

1. 3 バタフライ弁

[対象機器]

- ① 原子炉補機冷却水系統バタフライ弁
- ② 原子炉補機冷却海水系統バタフライ弁
- ③ 液体廃棄物処理系統バタフライ弁
- ④ 換気空調系統バタフライ弁
- ⑤ 空調用冷水系統バタフライ弁
- ⑥ 余熱除去系統バタフライ弁
- ⑦ 非常用ディーゼル発電機系統バタフライ弁
- ⑧ 補助蒸気系統バタフライ弁

目 次

1. 対象機器及び代表機器の選定	1
1.1 グループ化の考え方及び結果	1
1.2 代表機器の選定	1
2. 代表機器の技術評価	3
2.1 構造、材料及び使用条件	3
2.2 経年劣化事象の抽出	21
3. 代表機器以外への展開	33
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象	33
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象	33

1. 対象機器及び代表機器の選定

川内2号炉で使用されている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設置場所、内部流体及び材料の観点からグループ化し、それぞれのグループより以下のとおり代表機器を選定した。

1.1 グループ化の考え方及び結果

表1-1に示すバタフライ弁について、設置場所、内部流体及び材料を分離基準として考えると、合計6つのグループに分類される。

1.2 代表機器の選定

- (1) 設置場所：屋内、内部流体：1次冷却材・ほう酸水、材料：ステンレス鋼

このグループには、液体廃棄物処理系統及び余熱除去系統のバタフライ弁が属するが、重要度が高いRHRクーラ出口流量制御弁を代表機器とする。

- (2) 設置場所：屋内、内部流体：廃液、材料：ステンレス鋼

このグループには、濃縮液ポンプ入口弁のみが属しているため、濃縮液ポンプ入口弁を代表機器とする。

- (3) 設置場所：屋内、内部流体：蒸気、材料：炭素鋼

このグループには、FWPT排気弁のみが属しているため、FWPT排気弁を代表機器とする。

- (4) 設置場所：屋内、内部流体：ヒドラジン水・純水、材料：炭素鋼

このグループには、原子炉補機冷却水系統及び空調用冷水系統のバタフライ弁が属するが、口径が大きい余熱除去冷却器冷却水第1出口弁を代表機器とする。

- (5) 設置場所：屋内、内部流体：空気、材料：炭素鋼

このグループには、換気空調系統のバタフライ弁が属するが、口径が大きい格納容器給気外側隔離弁を代表機器とする。

- (6) 設置場所：屋内・屋外、内部流体：海水、材料：炭素鋼（ライニング）

このグループには、原子炉補機冷却海水系統及び非常用ディーゼル発電機系統のバタフライ弁が属するが、口径が大きいストレーナ入口弁を代表機器とする。

表1-1 川内2号炉 バタフライ弁の主な仕様

分離基準			台数	該当系統	選定基準				代表機器の選定		
設置場所	内部流体	材 料			口径(B)	重要度*1	使用条件		選定	代 表 弁	選定理由
							最高使用圧力 (MPa[gage])	最高使用温度 (°C)			
屋 内	1次冷却材	ステンレス鋼	2	液体廃棄物処理系統	4	高*2	約0.98	約150	◎	RHRクーラ出口流量制御弁 (10B 約4.1MPa 約200°C)	重要度
	ほう酸水		4	余熱除去系統	8、10	MS-1、PS-2 重*3	約4.1	約200			
屋 内	廃 液	ステンレス鋼	2	液体廃棄物処理系統	4	高*2	約0.98	約150	◎	濃縮液ポンプ入口弁 (4B 約0.98MPa 約150°C)	
屋 内	蒸 気	炭 素 鋼	2	補助蒸気系統	φ1800	高*2	約0.05	約120	◎	FWPT排気弁 (φ1800 約0.05MPa 約120°C)	
屋 内	ヒドラジン水	炭 素 鋼	4	原子炉補機冷却水系統	12	MS-1	約0.98	約95	◎	余熱除去冷却器冷却水第1出口弁 (12B 約0.98MPa 約95°C)	口径
	純 水		4	空調用冷水系統	4、6	MS-1	約0.98	約45			
屋 内	空 気	炭 素 鋼	24	換気空調系統	6~48	MS-1、重*3	約0.01、約0.25	約105、約127	◎	格納容器給気外側隔離弁 (48B 約0.25MPa 約127°C)	口径
屋内・屋外	海 水	炭 素 鋼 (ライニング)	32	原子炉補機冷却海水系統	6~34	MS-1、重*3	約0.69、約0.7	約50	◎	ストレーナ入口弁 (34B 約0.69MPa 約50°C)	口径
			10	非常用ディーゼル発電機系統	6~10	MS-1	約0.69	約50			

*1：機能は最上位の機能を示す

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

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

2. 代表機器の技術評価

本章では1章で代表機器とした以下の6種類のバタフライ弁について技術評価を実施する。

- ① RHRクーラ出口流量制御弁
- ② 濃縮液ポンプ入口弁
- ③ FWP T排気弁
- ④ 余熱除去冷却器冷却水第1出口弁
- ⑤ 格納容器給気外側隔離弁
- ⑥ ストレーナ入口弁

2.1 構造、材料及び使用条件

2.1.1 RHRクーラ出口流量制御弁

(1) 構造

川内2号炉のRHRクーラ出口流量制御弁は、空気作動装置を駆動源としたバタフライ弁であり、余熱除去系統に2台設置されている。

弁本体は流体を内包するバウンダリを構成する耐圧部（弁箱、弁蓋、弁蓋ボルト、ガスケット、パッキン）、流体を仕切る隔離部（弁体）及び弁体を作動させる作動部（弁棒）からなる。

弁箱及び弁体にはステンレス鋼鋳鋼を使用しており、1次冷却材に接液している。

川内2号炉のRHRクーラ出口流量制御弁の構造図を図2.1-1に示す。

(2) 材料及び使用条件

川内2号炉のRHRクーラ出口流量制御弁主要部位の使用材料及び使用条件を表2.1-1及び表2.1-2に示す。

No.	部 位
①	弁箱 (弁座と一体)
②	弁 蓋
③	弁蓋ボルト
④	ガスケット
⑤	パッキン
⑥	弁 体
⑦	弁 棒
⑧	ブッシュ

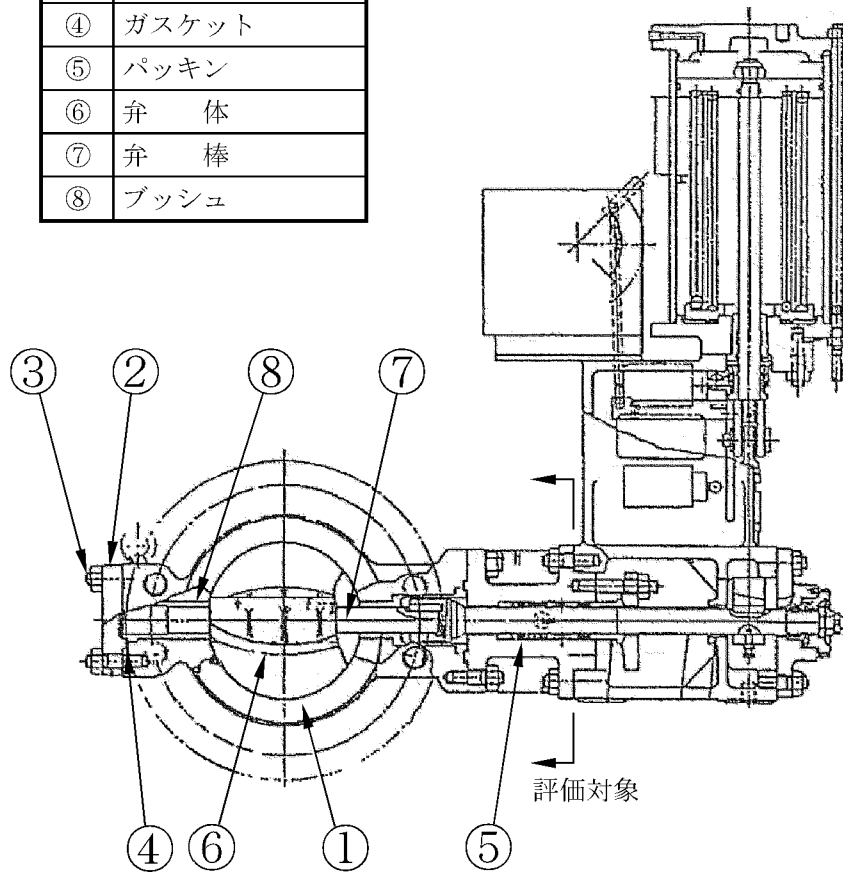


図2.1-1 川内2号炉 RHRクーラ出口流量制御弁構造図

表2.1-1 川内2号炉 RHRクーラ出口流量制御弁主要部位の使用材料

部 位	材 料
弁箱（弁座と一体）	ステンレス鋼鋳鋼（ステライト肉盛）
弁 蓋	ステンレス鋼
弁蓋ボルト	低合金鋼
ガスケット	消耗品・定期取替品
パッキン	消耗品・定期取替品
弁 体	ステンレス鋼鋳鋼（ステライト肉盛）
弁 棒	ステンレス鋼
ブッシュ	消耗品・定期取替品

表2.1-2 川内2号炉 RHRクーラ出口流量制御弁の使用条件

最高使用圧力	約4.1MPa[gage]
最高使用温度	約200℃
内 部 流 体	1次冷却材

2.1.2 濃縮液ポンプ入口弁

(1) 構造

川内2号炉の濃縮液ポンプ入口弁は、手動のバタフライ弁であり、液体廃棄物処理系統に2台設置されている。

弁本体は流体を内包するバウンダリを構成する耐圧部（弁箱、弁蓋、弁蓋ボルト、ガスケット、パッキン）、流体を仕切る隔離部（弁体、弁座）及び弁体を作動させる作動部（弁棒）からなる。

弁箱及び弁体にはステンレス鋼铸鋼を使用しており、廃液に接液している。

川内2号炉の濃縮液ポンプ入口弁の構造図を図2.1-2に示す。

(2) 材料及び使用条件

川内2号炉の濃縮液ポンプ入口弁主要部位の使用材料及び使用条件を表2.1-3及び表2.1-4に示す。

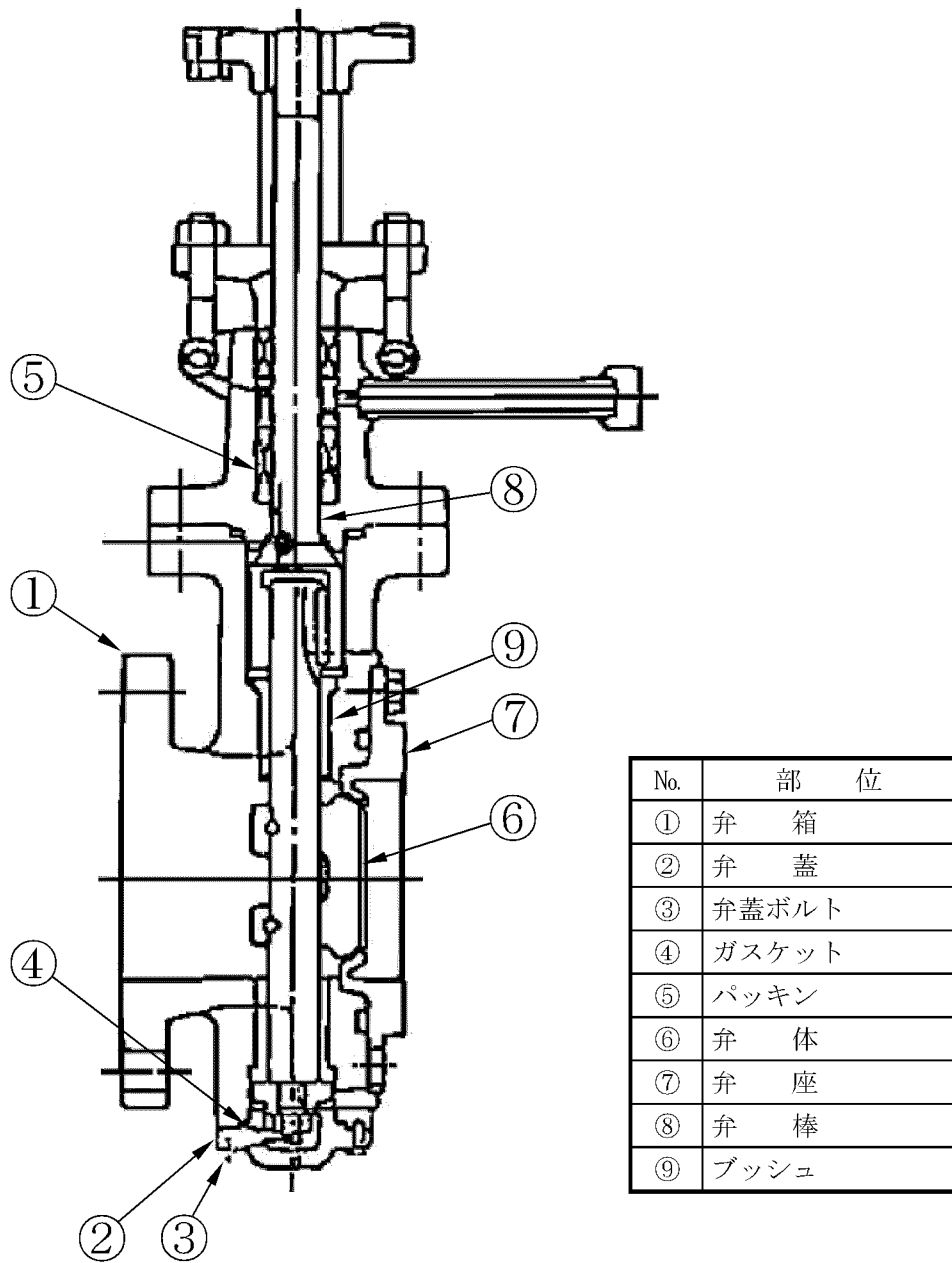


図2.1-2 川内2号炉 濃縮液ポンプ入口弁構造図

表2.1-3 川内2号炉 濃縮液ポンプ入口弁主要部位の使用材料

部 位	材 料
弁 箱	ステンレス鋼鋳鋼
弁 蓋	ステンレス鋼
弁蓋ボルト	低合金鋼
ガスケット	消耗品・定期取替品
パッキン	消耗品・定期取替品
弁 体	ステンレス鋼鋳鋼 (ステライト肉盛)
弁 座	ステンレス鋼 (ステライト肉盛)
弁 棒	ステンレス鋼
ブッシュ	消耗品・定期取替品

表2.1-4 川内2号炉 濃縮液ポンプ入口弁の使用条件

最高使用圧力	約0.98MPa[gage]
最高使用温度	約150℃
内 部 流 体	廃 液

2.1.3 FWP T排気弁

(1) 構造

川内2号炉のFWP T排気弁は、電動装置を駆動源としたバタフライ弁であり、補助蒸気系統に2台設置されている。

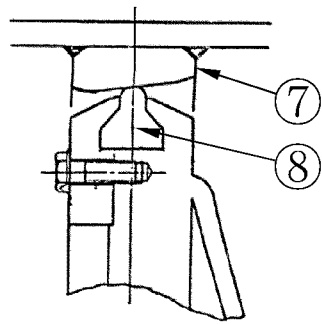
弁本体は流体を内包するバウンダリを構成する耐圧部（弁箱、弁蓋、弁蓋ボルト、Oリング、パッキン）、流体を仕切る隔離部（弁体、弁座）及び弁体を作動させる作動部（弁棒）からなる。

弁箱及び弁体には炭素鋼を使用しており、蒸気に接している。

川内2号炉のFWP T排気弁の構造図を図2.1-3に示す。

(2) 材料及び使用条件

川内2号炉のFWP T排気弁主要部位の使用材料及び使用条件を表2.1-5及び表2.1-6に示す。



A部詳細

No.	部 位
①	弁 箱
②	弁 蓋
③	弁蓋ボルト
④	Oリング
⑤	パッキン
⑥	弁 体
⑦	弁 座
⑧	弁体弁座
⑨	弁 棒
⑩	軸 受
⑪	支 持 脚
⑫	基礎ボルト

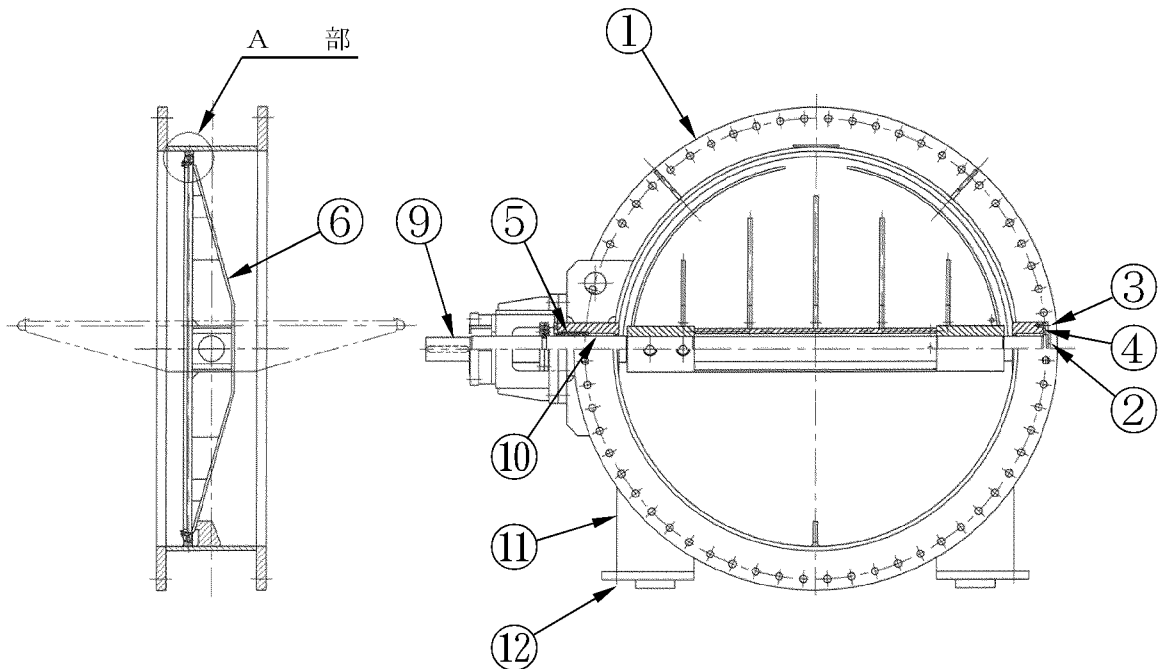


図2.1-3 川内2号炉 FWP T排気弁構造図

表2.1-5 川内2号炉 FWP T排気弁主要部位の使用材料

部 位	材 料
弁 箱	炭 素 鋼
弁 蓋	炭 素 鋼
弁蓋ボルト	ステンレス鋼
Oリング	消耗品・定期取替品
パッキン	消耗品・定期取替品
弁 体	炭 素 鋼
弁 座	ステンレス鋼
弁体弁座	消耗品・定期取替品
弁 棒	ステンレス鋼
軸 受	消耗品・定期取替品
支 持 脚	炭 素 鋼
基礎ボルト	炭 素 鋼

表2.1-6 川内2号炉 FWP T排気弁の使用条件

最高使用圧力	約0.05MPa[gage]
最高使用温度	約120℃
内 部 流 体	蒸 気

2.1.4 余熱除去冷却器冷却水第1出口弁

(1) 構造

川内2号炉の余熱除去冷却器冷却水第1出口弁は、手動のバタフライ弁であり、原子炉補機冷却水系統に2台設置されている。

弁本体は流体を内包するバウンダリを構成する耐圧部（弁箱、弁蓋、弁蓋ボルト、ガスケット、パッキン）、流体を仕切る隔離部（弁体、弁座）及び弁体を作動させる作動部（弁棒）からなる。

弁箱及び弁体には炭素鋼鋳鋼を使用しており、ヒドラジン水（防錆剤注入水）に接液している。

川内2号炉の余熱除去冷却器冷却水第1出口弁の構造図を図2.1-4に示す。

(2) 材料及び使用条件

川内2号炉の余熱除去冷却器冷却水第1出口弁主要部位の使用材料及び使用条件を表2.1-7及び表2.1-8に示す。

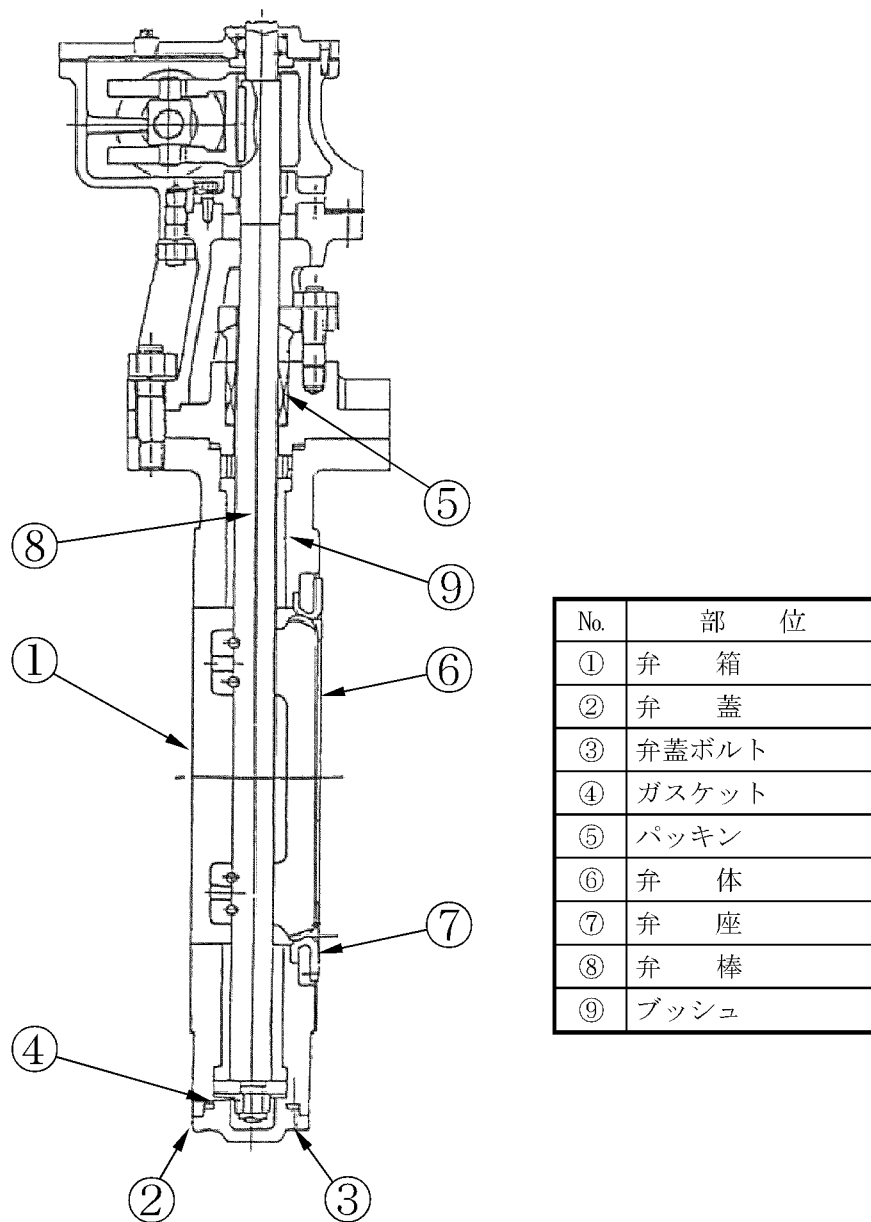


図2.1-4 川内2号炉 余熱除去冷却器冷却水第1出口弁構造図

表2.1-7 川内2号炉 余熱除去冷却器冷却水第1出口弁主要部位の使用材料

部 位	材 料
弁 箱	炭素鋼鋳鋼
弁 蓋	炭 素 鋼
弁蓋ボルト	低合金鋼
ガスケット	消耗品・定期取替品
パッキン	消耗品・定期取替品
弁 体	炭素鋼鋳鋼（ステンレス鋼肉盛）
弁 座	炭 素 鋼（ライニング）
弁 棒	ステンレス鋼
ブッシュ	消耗品・定期取替品

表2.1-8 川内2号炉 余熱除去冷却器冷却水第1出口弁の使用条件

最高使用圧力	約0.98MPa[gage]
最高使用温度	約95℃
内 部 流 体	ヒドラジン水

2.1.5 格納容器給気外側隔離弁

(1) 構造

川内2号炉の格納容器給気外側隔離弁は、空気作動装置を駆動源としたバタフライ弁であり、換気空調系統に1台設置されている。

弁本体は流体を内包するバウンダリを構成する耐圧部（弁箱、弁蓋、弁蓋ボルト、ガスケット、パッキン、シートパッキン）、流体を仕切る隔離部（弁体）及び弁体を作動させる作動部（弁棒）からなる。

弁箱及び弁体には炭素鋼鋳鋼を使用しており、空気に接している。

川内2号炉の格納容器給気外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

川内2号炉の格納容器給気外側隔離弁主要部位の使用材料及び使用条件を表2.1-9及び表2.1-10に示す。

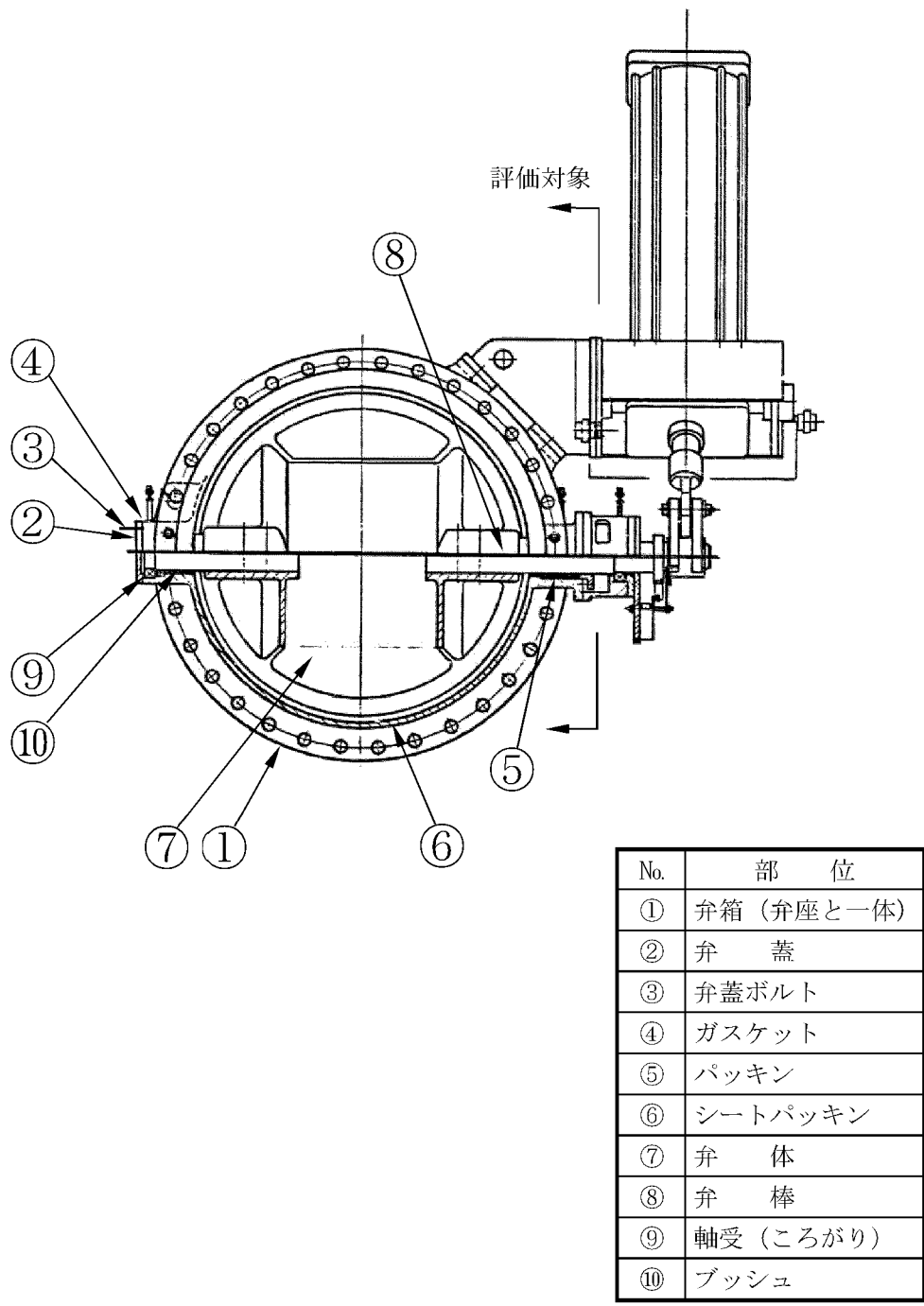


図2.1-5 川内2号炉 格納容器給気外側隔離弁構造図

表2.1-9 川内2号炉 格納容器給気外側隔離弁主要部位の使用材料

部 位	材 料
弁箱（弁座と一体）	炭素鋼鋳鋼（ステンレス鋼肉盛）
弁 蓋	ステンレス鋼
弁蓋ボルト	ステンレス鋼
ガスケット	消耗品・定期取替品
パッキン	消耗品・定期取替品
シートパッキン	消耗品・定期取替品
弁 体	炭素鋼鋳鋼
弁 棒	ステンレス鋼
軸受（ころがり）	消耗品・定期取替品
ブッシュ	消耗品・定期取替品

表2.1-10 川内2号炉 格納容器給気外側隔離弁の使用条件

最高使用圧力	約0.25MPa[gage]
最高使用温度	約127℃
内 部 流 体	空 気

2.1.6 ストレーナ入口弁

(1) 構造

川内2号炉のストレーナ入口弁は、手動のバタフライ弁であり、原子炉補機冷却海水系統に4台設置されている。

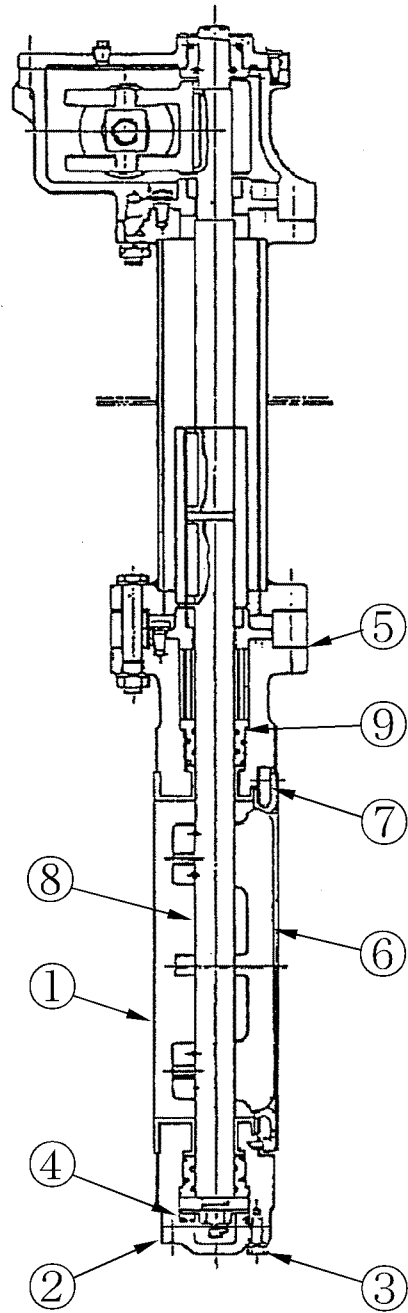
弁本体は流体を内包するバウンダリを構成する耐圧部（弁箱、弁蓋、弁蓋ボルト、Oリング、ガスケット）、流体を仕切る隔離部（弁体、弁座）及び弁体を作動させる作動部（弁棒）からなる。

弁箱はライニングされた炭素鋼、弁体には銅合金鋳物を使用しており、海水に接液している。

川内2号炉のストレーナ入口弁の構造図を図2.1-6に示す。

(2) 材料及び使用条件

川内2号炉のストレーナ入口弁主要部位の使用材料及び使用条件を表2.1-11及び表2.1-12に示す。



No.	部 位
①	弁 箱
②	弁 蓋
③	弁蓋ボルト
④	Ｏリング
⑤	ガスケット
⑥	弁 体
⑦	弁 座
⑧	弁 棒
⑨	ブッシュ

図2.1-6 川内2号炉 ストレーナ入口弁構造図

表2.1-11 川内2号炉 ストレーナ入口弁主要部位の使用材料

部 位	材 料
弁 箱	炭素鋼鋳鋼 (ライニング)
弁 蓋	炭素鋼鋳鋼
弁蓋ボルト	炭 素 鋼
Oリング	消耗品・定期取替品
ガスケット	消耗品・定期取替品
弁 体	銅合金鋳物
弁 座	炭 素 鋼 (ライニング)
弁 棒	銅 合 金
ブッシュ	消耗品・定期取替品

表2.1-12 川内2号炉 ストレーナ入口弁の使用条件

最高使用圧力	約0.69MPa[gage]
最高使用温度	約50°C
内 部 流 体	海 水

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機能達成に必要な項目

バタフライ弁の機能である流体の仕切及び流量調節機能を維持するためには、次の4つの項目が必要である。

- ① バウンダリの維持
- ② 閉止機能の維持
- ③ 作動機能の維持
- ④ 機器の支持

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

バタフライ弁個々について、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の構造、材料、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、代表機器ごとに表2.2-1～表2.2-6に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象はない。

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

以下の事象（表2.2-1～表2.2-6で△となっているもの）については、想定される経年劣化事象であるが、

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

に該当するものについては、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した。

上記の1)又は2)に該当する事象であるが、保全によりその傾向が維持できていることを確認している事象（日常劣化管理事象）を以下に示す。

なお、日常劣化管理事象ではない事象はない。

(1) 弁箱、弁蓋等の腐食（全面腐食）〔FWPT排気弁〕

弁箱、弁蓋及び弁体は炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(2) 弁箱、弁蓋の腐食（全面腐食）〔余熱除去冷却器冷却水第1出口弁〕

弁箱及び弁蓋は炭素鋼又は炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、内部流体はヒドラジン水（防錆剤注入水）で腐食が発生し難い環境にあり、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(3) 弁箱、弁体の腐食（全面腐食）〔格納容器給気外側隔離弁〕

弁箱及び弁体は炭素鋼鋳鋼であり内部流体は空気であるため、長期使用により腐食が想定される。

しかしながら、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(4) 弁箱、弁蓋等の腐食（異種金属接触腐食）〔ストレーナ入口弁〕

弁箱、弁蓋及び弁座は炭素鋼鋳鋼又は炭素鋼であるため、海水接液面にはライニングを施しているが、ライニングのはく離等により海水が接液した場合、弁体が銅合金鋳物であるため、炭素鋼鋳鋼又は炭素鋼部位に異種金属接触腐食が想定される。

しかしながら、分解点検時の目視によりライニングのはく離等がないことを確認し、必要に応じて適切に対処することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(5) 弁箱、弁蓋（外面）及び支持脚の腐食（全面腐食）

〔FWPT排気弁、余熱除去冷却器冷却水第1出口弁、格納容器給気外側隔離弁、ストレーナ入口弁〕

弁箱、弁蓋及び支持脚は炭素鋼鋳鋼又は炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部は塗装等により腐食を防止しており、塗装等が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、巡視点検等で目視により塗装等の状態を確認し、はく離等が認められた場合には必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(6) 弁箱、弁蓋等の応力腐食割れ [濃縮液ポンプ入口弁]

弁箱、弁蓋、弁体、弁座及び弁棒はステンレス鋼鋳鋼又はステンレス鋼であり、内部流体は廃液で塩化物イオン濃度が高く、かつ高温であるため、応力腐食割れが想定される。

しかしながら、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(7) 弁蓋ボルトの腐食 (全面腐食)

[RHRクーラ出口流量制御弁、濃縮液ポンプ入口弁、余熱除去冷却器冷却水第1出口弁、ストレーナ入口弁]

弁蓋ボルトはガスケットからの漏えいにより、内部流体によるボルトの腐食が想定される。

しかしながら、締付管理により漏えい防止を図っており、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(8) 弁体、弁座又は弁箱弁座部 (シート面) の摩耗 [FWPT排気弁を除く弁共通]

弁体、弁座又は弁箱弁座部シート面は弁の開閉による摩耗が想定される。

しかしながら、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(9) 弁体、弁座の腐食 (エロージョン)

[RHRクーラ出口流量制御弁、余熱除去冷却器冷却水第1出口弁]

中間開度で制御されている弁の弁体及び弁座については、内部流体によるエロージョンにより減肉が想定される。

しかしながら、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(10) 弁体、弁棒の腐食（孔食・隙間腐食）〔ストレーナ入口弁〕

弁体及び弁棒は銅合金鋳物又は銅合金であり、内部流体が海水であるため、孔食・隙間腐食が想定される。

しかしながら、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(11) 弁棒（パッキン受け部及び軸保持部）の摩耗〔共通〕

弁棒は開閉に伴うパッキン受け部及び軸保持部との摺動により摩耗が想定される。

しかしながら、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(12) 弁棒の腐食（隙間腐食）〔共通〕

弁棒はパッキン又はOリングとの接触部において腐食が想定される。

しかしながら、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(13) 基礎ボルトの腐食（全面腐食）〔FWPT排気弁〕

基礎ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

基礎ボルトの健全性評価については各機器で共通であることから、機械設備の技術評価書のうち「基礎ボルト」にて評価を実施するものとし、本評価書には含めていない。

2.2.4 消耗品及び定期取替品

ガスケット、パッキン、シートパッキン、軸受（ころがり）及びOリングは分解点検時に取り替えている消耗品であり、また、ブッシュ（軸受含む）、弁体弁座は目視確認の結果に基づき取り替えている消耗品である。いずれも長期使用はせず取替えを前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

表2.2-1 川内2号炉 RHRクーラ出口流量制御弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・ 定期 取 替 品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考
				減 肉		割 れ		材質変化		その他	
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣 化		
バウンダリの維持	弁 箱 (弁座と一体)		ステンレス鋼鋳鋼 (ステライト肉盛)	△*1	△*2						*1：シート面 *2：エロージョン *3：隙間腐食
	弁 蓋		ステンレス鋼								
	弁蓋ボルト		低合金鋼		△						
	ガスケット	◎	—								
	パッキン	◎	—								
閉止機能の維持 作動機能の維持	弁 体		ステンレス鋼鋳鋼 (ステライト肉盛)	△	△*2						
	弁 棒		ステンレス鋼	△	△*3						
	ブッシュ	◎	—								

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-2 川内2号炉 濃縮液ポンプ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	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考
				減 肉		割 れ		材質変化		その他	
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣 化		
バウンダリの維持	弁 箱		ステンレス鋼鋳鋼				△				*1：隙間腐食
	弁 蓋		ステンレス鋼				△				
	弁蓋ボルト		低合金鋼		△						
	ガスケット	◎	—								
	パッキン	◎	—								
閉止機能の維持 作動機能の維持	弁 体		ステンレス鋼鋳鋼 (ステライト肉盛)	△			△				
	弁 座		ステンレス鋼 (ステライト肉盛)	△			△				
	弁 棒		ステンレス鋼	△	△*1		△				
	ブッシュ	◎	—								

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-3 川内2号炉 FWP T排気弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考
				減 肉		割 れ		材質変化		その他	
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣 化		
バウンダリの維持	弁 箱		炭 素 鋼		△ △(外面)						*1：隙間腐食
	弁 蓋		炭 素 鋼		△ △(外面)						
	弁蓋ボルト		ステンレス鋼								
	Oリング	◎	—								
	パッキン	◎	—								
閉止機能の維持 作動機能の維持	弁 体		炭 素 鋼		△						
	弁 座		ステンレス鋼								
	弁体弁座	◎	—								
	弁 棒		ステンレス鋼	△	△*1						
	軸 受	◎	—								
機器の支持	支 持 脚		炭 素 鋼		△						
	基礎ボルト		炭 素 鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-4 川内2号炉 余熱除去冷却器冷却水第1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	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考
				減 肉		割 れ		材質変化		その他	
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣 化		
バウンダリの維持	弁 箱		炭素鋼鋳鋼		△ △(外面)						*1:エロージョン *2:隙間腐食
	弁 蓋		炭 素 鋼		△ △(外面)						
	弁蓋ボルト		低合金鋼		△						
	ガスケット	◎	—								
	パッキン	◎	—								
閉止機能の維持 作動機能の維持	弁 体		炭素鋼鋳鋼 (ステンレス鋼肉盛)	△	△*1						
	弁 座		炭 素 鋼 (ライニング)	△	△*1						
	弁 棒		ステンレス鋼	△	△*2						
	ブッシュ	◎	—								

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-5 川内2号炉 格納容器給気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	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考
				減 肉		割 れ		材質変化		その他	
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣 化		
バウンダリの維持	弁 箱 (弁座と一体)		炭素鋼鋳鋼 (ステンレス鋼肉盛)	△*1	△ △(外面)						*1：シート面 *2：隙間腐食
	弁 蓋		ステンレス鋼								
	弁蓋ボルト		ステンレス鋼								
	ガスケット	◎	—								
	パッキン	◎	—								
	シートパッキン	◎	—								
閉止機能の維持 作動機能の維持	弁 体		炭素鋼鋳鋼	△	△						
	弁 棒		ステンレス鋼	△	△*2						
	軸受(ころがり)	◎	—								
	ブッシュ	◎	—								

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-6 川内2号炉 ストレーナ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	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
				減 肉		割 れ		材質変化			その他
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣 化		
バウンダリの維持	弁 箱		炭素鋼鋳鋼 (ライニング)		△ ^{*1} △(外面)					*1：異種金属接触腐食 *2：孔食・隙間腐食 *3：隙間腐食	
	弁 蓋		炭素鋼鋳鋼		△ ^{*1} △(外面)						
	弁蓋ボルト		炭 素 鋼		△						
	〇リング	◎	—								
	ガスケット	◎	—								
閉止機能の維持 作動機能の維持	弁 体		銅合金鋳物	△	△ ^{*2}						
	弁 座		炭 素 鋼 (ライニング)	△	△ ^{*1}						
	弁 棒		銅 合 金	△	△ ^{*2,3}						
	ブッシュ	◎	—								

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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。

なお、経年劣化事象の抽出にあたっては、2章の代表機器における経年劣化事象の抽出と同様に水平展開機器各々の構造、材料、使用条件等の特殊性を考慮して選定している。

3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

水平展開機器各々の構造、材料、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すると、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象はない。

3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

2.2.3の1)又は2)に該当する事象であるが、保全によりその傾向が維持できていることを確認している事象（日常劣化管理事象）を以下に示す。

なお、日常劣化管理事象ではない事象はない。

3.2.1 弁箱、弁蓋等の腐食（全面腐食）

[原子炉補機冷却水系統、空調用冷水系統のバタフライ弁]

炭素鋼製の弁箱、弁蓋等は腐食が想定される。

しかしながら、内部流体はヒドラジン水（防錆剤注入水）又は脱気された純水で腐食が発生し難い環境にあり、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

3.2.2 弁箱、弁蓋等の腐食（全面腐食）[換気空調系統のバタフライ弁]

炭素鋼製の弁箱、弁蓋等の内部流体は空気であるため、長期使用により腐食が想定される。

しかしながら、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

3.2.3 弁箱、弁蓋等の腐食（異種金属接触腐食）

[原子炉補機冷却海水系統、非常用ディーゼル発電機系統のバタフライ弁]

炭素鋼製等の弁箱、弁蓋等については、海水接液面にはライニングを施しているが、ライニングのはく離等により海水が接液した場合、弁体が銅合金铸件であるため、炭素鋼铸件又は炭素鋼部位に異種金属接触腐食が想定される。

しかしながら、分解点検時の目視によりライニングのはく離等がないことを確認し、必要に応じて適切に対処することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

3.2.4 弁箱、弁蓋（外面）の腐食（全面腐食）[炭素鋼製等の弁共通]

炭素鋼製等の弁箱及び弁蓋は腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部は塗装等により腐食を防止しており、塗装等が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、巡視点検等で目視により塗装等の状態を確認し、はく離等が認められた場合には必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

3.2.5 弁蓋ボルトの腐食（全面腐食）[ステンレス鋼製弁蓋ボルトを除く弁共通]

弁蓋ボルトはガスケットからの漏えいにより、内部流体によるボルトの腐食が想定される。

しかしながら、締付管理により漏えい防止を図っており、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

3.2.6 弁体、弁座又は弁箱弁座部（シート面）の摩耗 [共通]

弁体、弁座又は弁箱弁座部シート面は弁の開閉による摩耗が想定される。

しかしながら、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

3.2.7 弁体、弁座又は弁箱弁座部の腐食（エロージョン）

[中間開度で制御されている弁共通]

中間開度で制御されている弁の弁体、弁座又は弁箱弁座部については、内部流体によるエロージョンにより減肉が想定される。

しかしながら、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

3.2.8 弁体、弁棒の腐食（孔食・隙間腐食）

[原子炉補機冷却海水系統、非常用ディーゼル発電機系統のバタフライ弁]

銅合金製等の弁体及び弁棒については、内部流体が海水であるため、孔食・隙間腐食が想定される。

しかしながら、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

3.2.9 弁棒（パッキン受け部及び軸保持部）の摩耗 [共通]

弁棒は開閉に伴うパッキン受け部及び軸保持部との摺動により摩耗が想定される。

しかしながら、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

3.2.10 弁棒の腐食（隙間腐食） [パッキンありの弁共通]

弁棒はパッキン又はOリングとの接触部において腐食が想定される。

しかしながら、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

1. 4 ダイヤフラム弁

[対象機器]

- ① 化学体積制御系統ダイヤフラム弁
- ② 燃料取替用水系統ダイヤフラム弁
- ③ 1次系補給水系統ダイヤフラム弁
- ④ 原子炉補機冷却海水系統ダイヤフラム弁
- ⑤ 液体廃棄物処理系統ダイヤフラム弁
- ⑥ 気体廃棄物処理系統ダイヤフラム弁
- ⑦ 非常用ディーゼル発電機系統ダイヤフラム弁

目 次

1. 対象機器及び代表機器の選定	1
1.1 グループ化の考え方及び結果	1
1.2 代表機器の選定	1
2. 代表機器の技術評価	3
2.1 構造、材料及び使用条件	3
2.2 経年劣化事象の抽出	15
3. 代表機器以外への展開	21
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象	21
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象	21

1. 対象機器及び代表機器の選定

川内2号炉で使用されている主要なダイヤフラム弁の主な仕様を表1-1に示す。

これらのダイヤフラム弁を設置場所、内部流体及び材料の観点からグループ化し、それぞれのグループより以下のとおり代表機器を選定した。

1.1 グループ化の考え方及び結果

表1-1に示すダイヤフラム弁について、設置場所、内部流体及び材料を分離基準として考えると、合計4つのグループに分類される。

1.2 代表機器の選定

- (1) 設置場所：屋内、内部流体：1次冷却材・ほう酸水・純水、材料：ステンレス鋼

このグループには、化学体積制御系統、燃料取替用水系統及び1次系補給水系統のダイヤフラム弁が属するが、使用条件が厳しいCH/SIポンプ入口ベントライン第1隔離弁を代表機器とする。

- (2) 設置場所：屋内、内部流体：廃液、材料：ステンレス鋼

このグループには、C/Vサンプルポンプ出口ライン第2隔離弁のみが属しているため、C/Vサンプルポンプ出口ライン第2隔離弁を代表機器とする。

- (3) 設置場所：屋内、内部流体：希ガス等、材料：ステンレス鋼

このグループには、気体廃棄物処理系統のダイヤフラム弁が属するが、使用頻度が高いガス減衰タンク圧力調節弁を代表機器とする。

- (4) 設置場所：屋内・屋外、内部流体：海水、材料：鋳鉄（ライニング）

このグループには、原子炉補機冷却海水系統及び非常用ディーゼル発電機系統のダイヤフラム弁が属するが、口径が大きいストレーナ出口弁を代表機器とする。

表1-1 川内2号炉 ダイアフラム弁の主な仕様

分離基準			台数	該当系統	選定基準				代表機器の選定		
設置場所	内部流体	材 料			口径(B)	重要度*1	使用条件		選定	代 表 弁	選定理由
							最高使用圧力 (MPa[gage])	最高使用温度 (°C)			
屋 内	1次冷却材	ステンレス鋼	4	化学体積制御系統	3/4	MS-1	約1.4	約150	◎	CH/SIポンプ入口ベントライン第1隔離弁 (3/4B 約1.4MPa 約150°C)	使用条件
	ほう酸水		5	燃料取替用水系統	4	MS-1,MS-2	約0.98、約1.4	約95、約127			
	純 水		1	1次系補給水系統	2	MS-1	約0.98	約127			
屋 内	廃 液	ステンレス鋼	1	液体廃棄物処理系統	2	MS-1	約0.98	約127	◎	C/Vポンプ出口ライン第2隔離弁 (2B 約0.98MPa 約127°C)	
屋 内	希ガス等	ステンレス鋼	12	気体廃棄物処理系統	1	PS-2,MS-2	約0.98	約65	◎	ガス減衰タンク圧力調節弁 (1B 約0.98MPa 約65°C)	使用頻度
屋内・屋外	海 水	鑄 鉄 (ライニング)	8	原子炉補機冷却海水系統	2	MS-1	約0.69	約50	◎	ストレーナ出口弁 (2B 約0.69MPa 約50°C)	口径
			2	非常用ディーゼル発電機系統	1・1/2	MS-1	約0.69	約50			

*1：機能は最上位の機能を示す

2. 代表機器の技術評価

本章では1章で代表機器とした以下の4種類のダイヤフラム弁について技術評価を実施する。

- ① CH/SIポンプ入口ベントライン第1隔離弁
- ② C/Vサンプポンプ出口ライン第2隔離弁
- ③ ガス減衰タンク圧力調節弁
- ④ ストレーナ出口弁

2.1 構造、材料及び使用条件

2.1.1 CH/SIポンプ入口ベントライン第1隔離弁

(1) 構造

川内2号炉のCH/SIポンプ入口ベントライン第1隔離弁は、空気作動装置を駆動源としたダイヤフラム弁であり、化学体積制御系統に1台設置されている。

弁本体は流体を内包するバウンダリを構成する耐圧部（弁箱、弁蓋、弁蓋ボルト）、流体を仕切る隔離部（弁体：ダイヤフラム）及び弁体を作動させる作動部（弁棒）からなる。

弁箱にはステンレス鋼鋳鋼を使用しており、1次冷却材に接液している。

川内2号炉のCH/SIポンプ入口ベントライン第1隔離弁の構造図を図2.1-1に示す。

(2) 材料及び使用条件

川内2号炉のCH/SIポンプ入口ベントライン第1隔離弁主要部位の使用材料及び使用条件を表2.1-1及び表2.1-2に示す。

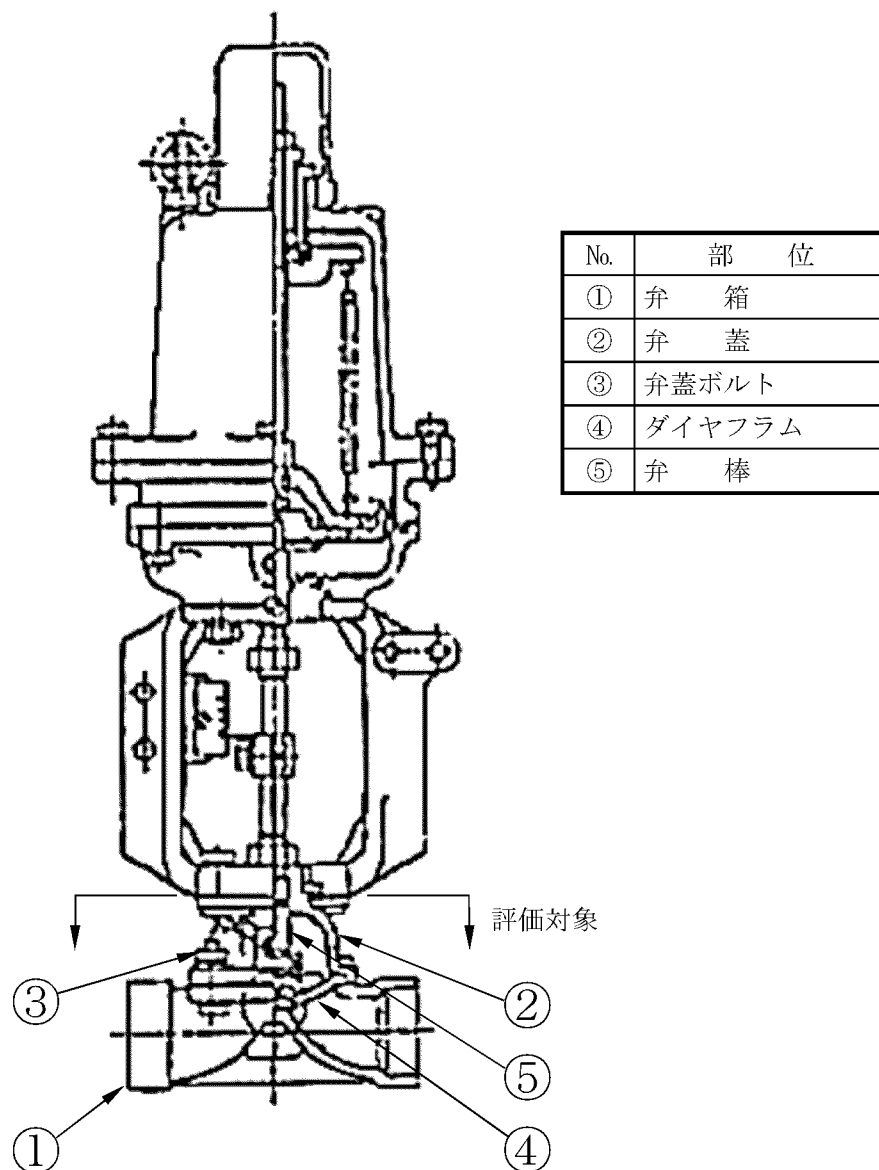


図2.1-1 川内2号炉 CH/S I ポンプ入口ベントライン第1 隔離弁構造図

表2.1-1 川内2号炉 CH/SIポンプ入口ベントライン第1隔離弁
主要部位の使用材料

部 位	材 料
弁 箱	ステンレス鋼鋳鋼
弁 蓋	ステンレス鋼鋳鋼
弁蓋ボルト	低合金鋼
ダイヤフラム	消耗品・定期取替品
弁 棒	ステンレス鋼

表2.1-2 川内2号炉 CH/SIポンプ入口ベントライン第1隔離弁の使用条件

最高使用圧力	約1.4MPa[gage]
最高使用温度	約150℃
内 部 流 体	1次冷却材

2.1.2 C/Vサンプポンプ出口ライン第2隔離弁

(1) 構造

川内2号炉のC/Vサンプポンプ出口ライン第2隔離弁は、空気作動装置を駆動源としたダイヤフラム弁であり、液体廃棄物処理系統に1台設置されている。

弁本体は流体を内包するバウンダリを構成する耐圧部（弁箱、弁蓋、弁蓋ボルト）、流体を仕切る隔離部（弁体：ダイヤフラム）及び弁体を作動させる作動部（弁棒）からなる。

弁箱にはステンレス鋼鋳鋼を使用しており、廃液に接液している。

川内2号炉のC/Vサンプポンプ出口ライン第2隔離弁の構造図を図2.1-2に示す。

(2) 材料及び使用条件

川内2号炉のC/Vサンプポンプ出口ライン第2隔離弁主要部位の使用材料及び使用条件を表2.1-3及び表2.1-4に示す。

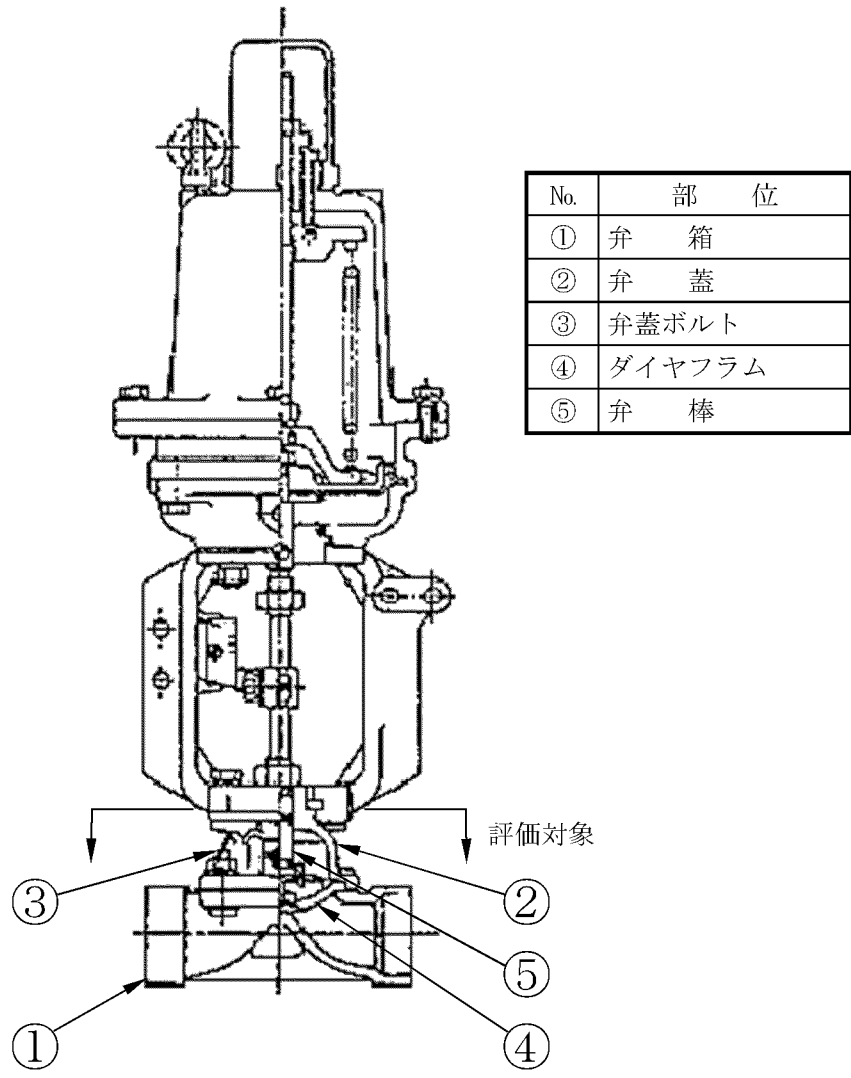


図2. 1-2 川内 2 号炉 C/V サンプポンプ 出口ライン 第 2 隔離弁 構造図

表2.1-3 川内2号炉 C/Vサンプポンプ出口ライン第2隔離弁主要部位の使用材料

部 位	材 料
弁 箱	ステンレス鋼鋳鋼
弁 蓋	ステンレス鋼鋳鋼
弁蓋ボルト	低合金鋼
ダイヤフラム	消耗品・定期取替品
弁 棒	ステンレス鋼

表2.1-4 川内2号炉 C/Vサンプポンプ出口ライン第2隔離弁の使用条件

最高使用圧力	約0.98MPa [gage]
最高使用温度	約127℃
内 部 流 体	廃 液

2.1.3 ガス減衰タンク圧力調節弁

(1) 構造

川内2号炉のガス減衰タンク圧力調節弁は、空気作動装置を駆動源としたダイヤフラム弁であり、気体廃棄物処理系統に4台設置されている。

弁本体は流体を内包するバウンダリを構成する耐圧部（弁箱、弁蓋、弁蓋ボルト）、流体を仕切る隔離部（弁体：ダイヤフラム）及び弁体を作動させる作動部（弁棒）からなる。

弁箱にはステンレス鋼鋳鋼を使用しており、希ガス等に接している。

川内2号炉のガス減衰タンク圧力調節弁の構造図を図2.1-3に示す。

(2) 材料及び使用条件

川内2号炉のガス減衰タンク圧力調節弁主要部位の使用材料及び使用条件を表2.1-5及び表2.1-6に示す。

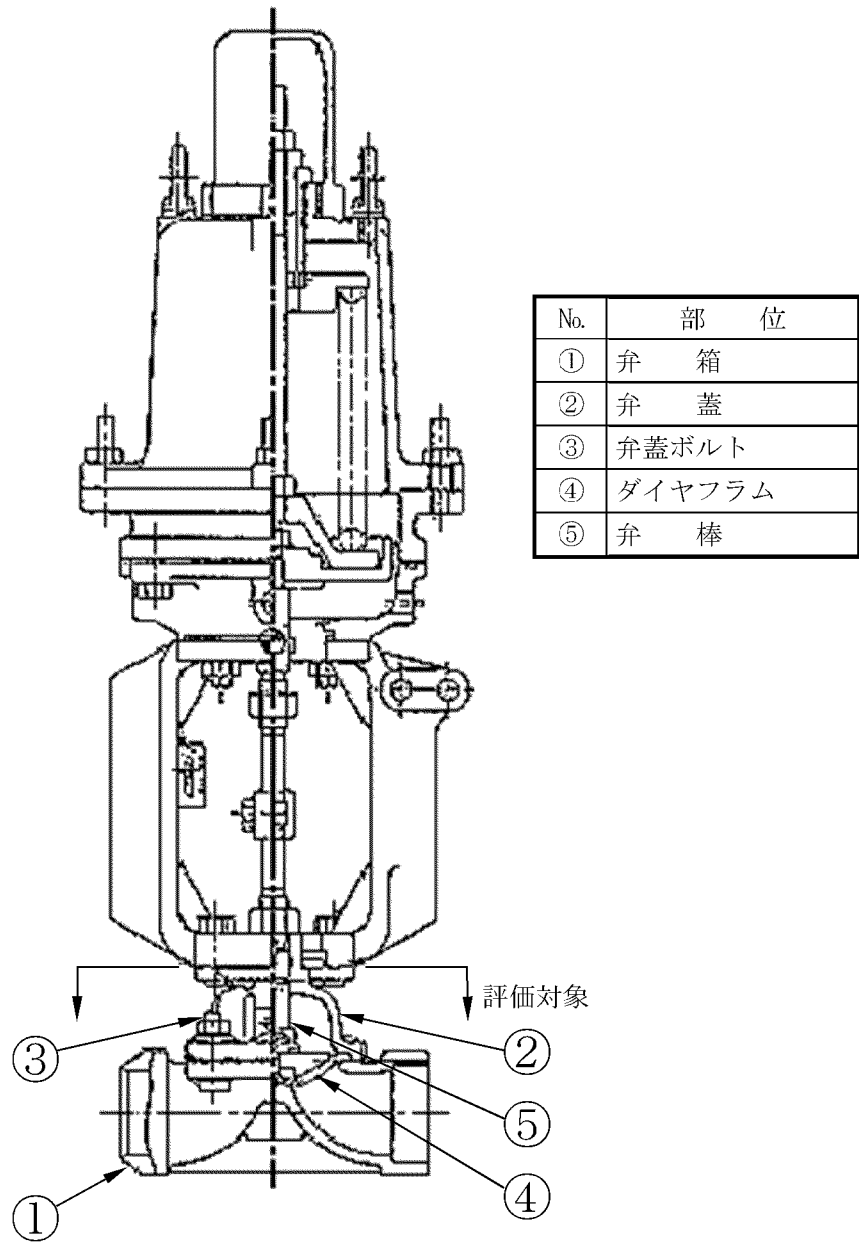


図2.1-3 川内2号炉 ガス減衰タンク圧力調節弁構造図

表2.1-5 川内2号炉 ガス減衰タンク圧力調節弁主要部位の使用材料

部 位	材 料
弁 箱	ステンレス鋼鋳鋼
弁 蓋	ステンレス鋼鋳鋼
弁蓋ボルト	低合金鋼
ダイヤフラム	消耗品・定期取替品
弁 棒	ステンレス鋼

表2.1-6 川内2号炉 ガス減衰タンク圧力調節弁の使用条件

最高使用圧力	約0.98MPa [gage]
最高使用温度	約65℃
内 部 流 体	希ガス等

2.1.4 ストレーナ出口弁

(1) 構造

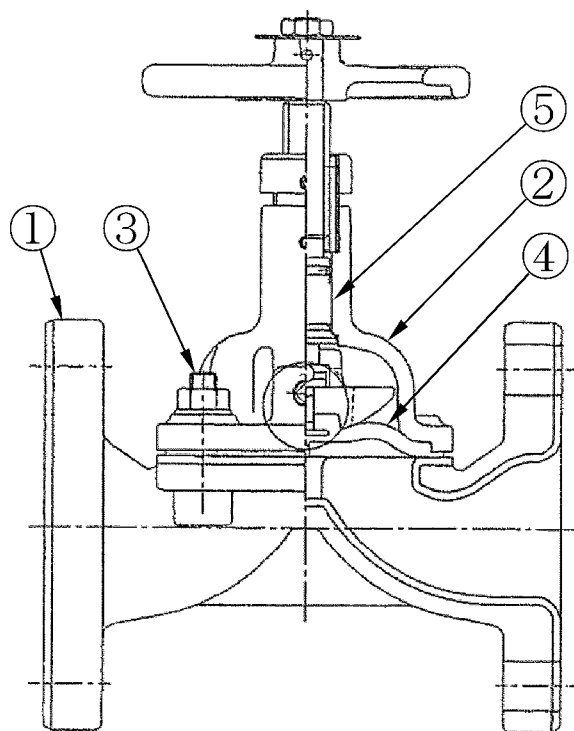
川内2号炉のストレーナ出口弁は、手動のダイヤフラム弁であり、原子炉補機冷却海水系統に8台設置されている。

弁本体は流体を内包するバウンダリを構成する耐圧部（弁箱、弁蓋、弁蓋ボルト）、流体を仕切る隔離部（弁体：ダイヤフラム）及び弁体を作動させる作動部（弁棒）からなる。

川内2号炉のストレーナ出口弁の構造図を図2.1-4に示す。

(2) 材料及び使用条件

川内2号炉のストレーナ出口弁主要部位の使用材料及び使用条件を表2.1-7及び表2.1-8に示す。



No.	部 位
①	弁 箱
②	弁 蓋
③	弁蓋ボルト
④	ダイヤフラム
⑤	弁 棒

図2.1-4 川内2号炉 ストレーナ出口弁構造図

表2.1-7 川内2号炉 ストレーナ出口弁主要部位の使用材料

部 位	材 料
弁 箱	消耗品・定期取替品
弁 蓋	消耗品・定期取替品
弁蓋ボルト	消耗品・定期取替品
ダイヤフラム	消耗品・定期取替品
弁 棒	消耗品・定期取替品

表2.1-8 川内2号炉 ストレーナ出口弁の使用条件

最高使用圧力	約0.69MPa[gage]
最高使用温度	約50℃
内 部 流 体	海 水

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機能達成に必要な項目

ダイヤフラム弁の機能である流体の仕切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 バウンダリの維持
- ② 閉止機能の維持
- 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

ダイヤフラム弁個々について、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の構造、材料、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、代表機器ごとに表2.2-1～表2.2-4に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象はない。

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

以下の事象（表2.2-1～表2.2-4で△となっているもの）については、想定される経年劣化事象であるが、

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

に該当するものについては、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した。

上記の1)又は2)に該当する事象であるが、保全によりその傾向が維持できていることを確認している事象（日常劣化管理事象）を以下に示す。

なお、日常劣化管理事象ではない事象はない。

(1) 弁蓋ボルトの腐食（全面腐食）〔ストレーナ出口弁を除く弁共通〕

弁蓋ボルトはダイヤフラムからの漏えいにより、内部流体によるボルトの腐食が想定される。

しかしながら、締付管理により漏えい防止を図っており、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(2) 弁棒の摩耗〔ストレーナ出口弁を除く弁共通〕

弁の開閉に伴い、弁棒と弁蓋の摺動部には摩耗が想定される。

しかしながら、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

2.2.4 消耗品及び定期取替品

ダイヤフラムは分解点検時に取り替えている消耗品であり、また、ストレーナ出口弁は定期取替品である。いずれも長期使用は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。

表2.2-1 川内2号炉 CH/SIポンプ入口ベントライン第1隔離弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考
				減 肉		割 れ		材質変化		その他	
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣 化		
バウンダリの維持	弁 箱		ステンレス鋼鋳鋼								
	弁 蓋		ステンレス鋼鋳鋼								
	弁蓋ボルト		低合金鋼		△						
閉止機能の維持 作動機能の維持	ダイヤフラム	◎	—								
	弁 棒		ステンレス鋼	△							

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-2 川内2号炉 C/Vサンプポンプ出口ライン第2隔離弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考
				減 肉		割 れ		材質変化		その他	
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣 化		
バウンダリの維持	弁 箱		ステンレス鋼鋳鋼								
	弁 蓋		ステンレス鋼鋳鋼								
	弁蓋ボルト		低合金鋼		△						
閉止機能の維持 作動機能の維持	ダイヤフラム	◎	—								
	弁 棒		ステンレス鋼	△							

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-3 川内2号炉 ガス減衰タンク圧力調節弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考
				減 肉		割 れ		材質変化		その他	
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣 化		
バウンダリの維持	弁 箱		ステンレス鋼鋳鋼								
	弁 蓋		ステンレス鋼鋳鋼								
	弁蓋ボルト		低合金鋼		△						
閉止機能の維持 作動機能の維持	ダイヤフラム	◎	—								
	弁 棒		ステンレス鋼	△							

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-4 川内2号炉 ストレーナ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	部 位	消耗品・ 定期 取 替 品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考
				減 肉		割 れ		材質変化		その他	
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣 化		
バウンダリの維持	弁 箱	◎	—								
	弁 蓋	◎	—								
	弁蓋ボルト	◎	—								
閉止機能の維持 作動機能の維持	ダイヤフラム	◎	—								
	弁 棒	◎	—								

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。

なお、経年劣化事象の抽出にあたっては、2章の代表機器における経年劣化事象の抽出と同様に水平展開機器各々の構造、材料、使用条件等の特殊性を考慮して選定している。

3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

水平展開機器各々の構造、材料、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すると、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象はない。

3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

2.2.3の1)又は2)に該当する事象であるが、保全によりその傾向が維持できていることを確認している事象（日常劣化管理事象）を以下に示す。

なお、日常劣化管理事象ではない事象はない。

3.2.1 弁箱の腐食（全面腐食）[非常用ディーゼル発電機系統のダイヤフラム弁]

鋳鉄製の弁箱については、海水が接液するためライニングを施しているが、ライニングのはく離等により腐食が想定される。

しかしながら、分解点検時の目視によりライニングのはく離等がないことを確認し、必要に応じて適切に対処することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

3.2.2 弁箱、弁蓋（外面）の腐食（全面腐食）

[非常用ディーゼル発電機系統のダイヤフラム弁]

鋳鉄製の弁箱及び弁蓋は腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部は塗装等により腐食を防止しており、塗装等が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、巡視点検等で目視により塗装等の状態を確認し、はく離等が認められた場合には必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

3.2.3 弁蓋ボルトの腐食（全面腐食）〔ステンレス鋼製弁蓋ボルトを除く弁共通〕

弁蓋ボルトはダイヤフラムからの漏えいにより、内部流体によるボルトの腐食が想定される。

しかしながら、締付管理により漏えい防止を図っており、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

3.2.4 弁棒の摩耗〔共通〕

弁の開閉に伴い、弁棒と弁蓋の摺動部には摩耗が想定される。

しかしながら、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

1. 5 スイング逆止弁

[対象機器]

- ① 1次冷却材系統スイング逆止弁
- ② 化学体積制御系統スイング逆止弁
- ③ 使用済燃料ピット浄化冷却系統スイング逆止弁
- ④ 燃料取替用水系統スイング逆止弁
- ⑤ 原子炉補機冷却水系統スイング逆止弁
- ⑥ 原子炉補機冷却海水系統スイング逆止弁
- ⑦ 原子炉格納容器真空逃がし系統スイング逆止弁
- ⑧ 換気空調系統スイング逆止弁
- ⑨ 空調用冷水系統スイング逆止弁
- ⑩ 安全注入系統スイング逆止弁
- ⑪ 余熱除去系統スイング逆止弁
- ⑫ 原子炉格納容器スプレイ系統スイング逆止弁
- ⑬ 主蒸気系統スイング逆止弁
- ⑭ 抽気系統スイング逆止弁
- ⑮ 2次系復水系統スイング逆止弁
- ⑯ 2次系ドレン系統スイング逆止弁
- ⑰ 主給水系統スイング逆止弁
- ⑱ 補助給水系統スイング逆止弁
- ⑲ 非常用ディーゼル発電機系統スイング逆止弁
- ⑳ 制御用空気系統スイング逆止弁
- ㉑ 補助蒸気系統スイング逆止弁
- ㉒ 消火系統スイング逆止弁
- ㉓ 潤滑・制御油系統スイング逆止弁

目 次

1. 対象機器及び代表機器の選定	1
1.1 グループ化の考え方及び結果	1
1.2 代表機器の選定	1
2. 代表機器の技術評価	5
2.1 構造、材料及び使用条件	5
2.2 経年劣化事象の抽出	29
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価	42
3. 代表機器以外への展開	45
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象	45
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	46

1. 対象機器及び代表機器の選定

川内2号炉で使用されている主要なスイング逆止弁の主な仕様を表1-1に示す。

これらのスイング逆止弁を設置場所、内部流体及び材料の観点からグループ化し、それぞれのグループより以下のとおり代表機器を選定した。

1.1 グループ化の考え方及び結果

表1-1に示すスイング逆止弁について、設置場所、内部流体及び材料を分離基準として考えると、合計8つのグループに分類される。

1.2 代表機器の選定

- (1) 設置場所：屋内、内部流体：1次冷却材・ほう酸水、材料：ステンレス鋼

このグループには、化学体積制御系統、使用済燃料ピット浄化冷却系統、燃料取替用水系統、安全注入系統、余熱除去系統及び原子炉格納容器スプレイ系統のスイング逆止弁が属するが、使用条件が厳しく、口径が大きい蓄圧タンク出口第2逆止弁を代表機器とする。

- (2) 設置場所：屋内・屋外、内部流体：蒸気、材料：炭素鋼

このグループには、主蒸気系統、抽気系統弁及び補助蒸気系統のスイング逆止弁が属するが、重要度が高く、口径が大きい主蒸気隔離弁を代表機器とする。

- (3) 設置場所：屋内、内部流体：蒸気・給水・純水、材料：ステンレス鋼

このグループには、1次冷却材系統、余熱除去系統、原子炉格納容器スプレイ系統、抽気系統及び補助給水系統のスイング逆止弁が属するが、使用条件が厳しい第6抽気逆止弁を代表機器とする。

- (4) 設置場所：屋内・屋外、内部流体：給水・純水・ろ過水・空気、材料：炭素鋼・低合金鋼

このグループには、原子炉格納容器真空逃がし系統、空調用冷水系統、2次系復水系統、2次系ドレン系統、主給水系統、補助給水系統、非常用ディーゼル発電機系統、制御用空気系統、補助蒸気系統及び消火系統のスイング逆止弁が属するが、使用条件が厳しく、口径が大きい主給水逆止弁を代表機器とする。

(5) 設置場所：屋内、内部流体：空気・炭酸ガス、材料：ステンレス鋼

このグループには、使用済燃料ピット浄化冷却系統、換気空調系統、原子炉格納容器スプレイ系統及び消火系統のスイング逆止弁が属するが、口径が大きいアニユラス空気浄化系逆止弁を代表機器とする。

(6) 設置場所：屋内・屋外、内部流体：ヒドラジン水・油、材料：炭素鋼

このグループには、原子炉補機冷却水系統、非常用ディーゼル発電機系統及び潤滑・制御油系統のスイング逆止弁が属するが、重要度が高く、使用条件が厳しいC
CWポンプ出口逆止弁を代表機器とする。

(7) 設置場所：屋外、内部流体：海水、材料：炭素鋼（ライニング）

このグループには、海水ポンプ出口逆止弁のみが属しているため、海水ポンプ出口逆止弁を代表機器とする。

(8) 設置場所：屋外、内部流体：海水、材料：銅合金

このグループには、原子炉補機冷却海水系統のスイング逆止弁が属するが、口径が大きい海水ポンプ軸冷海水供給逆止弁を代表機器とする。

表1-1(1/2) 川内2号炉 スイング逆止弁の主な仕様

分離基準			台数	該当系統	選定基準				代表機器の選定		
設置場所	内部流体	材 料			口径(B)	重要度*1	使用条件		選定	代 表 弁	選定理由
			最高使用圧力 (MPa[gage])	最高使用温度 (°C)							
屋 内	1次冷却材 ほう酸水	ステンレス鋼	10	化学体積制御系統	3、4	PS-1、MS-1 PS-2、重*3	約1.4~18.8	約65~343	◎	蓄圧タンク出口第2逆止弁 (12B 約17.2MPa 約343°C)	使用条件 口径
			1	使用済燃料ピット浄化冷却系統	4	MS-2	約1.4	約95			
			4	燃料取替用水系統	4	MS-1、MS-2	約0.98、約1.4	約95、約127			
			24	安全注入系統	6~14	PS-1、MS-1 重*3	約1.4~17.2	約150~343			
			2	余熱除去系統	10	MS-1、重*3	約4.1	約200			
			8	原子炉格納容器スプレイ系統	10、14	MS-1、重*3	約0.25、約2.7	約127、約150			
屋内・屋外	蒸 気	炭 素 鋼	8	主蒸気系統	6、30	MS-1、MS-2 重*3	約7.5	約291	◎	主蒸気隔離弁 (30B 約7.5MPa 約291°C)	重要度、口径
			10	抽気系統	20、26	高*2	約0.20~1.4	約135~220			
			11	補助蒸気系統	6~10	高*2	約0.93~7.5	約185~291			
屋 内	蒸 気 給 水 純 水	ステンレス鋼	1	1次冷却材系統	3	MS-1	約0.98	約127	◎	第6抽気逆止弁 (14B 約2.8MPa 約235°C)	使用条件
			1	余熱除去系統	4	重*3	約4.1	約200			
			2	原子炉格納容器スプレイ系統	4、6	重*3	約1.5、約2.7	約95、約150			
			2	抽気系統	14	高*2	約2.8	約235			
			7	補助給水系統	6~10	MS-1、重*3	大気圧、約0.26	約40			

*1：機能は最上位の機能を示す

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

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

表1-1(2/2) 川内2号炉 スイング逆止弁の主な仕様

分離基準			台数	該当系統	選定基準				代表機器の選定		
設置場所	内部流体	材 料			口径(B)	重要度*1	使用条件		選定	代 表 弁	選定理由
			最高使用圧力 (MPa[gage])	最高使用温度 (°C)							
屋内・屋外	給 水 純 水 ろ 過 水 空 気	炭 素 鋼 低合金鋼	4	原子炉格納容器真空逃がし系統	24	MS-1	約0.22	約127	◎	主給水逆止弁 (16B 約8.6MPa 約235°C)	使用条件 口径
			2	空調用冷水系統	6	MS-1	約0.98	約45			
			4	2次系復水系統	4、18	高*2	約4.0	約80			
			19	2次系ドレン系統	3~8	高*2	約1.9~7.5	約85~291			
			6	主給水系統*4	16、20	高*2	約8.6、約11.0	約200、約235			
			15	補助給水系統	3~5	MS-1、高*2 重*3	約8.6、約12.3	約40			
			6	非常用ディーゼル発電機系統	2・1/2、6	MS-1	約0.49	約90			
			4	制御用空気系統	3	MS-1	約0.83	約250			
			11	補助蒸気系統	3	高*2	約0.49~1.6	約100			
			1	消火系統	4	MS-1	約1.5	約127			
屋 内	空 気 炭酸ガス	ステンレス鋼	4	使用済燃料ピット浄化冷却系統	4	重*3	大気圧	約40、約95	◎	アニュラス空気浄化系逆止弁 (28B 約0.01MPa 約105°C)	口径
			2	換気空調系統	28	MS-1	約0.01	約105			
			2	原子炉格納容器スプレイ系統	8	重*3	約2.7	約150			
			1	消火系統	3	MS-1	約16.2	約127			
屋内・屋外	ヒドラジン水 油	炭 素 鋼	6	原子炉補機冷却水系統	6~16	MS-1、重*3	約0.98	約95、約127	◎	C C Wポンプ出口逆止弁 (16B 約0.98MPa 約95°C)	重要度 使用条件
			10	非常用ディーゼル発電機系統	2~8	MS-1、重*3	約0.49、約0.78	約40、約80			
			2	潤滑・制御油系統	2・1/2	高*2	約2.2	約80			
屋 外	海 水	炭 素 鋼 (ライニング)	4	原子炉補機冷却海水系統	26	MS-1、重*3	約0.69	約50	◎	海水ポンプ出口逆止弁 (26B 約0.69MPa 約50°C)	
屋 外	海 水	銅 合 金	6	原子炉補機冷却海水系統	2、3	MS-1	約0.7	約50	◎	海水ポンプ軸冷海水供給逆止弁 (3B 約0.7MPa 約50°C)	口径

*1：機能は最上位の機能を示す

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

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

*4：2次系給水系統を含む

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8種類のスイング逆止弁について技術評価を実施する。

- ① 蓄圧タンク出口第2逆止弁
- ② 主蒸気隔離弁
- ③ 第6抽気逆止弁
- ④ 主給水逆止弁
- ⑤ アンユラス空気浄化系逆止弁
- ⑥ CCWポンプ出口逆止弁
- ⑦ 海水ポンプ出口逆止弁
- ⑧ 海水ポンプ軸冷海水供給逆止弁

2.1 構造、材料及び使用条件

2.1.1 蓄圧タンク出口第2逆止弁

(1) 構造

川内2号炉の蓄圧タンク出口第2逆止弁はスイング逆止弁であり、安全注入系統に3台設置されている。

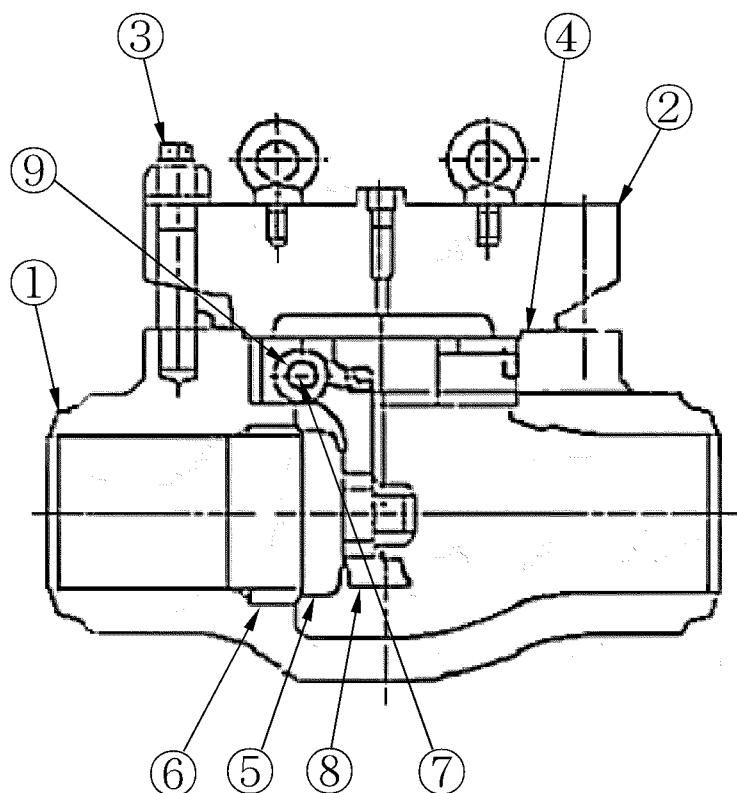
弁本体は流体を内包するバウンダリを構成する耐圧部（弁箱、弁蓋、弁蓋ボルト、ガスケット）、流体を仕切る隔離部（弁体、弁座）及び弁体を支持し作動させる作動部（弁棒、アーム）からなる。

弁箱はステンレス鋼鋳鋼、弁蓋及び弁体にはステンレス鋼を使用しており、1次冷却材に接液している。

川内2号炉の蓄圧タンク出口第2逆止弁の構造図を図2.1-1に示す。

(2) 材料及び使用条件

川内2号炉の蓄圧タンク出口第2逆止弁主要部位の使用材料及び使用条件を表2.1-1及び表2.1-2に示す。



No.	部 位
①	弁 箱
②	弁 蓋
③	弁蓋ボルト
④	ガスケット
⑤	弁 体
⑥	弁 座
⑦	弁 棒
⑧	アーム
⑨	ブッシュ

図2.1-1 川内2号炉 蓄圧タンク出口第2逆止弁構造図

表2.1-1 川内2号炉 蓄圧タンク出口第2逆止弁主要部位の使用材料

部 位	材 料
弁 箱	ステンレス鋼鋳鋼
弁 蓋	ステンレス鋼
弁蓋ボルト	低合金鋼
ガスケット	消耗品・定期取替品
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)
弁 棒	ステンレス鋼
ア ー ム	ステンレス鋼
ブッシュ	消耗品・定期取替品

表2.1-2 川内2号炉 蓄圧タンク出口第2逆止弁の使用条件

最高使用圧力	約17.2MPa[gage]
最高使用温度	約343℃
内 部 流 体	1次冷却材

2.1.2 主蒸気隔離弁

(1) 構造

川内2号炉の主蒸気隔離弁は、空気作動装置を駆動源としたスイング逆止弁であり、主蒸気系統に3台設置されている。

弁本体は流体を内包するバウンダリを構成する耐圧部（弁箱、弁蓋、弁蓋ボルト、ガスケット、パッキン）、流体を仕切る隔離部（弁体、弁座）及び弁体を支持し作動させる作動部（弁棒、アーム）からなる。

弁箱は炭素鋼、弁蓋及び弁体には炭素鋼を使用しており、蒸気に接している。

川内2号炉の主蒸気隔離弁の構造図を図2.1-2に示す。

(2) 材料及び使用条件

川内2号炉の主蒸気隔離弁主要部位の使用材料及び使用条件を表2.1-3及び表2.1-4に示す。

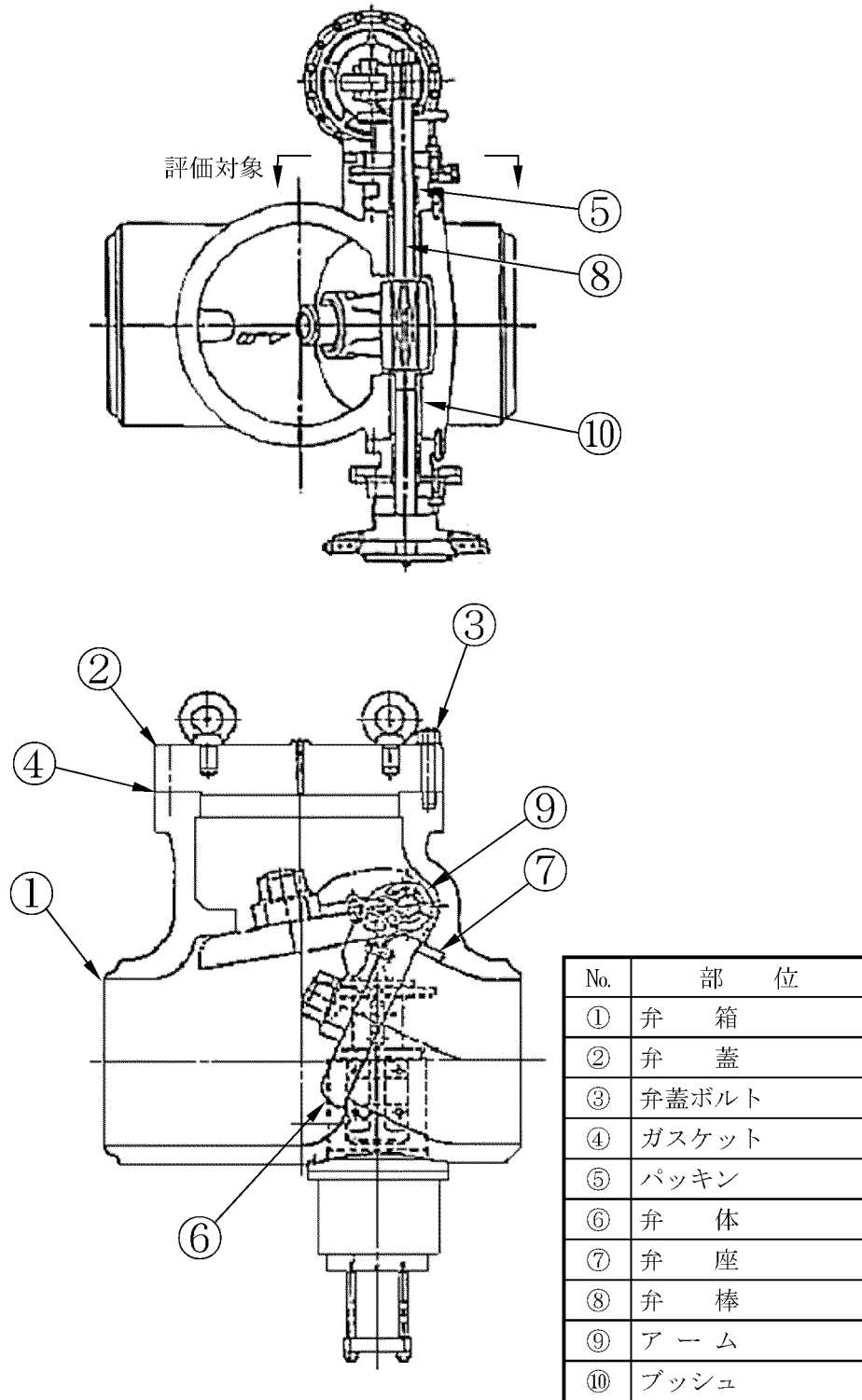


図2.1-2 川内2号炉 主蒸気隔離弁構造図

表2.1-3 川内2号炉 主蒸気隔離弁主要部位の使用材料

部 位	材 料
弁 箱	炭素鋼鋳鋼
弁 蓋	炭 素 鋼
弁蓋ボルト	低合金鋼
ガスケット	消耗品・定期取替品
パッキン	消耗品・定期取替品
弁 体	炭 素 鋼 (ステライト肉盛)
弁 座	炭 素 鋼 (ステライト肉盛)
弁 棒	ステンレス鋼
ア ー ム	炭素鋼鋳鋼
ブッシュ	消耗品・定期取替品

表2.1-4 川内2号炉 主蒸気隔離弁の使用条件

最高使用圧力	約7.5MPa[gage]
最高使用温度	約291℃
内 部 流 体	蒸 気

2.1.3 第6抽気逆止弁

(1) 構造

川内2号炉の第6抽気逆止弁は、空気作動装置を駆動源としたスイング逆止弁であり、抽気系統に2台設置されている。

弁本体は流体を内包するバウンダリを構成する耐圧部（弁箱、弁蓋、弁蓋ボルト、ガスケット、パッキン）、流体を仕切る隔離部（弁体、弁座）及び弁体を支持し作動させる作動部（弁棒、アーム）からなる。

弁箱、弁蓋及び弁体にはステンレス鋼鋳鋼を使用しており、蒸気に接している。

川内2号炉の第6抽気逆止弁の構造図を図2.1-3に示す。

(2) 材料及び使用条件

川内2号炉の第6抽気逆止弁主要部位の使用材料及び使用条件を表2.1-5及び表2.1-6に示す。

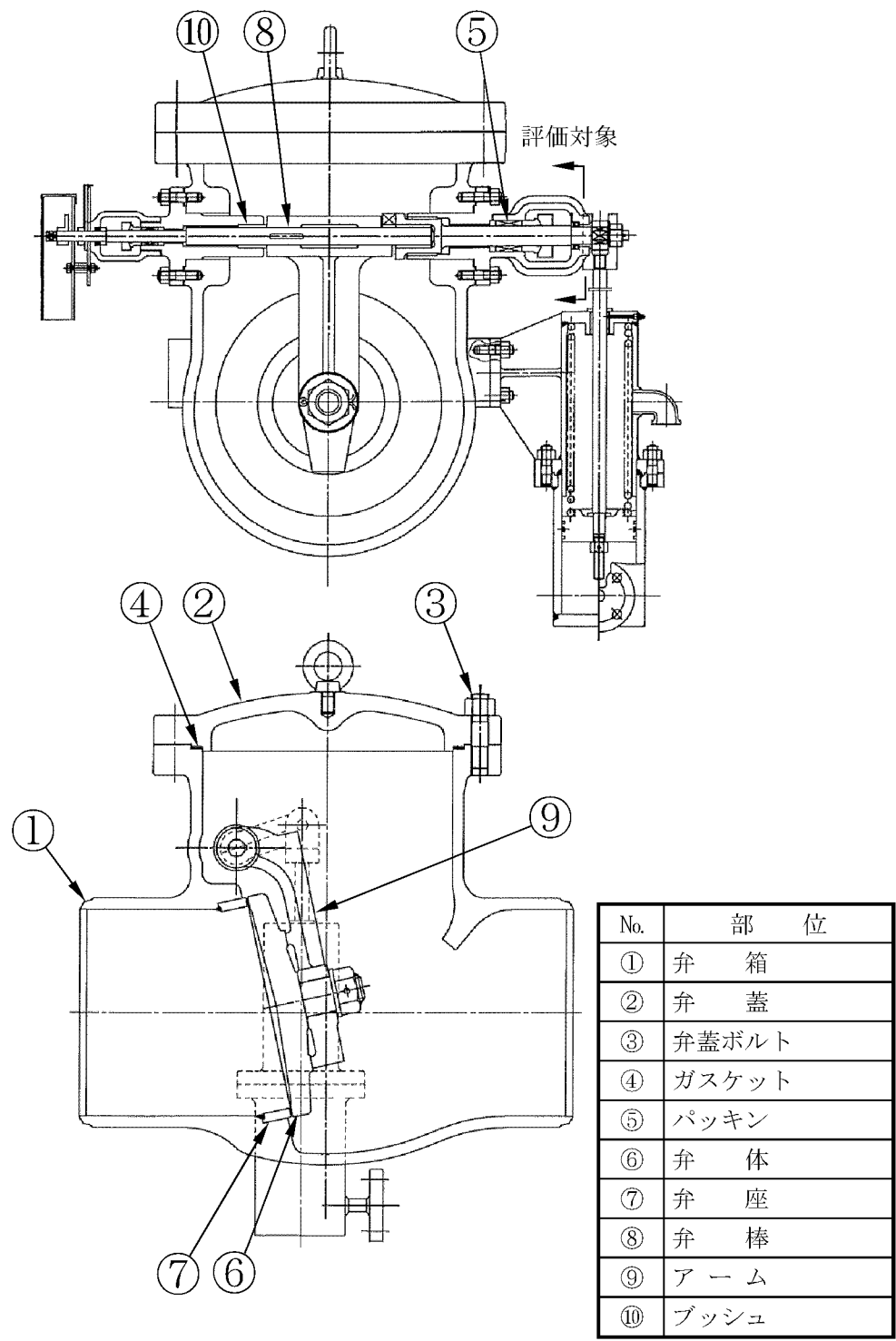


図2.1-3 川内2号炉 第6抽気逆止弁構造図

表2.1-5 川内2号炉 第6抽気逆止弁主要部位の使用材料

部 位	材 料
弁 箱	ステンレス鋼鋳鋼
弁 蓋	ステンレス鋼鋳鋼
弁蓋ボルト	低合金鋼
ガスケット	消耗品・定期取替品
パッキン	消耗品・定期取替品
弁 体	ステンレス鋼鋳鋼 (ステライト肉盛)
弁 座	ステンレス鋼 (ステライト肉盛)
弁 棒	ステンレス鋼
ア ー ム	ステンレス鋼鋳鋼
ブッシュ	消耗品・定期取替品

表2.1-6 川内2号炉 第6抽気逆止弁の使用条件

最高使用圧力	約2.8MPa[gage]
最高使用温度	約235℃
内 部 流 体	蒸 気

2.1.4 主給水逆止弁

(1) 構造

川内2号炉の主給水逆止弁はスイング逆止弁であり、主給水系統に3台設置されている。

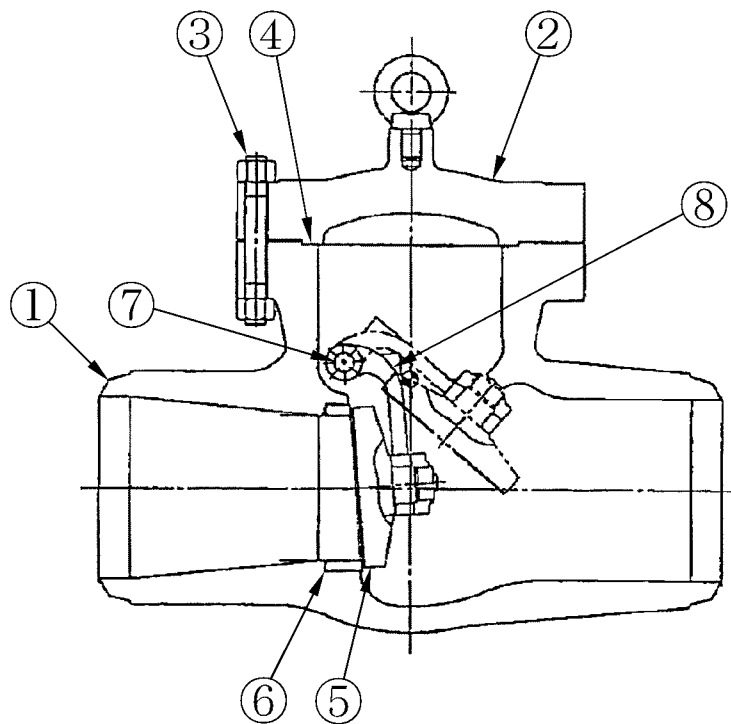
弁本体は流体を内包するバウンダリを構成する耐圧部（弁箱、弁蓋、弁蓋ボルト、ガスケット）、流体を仕切る隔離部（弁体、弁座）及び弁体を支持し作動させる作動部（弁棒、アーム）からなる。

弁箱、弁蓋及び弁体には炭素鋼鋳鋼を使用しており、給水に接液している。

川内2号炉の主給水逆止弁の構造図を図2.1-4に示す。

(2) 材料及び使用条件

川内2号炉の主給水逆止弁主要部位の使用材料及び使用条件を表2.1-7及び表2.1-8に示す。



No.	部 位
①	弁 箱
②	弁 蓋
③	弁蓋ボルト
④	ガスケット
⑤	弁 体
⑥	弁 座
⑦	弁 棒
⑧	ア ー ム

図2.1-4 川内2号炉 主給水逆止弁構造図

表2.1-7 川内2号炉 主給水逆止弁主要部位の使用材料

部 位	材 料
弁 箱	炭素鋼鋳鋼
弁 蓋	炭素鋼鋳鋼
弁蓋ボルト	低合金鋼
ガスケット	消耗品・定期取替品
弁 体	炭素鋼鋳鋼（ステンレス鋼肉盛）
弁 座	炭 素 鋼（ステンレス鋼肉盛）
弁 棒	ステンレス鋼
ア ー ム	炭素鋼鋳鋼

表2.1-8 川内2号炉 主給水逆止弁の使用条件

最高使用圧力	約8.6MPa[gage]
最高使用温度	約235℃
内 部 流 体	給 水

2.1.5 アニュラス空気浄化系逆止弁

(1) 構造

川内2号炉のアニュラス空気浄化系逆止弁はスイング逆止弁であり、換気空調系統に2台設置されている。

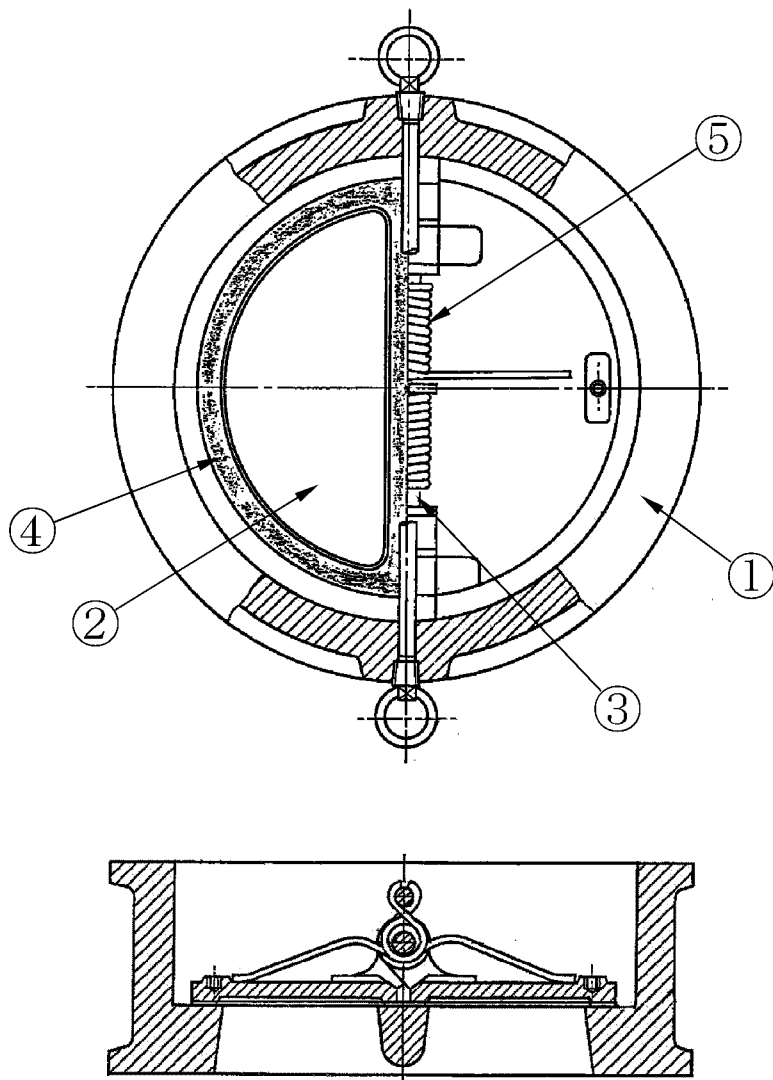
弁本体は流体を内包するバウンダリを構成する耐圧部（弁箱）、流体を仕切る隔離部（弁体、シール）及び弁体を作動させる作動部（弁棒、ばね）からなる。

弁箱及び弁体はステンレス鋼、弁棒及びばねにはステンレス鋼を使用しており、空気に接している。

川内2号炉のアニュラス空気浄化系逆止弁の構造図を図2.1-5に示す。

(2) 材料及び使用条件

川内2号炉のアニュラス空気浄化系逆止弁主要部位の使用材料及び使用条件を表2.1-9及び表2.1-10に示す。



No.	部 位
①	弁箱（弁座と一体）
②	弁 体
③	弁 棒
④	シ ー ル
⑤	ば ね

図2.1-5 川内2号炉 アニュラス空気浄化系逆止弁構造図

表2.1-9 川内2号炉 アニュラス空気浄化系逆止弁主要部位の使用材料

部 位	材 料
弁箱（弁座と一体）	ステンレス鋼鋳鋼
弁 体	ステンレス鋼鋳鋼
弁 棒	ステンレス鋼
シ ー ル	消耗品・定期取替品
ば ね	ステンレス鋼

表2.1-10 川内2号炉 アニュラス空気浄化系逆止弁の使用条件

最高使用圧力	約0.01MPa[gage]
最高使用温度	約105℃
内 部 流 体	空 気

2.1.6 C C Wポンプ出口逆止弁

(1) 構造

川内2号炉のC C Wポンプ出口逆止弁はスイング逆止弁であり、原子炉補機冷却水系統に4台設置されている。

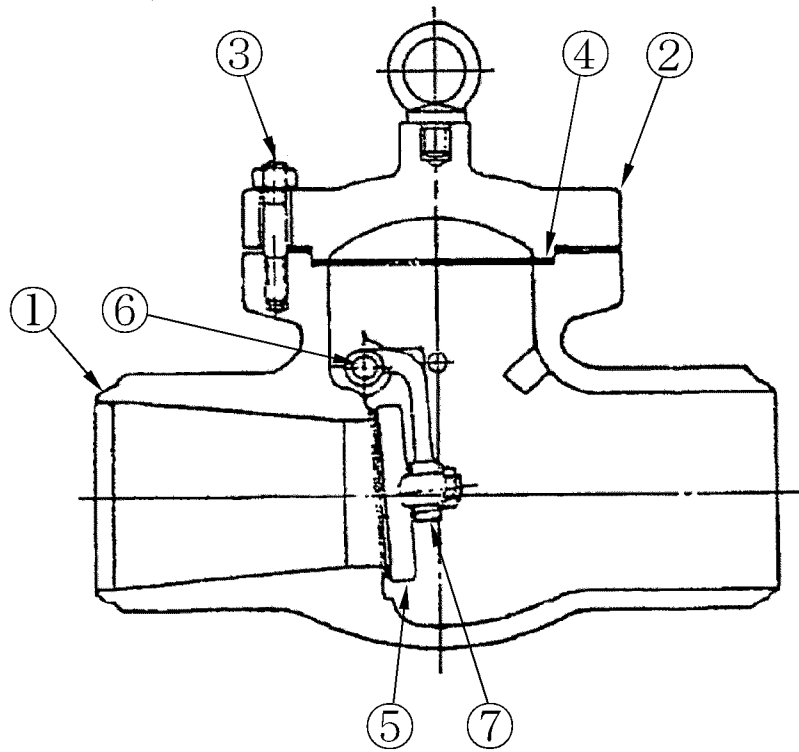
弁本体は流体を内包するバウンダリを構成する耐圧部（弁箱、弁蓋、弁蓋ボルト、ガスケット）、流体を仕切る隔離部（弁体）及び弁体を支持し作動させる作動部（弁棒、アーム）からなる。

弁箱、弁蓋及び弁体には炭素鋼鋳鋼を使用しており、ヒドラジン水（防錆剤注入水）に接液している。

川内2号炉のC C Wポンプ出口逆止弁の構造図を図2.1-6に示す。

(2) 材料及び使用条件

川内2号炉のC C Wポンプ出口逆止弁主要部位の使用材料及び使用条件を表2.1-11及び表2.1-12に示す。



No.	部 位
①	弁箱（弁座と一体）
②	弁 蓋
③	弁蓋ボルト
④	ガスケット
⑤	弁 体
⑥	弁 棒
⑦	アーム

図2.1-6 川内2号炉 CCWポンプ出口逆止弁構造図

表2.1-11 川内2号炉 CCWポンプ出口逆止弁主要部位の使用材料

部 位	材 料
弁箱（弁座と一体）	炭素鋼鋳鋼（ステンレス鋼肉盛）
弁 蓋	炭素鋼鋳鋼
弁蓋ボルト	低合金鋼
ガスケット	消耗品・定期取替品
弁 体	炭素鋼鋳鋼（ステンレス鋼肉盛）
弁 棒	ステンレス鋼
ア ー ム	炭素鋼鋳鋼

表2.1-12 川内2号炉 CCWポンプ出口逆止弁の使用条件

最高使用圧力	約0.98MPa[gage]
最高使用温度	約95℃
内 部 流 体	ヒドラジン水

2.1.7 海水ポンプ出口逆止弁

(1) 構造

川内2号炉の海水ポンプ出口逆止弁はスイング逆止弁であり、原子炉補機冷却海水系統に4台設置されている。

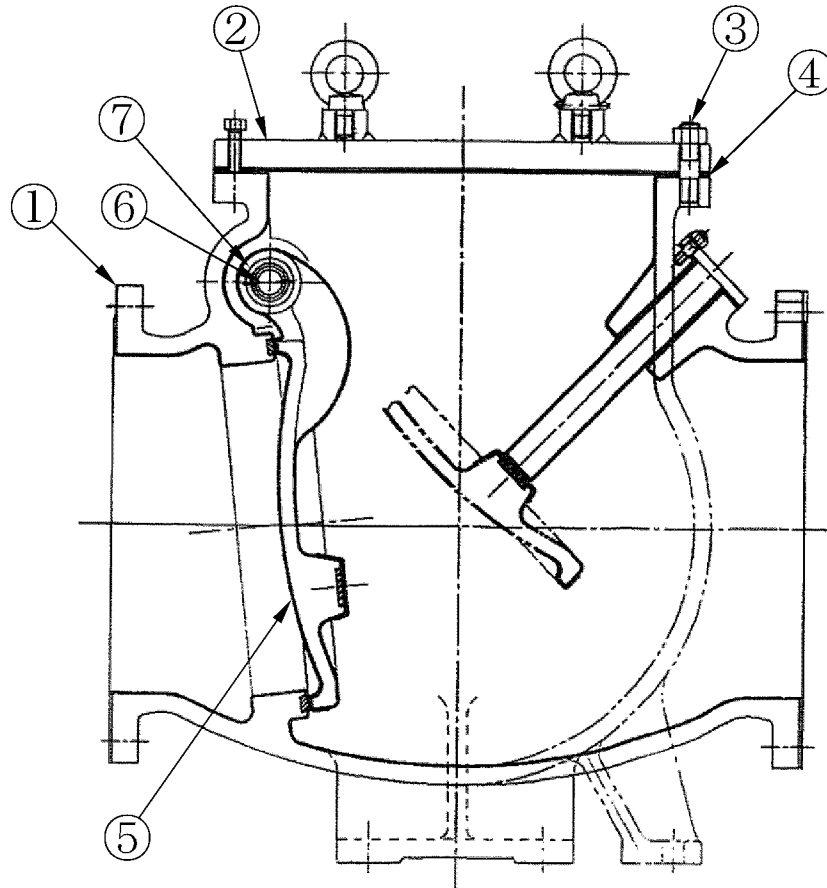
弁本体は流体を内包するバウンダリを構成する耐圧部（弁箱、弁蓋、弁蓋ボルト、ガスケット）、流体を仕切る隔離部（弁体）及び弁体を支持し作動させる作動部（弁棒）からなる。

弁箱及び弁蓋はライニングされた炭素鋼鋳鋼及び炭素鋼、弁体にはライニングされた鋳鉄を使用しており、海水に接液している。

川内2号炉の海水ポンプ出口逆止弁の構造図を図2.1-7に示す。

(2) 材料及び使用条件

川内2号炉の海水ポンプ出口逆止弁主要部位の使用材料及び使用条件を表2.1-13及び表2.1-14に示す。



No.	部 位
①	弁箱 (弁座と一体)
②	弁 蓋
③	弁蓋ボルト
④	ガスケット
⑤	弁体 (アームと一体)
⑥	弁 棒
⑦	ブッシュ

図2.1-7 川内2号炉 海水ポンプ出口逆止弁構造図

表2.1-13 川内2号炉 海水ポンプ出口逆止弁主要部位の使用材料

部 位	材 料
弁箱（弁座と一体）	炭素鋼鋳鋼（ライニング）
弁 蓋	炭 素 鋼（ライニング）
弁蓋ボルト	ステンレス鋼
ガスケット	消耗品・定期取替品
弁体（アームと一体）	鋳 鉄（ライニング）
弁 棒	ステンレス鋼（ライニング）
ブッシュ	消耗品・定期取替品

表2.1-14 川内2号炉 海水ポンプ出口逆止弁の使用条件

最高使用圧力	約0.69MPa[gage]
最高使用温度	約50℃
内 部 流 体	海 水

2.1.8 海水ポンプ軸冷海水供給逆止弁

(1) 構造

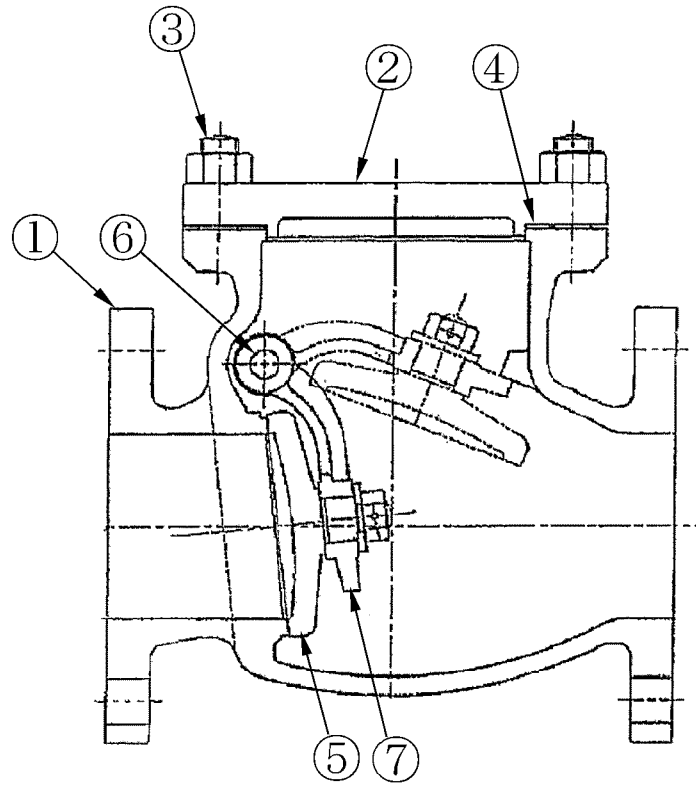
川内 2 号炉の海水ポンプ軸冷海水供給逆止弁はスイング逆止弁であり、原子炉補機冷却海水系統に 2 台設置されている。

弁本体は流体を内包するバウンダリを構成する耐圧部（弁箱、弁蓋、弁蓋ボルト、ガスケット）、流体を仕切る隔離部（弁体）及び弁体を支持し作動させる作動部（弁棒、アーム）からなる。

川内 2 号炉の海水ポンプ軸冷海水供給逆止弁の構造図を図 2.1-8 に示す。

(2) 材料及び使用条件

川内 2 号炉の海水ポンプ軸冷海水供給逆止弁主要部位の使用材料及び使用条件を表 2.1-15 及び表 2.1-16 に示す。



No.	部 位
①	弁箱 (弁座と一体)
②	弁 蓋
③	弁蓋ボルト
④	ガスケット
⑤	弁 体
⑥	弁 棒
⑦	ア ー ム

図2.1-8 川内2号炉 海水ポンプ軸冷海水供給逆止弁構造図

表2.1-15 川内2号炉 海水ポンプ軸冷海水供給逆止弁主要部位の使用材料

部 位	材 料
弁箱（弁座と一体）	消耗品・定期取替品
弁 蓋	消耗品・定期取替品
弁蓋ボルト	消耗品・定期取替品
ガスケット	消耗品・定期取替品
弁 体	消耗品・定期取替品
弁 棒	消耗品・定期取替品
ア ー ム	消耗品・定期取替品

表2.1-16 川内2号炉 海水ポンプ軸冷海水供給逆止弁の使用条件

最高使用圧力	約0.7MPa[gage]
最高使用温度	約50°C
内 部 流 体	海 水

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機能達成に必要な項目

スイング逆止弁の機能である流体の流れ方向制限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 バウンダリの維持
- ② 閉止機能の維持
- 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

スイング逆止弁個々について、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の構造、材料、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、代表機器ごとに表2.2-1～表2.2-8に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象（表2.2-1～表2.2-8で○となっているもの）としては以下の事象がある。

(1) 弁箱の疲労割れ [蓄圧タンク出口第2逆止弁]

プラントの起動・停止時等に発生する内部流体の温度、圧力の変化により、疲労が蓄積する可能性があることから、経年劣化に対する評価が必要である。

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

以下の事象（表2.2-1～表2.2-8で△となっているもの）については、想定される経年劣化事象であるが、

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

に該当するものについては、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した。

上記の1)又は2)に該当する事象であるが、保全によりその傾向が維持できていることを確認している事象（日常劣化管理事象）を以下に示す。

なお、日常劣化管理事象ではない事象はない。

(1) 弁箱、弁蓋等の腐食（流れ加速型腐食）〔主蒸気隔離弁、主給水逆止弁〕

弁箱、弁蓋、弁体、弁座及びアームは炭素鋼又は炭素鋼鋳鋼であり、内部流体が蒸気又は給水であるため、内部流体による流れ加速型腐食により減肉が想定される。

しかしながら、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(2) 弁箱、弁蓋等の腐食（全面腐食）〔CCWポンプ出口逆止弁〕

弁箱、弁蓋、弁体及びアームは炭素鋼鋳鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、内部流体はヒドラジン水（防錆剤注入水）で腐食が発生し難い環境にあり、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(3) 弁箱、弁蓋等の腐食（異種金属接触腐食）〔海水ポンプ出口逆止弁〕

弁箱、弁蓋及び弁体は炭素鋼、炭素鋼又は鋳鉄であるため、海水接液面にはライニングを施しているが、ライニングのはく離等により海水が接液した場合、弁棒がステンレス鋼であるため、炭素鋼、炭素鋼又は鋳鉄部位に異種金属接触腐食が想定される。

しかしながら、分解点検時の目視によりライニングのはく離等がないことを確認し、必要に応じて適切に対処することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(4) 弁箱、弁蓋（外面）の腐食（全面腐食）

〔主蒸気隔離弁、主給水逆止弁、CCWポンプ出口逆止弁、海水ポンプ出口逆止弁〕

弁箱及び弁蓋は炭素鋼又は炭素鋼鋳鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部は塗装等により腐食を防止しており、塗装等が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、巡視点検等で目視により塗装等の状態を確認し、はく離等が認められた場合には必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(5) 弁箱の熱時効〔蓄圧タンク出口第2逆止弁〕

弁箱はステンレス鋼鋳鋼であり、かつ使用温度が約284℃と高いため熱時効により材料特性が変化する可能性があるが、熱時効は材質変化に加え、欠陥が存在し、かつ高い応力が存在する場合について検討が必要となる。

しかしながら、製造時の非破壊検査で有意な欠陥がないことを確認しており、熱時効評価上の健全性が確認されている1次冷却材管（ホットレグの直管部等）と比較して応力及び使用温度が小さく、熱時効による不安定破壊は起こらない。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(6) 弁蓋ボルトの腐食（全面腐食）

[蓄圧タンク出口第2逆止弁、主蒸気隔離弁、第6抽気逆止弁、主給水逆止弁、CCWポンプ出口逆止弁、海水ポンプ出口逆止弁]

弁蓋ボルトはガスケットからの漏えいにより、内部流体によるボルトの腐食が想定される。

しかしながら、締付管理により漏えい防止を図っており、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(7) 弁体、弁座又は弁箱弁座部（シート面）の摩耗

[海水ポンプ軸冷海水供給逆止弁を除く弁共通]

弁体、弁座又は弁箱弁座部シート面は弁の開閉による摩耗が想定される。

しかしながら、分解点検時の目視確認により状態を確認し、必要に応じてシート面摺り合わせ手入れ、取替を行うことにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(8) 弁棒、アームの摩耗 [海水ポンプ軸冷海水供給逆止弁を除く弁共通]

弁棒は開閉に伴うパッキン受け部又は軸保持部との摺動による摩耗が想定される。また、アームと弁棒は開閉に伴う摺動による摩耗が想定される。

しかしながら、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(9) 弁棒の腐食（隙間腐食）〔主蒸気隔離弁、第6抽気逆止弁〕

弁棒はパッキンとの接触部において腐食が想定される。

しかしながら、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(10) 弁棒の腐食（孔食・隙間腐食）〔海水ポンプ出口逆止弁〕

ステンレス鋼製の弁棒は、内部流体が海水であるため、孔食・隙間腐食が想定される。

しかしながら、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(11) ばねの変形（応力緩和）〔アニュラス空気浄化系逆止弁〕

ばねは弁の開閉の繰り返し及びある一定の応力状態にて長期間保持されることにより、変形（応力緩和）が想定される。

しかしながら、ばねに発生する応力は弾性範囲内であり、日本ばね工業会にて実施したばね材料と使用環境温度の実態調査結果と比べて、当該ばねは同等以下の環境で使用しており、これまでに有意な変形は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認及び作動確認により、機器の健全性を確認している。

2.2.4 消耗品及び定期取替品

ガスケット、パッキン及びシールは分解点検時に取り替えている消耗品であり、ブッシュは目視確認の結果に基づき取り替えている消耗品である。また、海水ポンプ軸冷海水供給逆止弁は定期取替品である。いずれも長期使用はせず取替えを前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

表2.2-1 川内2号炉 蓄圧タンク出口第2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	部 位	消耗品・ 定期 取 替 品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考
				減 肉		割 れ		材質変化		その他	
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣 化		
バウンダリの維持	弁 箱		ステンレス鋼鋳鋼			○		△			
	弁 蓋		ステンレス鋼								
	弁蓋ボルト		低合金鋼		△						
	ガスケット	◎	—								
閉止機能の維持 作動機能の維持	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)	△							
	弁 棒		ステンレス鋼	△							
	ア ー ム		ステンレス鋼	△							
	ブッシュ	◎	—								

○：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2.2-2 川内2号炉 主蒸気隔離弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
				減 肉		割 れ		材質変化			その他
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣 化		
バウンダリの維持	弁 箱		炭素鋼鋳鋼		△ ^{*1} △(外面)					*1：流れ加速型腐食 *2：隙間腐食	
	弁 蓋		炭 素 鋼		△ ^{*1} △(外面)						
	弁蓋ボルト		低合金鋼		△						
	ガスケット	◎	—								
	パッキン	◎	—								
閉止機能の維持 作動機能の維持	弁 体		炭 素 鋼 (ステライト肉盛)	△	△ ^{*1}						
	弁 座		炭 素 鋼 (ステライト肉盛)	△	△ ^{*1}						
	弁 棒		ステンレス鋼	△	△ ^{*2}						
	ア ー ム		炭素鋼鋳鋼	△	△ ^{*1}						
	ブッシュ	◎	—								

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-3 川内2号炉 第6抽気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	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考
				減 肉		割 れ		材質変化		その他	
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣 化		
バウンダリの維持	弁 箱		ステンレス鋼鋳鋼								*1：隙間腐食
	弁 蓋		ステンレス鋼鋳鋼								
	弁蓋ボルト		低合金鋼		△						
	ガスケット	◎	—								
	パッキン	◎	—								
閉止機能の維持 作動機能の維持	弁 体		ステンレス鋼鋳鋼 (ステライト肉盛)	△							
	弁 座		ステンレス鋼 (ステライト肉盛)	△							
	弁 棒		ステンレス鋼	△	△*1						
	ア ー ム		ステンレス鋼鋳鋼	△							
	ブッシュ	◎	—								

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-4 川内2号炉 主給水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	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
				減 肉		割 れ		材質変化			その他
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣 化		
バウンダリの維持	弁 箱		炭素鋼鋳鋼		△ ^{*1} △(外面)					*1：流れ加速型腐食	
	弁 蓋		炭素鋼鋳鋼		△ ^{*1} △(外面)						
	弁蓋ボルト		低合金鋼		△						
	ガスケット	◎	—								
閉止機能の維持 作動機能の維持	弁 体		炭素鋼鋳鋼 (ステンレス鋼肉盛)	△	△ ^{*1}						
	弁 座		炭 素 鋼 (ステンレス鋼肉盛)	△	△ ^{*1}						
	弁 棒		ステンレス鋼	△							
	ア ー ム		炭素鋼鋳鋼	△	△ ^{*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2.2-5 川内2号炉 アニュラス空気浄化系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	部 位	消耗品・ 定期 取 替 品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考
				減 肉		割 れ		材質変化		その他	
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣 化		
バウンダリの維持	弁 箱 (弁座と一体)		ステンレス鋼鋳鋼	△*1							*1：シート面 *2：変形（応力緩和）
閉止機能の維持 作動機能の維持	弁 体		ステンレス鋼鋳鋼	△							
	弁 棒		ステンレス鋼	△							
	シ ー ル	◎	—								
	ば ね		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2.2-6 川内2号炉 CCWポンプ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	部 位	消耗品・ 定期 取 替 品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考
				減 肉		割 れ		材質変化		その他	
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣 化		
バウンダリの維持	弁 箱 (弁座と一体)		炭素鋼鋳鋼 (ステンレス鋼肉盛)	△*1	△ △(外面)						*1：シート面
	弁 蓋		炭素鋼鋳鋼		△ △(外面)						
	弁蓋ボルト		低合金鋼		△						
	ガスケット	◎	—								
閉止機能の維持 作動機能の維持	弁 体		炭素鋼鋳鋼 (ステンレス鋼肉盛)	△	△						
	弁 棒		ステンレス鋼	△							
	ア ー ム		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2.2-7 川内2号炉 海水ポンプ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	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考
				減 肉		割 れ		材質変化		その他	
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣 化		
バウンダリの維持	弁 箱 (弁座と一体)		炭素鋼鋳鋼 (ライニング)	△*2	△*1 △(外面)						*1：異種金属接触腐食 *2：シート面 *3：摺動部 *4：孔食・隙間腐食
	弁 蓋		炭 素 鋼 (ライニング)		△*1 △(外面)						
	弁蓋ボルト		ステンレス鋼		△						
	ガスケット	◎	—								
閉止機能の維持 作動機能の維持	弁 体 (アームと一体)		鑄 鉄 (ライニング)	△*2,3	△*1						
	弁 棒		ステンレス鋼 (ライニング)	△*3	△*4						
	ブッシュ	◎	—								

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-8 川内2号炉 海水ポンプ軸冷海水供給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	部 位	消耗品・ 定期 取 替 品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考
				減 肉		割 れ		材質変化		その他	
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣 化		
バウンダリの維持	弁 箱 (弁座と一体)	◎	—								
	弁 蓋	◎	—								
	弁蓋ボルト	◎	—								
	ガスケット	◎	—								
閉止機能の維持 作動機能の維持	弁 体	◎	—								
	弁 棒	◎	—								
	ア ー ム	◎	—								

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 弁箱の疲労割れ [蓄圧タンク出口第2逆止弁]

a. 事象の説明

弁箱は、プラントの起動・停止時等による熱過渡を繰り返し受けるため、疲労が蓄積する。

b. 技術評価

① 健全性評価

蓄圧タンク出口第2逆止弁の高応力部位を対象とした健全性評価を以下に示す要領にて実施した。

評価対象部位を図2.3-1に示す。

弁箱に発生する応力については、「(社)日本機械学会 設計・建設規格 (JSME S NC1-2005/2007)」に基づき評価した。

また、使用環境を考慮した疲労については、「(社)日本機械学会 環境疲労評価手法 (JSME S NF1-2009)」に基づき評価した。

疲労評価に用いた過渡回数を表2.3-1に示す。なお、2019年度末までの運転実績に基づき推定した2020年度以降の評価対象期間での推定過渡回数を包含し、より保守的に設定した過渡回数とした。

評価結果を表2.3-2に示すが、許容値を満足する結果が得られている。

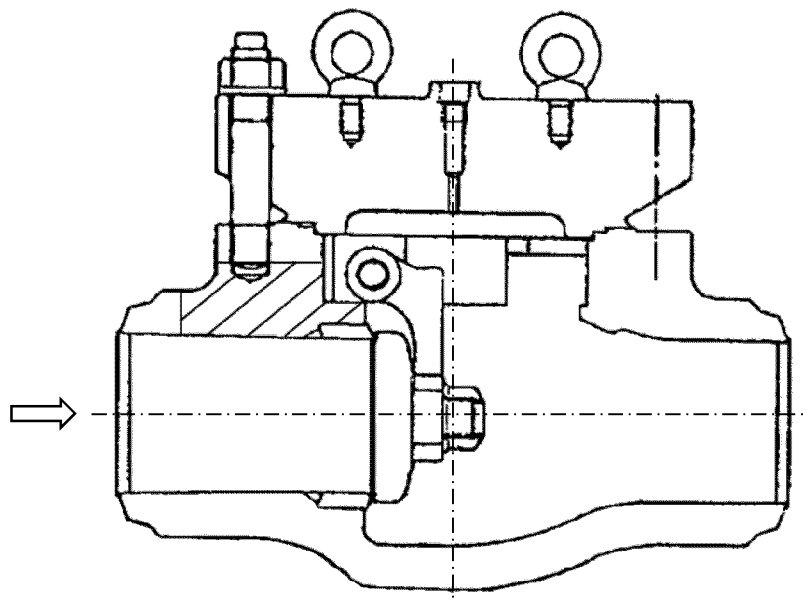


図2.3-1 川内2号炉 蓄圧タンク出口第2逆止弁
弁箱の疲労評価対象部位 (斜線部)

表2.3-1 川内2号炉 蓄圧タンク出口第2逆止弁 弁箱の疲労評価に用いた過渡回数

	過 渡 項 目	運転実績に基づく過渡回数	
		2020年3月末時点	運転開始後60年 時点での推定値
運 転 状 態 I	起動（温度上昇率55.6℃/h）	36	69
	停止（温度下降率55.6℃/h）	34	69
	負荷上昇（負荷上昇率5%/min）	322	824
	負荷減少（負荷減少率5%/min）	313	815
	90%から100%へのステップ状負荷上昇	1	3
	100%から90%へのステップ状負荷減少	2	4
	100%からの大きいステップ状負荷減少	1	3
	定常負荷運転時の変動*1	—	—
	燃料交換	24	63
	0%から15%への負荷上昇	35	67
	15%から0%への負荷減少	28	60
運 転 状 態 II	1 ループ停止 / 1 ループ起動		
	I) 停 止	0	2
	II) 起 動	0	2
	負荷の喪失	4	6
	外部電源喪失	1	4
	1次冷却材流量の部分喪失	0	2
	100%からの原子炉トリップ		
	I) 不注意な冷却を伴わないトリップ	1	7
	II) 不注意な冷却を伴うトリップ	0	2
	III) 不注意な冷却と安全注入を伴うトリップ	0	2
	1次冷却系の異常な減圧	0	2
制御棒クラスタの落下	0	2	
出力運転中の非常用炉心冷却系の誤起動	0	2	
1次冷却系停止ループの誤起動	0	2	
タービン回転試験	2	2	
1次系漏えい試験	31	64	

*1：設計評価においては、1次冷却材温度±1.7℃、圧力±0.34MPaの変動があるものとしているが、この過渡項目の疲労累積係数への寄与は小さく、また、実際には通常運転中のゆらぎとして、このような変動は生じていない

表2.3-2 川内2号炉 弁箱の疲労評価結果

評価対象	疲 労 累 積 係 数 (許容値：1以下)	
	設計・建設規格 による解析	環境疲労評価手法 による解析
蓄圧タンク出口第2逆止弁	0.099	0.916

② 現状保全

弁箱の疲労割れについては、定期的を目視確認を実施し、有意な異常がないことを確認すると共に、定期的な漏えい検査を実施し健全性を確認している。さらに、高経年化技術評価に合わせて、実績過渡回数に基づく評価を実施することとしている。

③ 総合評価

健全性評価結果から判断して、弁箱の疲労割れ発生の可能性はないと考える。

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

また、弁箱の疲労割れによる機器の健全性への影響は漏えい検査により、異常のないことは目視確認により検知可能であり、点検手法として適切である。

c. 高経年化への対応

弁箱の疲労割れについては、実績過渡回数の確認を継続的に実施し、運転開始後60年時点の推定過渡回数を上回らないことを確認する。

3. 代表機器以外への展開

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

なお、経年劣化事象の抽出にあたっては、2章の代表機器における経年劣化事象の抽出と同様に水平展開機器各々の構造、材料、使用条件等の特殊性を考慮して選定している。

3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

3.1.1 弁箱の疲労割れ [化学体積制御系統、安全注入系統のスイング逆止弁]

プラントの起動・停止時等に発生する内部流体の温度、圧力変化を受ける蓄圧タンク出口第2逆止弁の疲労評価結果では表2.3-2に示すように疲労割れが発生する可能性はないと考えられ、当該弁と同等以下の過渡しか受けないその他の弁についても、疲労割れが発生する可能性はないと考える。

また、弁箱の疲労割れによる機器の健全性への影響は漏えい検査により、異常のないことは目視確認により検知可能であり、点検手法として適切である。

したがって、弁箱の疲労割れについては、現状保全項目に、高経年化対策の観点から追加すべきものはないと判断する。

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

2.2.3の1)又は2)に該当する事象であるが、保全によりその傾向が維持できていることを確認している事象（日常劣化管理事象）を以下に示す。

なお、日常劣化管理事象ではない事象はない。

3.2.1 弁箱、弁蓋等の腐食（流れ加速型腐食）

[主蒸気系統、抽気系統、補助蒸気系統、2次系復水系統、2次系ドレン系統、主給水系統のスイング逆止弁]

炭素鋼製の弁箱、弁蓋等は、内部流体が蒸気又は給水であるため、内部流体による流れ加速型腐食により減肉が想定される。

しかしながら、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

3.2.2 弁箱、弁蓋等の腐食（全面腐食）

[制御用空気系統、空調用冷水系統、原子炉補機冷却水系統、非常用ディーゼル発電機系統、潤滑・制御油系統のスイング逆止弁]

炭素鋼製等の弁箱、弁蓋等は腐食が想定される。

しかしながら、内部流体は乾燥した空気、脱気された純水、ヒドラジン水（防錆剤注入水）又は油で腐食が発生し難い環境にあり、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

3.2.3 弁箱、弁蓋等の腐食（全面腐食）

[原子炉格納容器真空逃がし系統、補助給水系統、非常用ディーゼル発電機系統、消火系統のスイング逆止弁]

炭素鋼製等の弁箱、弁蓋等は、内部流体が給水、純水、ろ過水（飽和溶存酸素濃度：最大約8ppm）又は空気であるため、長期使用により腐食が想定される。

しかしながら、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

3.2.4 弁箱、弁蓋の腐食（全面腐食）

[2次系ドレン系統、主給水系統のスイング逆止弁]

低合金鋼鋳鋼の弁箱、弁蓋は、長期使用により腐食が想定される。

しかしながら、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

3.2.5 弁箱、弁蓋等の腐食（エロージョン）[2次系ドレン系統のスイング逆止弁]

蒸気、凝縮水が流れる弁のうち、高減圧部となる部位では流速が大きくなるため、弁箱、弁蓋、弁体及び弁座にエロージョンによる減肉が想定される。

しかしながら、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

3.2.6 弁箱、弁蓋（外面）の腐食（全面腐食）[炭素鋼製等の弁共通]

炭素鋼製等の弁箱及び弁蓋は腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部は塗装等により腐食を防止しており、塗装等が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、巡視点検等で目視により塗装等の状態を確認し、はく離等が認められた場合には必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

3.2.7 弁箱、弁蓋の熱時効 [ステンレス鋼製鋼製の弁共通]

ステンレス鋼製鋼製の弁箱及び弁蓋は、熱時効により材料特性が変化する可能性があるが、熱時効は材質変化に加え、欠陥が存在し、かつ高い応力が存在する場合について検討が必要となる。

しかしながら、使用温度は代表機器以下であり、また、代表機器と同様に製造時の非破壊検査で有意な欠陥がないことを確認しており、熱時効評価上の健全性が確認されている1次冷却材管（ホットレグの直管部等）と比較してフェライト量及び応力が小さく、熱時効による不安定破壊は起こらない。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

3.2.8 弁蓋ボルトの腐食（全面腐食） [ステンレス鋼製弁蓋ボルトを除く弁共通]

弁蓋ボルトはガスケットからの漏えいにより、内部流体によるボルトの腐食が想定される。

しかしながら、締付管理により漏えい防止を図っており、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

3.2.9 弁体、弁座又は弁箱弁座部（シート面）の摩耗 [共通]

弁体、弁座又は弁箱弁座部シート面は弁の開閉による摩耗が想定される。

しかしながら、分解点検時の目視確認により状態を確認し、必要に応じてシート面摺り合わせ手入れ、取替を行うことにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

3.2.10 弁棒、アームの摩耗 [共通]

弁棒は開閉に伴うパッキン受け部又は軸保持部との摺動による摩耗が想定される。また、アームと弁棒は開閉に伴う摺動による摩耗が想定される。

しかしながら、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を維持している。したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

3.2.11 弁棒の腐食（隙間腐食） [パッキンのある弁共通]

弁棒はパッキンとの接触部において腐食が想定される。

しかしながら、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を維持している。したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

1. 6 リフト逆止弁

[対象機器]

- ① 1次冷却材系統リフト逆止弁
- ② 化学体積制御系統リフト逆止弁
- ③ 蒸気発生器ブローダウン系統リフト逆止弁
- ④ 燃料取替用水系統リフト逆止弁
- ⑤ 1次系補給水系統リフト逆止弁
- ⑥ 原子炉補機冷却水系統リフト逆止弁
- ⑦ 原子炉補機冷却海水系統リフト逆止弁
- ⑧ 液体廃棄物処理系統リフト逆止弁
- ⑨ 気体廃棄物処理系統リフト逆止弁
- ⑩ 1次系試料採取系統リフト逆止弁
- ⑪ 空気サンプリング系統リフト逆止弁
- ⑫ 炉内核計装ガスパーズ系統リフト逆止弁
- ⑬ 換気空調系統リフト逆止弁
- ⑭ 安全注入系統リフト逆止弁
- ⑮ 原子炉格納容器スプレイ系統リフト逆止弁
- ⑯ 2次系ドレン系統リフト逆止弁
- ⑰ 主給水系統リフト逆止弁
- ⑱ 補助給水系統リフト逆止弁
- ⑲ 非常用ディーゼル発電機系統リフト逆止弁
- ⑳ 制御用空気系統リフト逆止弁
- ㉑ 所内用空気系統リフト逆止弁
- ㉒ 補助蒸気系統リフト逆止弁
- ㉓ 消火系統リフト逆止弁
- ㉔ 潤滑・制御油系統リフト逆止弁
- ㉕ 大容量空冷式発電機系統リフト逆止弁

目 次

1. 対象機器及び代表機器の選定	1
1.1 グループ化の考え方及び結果	1
1.2 代表機器の選定	1
2. 代表機器の技術評価	6
2.1 構造、材料及び使用条件	6
2.2 経年劣化事象の抽出	33
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価	48
3. 代表機器以外への展開	51
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象	51
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	52

1. 対象機器及び代表機器の選定

川内2号炉で使用されている主要なリフト逆止弁の主な仕様を表1-1に示す。

これらのリフト逆止弁を設置場所、内部流体及び材料の観点からグループ化し、それぞれのグループより以下のとおり代表機器を選定した。

1.1 グループ化の考え方及び結果

表1-1に示すリフト逆止弁について、設置場所、内部流体及び材料を分離基準として考えると、合計9つのグループに分類される。

1.2 代表機器の選定

- (1) 設置場所：屋内、内部流体：1次冷却材・ほう酸水、材料：ステンレス鋼

このグループには、化学体積制御系統、燃料取替用水系統、液体廃棄物処理系統、1次系試料採取系統及び安全注入系統のリフト逆止弁が属するが、重要度が高く、口径が大きく、使用条件が厳しい加圧器補助スプレイ逆止弁を代表機器とする。

- (2) 設置場所：屋内、内部流体：苛性ソーダ溶液、材料：ステンレス鋼

このグループには、よう素除去薬注逆止弁のみが属しているため、よう素除去薬注逆止弁を代表機器とする。

- (3) 設置場所：屋内、内部流体：廃液、材料：ステンレス鋼

このグループには、液体廃棄物処理系統のリフト逆止弁が属するが、使用条件が厳しい濃縮液ポンプ出口逆止弁を代表機器とする。

- (4) 設置場所：屋内、内部流体：蒸気、材料：炭素鋼

このグループには、補助蒸気系統のリフト逆止弁が属するが、重要度が高い補助蒸気格納容器隔離弁を代表機器とする。

- (5) 設置場所：屋内・屋外、内部流体：給水、材料：炭素鋼

このグループには、主給水系統、補助給水系統及び補助蒸気系統のリフト逆止弁が属するが、重要度が高く、口径が大きい電動補助給水ポンプミニマムフロー逆止弁を代表機器とする。

(6) 設置場所：屋内、内部流体：給水・純水・蒸留水、材料：ステンレス鋼

このグループには、蒸気発生器ブローダウン系統、1次系補給水系統及び液体廃棄物処理系統のリフト逆止弁が属するが、重要度が高いC/V内脱塩水供給第2隔離弁を代表機器とする。

(7) 設置場所：屋内、内部流体：希ガス等・窒素・空気・炭酸ガス、材料：炭素鋼・銅合金

このグループには、1次冷却材系統、気体廃棄物処理系統、換気空調系統、安全注入系統、非常用ディーゼル発電機系統、制御用空気系統、所内用空気系統及び消火系統のリフト逆止弁が属するが、重要度が高く、口径が大きく、使用条件が厳しいI A S格納容器隔離用逆止弁を代表機器とする。

(8) 設置場所：屋内・屋外、内部流体：希ガス等・空気・炭酸ガス、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系統、液体廃棄物処理系統、気体廃棄物処理系統、1次系試料採取系統、空気サンプリング系統、炉内核計装ガスパーージ系統、換気空調系統及び2次系ドレン系統のリフト逆止弁が属するが、重要度が高く、口径が大きい格納容器空気サンプリング戻り内側逆止弁を代表機器とする。

(9) 設置場所：屋内・屋外、内部流体：ヒドラジン水・油、材料：炭素鋼

このグループには、原子炉補機冷却水系統、非常用ディーゼル発電機系統、潤滑・制御油系統及び大容量空冷式発電機系統のリフト逆止弁が属するが、重要度が高く、使用条件が厳しいR C P冷却水第1出口弁バイパス弁（内隔離弁）を代表機器とする。

表1-1(1/3) 川内2号炉 リフト逆止弁の主な仕様

分離基準			台数	該当系統	選定基準			代表機器の選定			
設置場所	内部流体	材 料			口径(B)	重要度*1	使用条件		選定	代 表 弁	選定理由
							最高使用圧力 (MPa[gage])	最高使用温度 (°C)			
屋 内	1次冷却材 ほう酸水	ステンレス鋼	23	化学体積制御系統	3/4~2	PS-1、MS-1 PS-2、高*2 重*3	約0.98~18.8	約95~343	◎	加圧器補助スプレイ逆止弁 (2B 約17.2MPa 約343°C)	重要度、口径 使用条件
			1	燃料取替用水系統	3/4	MS-1	約0.25	約127			
			2	液体廃棄物処理系統	2	高*2	約0.98	約150			
			8	1次系試料採取系統	3/8、3/4	MS-1、MS-2	約0.25、約17.2	約127~360			
			14	安全注入系統	1、2	PS-1、MS-1 高*2、重*3	約7.8~18.8	約150、約343			
屋 内	苛性ソーダ溶液	ステンレス鋼	2	原子炉格納容器スプレイ系統	2	MS-1	約2.7	約150	◎	よう素除去薬注逆止弁 (2B 約2.7MPa 約150°C)	
屋 内	廃 液	ステンレス鋼	4	液体廃棄物処理系統	1、2	高*2	約0.98	約150	◎	濃縮液ポンプ出口逆止弁 (1B、2B 約0.98MPa 約150°C)	使用条件
屋 内	蒸 気	炭 素 鋼	2	補助蒸気系統	3/4、 1・1/2	MS-1、高*2	約0.93	約185	◎	補助蒸気格納容器隔離弁 (1・1/2B 約0.93MPa 約185°C)	重要度
屋内・屋外	給 水	炭 素 鋼	3	主給水系統*4	2	高*2	約1.4	約200	◎	電動補助給水ポンプ ミニマムロー逆止弁 (1・1/2B 約12.3MPa 約40°C)	重要度、口径
			3	補助給水系統	1、1・1/2	MS-1	約12.3	約40			
			2	補助蒸気系統	1・1/2	高*2	約1.6	約100			
屋 内	給 水	ステンレス鋼	3	蒸気発生器ブローダウン系統	3/8	高*2	約7.5	約65	◎	C/V内脱塩水供給第2隔離弁 (2B 約0.98MPa 約127°C)	重要度
	純 水		1	1次系補給水系統	2	MS-1	約0.98	約127			
	蒸 留 水		6	液体廃棄物処理系統	3/4、1	高*2	約0.98	約150			

*1：機能は最上位の機能を示す

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

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

*4：2次系給水系統を含む

表1-1(2/3) 川内2号炉 リフト逆止弁の主な仕様

分離基準			台数	該当系統	選定基準			代表機器の選定			
設置場所	内部流体	材 料			口径(B)	重要度*1	使用条件		選定	代 表 弁	選定理由
			最高使用圧力 (MPa[gage])	最高使用温度 (°C)							
屋 内	希ガス等 窒 素 空 気 炭酸ガス	炭 素 鋼 銅 合 金	1	1次冷却材系統	1	MS-1	約0.69	約127	◎	I A S 格納容器隔離用逆止弁 (2B 約0.83MPa 約127°C)	重要度、口径 使用条件
			5	気体廃棄物処理系統	3/4、1	PS-2、高*2	約0.69、約0.98	約65、約95			
			2	換気空調系統	2	MS-1	約0.25	約127			
			1	安全注入系統	1	MS-1	約4.9	約127			
			6	非常用ディーゼル発電機系統	1、1・1/2	高*2	約3.2	約50			
			4	制御用空気系統	2	MS-1、重*3	約0.83	約50、約127			
			1	所内用空気系統	2	MS-1	約0.83	約127			
			3	消火系統	1・1/2、3	高*2	約10.8、約16.2	約40			
屋内・屋外	希ガス等 空 気 炭酸ガス	ステンレス鋼	5	原子炉補機冷却海水系統	2・1/2、4	設*4	大気圧	約40	◎	格納容器空気フリング戻り内側逆止弁 (1・1/2B 約0.25MPa 約127°C)	重要度、口径
			1	液体廃棄物処理系統	1・1/2	高*2	約0.10	約150			
			4	気体廃棄物処理系統	1	PS-2	約0.98	約65			
			6	1次系試料採取系統	3/4	MS-1、高*2 重*3	約0.25、約0.98	約127			
			1	空気サンプリング系統	1・1/2	MS-1	約0.25	約127			
			1	炉内核計装ガスバージ系統	3/4	MS-1	約0.25	約127			
			2	換気空調系統	3/4	MS-1	約0.25	約127			
			40	2次系ドレン系統	3/4~4	設*4	大気圧	約40			

*1：機能は最上位の機能を示す

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

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

*4：設計基準対象施設として評価対象とした機器及び構造物であることを示す

表1-1(3/3) 川内2号炉 リフト逆止弁の主な仕様

分離基準			台数	該当系統	選定基準				代表機器の選定		
設置場所	内部流体	材 料			口径(B)	重要度*1	使用条件		選定	代 表 弁	選定理由
							最高使用圧力 (MPa[gage])	最高使用温度 (°C)			
屋内・屋外	ヒドラジン水	炭 素 鋼	1	原子炉補機冷却水系統	3/4	MS-1	約0.98	約127	◎	RCP冷却水第1出口弁パイパス弁 (内隔離弁) (3/4B 約0.98MPa 約127°C)	重要度 使用条件
			2	非常用ディーゼル発電機系統	3/4	MS-1	約0.78	約80			
	2		潤滑・制御油系統	1・1/2	高*2	約16.2	約75				
	1		大容量空冷式発電機系統	1	重*3	約0.3	約40				
	油										

*1：機能は最上位の機能を示す

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

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

2. 代表機器の技術評価

本章では1章で代表機器とした以下の9種類のリフト逆止弁について技術評価を実施する。

- ① 加圧器補助スプレイ逆止弁
- ② よう素除去薬注逆止弁
- ③ 濃縮液ポンプ出口逆止弁
- ④ 補助蒸気格納容器隔離弁
- ⑤ 電動補助給水ポンプミニマムフロー逆止弁
- ⑥ C/V内脱塩水供給第2隔離弁
- ⑦ IAS格納容器隔離用逆止弁
- ⑧ 格納容器空気サンプリング戻り内側逆止弁
- ⑨ RCP冷却水第1出口弁バイパス弁（内隔離弁）

2.1 構造、材料及び使用条件

2.1.1 加圧器補助スプレイ逆止弁

(1) 構造

川内2号炉の加圧器補助スプレイ逆止弁はリフト逆止弁であり、化学体積制御系統に1台設置されている。

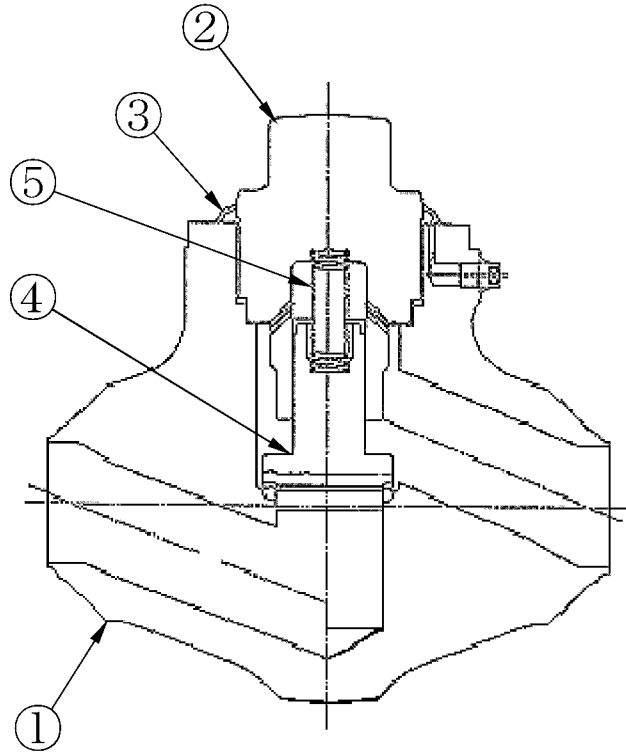
弁本体は流体を内包するバウンダリを構成する耐圧部（弁箱、弁蓋、シールプレート）、流体を仕切る隔離部（弁体）及び弁体を支持し作動をガイドする弁体ガイド部（弁蓋の一部）からなる。

弁箱、弁蓋及び弁体にはステンレス鋼を使用しており、1次冷却材に接液している。

川内2号炉の加圧器補助スプレイ逆止弁の構造図を図2.1-1に示す。

(2) 材料及び使用条件

川内2号炉の加圧器補助スプレイ逆止弁主要部位の使用材料及び使用条件を表2.1-1及び表2.1-2に示す。



No.	部 位
①	弁箱（弁座と一体）
②	弁 蓋
③	シールプレート
④	弁 体
⑤	ば ね

図2.1-1 川内2号炉 加圧器補助スプレイ逆止弁構造図

表2.1-1 川内2号炉 加圧器補助スプレイ逆止弁主要部位の使用材料

部 位	材 料
弁箱（弁座と一体）	ステンレス鋼（ステライト肉盛）
弁 蓋	ステンレス鋼
シールプレート	消耗品・定期取替品
弁 体	ステンレス鋼（ステライト肉盛）
ば ね	ステンレス鋼

表2.1-2 川内2号炉 加圧器補助スプレイ逆止弁の使用条件

最高使用圧力	約17.2MPa[gage]
最高使用温度	約343℃
内 部 流 体	1次冷却材

2.1.2 よう素除去薬注逆止弁

(1) 構造

川内2号炉のよう素除去薬注逆止弁はリフト逆止弁であり、原子炉格納容器スプレイ系統に2台設置されている。

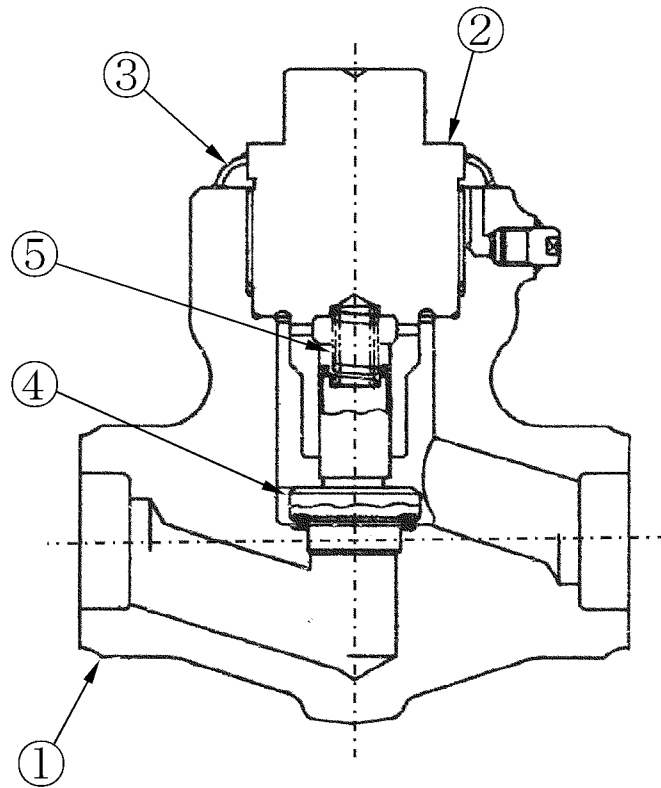
弁本体は流体を内包するバウンダリを構成する耐圧部（弁箱、弁蓋、シールプレート）、流体を仕切る隔離部（弁体）及び弁体を支持し作動をガイドする弁体ガイド部（弁蓋の一部）からなる。

弁箱、弁蓋及び弁体にはステンレス鋼を使用しており、苛性ソーダ溶液に接液している。

川内2号炉のよう素除去薬注逆止弁の構造図を図2.1-2に示す。

(2) 材料及び使用条件

川内2号炉のよう素除去薬注逆止弁主要部位の使用材料及び使用条件を表2.1-3及び表2.1-4に示す。



No.	部 位
①	弁箱（弁座と一体）
②	弁 蓋
③	シールプレート
④	弁 体
⑤	ば ね

図2.1-2 川内2号炉 よう素除去薬注逆止弁構造図

表2.1-3 川内2号炉 よう素除去薬注逆止弁主要部位の使用材料

部 位	材 料
弁箱（弁座と一体）	ステンレス鋼（ステライト肉盛）
弁 蓋	ステンレス鋼
シールプレート	消耗品・定期取替品
弁 体	ステンレス鋼（ステライト肉盛）
ば ね	ステンレス鋼

表2.1-4 川内2号炉 よう素除去薬注逆止弁の使用条件

最高使用圧力	約2.7MPa[gage]
最高使用温度	約150℃
内 部 流 体	苛性ソーダ溶液

2.1.3 濃縮液ポンプ出口逆止弁

(1) 構造

川内2号炉の濃縮液ポンプ出口逆止弁はリフト逆止弁であり、液体廃棄物処理系統に4台設置されている。

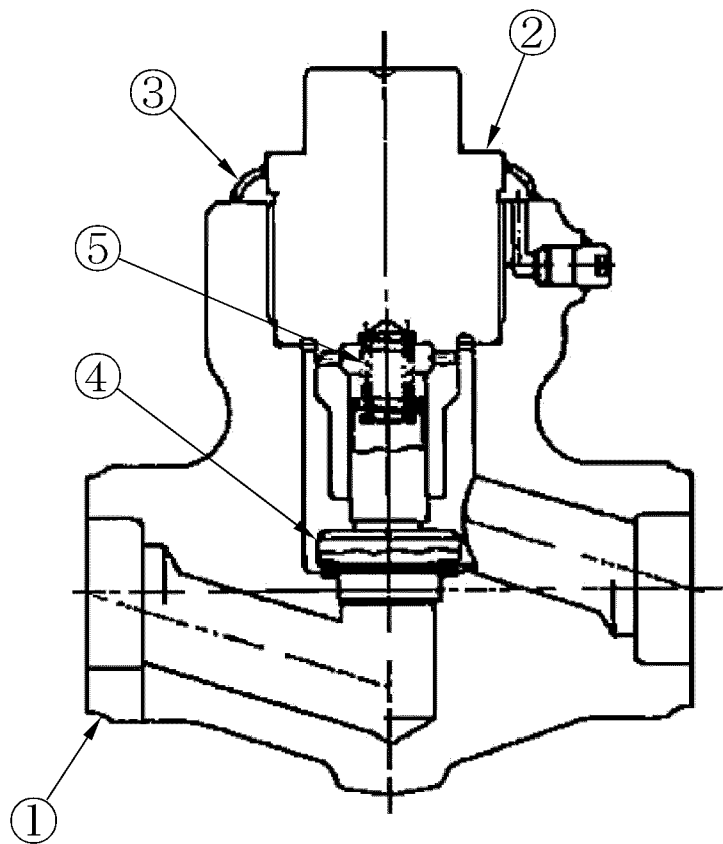
弁本体は流体を内包するバウンダリを構成する耐圧部（弁箱、弁蓋、シールプレート）、流体を仕切る隔離部（弁体）及び弁体を支持し作動をガイドする弁体ガイド部（弁蓋の一部）からなる。

弁箱、弁蓋及び弁体にはステンレス鋼を使用しており、廃液に接液している。

川内2号炉の濃縮液ポンプ出口逆止弁の構造図を図2.1-3に示す。

(2) 材料及び使用条件

川内2号炉の濃縮液ポンプ出口逆止弁主要部位の使用材料及び使用条件を表2.1-5及び表2.1-6に示す。



No.	部 位
①	弁箱 (弁座と一体)
②	弁 蓋
③	シーลプレート
④	弁 体
⑤	ば ね

図2.1-3 川内2号炉 濃縮液ポンプ出口逆止弁構造図

表2.1-5 川内2号炉 濃縮液ポンプ出口逆止弁主要部位の使用材料

部 位	材 料
弁箱（弁座と一体）	ステンレス鋼（ステライト肉盛）
弁 蓋	ステンレス鋼
シールプレート	消耗品・定期取替品
弁 体	ステンレス鋼（ステライト肉盛）
ば ね	ステンレス鋼

表2.1-6 川内2号炉 濃縮液ポンプ出口逆止弁の使用条件

最高使用圧力	約0.98MPa [gage]
最高使用温度	約150℃
内 部 流 体	廃 液

2.1.4 補助蒸気格納容器隔離弁

(1) 構造

川内2号炉の補助蒸気格納容器隔離弁はリフト逆止弁であり、補助蒸気系統に1台設置されている。

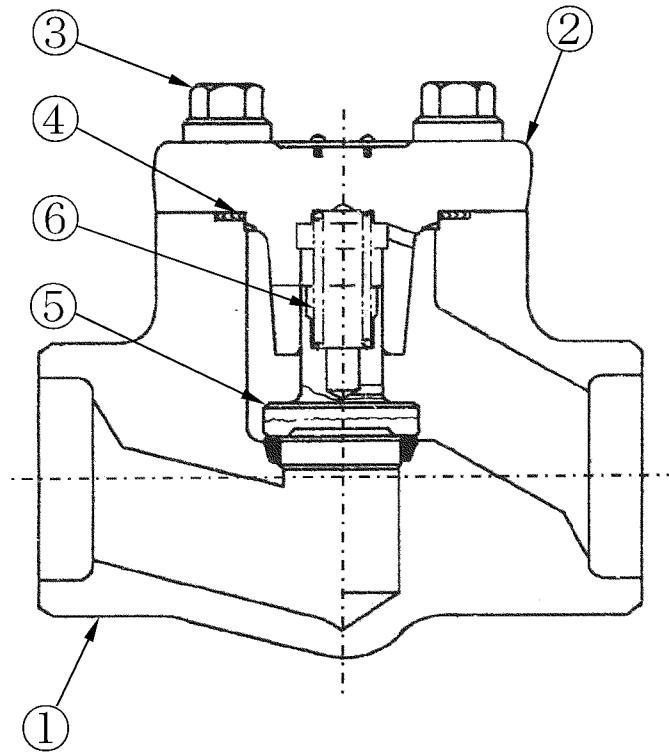
弁本体は流体を内包するバウンダリを構成する耐圧部（弁箱、弁蓋、弁蓋ボルト、ガスケット）、流体を仕切る隔離部（弁体）及び弁体を支持し作動をガイドする弁体ガイド部（弁蓋の一部）からなる。

弁箱及び弁蓋は炭素鋼、弁体にはステンレス鋼を使用しており、蒸気に接している。

川内2号炉の補助蒸気格納容器隔離弁の構造図を図2.1-4に示す。

(2) 材料及び使用条件

川内2号炉の補助蒸気格納容器隔離弁主要部位の使用材料及び使用条件を表2.1-7及び表2.1-8に示す。



No.	部 位
①	弁箱 (弁座と一体)
②	弁 蓋
③	弁蓋ボルト
④	ガスケット
⑤	弁 体
⑥	ば ね

図2.1-4 川内2号炉 補助蒸気格納容器隔離弁構造図

表2.1-7 川内2号炉 補助蒸気格納容器隔離弁主要部位の使用材料

部 位	材 料
弁箱（弁座と一体）	炭素鋼（ステライト肉盛）
弁 蓋	炭素鋼
弁蓋ボルト	低合金鋼
ガスケット	消耗品・定期取替品
弁 体	ステンレス鋼
ば ね	ステンレス鋼

表2.1-8 川内2号炉 補助蒸気格納容器隔離弁の使用条件

最高使用圧力	約0.93MPa[gage]
最高使用温度	約185℃
内 部 流 体	蒸 気

2.1.5 電動補助給水ポンプミニマムフロー逆止弁

(1) 構造

川内2号炉の電動補助給水ポンプミニマムフロー逆止弁はリフト逆止弁であり、補助給水系統に2台設置されている。

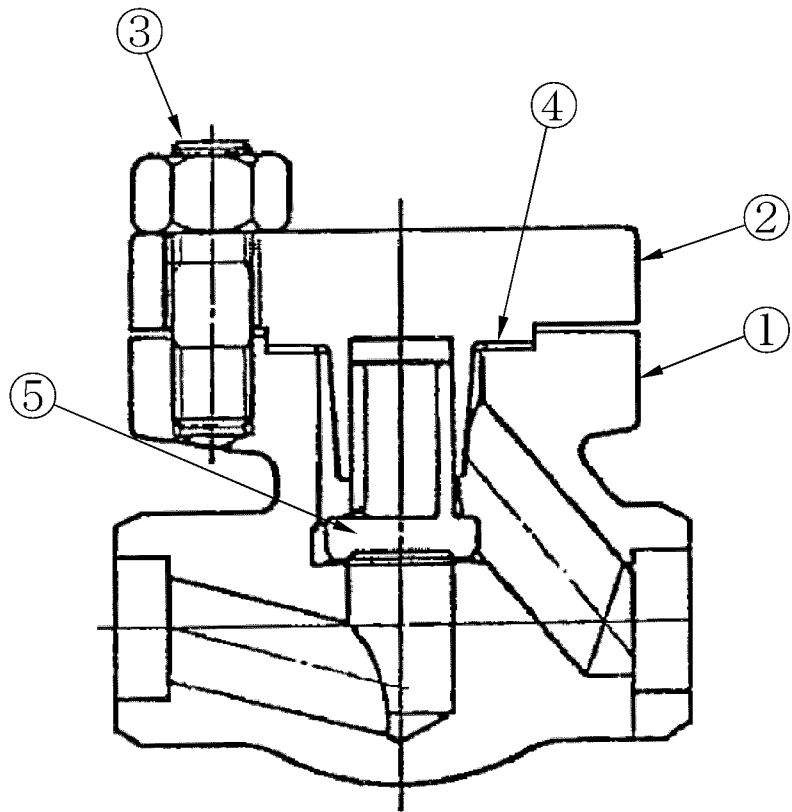
弁本体は流体を内包するバウンダリを構成する耐圧部（弁箱、弁蓋、弁蓋ボルト、ガスケット）、流体を仕切る隔離部（弁体）及び弁体を支持し作動をガイドする弁体ガイド部（弁蓋の一部）からなる。

弁箱及び弁蓋は炭素鋼、弁体にはステンレス鋼を使用しており、給水に接液している。

川内2号炉の電動補助給水ポンプミニマムフロー逆止弁の構造図を図2.1-5に示す。

(2) 材料及び使用条件

川内2号炉の電動補助給水ポンプミニマムフロー逆止弁主要部位の使用材料及び使用条件を表2.1-9及び表2.1-10に示す。



No.	部 位
①	弁箱（弁座と一体）
②	弁 蓋
③	弁蓋ボルト
④	ガスケット
⑤	弁 体

図2.1-5 川内2号炉 電動補助給水ポンプミニマムフロー逆止弁構造図

表2.1-9 川内2号炉 電動補助給水ポンプミニマムフロー逆止弁主要部位の使用材料

部 位	材 料
弁箱（弁座と一体）	炭素鋼（ステンレス鋼肉盛）
弁 蓋	炭素鋼
弁蓋ボルト	低合金鋼
ガスケット	消耗品・定期取替品
弁 体	ステンレス鋼（ステライト肉盛）

表2.1-10 川内2号炉 電動補助給水ポンプミニマムフロー逆止弁の使用条件

最高使用圧力	約12.3MPa[gage]
最高使用温度	約40℃
内 部 流 体	給 水

2.1.6 C/V内脱塩水供給第2隔離弁

(1) 構造

川内2号炉のC/V内脱塩水供給第2隔離弁はリフト逆止弁であり、1次系補給水系統に1台設置されている。

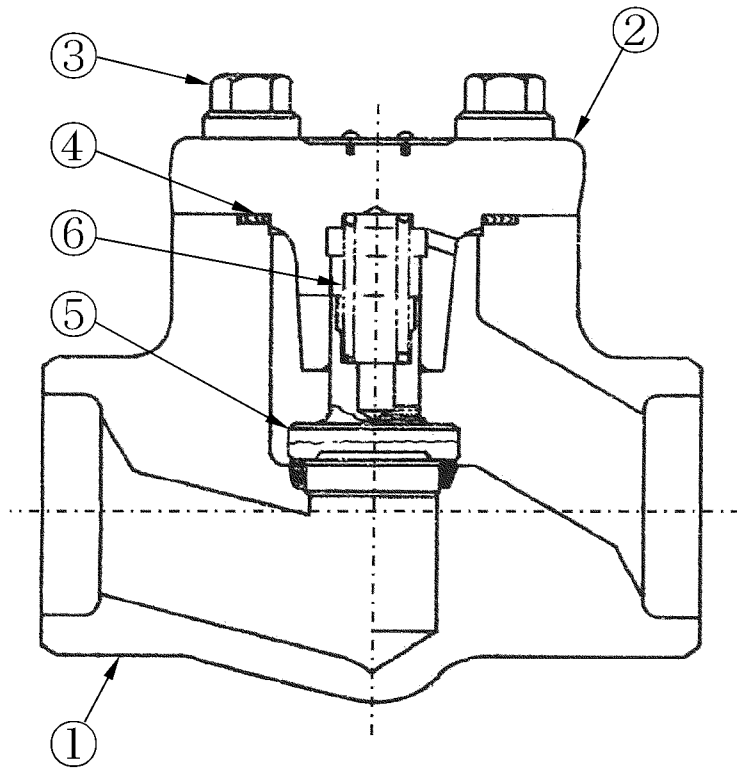
弁本体は流体を内包するバウンダリを構成する耐圧部（弁箱、弁蓋、弁蓋ボルト、ガスケット）、流体を仕切る隔離部（弁体）及び弁体を支持し作動をガイドする弁体ガイド部（弁蓋の一部）からなる。

弁箱、弁蓋及び弁体にはステンレス鋼を使用しており、純水に接液している。

川内2号炉のC/V内脱塩水供給第2隔離弁の構造図を図2.1-6に示す。

(2) 材料及び使用条件

川内2号炉のC/V内脱塩水供給第2隔離弁主要部位の使用材料及び使用条件を表2.1-11及び表2.1-12に示す。



No.	部 位
①	弁箱（弁座と一体）
②	弁 蓋
③	弁蓋ボルト
④	ガスケット
⑤	弁 体
⑥	ば ね

図2.1-6 川内2号炉 C/V内脱塩水供給第2隔離弁構造図

表2.1-11 川内2号炉 C/V内脱塩水供給第2隔離弁主要部位の使用材料

部 位	材 料
弁箱（弁座と一体）	ステンレス鋼（ステライト肉盛）
弁 蓋	ステンレス鋼
弁蓋ボルト	低合金鋼
ガスケット	消耗品・定期取替品
弁 体	ステンレス鋼
ば ね	ステンレス鋼

表2.1-12 川内2号炉 C/V内脱塩水供給第2隔離弁の使用条件

最高使用圧力	約0.98MPa[gage]
最高使用温度	約127℃
内 部 流 体	純 水

2.1.7 IAS格納容器隔離用逆止弁

(1) 構造

川内2号炉のIAS格納容器隔離用逆止弁はリフト逆止弁であり、制御用空気系統に2台設置されている。

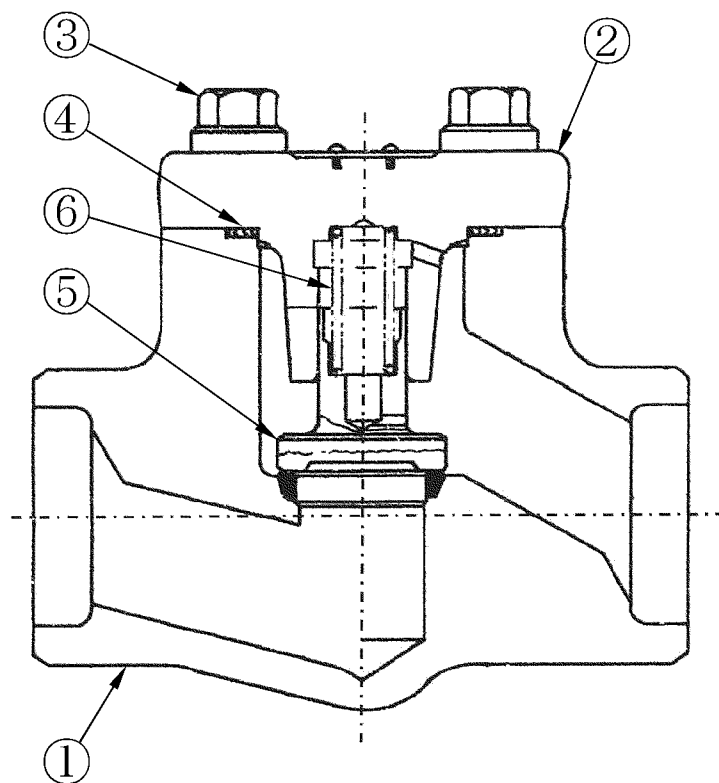
弁本体は流体を内包するバウンダリを構成する耐圧部（弁箱、弁蓋、弁蓋ボルト、ガスケット）、流体を仕切る隔離部（弁体）及び弁体を支持し作動をガイドする弁体ガイド部（弁蓋の一部）からなる。

弁箱及び弁蓋は炭素鋼、弁体にはステンレス鋼を使用しており、空気に接している。

川内2号炉のIAS格納容器隔離用逆止弁の構造図を図2.1-7に示す。

(2) 材料及び使用条件

川内2号炉のIAS格納容器隔離用逆止弁主要部位の使用材料及び使用条件を表2.1-13及び表2.1-14に示す。



No.	部 位
①	弁箱（弁座と一体）
②	弁 蓋
③	弁蓋ボルト
④	ガスケット
⑤	弁 体
⑥	ば ね

図2.1-7 川内2号炉 IAS格納容器隔離用逆止弁構造図

表2.1-13 川内2号炉 IAS格納容器隔離用逆止弁主要部位の使用材料

部 位	材 料
弁箱（弁座と一体）	炭素鋼（ステライト肉盛）
弁 蓋	炭素鋼
弁蓋ボルト	低合金鋼
ガスケット	消耗品・定期取替品
弁 体	ステンレス鋼
ば ね	ステンレス鋼

表2.1-14 川内2号炉 IAS格納容器隔離用逆止弁の使用条件

最高使用圧力	約0.83MPa[gage]
最高使用温度	約127℃
内 部 流 体	空 気

2.1.8 格納容器空気サンプリング戻り内側逆止弁

(1) 構造

川内2号炉の格納容器空気サンプリング戻り内側逆止弁はリフト逆止弁であり、空気サンプリング系統に1台設置されている。

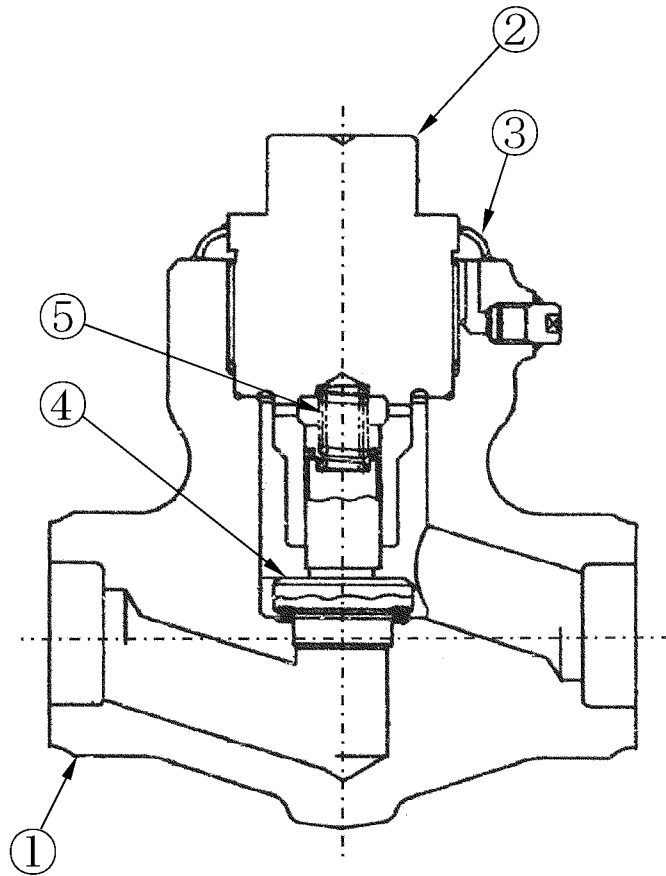
弁本体は流体を内包するバウンダリを構成する耐圧部（弁箱、弁蓋、シールプレート）、流体を仕切る隔離部（弁体）及び弁体を支持し作動をガイドする弁体ガイド部（弁蓋の一部）からなる。

弁箱、弁蓋及び弁体にはステンレス鋼を使用しており、空気に接している。

川内2号炉の格納容器空気サンプリング戻り内側逆止弁の構造図を図2.1-8に示す。

(2) 材料及び使用条件

川内2号炉の格納容器空気サンプリング戻り内側逆止弁主要部位の使用材料及び使用条件を表2.1-15及び表2.1-16に示す。



No.	部 位
①	弁箱 (弁座と一体)
②	弁 蓋
③	シールプレート
④	弁 体
⑤	ば ね

図2.1-8 川内2号炉 格納容器空気サンプリング戻り内側逆止弁構造図

表2.1-15 川内2号炉 格納容器空気サンプリング戻り内側逆止弁主要部位の使用材料

部 位	材 料
弁箱（弁座と一体）	ステンレス鋼（ステライト肉盛）
弁 蓋	ステンレス鋼
シールプレート	消耗品・定期取替品
弁 体	ステンレス鋼（ステライト肉盛）
ば ね	ステンレス鋼

表2.1-16 川内2号炉 格納容器空気サンプリング戻り内側逆止弁の使用条件

最高使用圧力	約0.25MPa [gage]
最高使用温度	約127℃
内 部 流 体	空 気

2.1.9 RCP冷却水第1出口弁バイパス弁（内隔離弁）

(1) 構造

川内2号炉のRCP冷却水第1出口弁バイパス弁（内隔離弁）はリフト逆止弁であり、原子炉補機冷却水系統に1台設置されている。

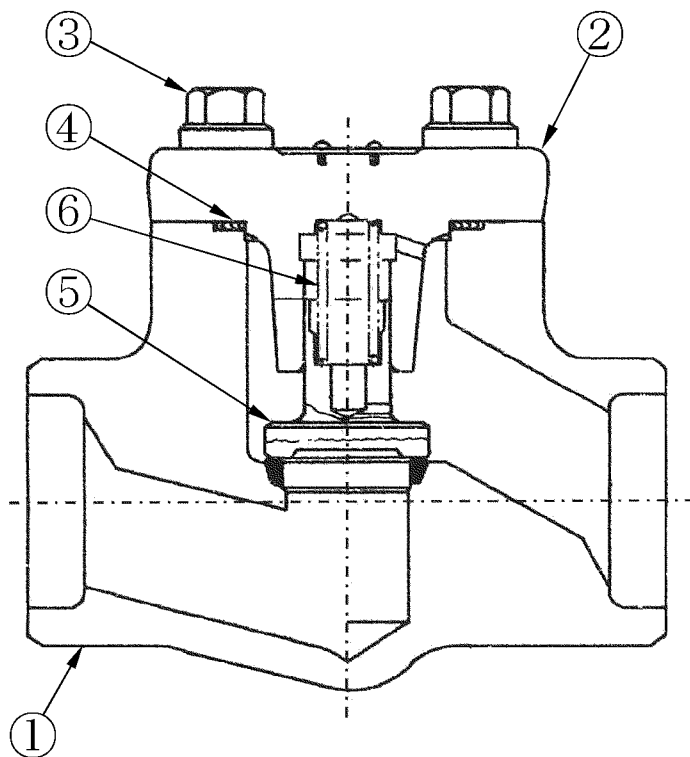
弁本体は流体を内包するバウンダリを構成する耐圧部（弁箱、弁蓋、弁蓋ボルト、ガスケット）、流体を仕切る隔離部（弁体）及び弁体を支持し作動をガイドする弁体ガイド部（弁蓋の一部）からなる。

弁箱及び弁蓋は炭素鋼、弁体にはステンレス鋼を使用しており、ヒドラジン水（防錆剤注入水）に接液している。

川内2号炉のRCP冷却水第1出口弁バイパス弁（内隔離弁）の構造図を図2.1-9に示す。

(2) 材料及び使用条件

川内2号炉のRCP冷却水第1出口弁バイパス弁（内隔離弁）主要部位の使用材料及び使用条件を表2.1-17及び表2.1-18に示す。



No.	部 位
①	弁箱（弁座と一体）
②	弁 蓋
③	弁蓋ボルト
④	ガスケット
⑤	弁 体
⑥	ば ね

図2.1-9 川内2号炉 RCP冷却水第1出口弁バイパス弁（内隔離弁）構造図

表2.1-17 川内2号炉 RCP冷却水第1出口弁バイパス弁（内隔離弁）

主要部位の使用材料

部 位	材 料
弁箱（弁座と一体）	炭素鋼（ステライト肉盛）
弁 蓋	炭素鋼
弁蓋ボルト	低合金鋼
ガスケット	消耗品・定期取替品
弁 体	ステンレス鋼
ば ね	ステンレス鋼

表2.1-18 川内2号炉 RCP冷却水第1出口弁バイパス弁（内隔離弁）

の使用条件

最高使用圧力	約0.98MPa[gage]
最高使用温度	約127℃
内 部 流 体	ヒドラジン水

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機能達成に必要な項目

リフト逆止弁の機能である流体の流れ方向制限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 バウンダリの維持
- ② 閉止機能の維持
- 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

リフト逆止弁個々について、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の構造、材料、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、代表機器ごとに表2.2-1～表2.2-9に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象（表2.2-1～表2.2-9で○となっているもの）としては以下の事象がある。

(1) 弁箱の疲労割れ [加圧器補助スプレイ逆止弁]

プラントの起動・停止時等に発生する内部流体の温度、圧力の変化により、疲労が蓄積する可能性があることから、経年劣化に対する評価が必要である。

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

以下の事象（表2.2-1～表2.2-9で△となっているもの）については、想定される経年劣化事象であるが、

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

に該当するものについては、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した。

上記の1)又は2)に該当する事象であるが、保全によりその傾向が維持できていることを確認している事象（日常劣化管理事象）を以下に示す。

なお、日常劣化管理事象ではない事象はない。

(1) 弁箱、弁蓋等の腐食（全面腐食）

[よう素除去薬注逆止弁、I A S 格納容器隔離用逆止弁、R C P 冷却水第1出口弁バイパス弁（内隔離弁）]

I A S 格納容器隔離用逆止弁及びR C P 冷却水第1出口弁バイパス弁（内隔離弁）の弁箱及び弁蓋は炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、内部流体は乾燥した空気又はヒドラジン水（防錆剤注入水）で腐食が発生し難い環境にあり、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

また、よう素除去薬注逆止弁は内部流体が苛性ソーダ溶液であり、腐食が想定される。

しかしながら、弁箱、弁蓋及び弁体はステンレス鋼であり、苛性ソーダの濃度及び使用温度が低く、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(2) 弁箱、弁蓋の腐食（流れ加速型腐食）〔補助蒸気格納容器隔離弁〕

弁箱及び弁蓋は炭素鋼であり、内部流体が蒸気であるため、内部流体による流れ加速型腐食により減肉が想定される。

しかしながら、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(3) 弁箱、弁蓋の腐食（全面腐食）〔電動補助給水ポンプミニマムフロー逆止弁〕

弁箱及び弁蓋は炭素鋼であり、内部流体が給水（飽和溶存酸素濃度：最大約8ppm）であるため、長期使用により腐食が想定される。

しかしながら、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(4) 弁箱、弁蓋（外面）の腐食（全面腐食）

〔補助蒸気格納容器隔離弁、電動補助給水ポンプミニマムフロー逆止弁、I A S 格納容器隔離用逆止弁、R C P 冷却水第1出口弁バイパス弁（内隔離弁）〕

弁箱及び弁蓋は炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部は塗装等により腐食を防止しており、塗装等が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、巡視点検等で目視により塗装等の状態を確認し、はく離等が認められた場合には必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(5) 弁箱、弁蓋等の応力腐食割れ [よう素除去薬注逆止弁]

弁箱、弁蓋及び弁体はステンレス鋼であり、内部流体が苛性ソーダ溶液であることから、応力腐食割れが想定される。

しかしながら、図2.2-1に示すように苛性ソーダの濃度及び使用温度が低く、応力腐食割れが発生し難い環境にあり、これまでに有意な割れは認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

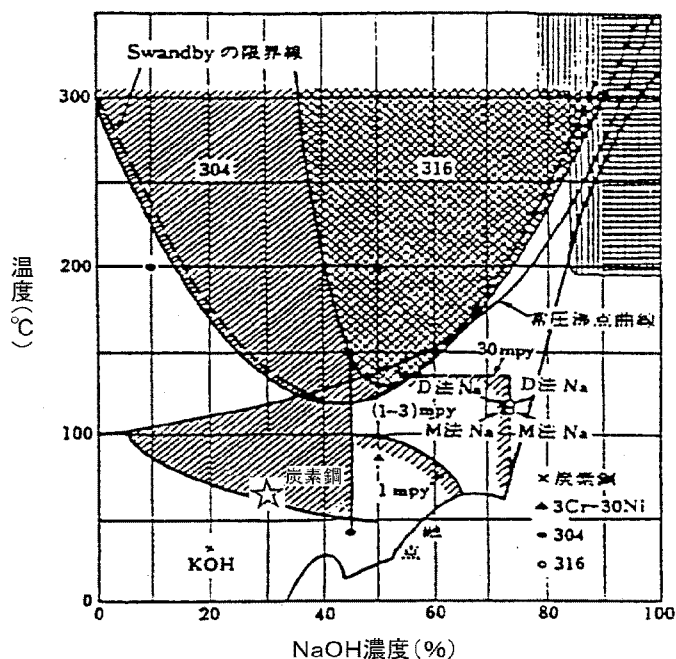


図2.2-1 SUS 304 / 316材のNaOH溶液中でのSCC感受性

[出典：大久保勝夫、徳永一弘：化学工学、40 (1976)]

(☆：よう素除去薬品タンクの使用環境：65°C、30%を出典文献に追記)

(6) 弁箱、弁蓋等の応力腐食割れ [濃縮液ポンプ出口逆止弁]

弁箱、弁蓋及び弁体はステンレス鋼であり、内部流体は廃液で塩化物イオン濃度が高く、かつ高温であるため、応力腐食割れが想定される。

しかしながら、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(7) 弁蓋ボルトの腐食（全面腐食）

[補助蒸気格納容器隔離弁、電動補助給水ポンプミニマムフロー逆止弁、C/V内脱塩水供給第2隔離弁、I A S格納容器隔離用逆止弁、R C P冷却水第1出口弁バイパス弁（内隔離弁）]

弁蓋ボルトはガスケットからの漏えいにより、内部流体によるボルトの腐食が想定される。

しかしながら、締付管理により漏えい防止を図っており、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(8) 弁体、弁箱弁座部（シート面）の摩耗 [共通]

弁体、弁箱弁座部シート面は弁の開閉による摩耗が想定される。

しかしながら、分解点検時の目視確認により状態を確認し、必要に応じてシート面摺り合わせ手入れ、取替を行うことにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(9) 弁蓋（ガイド部）、弁体の摩耗 [共通]

弁の開閉により、弁蓋（ガイド部）と弁体の摩耗が想定される。

しかしながら、摺動荷重は加わらず、有意な摩耗が発生する可能性は小さい。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(10) 弁体の固着 [R C P冷却水第1出口弁バイパス弁 (内隔離弁)]

内部流体はヒドラジン水 (防錆剤注入水) であるため、炭素鋼配管の腐食生成物の発生は抑制されているが、長期運転における腐食生成物堆積による弁体の固着が想定される。

しかしながら、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も現状保全を継続することで、機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(11) ばねの変形 (応力緩和)

[加圧器補助スプレイ逆止弁、よう素除去薬注逆止弁、濃縮液ポンプ出口逆止弁、補助蒸気格納容器隔離弁、C/V内脱塩水供給第2隔離弁、I A S格納容器隔離用逆止弁、格納容器空気サンプリング戻り内側逆止弁、R C P冷却水第1出口弁バイパス弁 (内隔離弁)]

ばねは弁の開閉の繰り返し及びある一定の応力状態にて長時間保持されることにより、変形 (応力緩和) が想定される。

しかしながら、リフト逆止弁のばねは、高粘性流体を取り扱うラインにおける使用を考慮して着座性をよくするために設けられているもので、川内2号炉で使用している水や空気等を取り扱うラインでは流体の粘性が低く弁体の自重のみで閉止可能であるため、仮にばねの応力緩和が生じたとしても弁の機能に影響しない。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

2.2.4 消耗品及び定期取替品

ガスケット及びシールプレートは分解点検時に取り替える消耗品であり、長期使用は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。

表2.2-1 川内2号炉 加圧器補助スプレイ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	部 位	消耗品・ 定期 取 替 品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考
				減 肉		割 れ		材質変化		その他	
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐蝕割れ	熱時効	劣 化		
バウンダリの維持	弁 箱 (弁座と一体)		ステンレス鋼 (ステライト肉盛)	△*1		○					*1：シート面 *2：弁蓋ガイド部 *3：変形（応力緩和）
	弁 蓋		ステンレス鋼	△*2							
	シールプレート	◎	—								
閉止機能の維持 作動機能の維持	弁 体		ステンレス鋼 (ステライト肉盛)	△*1,2							
	ば ね		ステンレス鋼							△*3	

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-2 川内2号炉 よう素除去薬注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	部 位	消耗品・ 定期 取 替 品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考
				減 肉		割 れ		材質変化		その他	
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐蝕割れ	熱時効	劣 化		
バウンダリの維持	弁 箱 (弁座と一体)		ステンレス鋼 (ステライト肉盛)	△*1	△		△				*1：シート面 *2：弁蓋ガイド部 *3：変形（応力緩和）
	弁 蓋		ステンレス鋼	△*2	△		△				
	シールプレート	◎	—								
閉止機能の維持 作動機能の維持	弁 体		ステンレス鋼 (ステライト肉盛)	△*1,2	△		△				
	ば ね		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2.2-3 川内2号炉 濃縮液ポンプ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	部 位	消耗品・ 定期 取 替 品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考
				減 肉		割 れ		材質変化		その他	
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐蝕割れ	熱時効	劣 化		
バウンダリの維持	弁 箱 (弁座と一体)		ステンレス鋼 (ステライト肉盛)	△*1			△				*1：シート面 *2：弁蓋ガイド部 *3：変形（応力緩和）
	弁 蓋		ステンレス鋼	△*2			△				
	シールプレート	◎	—								
閉止機能の維持 作動機能の維持	弁 体		ステンレス鋼 (ステライト肉盛)	△*1,2			△				
	ば ね		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2.2-4 川内2号炉 補助蒸気格納容器隔離弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
				減 肉		割 れ		材質変化			その他
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐蝕割れ	熱時効	劣 化		
バウンダリの維持	弁 箱 (弁座と一体)		炭 素 鋼 (ステライト肉盛)	△*2	△*1 △(外面)					*1：流れ加速型腐食 *2：シート面 *3：弁蓋ガイド部 *4：変形（応力緩和）	
	弁 蓋		炭 素 鋼	△*3	△*1 △(外面)						
	弁蓋ボルト		低合金鋼		△						
	ガスケット	◎	—								
閉止機能の維持 作動機能の維持	弁 体		ステンレス鋼	△*2,3							
	ば ね		ステンレス鋼						△*4		

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-5 川内2号炉 電動補助給水ポンプミニマムフロー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	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
				減 肉		割 れ		材質変化			その他
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐蝕割れ	熱時効	劣 化		
バウンダリの維持	弁 箱 (弁座と一体)		炭 素 鋼 (ステンレス鋼肉盛)	△*1	△ △(外面)					*1：シート面 *2：弁蓋ガイド部	
	弁 蓋		炭 素 鋼	△*2	△ △(外面)						
	弁蓋ボルト		低合金鋼		△						
	ガスケット	◎	—								
閉止機能の維持 作動機能の維持	弁 体		ステンレス鋼 (ステライト肉盛)	△*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2.2-6 川内2号炉 C/V内脱塩水供給第2隔離弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考
				減 肉		割 れ		材質変化		その他	
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐蝕割れ	熱時効	劣 化		
バウンダリの維持	弁 箱 (弁座と一体)		ステンレス鋼 (ステライト肉盛)	△*1							*1：シート面 *2：弁蓋ガイド部 *3：変形（応力緩和）
	弁 蓋		ステンレス鋼	△*2							
	弁蓋ボルト		低合金鋼		△						
	ガスケット	◎	—								
閉止機能の維持 作動機能の維持	弁 体		ステンレス鋼	△*1,2							
	ば ね		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2.2-7 川内2号炉 IAS格納容器隔離用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	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考
				減 肉		割 れ		材質変化		その他	
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐蝕割れ	熱時効	劣 化		
バウンダリの維持	弁 箱 (弁座と一体)		炭 素 鋼 (ステライト肉盛)	△*1	△ △(外面)						*1：シート面 *2：弁蓋ガイド部 *3：変形（応力緩和）
	弁 蓋		炭 素 鋼	△*2	△ △(外面)						
	弁蓋ボルト		低合金鋼		△						
	ガスケット	◎	—								
閉止機能の維持 作動機能の維持	弁 体		ステンレス鋼	△*1,2							
	ば ね		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2.2-8 川内2号炉 格納容器空気サンプリング戻り内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	部 位	消耗品・ 定期 取 替 品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考
				減 肉		割 れ		材質変化		その他	
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐蝕割れ	熱時効	劣 化		
バウンダリの維持	弁 箱 (弁座と一体)		ステンレス鋼 (ステライト肉盛)	△*1							*1：シート面 *2：弁蓋ガイド部 *3：変形（応力緩和）
	弁 蓋		ステンレス鋼	△*2							
	シールプレート	◎	—								
閉止機能の維持 作動機能の維持	弁 体		ステンレス鋼 (ステライト肉盛)	△*1,2							
	ば ね		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2.2-9 川内2号炉 RCP冷却水第1出口弁バイパス弁（内隔離弁）に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考
				減 肉		割 れ		材質変化		その他	
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐蝕割れ	熱時効	劣 化		
バウンダリの維持	弁 箱 (弁座と一体)		炭 素 鋼 (ステライト肉盛)	△*1	△ △(外面)						*1：シート面 *2：弁蓋ガイド部 *3：固着 *4：変形（応力緩和）
	弁 蓋		炭 素 鋼	△*2	△ △(外面)						
	弁蓋ボルト		低合金鋼		△						
	ガスケット	◎	—								
閉止機能の維持 作動機能の維持	弁 体		ステンレス鋼	△*1,2						△*3	
	ば ね		ステンレス鋼							△*4	

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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 弁箱の疲労割れ [加圧器補助スプレイ逆止弁]

a. 事象の説明

弁箱は、プラントの起動・停止時等による熱過渡を繰り返し受けるため、疲労が蓄積する。

b. 技術評価

① 健全性評価

加圧器補助スプレイ逆止弁の高応力部位を対象とした健全性評価を以下に示す要領にて実施した。

評価対象部位を図2.3-1に示す。

弁箱に発生する応力については、「(社)日本機械学会 設計・建設規格 (JSME S NC1-2005/2007)」に基づき評価した。

また、使用環境を考慮した疲労については、「(社)日本機械学会 環境疲労評価手法 (JSME S NF1-2009)」に基づき評価した。

疲労評価に用いた過渡回数を表2.3-1に示す。なお、2019年度末までの運転実績に基づき推定した2020年度以降の評価対象期間での推定過渡回数を包含し、より保守的に設定した過渡回数とした。

評価結果を表2.3-2に示すが、許容値を満足する結果が得られている。

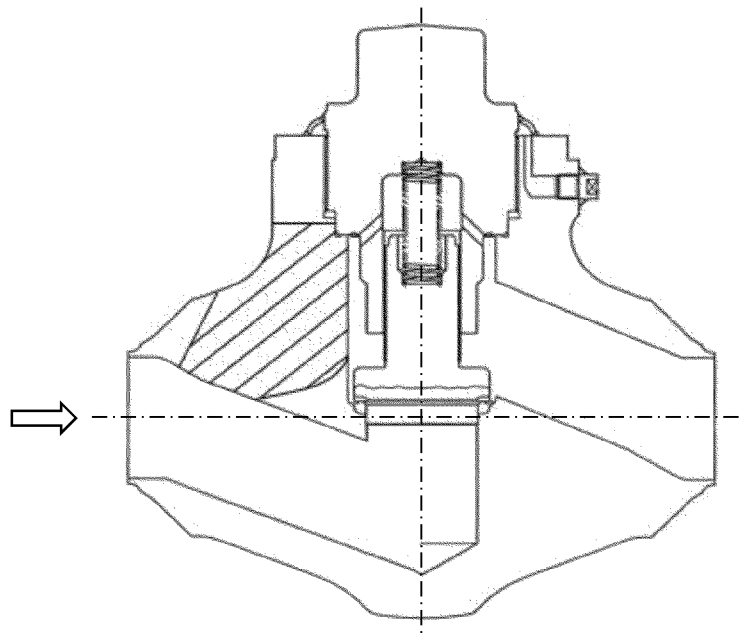


図2.3-1 川内2号炉 加圧器補助スプレイ逆止弁
弁箱の疲労評価対象部位 (斜線部)

表2.3-1 川内2号炉 加圧器補助スプレイ逆止弁 弁箱の疲労評価に用いた過渡回数

	過 渡 項 目	運転実績に基づく過渡回数	
		2020年3月末時点	運転開始後60年 時点での推定値
運 転 状 態 I	起動（温度上昇率55.6℃/h）	36	69
	停止（温度下降率55.6℃/h）	34	69
	負荷上昇（負荷上昇率5%/min）	322	824
	負荷減少（負荷減少率5%/min）	313	815
	90%から100%へのステップ状負荷上昇	1	3
	100%から90%へのステップ状負荷減少	2	4
	100%からの大きいステップ状負荷減少	1	3
	定常負荷運転時の変動 ^{*1}	—	—
	燃料交換	24	63
	0%から15%への負荷上昇	35	67
	15%から0%への負荷減少	28	60
運 転 状 態 II	1 ループ停止 / 1 ループ起動		
	I) 停 止	0	2
	II) 起 動	0	2
	負荷の喪失	4	6
	外部電源喪失	1	4
	1次冷却材流量の部分喪失	0	2
	100%からの原子炉トリップ		
	I) 不注意な冷却を伴わないトリップ	1	7
	II) 不注意な冷却を伴うトリップ	0	2
	III) 不注意な冷却と安全注入を伴うトリップ	0	2
	1次冷却系の異常な減圧	0	2
制御棒クラスタの落下	0	2	
出力運転中の非常用炉心冷却系の誤起動	0	2	
1次冷却系停止ループの誤起動	0	2	
タービン回転試験	2	2	
1次系漏えい試験	31	64	

*1：設計評価においては、1次冷却材温度±1.7℃、圧力±0.34MPaの変動があるものとしているが、この過渡項目の疲労累積係数への寄与は小さく、また、実際には通常運転中のゆらぎとして、このような変動は生じていない

表2.3-2 川内2号炉 弁箱の疲労評価結果

評価対象	疲 労 累 積 係 数 (許容値：1以下)	
	設計・建設規格 による解析	環境疲労評価手法 による解析
加圧器補助スプレイ逆止弁	0.011	0.064

② 現状保全

弁箱の疲労割れについては、定期的を目視確認を実施し、有意な異常がないことを確認すると共に、定期的な漏えい検査を実施し健全性を確認している。さらに、高経年化技術評価に合わせて、実績過渡回数に基づく評価を実施することとしている。

③ 総合評価

健全性評価結果から判断して、弁箱の疲労割れ発生の可能性はないと考える。

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

また、弁箱の疲労割れによる機器の健全性への影響は漏えい検査により、異常のないことは目視確認により検知可能であり、点検手法として適切である。

c. 高経年化への対応

弁箱の疲労割れについては、実績過渡回数の確認を継続的に実施し、運転開始後60年時点の推定過渡回数を上回らないことを確認する。

3. 代表機器以外への展開

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

なお、経年劣化事象の抽出にあたっては、2章の代表機器における経年劣化事象の抽出と同様に水平展開機器各々の構造、材料、使用条件等の特殊性を考慮して選定している。

3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

3.1.1 弁箱の疲労割れ [化学体積制御系統のリフト逆止弁]

プラントの起動・停止時等に発生する内部流体の温度、圧力変化を受ける加圧器補助スプレイ逆止弁の疲労評価結果では表2.3-2に示すように疲労割れが発生する可能性はないと考えられ、当該弁と同等以下の過渡しか受けないその他の弁についても、疲労割れが発生する可能性はないと考える。

また、弁箱の疲労割れによる機器の健全性への影響は漏えい検査により、異常のないことは目視確認により検知可能であり、点検手法として適切である。

したがって、弁箱の疲労割れについては、現状保全項目に、高経年化対策の観点から追加すべきものはないと判断する。

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

2.2.3の1)又は2)に該当する事象であるが、保全によりその傾向が維持できていることを確認している事象（日常劣化管理事象）を以下に示す。

なお、日常劣化管理事象ではない事象はない。

3.2.1 弁箱、弁蓋等の腐食（全面腐食）

[1次冷却材系統、気体廃棄物処理系統、安全注入系統、非常用ディーゼル発電機系統、制御用空気系統、潤滑・制御油系統、大容量空冷式発電機系統のリフト逆止弁]

炭素鋼製の弁箱、弁蓋等は腐食が想定される。

しかしながら、内部流体は希ガス等、窒素、乾燥した空気又は油で腐食が発生し難い環境にあり、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

3.2.2 弁箱、弁蓋等の腐食（流れ加速型腐食）

[主給水系統、補助蒸気系統のリフト逆止弁]

炭素鋼製の弁箱、弁蓋等は、内部流体が蒸気又は給水であるため、内部流体による流れ加速型腐食により減肉が想定される。

しかしながら、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

3.2.3 弁箱、弁蓋等の腐食（全面腐食）

[換気空調系統、補助給水系統、非常用ディーゼル発電機系統、所内用空気系統、補助蒸気系統のリフト逆止弁]

炭素鋼製の弁箱、弁蓋等は、内部流体が空気、給水（飽和溶存酸素濃度：最大約8ppm）であるため、長期使用により腐食が想定される。

しかしながら、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

3.2.4 弁箱、弁蓋（外面）の腐食（全面腐食）〔炭素鋼製等の弁共通〕

炭素鋼製等の弁箱及び弁蓋は腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部は塗装等により腐食を防止しており、塗装等が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、巡視点検等で目視により塗装等の状態を確認し、はく離等が認められた場合には必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

3.2.5 弁箱等（外面）の応力腐食割れ〔原子炉補機冷却海水系統のリフト逆止弁〕

屋外に設置されたステンレス鋼製の弁箱等は、大気中の海塩粒子等の塩分が付着した場合、塩化物イオンにより応力腐食割れが想定される。

しかしながら、大気接触部は塗装又は防水措置（保温）を施しており、大気中の海塩粒子が付着する可能性は小さく、塗装又は防水措置（保温）が健全であれば応力腐食割れの可能性は小さい。

また、巡視点検等で目視により塗装又は防水措置（保温）の状態を確認し、必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

3.2.6 弁蓋ボルトの腐食（全面腐食）〔ステンレス鋼製弁蓋ボルトを除く弁共通〕

弁蓋ボルトはガスケットからの漏えいにより、内部流体によるボルトの腐食が想定される。

しかしながら、締付管理により漏えい防止を図っており、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

3.2.7 弁体、弁箱弁座部（シート面）の摩耗 [共通]

弁体、弁箱弁座部シート面は弁の開閉による摩耗が想定される。

しかしながら、分解点検時の目視確認により状態を確認し、必要に応じてシート面摺り合わせ手入れ、取替を行うことにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

3.2.8 弁蓋（ガイド部）、弁体ガイド、弁体の摩耗 [共通]

弁の開閉により、弁蓋（ガイド部）又は弁体ガイドと弁体の摩耗が想定される。

しかしながら、摺動荷重は加わず、有意な摩耗が発生する可能性は小さい。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

3.2.9 ばねの変形（応力緩和） [ばねのある弁共通]

ばねは弁の開閉の繰り返し及びある一定の応力状態にて長時間保持されることにより、変形（応力緩和）が想定される。

しかしながら、リフト逆止弁のばねは、高粘性流体を取り扱うラインにおける使用を考慮して着座性をよくするために設けられているもので、川内2号炉で使用している水や空気等を取り扱うラインでは流体の粘性が低く弁体の自重のみで閉止可能であるため、仮にばねの応力緩和が生じたとしても弁の機能に影響しない。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

3.2.10 基礎ボルトの劣化 [原子炉補機冷却海水系統のリフト逆止弁]

ケミカルアンカは樹脂を使用しており、劣化が想定される。

基礎ボルトの健全性評価については各機器で共通であることから、機械設備の技術評価書のうち「基礎ボルト」にて評価を実施するものとし、本評価書には含めていない。

1. 7 安全逃がし弁

[対象機器]

- ① 1次冷却材系統安全逃がし弁
- ② 化学体積制御系統安全逃がし弁
- ③ 原子炉補機冷却水系統安全逃がし弁
- ④ 原子炉補機冷却海水系統安全逃がし弁
- ⑤ 気体廃棄物処理系統安全逃がし弁
- ⑥ 1次系試料採取系統安全逃がし弁
- ⑦ 安全注入系統安全逃がし弁
- ⑧ 余熱除去系統安全逃がし弁
- ⑨ 原子炉格納容器スプレイ系統安全逃がし弁
- ⑩ 主蒸気系統安全逃がし弁
- ⑪ 2次系復水系統安全逃がし弁
- ⑫ 2次系ドレン系統安全逃がし弁
- ⑬ 主給水系統安全逃がし弁
- ⑭ 補助給水系統安全逃がし弁
- ⑮ タービンランド蒸気系統安全逃がし弁
- ⑯ 非常用ディーゼル発電機系統安全逃がし弁
- ⑰ 制御用空気系統安全逃がし弁
- ⑱ 補助蒸気系統安全逃がし弁
- ⑲ 潤滑・制御油系統安全逃がし弁

目 次

1. 対象機器及び代表機器の選定	1
1.1 グループ化の考え方及び結果	1
1.2 代表機器の選定	1
2. 代表機器の技術評価	4
2.1 構造、材料及び使用条件	4
2.2 経年劣化事象の抽出	16
3. 代表機器以外への展開	23
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象	23
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象	23

1. 対象機器及び代表機器の選定

川内2号炉で使用されている主要な安全逃がし弁の主な仕様を表1-1に示す。

これらの安全逃がし弁を設置場所、内部流体及び材料の観点からグループ化し、それぞれのグループより以下のとおり代表機器を選定した。

1.1 グループ化の考え方及び結果

表1-1に示す安全逃がし弁について、設置場所、内部流体及び材料を分離基準として考えると、合計4つのグループに分類される。

1.2 代表機器の選定

- (1) 設置場所：屋内、内部流体：1次冷却材・ほう酸水、材料：ステンレス鋼

このグループには、1次冷却材系統、化学体積制御系統、安全注入系統、余熱除去系統及び原子炉格納容器スプレイ系統の安全逃がし弁が属するが、重要度が高く、使用条件が厳しい加圧器安全弁を代表機器とする。

- (2) 設置場所：屋内・屋外、内部流体：蒸気・給水、材料：炭素鋼・銅合金

このグループには、主蒸気系統、2次系復水系統、2次系ドレン系統、主給水系統、補助給水系統、タービンランド蒸気系統及び補助蒸気系統の安全逃がし弁が属するが、重要度が高い主蒸気安全弁を代表機器とする。

- (3) 設置場所：屋内・屋外、内部流体：希ガス等・空気・窒素・ヒドラジン水・油、
材料：炭素鋼・銅合金・鋳鉄・ステンレス鋼

このグループには、原子炉補機冷却水系統、気体廃棄物処理系統、安全注入系統、非常用ディーゼル発電機系統、制御用空気系統、潤滑・制御油系統及び1次系試料採取系統の安全逃がし弁が属するが、重要度が高い空気だめ安全弁を代表機器とする。

- (4) 設置場所：屋内、内部流体：海水、材料：ステンレス鋼

このグループには、補機冷却クーラ海水逃がし弁のみが属しているため、補機冷却クーラ海水逃がし弁を代表機器とする。

表1-1(1/2) 川内2号炉 安全逃がし弁の主な仕様

分離基準			台数	該当系統	選定基準				代表機器の選定		
設置場所	内部流体	材 料			口径(B)	重要度*1	使用条件		選定	代 表 弁	選定理由
							最高使用圧力 (MPa[gage])	最高使用温度 (°C)			
屋 内	1次冷却材 ほう酸水	ステンレス鋼	3	1次冷却材系統	6	PS-1、MS-1 重*3	約17.2	約360	◎	加圧器安全弁 (6B 約17.2MPa 約360°C)	重要度 使用条件
			5	化学体積制御系統	1~3	MS-1、高*2 重*3	約0.98~4.1	約95~200			
			2	安全注入系統	1	高*2、重*3	約4.1、約18.8	約150、約200			
			4	余熱除去系統	1、3	MS-1、高*2 重*3	約4.1	約200			
			1	原子炉格納容器スプレイ系統	1	重*3	約2.7	約150			
屋内・屋外	蒸 気 給 水	炭 素 鋼 銅 合 金	21	主蒸気系統	5	MS-1、重*3	約7.5~7.8	約291	◎	主蒸気安全弁 (5B 約7.5~7.8MPa 約291°C)	重要度
			3	2次系復水系統	1	高*2	約4.0	約80			
			12	2次系ドレン系統	3、6	高*2	約0.20~2.8	約135~235			
			2	主給水系統*4	1	高*2	約11.0	約200			
			4	補助給水系統	1	高*2、重*3	約0.7、約7.5	約40、約291			
			2	タービンランド蒸気系統	2・1/2、5	高*2	約0.69、約2.0	約180、約220			
			5	補助蒸気系統	1・1/2~6	高*2	約0.09~2.8	約170~235			

*1：機能は最上位の機能を示す

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

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

*4：2次系給水系統を含む

表1-1(2/2) 川内2号炉 安全逃がし弁の主な仕様

分離基準			台数	該当系統	選定基準			代表機器の選定			
設置場所	内部流体	材 料			口径(B)	重要度*1	使用条件		選定	代 表 弁	選定理由
			最高使用圧力 (MPa[gage])	最高使用温度 (°C)							
屋内・屋外	希ガス等	炭素鋼	12	原子炉補機冷却水系統	3/4、4	重*3	約0.34、約0.98	約50、約95	◎	空気だめ安全弁 (φ20 約3.2MPa 約50°C)	重要度
	空 気	銅 合 金	8	気体廃棄物処理系統	1	PS-2	約0.98	約65、約95			
	窒 素	鑄 鉄	1	1次系試料採取系統	3/8	重*3	約0.98	約95			
	ヒドラジン水	ステンレス鋼	3	安全注入系統	1	重*3	約4.9	約150			
	油		6	非常用ディーゼル発電機系統	φ20、3/4	MS-1、重*3	約0.78、約3.2	約50、約80			
			6	制御用空気系統	1、2	高*2、重*3	約0.22、約0.83	約50、約170			
			4	潤滑・制御油系統	3/8	高*2	約4.9	約70			
屋 内	海 水	ステンレス鋼	2	原子炉補機冷却海水系統	1・1/2	重*3	約0.69	約50	◎	補機冷却機海水逃がし弁 (1・1/2B 約0.69MPa 約50°C)	

*1：機能は最上位の機能を示す

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

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

2. 代表機器の技術評価

本章では1章で代表機器とした以下の4種類の安全逃がし弁について技術評価を実施する。

- ① 加圧器安全弁
- ② 主蒸気安全弁
- ③ 空気だめ安全弁
- ④ 補機冷却クーラ海水逃がし弁

2.1 構造、材料及び使用条件

2.1.1 加圧器安全弁

(1) 構造

川内2号炉の加圧器安全弁は安全逃がし弁であり、1次冷却材系統に3台設置されている。

弁本体は流体を内包するバウンダリを構成する耐圧部（弁箱、弁蓋、弁蓋ボルト、ガスケット、ベローズ）、流体を仕切る隔離部（弁体、弁座）及び弁体を作動させる作動部（弁棒、ばね）からなる。

弁箱はステンレス鋼鋳鋼、弁体はニッケル基合金、弁座にはステンレス鋼をそれぞれ使用しており、1次冷却材に接液している。

川内2号炉の加圧器安全弁の構造図を図2.1-1に示す。

(2) 材料及び使用条件

川内2号炉の加圧器安全弁主要部位の使用材料及び使用条件を表2.1-1及び表2.1-2に示す。

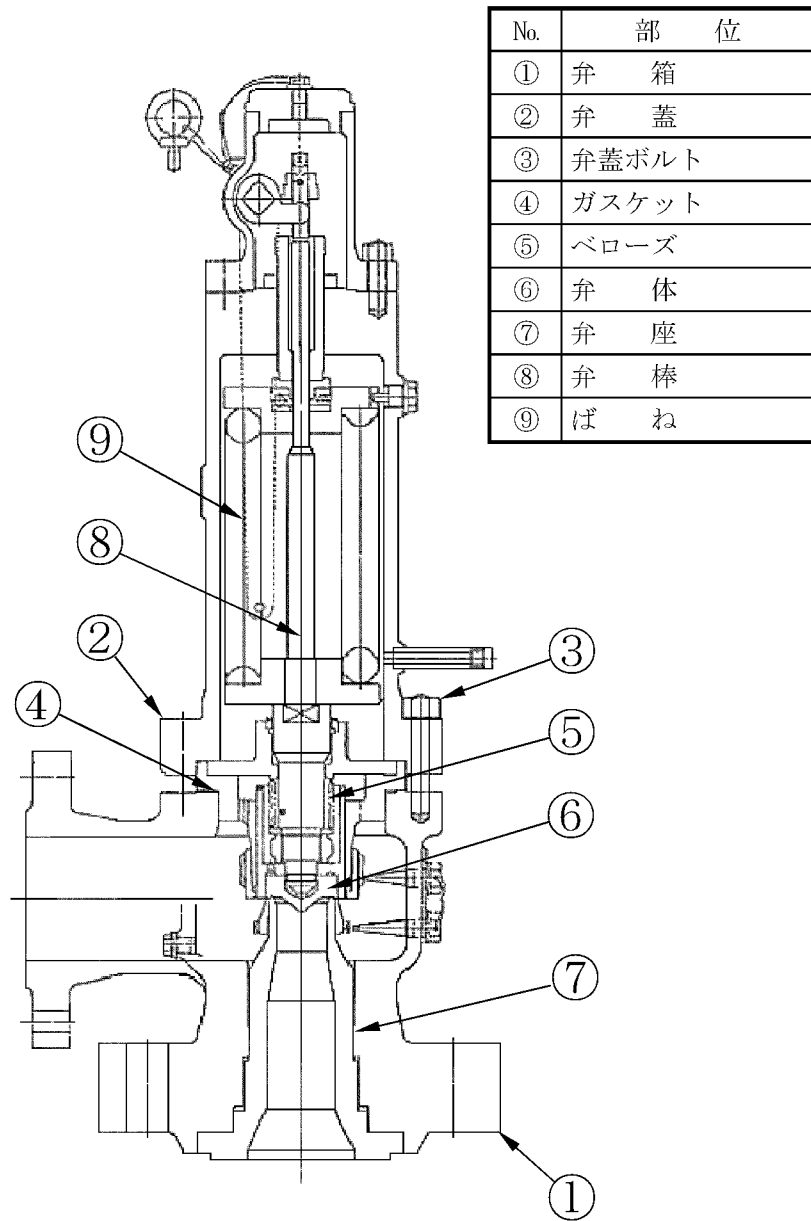


図2.1-1 川内2号炉 加圧器安全弁構造図

表2.1-1 川内2号炉 加圧器安全弁主要部位の使用材料

部 位	材 料
弁 箱	ステンレス鋼鋳鋼
弁 蓋	炭素鋼鋳鋼
弁蓋ボルト	低合金鋼
ガスケット	消耗品・定期取替品
ペローズ	消耗品・定期取替品
弁 体	ニッケル基合金
弁 座	ステンレス鋼（ステライト肉盛）
弁 棒	ステンレス鋼（ステライト肉盛）
ば ね	ばね鋼

表2.1-2 川内2号炉 加圧器安全弁の使用条件

最高使用圧力	約17.2MPa[gage]
最高使用温度	約360℃
内 部 流 体	1次冷却材

2.1.2 主蒸気安全弁

(1) 構造

川内2号炉の主蒸気安全弁は安全逃がし弁であり、主蒸気系統に21台設置されている。

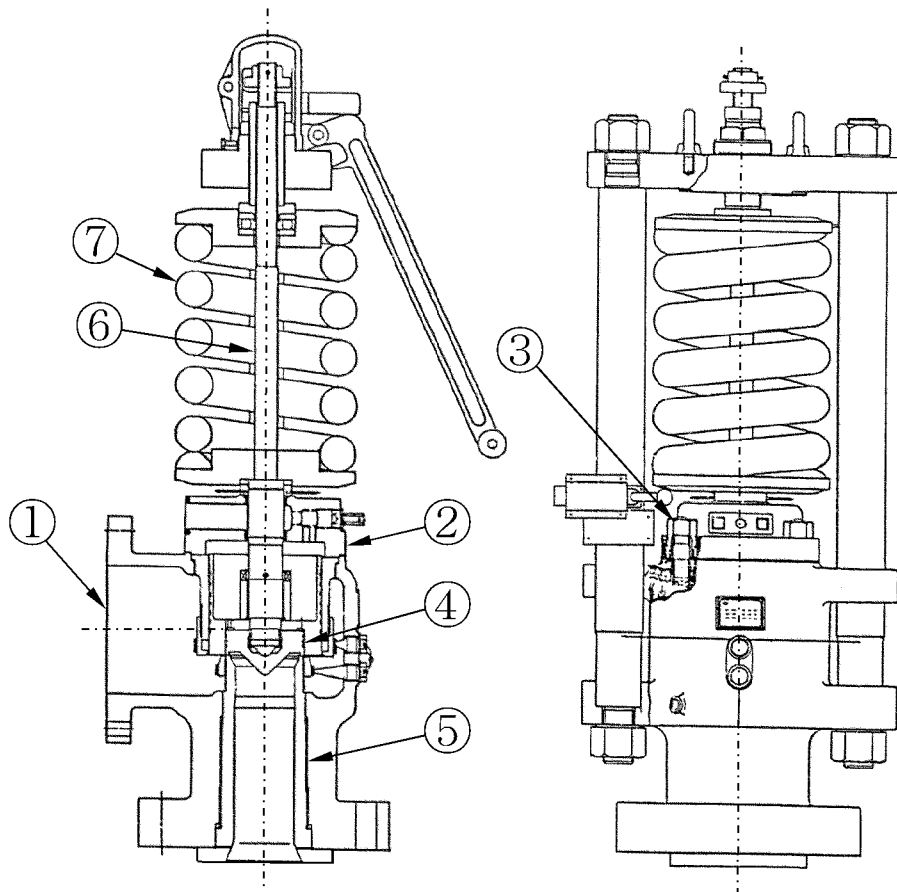
弁本体は流体を内包するバウンダリを構成する耐圧部（弁箱、弁蓋、弁蓋ボルト）、流体を仕切る隔離部（弁体、弁座）及び弁体を作動させる作動部（弁棒、ばね）からなる。

弁箱は炭素鋼鋳鋼、弁体はステンレス鋼、弁座には炭素鋼をそれぞれ使用しており、蒸気に接している。

川内2号炉の主蒸気安全弁の構造図を図2.1-2に示す。

(2) 材料及び使用条件

川内2号炉の主蒸気安全弁主要部位の使用材料及び使用条件を表2.1-3及び表2.1-4に示す。



No.	部 位
①	弁 箱
②	弁 蓋
③	弁蓋ボルト
④	弁 体
⑤	弁 座
⑥	弁 棒
⑦	ば ね

図2.1-2 川内2号炉 主蒸気安全弁構造図

表2.1-3 川内2号炉 主蒸気安全弁主要部位の使用材料

部 位	材 料
弁 箱	炭素鋼鋳鋼
弁 蓋	炭素鋼鋳鋼
弁蓋ボルト	低合金鋼
弁 体	ステンレス鋼
弁 座	炭 素 鋼 (ステライト肉盛)
弁 棒	ステンレス鋼 (ステライト肉盛)
ば ね	ばね 鋼

表2.1-4 川内2号炉 主蒸気安全弁の使用条件

最高使用圧力	約7.5～7.8MPa[gage]
最高使用温度	約291℃
内 部 流 体	蒸 気

2.1.3 空気だめ安全弁

(1) 構造

川内2号炉の空気だめ安全弁は安全逃がし弁であり、非常用ディーゼル発電機系統に4台設置されている。

弁本体は流体を内包するバウンダリを構成する耐圧部（弁箱、弁蓋、弁蓋ボルト、ガスケット）、流体を仕切る隔離部（弁体、弁座）及び弁体を作動させる作動部（弁棒、ばね）からなる。

弁箱は炭素鋼鋳鋼、弁体及び弁座にはステンレス鋼をそれぞれ使用しており、空気に接している。

川内2号炉の空気だめ安全弁の構造図を図2.1-3に示す。

(2) 材料及び使用条件

川内2号炉の空気だめ安全弁主要部位の使用材料及び使用条件を表2.1-5及び表2.1-6に示す。

No.	部 位
①	弁 箱
②	弁 蓋
③	弁蓋ボルト
④	ガスケット
⑤	弁 体
⑥	弁 座
⑦	弁 棒
⑧	ば ね

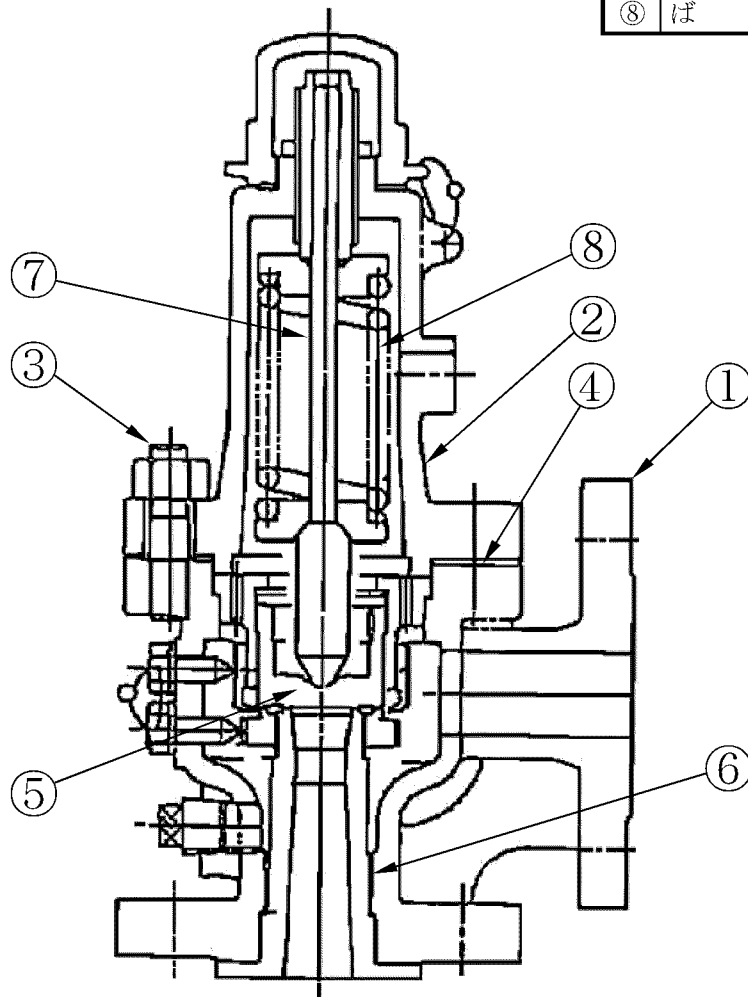


図2.1-3 川内2号炉 空気だめ安全弁構造図

表2.1-5 川内2号炉 空気だめ安全弁主要部位の使用材料

部 位	材 料
弁 箱	炭素鋼鋳鋼
弁 蓋	炭素鋼鋳鋼
弁蓋ボルト	炭 素 鋼
ガスケット	消耗品・定期取替品
弁 体	ステンレス鋼
弁 座	ステンレス鋼
弁 棒	ステンレス鋼
ば ね	ピアノ線

表2.1-6 川内2号炉 空気だめ安全弁の使用条件

最高使用圧力	約3.2MPa[gage]
最高使用温度	約50℃
内 部 流 体	空 気

2.1.4 補機冷却クーラ海水逃がし弁

(1) 構造

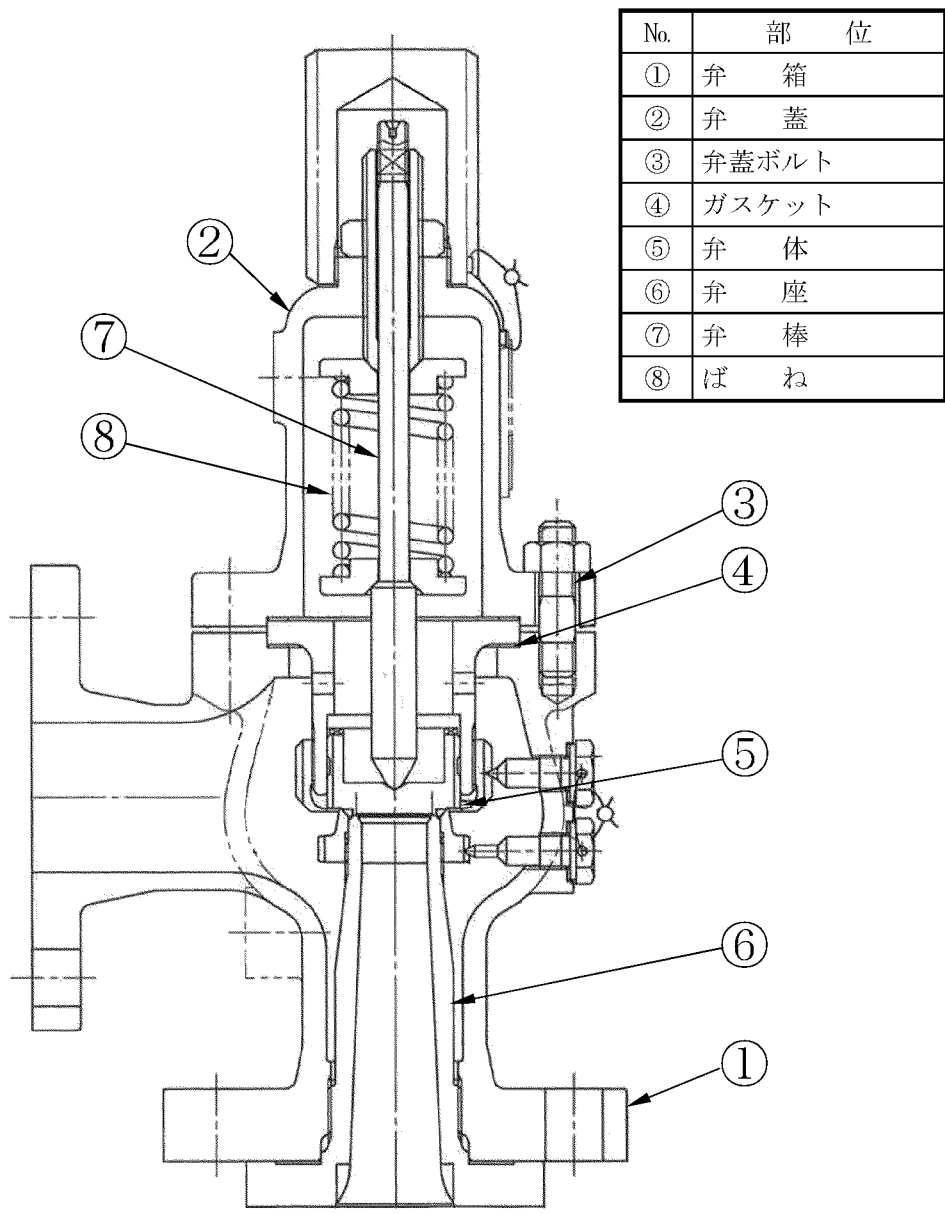
川内2号炉の補機冷却クーラ海水逃がし弁は安全逃がし弁であり、原子炉補機冷却海水系統に2台設置されている。

弁本体は流体を内包するバウンダリを構成する耐圧部（弁箱、弁蓋、弁蓋ボルト、ガスケット）、流体を仕切る隔離部（弁体、弁座）及び弁体を作動させる作動部（弁棒、ばね）からなる。

川内2号炉の補機冷却クーラ海水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

川内2号炉の補機冷却クーラ海水逃がし弁主要部位の使用材料及び使用条件を表2.1-7及び表2.1-8に示す。



No.	部 位
①	弁 箱
②	弁 蓋
③	弁蓋ボルト
④	ガスケット
⑤	弁 体
⑥	弁 座
⑦	弁 棒
⑧	ば ね

図2. 1-4 川内 2 号炉 補機冷却クーラ海水逃がし弁構造図

表2.1-7 川内2号炉 補機冷却クーラ海水逃がし弁主要部位の使用材料

部 位	材 料
弁 箱	消耗品・定期取替品
弁 蓋	消耗品・定期取替品
弁蓋ボルト	消耗品・定期取替品
ガスケット	消耗品・定期取替品
弁 体	消耗品・定期取替品
弁 座	消耗品・定期取替品
弁 棒	消耗品・定期取替品
ば ね	消耗品・定期取替品

表2.1-8 川内2号炉 補機冷却クーラ海水逃がし弁の使用条件

最高使用圧力	約0.69MPa[gage]
最高使用温度	約50℃
内 部 流 体	海 水

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機能達成に必要な項目

安全逃がし弁の機能である圧力抑制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 バウンダリの維持
- ② 閉止機能の維持
- 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

安全逃がし弁個々について、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の構造、材料、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、代表機器ごとに表2.2-1～表2.2-4に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象はない。

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

以下の事象（表2.2-1～表2.2-4で△となっているもの）については、想定される経年劣化事象であるが、

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

に該当するものについては、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した。

上記の1)又は2)に該当する事象であるが、保全によりその傾向が維持できていることを確認している事象（日常劣化管理事象）を以下に示す。

なお、日常劣化管理事象ではない事象はない。

(1) 弁箱、弁蓋等の腐食（全面腐食）

[加圧器安全弁、主蒸気安全弁、空気だめ安全弁]

弁箱、弁蓋及び弁座は炭素鋼鋳鋼又は炭素鋼製であり、長期使用により腐食が想定される。

しかしながら、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(2) 弁箱、弁蓋等（外面）の腐食（全面腐食）

[加圧器安全弁、主蒸気安全弁、空気だめ安全弁]

弁箱、弁蓋及び弁蓋ボルトは炭素鋼鋳鋼、低合金鋼又は炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部は塗装等により腐食を防止しており、塗装等が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、巡視点検等で目視により塗装等の状態を確認し、はく離等が認められた場合には必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(3) 弁体、弁座（シート面）及び弁棒の摩耗

[加圧器安全弁、主蒸気安全弁、空気だめ安全弁]

弁体、弁座シート面及び弁棒は弁の開閉による摩耗が想定される。

しかしながら、安全弁はシステムの異常昇圧時の保護目的で設置されており作動回数は少なく、これまでに有意な摩耗は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(4) ばねの変形（応力緩和）

[加圧器安全弁、主蒸気安全弁、空気だめ安全弁]

ばねは弁の開閉の繰り返し及びある一定の応力状態にて長期間保持されることにより、変形（応力緩和）が想定される。

しかしながら、ばねに発生する応力は弾性範囲内であり、日本ばね工業会にて実施したばね材料と使用環境温度の実態調査結果と比べて、当該ばねは同等以下の環境で使用しており、これまでに有意な変形は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認及び作動確認により、機器の健全性を確認している。

2.2.4 消耗品及び定期取替品

ガスケットは分解点検時に取り替えている消耗品であり、ベローズは目視確認の結果に基づき取り替えている消耗品である。また、補機冷却クーラ海水逃がし弁は定期取替品である。いずれも長期使用はせず取替えを前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

表2.2-1 川内2号炉 加圧器安全弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・ 定期 取 替 品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考
				減 肉		割 れ		材質変化		その他	
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐蝕割れ	熱時効	劣 化		
バウンダリの維持	弁 箱		ステンレス鋼鋳鋼								*1：変形（応力緩和）
	弁 蓋		炭素鋼鋳鋼		△ △(外面)						
	弁蓋ボルト		低合金鋼		△						
	ガスケット	◎	—								
	ベローズ	◎	—								
閉止機能の維持 作動機能の維持	弁 体		ニッケル基合金	△							
	弁 座		ステンレス鋼 (ステライト肉盛)	△							
	弁 棒		ステンレス鋼 (ステライト肉盛)	△							
	ば ね		ばね鋼							△*1	

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-2 川内2号炉 主蒸気安全弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・ 定期 取 替 品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考
				減 肉		割 れ		材質変化		その他	
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐蝕割れ	熱時効	劣 化		
バウンダリの維持	弁 箱		炭素鋼鋳鋼		△ △(外面)						*1：変形（応力緩和）
	弁 蓋		炭素鋼鋳鋼		△ △(外面)						
	弁蓋ボルト		低合金鋼		△						
閉止機能の維持 作動機能の維持	弁 体		ステンレス鋼	△							
	弁 座		炭 素 鋼 (ステライト肉盛)	△	△						
	弁 棒		ステンレス鋼 (ステライト肉盛)	△							
	ば ね		ばね鋼							△*1	

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-3 川内2号炉 空気だめ安全弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考
				減 肉		割 れ		材質変化		その他	
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐蝕割れ	熱時効	劣 化		
バウンダリの維持	弁 箱		炭素鋼鋳鋼		△ △(外面)						*1：変形（応力緩和）
	弁 蓋		炭素鋼鋳鋼		△ △(外面)						
	弁蓋ボルト		炭 素 鋼		△						
	ガスケット	◎	—								
閉止機能の維持 作動機能の維持	弁 体		ステンレス鋼	△							
	弁 座		ステンレス鋼	△							
	弁 棒		ステンレス鋼	△							
	ば ね		ピアノ線							△*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2.2-4 川内2号炉 補機冷却クーラ海水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	部 位	消耗品・ 定期 取 替 品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考
				減 肉		割 れ		材質変化		その他	
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐蝕割れ	熱時効	劣 化		
バウンダリの維持	弁 箱	◎	—								
	弁 蓋	◎	—								
	弁蓋ボルト	◎	—								
	ガスケット	◎	—								
閉止機能の維持 作動機能の維持	弁 体	◎	—								
	弁 座	◎	—								
	弁 棒	◎	—								
	ば ね	◎	—								

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。

なお、経年劣化事象の抽出にあたっては、2章の代表機器における経年劣化事象の抽出と同様に水平展開機器各々の構造、材料、使用条件等の特殊性を考慮して選定している。

3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

水平展開機器各々の構造、材料、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すると、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象はない。

3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

2.2.3の1)又は2)に該当する事象であるが、保全によりその傾向が維持できていることを確認している事象（日常劣化管理事象）を以下に示す。

なお、日常劣化管理事象ではない事象はない。

3.2.1 弁箱、弁蓋等の腐食（全面腐食）

[原子炉補機冷却水系統、気体廃棄物処理系統、2次系復水系統、2次系ドレン系統、主給水系統、補助給水系統、タービンブランド蒸気系統、非常用ディーゼル発電機系統、制御用空気系統、補助蒸気系統、潤滑・制御油系統の安全逃がし弁]

炭素鋼製等の弁箱及び弁蓋等は、長期使用により腐食が想定される。

しかしながら、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

3.2.2 弁箱、弁蓋等（外面）の腐食（全面腐食）[炭素鋼製等の弁共通]

炭素鋼製等の弁箱、弁蓋及び弁蓋ボルトは腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部は塗装等により腐食を防止しており、塗装等が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、巡視点検等で目視により塗装等の状態を確認し、はく離等が認められた場合には必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

3.2.3 弁体、弁座（シート面）及び弁棒の摩耗 [共通]

弁体、弁座シート面及び弁棒は弁の開閉による摩耗が想定される。

しかしながら、安全弁はシステムの異常昇圧時の保護目的で設置されており作動回数は少なく、これまでに有意な摩耗は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

3.2.4 ばねの変形（応力緩和） [共通]

ばねは弁の開閉の繰り返し及びある一定の応力状態にて長期間保持されることにより、変形（応力緩和）が想定される。

しかしながら、ばねに発生する応力は弾性範囲内であり、日本ばね工業会にて実施したばね材料と使用環境温度の実態調査結果と比べて、当該ばねは同等以下の環境で使用しており、これまでに有意な変形は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認及び作動確認により、機器の健全性を確認している。

2 一般弁（駆動部）

[対象機器]

2.1 電動装置

2.2 空気作動装置

2.1 電動装置

[対象機器]

- ① 1次冷却材系統弁電動装置
- ② 化学体積制御系統弁電動装置
- ③ 安全注入系統弁電動装置
- ④ 余熱除去系統弁電動装置
- ⑤ 原子炉格納容器スプレイ系統弁電動装置
- ⑥ 1次系試料採取系統弁電動装置
- ⑦ 主蒸気系統弁電動装置
- ⑧ 原子炉補機冷却水系統弁電動装置
- ⑨ 制御用空気系統弁電動装置
- ⑩ 原子炉補機冷却海水系統弁電動装置
- ⑪ 主給水系統弁電動装置
- ⑫ 補助給水系統弁電動装置
- ⑬ 換気空調系統弁電動装置
- ⑭ 消火系統弁電動装置

目 次

1. 対象機器及び代表機器の選定	1
1.1 グループ化の考え方及び結果	1
1.2 代表機器の選定	1
2. 代表機器の技術評価	3
2.1 構造、材料及び使用条件	3
2.2 経年劣化事象の抽出	15
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価	22
3. 代表機器以外への展開	29
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象	29
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象	31

1. 対象機器及び代表機器の選定

川内2号炉で使用されている弁を駆動する電動装置の主な仕様を表1-1に示す。

これらの電動装置を電動機の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

電動装置は、電動機や駆動装置等の組合せにより構成されており、使用する系統の条件には関係なく、弁本体の駆動力等の条件に適合する仕様を選定している。

構成機器のうち、駆動装置については電動機の仕様に依存せず、構造、材料等が同等であることから、経年劣化に対する健全性評価はいずれの仕様においても同等として評価する。また、電動機型式については交流電動機と直流電動機があり、個々に評価する。

したがって、表1-1に示す電動装置を電動機の型式で分類すると、2つのグループに分類される。

1.2 代表機器の選定

(1) 電動機型式：交流

交流電動機で、原子炉格納容器内のループ室内に設置され使用環境が厳しいRHRS入口隔離弁電動装置を代表機器とする。

(2) 電動機型式：直流

直流電動機で、主蒸気配管室内に設置され使用環境が厳しいT/D AFWP蒸気元弁電動装置を代表機器とする。

表1-1 川内2号炉 電動装置の主な仕様

分離基準	台数	選定基準					代表機器の選定		
		重要度*1	弁本体の口径(B)	使用場所			選定	代表弁	選定理由
原子炉格納容器内	原子炉格納容器外			周囲温度					
交流	129	MS-1重*2	3/8~22	○*3	○*3	約30~50℃	◎	RHRS入口隔離弁(SMB-3型、12B)	使用環境
直流	13	MS-1重*2	3~10	—	○*3	約40~45℃	◎	T/D AFWP蒸気元弁(SB-2D型、6B)	使用環境

*1：機能は最上位の機能を示す

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

*3：設計基準事故を考慮する

2. 代表機器の技術評価

本章では1章で代表機器とした以下の2種類の電動装置について技術評価を実施する。

- ① R H R S入口隔離弁電動装置
- ② T/D AFWP蒸気元弁電動装置

2.1 構造、材料及び使用条件

2.1.1 R H R S入口隔離弁電動装置

(1) 構造

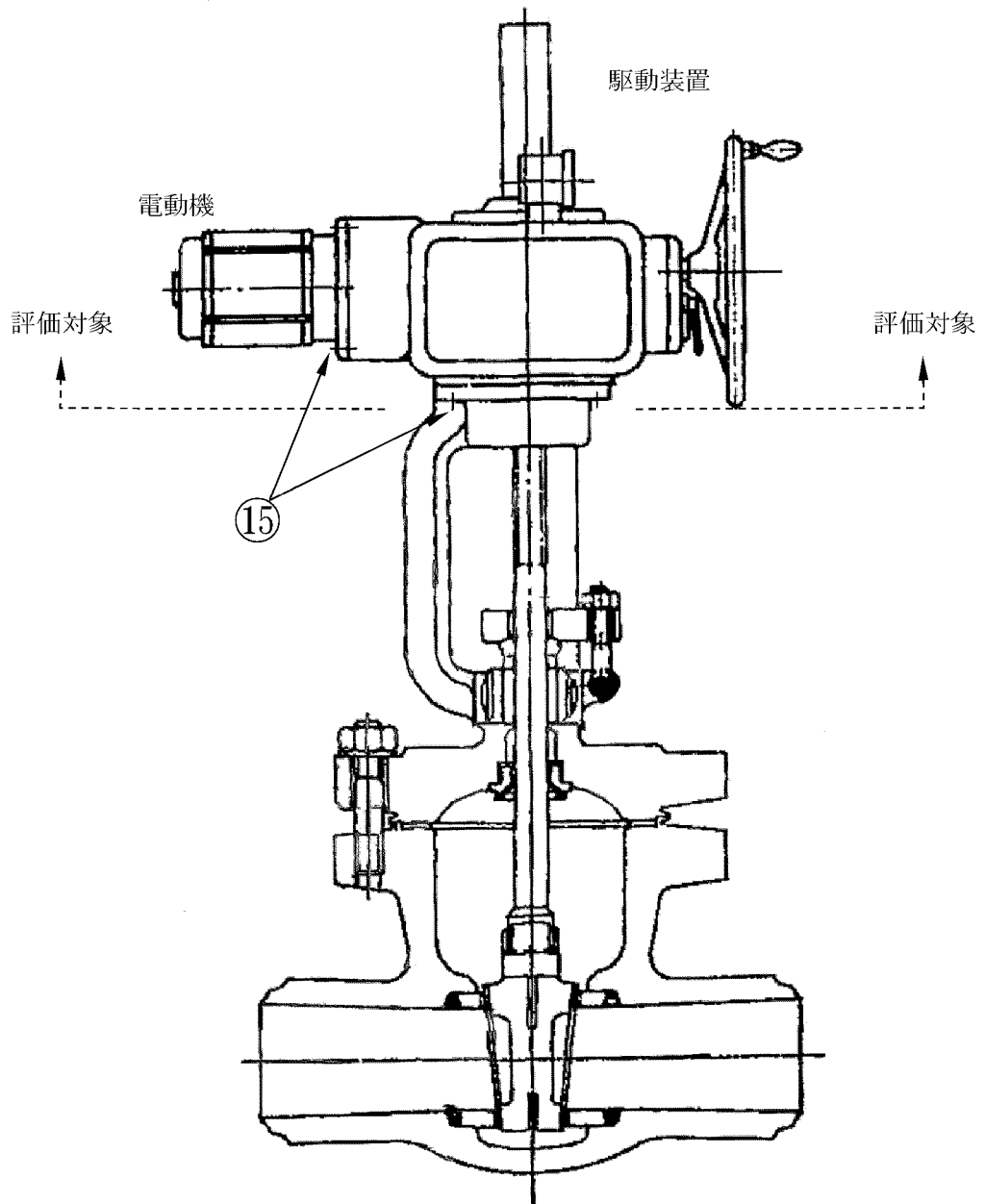
川内2号炉のR H R S入口隔離弁電動装置は、SMB-3型で余熱除去系統に2台設置されている。

電動装置は、電動機（低圧電動機）及び歯車等を内蔵した駆動装置で構成されており、電動機の回転力を歯車、ステムナットを介して弁本体の弁棒に伝達し、弁を駆動させる構造としている。

川内2号炉のR H R S入口隔離弁電動装置の構造図を図2.1-1に示す。

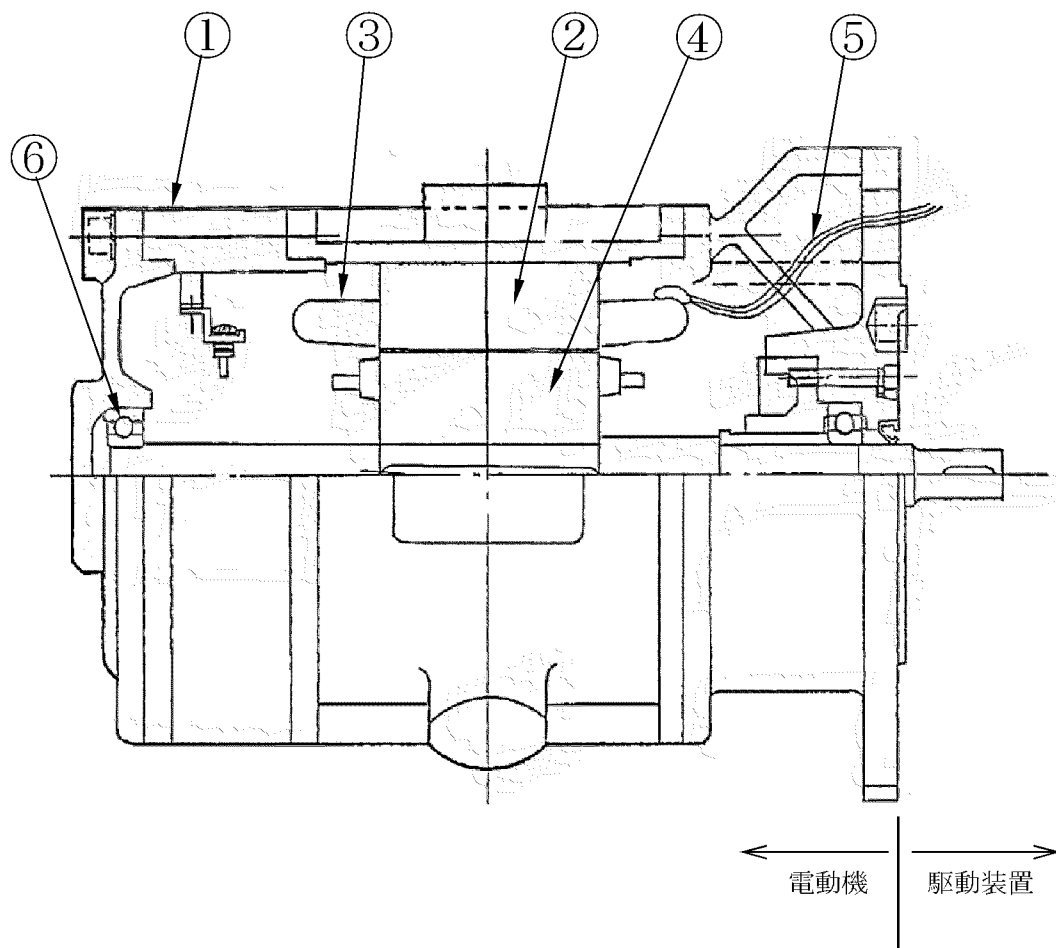
(2) 材料及び使用条件

川内2号炉のR H R S入口隔離弁電動装置の使用材料及び使用条件を表2.1-1及び表2.1-2に示す。



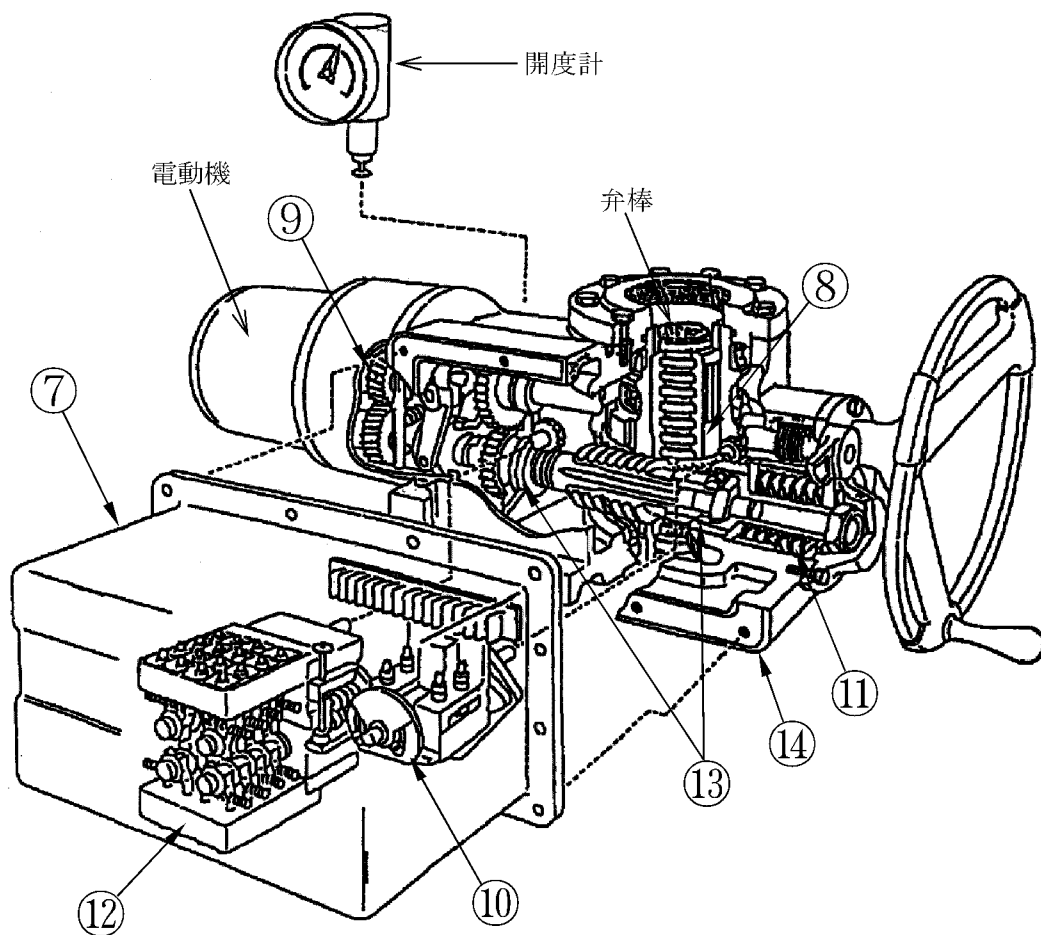
No.	部 位
⑮	取付ボルト

図2.1-1(1/3) 川内2号炉 RHR S入口隔離弁電動装置構造図



No.	部 位
①	フレーム
②	固定子コア
③	固定子コイル
④	回転子コア
⑤	口出線・接続部品
⑥	軸受（ころがり）

図2.1-1(2/3) 川内2号炉 RHR S入口隔離弁電動装置（電動機）構造図



No.	部 位
⑦	駆動装置ハウジング
⑧	ステムナット
⑨	歯 車
⑩	トルクスイッチ
⑪	トルクスプリングパック
⑫	リミットスイッチ
⑬	軸受 (ころがり)
⑭	ガスケット

図2.1-1(3/3) 川内2号炉 RHR S入口隔離弁電動装置（駆動装置）構造図

表2.1-1 川内2号炉 RHR S入口隔離弁電動装置主要部位の使用材料

部 位		材 料
電動機 組立部品	フレーム	鋳 鉄
	固定子コア	珪素鋼板
	固定子コイル	銅、ポリイミド/ポリアミドイミド (H種絶縁)
	回転子コア	珪素鋼板
	口出線・接続部品	銅、シリコーンゴム (H種絶縁)
	軸受 (ころがり)	消耗品・定期取替品
駆動装置 組立部品	駆動装置ハウジング	鋳 鉄
	ステムナット	銅合金鋳物
	歯 車	低合金鋼、銅合金鋳物
	トルクスイッチ	消耗品・定期取替品
	トルクスプリングパック	消耗品・定期取替品
	リミットスイッチ	消耗品・定期取替品
	軸受 (ころがり)	消耗品・定期取替品
	ガスケット	消耗品・定期取替品
支持部品	取付ボルト	炭 素 鋼

表2.1-2 川内2号炉 RHR S入口隔離弁電動装置の使用条件

	通常運転時	設計基準事故時
定 格 出 力	5.2kW	
定 格 電 圧	AC440V	
周 囲 温 度	約45℃*1	約127℃*3 (最高温度)
圧 力	約0.0098MPa[gage]以下	約0.245MPa[gage]*3 (最高圧力)
放 射 線	0.15Gy/h*2	602kGy*4 (最大集積線量)

- *1：通常運転時の原子炉格納容器内電動装置設置エリアのうちループ室の周囲温度実測値（複数の実測値の平均値のうち最大のもの）に余裕を加えた温度
- *2：通常運転時の原子炉格納容器内電動装置設置エリアのうちループ室の周囲線量率実測値（複数の実測値の平均値のうち最大のもの）に余裕を加えた線量率
- *3：新規制基準への適合性確認のための工事計画認可申請書「安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」記載値
- *4：IEEEに記載された、典型的なPWRプラントにおける事故時照射量を基に、川内1/2号炉の原子炉出力及び原子炉格納容器自由体積から算出した値

2.1.2 T/D AFWP蒸気元弁電動装置

(1) 構造

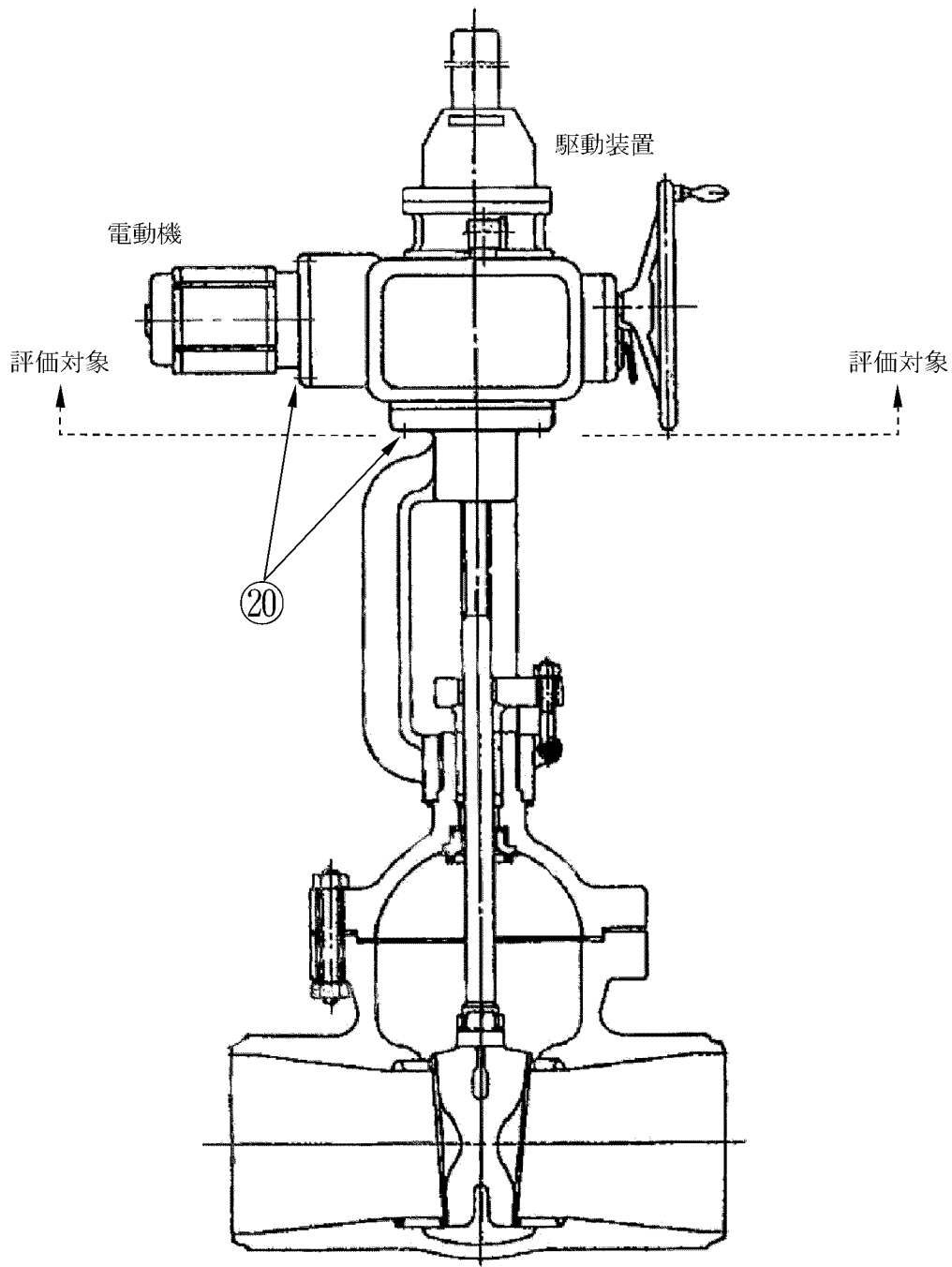
川内2号炉のT/D AFWP蒸気元弁電動装置は、SB-2D型で主蒸気系統に2台設置されている。

電動装置は、電動機（低圧電動機）及び歯車等を内蔵した駆動装置で構成されており、電動機の回転力を歯車、ステムナットを介して弁本体の弁棒に伝達し、弁を駆動させる構造としている。

川内2号炉のT/D AFWP蒸気元弁電動装置の構造図を図2.1-2に示す。

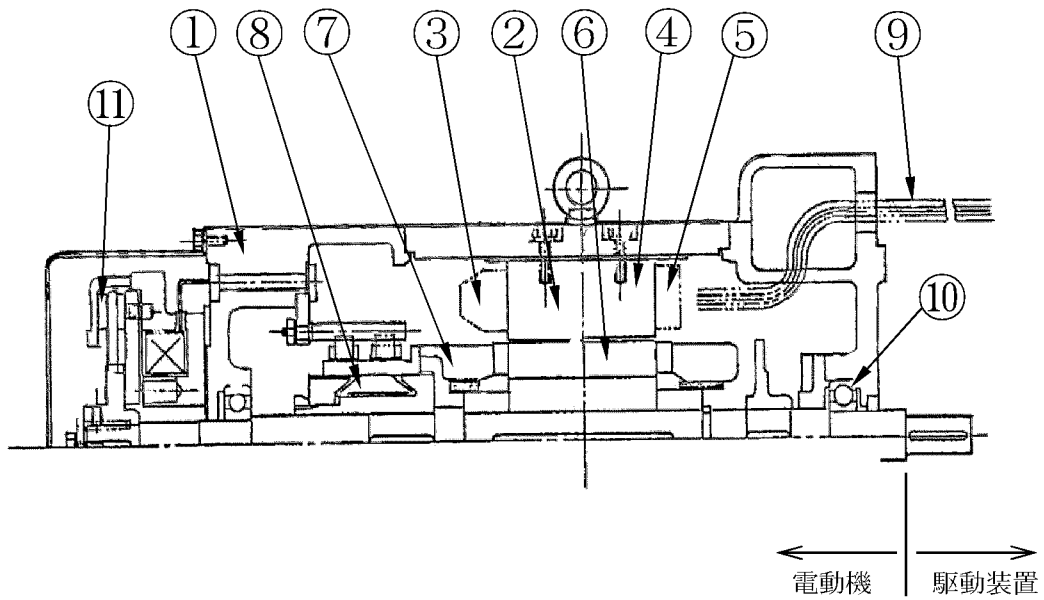
(2) 材料及び使用条件

川内2号炉のT/D AFWP蒸気元弁電動装置の使用材料及び使用条件を表2.1-3及び表2.1-4に示す。



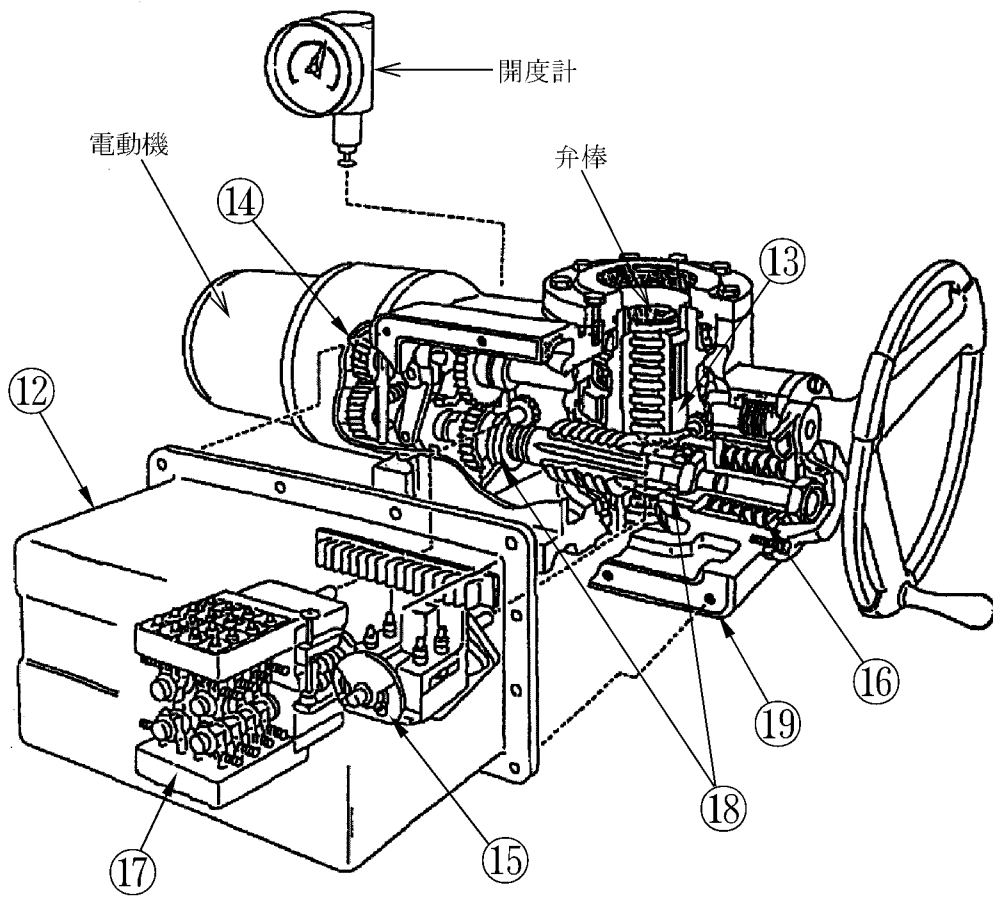
No.	部 位
②	取付ボルト

図2.1-2(1/3) 川内2号炉 T/D AFWP蒸気元弁電動装置構造図



No.	部 位	No.	部 位
①	フレーム	⑦	電機子コイル
②	主極コア	⑧	整流子
③	主極コイル	⑨	口出線・接続部品
④	補極コア	⑩	軸受（ころがり）
⑤	補極コイル	⑪	電磁ブレーキ
⑥	電機子コア		

図2. 1-2(2/3) 川内2号炉 T/D AFWP蒸気元弁電動装置（電動機）構造図



No.	部 位
⑫	駆動装置ハウジング
⑬	ステムナット
⑭	歯 車
⑮	トルクスイッチ
⑯	トルクスプリングバック
⑰	リミットスイッチ
⑱	軸受 (ころがり)
⑲	ガスケット

図2.1-2(3/3) 川内2号炉 T/D AFWP蒸気元弁電動装置 (駆動装置) 構造図

表2.1-3 川内2号炉 T/D AFWP蒸気元弁電動装置主要部位の使用材料

部 位	材 料	
電動機 組立部品	フレーム	軟 鋼
	主極コア	軟 鋼
	主極コイル	銅、ポリアミドイミド (H種絶縁)
	補極コア	軟 鋼
	補極コイル	銅、ポリアミドイミド (H種絶縁)
	電機子コア	珪素鋼板
	電機子コイル	銅、ポリアミドイミド (H種絶縁)
	整 流 子	銅 合 金
	口出線・接続部品	銅、ポリアミドイミド (H種絶縁)
	軸受 (ころがり)	消耗品・定期取替品
電磁ブレーキ	ポリアミドイミド (H種絶縁)	
駆動装置 組立部品	駆動装置ハウジング	鋳 鉄
	ステムナット	銅合金鋳物
	歯 車	低合金鋼、銅合金鋳物
	トルクスイッチ	消耗品・定期取替品
	トルクスプリングパック	消耗品・定期取替品
	リミットスイッチ	消耗品・定期取替品
	軸受 (ころがり)	消耗品・定期取替品
	ガスケット	消耗品・定期取替品
支持部品	取付ボルト	炭 素 鋼

表2.1-4 川内2号炉 T/D AFWP蒸気元弁電動装置の使用条件

	通常運転時	設計基準事故時	重大事故等時
定格出力	3.32kW		
定格電圧	DC125V		
周囲温度	約45°C*1	約165°C*2 (最高温度)	約50°C*3
圧力	大気圧	約0.108MPa[gage]*2 (最高圧力)	大気圧
放射線	—	30mGy/h*3	30mGy/h*3

*1：通常運転時の主蒸気配管室内電動装置設置エリアの周囲温度実測値（複数の実測値の平均値のうち最大のもの）に余裕を加えた温度

*2：メーカーデータ

*3：新規制基準への適合性確認のための工事計画認可申請書「安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」記載値

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機能達成に必要な項目

電動装置の機能である弁の開閉機能を維持するためには、次の2つの項目が必要である。

- ① 弁棒作動機能の確保
- 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

電動装置個々について機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の構造、材料、使用条件（温度等）及び現在までの運転経験を考慮し、代表機器ごとに表2.2-1～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。

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象（表2.2-1～表2.2-2で○となっているもの）としては以下の事象がある。

- (1) 電動機（低圧電動機）の固定子コイル [RHR S 入口隔離弁電動装置]、主極コイル、補極コイル、電機子コイル、電磁ブレーキ [T/D AFWP 蒸気元弁電動装置] 及び口出線・接続部品 [共通] の絶縁低下

固定子コイル、主極コイル、補極コイル、電機子コイル、電磁ブレーキ及び口出線・接続部品の絶縁物は有機物であり、機械的、熱的、電氣的及び環境的要因で経年劣化が進行し、絶縁性能の低下を起こす可能性があることから、経年劣化に対する評価が必要である。

なお、T/D AFWP 蒸気元弁電動装置の設計基準事故時及び重大事故等時における放射線の影響については軽微であると考え、健全性評価における劣化要因とはしていない。

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

以下の事象（表2.2-1～表2.2-2で△となっているもの）については、想定される経年劣化事象であるが

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

に該当するものについては、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した。

上記の1)又は2)に該当する事象であるが、保全によりその傾向が維持できていることを確認している事象（日常劣化管理事象）を以下に示す。

なお、日常劣化管理事象ではない事象はない。

(1) フレーム及び駆動装置ハウジングの腐食（全面腐食）〔共通〕

フレーム及び駆動装置ハウジングは鋳鉄又は軟鋼であり、腐食が想定される。しかしながら、内外面とも塗装により腐食を防止しており、塗装が健全であれば腐食の可能性は小さい。

また、分解点検時等の目視確認により塗装の状態を確認し、はく離が認められた場合には必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(2) 電動機（低圧電動機）の固定子コア、回転子コア〔RHR S入口隔離弁電動装置〕、主極コア、補極コア及び電機子コア〔T/D AFWP蒸気元弁電動装置〕の腐食（全面腐食）

固定子コア、回転子コア、主極コア、補極コア及び電機子コアは軟鋼又は珪素鋼板であり、腐食が想定される。

しかしながら、固定子コア、回転子コア、主極コア、補極コア及び電機子コアはエポキシモールド等により、腐食を防止しており、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目す

べき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時に目視確認により、機器の健全性を確認している。

(3) ステムナットの摩耗 [共通]

駆動装置内部は嵌合による摺動部があり、弁の開閉による摩耗が想定される。

しかしながら、ステムナットの嵌合部は潤滑油により摩耗を防止している。

また、分解点検時に目視確認することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(4) 歯車の摩耗 [共通]

駆動装置内部は嵌合による摺動部があり、弁の開閉による摩耗が想定される。

しかしながら、歯車の嵌合部は潤滑油により摩耗を防止しており、これまでに有意な摩耗は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時に目視確認することにより、機器の健全性を確認している。

(5) 整流子の摩耗 [T/D AFWP 蒸気元弁電動装置]

整流子は、ブラシとの摺動部が摩耗する可能性がある。

しかしながら、整流子材はブラシ材より硬質であることから摩耗の可能性は小さく、これまでに有意な摩耗は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時に目視確認することにより、機器の健全性を確認している。

(6) 電磁ブレーキのライニングのはく離 [T/D AFWP 蒸気元弁電動装置]

2008年7月、敦賀2号炉のタービン動補助給水ポンプ起動入口弁の直流電動機用電磁ブレーキにおいて、電磁ブレーキのライニングのはく離が発生しているが、この事象は、当該弁が外気の影響を受ける高湿度エリアに設置されていたことに伴い発生した結露水がライニングの接着面に浸透し、接着力を低下させたものである。

川内2号炉のT/D AFWP 蒸気元弁電動装置は屋内に設置され高湿度環境にはなく、またライニングはブレーキ板にリベット止めされていることからはく離の可能性は小さい。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時に目視確認することにより、機器の健全性を確認している。

(7) 取付ボルトの腐食（全面腐食） [共通]

取付ボルトは炭素鋼であり腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部は塗装により腐食を防止しており、塗装が健全であれば腐食の可能性は小さい。

また、巡視点検等で目視により塗装の状態を確認し、はく離が認められた場合には必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

2.2.4 消耗品及び定期取替品

軸受（ころがり）、トルクスプリングパック、トルクスイッチ、リミットスイッチ及びガスケットは分解点検時に取り替えている消耗品であり、長期使用はせず取替えを前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

表2.2-1 川内2号炉 RHR S入口隔離弁電動装置に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考			
				減 肉		割 れ		絶 縁	導 通	特 性		その他		
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁低下	導通不良	特性変化				
弁棒作動機能の確保	電動機組立部品	フレーム	鋳 鉄		△									
		固定子コア	珪素鋼板		△									
		固定子コイル	銅 ポリイミド/ ポリアミドイミド (H種絶縁)					○						
		回転子コア	珪素鋼板		△									
		口出線・接続部品	銅 シリコンゴム (H種絶縁)					○						
		軸受（ころがり）	◎	—										
	駆動装置組立部品	駆動装置ハウジング		鋳 鉄		△								
		ステムナット		銅合金鋳物	△									
		歯 車		低合金鋼 銅合金鋳物	△									
		トルクスイッチ	◎	—										
		トルクスプリングパック	◎	—										
		リミットスイッチ	◎	—										
		軸受（ころがり）	◎	—										
ガスケット	◎	—												
機器の支持	取付ボルト		炭 素 鋼		△									

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-2(1/2) 川内2号炉 T/D AFWP 蒸気元弁電動装置に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象								備 考
				減 肉		割 れ		絶 縁	導 通	特 性	その他	
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁低下	導通不良	特性変化		
弁棒作動機能の確保	電動機組立部品	フレーム	軟 鋼		△							*1:ライニングのはく離
		主極コア	軟 鋼		△							
		主極コイル	銅 ポリアミドイミド (H種絶縁)					○				
		補極コア	軟 鋼		△							
		補極コイル	銅 ポリアミドイミド (H種絶縁)					○				
		電機子コア	珪素鋼板		△							
		電機子コイル	銅 ポリアミドイミド (H種絶縁)					○				
		整流子	銅合金	△								
		口出線・接続部品	銅 ポリアミドイミド (H種絶縁)					○				
		軸受(ころがり)	◎	—								
	電磁ブレーキ		ポリアミドイミド (H種絶縁)					○		△*1		
	駆動装置組立部品	駆動装置ハウジング		鋳 鉄		△						
ステムナット			銅合金鋳物	△								
歯 車			低合金鋼 銅合金鋳物	△								

○：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2.2-2(2/2) 川内2号炉 T/D AFWP 蒸気元弁電動装置に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位		消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考		
					減 肉		割 れ		絶 縁	導 通	特 性		その他	
					摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁低下	導通不良	特性変化			
弁棒作動機能の確保	駆動装置組立部品	トルクスイッチ	◎	—										
		トルクスプリングパック	◎	—										
		リミットスイッチ	◎	—										
		軸受（ころがり）	◎	—										
		ガスケット	◎	—										
機器の支持	取付ボルト			炭素鋼		△								

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

2.3.1 電動機（低圧電動機）の固定子コイル [R H R S 入口隔離弁電動装置]、主極コイル、補極コイル、電機子コイル、電磁ブレーキ [T / D A F W P 蒸気元弁電動装置] 及び口出線・接続部品 [共通] の絶縁低下

a. 事象の説明

電動機（低圧電動機）の固定子コイル、主極コイル、補極コイル、電機子コイル、電磁ブレーキ及び口出線・接続部品の絶縁物は有機物であり、機械的、熱的、電氣的及び環境的要因で経年劣化が進行し、絶縁低下を起こす可能性がある。

b. 技術評価

① 健全性評価

事故時雰囲気内で機能要求がある R H R S 入口隔離弁電動装置については、絶縁物の温度、放射線、機械的及び設計基準事故時雰囲気による劣化を考慮し、T / D A F W P 蒸気元弁電動装置についても、絶縁物の温度、放射線、機械的及び設計基準事故時雰囲気による劣化を考慮した評価を、実機同等品による長期健全性試験において、判定基準を除き、I E E E S t d . 3 8 2 - 1 9 9 6 「IEEE Standard for Qualification of Actuators for Power-Operated Valve Assemblies With Safety-Related Functions for Nuclear Power Plants」(以下、「IEEE Std. 382-1996」という。)の規格に準じて実施しており、この結果に基づき長期間の健全性を評価した。

R H R S 入口隔離弁電動装置については、図2.3-1に長期健全性試験手順を、表2.3-1に長期健全性試験条件を示す。

T / D A F W P 蒸気元弁電動装置については、図2.3-2に長期健全性試験手順を、表2.3-3に長期健全性試験条件を示す。

試験条件は、電動装置の絶縁物の60年間の運転期間を想定した温度、放射線及び機械的劣化条件を包絡している。

なお、重大事故等時の環境条件は、設計基準事故時の劣化条件に包絡している。

R H R S 入口隔離弁電動装置については、試験結果は、表2.3-2に示す通り判定基準を満足しており、60年間の通常運転後においても、絶縁機能を維持できると判断する。

T/D AFWP蒸気元弁電動装置についても、試験結果は、表2.3-4に示す通り判定基準を満足しており、60年間の通常運転後においても、絶縁機能を維持できると判断する。

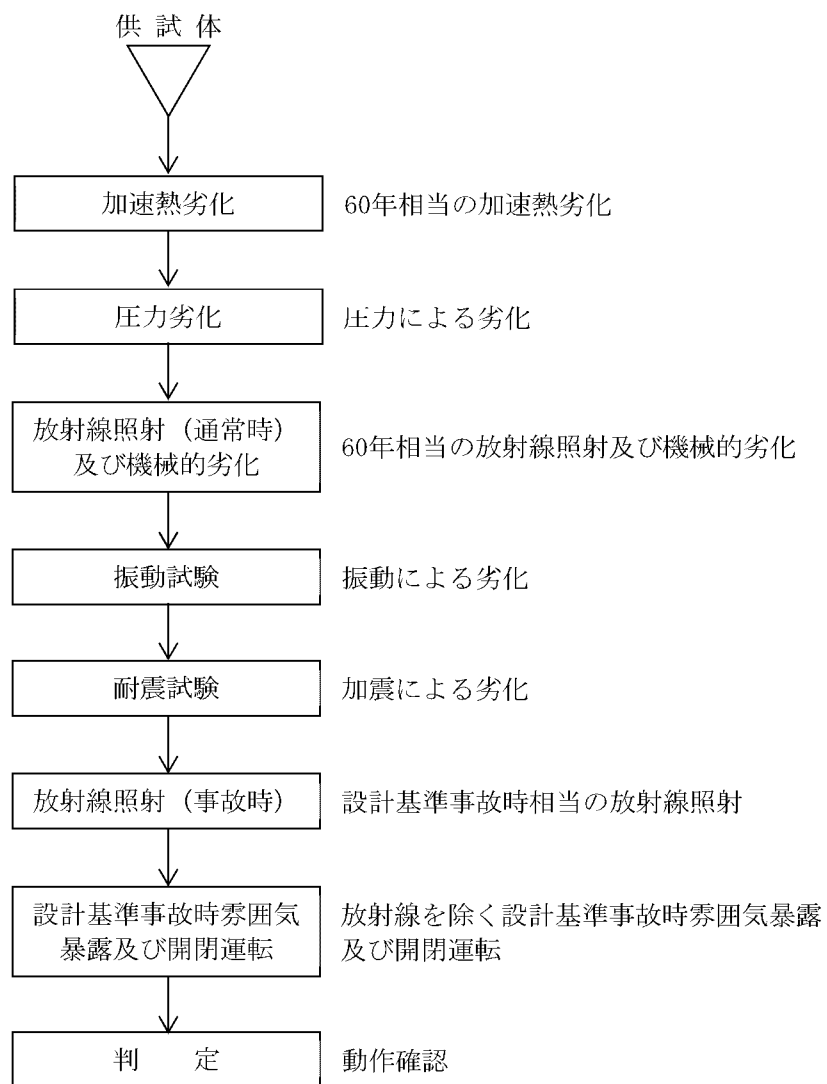


図2.3-1 RHR S入口隔離弁電動装置の電動機の長期健全性試験手順

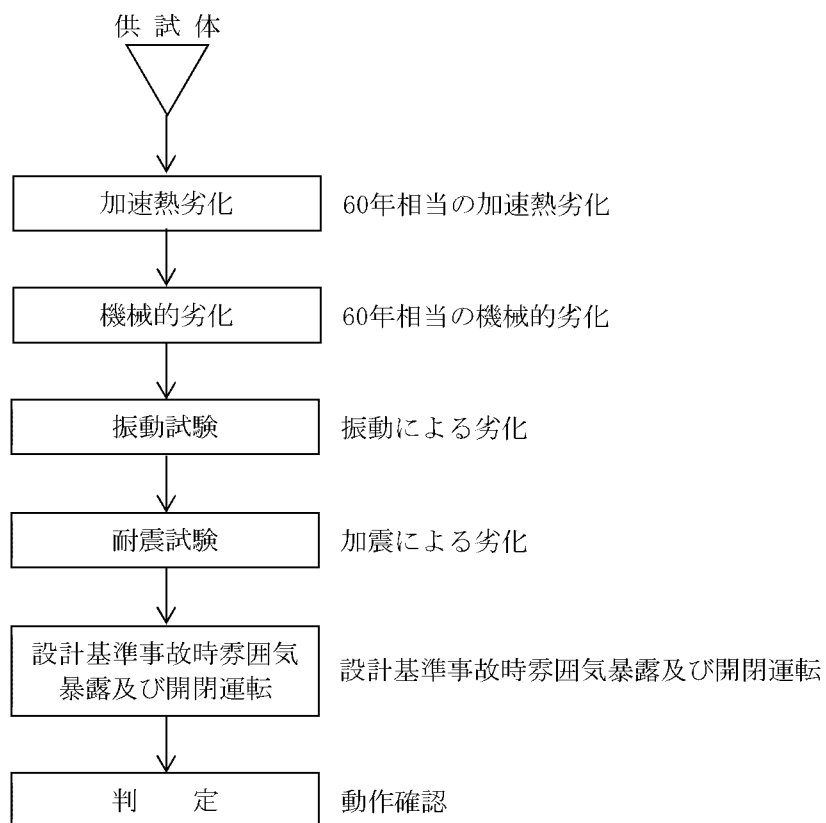


図2.3-2 T/D AFWP 蒸気元弁電動装置の電動機の長期健全性試験手順

表2.3-1 R H R S 入口隔離弁電動装置の電動機の絶縁低下に関する長期健全性試験条件*1

	試 験 条 件	説 明
加速熱劣化	130℃×475時間*2 及び 115℃×139時間*3	通常運転時の原子炉格納容器内電動装置設置エリアのうちループ室の周囲温度実測値（複数の実測値の平均値のうち最大のもの）に余裕を加えた温度（約45℃）に余裕をみた温度（50℃）で、60年間運転を包絡している。
圧力劣化	0.45MPa×3分×23回	川内2号炉の60年間運転を包絡している。
放射線照射 (通常時) 及び 機械的劣化	放射線照射量：500kGy (10kGy/h以下) 機械劣化：3,000回開閉操作	川内2号炉の60年間の通常時線量約79kGy*4 を包絡している。 川内2号炉の60年間の動作回数（約1,400回） を包絡している。
振動試験	加速度：0.75G 周波数：5～100～5Hz 時間：135分	IEEE Std. 382-1996に基づく
耐震試験	加振波形：正弦波 加速度：水平方向6G 鉛直方向6G	日本電気協会 原子力発電所耐震設計技術指 針追補版 JEAG4601-1991に基づく
放射線照射 (事故時)	放射線照射量：1,500kGy (10kGy/h以下)	川内2号炉の設計基準事故時線量約602kGyを 包絡している。
設計基準事故 時雰囲気暴露 及び開閉運転	温度：最高温度190℃ 圧力：最高圧力0.41MPa 時間：360時間 開閉往復運動回数：13回	川内2号炉の設計基準事故時の最高圧力（約 0.245MPa）、最高温度（約127℃）を包絡して いる。 IEEE Std. 382-1996に基づく

*1：電磁ブレーキ付き交流モータの電動装置で実施

*2：モータ単体での加速熱劣化試験条件

*3：モータ等を組み込んだ弁電動装置一式での加速熱劣化試験条件

*4：通常運転時の原子炉格納容器内電動装置設置エリアのうちループ室の周囲線量率実測値（複数の実測値の平均値のうち最大のもの）に余裕を加えた線量率から算出した集積線量（0.15[Gy/h]×(24×365.25)[h/y]×60[y]=79kGy）

表2.3-2 R H R S 入口隔離弁電動装置の電動機の長期健全性試験結果

項 目	判 定*1
動作確認	良

*1：メーカー基準

表2.3-3 T/D AFWP蒸気元弁電動装置の電動機の絶縁低下に関する
長期健全性試験条件*1

	試験条件	説明
加速熱劣化	110°C×100時間*2 及び 110°C×575時間*3	通常運転時の主蒸気配管室内電動装置設置エリアの周囲温度実測値(複数の実測値の平均値のうち最大のもの)に余裕を加えた温度(約45°C)で、60年間運転を包絡している。
機械的劣化	機械劣化：3,000回開閉操作	川内2号炉の60年間の動作回数(約1,500回)を包絡している。
振動試験	加速度：0.75G 周波数：5~100~5Hz 時間：135分	IEEE Std. 382-1996に基づく
耐震試験	加振波形：正弦波 加速度：水平方向6G 鉛直方向6G	日本電気協会 原子力発電所耐震設計技術指針追補版 JEAG4601-1991に基づく
設計基準事故時雰囲気暴露及び開閉運転	温度：最高温度175°C 圧力：最高圧力0.2MPa 時間：24時間 開閉往復運動回数：6回	川内2号炉の設計基準事故時の最高圧力(約0.108MPa)、最高温度(約165°C)を包絡している。 IEEE Std. 382-1996に基づく

*1：電磁ブレーキ付き直流モータの電動装置で実施

*2：モータ単体での加速熱劣化試験条件

*3：部品を組み込んだ弁駆動装置一式での加速熱劣化試験条件

表2.3-4 T/D AFWP蒸気元弁電動装置の電動機の長期健全性試験結果

項目	判定*1
動作確認	良

*1：メーカー基準

② 現状保全

固定子コイル、主極コイル、補極コイル、電機子コイル、電磁ブレーキ及び口出線・接続部品の絶縁低下に対しては、定期的な絶縁抵抗測定により、許容値以上であることの確認を行っている。

③ 総合評価

健全性評価結果から判断して、事故時雰囲気内で機能要求のあるRHR S 入口隔離弁電動装置の電動機及びT/D AFWP蒸気元弁電動装置の電動機については、固定子コイル、主極コイル、補極コイル、電機子コイル、電磁ブレーキ及び口出線・接続部品の絶縁低下により機器の健全性に影響を与える可能性はないと考える。

なお、絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり点検手法として適切である。

c. 高経年化への対応

RHR S 入口隔離弁電動装置の電動機及びT/D AFWP蒸気元弁電動装置の電動機の固定子コイル、主極コイル、補極コイル、電機子コイル、電磁ブレーキ及び口出線・接続部品の絶縁低下については、現状保全項目に、高経年化対策の観点から追加すべきものはないと判断する。

なお、より実機条件に即した電気・計装設備の長期健全性評価手法の構築に関する検討が国プロジェクト「電気・計装設備の健全性評価技術調査研究」で実施されており、今後その成果の反映を検討していく。

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。

なお、経年劣化事象の抽出にあたっては、2章の代表機器における経年劣化事象の抽出と同様に、水平展開機器各々の構造、材料、使用条件等の特殊性を考慮して選定している。

3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

3.1.1 電動機（低圧電動機）の固定子コイル [交流電動装置]、主極コイル、補極コイル、電機子コイル [直流電動装置]、電磁ブレーキ [電磁ブレーキ付き電動機の弁電動装置共通] 及び口出線・接続部品 [共通] の絶縁低下

事故時雰囲気内で機能要求のある電動装置の電動機（加圧器逃がし元弁、RCP封水戻りライン第1隔離弁（内隔離弁）、RCP冷却水第1出口弁（内隔離弁）、ループ高温側サンプル弁（内隔離弁）、C/V雰囲気サンプル取出弁（内隔離弁）、C/V圧力逃がし装置第1隔離弁（内隔離弁）、蓄圧タンク出口弁、RHR S入口弁（内隔離弁）、主蒸気逃がし弁元弁、C/V出口主蒸気管ドレン元弁（外隔離弁）、主蒸気隔離弁上流ドレン元弁（外隔離弁）、主給水隔離弁（外隔離弁）、補助給水隔離弁（外隔離弁）、IAS格納容器隔離弁）については、代表機器と同様な仕様、構造及び使用条件であり、健全性評価結果から判断して、絶縁低下による機器の健全性に影響を与える可能性はないと考える。

また、絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切である。

したがって、事故時雰囲気内で機能要求のある電動装置の固定子コイル、電磁ブレーキ及び口出線・接続部品の絶縁低下については、現状保全項目に、高経年化対策の観点から追加すべきものはないと判断する。

なお、より実機条件に即した電気・計装設備の長期健全性評価手法の構築に関する検討が国プロジェクト「電気・計装設備の健全性評価技術調査研究」で実施されており、今後その成果の反映を検討していく。

事故時雰囲気内で機能要求のない電動装置の電動機については、密閉構造であり塵埃及び湿分が付着しにくい環境にある。また、連続運転ではなく間欠的に作動するもので、弁開閉に伴う作動時間も数十秒程度と短いことから、コイルの発熱による温度上昇は小さいと考える。さらに、固定子コイル、主極コイル、補極コイル、電機子コイル、電磁ブレーキ及び口出線・接続部品の絶縁物は使用温度に比べて、十分余裕のある絶縁種別（E種～H種：許容最高温度120℃～180℃）

を選択して使用していることから、絶縁低下の可能性は小さいと考えるが、絶縁低下が生じる可能性は否定できない。

絶縁低下は、絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切である。

よって、現状保全を継続することで健全性を維持できると考える。

したがって、固定子コイル、主極コイル、補極コイル、電機子コイル、電磁ブレーキ及び口出線・接続部品の絶縁低下については、引き続き定期的に絶縁抵抗測定を実施していく。

3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

2.2.3の1)又は2)に該当する事象であるが、保全によりその傾向が維持できていることを確認している事象（日常劣化管理事象）を以下に示す。

なお、日常劣化管理事象ではない事象はない。

3.2.1 フレーム及び駆動装置ハウジングの腐食（全面腐食）〔共通〕

フレーム及び駆動装置ハウジングは炭素鋼、鋳鉄又は軟鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、内外面とも塗装により腐食を防止しており、塗装が健全であれば腐食の可能性は小さい。

また、分解点検時等の目視確認により塗装の状態を確認し、はく離が認められた場合には必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

3.2.2 電動機（低圧電動機）の固定子コア、回転子コア〔交流電動装置〕、主極コア、補極コア及び電機子コア〔直流電動装置〕の腐食（全面腐食）

固定子コア、回転子コア、主極コア、補極コア及び電機子コアは軟鋼又は珪素鋼板であり、腐食が想定される。

しかしながら、固定子コア、回転子コア、主極コア、補極コア及び電機子コアはエポキシモールド等により、腐食を防止しており、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時に目視確認により、機器の健全性を確認している。

3.2.3 ステムナットの摩耗〔共通〕

駆動装置内部は嵌合による摺動部があり、弁の開閉による摩耗が想定される。

しかしながら、ステムナットの嵌合部は潤滑油により摩耗を防止している。

また、分解点検時に目視確認することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

3.2.4 歯車の摩耗 [共通]

駆動装置内部は嵌合による摺動部があり、弁の開閉による摩耗が想定される。

しかしながら、歯車の嵌合部は潤滑油により摩耗を防止しており、これまでに有意な摩耗は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時に目視確認することにより、機器の健全性を確認している。

3.2.5 整流子の摩耗 [整流子のある電動装置共通]

整流子は、ブラシとの摺動部が摩耗する可能性がある。

しかしながら、整流子材はブラシ材より硬質であることから摩耗の可能性は小さく、これまでに有意な摩耗は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時に目視確認することにより、機器の健全性を確認している。

3.2.6 電磁ブレーキのライニングのはく離 [電磁ブレーキ付きの電動装置共通]

2008年7月、敦賀2号炉のタービン動補助給水ポンプ起動入口弁の直流電動機用電磁ブレーキにおいて、電磁ブレーキのライニングのはく離が発生しているが、この事象は、当該弁が外気の影響を受ける高湿度エリアに設置されていたことに伴い発生した結露水がライニングの接着面に浸透し、接着力を低下させたものである。

川内2号炉の電動装置は屋内に設置され高湿度環境にはなく、結露水が発生しやすい環境にないことからはく離の可能性は小さい。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時に目視確認することにより、機器の健全性を確認している。

3.2.7 取付ボルトの腐食（全面腐食）〔共通〕

取付ボルトは炭素鋼であり腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部は塗装により腐食を防止しており、塗装が健全であれば腐食の可能性は小さい。

また、巡視点検等で目視により塗装の状態を確認し、はく離が認められた場合には必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

2.2 空気作動装置

[対象機器]

- ① 1次冷却材系統弁空気作動装置
- ② 化学体積制御系統弁空気作動装置
- ③ 安全注入系統弁空気作動装置
- ④ 余熱除去系統弁空気作動装置
- ⑤ 1次系試料採取系統弁空気作動装置
- ⑥ 気体廃棄物処理系統弁空気作動装置
- ⑦ 主蒸気系統弁空気作動装置
- ⑧ 主給水系統弁空気作動装置
- ⑨ 補助給水系統弁空気作動装置
- ⑩ 原子炉補機冷却水系統弁空気作動装置
- ⑪ 換気空調系統弁空気作動装置
- ⑫ 炉内核計装ガスパーズ系統弁空気作動装置
- ⑬ 空調用冷水系統弁空気作動装置
- ⑭ 消火系統弁空気作動装置
- ⑮ 制御用空気系統弁空気作動装置
- ⑯ 液体廃棄物処理系統弁空気作動装置
- ⑰ 蒸気発生器ブローダウン系統弁空気作動装置
- ⑱ 空気サンプリング系統弁空気作動装置
- ⑲ 原子炉格納容器真空逃がし系統弁空気作動装置

目 次

1. 対象機器及び代表機器の選定	1
1.1 グループ化の考え方及び結果	1
1.2 代表機器の選定	1
2. 代表機器の技術評価	3
2.1 構造、材料及び使用条件	3
2.2 経年劣化事象の抽出	13
3. 代表機器以外への展開	20
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象	20
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象	21

1. 対象機器及び代表機器の選定

川内2号炉で使用されている弁を駆動する空気作動装置の主な仕様を表1-1に示す。

これらの空気作動装置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

空気作動装置は、ダイヤフラム型空気作動装置とシリンダ型空気作動装置に分かれるが、いずれもダイヤフラム又はシリンダとばねからなる駆動部と付属品の組合せにより構成されている。使用されている各構成機器は空気作動装置の仕様に依存せず、構造、材料等が同等であることから、空気作動装置の経年劣化に対する健全性評価はいずれの仕様においても同等として評価する。

したがって、表1-1に示す空気作動装置について、型式及び設置場所で分離すると、2つのグループに分類される。

1.2 代表機器の選定

(1) 型式：ダイヤフラム型空気作動装置、設置場所：屋内

このグループから、重要度が高く、連続制御する主蒸気逃がし弁の空気作動装置を代表機器とする。

(2) 型式：シリンダ型空気作動装置、設置場所：屋内

このグループから、重要度が高く、使用状況が厳しい主蒸気隔離弁の空気作動装置を代表機器とする。

表1-1 川内2号炉 空気作動装置の主な仕様

分離基準		台数	仕様	選定基準			代表機器の選定		
				弁本体の口径(B)	重要度*1	使用条件	選定	代表弁	選定理由
型式	設置場所	周囲温度							
ダイヤフラム型 空気作動装置	屋内	142	連続制御 ON-OFF制御	3/8~16	MS-1 重*2	約40~50℃	◎	主蒸気逃がし弁 (連続制御 6B)	重要度、使用状況 口径
シリンダ型 空気作動装置	屋内	45	連続制御 ON-OFF制御	3~48	MS-1 重*2	約40~45℃	◎	主蒸気隔離弁 (ON-OFF制御 30B)	重要度、使用状況

*1：機能は最上位の機能を示す

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

2. 代表機器の技術評価

本章では1章で代表機器とした以下の2種類の空気作動装置について技術評価を実施する。

- ① 主蒸気逃がし弁空気作動装置
- ② 主蒸気隔離弁空気作動装置

2.1 構造、材料及び使用条件

2.1.1 主蒸気逃がし弁空気作動装置

(1) 構造

川内2号炉の主蒸気逃がし弁空気作動装置は、ダイヤフラム型空気作動装置であり、主蒸気系統に3台設置されている。

ダイヤフラム型空気作動装置は、ポジションナー、ブースターリレー、電磁弁、フィルタ付減圧弁、リミットスイッチ等で構成されており、空気圧によりばね復帰型の空気操作ダイヤフラムを加圧することで、弁を駆動させる構造としている。

駆動用の空気には、乾燥された制御用空気を用いている。

川内2号炉の主蒸気逃がし弁空気作動装置の構造図を図2.1-1に示す。

(2) 材料及び使用条件

川内2号炉の主蒸気逃がし弁空気作動装置の使用材料及び使用条件を表2.1-1及び表2.1-2に示す。

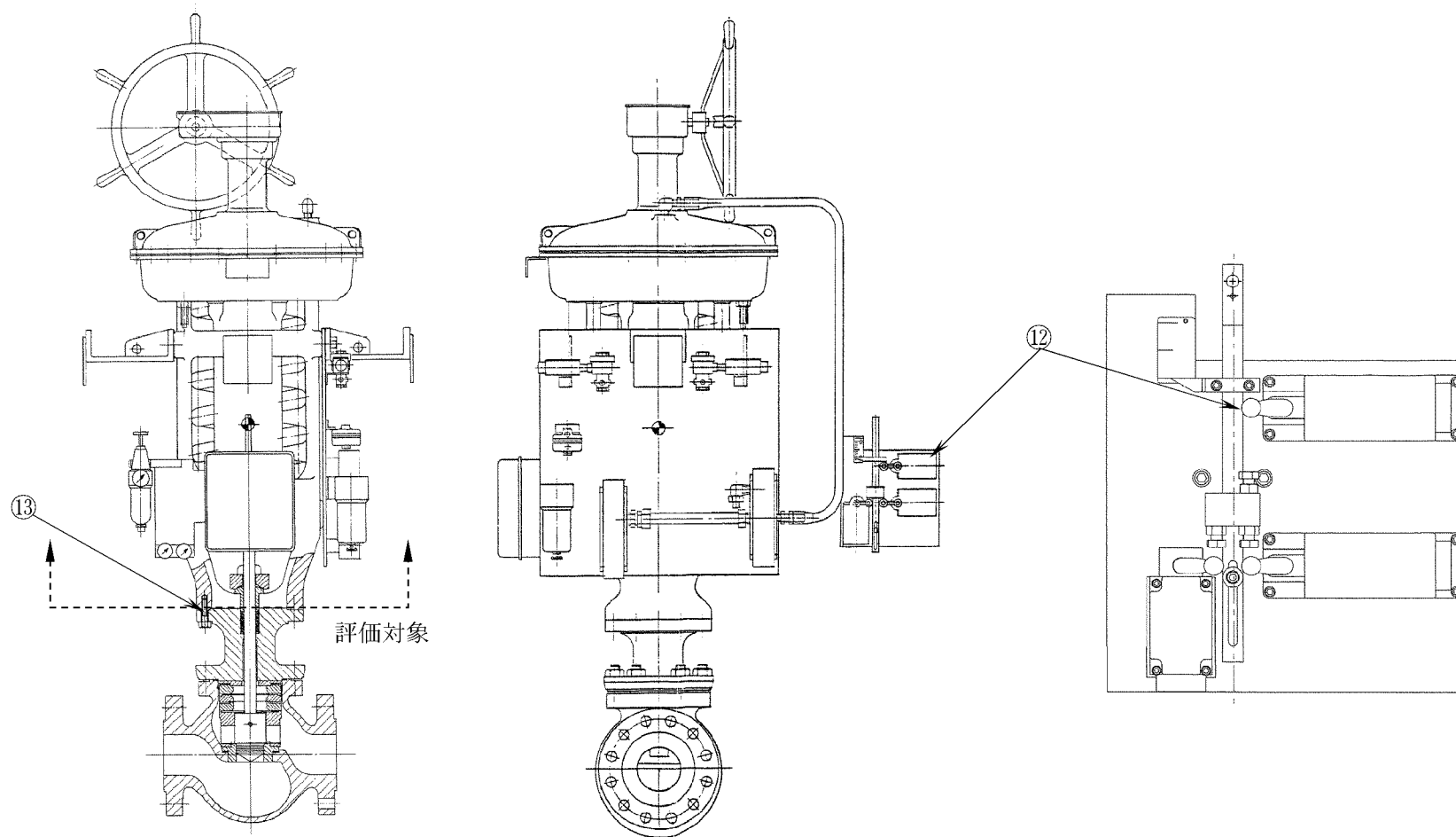


図2.1-1(1/3) 川内2号炉 主蒸気逃がし弁空気作動装置構造図

No.	部 位
⑫	リミットスイッチ
⑬	取付ボルト

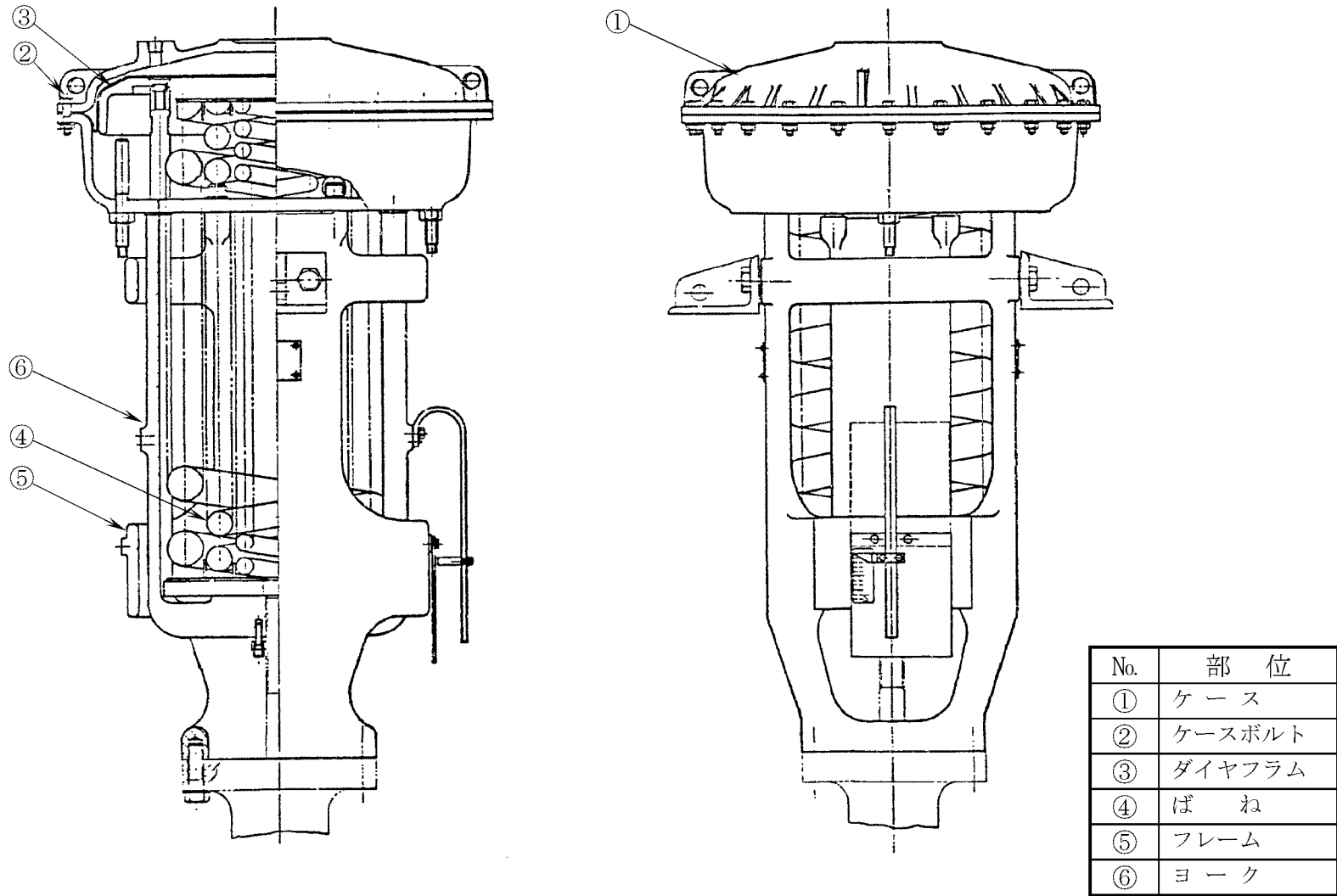
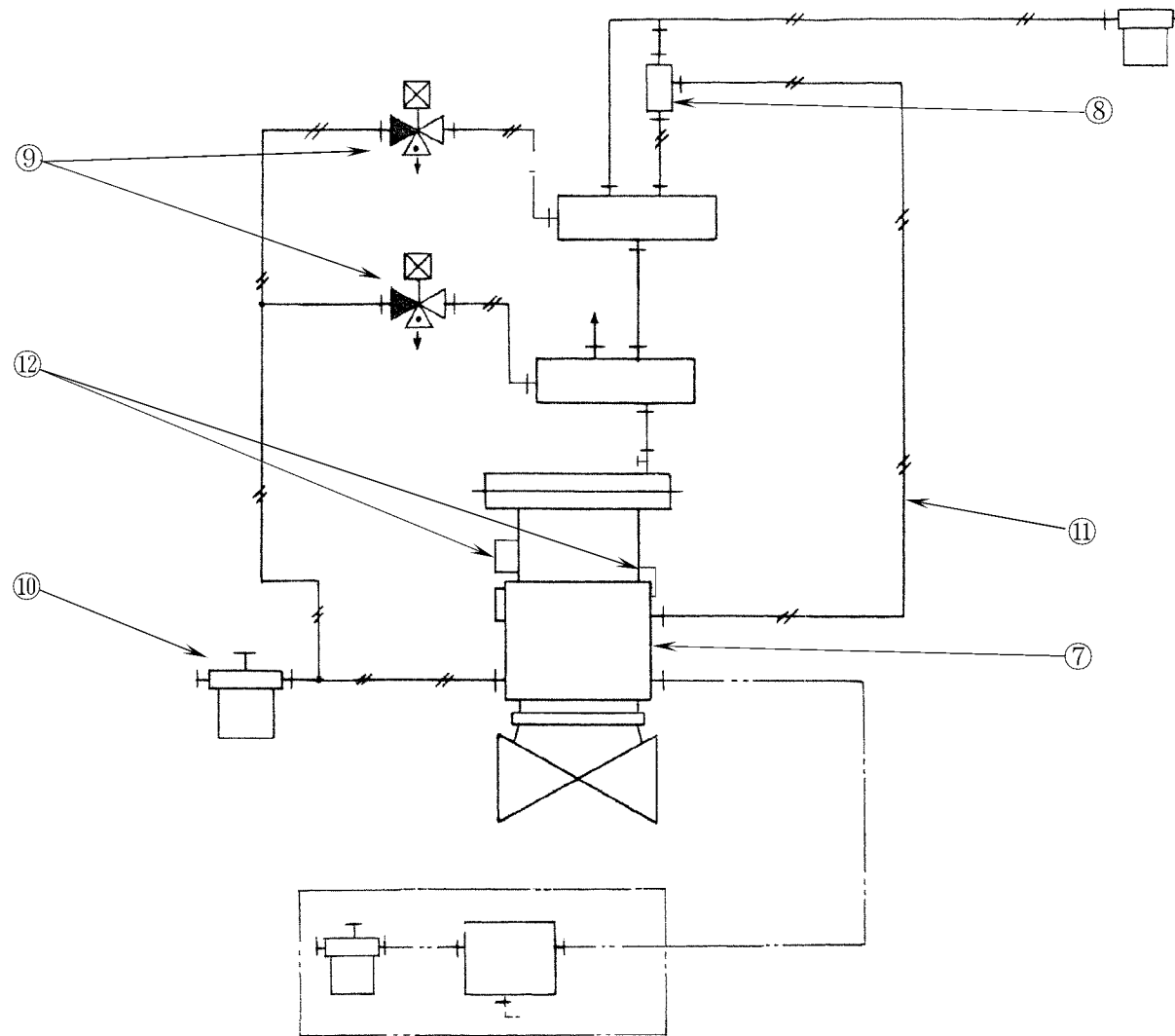


図2.1-1(2/3) 川内2号炉 主蒸気逃がし弁空気作動装置構造図



No.	部 位
⑦	ポジショナー
⑧	ブースターリレー
⑨	電 磁 弁
⑩	フィルタ付減圧弁
⑪	銅管及び継手
⑫	リミットスイッチ

図2.1-1(3/3) 川内2号炉 主蒸気逃がし弁空気作動装置構造図

表2.1-1 川内2号炉 主蒸気逃がし弁空気作動装置主要部位の使用材料

部 位	材 料
ケ ー ス	炭素鋼鋳鋼
ケースボルト	炭 素 鋼
ダイヤフラム	消耗品・定期取替品
ば ね	ばね鋼
フレーム	炭素鋼鋳鋼
ヨ ー ク	炭素鋼鋳鋼
ポジショナー	アルミニウム合金、炭素鋼
ブースターリレー	消耗品・定期取替品
電 磁 弁	消耗品・定期取替品
フィルタ付減圧弁	消耗品・定期取替品
銅管及び継手	銅合金（銅管）
リミットスイッチ	銀、銅合金、アルミニウム合金、樹脂
取付ボルト	低合金鋼

表2.1-2 川内2号炉 主蒸気逃がし弁空気作動装置の使用条件

供給空気圧力	約0.69MPa[gage]
定格電圧 (電磁弁電源)	DC125V
周囲温度	約45℃*1

*1：通常運転時の主蒸気配管室内空気作動装置周囲温度実測値
(平均値の最大値)に余裕を加えた温度

2.1.2 主蒸気隔離弁空気作動装置

(1) 構造

川内2号炉の主蒸気隔離弁空気作動装置は、シリンダ型空気作動装置であり、主蒸気系統に3台設置されている。

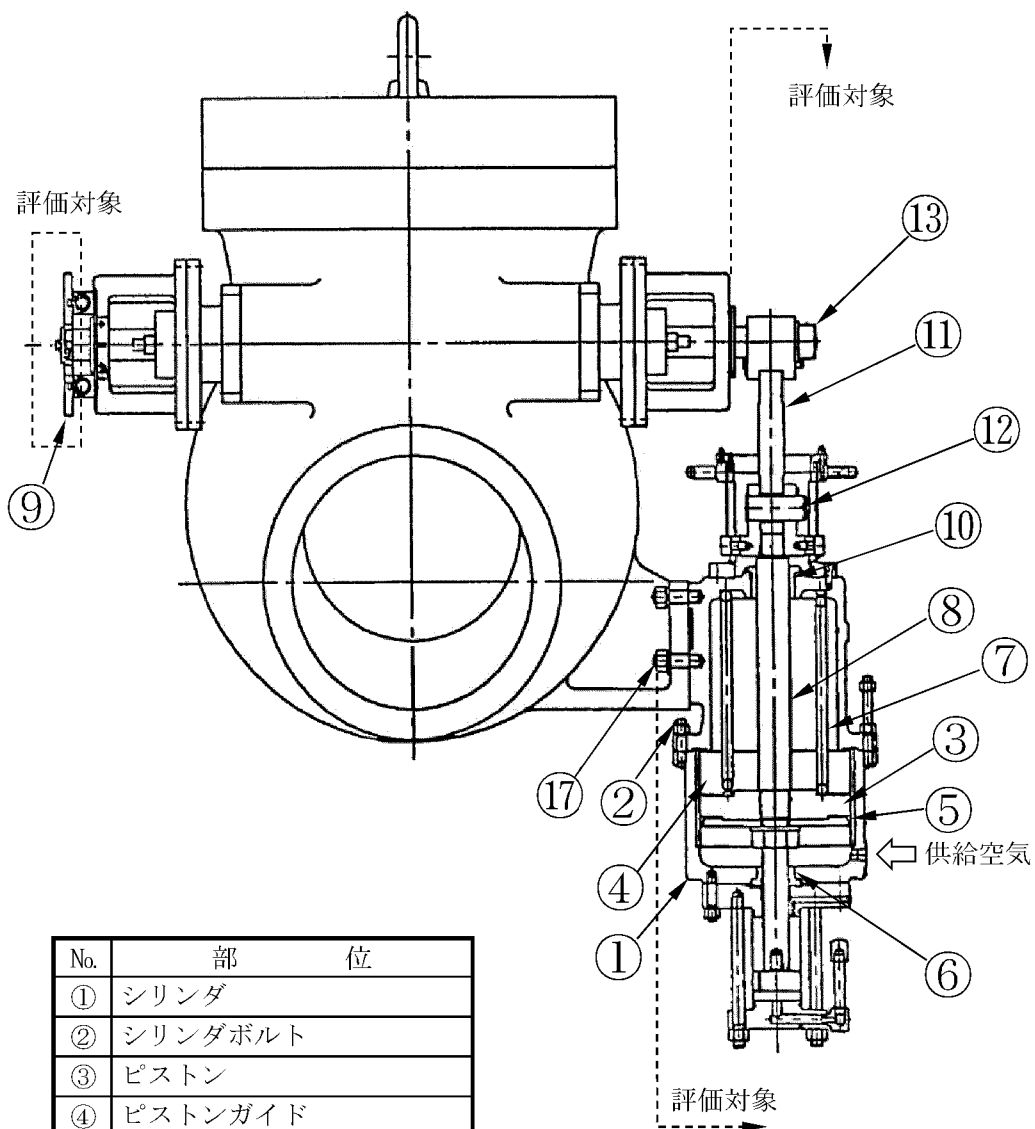
シリンダ型空気作動装置は、電磁弁、リミットスイッチ等で構成されており、空気圧によりばね復帰型の空気操作シリンダを加圧することで、弁を駆動させる構造としている。

駆動用の空気には、乾燥された制御用空気を用いている。

川内2号炉の主蒸気隔離弁空気作動装置の構造図を図2.1-2に示す。

(2) 材料及び使用条件

川内2号炉の主蒸気隔離弁空気作動装置の使用材料及び使用条件を表2.1-3及び表2.1-4に示す。



No.	部 位
①	シリンダ
②	シリンダボルト
③	ピストン
④	ピストンガイド
⑤	パッキン
⑥	Oリング
⑦	ばね
⑧	ピストンロッド
⑨	リミットスイッチ
⑩	ブッシュ
⑪	レバー
⑫	ピン
⑬	ナット
⑰	取付ボルト

図2.1-2(1/2) 川内2号炉 主蒸気隔離弁空気作動装置構造図

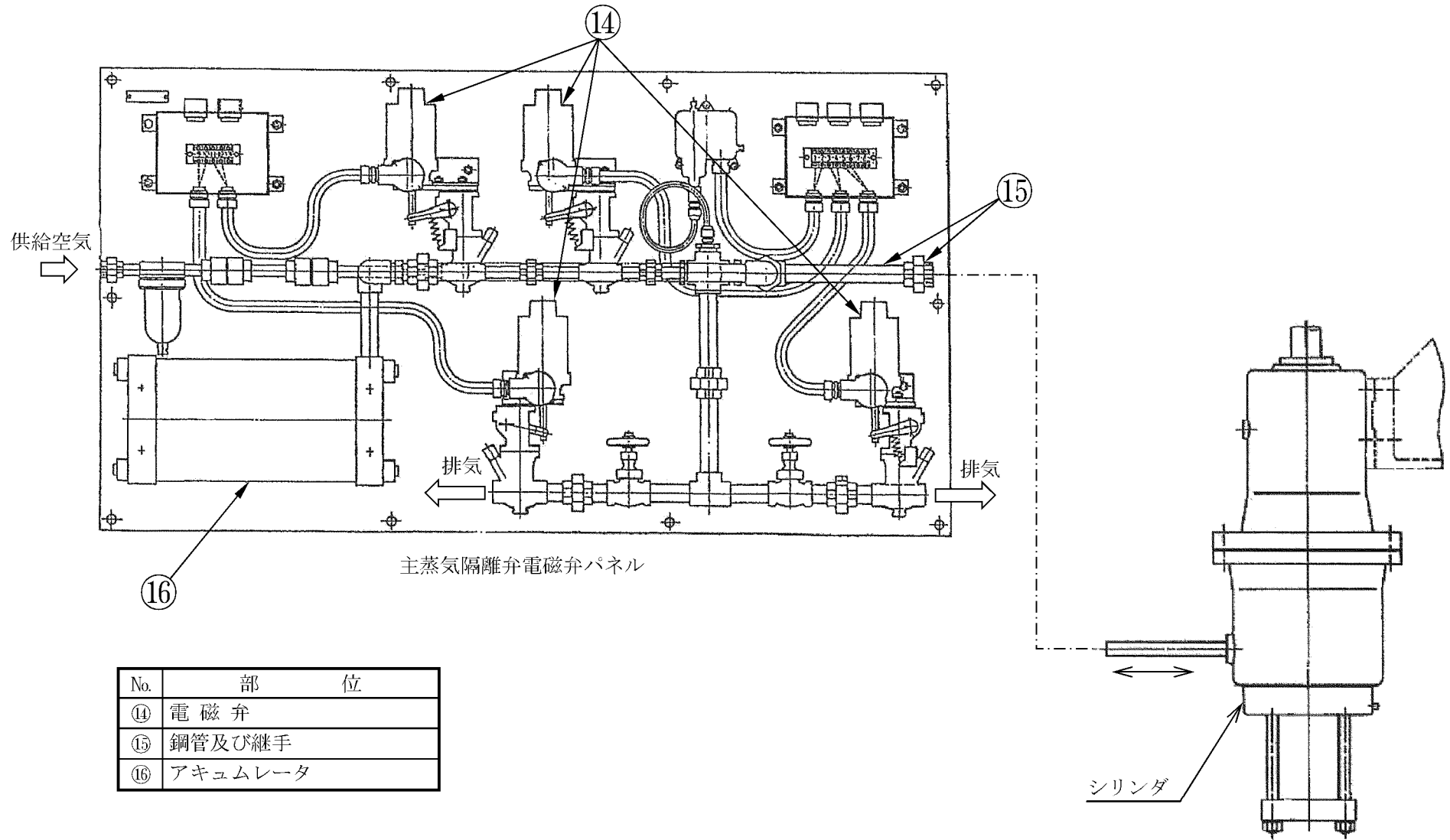


図2.1-2(2/2) 川内2号炉 主蒸気隔離弁空気作動装置構造図

表2.1-3 川内2号炉 主蒸気隔離弁空気作動装置主要部位の使用材料

部 位	材 料
シリンダ	炭素鋼鋳鋼
シリンダボルト	低合金鋼
ピストン	炭 素 鋼
ピストンガイド	炭素鋼（内面クロムメッキ）
パッキン	消耗品・定期取替品
Oリング	消耗品・定期取替品
ば ね	ばね鋼
ピストンロッド	炭 素 鋼
リミットスイッチ	銀、銅合金、樹脂
ブッシュ	消耗品・定期取替品
レバ ー	炭 素 鋼
ピ ン	ステンレス鋼
ナ ッ ト	炭 素 鋼
電 磁 弁	消耗品・定期取替品
鋼管及び継手	炭 素 鋼
アキュムレータ	炭 素 鋼
取付ボルト	低合金鋼

表2.1-4 川内2号炉 主蒸気隔離弁空気作動装置の使用条件

供給空気圧力	約0.69MPa[gage]
定格電圧 (電磁弁電源)	DC125V
周囲温度	約45°C*1

*1：通常運転時の主蒸気配管室内空気作動装置周囲温度実測値
(平均値の最大値)に余裕を加えた温度

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機能達成に必要な項目

空気作動装置の機能である弁棒作動機能を維持するためには、次の2つの項目が必要である。

- ① 弁棒作動機能の確保
- 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

空気作動装置個々について機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の構造、材料、使用条件（温度等）及び現在までの運転経験を考慮し、代表機器ごとに表2.2-1及び表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結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象はない。

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

以下の事象（表2.2-1及び表2.2-2で△又は▲となっているもの）については、想定される経年劣化事象であるが

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

に該当するものについては、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した。

上記の1)又は2)に該当する事象であるが、保全によりその傾向が維持できていることを確認している事象（日常劣化管理事象）を以下に示す。

(1) ケース、シリンダ等の外面からの腐食（全面腐食）[共通]

主蒸気逃がし弁空気作動装置のケース、主蒸気隔離弁空気作動装置のシリンダ、レバー、鋼管及び継手及びアキュムレータは炭素鋼又は炭素鋼鋳鋼であり、外面の腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部は塗装により腐食を防止しており、塗装が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、巡視点検等で目視により塗装の状態を確認し、はく離が認められた場合には必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(2) ケース、シリンダ等の内面からの腐食（全面腐食）〔共通〕

主蒸気逃がし弁空気作動装置のケース、主蒸気隔離弁空気作動装置のシリンダ、鋼管及び継手及びアキュムレータは炭素鋼又は炭素鋼鋳鋼であり、内面の腐食が想定される。

しかしながら、内面については内部流体が制御用空気であり、清浄な乾燥空気雰囲気であるため、腐食し難い環境にあり、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(3) ケースボルト等の腐食（全面腐食）〔共通〕

主蒸気逃がし弁空気作動装置のケースボルト、フレーム、ヨーク及び取付ボルト、主蒸気隔離弁空気作動装置のシリンダボルト、ナット及び取付ボルトは炭素鋼、炭素鋼鋳鋼又は低合金鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部は塗装により腐食を防止しており、塗装が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、巡視点検等で目視により塗装の状態を確認し、はく離が認められた場合には必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(4) ばねの変形（応力緩和）〔共通〕

ばねは弁の開閉の繰り返し及びある一定の応力状態にて長時間保持されることにより、変形（応力緩和）が想定される。

しかしながら、ばねに発生する応力は弾性範囲内であり、日本ばね工業会にて実施したばね材料と使用環境温度の実態調査結果と比べて、当該ばねは同等以下の環境で使用しており、これまでに有意な変形は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認及び作動確認により、機器の健全性を確認している。

(5) ピストンとピストンガイド、ピストンロッドとブッシュ及びレバーとピンの摩耗 [主蒸気隔離弁空気作動装置]

ピストンとピストンガイド、ピストンロッドとブッシュ及びレバーとピンは開閉動作による摺動により、摩耗が想定される。

しかしながら、ピストンとピストンガイドの間にはクリアランスがあり実際には接触しておらず、ピストンとパッキン押え板により固定されたゴム製のパッキンがピストンガイドに接触するようにしているため、ピストンやピストンガイドに摩耗が発生しないようにしており、これまでに有意な摩耗は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

また、ピストンロッドとブッシュ及びレバーとピンの摺動部は硬度差を設けて摩耗を防止しており、これまでに有意な摩耗は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時に目視確認することにより、機器の健全性を確認している。

(6) 銅管及び継手の疲労割れ [主蒸気逃がし弁空気作動装置]

銅管及び継手は弁開閉時の振動及び配管振動による疲労割れが考えられる。

しかしながら、銅管及び継手は、振動による過大な応力が生じない設計としており、これまでに有意な疲労割れは認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、定期的な目視確認により、機器の健全性を確認している。

(7) ポジショナーの摩耗 [主蒸気逃がし弁空気作動装置]

ポジショナーは弁の開閉に伴う作動により、パイロットバルブ等の摩耗が想定される。

しかしながら、空気作動弁はON-OFF制御の場合は作動頻度が少なく、連続制御の場合も弁開度はほぼ一定であり、弁の動きはゆるやかで開弁の程度も小さい。

また、ポジショナーは数十万回の作動試験を行い、耐久性を確認している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、機器点検時の特性試験により、機器の健全性を確認している。

(8) リミットスイッチの導通不良 [共通]

リミットスイッチは、浮遊塵埃の接点部分への付着による導通不良が想定される。

しかしながら、接点部分は密閉されたハウジング内に収納されており、塵埃の付着による導通不良が発生する可能性は小さい。また、定期的な動作確認により導通不良がないことを確認していることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

前述の2)に該当する事象のうち、日常劣化管理事象を除く事象（日常劣化管理事象ではない事象）を以下に示す。

(9) ヨークの摩耗（弁棒接続部の摩耗） [主蒸気逃がし弁空気作動装置]

ヨークは弁棒と接続されており、弁の開閉動作に伴う摩耗が想定される。

しかしながら、弁棒はヨーク（弁棒接続部）にねじ込み、キャップスクリューで固定する構造としており、接続部のゆるみ等によって摩耗が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。

2.2.4 消耗品及び定期取替品

パッキン、Oリング及びダイヤフラムは分解点検時に取り替えている消耗品である。また、ブースターリレー、フィルタ付減圧弁及び電磁弁は定期取替品であるため、長期間使用はせず取替えを前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

ブッシュは分解点検時の動作確認や目視確認及び寸法計測の結果に基づき取り替えている消耗品であり、長期使用はせず取替えを前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

表2.2-1 川内2号炉 主蒸気逃がし弁空気作動装置に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象								備 考
				減 肉		割 れ		絶 縁	導 通	特 性	その他	
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁低下	導通不良	特性変化		
弁棒作動機能の確保	ケ ー ス		炭素鋼鋳鋼		△(内面) △(外面)							*1：変形(応力緩和) *2：弁棒接続部の摩耗
	ケースボルト		炭 素 鋼		△							
	ダイヤフラム	◎	—									
	ば ね		ばね鋼								△*1	
	フレーム		炭素鋼鋳鋼		△							
	ヨーク		炭素鋼鋳鋼	▲*2	△							
	ポジションナー		アルミニウム合金、炭素鋼	△								
	ブースターリレー	◎	—									
	電 磁 弁	◎	—									
	フィルタ付減圧弁	◎	—									
	銅管及び継手			銅 合 金 (銅 管)			△					
リミットスイッチ			銀、銅合金 アルミニウム合金、樹脂						△			
機器の支持	取付ボルト		低合金鋼		△							

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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

表2.2-2 川内2号炉 主蒸気隔離弁空気作動装置に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考	
				減 肉		割 れ		絶 縁	導 通	特 性		その他
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁低下	導通不良	特性変化		
弁棒作動機能の確保	シリンダ		炭素鋼鋳鋼		△(内面) △(外面)							*1：変形(応力緩和)
	シリンダボルト		低合金鋼		△							
	ピストン		炭素鋼	△								
	ピストンガイド		炭素鋼 (内面/ロムメッキ)	△								
	パッキン	◎	—									
	Oリング	◎	—									
	ばね		ばね鋼								△*1	
	ピストンロッド		炭素鋼	△								
	リミットスイッチ		銀、銅合金 樹脂						△			
	ブッシュ	◎	—									
	レバー		炭素鋼	△	△(外面)							
	ピン		ステンレス鋼	△								
	ナット		炭素鋼		△							
	電磁弁	◎	—									
	鋼管及び継手		炭素鋼		△(内面) △(外面)							
アキュムレータ		炭素鋼		△(内面) △(外面)								
機器の支持	取付ボルト		低合金鋼		△							

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（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。

なお、経年劣化事象の抽出にあたっては、2章の代表機器における経年劣化事象の抽出と同様に、水平展開機器各々の構造、材料、使用条件等の特殊性を考慮して選定している。

3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

水平展開機器各々の構造、材料、使用条件（温度等）及び現在までの運転経験を考慮すると、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象はない。

3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

2.2.3の1)又は2)に該当する事象であるが、保全によりその傾向が維持できていることを確認している事象（日常劣化管理事象）を以下に示す。

3.2.1 ケース、シリンダ等の外面の腐食（全面腐食）[炭素鋼又は炭素鋼鋳鋼のケース、シリンダ、レバー、鋼管及び継手を使用している空気作動装置共通]

ケース、シリンダ、レバー、鋼管及び継手は炭素鋼又は炭素鋼鋳鋼であり、外面の腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部は塗装により腐食を防止しており、塗装が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、巡視点検等で目視により塗装の状態を確認し、はく離が認められた場合には必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

3.2.2 ケース、シリンダ等の内面の腐食（全面腐食）[炭素鋼又は炭素鋼鋳鋼のケース、シリンダ、鋼管及び継手を使用している空気作動装置共通]

ケース、シリンダ、鋼管及び継手は炭素鋼又は炭素鋼鋳鋼であり、内面の腐食が想定される。

しかしながら、内面については内部流体が制御用空気であり、清浄な乾燥空気雰囲気であるため、腐食し難い環境にあり、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

3.2.3 ケースボルト等の腐食（全面腐食）〔炭素鋼又は炭素鋼鋳鋼のフレーム、ヨーク、ケースボルト、シリンダボルト、取付ボルトを使用している空気作動装置 共通〕

フレーム、ヨーク、ケースボルト、シリンダボルト及び取付ボルトは炭素鋼又は炭素鋼鋳鋼であり、外面からの腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部は塗装により腐食を防止しており、塗装が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、巡視点検等で目視により塗装の状態を確認し、はく離が認められた場合には必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

3.2.4 ばねの変形（応力緩和）〔共通〕

ばねは弁の開閉の繰り返し及びある一定の応力状態にて長時間保持されることにより、変形（応力緩和）が想定される。

しかしながら、ばねに発生する応力は弾性範囲内であり、日本ばね工業会にて実施したばね材料と使用環境温度の実態調査結果と比べて、当該ばねは同等以下の環境で使用しており、これまでに有意な変形は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認及び作動確認により、機器の健全性を確認している。

3.2.5 ピストンとピストンガイド等、ピストンロッドとブッシュ及びレバーとピンの摩耗〔シリンダ型空気作動装置〕

ピストンとピストンガイド、ピストンロッドとブッシュ及びレバーとピンは開閉動作による摺動により、摩耗が想定される。

しかしながら、ピストンとピストンガイドの間にはクリアランスがあり実際には接触しておらず、ピストンとパッキン押え板により固定されたゴム製のパッキンがピストンガイドに接触するようにしているため、ピストンやピストンガイドに摩耗が発生しないようにしており、これまでに有意な摩耗は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

また、ピストンロッドとブッシュ及びレバーとピンの摺動部は硬度差を設けて摩耗を防止しており、これまでに有意な摩耗は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時に目視確認することにより、機器の健全性を確認している。

3.2.6 銅管及び継手の疲労割れ [銅管及び継手のある空気作動装置共通]

銅管及び継手は弁開閉時の振動及び配管振動による疲労割れが考えられる。

しかしながら、銅管及び継手は、振動による過大な応力が生じない設計としており、これまでに有意な疲労割れは認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、定期的な目視確認により、機器の健全性を確認している。

3.2.7 ポジショナーの摩耗 [ポジショナーのある空気作動装置共通]

ポジショナーは弁の開閉に伴う作動により、パイロットバルブ等の摩耗が想定される。

しかしながら、空気作動弁はON-OFF制御の場合は作動頻度が少なく、連続制御の場合も弁開度はほぼ一定であり、弁の動きはゆるやかで開弁の程度も小さい。

また、ポジショナーは数十万回の作動試験を行い、耐久性を確認している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、機器点検時の特性試験により、機器の健全性を確認している。

3.2.8 リミットスイッチの導通不良 [共通]

リミットスイッチは、浮遊塵埃の接点部分への付着による導通不良が想定される。

しかしながら、接点部分は密閉されたハウジング内に収納されており、塵埃の付着による導通不良が発生する可能性は小さい。また、定期的な動作確認により導通不良がないことを確認していることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

2.2.3の2)に該当する事象のうち、日常劣化管理事象を除く事象（日常劣化管理事象ではない事象）を以下に示す。

3.2.9 ヨークの摩耗（弁棒接続部の摩耗）〔共通〕

弁棒接続部は、弁の開閉動作に伴う摩耗が想定される。

しかしながら、弁棒はヨーク（弁棒接続部）にねじ込み、キャップスクリューで固定する構造、ステムをねじ込んだコネクタにねじ込み固定する構造、あるいはステムにねじ込みロックナットで固定する構造としており、接続部のゆるみ等によって摩耗が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。

3 特殊弁

[対象機器]

- 3.1 主蒸気止め弁
- 3.2 蒸気加減弁
- 3.3 インターセプト弁・再熱蒸気止め弁
- 3.4 タービン動主給水ポンプ駆動タービン蒸気止め弁・蒸気加減弁

3. 1 主蒸気止め弁

[対象機器]

- ① 主蒸気止め弁

目 次

1. 対象機器	1
2. 主蒸気止め弁の技術評価	2
2.1 構造、材料及び使用条件	2
2.2 経年劣化事象の抽出	6

1. 対象機器

川内2号炉で使用されている主蒸気止め弁の主な仕様を表1-1に示す。

表1-1 川内2号炉 主蒸気止め弁の主な仕様

機器名称 (台数)	重要度 ^{*1}	使用条件	
		最高使用圧力 (MPa [gage])	最高使用温度 (°C)
主蒸気止め弁 (4)	高 ^{*2}	約7.5	約291

*1：機能は最上位の機能を示す

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

2. 主蒸気止め弁の技術評価

2.1 構造、材料及び使用条件

2.1.1 主蒸気止め弁

(1) 構造

川内2号炉の主蒸気止め弁はダブル・プラグ式弁であり、高圧タービン入口に設置されている。

弁本体は流体を内包するバウンダリを構成する耐圧部（弁箱、弁蓋、弁蓋ボルト、ガスケット）、流体を仕切る隔離部（弁体、弁座）、弁体を作動させる作動部（弁棒）、弁棒を水平移動させる駆動装置部（閉鎖ばね、アクチュエータ、リミットスイッチ）及び弁本体を支える支持部（支持脚、基礎ボルト）からなる。

弁箱及び弁蓋は炭素鋼鋳鋼又は炭素鋼、弁体及び弁座にはステンレス鋼を使用しており、蒸気に接している。

川内2号炉の主蒸気止め弁の構造図を図2.1-1に示す。

(2) 材料及び使用条件

川内2号炉の主蒸気止め弁主要部位の使用材料及び使用条件を表2.1-1及び表2.1-2に示す。

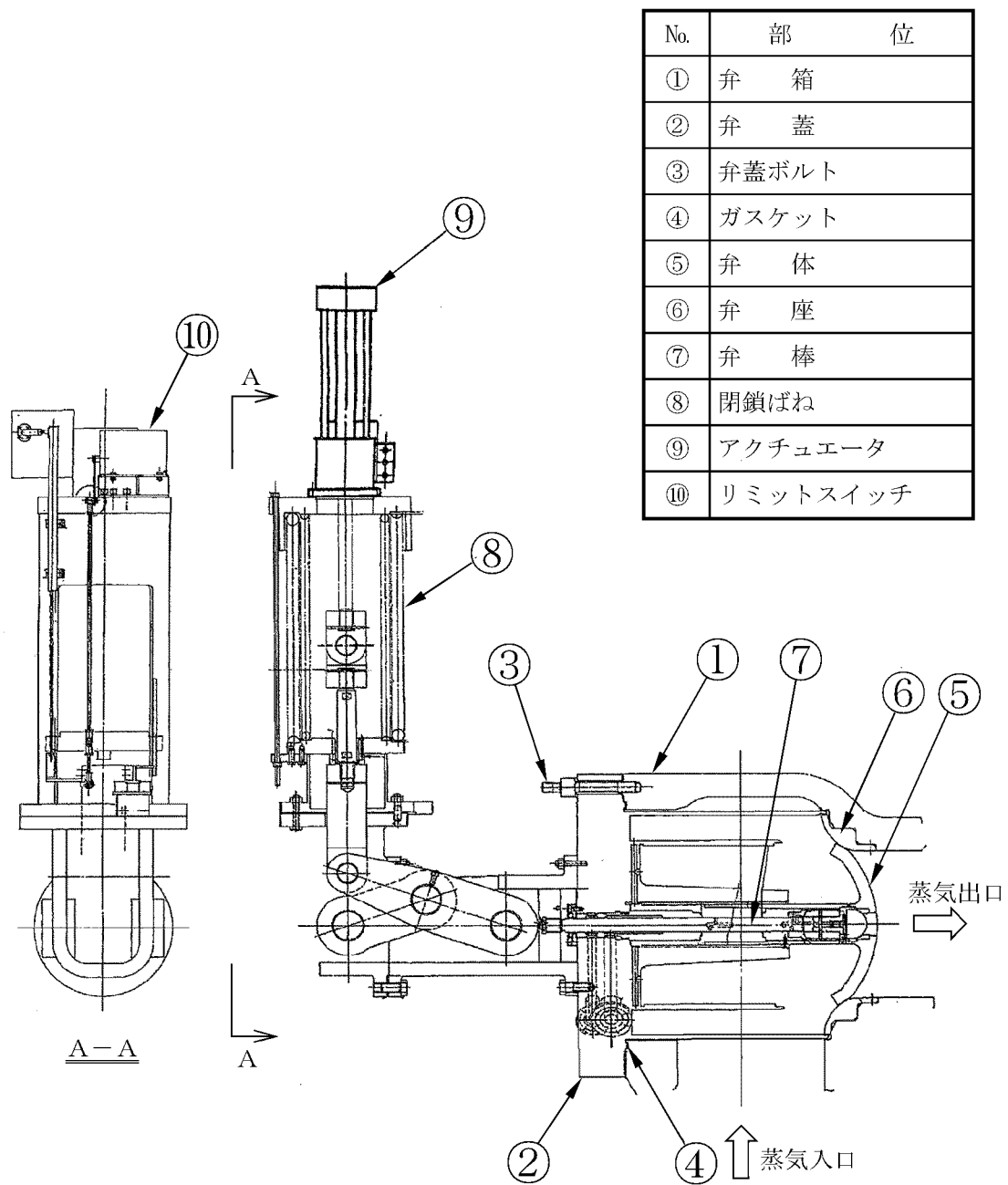
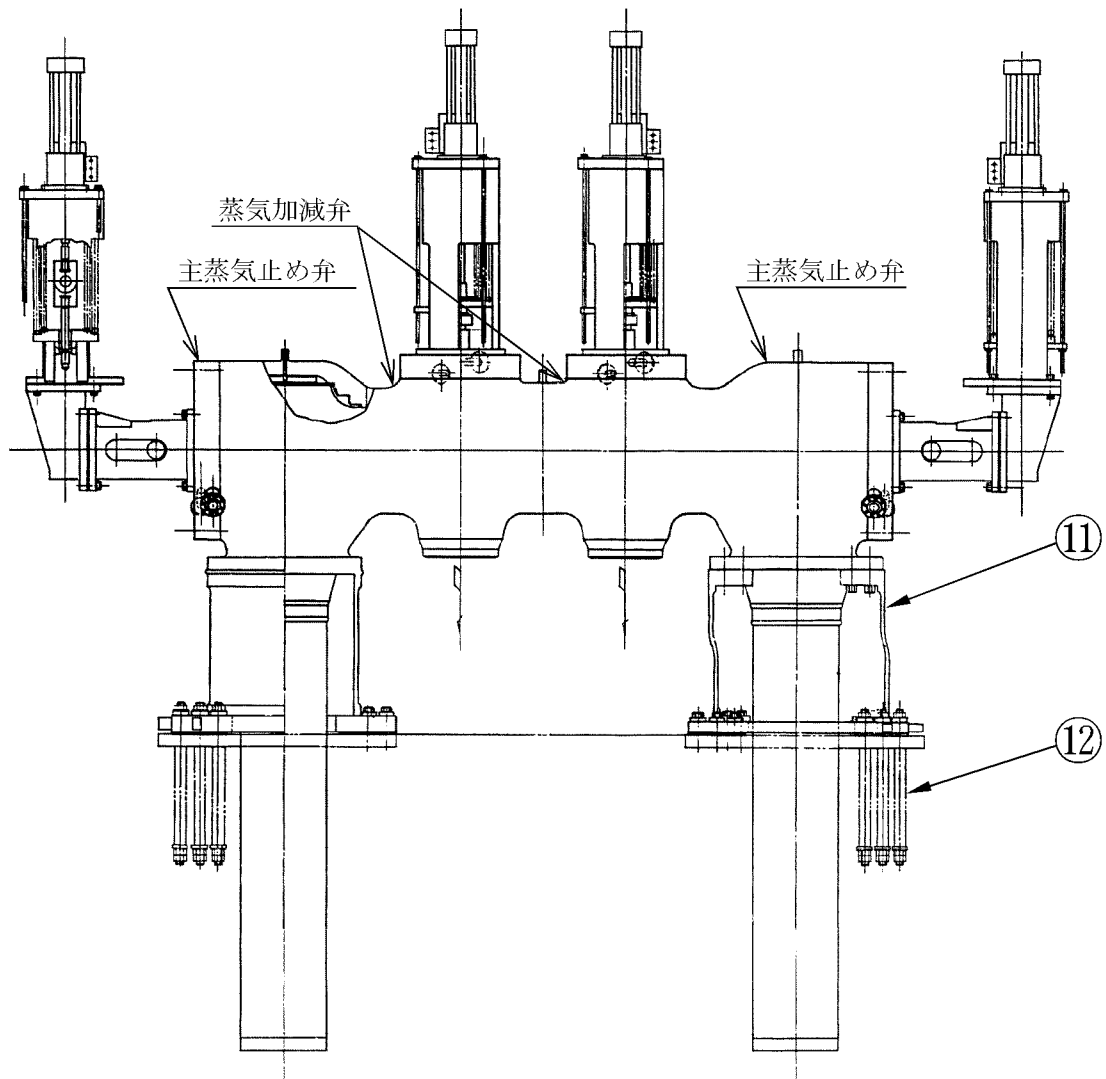


図2.1-1(1/2) 川内2号炉 主蒸気止め弁構造図



No.	部 位
⑪	支持脚
⑫	基礎ボルト

図2.1-1(2/2) 川内2号炉 主蒸気止め弁構造図

表2.1-1 川内2号炉 主蒸気止め弁主要部位の使用材料

部 位	材 料
弁 箱	炭素鋼鋳鋼
弁 蓋	炭 素 鋼
弁蓋ボルト	低合金鋼
ガスケット	消耗品・定期取替品
弁 体	ステンレス鋼
弁 座	ステンレス鋼 (ステライト肉盛)
弁 棒	ステンレス鋼
閉鎖ばね	ばね 鋼
アクチュエータ	炭素鋼、鋳鉄 ステンレス鋼、銅合金鋳物
リミットスイッチ	消耗品・定期取替品
支 持 脚	炭 素 鋼
基礎ボルト	炭 素 鋼

表2.1-2 川内2号炉 主蒸気止め弁の使用条件

最高使用圧力	約7.5MPa[gage]
最高使用温度	約291℃
内 部 流 体	蒸 気

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機能達成に必要な項目

主蒸気止め弁の機能である耐圧、開閉及び遮断機能を維持するためには、次の4つの項目が必要である。

- ① バウンダリの維持
- ② 閉止機能の維持
- ③ 作動機能の維持
- ④ 機器の支持

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

主蒸気止め弁について、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、個々の部位の構造、材料、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。

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象はない。

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

以下の事象（表2.2-1で△となっているもの）については、想定される経年劣化事象であるが、

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

に該当するものについては、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した。

上記の1)又は2)に該当する事象であるが、保全によりその傾向が維持できていることを確認している事象（日常劣化管理事象）を以下に示す。

なお、日常劣化管理事象ではない事象はない。

(1) 弁箱、弁蓋及び弁棒の腐食（流れ加速型腐食及びエロージョン）

弁箱及び弁蓋は炭素鋼鋳鋼又は炭素鋼であり、内部流体が蒸気であるため、内部流体による流れ加速型腐食により減肉が想定される。

また、弁棒の高減圧部では、エロージョンによる減肉が想定される。

しかしながら、分解点検時の目視確認又は寸法計測により、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上注目すべき経年劣化事象ではない。

(2) 弁箱、弁蓋（外面）の腐食（全面腐食）

弁箱及び弁蓋は炭素鋼鋳鋼又は炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部は塗装により腐食を防止しており、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(3) 弁蓋ボルトの腐食（全面腐食）

弁蓋ボルトはガスケットからの漏えいにより、内部流体によるボルトの腐食が想定される。

しかしながら、締付管理により漏えい防止を図っており、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(4) 弁体、弁座（シート面）の摩耗

弁体及び弁座シート面は弁の開閉による摩耗が想定される。

しかしながら、アクチュエータのダッシュポット部で減速し衝撃力を和らげており、これまでに有意な摩耗は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認、浸透探傷検査及び当たり確認により、機器の健全性を確認している。

(5) 弁体の疲労割れ

弁体の応力集中部においては、急閉時に発生する弁体と弁座との衝突により、材料に疲労が蓄積することから、疲労割れが想定される。

しかしながら、主蒸気止め弁は、アクチュエータで減速し衝撃力を和らげ、発生応力が小さくなる様に設計上の考慮をしている。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認及び浸透探傷検査により、機器の健全性を確認している。

(6) 弁棒の摩耗

弁棒の摺動部は弁の開閉動作による摩耗が想定される。

しかしながら、弁棒の摺動部には窒化により表面を硬化して耐摩耗性を考慮しており、これまでに有意な摩耗は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認及び間隙計測により、機器の健全性を確認している。

(7) 閉鎖ばねの変形（応力緩和）

閉鎖ばねは弁の開閉の繰り返し及び弁全開位置での荷重が加わった状態で長期間保持されることにより、変形（応力緩和）が想定される。

しかしながら、ばねに発生する応力は弾性範囲内であり、日本ばね工業会にて実施したばね材料と使用環境温度の実態調査結果と比べて、当該ばねは同等以下の環境で使用しており、これまでに有意な変形は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認及び作動確認により、機器の健全性を確認している。

(8) アクチュエータの摩耗

弁の開閉動作により、アクチュエータの摺動部には摩耗が想定される。

しかしながら、これまでに有意な摩耗は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認及び寸法計測により、機器の健全性を確認している。

(9) アクチュエータの腐食（全面腐食）

アクチュエータは炭素鋼又は鋳鉄等であり、腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部は塗装により腐食を防止しており、塗装が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、巡視点検等で目視により塗装の状態を確認し、はく離が認められた場合には必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

一方、内面については内部流体が油で腐食が発生し難い環境にあり、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(10) 支持脚の腐食（全面腐食）

支持脚は炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部は塗装により腐食を防止しており、塗装が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、巡視点検等で目視により塗装の状態を確認し、はく離が認められた場合には必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(11) 基礎ボルトの腐食（全面腐食）

基礎ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

基礎ボルトの健全性評価については各機器で共通であることから、機械設備の技術評価書のうち「基礎ボルト」にて評価を実施するものとし、本評価書には含めていない。

2.2.4 消耗品及び定期取替品

ガスケットは分解点検時に取り替えている消耗品であり、また、リミットスイッチは定期取替品である。いずれも長期使用は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。

表2.2-1 川内2号炉 主蒸気止め弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考
				減 肉		割 れ		材質変化		その他	
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣 化		
バウンダリの維持	弁 箱		炭素鋼鋳鋼		△ ^{*1} △(外面)						*1：流れ加速型腐食 *2：エロージョン *3：変形（応力緩和）
	弁 蓋		炭 素 鋼		△ ^{*1} △(外面)						
	弁蓋ボルト		低合金鋼		△						
	ガスケット	◎	—								
閉止機能の維持 作動機能の維持	弁 体		ステンレス鋼	△		△					
	弁 座		ステンレス鋼 (スライト肉盛)	△							
	弁 棒		ステンレス鋼	△	△ ^{*2}						
	閉鎖ばね		ばね 鋼							△ ^{*3}	
	アクチュエータ		炭素鋼、鋳鉄 ステンレス鋼 銅合金鋳物	△	△						
	リミットスイッチ	◎	—								
機器の支持	支 持 脚		炭 素 鋼		△						
	基礎ボルト		炭 素 鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

3. 2 蒸気加減弁

[対象機器]

① 蒸気加減弁

目 次

1. 対象機器	1
2. 蒸気加減弁の技術評価	2
2.1 構造、材料及び使用条件	2
2.2 経年劣化事象の抽出	5

1. 対象機器

川内2号炉で使用されている蒸気加減弁の主な仕様を表1-1に示す。

表1-1 川内2号炉 蒸気加減弁の主な仕様

機器名称 (台数)	重要度 ^{*1}	使用条件	
		最高使用圧力 (MPa [gage])	最高使用温度 (°C)
蒸気加減弁 (4)	高 ^{*2}	約7.5	約291

*1：機能は最上位の機能を示す

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

2. 蒸気加減弁の技術評価

2.1 構造、材料及び使用条件

2.1.1 蒸気加減弁

(1) 構造

川内2号炉の蒸気加減弁はバランスタイプ式弁であり、主蒸気止め弁の下流に設置されている。

弁本体は流体を内包するバウンダリを構成する耐圧部（弁箱、弁蓋、弁蓋ボルト、ガスケット）、流体を仕切る隔離部（主弁、弁体、弁体ボルト、弁座、マフラ）、主弁を作動させる作動部（弁棒）及び弁棒を上下移動させる駆動装置部（閉鎖ばね、アクチュエータ）からなる。

弁箱及び弁蓋は炭素鋼鋳鋼又は炭素鋼、主弁及びマフラはステンレス鋼、弁体及び弁座には炭素鋼を使用しており、蒸気に接している。

川内2号炉の蒸気加減弁の構造図を図2.1-1に示す。

(2) 材料及び使用条件

川内2号炉の蒸気加減弁主要部位の使用材料及び使用条件を表2.1-1及び表2.1-2に示す。

No.	部 位
①	弁 箱
②	弁 蓋
③	弁蓋ボルト
④	ガスケット
⑤	主 弁
⑥	弁 体
⑦	弁体ボルト
⑧	弁 座
⑨	弁 棒
⑩	マ フ ラ
⑪	閉鎖ばね
⑫	アクチュエータ

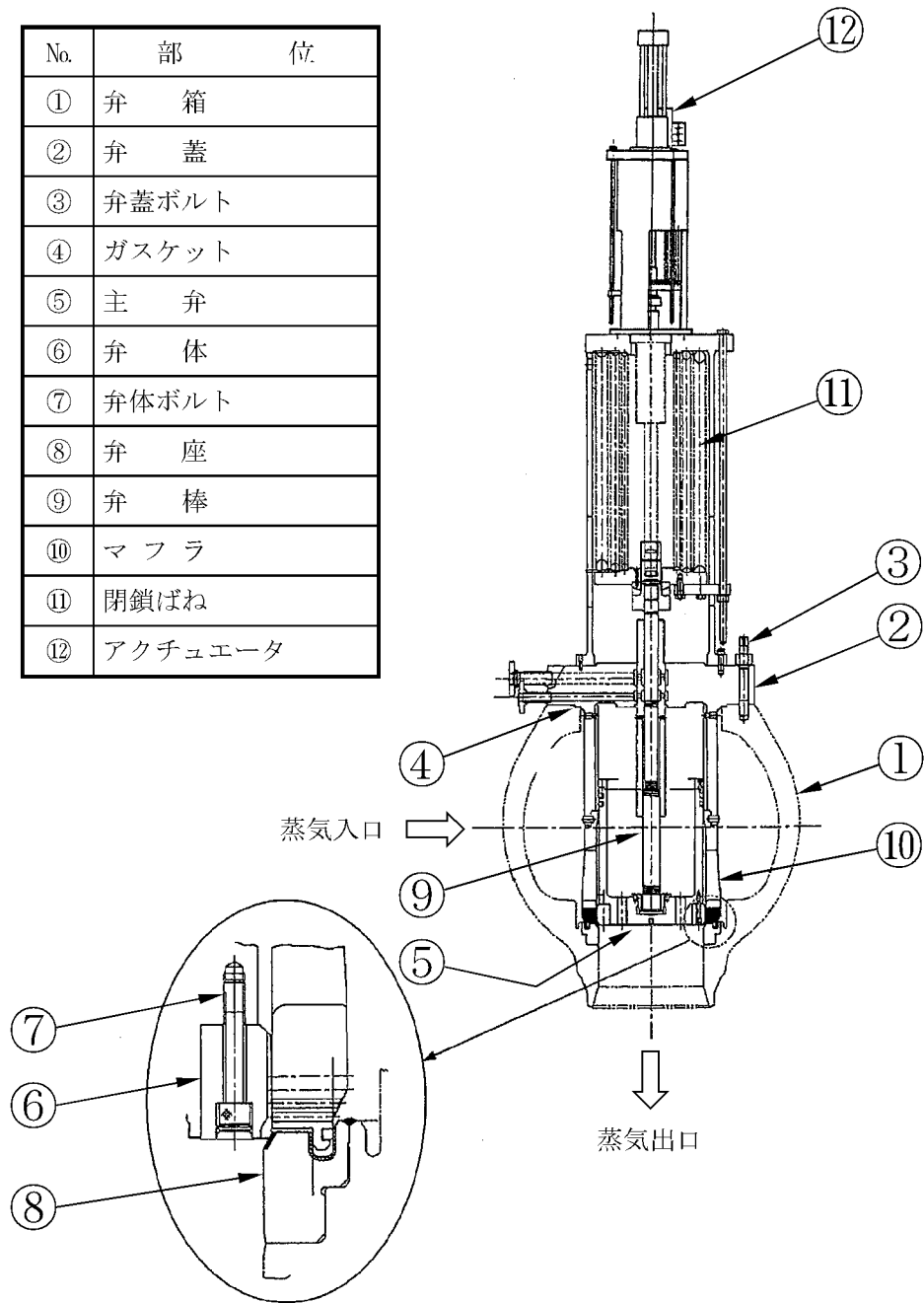


図2.1-1 川内2号炉 蒸気加減弁構造図

表2.1-1 川内2号炉 蒸気加減弁主要部位の使用材料

部 位	材 料
弁 箱	炭素鋼鋳鋼
弁 蓋	炭 素 鋼
弁蓋ボルト	低合金鋼
ガスケット	消耗品・定期取替品
主 弁	ステンレス鋼
弁 体	炭素鋼（ステライト肉盛）
弁体ボルト	ステンレス鋼
弁 座	炭素鋼（ステンレス鋼肉盛）
弁 棒	ステンレス鋼
マ フ ラ	ステンレス鋼
閉鎖ばね	ばね 鋼
アクチュエータ	炭素鋼、鋳鉄 ステンレス鋼、銅合金鋳物

表2.1-2 川内2号炉 蒸気加減弁の使用条件

最高使用圧力	約7.5MPa [gage]
最高使用温度	約291℃
内 部 流 体	蒸 気

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機能達成に必要な項目

蒸気加減弁の機能である耐圧、開閉及び流量制御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 バウンダリの維持
- ② 閉止機能の維持
- 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

蒸気加減弁について、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、個々の部位の構造、材料、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。

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象はない。

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

以下の事象（表2.2-1で△又は▲となっているもの）については、想定される経年劣化事象であるが、

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

に該当するものについては、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した。

上記の1)又は2)に該当する事象であるが、保全によりその傾向が維持できていることを確認している事象（日常劣化管理事象）を以下に示す。

(1) 弁箱、弁蓋及び弁棒の腐食（流れ加速型腐食及びエロージョン）

弁箱及び弁蓋は炭素鋼鋳鋼又は炭素鋼であり、内部流体が蒸気であるため、内部流体による流れ加速型腐食により減肉が想定される。

また、弁棒の高減圧部では、エロージョンによる減肉が想定される。

しかしながら、分解点検時の目視確認又は寸法計測により、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(2) 弁箱、弁蓋（外面）の腐食（全面腐食）

弁箱及び弁蓋は炭素鋼鋳鋼又は炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部は塗装により腐食を防止しており、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(3) 弁蓋ボルトの腐食（全面腐食）

弁蓋ボルトはガスケットからの漏えいにより、内部流体によるボルトの腐食が想定される。

しかしながら、締付管理により漏えい防止を図っており、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(4) 弁体、弁座（シート面）の摩耗

弁体及び弁座シート面は弁の開閉による摩耗が想定される。

しかしながら、弁体及び弁座には、それぞれ耐摩耗性に優れたステライト又はステンレス鋼を肉盛しており、これまでに有意な摩耗は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認、浸透探傷検査及び当たり確認により、機器の健全性を確認している。

(5) 弁体の腐食（流れ加速型腐食）

マフラ穴からの噴流による流れ加速型腐食対策として弁体外周はステライト肉盛を施しているが、ステライト肉盛のない弁体下面については、流れ加速型腐食により減肉が想定される。

しかしながら、分解点検時に目視確認及び弁体下面の深さ計測を実施し、腐食進行程度の把握を行うことにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(6) 弁棒の摩耗

弁棒の摺動部は弁の開閉動作による摩耗が想定される。

しかしながら、弁棒の摺動部には窒化により表面を硬化して耐摩耗性を考慮しており、これまでに有意な摩耗は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認及び間隙計測により、機器の健全性を確認している。

(7) 閉鎖ばねの変形（応力緩和）

閉鎖ばねは弁の開閉の繰り返し及び弁全開位置での荷重が加わった状態で長期間保持されることにより、変形（応力緩和）が想定される。

しかしながら、ばねに発生する応力は弾性範囲内であり、日本ばね工業会にて実施したばね材料と使用環境温度の実態調査結果と比べて、当該ばねは同等以下の環境で使用しており、これまでに有意な変形は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認及び作動確認により、機器の健全性を確認している。

(8) アクチュエータの摩耗

弁の開閉動作により、アクチュエータの摺動部には摩耗が想定される。

しかしながら、これまでに有意な摩耗は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認及び寸法計測により、機器の健全性を確認している。

(9) アクチュエータの腐食（全面腐食）

アクチュエータは炭素鋼又は鋳鉄等であり、腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部は塗装により腐食を防止しており、塗装が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、巡視点検等で目視により塗装の状態を確認し、はく離が認められた場合には必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

一方、内面については内部流体が油で腐食が発生し難い環境にあり、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

前述の2)に該当する事象のうち、日常劣化管理事象を除く事象（日常劣化管理事象ではない事象）を以下に示す。

(10) 弁体ボルトの応力腐食割れ

弁体ボルトの座面コーナ部及びねじ部の応力集中部は、内部流体によるボルトの応力腐食割れが想定される。

しかしながら、弁体ボルトには応力腐食割れ感受性が小さいステンレス鋼を使用しており、締付時はトルク管理をしているため過大な応力とならないことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

2.2.4 消耗品及び定期取替品

ガスケットは分解点検時に取り替えている消耗品であり、長期使用はせず取替えを前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

表2.2-1 川内2号炉 蒸気加減弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
				減 肉		割 れ		材質変化			その他
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣 化		
バウンダリの維持	弁 箱		炭素鋼鋳鋼		△ ^{*1} △(外面)					*1：流れ加速型腐食 *2：エロージョン *3：変形（応力緩和）	
	弁 蓋		炭 素 鋼		△ ^{*1} △(外面)						
	弁蓋ボルト		低合金鋼		△						
	ガスケット	◎	—								
閉止機能の維持 作動機能の維持	主 弁		ステンレス鋼								
	弁 体		炭素鋼 (スライト肉盛)	△	△ ^{*1}						
	弁体ボルト		ステンレス鋼				▲				
	弁 座		炭素鋼 (ステンレス鋼肉盛)	△							
	弁 棒		ステンレス鋼	△	△ ^{*2}						
	マ フ ラ		ステンレス鋼								
	閉鎖ばね		ばね鋼						△ ^{*3}		
	アクチュエータ		炭素鋼、鋳鉄 ステンレス鋼 銅合金鋳物	△	△						

△：高経年化対策上着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. 3 インターセプト弁・再熱蒸気止め弁

[対象機器]

- ① インターセプト弁
- ② 再熱蒸気止め弁

目 次

1. 対象機器	1
2. インターセプト弁の技術評価	2
2.1 構造、材料及び使用条件	2
2.2 経年劣化事象の抽出	5

1. 対象機器

川内2号炉で使用されているインターセプト弁及び再熱蒸気止め弁の主な仕様を表1-1に示す。

インターセプト弁と再熱蒸気止め弁は同一条件、型式であることから、インターセプト弁を対象機器として技術評価を実施する。

表1-1 川内2号炉 インターセプト弁及び再熱蒸気止め弁の主な仕様

機器名称 (台数)	重要度 ^{*1}	使用条件	
		最高使用圧力 (MPa[gage])	最高使用温度 (°C)
インターセプト弁 (6)	高 ^{*2}	約1.4	約291
再熱蒸気止め弁 (6)	高 ^{*2}	約1.4	約291

*1：機能は最上位の機能を示す

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

2. インターセプト弁の技術評価

2.1 構造、材料及び使用条件

2.1.1 インターセプト弁

(1) 構造

川内2号炉のインターセプト弁はバタフライ式弁であり、低圧タービン入口に設置されている。

弁本体は流体を内包するバウンダリを構成する耐圧部（弁箱、ガスケット、ベローズシール）、流体を仕切る隔離部（弁体）、弁体を作動させる作動部（弁棒、軸受）及び弁棒を回転させる駆動装置部（閉鎖ばね、アクチュエータ）からなる。

弁箱は炭素鋼鋳鋼、弁体には低合金鋼を使用しており、蒸気に接している。

川内2号炉のインターセプト弁の構造図を図2.1-1に示す。

(2) 材料及び使用条件

川内2号炉のインターセプト弁主要部位の使用材料及び使用条件を表2.1-1及び表2.1-2に示す。

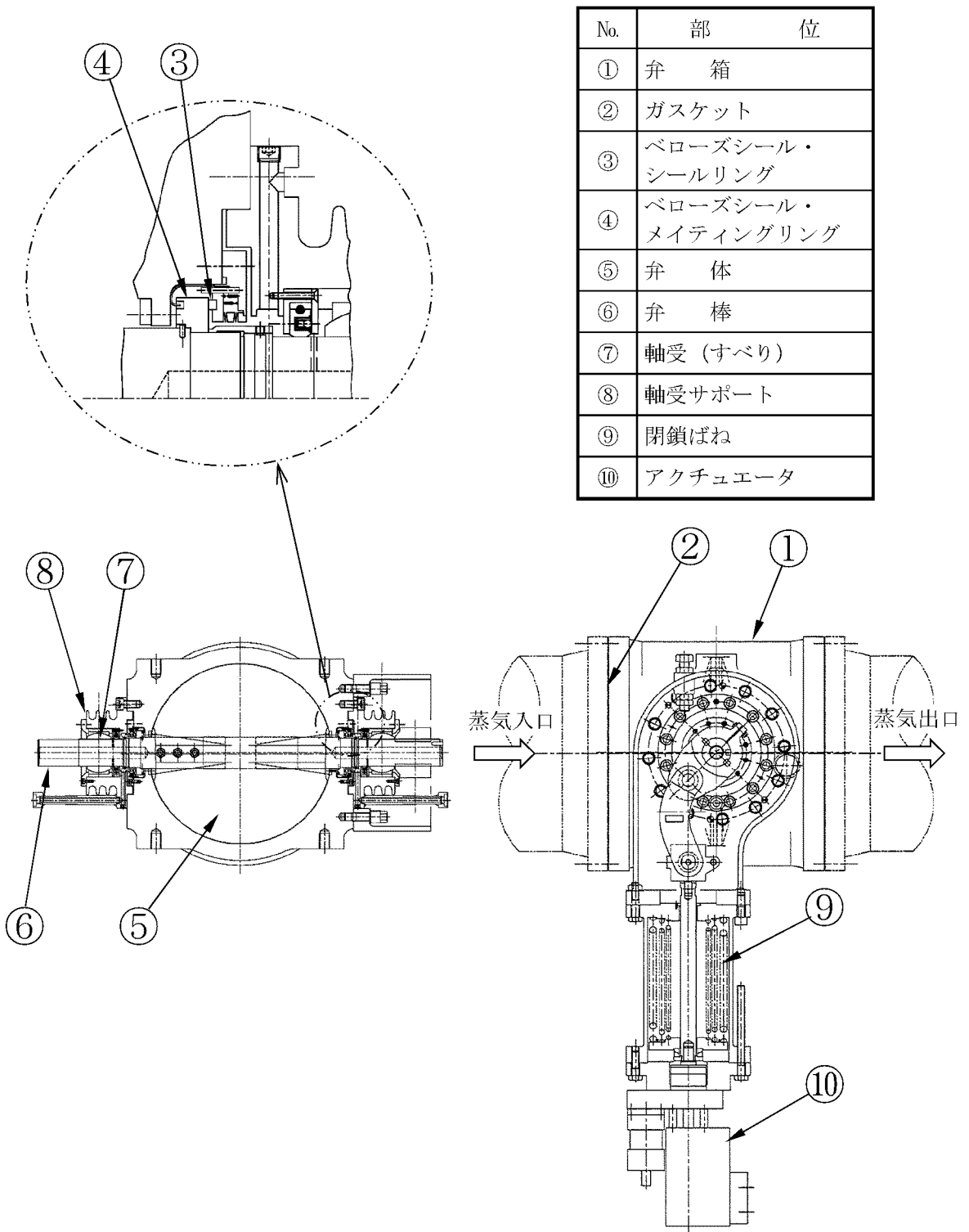


図2.1-1 川内2号炉 インターセプト弁構造図

表2.1-1 川内2号炉 インターセプト弁主要部位の使用材料

部 位	材 料
弁 箱	炭素鋼鋳鋼
ガスケット	消耗品・定期取替品
ベローズシール・ シールリング	消耗品・定期取替品
ベローズシール・ メイティングリング	消耗品・定期取替品
弁 体	低合金鋼
弁 棒	低合金鋼
軸受 (すべり)	消耗品・定期取替品
軸受サポート	炭素鋼鋳鋼
閉鎖ばね	ばね 鋼
アクチュエータ	炭素鋼、鋳鉄 ステンレス鋼、銅合金鋳物

表2.1-2 川内2号炉 インターセプト弁の使用条件

最高使用圧力	約1.4MPa[gage]
最高使用温度	約291℃
内 部 流 体	蒸 気

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機能達成に必要な項目

インターセプト弁の機能である耐圧、開閉及び負荷遮断時の蒸気流量調整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 バウンダリの維持
- ② 閉止機能の維持
- 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

インターセプト弁について、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、個々の部位の構造、材料、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。

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象はない。

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

以下の事象（表2.2-1で△となっているもの）については、想定される経年劣化事象であるが、

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

に該当するものについては、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した。

上記の1)又は2)に該当する事象であるが、保全によりその傾向が維持できていることを確認している事象（日常劣化管理事象）を以下に示す。

なお、日常劣化管理事象ではない事象はない。

(1) 弁箱の腐食（流れ加速型腐食）

弁箱は炭素鋼鋳鋼であり、内部流体が蒸気であるため、内部流体による流れ加速型腐食により減肉が想定される。

しかしながら、蒸気は乾き蒸気であり、これまでに有意な減肉は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認及び弁体と弁箱の間隙計測により、機器の健全性を確認している。

(2) 弁箱（外面）及び軸受サポートの腐食（全面腐食）

弁箱及び軸受サポートは炭素鋼鋳鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部は塗装により腐食を防止しており、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(3) 弁棒の摩耗

弁棒は開閉に伴う軸保持部との摺動により摩耗が想定される。

しかしながら、摺動相手の軸受部は、潤滑性の良いブッシュを使用しており、これまでに有意な摩耗は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認及び間隙計測により、機器の健全性を確認している。

(4) 弁棒の腐食（全面腐食）

弁棒は低合金鋼であり、弁棒貫通部からの漏えいにより、内部流体による腐食が想定される。

しかしながら、ペローズシールにより内部流体はシールされており、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(5) 閉鎖ばねの変形（応力緩和）

閉鎖ばねは弁の開閉の繰り返し及び弁全開位置での荷重が加わった状態で長期間保持されることにより、変形（応力緩和）が想定される。

しかしながら、ばねに発生する応力は弾性範囲内であり、日本ばね工業会にて実施したばね材料と使用環境温度の実態調査結果と比べて、当該ばねは同等以下の環境で使用しており、これまでに有意な変形は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認及び作動確認により、機器の健全性を確認している。

(6) アクチュエータの摩耗

弁の開閉動作により、アクチュエータの摺動部には摩耗が想定される。

しかしながら、これまでに有意な摩耗は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認及び寸法計測により、機器の健全性を確認している。

(7) アクチュエータの腐食（全面腐食）

アクチュエータは炭素鋼又は鋳鉄等であり、腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部は塗装により腐食を防止しており、塗装が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、巡視点検等で目視により塗装の状態を確認し、はく離が認められた場合には必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

一方、内面については内部流体が油で腐食が発生し難い環境にあり、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

2.2.4 消耗品及び定期取替品

ガスケットは分解点検時に取り替えている消耗品であり、ベローズシール・シールリング、ベローズシール・メイトングリング及び軸受（すべり）は目視確認及び寸法計測の結果に基づき取り替えている消耗品である。いずれも長期使用はせず取替えを前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

表2.2-1 川内2号炉 インターセプト弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考
				減 肉		割 れ		材質変化		その他	
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣 化		
バウンダリの維持	弁 箱		炭素鋼鋳鋼		△*1 △(外面)						*1：流れ加速型腐食 *2：変形（応力緩和）
	ガスケット	◎	—								
	ベローズシール・シールリング	◎	—								
	ベローズシール・メイトイングリング	◎	—								
閉止機能の維持 作動機能の維持	弁 体		低合金鋼								
	弁 棒		低合金鋼	△	△						
	軸受（すべり）	◎	—								
	軸受サポート		炭素鋼鋳鋼		△						
	閉鎖ばね		ばね鋼							△*2	
	アクチュエータ		炭素鋼、鋳鉄 ステンレス鋼 銅合金鋳物	△	△						

△：高経年化対策上着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. 4 タービン動主給水ポンプ 駆動タービン 蒸気止め弁・蒸気加減弁

[対象機器]

- ① タービン動主給水ポンプ駆動タービン
高圧蒸気止め弁・蒸気加減弁
- ② タービン動主給水ポンプ駆動タービン
低圧蒸気止め弁・蒸気加減弁

目 次

1. 対象機器	1
2. タービン動主給水ポンプ駆動タービン蒸気止め弁・蒸気加減弁の技術評価	2
2.1 構造、材料及び使用条件	2
2.2 経年劣化事象の抽出	12

1. 対象機器

川内2号炉で使用されているタービン動主給水ポンプ駆動タービン蒸気止め弁・蒸気加減弁の主な仕様を表1-1に示す。

表1-1 川内2号炉 タービン動主給水ポンプ駆動タービン
蒸気止め弁・蒸気加減弁の主な仕様

機器名称 (台数)	重要度*1	使用条件	
		最高使用圧力 (MPa[gage])	最高使用温度 (°C)
タービン動主給水ポンプ 駆動タービン 高压蒸気止め弁 (2)	高*2	約7.5	約291
タービン動主給水ポンプ 駆動タービン 高压蒸気加減弁 (2)	高*2	約7.5	約291
タービン動主給水ポンプ 駆動タービン 低压蒸気止め弁 (2)	高*2	約1.4	約291
タービン動主給水ポンプ 駆動タービン 低压蒸気加減弁 (2)	高*2	約1.4	約291

*1：機能は最上位の機能を示す

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

2. タービン動主給水ポンプ駆動タービン蒸気止め弁・蒸気加減弁の技術評価

2.1 構造、材料及び使用条件

2.1.1 タービン動主給水ポンプ駆動タービン高圧蒸気止め弁・蒸気加減弁

(1) 構造

a. タービン動主給水ポンプ駆動タービン高圧蒸気止め弁

川内2号炉のタービン動主給水ポンプ駆動タービン高圧蒸気止め弁はプラグ式弁であり、タービン動主給水ポンプ駆動タービンの入口に設置されている。

弁本体は流体を内包するバウンダリを構成する耐圧部（弁箱、弁蓋、弁蓋ボルト、ガスケット）、流体を仕切る隔離部（主弁、弁体、弁座）、主弁を作動させる作動部（弁棒）及び弁棒を水平移動させる駆動装置部（シリンダ、ピストン、ピストンリング、ピストンロッド、ブッシュ、閉鎖ばね、油管）からなる。

弁箱及び弁蓋は炭素鋼鋳鋼、主弁、弁体及び弁座にはステンレス鋼を使用しており、蒸気に接している。

b. タービン動主給水ポンプ駆動タービン高圧蒸気加減弁

川内2号炉のタービン動主給水ポンプ駆動タービン高圧蒸気加減弁はプラグ式弁であり、高圧蒸気止め弁の下流に設置されており、高圧蒸気止め弁と弁箱を共有している。

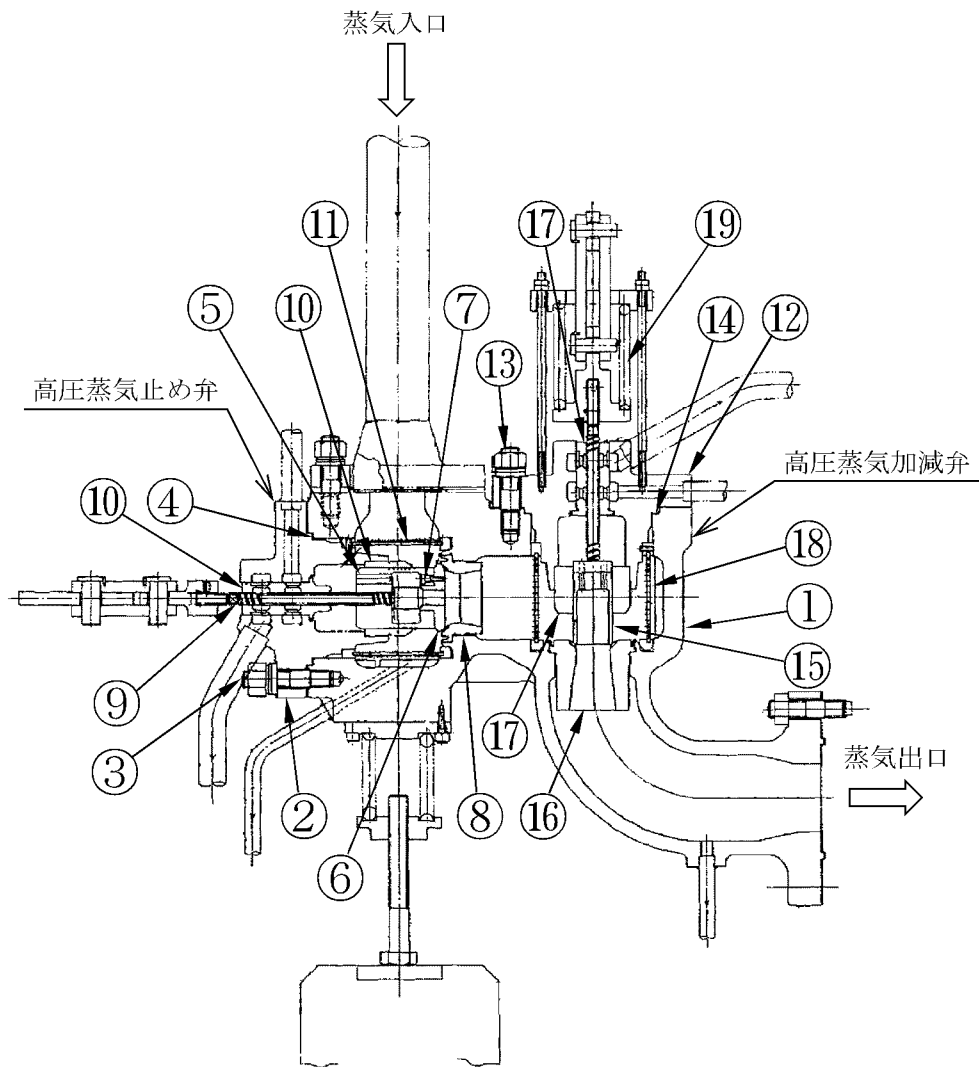
弁本体は流体を内包するバウンダリを構成する耐圧部（弁箱、弁蓋、弁蓋ボルト、ガスケット）、流体を仕切る隔離部（弁体、弁座）、弁体を作動させる作動部（弁棒、閉鎖ばね）及び弁棒を上下移動させる駆動装置部（シリンダ、ピストン、ピストンリング、ピストンロッド、ブッシュ、油管）からなる。

弁箱及び弁蓋は炭素鋼鋳鋼、弁体及び弁座にはステンレス鋼を使用しており、蒸気に接している。

川内2号炉のタービン動主給水ポンプ駆動タービン高圧蒸気止め弁・蒸気加減弁の構造図を図2.1-1に示す。

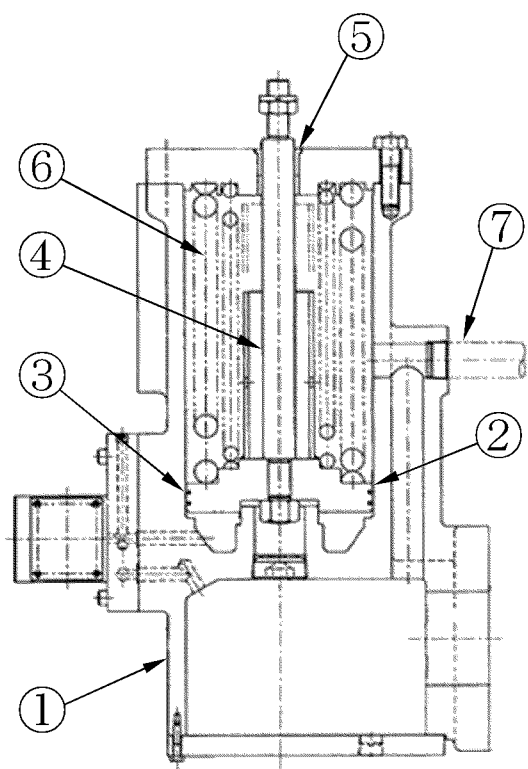
(2) 材料及び使用条件

川内2号炉のタービン動主給水ポンプ駆動タービン高圧蒸気止め弁・蒸気加減弁主要部位の使用材料及び使用条件を表2.1-1及び表2.1-2に示す。

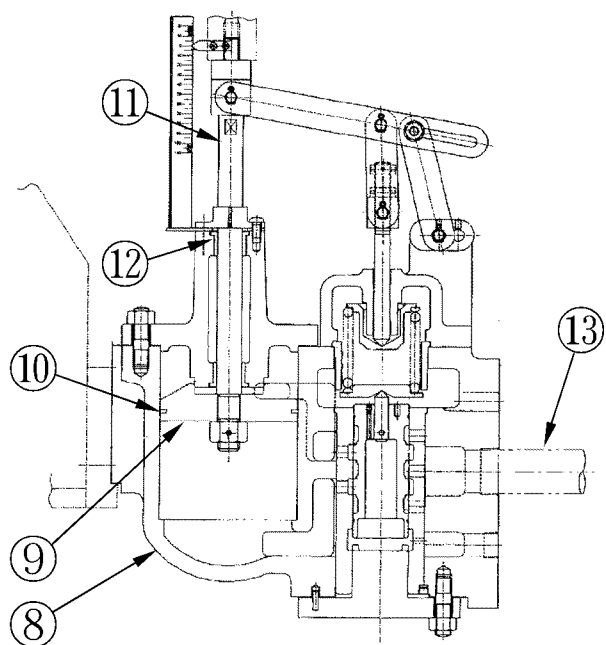


高圧蒸気止め弁		高圧蒸気加減弁	
No.	部 位	No.	部 位
①	弁箱 (高圧蒸気加減弁弁箱と一体)	⑫	弁 蓋
②	弁 蓋	⑬	弁蓋ボルト
③	弁蓋ボルト	⑭	ガスケット
④	ガスケット	⑮	弁体 (弁棒と一体)
⑤	主 弁	⑯	弁 座
⑥	弁 体	⑰	ブッシュ
⑦	弁体ボルト	⑱	ストレーナ
⑧	弁 座		
⑨	弁 棒		
⑩	ブッシュ		
⑪	ストレーナ		

図2.1-1 (1/2) 川内2号炉 タービン動主給水ポンプ駆動タービン
高圧蒸気止め弁・蒸気加減弁構造図



高圧蒸気止め弁駆動装置



高圧蒸気加減弁駆動装置

高圧蒸気止め弁駆動装置		高圧蒸気加減弁駆動装置	
No.	部 位	No.	部 位
①	シリンダ	⑧	シリンダ
②	ピストン	⑨	ピストン
③	ピストンリング	⑩	ピストンリング
④	ピストンロッド	⑪	ピストンロッド
⑤	ブッシュ	⑫	ブッシュ
⑥	閉鎖ばね	⑬	油 管
⑦	油 管		

図2.1-1 (2/2) 川内2号炉 タービン動主給水ポンプ駆動タービン
高圧蒸気止め弁・蒸気加減弁駆動装置構造図

表2.1-1 川内2号炉 タービン動主給水ポンプ駆動タービン

高圧蒸気止め弁・蒸気加減弁主要部位の使用材料

部 位		材 料	
高 圧 蒸 気 止 め 弁	弁箱（高圧蒸気加減弁弁箱と一体）		炭素鋼鋳鋼
	弁 蓋		炭素鋼鋳鋼
	弁蓋ボルト		低合金鋼
	ガスケット		消耗品・定期取替品
	主 弁		ステンレス鋼
	弁 体		ステンレス鋼
	弁体ボルト		消耗品・定期取替品
	弁 座		ステンレス鋼（ステライト肉盛）
	弁 棒		ステンレス鋼
	ブッシュ		低合金鋼
	ストレーナ		ステンレス鋼
	駆動装置	シリンダ	炭素鋼鋳鋼
		ピストン	炭 素 鋼
		ピストンリング	鋳 鉄
ピストンロッド		炭 素 鋼	
ブッシュ		鋳 鉄	
閉鎖ばね		ばね鋼	
油 管		炭 素 鋼	
高 圧 蒸 気 加 減 弁	弁 蓋		炭素鋼鋳鋼
	弁蓋ボルト		低合金鋼
	ガスケット		消耗品・定期取替品
	弁体（弁棒と一体）		ステンレス鋼
	弁 座		ステンレス鋼（ステライト肉盛）
	ブッシュ		低合金鋼
	ストレーナ		ステンレス鋼
	閉鎖ばね		ばね鋼
	駆動装置	シリンダ	鋳 鉄
		ピストン	炭 素 鋼
		ピストンリング	鋳 鉄
ピストンロッド		炭 素 鋼	
ブッシュ		鋳 鉄	
油 管		炭 素 鋼	

表2.1-2 川内2号炉 タービン動主給水ポンプ駆動タービン
高圧蒸気止め弁・蒸気加減弁の使用条件

最高使用圧力	約7.5MPa[gage]
最高使用温度	約291℃
内部流体	蒸気

2.1.2 タービン動主給水ポンプ駆動タービン低圧蒸気止め弁・蒸気加減弁

(1) 構造

a. タービン動主給水ポンプ駆動タービン低圧蒸気止め弁

川内2号炉のタービン動主給水ポンプ駆動タービン低圧蒸気止め弁はプラグ式弁であり、タービン動主給水ポンプ駆動タービンの入口に設置されている。

弁本体は流体を内包するバウンダリを構成する耐圧部（弁箱、弁蓋、弁蓋ボルト、ガスケット）、流体を仕切る隔離部（弁体、弁座）、弁体を作動させる作動部（弁棒）及び弁棒を上下移動させる駆動装置部（シリンダ、ピストン、ピストンリング、ピストンロッド、ブッシュ、閉鎖ばね、油管）からなる。

弁箱及び弁蓋は炭素鋼鋳鋼、弁体は低合金鋼、弁座にはステンレス鋼を使用しており、蒸気に接している。

b. タービン動主給水ポンプ駆動タービン低圧蒸気加減弁

川内2号炉のタービン動主給水ポンプ駆動タービン低圧蒸気加減弁はプラグ式弁であり、低圧蒸気止め弁の下流に設置されている。

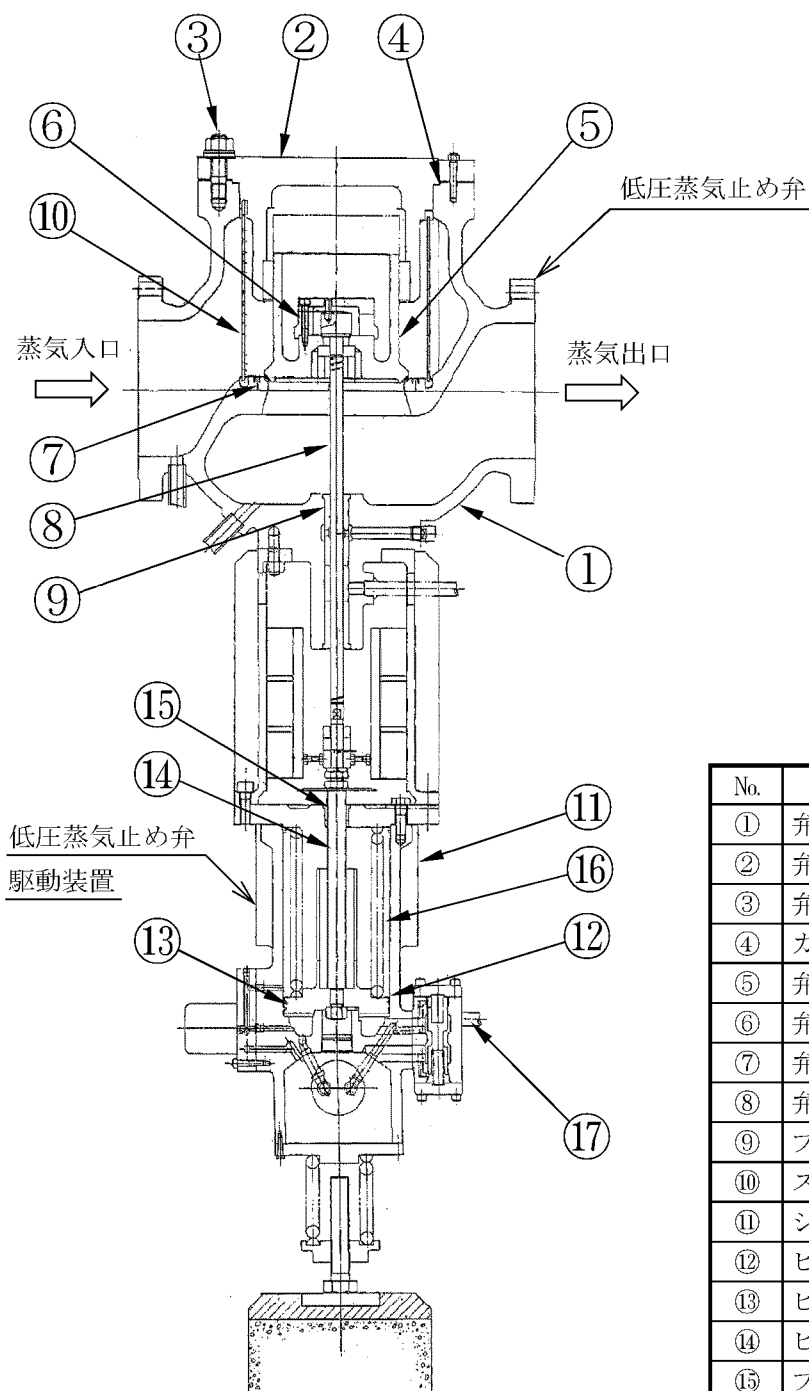
弁本体は流体を内包するバウンダリを構成する耐圧部（蒸気室、蒸気室ボルト、ガスケット）、流体を仕切る隔離部（弁体、弁座）、弁体を作動させる作動部（弁棒、弁揚板）及び弁棒を上下移動させる駆動装置部（シリンダ、ピストン、ピストンリング、ピストンロッド、ブッシュ）からなる。

蒸気室は炭素鋼鋳鋼、弁体及び弁座にはステンレス鋼を使用しており、蒸気に接している。

川内2号炉のタービン動主給水ポンプ駆動タービン低圧蒸気止め弁・蒸気加減弁の構造図を図2.1-2及び図2.1-3に示す。

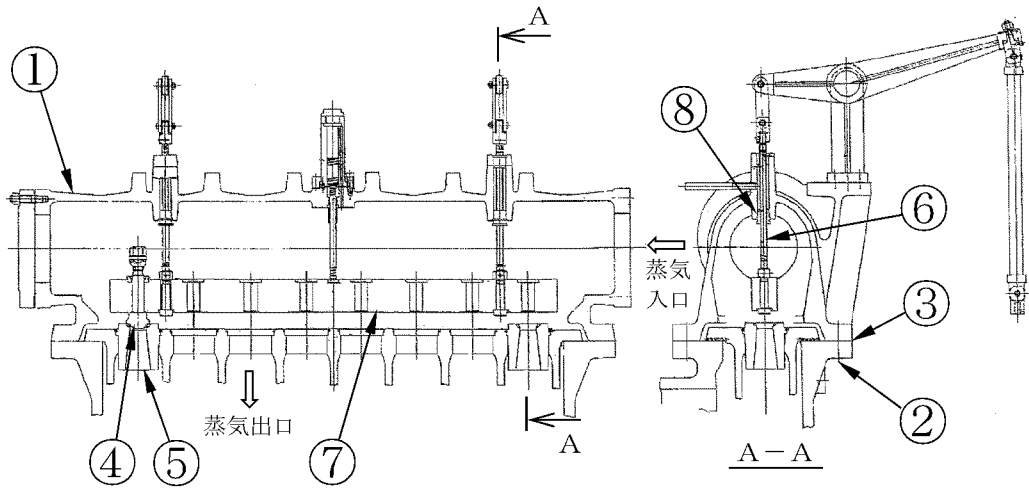
(2) 材料及び使用条件

川内2号炉のタービン動主給水ポンプ駆動タービン低圧蒸気止め弁・蒸気加減弁主要部位の使用材料及び使用条件を表2.1-3及び表2.1-4に示す。

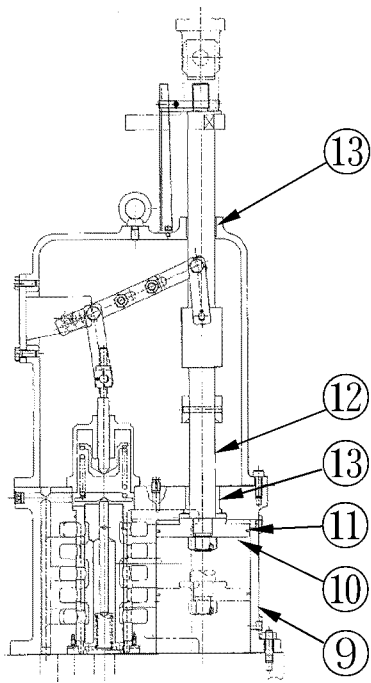


No.	部 位
①	弁 箱
②	弁 蓋
③	弁蓋ボルト
④	ガスケット
⑤	弁 体
⑥	弁体ボルト
⑦	弁 座
⑧	弁 棒
⑨	ブッシュ
⑩	ストレーナ
⑪	シリンダ
⑫	ピストン
⑬	ピストンリング
⑭	ピストンロッド
⑮	ブッシュ
⑯	閉鎖ばね
⑰	油 管

図2.1-2 川内2号炉 タービン動主給水ポンプ駆動タービン
低圧蒸気止め弁、駆動装置構造図



低圧蒸気加減弁



低圧蒸気加減弁駆動装置

No.	部 位
①	蒸気室
②	蒸気室ボルト
③	ガスケット
④	弁 体
⑤	弁 座
⑥	弁 棒
⑦	弁 揚 板
⑧	プッシュ
⑨	シリンダ
⑩	ピストン
⑪	ピストンリング
⑫	ピストンロッド
⑬	ブッシュ

図2.1-3 川内2号炉 タービン動主給水ポンプ駆動タービン
低圧蒸気加減弁、駆動装置構造図

表2.1-3 川内2号炉 タービン動主給水ポンプ駆動タービン

低圧蒸気止め弁・蒸気加減弁主要部位の使用材料

部 位		材 料	
低 圧 蒸 気 止 め 弁	弁 箱	炭素鋼鋳鋼	
	弁 蓋	炭素鋼鋳鋼	
	弁蓋ボルト	低合金鋼	
	ガスケット	消耗品・定期取替品	
	弁 体	低合金鋼 (ステライト肉盛)	
	弁体ボルト	低合金鋼	
	弁 座	ステンレス鋼 (ステライト肉盛)	
	弁 棒	ステンレス鋼	
	ブッシュ	低合金鋼	
	ストレーナ	ステンレス鋼	
	駆動装置	シリンダ	炭素鋼鋳鋼
		ピストン	炭 素 鋼
		ピストンリング	鋳 鉄
ピストンロッド		炭 素 鋼	
ブッシュ		鋳 鉄	
閉鎖ばね		ばね鋼	
油 管		炭 素 鋼	
低 圧 蒸 気 加 減 弁	蒸気室	炭素鋼鋳鋼	
	蒸気室ボルト	低合金鋼	
	ガスケット	消耗品・定期取替品	
	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)	
	弁 棒	ステンレス鋼	
	弁揚板	炭 素 鋼	
	ブッシュ	低合金鋼	
	駆動装置	シリンダ	鋳 鉄
		ピストン	炭 素 鋼
		ピストンリング	鋳 鉄
ピストンロッド		炭 素 鋼	
ブッシュ		鋼 (テフロン)、銅合金鋳物	

表2.1-4 川内2号炉 タービン動主給水ポンプ駆動タービン
低圧蒸気止め弁・蒸気加減弁の使用条件

最高使用圧力	約1.4MPa[gage]
最高使用温度	約291℃
内部流体	蒸気

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機能達成に必要な項目

タービン動主給水ポンプ駆動タービン蒸気止め弁・蒸気加減弁の機能である耐圧、開閉及び流量制御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 バウンダリの維持
- ② 閉止機能の維持
- 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

タービン動主給水ポンプ駆動タービン蒸気止め弁・蒸気加減弁について、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、個々の部位の構造、材料、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、代表機器ごとに表2.2-1～表2.2-4に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象はない。

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

以下の事象（表2.2-1～表2.2-4で△となっているもの）については、想定される経年劣化事象であるが、

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

に該当するものについては、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した。

上記の1)又は2)に該当する事象であるが、保全によりその傾向が維持できていることを確認している事象（日常劣化管理事象）を以下に示す。

なお、日常劣化管理事象ではない事象はない。

(1) 弁箱、弁蓋、蒸気室及び弁揚板の腐食（流れ加速型腐食）[共通]

弁箱、弁蓋、蒸気室及び弁揚板は炭素鋼鋳鋼又は炭素鋼であり、内部流体が蒸気であるため、内部流体による流れ加速型腐食により減肉が想定される。

しかしながら、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上注目すべき経年劣化事象ではない。

(2) 弁箱、弁蓋及び蒸気室（外面）の腐食（全面腐食）[共通]

弁箱、弁蓋及び蒸気室は炭素鋼鋳鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部は塗装により腐食を防止しており、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(3) 弁蓋ボルト、蒸気室ボルトの腐食（全面腐食）〔共通〕

弁蓋ボルト及び蒸気室ボルトはガスケットからの漏えいにより、内部流体によるボルトの腐食が想定される。

しかしながら、締付管理により漏えい防止を図っており、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(4) 弁体及び弁座（シート面）の摩耗〔共通〕

弁体及び弁座シート面は弁の開閉による摩耗が想定される。

しかしながら、これまでに有意な摩耗は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認、浸透探傷検査及び当たり確認により、機器の健全性を確認している。

(5) 弁体ボルトの腐食（流れ加速型腐食）〔タービン動主給水ポンプ駆動タービン
低圧蒸気止め弁〕

弁体ボルトは低合金鋼であり、内部流体が蒸気であるため、内部流体による流れ加速型腐食により減肉が想定される。

しかしながら、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(6) 主弁、弁棒及びブッシュの摩耗 [共通]

主弁、弁棒及びブッシュの摺動部は、弁の開閉による摩耗が想定される。

しかしながら、摺動部は窒化又は焼入れにより表面を硬化しており、これまでに有意な摩耗は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認及び間隙計測により、機器の健全性を確認している。

(7) ブッシュの腐食（全面腐食） [共通]

ブッシュは低合金鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(8) 閉鎖ばねの変形（応力緩和） [タービン動主給水ポンプ駆動タービン低圧蒸気加減弁を除く弁]

閉鎖ばねは弁の開閉の繰り返し及び弁全開位置での荷重が加わった状態で長期間保持されることにより、変形（応力緩和）が想定される。

しかしながら、ばねに発生する応力は弾性範囲内であり、日本ばね工業会にて実施したばね材料と使用環境温度の実態調査結果と比べて、当該ばねは同等以下の環境で使用しており、これまでに有意な変形は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認及び作動確認により、機器の健全性を確認している。

(9) 駆動装置シリンダ等の摩耗 [共通]

駆動装置のシリンダ、ピストンリング、ピストンロッド及びブッシュの摺動部は、弁の開閉による摩耗が想定される。

しかしながら、摺動部は油雰囲気下で使用されており、これまでに有意な摩耗は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認及び間隙計測により、機器の健全性を確認している。

(10) 駆動装置シリンダ等の腐食（全面腐食） [共通]

駆動装置シリンダ等は炭素鋼鋳鋼、炭素鋼、鋳鉄又は銅合金鋳物であり、腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部は塗装により腐食を防止しており、塗装が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、巡視点検等で目視により塗装の状態を確認し、はく離が認められた場合には必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

一方、内面については油雰囲気下で腐食が発生し難い環境にあり、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

2.2.4 消耗品及び定期取替品

ガスケットは分解点検時に取り替えている消耗品であり、また、タービン動主給水ポンプ駆動タービン高圧蒸気止め弁の弁体ボルトは目視確認の結果に基づき取り替えている消耗品である。いずれも長期使用はせず取替えを前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

表2.2-1 川内2号炉 タービン動主給水ポンプ駆動タービン高圧蒸気止め弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
				減 肉		割 れ		材質変化			その他
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣 化		
バウンダリの維持	弁箱(高圧蒸気加減弁弁箱と一体)		炭素鋼鋳鋼		△ ^{*1} △(外面)					*1: 流れ加速型腐食 *2: 変形(応力緩和)	
	弁 蓋		炭素鋼鋳鋼		△ ^{*1} △(外面)						
	弁蓋ボルト		低合金鋼		△						
	ガスケット	◎	—								
閉止機能の維持 作動機能の維持	主 弁		ステンレス鋼	△							
	弁 体		ステンレス鋼	△							
	弁体ボルト	◎	—								
	弁 座		ステンレス鋼 (ステライト肉盛)	△							
	弁 棒		ステンレス鋼	△							
	ブッシュ		低合金鋼	△	△						
	ストレーナ		ステンレス鋼								
	駆動装置シリンダ		炭素鋼鋳鋼	△	△						
	駆動装置ピストン		炭 素 鋼		△						
	駆動装置ピストリング ^g		鑄 鉄	△	△						
	駆動装置ピストロッド ^g		炭 素 鋼	△	△						
	駆動装置ブッシュ		鑄 鉄	△	△						
駆動装置閉鎖ばね		ばね鋼						△ ^{*2}			
駆動装置油管		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2.2-2 川内2号炉 タービン動主給水ポンプ駆動タービン高圧蒸気加減弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
				減 肉		割 れ		材質変化			その他
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣 化		
バウンダリの維持	弁 蓋		炭素鋼鋳鋼		△ ^{*1} △(外面)						*1：流れ加速型腐食 *2：シート面 *3：弁棒部 *4：変形（応力緩和）
	弁蓋ボルト		低合金鋼		△						
	ガスケット	◎	—								
閉止機能の維持 作動機能の維持	弁体(弁棒と一体)		ステンレス鋼	△ ^{*2,3}							
	弁 座		ステンレス鋼 (ステライト肉盛)	△							
	ブッシュ		低合金鋼	△	△						
	ストレーナ		ステンレス鋼								
	閉鎖ばね		ばね鋼							△ ^{*1}	
	駆動装置シリンダ		鋳 鉄	△	△						
	駆動装置ピストン		炭 素 鋼		△						
	駆動装置ピストリング		鋳 鉄	△	△						
	駆動装置ピストロッド		炭 素 鋼	△	△						
	駆動装置ブッシュ		鋳 鉄	△	△						
駆動装置油管		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2.2-3 川内2号炉 タービン動主給水ポンプ駆動タービン低圧蒸気止め弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・ 定期 取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
				減 肉		割 れ		材質変化			その他
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣 化		
バウンダリの維持	弁 箱		炭素鋼鋳鋼		△ ^{*1} △(外面)					*1：流れ加速型腐食 *2：変形（応力緩和）	
	弁 蓋		炭素鋼鋳鋼		△ ^{*1} △(外面)						
	弁蓋ボルト		低合金鋼		△						
	ガスケット	◎	—								
閉止機能の維持 作動機能の維持	弁 体		低合金鋼 (ステライト肉盛)	△							
	弁体ボルト		低合金鋼		△ ^{*1}						
	弁 座		ステンレス鋼 (ステライト肉盛)	△							
	弁 棒		ステンレス鋼	△							
	ブッシュ		低合金鋼	△	△						
	ストレーナ		ステンレス鋼								
	駆動装置シリンダ		炭素鋼鋳鋼	△	△						
	駆動装置ピストン		炭 素 鋼		△						
	駆動装置 ^レ ストリング ^ク		鋳 鉄	△	△						
	駆動装置 ^レ ストロッド ^ク		炭 素 鋼	△	△						
	駆動装置ブッシュ		鋳 鉄	△	△						
	駆動装置閉鎖ばね		ばね鋼						△ ^{*2}		
駆動装置油管		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2.2-4 川内2号炉 タービン動主給水ポンプ駆動タービン低圧蒸気加減弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
				減 肉		割 れ		材質変化			その他
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣 化		
バウンダリの維持	蒸気室		炭素鋼鋳鋼		△ ^{*1} △(外面)						*1：流れ加速型腐食
	蒸気室ボルト		低合金鋼		△						
	ガスケット	◎	—								
閉止機能の維持 作動機能の維持	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)	△							
	弁 棒		ステンレス鋼	△							
	弁 揚 板		炭 素 鋼		△ ^{*1}						
	ブッシュ		低合金鋼	△	△						
	駆動装置シリンダ		鋳 鉄	△	△						
	駆動装置ピストン		炭 素 鋼		△						
	駆動装置ピストリング		鋳 鉄	△	△						
	駆動装置ピストロッド		炭 素 鋼	△	△						
駆動装置ブッシュ		鋼(テフロン) 銅合金鋳物	△	△							

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

川内原子力発電所2号炉

炉内構造物の技術評価書

[運転を断続的に行うことを前提とした評価]

九州電力株式会社

川内2号炉で使用されている炉内構造物の高経年化に係る技術評価についてまとめたものである。

表1に評価対象部位を示す。

本評価書における技術評価結果で現状保全を継続すべき項目としたものについては、現状保全の点検手法の適切性を確認しており、現状保全を継続することで健全性の維持は可能であると考えます。

なお、点検等で確認した結果、異常が認められた場合、速やかに対策を施すこととしており、異常が認められた場合に、対策を実施する旨の記載は省略している。

また、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。

表1 評価対象部位一覧

部 位 名 称	重 要 度*1
上部炉心板	PS-1、重*2
上部炉心支持柱	PS-1、重*2
上部炉心支持板	PS-1、重*2
下部炉心板	PS-1、重*2
下部炉心支持柱	PS-1、重*2
下部炉心支持板	PS-1、重*2
炉 心 槽	PS-1、重*2
ラジアルキー	—*3
上部燃料集合体案内ピン	PS-1
下部燃料集合体案内ピン	PS-1
制御棒クラスタ案内管	MS-1
支持ピン	MS-1
炉心バップル	PS-1
炉心バップル取付板	PS-1
バップルフォーマボルト	PS-1
バレルフォーマボルト	PS-1
炉内計装用シンプルチューブ	PS-2
熱遮蔽材	PS-1
熱遮蔽材固定用ボルト	PS-1
押えリング	PS-1

*1：機能は最上位の機能を示す

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

*3：安全重要度分類上、性能に関する規定は特にはないが、炉内構造物一式として他部位とあわせて評価する

1 炉内構造物

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	2
2.2 経年劣化事象の抽出	19
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価	32

1. 対象機器

川内2号炉で使用されている炉内構造物の主な仕様を表1-1に示す。

表1-1 川内2号炉 炉内構造物の主な仕様

機器名称 (台数)	重要度*1	使用条件		
		運 転	最高使用圧力 (MPa[gage])	最高使用温度 (°C)
炉内構造物 (1)	PS-1、重*2	連 続	約17.2	約343

*1：機能は最上位の機能を示す

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

2. 炉内構造物の技術評価

2.1 構造、材料及び使用条件

(1) 構造

川内2号炉の炉内構造物は、炉心の支持、1次冷却材の流路形成・配分等の機能を有し、上部炉内構造物と下部炉内構造物とに分かれている。それぞれ一体として原子炉容器から取り外すことができる構造となっている。

炉内構造物は大部分がステンレス鋼であり、一部ニッケル基合金を用いている。

上部炉内構造物と下部炉内構造物は燃料集合体を上下からはさむ形で支持しており、それら自身は原子炉容器フランジ部で、押えリングをはさむ形で支持されている。

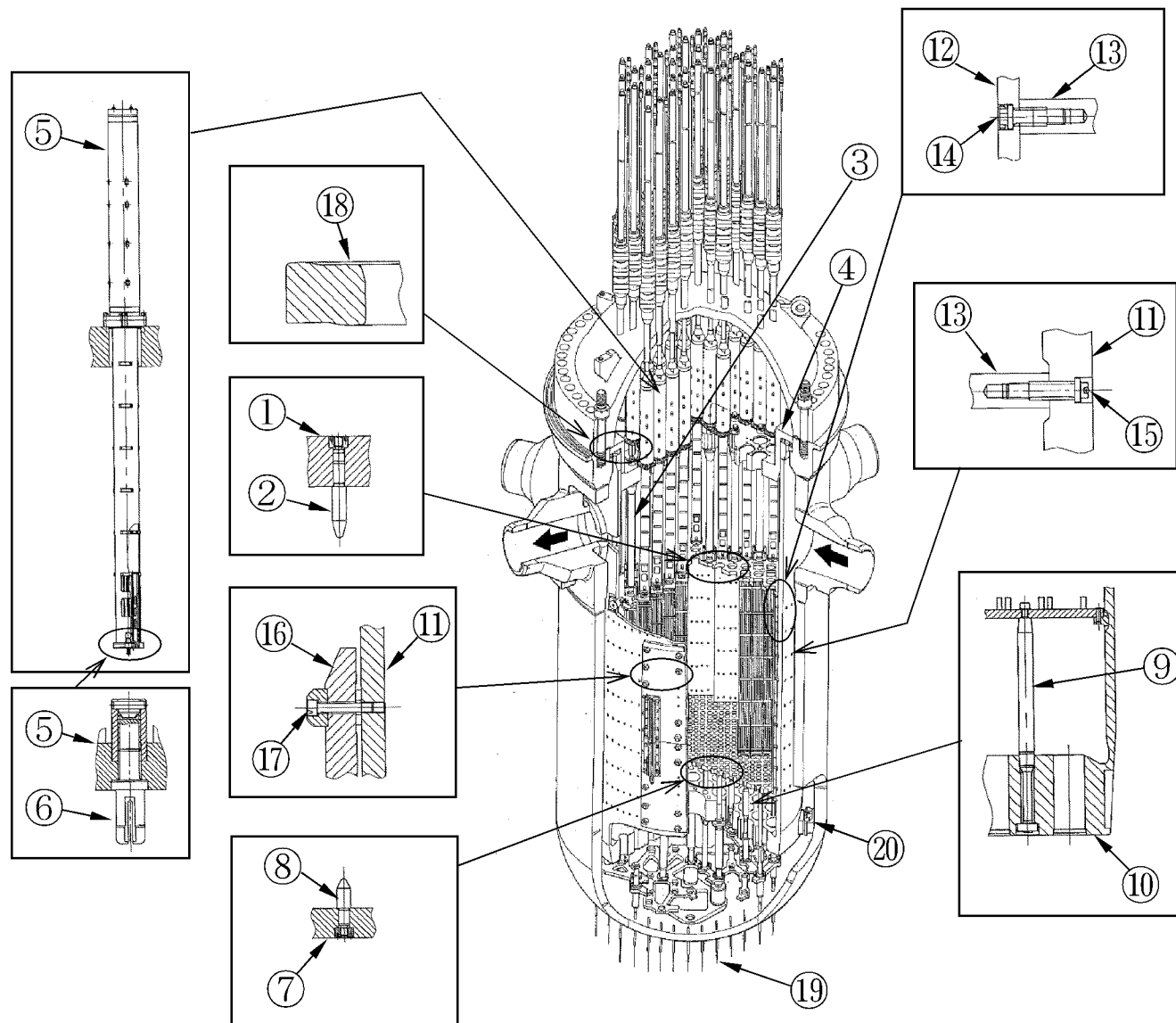
上部炉内構造物は、上部炉心支持板、上部炉心支持柱及び上部炉心板の組立体である上部炉心支持構造物に、制御棒クラスタ案内管等の構造物に取り付けられたものである。制御棒クラスタ案内管は上部炉心支持板にボルト固定され、支持ピンが上部炉心板にはまり込む構造となっている。

下部炉内構造物は、炉心槽、下部炉心支持板、下部炉心支持柱及び下部炉心板の組立体である下部炉心支持構造物に、炉心バップル、熱遮蔽材等に取り付けられたものである。

川内2号炉の炉内構造物の構造を図2.1-1に示す。

(2) 材料及び使用条件

川内2号炉の炉内構造物の使用材料及び使用条件を表2.1-1及び表2.1-2に示す。



No.	部 位
(上部炉内構造物)	
①	上部炉心板
②	上部燃料集合体案内ピン
③	上部炉心支持柱
④	上部炉心支持板
⑤	制御棒クラスタ案内管
⑥	支持ピン
(下部炉内構造物)	
⑦	下部炉心板
⑧	下部燃料集合体案内ピン
⑨	下部炉心支持柱
⑩	下部炉心支持板
⑪	炉 心 槽
⑫	炉心バップル
⑬	炉心バップル取付板
⑭	バップルフォーマボルト
⑮	バレルフォーマボルト
⑯	熱遮蔽材
⑰	熱遮蔽材固定用ボルト
(その他)	
⑱	押えリング
⑲	炉内計装用シングルチューブ
⑳	ラジアルキー

図2.1-1(1/14) 川内2号炉 炉内構造物全体図

No.	部 位
①	上部炉心板
②	上部燃料集合体案内ピン
③	上部炉心支持柱
④	上部炉心支持板
⑤	制御棒クラスタ案内管
⑥	支持ピン

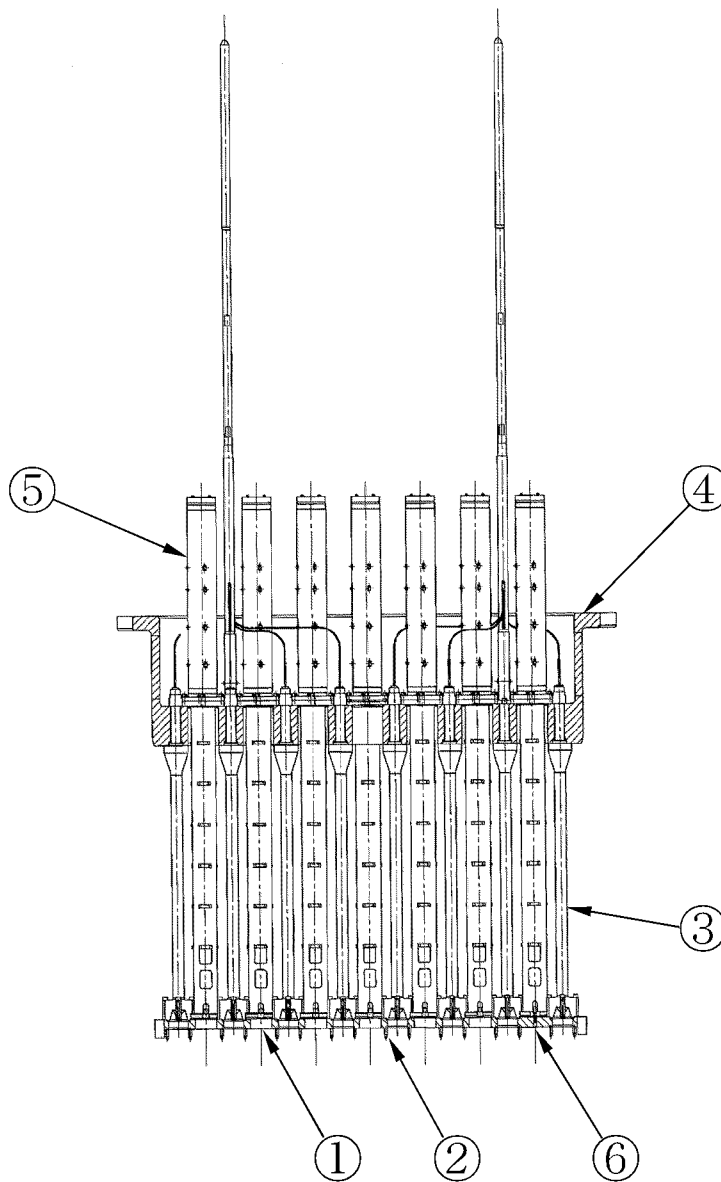


図2.1-1(2/14) 川内2号炉 炉内構造物 上部炉内構造物構造図

No.	部 位
①	上部炉心板
②	上部燃料集合体案内ピン

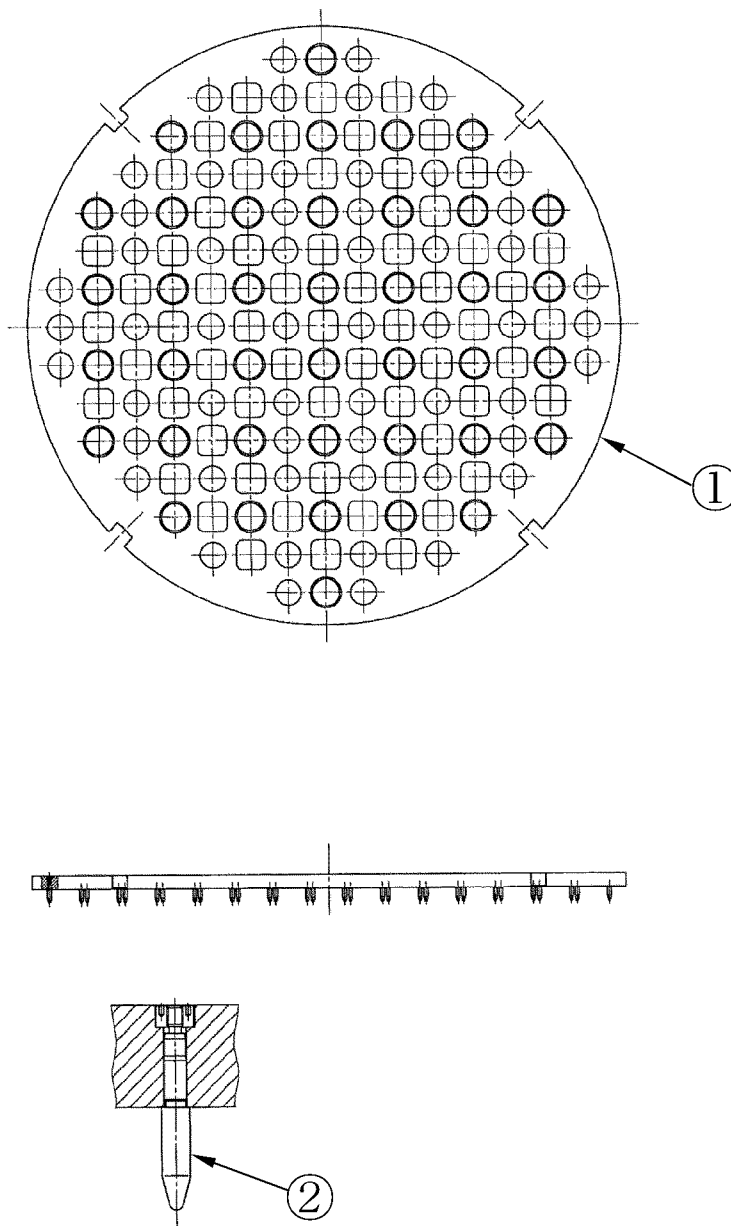


図2.1-1(3/14) 川内2号炉 炉内構造物 上部炉心板組立図

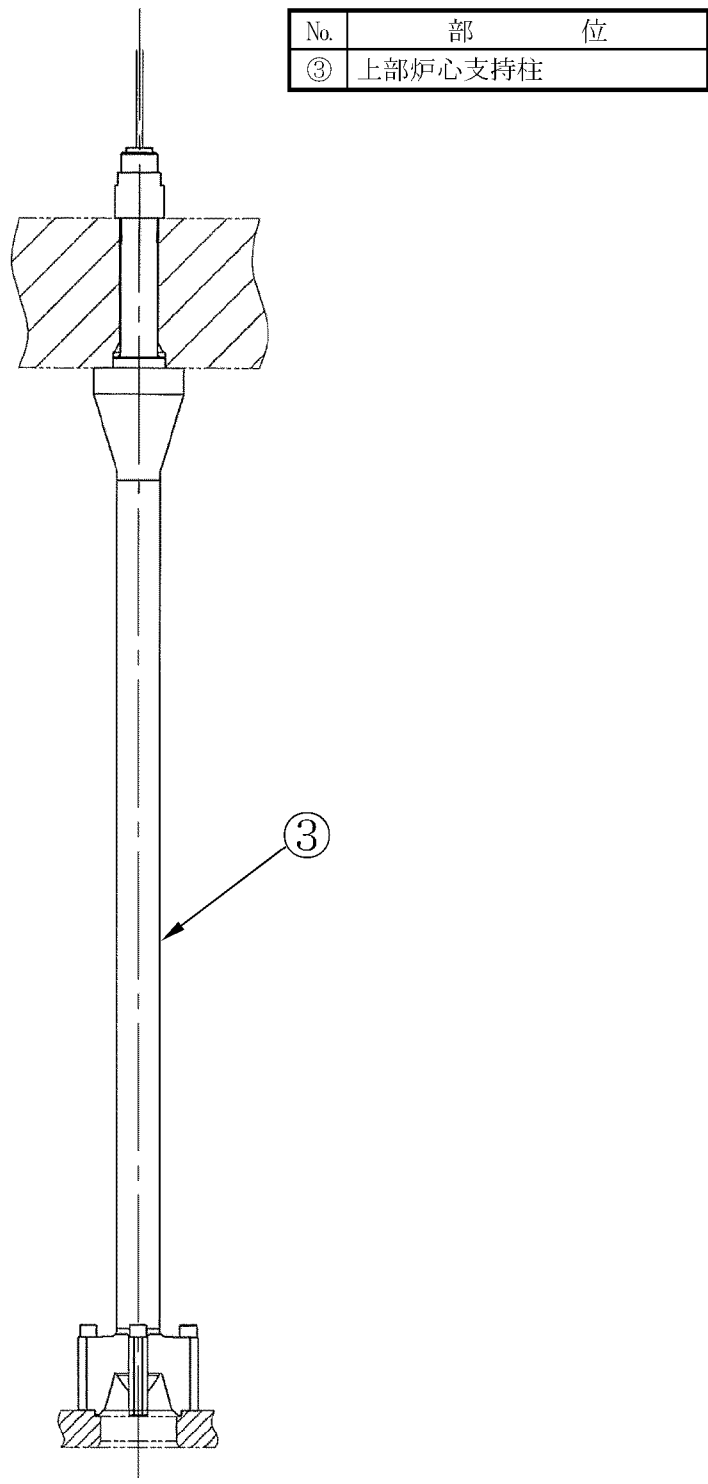


图2. 1-1(4/14) 川内 2 号炉 炉内构造物 上部炉心支持柱組立図

No.	部 位
④	上部炉心支持板

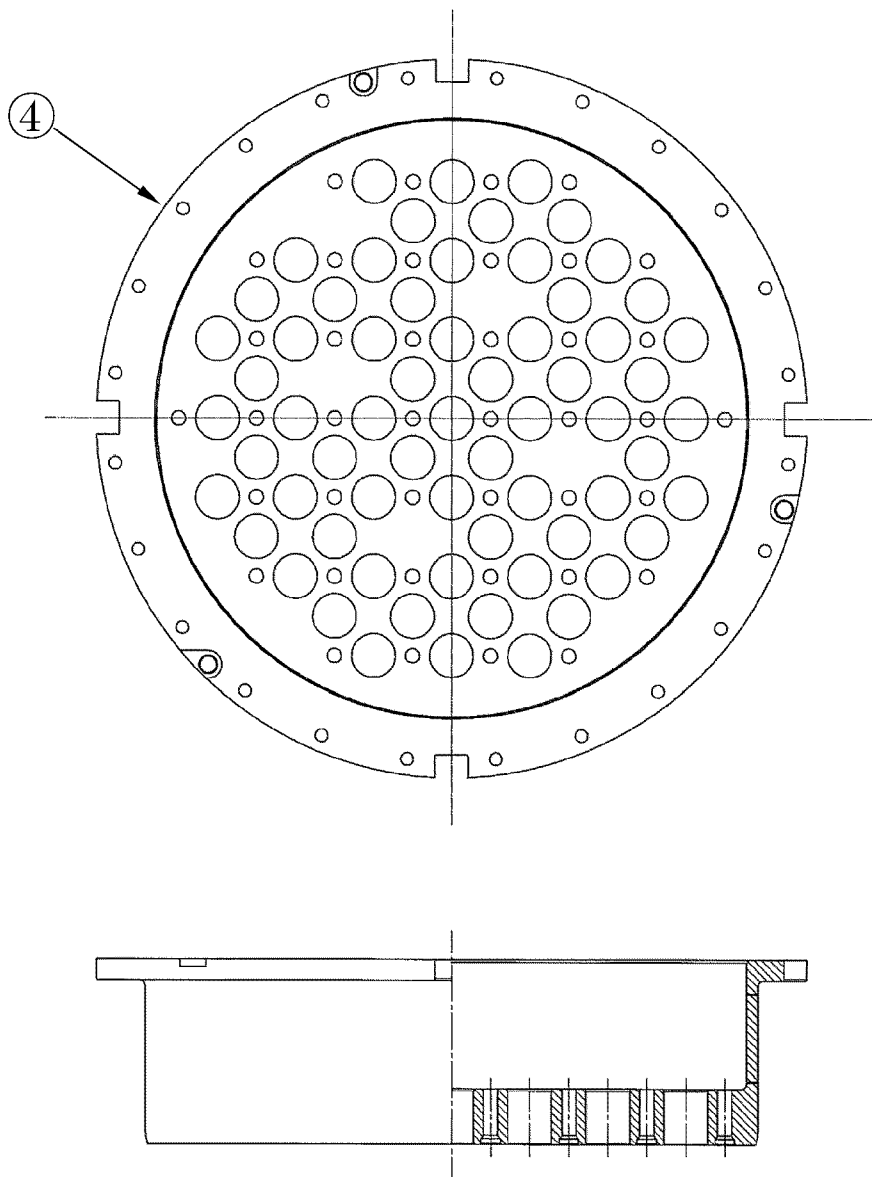


图2.1-1(5/14) 川内2号炉 炉内构造物 上部炉心支持板組立図

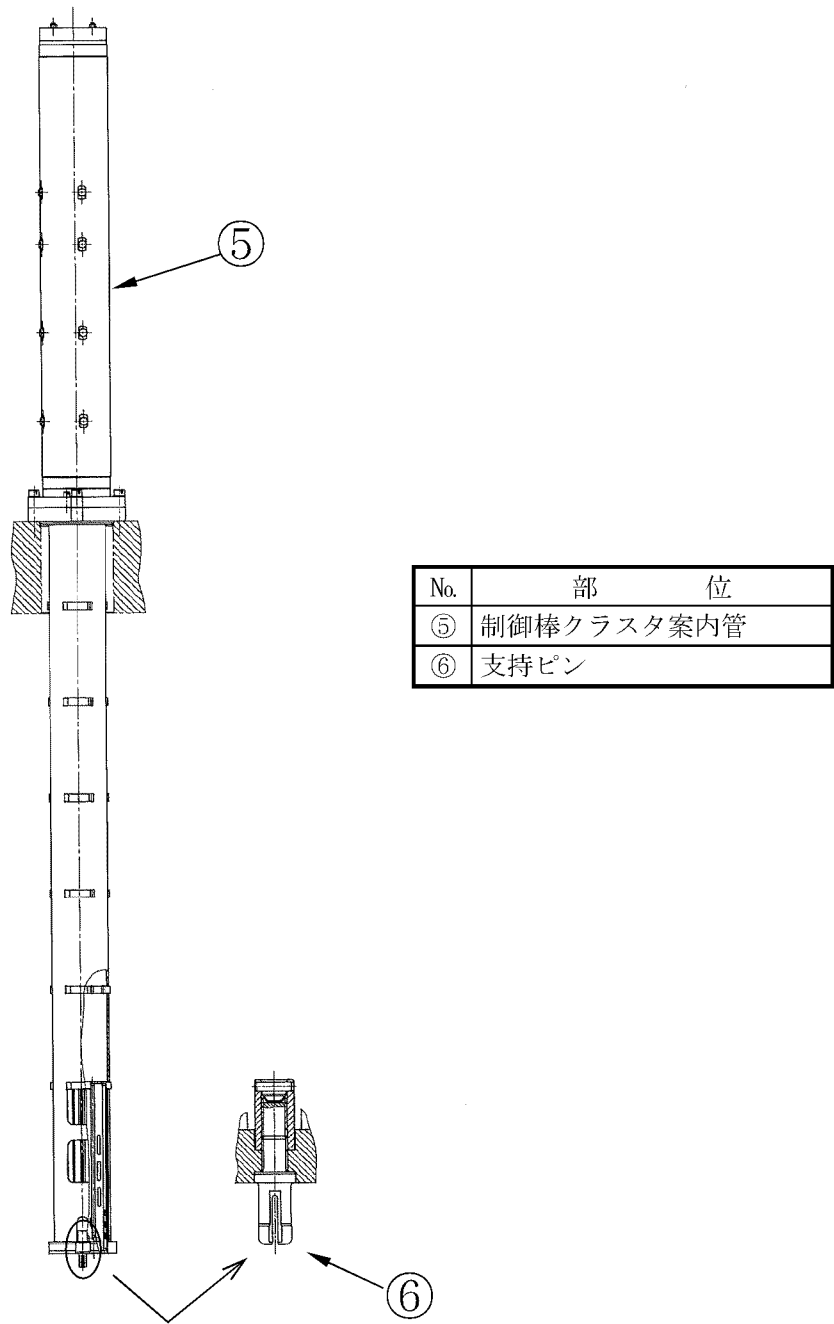
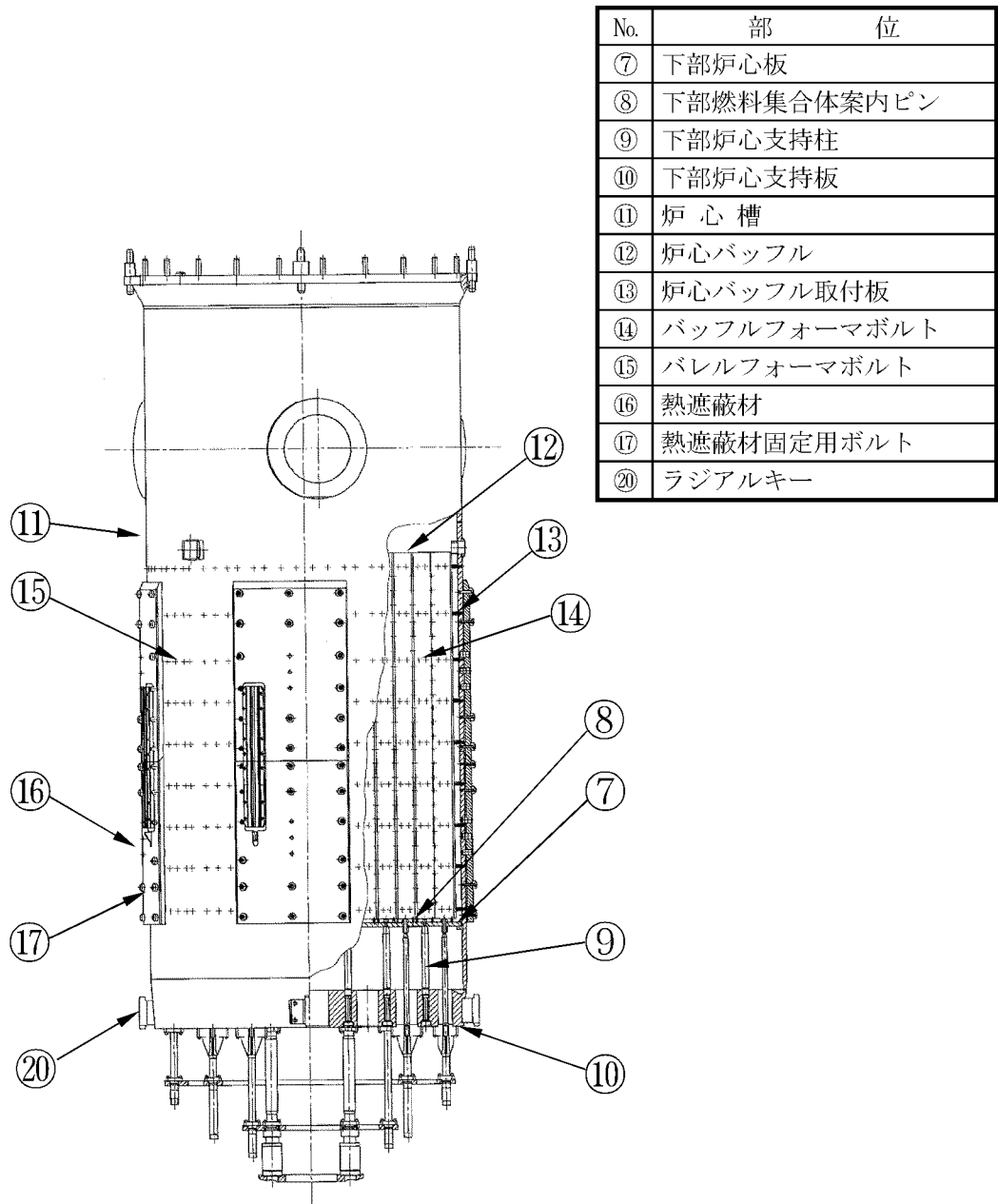


図2. 1-1(6/14) 川内 2号炉 炉内構造物 制御棒クラスタ案内管組立図



No.	部 位
⑦	下部炉心板
⑧	下部燃料集合体案内ピン
⑨	下部炉心支持柱
⑩	下部炉心支持板
⑪	炉 心 槽
⑫	炉心バップル
⑬	炉心バップル取付板
⑭	バップルフォーマボルト
⑮	バレルフォーマボルト
⑯	熱遮蔽材
⑰	熱遮蔽材固定用ボルト
⑳	ラジアルキー

図2. 1-1(7/14) 川内2号炉 炉内構造物 下部炉内構造物構造図

No.	部 位
⑦	下部炉心板
⑧	下部燃料集合体案内ピン

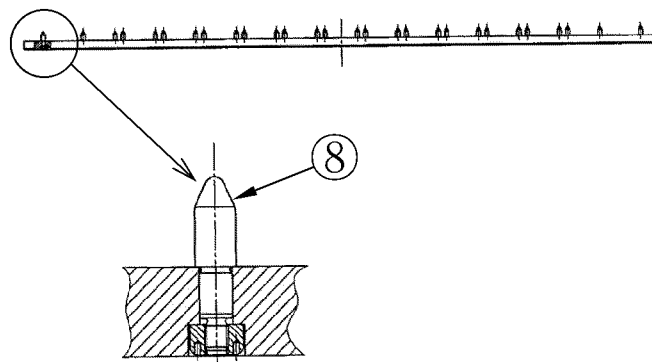
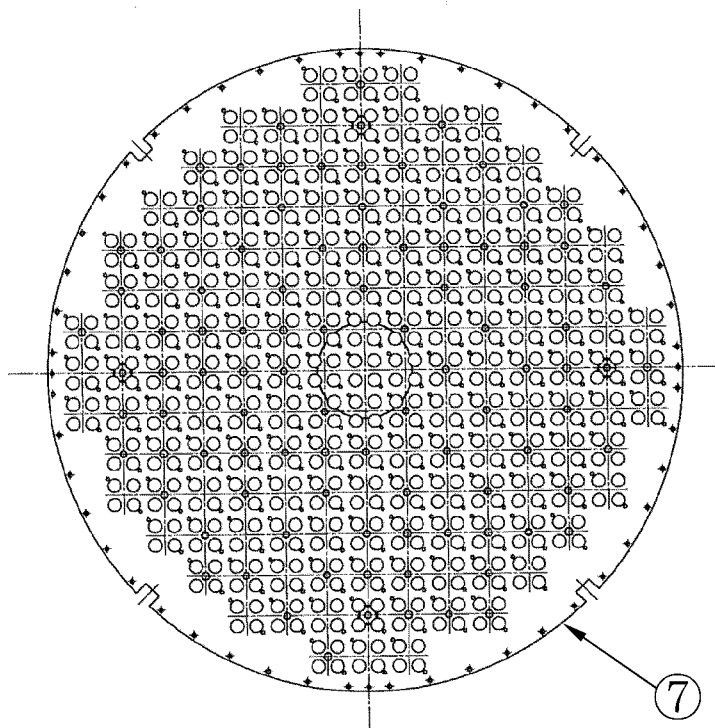


図2.1-1(8/14) 川内2号炉 炉内構造物 下部炉心板組立図

No.	部 位
⑨	下部炉心支持柱

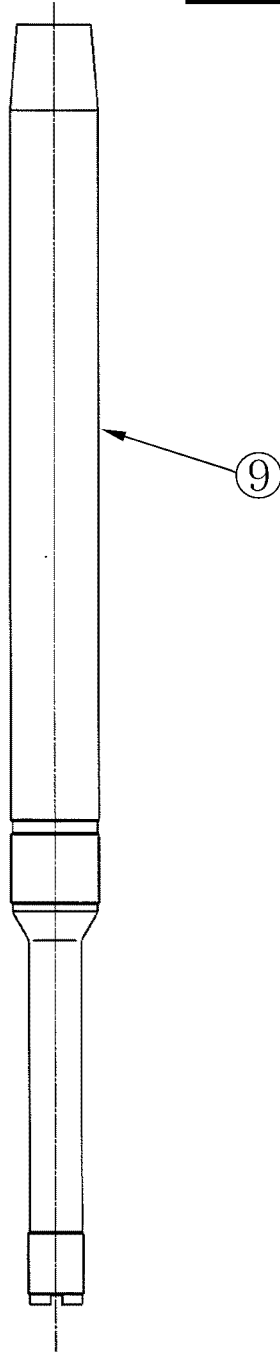


图2.1-1(9/14) 川内2号炉 炉内构造物 下部炉心支持柱组立图

No.	部 位
⑦	下部炉心板
⑨	下部炉心支持柱
⑩	下部炉心支持板
⑪	炉 心 槽

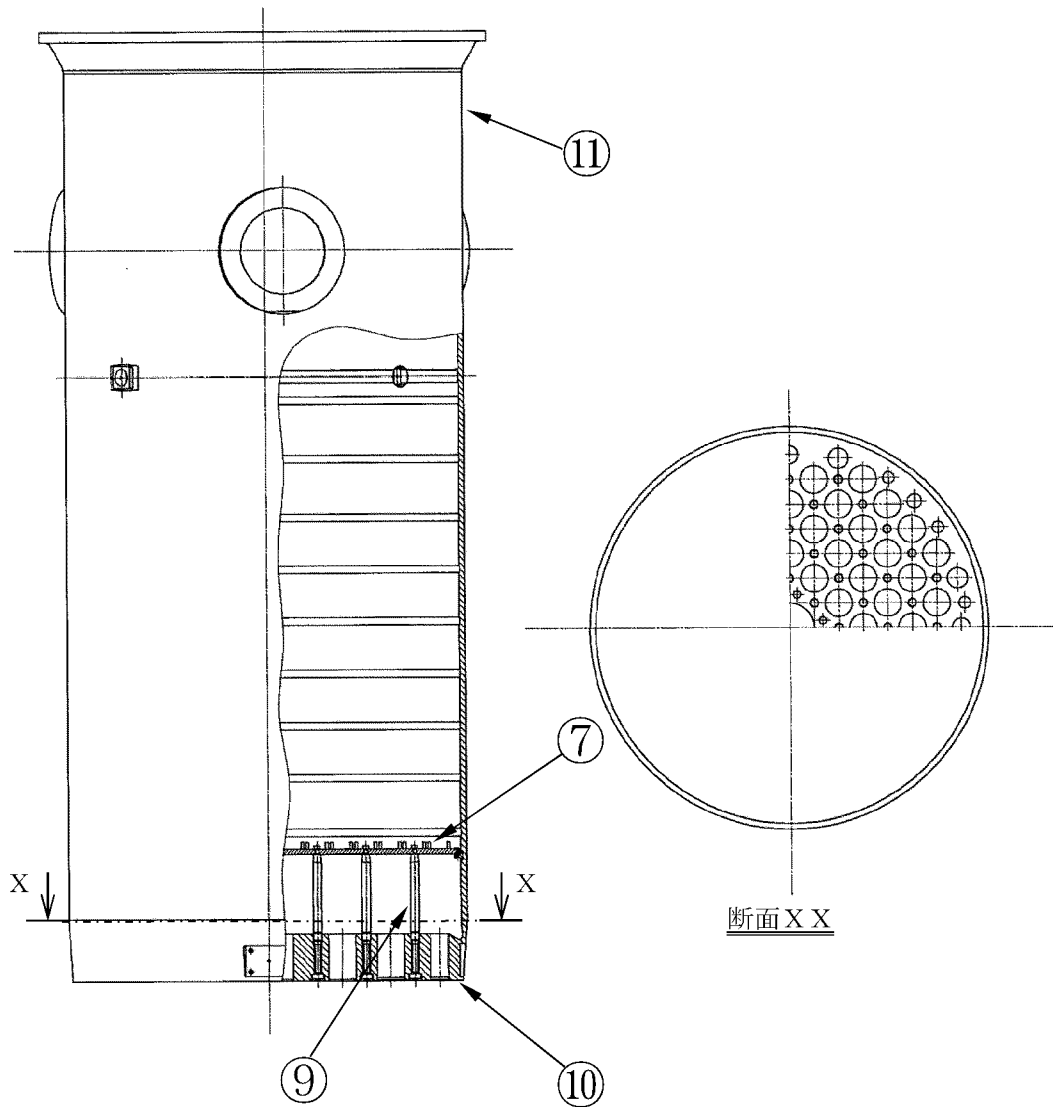


图2.1-1(10/14) 川内2号炉 炉内构造物 炉心槽组立图

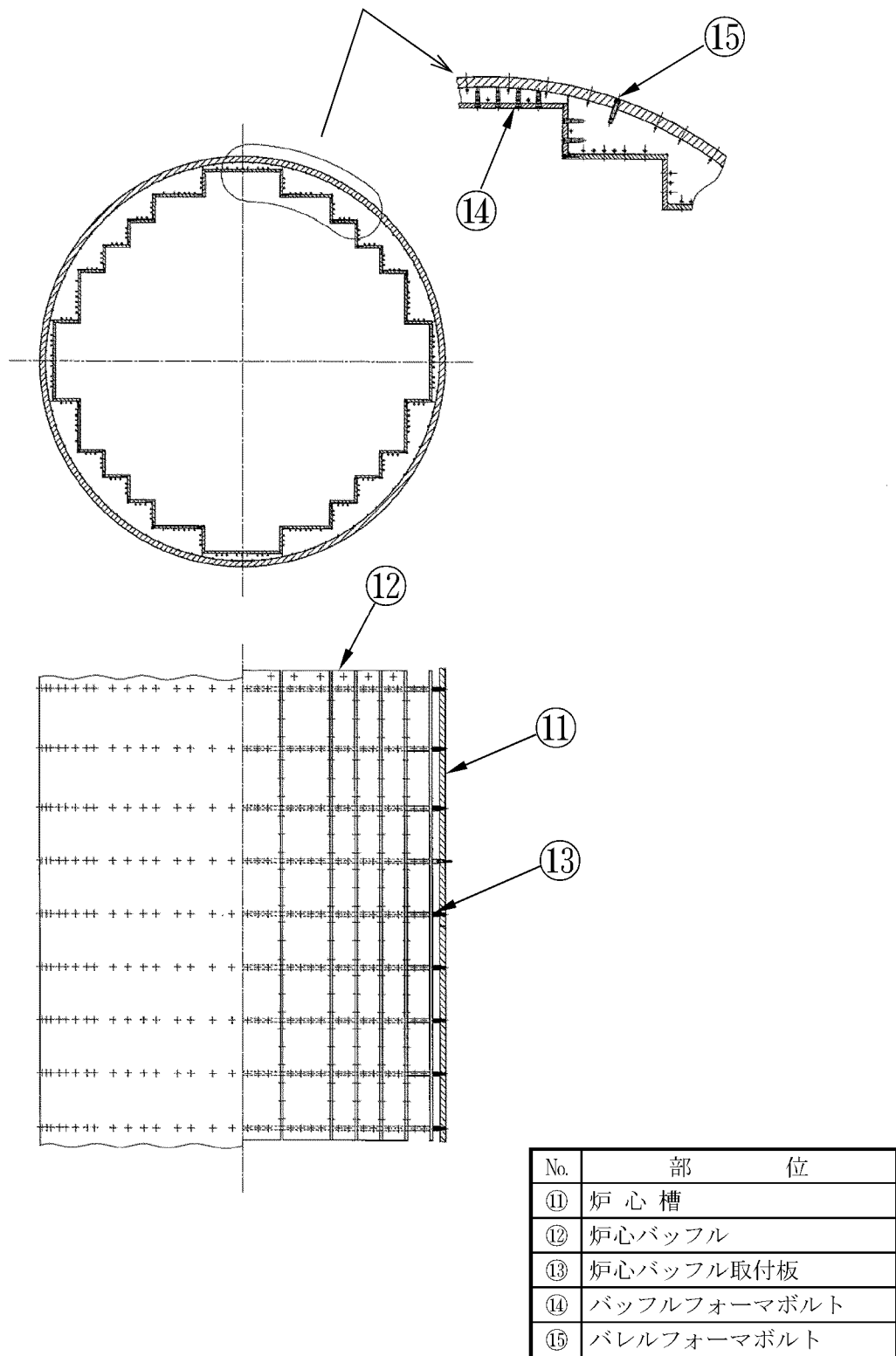


図2. 1-1 (11/14) 川内2号炉 炉内構造物 炉心バップル組立図

No.	部 位
⑪	炉 心 槽
⑯	熱 遮 蔽 材
⑰	熱 遮 蔽 材 固 定 用 ボ ル ト

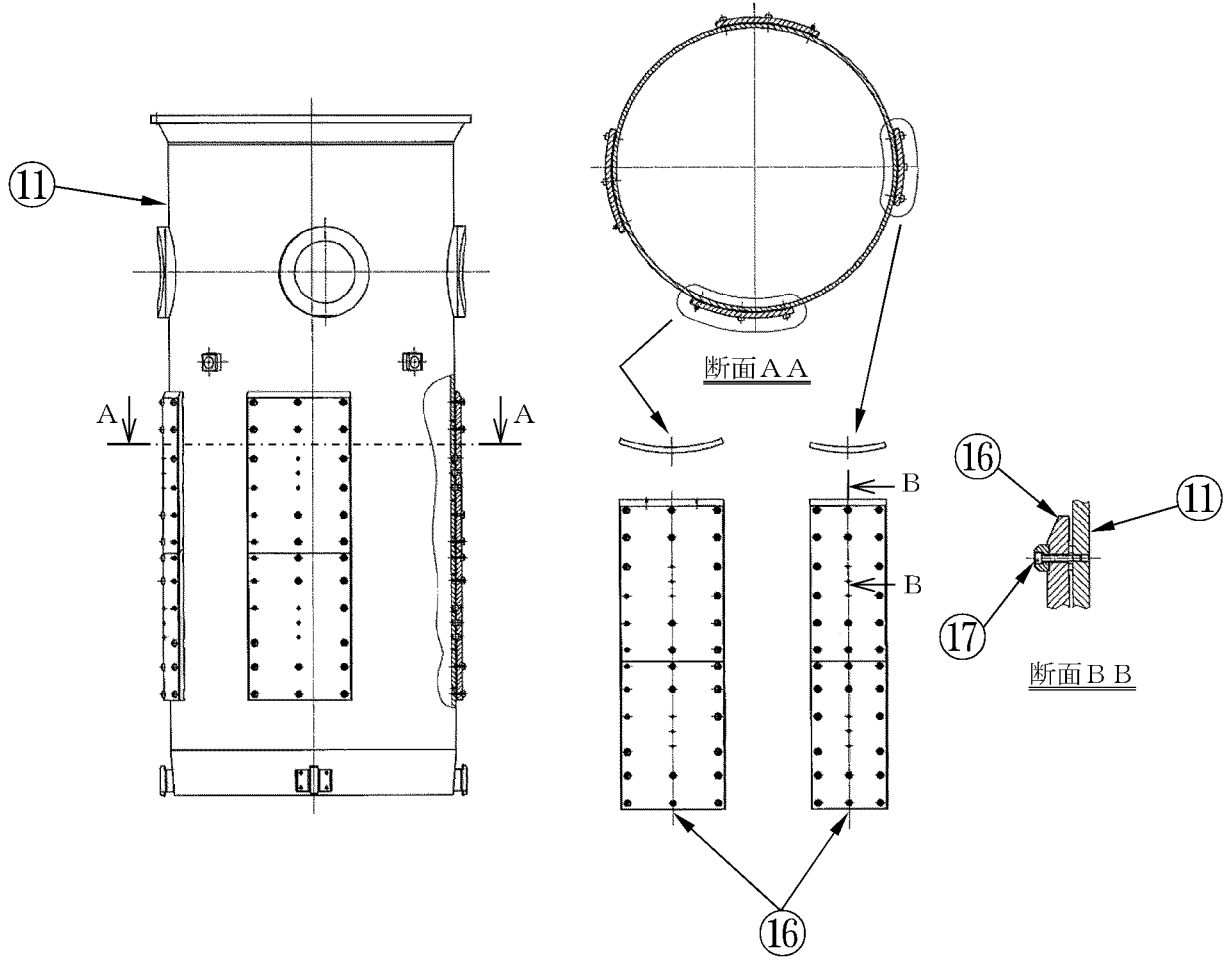
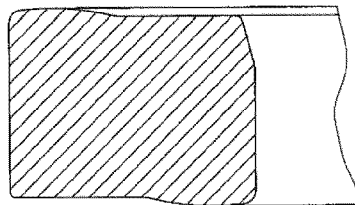
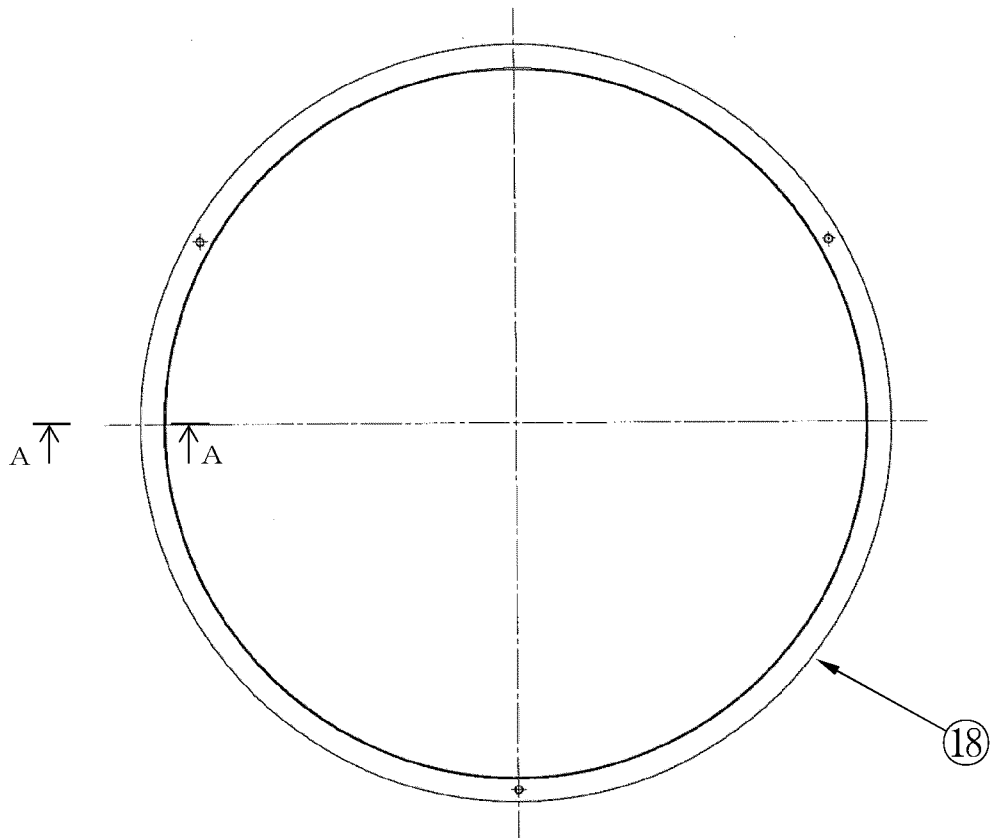


図2. 1-1(12/14) 川内 2 号 炉 炉 内 構 造 物 熱 遮 蔽 材 組 立 図



No.	部 位
⑱	押えリング

断面A A

図2.1-1(13/14) 川内2号炉 炉内構造物 押えリング

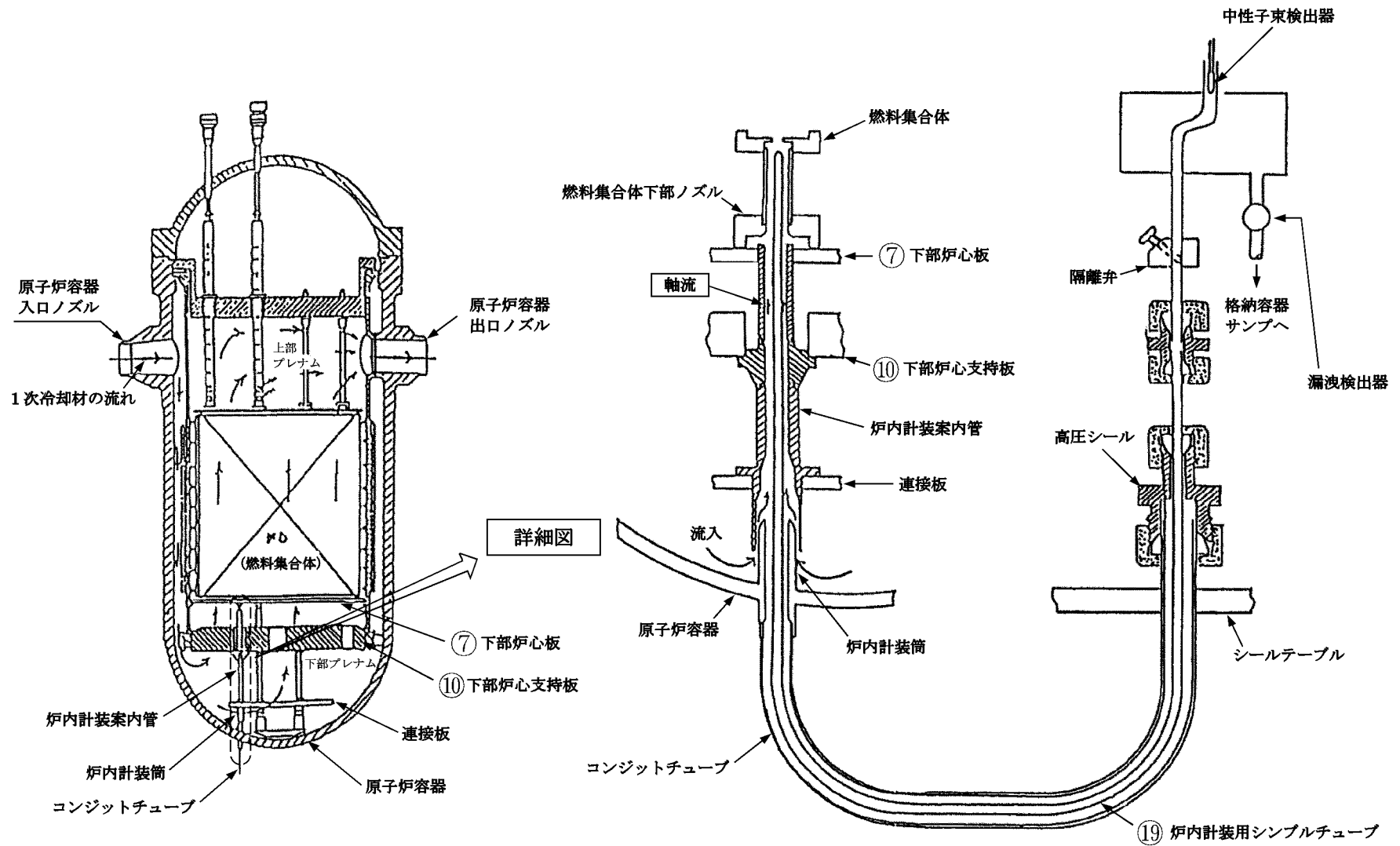


図2.1-1(14/14) 炉内計装用シンプルチューブ概念図

表2.1-1 川内2号炉 炉内構造物主要部位の使用材料

部 位	材 料
上部炉心板	ステンレス鋼
上部炉心支持柱	ステンレス鋼
上部炉心支持板	ステンレス鋼
下部炉心板	ステンレス鋼
下部炉心支持柱	ステンレス鋼
下部炉心支持板	ステンレス鋼
炉 心 槽	ステンレス鋼
ラジアルキー	ステンレス鋼
上部燃料集合体案内ピン	ステンレス鋼
下部燃料集合体案内ピン	ステンレス鋼
制御棒クラスタ案内管	ステンレス鋼
支持ピン	ニッケル基合金
炉心バッフル	ステンレス鋼
炉心バッフル取付板	ステンレス鋼
バッフルフォーマボルト	ステンレス鋼
バレルフォーマボルト	ステンレス鋼
炉内計装用シングルチューブ	ステンレス鋼
熱遮蔽材	ステンレス鋼
熱遮蔽材固定用ボルト	ステンレス鋼
押えリング	ステンレス鋼

表2.1-2 川内2号炉 炉内構造物の使用条件

最高使用圧力	約17.2MPa[gage]
最高使用温度	約343℃
内部流体	1次冷却材

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機能達成に必要な項目

炉内構造物の機能である、

- ・ 炉心、すなわち燃料集合体の支持及び位置決め
- ・ 制御棒クラスタの位置決め、案内及び保護
- ・ 1次冷却材の流路形成及び流量の適正配分
- ・ 炉内計装の通路形成、支持及び保護
- ・ 原子炉容器に対する中性子しゃへい

を維持するためには、次の6つの項目が必要である。

- ① 炉心支持及び炉心位置決め部材信頼性の維持
- ② 制御棒クラスタ案内構造信頼性の維持
- ③ 1次冷却材流路形成構成部材信頼性の維持
- ④ 炉内計装案内構造部材信頼性の維持
- ⑤ 中性子しゃへい構造信頼性の維持
- ⑥ 機器の支持構造信頼性の維持

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

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、個々の部位の構造、材料、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。

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象（表2.2-1で○となっているもの）としては以下の事象がある。

(1) 炉心支持構造物の疲労割れ

プラントの起動・停止時等に発生する1次冷却材の温度、圧力及び流量変化により疲労が蓄積する可能性があることから、経年劣化に対する評価が必要である。

(2) ステンレス鋼の照射誘起型応力腐食割れ

仏国における1988年のブジェー（Bugey）発電所2号炉及びその後の類似プラントにおいて確認されたバッフルフォーマボルトの損傷事例及び1998年に米国で確認された同様の事例より、高照射領域にある高応力のステンレス鋼の照射誘起型応力腐食割れの可能性が考えられるため、経年劣化に対する評価が必要である。

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

以下の事象（表2.2-1で△又は▲となっているもの）については、想定される経年劣化事象であるが、

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

に該当するものについては、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した。

上記の1)又は2)に該当する事象であるが、保全によりその傾向が維持できていることを確認している事象（日常劣化管理事象）を以下に示す。

(1) 上部炉心支持柱等のステンレス鋼の応力腐食割れ

ステンレス鋼の上部炉心支持柱等は、応力腐食割れが想定される。

しかしながら、PWRプラントの1次冷却材の水質は、溶存酸素濃度5ppb以下に管理しており、ステンレス鋼の応力腐食割れが発生する可能性は小さい。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、水中テレビカメラによる目視確認により、機器の健全性を確認している。

(2) 上部炉心支持柱等の高サイクル疲労割れ

炉内構造物のうち、1次冷却材高速流れにさらされている下部炉内構造物の炉心槽、上部炉内構造物の上部炉心支持柱と制御棒クラスタ案内管において、流体によるランダム振動が発生し、上部炉心支持柱と制御棒クラスタ案内管に繰り返しの応力が生じることから、高サイクル疲労割れが発生する可能性が考えられる。

しかしながら、3ループプラントを対象に1/5スケールモデルを用いた流動試験結果をもとに川内2号炉について評価した結果、高サイクル疲労に対して問題ないことを確認している。

また、1999年7月に敦賀2号炉の再生熱交換器連絡管において、温度の異なる1次冷却材の合流による温度ゆらぎ（サーマルストライピング）が生じ、高サイクル熱疲労による疲労割れが発生しているが、炉内構造物において温度の異なる1次冷却材が合流する炉心槽出口ノズル部、上部炉心支持板及び制御棒クラスタ案内管等については、最大の温度差を考慮しても発生応力が疲労限より小さいため、高サイクル疲労割れ発生の可能性はない。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、水中テレビカメラによる目視確認により、機器の健全性を確認している。

(3) 炉心槽の中性子照射による靱性低下

炉心槽に使用しているステンレス鋼は、中性子照射により靱性低下等の機械的特性が変化する。

中性子照射による靱性低下は、従来より原子炉容器を中心に検討評価されてきている。原子炉容器に使用されている材料はフェライト系の材料であり、この材料は中性子照射によって、関連温度の上昇や上部棚吸収エネルギーの低下が顕著なため、従来から重要な経年劣化事象として評価されている。

一方、炉心支持構造物であり強度上重要な炉心槽に使用されている材料はオーステナイト系の材料であって、フェライト系材料とは金属結晶構造が異なり、靱性が高い材料である。しかし、(財)発電設備技術検査協会の「平成8年度 プラント長寿命化技術開発に関する事業報告書」によるとオーステナイト系照射ステンレス鋼の破壊靱性値 J_{IC} 試験の結果、図2.2-1に示すように、中性子照射に対して、靱性値の低下が認められる。

しかしながら、中性子照射による脆化が進行しても材料の脆化のみでは不安定破壊は発生せず、炉内構造物に有意な欠陥が存在しなければ、不安定破壊を起こす可能性は小さいと考える。なお、炉心槽溶接部は、応力集中がなく照射量が少ないため、「(社)日本機械学会 維持規格 (JSME S NA1-2012)」に基づく評価では、照射誘起型応力腐食割れ発生の可能性は小さい。

さらにここで、万一有意な欠陥が存在すると仮定し、地震発生時のき裂安定性評価を実施した。想定欠陥は、「(社)日本機械学会 設計・建設規格 (JSME S NC1-2005/2007)」を準用し深さを板厚の $1/4$ 、長さは板厚の 1.5 倍の表面欠陥を周方向に仮定した (図2.2-2)。平板中の半楕円表面き裂の応力拡大係数 K を求める $Raju-Newman$ の式 (Raju, I. S. and Newman, J. C., Jr., NASA Technical Paper 1578, 1979.) を用いて想定欠陥の応力拡大係数 K を算出した結果、 $5.1 MPa\sqrt{m}$ となった。一方、図2.2-1中の J_{IC} 最下限値 $14 kJ/m^2$ から、換算式により破壊靱性値 K_{IC} を求めると $5.1 MPa\sqrt{m}$ となる。

$$K_{IC} = \sqrt{\frac{E}{(1-\nu^2)}} \times J_{IC}$$

E : 縦弾性係数 (173,000 MPa at 350°C)

ν : ポアソン比 (0.3)

J_{IC} : 破壊靱性値の下限 (14 kJ/m² at 350°C)

よって、想定欠陥の応力拡大係数は、破壊靱性値を下回っており、不安定破壊は生じないことを確認した。

また、炉心槽の中性子照射による靱性低下については、定期的に可能な範囲について、水中テレビカメラによる目視確認を実施し、有意な欠陥がないことを確認している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

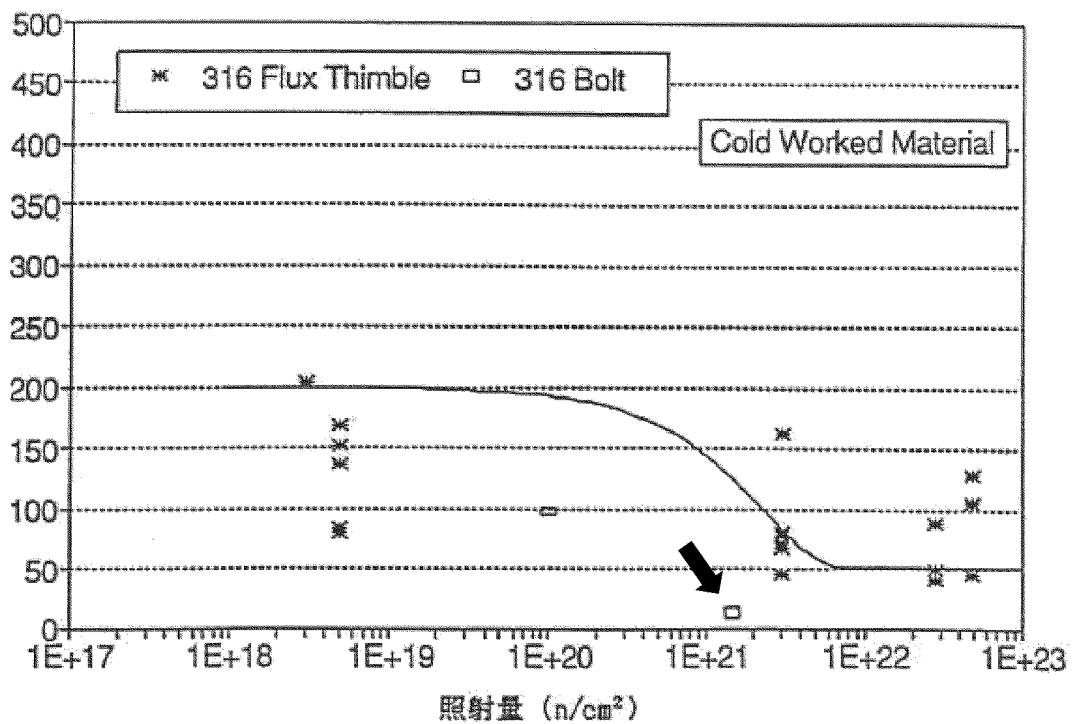


図2. 2-1 破壊靱性値 J_{IC} と照射量の関係

[出典：(財)発電設備技術検査協会「平成8年度 プラント長寿命化技術開発に関する事業報告書」]

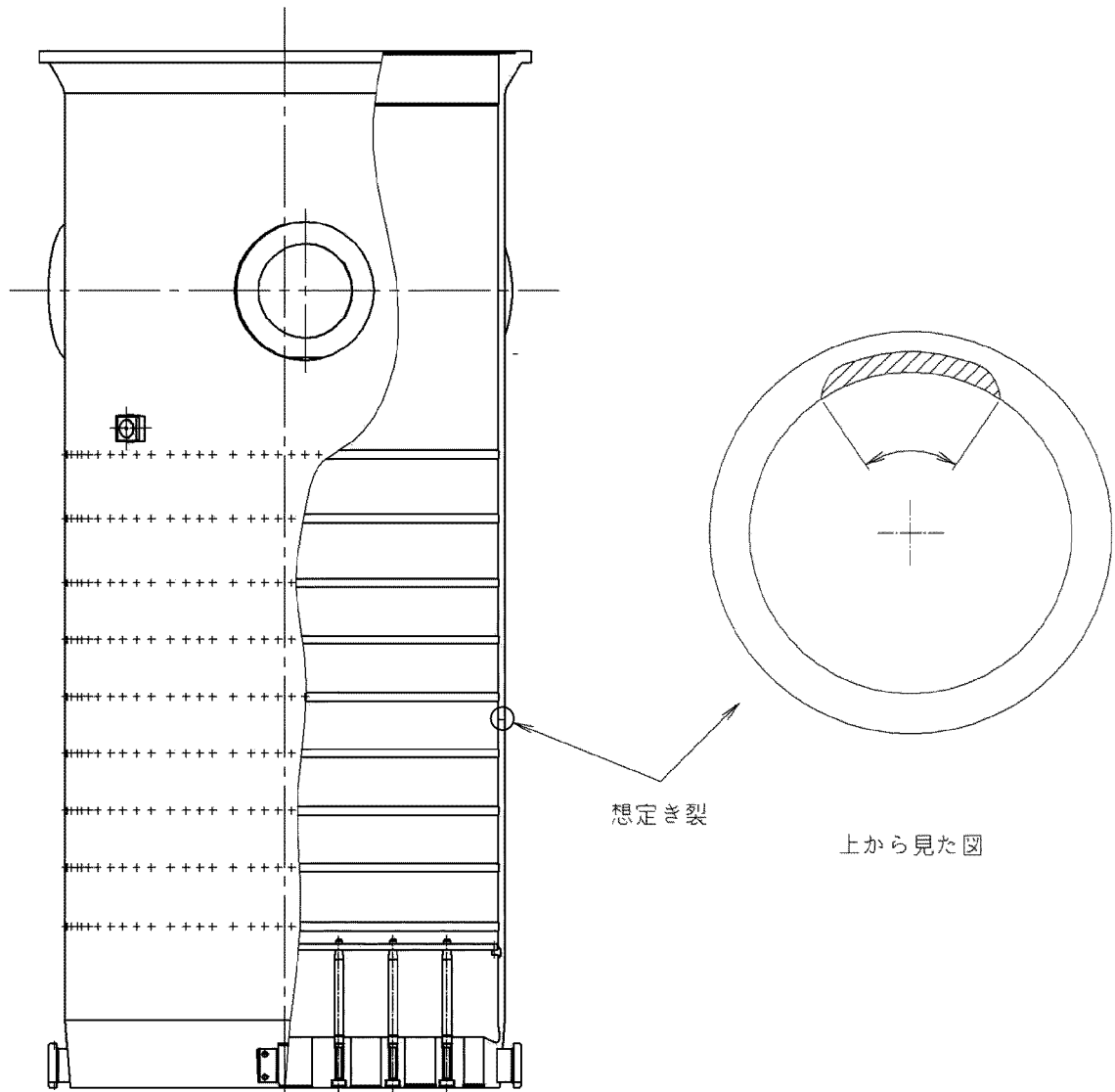


図2.2-2 川内2号炉 炉心槽ステンレス鋼の中性子照射による靱性低下想定き裂

(4) 制御棒クラスタ案内管（案内板）の摩耗

通常運転時の1次冷却材の流れにより、制御棒クラスタ案内管内で制御棒が流体振動を起こす。その結果、制御棒と制御棒クラスタ案内管（案内板）との間で摩耗が発生する可能性がある。

制御棒被覆管については摩耗減肉が認められていることから、長期的には制御棒クラスタ案内管（案内板）側が摩耗する可能性は否定できない。

制御棒クラスタ案内管（案内板）の摩耗により、制御棒の案内機能に影響を及ぼす可能性がある事象としては、制御棒クラスタ案内管（案内板）からの抜け出しが考えられる。制御棒被覆管の摩耗が進行し、径が細くなると、制御棒クラスタ案内管（案内板）から抜け出しやすい状態となる。現行の制御棒の管理では、制御棒被覆管が貫通するまでに制御棒を取り替えることとしており、制御棒被覆管が全部摩耗することはないが、安全側に制御棒被覆管がない状態を想定した場合、抜け出しの可能性が出てくると考えられるのは図2.2-3に示す摩耗長さで68%（管理摩耗長さ）と評価される。

川内2号炉は第23回定期検査時（2019年度）に制御棒クラスタ案内管（案内板）の摩耗データを採取しており、採取時のプラント運転時間と摩耗量の関係から、「(社)日本機械学会 維持規格 (JSME SNA1-2012)」に基づき評価を実施した結果、川内2号炉の摩耗長さが管理摩耗長さ（68%）に相当する摩耗体積に達するまでの時間は約35万時間と評価される。

「(社)原子力安全推進協会 炉内構造物点検評価ガイドライン」では、制御棒クラスタ案内管の点検後、管理摩耗長さに達するまでの期間の半分までに次回点検を実施すること、摩耗の進行が管理摩耗長さに達する前に取替えを実施することで継続的な運転が可能であると示されている。

以上より、川内2号炉の制御棒クラスタ案内管（案内板）の摩耗が急激に進展することはなく、今後もこの傾向が変化する可能性は小さいと考える。

また、制御棒クラスタ案内管（案内板）の摩耗による制御棒の案内機能への影響は、定期的に全制御棒の落下試験を実施しており、挿入時間に問題がないことによりその健全性を確認している。

さらに、運転時間26万時間での摩耗計測を実施予定である。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

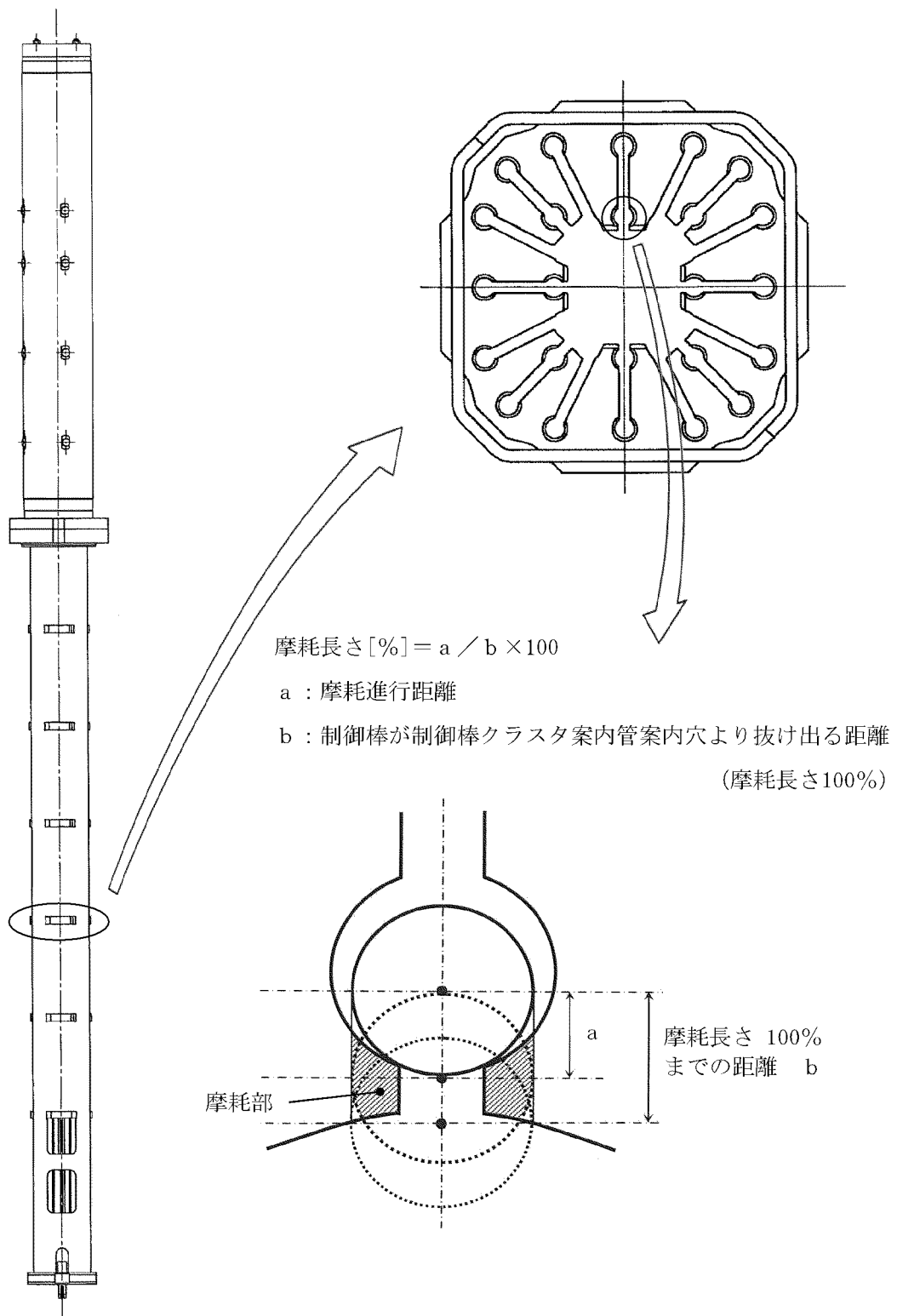


図2.2-3 川内2号炉 制御棒クラスタ案内管(案内板) 摩耗長さ

(6) 支持ピンの応力腐食割れ

ニッケル基合金の支持ピンについては1978年10月美浜3号炉にて応力腐食割れが認められている。

しかしながら、川内2号炉の支持ピンは、応力腐食割れ感受性低減のため、新熱処理材応力低減化構造としていることから、応力腐食割れが発生する可能性は小さい。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、水中テレビカメラによる目視確認により、機器の健全性を確認している。

(7) 炉内計装用シンプルチューブの摩耗

1981年3月、米国セーレム (Salem) 発電所1号炉他で炉内計装用シンプルチューブの摩耗による減肉が認められており、国内でも同様の事象が認められていることから、摩耗が発生する可能性がある。

炉内計装用シンプルチューブの減肉が、シンプルチューブまわりの軸流による流体振動に起因すること等を実スケールによるモックアップテストにより確認している。また、プラント運転時における減肉した炉内計装用シンプルチューブの耐圧健全性を確認するため、実機での減肉形状を模擬して外圧による圧壊試験を行い、限界減肉率を求めている。

一方、摩耗に関する一般知見として、現象が同じであれば単位時間あたりの摩耗体積は一定であり、炉内計装用シンプルチューブ及び炉内計装案内管の各形状(図2.2-5)から、摩耗の進展に応じて、X部・Y部では接触面積が大きくなり、摩耗深さの進展は緩やかになる。

炉内計装用シンプルチューブの摩耗による減肉については、限界減肉率に比べ小さい状態で管理している。

また、炉内計装用シンプルチューブに対しては、定期的に渦流探傷検査により摩耗状況を確認するとともに、必要に応じ、位置変更又は取替えの措置を実施している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

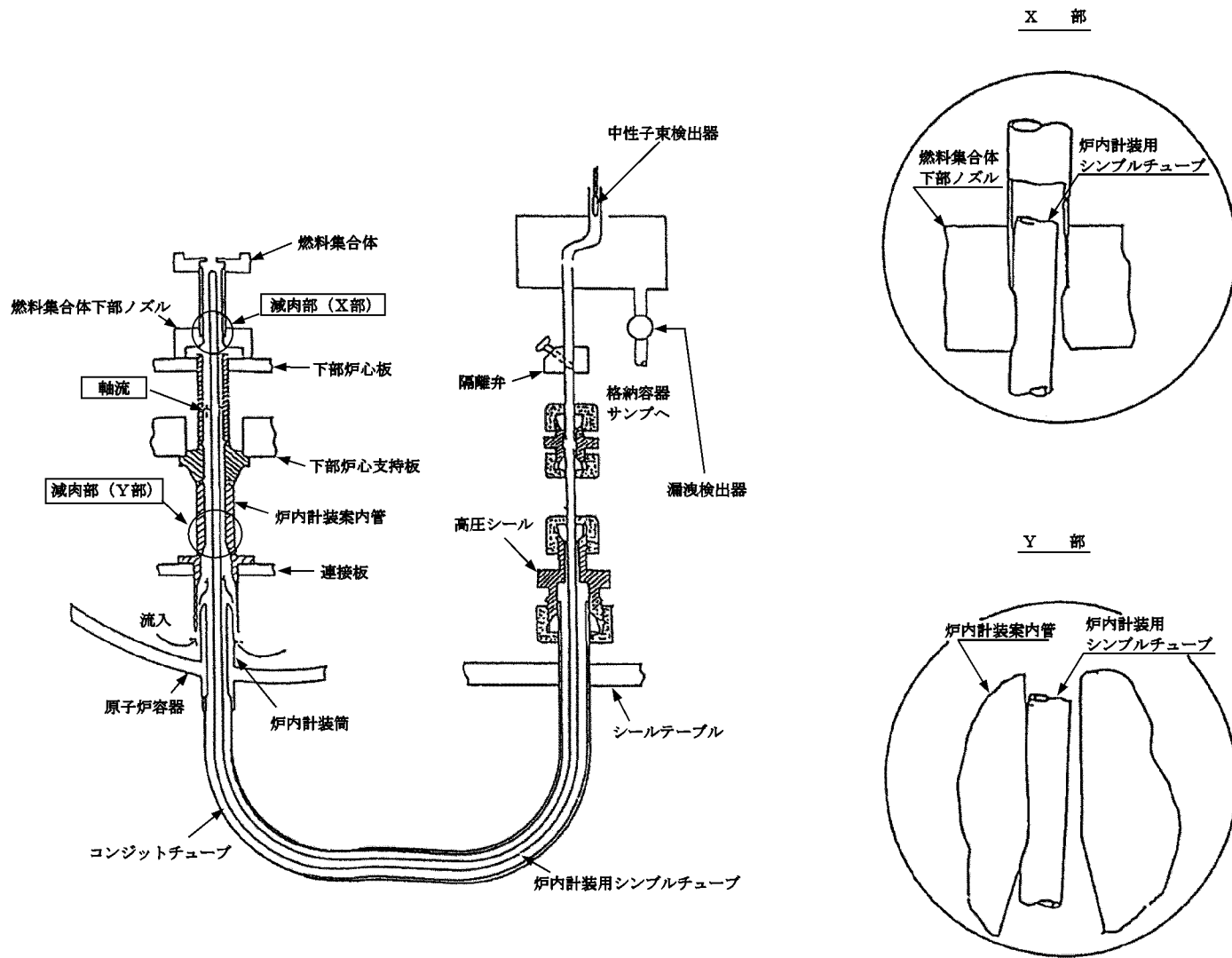


図2.2-5 炉内計装用シンプルチューブ減肉部位及び形状概念図

前述の2)に該当する事象のうち、日常劣化管理事象を除く事象（日常劣化管理事象ではない事象）を以下に示す。

(8) 炉心槽等の照射クリープ

高照射環境下で使用される炉心槽及びバッフルフォーマボルト（ステンレス鋼）には照射クリープが生じる可能性がある。

しかしながら、クリープ破断は荷重制御型の応力発生下で生じるが、荷重制御型応力は微小であり、プラント運転に対し問題とはならない。

したがって、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(9) 炉心バッフルの照射スウェリング

PWRプラントでの照射スウェリング量は小さく、炉心バッフルの上下に十分な隙間が存在することから、炉心バッフルの炉心形成機能が失われるようなことはなく、また、運転時間が先行している海外PWRプラントでもそのような事例が発生していないため、高経年化対策に有意でない事象と考える。

したがって、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(10) 押えリングの変形（応力緩和）

プラント運転中の押えリングは、高温環境下で一定圧縮ひずみのまま保持されているため、変形（応力緩和）を起こす可能性がある。

しかしながら、押えリングに使用されているステンレス鋼（ASME SA182 Gr. F6b）は、応力緩和を生じにくい材料である。

したがって、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

表2.2-1 川内2号炉 炉内構造物に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
				減 肉		割 れ		材質変化			その他
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣 化		
炉心支持及び炉心位置決め部材信頼性の維持	上部炉心板		ステンレス鋼			○	○ ^{*3} △				*1: 高サイクル疲労割れ *2: 高サイクル熱疲労割れ *3: 照射誘起型応力腐食割れ *4: 中性子照射による靱性低下 *5: 照射スウェリング *6: 照射クリープ *7: 変形 (応力緩和)
	上部炉心支持柱		ステンレス鋼			○ △ ^{*1}	△				
	上部炉心支持板		ステンレス鋼			○ △ ^{*2}	△				
	下部炉心板		ステンレス鋼			○	○ ^{*3} △				
	下部炉心支持柱		ステンレス鋼			○	○ ^{*3} △				
	下部炉心支持板		ステンレス鋼			○	△				
	炉 心 槽		ステンレス鋼			○ △ ^{*1,2}	○ ^{*3} △		△ ^{*1}	▲ ^{*6}	
	ラジアルキー		ステンレス鋼				△				
	上部燃料集合体案内ピン		ステンレス鋼				○ ^{*3} △				
	下部燃料集合体案内ピン		ステンレス鋼				○ ^{*3} △				
制御棒クラスタ案内構造信頼性の維持	制御棒クラスタ案内管		ステンレス鋼	△		△ ^{*1,2}	△				
	支持ピン		ニッケル基合金	△			△				
1次冷却材流路形成構成部材信頼性の維持	炉心バップル		ステンレス鋼				○ ^{*3} △			▲ ^{*5}	
	炉心バップル取付板		ステンレス鋼				○ ^{*3} △				
	バップルフォーマボルト		ステンレス鋼				○ ^{*3} △			▲ ^{*6}	
	バレルフォーマボルト		ステンレス鋼				○ ^{*3} △				
炉内計装案内構造部材信頼性の維持	炉内計装用シンプルチューブ		ステンレス鋼	△			△				
中性子しゃへい構造信頼性の維持	熱遮蔽材		ステンレス鋼				○ ^{*3} △				
	熱遮蔽材固定用ボルト		ステンレス鋼				○ ^{*3} △				
機器の支持構造信頼性の維持	押えリング		ステンレス鋼				△			▲ ^{*7}	

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 (日常劣化管理事象)

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

2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

2.3.1 炉心支持構造物の疲労割れ

a. 事象の説明

炉心支持構造物はプラントの起動・停止時等による熱過渡を繰り返し受けるため、疲労が蓄積する可能性がある。

b. 技術評価

① 健全性評価

炉心支持構造物の健全性評価にあたっては、構造が不連続であり、かつ、変形に対する拘束が大きい比較的大きな熱応力の発生する部位を対象として「(社)日本機械学会 設計・建設規格 (JSME S NC1-2005/2007)」に基づき疲労評価を行った。

評価対象部位の代表箇所を図2.3-1～図2.3-5に示す。

また、使用環境を考慮した疲労評価について「(社)日本機械学会 環境疲労評価手法 (JSME S NF1-2009)」に基づき評価した。

疲労評価に用いた運転開始後60年時点での過渡回数を表2.3-1に示す。なお、運転期間延長認可申請に伴う評価として、2019年度末までの運転実績に基づき推定した2020年度以降の評価対象期間での推定過渡回数を包含し、より保守的に設定した過渡回数とした。

それぞれの代表箇所における評価結果を表2.3-2に示すが、許容値を満足する結果を得た。

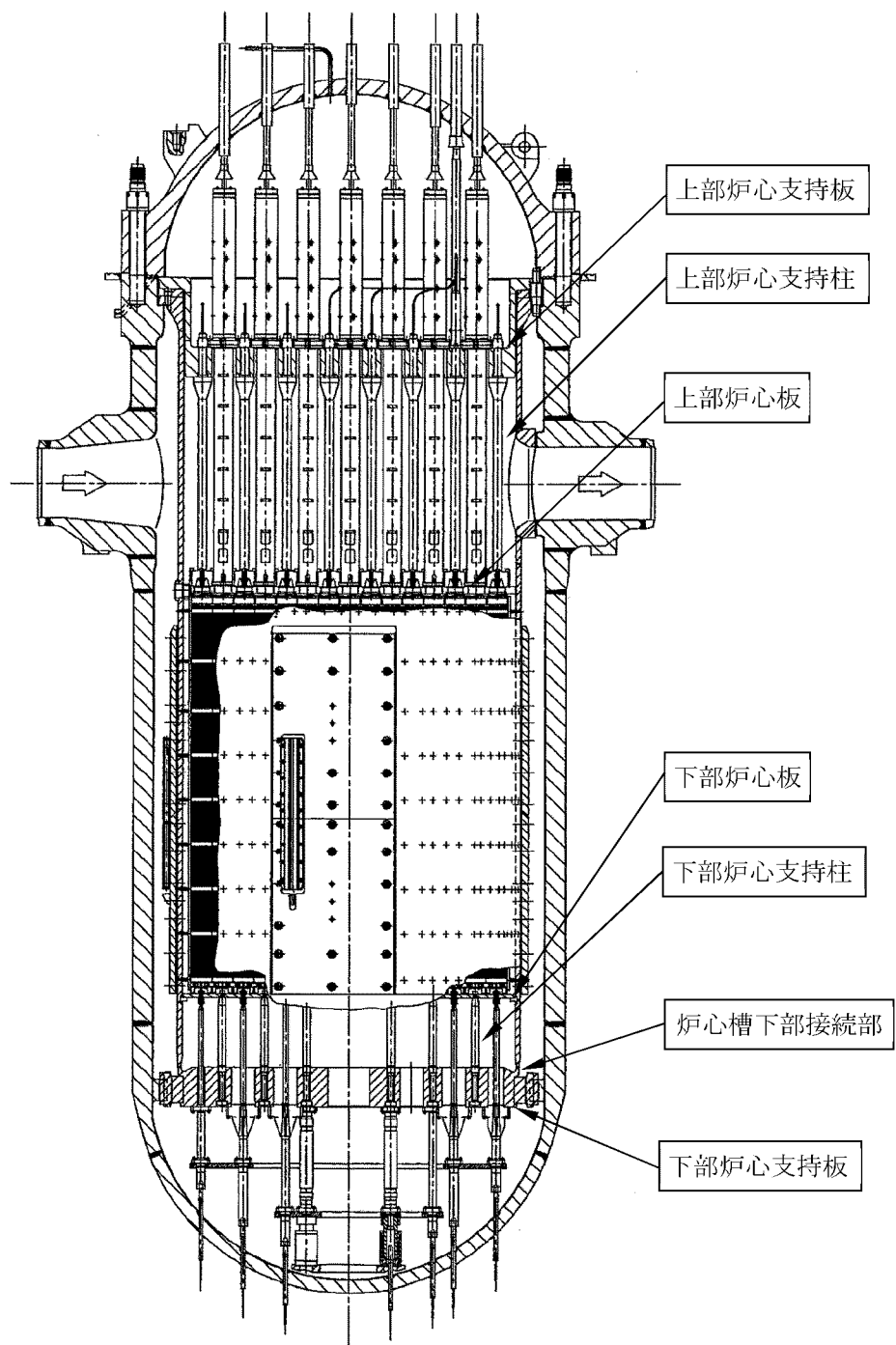


図2.3-1 川内2号炉 炉心支持構造物の疲労評価対象部位

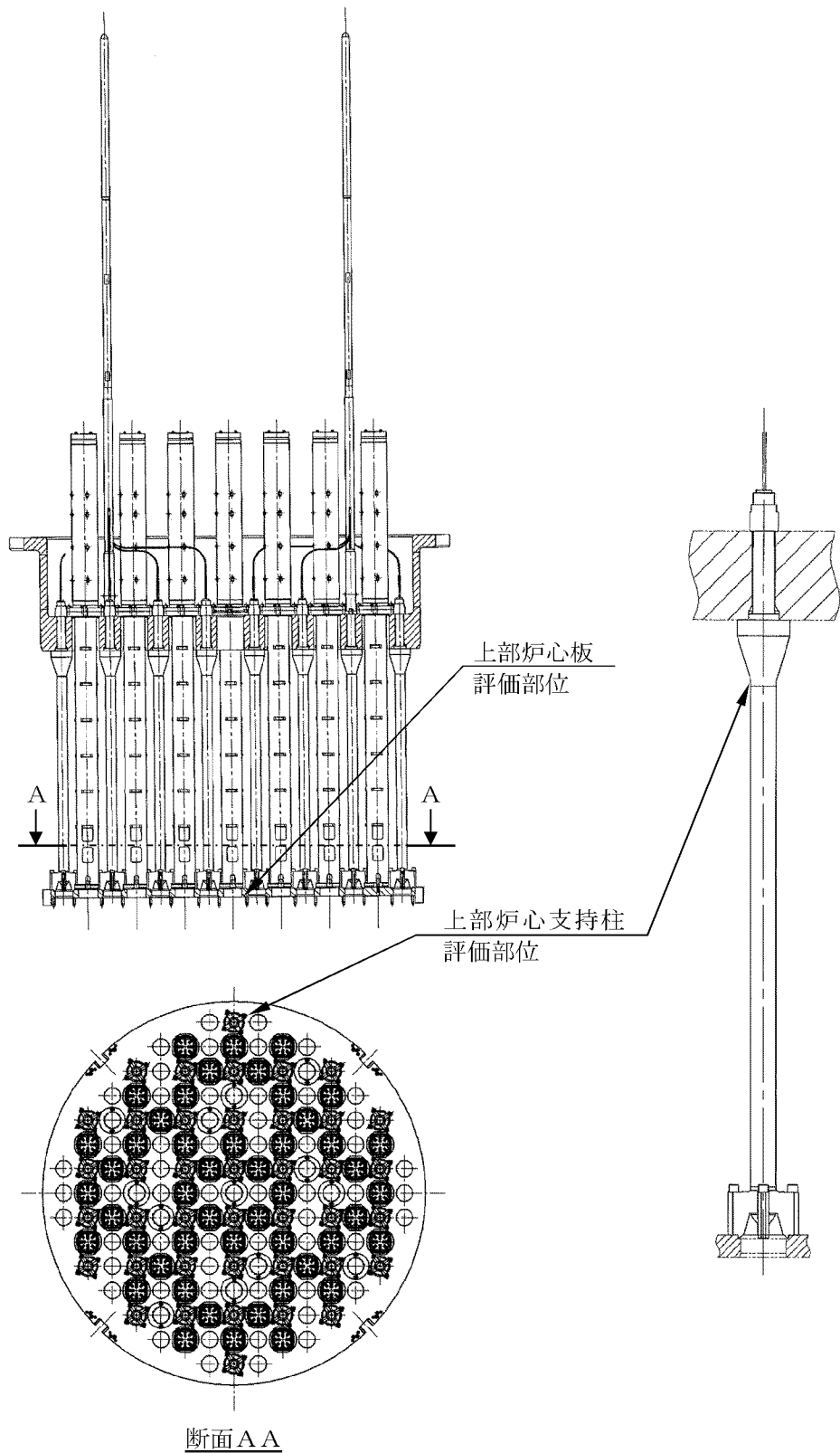


図2.3-2 川内2号炉 上部炉心支持柱及び上部炉心板疲労評価対象部位

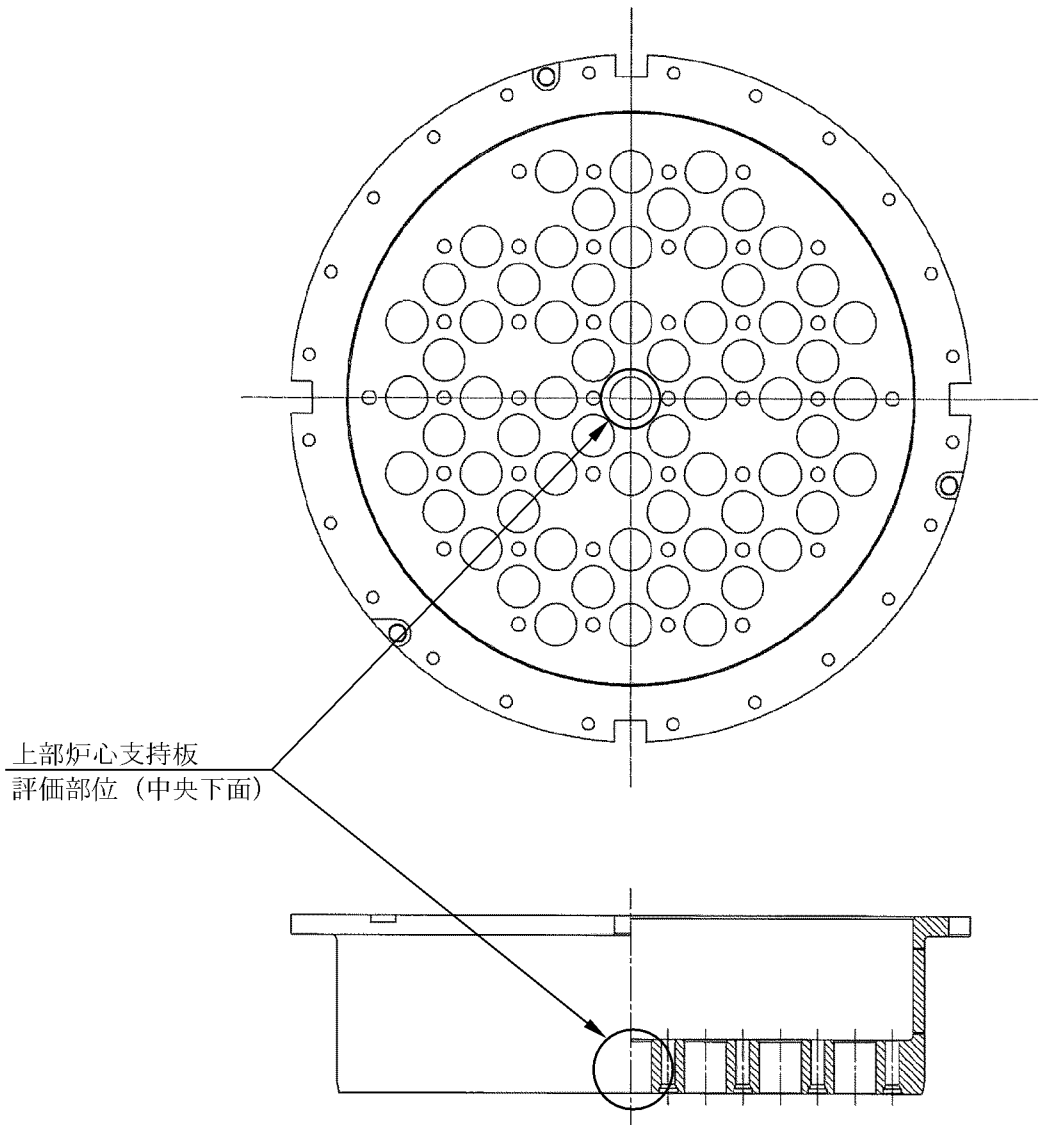


図2.3-3 川内2号炉 上部炉心支持板の疲労評価対象部位

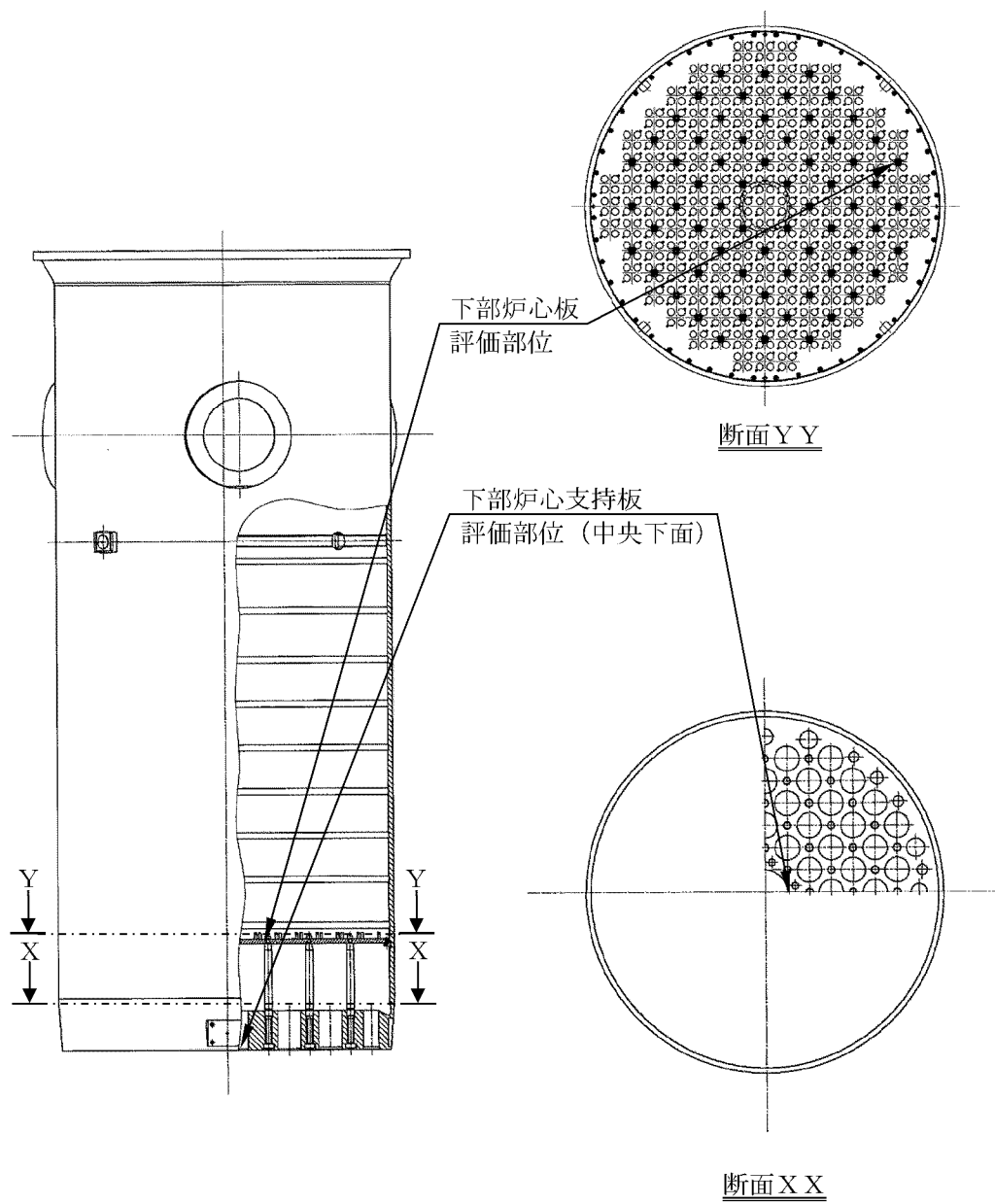


図2.3-4 川内2号炉 下部炉心支持板及び下部炉心板疲労評価対象部位

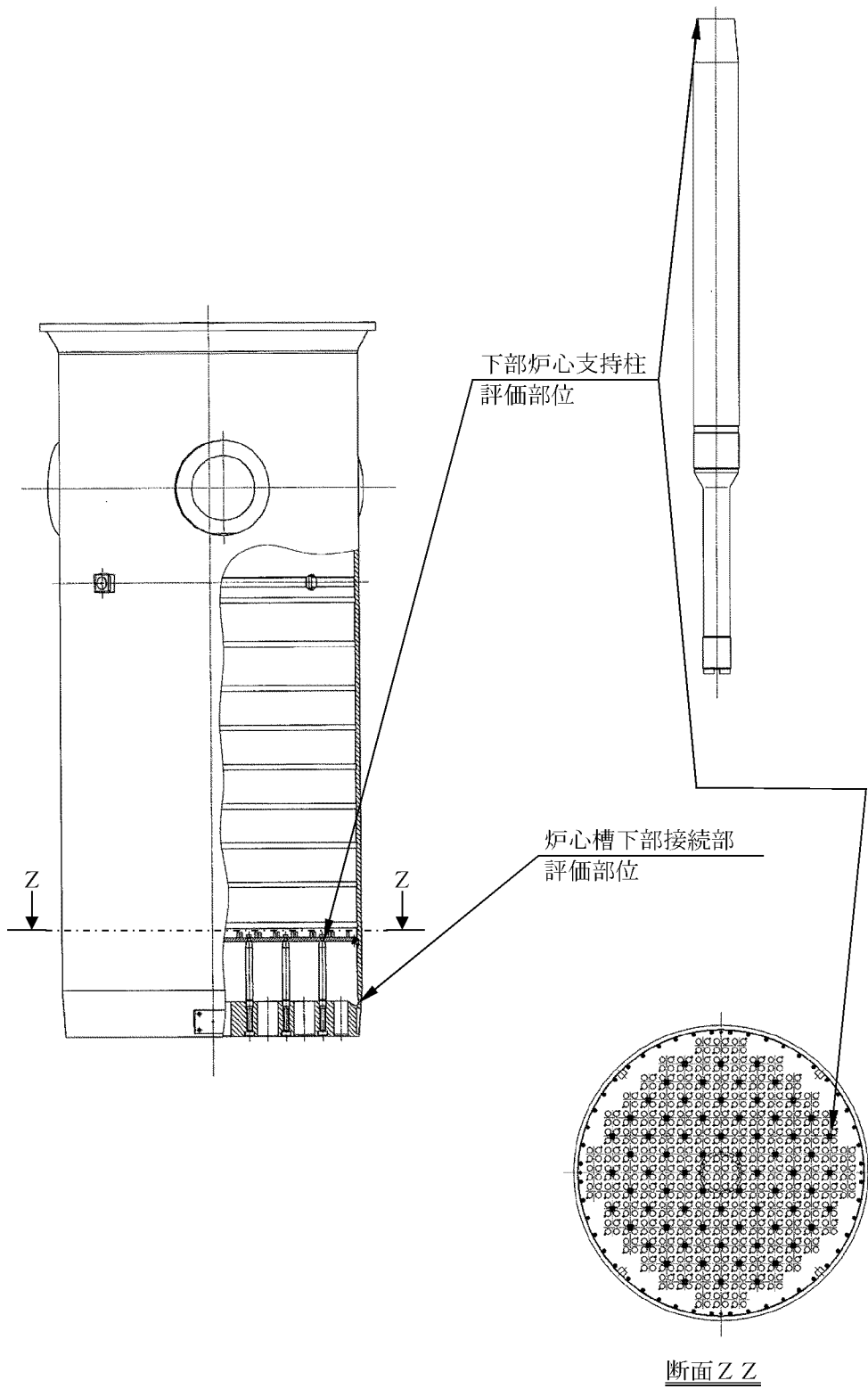


図2.3-5 川内2号炉 下部炉心支持柱及び炉心槽下部接続部疲労評価対象部位

表2.3-1 川内2号炉 炉心支持構造物の疲労評価に用いた過渡回数

運転状態Ⅰ

過 渡 項 目	運転実績に基づく過渡回数	
	2020年3月末時点	運転開始後60年 時点での推定値
起動（温度上昇率55.6℃/h）	36	69
停止（温度下降率55.6℃/h）	34	69
負荷上昇（温度上昇率5%/min）	322	824
負荷減少（温度減少率5%/min）	313	815
90%から100%へのステップ状負荷上昇	1	3
100%から90%へのステップ状負荷減少	2	4
100%からの大きいステップ状負荷減少	1	3
定常負荷運転時の変動*1	—	—
燃料交換	24	63
0%から15%への負荷上昇	35	67
15%から0%への負荷減少	28	60
1 ループ停止／1 ループ起動		
Ⅰ) 停 止	0	2
Ⅱ) 起 動	0	2

運転状態Ⅱ

過 渡 項 目	運転実績に基づく過渡回数	
	2020年3月末時点	運転開始後60年 時点での推定値
負荷の喪失	4	6
外部電源喪失	1	4
1次冷却材流量の部分喪失	0	2
100%からの原子炉トリップ		
Ⅰ) 不注意な冷却を伴わないトリップ	1	7
Ⅱ) 不注意な冷却を伴うトリップ	0	2
Ⅲ) 不注意な冷却と安全注入を伴うトリップ	0	2
1次冷却系の異常な減圧	0	2
制御棒クラスタの落下	0	2
出力運転中の非常用炉心冷却系の誤起動	0	2
1次冷却系停止ループの誤起動	0	2
タービン回転試験	2	2
1次系漏えい試験	31	64

*1：設計評価においては、1次冷却材温度±1.7℃、1次冷却材圧力±0.34MPaの変動があるものとしているが、この過渡項目の疲労累積係数への寄与は小さく、また、実際には通常運転中のゆらぎとして、このような変動は生じていない

表2.3-2 川内2号炉 炉心支持構造物の疲労評価結果

評価部位	疲労累積係数 (許容値：1以下)	
	設計・建設規格 による解析	環境疲労評価手法 による解析
上部炉心支持板	0.003	0.020
上部炉心支持柱	0.001	0.001
上部炉心板	0.001	0.002
下部炉心板	0.003	0.026
下部炉心支持柱	0.002	0.030
下部炉心支持板	0.002	0.020
炉心槽下部接続部	0.001	0.001

② 現状保全

炉心支持構造物の疲労割れに対しては、定期的に可視範囲について水中テレビカメラによる目視確認を実施し、有意な欠陥がないことを確認している。さらに、高経年化技術評価にあわせて、実績過渡回数に基づく評価を実施することとしている。

③ 総合評価

健全性評価結果から判断して、疲労割れ発生の可能性はないと考える。

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

また、疲労割れは目視確認にて検知可能であり、点検手法として適切である。

c. 高経年化への対応

炉心支持構造物の疲労割れに対しては、実績過渡回数の確認を継続的に実施し、運転開始後60年時点の推定過渡回数を上回らないことを確認する。

2.3.2 ステンレス鋼の照射誘起型応力腐食割れ

a. 事象の説明

ステンレス鋼の照射誘起型応力腐食割れの発生要因としては、材料、応力及び環境の3要因が考えられ、運転時間が経過し、非常に高い中性子照射量を受けると応力腐食割れとして顕在化してくる可能性がある。

① 材料要因

ステンレス鋼については、PWR 1次系水質環境においては溶存酸素濃度が低いために、たとえ材料が溶接等の熱影響により鋭敏化していても応力腐食割れ感受性がないことが知られている。

しかしながら、長年の中性子照射によってステンレス鋼の材料特性に経年劣化が生じ、非常に高い中性子照射量を受けたステンレス鋼においては、PWR 1次系水質環境において応力腐食割れ感受性があることが明らかになっている。

② 応力要因

材料が応力腐食割れ感受性を有する場合、熱荷重や外荷重、溶接残留応力等により大きな応力が作用する部位には応力腐食割れが発生する可能性がある。他の応力腐食割れと同様に、照射誘起型応力腐食割れについても、応力腐食割れが発生し破断するまでの時間は応力レベルに依存しており応力が高いほど破断時間の短いことが知られている。

③ 環境要因

PWR 1次系環境下における応力腐食割れの環境要因としては、溶存酸素濃度や塩化物イオン濃度等の化学成分及び温度が重要要因となるが、一般的にPWRの1次系水は、水素注入や脱塩処理により、溶存酸素濃度や塩化物イオン濃度等を極力低減している。

また、定期分析等により十分な水質管理を行っており、水環境の悪化は考え難い。よって、環境要因としては温度が重要要因となる。

温度依存性については温度が高いほど、応力腐食割れ感受性が高くなることが知られている。

b. 技術評価

① 健全性評価

(財) 発電設備技術検査協会の「平成8年度 プラント長寿命化技術開発に関する事業報告書」で得られた照射ステンレス鋼を用いたPWR 1次系水質環境での低ひずみ速度引張試験結果及び電力共同研究の結果をあわせて図2.3-6及び図2.3-7に示す。

325℃の場合、 $1.0 \times 10^{21} \text{ n/cm}^2 [E > 0.1 \text{ MeV}]$ オーダー以上の中性子照射を受けたステンレス鋼に対して応力腐食割れ感受性が発生している。また、温度が高くなるほどその応力腐食割れ感受性発生の中性子照射量しきい値が低下している。

また、(独)原子力安全基盤機構「平成20年度 照射誘起応力腐食割れ(IASCC) 評価技術に関する報告書」で得られた照射ステンレス鋼を用いたPWR 1次系水質環境での定荷重応力腐食割れ試験結果を図2.3-8に示す。高応力であるほどき裂発生までの時間が短いことが示されている。

以上の知見を踏まえ、炉内構造物のステンレス鋼の照射誘起型応力腐食割れについて、実機の中性子照射量、応力、温度条件及び海外での損傷事例をもとに、各部に対するき裂発生の可能性の評価を実施し、その結果を表2.3-3に示す。なお、中性子照射量は2019年度以降、設備利用率100%で運転すると仮定して算出している。

これにより、照射誘起型応力腐食割れの発生の可能性に対して検討を要するのは、バッフルフォーマボルトと考える。

バッフルフォーマボルト以外については、バッフルフォーマボルトの評価結果を基準に、相対的な評価を行っている。

○ 炉心バッフル、炉心バッフル取付板

中性子照射量及び温度条件はバッフルフォーマボルトと同等であるが、発生応力レベルが小さいため、照射誘起型応力腐食割れの発生の可能性は小さいと判断した。

○ 炉心槽

温度条件はバッフルフォーマボルトと同等であるが、中性子照射量が小さい。また、炉心槽溶接部の残留応力値を考慮してもバッフルフォーマボルトに比べて発生応力レベルが小さい。したがって、照射誘起型応力腐食割れの発生の可能性は小さいと判断した。

○ 下部炉心板、熱遮蔽材固定用ボルト

発生応力レベルはバッフルフォーマボルトと同等であるが、中性子照射量及び温度条件が緩やかであるため、照射誘起型応力腐食割れの発生の可能性は小さいと判断した。

○ 上部燃料集合体案内ピン、上部炉心板、下部燃料集合体案内ピン、下部炉心支持柱、熱遮蔽材

バッフルフォーマボルトに比べて、中性子照射量、発生応力レベル及び温度条件が緩やかであるため、照射誘起型応力腐食割れの発生の可能性は小さいと判断した。

○ バレルフォーマボルト

温度、発生応力レベルはバッフルフォーマボルトと同等であるが、中性子照射量が小さい。また、「(社)日本機械学会 維持規格(JSME S NA1-2012)」によると、照射量、発生応力等を考慮し評価した結果、バッフルフォーマボルトに比べて十分余裕のある損傷予測結果となっており、照射誘起型応力腐食割れの発生の可能性は小さいと判断した。

バッフルフォーマボルトは、多数のボルトによりその機能を維持しており、仏国では一部のバッフルフォーマボルトが損傷しても炉内構造物全体の健全性は残りの健全なバッフルフォーマボルトにより十分確保されるとして適宜点検により損傷本数を確認しながら運転が継続されている。また、米国ではクリティカルボルト(炉心の健全性が確保できる配置、本数のバッフルフォーマボルト)について取替えを実施してきている。

一方、国内では、「(社)日本機械学会 維持規格(JSME S NA1-2012)」に基づくと、バッフルフォーマボルトは縦列に2本のボルトが残存すればよく、ボルト本数全体の約7割が損傷した場合でも炉心の健全性は確保可能であると評価されている。

また、「(社)日本機械学会 維持規格(JSME S NA1-2012)」では、バッフルフォーマボルトの仕様に従い、グループ1～4に分類がなされ、損傷ボルト本数が管理損傷ボルト数(全体の20%)に至るまでの期間として、グループ1では運転時間で約30年、グループ2では運転時間で約50年と評価した損傷予測曲線が示されている。

なお、(独)原子力安全基盤機構「平成20年度 照射誘起応力腐食割れ (IASCC) 評価技術に関する報告書」に示されている照射誘起型応力腐食割れ発生に関する評価ガイド(案)及び(社)原子力安全推進協会「PWR炉内構造物点検評価ガイドライン[バッフルフォーマボルト](第3版)」に基づく評価をした結果、運転開始後60年時点でボルト損傷は発生せず、安全に関わる機能を維持できることから、炉心の健全性に影響を与える可能性は小さいと考える。

以上より、バッフルフォーマボルトの照射誘起型応力腐食割れが炉心の健全性に影響を与える可能性は低いと考えられる。

表2.3-3(1/2) 川内2号炉 ステンレス鋼の照射誘起型応力腐食割れの可能性評価

部 位	実 機 条 件			海外の損傷事例	可 能 性 評 価
	中性子照射量レベル*1 [n/cm ² : E > 0.1MeV]	応力レベル*2 (応力支配因子)	温 度 [°C]		
バップルフォーマボルト	約1×10 ²³	大 (縮付+熱曲げ +照射スウェリング)	約321	有	発生の可能性有り。炉心バップルの照射スウェリングにより応力増加が生じるため、き裂発生の可能性が大きくなる。海外損傷事例もあり最も厳しい。
炉心バップル	約1×10 ²³	小 (熱応力)	約321	無	バップルフォーマボルトよりも応力レベルが小さいため、バップルフォーマボルトに比べて発生の可能性は小さい。
炉心バップル取付板	約1×10 ²³	小 (熱応力)	約321	無	バップルフォーマボルトよりも応力レベルが小さいため、バップルフォーマボルトに比べて発生の可能性は小さい。
バレルフォーマボルト	約2×10 ²²	大 (縮付+熱曲げ)	約321	無	応力レベルは大きいですが、バップルフォーマボルトよりも中性子照射量が小さいため、バップルフォーマボルトに比べて発生の可能性は小さい。
炉 心 槽	約3×10 ²²	大*3 (溶接部) (溶接残留応力)	約321	無	溶接残留応力が存在し応力レベルは大きいですが、バップルフォーマボルトよりも中性子照射量が小さいため、バップルフォーマボルトに比べて発生の可能性は小さい。
上部燃料集合体案内ピン	約1×10 ²¹	小 (縮付け)	約321	無	バップルフォーマボルトよりも中性子照射量及び応力レベルが小さいため、バップルフォーマボルトに比べて発生の可能性は小さい。
上部炉心板	約1×10 ²¹	小 (熱応力)	約321	無	バップルフォーマボルトよりも中性子照射量及び応力レベルが小さいため、バップルフォーマボルトに比べて発生の可能性は小さい。

*1：中性子照射量レベルは運転開始後60年時点での各部位の推定最大中性子照射量レベルを示す

*2：応力レベルは各部位の最大応力値を示す

応力レベル 大：> S_y (非照射材の降伏応力) 中：≒ S_y (非照射材の降伏応力) 小：< S_y (非照射材の降伏応力)

バップルフォーマボルト、バレルフォーマボルト及び熱遮蔽材固定用ボルトは、初期縮付応力に加えて炉心バップル組立体及び炉心槽と熱遮蔽材との組立体の熱変形による熱曲げ応力が作用するため、高応力となる

*3：炉心槽溶接部の残留応力は大きいですが、(社)日本機械学会 維持規格 (JSME S NA1-2012) にて、炉心槽溶接部応力は、照射誘起型応力腐食割れ発生に対し余裕があると評価されている

表2.3-3(2/2) 川内2号炉 ステンレス鋼の照射誘起型応力腐食割れの可能性評価

部 位	実 機 条 件			海外の損傷事例	可 能 性 評 価
	中性子照射量レベル*1 [n/cm ² : E > 0.1MeV]	応力レベル*2 (応力支配因子)	温 度 [°C]		
下部燃料集合体案内ピン	約9×10 ²¹	小 (締付け)	約284	無	バップルフォーマボルトよりも中性子照射量、応力レベル及び温度が小さいため、バップルフォーマボルトに比べて発生の可能性は小さい。
下部炉心板	約9×10 ²¹	大 (熱応力)	約284	無	応力レベルは大きい、バップルフォーマボルトよりも中性子照射量及び温度が小さいため、バップルフォーマボルトに比べて発生の可能性は小さい。
下部炉心支持柱	約5×10 ²¹	中 (曲げ)	約284	無	バップルフォーマボルトよりも中性子照射量、応力レベル及び温度が小さいため、バップルフォーマボルトに比べて発生の可能性は小さい。
熱遮蔽材	約1×10 ²²	小 (熱応力)	約284	無	バップルフォーマボルトよりも中性子照射量、応力レベル及び温度が小さいため、バップルフォーマボルトに比べて発生の可能性は小さい。
熱遮蔽材固定用ボルト	約1×10 ²²	大 (締付+熱曲げ)	約284	無	応力レベルは大きい、バップルフォーマボルトよりも中性子照射量及び温度が小さいため、バップルフォーマボルトに比べて発生の可能性は小さい。

*1：中性子照射量レベルは運転開始後60年時点での各部位の推定最大中性子照射量レベルを示す

*2：応力レベルは各部位の最大応力値を示す

応力レベル 大：> S_y（非照射材の降伏応力） 中：≒ S_y（非照射材の降伏応力） 小：< S_y（非照射材の降伏応力）

バップルフォーマボルト、バレルフォーマボルト及び熱遮蔽材固定用ボルトは、初期締付応力に加えて炉心バップル組立体及び炉心槽と熱遮蔽材との組立体の熱変形による熱曲げ応力が作用するため、高応力となる

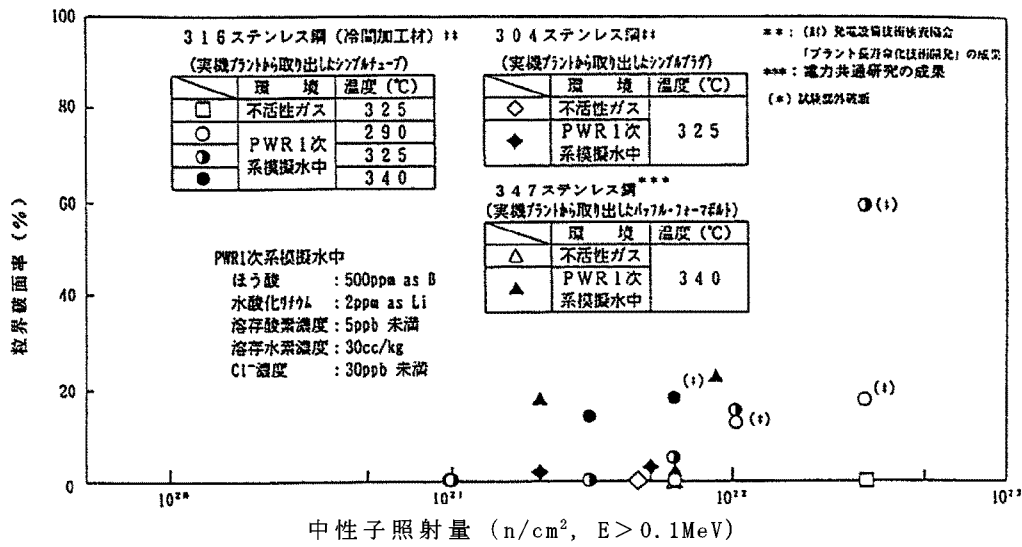


図2.3-6 粒界破面率と照射量の関係

[出典 : (財) 発電設備技術検査協会「平成8年度 プラント長寿命化技術開発に関する事業報告書」]

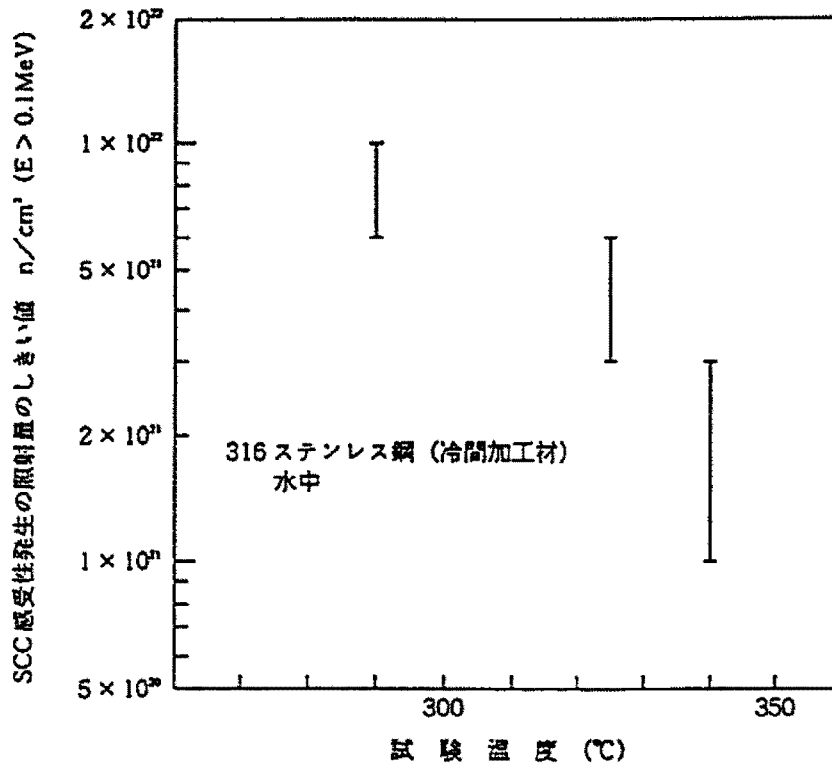


図2.3-7 応力腐食割れ (SCC) 感受性発生の中性子照射量のしきい値と試験温度の関係

[出典 : (財) 発電設備技術検査協会「平成8年度 プラント長寿命化技術開発に関する事業報告書」]

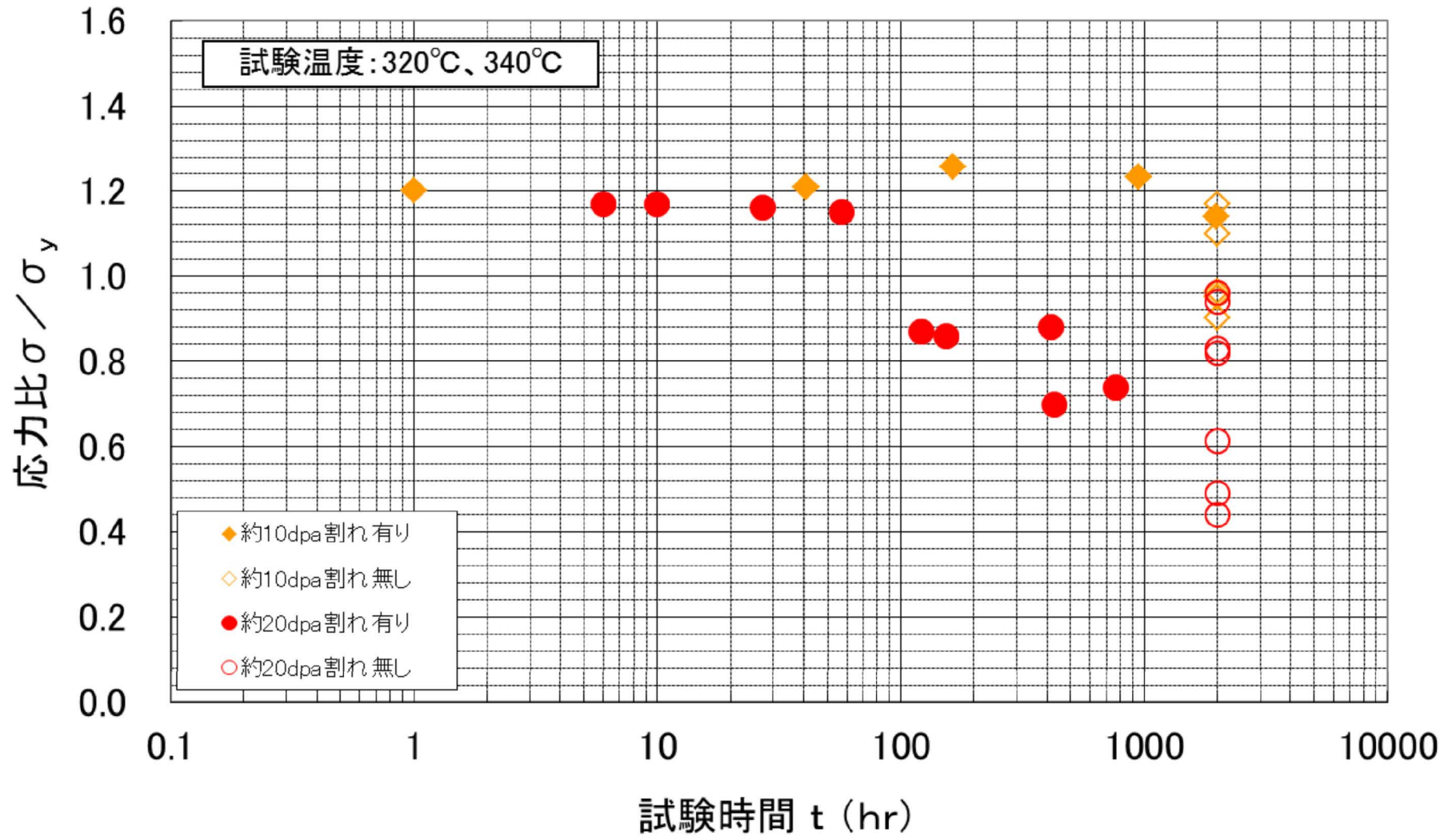


図2.3-8 定荷重応力腐食割れ試験結果 (316ステンレス鋼 (冷間加工材)、 $> 1.5 \times 10^{22} \text{ n/cm}^2$)
[出典: 原子力安全基盤機構「平成20年度 照射誘起応力腐食割れ (IASCC) 評価技術に関する報告書」
(バッフルフォーマボルトデータのみプロット)]

② 現状保全

炉内構造物のステンレス鋼の照射誘起型応力腐食割れについては、定期的に可能な範囲について、水中テレビカメラによる目視確認を実施し、有意な欠陥が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判断して、バッフルフォーマボルトについては、損傷発生予測の結果、運転開始後60年時点までに損傷が発生する可能性は小さい。

また、バッフルフォーマボルト以外の部位については、最も厳しいバッフルフォーマボルトの損傷発生予測の結果、運転開始後60年時点までは損傷の可能性は小さいと評価されていることから、照射誘起型応力腐食割れ発生の可能性は小さいと考える。

c. 高経年化への対応

バッフルフォーマボルトの照射誘起型応力腐食割れに対しては、現状保全項目に、高経年化対策の観点から追加すべきものはないと判断する。

川内原子力発電所 2 号炉

ケーブルの技術評価書

[運転を断続的に行うことを前提とした評価]

九州電力株式会社

川内2号炉のケーブルのうち、評価対象機器である安全重要度分類審査指針におけるクラス1、2の機器、高温・高圧の環境下にあるクラス3の機器及び常設重大事故等対処設備に属する機器を種別、絶縁体材料等でグループ化し、同一グループ内の複数の機器の存在を考慮して、重要度、温度等の観点から代表機器を選定した。

これらの一覧を表1に示す。

本評価書においては、これら代表機器について技術評価を行うとともに、代表機器以外の機器についても技術評価を展開している。また、ケーブルトレイ等及びケーブル接続部についてはケーブルの機能を維持するための1部品として位置づけられるが、それぞれケーブル種別による区別は困難であることから、ケーブルトレイ等及びケーブル接続部は独立してとりまとめている。

なお、点検等で確認した結果、異常が認められた場合、速やかに対策を施すこととしており、異常が認められた場合に、対策を実施する旨の記載は省略している。

本評価書ではケーブルの種別を基にしたケーブル分類に、ケーブルトレイ等及びケーブル接続部のケーブルの機能を維持するための機器を加えた以下の6つに分類している。

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. ケーブルトレイ等
6. ケーブル接続部

また、川内1、2号炉の共用設備のうち1号炉で設置されているケーブルについては、「川内原子力発電所2号炉 共用設備（他号炉設備）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。

表 1 (1/2) 川内 2 号炉 主要なケーブル

分離基準		機器名称	選定基準					シース材料	選定	選定理由		
種別	絶縁体材料		用途	使用環境		重要度*1	使用開始時期					
				原子炉格納容器内	原子炉格納容器外		建設時				運転開始後	
高圧	架橋ポリエチレン	難燃高圧C SHVケーブル	電力		○*2	MS-1 重*9	○		難燃低塩酸特殊耐熱ビニル	◎		
低圧	シリコーンゴム	KKケーブル	計装	○*3,4		MS-1 重*9	○		シリコーンゴム	◎		
	難燃EPゴム*5	難燃PHケーブル	電力・制御・計装	○*3,4	○*3,4	MS-1 重*9	○	○	難燃クロロスルホン化 ポリエチレン	◎		
	特殊耐熱ビニル	難燃SHVVケーブル	電力・制御・計装		○*4	MS-1 重*9	○	○	難燃低塩酸特殊耐熱ビニル	◎		
	FEP樹脂*6	FPPケーブル	制御・計装			○	MS-1	○		FEP樹脂*6	◎	耐熱温度
		FPETケーブル	制御			○	MS-1	○	○	ETFE樹脂*7		
		FPTFケーブル	計装			○	MS-1		○	TFE樹脂*8		
同軸	架橋ポリエチレン	難燃三重同軸ケーブル1	計装		○	MS-1 重*9	○	○	内部：架橋ポリエチレン 外部：難燃架橋ポリエチレン	◎	事故時環境下機能 要求設備	
		難燃三重同軸ケーブル2	計装	○*3,4		MS-1 重*9	○	○	内部：架橋ポリエチレン 外部：ETFE樹脂*7			

*1：機能は最上位の機能を示す

*2：屋内外に布設

*3：設計基準事故を考慮する

*4：重大事故等を考慮する

*5：EPゴム：エチレンプロピレンゴム

*6：FEP樹脂：四フッ化エチレン・六フッ化プロピレン共重合樹脂

*7：ETFE樹脂：四フッ化エチレン・エチレン共重合樹脂

*8：TFEP樹脂：四フッ化エチレン・プロピレン共重合樹脂

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

表 1 (2/2) 川内 2 号炉 主要なケーブル

分離基準		機器名称	選定基準						シース材料	選定	選定理由
種別	心線材料		用途	使用環境		重要度*1	使用開始時期				
				原子炉格納容器内	原子炉格納容器外		建設時	運転開始後			
光ファイバ	石英ガラス	難燃光ファイバケーブル 1	計装		○	重*2		○	コード外被：ポリ塩化ビニル シース：難燃性ポリエチレン、 アルミラミネートテープ	◎	使用本数
		難燃光ファイバケーブル 2	計装		○	重*2		○	コード外被：難燃低塩酸ビニル シース：難燃低塩酸ビニル、 アルミラミネートテープ		
		難燃光ファイバケーブル 3	計装		○	重*2		○	コード外被：難燃低塩酸ビニル シース：難燃低塩酸特殊耐熱ビニル、 アルミラミネートテープ		

*1：機能は最上位の機能を示す

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

[ケーブル名称の略称について]

表 1 に示す川内 2 号炉の主要なケーブルの略称は、各々以下のケーブルを示すものである。

- | | |
|---------------------|---|
| (1) 難燃高圧 C SHV ケーブル | : 高圧架橋ポリエチレン絶縁
難燃低塩酸特殊耐熱ビニルシースケーブル |
| (2) KK ケーブル | : シリコンゴム絶縁シリコンゴムシースケーブル |
| (3) 難燃 PH ケーブル | : 難燃エチレンプロピレンゴム絶縁
難燃クロルスルホン化ポリエチレンシースケーブル |
| (4) 難燃 SHVV ケーブル | : 特殊耐熱ビニル絶縁
難燃低塩酸特殊耐熱ビニルシースケーブル |
| (5) FPP ケーブル | : 四フッ化エチレン・六フッ化プロピレン共重合樹脂絶縁
四フッ化エチレン・六フッ化プロピレン共重合樹脂シース
ケーブル |
| (6) FPET ケーブル | : 四フッ化エチレン・六フッ化プロピレン共重合樹脂絶縁
四フッ化エチレン・エチレン共重合樹脂シースケーブル |
| (7) FPTF ケーブル | : 四フッ化エチレン・六フッ化プロピレン共重合樹脂絶縁
四フッ化エチレン・プロピレン共重合樹脂シースケー
ブル |

備 考：記号の意味は、次のとおりである。

C : 架橋ポリエチレン

SHV : 特殊耐熱ビニル

K : シリコンゴム

P : エチレンプロピレンゴム

H : クロルスルホン化ポリエチレン

FP : 四フッ化エチレン・六フッ化プロピレン共重合樹脂

ET : 四フッ化エチレン・エチレン共重合樹脂

ただし、特殊耐熱ビニル絶縁ケーブルについては、本来の記号の意味からは、
(4) 難燃SHVVケーブル＝難燃SHVSHVケーブルと記すところであるが、記号簡略化のために、通例に従い難燃SHVVケーブルと表記した。

また、四フッ化エチレン・六フッ化プロピレン共重合樹脂絶縁・シースケーブルは、本来の記号の意味からは、(5) FPPケーブルと記すところであるが、記号の簡略化のために、FPPケーブルと表記した。

1 高圧ケーブル

[対象機器]

- ① 難燃高圧C SHVケーブル

目 次

1. 対象機器	1
2. 難燃高圧C SHVケーブルの技術評価	3
2.1 構造、材料及び使用条件	3
2.2 経年劣化事象の抽出	5
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価	8
3. 代表機器以外への展開	14
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象	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	15

1. 対象機器

川内 2 号炉で使用されている高圧ケーブルの主な仕様を表1-1に示す。

表1-1 川内2号炉 高圧ケーブルの主な仕様

機器名称	選 定 基 準						絶縁体材料／シース材料
	用途	使用環境		重要度*1	使用開始時期		
		原子炉格納容器内	原子炉格納容器外		建設時	運転開始後	
難燃高圧CSHVケーブル	電力		○*2	MS-1 重*3	○		架橋ポリエチレン／ 難燃低塩酸特殊耐熱ビニル

*1：機能は最上位の機能を示す

*2：屋内外に布設

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

2. 難燃高圧C SHVケーブルの技術評価

2.1 構造、材料及び使用条件

2.1.1 難燃高圧C SHVケーブル

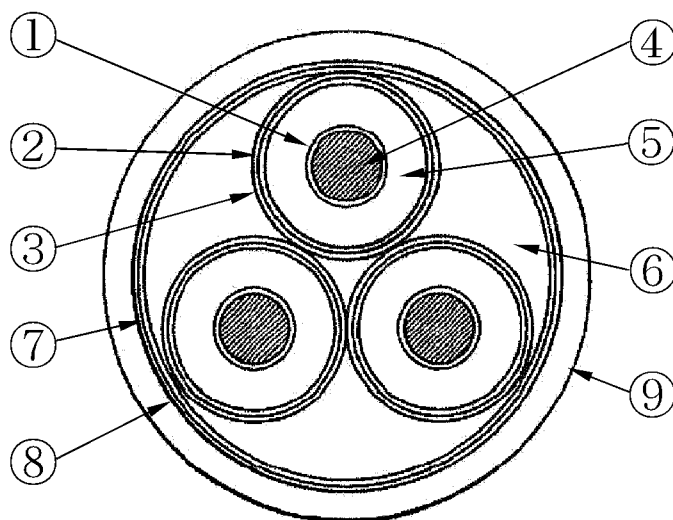
(1) 構造

川内2号炉に使用している難燃高圧C SHVケーブルは、導体、内部半導電層、絶縁体、外部半導電層、遮へい層、介在、テープ、防蟻層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より保たれている。なお、内部半導電層、外部半導電層は導体及び遮へい層を整形、遮へい層は導体の静電誘導を低減、介在及びテープはケーブルを整形、防蟻層は食害対策及びシースはケーブルを外的な力から保護するための材料である。

川内2号炉の難燃高圧C SHVケーブル構造図を図2.1-1に示す。

(2) 材料及び使用条件

川内2号炉の難燃高圧C SHVケーブルの使用材料及び使用条件を表2.1-1及び表2.1-2に示す。



No.	部 位
①	内部半導電層
②	外部半導電層
③	遮へい層
④	導 体
⑤	絶 縁 体
⑥	介 在
⑦	テ ー プ
⑧	防 蟻 層
⑨	シ ー ス

図2.1-1 川内2号炉 難燃高圧C SHVケーブル構造図

表2.1-1 川内2号炉 難燃高圧C SHVケーブル主要部位の使用材料

部 位	材 料
内部半導電層	半導電性ポリエチレン
外部半導電層	半導電性架橋ポリエチレン
遮へい層	軟銅テープ
導 体	銅
絶 縁 体	架橋ポリエチレン
介 在	ジュート
テ ー プ	布テープ
防 蟻 層	ナイロン
シ ー ス	難燃低塩酸特殊耐熱ビニル

表2.1-2 川内2号炉 難燃高圧C SHVケーブルの使用条件

	通常運転時
使用環境	原子炉格納容器外
周囲温度	約40℃*1
放射線	$0.55 \times 10^{-3} \text{Gy/h}^{*2}$

*1：原子炉格納容器外の設計平均温度

*2：通常運転時の原子炉格納容器外の実測値（複数の実測値のうち最大のもの）

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機能達成に必要な項目

難燃高圧C SHVケーブルの機能である電力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 通電・絶縁機能の維持

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

難燃高圧C SHV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、個々の部位の構造、材料、使用条件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。

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象（表2.2-1で○となっているもの）としては以下の事象がある。

(1) 絶縁体の絶縁低下（水トリー劣化を除く）

絶縁体は有機物であり、熱的、電氣的及び環境的要因で経年劣化が進行し、絶縁性能の低下を起こす可能性があることから、経年劣化に対する評価が必要である。

(2) 絶縁体の絶縁低下（水トリー劣化）

絶縁体は有機物であり、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、水トリー劣化による絶縁性能の低下を起こす可能性があることから、経年劣化に対する評価が必要である。

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

以下の事象（表2.2-1で△となっているもの）については、想定される経年劣化事象であるが、

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

に該当するものについては、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した。

上記の1)又は2)に該当する事象であるが、保全によりその傾向が維持できていることを確認している事象（日常劣化管理事象）を以下に示す。

なお、日常劣化管理事象ではない事象はない。

(1) シースの劣化

シースは絶縁体と同様に、熱的、電氣的及び環境的要因で劣化を起こす可能性がある。

しかしながら、ケーブルに要求される機能である通電・絶縁機能の維持に対する影響は小さい。

また、機器点検時の絶縁抵抗測定により、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

表2.2-1 川内2号炉 難燃高圧C SHVケーブルに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象					備 考
				絶縁低下	導通不良	減 肉	割 れ	その他	
通電・絶縁機能の維持	内部半導電層		半導電性ポリエチレン						*1：水トリー劣化を含む *2：劣化
	外部半導電層		半導電性架橋ポリエチレン						
	遮へい層		軟銅テープ						
	導 体		銅						
	絶 縁 体		架橋ポリエチレン	○*1					
	介 在		ジュート						
	テ ー プ		布テープ						
	防 蟻 層		ナイロン						
	シ ー ス		難燃低塩酸特殊耐熱ビニル					△*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

2.3.1 絶縁体の絶縁低下（水トリー劣化を除く）

a. 事象の説明

絶縁体は有機物であり、熱的、電氣的及び環境的要因で経年劣化が進行し、絶縁性能の低下を起こす可能性がある。

b. 技術評価

① 健全性評価

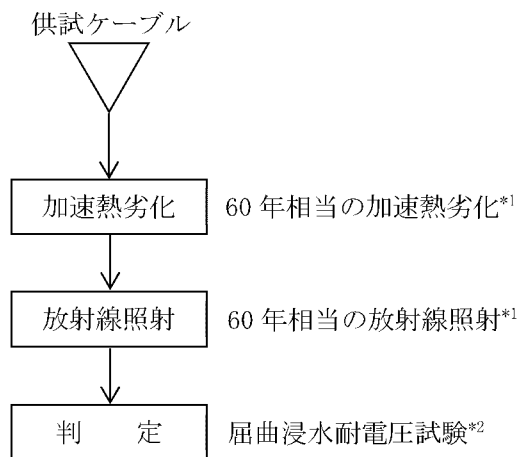
ケーブルの長期間の経年劣化を考慮した必要性能の評価方法は、IEEE Std. 323-1974「IEEE Standard for Qualifying Class IE Equipment for Nuclear Power Generating Stations」及び383-1974「IEEE Standard for Type Test of Class IE Electric Cables, Field Splices, and Connections for Nuclear Power Generating Stations」の規格を根幹に、我が国のケーブル耐環境試験方法推奨案として電気学会にてまとめられている。電気学会技術報告Ⅱ部第139号「原子力発電所用電線・ケーブルの環境試験方法ならびに耐延焼性試験方法に関する推奨案」には、ケーブルの加速劣化方法を含む試験条件、試験手順並びに判定方法が述べられており、本評価ではこれらに従って難燃高圧C SHVケーブルの長期健全性を評価した。

図2.3-1に試験手順及び判定方法を示す。

なお、この試験条件は、川内2号炉の実機環境に基づいて60年間の運転期間を想定した劣化条件を包絡している。

難燃高圧C SHVケーブルの長期健全性試験条件並びに長期健全性試験結果を表2.3-1及び表2.3-2に示す。

評価の結果、川内2号炉の難燃高圧C SHVケーブルは、運転開始後60年時点においても絶縁機能を維持できると判断する。



*1：原子炉格納容器外のケーブル使用条件に基づいた試験条件である

*2：屈曲浸水耐電圧試験の試験手順は以下のとおりである

- ① 直線状に試料を伸ばした後、試料外径の約20倍のマンドレルに巻き付ける
- ② ①の両端部以外を常温の水中に浸し1時間以上放置する
- ③ ②の状態、公称絶縁体厚さに対し交流電圧3.2kV/mmを5分間印加し、絶縁破壊を生じるか否かを調べる

図2.3-1 難燃高圧CSHVケーブルの長期健全性試験手順

表2.3-1 難燃高圧C SHVケーブルの長期健全性試験条件

	試験条件	60年間の通常運転時の 使用条件に基づく劣化条件
温 度	140℃－9日	130℃－9日 (=70℃*1－60年)
放射線 (集積線量)	500kGy (4kGy/h)	0.29kGy*2

*1：原子炉格納容器外の設計平均温度（約40℃）に通電による温度上昇と余裕を加えた温度

*2：通常運転時の原子炉格納容器外の実測値（複数の実測値のうち最大のもの）から算出した集積線量 $(0.55 \times 10^{-3} [\text{Gy/h}] \times (24 \times 365.25) [\text{h/y}] \times 60 [\text{y}]) = 0.29 \text{kGy}$

[出典（試験条件）：メーカーデータ]

表2.3-2 難燃高圧C SHVケーブルの長期健全性試験結果

項 目	試 験 条 件	判 定
屈 曲 浸 水 耐 電 圧 試 験	供試体外径：60mm マンドレル径：供試体外径の約20倍 絶縁厚さ：4.0mm 課電電圧：12.8kV／5分間	良

[出典：メーカーデータ]

② 現状保全

絶縁体の絶縁低下に対しては、定期的な絶縁抵抗測定及びケーブル絶縁診断（シース絶縁抵抗測定、遮蔽軟銅テープ抵抗測定、直流漏れ電流測定）により、管理範囲に収まっていることを確認している。

③ 総合評価

健全性評価結果から判断して、絶縁体の絶縁低下による機器の健全性に影響を与える可能性はないと考える。

絶縁低下は、絶縁抵抗測定及びケーブル絶縁診断で検知可能であり、点検手法として適切である。

c. 高経年化への対応

絶縁体の絶縁低下については、現状保全項目に高経年化対策の観点から、追加すべきものはないと判断する。

2.3.2 絶縁体の絶縁低下（水トリー劣化）

a. 事象の説明

絶縁体は有機物であり、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、水トリー劣化による絶縁性能の低下を起こす可能性がある。

b. 技術評価

① 健全性評価

川内2号炉の難燃高圧CSHVケーブルのうち、雨水等により浸水する可能性があるものは屋外に布設しているケーブルのみであり、屋内に布設しているケーブルは、長時間にわたって水が存在する状態にさらされる可能性はない。屋外に布設しているケーブルは、コンクリート製トレンチ内の電線管に布設している。電線管はプルボックス部分にて、排水穴による排水処理を施している。また、トレンチは中に入って内部に水が溜まっていないことを目視確認できる構造となっており、水が溜まった場合は、恒設の排水ポンプで排水することが可能となっていることから、ケーブルが長時間浸水する可能性はないが、溜まり水による多湿度環境を考慮すると、水トリー劣化による絶縁低下の可能性は否定できない。

② 現状保全

絶縁体の絶縁低下（水トリー劣化）に対しては、定期的な絶縁抵抗測定及びケーブル絶縁診断（シース絶縁抵抗測定、遮蔽軟銅テープ抵抗測定、直流漏れ電流測定）により、管理範囲に収まっていることを確認しており、点検結果に基づき、必要により取替等を実施することとしている。

また、屋外布設ケーブルについては、トレンチ内の水溜りの有無を定期的目視確認している。

③ 総合評価

健全性評価結果から判断して、屋外布設ケーブルはコンクリート製トレンチ内の電線管に布設しており、長時間浸水状態となる可能性はないが、多湿度環境になることを考慮すると絶縁体の絶縁低下（水トリー劣化）の可能性は否定できない。

絶縁低下は絶縁抵抗測定及びケーブル絶縁診断で、浸水状態は目視確認で検知可能であり、点検手法として適切である。

よって、現状保全を継続することで健全性を維持できると考える。

c. 高経年化への対応

屋外に布設している難燃高圧C SHVケーブルの絶縁体の絶縁低下（水トリー劣化）については、定期的に絶縁抵抗測定及びケーブル絶縁診断を実施していくとともに、点検結果に基づき必要により取替等を実施していく。

また、トレンチ内については、引き続き目視確認を実施していく。

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、代表機器と構造及び絶縁体材料が類似するケーブル(製造メーカーが異なるケーブル)への展開について検討した。

なお、経年劣化事象の抽出にあたっては、2章の代表機器における経年劣化事象の抽出と同様に水平展開機器の構造、材料、使用条件等の特殊性を考慮して選定している。

① 難燃高圧C SHVケーブル(製造メーカーが異なるケーブル)

3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

3.1.1 絶縁体の絶縁低下(水トリー劣化を除く)

代表機器と構造及び絶縁体材料が類似する難燃高圧C SHVケーブルについては、代表機器と同様、実機同等品による電気学会推奨案に基づく長期健全性試験結果を用いて評価した結果、60年間の運転期間においても絶縁機能を維持できると判断でき、絶縁体の絶縁低下により機器の健全性に影響を与える可能性はないと考える。

また、絶縁低下は、絶縁抵抗測定及びケーブル絶縁診断で検知可能であり、点検手法として適切である。

絶縁体の絶縁低下については、現状保全項目に高経年化対策の観点から、追加すべきものはないと判断する。

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

2.2.3の1)又は2)に該当する事象であるが、保全によりその傾向が維持できていることを確認している事象（日常劣化管理事象）を以下に示す。

なお、日常劣化管理事象ではない事象はない。

3.2.1 絶縁体の絶縁低下（水トリリー劣化）

絶縁体は有機物であり、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、水トリリー劣化による絶縁性能の低下が想定される。

しかしながら、代表ケーブルと構造及び絶縁体材料が類似する難燃高圧C SHVケーブル（製造メーカーが異なる難燃高圧C SHVケーブル）は屋内のみに布設しており、長時間にわたって水が存在する状態にさらされ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。

なお、機器点検時の絶縁抵抗測定及びケーブル絶縁診断により、管理範囲に収まっていることを確認している。

3.2.2 シースの劣化

シースは絶縁体と同様に、熱的、電氣的及び環境的要因で劣化を起こす可能性がある。

しかしながら、ケーブルに要求される機能である通電・絶縁機能の維持に対する影響は小さい。

また、機器点検時の絶縁抵抗測定により、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

2 低圧ケーブル

[対象機器]

- ① KKケーブル
- ② 難燃PHケーブル
- ③ 難燃SHVVケーブル
- ④ FPPケーブル
- ⑤ FPETケーブル
- ⑥ FPTFケーブル

目 次

1. 対象機器及び代表機器の選定	1
1.1 グループ化の考え方及び結果	1
1.2 代表機器の選定	1
2. 代表機器の技術評価	3
2.1 構造、材料及び使用条件	3
2.2 経年劣化事象の抽出	8
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価	14
3. 代表機器以外への展開	32
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象	32
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象	33

1. 対象機器及び代表機器の選定

川内2号炉で使用されている低圧ケーブルの主な仕様を表1-1に示す。

これらのケーブルを絶縁体材料の観点からグループ化し、それぞれのグループより以下のとおり代表機器を選定した。

1.1 グループ化の考え方及び結果

表1-1に示す低圧ケーブルを、絶縁体材料で分類すると4つのグループに分類される。

1.2 代表機器の選定

(1) 絶縁体材料：シリコンゴム

このグループには、KKケーブルのみが属するため、KKケーブルを代表機器とする。

(2) 絶縁体材料：難燃EPゴム

このグループには、難燃PHケーブルのみが属するため、難燃PHケーブルを代表機器とする。

(3) 絶縁体材料：特殊耐熱ビニル

このグループには、難燃SHVVケーブルのみが属するため、難燃SHVVケーブルを代表機器とする。

(4) 絶縁体材料：四フッ化エチレン・六フッ化プロピレン共重合樹脂

このグループにはFPPケーブル、FPETケーブル及びFPTFケーブルが属するが、シースの耐熱温度の低い、FPETケーブルを代表機器とする。

表1-1 川内2号炉 低圧ケーブルの主な仕様

分離基準	機器名称	選 定 基 準						シース材料	選定	選定理由
		用途	使用環境		重要度*1	使用開始時期				
			原子炉格納容器内	原子炉格納容器外		建設時	運転開始後			
絶縁体材料										
シリコーンゴム	KKケーブル	計装	○*2,3		MS-1、重*8	○		シリコーンゴム	◎	
難燃EPゴム*4	難燃PHケーブル	電力・制御・計装	○*2,3	○*2,3	MS-1、重*8	○	○	難燃クロロスルホン化ポリエチレン	◎	
特殊耐熱ビニル	難燃SHVVケーブル	電力・制御・計装		○*3	MS-1、重*8	○	○	難燃低塩酸特殊耐熱ビニル	◎	
FEP樹脂*5	FPPケーブル	制御・計装		○	MS-1	○		FEP樹脂*5	◎	耐熱温度
	FPETケーブル	制御		○	MS-1	○	○	ETFE樹脂*6		
	FPTFケーブル	計装		○	MS-1		○	TFEF樹脂*7		

*1：機能は最上位の機能を示す

*2：設計基準事故を考慮する

*3：重大事故等を考慮する

*4：EPゴム：エチレンプロピレンゴム

*5：FEP樹脂：四フッ化エチレン・六フッ化プロピレン共重合樹脂

*6：ETFE樹脂：四フッ化エチレン・エチレン共重合樹脂

*7：TFEF樹脂：四フッ化エチレン・プロピレン共重合樹脂

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

2. 代表機器の技術評価

本章では、1章で代表機器とした以下の4種類のケーブルについて技術評価を実施する。

- ① KKケーブル
- ② 難燃PHケーブル
- ③ 難燃SHVVケーブル
- ④ FPETケーブル

2.1 構造、材料及び使用条件

(1) 構造

川内2号炉で使用している低圧ケーブルは、導体、絶縁体、介在、テープ、遮へい層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より保たれている。介在及びテープはケーブルを整形するため、遮へい層は導体の静電誘導を低減するため、シースはケーブルを外的な力から保護するための材料である。

川内2号炉の代表的な低圧ケーブル構造図を図2.1-1に示す。

(2) 材料及び使用条件

川内2号炉のKKケーブル、難燃PHケーブル、難燃SHVVケーブル及びFPETケーブルの使用材料及び使用条件を表2.1-1～表2.1-8に示す。

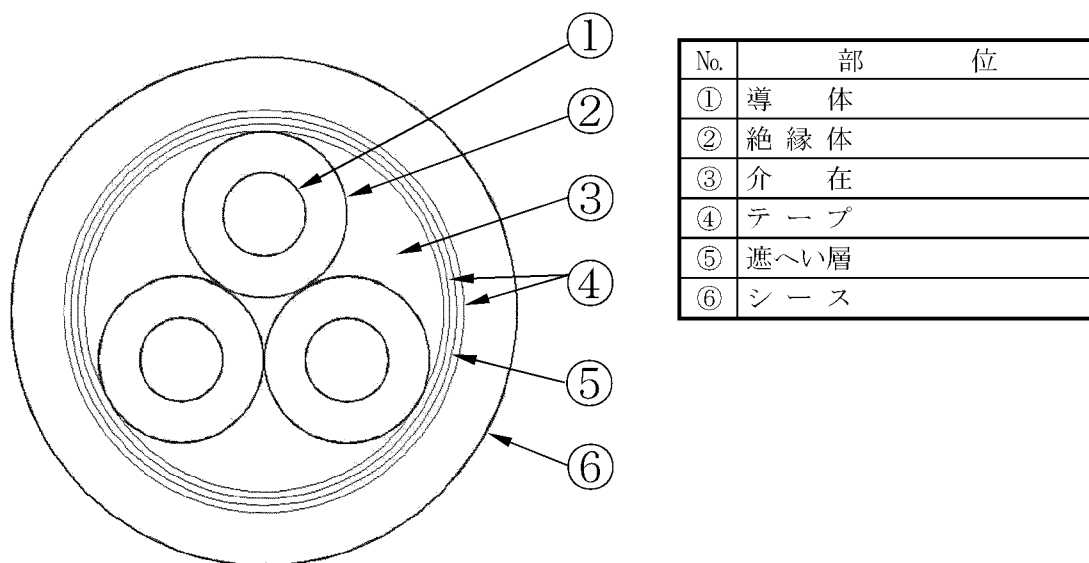


図2.1-1 川内2号炉 代表的な低圧ケーブル構造図

表2.1-1 川内2号炉 KKケーブル主要部位の使用材料

部 位	材 料
導 体	銅 (錫メッキ)
絶 縁 体	シリコーンゴム
介 在	ガ ラ ス
テ ー プ	ガラステープ
遮へい層	銅線編組 (錫メッキ)
シ ー ス	シリコーンゴム

表2.1-2 川内2号炉 KKケーブルの使用条件

	通常運転時	設計基準事故時	重大事故等時
使用環境	原子炉格納容器内	原子炉格納容器内	原子炉格納容器内
周囲温度	約45℃*1	約127℃*3 (最高温度)	約138℃*3 (最高温度)
圧 力	約0.0098MPa[gage] 以下	約0.245MPa[gage]*3 (最高圧力)	約0.350MPa[gage]*3 (最高圧力)
放 射 線	5×10 ⁻³ Gy/h*2	602kGy*1 (最大集積線量)	500kGy*3 (最大集積線量)

- *1：通常運転時の原子炉格納容器内KKケーブル布設エリアの周囲温度実測値（複数の実測値の平均値のうち最大のもの）に余裕を加えた温度
- *2：通常運転時の原子炉格納容器内KKケーブル布設エリアの周囲線量率実測値（複数の実測値の平均値のうち最大のもの）に余裕を加えた線量率
- *3：新規制基準への適合性確認のための工事計画認可申請書「安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」記載値
- *4：IEEEに記載された、典型的なPWRプラントにおける事故時照射量を基に、川内1／2号炉の原子炉出力及び原子炉格納容器自由体積から算出した値

表2.1-3 川内2号炉 難燃PHケーブル主要部位の使用材料

部 位	材 料
導 体	銅（錫メッキ）
絶 縁 体	難燃エチレンプロピレンゴム
介 在	ジュート
テ ー プ	布
遮へい層	銅テープ（錫メッキ）
シ ー ス	難燃クロロスルホン化ポリエチレン

表2.1-4 川内2号炉 難燃PHケーブルの使用条件*1

	通常運転時	設計基準事故時	重大事故等時
使用環境	原子炉格納容器内	原子炉格納容器内	原子炉格納容器内
周囲温度	約50℃*2	約127℃*4 (最高温度)	約138℃*4 (最高温度)
圧 力	約0.0098MPa[gage] 以下	約0.245MPa[gage]*4 (最高圧力)	約0.350MPa[gage]*4 (最高圧力)
放 射 線	0.35Gy/h*3	602kGy*5 (最大集積線量)	500kGy*4 (最大集積線量)

*1：環境条件が厳しい原子炉格納容器内ケーブルの条件を代表として記載

*2：通常運転時の原子炉格納容器内難燃PHケーブル布設エリアの周囲温度実測値（複数の実測値の平均値のうち最大のもの）に余裕を加えた温度

*3：通常運転時の原子炉格納容器内難燃PHケーブル布設エリアの周囲線量率実測値（複数の実測値の平均値のうち最大のもの）に余裕を加えた線量率

*4：新規制基準への適合性確認のための工事計画認可申請書「安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」記載値

*5：IEEEに記載された、典型的なPWRプラントにおける事故時照射量を基に、川内1／2号炉の原子炉出力及び原子炉格納容器自由体積から算出した値

表2.1-5 川内2号炉 難燃SHVVケーブル主要部位の使用材料

部 位	材 料
導 体	銅（錫メッキ）
絶 縁 体	特殊耐熱ビニル
介 在	ジュート
テ ー プ	布
遮へい層	銅テープ（錫メッキ）
シ ー ス	難燃低塩酸特殊耐熱ビニル

表2.1-6 川内2号炉 難燃SHVVケーブルの使用条件

	通 常 運 転 時	重 大 事 故 等 時
使 用 環 境	原子炉格納容器外	原子炉格納容器外
周 囲 温 度	約40℃*1	約100℃*3
放 射 線	$0.55 \times 10^{-3} \text{Gy/h}^{*2}$	$0.15 \times 10^{-3} \text{Gy/h}^{*3}$

*1：原子炉格納容器外の設計平均温度

*2：通常運転時の原子炉格納容器外の実測値（複数の実測値のうち最大のもの）

*3：新規制基準への適合性確認のための工事計画認可申請書「安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」記載値

表2.1-7 川内2号炉 F P E Tケーブル主要部位の使用材料

部 位	材 料
導 体	銅 (錫メッキ)
絶 縁 体	四フッ化エチレン・六フッ化プロピレン共重合樹脂
介 在	ガラス糸
テ ー プ	ポリエステルテープ
遮へい層	アルミポリエステルテープ
シ ー ス	四フッ化エチレン・エチレン共重合樹脂

表2.1-8 川内2号炉 F P E Tケーブルの使用条件

使 用 環 境	原子炉格納容器外 (管理区域外*1)
周 囲 温 度	約26°C*2

*1：中央制御室、継電器室でのみ使用

*2：原子炉格納容器外の設計平均温度

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機能達成に必要な項目

低圧ケーブルの機能である電力や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 通電・絶縁機能の維持

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

低圧ケーブル個々について、機能達成に必要な項目を考慮して、主要な部位に展開した上で、個々の部位の構造、材料、使用条件及び現在までの運転経験等を考慮し、表2.2-1～表2.2-4に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象（表2.2-1～表2.2-4で○となっているもの）としては以下の事象がある。

(1) 絶縁体の絶縁低下〔共通〕

絶縁体は有機物であり、熱的、電氣的及び環境的要因で経年劣化が進行し、絶縁性能の低下を起こす可能性があることから、経年劣化に対する評価が必要である。

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

以下の事象（表2.2-1～表2.2-4で△となっているもの）については、想定される経年劣化事象であるが、

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

に該当するものについては、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した。

上記の1)又は2)に該当する事象であるが、保全によりその傾向が維持できていることを確認している事象（日常劣化管理事象）を以下に示す。

なお、日常劣化管理事象ではない事象はない。

(1) シースの劣化 [共通]

シースは絶縁体と同様に、熱的、電氣的及び環境的要因で劣化を起こす可能性がある。

しかしながら、ケーブルに要求される機能である通電・絶縁機能の維持に対する影響は小さい。

また、系統機器の動作確認又は絶縁抵抗測定により、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

表2.2-1 川内2号炉 KKケーブルに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象					備 考
				絶縁低下	導通不良	減 肉	割 れ	その他	
通電・絶縁機能の維持	導 体		銅（錫メッキ）						*1：劣化
	絶 縁 体		シリコーンゴム	○					
	介 在		ガ ラ ス						
	テ ー プ		ガラステープ						
	遮へい層		銅線編組（錫メッキ）						
	シ ー ス		シリコーンゴム					△*1	

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-2 川内2号炉 難燃PHケーブルに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象					備 考
				絶縁低下	導通不良	減 肉	割 れ	その他	
通電・絶縁機能の維持	導 体		銅（錫メッキ）						*1：劣化
	絶 縁 体		難燃エチレンプロピレンゴム	○					
	介 在		ジュート						
	テ ー プ		布						
	遮へい層		銅テープ（錫メッキ）						
	シ ー ス		難燃クロロスルホン化ポリエチレン					△*1	

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-3 川内2号炉 難燃SHVVケーブルに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象					備 考
				絶縁低下	導通不良	減 肉	割 れ	その他	
通電・絶縁機能の維持	導 体		銅（錫メッキ）						*1：劣化
	絶 縁 体		特殊耐熱ビニル	○					
	介 在		ジュート						
	テ ー プ		布						
	遮へい層		銅テープ（錫メッキ）						
	シ ー ス		難燃低塩酸 特殊耐熱ビニル					△*1	

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-4 川内2号炉 F P E Tケーブルに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象					備 考
				絶縁低下	導通不良	減 肉	割 れ	その他	
通電・絶縁機能の維持	導 体		銅（錫メッキ）						*1：劣化
	絶 縁 体		四フッ化エチレン・六フッ化プロピレン共重合樹脂	○					
	介 在		ガラス糸						
	テ ー プ		ポリエステルテープ						
	遮へい層		アルミポリエステルテープ						
	シ ー ス		四フッ化エチレン・エチレン共重合樹脂					△*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）

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 絶縁体の絶縁低下 [共通]

a. 事象の説明

絶縁体は有機物であり、熱的、電氣的及び環境的要因で経年劣化が進行し、絶縁性能の低下を起こす可能性がある。

b. 技術評価

① 健全性評価

ケーブルの長期間の経年劣化を考慮した必要性能の評価方法は、IEEE Std. 323-1974「IEEE Standard for Qualifying Class IE Equipment for Nuclear Power Generating Stations」及び383-1974「IEEE Standard for Type Test of Class IE Electric Cables, Field Splices, and Connections for Nuclear Power Generating Stations」の規格を根幹に我が国のケーブル耐環境試験方法推奨案として電気学会にてまとめられている。電気学会技術報告Ⅱ部第139号「原子力発電所用電線・ケーブルの環境試験方法ならびに耐延焼性試験方法に関する推奨案」（以下、「電気学会推奨案」という。）には、ケーブルの加速劣化方法を含む試験条件、試験手順、並びに判定方法が述べられており、本評価ではこれらに従って、実機同等品を用いて低圧ケーブルの長期健全性を評価した。

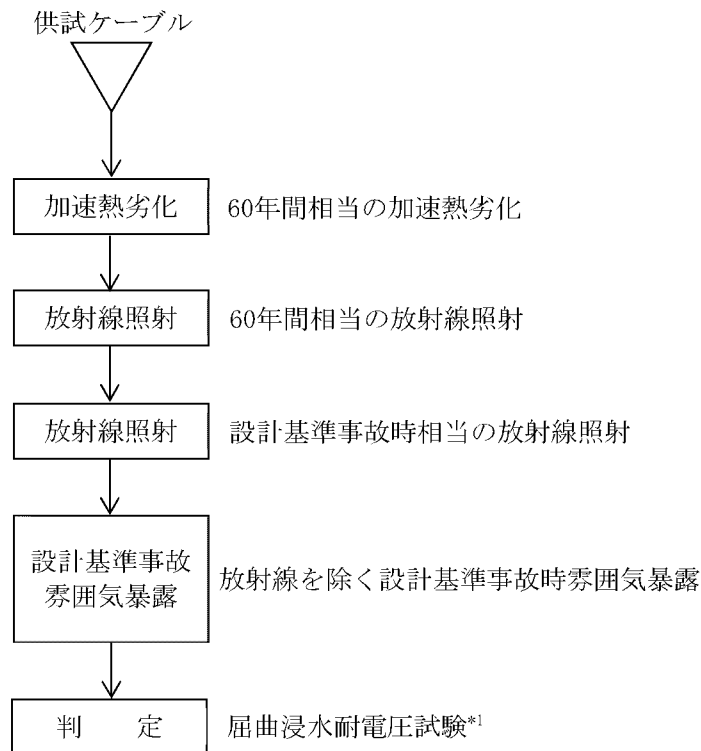
設計基準事故時雰囲気内で機能要求があるKKケーブル及び難燃PHケーブルの電気学会推奨案に基づく試験手順及び判定方法を図2.3-1に示す。

KKケーブル及び難燃PHケーブルについては、実機同等品による長期健全性試験結果を用いて評価する。

KKケーブル及び難燃PHケーブルの長期健全性試験条件並びに長期健全性試験結果を表2.3-1～表2.3-4に示す。

試験条件は、川内2号炉の実機環境に基づいて60年間の運転期間を想定した劣化条件を包絡している。

電気学会推奨案に基づく評価の結果、川内2号炉のKKケーブル及び難燃PHケーブルは、運転開始後60年時点においても絶縁機能を維持できると判断する。



*1： 屈曲浸水耐電圧試験の試験手順は以下のとおりである

- ① 直線状に試料を伸ばした後、試料外径の約40倍のマンドレルに巻き付ける
- ② ①の両端部以外を常温の水中に浸し1時間以上放置する
- ③ ②の状態、公称絶縁体厚さに対し交流電圧3.2kV/mmを5分間印加し、絶縁破壊が生じるか否かを調べる

図2.3-1 KKケーブル、難燃PHケーブルの長期健全性試験手順

表2.3-1 K Kケーブルの長期健全性試験条件（設計基準事故）

		試験条件	60年間の通常運転時の 使用条件に基づく劣化条件 又は 設計基準事故時の環境条件
通常運転 相当	温度	110℃-16日	91℃-16日 (=45℃*1-60年)
	放射線 (集積線量)	500kGy (8.36kGy/h)	2.7kGy*2
設計基準 事故相当	放射線 (集積線量)	1,500kGy (9.01kGy/h)	602kGy
	温度	最高温度：190℃	最高温度：約127℃
	圧力	最高圧力：0.27MPa[gage]	最高圧力：約0.245MPa[gage]

*1：通常運転時の原子炉格納容器内K Kケーブル布設エリアの周囲温度実測値（複数の実測値の平均値のうち最大のもの）に余裕を加えた温度

*2：通常運転時の原子炉格納容器内K Kケーブル布設エリアの周囲線量率実測値（複数の実測値の平均値のうち最大のもの）に余裕を加えた線量率から算出した集積線量
(5×10^{-3} [Gy/h] \times (24 \times 365.25) [h/y] \times 60 [y]) = 2.7kGy)

[出典（試験条件）：九州電力研究データ]

表2.3-2 K Kケーブルの長期健全性試験結果

項目	試験条件	判定
屈曲浸水 耐電圧試験	供試体外径：13.5mm マンドレル径：500mm 絶縁厚さ：0.76mm 課電電圧：2.5kV/5分間	良

[出典：九州電力研究データ]

表2.3-3 難燃PHケーブルの長期健全性試験条件（設計基準事故）*1

		試験条件	60年間の通常運転時の 使用条件に基づく劣化条件 又は 設計基準事故時の環境条件
通常運転 相当	温度	140℃-9日	117℃-9日 (=60℃*2-60年)
	放射線 (集積線量)	500kGy (7.3kGy/h)	185kGy*3
設計基準 事故相当	放射線 (集積線量)	1,500kGy (7.3kGy/h)	602kGy
	温度	最高温度：190℃	最高温度：約127℃
	圧力	最高圧力：0.41MPa[gage]	最高圧力：約0.245MPa[gage]

*1：設計基準事故時における環境条件が厳しい原子炉格納容器内ケーブルの条件を代表として記載

*2：通常運転時の原子炉格納容器内難燃PHケーブル布設エリア（通電による温度上昇を考慮するケーブルトレイ部）の周囲温度実測値（複数の実測値の平均値のうち最大のもの）に余裕を加えた温度（約42℃）に通電による温度上昇と余裕を加えた温度

*3：通常運転時の原子炉格納容器内難燃PHケーブル布設エリアの周囲線量率実測値（複数の実測値の平均値のうち最大のもの）に余裕を加えた線量率から算出した集積線量（0.35[Gy/h]×（24×365.25）[h/y]×60[y]=185kGy）

[出典（試験条件）：九州電力研究データ]

表2.3-4 難燃PHケーブルの長期健全性試験結果

項目	試験条件	判定
屈曲浸水 耐電圧試験	供試体外径：11.5mm マンドレル径：400mm 絶縁厚さ：0.8mm 課電電圧：2.6kV/5分間	良

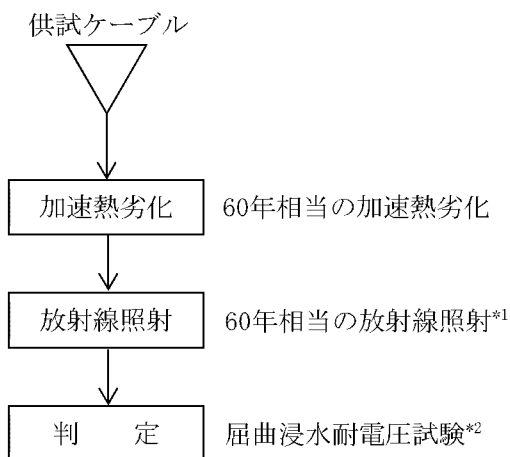
[出典：九州電力研究データ]

次に、難燃SHVVケーブル及びFPETケーブルについては、実機同等品による長期健全性試験結果を用いて評価する。

難燃SHVVケーブル及びFPETケーブルの電気学会推奨案に基づく試験手順及び判定方法を図2.3-2に、難燃SHVVケーブル及びFPETケーブルの長期健全性試験条件並びに長期健全性試験結果を表2.3-5～表2.3-8に示す。

試験条件は、川内2号炉の実機環境に基づいて60年間の運転期間を想定した劣化条件を包絡している。

電気学会推奨案に基づく評価の結果、川内2号炉の難燃SHVVケーブル及びFPETケーブルは、運転開始後60年時点においても絶縁機能を維持できると判断する。



*1：FPETケーブルは中央制御室及び継電器室のみで使用されるため放射線照射は実施しない

*2：屈曲浸水耐電圧試験の試験手順は以下のとおりである

- ① 直線状に試料を伸ばした後、試料外径の約20倍のマンドレルに巻き付ける
- ② ①の両端部以外を常温の水中に浸し1時間以上放置する
- ③ ②の状態、公称絶縁体厚さに対し交流電圧3.2kV/mmを5分間印加し、絶縁破壊が生じるか否かを調べる

図2.3-2 難燃SHVVケーブル、FPETケーブルの長期健全性試験手順

表2.3-5 難燃SHVVケーブルの長期健全性試験条件

	試験条件	60年間の通常運転時の 使用条件に基づく劣化条件
温度	135℃-14日	121℃-14日 (=60℃*1-60年)
放射線 (集積線量)	500kGy (9.51kGy/h)	0.29kGy*2

*1：原子炉格納容器外の設計平均温度（環境条件が厳しいケーブル布設エリアの温度）
（約40℃）に通電による温度上昇と余裕を加えた温度

*2：通常運転時の原子炉格納容器外の実測値（複数の実測値のうち最大のもの）から算
出した集積線量 $(0.55 \times 10^{-3} [\text{Gy/h}] \times (24 \times 365.25) [\text{h/y}] \times 60 [\text{y}]) = 0.29 \text{kGy}$

[出典（試験条件）：メーカーデータ]

表2.3-6 難燃SHVVケーブルの長期健全性試験結果

項目	試験条件	判定
屈曲浸水 耐電圧試験	供試体外径：15.0mm マンドレル径：300mm 絶縁厚さ：1.0mm 課電電圧：3.2kV/5分間	良

[出典：メーカーデータ]

表2.3-7 F P E Tケーブルの長期健全性試験条件*1

	試 験 条 件	60年間の通常運転時の 使用条件に基づく劣化条件
温 度	200℃-56日	188℃-56日 (=30℃*2-60年)

*1：長期健全性評価試験は、絶縁体種類が同一でシース種類が異なるF P T Fケーブルにて実施

*2：原子炉格納容器外の設計平均温度（約26℃）に余裕を加えた温度

[出典（試験条件）：九州電力研究データ]

表2.3-8 F P E Tケーブルの長期健全性試験結果*1

項 目	試 験 条 件	判 定
屈 曲 浸 水 耐 電 圧 試 験	供試体外径 : 18.0mm マンドレル径 : 360mm 絶縁厚さ : 0.25mm 課電電圧 : 0.96kV/5分間	良

*1：長期健全性評価試験は、絶縁体種類が同一でシース種類が異なるF P T Fケーブルにて実施

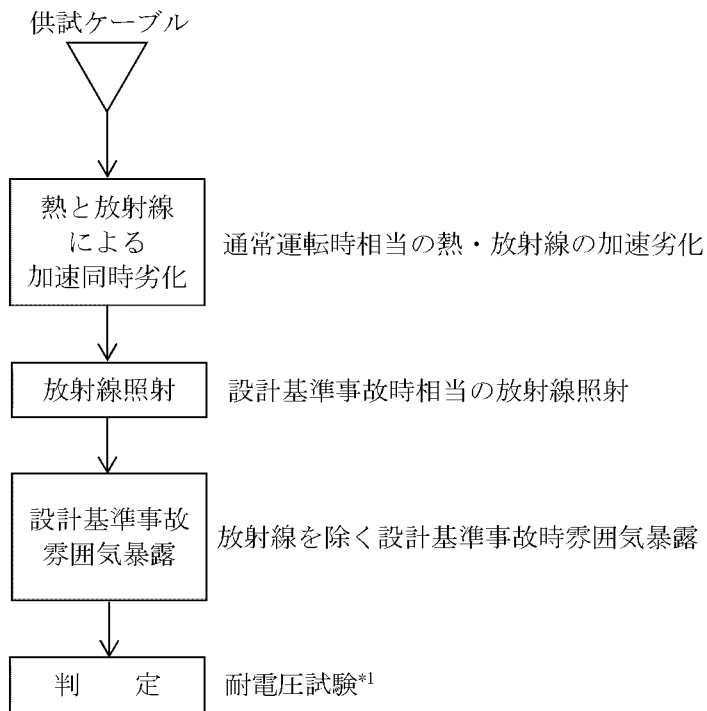
[出典：九州電力研究データ]

また、設計基準事故時雰囲気内で機能要求があるケーブルについては、独立行政法人原子力安全基盤機構により原子力プラントでの使用条件に即したケーブルの経年劣化評価手法が検討され、その結果が「原子力発電所のケーブル経年劣化評価ガイド（JNES-RE-2013-2049）」（以下、「ACAガイド」という。）に取りまとめられている。このため、設計基準事故時雰囲気内で機能要求がある難燃PHケーブル及びKKケーブルについては、ACAガイドに従った長期健全性も評価した。

評価にあたっては、「原子力プラントのケーブル経年変化評価技術調査研究に関する最終報告書（JNES-SS-0903）」（以下、「ACA」という。）の試験結果を用いた。

ACAガイドに基づく試験手順及び判定方法を図2.3-3にACA試験条件並びにACA試験結果を表2.3-9及び表2.3-10にケーブル実布設環境での長期健全性評価結果を表2.3-11に示す。

ACAガイドに基づく評価の結果、川内2号炉のKKケーブル及び難燃PHケーブルは、更新実績も踏まえると運転開始後60年時点においても絶縁機能を維持できると判断する。



*1：耐電圧試験は、日本工業規格「ゴム・プラスチック絶縁電線試験方法」(JIS C 3005:2000) の試験

図2.3-3 K Kケーブル、難燃PHケーブルのACAガイドに基づく試験手順

表2.3-9 KKケーブル及び難燃PHケーブルのACA試験条件

		試験条件
通常運転 相当	温度 放射線	100°C-99.9Gy/h-5,549h*1
		100°C-94.8Gy/h-4,003h*2
設計基準 事故相当	放射線 (集積線量)	1,500kGy (10kGy/h以下)
	温度	最高温度：190°C
	圧力	最高圧力：0.41MPa[gage]

*1：KKケーブルの試験条件

*2：難燃PHケーブルの試験条件

[出典：原子力プラントのケーブル経年変化評価技術調査研究に関する最終報告書 (JNES-SS-0903)]

表2.3-10 KKケーブル及び難燃PHケーブルのACA試験結果

項目	試験条件	判定
耐電圧試験	課電電圧：1,500V/1分間	良

[出典：原子力プラントのケーブル経年変化評価技術調査研究に関する最終報告書 (JNES-SS-0903)]

表2.3-11 A C Aガイドに基づく実布設環境での長期健全性評価結果

布設区分	実布設環境条件		使用ケーブル	評価期間 [年]*1	備 考
	温度 [°C]	放射線量率 [Gy/h]			
ループ室	45	0.35	難燃PHケーブル	45*3	更新を踏まえた評価期間78年～80年（更新時期：第22回～第24回定期検査時(2018年～2020年)）
加圧器上部	50	0.005	難燃PHケーブル	91*3	
通路部	45	0.005	KKケーブル	495*2	
			難燃PHケーブル	129*3	
通路部ケーブル トレイ内	60*4	0.005	難燃PHケーブル	47*3	更新を踏まえた評価期間73年～75年（更新時期：第20回定期検査時(2011年～2013年)）
主蒸気管室	45	—	難燃PHケーブル	147*3	

*1：稼働率100%での評価期間

*2：等価損傷線量データの重ね合わせ手法により評価

*3：時間依存データの重ね合わせ手法により評価

*4：通常運転時の原子炉格納容器内難燃PHケーブル布設エリア（ケーブルトレイ部）の周囲温度実測値（複数の実測値の平均値のうち最大のもの）に余裕を加えた温度（約42°C）に通電による温度上昇と余裕を加えた温度

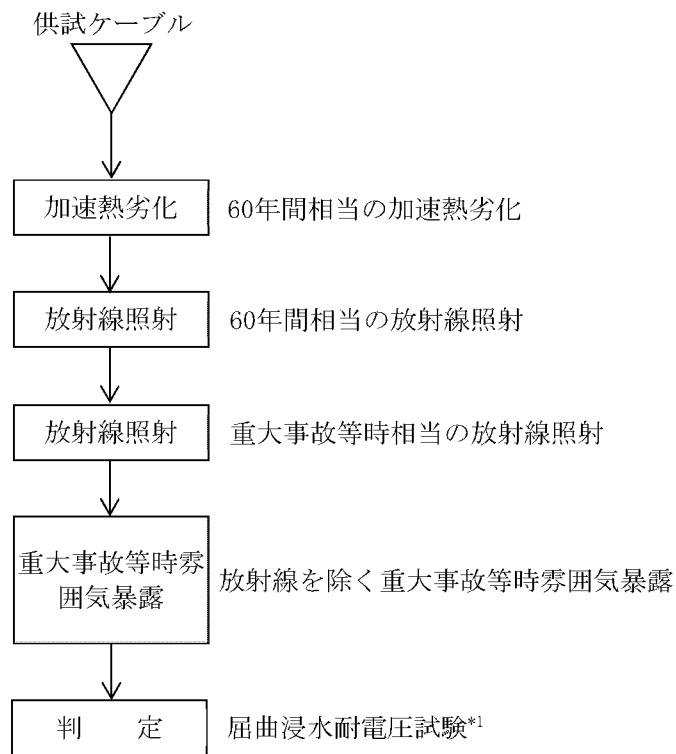
さらに、重大事故等時雰囲気内で機能要求がある難燃PHケーブル、KKケーブル及び難燃SHVVケーブルについては、重大事故等時雰囲気内での健全性をあわせて評価した。

難燃PHケーブル、KKケーブル及び難燃SHVVケーブルの試験手順及び判定方法を図2.3-4及び図2.3-5に示す。

難燃PHケーブル、KKケーブル及び難燃SHVVケーブルの長期健全性試験条件並びに長期健全性試験結果を表2.3-12～表2.3-17に示す。

試験条件は、川内2号炉の実機環境に基づいて60年間の運転期間を想定した劣化条件を包絡している。

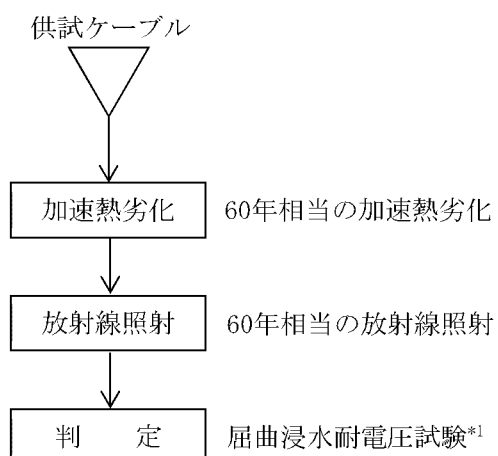
評価の結果、川内2号炉の難燃PHケーブル、KKケーブル及び難燃SHVVケーブルは、運転開始後60年時点においても絶縁機能を維持できると判断する。



*1： 屈曲浸水耐電圧試験の試験手順は以下のとおりである

- ① 直線状に試料を伸ばした後、試料外径の約40倍のマンドレルに巻き付ける
- ② ①の両端部以外を常温の水中に浸し1時間以上放置する
- ③ ②の状態、公称絶縁体厚さに対し交流電圧3.2kV/mmを5分間印加し、絶縁破壊が生じるか否かを調べる

図2.3-4 K Kケーブル、難燃PHケーブルの長期健全性試験手順



*1： 屈曲浸水耐電圧試験の試験手順は以下のとおりである

- ① 直線状に試料を伸ばした後、試料外径の約20倍のマンドレルに巻き付ける
- ② ①の両端部以外を常温の水中に浸し1時間以上放置する
- ③ ②の状態、公称絶縁体厚さに対し交流電圧3.2kV/mmを5分間印加し、絶縁破壊が生じるか否かを調べる

図2.3-5 難燃SHVVケーブルの長期健全性試験手順

表2.3-12 K Kケーブルの長期健全性試験条件*1 (重大事故等)

		試験条件	60年間の通常運転時の 使用条件に基づく劣化条件 又は 重大事故等時の環境条件
通常運転 相当	温度	121℃-7日	97℃-7日 (=45℃*2-60年)
	放射線 (集積線量)	500kGy (10kGy/h以下)	2.7kGy*3
重大事故 等相当	放射線 (集積線量)	1,500kGy (10kGy/h以下)	500kGy
	温度	最高温度：190℃	最高温度：約138℃
	圧力	最高圧力：0.41MPa[gage]	最高圧力：約0.350MPa[gage]

*1：長期健全性試験は、絶縁体種類が同一でシース種類が異なる難燃K Kケーブルにて実施

*2：通常運転時の原子炉格納容器内K Kケーブル布設エリアの周囲温度実測値（複数の実測値の平均値のうち最大のもの）に余裕を加えた温度

*3：通常運転時の原子炉格納容器内K Kケーブル布設エリアの周囲線量率実測値（複数の実測値の平均値のうち最大のもの）に余裕を加えた線量率から算出した集積線量
 $(5 \times 10^{-3} [\text{Gy/h}] \times (24 \times 365.25) [\text{h/y}] \times 60 [\text{y}]) = 2.7 \text{kGy}$

[出典（試験条件）：電力共通研究「電気・計装機器の耐環境実証試験に関する研究(Step-3)」1983年度]

表2.3-13 K Kケーブルの長期健全性試験結果

項目	試験条件	判定
屈曲浸水 耐電圧試験	供試体外径：11.5mm マンドレル径：供試体外径の約40倍 絶縁厚さ：0.76mm 課電電圧：2.6kV/5分間	良

[出典：電力共通研究「電気・計装機器の耐環境実証試験に関する研究(Step-3)」1983年度]

表2.3-14 難燃PHケーブルの長期健全性試験条件（重大事故等）

		試験条件	60年間の通常運転時の 使用条件に基づく劣化条件 又は 重大事故等時の環境条件
通常運転 相当	温度	140℃-9日	117℃-9日 (=60℃* ¹ -60年)
	放射線 (集積線量)	500kGy (7.3kGy/h)	185kGy* ²
重大事故 等相当	放射線 (集積線量)	1,500kGy (7.3kGy/h)	500kGy
	温度	最高温度：190℃	最高温度：約138℃
	圧力	最高圧力：0.41MPa[gage]	最高圧力：約0.350MPa[gage]

*1：通常運転時の原子炉格納容器内難燃PHケーブル布設エリア（通電による温度上昇を考慮するケーブルトレイ部）の周囲温度実測値（複数の実測値の平均値のうち最大のもの）に余裕を加えた温度（約42℃）に通電による温度上昇と余裕を加えた温度

*2：通常運転時の原子炉格納容器内難燃PHケーブル布設エリアの周囲線量率実測値（複数の実測値の平均値のうち最大のもの）に余裕を加えた線量率から算出した集積線量（0.35[Gy/h]×（24×365.25）[h/y]×60[y]=185kGy）

[出典（試験条件）：九州電力研究データ]

表2.3-15 難燃PHケーブルの長期健全性試験結果

項目	試験条件	判定
屈曲浸水 耐電圧試験	供試体外径：11.5mm マンドレル径：400mm 絶縁厚さ：0.8mm 課電電圧：2.6kV/5分間	良

[出典：九州電力研究データ]

表2.3-16 難燃SHVVケーブルの長期健全性試験条件（重大事故等）

	試験条件	60年間の通常運転時の 使用条件に基づく劣化条件 及び 重大事故等時の環境条件
温度	135℃-14日	96℃-14日 (30℃*1-60年) (通常時) (100℃*2-7日) (事故時)
放射線 (集積線量)	500kGy (9.51kGy/h)	0.3kGy 0.29kGy*3 (通常時) 0.03Gy*4 (事故時)

*1：使用済燃料ピット周辺のケーブル布設エリアの周囲温度実測値（複数の実測値の平均値のうち最大のもの）に余裕を加えた温度（約30℃）

*2：重大事故等時の使用済燃料ピット周辺における温度（約100℃）として設定

*3：通常運転時の原子炉格納容器外の実測値（複数の実測値のうち最大のもの）から算出した集積線量 $(0.55 \times 10^{-3} [\text{Gy/h}] \times (24 \times 365.25) [\text{h/y}] \times 60 [\text{y}]) = 0.29 \text{kGy}$

*4：重大事故等時の使用済燃料ピット周辺での放射線量

$$0.15 \times 10^{-3} [\text{Gy/h}] \times 24 [\text{h}] \times 7 [\text{d}] = 0.03 \text{Gy}$$

[出典（試験条件）：メーカーデータ]

表2.3-17 難燃SHVVケーブルの長期健全性試験結果

項目	試験条件	判定
屈曲浸水 耐電圧試験	供試体外径：15.0mm マンドレル径：300mm 絶縁厚さ：1.0mm 課電電圧：3.2kV/5分間	良

[出典：メーカーデータ]

② 現状保全

絶縁体の絶縁低下に対しては、電力用ケーブルについては、定期的な絶縁抵抗測定により、許容値以上であることの確認を行っている。

制御・計装用ケーブルについては、定期的な計測制御系統設備の機能検査等により、系統機器の動作又は計器の指示値等に異常のないことを確認し、絶縁低下による機能低下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判断して、KKケーブル、難燃PHケーブル及び難燃SHVVケーブルについては、絶縁体の絶縁低下により機器の健全性に影響を与える可能性はないと考える。

また、FPE Tケーブルについては絶縁体の絶縁低下により機器の健全性に影響を与える可能性は小さい。

なお、絶縁低下は、絶縁抵抗測定、系統機器の動作確認又は計器の指示値確認等で検知可能であり、点検手法として適切である。

c. 高経年化への対応

KKケーブル、難燃PHケーブル及び難燃SHVVケーブルの絶縁体の絶縁低下については、現状保全項目に高経年化対策の観点から、追加すべきものはないと判断する。

なお、FPE Tケーブルについては、引続き定期的に系統機器の動作確認又は絶縁抵抗測定を実施していく。

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。さらに、代表機器と構造及び絶縁体材料が類似するケーブル（製造メーカーが異なるケーブル）への展開について検討した。

なお、経年劣化事象の抽出にあたっては、2章の代表機器における経年劣化事象の抽出と同様に水平展開機器の構造、材料、使用条件等の特殊性を考慮して選定している。

- ① 難燃SHVVケーブル（製造メーカーが異なるケーブル）
- ② FPPケーブル
- ③ FPTFケーブル

3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

3.1.1 絶縁体の絶縁低下〔共通〕

事故時雰囲気で機能要求のない代表ケーブルと製造メーカーが異なる難燃SHVVケーブル及びFPPケーブルについては、構造及び絶縁体材料が類似している実機同等品を用い、電気学会推奨案に基づく長期健全性試験結果を用いて評価した結果、60年間の運転期間後においても絶縁低下の可能性は小さいと考える。

代表ケーブルと製造メーカーが異なる難燃SHVVケーブル及びFPPケーブルの絶縁低下は、系統機器の動作確認又は指示値確認等で検知可能であり、点検手法として適切である。

したがって、代表ケーブルと製造メーカーが異なる難燃SHVVケーブル及びFPPケーブルの絶縁低下については、定期的な系統機器の動作確認又は指示値確認を実施していく。

また、事故時雰囲気で機能要求のないFPTFケーブルについては、電気学会推奨案に基づく健全性評価を行った結果、運転開始後60年時点においても絶縁機能を維持できると判断でき、絶縁低下により機器の健全性に影響を与える可能性はないと考える。（代表機器のFPE Tケーブルの健全性評価を参照）

FPTFケーブルの絶縁低下については、系統機器の動作確認又は指示値確認等を実施しており、絶縁低下による機能低下のないことを確認している。絶縁低下は系統機器の動作確認又は指示値確認等で検知可能であり、点検手法として適切である。

したがって、FPTFケーブルの絶縁体の絶縁低下については、現状保全項目に、高経年化対策の観点から追加すべきものはないと判断する。

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

2.2.3の1)又は2)に該当する事象であるが、保全によりその傾向が維持できていることを確認している事象（日常劣化管理事象）を以下に示す。

なお、日常劣化管理事象ではない事象はない。

3.2.1 シースの劣化〔共通〕

シースは絶縁体と同様に、熱的、電氣的及び環境的要因で劣化を起こす可能性がある。

しかしながら、ケーブルに要求される機能である通電・絶縁機能の維持に対する影響は小さい。

また、系統機器の動作確認又は絶縁抵抗測定により、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

3 同軸ケーブル

[対象機器]

- ① 難燃三重同軸ケーブル1
- ② 難燃三重同軸ケーブル2

目 次

1. 対象機器及び代表機器の選定	1
1.1 グループ化の考え方及び結果	1
1.2 代表機器の選定	1
2. 代表機器の技術評価	3
2.1 構造、材料及び使用条件	3
2.2 経年劣化事象の抽出	5
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価	8
3. 代表機器以外への展開	18
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象	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	19

1. 対象機器及び代表機器の選定

川内2号炉で使用されてい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絶縁体材料の観点からグループ化し、以下のとおり代表機器を選定した。

1.1 グループ化の考え方及び結果

表1-1に示す同軸ケーブルについて、絶縁体材料を分離基準として考えると、1つのグループにまとめられる。

1.2 代表機器の選定

このグループには難燃三重同軸ケーブル1及び難燃三重同軸ケーブル2が属するが、設計基準事故及び重大事故等時に機能要求のある難燃三重同軸ケーブル2を代表機器とする。

表1-1 川内2号炉 同軸ケーブルの主な仕様

分離基準	機器名称	選 定 基 準						シ ー ス 材 料		選定	選定理由
		用途	使用環境		重要度*1	使用開始時期		内部シース	外部シース		
			原子炉格納容器内	原子炉格納容器外		建設時	運転開始後				
絶縁体材料	難燃三重同軸ケーブル1	計装		○	MS-1重*5	○	○	架橋ホ*リエチレン	難燃架橋ホ*リエチレン		事故時環境下機能要求設備
	難燃三重同軸ケーブル2	計装	○*2、3		MS-1重*5	○	○	架橋ホ*リエチレン	E T F E樹脂*4	◎	

*1：機能は最上位の機能を示す

*2：設計基準事故を考慮する

*3：重大事故等を考慮する

*4：E T F E樹脂：四フッ化エチレン・エチレン共重合樹脂

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

2. 代表機器の技術評価

2.1 構造、材料及び使用条件

2.1.1 難燃三重同軸ケーブル 2

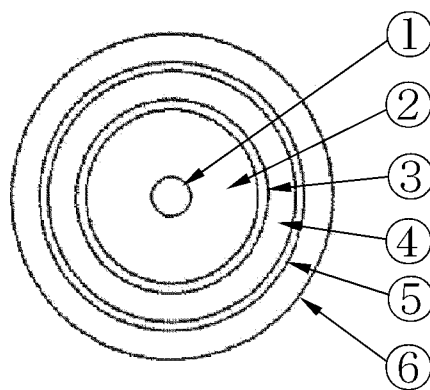
(1) 構造

川内 2 号炉に使用している難燃三重同軸ケーブル 2 は、内部導体、絶縁体、外部導体、内部シース、遮へい体及び外部シースで構成され、このうちケーブルの絶縁機能は絶縁体及び内部シースにより保たれている。なお、遮へい体は導体の静電誘導を低減するため、外部シースはケーブルを外的な力から保護するための材料である。

川内 2 号炉の難燃三重同軸ケーブル 2 の構造図を図 2.1-1 に示す。

(2) 材料及び使用条件

川内 2 号炉の難燃三重同軸ケーブル 2 の使用材料及び使用条件を表 2.1-1 及び表 2.1-2 に示す。



No.	部 位
①	内部導体
②	絶 縁 体
③	外部導体
④	内部シース
⑤	遮へい体
⑥	外部シース

図 2.1-1 川内 2 号炉 難燃三重同軸ケーブル 2 の構造図

表2.1-1 川内2号炉 難燃三重同軸ケーブル2 主要部位の使用材料

部 位	材 料
内部導体	銅（錫メッキ）
絶縁体	架橋ポリエチレン
外部導体	銅線編組（錫メッキ）
内部シース	架橋ポリエチレン
遮へい体	銅線編組（錫メッキ）
外部シース	四フッ化エチレン・エチレン共重合樹脂

表2.1-2 川内2号炉 難燃三重同軸ケーブル2 の使用条件*1

	通常運転時	設計基準事故時	重大事故等時
使用環境	原子炉格納容器内	原子炉格納容器内	原子炉格納容器内
周囲温度	約45℃*2	約127℃*1 (最高温度)	約138℃*1 (最高温度)
圧 力	約0.0098MPa[gage] 以下	約0.245MPa[gage]*4 (最高圧力)	約0.350MPa[gage]*4 (最高圧力)
放 射 線	5×10^{-3} Gy/h*3	602kGy*5 (最大集積線量)	500kGy*1 (最大集積線量)

*1：環境条件が厳しい原子炉格納容器内ケーブルの条件を代表して記載

*2：通常運転時の原子炉格納容器内難燃三重同軸ケーブル2 布設エリアの周囲温度実測値（複数の実測値の平均値のうち最大のもの）に余裕を加えた温度

*3：通常運転時の原子炉格納容器内難燃三重同軸ケーブル2 布設エリアの周囲線量率実測値（複数の実測値の平均値のうち最大のもの）に余裕を加えた線量率

*4：新規基準への適合性確認のための工事計画認可申請書「安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」記載値

*5：IEEEに記載された、典型的なPWRプラントにおける事故時照射量を基に、川内1/2号炉の原子炉出力及び原子炉格納容器自由体積から算出した値

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機能達成に必要な項目

難燃三重同軸ケーブル2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 通電・絶縁機能の維持

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

難燃三重同軸ケーブル2について、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の構造、材料、使用条件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。

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象（表2.2-1で○となっているもの）としては以下の事象がある。

(1) 絶縁体及び内部シースの絶縁低下

絶縁体及び内部シースは有機物であり、熱的、電氣的及び環境的要因で経年劣化が進行し、絶縁性能の低下を起こす可能性があることから、経年劣化に対する評価が必要である。

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

以下の事象（表2.2-1で△となっているもの）については、想定される経年劣化事象であるが、

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

に該当するものについては、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した。

上記の1)又は2)に該当する事象であるが、保全によりその傾向が維持できていることを確認している事象（日常劣化管理事象）を以下に示す。

なお、日常劣化管理事象ではない事象はない。

(1) 外部シースの劣化

外部シースは絶縁体と同様に、熱的、電氣的及び環境的要因で劣化を起こす可能性がある。

しかしながら、ケーブルに要求される機能である通電・絶縁機能の維持に対する影響は小さい。

また、機器点検時の絶縁抵抗測定により、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

表2.2-1 川内2号炉 難燃三重同軸ケーブル2に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象					備 考
				絶縁低下	導通不良	減 肉	割 れ	その他	
通電・絶縁機能の維持	内部導体		銅（錫メッキ）						*1：劣化
	絶 縁 体		架橋ポリエチレン	○					
	外部導体		銅線編組（錫メッキ）						
	内部シース		架橋ポリエチレン	○					
	遮へい体		銅線編組（錫メッキ）						
	外部シース		四フッ化エチレン ・エチレン共重合樹脂					△*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）

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 絶縁体及び内部シースの絶縁低下

a. 事象の説明

絶縁体及び内部シースは有機物であり、熱的、電氣的及び環境的要因で経年劣化が進行し、絶縁性能の低下を起こす可能性がある。

b. 技術評価

① 健全性評価

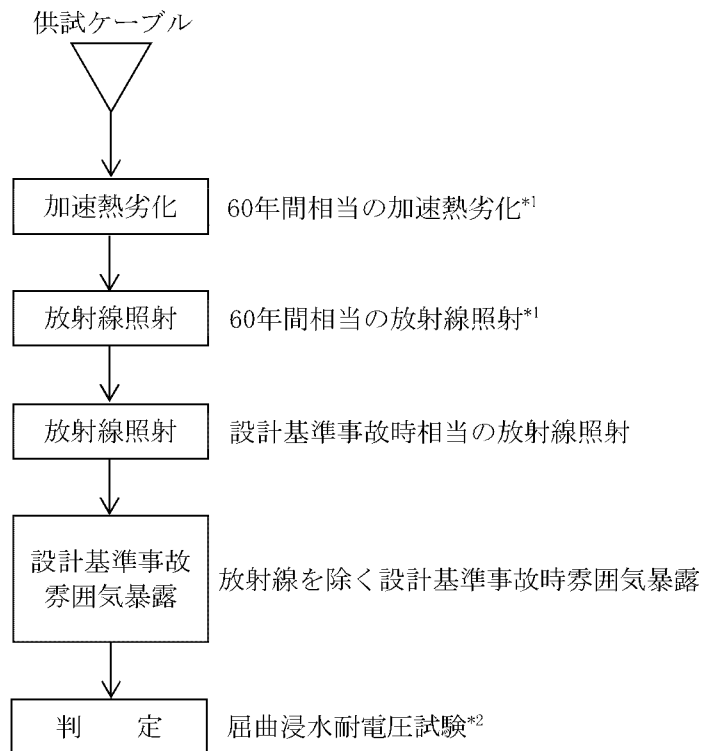
ケーブルの長期間の経年劣化を考慮した必要性能の評価方法はIEEE Std. 323-1974「IEEE Standard for Qualifying Class IE Equipment for Nuclear Power Generating Stations」及び383-1974「IEEE Standard for Type Test of Class IE Electric Cables, Field Splices, and Connections for Nuclear Power Generating Stations」の規格を根幹に、我が国のケーブル耐環境試験方法推奨案として電気学会にてまとめられている。電気学会技術報告Ⅱ部第139号「原子力発電所用電線・ケーブルの環境試験方法ならびに耐延焼性試験方法に関する推奨案」（以下、「電気学会推奨案」という。）には、ケーブルの加速劣化方法を含む試験条件、試験手順並びに判定方法が述べられており、本評価ではこれらに従って難燃三重同軸ケーブル2の長期健全性を評価した。

設計基準事故時雰囲気内で機能要求のある難燃三重同軸ケーブル2の電気学会推奨案に基づく試験手順及び判定方法を図2.3-1に示す。

難燃三重同軸ケーブル2の長期健全性試験条件並びに長期健全性試験結果を表2.3-1及び表2.3-2に示す。

なお、この試験条件は、川内2号炉の実機環境に基づいて60年間の運転期間及び設計基準事故を想定した劣化条件を包絡している。

電気学会推奨案に基づく評価の結果、川内2号炉の難燃三重同軸ケーブル2は、運転開始後60年時点においても絶縁機能を維持できると判断する。



*1：原子炉格納容器内のケーブル使用条件に基づいた試験条件である

*2：屈曲浸水耐電圧試験の試験手順は以下のとおりである

- ① 直線状に試料を伸ばした後、試料外径の約40倍のマンドレルに巻き付ける
- ② ①の両端部以外を常温の水中に浸し1時間以上放置する
- ③ ②の状態、公称絶縁体厚さに対し交流電圧3.2kV/mmを5分間印加し、絶縁破壊が生じるか否かを調べる

図2.3-1 難燃三重同軸ケーブル2の長期健全性試験手順

表2.3-1 難燃三重同軸ケーブル2の長期健全性試験条件（設計基準事故）

		試験条件	60年間の通常運転時の 使用条件に基づく劣化条件 又は 設計基準事故時の環境条件
通常運転 相当	温度	121℃-7日	82℃-7日 (=45℃*1-60年)
	放射線 (集積線量)	500kGy (10kGy/h以下)	2.7kGy*2
設計基準 事故相当	放射線 (集積線量)	1,500kGy (10kGy/h以下)	602kGy
	温度	最高温度：190℃	最高温度：約127℃
	圧力	最高圧力：0.41MPa[gage]	最高圧力：約0.245MPa[gage]

*1：通常運転時の原子炉格納容器内難燃三重同軸ケーブル2 布設エリアの周囲温度実測値（複数の実測値の平均値のうち最大のもの）に余裕を加えた温度

*2：通常運転時の原子炉格納容器内難燃三重同軸ケーブル2 布設エリアの周囲線量率実測値（複数の実測値の平均値のうち最大のもの）に余裕を加えた線量率から算出した集積線量（ 5×10^{-3} [Gy/h] \times (24 \times 365.25) [h/y] \times 60 [y]) = 2.7kGy)

[出典（試験条件）：電力共通研究「電気・計装機器の耐環境実証試験に関する研究(Step-3)1983年度」]

表2.3-2 難燃三重同軸ケーブル2の長期健全性試験結果

項目	試験条件	判定
屈曲浸水 耐電圧試験	供試体外径：11.7mm マンドレル径：供試体外径の約40倍 絶縁厚さ：2.9mm 課電電圧：9.5kV/5分間	良

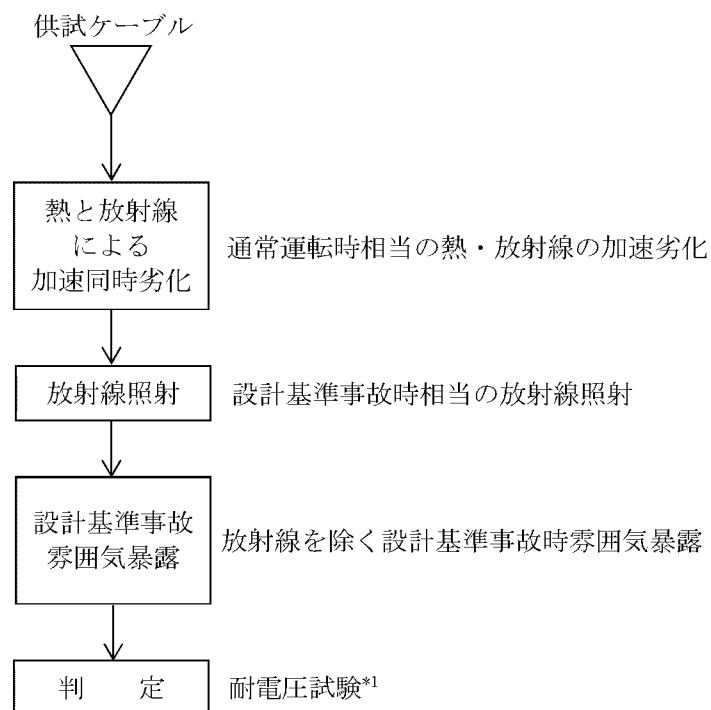
[出典：電力共通研究「電気・計装機器の耐環境実証試験に関する研究(Step-3)1983年度」]

また、設計基準事故時雰囲気内で機能要求があるケーブルについては、独立行政法人原子力安全基盤機構により原子力プラントでの使用条件に即したケーブルの経年劣化評価手法が検討され、その結果が「原子力発電所のケーブル経年劣化評価ガイド（JNES-RE-2013-2049）」（以下、「ACAガイド」という。）に取りまとめられている。このため、設計基準事故時雰囲気内で機能要求がある難燃三重同軸ケーブル2については、ACAガイドに従った長期健全性も評価した。

評価にあたっては、「原子力プラントのケーブル経年変化評価技術調査研究に関する最終報告書（JNES-SS-0903）」（以下、「ACA」という。）の試験結果を用いた。

ACAガイドに基づく試験手順及び判定方法を図2.3-2に長期健全性試験条件並びに長期健全性試験結果を表2.3-3及び表2.3-4にケーブル実布設環境に基づく長期健全性評価結果を表2.3-5に示す。

ACAガイドに基づく評価の結果、川内2号炉の難燃三重同軸ケーブル2は、運転開始後60年時点においても絶縁機能を維持できると判断する。



*1：耐電圧試験は、日本工業規格「ゴム・プラスチック絶縁電線試験方法」(JIS C 3005:2000) の試験

図2.3-2 難燃三重同軸ケーブル2のACAガイドに基づく長期健全性試験手順

表2.3-3 難燃三重同軸ケーブル2のACA試験条件*1

		試験条件
通常運転相当	温度放射線	100℃-98.9Gy/h-5,686h
設計基準事故相当	放射線(集積線量)	1,500kGy (10kGy/h以下)
	温度	最高温度:190℃
	圧力	最高圧力:0.41MPa[gage]

*1:長期健全性試験は、絶縁体種類が同一でシース種類が異なる難燃三重同軸ケーブルにて実施した

[出典:原子力プラントのケーブル経年変化評価技術調査研究に関する最終報告書(JNES-SS-0903)]

表2.3-4 難燃三重同軸ケーブル2のACA試験結果

項目	試験条件	判定
耐電圧試験	課電電圧:AC10kV/1分間(C-1S) AC 2kV/1分間(1S-2S)	良

[出典:原子力プラントのケーブル経年変化評価技術調査研究に関する最終報告書(JNES-SS-0903)]

表2.3-5 ACAガイドに基づく実布設環境での長期健全性評価結果

布設区分	実布設環境条件		評価期間 [年]*1	備考
	温度 [℃]	放射線量率 [Gy/h]		
通路部	45	0.005	154*2	

*1:稼働率100%での評価期間

*2:時間依存データの重ね合わせ手法により評価

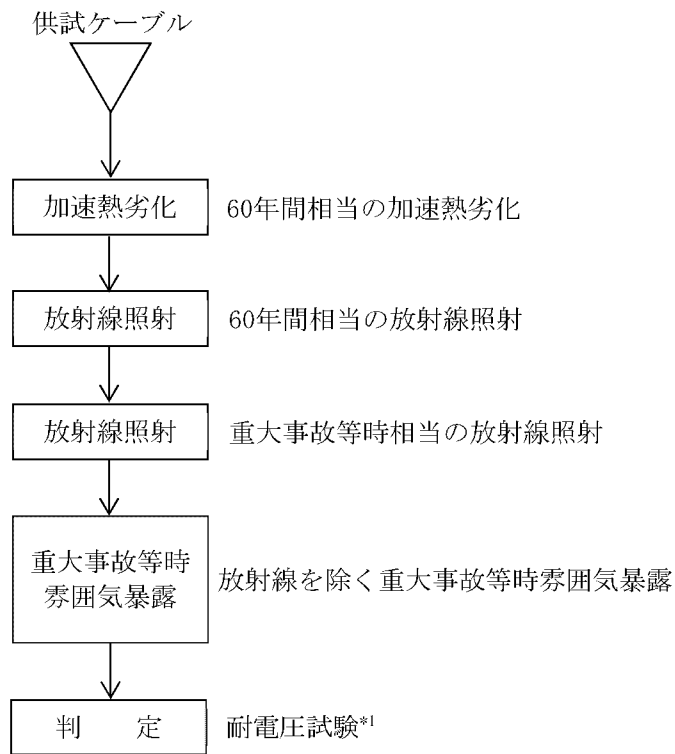
さらに、重大事故等時雰囲気内で機能要求のある難燃三重同軸ケーブル2については、重大事故等時雰囲気での健全性をあわせて評価した。

難燃三重同軸ケーブル2の試験手順及び判定方法を図2.3-3に示す。

難燃三重同軸ケーブル2の長期健全性試験条件並びに長期健全性試験果を表2.3-6及び表2.3-7に示す。

なお、この試験条件は、川内2号炉の実機環境に基づいて60年間の運転期間及び重大事故等を想定した劣化条件を包絡している。

評価の結果、川内2号炉の難燃三重同軸ケーブル2は、運転開始後60年時点においても絶縁機能を維持できると判断する。



*1：規定電圧を規定時間印加し、絶縁破壊を生じるか否かを調べる

図2.3-3 難燃三重同軸ケーブル2の長期健全性試験手順

表2.3-6 難燃三重同軸ケーブル2の長期健全性試験条件（重大事故等）

		試験条件	60年間の通常運転時の 使用条件に基づく劣化条件 又は 重大事故等時の環境条件
通常運転 相当	温度	113℃-255h	80℃-255h (=45℃*1-60年)
	放射線 (集積線量)	750kGy (10kGy/h以下)	2.7kGy*2
重大事故 等相当	放射線 (集積線量)	500kGy (10kGy/h以下)	500kGy
	温度	最高温度：150℃	最高温度：約138℃
	圧力	最高圧力：0.5MPa[gage]	最高圧力：約0.350MPa[gage]

*1：通常運転時の原子炉格納容器内難燃三重同軸ケーブル2 布設エリアの周囲温度実測値（複数の実測値の平均値のうち最大のもの）に余裕を加えた温度

*2：通常運転時の原子炉格納容器内難燃三重同軸ケーブル2 布設エリアの周囲線量率実測値（複数の実測値の平均値のうち最大のもの）に余裕を加えた線量率から算出した集積線量（ 5×10^{-3} [Gy/h] \times (24 \times 365.25) [h/y] \times 60 [y]) = 2.7kGy)

[出典（試験条件）：電力共同委託「高レンジエリアモニタ及び三重同軸ケーブル・コネクタに関わる耐環境性能評価委託2014年度」]

表2.3-7 難燃三重同軸ケーブル2の長期健全性試験結果

項目	試験条件	判定
耐電圧試験	C-I 間 DC3,000V 1分 I-O 間 DC 500V 1分	良

[出典：電力共同委託「高レンジエリアモニタ及び三重同軸ケーブル・コネクタに関わる耐環境性能評価委託2014年度」]

② 現状保全

絶縁体及び内部シースの絶縁低下に対しては、定期的な絶縁抵抗測定により、許容値以上であることの確認を行っている。

③ 総合評価

電気学会推奨案及びA C Aガイドに基づく健全性評価結果から判断して、絶縁体及び内部シースの絶縁低下により機器の健全性に影響を与える可能性はないと考える。

絶縁低下は、絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切である。

c. 高経年化への対応

絶縁体及び内部シースの絶縁低下については、現状保全項目に高経年化対策の観点から追加すべきものはないと判断する。

3. 代表機器以外への展開

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

なお、経年劣化事象の抽出にあたっては、2章の代表機器における経年劣化事象の抽出と同様に水平展開機器の構造、材料、使用条件等の特殊性を考慮して選定している。

① 難燃三重同軸ケーブル1

3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

3.1.1 絶縁体及び内部シースの絶縁低下

事故時雰囲気内で機能要求がない難燃三重同軸ケーブル1については、電気学会推奨案に基づく長期健全性試験を行った結果、運転開始後60年時点においても絶縁低下の可能性はないと考える。

また、難燃三重同軸ケーブル1の絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切である。

したがって、難燃三重同軸ケーブル1の絶縁体及び内部シースの絶縁低下については、現状保全項目に高経年化対策の観点から追加すべきものはないと判断する。

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

2.2.3の1)又は2)に該当する事象であるが、保全によりその傾向が維持できていることを確認している事象（日常劣化管理事象）を以下に示す。

なお、日常劣化管理事象ではない事象はない。

3.2.1 外部シースの劣化

外部シースは絶縁体と同様に、熱的、電氣的及び環境的要因で劣化を起こす可能性がある。

しかしながら、ケーブルに要求される機能である通電・絶縁機能の維持に対する影響は小さい。

また、機器点検時の絶縁抵抗測定により、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

4 光ファイバケーブル

[対象機器]

- ① 難燃光ファイバケーブル1
- ② 難燃光ファイバケーブル2
- ③ 難燃光ファイバケーブル3

目 次

1. 対象機器及び代表機器の選定	1
1.1 グループ化の考え方及び結果	1
1.2 代表機器の選定	1
2. 代表機器の技術評価	3
2.1 構造、材料及び使用条件	3
2.2 経年劣化事象の抽出	5
3. 代表機器以外への展開	8
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象	8

1. 対象機器及び代表機器の選定

川内 2 号炉で使用されてい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心線材料の観点からグループ化し、以下のとおり代表機器を選定した。

1.1 グループ化の考え方及び結果

表1-1に示す光ファイバケーブルについて、心線材料を分離基準として考えると、1つのグループにまとめられる。

1.2 代表機器の選定

(1) 心線材料：石英ガラス

このグループには難燃光ファイバケーブル 1、難燃光ファイバケーブル 2 及び難燃光ファイバケーブル 3 が属するが、使用本数が最も多い難燃光ファイバケーブル 1 を代表機器とする。

表1-1 川内2号炉 光ファイバケーブルの主な仕様

分離基準	機器名称	選 定 基 準					シ ー ス 材 料		選定	選定理由	
		用途	使用環境		重要度*1	使用開始時期		コード外被			シ ー ス
			原子炉格納容器内	原子炉格納容器外		建設時	運転開始後				
石英ガラス	難燃光ファイバケーブル1	計装		○	重*2		○	ポリ塩化ビニル	難燃性ポリエチレン、 アルミミネートテープ	◎	使用本教
	難燃光ファイバケーブル2	計装		○	重*2		○	難燃低塩酸ビニル	難燃低塩酸ビニル、 アルミミネートテープ		
	難燃光ファイバケーブル3	計装		○	重*2		○	難燃低塩酸ビニル	難燃低塩酸特殊耐熱ビニル、 アルミミネートテープ		

*1：機能は最上位の機能を示す

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

2. 代表機器の技術評価

本章では、1章で代表機器とした以下の光ファイバケーブルについて技術評価を実施する。

① 難燃光ファイバケーブル1

2.1 構造、材料及び使用条件

2.1.1 難燃光ファイバケーブル1

(1) 構造

川内2号炉で使用している難燃光ファイバケーブル1は、光ファイバ心線、補強繊維、コード外被、介在紐、テンションメンバ、緩衝層及びシースで構成されている。

このうちケーブルの伝送機能は、光ファイバ心線を外的な力及び透湿から保護するコード外被、シースにより保たれている。

なお、補強繊維、介在紐、テンションメンバ及び緩衝層はケーブル全体の整形及び機械的強度を確保するための材料である。

川内2号炉の難燃光ファイバケーブル1の構造図を図2.1-1に示す。

(2) 材料及び使用条件

川内2号炉で使用されている難燃光ファイバケーブル1の使用材料及び使用条件を表2.1-1及び表2.1-2に示す。

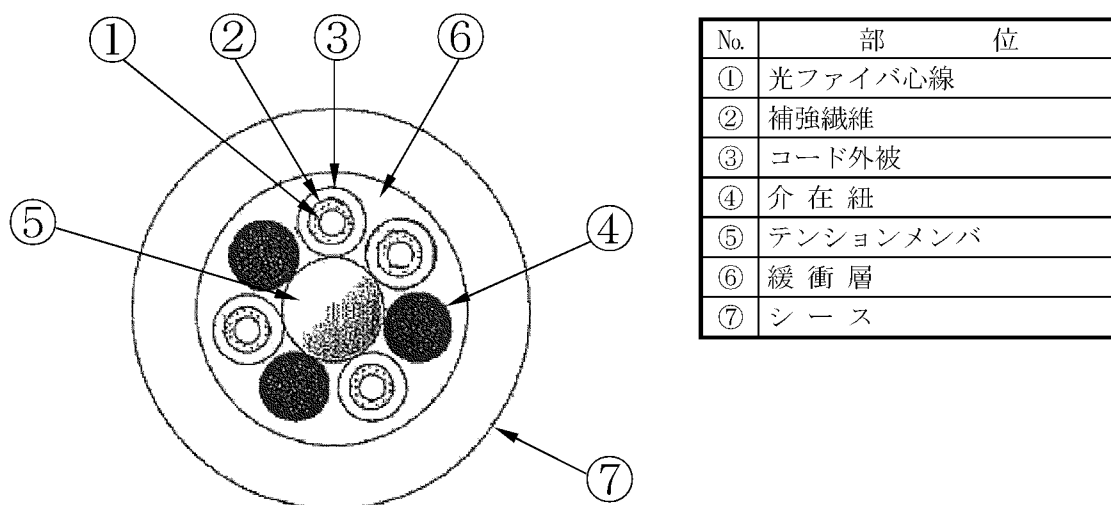


図2.1-1 川内2号炉 難燃光ファイバケーブル1の構造図

表2.1-1 川内2号炉 難燃光ファイバケーブル1 主要部位の使用材料

部 位	材 料
光ファイバ心線	石英ガラス（コア、クラッド）、 エポキシアクリレート+ウレタンアクリレート+ ポリオレフィン（被覆）
補強繊維	アラミド繊維
コード外被	ポリ塩化ビニル
介在紐	ポリエチレン紐
テンションメンバ	ガラス繊維強化プラスチック
緩衝層	ポリプロピレンスプリットヤーン
シ ー ス	難燃性ポリエチレン、アルミラミネートテープ

表2.1-2 川内2号炉 難燃光ファイバケーブル1 の使用条件*1

使 用 環 境	原子炉格納容器外
周 囲 温 度	約26℃*2

*1：原子炉格納容器外でのみ使用

*2：原子炉格納容器外の設計平均温度

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機能達成に必要な項目

難燃光ファイバケーブル1の主な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の抽出

難燃光ファイバケーブル1について、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の構造、材料、使用条件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。

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象はない。

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

以下の事象（表2.2-1で△となっているもの）については、想定される経年劣化事象であるが、

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

に該当するものについては、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した。

上記の1)又は2)に該当する事象であるが、保全によりその傾向が維持できていることを確認している事象（日常劣化管理事象）を以下に示す。

なお、日常劣化管理事象ではない事象はない。

(1) コード外被、シース及び心線被覆の劣化

コード外被、シース及び心線被覆はケーブルやコードとしての構造の保持、外的な力等からの保護等の被覆材としての機能を有する。

コード外被、シース及び心線被覆が熱的及び環境的要因で劣化して光ファイバ心線（コア、クラッド）に水素や水分が混入した場合、伝送光量が減少することが想定される。

しかしながら、水素や水分を透過し難いシース構造であること、かつ自ら水素を発生することのないケーブル構成材料が使用されていること、及びケーブルは室内の空調環境下に布設されており、外部からの水分混入は考え難く、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。

また、本ケーブルの伝送光量は常時監視することにより、機器の健全性を維持している。

なお、伝送機能に影響を及ぼすレベルまで光量が減少した場合には、中央制御室へ警報を発信するが、これまでの運転中に光量低下による警報発信実績はない。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

表2.2-1 川内2号炉 難燃光ファイバケーブル1に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象					備 考
				絶縁低下	導通不良	減 肉	割 れ	その他	
伝送光量の維持	光ファイバ心線		石英ガラス（コア、クラッド）						*1:劣化に伴う光ファイバ心線（コア、クラッド）の伝送光量の減少
			エポキシアクリレート+ウレタンアクリレート+ポリオレフィン（被覆）					△*1	
	補強繊維		アラミド繊維						
	コード外被		ポリ塩化ビニル					△*1	
	介在紐		ポリエチレン紐						
	テンションメンバ		ガラス繊維強化プラスチック						
	緩衝層		ポリプロピレンスプリットヤーン						
	シ ー ス		難燃性ポリエチレン、アルミラミネートテープ					△*1	

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

3. 代表機器以外への展開

本章では2章で実施した代表機器の技術評価結果について、1章で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。

なお、経年劣化事象の抽出にあたっては、2章の代表機器における経年劣化事象の抽出と同様に水平展開機器の構造、材料、使用条件等の特殊性を考慮して選定している。

- ① 難燃光ファイバケーブル2
- ② 難燃光ファイバケーブル3

3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象でない事象

2.2.3の1)又は2)に該当する事象であるが、保全によりその傾向が維持できていることを確認している事象（日常劣化管理事象）を以下に示す。

なお、日常劣化管理事象ではない事象はない。

3.1.1 コード外被、シース及び心線被覆の劣化〔共通〕

難燃光ファイバケーブル2及び難燃光ファイバケーブル3のコード外被、シース及び心線被覆は、代表機器と同様にケーブルやコードとしての構造の保持、外的な力等からの保護等の被覆材としての機能を有する。

コード外被、シース及び心線被覆が熱的及び環境的要因で劣化して光ファイバ心線（コア、クラッド）に水素や水分が混入した場合、伝送光量が減少することが想定される。

しかしながら、水素や水分を透過し難いシース構造であること、かつ自ら水素を発生することのないケーブル構成材料が使用されていること、及びケーブルは室内の空調環境下に布設されており、外部からの水分混入は考え難く、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。

また、本ケーブルの伝送光量は常時監視することにより、機器の健全性を維持している。

なお、伝送機能に影響を及ぼすレベルまで光量が減少した場合には、中央制御室へ警報を発信するが、これまでの運転中に光量低下による警報発信実績はない。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

5 ケーブルトレイ等

[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	1
1.1 グループ化の考え方及び結果	1
1.2 代表機器の選定	1
2. 代表機器の技術評価	3
2.1 構造、材料及び使用条件	3
2.2 経年劣化事象の抽出	9

1. 対象機器及び代表機器の選定

川内2号炉でケーブルの支持・収納器材として使用されているケーブルトレイ等の主な仕様を表1-1に示す。

これらのケーブルトレイ等を型式の観点からグループ化し、それぞれのグループより以下のとおり代表機器を選定した。

1.1 グループ化の考え方及び結果

表1-1に示すケーブルトレイ等を、型式で分類すると2つのグループに分類される。

1.2 代表機器の選定

(1) 型式：トレイ式

このグループには、ケーブルトレイのみが属するため、ケーブルトレイを代表機器とする。

(2) 型式：管式

このグループには、電線管のみが属するため、電線管を代表機器とする。

表1-1 川内2号炉 ケーブルトレイ等の主な仕様

分離基準	機器名称	仕様 [機能]	選定	選定理由
型式				
トレイ式	ケーブルトレイ	ケーブルを収納して支持する	◎	
管式	電線管	ケーブルを収納して支持する	◎	

注：使用場所、重要度等は収納するケーブルによる

2. 代表機器の技術評価

本章では、1章で代表機器とした以下の2種類のケーブルトレイ等について、技術評価を実施する。

- ① ケーブルトレイ
- ② 電線管

2.1 構造、材料及び使用条件

2.1.1 ケーブルトレイ

(1) 構造

川内2号炉に使用しているケーブルトレイは、鋼材及びベースプレートを溶接により架台状に製作し、その上にケーブルトレイ（本体）を溶接した構造となっている。

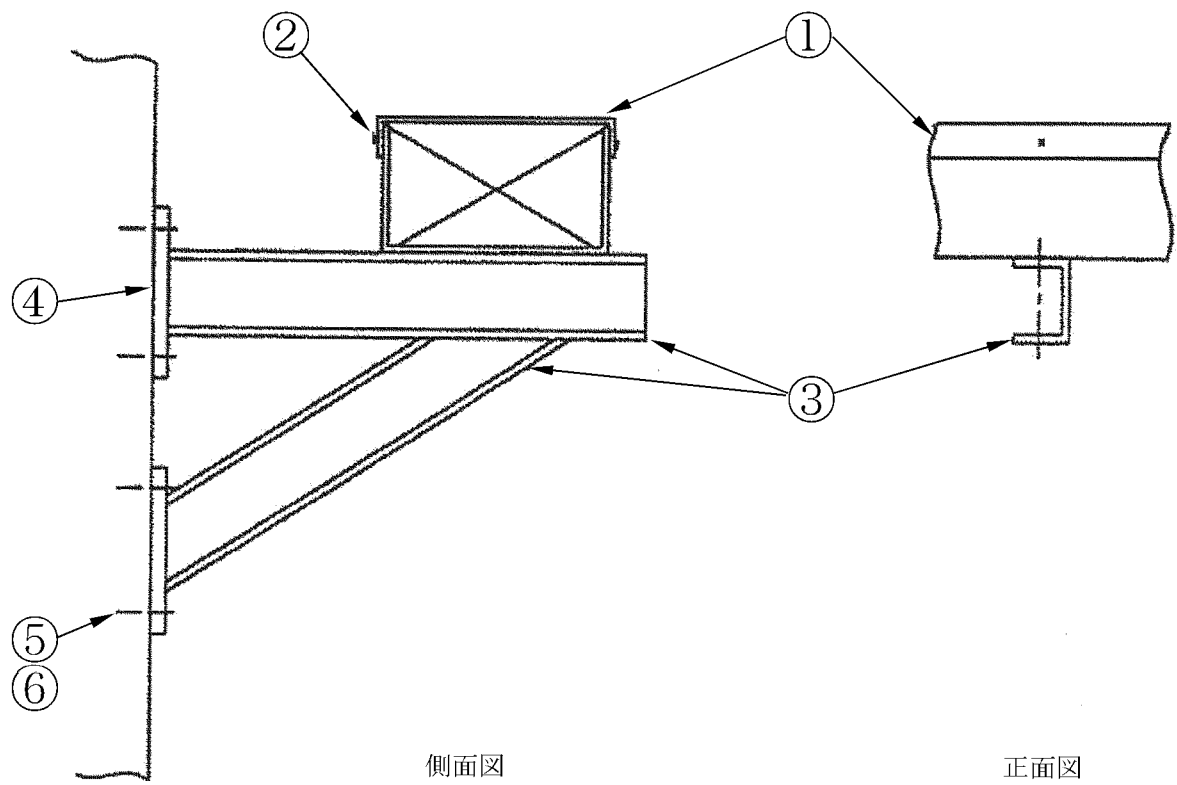
また、ベースプレートは、基礎ボルトあるいは埋込金物への溶接にて支持する構造としている。

川内2号炉のケーブルトレイ構造図の例を図2.1-1に示す。

(2) 材料及び使用条件

川内2号炉のケーブルトレイの使用材料を表2.1-1に示す。

使用条件については、屋内に設置している。



No.	部 位
①	ケーブルトレイ (本体)
②	取付ボルト
③	鋼 材
④	ベースプレート
⑤	基礎ボルト (メカニカルアンカ)
⑥	埋込金物

図2.1-1 川内2号炉 ケーブルトレイ構造図の例

表2.1-1 川内2号炉 ケーブルトレイ主要部位の使用材料

部 位	材 料
ケーブルトレイ (本体)	炭 素 鋼
取付ボルト	炭 素 鋼
鋼 材	炭 素 鋼
ベースプレート	炭 素 鋼
基礎ボルト (メカニカルアンカ)	炭 素 鋼
埋込金物	炭 素 鋼

2.1.2 電線管

(1) 構造

川内2号炉に使用している電線管は、鋼材及びベースプレートを溶接により架台状に製作し、電線管（本体）をUボルト又はUバンドにて挟み込んだ構造となっている。

電線管の延長は、ねじ込み式のカップリングにて実施している。

また、ベースプレートは基礎ボルトあるいは埋込金物への溶接にて支持する構造としている。

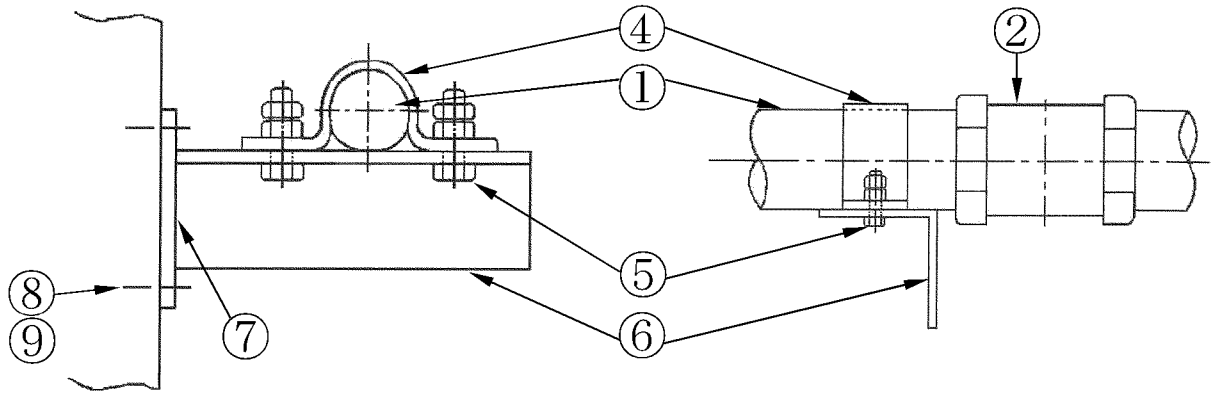
なお、電線管（本体）をコンクリートに直接埋設する構造もある。

川内2号炉の電線管構造図の例を図2.1-2に示す。

(2) 材料及び使用条件

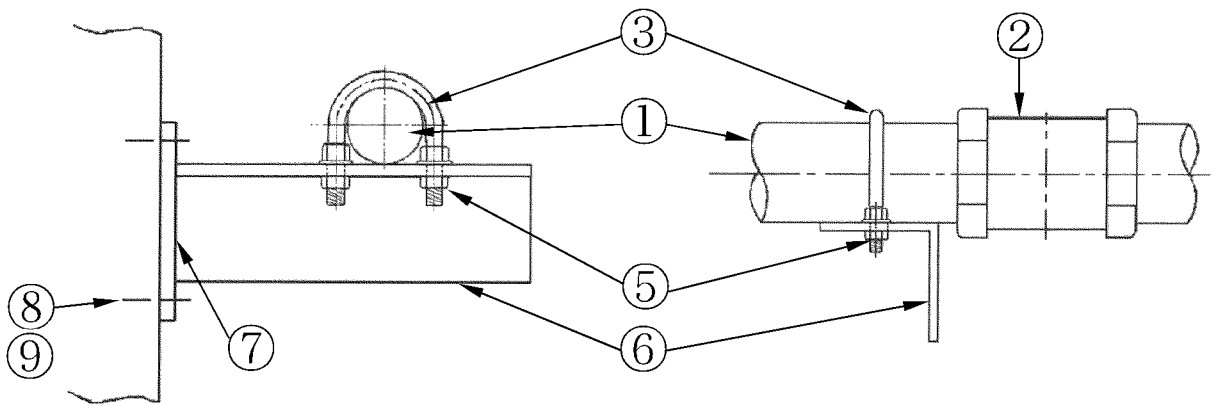
川内2号炉の電線管の使用材料を表2.1-2に示す。

使用条件については、屋内及び屋外に設置している。



Uバンド固定 側面図

Uバンド固定 正面図



Uボルト固定 側面図

Uボルト固定 正面図

No.	部 位
①	電線管 (本体)
②	カップリング
③	Uボルト
④	Uバンド
⑤	ボルト、ナット
⑥	鋼 材
⑦	ベースプレート
⑧	基礎ボルト (メカニカルアンカ)
⑨	埋込金物

図2.1-2 川内2号炉 電線管構造図の例

表2.1-2 川内2号炉 電線管主要部位の使用材料

部 位	材 料
電線管（本体）	炭素鋼（亜鉛メッキ）
カップリング	炭素鋼（亜鉛メッキ）
Uボルト	炭 素 鋼
Uバンド	炭 素 鋼
ボルト、ナット	炭 素 鋼
鋼 材	炭 素 鋼
ベースプレート	炭 素 鋼
基礎ボルト（メカニカルアンカ）	炭 素 鋼
埋込金物	炭 素 鋼

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機能達成に必要な項目

ケーブルトレイ等の機能であるケーブル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 ケーブルの支持

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

ケーブルトレイ等について、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の構造、材料、使用条件及び現在までの運転経験等を考慮し、表2.2-1及び表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。

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象はない。

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

以下の事象（表2.2-1及び表2.2-2で△又は▲となっているもの）については、想定される経年劣化事象であるが、

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

に該当するものについては、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した。

上記の1)又は2)に該当する事象であるが、保全によりその傾向が維持できていることを確認している事象（日常劣化管理事象）を以下に示す。

(1) ケーブルトレイ（本体）等の腐食（全面腐食）〔共通〕

ケーブルトレイ（本体）、取付ボルト、鋼材、ベースプレート、Uボルト、Uバンド、ボルト及びナットは炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、塗装により腐食を防止しており、塗装が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、巡視点検等で目視により塗装の状態を確認し、はく離が認められた場合は必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(2) 電線管（本体）及びカップリングの外表面からの腐食（全面腐食）〔電線管〕

電線管（本体）及びカップリングは炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、外表面は亜鉛メッキ又は塗装により腐食を防止しており、亜鉛メッキ又は塗装が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、巡視点検等で目視により塗装の状態を確認し、はく離が認められた場合には必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(3) 基礎ボルトの腐食（全面腐食）〔共通〕

基礎ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

基礎ボルトの健全性評価については各機器共通であることから、機械設備の技術評価書のうち「基礎ボルト」にて評価を実施するものとし、本評価書には含まれていない。

(4) 埋込金物（大気接触部）の腐食（全面腐食）〔共通〕

埋込金物は炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部は塗装により腐食を防止しており、塗装が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、巡視点検等で目視により塗装の状態を確認し、はく離が認められた場合には必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

前述の2)に該当する事象のうち、日常劣化管理事象を除く事象（日常劣化管理事象ではない事象）を以下に示す。

(5) 電線管（本体）及びカップリングの内面からの腐食（全面腐食）〔電線管〕

電線管（本体）及びカップリングは炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、内面については、亜鉛メッキにより腐食を防止している。

また、内装物はケーブルのみであり、メッキ面への外力は加わらないため亜鉛メッキが剥がれることはなく、外面と比較して環境条件が緩やかであるため腐食の発生する可能性は小さいことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(6) 埋込金物〔共通〕及び電線管（コンクリート埋設部）〔電線管〕の腐食（全面腐食）

コンクリート埋設部ではコンクリートの大気接触部表面からの中性化の進行により腐食環境となるが、コンクリートが中性化に至り、埋込金物及び電線管に有意な腐食が発生するまで長期間を要することから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

表2.2-1 川内2号炉 ケーブルトレイに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考
				減 肉		割 れ		材質変化		その他	
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣 化		
ケーブルの支持	ケーブルトレイ (本体)		炭素鋼		△						*1：大気接触部 *2：コンクリート埋設部
	取付ボルト		炭素鋼		△						
	鋼 材		炭素鋼		△						
	ベースプレート		炭素鋼		△						
	基礎ボルト (メカニカルアンカ)		炭素鋼		△						
	埋込金物		炭素鋼		△ ^{*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)

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

表2.2-2 川内2号炉 電線管に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考
				減 肉		割 れ		材質変化		その他	
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣 化		
ケーブルの支持	電線管（本体）		炭素鋼 （亜鉛メッキ）		△ ^{*1} ▲ ^{*2,4}						*1：外面からの腐食
	カップリング		炭素鋼 （亜鉛メッキ）		△ ^{*1} ▲ ^{*2}						*2：内面からの腐食
	Uボルト		炭素鋼		△						*3：大気接触部
	Uバンド		炭素鋼		△						*4：コンクリート埋設部
	ボルト、ナット		炭素鋼		△						
	鋼 材		炭素鋼		△						
	ベースプレート		炭素鋼		△						
	基礎ボルト（メカニカルアンカ）		炭素鋼		△						
	埋込金物		炭素鋼		△ ^{*3} ▲ ^{*1}						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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

6 ケーブル接続部

[対象機器]

- ① 一般端子接続
- ② 端子台接続
- ③ 気密端子箱接続
- ④ 直ジョイント
- ⑤ 高圧コネクタ接続
- ⑥ 電動弁コネクタ接続
- ⑦ 三重同軸コネクタ接続
- ⑧ 複合同軸コネクタ接続

目 次

1. 対象機器及び代表機器の選定	1
1.1 グループ化の考え方及び結果	1
1.2 代表機器の選定	1
2. 代表機器の技術評価	3
2.1 構造、材料及び使用条件	3
2.2 経年劣化事象の抽出	17
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価	26
3. 代表機器以外への展開	38
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象	38
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象	39

1. 対象機器及び代表機器の選定

川内2号炉で使用されている主要な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

表1-1に示すケーブル接続部を型式で分類すると5つのグループに分類される。

1.2 代表機器の選定

(1) 型式：端子接続

このグループには、一般端子接続、端子台接続及び気密端子箱接続が属するが、原子炉格納容器内で使用され、設計基準事故を考慮する気密端子箱接続を代表機器とする。

(2) 型式：直ジョイント

このグループには、直ジョイントのみが属するため、直ジョイントを代表機器とする。

(3) 型式：高圧コネクタ接続

このグループには、高圧コネクタ接続のみが属するため、高圧コネクタ接続を代表機器とする。

(4) 型式：低圧コネクタ接続

このグループには、電動弁コネクタ接続のみが属するため、電動弁コネクタ接続を代表機器とする。

(5) 型式：同軸コネクタ接続

このグループには、三重同軸コネクタ接続及び複合同軸コネクタ接続が属するが、原子炉格納容器内で使用され、設計基準事故を考慮する三重同軸コネクタ接続を代表機器とする。

表1-1 川内2号炉 ケーブル接続部の主な仕様

分離基準	機器名称	選 定 基 準				選定	選定理由
		用途	使用環境		重要度*1		
型 式	原子炉格納容器内		原子炉格納容器外				
端子接続	一般端子接続	電力		○	MS-1、重*1		◎ 使用環境 (事故時雰囲気仕様)
			○		MS-2		
	端子台接続	電力・制御・計装	○	○	MS-1、重*4		
	気密端子箱接続	電力・制御・計装	○*2,3	○*2,3	MS-1、重*4	○	
直ジョイント	直ジョイント	電力・制御・計装	○*2,3	○*2,3	MS-1、重*4	○	◎
高圧コネクタ接続	高圧コネクタ接続	電力		○	重*1		◎
低圧コネクタ接続	電動弁コネクタ接続	電力・制御		○	重*1		◎
同軸コネクタ接続	三重同軸コネクタ接続	計 装	○*2,3	○	MS-1、重*4	○	◎ 使用環境 (事故時雰囲気仕様)
	複合同軸コネクタ接続	計 装		○	MS-2、重*1		

*1：機能は最上位の機能を示す

*2：設計基準事故を考慮する

*3：重大事故等を考慮する

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

2. 代表機器の技術評価

本章では、1章で代表機器とした以下の5種類のケーブル接続部について技術評価を実施する。

- ① 気密端子箱接続
- ② 直ジョイント
- ③ 高圧コネクタ接続
- ④ 電動弁コネクタ接続
- ⑤ 三重同軸コネクタ接続

2.1 構造、材料及び使用条件

2.1.1 気密端子箱接続

(1) 構造

川内2号炉に使用している気密端子箱接続は、ケーブルを気密された端子箱内で端子台により接続する構造となっている。

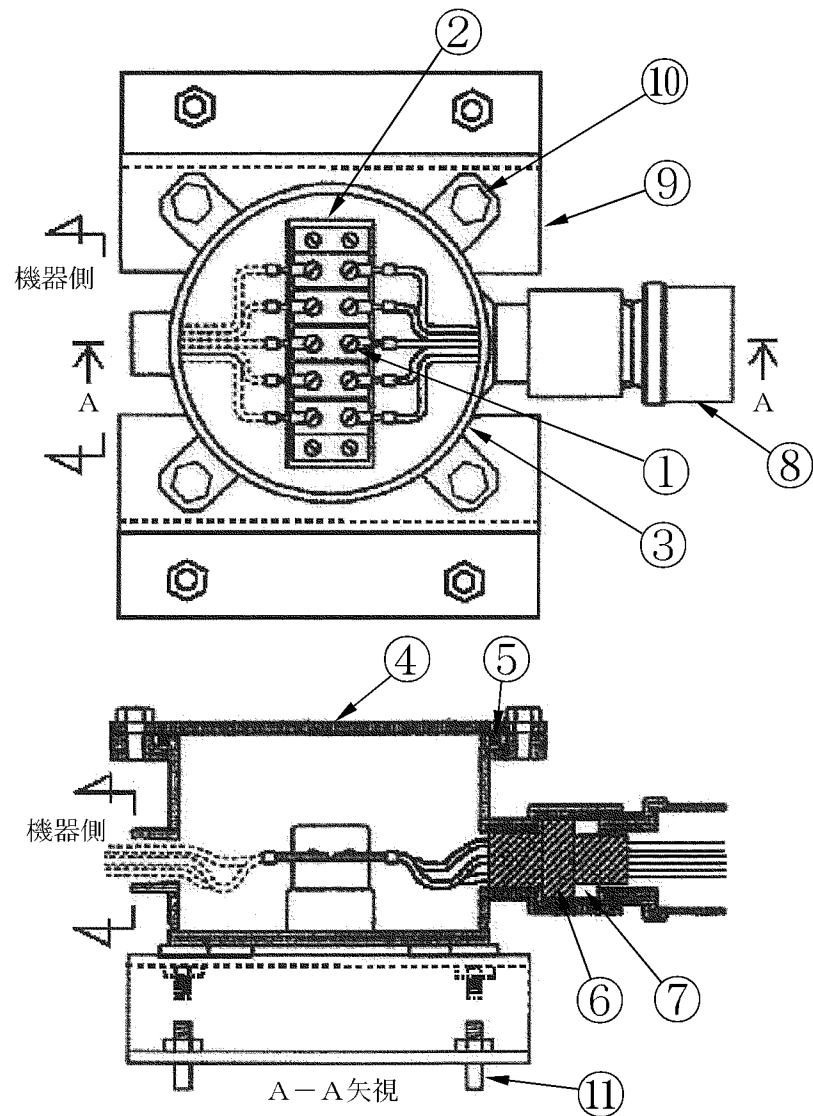
また、蓋板はOリングを挟み込んでねじ止めし、ケーブル貫通部はLCモールドを押え金具で押さえた後、ボックスコネクタにて締め込む構造となっている。

端子箱は、基礎ボルトで壁に取り付けられた架台に、取付ボルトで取り付けている。

川内2号炉の気密端子箱接続構造図を図2.1-1に示す。

(2) 材料及び使用条件

川内2号炉の気密端子箱接続の使用材料及び使用条件を表2.1-1及び表2.1-2に示す。



No.	部 位
①	端 子
②	端 子 台
③	端 子 箱
④	蓋 板
⑤	Oリング
⑥	LCモールド
⑦	押え金具
⑧	ボックスコネクタ
⑨	架 台
⑩	取付ボルト
⑪	基礎ボルト(メカニカルアンカ)

図2.1-1 川内2号炉 気密端子箱接続構造図

表2.1-1 川内2号炉 気密端子箱接続主要部位の使用材料

部 位		材 料
気密端子箱 構成品	端 子	銅（錫メッキ）
	端 子 台	磁器、銅合金（ニッケルメッキ）
	端 子 箱	ステンレス鋼
	蓋 板	ステンレス鋼
	Ｏリング	エチレンプロピレンゴム
	ＬＣモールド	エチレンプロピレンゴム、銅
	押え金具	ステンレス鋼
	ボックスコネクタ	銅 合 金
支持組立品	架 台	炭 素 鋼
	取付ボルト	ステンレス鋼
	基礎ボルト（メカカルアソカ）	炭 素 鋼

表2.1-2 川内2号炉 気密端子箱接続の使用条件*1

	通常運転時	設計基準事故時	重大事故等時
使用環境	原子炉格納容器内	原子炉格納容器内	原子炉格納容器内
周囲温度	約50℃*2	約127℃*1 (最高温度)	約138℃*1 (最高温度)
圧 力	約0.0098MPa[gage] 以下	約0.245MPa[gage]*4 (最高圧力)	約0.350MPa[gage]*4 (最高圧力)
放 射 線	0.35Gy/h*3	602kGy*5 (最大集積線量)	500kGy*1 (最大集積線量)

- *1：環境条件が厳しい原子炉格納容器内気密端子箱接続の使用条件を代表として記載
- *2：通常運転時の原子炉格納容器内気密端子箱接続設置エリアの周囲温度実測値（複数の実測値の平均値のうち最大のもの）に余裕を加えた温度
- *3：通常運転時の原子炉格納容器内気密端子箱接続設置エリアの周囲線量率実測値（複数の実測値の平均値のうち最大のもの）に余裕を加えた線量率
- *4：新規規制基準への適合性確認のための工事計画認可申請書「安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」記載値
- *5：IEEEに記載された、典型的なPWRプラントにおける事故時照射量を基に、川内1/2号炉の原子炉出力及び原子炉格納容器自由体積から算出した値

2.1.2 直ジョイント

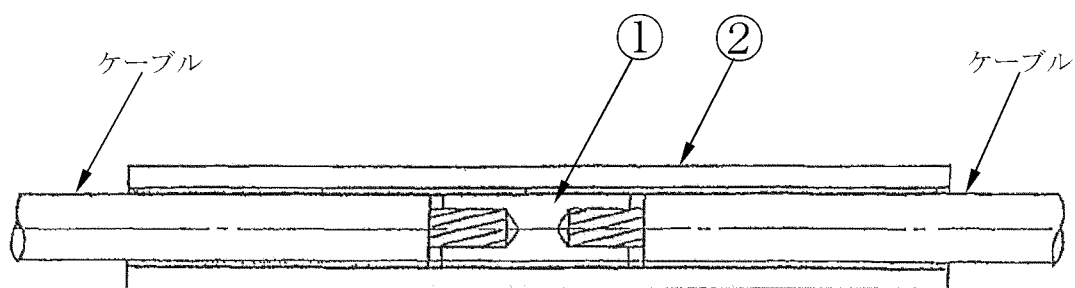
(1) 構造

川内2号炉に使用している直ジョイントは、ケーブル同士を隔壁付スリーブで圧着接続し、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である。

川内2号炉の直ジョイント構造図を図2.1-2に示す。

(2) 材料及び使用条件

川内2号炉の直ジョイントの使用材料及び使用条件を表2.1-3及び表2.1-4に示す。



No.	部 位
①	隔壁付スリーブ
②	熱収縮チューブ

図2.1-2 川内2号炉 直ジョイント構造図

表2.1-3 川内2号炉 直ジョイント主要部位の使用材料

部 位	材 料
隔壁付スリーブ	銅（錫メッキ）
熱収縮チューブ	難燃架橋ポリエチレン、シリコーンゴム

表2.1-4 川内2号炉 直ジョイントの使用条件*1

	通常運転時	設計基準事故時	重大事故等時
使用環境	原子炉格納容器内	原子炉格納容器内	原子炉格納容器内
周囲温度	約50℃*2	約127℃*1 (最高温度)	約138℃*1 (最高温度)
圧 力	約0.0098MPa[gage] 以下	約0.245MPa[gage]*4 (最高圧力)	約0.350MPa[gage]*4 (最高圧力)
放 射 線	0.35Gy/h*3	602kGy*5 (最大集積線量)	500kGy*1 (最大集積線量)

- *1：環境条件が厳しい原子炉格納容器内直ジョイントの使用条件を代表として記載
- *2：通常運転時の原子炉格納容器内直ジョイント設置エリアの周囲温度実測値（複数の実測値の平均値のうち最大のもの）に余裕を加えた温度
- *3：通常運転時の原子炉格納容器内直ジョイント設置エリアの周囲線量率実測値（複数の実測値の平均値のうち最大のもの）に余裕を加えた線量率
- *4：新規基準への適合性確認のための工事計画認可申請書「安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」記載値
- *5：IEBEに記載された、典型的なPWRプラントにおける事故時照射量を基に、川内1/2号炉の原子炉出力及び原子炉格納容器自由体積から算出した値

2.1.3 高圧コネクタ接続

(1) 構造

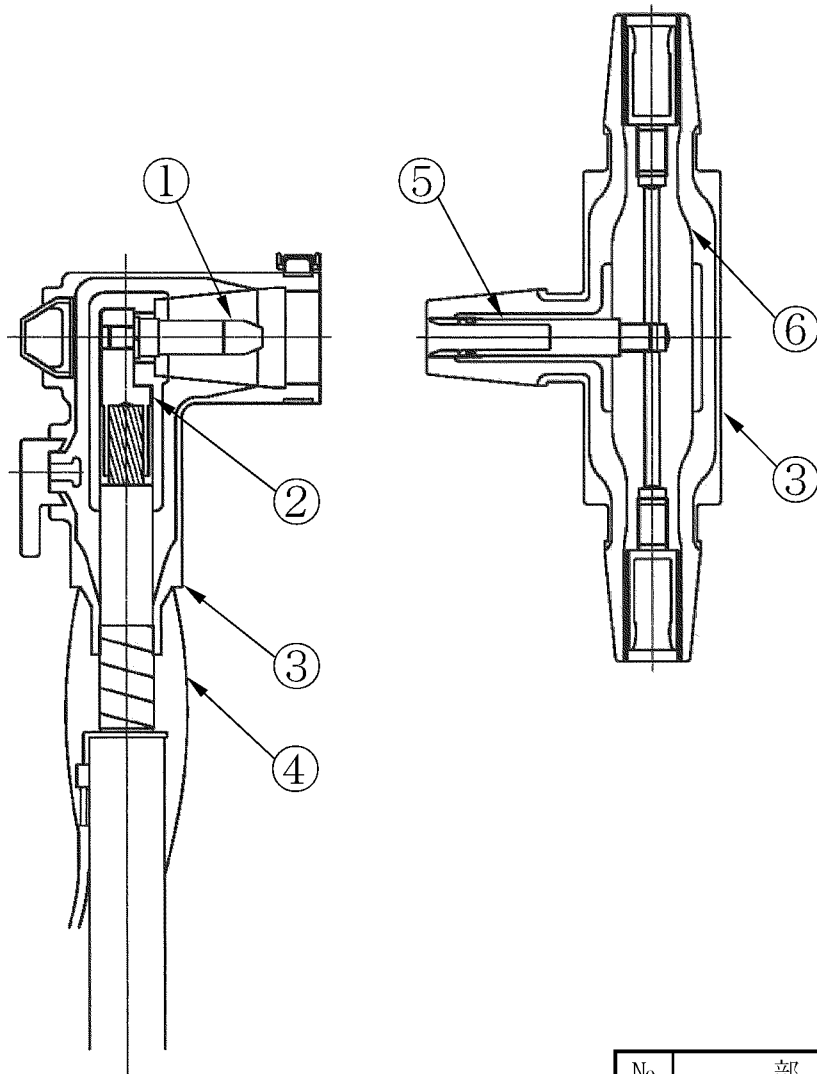
川内2号炉に使用している高圧コネクタ接続は、接続端子をソケットに差し込むことにより接続される構造となっている。

また、接続端子部及びソケット、導体は絶縁筒等の絶縁物により外部との絶縁を保っている。

川内2号炉の高圧コネクタ接続構造図を図2.1-3に示す。

(2) 材料及び使用条件

川内2号炉の高圧コネクタ接続の使用材料及び使用条件を表2.1-5及び表2.1-6に示す。



No.	部 位
①	接続端子
②	圧縮端子
③	絶縁筒
④	保護層
⑤	ソケット
⑥	導 体

図2.1-3 川内2号炉 高圧コネクタ接続構造図

表2.1-5 川内2号炉 高圧コネクタ接続主要部位の使用材料

部 位	材 料
接続端子	銅（銀メッキ）
圧縮端子	銅（銀メッキ）
絶縁筒	エチレンプロピレンゴム
保護層	エチレンプロピレンゴム+ビニル
ソケット	銅（銀メッキ）
導 体	銅

表2.1-6 川内2号炉 高圧コネクタ接続の使用条件

	通常運転時
使 用 環 境	原子炉格納容器外
周 囲 温 度	約40℃*1
放 射 線	$0.55 \times 10^{-3} \text{Gy/h}^{*2}$

*1：原子炉格納容器外の設計平均温度

*2：通常運転時の原子炉格納容器外の実測値（複数の実測値のうち最大のもの）

2.1.4 電動弁コネクタ接続

(1) 構造

川内2号炉に使用している電動弁コネクタ接続は、オスコンタクトとメスコンタクトを接続し、レセプタクルシユェルの接続ナットを締め込むことにより接続部分が固定される構造となっている。

また、コンタクトは絶縁物により絶縁を保っている。

川内2号炉の電動弁コネクタ接続構造図を図2.1-4に示す。

(2) 材料及び使用条件

川内2号炉の電動弁コネクタ接続の使用材料及び使用条件を表2.1-7及び表2.1-8に示す。

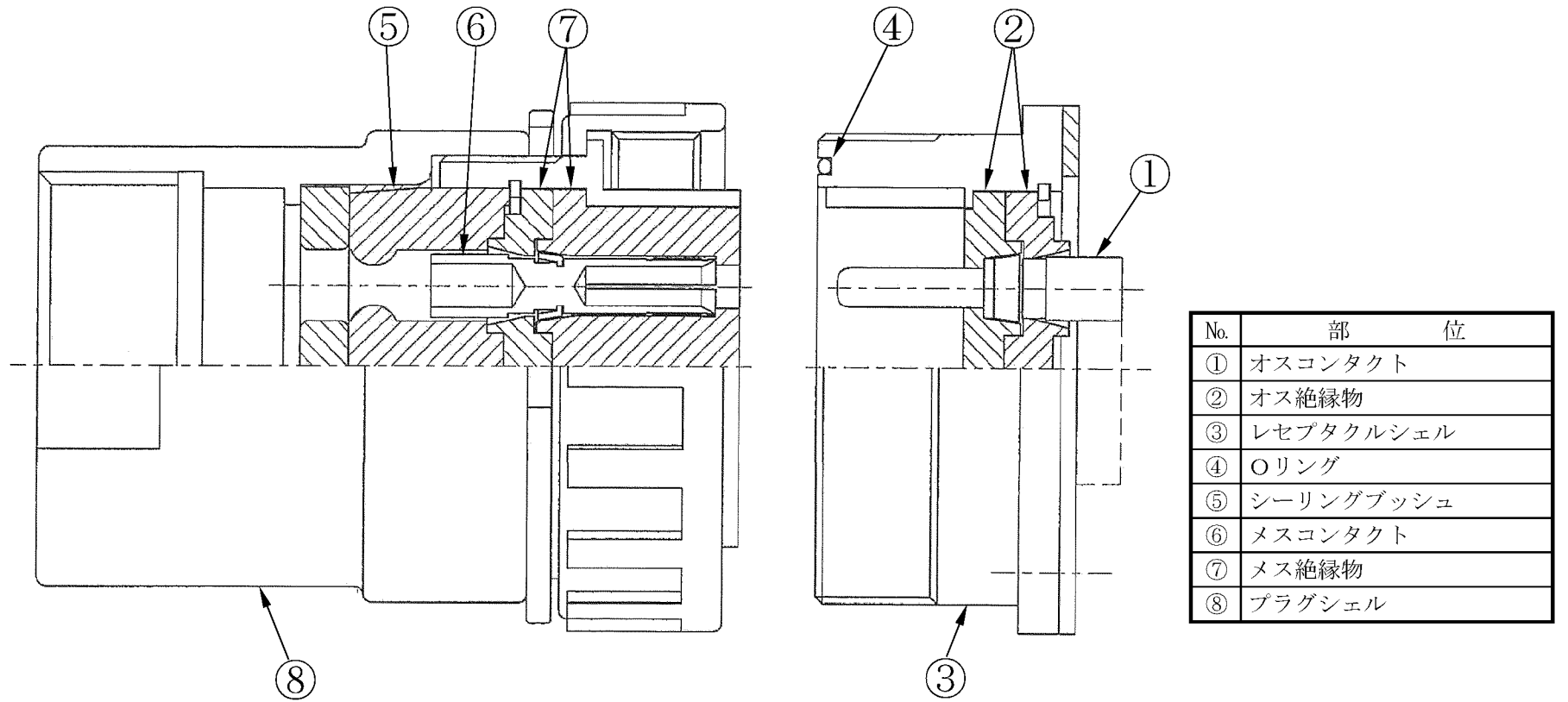


図2.1-4 川内2号炉 電動弁コネクタ接続構造図

表2.1-7 川内2号炉 電動弁コネクタ接続主要部位の使用材料

部 位	材 料
オスコンタクト	銅（銀メッキ）
オス絶縁物	ジアリルフタレート樹脂
レセプタクルシェル	アルミニウム合金
Oリング	エチレンプロピレンゴム
シーリングブッシュ	エチレンプロピレンゴム
メスコンタクト	銅（銀メッキ）
メス絶縁物	ジアリルフタレート樹脂
プラグシェル	アルミニウム合金

表2.1-8 川内2号炉 電動弁コネクタ接続の使用条件

	通常運転時
使 用 環 境	原子炉格納容器外
周 囲 温 度	約40°C*1
放 射 線	$0.55 \times 10^{-3} \text{Gy/h}^{*2}$

*1：原子炉格納容器外の設計平均温度

*2：通常運転時の原子炉格納容器外の実測値（複数の実測値のうち最大のもの）

2.1.5 三重同軸コネクタ接続

(1) 構造

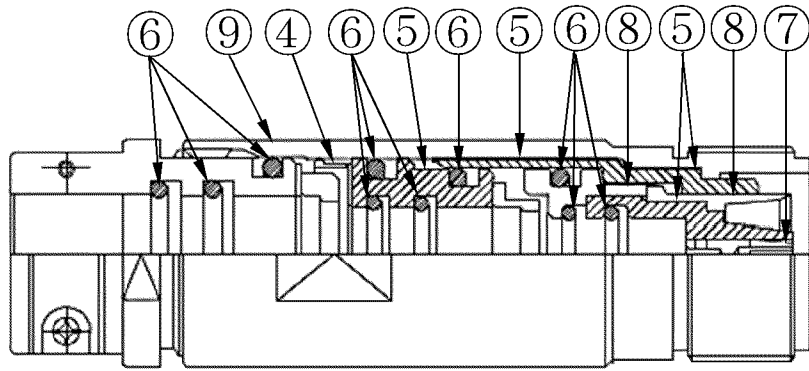
川内2号炉に使用している三重同軸コネクタ接続は、ピンコンタクトとソケットコンタクト及び1 SコンタクトPと1 SコンタクトJを接続し、プラグボディのカップリングナットを締め込むことにより接続部分が固定される構造となっている。

また、コンタクトは絶縁物により絶縁を保っている。

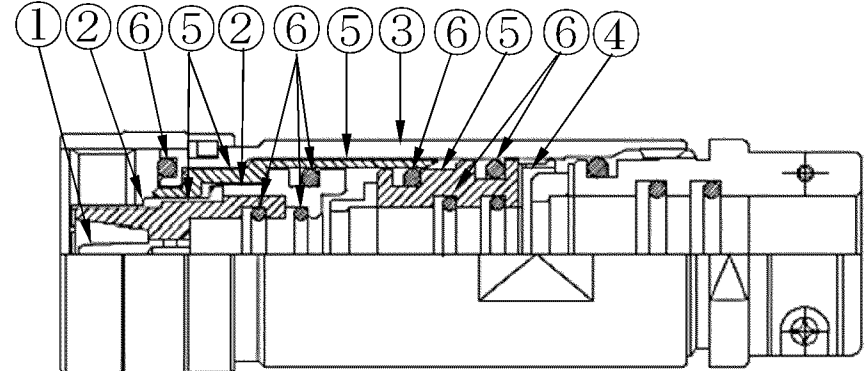
川内2号炉の三重同軸コネクタ接続構造図を図2.1-5に示す。

(2) 材料及び使用条件

川内2号炉の三重同軸コネクタ接続の使用材料及び使用条件を表2.1-9及び表2.1-10に示す。



ジャック



プラグ

No.	部 位
①	ピンコンタクト
②	1 SコンタクトP
③	プラグボディ
④	割りリング
⑤	絶縁物
⑥	Oリング
⑦	ソケットコンタクト
⑧	1 SコンタクトJ
⑨	ジャックボディ

図2.1-5 川内2号炉 三重同軸コネクタ接続構造図

表2.1-9 川内2号炉 三重同軸コネクタ接続主要部位の使用材料

部 位	材 料
ピンコンタクト	銅合金（金メッキ）
1SコンタクトP	銅合金（金メッキ）
プラグボディ	銅合金（ニッケルメッキ）
割りリング	銅合金（ニッケルメッキ）
絶縁物	架橋ポリスチレン
Oリング	エチレンプロピレンゴム
ソケットコンタクト	銅合金（金メッキ）
1SコンタクトJ	銅合金（金メッキ）
ジャックボディ	銅合金（ニッケルメッキ）

表2.1-10 川内2号炉 三重同軸コネクタ接続の使用条件*1

	通常運転時	設計基準事故時	重大事故等時
使用環境	原子炉格納容器内	原子炉格納容器内	原子炉格納容器内
周囲温度	約45℃*2	約127℃*4 (最高温度)	約138℃*4 (最高温度)
圧 力	約0.0098MPa[gage] 以下	約0.245MPa[gage]*4 (最高圧力)	約0.350MPa[gage]*4 (最高圧力)
放 射 線	5×10 ⁻³ Gy/h*3	602kGy*5 (最大集積線量)	500kGy*4 (最大集積線量)

*1：環境条件が厳しい原子炉格納容器内三重同軸コネクタ接続の使用条件を代表として記載

*2：通常運転時の原子炉格納容器内三重同軸コネクタ接続設置エリアの周囲温度実測値（複数の実測値の平均値のうち最大のもの）に余裕を加えた温度

*3：通常運転時の原子炉格納容器内三重同軸コネクタ接続設置エリアの周囲線量率実測値（複数の実測値の平均値のうち最大のもの）に余裕を加えた線量率

*4：新規規制基準への適合性確認のための工事計画認可申請書「安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」記載値

*5：IEEEに記載された、典型的なPWRプラントにおける事故時照射量を基に、川内1/2号炉の原子炉出力及び原子炉格納容器自由体積から算出した値

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機能達成に必要な項目

ケーブル接続部の機能である電力や計測制御信号の伝達機能を維持するためには、次の2つの項目が必要である。

- ① 通電・絶縁機能の維持
- ② 機器の支持

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

ケーブル接続部個々について、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、各部位の構造、材料、使用条件及び現在までの運転経験等を考慮し、表2.2-1～表2.2-5に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象（表2.2-1～表2.2-5で○となっているもの）としては以下の事象がある。

(1) 絶縁物等の絶縁低下 [共通]

ケーブル接続部の熱収縮チューブ [直ジョイント]、絶縁筒 [高圧コネクタ接続]、絶縁物 [電動弁コネクタ接続及び三重同軸コネクタ接続] は有機物であり、熱的、電氣的及び環境的要因で経年劣化が進行し、絶縁性能の低下を起こす可能性があることから、経年劣化に対する評価が必要である。

また、ケーブル接続部のOリング [気密端子箱接続、電動弁コネクタ接続及び三重同軸コネクタ接続]、LCモールド [気密端子箱接続]、絶縁筒、保護層 [高圧コネクタ接続] 及びシーリングブッシュ [電動弁コネクタ接続] は有機物であり、熱的、電氣的及び環境的要因で経年劣化が進行し、気密性の低下を起こすことにより、湿気が接続部内部に侵入する可能性がある。湿気が侵入することにより、接続部の絶縁性能の低下を起こす可能性があることから、経年劣化に対する評価が必要である。

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

以下の事象（表2.2-1～表2.2-5で△又は▲となっているもの）については、想定される経年劣化事象であるが、

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

に該当するものについては、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した。

上記の1)又は2)に該当する事象であるが、保全によりその傾向が維持できていることを確認している事象（日常劣化管理事象）を以下に示す。

(1) 端子台の絶縁低下 [気密端子箱接続]

端子台は無機物の磁器であり、経年劣化の可能性はない。

なお、長期使用においては表面の汚損による絶縁低下が想定される。

しかしながら、端子台は気密された接続箱内に設置され、塵埃の付着により表面が汚損する可能性はない。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、定期的な計測制御系統設備の機能検査等により、機器の健全性を確認している。

(2) ボックスコネクタの腐食（全面腐食） [気密端子箱接続]

ボックスコネクタは、銅合金であり腐食が想定される。

しかしながら、定期的な目視確認により容易に状態の確認が可能であり、腐食が認められた場合には必要に応じて補修を実施することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(3) 架台の腐食（全面腐食）〔気密端子箱接続〕

架台は炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、塗装により腐食を防止している。また、定期的な目視確認により塗装の状態を確認し、はく離が認められた場合には必要に応じて補修を実施することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(4) 基礎ボルトの腐食（全面腐食）〔気密端子箱接続〕

基礎ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

基礎ボルトの健全性評価については各機器共通であることから、機械設備の技術評価書のうち「基礎ボルト」にて評価を実施するものとし、本評価書には含まれていない。

(5) 接続端子等の腐食（全面腐食）

〔高圧コネクタ接続、電動弁コネクタ接続、三重同軸コネクタ接続〕

接続端子、圧縮端子、ソケット〔高圧コネクタ接続〕、オスコンタクト及びメスコンタクト〔電動弁コネクタ接続〕、ピンコンタクト、1SコンタクトP、プラグボディ、割りリング、ソケットコンタクト、1SコンタクトJ及びジャックボディ〔三重同軸コネクタ接続〕は銅もしくは銅合金であり、腐食が想定される。

しかしながら、ニッケルメッキ、銀メッキ又は金メッキにより腐食を防止しており、定期的な目視確認又は系統機器の動作確認若しくは計器の指示値等に異常がないこと及び絶縁抵抗測定により、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

レセプタクルシェル及びプラグシェル〔電動弁コネクタ接続〕はアルミニウム合金であり腐食が想定される。

しかしながら、人工的に酸化皮膜を形成することにより腐食を防止している。また、定期的な目視確認で有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

前述の2)に該当する事象のうち、日常劣化管理事象を除く事象（日常劣化管理事象ではない事象）を以下に示す。

(6) 端子等の腐食（全面腐食）〔気密端子箱接続、直ジョイント〕

端子、端子台〔気密端子箱接続〕、隔壁付スリーブ〔直ジョイント〕は銅もしくは銅合金であり、腐食が想定される。

しかしながら、端子及び端子台は錫メッキ又はニッケルメッキにより腐食を防止している。さらに密封された構造であり、腐食が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。

また、隔壁付スリーブは構造上端子部が熱収縮チューブにて密閉されており、腐食の可能性はないと考えられることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

表2.2-1 川内2号炉 気密端子箱接続に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・ 定期 取 替 品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考
				絶縁低下	導通不良	減 肉		割 れ	その他	
						摩 耗	腐 食			
通電・絶縁機能の維持	端 子		銅（錫メッキ）				▲			
	端 子 台		磁器、銅合金（ニッケルメッキ）	△			▲			
	端 子 箱		ステンレス鋼							
	蓋 板		ステンレス鋼							
	Oリング		エチレンプロピレンゴム	○						
	LCモールド		エチレンプロピレンゴム、 銅	○						
	押え金具		ステンレス鋼							
	ボックスコネクタ		銅 合 金				△			
機器の支持	架 台		炭 素 鋼				△			
	取付ボルト		ステンレス鋼							
	基礎ボルト（メカアソカ）		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2.2-2 川内2号炉 直ジョイントに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・ 定期 取 替 品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考
				絶縁低下	導通不良	減 肉		割 れ	その他	
						摩 耗	腐 食			
通電・絶縁機能の維持	隔壁付スリーブ		銅（錫メッキ）				▲			
	熱収縮チューブ		難燃架橋ポリエチレン シリコーンゴム	○						

○：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2.2-3 川内2号炉 高圧コネクタ接続に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・ 定 期 取 替 品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考
				絶縁低下	導通不良	減 肉		割 れ	その他	
						摩 耗	腐 食			
通電・絶縁機能の維持	接続端子		銅（銀メッキ）				△			
	圧縮端子		銅（銀メッキ）				△			
	絶 縁 筒		エチレンプロピレンゴム	○						
	保 護 層		エチレンプロピレンゴム +ビニル	○						
	ソケット		銅（銀メッキ）				△			
	導 体		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2.2-4 川内2号炉 電動弁コネクタ接続に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・ 定 期 取 替 品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考
				絶縁低下	導通不良	減 肉		割 れ	その他	
						摩 耗	腐 食			
通電・絶縁機能の維持	オスコンタクト		銅（銀メッキ）				△			
	オス絶縁物		ジアリルフタレート樹脂	○						
	レセプタクルシェル		アルミニウム合金				△			
	○リング		エチレンプロピレンゴム	○						
	シーリングブッシュ		エチレンプロピレンゴム	○						
	メスコンタクト		銅（銀メッキ）				△			
	メス絶縁物		ジアリルフタレート樹脂	○						
	プラグシェル		アルミニウム合金				△			

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-5 川内2号炉 三重同軸コネクタ接続に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・ 定 期 取 替 品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考
				絶縁低下	導通不良	減 肉		割 れ	その他	
						摩 耗	腐 食			
通電・絶縁機能の維持	ピンコンタクト		銅合金（金メッキ）				△			
	1SコンタクトP		銅合金（金メッキ）				△			
	プラグボディ		銅合金（ニッケルメッキ）				△			
	割りリング		銅合金（ニッケルメッキ）				△			
	絶 縁 物		架橋ポリスチレン	○						
	Oリング		エチレンプロピレンゴム	○						
	ソケットコンタクト		銅合金（金メッキ）				△			
	1SコンタクトJ		銅合金（金メッキ）				△			
	ジャックボディ		銅合金（ニッケルメッキ）				△			

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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 絶縁物等の絶縁低下 [共通]

a. 事象の説明

ケーブル接続部の熱収縮チューブ [直ジョイント]、絶縁筒 [高圧コネクタ接続]、絶縁物 [電動弁コネクタ接続及び三重同軸コネクタ接続] は有機物であり、熱的、電氣的及び環境的要因で経年劣化が進行し、絶縁性能の低下を起こす可能性がある。

また、ケーブル接続部のOリング [気密端子箱接続、電動弁コネクタ接続及び三重同軸コネクタ接続]、LCモールド [気密端子箱接続]、絶縁筒、保護層 [高圧コネクタ接続] 及びシーリングブッシュ [電動弁コネクタ接続] は有機物であり、熱的、電氣的及び環境的要因で経年劣化が進行し、気密性の低下を起こすことにより湿気が接続部内部に侵入する可能性がある。湿気が侵入することにより、接続部の絶縁性能の低下を起こす可能性がある。

b. 技術評価

① 健全性評価

気密端子箱接続、直ジョイント、電動弁コネクタ接続及び三重同軸コネクタ接続はIEEE Std. 323-1974「IEEE Standard for Qualifying Class IE Equipment for Nuclear Power Generating Stations」（以下、「IEEE Std. 323-1974」という。）及び383-1974「IEEE Standard for Type Test of Class IE Electric Cables, Field Splices, and Connections for Nuclear Power Generating Stations」（以下、「IEEE Std. 383-1974」という。）に準拠して、実機同等品により長期健全性試験を実施しており、この結果に基づき健全性評価を行った。

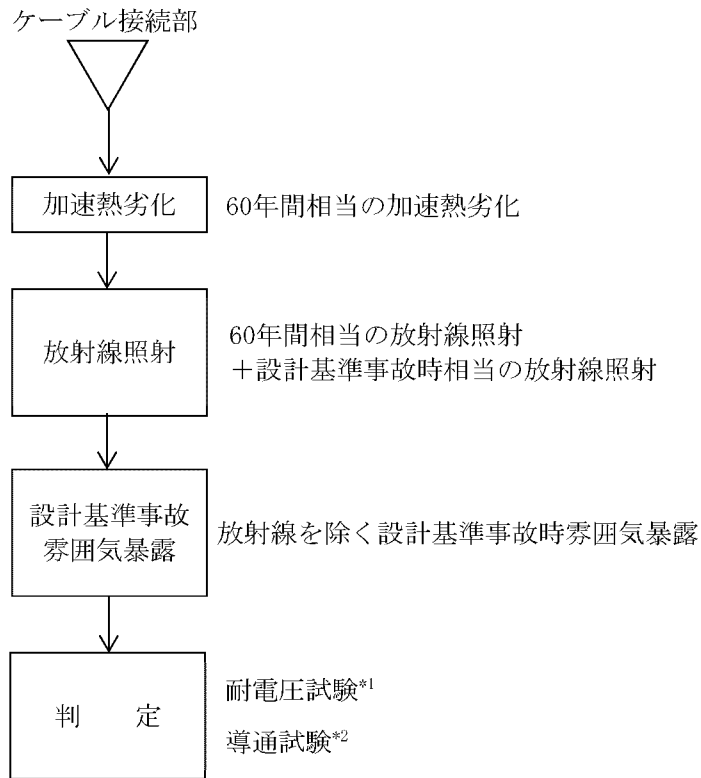
IEEE Std. 323-1974、383-1974に基づく試験手順を図2.3-1に示す。

ケーブル接続部の長期健全性試験条件並びに長期健全性試験結果を表2.3-1～表2.3-8に示す。

ここで、電動弁コネクタについては、絶縁物等の材料が同じ有機物である格納容器内電動弁コネクタの健全性評価結果に基づき評価を実施した。

この試験条件は、川内2号炉の実機環境に基づいて60年間の運転期間を想定した劣化条件を包絡している。

劣化試験後に、耐電圧試験又は導通試験により絶縁機能が維持されていることを確認しており、川内2号炉で使用されているケーブル接続部は、運転開始後60年時点においても絶縁機能を維持できると判断する。



*1 耐電圧試験：規定電圧を規定時間印加し、絶縁破壊を生じるか否かを調べる

- ・気密端子箱接続
- ・直ジョイント
- ・三重同軸コネクタ接続

*2 導通試験：試験後導通不良がないか調べる

- ・電動弁コネクタ接続

図2.3-1 ケーブル接続部の長期健全性試験手順

表2.3-1 気密端子箱接続の長期健全性試験条件（設計基準事故）*1

		試験条件	60年間の通常運転時の 使用条件に基づく劣化条件 又は 設計基準事故時の環境条件
通常運転 相当	温度	121℃-7日	103℃-7日 (=50℃*2-60年)
	放射線 (集積線量)	500kGy (10kGy/h)	185kGy*3
設計基準 事故相当	放射線 (集積線量)	1,500kGy (10kGy/h)	602kGy
	温度	最高温度：190℃	最高温度：約127℃
	圧力	最高圧力：0.41MPa[gage]	最高圧力：約0.245MPa[gage]

*1：設計基準事故時における環境条件が厳しい原子炉格納容器内気密端子箱の使用条件を代表として記載

*2：通常運転時の原子炉格納容器内気密端子箱接続設置エリアの周囲温度実測値（複数の実測値の平均値のうち最大のもの）に余裕を加えた温度

*3：通常運転時の原子炉格納容器内気密端子箱接続設置エリアの周囲線量率実測値（複数の実測値の平均値のうち最大のもの）に余裕を加えた線量率から算出した集積線量 $(0.35[\text{Gy/h}] \times (24 \times 365.25) [\text{h/y}] \times 60[\text{y}] = 185\text{kGy})$

[出典（試験条件）：メーカーデータ]

表2.3-2 気密端子箱接続の長期健全性試験結果

項目	試験条件	判定
耐電圧試験	AC 2.0kV 1分	良

[出典：メーカーデータ]

表2.3-3 直ジョイントの長期健全性試験条件（設計基準事故）*1

		試験条件	60年間の通常運転時の 使用条件に基づく劣化条件 又は 設計基準事故時の環境条件
通常運転 相当	温度	121℃-7日	103℃-7日*3 (=50℃*2-60年) 110℃-7日*4 (=50℃*2-60年)
	放射線 (集積線量)	500kGy (10kGy/h以下)	185kGy*5
設計基準 事故相当	放射線 (集積線量)	1,500kGy (10kGy/h以下)	602kGy
	温度	最高温度：190℃	最高温度：約127℃
	圧力	最高圧力：0.41MPa[gage]	最高圧力：約0.245MPa[gage]

*1：設計基準事故時における環境条件が厳しい原子炉格納容器内直ジョイントの使用条件を代表として記載

*2：通常運転時の原子炉格納容器内直ジョイント設置エリアの周囲温度実測値（複数の実測値の平均値のうち最大のもの）に余裕を加えた温度

*3：熱収縮チューブ材料（シリコーンゴム）の60年間の通常運転時の劣化条件を試験条件と比較するための7日間換算値

*4：熱収縮チューブ材料（難燃架橋ポリエチレン）の60年間の通常運転時の劣化条件を試験条件と比較するための7日間換算値

*5：通常運転時の原子炉格納容器内直ジョイント設置エリアの周囲線量率実測値（複数の実測値の平均値のうち最大のもの）に余裕を加えた線量率から算出した集積線量
 $(0.35[\text{Gy/h}] \times (24 \times 365.25) [\text{h/y}] \times 60[\text{y}]) = 185\text{kGy}$

[出典（試験条件）：電力共通研究「電気・計装機器の耐環境実証試験に関する研究（Step-3）」1983年度、メーカーデータ]

表2.3-4 直ジョイントの長期健全性試験結果

項目	試験条件	判定
耐電圧試験	AC 2.6kV 5分	良

[出典：電力共通研究「電気・計装機器の耐環境実証試験に関する研究（Step-3）」1983年度、メーカーデータ]

表2.3-5 電動弁コネクタ接続の長期健全性評価試験条件故*1

		試験条件	60年間の通常運転時の 使用条件に基づく劣化条件
通常運転 相当	温度	138℃-12.5日	86℃-12.5日*3(=40℃*2-60年) 116℃-12.5日*4(=40℃*2-60年)
	放射線 (集積線量)	700kGy (10kGy/h)	0.29kGy*5

*1：長期健全性評価試験は、絶縁材料、気密材料が同一で、設計基準事故を含めて評価した原子炉格納容器内電動弁コネクタにて実施した

*2：原子炉格納容器外の設計平均温度

*3：リング等の気密材料の60年間の通常運転時の劣化条件を試験条件と比較するための12.5日間換算値

*4：絶縁材料の60年間の通常運転時の劣化条件を試験条件と比較するための12.5日間換算値

*5：通常運転時の原子炉格納容器外の実測値（複数の実測値のうち最大のもの）から算出した集積線量 $(0.55 \times 10^{-3} [\text{Gy/h}] \times (24 \times 365.25) [\text{h/y}] \times 60 [\text{y}] = 0.29 \text{kGy})$

[出典（試験条件）：メーカーデータ]

表2.3-6 電動弁コネクタ接続の長期健全性試験結果*1

項目	試験条件	判定
導通試験	通電が可能なこと	良

*1：長期健全性評価試験は、絶縁材料、気密材料が同一で、設計基準事故を含めて評価した原子炉格納容器内電動弁コネクタにて実施した

[出典：メーカーデータ]

表2.3-7 三重同軸コネクタ接続の長期健全性試験条件（設計基準事故）*1

		試験条件	60年間の通常運転時の 使用条件に基づく劣化条件 又は 設計基準事故時の環境条件
通常運転 相当	温度	121°C-7日	96°C-7日*3(=45°C*2-60年) 65°C-7日*4(=45°C*2-60年)
	放射線 (集積線量)	500kGy (10kGy/h以下)	2.7kGy*5
設計基準 事故相当	放射線 (集積線量)	1,500kGy (10kGy/h以下)	602kGy
	温度	最高温度：190°C	最高温度：約127°C
	圧力	最高圧力：0.41MPa[gage]	最高圧力：約0.245MPa[gage]

*1：設計基準事故時における環境条件が厳しい原子炉格納容器内三重同軸コネクタ接続の使用条件を代表として記載

*2：通常運転時の原子炉格納容器内三重同軸コネクタ接続設置エリアの周囲温度実測値（複数の実測値の平均値のうち最大のもの）に余裕を加えた温度

*3：Oリング等の気密材料の60年間の通常運転時の劣化条件を試験条件と比較するための7日間換算値

*4：絶縁材料の60年間の通常運転時の劣化条件を試験条件と比較するための7日間換算値

*5：通常運転時の原子炉格納容器内三重同軸コネクタ接続設置エリアの周囲線量率実測値（複数の実測値の平均値のうち最大のもの）に余裕を加えた線量率から算出した集積線量（ 5×10^{-3} [Gy/h] \times (24 \times 365.25) [h/y] \times 60 [y] = 2.7kGy)

[出典（試験条件）：電力共通研究「電気・計装機器の耐環境実証試験に関する研究（Step-3）」1983年度]

表2.3-8 三重同軸コネクタ接続の長期健全性試験結果

項目	試験条件	判定
耐電圧試験	DC 3.0kV 1分	良

[出典：電力共通研究「電気・計装機器の耐環境実証試験に関する研究（Step-3）」1983年度]

また、重大事故等時雰囲気内で機能要求がある気密端子箱接続、直ジョイント及び三重同軸コネクタ接続については、重大事故等時雰囲気での健全性をあわせて評価した（表2.3-9～表2.3-14）。

この試験条件は、川内2号炉の実機環境に基づいて60年間の運転期間及び重大事故等を想定した劣化条件を包絡している。

劣化試験後に、耐電圧試験又は導通試験により絶縁機能が維持されていることを確認しており、川内2号炉で使用されているケーブル接続部は、運転開始後60年時点においても絶縁機能を維持できると判断する。

表2.3-9 気密端子箱接続の長期健全性試験条件（重大事故等）*1

		試験条件	60年間の通常運転時の 使用条件に基づく劣化条件 又は 重大事故等時の環境条件
通常運転 相当	温度	140℃-8h	128℃-8h (=50℃*2-60年)
	放射線 (集積線量)	500kGy (10kGy/h以下)	185kGy*3
重大事故 等相当	放射線 (集積線量)	500kGy (10kGy/h以下)	500kGy
	温度	最高温度：150℃	最高温度：約138℃
	圧力	最高圧力：0.5MPa[gage]	最高圧力：約0.350MPa[gage]

*1：重大事故等時における環境条件が厳しい原子炉格納容器内気密端子箱の使用条件を代表として記載

*2：通常運転時の原子炉格納容器内気密端子箱接続設置エリアの周囲温度実測値（複数の実測値の平均値のうち最大のもの）に余裕を加えた温度

*3：通常運転時の原子炉格納容器内気密端子箱接続設置エリアの周囲線量率実測値（複数の実測値の平均値のうち最大のもの）に余裕を加えた線量率から算出した集積線量（0.35[Gy/h]×（24×365.25）[h/y]×60[y]=185kGy）

[出典（試験条件）：電力共同委託「SA時の計装品の耐環境性能評価委託2014年度」]

表2.3-10 気密端子箱接続の長期健全性試験結果

項目	試験条件	判定
耐電圧試験	AC 1.5kV 1分	良

[出典：電力共同委託「SA時の計装品の耐環境性能評価委託2014年度」]

表2.3-11 直ジョイントの長期健全性試験条件（重大事故等）*1

		試験条件	60年間の通常運転時の 使用条件に基づく劣化条件 又は 重大事故等時の環境条件
通常運転 相当	温度	140℃-8h 140℃-21h	128℃-8h*3(=50℃*2-60年) 129℃-21h*4(=50℃*2-60年)
	放射線 (集積線量)	500kGy (10kGy/h以下)	185kGy*5
重大事故 等相当	放射線 (集積線量)	500kGy (10kGy/h以下)	500kGy
	温度	最高温度：150℃	最高温度：約138℃
	圧力	最高圧力：0.5MPa[gage]	最高圧力：約0.350MPa[gage]

- *1：重大事故等時における環境条件が厳しい原子炉格納容器内直ジョイントの使用条件を代表として記載
- *2：通常運転時の原子炉格納容器内直ジョイント設置エリアの周囲温度実測値（複数の実測値の平均値のうち最大のもの）に余裕を加えた温度
- *3：熱収縮チューブ材料（シリコーンゴム）の60年間の通常運転時の劣化条件を試験条件と比較するための8時間換算値
- *4：熱収縮チューブ材料（難燃架橋ポリエチレン）の60年間の通常運転時の劣化条件を試験条件と比較するための21時間換算値
- *5：通常運転時の原子炉格納容器内直ジョイント設置エリアの周囲線量率実測値（複数の実測値の平均値のうち最大のもの）に余裕を加えた線量率から算出した集積線量
 $(0.35[\text{Gy/h}] \times (24 \times 365.25) [\text{h/y}] \times 60[\text{y}]) = 185\text{kGy}$
- [出典（試験条件）：電力共同委託「SA時の計装品の耐環境性能評価委託2014年度」]

表2.3-12 直ジョイントの長期健全性試験結果

項目	試験条件	判定
耐電圧試験	AC 1.5kV 1分	良

[出典：電力共同委託「SA時の計装品の耐環境性能評価委託2014年度」]

表2.3-13 三重同軸コネクタ接続の長期健全性試験条件（重大事故等）*1

		試験条件	60年間の通常運転時の 使用条件に基づく劣化条件 又は 重大事故等時の環境条件
通常運転 相当	温度	113°C-255h	93°C-255h*3 (=45°C*2-60年) 64°C-255h*4 (=45°C*2-60年)
	放射線 (集積線量)	750kGy (10kGy/h以下)	2.7kGy*5
重大事故 等相当	放射線 (集積線量)	500kGy (10kGy/h以下)	500kGy
	温度	最高温度：150°C	最高温度：約138°C
	圧力	最高圧力：0.5MPa[gage]	最高圧力：約0.350MPa[gage]

- *1：重大事故等時における環境条件が厳しい原子炉格納容器内三重同軸コネクタ接続の使用条件を代表として記載
- *2：通常運転時の原子炉格納容器内三重同軸コネクタ接続設置エリアの周囲温度実測値（複数の実測値の平均値のうち最大のもの）に余裕を加えた温度
- *3：Oリング等の気密材料の60年間の通常運転時の劣化条件を試験条件と比較するための255時間換算値
- *4：絶縁材料の60年間の通常運転時の劣化条件を試験条件と比較するための255時間換算値
- *5：通常運転時の原子炉格納容器内三重同軸コネクタ接続設置エリアの周囲線量率実測値（複数の実測値の平均値のうち最大のもの）に余裕を加えた線量率から算出した集積線量 $(5 \times 10^{-3} [\text{Gy/h}] \times (24 \times 365.25) [\text{h/y}] \times 60 [\text{y}] = 2.7 \text{kGy})$
- [出典（試験条件）：電力共同委託「高レンジエリアモニタ及び三重同軸ケーブル・コネクタに関わる耐環境性能評価委託2014年度」]

表2.3-14 三重同軸コネクタ接続の長期健全性試験結果

項目	試験条件	判定
耐電圧試験	C-I間 DC3,000V 1分 I-O間 DC 500V 1分	良

[出典：電力共同委託「高レンジエリアモニタ及び三重同軸ケーブル・コネクタに関わる耐環境性能評価委託2014年度」]

また、高圧コネクタ接続については事故時雰囲気内で機能要求がないが、長期の使用を考慮すると絶縁低下の可能性は否定できない。

② 現状保全

絶縁物等の絶縁低下に対して、電力用ケーブル接続部については、定期的に絶縁抵抗測定により、許容値以上であることを確認している。

制御・計装用ケーブル接続部については、定期的に計測制御系統設備の機能検査等により、系統機器の動作又は計器の指示等に異常のないことを確認し、絶縁低下による機能低下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判断して、絶縁機能を維持できると判断する。

絶縁低下は、絶縁抵抗測定、系統機器の動作確認又は計器の指示値確認等で検知可能であり、点検手法として適切である。

また、高圧コネクタ接続について、絶縁低下の可能性は否定できないが、絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切である。

c. 高経年化への対応

絶縁物等の絶縁低下については、現状保全項目に高経年化対策の観点から追加すべきものはないと判断する。

なお、より実機条件に即した電気・計装設備の長期健全性評価手法に関する検討が国プロジェクト「電気・計装設備の健全性評価技術調査研究」で実施されており、今後その成果の反映を検討していく。

また、高圧コネクタ接続の絶縁低下については、定期的に絶縁抵抗測定を実施していく。

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。

なお、経年劣化事象の抽出にあたっては、2章の代表機器における経年劣化事象の抽出と同様に水平展開機器各々の構造、材料、使用条件等の特殊性を考慮して選定している。

- ① 一般端子接続
- ② 端子台接続
- ③ 複合同軸コネクタ接続
- ④ 三重同軸コネクタ接続（製造メーカーが異なる三重同軸コネクタ）

3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

3.1.1 絶縁物等の絶縁低下 [共通]

絶縁物等は事故時雰囲気内で機能要求がないが、代表機器と同じ有機物であり、熱的、電氣的、環境的要因で経年劣化が進行し、絶縁性能の低下を起こす可能性がある。

絶縁物等の絶縁低下は系統機器の動作確認又は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切である。

したがって、一般端子接続等の絶縁低下については、定期的に系統機器の動作確認又は絶縁抵抗測定を実施していく。

3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

2.2.3の1)又は2)に該当する事象であるが、保全によりその傾向が維持できていることを確認している事象（日常劣化管理事象）を以下に示す。

なお、日常劣化管理事象ではない事象はない。

3.2.1 端子等の腐食（全面腐食）〔共通〕

ケーブル接続部の端子等は銅であり、腐食が想定される。

しかしながら、金メッキ、銀メッキ、亜鉛メッキ又は錫メッキにより腐食を防止しており、系統機器点検時の目視確認又は絶縁抵抗測定により、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

川内原子力発電所 2 号炉

電気設備の技術評価書

[運転を断続的に行うことを前提とした評価]

九州電力株式会社

川内2号炉の電気設備のうち、評価対象機器である安全重要度分類審査指針におけるクラス1、2の機器、高温・高圧の環境下にあるクラス3の機器及び常設重大事故等対処設備に属する機器を電圧区分、設置場所等でグループ化し、同一グループ内の複数の機器の存在を考慮して、重要度、仕様の観点から代表機器を選定した。

これらの一覧を表1に、機能を表2に示す。

本評価書においては、これら代表機器について技術評価を行うとともに、代表機器以外の機器についても技術評価を展開している。本評価書における技術評価結果で現状保全を継続すべき項目としたものについては、現状保全の点検手法の適切性を確認しており、現状保全を継続することで健全性の維持は可能であると考えます。

なお、点検等で確認した結果、異常が認められた場合、速やかに対策を施すこととしており、異常が認められた場合に、対策を実施する旨の記載は省略している。

本評価書では電気設備の型式等を基に、以下の4つに分類している。

- 1 メタルクラッド開閉装置（メタクラ）
- 2 動力変圧器
- 3 パワーセンタ
- 4 コントロールセンタ

また、川内1、2号炉の共用設備のうち1号炉で設置されている電気設備については、「川内原子力発電所2号炉 共用設備（他号炉設備）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。

表 1 (1/4) 川内 2 号炉 主要な電気設備 メタクラ

分離 基準	機 器 名 称 (群 数)	仕 様	選 定 基 準							選定	選定理由
			重要度*1	使 用 条 件			内 蔵 遮 断 器				
				運 転	定格使用 電圧 (V)	周囲温度 (°C)	投入方式	定格電流(A) (最大)	遮断電流 (kA)		
高圧	メタクラ (安全系) (2)	高圧閉鎖形 母線定格電流 2,000A	MS-1、重*2	連 続	6,900	約35	ば ね	2,000	40	◎	重要度
								1,200			
	重大事故等対処用変圧器受電盤 (1)	高圧閉鎖形 定格電流 1,200A	重*2	一 時	6,600	約40	ば ね	1,200	40		
	代替電源接続盤 (4)	屋内用壁掛盤 定格電流 350A	重*2	一 時	6,600	約35 約40	—	—	—		

*1：機能は最上位の機能を示す

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

表 1 (2/4) 川内 2 号炉 主要な電気設備 動力変圧器

分離基準		機器名称 (台数)	仕様 (容量) (kVA)	選 定 基 準				選定	選定理由
				重要度*1	使用条件				
種類	設置場所				運 転	定格電圧*3 (V)	周囲温度 (°C)		
乾式自冷式	屋 内	動力変圧器 (安全系) (2)	2,300	MS-1、重*2	連 続	6,600	約35	◎	重要度
		重大事故等対処用変圧器盤 (1)	200	重*2	一 時	6,600	約40		

*1：機能は最上位の機能を示す

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

*3：高圧側の電圧を示す

表 1 (3/4) 川内 2 号炉 主要な電気設備 パワーセンタ

機器名称 (群数)	仕様	重要度 ^{*1}	使用条件			内蔵遮断器		
			運転	定格使用 電圧 (V)	周囲温度 (°C)	投入方式	定格電流(A) (最大)	遮断電流 (kA)
パワーセンタ (安全系) (2)	気中遮断器内蔵 低圧閉鎖形 母線定格電流3,000A	MS-1、重 ^{*2}	連続	460	約35	ばね	3,000	65
							1,600	50

*1：機能は最上位の機能を示す

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

表 1 (4/4) 川内 2 号炉 主要な電気設備 コントロールセンタ

分離基準		機器名称 (群数)	選定基準					選定	選定理由
			仕様	重要度*1	使用条件				
電圧区分	設置場所				運転	定格使用 電圧 (V)	周囲温度 (°C)		
低 圧	屋 内	原子炉コントロールセンタ (安全系) (4)	低圧閉鎖形 定格電流 800A	MS-1、重*2	連 続	460	約35	◎	重要度 定格電流
		ディーゼル発電機コントロールセンタ (2)	低圧閉鎖形 定格電流 600A	MS-1	連 続	460	約40		
		事故後サンプリングコントロールセンタ (1) *3	低圧閉鎖形 定格電流 600A	重*2	連 続	460	約40		

*1：機能は最上位の機能を示す

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

*3：事故後サンプリングコントロールセンタのうちA系統のみ

表2 川内2号炉 主要な電気設備の機能

機 器 名	機 能
メタクラ	発電所内高圧電源系統を構成する装置であり、高圧機器（海水ポンプ等）及び発電所内低圧電源系統への電源供給と保護を行う。
動力変圧器	高圧側電圧（6.6kV）を低圧側電圧（460V）に降圧を行う。
パワーセンタ	発電所内低圧電源系統を構成する装置であり、低圧機器（制御用空気圧縮機用電動機等）及びコントロールセンタへの電源供給と保護を行う。
コントロールセンタ	発電所内低圧電源系統を構成する装置であり、低圧機器（弁電動装置等）への電源供給と保護を行う。

1 メタルクラッド開閉装置 (メタクラ)

[対象機器]

- ① メタクラ (安全系)
- ② 重大事故等対処用変圧器受電盤
- ③ 代替電源接続盤

目 次

1. 対象機器及び代表機器の選定	1
1.1 グループ化の考え方及び結果	1
1.2 代表機器の選定	1
2. 代表機器の技術評価	3
2.1 構造、材料及び使用条件	3
2.2 経年劣化事象の抽出	7
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価	17
3. 代表機器以外への展開	24
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象	24
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象	25

1. 対象機器及び代表機器の選定

川内2号炉で使用されているメタルクラッド開閉装置（以下、「メタクラ」という。）の主な仕様を表1-1に示す。

これらのメタクラを、電圧区分及び設置場所の観点からグループ化し、以下のとおり代表機器を選定した。

1.1 グループ化の考え方及び結果

表1-1に示すメタクラについて、電圧区分及び設置場所の観点から1つのグループにまとめられる。

1.2 代表機器の選定

重要度の高いタクラ（安全系）を代表機器とする。

表1-1 川内2号炉 メタクラの主な仕様

分離 基準	機 器 名 称 (群 数)	仕 様	選 定 基 準							選定	選定理由
			重要度*1	使 用 条 件			内 蔵 遮 断 器				
				運 転	定格使用 電圧 (V)	周囲温度 (°C)	投入方式	定格電流(A) (最大)	遮断電流 (kA)		
高圧	メタクラ (安全系) (2)	高圧閉鎖形 母線定格電流 2,000A	MS-1、重*2	連 続	6,900	約35	ば ね	2,000	40	◎	重要度
								1,200			
	重大事故等対処用変圧器受電盤 (1)	高圧閉鎖形 定格電流 1,200A	重*2	一 時	6,600	約40	ば ね	1,200	40		
	代替電源接続盤 (4)	屋内用壁掛盤 定格電流 350A	重*2	一 時	6,600	約35	—	—	—		
						約40					

*1：機能は最上位の機能を示す

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

2. 代表機器の技術評価

本章では、1章で代表機器とした以下のメタクラについて技術評価を実施する。

① メタクラ（安全系）

2.1 構造、材料及び使用条件

2.1.1 メタクラ（安全系）

(1) 構造

川内2号炉のメタクラ（安全系）は、定格使用電圧6,900V、母線定格電流2,000Aの高圧閉鎖形である。

メタクラ（安全系）には真空遮断器を収納しており、電源回路の保護、制御のために計器用変流器、計器用変圧器等を備えている。

遮断器の投入は、ばね蓄勢用モータ（低圧モータ）により蓄勢された投入ばねによって行い、開放は投入時に蓄勢された引外しばねによって行う構造となっている。

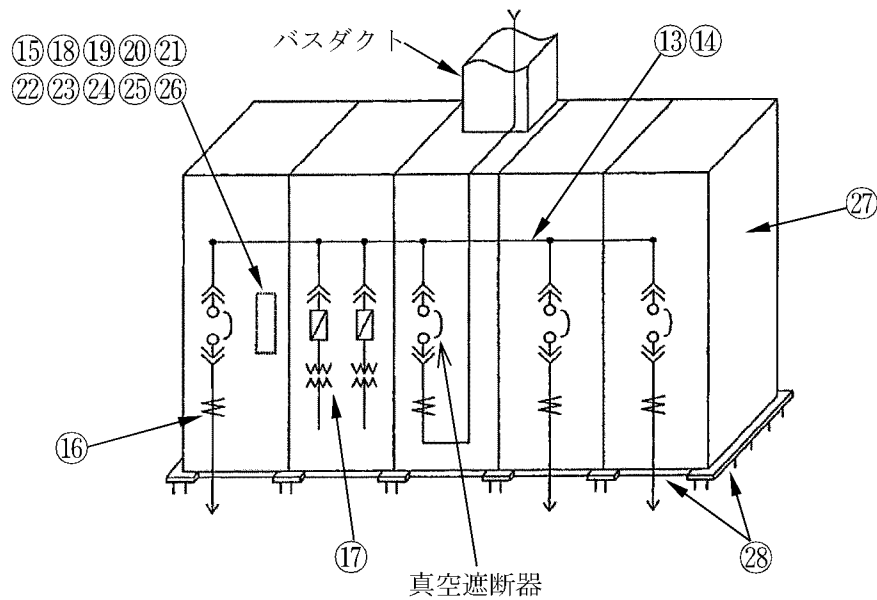
また、電流の遮断は、真空バルブ内で電極を引外すことにより生じるアークを拡散・消滅させることで行う。

メタクラ母線への電源供給はバスダクトにより行う。

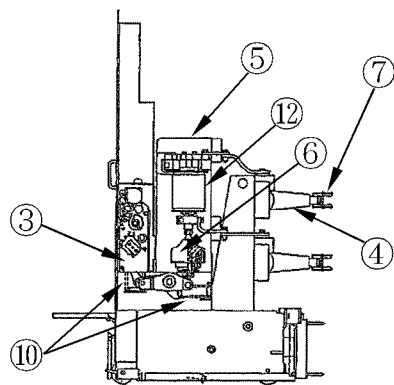
川内2号炉のメタクラ（安全系）構成図を図2.1-1に示す。

(2) 材料及び使用条件

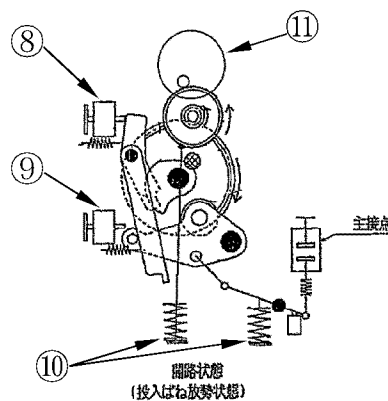
川内2号炉のメタクラ（安全系）の使用材料及び使用条件を表2.1-1及び表2.1-2に示す。



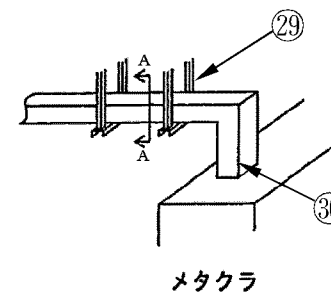
No.	部 位	No.	部 位
①	母線導体	⑩	ばね
②	外 被	⑪	ばね蓄勢用モータ(低圧モータ)
③	操作機構	⑫	真空バルブ
④	ブッシング	⑬	主回路導体
⑤	モールドフレーム	⑭	支持碍子
⑥	絶縁ロッド	⑮	操作スイッチ
⑦	一次コンタクト	⑯	計器用変流器
⑧	投入コイル	⑰	計器用変圧器
⑨	引外しコイル	⑱	保護リレー(静止形)
⑩	ばね	⑲	指示計
⑪	ばね蓄勢用モータ(低圧モータ)	⑳	ロックアウトリレー
⑫	真空バルブ	㉑	補助継電器
⑬	主回路導体	㉒	表示灯
⑭	支持碍子	㉓	ノーヒューズブレーカ
⑮	操作スイッチ	㉔	タイマ
⑯	計器用変流器	㉕	ヒューズ
⑰	計器用変圧器	㉖	電磁接触器
⑱	保護リレー(静止形)	㉗	筐 体
⑲	指示計	㉘	埋込金物
⑳	ロックアウトリレー	㉙	支持具
㉑	補助継電器	㉚	取付ボルト
㉒	表示灯		
㉓	ノーヒューズブレーカ		
㉔	タイマ		
㉕	ヒューズ		
㉖	電磁接触器		
㉗	筐 体		
㉘	埋込金物		
㉙	支持具		
㉚	取付ボルト		



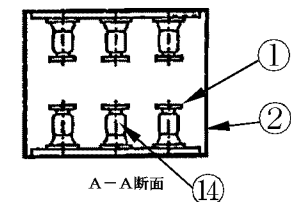
真空遮断器



真空遮断器操作機構



メタクラ



バスダクト

図2.1-1 川内2号炉 メタクラ(安全系)構成図

表2.1-1 川内2号炉 メタクラ（安全系）主要部位の使用材料

部 位		材 料
バスダクト	母線導体	アルミニウム
	外 被	炭 素 鋼
	支持碍子	磁 器
遮 断 器	操作機構	合 金 鋼
	ブッシング	エポキシ樹脂（B種絶縁）
	モールドフレーム	不飽和ポリエステル樹脂（B種絶縁）
	絶縁ロッド	エポキシ樹脂（B種絶縁）
	一次コンタクト	銅
	投入コイル	銅、ポリビニルホルマール（A種絶縁）
	引外しコイル	銅、ポリビニルホルマール（A種絶縁）
	ば ね	ばね用ステンレス鋼線 ばね用オイルテンパー線
	ばね蓄勢用モータ（低圧モータ）	銅、ポリアミドイミド（H種絶縁）
	真空バルブ	セラミックス、銅、銅合金
盤構成成品	主回路導体	アルミニウム
	支持碍子	磁 器
	操作スイッチ	銀、銅
	計器用変流器（巻線形）	銅、ポリオレフィンゴム、ブチルゴム（A種絶縁）
	計器用変流器（貫通形）	銅、エポキシ樹脂（A種絶縁）
	計器用変圧器	銅、エポキシ樹脂（A種絶縁）
	保護リレー（静止形）	消耗品・定期取替品
	指 示 計	炭素鋼、プラスチック
	ロックアウトリレー	消耗品・定期取替品
	補助継電器	消耗品・定期取替品
	表 示 灯	消耗品・定期取替品
	ノーヒューズブレーカ	消耗品・定期取替品
	タ イ マ	消耗品・定期取替品
	ヒューズ	消耗品・定期取替品
	電磁接触器	消耗品・定期取替品
支持組立品	筐 体	炭 素 鋼
	埋込金物	炭 素 鋼
	支 持 具	炭 素 鋼
	取付ボルト	炭 素 鋼

表2.1-2 川内2号炉 メタクラ（安全系）の使用条件

周 围 温 度	約35℃*1
定格短時間電流	40kA 1秒
主回路温度上昇値 (最 大)	65℃
定 格 使 用 電 圧	6,900V

*1：原子炉格納容器外の設計平均温度

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機能達成に必要な項目

メタクラ（安全系）の機能である給電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 遮断機能の維持、通電・絶縁機能の維持
- ② 機器の保護・監視機能の維持
- 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

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

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象（表2.2-1で○となっているもの）としては以下の事象がある。

(1) ばね蓄勢用モータ（低圧モータ）の絶縁低下

ばね蓄勢用モータ（低圧モータ）の絶縁物は有機物であり、熱的、電氣的及び環境的要因で経年劣化が進行し、絶縁性能の低下を起こす可能性があることから、経年劣化に対する評価が必要である。

(2) 計器用変流器（巻線形）及び計器用変圧器の絶縁低下

計器用変流器及び計器用変圧器の絶縁物は有機物であり、熱的、電氣的及び環境的要因で経年劣化が進行し、絶縁性能の低下を起こす可能性があることから、経年劣化に対する評価が必要である。

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

以下の事象（表2.2-1で△又は▲となっているもの）については、想定される経年劣化事象であるが、

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

に該当するものについては、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した。

上記の1)又は2)に該当する事象であるが、保全によりその傾向が維持できていることを確認している事象（日常劣化管理事象）を以下に示す。

(1) 母線導体の腐食（全面腐食）

バスダクト母線導体はアルミニウムであり、腐食が想定される。

しかしながら、アルミニウム表面はエポキシ樹脂で覆うことにより腐食を防止しており、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、定期的な目視確認により、機器の健全性を確認している。

(2) 外被の腐食（全面腐食）

外被は炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、内外面は塗装により腐食を防止しており、塗装が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、定期的な目視確認により塗装の状態を確認し、はく離が認められた場合には必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(3) 操作機構の固着

遮断器の操作機構は、長期間の使用に伴いグリスが固化し、動作特性の低下が想定される。

しかしながら、定期的に注油を行い、各部の目視確認及び動作確認を実施することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(4) モールドフレーム、絶縁ロッド及びブッシングの絶縁低下

遮断器のモールドフレーム、絶縁ロッド及びブッシングの絶縁物は有機物であり、熱的、電氣的及び環境的要因による絶縁低下が想定される。

しかしながら、モールドフレーム等は絶縁性の高い不飽和ポリエステル樹脂又はエポキシ樹脂で形成されており、モールドフレーム等の耐熱温度130℃に対して、主回路導体の通電時の最大温度は100℃であることから絶縁低下の可能性は小さいと考える。

また、これまでに有意な絶縁低下は認められないこと、モールドフレーム等は盤に内蔵しているため、塵埃が付着しにくい環境にあり、有意な汚損、クラック等は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、定期的な絶縁抵抗測定及び目視確認により、機器の健全性を確認している。

(5) 一次コンタクトの摩耗

一次コンタクトは遮断器の出し入れに伴い、摩耗が想定される。

しかしながら、これまでに有意な摩耗は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、定期的な目視確認により、機器の健全性を確認している。

(6) 投入コイル及び引外しコイルの絶縁低下

投入コイル及び引外しコイルの絶縁物は有機物であり、熱的、電氣的及び環境的要因による絶縁低下が想定される。

しかしながら、投入コイル及び引外しコイルは筐体内に設置されているため、塵埃が付着しにくい環境にある。また、投入コイル及び引外しコイルは連続運転ではなく、作動時間も1秒以下と短いことから、コイルの発熱による温度上昇は小さいと考えられ、使用温度に比べて、十分余裕のある絶縁種（A種：許容最高温度105℃）を選択して使用していることから、絶縁低下の可能性は小さいと考える。

また、これまでに有意な絶縁低下は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、定期的な絶縁抵抗測定により、機器の健全性を確認している。

(7) ばねの変形（応力緩和）

遮断器のばねは、投入状態又は開放状態にて長期間保持されることにより、変形（応力緩和）が想定される。

しかしながら、ばねに発生する応力は弾性範囲であり、日本ばね工業会にて実施したばね材料と使用環境温度の実態調査結果と比べて、当該ばねは同等か余裕のある環境で使用している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、定期的な遮断器の動作確認及び目視確認により、機器の健全性を確認している。

(8) 真空バルブの真空度低下

真空遮断器の真空バルブは、長期使用により、スローリーク等による真空度の低下が進行し、真空度が基準値以下となった場合、遮断不能に至ることが想定される。

しかしながら、定期的な真空度測定を実施することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(9) 主回路導体の腐食（全面腐食）

主回路導体はアルミニウムであり、腐食が想定される。

しかしながら、アルミニウム表面はエポキシ樹脂で覆うことにより腐食を防止しており、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、定期的な目視確認により、機器の健全性を確認している。

(10) 支持碍子の絶縁低下

支持碍子は無機物の磁器であり、経年劣化の可能性はない。

なお、長期使用においては表面の汚損による絶縁低下が想定される。

しかしながら、支持碍子は筐体内等に設置されているため、塵埃が付着しにくい環境にあり、これまでに有意な汚損は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、定期的な目視確認により、機器の健全性を確認している。

(11) 操作スイッチの導通不良

操作スイッチは、接点部分に浮遊塵埃が付着することによる導通不良が想定される。

しかしながら、接点部分は盤内に収納されており、塵埃の付着による導通不良が発生する可能性は小さい。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、定期的な遮断器の動作確認により、機器の健全性を確認している。

(12) 指示計の特性変化

指示計は、長期間の使用に伴い特性変化が想定される。

しかしながら、指示計は、高い信頼性を有するものを選定し使用しており、また、屋内に設置されていることから環境変化の程度は小さく、急激な特性変化を起こす可能性は小さいと考える。

また、巡視点検等での目視確認により、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(13) 筐体の腐食（全面腐食）

筐体は炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、内外面は塗装により腐食を防止しており、塗装が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、定期的な目視確認により塗装の状態を確認し、はく離が認められた場合には必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(14) 埋込金物（大気接触部）の腐食（全面腐食）

埋込金物は炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部は塗装により腐食を防止しており、塗装が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、定期的な目視確認により塗装の状態を確認し、はく離が認められた場合には必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(15) 支持具及び取付ボルトの腐食（全面腐食）

支持具及び取付ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、支持具及び取付ボルトは塗装により腐食を防止しており、塗装が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、定期的な目視確認により塗装の状態を確認し、はく離が認められた場合には必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

前述の2)に該当する事象のうち、日常劣化管理事象を除く事象（日常劣化管理事象ではない事象）を以下に示す。

(16) 真空バルブの接点の摩耗

真空バルブの接点は、遮断器の開閉動作に伴う電流開閉により、摩耗が想定される。

しかしながら、10,000回の電流開閉においても有意な電極摩耗は認められておらず、また、運転時の作動回数は30回／年程度と少ないことから摩耗の可能性は小さいと考えられ、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(17) 計器用変流器（貫通形）の絶縁低下

一次コイルと二次コイルがモールド（一体形成）されている形式の計器用変流器については、絶縁物が有機物であり、熱的、電氣的及び環境的要因で経年劣化が進行し、絶縁性能の低下を起こす可能性がある。

しかしながら、計器用変流器は一次コイルのない貫通型計器用変流器であり、構造上空間により絶縁が確保されている。

また、二次コイルにかかる電圧は低く、通電電流による熱的影響も小さい。さらに、空調された屋内に設置されており、塵埃による絶縁低下の可能性も小さく、これまでに有意な絶縁低下は認められていない。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(18) 埋込金物（コンクリート埋設部）の腐食（全面腐食）

埋込金物は炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、コンクリート埋設部については、コンクリートが中性化に至るには長期間を要することから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

2.2.4 消耗品及び定期取替品

表示灯は動作確認の結果に基づき取り替えている消耗品である。

また、保護リレー（静止形）、補助継電器、ノーヒューズブレーカ、タイマ、ロックアウトリレー、ヒューズ及び電磁接触器については定期取替品である。

いずれも、長期使用はせず取替えを前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

表2.2-1(1/2) 川内2号炉 メタクラ (安全系) に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位		消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考	
					減 肉		割 れ		絶 縁	導 通	特 性		その他
					摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁低下	導通不良	特性変化		
遮断機能の維持 通電・絶縁機能の維持	ハズダクト	母線導体		アルミニウム		△							*1：固着 *2：変形 (応力緩和) *3：真空度低下 *4：接点
		外 被		炭素鋼		△							
		支持碍子		磁 器					△				
	遮断器	操作機構			合金鋼							△*1	
		ブッシング			エポキシ樹脂 (B種絶縁)					△			
		モールドフレーム			不飽和ポリエステル樹脂 (B種絶縁)					△			
		絶縁ロッド			エポキシ樹脂 (B種絶縁)					△			
		一次コンタクト			銅	△							
		投入コイル			銅 ポリビニルホルマール (A種絶縁)					△			
		引外しコイル			銅 ポリビニルホルマール (A種絶縁)					△			
		ば ね			ばね用ステンレス鋼線 ばね用オイルテンパー線							△*2	
		ばね蓄勢用モータ (低圧モータ)			銅 ポリアミドイミド (H種絶縁)					○			
		真空バルブ			セラミックス、銅、銅合金	▲*1						△*3	
	主回路導体			アルミニウム		△							
	支持碍子			磁 器					△				

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着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) 川内2号炉 メタクラ (安全系) に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考	
				減 肉		割 れ		絶 縁	導 通	特 性		その他
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁低下	導通不良	特性変化		
機器の保護・監視機能の維持	操作スイッチ		銀、銅						△		*1：大気接触部 *2：コンクリート埋設部	
	計器用変流器（巻線形）		銅 ポリオレフィンゴム ブチルゴム （A種絶縁）					○				
	計器用変流器（貫通形）		銅 エポキシ樹脂 （A種絶縁）					▲				
	計器用変圧器		銅 エポキシ樹脂 （A種絶縁）					○				
	保護リレー（静止形）	◎	—									
	指 示 計		炭素鋼、プラスチック							△		
	ロックアウトリレー	◎	—									
	補助継電器	◎	—									
	表 示 灯	◎	—									
	ノーヒューズブレーカ	◎	—									
	タ イ マ	◎	—									
	ヒューズ	◎	—									
	電磁接触器	◎	—									
機器の支持	筐 体		炭 素 鋼		△							
	埋込金物		炭 素 鋼		△ ^{*1} ▲ ^{*2}							
	支 持 具		炭 素 鋼		△							
	取付ボルト		炭 素 鋼		△							

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着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

2.3.1 ばね蓄勢用モータ（低圧モータ）の絶縁低下

a. 事象の説明

ばね蓄勢用モータ（低圧モータ）の絶縁物は有機物であり、熱的、電氣的及び環境的要因で経年劣化が進行し、絶縁性能の低下が生じる可能性がある。

b. 技術評価

① 健全性評価

ばね蓄勢用モータ（低圧モータ）はメタクラ筐体内に設置されているため、塵埃及び湿分が付着しにくい環境にある。また、モータは連続運転ではなく遮断器投入後に作動するもので、作動時間も数秒と短いことから、モータの発熱による温度上昇は小さいと考えられ、使用温度に比べて十分余裕のある絶縁種（H種：許容最高温度180℃）を使用していることから、絶縁低下の発生の可能性は小さいと考えるが、絶縁低下が生じる可能性は否定できない。

② 現状保全

ばね蓄勢用モータ（低圧モータ）の絶縁低下に対しては、定期的な絶縁抵抗測定により、許容値以上であることの確認を行っている。

③ 総合評価

健全性評価結果から判断して、ばね蓄勢用モータ（低圧モータ）の絶縁低下の可能性は否定できないが、絶縁低下は、絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切である。

よって、現状保全を継続することで、健全性を維持できると考える。

c. 高経年化への対応

ばね蓄勢用モータ（低圧モータ）の絶縁低下については、引き続き定期的に絶縁抵抗測定を実施していく。

2.3.2 計器用変流器（巻線形）及び計器用変圧器の絶縁低下

a. 事象の説明

計器用変流器及び計器用変圧器の絶縁物は有機物であり、熱的、電氣的及び環境的要因で経年劣化が進行し、絶縁性能の低下を起こす可能性がある。

b. 技術評価

① 健全性評価

計器用変流器及び計器用変圧器の絶縁低下については、絶縁物内の微小欠陥における部分放電の長期継続により絶縁物の劣化の形で進行し、最終的に絶縁破壊に至ることから、電気特性試験における部分放電消滅電圧及び部分放電電荷量の測定結果を、「電気学会 電気規格調査会標準規格 計器用変成器（保護継電器用）（JEC-1201-1996）」、「日本工業規格 計器用変成器—（標準用及び一般計測用）第1部：変流器（JIS C 1731-1:1998）」及び「日本工業規格 計器用変成器—（標準用及び一般計測用）第2部：計器用変圧器（JIS C 1731-2:1998）」に基づく基準値と比較することにより、絶縁性能状態を把握する。

計器用変流器及び計器用変圧器の絶縁低下に関する健全性評価として、2001年に電力共通研究「原子力発電所における電気・計装品の健全性評価研究（STEP2）」を実施した。

図2.3-1に示すように60年相当の課電劣化試験^{*1}及び熱サイクル試験^{*2}による健全性調査の結果、部分放電消滅電圧及び部分放電電荷量は基準値を満足しており、絶縁性能は維持できると評価できる。

*1：課電電圧の上昇及び下降の繰り返しによる絶縁劣化を、メーカー独自の寿命評価手法による試験電圧及び試験周波数により加速劣化させる試験

*2：0℃～80℃～0℃で通年（1年間）の温度上昇及び下降による熱応力の機械的ストレスを模擬した試験

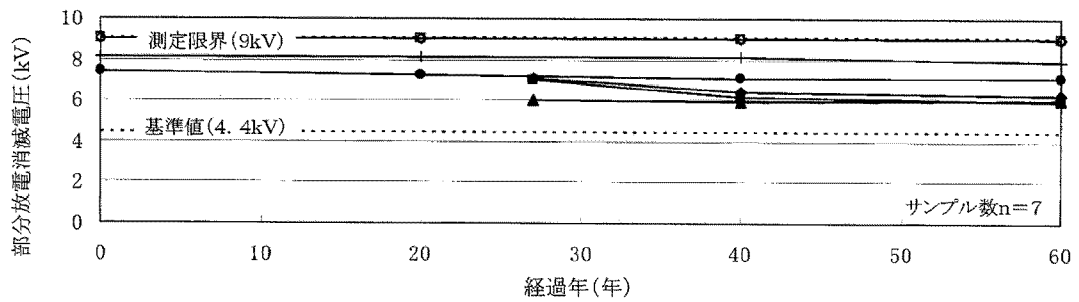


図2.3-1(1/8) 計器用変圧器の部分放電特性（課電劣化試験による部分放電消滅電圧）
 [出典：電力共通研究「原子力発電所における電気・計装品の健全性評価
 研究（STEP2）」2001年度]

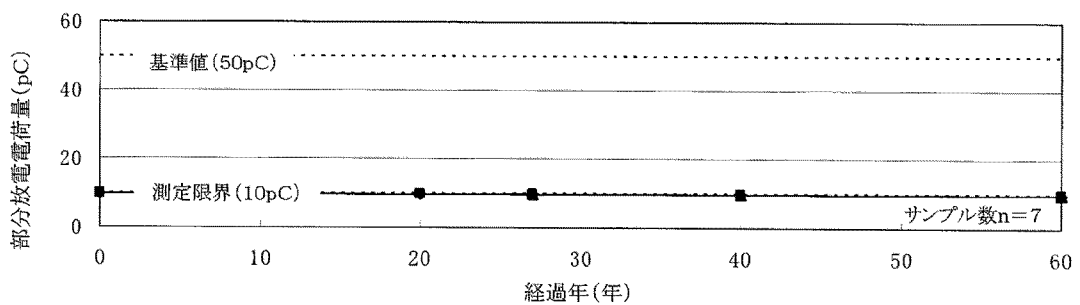


図2.3-1(2/8) 計器用変圧器の部分放電特性（課電劣化試験による部分放電電荷量）
 [出典：電力共通研究「原子力発電所における電気・計装品の健全性評価
 研究（STEP2）」2001年度]

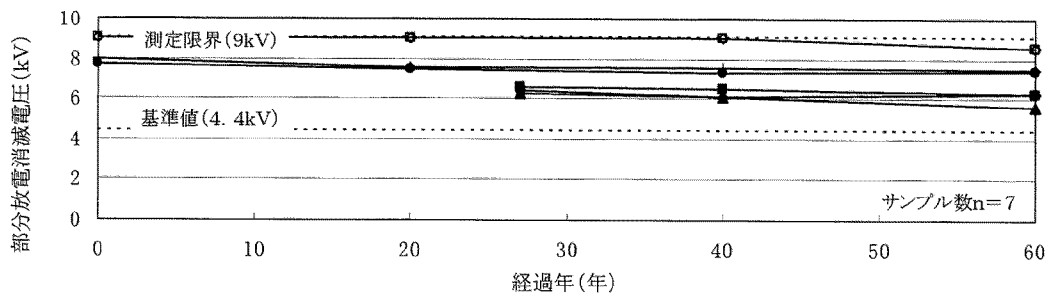


図2.3-1 (3/8) 計器用変圧器の部分放電特性 (熱サイクル試験による部分放電消滅電圧)
 [出典：電力共通研究「原子力発電所における電気・計装品の健全性評価
 研究 (STEP2)」2001年度]

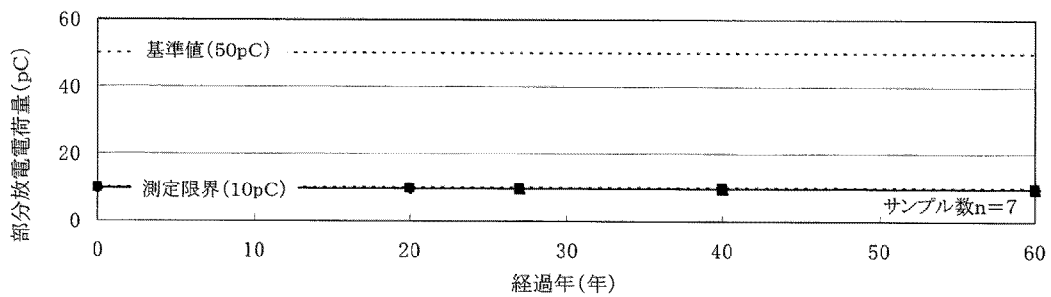


図2.3-1 (4/8) 計器用変圧器の部分放電特性 (熱サイクル試験による部分放電電荷量)
 [出典：電力共通研究「原子力発電所における電気・計装品の健全性評価
 研究 (STEP2)」2001年度]

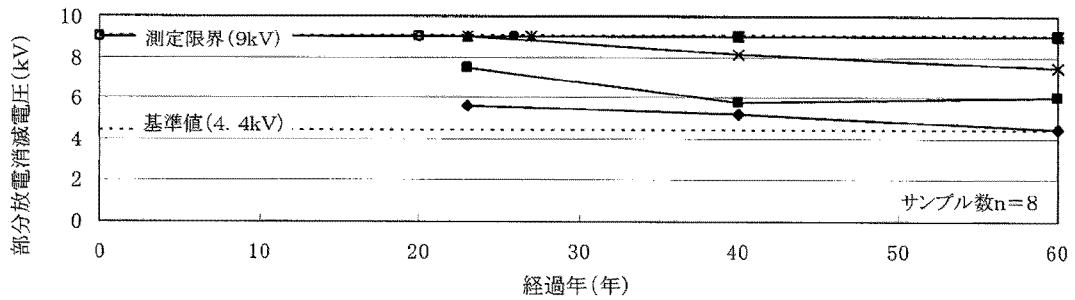


図2.3-1(5/8) 計器用変流器の部分放電特性（課電劣化試験による部分放電消滅電圧）
 [出典：電力共通研究「原子力発電所における電気・計装品の健全性評価
 研究（STEP2）」2001年度]

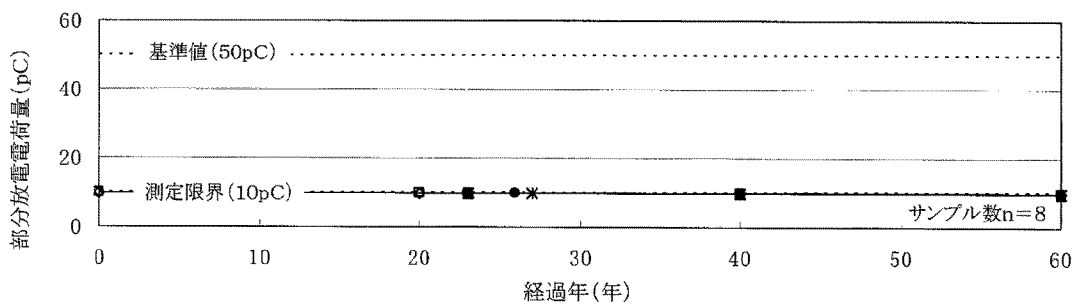


図2.3-1(6/8) 計器用変流器の部分放電特性（課電劣化試験による部分放電電荷量）
 [出典：電力共通研究「原子力発電所における電気・計装品の健全性評価
 研究（STEP2）」2001年度]

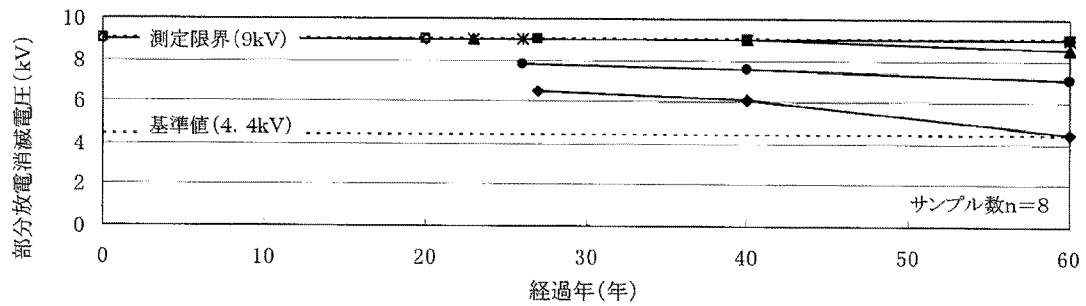


図2.3-1 (7/8) 計器用変流器の部分放電特性 (熱サイクル試験による部分放電消滅電圧)
 [出典：電力共通研究「原子力発電所における電気・計装品の健全性評価
 研究 (STEP2)」2001年度]

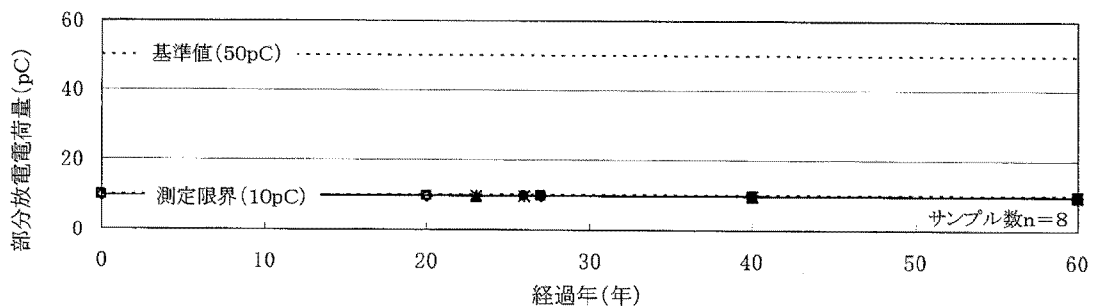


図2.3-1 (8/8) 計器用変流器の部分放電特性 (熱サイクル試験による部分放電電荷量)
 [出典：電力共通研究「原子力発電所における電気・計装品の健全性評価
 研究 (STEP2)」2001年度]

② 現状保全

計器用変流器及び計器用変圧器の絶縁低下に対しては、定期的に絶縁抵抗測定を行い、有意な絶縁低下がないことを確認している。

なお、計器用変流器及び計器用変圧器については、予防保全のため第22回定期検査時(2018年度)、第24回定期検査時(2020年度)に取替えを行っている。

③ 総合評価

健全性評価結果から判断して、計器用変流器及び計器用変圧器の絶縁低下により機器の健全性に影響を与える可能性はないと考える。

絶縁低下は、絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切である。

c. 高経年化への対応

計器用変流器及び計器用変圧器の絶縁低下については、現状保全項目に、高経年化対策の観点から追加すべきものはないと判断する。

3. 代表機器以外への展開

本章では、2章で実施した代表機器の技術評価結果について、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。

なお、経年劣化事象の抽出にあたっては、2章の代表機器における経年劣化事象の抽出と同様に、水平展開機器の構造、材料、使用条件等の特殊性を考慮して選定している。

- ① 重大事故等対処用変圧器受電盤
- ② 代替電源接続盤

3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

3.1.1 ばね蓄勢用モータ（低圧モータ）の絶縁低下 [重大事故等対処用変圧器受電盤]

ばね蓄勢用モータ（低圧モータ）の仕様、構造及び使用環境は代表機器と同様であり、健全性評価結果から判断して、絶縁低下の発生の可能性は小さいと考えるが、絶縁低下が生じる可能性は否定できない。

ばね蓄勢用モータ（低圧モータ）の絶縁低下に対しては、定期的な絶縁抵抗測定により、許容値以上であることを確認している。

絶縁低下は、絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切である。

よって、現状保全を継続することで、健全性を維持できると考える。

したがって、ばね蓄勢用モータ（低圧モータ）の絶縁低下については、引き続き定期的に絶縁抵抗測定を実施していく。

3.1.2 計器用変流器（巻線形）の絶縁低下 [重大事故等対処用変圧器受電盤]

代表機器と同様に、計器用変流器の絶縁物は有機物であり、熱的、電氣的及び環境的要因で経年劣化が進行し、絶縁性能の低下を起こす可能性が考えられるが、健全性評価結果から判断して、計器用変流器の絶縁低下により機器の健全性に影響を与える可能性はないと考える。

絶縁低下は、絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切である。

したがって、計器用変流器の絶縁低下については、現状保全項目に、高経年化対策の観点から追加すべきものはないと判断する。

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

2.2.3の1)又は2)に該当する事象であるが、保全によりその傾向が維持できていることを確認している事象（日常劣化管理事象）を以下に示す。

3.2.1 操作機構の固着 [重大事故等対処用変圧器受電盤]

遮断器の操作機構は、長期間の使用に伴いグリスが固化し、動作特性の低下が想定される。

しかしながら、定期的に注油を行い、各部の目視確認及び動作確認を実施することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

3.2.2 モールドフレーム、絶縁ロッド及びブッシングの絶縁低下

[重大事故等対処用変圧器受電盤]

遮断器のモールドフレーム、絶縁ロッド及びブッシングの絶縁物は有機物であり、熱的、電氣的及び環境的要因による絶縁低下が想定される。

しかしながら、モールドフレーム等は絶縁性の高い不飽和ポリエステル樹脂又はエポキシ樹脂で形成されており、モールドフレーム等の耐熱温度130℃に対して、主回路導体の通電時の最大温度は105℃であることから絶縁低下の可能性は小さいと考える。

また、これまでに有意な絶縁低下は認められないこと、モールドフレーム等は盤に内蔵しているため、塵埃が付着しにくい環境にあり、有意な汚損、クラック等は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、定期的な絶縁抵抗測定及び目視確認により、機器の健全性を確認している。

3.2.3 一次コンタクトの摩耗 [重大事故等対処用変圧器受電盤]

一次コンタクトは遮断器の出し入れに伴い、摩耗が想定される。

しかしながら、これまでに有意な摩耗は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、定期的な目視確認により、機器の健全性を確認している。

3.2.4 投入コイル及び引外しコイルの絶縁低下 [重大事故等対処用変圧器受電盤]

投入コイル及び引外しコイルの絶縁物は有機物であり、熱的、電氣的及び環境的要因による絶縁低下が想定される。

しかしながら、投入コイル及び引外しコイルは筐体内に設置されているため、塵埃が付着しにくい環境にある。また、投入コイル及び引外しコイルは連続運転ではなく、作動時間も1秒以下と短いことから、コイルの発熱による温度上昇は小さいと考えられ、使用温度に比べて、十分余裕のある絶縁種（A種：許容最高温度105℃）を選択して使用していることから、絶縁低下の可能性は小さいと考える。

また、これまでに有意な絶縁低下は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、定期的な絶縁抵抗測定により、機器の健全性を確認している。

3.2.5 ばねの変形（応力緩和） [重大事故等対処用変圧器受電盤]

遮断器のばねは、投入状態又は開放状態にて長期間保持されることにより、変形（応力緩和）が想定される。

しかしながら、ばねに発生する応力は弾性範囲であり、日本ばね工業会にて実施したばね材料と使用環境温度の実態調査結果と比べて、当該ばねは同等か余裕のある環境で使用している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、定期的な遮断器の動作確認及び目視確認により、機器の健全性を確認している。

3.2.6 真空バルブの真空度低下 [重大事故等対処用変圧器受電盤]

真空遮断器の真空バルブは、長期使用により、スローリーク等による真空度の低下が進行し、真空度が基準値以下となった場合、遮断不能に至ることが想定される。

しかしながら、定期的な真空度測定を実施することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

3.2.7 主回路導体の腐食（全面腐食） [重大事故等対処用変圧器受電盤]

主回路導体は銅であり、腐食が想定される。

しかしながら、銅表面はエポキシ樹脂で覆うことにより腐食を防止しており、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、定期的な目視確認により、機器の健全性を確認している。

3.2.8 支持碍子の絶縁低下 [重大事故等対処用変圧器受電盤]

支持碍子は無機物の磁器であり、経年劣化の可能性はない。

なお、長期使用においては表面の汚損による絶縁低下が想定される。

しかしながら、支持碍子は筐体内等に設置されているため、塵埃が付着しにくい環境にあり、これまでに有意な汚損は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、定期的な目視確認により、機器の健全性を確認している。

3.2.9 操作スイッチの導通不良 [重大事故等対処用変圧器受電盤]

操作スイッチは、接点部分に浮遊塵埃が付着することによる導通不良が想定される。

しかしながら、接点部分は盤内に収納されており、塵埃の付着による導通不良が発生する可能性は小さい。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、定期的な遮断器の動作確認により、機器の健全性を確認している。

3.2.10 筐体 [共通] 及び架台 [代替電源接続盤] の腐食 (全面腐食)

筐体及び架台は炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、内外面は塗装により腐食を防止しており、塗装が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、定期的な目視確認により塗装の状態を確認し、はく離が認められた場合には必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

3.2.11 埋込金物 (大気接触部) の腐食 (全面腐食) [重大事故等対処用変圧器受電盤]

埋込金物は炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部は塗装により腐食を防止しており、塗装が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、定期的な目視確認により塗装の状態を確認し、はく離が認められた場合には必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

3.2.12 基礎ボルトの腐食 (全面腐食) 及び劣化 [代替電源接続盤]

基礎ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。また、ケミカルアンカには樹脂を使用しており、劣化が想定される。

基礎ボルトの健全性評価については各機器で共通であることから、機械設備の技術評価書のうち「基礎ボルト」にて評価を実施するものとし、本評価書には含めていない。

2.2.3 2)に該当する事象のうち、日常劣化管理事象を除く事象（日常劣化管理事象ではない事象）を以下に示す。

3.2.13 真空バルブの接点の摩耗 [重大事故等対処用変圧器受電盤]

真空バルブの接点は、遮断器の開閉動作に伴う電流開閉により、摩耗が想定される。

しかしながら、10,000回の電流開閉においても有意な電極摩耗は認められておらず、また、運転時の作動回数は少ないことから摩耗の可能性は小さいと考えられ、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

3.2.14 埋込金物（コンクリート埋設部）の腐食（全面腐食）

[重大事故等対処用変圧器受電盤]

埋込金物は炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、コンクリート埋設部については、コンクリートが中性化に至るには長期間を要することから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

2 動力変圧器

[対象機器]

- ① 動力変圧器（安全系）
- ② 重大事故等対処用変圧器盤

目 次

1. 対象機器及び代表機器の選定	1
1.1 グループ化の考え方及び結果	1
1.2 代表機器の選定	1
2. 代表機器の技術評価	3
2.1 構造、材料及び使用条件	3
2.2 経年劣化事象の抽出	6
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価	11
3. 代表機器以外への展開	13
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象	13
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	14

1. 対象機器及び代表機器の選定

川内 2 号炉で使用されている動力変圧器の主な仕様を表1-1に示す。

これらの動力変圧器を、種類及び設置場所の観点からグループ化し、以下のとおり代表機器を選定した。

1.1 グループ化の考え方及び結果

表1-1に示す動力変圧器について、種類及び設置場所の観点から 1 つのグループにまとめられる。

1.2 代表機器の選定

重要度の高い動力変圧器（安全系）を代表機器とする。

表1-1 川内2号炉 動力変圧器の主な仕様

分離基準		機器名称 (台数)	仕様 (容量) (kVA)	選定基準				選定	選定理由
種類	設置場所			重要度*1	使用条件				
					運転	定格電圧*3 (V)	周囲温度 (°C)		
乾式自冷式	屋内	動力変圧器(安全系) (2)	2,300	MS-1、重*2	連続	6,600	約35	◎	重要度
		重大事故等対処用変圧器盤 (1)	200	重*2	一時	6,600	約40		

*1：機能は最上位の機能を示す

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

*3：高圧側の電圧を示す

2. 代表機器の技術評価

本章では、1章で代表機器とした以下の動力変圧器について技術評価を実施する。

① 動力変圧器（安全系）

2.1 構造、材料及び使用条件

2.1.1 動力変圧器（安全系）

(1) 構造

川内2号炉の動力変圧器（安全系）は、容量2,300kVAの三相乾式変圧器であり、高圧側電圧6,600Vを低圧側電圧の460Vに変圧している。

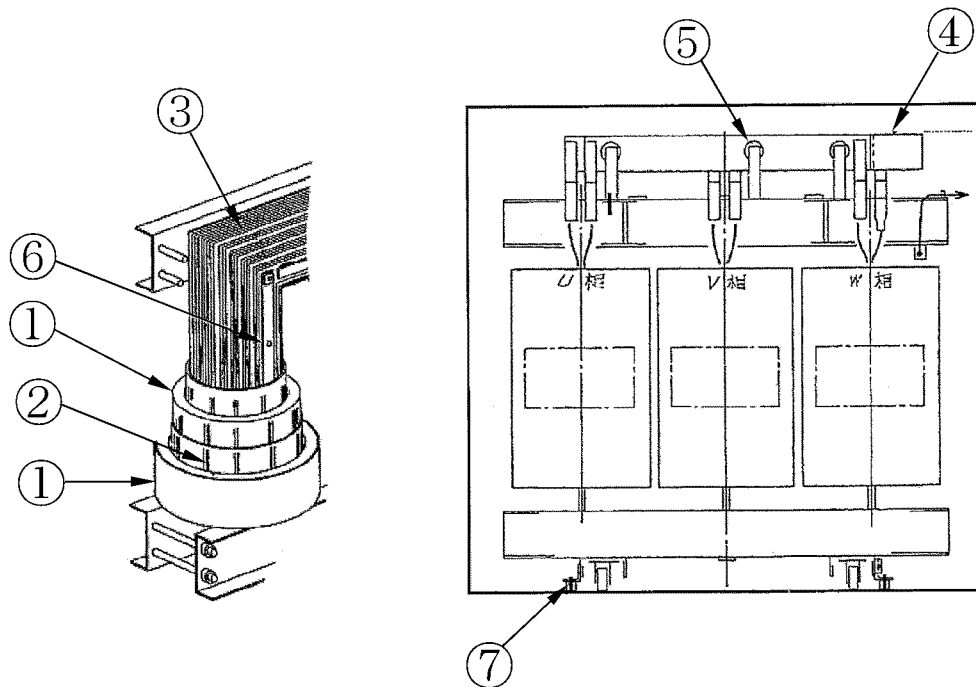
変圧器本体は電流回路となる巻線、磁気回路となる鉄心及び巻線の絶縁を保持する絶縁物から構成され、電磁誘導の原理に基づき電圧変成を行っている。

なお、巻線で発生する熱は、空気の自然対流により冷却される構造となっている。

川内2号炉の動力変圧器（安全系）構造図を図2.1-1に示す。

(2) 材料及び使用条件

川内2号炉の動力変圧器（安全系）の使用材料及び使用条件を表2.1-1及び表2.1-2に示す。



No.	部 位
①	コイル
②	垂直ダクト
③	鉄 心
④	接続銅板
⑤	銅板支持碍子
⑥	鉄心締付ボルト
⑦	基礎ボルト

図2.1-1 川内2号炉 動力変圧器（安全系）構造図

表2.1-1 川内2号炉 動力変圧器（安全系）主要部位の使用材料

部 位		材 料
巻線構成	コイル	銅、ポリアミド紙（H種絶縁）
	垂直ダクト	ポリエステルガラス
鉄心構成	鉄 心	珪素鋼板
	鉄心締付ボルト	炭素鋼（亜鉛メッキ）
配線構成	接続銅板	銅
支持組立	銅板支持碍子	磁 器
	基礎ボルト	炭 素 鋼

表2.1-2 川内2号炉 動力変圧器（安全系）の使用条件

容 量	2,300kVA
周 囲 温 度	約35℃*1
高 圧 側 電 圧	6,600V
低 圧 側 電 圧	460V

*1：原子炉格納容器外の設計平均温度

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機能達成に必要な項目

動力変圧器（安全系）の機能である電圧変成機能を維持するためには、次の2つの項目が必要である。

- ① 磁気回路の維持、通電・絶縁機能の維持
- ② 機器の支持

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

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

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象（表2.2-1で○となっているもの）としては以下の事象がある。

(1) コイルの絶縁低下

コイルの絶縁物は有機物であり、熱的、電氣的及び環境的要因で経年劣化が進行し、絶縁性能の低下を起こす可能性があることから、経年劣化に対する評価が必要である。

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

以下の事象（表2.2-1で△となっているもの）については想定される経年劣化事象であるが、

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

に該当するものについては、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した。

上記の1)又は2)に該当する事象であるが、保全によりその傾向が維持できていることを確認している事象（日常劣化管理事象）を以下に示す。

なお、日常劣化管理事象ではない事象はない。

(1) 垂直ダクトの絶縁低下

コイル内に使用している垂直ダクトは有機物であり、熱的、電氣的及び環境的要因による絶縁低下が想定される。

しかしながら、動力変圧器は空調された屋内に設置されていることから表面の汚損や水分の付着による絶縁低下の可能性は小さい。また、垂直ダクトの耐熱温度は200℃であり、使用時の温度170℃に比して十分余裕がある。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、定期的に絶縁抵抗測定により、機器の健全性を確認している。

(2) 鉄心のゆるみ

鉄心は珪素鋼板の薄板を積層し締付け、組み立てられているが、運転中の振動・温度変化等により締付圧力が低下し、鉄心のゆるみが想定される。

しかしながら、締付ボルトには回り止めが施されており、また、これまでにゆるみは認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、定期的な目視確認により、機器の健全性を確認している。

(3) 接続銅板の腐食（全面腐食）

接続銅板は銅であり、腐食が想定される。

しかしながら、塗装により腐食を防止しており、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、定期的な目視確認により、機器の健全性を確認している。

(4) 銅板支持碍子の絶縁低下

銅板支持碍子は無機物の磁器であり、経年劣化の可能性はない。

なお、長期間の使用においては表面の汚損による絶縁低下が想定される。

しかしながら、動力変圧器は空調された屋内の筐体内に設置されていることから汚損し難い環境にある。また、これまでに有意な汚損は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、定期的な目視確認により、機器の健全性を確認している。

(5) 鉄心締付ボルトの腐食（全面腐食）

鉄心締付ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部は亜鉛メッキにより腐食を防止しており、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、代表として鉄心上部の枠締付ボルトの定期的な目視確認により、機器の健全性を確認している。

(6) 基礎ボルトの腐食（全面腐食）

基礎ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

基礎ボルトの健全性評価については各機器で共通であることから、機械設備の技術評価書のうち「基礎ボルト」にて評価を実施するものとし、本評価書には含めていない。

表2.2-1 川内2号炉 動力変圧器（安全系）に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・ 定期 取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考	
				減 肉		割 れ		絶 縁	導 通	特 性		その他
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐蝕割れ	絶縁低下	導通不良	特性変化		
磁気回路の維持 通電・絶縁機能の 維持	コイル		銅 ポリアミド紙 (H種絶縁)					○			*1：ゆるみ	
	垂直ダクト		ポリエステルガラス					△				
	鉄 心		珪素鋼板							△*1		
	接続銅板		銅		△							
	銅板支持碍子		磁 器					△				
機器の支持	鉄心締付ボルト		炭素鋼 (亜鉛メッキ)		△							
	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

2.3.1 コイルの絶縁低下

a. 事象の説明

コイルに使用している絶縁物は、変圧器を運転している時には、コイルの発熱により温度が高くなるため、長期間の使用に伴い熱的、電氣的及び環境的要因で経年劣化が進行し、絶縁性能の低下を起こす可能性がある。

b. 技術評価

① 健全性評価

動力変圧器（安全系）は空調された屋内に設置されており、環境変化は小さく、また、吸湿が発生し難い環境にある。

動力変圧器（安全系）の絶縁性能の長期特性については、約27年間原子力発電所で使用された実機変圧器を用いた試験で確認されている。

試験では、撤去した変圧器に60年相当の熱劣化を加えた後、「電気学会電気規格調査会標準規格 変圧器（JEC-2200-1995）」に定められている初期耐電圧試験を実施し、絶縁性能に問題のないことが確認された（出典：電力中央研究所報告「原子力発電所における動力変圧器の長期健全性評価研究」2006年6月）。

川内2号炉の動力変圧器（安全系）のコイルは、試験で用いた変圧器コイルの2重ガラス平角銅線に比べ熱劣化特性で優れているポリアミド紙平角銅線を使用していることから、急激な絶縁低下の可能性は小さいと考えるが、絶縁低下の可能性は否定できない。

② 現状保全

コイルの絶縁低下に対しては、定期的な絶縁抵抗測定により、許容値以上であることの確認を行っている。

③ 総合評価

健全性評価結果から判断して、コイルの絶縁低下の可能性は否定できないが、絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切である。

よって、現状保全を継続することで、健全性を維持できると考える。

c. 高経年化への対応

コイルの絶縁低下については、引き続き定期的に絶縁抵抗測定を実施していく。

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。

なお、経年劣化事象の抽出にあたっては、2章の代表機器における経年劣化事象の抽出と同様に、水平展開機器の構造、材料、使用条件等の特殊性を考慮して選定している。

① 重大事故等対処用変圧器盤

3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

3.1.1 コイルの絶縁低下

コイルの絶縁物は、変圧器を運転している時には、コイルの発熱により温度が高くなるため、長期間の使用により熱的、電氣的及び環境的要因で経年劣化が進行し、絶縁性能の低下を起こす可能性がある。

しかしながら、コイルの絶縁物は熱劣化特性の優れた絶縁物（F種：許容最高温度155℃）であり、急激な絶縁低下の可能性は小さいと考える。

コイルの絶縁低下に対しては、絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切である。

したがって、コイルの絶縁低下については、定期的に絶縁抵抗測定を実施していく。

3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

2.2.3の1)又は2)に該当する事象であるが、保全によりその傾向が維持できていることを確認している事象（日常劣化管理事象）を以下に示す。

なお、日常劣化管理事象ではない事象はない。

3.2.1 鉄心のゆるみ

鉄心は珪素鋼板の薄板を積層し締付け、組み立てられているが、運転中の振動・温度変化等により締付圧力が低下し、鉄心のゆるみが想定される。

しかしながら、鉄心は鉄心固定金具により固定されており、また、これまでにゆるみは認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、定期的な目視確認により、機器の健全性を確認している。

3.2.2 接続端子部の腐食（全面腐食）

接続端子部は銅及びアルミニウムであり、腐食が想定される。

しかしながら、メッキにより腐食を防止しており、メッキが健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、定期的な目視確認によりメッキの状態を確認し、はく離が認められた場合には必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

3.2.3 支持碍子の絶縁低下

支持碍子は有機物であり、熱的、電氣的及び環境的要因による絶縁低下が想定される。

しかしながら、支持碍子は屋内の筐体内に設置されていることから、塵埃、湿分等の付着は抑制されている。また、使用温度に対して支持碍子の耐熱温度は155℃と十分余裕を持った耐熱性を有していることから、絶縁低下の可能性は小さいと考える。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、定期的な絶縁抵抗測定により、機器の健全性を確認している。

3.2.4 操作スイッチの導通不良

操作スイッチは、接点部分に浮遊塵埃が付着することによる導通不良が想定される。

しかしながら、接点部分は盤内に収納されており、塵埃の付着による導通不良が発生する可能性は小さい。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、定期的な動作確認により、機器の健全性を確認している。

3.2.5 筐体及びチャンネルベースの腐食（全面腐食）

筐体及びチャンネルベースは炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、内外面は塗装により腐食を防止しており、塗装が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、定期的な目視確認により塗装の状態を確認し、はく離が認められた場合には必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

3.2.6 取付ボルトの腐食（全面腐食）

取付ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、亜鉛メッキにより腐食を防止しており、メッキが健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、定期的な目視確認によりメッキの状態を確認し、はく離が認められた場合には必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

3.2.7 基礎ボルトの腐食（全面腐食）及び劣化

基礎ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。また、ケミカルアンカには樹脂を使用しており、劣化が想定される。

基礎ボルトの健全性評価については各機器で共通であることから、機械設備の技術評価書のうち「基礎ボルト」にて評価を実施するものとし、本評価書には含めていない。

3 パワーセンタ

[対象機器]

- ① パワーセンタ (安全系)

目 次

1. 対象機器	1
2. パワーセンタ（安全系）の技術評価	3
2.1 構造、材料及び使用条件	3
2.2 経年劣化事象の抽出	7
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価	16

1. 対象機器

川内 2 号炉で使用されているパワーセンタの主な仕様を表1-1に示す。

表1-1 川内2号炉 パワーセンタの主な仕様

機器名称 (群数)	仕様	重要度*1	使用条件			内蔵遮断器		
			運転	定格使用 電圧 (V)	周囲温度 (°C)	投入方式	定格電流(A) (最大)	遮断電流 (kA)
パワーセンタ (安全系) (2)	気中遮断器内蔵 低圧閉鎖形 母線定格電流3,000A	MS-1、重*2	連続	460	約35	ばね	3,000	65
							1,600	50

*1：機能は最上位の機能を示す

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

2. パワーセンタ（安全系）の技術評価

2.1 構造、材料及び使用条件

2.1.1 パワーセンタ（安全系）

(1) 構造

川内2号炉のパワーセンタ（安全系）は、定格使用電圧460V、母線定格電流3,000Aの低圧閉鎖形である。

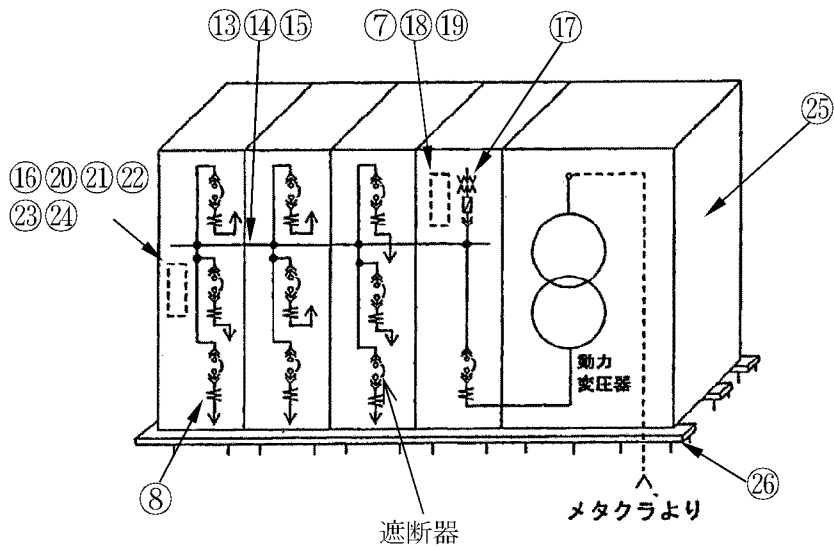
パワーセンタ（安全系）には気中遮断器を収納しており、電源回路の保護、制御のために計器用変流器、計器用変圧器等を備えている。

遮断器の投入は、投入ばねによって行い、開放は投入時に蓄勢された引外しばねによって行う。

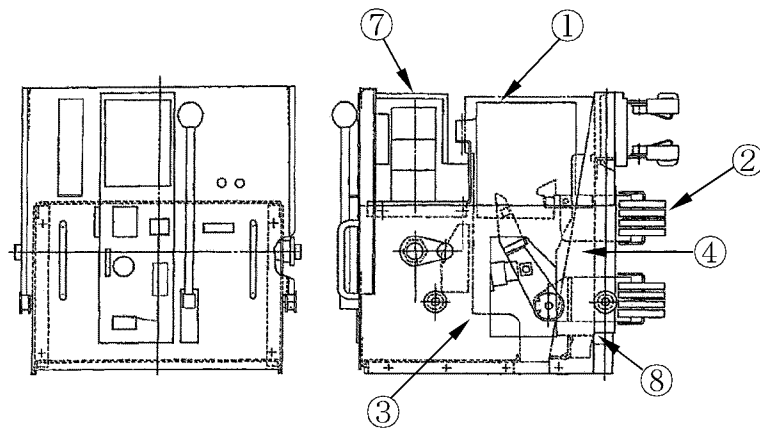
川内2号炉のパワーセンタ（安全系）構成図を図2.1-1に示す。

(2) 材料及び使用条件

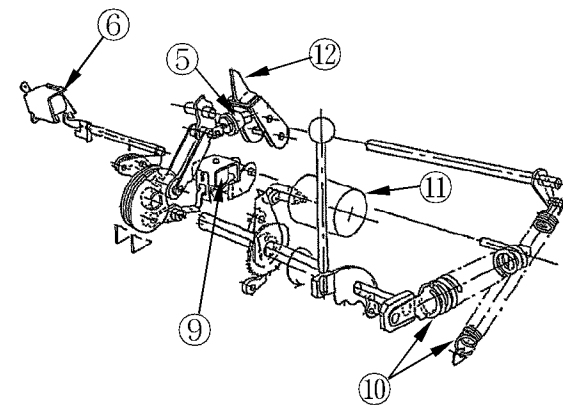
川内2号炉のパワーセンタ（安全系）の使用材料及び使用条件を表2.1-1及び表2.1-2に示す。



No.	部 位	No.	部 位
①	消弧室	⑭	支持碍子
②	一次ジャンクション	⑮	絶縁支持板
③	操作機構	⑯	操作スイッチ
④	絶縁ベース	⑰	計器用変圧器
⑤	絶縁リンク	⑱	指 示 計
⑥	引外レコイル	⑲	ロックアウトリレー
⑦	保護リレー (静止形)	⑳	補助継電器
⑧	計器用変流器	㉑	表 示 灯
⑨	投入コイル	㉒	ノーヒューズブレーカ
⑩	ば ね	㉓	タ イ マ
⑪	ばね蓄勢用モータ (低圧モータ)	㉔	ヒューズ
⑫	接 触 子	㉕	筐 体
⑬	主回路導体	㉖	埋込金物



遮断器



遮断器操作機構

図2.1-1 川内2号炉 パワーセンタ (安全系) 構成図

表2.1-1 川内2号炉 パワーセンタ（安全系）主要部位の使用材料

部 位	材 料	
遮断器	消弧室	炭素鋼
	一次ジャンクション	銅
	操作機構	炭素鋼
	絶縁ベース	ポリエステル樹脂（N種絶縁）
	絶縁リンク	ジアリルフタレート樹脂（H種絶縁）
	引外しコイル	銅、ポリビニルホルマール（A種絶縁）
	保護リレー（静止形）	（アナログ形） 銅、半導体 ホルマール樹脂及びフェノール樹脂 （A種絶縁）
		（デジタル形） 消耗品・定期取替品
	計器用変流器	銅、エポキシ樹脂（A種絶縁）
	投入コイル	銅、ポリビニルホルマール（A種絶縁）
	ばね	合金鋼オイルテンパー線 ピアノ線
	ばね蓄勢用モータ （低圧モータ）	銅、ポリアミドイミド（H種絶縁）
	接 触 子	銀タングステン、銅
盤構成成品	主回路導体	アルミニウム
	支持碍子	エポキシ樹脂（A種絶縁）
	絶縁支持板	フェノール樹脂（B種絶縁）
	操作スイッチ	銀、銅
	計器用変流器	銅、エポキシ樹脂（A種絶縁）
	計器用変圧器	銅、エポキシ樹脂及びクラフト紙（A種絶縁）
	保護リレー（静止形）	（デジタル形） 消耗品・定期取替品
	指 示 計	炭素鋼、プラスチック他
	ロックアウトリレー	消耗品・定期取替品
	補助継電器	消耗品・定期取替品
	表 示 灯	消耗品・定期取替品
	ノーヒューズブレーカ	消耗品・定期取替品
	タ イ マ	消耗品・定期取替品
ヒューズ	消耗品・定期取替品	
支持組立品	筐 体	炭素鋼
	埋込金物	炭素鋼

表2.1-2 川内2号炉 パワーセンタ（安全系）の使用条件

周 囲 温 度	約35℃*1
定 格 短 時 間 電 流	42kA 1秒 65kA 1秒
主回路温度上昇値（最大）	65℃
定 格 使 用 電 圧	460V

*1：原子炉格納容器外の設計平均温度

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機能達成に必要な項目

パワーセンタ（安全系）の機能である給電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 遮断機能の維持、通電・絶縁機能の維持
- ② 機器の保護・監視機能の維持
- 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

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

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象（表2.2-1で○となっているもの）としては以下の事象がある。

(1) 保護リレー（静止形）の絶縁低下

保護リレーの絶縁物は有機物であり、熱的、電氣的及び環境的要因で経年劣化が進行し、絶縁性能の低下を起こす可能性があることから、経年劣化に対する評価が必要である。

(2) ばね蓄勢用モータ（低圧モータ）の絶縁低下

ばね蓄勢用モータ（低圧モータ）の絶縁物は有機物であり、熱的、電氣的及び環境的要因で経年劣化が進行し、絶縁性能の低下を起こす可能性があることから、経年劣化に対する評価が必要である。

(3) 計器用変圧器の絶縁低下

計器用変圧器の絶縁物は有機物であり、熱的、電氣的及び環境的要因で経年劣化が進行し、絶縁性能の低下を起こす可能性があることから、経年劣化に対する評価が必要である。

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

以下の事象（表2.2-1で△又は▲となっているもの）については、想定される経年劣化事象であるが、

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

に該当するものについては、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した。

上記の1)又は2)に該当する事象であるが、保全によりその傾向が維持できていることを確認している事象（日常劣化管理事象）を以下に示す。

(1) 消弧室の汚損

遮断器の消弧室は遮断器の電流遮断動作に伴う消弧室でのアーク消弧により、消弧室が汚損し、消弧性能の低下が想定される。

しかしながら、これまでに有意な汚損は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、定期的な目視確認により、機器の健全性を確認している。

(2) 一次ジャンクションの摩耗

一次ジャンクションは遮断器の出し入れに伴い、摩耗が想定される。

しかしながら、これまでに有意な摩耗は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、定期的な目視確認により、機器の健全性を確認している。

(3) 操作機構の固着

遮断器の操作機構は、長期間の使用に伴いグリスが固化し、動作特性の低下が想定される。

しかしながら、定期的に注油を行い、各部の目視確認及び動作確認を実施することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(4) 絶縁リンク、絶縁ベース及び絶縁支持板の絶縁低下

絶縁リンク、絶縁ベース及び絶縁支持板は有機物であり、熱的、電氣的及び環境的要因による絶縁低下が想定される。

しかしながら、絶縁リンク等は屋内の筐体内に設置されていることから、塵埃、湿分等の付着は抑制されている。また、主回路導体の通電時の最大温度100℃に対して、絶縁リンクの耐熱温度は180℃、絶縁支持板の耐熱温度は130℃、絶縁ベースの耐熱温度は200℃と十分余裕を持った耐熱性を有していることから、絶縁低下の可能性は小さいと考える。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、定期的な絶縁抵抗測定により、機器の健全性を確認している。

(5) 投入コイル及び引外しコイルの絶縁低下

投入コイル及び引外しコイルの絶縁物は有機物であり、熱的、電氣的及び環境的要因による絶縁低下が想定される。

しかしながら、投入コイル及び引外しコイルは筐体内に設置されているため、塵埃が付着しにくい環境にある。また、投入コイル及び引外しコイルは連続運転ではなく、作動時間も1秒以下と小さいことから、コイルの発熱による温度上昇は小さいと考えられ、コイルの絶縁は使用温度約60℃に比べて、十分余裕のある絶縁種（A種：許容最高温度105℃）を選択して使用していることから、絶縁低下の可能性は小さいと考える。

また、これまでに有意な絶縁低下は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、定期的な絶縁抵抗測定により、機器の健全性を確認している。

(6) 保護リレー（静止形）及び指示計の特性変化

保護リレー（静止形）及び指示計は、長期間の使用に伴い特性変化が想定される。

しかしながら、保護リレー（静止形）及び指示計は、高い信頼性を有するものを選定し使用しており、また、屋内に設置されていることから環境変化の程度は小さく、急激な特性変化を起こす可能性は小さいと考える。

また、マイグレーションによる基板中の回路間短絡及び半導体回路の断線については、製造段階で基板表面をコーティングしていること及び回路製作時スクリーニングにより製作不良に基づく回路電流集中が除かれていることから、マイグレーションが発生する可能性は小さいと考える。

さらに、定期的な校正試験又は巡視点検等での目視確認により、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(7) ばねの変形（応力緩和）

遮断器のばねは、投入状態又は開放状態にて長期間保持されることにより、変形（応力緩和）が想定される。

しかしながら、ばねに発生する応力は弾性範囲であり、日本ばね工業会にて実施したばね材料と使用環境温度の実態調査結果と比べて、当該ばねは同等か余裕のある環境で使用している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、定期的な遮断器の動作確認及び目視確認により、機器の健全性を確認している。

(8) 接触子の摩耗

遮断器の接触子は遮断器の開閉動作に伴う電流開閉により、摩耗が想定される。

しかしながら、これまでに有意な摩耗は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目す

べき経年劣化事象ではない。

なお、定期的な目視確認により、機器の健全性を確認している。

(9) 主回路導体の腐食（全面腐食）

主回路導体はアルミニウムであり、腐食が想定される。

しかしながら、アルミニウム表面はエポキシ樹脂で覆うことにより腐食を防止しており、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、定期的な目視確認により、機器の健全性を確認している。

(10) 支持碍子の絶縁低下

支持碍子は有機物であり、熱的、電氣的及び環境的要因による絶縁低下が想定される。

しかしながら、支持碍子は屋内の筐体内に設置されていることから、塵埃、水分等の付着は抑制されている。また、主回路導体の通電時の最大温度100℃に対して、支持碍子の耐熱温度は105℃と十分余裕を持った耐熱性を有していることから、絶縁低下の可能性は小さいと考える。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、定期的な絶縁抵抗測定により、機器の健全性を確認している。

(11) 操作スイッチの導通不良

操作スイッチは接点部分に付着する浮遊塵埃により、導通不良が想定される。

しかしながら、操作スイッチの接点部分は盤内に収納されており、塵埃の付着により導通不良が発生する可能性は小さい。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、定期的な遮断器の動作確認により、機器の健全性を確認している。

(12) 筐体の腐食（全面腐食）

筐体は炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、内外面とも塗装により腐食を防止しており、塗装が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、定期的な目視確認により塗装の状態を確認し、はく離が認められた場合には必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(13) 埋込金物（大気接触部）の腐食（全面腐食）

埋込金物は炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部は塗装により腐食を防止しており、塗装が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、定期的な目視確認により塗装の状態を確認し、はく離が認められた場合には必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

前述の2)に該当する事象のうち、日常劣化管理事象を除く事象（日常劣化管理事象ではない事象）を以下に示す。

(14) 計器用変流器の絶縁低下

一次コイルと二次コイルがモールド（一体形成）されている形式の計器用変流器については、絶縁物が有機物であり、熱的、電氣的及び環境的要因で経年劣化が進行し、絶縁性能の低下を起こす可能性がある。

しかしながら、計器用変流器は一次コイルのない貫通型計器用変流器であり、構造上空間により絶縁が確保されている。

また、二次コイルにかかる電圧は低く、通電電流による熱的影響も小さい。さらに、空調された屋内に設置されており、塵埃による絶縁低下の可能性も小さく、これまでに有意な絶縁低下は認められていない。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(15) 埋込金物（コンクリート埋設部）の腐食（全面腐食）

埋込金物は炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、コンクリート埋設部については、コンクリートが中性化に至るには長期間を要することから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

2.2.4 消耗品及び定期取替品

表示灯は動作確認の結果に基づき取り替えている消耗品である。

また、保護リレー（静止形）、補助継電器、ノーヒューズブレーカ、ロックアウトリレー、タイマ及びヒューズについては定期取替品である。

いずれも、長期使用はせず取替えを前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

表2.2-1(1/2) 川内2号炉 パワーセンタ（安全系）に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考	
				減 肉		割 れ		絶 縁	導 通	特 性		その他
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁低下	導通不良	特性変化		
遮断機能の維持 通電・絶縁機能の維持	遮断器		炭素鋼								△*3	*1：固着 *2：変形（応力緩和） *3：汚損
			銅	△								
			炭素鋼								△*1	
			ポリエステル樹脂（N種絶縁）					△				
			ジアリルフタレート樹脂（H種絶縁）					△				
			銅 ポリビニルホルマール（A種絶縁）					△				
			(アナログ形) 銅、半導体 ホルマール樹脂及び フェノール樹脂（A種絶縁）					○		△		
		◎	(デジタル形) —									
			銅 エポキシ樹脂（A種絶縁）					▲				
			銅 ポリビニルホルマール（A種絶縁）					△				
			合金鋼 オイルテンパー線 ピアノ線								△*2	
			銅 ポリアミドイミド（H種絶縁）					○				
	接触子		銀タングステン、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）

▲：高経年化対策上着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) 川内2号炉 パワーセンタ(安全系)に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考	
				減 肉		割 れ		絶 縁	導 通	特 性		その他
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐蝕割れ	絶縁低下	導通不良	特性変化		
遮断機能の維持 通電・絶縁機能の維持	主回路導体		アルミニウム		△							
	支持碍子		エポキシ樹脂 (A種絶縁)					△				
	絶縁支持板		フェノール樹脂 (B種絶縁)					△				
機器の保護・監視機能の維持	操作スイッチ		銀、銅						△			*1: 大気接触部 *2: コンクリート埋設部
	計器用変流器		銅 エポキシ樹脂 (A種絶縁)					▲				
	計器用変圧器		銅 エポキシ樹脂及び クラフト紙 (A種絶縁)					○				
	保護リレー(静止形)	◎	(デジタル形) —									
	指示計		炭素鋼、プラスチック他							△		
	ロックアウトリレー	◎	—									
	補助継電器	◎	—									
	表示灯	◎	—									
	ノーヒューズブレーカ	◎	—									
	タイマ	◎	—									
	ヒューズ	◎	—									
機器の支持	筐 体		炭素鋼		△							
	埋込金物		炭素鋼		△*1 ▲*2							

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象(日常劣化管理事象)

▲：高経年化対策上着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

2.3.1 保護リレー（静止形）の絶縁低下

a. 事象の説明

保護リレー内部に使用されている入力トランスは有機物であり、熱的、電氣的及び環境的要因で経年劣化が進行し、絶縁性能の低下を起こす可能性がある。

b. 技術評価

① 健全性評価

保護リレーは屋内に設置された筐体内に設置されているため、環境変化は小さく、また、塵埃が付着しにくい環境にある。

保護リレーの健全性評価として、同種の保護リレーの絶縁低下に対する評価試験を実施し、健全性を評価した。

図2.3-1では、コイル部絶縁の絶縁破壊電圧を示している。この評価からコイル部絶縁の絶縁破壊電圧の95%信頼区間下限が判定基準に達するまでの期間は約40年となるため、急激な絶縁低下の可能性は小さいと考えるが、絶縁低下の可能性は否定できない。

なお、判定基準は、保護リレーのコイル部絶縁仕様の耐電圧であるAC 2 kV（電気学会 電気規格調査会標準規格 電力用保護継電器（JEC-2500-1987））としている。

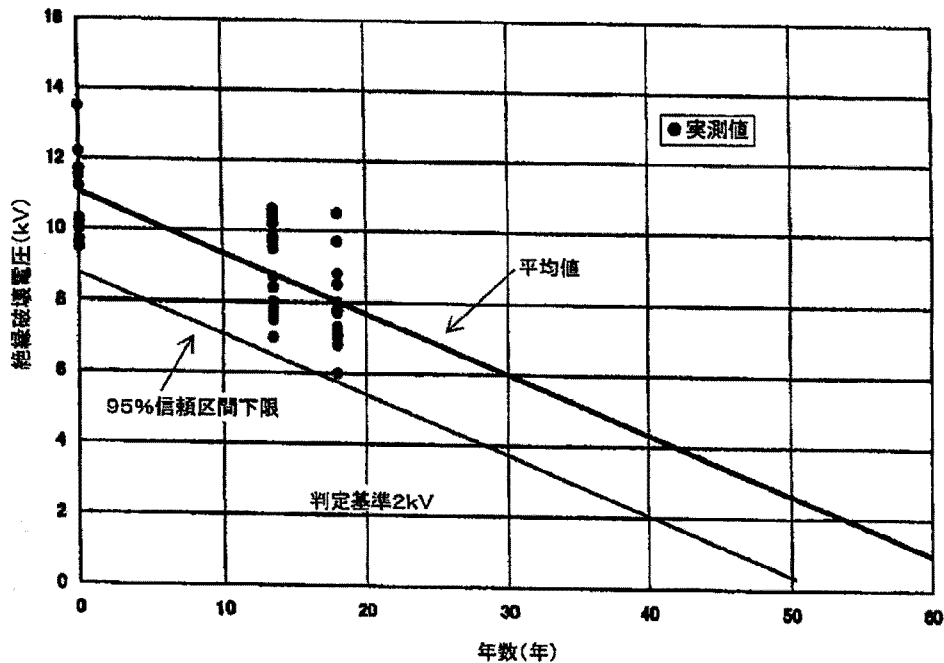


図2.3-1 保護リレーの絶縁破壊電圧と使用年数の関係

[出典：メーカーデータ]

② 現状保全

保護リレーの絶縁低下に対しては、定期的な絶縁抵抗測定により、許容値以上であることの確認を行っている。

また、絶縁抵抗測定結果に基づき、必要により取替えを実施していく。

なお、保護リレーについては、予防保全のため第17回定期検査時（2007年度）及び第18回定期検査時（2008年度）に取替えを行っている。

③ 総合評価

健全性評価結果及び取替実績から判断して、保護リレーの絶縁低下により機器の健全性に影響を与える可能性はないと考える。

また、絶縁低下は、絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切である。

c. 高経年化への対応

保護リレーの絶縁低下については、引き続き定期的に絶縁抵抗測定を実施していくとともに、絶縁抵抗測定結果に基づき必要により取替えを実施していく。

2.3.2 ばね蓄勢用モータ（低圧モータ）の絶縁低下

a. 事象の説明

ばね蓄勢用モータ（低圧モータ）の絶縁物は有機物であり、熱的、電氣的及び環境的要因で経年劣化が進行し、絶縁性能の低下を起す可能性がある。

b. 技術評価

① 健全性評価

ばね蓄勢用モータ（低圧モータ）は屋内に設置されていることから、塵埃が付着しにくい環境にあり、また、モータは連続運転ではなく遮断器投入後に作動するもので、作動時間も10秒以下と短いことから、モータの発熱による温度上昇は少ないと考える。

また、モータの絶縁は使用温度に比べて余裕のある絶縁種（H種：許容最高温度180℃）を選択して使用していることから、絶縁低下の発生の可能性は小さいと考えるが、絶縁低下の可能性は否定できない。

② 現状保全

ばね蓄勢用モータ（低圧モータ）の絶縁低下に対しては、定期的な絶縁抵抗測定により、許容値以上であることの確認を行っている。

③ 総合評価

健全性評価結果から判断して、ばね蓄勢用モータ（低圧モータ）の絶縁低下の可能性は否定できないが、絶縁低下は、絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切である。

よって、現状保全を継続することで、健全性を維持できると考える。

c. 高経年化への対応

ばね蓄勢用モータ（低圧モータ）の絶縁低下については、引き続き定期的に絶縁抵抗測定を実施していく。

2.3.3 計器用変圧器の絶縁低下

a. 事象の説明

計器用変圧器の絶縁物は有機物であり、熱的、電氣的及び環境的要因で経年劣化が進行し、絶縁性能の低下を起こす可能性がある。

b. 技術評価

① 健全性評価

パワーセンタ(安全系)の計器用変圧器のサンプリングデータ等はないが、メタクラの計器用変流器及び計器用変圧器の研究結果(詳細は「電気設備の技術評価書 メタクラ計器用変流器及び計器用変圧器の絶縁低下」参照)より絶縁性能に問題のないことを確認している。

したがって、パワーセンタ(安全系)の計器用変圧器については、短期間での急激な絶縁低下の可能性は小さいと考えるが、絶縁低下の可能性は否定できない。

② 現状保全

計器用変圧器の絶縁低下に対しては、定期的な絶縁抵抗測定により、有意な絶縁低下がないことを確認している。

なお、計器用変圧器については、予防保全のため第2 2回定期検査時(2018年度)及び第2 4回定期検査時(2020年度)に取替えを行っている。

③ 総合評価

健全性評価結果から判断して、計器用変圧器の絶縁低下の可能性は否定できないが、絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切である。

よって、現状保全を継続することで、健全性を維持できると考える。

c. 高経年化への対応

計器用変圧器の絶縁低下については、引き続き定期的に絶縁抵抗測定を実施していく。

4 コントロールセンタ

[対象機器]

- ① 原子炉コントロールセンタ (安全系)
- ② ディーゼル発電機コントロールセンタ
- ③ 事故後サンプリングコントロールセンタ

目 次

1. 対象機器及び代表機器の選定	1
1.1 グループ化の考え方及び結果	1
1.2 代表機器の選定	1
2. 代表機器の技術評価	3
2.1 構造、材料及び使用条件	3
2.2 経年劣化事象の抽出	6
3. 代表機器以外への展開	11
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象	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	11

1. 対象機器及び代表機器の選定

川内 2 号炉で使用されているコントロールセンタの主な仕様を表1-1に示す。

これらのコントロールセンタを、電圧区分及び設置場所の観点からグループ化し、以下のとおり代表機器を選定した。

1.1 グループ化の考え方及び結果

表1-1に示すコントロールセンタについて、電圧区分及び設置場所の観点から 1 つのグループにまとめられる。

1.2 代表機器の選定

重要度が高く、定格電流の大きい原子炉コントロールセンタ（安全系）を代表機器とする。

表1-1 川内2号炉 コントロールセンタの主な仕様

分離基準		機器名称 (群数)	選定基準					選定	選定理由
電圧区分	設置場所		仕様	重要度*1	使用条件				
					運転	定格使用 電圧 (V)	周囲温度 (°C)		
低圧	屋内	原子炉コントロールセンタ(安全系) (4)	低圧閉鎖形 定格電流 800A	MS-1、重*2	連続	460	約35	◎	重要度 定格電流
		ディーゼル発電機コントロールセンタ (2)	低圧閉鎖形 定格電流 600A	MS-1	連続	460	約40		
		事故後サンプリングコントロールセンタ (1)*3	低圧閉鎖形 定格電流 600A	重*2	連続	460	約40		

*1：機能は最上位の機能を示す

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

*3：事故後サンプリングコントロールセンタのうちA系統のみ

2. 代表機器の技術評価

本章では、1章で代表機器とした以下のコントロールセンタについて技術評価を実施する。

① 原子炉コントロールセンタ（安全系）

2.1 構造、材料及び使用条件

2.1.1 原子炉コントロールセンタ（安全系）

(1) 構造

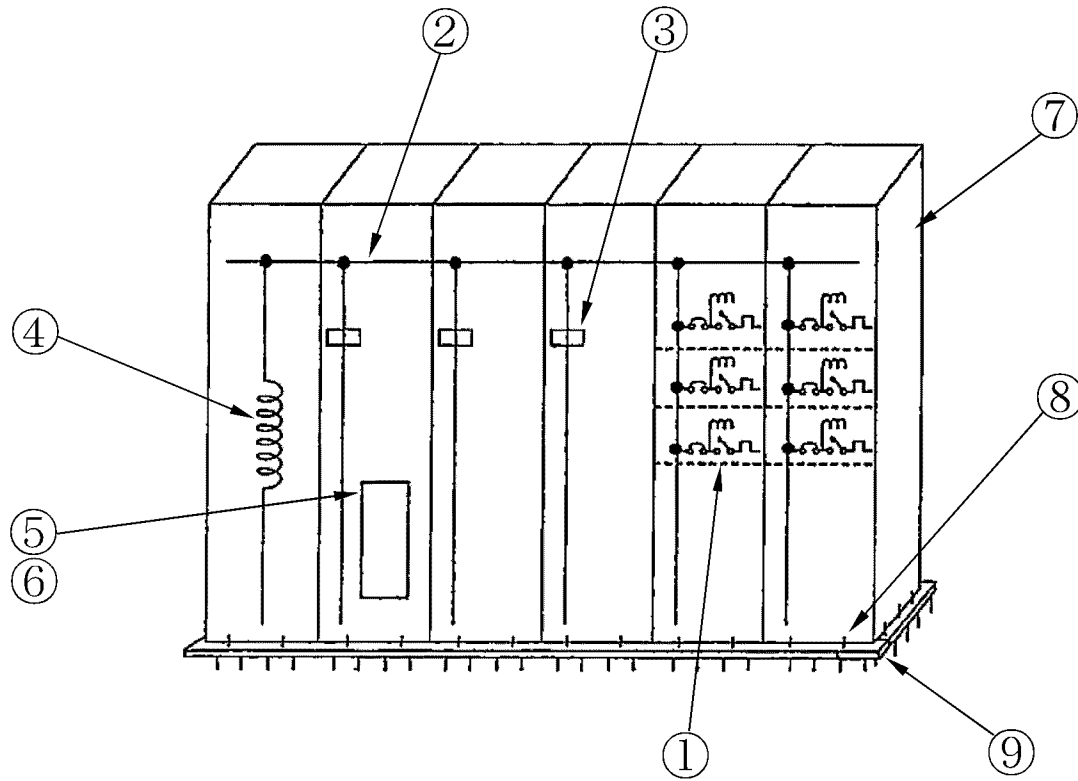
川内2号炉の原子炉コントロールセンタ（安全系）は、定格電圧460V、定格電流800Aの低圧閉鎖形である。

原子炉コントロールセンタ（安全系）は、電源を開閉する開閉装置、限流リアクトル等で構成されている。

川内2号炉の原子炉コントロールセンタ（安全系）構成図を図2.1-1に示す。

(2) 材料及び使用条件

川内2号炉の原子炉コントロールセンタ（安全系）の使用材料及び使用条件を表2.1-1及び表2.1-2に示す。



No.	部 位
①	開閉装置
②	主回路導体
③	母線支え
④	限流リアクトル
⑤	表 示 灯
⑥	タ イ マ
⑦	筐 体
⑧	取付ボルト
⑨	埋込金物

図2. 1-1 川内 2 号炉 原子炉コントロールセンタ (安全系) 構成図

表2.1-1 川内2号炉 原子炉コントロールセンタ（安全系）主要部位の使用材料

部 位		材 料
盤内構成品	開閉装置（ノーヒューズブレーカ、サーマルリレー、電磁接触器、ヒューズ、補助継電器）	消耗品・定期取替品
	主回路導体	銅（錫メッキ）
	母線支え	不飽和ポリエステル樹脂（B種絶縁）
	限流リアクトル	銅、絶縁物（ガラステープ）（F種絶縁） スペーサ（ガラスエポキシ）（F種絶縁） 絶縁円板（ガラスエポキシ）（F種絶縁）
	表示灯	消耗品・定期取替品
	タイマ	消耗品・定期取替品
支持組立品	筐 体	炭 素 鋼
	取付ボルト	炭素鋼（亜鉛メッキ）
	埋込金物	炭 素 鋼

表2.1-2 川内2号炉 原子炉コントロールセンタ（安全系）の使用条件

周 囲 温 度	約35℃*1
定格短時間電流	14kA 1秒
主回路温度上昇値 （最 大）	45℃
定格使用電圧	460V

*1：原子炉格納容器外の設計平均温度

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機能達成に必要な項目

コントロールセンタの機能である補機への給電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 遮断機能の維持、通電・絶縁機能の維持
- ② 機器の保護・監視機能の維持
- 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

原子炉コントロールセンタ（安全系）について機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の構造、材料、使用条件（電圧、温度等）及び現在までの運転経験を考慮し、表2.2-1に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象はない。

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

以下の事象（表2.2-1で△又は▲となっているもの）については、想定される経年劣化事象であるが、

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

に該当するものについては、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した。

上記の1)又は2)に該当する事象であるが、保全によりその傾向が維持できていることを確認している事象（日常劣化管理事象）を以下に示す。

(1) 主回路導体の腐食（全面腐食）

主回路導体は銅であり、腐食が想定される。

しかしながら、錫メッキにより腐食を防止しており、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、定期的な目視確認により、機器の健全性を確認している。

(2) 母線支えの絶縁低下

主回路導体を支持する母線支えは有機物であり、熱的、電氣的及び環境的要因による絶縁低下が想定される。

しかしながら、主回路導体を支持する母線支えは、不飽和ポリエステル樹脂であり、主回路導体の通電時の最大温度80℃に対して、母線支えの耐熱温度は130℃と十分裕度を持った耐熱性を有していることから、絶縁低下の可能性は小さいと考える。また、母線支えは筐体内に設置されており、塵埃、湿分等の付着による絶縁低下については発生の可能性は小さく、これまでに有意な絶縁低下は認められていない。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、定期的な絶縁抵抗測定により、機器の健全性を確認している。

(3) 限流リアクトルの腐食（全面腐食）

限流リアクトルは銅であり、腐食が想定される。

しかしながら、ガラステープで覆うことにより腐食を防止しており、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、定期的な目視確認により、機器の健全性を確認している。

(4) 限流リアクトルの絶縁低下

限流リアクトルは熱的、電氣的及び環境的要因による絶縁低下が想定される。

しかしながら、限流リアクトルはガラステープで絶縁した銅導体を連続円板状に巻いたもので、各円板状コイルは樹脂製スペーサで分離し、コイルを両端からガラスエポキシ積層板から成る絶縁円板で挟むとともに、筐体等とは十分な離隔距離を有している。限流リアクトルは通常運転時の温度約90℃に対して、十分な耐熱温度155℃を有している。また、限流リアクトルは筐体内に設置されていることから、塵埃、湿分等の付着は抑制されている。このため、限流リアクトルについては、絶縁低下が生じる可能性は小さい。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、定期的な絶縁抵抗測定により、機器の健全性を確認している。

(5) 筐体の腐食（全面腐食）

筐体は炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、塗装により腐食を防止しており、塗装が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、定期的な目視確認により塗装の状態を確認し、はく離が認められた場合には必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(6) 取付ボルトの腐食（全面腐食）

取付ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、亜鉛メッキにより腐食を防止しており、メッキが健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、定期的な目視確認によりメッキの状態を確認し、はく離が認められた場合には必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(7) 埋込金物（大気接触部）の腐食（全面腐食）

埋込金物は炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部は塗装により腐食を防止しており、塗装が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、定期的な目視確認により塗装の状態を確認し、はく離が認められた場合には必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

前述の2)に該当する事象のうち、日常劣化管理事象を除く事象（日常劣化管理事象ではない事象）を以下に示す。

(8) 埋込金物（コンクリート埋設部）の腐食（全面腐食）

埋込金物は炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、コンクリート埋設部については、コンクリートが中性化に至るには長期間を要することから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

2.2.4 消耗品及び定期取替品

表示灯は動作確認の結果に基づき取り替えている消耗品である。

また、開閉装置（ノーヒューズブレーカ、サーマルリレー、電磁接触器、ヒューズ及び補助継電器）及びタイマについては定期取替品であるため、長期使用はせず取替えを前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

表2.2-1 川内2号炉 原子炉コントロールセンタ（安全系）に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・ 定期 取 替 品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考	
				減 肉		割 れ		絶 縁	導 通	特 性		そ の 他
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁低下	導通不良	特性変化		
遮断機能の維持 通電・絶縁機能の 維持	開閉装置 (ノーヒューズブレーカ、サーマルリレー、電磁接触器、ヒューズ、補助継電器)	◎	—								*1：大気接触部 *2：コンクリート埋設部	
	主回路導体		銅 (錫メッキ)		△							
	母線支え		不飽和ポリエステル樹脂 (B種絶縁)					△				
機器の保護・監視 機能の維持	限流リアクトル		銅 絶縁物 (ガラステープ) (F種絶縁) スペーサ (ガラスエポキシ) (F種絶縁) 絶縁円板 (ガラスエポキシ) (F種絶縁)		△			△				
	表示灯	◎	—									
	タイマ	◎	—									
機器の支持	筐 体		炭素鋼		△							
	取付ボルト		炭素鋼 (亜鉛メッキ)		△							
	埋込金物		炭素鋼		△ ^{*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）

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

3. 代表機器以外への展開

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

なお、経年劣化事象の抽出にあたっては、2章の代表機器における経年劣化事象の抽出と同様に、水平展開機器の構造、材料、使用条件等の特殊性を考慮して選定している。

- ① ディーゼル発電機コントロールセンタ
- ② 事故後サンプリングコントロールセンタ

3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

水平展開機器各々の構造、材料、使用条件（電圧、温度等）及び現在までの運転経験を考慮すると、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象はない。

3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

2.2.3の1)又は2)に該当する事象であるが、保全によりその傾向が維持できていることを確認している事象（日常劣化管理事象）を以下に示す。

3.2.1 主回路導体の腐食（全面腐食）[共通]

主回路導体は銅であり、腐食が想定される。

しかしながら、錫メッキにより腐食を防止しており、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、定期的な目視確認により、機器の健全性を確認している。

3.2.2 母線支えの絶縁低下 [共通]

主回路導体を支持する母線支えは有機物であり、熱的、電氣的及び環境的要因による絶縁低下が想定される。

しかしながら、主回路導体を支持する母線支えは、不飽和ポリエステル樹脂であり、主回路導体の通電時の最大温度85℃に対して、母線支えの耐熱温度は130℃と十分裕度を持った耐熱性を有していることから、絶縁低下の可能性は小さいと考える。また、母線支えは筐体内に設置されており、塵埃、湿分等の付着による絶縁低下については発生の可能性は小さく、これまでに有意な絶縁低下は認められていない。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、定期的な絶縁抵抗測定により、機器の健全性を確認している。

3.2.3 管体の腐食（全面腐食）[共通]

管体は炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、塗装により腐食を防止しており、塗装が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、定期的な目視確認により塗装の状態を確認し、はく離が認められた場合には必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

3.2.4 取付ボルトの腐食（全面腐食）[共通]

取付ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、亜鉛メッキにより腐食を防止しており、メッキが健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、定期的な目視確認によりメッキの状態を確認し、はく離が認められた場合には必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

3.2.5 埋込金物（大気接触部）の腐食（全面腐食）[共通]

埋込金物は炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部は塗装により腐食を防止しており、塗装が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、定期的な目視確認により塗装の状態を確認し、はく離が認められた場合には必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

3.2.6 基礎ボルトの腐食（全面腐食）及び劣化

[ディーゼル発電機コントロールセンタ]

基礎ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。また、ケミカルアンカには樹

脂を使用しており、劣化が想定される。

基礎ボルトの健全性評価については各機器で共通であることから、機械設備の技術評価書のうち「基礎ボルト」にて評価を実施するものとし、本評価書には含めていない。

2.2.3 2)に該当する事象のうち、日常劣化管理事象を除く事象（日常劣化管理事象ではない事象）を以下に示す。

3.2.7 埋込金物（コンクリート埋設部）の腐食（全面腐食）〔共通〕

埋込金物は炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、コンクリート埋設部については、コンクリートが中性化に至るには長期間を要することから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

川内原子力発電所2号炉

タービン設備の技術評価書

[運転を断続的に行うことを前提とした評価]

九州電力株式会社

川内2号炉のタービン設備のうち、評価対象機器である安全重要度分類審査指針におけるクラス1、2の機器、高温・高圧の環境下にあるクラス3の機器及び常設重大事故等対処設備に属する機器を選定した。

これらの一覧を表1に、機能を表2に示す。

本評価書における技術評価結果で現状保全を継続すべき項目としたものについては、現状保全の点検手法の適切性を確認しており、現状保全を継続することで健全性の維持は可能であると考えます。

なお、点検等で確認した結果、異常が認められた場合、速やかに対策を施すこととしており、異常が認められた場合に対策を実施する旨の記載は省略している。

本評価書ではタービン及び付属機器の型式等を基に、以下の6つに分類している。

- 1 高圧タービン
- 2 低圧タービン
- 3 タービン動主給水ポンプ駆動タービン
- 4 タービン動補助給水ポンプタービン
- 5 主油ポンプ
- 6 調速装置・保安装置

なお、タービン潤滑・制御油系統配管は「配管の技術評価書」にて、タービンの主要弁及び一般弁は「弁の技術評価書」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。

表1 川内2号炉 主要なタービン及び付属機器

型式	機器名称 (台数)	重要度*1
タービン	高圧タービン (1)	高*2
	低圧タービン (3)	高*2
	タービン動主給水ポンプ駆動タービン (2)	高*2
	タービン動補助給水ポンプタービン (1)	MS-1、重*3
	付属機器 主油ポンプ (1)	高*2
	调速装置・保安装置 (1)	高*2

*1：機能は最上位の機能を示す

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

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

表2 川内2号炉 主要なタービン及び付属機器の機能

機器名称	機能
高圧タービン	発電を行うため発電機を駆動する。
低圧タービン	
タービン動主給水ポンプ駆動タービン	主蒸気によってタービンを回転し、タービン動主給水ポンプを駆動させる。
タービン動補助給水ポンプタービン	事故時等の炉心停止後初期の炉心崩壊熱を除去するため、補助給水を蒸気発生器2次側へ供給する補助給水ポンプを駆動する。
主油ポンプ	タービン運転中に必要な潤滑油及び制御油をタービン潤滑・制御油系統へ供給する。
调速装置・保安装置	タービンの回転速度あるいは負荷を制御するとともにタービンに異常が発生した場合に安全にタービンを停止する。

1 高圧タービン

[対象機器]

- ① 高圧タービン

目 次

1. 対象機器	1
2. 高圧タービンの技術評価	2
2.1 構造、材料及び使用条件	2
2.2 経年劣化事象の抽出	8

1. 対象機器

川内2号炉で使用されている高圧タービンの主な仕様を表1-1に示す。

表1-1 川内2号炉 高圧タービンの主な仕様

機器名称 (台数)	仕様 (出力× 定格回転数) (kW×rpm)	重要度*1	使用条件			
			運 転	最高使用圧力*3 (MPa[gage])	最高使用温度*3 (°C)	湿り度*3 (%)
高圧タービン (1)	約890,000*4 ×約1,800	高*2	連 続	約7.5	約291	約0.4

*1：機能は最上位の機能を示す

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

*3：主蒸気止め弁前の蒸気条件

*4：低圧タービンとの合計出力を示す

2. 高圧タービンの技術評価

2.1 構造、材料及び使用条件

2.1.1 高圧タービン

(1) 構造

川内2号炉の高圧タービンは、複流型タービンである。

蒸気は内部車室に接続されている4本の主蒸気入口管より高圧タービンに流入し、内部車室の中央で2つに分かれ、動翼、静翼を通過後両端の車室下半部にある排気口より排出される。

高圧タービン外部車室には炭素鋼鋳鋼、内部車室及び翼環にはステンレス鋼鋳鋼を使用し、それぞれは水平継手面にて上下分割され、ボルトにより締め付けられている。

静翼にはステンレス鋼を使用し、内部車室及び翼環に固定されている。

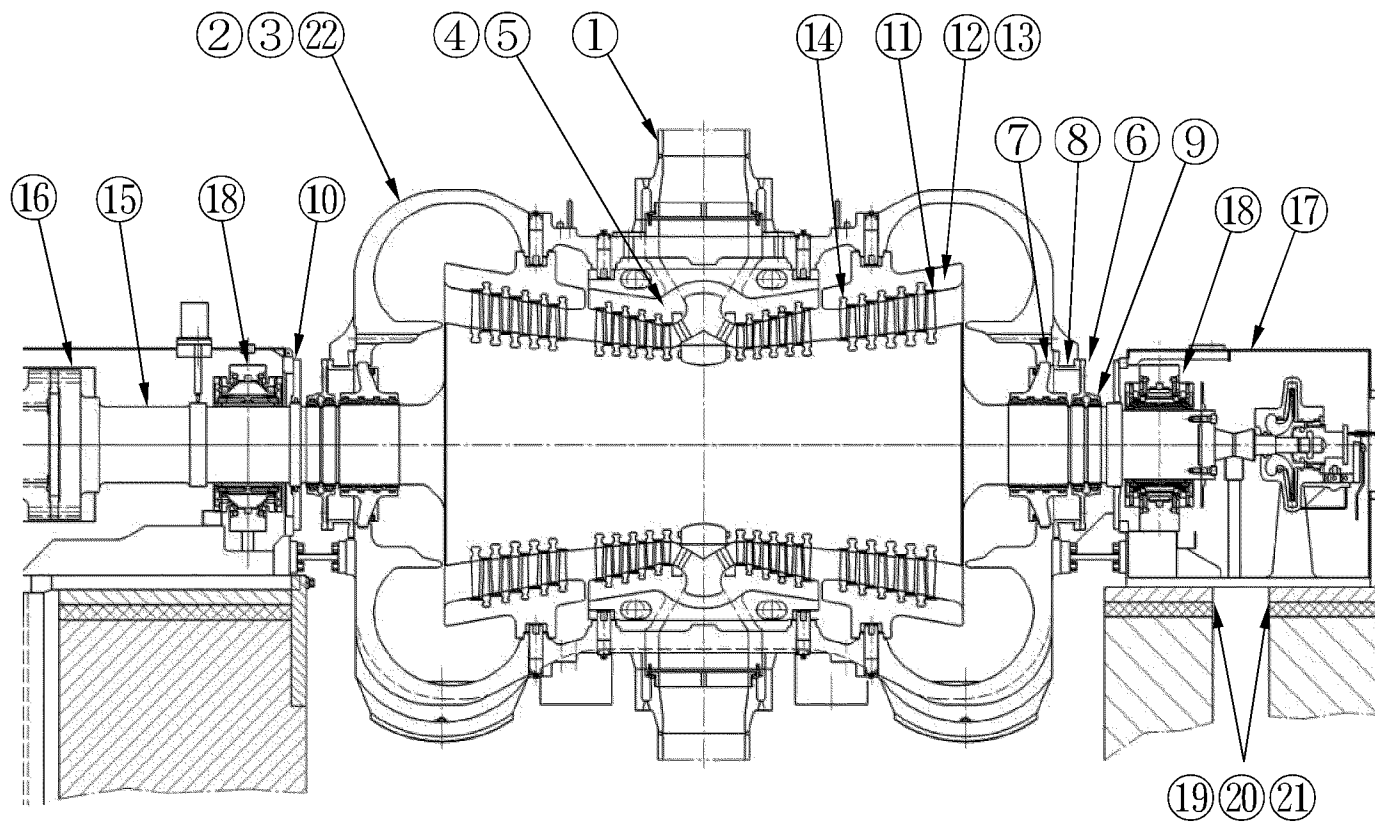
高圧タービン車軸は、低合金鋼を使用しており、2個のジャーナル軸受により支えられている。

高圧タービン外部車室両端面の車軸貫通部には、アウターグランド本体及びインナーグランド本体が設けられており、多数のシールストリップを装備したグランドシールリングにより蒸気流出を防いでいる。

川内2号炉の高圧タービンの構造図を図2.1-1に示す。

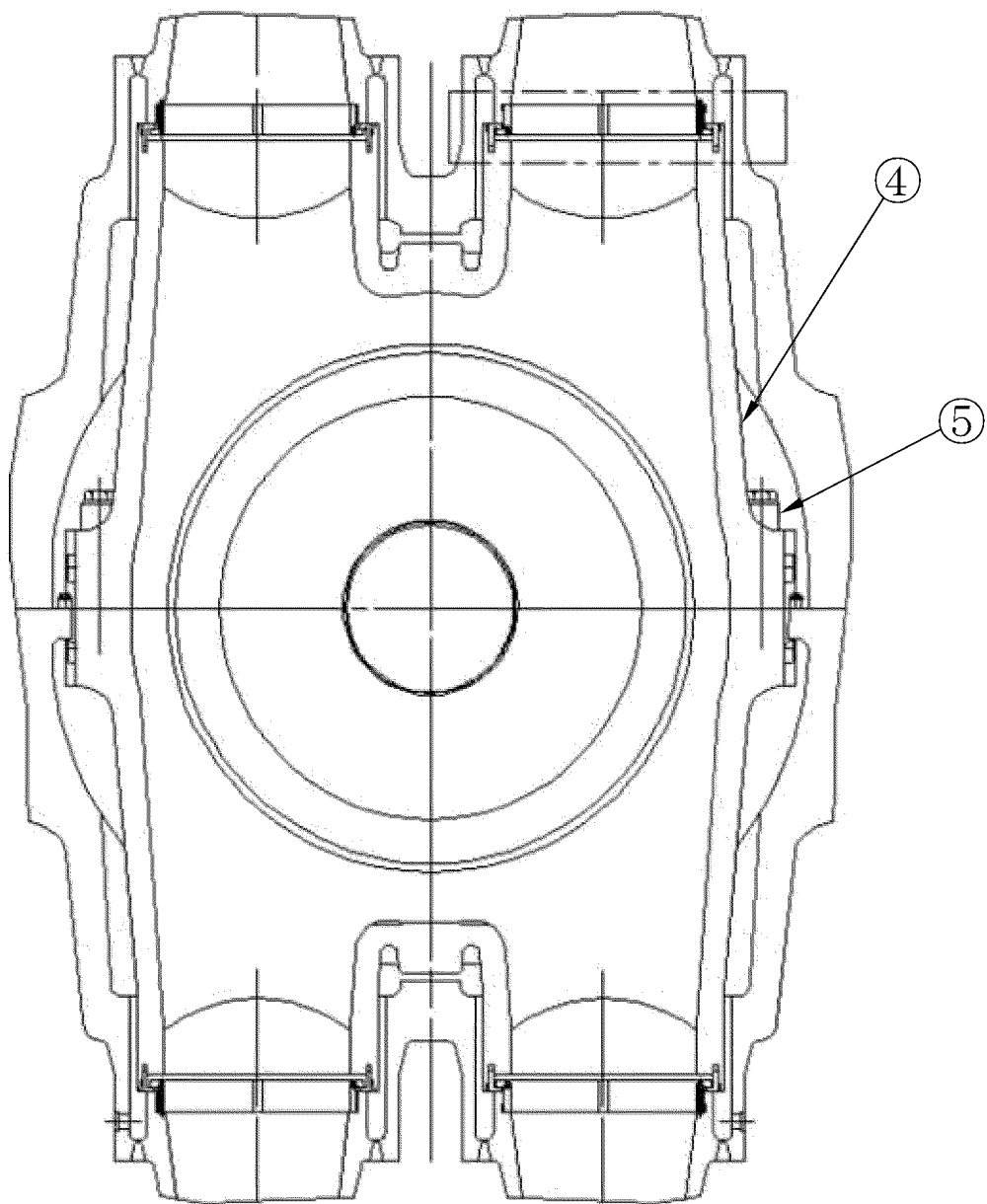
(2) 材料及び使用条件

川内2号炉の高圧タービンの使用材料及び使用条件を表2.1-1及び表2.1-2に示す。



No.	部 位
①	主蒸気入口管
②	外部車室
③	外部車室ボルト
④	内部車室
⑤	内部車室ボルト
⑥	アウターグランド本体
⑦	インナーグランド本体
⑧	ダイヤフラムリング
⑨	グランドシールリング
⑩	油 止 輪
⑪	動 翼
⑫	翼 環
⑬	翼環ボルト
⑭	静 翼
⑮	車 軸
⑯	カップリングボルト
⑰	軸 受 台
⑱	ジャーナル軸受 (すべり)
⑲	台 板
⑳	キ ー
㉑	基礎ボルト
㉒	車室支えボルト

図2.1-1(1/3) 川内2号炉 高圧タービン構造図



No.	部 位
④	内部車室
⑤	内部車室ボルト

図2.1-1(2/3) 川内2号炉 高圧タービン 内部車室構造図

No.	部 位
⑥	アウターグランド本体
⑦	インナーグランド本体
⑧	ダイヤフラムリング
⑨	グランドシールリング

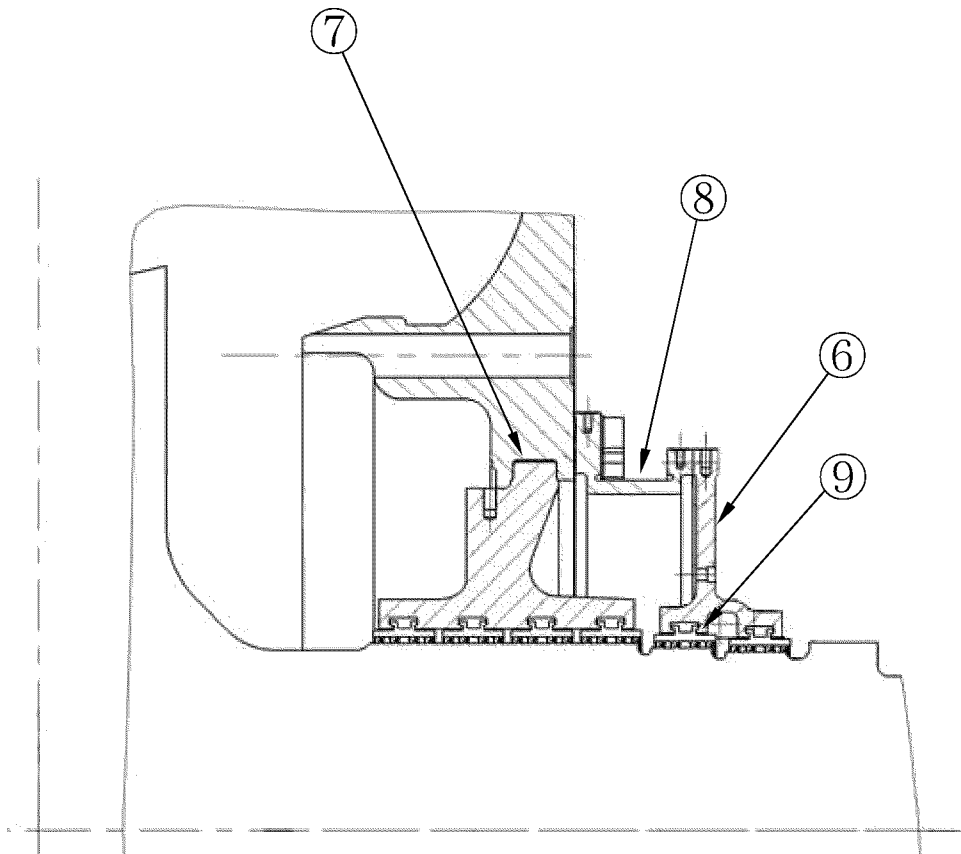


図2. 1-1(3/3) 川内2号炉 高圧タービン アウターグランド本体及びインナーグランド
本体構造図

表2.1-1 川内2号炉 高圧タービン主要部位の使用材料

部 位		材 料
主蒸気入口管		炭 素 鋼
外部車室		炭素鋼鋳鋼
外部車室ボルト		低合金鋼
内部車室		ステンレス鋼鋳鋼
内部車室ボルト		ステンレス鋼
アウターグラウンド本体		ステンレス鋼鋳鋼
インナーグラウンド本体		ステンレス鋼鋳鋼
ダイヤフラムリング		ステンレス鋼鋳鋼
グラウンドシールリング		消耗品・定期取替品
油 止 輪		炭 素 鋼
動 翼		ステンレス鋼
翼 環		ステンレス鋼鋳鋼
翼環ボルト		ステンレス鋼
静 翼	第1段	ステンレス鋼
	第2～10段	ステンレス鋼
車 軸		低合金鋼
カップリングボルト		低合金鋼
軸 受 台		炭 素 鋼
ジャーナル軸受（すべり）		炭素鋼鋳鋼（ホワイトメタル）
台 板		炭 素 鋼
キ ー		低合金鋼
基礎ボルト		炭 素 鋼
車室支えボルト		低合金鋼

表2.1-2 川内2号炉 高圧タービンの使用条件

最高使用圧力*1	約7.5MPa[gage]
最高使用温度*1	約291℃
定格回転数	約1,800rpm
内部流体	蒸気

*1：主蒸気止め弁前の蒸気条件

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機能達成に必要な項目

高压タービンの機能である発電機駆動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 バウンダリの維持
- ② 発電機駆動力の確保
- 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

高压タービンについて、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の構造、材料、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。

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象はない。

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

以下の事象（表2.2-1で△又は▲となっているもの）については、想定される経年劣化事象であるが、

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

に該当するものについては、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した。

上記の1)又は2)に該当する事象であるが、保全によりその傾向が維持できていることを確認している事象（日常劣化管理事象）を以下に示す。

(1) 主蒸気入口管及び外部車室の外表面からの腐食（全面腐食）

主蒸気入口管及び外部車室は炭素鋼又は炭素鋼鋳鋼であり、外表面からの腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部は塗装により腐食を防止しており、塗装が健全であれば腐食の進行の可能性は小さい。

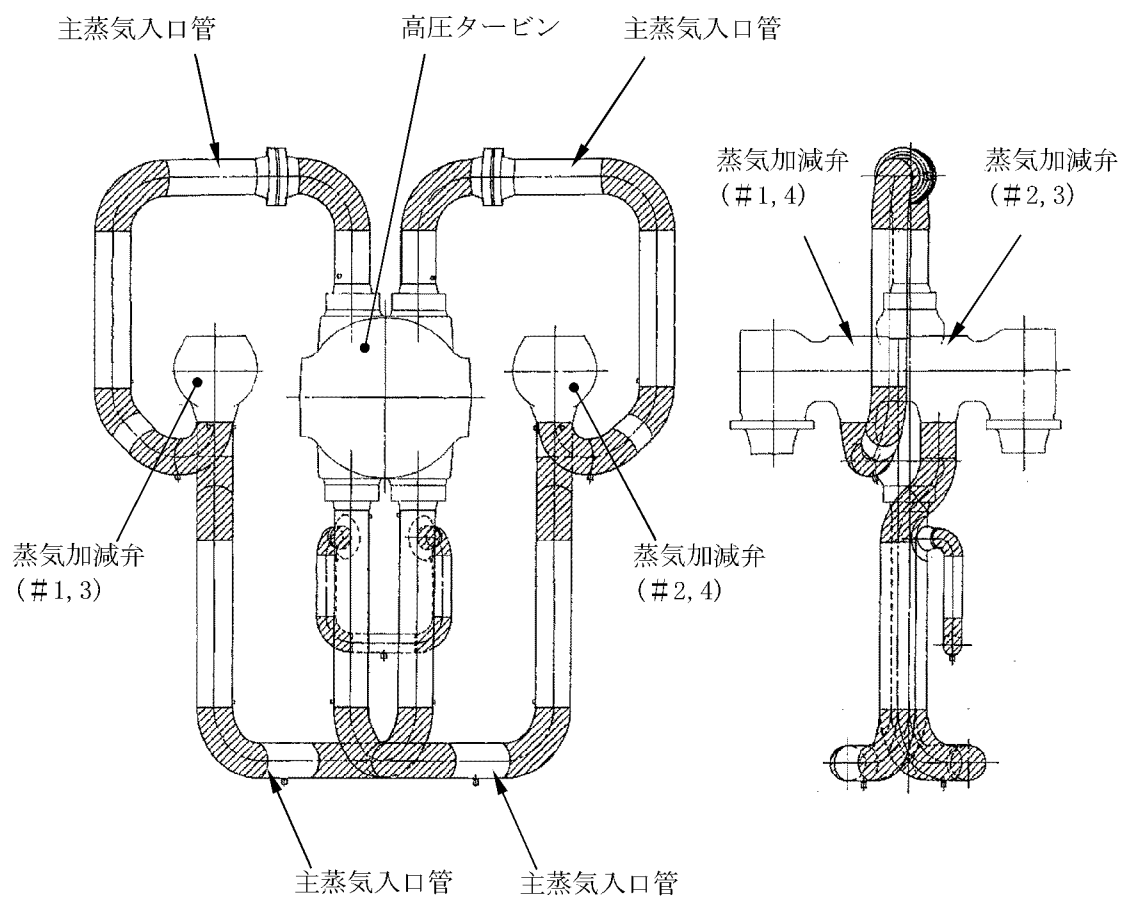
また、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(2) 主蒸気入口管及び外部車室の腐食（流れ加速型腐食）

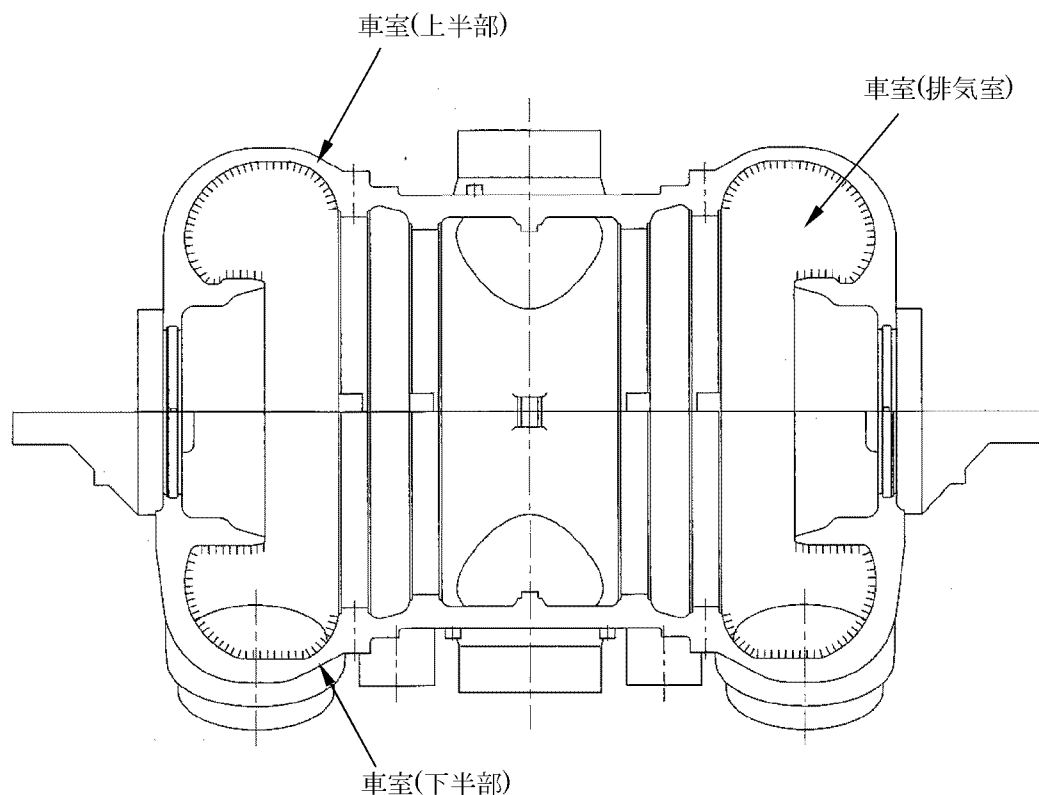
主蒸気入口管及び外部車室は、炭素鋼又は炭素鋼鋳鋼であり、湿り蒸気流に常時さらされているため、流れ加速型腐食により減肉が想定される。

主蒸気入口管及び車室の流れ加速型腐食発生想定部位をそれぞれ図2. 2-1及び図2. 2-2に示す。



//// : 流れ加速型腐食発生想定部位

図2. 2-1 川内2号炉 高圧タービン 主蒸気入口管の流れ加速型腐食発生想定部位



//// : 流れ加速型腐食発生想定部位

図2.2-2 川内2号炉 高圧タービン 外部車室の流れ加速型腐食発生想定部位

主蒸気入口管及び外部車室については、流れ加速型腐食による減肉が想定される。流れ加速型腐食による減肉の進行程度は流速、水質、温度、当該部の形状等の使用条件に影響され、流れ加速型腐食について一律に定量的な予測を行うことは困難である。

しかしながら、主蒸気入口管の流れ加速型腐食に対しては、「配管肉厚管理要領書」(社内文書)に基づき、超音波厚さ計による肉厚計測を計画的に実施し、肉厚計測に基づく余寿命評価から適切な時期・頻度で検査又は取替時期を設定している。

また、外部車室については、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(3) 主蒸気入口管及び外部車室の疲労割れ

主蒸気入口管及び外部車室は、起動・停止及び負荷変化時に発生する熱応力により、疲労割れが想定される。

しかしながら、有意な応力変動を受けない構造となっており、疲労割れが発生し難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(4) 外部車室の変形

外部車室は大型鋳物でかつ構造が複雑であり、わずかなひずみが想定される。

しかしながら、分解点検時の水平継手面の間隙計測及び必要に応じて当たり状況の目視確認により、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(5) 外部車室ボルトの腐食（全面腐食）

外部車室ボルトは、フランジ面からの漏えいにより、内部流体によるボルトの腐食が想定される。

しかしながら、締付管理により漏えい防止を図っており、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(6) 内部車室、翼環、アウターグランド本体、インナーグランド本体及びダイヤフラムリングの腐食（流れ加速型腐食）

内部車室、翼環、アウターグランド本体、インナーグランド本体及びダイヤフラムリングは湿り蒸気雰囲気で使用され、流れ加速型腐食による減肉が想定される。

しかしながら、耐食性に優れたステンレス鋼鋳鋼を使用しており、流れ加速型腐食が発生する可能性は小さい。また、これまでに有意な減肉は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(7) 内部車室の疲労割れ

内部車室は、起動・停止及び負荷変化時に発生する熱応力により、疲労割れが想定される。

しかしながら、有意な応力変動を受けない構造となっており、疲労割れが発生し難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(8) 内部車室の変形

内部車室は温度差によりひずみが想定される。

しかしながら、分解点検時に水平継手面の間隙計測により、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(9) 内部車室ボルト及び翼環ボルトの応力腐食割れ

内部車室ボルト及び翼環ボルトは、応力集中部であるネジ部を有しており、また、湿り蒸気雰囲気下で使用しているため、応力腐食割れが想定される。

しかしながら、内部車室ボルト及び翼環ボルトには応力腐食割れ感受性が小さいステンレス鋼を使用しており、締付時は締付管理により過大な応力とならないよう管理していることから、応力腐食割れが発生する可能性は小さい。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を維持している。

(10) 油止輪、カップリングボルト及び台板の腐食（全面腐食）

油止輪及び台板は炭素鋼、カップリングボルトは低合金鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部は塗装により腐食を防止しており、塗装が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、巡視点検等で目視により塗装の状態を確認し、はく離が認められた場合には必要に応じて補修を実施することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

一方、油止輪の内面及びカップリングボルトについては、油雰囲気下にあり、腐食が発生し難い環境にあり、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(11) 動翼の高サイクル疲労割れ

タービン運転時に固有振動数の低い動翼群が運転中に共振に近い状態になった場合、動翼の応力集中部に高サイクル疲労割れが想定される。

1981年11月、美浜1号炉の低圧タービン第6段動翼において、高サイクル疲労割れが発生している。

しかしながら、高圧タービン動翼では流体力と共振した場合でも十分な安全率を有する設計としており、この設計上の考慮は経年的に変化するものではない。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(12) 車軸の摩耗

車軸を支持する軸受は、すべり軸受を使用しており、車軸の摩耗が想定される。

しかしながら、強制潤滑により車軸と軸受間に潤滑油の供給を行っているため、軸受との直接接触による摩耗が発生し難い環境であり、これまでに有意な摩耗は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

さらに、潤滑油とともに流入する異物についても、ストレーナや油清浄器により油の浄化を実施している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(13) 車軸の腐食（流れ加速型腐食）

車軸は湿り蒸気雰囲気で使用され、流れ加速型腐食による減肉が想定される。

しかしながら、車軸は低合金鋼であり、炭素鋼に比べ優れた耐食性を有しており、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(14) 車軸の高サイクル疲労割れ

タービン運転時には車軸に定常応力と変動応力が発生し、高平均応力下において繰り返し応力を受けた場合、段付部等の応力集中部に、高サイクル疲労割れが想定される。

しかしながら、タービン設計時には高サイクル疲労を考慮しており、この設計上の考慮は経年的に変化するものではない。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の応力集中部に対する目視確認や磁粉探傷検査により、機器の健全性を確認している。

(15) 車軸の応力腐食割れ

車軸は低合金鋼であり、比較的発生応力の高い翼溝部を有しており、湿り蒸気雰囲気で使用されているため、応力腐食割れが想定される。

1984年2月、伊方1号炉の低圧タービンにおいて、片側5枚ある円板のうち上流側から2番目の第2円板翼溝部に、応力腐食割れと考えられる割れが認められた。

しかしながら、高圧タービン車軸は、降伏応力の低い低合金鋼を使用しており、応力腐食割れに対する感受性が低い。また、運転中に発生する応力は、応力腐食割れが発生する応力よりも低い。

以上より、高圧タービン車軸の応力腐食割れに対する感受性は低く、発生の可能性は小さいと判断する。

さらに、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(16) 軸受台の腐食（全面腐食）

軸受台は炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部は塗装により腐食を防止しており、塗装が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、巡視点検等で目視により塗装の状態を確認し、はく離が認められた場合には必要に応じて補修を実施することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

一方、軸受台内面については、油雰囲気下であり腐食が発生し難い環境であり、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(17) ジャーナル軸受ホワイトメタルの摩耗、はく離

ジャーナル軸受のホワイトメタルは、長時間の使用により摩耗、はく離が想定される。

しかしながら、ジャーナル軸受ホワイトメタルの摩耗に対しては、分解点検時の目視確認、車軸と軸受内面の間隙計測により、はく離についても定期的に目視確認、ホワイトメタル部の浸透探傷検査及び超音波探傷検査により、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(18) 車室支えボルトの腐食（全面腐食）

車室支えボルトは低合金鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(19) 基礎ボルトの腐食（全面腐食）

基礎ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

基礎ボルトの健全性評価については各機器で共通であることから、機械設備の技術評価書のうち「基礎ボルト」にて評価を実施するものとし、本評価書には含めていない。

前述の2)に該当する事象のうち、日常劣化管理事象を除く事象（日常劣化管理事象ではない事象）を以下に示す。

(20) キーの摩耗

軸受台がタービンの起動・停止による温度変化により台板上をスライドするため、台板に固定されたキーの摩耗が想定される。

しかしながら、キーは低合金鋼であり、炭素鋼に比べ耐摩耗性が優れており、かつ軸受台とキーの接触面は潤滑剤が定期的に注入されており、摩耗が発生し難い環境である。

さらに、起動・停止回数の多い火力発電所のタービンにおいても同様の構造、材料を採用し、これまで問題なく運転されており、十分な使用実績を有している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

2.2.4 消耗品及び定期取替品

グランドシールリングは、分解点検時の目視確認又は間隙計測により状態を確認し、取り替えている消耗品であり、長期使用はせず取替えを前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

表2.2-1 川内2号炉 高圧タービンに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
				減 肉		割 れ		材質変化			その他
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣 化		
バウンダリの維持	主蒸気入口管		炭素鋼		△ ^{*1} △(外面)	△				*1：流れ加速型腐食 *2：変形 *3：高サイクル疲労割れ *4：はく離	
	外部車室		炭素鋼鋳鋼		△ ^{*1} △(外面)	△			△ ^{*2}		
	外部車室ボルト		低合金鋼		△						
	内部車室		ステンレス鋼鋳鋼		△ ^{*1}	△			△ ^{*2}		
	内部車室ボルト		ステンレス鋼				△				
	アウターグラウンド本体		ステンレス鋼鋳鋼		△ ^{*1}						
	インナーグラウンド本体		ステンレス鋼鋳鋼		△ ^{*1}						
	ダイヤフラムリング		ステンレス鋼鋳鋼		△ ^{*1}						
	グラウンドシールリング	◎	—								
油 止 輪		炭素鋼		△(外面) △(内面)							
発電機駆動力の確保	動 翼		ステンレス鋼			△ ^{*3}					
	翼 環		ステンレス鋼鋳鋼		△ ^{*1}						
	翼環ボルト		ステンレス鋼				△				
	静 翼		ステンレス鋼								
	車 軸		低合金鋼	△	△ ^{*1}	△ ^{*3}	△				
	カップリングボルト		低合金鋼		△						
	軸 受 台		炭素鋼		△(外面) △(内面)						
	ジャーナル軸受(すべり)		炭素鋼鋳鋼(ホワイトメタル)	△					△ ^{*1}		
機器の支持	台 板		炭素鋼		△						
	キ ー		低合金鋼	▲							
	基礎ボルト		炭素鋼		△						
	車室支えボルト		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）

▲：高経年化対策上着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 低圧タービン

[対象機器]

- ① 低圧タービン

目 次

1. 対象機器	1
2. 低圧タービンの技術評価	2
2.1 構造、材料及び使用条件	2
2.2 経年劣化事象の抽出	9

1. 対象機器

川内2号炉で使用されている低圧タービンの主な仕様を表1-1に示す。

表1-1 川内2号炉 低圧タービンの主な仕様

機器名称 (台数)	仕様 (出力× 定格回転数) (kW×rpm)	重要度*1	使用条件			
			運 転	最高使用圧力*3 (MPa[gage])	最高使用温度*3 (°C)	湿度*3 (%)
低圧タービン (3)	約890,000*4 ×約1,800	高*2	連 続	約1.4	約291	0

*1：機能は最上位の機能を示す

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

*3：低圧タービン入口の蒸気条件

*4：高圧タービンとの合計出力を示す

2. 低圧タービンの技術評価

2.1 構造、材料及び使用条件

2.1.1 低圧タービン

(1) 構造

川内2号炉の低圧タービンは、複流型タービンであり、第1低圧タービンから第3低圧タービンまで3基設置している。

蒸気は高圧タービン排気より湿水分離加熱器を経て車室中央部に流入し、中央で2つに分かれ、動翼、静翼を通過後両端の排気口から下方にある復水器に至る。

低圧タービン車室は外部車室、内部車室及び翼環で構成され、炭素鋼、炭素鋼鋳鋼、ステンレス鋼及びステンレス鋼鋳鋼を使用しており、それぞれは水平継手面にて上下分割され、ボルトにより締め付けられている。

上流段静翼にはステンレス鋼を使用し、翼環に固定されている。上流側は通常運転中は乾き蒸気雰囲気である。また、下流段静翼にはステンレス鋼及びステンレス鋼鋳鋼を使用し、翼根リングに固定されている。

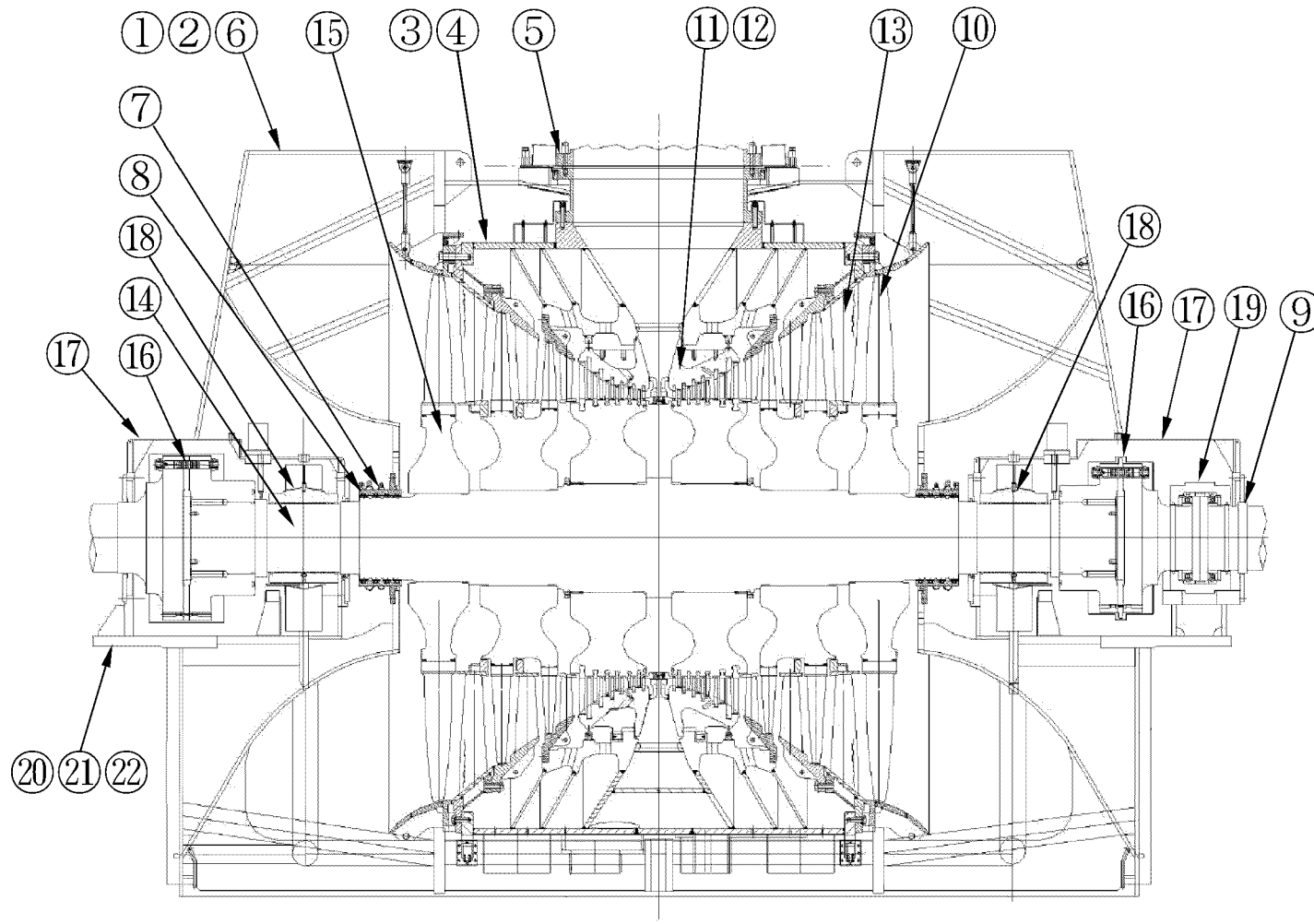
低圧タービン車軸は低合金鋼を使用しており、2個のジャーナル軸受により支えられている。また、スラスト軸受は第1低圧タービンと第2低圧タービン間に1個設置されている。

低圧タービン車室両端面の車軸貫通部には、グラウンド本体が設けられており、グラウンドシールリングにより大気流入を防いでいる。

川内2号炉の低圧タービンの構造図を図2.1-1に示す。

(2) 材料及び使用条件

川内2号炉の低圧タービンの使用材料及び使用条件を表2.1-1及び表2.1-2に示す。



No.	部 位
①	外部車室
②	外部車室ボルト
③	内部車室
④	内部車室ボルト
⑤	クロスオーバーパイプアダプタ
⑥	大気放出板
⑦	グランド本体
⑧	グランドシールリング
⑨	油 止 輪
⑩	動 翼
⑪	翼 環
⑫	翼環ボルト
⑬	静 翼
⑭	車 軸
⑮	円 板
⑯	カップリングボルト
⑰	軸 受 箱
⑱	ジャーナル軸受 (すべり)
⑲	スラスト軸受 (すべり)
⑳	台 板
㉑	ライナー
㉒	基礎ボルト

図2. 1-1(1/4) 川内2号炉 低圧タービン構造図 (第2低圧タービンの例)

No.	部 位
①	外部車室
②	外部車室ボルト
③	内部車室
④	内部車室ボルト

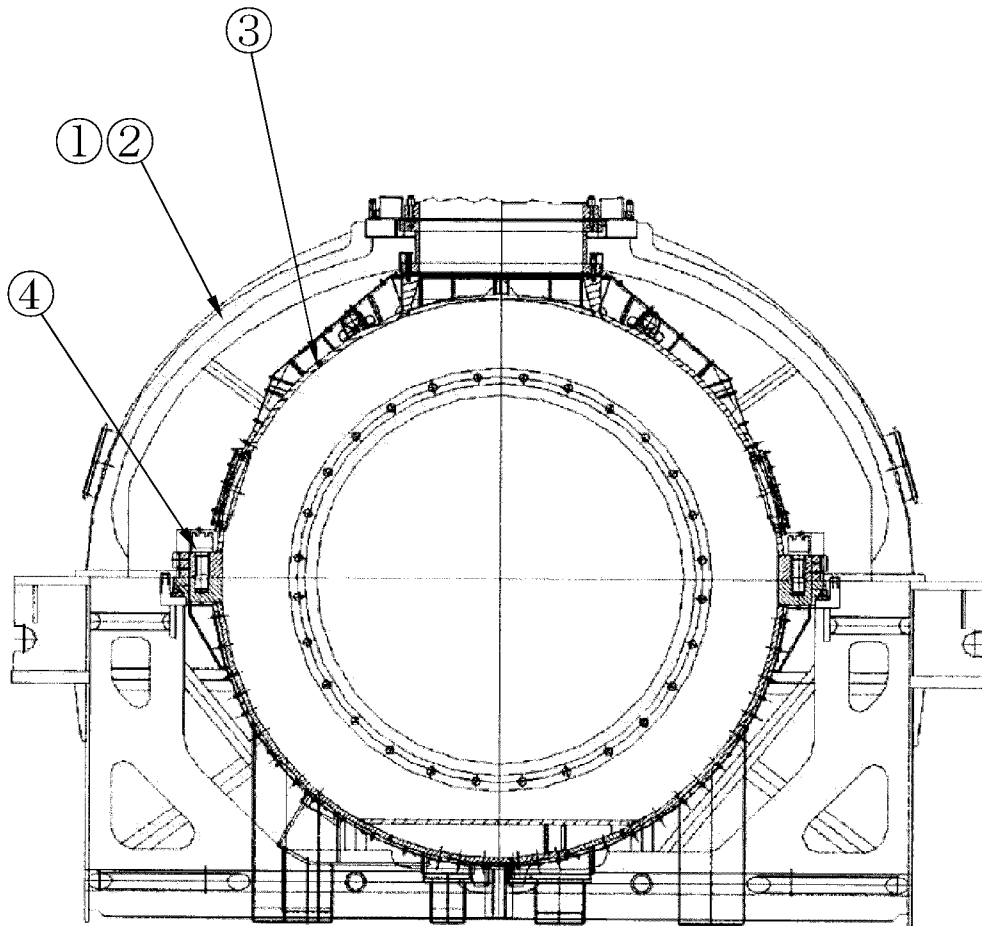


図2.1-1(2/4) 川内2号炉 低圧タービン 外部車室、内部車室構造図

No.	部 位
⑦	グランド本体
⑧	グランドシールリング

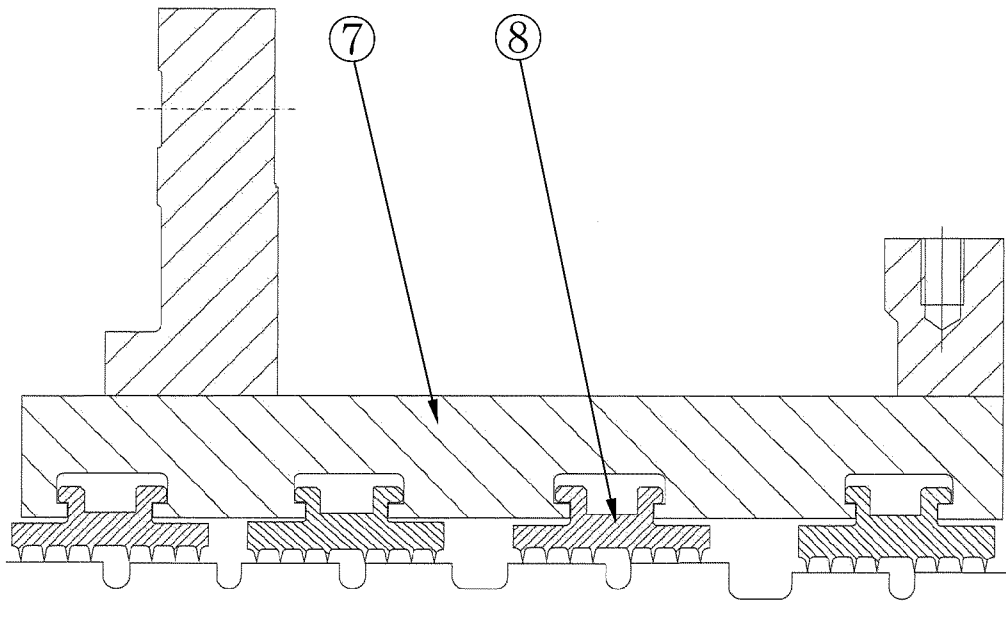
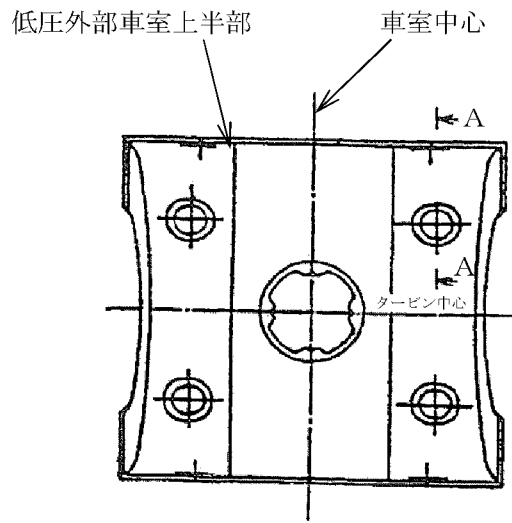


図2. 1-1 (3/4) 川内 2 号炉 低圧タービン グランド本体構造図



配置図

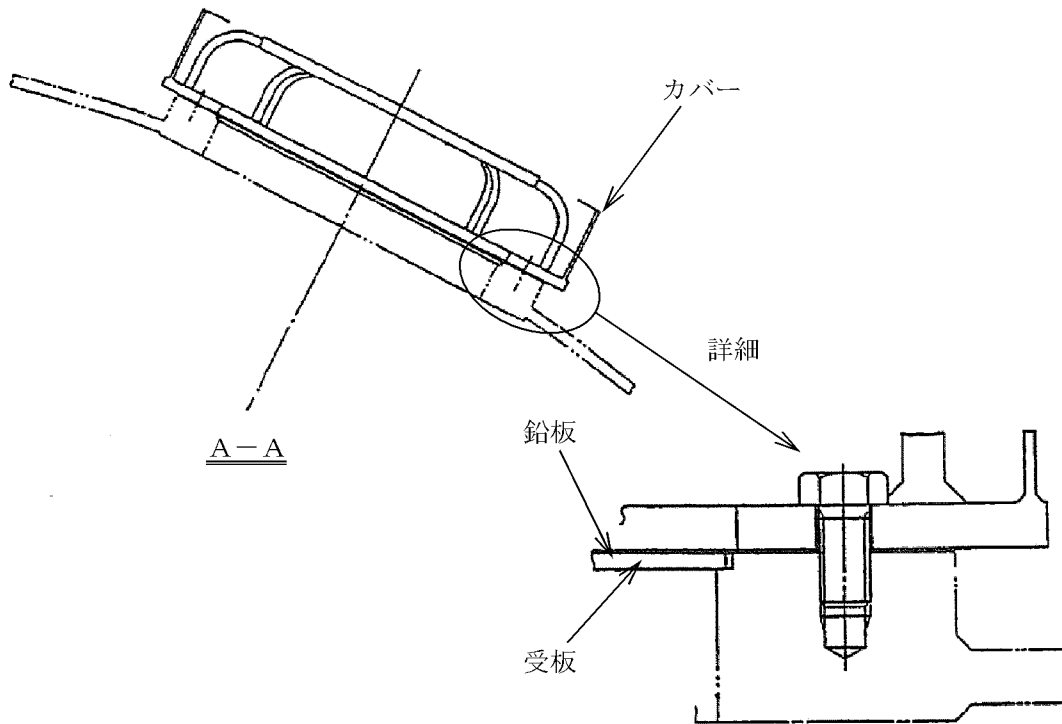


図2.1-1(4/4) 川内2号炉 低圧タービン 大気放出板構造図

表2.1-1(1/2) 川内2号炉 低圧タービン主要部位の使用材料

部 位		材 料
外部車室		炭 素 鋼
外部車室ボルト		低合金鋼
内部車室		炭 素 鋼 炭素鋼鋳鋼 ステンレス鋼
内部車室ボルト		低合金鋼
クロスオーバパイプアダプタ		炭 素 鋼
大気放出板		消耗品・定期取替品
グラウンド本体		炭 素 鋼
グラウンドシールリング		消耗品・定期取替品
油 止 輪		炭 素 鋼
動 翼		ステンレス鋼
翼 環		ステンレス鋼鋳鋼
翼環ボルト		ステンレス鋼
静 翼	第1～6段翼	ステンレス鋼
	第7段翼	ステンレス鋼鋳鋼
	第8、9段翼	ステンレス鋼
	第7、8段 翼根リング	ステンレス鋼鋳鋼
	第9段 翼根リング	炭素鋼（ニッケル基合金）
車 軸		低合金鋼
円 板		低合金鋼
カップリングボルト		低合金鋼

表2.1-1(2/2) 川内2号炉 低圧タービン主要部位の使用材料

部 位	材 料
軸受箱	炭素鋼
ジャーナル軸受(すべり)	炭素鋼鋳鋼(ホワイトメタル)
スラスト軸受(すべり)	炭素鋼鋳鋼(ホワイトメタル)
台 板	炭素鋼
ライナー	炭素鋼
基礎ボルト	炭素鋼

表2.1-2 川内2号炉 低圧タービンの使用条件

最高使用圧力*1	約1.4MPa[gage]
最高使用温度*1	約291℃
定格回転数	約1,800rpm
内 部 流 体	蒸 気

*1：低圧タービン入口の蒸気条件

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機能達成に必要な項目

低圧タービンの機能である発電機駆動機能を維持するためには、次の3つの項目が必要である。

- ① バウンダリの維持
- ② 発電機駆動力の確保
- 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

低圧タービンについて、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の構造、材料、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。

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象はない。

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

以下の事象（表2.2-1で△又は▲となっているもの）については、想定される経年劣化事象であるが、

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

に該当するものについては、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した。

上記の1)又は2)に該当する事象であるが、保全によりその傾向が維持できていることを確認している事象（日常劣化管理事象）を以下に示す。

(1) 外部車室の外側からの腐食（全面腐食）

外部車室は炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部は塗装により腐食を防止しており、塗装が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、巡視点検等で目視により塗装の状態を確認し、はく離が認められた場合には必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(2) 外部車室の腐食（流れ加速型腐食）

外部車室内面は、湿り蒸気流に常時さらされており、流れ加速型腐食により減肉する可能性がある。

しかしながら、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(3) 外部車室ボルトの腐食（全面腐食）

外部車室ボルトは、フランジ面からの大気流入により、ボルトの腐食が想定される。

しかしながら、締付管理によりフランジ面からの流入防止を図っており、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(4) 内部車室の腐食（流れ加速型腐食）

内部車室は炭素鋼、炭素鋼鋳鋼及びステンレス鋼であり、湿り蒸気流に常時さらされているため、流れ加速型腐食により減肉が想定される。

しかしながら、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(5) 内部車室の疲労割れ

内部車室は、起動・停止及び負荷変化時に発生する入口側と出口側の蒸気温度差の変化による熱応力により、疲労割れが想定される。

しかしながら、有意な応力変動を受けない構造となっており、疲労割れが発生し難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(6) 内部車室の変形

内部車室は温度差によるひずみが想定される。

しかしながら、これまでに有意な変形は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時に水平継手面間隙計測や目視確認により、機器の健全性を確認している。

(7) 内部車室ボルトの腐食（全面腐食）

内部車室ボルトは、低合金鋼であり腐食が想定される。

しかしながら、蒸気中の溶存酸素濃度が低いことから腐食が発生し難い環境であり、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により機器の健全性を確認している。

(8) クロスオーバパイプアダプタの腐食（全面腐食）

クロスオーバパイプアダプタは炭素鋼であり、かつ外側は湿り蒸気雰囲気下で使用しており、腐食が想定される。

しかしながら、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(9) グランド本体の腐食（流れ加速型腐食）

グランド本体は炭素鋼であり、蒸気に常時さらされているため、流れ加速型腐食が想定される。

しかしながら、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(10) 軸受箱及びグランド本体（外面）の腐食（全面腐食）

軸受箱及びグランド本体は炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部は塗装により腐食を防止しており、塗装が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、巡視点検等で目視により塗装の状態を確認し、はく離が認められた場合は必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

一方、軸受箱内面については、油雰囲気下であり腐食が発生し難い環境であり、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を維持している。

(11) 油止輪、カップリングボルト及び台板の腐食（全面腐食）

油止輪及び台板は炭素鋼、カップリングボルトは低合金鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部は塗装により腐食を防止しており、塗装が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、巡視点検等で目視により塗装の状態を確認し、はく離が認められた場合は必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

一方、内面及びカップリングボルトについては油雰囲気下であり腐食が発生し難い環境であり、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(12) 動翼の腐食（エロージョン）

最終段動翼群は流入する湿り蒸気流に常時さらされているため、蒸気中に含まれた水滴によるエロージョンが想定される。

しかしながら、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(13) 動翼の高サイクル疲労割れ

タービン運転時に固有振動数の低い動翼群が運転中に共振に近い状態になった場合、動翼の応力集中部に高サイクル疲労割れが想定される。

1981年11月、美浜1号炉の低圧タービン第6段動翼において、高サイクル疲労割れが発生している。

しかしながら、低圧タービン動翼では流体力と共振した場合でも十分な安全率を有する設計としており、この設計上の考慮は経年的に変化するものではない。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の応力集中部に対する目視確認や磁粉探傷検査により、機器の健全性を確認している。

(14) 翼環の腐食（流れ加速型腐食）

翼環は蒸気に常時さらされており、流れ加速型腐食により減肉が想定される。

しかしながら、耐食性に優れたステンレス鋼鋳鋼を使用しており、流れ加速型腐食が発生する可能性は小さい。また、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(15) 翼環ボルトの応力腐食割れ

翼環ボルトは、応力集中部であるネジ部を有しており、また、湿り蒸気雰囲気下で使用しているため、応力腐食割れが想定される。

しかしながら、翼環ボルトには応力腐食割れ感受性が小さいステンレス鋼を使用しており、締付時は締付管理により過大な応力とならないよう管理していることから、応力腐食割れが発生する可能性は小さい。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(16) 静翼の腐食（流れ加速型腐食）

静翼の翼根リングは湿り蒸気雰囲気で使用され、流れ加速型腐食により減肉が想定される。

しかしながら、翼根リングはステンレス鋼鋳鋼又は炭素鋼を使用し、炭素鋼部分にはニッケル基合金を塗布しており、優れた耐食性を有している。

また、これまでに有意な流れ加速型腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(17) 車軸の摩耗

車軸を支持する軸受は、すべり軸受を使用しており、車軸の摩耗が想定される。

しかしながら、強制潤滑により車軸と軸受間に潤滑油の供給を行っているため、軸受との直接接触による摩耗が発生し難い環境であり、これまでに有意な摩耗は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

さらに、潤滑油とともに流入する異物についても、ストレーナや油清浄器により油の浄化を実施している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(18) 車軸の腐食（流れ加速型腐食）

車軸は湿り蒸気雰囲気で使用され、流れ加速型腐食により減肉が想定される。

しかしながら、車軸は低合金鋼であり、炭素鋼に比べ優れた耐食性を有しており、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(19) 車軸の高サイクル疲労割れ

タービンの運転時には車軸に定常応力と変動応力が発生し、高平均応力下で繰り返し応力を受けた場合、段付部等の応力集中部に、高サイクル疲労割れが想定される。

しかしながら、タービン設計時には高サイクル疲労を考慮しており、この設計上の考慮は経年的に変化するものではない。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の応力集中部に対する目視確認や超音波探傷検査により、機器の健全性を確認している。

(20) 円板の応力腐食割れ

円板は低合金鋼であり、比較的発生応力の高い翼溝部を有しており、湿り蒸気雰囲気で使用されているため、応力腐食割れが想定される。

1984年2月、伊方1号炉の低圧タービンにおいて、片側5枚ある円板のうち上流側から2番目の第2円板翼溝部に、応力腐食割れと考えられる割れが認められた。

しかしながら、円板には降伏応力の低い低合金鋼を使用しており、応力腐食割れに対する感受性が低い。また、運転中に発生する応力は、応力腐食割れが発生する応力よりも低く、製作時の熱処理により、表面に圧縮残留応力を付与し、応力腐食割れの発生を抑制している。

さらに、分解点検時の目視確認及び翼溝部端面の磁粉探傷検査を実施し、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(21) ジャーナル軸受及びスラスト軸受ホワイトメタルの摩耗、はく離

ジャーナル軸受及びスラスト軸受のホワイトメタルは、長時間の使用により摩耗、はく離が想定される。

しかしながら、ジャーナル軸受及びスラスト軸受ホワイトメタルの摩耗に対しては、分解点検時の目視確認及び車軸と軸受内面の間隙計測により、はく離についても、分解点検時の目視確認、ホワイトメタル部の浸透探傷検査及び超音波探傷検査により、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(22) 基礎ボルトの腐食（全面腐食）

基礎ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

基礎ボルトの健全性評価については各機器で共通であることから、機械設備の技術評価書のうち「基礎ボルト」にて評価を実施するものとし、本評価書には含めていない。

前述の2)に該当する事象のうち、日常劣化管理事象を除く事象（日常劣化管理事象ではない事象）を以下に示す。

(23) ライナーの摩耗

軸受箱がプラントの起動・停止による温度変化により台板上をスライドするため、軸受箱に固定されたライナーの摩耗が想定される。

しかしながら、ライナー部分における運転時の軸受箱の熱移動量が小さく、また、起動・停止回数の多い火力発電所のタービンにおいても同様の構造、材料を採用し、これまで問題なく運転されており、十分な使用実績を有している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

2.2.4 消耗品及び定期取替品

グランドシールリングは、分解点検時の目視確認又は間隙計測結果により状態を確認し、取り替えている消耗品であり、大気放出板は分解点検時に取り替えている消耗品である。それぞれ、長期使用はせず取替えを前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

表2.2-1 川内2号炉 低圧タービンに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
				減 肉		割 れ		材質変化			その他
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐蝕割れ	熱時効	劣 化		
バウダリの維持	外部車室		炭素鋼		△*1(内面) △(外面)					*1:流れ加速型腐食 *2:変形 *3:高サイクル疲労割れ *4:はく離 *5:エロージョン	
	外部車室ボルト		低合金鋼		△						
	内部車室		炭素鋼 炭素鋼鋳鋼 ステンレス鋼		△*1	△			△*2		
	内部車室ボルト		低合金鋼		△						
	クロスハブパイプアダプタ		炭素鋼		△						
	大気放出板	◎	—								
	グラント本体		炭素鋼		△*1(内面) △(外面)						
	グラントシールリング	◎	—								
	油止輪		炭素鋼		△						
発電機駆動力の確保	動翼		ステンレス鋼		△*5	△*3					
	翼環		ステンレス鋼鋳鋼		△*1						
	翼環ボルト		ステンレス鋼				△				
	静翼	翼		ステンレス鋼 ステンレス鋼鋳鋼							
		翼根リング		ステンレス鋼鋳鋼 炭素鋼 (ニッケル基合金)		△*1					
	車軸		低合金鋼	△	△*1	△*3					
	円板		低合金鋼				△				
	カップリングボルト		低合金鋼		△						
	軸受箱		炭素鋼		△						
	ジャーナル軸受(すべり)		炭素鋼鋳鋼(ホワイトメタル)	△					△*1		
スタット軸受(すべり)		炭素鋼鋳鋼(ホワイトメタル)	△					△*4			
機器の支持	台板		炭素鋼		△						
	ライナー		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）

3 タービン動主給水ポンプ 駆動タービン

[対象機器]

- ① タービン動主給水ポンプ駆動タービン

目 次

1. 対象機器	1
2. タービン動主給水ポンプ駆動タービンの技術評価	2
2.1 構造、材料及び使用条件	2
2.2 経年劣化事象の抽出	6

1. 対象機器

川内2号炉で使用されているタービン動主給水ポンプ駆動タービンの主な仕様を表1-1に示す。

表1-1 川内2号炉 タービン動主給水ポンプ駆動タービンの主な仕様

機器名称 (台数)	仕 様 (出力×定格回転数) (kW×rpm)	重要度*1	使 用 条 件		
			運 転	最高使用圧力 (MPa[gage])	最高使用温度 (°C)
タービン動 主給水ポンプ 駆動タービン (2)	約5,300×約4,600	高*2	連 続	約7.5	約291

*1：機能は最上位の機能を示す

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

2. タービン動主給水ポンプ駆動タービンの技術評価

2.1 構造、材料及び使用条件

2.1.1 タービン動主給水ポンプ駆動タービン

(1) 構造

川内2号炉のタービン動主給水ポンプ駆動タービンは、タービン動主給水ポンプ駆動源の単流型タービンであり、2台設置されている。

蒸気はノズル室よりタービン動主給水ポンプ駆動タービンに流入し、各段を経て車室下半部にある排気口から復水器に至る。

車室はステンレス鋼鋳鋼及び炭素鋼製であり、水平継手面にて上下分割され、ボルトにより締め付けられている。また、ノズル室はステンレス鋼鋳鋼、ステンレス鋼、炭素鋼鋳鋼及び炭素鋼が使用されており車室に固定されている。仕切板はステンレス鋼が使用されており、基礎に支持された車室に支持されている。

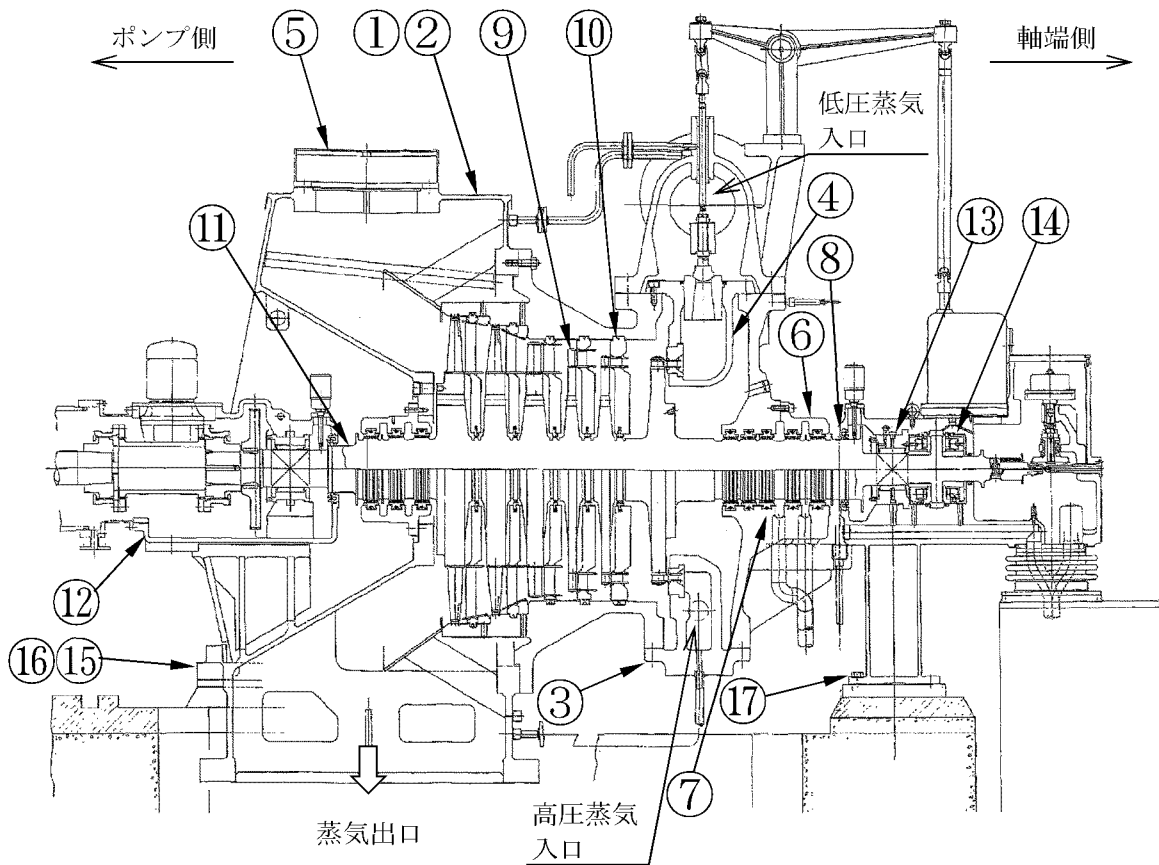
車軸には低合金鋼を使用しており、2個の軸受により支えられている。また、車軸端部にスラスト軸受を設置している。

車室両端面の車軸貫通部にはグランド本体が設けられており、グランドシールリングにより蒸気流出及び大気流入を防止している。

川内2号炉のタービン動主給水ポンプ駆動タービンの構造図を図2.1-1に示す。

(2) 材料及び使用条件

川内2号炉のタービン動主給水ポンプ駆動タービンの使用材料及び使用条件を表2.1-1及び表2.1-2に示す。



No.	部 位	No.	部 位
①	車 室	⑪	車 軸
②	車室ボルト	⑫	軸 受 台
③	高圧ノズル室 (第1段ノズルを含む)	⑬	ジャーナル軸受 (すべり)
④	低圧ノズル室 (第1段ノズルを含む)	⑭	スラスト軸受 (すべり)
⑤	大気放出板	⑮	台 板
⑥	グラウンド本体	⑯	キ ー
⑦	グラウンドシールリング	⑰	基礎ボルト
⑧	オイルシールリング		
⑨	動 翼		
⑩	仕切板 (ノズルを含む)		

図2. 1-1 川内2号炉 タービン動主給水ポンプ駆動タービン構造図

表2.1-1 川内2号炉 タービン動主給水ポンプ駆動タービン主要部位の使用材料

部 位		材 料
車 室		ステンレス鋼 炭素鋼
車室ボルト		低合金鋼 炭素鋼
高圧ノズル室 (第1段ノズルを含む)		ステンレス鋼 ステンレス鋼
低圧ノズル室 (第1段ノズルを含む)		炭素鋼 炭素鋼 ステンレス鋼
大気放出板		消耗品・定期取替品
グラウンド本体		ステンレス鋼 炭素鋼
グラウンドシールリング		消耗品・定期取替品
オイルシールリング		消耗品・定期取替品
動 翼	第1～4段	ステンレス鋼
	第5、6段	ステンレス鋼 (ステライト肉盛)
仕切板 (ノズルを含む)		ステンレス鋼
車 軸		低合金鋼
軸 受 台		炭素鋼 炭素鋼
ジャーナル軸受 (すべり)		炭素鋼 (ホワイトメタル)
スラスト軸受 (すべり)		炭素鋼 (ホワイトメタル)
台 板		炭素鋼
キ ー		炭素鋼
基礎ボルト		炭素鋼

表2.1-2 川内2号炉 タービン動主給水ポンプ駆動タービンの使用条件

最高使用圧力	約7.5MPa[gage]
最高使用温度	約291℃
定格回転数	約4,600rpm
内部流体	蒸気

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機能達成に必要な項目

タービン動主給水ポンプ駆動タービンの機能であるポンプ駆動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 バウンダリの維持
- ② ポンプ駆動力の確保
- 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

タービン動主給水ポンプ駆動タービンについて、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の構造、材料、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。

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象はない。

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

以下の事象（表2.2-1で△又は▲となっているもの）については、想定される経年劣化事象であるが、

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

に該当するものについては、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した。

上記の1)又は2)に該当する事象であるが、保全によりその傾向が維持できていることを確認している事象（日常劣化管理事象）を以下に示す。

(1) 車室及びグランド本体の外表面からの腐食（全面腐食）

車室及びグランド本体の炭素鋼使用部位については、外表面からの腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部は塗装により腐食を防止しており、塗装が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、巡視点検等で目視により塗装の状態を確認し、はく離が認められた場合は必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(2) 車室、低圧ノズル室及びグランド本体の腐食（流れ加速型腐食）

車室の炭素鋼使用部位については、湿り蒸気流に常時さらされているため、流れ加速型腐食により減肉が想定される。

しかしながら、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

一方、低圧ノズル室及び軸端側グランド本体は、乾き蒸気雰囲気腐食が発生し難い環境であり、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。また、ポンプ側グランド本体はステンレス鋼であり優れた耐食性を有していることから、流れ加速型腐食が発生する可能性は小さい。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(3) 車室の疲労割れ

車室は、起動・停止時及び負荷変化時に発生する熱応力により疲労割れが想定される。

しかしながら、有意な応力変動を受けないことから、疲労割れが発生し難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(4) 車室の変形

車室はステンレス鋼及び炭素鋼を用いており、素材製作時の熱処理段階で寸法安定化が図られているが、車室は大型铸件でかつ構造が複雑であり、わずかなひずみの発生が想定される。

しかしながら、分解点検時の水平継手面の間隙計測、また必要に応じて水平継手面の修正加工を実施することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(5) 車室ボルトの腐食（全面腐食）

車室ボルトは、低合金鋼及び炭素鋼であり、フランジ面からの内部流体の漏えいや大気の流入により腐食が想定される。

しかしながら、締付管理により漏えい、大気の流入防止を図っており、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時等の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(6) 動翼の腐食（エロージョン）

動翼第5、6段は湿り蒸気雰囲気で使用されるため、蒸気中の水滴による衝撃で、翼入口先端部がエロージョンにより減肉が想定される。

動翼第5、6段に流入する蒸気の湿り度が大きく、かつ周方向速度も大きいため、動翼先端部の減肉が大きくなることが考えられ、減肉の進行によりステライトのはく離が想定される。

しかしながら、エロージョンについては、分解点検時の目視確認により、ステライト板ろう付部に対しては目視確認や浸透探傷検査により、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(7) 動翼の高サイクル疲労割れ

タービン運転時に固有振動数の低い動翼群が運転中に共振に近い状態になった場合、動翼の応力集中部に高サイクル疲労割れが想定される。

1981年11月に美浜1号炉の低圧タービン第6段動翼において、高サイクル疲労割れが発生している。

しかしながら、動翼設計時に流体力と共振した場合でも十分な安全率を有する設計としており、この設計上の考慮は経年的に変化するものではない。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の応力集中部に対する目視確認や磁粉探傷検査により、機器の健全性を確認している。

(8) 車軸の摩耗

車軸を支持する軸受は、すべり軸受を使用しており、車軸の摩耗が想定される。

しかしながら、強制潤滑により車軸と軸受間に潤滑油の供給を行っているため、軸受との直接接触による摩耗が発生し難い環境であり、これまでに有意な摩耗は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

さらに、潤滑油とともに流入する異物についても、ストレーナや油清浄器により油の浄化を実施している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(9) 車軸の腐食（流れ加速型腐食）

車軸は湿り蒸気雰囲気で使用しており、流れ加速型腐食により減肉が想定される。

しかしながら、車軸は低合金鋼であり、炭素鋼に比べ優れた耐食性を有しており、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(10) 車軸の高サイクル疲労割れ

タービン運転時には車軸に定常応力と変動応力が発生し、高平均応力下で繰返し応力を受けると、段付部等の応力集中部において高サイクル疲労割れが想定される。

しかしながら、タービン設計時には高サイクル疲労を考慮しており、この設計上の考慮は経年的に変化するものではない。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、巡視点検時の振動確認（通常運転時の振動状態と差異がないことの触診や目視による確認）及び試運転時における振動確認（変位の測定等）並びに分解点検時の応力集中部に対する目視確認や浸透探傷検査により、機器の健全性を確認している。

(11) 車軸の応力腐食割れ

車軸は低合金鋼であり、比較的発生応力の高い翼溝部を有しており、湿り蒸気雰囲気で使用されているため、応力腐食割れが想定される。

1984年2月に、伊方1号炉の低圧タービンにおいて、片側5枚ある円板のうち上流側から2番目の第2円板翼溝部に、応力腐食割れと考えられる割れが認められた。

しかしながら、車軸には応力腐食割れに対する感受性の低い降伏応力約690MPa級の材料を使用しており、降伏応力（0.2%耐力）と応力腐食割れ発生の関係、また、一定のひずみ速度で荷重を加えた場合の破面観察結果からも、降伏応力約690MPa級の材料では粒界割れ破面はごくわずかであり、応力腐食割れに対する感受性は低い。

さらに、分解点検時の車軸翼溝部端面の目視確認や磁粉探傷検査により、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(12) 軸受台及び台板の腐食（全面腐食）

軸受台及び台板は炭素鋼又は炭素鋼鋳鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部は塗装により腐食を防止しており、塗装が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、巡視点検等で目視により塗装の状態を確認し、はく離等が認められた場合は必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

一方、軸受台内面については、油雰囲気下で腐食が発生し難い環境であり、これまで有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(13) ジャーナル軸受及びスラスト軸受ホワイトメタルの摩耗、はく離

ジャーナル軸受及びスラスト軸受のホワイトメタルは、長時間の使用により摩耗、はく離が想定される。

しかしながら、摩耗に対しては、分解点検時の目視確認、車軸と軸受内面の間隙計測や軸表面の当たり幅の確認により、はく離については、分解点検時の目視確認及びホワイトメタル部の浸透探傷検査により、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(14) 基礎ボルトの腐食（全面腐食）

基礎ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

基礎ボルトの健全性評価については各機器で共通であることから、機械設備の技術評価書のうち「基礎ボルト」にて評価を実施するものとし、本評価書には含めていない。

前述の2)に該当する事象のうち、日常劣化管理事象を除く事象（日常劣化管理事象ではない事象）を以下に示す。

(15) キーの摩耗

車室がタービンの起動・停止による温度変化により台板上をスライドするため、台板に固定されたキーの摩耗が想定される。

しかしながら、起動・停止回数の多い火力発電所のタービンにおいても同様の構造、材料を採用し、これまで問題なく運転されており、十分な使用実績を有している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

2.2.4 消耗品及び定期取替品

大気放出板は分解点検時に取り替えている消耗品であり、グランドシールリング及びオイルシールリングは、分解点検時の目視確認又は間隙計測の結果に基づき取り替えている消耗品である。それぞれ、長期使用はせず取替えを前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

表2.2-1(1/2) 川内2号炉 タービン動主給水ポンプ駆動タービンに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考
				減 肉		割 れ		材質変化		その他	
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐蝕割れ	熱時効	劣 化		
バウンダリの維持	車 室		ステンレス鋼 炭素鋼		△*1 △(外面)	△				△*2	*1：流れ加速型腐食 *2：変形 *3：エロージョン *4：高サイクル疲労割れ *5：はく離
	車室ボルト		低合金鋼、炭素鋼		△						
	高压ノズル室 (第1段ノズルを含む)		ステンレス鋼 ステンレス鋼								
	低压ノズル室 (第1段ノズルを含む)		炭素鋼 炭素鋼 ステンレス鋼		△*1						
	大気放出板	◎	—								
	グラウンド本体		ステンレス鋼 炭素鋼		△*1 △(外面)						
	グラウンドシールリング	◎	—								
	オイルシールリング	◎	—								
ポンプ駆動力の確保	動 翼	第1～4段	ステンレス鋼								
		第5、6段	ステンレス鋼 (ステライト肉盛)		△*3	△*4					
	仕切板(ノズルを含む)		ステンレス鋼								
	車 軸		低合金鋼	△	△*1	△*1	△				
	軸 受 台		炭素鋼 炭素鋼		△(内面) △(外面)						
	ジャーナル軸受(すべり)		炭素鋼 (ホワイトメタル)	△						△*5	
	スラスト軸受(すべり)		炭素鋼 (ホワイトメタル)	△						△*5	

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-1(2/2) 川内2号炉 タービン動主給水ポンプ駆動タービンに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考
				減 肉		割 れ		材質変化		その他	
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣 化		
機器の支持	台 板		炭素鋼		△						
	キ ー		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）

4 タービン動補助給水ポンプタービン

[対象機器]

- ① タービン動補助給水ポンプタービン

目 次

1. 対象機器	1
2. タービン動補助給水ポンプタービンの技術評価	2
2.1 構造、材料及び使用条件	2
2.2 経年劣化事象の抽出	9

1. 対象機器

川内2号炉で使用されているタービン動補助給水ポンプタービンの主な仕様を表1-1に示す。

表1-1 川内2号炉 タービン動補助給水ポンプタービンの主な仕様

機器名称 (台数)	仕 様 (出力×定格回転数) (kW×rpm)	重要度*1	使 用 条 件		
			運 転	最高使用圧力 (MPa[gage])	最高使用温度 (°C)
タービン動 補助給水ポンプ タービン (1)	約810×約5,500	MS-1、重*2	一 時	約7.5	約291

*1：機能は最上位の機能を示す

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

2. タービン動補助給水ポンプタービンの技術評価

2.1 構造、材料及び使用条件

2.1.1 タービン動補助給水ポンプタービン

(1) 構造

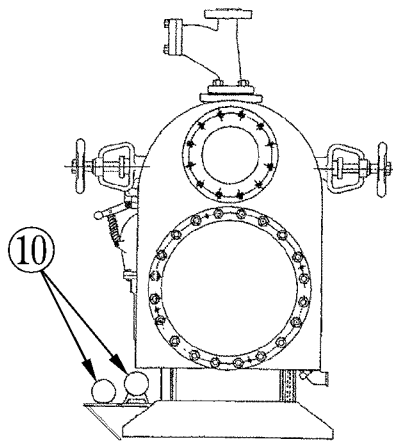
川内2号炉のタービン動補助給水ポンプタービンは、タービン動補助給水ポンプ駆動源の横型単段式であり、円板には低合金鋼、動翼にはステンレス鋼を使用している。

また、ガバナ弁、圧力調整器、オイルリレー及びオーバースピードガバナで構成されるガバナ調速機構が、ポンプ吐出圧を一定に保つために設置されており、このガバナ調速機構に作動油圧を供給するためにタービンケーシングとポンプケーシングの間に油圧ユニットが設置されている。油圧ユニットの主油ポンプは、歯車を介して伝達される主軸の回転力により駆動する。さらに補助油ポンプ、非常用油ポンプ及びオイルクーラで構成する外部油圧ユニットを設置している。補助油ポンプ及び非常用油ポンプはポンプ待機中にガバナ調速機構の作動油を供給し、オイルクーラは軸受油を冷却している。

川内2号炉のタービン動補助給水ポンプタービンの構造図を図2.1-1～図2.1-3に示す。

(2) 材料及び使用条件

川内2号炉のタービン動補助給水ポンプタービンの使用材料及び使用条件を表2.1-1及び表2.1-2に示す。



A視

No.	部 位
①	主 軸
②	円 板
③	油圧ユニットケーシング
④	軸受 (ころがり)
⑤	スラスト軸受 (ころがり)
⑥	ケーシング
⑦	ケーシングカバー
⑧	ダイヤフラム
⑨	ケーシングボルト
⑩	外部油圧ユニット

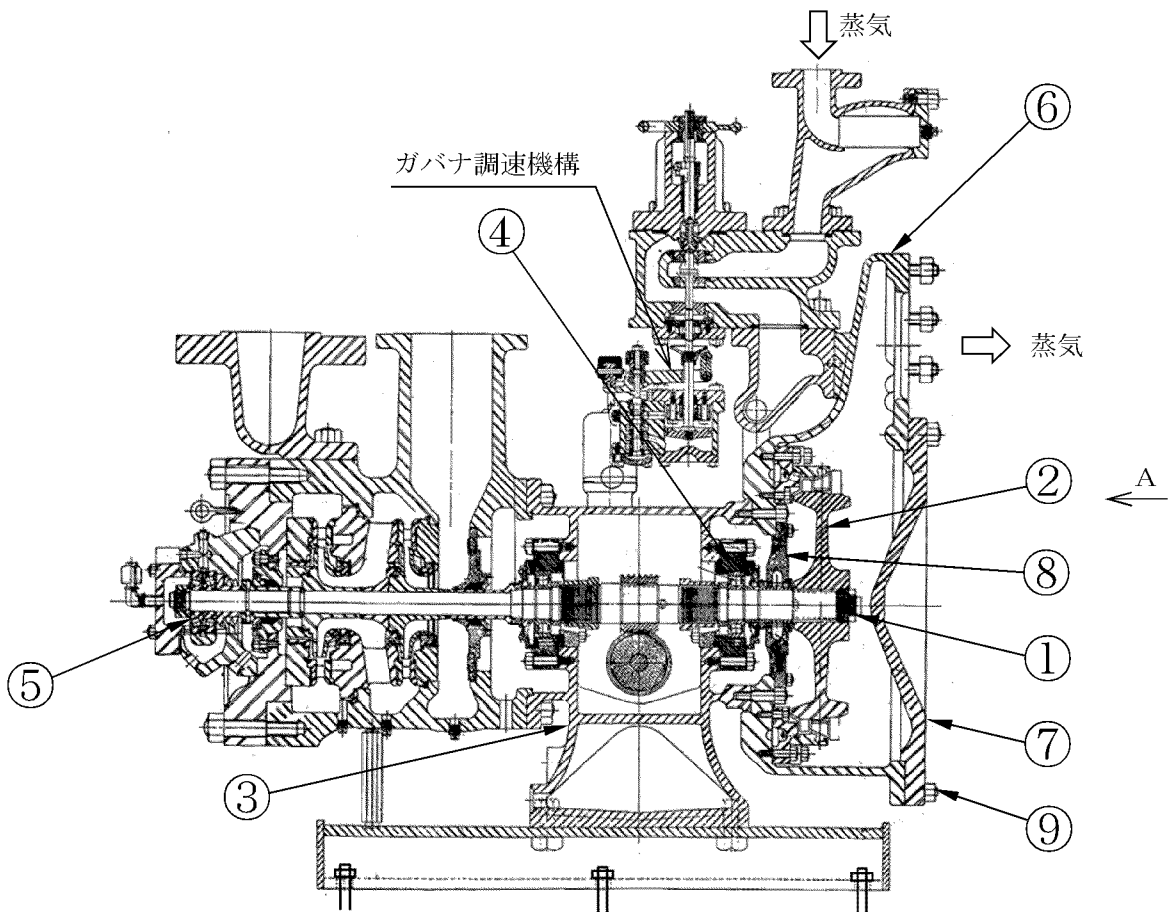


図2.1-1(1/2) 川内2号炉 タービン動補助給水ポンプタービン構造図

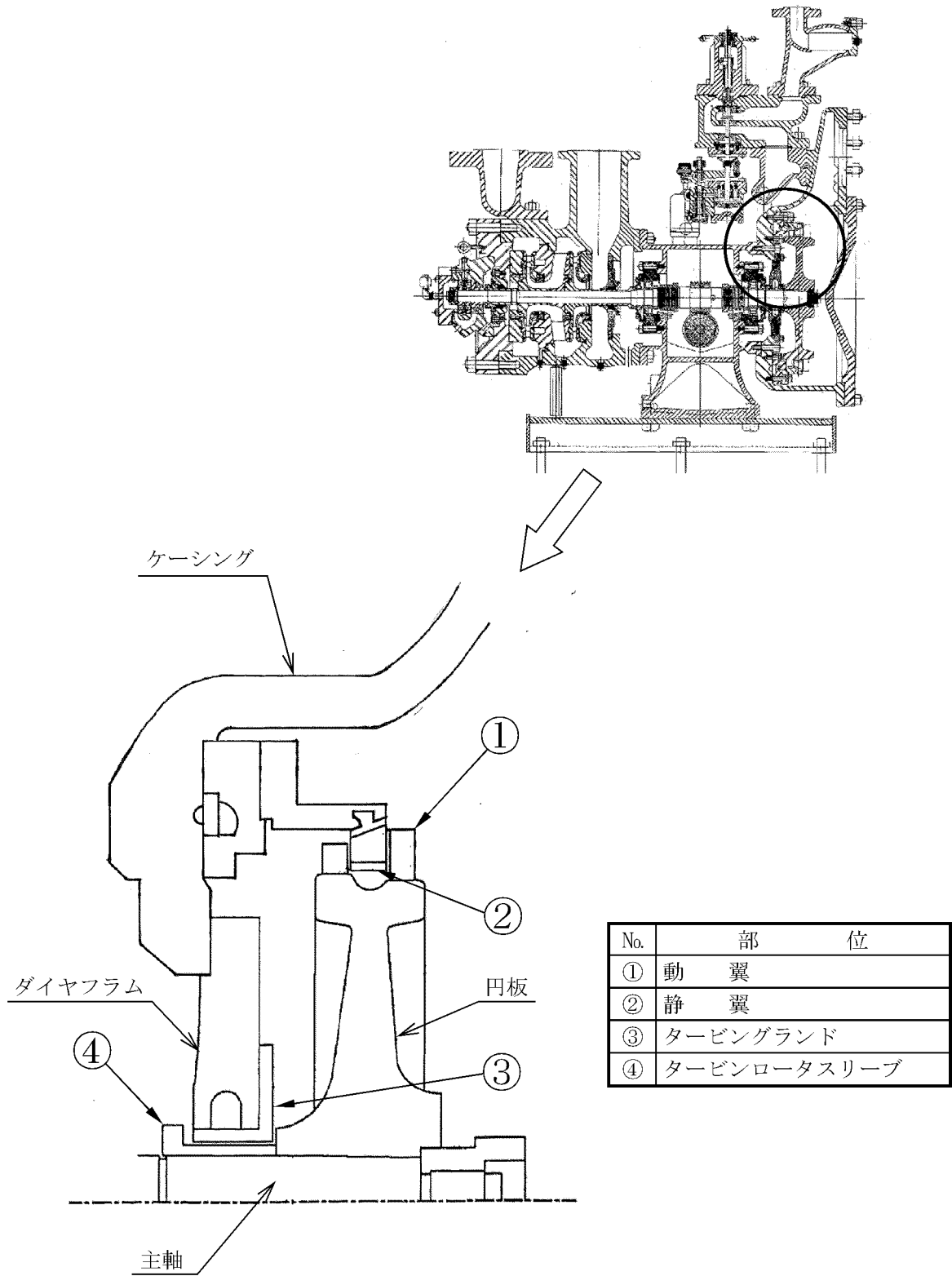
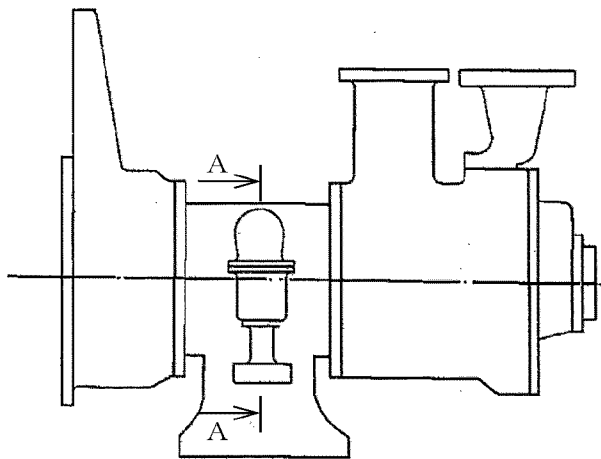


図2. 1-1 (2/2) 川内 2 号炉 タービン動補助給水ポンプタービン構造図



No.	部 位
①	油圧ユニット 主油ポンプ歯車
②	油圧ユニット 主油ポンプ軸受 (ころがり)
③	油圧ユニット 駆動用歯車
④	油圧ユニット 駆動軸軸受 (ころがり)

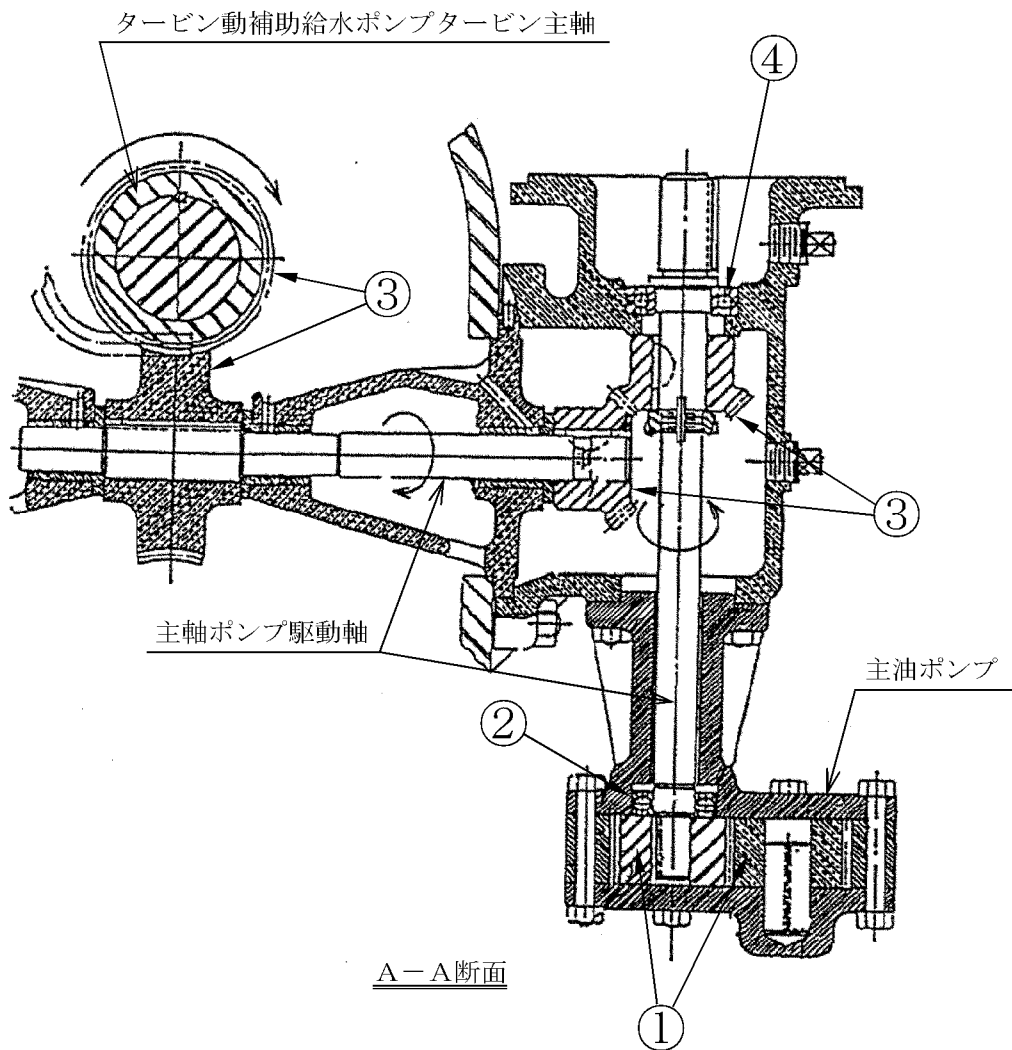
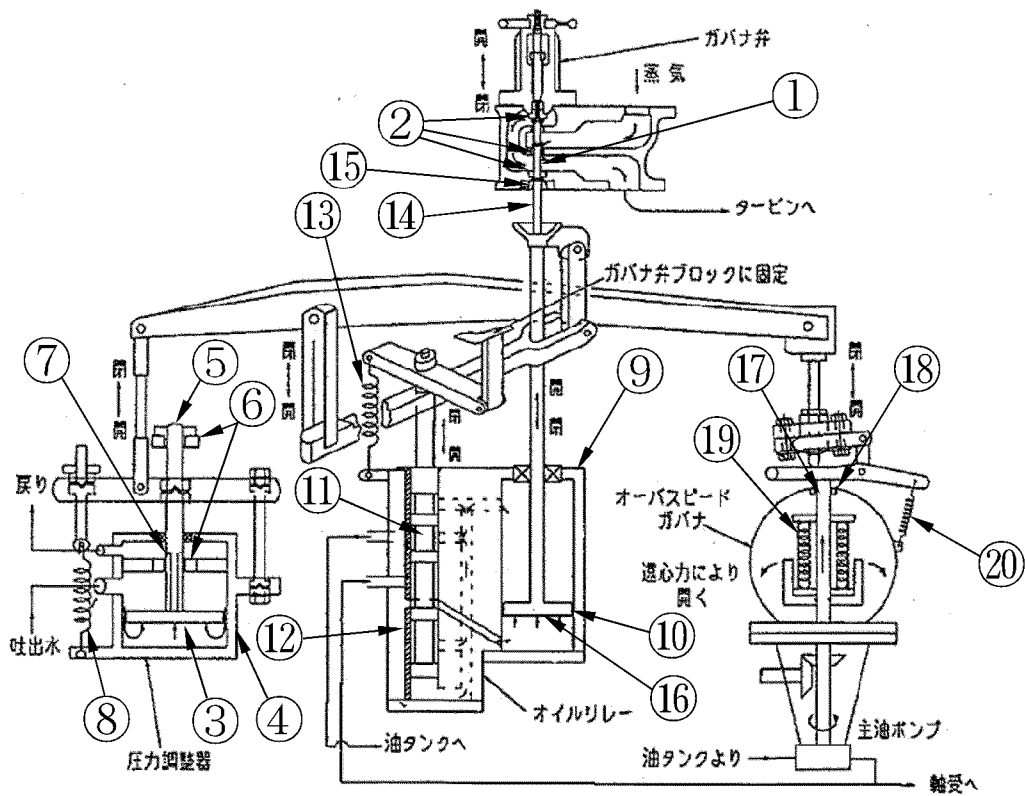


図2.1-2 川内2号炉 タービン動補助給水ポンプタービン
油圧ユニット 主油ポンプ構造図



No.	部 位	No.	部 位
①	ガバナ弁弁棒	⑪	オイルリレーパイロットスピンドル
②	ガバナ弁ガイド、シート	⑫	オイルリレーパイロットブッシュ
③	圧力調整器ピストン	⑬	オイルリレースプリング
④	圧力調整器シリンダ	⑭	オイルリレースピンドル
⑤	圧力調整器スピンドル	⑮	オイルリレーブッシュ
⑥	圧力調整器ガイド	⑯	オイルリレーピストン
⑦	圧力調整器ブッシュ	⑰	オーバースピードガバナスピンドル
⑧	圧力調整器スプリング	⑱	オーバースピードガバナブッシュ
⑨	オイルリレーシリンダ	⑲	ガバナスプリング
⑩	オイルリレーピストンリング	⑳	トリップラッチスプリング

図2.1-3 川内2号炉 タービン動補助給水ポンプタービン
ガバナ調速機構構造図 (概念図)

表2.1-1(1/2) 川内2号炉 タービン動補助給水ポンプタービン主要部位の使用材料

	部 位	材 料
本 体	主 軸	低合金鋼
	円 板	低合金鋼
	油圧ユニットケーシング	炭素鋼鋳鋼
	軸受（ころがり）	消耗品・定期取替品
	スラスト軸受（ころがり）	消耗品・定期取替品
	ケーシング	低合金鋼鋳鋼
	ケーシングカバー	炭 素 鋼
	ダイヤフラム	炭素鋼鋳鋼
	ケーシングボルト	低合金鋼
	動 翼	ステンレス鋼
	静 翼	ステンレス鋼
	タービングランド	消耗品・定期取替品
	タービンロータスリーブ	消耗品・定期取替品
	油圧ユニット 主油ポンプ	油圧ユニット主油ポンプ歯車
油圧ユニット主油ポンプ軸受 （ころがり）		消耗品・定期取替品
油圧ユニット駆動用歯車		銅合金、炭素鋼、低合金鋼
油圧ユニット駆動軸軸受 （ころがり）		消耗品・定期取替品
ガバナ調速機構	ガバナ弁弁棒	ステンレス鋼
	ガバナ弁ガイド、シート	ステンレス鋼
	圧力調整器ピストン	銅 合 金
	圧力調整器シリンダ	銅 合 金
	圧力調整器スピンドル	ステンレス鋼
	圧力調整器ガイド	銅合金、ステンレス鋼
	圧力調整器ブッシュ	ステンレス鋼
	圧力調整器スプリング	炭 素 鋼

表2.1-1(2/2) 川内2号炉 タービン動補助給水ポンプタービン主要部位の使用材料

部 位		材 料
ガバナ调速機構	オイルリレーシリンダ	鋳 鉄
	オイルリレーピストンリング	銅 合 金
	オイルリレーパイロットスピンドル	ステンレス鋼
	オイルリレーパイロットブッシュ	銅 合 金
	オイルリレースプリング	ステンレス鋼
	オイルリレースピンドル	ステンレス鋼
	オイルリレーブッシュ	銅 合 金
	オイルリレーピストン	鋳 鉄
	オーバスピードガバナスピンドル	ステンレス鋼
	オーバスピードガバナブッシュ	銅 合 金
	ガバナスプリング	炭 素 鋼
	トリップラッチスプリング	ステンレス鋼
外部油圧ユニット	銅合金、鋳鉄	

表2.1-2 川内2号炉 タービン動補助給水ポンプタービンの使用条件

最高使用圧力	約7.5MPa[gage]
最高使用温度	約291℃
内 部 流 体	蒸 気

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機能達成に必要な項目

タービン動補助給水ポンプタービンの機能であるポンプ駆動機能を維持するためには、次の2つの項目が必要である。

- ① ポンプ駆動力の確保
- ② バウンダリの維持

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

タービン動補助給水ポンプタービンについて、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の構造、材料、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。

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象はない。

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

以下の事象（表2.2-1で△となっているもの）については、想定される経年劣化事象であるが、

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

に該当するものについては、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した。

上記の1)又は2)に該当する事象であるが、保全によりその傾向が維持できていることを確認している事象（日常劣化管理事象）を以下に示す。

なお、日常劣化管理事象ではない事象はない。

(1) 主軸の摩耗

ころがり軸受を使用しているタービン動補助給水ポンプタービンについては、軸受と主軸の接触面で摩耗が想定される。

軸受定期取替時の軸受引き抜きの際に主軸表面にわずかな線形模様が生じることもあり、主軸表面をサンドペーパーで仕上げる方策も考えられる。この場合、主軸表面にわずかな摩耗が発生し、主軸と軸受スリーブ間で微小隙間が生じ、運転中にフレットングによる摩耗が発生する可能性がある。

しかしながら、これを防止するため主軸表面の仕上げは行わない運用としており、これまでに有意な摩耗は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(2) 主軸の高サイクル疲労割れ

タービン運転時には主軸に定常応力と変動応力が発生し、高平均応力下で繰返し応力を受けると、段付部等の応力集中部において高サイクル疲労割れが想定される。

しかしながら、タービン設計時には高サイクル疲労を考慮しており、この設計上の考慮は経年的に変化するものではない。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、試運転時における振動確認（変位の測定等）並びに分解点検時の応力集中部に対する目視確認や浸透探傷検査により、機器の健全性を確認している。

(3) 円板の応力腐食割れ

円板は低合金鋼であり、湿り蒸気雰囲気下で使用されているため、円板の翼溝部及びキー溝部に応力腐食割れが想定される。

しかしながら、翼溝部の発生応力は、0.2%耐力と比較しても約1/3程度と小さく、円板と主軸は中心穴のテーパ形状によるはめあいにより結合されていることからキー溝部に過大な応力が発生しない構造となっている。

また、分解点検時に円板への動翼取付け状況及び応力集中部に対する目視確認や浸透探傷検査により、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(4) 油圧ユニットケーシング及び外部油圧ユニットの腐食（全面腐食）

油圧ユニットケーシング及び外部油圧ユニットは、炭素鋼、銅合金及び鋳鉄であり、腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部は塗装により腐食を防止しており、塗装が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、巡視点検等で目視により塗装の状態を確認し、はく離が認められた場合は必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

一方、内面については内部流体が油で腐食が発生し難い環境であり、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(5) ガバナ調速機構の摩耗

ガバナ調速機構を構成するガバナ弁、圧力調整器、オイルリレー及びオーバースピードガバナの摺動部に摩耗が想定される。

しかしながら、これまでに有意な摩耗は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の寸法計測により、機器の健全性を確認している。

(6) ばねの変形（応力緩和）

オイルリリースプリング、圧力調整器スプリング、ガバナスプリング及びトリップラッチスプリングは、ある一定の応力状態にて長時間保持されることにより、変形（応力緩和）が想定される。

しかしながら、ばねに発生する応力は弾性範囲であり、日本ばね工業会にて実施したばね材料と使用環境温度の実態調査結果と比べて、当該ばねは余裕のある環境で使用している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、起動試験時のガバナ弁動作状態確認により、機器の健全性を確認している。

(7) 油圧ユニット主油ポンプ歯車及び駆動用歯車の摩耗

油圧ユニットの主油ポンプは、駆動用歯車を介して主軸の回転力により駆動されており、また主油ポンプも歯車ポンプであるため、歯車に摩耗が想定される。

しかしながら、歯車には潤滑油を供給し摩耗を防止しており、摩耗が発生し難い環境である。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認や寸法計測により、機器の健全性を確認している。

(8) ケーシング、ケーシングカバー及びダイヤフラムの腐食（全面腐食）

ケーシング及びケーシングカバーは、低合金鋼鋳鋼又は炭素鋼であり外面からの腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部は塗装により腐食を防止しており、塗装が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、巡視点検等で目視により塗装の状態を確認し、はく離が認められた場合は必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

一方、ケーシング、ケーシングカバー及び炭素鋼鋳鋼製のダイヤフラムの内面については、湿り蒸気雰囲気中の長期間の使用により腐食が想定される。

しかしながら、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(9) ケーシング、ケーシングカバー及びダイヤフラムの疲労割れ

ケーシング、ケーシングカバー及びダイヤフラムは、タービン起動時に発生する内部流体の温度、圧力の変化により疲労が蓄積することから、疲労割れが想定される。

しかしながら、本機器の定期運転も考慮した起動発停回数は限られているため、疲労割れが発生し難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(10) ケーシングボルトの腐食（全面腐食）

ケーシングボルトは低合金鋼であり、フランジ面からの漏えいにより、内部流体によるボルトの腐食が想定される。

しかしながら、締付管理により漏えい防止を図っており、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

2.2.4 消耗品及び定期取替品

軸受（ころがり）、スラスト軸受（ころがり）、タービングランド、タービンロータスリーブ、油圧ユニット主油ポンプ軸受（ころがり）及び油圧ユニット駆動軸軸受（ころがり）は分解点検時に取り替えている消耗品であり、長期使用はせず取替えを前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

表2.2-1(1/2) 川内2号炉 タービン動補助給水ポンプタービンに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位		消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣 化		
ポンプ駆動力の確保	本 体	主 軸		低合金鋼	△		△*1				*1：高サイクル疲労割れ *2：変形（応力緩和）	
		円 板		低合金鋼				△				
		油圧ユニットケーシング*		炭素鋼鋳鋼		△(内面) △(外面)						
		軸受(ころがり)	◎	—								
		スラスト軸受(ころがり)	◎	—								
		動 翼		ステンレス鋼								
	静 翼		ステンレス鋼									
	ガバナ調速機構	ガバナ弁弁棒		ステンレス鋼	△							
		ガバナ弁がばい、シート		ステンレス鋼	△							
		圧力調整器ピストン		銅合金	△							
		圧力調整器シリンダ*		銅合金	△							
		圧力調整器ピストンロッド		ステンレス鋼	△							
		圧力調整器がばい		銅合金、ステンレス鋼	△							
		圧力調整器ワッシュ		ステンレス鋼	△							
		圧力調整器スプリング*		炭素鋼								△*2
		オイルレシリンダ*		鋳鉄	△							
		オイルレピストンリング*		銅合金	△							
		オイルレハイトピストンロッド		ステンレス鋼	△							
		オイルレハイトワッシュ		銅合金	△							
		オイルレススプリング*		ステンレス鋼								△*2
		オイルレスピストンロッド		ステンレス鋼	△							
		オイルレワッシュ		銅合金	△							
		オイルレピストン		鋳鉄	△							
		オーバースピートガバナピストンロッド		ステンレス鋼	△							
		オーバースピートガバナワッシュ		銅合金	△							
		ガバナスプリング*		炭素鋼								△*2
	トリップラッチスプリング*		ステンレス鋼							△*2		
外部油圧ユニット			銅合金、鋳鉄		△(内面) △(外面)							

△：高経年化対策上着目すべき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) 川内2号炉 タービン動補助給水ポンプタービンに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位		消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣 化		
ポンプ駆動力の確保	油圧ユニット 主油ポンプ	油圧ユニット主油ポンプ 歯車		銅合金、炭素鋼	△							
		油圧ユニット主油ポンプ 軸受(ころがり)	◎	—								
		油圧ユニット駆動用歯車		銅合金、炭素鋼 低合金鋼	△							
		油圧ユニット駆動軸 軸受(ころがり)	◎	—								
バウダリの維持	本 体	ケーシング*		低合金鋼 casting		△(内面) △(外面)	△					
		ケーシングカバー		炭 素 鋼		△(内面) △(外面)	△					
		ダイヤフラム		炭素鋼 casting		△	△					
		ケーシングボルト		低合金鋼		△						
		タービンケーシング	◎	—								
		タービンロータスリーブ*	◎	—								

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

5 主油ポンプ

[対象機器]

- ① 主油ポンプ

目 次

1. 対象機器	1
2. 主油ポンプの技術評価	2
2.1 構造、材料及び使用条件	2
2.2 経年劣化事象の抽出	5

1. 対象機器

川内2号炉で使用されている主油ポンプの主な仕様を表1-1に示す。

表1-1 川内2号炉 主油ポンプの主な仕様

機器名称 (台数)	重要度*1	使用条件		
		運 転	最高使用圧力 (MPa[gage])	最高使用温度 (°C)
主油ポンプ (1)	高*2	連 続	約2.2	約80

*1：機能は最上位の機能を示す

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

2. 主油ポンプの技術評価

2.1 構造、材料及び使用条件

2.1.1 主油ポンプ

(1) 構造

川内2号炉の主油ポンプは、横置単段うず巻形ポンプである。

主油ポンプは、蒸気タービンの運転に伴い、主油タンクより吸い込んだ油を軸受油系統、高圧油系統、オートストップ油系統及び水素密封油系統へ送油する。

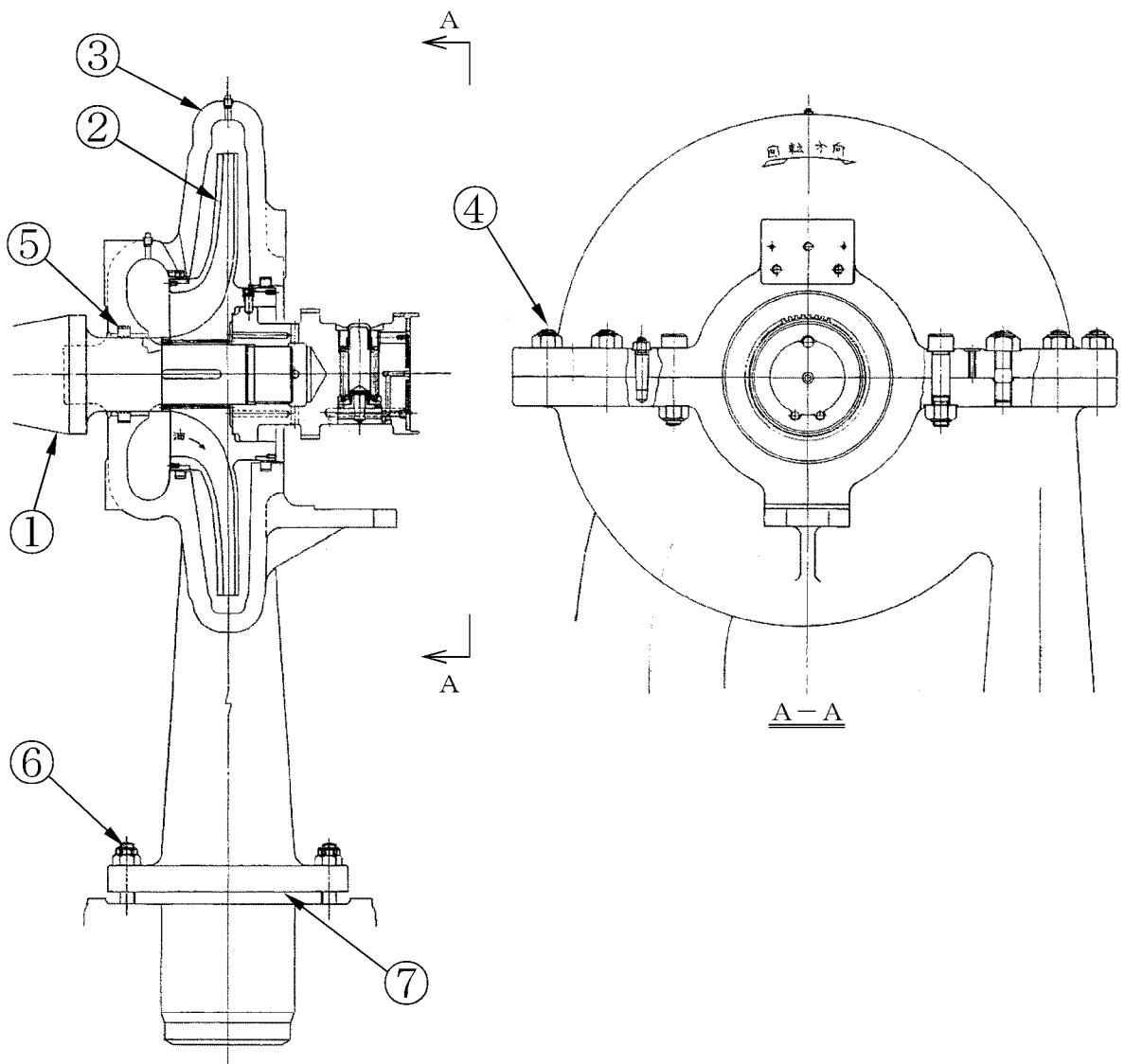
また、主軸には低合金鋼、羽根車にはステンレス鋼鋳鋼、ケーシングには炭素鋼鋳鋼をそれぞれ使用している。

主軸は高圧タービン軸に取り付けられており、これに羽根車を取り付けている。ケーシングは高圧タービン軸受台に取り付けられており、ケーシング両端には、異物進入防止のため油切りを設置している。

川内2号炉の主油ポンプの構造図を図2.1-1に示す。

(2) 材料及び使用条件

川内2号炉の主油ポンプの使用材料及び使用条件を表2.1-1及び表2.1-2に示す。



No.	部 位
①	主 軸
②	羽 根 車
③	ケーシング
④	ケーシングボルト
⑤	油 切 り
⑥	ケーシング取付ボルト
⑦	中間リング

図2.1-1 川内2号炉 主油ポンプ構造図

表2.1-1 川内2号炉 主油ポンプ主要部位の使用材料

部 位	材 料
主 軸	低合金鋼
羽 根 車	ステンレス鋼鋳鋼
ケーシング	炭素鋼鋳鋼
ケーシングボルト	低合金鋼
油 切 り	消耗品・定期取替品
ケーシング取付ボルト	低合金鋼
中間リング	炭 素 鋼

表2.1-2 川内2号炉 主油ポンプの使用条件

最高使用圧力	約2.2MPa[gage]
最高使用温度	約80℃
内 部 流 体	油

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機能達成に必要な項目

主油ポンプの機能である供給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 ポンプの容量－揚程確保
- 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

主油ポンプについて、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、個々の部位の構造、材料、使用条件（圧力、温度等）及び現在までの運転経験を考慮し、表2.2-1に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象はない。

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

以下の事象（表2.2-1で△となっているもの）については、想定される経年劣化事象であるが、

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

に該当するものについては、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した。

上記の1)又は2)に該当する事象であるが、保全によりその傾向が維持できていることを確認している事象（日常劣化管理事象）を以下に示す。

なお、日常劣化管理事象ではない事象はない。

(1) 主軸及びケーシング等の腐食（全面腐食）

主軸、ケーシング、ケーシングボルト、ケーシング取付ボルト及び中間リングは低合金鋼、炭素鋼鋳鋼及び炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、主油ポンプは軸受台内に設置されており、内外面ともに油又は油雰囲気下で腐食が発生し難い環境であり、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(2) 主軸の高サイクル疲労割れ

ポンプ運転時には主軸に定常応力と変動応力が発生し、高平均応力下において繰り返し応力を受けると、段付部等の応力集中部において、高サイクル疲労割れが想定される。

しかしながら、ポンプ設計時には高サイクル疲労を考慮しており、この設計上の考慮は経年的に変化するものではない。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の応力集中部に対する目視確認により、機器の健全性を確認している。

(3) 羽根車の腐食（キャビテーション）

ポンプの内部では流速と圧力が場所により大きく変化するが、ある点の圧力がその液温における飽和蒸気圧まで低下すると、その部分の液体が沸騰し、蒸気泡の発生と崩壊が起こることが想定される。

しかしながら、ポンプ及び機器配置の設計時にはキャビテーションを考慮しており、この設計上の考慮は経年的に変化するものではない。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

2.2.4 消耗品及び定期取替品

油切りは、分解点検時の目視確認及び寸法計測の結果に基づき取り替えている消耗品であり、長期使用はせず取替えを前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

表2.2-1 川内2号炉 主油ポンプに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・ 定期 取 替 品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考
				減 肉		割 れ		材質変化		その他	
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣 化		
ポンプの容量－ 揚程確保	主 軸		低合金鋼		△	△*1					*1：高サイクル疲労 割れ *2：キャビテーション
	羽 根 車		ステンレス鋼 鋳鋼		△*2						
バウンダリの維持	ケーシング		炭素鋼 鋳鋼		△						
	ケーシングボルト		低合金鋼		△						
	油 切 り	◎	－								
機器の支持	ケーシング取付ボルト		低合金鋼		△						
	中間リング		炭 素 鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

6 調速装置・保安装置

[対象機器]

- ① 調速装置
- ② 保安装置

目 次

1. 対象機器	1
2. 調速装置・保安装置の技術評価	2
2.1 構造、材料及び使用条件	2
2.2 経年劣化事象の抽出	14

1. 対象機器

川内2号炉で使用されている調速装置・保安装置の主な仕様を表1-1に示す。

表1-1 川内2号炉 調速装置・保安装置の主な仕様

機器名称 (台数)	仕 様 (型 式)	重要度*1	使 用 条 件		
			運 転	最高使用圧力 (MPa[gage])	最高使用温度 (°C)
調速装置 (1)	電気油圧式	高*2	連 続	約16.2	約75
保安装置 (1)	機械油圧式	高*2	連 続	約 2.2	約80

*1：機能は最上位の機能を示す

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

2. 調速装置・保安装置の技術評価

2.1 構造、材料及び使用条件

2.1.1 調速装置

(1) 構造

川内2号炉の調速装置は、電気油圧式でありタービン軸から電気信号として検出した回転数により、弁開度指令信号を各弁のアクチュエータへ送り、高圧油供給ユニットから供給された高圧油を用いてアクチュエータの開度を調整する。

高圧油供給ユニットは、EHガバナ油タンク、EH用油冷却器、高圧油ポンプ、高圧油ポンプアンロード弁、EH高圧油リリーフ弁及びEHアキュムレータタンクの機器から構成される。

川内2号炉の調速装置の系統図及び構造図を図2.1-1及び図2.1-2に示す。

(2) 材料及び使用条件

川内2号炉の調速装置の使用材料及び使用条件を表2.1-1及び表2.1-2に示す。

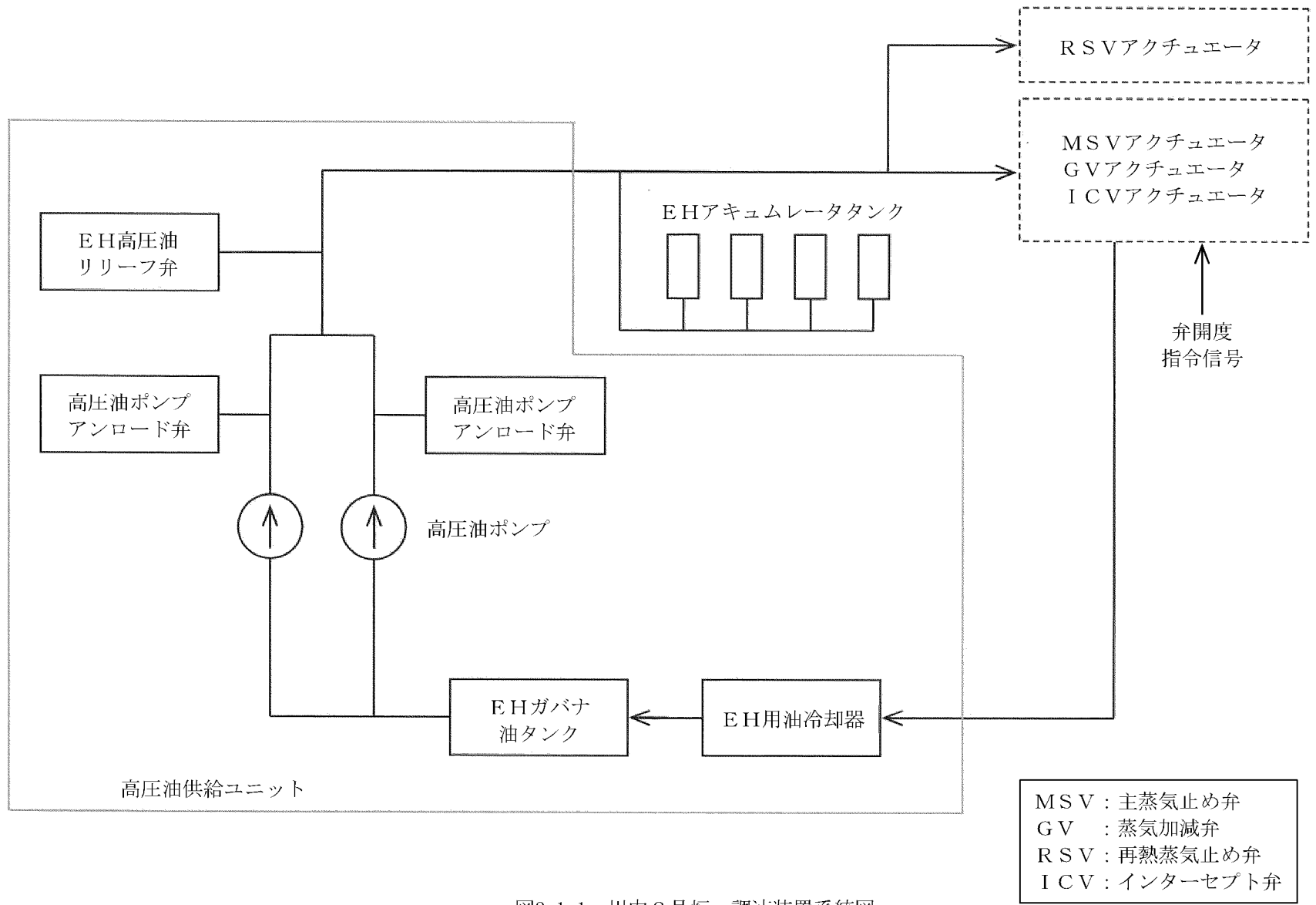
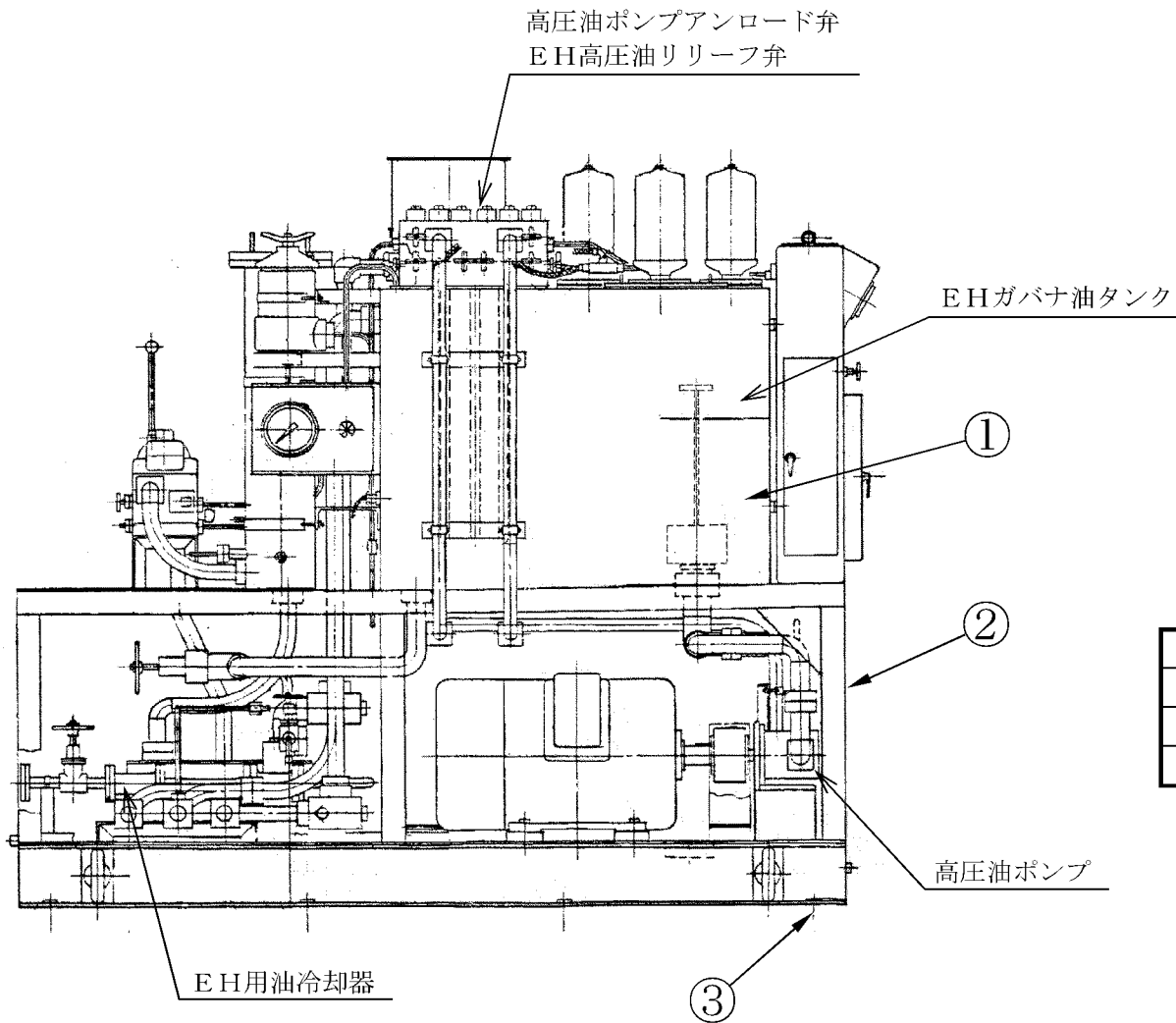


図2.1-1 川内2号炉 調速装置系統図



No.	部 位
①	胴 板
②	架 台
③	基礎ボルト

図2.1-2(1/5) 川内2号炉 高圧油供給ユニット構造図

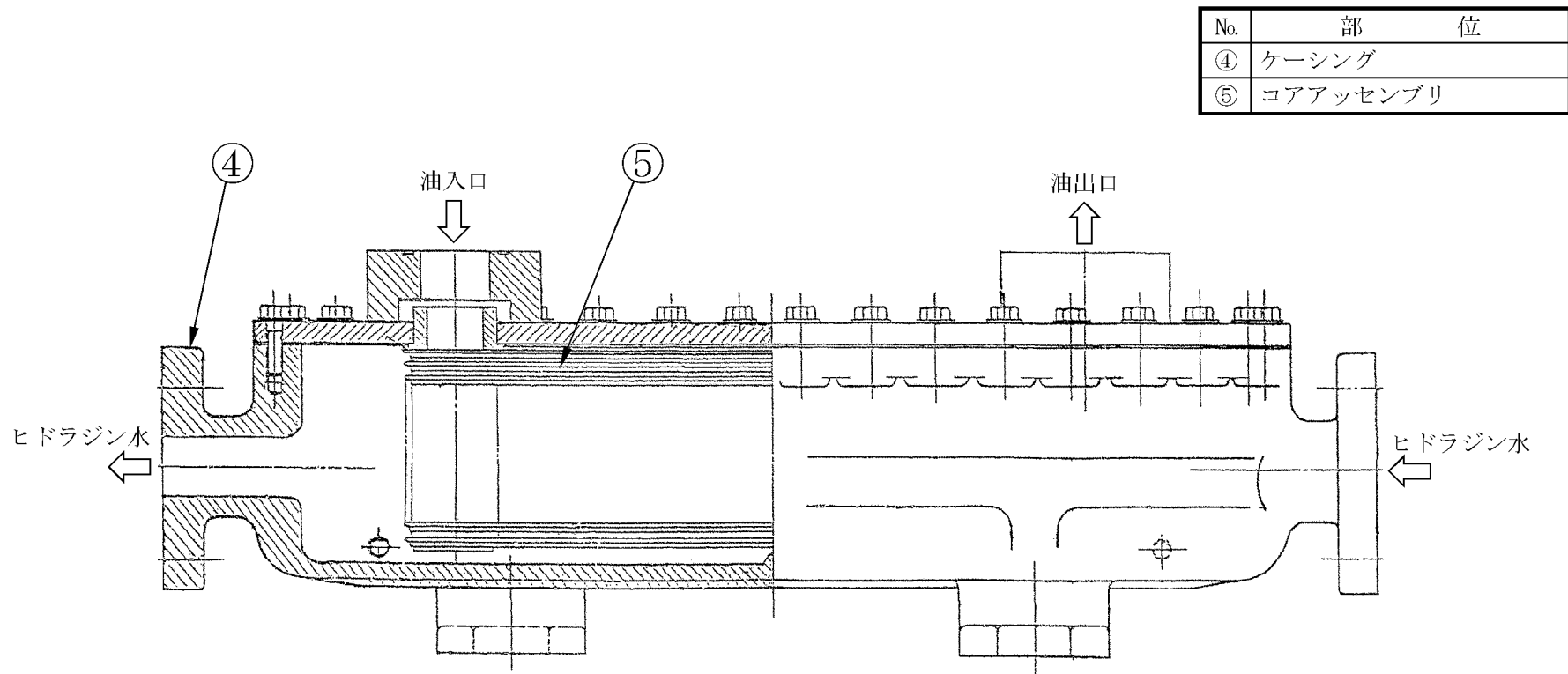
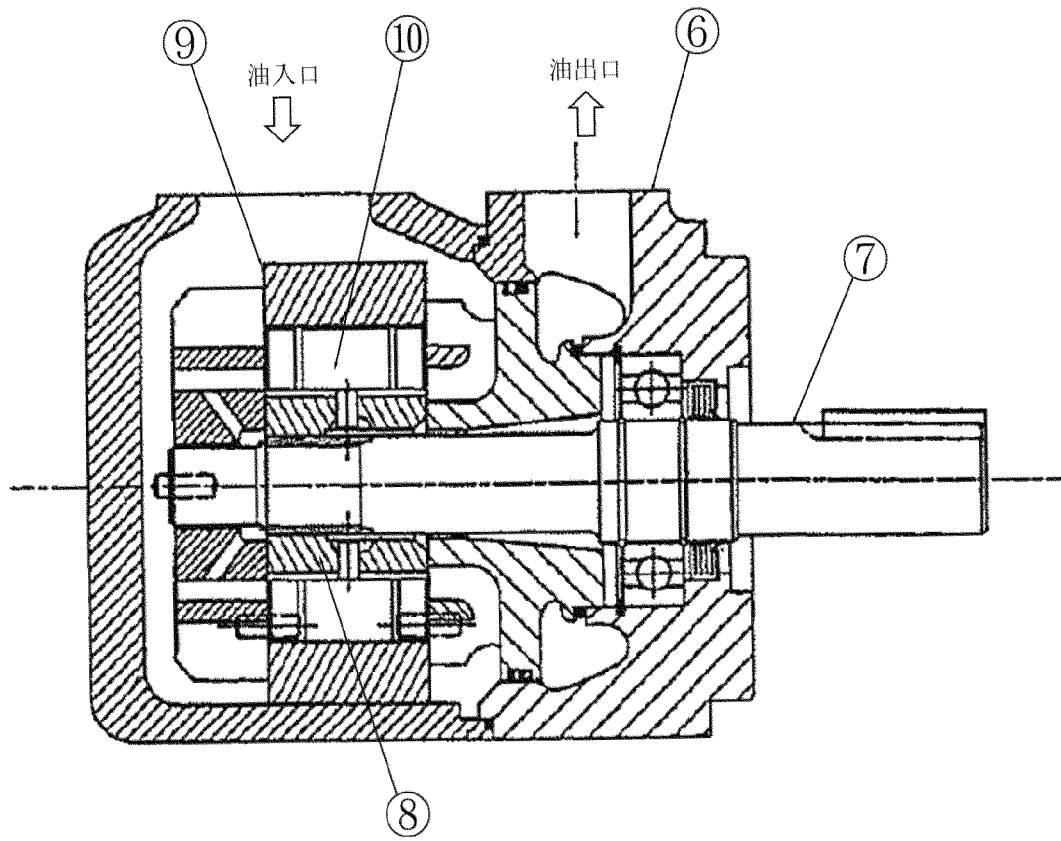
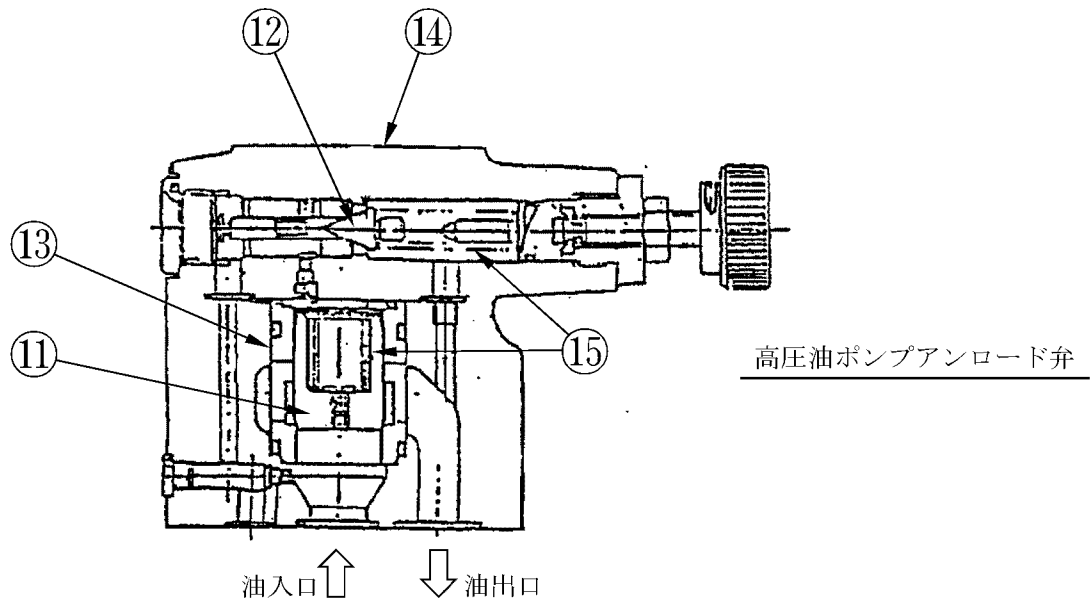


図2.1-2(2/5) 川内2号炉 EH用油冷却器構造図

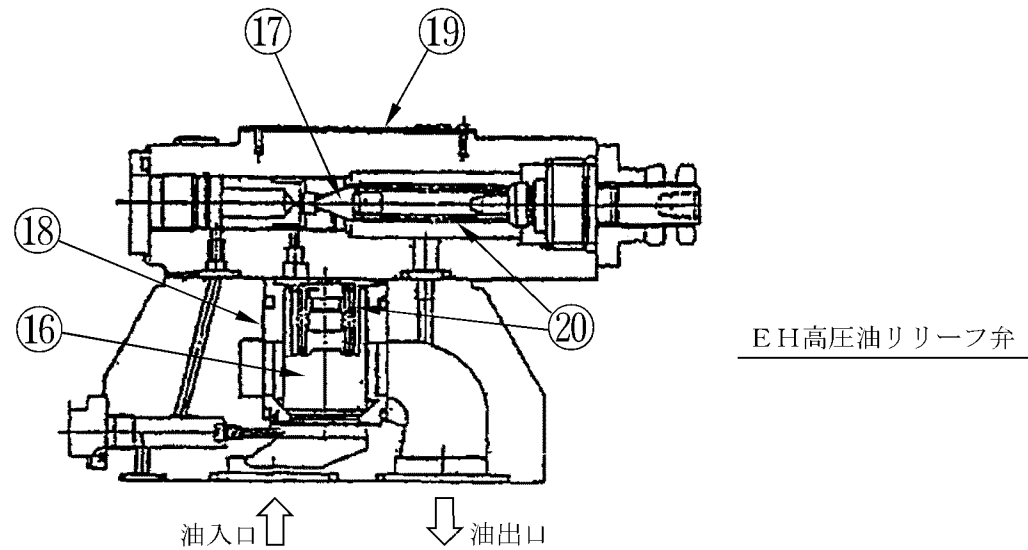


No.	部 位
⑥	ケーシング
⑦	主 軸
⑧	ロ ー タ
⑨	カムリング
⑩	ベ ー ン

図2. 1-2(3/5) 川内2号炉 高圧油ポンプ構造図

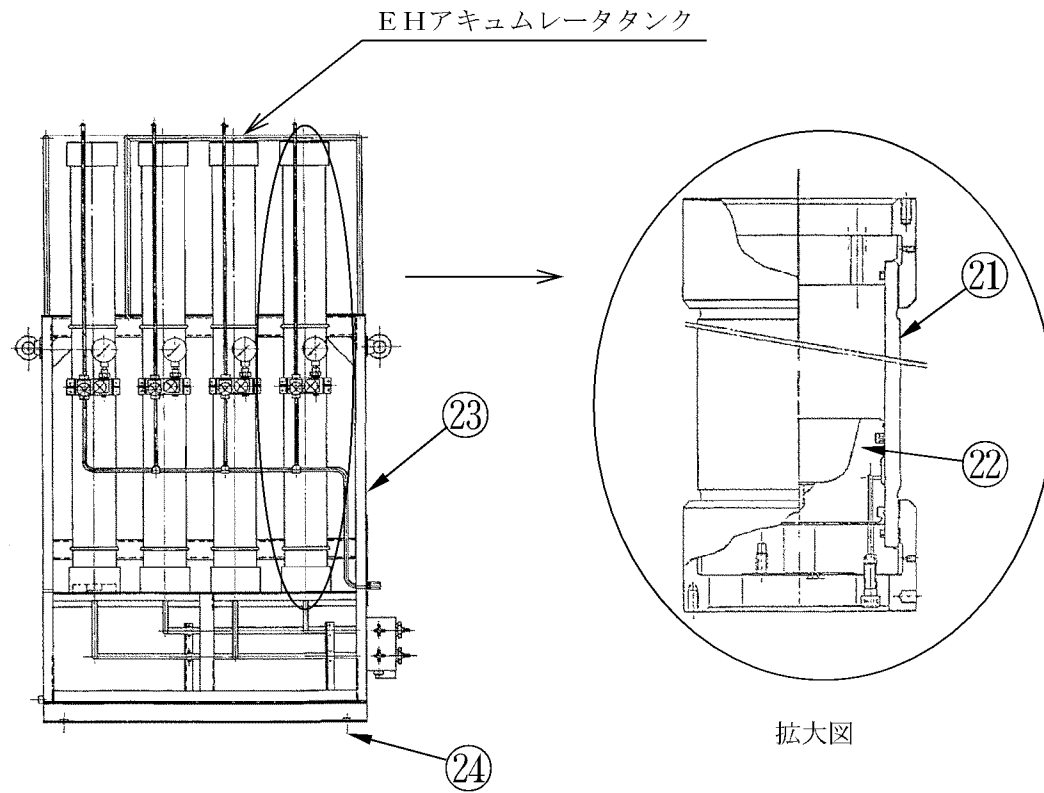


No.	部 位
⑪	プランジャ
⑫	ポペット
⑬	ブッシュ
⑭	ケーシング
⑮	ばね



No.	部 位
⑯	プランジャ
⑰	ポペット
⑱	ブッシュ
⑲	ケーシング
⑳	ばね

図2.1-2(4/5) 川内2号炉 高圧油ポンプアンロード弁及びEH高圧油リリーフ弁構造図



No.	部 位
①	チューブ
②	ピストン
③	スタンド
④	基礎ボルト

図2.1-2(5/5) 川内2号炉 EHアキュムレータタンク構造図

表2.1-1 川内2号炉 調速装置主要部位の使用材料

部 位	材 料	
EHガバナ油タンク	胴 板	ステンレス鋼
高圧油供給ユニット	架 台	炭 素 鋼
	基礎ボルト	炭 素 鋼
EH用油冷却器	ケーシング	ステンレス鋼
	コアアセンブリ	ステンレス鋼
高圧油ポンプ	ケーシング	鋳 鉄
	主 軸	低合金鋼
	ロータ	低合金鋼
	カムリング	消耗品・定期取替品
	ベ ー ン	消耗品・定期取替品
高圧油ポンプアンロード弁	プランジャ	低合金鋼
	ポペット	低合金鋼
	ブッシュ	低合金鋼
	ケーシング	鋳 鉄
	ば ね	ばね鋼
EII高圧油リリーフ弁	プランジャ	低合金鋼
	ポペット	低合金鋼
	ブッシュ	低合金鋼
	ケーシング	鋳 鉄
	ば ね	ピアノ線
EHアキュムレータタンク	チューブ	炭 素 鋼
	ピストン	アルミニウム合金鋳物
	スタンド	炭 素 鋼
	基礎ボルト	炭 素 鋼

表2.1-2 川内2号炉 調速装置の使用条件

最高使用圧力	約16.2MPa[gage]
最高使用温度	約75℃
内 部 流 体	油

2.1.2 保安装置

(1) 構造

川内2号炉の保安装置は、タービンに異常が発生した場合に、安全にタービンを停止させる保護装置として設置されている。

過速度トリップ装置は、機械油圧式でありタービン速度がトリップ設定値に達した場合に、タービンを安全に停止させる機能を有し、タービン軸端部に設置した過速度トリップ装置遮断子が過速度時の遠心力で軸円周方向へ飛び出すことにより、過速度トリップ装置トリガーが押され、非常遮断用ピストン弁が動作することで、主蒸気止め弁、蒸気加減弁、再熱蒸気止め弁及びインターセプト弁が閉止して蒸気タービンが停止する。

また、過速度トリップ装置以外の復水器真空低下トリップ装置・軸受油圧低下トリップ装置及びスラスト軸受トリップ装置の動作時には、過速度トリップ装置もトリップ状態となり、全弁閉止にて蒸気タービンが停止する。

川内2号炉の保安装置の系統図及び構造図を図2.1-3及び図2.1-4に示す。

(2) 材料及び使用条件

川内2号炉の保安装置の使用材料及び使用条件を表2.1-3及び表2.1-4に示す。

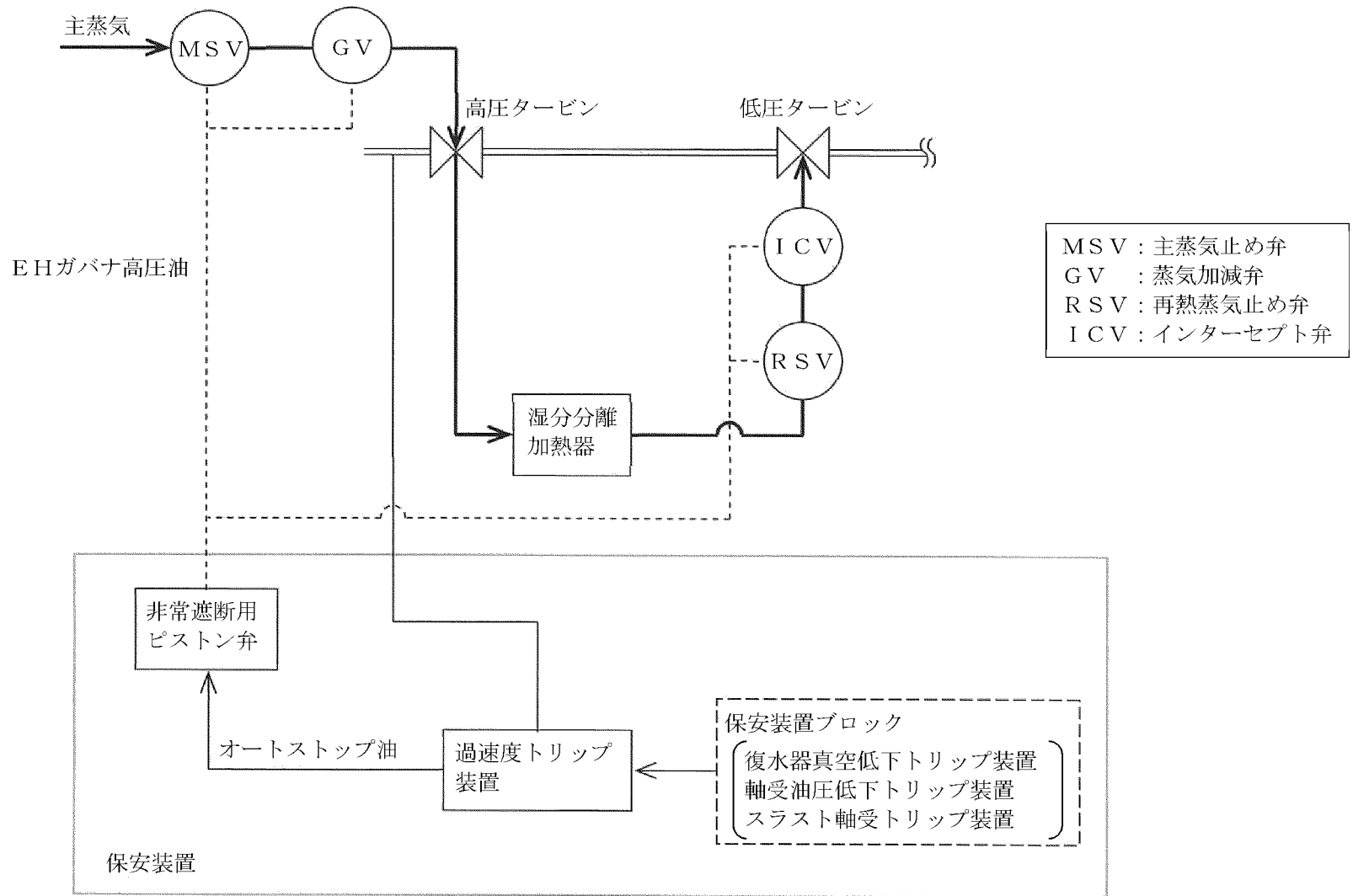
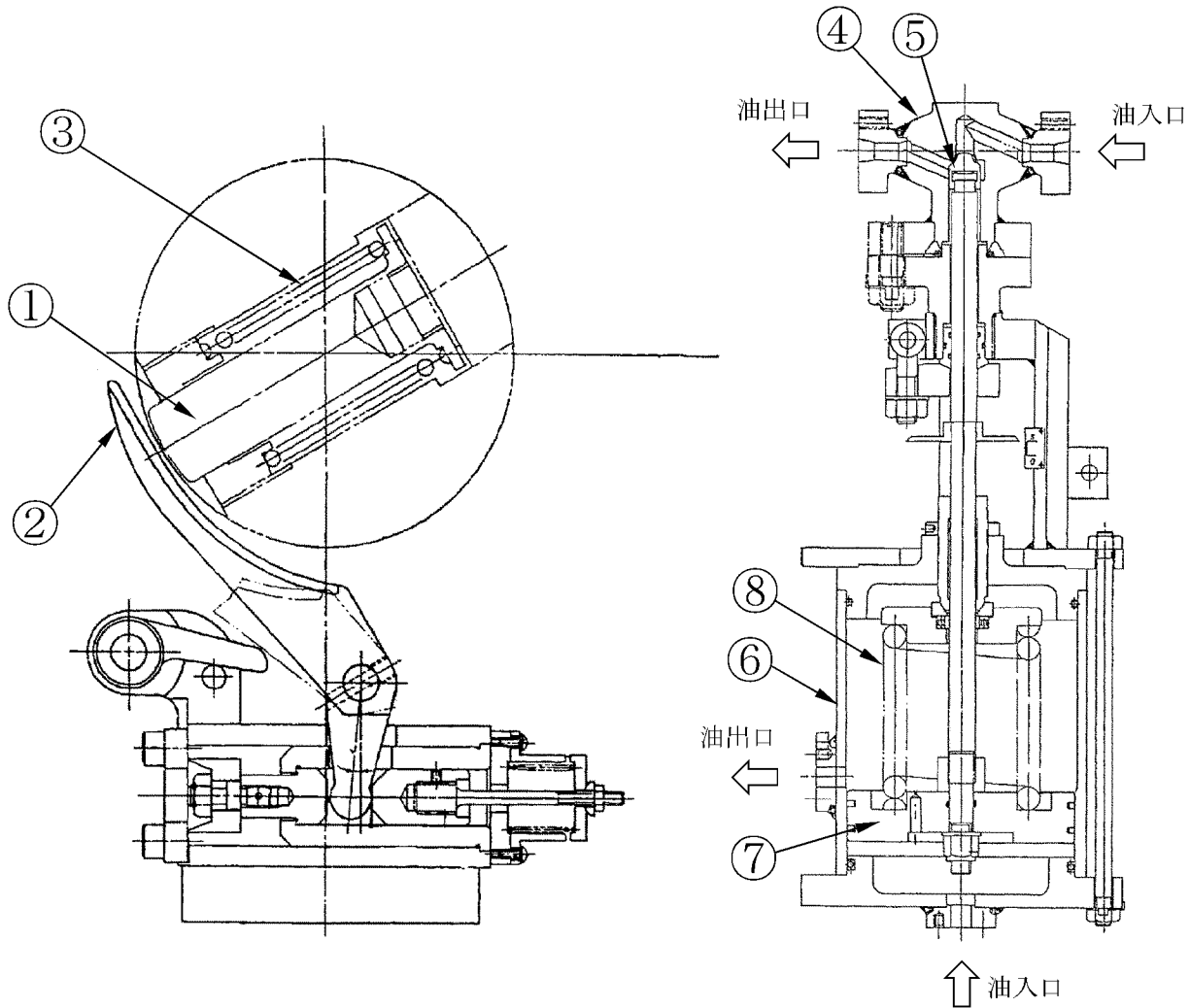


図2.1-3 川内2号炉 保安装置系統図



過速度トリップ装置

非常遮断用ピストン弁

No.	部 位
①	遮断子
②	トリガー
③	ばね

No.	部 位
④	弁箱 (弁座一体)
⑤	弁 体
⑥	シリンダ
⑦	ピストン
⑧	ばね

図2.1-4 川内2号炉 保安装置構造図

表2.1-3 川内2号炉 保安装置主要部位の使用材料

部 位	材 料	
過速度トリップ装置	遮断子	ステンレス鋼 (ステライト肉盛)
	トリガー	低合金鋼
	ばね	ばね鋼
非常遮断用ピストン弁	弁箱 (弁座一体)	炭素鋼鋳鋼 (ステライト肉盛)
	弁 体	ステンレス鋼 (ステライト肉盛)
	シリンダ	炭 素 鋼
	ピストン	鋳 鉄
	ばね	ばね鋼

表2.1-4 川内2号炉 保安装置の使用条件

最高使用圧力	約2.2MPa [gage]
最高使用温度	約80℃
内 部 流 体	油

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機能達成に必要な項目

調速装置の機能である制御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 制御機能の維持
- ② バウンダリの維持
- ③ 機器の支持

また、保安装置の機能である保護機能を維持するためには、次の項目が必要である。

- ① 保護機能の維持

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

調速装置・保安装置について、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、個々の部位の構造、材料、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及び表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。

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象はない。

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

以下の事象（表2.2-1及び表2.2-2で△となっているもの）については想定される経年劣化事象であるが、

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

に該当するものについては、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した。

上記の1)又は2)に該当する事象であるが、保全によりその傾向が維持できていることを確認している事象（日常劣化管理事象）を以下に示す。

なお、日常劣化管理事象ではない事象はない。

(1) ケーシング及びチューブの腐食（全面腐食）〔調速装置〕

高圧油ポンプ、高圧油ポンプアンロード弁及びEH高圧油リリーフ弁のケーシング並びにEHアキュムレータタンクのチューブは鋳鉄又は炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部は塗装により腐食を防止しており、塗装が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、巡視点検等で目視により塗装の状態を確認し、はく離が認められた場合は必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

一方、内面については内部流体が油で腐食が発生し難い環境であり、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(2) 主軸及びロータ等の腐食（全面腐食）〔調速装置〕

高压油ポンプの主軸及びロータ並びに高压油ポンプアンロード弁及びEH高压油リリーフ弁のプランジャ、ポペット及びブッシュは低合金鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、油雰囲気下で腐食が発生し難い環境にあり、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(3) プランジャ、ポペット及びブッシュの摩耗〔調速装置〕

高压油ポンプアンロード弁及びEH高压油リリーフ弁のプランジャ、ポペット及びブッシュは、弁の開閉により摺動面、シート面に摩耗が想定される。

しかしながら、これまでに有意な摩耗は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(4) チューブ及びピストンの摩耗〔調速装置〕

EHアキュムレータタンクのチューブ及びピストンの摺動部は、ピストンの動作による摩耗が想定される。

しかしながら、チューブには硬質クロムメッキを施し、ピストンには耐摩耗性に優れた材料を使用し、耐摩耗性を向上させるとともに、摺動部に潤滑油を注入することで摩耗を防止しており、これまでに有意な摩耗は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(5) ばねの変形（応力緩和）〔共通〕

高圧油ポンプアンロード弁、EH高圧油リリーフ弁、過速度トリップ装置及び非常遮断用ピストン弁に使用されているばねは長時間圧縮保持されることにより、変形（応力緩和）が想定される。

しかしながら、ばねに発生する応力は弾性範囲であり、日本ばね工業会にて実施したばね材料と使用環境温度の実態調査結果と比べて、当該ばねは余裕のある環境で使用している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、定期的な作動確認により、機器の健全性を確認している。

(6) 架台及びスタンドの腐食（全面腐食）〔調速装置〕

高圧油供給ユニット架台及びEHアキュムレータタンクスタンドは炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部は塗装により腐食を防止しており、塗装が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、巡視点検等で目視により塗装の状態を確認し、はく離が認められた場合は必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(7) 遮断子及びトリガーの摩耗〔保安装置〕

過速度トリップ装置の遮断子及びトリガーは、動作による摩耗が想定される。

しかしながら、遮断子はステライトの肉盛を施し、トリガー表面は高周波焼入れにより、耐摩耗性を向上させており、これまでに有意な摩耗は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認及び寸法計測により、機器の健全性を確認している。

(8) トリガーの腐食（全面腐食）〔保安装置〕

過速度トリップ装置のトリガーは低合金鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、油雰囲気下で腐食が発生し難い環境にあり、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(9) 弁箱、シリンダ及びピストンの腐食（全面腐食）〔保安装置〕

非常遮断用ピストン弁の弁箱、シリンダ及びピストンは炭素鋼、炭素鋼及び鋳鉄であり、腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部は塗装により腐食を防止しており、塗装が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、巡視点検等で目視により塗装の状態を確認し、はく離が認められた場合は必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

一方、内面については内部流体が油で腐食が発生し難い環境であり、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(10) 弁体及び弁箱弁座部の摩耗 [保安装置]

非常遮断用ピストン弁の弁体及び弁箱弁座部は弁の開閉による摩耗が想定される。

しかしながら、弁体及び弁箱弁座部には耐摩耗性に優れたステライトを肉盛りしており、これまでに有意な摩耗は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(11) シリンダ及びピストンの摩耗 [保安装置]

非常遮断用ピストン弁のシリンダ及びピストンは、弁の開閉による摩耗が想定される。

しかしながら、内部流体が油であるため摩耗が発生し難い環境であり、これまでに有意な摩耗は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認及び寸法計測により、機器の健全性を確認している。

(12) 基礎ボルトの腐食 (全面腐食) [調速装置]

基礎ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

基礎ボルトの健全性評価については各機器で共通であることから、機械設備の技術評価書のうち「基礎ボルト」にて評価を実施するものとし、本評価書には含めていない。

2.2.4 消耗品及び定期取替品

高圧油ポンプのカムリング及びベーンは、分解点検時の目視確認の結果に基づき取り替えている消耗品であり、長期使用はせず取替えを前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

表2.2-1(1/2) 川内2号炉 調速装置に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位		消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣 化		
制御機能の維持	EH用油冷却器	ケーシング		ステンレス鋼							*1：変形 (応力緩和)	
		コアアッセンブリ		ステンレス鋼								
	高圧油ポンプ	ケーシング		鋳 鉄		△						
		主 軸		低合金鋼		△						
		ロ ー タ		低合金鋼		△						
		カムリング	◎	—								
		ベ ー ン	◎	—								
	高圧油ポンプ アンロード弁	プランジャ		低合金鋼	△	△						
		ポペット		低合金鋼	△	△						
		ブッシュ		低合金鋼	△	△						
		ケーシング		鋳 鉄		△						
		ば ね		ばね鋼								△*1

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-1(2/2) 川内2号炉 調速装置に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位		消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣 化		
制御機能の維持	EH高压油リリーフ弁	プランジヤ		低合金鋼	△	△					*1：変形 (応力緩和)	
		ポペット		低合金鋼	△	△						
		ブッシュ		低合金鋼	△	△						
		ケーシング		鋳 鉄		△						
		ば ね		ピアノ線						△*1		
	EHアキュムレータタンク	チューブ		炭 素 鋼	△	△						
		ピストン		アルミニウム合金鋳物	△							
バウンダリの維持	EHガバナ油タンク	胴 板		ステンレス鋼								
機器の支持	高压油供給ユニット	架 台		炭 素 鋼		△						
		基礎ボルト		炭 素 鋼		△						
	EHアキュムレータタンク	スタンド		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2.2-2 川内2号炉 保安装置に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位		消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣 化		
保護機能の維持	過速度トリップ装置	遮断子		ステンレス鋼 (ステライト肉盛)	△						*1：変形 (応力緩和) *2：弁座部	
		トリガー		低合金鋼	△	△						
		ばね		ばね鋼						△*1		
	非常遮断用 ピストン弁	弁箱（弁座一体）		炭素鋼鋳鋼 (ステライト肉盛)	△*2	△						
		弁 体		ステンレス鋼 (ステライト肉盛)	△							
		シリンダ		炭 素 鋼	△	△						
		ピストン		鋳 鉄	△	△						
		ばね		ばね鋼								△*1

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

川内原子力発電所 2 号炉

コンクリート構造物及び鉄骨構造物の技術評価書

[運転を断続的に行うことを前提とした評価]

九州電力株式会社

本評価書は、川内2号炉における主要なコンクリート構造物及び鉄骨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。

川内2号炉におけるコンクリート構造物及び鉄骨構造物のうち、安全上重要な構造物（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におけるPS-1、2（異常発生防止系ークラス1、2）及びMS-1、2（異常影響緩和系ークラス1、2）に該当する構造物、又は該当する機器を支持する構造物）、高温・高圧の環境下にある機器を支持する構造物（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におけるPS-3（異常発生防止系ークラス3）及びMS-3（異常影響緩和系ークラス3）に該当する機器のうち高温・高圧の環境下にある機器を支持する構造物）、安全上重要な構造物及び高温・高圧の環境下にある機器を支持する構造物のうち火災防護設備に属する構造物、浸水防護施設に属する構造物、常設重大事故等対処設備及び常設重大事故等対処設備に属する機器を支持する構造物を対象構造物として選定した。

コンクリート構造物及び鉄骨構造物に対して、安全上及び運転継続上要求される機能としては、支持機能、放射線の遮蔽機能（一部のコンクリート構造物が対象）及び耐火機能（一部のコンクリート構造物が対象）があげられる。

本評価書においては、これらの機能に影響する経年劣化事象を抽出し、その事象に影響を及ぼす各経年劣化要因に対して、代表構造物の内、使用環境、使用条件、重要度により評価対象とする構造物を選定し、技術評価を実施している。本評価書における技術評価結果で現状保全を継続すべき項目としたものについては、現状保全の点検手法の適切性を確認しており、現状保全を継続することで健全性の維持は可能であると考えられる。

1 コンクリート構造物及び鉄骨構造物

目 次

1. 対象構造物及び代表構造物	1
1.1 対象構造物のグループ化	2
1.2 代表構造物の選定	2
2. 代表構造物の技術評価	8
2.1 構造、材料、使用条件	8
2.2 経年劣化事象の抽出	12
2.3 高経年化対策上着目すべき構造物・経年劣化事象の技術評価	20
3. グループ内の全ての構造物への展開	40

1. 対象構造物及び代表構造物

川内2号炉におけるコンクリート構造物及び鉄骨構造物のうち、安全上重要な構造物及び高温・高圧の環境下にある機器を支持する構造物（火災防護設備に属する構造物、浸水防護施設に属する構造物を含む）、常設重大事故等対処設備及び常設重大事故等対処設備を支持する構造物を対象構造物とする。安全上重要な構造物は、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（平成2年8月30日原子力安全委員会決定、以下、「重要度分類指針」という。）におけるPS-1、2（異常発生防止系ークラス1、2）及びMS-1、2（異常影響緩和系ークラス1、2）に該当する構造物、又は該当する機器を支持する構造物である。高温・高圧の環境下にある機器を支持する構造物は、「重要度分類指針」におけるPS-3（異常発生防止系ークラス3）及びMS-3（異常影響緩和系ークラス3）に該当する機器のうち高温・高圧の環境下にある機器を支持する構造物である。

表1-1に対象構造物の選定を示す。対象構造物は以下のとおりとなる。

- ① 外部遮蔽壁
- ② 内部コンクリート
- ③ 原子炉格納施設基礎
- ④ 原子炉補助建屋
- ⑤ 燃料取扱建屋
- ⑥ 廃棄物処理建屋
- ⑦ タービン建屋
- ⑧ 取水構造物（海水管ダクト含む）
- ⑨ 脱気器基礎
- ⑩ スチームコンバータ装置基礎
- ⑪ 非常用ディーゼル発電用燃料油貯油槽基礎（燃料油貯蔵タンク基礎含む）
- ⑫ 復水タンク基礎（配管ダクト含む）
- ⑬ 燃料取替用水タンク基礎（配管ダクト含む）
- ⑭ 原子炉補助建屋水密扉
- ⑮ 海水ポンプエリア防護壁
- ⑯ 海水ポンプエリア水密扉
- ⑰ 貯留堰
- ⑱ 大容量空冷式発電機基礎（燃料タンク基礎含む）
- ⑲ 緊急時対策所

これらの対象構造物を以下のとおり、グループ化し、代表構造物を選定した。

1.1 対象構造物のグループ化

対象構造物は、材料特性によりコンクリート構造物と鉄骨構造物の2つのグループに分類される。

1.2 代表構造物の選定

表1.2-1に示すとおり、使用条件等により、以下を代表構造物として選定した。

(1) コンクリート構造物

- ① 外部遮蔽壁
- ② 内部コンクリート
- ③ 原子炉格納施設基礎
- ④ 原子炉補助建屋
- ⑤ タービン建屋（タービン架台）
- ⑥ 取水構造物

(2) 鉄骨構造物

- ① 内部コンクリート（鉄骨部）
- ② 燃料取扱建屋（鉄骨部）
- ③ タービン建屋（鉄骨部）

表1-1 川内2号炉 対象構造物の選定 (1/3)

「重要度分類指針」等に定める要求機能	分類等	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	原子炉容器 蒸気発生器 1次冷却材ポンプ 加圧器	内部コンクリート 内部コンクリート 内部コンクリート 内部コンクリート
過剰反応度の印加防止機能	PS-1	制御棒駆動装置圧力ハウジング	内部コンクリート
炉心形状の維持機能	PS-1	炉心槽	内部コンクリート
原子炉の緊急停止機能	MS-1	制御棒 制御棒クラスタ案内管 制御棒駆動装置	内部コンクリート 内部コンクリート 内部コンクリート
未臨界維持機能	MS-1	制御棒 ほう酸注入系	内部コンクリート 内部コンクリート、原子炉補助建屋、 燃料取替用水タンク基礎（配管ダクト含む）
原子炉冷却材圧力バウンダリの過圧防止機能	MS-1	加圧器安全弁	内部コンクリート
原子炉停止後の除熱機能	MS-1	余熱除去系 補助給水系 主蒸気系 主給水系	内部コンクリート、原子炉補助建屋 原子炉補助建屋、復水タンク基礎（配管ダクト含む） 内部コンクリート、原子炉補助建屋 内部コンクリート、原子炉補助建屋
炉心冷却機能	MS-1	低圧注入系 高圧注入系 蓄圧注入系	内部コンクリート、原子炉補助建屋、 燃料取替用水タンク基礎（配管ダクト含む） 内部コンクリート、原子炉補助建屋、 燃料取替用水タンク基礎（配管ダクト含む） 内部コンクリート
放射性物質の閉じ込め機能 放射線の遮蔽及び放出低減機能	MS-1	原子炉格納容器 格納容器スプレイ系 アニュラス空気再循環設備 安全補機室空気浄化系 アニュラス 遮蔽設備（外部遮蔽壁、内部コンクリート）	原子炉格納施設基礎 原子炉補助建屋、燃料取替用水タンク基礎（配管ダクト含む） 原子炉補助建屋 原子炉補助建屋 外部遮蔽壁、原子炉格納施設基礎 外部遮蔽壁、内部コンクリート
工学的安全施設及び原子炉停止系の作動信号の発生機能	MS-1	安全保護系	原子炉補助建屋

表1-1 川内2号炉 対象構造物の選定 (2/3)

「重要度分類指針」等に定める要求機能	分類等	主要設備	対象構造物
安全上特に重要な関連機能	MS-1	非常用所内電源系 中央制御室 中央制御室換気空調系 原子炉補機冷却水系 原子炉補機冷却海水系 直流電源系 計測制御電源系 制御用圧縮空気設備	原子炉補助建屋、 非常用ディーゼル発電用燃料油貯油槽基礎（燃料油貯蔵タンク基礎含む） 原子炉補助建屋 原子炉補助建屋 内部コンクリート、原子炉補助建屋 原子炉補助建屋、取水構造物（海水管ダクト含む） 原子炉補助建屋 原子炉補助建屋 内部コンクリート、原子炉補助建屋
原子炉冷却材を内蔵する機能	PS-2	化学体積制御系	原子炉補助建屋
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	放射性気体廃棄物処理系 使用済燃料ピット（使用済燃料ラックを含む）	原子炉補助建屋 燃料取扱建屋
燃料を安全に取り扱う機能	PS-2	燃料取替クレーン 燃料移送装置 使用済燃料ピットクレーン	内部コンクリート 内部コンクリート、燃料取扱建屋 燃料取扱建屋
安全弁及び逃がし弁の吹き止まり機能	PS-2	加圧器安全弁 加圧器逃がし弁	内部コンクリート 内部コンクリート
燃料プール水の補給機能	MS-2	燃料取替用水タンク 燃料取替用水ポンプ	燃料取替用水タンク基礎（配管ダクト含む） 原子炉補助建屋
放射性物質放出の防止機能	MS-2	アニュラス空気浄化系 排気筒（格納容器排気筒）	原子炉補助建屋 外部遮蔽壁
事故時のプラント状態の把握機能	MS-2	事故時監視計器	内部コンクリート、原子炉補助建屋
異常状態の緩和機能	MS-2	加圧器逃がし弁 加圧器後備ヒータ 加圧器逃がし元弁	内部コンクリート 内部コンクリート 内部コンクリート
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	原子炉補助建屋
重要度クラス3の内、最高使用温度が95℃を超え、又は最高使用圧力が1,900kPaを超える環境下にある原子炉格納容器外の機器に要求される機能	高 ^{*1}	雑固体焼却設備、アスファルト固化装置 高圧タービン、低圧タービン、復水ポンプ、 給水加熱器、電動主給水ポンプ、湿分分離加熱器 脱気器 スチームコンバータ装置	廃棄物処理建屋 タービン建屋（タービン架台及び鉄骨部） 脱気器基礎 スチームコンバータ装置基礎

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

表1-1 川内2号炉 対象構造物の選定 (3/3)

「重要度分類指針」等に定める要求機能	分類等	主要設備	対象構造物
常設重大事故等対処設備	重*2	常設電動注入ポンプ 常設電動注入ポンプ用電動機 号炉間電力融通ケーブル 重大事故等対処用変圧器受電盤 重大事故等対処用変圧器盤 AM用格納容器圧力計測制御設備 A格納容器スプレイ冷却器出口積算流量計測制御設備 SA用低圧炉心注入及びスプレイ積算流量計測制御設備 使用済燃料ピット水位(SA)計測制御設備 原子炉格納容器水位計測制御設備 原子炉下部キャビティ水位計測制御設備 使用済燃料ピット温度計測制御設備 静的触媒式水素再結合装置動作監視装置 電気式水素燃焼装置動作監視装置 緊急時対策所情報収集設備 緊急時運転パラメータ伝送システム(SPDS)・SPDSデータ表示装置 統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備 衛星携帯電話設備 使用済燃料ピット状態監視カメラ 静的触媒式水素再結合装置 電気式水素燃焼装置 蓄電池(重大事故等対処用) 大容量空冷式発電機 緊急時対策所	原子炉補助建屋 原子炉補助建屋 原子炉補助建屋 原子炉補助建屋 原子炉補助建屋 原子炉補助建屋 原子炉補助建屋 原子炉補助建屋 燃料取扱建屋 内部コンクリート 内部コンクリート 燃料取扱建屋 内部コンクリート 内部コンクリート 原子炉補助建屋 原子炉補助建屋、緊急時対策所 原子炉補助建屋、緊急時対策所 原子炉補助建屋、緊急時対策所 燃料取扱建屋 内部コンクリート 内部コンクリート 原子炉補助建屋 大容量空冷式発電機基礎(燃料タンク基礎含む) 緊急時対策所
浸水防護施設(耐津波安全性評価対象)	設*3	原子炉補助建屋水密扉 海水ポンプエリア防護壁 海水ポンプエリア水密扉 貯留堰	原子炉補助建屋水密扉 海水ポンプエリア防護壁 海水ポンプエリア水密扉 貯留堰

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

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

表1.2-1 川内2号炉 代表構造物の選定 (1/2)

対象構造物 (コンクリート構造物)	重要度分類等	使用条件等									選定	選定理由
		運転開始後 経過年数*1	高温部の 有無	放射線の 有無	振動の 有無	設置環境		塩分浸透の 有無	代表構造物 を支持	耐火要求 の有無		
						屋 内	屋 外					
① 外部遮蔽壁	クラス1設備 支持	37	◇	◇	—	仕上げ無し	仕上げ有り	◇	—	—	◎	屋内で仕上げ無し
② 内部コンクリート	クラス1設備 支持	37	○ (1次遮蔽壁)	○ (1次遮蔽壁)	—	仕上げ有り	/	—	—	/	◎	高温部、放射線の影響
③ 原子炉格納施設基礎	クラス1設備 支持	37	—	◇	—	仕上げ有り	埋設*3	◇	外部遮蔽壁 及び内部コン クリートを支持	/	◎	代表構造物を支持す る構造物
④ 原子炉補助建屋	クラス1設備 支持	37	—	◇	○ (非常用ディーゼル 発電設備基礎)	一部 仕上げ無し	仕上げ有り	◇	—	—	◎	振動の影響、 屋内で仕上げ無し
⑤ 燃料取扱建屋	クラス2設備 支持	37	—	◇	—	一部 仕上げ無し*2	埋設*3	—	—	—		
⑥ 廃棄物処理建屋	クラス3設備 支持	37	—	◇	—	一部 仕上げ無し*2	仕上げ有り	◇	—	—		
⑦ タービン建屋 (タービン架台)	クラス3設備 支持	37	—	—	○ (タービン架台)	一部 仕上げ有り	/	—	—	/	◎	振動の影響、 屋内で仕上げ無し
⑧ 取水構造物 (海水管ダクト含む)	クラス1設備 支持	37	—	—	—	一部 仕上げ無し*2	一部 仕上げ無し	○ (海水と接触)	—	—	◎	屋外で仕上げ無し、 供給塩化物量の影響
⑨ 脱気器基礎	クラス3設備 支持	37	—	—	—	仕上げ無し*2	仕上げ有り	◇	—	/		
⑩ スチームコンバータ装置基礎	クラス3設備 支持	37	—	—	—	/	一部 仕上げ無し	◇	—	/		
⑪ 非常用ディーゼル発電用 燃料油貯油槽基礎 (燃料油貯蔵タンク基礎含む)	クラス1設備 支持	37	—	—	—	/	埋設*3	◇	—	—		
⑫ 復水タンク基礎 (配管ダクト含む)	クラス1設備 支持	37	—	—	—	一部 仕上げ無し*2	埋設*3	◇	—	/		
⑬ 燃料取替用水タンク基礎 (配管ダクト含む)	クラス1設備 支持	37	—	—	—	一部 仕上げ無し*2	埋設*3	◇	—	/		
⑭ 海水ポンプエリア防護壁	浸水防護施設	9	—	—	—	/	仕上げ無し	○*4	—	/		
⑮ 貯留堰	浸水防護施設	9	—	—	—	/	仕上げ無し	○*5	—	/		
⑯ 大容量空冷式発電機基礎 (燃料タンク基礎含む)	常設重大事故 等対処設備	9	—	—	—	/	埋設*3	◇	—	/		
⑰ 緊急時対策所	常設重大事故 等対処設備	0	—	—	—	仕上げ有り	仕上げ有り	◇	—	—		

*1: 運転開始後経過年数は、2022年10月時点の年数としている。

*2: 他の屋内で仕上げがない構造物で代表させる。

*3: 環境条件の区分として、埋設部より気中部の方が保守的であることから、他の屋外で仕上げがない構造物で代表させる。

*4: 常時海水と接触していないことから、常時海水と接触し飛沫の影響が大きい取水構造物で代表させる。

*5: 常時海水中に没していることから、常時海水と接触し飛沫の影響が大きく、大気に接し酸素の供給がある取水構造物で代表させる。

【凡例】

○: 影響大

◇: 影響小

—: 影響極小、又は無し

/: 使用条件等に該当無し

表1.2-1 川内2号炉 代表構造物の選定 (2/2)

対象構造物 (鉄骨構造物)	重要度分類等	使用条件等			選定	選定理由
		運転開始後 経過年数*1	設置環境			
			屋 内	屋 外		
① 内部コンクリート (鉄骨部)	クラス1 設備支持	37	仕上げ有り	/	◎	運転開始後経過年数
② 燃料取扱建屋 (鉄骨部)	クラス2 設備支持	37	仕上げ有り	/	◎	運転開始後経過年数
③ タービン建屋 (鉄骨部)	クラス3 設備支持	37	仕上げ有り	/	◎	運転開始後経過年数
④ 原子炉補助建屋水密扉	浸水防護施設	9	仕上げ有り	/		
⑤ 海水ポンプエリア防護壁 (鉄骨部)	浸水防護施設	9	/	仕上げ有り		
⑥ 海水ポンプエリア水密扉	浸水防護施設	9	/	仕上げ有り		

*1：運転開始後経過年数は、2022年10月時点の年数としている。

【凡例】
/：使用条件等に該当無し

2. 代表構造物の技術評価

本章では、「1.2 代表構造物の選定」で選定した代表構造物について技術評価を実施する。

2.1 構造、材料、使用条件

鉄筋コンクリート構造物は、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を、引張力に強い鉄筋で補強した構造物である。また、鉄筋を強くアルカリ性であるコンクリートで包むことにより、鉄筋の腐食を防止することができる。コンクリートは、セメントに骨材（粗骨材、細骨材）、水及び混和材料を混合したものである。

コンクリートの設計基準強度は、外部遮蔽壁、内部コンクリート、原子炉格納施設基礎、原子炉補助建屋及びタービン建屋（タービン架台：上部）が 22.1 N/mm^2 (225 kgf/cm^2)、タービン建屋（タービン架台：下部）が 17.7 N/mm^2 (180 kgf/cm^2)、取水構造物が 23.5 N/mm^2 (240 kgf/cm^2) である。

鉄骨構造物は、構造用鋼材を溶接又はボルトにて接合した構造物であり、柱脚部はコンクリート基礎にアンカーボルトで固定されている。鉄骨部は、施工時に適切な防錆塗装が施されている。

川内2号炉のプラント配置図と代表構造物の概要をそれぞれ図2.1-1及び図2.1-2に示す。

川内2号炉のコンクリート構造物及び鉄骨構造物の主な使用材料を表2.1-1に示す。また、使用条件については、表1.2-1に示したとおりである。

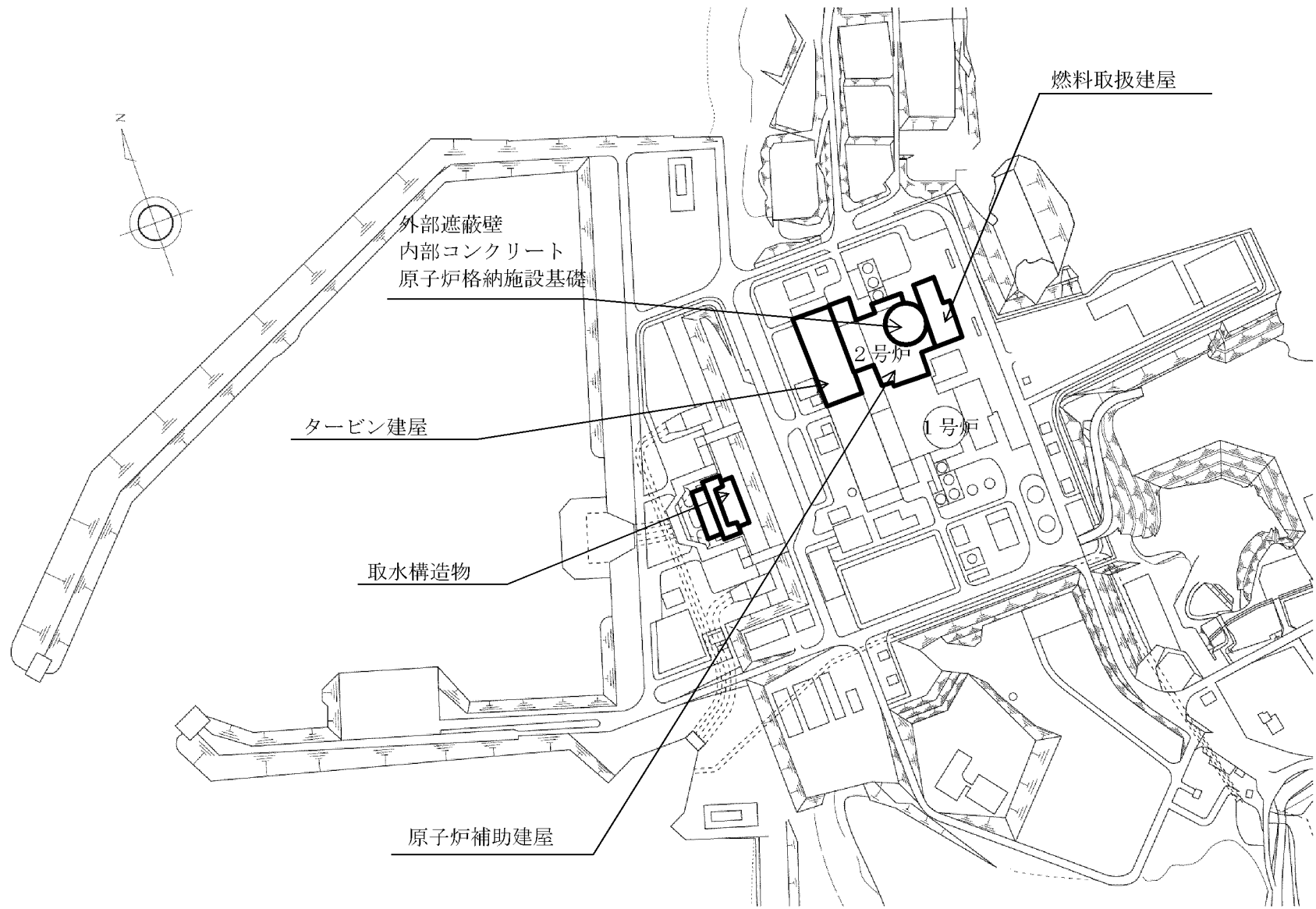


図2.1-1 川内2号炉 プラント配置図

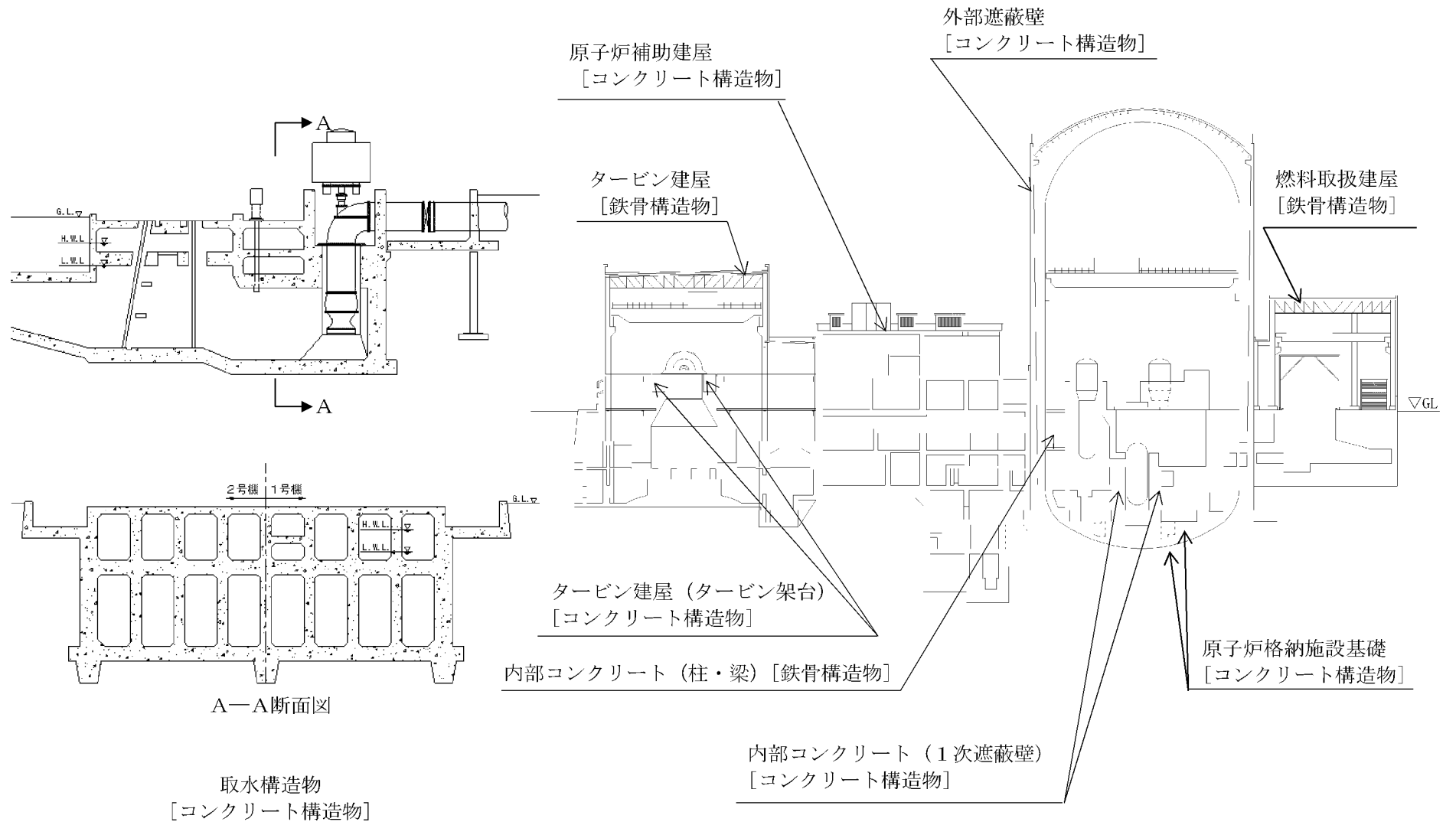


図2.1-2 川内2号炉 代表構造物の概要

表2.1-1 川内2号炉 コンクリート構造物及び鉄骨構造物の主な使用材料

部 位		材 料	
コンクリート構造物	骨材	粗骨材	砕石（川永野産）
		細骨材	海砂（小川島産）と砕砂（川永野産）の混合
	セメント	フライアッシュセメント B種	
	混和材料	A E 減水剤	
	鉄筋	異形棒鋼（SD35）	
	塗装材	（外部）弾性吹付塗料 （内部）エポキシ樹脂塗料	
鉄骨構造物	鉄骨	炭素鋼（SS41）	
	塗装材	エポキシ樹脂塗料 合成樹脂調合ペイント	

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 安全機能達成に必要な項目

評価対象のコンクリート構造物及び鉄骨構造物に要求される機能は、支持機能と、一部のコンクリート構造物における放射線の遮蔽機能及び耐火機能である。したがって、次の4つの項目が安全機能達成に必要であり、高経年化対策上も重要と判断される。

- ① コンクリート強度の維持
- ② コンクリート遮蔽能力の維持
- ③ コンクリート耐火能力の維持
- ④ 鉄骨強度の維持

2.2.2 高経年化対策上着目すべき構造物・経年劣化事象

「2.2.1 安全機能達成に必要な項目」であげたそれぞれの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、コンクリートの遮蔽能力低下、コンクリートの耐火能力低下及び鉄骨の強度低下が考えられる。

設計上及び一般構造物での事例等から各事象に影響を及ぼす要因を抽出し、さらに、抽出した各要因に対して、代表構造物の使用環境、使用条件、重要度から、評価対象とする構造物を選定した。以上の結果を表2.2-1に示す。

想定される経年劣化事象と、各事象に影響を及ぼす要因のうち高経年化対策上着目すべきもの（表2.2-1で○となっているもの）を以下に示す。なお、評価対象とする構造物は [] で示す。

(1) コンクリートの強度低下

a. 熱による強度低下 [内部コンクリート（1次遮蔽壁）]

コンクリートは、周辺環境からの伝達熱及び放射線照射に起因する内部発熱により、温度条件によってはコンクリート中の水分の逸散に伴う乾燥に起因する微細なひび割れ、あるいは水分の移動に起因する空隙の拡大等により強度が低下する可能性があるため、経年劣化に対する評価が必要である。

コンクリート構造物のうち、運転時に最も高温状態となる内部コンクリート（1次遮蔽壁）を評価対象とした。

b. 放射線照射による強度低下 [内部コンクリート (1次遮蔽壁)]

コンクリートが中性子照射やガンマ線照射を受けた場合、自由水の逸散等により強度が低下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。

コンクリート構造物のうち、中性子照射量及びガンマ線照射量の最も大きい内部コンクリート (1次遮蔽壁) を評価対象とした。

c. 中性化による強度低下 [原子炉補助建屋 (屋内面)、取水構造物]

コンクリートは空気中の二酸化炭素の作用を受けると、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アルカリ性が失われると鉄筋周囲に生成されていた不動態被膜も失われ、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る。さらに、鉄筋の腐食が進行すると酸化生成物による体積膨張からコンクリートにひび割れや剥離が生じ、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ため、経年劣化に対する評価が必要である。

中性化の進行度合いに影響を及ぼす要因としては、塗装等のコンクリート表面仕上げの有無、二酸化炭素濃度、温度及び相対湿度があげられる。

仕上げの有無については、仕上げ材が二酸化炭素侵入の遮断又は抵抗体となることから仕上げが施されていない部位の方が影響度が大きい。本評価対象のうち屋内については、中央制御室等、社員や委託員が常駐する部位には運転開始時点より仕上げが施されている。また、屋外については、運転開始後3年経過した時点 (1988年) で外部遮蔽壁等に塗装を施している。

二酸化炭素濃度については、高濃度であるほど中性化に及ぼす影響度が大きくなる傾向があるとされている。

温度については、高温であるほど中性化に及ぼす影響度が大きくなる傾向があるとされている。

相対湿度については、低湿度であるほど中性化に及ぼす影響度が大きくなる傾向があるとされている。なお、一般に、温度が上がれば相対湿度は下がり、温度が下がれば相対湿度は上がる。

2019年～2020年の川内2号炉における二酸化炭素濃度、温度及び相対湿度の測定結果から算出した中性化に及ぼす影響度、塗装等の仕上げの状況及び特別点検の結果を踏まえ、屋内の評価対象として原子炉補助建屋、屋外の評価対象として取水構造物を選定した。

d. 塩分浸透による強度低下 [取水構造物]

コンクリート中に塩化物イオンが浸透して鉄筋位置まで達すると、鉄筋表面の不動態被膜が失われ、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る。さらに、腐食が進行すると酸化生成物による体積膨張からコンクリートにひび割れや剥離が生じ、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ため、経年劣化に対する評価が必要である。

コンクリート構造物のうち、海水とその飛沫の影響により最も厳しい環境下にあること、塗装等の仕上げの状況及び特別点検の結果を踏まえ、取水構造物を評価対象とした。

e. 機械振動による強度低下 [原子炉補助建屋 (非常用ディーゼル発電設備基礎)、タービン建屋 (タービン架台)]

機械振動により、コンクリート構造物が長期間にわたって繰返し荷重を受けると、ひび割れの発生、ひいては損傷に至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。

コンクリート構造物のうち、比較的大きな振動を受ける部位として、原子炉補助建屋 (非常用ディーゼル発電設備基礎) 及びタービン建屋 (タービン架台) を評価対象とした。

(2) コンクリートの遮蔽能力低下

a. 熱による遮蔽能力低下 [内部コンクリート (1次遮蔽壁)]

コンクリートは、周辺環境からの伝達熱及び放射線照射に起因する内部発熱により、コンクリート中の水分が逸散し、放射線に対する遮蔽能力が低下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。

コンクリート構造物のうち、運転時に最も高温状態となる内部コンクリート (1次遮蔽壁) を評価対象とした。

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

経年劣化事象と、各事象に影響を及ぼす要因のうち

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

に該当するものについては、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（表2.2-1で△又は▲となっているもの）と判断し、以下に示す。

(1) コンクリートの強度低下

a. アルカリ骨材反応による強度低下

コンクリート中の反応性シリカを含む骨材と、セメント等に含まれるアルカリ（ナトリウムイオンやカリウムイオン）が、水の存在下で反応してアルカリ珪酸塩を生成し、この膨張作用により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。

川内2号炉は、運転開始後40年近く経過しており、定期的に目視点検を実施しているが、アルカリ骨材反応に起因すると判断されるひび割れ等は認められていない。

また、使用している骨材（粗骨材、細骨材）については、1986年にモルタルバー法（ASTM C227：1981）及び1987年にモルタルバー法（JASS5N T-201：1985）による反応性試験を実施し、有害でないことを確認している。モルタルバー法による反応性試験の結果は、膨張率が材令6ヶ月で0.1%以下の場合は無害とする判定基準に対して、最も高い骨材でも0.008%以下であった。

これに加え、特別点検による実体顕微鏡を用いた観察において、コンクリート構造物の健全性に影響を与えるような反応性がないことを確認した。

以上から、コンクリートのアルカリ骨材反応による強度低下は、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

b. 凍結融解による強度低下

コンクリート中の水分が凍結し、それが気温の上昇や日射を受けること等により融解する凍結融解を繰り返すことでコンクリートにひび割れが生じ、コン

クリート構造物としての健全性が損なわれる可能性がある。

日本建築学会「建築工事標準仕様書・同解説 JASS5 鉄筋コンクリート工事」（2018）に示される凍害危険度の分布図によると川内2号炉の周辺地域は「ごく軽微（凍害危険度1）」である。日本建築学会「高耐久性鉄筋コンクリート造設計施工指針（案）・同解説」（1991）によると、凍害危険度が2以上の地域は、凍結融解を含む凍害を考慮する必要があるとされているため、「ごく軽微（凍害危険度1）」である川内2号炉において凍結融解が生じる可能性は低い。また、定期的に目視点検を実施しており、凍結融解に起因すると判断されるひび割れ等は認められていない。

以上から、凍結融解による強度低下は、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

(2) コンクリートの耐火能力低下

a. 火災時の熱による耐火能力低下

コンクリート構造物は、断面厚により耐火能力を確保する設計であるが、火災時の熱により剥落が生じ、部分的な断面厚の減少に伴う耐火能力の低下によりコンクリート構造物の健全性が損なわれる可能性がある。

しかしながら、コンクリート構造物は通常の使用環境において、経年によりコンクリート構造物の断面厚が減少することはなく、定期的な目視点検においても断面厚の減少は認められていない。

以上から、火災時の熱によるコンクリートの耐火能力低下は、高経年化対策上着目すべき劣化事象ではないと判断した。

(3) 鉄骨の強度低下

a. 腐食による強度低下 [内部コンクリート（鉄骨部）、燃料取扱建屋（鉄骨部）、タービン建屋（鉄骨部）]

鉄は一般に大気中の酸素、水分と化学反応を起こして腐食する。また、海塩粒子等により腐食が促進される。腐食が進行すると鉄骨の断面欠損に至り、鉄骨の強度低下につながる可能性がある。

しかしながら、定期的に目視点検を実施しており、強度に支障をきたす可能性のあるような鋼材の腐食は認められていない。また、鉄骨の強度に支障をきたす可能性のあるような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、その部分の塗替え等を行うこととしている。

以上から、腐食による強度低下は、高経年化対策上着目すべき劣化事象ではないと判断した。

b. 風等による疲労に起因する強度低下

繰り返し荷重が継続的に鉄骨構造物にかかることにより、疲労による損傷が蓄積され、鉄骨の強度低下につながる可能性がある。

煙突などの形状の構造物は、比較的アスペクト比（高さの幅に対する比）が大きく、風の直交方向に振動が発生する恐れがある（日本建築学会「原子力施設における建築物の維持管理指針・同解説」（2015））。日本建築学会「建築物荷重指針・同解説」（2015）において、アスペクト比が4以上の構造物は風による振動の検討が必要とされているが、鉄骨構造物にアスペクト比4以上の構造物はない。

以上から、風等による疲労に起因する強度低下は、高経年化対策上着目すべき劣化事象ではないと判断した。

2.2.4 消耗品及び定期取替品

原子炉補助建屋水密扉等の水密ゴムは、定期取替品であり、長期使用は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。

表2.2-1 川内2号炉 コンクリート構造物及び鉄骨構造物に想定される経年劣化事象と評価対象とする構造物

構造種別		コンクリート構造物								鉄骨構造物			
経年劣化事象		強度低下						遮蔽能力低下	耐火能力低下	強度低下			
要因		熱	放射線照射	中性化	塩分浸透	機械振動	アルカリ骨材反応	凍結融解		熱	腐食	風等による疲労	
代表 構 造 物	外部遮蔽壁						△	△		△	*2		
	内部コンクリート	1次遮蔽壁*1 ○	1次遮蔽壁*1 ○				△	△	1次遮蔽壁*1 ○		鉄骨部 △	鉄骨部 ▲	
	原子炉格納施設基礎						△	△			*2		
	原子炉補助建屋			屋内面*1 ○		非常用ディーゼル発電設備基礎*1 ○	△	△		△	*2		
	燃料取扱建屋	*3										鉄骨部 △	鉄骨部 ▲
	タービン建屋					タービン架台*1 ○	タービン架台 △	タービン架台 △			鉄骨部 △	鉄骨部 ▲	
	取水構造物			○	○		△	△		△	*2		

凡例 ○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象（表中の○に対応する代表構造物：評価対象とする構造物）

△：高経年化対策上着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）

*1：評価対象部位

*2：外部遮蔽壁、原子炉格納施設基礎、原子炉補助建屋、取水構造物はコンクリート構造物の代表構造物

*3：燃料取扱建屋は鉄骨構造物の代表構造物

2.3 高経年化対策上着目すべき構造物・経年劣化事象の技術評価

2.3.1 コンクリートの強度低下

(1) 健全性評価

「2.2 経年劣化事象の抽出」で示した、コンクリート構造物の強度低下をもたらす可能性のある要因ごとに、長期使用時の健全性評価を行う。

a. 熱による強度低下

① 事象の説明

一般にコンクリートは、温度が70℃程度ならば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℃程度以下ならば圧縮強度の低下は少ない。

一方、コンクリート温度が190℃付近まで上昇すると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（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））。

なお、コンクリートが高温に加熱された場合、強度が上昇するケースと低下するケースが見られる。強度の上昇をもたらす要因としては、セメントペースト中の未水和セメント粒子の水和の促進があり、強度低下をもたらす要因としては、コンクリート中の水分の逸散に伴う乾燥に起因する微細なひび割れ、あるいは水分の移動に起因する空隙の拡大等が考えられる。コンクリートの強度性状は、各要因によって支配されるものと考えられる。

② 技術評価

コンクリートについては、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）において、貫通部では90℃、その他の部分では65℃という温度制限値が定められている。

最高温度を自由水の脱水が生じる110℃までとした長尾らの実験によれば、長期加熱時のコンクリートの圧縮強度については、65℃、90℃及び110℃で3.5年間加熱した場合でも、強度低下は見られない（図2.3-1）。また、サイクル加熱時のコンクリートの圧縮強度についても、20～110℃で120回サイクル加熱した場合、長期加熱時と同様に、強度の大きな低下は見られない（図2.3-2）。これらの実験結果が示すように、熱による強度の変化は、加熱開始後、比較的短期間でほぼ収束するものと考えられる。したがって、

コンクリート中の温度が110℃程度以下ならば、加熱時間及び繰り返し回数がコンクリートの強度に影響を与えないことを示していると考えられる。

コンクリート構造物のうち、運転時に最も高温状態となる内部コンクリート（1次遮蔽壁）を評価対象とし、ガンマ発熱の影響の最も大きい炉心領域部及び原子炉容器支持構造物（以下、「原子炉容器サポート」という）からの伝達熱の影響の最も大きい原子炉容器サポート直下部を評価点とし、ガンマ発熱を考慮した温度分布解析により評価を実施した（図2.3-3）。

断続的運転を前提とした場合における炉心領域部におけるコンクリート内の最高温度は、温度分布解析の結果、約55℃である（図2.3-4）。

原子炉容器サポート直下部のコンクリートについては、伝達熱による強度低下を防止する対策として高温となる原子炉容器サポートを内部から空冷できるフィン構造としており、温度分布解析の結果、コンクリートの最高温度は約54℃である。なお、炉心領域部の温度分布は、2次元輸送計算コードDORTを用いてガンマ発熱量分布を算出した後、熱伝導方程式を解いて求めている。また、原子炉容器サポート直下部の温度分布は、ANSYSを用いた3次元有限要素法による熱流動解析により求めている。

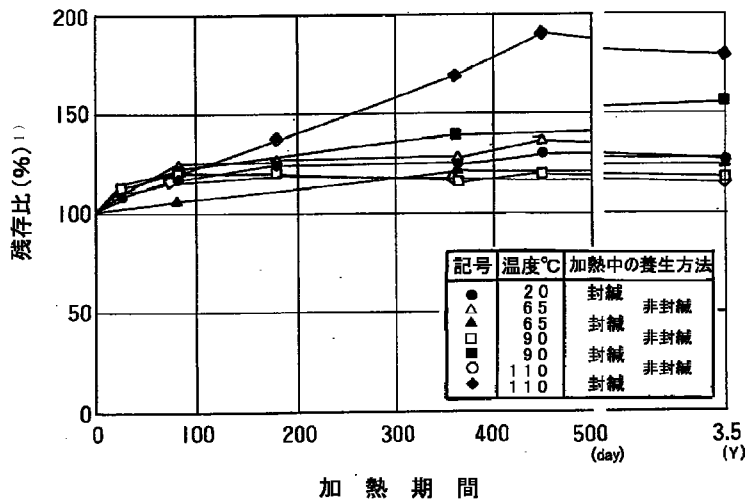
いずれの部位においても、コンクリートの最高温度は温度制限値以下であり、熱による強度低下は問題ない。

また、110℃を下回っており、長期加熱及びサイクル加熱による強度低下についても問題ない。

以上から、熱による強度低下については、長期健全性評価上問題とはならない。なお、強度・機能に影響を及ぼさない範囲で熱の評価点近傍から採取したコアサンプルについて、特別点検において強度試験を行った結果、設計基準強度を上回っている（表2.3-1）。

表2.3-1 熱の評価点近傍におけるコンクリートの強度試験結果

評価対象部位	実施時期 (運転開始後経過年数)	設計基準強度	平均圧縮強度
内部コンクリート (1次遮蔽壁)	2021年 (36年)	22.1 N/mm ² (225 kgf/cm ²)	46.8 N/mm ² (477 kgf/cm ²)

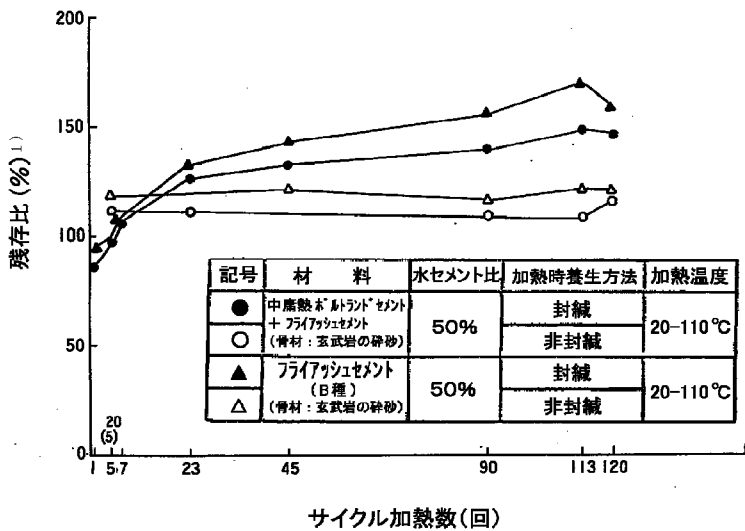


材料：中庸熟ポルトランドセメント
 +フライアッシュセメント
 水セメント比：50%
 骨材：玄武岩の砕石
 加熱前養生方法：20°C封緘養生
 加熱開始時期：材齢91日
 ※65°C、90°C及び110°Cの温度
 で3.5年間加熱しても強度
 の低下はみられない。
 なお、記号の一部誤記は修正した。

1) 残存比：加熱開始直前の圧縮強度に対する加熱後の圧縮強度の比

(出典：長尾他 「熱影響場におけるコンクリートの劣化に関する研究」
 第48回セメント技術大会講演集(1994))

図2.3-1 長期加熱後のコンクリート圧縮強度の変化



加熱前養生方法：20°C封緘養生
 加熱開始時期：材齢91日
 サイクル加熱条件：
 1サイクル4日間(96時間)
 (20→110°C加熱：3時間)
 (110°C定温保持：45時間)
 (110→20°C冷却：3時間)
 (20°C定温保持：45時間)
 ※20～110°Cの加熱・冷却を
 120回繰返しても強度の大きな変化は見られない。

1) 残存比：加熱開始直前の圧縮強度に対する加熱後の圧縮強度の比

(出典：長尾他 「熱影響場におけるコンクリートの劣化に関する研究」
 第48回セメント技術大会講演集(1994))

図2.3-2 サイクル加熱後のコンクリート圧縮強度の変化(20～110°C)

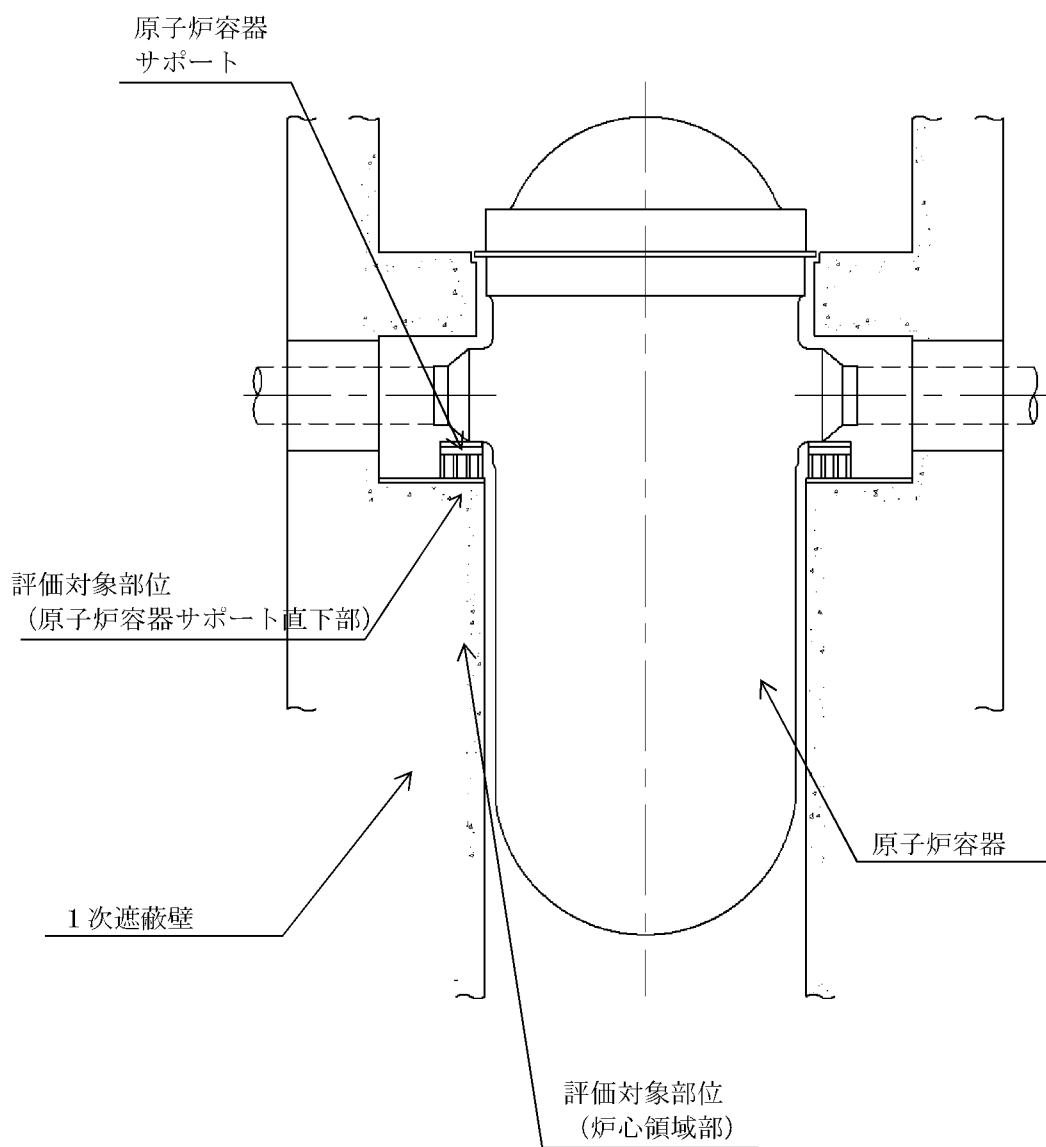


図2.3-3 川内2号炉 内部コンクリート（1次遮蔽壁）の概要

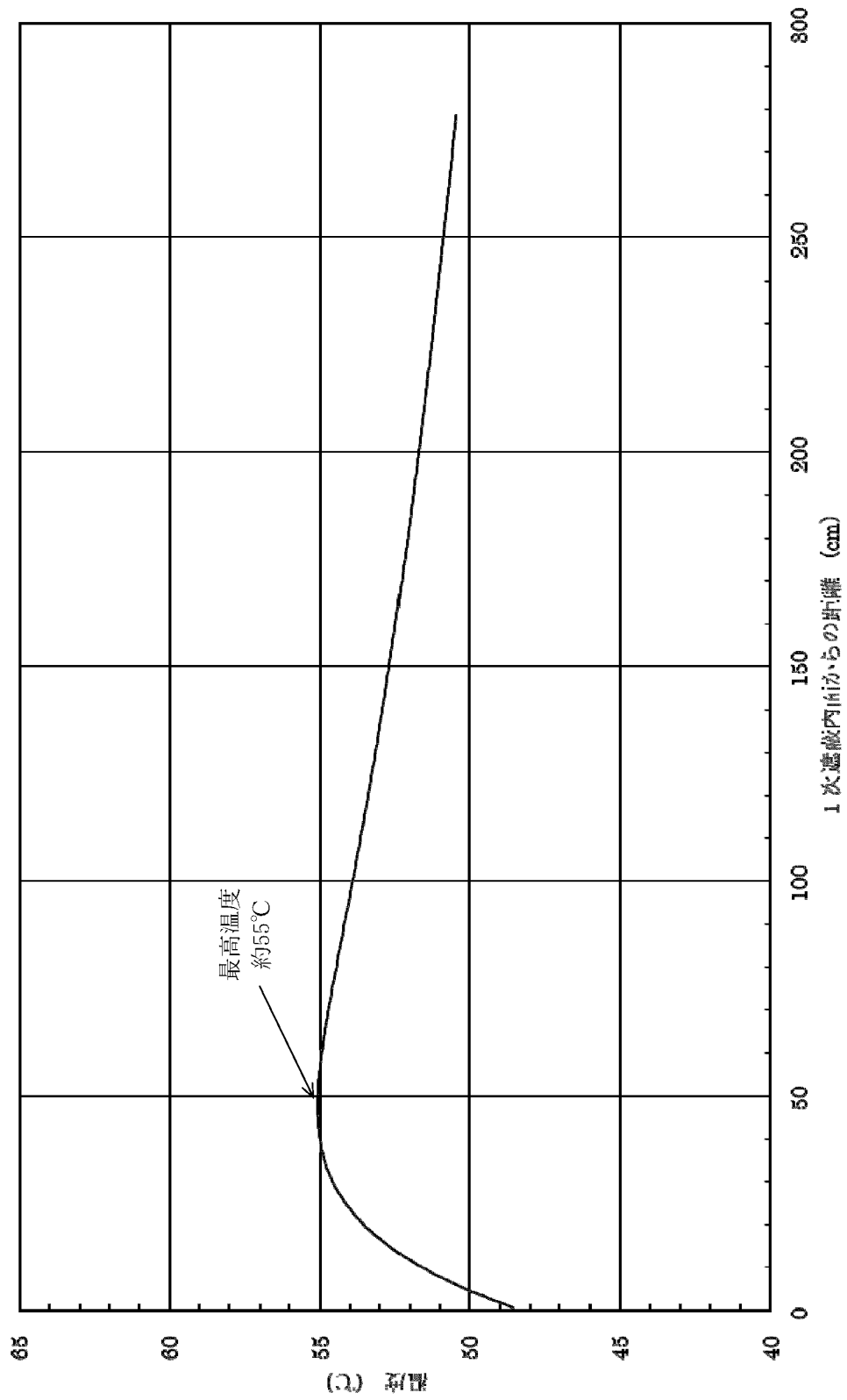


図2.3-4 川内2号炉 1次遮蔽コンクリート内の温度分布 (炉心高さ)

b. 放射線照射による強度低下

① 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た場合、自由水の逸散等により強度が低下する可能性がある。

② 技術評価

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 (f_{cu}) と照射しないコンクリートの圧縮強度 (f_{cu0}) の変化」を参照していた。一方で、小嶋他の試験結果を踏まえた最新知見（小嶋他「中性子照射がコンクリートの強度に及ぼす影響」(NTEC-2019-1001)）によると、 1×10^{19} n/cm²の中性子照射量 ($E > 0.1$ MeV) から強度低下する可能性があることが確認されている。

また、ガンマ線照射量と強度との関係に関するHilsdorf他の文献によると、ガンマ線照射量が 2×10^8 Gy (2×10^{10} rad) 程度以下では有意な強度低下は見られない (図2.3-5)。

コンクリート構造物のうち、中性子照射量及びガンマ線照射量の最も大きい内部コンクリート (1次遮蔽壁) を評価対象とし、中性子照射量及びガンマ線照射量が最大となる1次遮蔽壁炉心側コンクリートを評価点とし、評価を実施した。

運転開始後60年時点で予想される中性子照射量 ($E > 0.098$ MeV) は、最大となる1次遮蔽壁炉心側コンクリートにおいて約 5.2×10^{19} n/cm²となるが、照射量が 1×10^{19} n/cm²を超えるコンクリートの範囲は、深さ方向に最大で12cm程度であり、1次遮蔽壁の厚さ (最小壁厚279cm) に比べて小さい。また、照射量が 1×10^{19} n/cm²を超える範囲を除いた構造物の耐力が地震時の鉛直荷重等の設計荷重を上回ること、日本電気協会「原子力発電所耐震設計技術指針 (JEAG 4601-1987)」に基づく内部コンクリートの最大せん断ひずみ評価に対して影響がないことを確認していることから、内部コンクリート (1次遮蔽壁) の強度に影響を及ぼさないと考えられる。

なお、日本原子力研究所 (現：日本原子力研究開発機構) 動力試験炉の生体遮蔽コンクリートから採取したコンクリートの試験結果によると、中性子照

射量は上記より低い $1 \times 10^{17} \text{ n/cm}^2$ ($E > 0.11 \text{ MeV}$)ではあるが、圧縮強度の低下は見られない(図2.3-6)。

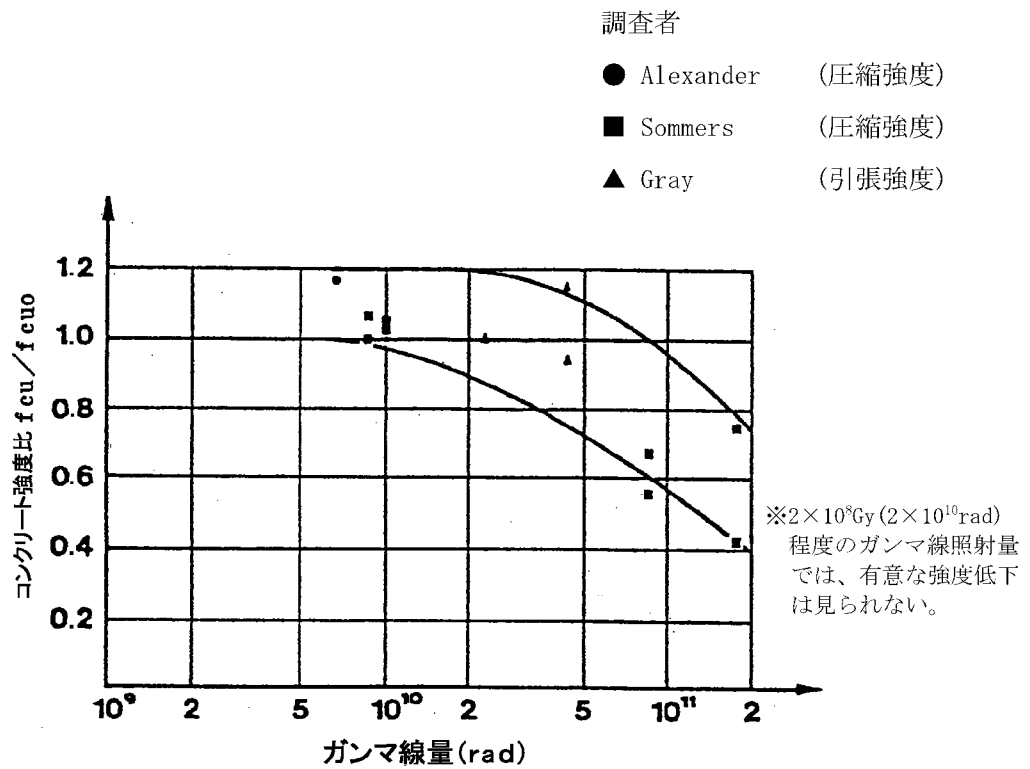
運転開始後60年時点で予想されるガンマ線照射量は、1次遮蔽壁炉心側コンクリートにおいて最大値約 $1.6 \times 10^8 \text{ Gy}$ (約 $1.6 \times 10^{10} \text{ rad}$)であり、 $2 \times 10^8 \text{ Gy}$ ($2 \times 10^{10} \text{ rad}$)を下回っていることから、強度への影響は無いものと考えられる。なお、中性子照射量およびガンマ線照射量は、2次元輸送計算コードDORTにより算出した中性子束およびガンマ線量率に運転時間を掛けて算出している。

以上から、放射線照射による強度低下については、長期健全性評価上問題とはならない。

また、強度・機能に影響を及ぼさない範囲で放射線照射の評価点近傍から採取したコアサンプルについて、特別点検において強度試験を行った結果、設計基準強度を上回っている(表2.3-2)。

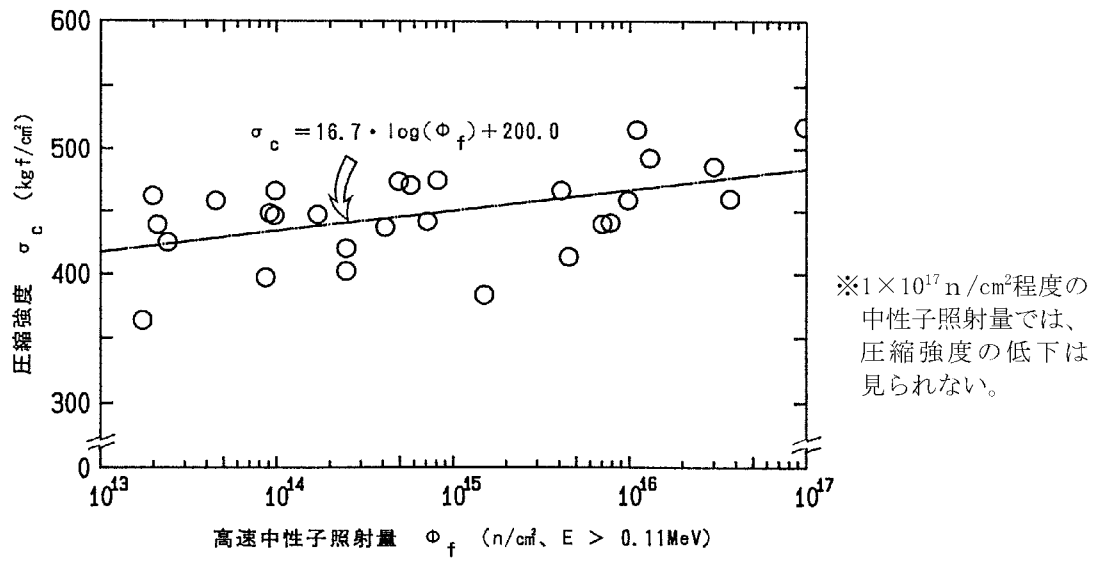
表2.3-2 放射線照射の評価点近傍におけるコンクリートの強度試験結果

評価対象部位	実施時期 (運転開始後経過年数)	設計基準強度	平均圧縮強度
内部コンクリート (1次遮蔽壁)	2021年 (36年)	22.1 N/mm ² (225 kgf/cm ²)	46.8 N/mm ² (477 kgf/cm ²)



(出典 : Hilsdorf, Kropp, and Koch 「The Effects of Nuclear Radiation on the Mechanical Properties of Concrete」 American Concrete Institute Publication SP 55-10. 1978)

図2.3-5 ガンマ線照射したコンクリートの強度 (fcu) と照射しないコンクリートの強度 (fcuo) の変化



(出典：出井他 「JPDR生体遮蔽コンクリートの材料強度特性」
 日本原子力研究所（現 日本原子力研究開発機構）
 JAERI-M 90-205 1990)

図2.3-6 高速中性子照射量とコンクリートの圧縮強度との関係

c. 中性化による強度低下

① 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、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、アルカリ性が失われると鉄筋周囲に生成されていた不動態被膜も失われ、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る。さらに、鉄筋の腐食が進行すると酸化生成物による体積膨張からコンクリートにひび割れや剥離が生じ、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。

② 技術評価

鉄筋が腐食し始める時の中性化深さは、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 cm奥まで達したときとされている（日本建築学会「原子力施設における建築物の維持管理指針・同解説」（2015））。評価対象の設計最小かぶり厚さは、原子炉補助建屋（屋内面）が7 cm、取水構造物（気中帯）が9 cmである。

中性化深さを推定する式としては、岸谷式（日本建築学会「高耐久性鉄筋コンクリート造設計施工指針（案）・同解説」（1991））、森永式（森永「鉄筋の腐食速度に基づいた鉄筋コンクリート建築物の寿命予測に関する研究—東京大学学位論文」（1986））及び中性化深さの実測値に基づく \sqrt{t} 式（土木学会「コンクリート標準示方書 維持管理編」（2018））がある。

中性化の進展度合いに影響を及ぼす要因としては、塗装等のコンクリート表面仕上げの有無、二酸化炭素濃度、温度及び相対湿度があげられる。

これらの要因を考慮し、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）を活用して算出した環境条件の中性化に及ぼす影響度、塗装等の仕上げの状況及び特別点検による中性化深さの測定結果を踏まえ、原子炉補助建屋（屋内面）を評価対象として選定した。さらに、屋外の代表として、仕上げが施されていない取水構造物についても評価対象とした。なお、評価点（サンプリング箇所）については、環境条件や非破壊試験結果を踏まえて選定した。

岸谷式、森永式及び特別点検における中性化深さの実測値に基づく \sqrt{t} 式を用いて中性化深さを評価した結果を表2.3-3に示す。岸谷式で評価する際、二酸化炭素の実測値を考慮した劣化外力係数を採用した。また、中性化深さ

を測定した時点における推定値として運転開始後60年経過時点と同様に評価した結果も参考にあわせて示す。

運転開始後60年経過時点における原子炉補助建屋（屋内面）及び取水構造物の中性化深さは、鉄筋が腐食し始める時の中性化深さを下回っている。

さらに、定期的に見視点検を実施しているが、鉄筋腐食に起因すると判断されるひび割れ等は発見されていない。

以上から、中性化による強度低下については、長期健全性評価上問題とはならない。

表2.3-3 川内2号炉 コンクリートの中性化深さ

	中性化深さ (cm)			鉄筋が腐食し始める時の中性化深さ (cm)
	測定値 (調査時点の運転開始後経過年)	推定値		
		調査時点*1 (推定式)	運転開始後60年経過時点*2 (推定式)	
原子炉補助建屋 (外壁 屋内面)	4.3 (37年)	3.7 (森永式)	5.5 (√t式)	9
取水構造物 (気中帯)	1.2 (37年)	0.7 (岸谷式)	1.5 (√t式)	9

*1：岸谷式、森永式による評価結果のうち最大値を記載

*2：岸谷式、森永式及び特別点検における中性化深さの実測値に基づく√t式による評価結果のうち最大値を記載

なお、中性化の評価点近傍から採取したコアサンプルについて、特別点検において強度試験を行った結果、設計基準強度を上回っている（表2.3-4）。

表2.3-4 中性化の評価点近傍におけるコンクリートの強度試験結果

評価対象部位	実施時期 (運転開始後経過年数)	設計基準強度	平均圧縮強度
原子炉補助建屋 (外壁 屋内面)	2022年 (37年)	22.1 N/mm ² (225 kgf/cm ²)	49.3 N/mm ² (503 kgf/cm ²)
取水構造物 (気中帯)	2022年 (37年)	23.5 N/mm ² (240 kgf/cm ²)	43.7 N/mm ² (446 kgf/cm ²)

d. 塩分浸透による強度低下

① 事象の説明

コンクリート中に塩化物イオンが浸透して鉄筋位置まで達すると、鉄筋表面の不動態被膜が破壊されるため、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る。腐食が進行すると酸化生成物による体積膨張からコンクリートにひび割れや剥離が生じ、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。

② 技術評価

塩分によるコンクリート中の鉄筋への影響を評価する方法としては、鉄筋の腐食速度に着目し、鉄筋の腐食減量が、かぶりコンクリートにひび割れが発生する時点の腐食減量に達するまでの期間の予測式として、森永式（森永「鉄筋の腐食速度に基づいた鉄筋コンクリート建築物の寿命予測に関する研究—東京大学学位論文」（1986））が提案されている。

コンクリート構造物のうち、海水とその飛沫の影響により最も厳しい環境下にあり、塗装等の仕上げの状況や特別点検による塩化物イオン濃度の測定結果を踏まえ、取水構造物を評価対象とし、環境条件の異なる気中帯、干満帯及び海中帯を評価点とした。

特別点検による塩化物イオン濃度の測定結果をもとに、鉄筋位置での将来的な塩化物イオン濃度を拡散方程式により予測し、森永式を適用して鉄筋の腐食減量を計算した結果を表2.3-5に示す。

表2.3-5 川内2号炉 鉄筋の腐食減量

	調査時期 (運転開始後経過年)	鉄筋位置での 塩化物イオン 濃度及び量 上段 (%) 下段 (kg/m ³)	鉄筋の腐食減量 (×10 ⁻⁴ g/cm ²)		
			調査時点	運転開始 後60年 経過時点	かぶりコンクリ ートにひび割れ が発生する時点
取水構造物 (気中帯)	2022年 (37年)	0.06 ----- 1.3	2.9	4.7	84.5
取水構造物 (干満帯)	2022年 (37年)	0.14 ----- 3.0	7.0	12.5	88.1
取水構造物 (海中帯)	2022年 (37年)	0.09 ----- 2.0	0.7	1.6	86.4

表2.3-5によると、運転開始後60年時点の鉄筋腐食減量は、かぶりコンクリートにひび割れが発生する時点の鉄筋腐食減量を十分に下回っている。

さらに、定期的に見視点検を実施しているが、鉄筋腐食に起因する有意なひび割れ等は発見されていない。

以上から、塩分浸透による強度低下については、長期健全性評価上問題とはならない。

また、塩分浸透の評価点近傍から採取したコアサンプルについて、特別点検において強度試験を行った結果、設計基準強度を上回っている(表2.3-6)。

表2.3-6 塩分浸透の評価点近傍におけるコンクリートの強度試験結果

評価対象部位	実施時期 (運転開始後経過年数)	設計基準強度	平均圧縮強度
取水構造物 (気中帯)	2022年 (37年)	23.5N/mm ² (240kgf/cm ²)	43.7N/mm ² (446kgf/cm ²)
取水構造物 (干満帯)	2022年 (37年)	23.5N/mm ² (240kgf/cm ²)	32.0N/mm ² (326kgf/cm ²)
取水構造物 (海中帯)	2022年 (37年)	23.5N/mm ² (240kgf/cm ²)	38.7N/mm ² (395kgf/cm ²)

e. 機械振動による強度低下

① 事象の説明

機械振動により、コンクリート構造物が長期間にわたって繰り返し荷重を受けると、ひび割れの発生、ひいては損傷に至る可能性がある。

② 技術評価

コンクリート構造物のうち、比較的大きな振動を受ける部位として、原子炉補助建屋（非常用ディーゼル発電設備基礎）及びタービン建屋（タービン架台）を評価対象とし、局部的に影響を受ける可能性がある基礎ボルト周辺のコンクリートを評価点とした。

機械振動の影響は、コンクリート構造物の躯体全体に対しては、荷重レベルが小さく問題にならないが、局部的には基礎ボルト周辺のコンクリートが影響を受ける可能性がある。

基礎ボルト周辺のコンクリートに作用する荷重のうち、鉛直方向については、機械の自重やナットの締め付けによる圧縮力が常時作用している。これに加えて機械振動による荷重が作用しても、通常、機械振動による荷重は機械の自重に比べて小さいことから、基礎ボルトの有意な引き抜き荷重やコンクリートへの過大な圧縮力は発生せず、コンクリートのひび割れ発生には至らないと考えられる。

また、水平方向については、基礎ボルトの機械振動による水平変位は、コンクリート内部よりもコンクリート表面部の方が大きいいため、コンクリートが機械振動により受ける応力は、定着部表面部の方がコンクリート内部よりも大きくなる。したがって、コンクリートにひび割れが発生する場合には、表面から発生する可能性が高いと考えられる。仮に機械振動により機器のコンクリート基礎への定着部の支持力が失われるような場合、機械の異常振動や定着部周辺コンクリート表面に有意なひび割れが発生するものと考えられる。

機械振動は日常的な監視等により、異常の兆候は検知可能であり、大きな振動を受けるタービン建屋（タービン架台）等のこれまでの目視点検では、このようなひび割れ等がないことを確認している。

以上から、機械振動による強度低下については、長期健全性評価上問題とはならない。

なお、機械振動の評価点近傍から採取したコアサンプルについて、特別点検において強度試験を行った結果、設計基準強度を上回っている(表2.3-7)。

表2.3-7 機械振動の評価点近傍におけるコンクリートの強度試験結果

評価対象部位	実施時期 (運転開始後経過年数)	設計基準強度	平均圧縮強度
原子炉補助建屋 (非常用ディーゼル 発電設備基礎) *1	2022年 (37年)	22.1 N/mm ² (225 kgf/cm ²)	29.9 N/mm ² (305 kgf/cm ²)
タービン建屋 (タービン架台)	2022年 (37年)	22.1 N/mm ² (225 kgf/cm ²)	36.7 N/mm ² (374 kgf/cm ²)

*1：特別点検においては原子炉補助建屋（内壁及び床）に分類

f. 強度試験結果

コンクリート構造物における、現状のコンクリート強度として、代表構造物ごとの強度試験の結果を表2.3-8に示す。いずれも、平均圧縮強度は設計基準強度を上回っている。

表2.3-8 川内2号炉 コンクリートの強度試験結果

代表構造物	実施時期 (運転開始後 経過年数)	設計基準強度	平均圧縮強度
外部遮蔽壁	2022年 (37年)	22.1N/mm ² (225kgf/cm ²)	47.0N/mm ² (479kgf/cm ²)
内部 コンクリート	2021年 (36年)	22.1N/mm ² (225kgf/cm ²)	46.8N/mm ² (477kgf/cm ²)
原子炉格納 施設基礎	2022年 (37年)	22.1N/mm ² (225kgf/cm ²)	51.0N/mm ² (520kgf/cm ²)
原子炉補助 建屋	2022年 (37年)	22.1N/mm ² (225kgf/cm ²)	40.0N/mm ² (408kgf/cm ²)
タービン建屋 (タービン 架台)	2022年 (37年)	22.1N/mm ² (225kgf/cm ²)	36.7N/mm ² (374kgf/cm ²)
	2022年 (37年)	17.7N/mm ² (180kgf/cm ²)	43.0N/mm ² (439kgf/cm ²)
取水構造物	2022年 (37年)	23.5N/mm ² (240kgf/cm ²)	38.1N/mm ² (389kgf/cm ²)

(2) 現状保全

コンクリート構造物の強度低下については、定期的に屋内、屋外ともコンクリート表面のひび割れ、塗装の劣化等の目視点検を実施し、強度に支障をきたす可能性のあるような有意な欠陥がないことを確認し、予防保全のため必要に応じて塗装の塗替え等の補修を実施している。

また、コンクリート構造物の強度低下については、破壊試験や非破壊試験による点検を実施し、強度に急激な経年劣化が生じていないことを確認している。今後も、コンクリート構造物の強度低下については、定期的に破壊試験及び非破壊試験による点検を実施し、強度に急激な経年劣化が生じていないことを確認する。

(3) 総合評価

コンクリート構造物の強度低下については、健全性評価結果から判断して、現状において設計基準強度を上回っており、強度低下が急激に発生する可能性は極めて小さいものと考えられる。

また、ひび割れ等については目視点検で検知可能であり、定期的に強度に支障をきたす可能性のあるような有意な欠陥がないことの確認、及びコンクリート構造物の強度低下について破壊試験や非破壊試験による確認を行い、必要に応じて塗装の塗替え等の補修を実施していることから、保全方法は適切である。

よって、上記保全方法を継続することにより、現状保全で健全性を維持できると判断する。

(4) 高経年化への対応

コンクリート構造物の強度低下については、現状保全に高経年化対策の観点から追加すべき項目はないと判断でき、引き続き現状保全を継続していく。

2.3.2 コンクリートの遮蔽能力の低下

(1) 健全性評価

a. 熱による遮蔽能力低下

① 事象の説明

コンクリートは、周辺環境からの伝達熱及び放射線照射に起因する内部発熱により、コンクリート中の水分が逸散し、放射線に対する遮蔽能力が低下する可能性がある。

② 技術評価

放射線防護の観点から、コンクリート遮蔽体の設計に適用されている「コンクリート遮蔽体設計規準」(R. G. Jaeger et al. 「Engineering Compendium on Radiation Shielding (ECRS) VOL.2 (1975)」)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蔽で8.8℃以下、ガンマ線遮蔽で17.7℃以下となっている。

コンクリート構造物のうち、運転時最高温度となる内部コンクリート(1次遮蔽壁)を評価対象とし、1次遮蔽壁のうち最も高温となる炉心領域部及び原子炉容器サポート直下部を評価点とし、ガンマ発熱を考慮した温度分布解析により評価を実施した。

断続的運転を前提とした場合における内部コンクリートの最高温度は、温度分布解析の結果、炉心領域部で約5.5℃と制限値より低い値であり、水分の逸散はほとんどないと考えられることから、遮蔽能力への影響はないと考えられる。なお、炉心領域部の温度分布は、2次元輸送計算コードDORTを用いてガンマ発熱量分布を算出した後、熱伝導方程式を解いて求めている。また、原子炉容器サポート直下部の温度分布は、ANSYSを用いた3次元有限要素法による熱流動解析により求めている。

仮に、コンクリートの遮蔽能力低下が生じた場合、内部コンクリート周辺における放射線量が上昇するものと考えられるが、放射線量は定期的に監視しており、異常の兆候は検知可能である。

なお、評価点近傍から採取したコアサンプルについて、特別点検として確認した乾燥単位容積質量は、設計値を上回っていることを確認した。

以上から、熱による遮蔽能力低下については、長期健全性評価上問題とはならない。

(2) 現状保全

コンクリート構造物の遮蔽能力低下については、定期的に見視点検を実施し、遮蔽能力に支障をきたす可能性のあるひび割れ等の有意な欠陥がないことを確認している。

(3) 総合評価

コンクリート構造物の遮蔽能力低下については、健全性評価結果から判断して、遮蔽能力低下の可能性はないと考えられる。また、ひび割れ等については見視点検で検知可能であり、保全方法として適切である。

よって、上記保全方法を継続することにより、現状保全で健全性を維持できると判断する。

(4) 高経年化への対応

コンクリート構造物の遮蔽能力低下については、現状保全に高経年化対策の見視点から追加すべき項目はないと判断でき、引き続き現状保全を継続していく。

3. グループ内の全ての構造物への展開

コンクリート構造物及び鉄骨構造物の技術評価については、「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構造物・経年劣化事象の技術評価」に示すとおり、代表構造物について、各経年劣化事象に影響を及ぼす要因ごとに、使用条件等を考慮して、実施している。コンクリート構造物及び鉄骨構造物の場合、代表構造物以外の評価対象構造物の使用条件等は、代表構造物に包含されているため、技術評価結果も代表構造物に包含されるものと考えられる。

したがって、代表構造物の技術評価を行ったことで、グループ内の全ての構造物の技術評価は実施されたものと判断する。

川内原子力発電所 2 号炉

計測制御設備の技術評価書

[運転を断続的に行うことを前提とした評価]

九州電力株式会社

川内2号炉の計測制御設備のうち、評価対象機器である安全重要度分類審査指針におけるクラス1、2の機器、高温・高圧の環境下にあるクラス3の機器及び常設重大事故等対処設備に属する機器について、図1に示すとおり、目的・機能を基にプロセス計測制御設備と制御設備に分類している。

プロセス計測制御設備については、計測対象及び信号伝送方式でグループ化し、同一グループ内の複数の機器の存在を考慮して、使用条件及び主要構成機器の観点から代表機器を選定した。

制御設備については、機能でグループ化し、同一グループ内の複数の機器の存在を考慮して、主要機器及び重要度の観点から代表機器を選定した。

これらの一覧を表1及び表2に、機能を表3に示す。

本評価書においては、これら代表機器について技術評価を行うとともに、代表機器以外の機器についても技術評価を展開している。本評価書における技術評価結果で現状保全を継続すべき項目としたものについては、現状保全の点検手法の適切性を確認しており、現状保全を継続することで健全性の維持は可能であると考ええる。

なお、計測制御設備は、定期的な機器の点検調整又は周期的な取替えにより機能維持を図ることで信頼性を確保している。

また、点検等で確認した結果、異常が認められた場合、速やかに対策を施すこととしており、異常が認められた場合に、対策を実施する旨の記載は省略している。

- 1 プロセス計測制御設備
- 2 制御設備

また、川内1、2号炉の共用設備のうち1号炉で設置されている計測制御設備については、「川内原子力発電所2号炉 共用設備（他号炉設備）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。

1. プロセス計測制御設備で評価

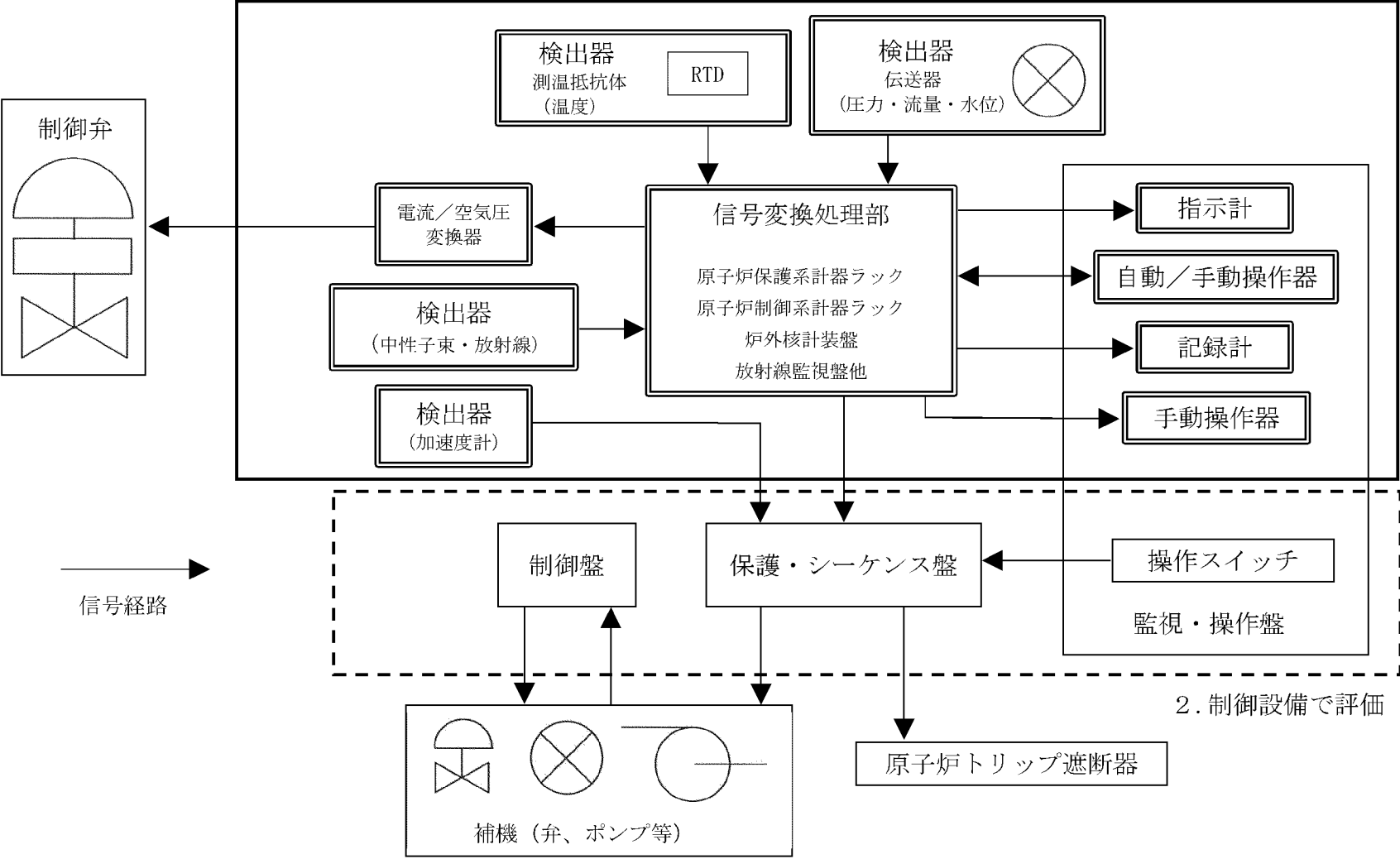


図1 川内2号炉 計測制御設備の評価区分

表 1 (1/8) 川内 2 号炉 主要なプロセス計測制御設備

分離基準		機器名称 (ループ数)	選定基準			選定	選定理由
計測対象	信号伝送方式		主要構成機器	重要度*1	使用条件		
		設置場所 (上段:検出器/下段:検出器以外)			温度 (°C)		
圧力	連続	1次冷却材圧力 (2)	伝送器、信号変換処理部、指示計、記録計	MS-2、重*2	原子炉格納容器内*3,4	約45	◎ 要求される環境条件が厳しい
					中間建屋	約40	
			継電器室、中央制御室	約26			
		加圧器圧力 (4)	伝送器、信号変換処理部、指示計、自動/手動操作器、手動操作器、電流/空気圧変換器	MS-1	原子炉格納容器内*3	約45	
					原子炉格納容器内	約45	
					中間建屋	約40	
					継電器室、中央制御室	約26	
		蒸気ライン圧力 (12)	伝送器、信号変換処理部、指示計、記録計、自動/手動操作器、手動操作器、電流/空気圧変換器	MS-1、重*2	原子炉補助建屋	約40	
					原子炉補助建屋	約40	
					中間建屋	約40	
					継電器室、中央制御室	約26	
		高圧タービン入口蒸気圧力 (2)	伝送器、信号変換処理部、指示計、自動/手動操作器、電流/空気圧変換器	MS-1	タービン建屋	約40	
					タービン建屋	約40	
					中間建屋	約40	
継電器室、中央制御室	約26						
格納容器圧力 (4)	伝送器、信号変換処理部、指示計、記録計	MS-1、重*2	原子炉補助建屋	約40			
			燃料取扱建屋	約30			
			継電器室、中央制御室	約26			
制御用空気圧縮機出口ヘッド圧力 (2)	伝送器、信号変換処理部、指示計、記録計	MS-2	原子炉補助建屋	約40			
			継電器室、中央制御室	約26			
海水ヘッド圧力 (2)	伝送器、信号変換処理部、指示計	MS-2	屋外	約40			
			継電器室、中央制御室	約26			

*1：機能は最上位の機能を示す

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

*3：設計基準事故を考慮する

*4：重大事故等を考慮する

表 1 (2/8) 川内 2 号炉 主要なプロセス計測制御設備

分離基準		機器名称 (ループ数)	選定基準			選定	選定理由
計測対象	信号伝送方式		主要構成機器	重要度*1	使用条件		
		設置場所 (上段:検出器/下段:検出器以外)			温度 (°C)		
圧力	連続	アニュラス内圧力 (1)	伝送器、信号変換処理部、指示計	MS-2	原子炉補助建屋	約40	
					原子炉補助建屋	約40	
					中央制御室	約26	
		ペネトレーションエリア内圧力 (2)	伝送器、信号変換処理部、指示計	MS-2	原子炉補助建屋	約40	
					原子炉補助建屋	約40	
					中央制御室	約26	
		充てん/高圧注入ポンプ室内圧力 (2)	伝送器、信号変換処理部、指示計	MS-2	原子炉補助建屋	約40	
					原子炉補助建屋	約40	
					中央制御室	約26	
		空調用冷凍機圧力 (4)	伝送器、信号変換処理部、指示計、制御器	MS-1	中間建屋	約40	
					中間建屋	約40	
		AM用格納容器圧力 (1)	伝送器、信号変換処理部、表示器	重*2	原子炉補助建屋	約40	
中央制御室	約26						

*1：機能は最上位の機能を示す

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

表 1 (3/8) 川内 2 号炉 主要なプロセス計測制御設備

分離基準		機器名称 (ループ数)	選定基準			選定	選定理由	
計測対象	信号伝送方式		主要構成機器	重要度*1	使用条件			
		設置場所 (上段:検出器/下段:検出器以外)			温度 (°C)			
流量	連続	余熱除去ループ流量 (4)	オリフィス、伝送器、 信号変換処理部、指示計、記録計、 自動/手動操作器、手動操作器、 電流/空気圧変換器	MS-2、重*2	原子炉補助建屋	約40	◎	同一グループ内 で主要構成機器 数が一番多い
					原子炉補助建屋	約40		
					中間建屋	約40		
		1次冷却材流量 (12)	伝送器、信号変換処理部、指示計	MS-1	原子炉格納容器内	約45		
					継電器室、中央制御室	約26		
		給水流量 (6)	フローノズル、伝送器、 信号変換処理部、自動/手動操作器、 電流/空気圧変換器	MS-1	原子炉補助建屋	約40		
					中間建屋	約40		
					継電器室、中央制御室	約26		
		主蒸気流量 (6)	伝送器、信号変換処理部、 自動/手動操作器、電流/空気圧変換器	MS-1	原子炉格納容器内*3	約45		
					タービン建屋	約40		
					中間建屋	約40		
		ほう酸注入ライン流量 (2)	オリフィス、伝送器、 信号変換処理部、指示計、記録計	MS-2、重*2	原子炉補助建屋	約40		
1次系補機制御盤室 継電器室、中央制御室	約26							
補助注入ライン流量 (2)	オリフィス、伝送器、 信号変換処理部、指示計、記録計	MS-2、重*2	原子炉補助建屋	約40				
			1次系補機制御盤室 継電器室、中央制御室	約26				
補助給水流量 (3)	オリフィス、伝送器、 信号変換処理部、指示計、記録計	MS-2、重*2	原子炉補助建屋	約40				
			1次系補機制御盤室 継電器室、中央制御室	約26				
A格納容器スプレイ冷却器出口積算流量 (1)	オリフィス、伝送器、 信号変換処理部、表示器	重*2	原子炉補助建屋	約40				
			中央制御室	約26				
SA用低圧炉心注入及びスプレイ積算流量 (1)	オリフィス、伝送器、 信号変換処理部、表示器	重*2	原子炉補助建屋	約40				
			1次系補機制御盤室 中央制御室	約26				

*1: 機能は最上位の機能を示す

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

*3: 設計基準事故を考慮する

表 1 (4/8) 川内 2 号炉 主要なプロセス計測制御設備

分離基準		機器名称 (ループ数)	選定基準			選定	選定理由	
計測対象	信号伝送方式		主要構成機器	重要度*1	使用条件			
		設置場所 (上段:検出器/下段:検出器以外)			温度 (°C)			
水位	連続	加圧器水位 (4)	伝送器、信号変換処理部、指示計、記録計、自動/手動操作器、手動操作器、電流/空気圧変換器	MS-1、重*2	原子炉格納容器内*3,4	約45	◎	要求される環境条件が厳しく、主要構成機器数が多い
					原子炉補助建屋	約40		
					中間建屋	約40		
					継電器室、中央制御室	約26		
		ほう酸タンク水位 (4)	伝送器、信号変換処理部、指示計、記録計	MS-2、重*2	原子炉補助建屋	約40		
					中間建屋	約40		
					継電器室、中央制御室	約26		
		蒸気発生器狭域水位 (12)	伝送器、信号変換処理部、指示計、記録計、自動/手動操作器、電流/空気圧変換器	MS-1、重*2	原子炉格納容器内*3,4	約45		
					中間建屋	約40		
					継電器室、中央制御室	約26		
		蒸気発生器広域水位 (3)	伝送器、信号変換処理部、指示計、記録計	MS-2、重*2	原子炉格納容器内*3,4	約45		
					中間建屋	約40		
継電器室、中央制御室	約26							
格納容器再循環サンプ狭域水位 (2)	伝送器、信号変換処理部、指示計、記録計	MS-2、重*2	原子炉格納容器内*3,4	約45				
			継電器室、中央制御室	約26				
格納容器再循環サンプ広域水位 (2)	伝送器、信号変換処理部、指示計、記録計	MS-2、重*2	原子炉格納容器内*3,4	約45				
			継電器室、中央制御室	約26				
原子炉補機冷却水サージタンク水位 (2)	伝送器、信号変換処理部、指示計、記録計	MS-2、重*2	原子炉補助建屋	約40				
			継電器室、中央制御室	約26				
燃料取替用水タンク水位 (2)	伝送器、信号変換処理部、指示計、記録計	MS-2、重*2	屋外	約40				
			継電器室、中央制御室	約26				
復水タンク水位 (2)	伝送器、信号変換処理部、指示計、記録計	MS-2、重*2	屋外	約40				
			継電器室、中央制御室	約26				

*1：機能は最上位の機能を示す

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

*3：設計基準事故を考慮する

*4：重大事故等を考慮する

表 1 (5/8) 川内 2 号炉 主要なプロセス計測制御設備

分離基準		機器名称 (ループ数)	選 定 基 準			選定	選定理由
計測対象	信号伝送 方式		主要構成機器	重要度*1	使用条件		
		設置場所 (上段:検出器/下段:検出器以外)			温度 (°C)		
水 位	連 続	空調用冷凍機水位 (4)	伝送器、指示計	MS-1	中間建屋	約40	
		使用済燃料ピット水位 (S A) (2)	電波レベル計、信号変換処理部、 表示器	重*2	燃料取扱建屋*1	約30	
					配線処理室、中央制御室	約26	
		原子炉下部キャビティ水位 (1)	電極式水位計、信号変換処理部、 表示器	重*2	原子炉格納容器内	約45	
					1次系補機制御盤室 中央制御室	約26	
		原子炉格納容器水位 (1)	電極式水位計、信号変換処理部、 表示器	重*2	原子炉格納容器内	約45	
					1次系補機制御盤室 中央制御室	約26	
		原子炉容器水位 (1)	伝送器、信号変換処理部、表示器	重*2	原子炉格納容器内*1	約45	
					1次系補機制御盤室 継電器室、中央制御室	約26	
		取水ピット水位 (1)	電波レベル計、信号変換処理部、 表示器	設*3	屋 外	約40	
中央制御室	約26						

*1：機能は最上位の機能を示す

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

*3：設計基準対象施設として評価対象とした機器及び構造物であることを示す

*4：重大事故等を考慮する

表 1 (6/8) 川内 2 号炉 主要なプロセス計測制御設備

分離基準		機器名称 (ループ数)	選定基準			選定	選定理由
計測対象	信号伝送方式		主要構成機器	重要度*1	使用条件		
		設置場所 (上段:検出器/下段:検出器以外)			温度 (°C)		
温度	連続	1次冷却材高温側温度(広域) (3)	測温抵抗体、信号変換処理部、 指示計、記録計	MS-2、重*2	原子炉格納容器内*3,4	約343*5	◎ 要求される環境 条件が厳しい
					継電器室、中央制御室	約26	
		1次冷却材低温側温度(広域) (3)	測温抵抗体、信号変換処理部、 指示計、記録計	MS-2、重*2	原子炉格納容器内*3,4	約343*5	
					中間建屋	約40	
					継電器室、中央制御室	約26	
		1次冷却材高温側温度(狭域) (24)	測温抵抗体、信号変換処理部、 指示計、自動/手動操作器、 手動操作器、電流/空気圧変換器	MS-1	原子炉格納容器内*3	約343*5	
					原子炉補助建屋	約40	
					中間建屋	約40	
					タービン建屋	約40	
					継電器室、中央制御室	約26	
		1次冷却材低温側温度(狭域) (8)	測温抵抗体、信号変換処理部、 指示計、自動/手動操作器、 手動操作器、電流/空気圧変換器	MS-1	原子炉格納容器内*3	約343*5	
					原子炉補助建屋	約40	
					中間建屋	約40	
					タービン建屋	約40	
格納容器内温度(2)	測温抵抗体、信号変換処理部、 指示計、記録計	MS-2、重*2	原子炉格納容器内*3,4	約45			
			継電器室、中央制御室	約26			
空調用冷凍機温度(6)	測温抵抗体、指示計	MS-1	中間建屋	約40			
			中間建屋	約40			
使用済燃料ピット温度(SA) (2)	測温抵抗体、信号変換処理部、 表示器	重*2	燃料取扱建屋*4	約30			
			配線処理室、中央制御室	約26			

*1: 機能は最上位の機能を示す

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

*3: 設計基準事故を考慮する

*4: 重大事故等を考慮する

*5: 最高使用温度

表 1 (7/8) 川内 2 号炉 主要なプロセス計測制御設備

分離基準		機器名称 (ループ数)	選定基準				選定	選定理由
計測対象	信号伝送方式		主要構成機器	重要度*1	使用条件			
					設置場所 (上段:検出器/下段:検出器以外)	温度 (°C)		
温度	連続	静的触媒式水素再結合装置 動作監視装置 (5)	熱電対、信号変換処理部、表示器	重*2	原子炉格納容器内*3	約45	◎	
					1次系補機制御盤室 中央制御室	約26		
		電気式水素燃焼装置 動作監視装置 (13)	熱電対、信号変換処理部、表示器	重*2	原子炉格納容器内*3	約45		
					1次系補機制御盤室 中央制御室	約26		
地震	ON-OFF	水平方向加速度 (8)	水平方向加速度計	MS-1	原子炉補助建屋	約40	◎	環境条件、 主要構成機器と も同様である
					—	—		
		鉛直方向加速度 (4)	鉛直方向加速度計	MS-1	原子炉補助建屋	約40		
					—	—		
中性子束	連続	出力領域中性子束 (4)	中性子束検出器、信号変換処理部、 指示計、記録計	MS-1、重*2	原子炉格納容器内	約60	◎	出力運転中に 使用している
					中央制御室	約26		
		中間領域中性子束 (2)	中性子束検出器、信号変換処理部、 指示計、記録計	MS-1、重*2	原子炉格納容器内	約60		
					中間建屋	約40		
		中性子源領域中性子束 (2)	中性子束検出器、前置増幅器、 信号変換処理部、指示計、記録計	MS-1、重*2	1次系補機制御盤室 中央制御室	約26		
					原子炉格納容器内	約60		
					原子炉補助建屋	約40		
					中間建屋	約40		
			1次系補機制御盤室 中央制御室	約26				

*1：機能は最上位の機能を示す

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

*3：重大事故等を考慮する

表 1 (8/8) 川内 2 号炉 主要なプロセス計測制御設備

分離基準		機器名称 (ループ数)	選 定 基 準			選定	選定理由	
計測対象	信号伝送 方式		主要構成機器	重要度*1	使用条件			
					設置場所 (上段:検出器/下段:検出器以外)			温度 (°C)
放射線	連続	格納容器内高レンジエリア モニタ (4)	放射線検出器、前置増幅器、 信号変換処理部、指示計、記録計	MS-2、重*2	原子炉格納容器内*3,4	約45	◎	
					原子炉補助建屋	約40		
					中央制御室	約26		

*1：機能は最上位の機能を示す

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

*3：設計基準事故を考慮する

*4：重大事故等を考慮する

表 2 (1/3) 川内 2 号炉 主要な制御設備

分離基準	盤名称 (面数)	選 定 基 準							重要度*1	選定	選定理由
		主 要 構 成 機 器									
		検出回路部	論理回路部	操作回路部	監視回路部	駆動回路部	電源部				
保護・ シーケンス盤 リレーラック	原子炉安全保護盤 (12)	—	半導体基板 補助継電器	操作スイッチ	—	—	NFB*2 電源装置 冷却ファン	MS-1	◎	主要構成 機器	
	リレーラック (8)	—	補助継電器 タイマ ヒューズ	—	—	—	—	MS-1			
監視・ 操作盤	主盤 (9)	—	—	操作スイッチ	表示灯	—	NFB*2	MS-1、重*4	◎	重要度 主要構成 機器	
	原子炉補助盤 (9)	—	—	操作スイッチ	表示灯	—	NFB*2	MS-1			
	所内盤 (2)	—	—	操作スイッチ	表示灯 指示計	—	NFB*2	MS-1			
	中央制御室外原子炉停止 盤 (4)	—	—	操作スイッチ	表示灯	—	NFB*2	MS-2			
	中央制御室退避時換気空 調盤 (2)	—	—	操作スイッチ	表示灯	—	—	MS-2			
	換気空調系集中現場盤 (4)	—	—	操作スイッチ	表示灯	—	—	MS-2			
	使用済燃料ピット状態監 視カメラ (1)	カメラ ユニット	半導体基板	映像信号 ケーブル	表示端末	—	NFB*2 UPS*3	重*4			

*1：機能は最上位の機能を示す

*2：ノーヒューズブレーカ

*3：無停電電源装置

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

表 2 (2/3) 川内 2 号炉 主要な制御設備

分離基準	盤名称 (面数)	選 定 基 準							重要度*1	選定	選定理由
		主 要 構 成 機 器									
		検出回路部	論理回路部	操作回路部	監視回路部	駆動回路部	電源部				
監視・ 操作盤	重大事故等対処用制御盤 (1)	—	半導体基板	—	表示端末	—	電源装置 NFB*2	重*4			
	統合原子力防災ネットワ ークに接続する通信連絡 設備 (1)	—	通信機器	—	—	—	NFB*2 UPS*3	重*1			
	緊急時運転パラメータ伝 送システム(S P D S) (1)	—	通信機器 半導体基板	—	表示端末	—	電源装置 NFB*2 UPS*3	重*1			
	津波監視カメラ(1)	カメラ ユニット	半導体基板	—	表示端末	—	NFB*2	設*5			

*1：機能は最上位の機能を示す

*2：ノーヒューズブレーカ

*3：無停電電源装置

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

*5：設計基準対象施設として評価対象とした機器及び構造物であることを示す

表 2 (3/3) 川内 2 号炉 主要な制御設備

分離基準	盤名称 (面数)	選 定 基 準							重要度*1	選定	選定理由
		主 要 構 成 機 器									
		検出回路部	論理回路部	操作回路部	監視回路部	駆動回路部	電 源 部				
制 御 盤	ディーゼル発電機盤 (12)	励磁装置 保護リレー (静止形) 計器用変圧器 計器用変流器	電圧調整装置 回転数検出装置 電圧設定器 補助継電器 タイマ ヒューズ	操作スイッチ ロックアウト リレー	表示灯 指示計 故障表示器	電磁接触器 シリコン整流器 ヒートパイプ	NFB*2	MS-1、重*3	◎	主要構成機器	
	制御用空気圧縮機盤 (2)	—	補助継電器 タイマ	操作スイッチ	表示灯 故障表示器	—	NFB*2	MS-1			
	制御用空気除湿装置盤 (2)	計器用変流器	補助継電器 タイマ	操作スイッチ	表示灯 指示計	電磁接触器	NFB*2 変圧器	MS-1			
	空調用冷凍機制御盤 (2)	計器用変換器	温度制御器 補助継電器 タイマ	操作スイッチ	表示灯 指示計	電磁接触器	NFB*2 変圧器 電源装置	MS-1			
	補助給水ポンプ電動弁盤 (10)	—	補助継電器 タイマ	操作スイッチ	表示灯	電磁接触器	NFB*2	MS-1			
	R C P 母線計測盤 (3)	保護リレー (静止形)	補助継電器 タイマ ヒューズ	—	—	—	NFB*2 電源装置	MS-1			
	ヒートトレーシング温度調節盤 (7)	—	半導体基板	—	表示灯	—	NFB*2 電源装置	MS-1			

*1：機能は最上位の機能を示す

*2：ノーヒューズブレーカ

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

表3 川内2号炉 主要な計測制御設備の機能

設 備 区 分		機 能 概 要
プロセス計測制御設備		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・自動／手動操作器・手動操作器・電流／空気圧変換器に伝達する。指示計・記録計は、制御設備の監視・操作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。自動／手動操作器は、制御設備の監視・操作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。手動操作器は、制御設備の監視・操作盤に取り付けられており、信号変換処理部から出力された電気信号を工学値に変換し、指示する。また、目標とする値の電気信号を出力する。電流／空気圧変換器は、信号変換処理部から伝達されてきた電気信号を空気圧に変換する。
制 御 設 備	保護・シーケンス盤 リレーラック	プロセス計測制御設備からの信号及び外部操作信号を受け、論理回路により原子炉の保護／制御ロジックを構成し、原子炉トリップ、安全防護設備等へ信号を伝達する。
	監視・操作盤	プロセス計測制御設備の一部である指示計・記録計・自動／手動操作器・手動操作器により、状態監視及び操作を行うとともに、操作スイッチによる補機操作及び表示灯による状態監視を行う。
	制 御 盤	中央制御室・継電器室以外に設置されている制御設備であり操作スイッチ・保護リレー・補助継電器等による補機の保護、制御、表示灯等による補機の状態監視を行う。

1 プロセス計測制御設備

[計測対象]

- ① 圧 力
- ② 流 量
- ③ 水 位
- ④ 温 度
- ⑤ 地 震
- ⑥ 中性子束
- ⑦ 放 射 線

目 次

1. 対象機器及び代表機器の選定	1
1.1 グループ化の考え方及び結果	1
1.2 代表機器の選定	1
2. 代表機器の技術評価	11
2.1 構造、材料及び使用条件	11
2.2 経年劣化事象の抽出	39
3. 代表機器以外への展開	53
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象	55
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	55

1. 対象機器及び代表機器の選定

川内2号炉で使用されているプロセス計測制御設備の主な仕様を表1-1に示す。

これらのプロセス計測制御設備を、計測対象及び信号伝送方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

表1-1に示すプロセス計測制御設備を、計測対象及び信号伝送方式で分類すると、7つのグループに分類される。

1.2 代表機器の選定

(1) 計測対象：圧力、信号伝送方式：連続

このグループには、1次冷却材圧力、加圧器圧力等が属するが、要求される環境条件が厳しい1次冷却材圧力を代表機器とする。

(2) 計測対象：流量、信号伝送方式：連続

このグループには、余熱除去ループ流量、1次冷却材流量、給水流量等が属するが、主要構成機器数の多い余熱除去ループ流量を代表機器とする。

(3) 計測対象：水位、信号伝送方式：連続

このグループには、加圧器水位、ほう酸タンク水位、蒸気発生器狭域水位等が属するが、要求される環境条件が厳しく、主要構成機器数の多い加圧器水位を代表機器とする。

(4) 計測対象：温度、信号伝送方式：連続

このグループには、1次冷却材高温側温度（広域）、1次冷却材低温側温度（広域）、1次冷却材高温側温度（狭域）等が属するが、要求される環境条件が厳しい1次冷却材高温側温度（広域）を代表機器とする。

(5) 計測対象：地震、信号伝送方式：ON-OFF

このグループには、水平方向加速度及び鉛直方向加速度が属するが、環境条件、主要構成機器とも同様であるため、水平方向加速度を代表機器とする。

(6) 計測対象：中性子束、信号伝送方式：連続

このグループには、出力領域中性子束、中間領域中性子束及び中性子源領域中性子束が属するが、出力運転中に使用している出力領域中性子束を代表機器とする。

(7) 計測対象：放射線、信号伝送方式：連続

このグループには、格納容器内高レンジエリアモニタのみが属するため、格納容器内高レンジエリアモニタを代表機器とする。

表1-1(1/8) 川内2号炉 プロセス計測制御設備の主な仕様

分離基準		機器名称 (ループ数)	選定基準			選定	選定理由	
計測対象	信号伝送方式		主要構成機器	重要度*1	使用条件			
		設置場所 (上段:検出器/下段:検出器以外)			温度 (°C)			
圧力	連続	1次冷却材圧力 (2)	伝送器、信号変換処理部、指示計、記録計	MS-2、重*2	原子炉格納容器内*3,4	約45	◎	要求される環境条件が厳しい
					中間建屋	約40		
		-----		継電器室、中央制御室	約26			
		加圧器圧力 (4)	伝送器、信号変換処理部、指示計、自動/手動操作器、手動操作器、電流/空気圧変換器	MS-1	原子炉格納容器内*3	約45		
					原子炉格納容器内	約45		
					中間建屋	約40		
		-----		継電器室、中央制御室	約26			
		蒸気ライン圧力 (12)	伝送器、信号変換処理部、指示計、記録計、自動/手動操作器、手動操作器、電流/空気圧変換器	MS-1、重*2	原子炉補助建屋	約40		
					原子炉補助建屋	約40		
					中間建屋	約40		
					継電器室、中央制御室	約26		
		高圧タービン入口蒸気圧力 (2)	伝送器、信号変換処理部、指示計、自動/手動操作器、電流/空気圧変換器	MS-1	タービン建屋	約40		
					タービン建屋	約40		
					中間建屋	約40		
継電器室、中央制御室	約26							
格納容器圧力 (4)	伝送器、信号変換処理部、指示計、記録計	MS-1、重*2	原子炉補助建屋	約40				
			燃料取扱建屋	約30				
-----		継電器室、中央制御室	約26					
制御用空気圧縮機出口ヘッダ圧力 (2)	伝送器、信号変換処理部、指示計、記録計	MS-2	原子炉補助建屋	約40				
			継電器室、中央制御室	約26				
海水ヘッダ圧力 (2)	伝送器、信号変換処理部、指示計	MS-2	屋外	約40				
			継電器室、中央制御室	約26				

*1：機能は最上位の機能を示す

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

*3：設計基準事故を考慮する

*4：重大事故等を考慮する

表1-1(2/8) 川内2号炉 プロセス計測制御設備の主な仕様

分離基準		機器名称 (ループ数)	選 定 基 準			選定	選定理由
			計測対象	信号伝送方式	主要構成機器		
		設置場所 (上段:検出器/下段:検出器以外)				温度 (°C)	
圧 力	連 続	アニュラス内圧力 (1)	伝送器、信号変換処理部、指示計	MS-2	原子炉補助建屋	約40	
					原子炉補助建屋	約40	
					中央制御室	約26	
		ペネトレーションエリア内 圧力 (2)	伝送器、信号変換処理部、指示計	MS-2	原子炉補助建屋	約40	
					原子炉補助建屋	約40	
					中央制御室	約26	
		充てん/高圧注入ポンプ室内 圧力 (2)	伝送器、信号変換処理部、指示計	MS-2	原子炉補助建屋	約40	
					原子炉補助建屋	約40	
					中央制御室	約26	
		空調用冷凍機圧力 (4)	伝送器、信号変換処理部、指示計、 制御器	MS-1	中間建屋	約40	
					中間建屋	約40	
		AM用格納容器圧力 (1)	伝送器、信号変換処理部、表示器	重*2	原子炉補助建屋	約40	
中央制御室	約26						

*1：機能は最上位の機能を示す

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

表1-1(3/8) 川内2号炉 プロセス計測制御設備の主な仕様

分離基準		機器名称 (ループ数)	選定基準			選定	選定理由	
			主要構成機器	重要度*1	使用条件			
計測対象	信号伝送方式					設置場所 (上段:検出器/下段:検出器以外)	温度 (°C)	
			流量	連続		余熱除去ループ流量 (4)	オリフィス、伝送器、 信号変換処理部、指示計、記録計、 自動/手動操作器、手動操作器、 電流/空気圧変換器	
原子炉補助建屋	約40							
中間建屋	約40							
1次冷却材流量 (12)	伝送器、信号変換処理部、指示計	MS-1			原子炉格納容器内	約45		
					継電器室、中央制御室	約26		
給水流量 (6)	フローノズル、伝送器、 信号変換処理部、自動/手動操作器、 電流/空気圧変換器	MS-1			原子炉補助建屋	約40		
					中間建屋	約40		
					継電器室、中央制御室	約26		
主蒸気流量 (6)	伝送器、信号変換処理部、 自動/手動操作器、電流/空気圧変換器	MS-1			原子炉格納容器内*3	約45		
					タービン建屋	約40		
					中間建屋	約40		
ほう酸注入ライン流量 (2)	オリフィス、伝送器、 信号変換処理部、指示計、記録計	MS-2、重*2			原子炉補助建屋	約40		
			1次系補機制御盤室 継電器室、中央制御室	約26				
補助注入ライン流量 (2)	オリフィス、伝送器、 信号変換処理部、指示計、記録計	MS-2、重*2	原子炉補助建屋	約40				
			1次系補機制御盤室 継電器室、中央制御室	約26				
補助給水流量 (3)	オリフィス、伝送器、 信号変換処理部、指示計、記録計	MS-2、重*2	原子炉補助建屋	約40				
			1次系補機制御盤室 継電器室、中央制御室	約26				
A格納容器スプレイ冷却器出 口積算流量 (1)	オリフィス、伝送器、 信号変換処理部、表示器	重*2	原子炉補助建屋	約40				
			中央制御室	約26				
SA用低圧炉心注入及びスプレ イ積算流量 (1)	オリフィス、伝送器、 信号変換処理部、表示器	重*2	原子炉補助建屋	約40				
			1次系補機制御盤室 中央制御室	約26				

*1：機能は最上位の機能を示す

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

*3：設計基準事故を考慮する

表1-1(4/8) 川内2号炉 プロセス計測制御設備の主な仕様

分離基準		機器名称 (ループ数)	選定基準			選定	選定理由	
計測対象	信号伝送方式		主要構成機器	重要度*1	使用条件			
		設置場所 (上段:検出器/下段:検出器以外)			温度 (°C)			
水位	連続	加圧器水位 (4)	伝送器、信号変換処理部、指示計、記録計、自動/手動操作器、手動操作器、電流/空気圧変換器	MS-1、重*2	原子炉格納容器内*3,4	約45	◎	要求される環境条件が厳しく、主要構成機器数が多い
					原子炉補助建屋	約40		
					中間建屋	約40		
		ほう酸タンク水位 (4)	伝送器、信号変換処理部、指示計、記録計	MS-2、重*2	原子炉補助建屋	約40		
					中間建屋	約40		
					継電器室、中央制御室	約26		
		蒸気発生器狭域水位 (12)	伝送器、信号変換処理部、指示計、記録計、自動/手動操作器、電流/空気圧変換器	MS-1、重*2	原子炉格納容器内*3,4	約45		
					中間建屋	約40		
					継電器室、中央制御室	約26		
		蒸気発生器広域水位 (3)	伝送器、信号変換処理部、指示計、記録計	MS-2、重*2	原子炉格納容器内*3,4	約45		
					中間建屋	約40		
					継電器室、中央制御室	約26		
格納容器再循環サンプル狭域水位 (2)	伝送器、信号変換処理部、指示計、記録計	MS-2、重*2	原子炉格納容器内*3,4	約45				
			継電器室、中央制御室	約26				
格納容器再循環サンプル広域水位 (2)	伝送器、信号変換処理部、指示計、記録計	MS-2、重*2	原子炉格納容器内*3,4	約45				
			継電器室、中央制御室	約26				
原子炉補機冷却水サージタンク水位 (2)	伝送器、信号変換処理部、指示計、記録計	MS-2、重*2	原子炉補助建屋	約40				
			継電器室、中央制御室	約26				
燃料取替用水タンク水位 (2)	伝送器、信号変換処理部、指示計、記録計	MS-2、重*2	屋外	約40				
			継電器室、中央制御室	約26				
復水タンク水位 (2)	伝送器、信号変換処理部、指示計、記録計	MS-2、重*2	屋外	約40				
			継電器室、中央制御室	約26				

*1: 機能は最上位の機能を示す

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

*3: 設計基準事故を考慮する

*4: 重大事故等を考慮する

表1-1(5/8) 川内2号炉 プロセス計測制御設備の主な仕様

分離基準		機器名称 (ループ数)	選 定 基 準			選定	選定理由
			計測対象	信号伝送 方式	主要構成機器		
		設置場所 (上段:検出器/下段:検出器以外)				温度 (°C)	
水 位	連 続	空調用冷凍機水位 (4)	伝送器、指示計	MS-1	中間建屋	約40	
		使用済燃料ピット水位 (S A) (2)	電波レベル計、信号変換処理部、 表示器	重*2	中間建屋	約40	
					燃料取扱建屋*1	約30	
		原子炉下部キャビティ水位 (1)	電極式水位計、信号変換処理部、 表示器	重*2	配線処理室、中央制御室	約26	
					原子炉格納容器内	約45	
		原子炉格納容器水位 (1)	電極式水位計、信号変換処理部、 表示器	重*2	1次系補機制御盤室 中央制御室	約26	
					原子炉格納容器内	約45	
原子炉容器水位 (1)	伝送器、信号変換処理部、表示器	重*2	1次系補機制御盤室 中央制御室	約26			
			原子炉格納容器内*1	約45			
取水ピット水位 (1)	電波レベル計、信号変換処理部、 表示器	設*3	1次系補機制御盤室 継電器室、中央制御室	約26			
			屋 外	約40			
				中央制御室	約26		

*1：機能は最上位の機能を示す

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

*3：設計基準対象施設として評価対象とした機器及び構造物であることを示す

*4：重大事故等を考慮する

表1-1(6/8) 川内2号炉 プロセス計測制御設備の主な仕様

分離基準		機器名称 (ループ数)	選定基準			選定	選定理由
計測対象	信号伝送方式		主要構成機器	重要度*1	使用条件		
		設置場所 (上段:検出器/下段:検出器以外)			温度 (°C)		
温度	連続	1次冷却材高温側温度(広域) (3)	測温抵抗体、信号変換処理部、 指示計、記録計	MS-2、重*2	原子炉格納容器内*3,4	約343*5	◎ 要求される環境 条件が厳しい
		1次冷却材低温側温度(広域) (3)	測温抵抗体、信号変換処理部、 指示計、記録計	MS-2、重*2	原子炉格納容器内*3,4 中間建屋	約26 約40	
		1次冷却材高温側温度(狭域) (24)	測温抵抗体、信号変換処理部、 指示計、自動/手動操作器、 手動操作器、電流/空気圧変換器	MS-1	中間建屋 タービン建屋	約40 約40	
		1次冷却材低温側温度(狭域) (8)	測温抵抗体、信号変換処理部、 指示計、自動/手動操作器、 手動操作器、電流/空気圧変換器	MS-1	タービン建屋 中間建屋	約40 約40	
		格納容器内温度(2)	測温抵抗体、信号変換処理部、 指示計、記録計	MS-2、重*2	原子炉格納容器内*3,4 中間建屋	約45 約26	
		空調用冷凍機温度(6)	測温抵抗体、指示計	MS-1	中間建屋	約40	
		使用済燃料ピット温度(SA) (2)	測温抵抗体、信号変換処理部、 表示器	重*2	燃料取扱建屋*4 配線処理室、中央制御室	約30 約26	

*1: 機能は最上位の機能を示す

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

*3: 設計基準事故を考慮する

*4: 重大事故等を考慮する

*5: 最高使用温度

表1-1(7/8) 川内2号炉 プロセス計測制御設備の主な仕様

分離基準		機器名称 (ループ数)	選定基準			選定	選定理由
計測対象	信号伝送方式		主要構成機器	重要度*1	使用条件		
		設置場所 (上段:検出器/下段:検出器以外)			温度 (°C)		
温度	連続	静的触媒式水素再結合装置 動作監視装置 (5)	熱電対、信号変換処理部、表示器	重*2	原子炉格納容器内*3	約45	
					1次系補機制御盤室 中央制御室	約26	
		電気式水素燃焼装置 動作監視装置 (13)	熱電対、信号変換処理部、表示器	重*2	原子炉格納容器内*3	約45	
					1次系補機制御盤室 中央制御室	約26	
地震	ON-OFF	水平方向加速度 (8)	水平方向加速度計	MS-1	原子炉補助建屋	約40	◎ 環境条件、 主要構成機器と も同様である
					—	—	
		鉛直方向加速度 (4)	鉛直方向加速度計	MS-1	原子炉補助建屋	約40	
					—	—	
中性子束	連続	出力領域中性子束 (4)	中性子束検出器、信号変換処理部、 指示計、記録計	MS-1、重*2	原子炉格納容器内	約60	◎ 出力運転中に 使用している
					中央制御室	約26	
		中間領域中性子束 (2)	中性子束検出器、信号変換処理部、 指示計、記録計	MS-1、重*2	原子炉格納容器内	約60	
					中間建屋	約40	
					1次系補機制御盤室 中央制御室	約26	
		中性子源領域中性子束 (2)	中性子束検出器、前置増幅器、 信号変換処理部、指示計、記録計	MS-1、重*2	原子炉格納容器内	約60	
					原子炉補助建屋	約40	
					中間建屋	約40	
					1次系補機制御盤室 中央制御室	約26	

*1：機能は最上位の機能を示す

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

*3：重大事故等を考慮する

表1-1(8/8) 川内2号炉 プロセス計測制御設備の主な仕様

分離基準		機器名称 (ループ数)	選 定 基 準			選定	選定理由				
			計測対象	信号伝送 方式	主要構成機器			重要度*1	使用条件		
放射線	連続	格納容器内高レンジエリア モニタ (4)				放射線検出器、前置増幅器、 信号変換処理部、指示計、記録計	MS-2、重*2		設置場所 (上段:検出器/下段:検出器以外)	温度 (°C)	
										原子炉格納容器内*3,4	約45
										原子炉補助建屋 ----- 中央制御室	約40 約26

*1：機能は最上位の機能を示す

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

*3：設計基準事故を考慮する

*4：重大事故等を考慮する

2. 代表機器の技術評価

本章では、1章で代表機器とした以下の7種類のプロセス計測制御設備について技術評価を実施する。

- ① 1次冷却材圧力
- ② 余熱除去ループ流量
- ③ 加圧器水位
- ④ 1次冷却材高温側温度（広域）
- ⑤ 水平方向加速度
- ⑥ 出力領域中性子束
- ⑦ 格納容器内高レンジエリアモニタ

2.1 構造、材料及び使用条件

2.1.1 1次冷却材圧力計測制御設備

(1) 構造

川内2号炉の1次冷却材圧力計測制御設備は、計装用取出配管、計器元弁、計装配管、計器弁、伝送器、信号変換処理部、電源装置、指示計、記録計及び支持構造物で構成されている。

a. 計装配管（計装用取出配管及び計器元弁含む）

計装配管及び計装用取出配管は、1次冷却材の圧力を伝送する機能を有し、計器元弁は、伝送器の校正、補修時に系統側との隔離機能を有する。

b. 計器弁

計器弁は、伝送器の校正、補修時に系統側との隔離機能を有する。

c. 伝送器

伝送器は、1次冷却材の圧力をその計測範囲に応じた電気信号に変換し、伝送する機能を有する。

d. 信号変換処理部

信号変換処理部（原子炉保護系計器ラック）は、伝送器への電源供給や伝送器からの電気信号の受信、他の設備への信号発信、信号の変換、演算等の機能を有するカード計器の集合である。

e. 電源装置

電源装置（原子炉保護系計器ラック）は、信号変換処理部への電源供給の機能を有する。

f. 指示計

指示計は、信号変換処理部（原子炉保護系計器ラック）から出力された電気信号を圧力値に変換し、指示する機能を有する。

g. 記録計

記録計は、信号変換処理部（原子炉保護系計器ラック）から出力された電気信号を圧力値に変換し、記録する機能を有する。

h. 支持構造物

筐体は、チャンネルベースに取付ボルトで支持され、基礎ボルトで据付けられている。

スタンションは、伝送器を支持するもので、埋込金物に溶接されている。

パイプハンガー、パイプハンガークランプ、ライナー及び取付ボルトは、サポート台に計装配管を支持するもので、サポート台に固定しており、サポート台はサポートに溶接される。また、サポートはベースプレートに溶接され、ベースプレートは基礎ボルトで据付けられる。

川内2号炉の1次冷却材圧力計測制御設備の主要機器構成図を図2.1-1に示す。

(2) 材料及び使用条件

川内2号炉の1次冷却材圧力計測制御設備の主要機器の使用材料及び使用条件を表2.1-1及び表2.1-2に示す。

No.	部 位
①	計装用取出配管
②	計器元弁
③	計装配管
④	計器弁
⑤	伝送器
⑥	信号変換処理部
⑦	電源装置
⑧	指示計
⑨	記録計
⑩	ベースプレート
⑪	サポート
⑫	サポート台
⑬	パイプハンガー
⑭	ライナー
⑮	パイプハンガークランプ
⑯	取付ボルト
⑰	スタンション
⑱	埋込金物
⑲	筐 体
⑳	チャンネルベース
㉑	基礎ボルト
㉒	基礎ボルト (メカニカルアンカ)

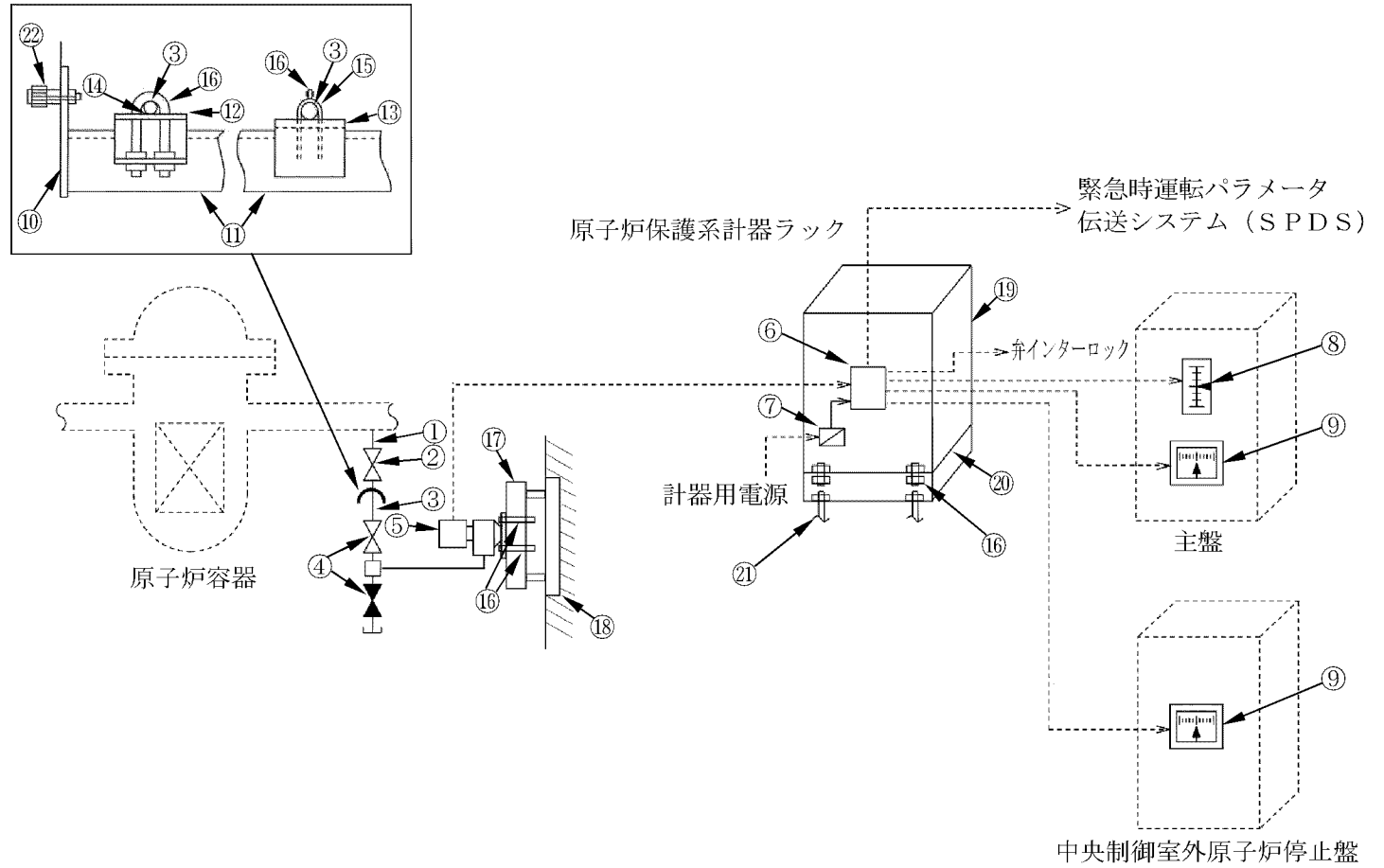


図2.1-1 川内2号炉 1次冷却材圧力計測制御設備主要機器構成図

表2.1-1 川内2号炉 1次冷却材圧力計測制御設備の主要機器の使用材料

部 位		材 料	
プロセス値の 伝達機能構成品	計装用取出配管	ステンレス鋼	
	計器元弁	ステンレス鋼	
	計装配管	ステンレス鋼	
	計器弁	ステンレス鋼	
プロセス値の 検出機能構成品	伝送器	消耗品・定期取替品	
電源供給・信号 変換・演算・制御 機能構成品	原子炉保護系計器 ラック	信号変換処理部	半 導 体
		電源装置	消耗品・定期取替品
工学値への変換 機能構成品	指 示 計	炭素鋼、プラスチック	
	記 録 計	半導体、炭素鋼 アルミニウム合金鋳物	
		ヒューズ	消耗品・定期取替品
機器の支持機能 構成品	ベースプレート	炭 素 鋼	
	サポート	炭 素 鋼	
	サポート台	ステンレス鋼	
	パイプハンガー	炭素鋼（亜鉛メッキ）	
	ライナー	ステンレス鋼	
	パイプハンガークランプ	炭素鋼（亜鉛メッキ）	
	取付ボルト	ステンレス鋼、炭素鋼	
	スタンション	炭 素 鋼	
	埋込金物	炭 素 鋼	
	筐 体	炭 素 鋼	
	チャンネルベース	炭 素 鋼	
	基礎ボルト	炭 素 鋼	
	基礎ボルト（メカニカルアンカ）	炭 素 鋼	

表2.1-2 川内2号炉 1次冷却材圧力計測制御設備の主要機器の使用条件

	伝送器			信号変換 処理部 電源装置	記録計	指示計 記録計
	通常運転時	設計基準事故時	重大事故等時			
設置場所	原子炉 格納容器内	原子炉 格納容器内	原子炉 格納容器内	継電器室	中間建屋	中央 制御室
周囲温度	約45℃*1	約127℃*3 (最高温度)	約138℃*3 (最高温度)	約26℃*5	約40℃*5	約26℃*5
圧力	約0.0098MPa [gage] 以下	約0.245MPa [gage]*3 (最高圧力)	約0.350MPa [gage]*3 (最高圧力)	—	—	—
放射線	1×10^{-3} Gy/h*2	602kGy*1 (最大集積線量)	500kGy*3 (最大集積線量)	—	—	—

*1：通常運転時の原子炉格納容器内1次冷却材圧力設置エリアの周囲温度実測値（複数の実測値の平均値のうち最大のもの）に余裕を加えた温度

*2：通常運転時の原子炉格納容器内1次冷却材圧力設置エリアの周囲線量率実測値（複数の実測値の平均値のうち最大のもの）に余裕を加えた線量率

*3：新規基準への適合性確認のための工事計画認可申請書「安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」記載値

*4：IEEEに記載された、典型的なPWRプラントにおける事故時照射量を基に、川内1/2号炉の原子炉出力及び原子炉格納容器自由体積から算出した値

*5：原子炉格納容器外の設計平均温度

2.1.2 余熱除去ループ流量計測制御設備

(1) 構造

川内2号炉の余熱除去ループ流量計測制御設備は、計装用取出配管、計器元弁、計装配管、計器弁、オリフィス、伝送器、信号変換処理部、電源装置、自動／手動操作器、手動操作器、電流／空気圧変換器、指示計、記録計及び支持構造物で構成されている。

a. 計装配管（計装用取出配管及び計器元弁含む）

計装配管及び計装用取出配管は、余熱除去系統の圧力を伝送する機能を有し、計器元弁は、伝送器の校正、補修時に系統側との隔離機能を有する。

b. 計器弁

計器弁は、伝送器の校正、補修時に系統側との隔離機能を有する。

c. オリフィス

オリフィスは、配管内に取付けられた流量絞り機構であり、管中にオリフィスを入れると、上流側では高圧、下流側では低圧となる。この差圧の平方根が流速に比例することを利用して流量を計測する。

d. 伝送器

伝送器は、オリフィスの上流と下流の流体の差圧をその計測範囲に応じた電気信号に変換し、伝送する機能を有する。

e. 信号変換処理部

信号変換処理部（原子炉保護系計器ラック、原子炉制御系計器ラック）は、伝送器への電源供給や伝送器からの電気信号の受信、他の設備への信号発信、信号の変換、演算等の機能を有するカード計器の集合である。

f. 電源装置

電源装置（原子炉保護系計器ラック、原子炉制御系計器ラック）は、信号変換処理部への電源供給の機能を有する。

g. 自動／手動操作器

自動／手動操作器は、信号変換処理部（原子炉制御系計器ラック）から出力された電気信号を流量値に変換し、指示する機能を有する。

また、自動制御時は、入力値（プロセス値）と設定値との差に応じた電気信号を出力し、手動制御時には目標とする値の電気信号を出力する機能を有する。

h. 手動操作器

手動操作器は、信号変換処理部（原子炉制御系計器ラック）から出力された電気信号を流量値に変換し、指示する機能を有する。

また、手動制御時には目標とする値の電気信号を出力する機能を有する。

i. 電流／空気圧変換器

電流／空気圧変換器は、自動／手動操作器（主盤）及び手動操作器（中央制御室外原子炉停止盤）からの電気信号を、空気作動連続制御弁を適切に駆動させる空気圧に変換する機能を有する。

j. 指示計

指示計は、信号変換処理部（原子炉保護系計器ラック）から出力された電気信号を流量値に変換し、指示する機能を有する。

k. 記録計

記録計は、信号変換処理部（原子炉制御系計器ラック）から出力された電気信号を流量値に変換し、記録する機能を有する。

l. 支持構造物

筐体は、チャンネルベースに取付ボルトで支持され、基礎ボルトで据付けられている。

スタンションは、伝送器を支持するもので、埋込金物に溶接されている。

パイプハンガー、パイプハンガークランプ、ライナー及び取付ボルトは、サポート台に計装配管を支持するもので、サポート台に固定しており、サポート台はサポートに溶接される。また、サポートはベースプレートに溶接され、ベースプレートは基礎ボルトで据付けられる。

川内2号炉の余熱除去ループ流量計測制御設備の主要機器構成図を図2.1-2に示す。

(2) 材料及び使用条件

川内2号炉の余熱除去ループ流量計測制御設備の主要機器の使用材料及び使用条件を表2.1-3及び表2.1-4に示す。

No.	部 位
①	計装用取出配管
②	計器元弁
③	計装配管
④	計器弁
⑤	オリフィス
⑥	伝送器
⑦	信号変換処理部
⑧	電源装置
⑨	自動/手動操作器
⑩	手動操作器
⑪	電流/空気圧変換器
⑫	指示計
⑬	記録計
⑭	ベースプレート
⑮	サポート
⑯	サポート台
⑰	パイプハンガー
⑱	ライナー
⑲	パイプハンガークランプ
⑳	取付ボルト
㉑	スタンション
㉒	埋込金物
㉓	筐 体
㉔	チャンネルベース
㉕	基礎ボルト
㉖	基礎ボルト (メカニカルアンカ)

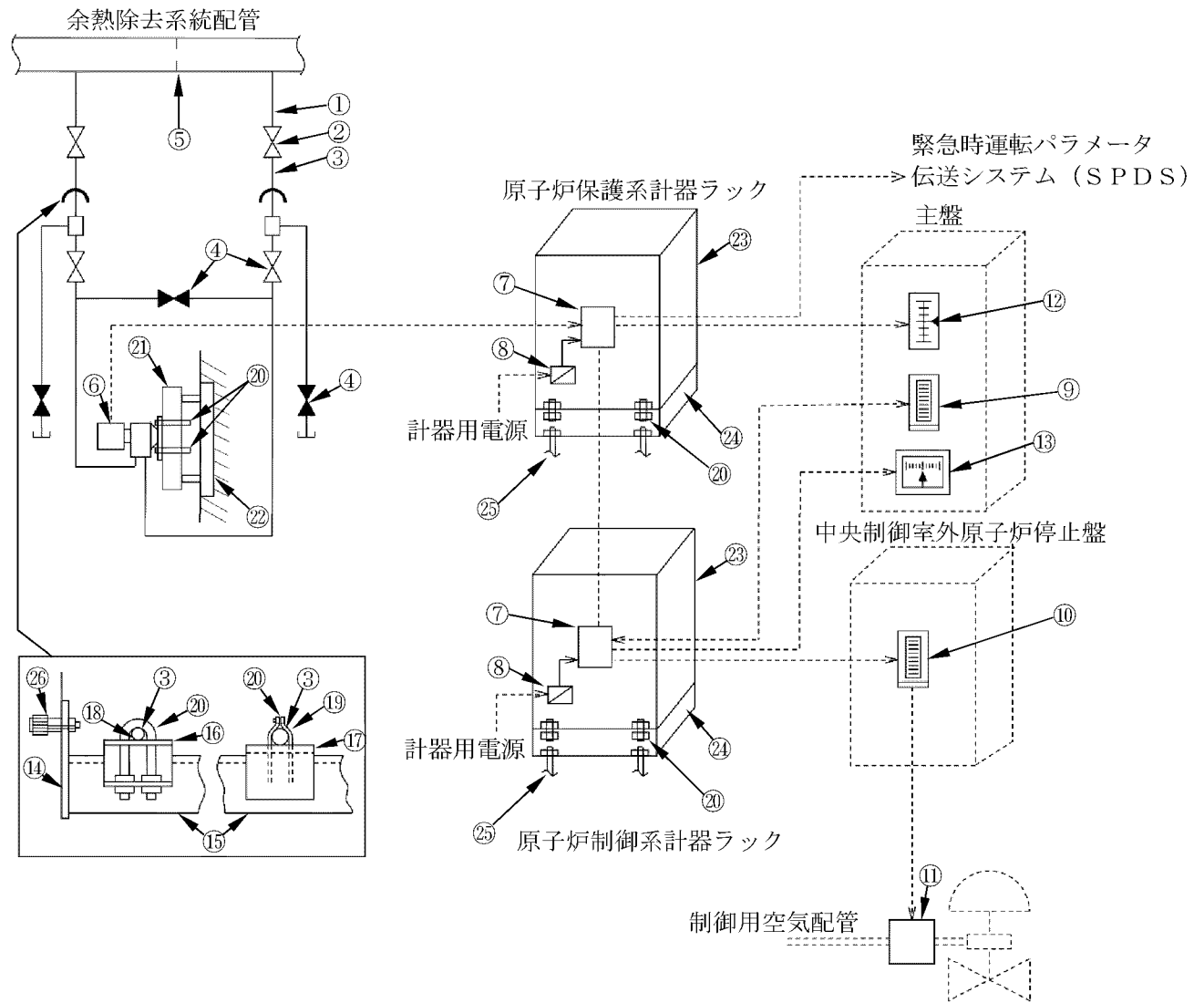


図2.1-2 川内2号炉 余熱除去ループ流量計測制御設備主要機器構成図

表2.1-3 川内2号炉 余熱除去ループ流量計測制御設備の主要機器の使用材料

部 位		材 料	
プロセス値の 伝達機能構成品	計装用取出配管	ステンレス鋼	
	計器元弁	ステンレス鋼	
	計装配管	ステンレス鋼	
	計器弁	ステンレス鋼	
	オリフィス	ステンレス鋼	
プロセス値の 検出機能構成品	伝送器	半導体、ステンレス鋼、 アルミニウム合金鋳物	
電源供給・信号 変換・演算・制御 機能構成品	原子炉保護系計器 ラック 原子炉制御系計器 ラック	信号変換処理部	半 導 体
		電源装置	消耗品・定期取替品
	自動／手動操作器	半導体、炭素鋼	
	手動操作器	半導体、アルミニウムダイカスト	
	電流／空気圧変換器	コイル、コントロールリレー	
	工学値への変換 機能構成品	指 示 計	炭素鋼、プラスチック
	記 録 計		半導体、炭素鋼、 アルミニウム合金鋳物
		ヒューズ	消耗品・定期取替品
機器の支持機能 構成品	ベースプレート	炭 素 鋼	
	サポート	炭 素 鋼	
	サポート台	ステンレス鋼	
	パイプハンガー	炭素鋼（亜鉛メッキ）	
	ライナー	ステンレス鋼	
	パイプハンガークランプ	炭素鋼（亜鉛メッキ）	
	取付ボルト	ステンレス鋼、炭素鋼	
	スタンション	炭 素 鋼	
	埋込金物	炭 素 鋼	
	管 体	炭 素 鋼	
	チャンネルベース	炭 素 鋼	
	基礎ボルト	炭 素 鋼	
	基礎ボルト（メカニカルアンカ）	炭 素 鋼	

表2.1-4 川内2号炉 余熱除去ループ流量計測制御設備の主要機器の使用条件

	伝送器 電流/空気圧変換器	信号変換処理部 電源装置	自動/手動操作器 指示計、記録計	手動操作器
設置場所	原子炉補助建屋	継電器室	中央制御室	中間建屋
周囲温度	約40℃*1	約26℃*1	約26℃*1	約40℃*1

*1：原子炉格納容器外の設計平均温度

2.1.3 加圧器水位計測制御設備

(1) 構造

川内2号炉の加圧器水位計測制御設備は、計装用取出配管、計器元弁、計装配管、計器弁、伝送器、信号変換処理部、電源装置、自動／手動操作器、手動操作器、電流／空気圧変換器、指示計、記録計及び支持構造物で構成されている。

a. 計装配管（計装用取出配管及び計器元弁含む）

計装配管及び計装用取出配管は、加圧器の水位を伝送する機能を有し、計器元弁は、伝送器の校正、補修時に系統側との隔離機能を有する。

b. 計器弁

計器弁は、伝送器の校正、補修時に系統側との隔離機能を有する。

c. 伝送器

伝送器は、加圧器の液相部と気相部との差圧をその計測範囲に応じた電気信号に変換し、伝送する機能を有する。

d. 信号変換処理部

信号変換処理部（原子炉保護系計器ラック、原子炉制御系計器ラック）は、伝送器への電源供給や検出器からの電気信号の受信、他の設備への信号発信、信号の変換、演算等の機能を有するカード計器の集合である。

e. 電源装置

電源装置（原子炉保護系計器ラック、原子炉制御系計器ラック）は、信号変換処理部への電源供給の機能を有する。

f. 自動／手動操作器

自動／手動操作器は、信号変換処理部（原子炉制御系計器ラック）から出力された電気信号を水位値に変換し、指示する機能を有する。

また、自動制御時は、入力値（プロセス値）と設定値との差に応じた電気信号を出力し、手動制御時には目標とする値の電気信号を出力する機能を有する。

g. 手動操作器

手動操作器は、信号変換処理部（原子炉制御系計器ラック）から出力された電気信号を指示する機能を有する。

また、手動制御時には目標とする値の電気信号を出力する機能を有する。

h. 電流／空気圧変換器

電流／空気圧変換器は、自動／手動操作器（主盤）及び手動操作器（中央制御室外原子炉停止盤）からの電気信号を、空気作動連続制御弁を適切に駆動させる空気圧に変換する機能を有する。

i. 指示計

指示計は、信号変換処理部（原子炉保護系計器ラック）から出力された電気信号を水位値に変換し、指示する機能を有する。

j. 記録計

記録計は、信号変換処理部（原子炉制御系計器ラック）から出力された電気信号を水位値に変換し、記録する機能を有する。

k. 支持構造物

筐体は、チャンネルベースに取付ボルトで支持され、基礎ボルトで据付けられている。

スタンションは、伝送器を支持するもので、埋込金物に溶接されている。

パイプハンガー、パイプハンガークランプ、ライナー及び取付ボルトは、サポート台に計装配管を支持するもので、サポート台に固定しており、サポート台はサポートに溶接される。また、サポートはベースプレートに溶接され、ベースプレートは基礎ボルトで据付けられる。

川内 2 号炉の加圧器水位計測制御設備の主要機器構成図を図 2. 1-3 に示す。

(2) 材料及び使用条件

川内 2 号炉の加圧器水位計測制御設備の主要機器の使用材料及び使用条件を表 2. 1-5 及び表 2. 1-6 に示す。

No.	部 位
①	計装用取出配管
②	計器元弁
③	計装配管
④	計器弁
⑤	伝送器
⑥	信号変換処理部
⑦	電源装置
⑧	自動/手動操作器
⑨	手動操作器
⑩	電流/空気圧変換器
⑪	指示計
⑫	記録計
⑬	ベースプレート
⑭	サポート
⑮	サポート台
⑯	パイプハンガー
⑰	ライナー
⑱	パイプハンガークランプ
⑲	取付ボルト
⑳	スタンション
㉑	埋込金物
㉒	筐 体
㉓	チャンネルベース
㉔	基礎ボルト
㉕	基礎ボルト (メカニカルアンカ)

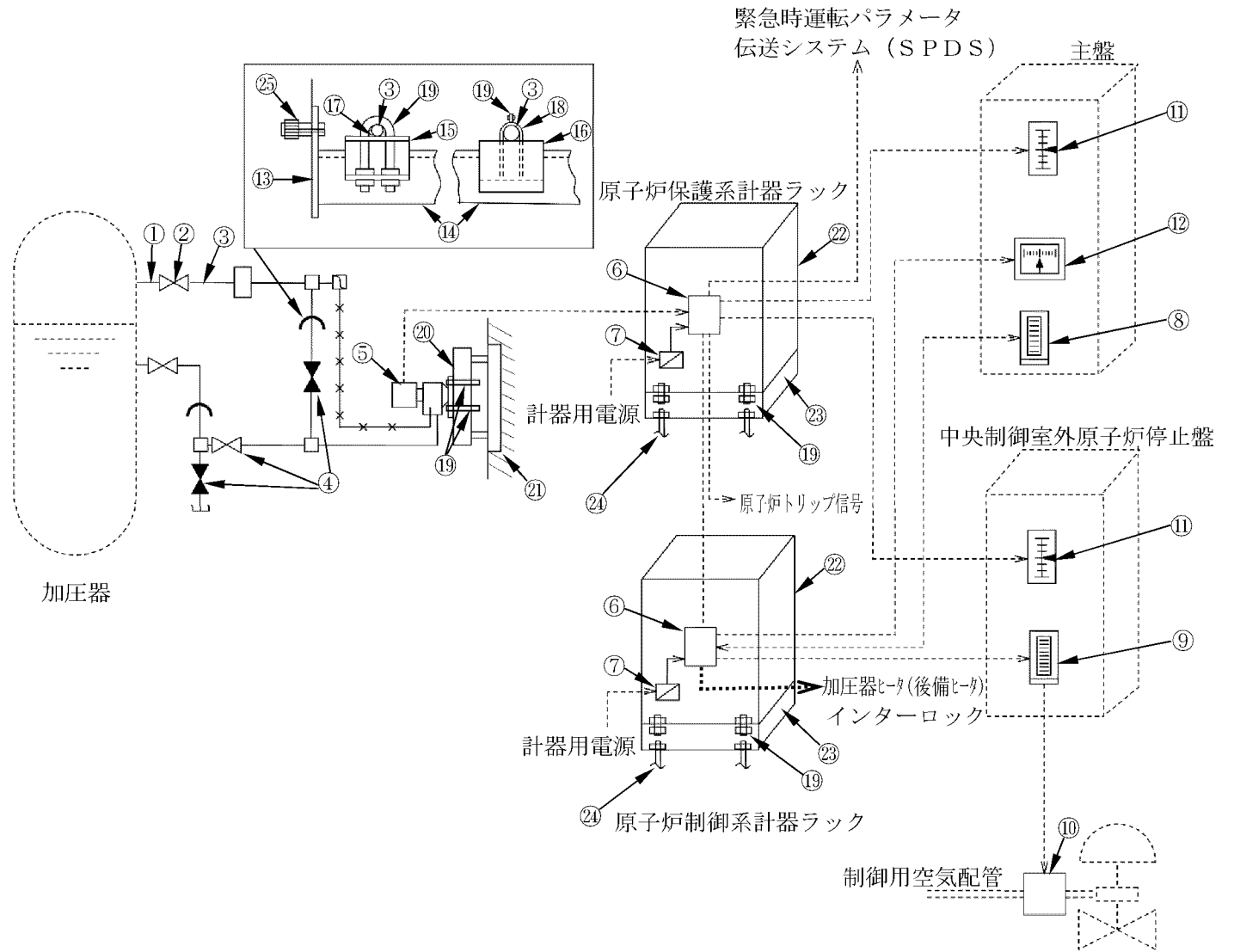


図2.1-3 川内2号炉 加圧器水位計測制御設備主要機器構成図

表2.1-5 川内2号炉 加圧器水位計測制御設備の主要機器の使用材料

部 位		材 料	
プロセス値の 伝達機能構成品	計装用取出配管	ステンレス鋼	
	計器元弁	ステンレス鋼	
	計装配管	ステンレス鋼	
	計器弁	ステンレス鋼	
プロセス値の 検出機能構成品	伝送器	消耗品・定期取替品	
電源供給・信号 変換・演算・制御 機能構成品	原子炉保護系計器 ラック	信号変換処理部	半 導 体
	原子炉制御系計器 ラック	電源装置	消耗品・定期取替品
	自動／手動操作器		半導体、炭素鋼
	手動操作器		半導体、アルミニウムダイカスト
	電流／空気圧変換器		コイル、コントロールリレー
工学値への変換 機能構成品	指 示 計	炭素鋼、プラスチック	
	記 録 計		半導体、炭素鋼 アルミニウム合金鋳物
		ヒューズ	消耗品・定期取替品
機器の支持機能 構成品	ベースプレート	炭 素 鋼	
	サポート	炭 素 鋼	
	サポート台	ステンレス鋼	
	パイプハンガー	炭素鋼（亜鉛メッキ）	
	ライナー	ステンレス鋼	
	パイプハンガークランプ	炭素鋼（亜鉛メッキ）	
	取付ボルト	ステンレス鋼、炭素鋼	
	スタンション	炭 素 鋼	
	埋込金物	炭 素 鋼	
	筐 体	炭 素 鋼	
	チャンネルベース	炭 素 鋼	
	基礎ボルト	炭 素 鋼	
	基礎ボルト（メカニカルアンカ）	炭 素 鋼	

表2.1-6 川内2号炉 加圧器水位計測制御設備の主要機器の使用条件

	伝送器			信号変換 処理部 電源装置	指示計 手動操作器	自動/手動 操作器 指示計 記録計	電流/ 空気圧 変換器
	通常運転時	設計基準事故時	重大事故等時				
設置場所	原子炉 格納容器内	原子炉 格納容器内	原子炉 格納容器内	継電器室	中間建屋	中央制御室	原子炉 補助建屋
周囲温度	約45℃*1	約127℃*3 (最高温度)	約138℃*3 (最高温度)	約26℃*5	約40℃*5	約26℃*5	約40℃*5
圧力	約0.0098MPa [gage] 以下	約0.245MPa [gage]*3 (最高圧力)	約0.350MPa [gage]*3 (最高圧力)	—	—	—	—
放射線	1×10 ⁻³ Gy/h*2	602kGy*4 (最大集積線量)	500kGy*3 (最大集積線量)	—	—	—	—

*1：通常運転時の原子炉格納容器内加圧器水位設置エリアの周囲温度実測値（複数の実測値の平均値のうち最大のもの）に余裕を加えた温度

*2：通常運転時の原子炉格納容器内加圧器水位設置エリアの周囲線量率実測値（複数の実測値の平均値のうち最大のもの）に余裕を加えた線量率

*3：新規規制基準への適合性確認のための工事計画認可申請書「安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」記載値

*4：IEEEに記載された、典型的なPWRプラントにおける事故時照射量を基に、川内1/2号炉の原子炉出力及び原子炉格納容器自由体積から算出した値

*5：原子炉格納容器外の設計平均温度

2.1.4 1次冷却材高温側温度（広域）計測制御設備

(1) 構造

川内2号炉の1次冷却材高温側温度（広域）計測制御設備は、測温抵抗体、信号変換処理部、電源装置、指示計、記録計及び支持構造物で構成されている。

a. 測温抵抗体

測温抵抗体は、1次冷却材の温度を抵抗値として検出する機能を有する。

b. 信号変換処理部

信号変換処理部（原子炉保護系計器ラック）は、測温抵抗体への電源供給や測温抵抗体からの電気信号の受信、他の設備への信号発信、信号の変換、演算等の機能を有するカード計器の集合である。

c. 電源装置

電源装置（原子炉保護系計器ラック）は、信号変換処理部への電源供給の機能を有する。

d. 指示計

指示計は、信号変換処理部（原子炉保護系計器ラック）から出力された電気信号を温度値に変換し、指示する機能を有する。

e. 記録計

記録計は、信号変換処理部（原子炉保護系計器ラック）から出力された電気信号を温度値に変換し、記録する機能を有する。

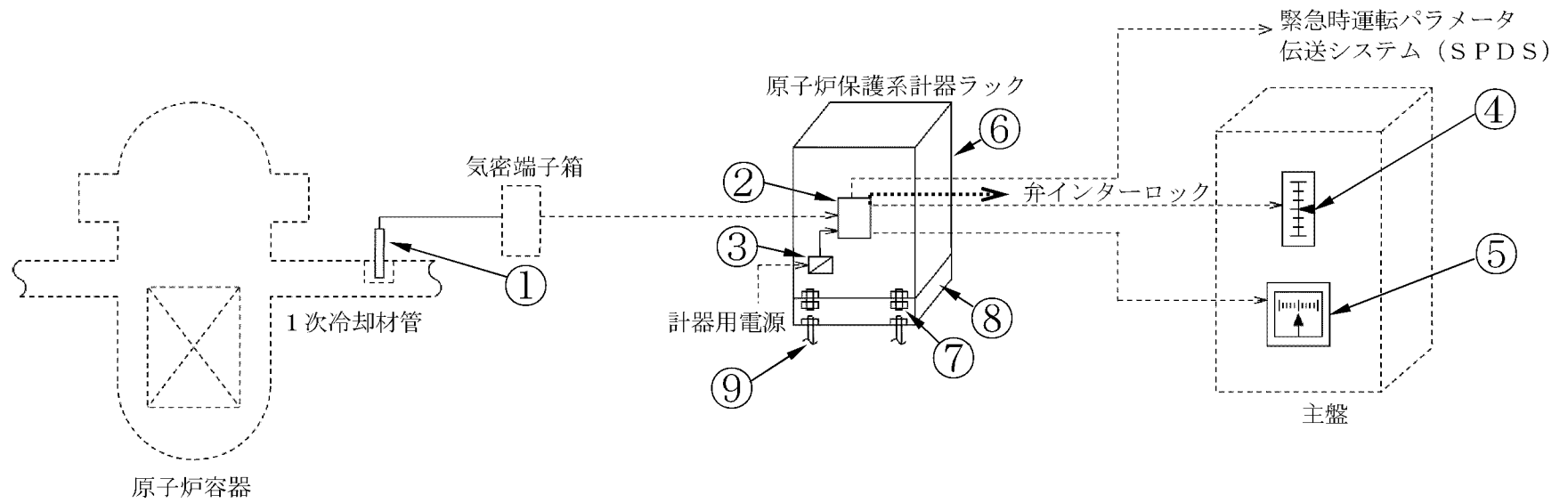
f. 支持構造物

筐体は、チャンネルベースに取付ボルトで支持され、基礎ボルトで据付けられている。

川内2号炉の1次冷却材高温側温度（広域）計測制御設備の主要機器構成図を図2.1-4に示す。

(2) 材料及び使用条件

川内2号炉の1次冷却材高温側温度（広域）計測制御設備の主要機器の使用材料及び使用条件を表2.1-7及び表2.1-8に示す。



No.	部 位
①	測温抵抗体
②	信号変換処理部
③	電源装置
④	指 示 計
⑤	記 録 計
⑥	筐 体
⑦	取付ボルト
⑧	チャンネルベース
⑨	基礎ボルト

図2.1-4 川内2号炉 1次冷却材高温側温度（広域）計測制御設備主要機器構成図

表2.1-7 川内2号炉 1次冷却材高温側温度（広域）計測制御設備の主要機器の使用材料

部 位		材 料	
プロセス値の 検出機能構成品	測温抵抗体	消耗品・定期取替品	
電源供給・信号 変換・演算・制御 機能構成品	原子炉保護系計器 ラック	信号変換処理部	半 導 体
		電源装置	消耗品・定期取替品
工学値への変換 機能構成品	指 示 計	炭素鋼、プラスチック	
	記 録 計	半導体、炭素鋼 アルミニウム合金鋳物	
		ヒューズ	消耗品・定期取替品
機器の支持機能 構成品	筐 体	炭 素 鋼	
	取付ボルト	炭 素 鋼	
	チャンネルベース	炭 素 鋼	
	基礎ボルト	炭 素 鋼	

表2.1-8 川内2号炉 1次冷却材高温側温度（広域）計測制御設備の主要機器の使用条件

	測 温 抵 抗 体			信号変換処理部 電源装置	指示計、記録計
	通常運転時	設計基準事故時	重大事故等時		
設置場所	原子炉格納容器内 (1次冷却材管)	原子炉格納容器内	原子炉格納容器内	継電器室	中央制御室
周囲温度	約343℃*1	約127℃*3 (最高温度)	約138℃*3 (最高温度)	約26℃*5	約26℃*5
圧 力	約0.0098MPa [gage] 以下	約0.245MPa [gage]*3 (最高圧力)	約0.350MPa [gage]*3 (最高圧力)	—	—
放 射 線	0.4Gy/h*2	602kGy*1 (最大集積線量)	500kGy*3 (最大集積線量)	—	—

*1：1次冷却材管高温側温度

*2：通常運転時の原子炉格納容器内1次冷却材高温側温度（広域）設置エリアの周囲線量率実測値（複数の実測値の平均値のうち最大のもの）に余裕を加えた線量率

*3：新規基準への適合性確認のための工事計画認可申請書「安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」記載値

*4：IEEEに記載された、典型的なPWRプラントにおける事故時照射量を基に、川内1/2号炉の原子炉出力及び原子炉格納容器自由体積から算出した値

*5：原子炉格納容器外の設計平均温度

2.1.5 水平方向加速度計測制御設備

(1) 構造

川内2号炉の水平方向加速度計測制御設備は、加速度検出器、信号変換処理部、リレー回路及び電源装置が一体となった水平方向加速度計と支持構造物から構成されている。

a. 水平方向加速度計

水平方向加速度計は、地震振動が発生した場合、予め設定した加速度以上の地震加速度に対し、信号を発信する。

また、その信号により信号変換処理部から原子炉トリップ信号を発信する。

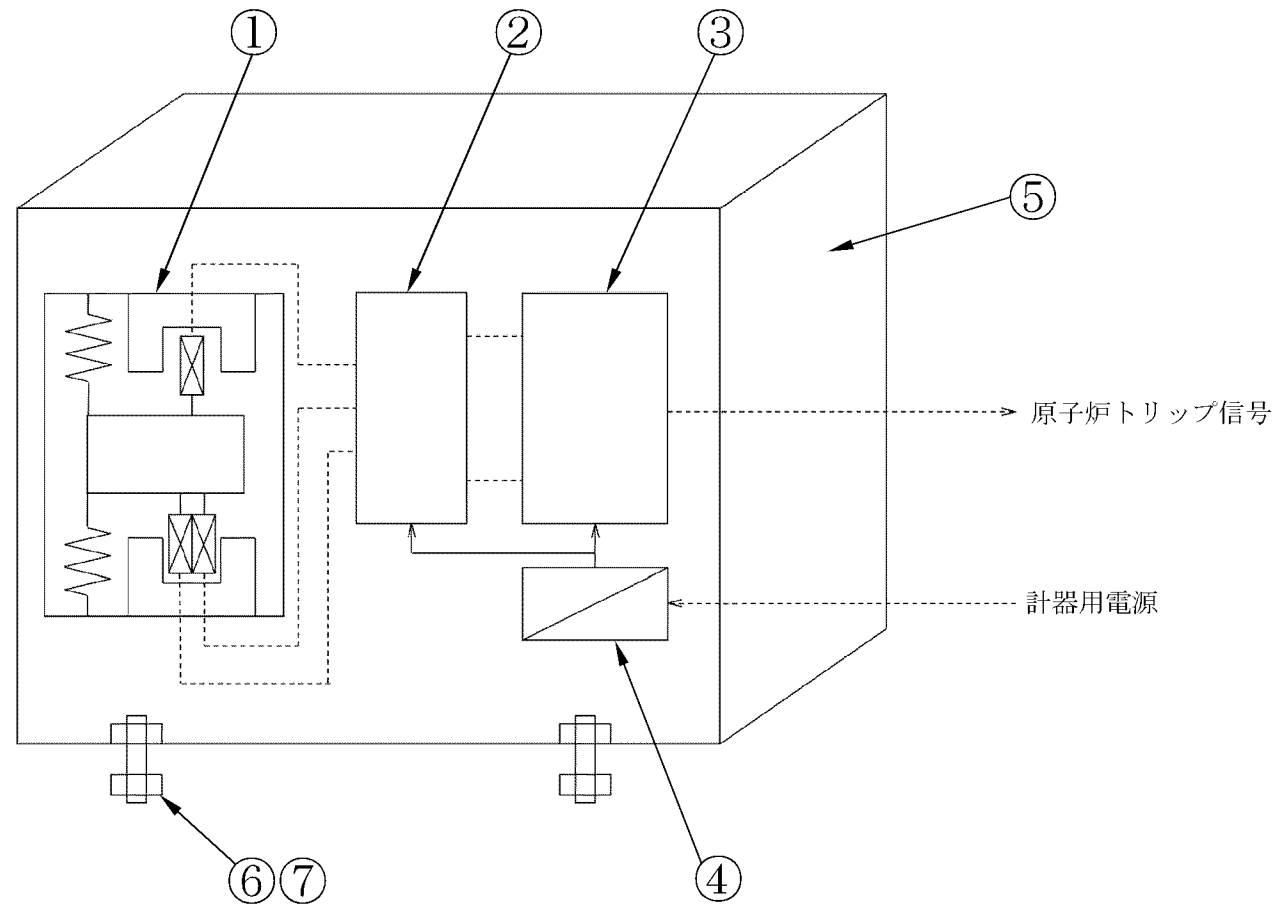
b. 支持構造物

筐体は、基礎ボルトで据付けられている。

川内2号炉の水平方向加速度計測制御設備の主要機器構成図を図2.1-5に示す。

(2) 材料及び使用条件

川内2号炉の水平方向加速度計測制御設備の主要機器の使用材料及び使用条件を表2.1-9及び表2.1-10に示す。



No.	部 位
①	加速度検出器
②	信号変換処理部
③	リレー回路
④	電源装置
⑤	筐 体
⑥	基礎ボルト
⑦	基礎ボルト (ケミカルアンカ)

図2.1-5 川内2号炉 水平方向加速度計測制御設備主要機器構成図

表2.1-9 川内2号炉 水平方向加速度計測制御設備の主要機器の使用材料

部 位		材 料	
プロセス値の検出機能構成品、電源供給・信号変換・演算・制御機能構成品	水平方向加速度計	加速度検出器	コイル
		信号変換処理部	半 導 体
		リレー回路	ニッケル銀（金メッキ）
		電源装置	半 導 体
		電解コンデンサ	消耗品・定期取替品
		ヒューズ	消耗品・定期取替品
機器の支持機能構成品	筐 体		炭 素 鋼
	基礎ボルト		炭 素 鋼
	基礎ボルト（ケミカルアンカ）		炭素鋼、ビニルエステル樹脂

表2.1-10 川内2号炉 水平方向加速度計測制御設備の主要機器の使用条件

	水平方向加速度計
設 置 場 所	原子炉補助建屋
周 囲 温 度	約40℃*1

*1：原子炉格納容器外の設計平均温度

2.1.6 出力領域中性子束計測制御設備

(1) 構造

川内2号炉の出力領域中性子束計測制御設備は、中性子束検出器、信号変換処理部、電源装置、指示計、記録計及び支持構造物で構成されている。

a. 中性子束検出器

中性子束検出器は、検出器に入射した中性子束を中性子束レベルに応じた電気信号に変換する機能を有する。

b. 信号変換処理部

信号変換処理部（炉外核計装盤）は、中性子束検出器への電源供給や中性子束検出器からの電気信号の受信、他の設備への信号発信、信号の変換、演算等の機能を有するカード計器の集合である。

c. 電源装置

電源装置（炉外核計装盤）は、信号変換処理部への電源供給の機能を有する。

d. 指示計

指示計は、信号変換処理部（炉外核計装盤）から出力された電気信号を中性子束レベル値に変換し、指示する機能を有する。

e. 記録計

記録計は、信号変換処理部（炉外核計装盤）から出力された電気信号を中性子束レベル値に変換し、記録する機能を有する。

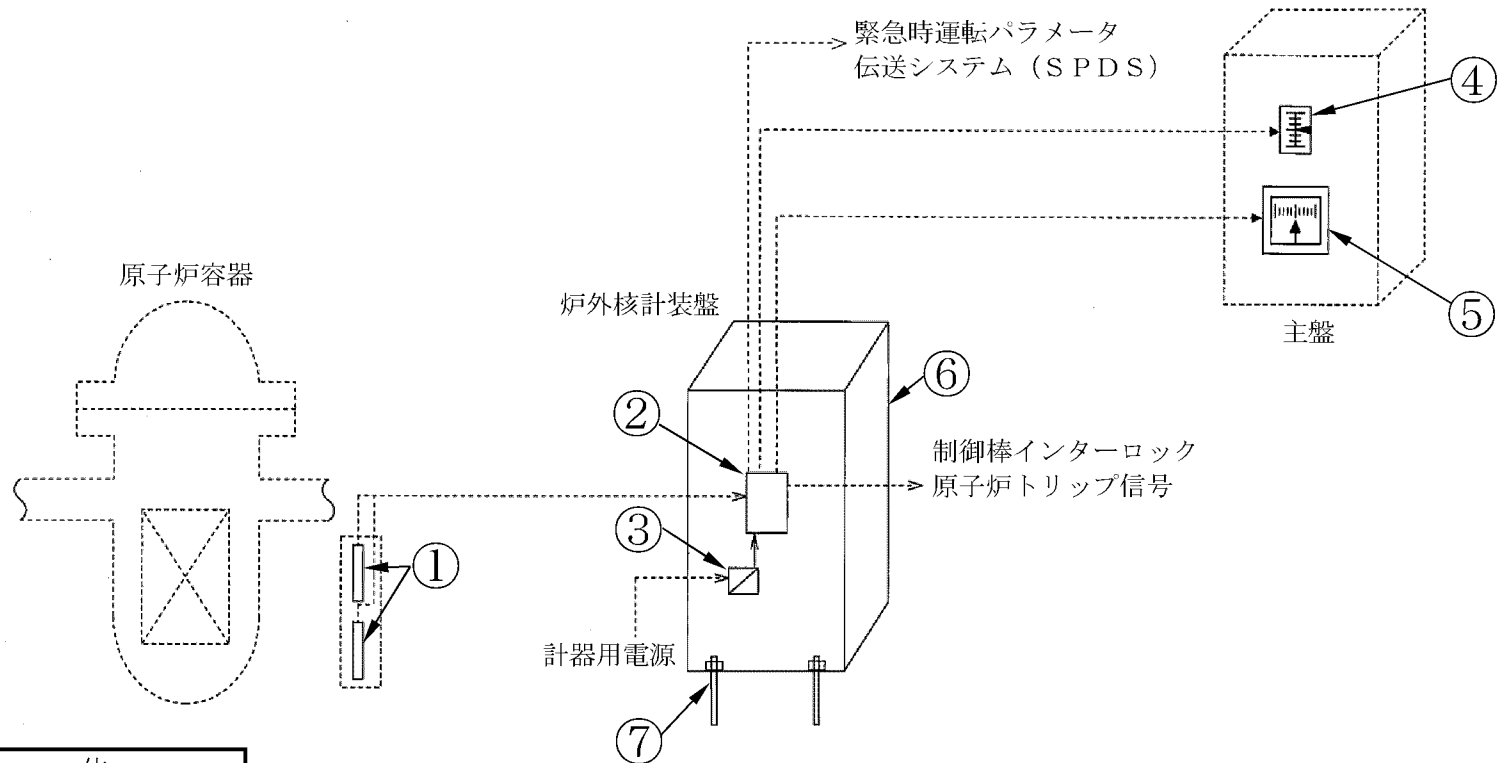
f. 支持構造物

筐体は、基礎ボルトで据付けられている。

川内2号炉の出力領域中性子束計測制御設備の主要機器構成図を図2.1-6に示す。

(2) 材料及び使用条件

川内2号炉の出力領域中性子束計測制御設備の主要機器の使用材料及び使用条件を表2.1-11及び表2.1-12に示す。



No.	部 位
①	中性子束検出器
②	信号変換処理部
③	電源装置
④	指 示 計
⑤	記 録 計
⑥	筐 体
⑦	基礎ボルト

図2.1-6 川内2号炉 出力領域中性子束計測制御設備主要機器構成図

表2.1-11 川内2号炉 出力領域中性子束計測制御設備の主要機器の使用材料

部 位		材 料	
プロセス値の 検出機能構成品	中性子束検出器	電 離 箱	消耗品・定期取替品
電源供給・信号 変換・演算・制御 機能構成品	炉外核計装盤	信号変換処理部	半 導 体
		ヒューズ	消耗品・定期取替品
		電源装置	消耗品・定期取替品
工学値への変換 機能構成品	指 示 計		炭素鋼、プラスチック
	記 録 計		半導体、プラスチック
	ヒューズ		消耗品・定期取替品
機器の支持機能 構成品	筐 体		炭 素 鋼
	基礎ボルト		炭 素 鋼

表2.1-12 川内2号炉 出力領域中性子束計測制御設備の主要機器の使用条件

	中性子束検出器	信号変換処理部、電源装置 指示計、記録計
	通常運転時	
設置場所	原子炉格納容器内 (N I S キャビティ) *1	中央制御室
周囲温度	約60°C*2	約26°C*4
圧 力	約0.0098MPa [gage] 以下	—
放 射 線	5×10 ³ Gy/h*3	—

*1：N I S（炉外核計測装置）

*2：検出器設置箇所の設計平均温度

*3：検出器設置箇所の設計値

*4：原子炉格納容器外の設計平均温度

2.1.7 格納容器内高レンジエリアモニタ計測制御設備

(1) 構造

川内2号炉の格納容器内高レンジエリアモニタ計測制御設備は、放射線検出器、前置増幅器、信号変換処理部、電源装置、指示計、記録計及び支持構造物で構成されている。

a. 放射線検出器

放射線検出器は、検出器に入射した放射線を放射線レベルに応じた電気信号に変換する機能を有する。

b. 前置増幅器

前置増幅器は、放射線検出器にて変換された電気信号を信号変換処理部へ送信するために、信号を増幅する機能を有する。

c. 信号変換処理部

信号変換処理部（放射線監視盤）は、放射線検出器への電源供給や放射線検出器からの電気信号の受信、指示計及び記録計への信号発信、信号の変換、演算等の機能を有するカード計器の集合である。

d. 電源装置

電源装置（放射線監視盤）は、信号変換処理部への電源供給の機能を有する。

e. 指示計

指示計は、信号変換処理部（放射線監視盤）から出力された電気信号を放射線レベル値に変換し、指示する機能を有する。

f. 記録計

記録計は、信号変換処理部（放射線監視盤）から出力された電気信号を放射線レベル値に変換し、記録する機能を有する。

g. 支持構造物

放射線監視盤の筐体は基礎ボルトで据付けられている。

また、前置増幅器の筐体は、架台に取付ボルトで支持され、基礎ボルトで据付けられている。

川内2号炉の格納容器内高レンジエリアモニタ計測制御設備の主要機器構成図を図2.1-7に示す。

(2) 材料及び使用条件

川内2号炉の格納容器内高レンジエリアモニタ計測制御設備の主要機器の使用材料及び使用条件を表2.1-13及び表2.1-14に示す。

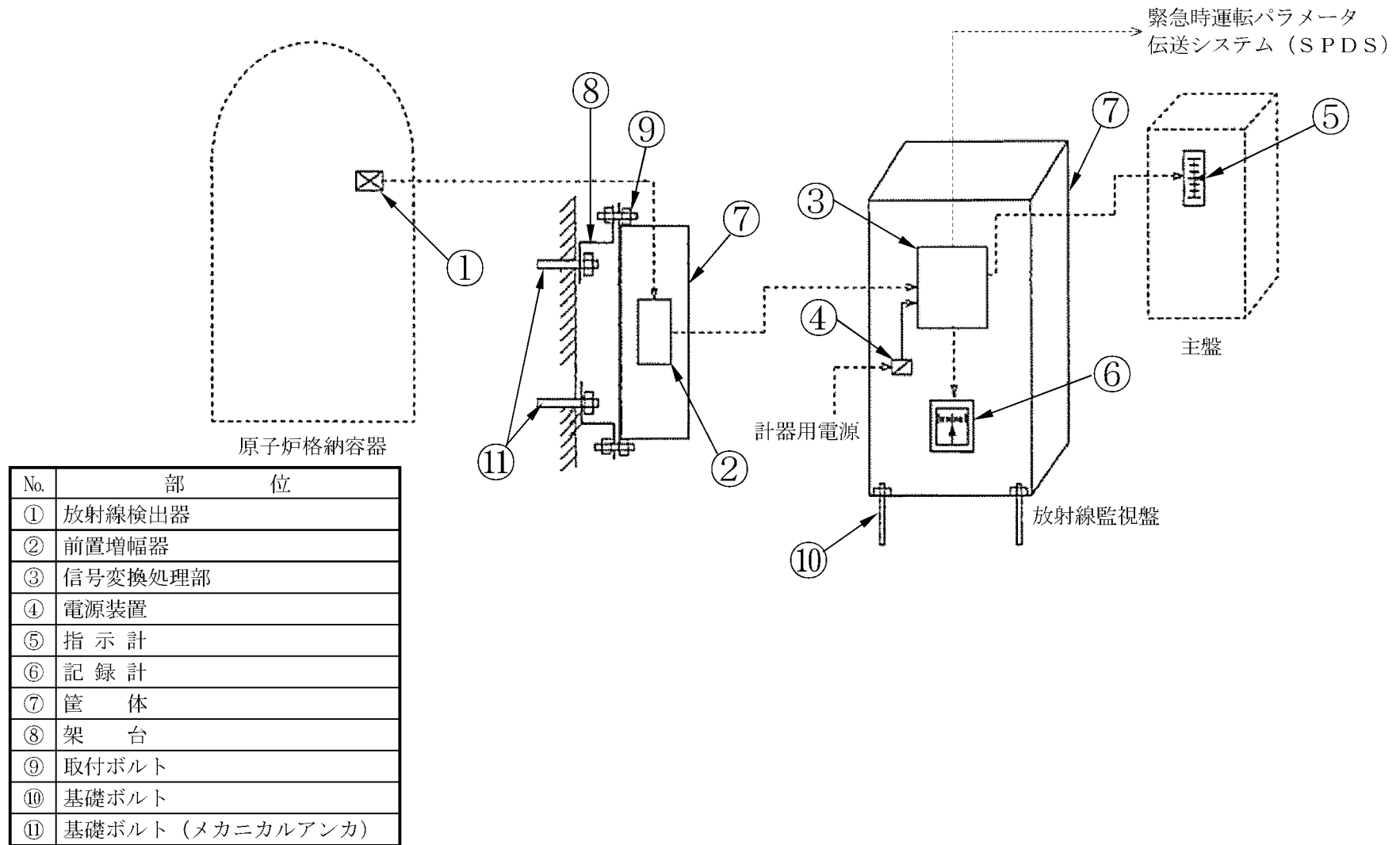


図2.1-7 川内2号炉 格納容器内高レンジエンジニアモニタ計測制御設備主要機器構成図

表2.1-13 川内2号炉 格納容器内高レンジエリアモニタ計測制御設備の
主要機器の使用材料

部 位		材 料
プロセス値の 検出機能構成品	放射線検出器	電 離 箱 消耗品・定期取替品
電源供給・信号 変換・演算・制御 機能構成品	前置増幅器	
	放射線監視盤	信号変換処理部
		ヒューズ
		電源装置
工学値への変換 機能構成品	指 示 計	
	記 録 計	
	ヒューズ	
機器の支持機能 構成品	筐 体	
	架 台	
	取付ボルト	
	基礎ボルト	
	基礎ボルト（メカニカルアンカ）	

表2.1-14 川内2号炉 格納容器内高レンジエリアモニタ計測制御設備の
主要機器の使用条件

	放射線検出器			前置増幅器	信号変換処理部 電源装置 記録計、指示計
	通常運転時	設計基準事故時	重大事故等時		
設置場所	原子炉格納容器内	原子炉格納容器内	原子炉格納容器内	原子炉 補助建屋	中央制御室
周囲温度	約45℃*1	約127℃*3 (最高温度)	約138℃*3 (最高温度)	約40℃*5	約26℃*5
圧力	約0.0098MPa [gage] 以下	約0.245MPa [gage]*3 (最高圧力)	約0.350MPa [gage]*3 (最高圧力)	—	—
放射線	5×10 ⁻³ Gy/h*2	602kGy*4 (最大集積線量)	500kGy*3 (最大集積線量)	—	—

*1：通常運転時の原子炉格納容器内格納容器内高レンジエリアモニタ設置エリアの周囲温度実測値（複数の実測値の平均値のうち最大のもの）に余裕を加えた温度

*2：通常運転時の原子炉格納容器内格納容器内高レンジエリアモニタ設置エリアの周囲線量率実測値（複数の実測値の平均値のうち最大のもの）に余裕を加えた線量率

*3：新規基準への適合性確認のための工事計画認可申請書「安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」記載値

*4：IEEEに記載された、典型的なPWRプラントにおける事故時照射量を基に、川内1/2号炉の原子炉出力及び原子炉格納容器自由体積から算出した値

*5：原子炉格納容器外の設計平均温度

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機能達成に必要な項目

プロセス計測制御設備の機能を維持するためには、次の5つの項目が必要である。

- ① プロセス値の伝達機能
- ② プロセス値の検出機能
- ③ 電源供給・信号変換・演算・制御機能
- ④ 工学値への変換機能
- ⑤ 機器の支持機能

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

プロセス計測制御設備個々について、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の構造、材料、使用条件（内部流体、圧力、温度等）及び現在までの運転経験を考慮し、表2.2-1～表2.2-7に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象はない。

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

以下の事象（表2.2-1～表2.2-7で△又は▲となっているもの）については、想定される経年劣化事象であるが、

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

に該当するものについては、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した。

上記の1)又は2)に該当する事象であるが、保全によりその傾向が維持できていることを確認している事象（日常劣化管理事象）を以下に示す。

(1) 1次冷却材系統に接する計装用取出配管等の応力腐食割れ

[1次冷却材圧力、加圧器水位]

1996年5月、米国セコイヤ(Sequoyah)発電所2号炉で、1次系水質環境においても局所的に溶存酸素濃度が高くなる等の理由で内面からの応力腐食割れによる漏えいが発生していることから、応力腐食割れが想定される。

しかしながら、当該部位については、SUS304系より耐応力腐食割れ性の優れているSUS316系を使用している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、1次冷却材系統における漏えい試験により、機器の健全性を確認している。

(2) 計装用取出配管、計器元弁、計装配管及び計器弁の外表面からの応力腐食割れ

[余熱除去ループ流量]

余熱除去ループ流量の計装用取出配管等はステンレス鋼であり、外表面に大気中の海塩粒子等の塩分が付着した場合、塩化物イオンによる応力腐食割れが想定される。

しかしながら、周辺環境における塩分付着量を測定し、応力腐食割れに対して問題のないことを確認している。

また、余熱除去ループ流量の計装用取出配管等は屋内に設置されおり、屋外に設置されている配管等と比較して環境条件は穏やかであり、大気中の海塩粒子が外表面に直接付着する可能性は小さい。

さらに、巡視点検時等の目視確認により機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(3) 伝送器の腐食（全面腐食）〔余熱除去ループ流量〕

伝送器のケースはアルミニウム合金鋳物であり、腐食が想定される。

しかしながら、塗装により腐食を防止しており、塗装が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、定期的な目視確認により塗装の状態を確認し、はく離が認められた場合には必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(4) 指示計、記録計〔水平方向加速度を除いて共通〕、伝送器〔余熱除去ループ流量〕、信号変換処理部〔共通〕、電源装置〔水平方向加速度〕、自動／手動操作器、手動操作器、電流／空気圧変換器〔余熱除去ループ流量、加圧器水位〕、前置増幅器〔格納容器内高レンジエリアモニタ〕及び加速度検出器〔水平方向加速度〕の特性変化

指示計、記録計、伝送器、信号変換処理部、電源装置、自動／手動操作器、手動操作器、電流／空気圧変換器、前置増幅器及び加速度検出器は、長時間の使用に伴い、検出特性及び信号伝達特性が変化し、長期間校正を実施しない場合、実際のプロセス値に対し、測定値及び制御値の誤差が大きくなることやマイグレーションが想定される。

しかしながら、信号処理・変換を行う電気回路部は、定格値（定格電圧、電流値）に対して、回路上は十分低い範囲で使用する設計としており、屋内に設置されていることから環境変化の程度は小さく、短期間で特性変化を起こす可能性は小さいと考える。

また、製造段階で製作不良に基づく回路電流集中を取り除くスクリーニングを実施していることから、マイグレーションが発生する可能性は小さいと考える。

さらに、定期的な校正試験を行い、有意な特性変化がないことを確認することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(5) リレー回路の導通不良 [水平方向加速度]

水平方向加速度計のリレー回路は、接点部分に付着する浮遊塵埃により、導通不良が想定される。

しかしながら、接点部分は筐体に収納されており、塵埃の付着により導通不良が発生する可能性は小さい。

また、定期的な校正試験でリレー回路に導通不良がないことを確認することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(6) 筐体 [共通]、スタンション、ベースプレート、サポート [1次冷却材圧力、余熱除去ループ流量、加圧器水位]、チャンネルベース [1次冷却材圧力、余熱除去ループ流量、加圧器水位、1次冷却材高温側温度 (広域)] 及び架台 [格納容器内高レンジエリアモニタ] の腐食 (全面腐食)

筐体、スタンション、ベースプレート、サポート、チャンネルベース及び架台は炭素鋼であり腐食が想定される。

しかしながら、塗装により腐食を防止しており、塗装が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、定期的な目視確認により塗装の状態を確認し、はく離が認められた場合には必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(7) パイプハンガー及びパイプハンガークランプの腐食 (全面腐食)

[1次冷却材圧力、余熱除去ループ流量、加圧器水位]

パイプハンガー及びパイプハンガークランプは炭素鋼であり腐食が想定される。

しかしながら、亜鉛メッキにより腐食を防止しており、メッキ面が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、定期的な目視確認によりメッキ面の状態を確認し、はく離が認められた場合には必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(8) 取付ボルトの腐食（全面腐食）

[1次冷却材圧力、余熱除去ループ流量、加圧器水位、1次冷却材高温側温度（広域）、格納容器内高レンジエリアモニタ]

取付ボルトはステンレス鋼又は炭素鋼であり、炭素鋼は腐食が想定される。

しかしながら、塗装により腐食を防止しており、塗装が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、定期的な目視確認により塗装の状態を確認し、はく離が認められた場合には必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(9) 埋込金物（大気接触部）の腐食（全面腐食）

[1次冷却材圧力、余熱除去ループ流量、加圧器水位]

埋込金物は炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部は塗装により腐食を防止しており、塗装が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、定期的な目視確認により塗装の状態を確認し、はく離が認められた場合には必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(10) 基礎ボルトの腐食（全面腐食）及び樹脂の劣化 [基礎ボルトを含む機器共通]

基礎ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。また、ケミカルアンカには樹脂を使用しており、劣化が想定される。

基礎ボルトの健全性評価については各機器で共通であることから、機械設備の技術評価書のうち「基礎ボルト」にて評価を実施するものとし、本評価書には含めていない。

前述の2)に該当する事象のうち、日常劣化管理事象を除く事象（日常劣化管理事象ではない事象）を以下に示す。

(11) オリフィスの腐食（流れ加速型腐食）〔余熱除去ループ流量〕

オリフィスは絞り機構であり、配管部と比較して流速が速くなることから流れ加速型腐食による減肉が想定される。

しかしながら、ステンレス鋼であり、流速を低く設計していることから、流れ加速型腐食が発生する可能性はないと考える。

したがって、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(12) オリフィスの応力腐食割れ〔余熱除去ループ流量〕

オリフィスはステンレス鋼であり、応力腐食割れが想定される。

しかしながら、定期検査時に飽和溶存酸素濃度（最大約8ppm）の流体が流入する際は流体温度が低い（最高80℃程度）ため、応力腐食割れが発生する可能性は小さい。

また、定期検査後のプラント起動時には1次冷却材中の溶存酸素濃度低減のための運転操作を実施するため、高温（100℃以上）で使用する場合は、溶存酸素濃度が0.1ppm以下に低減された流体となっていることから、応力腐食割れが発生する可能性は小さい。

したがって、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(13) 埋込金物（コンクリート埋設部）の腐食（全面腐食）

〔1次冷却材圧力、余熱除去ループ流量、加圧器水位〕

埋込金物は炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、コンクリート埋設部ではコンクリートの大気接触部表面から中性化の進行により腐食環境となるが、コンクリートが中性化に至り、埋込金物に有意な腐食が発生するまで長期間を要することから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

2.2.4 消耗品及び定期取替品

1次冷却材圧力、加圧器水位の伝送器、測温抵抗体、中性子束検出器、放射線検出器、電源装置（ただし、水平方向加速度は電源装置内の電解コンデンサ）及びヒューズについては定期取替品である。

いずれも、長期使用はせず取替えを前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

なお、記録計のヒューズについては、容易に修復が可能であることから、事後保全としている。

表2.2-1 川内2号炉 1次冷却材圧力計測制御設備に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・ 定期 取 替 品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考	
				減 肉		割 れ		絶 縁	導 通	特 性		その他
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁低下	導通不良	特性変化		
プロセス値の伝達機能	計装用取出配管		ステンレス鋼				△*1				*1：内面からの 応力腐食割れ *2：大気接触部 *3：コンクリート 埋設部	
	計器元弁		ステンレス鋼				△*1					
	計装配管		ステンレス鋼									
	計 器 弁		ステンレス鋼									
プロセス値の検出機能	伝 送 器	◎	—									
電源供給・信号変換・演算・制御機能	信号変換処理部		半 導 体							△		
	電源装置	◎	—									
工学値への変換機能	指 示 計		炭素鋼、プラスチック							△		
	記 録 計		半導体、炭素鋼 アルミニウム合金鋳物							△		
		ヒューズ	◎	—								
機器の支持機能	ベースプレート		炭 素 鋼		△							
	サポート		炭 素 鋼		△							
	サポート台		ステンレス鋼									
	パイプハンガー		炭素鋼（亜鉛メッキ）		△							
	ライナー		ステンレス鋼									
	パイプハンガークランプ		炭素鋼（亜鉛メッキ）		△							
	取付ボルト		ステンレス鋼、炭素鋼		△							
	スタンション		炭 素 鋼		△							
	埋込金物		炭 素 鋼		△*2 ▲*3							
	筐 体		炭 素 鋼		△							
	チャンネルベース		炭 素 鋼		△							
	基礎ボルト		炭 素 鋼		△							
	基礎ボルト（カニカマシカ）		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2.2-2 川内2号炉 余熱除去ループ流量計測制御設備に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・ 定期 取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考	
				減 肉		割 れ		絶 縁	導 通	特 性		その他
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁低下	導通不良	特性変化		
プロセス値の伝達機能	計装用取出配管		ステンレス鋼				△*1				*1：外面からの 応力腐食割れ *2：流れ加速型 腐食 *3：大気接触部 *4：コンクリート 埋設部	
	計器元弁		ステンレス鋼				△*1					
	計装配管		ステンレス鋼				△*1					
	計器弁		ステンレス鋼				△*1					
	オリフィス(注)		ステンレス鋼		▲*2		▲					
プロセス値の検出機能	伝送器		半導体、ステンレス鋼 アルミニウム合金鋳物		△							
電源供給・信号 変換・演算・制御 機能	信号変換処理部		半 導 体							△		
	電源装置	◎	—									
	自動/手動操作器		半導体、炭素鋼							△		
	手動操作器		半導体、アルミニウム合金							△		
	電流/空気圧変換器		コイル、コントロールレー							△		
工学値への変換 機能	指 示 計		炭素鋼、プラスチック							△		
	記 録 計		半導体、炭素鋼 アルミニウム合金鋳物							△		
	ヒューズ	◎	—									
機器の支持機能	ベースプレート		炭 素 鋼		△							
	サポート		炭 素 鋼		△							
	サポート台		ステンレス鋼									
	パイプハンガー		炭素鋼(亜鉛メッキ)		△							
	ライナー		ステンレス鋼									
	パイプハンガークランプ		炭素鋼(亜鉛メッキ)		△							
	取付ボルト		ステンレス鋼、炭素鋼		△							
	スタクション		炭 素 鋼		△							
	埋込金物		炭 素 鋼		△*3 ▲*4							
	筐 体		炭 素 鋼		△							
	チャンネルベース		炭 素 鋼		△							
	基礎ボルト		炭 素 鋼		△							
	基礎ボルト(メカカルソカ)		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）

注) オリフィスはプロセス値の伝達機能に加えて、バウンダリ機能をあわせ
もっており、両者を含めた評価とする

表2.2-3 川内2号炉 加圧器水位計測制御設備に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・ 定期 取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考	
				減 肉		割 れ		絶 縁	導 通	特 性		その他
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁低下	導通不良	特性変化		
プロセス値の伝達機能	計装用取出配管		ステンレス鋼				△ ^{*1}				*1：内面からの 応力腐食割れ *2：大気接触部 *3：コンクリート 埋設部	
	計器元弁		ステンレス鋼				△ ^{*1}					
	計装配管		ステンレス鋼									
	計器弁		ステンレス鋼									
プロセス値の検出機能	伝送器	◎	—									
電源供給・信号 変換・演算・制御 機能	信号変換処理部		半 導 体						△			
	電源装置	◎	—									
	自動／手動操作器		半導体、炭素鋼						△			
	手動操作器		半 導 体 アルミニウムダイカスト						△			
	電流／空気圧変換器		コイル、コントロールレ						△			
工学値への変換 機能	指 示 計		炭素鋼、プラスチック						△			
	記 録 計		半導体、炭素鋼 アルミニウム合金鋳物						△			
	ヒューズ	◎	—									
機器の支持機能	ベースプレート		炭 素 鋼		△							
	サポート		炭 素 鋼		△							
	サポート台		ステンレス鋼									
	パイプハンガー		炭素鋼（亜鉛メッキ）		△							
	ライナー		ステンレス鋼									
	パイプハンガークランプ		炭素鋼（亜鉛メッキ）		△							
	取付ボルト		ステンレス鋼、炭素鋼		△							
	スタクション		炭 素 鋼		△							
	埋込金物		炭 素 鋼		△ ^{*2} ▲ ^{*3}							
	筐 体		炭 素 鋼		△							
	チャンネルベース		炭 素 鋼		△							
	基礎ボルト		炭 素 鋼		△							
	基礎ボルト（メカカルソカ）		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2.2-4 川内2号炉 1次冷却材高温側温度（広域）計測制御設備に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象								備 考	
				減 肉		割 れ		絶 縁	導 通	特 性	その他		
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁低下	導通不良	特性変化			
プロセス値の検出機能	測温抵抗体	◎	—										
電源供給・信号変換・演算・制御機能	信号変換処理部		半 導 体								△		
	電源装置	◎	—										
工学値への変換機能	指 示 計		炭素鋼、プラスチック								△		
	記 録 計		半導体、炭素鋼 アルミニウム合金鋳物								△		
		ヒューズ	◎	—									
機器の支持機能	筐 体		炭 素 鋼		△								
	取付ボルト		炭 素 鋼		△								
	チャンネルベース		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2.2-5 川内2号炉 水平方向加速度計測制御設備に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象								備 考
				減 肉		割 れ		絶 縁	導 通	特 性	その他	
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐蝕割れ	絶縁低下	導通不良	特性変化		
プロセス値の検出機能	加速度検出器		コイル								△	*1：樹脂の劣化
電源供給・信号変換・演算・制御機能	信号変換処理部		半 導 体								△	
	リレー回路		ニッケル銀(金メッキ)						△			
	電源装置		半 導 体								△	
	電解コンデンサ	◎	—									
ヒューズ	◎	—										
機器の支持機能	筐 体		炭 素 鋼		△							
	基礎ボルト		炭 素 鋼		△							
	基礎ボルト(ケミカルアンカ)		炭 素 鋼 ビニルエステル樹脂		△						△*1	

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-6 川内2号炉 出力領域中性子束計測制御設備に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象								備 考	
				減 肉		割 れ		絶 縁	導 通	特 性	その他		
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁低下	導通不良	特性変化			
プロセス値の検出機能	中性子束検出器	◎	—										
電源供給・信号変換・演算・制御機能	信号変換処理部		半 導 体								△		
	ヒューズ	◎	—										
	電源装置	◎	—										
工学値への変換機能	指 示 計		炭素鋼、プラスチック								△		
	記 録 計		半導体、プラスチック								△		
	ヒューズ	◎	—										
機器の支持機能	筐 体		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2.2-7 川内2号炉 格納容器内高レンジエリアモニタ計測制御設備に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象								備 考	
				減 肉		割 れ		絶 縁	導 通	特 性	その他		
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁低下	導通不良	特性変化			
プロセス値の検出機能	放射線検出器	◎	—										
電源供給・信号変換・演算・制御機能	前置増幅器		半 導 体								△		
	信号変換処理部		半 導 体								△		
		ヒューズ	◎	—									
	電源装置	◎	—										
工学値への変換機能	指 示 計		炭素鋼、プラスチック								△		
	記 録 計		半導体、プラスチック 炭 素 鋼								△		
		ヒューズ	◎	—									
機器の支持機能	筐 体		炭 素 鋼		△								
	架 台		炭 素 鋼		△								
	取付ボルト		炭 素 鋼		△								
	基礎ボルト		炭 素 鋼		△								
	基礎ボルト (メカニカルソク)		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。

なお、経年劣化事象の抽出にあたっては、2章の代表機器における経年劣化事象の抽出と同様に、水平展開機器各々の構造、材料、使用条件等の特殊性を考慮して選定している。

[圧 力]

- ① 加圧器圧力
- ② 蒸気ライン圧力
- ③ 高圧タービン入口蒸気圧力
- ④ 格納容器圧力
- ⑤ 制御用空気圧縮機出口ヘッド圧力
- ⑥ 海水ヘッド圧力
- ⑦ アニュラス内圧力
- ⑧ ペネトレーションエリア内圧力
- ⑨ 充てん／高圧注入ポンプ室内圧力
- ⑩ 空調用冷凍機圧力
- ⑪ AM用格納容器圧力

[流 量]

- ① 1次冷却材流量
- ② 給水流量
- ③ 主蒸気流量
- ④ ほう酸注入ライン流量
- ⑤ 補助注入ライン流量
- ⑥ 補助給水流量
- ⑦ A格納容器スプレイ冷却器出口積算流量
- ⑧ SA用低圧炉心注入及びスプレイ積算流量

[水 位]

- ① ほう酸タンク水位
- ② 蒸気発生器狭域水位（多様化自動作動設備（A T W S 緩和設備）含む）
- ③ 蒸気発生器広域水位
- ④ 格納容器再循環サンプル狭域水位
- ⑤ 格納容器再循環サンプル広域水位
- ⑥ 原子炉補機冷却水サージタンク水位
- ⑦ 燃料取替用水タンク水位
- ⑧ 復水タンク水位
- ⑨ 空調用冷凍機水位
- ⑩ 使用済燃料ピット水位（S A）
- ⑪ 原子炉下部キャビティ水位
- ⑫ 原子炉格納容器水位
- ⑬ 原子炉容器水位
- ⑭ 取水ピット水位

[温 度]

- ① 1次冷却材低温側温度（広域）
- ② 1次冷却材高温側温度（狭域）
- ③ 1次冷却材低温側温度（狭域）
- ④ 格納容器内温度
- ⑤ 空調用冷凍機温度
- ⑥ 使用済燃料ピット温度（S A）
- ⑦ 静的触媒式水素再結合装置動作監視装置
- ⑧ 電気式水素燃焼装置動作監視装置

[地 震]

- ① 鉛直方向加速度

[中性子束]

- ① 中間領域中性子束
- ② 中性子源領域中性子束

3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

3.1.1 測温抵抗体の絶縁低下 [空調用冷凍機温度]

測温抵抗体の絶縁物は有機物であり、熱的及び環境的要因で絶縁性能の低下を起こす可能性がある。

測温抵抗体の絶縁物は、感温部から延長ケーブルまでは、酸化マグネシウムを、また延長ケーブル及び感温部と延長ケーブルとの接続部については、ガラスヤーン編組を使用しており、絶縁性能の低下を起こす可能性は小さい。

測温抵抗体の絶縁低下には、定期的に絶縁抵抗測定を行い、有意な絶縁低下がないことを確認している。

絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切である。

よって、現状保全を継続することで、健全性を維持できると考える。

したがって、測温抵抗体の絶縁低下については、引き続き定期的な絶縁抵抗測定を実施していく。

3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

2.2.3の1)又は2)に該当する事象であるが、保全によりその傾向が維持できていることを確認している事象（日常劣化管理事象）を以下に示す。

3.2.1 計装用取出配管（炭素鋼）の内面からの腐食（全面腐食） [海水ヘッダ圧力]

海水ヘッダ圧力の計装用取出配管の内面は海水が接するため、内面からの腐食が想定される。

しかしながら、内面にライニングを施工しており、ライニングが健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、系統の弁分解点検時等に目視確認を実施し、ライニングの健全性を確認することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

3.2.2 計器元弁の内面からの腐食（全面腐食）〔補助給水流量〕

補助給水流量の計器元弁は炭素鋼であり、内部流体が飽和溶存酸素濃度（最大約8ppm）であるため、長期使用により腐食が想定される。

しかしながら、系統の弁分解点検時等に目視確認を実施し、有意な減肉がないことを確認することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

3.2.3 1次冷却材系統に接する計装用取出配管等の応力腐食割れ

〔加圧器圧力、1次冷却材流量、原子炉容器水位〕

1996年5月、米国セコイヤ（Sequoyah）発電所2号炉で、1次系水質環境においても局所的に溶存酸素濃度が高くなる等の理由で内面からの応力腐食割れによる漏えいが発生していることから、応力腐食割れが想定される。

しかしながら、当該部位については、SUS304系より耐応力腐食割れ性の優れているSUS316系を使用している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、1次冷却材系統における漏えい試験により、機器の健全性を確認している。

3.2.4 計装用取出配管、計器元弁、計装配管及び計器弁の外面からの応力腐食割れ

〔格納容器内を除く計装用取出配管、計器元弁、計装配管及び計器弁がステンレス鋼の機器共通〕

計装配管等はステンレス鋼であり、外表面に大気中の海塩粒子等の塩分が付着した場合、塩化物イオンによる応力腐食割れが想定される。

しかしながら、周辺環境における塩分付着量を測定し、応力腐食割れに対して問題ないことを確認している。

また、屋外に設置されている計装配管等については、防水措置（保温）等により腐食を防止しており、防水措置（保温）等が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

さらに、巡視点検等で目視により防水措置（保温）等の健全性を確認することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、応力腐食割れが発生する可能性は小さいことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

一方、屋内に設置されている計装配管等については、屋外に設置されている配管等と比較して環境条件は穏やかであり、大気中の海塩粒子等の塩分が外表面に直接付着する可能性は小さい。

また、巡視点検等の目視確認により機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

3.2.5 計装用取出配管等（炭素鋼、銅合金）の外表面からの腐食（全面腐食）

[計装用取出配管、計器元弁、計装配管及び計器弁が炭素鋼又は銅合金]

計装用取出配管等は炭素鋼又は銅合金であり、外表面からの腐食が想定される。

しかしながら、炭素鋼製は塗装又は防水措置（保温）により腐食を防止しており、塗装又は防水措置（保温）が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、巡視点検等で目視により塗装又は防水措置（保温）の状態を確認し、はく離が認められた場合には必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

一方、銅合金製は耐食性がよく、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、定期的な目視確認により、機器の健全性を維持している。

3.2.6 伝送器の腐食（全面腐食）

[蒸気ライン圧力、高圧タービン入口蒸気圧力、格納容器圧力、制御用空気圧縮機出口ヘッダ圧力、海水ヘッダ圧力、アニュラス内圧力、ペネトレーションエリア内圧力、充てん／高圧注入ポンプ室内圧力、AM用格納容器圧力、給水流量、ほう酸注入ライン流量、補助注入ライン流量、補助給水流量、SA用低圧炉心注入及びスプレイ積算流量、ほう酸タンク水位、原子炉補機冷却水サージタンク水位、燃料取替用水タンク水位、復水タンク水位]

伝送器のケースはアルミニウム合金鋳物であり、腐食が想定される。

しかしながら、塗装により腐食を防止しており、塗装が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、定期的な目視確認により塗装の状態を確認し、はく離が認められた場合には必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

3.2.7 指示計等の特性変化 [指示計等を含む機器共通]

指示計、表示器、記録計、伝送器 [蒸気ライン圧力、高圧タービン入口蒸気圧力、格納容器圧力、制御用空気圧縮機出口ヘッダ圧力、海水ヘッダ圧力、アニュラス内圧力、ペネトレーションエリア内圧力、充てん／高圧注入ポンプ室内圧力、AM用格納容器圧力、給水流量、ほう酸注入ライン流量、補助注入ライン流量、補助給水流量、SA用低圧炉心注入及びスプレイ積算流量、ほう酸タンク水位、原子炉補機冷却水サージタンク水位、燃料取替用水タンク水位、復水タンク水位]、電波レベル計 [取水ピット水位]、信号変換処理部、電源装置、自動／手動操作器、手動操作器、電流／空気圧変換器、前置増幅器及び加速度検出器は、長時間の使用に伴い、検出特性及び信号伝達特性が変化し、長期間校正を実施しない場合、実際のプロセス値に対し、測定値及び制御値の誤差が大きくなることやマイグレーションが想定される。

しかしながら、信号処理・変換を行う電気回路部は、定格値（定格電圧、電流値）に対して、回路上は十分低い範囲で使用する設計としており、屋内又は筐体内に設置されていることから環境変化の程度は小さく、短期間で特性変化を起こす可能性は小さいと考える。

また、製造段階で製作不良に基づく回路電流集中を取り除くスクリーニングを実施していることから、マイグレーションが発生する可能性は小さいと考える。

さらに定期的な校正試験を行い、有意な特性変化がないことを確認することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

3.2.8 リレー回路の導通不良 [鉛直方向加速度]

鉛直方向加速度計のリレー回路は、接点部分に付着する浮遊塵埃により、導通不良が想定される。

しかしながら、接点部分は筐体に収納されており、塵埃の付着により導通不良が発生する可能性は小さい。

また、定期的な校正試験でリレー回路に導通不良がないことを確認することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

3.2.9 筐体、スタンション、ベースプレート、サポート及びチャンネルベースの腐食 (全面腐食) [筐体、スタンション、ベースプレート、サポート及びチャンネルベースを含む機器共通]

筐体、スタンション、ベースプレート、サポート及びチャンネルベースは炭素鋼であり腐食が想定される。

しかしながら、塗装により腐食を防止しており、塗装が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、定期的な目視確認により塗装の状態を確認し、はく離が認められた場合には必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

3.2.10 パイプハンガー及びパイプハンガークランプの腐食（全面腐食）

[パイプハンガー及びパイプハンガークランプを含む機器共通]

パイプハンガー及びパイプハンガークランプは炭素鋼であり腐食が想定される。

しかしながら、亜鉛メッキにより腐食を防止しており、メッキ面が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、定期的な目視確認によりメッキ面の状態を確認し、はく離が認められた場合には必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

3.2.11 取付ボルトの腐食（全面腐食） [取付ボルトを含む機器共通]

取付ボルトはステンレス鋼又は炭素鋼であり、炭素鋼は腐食が想定される。

しかしながら、塗装により腐食を防止しており、塗装が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、定期的な目視確認により塗装の状態を確認し、はく離が認められた場合には必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

3.2.12 埋込金物（大気接触部）の腐食（全面腐食）

[埋込金物（大気接触部）を含む機器共通]

埋込金物は炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部は塗装により腐食を防止しており、塗装が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、定期的な目視確認により塗装の状態を確認し、はく離が認められた場合には必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

3.2.13 保護管等接液部の腐食（孔食及び隙間腐食）〔取水ピット水位〕

保護管等はステンレス鋼であり、海水接液部においては孔食及び隙間腐食が想定される。

しかしながら、定期的に見視確認を実施し、孔食及び隙間腐食について問題ないことを確認することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

3.2.14 基礎ボルトの腐食（全面腐食）及び樹脂の劣化〔基礎ボルトを含む機器共通〕

基礎ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。また、ケミカルアンカには樹脂を使用しており、劣化が想定される。

基礎ボルトの健全性評価については各機器で共通であることから、機械設備の技術評価書のうち「基礎ボルト」にて評価を実施するものとし、本評価書には含めていない。

2.2.3の2)に該当する事象のうち、日常劣化管理事象を除く事象（日常劣化管理事象ではない事象）を以下に示す。

3.2.15 計装用取出配管、計器元弁、計装配管及び計器弁（炭素鋼又は銅合金）の内面からの腐食（全面腐食）

[制御用空気圧縮機出口ヘッダ圧力、海水ヘッダ圧力、アニュラス内圧力、ペネトレーションエリア内圧力、充てん／高圧注入ポンプ室内圧力、空調用冷凍機圧力]

制御用空気圧縮機ヘッダ圧力の計装用取出配管等は炭素鋼であり、内面からの腐食が想定される。

しかしながら、内部流体が乾燥した空気であり、腐食の発生し難い環境にある。

また、海水ヘッダ圧力、アニュラス内圧力、ペネトレーションエリア内圧力、充てん／高圧注入ポンプ室内圧力及び空調用冷凍機圧力の計装用取出配管等は銅合金であり、計装用取出配管等に接する内部流体の影響により腐食が想定される。

しかしながら、計装用取出配管等に使用している銅合金は耐食性がよく、腐食の発生し難い環境にある。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

3.2.16 オリフィス及びフローノズルの腐食（流れ加速型腐食）

[給水流量、ほう酸注入ライン流量、補助注入ライン流量、補助給水流量、A格納容器スプレイ冷却器出口積算流量、S A用低圧炉心注入及びスプレイ積算流量]

オリフィス及びフローノズルは絞り機構であり、配管部と比較して流速が速くなることから流れ加速型腐食による減肉が想定される。

しかしながら、ほう酸注入ライン流量、補助注入ライン流量、補助給水流量、A格納容器スプレイ冷却器出口積算流量並びにS A用低圧炉心注入及びスプレイ積算流量のオリフィスについては、通常運転中通水されておらず、流れ加速型腐食が発生する可能性はないと考える。

また、給水流量のフローノズルについては、ステンレス鋼であること及び流速を低く設計していることから、流れ加速型腐食の発生の可能性はないと考える。

したがって、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

3.2.17 オリフィス及びフローノズルの応力腐食割れ

[給水流量、ほう酸注入ライン流量、補助注入ライン流量、補助給水流量、A格納容器スプレイ冷却器出口積算流量、S A用低圧炉心注入及びスプレイ積算流量]

オリフィス及びフローノズルはステンレス鋼であり、応力腐食割れが想定される。

しかしながら、ほう酸注入ライン流量、補助注入ライン流量、補助給水流量、A格納容器スプレイ冷却器出口積算流量並びにS A用低圧炉心注入及びスプレイ積算流量の流体温度は、通常運転中、周囲温度と同等と低いことから、応力腐食割れが発生する可能性はないと考える。

また、給水流量は内部流体が給水であり、溶存酸素濃度が5 p p b以下に低減された流体となっていることから、応力腐食割れが発生する可能性は小さい。

したがって、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

3.2.18 埋込金物（コンクリート埋設部）の腐食（全面腐食）

[埋込金物（コンクリート埋設部）を含む機器共通]

埋込金物は炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、コンクリート埋設部ではコンクリートの大気接触部表面からの中性化の進行により腐食環境となるが、コンクリートが中性化に至り、埋込金物に有意な腐食が発生するまで長期間を要することから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

3.2.19 電極式水位計の絶縁低下 [原子炉下部キャビティ水位、原子炉格納容器水位]

電極式水位計の絶縁物は、酸化マグネシウム等を使用しており、熱によりNi線の成分が拡散し、酸化マグネシウムの純度が低下することや湿分の浸入により絶縁低下を起こす可能性がある。

しかしながら、電極式水位計は発熱体でなく、通常使用する環境条件では拡散が急激に進行することはない。

また、電極式水位計は酸化マグネシウムの吸湿防止のため、セラミック端子、接続スリーブ等の接続部をシールしており、外部の湿気がシース内部に浸入しない構造としていることから、絶縁低下の可能性はなく、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。