補機冷却水系配管は、配管（直管，エルボ，T 継手）等で構成されており，ステンレス鋼が使用されている。

また，各配管はフランジまたは溶接により他の配管及び機器に接続されている。

原子炉補機冷却水系配管の系統図を図 2.1-4 に示す。

##### (2) 材料及び使用条件

原子炉補機冷却水系配管主要部位の使用材料を表 2.1-7 に，使用条件を表 2.1-8 に示す。

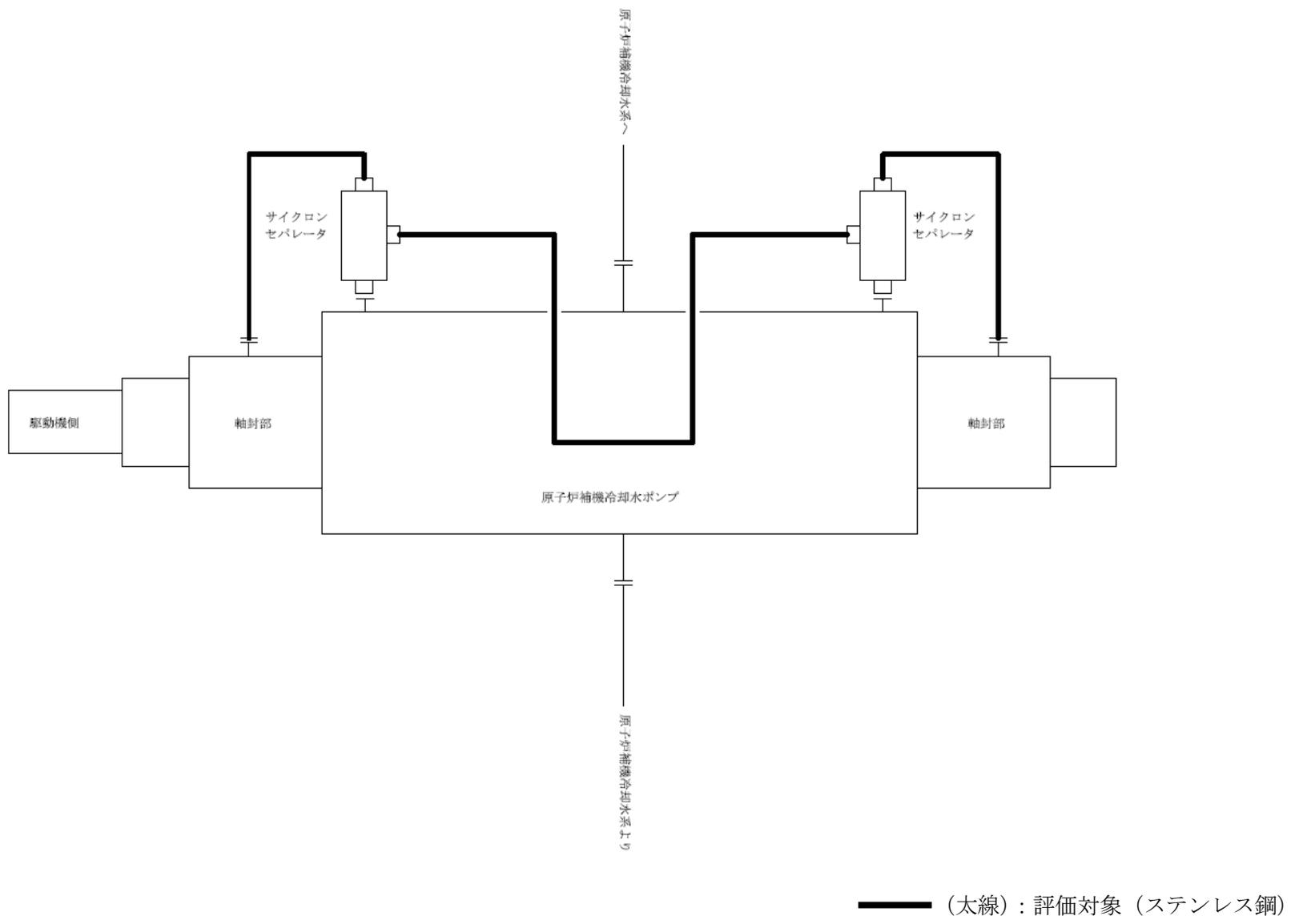


図 2.1-4 原子炉補機冷却水系系統図

表 2.1-7 原子炉補機冷却水系配管主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
バウンダリの維持	耐圧	配管	ステンレス鋼
		フランジボルト・ナット	炭素鋼, 低合金鋼
		ガスケット	(消耗品)

表 2.1-8 原子炉補機冷却水系配管の使用条件

最高使用圧力	約 1.37 MPa
最高使用温度	70 °C
内部流体	冷却水 (防錆剤入り純水)

## 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

ステンレス鋼配管の機能（流体の流路確保）の達成に必要な項目は以下のとおり。

- ① バウンダリの維持
- ② 機器の支持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

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

なお、消耗品及び定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

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

#### (3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

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

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

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

#### a. 配管の疲労割れ [原子炉冷却材再循環系]

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

#### a. 基礎ボルトの腐食（全面腐食）〔計装用圧縮空気系〕

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

#### b. 配管の粒界型応力腐食割れ〔原子炉冷却材再循環系〕

ステンレス鋼配管は、100℃以上の純水が接する応力が高い部位で粒界型応力腐食割れの発生が想定される。

原子炉冷却材再循環系のステンレス鋼配管については、第7回定期検査（2002～2003年度）、第8回定期検査（2004～2005年度）及び第9回定期検査時（2006年度）の超音波探傷試験において亀裂が確認されたため、第7回定期検査（2002～2003年度）、第8回定期検査（2004～2005年度）及び第9回定期検査（2006年度）に新規配管に取り替えを実施し、応力腐食割れ対策（狭開先、水冷溶接工法（HSW）、高周波誘導加熱応力改善工法（IHSI）及び固溶化熱処理（SHT））を実施しており、全溶接継手の応力腐食割れ対策は完了している。

また、当面の冷温停止状態においては環境条件として基準としている100℃を超える環境とはならないため、粒界型応力腐食割れの発生・進展の可能性はないと判断する。

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

#### c. 配管の貫粒型応力腐食割れ〔共通〕

ステンレス鋼配管は、大気中の海塩粒子に含まれる塩化物イオンにより外面から貫粒型応力腐食割れの発生が想定される。

貫粒型応力腐食割れに対しては、目視点検、付着塩分量測定及び基準値（70 mgCl/m<sup>2</sup>）の付着塩分量を超えた箇所において浸透探傷検査を実施しており、これまでに応力腐食割れは確認されていない。

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

d. 配管の腐食（全面腐食）〔ほう酸水注入系（五ほう酸ナトリウム水部）〕

ほう酸水注入系の内部流体は五ほう酸ナトリウム水であるが、ステンレス鋼は耐食性に優れているため、腐食が発生する可能性は小さい。

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

e. 配管の高サイクル疲労割れ〔計装用圧縮空気系，ほう酸水注入系（五ほう酸ナトリウム水部），原子炉補機冷却水系〕

小口径配管のソケット溶接部は、ポンプの機械・流体振動による繰り返し応力により高サイクル疲労割れの発生が想定されるが、突合せ溶接継手化する等の対策を図ってきている。

また、振動の状態は経年的に変化するものではなく、これまでの点検結果からも、突合せ溶接継手化する等の対策を行った配管には割れ等は確認されていない。

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

f. メカニカルスナップ及びハンガの機能低下〔原子炉冷却材再循環系，計装用圧縮空気系〕

メカニカルスナップ及びハンガは、長期にわたる摺動の繰り返しによるピン等摺動部材の摩耗及び長期にわたる荷重作用によるスプリング（ばね）のへたりにより、機能低下が想定される。

ピン等の摺動部材については、起動・停止時に想定される配管熱移動による摺動回数は少なく、著しい摩耗が生じる可能性は小さい。

また、スプリング使用時のねじり応力は許容ねじり応力以下になるように設定されており、スプリングの材料に対する推奨最高使用温度よりも実際の使用温度は低いいため、へたりが進行する可能性は小さい。

なお、抜き取りで目視点検及び低速走行試験を行い、必要に応じて補修を行うこととしている。

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

- g. サポート取付ボルト・ナットの腐食（全面腐食）〔原子炉冷却材再循環系，計装用圧縮空気系〕

サポート取付ボルト・ナットは炭素鋼であることから，腐食の発生が想定されるが，表面は防食塗装を施しているため，腐食が発生する可能性は小さい。

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

- h. 埋込金物の腐食（全面腐食）〔計装用圧縮空気系〕

埋込金物は炭素鋼であることから，腐食の発生が想定されるが，大気接触部は防食塗装を施しており，必要に応じて補修を行うこととしているため，腐食が発生する可能性は小さい。

また，コンクリート埋設部については，コンクリートが中性化した場合に腐食の発生が想定されるが，実機コンクリートにおけるサンプリング結果では中性化は殆ど見られておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- i. フランジボルト・ナットの腐食（全面腐食）〔ほう酸水注入系（五ほう酸ナトリウム水部），原子炉補機冷却水系〕

フランジボルト・ナットは炭素鋼または低合金鋼であることから，腐食の発生が想定されるが，これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- j. メカニカルスナッパ，ハンガ及びレストレイントの腐食（全面腐食）〔原子炉冷却材再循環系，計装用圧縮空気系，ほう酸水注入系（五ほう酸ナトリウム水部）〕

メカニカルスナッパ，ハンガ及びレストレイントは炭素鋼であることから，腐食の発生が想定されるが，表面は防食塗装を施しているため，腐食が発生する可能性は小さい。

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

- k. ラグ及びレストレイントの疲労割れ〔原子炉冷却材再循環系，計装用圧縮空気系，ほう酸水注入系（五ほう酸ナトリウム水部）〕

ラグ及びレストレイントは，設計段階において，配管の熱応力を考慮して拘束点を選定しており，熱応力が過大になる場合はスナッパを使用することとしている。

したがって，ラグ及びレストレイントが熱応力により，割れに至る疲労が蓄積される可能性は小さい。

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

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

a. 基礎ボルトの樹脂の劣化（後打ちケミカルアンカ）〔計装用圧縮空気系〕

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

b. サンプリングノズルの高サイクル疲労割れ〔原子炉冷却材再循環系〕

サンプリングノズルについては、内部流体の流体力、カルマン渦及び双子渦発生による励振力により、管台との取合い部に高サイクル疲労割れの発生が想定されるが、設計上流体との同期振動の回避及びランダム渦による強度が考慮されていれば損傷を回避できるものであり、これまで当該系統において高サイクル疲労割れが発生した事例はない。

しかし、他プラントにおいて、サンプリングノズルの折損事象が過去に発生しているため、日本機械学会の「配管内円柱状構造物の流力振動評価指針（JSME S012-1998）」に基づき評価を行い、問題がないことを確認している。

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

表 2.2-1 (1/4) 原子炉冷却材再循環系配管に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	配管		ステンレス鋼			○	△ <sup>*2*3</sup>			*1:高サイクル疲労割れ *2:粒界型応力腐食割れ *3:貫粒型応力腐食割れ *4:機能低下	
		サンプリングノズル		ステンレス鋼			▲ <sup>*1</sup>					
機器の支持	支持	メカニカルスナッパ		炭素鋼		△				△ <sup>*4</sup>		
		ハンガ		炭素鋼		△				△ <sup>*4</sup>		
		ラグ		ステンレス鋼			△					
		サポート取付ボルト・ナット		炭素鋼		△						

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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

表 2.2-1 (2/4) 計装用圧縮空気系配管に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	配管		ステンレス鋼			△*1	△*2				*1:高サイクル疲労割れ *2:貫粒型応力腐食割れ
機器の支持	支持	レストレイント		炭素鋼		△	△					*3:樹脂の劣化
		ハンガ		炭素鋼		△					△*4	*4:機能低下
		サポート取付ボルト・ナット		ステンレス鋼, 炭素鋼		△						
		埋込金物		炭素鋼		△						
		基礎ボルト		炭素鋼, 樹脂		△					▲*3	

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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

表 2.2-1 (3/4) ほう酸水注入系（五ほう酸ナトリウム水部）配管に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	配管		ステンレス鋼		△	△*1	△*2			*1:高サイクル疲労割れ *2:貫粒型応力腐食割れ	
		フランジボルト・ナット		炭素鋼, 低合金鋼		△						
		ガスケット	◎									
機器の支持	支持	レストレイント		炭素鋼		△	△					
		ラグ		ステンレス鋼			△					
		サポート取付ボルト・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）

表 2.2-1 (4/4) 原子炉補機冷却水系配管に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考
					減 肉		割 れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	配管		ステンレス鋼			△*1	△*2				*1:高サイクル疲労割れ *2:貫粒型応力腐食割れ
		フランジボルト・ナット		炭素鋼, 低合金鋼		△						
		ガスケット	◎									

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

## 2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

### (1) 配管の疲労割れ [原子炉冷却材再循環系]

#### a. 事象の説明

原子炉冷却材再循環系配管は、これまでの運転経験によるプラントの起動・停止時等に熱過渡を受けるため、繰り返しにより疲労が蓄積する可能性がある。

#### b. 技術評価

##### ① 健全性評価

原子炉冷却材再循環系配管について、応力算出ならびに評価を実施した。

評価方法は、図 2.3-1 に示す三次元梁モデルを作成し、運転実績に基づいた現時点（2022年8月11日時点）の過渡回数をを用いて、日本機械学会「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 2005年版（2007年追補版を含む）」（以下「設計・建設規格」という。）に基づき評価を実施した。

運転実績に基づく運転開始から現時点までの値を表 2.3-1 に示す。また、使用環境を考慮した疲労について日本機械学会「発電用原子力設備規格 環境疲労評価手法 JSME S NF1-2009」（以下「環境疲労評価手法」という。）に基づき評価を実施した。

この結果、表 2.3-2 に示すとおり、疲れ累積係数は現時点において許容値 1 以下であり、疲労割れ発生の可能性は小さいと判断する。

##### ② 現状保全

配管の疲労割れに対しては、原子力規制委員会指示文書「実用発電用原子炉及びその附属施設における破壊を引き起こす亀裂その他の欠陥の解釈の制定について（平成 26 年 8 月 6 日 原規技発第 1408063 号）」及び日本機械学会「発電用原子力設備規格 維持規格 JSME S NA1-2008」等に基づき定期的に超音波探傷検査を実施し、有意な欠陥のないことを確認している。また、定期検査時に漏えい検査を行い、耐圧部の健全性を確認している。

また、社団法人日本原子力学会標準「原子力発電所の高経年化対策実施基準：2021」（AESJ-SC-P005：2021）に基づき、次回高経年化技術評価時に、実過渡回数確認による疲労評価を行うこととしている。

③ 総合評価

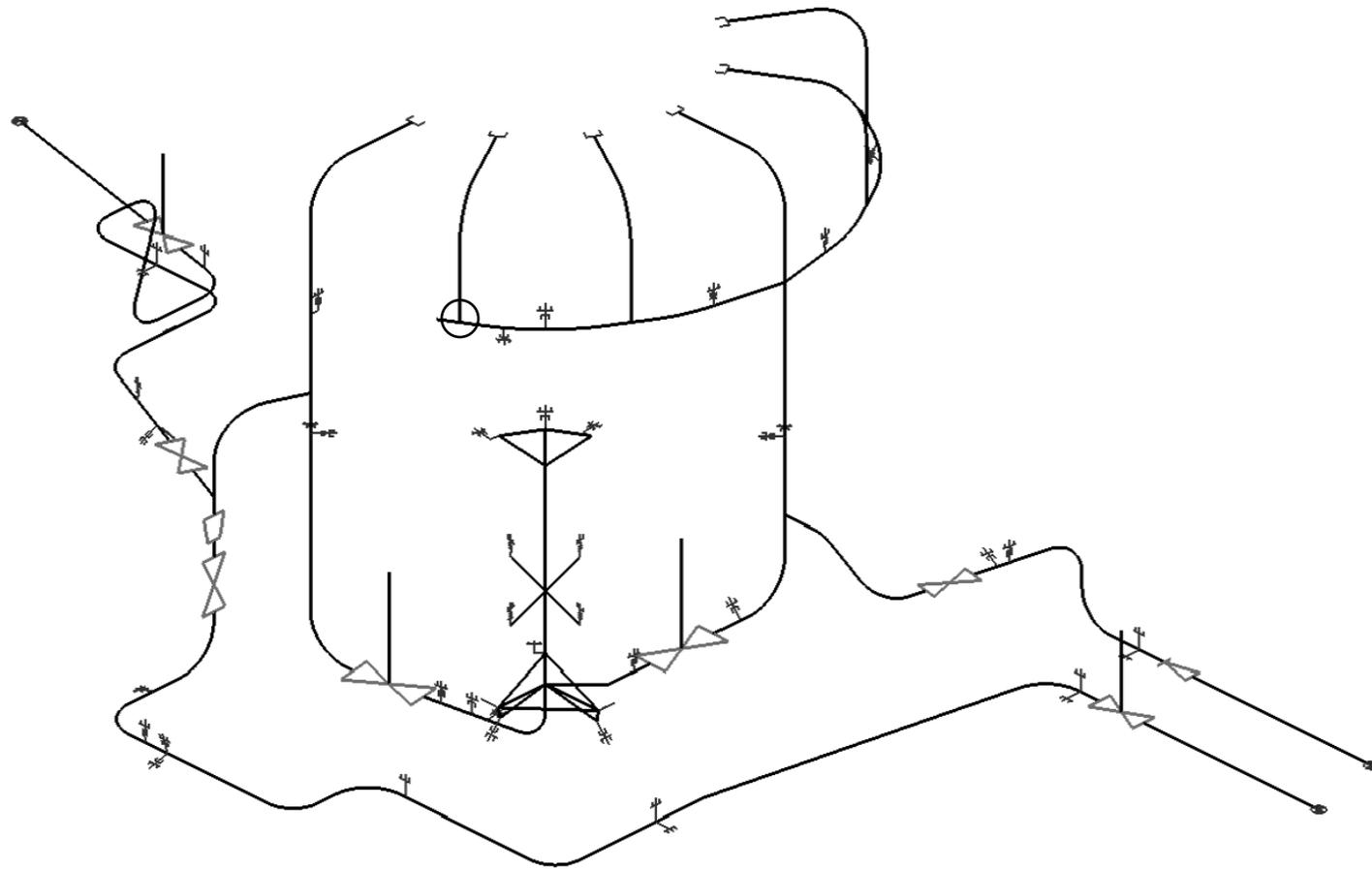
配管の疲労割れについては、現時点までの健全性は確認されており配管の疲労割れが発生する可能性は十分に小さく、次回高経年化技術評価時に、実過渡回数  
の確認による疲労評価を行うことが有効と判断する。

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

また、疲労によって発生する亀裂はこれまでの運転中に実施してきた超音波探  
傷検査及び漏えい検査によって検出可能であることから、現状の保全は点検手法  
として適切であると判断する。

c. 高経年化への対応

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



○ : 最大点を示す

図 2.3-1 原子炉冷却材再循環系配管三次元梁モデル

表 2.3-1 原子炉冷却材再循環系配管の評価用過渡条件

運転条件	運転実績に基づく過渡回数 (2022年8月11日時点)
耐圧試験	12
起動（昇温）	26
起動（タービン起動）	26
夜間低出力運転	1
週末低出力運転	5
制御棒パターン変更	36
スクラム（タービントリップ）	10
スクラム（その他）	3
停止	26

表 2.3-2 原子炉冷却材再循環系配管の評価結果

対象配管	運転実績回数に基づく疲れ累積係数 (許容値：1以下)	
	設計・建設規格の 疲労曲線による解析	環境疲労解析手法 による解析
	現時点 (2022年8月11日時点)	現時点 (2022年8月11日時点)
原子炉冷却材再循環系	0.002	0.032

### 3. 代表機器以外への展開

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

- ① 制御棒駆動系
- ② ほう酸水注入系（純水部）
- ③ 残留熱除去系
- ④ 低圧炉心スプレイ系
- ⑤ 高圧炉心スプレイ系
- ⑥ 漏えい検出系
- ⑦ 原子炉冷却材浄化系
- ⑧ 燃料プール冷却浄化系
- ⑨ 液体固体廃棄物処理系
- ⑩ 復水補給水系
- ⑪ 高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系
- ⑫ 試料採取系
- ⑬ 事故後サンプリング系

#### 3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

#### 3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

- a. 基礎ボルトの腐食（全面腐食）〔制御棒駆動系，ほう酸水注入系（純水部），残留熱除去系，低圧炉心スプレイ系，高圧炉心スプレイ系，漏えい検出系，原子炉冷却材浄化系，燃料プール冷却浄化系，液体固体廃棄物処理系，復水補給水系，事故後サンプリング系〕

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

- b. 配管の粒界型応力腐食割れ [制御棒駆動系, ほう酸水注入系 (純水部), 残留熱除去系, 低圧炉心スプレイ系, 高圧炉心スプレイ系, 漏えい検出系, 原子炉冷却材浄化系, 液体固体廃棄物処理系, 事故後サンプリング系]

内部流体が 100℃以上のステンレス鋼配管では, 粒界型応力腐食割れの発生が想定される。

制御棒駆動系は, 通常運転時流れがなく大気開放状態であり, 運転温度が 100℃未満であることから, 応力腐食割れが発生する可能性は小さい。

液体固体廃棄物処理系は, 運転温度が 100℃未満であり, 応力腐食割れが発生する可能性は小さい。

また, その他の系統については, 薄肉の小口径配管であり, 大口径配管の溶接部と比較して溶接入熱量が低いと考えられるほか, 溶接残留応力も大口径配管の溶接部ほど高くないと考えられることから, 応力腐食割れが発生する可能性は小さい。

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

- c. 配管の貫粒型応力腐食割れ [共通]

代表機器同様, ステンレス鋼配管は, 大気中の海塩粒子に含まれる塩化物イオンにより, 外面から貫粒型応力腐食割れの発生が想定されるが, 点検時に目視点検及び環境調査を行い, 必要に応じて清掃及び浸透探傷検査を実施しており, これまでに応力腐食割れは確認されていない。

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

- d. 配管の高サイクル疲労割れ [制御棒駆動系, ほう酸水注入系 (純水部), 残留熱除去系, 低圧炉心スプレイ系, 高圧炉心スプレイ系, 漏えい検出系, 原子炉冷却材浄化系, 液体固体廃棄物処理系, 復水補給水系, 高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系, 試料採取系, 事故後サンプリング系]

代表機器同様, 小口径配管のソケット溶接部は, ポンプの機械・流体振動による繰り返し応力により高サイクル疲労割れの発生が想定されるが, 突合せ溶接継手化する等の対策を図ってきている。

また, 振動の状態は経年的に変化するものではなく, これまでの点検結果からも, 突合せ溶接継手化する等の対策を行った配管には割れ等は確認されていない。

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

- e. ハンガ及びばね防振器の機能低下 [制御棒駆動系, 残留熱除去系, 高圧炉心スプレイ系, 原子炉冷却材浄化系, 液体固体廃棄物処理系, 復水補給水系]

代表機器同様, 長期にわたる摺動の繰り返しや荷重作用等により, ハンガ及びばね防振器の機能低下が想定されるが, ピン等の摺動部材については, 起動・停止時に想定される配管熱移動による摺動回数は少なく, 著しい摩耗が生じる可能性は小さい。

また, スプリング使用時のねじり応力は許容ねじり応力以下になるように設定されており, スプリングの材料に対する推奨最高使用温度よりも実際の使用温度は低いため, へたりが進行する可能性は小さい。

なお, 抜き取りで目視点検を行い, 必要に応じて補修を行うこととしている。

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

- f. サポート取付ボルト・ナットの腐食 (全面腐食) [制御棒駆動系, ほう酸水注入系 (純水部), 残留熱除去系, 低圧炉心スプレイ系, 高圧炉心スプレイ系, 漏えい検出系, 原子炉冷却材浄化系, 燃料プール冷却浄化系, 液体固体廃棄物処理系, 復水補給水系, 事故後サンプリング系]

代表機器同様, サポート取付ボルト・ナットは炭素鋼であることから, 腐食の発生が想定されるが, 表面は防食塗装を施しているため, 腐食が発生する可能性は小さい。

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

- g. 埋込金物の腐食 (全面腐食) [制御棒駆動系, ほう酸水注入系 (純水部), 残留熱除去系, 低圧炉心スプレイ系, 高圧炉心スプレイ系, 漏えい検出系, 原子炉冷却材浄化系, 燃料プール冷却浄化系, 液体固体廃棄物処理系, 復水補給水系, 事故後サンプリング系]

代表機器同様, 埋込金物は炭素鋼であることから, 腐食の発生が想定されるが, 大気接触部は防食塗装を施しており, 必要に応じて補修を行うこととしているため, 腐食が発生する可能性は小さい。

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

- h. フランジボルト・ナットの腐食（全面腐食）〔制御棒駆動系，残留熱除去系，低圧炉心スプレイ系，高圧炉心スプレイ系，原子炉冷却材浄化系，液体固体廃棄物処理系，高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系，事故後サンプリング系〕

代表機器同様，フランジボルト・ナットは炭素鋼または低合金鋼であることから，腐食の発生が想定されるが，これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- i. ハンガ，ばね防振器及びレストレイントの腐食（全面腐食）〔制御棒駆動系，ほう酸水注入系（純水部），残留熱除去系，低圧炉心スプレイ系，高圧炉心スプレイ系，漏えい検出系，原子炉冷却材浄化系，燃料プール冷却浄化系，液体固体廃棄物処理系，復水補給水系，事故後サンプリング系〕

代表機器同様，ハンガ，ばね防振器及びレストレイントは炭素鋼であることから，腐食の発生が想定されるが，表面は防食塗装を施しているため，腐食が発生する可能性は小さい。

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

- j. ラグ及びレストレイントの疲労割れ〔制御棒駆動系，ほう酸水注入系（純水部），残留熱除去系，低圧炉心スプレイ系，高圧炉心スプレイ系，漏えい検出系，原子炉冷却材浄化系，燃料プール冷却浄化系，液体固体廃棄物処理系，復水補給水系，事故後サンプリング系〕

代表機器同様，ラグ及びレストレイントは，設計段階において，配管の熱応力を考慮して拘束点を選定しており，熱応力が過大になる場合はスナッパを使用することとしている。

したがって，ラグ及びレストレイントが熱応力により，割れに至る疲労が蓄積される可能性は小さい。

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

- k. フローノズル及びオリフィスの腐食（流れ加速型腐食（FAC）、液滴衝撃エロージョン（LDI））及び異物付着〔制御棒駆動系、残留熱除去系、低圧炉心スプレイ系、高圧炉心スプレイ系、原子炉冷却材浄化系、液体固体廃棄物処理系、高圧炉心スプレイディーズル補機冷却水系、事故後サンプリング系〕

フローノズル及びオリフィス部下流等の偏流発生部位及びその下流部位は、腐食（FAC、LDI）の影響が顕著であるが、これらの範囲については、配管減肉管理において点検、評価、取替等を行うこととしている。

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

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

- a. 基礎ボルト樹脂の劣化（後打ちケミカルアンカ）〔制御棒駆動系、ほう酸水注入系（純水部）、残留熱除去系、低圧炉心スプレイ系、高圧炉心スプレイ系、漏えい検出系、原子炉冷却材浄化系、燃料プール冷却浄化系、液体固体廃棄物処理系、復水補給水系、事故後サンプリング系〕

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

- b. 温度計ウェル及びサンプリングノズルの高サイクル疲労割れ〔制御棒駆動系、残留熱除去系、液体固体廃棄物処理系、復水補給水系〕

代表機器同様、温度計ウェル及びサンプリングノズルについては、内部流体の流体力、カルマン渦及び双子渦発生による励振力により、管台との取合い部に高サイクル疲労割れの発生が想定されるが、設計上流体との同期振動の回避及びランダム渦による強度が考慮されていれば損傷を回避できるものであり、対象箇所の選定、評価を行い、問題がないことを確認している。

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

以上

## 2 炭素鋼配管

[対象系統]

- ① 制御棒駆動系
- ② 残留熱除去系
- ③ 低圧炉心スプレイ系
- ④ 高圧炉心スプレイ系
- ⑤ 原子炉冷却材浄化系
- ⑥ 燃料プール冷却浄化系
- ⑦ 給水系
- ⑧ 復水補給水系
- ⑨ 原子炉補機冷却水系
- ⑩ 換気空調補機常用冷却水系
- ⑪ 換気空調補機非常用冷却水系
- ⑫ 高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系
- ⑬ 原子炉補機冷却海水系
- ⑭ 高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却海水系
- ⑮ 非常用ガス処理系
- ⑯ 可燃性ガス濃度制御系

## 目 次

1. 対象機器及び代表機器の選定 .....	2-1
1.1 グループ化の考え方及び結果 .....	2-1
1.2 代表機器の選定 .....	2-1
2. 代表機器の技術評価 .....	2-4
2.1 構造, 材料及び使用条件 .....	2-4
2.1.1 給水系 .....	2-4
2.1.2 可燃性ガス濃度制御系 .....	2-7
2.1.3 原子炉補機冷却水系 .....	2-10
2.1.4 原子炉補機冷却海水系 .....	2-13
2.2 経年劣化事象の抽出 .....	2-16
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目 .....	2-16
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 .....	2-16
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 .....	2-17
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価 .....	2-27
3. 代表機器以外への展開 .....	2-31
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 .....	2-31
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 .....	2-31

## 1. 対象機器及び代表機器の選定

主要な炭素鋼配管の主な仕様を表 1-1 に示す。

これらの配管を内部流体毎にグループ化し、それぞれのグループより代表機器を選定した。

### 1.1 グループ化の考え方及び結果

内部流体を分類基準とし、炭素鋼配管を表 1-1 に示すとおりグループ化する。

### 1.2 代表機器の選定

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

#### (1) 内部流体：純水

このグループには制御棒駆動系、残留熱除去系、低圧炉心スプレイ系、高圧炉心スプレイ系、原子炉冷却材浄化系、燃料プール冷却浄化系、給水系、復水補給水系及び可燃性ガス濃度制御系が属するが、重要度、運転状態及び口径の観点から給水系を代表機器とする。

#### (2) 内部流体：その他ガス

このグループには非常用ガス処理系、可燃性ガス濃度制御系が属するが、最高使用温度の観点から可燃性ガス濃度制御系を代表機器とする。

#### (3) 内部流体：冷却水（防錆剤入り純水）

このグループには原子炉補機冷却水系、換気空調補機常用冷却水系、換気空調補機非常用冷却水系及び高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系が属するが、運転状態、口径の観点から原子炉補機冷却水系を代表機器とする。

#### (4) 内部流体：海水

このグループには原子炉補機冷却海水系及び高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却海水系が属するが、運転状態の観点から原子炉補機冷却海水系を代表機器とする。

表 1-1 (1/2) 炭素鋼配管のグループ化及び代表機器の選定

分類基準	配管系統	選定基準					代表選定	選定理由
		仕様 (口径×肉厚)	重要度*1	使用条件				
				運転状態*2	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (°C)		
純水	制御棒駆動系	200 A×S 120	MS-1	連続 (一時)	約 8.62	138		重要度, 運転状態, 口径
	残留熱除去系	350 A×S 100	PS-1	連続 (一時)	約 10.40	302		
	低圧炉心スプレイ系	300 A×S 120	PS-1	一時 (一時)	約 8.62	302		
	高圧炉心スプレイ系	300 A×S 120	PS-1	一時 (一時)	約 8.62	302		
	原子炉冷却材浄化系	150 A×S 80	PS-1	連続 (連続)	約 8.62	302		
	燃料プール冷却浄化系	200 A×S 40	MS-2	連続 (連続)	約 3.43	182		
	給水系	500 A×S 80	PS-1	連続 (連続)	約 8.62	302	◎	
	復水補給水系	80 A×S 40	MS-1	一時 (一時)	約 0.31	66		
可燃性ガス濃度制御系	50 A×S 80	MS-1	一時 (一時)	約 3.43	104			

\*1: 最上位の重要度を示す

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

表 1-1 (2/2) 炭素鋼配管のグループ化及び代表機器の選定

分類基準	配管系統	選定基準					代表選定	選定理由
		仕様 (口径×肉厚)	重要度*1	使用条件				
				運転状態*2	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (°C)		
その他ガス	非常用ガス処理系	300 A×S 40	MS-1	一時 (一時)	約 0.02	140		最高使用温度
	可燃性ガス濃度制御系	150 A×S 40	MS-1	一時 (一時)	約 0.31	171	◎	
冷却水*3	原子炉補機冷却水系	650 A×12.7 mm	MS-1	連続 (連続)	約 1.37	70	◎	運転状態, 口径
	換気空調補機常用冷却水系	200 A×S 40	MS-1	連続 (連続)	約 1.37	70		
	換気空調補機非常用冷却水系	200 A×S 40	MS-1	一時 (一時)	約 1.37	70		
	高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系	200 A×S 40	MS-1	一時 (一時)	約 1.27	70		
海水	原子炉補機冷却海水系	750 A×9.5 mm	MS-1	連続 (連続)	約 0.59	50	◎	運転状態
	高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却海水系	250 A×S 40	MS-1	一時 (一時)	約 0.69	50		

\*1：最上位の重要度を示す

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

\*3：冷却水（防錆剤入り純水）を示す

## 2. 代表機器の技術評価

本章では、1章で代表機器とした以下の配管について技術評価を実施する。

- ① 給水系
- ② 可燃性ガス濃度制御系
- ③ 原子炉補機冷却水系
- ④ 原子炉補機冷却海水系

### 2.1 構造、材料及び使用条件

#### 2.1.1 給水系

##### (1) 構造

給水系配管は、配管（直管、エルボ、T継手）等で構成されており、炭素鋼が使用されている。

また、各配管は溶接により他の配管及び機器に接続されている。

給水系配管の系統図を図 2.1-1 に示す。

##### (2) 材料及び使用条件

給水系配管主要部位の使用材料を表 2.1-1 に、使用条件を表 2.1-2 に示す。

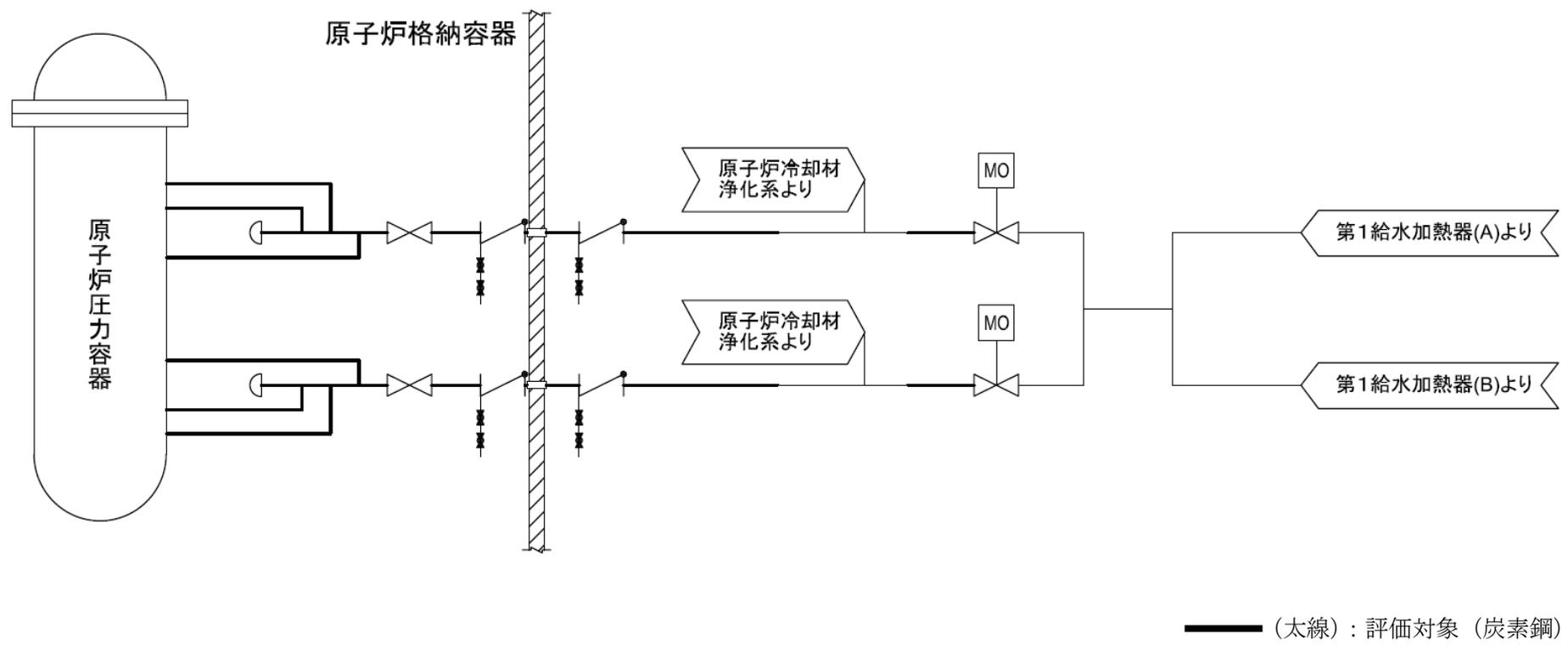


図 2.1-1 給水系系統図

表 2.1-1 給水系配管主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
バウンダリの維持	耐圧	配管	炭素鋼
機器の支持	支持	メカニカルスナップ	炭素鋼
		ハンガ	炭素鋼
		レストレイント	炭素鋼
		ラグ	炭素鋼
		埋込金物	炭素鋼

表 2.1-2 給水系配管の使用条件

最高使用圧力	約 8.62 MPa
最高使用温度	302 °C
内部流体	純水

## 2.1.2 可燃性ガス濃度制御系

### (1) 構造

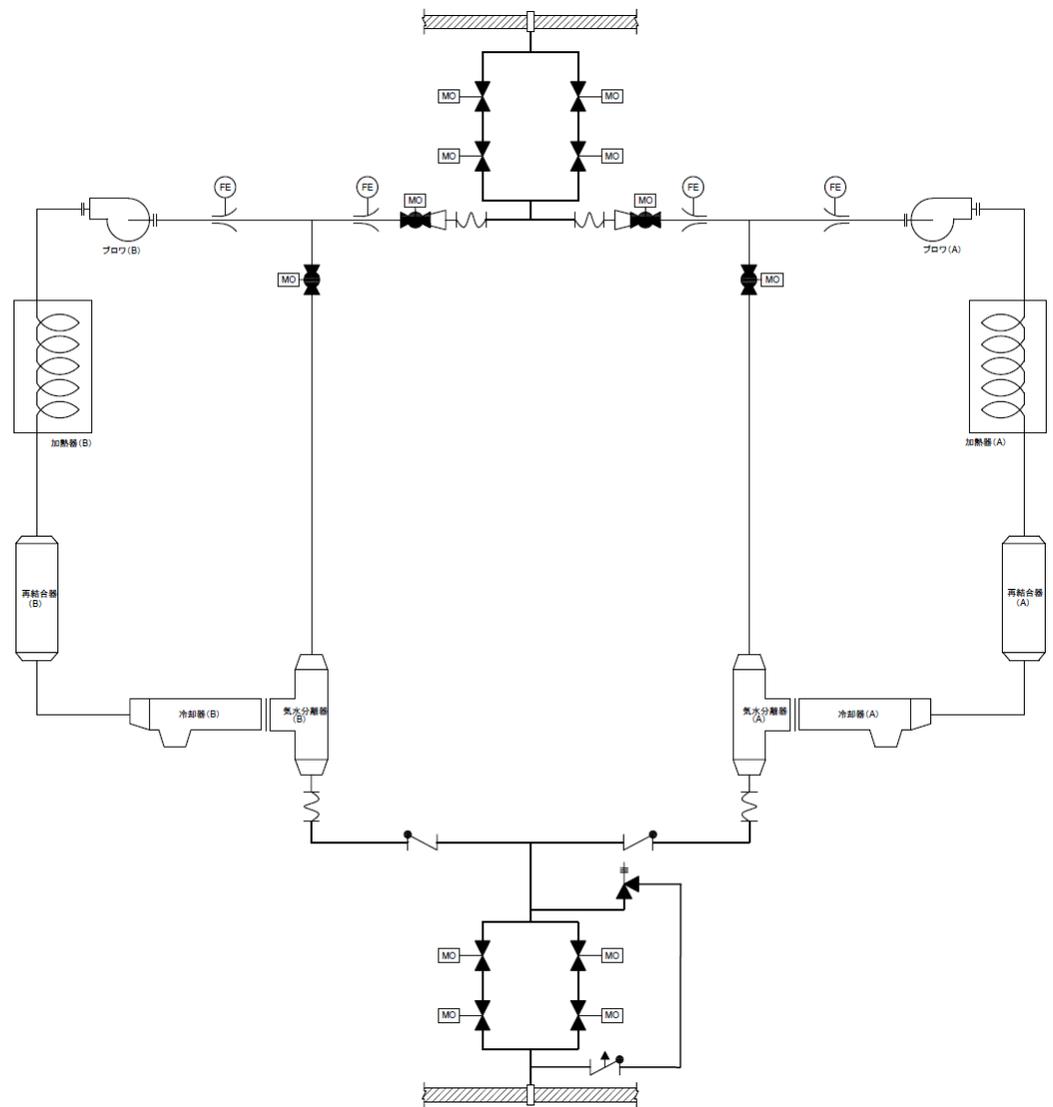
可燃性ガス濃度制御系配管は、配管（直管、エルボ、T 継手）等で構成されており、炭素鋼が使用されている。

また、各配管はフランジまたは溶接により他の配管及び機器に接続されている。

可燃性ガス濃度制御系配管の系統図を図 2.1-2 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

可燃性ガス濃度制御系配管主要部位の使用材料を表 2.1-3 に、使用条件を表 2.1-4 に示す。



—— (太線) : 評価対象 (炭素鋼)

図 2.1-2 可燃性ガス濃度制御系系統図

表 2.1-3 可燃性ガス濃度制御系配管主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
バウンダリの維持	耐圧	配管	炭素鋼
		フランジボルト・ナット	炭素鋼
		ガスケット	(消耗品)
機器の支持	支持	レストレイント	炭素鋼
		ラグ	炭素鋼
		サポート取付ボルト・ナット	炭素鋼
		埋込金物	炭素鋼
		基礎ボルト	炭素鋼, 樹脂

表 2.1-4 可燃性ガス濃度制御系配管の使用条件

最高使用圧力	約 0.31 MPa
最高使用温度	171 °C
内部流体	その他ガス

### 2.1.3 原子炉補機冷却水系

#### (1) 構造

原子炉補機冷却水系配管は、配管（直管、エルボ、T 継手）、サンプリングノズル及び温度計ウェル等で構成されており、炭素鋼が使用されている。

また、各配管はフランジまたは溶接により他の配管及び機器に接続されている。

原子炉補機冷却水系配管の系統図を図 2.1-3 に示す。

#### (2) 材料及び使用条件

原子炉補機冷却水系配管主要部位の使用材料を表 2.1-5 に、使用条件を表 2.1-6 に示す。

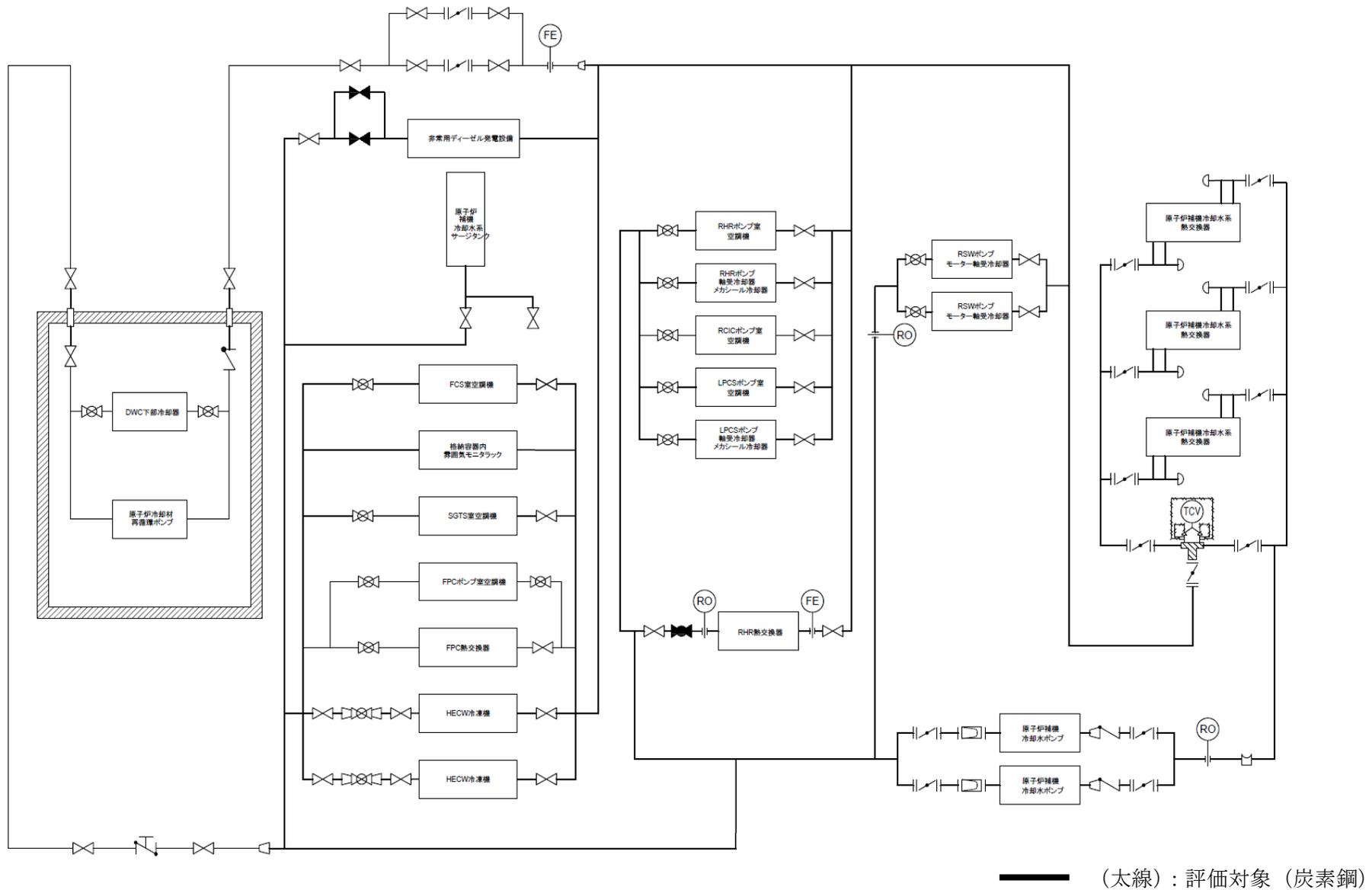


図 2.1-3 原子炉補機冷却水系系統図

表 2.1-5 原子炉補機冷却水系配管主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
バウンダリの維持	耐圧	配管	炭素鋼
		温度計ウェル	ステンレス鋼
		サンプリングノズル	ステンレス鋼
		フローノズル	ステンレス鋼
		オリフィス	ステンレス鋼
		フランジボルト・ナット	炭素鋼, 低合金鋼
		ガスケット	(消耗品)
機器の支持	支持	メカニカルスナッパ	炭素鋼
		オイルスナッパ	炭素鋼
		ハンガ	炭素鋼
		レストレイント	炭素鋼
		ラグ	炭素鋼
		サポート取付ボルト・ナット	炭素鋼
		埋込金物	炭素鋼
		基礎ボルト	炭素鋼, 樹脂

表 2.1-6 原子炉補機冷却水系配管の使用条件

最高使用圧力	約 1.37 MPa
最高使用温度	70 °C
内部流体	冷却水 (防錆剤入り純水)

#### 2.1.4 原子炉補機冷却海水系

##### (1) 構造

原子炉補機冷却海水系配管は、配管（直管，エルボ，T 継手）及び温度計ウエル等で構成されており，炭素鋼が使用されている。

また，各配管はフランジまたは溶接により他の配管及び機器に接続されている。

原子炉補機冷却海水系配管の系統図を図 2.1-4 に示す。

##### (2) 材料及び使用条件

原子炉補機冷却海水系配管主要部位の使用材料を表 2.1-7 に，使用条件を表 2.1-8 に示す。

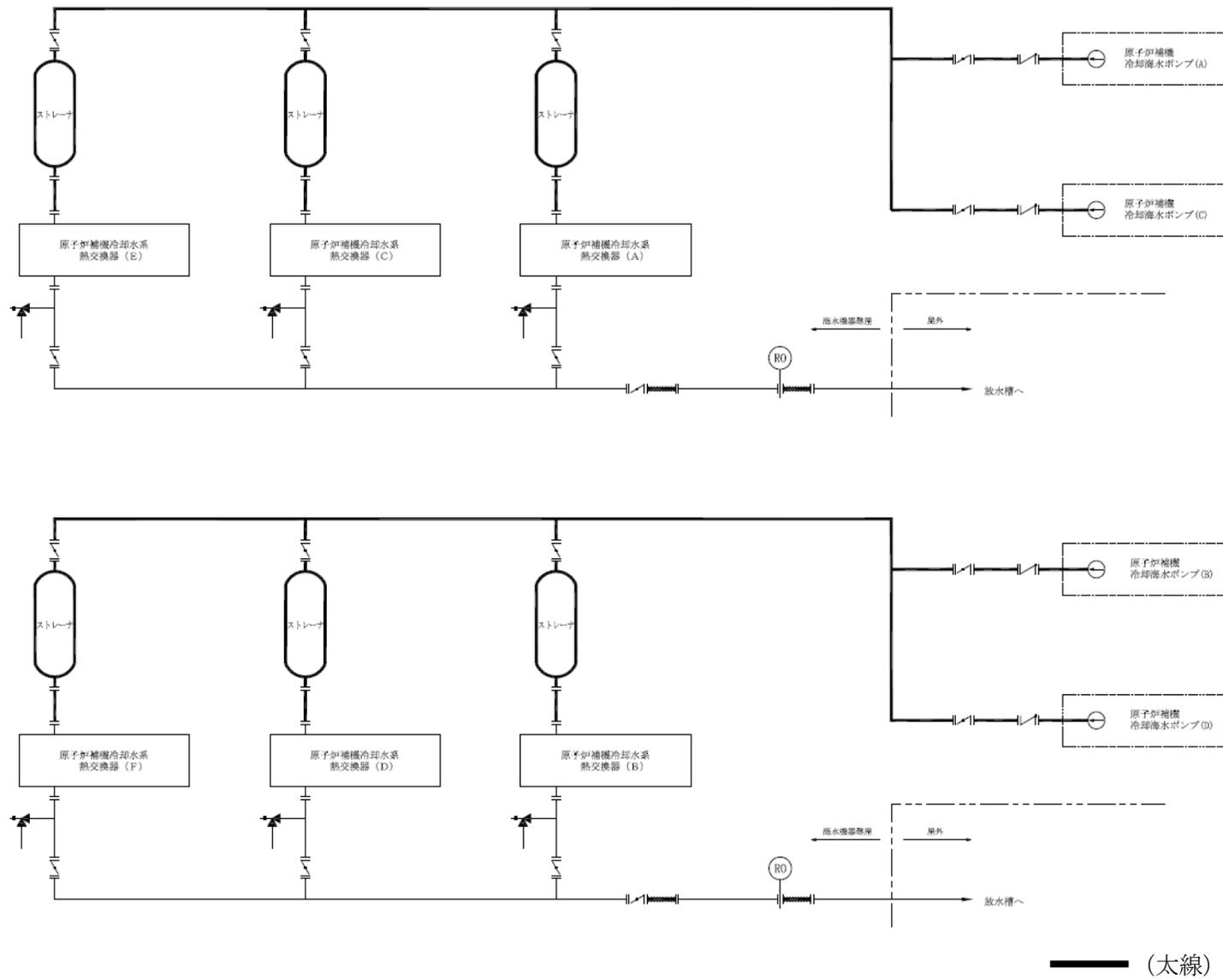


図 2.1-4 原子炉補機冷却海水系系統図

表 2.1-7 原子炉補機冷却海水系配管主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
バウンダリの維持	耐圧	配管	炭素鋼 (ポリエチレンライニング)
		ストレーナ	炭素鋼 (ゴムライニング)
		温度計ウェル	ステンレス鋼
		フランジボルト・ナット	炭素鋼, 低合金鋼
		ガスケット	(消耗品)
機器の支持	支持	メカニカルスナッパ	炭素鋼
		ハンガ	炭素鋼
		レストレイント	炭素鋼
		ラグ	炭素鋼
		サポート取付ボルト・ナット	炭素鋼
		埋込金物	炭素鋼
		基礎ボルト	炭素鋼, 樹脂

表 2.1-8 原子炉補機冷却海水系配管の使用条件

最高使用圧力	約 0.59 MPa
最高使用温度	50 °C
内部流体	海水

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

炭素鋼配管の機能（流体の流路確保）の達成に必要な項目は以下のとおり。

- ① バウンダリの維持
- ② 機器の支持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

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

なお、消耗品及び定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

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

#### (3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

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

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

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

#### a. 配管の疲労割れ [給水系]

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

#### a. 配管の腐食（流れ加速型腐食（FAC））〔給水系〕

常時流れがある高温の純水環境のエルボ部、分岐部、レジューサ部等及び流れの乱れが起きる箇所は、腐食（FAC）の発生が想定される。

炭素鋼配管に対しては、配管材質条件及び内部流体の環境条件を考慮して点検箇所を選定し、肉厚測定を行って減肉傾向を把握しており、さらに必要最小肉厚に達するまでの余寿命を算出し、その結果に応じて次回測定または取替を行うこととしている。

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

#### b. 基礎ボルトの腐食（全面腐食）〔可燃性ガス濃度制御系、原子炉補機冷却水系、原子炉補機冷却海水系〕

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

c. 配管の腐食（全面腐食）〔可燃性ガス濃度制御系，原子炉補機冷却水系〕

炭素鋼配管は腐食の発生が想定されるが，原子炉補機冷却水系の内部流体は防錆剤入り冷却水であり，材料表面が不働態状態に保たれていることから，腐食が発生する可能性は小さい。

また，弁等の機器の点検に際し配管の取合い部近傍の確認を行っており，これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されていない。

可燃性ガス濃度制御系については，腐食量の推定を，図 2.2.3-1 に示す酸素含有水中（酸素濃度 8 mgO/l）における炭素鋼の腐食に及ぼす影響（防食技術便覧：腐食防食協会編）より評価した結果，運転開始後 40 年後の推定腐食量は設計上の腐食代を下回ることを確認した。

また，弁等の機器点検時に配管内面の確認を行っており，これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されていない。

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

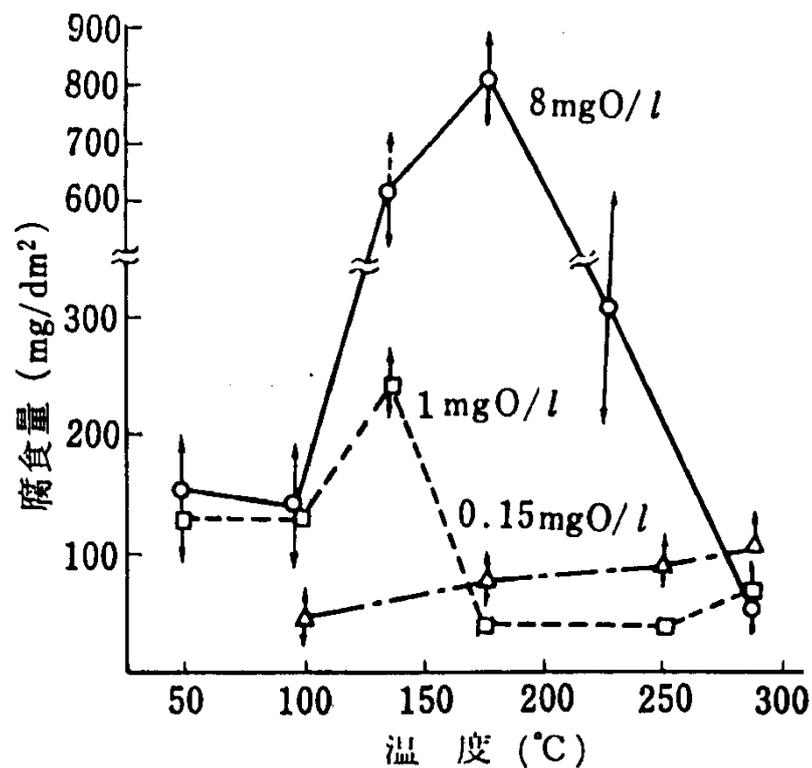


図 2.2.3-1 酸素含有水中における炭素鋼の腐食に及ぼす影響，200 hr  
〔出典：「防食技術便覧」腐食防食協会編〕

d. 配管の高サイクル疲労割れ〔可燃性ガス濃度制御系，原子炉補機冷却水系〕

小口径配管のソケット溶接部は，ポンプの機械・流体振動による繰り返し応力により高サイクル疲労割れの発生が想定されるが，突合せ溶接継手化する等の対策を図ってきている。

また，振動の状態は経年的に変化するものではなく，これまでの点検結果からも突合せ溶接継手化する等の対策を行った配管には割れ等は確認されていない。

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

e. 配管外面の腐食（全面腐食）〔原子炉補機冷却水系〕

建屋外に設置されている配管は，長期間外気にさらされていると外面の塗装がはく離し，腐食の発生が想定されるが，原子力規制委員会指示文書（平成 21・12・01 原院第 1 号 平成 21 年 12 月 25 日「原子力発電工作物の保安のための点検，検査等に関する電気事業法施行規則の規定の解釈（内規）の一部改正について」NISA-163c-09-5）に基づき，点検時に目視点検を行い，必要に応じて補修を行うこととしている。

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

f. 配管内面の腐食（全面腐食）〔原子炉補機冷却海水系〕

海水系の配管は，劣化や異物の衝突等により，防食を目的としたライニングがはく離，損傷した場合，配管内面に腐食の発生が想定されるが，配管内面はフランジ部点検に合わせてライニングの目視点検を行い，必要に応じて補修を行うこととしている。

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

g. ストレーナの腐食（全面腐食）〔原子炉補機冷却海水系〕

海水系のストレーナは，劣化や異物の衝突等により，防食を目的としたゴムライニングがはく離，損傷した場合，ストレーナ内面に腐食の発生が想定されるが，ストレーナ内面は点検時に劣化状況を確認し，必要に応じて補修を行うこととしている。

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

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

メカニカルスナップ、オイルスナップ及びハンガは、長期にわたる摺動の繰り返しによるピン等摺動部材の摩耗及び長期にわたる荷重作用によるスプリング（ばね）のへたりにより、機能低下が想定される。

ピン等の摺動部材については、起動・停止時に想定される配管熱移動による摺動回数は少なく、著しい摩耗が生じる可能性は小さい。

また、スプリング使用時のねじり応力は許容ねじり応力以下になるように設定されており、スプリングの材料に対する推奨最高使用温度よりも実際の使用温度は低いいため、へたりが進行する可能性は小さい。

なお、抜き取りで目視点検及び低速走行試験を行い、必要に応じて補修を行うこととしている。

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

- i. サポート取付ボルト・ナットの腐食（全面腐食） [可燃性ガス濃度制御系，原子炉補機冷却水系，原子炉補機冷却海水系]

サポート取付ボルト・ナットは炭素鋼であることから、腐食の発生が想定されるが、表面は防食塗装を施しているため、腐食が発生する可能性は小さい。

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

- j. 埋込金物の腐食（全面腐食） [共通]

埋込金物は炭素鋼であることから、腐食の発生が想定されるが、大気接触部は防食塗装を施しており、必要に応じて補修を行うこととしているため、腐食が発生する可能性は小さい。

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

- k. フランジボルト・ナットの腐食（全面腐食） [可燃性ガス濃度制御系，原子炉補機冷却水系，原子炉補機冷却海水系]

フランジボルト・ナットは炭素鋼または低合金鋼であることから、腐食の発生が想定されるが、これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

1. メカニカルスナッパ、オイルスナッパ、ハンガ、ラグ及びレストレイントの腐食（全面腐食） [共通]

メカニカルスナッパ、オイルスナッパ、ハンガ、ラグ及びレストレイントは炭素鋼であることから、腐食の発生が想定されるが、表面は防食塗装を施しているため、腐食が発生する可能性は小さい。

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

m. ラグ及びレストレイントの疲労割れ [共通]

ラグ及びレストレイントは、設計段階において、配管の熱応力を考慮して拘束点を選定しており、熱応力が過大になる場合はスナッパを使用することとしている。

したがって、ラグ及びレストレイントが熱応力により、割れに至る疲労が蓄積される可能性は小さい。

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

n. フローノズル及びオリフィスの腐食（流れ加速型腐食（FAC））及び異物付着 [原子炉補機冷却水系]

フローノズル及びオリフィス部下流等の偏流発生部位及びその下流部位は、腐食（FAC）の影響が顕著であるが、これらの範囲については、配管減肉管理において点検、評価、取替等を行うこととしている。

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

- (2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）
- a. 基礎ボルトの樹脂の劣化（後打ちケミカルアンカ）〔可燃性ガス濃度制御系，原子炉補機冷却水系，原子炉補機冷却海水系〕
- 基礎ボルトの樹脂の劣化については、「機械設備の技術評価書」にて評価を実施するものとし、本評価書には含めていない。
- b. 温度計ウェル及びサンプリングノズルの高サイクル疲労割れ〔原子炉補機冷却水系，原子炉補機冷却海水系〕
- 温度計ウェル及びサンプリングノズルについては，内部流体の流体力，カルマン渦及び双子渦発生による励振力により，管台との取合い部に高サイクル疲労割れの発生が想定されるが，設計上流体との同期振動の回避及びランダム渦による強度が考慮されていれば損傷を回避できるものであり，これまで当該系統において高サイクル疲労割れが発生した事例はない。
- しかし，他プラントにおいて，サンプリングノズルの折損事象が過去に発生しているため，日本機械学会の「配管内円柱状構造物の流力振動評価指針（JSME S012-1998）」に基づき評価を行い，問題がないことを確認している。
- 今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

表 2.2-1 (1/4) 給水系配管に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考
					減 肉		割 れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	配管		炭素鋼		△*1	○					*1:FAC *2:機能低下
機器の支持	支持	メカニカルスナップ		炭素鋼		△					△*2	
		ハンガ		炭素鋼		△					△*2	
		レストレイント		炭素鋼		△	△					
		ラグ		炭素鋼		△	△					
		埋込金物		炭素鋼		△						

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (2/4) 可燃性ガス濃度制御系配管に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考
					減 肉		割 れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	配管		炭素鋼		△	△*1					*1:高サイクル疲労割れ *2:樹脂の劣化
		フランジボルト・ナット		炭素鋼		△						
		ガスケット	◎									
機器の支持	支持	レストレイント		炭素鋼		△	△					
		ラグ		炭素鋼		△	△					
		サポート取付ボルト・ナット		炭素鋼		△						
		埋込金物		炭素鋼		△						
		基礎ボルト		炭素鋼, 樹脂		△					▲*2	

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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

表 2.2-1 (3/4) 原子炉補機冷却水系配管に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考
					減 肉		割 れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	配管		炭素鋼		△△*1	△*3					*1:外面 *2:FAC *3:高サイクル疲労割れ *4:樹脂の劣化 *5:異物付着 *6:機能低下
		温度計ウェル		ステンレス鋼			▲*3					
		サンプリングノズル		ステンレス鋼			▲*3					
		フローノズル		ステンレス鋼		△*2					△*5	
		オリフィス		ステンレス鋼		△*2					△*5	
		フランジボルト・ナット		炭素鋼, 低合金鋼		△						
		ガスケット	◎									
機器の支持	支持	メカニカルスナッパ		炭素鋼		△					△*6	
		オイルスナッパ		炭素鋼		△					△*6	
		ハンガ		炭素鋼		△					△*6	
		レストレイント		炭素鋼		△	△					
		ラグ		炭素鋼		△	△					
		サポート取付ボルト・ナット		炭素鋼		△						
		埋込金物		炭素鋼		△						
		基礎ボルト		炭素鋼, 樹脂		△					▲*4	

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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

表 2.2-1 (4/4) 原子炉補機冷却海水系配管に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考
					減 肉		割 れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	配管		炭素鋼		△						*1:高サイクル疲労割れ *2:樹脂の劣化 *3:機能低下
		ストレーナ		炭素鋼		△						
		温度計ウェル		ステンレス鋼				▲*1				
		フランジボルト・ナット		炭素鋼, 低合金鋼		△						
		ガスケット	◎									
機器の支持	支持	メカニカルスナッパ		炭素鋼		△					△*3	
		ハンガ		炭素鋼		△					△*3	
		レストレイント		炭素鋼		△	△					
		ラグ		炭素鋼		△	△					
		サポート取付ボルト・ナット		炭素鋼		△						
		埋込金物		炭素鋼		△						
		基礎ボルト		炭素鋼, 樹脂		△					▲*2	

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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

## 2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

### (1) 配管の疲労割れ〔給水系〕

#### a. 事象の説明

給水系配管は、プラントの起動・停止時等に熱過渡を受けるため、繰り返しにより疲労が蓄積する可能性がある。

#### b. 技術評価

##### ① 健全性評価

給水系配管について、応力算出ならびに評価を実施した。

##### (i) 給水系配管：原子炉格納容器外側隔離弁から原子炉圧力容器まで

評価方法は、図 2.3-1 に示す三次元梁モデルを作成し、運転実績に基づいた現時点（2022年8月11日時点）の過渡回数を用いて、日本機械学会「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 2005年版（2007年追補版を含む）」（以下「設計・建設規格」という。）に基づき評価を実施した。

運転実績に基づく運転開始から現時点までの値を表 2.3-1 に示す。また、使用環境を考慮した疲労について日本機械学会「発電用原子力設備規格 環境疲労評価手法 JSME S NF1-2009」（以下「環境疲労評価手法」という。）に基づき評価を実施した。

この結果、表 2.3-2 に示すとおり、疲れ累積係数は現時点において許容値 1 以下であり、疲労割れが発生する可能性は小さい。

##### ② 現状保全

配管の疲労割れに対しては、原子力規制委員会指示文書「実用発電用原子炉及びその附属施設における破壊を引き起こす亀裂その他の欠陥の解釈の制定について（平成 26 年 8 月 6 日 原規技発第 1408063 号）」及び日本機械学会「発電用原子力設備規格 維持規格 JSME S NA1-2008」等に基づき定期的に溶接部の超音波探傷検査を実施し、有意な欠陥のないことを確認している。さらに、定期検査時に漏えい検査を行い、耐圧部の健全性を確認している。

また、社団法人日本原子力学会標準「原子力発電所の高経年化対策実施基準：2021」（AESJ-SC-P005：2021）に基づき、次回高経年化技術評価時に、実過渡回数確認による疲労評価を行うこととしている。

③ 総合評価

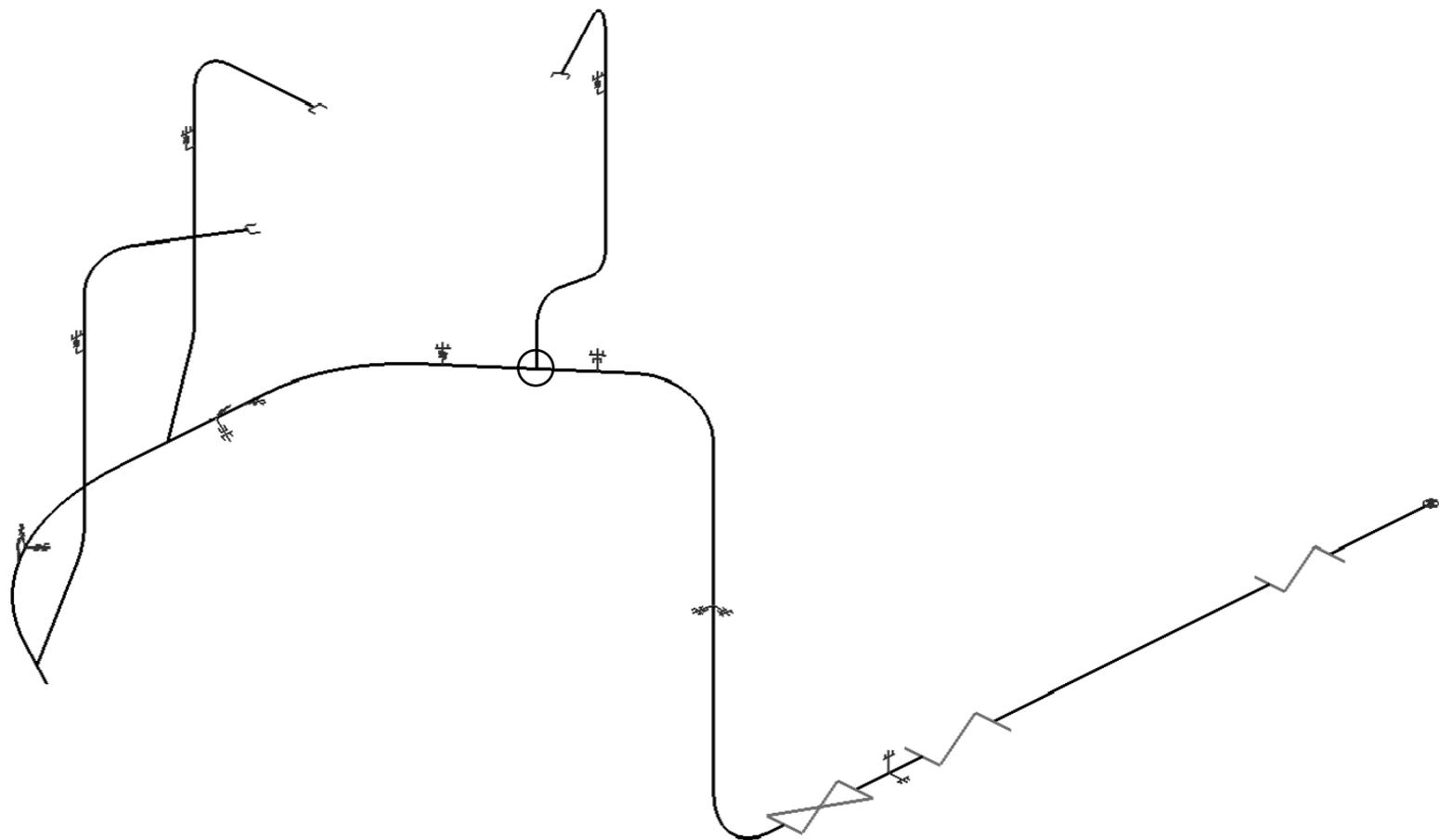
配管の疲労割れについては、現時点までの健全性は確認されており配管の疲労割れが発生する可能性は十分に小さく、次回高経年化技術評価時に、実過渡回数  
の確認による疲労評価を行うことが有効と判断する。

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

また、疲労によって発生する亀裂はこれまでの運転中に実施してきた超音波探  
傷検査及び漏えい検査によって検出可能であることから、現状の保全は点検手法  
として適切であると判断する。

c. 高経年化への対応

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



○：最大点を示す

図 2.3-1 給水系配管三次元梁モデル

表 2.3-1 給水系配管の評価用過渡条件

運転条件	運転実績に基づく過渡回数 (2022年8月11日時点)
耐圧試験	12
起動(昇温)	26
起動(タービン起動)	26
夜間低出力運転	1
週末低出力運転	5
制御棒パターン変更	36
スクラム(タービントリップ)	10
スクラム(その他)	3
停止	26

表 2.3-2 給水系配管の評価結果

対象配管	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	環境疲労解析手法 による解析
	現時点 (2022年8月11日時点)	現時点 (2022年8月11日時点)
給水系	0.040	0.099

### 3. 代表機器以外への展開

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

- ① 制御棒駆動系
- ② 残留熱除去系
- ③ 低圧炉心スプレイ系
- ④ 高圧炉心スプレイ系
- ⑤ 原子炉冷却材浄化系
- ⑥ 燃料プール冷却浄化系
- ⑦ 復水補給水系
- ⑧ 換気空調補機常用冷却水系
- ⑨ 換気空調補機非常用冷却水系
- ⑩ 高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系
- ⑪ 高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却海水系
- ⑫ 非常用ガス処理系
- ⑬ 可燃性ガス濃度制御系（純水部）

#### 3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

- a. 配管の疲労割れ [残留熱除去系, 低圧炉心スプレイ系, 高圧炉心スプレイ系, 原子炉冷却材浄化系]

プラントの起動・停止時等に熱過渡を受けるため、繰返しによる熱疲労が蓄積される可能性がある。疲労によって発生する亀裂は、点検時に超音波探傷検査及び漏えい検査等によって検出可能であり、健全性は維持できると判断する。

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

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

#### 3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

- a. 基礎ボルトの腐食（全面腐食） [共通]

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

- b. 配管の腐食（全面腐食）〔制御棒駆動系，残留熱除去系，低圧炉心スプレイ系，高圧炉心スプレイ系，原子炉冷却材浄化系，燃料プール冷却浄化系，復水補給水系，換気空調補機常用冷却水系，換気空調補機非常用冷却水系，高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系，非常用ガス処理系，可燃性ガス濃度制御系（純水部）〕

代表機器同様，炭素鋼配管は長期の使用に伴う配管内面の腐食の発生が想定される。

高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系，換気空調補機常用冷却水系及び換気空調補機非常用冷却水系の配管は，内部流体が防錆剤入り冷却水であるため，腐食が発生する可能性は小さい。

その他の系統については，腐食量の推定を，図 3.2-1 に示す酸素含有水中（酸素濃度 8 mgO/l）における炭素鋼の腐食に及ぼす影響（防食技術便覧：腐食防食協会編）より評価した結果，運転開始後 40 年後の推定腐食量は設計上の腐食代を下回ることを確認した。

また，弁等の機器点検時に配管内面を確認しているが，これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

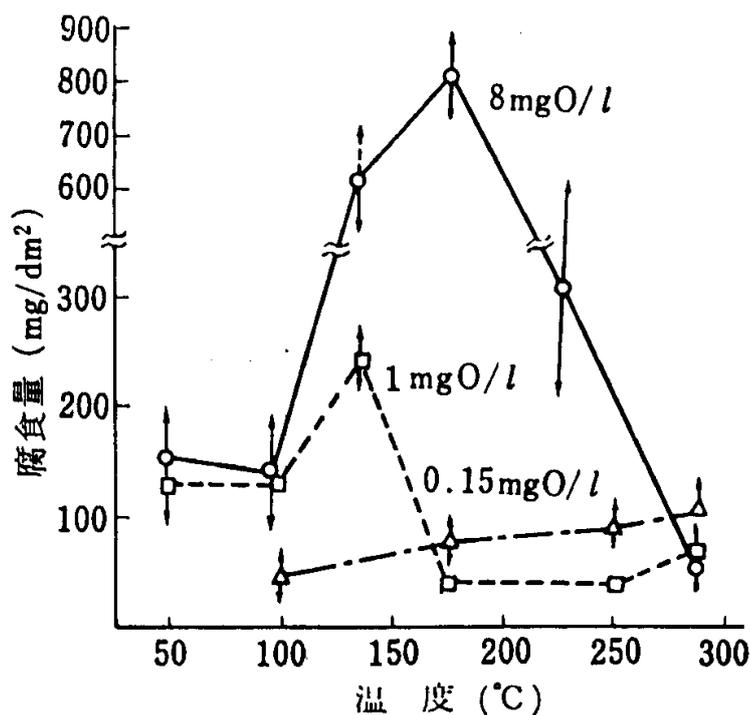


図 3.2-1 酸素含有水中における炭素鋼の腐食に及ぼす影響，200 hr  
〔出典：「防食技術便覧」腐食防食協会編〕

- c. 配管の高サイクル疲労割れ [残留熱除去系, 低圧炉心スプレイ系, 高圧炉心スプレイ系, 原子炉冷却材浄化系, 復水補給水系, 換気空調補機非常用冷却水系, 高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系, 可燃性ガス濃度制御系 (純水部) ]
- 代表機器同様, 小口径配管のソケット溶接部は, ポンプの機械・流体振動による繰り返し応力により高サイクル疲労割れの発生が想定されるが, 突合せ溶接継手化する等の対策を図ってきている。
- また, 振動の状態は経年的に変化するものではなく, これまでの点検結果からも突合せ溶接継手化する等の対策を行った配管には割れ等は確認されていない。
- 今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから, 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。
- d. 配管外面の腐食 (全面腐食) [高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系, 非常用ガス処理系]
- 代表機器同様, 建屋外に設置されている配管は, 長期間外気にさらされていると外面の塗装がはく離し, 腐食の発生が想定されるが, 原子力規制委員会指示文書 (平成21・12・01原院第1号 平成21年12月25日「原子力発電工作物の保安のための点検, 検査等に関する電気事業法施行規則の規定の解釈 (内規) の一部改正について」NISA-163c-09-5) に基づき, 点検時に目視点検を行い, 必要に応じて補修を行うこととしている。
- 今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから, 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。
- e. 配管内面の腐食 (全面腐食) [高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却海水系]
- 代表機器同様, 海水系の配管は, 劣化や異物の衝突等によりライニングがはく離, 損傷した場合, 配管内面に腐食の発生が想定されるが, 配管内面はフランジ部点検に合わせてライニングの目視点検を行い, 必要に応じて補修を行うこととしている。
- 今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから, 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。
- f. ストレーナの腐食 (全面腐食) [高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却海水系]
- 代表機器同様, 海水系のストレーナは, 劣化や異物の衝突等により防食を目的とした塗装がはく離, 損傷した場合, ストレーナ内面に腐食の発生が想定されるが, ストレーナ内面は点検時に劣化状況を確認し, 必要に応じて補修を行うこととしている。
- 今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから, 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- g. メカニカルスナッパ、オイルスナッパ、ハンガ及びばね防振器の機能低下 [残留熱除去系、低圧炉心スプレイ系、高圧炉心スプレイ系、原子炉冷却材浄化系、復水補給水系、高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系、可燃性ガス濃度制御系（純水部）]  
代表機器同様、長期にわたる摺動の繰り返しや荷重作用等により、メカニカルスナッパ、オイルスナッパ、ハンガ及びばね防振器の機能低下が想定されるが、ピン等の摺動部材については、起動・停止時に想定される配管熱移動による摺動回数は少なく、著しい摩耗が生じる可能性は小さい。  
また、スプリング使用時のねじり応力は許容ねじり応力以下になるように設定されており、スプリングの材料に対する推奨最高使用温度よりも実際の使用温度は低いため、へたりが進行する可能性は小さい。  
なお、抜き取りで目視点検及び低速走行試験を行い、必要に応じて補修を行うこととしている。  
今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。
- h. サポート取付ボルト・ナットの腐食 [共通]  
代表機器同様、サポート取付ボルト・ナットは炭素鋼であることから、腐食の発生が想定されるが、表面は防食塗装を施しているため、腐食が発生する可能性は小さい。  
また、これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。
- i. 埋込金物の腐食（全面腐食） [共通]  
代表機器同様、埋込金物は炭素鋼であることから、腐食の発生が想定されるが、大気接触部は防食塗装を施しており、必要に応じて補修を行うこととしているため、腐食が発生する可能性は小さい。  
また、コンクリート埋設部については、コンクリートが中性化した場合に腐食の発生が想定されるが、実機コンクリートにおけるサンプリング結果では中性化は殆ど確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- j. フランジボルト・ナットの腐食（全面腐食）〔残留熱除去系，低圧炉心スプレイ系，高圧炉心スプレイ系，原子炉冷却材浄化系，換気空調補機非常用冷却水系，高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系，高圧炉心スプレイ補機冷却海水系，非常用ガス処理系，可燃性ガス濃度制御系（純水部）〕
- 代表機器同様，フランジボルト・ナットは炭素鋼または低合金鋼であることから，腐食の発生が想定されるが，これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。
- k. メカニカルスナッパ，オイルスナッパ，ハンガ，ばね防振器，ラグ及びレストレイントの腐食（全面腐食）〔共通〕
- 代表機器同様，メカニカルスナッパ，オイルスナッパ，ハンガ，ばね防振器，ラグ及びレストレイントは炭素鋼であることから，腐食の発生が想定されるが，表面は防食塗装を施しているため，腐食が発生する可能性は小さい。
- また，これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。
- l. ラグ及びレストレイントの疲労割れ〔共通〕
- 代表機器同様，ラグ及びレストレイントは，設計段階において，配管の熱応力を考慮して拘束点を選定しており，熱応力が過大になる場合はスナッパを使用することとしている。
- したがって，ラグ及びレストレイントが熱応力により，割れに至る疲労が蓄積される可能性は小さい。
- また，これまでの点検結果からも有意な疲労割れは確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。
- m. フローノズル及びオリフィスの腐食（流れ加速型腐食（FAC））及び異物付着〔残留熱除去系，低圧炉心スプレイ系，高圧炉心スプレイ系，原子炉冷却材浄化系，高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系，非常用ガス処理系〕
- 代表機器同様，フローノズル及びオリフィス部下流等の偏流発生部位及びその下流部位は，腐食（FAC）の影響が顕著であるが，これらの範囲については，配管減肉管理において点検，評価，取替等を行うこととしている。
- また，これまでの点検結果からも顕著な腐食及び異物付着は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

n. 配管の高サイクル熱疲労割れ [残留熱除去系]

残留熱除去系熱交換器出口配管とバイパスラインの合流部（高低温水合流部）においては、局所的にバイパスラインからの高温水が流入し、複雑な流状による熱過渡を受け、疲労が蓄積されることから、高サイクル熱疲労割れが発生する可能性がある。

高低温水合流部の高サイクル熱疲労割れに対しては、日本機械学会「配管の高サイクル熱疲労に関する評価指針 JSME S 017-2003」に基づく評価及び過去の運転実績を考慮した評価を実施した結果、高サイクル疲労割れの可能性が高い部位ではないことを確認している。

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

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

a. 基礎ボルトの樹脂の劣化（後打ちケミカルアンカ） [共通]

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

b. 温度計ウェル及びサンプリングノズルの高サイクル疲労割れ [残留熱除去系，原子炉冷却材浄化系，換気空調補機常用冷却水系，換気空調補機非常用冷却水系，高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系，高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却海水系]

代表機器同様、温度計ウェル及びサンプリングノズルについては、内部流体の流体力、カルマン渦及び双子渦発生による励振力により、管台との取合い部に高サイクル疲労割れの発生が想定されるが、設計上流体との同期振動の回避及びランダム渦による強度が考慮されていれば損傷を回避できるものであり、対象箇所の選定、評価を行い、問題がないことを確認している。

今後これらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

以 上

### 3 低合金鋼配管

[対象系統]

- ① 給水系

## 目 次

1. 対象機器及び代表機器の選定 .....	3-1
1.1 グループ化の考え方及び結果 .....	3-1
1.2 代表機器の選定 .....	3-1
2. 代表機器の技術評価 .....	3-3
2.1 構造, 材料及び使用条件 .....	3-3
2.1.1 給水系 .....	3-3
2.2 経年劣化事象の抽出 .....	3-6
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目 .....	3-6
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 .....	3-6
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 .....	3-7

## 1. 対象機器及び代表機器の選定

主要な低合金鋼配管の主な仕様を表 1-1 に示す。

これらの配管を内部流体毎にグループ化し、それぞれのグループより代表機器を選定した。

### 1.1 グループ化の考え方及び結果

内部流体を分類基準とし、低合金鋼配管を表 1-1 に示すとおりグループ化する。

### 1.2 代表機器の選定

表 1-1 に分類したグループ毎に、原則として重要度、運転状態、最高使用温度、最高使用圧力及び口径の観点から代表機器を選定する。

#### (1) 内部流体：純水

このグループには給水系のみが属することから、給水系を代表機器とする。

表 1-1 低合金鋼配管のグループ化及び代表機器の選定

分類基準	配管系統	選定基準					代表選定	選定理由
		仕様 (口径×肉厚)	重要度*1	使用条件				
				運転状態*2	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (°C)		
純水	給水系	500 A×S 80	PS-2	連続 (連続)	約 8.62	302	◎	

\*1：最上位の重要度を示す

\*2：上段は冷温停止状態時における運転状態，下段の（ ）は断続的運転時の運転状態を示す

## 2. 代表機器の技術評価

本章では、1章で代表機器とした以下の配管について技術評価を実施する。

### ① 給水系

#### 2.1 構造、材料及び使用条件

##### 2.1.1 給水系

###### (1) 構造

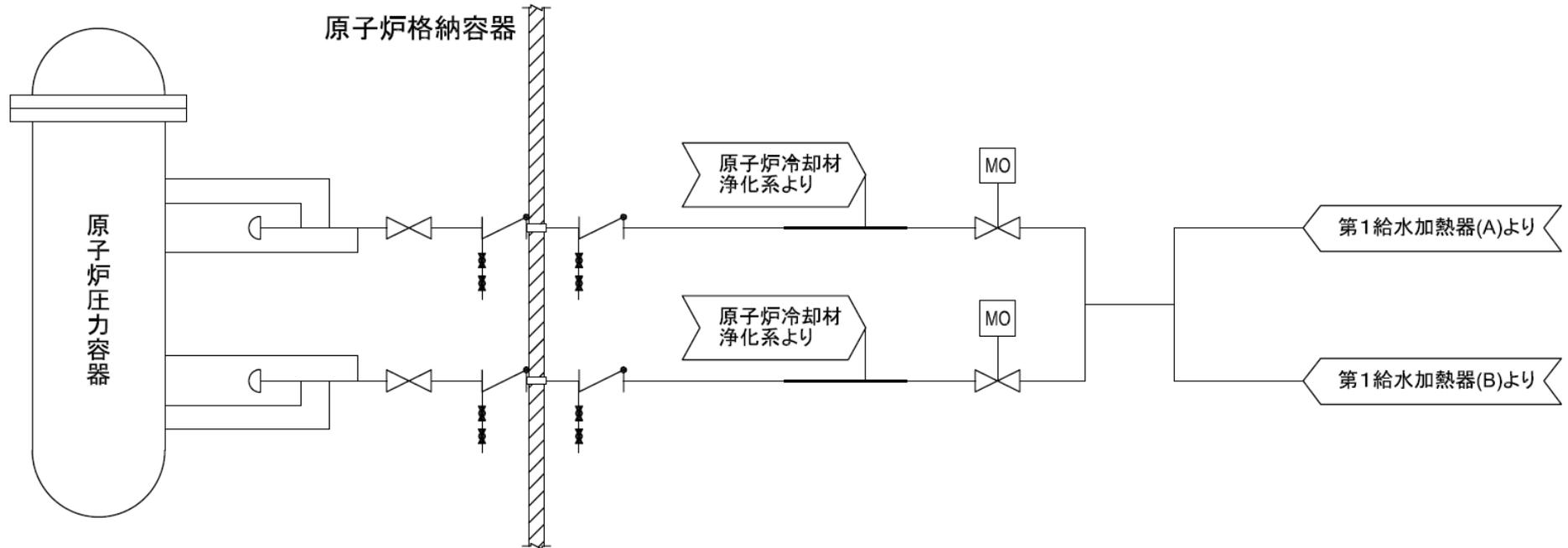
給水系配管は、配管（直管，エルボ，T 継手）等で構成されており，低合金鋼が使用されている。

また，各配管は溶接により他の配管及び機器に接続されている。

給水系の系統図を図 2.1-1 に示す。

###### (2) 材料及び使用条件

給水系配管主要部位の使用材料を表 2.1-1 に，使用条件を表 2.1-2 に示す。



(太線) : 評価対象 (低合金鋼)

図 2.1-1 給水系系統図

表 2.1-1 給水系配管主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
バウンダリの維持	耐圧	配管	低合金鋼

表 2.1-2 給水系配管の使用条件

最高使用圧力	約 8.62 MPa
最高使用温度	302 °C
内部流体	純水

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

低合金鋼配管の機能（流体の流路確保）の達成に必要な項目は以下のとおり。

- ① バウンダリの維持
- ② 機器の支持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

低合金鋼配管について、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の材料、構造、使用条件（内部流体、圧力、温度等）及び現在までの運転経験を考慮し、代表機器毎に表 2.2-1 に示すとおり経年劣化事象を抽出した。

なお、消耗品及び定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

想定される経年劣化事象のうち主要 6 事象に該当する事象及び下記①、②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。なお、下記①、②に該当する事象については、2.2.3 項に示すとおり、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

- ① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△）
- ② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲）

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行なっているもの（日常劣化管理事象）

#### a. 配管の腐食（流れ加速型腐食（FAC））〔給水系〕

常時流れがある高温の純水環境のエルボ部、分岐部及びレギュレータ部等、流れの乱れが起きる箇所は腐食（FAC）の発生が想定されるが、低合金鋼配管は耐食性に優れているため、腐食（FAC）が発生する可能性は小さい。

低合金鋼配管に対しては、配管材質条件及び内部流体の環境条件を考慮して点検箇所を選定し、肉厚測定を行って減肉傾向を把握しており、さらに必要最小肉厚に達するまでの余寿命を算出し、その結果に応じて次回測定または取替を行うこととしている。

今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。

表 2.2-1 給水系配管に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	配管		低合金鋼		△*					*:FAC	

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

以 上

柏崎刈羽原子力発電所 4 号炉

弁 の 技 術 評 価 書

東京電力ホールディングス株式会社

本評価書は、柏崎刈羽原子力発電所4号炉（以下、柏崎刈羽4号炉という）における安全上重要な弁（重要度分類指針におけるPS-1, 2及びMS-1, 2に該当する機器）及び高温・高圧の環境下にあるクラス3の弁の高経年化に係わる技術評価についてまとめたものである。

評価対象機器を型式、材料、内部流体等で分類し、それぞれのグループから重要度及び使用条件等の観点で代表機器を選定し技術評価を行った後、代表以外の機器について評価を展開している。評価対象弁の一覧を表1に、対象システムの主要な弁の機能を表2に示す。

本評価書は、弁本体及び弁駆動部の型式等を基に、以下の9分冊で構成されている。

#### 弁本体

- 1 仕切弁
- 2 玉形弁
- 3 逆止弁
- 4 バタフライ弁
- 5 安全弁
- 6 ボール弁
- 7 制御弁

#### 弁駆動部

- 8 電動弁用駆動部
- 9 空気作動弁用駆動部

ここで、制御弁については、圧力、流量等の制御に伴い中間開度の厳しい条件下での運用となるため、単独で評価している。

なお、非常用ディーゼル機関係弁、水圧制御ユニット、一部の圧縮空気系弁は「機械設備の技術評価書」、各ポンプの潤滑油系弁は「ポンプの技術評価書」、真空破壊弁は「容器の技術評価書」、原子炉建屋隔離弁、中央制御室隔離弁は「空調設備の技術評価書」にて評価を実施するものとし、本評価書には含まれていない。

本文中の単位の記載はSI単位系に基づくものとする（圧力の単位は特に注記がない限りゲージ圧力を示す）。

表1 (1/5) 評価対象弁一覧

分類	分類基準		当該系統
	材料	流体	
仕切弁	炭素鋼	ガス (空気, 窒素)	可燃性ガス濃度制御系 (FCS)
		純水	残留熱除去系 (RHR)
			低圧炉心スプレイ系 (LPCS)
			高圧炉心スプレイ系 (HPCS)
			原子炉冷却材浄化系 (CUW)
			給水系 (FDW)
			復水補給水系 (MUWC)
		冷却水 (防錆剤入り純水)	原子炉補機冷却水系 (RCW)
			換気空調補機常用冷却水系 (HNCW)
			換気空調補機非常用冷却水系 (HECW)
	高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系 (HPCW)		
	ステンレス鋼	純水	原子炉冷却材再循環系 (PLR)
			制御棒駆動系 (CRD)
			ほう酸水注入系 (SLC)
			残留熱除去系 (RHR)
			高圧炉心スプレイ系 (HPCS)
			原子炉冷却材浄化系 (CUW)
			燃料プール冷却浄化系 (FPC)
		液体固体廃棄物処理系 (RW)	
	五ほう酸ナトリウム水	ほう酸水注入系 (SLC)	
玉形弁	炭素鋼	純水	残留熱除去系 (RHR)
			低圧炉心スプレイ系 (LPCS)
			高圧炉心スプレイ系 (HPCS)
			原子炉冷却材浄化系 (CUW)
			燃料プール冷却浄化系 (FPC)
			給水系 (FDW)
			復水補給水系 (MUWC)
			可燃性ガス濃度制御系 (FCS)
	冷却水 (防錆剤入り純水)	原子炉補機冷却水系 (RCW)	
		換気空調補機非常用冷却水系 (HECW)	
		高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系 (HPCW)	
	ステンレス鋼	ガス (空気, 窒素)	漏えい検出系 (LDS)
			計装用圧縮空気系 (IA)
試料採取系 (SAM)			

表1 (2/5) 評価対象弁一覧

分類	分類基準		当該系統
	材料	流体	
玉形弁	ステンレス鋼	純水	制御棒駆動系 (CRD)
			ほう酸水注入系 (SLC)
			残留熱除去系 (RHR)
			低圧炉心スプレー系 (LPCS)
			高圧炉心スプレー系 (HPCS)
			原子炉冷却材浄化系 (CUW)
			液体固体廃棄物処理系 (RW)
			復水補給水系 (MUWC)
			事故後サンプリング系 (PASS)
		五ほう酸ナトリウム水	ほう酸水注入系 (SLC)
逆止弁	炭素鋼	ガス (空気, 窒素)	可燃性ガス濃度制御系 (FCS)
		純水	残留熱除去系 (RHR)
			低圧炉心スプレー系 (LPCS)
			高圧炉心スプレー系 (HPCS)
			原子炉冷却材浄化系 (CUW)
			給水系 (FDW)
		冷却水 (防錆剤入り純水)	原子炉補機冷却水系 (RCW)
			換気空調補機常用冷却水系 (HNCW)
			換気空調補機非常用冷却水系 (HECW)
	海水	原子炉補機冷却海水系 (RSW)	
		高圧炉心スプレーディーゼル補機冷却海水系 (HPSW)	
	ステンレス鋼	ガス (空気, 窒素)	計装用圧縮空気系 (IA)
		純水	制御棒駆動系 (CRD)
			ほう酸水注入系 (SLC)
			原子炉冷却材浄化系 (CUW)
燃料プール冷却浄化系 (FPC)			
液体固体廃棄物処理系 (RW)			
事故後サンプリング系 (PASS)			
五ほう酸ナトリウム水	ほう酸水注入系 (SLC)		
バタフライ弁	炭素鋼	ガス (空気, 窒素)	非常用ガス処理系 (SGTS)
		冷却水 (防錆剤入り純水)	原子炉補機冷却水系 (RCW)
		海水	原子炉補機冷却海水系 (RSW)
			高圧炉心スプレーディーゼル補機冷却海水系 (HPSW)
	鋳鉄	ガス (空気)	換気空調系 (HVAC)

表1 (3/5) 評価対象弁一覧

分類	分類基準		当該系統
	材料	流体	
安全弁	炭素鋼	ガス（空気，窒素）	可燃性ガス濃度制御系（FCS）
		純水	残留熱除去系（RHR）
			低圧炉心スプレイ系（LPCS）
			高圧炉心スプレイ系（HPCS）
			原子炉冷却材浄化系（CUW）
	ステンレス鋼	純水	原子炉冷却材浄化系（CUW）
	五ほう酸ナトリウム水	ほう酸水注入系（SLC）	
ボール弁	炭素鋼	純水	原子炉冷却材浄化系（CUW）
	ステンレス鋼	純水	液体固体廃棄物処理系（RW）
制御弁	炭素鋼	純水	原子炉冷却材浄化系（CUW）
		冷却水 （防錆剤入り純水）	原子炉補機冷却水系（RCW） 換気空調補機非常用冷却水系（HECW）
	ステンレス鋼	純水	制御棒駆動系（CRD）

表1 (4/5) 評価対象弁一覧

分類	分類基準		当該系統
	設置場所	電源	
電動弁用駆動部	原子炉格納容器内	交流	残留熱除去系 (RHR)
			原子炉冷却材浄化系 (CUW)
			換気空調補機常用冷却水系 (HNCW)
			事故後サンプリング系 (PASS)
	屋内	交流	ほう酸水注入系 (SLC)
			残留熱除去系 (RHR)
			低圧炉心スプレイ系 (LPCS)
			高圧炉心スプレイ系 (HPCS)
			原子炉冷却材浄化系 (CUW)
			復水補給水系 (MUWC)
			原子炉補機冷却水系 (RCW)
			換気空調補機常用冷却水系 (HNCW)
			換気空調補機非常用冷却水系 (HECW)
			原子炉補機冷却海水系 (RSW)
			計装用圧縮空気系 (IA)
			事故後サンプリング系 (PASS)
			非常用ガス処理系 (SGTS)
			可燃性ガス濃度制御系 (FCS)
換気空調系 (HVAC)			

表1 (5/5) 評価対象弁一覧

分類	分類基準		当該系統
	区分	設置場所	
空気作動弁用 駆動部	ダイヤフラム型	屋内	換気空調補機非常用冷却水系 (HECW)
	シリンダ型	原子炉格納容器内	残留熱除去系 (RHR)
			低圧炉心スプレイ系 (LPCS)
			高圧炉心スプレイ系 (HPCS)
		屋内	漏えい検出系 (LDS)
			液体固体廃棄物処理系 (RW)
			原子炉補機冷却水系 (RCW)
			換気空調補機非常用冷却水系 (HECW)
			試料採取系 (SAM)
	非常用ガス処理系 (SGTS)		
換気空調系 (HVAC)			

表 2 (1/2) 主要な弁の機能

弁系統名	機能
原子炉冷却材再循環系弁 (PLR)	原子炉冷却材を原子炉压力容器より引き出し、原子炉再循環系ポンプで加圧した後、原子炉压力容器に設置したジェットポンプを通して原子炉内へ供給することで原子炉冷却材を強制循環させる原子炉冷却材再循環系統を構成する弁である。
制御棒駆動系弁 (CRD)	制御棒の駆動に必要な純水を供給する制御棒駆動系統を構成する弁である。
ほう酸水注入系弁 (SLC)	何らかの理由で制御棒が挿入できなくなり原子炉の冷温停止ができない場合に、ほう酸水を原子炉底部より注入して負の反応度を与え、核反応を停止させるほう酸水注入系統を構成する弁である。
残留熱除去系弁 (RHR)	原子炉停止時の崩壊熱除去のため残留熱除去系熱交換器にて原子炉冷却材を冷却する。他に格納容器冷却モード等のモードがある系統を構成する弁である。
低圧炉心スプレイ系弁 (LPCS)	冷却材喪失事故時、炉心の過熱による燃料破損を防止する為、炉心にサプレッションプール水をスプレイする系統を構成する弁である。
高圧炉心スプレイ系弁 (HPCS)	冷却材喪失事故時、炉心の過熱による燃料破損を防止する為、炉心にサプレッションプール水及び復水貯蔵槽水をスプレイする系統を構成する弁である。
漏えい検出系弁 (LDS)	冷却材境界 (バウンダリ) に係わる原子炉系の必要な配管、機器類からの一次冷却材の漏えいを検出し、適切な動作 (警報、隔離等) を行う系統を構成する弁である。
原子炉冷却材浄化系弁 (CUW)	原子炉冷却材の一部をろ過、脱塩し、給水系に戻す原子炉冷却材浄化系統を構成する弁である。
燃料プール冷却浄化系弁 (FPC)	使用済燃料プール水の一部をろ過、脱塩し、使用済燃料プールに戻す系統を構成する弁である。
液体固体廃棄物処理系弁 (RW)	プラントで発生した液体固体廃棄物を処理する液体固体廃棄物処理系統を構成する弁である。
給水系弁 (FDW)	復水系から移送されてきた給水を原子炉へ供給する給水系統を構成する弁である。
復水補給水系弁 (MUWC)	各系統に必要な復水を復水貯蔵槽より移送する補給水系統を構成する弁である。
原子炉補機冷却水系弁 (RCW)	原子炉建屋内にある補機、タービン建屋に設置する補機 (放射性流体を扱う補機) の冷却水を循環させる原子炉補機冷却水系統を構成する弁である。
換気空調補機常用冷却水系弁 (HNCW)	常用換気空調系の給気冷却器 (クーリングコイル) 及びDWC上部空調機へ冷却水を供給する換気空調補機常用冷却水系統を構成する弁である。
換気空調補機非常用冷却水系弁 (HECW)	非常用換気空調系の給気冷却器 (クーリングコイル) へ冷却水を供給する換気空調補機非常用冷却水系統を構成する弁である。
高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系弁 (HPCW)	高圧炉心スプレイポンプ及び高圧炉心スプレイディーゼル発電機設備等から発生する熱を淡水の冷却水で冷却する高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却系統を構成する弁である。
原子炉補機冷却海水系弁 (RSW)	原子炉補機冷却水系の冷却水を熱交換器を介して、海水にて冷却する原子炉補機冷却海水系統を構成する弁である。

表 2 (2/2) 主要な弁の機能

弁系統名	機能
高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却海水系弁 (HPSW)	高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系熱交換器に海水を供給し冷却する高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却海水系統を構成する弁である。
計装用圧縮空気系弁 (IA)	空気作動弁や計装機器に圧縮空気を供給する計装用圧縮空気系統を構成する弁である。
試料採取系弁 (SAM)	プラント内の各系統のプロセス流体を、採取、分析し、系統の運転状況を監視する試料採取系統を構成する弁である。
事故後サンプリング系弁 (PASS)	原子力発電設備の事故後における放射能障壁の健全性の把握を行なうため、炉水及び原子炉格納容器内のガスを採取する事故後サンプリング系統を構成する弁である。
非常用ガス処理系弁 (SGTS)	事故時に原子炉建屋内の空気を処理し、排気筒から放出する非常用ガス処理系統を構成する弁である。
可燃性ガス濃度制御系弁 (FCS)	冷却材喪失事故で水素が格納容器内に溜まり燃焼を起こすことを回避する為、水素ガス濃度を安全な濃度以下にする可燃性ガス濃度制御系統を構成する弁である。
換気空調系弁 (HVAC)	各建屋の空調機の流路を構成する換気空調系統を構成する弁である。

# 1 仕切弁

## [対象系統]

- ① 原子炉冷却材再循環系
- ② 制御棒駆動系
- ③ ほう酸水注入系
- ④ 残留熱除去系
- ⑤ 低圧炉心スプレイ系
- ⑥ 高圧炉心スプレイ系
- ⑦ 原子炉冷却材浄化系
- ⑧ 燃料プール冷却浄化系
- ⑨ 液体固体廃棄物処理系
- ⑩ 給水系
- ⑪ 復水補給水系
- ⑫ 原子炉補機冷却水系
- ⑬ 換気空調補機常用冷却水系
- ⑭ 換気空調補機非常用冷却水系
- ⑮ 高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系
- ⑯ 可燃性ガス濃度制御系

## 目 次

1. 対象機器及び代表機器の選定 .....	1-1
1.1 グループ化の考え方及び結果 .....	1-1
1.2 代表機器の選定 .....	1-1
2. 代表機器の技術評価 .....	1-6
2.1 構造、材料及び使用条件 .....	1-6
2.1.1 可燃性ガス濃度制御系出口隔離弁 .....	1-6
2.1.2 給水系原子炉給水ライン手動止め弁 .....	1-9
2.1.3 原子炉補機冷却水系 RHR 熱交換器 RCW 入口弁 .....	1-12
2.1.4 原子炉冷却材再循環系ポンプ吐出弁 .....	1-15
2.1.5 ほう酸水注入系ポンプ吐出弁 .....	1-18
2.2 経年劣化事象の抽出 .....	1-21
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目 .....	1-21
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 .....	1-21
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 .....	1-23
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価 .....	1-31
3. 代表機器以外への展開 .....	1-36
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 .....	1-37
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 .....	1-38

## 1. 対象機器及び代表機器の選定

主要な仕切弁の主な仕様を表 1-1 に示す。

これらの仕切弁を材料及び内部流体の観点からグループ化し、それぞれのグループより代表機器を選定した。

### 1.1 グループ化の考え方及び結果

材料及び内部流体を分類基準とし、仕切弁を表 1-1 に示すとおりグループ化する。

弁箱材料は炭素鋼，ステンレス鋼に分類され，流体はガス，純水，冷却水（防錆剤入り純水）及び五ほう酸ナトリウム水に分類される。

### 1.2 代表機器の選定

表 1-1 に分類したグループ毎に，原則として重要度，運転状態，最高使用温度，最高使用圧力及び口径の観点から代表機器を選定する。

#### (1) ガス系炭素鋼仕切弁（内部流体：ガス，弁箱材質：炭素鋼）

ガス系ラインに使用されている炭素鋼仕切弁のうち，口径の観点から可燃性ガス濃度制御系出口隔離弁を代表機器とする。

(T49-M0-F008A/B, 150 A, 150 LB)

#### (2) 純水系炭素鋼仕切弁（内部流体：純水，弁箱材質：炭素鋼）

純水系ラインに使用されている炭素鋼仕切弁のうち，重要度，運転状態及び口径の観点から給水系原子炉給水ライン手動止め弁を代表機器とする。

(B21-F053A/B, 500A, 900 LB)

#### (3) 冷却水系炭素鋼仕切弁（内部流体：冷却水（防錆剤入り純水），弁箱材質：炭素鋼）

冷却水系ラインに使用されている炭素鋼仕切弁のうち，重要度，運転状態及び口径の観点から原子炉補機冷却水系 RHR 熱交換器 RCW 入口弁を代表機器とする。

(P21-F051A/B, 500 A, 150 LB)

#### (4) 純水系ステンレス鋼仕切弁（内部流体：純水，弁箱材質：ステンレス鋼）

純水系ラインに使用されているステンレス鋼仕切弁のうち，重要度，運転状態及び最高使用圧力の観点から原子炉冷却材再循環系ポンプ吐出弁を代表機器とする。

(B31-M0-F002A/B, 600 A, 900 LB)

- (5) 五ほう酸ナトリウム水系ステンレス鋼仕切弁（内部流体：五ほう酸ナトリウム水，弁箱材質：ステンレス鋼）

五ほう酸ナトリウム水系ラインに使用されているステンレス鋼仕切弁のうち，重要度及び最高使用圧力の観点からほう酸水注入系ポンプ吐出弁を代表機器とする。

(C41-F005A/B, 40 A, 900 LB)

表 1-1 (1/3) 仕切弁のグループ化及び代表機器の選定

分類基準		系統名称	選定基準				代表選定	代表弁	選定理由	
材料	内部流体		重要度*1	使用条件						
				口径 (A)	運転状態*2	最高使用圧力 (MPa)				最高使用温度 (°C)
炭素鋼	ガス (空気, 窒素)	可燃性ガス濃度制御系	MS-1	100~150	一時 (一時)	約 0.3	171	◎	可燃性ガス濃度制御系出口隔離弁 (150A, 約 0.3MPa, 171°C, 150LB) T49-M0-F008A/B	口径
	純水	残留熱除去系	PS-1	100~600	連続 (一時)	約 1.4~8.6	100~302		給水系原子炉給水ライン手動止め弁 (500A, 約 8.6MPa, 302°C, 900LB) B21-F053A/B	重要度, 運転状態, 口径
		低圧炉心スプレイ系	PS-1	100~600	一時 (一時)	約 1.4~8.6	100~302			
		高圧炉心スプレイ系	PS-1	100~600	一時 (一時)	約 1.4~10.8	100~302			
		原子炉冷却材浄化系	PS-1	100~150	連続 (連続)	約 0.3~10.0	66~302			
		給水系	PS-1	500	連続 (連続)	約 8.6~10.0	302	◎		
復水補給水系	MS-1	80	一時 (一時)	約 1.4	171					

\*1: 最上位の重要度を示す

\*2: 上段は冷温停止状態時における運転状態, 下段の ( ) は断続運転時の運転状態を示す

表 1-1 (2/3) 仕切弁のグループ化及び代表機器の選定

分類基準		系統名称	選定基準				代表選定	代表弁	選定理由	
材料	内部流体		重要度*1	使用条件						
				口径 (A)	運転状態*2	最高使用圧力 (MPa)				最高使用温度 (°C)
炭素鋼	冷却水*3	原子炉補機冷却水系	MS-1	20~500	連続 (連一*4)	約 1.4	70	◎ 原子炉補機冷却水系 RHR 熱交換器 RCW 入口弁 (500A, 約 1.4MPa, 70°C, 150LB) P21-F051A/B	重要度, 運転状態, 口径	
		換気空調補機常用冷却水系	MS-1	200	連続 (連続)	約 1.4	70			
		換気空調補機非常用冷却水系	MS-1	100~150	一時 (一時)	約 1.4	70			
		高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系	MS-1	65~200	一時 (一時)	約 1.3	70			

\*1: 最上位の重要度を示す

\*2: 上段は冷温停止状態時における運転状態, 下段の ( ) は断続運転時の運転状態を示す

\*3: 防錆剤入り純水

\*4: 連続/一時

表 1-1 (3/3) 仕切弁のグループ化及び代表機器の選定

分類基準		系統名称	選定基準					代表選定	代表弁	選定理由
材料	内部流体		重要度*1	使用条件						
				口径 (A)	運転状態*2	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)			
ステンレス鋼	純水	原子炉冷却材再循環系	PS-1	600	連続(連続)	約 8.6~10.4	302	◎	原子炉冷却材再循環系ポンプ吐出弁 (600 A, 約 10.4 MPa, 302 °C, 900LB) B31-M0-F002A/B	重要度, 運転状態, 最高使用圧力
		制御棒駆動系	高*3	20~50	連続(連続)	約 13.8	66			
		ほう酸水注入系	MS-1	40	一時(一時)	約 8.6	302			
		残留熱除去系	PS-1	350~400	連続(一時)	約 8.6~10.4	302			
		高圧炉心スプレイ系	MS-1	250~400	一時(一時)	約 1.4	66			
		原子炉冷却材浄化系	PS-1	150	連続(連続)	約 8.6	302			
		燃料プール冷却浄化系	MS-2	150	連続(連続)	約 1.4	66			
		液体固体廃棄物処理系	MS-1	80	連続(連続)	約 0.3	171			
	五ほう酸ナトリウム水	ほう酸水注入系	MS-1	40~80	一時(一時)	約 1.4~10.8	66	◎	ほう酸水注入系ポンプ吐出弁 (40 A, 約 10.8 MPa, 66 °C, 900 LB) C41-F005A/B	重要度, 最高使用圧力

\*1: 最上位の重要度を示す

\*2: 上段は冷温停止状態時における運転状態, 下段の ( ) は断続運転時の運転状態を示す

\*3: 最高使用温度が 95 °C を超え, または最高使用圧力が 1,900 kPa を超える環境下にある原子炉格納容器外の重要度クラス 3 の機器

## 2. 代表機器の技術評価

本章では、1章で代表機器とした以下の弁について技術評価を実施する。

- ① 可燃性ガス濃度制御系出口隔離弁
- ② 給水系原子炉給水ライン手動止め弁
- ③ 原子炉補機冷却水系 RHR 熱交換器 RCW 入口弁
- ④ 原子炉冷却材再循環系ポンプ吐出弁
- ⑤ ほう酸水注入系ポンプ吐出弁

### 2.1 構造, 材料及び使用条件

#### 2.1.1 可燃性ガス濃度制御系出口隔離弁

##### (1) 構造

可燃性ガス濃度制御系出口隔離弁は、口径 150 A, 圧力クラス 150 LB の電動仕切弁で、2台設置されている。

弁本体はガス（空気，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（空気，窒素）を仕切る隔離部（弁体，弁座）及び弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒，ヨーク）からなる。

ガス（空気，窒素）に接する弁箱，弁ふた及び弁体は炭素鋼鋳鋼，弁座は炭素鋼で製作されており，軸封部には流体の漏れを防止するためグランドパッキンが使用されている。

なお，当該弁については，駆動部を切り離し，ジョイントボルト・ナットを取り外すことにより，弁内部の点検手入れが可能である。

可燃性ガス濃度制御系出口隔離弁の構造図を図 2.1-1 に示す。

##### (2) 材料及び使用条件

可燃性ガス濃度制御系出口隔離弁主要部位の使用材料を表 2.1-1 に，使用条件を表 2.1-2 に示す。

No.	部 位
①	弁箱
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	ガスケット
⑤	グラウンドパッキン
⑥	弁体
⑦	弁座
⑧	弁棒
⑨	ヨーク

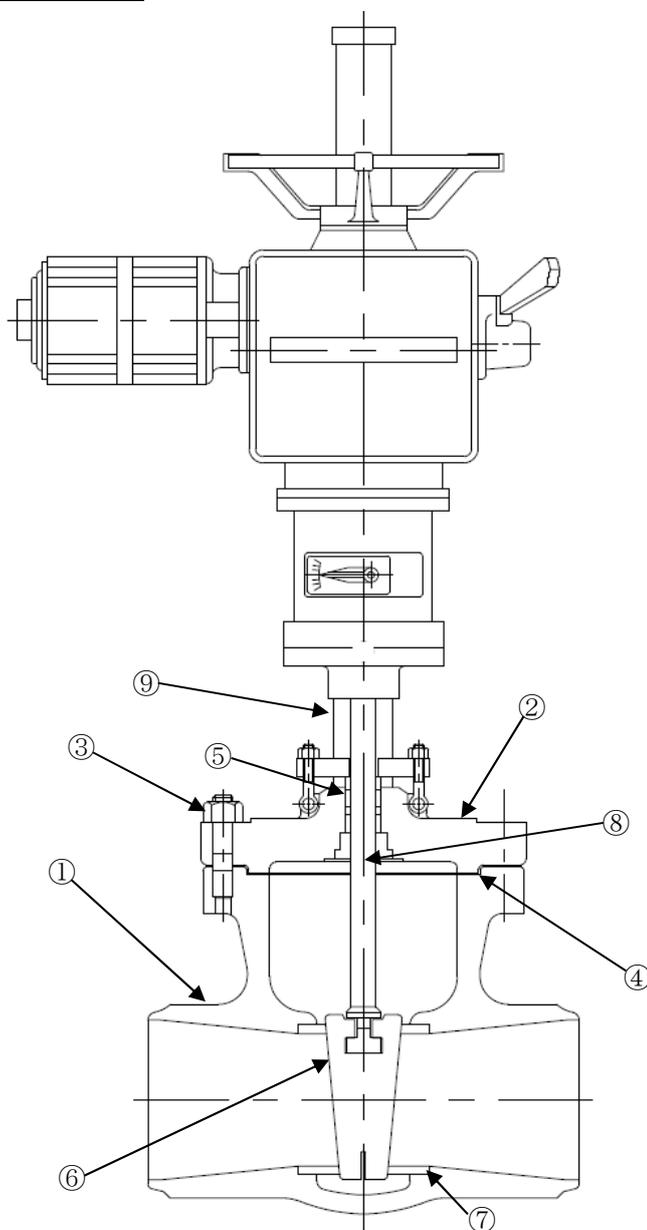


図 2.1-1 可燃性ガス濃度制御系出口隔離弁構造図

表 2.1-1 可燃性ガス濃度制御系出口隔離弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	炭素鋼鋳鋼
		弁ふた	炭素鋼鋳鋼
		ジョイントボルト	低合金鋼
		ジョイントナット	低合金鋼
	シール	ガスケット	(消耗品)
		グランドパッキン	(消耗品)
隔離機能の維持	隔離	弁体	炭素鋼鋳鋼 (ステライト肉盛)
		弁座	炭素鋼 (ステライト肉盛)
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼
		ヨーク	炭素鋼鋳鋼

表 2.1-2 可燃性ガス濃度制御系出口隔離弁の使用条件

最高使用圧力	約 0.3 MPa
最高使用温度	171 °C
内部流体	ガス (空気, 窒素)

## 2.1.2 給水系原子炉給水ライン手動止め弁

### (1) 構造

給水系原子炉給水ライン手動止め弁は、口径 500 A、圧力クラス 900 LB の手動仕切弁で、2 台設置されている。

弁本体は純水を内包する耐圧部（弁箱、弁ふた、ジョイントボルト・ナット、軸封部）、純水を仕切る隔離部（弁体、弁座）及び弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒、ヨーク）からなる。

純水に接する弁箱、弁ふた及び弁体は炭素鋼鋳鋼、弁座は炭素鋼で製作されており、軸封部には流体の漏れを防止するためグランドパッキンが使用されている。

なお、当該弁については、ジョイントボルト・ナットを取り外すことにより、弁内部の点検手入れが可能である。

給水系原子炉給水ライン手動止め弁の構造図を図 2.1-2 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

給水系原子炉給水ライン手動止め弁主要部位の使用材料を表 2.1-3 に、使用条件を表 2.1-4 に示す。

No.	部 位
①	弁箱
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	ガスケット
⑤	グラウンドパッキン
⑥	弁体
⑦	弁座
⑧	弁棒
⑨	ヨーク

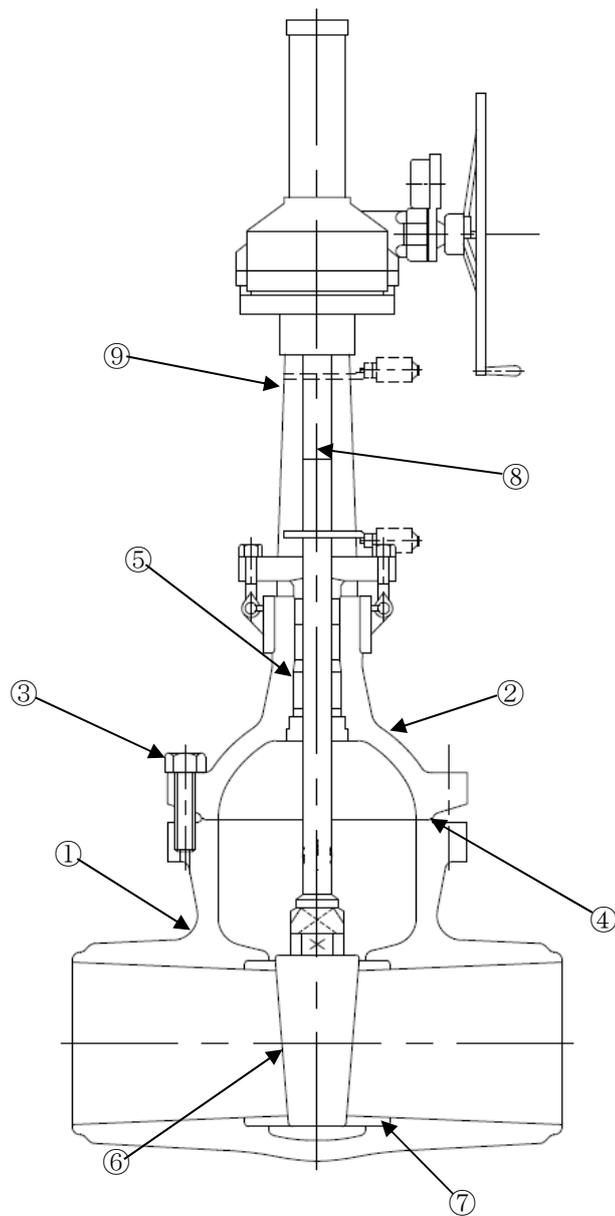


図 2.1-2 給水系原子炉給水ライン手動止め弁構造図

表 2.1-3 給水系原子炉給水ライン手動止め弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	炭素鋼鋳鋼
		弁ふた	炭素鋼鋳鋼
		ジョイントボルト	低合金鋼
		ジョイントナット	低合金鋼
	シール	ガスケット	(消耗品)
		グラウンドパッキン	(消耗品)
隔離機能の維持	隔離	弁体	炭素鋼鋳鋼 (ステライト肉盛)
		弁座	炭素鋼 (ステライト肉盛)
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼
		ヨーク	炭素鋼鋳鋼

表 2.1-4 給水系原子炉給水ライン手動止め弁の使用条件

最高使用圧力	約 8.6 MPa
最高使用温度	302 °C
内部流体	純水

### 2.1.3 原子炉補機冷却水系 RHR 熱交換器 RCW 入口弁

#### (1) 構造

原子炉補機冷却水系 RHR 熱交換器 RCW 入口弁は、口径 500 A、圧力クラス 150 LB の手動仕切弁で、2 台設置されている。

弁本体は冷却水（防錆剤入り純水）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）、冷却水（防錆剤入り純水）を仕切る隔離部（弁体、弁座）及び弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒、ヨーク）からなる。

冷却水に接する弁箱、弁ふた及び弁体は炭素鋼鋳鋼、弁座は炭素鋼で製作されており、軸封部には流体の漏れを防止するためグランドパッキンが使用されている。

なお、当該弁については、ジョイントボルト・ナットを取り外すことにより、弁内部の点検手入れが可能である。

原子炉補機冷却水系 RHR 熱交換器 RCW 入口弁の構造図を図 2.1-3 に示す。

#### (2) 材料及び使用条件

原子炉補機冷却水系 RHR 熱交換器 RCW 入口弁主要部位の使用材料を表 2.1-5 に、使用条件を表 2.1-6 に示す。

No.	部 位
①	弁箱
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	ガスケット
⑤	グラウンドパッキン
⑥	弁体
⑦	弁座
⑧	弁棒
⑨	ヨーク

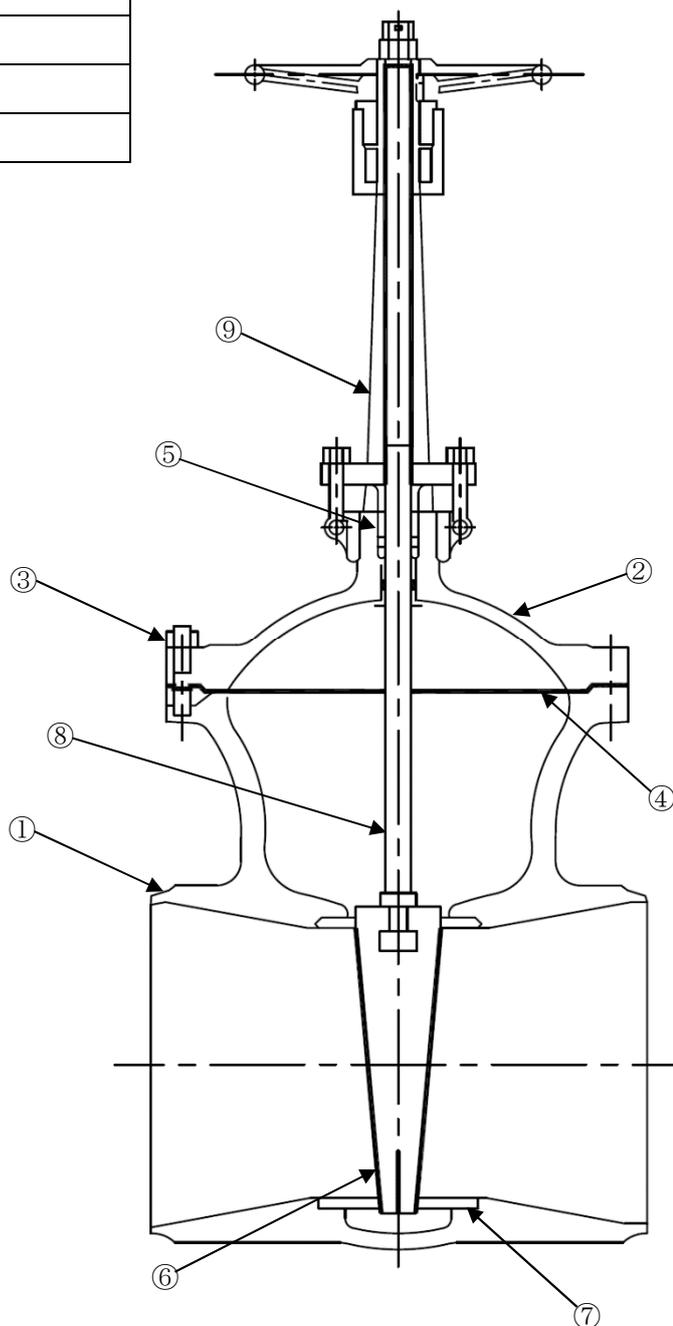


図 2. 1-3 原子炉補機冷却水系 RHR 熱交換器 RCW 入口弁構造図

表 2.1-5 原子炉補機冷却水系 RHR 熱交換器 RCW 入口弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	炭素鋼鋳鋼
		弁ふた	炭素鋼鋳鋼
		ジョイントボルト	低合金鋼
		ジョイントナット	低合金鋼
	シール	ガスケット	(消耗品)
		グランドパッキン	(消耗品)
隔離機能の維持	隔離	弁体	炭素鋼鋳鋼 (ステライト肉盛)
		弁座	炭素鋼 (ステライト肉盛)
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼
		ヨーク	炭素鋼鋳鋼

表 2.1-6 原子炉補機冷却水系 RHR 熱交換器 RCW 入口弁の使用条件

最高使用圧力	約 1.4 MPa
最高使用温度	70 °C
内部流体	冷却水 (防錆剤入り純水)

#### 2.1.4 原子炉冷却材再循環系ポンプ吐出弁

##### (1) 構造

原子炉冷却材再循環系ポンプ吐出弁は、口径 600 A、圧力クラス 900 LB の電動仕切弁で、2 台設置されている。

弁本体は純水を内包する耐圧部（弁箱、弁ふた、ジョイントボルト・ナット、軸封部）、純水を仕切る隔離部（弁体、弁座）及び弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒、ヨーク）からなる。

純水に接する弁箱、弁ふた及び弁体はステンレス鋳鋼、弁座はステンレス鋼で製作されており、軸封部には流体の漏れを防止するためグランドパッキンが使用されている。

なお、当該弁については、駆動部を切り離し、ジョイントボルト・ナットを取り外すことにより、弁内部の点検手入れが可能である。

原子炉冷却材再循環系ポンプ吐出弁の構造図を図 2.1-4 に示す。

##### (2) 材料及び使用条件

原子炉冷却材再循環系ポンプ吐出弁主要部位の使用材料を表 2.1-7 に、使用条件を表 2.1-8 に示す。

No.	部 位
①	弁箱
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	ガスケット
⑤	グラウンドパッキン
⑥	弁体
⑦	弁座
⑧	弁棒
⑨	ヨーク

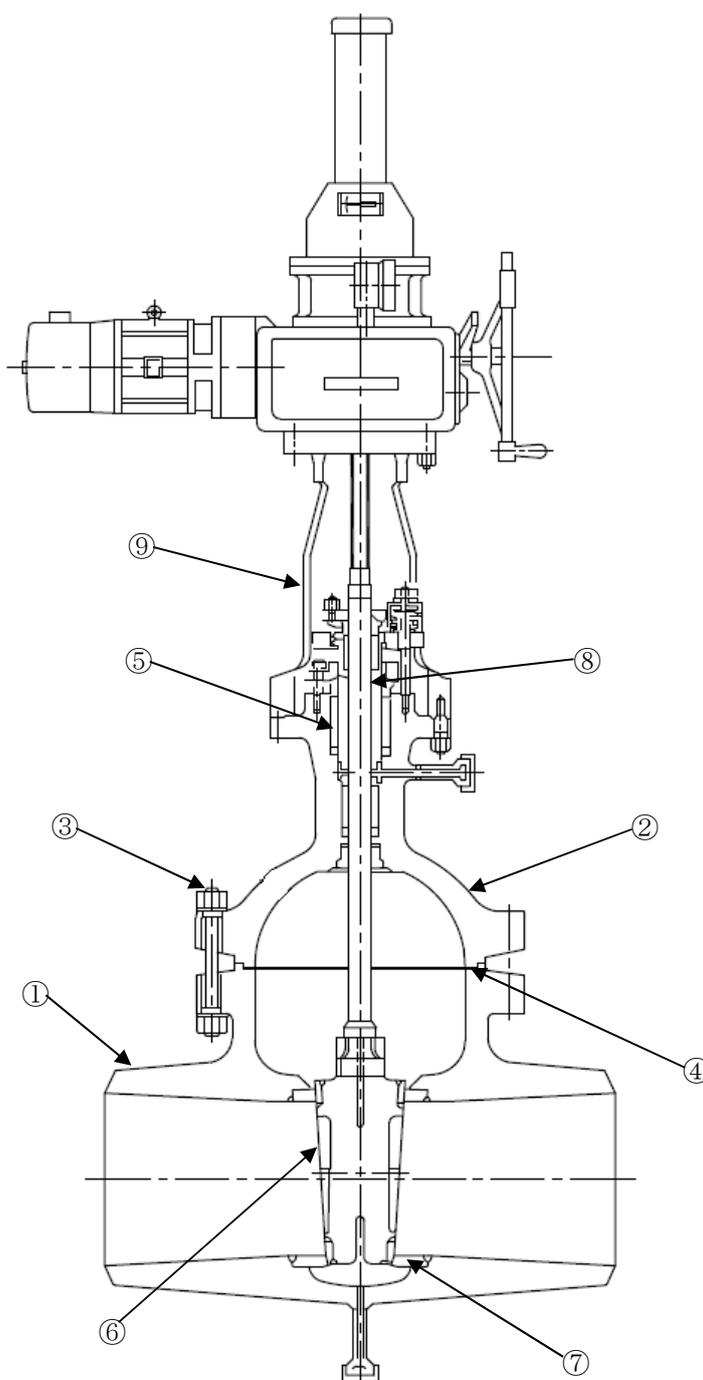


図 2.1-4 原子炉冷却材再循環系ポンプ吐出弁構造図

表 2.1-7 原子炉冷却材再循環系ポンプ吐出弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	ステンレス鋳鋼
		弁ふた	ステンレス鋳鋼
		ジョイントボルト	低合金鋼
		ジョイントナット	低合金鋼
	シール	ガスケット	(消耗品)
		グランドパッキン	(消耗品)
隔離機能の維持	隔離	弁体	ステンレス鋳鋼 (ステライト肉盛)
		弁座	ステンレス鋼 (ステライト肉盛)
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼
		ヨーク	炭素鋼鋳鋼

表 2.1-8 原子炉冷却材再循環系ポンプ吐出弁の使用条件

最高使用圧力	約 10.4 MPa
最高使用温度	302 °C
内部流体	純水

## 2.1.5 ほう酸水注入系ポンプ吐出弁

### (1) 構造

ほう酸水注入系ポンプ吐出弁は、口径 40 A、圧力クラス 900 LB の手動仕切弁で、2 台設置されている。

弁本体は五ほう酸ナトリウム水を内包する耐圧部（弁箱、弁ふた、ジョイントボルト・ナット、軸封部）、五ほう酸ナトリウム水を仕切る隔離部（弁体、弁座）及び弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒、ヨーク）からなる。

五ほう酸ナトリウム水に接する弁箱、弁ふた、弁体及び弁座はステンレス鋼で製作され、軸封部には流体の漏れを防止するためグラندパッキンが使用されている。

なお、当該弁については、ジョイントボルト・ナットを取り外すことにより、弁内部の点検手入れが可能である。

ほう酸水注入系ポンプ吐出弁の構造図を図 2.1-5 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

ほう酸水注入系ポンプ吐出弁主要部位の使用材料を表 2.1-9 に、使用条件を表 2.1-10 に示す。

No.	部 位
①	弁箱
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	ガスケット
⑤	グラウンドパッキン
⑥	弁体
⑦	弁座
⑧	弁棒
⑨	ヨーク

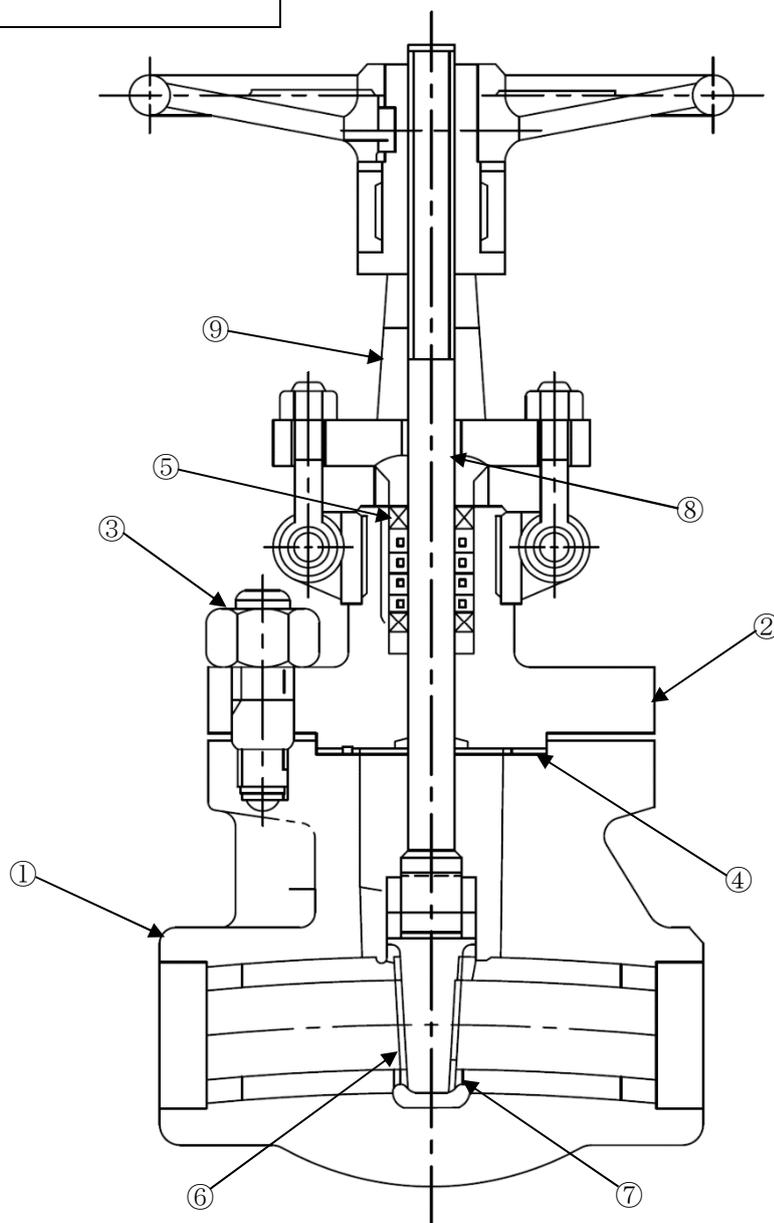


図 2.1-5 ほう酸水注入系ポンプ吐出弁構造図

表 2.1-9 ほう酸水注入系ポンプ吐出弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	ステンレス鋼
		弁ふた	ステンレス鋼 (ステライト肉盛)
		ジョイントボルト	低合金鋼
		ジョイントナット	低合金鋼
	シール	ガスケット	(消耗品)
		グランドパッキン	(消耗品)
隔離機能の維持	隔離	弁体	ステンレス鋼 (ステライト肉盛)
		弁座	ステンレス鋼 (ステライト肉盛)
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼
		ヨーク	炭素鋼鋳鋼

表 2.1-10 ほう酸水注入系ポンプ吐出弁の使用条件

最高使用圧力	約 10.8 MPa
最高使用温度	66 °C
内部流体	五ほう酸ナトリウム水

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

仕切弁の機能である流体仕切機能の達成に必要な項目は以下のとおり。

- ① バウンダリの維持
- ② 隔離機能の維持
- ③ 作動機能の維持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

仕切弁について、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の材料、構造、使用条件（内部流体、圧力、温度等）及び現在までの運転経験を考慮し、代表機器毎に表 2.2-1 に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

なお、消耗品及び定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

グランドパッキン及びガスケットは消耗品であり、設計時に長期使用せず取替を前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

(3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

想定される経年劣化事象のうち主要6事象に該当する事象及び下記①、②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。なお、下記①、②に該当する事象については、2.2.3項に示すとおり、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

- ① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象として表2.2-1で△）
- ② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外として表2.2-1で▲）

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象として以下の事象が抽出された（表2.2-1で○）。

- a. 弁箱の疲労割れ [給水系原子炉給水ライン手動止め弁，原子炉冷却材再循環系ポンプ吐出弁]
- b. 弁箱の熱時効 [原子炉冷却材再循環系ポンプ吐出弁]

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

a. 弁箱、弁ふた、弁体及び弁座の腐食（流れ加速型腐食（FAC））〔給水系原子炉給水ライン手動止め弁〕

弁箱、弁ふた、弁体及び弁座は炭素鋼または炭素鋼鋳鋼で、内部流体が純水であることから、腐食（FAC）の発生が想定されるが、分解点検時の目視点検により、有意な腐食が確認された場合は、必要に応じて補修または取替を行うこととしている。

また、冷温停止状態においては、プラント運転状態と異なり、流速ならびに温度が低いことから、腐食（FAC）が発生する可能性はない。

今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. 弁棒の疲労割れ〔共通〕

電動弁については、バックシートが効く位置の手前でリミットスイッチが切れ、動作が止まるように設定されているため、弁棒及びバックシート部へ過負荷は加わらない。

一部の電動弁では、全開位置をトルク切れによって調整しており、トルク設定値を高くすると、弁棒のバックシート部は常に高い応力がかかった状態となり、配管振動等による疲労が蓄積し、弁棒に疲労割れを起こす可能性がある。

しかし、通常はバックシートが効く程度の力で動作が止まるようトルク設定されており、これまでの点検結果からも割れは確認されていない。

手動弁については開操作時に、バックシート部への過負荷がかからないように適切な操作を行うこととしており、これまでの点検結果からも割れは確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. 弁体及び弁座シート面の摩耗〔共通〕

弁が開閉するとシート面が摺動するが、シート面にはステライト肉盛が施されているため、摩耗する可能性は小さい。

また、これまでの点検結果からも有意な摩耗は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食） [共通]

ジョイントボルト・ナットは低合金鋼であることから、腐食の発生が想定されるが、分解点検時に目視にて健全性を確認している。

また、これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. ヨークの腐食（全面腐食） [共通]

ヨークは炭素鋼鋳鋼であることから、腐食の発生が想定されるが、大気接触部は防食塗装を施しており、必要に応じて補修を行うこととしている。

また、これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f. 弁箱、弁ふた、弁体及び弁座の腐食（全面腐食） [可燃性ガス濃度制御系出口隔離弁]

弁箱、弁ふた、弁体及び弁座は炭素鋼鋳鋼または炭素鋼で、内部流体が湿分を含んだガス（空気、窒素）であることから、腐食の発生が想定されるが、分解点検時に目視にて健全性を確認している。

また、これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

g. 弁箱、弁ふた、弁体及び弁座の腐食（全面腐食） [原子炉補機冷却水系 RHR 熱交換器 RCW 入口弁]

弁箱、弁ふた、弁体及び弁座は炭素鋼鋳鋼または炭素鋼であることから、腐食の発生が想定されるが、内部流体の冷却水には防錆剤が注入されているため、腐食が発生する可能性は小さい。

また、これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

h. 弁箱、弁ふた、弁体、弁座及び弁棒の腐食（全面腐食） [ほう酸水注入系ポンプ吐出弁]

弁箱、弁ふた、弁体、弁座及び弁棒はステンレス鋼で、内部流体が五ほう酸ナトリウム水であるが、ステンレス鋼は耐食性が高いため、腐食が発生する可能性は小さい。

また、これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

i. 弁ふた，弁体の熱時効〔原子炉冷却材再循環系ポンプ吐出弁〕

弁ふた，弁体の材料はステンレス鋳鋼を用いており，熱時効による材料特性の低下により破壊靱性の低下が想定され，この状態で亀裂が存在する場合には小さな荷重で亀裂が進展し，不安定破壊を引き起こす可能性があるが，これまでの分解点検時における目視点検及び浸透探傷検査結果から欠陥は確認されていない。

今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- (2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。

表 2.2-1 (1/5) 可燃性ガス濃度制御系出口隔離弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考
					減 肉		割 れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		炭素鋼鋳鋼		△						*:ステライト肉盛
		弁ふた		炭素鋼鋳鋼		△						
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	シール	ガスケット	◎									
		グランドパッキン	◎									
隔離機能の維持	隔離	弁体		炭素鋼鋳鋼*	△	△						
		弁座		炭素鋼*	△	△						
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		ステンレス鋼			△					
		ヨーク		炭素鋼鋳鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (2/5) 給水系原子炉給水ライン手動止め弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考
					減 肉		割 れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		炭素鋼鋳鋼		△*2	○					*1:ステライト肉盛 *2:FAC
		弁ふた		炭素鋼鋳鋼		△*2						
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	シール	ガスケット	◎									
		グランドパッキン	◎									
隔離機能の維持	隔離	弁体		炭素鋼鋳鋼*1	△	△*2						
		弁座		炭素鋼*1	△	△*2						
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		ステンレス鋼			△					
		ヨーク		炭素鋼鋳鋼		△						

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2. 2-1 (3/5) 原子炉補機冷却水系 RHR 熱交換器 RCW 入口弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		炭素鋼鋳鋼		△					*:ステライト肉盛	
		弁ふた		炭素鋼鋳鋼		△						
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	シール	ガスケット	◎									
		グランドパッキン	◎									
隔離機能の維持	隔離	弁体		炭素鋼鋳鋼*	△	△						
		弁座		炭素鋼*	△	△						
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		ステンレス鋼			△					
		ヨーク		炭素鋼鋳鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (4/5) 原子炉冷却材再循環系ポンプ吐出弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		ステンレス鋳鋼			○		○		*:ステライト肉盛	
		弁ふた		ステンレス鋳鋼					△			
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	シール	ガスケット	◎									
		グランドパッキン	◎									
隔離機能の維持	隔離	弁体		ステンレス鋳鋼*	△				△			
		弁座		ステンレス鋼*	△							
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		ステンレス鋼			△					
		ヨーク		炭素鋼鋳鋼		△						

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (5/5) ほう酸水注入系ポンプ吐出弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		ステンレス鋼		△					*:ステライト肉盛	
		弁ふた		ステンレス鋼*		△						
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	シール	ガスケット	◎									
		グランドパッキン	◎									
隔離機能の維持	隔離	弁体		ステンレス鋼*	△	△						
		弁座		ステンレス鋼*	△	△						
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		ステンレス鋼		△	△					
		ヨーク		炭素鋼鋳鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

## 2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

### (1) 弁箱の疲労割れ [給水系原子炉給水ライン手動止め弁, 原子炉冷却材再循環系ポンプ吐出弁]

#### a. 事象の説明

給水系原子炉給水ライン手動止め弁及び原子炉冷却材再循環系ポンプ吐出弁は、プラントの起動・停止時等の熱過渡による疲労が蓄積される可能性がある。

#### b. 技術評価

##### ① 健全性評価

給水系原子炉給水ライン手動止め弁, 原子炉冷却材再循環系ポンプ吐出弁について、応力算出ならびに評価を実施した。

疲労評価は、運転実績に基づいた現時点（2022年8月11日時点）の過渡回数を用いて、「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 2005年版（2007年追補版を含む）」に基づき実施した。評価部位を図 2.3-1 に、運転実績に基づく現時点（2022年8月11日時点）の値を表 2.3-1 に示す。

なお、使用環境を考慮した疲労については、日本機械学会「発電用原子力設備規格 環境疲労評価手法 JSME S NF1-2009」に基づいて評価した。

この結果、表 2.3-2 に示すとおり、疲れ累積係数は許容値 1 以下であり、疲労割れ発生の可能性は小さいと判断する。

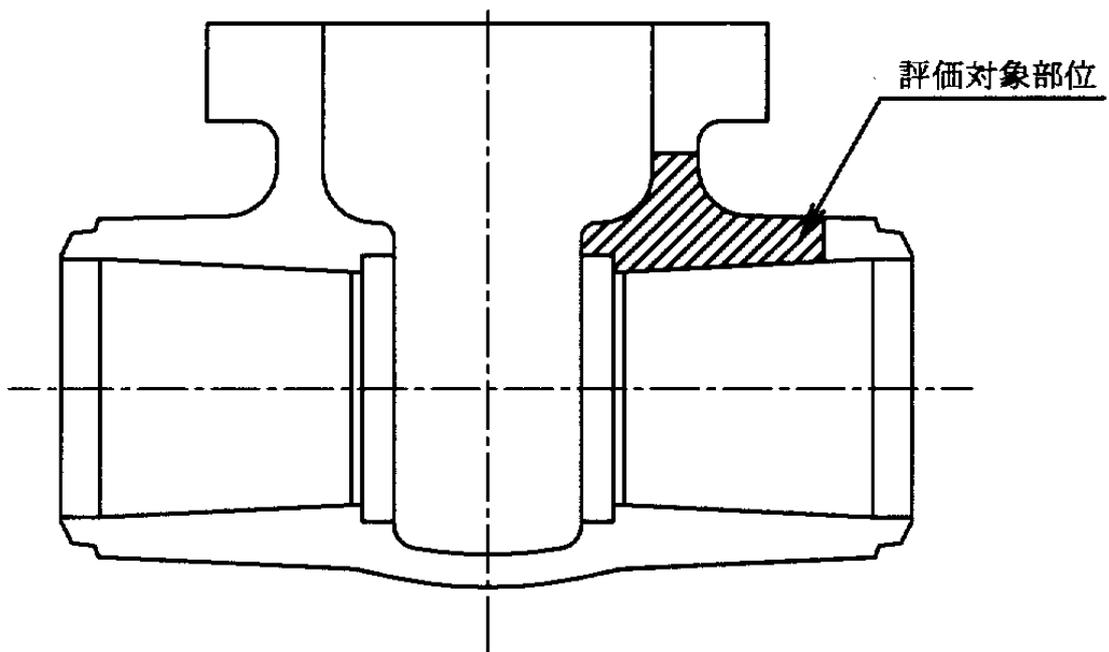


図 2.3-1 仕切弁疲労評価部位

表 2.3-1 (1/2) 給水系原子炉給水ライン手動止め弁の疲労評価用過渡条件

運転条件	運転実績に基づく過渡回数 (2022年8月11日時点)
耐圧試験	12
起動 (昇温)	26
起動 (タービン起動)	26
夜間低出力運転	1
週末低出力運転	5
制御棒パターン変更	36
スクラム (タービントリップ)	10
スクラム (その他)	3
停止	26

表 2.3-1 (2/2) 原子炉冷却材再循環系ポンプ吐出弁の疲労評価用過渡条件

運転条件	運転実績に基づく過渡回数 (2022年8月11日時点)
耐圧試験	12
起動 (昇温)	26
起動 (タービン起動)	26
スクラム (タービントリップ)	10
スクラム (その他)	3
停止	26

表 2.3-2 給水系原子炉給水ライン手動止め弁及び原子炉冷却材再循環系ポンプ吐出弁の疲労評価結果

評価対象	運転実績回数に基づく疲れ累積係数 (許容値：1以下)	
	設計・建設規格の 疲労曲線による解析	環境疲労 評価手法による解析
	現時点 (2022年8月11日時点)	現時点 (2022年8月11日時点)
給水系原子炉給水ライン手動止め弁	0.028	0.069
原子炉冷却材再循環系ポンプ吐出弁	0.036	0.804

② 現状保全

弁箱の疲労割れに対しては、弁分解時に目視にて弁箱内面に有意な欠陥がないことを確認している。

また、社団法人日本原子力学会標準「原子力発電所の高経年化対策実施基準：2021」（AESJ-SC-P005：2021）に基づき、次回高経年化技術評価時に、実過渡回数確認による疲労評価を行うこととしている。

③ 総合評価

健全性評価結果より、給水系原子炉給水ライン手動止め弁及び原子炉冷却材再循環系ポンプ吐出弁は、疲労割れ発生の可能性が十分に小さく、次回高経年化技術評価時に、実過渡回数確認による疲労評価を行うことが有効と判断する。

なお、当面の冷温停止状態においては、有意な熱過渡はなく、今後の疲労割れの発生・進展する可能性はない。

また、割れは分解点検時の目視点検にて検知可能であり、現状の保全は点検手法として適切であると判断する。

c. 高経年化への対応

弁箱の疲労割れについては、高経年化対策の観点から現状保全の内容に追加すべき項目はなく、今後も現状保全を継続していく。

(2) 弁箱の熱時効 [原子炉冷却材再循環系ポンプ吐出弁]

a. 事象の説明

原子炉冷却材再循環系ポンプ吐出弁の弁箱に使用しているステンレス鋳鋼は、オーステナイト相中に一部フェライト相を含む 2 相組織であるため、高温で加熱されると時間とともにフェライト相内でより安定な組織形態へ移行しようとし、相分離が起こることにより靱性が低下する可能性がある。

b. 技術評価

① 健全性評価

熱時効による靱性低下は、フェライト量が多く、使用温度が高いほど大きくなる。靱性が低下した状態で亀裂が存在する場合には小さな荷重で亀裂が進展し、不安定破壊を引き起こす可能性がある。

② 現状保全

弁箱の熱時効については、分解点検時に目視点検及び浸透探傷検査により亀裂の有無を確認しており、これまでの点検結果から亀裂は確認されていない。

③ 総合評価

健全性評価及び現状保全から、弁箱については、高温環境下のため熱時効により破壊靱性が低下する可能性はあるが、分解点検時に目視点検及び浸透探傷検査により亀裂がないことを確認しており、熱時効が問題となる可能性は小さい。

なお、当面の冷温停止状態においては、有意な熱過渡はなく、亀裂の原因となる低サイクル疲労割れの発生・進展する可能性はない。

c. 高経年化への対応

弁箱の熱時効に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に対し追加すべき項目はなく、今後も現状保全を継続していく。

### 3. 代表機器以外への展開

本章では、2章で実施した代表機器の技術評価結果について、1章で実施したグループ化で代表機器となっていない機器への展開について検討した。

#### [対象系統]

- ① 原子炉冷却材再循環系
- ② 制御棒駆動系
- ③ ほう酸水注入系
- ④ 残留熱除去系
- ⑤ 低圧炉心スプレイ系
- ⑥ 高圧炉心スプレイ系
- ⑦ 原子炉冷却材浄化系
- ⑧ 燃料プール冷却浄化系
- ⑨ 液体固体廃棄物処理系
- ⑩ 給水系
- ⑪ 復水補給水系
- ⑫ 原子炉補機冷却水系
- ⑬ 換気空調補機常用冷却水系
- ⑭ 換気空調補機非常用冷却水系
- ⑮ 高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系
- ⑯ 可燃性ガス濃度制御系

### 3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

#### a. 弁箱の疲労割れ [原子炉冷却材再循環系ポンプ吸込弁]

代表機器同様、原子炉冷却材再循環系ポンプ吸込弁については、疲労割れの発生する可能性があるが、弁形状、運転状態及び過渡条件が代表機器である原子炉冷却材再循環系ポンプ吐出弁と同様であることから、疲労割れ発生の可能性は十分に小さい。

また、分解点検時の目視点検により、弁箱内面に欠陥がないことを確認していくことで、疲労割れに対する健全性は維持できると判断する。

したがって、高経年化対策の観点から現状の保全内容に対して追加すべき項目はない。

#### b. 弁箱の熱時効 [純水系ステンレス鋳鋼仕切弁：原子炉冷却材再循環系]

代表機器同様、弁箱に使用しているステンレス鋳鋼は、オーステナイト相中に一部フェライト相を含む 2 相組織であるため、高温で加熱されると時間とともにフェライト相内でより安定な組織形態へ移行しようとし、相分離が起こることにより靱性が低下する可能性があるが、これまでの分解点検時における目視点検及び浸透探傷検査により亀裂がないことを確認しており、熱時効が問題となる可能性は小さい。

また、当面の冷温停止状態においては内部流体が高温となることはなく、熱時効の発生する可能性はない。

したがって、高経年化対策の観点から現状の保全内容に対して追加すべき項目はない。

### 3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

a. 弁箱，弁ふた，弁体及び弁座の腐食（流れ加速型腐食（FAC））〔純水系炭素鋼仕切弁：残留熱除去系，原子炉冷却材浄化系，給水系〕

代表機器同様，弁箱，弁ふた，弁体及び弁座は炭素鋼，炭素鋼鋳鋼で，内部流体が純水であることから，腐食（FAC）の発生が想定されるが，分解点検時の目視点検により，有意な腐食が確認された場合は，必要に応じて補修または取替を行うこととしている。

また，冷温停止状態においては，プラント運転状態と異なり，流速ならびに温度が低いことから，腐食（FAC）が発生する可能性はない。

今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. 弁棒の疲労割れ〔共通〕

代表機器同様，電動弁については，バックシートが効く位置の手前でリミットスイッチが切れ，動作が止まるように設定されているため，弁棒及びバックシート部へ過負荷は加わらない。

一部の電動弁では，全開位置をトルク切れによって調整しており，トルク設定値を高くすると，弁棒のバックシート部は常に高い応力がかかった状態となり，配管振動等による疲労が蓄積し，弁棒に疲労割れを起こす可能性がある。

しかし，通常はバックシートが効く程度の力で動作が止まるようトルク設定されており，これまでの点検結果からも割れは確認されていない。

手動弁については開操作時に，バックシート部への過負荷がかからないように適切な操作を行うこととしており，これまでの点検結果からも割れは確認されていない。

また，空気作動弁についても作動空気圧が小さいため，バックシート部へ過負荷はかからない。

したがって，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- c. 弁体及び弁座シート面の摩耗 [共通]  
代表機器同様、弁が開閉するとシート面が摺動するが、シート面には耐摩耗材による肉盛が施されているため、摩耗する可能性は小さい。  
また、これまでの点検結果からも有意な摩耗は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。
- d. ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食） [低合金鋼または炭素鋼のジョイントボルト・ナットを有する弁共通]  
代表機器同様、ジョイントボルト・ナットは低合金鋼または炭素鋼であることから、腐食の発生が想定されるが、分解点検時に目視にて健全性を確認している。  
また、これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。
- e. ヨークの腐食（全面腐食） [炭素鋼、炭素鋼鋳鋼または鋳鉄のヨークを有する弁共通]  
代表機器同様、ヨークは炭素鋼、炭素鋼鋳鋼または鋳鉄であることから、腐食の発生が想定されるが、大気接触部は防食塗装を施しており、必要に応じて補修を行うこととしている。  
また、これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。
- f. 弁箱、弁ふた、弁体及び弁座の腐食（全面腐食） [ガス系炭素鋼仕切弁：可燃性ガス濃度制御系]  
代表機器同様、弁箱、弁ふた、弁体及び弁座は炭素鋼鋳鋼または炭素鋼で、内部流体が湿分を含んだガス（空気、窒素）であることから、腐食の発生が想定されるが、分解点検時に目視にて健全性を確認している。  
また、これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- g. 弁箱，弁ふた，弁体及び弁座の腐食（全面腐食）[純水系炭素鋼仕切弁：低圧炉心スプレイ系，高圧炉心スプレイ系，復水補給水系]
- 弁箱，弁ふた，弁体及び弁座は炭素鋼または炭素鋼鋳鋼で，内部流体が純水であることから，腐食の発生が想定されるが，分解点検時に目視にて健全性を確認している。
- また，これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。
- h. 弁箱，弁ふた，弁体及び弁座の腐食（全面腐食）[冷却水系炭素鋼仕切弁：原子炉補機冷却水系，換気空調補機常用冷却水系，換気空調補機非常用冷却水系，高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系]
- 代表機器同様，弁箱，弁ふた，弁体及び弁座は炭素鋼または炭素鋼鋳鋼であることから，腐食の発生が想定されるが，内部流体の冷却水には防錆剤が注入されているため，腐食が発生する可能性は小さい。
- また，これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。
- i. 弁箱，弁ふた，弁体，弁座及び弁棒の腐食（全面腐食）[ほう酸水注水系ステンレス鋼仕切弁：ほう酸水注入系]
- 代表機器同様，弁箱，弁ふた，弁体，弁座及び弁棒はステンレス鋼またはステンレス鋳鋼で，内部流体が五ほう酸ナトリウム水であるが，ステンレス鋼またはステンレス鋳鋼は耐食性が高いため，腐食が発生する可能性は小さい。
- また，これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。
- j. ベローズの疲労割れ [ベローズを有する弁共通]
- ベローズを有する弁は作動頻度が少ないため，ベローズの疲労割れが発生する可能性は小さい。
- また，これまでの点検結果からも割れは確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

k. 弁ふた，弁体の熱時効 [純水系ステンレス鋳鋼仕切弁：原子炉冷却材再循環系]

代表機器同様，弁ふた，弁体の材料はステンレス鋳鋼を用いており，熱時効による材料特性の低下により破壊靱性の低下が想定され，この状態で亀裂が存在する場合には小さな荷重で亀裂が進展し，不安定破壊を引き起こす可能性があるが，これまでの分解点検時における目視点検及び浸透探傷検査結果から欠陥は確認されていない。

今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

1. 弁箱，弁ふた，弁体の熱時効 [純水系ステンレス鋳鋼仕切弁：原子炉冷却材浄化系]

弁箱，弁ふた，弁体の材料はステンレス鋳鋼を用いており，熱時効による材料特性の低下により破壊靱性の低下が想定され，この状態で亀裂が存在する場合には小さな荷重で亀裂が進展し，不安定破壊を引き起こす可能性があるが，これまでの分解点検時における目視点検及び浸透探傷検査結果から欠陥は確認されていない。

今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- (2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

代表機器同様，日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。

以 上

## 2 玉形弁

[対象系統]

- ① 給水系
- ② 制御棒駆動系
- ③ ほう酸水注入系
- ④ 残留熱除去系
- ⑤ 低圧炉心スプレイ系
- ⑥ 高圧炉心スプレイ系
- ⑦ 漏えい検出系
- ⑧ 原子炉冷却材浄化系
- ⑨ 燃料プール冷却浄化系
- ⑩ 液体固体廃棄物処理系
- ⑪ 復水補給水系
- ⑫ 原子炉補機冷却水系
- ⑬ 換気空調補機非常用冷却水系
- ⑭ 高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系
- ⑮ 計装用圧縮空気系
- ⑯ 試料採取系
- ⑰ 事故後サンプリング系
- ⑱ 可燃性ガス濃度制御系

## 目 次

1. 対象機器及び代表機器の選定.....	2-1
1.1 グループ化の考え方及び結果.....	2-1
1.2 代表機器の選定.....	2-1
2. 代表機器の技術評価.....	2-7
2.1 構造、材料及び使用条件.....	2-7
2.1.1 原子炉冷却材浄化系 RPV ドレン弁.....	2-7
2.1.2 原子炉補機冷却水系 RHR 熱交換器 RCW 出口弁.....	2-10
2.1.3 高圧窒素ガス供給系 SRV 用窒素ガス PCV 外側隔離弁.....	2-13
2.1.4 原子炉冷却材浄化系入口流量計装元弁.....	2-16
2.1.5 ほう酸水注入系ポンプ吸込弁.....	2-19
2.2 経年劣化事象の抽出.....	2-22
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目.....	2-22
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象.....	2-22
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象.....	2-24
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価.....	2-32
3. 代表機器以外への展開.....	2-36
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象.....	2-37
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象.....	2-37

## 1. 対象機器及び代表機器の選定

主要な玉形弁の主な仕様を表 1-1 に示す。

これらの玉形弁を材料及び内部流体の観点からグループ化し、それぞれのグループより代表機器を選定した。

### 1.1 グループ化の考え方及び結果

材料及び内部流体を分類基準とし、玉形弁を表 1-1 に示すとおりグループ化する。

弁箱材料は炭素鋼，ステンレス鋼に分類され，流体はガス，純水，冷却水（防錆剤入り純水）及び五ほう酸ナトリウム水に分類される。

### 1.2 代表機器の選定

表 1-1 に分類したグループ毎に，原則として重要度，運転状態，最高使用温度，最高使用圧力及び口径の観点から代表機器を選定する。

#### (1) 純水系炭素鋼玉形弁（内部流体：純水，弁箱材質：炭素鋼）

純水系ラインに使用されている炭素鋼玉形弁のうち，重要度及び運転状態の観点から原子炉冷却材浄化系 RPV ドレン弁を代表機器とする。

(G31-F026, 50 A, 900 LB)

#### (2) 冷却水系炭素鋼玉形弁（内部流体：冷却水（防錆剤入り純水），弁箱材質：炭素鋼）

冷却水系ラインに使用されている炭素鋼玉形弁のうち，重要度，運転状態，及び口径の観点から原子炉補機冷却水系 RHR 熱交換器 RCW 出口弁を代表機器とする。

(P21-M0-F052A/B, 500 A, 150 LB)

#### (3) ガス系ステンレス鋼玉形弁（内部流体：ガス，弁箱材質：ステンレス鋼）

ガス系ラインに使用されているステンレス鋼玉形弁のうち，重要度，最高使用温度，最高使用圧力及び口径の観点から高圧窒素ガス供給系 SRV 用窒素ガス PCV 外側隔離弁を代表機器とする。

(P54-M0-F008, 25 A, 300 LB)

#### (4) 純水系ステンレス鋼玉形弁（内部流体：純水，弁箱材質：ステンレス鋼）

純水系ラインに使用されているステンレス鋼玉形弁のうち，重要度，運転状態及び最高使用温度の観点から原子炉冷却材浄化系入口流量計装元弁を代表機器とする。

(G31-F703A/B, 20 A, 900 LB)

- (5) 五ほう酸ナトリウム水系ステンレス鋼玉形弁（内部流体：五ほう酸ナトリウム水，弁箱材質：ステンレス鋼）

五ほう酸ナトリウム水系ラインに使用されているステンレス鋼玉形弁のうち，重要度の観点からほう酸水注入系ポンプ吸込弁を代表機器とする。

(C41-M0-F001A/B, 80 A, 150 LB)

表 1-1 (1/4) 玉形弁のグループ化及び代表機器の選定

分類基準		系統名称	選定基準					代表選定	代表弁	選定理由
材料	内部流体		重要度*1	使用条件						
				口径 (A)	運転状態*2	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)			
炭素鋼	純水	残留熱除去系	PS-1	20~500	連続 (連一*3)	約 1.4~10.4	100~302		原子炉冷却材浄化系 RPV ドレン弁 (50 A, 約 8.6 MPa, 302 °C, 900 LB) G31-F026	重要度, 運転状態
		低圧炉心スプレイ系	MS-1	20~300	連一*3 (連一*3)	約 1.4~8.6	100~302			
		高圧炉心スプレイ系	MS-1	20~300	一時 (一時)	約 0.3~10.8	100~302			
		原子炉冷却材浄化系	PS-1	20~150	連続 (連続)	約 8.6~10.0	66~302	◎		
		燃料プール冷却浄化系	MS-2	200	連続 (連続)	約 3.4	182			
		給水系	MS-1	20	連続 (連続)	約 8.6	302			
		復水補給水系	MS-1	20	一時 (一時)	約 1.4	171			
		可燃性ガス濃度制御系	MS-1	50	一時 (一時)	約 3.4	104~182			

\*1: 最上位の重要度を示す

\*2: 上段は冷温停止状態時における運転状態, 下段の ( ) は断続運転時の運転状態を示す

\*3: 連続/一時

表 1-1 (2/4) 玉形弁のグループ化及び代表機器の選定

分類基準		系統名称	選定基準					代表選定	代表弁	選定理由
材料	内部流体		重要度*1	使用条件						
				口径 (A)	運転状態*2	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)			
炭素鋼	冷却水*3	原子炉補機冷却水系	MS-1	20~500	連続 (連続)	約 1.4	70	◎	原子炉補機冷却水系 RHR 熱交換器 RCW 出口弁 (500 A, 約 1.4 MPa, 70 °C, 150 LB) P21-MO-F052A/B	重要度, 運転状態, 口径
		換気空調補機非常用冷却水系	MS-1	100~150	一時 (一時)	約 1.4	70			
		高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系	MS-1	65~150	一時 (一時)	約 1.3	70			
ステンレス鋼	ガス (空気, 窒素)	漏えい検出系	MS-1	25	連続 (連続)	約 0.3	104~171	◎	高圧窒素ガス供給系 SRV 用窒素ガス PCV 外側隔離弁 (25 A, 約 1.8 MPa, 171 °C, 300 LB) P54-MO-F008	重要度, 最高使用温度, 最高使用圧力, 口径
		計装用圧縮空気系	MS-1	20~50	連続 (連続)	約 0.9~1.8	171			
		試料採取系	MS-1	20	連続 (連続)	約 0.3	171			

\*1: 最上位の重要度を示す

\*2: 上段は冷温停止状態時における運転状態, 下段の ( ) は断続運転時の運転状態を示す

\*3: 防錆剤入り純水

表 1-1 (3/4) 玉形弁のグループ化及び代表機器の選定

分類基準		系統名称	選定基準				代表選定	代表弁	選定理由	
材料	内部流体		重要度*1	使用条件						
				口径 (A)	運転状態*2	最高使用圧力 (MPa)				最高使用温度 (°C)
ステンレス鋼	純水	制御棒駆動系	MS-1	20~50	連続(連続)	約 6.5~13.8	66~141	原子炉冷却材浄化系入口流量計装元弁 (20 A, 約 8.6 MPa, 302 °C, 900 LB) G31-F703A/B	重要度, 運転状態, 最高使用温度	
		ほう酸水注入系	MS-1	20~40	一時(一時)	約 8.6~10.8	302			
		残留熱除去系	MS-1	20	連続(一時)	約 3.4~8.6	182~302			
		低圧炉心スプレイ系	MS-1	20	一時(一時)	約 8.6	302			
		高圧炉心スプレイ系	MS-1	20	一時(一時)	約 8.6	302			
		原子炉冷却材浄化系	MS-1	20	連続(連続)	約 8.6~13.8	66~302			◎
		液体固体廃棄物処理系	高*3	40~80	連続(連続)	約 0.3	171			
		復水補給水系	MS-1	50	一時(一時)	約 1.4	66			
		事故後サンプリング系	MS-1	20	一時(一時)	約 0.3~8.6	104~302			

\*1: 最上位の重要度を示す

\*2: 上段は冷温停止状態時における運転状態, 下段の ( ) は断続運転時の運転状態を示す

\*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 (4/4) 玉形弁のグループ化及び代表機器の選定

分類基準		系統名称	選定基準				代表選定	代表弁	選定理由	
材料	内部流体		重要度*1	使用条件						
				口径 (A)	運転状態*2	最高使用圧力 (MPa)				最高使用温度 (°C)
ステンレス鋼	五ほう酸ナトリウム水	ほう酸水注入系	MS-1	40~80	一時(一時)	約 1.4~10.8	66	◎	ほう酸水注入系ポンプ吸込弁 (80 A, 約 1.4 MPa, 66 °C, 150 LB) C41-M0-F001A/B	重要度

\*1：最上位の重要度を示す

\*2：上段は冷温停止状態時における運転状態，下段の（ ）は断続運転時の運転状態を示す

## 2. 代表機器の技術評価

本章では、1章で代表機器とした以下の弁について技術評価を実施する。

- ① 原子炉冷却材浄化系 RPV ドレン弁
- ② 原子炉補機冷却水系 RHR 熱交換器 RCW 出口弁
- ③ 高压窒素ガス供給系 SRV 用窒素ガス PCV 外側隔離弁
- ④ 原子炉冷却材浄化系入口流量計装元弁
- ⑤ ほう酸水注入系ポンプ吸込弁

### 2.1 構造、材料及び使用条件

#### 2.1.1 原子炉冷却材浄化系 RPV ドレン弁

##### (1) 構造

原子炉冷却材浄化系 RPV ドレン弁は、口径 50A, 圧力クラス 900 LB の手動玉形弁で、1 台設置されている。

弁本体は、純水を内包する耐圧部（弁箱，弁ふた，ジョイントボルト・ナット，軸封部），純水を仕切る隔離部（弁体，弁座）及び弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒，ヨーク）からなる。

純水に接する弁箱，弁ふた及び弁座は炭素鋼，弁体はステンレス鋼で製作されており，軸封部には流体の漏れを防止するためベローズ及びグランドパッキンが使用されている。

なお，当該弁については，ジョイントボルト・ナットを取り外すことにより，弁内部の点検手入れが可能である。

原子炉冷却材浄化系 RPV ドレン弁の構造図を図 2.1-1 に示す。

##### (2) 材料及び使用条件

原子炉冷却材浄化系 RPV ドレン弁主要部位の使用材料を表 2.1-1 に，使用条件を表 2.1-2 に示す。

No.	部 位
①	弁箱
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	弁体
⑤	弁座
⑥	弁棒
⑦	ヨーク
⑧	ガスケット
⑨	グラウンドパッキン
⑩	ベローズ

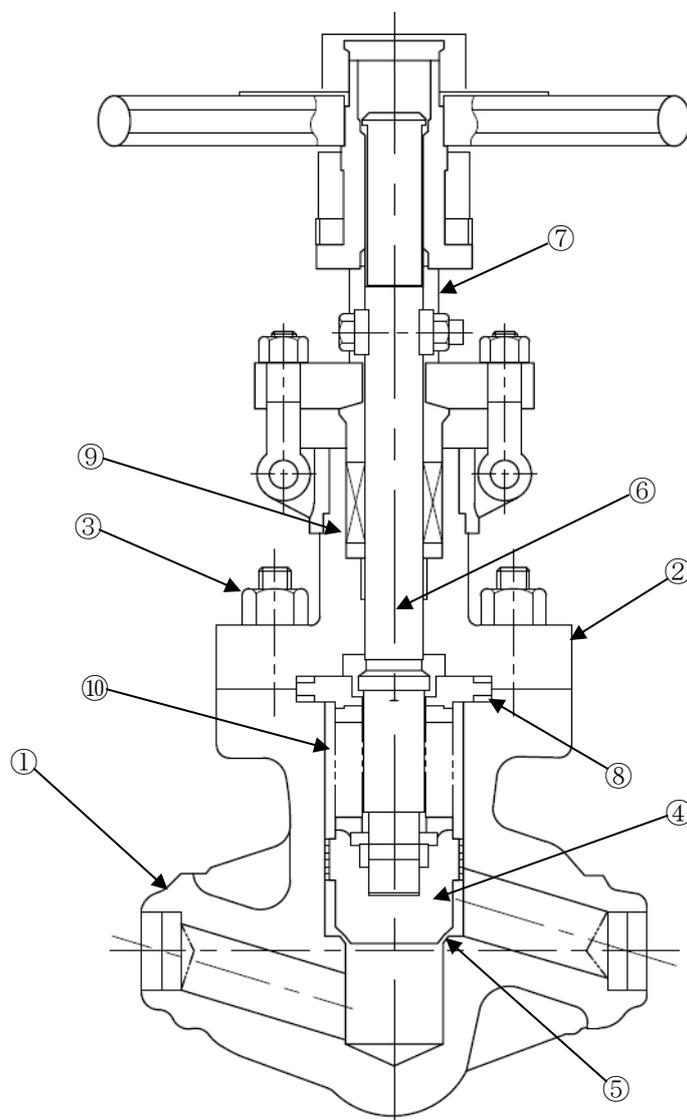


図 2.1-1 原子炉冷却材浄化系 RPV ドレン弁構造図

表 2.1-1 原子炉冷却材浄化系 RPV ドレン弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	炭素鋼
		弁ふた	炭素鋼（ステライト肉盛）
		ジョイントボルト	低合金鋼
		ジョイントナット	低合金鋼
	シール	ベローズ	高ニッケル合金
		ガスケット	（消耗品）
グランドパッキン		（消耗品）	
隔離機能の維持	隔離	弁体	ステンレス鋼（ステライト肉盛）
		弁座	炭素鋼（ステライト肉盛）
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼
		ヨーク	炭素鋼鋳鋼

表 2.1-2 原子炉冷却材浄化系 RPV ドレン弁の使用条件

最高使用圧力	約 8.6 MPa
最高使用温度	302 °C
内部流体	純水

## 2.1.2 原子炉補機冷却水系 RHR 熱交換器 RCW 出口弁

### (1) 構造

原子炉補機冷却水系 RHR 熱交換器 RCW 出口弁は、口径 500 A、圧力クラス 150 LB の電動玉形弁で、2 台設置されている。

弁本体は、冷却水（防錆剤入り純水）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）、冷却水（防錆剤入り純水）を仕切る隔離部（弁体、弁座）及び弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒、ヨーク）からなる。

冷却水（防錆剤入り純水）に接する弁箱、弁ふた及び弁体は炭素鋼鋳鋼、弁座は炭素鋼で製作されており、軸封部には流体の漏れを防止するためグランドパッキンが使用されている。

なお、当該弁については、駆動部を切り離し、ジョイントボルト・ナットを取り外すことにより、弁内部の点検手入れが可能である。

原子炉補機冷却水系 RHR 熱交換器 RCW 出口弁の構造図を図 2.1-2 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

原子炉補機冷却水系 RHR 熱交換器 RCW 出口弁主要部位の使用材料を表 2.1-3 に、使用条件を表 2.1-4 に示す。

No.	部 位
①	弁箱
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	弁体
⑤	弁座
⑥	弁棒
⑦	ヨーク
⑧	ガスケット
⑨	グラウンドパッキン

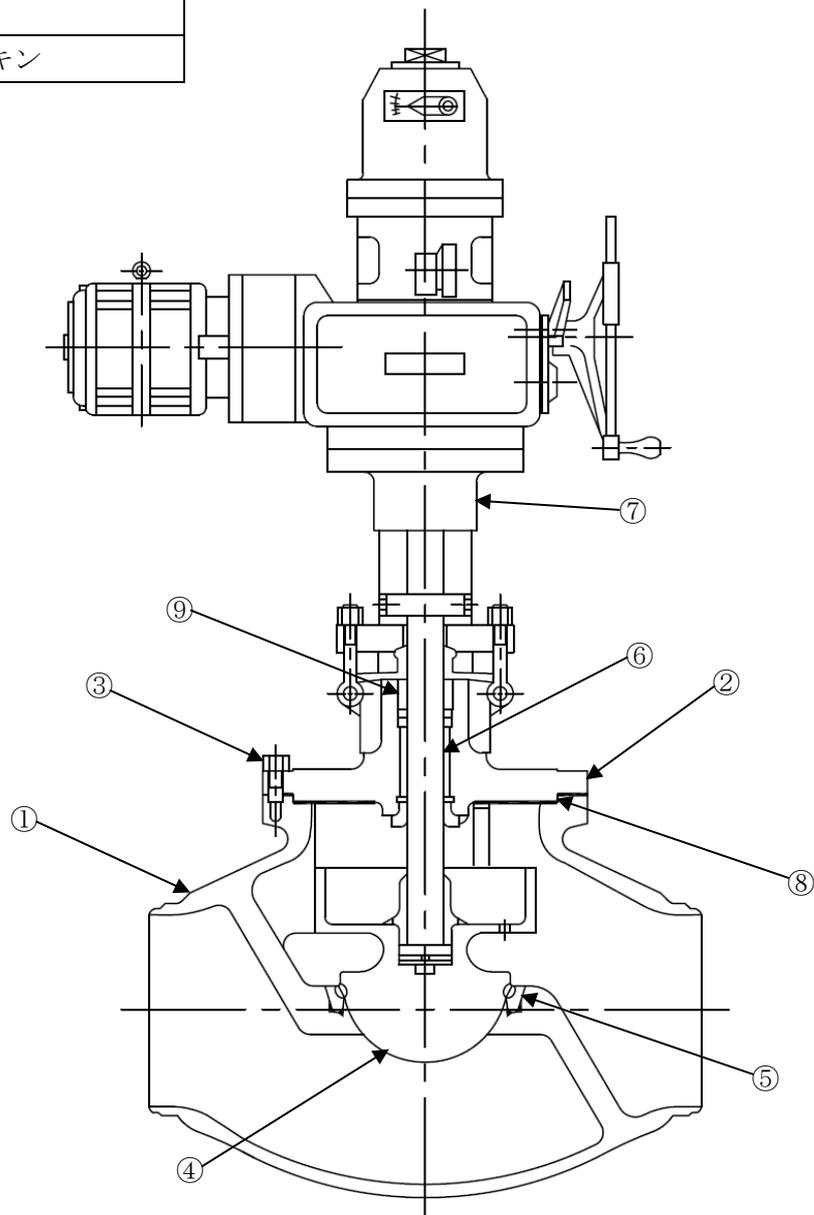


図 2.1-2 原子炉補機冷却水系 RHR 熱交換器 RCW 出口弁構造図

表 2.1-3 原子炉補機冷却水系 RHR 熱交換器 RCW 出口弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	炭素鋼鋳鋼
		弁ふた	炭素鋼鋳鋼
		ジョイントボルト	低合金鋼
		ジョイントナット	低合金鋼
	シール	ガスケット	(消耗品)
		グラウンドパッキン	(消耗品)
隔離機能の維持	隔離	弁体	炭素鋼鋳鋼 (ステライト肉盛)
		弁座	炭素鋼
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼
		ヨーク	炭素鋼鋳鋼

表 2.1-4 原子炉補機冷却水系 RHR 熱交換器 RCW 出口弁の使用条件

最高使用圧力	約 1.4 MPa
最高使用温度	70 °C
内部流体	冷却水 (防錆剤入り純水)

### 2.1.3 高圧窒素ガス供給系 SRV 用窒素ガス PCV 外側隔離弁

#### (1) 構造

高圧窒素ガス供給系 SRV 用窒素ガス PCV 外側隔離弁は、口径 25 A、圧力クラス 300 LB の電動玉形弁で、1 台設置されている。

弁本体は、ガス（空気、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（空気、窒素）を仕切る隔離部（弁体、弁座）及び弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒、ヨーク）からなる。

ガス（空気、窒素）に接する弁箱、弁ふた、弁体及び弁座はステンレス鋼で製作されており、軸封部には流体の漏れを防止するためグランドパッキンが使用されている。

なお、当該弁については、駆動部を切り離し、ジョイントボルト・ナットを取り外すことにより、弁内部の点検手入れが可能である。

高圧窒素ガス供給系 SRV 用窒素ガス PCV 外側隔離弁の構造図を図 2.1-3 に示す。

#### (2) 材料及び使用条件

高圧窒素ガス供給系 SRV 用窒素ガス PCV 外側隔離弁主要部位の使用材料を表 2.1-5 に、使用条件を表 2.1-6 に示す。

No.	部 位
①	弁箱
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	弁体
⑤	弁座
⑥	弁棒
⑦	ヨーク
⑧	ガスケット
⑨	グラウンドパッキン

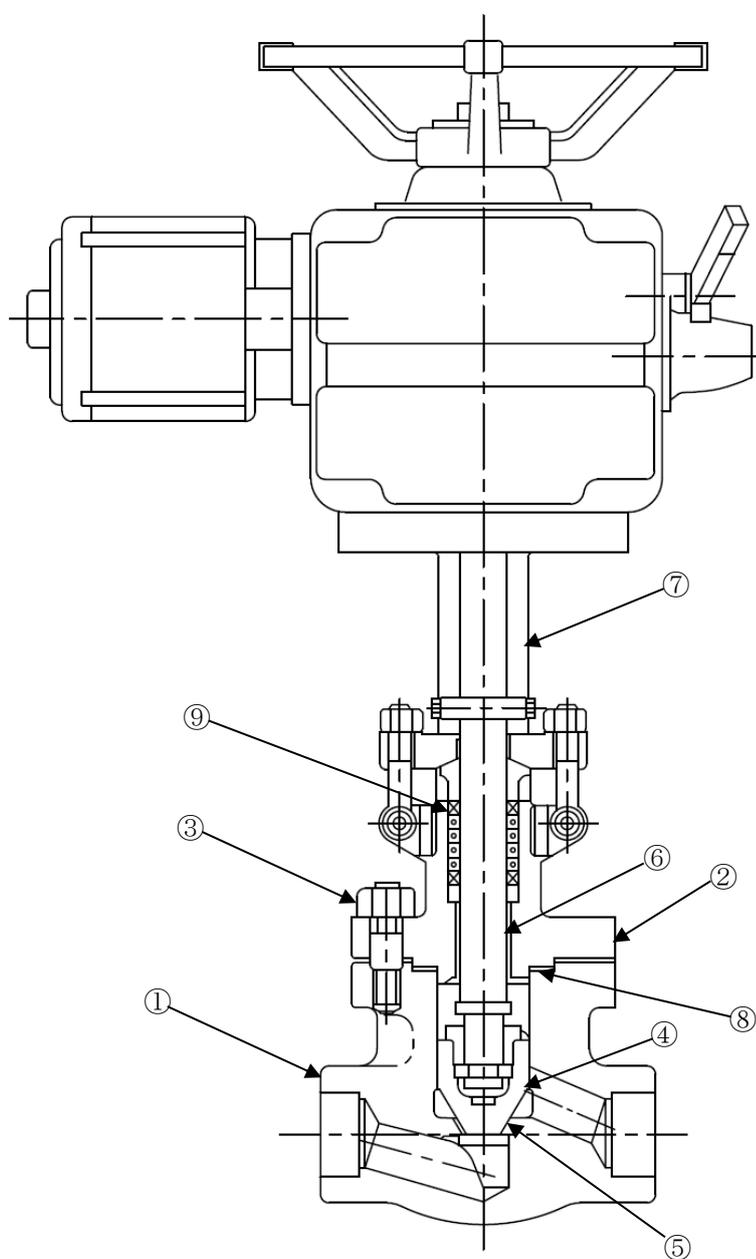


図 2. 1-3 高圧窒素ガス供給系 SRV 用窒素ガス PCV 外側隔離弁構造図

表 2.1-5 高压窒素ガス供給系 SRV 用窒素ガス PCV 外側隔離弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	ステンレス鋼 (ステライト肉盛)
		弁ふた	ステンレス鋼 (ステライト肉盛)
		ジョイントボルト	低合金鋼
		ジョイントナット	低合金鋼
	シール	ガスケット	(消耗品)
		グラウンドパッキン	(消耗品)
隔離機能の維持	隔離	弁体	ステンレス鋼 (ステライト肉盛)
		弁座	ステンレス鋼 (ステライト肉盛)
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼
		ヨーク	炭素鋼鋳鋼

表 2.1-6 高压窒素ガス供給系 SRV 用窒素ガス PCV 外側隔離弁の使用条件

最高使用圧力	約 1.8 MPa
最高使用温度	171 °C
内部流体	ガス (空気, 窒素)

#### 2.1.4 原子炉冷却材浄化系入口流量計装元弁

##### (1) 構造

原子炉冷却材浄化系入口流量計装元弁は、口径 20 A、圧力クラス 900 LB の手動玉形弁で、2 台設置されている。

弁本体は、純水を内包する耐圧部（弁箱、弁ふた、ジョイントボルト・ナット、軸封部）、純水を仕切る隔離部（弁体、弁座）及び弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒、ヨーク）からなる。

純水に接する弁箱、弁ふた、弁体及び弁座はステンレス鋼で製作されており、軸封部には流体の漏れを防止するためベローズ及びグランドパッキンが使用されている。

なお、当該弁については、ジョイントボルト・ナットを取り外すことにより、弁内部の点検手入れが可能である。

原子炉冷却材浄化系入口流量計装元弁の構造図を図 2.1-4 に示す。

##### (2) 材料及び使用条件

原子炉冷却材浄化系入口流量計装元弁主要部位の使用材料を表 2.1-7 に、使用条件を表 2.1-8 に示す。

No.	部 位
①	弁箱
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	弁体
⑤	弁座
⑥	弁棒
⑦	ヨーク
⑧	ガスケット
⑨	グラウンドパッキン
⑩	ベローズ

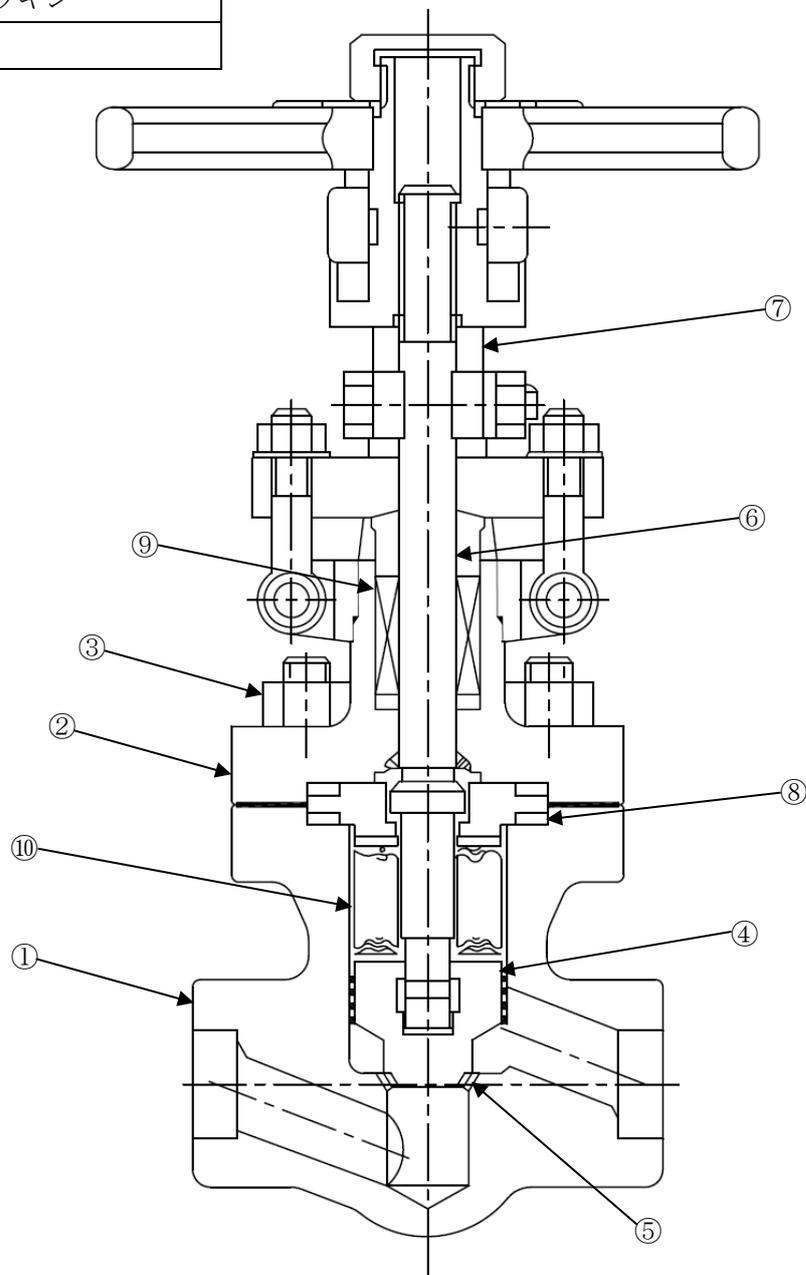


図 2.1-4 原子炉冷却材浄化系入口流量計装元弁構造図

表 2.1-7 原子炉冷却材浄化系入口流量計装元弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	ステンレス鋼
		弁ふた	ステンレス鋼 (ステライト肉盛)
		ジョイントボルト	低合金鋼
		ジョイントナット	低合金鋼
	シール	ガスケット	(消耗品)
		グランドパッキン	(消耗品)
ベローズ		高ニッケル合金	
隔離機能の維持	隔離	弁体	ステンレス鋼 (ステライト肉盛)
		弁座	ステンレス鋼 (ステライト肉盛)
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼
		ヨーク	炭素鋼

表 2.1-8 原子炉冷却材浄化系入口流量計装元弁の使用条件

最高使用圧力	約 8.6 MPa
最高使用温度	302 °C
内部流体	純水

## 2.1.5 ほう酸水注入系ポンプ吸込弁

### (1) 構造

ほう酸水注入系ポンプ吸込弁は、口径 80 A、圧力クラス 150 LB の電動玉形弁で、2 台設置されている。

弁本体は、五ほう酸ナトリウム水を内包する耐圧部（弁箱、弁ふた、ジョイントボルト・ナット、軸封部）、五ほう酸ナトリウム水を仕切る隔離部（弁体、弁座）及び弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒、ヨーク）からなる。

五ほう酸ナトリウム水に接する弁箱及び弁ふたはステンレス鋳鋼、弁体及び弁座はステンレス鋼で製作されており、軸封部には流体の漏れを防止するためグランドパッキングが使用されている。

なお、当該弁については、駆動部を切り離し、ジョイントボルト・ナットを取り外すことにより、弁内部の点検手入れが可能である。

ほう酸水注入系ポンプ吸込弁の構造図を図 2.1-5 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

ほう酸水注入系ポンプ吸込弁主要部位の使用材料を表 2.1-9 に、使用条件を表 2.1-10 に示す。

No.	部 位
①	弁箱
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	弁体
⑤	弁座
⑥	弁棒
⑦	ヨーク
⑧	ガスケット
⑨	グラウンドパッキン

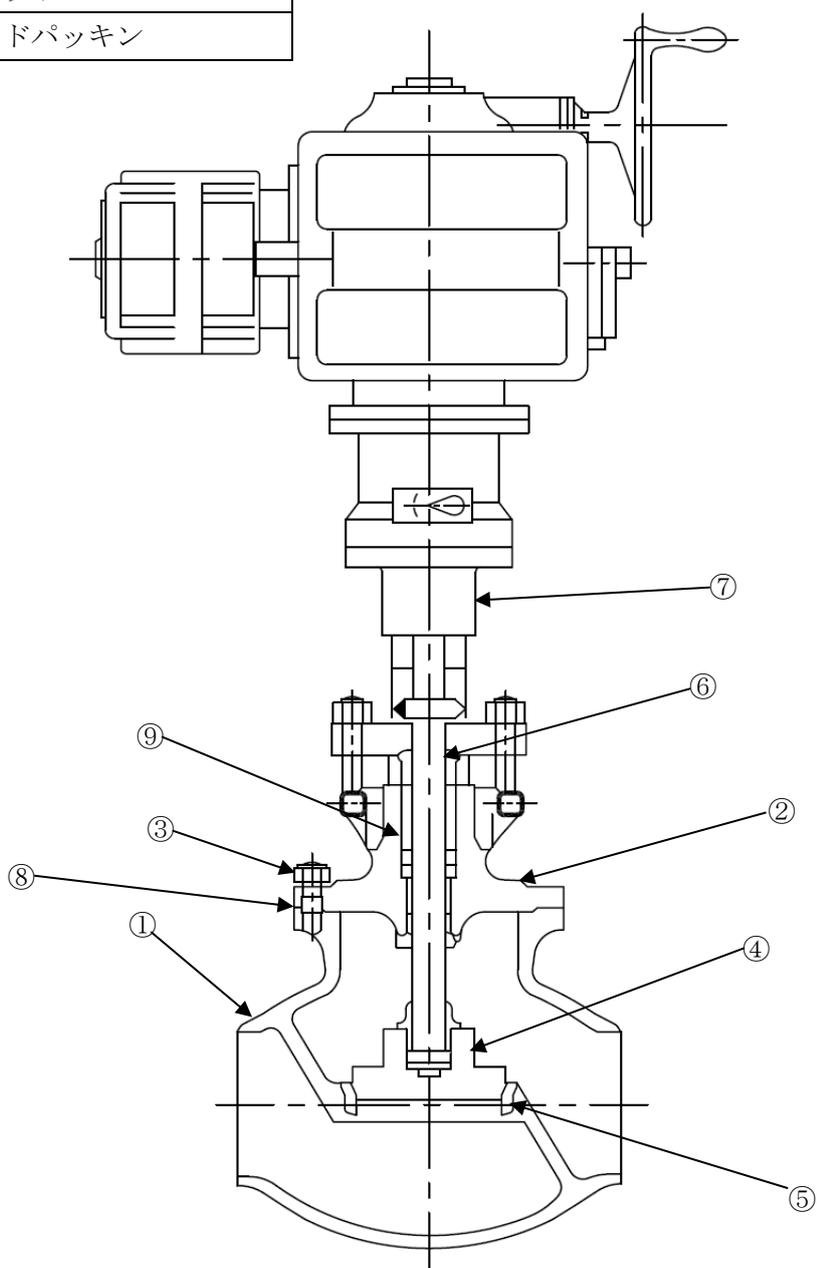


図 2.1-5 ほう酸水注入系ポンプ吸込弁構造図

表 2.1-9 ほう酸水注入系ポンプ吸込弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	ステンレス鋳鋼
		弁ふた	ステンレス鋳鋼
		ジョイントボルト	低合金鋼
		ジョイントナット	低合金鋼
	シール	ガスケット	(消耗品)
		グランドパッキン	(消耗品)
隔離機能の維持	隔離	弁体	ステンレス鋼 (ステライト肉盛)
		弁座	ステンレス鋼 (ステライト肉盛)
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼
		ヨーク	炭素鋼鋳鋼

表 2.1-10 ほう酸水注入系ポンプ吸込弁の使用条件

最高使用圧力	約 1.4 MPa
最高使用温度	66 °C
内部流体	五ほう酸ナトリウム水

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

玉形弁の機能である流体仕切機能（絞り機能含む）の達成に必要な項目は以下のとおり。

- ① バウンダリの維持
- ② 隔離機能の維持
- ③ 作動機能の維持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

玉形弁について、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の材料、構造、使用条件（内部流体、圧力、温度等）及び現在までの運転経験を考慮し、代表機器毎に表 2.2-1 に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

なお、消耗品及び定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

グランドパッキン及びガスケットは消耗品であり、設計時に長期使用せず取替を前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

(3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

想定される経年劣化事象のうち主要 6 事象に該当する事象及び下記①, ②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。なお, 下記①, ②に該当する事象については, 2.2.3 項に示すとおり, 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

- ① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって, 想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの (日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△)
- ② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により, 今後も経年劣化の進展が考えられない, または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象 (日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲)

この結果, 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象として以下の事象が抽出された (表 2.2-1 で○)。

- a. 弁箱の疲労割れ [原子炉冷却材浄化系 RPV ドレン弁]

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

a. ベローズの応力腐食割れ [原子炉冷却材浄化系 RPV ドレン弁, 原子炉冷却材浄化系入口流量計装元弁]

ベローズは高ニッケル合金で、内部流体が純水であることから、応力腐食割れが想定されるが、分解点検時に目視点検及び漏えい試験にて健全性を確認している。

また、これまでの点検結果からも割れは確認されておらず、今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. 弁箱, 弁ふた及び弁座の腐食（流れ加速型腐食（FAC））[原子炉冷却材浄化系 RPV ドレン弁]

弁箱, 弁ふた及び弁座は炭素鋼で、内部流体が純水であることから、腐食（FAC）の発生が想定されるが、分解点検時の目視点検により、有意な腐食が確認された場合は、必要に応じて補修または取替を行うこととしている。

また、冷温停止状態においては、プラント運転状態と異なり、流速ならびに温度が低いことから、腐食（FAC）が発生する可能性はない。

今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. 弁棒の疲労割れ [共通]

電動弁については、バックシートが効く位置の手前でリミットスイッチが切れ、動作が止まるように設定されているため、弁棒及びバックシート部へ過負荷は加わらない。一部の電動弁では、全開位置をトルク切れによって調整しており、トルク設定値を高くすると、弁棒のバックシート部は常に高い応力がかかった状態となり、配管振動等による疲労が蓄積し、弁棒に疲労割れを起こす可能性がある。しかし、通常はバックシートが効く程度の力で動作が止まるようトルク設定されており、これまでの点検結果からも割れは確認されていない。

手動弁については開操作時に、バックシート部への過負荷がかからないように適切な操作を行うこととしており、これまでの点検結果からも割れは確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）[共通]

ジョイントボルト・ナットは低合金鋼であることから、腐食の発生が想定されるが、分解点検時に目視にて健全性を確認している。

また、これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. 弁箱，弁ふた，弁体及び弁座の腐食（全面腐食）[原子炉補機冷却水系 RHR 熱交換器 RCW 出口弁]

弁箱，弁ふた，弁体及び弁座は炭素鋼鋳鋼または炭素鋼であることから、腐食の発生が想定されるが、内部流体の冷却水には防錆剤が注入されているため、腐食が発生する可能性は小さい。

また、これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f. 弁箱，弁ふた，弁体，弁座及び弁棒の腐食（全面腐食）[ほう酸水注入系ポンプ吸込弁]

弁箱，弁ふた，弁体，弁座及び弁棒はステンレス鋼またはステンレス鋳鋼で、内部流体が五ほう酸ナトリウム水であるが、ステンレス鋼は耐食性が高いため、腐食が発生する可能性は小さい。

また、これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

g. ヨークの腐食（全面腐食）[共通]

ヨークは、炭素鋼鋳鋼または炭素鋼であることから、腐食の発生が想定されるが、大気接触部は防食塗装を施しており、必要に応じて補修を行うこととしている。

また、これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

h. ベローズの疲労割れ [原子炉冷却材浄化系 RPV ドレン弁, 原子炉冷却材浄化系入口流量計装元弁]

ベローズを有する弁は作動頻度が少ないため、ベローズの疲労割れが発生する可能性は小さい。

また、これまでの点検結果からも割れは確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- (2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。

表 2.2-1 (1/5) 原子炉冷却材浄化系 RPV ドレン弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		炭素鋼		△*2	○				*1:ステライト肉盛 *2:FAC	
		弁ふた		炭素鋼*1		△*2						
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	シール	ベローズ		高ニッケル合金			△	△				
		ガスケット	◎									
		グランドパッキン	◎									
隔離機能の維持	隔離	弁体		ステンレス鋼*1								
		弁座		炭素鋼*1		△*2						
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		ステンレス鋼			△					
		ヨーク		炭素鋼鋳鋼		△						

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (2/5) 原子炉補機冷却水系 RHR 熱交換器 RCW 出口弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの 維持	耐圧	弁箱		炭素鋼鋳鋼		△					*:ステライト肉盛	
		弁ふた		炭素鋼鋳鋼		△						
		ジョイントボルト・ ナット		低合金鋼		△						
	シール	ガスケット	◎									
		グランドパッキン	◎									
隔離機能 の維持	隔離	弁体		炭素鋼鋳鋼*		△						
		弁座		炭素鋼		△						
作動機能 の維持	駆動力伝達	弁棒		ステンレス鋼			△					
		ヨーク		炭素鋼鋳鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (3/5) 高圧窒素ガス供給系 SRV 用窒素ガス PCV 外側隔離弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		ステンレス鋼*							*:ステライト肉盛	
		弁ふた		ステンレス鋼*								
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	シール	ガスケット	◎									
		グランドパッキン	◎									
隔離機能の維持	隔離	弁体		ステンレス鋼*								
		弁座		ステンレス鋼*								
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		ステンレス鋼			△					
		ヨーク		炭素鋼鋳鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (4/5) 原子炉冷却材浄化系入口流量計装元弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		ステンレス鋼							*:ステライト肉盛	
		弁ふた		ステンレス鋼*								
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	シール	ガスケット	◎									
		グランドパッキン	◎									
		ベローズ		高ニッケル合金			△	△				
隔離機能の維持	隔離	弁体		ステンレス鋼*								
		弁座		ステンレス鋼*								
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		ステンレス鋼			△					
		ヨーク		炭素鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (5/5) ほう酸水注入系ポンプ吸込弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		ステンレス鋳鋼		△					*:ステライト肉盛	
		弁ふた		ステンレス鋳鋼		△						
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	シール	ガスケット	◎									
		グランドパッキン	◎									
隔離機能の維持	隔離	弁体		ステンレス鋼*		△						
		弁座		ステンレス鋼*		△						
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		ステンレス鋼		△	△					
		ヨーク		炭素鋼鋳鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

## 2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

### (1) 弁箱の疲労割れ [原子炉冷却材浄化系 RPV ドレン弁]

#### a. 事象の説明

原子炉冷却材浄化系 RPV ドレン弁は、プラントの起動・停止時等の熱過渡による疲労が蓄積される可能性がある。

#### b. 技術評価

##### ① 健全性評価

原子炉冷却材浄化系 RPV ドレン弁について、応力算出ならびに評価を実施した。疲労評価は、運転実績に基づいた現時点（2022年8月11日時点）の過渡回数を用いて、「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 2005年版（2007年追補版を含む）」に基づき実施した。評価部位を図 2.3-1 に、運転実績に基づく現時点（2022年8月11日時点）の値を表 2.3-1 に示す。

なお、使用環境を考慮した疲労については、日本機械学会「発電用原子力設備規格 環境疲労評価手法 JSME S NF1-2009」に基づいて評価した。

この結果、表 2.3-2 に示すとおり、疲れ累積係数は許容値 1 以下であり、疲労割れ発生の可能性は小さいと判断する。

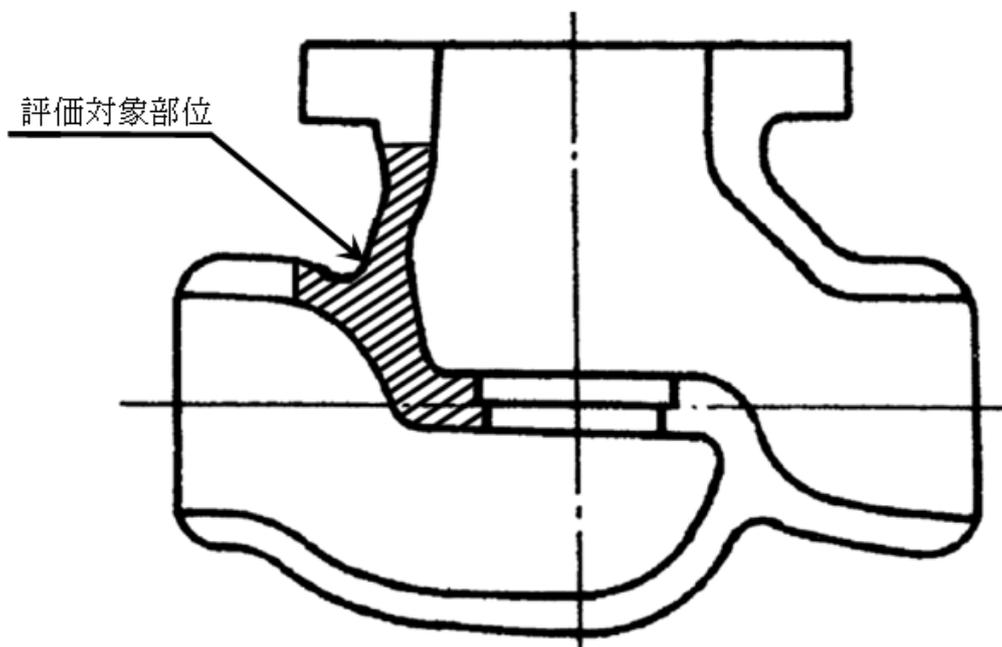


图 2.3-1 玉形弁疲劳评估部位

表 2.3-1 原子炉冷却材浄化系 RPV ドレン弁の疲労評価用過渡条件

運転条件	運転実績に基づく過渡回数 (2022年8月11日時点)
耐圧試験	12
起動 (昇温)	26
起動 (タービン起動)	26
スクラム (タービントリップ)	10
スクラム (その他)	3
停止	26

表 2.3-2 原子炉冷却材浄化系 RPV ドレン弁の疲労評価結果

評価対象	運転実績回数に基づく疲れ累積係数 (許容値：1 以下)	
	設計・建設規格の 疲労曲線による解析	環境疲労 評価手法による解析
	現時点 (2022年8月11日時点)	現時点 (2022年8月11日時点)
原子炉冷却材浄化系 RPV ドレン弁	0.011	0.282

② 現状保全

弁箱の疲労割れに対しては、弁分解時に目視にて弁箱内面に有意な欠陥がないことを確認している。

また、社団法人日本原子力学会標準「原子力発電所の高経年化対策実施基準：2021」（AESJ-SC-P005：2021）に基づき、次回高経年化技術評価時に、実過渡回数確認による疲労評価を行うこととしている。

③ 総合評価

原子炉冷却材浄化系 RPV ドレン弁は、疲労割れ発生の可能性が十分に小さく、次回高経年化技術評価時に、実過渡回数確認による疲労評価を行うことが有効と判断する。

なお、当面の冷温停止状態においては、有意な熱過渡はなく、今後の疲労割れの発生・進展する可能性はない。

また、割れは分解点検時の目視点検にて検知可能であり、現状の保全は点検手法として適切であると判断する。

c. 高経年化への対応

弁箱の疲労割れについては、高経年化対策の観点から現状保全の内容に追加すべき項目はなく、今後も現状保全を継続していく。

### 3. 代表機器以外への展開

本章では、2章で実施した代表機器の技術評価結果について、1章で実施したグループ化で代表機器となっていない機器への展開について検討した。

#### [対象系統]

- ① 給水系
- ② 制御棒駆動系
- ③ ほう酸水注入系
- ④ 残留熱除去系
- ⑤ 低圧炉心スプレイ系
- ⑥ 高圧炉心スプレイ系
- ⑦ 漏えい検出系
- ⑧ 原子炉冷却材浄化系
- ⑨ 燃料プール冷却浄化系
- ⑩ 液体固体廃棄物処理系
- ⑪ 復水補給水系
- ⑫ 原子炉補機冷却水系
- ⑬ 換気空調補機非常用冷却水系
- ⑭ 高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系
- ⑮ 計装用圧縮空気系
- ⑯ 試料採取系
- ⑰ 事故後サンプリング系
- ⑱ 可燃性ガス濃度制御系

### 3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

### 3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

a. ベローズの応力腐食割れ [純水系高ニッケル合金のベローズを有する弁共通]

代表機器同様、ベローズは高ニッケル合金で、内部流体が純水であることから、応力腐食割れが想定されるが、分解点検時に目視点検及び漏えい試験にて健全性を確認している。

また、これまでの点検結果からも応力腐食割れは確認されておらず、今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. 弁箱、弁ふた、弁体及び弁座の腐食（流れ加速型腐食（FAC）） [純水系炭素鋼玉形弁：給水系、残留熱除去系、低圧炉心スプレイ系、原子炉冷却材浄化系、燃料プール冷却浄化系]

代表機器同様、弁箱、弁ふた、弁体及び弁座が炭素鋼または炭素鋼鋳鋼で、内部流体が純水であることから、腐食（FAC）の発生が想定されるが、分解点検時に目視点検を実施し、有意な腐食が確認された場合は、必要に応じて補修または取替を行うこととしている。

また、冷温停止状態においては、プラント運転状態と異なり、流速ならびに温度が低いことから、腐食（FAC）が発生する可能性はない。

今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. 弁棒の疲労割れ [共通]

代表機器同様、電動弁については、バックシートが効く位置の手前でリミットスイッチが切れ、動作が止まるように設定されているため、弁棒及びバックシート部へ過負荷は加わらない。

一部の電動弁では、全開位置をトルク切れによって調整しており、トルク設定値を高くすると、弁棒のバックシート部は常に高い応力がかかった状態となり、配管振動等による疲労が蓄積し、弁棒に疲労割れを起こす可能性がある。しかし、通常はバックシートが効く程度の力で動作が止まるようトルク設定されており、これまでの点検結果からも割れは確認されていない。

手動弁については開操作時に、バックシート部への過負荷がかからないように適切な操作を行うこととしており、これまでの点検結果からも割れは確認されていない。

また、空気作動弁についても作動空気圧が小さいため、バックシート部へ過負荷はかからない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食） [低合金鋼または炭素鋼のジョイントボルト・ナットを有する弁共通]

代表機器同様、ジョイントボルト・ナットは低合金鋼または炭素鋼であることから、腐食の発生が想定されるが、分解点検時に目視にて健全性を確認している。

また、これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. 弁箱、弁ふた、弁体及び弁座の腐食（全面腐食） [純水系炭素鋼玉形弁：低圧炉心スプレイ系，高圧炉心スプレイ系，復水補給水系，可燃性ガス濃度制御系]

弁箱、弁ふた、弁体及び弁座が炭素鋼または炭素鋼鋳鋼で、内部流体が純水である玉形弁については腐食の発生が想定されるが、分解点検時に目視にて健全性を確認している。

また、これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- f. 弁箱，弁ふた，弁体及び弁座の腐食（全面腐食）〔冷却水系炭素鋼玉形弁：原子炉補機冷却水系，換気空調補機非常用冷却水系，高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系〕

代表機器同様，弁箱，弁ふた，弁体及び弁座が炭素鋼鋳鋼または炭素鋼であることから，腐食の発生が想定されるが，内部流体の冷却水には防錆剤が注入されているため，腐食が発生する可能性は小さい。

また，これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- g. 弁箱，弁ふた，弁体，弁座及び弁棒の腐食（全面腐食）〔ほう酸水系ステンレス鋼玉形弁：ほう酸水注入系〕

代表機器同様，弁箱，弁ふた，弁体，弁座及び弁棒はステンレス鋼で，内部流体が五ほう酸ナトリウム水であるが，ステンレス鋼は耐食性が高いため，腐食が発生する可能性は小さい。

また，これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- h. ヨークの腐食（全面腐食）〔炭素鋼，炭素鋼鋳鋼のヨークを有する弁共通〕

代表機器同様，ヨークは炭素鋼または炭素鋼鋳鋼であることから，腐食の発生が想定されるが，大気接触部は防食塗装を施しており，必要に応じて補修を行うこととしている。

また，これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- i. ベローズの疲労割れ〔ベローズを有する弁共通〕

代表機器同様，ベローズを有する弁は作動頻度が少ないため，ベローズの疲労割れが発生する可能性は小さい。

また，これまでの点検結果からも割れは確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- (2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

代表機器同様、日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。

以 上

### 3 逆止弁

[対象系統]

- ① 給水系
- ② 制御棒駆動系
- ③ ほう酸水注入系
- ④ 残留熱除去系
- ⑤ 低圧炉心スプレイ系
- ⑥ 高圧炉心スプレイ系
- ⑦ 原子炉冷却材浄化系
- ⑧ 燃料プール冷却浄化系
- ⑨ 液体固体廃棄物処理系
- ⑩ 原子炉補機冷却水系
- ⑪ 換気空調補機常用冷却水系
- ⑫ 換気空調補機非常用冷却水系
- ⑬ 原子炉補機冷却海水系
- ⑭ 高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却海水系
- ⑮ 計装用圧縮空気系
- ⑯ 事故後サンプリング系
- ⑰ 可燃性ガス濃度制御系

# 目 次

1. 対象機器及び代表機器の選定	3-1
1.1 グループ化の考え方及び結果	3-1
1.2 代表機器の選定	3-1
2. 代表機器の技術評価	3-5
2.1 構造, 材料及び使用条件	3-5
2.1.1 可燃性ガス濃度制御系出口逆止弁	3-5
2.1.2 給水系原子炉給水ライン外側隔離弁	3-8
2.1.3 原子炉補機冷却水系ポンプ吐出逆止弁	3-11
2.1.4 原子炉補機冷却海水系ポンプ吐出逆止弁	3-14
2.1.5 高圧窒素ガス供給系 SRV 用窒素ガス PCV 内側隔離弁	3-17
2.1.6 ほう酸水注入系 PCV 外側逆止弁	3-20
2.1.7 ほう酸水注入系ほう酸水注入ポンプ吐出側逆止弁	3-23
2.2 経年劣化事象の抽出	3-26
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目	3-26
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象	3-26
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象	3-28
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価	3-38
3. 代表機器以外への展開	3-43
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象	3-44
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象	3-45

## 1. 対象機器及び代表機器の選定

主要な逆止弁の主な仕様を表 1-1 に示す。

これらの逆止弁を材料及び内部流体の観点からグループ化し、それぞれのグループより代表機器を選定した。

### 1.1 グループ化の考え方及び結果

材料及び内部流体を分類基準とし、逆止弁を表 1-1 に示すとおりグループ化する。

弁箱材料は炭素鋼，ステンレス鋼に分類され，流体はガス，純水，冷却水（防錆剤入り純水），五ほう酸ナトリウム水及び海水に分類される。

### 1.2 代表機器の選定

表 1-1 に分類したグループ毎に，原則として重要度，運転状態，最高使用温度，最高使用圧力及び口径の観点から代表機器を選定する。

#### (1) ガス系炭素鋼逆止弁（内部流体：ガス，弁箱材質：炭素鋼）

ガス系ラインに使用されている炭素鋼逆止弁のうち，口径の観点から，可燃性ガス濃度制御系出口逆止弁を代表機器とする。

(T49-F005A/B, 150 A, 150 LB)

#### (2) 純水系炭素鋼逆止弁（内部流体：純水，弁箱材質：炭素鋼）

純水系ラインに使用されている炭素鋼逆止弁のうち，重要度及び運転状態の観点から，給水系原子炉給水ライン外側隔離弁を代表機器とする。

(B21-A0-F051A/B, 500 A, 900 LB)

#### (3) 冷却水系炭素鋼逆止弁（内部流体：冷却水（防錆剤入り純水），弁箱材質：炭素鋼）

冷却水系ラインに使用されている炭素鋼逆止弁のうち，運転状態及び口径の観点から，原子炉補機冷却水系ポンプ吐出逆止弁を代表機器とする。

(P21-F002A～D, 500 A, 150 LB)

#### (4) 海水系炭素鋼逆止弁（内部流体：海水，弁箱材質：炭素鋼）

海水系ラインに使用されている炭素鋼逆止弁のうち，運転状態の観点から，原子炉補機冷却海水系ポンプ吐出逆止弁を代表機器とする。

(P41-F001A～D, 550 A, JIS 10K)

- (5) ガス系ステンレス鋼逆止弁（内部流体：ガス，弁箱材質：ステンレス鋼）  
ガス系ラインに使用されているステンレス鋼逆止弁のうち，最高使用温度の観点から，  
高圧窒素ガス供給系 SRV 用窒素ガス PCV 内側隔離弁を代表機器とする。  
(P54-F009, 25 A, 300 LB)
- (6) 純水系ステンレス鋼逆止弁（内部流体：純水，弁箱材質：ステンレス鋼）  
純水系ラインに使用されているステンレス鋼逆止弁のうち，重要度の観点から，ほう  
酸水注入系 PCV 外側逆止弁を代表機器とする。  
(C41-F007, 40 A, 1, 500 LB)
- (7) 五ほう酸ナトリウム水系ステンレス鋼逆止弁（内部流体：五ほう酸ナトリウム水，弁箱  
材質：ステンレス鋼）  
五ほう酸ナトリウム水系ラインに使用されているステンレス鋼逆止弁は，ほう酸水注  
入系ほう酸水注入ポンプ吐出側逆止弁のみであり，この弁を代表機器とする。  
(C41-F004A/B, 40 A, 900 LB)

表 1-1 (1/2) 逆止弁のグループ化及び代表機器の選定

分類基準		系統名称	選定基準					代表選定	代表弁	選定理由
材料	内部流体		重要度*1	使用条件						
				口径 (A)	運転状態*2	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)			
炭素鋼	ガス (空気, 窒素)	可燃性ガス濃度制御系	MS-1	50~150	一時 (一時)	約 0.3	171	◎	可燃性ガス濃度制御系出口逆止弁 (スイング型, 150A, 約 0.3MPa, 171°C, 150LB) T49-F005A/B	口径
	純水	残留熱除去系	PS-1	25~500	連続 (連一*3)	約 3.4~10.4	100~302		給水系原子炉給水ライン外側隔離弁 (スイング型, 500A, 約 8.6MPa, 302°C, 900LB) B21-A0-F051A/B	重要度, 運転状態
		低圧炉心スプレイ系	PS-1	25~400	連一*3 (連一*3)	約 4.4~8.6	100~302			
		高圧炉心スプレイ系	PS-1	50~600	一時 (一時)	約 1.4~10.8	100~302			
		原子炉冷却材浄化系	PS-2	100~150	連続 (連続)	約 10.0	66~302			
		給水系	PS-1	500	連続 (連続)	約 8.6	302	◎		
	冷却水*4	原子炉補機冷却水系	MS-1	200~500	連続 (連続)	約 1.4	70	◎	原子炉補機冷却水系ポンプ吐出逆止弁 (スイング型, 500A, 約 1.4MPa, 70°C, 150LB) P21-F002A~D	運転状態, 口径
		換気空調補機常用冷却水系	MS-1	200	連続 (連続)	約 1.4	70			
		換気空調補機非常用冷却水系	MS-1	150	一時 (一時)	約 1.4	70			
	海水	原子炉補機冷却海水系	MS-1	550	連続 (連続)	約 0.6	50	◎	原子炉補機冷却海水系ポンプ吐出逆止弁 (スイング型, 550A, 約 0.6MPa, 50°C, JIS 10K) P41-F001A~D	運転状態
高圧炉心スプレイディージェル補機冷却海水系		MS-1	250	一時 (一時)	約 0.7	50				

\*1: 最上位の重要度を示す

\*2: 上段は冷温停止状態時における運転状態, 下段の ( ) は断続的運転時の運転状態を示す

\*3: 連続/一時

\*4: 防錆剤入り純水

表 1-1 (2/2) 逆止弁のグループ化及び代表機器の選定

分類基準		系統名称	選定基準					代表選定	代表弁	選定理由
材料	内部流体		重要度*1	使用条件						
				口径 (A)	運転状態*2	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)			
ステンレス鋼	ガス (空気, 窒素)	計装用圧縮空気系	MS-1	25~50	連続 (連続)	約 0.9~1.8	66~171	◎	高圧窒素ガス供給系 SRV 用窒素ガス PCV 内側隔離弁 (リフト型, 25A, 約 1.8MPa, 171°C, 300LB) P54-F009	最高使用温度
	純水	制御棒駆動系	高*3	15~50	連続 (連続)	約 2.8~13.8	66		ほう酸水注入系 PCV 外側逆止弁 (リフト型, 40A, 約 8.6MPa, 302°C, 1,500LB) C41-F007	重要度
		ほう酸水注入系	MS-1	40	一時 (一時)	約 8.6	302	◎		
		原子炉冷却材浄化系	高*3	20	連続 (連続)	約 10.0	66			
		燃料プール冷却浄化系	MS-2	150~200	連続 (連続)	約 1.4	66			
		液体固体廃棄物処理系	高*3	40	連続 (連続)	約 2.0	66			
	事故後サンプリング系	高*3	20	一時 (一時)	約 0.3	104				
五ほう酸ナトリウム水	ほう酸水注入系	MS-1	40	一時 (一時)	約 10.8	66	◎	ほう酸水注入系ほう酸水注入ポンプ吐出側逆止弁 (リフト型, 40A, 約 10.8MPa, 66°C, 900LB) C41-F004A/B		

\*1: 最上位の重要度を示す

\*2: 上段は冷温停止状態時における運転状態, 下段の ( ) は断続的運転時の運転状態を示す

\*3: 最高使用温度が 95 °C を超え, または最高使用圧力が 1,900 kPa を超える環境下にある原子炉格納容器外の重要度クラス 3 の機器

## 2. 代表機器の技術評価

本章では、1章で代表機器とした以下の弁について技術評価を実施する。

- ① 可燃性ガス濃度制御系出口逆止弁
- ② 給水系原子炉給水ライン外側隔離弁
- ③ 原子炉補機冷却水系ポンプ吐出逆止弁
- ④ 原子炉補機冷却海水系ポンプ吐出逆止弁
- ⑤ 高圧窒素ガス供給系 SRV 用窒素ガス PCV 内側隔離弁
- ⑥ ほう酸水注入系 PCV 外側逆止弁
- ⑦ ほう酸水注入系ほう酸水注入ポンプ吐出側逆止弁

### 2.1 構造、材料及び使用条件

#### 2.1.1 可燃性ガス濃度制御系出口逆止弁

##### (1) 構造

可燃性ガス濃度制御系出口逆止弁は、口径 150 A、圧力クラス 150 LB のスイング型逆止弁で、2 台設置されている。

弁本体はガス（空気、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（空気、窒素）を仕切る隔離部（スイング型弁体、弁座）及び弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（アーム、弁棒）からなる。

ガス（空気、窒素）に接する弁箱及びアームは炭素鋼鋳鋼、弁ふた、弁体及び弁座は炭素鋼で製作されている。

なお、当該弁については、ジョイントボルト・ナットを取り外すことにより、弁内部の点検手入れが可能である。

可燃性ガス濃度制御系出口逆止弁の構造図を図 2.1-1 に示す。

##### (2) 材料及び使用条件

可燃性ガス濃度制御系出口逆止弁主要部位の使用材料を表 2.1-1 に、使用条件を表 2.1-2 に示す。

No.	部 位
①	弁箱
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	ガスケット
⑤	弁体
⑥	弁座
⑦	アーム
⑧	弁棒

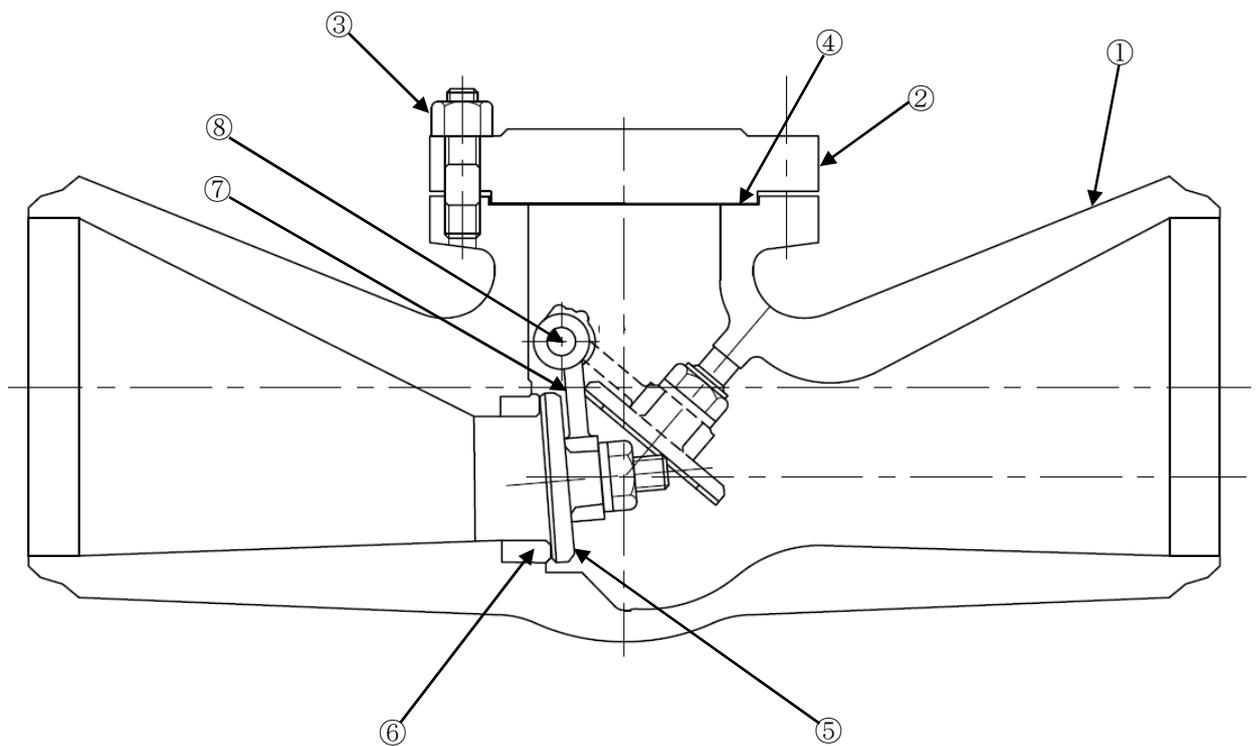


図 2.1-1 可燃性ガス濃度制御系出口逆止弁構造図

表 2.1-1 可燃性ガス濃度制御系出口逆止弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
ハウンドリの維持	耐圧	弁箱	炭素鋼鋳鋼
		弁ふた	炭素鋼
		ジョイントボルト	低合金鋼
		ジョイントナット	低合金鋼
	シール	ガスケット	(消耗品)
隔離機能の維持	隔離	弁体	炭素鋼
		弁座	炭素鋼
作動機能の維持	駆動力伝達	アーム	炭素鋼鋳鋼
		弁棒	ステンレス鋼

表 2.1-2 可燃性ガス濃度制御系出口逆止弁の使用条件

最高使用圧力	約 0.3 MPa
最高使用温度	171 °C
内部流体	ガス (空気, 窒素)

## 2.1.2 給水系原子炉給水ライン外側隔離弁

### (1) 構造

給水系原子炉給水ライン外側隔離弁は、口径 500 A、圧力クラス 900 LB の空気作動式スイング型逆止弁で、2 台設置されている。

弁本体は、純水を内包する耐圧部（弁箱、弁ふた、ジョイントボルト・ナット、軸封部）、純水を仕切る隔離部（スイング型弁体、弁座）及び弁体を支持し駆動力を伝達する駆動力伝達部（アーム、弁棒）からなる。

純水に接する弁箱、弁座及びアームは炭素鋼鋳鋼、弁ふた及び弁体は炭素鋼で製作されており、軸封部には流体の漏れを防止するためグラندパッキンが使用されている。

なお、当該弁については、ジョイントボルト・ナットを取り外すことにより、弁内部の点検手入れが可能である。

給水系原子炉給水ライン外側隔離弁の構造図を図 2.1-2 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

給水系原子炉給水ライン外側隔離弁主要部位の使用材料を表 2.1-3 に、使用条件を表 2.1-4 に示す。

No.	部 位
①	弁箱
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	ガスケット
⑤	グラウンドパッキン
⑥	弁体
⑦	弁座
⑧	アーム
⑨	弁棒

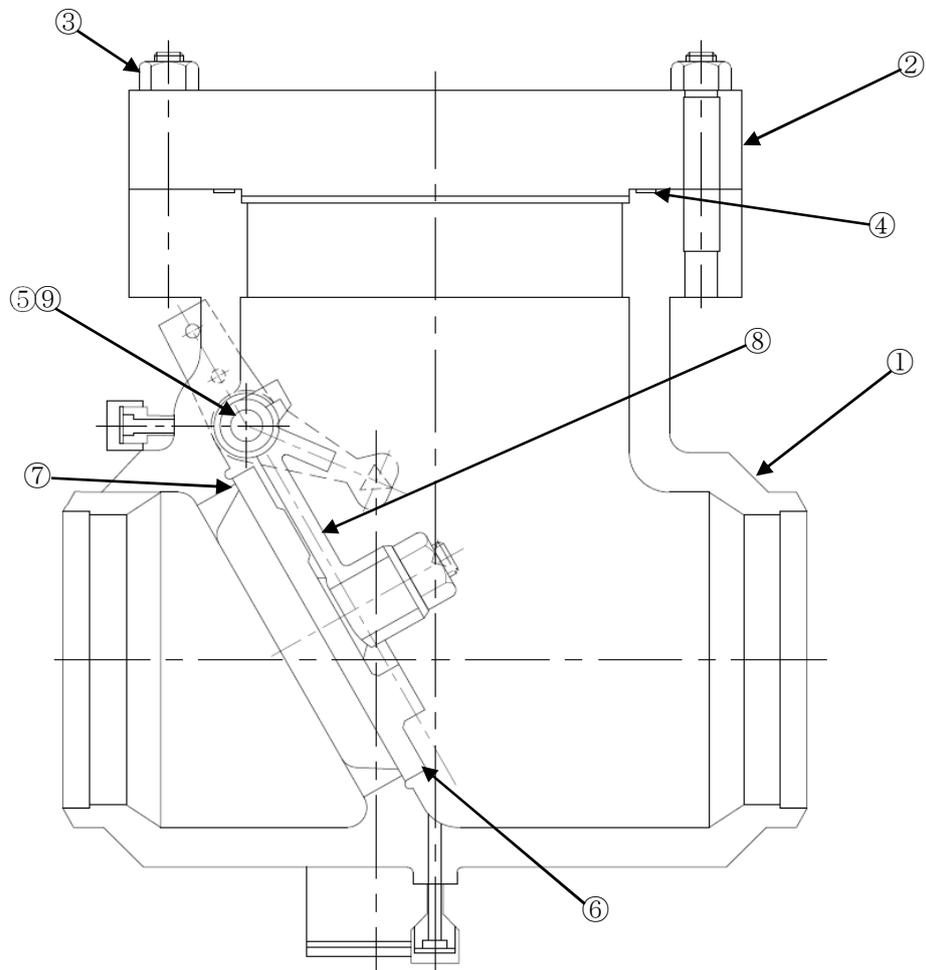


図 2.1-2 給水系原子炉給水ライン外側隔離弁構造図

表 2.1-3 給水系原子炉給水ライン外側隔離弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	炭素鋼鋳鋼
		弁ふた	炭素鋼
		ジョイントボルト	低合金鋼
		ジョイントナット	低合金鋼
	シール	ガスケット	(消耗品)
		グラウンドパッキン	(消耗品)
隔離機能の維持	隔離	弁体	炭素鋼
		弁座	炭素鋼鋳鋼 (ステライト肉盛)
作動機能の維持	駆動力伝達	アーム	炭素鋼鋳鋼
		弁棒	ステンレス鋼

表 2.1-4 給水系原子炉給水ライン外側隔離弁の使用条件

最高使用圧力	約 8.6 MPa
最高使用温度	302 °C
内部流体	純水

### 2.1.3 原子炉補機冷却水系ポンプ吐出逆止弁

#### (1) 構造

原子炉補機冷却水系ポンプ吐出逆止弁は、口径 500 A、圧力クラス 150 LB のスイング型逆止弁で、4 台設置されている。

弁本体は、冷却水（防錆剤入り純水）を内包する耐圧部（弁箱、弁ふた、ジョイントボルト・ナット）、冷却水（防錆剤入り純水）を仕切る隔離部（スイング型弁体、弁座）及び弁体を支持し駆動力を伝達する駆動力伝達部（アーム、弁棒）からなる。

冷却水（防錆剤入り純水）に接する弁箱、弁ふた、弁体及びアームは炭素鋼、弁座は炭素鋼で製作されている。

なお、当該弁については、ジョイントボルト・ナットを取り外すことにより、弁内部の点検手入れが可能である。

原子炉補機冷却水系ポンプ吐出逆止弁の構造図を図 2.1-3 に示す。

#### (2) 材料及び使用条件

原子炉補機冷却水系ポンプ吐出逆止弁主要部位の使用材料を表 2.1-5 に、使用条件を表 2.1-6 に示す。

No.	部 位
①	弁箱
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	ガスケット
⑤	弁体
⑥	弁座
⑦	アーム
⑧	弁棒

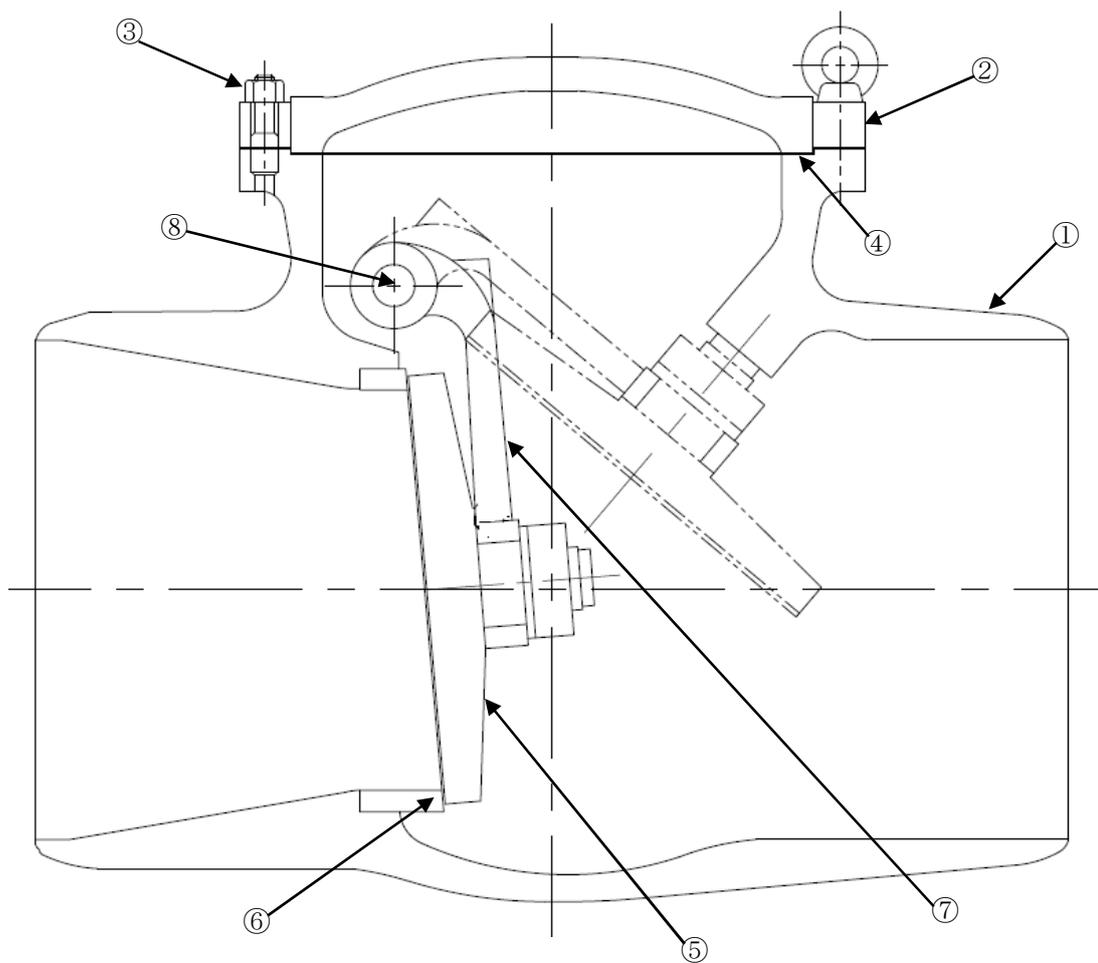


図 2.1-3 原子炉補機冷却水系ポンプ吐出逆止弁構造図

表 2.1-5 原子炉補機冷却水系ポンプ吐出逆止弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	炭素鋼鋳鋼
		弁ふた	炭素鋼鋳鋼
		ジョイントボルト	低合金鋼
		ジョイントナット	低合金鋼
	シール	ガスケット	(消耗品)
隔離機能の維持	隔離	弁体	炭素鋼鋳鋼 (ステライト肉盛)
		弁座	炭素鋼 (ステライト肉盛)
作動機能の維持	駆動力伝達	アーム	炭素鋼鋳鋼
		弁棒	ステンレス鋼

表 2.1-6 原子炉補機冷却水系ポンプ吐出逆止弁の使用条件

最高使用圧力	約 1.4 MPa
最高使用温度	70 °C
内部流体	冷却水 (防錆剤入り純水)

#### 2.1.4 原子炉補機冷却海水系ポンプ吐出逆止弁

##### (1) 構造

原子炉補機冷却海水系ポンプ吐出逆止弁は、口径 550 A、圧力クラス JIS 10K のスイング型逆止弁で、4 台設置されている。

弁本体は海水を内包する耐圧部（弁箱，弁ふた，ジョイントボルト・ナット），海水を仕切る隔離部（スイング型弁体（アーム一体型），弁座）及び弁体を支持し駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒）からなる。

海水に接する弁箱，弁ふた及び弁体は炭素鋼鋳鋼，弁座はステンレス鋼で製作されている。

なお，当該弁については，ジョイントボルト・ナットを取り外すことにより，弁内部の点検手入りが可能である。

原子炉補機冷却海水系ポンプ吐出逆止弁の構造図を図 2.1-4 に示す。

##### (2) 材料及び使用条件

原子炉補機冷却海水系ポンプ吐出逆止弁主要部位の使用材料を表 2.1-7 に，使用条件を表 2.1-8 に示す。

No.	部 位
①	弁箱
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	ガスケット
⑤	Oリング
⑥	弁体 (アーム一体型)
⑦	弁座
⑧	弁棒

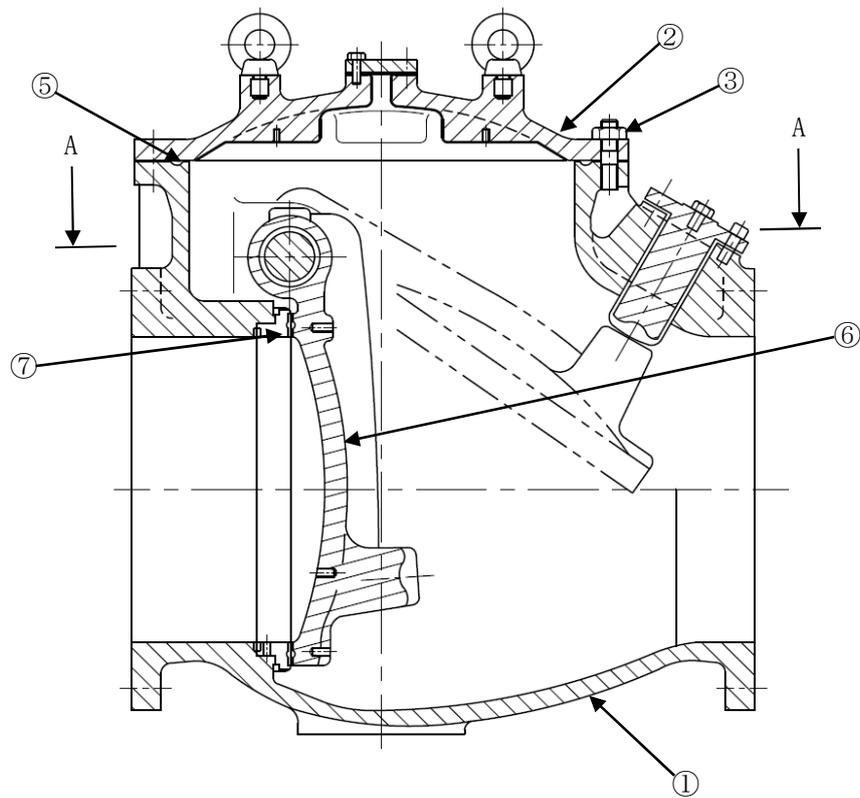
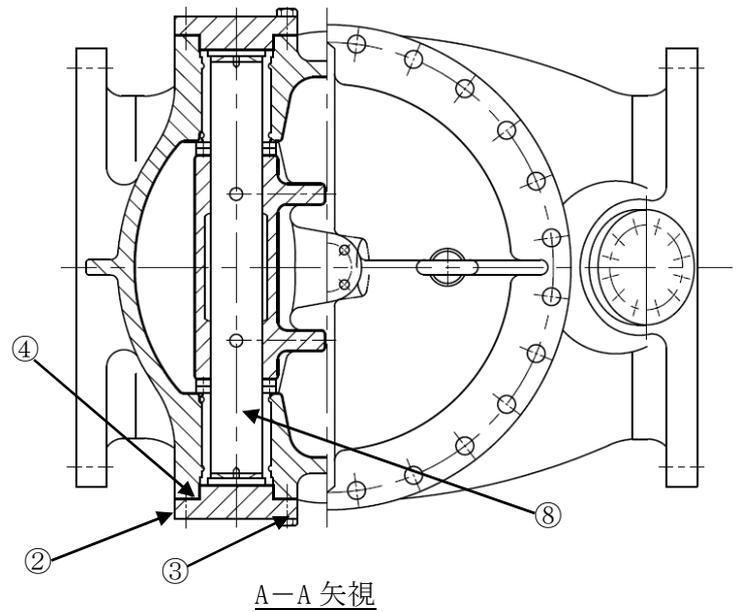


図 2.1-4 原子炉補機冷却海水系ポンプ吐出逆止弁構造図

表 2.1-7 原子炉補機冷却海水系ポンプ吐出逆止弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	炭素鋼鋳鋼
		弁ふた	炭素鋼鋳鋼
		ジョイントボルト	低合金鋼
		ジョイントナット	炭素鋼
	シール	ガスケット	(消耗品)
		Oリング	(消耗品)
隔離機能の維持	隔離	弁体 (アーム一体型)	炭素鋼鋳鋼
		弁座	ステンレス鋼
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼

表 2.1-8 原子炉補機冷却海水系ポンプ吐出逆止弁の使用条件

最高使用圧力	約 0.6 MPa
最高使用温度	50 °C
内部流体	海水

## 2.1.5 高圧窒素ガス供給系 SRV 用窒素ガス PCV 内側隔離弁

### (1) 構造

高圧窒素ガス供給系 SRV 用窒素ガス PCV 内側隔離弁は、口径 25 A、圧力クラス 300 LB のリフト型逆止弁で、1 台設置されている。

弁本体はガス（空気、窒素）を内包する耐圧部（弁箱、弁ふた、ジョイントボルト・ナット）、ガス（空気、窒素）を仕切る隔離部（リフト型弁体、弁座）からなる。

ガス（空気、窒素）に接する弁箱、弁ふた、弁体及び弁座はステンレス鋼で製作されている。

なお、当該弁については、ジョイントボルト・ナットを取り外すことにより、弁内部の点検手入れが可能である。

高圧窒素ガス供給系 SRV 用窒素ガス PCV 内側隔離弁の構造図を図 2.1-5 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

高圧窒素ガス供給系 SRV 用窒素ガス PCV 内側隔離弁主要部位の使用材料を表 2.1-9 に、使用条件を表 2.1-10 に示す。

No.	部 位
①	弁箱
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	ガスケット
⑤	弁体
⑥	弁座

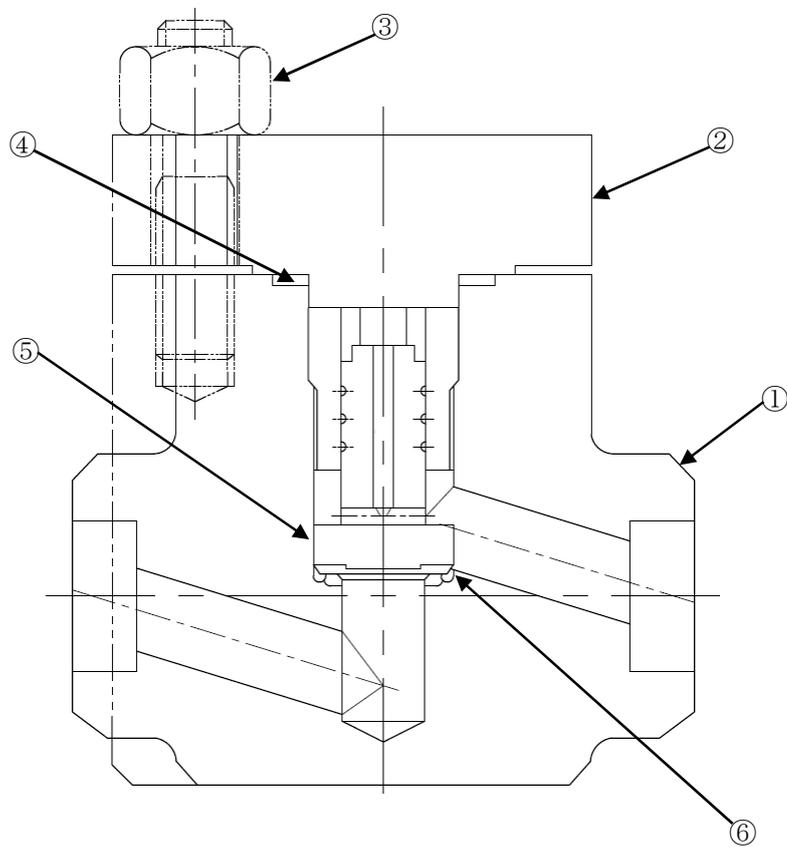


図 2.1-5 高圧窒素ガス供給系 SRV 用窒素ガス PCV 内側隔離弁構造図

表 2.1-9 高压窒素ガス供給系 SRV 用窒素ガス PCV 内側隔離弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	ステンレス鋼
		弁ふた	ステンレス鋼
		ジョイントボルト	低合金鋼
		ジョイントナット	低合金鋼
	シール	ガスケット	(消耗品)
隔離機能の維持	隔離	弁体	ステンレス鋼 (ステライト肉盛)
		弁座	ステンレス鋼 (ステライト肉盛)

表 2.1-10 高压窒素ガス供給系 SRV 用窒素ガス PCV 内側隔離弁の使用条件

最高使用圧力	約 1.8 MPa
最高使用温度	171 °C
内部流体	ガス (空気, 窒素)

## 2.1.6 ほう酸水注入系 PCV 外側逆止弁

### (1) 構造

ほう酸水注入系 PCV 外側逆止弁は、口径 40 A、圧力クラス 1,500 LB のリフト型逆止弁で、1 台設置されている。

弁本体は、純水を内包する耐圧部（弁箱、弁ふた、ジョイントボルト・ナット）、純水を仕切る隔離部（リフト型弁体、弁座）からなる。

純水に接する弁箱及び弁座はステンレス鋳鋼、弁ふた及び弁体はステンレス鋼で製作されている。

なお、当該弁については、ジョイントボルト・ナットを取り外すことにより、弁内部の点検手入れが可能である。

ほう酸水注入系 PCV 外側逆止弁の構造図を図 2.1-6 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

ほう酸水注入系 PCV 外側逆止弁主要部位の使用材料を表 2.1-11 に、使用条件を表 2.1-12 に示す。

No.	部 位
①	弁箱
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	ガスケット
⑤	弁体
⑥	弁座

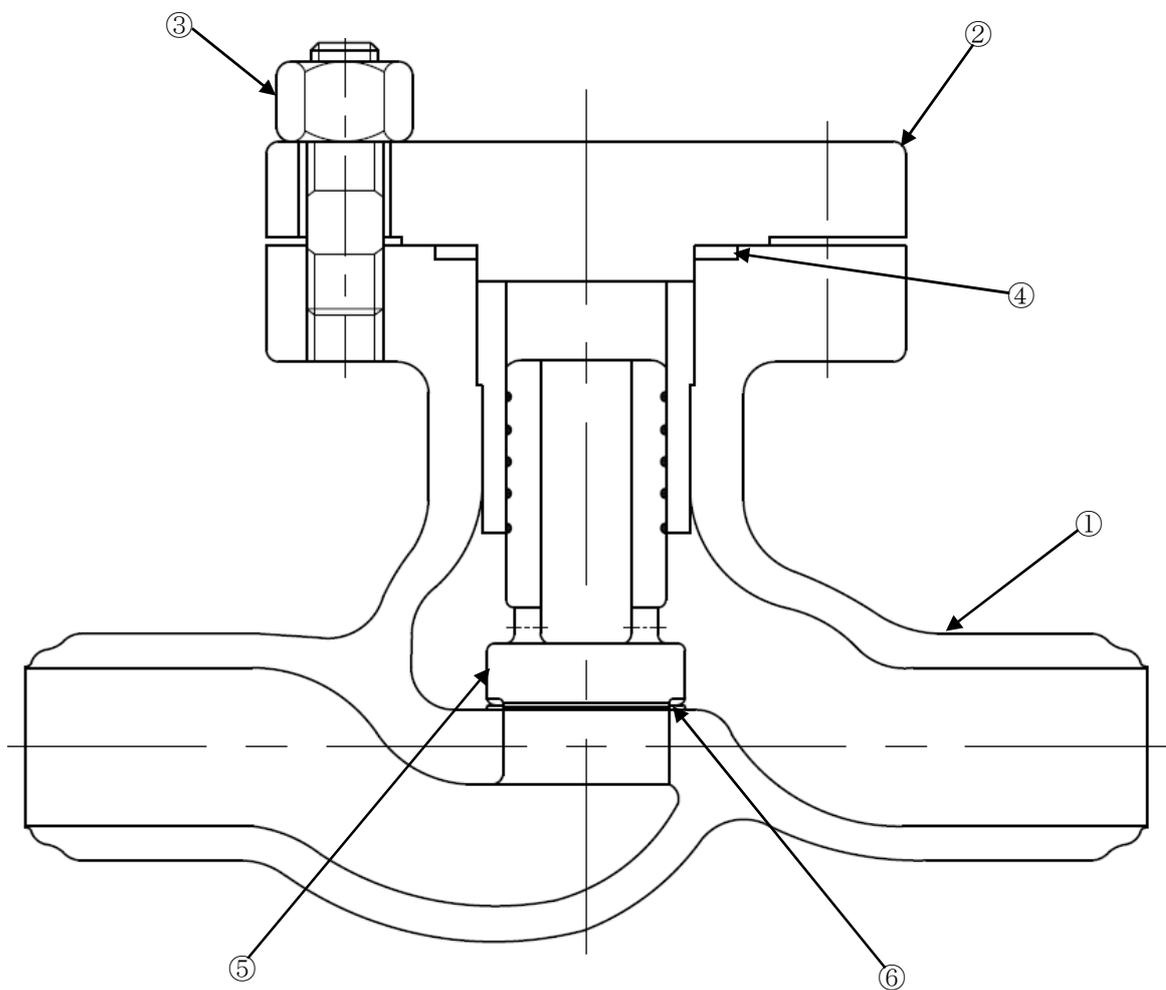


図 2.1-6 ほう酸水注入系 PCV 外側逆止弁構造図

表 2.1-11 ほう酸水注入系 PCV 外側逆止弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	ステンレス鋳鋼
		弁ふた	ステンレス鋼
		ジョイントボルト	低合金鋼
		ジョイントナット	低合金鋼
	シール	ガスケット	(消耗品)
隔離機能の維持	隔離	弁体	ステンレス鋼 (ステライト肉盛)
		弁座	ステンレス鋳鋼 (ステライト肉盛)

表 2.1-12 ほう酸水注入系 PCV 外側逆止弁の使用条件

最高使用圧力	約 8.6 MPa
最高使用温度	302 °C
内部流体	純水

## 2.1.7 ほう酸水注入系ほう酸水注入ポンプ吐出側逆止弁

### (1) 構造

ほう酸水注入系ほう酸水注入ポンプ吐出側逆止弁は、口径 40 A、圧力クラス 900 LB のリフト型逆止弁で、2 台設置されている。

弁本体は五ほう酸ナトリウム水を内包する耐圧部（弁箱、弁ふた、ジョイントボルト・ナット）、五ほう酸ナトリウム水を仕切る隔離部（リフト型弁体、弁座）からなる。

五ほう酸ナトリウム水に接する弁箱及び弁座はステンレス鋳鋼、弁ふた及び弁体はステンレス鋼で製作されている。

なお、当該弁については、ジョイントボルト・ナットを取り外すことにより、弁内部の点検手入れが可能である。

ほう酸水注入系ほう酸水注入ポンプ吐出側逆止弁の構造図を図 2.1-7 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

ほう酸水注入系ほう酸水注入ポンプ吐出側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

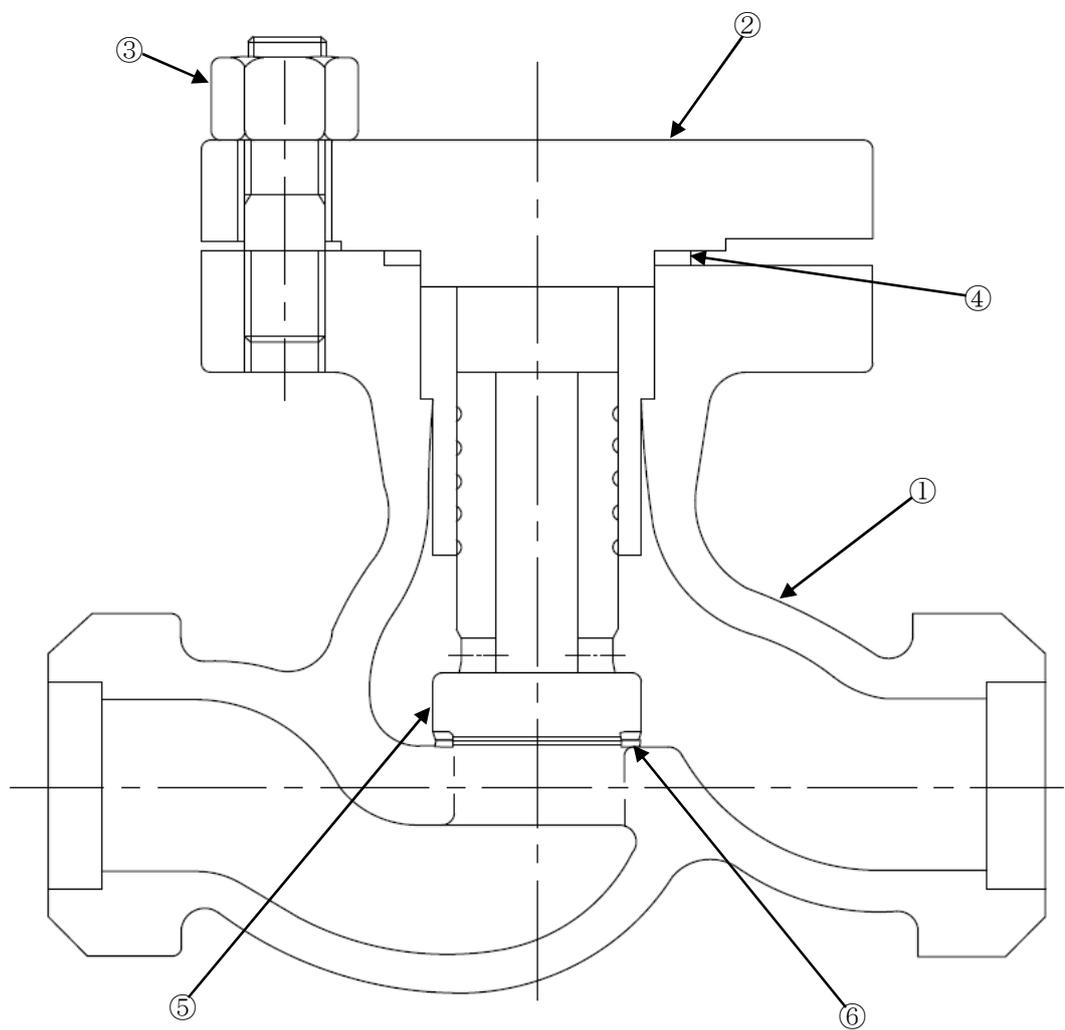


図 2.1-7 ほう酸水注入系ほう酸水注入ポンプ吐出側逆止弁構造図

表 2.1-13 ほう酸水注入系ほう酸水注入ポンプ吐出側逆止弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
ハウンドリの維持	耐圧	弁箱	ステンレス鋳鋼
		弁ふた	ステンレス鋼
		ジョイントボルト	低合金鋼
		ジョイントナット	低合金鋼
	シール	ガスケット	(消耗品)
隔離機能の維持	隔離	弁体	ステンレス鋼 (ステライト肉盛)
		弁座	ステンレス鋳鋼 (ステライト肉盛)

表 2.1-14 ほう酸水注入系ほう酸水注入ポンプ吐出側逆止弁の使用条件

最高使用圧力	約 10.8 MPa
最高使用温度	66 °C
内部流体	五ほう酸ナトリウム水

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

逆止弁の機能である逆流防止機能の達成に必要な項目は以下のとおり。

- ① バウンダリの維持
- ② 隔離機能の維持
- ③ 作動機能の維持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

逆止弁について、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の材料、構造、使用条件（内部流体、圧力、温度等）及び現在までの運転経験を考慮し、代表機器毎に表 2.2-1 に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

なお、消耗品及び定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

グランドパッキン、ガスケット及びOリングは消耗品であり、設計時に長期使用せず取替を前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

(3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

想定される経年劣化事象のうち主要 6 事象に該当する事象及び下記①, ②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。なお, 下記①, ②に該当する事象については, 2.2.3 項に示すとおり, 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

- ① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって, 想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの (日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△)
- ② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により, 今後も経年劣化の進展が考えられない, または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象 (日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲)

この結果, 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象として以下の事象が抽出された (表 2.2-1 で○)。

- a. 弁箱の疲労割れ [給水系原子炉給水ライン外側隔離弁]

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

a. アームと弁体・弁棒連結部の摩耗 [可燃性ガス濃度制御系出口逆止弁，給水系原子炉給水ライン外側隔離弁，原子炉補機冷却水系ポンプ吐出逆止弁，原子炉補機冷却海水系ポンプ吐出逆止弁]

スイング型逆止弁は，アームと弁体の連結部を固定しているナットがゆるんだ場合に，アームと弁体連結部及び弁棒連結部の摩耗が想定されるが，ナットの廻り止め等を行うことでゆるみの発生を防止している。

また，分解点検時の目視点検により，有意な摩耗が確認された場合は，必要に応じて補修または取替を行うこととしている。

今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. 弁箱，弁ふた，弁体及び弁座の腐食（全面腐食） [可燃性ガス濃度制御系出口逆止弁]

弁箱，弁ふた，弁体及び弁座は炭素鋼鋳鋼または炭素鋼で，内部流体が湿分を含んだガス（空気，窒素）であることから，腐食の発生が想定されるが，分解点検時に目視にて健全性を確認している。

また，これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. 弁箱，弁ふた，弁体，弁座及びアームの腐食（流れ加速型腐食（FAC）） [給水系原子炉給水ライン外側隔離弁]

弁箱，弁ふた，弁体，弁座及びアームは，炭素鋼または炭素鋼鋳鋼で，内部流体が純水であることから，腐食（FAC）の発生が想定されるが，分解点検時の目視点検により，有意な腐食が確認された場合は，必要に応じて補修または取替を行うこととしている。

また，冷温停止状態においては，プラント運転状態と異なり，流速ならびに温度が低いことから，腐食（FAC）が発生する可能性はない。

今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- d. 弁箱，弁ふた及び弁体の腐食（全面腐食）〔原子炉補機冷却海水系ポンプ吐出逆止弁〕
- 弁箱，弁ふた及び弁体は炭素鋼鋳鋼で，内部流体が海水であることから，腐食の発生が想定されるが，これらは接液部にライニングが施されているため，腐食が発生する可能性は小さい。
- また，分解点検時の目視点検により，ライニングにはく離や膨れが確認された場合は，必要に応じて補修または取替を行うこととしている。
- 今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。
- e. 弁座の腐食（孔食，隙間腐食）〔原子炉補機冷却海水系ポンプ吐出逆止弁〕
- 弁座はステンレス鋼で，内部流体が海水であることから，腐食（孔食，隙間腐食）の発生が想定されるが，接液部にライニングが施されているため，腐食が発生する可能性は小さい。
- また，分解点検時の目視点検により，ライニングにはく離や膨れが確認された場合は，必要に応じて補修または取替を行うこととしている。
- 今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。
- f. 弁棒の腐食（孔食，隙間腐食）〔原子炉補機冷却海水系ポンプ吐出逆止弁〕
- 弁棒はステンレス鋼で，内部流体が海水であることから，腐食（孔食，隙間腐食）の発生が想定されるが，これらは分解点検時の目視点検にて腐食の状況に応じた寸法測定を行い，有意な腐食が確認された場合は，必要に応じて補修または取替を行うこととしている。
- 今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。
- g. ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）〔共通〕
- ジョイントボルト・ナットは低合金鋼または炭素鋼であることから，腐食の発生が想定されるが，分解点検時に目視にて健全性を確認している。
- また，これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- h. 弁体の固着 [高圧窒素ガス供給系 SRV 用窒素ガス PCV 内側隔離弁, ほう酸水注入系 PCV 外側逆止弁, ほう酸水注入系ほう酸水注入ポンプ吐出側逆止弁]

リフト逆止弁は, 過去の国外プラントにおいて, 系統で発生した腐食生成物が弁体と弁体摺動部の隙間に堆積したことによる, 弁体の固着事例が確認されているが, 当該号炉においては腐食生成物の発生する環境では使用していないため, 弁体が固着する可能性は小さい。

また, これまでの点検結果からも弁体の固着は確認されておらず, 今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから, 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- i. 弁箱, 弁ふた, 弁体, 弁座及びアームの腐食 (全面腐食) [原子炉補機冷却水系ポンプ吐出逆止弁]

弁箱, 弁ふた, 弁体, 弁座及びアームは炭素鋼鋳鋼または炭素鋼であることから, 腐食の発生が想定されるが, 内部流体の冷却水には防錆剤が注入されているため, 腐食が発生する可能性は小さい。

また, これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず, 今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから, 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- j. 弁箱, 弁ふた, 弁体及び弁座の腐食 (全面腐食) [ほう酸水注入系ほう酸水注入ポンプ吐出側逆止弁]

弁箱, 弁ふた, 弁体及び弁座はステンレス鋼またはステンレス鋳鋼で, 内部流体が五ほう酸ナトリウム水であるが, ステンレス鋼またはステンレス鋳鋼は耐食性が高いため, 腐食が発生する可能性は小さい。

また, これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず, 今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから, 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- (2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により, 今後も経年劣化の進展が考えられない, または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象 (日常劣化管理事象以外)

日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。

表 2. 2-1 (1/7) 可燃性ガス濃度制御系出口逆止弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		炭素鋼鋳鋼		△					*1:連結部	
		弁ふた		炭素鋼		△						
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	シール	ガスケット	◎									
隔離機能の維持	隔離	弁体		炭素鋼	△*1	△						
		弁座		炭素鋼		△						
作動機能の維持	駆動力伝達	アーム		炭素鋼鋳鋼	△*1							
		弁棒		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 (2/7) 給水系原子炉給水ライン外側隔離弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		炭素鋼鋳鋼		△*3	○				*1:ステライト肉盛 *2:連結部 *3:FAC	
		弁ふた		炭素鋼		△*3						
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	シール	ガスケット	◎									
		グランドパッキン	◎									
隔離機能の維持	隔離	弁体		炭素鋼	△*2	△*3						
		弁座		炭素鋼鋳鋼*1		△*3						
作動機能の維持	駆動力伝達	アーム		炭素鋼鋳鋼	△*2	△*3						
		弁棒		ステンレス鋼	△*2							

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (3/7) 原子炉補機冷却水系ポンプ吐出逆止弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		炭素鋼鋳鋼		△					*1:ステライト肉盛 *2:連結部	
		弁ふた		炭素鋼鋳鋼		△						
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	シール	ガスケット	◎									
隔離機能の維持	隔離	弁体		炭素鋼鋳鋼*1	△*2	△						
		弁座		炭素鋼*1		△						
作動機能の維持	駆動力伝達	アーム		炭素鋼鋳鋼	△*2	△						
		弁棒		ステンレス鋼	△*2							

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (4/7) 原子炉補機冷却海水系ポンプ吐出逆止弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		炭素鋼鋳鋼		△					*1:連結部 *2:孔食, 隙間腐食	
		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	◎									
		Oリング	◎									
隔離機能の維持	隔離	弁体 (アーム一体型)		炭素鋼鋳鋼	△*1	△						
		弁座		ステンレス鋼		△*2						
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		ステンレス鋼	△*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）

表 2.2-1 (5/7) 高圧窒素ガス供給系 SRV 用窒素ガス PCV 内側隔離弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		ステンレス鋼							*1:ステライト肉盛 *2:固着	
		弁ふた		ステンレス鋼								
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	シール	ガスケット	◎									
隔離機能の維持	隔離	弁体		ステンレス鋼*1						△*2		
		弁座		ステンレス鋼*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 (6/7) ほう酸水注入系 PCV 外側逆止弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		ステンレス鋳鋼							*1:ステライト肉盛 *2:固着	
		弁ふた		ステンレス鋼								
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	シール	ガスケット	◎									
隔離機能の維持	隔離	弁体		ステンレス鋼*1						△*2		
		弁座		ステンレス鋳鋼*1								

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (7/7) ほう酸水注入系ほう酸水注入ポンプ吐出側逆止弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		ステンレス鋳鋼		△					*1:ステライト肉盛 *2:固着	
		弁ふた		ステンレス鋼		△						
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	シール	ガスケット	◎									
隔離機能の維持	隔離	弁体		ステンレス鋼*1		△				△*2		
		弁座		ステンレス鋳鋼*1		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

## 2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

### (1) 弁箱の疲労割れ [給水系原子炉給水ライン外側隔離弁]

#### a. 事象の説明

給水系原子炉給水ライン外側隔離弁は、プラントの起動・停止時等の熱過渡による疲労が蓄積される可能性がある。

#### b. 技術評価

##### ① 健全性評価

給水系原子炉給水ライン外側隔離弁について、応力算出ならびに評価を実施した。

疲労評価は、運転実績に基づいた現時点（2022年8月11日時点）の過渡回数を用いて日本機械学会「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 2005年版（2007年追補版を含む）」に基づき実施した。評価部位を図 2.3-1 に、運転実績に基づく現時点（2022年8月11日時点）の値を表 2.3-1 に示す。

なお、使用環境を考慮した疲労については、日本機械学会「発電用原子力設備規格 環境疲労評価手法 JSME S NF1-2009」に基づいて評価した。

この結果、表 2.3-2 に示すとおり、疲れ累積係数は許容値 1 以下であり、疲労割れ発生の可能性は小さいと判断する。

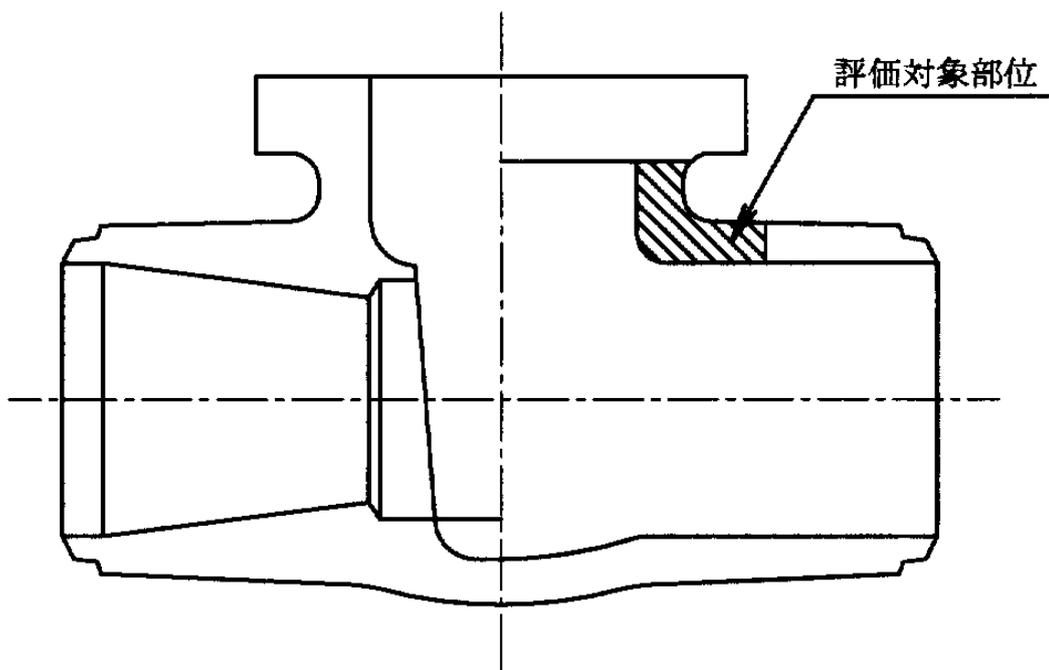


图 2.3-1 逆止弁疲労評価部位

表 2.3-1 給水系原子炉給水ライン外側隔離弁の疲労評価用過渡条件

運転条件	運転実績に基づく過渡回数 (2022年8月11日時点)
耐圧試験	12
起動（昇温）	26
起動（タービン起動）	26
夜間低出力運転	1
週末低出力運転	5
制御棒パターン変更	36
スクラム（タービントリップ）	10
スクラム（その他）	3
停止	26

表 2.3-2 給水系原子炉給水ライン外側隔離弁の疲労評価結果

評価対象	運転状態実績回数に基づく疲れ累積係数（許容値：1以下）	
	設計・建設規格の 疲労曲線による解析	環境疲労評価手法 による解析
	現時点 (2022年8月11日時点)	現時点 (2022年8月11日時点)
給水系原子炉給水ライン外側隔離弁	0.019	0.053

② 現状保全

弁箱の疲労割れに対しては、分解点検時に目視にて弁箱内面に欠陥がないことを確認している。

また、社団法人日本原子力学会標準「原子力発電所の高経年化対策実施基準：2021」（AESJ-SC-P005：2021）に基づき、次回高経年化技術評価時に、実過渡回数確認による疲労評価を行うこととしている。

③ 総合評価

健全性評価結果より、給水系原子炉給水ライン外側隔離弁は、疲労割れ発生の可能性が十分に小さく、次回高経年化技術評価時に、実過渡回数確認による疲労評価を行うことが有効と判断する。

なお、当面の冷温停止状態においては、有意な熱過渡はなく、今後の疲労割れの発生・進展の可能性はない。

また、割れは分解点検時の目視点検にて検知可能であり、現状の保全は点検手法として適切であると判断する。

c. 高経年化への対応

弁箱の疲労割れに対しては、高経年化対策の観点から現状保全の内容に追加すべき項目はなく、今後も現状保全を継続していく。

### 3. 代表機器以外への展開

本章では、2章で実施した代表機器の技術評価結果について、1章で実施したグループ化で代表機器となっていない機器への展開について検討した。

#### [対象系統]

- ① 給水系
- ② 制御棒駆動系
- ③ ほう酸水注入系
- ④ 残留熱除去系
- ⑤ 低圧炉心スプレイ系
- ⑥ 高圧炉心スプレイ系
- ⑦ 原子炉冷却材浄化系
- ⑧ 燃料プール冷却浄化系
- ⑨ 液体固体廃棄物処理系
- ⑩ 原子炉補機冷却水系
- ⑪ 換気空調補機常用冷却水系
- ⑫ 換気空調補機非常用冷却水系
- ⑬ 高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却海水系
- ⑭ 計装用圧縮空気系
- ⑮ 事故後サンプリング系
- ⑯ 可燃性ガス濃度制御系

### 3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

#### a. 弁箱の疲労割れ〔給水系原子炉給水ライン内側隔離弁〕

代表機器同様，給水系原子炉給水ライン内側隔離弁については，疲労割れの発生が想定されるが，弁形状，運転状態，過渡条件が代表機器である給水系原子炉給水ライン外側隔離弁と同様であることから，疲労割れ発生の可能性は十分に小さいと判断する。

また，今後も分解点検時の目視点検により，弁箱内面に欠陥がないことを確認していく。

したがって，高経年化対策の観点から現状の保全内容に対して追加すべき項目はない。

### 3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

a. アームと弁体・弁棒連結部の摩耗 [スイング型逆止弁共通]

代表機器同様、スイング型逆止弁は、アームと弁体の連結部を固定しているナットがゆるんだ場合に、アームと弁体連結部及び弁棒連結部の摩耗が想定されるが、ナットの廻り止め等を行うことでゆるみの発生を防止している。

また、分解点検時の目視点検により、有意な摩耗が確認された場合は、必要に応じて補修または取替を行うこととしている。

今後も、これらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. 弁箱、弁ふた及び弁座の腐食（全面腐食） [ガス系炭素鋼逆止弁：可燃性ガス濃度制御系出口ライン逆止弁]

代表機器同様、弁箱、弁ふた及び弁座は炭素鋼で、内部流体が湿分を含んだガス（空気、窒素）であることから、腐食の発生が想定されるが、分解点検時に目視にて健全性を確認している。

また、これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. 弁箱、弁ふた、弁体、弁座及びアームの腐食（流れ加速型腐食（FAC）） [純水系炭素鋼逆止弁：給水系、残留熱除去系、低圧炉心スプレイ系、原子炉冷却材浄化系]

代表機器同様、弁箱、弁ふた、弁体、弁座及びアームは、炭素鋼または炭素鋼鋳鋼で、内部流体が純水であることから、腐食（FAC）の発生が想定されるが、分解点検時の目視点検により、有意な腐食が確認された場合は、必要に応じて補修または取替を行うこととしている。

また、冷温停止状態においては、プラント運転状態と異なり、流速ならびに温度が低いことから、腐食（FAC）が発生する可能性はない。

今後も、これらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- d. 弁箱，弁ふた，弁体及び弁座の腐食（全面腐食）〔高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却海水系ポンプ吐出逆止弁〕

代表機器同様，弁箱，弁ふた，弁体及び弁座は炭素鋼鋳鋼で，内部流体が海水であることから，腐食の発生が想定されるが，これらは接液部にライニングが施されているため，腐食が発生する可能性は小さい。

また，分解点検時の目視点検により，ライニングにはく離や膨れが確認された場合は，必要に応じて補修または取替を行うこととしている。

今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- e. 弁棒の腐食（孔食，隙間腐食）〔高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却海水系ポンプ吐出逆止弁〕

代表機器同様，弁棒はステンレス鋼で，内部流体が海水であることから，腐食（孔食，隙間腐食）の発生が想定されるが，これらは分解点検時の目視点検にて腐食の状況に応じた寸法測定を行い，有意な腐食が確認された場合は，必要に応じて補修または取替を行うこととしている。

今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- f. ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）〔低合金鋼または炭素鋼のジョイントボルト・ナットを有する弁共通〕

代表機器同様，ジョイントボルト・ナットは低合金鋼または炭素鋼であることから，腐食の発生が想定されるが，分解点検時に目視にて健全性を確認している。

また，これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- g. 弁体の固着〔リフト型逆止弁共通〕

代表機器同様，リフト逆止弁は，過去の国外プラントにおいて，系統で発生した腐食生成物が弁体と弁体摺動部の隙間に堆積したことによる，弁体の固着事例が確認されているが，当該号炉においては腐食生成物の発生する環境では使用していないため，弁体が固着する可能性は小さい。

また，これまでの点検結果からも弁体の固着は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- h. 弁箱，弁ふた，弁体，弁座及びアームの腐食（全面腐食）〔純水系炭素鋼逆止弁：低圧炉心スプレイ系，高圧炉心スプレイ系〕

弁箱，弁ふた，弁体，弁座及びアームが炭素鋼または炭素鋼鋳鋼で，内部流体が純水であることから，腐食の発生が想定されるが，分解点検時に目視にて健全性を確認している。

また，これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- i. 弁箱，弁ふた，弁体，弁座及びアームの腐食（全面腐食）〔冷却水系炭素鋼逆止弁：原子炉補機冷却水系，換気空調補機常用冷却水系，換気空調補機非常用冷却水系〕

代表機器同様，弁箱，弁ふた，弁体，弁座及びアームは炭素鋼または炭素鋼鋳鋼であることから，腐食の発生が想定されるが，内部流体の冷却水には防錆剤が注入されているため，腐食が発生する可能性は小さい。

また，これまでの点検結果から有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- (2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

代表機器同様，日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。

以 上

## 4 バタフライ弁

[対象系統]

- ① 原子炉補機冷却水系
- ② 原子炉補機冷却海水系
- ③ 高圧炉心スプレィディーゼル補機冷却海水系
- ④ 非常用ガス処理系
- ⑤ 換気空調系

## 目 次

1. 対象機器及び代表機器の選定 .....	4-1
1.1 グループ化の考え方及び結果 .....	4-1
1.2 代表機器の選定 .....	4-1
2. 代表機器の技術評価 .....	4-3
2.1 構造, 材料及び使用条件 .....	4-3
2.1.1 非常用ガス処理系トレイン出口隔離弁 .....	4-3
2.1.2 原子炉補機冷却水系冷却水供給温度調節弁バイパス側前弁 .....	4-6
2.1.3 原子炉補機冷却海水系 RCW 熱交換器 RSW 出口元弁 .....	4-9
2.1.4 可燃性ガス濃度制御系室給気隔離弁 .....	4-12
2.2 経年劣化事象の抽出 .....	4-15
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目 .....	4-15
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 .....	4-15
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 .....	4-16
3. 代表機器以外への展開 .....	4-22
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 .....	4-22
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 .....	4-22

## 1. 対象機器及び代表機器の選定

主要なバタフライ弁の主な仕様を表 1-1 に示す。

これらのバタフライ弁を材料及び内部流体の観点からグループ化し、それぞれのグループより代表機器を選定した。

### 1.1 グループ化の考え方及び結果

材料及び内部流体を分類基準とし、バタフライ弁を表 1-1 に示すとおりグループ化する。弁箱材料は炭素鋼及び鋳鉄に分類され、流体はガス、冷却水（防錆剤入り純水）及び海水に分類される。

### 1.2 代表機器の選定

表 1-1 に分類したグループ毎に、原則として重要度、運転状態、最高使用温度、最高使用圧力及び口径の観点から代表機器を選定する。

#### (1) ガス系炭素鋼バタフライ弁（内部流体：ガス、弁箱材質：炭素鋼）

ガス系ラインに使用されている炭素鋼バタフライ弁のうち、最高使用温度の観点から非常用ガス処理系トレイン出口隔離弁を代表機器とする。

(T22-M0-F004A/B, 300 A, 150 LB)

#### (2) 冷却水系炭素鋼バタフライ弁（内部流体：冷却水（防錆剤入り純水）、弁箱材質：炭素鋼）

冷却水系ラインに使用されている炭素鋼バタフライ弁のうち、口径の観点から原子炉補機冷却水系冷却水供給温度調節弁バイパス側前弁を代表機器とする。

(P21-F011A/B, 650 A, JIS 20 K)

#### (3) 海水系炭素鋼バタフライ弁（内部流体：海水、弁箱材質：炭素鋼）

海水系ラインに使用されている炭素鋼バタフライ弁のうち、重要度、運転状態及び口径の観点から原子炉補機冷却海水系 RCW 熱交換器 RSW 出口元弁を代表機器とする。

(P41-M0-F009A/B, 750 A, JIS 10 K)

#### (4) ガス系鋳鉄バタフライ弁（内部流体：ガス、弁箱材質：鋳鉄）

ガス系ラインに使用されている鋳鉄バタフライ弁のうち、可燃性ガス濃度制御系室給気隔離弁を代表機器とする。

(U41-A0-F008A/B, 300 A, JIS 5 K)

表 1-1 バタフライ弁のグループ化及び代表機器の選定

分類基準		系統名称	選定基準					代表選定	代表弁	選定理由
材料	内部流体		重要度*1	使用条件						
				口径 (A)	運転状態*2	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)			
炭素鋼	ガス (空気, 窒素)	非常用ガス処理系	MS-1	300	一時 (一時)	約 0.01 ~ 0.02	100~140	◎	非常用ガス処理系トレイン出口隔離弁 (300 A, 約 0.02 MPa, 140 °C, 150 LB) T22-M0-F004A/B	最高使用温度
	冷却水*3	原子炉補機冷却水系	MS-1	400~650	連続 (連続)	約 1.4	70	◎	原子炉補機冷却水系冷却水供給温度調節弁バイパス側前弁 (650 A, 約 1.4 MPa, 70 °C, JIS 20 K) P21-F011A/B	口径
	海水	原子炉補機冷却海水系	MS-1	450~750	連続 (連続)	約 0.6	50	◎	原子炉補機冷却海水系 RCW 熱交換器 RSW 出口元弁 (750 A, 約 0.6 MPa, 50 °C, JIS 10 K) P41-M0-F009A/B	重要度, 運転状態, 口径
		高圧炉心スプレイディーズル補機冷却海水系	MS-1	250	一時 (一時)	約 0.7	50	◎		
鋳鉄	ガス (空気)	換気空調系	MS-1	300	連続 (連続)	約 0.01	165	◎	可燃性ガス濃度制御系室給気隔離弁 (300 A, 約 0.01 MPa, 165 °C, JIS 5 K) U41-A0-F008A/B	

\*1: 最上位の重要度を示す

\*2: 上段は冷温停止状態時における運転状態, 下段の ( ) は断続的運転時の運転状態を示す

\*3: 防錆剤入り純水

## 2. 代表機器の技術評価

本章では、1章で代表機器とした以下の弁について技術評価を実施する。

- ① 非常用ガス処理系トレイン出口隔離弁
- ② 原子炉補機冷却水系冷却水供給温度調節弁バイパス側前弁
- ③ 原子炉補機冷却海水系 RCW 熱交換器 RSW 出口元弁
- ④ 可燃性ガス濃度制御系室給気隔離弁

### 2.1 構造、材料及び使用条件

#### 2.1.1 非常用ガス処理系トレイン出口隔離弁

##### (1) 構造

非常用ガス処理系トレイン出口隔離弁は、口径 300 A、圧力クラス 150 LB の電動バタフライ弁で、2台設置されている。

ガス（空気、窒素）を内包する耐圧部（弁箱、ジョイントボルト、軸封部）、ガス（空気、窒素）を仕切る隔離部（弁体、弁座）及び弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒、ピン、ヨーク）からなる。

ガス（空気、窒素）に接する弁箱及び弁体は炭素鋼鋳鋼で製作されており、軸封部には流体の漏れを防止するためグランドパッキンが使用されている。

なお、当該弁については、駆動部を切り離し、フランジボルトを緩め、弁箱を取り外すことにより、弁内部の点検手入れが可能である。

非常用ガス処理系トレイン出口隔離弁の構造図を図 2.1-1 に示す。

##### (2) 材料及び使用条件

非常用ガス処理系トレイン出口隔離弁主要部位の使用材料を表 2.1-1 に、使用条件を表 2.1-2 に示す。

No.	部 位
①	弁箱
②	ジョイントボルト
③	グラウンドパッキン
④	ガスケット
⑤	弁体
⑥	弁座 (弁体シート)
⑦	弁棒
⑧	ピン
⑨	ヨーク

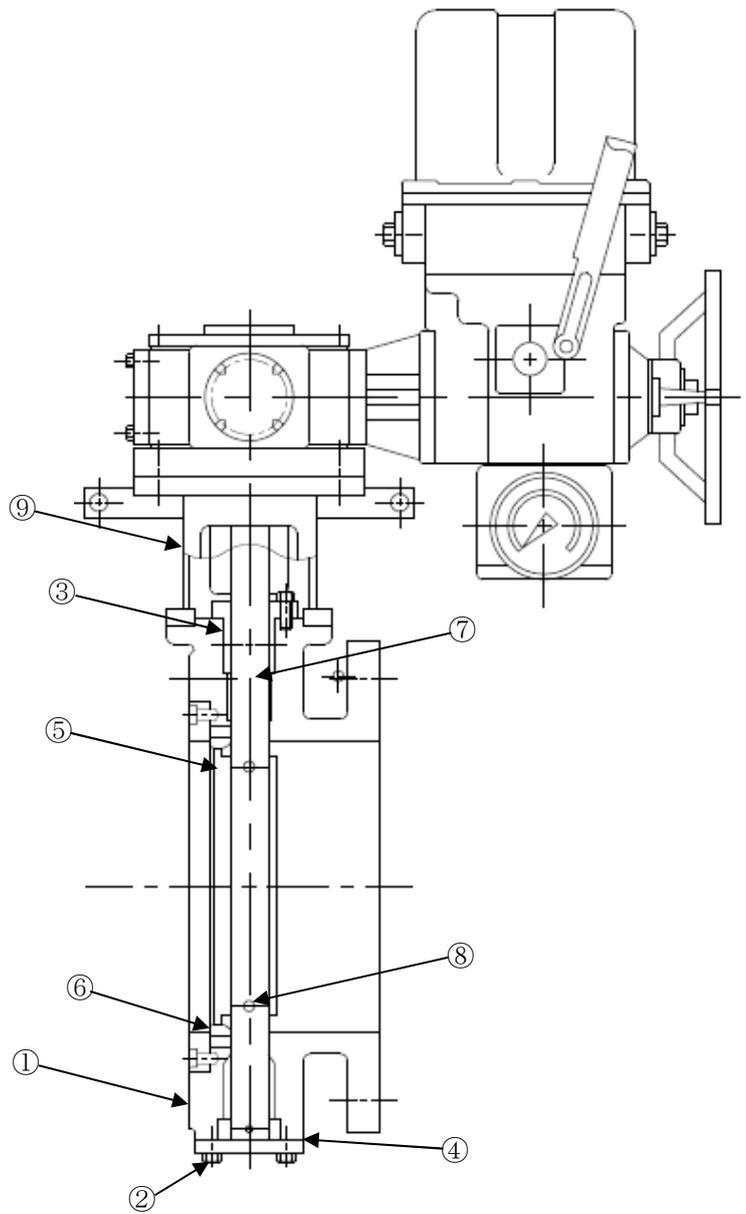


図 2.1-1 非常用ガス処理系トレイン出口隔離弁構造図

表 2.1-1 非常用ガス処理系トレイン出口隔離弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	炭素鋼鋳鋼
		ジョイントボルト	低合金鋼
	シール	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	隔離	弁体	炭素鋼鋳鋼 (ステンレス盛金)
		弁座 (弁体シート)	(消耗品)
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼
		ピン	ステンレス鋼
		ヨーク	炭素鋼

表 2.1-2 非常用ガス処理系トレイン出口隔離弁の使用条件

最高使用圧力	約 0.02 MPa
最高使用温度	140 °C
内部流体	ガス (空気, 窒素)

## 2.1.2 原子炉補機冷却水系冷却水供給温度調節弁バイパス側前弁

### (1) 構造

原子炉補機冷却水系冷却水供給温度調節弁バイパス側前弁は、口径 650 A、圧力クラス JIS 20 K の手動バタフライ弁で、2 台設置されている。

冷却水（防錆剤入り純水）を内包する耐圧部（弁箱、ジョイントボルト・ナット、軸封部）、冷却水（防錆剤入り純水）を仕切る隔離部（弁体、弁座）及び弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒、ピン、ヨーク）からなる。

冷却水（防錆剤入り純水）に接する弁箱及び弁体は炭素鋼鋳鋼で製作されており、軸封部には流体の漏れを防止するためグランドパッキンが使用されている。

なお、当該弁については、駆動部を切り離し、フランジボルトを緩め、弁箱を取り外すことにより、弁内部の点検手入れが可能である。

原子炉補機冷却水系冷却水供給温度調節弁バイパス側前弁の構造図を図 2.1-2 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

原子炉補機冷却水系冷却水供給温度調節弁バイパス側前弁主要部位の使用材料を表 2.1-3 に、使用条件を表 2.1-4 に示す。

No.	部 位
①	弁箱
②	ジョイントボルト・ナット
③	Oリング
④	グラウンドパッキン
⑤	弁体
⑥	弁座 (弁体シート)
⑦	弁棒
⑧	ピン
⑨	ヨーク

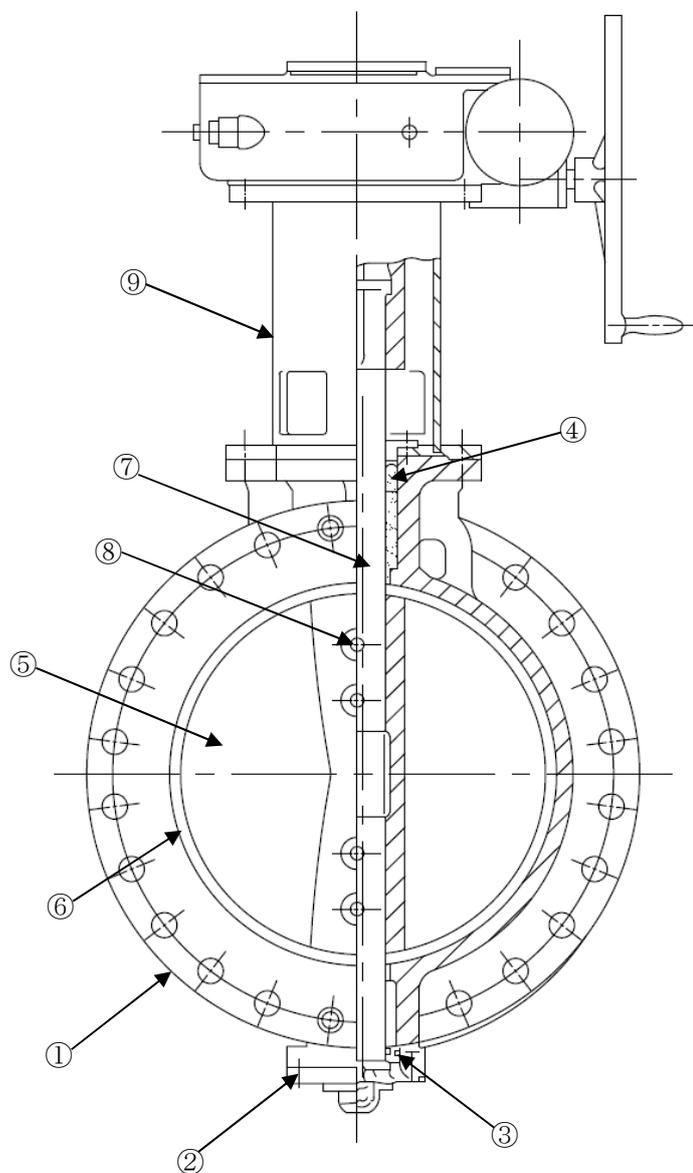


図 2.1-2 原子炉補機冷却水系冷却水供給温度調節弁バイパス側前弁構造図

表 2.1-3 原子炉補機冷却水系冷却水供給温度調節弁バイパス側前弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	炭素鋼鋳鋼
		ジョイントボルト	炭素鋼
		ジョイントナット	炭素鋼
	シール	Oリング	(消耗品)
		グランドパッキン	(消耗品)
隔離機能の維持	隔離	弁体	炭素鋼鋳鋼
		弁座 (弁体シート)	(消耗品)
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼
		ピン	ステンレス鋼
		ヨーク	炭素鋼

表 2.1-4 原子炉補機冷却水系冷却水供給温度調節弁バイパス側前弁の使用条件

最高使用圧力	約 1.4 MPa
最高使用温度	70 °C
内部流体	冷却水 (防錆剤入り純水)

### 2.1.3 原子炉補機冷却海水系 RCW 熱交換器 RSW 出口元弁

#### (1) 構造

原子炉補機冷却海水系 RCW 熱交換器 RSW 出口元弁は、口径 750 A、圧力クラス JIS 10 K の電動バタフライ弁で、2 台設置されている。

海水を内包する耐圧部（弁箱、ジョイントボルト・ナット、軸封部）、海水を仕切る隔離部（弁体、弁座）及び弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒、ピン、ヨーク）からなる。

海水に接する弁箱及び弁体は炭素鋼鋳鋼で製作されており、ゴムライニングが施されている。また、軸封部には流体の漏れを防止するためグランドパッキンが使用されている。

なお、当該弁については、駆動部を切り離し、フランジボルトを緩め、弁箱を取り外すことにより、弁内部の点検手入れが可能である。

原子炉補機冷却海水系 RCW 熱交換器 RSW 出口元弁の構造図を図 2.1-3 に示す。

#### (2) 材料及び使用条件

原子炉補機冷却海水系 RCW 熱交換器 RSW 出口元弁主要部位の使用材料を表 2.1-5 に、使用条件を表 2.1-6 に示す。

No.	部 位
①	弁箱
②	ジョイントボルト・ナット
③	グラウンドパッキン
④	Oリング
⑤	弁体
⑥	弁座 (弁体シート)
⑦	弁棒
⑧	ピン
⑨	ヨーク

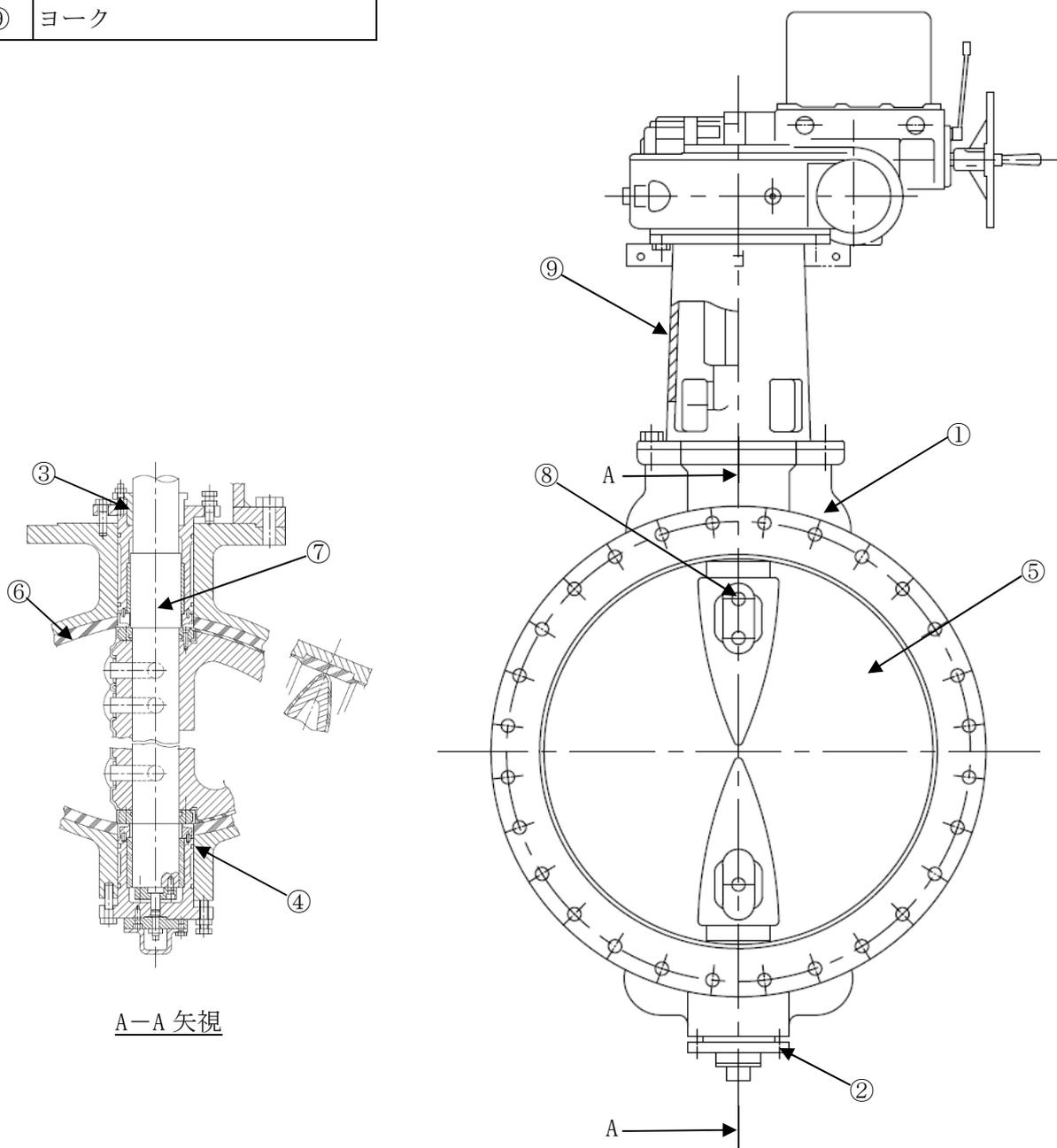


図 2.1-3 原子炉補機冷却海水系 RCW 熱交換器 RSW 出口元弁構造図

表 2.1-5 原子炉補機冷却海水系 RCW 熱交換器 RSW 出口元弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	炭素鋼鋳鋼
		ジョイントボルト	炭素鋼
		ジョイントナット	炭素鋼
	シール	グランドパッキン	(消耗品)
		Oリング	(消耗品)
隔離機能の維持	隔離	弁体	炭素鋼鋳鋼
		弁座 (弁体シート)	(消耗品)
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼
		ピン	ステンレス鋼
		ヨーク	炭素鋼

表 2.1-6 原子炉補機冷却海水系 RCW 熱交換器 RSW 出口元弁の使用条件

最高使用圧力	約 0.6 MPa
最高使用温度	50 °C
内部流体	海水

#### 2.1.4 可燃性ガス濃度制御系室給気隔離弁

##### (1) 構造

可燃性ガス濃度制御系室給気隔離弁は、口径 300 A、圧力クラス JIS 5K の空気作動（ピストン式）バタフライ弁で、2 台設置されている。

ガス（空気）を内包する耐圧部（弁箱、ジョイントボルト、軸封部）、ガス（空気）を仕切る隔離部（弁体、弁座）及び弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒、ピン、ヨーク）からなる。

ガス（空気）に接する弁箱及び弁体は鋳鉄で製作されており、軸封部には流体の漏れを防止するためグランドパッキンが使用されている。

なお、当該弁については、駆動部を切り離し、フランジボルトを緩め、弁箱を取り外すことにより、弁内部の点検手入れが可能である。

可燃性ガス濃度制御系室給気隔離弁の構造図を図 2.1-4 に示す。

##### (2) 材料及び使用条件

可燃性ガス濃度制御系室給気隔離弁主要部位の使用材料を表 2.1-7 に、使用条件を表 2.1-8 に示す。

No.	部 位
①	弁箱
②	ジョイントボルト
③	グラウンドパッキン
④	ガスケット
⑤	弁体
⑥	弁座 (弁体シート)
⑦	弁棒
⑧	ピン
⑨	ヨーク

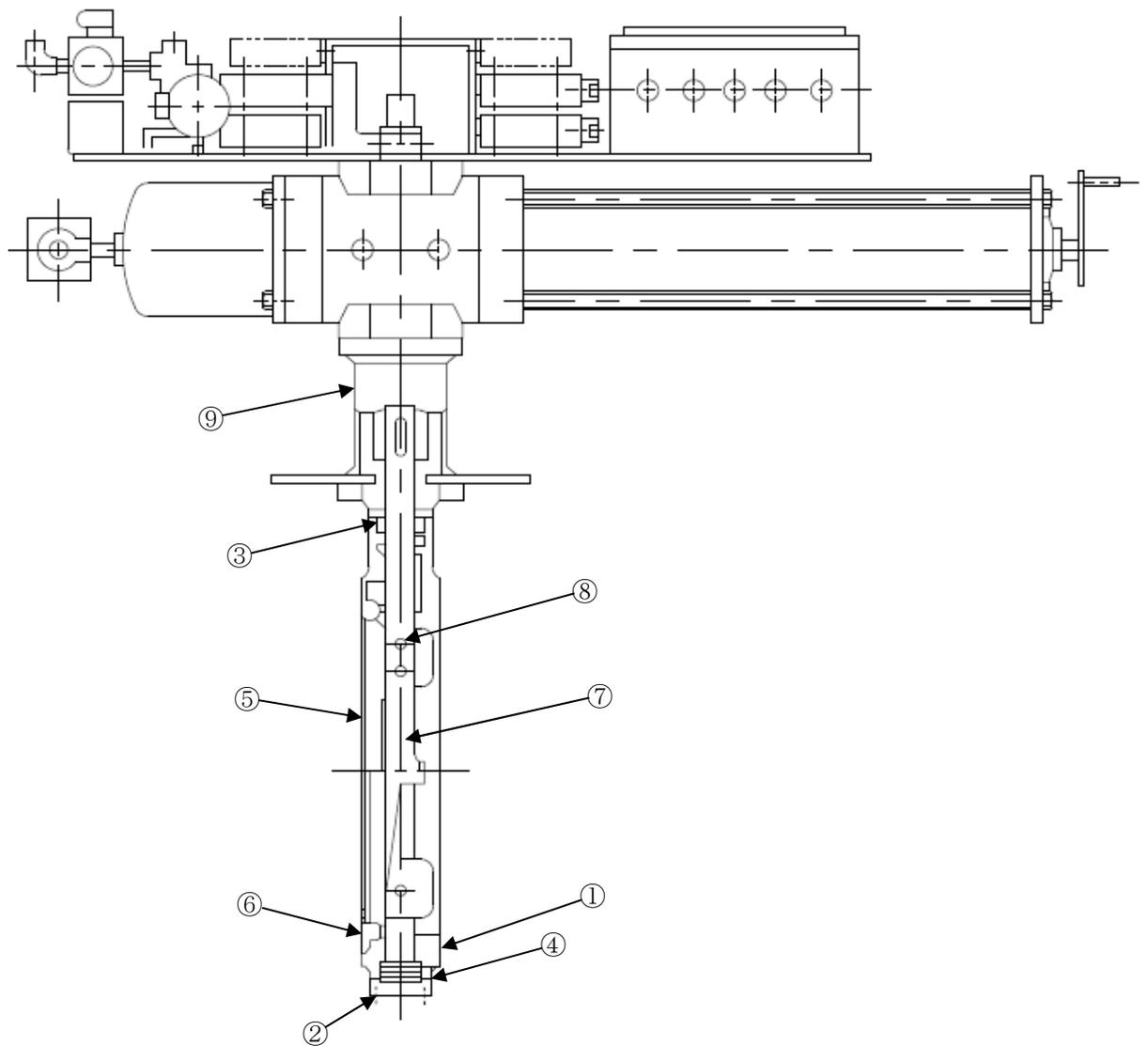


図 2.1-4 可燃性ガス濃度制御系室給気隔離弁構造図

表 2.1-7 可燃性ガス濃度制御系室給気隔離弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	鋳鉄
		ジョイントボルト	炭素鋼
	シール	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	隔離	弁体	鋳鉄
		弁座 (弁体シート)	(消耗品)
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼
		ピン	ステンレス鋼
		ヨーク	炭素鋼

表 2.1-8 可燃性ガス濃度制御系室給気隔離弁の使用条件

最高使用圧力	約 0.01 MPa
最高使用温度	165 °C
内部流体	ガス (空気)

## 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である流体調節、隔離機能の達成に必要な項目は以下のとおり。

- ① バウンダリの維持
- ② 隔離機能の維持
- ③ 作動機能の維持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

バタフライ弁について、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の材料、構造、使用条件（内部流体、圧力、温度等）及び現在までの運転経験を考慮し、代表機器毎に表 2.2-1 に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

なお、消耗品及び定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

グランドパッキン、ガスケット、Oリング及び弁座（弁体シート）のゴムは消耗品であり、設計時に長期使用せず取替を前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

#### (3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

想定される経年劣化事象のうち主要 6 事象に該当する事象及び下記①、②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。なお、下記①、②に該当する事象については、2.2.3 項に示すとおり、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

- ① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△）
- ② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲）

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

a. 弁箱及び弁体の腐食（全面腐食）〔原子炉補機冷却海水系 RCW 熱交換器 RSW 出口元弁〕

弁箱及び弁体は炭素鋼鋳鋼で、内部流体が海水であることから、腐食の発生が想定されるが、弁箱及び弁体は接液部にライニングが施されているため、腐食が発生する可能性は小さい。

また、分解点検時の目視点検により、ライニングにはく離や膨れが確認された場合は、必要に応じて補修または取替を行うこととしている。

今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）〔共通〕

ジョイントボルト・ナットは低合金鋼または炭素鋼であることから、腐食の発生が想定されるが、分解点検時に目視にて健全性を確認している。

また、これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. 弁箱及び弁体の腐食（全面腐食）〔非常用ガス処理系トレイン出口隔離弁，可燃性ガス濃度制御系室給気隔離弁〕

弁箱及び弁体は炭素鋼鋳鋼または鋳鉄で、内部流体が湿分を含んだガス（空気，窒素）であることから、腐食の発生が想定されるが、分解点検時の目視または外観点検にて健全性を確認している。

また、これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. 弁箱及び弁体の腐食（全面腐食）〔原子炉補機冷却水系冷却水供給温度調節弁バイパス側前弁〕

弁箱及び弁体は炭素鋼鋳鋼であることから、腐食の発生が想定されるが、内部流体の冷却水には防錆剤が注入されているため、腐食が発生する可能性は小さい。

また、これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. ピンの摩耗 [共通]

弁体の作動により、長期的にはピンの摩耗が想定されるが、分解点検時に摩耗が確認された場合は、必要に応じて取替を行うこととしている。

また、これまでの点検結果からも有意な摩耗は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f. ヨークの腐食（全面腐食） [共通]

ヨークは炭素鋼であることから、腐食の発生が想定されるが、大気接触部は防食塗装を施しており、必要に応じて補修を行うこととしている。

また、これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- (2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または、進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。

表 2.2-1 (1/4) 非常用ガス処理系トレイン出口隔離弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		炭素鋼鋳鋼		△					*1:ステンレス 盛金	
		ジョイントボルト		低合金鋼		△						
	シール	グランドパッキン	◎									
		ガスケット	◎									
隔離機能の維持	隔離	弁体		炭素鋼鋳鋼*1		△						
		弁座 (弁体シート)	◎									
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		ステンレス鋼								
		ピン		ステンレス鋼	△							
		ヨーク		炭素鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (2/4) 原子炉補機冷却水系冷却水供給温度調節弁バイパス側前弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		炭素鋼鋳鋼		△						
		ジョイントボルト・ナット		炭素鋼		△						
	シール	Oリング	◎									
		グラントパッキン	◎									
隔離機能の維持	隔離	弁体		炭素鋼鋳鋼		△						
		弁座（弁体シート）	◎									
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		ステンレス鋼								
		ピン		ステンレス鋼	△							
		ヨーク		炭素鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (3/4) 原子炉補機冷却海水系 RCW 熱交換器 RSW 出口元弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		炭素鋼鋳鋼		△						
		ジョイントボルト・ナット		炭素鋼		△						
	シール	グランドパッキン	◎									
		Oリング	◎									
隔離機能の維持	隔離	弁体		炭素鋼鋳鋼		△						
		弁座 (弁体シート)	◎									
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		ステンレス鋼								
		ピン		ステンレス鋼	△							
		ヨーク		炭素鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (4/4) 可燃性ガス濃度制御系室給気隔離弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考
					減 肉		割 れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時 効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		鋳鉄		△						
		ジョイントボルト		炭素鋼		△						
	シール	グランドパッキン	◎									
		ガスケット	◎									
隔離機能の維持	隔離	弁体		鋳鉄		△						
		弁座 (弁体シート)	◎									
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		ステンレス鋼								
		ピン		ステンレス鋼	△							
		ヨーク		炭素鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

### 3. 代表機器以外への展開

本章では、2章で実施した代表機器の技術評価結果について、1章で実施したグループ化で代表機器となっていない機器への展開について検討した。

#### [対象系統]

- ① 原子炉補機冷却水系
- ② 原子炉補機冷却海水系
- ③ 高圧炉心スプレィディーゼル補機冷却海水系
- ④ 非常用ガス処理系
- ⑤ 換気空調系

#### 3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

代表機器同様、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

#### 3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

- a. 弁箱及び弁体の腐食（全面腐食） [海水系炭素鋼バタフライ弁：原子炉補機冷却海水系，高圧炉心スプレィディーゼル補機冷却海水系]

代表機器同様、弁箱及び弁体は炭素鋼鋳鋼で、内部流体が海水であることから、腐食の発生が想定されるが、弁箱及び弁体は接液部にライニングが施されているため、腐食が発生する可能性は小さい。

また、分解点検時の目視点検にて、ライニングにはく離や膨れが確認された場合は、必要に応じて補修または取替を行うこととしている。

今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- b. ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食） [共通]

代表機器同様、ジョイントボルト・ナットは低合金鋼または炭素鋼であることから、腐食の発生が想定されるが、分解点検時に目視にて健全性を確認している。

また、これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- c. 弁箱及び弁体の腐食（全面腐食）〔ガス系炭素鋼・鋳鉄 バタフライ弁：非常用ガス処理系，換気空調系〕
- 代表機器同様，弁箱及び弁体は炭素鋼鋳鋼または鋳鉄で，内部流体が湿分を含んだガス（空気，窒素）であることから，腐食の発生が想定されるが，分解点検時に目視にて健全性を確認している。
- また，これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。
- d. 弁箱及び弁体の腐食（全面腐食）〔冷却水系炭素鋼バタフライ弁：原子炉補機冷却水系〕
- 代表機器同様，弁箱及び弁体は炭素鋼鋳鋼であることから，腐食の発生が想定されるが，内部流体の冷却水には防錆剤が注入されているため，腐食が発生する可能性は小さい。
- また，これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。
- e. ピンの摩耗〔ピンを有する弁共通〕
- 代表機器同様，弁体の作動により，長期的にはピンの摩耗が想定されるが，分解点検時に摩耗が確認された場合は，必要に応じて取替を行うこととしている。
- また，これまでの点検結果からも有意な摩耗は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。
- f. ヨークの腐食（全面腐食）〔炭素鋼のヨークを有する弁共通〕
- 代表機器同様，ヨークは炭素鋼であることから，腐食の発生が想定されるが，大気接触部は防食塗装を施しており，必要に応じて補修を行うこととしている。
- また，これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- (2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

代表機器同様、日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。

以 上

## 5 安全弁

[対象系統]

- ① ほう酸水注入系
- ② 残留熱除去系
- ③ 低圧炉心スプレイ系
- ④ 高圧炉心スプレイ系
- ⑤ 原子炉冷却材浄化系
- ⑥ 可燃性ガス濃度制御系

## 目 次

1. 対象機器及び代表機器の選定 .....	5-1
1.1 グループ化の考え方及び結果 .....	5-1
1.2 代表機器の選定 .....	5-1
2. 代表機器の技術評価 .....	5-3
2.1 構造, 材料及び使用条件 .....	5-3
2.1.1 可燃性ガス濃度制御系出口ライン逃がし弁 .....	5-3
2.1.2 残留熱除去系停止時冷却ライン外側隔離弁逃がし弁 .....	5-6
2.1.3 原子炉冷却材浄化系パージライン逃がし弁 .....	5-9
2.1.4 ほう酸水注入系ほう酸水注入ポンプ吐出側逃がし弁 .....	5-12
2.2 経年劣化事象の抽出 .....	5-15
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目 .....	5-15
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 .....	5-15
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 .....	5-16
3. 代表機器以外への展開 .....	5-22
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 .....	5-22
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 .....	5-22

## 1. 対象機器及び代表機器の選定

主要な安全弁の主な仕様を表 1-1 に示す。

これらの安全弁を材料及び内部流体の観点からグループ化し、それぞれのグループより代表機器を選定した。

### 1.1 グループ化の考え方及び結果

材料及び内部流体を分類基準とし、安全弁を表 1-1 に示すとおりグループ化する。

弁箱材料は炭素鋼，ステンレス鋼に分類され，流体はガス，純水及び五ほう酸ナトリウム水に分類される。

### 1.2 代表機器の選定

表 1-1 に分類したグループ毎に，原則として重要度，運転状態，最高使用温度，最高使用圧力及び口径の観点から代表機器を選定する。

#### (1) ガス系炭素鋼安全弁（内部流体：ガス，弁箱材質：炭素鋼）

ガス系ラインに使用されている炭素鋼安全弁は，可燃性ガス濃度制御系出口ライン逃がし弁のみであり，この弁を代表機器とする。

(T49-F009, 40 A, JIS 10 K)

#### (2) 純水系炭素鋼安全弁（内部流体：純水，弁箱材質：炭素鋼）

純水系ラインに使用されている炭素鋼安全弁のうち，重要度，運転状態及び最高使用温度の観点から残留熱除去系停止時冷却ライン外側隔離弁逃がし弁を代表機器とする。

(E11-F103A/B, 25 A, 1500 LB)

#### (3) 純水系ステンレス鋼安全弁（内部流体：純水，弁箱材質：ステンレス鋼）

純水系ラインに使用されているステンレス鋼安全弁は，原子炉冷却材浄化系パージライン逃がし弁のみであり，この弁を代表機器とする。

(G31-F040A/B, 25 A, 1500 LB)

#### (4) 五ほう酸ナトリウム水系ステンレス鋼安全弁（内部流体：五ほう酸ナトリウム水，弁箱材質：ステンレス鋼）

五ほう酸ナトリウム水系ラインに使用されているステンレス鋼安全弁は，ほう酸水注入系ほう酸水注入ポンプ吐出側逃がし弁のみであり，この弁を代表機器とする。

(C41-RV-F003A/B, 25 A, 1500 LB)

表 1-1 安全弁のグループ化及び代表機器の選定

分類基準		系統名称	選定基準					代表選定	代表弁	選定理由
材料	内部流体		重要度*1	使用条件						
				口径 (A)	運転状態*2	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)			
炭素鋼	ガス (空気, 窒素)	可燃性ガス濃度制御系	MS-1	40	一時 (一時)	約 0.3	171	◎	可燃性ガス濃度制御系出口ライン逃がし弁 (40 A, 約 0.3 MPa, 171 °C, JIS 10 K) T49-F009	
	純水	残留熱除去系	MS-1	25	連続 (一時)	約 1.4~8.6	100~302	◎	残留熱除去系停止時冷却ライン外側隔離弁逃がし弁 (25 A, 約 8.6 MPa, 302 °C, 1500 LB) E11-F103A/B	重要度, 運転状態, 最高使用温度
		低圧炉心スプレイ系	MS-1	25	一時 (一時)	約 4.4	104			
		高圧炉心スプレイ系	MS-1	25	一時 (一時)	約 1.4	104			
		原子炉冷却材浄化系	高*3	25	連続 (連続)	約 10.0	66			
ステンレス鋼	純水	原子炉冷却材浄化系	高*3	25	連続 (連続)	約 13.8	66	◎	原子炉冷却材浄化系パージライン逃がし弁 (25 A, 約 13.8 MPa, 66 °C, 1500 LB) G31-F040A/B	
	五ほう酸ナトリウム水	ほう酸水注入系	高*3	25	一時 (一時)	約 10.8	66	◎	ほう酸水注入系ほう酸水注入ポンプ吐出側逃がし弁 (25 A, 約 10.8 MPa, 66 °C, 1500 LB) C41-RV-F003A/B	

\*1: 最上位の重要度を示す

\*2: 上段は冷温停止状態時における運転状態, 下段の ( ) は断続的運転時の運転状態を示す

\*3: 最高使用温度が 95 °C を超え, または最高使用圧力が 1,900 kPa を超える環境下にある原子炉格納容器外の重要度クラス 3 の機器

## 2. 代表機器の技術評価

本章では、1章で代表機器とした以下の弁について技術評価を実施する。

- ① 可燃性ガス濃度制御系出口ライン逃がし弁
- ② 残留熱除去系停止時冷却ライン外側隔離弁逃がし弁
- ③ 原子炉冷却材浄化系パージライン逃がし弁
- ④ ほう酸水注入系ほう酸水注入ポンプ吐出側逃がし弁

### 2.1 構造、材料及び使用条件

#### 2.1.1 可燃性ガス濃度制御系出口ライン逃がし弁

##### (1) 構造

可燃性ガス濃度制御系出口ライン逃がし弁は、口径 40 A、圧力クラス JIS 10 K の安全弁で、1台設置されている。

弁本体は、ガス（空気、窒素）を内包する耐圧部（弁箱、弁体、ノズルシート、ジョイントボルト・ナット）及び弁体を作動させる作動部（弁棒、スプリング）からなる。

ガス（空気、窒素）に接する弁箱及びノズルシートは炭素鋼鋳鋼または炭素鋼、弁体はステンレス鋼で製作されており、軸封部には流体の漏れを防止するためベローズが使用されている。

なお、当該弁については、ジョイントボルト・ナットを取り外すことにより、弁内部の点検手入りが可能である。

可燃性ガス濃度制御系出口ライン逃がし弁の構造図を図 2.1-1 に示す。

##### (2) 材料及び使用条件

可燃性ガス濃度制御系出口ライン逃がし弁主要部位の使用材料を表 2.1-1 に、使用条件を表 2.1-2 に示す。

No.	部 位
①	弁箱
②	弁体
③	ノズルシート
④	ジョイントボルト・ナット
⑤	ガスケット
⑥	ベローズ
⑦	弁棒
⑧	スプリング

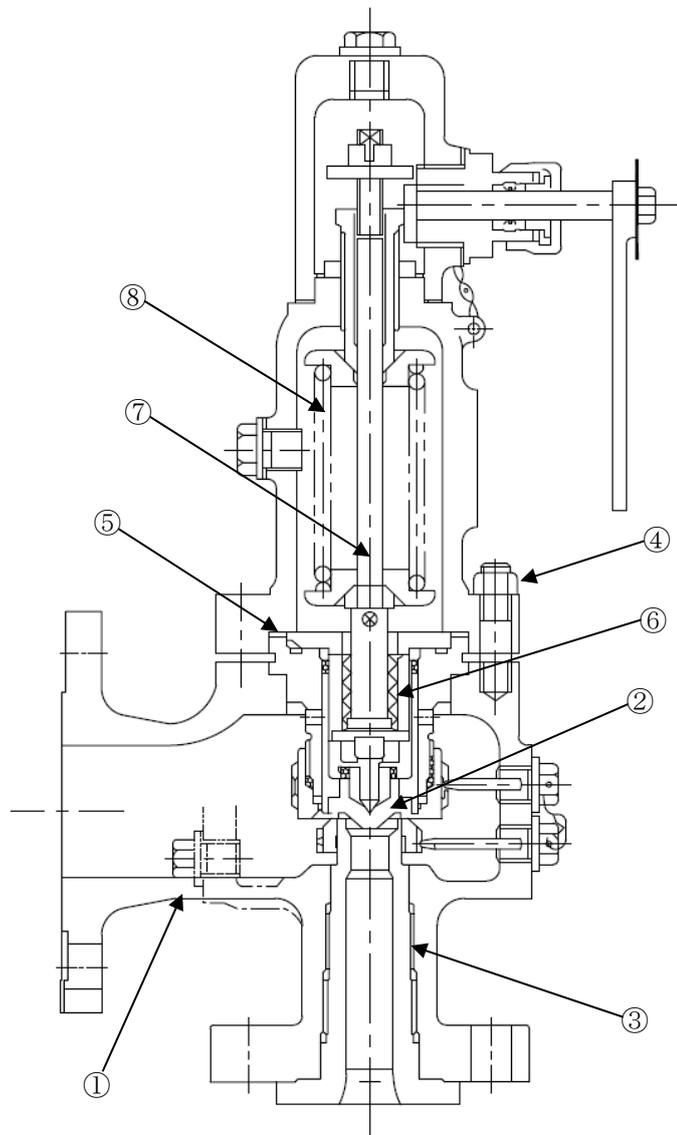


図 2.1-1 可燃性ガス濃度制御系出口ライン逃がし弁構造図

表 2.1-1 可燃性ガス濃度制御系出口ライン逃がし弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	炭素鋼鋳鋼
		弁体	ステンレス鋼
		ノズルシート	炭素鋼（ステライト肉盛）
		ジョイントボルト	低合金鋼
		ジョイントナット	低合金鋼
	シール	ガスケット	（消耗品）
		ベローズ	ステンレス鋼
作動機能の維持	作動力伝達	弁棒	ステンレス鋼
		スプリング	クロムバナジウム鋼

表 2.1-2 可燃性ガス濃度制御系出口ライン逃がし弁の使用条件

最高使用圧力	約 0.3 MPa
最高使用温度	171 ℃
内部流体	ガス（空気，窒素）

## 2.1.2 残留熱除去系停止時冷却ライン外側隔離弁逃がし弁

### (1) 構造

残留熱除去系停止時冷却ライン外側隔離弁逃がし弁は、口径 25 A、圧力クラス 1500 LB の安全弁で、2 台設置されている。

弁本体は、純水を内包する耐圧部（弁箱、弁体、ノズルシート、ジョイントボルト・ナット）及び弁体を作動させる作動部（弁棒、スプリング）からなる。

純水に接する弁箱は炭素鋼鋳鋼、弁体及びノズルシートはステンレス鋼で製作されており、軸封部には流体の漏れを防止するためベローズが使用されている。

なお、当該弁については、ジョイントボルト・ナットを取り外すことにより、弁内部の点検手入れが可能である。

残留熱除去系停止時冷却ライン外側隔離弁逃がし弁の構造図を図 2.1-2 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

残留熱除去系停止時冷却ライン外側隔離弁逃がし弁主要部位の使用材料を表 2.1-3 に、使用条件を表 2.1-4 に示す。

No.	部 位
①	弁箱
②	弁体
③	ノズルシート
④	ジョイントボルト・ナット
⑤	ガスケット
⑥	ベローズ
⑦	弁棒
⑧	スプリング

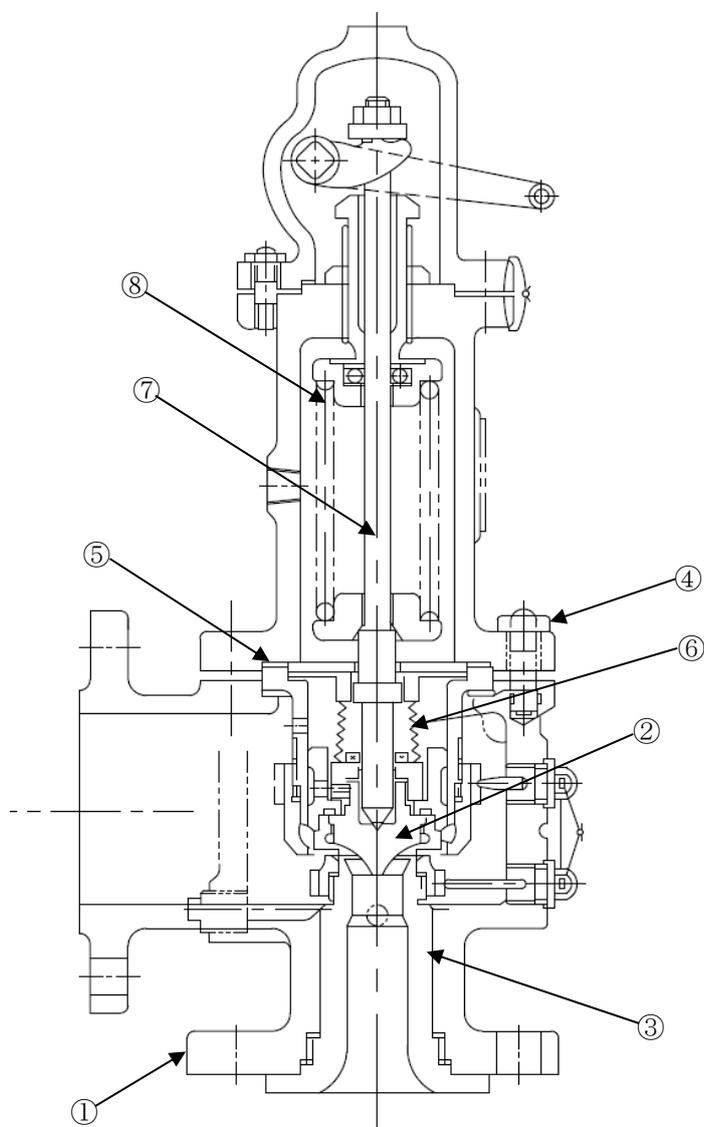


図 2. 1-2 残留熱除去系停止時冷却ライン外側隔離弁逃がし弁構造図

表 2.1-3 残留熱除去系停止時冷却ライン外側隔離弁逃がし弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	炭素鋼鋳鋼
		弁体	ステンレス鋼
		ノズルシート	ステンレス鋼 (ステライト肉盛)
		ジョイントボルト	低合金鋼
		ジョイントナット	炭素鋼
	シール	ガスケット	(消耗品)
		ベローズ	高ニッケル合金
作動機能の維持	作動力伝達	弁棒	ステンレス鋼
		スプリング	ステンレス鋼

表 2.1-4 残留熱除去系停止時冷却ライン外側隔離弁逃がし弁の使用条件

最高使用圧力	約 8.6 MPa
最高使用温度	302 °C
内部流体	純水

### 2.1.3 原子炉冷却材浄化系パージライン逃がし弁

#### (1) 構造

原子炉冷却材浄化系パージライン逃がし弁は、口径 25 A、圧力クラス 1500 LB の安全弁で、2 台設置されている。

弁本体は、純水を内包する耐圧部（弁箱、弁体、ノズルシート、ジョイントボルト・ナット）及び弁体を作動させる作動部（弁棒、スプリング）からなる。

純水に接する弁箱はステンレス鋳鋼、弁体及びノズルシートはステンレス鋼で製作されている。

なお、当該弁については、ジョイントボルト・ナットを取り外すことにより、弁内部の点検手入れが可能である。

原子炉冷却材浄化系パージライン逃がし弁の構造図を図 2.1-3 に示す。

#### (2) 材料及び使用条件

原子炉冷却材浄化系パージライン逃がし弁主要部位の使用材料を表 2.1-5 に、使用条件を表 2.1-6 に示す。

No.	部 位
①	弁箱
②	弁体
③	ノズルシート
④	ジョイントボルト・ナット
⑤	ガスケット
⑥	弁棒
⑦	スプリング

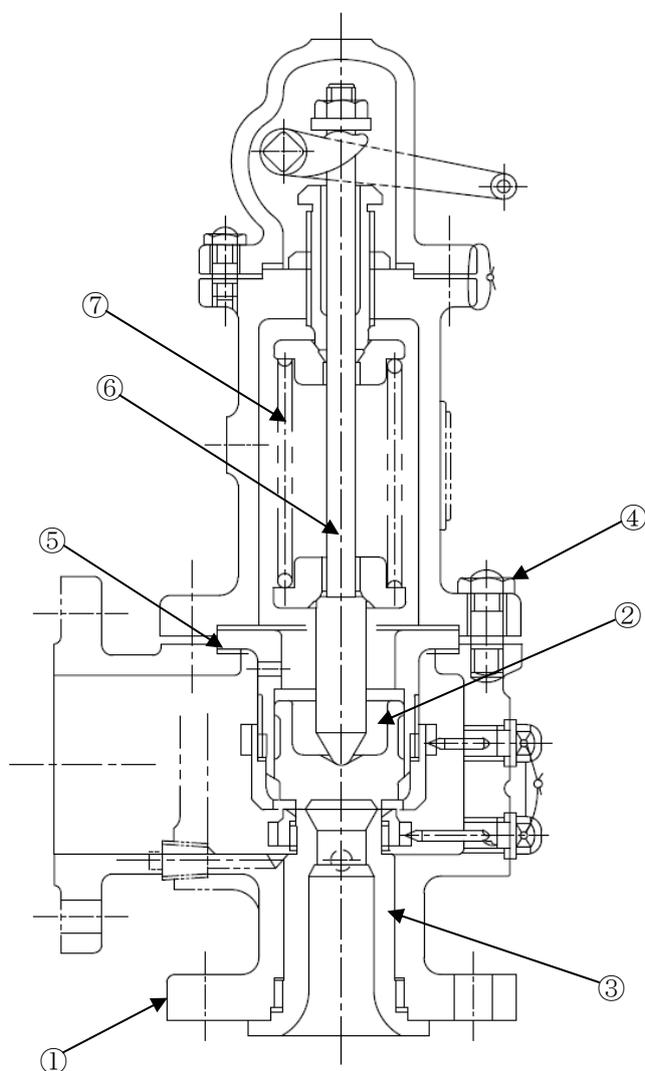


図 2.1-3 原子炉冷却材浄化系パーズライン逃がし弁構造図

表 2.1-5 原子炉冷却材浄化系パージライン逃がし弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	ステンレス鋳鋼
		弁体	ステンレス鋼 (ステライト肉盛)
		ノズルシート	ステンレス鋼 (ステライト肉盛)
		ジョイントボルト	ステンレス鋼
		ジョイントナット	ステンレス鋼
	シール	ガスケット	(消耗品)
作動機能の維持	作動力伝達	弁棒	ステンレス鋼 (ステライト肉盛)
		スプリング	ステンレス鋼

表 2.1-6 原子炉冷却材浄化系パージライン逃がし弁の使用条件

最高使用圧力	約 13.8 MPa
最高使用温度	66 °C
内部流体	純水

## 2.1.4 ほう酸水注入系ほう酸水注入ポンプ吐出側逃がし弁

### (1) 構造

ほう酸水注入系ほう酸水注入ポンプ吐出側逃がし弁は、口径 25 A、圧力クラス 1500 LB の安全弁で、2 台設置されている。

弁本体は、五ほう酸ナトリウム水を内包する耐圧部（弁箱、弁体、ノズルシート、ジョイントボルト・ナット）及び弁体を作動させる作動部（弁棒、スプリング）からなる。

五ほう酸ナトリウム水に接する弁箱はステンレス鋳鋼、弁体及びノズルシートはステンレス鋼で製作されており、軸封部には流体の漏れを防止するためペローズが使用されている。

なお、当該弁については、ジョイントボルト・ナットを取り外すことにより、弁内部の点検手入りが可能である。

ほう酸水注入系ほう酸水注入ポンプ吐出側逃がし弁の構造図を図 2.1-4 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

ほう酸水注入系ほう酸水注入ポンプ吐出側逃がし弁主要部位の使用材料を表 2.1-7 に、使用条件を表 2.1-8 に示す。

No.	部 位
①	弁箱
②	弁体
③	ノズルシート
④	ジョイントボルト・ナット
⑤	ガスケット
⑥	ベローズ
⑦	弁棒
⑧	スプリング

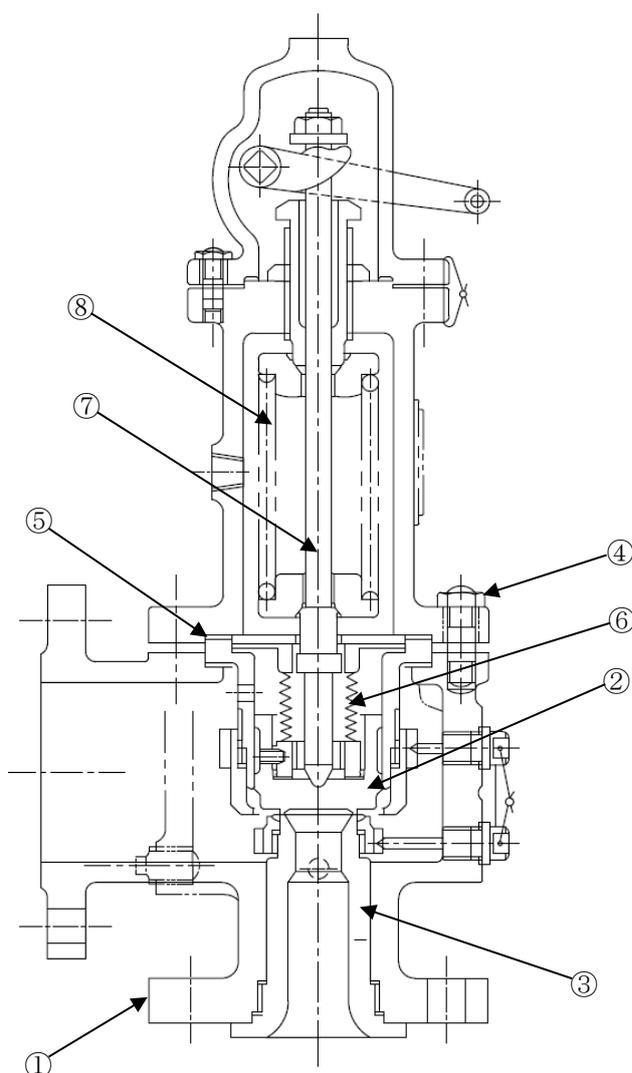


図 2.1-4 ほう酸水注入系ほう酸水注入ポンプ吐出側逃がし弁構造図

表 2.1-7 ほう酸水注入系ほう酸水注入ポンプ吐出側逃がし弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	ステンレス鋳鋼
		弁体	ステンレス鋼 (ステライト肉盛)
		ノズルシート	ステンレス鋼 (ステライト肉盛)
		ジョイントボルト	ステンレス鋼
		ジョイントナット	ステンレス鋼
	シール	ガスケット	(消耗品)
		ベローズ	高ニッケル合金
作動機能の維持	作動力伝達	弁棒	ステンレス鋼
		スプリング	ステンレス鋼

表 2.1-8 ほう酸水注入系ほう酸水注入ポンプ吐出側逃がし弁の使用条件

最高使用圧力	約 10.8 MPa
最高使用温度	66 °C
内部流体	五ほう酸ナトリウム水

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

安全弁の機能である流体吹き出し機能の達成に必要な項目は以下のとおり。

- ① バウンダリの維持
- ② 作動機能の維持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

安全弁について、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の材料、構造、使用条件（内部流体、圧力、温度等）及び現在までの運転経験を考慮し、代表機器毎に表 2.2-1 に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

なお、消耗品及び定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

ガスケットは消耗品であり、設計時に長期使用せず取替を前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

#### (3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

想定される経年劣化事象のうち主要 6 事象に該当する事象及び下記①、②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。なお、下記①、②に該当する事象については、2.2.3 項に示すとおり、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

- ① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△）
- ② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲）

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

a. 弁箱の腐食（全面腐食）〔残留熱除去系停止時冷却ライン外側隔離弁逃がし弁〕

弁箱は炭素鋼鋳鋼で、内部流体が純水であることから、腐食の発生が想定されるが、分解点検時に目視にて健全性を確認している。

また、これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. 弁箱、ノズルシートの腐食（全面腐食）〔可燃性ガス濃度制御系出口ライン逃がし弁〕

弁箱及びノズルシートは炭素鋼鋳鋼、炭素鋼で、内部流体が湿分を含んだガス（空気、窒素）であることから、腐食の発生が想定されるが、分解点検時に目視にて健全性を確認している。

また、これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず、今後も、これらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. 弁箱、弁体及びノズルシートの腐食（全面腐食）〔ほう酸水注入系ほう酸水注入ポンプ吐出側逃がし弁〕

弁箱、弁体及びノズルシートは、ステンレス鋼またはステンレス鋳鋼で、内部流体が五ほう酸ナトリウム水であるが、ステンレス鋼またはステンレス鋳鋼は耐食性が高いため、腐食が発生する可能性は小さい。

また、これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- d. ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）〔可燃性ガス濃度制御系出口ライン逃がし弁，残留熱除去系停止時冷却ライン外側隔離弁逃がし弁〕

ジョイントボルト・ナットは，炭素鋼または低合金鋼であるため，腐食の発生が想定されるが，分解点検時に目視にて健全性を確認している。

また，これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- e. スプリングのへたり〔共通〕

スプリングは常時応力がかかった状態で使用されるため，へたりが想定されるが，スプリング使用時のねじり応力が許容ねじり応力以下になるように設定されており，さらにスプリングの材料に対する推奨最高使用温度よりも実際の使用温度は低いことから，へたりが進行する可能性は小さい。

スプリングのへたりは，分解点検時の目視点検，またフランジ構造のものについては組立後の作動確認にて検知可能であり，これまでの点検結果からも有意なへたりは確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- f. ベローズの疲労割れ〔可燃性ガス濃度制御系出口ライン逃がし弁，残留熱除去系停止時冷却ライン外側隔離弁逃がし弁，ほう酸水注入系ほう酸水注入ポンプ吐出側逃がし弁〕

ベローズを有する弁は作動頻度が少ないため，ベローズの疲労割れが発生する可能性は小さい。

また，これまでの点検結果からも割れは確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- (2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，または，進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

日常劣化管理事象に該当する事象は抽出されなかった。

表 2.2-1 (1/4) 可燃性ガス濃度制御系出口ライン逃がし弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考
					減 肉		割 れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		炭素鋼鋳鋼		△						*1:ステライト肉盛 *2:へたり
		弁体		ステンレス鋼								
		ノズルシート		炭素鋼*1		△						
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	シール	ガスケット	◎									
		ベローズ		ステンレス鋼			△					
作動機能の維持	作動力伝達	弁棒		ステンレス鋼								
		スプリング		クロムバナジウム鋼							△*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 (2/4) 残留熱除去系停止時冷却ライン外側隔離弁逃がし弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考
					減 肉		割 れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		炭素鋼鋳鋼		△						*1:ステライト肉盛 *2:へたり
		弁体		ステンレス鋼								
		ノズルシート		ステンレス鋼*1								
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼, 炭素鋼		△						
	シール	ガスケット	◎									
		ベローズ		高ニッケル合金			△					
作動機能の維持	作動力伝達	弁棒		ステンレス鋼								
		スプリング		ステンレス鋼							△*2	

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (3/4) 原子炉冷却材浄化系パーザライン逃がし弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考
					減 肉		割 れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		ステンレス鋳鋼								*1:ステライト肉盛 *2:へたり
		弁体		ステンレス鋼*1								
		ノズルシート		ステンレス鋼*1								
		ジョイントボルト・ナット		ステンレス鋼								
	シール	ガスケット	◎									
作動機能の維持	作動力伝達	弁棒		ステンレス鋼*1								
		スプリング		ステンレス鋼							△*2	

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (4/4) ほう酸水注入系ほう酸水注入ポンプ吐出側逃がし弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考
					減 肉		割 れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		ステンレス鋳鋼		△						*1:ステライト肉盛 *2:へたり
		弁体		ステンレス鋼*1		△						
		ノズルシート		ステンレス鋼*1		△						
		ジョイントボルト・ナット		ステンレス鋼								
	シール	ガスケット	◎									
		ベローズ		高ニッケル合金			△					
作動機能の維持	作動力伝達	弁棒		ステンレス鋼								
		スプリング		ステンレス鋼							△*2	

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

### 3. 代表機器以外への展開

本章では、2章で実施した代表機器の技術評価結果について、1章で実施したグループ化で代表機器となっていない機器への展開について検討した。

#### [対象系統]

- ① 残留熱除去系
- ② 低圧炉心スプレイ系
- ③ 高圧炉心スプレイ系
- ④ 原子炉冷却材浄化系

#### 3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

代表機器同様、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

#### 3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

##### a. 弁箱の腐食（全面腐食） [共通]

代表機器同様、弁箱は炭素鋼鋳鋼で、内部流体が純水であることから、腐食の発生が想定されるが、分解点検時に目視にて健全性を確認している。

また、これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

##### b. ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食） [共通]

代表機器同様、ジョイントボルト・ナットは炭素鋼であるため、腐食の発生が想定されるが、分解点検時に目視にて健全性を確認している。

また、これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. スプリングのへたり [共通]

代表機器同様、スプリングは常時応力がかかった状態で使用されるため、へたりが想定されるが、スプリング使用時のねじり応力が許容ねじり応力以下になるように設定されており、さらにスプリングの材料に対する推奨最高使用温度よりも実際の使用温度は低いことから、へたりが進行する可能性は小さい。

スプリングのへたりは、分解点検時の目視点検、またフランジ構造のものについては組立後の作動確認にて検知可能であり、これまでの点検結果からも有意なへたりは確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. ベローズの疲労割れ [ベローズを有する弁共通]

代表機器同様、ベローズを有する弁は作動頻度が少ないため、ベローズの疲労割れが発生する可能性は小さい。

また、これまでの点検結果からも割れは確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- (2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

代表機器同様、日常劣化管理事象に該当する事象は抽出されなかった。

以 上

## 6 ボール弁

[対象系統]

- ① 原子炉冷却材浄化系
- ② 液体固体廃棄物処理系

## 目 次

1. 対象機器及び代表機器の選定 .....	6-1
1.1 グループ化の考え方及び結果 .....	6-1
1.2 代表機器の選定 .....	6-1
2. 代表機器の技術評価 .....	6-3
2.1 構造, 材料及び使用条件 .....	6-3
2.1.1 原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器 1 次入口弁 .....	6-3
2.1.2 濃縮廃液系濃縮廃液タンク 出口弁 .....	6-6
2.2 経年劣化事象の抽出 .....	6-9
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目 .....	6-9
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 .....	6-9
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 .....	6-10
3. 代表機器以外への展開 .....	6-14
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 .....	6-14
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 .....	6-14

## 1. 対象機器及び代表機器の選定

主要なボール弁の主な仕様を表 1-1 に示す。

これらのボール弁を材料及び内部流体の観点からグループ化し、それぞれのグループより代表機器を選定した。

### 1.1 グループ化の考え方及び結果

材料及び内部流体を分類基準とし、ボール弁を表 1-1 に示すとおりグループ化する。

弁箱材料は炭素鋼及びステンレス鋼に分類され、流体は純水に分類される。

### 1.2 代表機器の選定

表 1-1 に分類したグループ毎に、原則として重要度、運転状態、最高使用温度、最高使用圧力及び口径の観点から代表機器を選定する。

#### (1) 純水系炭素鋼ボール弁（内部流体：純水、弁箱材質：炭素鋼）

純水系ラインに使用されている炭素鋼ボール弁は、原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器 1 次入口弁を代表機器とする。

(G31-A0-F300A/B , 100 A, 900 LB)

#### (2) 純水系ステンレス鋼ボール弁（内部流体：純水、弁箱材質：ステンレス鋼）

純水系ラインに使用されているステンレス鋼ボール弁は、最高使用温度、口径の観点から濃縮廃液系濃縮廃液タンク出口弁を代表機器とする。

(K22-F005A/B , 100 A, 300 LB)

表 1-1 ボール弁のグループ化及び代表機器の選定

分類基準		系統名称	選定基準					代表選定	代表弁	選定理由
材料	内部流体		重要度*1	使用条件						
				口径 (A)	運転状態*2	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)			
炭素鋼	純水	原子炉冷却材浄化系	PS-2	100	連続 (連続)	約 10.0	66	◎	原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器 1 次入口弁 (100 A, 約 10.0 MPa, 66 °C, 900 LB) G31-A0-F300A/B	
ステンレス鋼	純水	液体固体廃棄物処理系	高*3	40~100	連続 (連続)	約 2.0	66~100	◎	濃縮廃液系濃縮廃液タンク出口弁 (100 A, 約 2.0 MPa, 100 °C, 300 LB) K22-F005A/B	最高使用温度, 口径

\*1: 最上位の重要度を示す

\*2: 上段は冷温停止状態時における運転状態, 下段の ( ) は断続的運転時の運転状態を示す

\*3: 最高使用温度が 95 °C を超え, または最高使用圧力が 1,900 kPa を超える環境下にある原子炉格納容器外の重要度クラス 3 の機器

## 2. 代表機器の技術評価

本章では、1章で代表機器とした以下の弁について技術評価を実施する。

- ① 原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器 1次入口弁
- ② 濃縮廃液系濃縮廃液タンク出口弁

### 2.1 構造、材料及び使用条件

#### 2.1.1 原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器 1次入口弁

##### (1) 構造

原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器 1次入口弁は、口径 100 A、圧力クラス 900 LB の空気作動式ボール弁で、2台設置されている。

純水を内包する耐圧部（弁箱、弁ふた、ジョイントボルト・ナット、軸封部）、純水を仕切る隔離部（弁体）及び弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒、ヨーク）からなる。

純水に接する弁箱及び弁ふたは炭素鋼、弁体はステンレス鋼で製作されており、軸封部には流体の漏れを防止するためグランドパッキンが使用されている。

なお、当該弁については、駆動部を切り離し、ジョイントボルト・ナットを取り外すことにより、弁内部の点検手入れが可能である。

原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器 1次入口弁の構造図を図 2.1-1 に示す。

##### (2) 材料及び使用条件

原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器 1次入口弁主要部位の使用材料を表 2.1-1 に、使用条件を表 2.1-2 に示す。

No.	部 位
①	弁箱
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	ガスケット
⑤	グラウンドパッキン
⑥	弁体
⑦	シートリング
⑧	弁棒
⑨	ヨーク

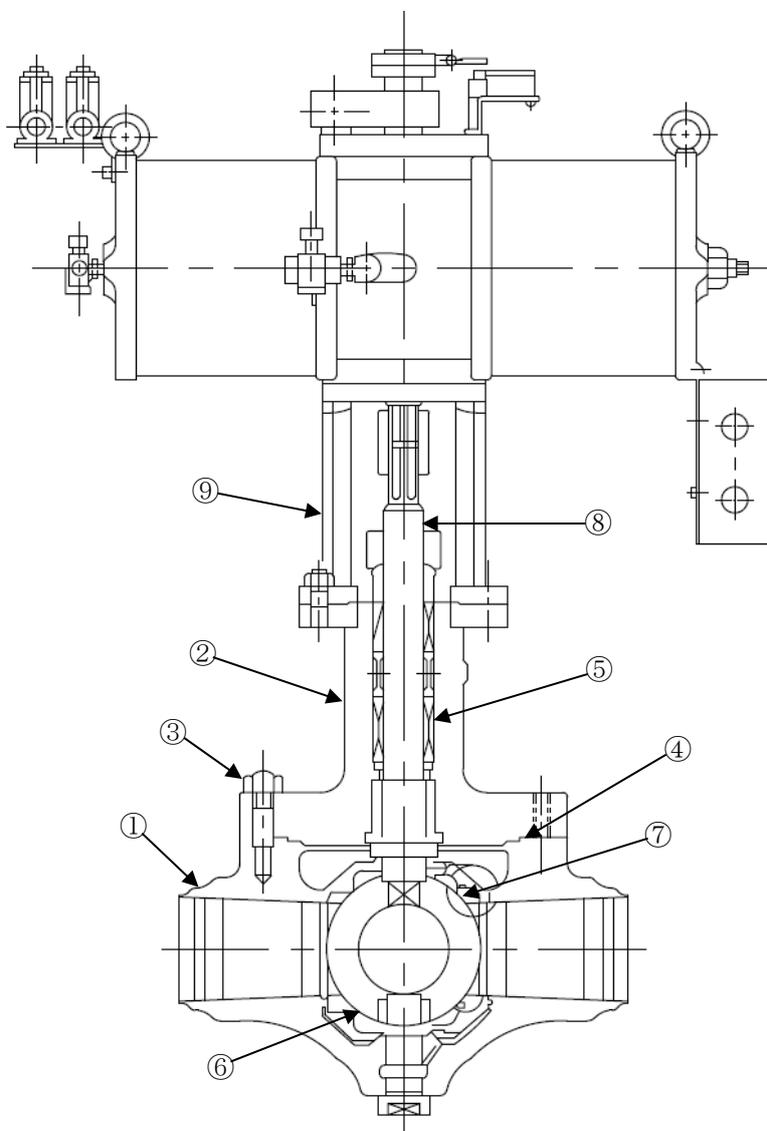


図 2. 1-1 原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器 1 次入口弁構造図

表 2.1-1 原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器 1 次入口弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	炭素鋼鋳鋼
		弁ふた	炭素鋼鋳鋼
		ジョイントボルト	低合金鋼
		ジョイントナット	炭素鋼
	シール	ガスケット	(消耗品)
		グランドパッキン	(消耗品)
隔離機能の維持	隔離	弁体	ステンレス鋼
		シートリング	(消耗品)
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼
		ヨーク	炭素鋼

表 2.1-2 原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器 1 次入口弁の使用条件

最高使用圧力	約 10.0 MPa
最高使用温度	66 °C
内部流体	純水

## 2.1.2 濃縮廃液系濃縮廃液タンク出口弁

### (1) 構造

濃縮廃液系濃縮廃液タンク出口弁は、口径 100 A、圧力クラス 300 LB の手動ボール弁で、2 台設置されている。

純水を内包する耐圧部（弁箱、弁ふた、ジョイントボルト・ナット、軸封部）、純水を仕切る隔離部（弁体）及び弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒、ヨーク）からなる。

純水に接する弁箱、弁ふた及び弁体はステンレス鋳鋼で製作されており、軸封部には流体の漏れを防止するためグランドパッキンが使用されている。

なお、当該弁については、ジョイントボルト・ナットを取り外すことにより、弁内部の点検手入れが可能である。

濃縮廃液系濃縮廃液タンク出口弁の構造図を図 2.1-2 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

濃縮廃液系濃縮廃液タンク出口弁主要部位の使用材料を表 2.1-3 に、使用条件を表 2.1-4 に示す。

No.	部 位
①	弁箱
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	ガスケット
⑤	グラウンドパッキン
⑥	弁体
⑦	シートリング
⑧	弁棒
⑨	ヨーク

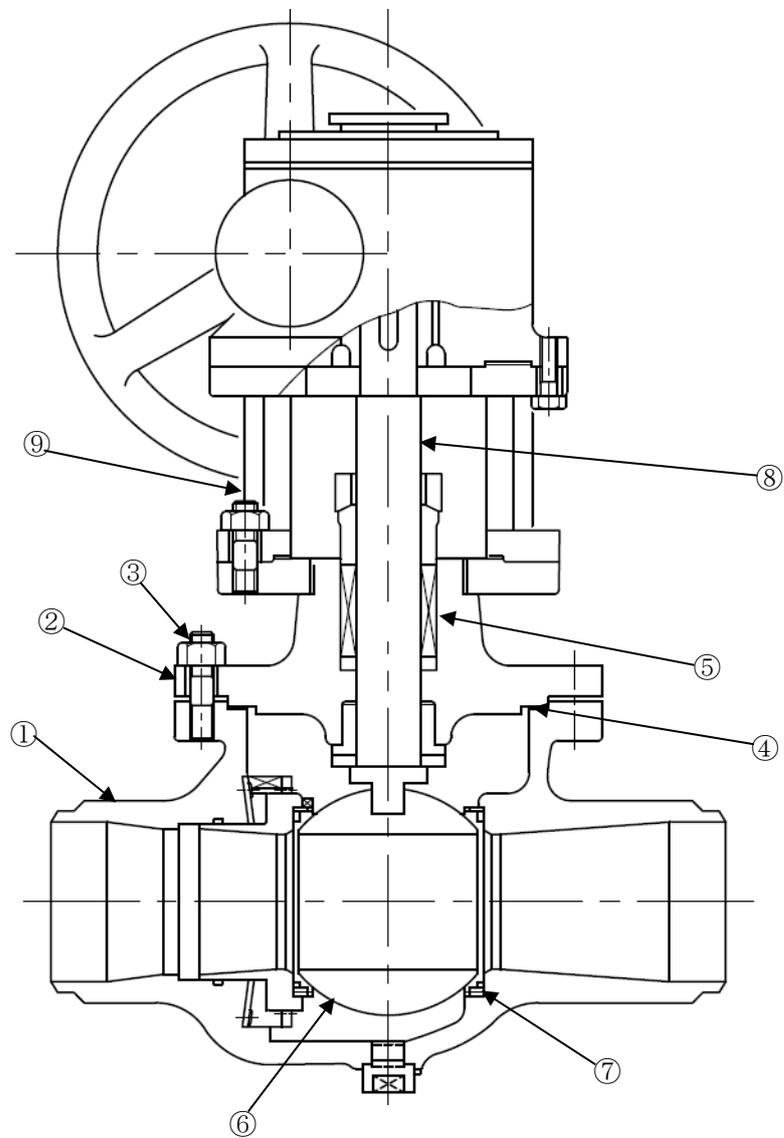


図 2.1-2 濃縮廃液系濃縮廃液タンク出口弁構造図

表 2.1-3 濃縮廃液系濃縮廃液タンク出口弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	ステンレス鋳鋼
		弁ふた	ステンレス鋳鋼
		ジョイントボルト	低合金鋼
		ジョイントナット	炭素鋼
	シール	ガスケット	(消耗品)
		グラウンドパッキン	(消耗品)
隔離機能の維持	隔離	弁体	ステンレス鋼
		シートリング	(消耗品)
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼
		ヨーク	ステンレス鋳鋼

表 2.1-4 濃縮廃液系濃縮廃液タンク出口弁の使用条件

最高使用圧力	約 2.0MPa
最高使用温度	100℃
内部流体	純水

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

ボール弁の機能である流体調節、隔離機能の達成に必要な項目は以下のとおり。

- ① バウンダリの維持
- ② 隔離機能の維持
- ③ 作動機能の維持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

ボール弁について、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の材料、構造、使用条件（内部流体、圧力、温度等）及び現在までの運転経験を考慮し、代表機器毎に表 2.2-1 に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

なお、消耗品及び定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

グランドパッキン、ガスケット及びシートリングは消耗品であり、設計時に長期使用せず取替を前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

#### (3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

想定される経年劣化事象のうち主要 6 事象に該当する事象及び下記①、②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。なお、下記①、②に該当する事象については、2.2.3 項に示すとおり、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

- ① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△）
- ② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲）

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

a. 弁箱及び弁ふたの腐食（流れ加速型腐食（FAC））〔原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器 1 次入口弁〕

弁箱及び弁ふたは炭素鋼鋳鋼で、内部流体が純水であることから、腐食（FAC）の発生が想定されるが、分解点検時の目視点検により、有意な腐食が確認された場合は、必要に応じて補修または取替を行うこととしている。

また、冷温停止状態においては、プラント運転状態と異なり、流速ならびに温度が低いこと、中間開度での運用がないことから、腐食（FAC）が発生する可能性はない。

今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）〔共通〕

ジョイントボルト・ナットは低合金鋼または炭素鋼であることから、腐食の発生が想定されるが、分解点検時に目視にて健全性を確認している。

また、これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. 弁体の摩耗〔共通〕

弁体は常にシートリングと接触していることから、弁体の回転による摩耗が想定されるが、弁体はシートリングよりも硬いため、摩耗する可能性は小さい。

また、これまでの点検結果からも有意な摩耗は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. ヨークの腐食（全面腐食）〔原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器 1 次入口弁〕

ヨークは炭素鋼であることから、腐食の発生が想定されるが、大気接触部は防食塗装を施しており、必要に応じて補修を行うこととしている。

また、これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- (2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

日常劣化管理事象に該当する事象は抽出されなかった。

表 2.2-1 (1/2) 原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器 1 次入口弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		炭素鋼鋳鋼		△*1					*1:FAC	
		弁ふた		炭素鋼鋳鋼		△*1						
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼, 炭素鋼		△						
	シール	ガスケット	◎									
		グランドパッキン	◎									
隔離機能の維持	隔離	弁体		ステンレス鋼	△							
		シートリング	◎									
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		ステンレス鋼								
		ヨーク		炭素鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (2/2) 濃縮廃液系濃縮廃液タンク出口弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		ステンレス鋳鋼								
		弁ふた		ステンレス鋳鋼								
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼, 炭素鋼		△						
	シール	ガスケット	◎									
		グランドパッキン	◎									
隔離機能の維持	隔離	弁体		ステンレス鋼	△							
		シートリング	◎									
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		ステンレス鋼								
		ヨーク		ステンレス鋳鋼								

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

### 3. 代表機器以外への展開

本章では、2章で実施した代表機器の技術評価について、1章で実施したグループ化で代表機器となっていない機器への展開について検討した。

[対象系統]

- ① 原子炉冷却材浄化系
- ② 液体固体廃棄物処理系

#### 3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

代表機器同様、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

#### 3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

a. 弁箱及び弁ふたの腐食（流れ加速型腐食（FAC））〔炭素鋼の弁箱及び弁ふたを有する弁共通〕

代表機器同様、弁箱及び弁ふたは炭素鋼鋳鋼で、内部流体が純水であることから、腐食の発生が想定されるが、分解点検時の目視点検により、有意な腐食が確認された場合は、必要に応じて補修または取替を行うこととしている。

また、冷温停止状態においては、プラント運転状態と異なり、流速ならびに温度が低いこと、中間開度での運用がないことから、腐食（FAC）が発生する可能性はない。

今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）〔共通〕

代表機器同様、ジョイントボルト・ナットは、低合金鋼または炭素鋼であることから、腐食の発生が想定されるが、分解点検時に目視にて健全性を確認している。

また、これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. 弁体の摩耗〔共通〕

代表機器同様、弁体は常にシートリングと接触していることから、弁体の回転による摩耗が想定されるが、弁体はシートリングよりも硬いため、摩耗する可能性は小さい。

また、これまでの点検結果からも有意な摩耗は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. ヨークの腐食（全面腐食）〔炭素鋼のヨークを有する弁共通〕

代表機器同様，ヨークは炭素鋼であることから，腐食の発生が想定されるが，大気接触部は防食塗装を施しており，必要に応じて補修を行うこととしている。

また，これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- (2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

代表機器同様，日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。

以 上

## 7 制御弁

[対象系統]

- ① 制御棒駆動系
- ② 原子炉冷却材浄化系
- ③ 原子炉補機冷却水系
- ④ 換気空調補機非常用冷却水系

## 目 次

1. 対象機器及び代表機器の選定.....	7-1
1.1 グループ化の考え方及び結果.....	7-1
1.2 代表機器の選定.....	7-1
2. 代表機器の技術評価.....	7-3
2.1 構造, 材料及び使用条件.....	7-3
2.1.1. 原子炉冷却材浄化系ブローダウン流量調節弁.....	7-3
2.1.2. 原子炉補機冷却水系冷却水供給温度調節弁.....	7-6
2.1.3. 制御棒駆動系駆動水流量調節弁.....	7-9
2.2 経年劣化事象の抽出.....	7-12
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目.....	7-12
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象.....	7-12
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象.....	7-13
3. 代表機器以外への展開.....	7-18
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象.....	7-18
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象.....	7-18

## 1. 対象機器及び代表機器の選定

主要な制御弁の主な仕様を表 1-1 に示す。

これらの制御弁を材料及び内部流体の観点からグループ化し、それぞれのグループより代表機器を選定した。

### 1.1 グループ化の考え方及び結果

材料及び内部流体を分類基準とし、制御弁を表 1-1 に示すとおりグループ化する。

弁箱材料は炭素鋼及びステンレス鋼に分類され、流体は純水及び冷却水（防錆剤入り純水）に分類される。

### 1.2 代表機器の選定

表 1-1 に分類したグループ毎に、原則として重要度、運転状態、最高使用温度、最高使用圧力及び口径の観点から代表機器を選定する。

#### (1) 純水系炭素鋼制御弁（内部流体：純水、弁箱材質：炭素鋼）

純水系ラインに使用されている炭素鋼制御弁のうち、原子炉冷却材浄化系ブローダウン流量調節弁を代表機器とする。

(G31-A0-F031, 100 A, 900 LB)

#### (2) 冷却水系炭素鋼制御弁（内部流体：冷却水（防錆剤入り純水）、弁箱材質：炭素鋼）

冷却水系ラインに使用されている炭素鋼制御弁のうち、重要度、運転状態の観点から原子炉補機冷却水系冷却水供給温度調節弁を代表機器とする。

(P21-A0-F009A/B, 650 A, JIS 20 K)

#### (3) 純水系ステンレス鋼制御弁（内部流体：純水、弁箱材質：ステンレス鋼）

純水系ラインに使用されているステンレス鋼制御弁のうち、制御棒駆動系駆動水流量調節弁を代表機器とする。

(C12-A0-F011A/B, 50 A, 900 LB)

表 1-1 制御弁のグループ化及び代表機器の選定

分類基準		系統名称	選定基準					代表選定	代表弁	選定理由
材料	内部流体		重要度*1	使用条件						
				口径 (A)	運転状態*2	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)			
炭素鋼	純水	原子炉冷却材浄化系	PS-2	100	連続 (連続)	約 10.0	66	◎	原子炉冷却材浄化系ブローダウン流量調節弁 (100 A, 約 10.0 MPa, 66 °C, 900 LB) G31-A0-F031	
	冷却水*3	原子炉補機冷却水系	MS-1	650	連続 (連続)	約 1.4	70	◎	原子炉補機冷却水系冷却水供給温度調節弁 (650 A, 約 1.4 MPa, 70 °C, JIS 20 K) P21-A0-F009A/B	重要度, 運転状態
		換気空調補機非常用冷却水系	MS-1	125~150	一時 (一時)	約 1.4	70			
ステンレス鋼	純水	制御棒駆動系	高*4	50	連続 (連続)	約 13.8	66	◎	制御棒駆動系駆動水流量調節弁 (50A, 約 13.8MPa, 66°C, 900 LB) C12-A0-F011A/B	

\*1：最上位の重要度を示す

\*2：上段は冷温停止状態時における運転状態，下段の（ ）は断続的運転時の運転状態を示す

\*3：防錆剤入り純水

\*4：最高使用温度が 95 °C を超え，または最高使用圧力が 1,900 kPa を超える環境下にある原子炉格納容器外の重要度クラス 3 の機器

## 2. 代表機器の技術評価

本章では、1章で代表機器とした以下の弁について技術評価を実施する。

- ① 原子炉冷却材浄化系ブローダウン流量調節弁
- ② 原子炉補機冷却水系冷却水供給温度調節弁
- ③ 制御棒駆動系駆動水流量調節弁

### 2.1 構造、材料及び使用条件

#### 2.1.1. 原子炉冷却材浄化系ブローダウン流量調節弁

##### (1) 構造

原子炉冷却材浄化系ブローダウン流量調節弁は、口径 100 A、圧力クラス 900 LB の空気作動流量制御弁で、1台設置されている。

弁本体は、純水を内包する耐圧部（弁箱、弁ふた、ジョイントボルト・ナット、軸封部）、純水を仕切る隔離部（弁体、弁座）及び弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒、ヨーク）からなる。

純水に接する弁箱、弁ふた、及び弁座は炭素鋼鋳鋼及び炭素鋼、弁体はステンレス鋼で製作されており、軸封部には流体の漏れを防止するためグランドパッキンが使用されている。

なお、当該弁については、駆動部を切り離し、ジョイントボルト・ナットを取り外すことにより、弁内部の点検手入れが可能である。

原子炉冷却材浄化系ブローダウン流量調節弁の構造図を図 2.1-1 に示す。

##### (2) 材料及び使用条件

原子炉冷却材浄化系ブローダウン流量調節弁主要部位の使用材料を表 2.1-1 に、使用条件を表 2.1-2 に示す。

No.	部 位
①	弁箱
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	ガスケット
⑤	グラウンドパッキン
⑥	弁体
⑦	弁座
⑧	弁棒
⑨	ヨーク

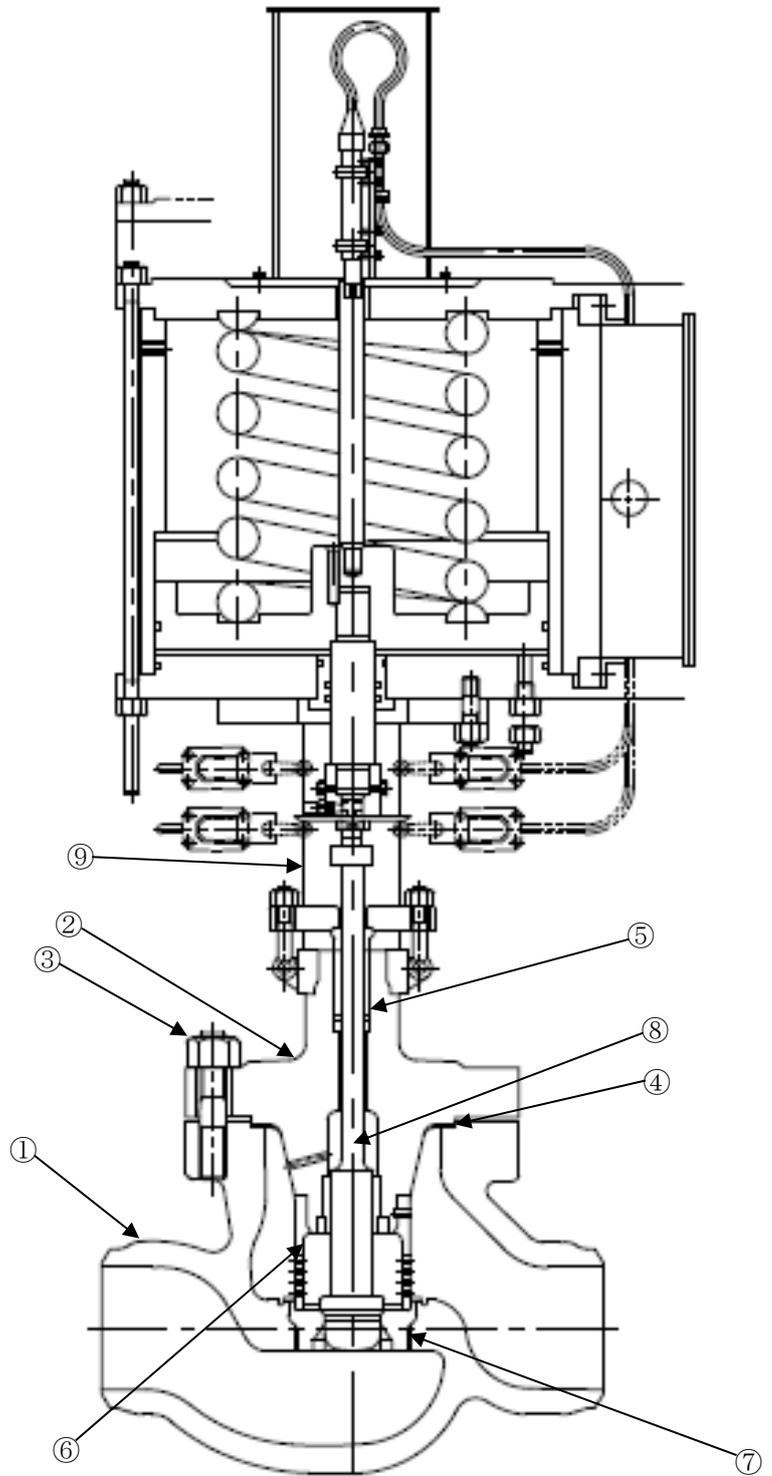


図 2. 1-1 原子炉冷却材浄化系ブローダウン流量調節弁構造図

表 2.1-1 原子炉冷却材浄化系ブローダウン流量調節弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	炭素鋼鋳鋼
		弁ふた	炭素鋼鋳鋼
		ジョイントボルト	低合金鋼
		ジョイントナット	低合金鋼
	シール	ガスケット	(消耗品)
		グラウンドパッキン	(消耗品)
隔離機能の維持	隔離	弁体	ステンレス鋼 (ステライト肉盛)
		弁座	炭素鋼 (ステライト肉盛)
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼
		ヨーク	炭素鋼鋳鋼

表 2.1-2 原子炉冷却材浄化系ブローダウン流量調節弁の使用条件

最高使用圧力	約 10.0 MPa
最高使用温度	66 °C
内部流体	純水

## 2.1.2. 原子炉補機冷却水系冷却水供給温度調節弁

### (1) 構造

原子炉補機冷却水系冷却水供給温度調節弁は、口径 650 A、圧力クラス JIS 20 K の空気作動温度制御弁で、2 台設置されている。

弁本体は、冷却水（防錆剤入り純水）を内包する耐圧部（弁箱、ジョイントボルト・ナット、軸封部）、冷却水（防錆剤入り純水）を仕切る隔離部（弁体、弁座）及び弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒、ピン、ヨーク）からなる。

冷却水（防錆剤入り純水）に接する弁箱、弁体は炭素鋼鋳鋼で製作されており、軸封部には流体の漏れを防止するためグランドパッキンが使用されている。

なお、当該弁については、駆動部を切り離し、フランジボルトを緩め、弁箱を取り外すことにより、弁内部の点検手入れが可能である。

原子炉補機冷却水系冷却水供給温度調節弁の構造図を図 2.1-2 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

原子炉補機冷却水系冷却水供給温度調節弁主要部位の使用材料を表 2.1-3 に、使用条件を表 2.1-4 に示す。

No.	部 位
①	弁箱
②	ジョイントボルト・ナット
③	グラウンドパッキン
④	弁体
⑤	弁座 (弁体シート)
⑥	弁棒
⑦	ピン
⑧	ヨーク

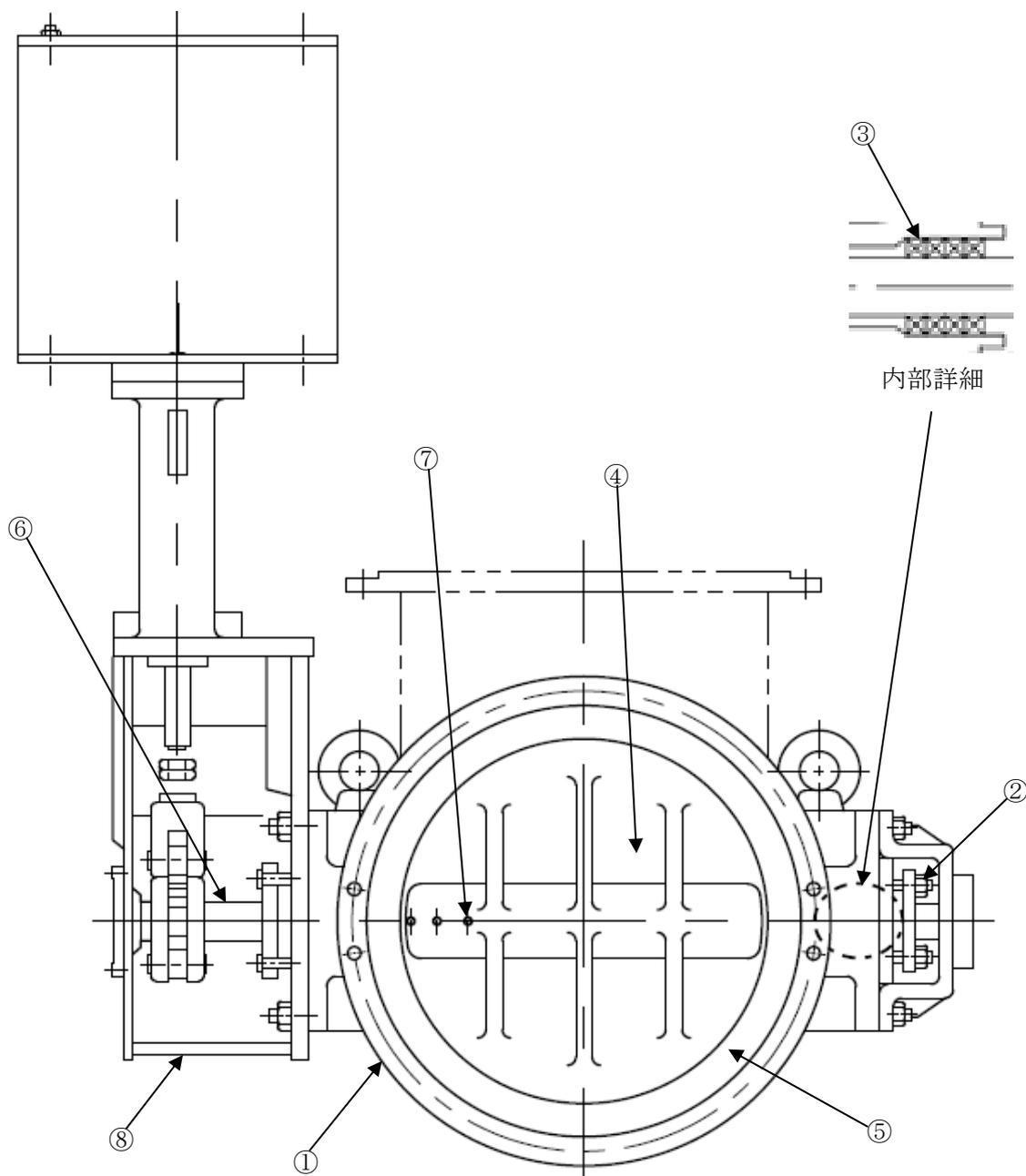


図 2.1-2 原子炉補機冷却水系冷却水供給温度調節弁構造図

表 2.1-3 原子炉補機冷却水系冷却水供給温度調節弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	炭素鋼鋳鋼
		ジョイントボルト	低合金鋼
		ジョイントナット	炭素鋼
	シール	グランドパッキン	(消耗品)
隔離機能の維持	隔離	弁体	炭素鋼鋳鋼
		弁座 (弁体シート)	(消耗品)
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼
		ピン	ステンレス鋼
		ヨーク	炭素鋼

表 2.1-4 原子炉補機冷却水系冷却水供給温度調節弁の使用条件

最高使用圧力	約 1.4 MPa
最高使用温度	70 °C
内部流体	冷却水 (防錆剤入り純水)

### 2.1.3. 制御棒駆動系駆動水流量調節弁

#### (1) 構造

制御棒駆動系駆動水流量調節弁は、口径 50 A、圧力クラス 900 LB の空気作動流量制御弁で、2 台設置されている。

弁本体は、純水を内包する耐圧部（弁箱、弁ふた、ジョイントボルト・ナット、軸封部）、純水を仕切る隔離部（弁体、弁座）及び弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒、ヨーク）からなる。

純水に接する弁箱、弁ふた、弁体及び弁座はステンレス鋼で製作されており、軸封部には流体の漏れを防止するためグランドパッキンが使用されている。

なお、当該弁については、駆動部を切り離し、ジョイントボルト・ナットを取り外すことにより、弁内部の点検手入れが可能である。

制御棒駆動系駆動水流量調節弁の構造図を図 2.1-3 に示す。

#### (2) 材料及び使用条件

制御棒駆動系駆動水流量調節弁主要部位の使用材料を表 2.1-5 に、使用条件を表 2.1-6 に示す。

No.	部 位
①	弁箱
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	ガスケット
⑤	グラウンドパッキン
⑥	弁体
⑦	弁座
⑧	弁棒
⑨	ヨーク

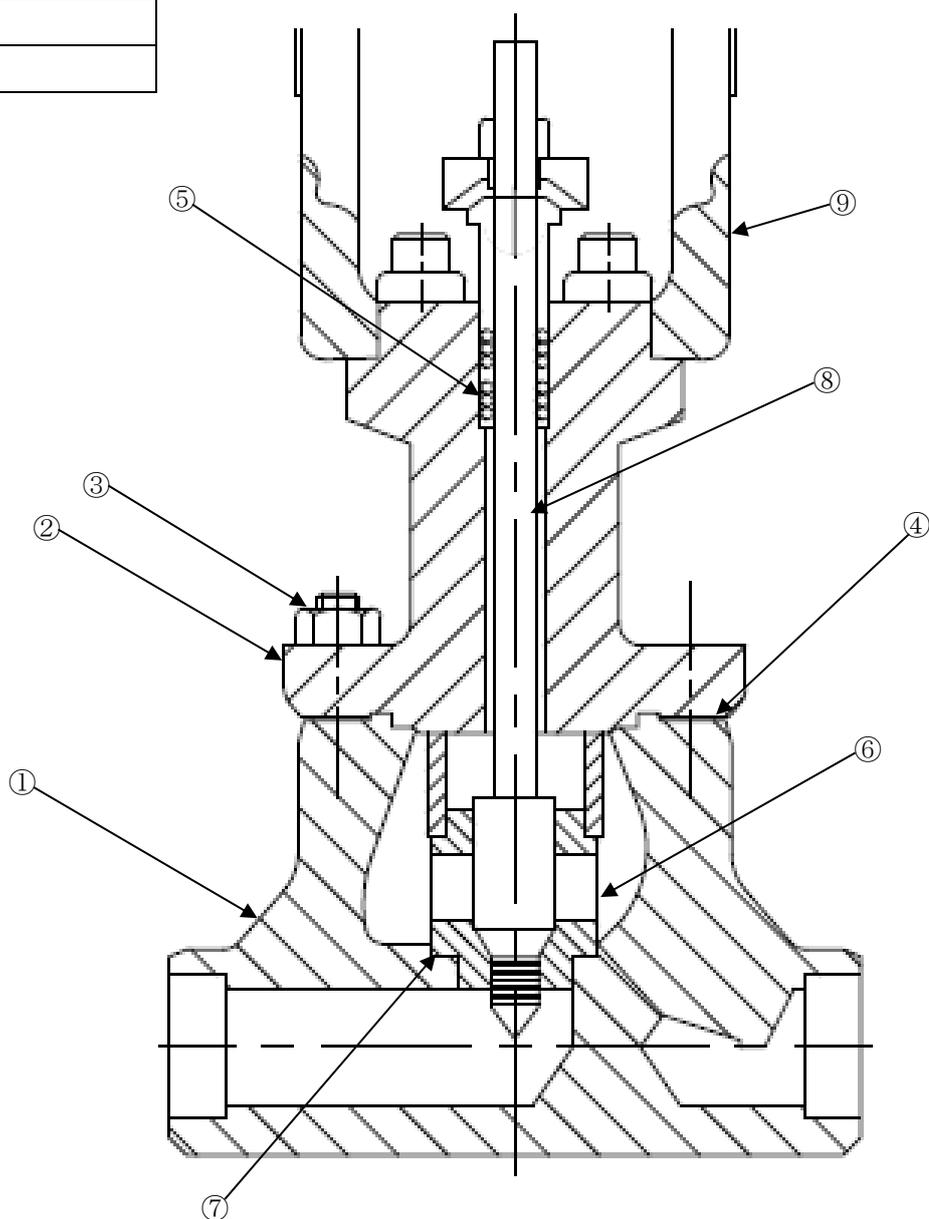


図 2.1-3 制御棒駆動系駆動水流量調節弁構造図

表 2.1-5 制御棒駆動系駆動水流量調節弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	ステンレス鋼
		弁ふた	ステンレス鋼
		ジョイントボルト	ステンレス鋼
		ジョイントナット	炭素鋼
	シール	ガスケット	(消耗品)
		グラウンドパッキン	(消耗品)
隔離機能の維持	隔離	弁体	ステンレス鋼
		弁座	ステンレス鋼
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼
		ヨーク	炭素鋼鋳鋼

表 2.1-6 制御棒駆動系駆動水流量調節弁の使用条件

最高使用圧力	約 13.8 MPa
最高使用温度	66 °C
内部流体	純水

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

制御弁の機能である流体仕切機能（絞り機能含む）の達成に必要な項目は以下のとおり。

- ① バウンダリの維持
- ② 隔離機能の維持
- ③ 作動機能の維持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

制御弁について、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の材料、構造、使用条件（内部流体、圧力、温度等）及び現在までの運転経験を考慮し、代表機器毎に表 2.2-1 に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

なお、消耗品及び定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

グランドパッキン及びガスケットは消耗品であり、設計時に長期使用せず取替を前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

#### (3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

想定される経年劣化事象のうち主要 6 事象に該当する事象及び下記①、②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。なお、下記①、②に該当する事象については、2.2.3 項に示すとおり、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

- ① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△）
- ② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲）

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

a. 弁箱、弁ふた及び弁座の腐食（流れ加速型腐食（FAC））〔原子炉冷却材浄化系ブローダウン流量調節弁〕

弁箱、弁ふた及び弁座は炭素鋼鋳鋼または炭素鋼で、内部流体が純水であることから、腐食（FAC）の発生が想定されるが、分解点検時の目視点検により、有意な腐食が確認された場合は、必要に応じて補修または取替を行うこととしている。

また、冷温停止維持においては、プラント運転状態と異なり、流速ならびに温度が低いことから、腐食（FAC）が発生する可能性はない。

今後も、これらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）〔原子炉冷却材浄化系ブローダウン流量調節弁、原子炉補機冷却水系冷却水供給温度調節弁、制御棒駆動系駆動水流量調節弁〕

ジョイントボルト・ナットは炭素鋼または低合金鋼であることから、腐食の発生が想定されるが、分解点検時に目視にて健全性を確認している。

また、これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. 弁箱及び弁体の腐食（全面腐食）〔原子炉補機冷却水系冷却水供給温度調節弁〕

弁箱及び弁体は炭素鋼鋳鋼であるため、腐食の発生が想定されるが、内部流体の冷却水には防錆剤が注入されているため、腐食が発生する可能性は小さい。

また、これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. ヨークの腐食（全面腐食）〔共通〕

ヨークは炭素鋼または炭素鋼鋳鋼であるため、腐食の発生が想定されるが、大気接触部は防食塗装を施しており、必要に応じて補修を行うこととしている。

また、これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. ピンの摩耗 [原子炉補機冷却水系冷却水供給温度調節弁]

弁体の作動により、長期的にはピンの摩耗が想定されるが、分解点検時に摩耗が確認された場合は、必要に応じて取替を行うこととしている。

また、これまでの点検結果からも有意な摩耗は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- (2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。

表 2.2-1 (1/3) 原子炉冷却材浄化系ブローダウン流量調節弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		炭素鋼鋳鋼		△ <sup>*1</sup>					*1:FAC *2:ステライト肉盛	
		弁ふた		炭素鋼鋳鋼		△ <sup>*1</sup>						
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	シール	ガスケット	◎									
		グランドパッキン	◎									
隔離機能の維持	隔離	弁体		ステンレス鋼 <sup>*2</sup>								
		弁座		炭素鋼 <sup>*2</sup>		△ <sup>*1</sup>						
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		ステンレス鋼								
		ヨーク		炭素鋼鋳鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (2/3) 原子炉補機冷却水系冷却水供給温度調節弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		炭素鋼鋳鋼		△						
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼, 炭素鋼		△						
	シール	グランドパッキン	◎									
隔離機能の維持	隔離	弁体		炭素鋼鋳鋼		△						
		弁座 (弁体シート)	◎									
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		ステンレス鋼								
		ピン		ステンレス鋼	△							
		ヨーク		炭素鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (3/3) 制御棒駆動系駆動水流量調節弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		ステンレス鋼								
		弁ふた		ステンレス鋼								
		ジョイントボルト・ナット		ステンレス鋼, 炭素鋼		△						
	シール	ガスケット	◎									
		グランドパッキン	◎									
隔離機能の維持	隔離	弁体		ステンレス鋼								
		弁座		ステンレス鋼								
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		ステンレス鋼								
		ヨーク		炭素鋼鋳鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

### 3. 代表機器以外への展開

本章では、2章で実施した代表機器の技術評価結果について、1章で実施したグループ化で代表機器となっていない機器への展開について検討した。

[対象系統]

- ① 制御棒駆動系
- ② 原子炉冷却材浄化
- ③ 換気空調補機非常用冷却系

#### 3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

代表機器同様、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

#### 3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

a. ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）〔低合金鋼または炭素鋼のジョイントボルト・ナットを有する弁共通〕

代表機器同様、ジョイントボルト・ナットは低合金鋼または炭素鋼であることから、腐食の発生が想定されるが、分解点検時に目視にて健全性を確認している。

また、これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. 弁箱及び弁ふたの腐食（流れ加速型腐食（FAC））〔純水系炭素鋼制御弁：原子炉冷却材浄化系〕

代表機器同様、弁箱及び弁ふたは炭素鋼鋳鋼で、内部流体が純水であることから、腐食（FAC）の発生が想定されるが、分解点検時の目視点検により、有意な腐食が確認された場合は、必要に応じて補修または取替を行うこととしている。

また、冷温停止維持においては、プラント運転状態と異なり、流速ならびに温度が低いことから、腐食（FAC）が発生する可能性はない。

今後も、これらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- c. 弁箱及び弁ふたの腐食（全面腐食）〔冷却水系炭素鋼制御弁：換気空調補機非常用冷却水系〕

代表機器同様、弁箱、弁ふたは炭素鋼鋳鋼または炭素鋼であるため、腐食の発生が想定されるが、内部流体の冷却水には防錆剤が注入されているため、腐食が発生する可能性は小さい。

また、これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- d. ヨークの腐食（全面腐食）〔炭素鋼鋳鋼のヨークを有する弁共通〕

代表機器同様、ヨークは炭素鋼鋳鋼であることから、腐食の発生が想定されるが、大気接触部は防食塗装を施しており、必要に応じて補修を行うこととしている。

また、これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- (2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

代表機器同様、日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。

以 上

## 8 電動弁用駆動部

[対象系統]

- ① 残留熱除去系
- ② 原子炉冷却材浄化系
- ③ 換気空調補機常用冷却水系
- ④ 事故後サンプリング系
- ⑤ ほう酸水注入系
- ⑥ 低圧炉心スプレイ系
- ⑦ 高圧炉心スプレイ系
- ⑧ 復水補給水系
- ⑨ 原子炉補機冷却水系
- ⑩ 換気空調補機非常用冷却水系
- ⑪ 原子炉補機冷却海水系
- ⑫ 計装用圧縮空気系
- ⑬ 非常用ガス処理系
- ⑭ 可燃性ガス濃度制御系
- ⑮ 換気空調系

## 目 次

1. 対象機器及び代表機器の選定 .....	8-1
1.1 グループ化の考え方及び結果 .....	8-1
1.2 代表機器の選定 .....	8-1
2. 代表機器の技術評価 .....	8-3
2.1 構造, 材料及び使用条件 .....	8-3
2.1.1 RHR 停止時冷却内側隔離弁用駆動部 .....	8-3
2.1.2 HPCS S/C 側吸込隔離弁用駆動部 .....	8-7
2.2 経年劣化事象の抽出 .....	8-11
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目 .....	8-11
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 .....	8-11
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 .....	8-13
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価 .....	8-17
3. 代表機器以外への展開 .....	8-18
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 .....	8-18
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 .....	8-19

## 1. 対象機器及び代表機器の選定

電動弁用駆動部のうち、対象となる電動弁用駆動部の主な仕様を表 1-1 に示す。

これらの電動弁用駆動部を設置場所及び電源種別の観点からグループ化し、それぞれのグループより代表機器を選定した。

### 1.1 グループ化の考え方及び結果

設置場所及び電源種別を分類基準とし、電動弁用駆動部を表 1-1 に示すとおりグループ化する。

### 1.2 代表機器の選定

表 1-1 に分類したグループ毎に、原則として重要度、口径及び出力の観点から代表機器を選定する。

#### (1) 設置場所が原子炉格納容器内の電動弁（交流）用駆動部

格納容器内設置の電動弁（交流）用駆動部のうち、口径の観点から RHR 停止時冷却内側隔離弁用駆動部を代表機器とする。

(E11-MO-F024A, B, 400 A)

#### (2) 設置場所が屋内の電動弁（交流）用駆動部

屋内設置の電動弁（交流）用駆動部のうち、重要度（事故時動作要求を含む）、口径及び出力の観点から HPCS S/C 側吸込隔離弁用駆動部を代表機器とする。

(E22-MO-F006, 600 A)

表 1-1 電動弁用駆動部のグループ化と代表機器の選定

分類基準			系統名称	選定基準			使用条件	選定	代表弁	弁名称	選定理由
区分	設置場所	電源		重要度*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	残留熱除去系	MS-1*2	50~400	0.28~11	65℃以下	◎	E11-M0-F024 A, B	RHR 停止時冷却 内側隔離弁用駆 動部	口径
			原子炉冷却材浄化系	MS-1*2	150	2.7					
			換気空調補機常用冷却水系	MS-1	200	1.1					
			事故後サンプリング系	MS-1*2	20	0.12					
	屋内	交流	ほう酸水注入系	MS-1	40~80	0.12~0.37	40℃以下		E22-M0-F006	HPCS S/C 側吸込 隔離弁用駆動部	重要度 (事故時動 作要求を 含む), 口径, 出力
			残留熱除去系	MS-1*2	100~600	0.37~16	40℃以下				
			低圧炉心スプレイ系	MS-1*2	100~600	2~16	40℃以下				
			高圧炉心スプレイ系	MS-1*2	100~600	1.8~16	40℃以下	◎			
			原子炉冷却材浄化系	MS-1*2	150	2.7	50℃以下				
			復水補給水系	MS-1*2	80	0.12	40℃以下				
			原子炉補機冷却水系	MS-1	150~500	0.37~3.7	40℃以下				
			換気空調補機常用冷却水系	MS-1	150~200	1.1	40℃以下				
			換気空調補機非常用冷却水系	MS-1	25~250	0.008~0.08	40℃以下				
			原子炉補機冷却海水系	MS-1	450~750	0.53~1.3	40℃以下				
			計装用圧縮空気系	MS-1	25~50	0.12	40℃以下				
			事故後サンプリング系	MS-1*2	20	0.12	40℃以下				
			非常用ガス処理系	MS-1*2	300	0.23	40℃以下				
			可燃性ガス濃度制御系	MS-1*2	20~150	0.12~0.28	40℃以下				
換気空調系	MS-1	500~1000	0.23~0.53	40℃以下							

\*1：最上位の重要度を示す

\*2：事故時動作要求を含む

## 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電動弁用駆動部について技術評価を実施する。

- ① RHR 停止時冷却内側隔離弁用駆動部
- ② HPCS S/C 側吸込隔離弁用駆動部

### 2.1 構造，材料及び使用条件

#### 2.1.1 RHR 停止時冷却内側隔離弁用駆動部

##### (1) 構造

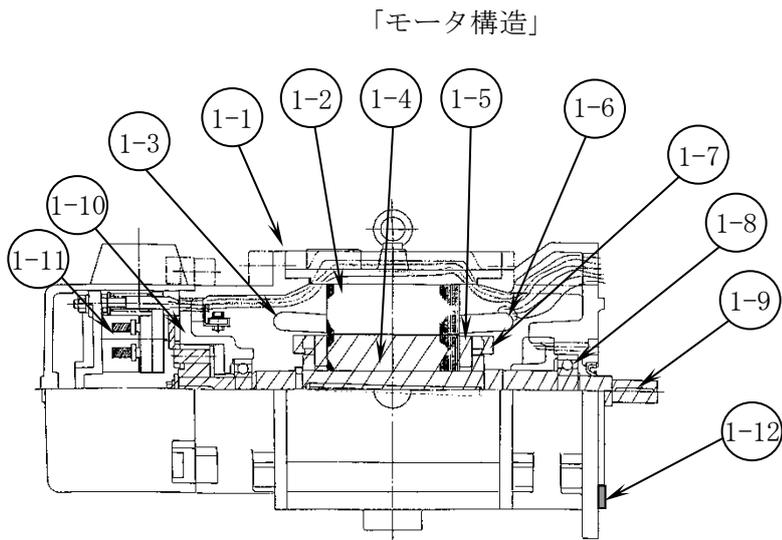
RHR 停止時冷却内側隔離弁用駆動部はモータ，ギア等で構成されており，モータの回転力を，歯車（ギア）を介して弁棒，ステムナットに伝達し，弁を駆動させる構造となっている。

なお，当該駆動部については，弁本体との取付ボルトにて切離し，駆動装置部ケース類を取り外すことで駆動部内の点検手入れが可能である。

RHR 停止時冷却内側隔離弁用駆動部の構造図を図 2.1-1 に示す。

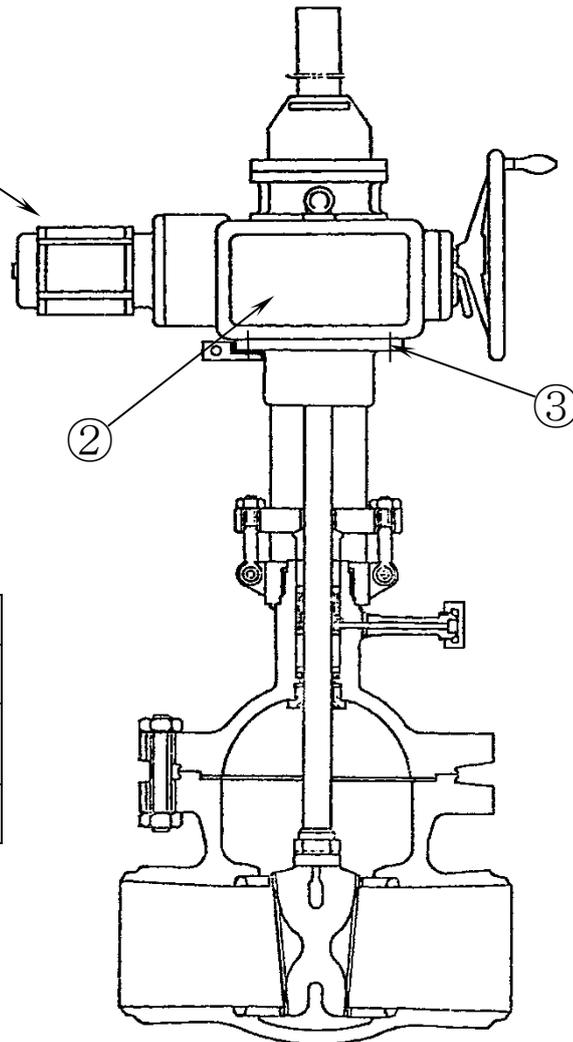
##### (2) 材料及び使用条件

RHR 停止時冷却内側隔離弁用駆動部主要部位の使用材料を表 2.1-1 に，使用条件を表 2.1-2 に示す。



斜線：回転部位

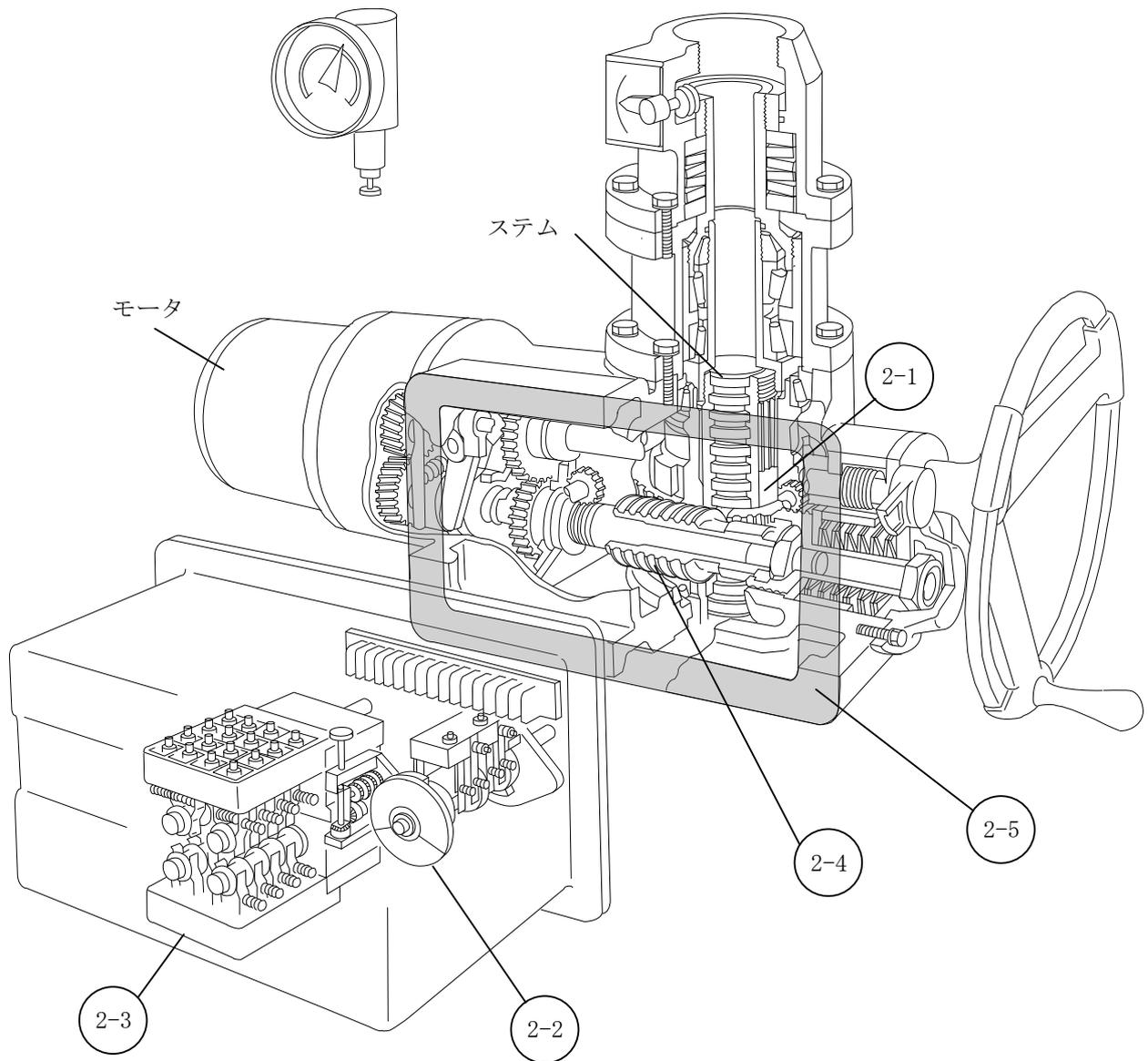
①



No.	部 位
①	モータ
②	駆動装置 (ギア機構, スイッチ類内蔵)
③	取付ボルト

No.	部 位
①-1	フレーム
①-2	固定子コア
①-3	固定子コイル
①-4	回転子コア
①-5	回転子棒
①-6	口出線・接続部品
①-7	回転子エンドリング
①-8	軸受 (転がり)
①-9	主軸
①-10	エンドブラケット
①-11	電磁ブレーキ
①-12	ガスケット

図 2.1-1 (1/2) RHR 停止時冷却内側隔離弁用駆動部構造図



No.	部 位
②-1	ステムナット
②-2	トルクスイッチ
②-3	リミットスイッチ
②-4	ギア
②-5	ガスケット

図 2.1-1 (2/2) RHR 停止時冷却内側隔離弁用駆動部構造図

表 2.1-1 RHR 停止時冷却内側隔離弁用駆動部の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
モータ駆動力機能の維持	エネルギー変換	フレーム	鋳鉄
		固定子コア	珪素鋼板
		固定子コイル	銅, 絶縁物 (ポリアミドイミド, ガラス繊維, シリコンワニス)
		回転子コア	珪素鋼板
		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	機械構造用合金鋼 (クロムモリブデン鋼)
		エンドブラケット	鋳鉄
		電磁ブレーキ	(定期取替品)
		ガスケット	(消耗品)
駆動伝達機能の維持	エネルギー伝達	ステムナット	黄銅鋳物
		トルクスイッチ	銅, 絶縁物 (ジアリルフタレート樹脂)
		リミットスイッチ	銅, 絶縁物 (ジアリルフタレート樹脂)
		ギア	低合金鋼, アルミニウム青銅鋳物
		ガスケット	(消耗品)
機器の支持	支持	取付ボルト	低合金鋼

表 2.1-2 RHR 停止時冷却内側隔離弁用駆動部の使用条件

	通常運転時
定格出力	11.0 kW
定格電圧	AC 440 V
設置場所	原子炉格納容器内
周囲温度	65 °C以下*

\* : 原子炉格納容器内の設計値

## 2.1.2 HPCS S/C 側吸込隔離弁用駆動部

### (1) 構造

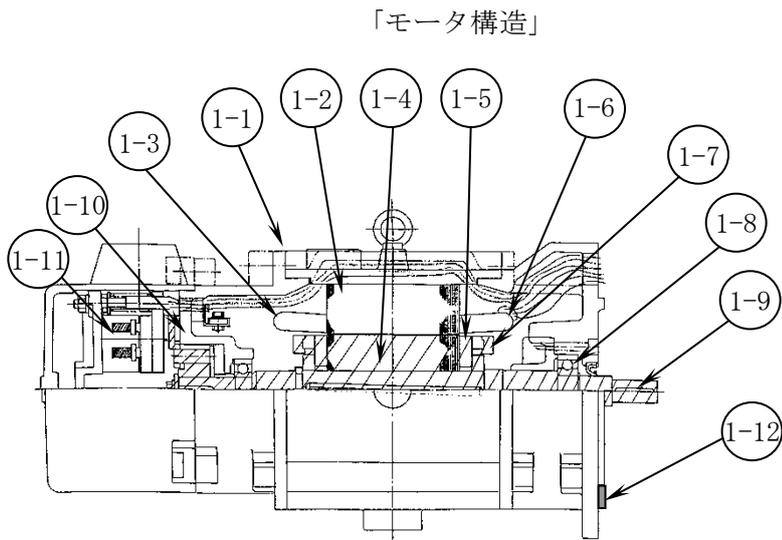
HPCS S/C 側吸込隔離弁用駆動部はモータ、ギア等で構成されており、モータの回転力を、歯車（ギア）を介して弁棒、ステムナットに伝達し、弁を駆動させる構造となっている。

なお、当該駆動部については、弁本体との取付ボルトにて切離し、駆動装置部ケース類を取り外すことで駆動部内の点検手入れが可能である。

HPCS S/C 側吸込隔離弁用駆動部の構造図を図 2.1-2 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

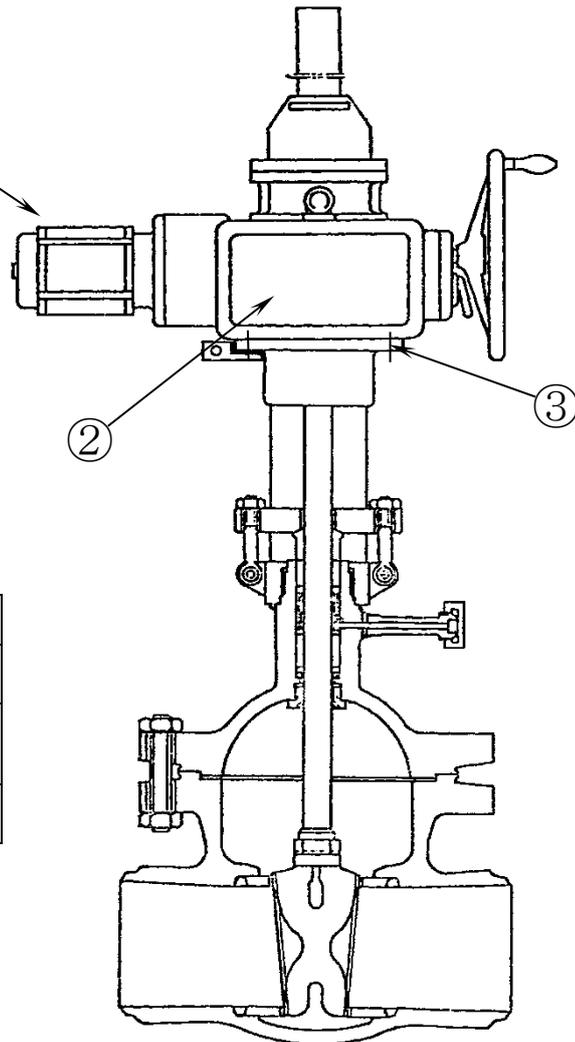
HPCS S/C 側吸込隔離弁用駆動部主要部位の使用材料を表 2.1-3 に、使用条件を表 2.1-4 に示す。



No.	部 位
①-1	フレーム
①-2	固定子コア
①-3	固定子コイル
①-4	回転子コア
①-5	回転子棒
①-6	口出線・接続部品
①-7	回転子エンドリング
①-8	軸受（転がり）
①-9	主軸
①-10	エンドブラケット
①-11	電磁ブレーキ
①-12	ガスケット

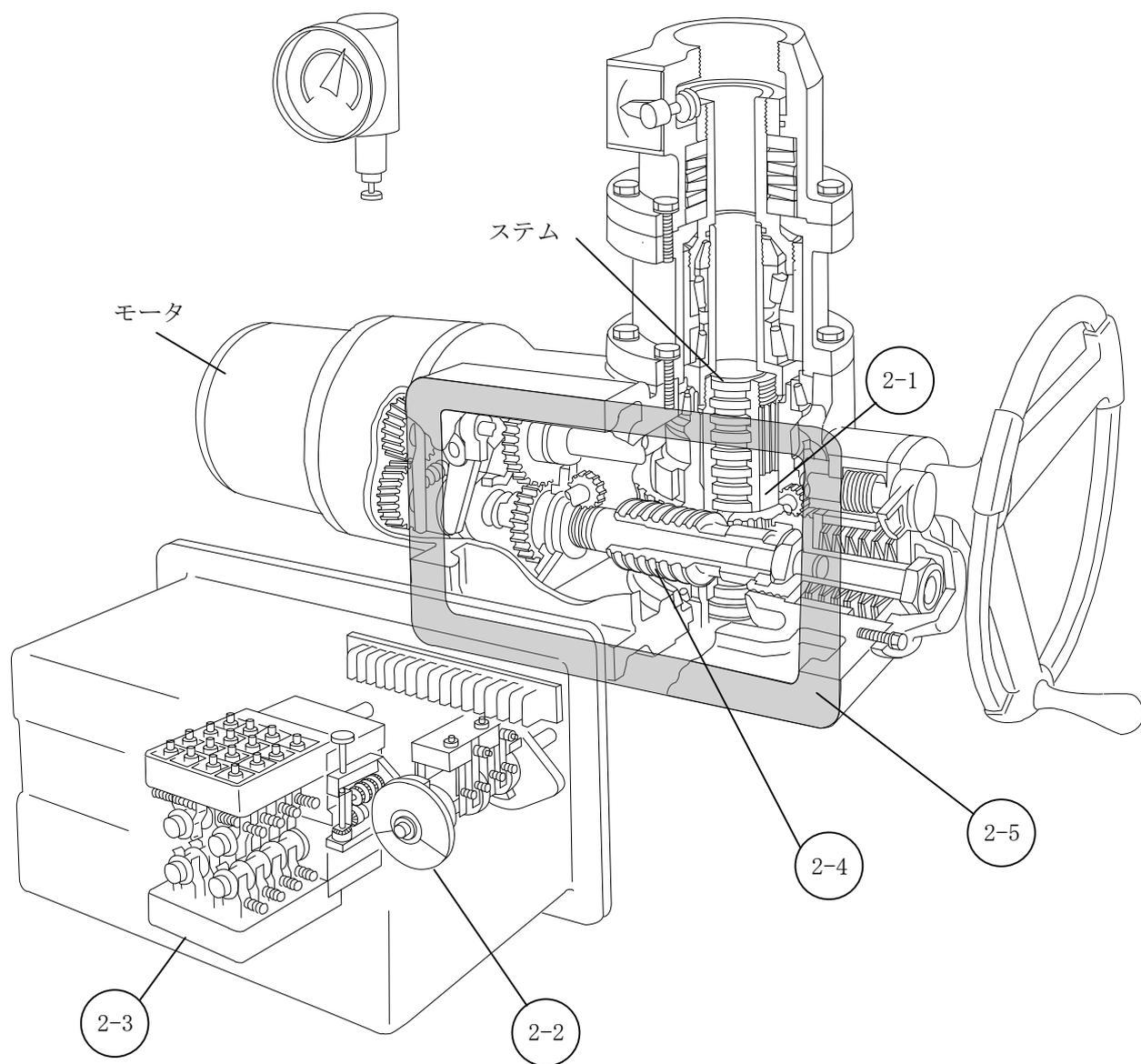
斜線：回転部位

①



No.	部 位
①	モータ
②	駆動装置 (ギア機構, スイッチ類内蔵)
③	取付ボルト

図 2.1-2 (1/2) HPCS S/C 側吸込隔離弁用駆動部構造図



No.	部 位
②-1	ステムナット
②-2	トルクスイッチ
②-3	リミットスイッチ
②-4	ギア
②-5	ガスケット

図 2.1-2 (2/2) HPCS S/C 側吸込隔離弁用駆動部構造図

表 2.1-3 HPCS S/C 側吸込隔離弁用駆動部の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
モータ駆動力機能の維持	エネルギー変換	フレーム	鋳鉄
		固定子コア	珪素鋼板
		固定子コイル	銅, 絶縁物 (ポリアミドイミド, ポリエステルワニス)
		回転子コア	珪素鋼板
		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	機械構造用合金鋼 (クロムモリブデン鋼)
		エンドブラケット	鋳鉄
		電磁ブレーキ	(定期取替品)
		ガスケット	(消耗品)
駆動伝達機能の維持	エネルギー伝達	ステムナット	黄銅鋳物
		トルクスイッチ	アルミ合金, 絶縁物 (フェノール樹脂) 他
		リミットスイッチ	アルミ合金, 絶縁物 (ジアリルフタレート樹脂) 他
		ギア	低合金鋼, アルミニウム青銅鋳物
		ガスケット	(消耗品)
機器の支持	支持	取付ボルト	低合金鋼

表 2.1-4 HPCS S/C 側吸込隔離弁用駆動部の使用条件

	通常運転時
定格出力	7.8 kW
定格電圧	AC 440 V
設置場所	屋内
周囲温度	40 °C以下*

\* : HPCS ポンプ室内の設計値

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

電動弁用駆動部の機能である弁棒作動機能の達成に必要な項目は以下のとおり。

- ① モータ駆動力機能の維持
- ② 駆動伝達機能の維持
- ③ 機器の支持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

電動弁用駆動部について、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部材の材料、構造、設置場所、使用条件（定格電圧、温度等）及び現在までの運転経験を考慮し、代表機器毎に表 2.2-1 に示すとおり経年劣化事象を抽出した。

なお、消耗品及び定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

転がり軸受及びガスケットは消耗品、電磁ブレーキは定期取替品であり、設計時に長期使用せず取り替えを前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

(3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

想定される経年劣化事象のうち主要 6 事象に該当する事象及び下記①, ②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。なお, 下記①, ②に該当する事象については, 2.2.3 項に示すとおり, 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

- ① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって, 想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの (日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△)
- ② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により, 今後も経年劣化の進展が考えられない, または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象 (日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲)

この結果, 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象として以下の事象が抽出された (表 2.2-1 で○)。

- a. モータの固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下 [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. ステムナット及びギアの摩耗 [共通]

ステムナット及びギアは噛合している摺動部があり、電動弁用駆動部の作動により摩耗の発生が想定されるが、分解点検において目視点検による摩耗進行程度の確認及びグリースの補給を行うこととしている。

さらに、必要な運転状態を加味し、系統機器の定例的な切替や定例試験を含む日常保全を継続し、必要に応じて補修または取り替え等を行うこととしている。

したがって、今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### b. 取付ボルトの腐食（全面腐食） [共通]

取付ボルトは低合金鋼であるため腐食の発生が想定されるが、取付ボルトの外気接触部は防食塗装を施しており、必要に応じて補修を実施していることから腐食が発生する可能性は小さい。

また、点検時に外観確認を行い、これまで有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### c. トルクスイッチ及びリミットスイッチの導通不良 [共通]

トルクスイッチ及びリミットスイッチは、接点に付着する浮遊塵埃により導通不良が想定されるが、両スイッチはカバー内に収納されていることから、塵埃付着の可能性は小さい。

また、点検時に動作確認を行い、これまで導通不良は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### d. モータの回転子棒及び回転子エンドリングの疲労割れ [共通]

回転子棒及び回転子エンドリングはモータの起動時に発生する電磁力等により、繰り返し応力を受けると疲労割れが想定されるが、設計段階において必要トルク、起動電流等に起因した繰り返し応力が反映されていることから、疲労割れ発生の可能性は小さい。

また、点検時に動作試験を行い、これまでの点検結果では異常は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. モータのフレーム及びエンドブラケットの腐食（全面腐食） [共通]

フレーム及びエンドブラケットは、鋳鉄であるため腐食の発生が想定されるが、フレーム等の表面には防食塗装が施されており、塗膜が健全であれば腐食が発生する可能性は小さく、塗装のはく離に対しては、機器点検時等に必要に応じて補修を行うこととしている。

また、点検時に目視点検を行い、これまでに有意な腐食は確認されておらず、今後これらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f. モータの主軸の摩耗 [共通]

主軸について、軸受と主軸の接触面の摩耗が想定されるが、電動弁用駆動部モータについては、間欠運転であるため、主軸の摩耗が発生する可能性は小さい。

また、これまでの定例試験または点検時の動作確認においては、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、今後これらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

g. モータの固定子コア及び回転子コアの腐食（全面腐食） [共通]

固定子コア及び回転子コアは珪素鋼板であり腐食の発生が想定されるが、固定子コア及び回転子コアには、絶縁ワニス処理が施されており、腐食が発生する可能性は小さい。

また、点検時に目視点検を行い、これまでに有意な腐食は確認されておらず、今後これらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年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. モータの主軸の高サイクル疲労割れ [共通]

以上、h. の評価については「ポンプモータの技術評価書」のうち、低圧ポンプモータと同一であることから、当該の評価書を参照のこと。

- (2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後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）

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) RHR 停止時冷却内側隔離弁用駆動部に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象									備考
					減 肉		割 れ		絶縁	導通	信号	材料	その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁特性低下	導通不良	特性変化	材料劣化		
モータ駆動力機能の維持	エネルギー変換	フレーム		鋳鉄		△								*1:高サイクル疲労割れ
		固定子コア		珪素鋼板		△								
		固定子コイル		銅, 絶縁物					○					
		回転子コア		珪素鋼板		△								
		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		機械構造用合金鋼		△		△*1						
		エンドブラケット		鋳鉄			△							
		電磁ブレーキ	◎											
ガスケット	◎													
駆動伝達機能の維持	エネルギー伝達	ステムナット		黄銅鋳物		△								
		トルクスイッチ		銅, 絶縁物						△				
		リミットスイッチ		銅, 絶縁物						△				
		ギア		低合金鋼他		△								
		ガスケット	◎											
機器の支持	支持	取付ボルト		低合金鋼		△								

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2. 2-1 (2/2) HPCS S/C 側吸込隔離弁用駆動部に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象									備考
					減 肉		割 れ		絶縁	導通	信号	材料	その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁特性低下	導通不良	特性変化	材料劣化		
モータ駆動力機能の維持	エネルギー変換	フレーム		鋳鉄		△								*1:高サイクル疲労割れ
		固定子コア		珪素鋼板		△								
		固定子コイル		銅, 絶縁物					○					
		回転子コア		珪素鋼板		△								
		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		機械構造用合金鋼	△		△*1							
		エンドブラケット		鋳鉄		△								
		電磁ブレーキ	◎											
ガスケット	◎													
駆動伝達機能の維持	エネルギー伝達	ステムナット		黄銅鋳物	△									
		トルクスイッチ		アルミ合金, 絶縁物他						△				
		リミットスイッチ		アルミ合金, 絶縁物他						△				
		ギア		低合金鋼他	△									
		ガスケット	◎											
機器の支持	支持	取付ボルト		低合金鋼		△								

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

## 2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

### (1) モータの固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下 [共通]

#### a. 事象の説明

固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁物は有機物であるため、振動等による機械的劣化、熱分解による熱的劣化、絶縁物内空隙での放電等による電氣的劣化、埃等の異物付着による環境的劣化により経年的に劣化が進行し、絶縁物の外表面、内部から絶縁特性低下を起こす可能性がある。

ただし、電動弁用駆動部は低圧機器であるため、電氣的な劣化は起きないと考えられる。

#### b. 技術評価

##### ① 健全性評価

固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下要因としては、機械的、熱的及び環境的要因により経年的に劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性があることから、長期間の使用を考慮すると固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下の可能性は否定できない。

##### ② 現状保全

固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下に対しては、点検時に目視点検、清掃及び絶縁抵抗測定を実施し、絶縁機能の健全性を確認している。

また、点検で有意な絶縁特性低下が認められた場合には、電動弁用駆動部の補修または取り替えを行うこととしている。

なお、当面の冷温停止状態においては、現況保管することとしている。

##### ③ 総合評価

固定子コイル及び口出線・接続部品の急激な絶縁特性低下の可能性は否定できないが、絶縁特性低下は点検時における目視点検、清掃及び絶縁抵抗測定で把握可能と考える。

また、必要に応じて適切な対応をとることにより、当面の冷温停止状態における健全性は維持できると判断する。

#### c. 高経年化への対応

固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下については、高経年化対策の観点から現状の保全内容に対して追加すべき項目はない。

### 3. 代表機器以外への展開

本章では、2章で実施した代表機器の技術評価について、1章で実施したグループ化で代表機器となっていない機器への展開について検討した。

- ① 設置場所が原子炉格納容器内の電動弁（交流）用駆動部
- ② 設置場所が屋内の電動弁（交流）用駆動部

#### 3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

##### a. モータの固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下 [共通]

代表機器同様、固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁物は有機物であるため、振動等による機械的劣化、熱分解による熱的劣化、埃等の異物付着による環境的劣化により経年的に劣化が進行し、絶縁物の外表面、内部から絶縁特性低下を起こす可能性がある。

しかし、機械的、熱的及び環境的要因による絶縁特性低下は、点検時に目視点検、清掃及び絶縁抵抗測定を実施し、絶縁機能の健全性を確認しており、点検で有意な絶縁特性低下が認められた場合には、電動弁用駆動部の補修または取り替えを行うこととしている。

また、当面の冷温停止状態においてバウンダリ機能のみを有する電動弁用駆動部については、動作要求がないことから現況保管することとし、適切な対応をとることにより、当面の冷温停止状態における健全性は維持できると判断する。

したがって、高経年化対策の観点から現状の保全内容に対し追加すべき項目はない。

### 3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

#### a. ステムナット及びギアの摩耗 [共通]

代表機器同様、ステムナット及びギアは噛合している摺動部があり、電動弁用駆動部の作動により摩耗の発生が想定されるが、分解点検において目視点検による摩耗進行程度の確認及びグリースの補給を行うこととしている。

さらに、必要な運転状態を加味し、系統機器の定例的な切替や定例試験を含む日常保全を継続し、必要に応じて補修または取り替え等を行うこととしている。

したがって、今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### b. 取付ボルトの腐食（全面腐食） [共通]

代表機器同様、取付ボルトは低合金鋼及び炭素鋼であるため腐食の発生が想定されるが、取付ボルトの外気接触部は防食塗装を施しており、必要に応じて補修を実施していることから腐食が発生する可能性は小さい。

また、点検時に外観確認を行い、これまで有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### c. トルクスイッチ及びリミットスイッチの導通不良 [共通]

代表機器同様、トルクスイッチ及びリミットスイッチは、接点に付着する浮遊塵埃により導通不良が想定されるが、両スイッチはカバー内に収納されていることから、塵埃付着の可能性は小さい。

また、点検時に動作確認を行い、これまで導通不良は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### d. モータの回転子棒及び回転子エンドリングの疲労割れ [共通]

代表機器同様、回転子棒及び回転子エンドリングはモータの起動時に発生する電磁力等により、繰り返し応力を受けると疲労割れが想定されるが、設計段階において必要トルク、起動電流等に起因した繰り返し応力が反映されていることから、疲労割れ発生の可能性は小さい。

また、点検時に動作試験を行い、これまでの点検結果では異常は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. モータのフレーム及びエンドブラケットの腐食（全面腐食）〔共通〕

代表機器同様，フレーム及びエンドブラケットは，鋳鉄及びアルミニウム合金であるため腐食の発生が想定されるが，フレーム等の表面には防食塗装が施されており，塗膜が健全であれば腐食が発生する可能性は小さく，塗装のはく離に対しては，機器点検時等に必要に応じて補修を行うこととしている。

また，点検時に目視点検を行い，これまでに有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f. モータの主軸の摩耗〔共通〕

代表機器同様，主軸については，軸受と主軸の接触面の摩耗が想定されるが，電動弁用駆動部モータについては，間欠運転であるため，主軸の摩耗が発生する可能性は小さい。

また，これまでの定例試験または点検時の動作確認において，異音等が確認された場合は分解点検を行うこととしており，これまでの点検結果では，主軸の摩耗は確認されていない。

したがって，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

g. モータの固定子コア及び回転子コアの腐食（全面腐食）〔共通〕

代表機器同様，固定子コア及び回転子コアは珪素鋼板及び電磁鋼板であり腐食の発生が想定されるが，固定子コア及び回転子コアには，絶縁ワニス処理が施されており，腐食が発生する可能性は小さい。

また，点検時に目視点検を行い，これまでに有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

h. モータの主軸の高サイクル疲労割れ〔共通〕

以上，h. の評価については，「ポンプモータの技術評価書」のうち，低圧ポンプモータと同一であることから，当該の評価書を参照のこと。

- (2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

代表機器同様、日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。

以 上

## 9 空気作動弁用駆動部

[対象系統]

- ① 残留熱除去系
- ② 低圧炉心スプレイ系
- ③ 高圧炉心スプレイ系
- ④ 漏えい検出系
- ⑤ 液体固体廃棄物処理系
- ⑥ 原子炉補機冷却水系
- ⑦ 換気空調補機非常用冷却水系
- ⑧ 試料採取系
- ⑨ 非常用ガス処理系
- ⑩ 換気空調系

## 目 次

1. 対象機器及び代表機器の選定 .....	9-1
1.1 グループ化の考え方 .....	9-1
1.2 代表機器の選定 .....	9-1
2. 代表機器の技術評価 .....	9-3
2.1 構造, 材料及び使用条件 .....	9-3
2.1.1 換気空調補機非常用冷却水系 MCR 給気処理装置温度調節弁用駆動部 .....	9-3
2.1.2 残留熱除去系試験可能逆止弁バイパス弁用駆動部 .....	9-6
2.1.3 原子炉補機冷却水系冷却水供給温度調節弁用駆動部 .....	9-9
2.2 経年劣化事象の抽出 .....	9-12
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目 .....	9-12
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 .....	9-12
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 .....	9-13
3. 代表機器以外への展開 .....	9-19
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 .....	9-19
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 .....	9-19

## 1. 対象機器及び代表機器の選定

主要な空気作動弁用駆動部の主な仕様を表 1-1 に示す。

これらの空気作動弁用駆動部を型式及び設置場所の観点からグループ化し、それぞれのグループより代表機器を選定した。

### 1.1 グループ化の考え方

型式及び設置場所を分類基準とし、空気作動弁用駆動部を表 1-1 に示すとおりグループ化する。

### 1.2 代表機器の選定

表 1-1 に分類したグループ毎に、原則として重要度、運転状態及び口径の観点から代表機器を選定する。

#### (1) 設置場所が屋内のダイヤフラム型駆動部

ダイヤフラム型で屋内に設置されている駆動部のうち、重要度の観点から換気空調補機非常用冷却水系 MCR 給気処理装置温度調節弁用駆動部を代表機器とする。

(P25-TCV-F008A/B, 125 A)

#### (2) 設置場所が格納容器内のシリンダ型駆動部

シリンダ型で格納容器内に設置されている駆動部のうち、運転状態の観点から残留熱除去系試験可能逆止弁バイパス弁用駆動部を代表機器とする。

(E11-N0-F048A~C, 20 A)

#### (3) 設置場所が屋内のシリンダ型駆動部

シリンダ型で屋内に設置されている駆動部のうち、運転状態及び口径の観点から原子炉補機冷却水系冷却水供給温度調節弁用駆動部を代表機器とする。

(P21-TCV-F009A/B, 650 A)

表 1-1 空気作動弁用駆動部のグループ化及び代表機器の選定

分類基準		系統名称	選定基準				代表選定	代表弁	選定理由
区分	設置場所		重要度*1	使用条件					
				口径 (A)	運転状態*2	周囲温度 (°C)			
ダイヤフラム型	屋内	換気空調補機非常用冷却水系	MS-1	125～150	一時 (一時)	40	◎	換気空調補機非常用冷却水系 MCR 給気処理装置温度調節弁用駆動部 (125 A) P25-TCV-F008A/B	重要度
シリンダ型	原子炉格納容器内	残留熱除去系	MS-1	20	連続 (一時)	65	◎	残留熱除去系試験可能逆止弁バイパス弁用駆動部 (20 A) E11-N0-F048A～C	運転状態
		低圧炉心スプレイ系	MS-1	20	一時 (一時)	65			
		高圧炉心スプレイ系	MS-1	20	一時 (一時)	65			
	屋内	漏えい検出系	MS-1	25	連続 (連続)	40		原子炉補機冷却水系冷却水供給温度調節弁用駆動部 (650 A) P21-TCV-F009A/B	運転状態, 口径
		液体固体廃棄物処理系	MS-1	80	連続 (連続)	40			
		原子炉補機冷却水系	MS-1	650	連続 (連続)	40	◎		
		換気空調補機非常用冷却水系	MS-1	125	一時 (一時)	40			
試料採取系	MS-1	20	連続 (連続)	40					
非常用ガス処理系	MS-1	300	一時 (一時)	40					
換気空調系	MS-1	300	連続 (連続)	40					

\*1：最上位の重要度を示す

\*2：上段は冷温停止状態時における運転状態，下段の（ ）は断続的運転時の運転状態を示す

## 2. 代表機器の技術評価

本章では、1章で代表機器とした以下の空気作動弁用駆動部について技術評価を実施する。

- ① 換気空調補機非常用冷却水系 MCR 給気処理装置温度調節弁用駆動部
- ② 残留熱除去系試験可能逆止弁バイパス弁用駆動部
- ③ 原子炉補機冷却水系冷却水供給温度調節弁用駆動部

### 2.1 構造、材料及び使用条件

#### 2.1.1 換気空調補機非常用冷却水系 MCR 給気処理装置温度調節弁用駆動部

##### (1) 構造

換気空調補機非常用冷却水系 MCR 給気処理装置温度調節弁用駆動部は、屋内に設置されているダイヤフラム型の空気操作装置で、スプリング及びダイヤフラム等で構成されており、空気圧によりダイヤフラムを加圧することによって弁を駆動させる構造としている。

なお、当該駆動部については弁本体との取付ボルト・ナットにて切り離し、駆動装置部ケース類を取り外すことで駆動部内の点検手入れが可能である。

換気空調補機非常用冷却水系 MCR 給気処理装置温度調節弁用駆動部の構造図を図 2.1-1 に示す。

##### (2) 材料及び使用条件

換気空調補機非常用冷却水系 MCR 給気処理装置温度調節弁用駆動部主要部位の使用材料を表 2.1-1 に、使用条件を表 2.1-2 に示す。

No.	部 位
①	ケース
②	ケースボルト・ナット
③	ダイヤフラム
④	駆動用ステム
⑤	スプリング
⑥	取付ボルト・ナット
⑦	電磁弁
⑧	減圧弁

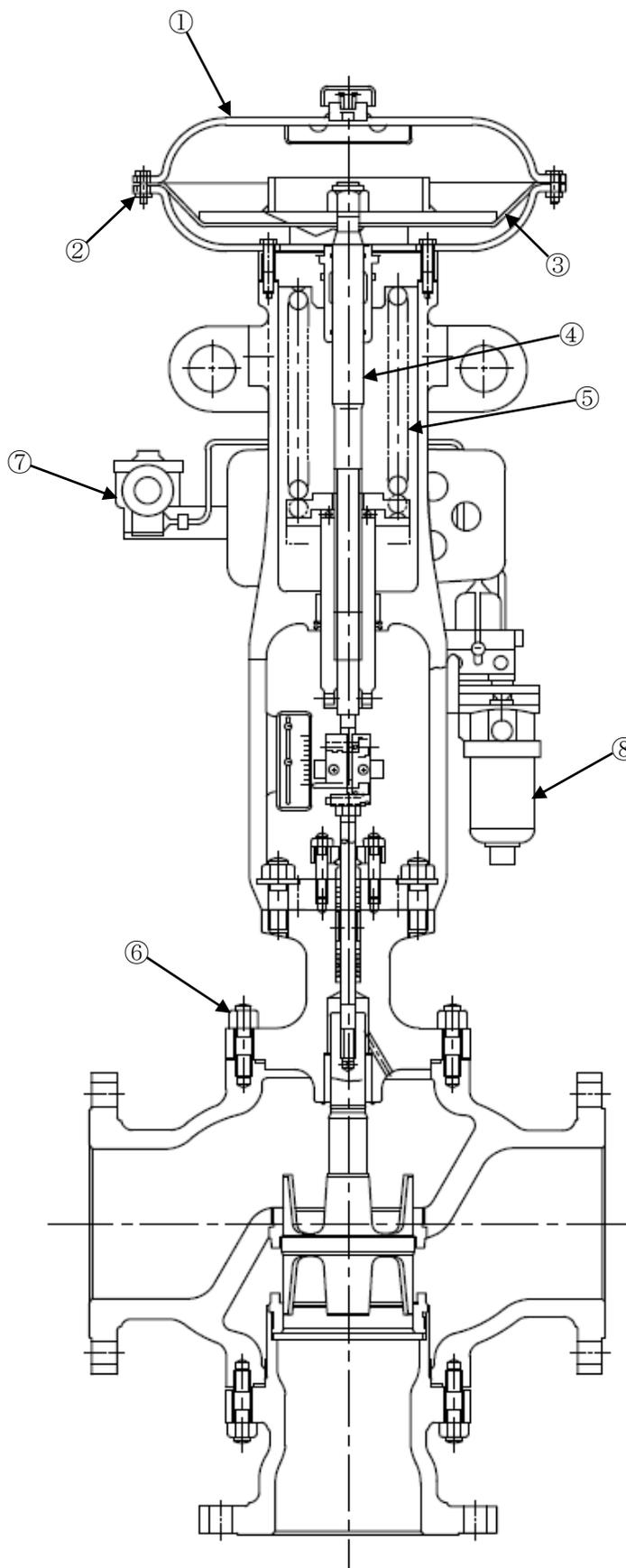


図 2.1-1 換気空調補機非常用冷却水系 MCR 給気処理装置温度調節弁用駆動部構造図

表 2.1-1 換気空調補機非常用冷却水系 MCR 給気処理装置温度調節弁用駆動部主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
ハウンドリ の維持	耐圧	ケース	炭素鋼
		ケースボルト	低合金鋼
		ケースナット	炭素鋼
駆動伝達機能 の維持	エネルギー伝達	ダイヤフラム	(消耗品)
		駆動用ステム	ステンレス鋼
		スプリング	ばね鋼
		電磁弁	(定期取替品)
		減圧弁	(定期取替品)
機器の支持	支持	取付ボルト	低合金鋼
		取付ナット	炭素鋼

表 2.1-2 換気空調補機非常用冷却水系 MCR 給気処理装置温度調節弁用駆動部の使用条件

周囲温度 (通常温度)	約 40 °C
-------------	---------

## 2.1.2 残留熱除去系試験可能逆止弁バイパス弁用駆動部

### (1) 構造

残留熱除去系試験可能逆止弁バイパス弁用駆動部は、原子炉格納容器内に設置されているシリンダ型の空気操作装置で、シリンダ及びスプリング等で構成されており、空気圧によりシリンダを加圧することによって弁を駆動させる構造としている。

なお、当該駆動部についてはシリンダキャップ類を取り外すことで駆動部内の点検手入れが可能である。

残留熱除去系テスト可能逆止弁バイパス弁用駆動部の構造図を図 2.1-2 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

残留熱除去系試験可能逆止弁バイパス弁用駆動部主要部位の使用材料を表 2.1-3 に、使用条件を表 2.1-4 に示す。

No.	部 位
①	シリンダ
②	シリンダキャップ
③	ピストン
④	駆動用ステム
⑤	スプリング
⑥	Oリング
⑦	リミットスイッチ
⑧	電磁弁
⑨	取付ボルト・ナット

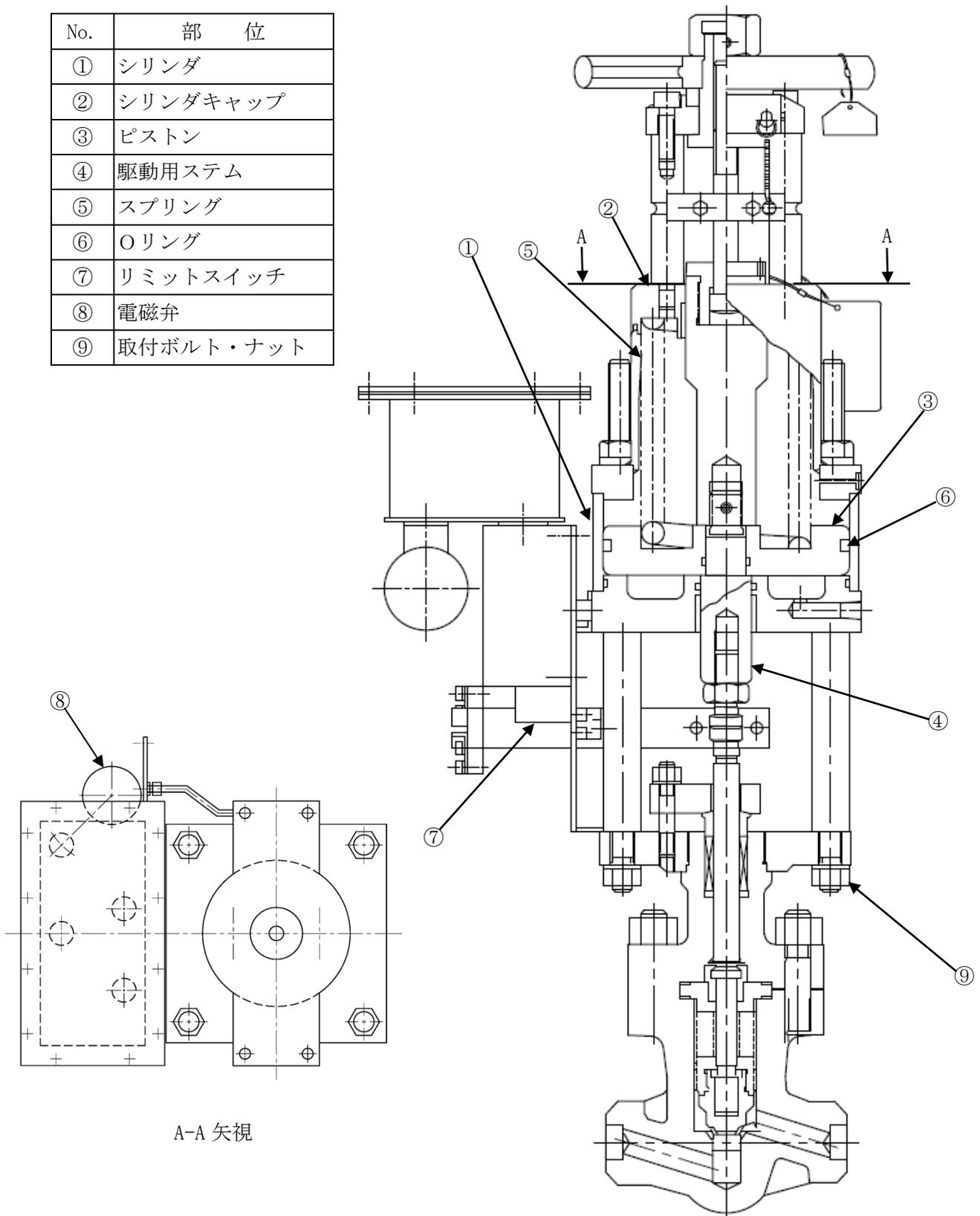


図 2.1-2 残留熱除去系試験可能逆止弁バイパス弁用駆動部構造図

表 2.1-3 残留熱除去系試験可能逆止弁バイパス弁用駆動部主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
バウンダリの維持	耐圧	シリンダ	炭素鋼
		シリンダキャップ	炭素鋼
駆動伝達機能の維持	エネルギー伝達	ピストン	炭素鋼
		駆動用ステム	炭素鋼, ステンレス鋼
		スプリング	ばね鋼
		Oリング	(消耗品)
		リミットスイッチ	(定期取替品)
		電磁弁	(定期取替品)
機器の支持	支持	取付ボルト	炭素鋼
		取付ナット	炭素鋼

表 2.1-4 残留熱除去系試験可能逆止弁バイパス弁用駆動部の使用条件

周囲温度 (通常温度)	約 65 °C
-------------	---------

### 2.1.3 原子炉補機冷却水系冷却水供給温度調節弁用駆動部

#### (1) 構造

原子炉補機冷却水系冷却水供給温度調節弁用駆動部は、屋内に設置されているシリンダ型の空気操作装置で、シリンダ等で構成されており、空気圧によりシリンダを加圧することによって弁を駆動させる構造としている。

なお、当該駆動部についてはシリンダキャップ類を取り外すことで駆動部内の点検手入れが可能である。

原子炉補機冷却水系冷却水供給温度調節弁用駆動部の構造図を図 2.1-3 に示す。

#### (2) 材料及び使用条件

原子炉補機冷却水系冷却水供給温度調節弁用駆動部主要部位の使用材料を表 2.1-5 に、使用条件を表 2.1-6 に示す。

No.	部 位
①	シリンダ
②	シリンダキャップ
③	ピストン
④	駆動用ステム
⑤	Oリング
⑥	電磁弁
⑦	取付ボルト・ナット

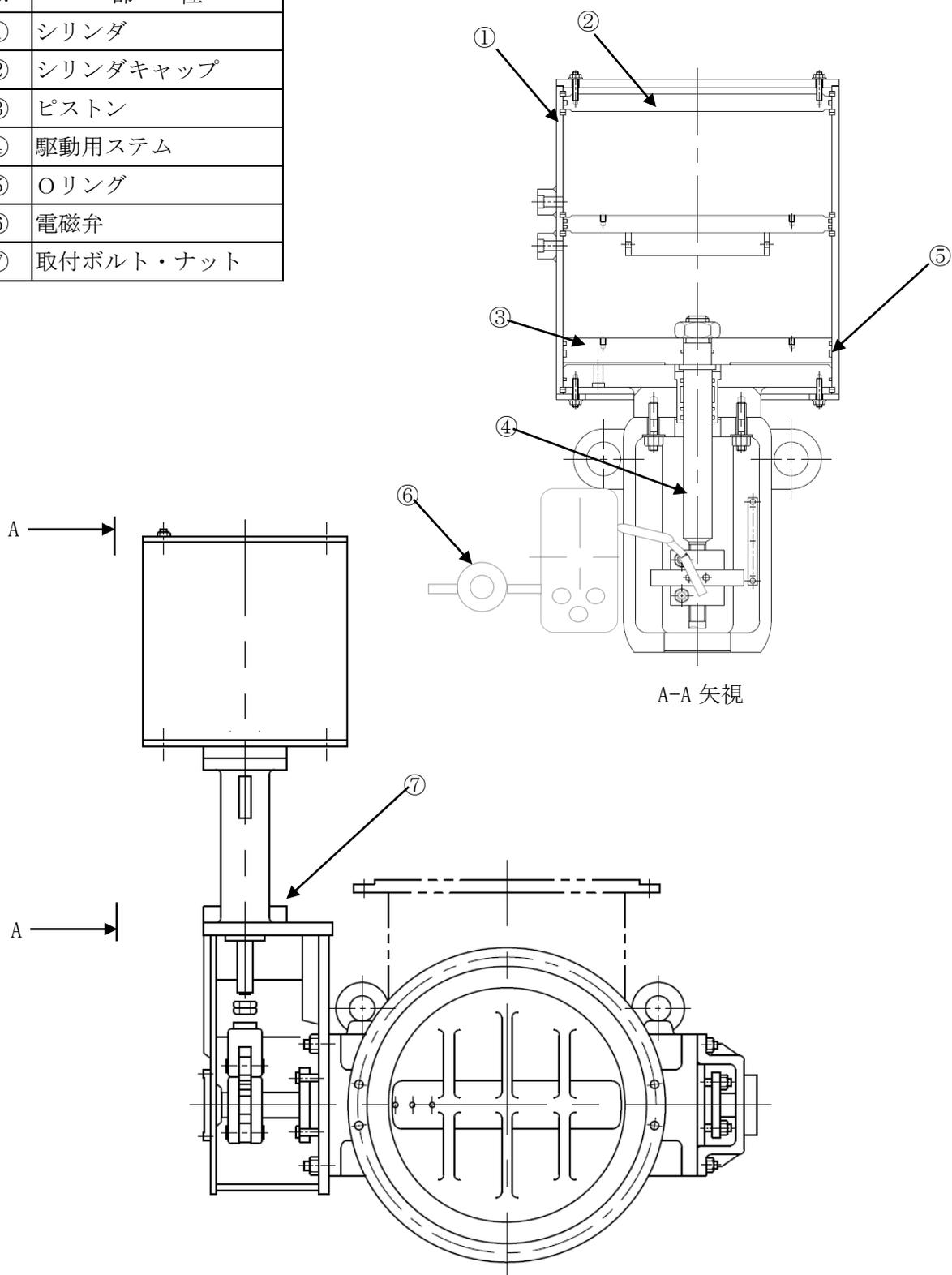


図 2. 1-3 原子炉補機冷却水系冷却水供給温度調節弁用駆動部構造図

表 2.1-5 原子炉補機冷却水系冷却水供給温度調節弁用駆動部主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
バウンダリの維持	耐圧	シリンダ	炭素鋼
		シリンダキャップ	炭素鋼
駆動伝達機能の維持	エネルギー伝達	ピストン	炭素鋼
		駆動用ステム	ステンレス鋼
		Oリング	(消耗品)
		電磁弁	(定期取替品)
機器の支持	支持	取付ボルト	低合金鋼
		取付ナット	炭素鋼

表 2.1-6 原子炉補機冷却水系冷却水供給温度調節弁用駆動部の使用条件

周囲温度 (通常温度)	約 40 °C
-------------	---------

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

空気作動弁用駆動部の機能である弁棒作動機能の達成に必要な項目は以下のとおり。

- ① バウンダリの維持
- ② 駆動伝達機能の維持
- ③ 機器の支持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

空気作動弁用駆動部について、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の材料、構造、使用条件（内部流体、圧力、温度等）及び現在までの運転経験を考慮し、代表機器毎に表 2.2-1 に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

なお、消耗品及び定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

リング及びダイヤフラムは消耗品、リミットスイッチ、電磁弁及び減圧弁は定期取替品であり、設計時に長期使用せず取替を前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

#### (3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

想定される経年劣化事象のうち主要 6 事象に該当する事象及び下記①、②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。なお、下記①、②に該当する事象については、2.2.3 項に示すとおり、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

- ① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△）
- ② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲）

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

a. シリンダ及びシリンダキャップの腐食（全面腐食）〔残留熱除去系試験可能逆止弁バイパス弁用駆動部，原子炉補機冷却水系冷却水供給温度調節弁用駆動部〕

シリンダ及びシリンダキャップは炭素鋼であることから、腐食の発生が想定されるが、シリンダ内は除湿された清浄な空気であり、大気接触部は防食塗装が施され、必要に応じて補修を行うこととしているため、腐食が発生する可能性は小さい。

また、これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. スプリングのへたり〔換気空調補機非常用冷却水系 MCR 給気処理装置温度調節弁用駆動部，残留熱除去系試験可能逆止弁バイパス弁用駆動部〕

スプリングは常時応力がかかった状態で使用されるため、へたりが想定されるが、スプリング使用時のねじり応力が許容ねじり応力以下になるように設定されており、さらにスプリングの材料に対する推奨最高使用温度よりも実際の使用温度は低いことから、へたりが進行する可能性は小さい。

また、スプリングのへたりは、分解点検時の目視点検及び作動確認にて検知可能であり、これまでの点検結果からも有意なへたりは確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. シリンダ及びピストンの摩耗〔残留熱除去系試験可能逆止弁バイパス弁用駆動部，原子炉補機冷却水系冷却水供給温度調節弁用駆動部〕

ピストンにはOリングが装着され、金属同士が直接接触しない構造となっており、空気シリンダ表面には耐摩耗性に優れたクロムメッキ処理を施しているため、摩耗する可能性は小さい。

また、これまでの点検結果からも有意な摩耗は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- d. ピストンの腐食（全面腐食）〔残留熱除去系試験可能逆止弁バイパス弁用駆動部，原子炉補機冷却水系冷却水供給温度調節弁用駆動部〕

ピストンは炭素鋼であることから，腐食の発生が想定されるが，シリンダ内は除湿された清浄な空気であるため，腐食が発生する可能性は小さい。

また，これまでの点検結果から有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- e. 駆動用ステムの腐食（全面腐食）〔残留熱除去系試験可能逆止弁バイパス弁用駆動部〕

駆動用ステムは炭素鋼であることから，腐食の発生が想定されるが，シリンダ内は除湿された清浄な空気であるため，腐食が発生する可能性は小さい。

また，これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- f. ケースの腐食（全面腐食）〔換気空調補機非常用冷却水系 MCR 給気処理装置温度調節弁用駆動部〕

ケースは炭素鋼であることから，腐食の発生が想定されるが，ケース内面は除湿された清浄な空気であり，大気接触部は防食塗装が施され，必要に応じて補修を行うこととしているため，腐食が発生する可能性は小さい。

また，これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- g. ケースボルト・ナットの腐食（全面腐食）〔換気空調補機非常用冷却水系 MCR 給気処理装置温度調節弁用駆動部〕

ケースボルト・ナットは低合金鋼または炭素鋼であることから，腐食の発生が想定されるが，大気接触部は防食塗装を施しており，必要に応じて補修を行うこととしている。

また，これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

h. 取付ボルト・ナットの腐食（全面腐食）〔共通〕

取付ボルト・ナットは低合金鋼または炭素鋼であることから、腐食の発生が想定されるが、大気接触部は防食塗装を施しており、必要に応じて補修を行うこととしている。

また、これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- (2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。

表 2.2-1 (1/3) 換気空調補機非常用冷却水系 MCR 給気処理装置温度調節弁用駆動部に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象								備 考	
					減 肉		割 れ		絶縁	導通	信号	材料		その他
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	絶縁特 性低下	導通 不良	特性 変化	材料 劣化		
バウンダリの維持	耐圧	ケース		炭素鋼		△								*:へたり
		ケースボルト・ナット		低合金鋼, 炭素鋼		△								
駆動伝達機能の維持	エネルギー伝達	ダイヤフラム	◎											
		駆動用ステム		ステンレス鋼										
		スプリング		ばね鋼									△*	
		電磁弁	◎											
		減圧弁	◎											
機器の支持	支持	取付ボルト・ナット		低合金鋼, 炭素鋼		△								

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (2/3) 残留熱除去系試験可能逆止弁バイパス弁用駆動部に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象								備 考	
					減 肉		割 れ		絶縁	導通	信号	材料		その他
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	絶縁特 性低下	導通 不良	特性 変化	材料 劣化		
バウンダリの維持	耐圧	シリンダ		炭素鋼	△	△							*:へたり	
		シリンダキャップ		炭素鋼		△								
駆動伝達機能の維持	エネルギー伝達	ピストン		炭素鋼	△	△								
		駆動用ステム		炭素鋼, ステンレス鋼		△								
		スプリング		ばね鋼								△*		
		Oリング	◎											
		リミットスイッチ	◎											
電磁弁	◎													
機器の支持	支持	取付ボルト・ナット		炭素鋼		△								

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (3/3) 原子炉補機冷却水系冷却水供給温度調節弁用駆動部に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象								備 考	
					減 肉		割 れ		絶縁	導通	信号	材料		その他
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	絶縁特 性低下	導通 不良	特性 変化	材料 劣化		
バウンダリの維持	耐圧	シリンダ		炭素鋼	△	△								
		シリンダキャップ		炭素鋼		△								
駆動伝達機能の維持	エネルギー伝達	ピストン		炭素鋼	△	△								
		駆動用ステム		ステンレス鋼										
		Oリング	◎											
		電磁弁	◎											
機器の支持	支持	取付ボルト・ナット		低合金鋼, 炭素鋼		△								

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

### 3. 代表機器以外への展開

本章では、2章で実施した代表機器の技術評価結果について、1章で実施したグループ化で代表機器となっていない機器への展開について検討した。

[対象空気作動弁用駆動部]

- ① 設置場所が屋内のダイヤフラム型駆動部 [代表機器以外]
- ② 設置場所が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

代表機器同様、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

#### 3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

a. シリンダ及びシリンダキャップの腐食（全面腐食） [炭素鋼または鋳鉄のシリンダまたはシリンダキャップを有するシリンダ型駆動部共通]

代表機器同様、シリンダ及びシリンダキャップは炭素鋼または鋳鉄であることから、腐食の発生が想定されるが、シリンダ内は除湿された清浄な空気であり、大気接触部は防食塗装が施され、必要に応じて補修を行うこととしているため、腐食が発生する可能性は小さい。

また、これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. スプリングのへたり [共通]

代表機器同様、スプリングは常時応力がかかった状態で使用されるため、へたりが想定されるが、スプリング使用時のねじり応力が許容ねじり応力以下になるよう設定されており、さらにスプリングの材料に対する推奨最高使用温度よりも実際の使用温度は低いことから、へたりが進行する可能性は小さい。

また、スプリングのへたりは、分解点検時の目視点検及び作動確認にて検知可能であり、これまでの点検結果からも有意なへたりは確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. シリンダ、ピストンの摩耗 [シリンダ型駆動部共通]

代表機器同様、ピストンにはOリングが装着され、金属同士が直接接触しない構造となっているため、摩耗する可能性は小さい。

また、これまでの点検結果からも有意な摩耗は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. ピストンの腐食（全面腐食） [炭素鋼または鋳鉄のピストンを有するシリンダ型駆動部共通]

代表機器同様、ピストンは炭素鋼または鋳鉄であることから、腐食の発生が想定されるが、シリンダ内は除湿された清浄な空気であるため、腐食が発生する可能性は小さい。

また、これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. 駆動用ステムの腐食（全面腐食） [炭素鋼または低合金鋼の駆動用ステムを有するシリンダ型駆動部共通]

代表機器同様、駆動用ステムは炭素鋼または低合金鋼であることから、腐食の発生が想定されるが、シリンダ内は除湿された清浄な空気であるため、腐食が発生する可能性は小さい。

また、これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f. ケースの腐食（全面腐食） [炭素鋼のケースを有するダイヤフラム型駆動部共通]

代表機器同様、ケースは炭素鋼であることから、腐食の発生が想定されるが、ケース内面は除湿された清浄な空気であり、大気接触部は防食塗装が施され、必要に応じて補修を行うこととしているため、腐食が発生する可能性は小さい。

また、これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- g. ケースボルト・ナットの腐食（全面腐食）〔炭素鋼または低合金鋼のケースボルト・ナットを有するダイヤフラム型駆動部共通〕

代表機器同様，ケースボルト・ナットは炭素鋼または低合金鋼であることから，腐食の発生が想定されるが，大気接触部は防食塗装を施しており，必要に応じて補修を行うこととしている。

また，これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- h. 取付ボルト・ナットの腐食（全面腐食）〔炭素鋼または低合金鋼の取付ボルト・ナットを有する空気作動弁用駆動部共通〕

代表機器同様，取付ボルト・ナットは炭素鋼または低合金鋼であることから，腐食の発生が想定されるが，大気接触部は防食塗装を施しており，必要に応じて補修を行うこととしている。

また，これまでの点検結果からも有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- (2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

代表機器同様，日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。

以 上

柏崎刈羽原子力発電所 4 号炉

炉内構造物の技術評価書

東京電力ホールディングス株式会社

本評価書は柏崎刈羽原子力発電所4号炉（以下柏崎刈羽4号炉という）における安全上重要な炉内構造物（重要度分類指針におけるPS-1, 2及びMS-1, 2に該当する機器）の高経年化に係わる技術評価についてまとめたものである。

評価対象機器の一覧を表1に示す。

技術評価にあたっては炉内構造物の特殊性を考慮し、評価対象機器についてグループ化や代表機器の選定を行わずに全ての機器について評価を実施する。

なお、制御棒は「機械設備の技術評価書」にて評価を実施するものとし、本評価書には含まれていない。

また、本文中の単位の記載はSI単位系に基づくものとする（圧力の単位は特に注記がない限りゲージ圧力を示す）。

表1 評価対象機器一覧

機 器 名 称 (個数)	重要度*
炉心シュラウド (1)	PS-1
シュラウドサポート (1)	PS-1
上部格子板 (1)	PS-1
炉心支持板 (1)	PS-1
燃料支持金具 (中央185, 周辺24)	PS-1
制御棒案内管 (185)	PS-1
残留熱除去系 (低圧注水系) 配管 (3)	MS-1
炉心スプレイ配管・スパージャ (2)	MS-1
差圧検出・ほう酸水注入系配管 (1)	MS-1

\*：最上位の重要度を示す

# 1 炉内構造物

## [対象機器]

- ① 炉心シュラウド
- ② シュラウドサポート
- ③ 上部格子板
- ④ 炉心支持板
- ⑤ 燃料支持金具
- ⑥ 制御棒案内管
- ⑦ 残留熱除去系（低圧注水系）配管
- ⑧ 炉心スプレイ配管・スパージャ
- ⑨ 差圧検出・ほう酸水注入系配管

## 目 次

1. 対象機器 .....	1
2. 炉内構造物の技術評価 .....	2
2.1 構造, 材料及び使用条件 .....	4
2.1.1 炉心シュラウド .....	4
2.1.2 シュラウドサポート .....	7
2.1.3 上部格子板 .....	10
2.1.4 炉心支持板 .....	13
2.1.5 燃料支持金具 .....	16
2.1.6 制御棒案内管 .....	19
2.1.7 残留熱除去系 (低圧注水系) 配管 .....	22
2.1.8 炉心スプレイ配管・スパージャ .....	25
2.1.9 差圧検出・ほう酸水注入系配管 .....	28
2.2 経年劣化事象の抽出 .....	31
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目 .....	31
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 .....	31
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 .....	33
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価 .....	47

1. 対象機器

主要な炉内構造物の仕様を表 1-1 に示す。

表 1-1 炉内構造物の主な仕様

機 器 名 称 (個数)	重要度*1	最高使用圧力*2 (MPa)	最高使用温度 (°C)
炉心シュラウド (1)	PS-1	約 8.62	302
シュラウドサポート (1)	PS-1		
上部格子板 (1)	PS-1		
炉心支持板 (1)	PS-1		
燃料支持金具 (中央 185, 周辺 24)	PS-1		
制御棒案内管 (185)	PS-1		
残留熱除去系 (低圧注水系) 配管 (3)	MS-1		
炉心スプレイ配管・スパージャ (2)	MS-1		
差圧検出・ほう酸水注入系配管 (1)	MS-1		

\*1：最上位の重要度クラスを示す

\*2：最高使用圧力は、環境の最高使用圧力を示す

## 2. 炉内構造物の技術評価

本章では、1章で評価対象とした以下の炉内構造物について技術評価を実施する。

これらの評価対象機器を含む炉内構造物全体の組立図を図1に示す。

なお、柏崎刈羽4号炉の原子炉熱出力は、3,293 MWt、原子炉冷却材全流量は、 $48.3 \times 10^3$  ton/hである。

- ① 炉心シュラウド
- ② シュラウドサポート
- ③ 上部格子板
- ④ 炉心支持板
- ⑤ 燃料支持金具
- ⑥ 制御棒案内管
- ⑦ 残留熱除去系（低圧注水系）配管
- ⑧ 炉心スプレイ配管・スパージャ
- ⑨ 差圧検出・ほう酸水注入系配管

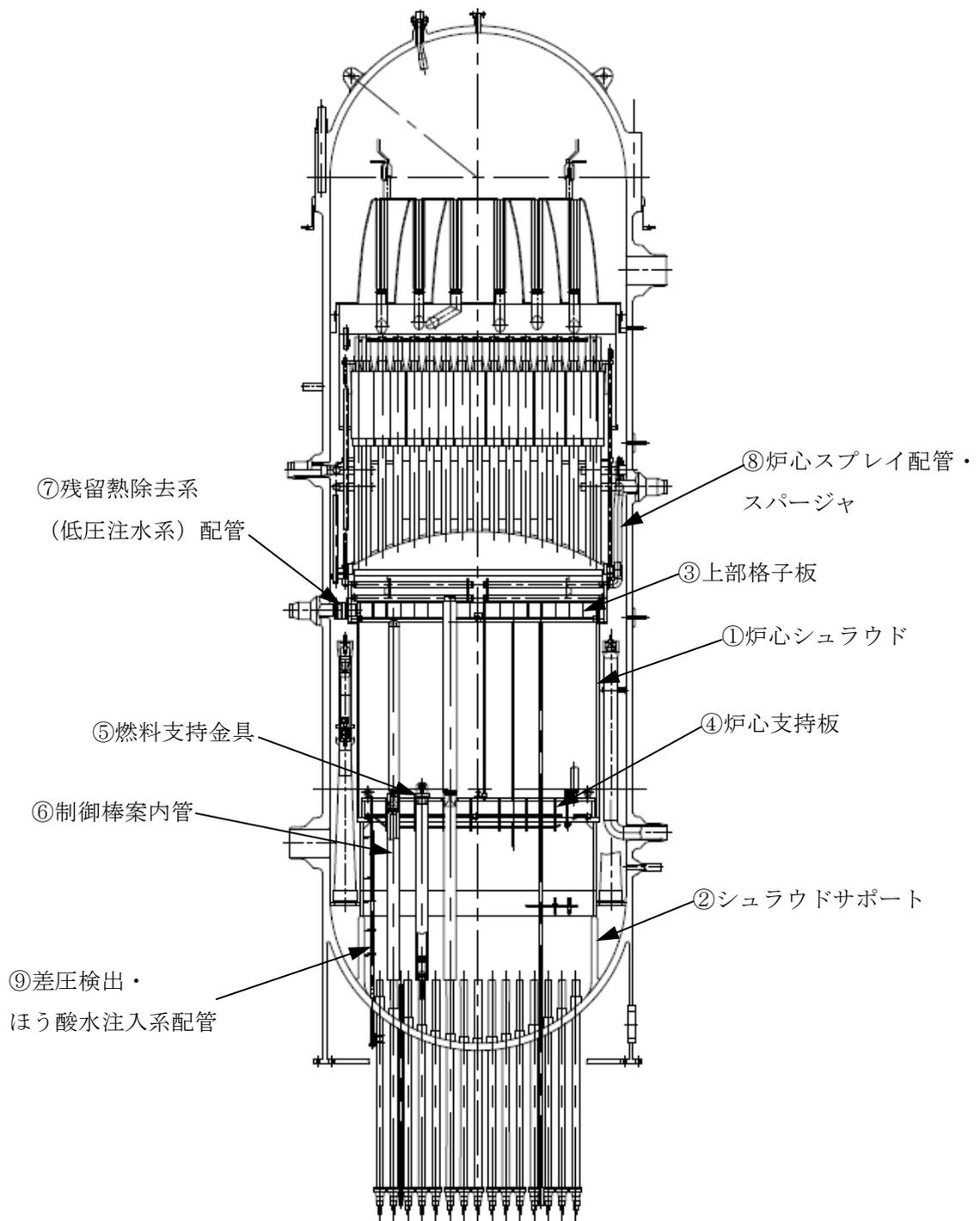


図1 炉内構造物組立図

## 2.1 構造, 材料及び使用条件

### 2.1.1 炉心シュラウド

#### (1) 構造

炉心シュラウドは, 炉心内を上昇する原子炉冷却材の流れと, 炉心シュラウドと原子炉圧力容器壁との間の環状部を下降する原子炉冷却材の流れを隔離する円筒形の構造物で 1 個設置されており, 下端はシュラウドサポートに溶接されている。

材料は, 耐食性の高いステンレス鋼を使用している。

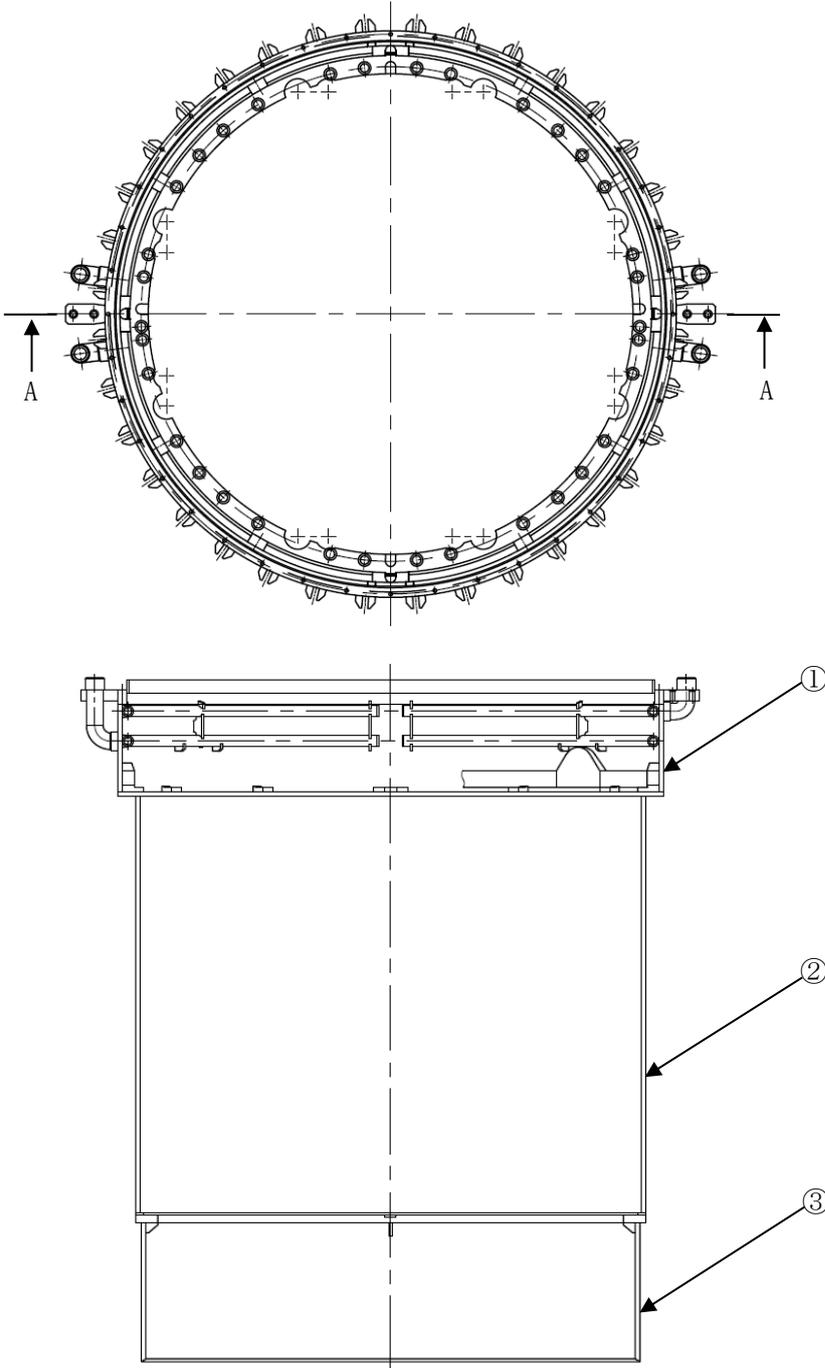
炉心シュラウドの構造図を図 2.1-1 に示す。

なお, 他プラントで発生している粒界型応力腐食割れをふまえ, 第 8 回定期検査時(2004 年度)に, 溶接部の一部につ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する予防保全を実施している。

#### (2) 材料及び使用条件

炉心シュラウド主要部位の使用材料を表 2.1-1 に, 使用条件を表 2.1-2 に示す。

No.	部 位
①	上部胴
②	中間胴
③	下部胴



A-A 断面

図 2.1-1 炉心シュラウド構造図

表 2.1-1 炉心シュラウド主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
炉心の支持	支 持	上部胴	ステンレス鋼
		中間胴	ステンレス鋼
		下部胴	ステンレス鋼

表 2.1-2 炉心シュラウドの使用条件

最高使用圧力	約 8.62 MPa
最高使用温度	302 ℃
流 体	純水 (原子炉冷却材)

## 2.1.2 シュラウドサポート

### (1) 構造

シュラウドサポートは、シリンダ上端で炉心シュラウドを支持する脚支持円筒形の構造物で 1 個設置されており、レグ及びプレートを介し原子炉圧力容器に溶接されている。

材料は、耐食性の高い高ニッケル合金を使用している。

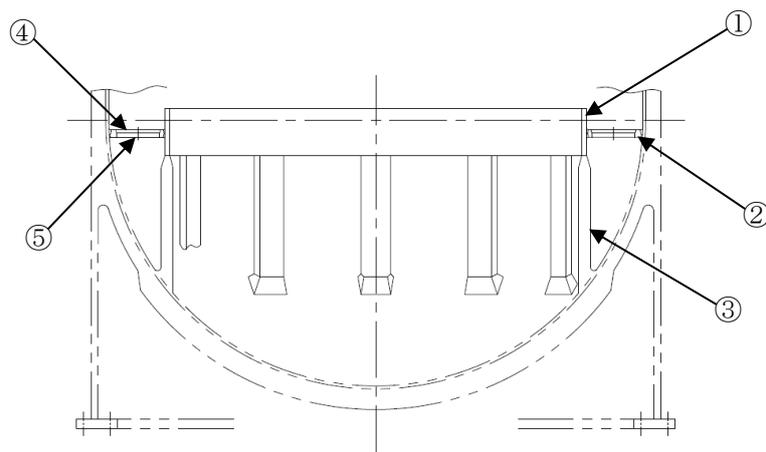
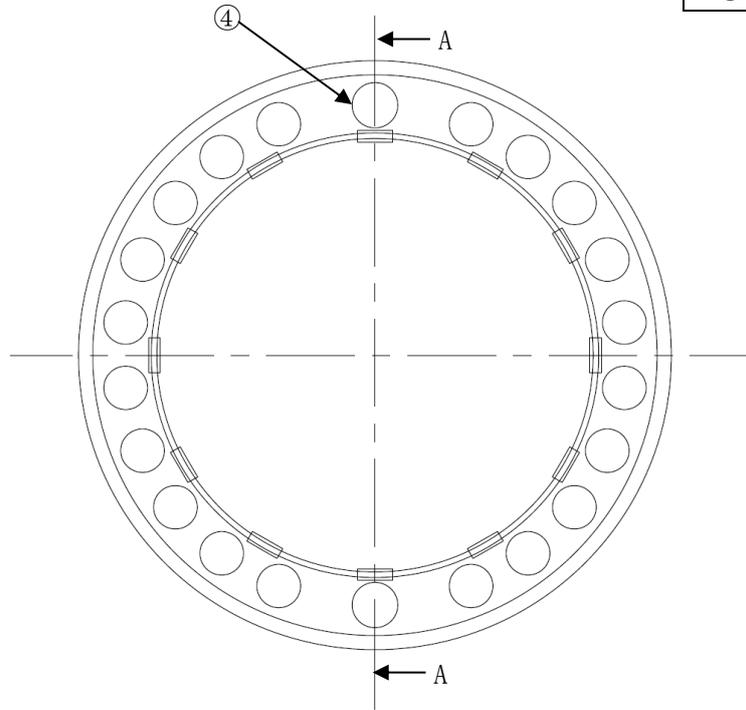
なお、マンホール蓋については、海外プラントでのマンホール蓋取付溶接部のクレビス部（シュラウドサポートプレートとマンホール蓋の間に存在する隙間部）に起因する応力腐食割れ損傷事例を鑑み、建設時にボルト取付構造を採用していることから、応力腐食割れの可能性はない。

シュラウドサポートの構造図を図 2.1-2 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

シュラウドサポート主要部位の使用材料を表 2.1-3 に、使用条件を表 2.1-4 に示す。

No.	部 位
①	シリンダ
②	プレート
③	レグ
④	マンホール蓋
⑤	取付ボルト



A-A 断面

図 2.1-2 シュラウドサポート構造図

表 2.1-3 シュラウドサポート主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
炉心の支持	支 持	シリンダ	高ニッケル合金
		プレート	高ニッケル合金
		レグ	高ニッケル合金
炉心冷却材流路の確保	その他	マンホール蓋	高ニッケル合金
		取付ボルト	高ニッケル合金

表 2.1-4 シュラウドサポートの使用条件

最高使用圧力	約 8.62 MPa
最高使用温度	302 °C
流 体	純水（原子炉冷却材）

### 2.1.3 上部格子板

#### (1) 構造

上部格子板は、燃料集合体上部の水平方向及び核計装装置の上端を支持する格子状の構造物で1個設置されており、炉心シュラウドにウエッジにて取り付けられている。

材料は、耐食性の高いステンレス鋼を使用している。

上部格子板の構造図を図 2.1-3 に示す。

#### (2) 材料及び使用条件

上部格子板主要部位の使用材料を表 2.1-5 に、使用条件を表 2.1-6 に示す。

No.	部 位
①	上板
②	グリッドプレート
③	リム胴
④	下板
⑤	ウエッジ

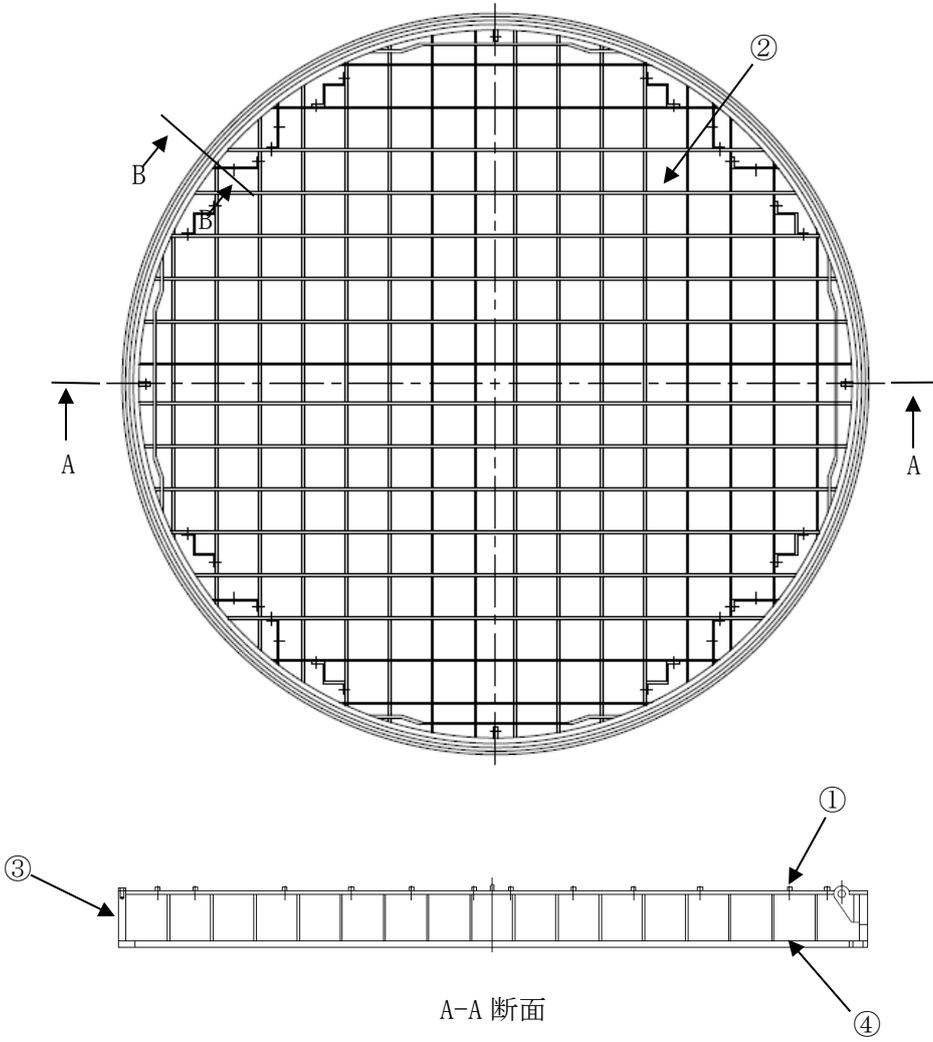
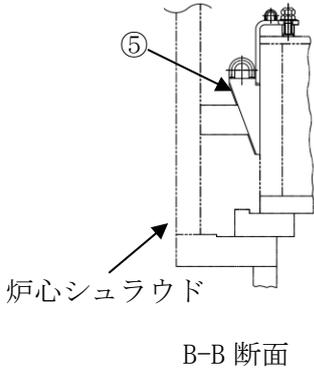


図 2. 1-3 上部格子板構造図

表 2.1-5 上部格子板主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
炉心の支持	支 持	上板	ステンレス鋼
		グリッドプレート	ステンレス鋼
		リム胴	ステンレス鋼
		下板	ステンレス鋼
機器の支持	支 持	ウエッジ	ステンレス鋼

表 2.1-6 上部格子板の使用条件

最高使用圧力	約 8.62 MPa
最高使用温度	302 °C
流 体	純水（原子炉冷却材）

#### 2.1.4 炉心支持板

##### (1) 構造

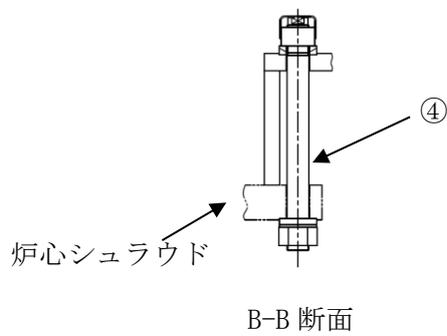
炉心支持板は、制御棒案内管上部及び中性子束計測案内管等の水平方向を支持する多孔円板状の構造物で 1 個設置されており、炉心シュラウドにスタッドにて取り付けられている。

材料は、耐食性の高いステンレス鋼を使用している。

炉心支持板の構造図を図 2.1-4 に示す。

##### (2) 材料及び使用条件

炉心支持板主要部位の使用材料を表 2.1-7 に、使用条件を表 2.1-8 に示す。



No.	部 位
①	上板
②	リム胴
③	補強ビーム
④	スタッド

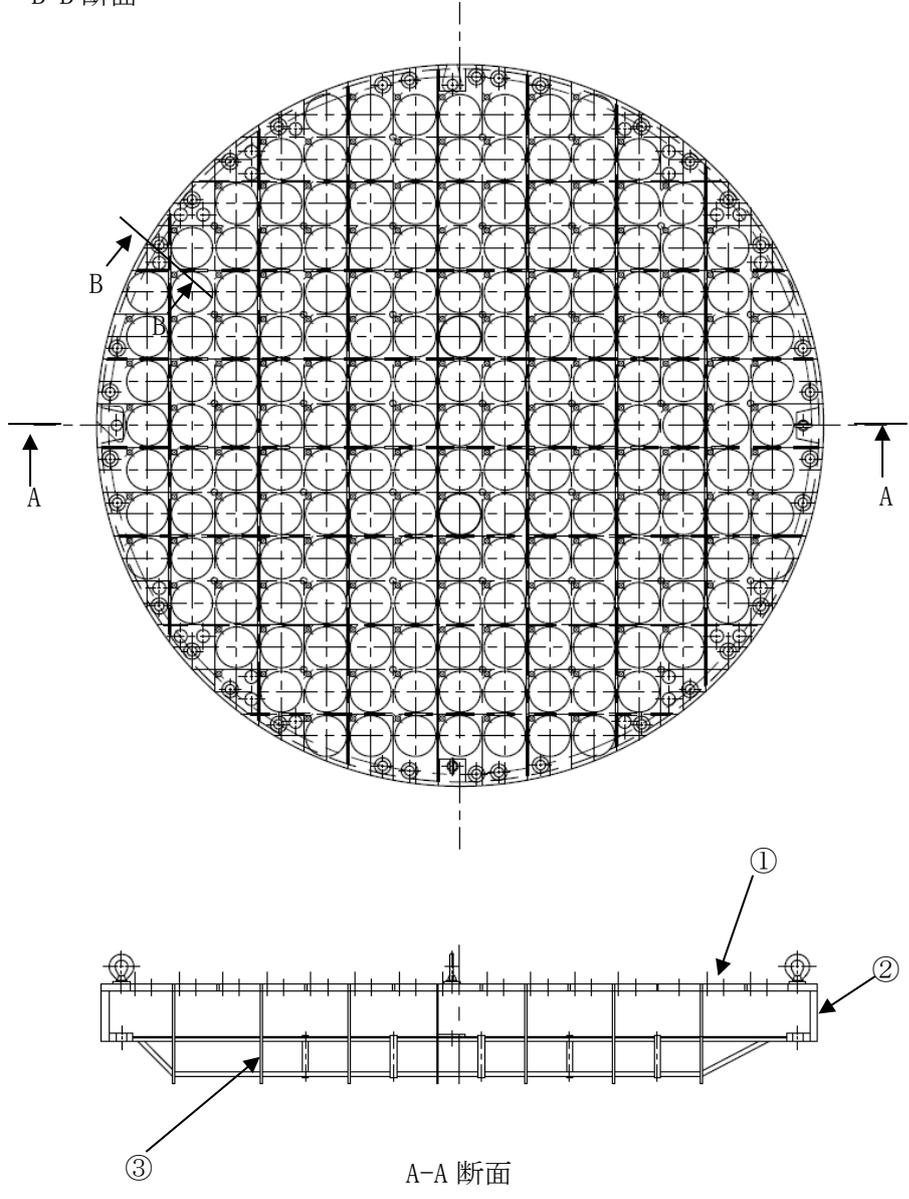


図 2.1-4 炉心支持板構造図

表 2.1-7 炉心支持板主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
炉心の支持	支 持	上板	ステンレス鋼
		リム胴	ステンレス鋼
		補強ビーム	ステンレス鋼
機器の支持	支 持	スタッド	ステンレス鋼

表 2.1-8 炉心支持板の使用条件

最高使用圧力	約 8.62 MPa
最高使用温度	302 °C
流 体	純水（原子炉冷却材）

## 2.1.5 燃料支持金具

### (1) 構造

燃料支持金具は、燃料集合体を支持するとともに燃料集合体への原子炉冷却材の流路を形成する構造物で、中央燃料支持金具が 185 個、周辺燃料支持金具が 24 個設置されている。中央燃料支持金具は制御棒案内管の上部に取り付けられており、周辺燃料支持金具は炉心支持板に溶接されている。

材料は、耐食性の高いステンレス鋼及びステンレス鋳鋼を使用している。

燃料支持金具の構造図を図 2.1-5 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

燃料支持金具主要部位の使用材料を表 2.1-9 に、使用条件を表 2.1-10 に示す。

No.	部 位
①	中央燃料支持金具
②	周边燃料支持金具

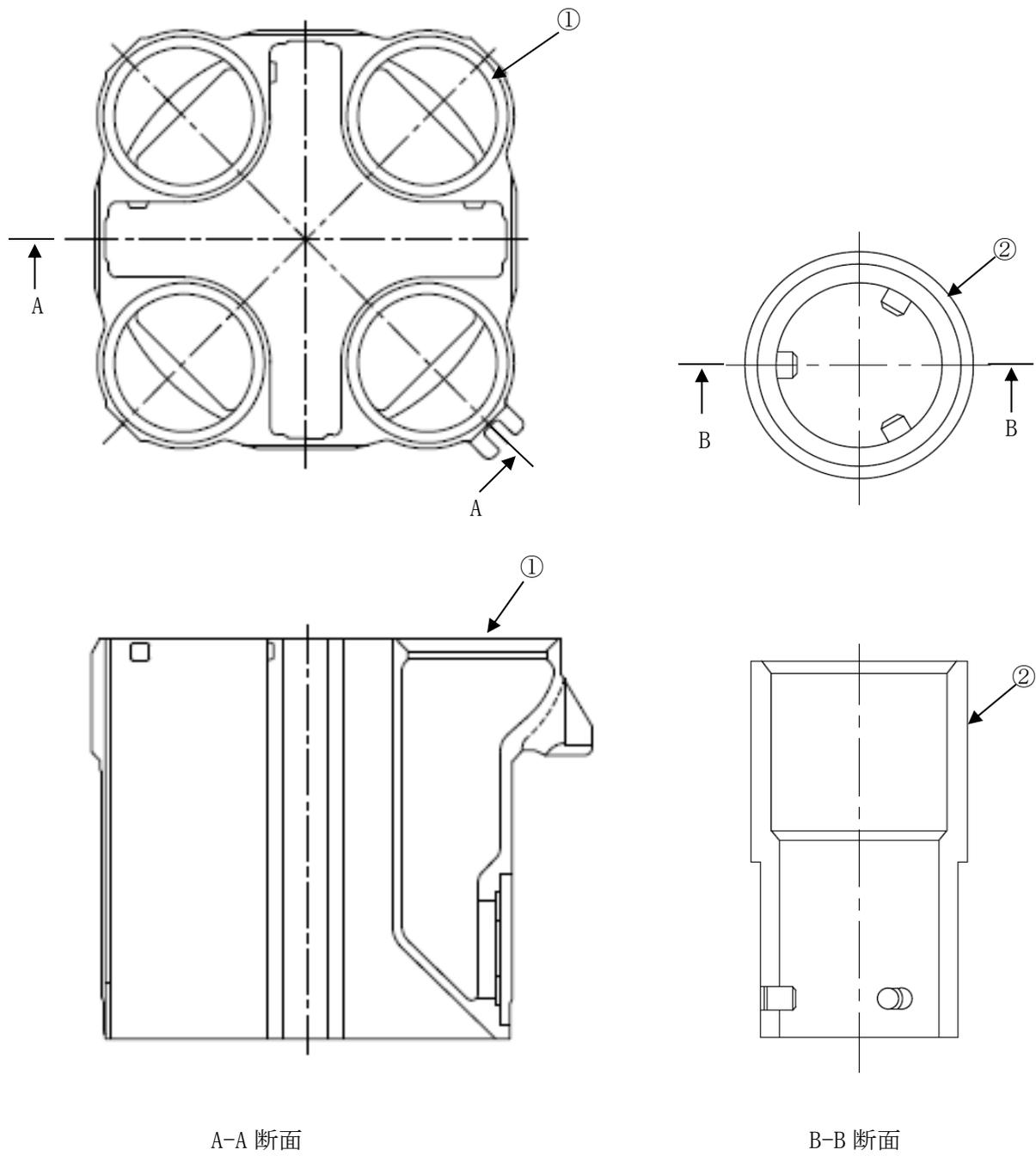


图 2.1-5 燃料支持金具構造図

表 2.1-9 燃料支持金具主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
炉心の支持	支 持	中央燃料支持金具	ステンレス鋳鋼
		周辺燃料支持金具	ステンレス鋼

表 2.1-10 燃料支持金具の使用条件

最高使用圧力	約 8.62 MPa
最高使用温度	302 °C
流 体	純水（原子炉冷却材）

## 2.1.6 制御棒案内管

### (1) 構造

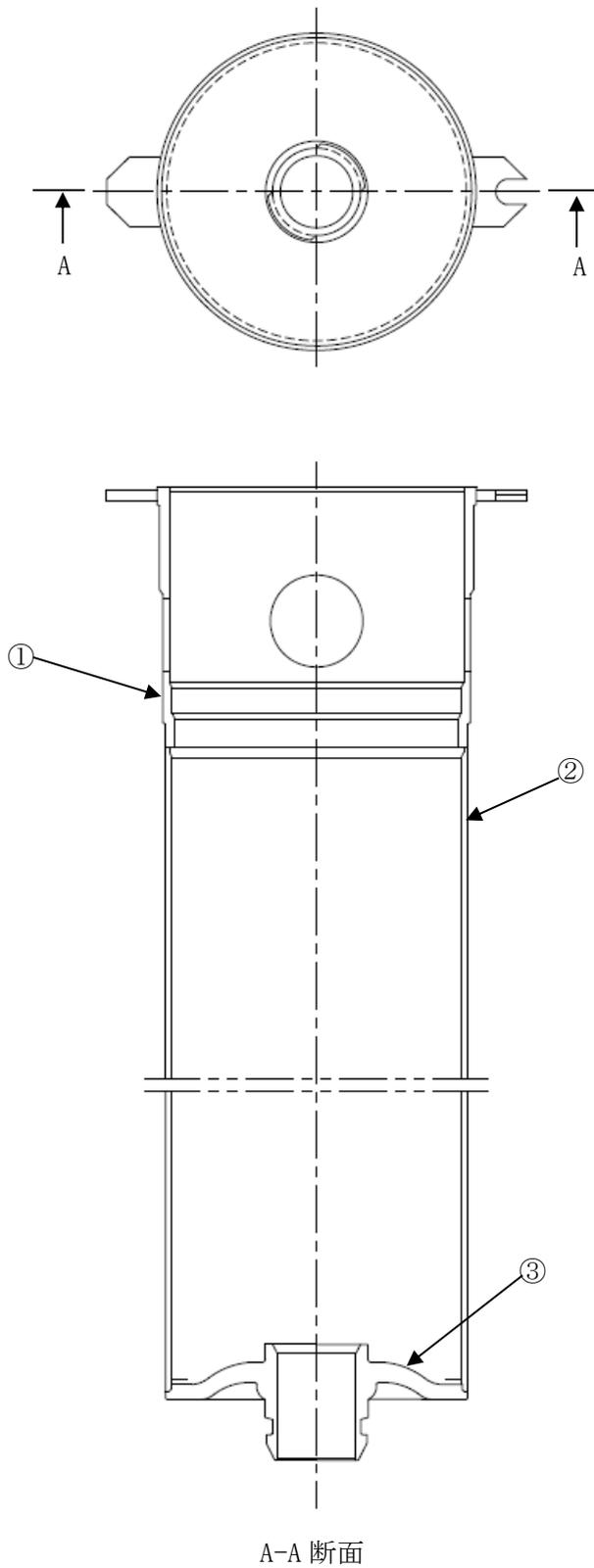
制御棒案内管は、制御棒の挿入・引抜きの際のガイドとなるとともに、中央燃料支持金具の重量を支える円筒形状の構造物で 185 個設置されており、上端は炉心支持板により水平方向を支持され、下端は制御棒駆動機構ハウジングに取り付けられている。

材料は、耐食性の高いステンレス鋼及びステンレス鋳鋼を使用している。

制御棒案内管の構造図を図 2.1-6 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

制御棒案内管主要部位の使用材料を表 2.1-11 に、使用条件を表 2.1-12 に示す。



No.	部 位
①	スリーブ
②	ボディ
③	ベース

図 2.1-6 制御棒案内管構造図

表 2.1-11 制御棒案内管主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
炉心の支持	支 持	スリーブ	ステンレス鋼
		ボディ	ステンレス鋼
		ベース	ステンレス鋳鋼

表 2.1-12 制御棒案内管の使用条件

最高使用圧力	約 8.62 MPa
最高使用温度	302 °C
流 体	純水（原子炉冷却材）

## 2.1.7 残留熱除去系（低圧注水系）配管

### (1) 構造

残留熱除去系（低圧注水系）配管は、冷却水を炉心に供給するための管状の構造物で3個設置されており、原子炉压力容器のサーマルスリーブにクランプにより機械的に固定されるとともに片端は炉心シュラウド側面に溶接により取り付けられている。

材料は、耐食性の高いステンレス鋼を使用している。

残留熱除去系（低圧注水系）配管の構造図を図 2.1-7 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

残留熱除去系（低圧注水系）配管主要部位の使用材料を表 2.1-13 に、使用条件を表 2.1-14 に示す。

No.	部 位
①	フランジネック
②	スリーブ
③	フランジ
④	クランプ
⑤	ボルト
⑥	ベローズ

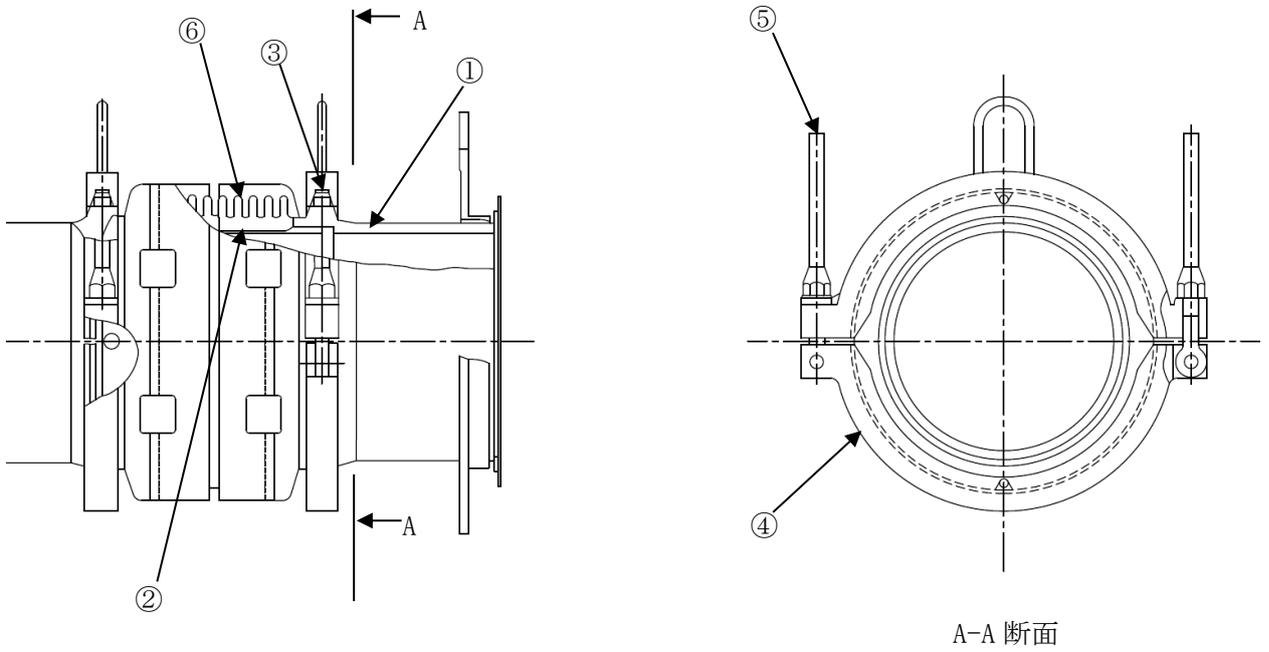


図 2.1-7 残留熱除去系（低圧注水系）配管構造図

表 2.1-13 残留熱除去系（低圧注水系）配管主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
炉心冷却材 流路の確保	流路形成	フランジネック	ステンレス鋼
		スリーブ	ステンレス鋼
機器の支持	支持	フランジ	ステンレス鋼
		クランプ	ステンレス鋼
		ボルト	ステンレス鋼
その他	その他	ベローズ	ステンレス鋼

表 2.1-14 残留熱除去系（低圧注水系）配管の使用条件

最高使用圧力	約 8.62 MPa
最高使用温度	302 °C
流 体	純水（原子炉冷却材）

## 2.1.8 炉心スプレイ配管・スパージャ

### (1) 構造

炉心スプレイ配管・スパージャは、冷却水を炉心に供給するための管状の構造物で2系統設置されており、配管はサーマルスリーブを介し炉心スプレイノズルセーフエンドに溶接され原子炉圧力容器内面のブラケットに、スパージャはヘッドがスパージャブラケットに支持されている。

材料は、耐食性の高いステンレス鋼を使用している。

炉心スプレイ配管・スパージャの構造図を図 2.1-8 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

炉心スプレイ配管・スパージャについて主要部位の使用材料を表 2.1-15 に、使用条件を表 2.1-16 に示す。

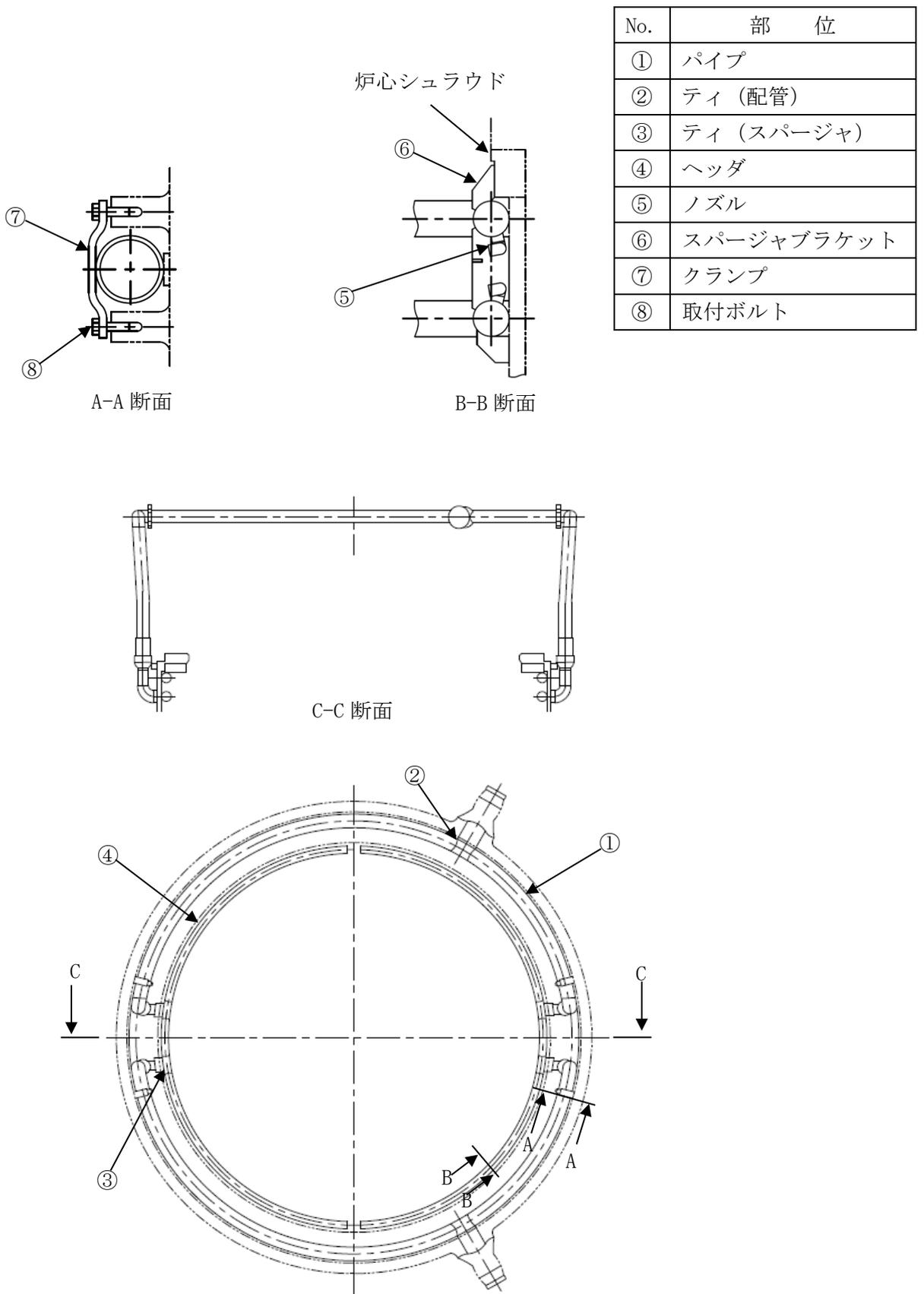


図 2.1-8 炉心スプレイ配管・スパージャ構造図

表 2.1-15 炉心スプレイ配管・スパーージャ主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
炉心冷却材 流路の確保	流路形成	パイプ	ステンレス鋼
		ティ（配管）	ステンレス鋼
		ティ（スパーージャ）	ステンレス鋼
		ヘッダ	ステンレス鋼
		ノズル	ステンレス鋼
機器の支持	支 持	スパーージャブラケット	ステンレス鋼
		クランプ	ステンレス鋼
		取付ボルト	ステンレス鋼

表 2.1-16 炉心スプレイ配管・スパーージャの使用条件

最高使用圧力	約 8.62 MPa
最高使用温度	302 °C
流 体	純水（原子炉冷却材）

## 2.1.9 差圧検出・ほう酸水注入系配管

### (1) 構造

差圧検出・ほう酸水注入系配管は、炉心支持板上下の差圧検出及び五ほう酸ナトリウム水を注入するための二重配管状の構造物で1個設置されており、外側配管で炉心支持板上部圧力検出を、内側配管で炉心支持板下部圧力検出及び五ほう酸ナトリウム水の注入ができる。

差圧検出・ほう酸水注入系配管は、差圧検出・ほう酸水注入ノズルからシュラウドサポート内側を經由し炉心支持板までの範囲に位置し、途中を炉心シュラウド及びシュラウドサポートに、上端を炉心支持板に支持されている。

材料は、耐食性の高いステンレス鋼を使用している。

差圧検出・ほう酸水注入系配管の構造図を図 2.1-9 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

差圧検出・ほう酸水注入系配管主要部位の使用材料を表 2.1-17 に、使用条件を表 2.1-18 に示す。

No.	部 位
①	パイプ
②	サポート

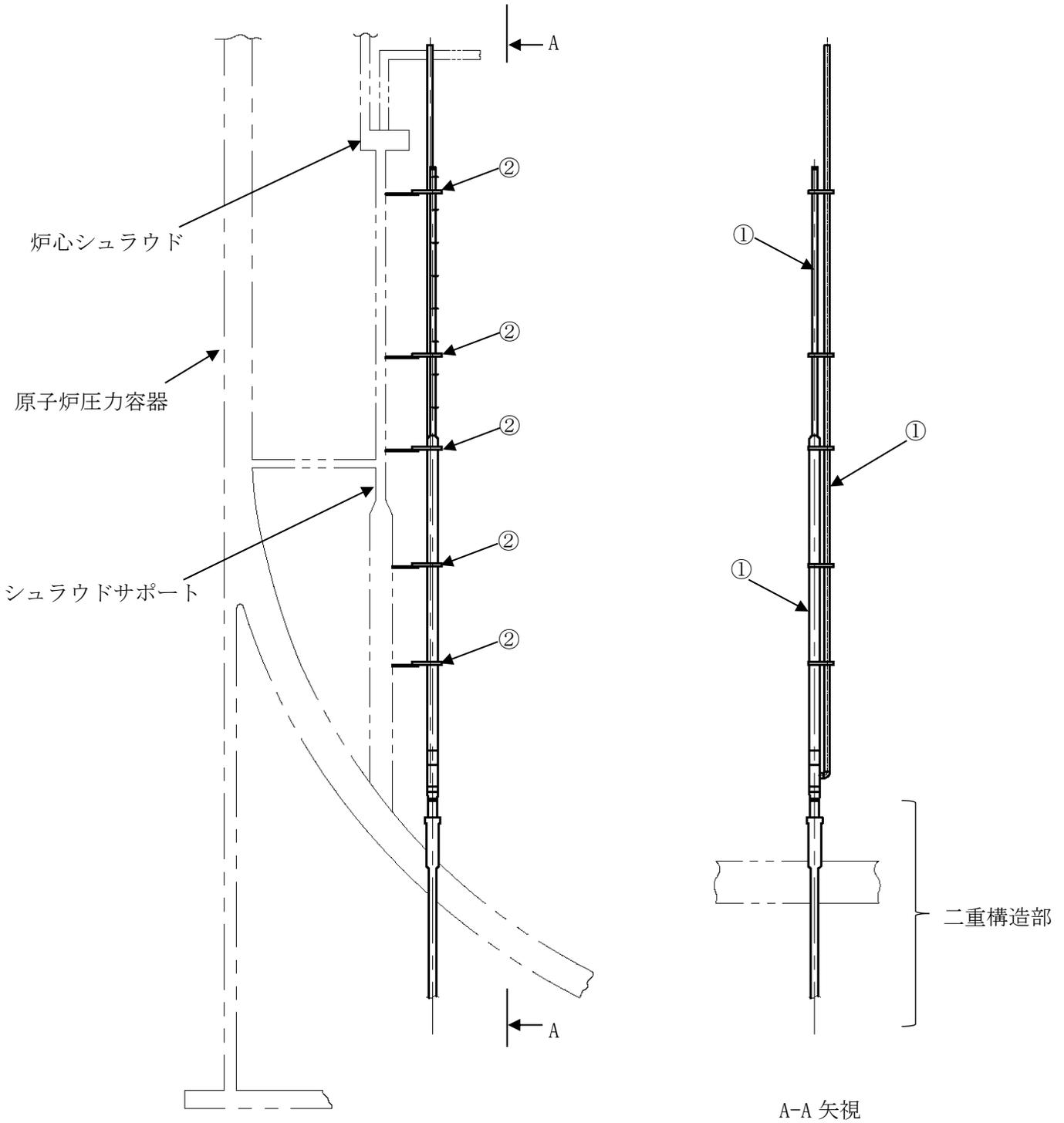


図 2.1-9 差圧検出・ほう酸水注入系配管構造図

表 2.1-17 差圧検出・ほう酸水注入系配管主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
炉心冷却材 流路の確保	流路形成	パイプ	ステンレス鋼
機器の支持	支 持	サポート	ステンレス鋼

表 2.1-18 差圧検出・ほう酸水注入系配管の使用条件

最高使用圧力	約 8.62 MPa
最高使用温度	302 °C
流 体	純水（原子炉冷却材）

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

炉内構造物の機能（炉心形状の維持及び炉外の機器・系統との連携による炉心冷却機能）の達成に必要な項目は以下のとおり。

- ① 炉心の支持
- ② 炉心冷却材流路の確保
- ③ 機器の支持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

炉内構造物について、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の材料、構造、使用条件（水質、圧力、温度等）及び現在までの運転経験を考慮し、評価対象機器毎に表 2.2-1 に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

なお、消耗品及び定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

炉内構造物には、消耗品及び定期取替品はない。

#### (3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

想定される経年劣化事象のうち主要 6 事象に該当する事象及び下記①、②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。なお、下記①、②に該当する事象については、2.2.3 項に示すとおり、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

- ① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△）
- ② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲）

この結果，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象として以下の事象が抽出された（表 2.2-1 で○）。

- a. 疲労割れ [炉心シュラウド，シュラウドサポート]
- b. 照射誘起型応力腐食割れ [炉心シュラウド，上部格子板，炉心支持板，周辺燃料支持金具，制御棒案内管]

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

a. 粒界型応力腐食割れ [炉心シュラウド, シュラウドサポート, 上部格子板, 炉心支持板, 周辺燃料支持金具, 制御棒案内管, 残留熱除去系（低圧注水系）配管, 炉心スプレー配管・スパージャ, 差圧検出・ほう酸水注入系配管]

炉心シュラウド, シュラウドサポート, 上部格子板, 炉心支持板, 周辺燃料支持金具, 制御棒案内管, 残留熱除去系（低圧注水系）配管, 炉心スプレー配管・スパージャ及び差圧検出・ほう酸水注入系配管については, ステンレス鋼または高ニッケル合金であり高温の純水または飽和蒸気環境中にあるため, 粒界型応力腐食割れ発生の可能性を否定することはできない。

炉心シュラウド溶接部の一部については, 第8回定期検査時（2004年度）に, ウォータージェットピーニング法により溶接残留応力を圧縮側に改善している。

炉心シュラウド, シュラウドサポート, 上部格子板, 炉心支持板, 周辺燃料支持金具, 制御棒案内管, 残留熱除去系（低圧注水系）配管, 炉心スプレー配管・スパージャ及び差圧検出・ほう酸水注入系配管の粒界型応力腐食割れについては, 計画的に水中テレビカメラによる目視点検を実施することとしている。

なお, 当面の冷温停止状態においては環境条件として基準としている 100℃を超える環境とはならないため, 粒界型応力腐食割れの発生・進展の可能性はないと判断する。

今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから, 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- b. 中性子照射による靱性低下 [炉心シュラウド，上部格子板，炉心支持板，燃料支持金具（中央・周辺），制御棒案内管]

炉心シュラウド，上部格子板，炉心支持板，燃料支持金具（中央・周辺）及び制御棒案内管は炉心を取り囲む機器であり，評価対象機器のうち，最も照射量が高い上部格子板の現時点（2022年8月11日）での予想照射量は，中央部の $3.2 \times 10^{21} \text{n/cm}^2$ である。そのため，現在の知見では，中性子照射による靱性低下の発生する可能性は否定できない。

また，炉心シュラウド，上部格子板，炉心支持板，燃料支持金具（中央・周辺）及び制御棒案内管については，日本機械学会「発電用原子力設備規格 維持規格（2008年版）JSME S NA1-2008」（以下，「維持規格」という）または「実用発電用原子炉及びその附属施設における破壊を引き起こす亀裂その他の欠陥の解釈」（平成26年8月6日 原規技発第1408063号 原子力規制委員会決定）（以下，「亀裂の解釈」という）に基づき計画的に水中テレビカメラによる目視点検を実施することとしている。

なお，当面の冷温停止状態においては，高速中性子照射を受けることはほぼないため，中性子照射による靱性低下の発生・進展の可能性はないと判断する。

今後これらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- c. 熱時効 [中央燃料支持金具，制御棒案内管]

中央燃料支持金具及び制御棒案内管に使用しているステンレス鋳鋼は，オーステナイト相中に一部フェライト相を含む二相組織であり，使用環境温度は250℃以上（最高使用温度302℃）であるため，熱時効による材料の靱性低下等の機械的特性が変化することが想定されるが，中央燃料支持金具及び制御棒案内管でステンレス鋳鋼である部位には，亀裂の原因となる経年劣化事象は想定されていない。

また，中央燃料支持金具及び制御棒案内管は，計画的に水中テレビカメラによる目視点検を実施することとしている。

なお，当面の冷温停止状態においては，高温純水環境となることはなく，熱時効が進展する可能性はない。

今後これらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. 高サイクル疲労割れ [制御棒案内管]

炉内構造物は炉心流による流体振動を受けるため、高サイクル疲労割れの発生が想定されるが、流体振動による高サイクル疲労については、設計段階において考慮されているため、高サイクル疲労割れが発生する可能性は小さい。

なお、制御棒案内管については、計画的に水中テレビカメラによる目視点検を実施することとしている。

今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. 照射スウェリング [炉心シュラウド, 上部格子板, 炉心支持板]

高照射領域で使用される炉心シュラウド, 上部格子板及び炉心支持板については、照射スウェリングの発生が想定されるが、BWRの温度環境(約280℃)や照射量ではその可能性は極めて小さい。

なお、炉心シュラウド, 上部格子板及び炉心支持板については、計画的に水中テレビカメラによる目視点検を実施することとしている。

今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f. 照射下クリープ [炉心シュラウド, 上部格子板, 炉心支持板, 燃料支持金具(中央・周辺), 制御棒案内管]

高照射領域で使用される炉心シュラウド, 上部格子板, 炉心支持板, 燃料支持金具(中央・周辺)及び制御棒案内管については、照射下クリープの発生が想定されるが、内圧・差圧等による荷重制御型の応力は小さく、照射下クリープが発生する可能性は小さい。

なお、炉心シュラウド, 上部格子板, 炉心支持板, 燃料支持金具(中央・周辺)及び制御棒案内管については、計画的に水中テレビカメラによる目視点検を実施することとしている。

今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

g. 疲労割れ[残留熱除去系（低圧注水系）配管]

残留熱除去系（低圧注水系）配管については、炉心シュラウドと原子炉圧力容器との間に熱膨張差による相対変位が発生し、起動停止の繰り返しにより疲労割れの発生が想定されるが、ベローズは伸縮可能な構造で相対変位に追従可能であり構造的に大きな荷重が作用しないため、疲労割れが発生する可能性は小さい。

なお、残留熱除去系（低圧注水系）配管については、計画的に水中テレビカメラによる目視点検を実施している。

今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年劣化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

a. 摩耗〔残留熱除去系（低圧注水系）配管〕

残留熱除去系（低圧注水系）配管のフランジ及びスリーブは起動・停止時の温度変動により相対変位が生じて摩耗の発生が想定されるが、スリーブと接触するフランジ内面を表面硬化処理させていることから、摩耗の発生する可能性は小さい。

また、当面の冷温停止状態においては、起動・停止による相対変位が生じることはないため、摩耗の発生する可能性はないと判断する。

今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

表 2.2-1 (1/9) 炉心シュラウドに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期 取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考
					減 肉		割 れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
炉心の支持	支 持	上部胴		ステンレス鋼			○	△*1				*1:粒界型応力腐食 割れ *2:照射誘起型応力 腐食割れ *3:中性子照射によ る靱性低下 *4:照射スウェリング *5:照射下クリープ
		中間胴		ステンレス鋼			○	○*2 △*1		△*3	△*4*5	
		下部胴		ステンレス鋼			○	△*1				

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (2/9) シュラウドサポートに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期 取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
炉心の支持	支 持	シリンダ		高ニッケル合金			○	△*			*:粒界型応力腐食割れ	
		プレート		高ニッケル合金			○	△*				
		レグ		高ニッケル合金			○	△*				
炉心冷却材 流路の確保	その他	マンホール蓋		高ニッケル合金			○					
		取付ボルト		高ニッケル合金			○					

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (3/9) 上部格子板に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期 取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考
					減 肉		割 れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
炉心の支持	支 持	上板		ステンレス鋼				△*1				*1:粒界型応力腐食 割れ *2:照射誘起型応力 腐食割れ *3:中性子照射によ る靱性低下 *4:照射 スウェリング *5:照射下クリープ
		グリッドプレート		ステンレス鋼				○*2 △*1		△*3	△*4*5	
		リム胴		ステンレス鋼				△*1				
		下板		ステンレス鋼				△*1				
機器の支持	支 持	ウエッジ		ステンレス鋼				△*1				

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (4/9) 炉心支持板に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期 取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考
					減 肉		割 れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
炉心の支持	支 持	上板		ステンレス鋼				○*2 △*1		△*3	△*4*5	*1:粒界型応力腐食 割れ *2:照射誘起型応力 腐食割れ *3:中性子照射によ る靱性低下 *4:照射 スウェリング *5:照射下クリープ
		リム胴		ステンレス鋼				△*1				
		補強ビーム		ステンレス鋼				△*1				
機器の支持	支 持	スタッド		ステンレス鋼								

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (5/9) 燃料支持金具に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考
					減 肉		割 れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
炉心の支持	支 持	中央燃料支持金具		ステンレス鋳鋼					△	△ <sup>*3</sup>	△ <sup>*4</sup>	*1:粒界型応力腐食割れ *2:照射誘起型応力腐食割れ *3:中性子照射による靱性低下 *4:照射下クリープ
		周辺燃料支持金具		ステンレス鋼				○ <sup>*2</sup> △ <sup>*1</sup>		△ <sup>*3</sup>	△ <sup>*4</sup>	

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (6/9) 制御棒案内管に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期 取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考
					減 肉		割 れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
炉心の支持	支 持	スリーブ		ステンレス鋼				○*2 △*1		△*3	△*4	*1:粒界型応力腐食 割れ *2:照射誘起型応力 腐食割れ *3:中性子照射によ る靱性低下 *4:照射下クリープ *5:高サイクル疲労 割れ
		ボディ		ステンレス鋼			△*5	△*1				
		ベース		ステンレス鋳鋼						△		

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (7/9) 残留熱除去系（低圧注水系）配管に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期 取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
炉心冷却材 流路の確保	流路形成	フランジネック		ステンレス鋼				△*			*:粒界型応力腐食割 れ	
		スリーブ		ステンレス鋼	▲							
機器の支持	支 持	フランジ		ステンレス鋼	▲			△*				
		クランプ		ステンレス鋼								
		ボルト		ステンレス鋼								
その他	その他	ベローズ		ステンレス鋼			△	△*				

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表 2.2-1 (8/9) 炉心スプレイ配管・スパージャに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期 取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
炉心冷却材 流路の確保	流路形成	パイプ		ステンレス鋼				△*			*:粒界型応力腐食割 れ	
		ティ (配管)		ステンレス鋼				△*				
		ティ (スパージャ)		ステンレス鋼				△*				
		ヘッダ		ステンレス鋼				△*				
		ノズル		ステンレス鋼				△*				
機器の支持	支 持	スパージャブラケ ット		ステンレス鋼								
		クランプ		ステンレス鋼								
		取付ボルト		ステンレス鋼								

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (9/9) 差圧検出・ほう酸水注入系配管に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期 取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
炉心冷却材 流路の確保	流路形成	パイプ		ステンレス鋼				△*			*:粒界型応力腐食割 れ	
機器の支持	支 持	サポート		ステンレス鋼				△*				

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

## 2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

### (1) 疲労割れ [炉心シュラウド, シュラウドサポート]

#### a. 事象の説明

繰返し応力のもとでは、その材料の静的強度より低い応力によっても割れを起こす場合がある。

炉心シュラウド及びシュラウドサポートについては、プラントの起動・停止時等の熱過渡により、疲労が蓄積される可能性がある。

#### b. 技術評価

##### ① 健全性評価

炉心シュラウド及びシュラウドサポートについて、日本機械学会「発電用原子力設備規格 設計・建設規格（2005年版（2007年追補版を含む））」（以下、「設計・建設規格」という）に基づいて評価した。対象部位を図 2.3-1 に示す。

評価は、柏崎刈羽 4 号炉の運転実績に基づいた 2022 年 8 月 11 日時点の過渡回数を用いて行った。

また、使用環境を考慮した疲労について、日本機械学会「発電用原子力設備規格 環境疲労評価手法 JSME S NF1-2009」（以下、「環境疲労評価手法」という）に基づき評価した。評価用過渡条件を表 2.3-1 に、疲労評価結果を表 2.3-2 に示す。

その結果、疲れ累積係数は現時点（2022 年 8 月 11 日）において許容値 1 以下であり、疲労割れの可能性は小さいと判断する。

##### ② 現状保全

炉心シュラウド及びシュラウドサポートについては、維持規格または亀裂の解釈に基づき計画的に水中テレビカメラにより代表部位の目視点検を行い、有意な欠陥が無いことを確認している。

さらに、社団法人日本原子力学会標準「原子力発電所の高経年化対策実施基準：2021」（AESJ-SC-P005：2021）に基づき、次回高経年化技術評価時に、実過渡回数の確認による疲労評価を行うこととしている。

③ 総合評価

健全性評価結果から、疲労割れの発生の可能性は十分小さく、次回高経年化技術評価時に、実過渡回数の確認による疲労評価を行うことが有効と判断する。

また、当面の冷温停止状態においては、有意な熱過渡はなく、今後の疲労割れの発生・進展の可能性はないと判断する。

c. 高経年化への対応

炉心シュラウド及びシュラウドサポートの疲労割れに対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に対し、追加すべき項目はなく、今後も現状保全を継続していく。

表 2.3-1 炉心シュラウド・シュラウドサポート評価用過渡条件

運転条件	運転実績に基づく 過渡回数 (2022年8月11日時点)
耐圧試験	12
起動（昇温）	26
起動（タービン起動）	26
スクラム（タービントリップ）	10
スクラム（その他）	3
停止	26

表 2.3-2 炉心シュラウド・シュラウドサポートの疲労評価結果

	運転実績回数に基づく疲れ解析 (許容値：1以下)	
	設計・建設規格の疲労曲線による解析	環境疲労評価手法による解析
	現時点 (2022年8月11日時点)	現時点 (2022年8月11日時点)
炉心シュラウド	0.001	0.004
シュラウドサポート	0.005	0.014

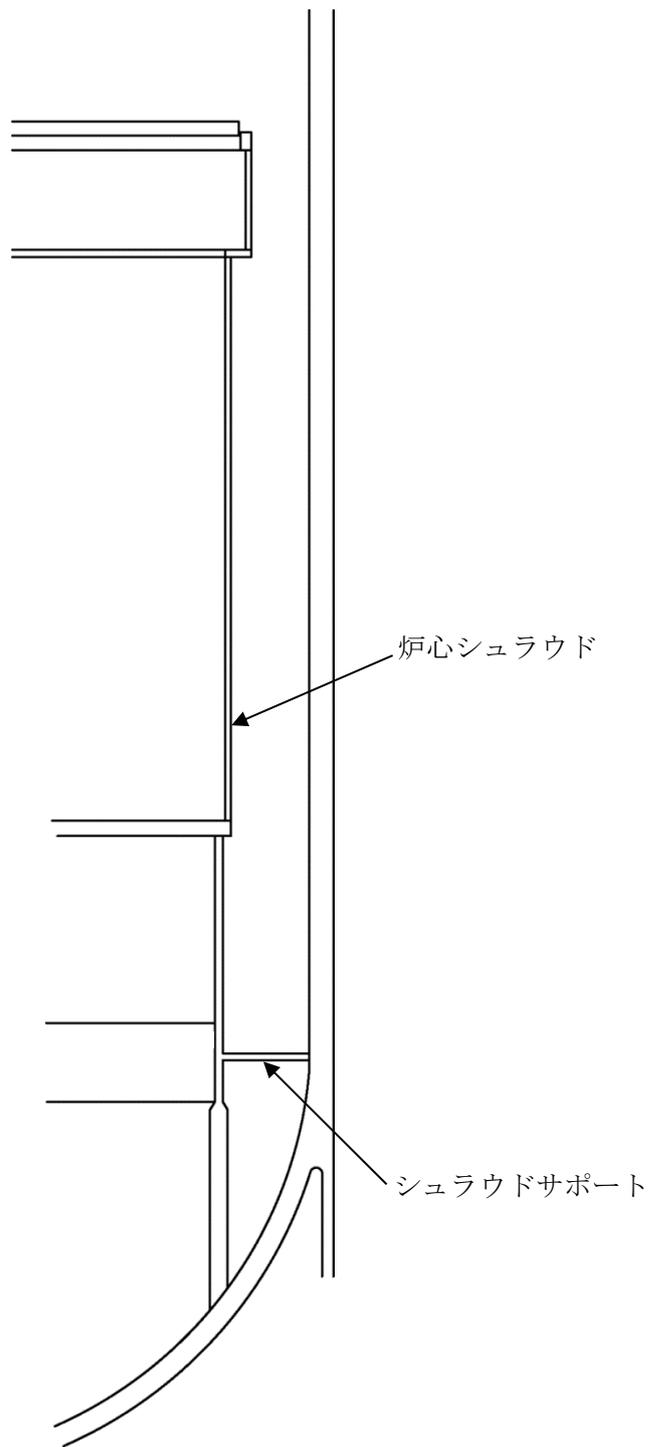


図 2.3-1 炉心シュラウド・シュラウドサポート疲労評価対象部位

(2) 照射誘起型応力腐食割れ [炉心シュラウド, 上部格子板, 炉心支持板, 周辺燃料支持金具, 制御棒案内管]

a. 事象の説明

ステンレス鋼については、中性子照射を受けると材料自身の応力腐食割れの感受性が高まるとともに、材料周辺の腐食環境が水の放射線分解により厳しくなることが知られている。照射誘起型応力腐食割れは、この状況に引張応力場が重畳されると粒界型応力腐食割れを生じる現象である。

図 2.3-2 に示すように、BWR 環境下のステンレス鋼については、比較的高い累積照射量 ( $1 \times 10^{21}$  n/cm<sup>2</sup> (以下、しきい照射量という)) を受けた場合に応力腐食割れの感受性への影響が現れると考えられている。

b. 技術評価

① 健全性評価

1) 中性子照射要因

炉心シュラウド, 上部格子板, 炉心支持板, 周辺燃料支持金具及び制御棒案内管は炉心を取り囲む機器であり高い中性子照射を受けるため、照射誘起型応力腐食割れの感受性が増加する可能性がある。現時点 (2022 年 8 月 11 日) での評価対象機器の予想照射量の最大値は、上部格子板中央部の  $3.2 \times 10^{21}$  n/cm<sup>2</sup> であり、しきい照射量を超える上部格子板については照射誘起型応力腐食割れの発生する可能性は否定できない。

なお、現時点 (2022 年 8 月 11 日) での照射量は以下の値と予想される。

・ 炉心シュラウド	約 $3.2 \times 10^{20}$ n/cm <sup>2</sup>
・ 上部格子板	約 $3.2 \times 10^{21}$ n/cm <sup>2</sup>
・ 周辺燃料支持金具	約 $3.2 \times 10^{20}$ n/cm <sup>2</sup>
・ 炉心支持板	約 $3.2 \times 10^{19}$ n/cm <sup>2</sup>
・ 制御棒案内管	約 $3.2 \times 10^{19}$ n/cm <sup>2</sup>

2) 応力要因

現状では、照射誘起型応力腐食割れの応力依存性に関するデータは少ないが、照射誘起型応力腐食割れにおいても、高い引張応力の存在が応力腐食割れ発生条件の一つになると考えられる。この引張応力の発生要因として考えられる差圧, 熱及び自重等に起因する引張応力成分は小さく、応力腐食割れの主要因となる可能性はない。

一方、溶接残留応力については、正確に把握することは困難であるが、過去の経験から比較的高い引張応力となり、応力腐食割れの主要因となる可能性がある。

上部格子板については、グリッドプレートの中央部においてしきい照射量を超えるものの、溶接部はなく、運転中の差圧, 熱及び自重等に起因する引張応力成分は低く、照射誘起型応力腐食割れの主要因となる可能性はない。

### 3) 環境要因

評価対象機器は炉心近傍に位置していることから、照射による水の放射線分解の影響が顕著となる可能性がある。

### 4) 評価結果

上部格子板のグリッドプレート中央部に溶接部はなく、運転中の差圧、熱及び自重等に起因する引張応力成分は低いことから、しきい照射量を超えるものの照射誘起型応力腐食割れ発生の可能性はない。

また、炉心シュラウド、炉心支持板、周辺燃料支持金具及び制御棒案内管については、しきい照射量を超えないことから、照射誘起型応力腐食割れ発生の可能性はない。

## ② 現状保全

炉心シュラウド、上部格子板、炉心支持板、周辺燃料支持金具及び制御棒案内管については、維持規格または亀裂の解釈に基づき計画的に水中テレビカメラによる目視点検を実施することとしている。

また、上部格子板については、照射誘起型応力腐食割れに着目した点検を計画的に実施することとしている。

なお、上部格子板については定期検査毎の炉心確認において、制御棒案内管については制御棒案内管取り外し作業時において損傷のないことを確認している。

## ③ 総合評価

上部格子板については、目視点検により確認が可能であり、計画的な目視点検を実施することで健全性の確認は可能と判断する。

また、炉心シュラウド、炉心支持板、周辺燃料支持金具及び制御棒案内管については、しきい照射量を超えないことから、照射誘起型応力腐食割れ発生の可能性はない。

なお、当面の冷温停止状態においては、高速中性子照射をほとんど受けることはないため、照射誘起型応力腐食割れの発生・進展の可能性はないと判断する。

## c. 高経年化への対応

炉心シュラウド、上部格子板、炉心支持板、周辺燃料支持金具及び制御棒案内管の照射誘起型応力腐食割れに対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に追加すべき項目はなく、今後も現状保全を継続していく。

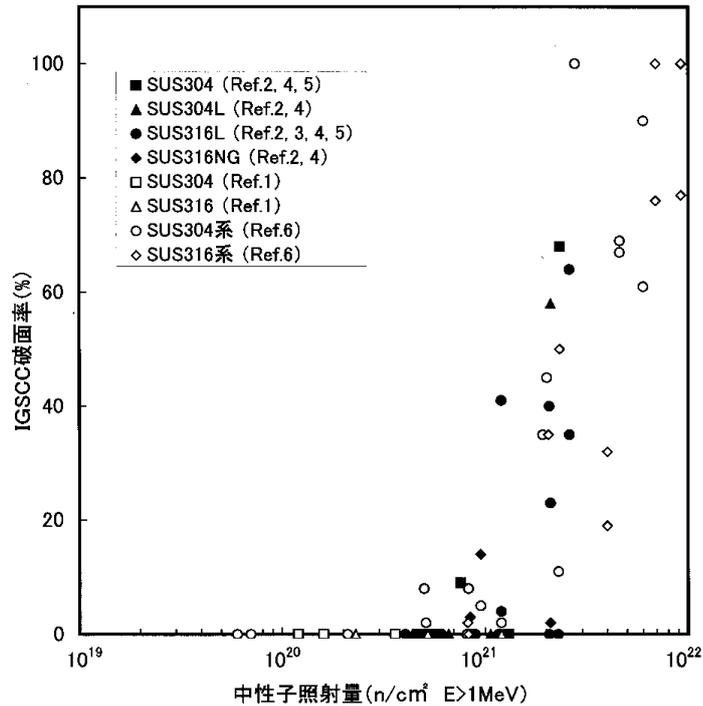


図 2.3-2 304, 316 ステンレス鋼の IGSCC 破面率に及ぼす中性子照射量の影響

[図で引用されている参考文献]

- Ref.1: K. Chatani et al, "Irradiation Assisted Stress Corrosion Cracking Susceptibility of Core Component Materials" Proceedings of the 12th International Conference on Environmental Degradation of Materials in Nuclear Power System -Water Reactors-, 2005.
- Ref.2: 「平成 16 年度照射誘起応力腐食割れ (IASCC) 評価技術調査研究に関する報告書」独立行政法人 原子力安全基盤機構
- Ref.3: K. Chatani et al, "IASCC Susceptibility of Thermal Treated Type 316L Stainless Steel" Proceedings of Eleventh International Conference on Environmental Degradation of Materials in Nuclear Power Systems -Water Reactors, 2003.
- Ref.4: Y. Tanaka et al, "IASCC Susceptibility of Type 304, 304L and 316L Stainless Steels" Proceedings of the Eighth International Symposium on Environmental Degradation of Materials in Nuclear Power Systems -Water Reactors, 1997.
- Ref.5: K. Fukuya et al, "Mechanical Properties and IASCC Susceptibility in Irradiated Stainless Steels" Proceedings of the Sixth International Symposium on Environmental Degradation of Materials in Nuclear Power Systems -Water Reactors-, 1993.
- Ref.6: S. Suzuki et al, "Effects of Fluence and Dissolved Oxygen on IASCC in Austenitic Stainless Steels" Proceedings of the Fifth International Symposium on Environmental Degradation of Materials in Nuclear Power Systems -Water Reactors, 1991.

以 上

柏崎刈羽原子力発電所 4 号炉

ケーブルの技術評価書

東京電力ホールディングス株式会社

本評価書は、柏崎刈羽原子力発電所 4 号炉（以下、柏崎刈羽 4 号炉という）における安全上重要なケーブル（重要度分類指針における PS-1, 2 及び MS-1, 2 に該当する機器）の高経年化に係わる技術評価についてまとめたものである。なお、高温・高圧の環境下にあるケーブルはない。

評価対象機器の一覧を表 1 に示す。

評価対象機器を種別、絶縁体材料等で分類しそれぞれのグループから重要度及び使用条件等の観点で代表機器を選定し技術評価を行った後、代表機器以外の機器について評価を展開している。

本評価書は、ケーブルの種別をもとにしたケーブル分類に、ケーブルトレイ、電線管及びケーブル接続部を合わせて以下の 6 分冊で構成されている。

- 1 高圧ケーブル
- 2 低圧ケーブル
- 3 同軸ケーブル
- 4 光ファイバケーブル
- 5 ケーブルトレイ，電線管
- 6 ケーブル接続部

表1 評価対象機器一覧表 (1/3)

種 別	絶縁体材料	機器名称	仕 様 (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	難燃性特殊耐熱ビニル	MS-1
低圧	シリコンゴム	KGB ケーブル	ガラス編組	MS-1
	難燃性架橋ポリエチレン	難燃 CV ケーブル	難燃性特殊耐熱ビニル	MS-1
	難燃性 EP ゴム	難燃 PN ケーブル	特殊クロロプレンゴム	MS-1
	ETFE*2	難燃 FV ケーブル	難燃ビニル	MS-1
同軸	ETFE*2/架橋ポリエチレン	難燃一重同軸ケーブル	難燃性ビニル	MS-1
		難燃一重同軸ケーブル	難燃性架橋ポリエチレン	MS-1
		難燃二重同軸ケーブル	難燃性ビニル	MS-1
		難燃二重同軸ケーブル	難燃性架橋ポリエチレン	MS-2
		難燃三重同軸ケーブル	難燃性架橋ポリエチレン	MS-1
	ETFE*2/架橋ポリエチレン*3 難燃性架橋ポリエチレン*4	難燃複合同軸ケーブル	難燃性ビニル	MS-1
光ファイバ	—	GI 型光ファイバケーブル	難燃性PVC	MS-2
			PVC	MS-2

\*1：最上位の重要度を示す

\*2：エチレン - 四フッ化エチレン共重合樹脂

\*3：高圧心，同軸心

\*4：制御心

表1 評価対象機器一覧表 (2/3)

種 別	機器名称	材料	重要度*1
ケーブル トレイ, 電線管	ケーブルトレイ	炭素鋼, 樹脂*2	MS-1
	電線管	炭素鋼, 樹脂*2	MS-1

\*1: 最上位の重要度を示す

\*2: 後打ちケミカルアンカ

表1 評価対象機器一覧表 (3/3)

種 別	種類	接続部名称	絶縁体材料	重要度*1
ケーブル 接続部	端子接続	端子台接続	ジアリルフタレート樹脂	MS-1
			ポリフェニレンエーテル樹脂	MS-1
			フェノール樹脂	MS-1
			ポリカーボネート樹脂	MS-1
		端子接続	ビニルテープ	MS-1
	直ジョイント接続	直ジョイント接続	架橋ポリオレフィン	MS-1
	電動弁コネクタ接続	電動弁コネクタ接続	ジアリルフタレート樹脂	MS-1
	同軸コネクタ接続	同軸コネクタ接続	ポリエーテルエーテルケトン	MS-1
			架橋ポリスチレン	MS-1
			四フッ化エチレン樹脂	MS-1
ジアリルフタレート樹脂			MS-1	

\*1: 最上位の重要度を示す

[ケーブル名称の略称について]

表 1 に示す柏崎刈羽 4 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	6600V 架橋ポリエチレン絶縁難燃性特殊耐熱ビニルシース電力ケーブル
2	KGB ケーブル	シリコンゴム絶縁ガラス編組制御ケーブル
3	難燃 CV ケーブル	難燃性架橋ポリエチレン絶縁難燃性特殊耐熱ビニルシース制御ケーブル
4	難燃 PN ケーブル	600V 難燃性 EP ゴム絶縁特殊クロロプレンゴムシース電力ケーブル
5	難燃 FV ケーブル	HICAT 用電線
6	難燃一重同軸ケーブル	1 重編組特殊同軸ケーブル
7	難燃二重同軸ケーブル	2 重編組特殊同軸ケーブル
8	難燃三重同軸ケーブル	3 重編組特殊同軸ケーブル
9	難燃複合同軸ケーブル	9 心同軸複合ケーブル
10	GI 型光ファイバケーブル	GI 型光ファイバケーブル (青色)

# 1 高圧ケーブル

[対象ケーブル]

①高圧難燃 CV ケーブル

## 目 次

1. 対象機器及び代表機器の選定 .....	1-1
2. 代表機器の技術評価 .....	1-3
2.1 構造, 材料及び使用条件 .....	1-3
2.1.1 高圧難燃 CV ケーブル .....	1-3
2.2 経年劣化事象の抽出 .....	1-6
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目 .....	1-6
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 .....	1-6
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 .....	1-7
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価 .....	1-9

## 1. 対象機器及び代表機器の選定

対象となる高圧ケーブルの主な仕様を表 1-1 に示す。

このグループには、高圧難燃CVケーブルのみが対象であることから、これを代表機器とした。

表 1-1 高圧ケーブルの代表機器の選定

分類基準		機 器 名 称	重要度*	設置場所		仕様	
区分	絶縁体材料			原子炉格納容器内	原子炉格納容器外	シース	電圧
高圧	架橋ポリエチレン	高圧難燃CVケーブル	MS-1		○	難燃性特殊耐熱ビニル	6,600V以下

\*：最上位の重要度を示す

## 2. 代表機器の技術評価

本章では、1章で代表機器とした以下のケーブルについて技術評価を実施する。

### ① 高圧難燃 CV ケーブル

#### 2.1 構造, 材料及び使用条件

##### 2.1.1 高圧難燃 CV ケーブル

###### (1) 構造

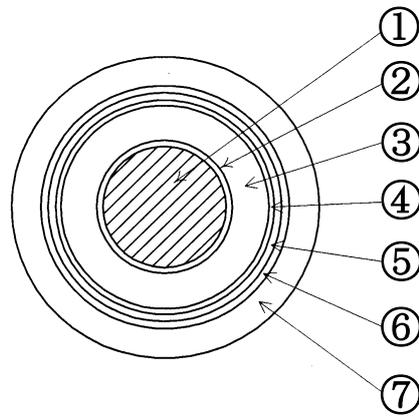
高圧難燃 CV ケーブルは、大別すると導体、内部半導電層、絶縁体、外部半導電層、遮蔽銅テープ、押えテープ及びシースで構成され、このうち、ケーブルの絶縁機能は、絶縁体にて保たれている。

遮蔽銅テープは導体の静電誘導を低減するため、内部半導電層及び外部半導電層は電界強度のバラツキを押えるため、押えテープはケーブルを整形するため、シースはケーブルを外力的な力から保護するために設けられている。

高圧難燃 CV ケーブルの構造図を図 2.1-1 に示す。

###### (2) 材料及び使用条件

高圧難燃 CV ケーブル主要部位の使用材料を表 2.1-1 に、使用条件を表 2.1-2 に示す。



No.	部 位
①	導体
②	内部半導電層
③	絶縁体
④	外部半導電層
⑤	遮蔽銅テープ
⑥	押えテープ
⑦	シース

図 2.1-1 高圧難燃 CV ケーブル構造図(単心ケーブルの例)

表 2.1-1 高圧難燃 CV ケーブル主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
電力伝達機能の維持	エネルギー伝達	導体	電気用軟銅線より線
	絶縁	絶縁体	架橋ポリエチレン
	遮蔽	遮蔽銅テープ	軟銅テープ
	整形	内部半導電層	半導電性混和物
		外部半導電層	半導電性テープ
		押えテープ	難燃テープ
	保護	シース	難燃性特殊耐熱ビニル

表 2.1-2 高圧難燃 CV ケーブルの使用条件

	通常運転時
設置場所	原子炉格納容器外
周囲温度	40 °C以下*

\*：原子炉格納容器外の設計値

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

高圧ケーブルの機能である通電機能を維持するためには、次の項目が必要である。

#### ① 電力伝達機能の維持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

高圧ケーブルについて、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の材料、構造、使用条件(設置場所、電圧)及び現在までの運転経験を考慮し、表 2.2-1 に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

なお、消耗品及び定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

高圧ケーブルには、消耗品及び定期取替品はない。

#### (3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

想定される経年劣化事象のうち主要 6 事象に該当する事象及び下記①、②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。なお、下記①、②に該当する事象については、2.2.3 項に示すとおり、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

- ① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの(日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△)
- ② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象(日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲)

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象として以下の事象が抽出された(表 2.2-1 で○)。

- a. 絶縁体の絶縁特性低下
- b. 絶縁体の絶縁特性低下(水トリー劣化)

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの(日常劣化管理事象)

#### a. 熱・放射線によるシースの劣化

高圧難燃 CV ケーブルの難燃性特殊耐熱ビニルシースは有機物であるため、熱及び放射線により硬化する可能性がある。

しかし、シースは、ケーブル布設時に生ずる外的な力からケーブルを保護するためのものであり、ケーブルに要求される絶縁機能の確保に対する影響は極めて小さい。

さらに、点検時に系統機器の動作試験及び絶縁抵抗測定を実施しており、これまでの点検結果では有意な劣化は認められていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象(日常劣化管理事象以外)

日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。

表 2.2-1 高圧難燃 CV ケーブルに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経年劣化事象							備考	
					減 肉		割 れ		絶縁	導通	信号		その他
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁特性低下	導通不良	特性変化		
電力伝達機能の維持	エネルギー伝達	導体		電気用軟銅線より線								*1:水トリー劣化を含む *2:熱・放射線による劣化	
	絶縁	絶縁体		架橋ポリエチレン					○*1,2				
	遮蔽	遮蔽銅テープ		軟銅テープ									
	整形	内部半導電層		半導電性混和物									
		外部半導電層		半導電性テープ									
		押えテープ		難燃テープ									
保護	シース		難燃性特殊耐熱ビニル							△*2			

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象(日常劣化管理事象)

## 2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

### (1) 絶縁体の絶縁特性低下

#### a. 事象の説明

絶縁体は、有機物の架橋ポリエチレンであるため、熱及び放射線による物性変化、絶縁体内の異物やボイドでの放電による電氣的劣化により、経年的に劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性がある。

絶縁特性低下を生ずる可能性のある部位を図2.3-1に示す。

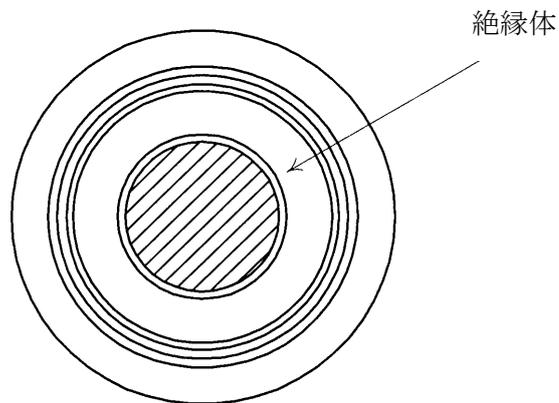


図2.3-1 高圧難燃CVケーブルの絶縁部位

## b. 技術評価

### ① 健全性評価

高圧難燃 CV ケーブルの絶縁体は、有機物の架橋ポリエチレンであり、熱及び放射線による物性変化、絶縁体内の異物やボイドでの放電により、経年的に電氣的劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性があることから、長期間の使用を考慮すると絶縁体の絶縁特性低下の可能性は否定できない。

### ② 現状保全

高圧難燃 CV ケーブルの絶縁特性低下に対しては、系統機器点検時の絶縁抵抗測定、絶縁診断試験(電気学会技術報告第 502 号で紹介されている。ケーブルに所定の直流電圧を充電した後、充電用電源を開放して、ケーブルの自己放電による残留電荷の変化を調べてケーブルの絶縁劣化程度を判定する方法)(以下、「絶縁診断試験」と称す)を実施しており、系統機器の点検時に実施する動作試験においてもケーブルの健全性を確認している。

また、点検で有意な絶縁特性低下が認められた場合には、ケーブルの取り替えを行うこととしている。

さらに、当面の冷温停止状態においては、接続機器の使用状態を加味し、系統機器の定例的な切替や定例試験を含む日常保全を継続し、必要に応じて取り替えを行うこととしている。

### ③ 総合評価

絶縁体の絶縁特性低下の可能性は否定できないが、絶縁特性低下は点検時における絶縁抵抗測定、絶縁診断試験で把握可能である。

また、当面の冷温停止状態においては、接続機器の使用状態を加味し、系統機器の定例的な切替や定例試験を含む日常保全を継続し、必要に応じて適切な対応をとることにより、絶縁性能を維持できると判断する。

## c. 高経年化への対応

絶縁体の絶縁特性低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に対し追加すべき項目はなく、今後も現状保全を継続していく。

## (2) 絶縁体の絶縁特性低下(水トリー劣化)

### a. 事象の説明

絶縁体の架橋ポリエチレンは、長時間にわたって水が存在する状態で高い電界にさらされると、水トリーと称される種々の樹枝状の微細な通路あるいは空隙が発生して絶縁特性低下に至る。

水トリー劣化を生ずる可能性のある部位を図 2.3-1 に示す。

### b. 技術評価

#### ① 健全性評価

ケーブル絶縁体の水トリーは、雨水等によるケーブル浸水により発生する可能性がある。そのため、屋外布設ケーブルは発生する可能性があるが、屋内布設ケーブルは発生する可能性は極めて小さい。

屋外布設ケーブルは、トレンチ内部に架空化されたケーブルトレイ、電線管により布設されている。仮に水が溜まった場合は排水ポンプ、排水口により排水され、ケーブルが布設時より長時間浸水する可能性はないが、外気等による高湿度環境を考慮すると水トリー劣化による絶縁特性低下の可能性は否定できない。

#### ② 現状保全

ケーブル絶縁体の水トリー劣化に対しては、系統機器点検時の絶縁抵抗測定及び絶縁診断試験を実施しており、系統機器の点検時に実施する動作試験においてもケーブルの健全性を確認している。

また、点検で有意な絶縁特性低下が認められた場合には、ケーブルの取り替えを行うこととしている。

さらに、当面の冷温停止状態においては、接続機器の使用状態を加味し、系統機器の定例的な切替や定例試験を含む日常保全を実施することとしている。

#### ③ 総合評価

屋外布設ケーブルはトレンチ内部に布設され長時間浸水する可能性はないものの、外気等による高湿度環境を考慮すると水トリー劣化による絶縁体の急激な絶縁特性低下の可能性は否定できないが、絶縁特性低下は系統機器点検時の絶縁抵抗測定、絶縁診断試験及び系統機器の動作試験で把握可能である。

また、当面の冷温停止状態においては、必要な運転状態を加味し、系統機器点検時の絶縁抵抗測定、絶縁診断試験及び系統機器の動作試験を実施し、絶縁特性の傾向管理をしていくとともに、必要に応じて取り替え等の適切な対応をとることにより、健全性の維持は可能と判断する。

c. 高経年化への対応

ケーブル絶縁体の水トリー劣化に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に対し追加すべき項目はなく、今後も現状保全を継続していく。

以 上

## 2 低圧ケーブル

[対象ケーブル]

- ① KGB ケーブル
- ② 難燃 CV ケーブル
- ③ 難燃 PN ケーブル
- ④ 難燃 FV ケーブル

# 目 次

1. 対象機器及び代表機器の選定.....	2-1
1.1 グループ化の考え方及び結果.....	2-1
1.2 代表機器の選定.....	2-1
2. 代表機器の技術評価.....	2-3
2.1 構造, 材料及び使用条件.....	2-4
2.1.1 KGB ケーブル.....	2-4
2.1.2 難燃 CV ケーブル.....	2-6
2.1.3 難燃 PN ケーブル.....	2-8
2.1.4 難燃 FV ケーブル.....	2-10
2.2 経年劣化事象の抽出.....	2-12
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目.....	2-12
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象.....	2-12
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象.....	2-13
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価.....	2-18

## 1. 対象機器及び代表機器の選定

対象となる低圧ケーブルの主な仕様を表 1-1 に示す。

これらの低圧ケーブルをグループ化し、それぞれのグループより代表機器を選定した。

### 1.1 グループ化の考え方及び結果

絶縁体材料を分類基準とし、低圧ケーブルを表 1-1 に示すとおりグループ化する。

### 1.2 代表機器の選定

表 1-1 に分類したグループ毎に、原則として重要度の観点から代表機器を選定する。

#### (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、代表機器は KGB ケーブルとする。

#### (2) 絶縁体材料：難燃性架橋ポリエチレン

このグループには、難燃 CV ケーブルのみが属するため、代表機器は難燃 CV ケーブルとする。

#### (3) 絶縁体材料：難燃性 EP ゴム

このグループには、難燃 PN ケーブルのみが属するため、代表機器は難燃 PN ケーブルとする。

#### (4) 絶縁体材料：ETFE

このグループには、難燃 FV ケーブルのみが属するため、代表機器は難燃 FV ケーブルとする。

表 1-1 低圧ケーブルのグループ化及び代表機器の選定

分類基準		機器名称	選定基準			仕様		選定	選定理由
区分	絶縁体材料		重要度*1	設置場所		シース	電圧		
				原子炉格納容器内	原子炉格納容器外				
低圧	シリコンゴム	KGBケーブル	MS-1		○	ガラス編組	600V以下	◎	
	難燃性架橋ポリエチレン	難燃CVケーブル	MS-1		○	難燃性特殊耐熱ビニル	600V以下	◎	
	難燃性EPゴム	難燃PNケーブル	MS-1	○	○	特殊クロロプレンゴム	600V以下	◎	
	ETFE*2	難燃FVケーブル	MS-1		○	難燃ビニル	600V以下	◎	

◎は代表機器

\*1：最上位の重要度を示す

\*2：エチレン-四フッ化エチレン共重合樹脂

## 2. 代表機器の技術評価

本章では、1章で代表機器とした以下のケーブルについて技術評価を実施する。

- ① KGB ケーブル
- ② 難燃 CV ケーブル
- ③ 難燃 PN ケーブル
- ④ 難燃 FV ケーブル

## 2.1 構造, 材料及び使用条件

### 2.1.1 KGB ケーブル

#### (1) 構造

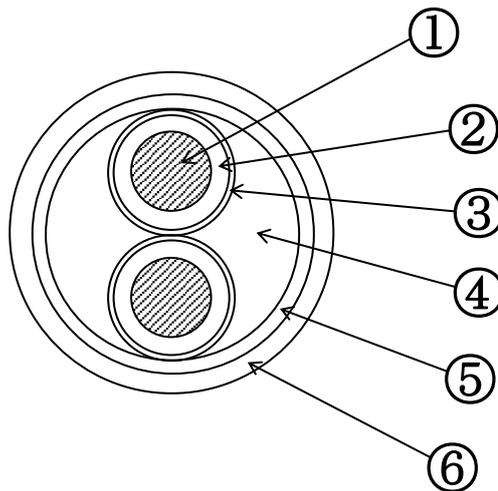
KGB ケーブルは, 大別すると導体, 絶縁体, 介在, 押えテープ及びガラス編組で構成され, このうち, ケーブルの絶縁機能は, 絶縁体にて保たれている。

介在及び押えテープはケーブルを整形するため, ガラス編組はケーブルを外的な力から保護するために設けられている。

KGB ケーブルの構造図を図 2.1-1 に示す。

#### (2) 材料及び使用条件

KGB ケーブル主要部位の使用材料を表 2.1-1 に, 使用条件を表 2.1-2 に示す。



No.	部 位
①	導体
②	絶縁体
③	ガラス編組
④	介在
⑤	押えテープ
⑥	ガラス編組

図2.1-1 KGBケーブル構造図 (2心ケーブルの例)

表 2.1-1 KGB ケーブル主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
電力・信号伝達 機能の維持	エネルギー・信号伝達	導体	すずめっき軟銅線より線
	絶縁	絶縁体	シリコンゴム
	整形	介在	ガラス繊維
		押えテープ	ガラステープ
	保護	ガラス編組	ガラス糸

表 2.1-2 KGB ケーブルの使用条件

	通常運転時
設置場所	原子炉格納容器外
周囲温度	40℃以下*

\*：原子炉格納容器外的设计値

## 2.1.2 難燃 CV ケーブル

### (1) 構造

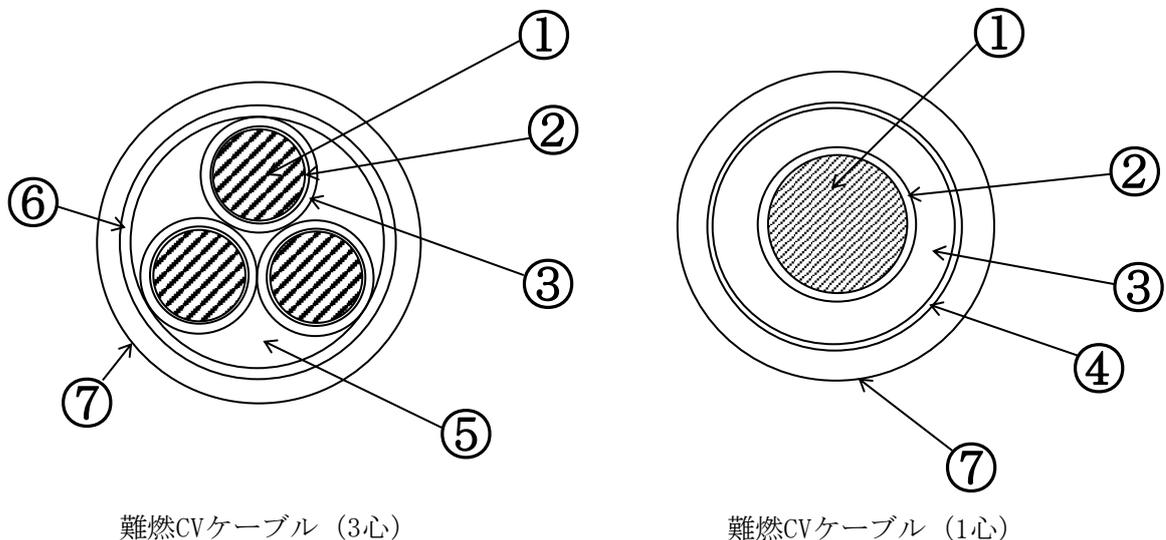
難燃 CV ケーブルは、大別すると導体、セパレータ層、絶縁体、絶縁体上テープ、介在、押えテープ及びシースで構成され、このうち、ケーブルの絶縁機能は、絶縁体にて保たれている。

介在物及び押えテープはケーブルを整形するため、シースはケーブルを外的な力から保護するために設けられている。

難燃 CV ケーブルの構造図を図 2.1-2 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

難燃 CV ケーブル主要部位の使用材料を表 2.1-3 に、使用条件を表 2.1-4 に示す。



難燃CVケーブル (3心)

難燃CVケーブル (1心)

No.	部 位
①	導体
②	セパレータ層
③	絶縁体
④	絶縁体上テープ
⑤	介在
⑥	押えテープ
⑦	シース

図2.1-2 難燃CVケーブル構造図 (1心, 3心ケーブルの例)

表 2.1-3 難燃 CV ケーブル主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
電力・信号伝達 機能の維持	エネルギー・信号伝達	導体	電気用軟銅線より線
	絶縁	絶縁体	難燃性架橋ポリエチレン
		セパレータ層	プラスチックテープ
		絶縁体上テープ	難燃テープ
	整形	介在	難燃介在物
		押えテープ	難燃テープ
	保護	シース	難燃性特殊耐熱ビニル

表 2.1-4 難燃 CV ケーブルの使用条件

	通常運転時
設置場所	原子炉格納容器外
周囲温度	40℃以下*

\*：原子炉格納容器外の設計値

### 2.1.3 難燃 PN ケーブル

#### (1) 構造

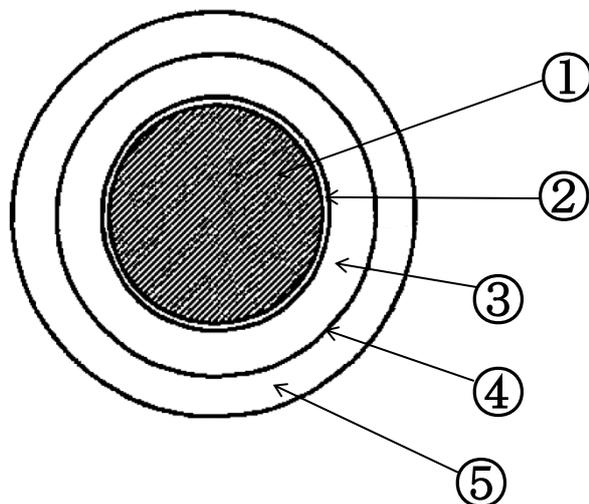
難燃 PN ケーブルは、大別すると導体、セパレータ層、絶縁体、絶縁体上テープ及びシースで構成され、このうち、ケーブルの絶縁機能は、絶縁体にて保たれている。

シー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 2.1-3 に示す。

#### (2) 材料及び使用条件

難燃 PN ケーブル主要部位の使用材料を表 2.1-5 に、使用条件を表 2.1-6 に示す。



No.	部 位
①	導体
②	セパレータ層
③	絶縁体
④	絶縁体上テープ
⑤	シース

図2.1-3 難燃PNケーブル構造図（単心ケーブルの例）

表 2.1-5 難燃 PN ケーブル主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
電力・信号伝達 機能の維持	エネルギー・信号伝達	導体	すずめっき軟銅線より線
	絶縁	絶縁体	難燃性EPゴム
		セパレータ層	プラスチックテープ
		絶縁体上テープ	難燃テープ
	保護	シース	特殊クロロプレンゴム

表 2.1-6 難燃 PN ケーブルの使用条件

	通常運転時
設置場所	原子炉格納容器内
周囲温度	65 °C以下*

\*：原子炉格納容器内の設計値

#### 2.1.4 難燃 FV ケーブル

##### (1) 構造

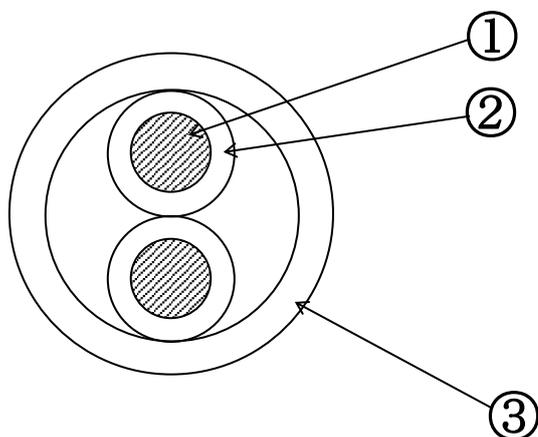
難燃 FV ケーブルは、大別すると導体、絶縁体、及びシースで構成され、このうち、ケーブルの絶縁機能は、絶縁体にて保たれている。

シースはケーブルを外的な力から保護するために設けられている。

難燃 FV ケーブルの構造図を図 2.1-4 に示す。

##### (2) 材料及び使用条件

難燃 FV 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	シース

図2.1-4 難燃FVケーブル構造図 (2心ケーブルの例)

表 2.1-7 難燃 FV ケーブル主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
電力・信号伝達 機能の維持	エネルギー・信号 伝達	導体	スズメッキ軟銅線のヨリ線
	絶縁	絶縁体	ETFE
	保護	シース	難燃ビニル

表 2.1-8 難燃 FV ケーブルの使用条件

	通常運転時
設置場所	原子炉格納容器外 中央制御室
周囲温度	26 °C以下*

\*：中央制御室の設計値

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

低圧ケーブルの機能である通電機能を維持するためには、次の項目が必要である。

#### ① 電力・信号伝達機能の維持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

低圧ケーブルについて、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の材料、構造、使用条件（設置場所、電圧）及び現在までの運転経験を考慮し、表 2.2-1 に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

なお、消耗品及び定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

低圧ケーブルには、消耗品及び定期取替品はない。

#### (3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

想定される経年劣化事象のうち主要 6 事象に該当する事象及び下記①、②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。なお、下記①、②に該当する事象については、2.2.3 項に示すとおり、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△）

② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲）

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象として以下の事象が抽出された（表 2.2-1 で○）。

- a. 絶縁体の絶縁特性低下 [KGB ケーブル]
- b. 絶縁体の絶縁特性低下 [難燃 CV ケーブル]
- c. 絶縁体の絶縁特性低下 [難燃 PN ケーブル]
- d. 絶縁体の絶縁特性低下 [難燃 FV 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・放射線によるガラス編組の劣化 [KGB ケーブル]

KGB ケーブルのガラス編組は無機物であるため、熱及び放射線により硬化する可能性は小さいと考えられる。

また、ガラス編組は、ケーブル布設時に生ずる外的な力からケーブルを保護するためのものであり、ケーブルに要求される絶縁機能の確保に対する影響は極めて小さいことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### b. 熱・放射線によるシースの劣化 [難燃 CV ケーブル、難燃 PN ケーブル及び難燃 FV ケーブル]

難燃 CV ケーブルの難燃性特殊耐熱ビニルシース、難燃 PN ケーブルの特殊クロロプレンゴムシース及び難燃 FV ケーブルの難燃ビニルシースは有機物であるため、熱及び放射線により硬化する可能性がある。

しかし、シースは、ケーブル布設時に生ずる外的な力からケーブルを保護するためのものであり、ケーブルに要求される絶縁機能の確保に対する影響は極めて小さいことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

表 2. 2-1 (1/4) KGB ケーブルに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期 取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象								備 考	
					減 肉		割 れ		絶縁	導通	信号	その他		
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	絶縁特 性低下	導通 不良	特性 変化			
電力・信号 伝達機能の 維持	エネルギー ・信号伝達	導体		すずめっき軟銅線よ り線									*:熱・放射線 による劣 化	
	絶縁	絶縁体		シリコンゴム				○						
	整形	介在		ガラス繊維										
		押えテープ		ガラステープ										
	保護	ガラス編組		ガラス糸								▲*		

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表 2. 2-1 (2/4) 難燃 CV ケーブルに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象								備 考
					減 肉		割 れ		絶 縁	導 通	信 号	そ の 他	
					摩 耗	腐 食	疲 勞 割 れ	応 力 腐 食 割 れ	絶 縁 特 性 低 下	導 通 不 良	特 性 変 化		
電力・信号伝達機能の維持	エネルギー・信号伝達	導体		電気用軟銅線より線									*:熱・放射線による劣化
	絶縁	絶縁体		難燃性架橋ポリエチレン					○				
		セパレータ層		プラスチックテープ									
		絶縁体上テープ		難燃テープ									
	整形	介在		難燃介在物									
		押えテープ		難燃テープ									
	保護	シース		難燃性特殊耐熱ビニル								▲*	

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表 2. 2-1 (3/4) 難燃 PN ケーブルに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期 取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象								備 考
					減 肉		割 れ		絶縁	導通	信号	その他	
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	絶縁特 性低下	導通 不良	特性 変化		
電力・信号 伝達機能の 維持	エネルギー ・信号伝達	導体		すずめっき軟銅線よ り線									*:熱・放射線 による劣 化
	絶縁	絶縁体		難燃性EPゴム					○				
		セパレータ層		プラスチックテープ									
		絶縁体上テー プ		難燃テープ									
	保護	シース		特殊クロロprenゴ ム								▲*	

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表 2.2-1 (4/4) 難燃 FV ケーブルに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象								備 考
					減 肉		割 れ		絶縁	導通	信号	その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁特性低下	導通不良	特性変化		
電力・信号伝達機能の維持	エネルギー・信号伝達	導体		スズメッキ軟銅線のヨリ線									*:熱による劣化
	絶縁	絶縁体		ETFE					○				
	保護	シース		難燃ビニル								▲*	

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

## 2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

### (1) 絶縁体の絶縁特性低下 [KGB ケーブル]

#### a. 事象の説明

絶縁体は、有機物のシリコンゴムであるため、熱及び放射線による物性変化により、経年的に劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性がある。

絶縁特性低下を生ずる可能性のある部位を図 2.3-1 に示す。

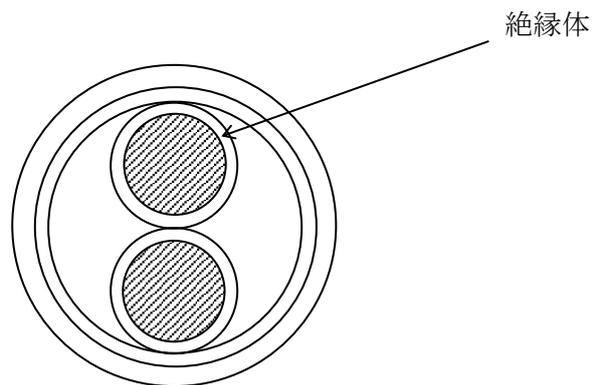


図2.3-1 KGBケーブルの絶縁部位

b. 技術評価

① 健全性評価

KGB ケーブルの絶縁体は、有機物のシリコンゴムであり、熱及び放射線による物性変化により、経年的に電氣的劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性があることから、長期間の使用を考慮すると絶縁体の絶縁特性低下の可能性は否定できない。

② 現状保全

KGB ケーブルの絶縁特性低下に対しては、系統機器の点検時に絶縁抵抗測定を実施している。

また、系統機器の点検時に実施する動作試験においてもケーブルの絶縁機能の健全性を確認している。

さらに、当面の冷温停止状態においては、接続機器の使用状態を加味し、系統機器の定期的な切替や定例試験を含む日常保全を継続し、必要に応じて取り替えを行うこととしている。

③ 総合評価

絶縁体の絶縁特性低下の可能性は否定できないが、絶縁特性低下は点検時における絶縁抵抗測定で把握可能である。

また、当面の冷温停止状態においては、接続機器の使用状態を加味し、系統機器の定期的な切替や定例試験を含む日常保全を継続し、必要に応じて適切な対応をとることにより絶縁性能を維持できると判断する。

c. 高経年化への対応

絶縁体の絶縁特性低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に対し追加すべき項目はなく、今後も現状保全を継続していく。

(2) 絶縁体の絶縁特性低下 [難燃 CV ケーブル]

a. 事象の説明

絶縁体は有機物の難燃性架橋ポリエチレンであるため、熱及び放射線による物性変化により、経年的に劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性がある。

絶縁特性低下を生ずる可能性のある部位を図 2.3-2 に示す。

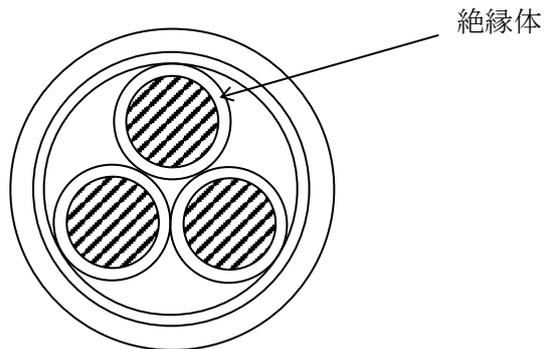


図2.3-2 難燃CVケーブルの絶縁部位

## b. 技術評価

### ① 健全性評価

難燃 CV ケーブルの絶縁体は、有機物の難燃性架橋ポリエチレンであり、熱及び放射線による物性変化により、経年的に電氣的劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性があることから、長期間の使用を考慮すると絶縁体の絶縁特性低下の可能性は否定できない。

### ② 現状保全

難燃 CV ケーブルの絶縁特性低下に対しては、系統機器の点検時に絶縁抵抗測定を実施している。

また、系統機器の点検時に実施する動作試験においてもケーブルの絶縁機能の健全性を確認している。

さらに、当面の冷温停止状態においては、接続機器の使用状態を加味し、系統機器の定例的な切替や定例試験を含む日常保全を継続し、必要に応じて取り替えを行うこととしている。

### ③ 総合評価

絶縁体の絶縁特性低下の可能性は否定できないが、絶縁特性低下は点検時における絶縁抵抗測定で把握可能である。

また、当面の冷温停止状態においては、接続機器の使用状態を加味し、系統機器の定例的な切替や定例試験を含む日常保全を継続し、必要に応じて適切な対応をとることにより絶縁性能を維持できると判断する。

## c. 高経年化への対応

絶縁体の絶縁特性低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に対し追加すべき項目はなく、今後も現状保全を継続していく。

(3) 絶縁体の絶縁特性低下 [難燃 PN ケーブル]

a. 事象の説明

絶縁体は、有機物の難燃性 EP ゴムであるため、熱及び放射線による物性変化により、経年的に劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性がある。

絶縁特性低下を生ずる可能性のある部位を図 2.3-3 に示す。

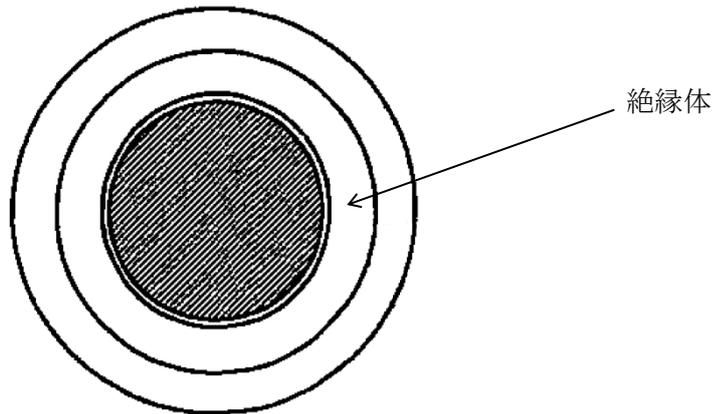


図2.3-3 難燃PNケーブルの絶縁部位

## b. 技術評価

### ① 健全性評価

難燃 PN ケーブルの絶縁体は、有機物の難燃性 EP ゴムであり、熱及び放射線による物性変化により、経年的に電氣的劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性があることから、長期間の使用を考慮すると絶縁体の絶縁特性低下の可能性は否定できない。

### ② 現状保全

難燃 PN ケーブルの絶縁特性低下に対しては、系統機器の点検時に絶縁抵抗測定を実施している。

また、系統機器の点検時に実施する動作試験においてもケーブルの絶縁機能の健全性を確認している。

さらに、当面の冷温停止状態においては、接続機器の使用状態を加味し、系統機器の定例的な切替や定例試験を含む日常保全を継続し、必要に応じて取り替えを行うこととしている。

### ③ 総合評価

絶縁体の絶縁特性低下の可能性は否定できないが、絶縁特性低下は点検時における絶縁抵抗測定で把握可能である。

また、当面の冷温停止状態においては、接続機器の使用状態を加味し、系統機器の定例的な切替や定例試験を含む日常保全を継続し、必要に応じて適切な対応をとることにより絶縁性能を維持できると判断する。

## c. 高経年化への対応

絶縁体の絶縁特性低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に対し追加すべき項目はなく、今後も現状保全を継続していく。

(4) 絶縁体の絶縁特性低下 [難燃 FV ケーブル]

a. 事象の説明

絶縁体は有機物の ETFE であるため、熱による物性変化により、経年的に劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性がある。

絶縁特性低下を生ずる可能性のある部位を図 2.3-4 に示す。

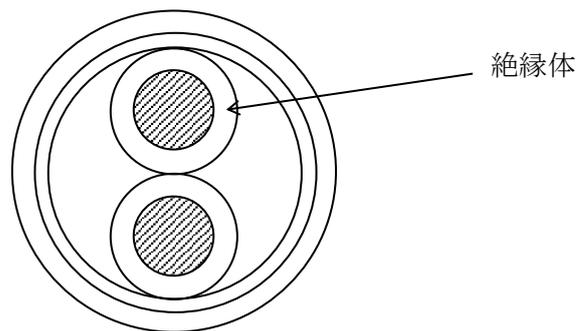


図2.3-4 難燃FVケーブルの絶縁部位

b. 技術評価

① 健全性評価

難燃 FV ケーブルの絶縁体は、有機物の ETFE であり、熱による物性変化により、経年的に電氣的劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性があることから、長期間の使用を考慮すると絶縁体の絶縁特性低下の可能性は否定できない。

② 現状保全

難燃 FV ケーブルの絶縁特性低下に対しては、系統機器の点検時に実施する動作試験においてもケーブルの絶縁機能の健全性を確認している。

さらに、当面の冷温停止状態においては、接続機器の使用状態を加味し、系統機器の定例的な切替や定例試験を含む日常保全を継続し、必要に応じて取り替えを行うこととしている。

③ 総合評価

絶縁体の絶縁特性低下の可能性は否定できないが、絶縁特性低下は点検時における絶縁抵抗測定で把握可能である。

また、当面の冷温停止状態においては、接続機器の使用状態を加味し、系統機器の定例的な切替や定例試験を含む日常保全を継続し、必要に応じて適切な対応をとることにより絶縁性能を維持できると判断する。

c. 高経年化への対応

絶縁体の絶縁特性低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に対し追加すべき項目はなく、今後も現状保全を継続していく。

以 上

### 3 同軸ケーブル

[対象ケーブル]

- ① 難燃一重同軸ケーブル
- ② 難燃二重同軸ケーブル
- ③ 難燃三重同軸ケーブル
- ④ 難燃複合同軸ケーブル

## 目 次

1. 対象機器及び代表機器の選定.....	3-1
1.1 グループ化の考え方及び結果.....	3-1
1.2 代表機器の選定.....	3-1
2. 代表機器の技術評価.....	3-3
2.1 構造, 材料及び使用条件.....	3-3
2.1.1 難燃三重同軸ケーブル.....	3-3
2.1.2 難燃複合同軸ケーブル.....	3-5
2.2 経年劣化事象の抽出.....	3-8
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目.....	3-8
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象.....	3-8
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.....	3-9
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価.....	3-12
3. 代表機器以外への展開.....	3-16
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象.....	3-16
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象.....	3-17

## 1. 対象機器及び代表機器の選定

対象となる同軸ケーブルの主な仕様を表 1-1 に示す。

これらの同軸ケーブルをグループ化し、それぞれのグループより代表機器を選定した。

### 1.1 グループ化の考え方及び結果

絶縁体材料を分類基準とし、同軸ケーブルを表 1-1 に示すとおりグループ化する。

### 1.2 代表機器の選定

表 1-1 に分類したグループ毎に、原則として重要度の観点から、代表機器を選定する。

#### (1) 絶縁体材料：ETFE/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及び、難燃三重同軸ケーブルが属するが、設置場所、重要度の観点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：ETFE/架橋ポリエチレン及び難燃性架橋ポリエチレン

このグループには、難燃複合同軸ケーブルのみが属するため、代表機器は難燃複合同軸ケーブルとする。

表 1-1 同軸ケーブルのグループ化及び代表機器の選定

分類基準		機器名称	選定基準		仕様	選定	選定理由
			重要度*1	設置場所			
区分	絶縁体材料			原子炉格納容器内	原子炉格納容器外		
同軸	ETFE*2/架橋ポリエチレン	難燃一重同軸ケーブル	MS-1		○	難燃性ビニル	設置場所, 重要度
				○	○	難燃性架橋ポリエチレン	
		難燃二重同軸ケーブル	MS-1		○	難燃性ビニル	
			MS-2		○	難燃性架橋ポリエチレン	
	難燃三重同軸ケーブル	MS-1	○	○	難燃性架橋ポリエチレン	◎	
ETFE*2/架橋ポリエチレン*3 難燃性架橋ポリエチレン*4	難燃複合同軸ケーブル	MS-1		○	難燃性ビニル	◎	

◎：代表機器

\*1：最上位の重要度を示す

\*2：エチレン - 四フッ化エチレン共重合樹脂

\*3：高圧心，同軸心

\*4：制御心

## 2. 代表機器の技術評価

本章では、1章で代表機器とした以下のケーブルについて技術評価を実施する。

- ① 難燃三重同軸ケーブル
- ② 難燃複合同軸ケーブル

### 2.1 構造、材料及び使用条件

#### 2.1.1 難燃三重同軸ケーブル

##### (1) 構造

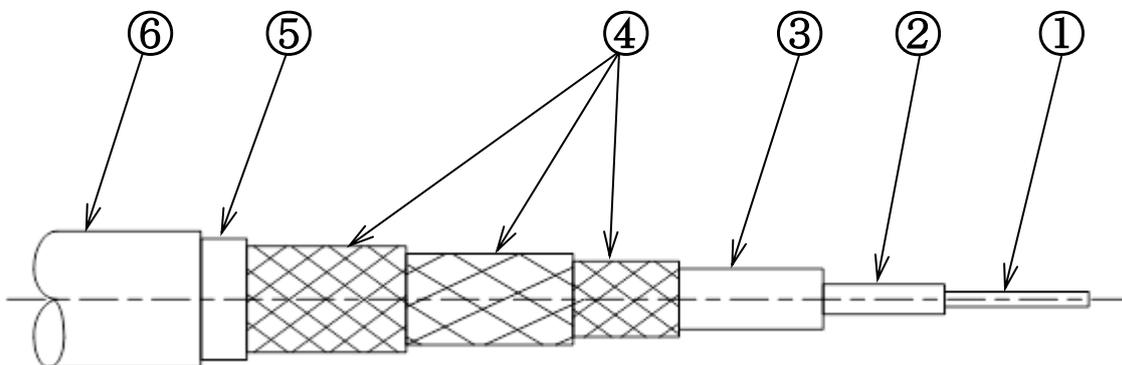
難燃三重同軸ケーブルは、大別すると内部導体、第1絶縁体、第2絶縁体、外部導体、セパレータ及びシースで構成され、このうち、ケーブルの絶縁機能は、絶縁体にて保たれている。

シースは、ケーブルを外的な力から保護するために設けられている。

代表的な難燃三重同軸ケーブルの構造図を図2.1-1に示す。

##### (2) 材料及び使用条件

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	第1絶縁体
③	第2絶縁体
④	外部導体
⑤	セパレータ
⑥	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	サブシステム	部 位	材 料
信号伝達機能の維持	信号伝達	内部導体	すずめっき軟銅撚線
		外部導体	すずめっき軟銅線編組
	絶縁	第1絶縁体	ETFE
		第2絶縁体	架橋ポリエチレン
	整形	セパレータ	難燃テープ
	保護	シース	難燃性架橋ポリエチレン

表 2.1-2 難燃三重同軸ケーブルの使用条件

	通常運転時
設置場所	原子炉格納容器内 RPVペデスタル内部
周囲温度	85℃以下*

\*：RPVペデスタル内部の設計値

## 2.1.2 難燃複合同軸ケーブル

### (1) 構造

難燃複合同軸ケーブルは、大別すると同軸心、高圧心、制御心、シールド、介在、押え巻及びシースで構成されている。

同軸心は内部導体、第1絶縁体、第2絶縁体、外部導体及び押え巻で構成され、高圧心は内部導体、第1絶縁体、第2絶縁体、第1外部導体、第2外部導体及び押え巻で構成されている。

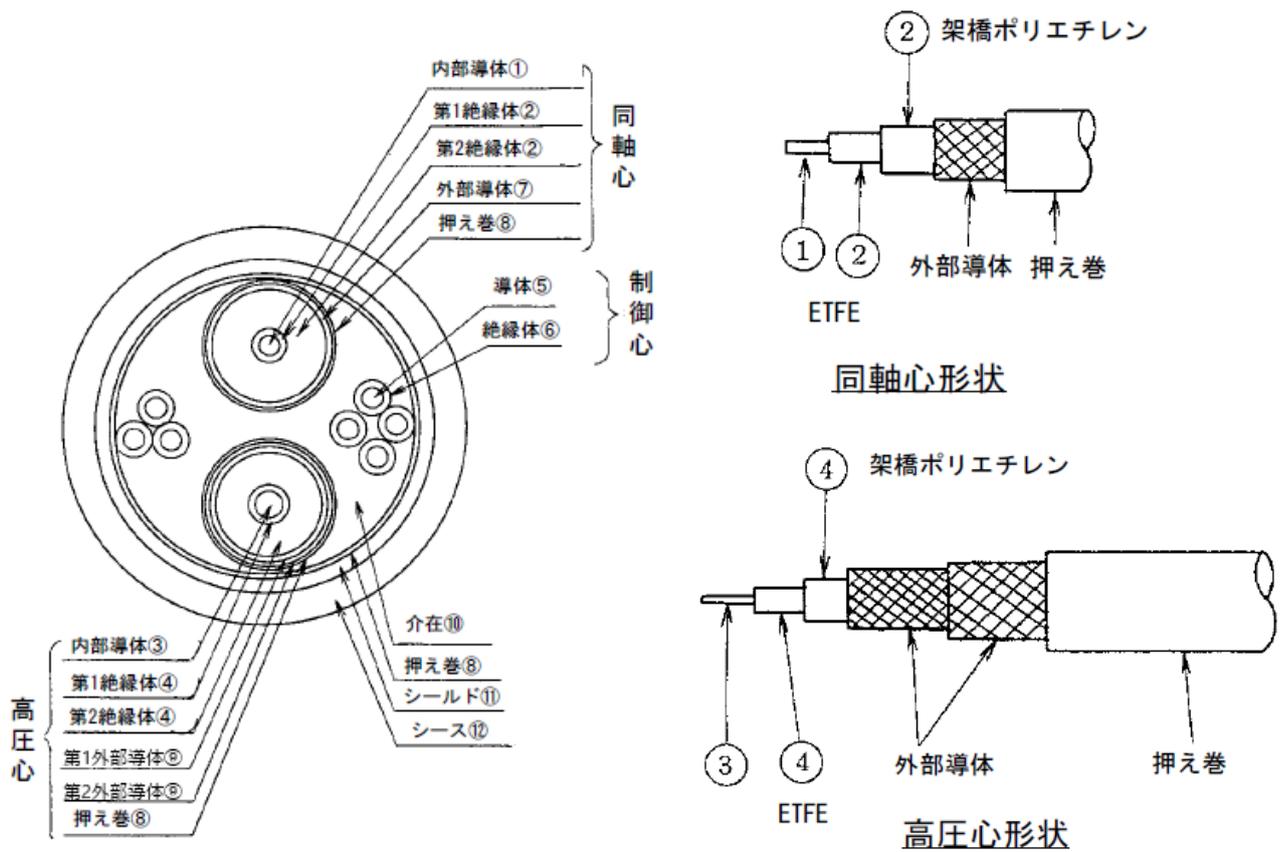
また、制御心は導体及び絶縁体で構成されており、それぞれの絶縁は絶縁体で保たれている。

シールドは導体の静電誘導を低減するため、介在及び押え巻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。

難燃複合同軸ケーブルの構造図を図 2.1-2 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

難燃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
①	内部導体 (同軸心)
②	第1絶縁体 (同軸心)
	第2絶縁体 (同軸心)
③	内部導体 (高圧心)
④	第1絶縁体 (高圧心)
	第2絶縁体 (高圧心)
⑤	導体 (制御心)
⑥	絶縁体 (制御心)
⑦	外部導体 (同軸心)
⑧	押え巻
⑨	第1外部導体 (高圧心)
	第2外部導体 (高圧心)
⑩	介在
⑪	シールド
⑫	シース

図2. 1-2 難燃複合同軸ケーブル構造図

表2.1-3 難燃複合同軸ケーブル主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位		材 料
信号伝達機能の維持	エネルギー・信号伝達	同軸心	内部導体	スズメッキ軟銅より線
		高圧心	内部導体	スズメッキ軟銅より線
		制御心	導体	スズメッキ軟銅より線
		同軸心	外部導体	スズメッキ軟銅編組
		高圧心	第1外部導体	スズメッキ軟銅2重編組
			第2外部導体	スズメッキ軟銅2重編組
	絶縁	同軸心	第1絶縁体	ETFE
			第2絶縁体	架橋ポリエチレン
		高圧心	第1絶縁体	ETFE
			第2絶縁体	架橋ポリエチレン
	制御心	絶縁体	難燃架橋ポリエチレン	
	遮蔽	シールド		スズメッキ軟銅編組
	整形	介在		難燃ジュート
		押え巻		難燃テープ
	保護	シース		難燃性ビニル

表 2.1-4 難燃複合同軸ケーブルの使用条件

	通常運転時
設置場所	原子炉格納容器外
周囲温度	40 °C以下*

\*：原子炉格納容器外の設計値

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

同軸ケーブルの機能である通電機能を維持するためには、次の項目が必要である。

#### ① 信号伝達機能の維持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

同軸ケーブルについて、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の材料、構造、使用条件（設置場所）及び現在までの運転経験を考慮し、表 2.2-1 に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

なお、消耗品及び定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

同軸ケーブルには、消耗品及び定期取替品はない。

#### (3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

想定される経年劣化事象のうち主要 6 事象に該当する事象及び下記①、②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。なお、下記①、②に該当する事象については、2.2.3 項に示すとおり、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△）

② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲）

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象として以下の事象が抽出された（表 2.2-1 で○）。

- a. 絶縁体の絶縁特性低下 [難燃三重同軸ケーブル]
- b. 絶縁体の絶縁特性低下 [難燃複合同軸ケーブル]

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

- (1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

日常劣化管理事象に該当する事象は抽出されなかった。

- (2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

#### a. 熱・放射線によるシースの劣化 [共通]

難燃三重同軸ケーブル及び難燃複合同軸ケーブルシースは有機物であるため、熱及び放射線により硬化する可能性がある。

しかし、シースは、ケーブル布設時に生ずる外的な力から保護するためのものであり、ケーブルに要求される絶縁機能の確保に対する影響が極めて小さい。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

表 2.2-1 (1/2) 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	サブシステム	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象								備 考
					減肉		割れ		絶縁	導通	信号	その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁特性低下	導通不良	特性変化		
信号伝達機能の維持	信号伝達	内部導体		すずめっき軟銅撚線									*: 熱・放射線による劣化
		外部導体		すずめっき軟銅線編組									
	絶縁	第1絶縁体		ETFE					○				
		第2絶縁体		架橋ポリエチレン					○				
	整形	セパレータ		難燃テープ									
	保護	シース		難燃性架橋ポリエチレン								▲*	

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表 2.2-1 (2/2) 難燃複合同軸ケーブルに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位		消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考	
						減 肉		割 れ		絶縁	導通	信号		その他
						摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁特性低下	導通不良	特性変化		
信号伝達機能の維持	エネルギー・信号伝達	同軸心	内部導体		スズメッキ軟銅より線								*：熱・放射線による劣化	
		高压心	内部導体		スズメッキ軟銅より線									
		制御心	導体		スズメッキ軟銅より線									
		同軸心	外部導体		スズメッキ軟銅編組									
		高压心	第1外部導体		スズメッキ軟銅2重編組									
			第2外部導体		スズメッキ軟銅2重編組									
	絶縁	同軸心	第1絶縁体		ETFE					○				
			第2絶縁体		架橋ポリエチレン					○				
		高压心	第1絶縁体		ETFE					○				
			第2絶縁体		架橋ポリエチレン					○				
		制御心	絶縁体		難燃架橋ポリエチレン					○				
	遮蔽	シールド			スズメッキ軟銅編組									
	整形	介在			難燃ジュート									
		押え巻			難燃テープ									
	保護	シース			難燃性ビニル									▲*

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

## 2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

### (1) 絶縁体の絶縁特性低下 [難燃三重同軸ケーブル]

#### a. 事象の説明

難燃三重同軸ケーブルの第1絶縁体は有機物のETFE、第2絶縁体は有機物の架橋ポリエチレンであるため、熱及び放射線による物性変化により、経年的に劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性がある。

絶縁特性低下を生ずる可能性のある部位を図2.3-1に示す。

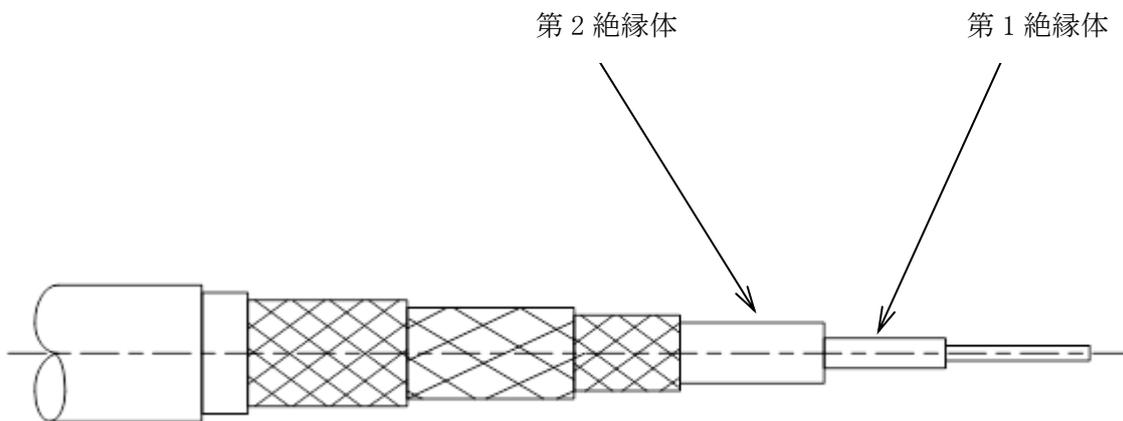


図2.3-1 難燃三重同軸ケーブルの絶縁部位

b. 技術評価

① 健全性評価

難燃三重同軸ケーブルの第1絶縁体は有機物のETFE、第2絶縁体は有機物の架橋ポリエチレンであり、熱及び放射線による物性変化により、経年的に電氣的劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性があることから、長期間の使用を考慮すると絶縁体の絶縁特性低下の可能性は否定できない。

② 現状保全

難燃三重同軸ケーブルの第1絶縁体、第2絶縁体の絶縁特性低下に対しては、系統機器点検時の絶縁抵抗測定や動作試験においてケーブルの健全性を確認している。

また、点検でケーブルの異常が認められた場合には、ケーブルの取り替えを行うこととしている。

さらに、当面の冷温停止状態においては、接続機器の使用状態を加味し、日常保全を継続し、必要に応じて取り替えを行うこととしている。

③ 総合評価

難燃三重同軸ケーブルの第1絶縁体、第2絶縁体の絶縁特性低下の可能性は否定できないが、絶縁特性低下は点検時における絶縁抵抗測定や動作試験で把握可能である。

また、当面の冷温停止状態においては、接続機器の使用状態を加味し、日常保全を継続し、必要に応じて適切な対応をとることにより絶縁性能を維持できると判断する。

c. 高経年化への対応

絶縁体の絶縁特性低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に追加すべき項目はなく、今後も現状保全を継続していく。

(3) 絶縁体の絶縁特性低下 [難燃複合同軸ケーブル]

a. 事象の説明

難燃複合同軸ケーブルの同軸心、高圧心の第1絶縁体は有機物のETFE、第2絶縁体は有機物の架橋ポリエチレン及び制御心の絶縁体は難燃架橋ポリエチレンであるため、熱及び放射線による物性変化により、経年的に劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性がある。

絶縁特性低下を生ずる可能性のある部位を図2.3-3に示す。

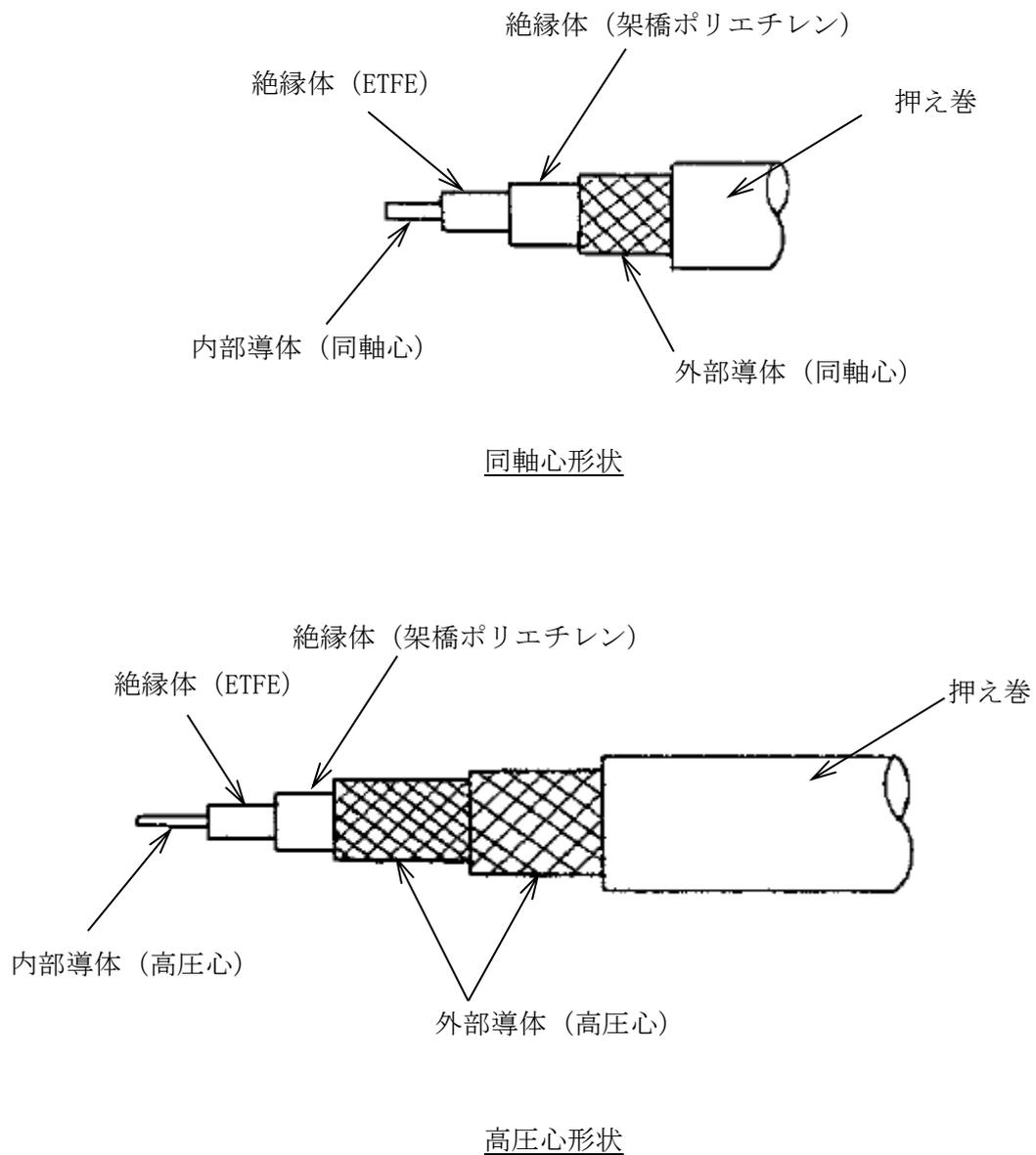


図2.3-3 難燃複合同軸ケーブル（同軸心、高圧心形状）の絶縁部位

## b. 技術評価

### ① 健全性評価

難燃複合同軸ケーブルの同軸心，高圧心の第1絶縁体は有機物のETFE，第2絶縁体は有機物の架橋ポリエチレン及び制御心の絶縁体は難燃架橋ポリエチレンであり，熱及び放射線による物性変化により，経年的に電氣的劣化が進行し，絶縁特性低下を起す可能性があることから，長期間の使用を考慮すると絶縁体の絶縁特性低下の可能性は否定できない。

### ② 現状保全

難燃複合同軸ケーブルの同軸心，高圧心の第1絶縁体，第2絶縁体及び制御心の絶縁体の絶縁特性低下に対しては，系統機器点検時の絶縁抵抗測定や動作試験においてケーブルの健全性を確認している。

また，点検でケーブルに異常が認められた場合には，ケーブルの取り替えを行うこととしている。

さらに，当面の冷温停止状態においては，接続機器の使用状態を加味し，日常保全を継続し，必要に応じて取り替えを行うこととしている。

### ③ 総合評価

難燃複合同軸ケーブルの同軸心，高圧心の第1絶縁体，第2絶縁体及び制御心の絶縁体の絶縁特性低下の可能性は否定できないが，絶縁特性低下は点検時における絶縁抵抗測定や動作試験で把握可能である。

また，当面の冷温停止状態においては，接続機器の使用状態を加味し，日常保全を継続し，必要に応じて適切な対応をとることにより絶縁性能を維持できると判断する。

## c. 高経年化への対応

絶縁体の絶縁特性低下に対しては，高経年化対策の観点から現状の保全内容に追加すべき項目はなく，今後も現状保全を継続していく。

### 3. 代表機器以外への展開

本章では2章で実施した代表機器の技術評価について、1章で実施したグループ化で代表機器となっていない機器への展開について検討した。

- ① 難燃一重同軸ケーブル（シース：難燃性ビニル）
- ② 難燃一重同軸ケーブル（シース：難燃性架橋ポリエチレン）
- ③ 難燃二重同軸ケーブル（シース：難燃性ビニル）
- ④ 難燃二重同軸ケーブル（シース：難燃性架橋ポリエチレン）

#### 3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

##### a. 絶縁体の絶縁特性低下 [共通]

代表機器同様、難燃一重同軸ケーブル（シース：難燃性ビニル）、難燃一重同軸ケーブル（シース：難燃性架橋ポリエチレン）及び難燃二重同軸ケーブル（シース：難燃性ビニル）、難燃二重同軸ケーブル（シース：難燃性架橋ポリエチレン）の絶縁体は、有機物のETFE/架橋ポリエチレンであり、熱及び放射線による物性変化により、経年的に電氣的劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性は否定できないが、絶縁特性低下に対しては系統機器点検時の絶縁抵抗測定や動作試験で把握可能である。

また、当面の冷温停止状態においては、難燃一重同軸ケーブル（シース：難燃性ビニル）、難燃一重同軸ケーブル（シース：難燃性架橋ポリエチレン）及び難燃二重同軸ケーブル（シース：難燃性ビニル）、難燃二重同軸ケーブル（シース：難燃性架橋ポリエチレン）は、接続機器の使用状態を加味し、日常保全を継続し、必要に応じて取り替え等の適切な対応をとることにより、健全性は維持できると判断する。

したがって、高経年化対策の観点から現状保全内容に対し追加すべき項目はない。

### 3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

- (1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

代表機器同様、日常劣化管理事象に該当する事象は抽出されなかった。

- (2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

- a. 熱・放射線によるシースの劣化〔難燃一重同軸ケーブル、難燃二重同軸ケーブル（シース：難燃性ビニル）〕

代表機器同様、難燃一重同軸ケーブル（シース：難燃性ビニル）及び難燃二重同軸ケーブル（シース：難燃性ビニル）の難燃性ビニルシースは有機物であるため、熱及び放射線により硬化する可能性がある。

しかし、シースは、ケーブル布設時に生ずる外的な力からケーブルを保護するためのものであり、ケーブルに要求される絶縁機能の確保に対する影響は極めて小さい。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- b. 熱・放射線によるシースの劣化〔難燃一重同軸ケーブル、難燃二重同軸ケーブル（シース：難燃性架橋ポリエチレン）〕

代表機器同様、難燃一重同軸ケーブル（シース：難燃性架橋ポリエチレン）及び難燃二重同軸ケーブル（シース：難燃性架橋ポリエチレン）の難燃性架橋ポリエチレンシースは有機物であるため、熱及び放射線により硬化する可能性がある。

しかし、シースは、ケーブル布設時に生ずる外的な力からケーブルを保護するためのものであり、ケーブルに要求される絶縁機能の確保に対する影響は極めて小さい。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

以 上

## 4 光ファイバケーブル

[対象ケーブル]

- ① GI型光ファイバケーブル

## 目 次

1. 対象機器及び代表機器の選定 .....	4-1
1.1 グループ化の考え方及び結果 .....	4-1
1.2 代表機器の選定 .....	4-1
2. 代表機器の技術評価 .....	4-3
2.1 構造, 材料及び使用条件 .....	4-3
2.1.1 GI 型光ファイバケーブル (シース: 難燃性 PVC) .....	4-3
2.2 経年劣化事象の抽出 .....	4-6
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目 .....	4-6
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 .....	4-6
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 .....	4-7
3. 代表機器以外への展開 .....	4-9
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 .....	4-9
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 .....	4-9

## 1. 対象機器及び代表機器の選定

対象となる光ファイバケーブルの主な仕様を表 1-1 に示す。

これらの光ファイバケーブルをグループ化し、それぞれのグループより代表機器を選定した。

### 1.1 グループ化の考え方及び結果

心線材料を分類基準とし、光ファイバケーブルを表 1-1 に示すとおりグループ化する。

### 1.2 代表機器の選定

表 1-1 に分類したグループ毎に、原則として重要度の観点から、代表機器を選定する。

#### (1) 心線材料：石英ファイバ

このグループには、GI 型光ファイバケーブル（シース：難燃性 PVC）及び GI 型光ファイバケーブル（シース：PVC）が属するが、重要度の観点から GI 型光ファイバケーブル（シース：難燃性 PVC）を代表機器とする。

表 1-1 光ファイバケーブルの代表機器の選定

分類基準		機器名称	選定基準		仕様	選定	選定理由	
区分	心線材料		重要度*	設置場所				シース
				原子炉格納容器内	原子炉格納容器外			
光ファイバ	石英 ファイバ	GI型 光ファイバケーブル	MS-2		○	難燃性PVC	◎	発点機器の重 要度
					○	PVC		

◎：代表機器

\*：最上位の重要度を示す

## 2. 代表機器の技術評価

本章では、1章で代表機器とした以下のケーブルについて技術評価を実施する。

### ① GI 型光ファイバケーブル（シース：難燃性 PVC）

#### 2.1 構造、材料及び使用条件

##### 2.1.1 GI 型光ファイバケーブル（シース：難燃性 PVC）

###### (1) 構造

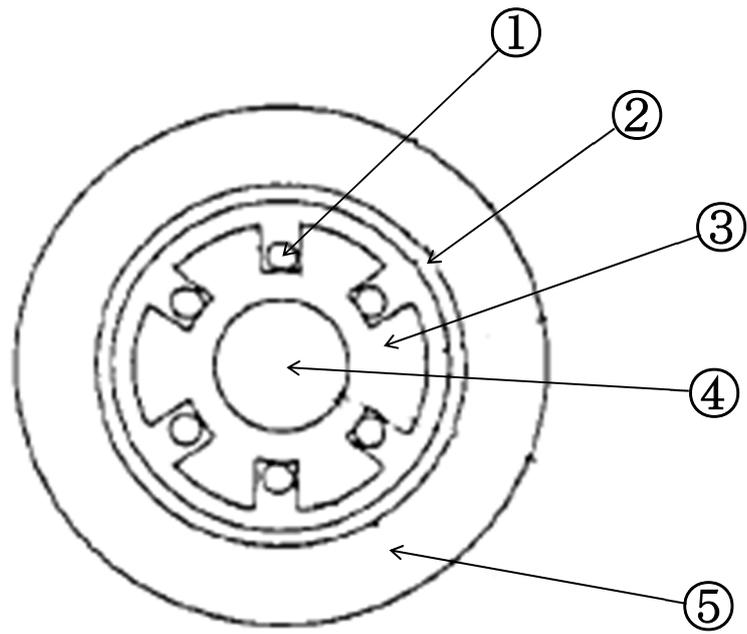
GI 型光ファイバケーブル（シース：難燃性 PVC）は、大別すると光ファイバ心線、押えテープ、スペーサ、テンションメンバ及びシースで構成される。

また、光ファイバ心線はコア、クラッド、被覆で構成される。

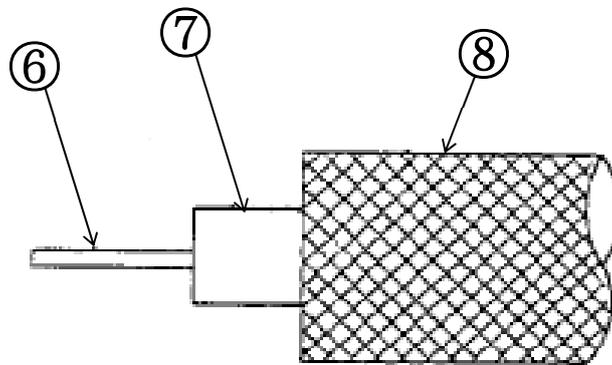
このうち、光ファイバケーブルの伝送機能は、光ファイバ心線を外的な力から保護するシース、被覆にて保たれている。

テンションメンバ、スペーサは、ケーブルを外的な力から保護するために設けられており、押えテープはケーブルを整形するために設けられている。

光ファイバケーブルの構造図を図 2.1-1 に示す。



光ファイバケーブル断面図



光ファイバ心線

No.	部 位	No.	部 位
①	光ファイバ心線	⑤	シース
②	押えテープ	⑥	コア
③	スペーサ	⑦	クラッド
④	テンションメンバ	⑧	被覆

図2. 1-1 GI型光ファイバケーブル（シース：難燃性PVC）構造図

表 2.1-1 GI 型光ファイバケーブル（シース：難燃性 PVC）主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
伝送光量の維持	信号伝達	光ファイバ心線 (コア, クラッド)	石英ファイバ
	整形	押えテープ	耐熱・難燃処理テープ
	保護	スペーサ	難燃ポリエチレン
		テンションメンバ	FRP
		シース	難燃性PVC
		被覆	プラスチックコート

表 2.1-2 GI 型光ファイバケーブル（シース：難燃性 PVC）の使用条件

	通常運転時
設置場所	原子炉格納容器外
周囲温度	40 °C 以下*

\*：原子炉格納容器外の設計値

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

光ファイバケーブルの機能である計測制御信号の伝達機能を維持するためには、次の項目が必要である。

- ① 伝送光量の維持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

光ファイバケーブルについて、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の材料、構造、使用条件（設置場所）及び現在までの運転経験を考慮し、表 2.2-1 に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

なお、消耗品及び定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

光ファイバケーブルには、消耗品及び定期取替品はない。

#### (3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

想定される経年劣化事象のうち主要 6 事象に該当する事象及び下記①、②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。なお、下記①、②に該当する事象については、2.2.3 項に示すとおり、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

- ① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△）
- ② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲）

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

- (1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの(日常劣化管理事象)

日常劣化管理事象に該当する事象は抽出されなかった。

- (2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象(日常劣化管理事象以外)

#### a. シース及び被覆の劣化

光ファイバケーブルの難燃性 PVC シース及び被覆のプラスチックコートは有機物であるため、熱及び放射線により劣化する可能性がある。

しかし、シース及び被覆は、ケーブル布設時に生ずる外的な力からケーブルを保護するためのものであり、ケーブルに要求される伝送光量の維持に対する影響は極めて小さいため、高経年劣化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

表 2.2-1 GI 型光ファイバケーブル（シース：難燃性 PVC）に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期 取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象								備 考	
					減 肉		割 れ		絶縁	導通	信号	その他		
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	絶縁特 性低下	導通 不良	特性 変化			
伝送光量の 維持	信号伝達	光ファイバ心線 (コア, クラッド)		石英ファイバ									*: 熱・放射線 による劣化	
	整形	押えテープ		耐熱・難燃処理テー プ										
	保護	スペーサ		難燃ポリエチレン										
		テンションメンバ		FRP										
		シース		難燃性PVC								▲*		
被覆		プラスチックコート									▲*			

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

### 3. 代表機器以外への展開

本章では、2章で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 GI型光ファイバケーブル（シース：PVC）

#### 3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

##### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

代表機器同様、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

#### 3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

##### (1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

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. シース及び被覆の劣化

代表機器同様、光ファイバケーブルのPVCシース及び被覆のプラスチックコートは有機物であるため、熱及び放射線により劣化する可能性がある。

しかし、シース及び被覆は、ケーブル布設時に生ずる外的な力からケーブルを保護するためのものであり、ケーブルに要求される伝送光量の維持に対する影響は極めて小さいため、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

以 上

## 5 ケーブルトレイ，電線管

[対象機器]

- ①ケーブルトレイ
- ②電線管

## 目 次

1. 対象機器及び代表機器の選定 .....	5-1
2. 代表機器の技術評価 .....	5-1
2.1 材料及び使用条件.....	5-1
2.1.1 ケーブルトレイ.....	5-1
2.1.2 電線管 .....	5-2
2.2 経年劣化事象の抽出.....	5-3
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目.....	5-3
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象.....	5-3
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.....	5-4

1. 対象機器及び代表機器の選定

ケーブルトレイ，電線管の主な機能を表 1-1 に示す。

このグループには，ケーブルトレイ，電線管のみが対象であることから，各々を代表機器とした。

表 1-1 ケーブルトレイ，電線管の主な機能

機器名称	機 能
ケーブルトレイ	ケーブルを収納して支持する
電線管	ケーブルを収納して支持する

2. 代表機器の技術評価

本章では，1章で代表機器とした以下について技術評価を実施する。

- ① ケーブルトレイ
- ② 電線管

2.1 材料及び使用条件

2.1.1 ケーブルトレイ

(1) 材料及び使用条件

ケーブルトレイ主要部位の使用材料を表 2.1-1 に，使用条件を表 2.1-2 に示す。

表 2.1-1 ケーブルトレイ主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
機器の支持	支持	ケーブルトレイ	炭素鋼
		サポート	炭素鋼
		ベースプレート	炭素鋼
		トレイ取付ボルト・ナット	炭素鋼
		基礎ボルト	炭素鋼，樹脂*
		埋込金物	炭素鋼

\*：後打ちケミカルアンカ

表 2.1-2 ケーブルトレイの使用条件

設置場所	原子炉格納容器内外，屋外
布設ケーブルの使用電圧	6,600 V以下

## 2.1.2 電線管

### (1) 材料及び使用条件

電線管主要部位の使用材料を表 2.1-3 に、使用条件を表 2.1-4 に示す。

表 2.1-3 電線管主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
機器の支持	支持	電線管	炭素鋼
		サポート	炭素鋼
		ベースプレート	炭素鋼
		ユニバーチャンネル	炭素鋼
		パイプクランプ	炭素鋼
		基礎ボルト	炭素鋼, 樹脂*
		埋込金物	炭素鋼

\*: 後打ちケミカルアンカ

表 2.1-4 電線管の使用条件

設置場所	原子炉格納容器内外, 屋外
布設ケーブルの使用電圧	6,600 V 以下

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

ケーブルトレイ、電線管の機能であるケーブルの回路確保を維持するためには、次の項目が必要である。

#### ① 機器の支持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

ケーブルトレイ、電線管について、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の材料、使用条件(設置場所、電圧)及び現在までの運転経験を考慮し、表 2.2-1 に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

なお、消耗品及び定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

ケーブルトレイ及び電線管には、消耗品及び定期取替品はない。

#### (3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

想定される経年劣化事象のうち主要 6 事象に該当する事象及び下記①、②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。なお、下記①、②に該当する事象については、2.2.3 項に示すとおり、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの(日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△)

② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象(日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲)

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの(日常劣化管理事象)

#### a. 電線管の内面からの腐食(全面腐食) [電線管]

電線管は炭素鋼であるため腐食の発生が想定されるが、電線管内面は溶融亜鉛メッキが施されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、電線管内面へ水気が浸入しやすい屋外においては、布設施工時、電線管接続部について防水処理を施し、必要に応じて補修塗装等を行うこととしている。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### b. ケーブルトレイ、電線管、サポート、ベースプレート、トレイ取付ボルト・ナット、ユニバーチャンネル、パイプクランプの腐食(全面腐食) [共通]

ケーブルトレイ、電線管、サポート、ベースプレート、トレイ取付ボルト・ナット、ユニバーチャンネル、パイプクランプの材料の炭素鋼には腐食防止のための溶融亜鉛メッキ等の防食処理が施されており、メッキ及び塗膜が健全であれば腐食が発生する可能性は小さいが、屋外に設置されているケーブルトレイ、電線管及びサポート等は、長期間風雨等の悪環境にさらされるため、塗膜のはく離等が生じて腐食が発生し、ケーブル支持機能が低下する可能性がある。

しかし、ケーブルトレイ、電線管及びサポート等の部品については、点検時や巡視時に目視にて表面状態を確認しており、必要に応じて補修塗装等を行っていることから、腐食の発生する可能性は小さい。

したがって、今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### c. 埋込金物の腐食(全面腐食) [共通]

埋込金物大気接触部は防食塗装を施しており、塗膜が健全であれば腐食が発生する可能性は小さいが、屋外に設置されている埋込金物大気接触部は長期間風雨等の悪環境にさらされるため、塗膜のはく離等が生じて腐食が発生し、ケーブル支持機能が低下する可能性がある。

しかし、埋込金物大気接触部については、点検時や巡視時に目視にて表面状態を確認しており、必要に応じて補修塗装等を行っていることから、腐食の発生する可能性は小さい。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### d. 基礎ボルトの腐食(全面腐食) [共通]

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. 電線管のコンクリート埋設部外面からの腐食 [電線管]

電線管は、炭素鋼であるためコンクリート埋設部におけるコンクリートが中性化した場合に腐食の発生が想定されるが、電線管外面は熔融亜鉛メッキが施されていること及び実機コンクリートにおけるサンプリング結果では中性化は殆ど見られていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. 基礎ボルトの樹脂の劣化(後打ちケミカルアンカ) [共通]

基礎ボルトの樹脂の劣化については、「機械設備の技術評価書」にて評価を実施するものとし本評価書には含めていない。

表 2.2-1(1/2) ケーブルトレイに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期 取替品	材料	経 年 劣 化 事 象								備考
					減 肉		割 れ		絶縁	導通	信号	その他	
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	絶縁特 性低下	導通 不良	特性 変化		
機器の支持	支持	ケーブルトレイ		炭素鋼		△							*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	サブシステム	部 位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象								備考
					減肉		割れ		絶縁	導通	信号	その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁特性低下	導通不良	特性変化		
機器の支持	支持	電線管		炭素鋼		△△*1▲*2							*1:内面からの腐食(全面腐食) *2:コンクリート埋設部の外面からの腐食 *3:後打ちケミカルアンカ *4:樹脂の劣化
		サポート		炭素鋼		△							
		ベースプレート		炭素鋼		△							
		ユニバーチャンネル		炭素鋼		△							
		パイプクランプ		炭素鋼		△							
		基礎ボルト		炭素鋼, 樹脂*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)

以 上

## 6 ケーブル接続部

[対象ケーブル接続部]

- ① 端子台接続
- ② 端子接続
- ③ 直ジョイント接続
- ④ 電動弁コネクタ接続
- ⑤ 同軸コネクタ接続

## 目 次

1. 対象機器及び代表機器の選定.....	6-1
1.1 グループ化の考え方及び結果.....	6-1
1.2 代表機器の選定.....	6-1
2. 代表機器の技術評価.....	6-3
2.1 構造, 材料及び使用条件.....	6-3
2.1.1 端子台接続 (ジアリルフタレート樹脂).....	6-3
2.1.2 直ジョイント接続 (架橋ポリオレフィン).....	6-6
2.1.3 電動弁コネクタ接続 (ジアリルフタレート樹脂).....	6-9
2.1.4 同軸コネクタ接続 (ポリエーテルエーテルケトン).....	6-12
2.2 経年劣化事象の抽出.....	6-15
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目.....	6-15
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象.....	6-15
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象.....	6-16
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価.....	6-22
3. 代表機器以外への展開.....	6-30
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象.....	6-30
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象.....	6-31

## 1. 対象機器及び代表機器の選定

対象となるケーブル接続部の主な仕様を表 1-1 に示す。

これらのケーブル接続部をグループ化し、それぞれのグループより代表機器を選定した。

### 1.1 グループ化の考え方及び結果

種類を分類基準とし、ケーブル接続部を表 1-1 に示すとおりグループ化する。

### 1.2 代表機器の選定

表 1-1 に分類したグループ毎に、原則として重要度及び設置場所（周囲温度）の観点から、代表機器を選定する。

#### (1) 種類：端子接続

このグループには、端子台接続及び端子接続が属するが、設置場所の観点から原子炉格納容器内で使用している端子台接続（ジアリルフタレート樹脂）を代表機器とする。

#### (2) 種類：直ジョイント接続

このグループには、直ジョイント接続のみが属するため、直ジョイント接続（架橋ポリオレフィン）を代表機器とする。

#### (3) 種類：電動弁コネクタ接続

このグループには、電動弁コネクタ接続のみが属するため、電動弁コネクタ接続（ジアリルフタレート樹脂）を代表機器とする。

#### (4) 種類：同軸コネクタ接続

このグループには、同軸コネクタ接続が属するが、設置場所及び周囲温度の観点から同軸コネクタ接続（ポリエーテルエーテルケトン）を代表機器とする。

表 1-1 ケーブル接続部のグループ化及び代表機器の選定

分類基準 種類	接続部名称	絶縁体材料	選定基準			選定	選定理由
			設置場所		重要度*		
			原子炉格納容器内	原子炉格納容器外			
端子接続	端子台接続	ジアリルフタレート樹脂	○	○	MS-1	◎	設置場所
		ポリフェニレンエーテル樹脂		○	MS-1		
		フェノール樹脂		○	MS-1		
		ポリカーボネート樹脂		○	MS-1		
	端子接続	ビニルテープ		○	MS-1		
直ジョイント接続	直ジョイント接続	架橋ポリオレフィン	○	○	MS-1	◎	
電動弁コネクタ接続	電動弁コネクタ接続	ジアリルフタレート樹脂	○	○	MS-1	◎	
同軸コネクタ接続	同軸コネクタ接続	ポリエーテルエーテルケトン	○		MS-1	◎	設置場所 (周囲温度)
		架橋ポリスチレン	○	○	MS-1		
		四フッ化エチレン樹脂		○	MS-1		
		ジアリルフタレート樹脂		○	MS-1		

◎：代表機器

\*：最上位の重要度を示す

## 2. 代表機器の技術評価

本章では、1章で代表機器とした以下のケーブル接続部について技術評価を実施する。

- ① 端子台接続（ジアリルフタレート樹脂）
- ② 直ジョイント接続（架橋ポリオレフィン）
- ③ 電動弁コネクタ接続（ジアリルフタレート樹脂）
- ④ 同軸コネクタ接続（ポリエーテルエーテルケトン）

### 2.1 構造、材料及び使用条件

#### 2.1.1 端子台接続（ジアリルフタレート樹脂）

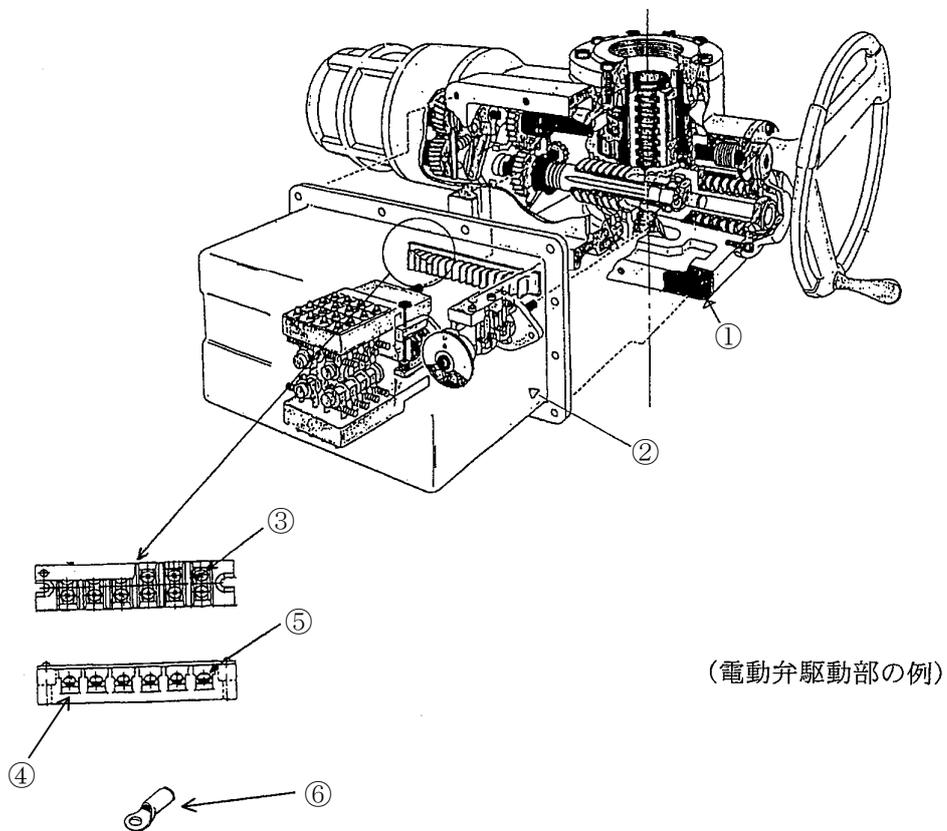
##### (1) 構造

端子台接続は、大別すると端子板、端子台ビス、接続端子、端子箱、ガスケット及び絶縁物で構成され、このうち端子台接続の絶縁機能は、絶縁物で保たれている。

代表的な端子台接続の構造図を図 2.1-1 に示す。

##### (2) 材料及び使用条件

代表的な端子台接続主要部位の使用材料を表 2.1-1 に、使用条件を表 2.1-2 に示す。



(電動弁駆動部の例)

No.	部 位
①	ガスケット
②	端子箱
③	端子板
④	絶縁物
⑤	端子台ビス
⑥	接続端子

図2.1-1 端子台接続の構造図

表 2.1-1 端子台接続主要部位の使用材料（電動弁の例）

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
電力・信号伝達機能の維持	エネルギー・信号伝達	ガスケット	(消耗品)
		端子箱	鋳鉄
		端子板	炭素鋼
		絶縁物	ジアリルフタレート樹脂
		端子台ビス	炭素鋼
		接続端子	銅合金

表 2.1-2 端子台接続の使用条件

	通常運転時
電圧	600 V 以下
設置場所	原子炉格納容器内
周囲温度	65 °C以下*

\*：原子炉格納容器内の設計値

## 2.1.2 直ジョイント接続（架橋ポリオレフィン）

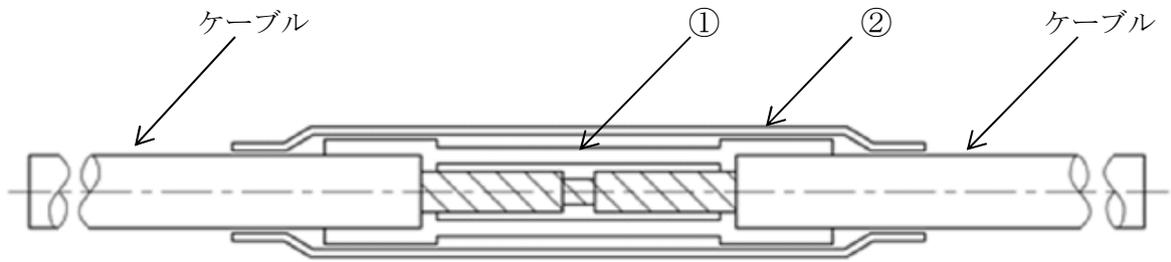
### (1) 構造

直ジョイント接続は、ケーブル同士をスプライスで圧着接続し、その周囲を熱収縮チューブにより固定及び絶縁を行う構造となっている。

代表的な直ジョイント接続の構造図を図 2.1-2 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

代表的な直ジョイント接続主要部位の使用材料を表 2.1-3 に、使用条件を表 2.1-4 に示す。



No.	部 位
①	スプライス
②	熱収縮チューブ

図2.1-2 直ジョイント接続の構造図

表 2.1-3 直ジョイント接続主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
電力・信号伝達 機能の維持	エネルギー・ 信号伝達	スプライス	銅
		熱収縮チューブ	架橋ポリオレフィン

表 2.1-4 直ジョイント接続の使用条件

	通常運転時
電圧	600 V 以下
設置場所	原子炉格納容器内
周囲温度	65℃以下*

\*：原子炉格納容器内の設計値

### 2.1.3 電動弁コネクタ接続（ジアリルフタレート樹脂）

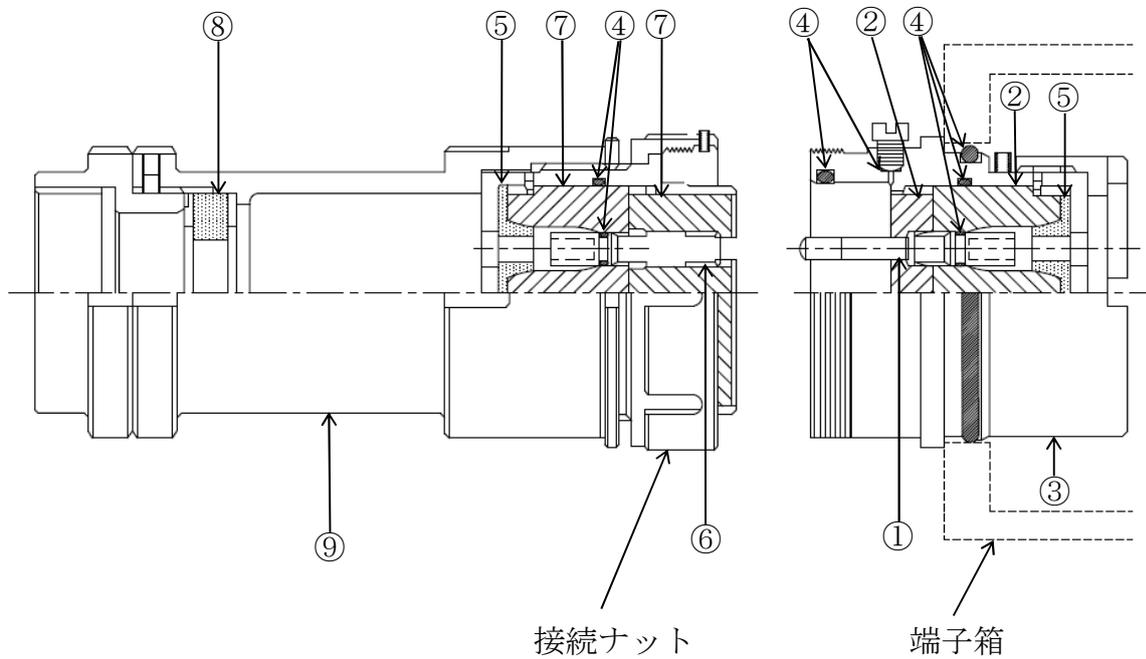
#### (1) 構造

電動弁コネクタ接続は、大別すると、オス及びメスコンタクト、オス及びメス絶縁物、レセプタクルシェル、Oリング、シーリングブッシュ、ゴムブッシュ、プラグシェルで構成され、このうち格納容器内電動弁コネクタの絶縁機能は、オス及びメス絶縁物で保たれている。

代表的な電動弁コネクタ接続の構造図を図 2.1-3 に示す。

#### (2) 材料及び使用条件

代表的な電動弁コネクタ接続主要部位の使用材料を表 2.1-5 に、使用条件を表 2.1-6 に示す。



No.	部 位
①	オスコンタクト
②	オス絶縁物
③	レセプタクルシエル
④	Oリング
⑤	シーリングブッシュ
⑥	メスコンタクト
⑦	メス絶縁物
⑧	ゴムブッシュ
⑨	プラグシエル

図2.1-3 電動弁コネクタ接続の構造図

表 2.1-5 電動弁コネクタ接続の主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
電力・信号伝達機能の維持	エネルギー・信号伝達	オスコンタクト	タフピッチ銅丸棒
		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	真鍮（快削黄銅）
		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
		メスコンタクト	タフピッチ銅丸棒
		メス絶縁物	ジアリルフタレート樹脂
		ゴムブッシュ	エチレンプロピレンゴム
		プラグシェル	真鍮（快削黄銅）

表 2.1-6 電動弁コネクタ接続の使用条件

	通常運転時
設置場所	原子炉格納容器内
周囲温度	65 °C以下*

\*：原子炉格納容器内の設計値

#### 2.1.4 同軸コネクタ接続（ポリエーテルエーテルケトン）

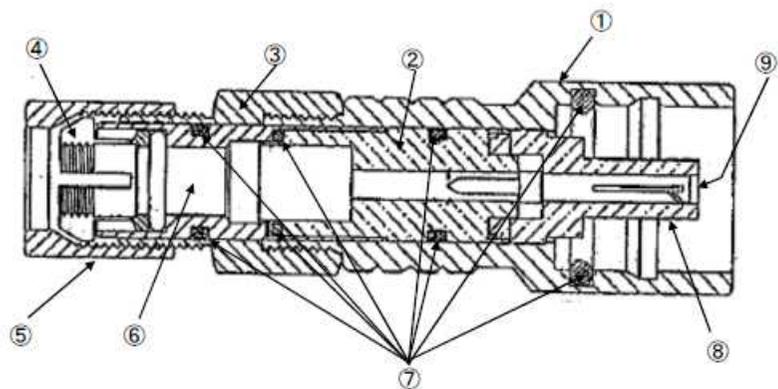
##### (1) 構造

同軸コネクタ接続は、大別すると、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、Oリング、レセプタクルインシュレータ、ソケットコンタクト、プラグボディ、ピンコンタクト、プラグインシュレータ、クリンプカーラー、コネクタナットで構成され、このうち同軸コネクタの絶縁機能は、レセプタクルインシュレータ及びプラグインシュレータで保たれている。

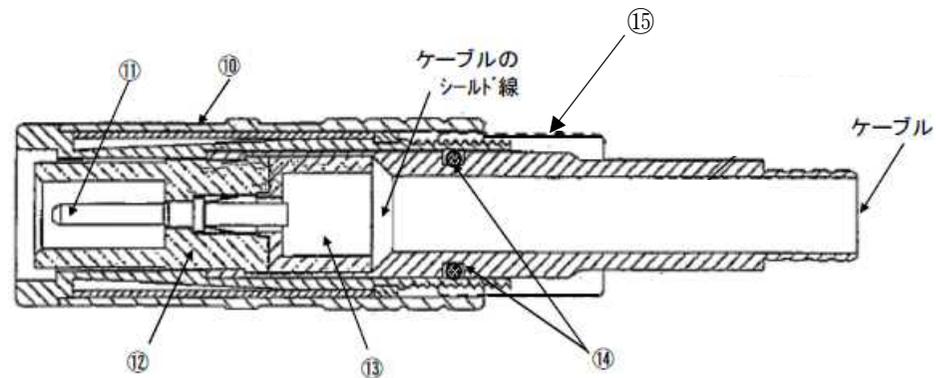
代表的な同軸コネクタ接続の構造図を図 2.1-4 に示す。

##### (2) 材料及び使用条件

代表的な同軸コネクタ接続主要部位の使用材料を表 2.1-7 に、使用条件を表 2.1-8 に示す。



【検出器側】



【ケーブル側】

No.	部位	No.	部位
①	レセプタクルボディ	⑨	ソケットコンタクト
②	スペーサ	⑩	プラグボディ
③	ナット	⑪	ピンコンタクト
④	コレット	⑫	プラグインシュレータ
⑤	バックナット	⑬	クリンプカーラー
⑥	レセプタクルアダプタ	⑭	Oリング
⑦	Oリング	⑮	コネクタナット
⑧	レセプタクルインシュレータ		

図2.1-4 同軸コネクタ接続の構造図

表 2.1-7 同軸コネクタ接続の主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
信号伝達機能の維持	信号伝達	レセプタクルボディ	黄銅 (クロムメッキ)
		スペーサ	(定期取替品)
		ナット	黄銅 (クロムメッキ)
		コレット	(定期取替品)
		バックナット	黄銅 (クロムメッキ)
		レセプタクルアダプタ	(定期取替品)
		Oリング	(消耗品)
		レセプタクルインシュレータ	ポリエーテルエーテルケトン
		ソケットコンタクト	銅 (金メッキ)
		プラグボディ	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	(定期取替品)
		Oリング	(消耗品)
		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
設置場所	原子炉格納容器内 RPVペDESTAL内部
周囲温度	85°C以下*

\* : RPV ペDESTAL内部の設計値

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

ケーブル接続部の機能である通電機能を維持するためには、次の項目が必要である。

#### ① 電力・信号伝達機能の維持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

ケーブル接続部について、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の材料、構造、使用条件及び現在までの運転経験を考慮し、表 2.2-1 に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

なお、消耗品及び定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

ガスケット及びOリングは消耗品、同軸コネクタのスペーサ、コレット、レセプタクルアダプタ、クリンプカーラーは定期取替品であり、設計時に長期使用せず取り替えを前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

#### (3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

想定される経年劣化事象のうち主要 6 事象に該当する事象及び下記①、②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。なお、下記①、②に該当する事象については、2.2.3 項に示すとおり、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△）

② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲）

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象として以下の事象が抽出された（表 2.2-1 で○）。

- a. 絶縁物の絶縁特性低下 [端子台接続]
- b. 絶縁物の絶縁特性低下 [直ジョイント接続]
- c. 絶縁物の絶縁特性低下 [電動弁コネクタ接続]
- d. 絶縁物の絶縁特性低下 [同軸コネクタ接続]

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

#### a. 端子板、接続端子及び端子台ビスの腐食 [端子台接続]

端子板、接続端子及び端子台ビスは湿分等の浸入により腐食の発生が想定されるが、端子台はガasketでシールされた端子箱に収納されているため、湿分等の浸入により腐食が発生する可能性は小さい。

また、点検時に目視点検を行い、これまで有意な腐食は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### b. オス及びメスコンタクト、レセプタクルシェル及びプラグシェルの腐食 [電動弁コネクタ接続]

電動弁コネクタのオス及びメスコンタクトはタフピッチ銅丸棒、レセプタクルシェル及びプラグシェルは真鍮（快削黄銅）が使用されていることから、湿分等の浸入により腐食が想定されるが、オス及びメスコンタクトはOリング、シーリングブッシュにより外気とシールされているため、湿分等の浸入する可能性は小さく、さらに、外気に接触するレセプタクルシェル及びプラグシェルの外表面にはメッキが施されており、腐食発生の可能性は小さい。

また、点検時に目視点検を行い、これまでの点検結果では有意な腐食は認められず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### c. レセプタクルボディ、ナット、バックナット、ソケットコンタクト、プラグボディ、ピンコンタクト及びコネクタナットの腐食 [同軸コネクタ接続]

レセプタクルボディ、ナット、バックナット、プラグボディ、コネクタナットは黄銅、ソケットコンタクト、ピンコンタクトは銅であり、湿分等の浸入が生じると腐食が発生する可能性があるが、外表面には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、点検時に目視点検を行い、これまでの点検結果では有意な腐食は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小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 [直ジョイント接続]

スプライスは銅であり腐食の発生が想定されるが、直ジョイント接続は構造上スプライス部が熱収縮チューブにて密閉されており、腐食が発生する可能性は小さい。

また、点検時に熱収縮チューブに損傷がないことを目視にて確認し、異常が確認された場合には取り替えを行うこととしている。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

表 2.2-1 (1/4) 端子台接続に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象								備考
					減 肉		割 れ		絶縁	導通	信号	その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁特性低下	導通不良	特性変化		
電力・信号伝達機能の維持	エネルギー・信号伝達	ガスケット	◎										
		端子箱		鋳鉄									
		端子板		炭素鋼		△							
		絶縁物		ジアリルフタレート樹脂					○				
		端子台ビス		炭素鋼		△							
		接続端子		銅合金		△							

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (2/4) 直ジョイント接続に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象								備考
					減 肉		割 れ		絶縁	導通	信号	その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁特性低下	導通不良	特性変化		
電力・信号伝達機能の維持	エネルギー・信号伝達	スプライス		銅		▲							
		熱収縮チューブ		架橋ポリオレフィン					○				

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表 2.2-1 (3/4) 電動弁コネクタ接続に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象								備 考
					減 肉		割 れ		絶縁	導通	信号	その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁特性低下	導通不良	特性変化		
電力・信号伝達機能の維持	エネルギー・信号伝達	オスコンタクト		タフピッチ銅丸棒		△							*: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					○				
		レセプタクルシエル		真鍮(快削黄銅)		△							
		○リング	◎										
		シーリングブッシュ		エチレンプロピレンゴム					○*				
		メスコンタクト		タフピッチ銅丸棒		△							
		メス絶縁物		ジアリルフタレート樹脂					○				
		ゴムブッシュ		エチレンプロピレンゴム					○*				
		プラグシエル		真鍮(快削黄銅)		△							

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (4/4) 同軸コネクタ接続に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備考		
					減 肉		割 れ		絶縁	導通	信号		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁特性低下	導通不良	特性変化			
信号伝達機能の維持	信号伝達	レセプタクルボディ		黄銅 (クロムメッキ)		△								
		スペーサ	◎											
		ナット		黄銅 (クロムメッキ)		△								
		コレット	◎											
		バックナット		黄銅 (クロムメッキ)		△								
		レセプタクルアダプタ	◎											
		Oリング	◎											
		レセプタクルインシュレータ		ポリエーテルエーテルケトン					○					
		ソケットコンタクト		銅 (金メッキ)		△								
		プラグボディ		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	◎											
		Oリング	◎											
		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

絶縁物は、有機物のジアリルフタレート樹脂であるため、熱及び放射線による物性変化により、経年的に劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性がある。

絶縁特性低下を生ずる可能性のある部位を図 2.3-1 に示す。

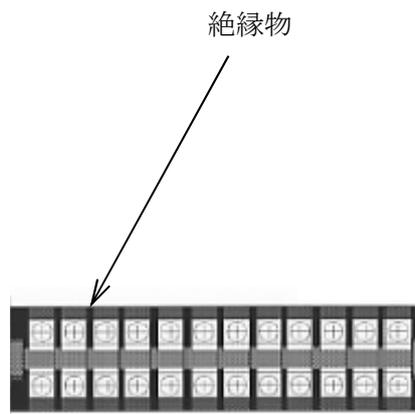


図 2.3-1 端子台の絶縁部位

## b. 技術評価

### ① 健全性評価

端子台接続の絶縁物は、有機物のジアリルフタレート樹脂であるため、熱及び放射線による物性変化により、経年的に劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性があることから、長期間の使用を考慮すると絶縁物の絶縁特性低下の可能性は否定できない。

### ② 現状保全

端子台接続の絶縁特性低下に対しては、点検時に絶縁抵抗測定を実施している。さらに、点検時に実施する機器の動作試験においても端子台の絶縁機能の健全性を確認している。

また、当面の冷温停止状態においては、接続機器の使用状態を加味し、系統機器の定例的な切替や定例試験を含む日常保全を継続し、必要に応じて取り替えを行うこととしている。

### ③ 総合評価

端子台接続（ジアリルフタレート樹脂）の絶縁特性低下の可能性は否定できないが、絶縁特性低下は点検時における絶縁抵抗測定で把握可能である。

また、当面の冷温停止状態においては、接続機器の使用状態を加味し、系統機器の定例的な切替や定例試験を含む日常保全を継続し、必要に応じて適切な対応をとることにより絶縁性能を維持できると判断する。

## c. 高経年化への対応

端子台接続（ジアリルフタレート樹脂）の絶縁特性低下については、高経年化対策の観点から現状の保全内容に対し追加すべき項目はなく、今後も現状保全を継続していく。

(2) 絶縁物の絶縁特性低下 [直ジョイント接続]

a. 事象の説明

絶縁物は、有機物の架橋ポリオレフィンであるため、熱及び放射線による物性変化により、経年的に劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性がある。

絶縁特性低下を生ずる可能性のある部位を図 2.3-2 に示す。

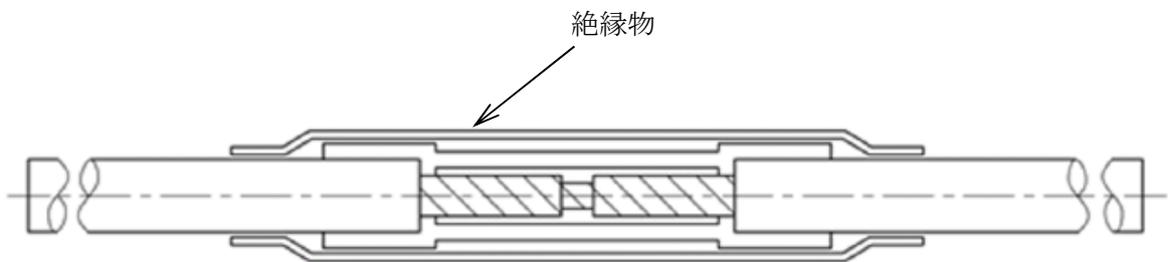


図 2.3-2 直ジョイント接続の絶縁部位

b. 技術評価

① 健全性評価

直ジョイント接続の絶縁物は、有機物の架橋ポリオレフィンであり、熱及び放射線による物性変化により、経年的に劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性があることから、長期間の使用を考慮すると絶縁物の絶縁特性低下の可能性は否定できない。

② 現状保全

直ジョイント接続の絶縁特性低下に対しては、点検時に絶縁抵抗測定を実施している。さらに、点検時に実施する機器の動作試験においても直ジョイント接続の絶縁機能の健全性を確認している。

また、当面の冷温停止状態においては、接続機器の使用状態を加味し、系統機器の定例的な切替や定例試験を含む日常保全を継続し、必要に応じて取り替えを行うこととしている。

③ 総合評価

直ジョイント接続（架橋ポリオレフィン）の絶縁特性低下の可能性は否定できないが、絶縁特性低下は点検時における絶縁抵抗測定で把握可能である。

また、当面の冷温停止状態においては、接続機器の使用状態を加味し、系統機器の定例的な切替や定例試験を含む日常保全を継続し、必要に応じて適切な対応をとることにより絶縁性能を維持できると判断する。

c. 高経年化への対応

直ジョイント接続（架橋ポリオレフィン）の絶縁特性低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に対し追加すべき項目はなく、今後も現状保全を継続していく。

(3) 絶縁物の絶縁特性低下 [電動弁コネクタ接続]

a. 事象の説明

絶縁物は、有機物のジアリルフタレート樹脂であるため、熱及び放射線による物性変化により、経年的に劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性がある。

また、気密性保持部であるゴムブッシュ、シーリングブッシュは、有機物のエチレンプロピレンゴムであるため、熱及び放射線による物性変化により、経年的に劣化が進行し、気密性低下を起こすことで、絶縁特性低下を起こす可能性がある。

絶縁特性低下を生ずる可能性のある部位を図 2. 3-3 に示す。

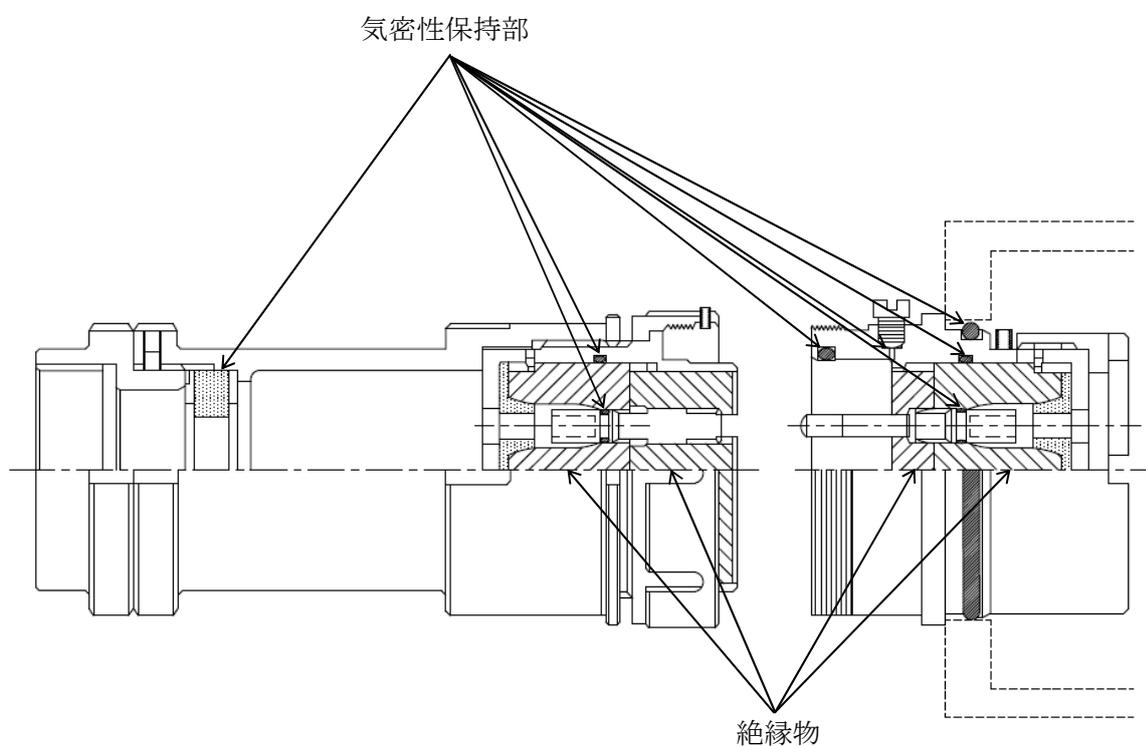


図2. 3-3 電動弁コネクタ接続の絶縁部位

## b. 技術評価

### ① 健全性評価

電動弁コネクタ接続の絶縁物は、有機物のジアリルフタレート樹脂であり、熱及び放射線による物性変化により、経年的に劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性がある。

また、気密性保持部であるゴムブッシュ、シーリングブッシュは、有機物のエチレンプロピレンゴムであるため、熱及び放射線による物性変化により、経年的に劣化が進行し、気密性が低下することで絶縁物の絶縁特性低下を起こす可能性がある。

以上のことから、長期間の使用を考慮すると絶縁物の絶縁特性低下の可能性は否定できない。

### ② 現状保全

電動弁コネクタ接続の絶縁特性低下に対しては、点検時に絶縁抵抗測定を実施している。さらに、系統機器の点検時に実施する動作試験においても絶縁機能の健全性を確認している。

また、当面の冷温停止状態においては、接続機器の使用状態を加味し、系統機器の定例的な切替や定例試験を含む日常保全を継続し、必要に応じて取り替えを行うこととしている。

### ③ 総合評価

電動弁コネクタ接続の絶縁物であるジアリルフタレート樹脂の劣化及び気密性保持部であるエチレンプロピレンゴムの劣化による気密性低下により、絶縁物の絶縁特性低下の可能性は否定できないが、絶縁特性低下は点検時における絶縁抵抗測定で把握可能である。

また、当面の冷温停止状態においては、接続機器の使用状態を加味し、系統機器の定例的な切替や定例試験を含む日常保全を継続し、必要に応じて適切な対応をとることにより絶縁性能を維持できると判断する。

## c. 高経年化への対応

電動弁コネクタ接続の絶縁物であるジアリルフタレート樹脂及びエチレンプロピレンゴムの劣化からの気密性低下による絶縁特性低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に対し追加すべき項目はなく、今後も現状保全を継続していく。

(4) 絶縁物の絶縁特性低下 [同軸コネクタ接続]

a. 事象の説明

絶縁物は、ポリエーテルエーテルケトンであるため、熱及び放射線による物性変化により、経年的に劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性がある。

絶縁低下を生ずる可能性のある部位を図 2.3-4 に示す。

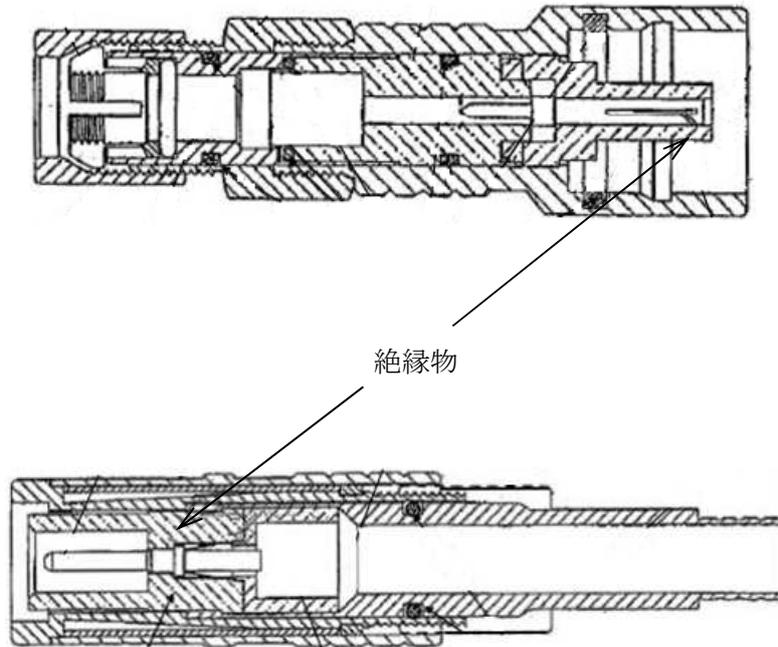


図 2.3-4 同軸コネクタ接続の絶縁部位

## b. 技術評価

### ① 健全性評価

同軸コネクタ接続の絶縁物は、有機物のポリエーテルエーテルケトンであり、熱及び放射線による物性変化により、経年的に劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性があることから、長期間の使用を考慮すると絶縁物の絶縁特性低下の可能性は否定できない。

### ② 現状保全

同軸コネクタ接続の絶縁特性低下に対しては、点検時に絶縁抵抗測定を実施している。さらに、系統機器の点検時に実施する動作試験においても絶縁機能の健全性を確認している。

また、当面の冷温停止状態においては、接続機器の使用状態を加味し、系統機器の定例的な切替や定例試験を含む日常保全を継続し、必要に応じて取り替えを行うこととしている。

### ③ 総合評価

同軸コネクタ接続（ポリエーテルエーテルケトン）の絶縁特性低下の可能性は否定できないが、絶縁特性低下は点検時における絶縁抵抗測定で把握可能である。

また、当面の冷温停止状態においては、接続機器の使用状態を加味し、系統機器の定例的な切替や定例試験を含む日常保全を継続し、必要に応じて適切な対応をとることにより絶縁性能を維持できると判断する。

## c. 高経年化への対応

同軸コネクタ接続（ポリエーテルエーテルケトン）の絶縁特性低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に対し追加すべき項目はなく、今後も現状保全を継続していく。

### 3. 代表機器以外への展開

本章では 2 章で実施した代表機器の技術評価について、1 章で実施したグループ化で代表機器となっていない機器への展開について検討した。

- ① 端子台接続（ポリフェニレンエーテル樹脂）
- ② 端子台接続（フェノール樹脂）
- ③ 端子台接続（ポリカーボネート樹脂）
- ④ 端子接続（ビニルテープ）
- ⑤ 同軸コネクタ接続  
（架橋ポリスチレン、四フッ化エチレン樹脂、ジアリルフタレート樹脂）

#### 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）、（フェノール樹脂）、（ポリカーボネート樹脂）]

端子台接続の絶縁物はポリフェニレンエーテル樹脂、フェノール樹脂及びポリカーボネート樹脂であるため、熱及び放射線による物性変化により、経年的に劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性がある。

しかし、代表機器と同様に、端子台接続の絶縁特性低下に対しては、点検時に絶縁抵抗測定及び点検時に実施する機器の動作試験において絶縁機能の健全性を確認しており、点検で有意な絶縁特性低下が認められた場合には、端子台の取り替えを行うこととしている。

また、当面の冷温停止状態においては、必要な運転状態を加味し、系統機器の定例的な切替や定例試験を含む日常保全を継続し、必要に応じて適切な対応をとることにより絶縁性能を維持できると判断する。

したがって、高経年化対策の観点から現状保全内容に対し追加すべき項目はない。

- b. 絶縁物の絶縁特性低下 [同軸コネクタ接続（架橋ポリスチレン、四フッ化エチレン樹脂、ジアリルフタレート樹脂）]

同軸コネクタ接続の絶縁物は有機物であるため、熱及び放射線による物性変化により、経年的に劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性がある。

しかし、代表機器と同様に、同軸コネクタ接続の絶縁特性低下に対しては、点検時に絶縁抵抗測定や点検時に実施する機器の動作試験において絶縁機能の健全性を確認しており、点検で同軸コネクタに異常が認められた場合には、同軸コネクタの取り替えを行うこととしている。

さらに、当面の冷温停止状態においては、接続機器の使用状態を加味し、系統機器の定例的な切替や定例試験を含む日常保全を継続し、必要に応じて適切な対応をとることにより絶縁性能を維持できると判断する。

したがって、高経年化対策の観点から現状の保全内容に対し追加すべき項目はない。

### 3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

- (1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

代表機器同様、日常劣化管理事象に該当する事象は抽出されなかった。

- (2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

- a. 端子板、接続端子及び端子台ビスの腐食〔端子台接続（ポリフェニレンエーテル樹脂）、（フェノール樹脂）、（ポリカーボネート樹脂）〕

代表機器同様、端子板、接続端子及び端子台ビスは湿分等の浸入により腐食の発生が想定されるが、端子台はガスケットでシールされた端子箱に収納されているため、湿分等の浸入により腐食が発生する可能性は小さい。

また、点検時に目視点検を行い、これまで有意な腐食は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- b. ビニルテープの絶縁特性低下〔端子接続〕

ビニルテープは有機物であるため、熱的、機械的、電氣的及び環境的要因で経年的に劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性がある。

ただし、絶縁テープは静止状態の接続に用いられていることから、機械的要因による劣化は起きないと考える。

熱的要因による絶縁性能の劣化、テープはく離、電氣的要因による絶縁性能の劣化及び環境的要因による埃の付着による絶縁特性低下の可能性については、点検時に交換を行い、長期間使用しないことから、急激に劣化する可能性は小さい。

また、点検時に絶縁抵抗測定を行い、健全性の確認をしており、これまでの点検結果では急激な絶縁特性低下は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- c. レセプタクルボディ、ナット、バックナット、ソケットコンタクト、プラグボディ、ピンコンタクト及びコネクタナットの腐食 [同軸コネクタ接続]

代表機器同様、レセプタクルボディ、ナット、バックナット、プラグボディ、コネクタナットは黄銅、ソケットコンタクト、ピンコンタクトは銅であり、湿分等の浸入が生じると腐食が発生する可能性があるが、外表面には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、点検時に目視点検を行い、これまでの点検結果では有意な腐食は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

以 上

柏崎刈羽原子力発電所 4 号炉

コンクリート及び鉄骨構造物の  
技 術 評 価 書

東京電力ホールディングス株式会社

本評価書は、柏崎刈羽原子力発電所4号炉（以下、柏崎刈羽4号炉という）における安全上重要な構造物（重要度分類指針におけるPS-1, 2及びMS-1, 2に該当する構造物または該当する機器・構造物を支持する構造物）及び高温・高圧の環境下にあるクラス3の機器を支持する構造物の高経年化に係わる技術評価についてまとめたものである。

評価対象構造物の一覧を表1に示す。

なお、雑固体廃棄物焼却設備建屋（荒浜側）、所内ボイラー建屋、荒浜側補助ボイラー建屋及び使用済燃料輸送容器保管建屋は1～7号炉共通の構造物であるが、1号炉で技術評価を実施しているため、これらは4号炉対象構造物からは除外する。

本文中の単位の記載はSI単位系に基づくものとする。

表1 評価対象構造物一覧

名 称	重要度*
① 原子炉建屋（鉄筋コンクリート造，一部鉄骨鉄筋コンクリート造及び鉄骨造）	MS-1
② タービン建屋（鉄筋コンクリート造，一部鉄骨鉄筋コンクリート造及び鉄骨造）	PS-3(高温)
③ 海水熱交換器建屋（鉄筋コンクリート造，一部鉄骨造）	MS-1
④ 取水構造物（鉄筋コンクリート造）	MS-1
⑤ 非常用ガス処理系配管ダクト（鉄筋コンクリート造）	MS-1
⑥ 原子炉補機冷却水系配管ダクト（鉄筋コンクリート造）	MS-1
⑦ 排気筒（鉄骨造，一部鉄筋コンクリート造）	MS-1

\*：最上位の重要度を示す

# 1 コンクリート及び鉄骨構造物

[対象構造物]

- ① 原子炉建屋（鉄筋コンクリート造，一部鉄骨鉄筋コンクリート造及び鉄骨造）
- ② タービン建屋（鉄筋コンクリート造，一部鉄骨鉄筋コンクリート造及び鉄骨造）
- ③ 海水熱交換器建屋（鉄筋コンクリート造，一部鉄骨造）
- ④ 取水構造物（鉄筋コンクリート造）
- ⑤ 非常用ガス処理系配管ダクト（鉄筋コンクリート造）
- ⑥ 原子炉補機冷却水系配管ダクト（鉄筋コンクリート造）
- ⑦ 排気筒（鉄骨造，一部鉄筋コンクリート造）

## 目 次

1. 対象構造物の選定 .....	1
2. 対象構造物の技術評価 .....	10
2.1 構造, 材料及び使用条件 .....	10
2.2 経年劣化事象の抽出 .....	13
2.2.1 機能達成に必要な項目 .....	13
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 .....	13
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 .....	14
2.2.4 評価対象部位及び評価点の抽出 .....	15
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価 .....	23
2.3.1 コンクリートの強度低下 .....	23
2.3.2 コンクリートの遮へい能力低下 .....	36
3. 評価対象部位以外の部位への展開 .....	38

## 1. 対象構造物の選定

高経年化技術評価の対象となる機器・構造物は、「発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針（1990年8月30日原子力安全委員会決定）」に定める重要度分類クラス1, 2に該当する機器・構造物及びそれらを支持する構造物並びに高温・高圧の環境下にあるクラス3の機器及びそれを支持する構造物とされており、柏崎刈羽4号炉で使用されているコンクリート構造物及び鉄骨構造物のうち対象となる構造物を表1-1に示す。

また、抽出された対象構造物をコンクリート構造物と鉄骨構造物に整理し表1-2に、プラント配置図を図1-1に、対象構造物の平面図を図1-2に、断面図を図1-3に示す。

表 1-1 (1/2) 対象構造物の選定

安全重要度分類審査指針等に定める要求機能	クラス	主要設備	対象構造物
原子炉冷却材圧力バウンダリ機能	PS-1	原子炉圧力容器 原子炉冷却材圧力バウンダリ配管	原子炉建屋 原子炉建屋
過剰反応度の印加防止機能	PS-1	制御棒及び制御棒駆動系	原子炉建屋
炉心形状の維持機能	PS-1	炉心支持構造物	原子炉建屋
原子炉の緊急停止機能	MS-1	制御棒及び制御棒駆動系(スクラム機能)	原子炉建屋
未臨界維持機能	MS-1	原子炉停止系(制御棒, ほう酸水注入系)	原子炉建屋
原子炉停止後の除熱機能	MS-1	残留熱除去系 復水貯蔵槽 自動減圧系	原子炉建屋, 海水熱交換器建屋 原子炉補機冷却水系配管ダクト 原子炉建屋 原子炉建屋
炉心冷却機能	MS-1	低圧炉心スプレイ系 高圧炉心スプレイ系 自動減圧系	原子炉建屋, 海水熱交換器建屋 原子炉補機冷却水系配管ダクト 原子炉建屋, 海水熱交換器建屋 原子炉補機冷却水系配管ダクト 原子炉建屋
放射性物質の閉じ込め機能 放射線の遮へい及び放出低減機能	MS-1	原子炉格納容器 原子炉建屋 原子炉格納容器隔離弁 残留熱除去系 非常用ガス処理系 可燃性ガス濃度制御系 遮へい設備	原子炉建屋 原子炉建屋 原子炉建屋 原子炉建屋, 海水熱交換器建屋 原子炉補機冷却水系配管ダクト 原子炉建屋, 排気筒, 非常用ガス処理系配管ダクト 原子炉建屋 原子炉建屋
工学的安全施設及び原子炉停止系への作動信号の発生機能	MS-1	安全保護系	原子炉建屋

表 1-1 (2/2) 対象構造物の選定

安全重要度分類審査指針等に定める要求機能	クラス	主要設備	対象構造物
安全上特に重要な関連機能	MS-1	非常用ディーゼル発電機系 中央制御室及び中央制御室遮蔽 中央制御室非常用換気空調系 原子炉補機冷却水系 原子炉補機冷却海水系 直流電源系	原子炉建屋, 海水熱交換器建屋 原子炉補機冷却水系配管ダクト 原子炉建屋 原子炉建屋 原子炉建屋, 海水熱交換器建屋 原子炉補機冷却水系配管ダクト 海水熱交換器建屋, 取水構造物 原子炉建屋
原子炉冷却材を内蔵する機能	PS-2	原子炉冷却材浄化系	原子炉建屋
原子炉冷却材圧力バウンダリに直接接続されていないものであって、放射性物質を貯蔵する機能	PS-2	使用済燃料プール	原子炉建屋
燃料を安全に取り扱う機能	PS-2	燃料取替機 原子炉建屋クレーン 原子炉ウェル	原子炉建屋 原子炉建屋 原子炉建屋
燃料プール水の補給機能	MS-2	残留熱除去系	原子炉建屋
放射性物質放出の防止機能	MS-2	排気筒	排気筒
事故時のプラント状態の把握機能	MS-2	事故時監視計器	原子炉建屋
異常状態の緩和機能	MS-2	制御棒及び制御棒駆動系	原子炉建屋
制御室外からの安全停止機能	MS-2	制御室外原子炉停止装置	原子炉建屋
原子炉冷却材の循環機能	高*	制御棒駆動水圧系駆動水ポンプ	原子炉建屋
放射性物質の貯蔵機能	高*	廃棄物処理設備	原子炉建屋
プラント計測・制御機能（安全保護機能を除く）	高*	計装用圧縮空気系	タービン建屋
原子炉冷却材の補給機能	高*	制御棒駆動水圧系スクラム排出容器	原子炉建屋

\*：最高使用温度が 95 °C を超え、または最高使用圧力が 1,900 kPa を超える環境下にある原子炉格納容器外の重要度クラス 3 の機器

表 1-2 対象構造物

構 造		対象構造物	略称
コンクリート構造物	建物	原子炉建屋	R/B
		タービン建屋（タービン発電機架台含む）	T/B
		海水熱交換器建屋	Hx/B
	構築物	取水構造物	SP
		非常用ガス処理系配管ダクト	SGTS/D
		原子炉補機冷却水系配管ダクト	SWP/D
		排気筒（基礎部）	STACK
鉄骨構造物		原子炉建屋（鉄骨部）	R/B
		タービン建屋（鉄骨部）	T/B
		海水熱交換器建屋（鉄骨部）	Hx/B
		排気筒	STACK

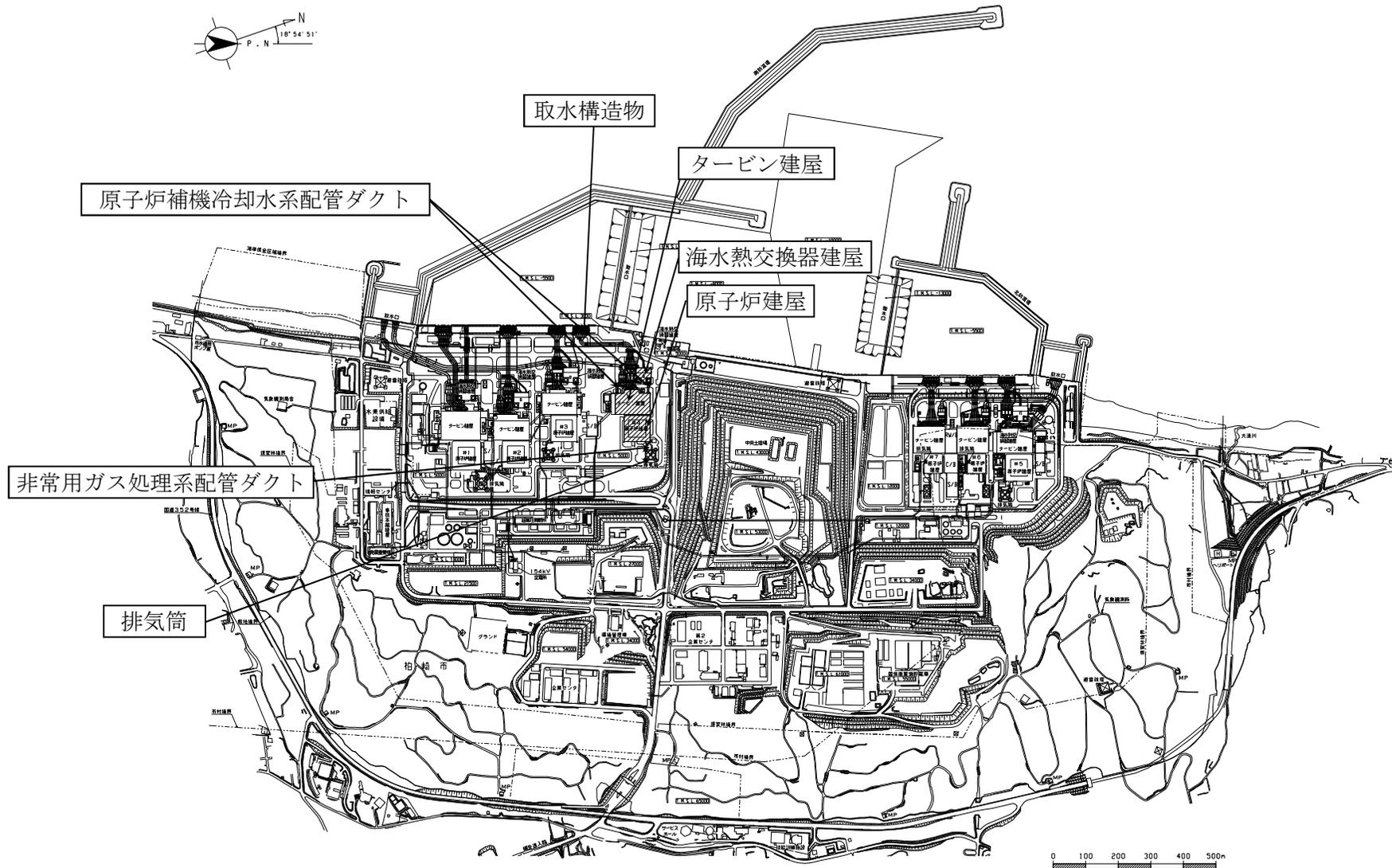
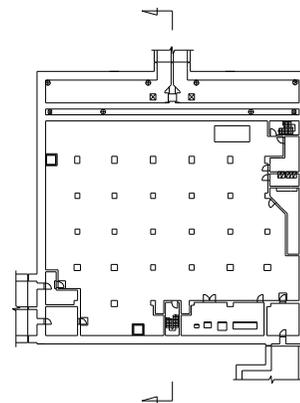
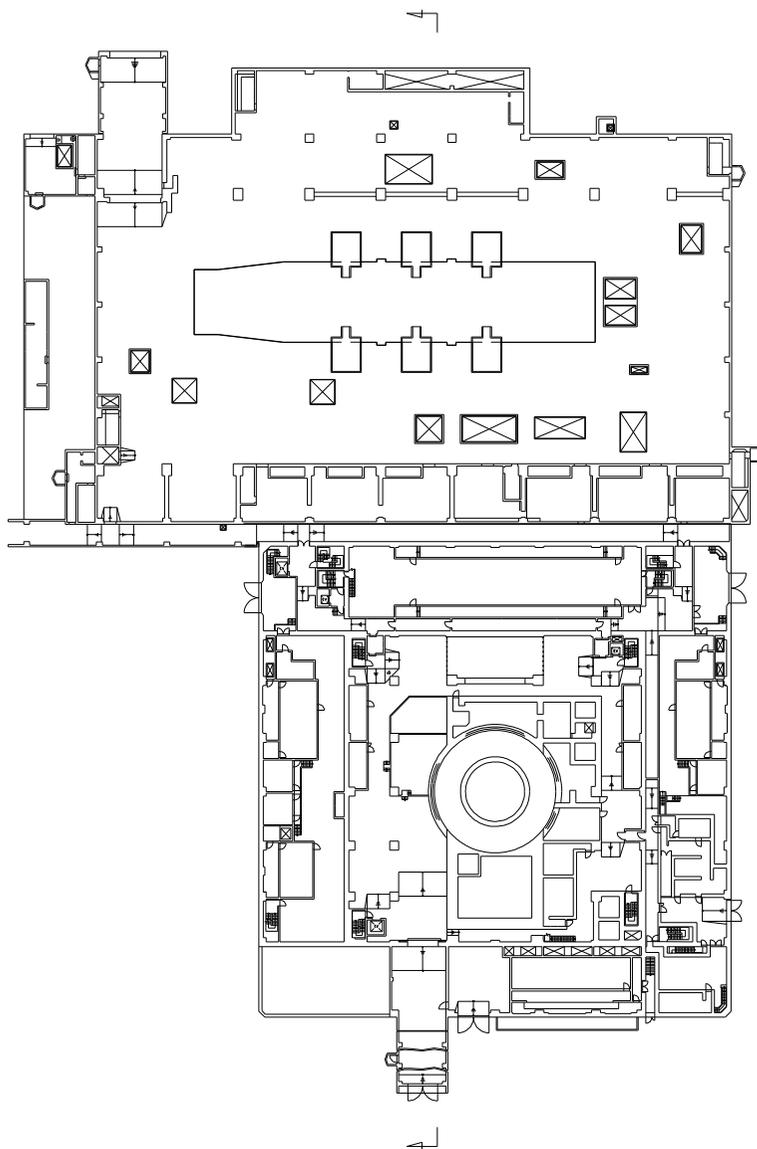


図 1-1 プラント配置図

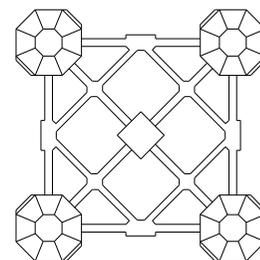


タービン建屋 1階



海水熱交換器建屋 地下2階

原子炉建屋 1階



排気筒 基礎平面図

図 1-2(1/2) 対象構造物の平面図

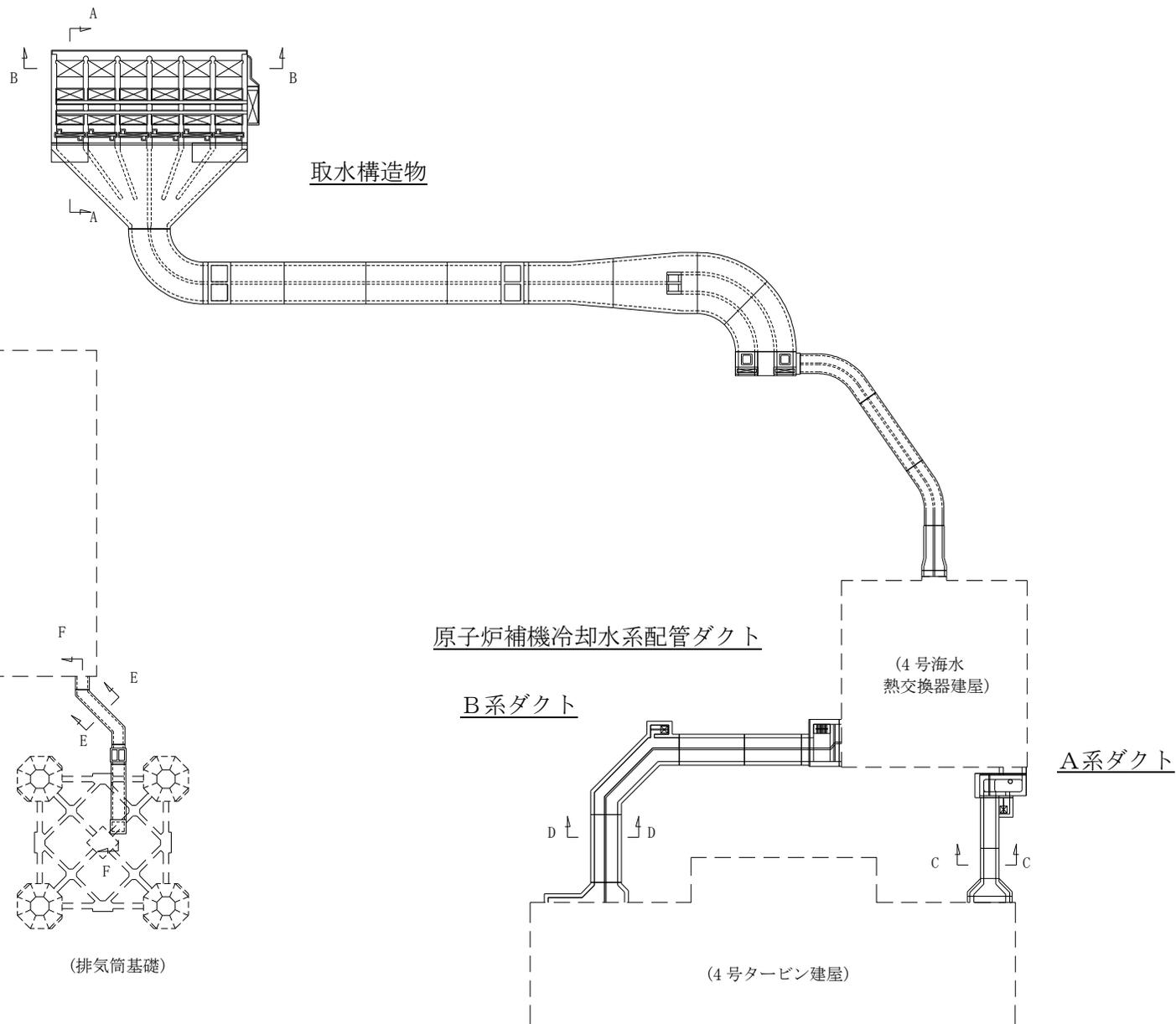
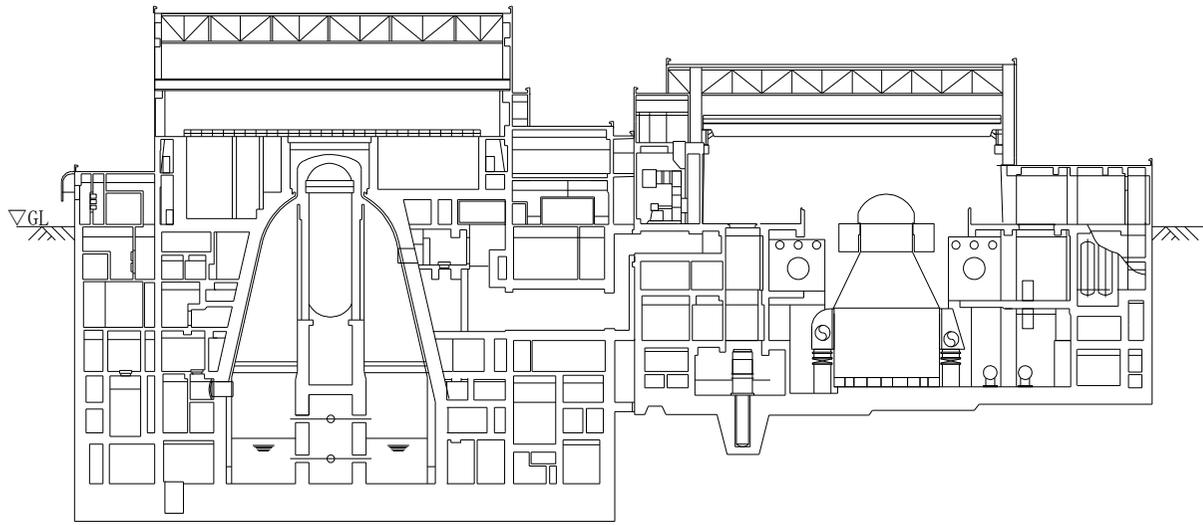
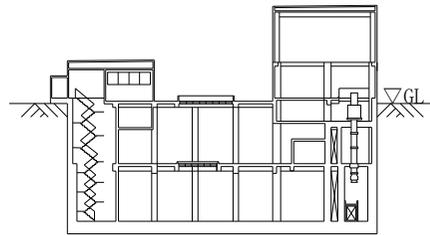


図 1-2 (2/2) 対象構造物の平面図

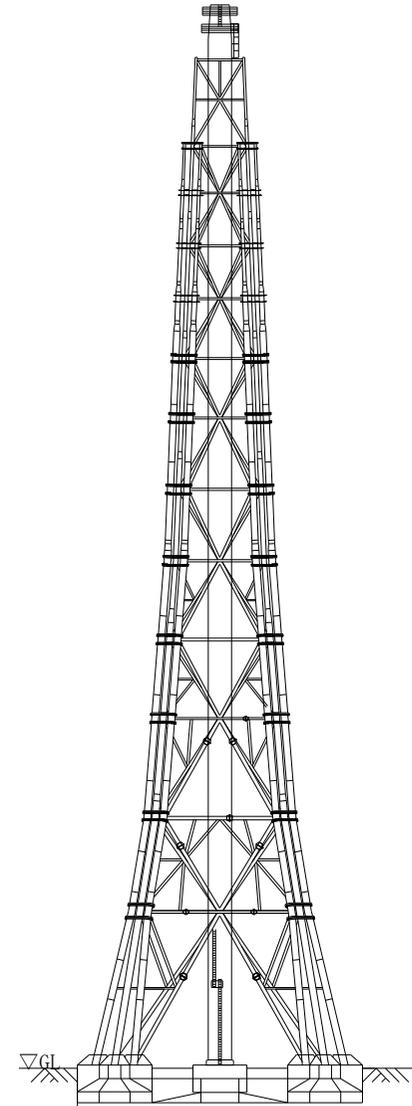


原子炉建屋

タービン建屋

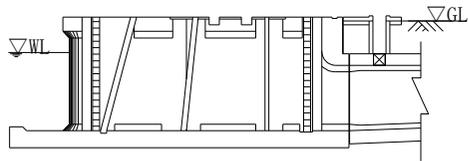


海水熱交換器建屋



排気筒  
南側立面図

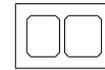
図 1-3(1/2) 対象構造物の断面図



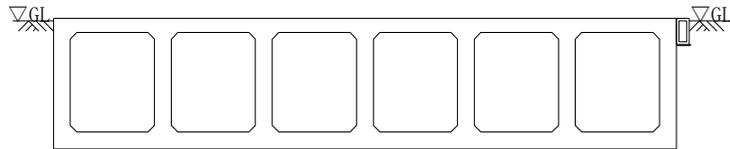
取水構造物  
A-A断面図



原子炉補機冷却水系配管ダクトA系  
C-C断面図



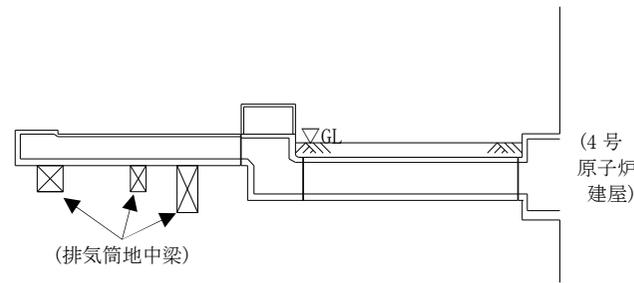
原子炉補機冷却水系配管ダクトB系  
D-D断面図



取水構造物  
B-B断面図



非常用ガス処理系配管ダクト  
E-E断面図



非常用ガス処理系配管ダクト  
F-F断面図

図 1-3(2/2) 対象構造物の断面図

## 2. 対象構造物の技術評価

本章では、「1. 対象構造物の選定」で選定した対象構造物について技術評価を実施する。

### 2.1 構造，材料及び使用条件

#### (1) 構造

##### a. 鉄筋コンクリート構造及び鉄骨鉄筋コンクリート構造

鉄筋コンクリート構造及び鉄骨鉄筋コンクリート構造は，必要な強度を確保するために，圧縮力には強いが引張力に弱いコンクリート（セメントに骨材（砂，砂利等），水及び混和材料を調合したもの）を，引張力に強い鉄筋または鉄骨で補強した構造である。

##### b. 鉄骨構造

鉄骨構造は，構造用形鋼を溶接またはボルトにて接合した構造である。鉄骨構造物の柱脚部はコンクリート基礎にアンカーボルトで定着しているか，または埋め込んでいる。

#### (2) 材料及び使用条件

対象構造物における使用材料の代表例を表 2.1-1 に，発電所の屋外環境を表 2.1-2 に示す。

また，対象構造物のうち，コンクリート構造物の設計基準強度及びかぶり厚さを表 2.1-3 に示す。

コンクリートの使用条件については，設計基準強度確保の観点から（社）日本建築学会「原子炉建屋構造設計指針・同解説（1988）」において，局部では 90℃以下，一般部では 65℃以下という温度の基準が定められている。

表 2.1-1 鉄筋コンクリート構造物及び鉄骨構造物における使用材料の代表例

			材 料	
コン ク リ ー ト	骨 材	粗骨材	建 物	新潟県信濃川水系長岡産，川砂利
			構 築 物	新潟県信濃川水系長岡産，川砂利
		細骨材	建 物	新潟県信濃川水系長岡産，川砂
			構 築 物	新潟県信濃川水系長岡産，川砂 現地砂
	セメント	建 物	普通ポルトランドセメント	
		構 築 物	普通ポルトランドセメント	
	混 和 材	建 物	フライアッシュ	
		構 築 物	フライアッシュ	
	混 和 剤	建 物	A E 減水剤，流動化剤	
		構 築 物	A E 剤，A E 減水剤	
	鉄 筋	建 物	異形棒鋼（SD35）	
		構 築 物	異形棒鋼（SD35）	
鉄 骨	鋼 材	建 物	炭素鋼（SS41，SM41A，SM50A）	
		構 築 物	炭素鋼（STK50，STK41，SMA41A）*	
塗 料	コンクリート外部	建 物	弾性吹付塗料	
	コンクリート内部	建 物	エポキシ樹脂塗料，塩化ビニール樹脂塗料	
	鋼 材 部	建 物	合成樹脂塗料	
		構 築 物	ウレタン樹脂塗料*，エポキシ樹脂塗料*	

\*：排気筒に使用

表 2.1-2 屋外環境

平均気温	13.9 °C <sup>*1</sup>
平均相対湿度	72 %RH <sup>*1</sup>
平均炭酸ガス濃度	約 410 ppm <sup>*2</sup>

\*1 : 1991 年～2020 年までの新潟気象官署 年平均値 (理科年表 2023 年版)

\*2 : 発電所構内外気測定結果平均 (2021 年 2 月～2022 年 2 月の測定結果より保守的に設定)

表 2.1-3 コンクリート構造物の設計基準強度及びかぶり厚さ

	対象構造物	設計基準強度 (N/mm <sup>2</sup> )	かぶり厚さ (cm)
建 物	原子炉建屋	32.3 [330 kgf/cm <sup>2</sup> ]	4.0
	タービン建屋	32.3 [330 kgf/cm <sup>2</sup> ]	4.0
	タービン発電機架台	32.3 [330 kgf/cm <sup>2</sup> ]	4.0
	海水熱交換器建屋	32.3 [330 kgf/cm <sup>2</sup> ]	4.0
構築物	取水構造物	23.5 [240 kgf/cm <sup>2</sup> ]	8.4
	非常用ガス処理系配管ダクト	23.5 [240 kgf/cm <sup>2</sup> ]	9.0
	原子炉補機冷却水系 配管ダクトA系	23.5 [240 kgf/cm <sup>2</sup> ]	8.9
	原子炉補機冷却水系 配管ダクトB系	23.5 [240 kgf/cm <sup>2</sup> ]	8.7
	排気筒(基礎部)	23.5 [240 kgf/cm <sup>2</sup> ]	7.0

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機能達成に必要な項目

対象構造物のうちコンクリート構造物に要求される機能は、支持機能と遮へい機能であり、鉄骨構造物に要求される機能は支持機能である。これらの機能を維持するためには、次の3つの項目が必要である。

- ① コンクリート強度の維持
- ② コンクリート遮へい能力の維持
- ③ 鉄骨強度の維持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

「2.2.1 機能達成に必要な項目」であげた機能に影響を及ぼすことが否定できない経年劣化事象として、コンクリートの強度低下及び遮へい能力低下並びに鉄骨の強度低下が考えられ、これらを高経年化対策上着目すべき経年劣化事象として選定した。

また、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象を引き起こす可能性がある要因の中から、対象構造物の構造、材料、環境及び現在までの運転経験を考慮し、想定される経年劣化要因を抽出した。その結果を表 2.2-1 に示す。

#### (2) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

想定される経年劣化事象のうち主要6事象に該当する事象及び下記①、②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。また、下記①、②に該当する事象については、2.2.3項に示すとおり、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

- ① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△）
- ② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲）

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象として以下の事象を抽出した（表 2.2-1 で○）。

- a. コンクリートの強度低下（熱、放射線照射、中性化、塩分浸透、機械振動）
- b. コンクリートの遮へい能力低下（熱）

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

#### a. コンクリートの強度低下

##### ① アルカリ骨材反応

アルカリ骨材反応は、コンクリート中に含まれるアルカリ性の水溶液と、骨材中に含まれる反応性珪物の化学反応である。このとき生成されたアルカリ・シリカゲルが周囲の水を吸収し膨張すると、コンクリート表面にひび割れが生じ、コンクリート構造物としての健全性が損なわれる可能性がある。

当該部の骨材は、1989年に新潟県信濃川水系長岡産の粗骨材（川砂利）、新潟県信濃川水系長岡産の細骨材（川砂）及び現地砂について、モルタルバー法（JASS 5N T-201）による反応性試験を実施した。その結果、膨張率は「材齢6カ月で0.100%以下」の判定基準に対し、粗骨材で最大で0.024%、細骨材で最大で0.048%と小さく、無害と判定された。

また、定期的な目視点検を実施しているが、アルカリ骨材反応に起因するひび割れは確認されていない。

以上より、アルカリ骨材反応については、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

##### ② 凍結融解

コンクリート中の水分が凍結し、それが気温の上昇や日射を受けることにより融解するという凍結と融解を繰り返すことでコンクリートにひび割れが生じ、コンクリート構造物としての健全性が損なわれる可能性がある。

コンクリート構造物では、定期的な目視点検を実施しているが、凍結融解に起因するひび割れは認められていない。また、（社）日本建築学会「建築工事標準仕様書・同解説 JASS5 鉄筋コンクリート工事（2022）」に示されている解説図 26.1（凍害危険度の分布図）によると、柏崎刈羽4号炉の周辺地域は凍結融解の危険性がない地域に該当している。したがって、凍結融解は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### b. 鉄骨の強度低下

##### ① 腐食

一般的に、鋼材は大気中の酸素及び水分と化学反応を起こして腐食する。腐食は、海塩粒子等により促進され、進行すると鋼材の断面欠損に至り、鉄骨構造物としての健全性が損なわれる可能性がある。

鉄骨構造物については、定期的な目視点検を行い、鋼材の腐食に影響する塗膜の劣化等が認められた場合には、補修塗装を施すことによって健全性を確保している。

このため、鋼材の腐食が大きく進展することはない。したがって、今後も現状保全を継続することで、鉄骨構造物の強度低下が急激に発生する可能性はないことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

## ② 風等による疲労

風等の繰り返し荷重が継続的に鉄骨構造物に作用することにより、疲労による損傷が蓄積され、鉄骨部材あるいは接合部の健全性が損なわれる可能性がある。鉄骨構造物のうち、風による繰り返し荷重を受ける排気筒が評価対象構造物として考えられる。

鉄骨構造物の風等による繰り返し荷重に対する評価は、(社)日本建築学会「鋼構造許容応力度設計規準(2019)」に示されている評価式により、発電所近傍の気象官署で計測された風に関する記録に基づき算定した応力範囲が、運転開始後40年時点においても、許容疲労強さよりも小さいことを確認し、疲労を考慮する必要はないと評価した。

なお、柏崎刈羽4号炉の排気筒は、これまでの目視点検でも疲労割れは確認されておらず、今後もこれらの風等の繰り返し荷重による疲労が大きく変化する要因があるとは考え難い。

以上より、鉄骨の風等による疲労については、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- (2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。

## 2.2.4 評価対象部位及び評価点の抽出

評価対象部位及び評価点は、評価すべき経年劣化要因毎に材料及び事象の進展に影響を与える環境を考慮して抽出する。

評価対象部位を表2.2-1及び図2.2-1に示す。

### a. コンクリートの強度低下

#### ① 熱

評価対象部位は、通常運転時に雰囲気温度が高く、高温の原子炉圧力容器近傍に位置する原子炉ペDESTALコンクリートとする。

原子炉ペDESTALは、鋼板構造の円筒部と鉄筋コンクリート構造の中間スラブにより構成されていることから、評価点は、原子炉ペDESTALのコンクリート構造部のうち、最も高温になると考えられる中間スラブ上面とする。

## ② 放射線照射

評価対象部位は、原子炉压力容器近傍に位置し、運転時に中性子照射量及びガンマ線照射量が最も大きいと考えられる一次遮へい壁とする。

評価点は、一次遮へい壁内面とする。

## ③ 中性化

中性化の進展に影響を及ぼす要因としては、環境要素（二酸化炭素濃度、温度、相対湿度）と仕上げ材（塗装等）の有無が考えられる。

一般的に、二酸化炭素濃度や温度が高いほど中性化が進展すると言われており、相対湿度については（社）日本建築学会「高耐久性鉄筋コンクリート造設計施工指針（案）・同解説（1991）」で、「相対湿度が40～50 %RH程度のときに最大となり、それより湿っても、乾燥しても中性化速度は遅くなる」とされている。

また、仕上げ材の有無については、仕上げ材が中性化の進展を抑制することから、仕上げ材がない部位の方が厳しい条件となる。

中性化の評価対象部位は、屋外と屋内では、鉄筋位置に対する中性化深さと鉄筋腐食の開始の関係が異なることから、建物の屋内、屋外及び構築物に対して評価対象部位を各々抽出する。

屋内の評価対象部位抽出にあたり、2021～2022年に原子炉建屋、タービン建屋及び海水熱交換器建屋の環境測定を行った結果、温度は原子炉建屋の非常用ディーゼル発電機室（27.0℃）が、二酸化炭素濃度は原子炉建屋の機器搬出入口（565ppm）が最も高い値であった。また、湿度はタービン建屋の電気品室が40～50%RHに近い値（41.9 %RH）であった。

この環境測定結果をもとに、仕上げ材の有無も考慮して、中性化が進展しやすい環境下にあると想定される複数箇所を選定し、2023年に中性化深さを測定した。

各建物の屋内において最大となる中性化深さの平均値を表2.2-2に示す。屋内の中性化深さの平均値が最も大きい箇所は、タービン建屋オペレーティングフロア（仕上げ材無し）で2.7 cm（2023年測定、運転開始後28年時点）であった。

以上の結果と各建物のかぶり厚さは同一であることを踏まえ、建物の屋内においてはタービン建屋内壁を評価対象部位とする。評価点は、中性化深さの平均値が最大となったタービン建屋オペレーティングフロア壁とする。

また、屋外と屋内では、雨掛かりの部分の有無によって鉄筋位置に対する中性化深さと鉄筋腐食の開始の関係が異なるため、屋外についても評価対象部位を選定する。各対象構造物における屋外環境は、ほぼ同一であるが、屋外の評価対象部位抽出にあたり、2023年に各構造物の中性化深さを測定した。その結果を表2.2-2に示す。建物の屋外の中性化深さの平均値が最も大きい箇所は、原子炉建屋外壁（仕上げ材有り）の0.5 cm（2023年測定、運転開始後28年時点）であつ

た。

以上の結果と各建物のかぶり厚さは同一であることを踏まえ、建物の屋外においては原子炉建屋外壁を評価対象部位とする。評価点は、中性化深さの平均値が最大となった原子炉建屋1階東側外壁とする。

各構築物の中性化深さの平均値を表 2.2-2 に示す。構築物の中性化深さの平均値が最も大きい箇所は、原子炉補機冷却水系配管ダクトA系内壁（仕上げ材無し）の 2.1 cm（2022 年測定、運転開始後 27 年時点）であった。

以上の結果とかぶり厚さの相違を考慮して、構築物においては原子炉補機冷却水系配管ダクトA系、原子炉補機冷却水系配管ダクトB系及び排気筒（基礎部）を評価対象部位とし、評価点は、原子炉補機冷却水系配管ダクトA系内壁、原子炉補機冷却水系配管ダクトB系内壁及び排気筒北西基礎とする。

#### ④ 塩分浸透

海側に面する壁を有する建物を対象として、2023 年に塩化物イオン濃度の測定を行った結果、建物の鉄筋位置における平均塩化物イオン濃度は、原子炉建屋外壁で 0.0040 %、タービン建屋外壁で 0.0053 %、海水熱交換器建屋外壁で 0.0047 %、排気筒基礎部で 0.0040 %であった。

以上の結果を踏まえ、建物についてはタービン建屋外壁を評価対象部位とする。評価点は、鉄筋位置における平均塩化物イオン濃度が最大となったタービン建屋1階西側外壁とする。

構築物においては、海水や飛沫の影響により最も厳しい塩分浸透環境下にある取水構造物を対象として、2022 年に塩化物イオン濃度の測定を行った結果、鉄筋位置における平均塩化物イオン濃度は、気中帯内壁で 0.0040 %、干満帯内壁で 0.0068 %、海中帯内壁で 0.0042 %であった。

構築物については、取水構造物内壁を評価対象部位とする。評価点は、塩分浸透環境を考慮し、気中帯、干満帯及び海中帯とする。

#### ⑤ 機械振動

評価対象部位は、プラント停止中に機械振動を受ける構造物のうち、最も大きな機械振動を受ける非常用ディーゼル発電設備基礎コンクリートとする。

評価点は、機械振動荷重を直接受ける機器支持部とする。

b. コンクリートの遮へい能力低下

① 熱

評価対象部位は、放射線の遮へい能力が要求されるガンマ線遮へい壁及び一次遮へい壁のうち、原子炉圧力容器近傍に位置し、運転時に照射量の最も大きいガンマ線遮へい壁とする。

評価点は、ガンマ線遮へい壁の炉心領域部とする。

表 2.2-1 想定される経年劣化事象と評価対象部位

構造種別		コンクリート構造物							鉄骨構造物			備考
経年劣化事象		強度低下							遮へい能力 低下	強度低下		
要因		熱	放射線 照射	中性化	塩分 浸透	アルカリ 骨材反応	凍結 融解	機械 振動	熱	腐食	風等による 疲労	
対 象 構 造 物	原子炉建屋	○*1	○*2	○*4	○	△	△	○*6	○*7	△*8		
	タービン建屋	○	○	○*3	○*4	△	△	○		△*8		
	海水熱交換器建屋	○		○	○	△	△	○		△*8		
	取水構造物			○	○*3	△	△					
	非常用ガス処理系 配管ダクト			○	○	△	△					
	原子炉補機冷却水系 配管ダクト			○*3	○	△	△					
	排気筒			○*5	○	△	△			△*8	△	

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象でない事象（日常劣化管理事象）

\*：評価対象部位

\*1：原子炉ペデスタル  
\*2：一次遮へい壁  
\*3：内壁  
\*4：外壁  
\*5：基礎  
\*6：非常用ディーゼル発電  
設備基礎  
\*7：ガンマ線遮へい壁  
\*8：鉄骨部

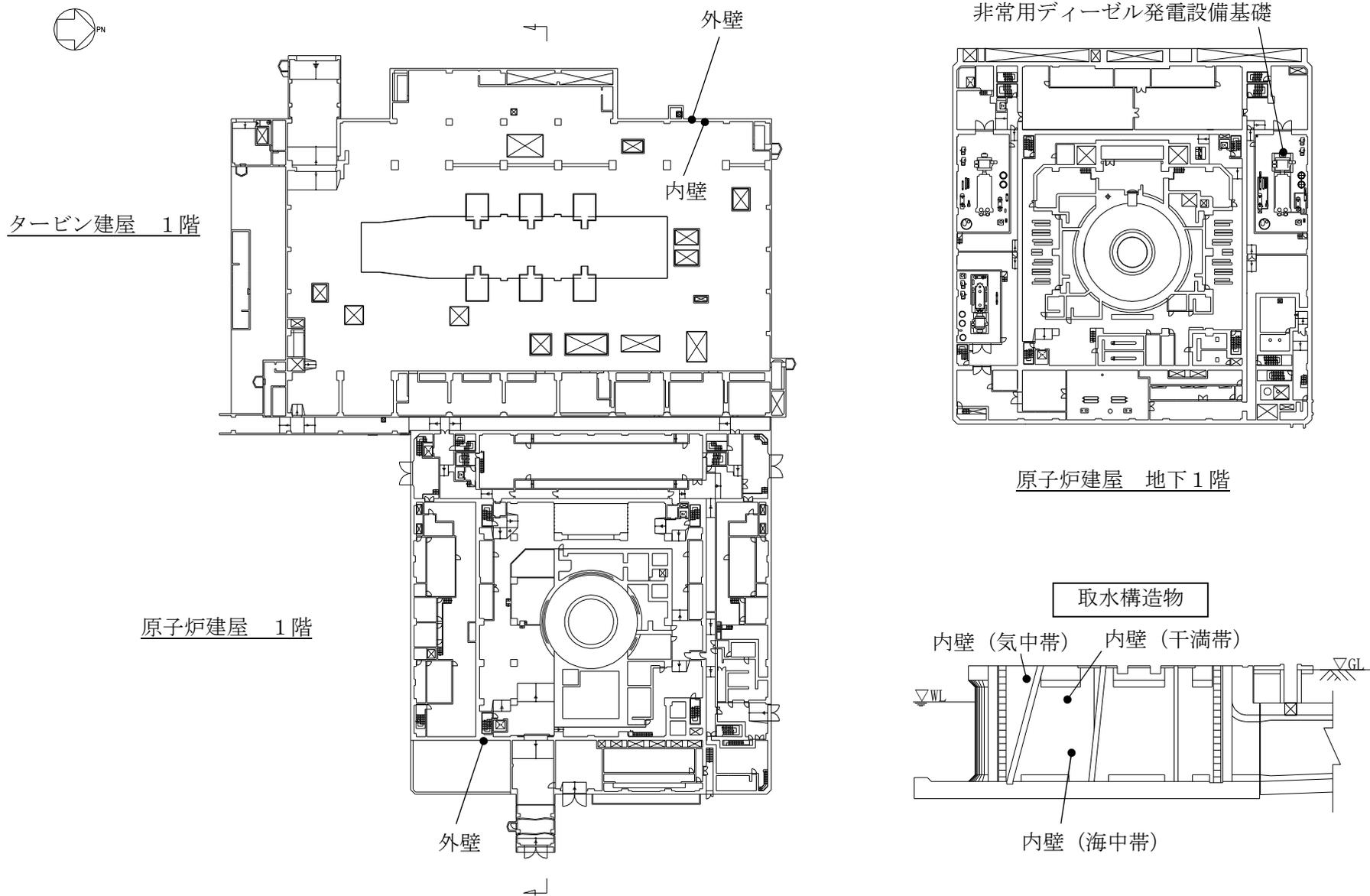


図 2.2-1(1/2) 評価対象部位の概要

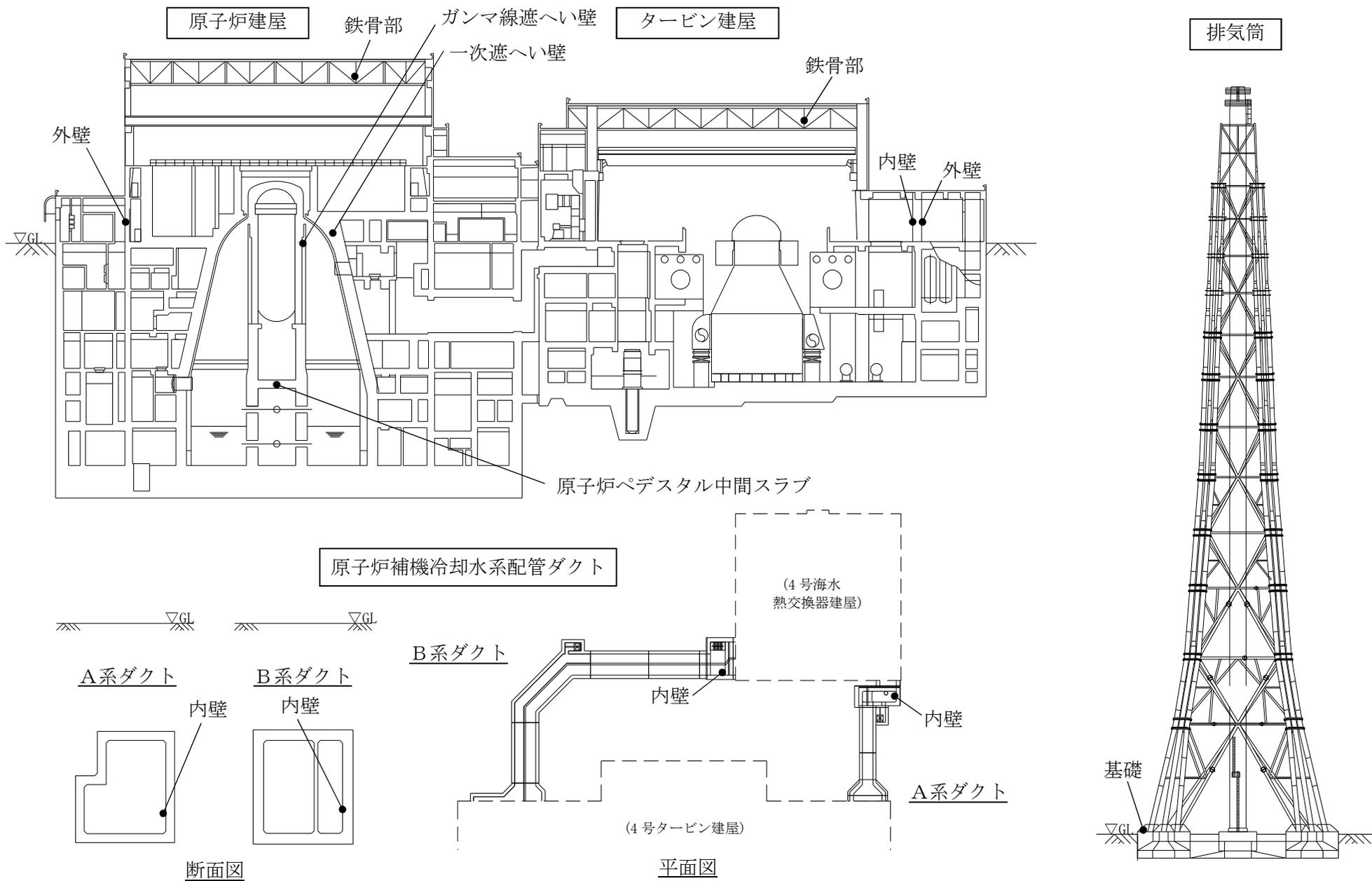


図 2.2-1(2/2) 評価対象部位の概要

表 2.2-2 コンクリートの中性化深さ実測値及び評価対象部位の選定

環境	種別	対象構造物	測定位置	運転開始 または 使用開始 年月	調査時点の中性化深さ			かぶり 厚さ (cm)	選定
					調査時期	経過年数	実測値 (cm)		
屋内	建物	原子炉建屋	北側通路	1994年 8月	2023年3月	28年	1.1	4.0	
		タービン建屋	ホーレーティング フロア				2.7	4.0	○
		海水熱交換器 建屋	RCW 熱交換器室				1.6	4.0	
屋外	建物	原子炉建屋	1階 東側外壁	1994年 8月	2023年3月	28年	0.5	4.0	○
		タービン建屋	1階 北側外壁				0.4	4.0	
		海水熱交換器 建屋	1階 北側外壁				0.1	4.0	
	構築物	取水構造物	気中帯 内壁	1994年 8月	2022年6月	27年	0.4	8.4	
		非常用ガス処理 系配管ダクト	ダクト内壁				1.0	9.0	
		原子炉補機冷却水 系配管ダクトA系	ダクト内壁				2.1	8.9	○
		原子炉補機冷却水 系配管ダクトB系	ダクト内壁				1.3	8.7	○
	排気筒（基礎部）	北西基礎		2023年3月	28年	0.1	7.0	○	

## 2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

### 2.3.1 コンクリートの強度低下

コンクリート構造物については、建設時にコンクリート強度が設計基準強度を十分上回っていることを確認している。

また、現状のコンクリート強度の確認例として、コンクリート構造物から採取した供試体の圧縮強度試験を行った結果を、表 2.3-1 に示す。平均圧縮強度は設計基準強度を十分上回っている。

表 2.3-1 コンクリートの圧縮強度試験結果

対象構造物	評価対象部位	実施時期 (経過年数)	平均圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	設計基準強度 (N/mm <sup>2</sup> )
原子炉建屋	静止形冷却材再循環 ポンプ電源装置室内 壁	2023 年 3 月 (28 年)	36.8	32.3 [330 kgf/cm <sup>2</sup> ]
	1 階東側外壁		50.7	
タービン建屋	タービン発電機架台		44.1	32.3 [330 kgf/cm <sup>2</sup> ]
	1 階北側外壁		45.6	
海水熱交換器建屋	RCW 熱交換器室内壁		56.4	32.3 [330 kgf/cm <sup>2</sup> ]
	1 階北側外壁		53.0	
取水構造物	気中帯内壁	2022 年 6 月 (27 年)	52.2	23.5 [240 kgf/cm <sup>2</sup> ]
非常用ガス処理系 配管ダクト	ダクト内壁		58.6	23.5 [240 kgf/cm <sup>2</sup> ]
原子炉補機冷却水 系配管ダクト A 系	ダクト内壁		38.1	23.5 [240 kgf/cm <sup>2</sup> ]
原子炉補機冷却水 系配管ダクト B 系	ダクト内壁		39.4	23.5 [240 kgf/cm <sup>2</sup> ]
排気筒	北西基礎	2023 年 3 月 (28 年)	59.6	23.5 [240 kgf/cm <sup>2</sup> ]

(1) 熱による強度低下

a. 事象の説明

コンクリートが熱を受けると、温度条件によってはコンクリート中の水分の逸散を伴う乾燥に起因する微細なひび割れ、あるいは水分の移動に起因する空隙の拡大等により、強度が低下する可能性がある。

対象構造物の中には熱を受ける部位があるため、経年劣化に対する評価が必要である。

なお、冷温停止維持の状態においては、熱による強度に対する影響はないと判断する。

b. 技術評価

① 健全性評価

一般にコンクリートの温度が 70 °C 程度では、コンクリートの基本特性に大きな影響を及ぼすような自由水の逸散は生じず、100 °C 以下では圧縮強度の低下は小さい。コンクリート温度が 190 °C 付近では結晶水が解放され始め、さらに高温になると脱水現象が著しくなるため、コンクリートの特性に影響が出始めるとされている（（社）日本機械学会「発電用原子力設備規格 コンクリート製原子炉格納容器規格（2014）」）。

また、（社）日本建築学会「原子炉建屋構造設計指針・同解説（1988）」において、コンクリートの温度制限値は設計基準強度確保の観点から、局部では 90 °C、一般部では 65 °C と定められている。原子炉建屋においては、通常運転時に最も高温状態となる部位として原子炉圧力容器を支持する原子炉ペDESTAL が考えられるが、温度分布解析の結果は、鉄筋コンクリート構造である中間スラブ上面で最大約 57 °C となり、コンクリートの温度制限値以下であることを確認している。

さらに、長期加熱やサイクル加熱によってコンクリート強度が低下しないことは、長尾らの実験によっても確かめられており、図 2.3-1 に示すとおり長期加熱後のコンクリートの圧縮強度については、65～110 °C で 3.5 年間加熱した場合でも強度低下は見られないことが報告されている。

また、図 2.3-2 に示すようにサイクル加熱後のコンクリートの圧縮強度は、20～110 °C で 120 回サイクル加熱した場合にも長期加熱後と同様に、圧縮強度に大きな変化は見られない。これらは加熱期間が最長 3.5 年のコンクリート供試体を用いた実験であるが、1 年加熱と概ね同様な結果を示しており、高温加熱による圧縮強度の変化は加熱開始後比較的初期に収束すると推察されている。

以上から、熱によるコンクリートの強度低下は、高経年化技術評価上問題とならない。

なお、本事象は冷温停止維持の状態において、通常運転時の温度分布解析結果である最大約 57 °C を上回ることではないため、運転開始後 40 年時点においてもコンクリートへの熱の影響はないと判断する。

## ② 現状保全

原子炉ペDESTALコンクリートについては、構造上、立ち入ることができないため、目視点検等は実施していない。しかし、原子炉ペDESTALコンクリートに近く、他の部位より熱の影響を受けていると思われる一次遮へい壁コンクリートにおいて、構造物の健全性維持の観点から、定期的にコンクリート表面の目視点検を実施している。

目視点検の結果、ひび割れ幅等から評価し、補修が必要となるひび割れ等が確認された場合は、構造上問題となるひび割れ等の即時補修が必要な場合を除き、その経過を継続的に監視しつつ、点検実施後数年以内を目途に補修を計画、実施している。

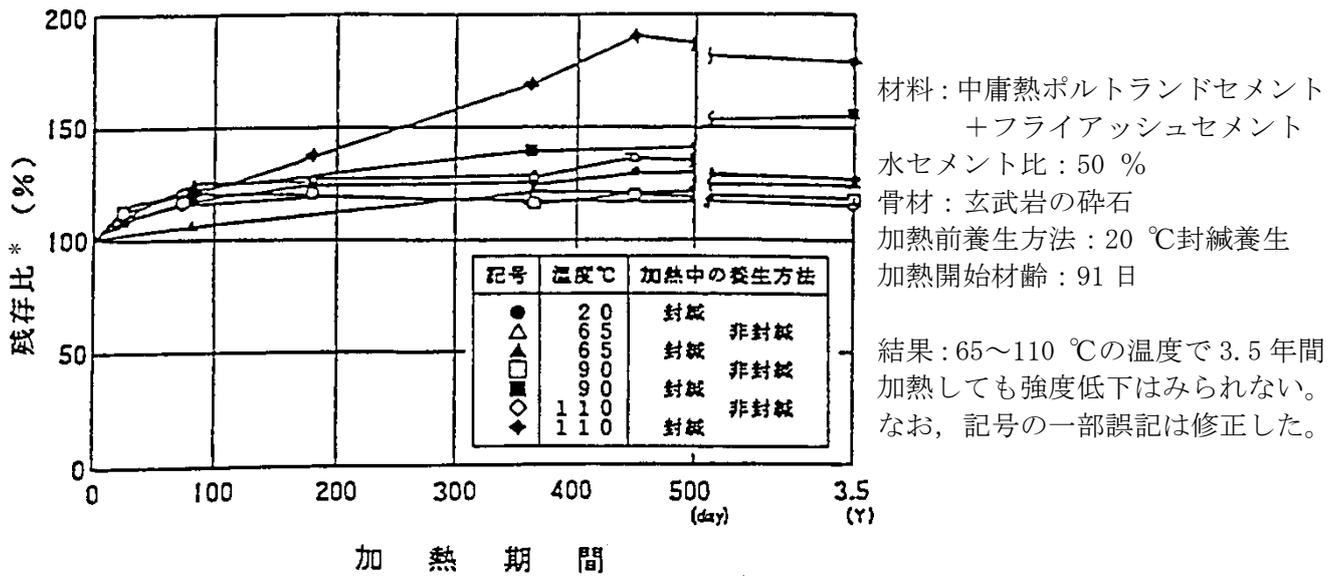
## ③ 総合評価

健全性評価結果から判断して、今後、強度低下が急激に発生する可能性は小さい。

また、定期的な目視点検により補修対象となったひび割れ等の補修を計画、実施しており、現状の保全方法は、コンクリート構造物の健全性を維持する上で適切である。

## c. 高経年化への対応

熱によるコンクリート構造物の強度低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に対し追加すべき項目はなく、今後も現状保全を継続していく。



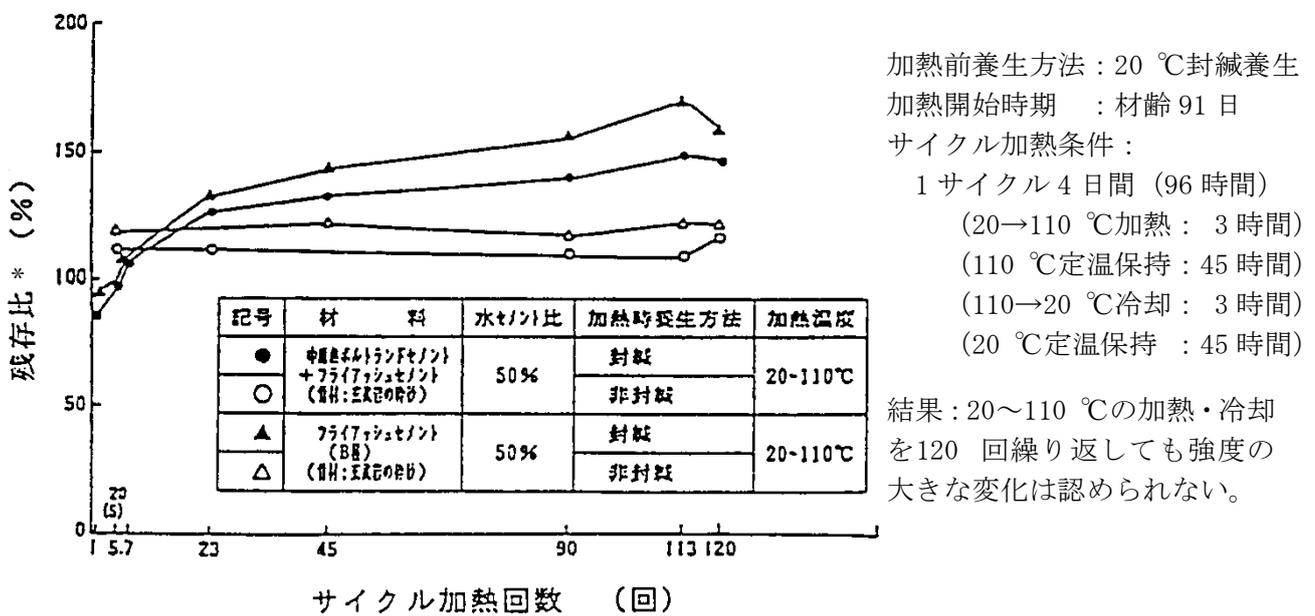
材料：中庸熱ポルトランドセメント  
 +フライアッシュセメント  
 水セメント比：50 %  
 骨材：玄武岩の砕石  
 加熱前養生方法：20℃封蔵養生  
 加熱開始材齢：91日

結果：65～110℃の温度で3.5年間加熱しても強度低下はみられない。  
 なお、記号の一部誤記は修正した。

\*：加熱開始直前の圧縮強度に対する加熱後の圧縮強度の比

(出典) 長尾他，第48回セメント技術大会講演集 1994  
 「熱影響場におけるコンクリートの劣化に関する研究」

図 2.3-1 長期加熱後のコンクリート圧縮強度の変化



加熱前養生方法：20℃封蔵養生  
 加熱開始時期：材齢91日  
 サイクル加熱条件：  
 1 サイクル4日間(96時間)  
 (20→110℃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)

結果：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。

\*：加熱開始直前の圧縮強度に対する加熱後の圧縮強度の比

(出典) 長尾他，第48回セメント技術大会講演集 1994  
 「熱影響場におけるコンクリートの劣化に関する研究」

図 2.3-2 サイクル加熱後のコンクリート圧縮強度の変化 (20～110℃)

(2) 放射線照射による強度低下

a. 事象の説明

コンクリートが中性子照射やガンマ線照射を受けると、照射量によっては、コンクリートの強度が低下する可能性がある。

対象構造物の中には放射線照射を受ける部位があるため、経年劣化に対する評価が必要である。

なお、冷温停止維持の状態においては、中性子やガンマ線の発生はほとんど無く、放射線照射による強度に対する影響はないと判断する。

b. 技術評価

① 健全性評価

中性子照射と強度の関係に関しては、従来 Hilsdorf 他の文献における「中性子照射したコンクリートの圧縮強度 (fcu) と照射しないコンクリートの圧縮強度 (fcuo) の比」を参照していたが、小嶋他の文献における試験結果を踏まえた最新の知見によると、コンクリートの圧縮強度は、およそ  $1 \times 10^{19}$  n/cm<sup>2</sup> の中性子照射量 ( $E > 0.1$  MeV) から低下する可能性が確認されている。

運転開始後 40 年時点で予想される中性子照射量 ( $E > 0.1$  MeV) は、放射線照射量解析の結果、一次遮へい壁内面において  $9.23 \times 10^{14}$  n/cm<sup>2</sup> であり、 $1 \times 10^{19}$  n/cm<sup>2</sup> の中性子照射量 ( $E > 0.1$  MeV) を越えることはないと推定され、中性子照射によるコンクリート強度への影響はないものと判断する。

一方、ガンマ線照射量と強度との関係についても Hilsdorf 他の文献によると、ガンマ線照射量が  $2.0 \times 10^{10}$  rad 以下では有意な強度低下は見られない (図 2.3-3)。

運転開始後 40 年時点で予想されるガンマ線照射量は、放射線照射量解析の結果、一次遮へい壁内面において  $9.63 \times 10^5$  rad であり、 $2.0 \times 10^{10}$  rad を越えることはないと推定され、ガンマ線照射によるコンクリート強度への影響はないものと判断する。

以上から、放射線照射によるコンクリートの強度低下は、高経年化技術評価上問題とならない。

② 現状保全

コンクリート構造物の健全性維持の観点から、定期的にコンクリート表面の目視点検を実施している。目視点検の結果、ひび割れ幅等から評価し、補修が必要となるひび割れ等が確認された場合は、構造上問題となるひび割れ等の即時補修が必要な場合を除き、その経過を継続的に監視しつつ、点検実施後数年以内を目途に補修を計画、実施している。

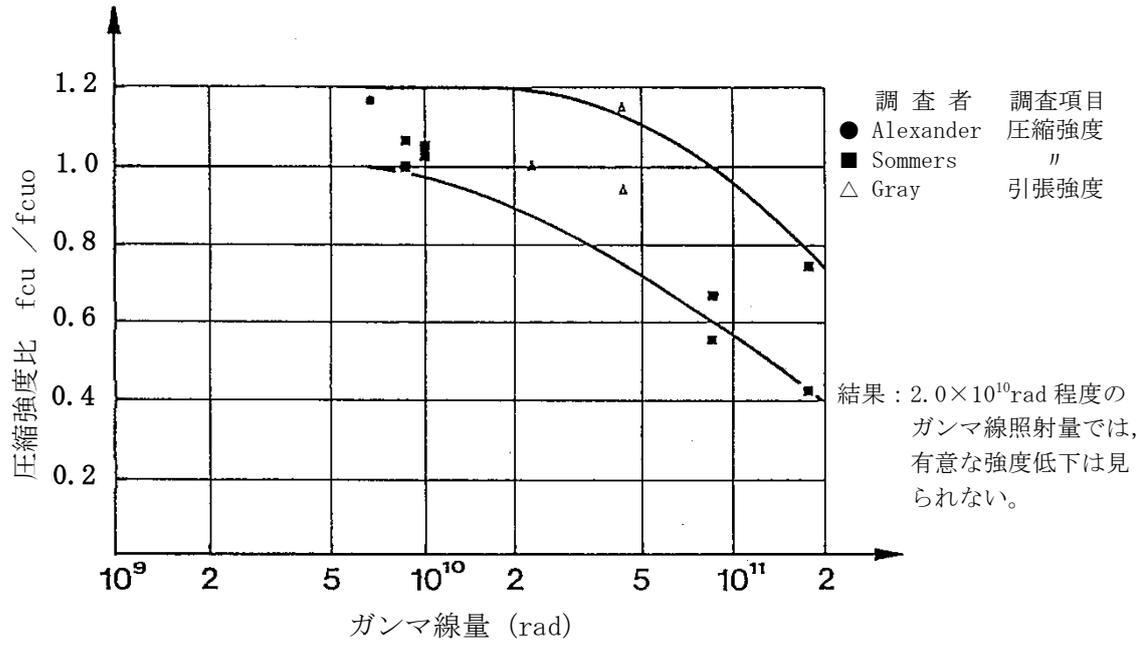
③ 総合評価

健全性評価結果から判断して、今後、強度低下が急激に発生する可能性は小さい。

また、定期的な目視点検により補修対象となったひび割れ等の補修を計画、実施しており、現状の保全方法は、コンクリート構造物の健全性を維持する上で適切である。

c. 高経年化への対応

放射線照射によるコンクリート構造物の強度低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に対し追加すべき項目はなく、今後も現状保全を継続していく。



(出典) Hilsdorf, Kropp, and Koch, "The Effects of Nuclear Radiation on the Mechanical Properties of Concrete." American Concrete institute Publication SP - 55, Paper 10. (1978)

図 2.3-3 ガンマ線照射したコンクリートの圧縮強度 ( $f_{cu}$ ) と照射しないコンクリートの圧縮強度 ( $f_{cu0}$ ) の比

(3) 中性化による強度低下

a. 事象の説明

コンクリートは、空気中の二酸化炭素の作用を受けると、表面から徐々にそのアルカリ性を失い中性化する。

中性化がコンクリートの内部に進行し、鉄筋表面の不動態皮膜が失われると、鉄筋はコンクリート中の水分、酸素の作用により腐食し始め、腐食による体積膨張によりコンクリートにひび割れやはく離が生じ、コンクリート構造物としての健全性が損なわれる可能性がある。

コンクリート構造物では、中性化が発生する可能性があるため、経年劣化に対する評価が必要である。

b. 技術評価

① 健全性評価

運転開始後 28 年経過した 2023 年に、建物の中性化深さを測定した結果、中性化深さの平均値が最も大きい箇所は、屋内においてはタービン建屋オペレーティングフロア（仕上げ材無し）で 2.7 cm であり、屋外においては原子炉建屋外壁（仕上げ材有り）で 0.5 cm であった。また、運転開始後 27 年経過した 2022 年及び 28 年経過した 2023 年に、構築物の中性化深さを測定した結果、原子炉補機冷却水系配管ダクト A 系内壁（仕上げ材無し）で 2.1cm、原子炉補機冷却水系配管ダクト B 系内壁（仕上げ材無し）で 1.3cm、排気筒北西基礎（仕上げ材有り）で 0.1cm であった。

以上より、中性化の評価は表 2.2-2 に基づき選定されたこれら 5 点について行う。

中性化の進行速度の推定式としては、岸谷式（（社）日本建築学会「鉄筋コンクリート造建築物の耐久設計施工指針・同解説（2016）」）、森永式（森永「鉄筋の腐食速度に基づいた鉄筋コンクリート建築物の寿命予測に関する研究—東京大学学位論文（1986）」）及び実測値に基づく $\sqrt{t}$ 式（土木学会「コンクリート標準示方書 維持管理編（2022）」）が提案されている。

また、鉄筋が腐食し始めるときの中性化深さは、一般に屋外の雨掛かりの部分では鉄筋のかぶり厚さまで達したとき、屋内の部分では鉄筋のかぶり厚さから 2.0 cm 奥まで達したときとされている（（社）日本建築学会「鉄筋コンクリート造建築物の耐久設計施工指針・同解説（2016）」）。

各建物のかぶり厚さは 4.0 cm であるため、鉄筋が腐食し始めるときの中性化深さは、屋内で 6.0 cm、屋外で 4.0 cm となる。

また、構築物のかぶり厚さは、原子炉補機冷却水系配管ダクト A 系で 8.9cm、原子炉補機冷却水系配管ダクト B 系で 8.7cm、排気筒基礎で 7.0cm であるため、鉄筋が腐食し始めるときの中性化深さは、それぞれ 8.9cm、8.7cm 及び 7.0cm となる。

当該号炉で使用されているフライアッシュセメントを用いたコンクリートを評価できる岸谷式及び森永式を用いて、各評価点における調査時期の中性化深さを推定

すると、表 2.3-2 に示すとおり、屋内ではタービン建屋で最大 2.2 cm（岸谷式）となった。

また、屋外では原子炉建屋で最大 1.3 cm（岸谷式）、原子炉補機冷却水系配管ダクト A 系で最大 1.5cm（岸谷式）、原子炉補機冷却水系配管ダクト B 系で最大 1.5cm（岸谷式）、排気筒基礎で最大 1.7cm（岸谷式）となった。

次に、岸谷式、森永式及び実測値に基づく $\sqrt{t}$ 式を用いて、運転開始後 40 年時点における中性化深さの推定を行った。各評価点の中性化深さの推定値は、表 2.3-2 に示すとおり、屋内ではタービン建屋で 3.2 cm（ $\sqrt{t}$ 式）が最大となった。また、屋外では原子炉建屋で 1.5 cm（岸谷式）、原子炉補機冷却水系配管ダクト A 系で 2.5cm（ $\sqrt{t}$ 式）、原子炉補機冷却水系配管ダクト B 系で 1.8cm（岸谷式）、排気筒基礎で 2.1cm（岸谷式）が最大となるが、いずれも鉄筋が腐食し始める時点の中性化深さを十分下回っており、運転開始後 40 年時点における中性化深さは問題ないと判断する。

さらに、定期的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ひび割れは確認されていない。

以上から、中性化によるコンクリートの強度低下は、高経年化技術評価上問題とならない。

表 2.3-2 コンクリートの中性化深さ (単位：cm)

環境	対象構造物	調査時点の中性化深さ			柏崎刈羽 4 号炉 運転開始後 40 年 時点の中性化 深さ*2 (推定 式)	鉄筋が腐食し 始める時点の 中性化深さ*3
		経過年数	実測値 (調査時期)	推定値*1 (推定式)		
屋内	タービン建屋	28 年	2.7 (2023 年 3 月)	2.2 (岸谷式)	3.2 ( $\sqrt{t}$ 式)	6.0
屋外	原子炉建屋	28 年	0.5 (2023 年 3 月)	1.3 (岸谷式)	1.5 (岸谷式)	4.0
	原子炉補機冷却水系配管ダクト A 系	27 年	2.1 (2022 年 6 月)	1.5 (岸谷式)	2.5 ( $\sqrt{t}$ 式)	8.9
	原子炉補機冷却水系配管ダクト B 系	27 年	1.3 (2022 年 6 月)	1.5 (岸谷式)	1.8 (岸谷式)	8.7
	排気筒基礎	28 年	0.1 (2023 年 3 月)	1.7 (岸谷式)	2.1 (岸谷式)	7.0

\*1：岸谷式、森永式\*4による推定値のうち最大値を記載

\*2：岸谷式、森永式\*4及び実測値に基づく $\sqrt{t}$ 式による推定値のうち最大値を記載

\*3：かぶり厚さから評価した値

\*4：温度、相対湿度及び二酸化炭素濃度は実測値による

② 現状保全

コンクリート構造物の健全性維持の観点から、定期的にコンクリート表面の目視点検を実施している。目視点検の結果、補修が必要となる損傷が確認された場合、即時補修が必要なものを除き、その経過を継続的に監視しつつ、点検実施後数年以内を目途に補修を計画、実施している。

③ 総合評価

健全性評価結果から判断して、今後、強度低下が急激に発生する可能性は小さい。

また、定期的な目視点検により補修対象となったひび割れ等の補修を計画、実施している。

さらに、定期的に中性化深さを測定しており、現状の保全方法は、コンクリート構造物の健全性を維持する上で適切である。

c. 高経年化への対応

中性化によるコンクリート構造物の強度低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に対し追加すべき項目はなく、今後も現状保全を継続していく。

(4) 塩分浸透による強度低下

a. 事象の説明

コンクリート中に塩化物イオンが浸透し、鉄筋位置まで達すると、鉄筋の腐食が徐々に進行し、鉄筋の体積膨張によりコンクリートにひび割れやはく離が生じ、コンクリート構造物としての健全性が損なわれる可能性がある。

対象構造物においては、塩分浸透が生じる可能性があるため、経年劣化に対する評価が必要である。

b. 技術評価

① 健全性評価

運転開始後 28 年経過した 2023 年に、タービン建屋 1 階西側外壁の鉄筋位置における塩化物イオン濃度を測定した結果、0.0053 %であり、建物の鉄筋位置における平均塩化物イオン濃度としては最大であった。また、構築物のうち最も厳しい塩分浸透環境下にあるのは取水構造物であり、運転開始後 27 年経過した 2022 年に取水構造物の各評価点の鉄筋位置における平均塩化物イオン濃度を測定した結果、気中帯で 0.0040 %、干満帯で 0.0068 %、海中帯で 0.0042 %であった。

以上より、塩分浸透による強度低下の評価は、塩分浸透環境が厳しいこれら 4 点について行う。

塩分によるコンクリート中の鉄筋への影響を評価する方法としては、鉄筋の腐食速度に着目し、経過年数に応じた鉄筋の腐食減量並びにかぶりコンクリートにひび割れが発生する時点の腐食減量の算定式として、森永式（森永「鉄筋の腐食速度に基づいた鉄筋コンクリート建築物の寿命予測に関する研究—東京大学学位論文（1986）」）が提案されている。

タービン建屋 1 階西側外壁から供試体を採取し測定した塩化物イオン濃度を基に、経過年数に応じて拡散方程式により推定した鉄筋位置における塩化物イオン濃度を森永式に適用し、調査時点、運転開始後 40 年時点及びかぶりコンクリートにひび割れが発生する時点での鉄筋の腐食減量を算定した。その結果、鉄筋の腐食減量は、表 2.3-3 に示すとおり、調査時点において  $4.5 \times 10^{-4} \text{g/cm}^2$ 、運転開始後 40 年時点において  $6.2 \times 10^{-4} \text{g/cm}^2$  であり、かぶりコンクリートにひび割れが発生する時点での鉄筋の腐食減量である、 $46.5 \times 10^{-4} \text{g/cm}^2$  を十分に下回っており、運転開始後 40 年時点における鉄筋の腐食減量は問題ないと判断する。

取水構造物についても同様に、供試体を採取し測定した塩化物イオン濃度を基に、経過年数に応じて拡散方程式により推定した鉄筋位置における塩化物イオン濃度を森永式に適用し、調査時点、運転開始後 40 年時点及びかぶりコンクリートにひび割れが発生する時点での鉄筋の腐食減量を算定した。その結果、鉄筋の腐食減量は、表 2.3-3 に示すとおり、調査時点において気中帯で  $1.9 \times 10^{-4} \text{g/cm}^2$ 、干満帯で  $7.2 \times 10^{-4} \text{g/cm}^2$ 、海中帯で  $0.0 \times 10^{-4} \text{g/cm}^2$ 、運転開始後 40 年時点において気中帯で  $2.7 \times 10^{-4} \text{g/cm}^2$ 、干満帯で  $10.4 \times 10^{-4} \text{g/cm}^2$ 、海中帯で  $0.0 \times 10^{-4} \text{g/cm}^2$  であり、気中帯、干満帯、海中帯でかぶりコンクリートにひび割れが発生する時点での鉄筋の

腐食減量である， $91.5 \times 10^{-4} \text{g/cm}^2$  を十分に下回っており，運転開始後 40 年時点における鉄筋の腐食減量は問題ないと判断する。

さらに，定期的に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ひび割れは確認されていない。

以上から，塩分浸透によるコンクリートの強度低下は，高経年化技術評価上問題とならない。

表 2.3-3 鉄筋の腐食減量

対象構造物	評価対象部位	調査時期 (経過年数)	鉄筋位置での塩化物イオン濃度 <sup>*1</sup> (%)	鉄筋の腐食減量 ( $\times 10^{-4} \text{g/cm}^2$ )		
				調査時点	運転開始後 40 年時点	かぶりコンクリートにひび割れが発生する時点
タービン 建屋	1 階 西側外壁	2023 年 3 月 (28 年)	0.0060 [0.130] <sup>*2</sup>	4.5	6.2	46.5
取水構造物	気中帯 内壁	2022 年 6 月 (27 年)	0.0070 [0.160] <sup>*2</sup>	1.9	2.7	91.5
	干満帯 内壁		0.0068 [0.160] <sup>*2</sup>	7.2	10.4	91.5
	海中帯 内壁		0.0045 [0.100] <sup>*2</sup>	0.0	0.0	91.5

\*1：運転開始後 40 年時点において鉄筋の腐食減量が最大となった検討ケースの塩化物イオン濃度

\*2：[ ]内は塩化物イオン量 ( $\text{kg/m}^3$ )

## ② 現状保全

コンクリート構造物の健全性維持の観点から，定期的に見視点検を実施している。見視点検の結果，補修が必要となるひび割れ等が確認された場合は，即時補修が必要なものを除き，その経過を継続的に監視しつつ，点検実施後数年以内を目途に補修を計画，実施している。

## ③ 総合評価

健全性評価結果から判断して，今後，強度低下が急激に発生する可能性は小さい。

また，定期的な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，実施している。

## c. 高経年化への対応

塩分浸透によるコンクリート構造物の強度低下に対しては，高経年化対策の観点から現状の保全内容に対し追加すべき項目はなく，今後も現状保全を継続していく。

(5) 機械振動による強度低下

a. 事象の説明

コンクリート構造物は、長期間にわたって機械振動による繰り返し荷重を受けるとひび割れが発生し、コンクリート構造物としての健全性が損なわれる可能性がある。

対象構造物の中には機械振動による繰り返し荷重を受ける部位があるため、経年劣化に対する評価が必要である。

b. 技術評価

① 健全性評価

非常用ディーゼル発電設備は、異常振動の有無を定例試験時に確認している。基礎コンクリートについては、定期的に目視点検を実施し、コンクリート表面に強度に支障をきたす可能性のある欠陥がないことを確認している。

なお、機械振動により、機器定着部の支持力が失われるような場合、機器に異常振動が発生するものと考えられるが、機械振動は日常的に監視されており、異常の兆候は検知可能である。

以上から、定期的な目視点検及び日常的に監視することにより機械振動による強度低下は、高経年化技術評価上問題とならない。

② 現状保全

コンクリート構造物の健全性維持の観点から、定期的にコンクリート表面の目視点検を実施している。目視点検の結果、ひび割れ幅等から評価し、補修が必要となるひび割れ等が確認された場合は、構造上問題となるひび割れ等の即時補修が必要な場合を除き、その経過を継続的に監視しつつ、点検実施後数年以内を目途に補修を計画、実施している。

③ 総合評価

健全性評価結果から判断して、今後、強度低下が急激に発生する可能性は小さい。

また、定期的な目視点検により補修対象となったひび割れ等の補修を計画、実施しているため、現状の保全方法は、コンクリート構造物の健全性を維持する上で適切である。

c. 高経年化への対応

機械振動によるコンクリート構造物の強度低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に対し追加すべき項目はなく、今後も現状保全を継続していく。

## 2.3.2 コンクリートの遮へい能力低下

### (1) 熱による遮へい能力低下

#### a. 事象の説明

コンクリートが周辺環境からの伝達熱及び放射線照射に起因するコンクリート内部の温度上昇により、コンクリート中の水分が逸散し、放射線に対する遮へい能力が低下する可能性がある。

対象構造物の中には伝達熱及び放射線照射による内部発熱を受ける部位があるため、経年劣化に対する評価が必要である。

なお、冷温停止維持の状態においては、中性子やガンマ線の発生はほとんど無く、遮へい能力に対する影響はないと判断する。

#### b. 技術評価

##### ① 健全性評価

放射線防護の観点から、コンクリート遮へい体の設計に適用されている「コンクリート遮へい体設計基準」(R. G. Jaeger et. al「Engineering Compendium on Radiation Shielding (ECRS) VOL. 2」)には、周辺及び内部最高温度の制限値が示されており、コンクリートに対しては中性子遮へいで88℃以下、ガンマ線遮へいで177℃以下となっている。

これに対し、ガンマ線遮へい壁コンクリートの炉心領域部の最高温度は、工事計画認可申請図書添付書類「生体しゃへい装置の放射線のしゃへい及び熱除去についての計算書」によると、全ガンマ線束による発熱を考慮して温度分布解析を行った結果、62.3℃とコンクリート温度制限値を下回っていることから、運転開始後40年時点においても遮へい能力への影響はないと判断する。

また、仮に熱によるコンクリート構造物の遮へい能力低下が生じた場合、放射線量が上昇するものと考えられるが、放射線量は日常的に監視されており、異常の兆候は検知可能である。

以上から、熱によるコンクリートの遮へい能力低下は、高経年化技術評価上問題とならない。

##### ② 現状保全

ガンマ線遮へい壁コンクリートについては、鋼板で覆われているため、目視点検等は実施できないが、放射線量を日常的に監視している。

③ 総合評価

健全性評価結果から判断して、熱によるコンクリート構造物の遮へい能力低下については、現状において問題はなく、今後も遮へい能力低下が急激に発生する可能性は極めて小さい。

c. 高経年化への対応

熱によるコンクリート構造物の遮へい能力低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に対し追加すべき項目はなく、今後も現状保全を継続していく。

### 3. 評価対象部位以外の部位への展開

コンクリート及び鉄骨構造物の技術評価は、「2.2 経年劣化事象の抽出」及び「2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価」に示すとおり、評価対象部位について、各経年劣化事象に影響を及ぼす要因毎に、使用条件を考慮して実施している。コンクリート及び鉄骨構造物の場合、評価対象部位以外の使用条件等は、評価対象部位に含まれているため、技術評価結果も評価対象部位の結果に含まれる。

したがって、評価対象以外の部位についても高経年化対策の観点から追加すべき保全項目はなく、今後も現状の保全方法により健全性を確認していく。

以 上

柏崎刈羽原子力発電所 4 号炉

計測制御設備の技術評価書

東京電力ホールディングス株式会社

本評価書は柏崎刈羽原子力発電所4号炉（以下、柏崎刈羽4号炉という）における安全上重要な計測制御設備（重要度分類指針におけるPS-1, 2及びMS-1, 2に該当する機器）の高経年化に係わる技術評価についてまとめたものである。なお、高温・高圧の環境下にある計測制御設備はない。

評価対象機器の一覧を表1に、機能を表2に示す。

評価対象機器を制御対象、型式で分類し、それぞれのグループから重要度及び使用条件の観点で代表機器を選定し評価を行った後、代表機器以外の機器について評価を展開している。

本評価書では、計測制御設備を以下の3分冊で構成している。また、計測制御設備の評価グループ分類（概念図）を図1に示す。

- 1 計測装置
- 2 補助継電器盤
- 3 操作制御盤

表 1 (1/4) 評価対象機器一覧

分類		機器名	重要度*	
計測装置	圧力	ダイヤフラム式	LPCI 注入隔離弁差圧計測装置	MS-1
		ブルドン管式	MUWF ポンプ吸込圧力計測装置	MS-2
		ベローズ式	機関付清水ポンプ吐出圧力計測装置	MS-1
	温度	熱電対式	活性炭フィルタ入口温度計測装置	MS-1
	流量	ダイヤフラム式	RHR 系統流量計測装置	MS-1
	水位	ダイヤフラム式	原子炉水位 (狭帯域) 計測装置	MS-1
		フロート式	スクラム排出容器水位計測装置	MS-1
	中性子束	核分裂計数管式/ 核分裂電離箱式	SRM 計測装置	MS-1
	放射線	半導体式	原子炉建屋換気空調系排気放射線モニタ計測装置	MS-1
	振動	倒立振子式	地震加速度計測装置	MS-1
	位置	リミットスイッチ式	D/G 機関過速度計測装置	MS-1

\* : 最上位の重要度を示す

表 1 (2/4) 評価対象機器一覧

分類	機器名	重要度*
補助継電器盤 (屋内設置)	A系原子炉緊急停止系盤	MS-1
	B系原子炉緊急停止系盤	MS-1
	制御棒操作補助盤	MS-1
	トリップチャンネル盤 RPS-I A・NSSSS-I A	MS-1
	トリップチャンネル盤 RPS-II A・NSSSS-II A	MS-1
	トリップチャンネル盤 RPS-I B・NSSSS-I B	MS-1
	トリップチャンネル盤 RPS-II B・NSSSS-II B	MS-1
	A系原子炉系プロセス計装盤	MS-1
	B系原子炉系プロセス計装盤	MS-1
	B系・C系残留熱除去系盤 ESS-II	MS-1
	格納容器内側隔離弁盤 NSSSS-II	MS-1
	格納容器外側隔離弁盤 NSSSS-I	MS-1
	高圧炉心スプレイ系盤 ESS-III	MS-1
	低圧炉心スプレイ系・A系残留熱除去系盤 ESS-I	MS-1
	原子炉系補助盤 ESS-I	MS-1
	原子炉系補助盤 ESS-II	MS-1
	トリップチャンネル盤 ESS-I	MS-1
	トリップチャンネル盤 ESS-II	MS-1
	トリップチャンネル盤 ESS-III	MS-1
	SRM/IRM 駆動操作補助継電器盤 区分 I	MS-1
	SRM/IRM 駆動操作補助継電器盤 区分 II	MS-1
	非常用メタクラ補助リレー盤 (4C)	MS-1
	非常用メタクラ補助リレー盤 (4D)	MS-1
	非常用メタクラ補助リレー盤 (4H)	MS-1
	スクラムソレノイドヒューズ盤 (A) RPS-G1	MS-1
	スクラムソレノイドヒューズ盤 (B) RPS-G2	MS-1
	スクラムソレノイドヒューズ盤 (C) RPS-G3	MS-1
	スクラムソレノイドヒューズ盤 (D) RPS-G4	MS-1
	スクラムソレノイドヒューズ盤 (E) RPS-G1	MS-1
	スクラムソレノイドヒューズ盤 (F) RPS-G2	MS-1
	スクラムソレノイドヒューズ盤 (G) RPS-G3	MS-1
	スクラムソレノイドヒューズ盤 (H) RPS-G4	MS-1

\*: 最上位の重要度を示す

表 1 (3/4) 評価対象機器一覧

分類	機器名	重要度*
操作制御盤 (屋内設置)	プロセス放射線モニタ盤 区分 I	MS-1
	プロセス放射線モニタ盤 区分 II	MS-1
	プロセス放射線モニタ盤	MS-2
	出力領域モニタ盤 区分 I	MS-1
	出力領域モニタ盤 区分 II	MS-1
	原子炉系温度記録計盤	MS-2
	漏えい検出系盤 区分 I	MS-1
	SRM/IRM 盤 区分 I	MS-1
	SRM/IRM 盤 区分 II	MS-1
	漏えい検出系盤 区分 II	MS-1
	A 系非常用換気空調系盤 ESS- I	MS-1
	B 系非常用換気空調系盤 ESS- II	MS-1
	FPC・MUWF 系制御盤	MS-2
	ユニット監視制御盤 1	MS-1
	ユニット監視制御盤 2	MS-1
	ユニット監視制御盤 3	MS-1
	原子炉系補助制御盤	MS-1
	非常用炉心冷却制御盤 ESS- I	MS-1
	非常用炉心冷却制御盤 ESS- II, III	MS-1
	所内電源制御盤	MS-1
	SGTS・FCS 盤 ESS- I	MS-1
	SGTS・FCS 盤 ESS- II	MS-1
	A 系冷却系盤 ESS- I	MS-1
	B 系冷却系盤 ESS- II	MS-1
	HPCS 系非常用換気空調系盤 ESS- III	MS-1
	中央集中端子盤 (H12-P806)	MS-1
	中央集中端子盤 ESS- I (H12-P808)	MS-1
	中央集中端子盤 ESS- II (H12-P812)	MS-1
	中央集中端子盤 (H12-P813)	MS-1
	RPIS 現場盤 A	MS-2
	RPIS 現場盤 B	MS-2
	中央制御室外原子炉停止制御盤 (H21-P011-1)	MS-1
中央制御室外原子炉停止制御盤 (H21-P011-2)	MS-1	

\*: 最上位の重要度を示す

表 1 (4/4) 評価対象機器一覧

分類	機器名	重要度*
操作制御盤 (屋内設置)	中央制御室外原子炉停止制御盤 (H21-P011-3)	MS-1
	A 系 HECW 冷凍機 (A) 制御盤 ESS- I	MS-1
	B 系 HECW 冷凍機 (B) 制御盤 ESS- II	MS-1
	A 系 HECW 冷凍機 (C) 制御盤 ESS- I	MS-1
	B 系 HECW 冷凍機 (D) 制御盤 ESS- II	MS-1
	RSW 系 (A) ストレーナ制御盤 ESS- I	MS-1
	RSW 系 (B) ストレーナ制御盤 ESS- II	MS-1
	SRM/IRM 前置増幅器盤 区分 I A	MS-1
	SRM/IRM 前置増幅器盤 区分 I B	MS-1
	SRM/IRM 前置増幅器盤 区分 II A	MS-1
	SRM/IRM 前置増幅器盤 区分 II B	MS-1

\* : 最上位の重要度を示す

表2 評価対象機器機能一覧

設備区分	機 能 概 要
計測装置	<p>プロセス値（圧力・流量・水位等）を検出器で電気信号に変換し、信号変換処理部にて信号変換処理・演算処理を行い、指示計・記録計・指示調節計・補助継電器に電気信号を伝達する。指示計・記録計は、操作制御盤に取り付けられており、信号変換処理部から伝達されてきた電気信号を工学値に変換し、指示または記録する。指示調節計は、操作制御盤に取り付けられており、入力値と設定値との差に応じた電気信号を出力する。補助継電器は、操作制御盤に取り付けられており、信号変換処理部から伝達されてきた電気信号を補助継電器盤に取り付けられている補助継電器、電磁接触器に伝達する。</p>
補助継電器盤	<p>計測装置からの信号を受け、補助継電器、電磁接触器により原子炉の保護／制御ロジックを構成し、原子炉スクラム信号等のインターロック信号を出力する。</p>
操作制御盤	<p>計測装置の一部である指示計・記録計・指示調節計・補助継電器により、状態監視、操作及び電気信号の伝達を行うとともに、操作スイッチ、押釦スイッチによる補機操作及び故障表示器、表示灯、CRTによる状態監視を行う。</p>

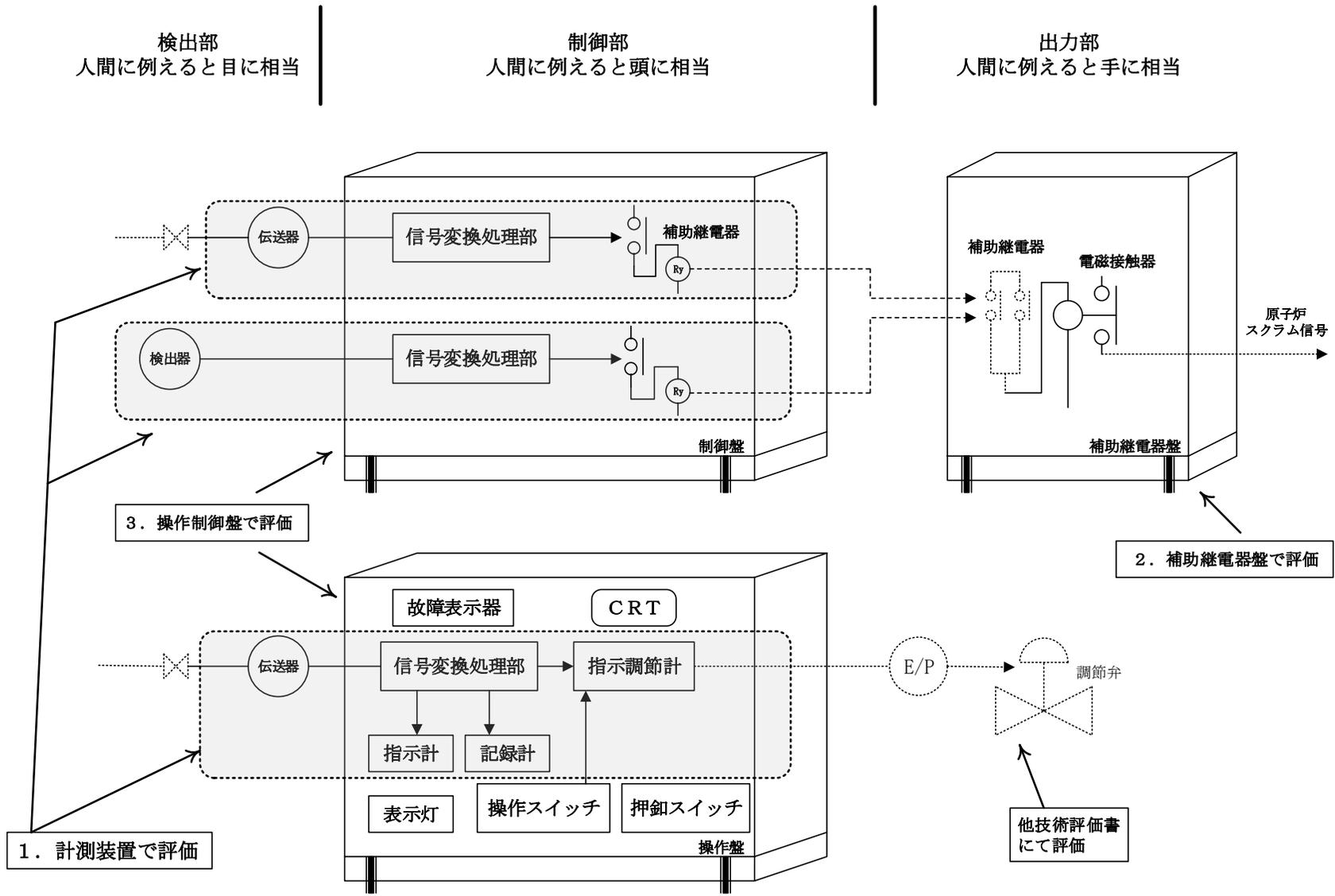


図1 計測制御設備の評価グループ分類 (概念図)

# 1 計測装置

## [対象計測装置]

- ① 圧力計測装置 (ダイヤフラム式)
- ② 圧力計測装置 (ブルドン管式)
- ③ 圧力計測装置 (ベローズ式)
- ④ 温度計測装置 (熱電対式)
- ⑤ 流量計測装置 (ダイヤフラム式)
- ⑥ 水位計測装置 (ダイヤフラム式)
- ⑦ 水位計測装置 (フロート式)
- ⑧ 中性子束計測装置 (核分裂計数管式/核分裂電離箱式)
- ⑨ 放射線計測装置 (半導体式)
- ⑩ 振動計測装置 (倒立振子式)
- ⑪ 位置計測装置 (リミットスイッチ式)

## 目 次

1. 対象機器及び代表機器の選定 .....	1-1
1.1 グループ化の考え方及び結果 .....	1-1
1.2 代表機器の選定 .....	1-1
2. 代表機器の技術評価 .....	1-9
2.1 構造, 材料及び使用条件 .....	1-10
2.1.1 LPCI 注入隔離弁差圧計測装置 .....	1-10
2.1.2 MUWF ポンプ吸込圧力計測装置 .....	1-14
2.1.3 機関付清水ポンプ吐出圧力計測装置 .....	1-18
2.1.4 活性炭フィルタ入口温度計測装置 .....	1-22
2.1.5 RHR 系統流量計測装置 .....	1-25
2.1.6 原子炉水位 (狭帯域) 計測装置 .....	1-29
2.1.7 スクラム排出容器水位計測装置 (フロート式) .....	1-33
2.1.8 SRM 計測装置 .....	1-38
2.1.9 原子炉建屋換気空調系排気放射線モニタ計測装置 .....	1-41
2.1.10 地震加速度計測装置 .....	1-44
2.1.11 D/G 機関過速度計測装置 .....	1-47
2.2 経年劣化事象の抽出 .....	1-50
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目 .....	1-50
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 .....	1-50
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 .....	1-51
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価 .....	1-70
3. 代表機器以外への展開 .....	1-72
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 .....	1-72
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 .....	1-73

## 1. 対象機器及び代表機器の選定

柏崎刈羽4号炉で使用されている計測装置のうち、対象となる計測装置の主な仕様を表1-1に示す。これらの計測装置を計測対象及び検出部型式の観点からグループ化し、それぞれのグループより以下のとおり代表機器を選定した。

### 1.1 グループ化の考え方及び結果

計測対象及び検出部型式を分類基準とし、計測装置を表1-1に示すとおりグループ化する。

### 1.2 代表機器の選定

表1-1に分類するグループ毎に、原則として重要度の観点から代表機器に選定する。

#### (1) 圧力計測装置（ダイヤフラム式）

圧力計測装置（ダイヤフラム式）のうち、重要度分類上重要なRHR系LPCI注入隔離弁制御信号に使用しているLPCI注入隔離弁差圧計測装置を代表機器とする。

#### (2) 圧力計測装置（ブルドン管式）

圧力計測装置（ブルドン管式）には、MUWFポンプ吸込圧力計測装置のみが属するため、MUWFポンプ吸込圧力計測装置を代表機器とする。

#### (3) 圧力計測装置（ベローズ式）

圧力計測装置（ベローズ式）のうち、重要度分類上重要なディーゼル発電機停止信号に使用している機関付清水ポンプ吐出圧力計測装置を代表機器とする。

#### (4) 温度計測装置（熱電対式）

温度計測装置（熱電対式）のうち、重要度分類上重要なSGTS制御信号に使用している活性炭フィルタ入口温度計測装置を代表機器とする。

#### (5) 流量計測装置（ダイヤフラム式）

流量計測装置（ダイヤフラム式）のうち、重要度分類上重要なRHR系最小流量バイパス弁制御信号に使用しているRHR系統流量計測装置を代表機器とする。

#### (6) 水位計測装置（ダイヤフラム式）

水位計測装置（ダイヤフラム式）のうち、重要度分類上重要なスクラム信号に使用している原子炉水位（狭帯域）計測装置を代表機器とする。

#### (7) 水位計測装置（フロート式）

水位計測装置（フロート式）のうち、重要度分類上重要なスクラム信号に使用しているスクラム排出容器水位計測装置（フロート式）を代表機器とする。

(8) 中性子束計測装置（核分裂計数管式/核分裂電離箱式）

中性子束計測装置（核分裂計数管式/核分裂電離箱式）のうち、重要度分類上重要なスクラム信号に使用している SRM 計測装置を代表機器とする。

(9) 放射線計測装置（半導体式）

放射線計測装置（半導体式）のうち、重要度分類上重要な中央制御室換気系隔離信号に使用している原子炉建屋換気空調系排気放射線モニタ計測装置を代表機器とする。

(10) 振動計測装置（倒立振子式）

振動計測装置（倒立振子式）には、地震加速度計測装置のみが属するため、地震加速度計測装置を代表機器とする。

(11) 位置計測装置（リミットスイッチ式）

位置計測装置（リミットスイッチ式）のうち、重要度分類上重要なディーゼル発電機停止信号に使用している D/G 機関過速度計測装置を代表機器とする。

表 1-1 (1/6) 計測装置のグループ化と代表機器の選定

分類基準		計測装置名称	主な仕様 (信号用途)	選定基準			選定	選定理由
計測対象	検出部型式			重要度*	使用条件			
					設置場所	周囲温度 (°C)		
圧力	ダイヤフラム式	LPCI 注入隔離弁差圧	RHR 系 LPCI 注入隔離弁制御 監視	MS-1	原子炉建屋	40 以下	◎	重要度
					中央制御室	26 以下		
		LPCS 注入隔離弁差圧	LPCS 系注入隔離弁制御 監視	MS-1	原子炉建屋	40 以下		
					中央制御室	26 以下		
		RHR ポンプ吐出圧力	ADS 作動 監視	MS-1	原子炉建屋	40 以下		
					中央制御室	26 以下		
		LPCS ポンプ吐出圧力	ADS 作動 監視	MS-1	原子炉建屋	40 以下		
					中央制御室	26 以下		
		HPCS ポンプ吸込圧力	HPCS ポンプトリップ 監視	MS-1	原子炉建屋	40 以下		
					中央制御室	26 以下		
		RCW 差圧	ディーゼル発電機制御 監視	MS-1	原子炉建屋	40 以下		
					中央制御室	26 以下		
RCW 冷却水供給圧力	RCW 制御 監視	MS-1	海水熱交換器建屋	40 以下				
			中央制御室	26 以下				
HPCW 差圧	ディーゼル発電機制御 監視	MS-1	原子炉建屋	40 以下				
			中央制御室	26 以下				
HPCW ポンプ吐出圧力	監視	MS-2	海水熱交換器建屋	40 以下				
			中央制御室	26 以下				
RSW ポンプ出口圧力	監視	MS-2	海水熱交換器建屋	40 以下				
			中央制御室	26 以下				
HPSW ポンプ吐出圧力	監視	MS-2	海水熱交換器建屋	40 以下				
			中央制御室	26 以下				

◎ : 代表機器

\* : 最上位の重要度を示す

表 1-1 (2/6) 計測装置のグループ化と代表機器の選定

分類基準		計測装置名称	主な仕様 (信号用途)	選定基準			選定	選定理由
計測対象	検出部型式			重要度*	使用条件			
					設置場所	周囲温度 (℃)		
圧力	ブルドン管式	MUWF ポンプ吸込圧力	MUWF 制御	MS-2	原子炉建屋	40 以下	◎	重要度
					中央制御室	26 以下		
	ベローズ式	機関付清水ポンプ吐出圧力	ディーゼル発電機制御 監視	MS-1	原子炉建屋	40 以下	◎	
					中央制御室	26 以下		
		HPCS D/G 機関付清水ポンプ吐出圧力	ディーゼル発電機制御 監視	MS-1	原子炉建屋	40 以下		
					中央制御室	26 以下		
		機関入口潤滑油圧力	ディーゼル発電機制御 監視	MS-1	原子炉建屋	40 以下		
					中央制御室	26 以下		
		HPCS D/G 機関入口潤滑油圧力	ディーゼル発電機制御 監視	MS-1	原子炉建屋	40 以下		
					中央制御室	26 以下		

◎：代表機器

\*：最上位の重要度を示す

表 1-1 (3/6) 計測装置のグループ化と代表機器の選定

分類基準		計測装置名称	主な仕様 (信号用途)	選定基準			選定	選定理由
計測対象	検出部型式			重要度*	使用条件			
					設置場所	周囲温度 (℃)		
温度	熱電対式	活性炭フィルタ入口温度	SGTS 制御 監視	MS-1	原子炉建屋	40 以下	◎	重要度
					中央制御室	26 以下		
		活性炭フィルタ出口温度	SGTS 制御 監視	MS-1	原子炉建屋	40 以下		
					中央制御室	26 以下		
流量	ダイヤフラム式	RHR 系統流量	RHR 系最小流量バイパス 弁制御 監視	MS-1	原子炉建屋	40 以下	◎	重要度
					中央制御室	26 以下		
		LPCS 系統流量	LPCS 系最小流量バイパス 弁制御 監視	MS-1	原子炉建屋	40 以下		
					中央制御室	26 以下		
		HPCS 系統流量	HPCS 系最小流量バイパス 弁制御 監視	MS-1	原子炉建屋	40 以下		
					中央制御室	26 以下		
		HPCS 系統流量	監視	MS-2	原子炉建屋	40 以下		
					中央制御室	26 以下		
MUWF 系統流量	MUWF 制御 監視	MS-2	原子炉建屋	40 以下				
			中央制御室	26 以下				
SGTS 排気流量	監視	MS-2	原子炉建屋	40 以下				
			中央制御室	26 以下				

◎：代表機器

\*：最上位の重要度を示す

表 1-1 (4/6) 計測装置のグループ化と代表機器の選定

分類基準		計測装置名称	主な仕様 (信号用途)	選定基準		選定	選定理由	
計測対象	検出部型式			重要度*	使用条件			
					設置場所			周囲温度 (℃)
水位	ダイヤフラム式	原子炉水位 (狭帯域)	スクラム 隔離弁作動 SGTS 起動 監視	MS-1	原子炉建屋	40 以下	◎	重要度
					中央制御室	26 以下		
		原子炉水位 (広帯域)	ADS 作動 RCIC 起動 RHR 起動 LPCS 起動 HPCS 起動 ディーゼル発電機起動 監視	MS-1	原子炉建屋	40 以下		
					中央制御室	26 以下		
		スクラム排出容器水位	スクラム 監視	MS-1	原子炉建屋	40 以下		
					中央制御室	26 以下		
		サプレッションプール水位	HPCS 系 S/C 側吸込隔離弁制 御 監視	MS-1	原子炉建屋	40 以下		
					中央制御室	26 以下		
		サプレッションプール水位	監視	MS-2	原子炉建屋	40 以下		
中央制御室	26 以下							
復水貯蔵槽水位	監視	MS-2	原子炉建屋	40 以下				
			中央制御室	26 以下				
RCW サージタンク水位	RCW 制御 監視	MS-1	原子炉建屋	40 以下				
			中央制御室	26 以下				
HPCW サージタンク水位	HPCW 制御 監視	MS-2	原子炉建屋	40 以下				
			中央制御室	26 以下				

◎：代表機器

\*：最上位の重要度を示す

表 1-1 (5/6) 計測装置のグループ化と代表機器の選定

分類基準		計測装置名称	主な仕様 (信号用途)	選定基準			選定	選定理由
計測対象	検出部型式			重要度*	使用条件			
					設置場所	周囲温度 (°C)		
水位	フロート式	スクラム排出容器水位	スクラム 監視	MS-1	原子炉建屋	40 以下	◎	重要度
					中央制御室	26 以下		
		復水貯蔵槽水位	HPCS 系 S/C 側吸込隔離弁制 御 監視	MS-1	原子炉建屋	40 以下		
					中央制御室	26 以下		
		RCW サージタンク水位	RCW 制御 監視	MS-1	原子炉建屋	40 以下		
					中央制御室	26 以下		
		HPCW サージタンク水位	HPCW 制御	MS-1	原子炉建屋	40 以下		
					中央制御室	26 以下		
中性子束	核分裂計数管式/ 核分裂電離箱式	SRM	制御棒引抜阻止 スクラム 監視	MS-1	原子炉内/ 原子炉建屋	302 以下 /40 以下	◎	重要度
					中央制御室	26 以下		
		IRM	制御棒引抜阻止 スクラム 監視	MS-1	原子炉内/ 原子炉建屋	302 以下 /40 以下		
					中央制御室	26 以下		
		LPRM	スクラム APRM, RBM へ出力 監視	MS-1	原子炉内/ 原子炉建屋	302 以下 /40 以下		
					中央制御室	26 以下		

◎：代表機器

\*：最上位の重要度を示す

表 1-1 (6/6) 計測装置のグループ化と代表機器の選定

分類基準		計測装置名称	主な仕様 (信号用途)	選定基準		選定	選定理由	
計測対象	検出部型式			重要度*	使用条件			
					設置場所			周囲温度 (℃)
放射線	半導体式	原子炉建屋換気空調系排 気放射線モニタ	中央制御室換気系隔離 原子炉建屋換気系隔離 SGTS 起動 監視	MS-1	原子炉建屋	40 以下	◎	重要度
					中央制御室	26 以下		
		燃料取替エリア排気放射 線モニタ	中央制御室換気系隔離 原子炉建屋換気系隔離 SGTS 起動 監視	MS-1	原子炉建屋	40 以下		
					中央制御室	26 以下		
振動	倒立振子式	地震加速度	スクラム 監視	MS-1	原子炉建屋	40 以下	◎	
					中央制御室	26 以下		
位置	リミットスイッ チ式	D/G 機関過速度	ディーゼル発電機制御 監視	MS-1	原子炉建屋	40 以下	◎	重要度
					中央制御室	26 以下		
		HPCS D/G 機関過速度	ディーゼル発電機制御 監視	MS-1	原子炉建屋	40 以下		
					中央制御室	26 以下		
		燃料ハンドル停止位置	ディーゼル発電機制御 監視	MS-1	原子炉建屋	40 以下		
					中央制御室	26 以下		
		HPCS D/G 燃料ハンドル停 止位置	ディーゼル発電機制御 監視	MS-1	原子炉建屋	40 以下		
					中央制御室	26 以下		

◎：代表機器

\*：最上位の重要度を示す

## 2. 代表機器の技術評価

本章では、1章で代表機器とした以下の計測装置について技術評価を実施する。

- ① LPCI 注入隔離弁差圧計測装置
- ② MUWF ポンプ吸込圧力計測装置
- ③ 機関付清水ポンプ吐出圧力計測装置
- ④ 活性炭フィルタ入口温度計測装置
- ⑤ RHR 系統流量計測装置
- ⑥ 原子炉水位(狭帯域)計測装置
- ⑦ スクラム排出容器水位計測装置 (フロート式)
- ⑧ SRM 計測装置
- ⑨ 原子炉建屋換気空調系排気放射線モニタ計測装置
- ⑩ 地震加速度計測装置
- ⑪ D/G 機関過速度計測装置

## 2.1 構造，材料及び使用条件

### 2.1.1 LPCI 注入隔離弁差圧計測装置

#### (1) 構造

LPCI 注入隔離弁差圧計測装置は，LPCI 注入隔離弁差圧を伝達する計装配管，計装弁，継手，計装配管を固定する配管サポート，差圧を検出して電気信号に変換する差圧伝送器，計装配管内流体の過大流量を検出した際閉止させる過流量阻止弁，差圧伝送器と計装弁を取り付け固定する計器架台，信号変換処理を行う信号変換処理部，電気回路に電源を供給するための電源装置，その他電気回路構成品である補助継電器，機器を支持するための取付ボルト，基礎ボルト，埋込金物等で構成されている。

LPCI 注入隔離弁差圧計測装置構成を図 2.1-1 に，計装配管サポート構成を図 2.1-2 に示す。

#### (2) 材料及び使用条件

LPCI 注入隔離弁差圧計測装置主要部位の使用材料を表 2.1-1 に，使用条件を表 2.1-2 に示す。

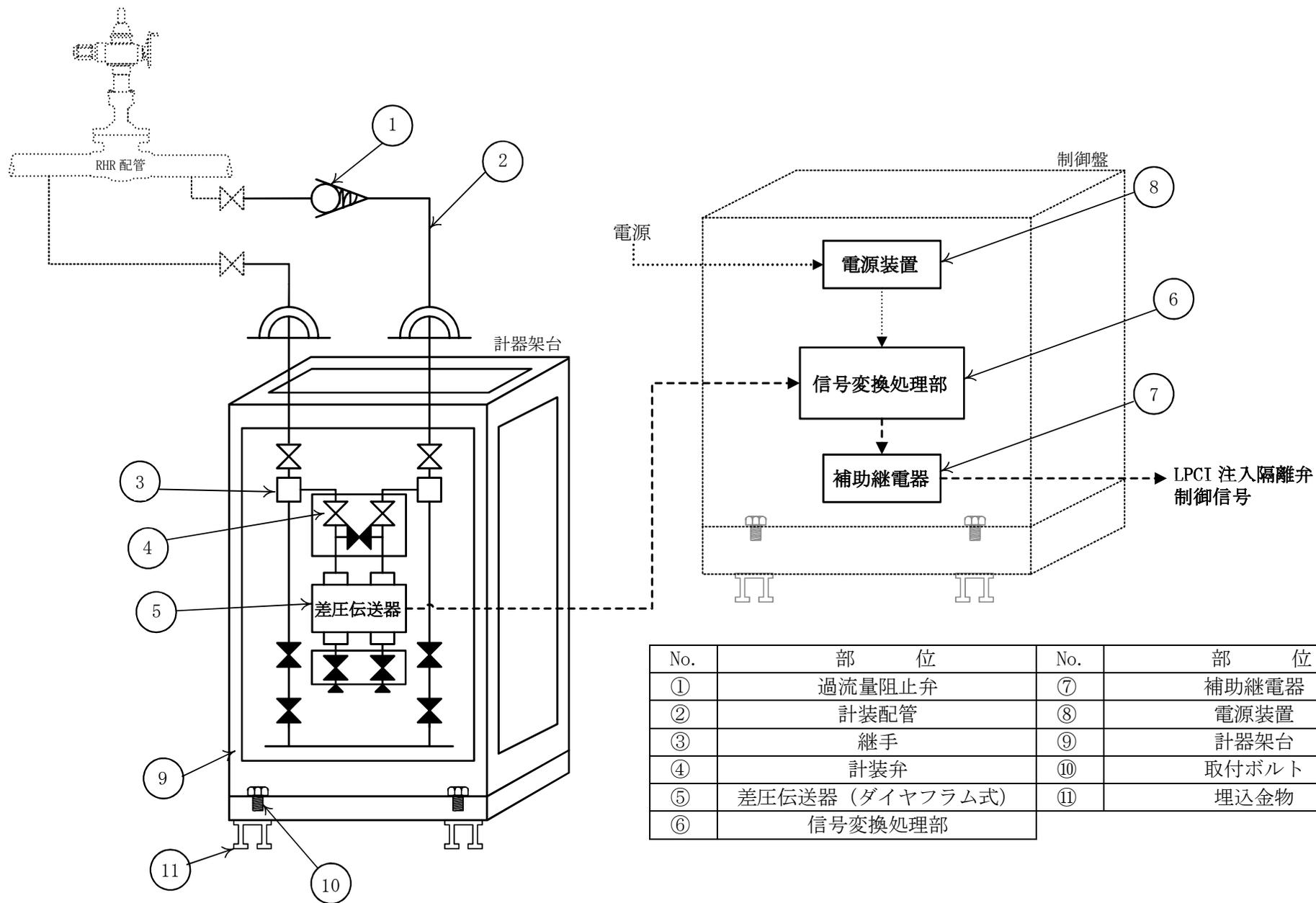
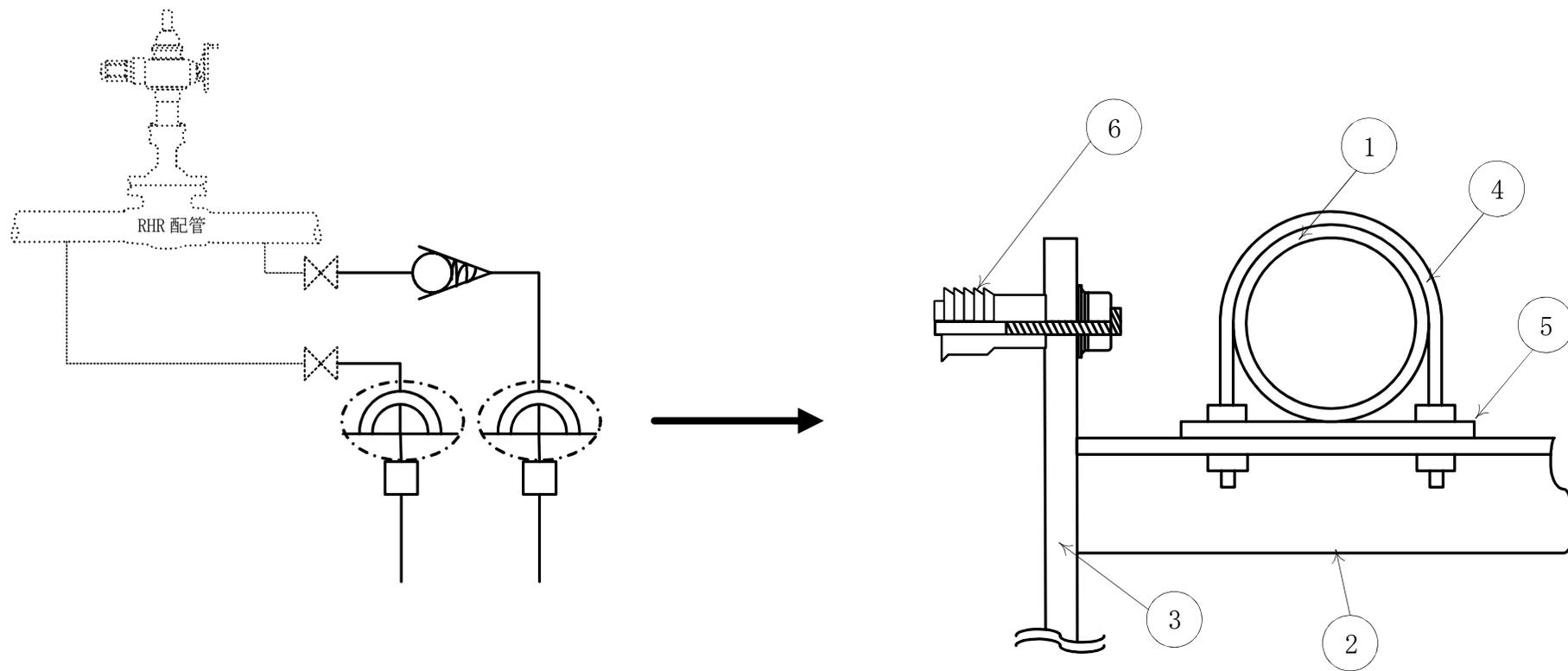


図 2.1-1 LPCI 注入隔離弁差圧計測装置構成



No.	部 位
①	計装配管
②	サポート
③	ベースプレート
④	取付ボルト・ナット
⑤	ライナー
⑥	基礎ボルト

図 2.1-2 計装配管サポート構成

表 2.1-1 LPCI 注入隔離弁差圧計測装置主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
信号伝達	電圧変換	過流量阻止弁	ステンレス鋼
		計装配管	ステンレス鋼
		継手	ステンレス鋼
		計装弁	ステンレス鋼
		差圧伝送器 (ダイヤフラム式)	半導体, ステンレス鋼, 可変抵抗器, Oリング*1 他
		信号変換処理部	半導体, 可変抵抗器, 電解コンデンサ*2 他
		補助継電器	(定期取替品)
		電源装置	(定期取替品)
機器の支持	計装配管サポート	サポート	炭素鋼
		ベースプレート	炭素鋼
		取付ボルト・ナット	ステンレス鋼
		ライナー	ステンレス鋼
	支持	計器架台	炭素鋼
		取付ボルト	炭素鋼
		基礎ボルト	炭素鋼
		埋込金物	炭素鋼

\*1：消耗品（気密材）

\*2：定期取替品

表 2.1-2 LPCI 注入隔離弁差圧計測装置の使用条件

設置場所	原子炉建屋	中央制御室
周囲温度	40 °C以下*1	26 °C以下*2

\*1：原子炉建屋の設計値

\*2：中央制御室の設計値

## 2.1.2 MUWF ポンプ吸込圧力計測装置

### (1) 構造

MUWF ポンプ吸込圧力計測装置は、MUWF ポンプの吸込圧力を伝達する計装配管、計装弁、継手、計装配管を固定する配管サポート、圧力を検出してオン・オフ信号に変換する圧力検出器、その他電気回路構成品である補助継電器、機器を支持するための計器架台、基礎ボルト等で構成されている。

MUWF ポンプ吸込圧力計測装置構成を図 2.1-3 に、計装配管サポート構成を図 2.1-4 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

MUWF ポンプ吸込圧力計測装置主要部位の使用材料を表 2.1-3 に、使用条件を表 2.1-4 に示す。

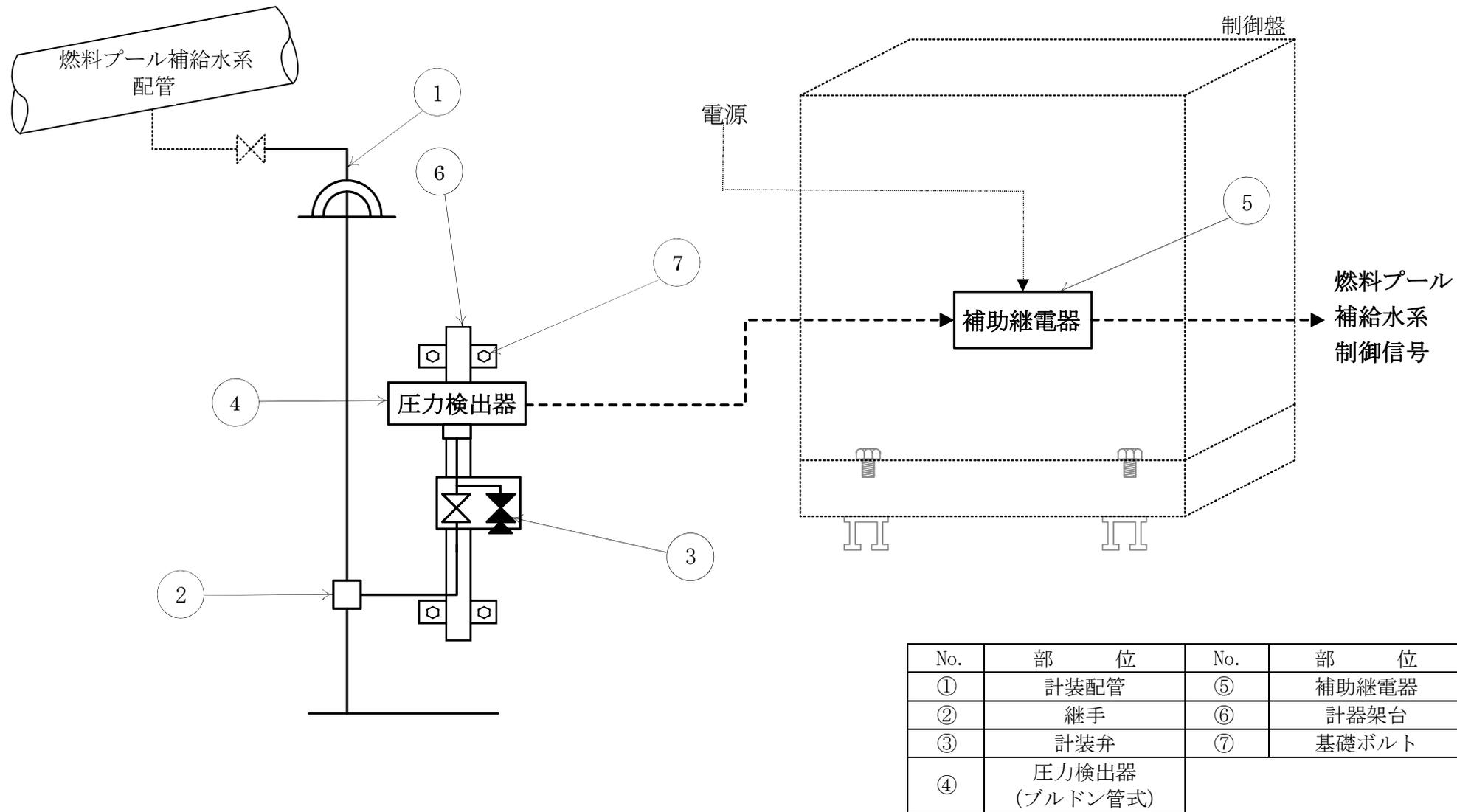


図 2.1-3 MUWF ポンプ吸込圧力計測装置構成

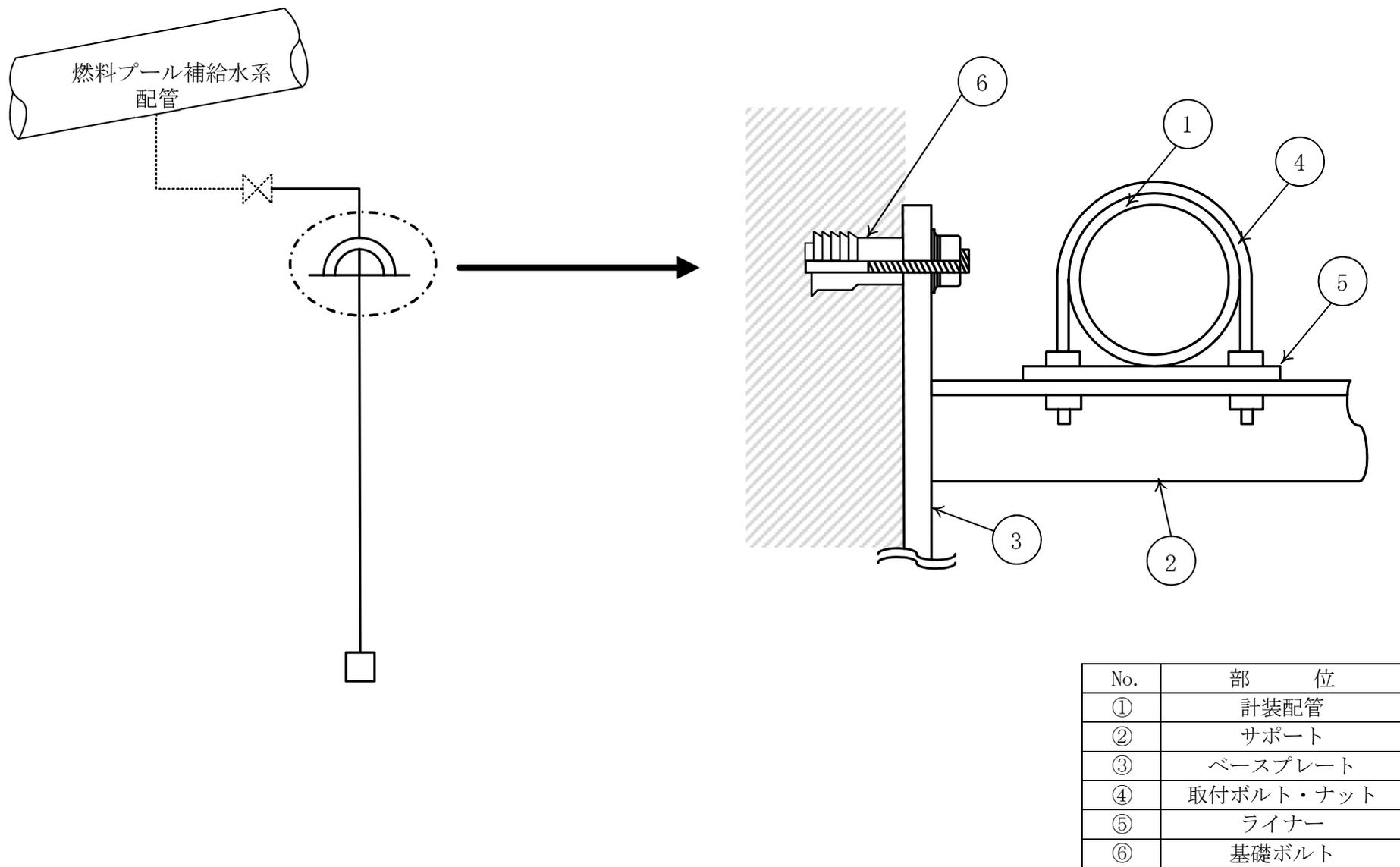


図 2.1-4 計装配管サポート構成

表 2.1-3 MUWF ポンプ吸込圧力計測装置主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
信号伝達	電圧変換	計装配管	ステンレス鋼
		継手	ステンレス鋼
		計装弁	ステンレス鋼
		圧力検出器 (ブルドン管式)	ステンレス鋼
		補助継電器	(定期取替品)
機器の支持	計装配管サポート	サポート	炭素鋼
		ベースプレート	炭素鋼
		取付ボルト・ナット	ステンレス鋼
		ライナー	ステンレス鋼
	支持	計器架台	炭素鋼
		基礎ボルト	炭素鋼

表 2.1-4 MUWF ポンプ吸込圧力計測装置の使用条件

設置場所	原子炉建屋	中央制御室
周囲温度	40 °C以下*1	26 °C以下*2

\*1：原子炉建屋の設計値

\*2：中央制御室の設計値

### 2.1.3 機関付清水ポンプ吐出圧力計測装置

#### (1) 構造

機関付清水ポンプ吐出圧力計測装置は、D/G 機関付清水ポンプの吐出圧力を伝達する計装配管、計装弁、継手、計装配管を固定する配管サポート、圧力を検出してオン・オフ信号に変換する圧力検出器、圧力検出器と計装弁を取り付け固定する計器架台、その他電気回路構成部品である補助継電器、機器を支持するための取付ボルト、基礎ボルト、埋込金物等で構成されている。

機関付清水ポンプ吐出圧力計測装置構成を図 2.1-5 に、計装配管サポート構成を図 2.1-6 に示す。

#### (2) 材料及び使用条件

機関付清水ポンプ吐出圧力計測装置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。

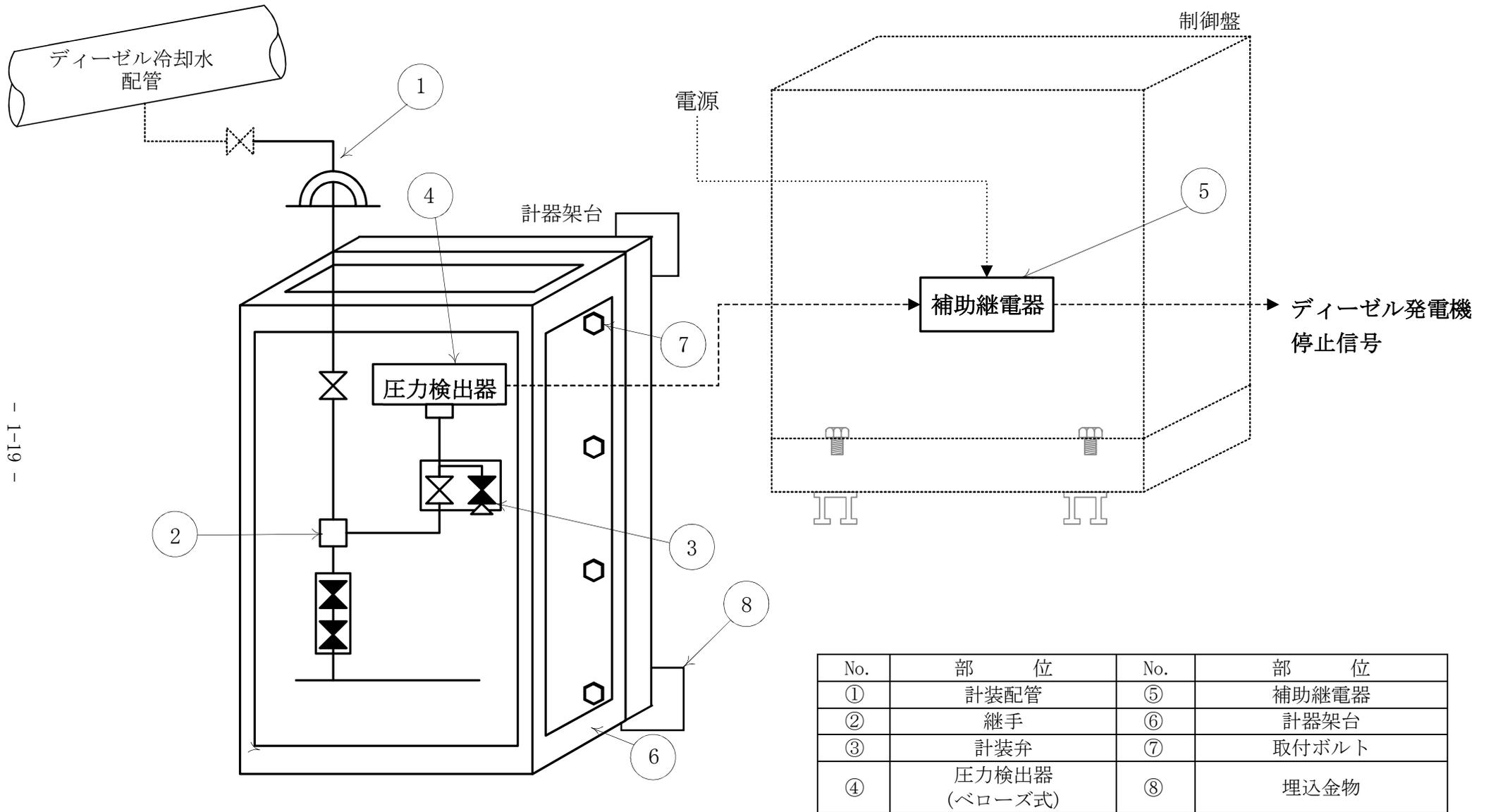
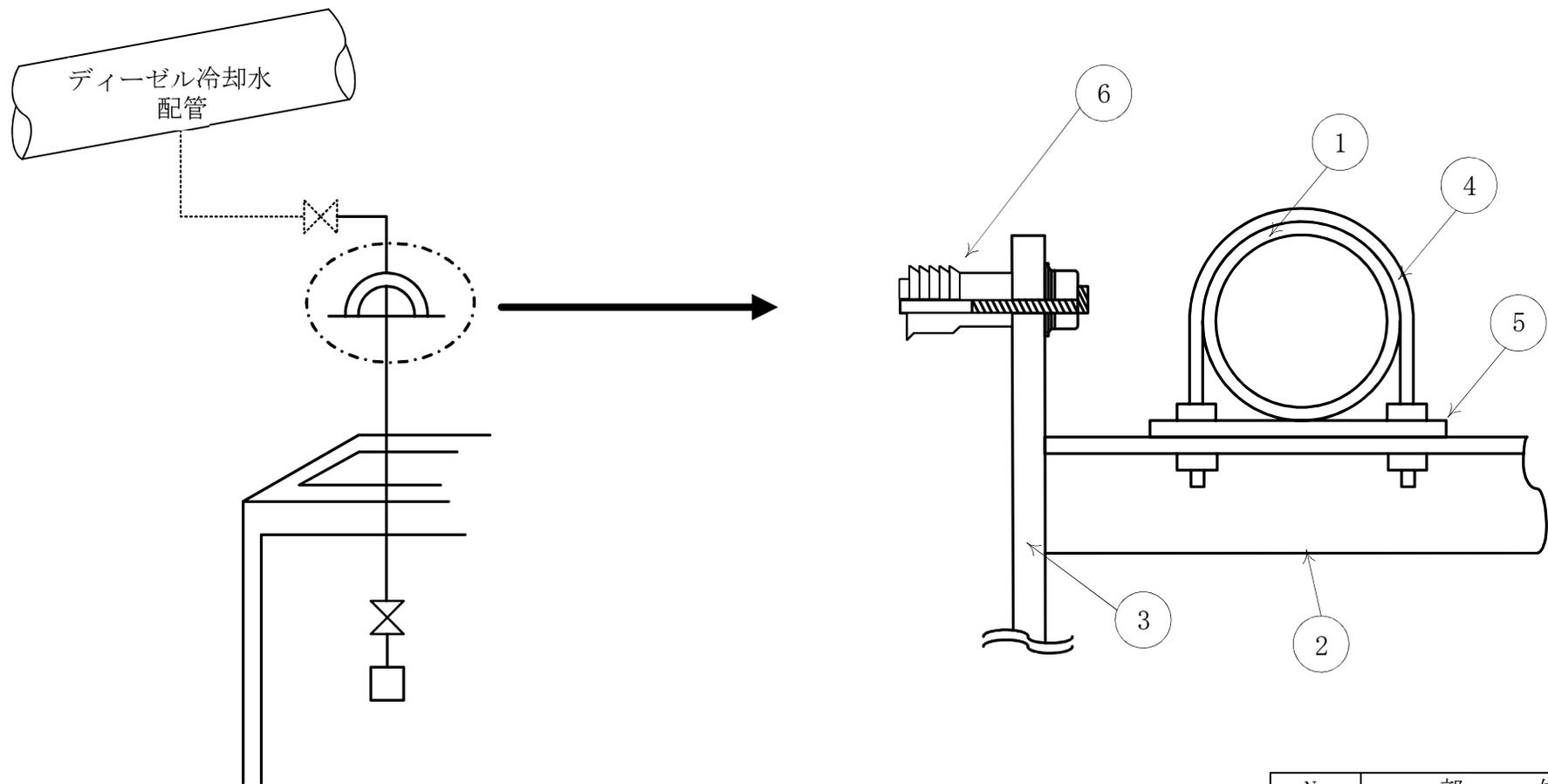


図 2.1-5 機関付清水ポンプ吐出圧力計測装置構成



No.	部 位
①	計装配管
②	サポート
③	ベースプレート
④	取付ボルト・ナット
⑤	ライナー
⑥	基礎ボルト

図 2.1-6 計装配管サポート構成

表 2.1-5 機関付清水ポンプ吐出圧力計測装置主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
信号伝達	電圧変換	計装配管	ステンレス鋼
		継手	ステンレス鋼
		計装弁	ステンレス鋼
		圧力検出器 (ベローズ式)	ステンレス鋼
		補助継電器	(定期取替品)
機器の支持	計装配管サポート	サポート	炭素鋼
		ベースプレート	炭素鋼
		取付ボルト・ナット	ステンレス鋼
		ライナー	ステンレス鋼
	支持	計器架台	炭素鋼
		取付ボルト	炭素鋼
		基礎ボルト	炭素鋼
		埋込金物	炭素鋼

表 2.1-6 機関付清水ポンプ吐出圧力計測装置の使用条件

設置場所	原子炉建屋	中央制御室
周囲温度	40 °C以下*1	26 °C以下*2

\*1：原子炉建屋の設計値

\*2：中央制御室の設計値

#### 2.1.4 活性炭フィルタ入口温度計測装置

##### (1) 構造

活性炭フィルタ入口温度計測装置は、温度に対応した電気信号を出力する温度検出器、信号変換処理を行う信号変換処理部、その他電気回路構成品である指示計、補助継電器、ヒューズ等で構成されている。

活性炭フィルタ入口温度計測装置構成を図 2.1-7 に示す。

##### (2) 材料及び使用条件

活性炭フィルタ入口温度計測装置主要部位の使用材料を表 2.1-7、使用条件を表 2.1-8 に示す。

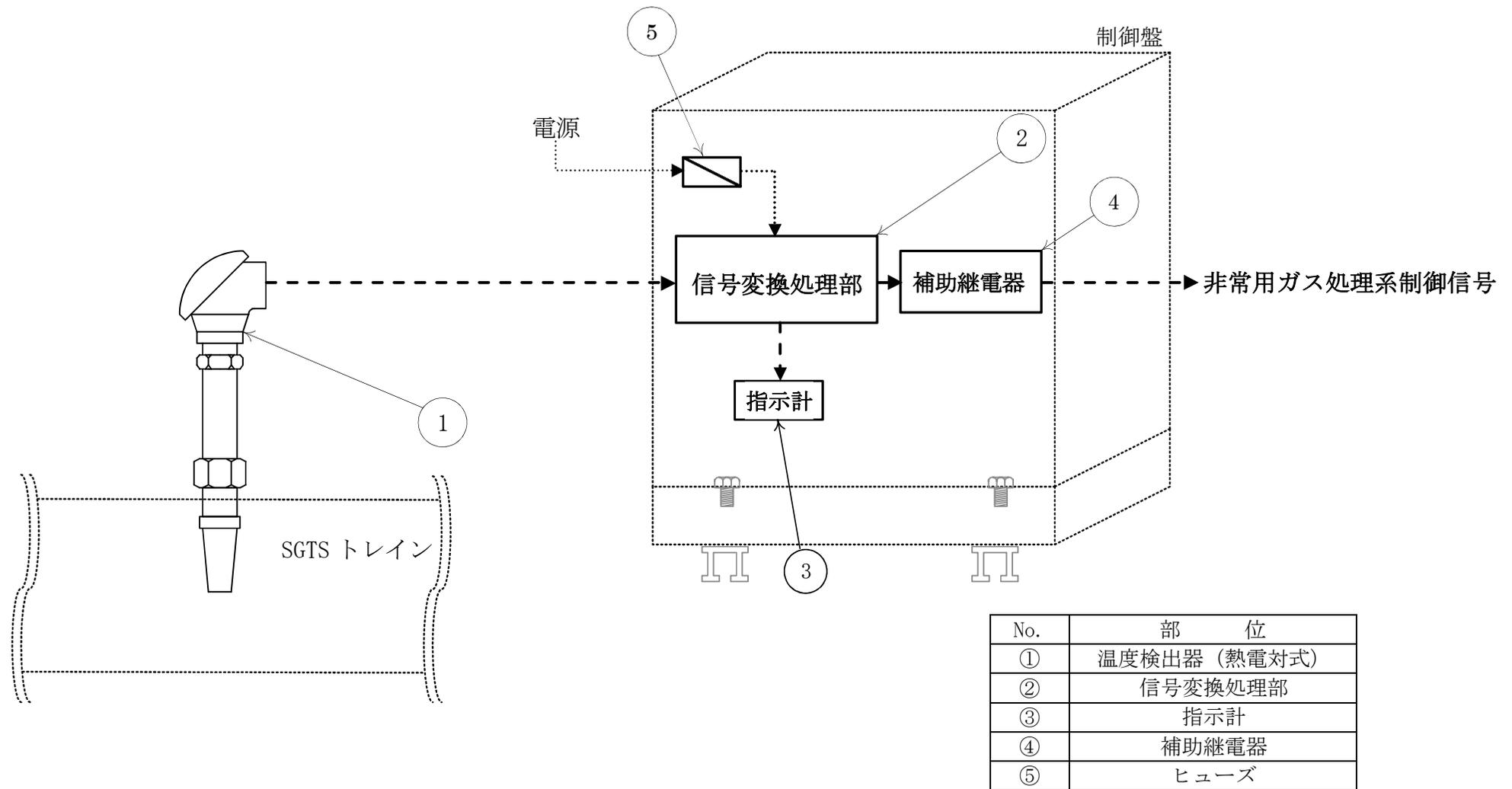


図 2.1-7 活性炭フィルタ入口温度計測装置構成

表 2.1-7 活性炭フィルタ入口温度計測装置主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
信号伝達	電圧変換	温度検出器 (熱電対式)	銅, 絶縁物 (酸化マグネシウム), エポキシ樹脂, ニッケル合金他
		信号変換処理部	半導体, 可変抵抗器, 電解コンデンサ*他
		指示計	可変コイル, 可変抵抗器他
		補助継電器	(定期取替品)
		ヒューズ	(消耗品)

\* : 定期取替品

表 2.1-8 活性炭フィルタ入口温度計測装置の使用条件

設置場所	原子炉建屋	中央制御室
周囲温度	40 °C以下*1	26 °C以下*2

\*1 : 原子炉建屋の設計値

\*2 : 中央制御室の設計値

## 2.1.5 RHR 系統流量計測装置

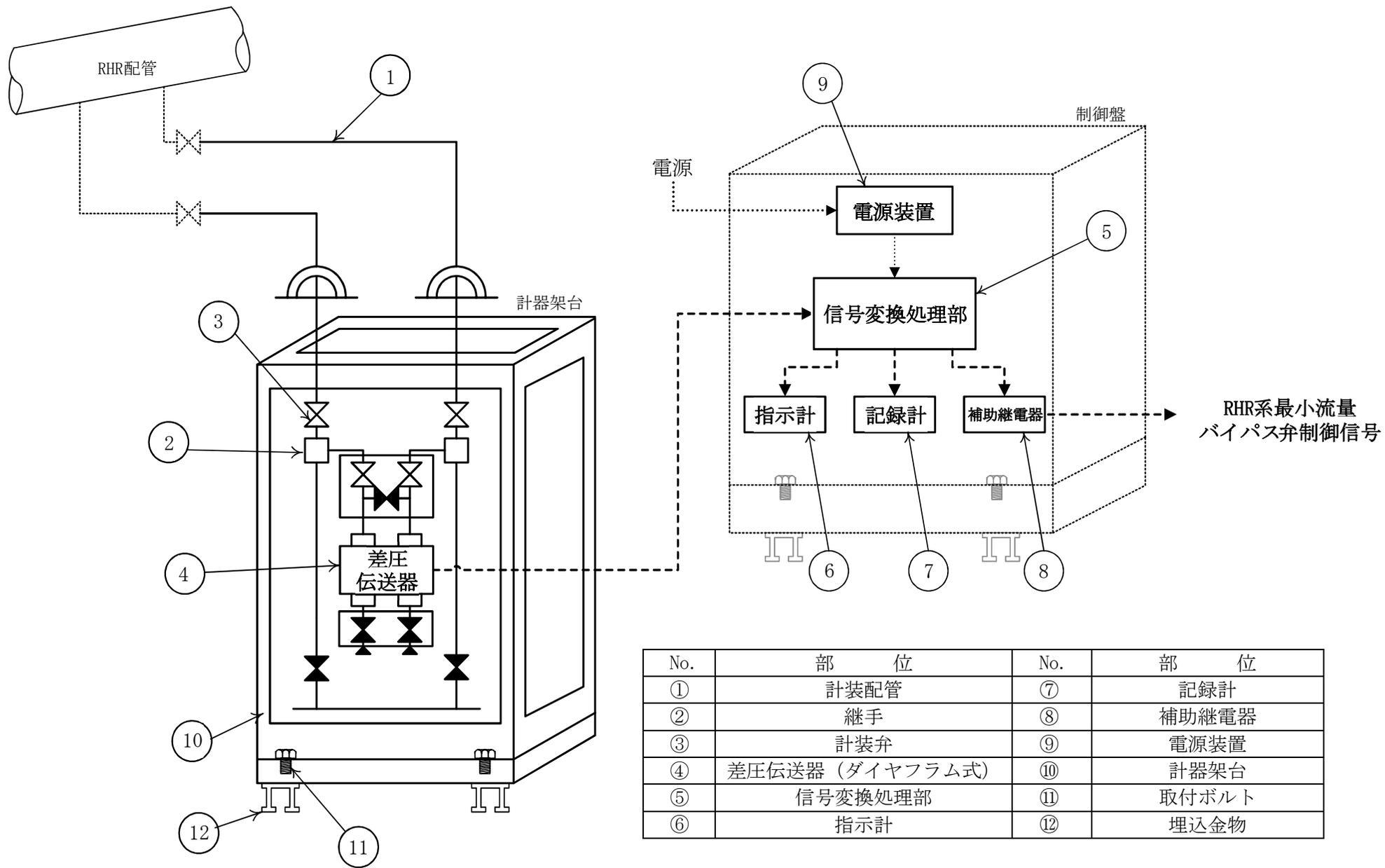
### (1) 構造

RHR 系統流量計測装置は、RHR 系統流量を伝達する計装配管、計装弁、継手、計装配管を固定する配管サポート、流量を検出して電気信号に変換する差圧伝送器、差圧伝送器と計装弁を取り付け固定する計器架台、信号変換処理を行う信号変換処理部、電気回路に電源を供給するための電源装置、その他電気回路構成品である指示計、記録計、補助継電器、機器を支持するための取付ボルト、基礎ボルト、埋込金物等で構成されている。

RHR 系統流量計測装置構成を図 2.1-8 に、計装配管サポート構成を図 2.1-9 に示す。

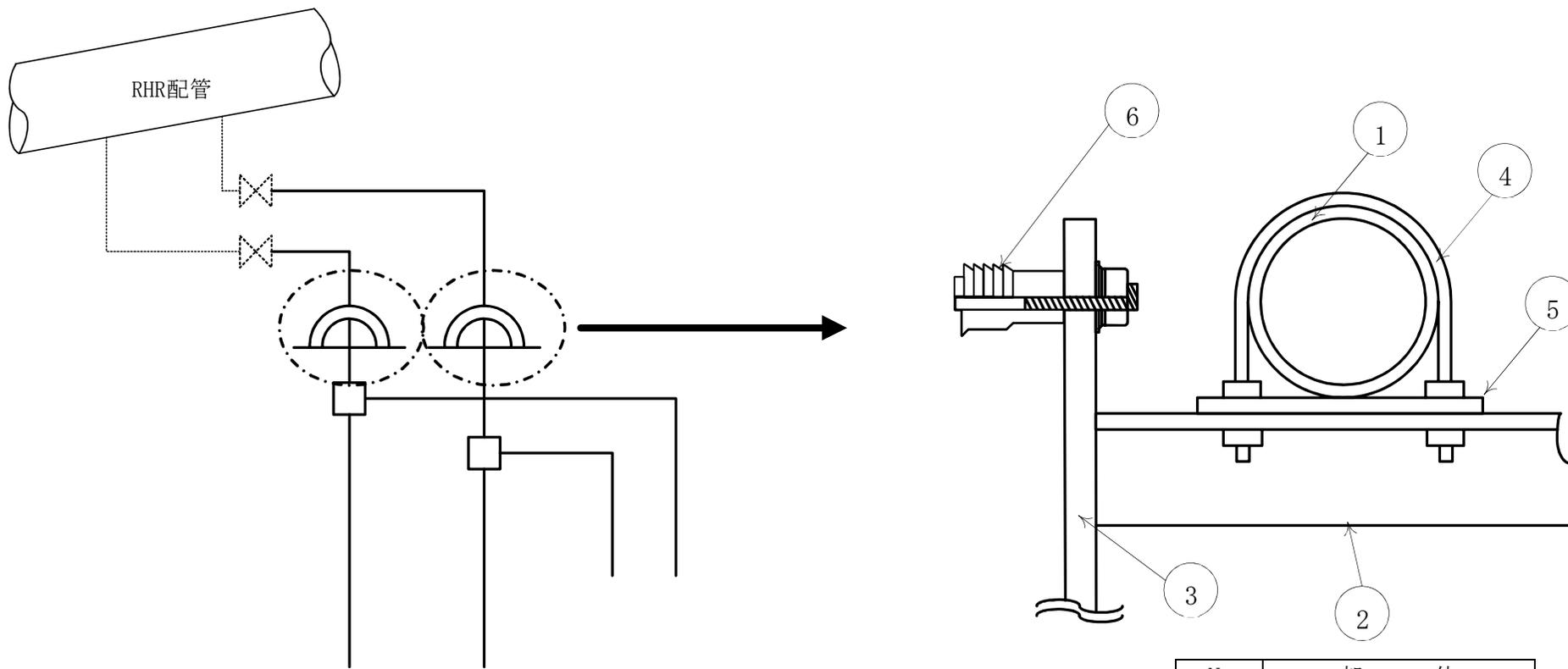
### (2) 材料及び使用条件

RHR 系統流量計測装置主要部位の使用材料を表 2.1-9 に、使用条件を表 2.1-10 に示す。



No.	部 位	No.	部 位
①	計装配管	⑦	記録計
②	継手	⑧	補助継電器
③	計装弁	⑨	電源装置
④	差圧伝送器 (ダイヤフラム式)	⑩	計器架台
⑤	信号変換処理部	⑪	取付ボルト
⑥	指示計	⑫	埋込金物

図 2.1-8 RHR 系統流量計測装置構成



No.	部 位
①	計装配管
②	サポート
③	ベースプレート
④	取付ボルト・ナット
⑤	ライナー
⑥	基礎ボルト

図 2.1-9 計装配管サポート構成

表 2.1-9 RHR 系統流量計測装置主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
信号伝達	電圧変換	計装配管	ステンレス鋼
		継手	ステンレス鋼
		計装弁	ステンレス鋼
		差圧伝送器 (ダイヤフラム式)	ステンレス鋼, 半導体, 可変抵抗器, ガスケット*1, Oリング*1 他
		信号変換処理部	半導体, 可変抵抗器, 電解コンデンサ*2 他
		指示計	可変コイル, 可変抵抗器他
		記録計	(定期取替品)
		補助継電器	(定期取替品)
		電源装置	(定期取替品)
機器の支持	計装配管サポート	サポート	炭素鋼
		ベースプレート	炭素鋼
		取付ボルト・ナット	ステンレス鋼
		ライナー	ステンレス鋼
	支持	計器架台	炭素鋼
		取付ボルト	炭素鋼
		基礎ボルト	炭素鋼
		埋込金物	炭素鋼

\*1：消耗品（気密材）

\*2：定期取替品

表 2.1-10 RHR 系統流量計測装置の使用条件

設置場所	原子炉建屋	中央制御室
周囲温度	40 °C 以下*1	26 °C 以下*2

\*1：原子炉建屋の設計値

\*2：中央制御室の設計値

## 2.1.6 原子炉水位（狭帯域）計測装置

### (1) 構造

原子炉水位（狭帯域）計測装置は、原子炉の水位を伝達する計装配管、計装弁、継手、計装配管を固定する配管サポート、水位を検出して電気信号に変換する差圧伝送器、計装配管内流体の過大流量を検出した際閉止させる過流量阻止弁、差圧伝送器を取り付け固定する計器架台、信号変換処理を行う信号変換処理部、電気回路に電源を供給するための電源装置、その他電気回路構成品である補助継電器、機器を支持するための取付ボルト、基礎ボルト、埋込金物等で構成されている。

原子炉水位（狭帯域）計測装置構成を図 2.1-10 に、計装配管サポート構成を図 2.1-11 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

原子炉水位（狭帯域）計測装置主要部位の使用材料を表 2.1-11 に、使用条件を表 2.1-12 に示す。

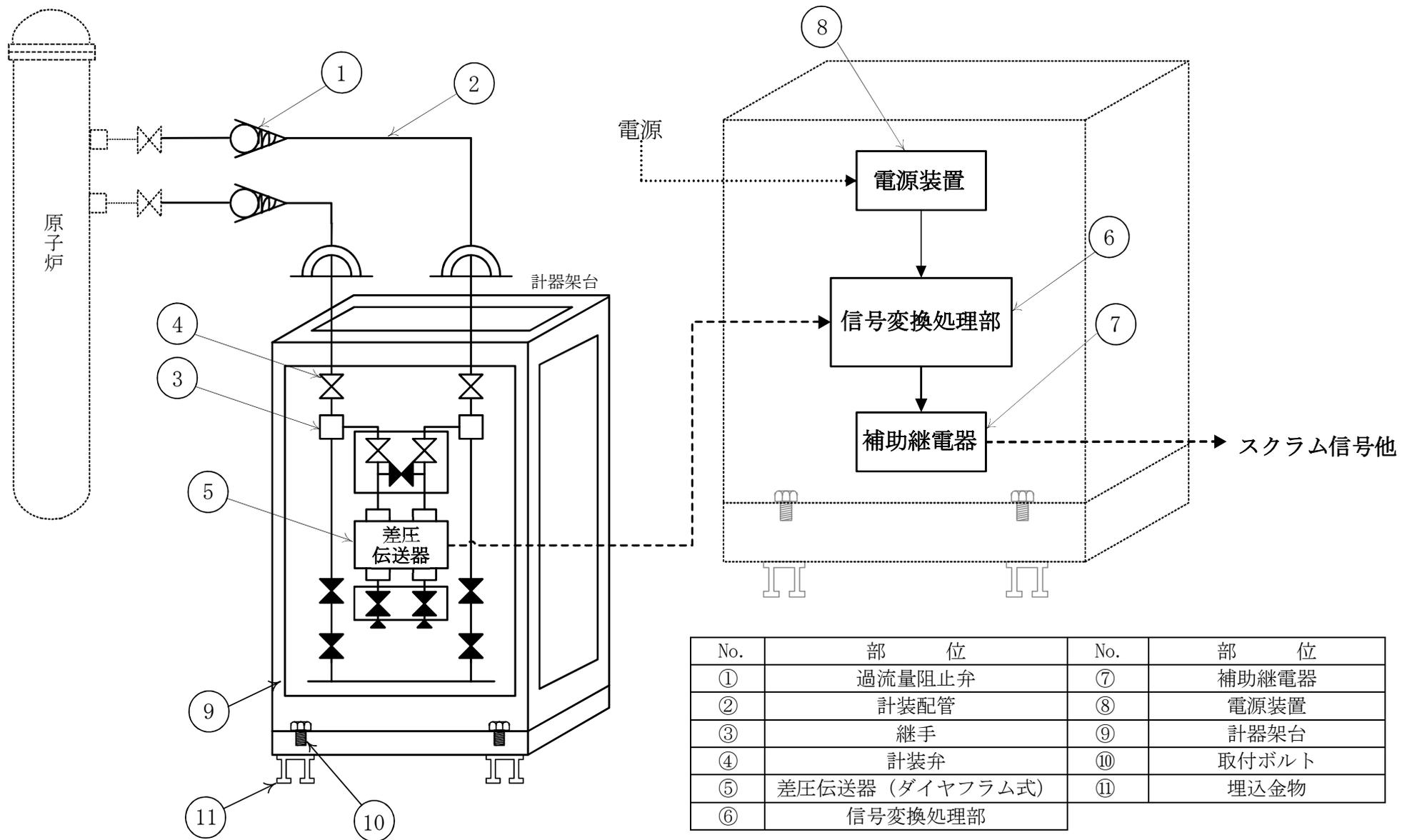
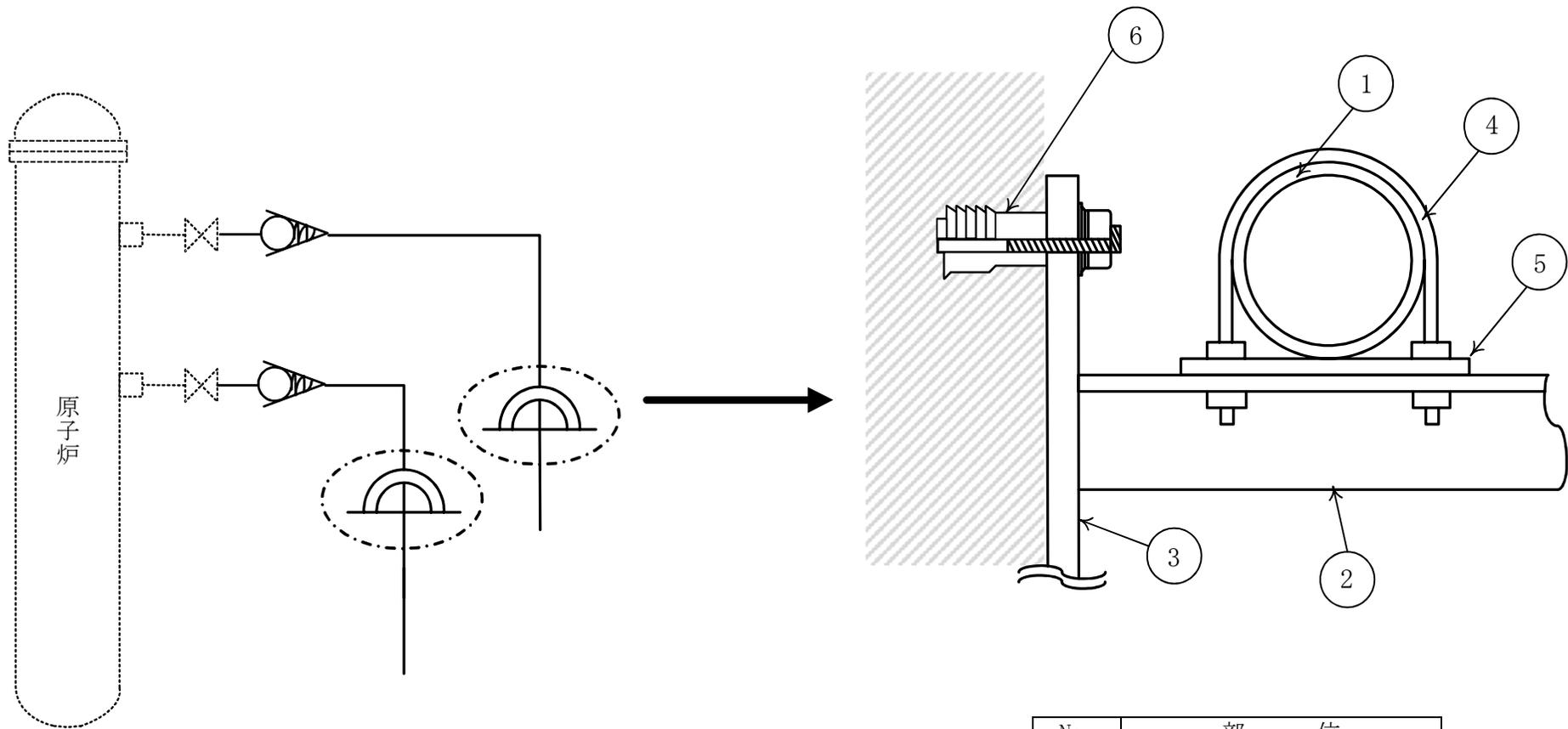


図 2.1-10 原子炉水位 (狭帯域) 計測装置構成



No.	部 位
①	計装配管
②	サポート
③	ベースプレート
④	取付ボルト・ナット
⑤	ライナー
⑥	基礎ボルト

図 2.1-11 計装配管サポート構成

表 2.1-11 原子炉水位（狭帯域）計測装置主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
信号伝達	電圧変換	過流量阻止弁	ステンレス鋼
		計装配管	ステンレス鋼
		継手	ステンレス鋼
		計装弁	ステンレス鋼
		差圧伝送器 (ダイヤフラム式)	ステンレス鋼, 半導体, 可変抵抗器, ガスケット*, Oリング*他
		信号変換処理部	半導体, 可変抵抗器他
		補助継電器	(定期取替品)
		電源装置	(定期取替品)
機器の支持	計装配管サポート	サポート	炭素鋼
		ベースプレート	炭素鋼
		取付ボルト・ナット	ステンレス鋼
		ライナー	ステンレス鋼
	支持	計器架台	炭素鋼
		取付ボルト	炭素鋼
		基礎ボルト	炭素鋼
		埋込金物	炭素鋼

\*：消耗品（気密材）

表 2.1-12 原子炉水位（狭帯域）計測装置の使用条件

設置場所	原子炉建屋	中央制御室
周囲温度	40 °C以下*1	26 °C以下*2

\*1：原子炉建屋の設計値

\*2：中央制御室の設計値

## 2.1.7 スクラム排出容器水位計測装置（フロート式）

### (1) 構造

スクラム排出容器水位計測装置（フロート式）は、スクラム排出容器の水位を伝達する計装配管，継手，水位検出器を固定するサポート，水位を検出してオン・オフ信号に変換する水位検出器，その他電気回路構成品である補助継電器，ヒューズ，機器を支持するための基礎ボルト等で構成されている。

スクラム排出容器水位計測装置（フロート式）構成を図2.1-12に，計装配管サポート構成を図2.1-13に，水位検出器サポート構成を図2.1-14に示す。

### (2) 材料及び使用条件

スクラム排出容器水位計測装置（フロート式）主要部位の使用材料を表2.1-13に，使用条件を表2.1-14に示す。

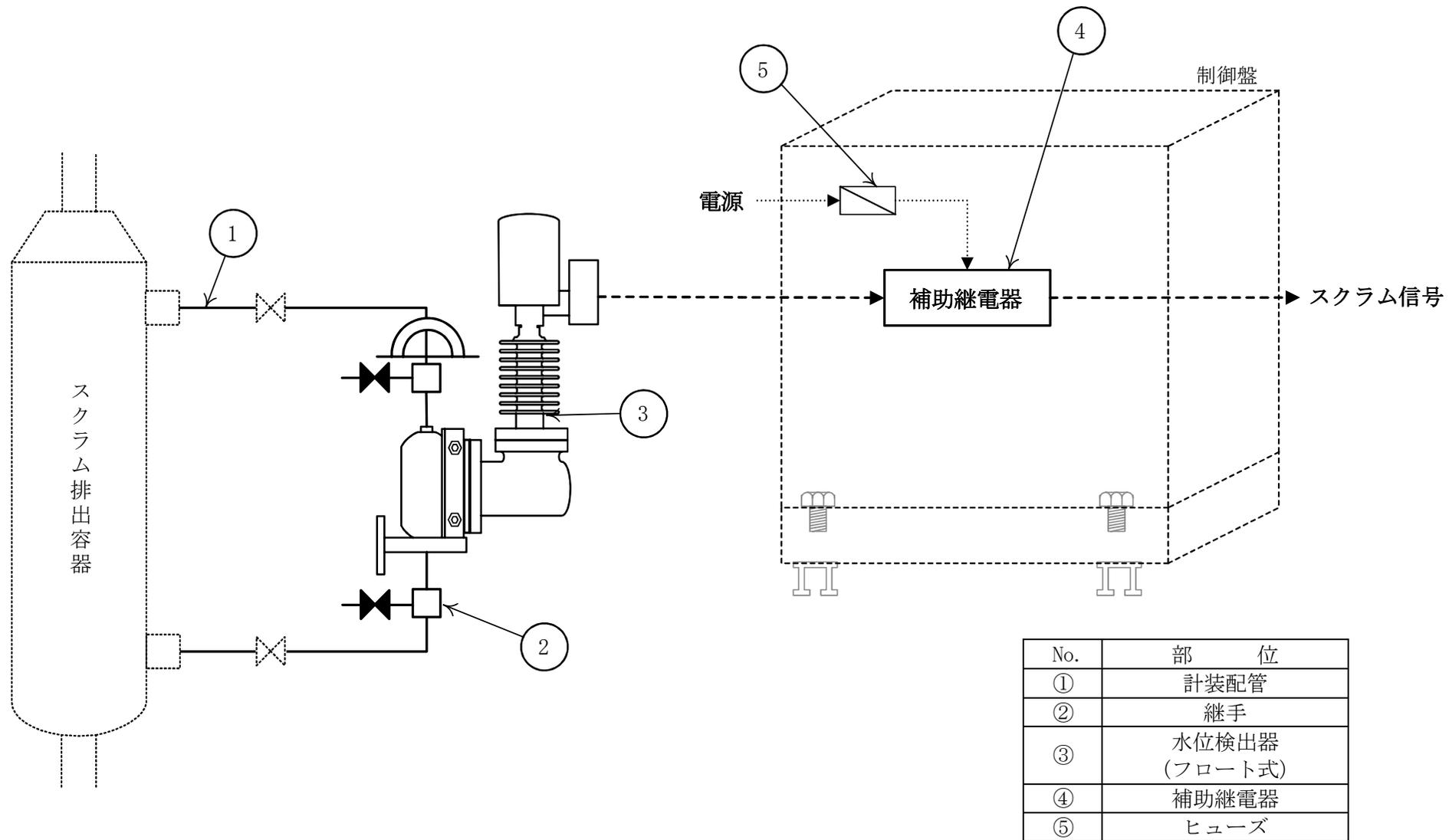


図 2.1-12 スクラム排出容器水位計測装置 (フロート式) 構成

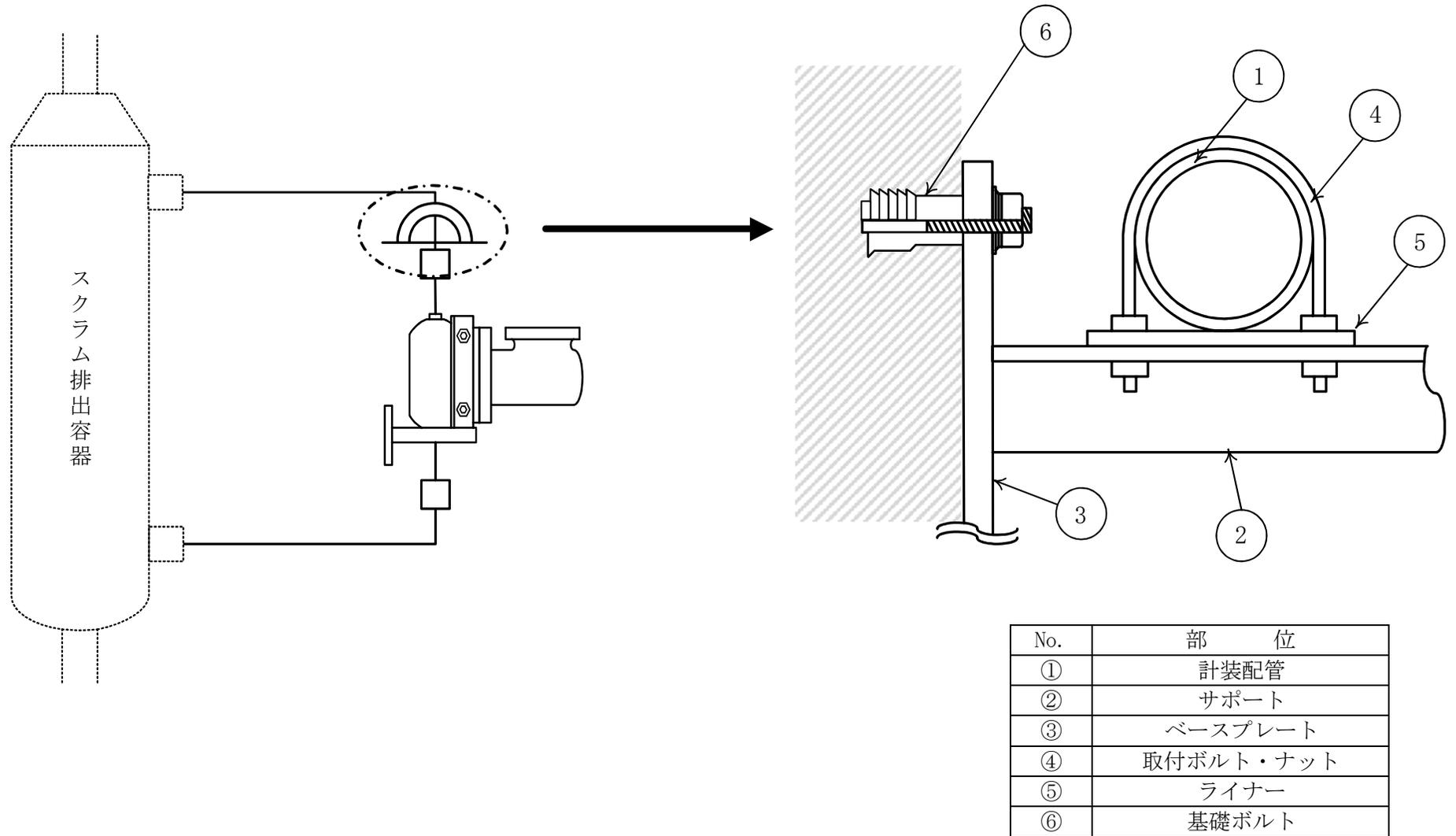


図 2.1-13 計装配管サポート構成

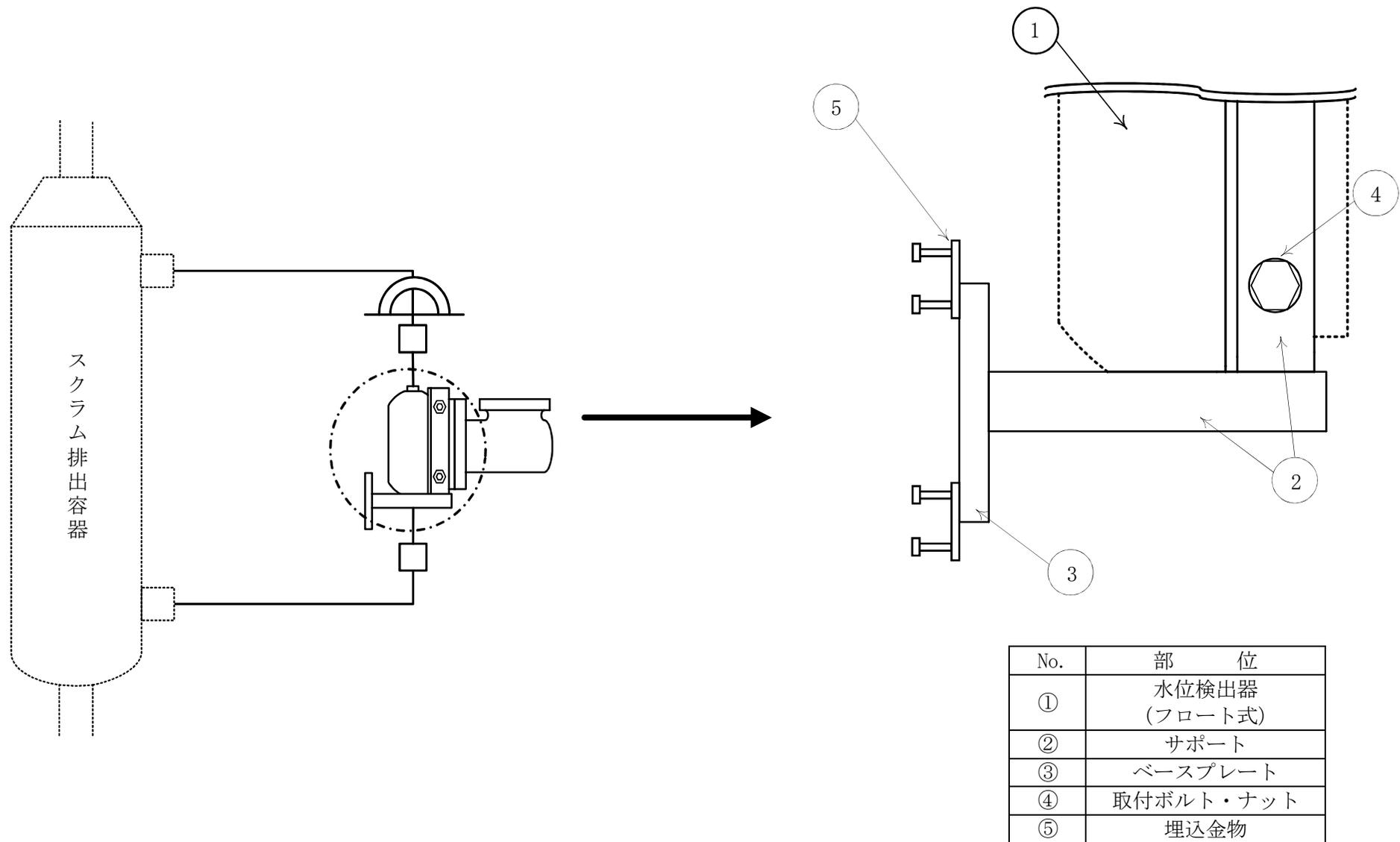


図 2.1-14 水位検出器サポート構成

表 2.1-13 スクラム排出容器水位計測装置（フロート式）主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
信号伝達	電圧変換	計装配管	ステンレス鋼
		継手	ステンレス鋼
		水位検出器 (フロート式)	ステンレス鋼, チタン
		補助継電器	(定期取替品)
		ヒューズ	(消耗品)
機器の支持	計装配管サポート	サポート	炭素鋼
		ベースプレート	炭素鋼
		取付ボルト・ナット	ステンレス鋼
		ライナー	ステンレス鋼
	水位検出器サポート	サポート	炭素鋼
		ベースプレート	炭素鋼
		取付ボルト・ナット	炭素鋼
	支持	基礎ボルト	炭素鋼
		埋込金物	炭素鋼

表 2.1-14 スクラム排出容器水位計測装置（フロート式）の使用条件

設置場所	原子炉建屋	中央制御室
周囲温度	40 °C以下*1	26 °C以下*2

\*1：原子炉建屋の設計値

\*2：中央制御室の設計値

## 2.1.8 SRM 計測装置

### (1) 構造

SRM 計測装置は、中性子束に対応した電気信号を出力する検出器、検出器からの信号増幅を行う前置増幅器、信号変換処理を行う信号変換処理部、電気回路に電源を供給するための電源装置、その他電気回路構成品である指示計、記録計、補助継電器、ヒューズ等で構成されている。

SRM 計測装置構成を図 2.1-15 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

SRM 計測装置主要部位の使用材料を表 2.1-15 に、使用条件を表 2.1-16 に示す。

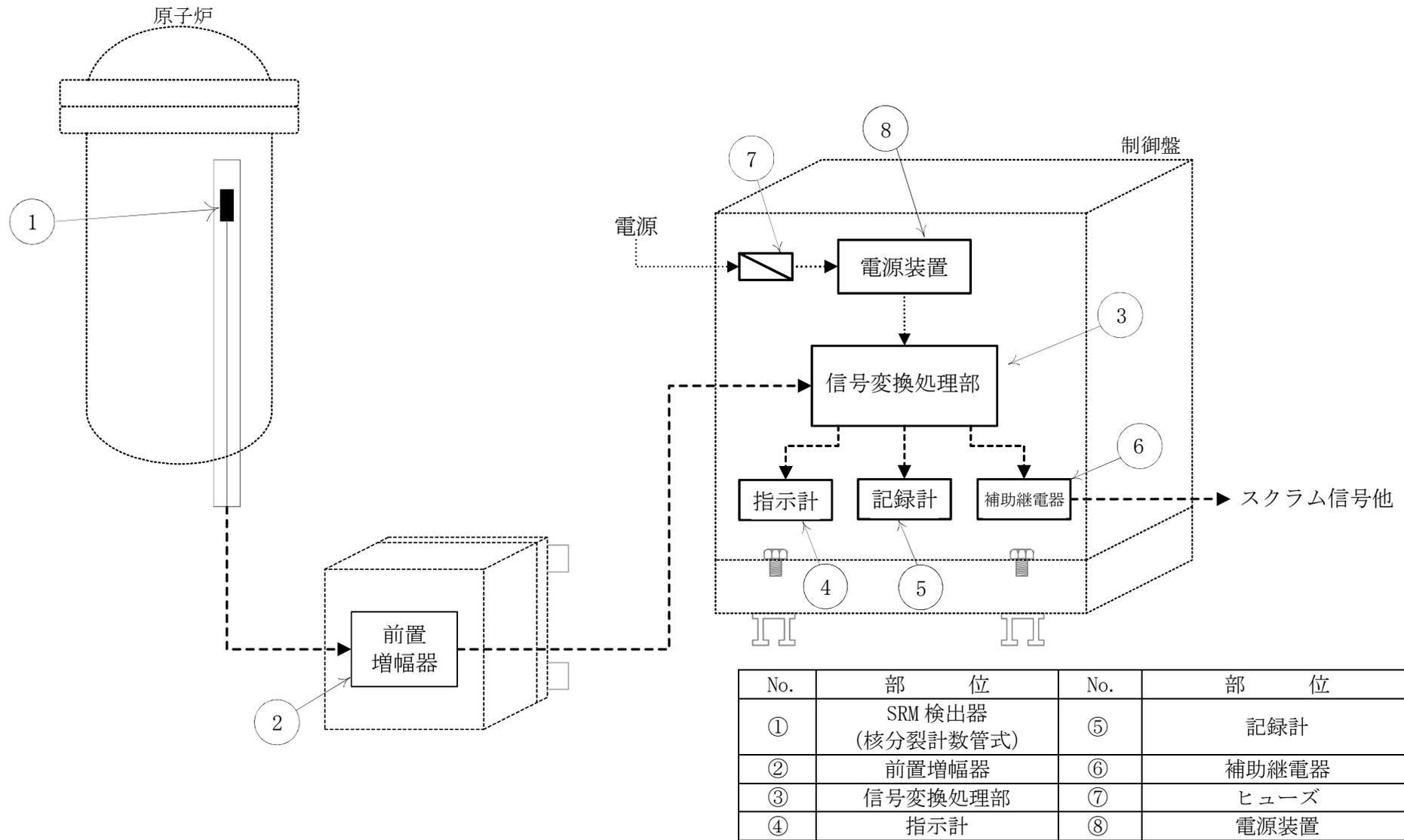


図 2.1-15 SRM 計測装置構成

表 2.1-15 SRM 計測装置主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
信号伝達	電圧変換	SRM 検出器 (核分裂計数管式)	ステンレス鋼, チタン, 絶縁材 (フ ォルステライト), ウラン
		前置増幅器	半導体, 抵抗器, 電解コンデンサ*他
		信号変換処理部	半導体, 抵抗器, 電解コンデンサ*, リレー (コイル, 鉄心) 他
		指示計	可変コイル, 可変抵抗器他
		記録計	(定期取替品)
		補助継電器	(定期取替品)
		電源装置	(定期取替品)
		ヒューズ	(消耗品)

\*: 定期取替品

表 2.1-16 SRM 計測装置の使用条件

設置場所	原子炉内	原子炉建屋	中央制御室
周囲温度	302 °C以下*1	40 °C以下*2	26 °C以下*3

\*1: 原子炉圧力容器の設計値

\*2: 原子炉建屋の設計値

\*3: 中央制御室の設計値

## 2.1.9 原子炉建屋換気空調系排気放射線モニタ計測装置

### (1) 構造

原子炉建屋換気空調系排気放射線モニタ計測装置は、原子炉建屋換気空調系の放射線を検出する放射線検出器、放射線検出器を固定するための計器架台、信号変換処理を行う信号変換処理部、その他電気回路構成品である補助継電器、記録計、電源装置、ヒューズ、機器を支持するための取付ボルト、基礎ボルト等で構成されている。

原子炉建屋換気空調系排気放射線モニタ計測装置構成を図 2.1-16 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

原子炉建屋換気空調系排気放射線モニタ計測装置主要部位の使用材料を表 2.1-17 に、使用条件を表 2.1-18 に示す。

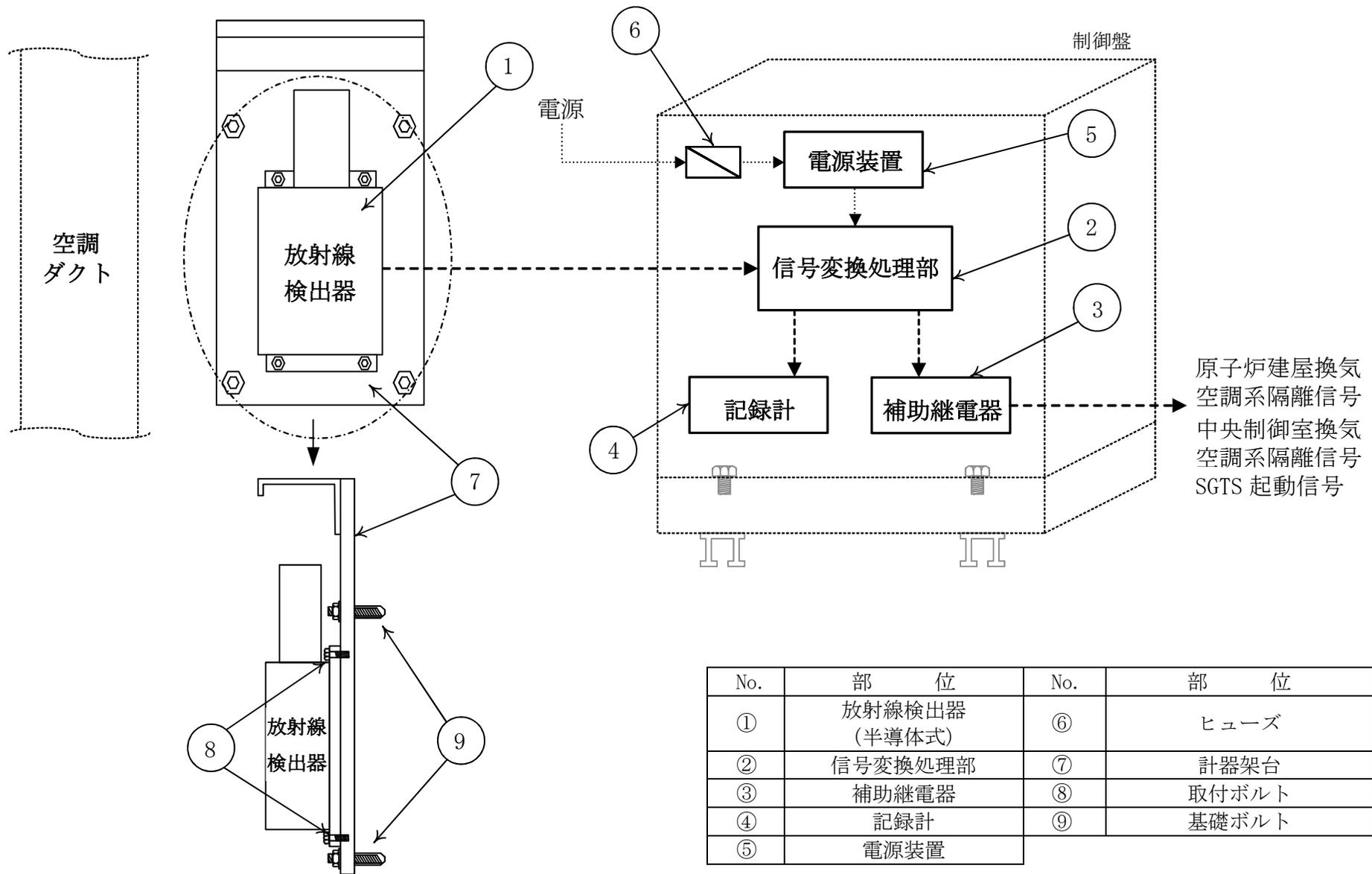


図 2.1-16 原子炉建屋換気空調系排気放射線モニタ計測装置構成

表 2.1-17 原子炉建屋換気空調系排気放射線モニタ計測装置主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
信号伝達	電圧変換	放射線検出器 (半導体式)	半導体, 可変抵抗器, 電解コンデンサ*1 他
		信号変換処理部	半導体, 可変抵抗器, 電解コンデンサ*1 他
		補助継電器	(定期取替品)
		記録計	(定期取替品)
		電源装置	(定期取替品)
		ヒューズ	(消耗品)
機器の支持	支持	計器架台	炭素鋼
		取付ボルト	炭素鋼
		基礎ボルト	炭素鋼, 樹脂*2

\*1: 定期取替品

\*2: 後打ちケミカルアンカ

表 2.1-18 原子炉建屋換気空調系排気放射線モニタ計測装置の使用条件

設置場所	原子炉建屋	中央制御室
周囲温度	40 °C以下*1	26 °C以下*2

\*1: 原子炉建屋の設計値

\*2: 中央制御室の設計値

## 2.1.10 地震加速度計測装置

### (1) 構造

地震加速度計測装置は、地震発生時の加速度検出を行うための地震加速度検出器、信号変換処理を行う信号変換処理部、その他電気回路構成品である補助継電器、ヒューズ、機器を支持するための筐体、取付ボルト、基礎ボルト等で構成されている。

地震加速度計測装置構成を図 2.1-17 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

地震加速度計測装置主要部位の使用材料を表 2.1-19 に、使用条件を表 2.1-20 に示す。

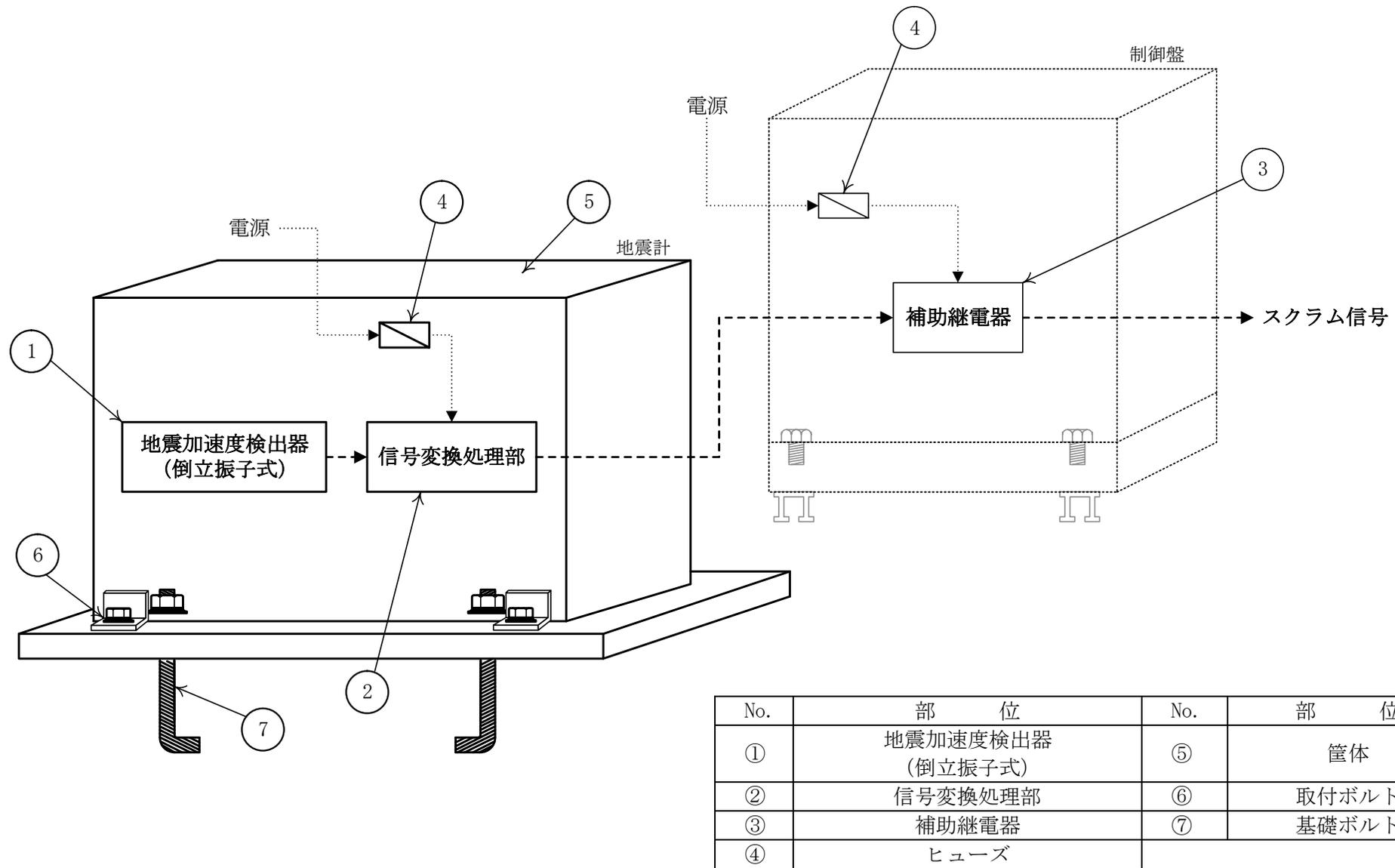


図 2.1-17 地震加速度計測装置構成

表 2.1-19 地震加速度計測装置主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
信号伝達	電圧変換	地震加速度検出器 (倒立振子式)	白金イリジウム合金, 炭素鋼他
		信号変換処理部	抵抗器, 電解コンデンサ*他
		補助継電器	(定期取替品)
		ヒューズ	(消耗品)
機器の支持	支持	筐体	炭素鋼
		取付ボルト	ステンレス鋼
		基礎ボルト	炭素鋼

\*: 定期取替品

表 2.1-20 地震加速度計測装置の使用条件

設置場所	原子炉建屋	中央制御室
周囲温度	40 °C以下*1	26 °C以下*2

\*1: 原子炉建屋の設計値

\*2: 中央制御室の設計値

#### 2.1.11 D/G 機関過速度計測装置

##### (1) 構造

D/G機関過速度計測装置は、D/G機関過速度を機械的に検出する位置検出器、その他電気回路構成品である補助継電器等で構成されている。

D/G 機関過速度計測装置構成を図 2.1-18 に示す。

##### (2) 材料及び使用条件

D/G 機関過速度計測装置主要部位の使用材料を表 2.1-21 に、使用条件を表 2.1-22 に示す。

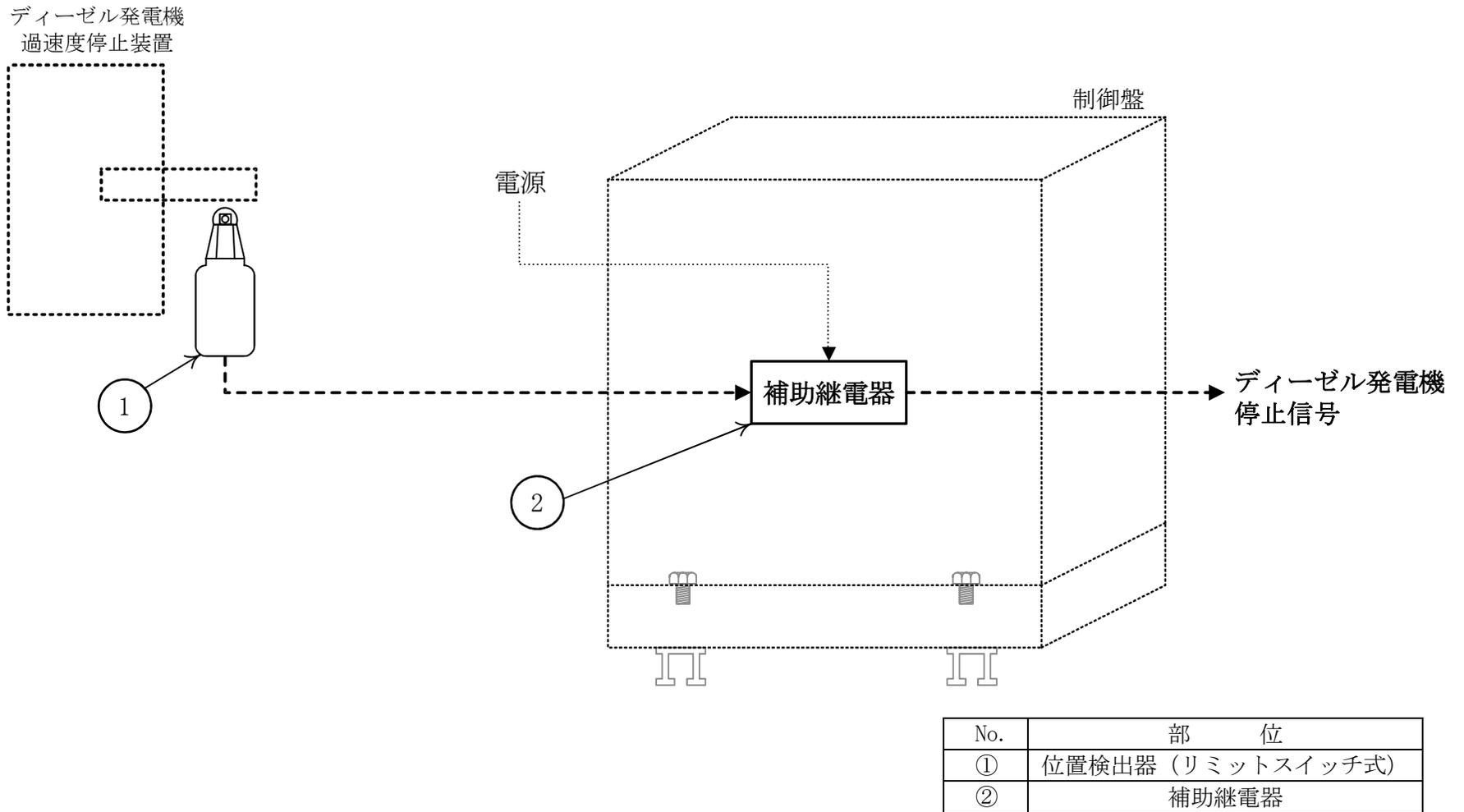


図 2.1-18 D/G 機関過速度計測装置構成

表 2.1-21 D/G 機関過速度計測装置主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
信号伝達	電圧変換	位置検出器 (リミットスイッチ式)	(定期取替品)
		補助継電器	(定期取替品)

表 2.1-22 D/G 機関過速度計測装置の使用条件

設置場所	原子炉建屋	中央制御室
周囲温度	40 °C以下*1	26 °C以下*2

\*1：原子炉建屋の設計値

\*2：中央制御室の設計値

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

計測装置の機能である計測機能の達成に必要な項目としては、以下のとおり。

- ① 信号伝達
- ② 機器の支持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

計測装置について、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で個々の部位の材料、構造、使用条件（周囲温度）及び現在までの運転経験等を考慮し、表 2.2-1 に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した（表 2.2-1 で○、または△、▲になるもの）。

なお、消耗品及び定期取替品は以下のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

ヒューズ、ガスケット、Oリングは消耗品で、電源装置、補助継電器、位置検出器（リミットスイッチ式）、記録計、電解コンデンサは定期取替品であり、設計時に長期使用せず取り替えを前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

#### (3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

想定される経年劣化事象のうち主要6事象に該当する事象及び下記①、②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。なお、下記①、②に該当する事象については、2.2.3項に示すとおり、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

- ① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△）
- ② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲）

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象として以下の事象が抽出された（表 2.2-1 で○）。

- a. 温度検出器（熱電対式）の絶縁特性低下 [活性炭フィルタ入口温度計測装置]

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

- a. 差圧伝送器，圧力検出器，前置増幅器，放射線検出器，地震加速度検出器の特性変化 [LPCI 注入隔離弁差圧計測装置，MUWF ポンプ吸込圧力計測装置，機関付清水ポンプ吐出圧力計測装置，RHR 系統流量計測装置，原子炉水位（狭帯域）計測装置，SRM 計測装置，原子炉建屋換気空調系排気放射線モニタ計測装置，地震加速度計測装置]

LPCI 注入隔離弁差圧計測装置，RHR 系統流量計測装置，原子炉水位（狭帯域）計測装置の差圧伝送器，MUWF ポンプ吸込圧力計測装置，機関付清水ポンプ吐出圧力計測装置の圧力検出器，SRM 計測装置の前置増幅器，原子炉建屋換気空調系排気放射線モニタ計測装置の放射線検出器，地震加速度計測装置の地震加速度検出器は，長期間の使用に伴い変形や電気回路部の可変抵抗器の導通不良に起因して，特性が変化する可能性がある。特性変化に関しては，点検において特性試験（入出力試験，ループ試験）を実施し，特性が精度内であることを確認している。

したがって，今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- b. 信号変換処理部の特性変化 [LPCI 注入隔離弁差圧計測装置, 活性炭フィルタ入口温度計測装置, RHR 系統流量計測装置, 原子炉水位 (狭帯域) 計測装置, SRM 計測装置, 原子炉建屋換気空調系排気放射線モニタ計測装置, 地震加速度計測装置]

LPCI 注入隔離弁差圧計測装置, 活性炭フィルタ入口温度計測装置, RHR 系統流量計測装置, 原子炉水位 (狭帯域) 計測装置, SRM 計測装置, 原子炉建屋換気空調系排気放射線モニタ計測装置, 地震加速度計測装置の信号変換処理部は, 電解コンデンサ静電容量の低下 (ドライアップ), マイグレーションによる基板内 IC での回路間短絡・断線による使用部品の劣化や電気回路の不良により特性が変化する可能性があるが, 特性変化の主要因である電解コンデンサについては, 大きな劣化をきたす前に取り替えている。

また, 電気回路の不良はマイグレーションによる基板内 IC での回路間短絡・断線が挙げられるが, マイグレーション対策については設計, 製造プロセスが改善されており, 屋内空調環境に設置されていることから, その発生の可能性は十分小さい。

さらに, 点検時に信号変換処理部を含む各装置の特性試験を実施し, 特性が精度内であることを確認している。

したがって, 今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから, 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- c. 指示計の特性変化 [活性炭フィルタ入口温度計測装置, RHR 系統流量計測装置, SRM 計測装置]

活性炭フィルタ入口温度計測装置, RHR 系統流量計測装置, SRM 計測装置の指示計は, 長期間の使用に伴い入出力特性に誤差が生じ, 精度が確保できなくなる可能性があるが, 設計段階において長期間使用による劣化を考慮していることから, 特性が急激に変化する可能性は小さい。

また, 点検時に特性試験・調整にて特性を確認し, 異常が確認された場合には取り替えを行うこととしている。

したがって, 今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから, 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. 水位検出器の特性変化 [スクラム排出容器水位計測装置 (フロート式)]

スクラム排出容器水位計測装置 (フロート式) の水位検出器は、検出部の汚損により特性が変化し精度が確保できなくなる可能性がある。しかし、点検時に検出部の清掃・手入を行い汚損がないことを確認することで健全性が確保されることから、検出部の汚損による特性変化の可能性は小さい。

また、点検時に検出器を含む各装置の特性試験を実施し、特性が精度内であることを確認している。

したがって、今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. 中性子検出器の特性変化 [SRM 計測装置]

SRM 計測装置の検出器は、核分裂計数管式であるため、中性子照射によるウラン減少から感度が低下し、特性変化する可能性がある。しかし、点検時に特性試験を行い特性が健全であることを確認していることから、急激な特性変化の可能性は小さい。

したがって、今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f. 圧力検出器，水位検出器，地震加速度検出器の導通不良 [MUWF ポンプ吸込圧力計測装置，機関付清水ポンプ吐出圧力計測装置，スクラム排出容器水位計測装置 (フロート式)，地震加速度計測装置]

MUWF ポンプ吸込圧力計測装置，機関付清水ポンプ吐出圧力計測装置の圧力検出器，スクラム排出容器水位計測装置 (フロート式) の水位検出器，地震加速度計測装置の地震加速度検出器は、接点に付着する浮遊塵埃と接点表面に形成される酸化被膜により導通不良の可能性はある。しかし、使用している検出器は密閉構造のケースに収納され、屋内空調環境に設置されていることから、塵埃の付着量，酸化被膜量とも極わずかな量であり，導通不良の可能性は小さい。

また、点検時に動作試験を実施し健全であることを確認しており、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- g. 計装配管サポート部，水位検出器サポート部の腐食（全面腐食） [LPCI 注入隔離弁差圧計測装置，MUWF ポンプ吸込圧力計測装置，機関付清水ポンプ吐出圧力計測装置，RHR 系統流量計測装置，原子炉水位（狭帯域）計測装置，スクラム排出容器水位計測装置（フロート式）]

LPCI 注入隔離弁差圧計測装置，MUWF ポンプ吸込圧力計測装置，機関付清水ポンプ吐出圧力計測装置，RHR 系統流量計測装置，原子炉水位（狭帯域）計測装置，スクラム排出容器水位計測装置（フロート式）の計装配管サポート部のサポート，ベースプレート及び，スクラム排出容器水位計測装置（フロート式）の水位検出器サポート部のサポート，ベースプレート，ナットは炭素鋼であるため腐食の発生が想定されるが，サポート，ベースプレート，ナット表面は防食塗装が施されており，屋内空調環境に設置されていることから，腐食が発生する可能性は小さい。

また，点検時に目視確認を行い，これまで有意な腐食は確認されていない。

したがって，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- h. 計器架台の腐食（全面腐食） [LPCI 注入隔離弁差圧計測装置，MUWF ポンプ吸込圧力計測装置，機関付清水ポンプ吐出圧力計測装置，RHR 系統流量計測装置，原子炉水位（狭帯域）計測装置，原子炉建屋換気空調系排気放射線モニタ計測装置]

LPCI 注入隔離弁差圧計測装置，MUWF ポンプ吸込圧力計測装置，機関付清水ポンプ吐出圧力計測装置，RHR 系統流量計測装置，原子炉水位（狭帯域）計測装置，原子炉建屋換気空調系排気放射線モニタ計測装置の計器架台は炭素鋼であるため腐食の発生が想定されるが，計器架台表面は防食塗装が施されており，屋内空調環境に設置されていることから，腐食が発生する可能性は小さい。

また，点検時に目視確認を行い，これまで有意な腐食は確認されていない。

したがって，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- i. 取付ボルトの腐食（全面腐食） [LPCI 注入隔離弁差圧計測装置，機関付清水ポンプ吐出圧力計測装置，RHR 系統流量計測装置，原子炉水位（狭帯域）計測装置，スクラム排出容器水位計測装置（フロート式），原子炉建屋換気空調系排気放射線モニタ計測装置]

LPCI 注入隔離弁差圧計測装置，機関付清水ポンプ吐出圧力計測装置，RHR 系統流量計測装置，原子炉水位（狭帯域）計測装置，スクラム排出容器水位計測装置（フロート式），原子炉建屋換気空調系排気放射線モニタ計測装置の取付ボルトは炭素鋼であるため腐食の発生が想定されるが，取付ボルト表面はメッキ仕上げが施されており，屋内空調環境に設置されていることから，腐食が発生する可能性は小さい。

また，点検時に目視確認を行い，これまで有意な腐食は確認されていない。

したがって，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- j. 筐体の腐食（全面腐食） [地震加速度計測装置]

地震加速度計測装置の筐体は材質が炭素鋼であるため腐食の発生が想定されるが，筐体の外表面は防食塗装が施されており，屋内空調環境に設置されていることから，腐食が発生する可能性は小さい。

また，点検時に目視確認を行い，これまで有意な腐食は確認されていない。

したがって，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- k. 基礎ボルトの腐食（全面腐食） [MUWF ポンプ吸込圧力計測装置，原子炉建屋換気空調系排気放射線モニタ計測装置，地震加速度計測装置，計装配管サポート（LPCI 注入隔離弁差圧計測装置，MUWF ポンプ吸込圧力計測装置，機関付清水ポンプ吐出圧力計測装置，RHR 系統流量計測装置，原子炉水位（狭帯域）計測装置，スクラム排出容器水位計測装置（フロート式））]

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。

1. 埋込金物の腐食（全面腐食） [LPCI 注入隔離弁差圧計測装置，機関付清水ポンプ吐出圧力計測装置，RHR 系統流量計測装置，原子炉水位（狭帯域）計測装置，検出器サポート（スクラム排出容器水位計測装置（フロート式））]

LPCI 注入隔離弁差圧計測装置，機関付清水ポンプ吐出圧力計測装置，RHR 系統流量計測装置，原子炉水位（狭帯域）計測装置及びスクラム排出容器水位計測装置（フロート式）の検出器サポートの埋込金物は炭素鋼であるため腐食の発生が想定されるが，大気接触部は防食塗装を施しており，屋内空調環境に設置されていることから，腐食が発生する可能性は小さい。

また，コンクリート埋設部については，コンクリートが中性化した場合に腐食の発生が想定されるが，実機コンクリートにおけるサンプリング結果では中性化は殆ど見られていない。

したがって，今後もこれらの傾向が変化するとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

a. 過流量阻止弁の応力腐食割れ [LPCI 注入隔離弁差圧計測装置, 原子炉水位（狭帯域）計測装置]

LPCI 注入隔離弁差圧計測装置, 原子炉水位（狭帯域）計測装置の過流量阻止弁の弁箱, 弁ふた, 弁体及び計装配管はステンレス鋼であり, 粒界型応力腐食割れが想定されるが, 内部流体の温度は 100 °C未満であり, 応力腐食割れが生じる可能性は小さい。

今後もこの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから, 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. 計装配管, 継手及び計装弁の応力腐食割れ [LPCI 注入隔離弁差圧計測装置, MUWF ポンプ吸込圧力計測装置, 機関付清水ポンプ吐出圧力計測装置, RHR 系統流量計測装置, 原子炉水位（狭帯域）計測装置, スクラム排出容器水位計測装置（フロート式）]

LPCI 注入隔離弁差圧計測装置, MUWF ポンプ吸込圧力計測装置, 機関付清水ポンプ吐出圧力計測装置, RHR 系統流量計測装置, 原子炉水位（狭帯域）計測装置, スクラム排出容器水位計測装置（フロート式）の計装配管, 継手及び計装弁の弁箱, 弁ふた, 弁体はステンレス鋼であり, 粒界型応力腐食割れが想定されるが, 内部流体の温度は 100 °C未満であり, 応力腐食割れが生じる可能性は小さい。

今後もこの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから, 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. 中性子検出器の機械的損傷 [SRM 計測装置]

SRM 計測装置の中性子検出器は, 原子炉内で高速中性子照射の影響を受け, 照射誘起型応力腐食割れや照射脆化など, 構造材に機械的な損傷を与える可能性がある。

しかし, 電力共同研究の研究成果等から, 高速中性子照射量 14 snvt では構造材の強度, 伸びの限界値に十分余裕があるとの結果が得られており, 高速中性子照射量 14 snvt を管理値として定めて適切に取り替えを実施することとしていることから, 機械的損傷が発生する可能性は小さい。

また, 当面の冷温停止状態においては, 高速中性子照射は僅かであり, 機械的損傷が発生する可能性はなく, 今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから, 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- d. 基礎ボルトの樹脂の劣化（後打ちケミカルアンカ）〔原子炉建屋換気空調系排気放射線モニタ計測装置〕

基礎ボルトの樹脂の劣化については、「機械設備の技術評価書」にて評価を実施するものとし、本評価書には含めていない。

表 2.2-1 (1/11) LPCI 注入隔離弁差圧計測装置に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期 取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象								備 考	
					減 肉		割 れ		絶縁	導通	信号	その他		
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	絶縁特 性低下	導通 不良	特性 変化			
信号伝達	電圧変換	過流量阻止弁		ステンレス鋼				▲					*1:Oリング *2:電解コンデンサ	
		計装配管		ステンレス鋼				▲						
		継手		ステンレス鋼				▲						
		計装弁		ステンレス鋼				▲						
		差圧伝送器 (ダイヤフラム式)	◎*1	半導体, ステンレス鋼, 可変抵抗器他								△		
		信号変換処理部	◎*2	半導体, 可変抵抗器他								△		
		補助継電器	◎											
		電源装置	◎											
機器の支持	計装配管 サポート	サポート		炭素鋼		△								
		ベースプレート		炭素鋼		△								
		取付ボルト・ナット		ステンレス鋼										
		ライナー		ステンレス鋼										
	支持	計器架台		炭素鋼		△								
		取付ボルト		炭素鋼		△								
		基礎ボルト		炭素鋼		△								
		埋込金物		炭素鋼		△								

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表 2.2-1 (2/11) MUWF ポンプ吸込圧力計測装置に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考	
					減 肉		割 れ		絶縁	導通	信号		その他
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁特性低下	導通不良	特性変化		
信号伝達	電圧変換	計装配管		ステンレス鋼				▲					
		継手		ステンレス鋼				▲					
		計装弁		ステンレス鋼				▲					
		圧力検出器 (ブルドン管式)		ステンレス鋼						△	△		
		補助継電器	◎										
機器の支持	計装配管サポート	サポート		炭素鋼		△							
		ベースプレート		炭素鋼		△							
		取付ボルト・ナット		ステンレス鋼									
		ライナー		ステンレス鋼									
	支持	計器架台		炭素鋼		△							
		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 (3/11) 機関付清水ポンプ吐出圧力計測装置に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象								備 考
					減 肉		割 れ		絶縁	導通	信号	その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁特性低下	導通不良	特性変化		
信号伝達	電圧変換	計装配管		ステンレス鋼				▲					
		継手		ステンレス鋼				▲					
		計装弁		ステンレス鋼				▲					
		圧力検出器 (ベローズ式)		ステンレス鋼						△	△		
		補助継電器	◎										
機器の支持	計装配管サポート	サポート		炭素鋼		△							
		ベースプレート		炭素鋼		△							
		取付ボルト・ナット		ステンレス鋼									
		ライナー		ステンレス鋼									
	支持	計器架台		炭素鋼		△							
		取付ボルト		炭素鋼		△							
		基礎ボルト		炭素鋼		△							
		埋込金物		炭素鋼		△							

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表 2.2-1 (4/11) 活性炭フィルタ入口温度計測装置に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象								備 考
					減 肉		割 れ		絶縁	導通	信号	その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁特性低下	導通不良	特性変化		
信号伝達	電圧変換	温度検出器 (熱電対式)		絶縁物(酸化マグネシウム), エポキシ樹脂, ニッケル合金他					○				*:電解コンデンサ
		信号変換処理部	◎*	半導体, 可変抵抗器他							△		
		指示計		可変コイル, 可変抵抗器他							△		
		補助継電器	◎										
		ヒューズ	◎										

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (5/11) RHR 系統流量計測装置に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象								備 考
					減 肉		割 れ		絶縁	導通	信号	その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁特性低下	導通不良	特性変化		
信号伝達	電圧変換	計装配管		ステンレス鋼				▲					*1: Oリング, ガasket *2: 電解コンデンサ
		継手		ステンレス鋼				▲					
		計装弁		ステンレス鋼				▲					
		差圧伝送器 (ダイヤフラム式)	◎*1	ステンレス鋼, 半導体, 可変抵抗器他							△		
		信号変換処理部	◎*2	半導体, 可変抵抗器他							△		
		指示計		可変コイル, 可変抵抗器他							△		
		記録計	◎										
		補助継電器	◎										
		電源装置	◎										
機器の支持	計装配管サポート	サポート		炭素鋼		△							
		ベースプレート		炭素鋼		△							
		取付ボルト・ナット		ステンレス鋼									
		ライナー		ステンレス鋼									
	支持	計器架台		炭素鋼		△							
		取付ボルト		炭素鋼		△							
		基礎ボルト		炭素鋼		△							
		埋込金物		炭素鋼		△							

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）  
▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表 2.2-1 (6/11) 原子炉水位（狭帯域）計測装置に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期 取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象								備 考	
					減 肉		割 れ		絶縁	導通	信号	その他		
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	絶縁特 性低下	導通 不良	特性 変化			
信号伝達	電圧変換	過流量阻止弁		ステンレス鋼				▲					*: Oリング, ガスケット	
		計装配管		ステンレス鋼				▲						
		継手		ステンレス鋼				▲						
		計装弁		ステンレス鋼				▲						
		差圧伝送器 (ダイヤフラム式)	◎*	ステンレス鋼, 半導体, 可変抵抗器他								△		
		信号変換処理部		半導体, 可変抵抗器他								△		
		補助継電器	◎											
		電源装置	◎											
機器の支持	計装配管 サポート	サポート		炭素鋼										
		ベースプレート		炭素鋼								△		
		取付ボルト・ナット		ステンレス鋼										
		ライナー		ステンレス鋼										
	支持	計器架台		炭素鋼									△	
		取付ボルト		炭素鋼									△	
		基礎ボルト		炭素鋼									△	
		埋込金物		炭素鋼									△	

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）  
▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表 2.2-1 (7/11) スクラム排出容器水位計測装置（フロート式）に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象								備 考
					減 肉		割 れ		絶 縁	導 通	信 号	そ の 他	
					摩 耗	腐 食	疲 労 割 れ	応 力 腐 食 割 れ	絶 縁 特 性 低 下	導 通 不 良	特 性 変 化		
信号伝達	電圧変換	計装配管		ステンレス鋼				▲					
		継手		ステンレス鋼				▲					
		水位検出器（フロート式）		ステンレス鋼他						△	△		
		補助継電器	◎										
		ヒューズ	◎										
機器の支持	計装配管サポート	サポート		炭素鋼		△							
		ベースプレート		炭素鋼		△							
		取付ボルト・ナット		ステンレス鋼									
		ライナー		ステンレス鋼									
	水位検出器サポート	サポート		炭素鋼		△							
		ベースプレート		炭素鋼		△							
		取付ボルト・ナット		炭素鋼		△							
	支持	基礎ボルト		炭素鋼		△							
埋込金物			炭素鋼		△								

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）  
▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表 2.2-1 (8/11) SRM 計測装置に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考	
					減 肉		割 れ		絶縁	導通	信号		その他
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁特性低下	導通不良	特性変化		
信号伝達	電圧変換	SRM 検出器 (核分裂計数管式)		ステンレス鋼, ウラン他							△	▲*1	*1:機械的損傷 *2:電解コンデンサ
		前置増幅器	◎*2	半導体, 抵抗器他							△		
		信号変換処理部	◎*2	半導体, 抵抗器他							△		
		指示計		可変コイル, 可変抵抗器他							△		
		記録計	◎										
		補助継電器	◎										
		電源装置	◎										
		ヒューズ	◎										

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）  
 ▲：高経年化対策上着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 (9/11) 原子炉建屋換気空調系排気放射線モニタ計測装置に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象								備 考
					減 肉		割 れ		絶縁	導通	信号	その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁特性低下	導通不良	特性変化		
信号伝達	電圧変換	放射線検出器(半導体式)	◎*1	半導体, 可変抵抗器他								△	*1:電解コンデンサ *2:後打ちケミカルアンカ *3:樹脂の劣化
		信号変換処理部	◎*1	半導体, 可変抵抗器他								△	
		補助継電器	◎										
		記録計	◎										
		電源装置	◎										
		ヒューズ	◎										
機器の支持	支持	計器架台		炭素鋼		△							
		取付ボルト		炭素鋼		△							
		基礎ボルト		炭素鋼, 樹脂*2		△						▲*3	

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着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 (10/11) 地震加速度計測装置に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期 取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象								備 考
					減 肉		割 れ		絶縁	導通	信号	その他	
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	絶縁特 性低下	導通 不良	特性 変化		
信号伝達	電圧変換	地震加速度検出器 (倒立振子式)		白金イリジウム 合金, 炭素鋼他						△	△	*:電解コンデンサ	
		信号変換処理部	◎*	抵抗器他							△		
		補助継電器	◎										
		ヒューズ	◎										
機器の支持	支持	筐体		炭素鋼		△							
		取付ボルト		ステンレス鋼									
		基礎ボルト		炭素鋼		△							

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (11/11) D/G 機関過速度計測装置に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品 ・ 定期 取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象								備 考
					減 肉		割 れ		絶縁	導通	信号	その他	
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	絶縁特 性低下	導通 不良	特性 変化		
信号伝達	電圧変換	位置検出器 (リミットスイッチ式)	◎										
		補助継電器	◎										

## 2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

### (1) 温度検出器（熱電対式）の絶縁特性低下 [活性炭フィルタ入口温度計測装置]

#### a. 事象の説明

温度検出器（熱電対式）は、外被（金属製）の内部に検出素子と絶縁素材（酸化マグネシウム（無機物））が隙間なく充填され、さらにエポキシ樹脂で絶縁素材を封止している構造となっており、そのエポキシ樹脂の経年劣化により、封止性が低下し、絶縁素材へ水分が浸入して絶縁特性が低下する可能性がある。

封止性が低下する可能性のある部位を図 2.3-1 に示す。

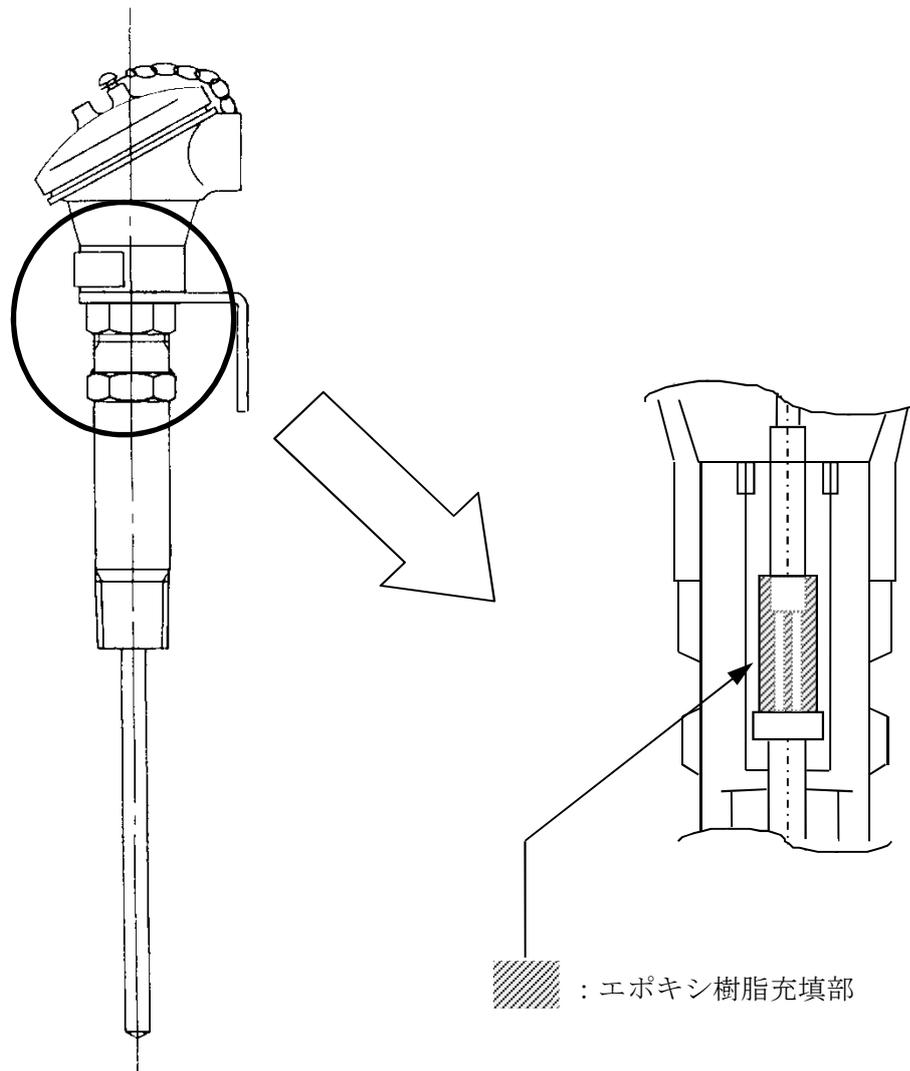


図 2.3-1 温度検出器の絶縁特性低下発生部位

## b. 技術評価

### ① 健全性評価

温度検出器（熱電対式）は、外被（金属製）の内部に検出素子と絶縁素材（酸化マグネシウム（無機物））が隙間なく充填され、さらにエポキシ樹脂で絶縁素材を封止している構造となっており、そのエポキシ樹脂の経年劣化により、封止性が低下し、絶縁素材へ水分が浸入して絶縁特性が低下する可能性があることから、長期間の使用を考慮すると絶縁特性低下の可能性は否定できない。

### ② 現状保全

これまでの点検において、温度検出器（熱電対式）は特性試験（常温試験、絶縁抵抗測定）を実施し、特性が精度内であることを確認している。

また、当面の冷温停止状態において、必要な運転状態を加味して日常保全を継続し、必要に応じて温度検出器の取り替え等を行うこととしている。

### ③ 総合評価

温度検出器（熱電対式）については、長期間の使用を考慮すると絶縁特性低下の可能性は否定できないが、絶縁特性低下は点検時における絶縁抵抗測定にて把握可能と考える。

また、冷温停止状態においても、必要な運転状態を加味して日常保全を継続し、必要に応じて適切な対応をとることにより、健全性は維持できると判断する。

## c. 高経年化への対応

温度検出器（熱電対式）の絶縁特性低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に対し追加すべき項目はなく、今後も現状保全を継続していく。

### 3. 代表機器以外への展開

本章では、2章で実施した代表機器の技術評価について、1章で代表機器となっていない機器への展開について検討した。

- ① 圧力計測装置
- ② 温度計測装置
- ③ 流量計測装置
- ④ 水位計測装置
- ⑤ 中性子束計測装置
- ⑥ 放射線計測装置
- ⑦ 位置計測装置

#### 3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

##### a. 温度検出器の絶縁特性低下〔温度計測装置〕

代表機器同様、温度検出器はエポキシ樹脂の経年劣化により、封止性が低下し、絶縁素材へ水分が浸入して絶縁特性が低下する可能性がある。絶縁特性低下に関しては、点検において温度検出器は特性試験（常温試験，絶縁抵抗測定）を実施し、特性が精度内であることを確認している。

また、当面の冷温停止状態において、必要な運転状態を加味し、系統機器の定例的な切替や定例試験を含む日常保全を継続し、必要に応じて各装置の取り替え等を行うことにより、健全性は維持できると判断する。

したがって、高経年化対策の観点から現状の保全内容に対し追加すべき項目はない。

### 3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

- a. 圧力伝送器，差圧伝送器，圧力検出器，前置増幅器及び放射線検出器の特性変化〔圧力計測装置，流量計測装置，水位計測装置，中性子束計測装置，放射線計測装置〕

代表機器同様，圧力計測装置で使用される圧力伝送器，差圧伝送器及び圧力検出器，また流量計測装置，水位計測装置で使用される差圧伝送器の検出部（ダイヤフラム他），中性子束計測装置の前置増幅器，放射線計測装置の放射線検出器は，長期間の使用に伴い変形や電気回路部の不良に起因して，特性が変化する可能性がある。特性変化に関しては，点検において特性試験（入出力試験，ループ試験）を実施し，特性が精度内であることを確認している。

したがって，今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- b. 信号変換処理部の特性変化〔圧力計測装置，温度計測装置，流量計測装置，水位計測装置，中性子束計測装置，放射線計測装置〕

代表機器同様，圧力計測装置，温度計測装置，流量計測装置，水位計測装置，中性子束計測装置，放射線計測装置の信号変換処理部は，電解コンデンサ静電容量の低下（ドライアップ），マイグレーションによる基板内 IC での回路間短絡・断線による使用部品の劣化や電気回路の不良により特性が変化する可能性があるが，特性変化の主要因である電解コンデンサについては，大きな劣化をきたす前に取り替えている。

また，電気回路の不良はマイグレーションによる基板内 IC での回路間短絡・断線が挙げられるが，マイグレーション対策については，製造プロセスが改善されており，屋内空調環境に設置されていることから，その発生の可能性は十分小さい。

さらに，点検時に信号変換処理部を含む各装置の特性試験を実施し，特性が精度内であることを確認している。

したがって，今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- c. 指示計の特性変化 [圧力計測装置, 温度計測装置, 流量計測装置, 水位計測装置, 中性子束計測装置]

代表機器同様, 圧力計測装置, 温度計測装置, 流量計測装置, 水位計測装置, 中性子束計測装置の指示計は, 長期間の使用に伴い入出力特性に誤差が生じ, 精度が確保できなくなる可能性があるが, 設計段階において長期間使用による劣化を考慮していることから, 特性が急激に変化する可能性は小さい。

また, 点検時に特性試験・調整にて特性を確認し, 異常が確認された場合には取り替えを行うこととしており, 今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから, 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- d. 水位検出器の特性変化 [水位計測装置]

代表機器同様, 水位計測装置の水位検出器は, 検出部の汚損により特性が変化し精度が確保できなくなる可能性がある。しかし, 点検時に検出部の清掃・手入を行い汚損がないことを確認することで健全性が確保されることから, 検出部の汚損による特性変化の可能性は小さい。

また, 点検時に検出器を含む各装置の特性試験を実施し, 特性が精度内であることを確認しており, 今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから, 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- e. 中性子検出器の特性変化 [中性子束計測装置]

代表機器同様, IRM 計測装置および LPRM 計測装置の中性子検出器は, 核分裂電離箱式であるため, 中性子照射によるウラン減少から感度が低下し, 特性変化する可能性がある。しかし, 点検時に特性試験を行い特性が健全であることを確認していることから, 急激な特性変化の可能性は小さい。

したがって, 今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから, 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- f. 圧力検出器, 水位検出器の導通不良 [圧力計測装置, 水位計測装置]

代表機器同様, 圧力計測装置の圧力検出器, 水位計測装置の水位検出器は, 接点に付着する浮遊塵埃と接点表面に形成される酸化被膜により導通不良の可能性はある。しかし, 使用している検出器は密閉構造のケースに収納され, 屋内空調環境に設置されていることから, 塵埃の付着量, 酸化被膜量とも極わずかな量であり, 導通不良の可能性は小さい。

また, 点検時に動作試験を実施し健全であることを確認しており, 今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから, 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- g. 水位検出器の腐食（全面腐食）〔水位計測装置〕
- 水位計測装置の水位検出器は炭素鋼鋳鋼及びアルミニウムであるため腐食の発生が想定されるが、水位検出器は点検時に分解点検を行い、これまで有意な腐食は確認されていない。
- したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。
- h. 計装配管サポート部、水位検出器サポート部の腐食（全面腐食）〔圧力計測装置、流量計測装置、水位計測装置〕
- 代表機器同様、圧力計測装置、流量計測装置、水位計測装置の計装配管サポート部のサポート、ベースプレート及び、水位計測装置の水位検出器サポート部のサポート、ベースプレートは炭素鋼であるため腐食の発生が想定されるが、サポート、ベースプレート表面は防食塗装が施されており、屋内空調環境に設置されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。
- また、点検時に目視確認を行い、これまで有意な腐食は確認されていない。
- したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。
- i. 計器架台の腐食（全面腐食）〔圧力計測装置、流量計測装置、水位計測装置、放射線計測装置〕
- 代表機器同様、圧力計測装置、流量計測装置、水位計測装置、放射線計測装置の計器架台は炭素鋼であるため腐食の発生が想定されるが、計器架台表面は防食塗装が施されており、屋内空調環境に設置されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。
- また、点検時に目視確認を行い、これまで有意な腐食は確認されていない。
- したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。
- j. 取付ボルトの腐食（全面腐食）〔圧力計測装置、流量計測装置、水位計測装置、放射線計測装置〕
- 代表機器同様、圧力計測装置、流量計測装置、水位計測装置、放射線計測装置の取付ボルトは炭素鋼であるため腐食の発生が想定されるが、取付ボルト表面はメッキ仕上げが施されており、屋内空調環境に設置されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。
- また、点検時に目視確認を行い、これまで有意な腐食は確認されていない。
- したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

k. 計装配管，継手及び計装弁の腐食（全面腐食）〔水位計測装置〕

原子炉補機冷却水系及び高圧炉心スプレィディーゼル補機冷却水系の水位計測装置の計装配管，継手及び計装弁は炭素鋼であるため腐食の発生が想定されるが，内部流体は防錆剤入り冷却水であり，材料表面が不働態状態に保たれることから，腐食が発生する可能性は小さい。

また，点検時に目視確認を行い，これまで有意な腐食は確認されていない。

したがって，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

l. 基礎ボルトの腐食（全面腐食）〔圧力計測装置，流量計測装置，水位計測装置，放射線計測装置，計装配管サポート（圧力計測装置，流量計測装置，水位計測装置）〕

代表機器同様，基礎ボルトの腐食については，「機械設備の技術評価書」にて評価を実施するものとし，本評価書には含めていない。

m. 埋込金物の腐食（全面腐食）〔圧力計測装置，流量計測装置，水位計測装置〕

代表機器同様，圧力計測装置，流量計測装置，水位計測装置の埋込金物は炭素鋼であるため腐食の発生が想定されるが，大気接触部は防食塗装を施しており，屋内空調環境に設置されていることから，腐食が発生する可能性は小さい。

また，コンクリート埋設部については，コンクリートが中性化した場合に腐食の発生が想定されるが，実機コンクリートにおけるサンプリング結果では中性化は殆ど見られていない。

したがって，今後もこれらの傾向が変化するとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

a. 過流量阻止弁の応力腐食割れ [圧力計測装置, 水位計測装置]

代表機器同様、圧力計測装置、水位計測装置の過流量阻止弁の弁箱、弁ふた、弁体及び計装配管はステンレス鋼であり、粒界型応力腐食割れが想定されるが、内部流体の温度は 100 °C 未満であり、応力腐食割れが生じる可能性は小さい。

今後もこの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. 計装配管、継手及び計装弁の応力腐食割れ [圧力計測装置, 流量計測装置, 水位計測装置]

代表機器同様、圧力計測装置、流量計測装置、水位計測装置の計装配管、継手及び計装弁の弁箱、弁ふた、弁体はステンレス鋼であり、粒界型応力腐食割れが想定されるが、内部流体の温度は 100 °C 未満であり、応力腐食割れが生じる可能性は小さい。

今後もこの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. 計装配管、継手の腐食（全面腐食） [圧力計測装置]

原子炉補機冷却海水系および高圧炉心スプレィディーゼル補機冷却海水系の圧力計測装置は内部流体が海水であるが、耐食性に優れたステンレス鋼及び強化プラスチック（FRP）を使用しており、その他の計装材料にも塩害対策のための塗装を施していることから、腐食が発生する可能性は小さい。

今後もこの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. 中性子検出器の機械的損傷 [中性子束計測装置]

代表機器同様、IRM 計測装置および LPRM 計測装置の中性子検出器は、原子炉内で高速中性子照射の影響を受け、照射誘起型応力腐食割れや照射脆化など、構造材に機械的な損傷を与える可能性がある。

しかし、電力共同研究の研究成果等から、高速中性子照射量 14 snvt では構造材の強度、伸びの限界値に十分余裕があるとの結果が得られており、高速中性子照射量 14 snvt を管理値として定めて適切に取り替えを実施することとしていることから、機械的損傷が発生する可能性は小さい。

また、当面の冷温停止状態においては、高速中性子照射は僅かであり、機械的損傷が発生する可能性はなく、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- e. 基礎ボルトの樹脂の劣化（後打ちケミカルアンカ）〔圧力計測装置，流量計測装置，水位計測装置，放射線計測装置〕

代表機器同様，基礎ボルトの樹脂の劣化については，「機械設備の技術評価書」にて評価を実施するものとし，本評価書には含めていない。

以 上

## 2 補助継電器盤

[対象補助継電器盤 (1/2)]

- ① A系原子炉緊急停止系盤
- ② B系原子炉緊急停止系盤
- ③ 制御棒操作補助盤
- ④ トリップチャンネル盤RPS-I A・NSSSS-I A
- ⑤ トリップチャンネル盤RPS-II A・NSSSS-II A
- ⑥ トリップチャンネル盤RPS-I B・NSSSS-I B
- ⑦ トリップチャンネル盤RPS-II B・NSSSS-II B
- ⑧ A系原子炉系プロセス計装盤
- ⑨ B系原子炉系プロセス計装盤
- ⑩ B系・C系残留熱除去系盤ESS-II
- ⑪ 格納容器内側隔離弁盤NSSSS-II
- ⑫ 格納容器外側隔離弁盤NSSSS-I
- ⑬ 高圧炉心スプレイ系盤ESS-III
- ⑭ 低圧炉心スプレイ系・A系残留熱除去系盤ESS-I
- ⑮ 原子炉系補助盤ESS-I
- ⑯ 原子炉系補助盤ESS-II
- ⑰ トリップチャンネル盤ESS-I
- ⑱ トリップチャンネル盤ESS-II
- ⑲ トリップチャンネル盤ESS-III
- ⑳ SRM/IRM駆動操作補助継電器盤区分 I
- ㉑ SRM/IRM駆動操作補助継電器盤区分 II
- ㉒ 非常用メタクラ補助リレー盤(4C)
- ㉓ 非常用メタクラ補助リレー盤(4D)

[対象補助継電器盤 (2/2)]

- ②④ 非常用メタクラ補助リレー盤(4H)
- ②⑤ スクラムソレノイドヒューズ盤(A) RPS-G1
- ②⑥ スクラムソレノイドヒューズ盤(B) RPS-G2
- ②⑦ スクラムソレノイドヒューズ盤(C) RPS-G3
- ②⑧ スクラムソレノイドヒューズ盤(D) RPS-G4
- ②⑨ スクラムソレノイドヒューズ盤(E) RPS-G1
- ②⑩ スクラムソレノイドヒューズ盤(F) RPS-G2
- ②⑪ スクラムソレノイドヒューズ盤(G) RPS-G3
- ②⑫ スクラムソレノイドヒューズ盤(H) RPS-G4

## 目 次

1. 対象機器及び代表機器の選定.....	2-1
1.1 グループ化の考え方及び結果.....	2-1
1.2 代表機器の選定.....	2-1
2. 代表機器の技術評価.....	2-5
2.1 構造, 材料及び使用条件.....	2-5
2.1.1 A系原子炉緊急停止系盤.....	2-5
2.2 経年劣化事象の抽出.....	2-8
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目.....	2-8
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象.....	2-8
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象.....	2-9
3. 代表機器以外への展開.....	2-11
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象.....	2-12
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.....	2-12

## 1. 対象機器及び代表機器の選定

柏崎刈羽 4 号炉で使用されている補助継電器盤のうち、対象となる補助継電器盤の主な仕様を表 1-1 に示す。これらの補助継電器盤を型式及び設置場所の観点からグループ化し、それぞれのグループより代表機器を選定した。

### 1.1 グループ化の考え方及び結果

補助継電器盤を型式及び設置場所で分類し、表 1-1 に示すとおりグループ化する。

### 1.2 代表機器の選定

補助継電器盤を重要度及び原子炉保護上の重要性の観点から、A 系原子炉緊急停止系盤を代表機器とする。

表 1-1 (1/3) 補助継電器盤のグループ化と代表機器の選定

分類基準		機 器 名 称 (面数)	仕 様 (W×H×D) (mm)	選 定 基 準			選定	選定理由
型式	設置場所			重要度*	使 用 条 件			
					設置場所	周囲温度 (°C)		
自立型	屋内	A系原子炉緊急停止系盤 (3)	3,000×2,300×1,000	MS-1	中央制御室	26以下	◎	重要度, 原子炉保護上の重要性
		B系原子炉緊急停止系盤 (3)	3,000×2,300×1,000	MS-1	中央制御室	26以下		
		制御棒操作補助盤 (1)	800×2,300×1,000	MS-1	中央制御室	26以下		
		トリップチャンネル盤 RPS-I A・NSSSS-I A (1)	800×2,300×1,000	MS-1	中央制御室	26以下		
		トリップチャンネル盤 RPS-II A・NSSSS-II A (1)	800×2,300×1,000	MS-1	中央制御室	26以下		
		トリップチャンネル盤 RPS-I B・NSSSS-I B (1)	800×2,300×1,000	MS-1	中央制御室	26以下		
		トリップチャンネル盤 RPS-II B・NSSSS-II B (1)	800×2,300×1,000	MS-1	中央制御室	26以下		
		A系原子炉系プロセス計装盤 (1)	2,400×2,300×1,000	MS-1	下部中央制御室	26以下		
		B系原子炉系プロセス計装盤 (1)	2,400×2,300×1,000	MS-1	下部中央制御室	26以下		
		B系・C系残留熱除去系盤 ESS-II (1)	1,600×2,300×1,000	MS-1	下部中央制御室	26以下		
		格納容器内側隔離弁盤 NSSSS-II (1)	1,600×2,300×1,000	MS-1	下部中央制御室	26以下		
		格納容器外側隔離弁盤 NSSSS-I (1)	1,600×2,300×1,000	MS-1	下部中央制御室	26以下		
		高圧炉心スプレイ系盤 ESS-III (1)	800×2,300×1,000	MS-1	下部中央制御室	26以下		

◎ : 代表機器

\* : 最上位の重要度を示す

表 1-1 (2/3) 補助継電器盤のグループ化と代表機器の選定

分類基準		機 器 名 称 (面数)	仕 様 (W×H×D) (mm)	選 定 基 準			選定	選定理由
型式	設置場所			重要度*	使 用 条 件			
					設置場所	周囲温度 (°C)		
自立型	屋内	低圧炉心スプレイ系・A系残留熱除去系盤 ESS-I (1)	800×2,300×1,000	MS-1	下部中央制御室	26以下		
		原子炉系補助盤 ESS-I (1)	800×2,300×1,000	MS-1	下部中央制御室	26以下		
		原子炉系補助盤 ESS-II (1)	800×2,300×1,000	MS-1	下部中央制御室	26以下		
		トリップチャンネル盤 ESS-I (1)	800×2,300×1,000	MS-1	下部中央制御室	26以下		
		トリップチャンネル盤 ESS-II (1)	800×2,300×1,000	MS-1	下部中央制御室	26以下		
		トリップチャンネル盤 ESS-III (1)	800×2,300×1,000	MS-1	下部中央制御室	26以下		
		SRM/IRM駆動操作補助継電器盤 区分 I (1)	1,400×1,900×800	MS-1	原子炉建屋	40以下		
		SRM/IRM駆動操作補助継電器盤 区分 II (1)	1,400×1,900×800	MS-1	原子炉建屋	40以下		
		非常用メタクラ補助リレー盤 (4C) (1)	1,005×2,750×2,740	MS-1	原子炉建屋	40以下		
		非常用メタクラ補助リレー盤 (4D) (1)	1,005×2,750×2,740	MS-1	原子炉建屋	40以下		
		非常用メタクラ補助リレー盤 (4H) (1)	1,005×2,750×2,740	MS-1	原子炉建屋	40以下		

\* : 最上位の重要度を示す

表 1-1 (3/3) 補助継電器盤のグループ化と代表機器の選定

分類基準		機 器 名 称 (面数)	仕 様 (W×H×D) (mm)	選 定 基 準			選定	選定理由
型式	設置場所			重要度*	使 用 条 件			
					設置場所	周囲温度 (°C)		
壁掛型	屋内	スクラムソレノイドヒューズ盤 (A) RPS-G1 (1)	1,000×1,600×400	MS-1	原子炉建屋	40以下		
		スクラムソレノイドヒューズ盤 (B) RPS-G2 (1)	1,000×1,600×400	MS-1	原子炉建屋	40以下		
		スクラムソレノイドヒューズ盤 (C) RPS-G3 (1)	1,000×1,600×400	MS-1	原子炉建屋	40以下		
		スクラムソレノイドヒューズ盤 (D) RPS-G4 (1)	1,000×1,600×400	MS-1	原子炉建屋	40以下		
		スクラムソレノイドヒューズ盤 (E) RPS-G1 (1)	1,000×1,600×400	MS-1	原子炉建屋	40以下		
		スクラムソレノイドヒューズ盤 (F) RPS-G2 (1)	1,000×1,600×400	MS-1	原子炉建屋	40以下		
		スクラムソレノイドヒューズ盤 (G) RPS-G3 (1)	1,000×1,600×400	MS-1	原子炉建屋	40以下		
		スクラムソレノイドヒューズ盤 (H) RPS-G4 (1)	1,000×1,600×400	MS-1	原子炉建屋	40以下		

\*: 最上位の重要度を示す

## 2. 代表機器の技術評価

本章では1章で代表機器とした以下の補助継電器盤について技術評価を実施する。

### ① A系原子炉緊急停止系盤

#### 2.1 構造, 材料及び使用条件

##### 2.1.1 A系原子炉緊急停止系盤

###### (1) 構造

A系原子炉緊急停止系盤は, 寸法 3,000 mm(W)×2,300 mm(H)×1,000 mm(D)の自立型配電盤が3面構成で設置されている。

原子炉の保護機能として, 異常検出時のリレーロジックを構成する補助継電器, タイマー, 電磁接触器, その他電気回路構成品であるヒューズ, 機器を支持するための筐体, 取付ボルト, 埋込金物等で構成されている。

A系原子炉緊急停止系盤構成を図2.1-1に示す。

###### (2) 材料及び使用条件

A系原子炉緊急停止系盤主要部位の使用材料を表2.1-1に, 使用条件を表2.1-2に示す。

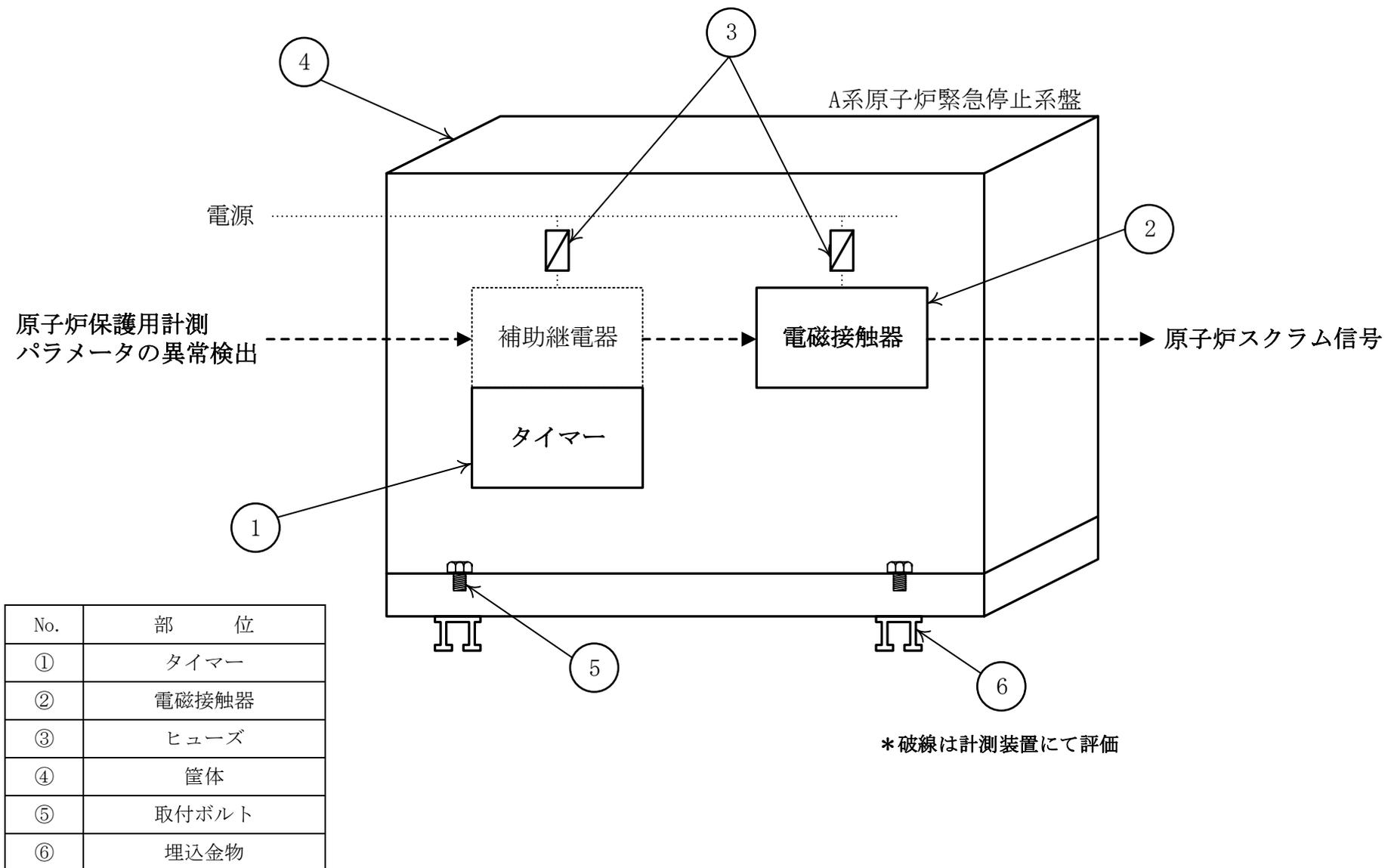


図2. 1-1 A系原子炉緊急停止系盤構成

表2.1-1 A系原子炉緊急停止系盤主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
機器異常信号 処理	保護回路	タイマー	(定期取替品)
		電磁接触器	(定期取替品)
		ヒューズ	(消耗品)
機器の支持	支持	筐体	炭素鋼
		取付ボルト	炭素鋼
		埋込金物	炭素鋼

表2.1-2 A系原子炉緊急停止系盤の使用条件

設置場所	中央制御室
周囲温度	26℃以下*

\*：中央制御室の設計値

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

補助継電器盤の機能である保護機能の達成に必要な項目としては、以下のとおり。

- ① 機器異常信号処理
- ② 機器の支持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

補助継電器盤について、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の材料、構造、使用条件（周囲温度）及び現在までの運転経験を考慮し、表 2.2-1 に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した（表 2.2-1 で○または△、▲になるもの）。

なお、消耗品及び定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

ヒューズは消耗品で、電磁接触器及びタイマーは定期取替品であり、設計時に長期使用せず取り替えを前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

#### (3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

想定される経年劣化事象のうち主要 6 事象に該当する事象及び下記①、②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。なお、下記①、②に該当する事象については、2.2.3 項に示すとおり、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

- ① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△）
- ② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲）

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

a. 筐体の腐食（全面腐食）

筐体は炭素鋼であるため腐食の発生が想定されるが、筐体の外表面は防食塗装が施されており、屋内空調環境に設置されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、点検時に目視確認を行い、これまで有意な腐食は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. 取付ボルトの腐食（全面腐食）

取付ボルトは炭素鋼であるため腐食の発生が想定されるが、取付ボルト表面はメッキ仕上げが施されており、屋内空調環境に設置されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、点検時に目視確認を行い、これまで有意な腐食は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. 埋込金物の腐食（全面腐食）

埋込金物は炭素鋼であるため腐食の発生が想定されるが、大気接触部は防食塗装を施しており、屋内空調環境に設置されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、コンクリート埋設部については、コンクリートが中性化した場合に腐食の発生が想定されるが、実機コンクリートにおけるサンプリング結果では中性化は殆ど見られていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小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 A系原子炉緊急停止系盤に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象									備 考		
					減 肉		割 れ		絶縁	導通	信号	材質変化			その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁特性低下	導通不良	特性変化	熱時効	劣化			
機器異常 信号処理	保護回路	タイマー	◎													
		電磁接触器	◎													
		ヒューズ	◎													
機器の支持	支持	筐体		炭素鋼		△										
		取付ボルト		炭素鋼		△										
		埋込金物		炭素鋼		△										

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

### 3. 代表機器以外への展開

本章では、2章で実施した代表機器の技術評価について、1章で代表機器となっていない機器への展開について検討した。

- ① B系原子炉緊急停止系盤
- ② 制御棒操作補助盤
- ③ トリップチャンネル盤RPS-I A・NSSSS-I A
- ④ トリップチャンネル盤RPS-II A・NSSSS-II A
- ⑤ トリップチャンネル盤RPS-I B・NSSSS-I B
- ⑥ トリップチャンネル盤RPS-II B・NSSSS-II B
- ⑦ A系原子炉系プロセス計装盤
- ⑧ B系原子炉系プロセス計装盤
- ⑨ B系・C系残留熱除去系盤ESS-II
- ⑩ 格納容器内側隔離弁盤NSSSS-II
- ⑪ 格納容器外側隔離弁盤NSSSS-I
- ⑫ 高圧炉心スプレイ系盤ESS-III
- ⑬ 低圧炉心スプレイ系・A系残留熱除去系盤ESS-I
- ⑭ 原子炉系補助盤ESS-I
- ⑮ 原子炉系補助盤ESS-II
- ⑯ トリップチャンネル盤ESS-I
- ⑰ トリップチャンネル盤ESS-II
- ⑱ トリップチャンネル盤ESS-III
- ⑲ SRM/IRM駆動操作補助継電器盤区分I
- ⑳ SRM/IRM駆動操作補助継電器盤区分II
- ㉑ 非常用メタクラ補助リレー盤(4C)
- ㉒ 非常用メタクラ補助リレー盤(4D)
- ㉓ 非常用メタクラ補助リレー盤(4H)
- ㉔ スクラムソレノイドヒューズ盤(A) RPS-G1
- ㉕ スクラムソレノイドヒューズ盤(B) RPS-G2
- ㉖ スクラムソレノイドヒューズ盤(C) RPS-G3
- ㉗ スクラムソレノイドヒューズ盤(D) RPS-G4
- ㉘ スクラムソレノイドヒューズ盤(E) RPS-G1
- ㉙ スクラムソレノイドヒューズ盤(F) RPS-G2
- ㉚ スクラムソレノイドヒューズ盤(G) RPS-G3
- ㉛ スクラムソレノイドヒューズ盤(H) RPS-G4

### 3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

代表機器同様、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

### 3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

#### a. 筐体の腐食（全面腐食） [共通]

代表機器同様、筐体は炭素鋼であるため腐食の発生が想定されるが、筐体の外表面は防食塗装が施されており、屋内空調環境に設置されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、点検時に目視確認を行い、これまで有意な腐食は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### b. 取付ボルトの腐食（全面腐食） [共通]

代表機器同様、取付ボルトは炭素鋼であるため腐食の発生が想定されるが、取付ボルト表面はメッキ仕上げが施されており、屋内空調環境に設置されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、点検時に目視確認を行い、これまで有意な腐食は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### c. 埋込金物の腐食（全面腐食） [共通]

代表機器同様、埋込金物は炭素鋼であるため腐食の発生が想定されるが、大気接触部は防食塗装を施しており、屋内空調環境に設置されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、コンクリート埋設部については、コンクリートが中性化した場合に腐食の発生が想定されるが、実機コンクリートにおけるサンプリング結果では中性化は殆ど見られていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- (2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

代表機器同様、日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。

以 上

### 3 操作制御盤

[対象操作制御盤 (1/2) ]

- ① プロセス放射線モニタ盤 区分Ⅰ
- ② プロセス放射線モニタ盤 区分Ⅱ
- ③ プロセス放射線モニタ盤
- ④ 出力領域モニタ盤 区分Ⅰ
- ⑤ 出力領域モニタ盤 区分Ⅱ
- ⑥ 原子炉系温度記録計盤
- ⑦ 漏えい検出系盤 区分Ⅰ
- ⑧ SRM/IRM盤 区分Ⅰ
- ⑨ SRM/IRM盤 区分Ⅱ
- ⑩ 漏えい検出系盤 区分Ⅱ
- ⑪ A系非常用換気空調系盤 ESS-Ⅰ
- ⑫ B系非常用換気空調系盤 ESS-Ⅱ
- ⑬ FPC・MUWF系制御盤
- ⑭ ユニット監視制御盤1
- ⑮ ユニット監視制御盤2
- ⑯ ユニット監視制御盤3
- ⑰ 原子炉系補助制御盤
- ⑱ 非常用炉心冷却制御盤 ESS-Ⅰ
- ⑲ 非常用炉心冷却制御盤 ESS-Ⅱ,Ⅲ
- ⑳ 所内電源制御盤
- ㉑ SGTS・FCS盤 ESS-Ⅰ
- ㉒ SGTS・FCS盤 ESS-Ⅱ
- ㉓ A系冷却系盤 ESS-Ⅰ

[対象操作制御盤 (2/2) ]

- ②④ B系冷却系盤 ESS- II
- ②⑤ HPCS系非常用換気空調系盤 ESS-III
- ②⑥ 中央集中端子盤 (H12-P806)
- ②⑦ 中央集中端子盤 ESS- I (H12-P808)
- ②⑧ 中央集中端子盤 ESS- II (H12-P812)
- ②⑨ 中央集中端子盤 (H12-P813)
- ③⑩ RPIS現場盤A
- ③⑪ RPIS現場盤B
- ③⑫ 中央制御室外原子炉停止制御盤 (H21-P011-1)
- ③⑬ 中央制御室外原子炉停止制御盤 (H21-P011-2)
- ③⑭ 中央制御室外原子炉停止制御盤 (H21-P011-3)
- ③⑮ A系HECW冷凍機 (A) 制御盤 ESS- I
- ③⑯ B系HECW冷凍機 (B) 制御盤 ESS- II
- ③⑰ A系HECW冷凍機 (C) 制御盤 ESS- I
- ③⑱ B系HECW冷凍機 (D) 制御盤 ESS- II
- ③⑲ RSW系 (A) ストレーナ制御盤 ESS- I
- ④① RSW系 (B) ストレーナ制御盤 ESS- II
- ④② SRM/IRM前置増幅器盤 区分 I A
- ④③ SRM/IRM前置増幅器盤 区分 I B
- ④④ SRM/IRM前置増幅器盤 区分 II A
- ④⑤ SRM/IRM前置増幅器盤 区分 II B

## 目 次

1. 対象機器及び代表機器の選定 .....	3-1
1.1 グループ化の考え方及び結果 .....	3-1
1.2 代表機器の選定 .....	3-1
2. 代表機器の技術評価 .....	3-6
2.1 構造, 材料及び使用条件 .....	3-6
2.1.1 ユニット監視制御盤 2 .....	3-6
2.2 経年劣化事象の抽出 .....	3-9
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目 .....	3-9
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 .....	3-9
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 .....	3-10
3. 代表機器以外への展開 .....	3-13
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 .....	3-15
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 .....	3-15

## 1. 対象機器及び代表機器の選定

柏崎刈羽 4 号炉で使用されている操作制御盤のうち，対象となる操作制御盤の主な仕様を表 1-1 に示す。これらの操作制御盤を型式及び設置場所の観点からグループ化し，それぞれのグループより代表機器を選定した。

### 1.1 グループ化の考え方及び結果

操作制御盤を型式及び設置場所で分類し，表 1-1 に示すとおりグループ化する。

### 1.2 代表機器の選定

操作制御盤を重要度及び原子炉保護上の重要性の観点から，ユニット監視制御盤 2 を代表機器とする。

表 1-1 (1/4) 操作制御盤のグループ化と代表機器の選定

分類基準		機 器 名 称 (面数)	仕 様 (W×H×D) (mm)	選 定 基 準			選定	選定理由
型式	設置場所			重要度*	使 用 条 件			
					設置場所	周囲温度(°C)		
自立型	屋内	プロセス放射線モニタ盤 区分Ⅰ (1)	800×2,300×1,000	MS-1	中央制御室	26以下		
		プロセス放射線モニタ盤 区分Ⅱ (1)	800×2,300×1,000	MS-1	中央制御室	26以下		
		プロセス放射線モニタ盤 (1)	800×2,300×1,000	MS-2	中央制御室	26以下		
		出力領域モニタ盤 区分Ⅰ (3)	3,025×2,300×1,000	MS-1	中央制御室	26以下		
		出力領域モニタ盤 区分Ⅱ (3)	3,025×2,300×1,000	MS-1	中央制御室	26以下		
		原子炉系温度記録計盤 (1)	2,400×2,300×1,000	MS-2	中央制御室	26以下		
		漏えい検出系盤 区分Ⅰ (1)	800×2,300×1,000	MS-1	中央制御室	26以下		
		SRM/IRM盤 区分Ⅰ (1)	1,600×2,300×1,000	MS-1	中央制御室	26以下		
		SRM/IRM盤 区分Ⅱ (1)	1,600×2,300×1,000	MS-1	中央制御室	26以下		
		漏えい検出系盤 区分Ⅱ (1)	800×2,300×1,000	MS-1	中央制御室	26以下		
		A系非常用換気空調系盤 ESS-Ⅰ (1)	1,600×2,300×1,000	MS-1	中央制御室	26以下		
		B系非常用換気空調系盤 ESS-Ⅱ (1)	1,600×2,300×1,000	MS-1	中央制御室	26以下		
		FPC・MUWF系制御盤 (1)	1,600×2,300×1,000	MS-2	中央制御室	26以下		
		ユニット監視制御盤1 (1)	2,790×1,535×1,600	MS-1	中央制御室	26以下		

\*：最上位の重要度を示す

表 1-1 (2/4) 操作制御盤のグループ化と代表機器の選定

分類基準		機 器 名 称 (面数)	仕 様 (W×H×D) (mm)	選 定 基 準			選定	選定理由
型式	設置場所			重要度*	使 用 条 件			
					設置場所	周囲温度(℃)		
自立型	屋内	ユニット監視制御盤2 (3)	4,480×1,535×1,600	MS-1	中央制御室	26以下	◎	重要度, 原子炉保護上の重要性
		ユニット監視制御盤3 (1)	2,475×1,535×1,600	MS-1	中央制御室	26以下		
		原子炉系補助制御盤 (1)	1,350×2,300×1,796	MS-1	中央制御室	26以下		
		非常用炉心冷却制御盤 ESS-I (1)	4,080×2,300×1,796	MS-1	中央制御室	26以下		
		非常用炉心冷却制御盤 ESS-II, III (2)	3,600×2,300×1,796	MS-1	中央制御室	26以下		
		所内電源制御盤 (1)	4,600×2,300×1,796	MS-1	中央制御室	26以下		
		SGTS・FCS盤 ESS-I (1)	800×2,300×1,000	MS-1	下部中央制御室	26以下		
		SGTS・FCS盤 ESS-II (1)	800×2,300×1,000	MS-1	下部中央制御室	26以下		
		A系冷却系盤 ESS-I (1)	800×2,300×1,000	MS-1	下部中央制御室	26以下		
		B系冷却系盤 ESS-II (1)	800×2,300×1,000	MS-1	下部中央制御室	26以下		
		HPCS系非常用換気空調系盤 ESS-III (1)	800×2,300×1,000	MS-1	下部中央制御室	26以下		
		中央集中端子盤 (1) (H12-P806)	2,500×1,800×600	MS-1	下部中央制御室	26以下		
		中央集中端子盤 ESS-I (1) (H12-P808)	2,500×1,800×600	MS-1	下部中央制御室	26以下		
		中央集中端子盤 ESS-II (1) (H12-P812)	2,500×1,800×600	MS-1	下部中央制御室	26以下		

◎ : 代表機器

\* : 最上位の重要度を示す

表 1-1 (3/4) 操作制御盤のグループ化と代表機器の選定

分類基準		機 器 名 称 (面数)	仕 様 (W×H×D) (mm)	選 定 基 準			選定	選定理由
型式	設置場所			重要度*	使 用 条 件			
					設置場所	周囲温度(°C)		
自立型	屋内	中央集中端子盤 (1) (H12-P813)	2,500×1,800×600	MS-1	下部中央制御室	26以下		
		RPIS現場盤A (1)	825×2,300×1,000	MS-2	原子炉建屋	40以下		
		RPIS現場盤B (1)	825×2,300×1,000	MS-2	原子炉建屋	40以下		
		中央制御室外原子炉停止制御盤 (1) (H21-P011-1)	2,400×2,300×1,000	MS-1	原子炉建屋	40以下		
		中央制御室外原子炉停止制御盤 (1) (H21-P011-2)	2,425×2,300×1,000	MS-1	原子炉建屋	40以下		
		中央制御室外原子炉停止制御盤 (1) (H21-P011-3)	1,625×2,300×1,000	MS-1	原子炉建屋	40以下		
		A系HECW冷凍機 (A) 制御盤 ESS-I (1)	1,200×2,300×1,600	MS-1	原子炉建屋	40以下		
		B系HECW冷凍機 (B) 制御盤 ESS-II (1)	1,200×2,300×1,600	MS-1	原子炉建屋	40以下		
		A系HECW冷凍機 (C) 制御盤 ESS-I (1)	1,200×2,300×1,600	MS-1	原子炉建屋	40以下		
		B系HECW冷凍機 (D) 制御盤 ESS-II (1)	1,200×2,300×1,600	MS-1	原子炉建屋	40以下		
		RSW系 (A) ストレーナ制御盤 ESS-I (1)	1,500×2,300×1,400	MS-1	海水熱交換器建屋	40以下		
		RSW系 (B) ストレーナ制御盤 ESS-II (1)	1,500×2,300×1,400	MS-1	海水熱交換器建屋	40以下		

\*: 最上位の重要度を示す

表 1-1 (4/4) 操作制御盤のグループ化と代表機器の選定

分類基準		機 器 名 称 (面数)	仕 様 (W×H×D) (mm)	選 定 基 準			選定	選定理由
型式	設置場所			重要度*	使 用 条 件			
					設置場所	周囲温度(℃)		
壁掛型	屋内	SRM/IRM前置増幅器盤 区分 I A (1)	1,000×1,200×600	MS-1	原子炉建屋	40以下		
		SRM/IRM前置増幅器盤 区分 I B (1)	1,000×1,200×600	MS-1	原子炉建屋	40以下		
		SRM/IRM前置増幅器盤 区分 II A (1)	1,000×1,200×600	MS-1	原子炉建屋	40以下		
		SRM/IRM前置増幅器盤 区分 II B (1)	1,000×1,200×600	MS-1	原子炉建屋	40以下		

\* : 最上位の重要度を示す

## 2. 代表機器の技術評価

本章では1章で代表機器とした以下の操作制御盤について技術評価を実施する。

### ① ユニット監視制御盤2

#### 2.1 構造, 材料及び使用条件

##### 2.1.1 ユニット監視制御盤2

###### (1) 構造

ユニット監視制御盤2は, 寸法 4,480mm(W)×1,535 mm(H)×1,600 mm(D)の自立型配電盤3面構成で設置されている。

原子炉系の操作機能として, 原子炉の状態を監視する故障表示器, 表示灯, CRT, 機器の操作を行う操作スイッチ, 押釦スイッチ, その他電気回路構成品であるヒューズ, 機器を支持するための筐体, 取付ボルト, 埋込金物等で構成されている。

ユニット監視制御盤2構成を図2.1-1に示す。

###### (2) 材料及び使用条件

ユニット監視制御盤2主要部位の使用材料を表2.1-1に, 使用条件を表2.1-2に示す。

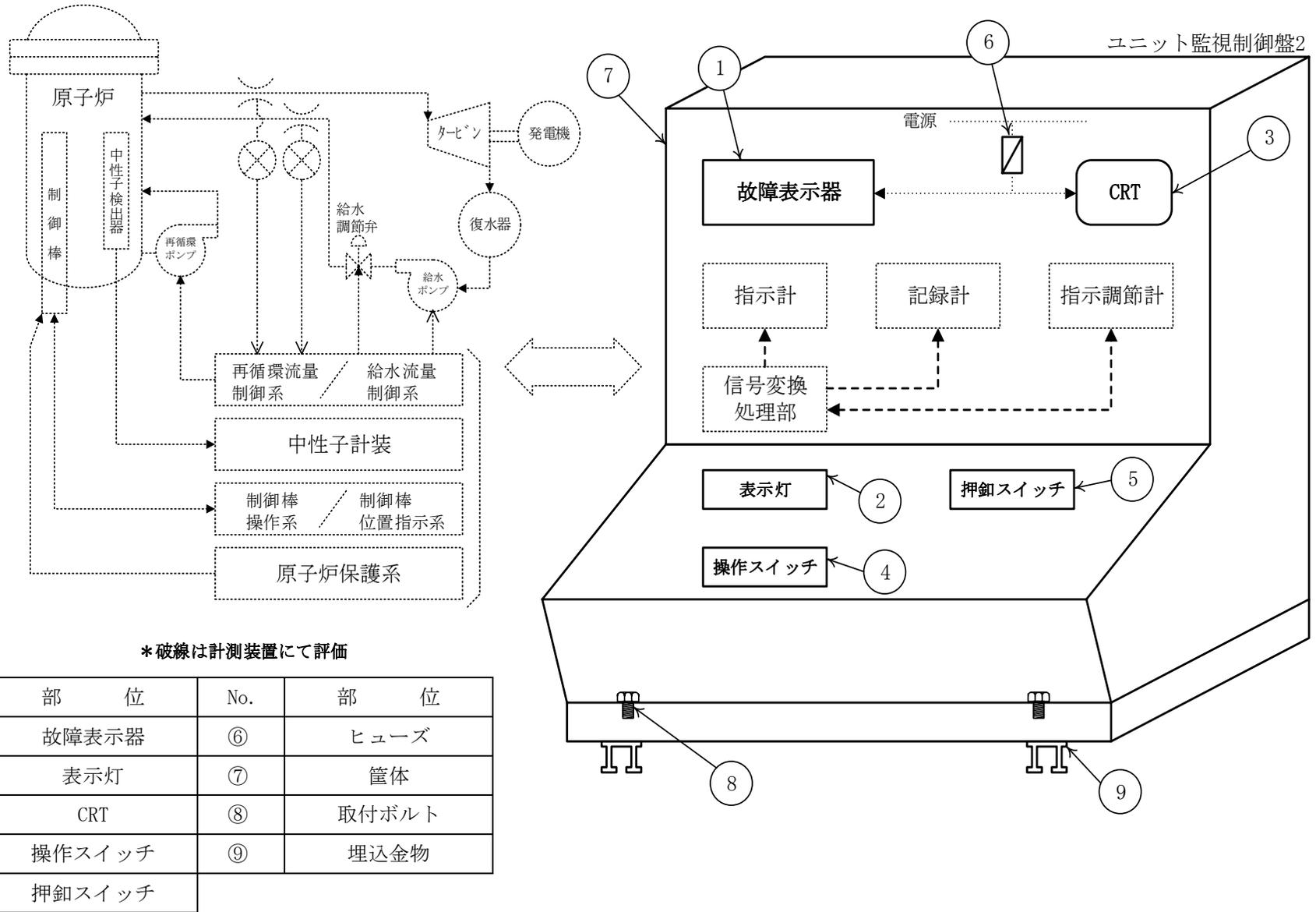


図2.1-1 ユニット監視制御盤2構成

表 2.1-1 ユニット監視制御盤 2 主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	材 料
機器の操作監視 制御特性の維持	操作監視制御	故障表示器	(消耗品)
		表示灯	(消耗品)
		CRT	(消耗品)
		操作スイッチ	金, 銀他
		押釦スイッチ	金, 銀他
		ヒューズ	(消耗品)
機器の支持	支持	筐体	炭素鋼
		取付ボルト	炭素鋼
		埋込金物	炭素鋼

表 2.1-2 ユニット監視制御盤 2 の使用条件

設置場所	中央制御室
周囲温度	26°C以下*

\* : 中央制御室の設計値

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

操作制御盤の機能であるプラント操作制御機能の達成に必要な項目としては、以下のとおり。

- ① 機器の操作監視
- ② 制御特性の維持
- ③ 機器の支持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

操作制御盤について、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の材料、構造、使用条件(周囲温度)及び現在までの運転経験を考慮し、表 2.2-1 に示すとおりに想定される経年劣化事象を抽出した(表 2.2-1 で○または△、▲になるもの)。

なお、消耗品及び定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

故障表示器、表示灯、CRT 及びヒューズは消耗品であり、設計時に長期使用せず取り替えを前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

#### (3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

想定される経年劣化事象のうち主要 6 事象に該当する事象及び下記①、②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。なお、下記①、②に該当する事象については、2.2.3 項に示すとおりに、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

- ① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの(日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△)
- ② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象(日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲)

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

#### a. 筐体の腐食（全面腐食）

筐体は炭素鋼であるため腐食の発生が想定されるが、筐体の外表面は防食塗装が施されており、屋内空調環境に設置されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、点検時に目視確認を行い、これまで有意な腐食は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### b. 操作スイッチ及び押釦スイッチの導通不良

操作スイッチ及び押釦スイッチは、接点に付着する浮遊塵埃による導通不良が想定されるが、屋内空調環境に設置されていることから、塵埃付着の可能性は小さい。

また、点検時に動作確認を実施し健全であることを確認しており、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### c. 取付ボルトの腐食（全面腐食）

取付ボルトは炭素鋼であるため腐食の発生が想定されるが、取付ボルト表面はメッキ仕上げが施されており、屋内空調環境に設置されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、点検時に目視確認を行い、これまで有意な腐食は確認されていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### d. 埋込金物の腐食（全面腐食）

埋込金物は炭素鋼であるため腐食の発生が想定されるが、大気接触部は防食塗装を施しており、屋内空調環境に設置されていることから、腐食が発生する可能性は小さい。

また、コンクリート埋設部については、コンクリートが中性化した場合に腐食の発生が想定されるが、実機コンクリートにおけるサンプリング結果では中性化は殆ど見られていない。

したがって、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- (2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小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 ユニット監視制御盤 2 に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象									備 考		
					減 肉		割 れ		絶縁	導通	信号	材質変化			その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁特性低下	導通不良	特性変化	熱時効	劣化			
機器の操作監視制御特性の維持	操作監視制御	故障表示器	◎													
		表示灯	◎													
		CRT	◎													
		操作スイッチ		金, 銀他						△						
		押釦スイッチ		金, 銀他						△						
		ヒューズ	◎													
機器の支持	支持	筐体		炭素鋼		△										
		取付ボルト		炭素鋼		△										
		埋込金物		炭素鋼		△										

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

### 3. 代表機器以外への展開

本章では、2章で実施した代表機器の技術評価について、1章で代表機器となっていない機器への展開について検討した。

[代表機器以外操作制御盤 (1/2) ]

- ① プロセス放射線モニタ盤 区分Ⅰ
- ② プロセス放射線モニタ盤 区分Ⅱ
- ③ プロセス放射線モニタ盤
- ④ 出力領域モニタ盤 区分Ⅰ
- ⑤ 出力領域モニタ盤 区分Ⅱ
- ⑥ 原子炉系温度記録計盤
- ⑦ 漏えい検出系盤 区分Ⅰ
- ⑧ SRM/IRM盤 区分Ⅰ
- ⑨ SRM/IRM盤 区分Ⅱ
- ⑩ 漏えい検出系盤 区分Ⅱ
- ⑪ A系非常用換気空調系盤 ESS-Ⅰ
- ⑫ B系非常用換気空調系盤 ESS-Ⅱ
- ⑬ FPC・MUWF系制御盤
- ⑭ ユニット監視制御盤1
- ⑮ ユニット監視制御盤3
- ⑯ 原子炉系補助制御盤
- ⑰ 非常用炉心冷却制御盤 ESS-Ⅰ
- ⑱ 非常用炉心冷却制御盤 ESS-Ⅱ,Ⅲ
- ⑲ 所内電源制御盤
- ⑳ SGTS・FCS盤 ESS-Ⅰ
- ㉑ SGTS・FCS盤 ESS-Ⅱ
- ㉒ A系冷却系盤 ESS-Ⅰ
- ㉓ B系冷却系盤 ESS-Ⅱ
- ㉔ HPCS系非常用換気空調系盤 ESS-Ⅲ
- ㉕ 中央集中端子盤(H12-P806)

[代表機器以外操作制御盤 (2/2) ]

- ②⑥ 中央集中端子盤 ESS- I (H12-P808)
- ②⑦ 中央集中端子盤 ESS- II (H12-P812)
- ②⑧ 中央集中端子盤 (H12-P813)
- ②⑨ RPIS現場盤A
- ③⑩ RPIS現場盤B
- ③⑪ 中央制御室外原子炉停止制御盤 (H21-P011-1)
- ③⑫ 中央制御室外原子炉停止制御盤 (H21-P011-2)
- ③⑬ 中央制御室外原子炉停止制御盤 (H21-P011-3)
- ③⑭ A系HECW冷凍機 (A) 制御盤 ESS- I
- ③⑮ B系HECW冷凍機 (B) 制御盤 ESS- II
- ③⑯ A系HECW冷凍機 (C) 制御盤 ESS- I
- ③⑰ B系HECW冷凍機 (D) 制御盤 ESS- II
- ③⑱ RSW系 (A) ストレーナ制御盤 ESS- I
- ③⑲ RSW系 (B) ストレーナ制御盤 ESS- II
- ④⑩ SRM/IRM前置増幅器盤 区分 I A
- ④⑪ SRM/IRM前置増幅器盤 区分 I B
- ④⑫ SRM/IRM前置増幅器盤 区分 II A
- ④⑬ SRM/IRM前置増幅器盤 区分 II B

### 3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

代表機器同様，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

### 3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって，想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

#### a. 筐体の腐食（全面腐食）〔共通〕

代表機器同様，筐体は炭素鋼であるため腐食の発生が想定されるが，筐体の外表面は防食塗装が施されており，屋内空調環境に設置されていることから，腐食が発生する可能性は小さい。

また，点検時に目視確認を行い，これまで有意な腐食は確認されていない。

したがって，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### b. 操作スイッチ及び押釦スイッチの導通不良〔共通〕

代表機器同様，操作スイッチ及び押釦スイッチは，接点に付着する浮遊塵埃による導通不良が想定されるが，屋内空調環境に設置されていることから，塵埃付着の可能性は小さい。

また，点検時に動作確認を実施し健全であることを確認しており，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### c. 取付ボルトの腐食（全面腐食）〔共通〕

代表機器同様，取付ボルトは炭素鋼であるため腐食の発生が想定されるが，取付ボルト表面はメッキ仕上げが施されており，屋内空調環境に設置されていることから，腐食が発生する可能性は小さい。

また，点検時に目視確認を行い，これまで有意な腐食は確認されていない。

したがって，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. 埋込金物の腐食（全面腐食） [共通]

代表機器同様，埋込金物は炭素鋼であるため腐食の発生が想定されるが，大気接触部は防食塗装を施しており，屋内空調環境に設置されていることから，腐食が発生する可能性は小さい。

また，コンクリート埋設部については，コンクリートが中性化した場合に腐食の発生が想定されるが，実機コンクリートにおけるサンプリング結果では中性化は殆ど見られていない。

したがって，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- (2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

代表機器同様，日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。

以 上