

表1-1 (6/7) 川内1号炉 機械ペネトレーションの主な仕様

型式	貫通部番号	貫通配管貫通部・機器名	仕様 配管口径 (mm)	選定基準		選定	選定理由	
				重要度*1	使用条件*2			
					最高使用圧力 (MPa[gage])			最高使用温度 (°C)
伸縮式 配管貫通部	302	A主蒸気管貫通部	約772.0	MS-1、重*3	約0.245	約291	◎	口径、高温
	304	B主蒸気管貫通部	約772.0				◎	口径、高温
	306	C主蒸気管貫通部	約772.0				◎	口径、高温
	301	A主給水管貫通部	約406.4				◎	口径、高温
	303	B主給水管貫通部	約406.4				◎	口径、高温
	305	C主給水管貫通部	約406.4				◎	口径、高温
	152	格納容器再循環配管貫通部	約355.6				◎	口径、高温
	153	格納容器再循環配管貫通部	約355.6				◎	口径、高温
	154	格納容器再循環配管貫通部	約355.6				◎	口径、高温
	155	格納容器再循環配管貫通部	約355.6				◎	口径、高温
	226	1次冷却材管低温側低圧注入配管貫通部	約267.4				◎	口径、高温
	229	原子炉キャビティ浄化ライン出口配管貫通部	約165.2				◎	口径、高温
	230	1次冷却材管高温側低圧注入配管貫通部	約267.4				◎	口径、高温
	232	1次冷却材管低温側低圧注入配管貫通部	約267.4				◎	口径、高温
	233	格納容器圧力逃がし配管貫通部	約165.2				◎	口径、高温
	235	格納容器圧力逃がし配管貫通部	約165.2				◎	口径、高温
	260	C、D格納容器空調装置冷却水入口配管貫通部	約165.2				◎	口径、高温
	265	D格納容器空調装置冷却水出口配管貫通部	約165.2				◎	口径、高温

*1：機能は最上位の機能を示す

*2：使用条件は原子炉格納容器の値（約127°C、約0.245MPa）より小さいものは原子炉格納容器の値とする

*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 (7/7) 川内1号炉 機械ペネトレーションの主な仕様

型式	貫通部番号	貫通配管貫通部・機器名	仕様 配管口径 (mm)	選定基準			選定	選定理由
				重要度*1	使用条件*2			
					最高使用圧力 (MPa[gage])	最高使用温度 (°C)		
伸縮式 配管貫通部	266	C格納容器空調装置冷却水出口配管貫通部	約165.2	MS-1、重*3	約0.245	約127		
	329	1次冷却材ポンプ及びモータ冷却水出口配管貫通部	約267.4			約127		
	332	1次冷却材ポンプ及びモータ冷却水入口配管貫通部	約267.4			約127		
	358	A、B格納容器空調装置冷却水入口配管貫通部	約165.2			約127		
	359	B格納容器空調装置冷却水出口配管貫通部	約165.2			約127		
	361	A格納容器空調装置冷却水出口配管貫通部	約165.2			約127		
円筒二重 がスケット単ふた式	450	機器搬入口	約 6,000*4	MS-1、重*3	約0.245	約127	◎	
円筒二重扉式	350	通常用エアロック	約 2,542*4	MS-1、重*3	約0.245	約127	◎	常用
	400	非常用エアロック	約 2,542*4			約127		
燃料移送管 貫通部	200	燃料移送管貫通部	約558.8	MS-1、重*3	約0.245	約127	◎	

*1：機能は最上位の機能を示す

*2：使用条件は原子炉格納容器の値（約127°C、約0.245MPa）より小さいものは原子炉格納容器の値とする

*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：胴部の内径を示す

2. 代表機器の技術評価

本章では、1章で代表機器とした以下の5種類の機械ペネトレーションについて技術評価を実施する。

- ① 余熱除去出口配管貫通部（固定式配管貫通部）
- ② 主蒸気管貫通部及び主給水管貫通部（伸縮式配管貫通部）
- ③ 機器搬入口
- ④ 通常用エアロック
- ⑤ 燃料移送管貫通部

2.1 構造、材料及び使用条件

2.1.1 余熱除去出口配管貫通部（固定式配管貫通部）

(1) 構造

川内1号炉の余熱除去出口配管貫通部（固定式配管貫通部）は、スリーブと貫通配管及びそれらを接続する端板により構成されており、可動部はない。

川内1号炉の余熱除去出口配管貫通部（固定式配管貫通部）の構造図を図2.1-1に示す。

(2) 材料及び使用条件

川内1号炉の余熱除去出口配管貫通部（固定式配管貫通部）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 板
②	スリーブ

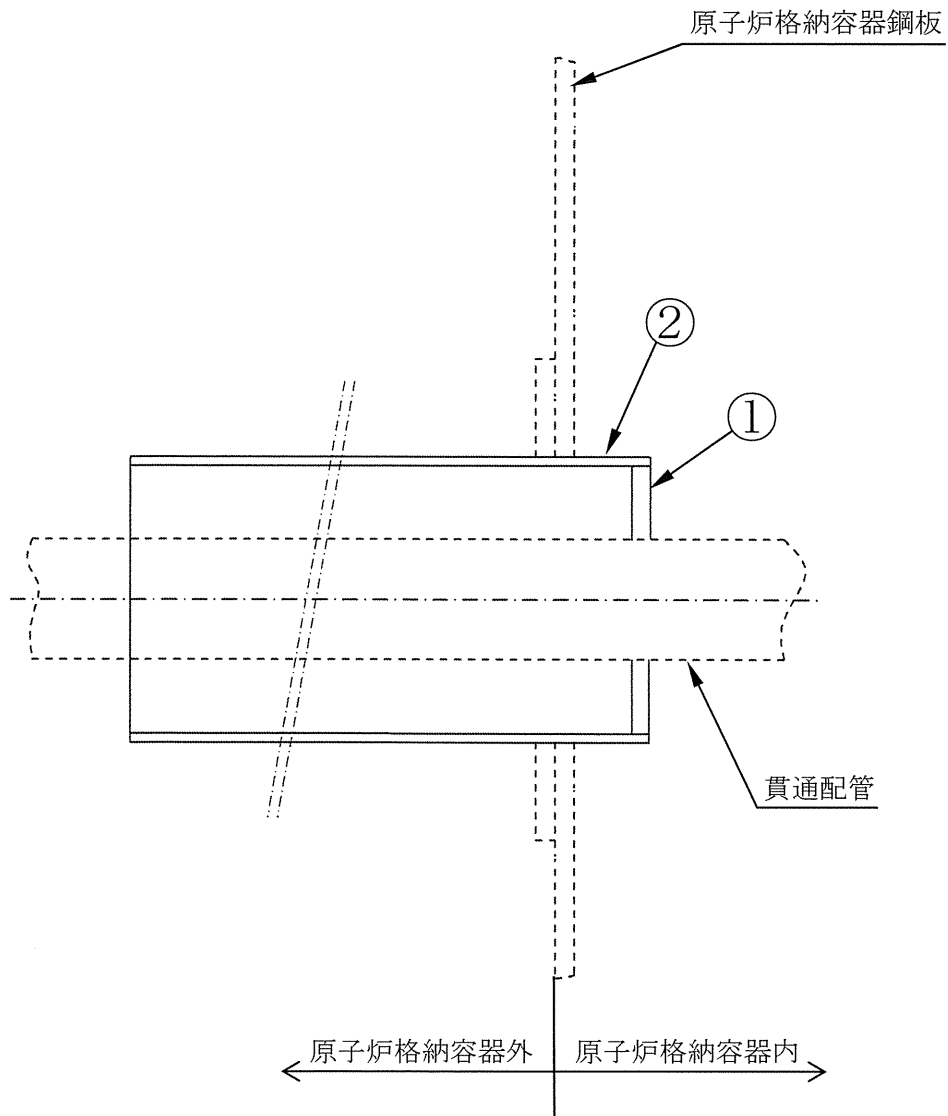


図2.1-1 川内1号炉 余熱除去出口配管貫通部（固定式配管貫通部）構造図

表2.1-1 川内1号炉 余熱除去出口配管貫通部（固定式配管貫通部）主要部位の使用材料

部 位	材 料
端 板	ステンレス鋼
スリーブ	炭 素 鋼

表2.1-2 川内1号炉 余熱除去出口配管貫通部（固定式配管貫通部）の使用条件

最高使用圧力	約0.245MPa[gage]
最高使用温度	約200℃

2.1.2 主蒸気管貫通部及び主給水管貫通部（伸縮式配管貫通部）

(1) 構造

川内1号炉の主蒸気管貫通部及び主給水管貫通部（伸縮式配管貫通部）は、スリーブと貫通配管及びそれらを接続している伸縮可能な可動部である伸縮継手により構成されている。

川内1号炉の主蒸気管貫通部及び主給水管貫通部（伸縮式配管貫通部）の構造図を図2.1-2に示す。

(2) 材料及び使用条件

川内1号炉の主蒸気管貫通部（伸縮式配管貫通部）の使用材料及び使用条件を表2.1-3及び表2.1-4に、主給水管貫通部（伸縮式配管貫通部）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	伸縮継手
②	スリーブ取付端板
③	配管取付端板
④	スリーブ

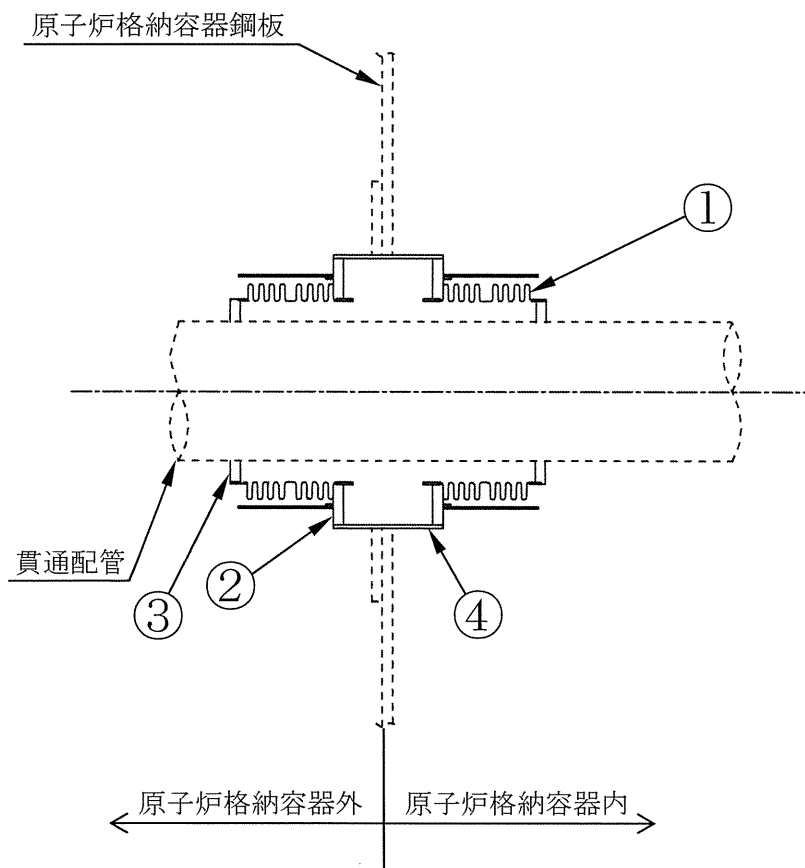


図2.1-2 川内1号炉 主蒸気管貫通部及び主給水管貫通部（伸縮式配管貫通部）構造図

表2.1-3 川内1号炉 主蒸気管貫通部（伸縮式配管貫通部）主要部位の使用材料

部 位	材 料
伸縮継手	ステンレス鋼
スリーブ取付端板	炭素鋼
配管取付端板	炭素鋼
スリーブ	炭素鋼

表2.1-4 川内1号炉 主蒸気管貫通部（伸縮式配管貫通部）の使用条件

最高使用圧力	約0.245MPa[gage]
最高使用温度	約291℃

表2.1-5 川内1号炉 主給水管貫通部（伸縮式配管貫通部）主要部位の使用材料

部 位	材 料
伸縮継手	ステンレス鋼
スリーブ取付端板	炭素鋼
配管取付端板	炭素鋼
スリーブ	炭素鋼

表2.1-6 川内1号炉 主給水管貫通部（伸縮式配管貫通部）の使用条件

最高使用圧力	約0.245MPa[gage]
最高使用温度	約291℃

2.1.3 機器搬入口

(1) 構造

川内1号炉の機器搬入口は円筒二重ガスケット単ふた式であり、胴とふたにより構成されており、ふたは取り外しが可能なフランジ構造を有している。

川内1号炉の機器搬入口の構造図を図2.1-3に示す。

(2) 材料及び使用条件

川内1号炉の機器搬入口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	ふ た
②	胴
③	ガスケット

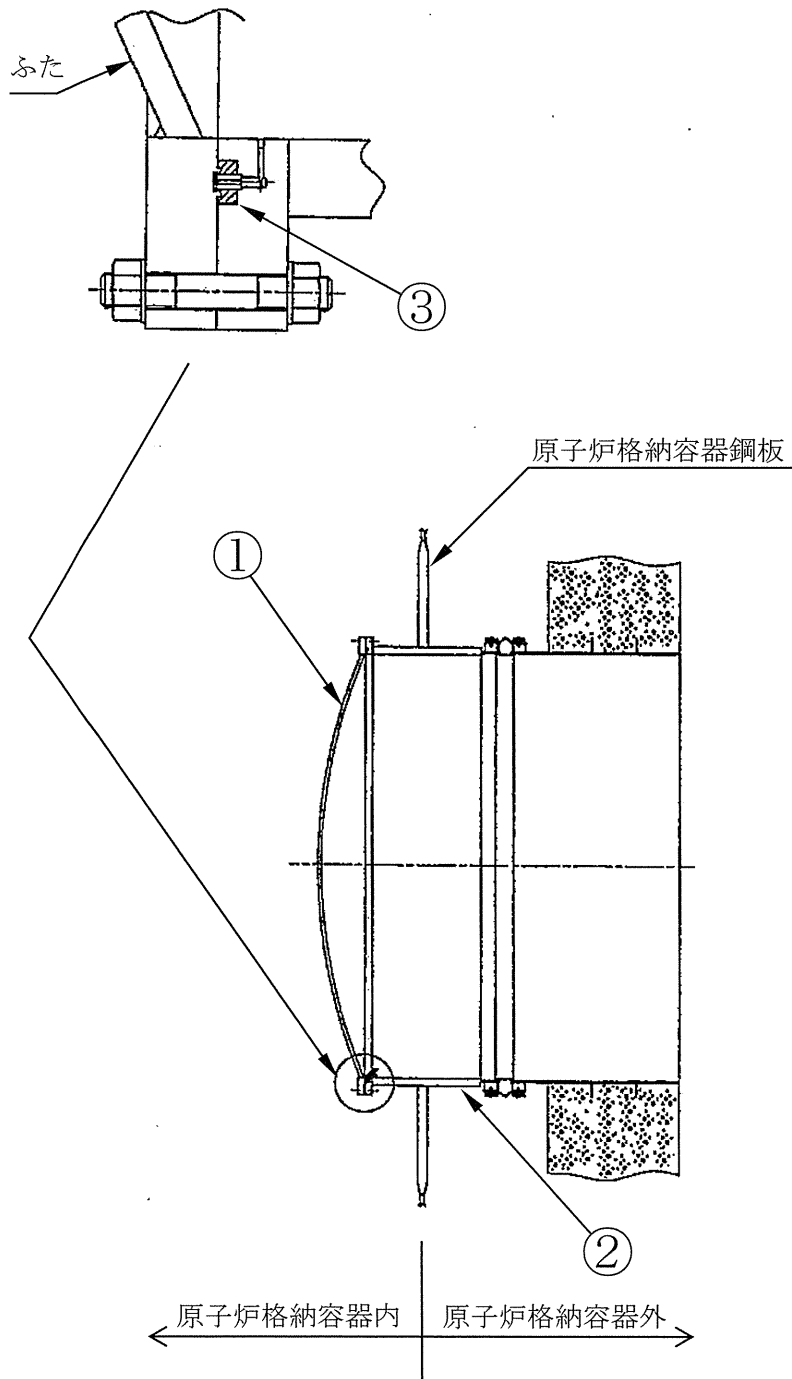


図2.1-3 川内1号炉 機器搬入口構造図

表2.1-7 川内1号炉 機器搬入口主要部位の使用材料

部 位	材 料
ふ た	炭 素 鋼
胴	炭 素 鋼
ガスケット	消耗品・定期取替品

表2.1-8 川内1号炉 機器搬入口の使用条件

最高使用圧力	約0.245MPa[gage]
最高使用温度	約127℃

2.1.4 通常用エアロック

(1) 構造

川内1号炉の通常用エアロックは円筒二重扉式であり、胴と原子炉格納容器の内側及び外側に1枚ずつ設けられた扉により構成されている。

川内1号炉の通常用エアロックの構造図を図2.1-4に示す。

(2) 材料及び使用条件

川内1号炉の通常用エアロック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	扉
②	胴
③	ガスケット

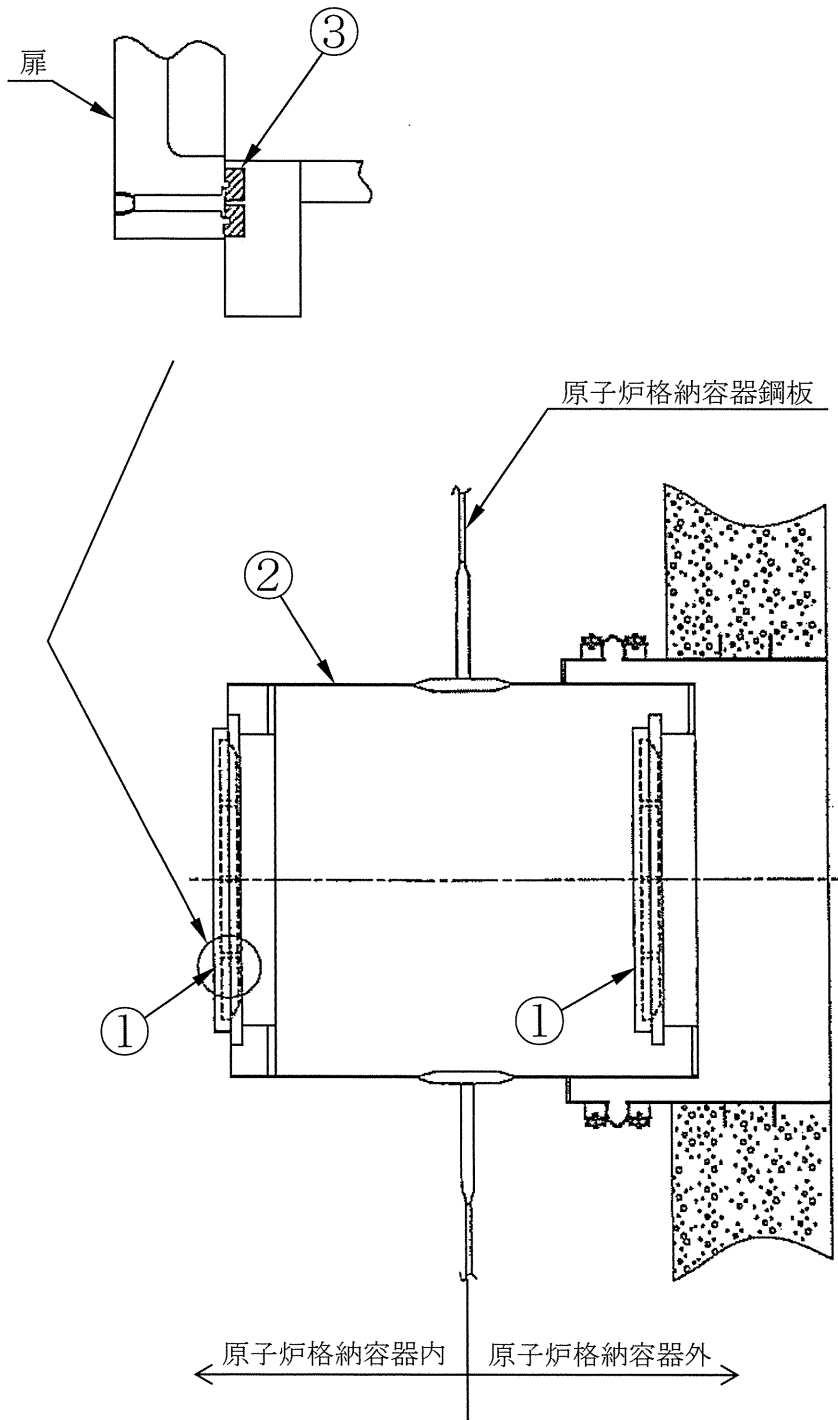


図2.1-4 川内1号炉 通常用エアロック構造図

表2.1-9 川内1号炉 通常用エアロック主要部位の使用材料

部 位	材 料
扉	炭 素 鋼
胴	炭 素 鋼
ガスケット	消耗品・定期取替品

表2.1-10 川内1号炉 通常用エアロックの使用条件

最高使用圧力	約0.245MPa[gage]
最高使用温度	約127℃

2.1.5 燃料移送管貫通部

(1) 構造

川内1号炉の燃料移送管貫通部は、スリーブと燃料移送管及びそれらを接続する端板により構成されており、蓋は取り外しが可能なフランジ構造を有している。

川内1号炉の燃料移送管貫通部の構造図を図2.1-5に示す。

(2) 材料及び使用条件

川内1号炉の燃料移送管貫通部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	蓋
②	端 板
③	スリーブ
④	燃料移送管
⑤	ボルト
⑥	ガスケット

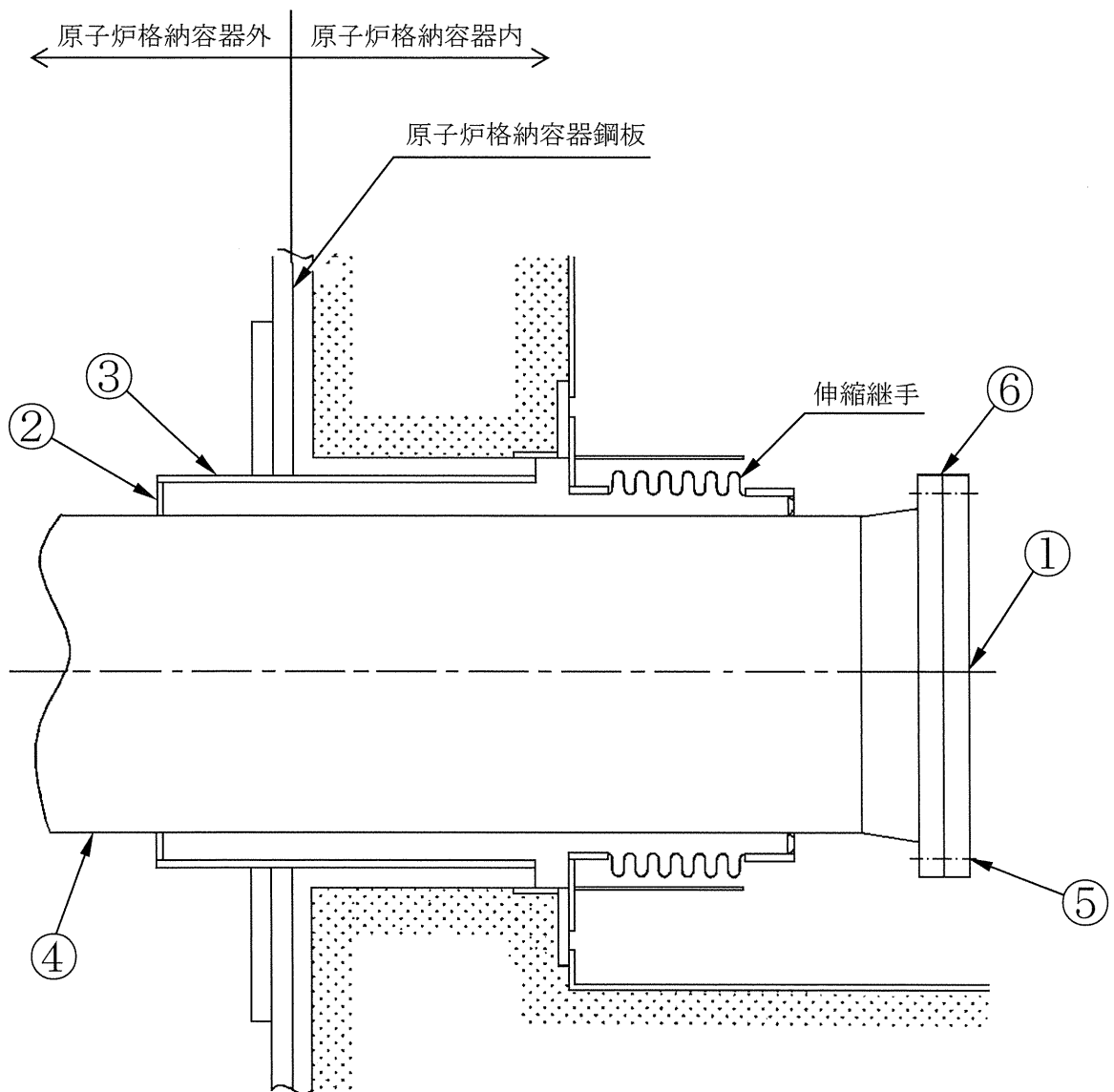


図2.1-5 川内1号炉 燃料移送管貫通部構造図

表2.1-11 川内1号炉 燃料移送管貫通部主要部位の使用材料

部 位	材 料
蓋	ステンレス鋼
端 板	ステンレス鋼
スリーブ	炭 素 鋼
燃料移送管	ステンレス鋼
ボ ル ト	ステンレス鋼
ガスケット	消耗品・定期取替品

表2.1-12 川内1号炉 燃料移送管貫通部の使用条件

最高使用圧力	約0.245MPa[gage]
最高使用温度	約127℃

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機能達成に必要な項目

機械ペネトレーションとしての機能を維持するためには、次の項目が必要である。

① バウンダリの維持

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

機械ペネトレーション個々について、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を考慮し、代表機器ごとに表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) 端板の疲労割れ [余熱除去出口配管貫通部（固定式配管貫通部）]

プラント起動・停止等運転状態の変化に伴う貫通配管の熱移動により余熱除去出口配管貫通部（固定式配管貫通部）の端板は繰り返し荷重を受け、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) 伸縮継手の疲労割れ [主蒸気管貫通部及び主給水管貫通部（伸縮式配管貫通部）]

プラント起動・停止等運転状態の変化に伴う貫通配管の熱移動により主蒸気管貫通部及び主給水管貫通部（伸縮式配管貫通部）の伸縮継手は伸縮を繰り返し、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2.2-5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) スリーブ等耐圧構成品の腐食（全面腐食）[共通]

スリーブ等耐圧構成品は炭素鋼であり、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、原子炉格納容器漏えい率検査時等の目視確認で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) 胴等耐圧構成品の疲労割れ

[機器搬入口、通常用エアロック、燃料移送管貫通部]

機器搬入口、通常用エアロック及び燃料移送管貫通部の胴等耐圧構成品は、プラントの起動・停止時等の過渡により、疲労割れが想定される。

しかしながら、原子炉格納容器と同様に運転中の温度変化及びそれに伴う圧力変化等しか過渡を受けず、有意な過渡を受けないことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、原子炉格納容器漏えい率検査によりバウンダリ機能の健全性を確認している。

2.2.4 消耗品及び定期取替品

ガスケットは開放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1号炉 余熱除去出口配管貫通部（固定式配管貫通部）に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・ 定期 取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考
				減 肉		割 れ		材質変化		その他	
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣 化		
バウンダリの維持	端 板		ステンレス鋼			○					
	スリーブ		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 川内1号炉 主蒸気管貫通部及び主給水管貫通部（伸縮式配管貫通部）に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考
				減 肉		割 れ		材質変化		その他	
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐蝕割れ	熱時効	劣 化		
バウンダリの維持	伸縮継手		ステンレス鋼			○					
	スリーブ取付端板		炭素鋼		△						
	配管取付端板		炭素鋼		△						
	スリーブ		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2.2-3 川内1号炉 機器搬入口に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・ 定期 取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
				減 肉		割 れ		材質変化			その他
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐蝕割れ	熱時効	劣 化		
バウンダリの維持	ふ た		炭素鋼		△	△					
	胴		炭素鋼		△	△					
	ガスケット	◎	—								

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-4 川内1号炉 通常用エアロックに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・ 定期 取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考
				減 肉		割 れ		材質変化		その他	
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐蝕割れ	熱時効	劣 化		
バウンダリの維持	扉		炭素鋼		△	△					
	胴		炭素鋼		△	△					
	ガスケット	◎	—								

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-5 川内1号炉 燃料移送管貫通部に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・ 定期 取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
				減 肉		割 れ		材質変化			その他
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐蝕割れ	熱時効	劣 化		
バウンダリの維持	蓋		ステンレス鋼			△					
	端 板		ステンレス鋼			△					
	スリーブ		炭 素 鋼		△	△					
	燃料移送管		ステンレス鋼			△					
	ボ ル ト		ステンレス鋼								
	ガスケット	◎	—								

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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 端板の疲労割れ [余熱除去出口配管貫通部 (固定式配管貫通部)]

a. 事象の説明

余熱除去出口配管貫通部 (固定式配管貫通部) 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、図2.3-1に示す貫通配管と端板との溶接部に比較的高い応力が発生し、疲労が蓄積する可能性がある。

b. 技術評価

① 健全性評価

熱過渡による疲労評価上厳しいと考えられる余熱除去出口配管貫通部 (固定式配管貫通部) を対象として「(社)日本機械学会 設計・建設規格 (JSME S NC1-2005/2007)」に基づき評価を行った。

評価対象部位を図2.3-1に、疲労評価に用いた運転開始後60年時点での推定過渡回数を表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。

表2.3-1 川内1号炉 余熱除去出口配管貫通部（固定式配管貫通部）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
起 動	38	69
停 止	36	69
1次系漏えい試験	31	61

表2.3-2 川内1号炉 余熱除去出口配管貫通部（固定式配管貫通部）の疲労評価結果

評価部位	疲労累積係数 (許容値：1以下)
端 板	0.001

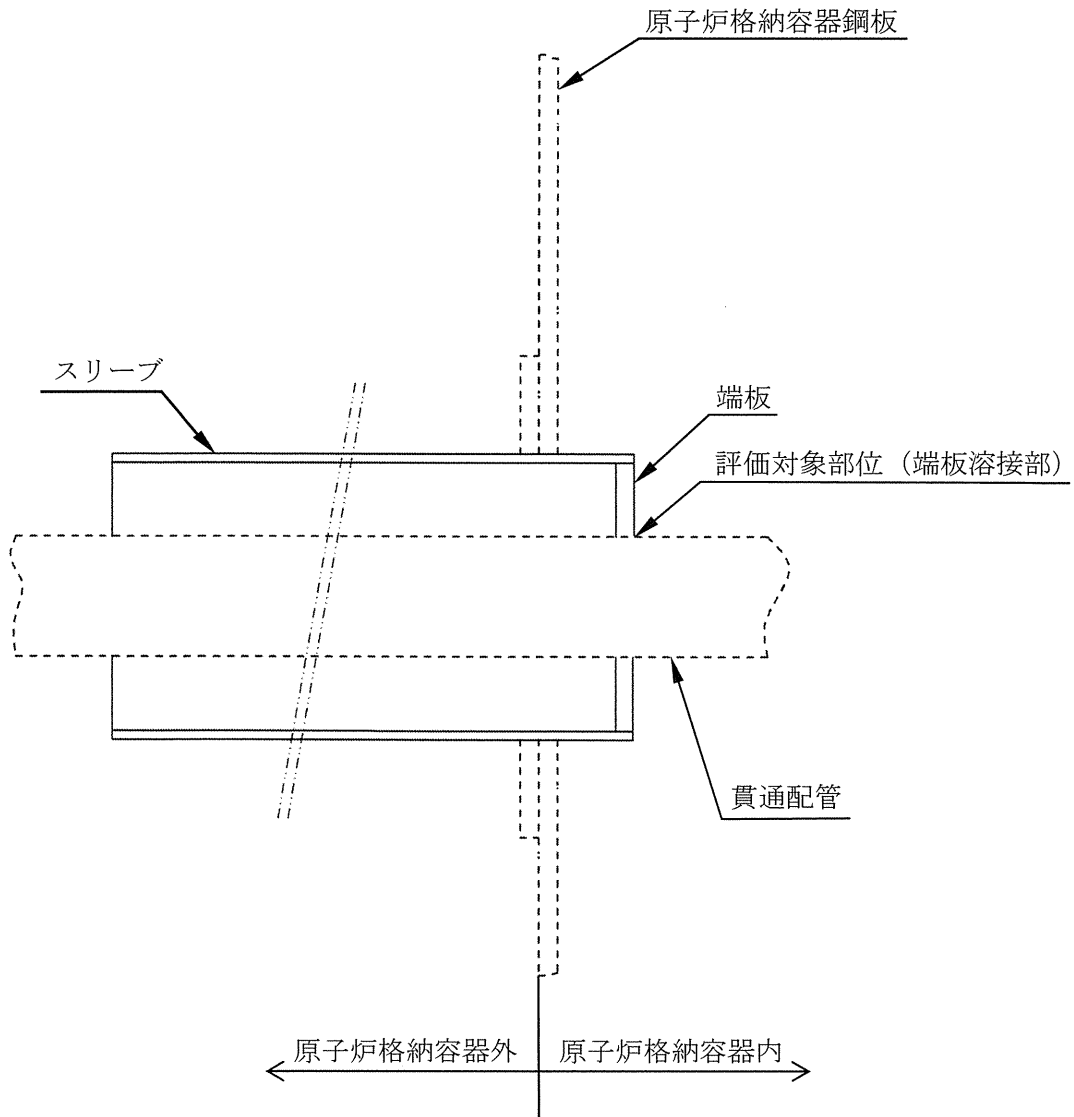


図2.3-1 川内1号炉 余熱除去出口配管貫通部（固定式配管貫通部）の疲労評価対象部位

② 現状保全

端板の疲労割れに対しては、定期的に原子炉格納容器漏えい率検査によりバウンダリ機能の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、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。

端板の疲労割れについては、原子炉格納容器漏えい率検査で検知可能であり、点検手法として適切である。

c. 高経年化への対応

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

2.3.2 伸縮継手の疲労割れ

[主蒸気管貫通部及び主給水管貫通部（伸縮式配管貫通部）]

a. 事象の説明

主蒸気管貫通部及び主給水管貫通部（伸縮式配管貫通部）は、プラントの起動・停止時等の運転に伴い熱過渡を繰り返し受けるため、図2.3-2に示す伸縮継手本体は伸縮を繰り返し、疲労が蓄積する可能性がある。

b. 技術評価

① 健全性評価

熱過渡による疲労評価上厳しいと考えられる主蒸気管貫通部及び主給水管貫通部（伸縮式配管貫通部）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。

評価対象部位を図2.3-2に、疲労評価に用いた運転開始後60年時点での推定過渡回数を表2.3-3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2.3-4に示すが、許容値を満足する結果が得られている。

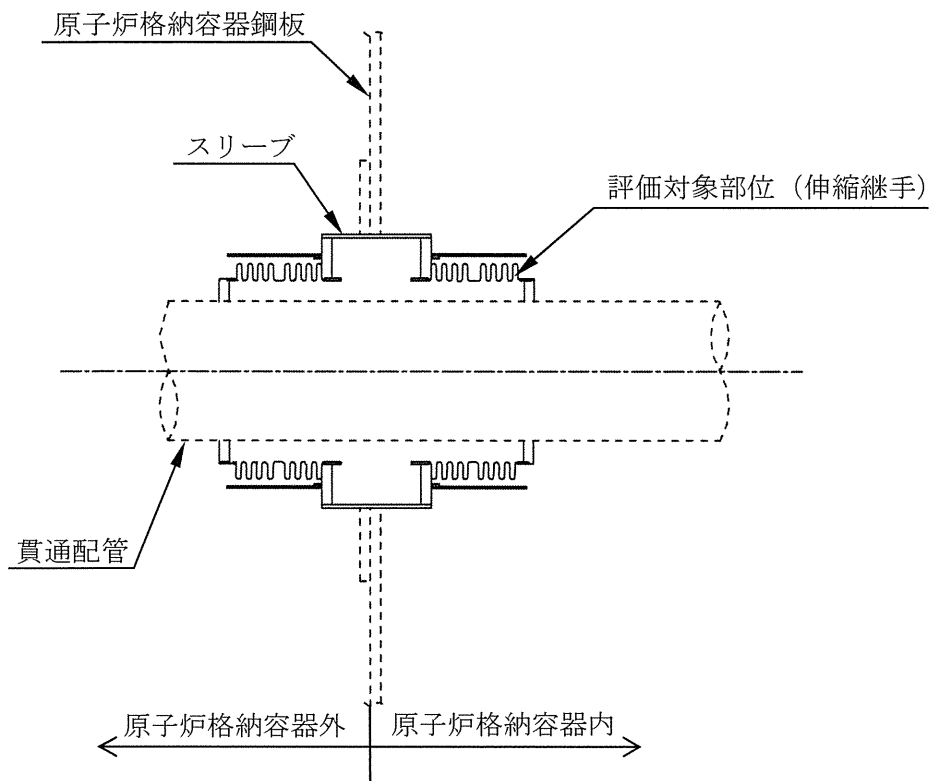


図2.3-2 川内1号炉 主蒸気管貫通部及び主給水管貫通部（伸縮式配管貫通部）の疲労評価対象部位

表2.3-3 川内1号炉 主蒸気管貫通部及び主給水管貫通部（伸縮式配管貫通部）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）	38	69
停止（温度下降率55.6℃/h）	36	69
負荷上昇（負荷上昇率5%/min）	335	809
負荷減少（負荷減少率5%/min）	324	798
90%から100%へのステップ状負荷上昇	3	5
100%から90%へのステップ状負荷減少	4	6
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}	—	—
0%から15%への負荷上昇	39	72
15%から0%への負荷減少	30	61
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	5	7
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	3	6
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
1次系漏えい試験	31	61
タービン回転試験	2	2

*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2.3-4 川内1号炉 主蒸気管貫通部及び主給水管貫通部（伸縮式配管貫通部）の
疲労評価結果

評価対象	評価部位	疲労累積係数 (許容値：1以下)
主蒸気管貫通部	伸縮継手	0.021
主給水管貫通部	伸縮継手	0.235

② 現状保全

伸縮継手の疲労割れに対しては、定期的に原子炉格納容器漏えい率検査によりバウンダリ機能の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、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。

伸縮継手の疲労割れについては、原子炉格納容器漏えい率検査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

伸縮継手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貫通部各々の構造、材料、使用条件等の特殊性を考慮して選定している。

- ① 固定式配管貫通部（余熱除去出口配管貫通部以外）
- ② 伸縮式配管貫通部（主蒸気管貫通部及び主給水管貫通部以外）
- ③ 非常用エアロック

3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

3.1.1 端板の疲労割れ〔固定式配管貫通部〕

固定式配管貫通部の端板は、代表機器同様、プラント起動・停止等運転状態の変化に伴う貫通配管熱移動により繰り返し荷重を受ける。

ただし、代表機器として選定した余熱除去出口配管貫通部は、配管反力の大きな大口径管であり、かつプラント起動・停止時に高温となるため熱過渡上も厳しく、端板の疲労評価上厳しいと想定される貫通部である。余熱除去出口配管貫通部以外の固定式配管貫通部端板についても、代表機器とほぼ同様又はそれ以下の評価になると考える。

また、代表機器と同様に他の固定式配管貫通部も定期的に原子炉格納容器漏えい率検査によりバウンダリ機能の健全性を確認しており、点検手法として適切である。

したがって、端板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。

3.1.2 伸縮継手の疲労割れ [伸縮式配管貫通部]

伸縮式配管貫通部の伸縮継手は、代表機器同様、プラント起動・停止等運転状態の変化に伴う貫通配管熱移動により繰り返し荷重を受ける。

ただし、代表機器として選定した主蒸気管貫通部及び主給水管貫通部は、配管反力の大きな大口径管であり、かつプラント起動・停止時に高温となるため熱過渡上も厳しく、端板の疲労評価上厳しいと想定される貫通部である。主蒸気管貫通部及び主給水管貫通部以外の伸縮式配管貫通部の伸縮継手についても、代表機器とほぼ同様又はそれ以下の評価になると考える。

また、代表機器と同様に他の伸縮式配管貫通部も定期的に原子炉格納容器漏えい率検査によりバウンダリ機能の健全性を確認しており、点検手法として適切である。

したがって、伸縮継手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 スリーブ等耐圧構成品の腐食（全面腐食）[共通]

スリーブ等耐圧構成品は炭素鋼であり、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、原子炉格納容器漏えい率検査時等の目視確認で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 胴等耐圧構成品の疲労割れ [非常用エアロック]

非常用エアロックの胴等耐圧構成品は、プラントの起動・停止時等の過渡により、疲労割れが想定される。

しかしながら、原子炉格納容器と同様に運転中の温度変化及びそれに伴う圧力変化等しか過渡を受けず、有意な過渡を受けないことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、原子炉格納容器漏えい率検査により、バウンダリ機能の健全性を確認している。

3. 3 電気ペネトレーション

[対象機器]

- ① ピッグテイル型電線貫通部
- ② ブッシング型電線貫通部
- ③ 三重同軸型電線貫通部

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	10
3. 代表機器以外への展開	25
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象	25
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象	32

1. 対象機器及び代表機器の選定

川内1号炉で使用されている電気ペネトレーションの主な仕様を表1-1に示す。

これらの電気ペネトレーションを経年劣化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に示す電気ペネトレーションは経年劣化の観点からは同一のグループになるが、用途の観点から分類すると以下の3つに分類される。

① ピッグテイル型

低電圧、制御及び計装用に用いられる電線貫通部

② ブッシング型

1次冷却材ポンプ用電動機等の電力供給に用いられる電線貫通部

③ 三重同軸型

核計装用に用いられる電線貫通部

1.2 代表機器の選定

電気ペネトレーションに要求される主な機能である原子炉格納容器内外の気密性維持と電線貫通部内部の電気特性維持については、3つの型式とも基本的には同じであり、台数の最も多いピッグテイル型を代表機器とする。

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電線貫通部について技術評価を実施する。

① ピッグテイル型電線貫通部

2.1 構造、材料及び使用条件

2.1.1 ピッグテイル型電線貫通部

(1) 構造

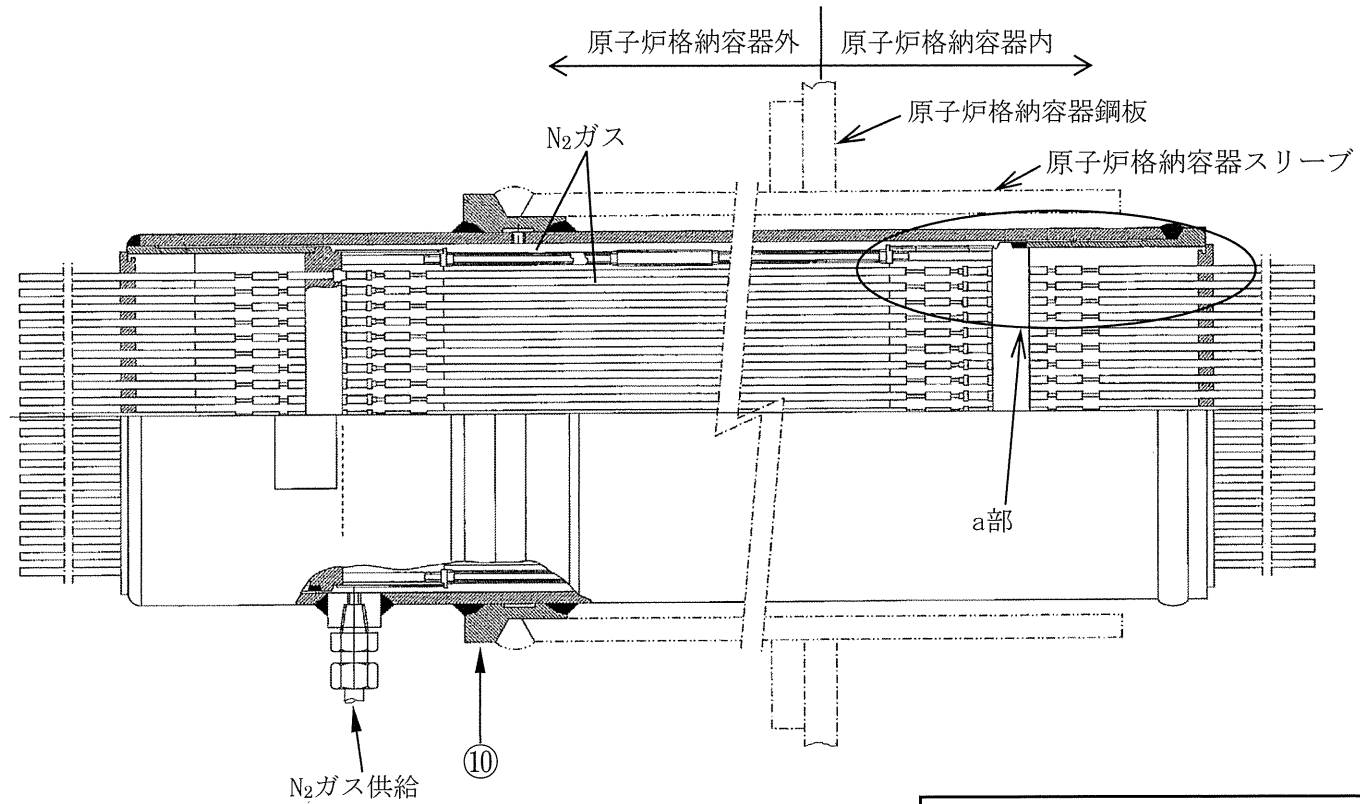
電線貫通部内部において導通部となる銅棒には、ステンレス製の端板との電気絶縁性を保持するために、無機絶縁材であるアルミナ磁器を銅棒と端板の穴部との間に挿入している。

銅棒と端板間の気密性は、銅棒とアルミナ磁器間及びアルミナ磁器と端板間に熱膨張係数の小さい封着金具（ニッケル合金）をろう付することにより維持している。また、銅棒と外部リードとは、接続金具を用いて電氣的に接続している。隣接する銅棒あるいは外部リード間の電気絶縁は、シリコーン樹脂等のポッティング材をペネトレーション内部の空間に充てんすることで維持している。

川内1号炉のピッグテイル型電線貫通部の構造図を図2.1-1に示す。

(2) 材料及び使用条件

川内1号炉のピッグテイル型電線貫通部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	銅	棒
②	外部	リード
③	接続	金具
④	ポッティング材	
⑤	アルミナ	磁器
⑥	本	体
⑦	端	板
⑧	シュラウド	
⑨	封着	金具
⑩	溶接	リング

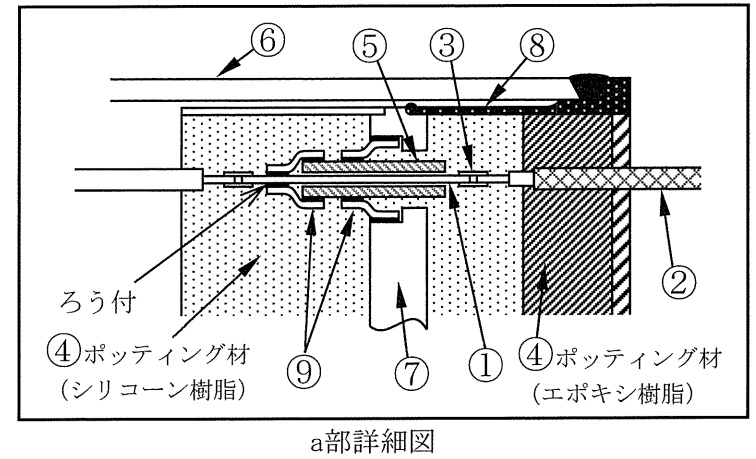


図2.1-1 川内1号炉 ピッグテイル型電線貫通部構造図

表2.1-1 川内1号炉 ピッグテイル型電線貫通部主要部位の使用材料

部 位	材 料
銅 棒	銅
外部リード	銅、シリコンゴム、ガラス編組
接続金具	銅
ポッティング材	シリコン樹脂、エポキシ樹脂
アルミナ磁器	アルミナ [Al ₂ O ₃]
本 体	ステンレス鋼
端 板	ステンレス鋼
シュラウド	ステンレス鋼
封着金具	ニッケル合金
溶接リング	炭 素 鋼

表2.1-2 川内1号炉 ピッグテイル型電線貫通部の使用条件

	通常運転時	設計基準事故時	重大事故等時
圧 力	約0.0098MPa[gage] 以下	約0.245MPa[gage] (最高圧力)	約0.350MPa[gage] (最高圧力)
温 度	約40℃*1	約127℃ (最高温度)	約138℃ (最高温度)
放 射 線	5×10 ⁻³ Gy/h*2	602kGy (最大集積線量)	500kGy (最大集積線量)

*1：通常運転時の原子炉格納容器内電気ペネトレーション周囲温度実測値（平均値の最大値）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気ペネトレーション周囲線量率実測値（平均値の最大値）に余裕を加えた線量率

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機能達成に必要な項目

ピッグテイル型電線貫通部の機能を維持するためには、次の3つの項目が必要である。

- ① 電力・制御・計装信号送受
- ② 電気絶縁性維持
- ③ 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

ピッグテイル型電線貫通部について、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の構造、材料、使用条件及び現在までの運転経験を考慮し、表2.2-1に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

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) ポッティング材の気密性低下による絶縁低下及び外部リードの絶縁低下

ポッティング材として使用しているシリコン樹脂等は有機物であり、熱及び放射線による経年劣化により接着力が低下し、湿気が電線貫通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、絶縁性能の低下を起こす可能性が考えられることから、経年劣化に対する評価が必要である。

また、外部リードの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) 銅棒及び接続金具の疲労割れ

銅棒及び接続金具は、通電電流がON-OFFすることにより熱伸縮を繰り返すため、疲労割れが想定される。

しかしながら、銅棒及び接続金具は周囲を拘束されておらず、疲労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、系統機器の動作確認等により、機器の健全性を確認している。

(2) 外部リードの導通不良

外部リードは、大きな荷重が作用すると断線するため、導通不良が想定される。

しかしながら、断線に至るような荷重は作用しない。

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、系統機器の動作確認等により、機器の健全性を確認している。

(3) アルミナ磁器の絶縁低下

アルミナ磁器は無機物の磁器であり、経年劣化の可能性はないが、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、アルミナ磁器は密閉された本体内に設置され、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、機器点検時の絶縁抵抗測定又は系統機器の動作確認により、機器の健全性を確認している。

(4) 本体、端板、シュラウド及び封着金具の応力腐食割れ

本体、端板及びシュラウドはステンレス鋼、封着金具はニッケル合金であり、応力腐食割れが想定される。

しかしながら、端板及び封着金具は大気と接触しない構造であり、また、本体及びシュラウドは水環境になく、かつ温度も低いことから応力腐食割れ発生の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。

なお、定期的な原子炉格納容器漏えい率検査及び電線貫通部に封入している窒素ガスの圧力確認により、バウンダリ機能の健全性を確認している。

(5) 溶接リングの腐食（全面腐食）

溶接リング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。

表2.2-1 川内1号炉 ピッグテイル型電線貫通部に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・ 定期 取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象								備 考
				減 肉		割 れ		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		
電力・制御・計装 信号送受	銅 棒		銅			△						
	外部リード		銅 シリコンゴム ガラス編組					○	△			
	接続金具		銅			△						
電気絶縁性維持	ポッティング材		シリコン樹脂 エポキシ樹脂					○				
	アルミナ磁器		アルミナ					△				
バウンダリの維持	本 体		ステンレス鋼				△					
	端 板		ステンレス鋼				△					
	シュラウド		ステンレス鋼				△					
	封着金具		ニッケル合金				△					
	溶接リング		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 ポッティング材の気密性低下による絶縁低下及び外部リードの絶縁低下

a. 事象の説明

ポッティング材として使用しているシリコン樹脂等は有機物であり、熱及び放射線による経年劣化が進行し、シュラウド、銅棒等との接着力が低下し、図2.3-1に示すように湿気が電線貫通部内部に侵入する可能性がある。湿気が侵入した場合、銅棒間あるいは銅棒とシュラウド間の絶縁性能が低下する可能性がある。

また、外部リードの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、絶縁性能が低下する可能性がある。

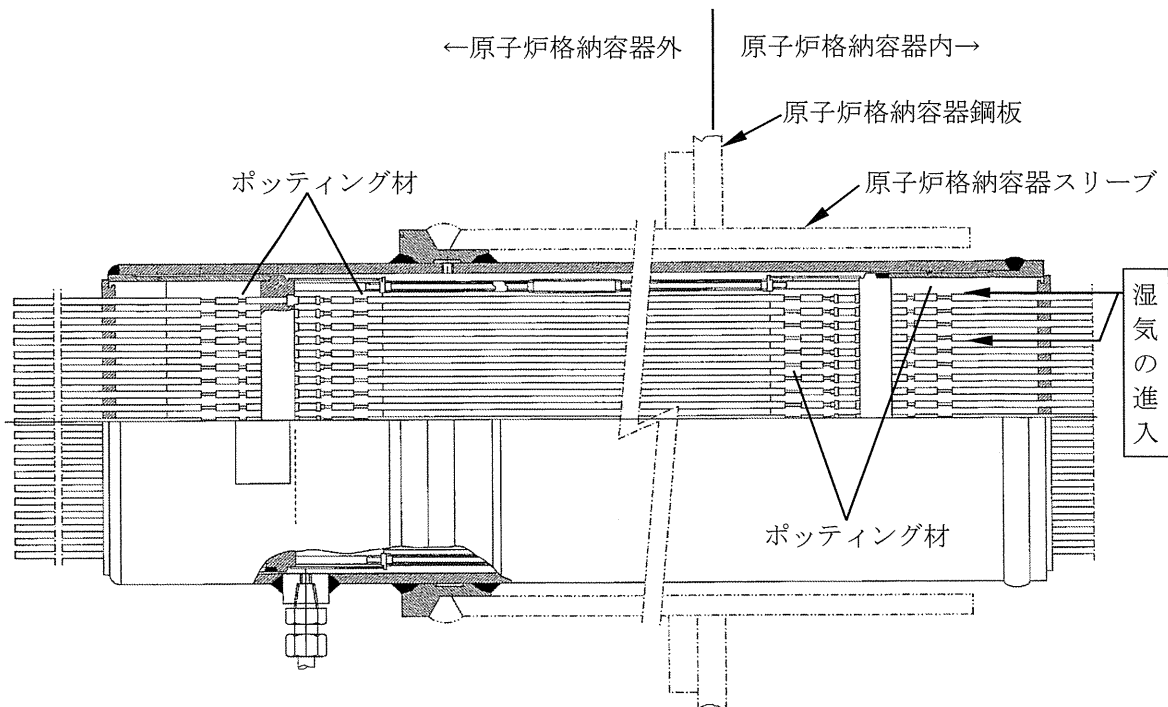


図2.3-1 川内1号炉 ピッグテイル型電線貫通部ポッティング材使用箇所

b. 技術評価

① 健全性評価

ピッグテイル型電線貫通部のポッティング材の気密性低下による絶縁低下については、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。)に準拠した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う。

また、外部リードの絶縁低下については、IEEE Std. 323-1974及びIEEE Std. 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。)の規格を根幹としてまとめられた「電気学会推奨案」*1に従って実機同等品による長期健全性試験を実施しており、これらの組み合わせで健全性評価を行う。

なお、外部リードは、製造メーカーの違いにより、「外部リード-1-1」及び「外部リード-1-2」の2種類があるため、それぞれについて評価を行う。

*1:「ケーブルの技術評価書」低圧ケーブルの絶縁体の絶縁低下 b. 技術評価
①健全性評価を参照のこと。

図2.3-2にピッグテイル型電線貫通部の長期健全性試験の手順を、表2.3-1及び表2.3-3に試験条件を示す。ポッティング材について、これらの条件は川内1号炉の60年間の運転及び設計基準事故、並びに60年間の運転及び重大事故等時を想定した熱及び放射線による劣化条件を包絡している。

表2.3-2及び表2.3-4に長期健全性試験結果を示す。結果は判定基準を満足している。

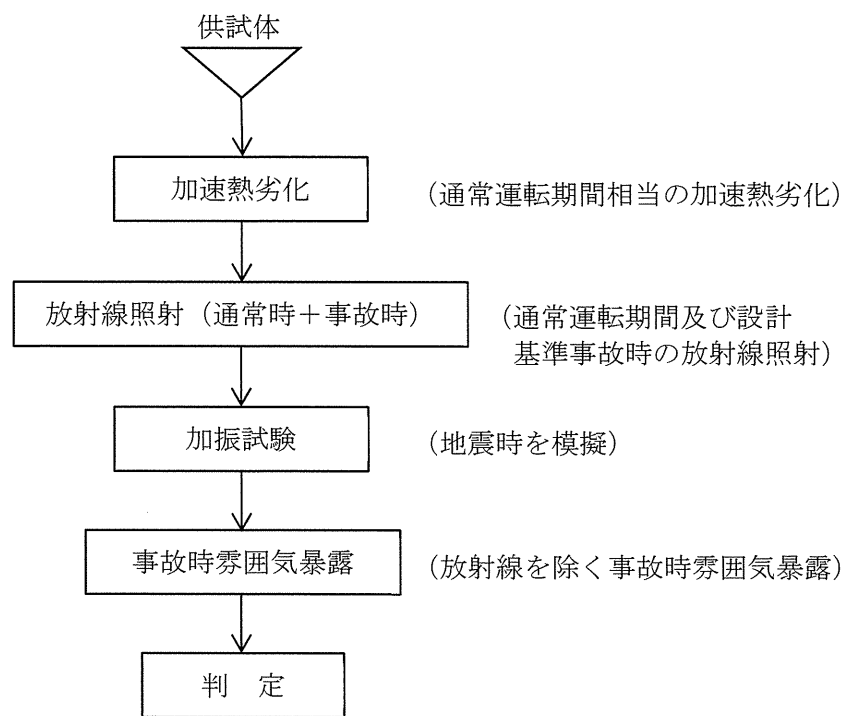


図2.3-2 ピッグテイル型電線貫通部の長期健全性試験の手順

表2.3-1 ピッグテイル型電線貫通部 長期健全性試験の条件（設計基準事故）

	試験条件	説明
加速熱劣化	条件：125℃－10日間	試験条件は、原子炉格納容器内の通常雰囲気温度にケーブルの通電による温度上昇も考慮した温度（約44℃）で60年間の運転期間に相当する条件（91℃－10日間）を包絡している。
放射線照射	平常時における集積線量と事故時の放射線量を照射した。 条件： 500kGy（平常時） +1,500kGy（事故時） （10kGy/h以下）	川内1号炉の60年間の運転に予想される集積線量（*）に設計基準事故時線量（602kGy）を加えた線量を包絡している。
加振試験	実機プラントにS ₁ 地震動を想定して求めた最大加速度1.8Gで加振した。	川内1号炉に想定される最大加速度（0.73G）を包絡している。
事故時 雰囲気暴露	最高温度：190℃ 最高圧力：0.414MPa 時間：～15日間	川内1号炉の設計基準事故時の最大温度（約127℃）、最大圧力（約0.245MPa）を包絡している。

*（平常時線量）

電気ペネトレーションが設置されている最も放射線レベルが高い区域の空間線量率は約 5×10^{-3} Gy/hであり、この値より60年間の平常時の集積線量を評価すると、

$$5 \times 10^{-3} [\text{Gy/h}] \times (24 \times 365.25) [\text{h/y}] \times 60 [\text{y}] = 2.7 \text{ kGy} \text{ となる。}$$

[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 ピッグテイル型電線貫通部 長期健全性試験結果

	試験後	判定基準	判定
絶縁抵抗	$6.0 \times 10^{10} \Omega$	$1.0 \times 10^8 \Omega$ 以上	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2.3-3 ピッグテイル型電線貫通部 長期健全性試験の条件（重大事故等）

	試験条件	説明
加速熱劣化	条件：125℃－10日間	試験条件は、原子炉格納容器内の通常雰囲気温度にケーブルの通電による温度上昇も考慮した温度（約44℃）で60年間の運転期間に相当する条件（91℃－10日間）を包絡している。
放射線照射	平常時における集積線量と事故時の放射線量を照射した。 条件： 500kGy（平常時） +1,500kGy（事故時） （10kGy/h以下）	川内1号炉の60年間の運転に予想される集積線量(*)に重大事故等時の線量（500kGy）を加えた線量を包絡している。
加振試験	実機プラントにS ₁ 地震動を想定して求めた最大加速度1.8Gで加振した。	川内1号炉の想定される最大加速度（0.73G）を包絡している。
事故時 雰囲気暴露	最高温度：190℃ 最高圧力：0.414MPa 時間：～15日間	川内1号炉の重大事故等時の最大温度（約138℃）、最大圧力（約0.350MPa）を包絡している。

*（平常時線量）

電気ペネトレーションが設置されている最も放射線レベルが高い区域の空間線量率は約 5×10^{-3} Gy/hであり、この値より60年間の平常時の集積線量を評価すると、

$$5 \times 10^{-3} [\text{Gy/h}] \times (24 \times 365.25) [\text{h/y}] \times 60 [\text{y}] = 2.7 \text{ kGy} \text{ となる。}$$

[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]

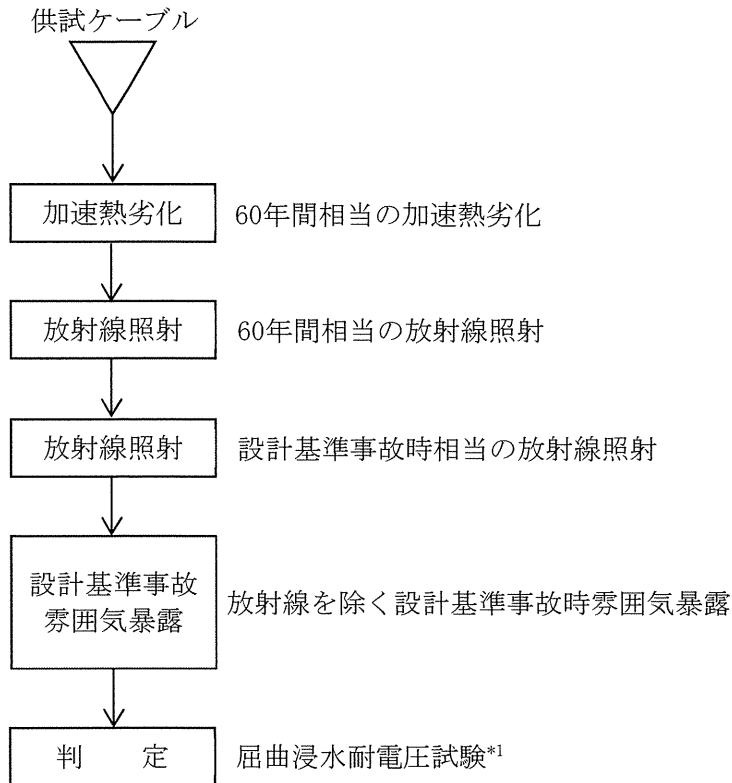
表2.3-4 ピッグテイル型電線貫通部 長期健全性試験結果

	試験後	判定基準	判定
絶縁抵抗	$6.0 \times 10^{10} \Omega$	$1.0 \times 10^8 \Omega$ 以上	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、図2.3-3に外部リード－1－1の長期健全性試験の手順を、表2.3-5に試験条件を示す。これらの条件は川内1号炉の60年間の運転及び設計基準事故を想定した熱及び放射線による劣化条件を包絡している。

表2.3-6に長期健全性試験結果を示す。結果は判定基準を満足している。



*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の両端部以外を水中に於く
- 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2.3-3 外部リード－1－1の長期健全性試験手順

表2.3-5 外部リード-1-1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	105℃-7日 (=46℃*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：電気ペネトレーション設置エリアの周囲温度（約40℃）に通電による温度上昇を加えた温度として設定

*2： $5 \times 10^{-3} [\text{Gy/h}] \times (24 \times 365.25) [\text{h/y}] \times 60 [\text{y}] = 2.7 \text{kGy}$

表2.3-6 外部リード-1-1の長期健全性試験結果

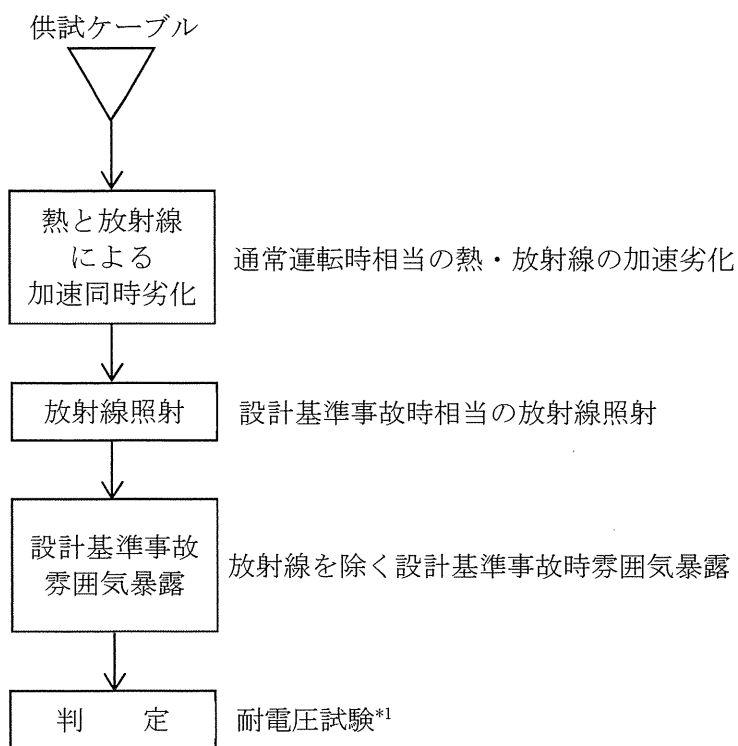
項目	試験条件	判定
屈曲浸水 耐電圧試験	供試体外径：11.5mm マンドレル径：供試体外径の約40倍 絶縁厚さ：0.76mm 課電電圧：2.6kV/5分間	良

[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]

また、設計基準事故時雰囲気内で機能要求がある外部リード－１－１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外部リード－１－１については、ACAガイドに従った長期健全性も評価した。

図2.3-4に外部リード－１－１のACAガイドに基づく長期健全性試験の手順を、表2.3-7にACA試験条件を示す。これらの条件は川内1号炉の60年間の運転及び設計基準事故を想定した熱及び放射線による劣化条件を包絡している。

表2.3-8にACA長期健全性試験結果を示す。結果は判定基準を満足している。



*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2.3-4 外部リード-1-1のA C Aガイドに基づく試験手順

表2.3-7 外部リード-1-1の長期健全性試験条件（ACA評価）

		試験条件*1	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	47°C-21.3年 (=46°C-22年) 175°C-109日 (=46°C-38年)	46°C*2-60年
	放射線 (集積線量)	—	2.7kGy*3
設計基準 事故等相 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：実機環境の線量率が低く、熱による劣化が支配的な領域のため、熱加速劣化のみとした。また、47.0°C-0.2mGy/hの布設環境で21.3年間使用したケーブルを供試体とし、追加で劣化させた条件を示す

*2：電気ペネトレーション設置エリアの周囲温度（約40°C）に通電による温度上昇を加えた温度として設定

*3： $5 \times 10^{-3} [\text{Gy/h}] \times (24 \times 365.25) [\text{h/y}] \times 60 [\text{y}] = 2.7 \text{kGy}$

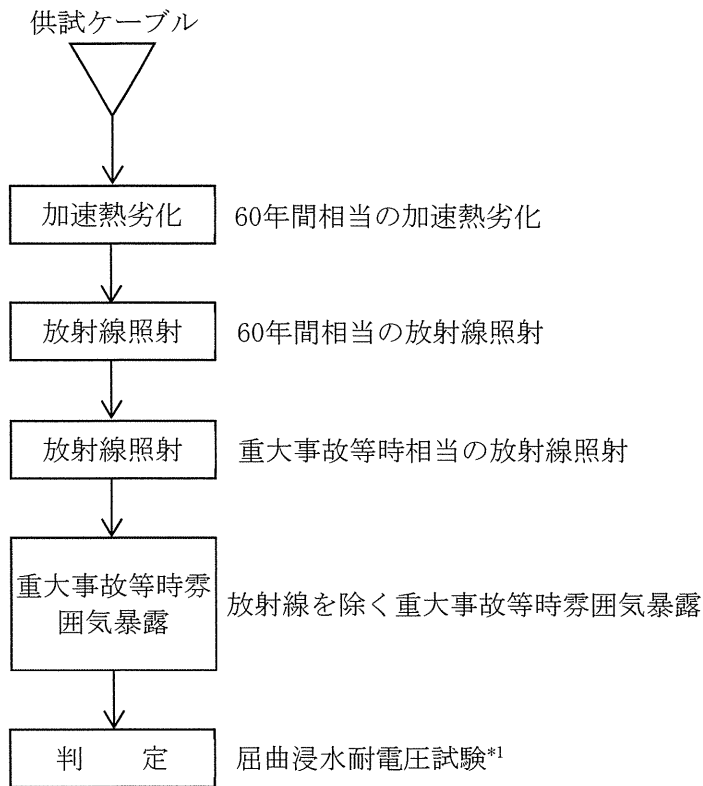
表2.3-8 外部リード-1-1の長期健全性試験結果

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：電力共同研究「ケーブル加速劣化試験データの整備に関する研究（ACA評価ケーブル以外）2014年度」]

また、図2.3-5に外部リード－1－1の長期健全性試験の手順を、表2.3-9に試験条件を示す。これらの条件は川内1号炉の60年間の運転及び重大事故等時を想定した熱及び放射線による劣化条件を包絡している。

表2.3-10に長期健全性試験結果を示す。結果は判定基準を満足している。



*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の両端部以外水中に於く
- 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 外部リード－1－1の長期健全性試験手順

表2.3-9 外部リード-1-1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	121℃-7日	105℃-7日 (=46℃*1-60年)
	放射線 (集積線量)	500kGy (10kGy/h以下)	2.7kGy*2
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：電気ペネトレーション設置エリアの周囲温度（約40℃）に通電による温度上昇を加えた温度として設定

*2： $5 \times 10^{-3} [\text{Gy/h}] \times (24 \times 365.25) [\text{h/y}] \times 60 [\text{y}] = 2.7 \text{kGy}$

表2.3-10 外部リード-1-1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]

外部リード-1-2については、事故時機能要求がないため、通常運転時の使用条件に基づく健全性評価を実施する。

長期健全性試験手順については、「ケーブルの技術評価」低圧ケーブルの絶縁体の絶縁低下 b. 技術評価 ①健全性評価 図2.3-1を参照のこと。

表2.3-11に試験条件を示す。これらの条件は川内1号炉の60年間の運転を想定した熱及び放射線による劣化条件を包絡している。

表2.3-12に長期健全性試験結果を示す。結果は判定基準を満足している。

表2.3-11 外部リード-1-2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
通常運転 相当	温度	110℃-16日	84℃-16日 (=40℃*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)	—*3	
	温度		
	圧力		

*1：電気ペネトレーション設置エリアの周囲温度（約40℃）として設定

*2： $5 \times 10^{-3} [\text{Gy/h}] \times (24 \times 365.25) [\text{h/y}] \times 60 [\text{y}] = 2.7 \text{kGy}$

*3：長期健全性試験は設計基準事故時相当の放射線照射及び設計基準事故時雰囲気暴露試験を実施しているが、外部リード-1-2には事故時機能要求がないため、設計基準事故相当の劣化は考慮対象外

表2.3-12 外部リード-1-2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：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]

したがって、ポッティング材の気密性低下による絶縁低下及び外部リードの絶縁低下については、60年間の通常運転とその後の設計基準事故又は重大事故等時においても、絶縁機能を維持できると判断する。

② 現状保全

ポッティング材の気密性低下による絶縁低下及び外部リードの絶縁低下に対しては、定期的にケーブル及び機器を含め絶縁抵抗測定又は機器の動作確認を実施し、有意な絶縁低下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、ポッティング材の気密性低下による絶縁低下及び外部リード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。

ポッティング材の気密性低下による絶縁低下及び外部リードの絶縁低下は、絶縁抵抗測定又は機器の動作確認で検知可能であり、点検手法として適切である。

c. 高経年化への対応

ポッティング材の気密性低下による絶縁低下及び外部リード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。

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、使用材料等の特殊性を考慮して選定している。

- ① ブッシング型電線貫通部
- ② 三重同軸型電線貫通部

3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

3.1.1 ポッティング材の気密性低下による絶縁低下及び外部リードの絶縁低下 [三重同軸型電線貫通部]

三重同軸型電線貫通部のポッティング材の気密性低下による絶縁低下については、実機同等品を用い、代表機器と同様にIEEE Std. 323-1974に準拠した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う。

また、外部リードの絶縁低下については、IEEE Std. 323-1974及びIEEE Std. 383-1974の規格を根幹としてまとめられた「電気学会推奨案」*1又はACAガイドに従って実機同等品による長期健全性試験を実施しており、これらの組み合わせで健全性評価を行う。

*1: 「ケーブルの技術評価書」同軸ケーブルの絶縁体及び内部シースの絶縁低下 b. 技術評価①健全性評価を参照のこと。

表3.1-1及び表3.1-3に試験条件を示す。これらの条件は川内1号炉の60年間の運転及び設計基準事故、並びに60年間の運転及び重大事故等時を想定した熱及び放射線による劣化条件を包絡している。

表3.1-2及び表3.1-4に長期健全性試験結果を示す。結果は判定基準を満足している。

表3.1-1 三重同軸型電線貫通部 長期健全性試験の条件（設計基準事故）

	試験条件	説明
加速熱劣化	条件：105℃－7日間	試験条件は、原子炉格納容器内の通常雰囲気温度（約40℃）で60年間の運転期間に相当する条件（88℃－7日間）を包絡している。
放射線照射	平常時における集積線量と事故時の放射線量を照射した。 条件： 500kGy（平常時） +1,500kGy（事故時） （10kGy/h以下）	川内1号炉の60年間の運転に予想される集積線量(*)に設計基準事故時線量（602kGy）を加えた線量を包絡している。
加振試験	実機プラントにS ₁ 地震動を想定して求めた最大加速度1.8Gで加振した。	川内1号炉に想定される最大加速度（0.73G）を包絡している。
事故時 雰囲気暴露	最高温度：190℃ 最高圧力：0.414MPa 時間：～15日間	川内1号炉の設計基準事故時の最大温度（約127℃）、最大圧力（約0.245MPa）を包絡している。

*（平常時線量）

電気ペネトレーションが設置されている最も放射線レベルが高い区域の空間線量率は約 5×10^{-3} Gy/hであり、この値より60年間の平常時の集積線量を評価すると、

$$5 \times 10^{-3} [\text{Gy/h}] \times (24 \times 365.25) [\text{h/y}] \times 60 [\text{y}] = 2.7 \text{kGy} \text{ となる。}$$

[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3.1-2 三重同軸型電線貫通部 長期健全性試験結果

	試験後	判定基準	判定
絶縁抵抗	$1.1 \times 10^{12} \Omega$	$1.0 \times 10^{11} \Omega$ 以上	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3.1-3 三重同軸型電線貫通部 長期健全性試験の条件（重大事故等）

	試験条件	説明
加速熱劣化	条件：105℃－7日間	試験条件は、原子炉格納容器内の通常雰囲気温度（約40℃）で60年間の運転期間に相当する条件（88℃－7日間）を包絡している。
放射線照射	平常時における集積線量と事故時の放射線量を照射した。 条件： 500kGy（平常時） +1,500kGy（事故時） （10kGy/h以下）	川内1号炉の60年間の運転に予想される集積線量(*)に重大事故等時の線量（500kGy）を加えた線量を包絡している。
加振試験	実機プラントにS ₁ 地震動を想定して求めた最大加速度1.8Gで加振した。	川内1号炉の想定される最大加速度（0.73G）を包絡している。
事故時 雰囲気暴露	最高温度：190℃ 最高圧力：0.414MPa 時間：～15日間	川内1号炉の重大事故等時の最大温度（約138℃）、最大圧力（約0.350MPa）を包絡している。

*（平常時線量）

電気ペネトレーションが設置されている最も放射線レベルが高い区域の空間線量率は約 5×10^{-3} Gy/hであり、この値より60年間の平常時の集積線量を評価すると、

$$5 \times 10^{-3} [\text{Gy/h}] \times (24 \times 365.25) [\text{h/y}] \times 60 [\text{y}] = 2.7 \text{kGy} \text{となる。}$$

[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3.1-4 三重同軸型電線貫通部 長期健全性試験結果

	試験後	判定基準	判定
絶縁抵抗	$1.1 \times 10^{12} \Omega$	$1.0 \times 10^{11} \Omega$ 以上	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、外部リードの長期健全性試験手順については、「ケーブルの技術評価書」同軸ケーブルの絶縁体及び内部シースの絶縁低下 b. 技術評価 ①健全性評価を参照のこと。

外部リードの長期健全性試験条件並びに長期健全性試験結果を表3.1-5～表3.1-10に示す。これらの条件は川内1号炉の60年間の運転及び設計基準事故、又は60年間の運転及び重大事故等時を想定した熱及び放射線による劣化条件を包絡している。

表3.1-5 外部リード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	91℃－7日 (=40℃*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：電気ペネトレーション設置エリアの周囲温度（約40℃）として設定

*2： $5 \times 10^{-3} [\text{Gy/h}] \times (24 \times 365.25) [\text{h/y}] \times 60 [\text{y}] = 2.7 \text{kGy}$

表3.1-6 外部リード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：13.2mm 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]

表3.1-7 外部リードの長期健全性試験条件（ACA評価）

		試験条件*1	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	49℃-18.9年 (=40℃-39年) 110℃-326日 (=40℃-87年)	40℃*2-60年
	放射線 (集積線量)	—	2.7kGy*3
設計基準 事故等相 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：実機環境の線量率が低く、熱による劣化が支配的な領域のため、熱加速劣化のみとした。また、49.7℃-2.2mGy/hの布設環境で18.9年間使用したケーブルを供試体とし、追加で劣化させた条件を示す

*2：電気ペネトレーション設置エリアの周囲温度（約40℃）として設定

*3： $5 \times 10^{-3} [\text{Gy/h}] \times (24 \times 365.25) [\text{h/y}] \times 60 [\text{y}] = 2.7 \text{kGy}$

表3.1-8 外部リードの長期健全性試験結果

項目	試験条件	判定
耐電圧試験	課電電圧： C-1S間 AC10kV/1分間 1S-2S間 AC2.0kV/1分間	良

[出典：電力共同研究「ケーブル加速劣化試験データの整備に関する研究（ACA評価ケーブル以外）2014年度」]

表3.1-9 外部リード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	121℃－7日	91℃－7日 (=40℃*1－60年)
	放射線 (集積線量)	500kGy (10kGy/h以下)	2.7kGy*2
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：電気ペネトレーション設置エリアの周囲温度（約40℃）として設定した

*2： $5 \times 10^{-3} [\text{Gy/h}] \times (24 \times 365.25) [\text{h/y}] \times 60 [\text{y}] = 2.7 \text{kGy}$

表3.1-10 外部リード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：13.2mm 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]

したがって、ポッティング材の気密性低下による絶縁低下及び外部リードの絶縁低下については、60年間の通常運転とその後の設計基準事故又は重大事故等時においても、絶縁機能を維持できると判断する。絶縁低下は、絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切であることから、ポッティング材の気密性低下による絶縁低下及び外部リード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。

また、ブッシング型電線貫通部は、ポッティング材及び外部リードがないため、高経年化対策上ポッティング材の気密性低下による絶縁低下及び外部リードの絶縁低下を考慮する必要はない。

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 銅棒及び接続金具の疲労割れ [共通]

銅棒及び接続金具は、通電電流がON-OFFすることにより熱伸縮を繰り返すため、疲労割れが想定される。

しかしながら、銅棒及び接続金具は周囲を拘束した構造でないため、疲労割れに至る可能性は小さい。

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、系統機器の動作確認等により、機器の健全性を確認している。

3.2.2 外部リードの導通不良 [三重同軸型電線貫通部]

外部リードは、大きな荷重が作用すると断線するため、導通不良が想定される。

しかしながら、断線に至るような荷重は作用しない。

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、系統機器の動作確認等により、機器の健全性を確認している。

3.2.3 アルミナ磁器の絶縁低下 [共通]

アルミナ磁器は無機物の磁器であり経年劣化の可能性はないが、長期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、アルミナ磁器は密閉された本体内に設置され、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、機器点検時の絶縁抵抗測定又は系統機器の動作確認により、機器の健全性を確認している。

3.2.4 本体、端板、封着金具〔共通〕及び保護筒〔三重同軸型電線貫通部〕の応力腐食割れ

本体、端板及び保護筒はステンレス鋼、封着金具はニッケル合金であり、応力腐食割れが想定される。

しかしながら、保護筒及び封着金具は大気と接触しない構造であり、また、本体及び端板は水環境になく、かつ温度も低いことから応力腐食割れ発生の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。

なお、定期的な原子炉格納容器漏えい率検査及び電線貫通部に封入している窒素ガスの圧力確認により、バウンダリ機能の健全性を確認している。

3.2.5 溶接リングの腐食（全面腐食）〔共通〕

溶接リング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。

4 補機タンク

[対象機器]

- ① 蓄圧タンク
- ② ほう酸注入タンク
- ③ 体積制御タンク
- ④ ほう酸タンク
- ⑤ ガス減衰タンク
- ⑥ 原子炉補機冷却水サージタンク
- ⑦ よう素除去薬品タンク
- ⑧ 湿分分離加熱器第2段ドレンタンク
- ⑨ 湿分分離加熱器第1段ドレンタンク
- ⑩ 湿分分離器ドレンタンク
- ⑪ 1次系補助蒸気復水タンク
- ⑫ 補助蒸気復水回収タンク
- ⑬ 燃料取替用水タンク
- ⑭ 復水タンク
- ⑮ 緊急時対策所用発電機車用燃料油貯蔵タンク

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	31
3. 代表機器以外への展開	49
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象	49
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象	49

1. 対象機器及び代表機器の選定

川内1号炉で使用されている主要な補機タンクの主な仕様を表1-1に示す。

これらの補機タンクを設置場所・型式、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に示す補機タンクについて、設置場所・型式、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・型式：屋内・たて置円筒形、内部流体：1次冷却材・ほう酸水、材料：炭素鋼（内面ステンレス鋼内張り）
このグループには、蓄圧タンク及びほう酸注入タンクが属するが、圧力が高いほう酸注入タンクを代表機器とする。
- (2) 設置場所・型式：屋内・たて置円筒形、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、体積制御タンク及びほう酸タンクが属するが、圧力が高い体積制御タンクを代表機器とする。
- (3) 設置場所・型式：屋内・たて置円筒形、内部流体：希ガス等、材料：炭素鋼
このグループには、ガス減衰タンクのみが属するため、代表機器はガス減衰タンクとする。
- (4) 設置場所・型式：屋内・横置円筒形、内部流体：ヒドラジン水、材料：炭素鋼
このグループには、原子炉補機冷却水サージタンクのみが属するため、代表機器は原子炉補機冷却水サージタンクとする。
- (5) 設置場所・型式：屋内・横置円筒形、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、よう素除去薬品タンクのみが属するため、代表機器はよう素除去薬品タンクとする。

- (6) 設置場所・型式：屋内・たて置、横置円筒形、内部流体：給水、材料：炭素鋼
このグループには、湿分分離加熱器第2段ドレンタンク、湿分分離加熱器第1段ドレンタンク、湿分分離器ドレンタンク、1次系補助蒸気復水タンク及び補助蒸気復水回収タンクが属するが、圧力が高い湿分分離加熱器第2段ドレンタンクを代表機器とする。
- (7) 設置場所・型式：屋外・たて置円筒形、内部流体：ほう酸水、材料：ステンレス鋼
このグループには、燃料取替用水タンクのみが属するため、代表機器は燃料取替用水タンクとする。
- (8) 設置場所・型式：屋外・たて置円筒形、内部流体：純水、材料：炭素鋼
このグループには、復水タンクのみが属するため、代表機器は復水タンクとする。
- (9) 設置場所・型式：屋外・横置円筒形、内部流体：燃料油、材料：炭素鋼
このグループには、緊急時対策所用発電機車用燃料油貯蔵タンクのみが属するため、代表機器は緊急時対策所用発電機車用燃料油貯蔵タンクとする。

表1-1 川内1号炉 補機タンクの主な仕様

分離基準			機器名称(台数)	選定基準			選定	選定理由
				重要度*1	使用条件			
設置場所 型式	内部流体	材 料			最高使用圧力 (MPa[gage])	最高使用温度 (°C)		
屋内・ たて置円筒形	1次冷却材 ほう酸水	炭素鋼 (ステンレス鋼内張り)	蓄圧タンク (3)	MS-1、重*3	約 4.9	約150	◎	圧力
			ほう酸注入タンク (1)	MS-1、重*3	約18.8	約150		
		ステンレス鋼	体積制御タンク (1)	PS-2	約0.49	約 95	◎	圧力
			ほう酸タンク (2)	MS-1、重*3	大気圧	約 95		
	希ガス等	炭素鋼	ガス減衰タンク (8)	PS-2	約0.98	約65/約95	◎	
屋内・ 横置円筒形	ヒドラジン水	炭素鋼	原子炉補機冷却水サージタンク (1)	MS-1、重*3	約0.34	約 95	◎	
	苛性ソーダ溶液	ステンレス鋼	よう素除去薬品タンク (1)	MS-1	約0.07	約 65	◎	
屋内・ たて置、横置円筒形	給 水	炭素鋼	湿分分離加熱器第2段ドレンタンク (4)	高*2	約 7.5	約291	◎	圧力
			湿分分離加熱器第1段ドレンタンク (4)	高*2	約 2.8	約235		
			湿分分離器ドレンタンク (2)	高*2	約 1.4	約200		
			1次系補助蒸気復水タンク (2)	高*2	大気圧	約100		
			補助蒸気復水回収タンク (1)	高*2	大気圧	約100		
屋外・ たて置円筒形	ほう酸水	ステンレス鋼	燃料取替用水タンク (1)	MS-1、重*3	大気圧	約 95	◎	
	純 水	炭素鋼	復水タンク (1)	MS-1、重*3	大気圧	約 85	◎	
屋外・ 横置円筒形	燃 料 油	炭素鋼	緊急時対策所用発電機車用燃料油 貯蔵タンク (2)	重*3	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

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種類の補機タンクについて技術評価を実施する。

- ① ほう酸注入タンク
- ② 体積制御タンク
- ③ ガス減衰タンク
- ④ 原子炉補機冷却水サージタンク
- ⑤ よう素除去薬品タンク
- ⑥ 湿分分離加熱器第2段ドレンタンク
- ⑦ 燃料取替用水タンク
- ⑧ 復水タンク
- ⑨ 緊急時対策所用発電機車用燃料油貯蔵タンク

2.1 構造、材料及び使用条件

2.1.1 ほう酸注入タンク

(1) 構造

川内1号炉のほう酸注入タンクは、たて置円筒形のタンクであり、胴板、鏡板、入口管台、出口管台及びマンホールは炭素鋼を使用しており、内面にはステンレス鋼を内張りしている。

温度計管台にはステンレス鋼を使用しており、それぞれほう酸水に接液している。

川内1号炉のほう酸注入タンクの構造図を図2.1-1に示す。

(2) 材料及び使用条件

川内1号炉のほう酸注入タンク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。

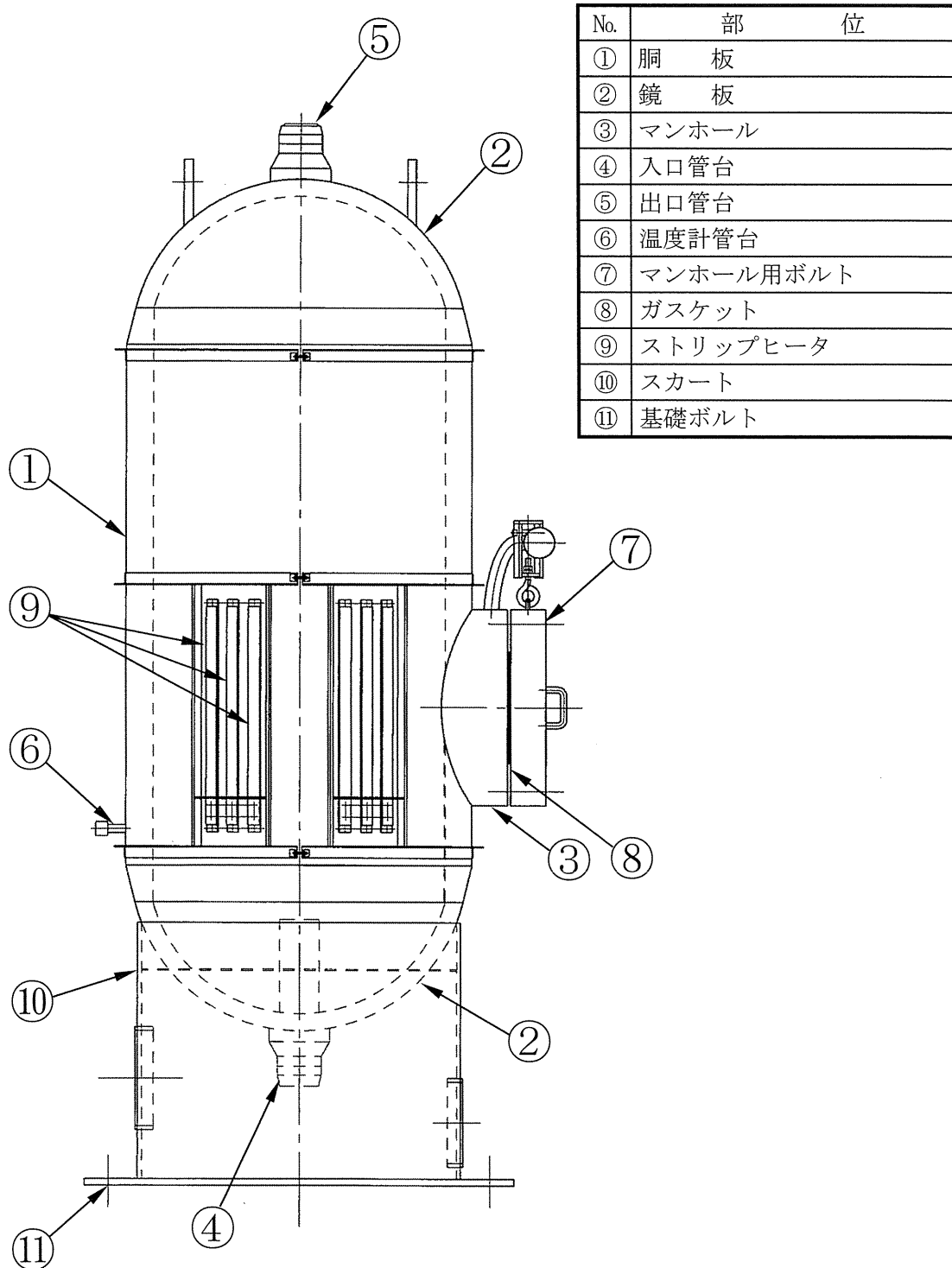


図2.1-1 川内1号炉 ほう酸注入タンク構造図

表2.1-1 川内1号炉 ほう酸注入タンク主要部位の使用材料

部 位	材 料
胴 板	炭素鋼（ステンレス鋼内張り）
鏡 板	炭素鋼（ステンレス鋼内張り）
マンホール	炭素鋼（ステンレス鋼内張り）
入口管台	炭素鋼（ステンレス鋼内張り）
出口管台	炭素鋼（ステンレス鋼内張り）
温度計管台	ステンレス鋼
マンホール用ボルト	低合金鋼
ガスケット	消耗品・定期取替品
ストリップヒータ	低合金鋼、酸化マグネシウム
スカート	炭 素 鋼
基礎ボルト	炭 素 鋼

表2.1-2 川内1号炉 ほう酸注入タンクの使用条件

最高使用圧力	約18.8MPa[gage]
最高使用温度	約150℃
内 部 流 体	ほう酸水

2.1.2 体積制御タンク

(1) 構造

川内1号炉の体積制御タンクは、たて置円筒形のタンクであり、胴板、鏡板等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1号炉の体積制御タンクの構造図を図2.1-2に示す。

(2) 材料及び使用条件

川内1号炉の体積制御タンク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	胴 板
②	鏡 板
③	マンホール
④	抽出水入口管台
⑤	水素、窒素封入管台
⑥	ベント管台
⑦	封水戻り管台
⑧	水位計管台
⑨	出口管台
⑩	逃し弁出口管台
⑪	ドレン管台
⑫	マンホール用ボルト
⑬	ガスケット
⑭	スカート
⑮	基礎ボルト

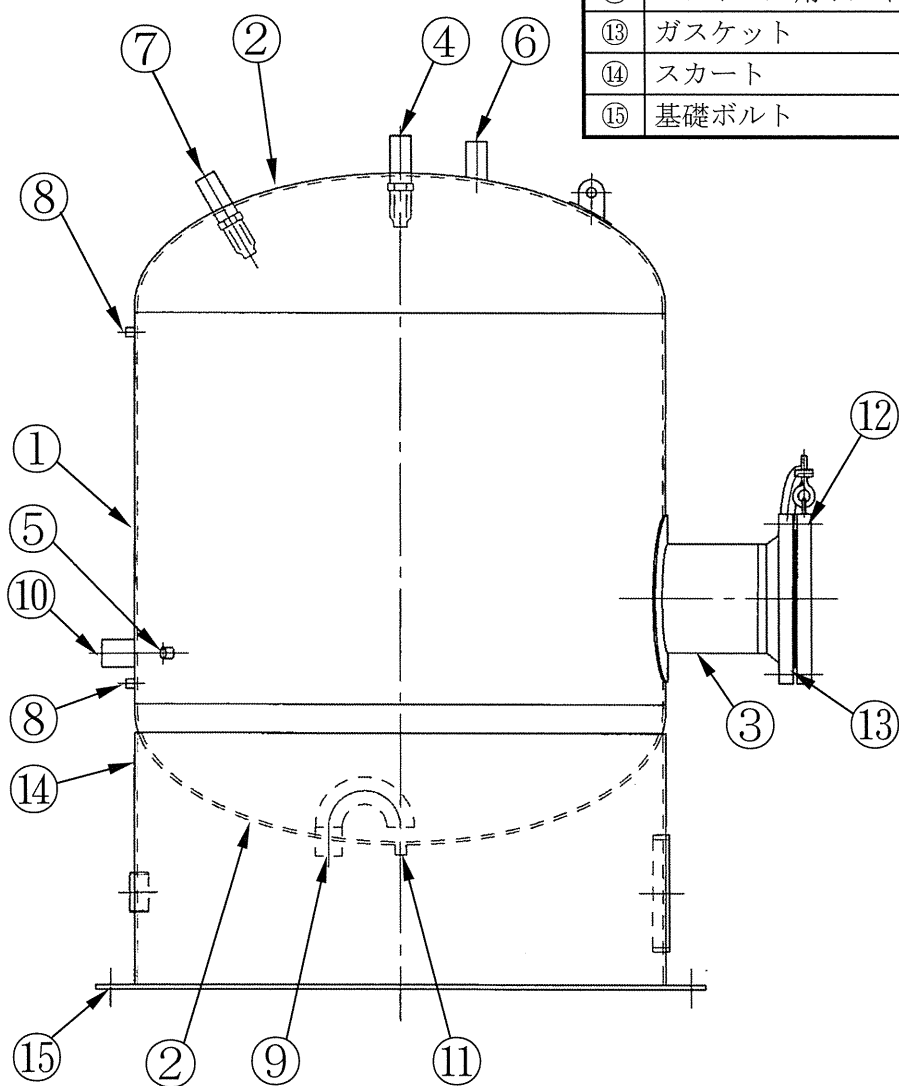


図2.1-2 川内1号炉 体積制御タンク構造図

表2.1-3 川内1号炉 体積制御タンク主要部位の使用材料

部 位	材 料
胴 板	ステンレス鋼
鏡 板	ステンレス鋼
マンホール	ステンレス鋼
抽出水入口管台	ステンレス鋼
水素、窒素封入管台	ステンレス鋼
ベント管台	ステンレス鋼
封水戻り管台	ステンレス鋼
水位計管台	ステンレス鋼
出口管台	ステンレス鋼
逃し弁出口管台	ステンレス鋼
ドレン管台	ステンレス鋼
マンホール用ボルト	低合金鋼
ガスケット	消耗品・定期取替品
スカート	炭 素 鋼
基礎ボルト	炭 素 鋼

表2.1-4 川内1号炉 体積制御タンクの使用条件

最高使用圧力	約0.49MPa[gage]
最高使用温度	約95℃
内 部 流 体	1次冷却材

2.1.3 ガス減衰タンク

(1) 構造

川内1号炉のガス減衰タンクは、たて置円筒形のタンクであり、胴板、鏡板等には炭素鋼を使用しており、希ガス等に接している。

川内1号炉のガス減衰タンクの構造図を図2.1-3に示す。

(2) 材料及び使用条件

川内1号炉のガス減衰タンク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	胴 板
②	鏡 板
③	マンホール
④	ドレン管台
⑤	試料採取管台
⑥	出入口管台
⑦	マンホール用ボルト
⑧	ガスケット
⑨	支持脚
⑩	基礎ボルト

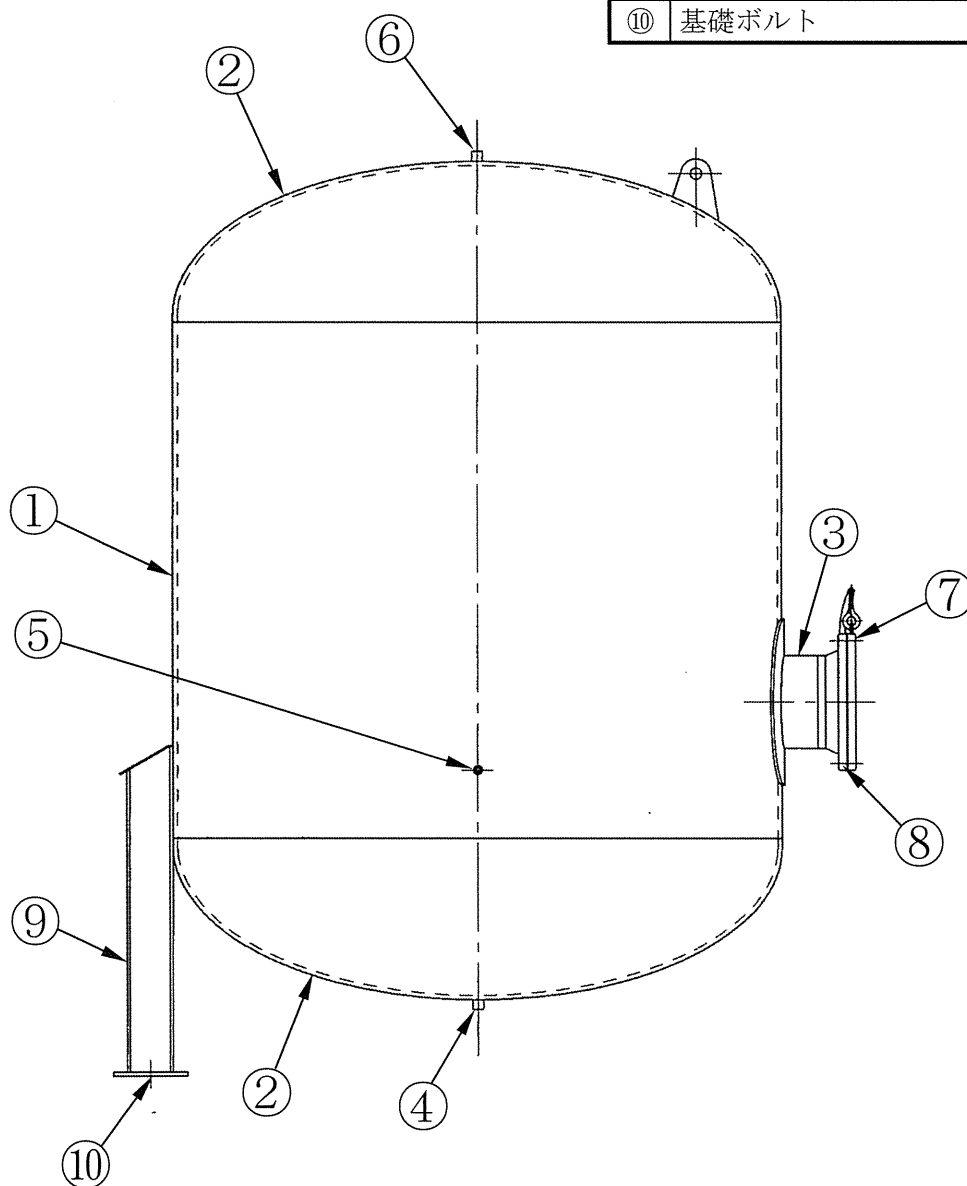


図2.1-3 川内1号炉 ガス減衰タンク構造図

表2.1-5 川内1号炉 ガス減衰タンク主要部位の使用材料

部 位	材 料
胴 板	炭 素 鋼
鏡 板	炭 素 鋼
マンホール	炭 素 鋼
ドレン管台	炭 素 鋼
試料採取管台	炭 素 鋼
出入口管台	炭 素 鋼
マンホール用ボルト	低合金鋼
ガスケット	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1号炉 ガス減衰タンクの使用条件

最高使用圧力	約0.98MPa[gage]
最高使用温度	約65℃/約95℃
内 部 流 体	希ガス等

2.1.4 原子炉補機冷却水サージタンク

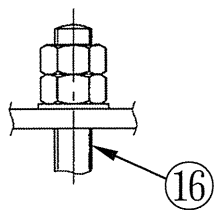
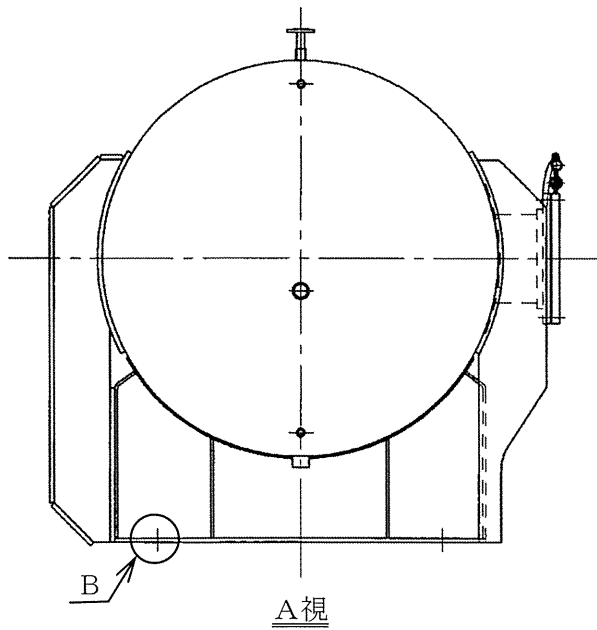
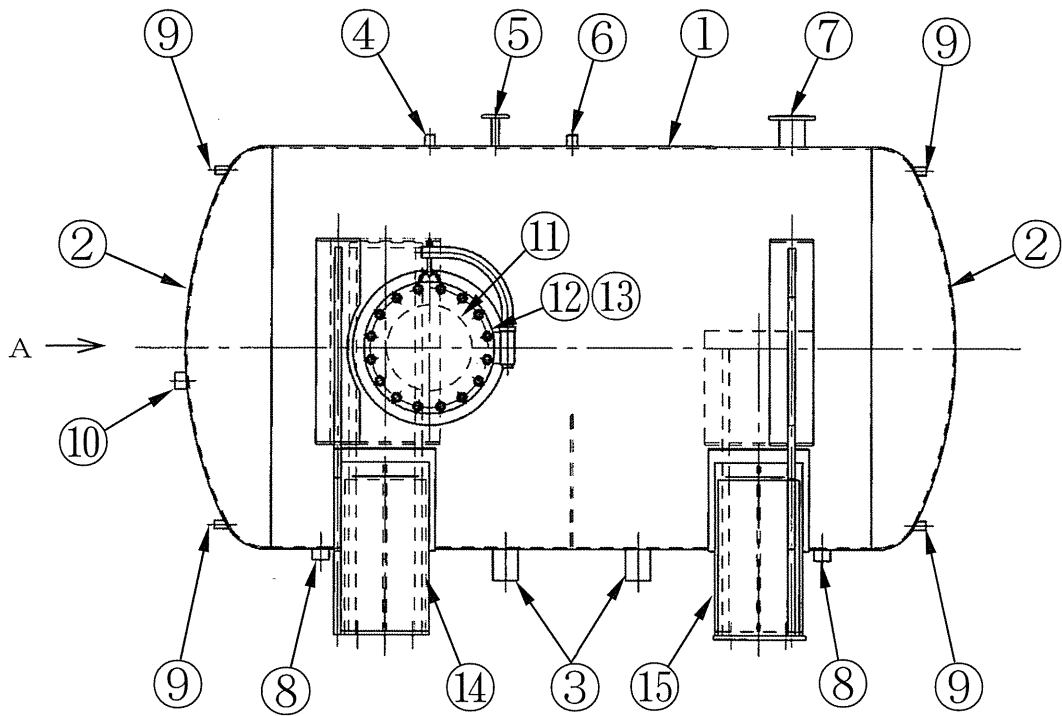
(1) 構造

川内1号炉の原子炉補機冷却水サージタンクは、横置円筒形のタンクであり、胴板、鏡板等には炭素鋼を使用しており、ヒドラジン水（防錆剤注入水）に接液している。

川内1号炉の原子炉補機冷却水サージタンクの構造図を図2.1-4に示す。

(2) 材料及び使用条件

川内1号炉の原子炉補機冷却水サージタンク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	胴 板
②	鏡 板
③	サージ管台
④	薬液入口管台
⑤	バキュームリリース弁管台
⑥	ベント管台
⑦	逃がし弁管台
⑧	ドレン管台
⑨	水位計管台
⑩	再循環管台
⑪	マンホール
⑫	マンホール用ボルト
⑬	ガスケット
⑭	支持脚
⑮	支持脚 (スライド脚)
⑯	基礎ボルト

B 部基礎ボルト詳細

図2.1-4 川内1号炉 原子炉補機冷却水サージタンク構造図

表2.1-7 川内1号炉 原子炉補機冷却水サージタンク主要部位の使用材料

部 位	材 料
胴 板	炭 素 鋼
鏡 板	炭 素 鋼
サージ管台	炭 素 鋼
薬液入口管台	炭 素 鋼
バキュームリリーフ弁管台	炭 素 鋼
ベント管台	炭 素 鋼
逃がし弁管台	炭 素 鋼
ドレン管台	炭 素 鋼
水位計管台	炭 素 鋼
再循環管台	炭 素 鋼
マンホール	炭 素 鋼
マンホール用ボルト	低合金鋼
ガスケット	消耗品・定期取替品
支 持 脚	炭 素 鋼
支持脚（スライド脚）	炭 素 鋼
基礎ボルト	炭 素 鋼

表2.1-8 川内1号炉 原子炉補機冷却水サージタンクの使用条件

最高使用圧力	約0.34MPa[gage]
最高使用温度	約95℃
内 部 流 体	ヒドラジン水

2.1.5 よう素除去薬品タンク

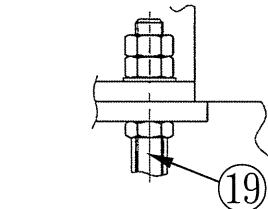
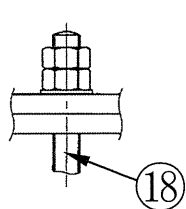
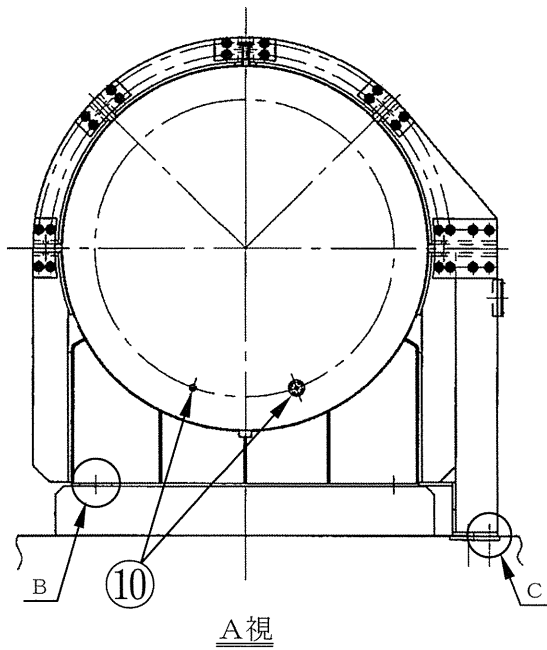
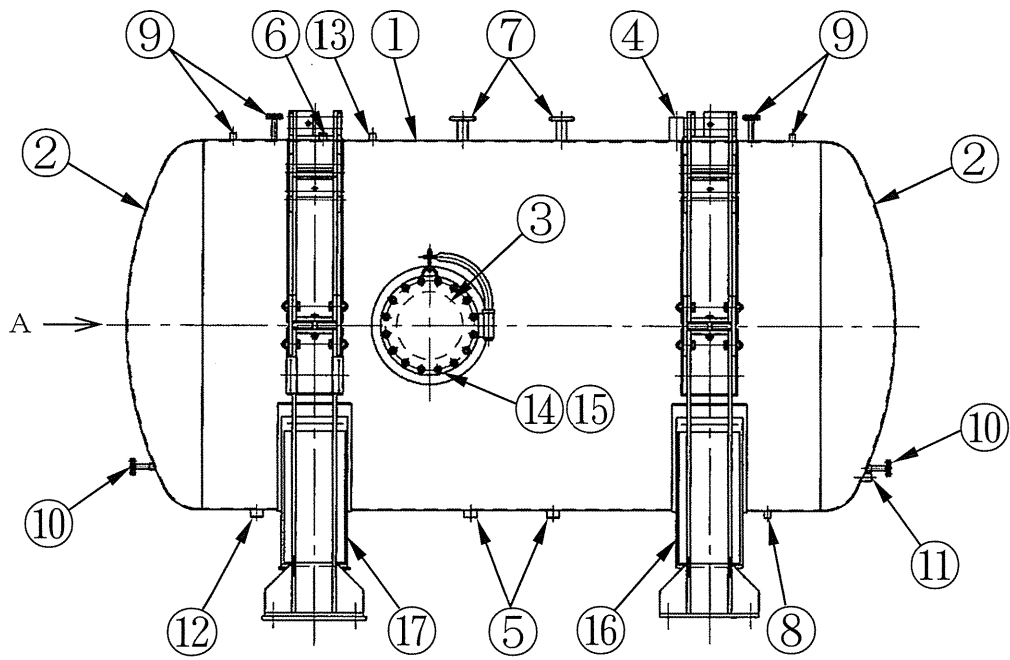
(1) 構造

川内1号炉のよう素除去薬品タンクは、横置円筒形のタンクであり、胴板、鏡板等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1号炉のよう素除去薬品タンクの構造図を図2.1-5に示す。

(2) 材料及び使用条件

川内1号炉のよう素除去薬品タンク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。



B部基礎ボルト (スタッドボルト) 詳細

C部基礎ボルト (ケミカルアンカ) 詳細

No.	部 位
①	胴 板
②	鏡 板
③	マンホール
④	薬液入口管台
⑤	出口管台
⑥	窒素供給管台
⑦	バキュームリリース弁管台
⑧	サンプリング管台
⑨	上部水位計管台
⑩	下部水位計管台
⑪	温度計管台
⑫	ドレン管台
⑬	逃がし弁管台
⑭	マンホール用ボルト
⑮	ガスケット
⑯	支持脚
⑰	支持脚 (スライド脚)
⑱	基礎ボルト
⑲	基礎ボルト (ケミカルアンカ)

図2.1-5 川内1号炉 よう素除去薬品タンク構造図

表2.1-9 川内1号炉 よう素除去薬品タンク主要部位の使用材料

部 位	材 料
胴 板	ステンレス鋼
鏡 板	ステンレス鋼
マンホール	ステンレス鋼 炭素鋼（ステンレス鋼内張り）
薬液入口管台	ステンレス鋼
出口管台	ステンレス鋼
窒素供給管台	ステンレス鋼
バキュームリリーフ弁管台	ステンレス鋼
サンプリング管台	ステンレス鋼
上部水位計管台 下部水位計管台	ステンレス鋼
温度計管台	ステンレス鋼
ドレン管台	ステンレス鋼
逃がし弁管台	ステンレス鋼
マンホール用ボルト	低合金鋼
ガスケット	消耗品・定期取替品
支 持 脚	炭 素 鋼
支持脚（スライド脚）	炭 素 鋼
基礎ボルト	炭 素 鋼
基礎ボルト（ケミカルアンカ）	低合金鋼 不飽和ポリエステル樹脂

表2.1-10 川内1号炉 よう素除去薬品タンクの使用条件

最高使用圧力	約0.07MPa[gage]
最高使用温度	約65℃
内 部 流 体	苛性ソーダ溶液

2.1.6 湿分分離加熱器第2段ドレンタンク

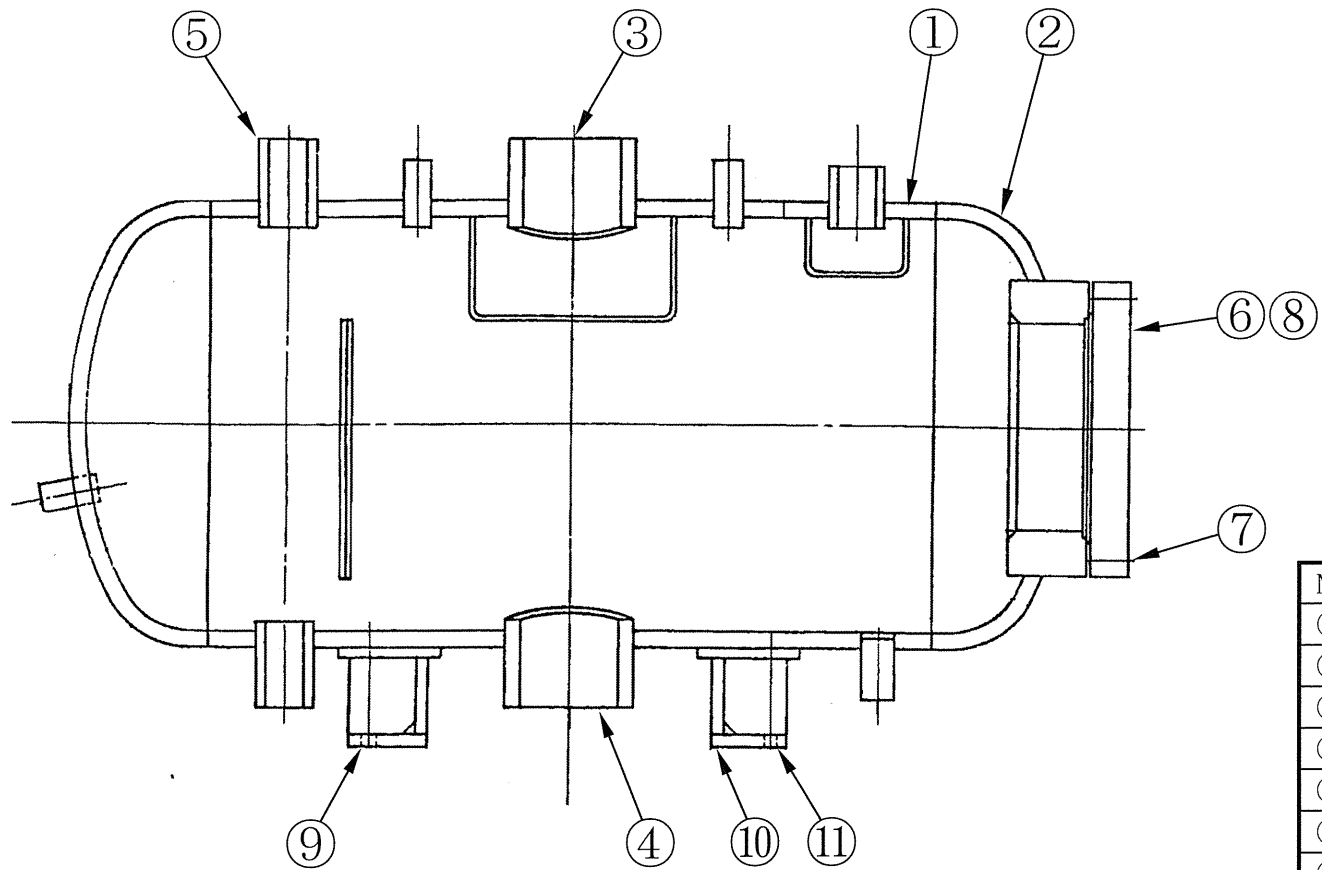
(1) 構造

川内1号炉の湿分分離加熱器第2段ドレンタンクは、横置円筒形のタンクであり、胴板、鏡板等には炭素鋼を使用しており、給水に接液している。

川内1号炉の湿分分離加熱器第2段ドレンタンクの構造図を図2.1-6に示す。

(2) 材料及び使用条件

川内1号炉の湿分分離加熱器第2段ドレンタンク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	胴 板
②	鏡 板
③	ドレン入口管台
④	ドレン出口管台
⑤	計器用管台
⑥	マンホール
⑦	マンホール用ボルト
⑧	ガスケット
⑨	支持脚
⑩	支持脚 (スライド脚)
⑪	取付ボルト

図2.1-6 川内1号炉 湿分分離加熱器第2段ドレンタンク構造図

表2.1-11 川内1号炉 湿分分離加熱器第2段ドレンタンク主要部位の使用材料

部 位	材 料
胴 板	炭 素 鋼
鏡 板	炭 素 鋼
ドレン入口管台	炭 素 鋼
ドレン出口管台	炭 素 鋼
計器用管台	炭 素 鋼
マンホール	炭 素 鋼
マンホール用ボルト	低合金鋼
ガスケット	消耗品・定期取替品
支持脚	炭 素 鋼
支持脚（スライド脚）	炭 素 鋼
取付ボルト	炭 素 鋼

表2.1-12 川内1号炉 湿分分離加熱器第2段ドレンタンクの使用条件

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

2.1.7 燃料取替用水タンク

(1) 構造

川内1号炉の燃料取替用水タンクは、たて置円筒形のタンクであり、胴板、底板等にはステンレス鋼を使用しており、ほう酸水に接液している。

川内1号炉の燃料取替用水タンクの構造図を図2.1-7に示す。

(2) 材料及び使用条件

川内1号炉の燃料取替用水タンク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	胴 板
②	底 板
③	屋 根 板
④	マンホール
⑤	入口管台
⑥	出口管台
⑦	水位計管台
⑧	温度計管台
⑨	ドレン管台
⑩	オーバーフロー管台
⑪	ヒータ循環水入口管台
⑫	攪拌用管台
⑬	マンホール用ボルト
⑭	ガスケット
⑮	基礎ボルト

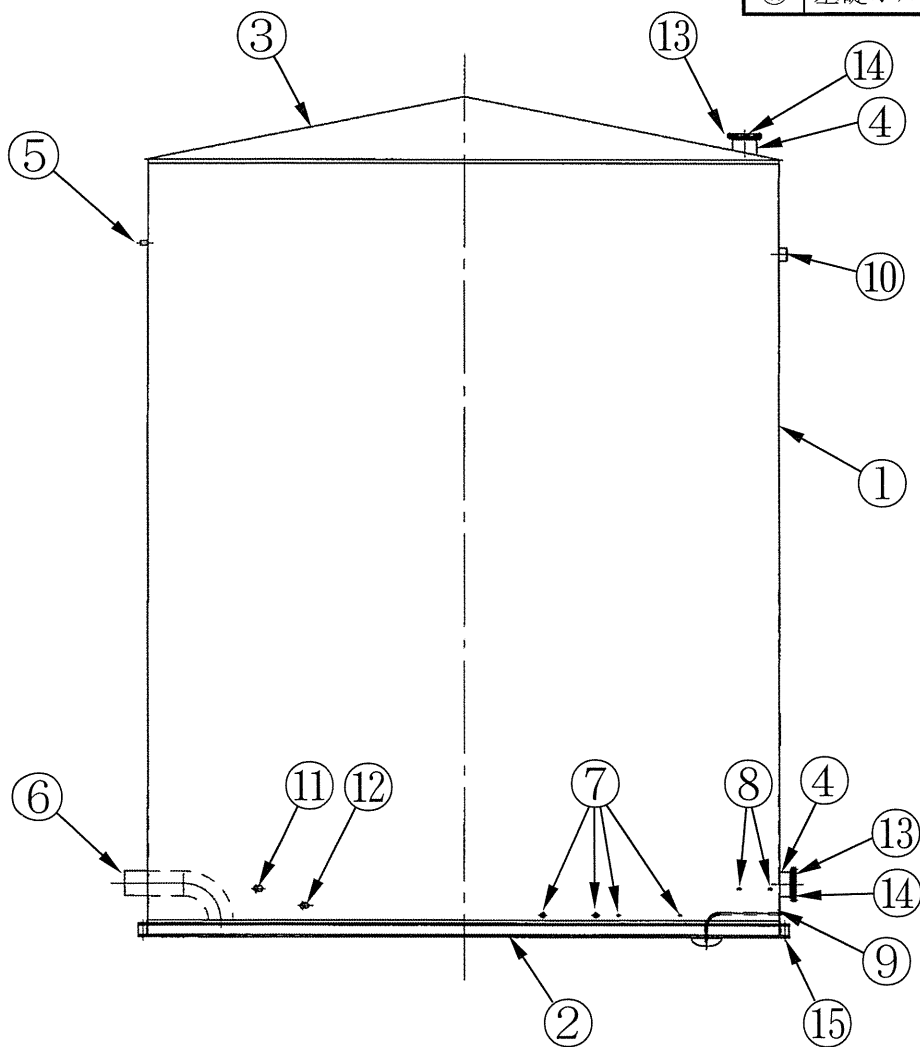


図2.1-7 川内1号炉 燃料取替用水タンク構造図

表2.1-13 川内1号炉 燃料取替用水タンク主要部位の使用材料

部 位	材 料
胴 板	ステンレス鋼
底 板	ステンレス鋼
屋 根 板	ステンレス鋼
マンホール	ステンレス鋼
入口管台	ステンレス鋼
出口管台	ステンレス鋼
水位計管台	ステンレス鋼
温度計管台	ステンレス鋼
ドレン管台	ステンレス鋼
オーバーフロー管台	ステンレス鋼
ヒータ循環水入口管台	ステンレス鋼
攪拌用管台	ステンレス鋼
マンホール用ボルト	低合金鋼
ガスケット	消耗品・定期取替品
基礎ボルト	低合金鋼

表2.1-14 川内1号炉 燃料取替用水タンクの使用条件

最高使用圧力	大 気 圧
最高使用温度	95℃
内 部 流 体	ほう酸水

2.1.8 復水タンク

(1) 構造

川内1号炉の復水タンクは、たて置円筒形のタンクであり、胴板、屋根板、底板等には炭素鋼を使用しており、純水に接液している。

川内1号炉の復水タンク構造図を図2.1-8に示す。

(2) 材料及び使用条件

川内1号炉の復水タンク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	胴 板
②	屋 根 板
③	底 板
④	補助給水ポンプ吸込管台
⑤	復水出入口管台
⑥	タンク補給水入口管台
⑦	オーバーフロー管台
⑧	空気抜管台
⑨	加熱蒸気入口管台
⑩	加熱蒸気ドレン出口管台
⑪	計器用管台
⑫	マンホール
⑬	マンホール用ボルト
⑭	ガスケット
⑮	基礎ボルト

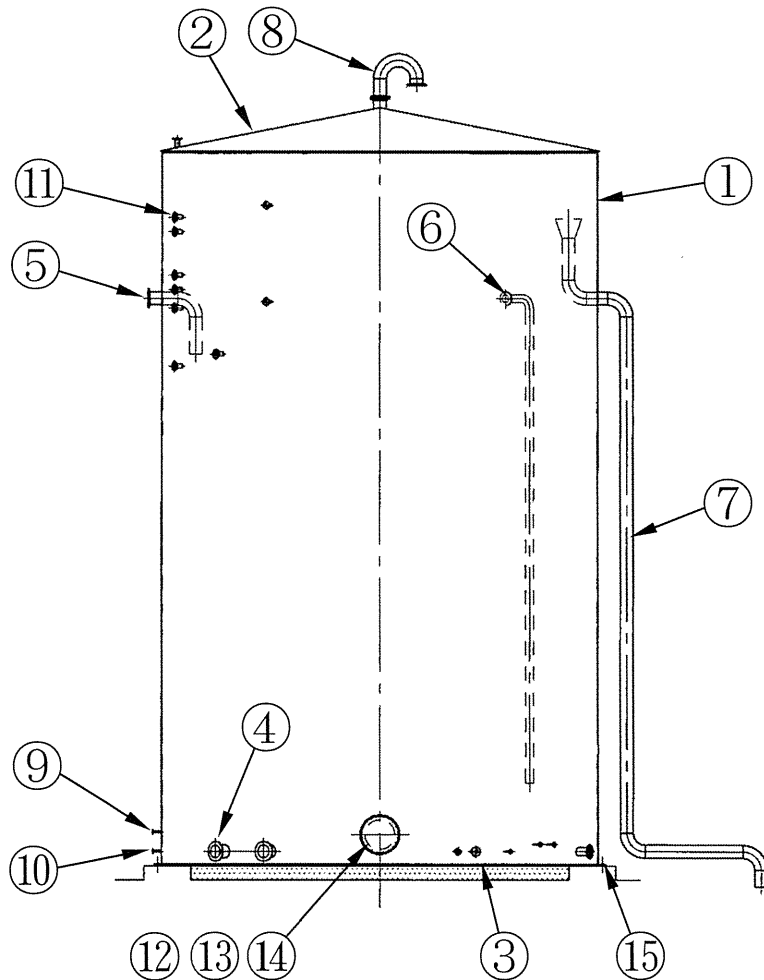


図2.1-8 川内1号炉 復水タンク構造図

表2.1-15 川内1号炉 復水タンク主要部位の使用材料

部 位	材 料
胴 板	炭 素 鋼
屋 根 板	炭 素 鋼
底 板	炭 素 鋼
補助給水ポンプ吸込管台	炭 素 鋼
復水出入口管台	炭 素 鋼
タンク補給水入口管台	炭 素 鋼
オーバーフロー管台	炭 素 鋼
空気抜管台	炭 素 鋼
加熱蒸気入口管台	ステンレス鋼
加熱蒸気ドレン出口管台	ステンレス鋼
計器用管台	ステンレス鋼 炭 素 鋼
マンホール	炭 素 鋼
マンホール用ボルト	低合金鋼
ガスケット	消耗品・定期取替品
基礎ボルト	低合金鋼

表2.1-16 川内1号炉 復水タンクの使用条件

最高使用圧力	大 気 圧
最高使用温度	約85℃
内 部 流 体	純 水

2.1.9 緊急時対策所用発電機車用燃料油貯蔵タンク

(1) 構造

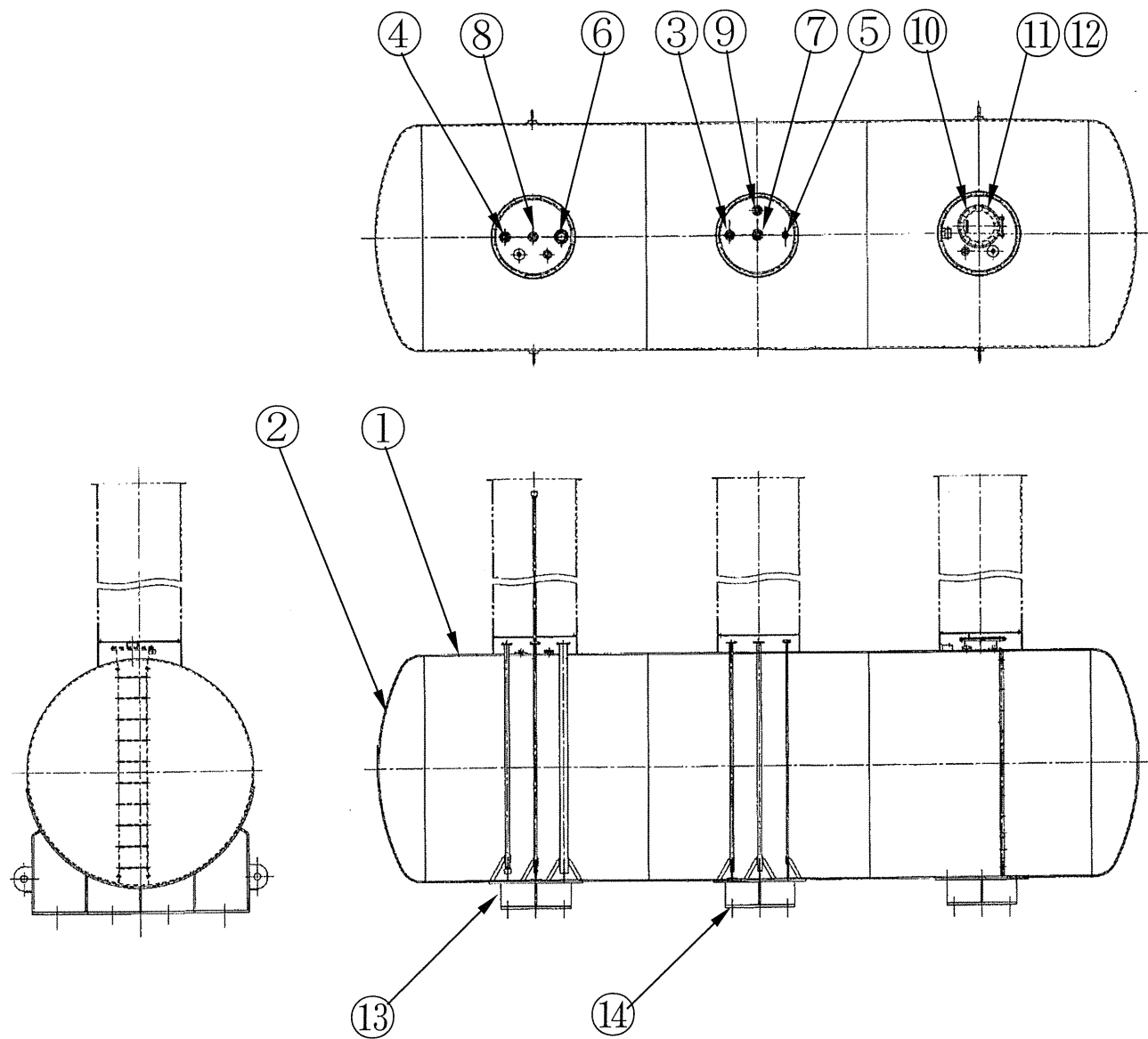
川内1号炉の緊急時対策所用発電機車用燃料油貯蔵タンクは、横置円筒形のタンクであり、屋外の土中に埋設されている。

胴板、鏡板等には炭素鋼を使用しており、燃料油に接液している。外面は消防法に基づいて塗装している。

川内1号炉の緊急時対策所用発電機車用燃料油貯蔵タンク構造図を図2.1-9に示す。

(2) 材料及び使用条件

川内1号炉の緊急時対策所用発電機車用燃料油貯蔵タンク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	胴 板
②	鏡 板
③	油戻り管台
④	送油口管台
⑤	水抜管管台
⑥	油面計管台
⑦	注入口管台
⑧	計量尺用管台
⑨	通気管管台
⑩	マンホール
⑪	マンホール用ボルト
⑫	ガスケット
⑬	支持脚
⑭	基礎ボルト

図2.1-9 川内1号炉 緊急時対策所用発電機用燃料油貯蔵タンク構造図

表2.1-17 川内1号炉 緊急時対策所用発電機車用燃料油貯蔵タンク主要部位の使用材料

部 位	材 料
胴 板	炭 素 鋼
鏡 板	炭 素 鋼
油戻り管台	炭 素 鋼
送油口管台	炭 素 鋼
水抜管管台	炭 素 鋼
油面計管台	炭 素 鋼
注入口管台	炭 素 鋼
計量尺用管台	炭 素 鋼
通気管管台	炭 素 鋼
マンホール	炭 素 鋼
マンホール用ボルト	低合金鋼
ガスケット	消耗品・定期取替品
支持脚	炭 素 鋼
基礎ボルト	低合金鋼

表2.1-18 川内1号炉 緊急時対策所用発電機車用燃料油貯蔵タンクの使用条件

最高使用圧力	大 気 圧
最高使用温度	約40℃
内 部 流 体	燃料油

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機能達成に必要な項目

補機タンクの機能である貯蔵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 保温構成品
- 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

補機タンク個々について、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2.2-9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) 胴板等耐圧構成品の外表面からの腐食（全面腐食）

[ほう酸注入タンク、ガス減衰タンク、原子炉補機冷却水サージタンク、よう素除去薬品タンク、湿分分離加熱器第2段ドレンタンク、復水タンク]

胴板等耐圧構成品は炭素鋼であり、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) 胴板等の外面からの腐食（全面腐食）

[緊急時対策所用発電機車用燃料油貯蔵タンク]

緊急時対策所用発電機車用燃料油貯蔵タンクは屋外の土中に埋設されており、炭素鋼を使用している胴板等は外面の状況を把握できず、腐食が想定される。

しかしながら、胴板等の外面は、消防法の規制に基づいた塗装がされたうえ乾燥砂で覆われており、腐食が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。

なお、消防法に基づく気密試験により、機器の健全性を確認している。

また、マンホール及び各管台の大气接触部は炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、大气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) 胴板等耐圧構成品の内面からの腐食（全面腐食）

[ガス減衰タンク、原子炉補機冷却水サージタンク、よう素除去薬品タンク、湿分分離加熱器第2段ドレンタンク、復水タンク、緊急時対策所用発電機車用燃料油貯蔵タンク]

ガス減衰タンク及び復水タンクの胴板等耐圧構成品は炭素鋼であり、ガス減衰タンクについてはドレン水がタンク下部に滞留しており、また、復水タンクについては内部流体が飽和溶存酸素濃度（最大約8ppm）の流体であるため、長期使用により内面からの腐食が想定される。

しかしながら、胴板等耐圧構成品の腐食に対しては、ガス減衰タンクについては、開放点検時に内面全体の目視確認により有意な腐食がないことを確認している。

また、復水タンクについては、開放点検時に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としている。

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。

原子炉補機冷却水サージタンク、湿分分離加熱器第2段ドレンタンク及び緊急時対策所用発電機車用燃料油貯蔵タンクの胴板等耐圧構成品は炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、内部流体は、原子炉補機冷却水サージタンクがヒドラジン水（防錆剤注入水）、湿分分離加熱器第2段ドレンタンクが給水（溶存酸素濃度：5ppb以下）、緊急時対策所用発電機車用燃料油貯蔵タンクが燃料油であり腐食の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、開放点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

よう素除去薬品タンク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、接液部材料が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いことから、腐食が発生する可能性は小さい。

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

なお、開放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) 管台の内面からの応力腐食割れ [ほう酸注入タンク]

1977年10月、米国H. B. ロビンソン (H. B. Robinson) 発電所のほう酸注入タンクでカップリングから管台（ともにステンレス鋼）にかけて内面からの応力腐食割れによる損傷が発生している。この事象は、飽和溶存酸素濃度（最大約8ppm）のほう酸水環境下で、高炭素量のステンレス鋼を使用していた管台が著しく鋭敏化していたことが原因となり発生したものである。

しかしながら、タンク本体の熱処理を行った後に管台を溶接しており、材料の有意な鋭敏化はないと判断される。

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、開放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) 胴板等耐圧構成品の外表面からの応力腐食割れ

[燃料取替用水タンク、復水タンク]

燃料取替用水タンクの胴板等耐圧構成品、復水タンクの加熱蒸気入口管台等はステンレス鋼であり、屋外に設置されているため、大気中の海塩粒子に含まれる塩化物イオンの付着による応力腐食割れが想定される。

しかしながら、大気接触部は塗装や防水措置（保温）により腐食を防止しており、塗装や防水措置（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、機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(6) 銅板等耐圧構成品の内面からの応力腐食割れ [よう素除去薬品タンク]

よう素除去薬品タンクの銅板等耐圧構成品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ることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、開放点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

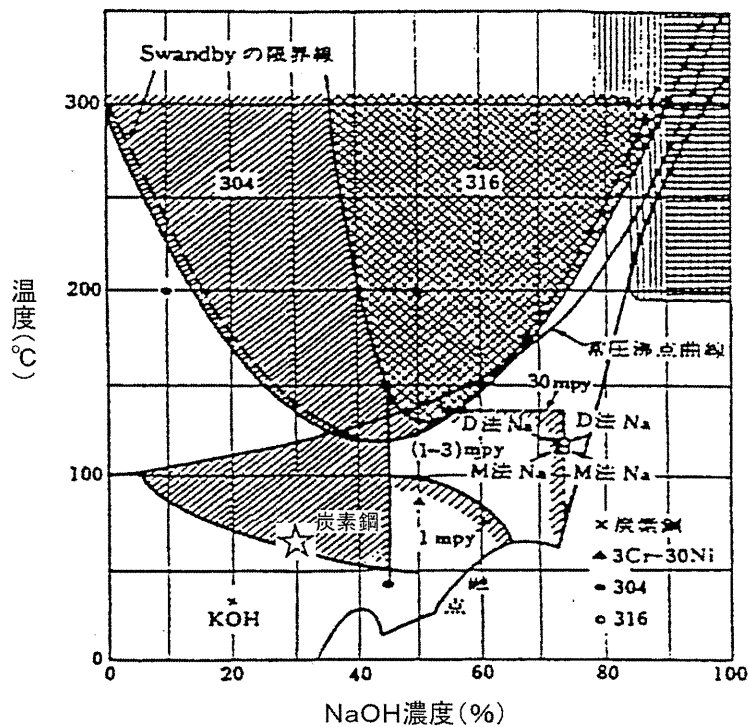


図2.2-1 SUS 304 / 316材のNaOH溶液中でのSCC感受性

[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)

(7) ヒータの絶縁低下 [ほう酸注入タンク]

ヒータの絶縁物には、酸化マグネシウムを使用しており、長期の使用により絶縁低下が想定される。

しかしながら、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。

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

(8) マンホール用ボルトの腐食（全面腐食） [共通]

マンホール用ボルトは、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、開放点検時の目視確認等により、機器の健全性を確認している。

(9) 支持脚等の腐食（全面腐食）

[ほう酸注入タンク、体積制御タンク、ガス減衰タンク、原子炉補機冷却水サージタンク、よう素除去薬品タンク、湿分分離加熱器第2段ドレンタンク、緊急時対策所用発電機車用燃料油貯蔵タンク]

支持脚及びスカートは炭素鋼であり、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。

(10) 支持脚（スライド脚）の腐食（全面腐食）

[原子炉補機冷却水サージタンク、よう素除去薬品タンク、湿分分離加熱器第2段ドレンタンク]

原子炉補機冷却水サージタンク、よう素除去薬品タンク及び湿分分離加熱器第2段ドレンタンクは横置きであり、支持脚（スライド脚）が設置されているが、スライド部は炭素鋼であり、長期使用により、腐食による固着が想定される。

しかしながら、湿分分離加熱器第2段ドレンタンクの支持脚（スライド脚）の腐食に対しては、プラント起動時に目視によりスライド部が正常であることを確認し、機器の健全性を維持している。

一方、通常運転状態での横方向移動が少ない原子炉補機冷却水サージタンク及びよう素除去薬品タンクの支持脚（スライド脚）については、巡視点検等で目視によりスライド部を覆っている塗装の健全性を確認している。

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。

(11) 取付ボルトの腐食（全面腐食）[湿分分離加熱器第2段ドレンタンク]

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。

(12) 基礎ボルトの腐食（全面腐食）及び劣化

[ほう酸注入タンク、体積制御タンク、ガス減衰タンク、原子炉補機冷却水サージタンク、よう素除去薬品タンク、燃料取替用水タンク、復水タンク、緊急時対策所用発電機車用燃料油貯蔵タンク]

基礎ボルトは炭素鋼又は低合金鋼であり、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。

2.2.4 消耗品及び定期取替品

ガスケットは開放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1号炉 ほう酸注入タンクに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・ 定期 取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
				減 肉		割 れ		材質変化			その他
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣 化		
バウンダリの維持	胴 板		炭素鋼 (ステンレス鋼内張り)		△(外面)					*1：絶縁低下	
	鏡 板		炭素鋼 (ステンレス鋼内張り)		△(外面)						
	マンホール		炭素鋼 (ステンレス鋼内張り)		△(外面)						
	入口管台		炭素鋼 (ステンレス鋼内張り)		△(外面)						
	出口管台		炭素鋼 (ステンレス鋼内張り)		△(外面)						
	温度計管台		ステンレス鋼				△				
	マンホール用ボルト		低合金鋼		△						
	ガスケット	◎	—								
保温構成品	ストリップヒータ		低合金鋼 酸化マグネシウム						△*1		
機器の支持	スカート		炭素鋼		△						
	基礎ボルト		炭素鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-2 川内1号炉 体積制御タンクに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・ 定期 取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考
				減 肉		割 れ		材質変化		その他	
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣 化		
バウンダリの維持	胴 板		ステンレス鋼								
	鏡 板		ステンレス鋼								
	マンホール		ステンレス鋼								
	抽出水入口管台		ステンレス鋼								
	水素、窒素封入管台		ステンレス鋼								
	ベント管台		ステンレス鋼								
	封水戻り管台		ステンレス鋼								
	水位計管台		ステンレス鋼								
	出口管台		ステンレス鋼								
	逃し弁出口管台		ステンレス鋼								
	ドレン管台		ステンレス鋼								
	マンホール用ボルト		低合金鋼		△						
	ガスケット	◎	—								
機器の支持	スカート		炭素鋼		△						
	基礎ボルト		炭素鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-3 川内1号炉 ガス減衰タンクに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
				減 肉		割 れ		材質変化			その他
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐蝕割れ	熱時効	劣 化		
バウンダリの維持	胴 板		炭素鋼		△(内面) △(外面)						
	鏡 板		炭素鋼		△(内面) △(外面)						
	マンホール		炭素鋼		△(内面) △(外面)						
	ドレン管台		炭素鋼		△(内面) △(外面)						
	試料採取管台		炭素鋼		△(内面) △(外面)						
	出入口管台		炭素鋼		△(内面) △(外面)						
	マンホール用ボルト		低合金鋼		△						
	ガスケット	◎	—								
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1号炉 原子炉補機冷却水サージタンクに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・ 定期 取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
				減 肉		割 れ		材質変化			その他
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣 化		
バウンダリの維持	胴 板		炭素鋼		△(内面) △(外面)					*1：スライド部の腐食	
	鏡 板		炭素鋼		△(内面) △(外面)						
	サージ管台		炭素鋼		△(内面) △(外面)						
	薬液入口管台		炭素鋼		△(内面) △(外面)						
	バキュームリーフ弁管台		炭素鋼		△(内面) △(外面)						
	ベント管台		炭素鋼		△(内面) △(外面)						
	逃がし弁管台		炭素鋼		△(内面) △(外面)						
	ドレン管台		炭素鋼		△(内面) △(外面)						
	水位計管台		炭素鋼		△(内面) △(外面)						
	再循環管台		炭素鋼		△(内面) △(外面)						
	マンホール		炭素鋼		△(内面) △(外面)						
	マンホール用ボルト		低合金鋼		△						
	ガスケット	◎	—								
機器の支持	支 持 脚		炭素鋼		△						
	支持脚(スライド脚)		炭素鋼		△ ^{*1} △						
	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1号炉 よう素除去薬品タンクに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・ 定期 取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
				減 肉		割 れ		材質変化			その他
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣 化		
バウンダリの維持	胴 板		ステンレス鋼		△(内面)		△			*1：スライド部の腐食 *2：樹脂の劣化	
	鏡 板		ステンレス鋼		△(内面)		△				
	マンホール		ステンレス鋼 炭素鋼 (ステンレス鋼内張り)		△(内面) △(外面)		△				
	薬液入口管台		ステンレス鋼		△(内面)		△				
	出口管台		ステンレス鋼		△(内面)		△				
	窒素供給管台		ステンレス鋼		△(内面)		△				
	バキュームリーフ弁管台		ステンレス鋼		△(内面)		△				
	サンプリング管台		ステンレス鋼		△(内面)		△				
	上部・下部水位計管台		ステンレス鋼		△(内面)		△				
	温度計管台		ステンレス鋼		△(内面)		△				
	ドレン管台		ステンレス鋼		△(内面)		△				
	逃がし弁管台		ステンレス鋼		△(内面)		△				
	マンホール用ボルト		低合金鋼		△						
ガスケット	◎	—									
機器の支持	支 持 脚		炭 素 鋼		△						
	支持脚(スライド脚)		炭 素 鋼		△ ^{*1}						
	基礎ボルト		炭 素 鋼		△						
	基礎ボルト(ケミカルナカ)		低合金鋼 不飽和ポリエステル 樹脂		△			△ ^{*2}			

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-6 川内1号炉 湿分分離加熱器第2段ドレンタンクに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
				減 肉		割 れ		材質変化			その他
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣 化		
バウンダリの維持	胴 板		炭 素 鋼		△(内面) △(外面)					*1：スライド部の腐食	
	鏡 板		炭 素 鋼		△(内面) △(外面)						
	ドレン入口管台		炭 素 鋼		△(内面) △(外面)						
	ドレン出口管台		炭 素 鋼		△(内面) △(外面)						
	計器用管台		炭 素 鋼		△(内面) △(外面)						
	マンホール		炭 素 鋼		△(内面) △(外面)						
	マンホール用ボルト		低合金鋼		△						
	ガスケット	◎	—								
機器の支持	支 持 脚		炭 素 鋼		△						
	支持脚(スライド脚)		炭 素 鋼		△*1 △						
	取付ボルト		炭 素 鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-7 川内1号炉 燃料取替用水タンクに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・ 定期 取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
				減 肉		割 れ		材質変化			その他
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣 化		
バウンダリの維持	胴 板		ステンレス鋼				△				
	底板、屋根板		ステンレス鋼				△				
	マンホール		ステンレス鋼				△				
	入口管台		ステンレス鋼				△				
	出口管台		ステンレス鋼				△				
	水位計管台		ステンレス鋼				△				
	温度計管台		ステンレス鋼				△				
	ドレン管台		ステンレス鋼				△				
	オーバーフロー管台		ステンレス鋼				△				
	ヒータ循環水入口管台		ステンレス鋼				△				
	攪拌用管台		ステンレス鋼				△				
	マンホール用ボルト		低合金鋼		△						
	ガスケット	◎	—								
機器の支持	基礎ボルト		低合金鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-8 川内1号炉 復水タンクに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
				減 肉		割 れ		材質変化			その他
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐蝕割れ	熱時効	劣 化		
バウンダリの維持	胴 板		炭 素 鋼		△(内面) △(外面)						
	屋根板、底板		炭 素 鋼		△(内面) △(外面)						
	補助給水ポンプ吸込管台		炭 素 鋼		△(内面) △(外面)						
	復水出入口管台		炭 素 鋼		△(内面) △(外面)						
	タンク補給水入口管台		炭 素 鋼		△(内面) △(外面)						
	オーバーフロー管台		炭 素 鋼		△(内面) △(外面)						
	空気抜管台		炭 素 鋼		△(内面) △(外面)						
	加熱蒸気入口管台		ステンレス鋼				△				
	加熱蒸気ドレン出口管台		ステンレス鋼				△				
	計器用管台		ステンレス鋼 炭 素 鋼		△(内面) △(外面)		△				
	マンホール		炭 素 鋼		△(内面) △(外面)						
	マンホール用ボルト		低合金鋼		△						
	ガスケット	◎	—								
機器の支持	基礎ボルト		低合金鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-9 川内1号炉 緊急時対策所用発電機車用燃料油貯蔵タンクに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・ 定期 取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
				減 肉		割 れ		材質変化			その他
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣 化		
バウンダリの維持	胴 板		炭 素 鋼		△(内面) △(外面)						
	鏡 板		炭 素 鋼		△(内面) △(外面)						
	油戻り管台		炭 素 鋼		△(内面) △(外面)						
	送油口管台		炭 素 鋼		△(内面) △(外面)						
	水抜管管台		炭 素 鋼		△(内面) △(外面)						
	油面計管台		炭 素 鋼		△(内面) △(外面)						
	注入口管台		炭 素 鋼		△(内面) △(外面)						
	計量尺用管台		炭 素 鋼		△(内面) △(外面)						
	通気管管台		炭 素 鋼		△(内面) △(外面)						
	マンホール		炭 素 鋼		△(内面) △(外面)						
	マンホール用ボルト		低合金鋼		△						
	ガスケット	◎	—								
機器の支持	支 持 脚		炭 素 鋼		△						
	基礎ボルト		低合金鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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。

- ① 蓄圧タンク
- ② ほう酸タンク
- ③ 湿分分離加熱器第1段ドレンタンク
- ④ 湿分分離器ドレンタンク
- ⑤ 1次系補助蒸気復水タンク
- ⑥ 補助蒸気復水回収タンク

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 胴板等耐圧構成品の外側からの腐食（全面腐食）〔共通〕

胴板等耐圧構成品は炭素鋼であり、外側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。

3.2.2 胴板等耐圧構成品の内側からの腐食（全面腐食）

〔湿分分離加熱器第1段ドレンタンク、湿分分離器ドレンタンク、1次系補助蒸気復水タンク、補助蒸気復水回収タンク〕

湿分分離加熱器第1段ドレンタンク及び湿分分離器ドレンタンクの胴板等の耐圧構成品は炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、内部流体が給水（溶存酸素濃度5ppb以下）であることから、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、開放点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

1次系補助蒸気復水タンク、補助蒸気復水回収タンクは胴板等の耐圧構成品が炭素鋼であり、内部流体が飽和溶存酸素濃度（最大約8ppm）の流体であるため、長期使用により腐食が想定される。

しかしながら、開放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 胴板等耐圧構成品の内面からの応力腐食割れ〔蓄圧タンク、ほう酸タンク〕

蓄圧タンクの管台及びほう酸タンクの胴板等耐圧構成品については、溶接部は溶接入熱により鋭敏化している可能性があり、内面からの応力腐食割れが想定される。

しかしながら、溶接後熱処理を施していないこと、また、温度条件的にも100℃未満と低いことにより、内面からの応力腐食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、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 ヒータの絶縁低下〔ほう酸タンク〕

ヒータの絶縁物には、酸化マグネシウムを使用しており、長期の使用により絶縁低下が想定される。

しかしながら、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。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、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 マンホール用ボルトの腐食（全面腐食）〔共通〕

マンホール用ボルトは、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、開放点検時の目視確認等により、機器の健全性を確認している。

3.2.6 支持脚等の腐食（全面腐食）

[蓄圧タンク、ほう酸タンク、湿分分離加熱器第1段ドレンタンク、湿分分離器ドレンタンク]

支持脚及びスカートは炭素鋼であり、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。

3.2.7 支持脚（スライド脚）の腐食（全面腐食）

[湿分分離加熱器第1段ドレンタンク、湿分分離器ドレンタンク]

湿分分離加熱器第1段ドレンタンク及び湿分分離器ドレンタンクは横置きであり、支持脚（スライド脚）が設置されているが、スライド部は炭素鋼であり、長期使用により、腐食による固着が想定される。

しかしながら、支持脚（スライド脚）の腐食に対しては、プラント起動時に目視によりスライド部が正常であることを確認し、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。

3.2.8 取付ボルトの腐食（全面腐食）

[湿分分離加熱器第1段ドレンタンク、湿分分離器ドレンタンク]

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。

3.2.9 基礎ボルトの腐食（全面腐食）

[蓄圧タンク、ほう酸タンク、1次系補助蒸気復水タンク、補助蒸気復水回収タンク]

基礎ボルトは炭素鋼又は低合金鋼であり、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。

5 フィルタ

[対象機器]

- ① 冷却材フィルタ
- ② 封水注入フィルタ
- ③ 封水フィルタ
- ④ ほう酸フィルタ
- ⑤ 格納容器再循環サンプスクリーン

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
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	14

1. 対象機器及び代表機器の選定

川内1号炉で使用されている主要なフィルタの主な仕様を表1-1に示す。

これらのフィルタを設置場所・型式、内部流体及び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に示すフィルタについて、設置場所・型式、内部流体及び材料の観点から2つのグループにまとめられる。

1.2 代表機器の選定

- (1) 設置場所・型式：屋内・たて置円筒形、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、冷却材フィルタ、封水注入フィルタ、封水フィルタ及びほう酸フィルタが属するが、重要度が高いほう酸フィルタを代表機器とする。

- (2) 設置場所・型式：屋内・ディスク型、内部流体：空気、材料：ステンレス鋼

このグループには、格納容器再循環サンプスクリーンのみが属するため、代表機器は格納容器再循環サンプスクリーンとする。

表1-1 川内1号炉 フィルタの主な仕様

分離基準			機器名称 (台数)	選定基準			選定	選定理由
				重要度*1	使用条件			
設置場所 型式	内部流体	材 料			最高使用圧力 (MPa[gage])	最高使用温度 (°C)		
屋内・ たて置円筒形	1次冷却材	ステンレス鋼	冷却材フィルタ (1)	PS-2	約 1.4	約 95	◎	重要度
			封水注入フィルタ (2)	PS-2	約 18.8	約 95		
			封水フィルタ (1)	PS-2	約 0.98	約 95		
	ほう酸水	ほう酸フィルタ (1)	MS-1、重*2	約 0.98	約 95			
屋内・ ディスク型	空 気	ステンレス鋼	格納容器再循環サンプスクリーン (2)	MS-1、重*2	約0.245	約127	◎	

*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種類のフィルタについて技術評価を実施する。

- ① ほう酸フィルタ
- ② 格納容器再循環サンプスクリーン

2.1 構造、材料及び使用条件

2.1.1 ほう酸フィルタ

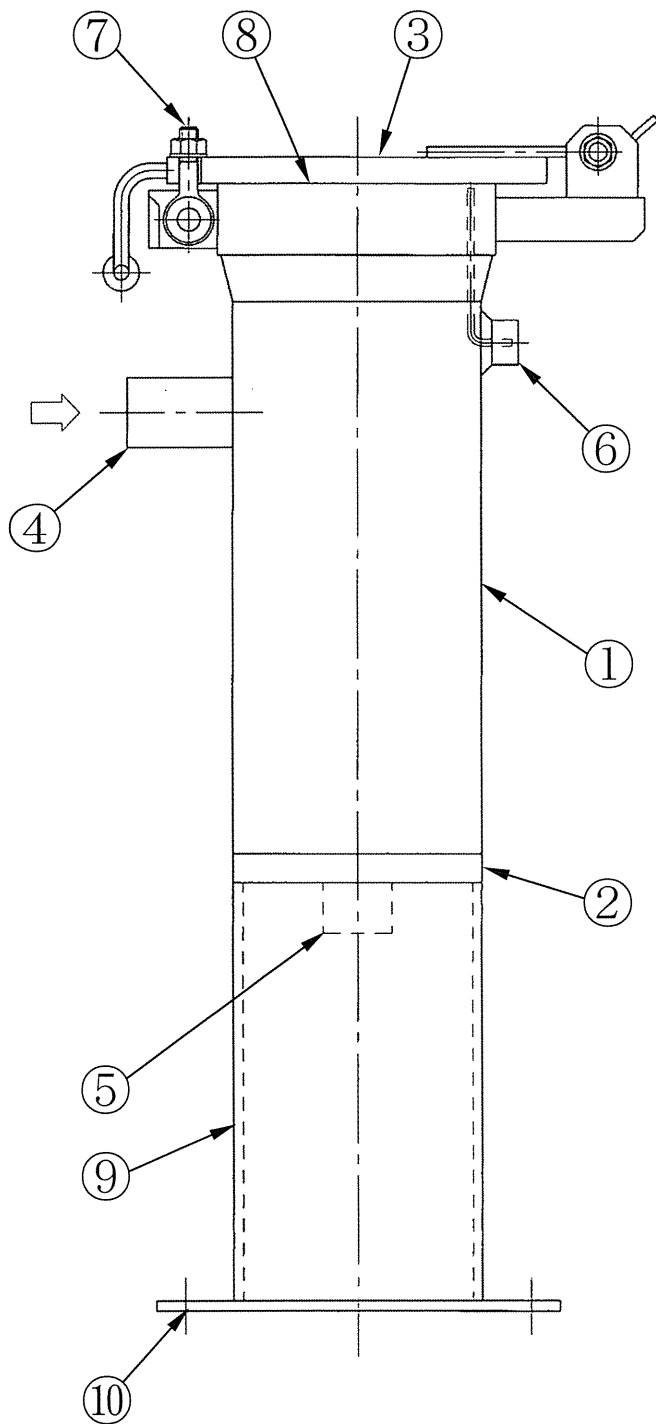
(1) 構造

川内1号炉のほう酸フィルタは、たて置円筒形のカートリッジ型のフィルタであり、胴板、底板等にはステンレス鋼を使用しており、ほう酸水に接液している。

川内1号炉のほう酸フィルタの構造図を図2.1-1に示す。

(2) 材料及び使用条件

川内1号炉のほう酸フィルタ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	胴 板
②	底 板
③	蓋 板
④	入口管台
⑤	出口管台
⑥	ベント管台
⑦	フランジボルト
⑧	Oリング
⑨	スカート
⑩	基礎ボルト

図2.1-1 川内1号炉 ほう酸フィルタ構造図

表2.1-1 川内1号炉 ほう酸フィルタ主要部位の使用材料

部 位	材 料
胴 板	ステンレス鋼
底 板	ステンレス鋼
蓋 板	ステンレス鋼
入口管台	ステンレス鋼
出口管台	ステンレス鋼
ベント管台	ステンレス鋼
フランジボルト	低合金鋼
Oリング	消耗品・定期取替品
スカート	ステンレス鋼
基礎ボルト	炭 素 鋼

表2.1-2 川内1号炉 ほう酸フィルタの使用条件

最高使用圧力	約0.98MPa[gage]
最高使用温度	約95℃
内 部 流 体	ほう酸水

2.1.2 格納容器再循環サンプスクリーン

(1) 構造

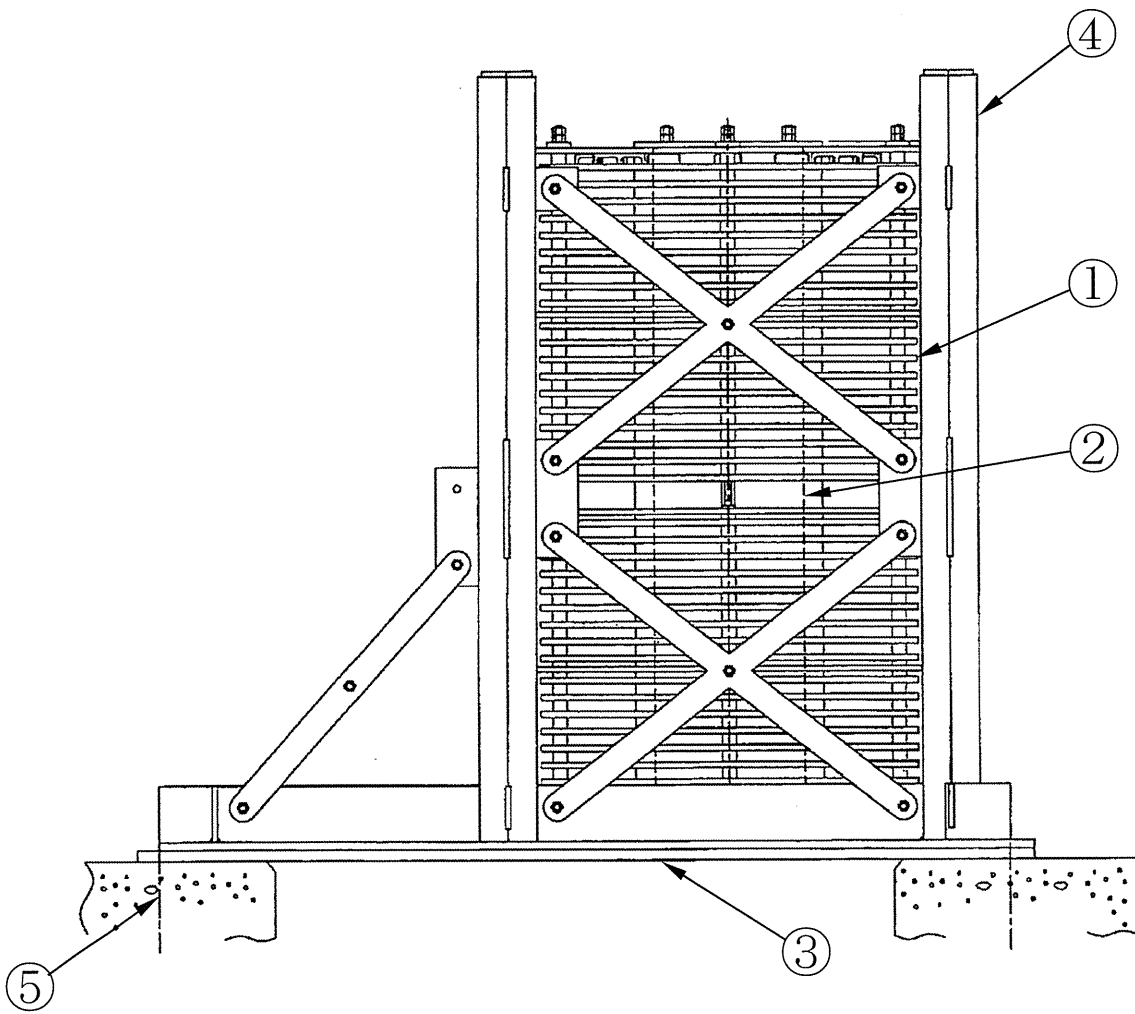
川内1号炉の格納容器再循環サンプスクリーンは、ディスク型のスクリーンであり、ディスク、コアチューブ、ラテラルサポート等の構成品をカバープレートに固定し、カバープレートは床に基礎ボルトで固定されている。各構成品にはステンレス鋼を使用しており、格納容器再循環サンプ上に設置されている。

川内1号炉の格納容器再循環サンプスクリーンの構造図を図2.1-2に示す。

(2) 材料及び使用条件

川内1号炉の格納容器再循環サンプスクリーン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	ディスク
②	コアチューブ
③	カバープレート
④	ラテラルサポート
⑤	基礎ボルト



(格納容器再循環サンプ)

図2.1-2 川内1号炉 格納容器再循環サンプスクリーン構造図

表2.1-3 川内1号炉 格納容器再循環サンプスクリーン主要部位の使用材料

部 位	材 料
ディスク	ステンレス鋼
コアチューブ	ステンレス鋼
カバープレート	ステンレス鋼
ラテラルサポート	ステンレス鋼
基礎ボルト	ステンレス鋼

表2.1-4 川内1号炉 格納容器再循環サンプスクリーンの使用条件

最高使用圧力	約0.245MPa[gage]
最高使用温度	約127°C
内 部 流 体	空 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

フィルタの機能である冷却材等の浄化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 機器の支持
- ③ 流路の確保

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

フィルタについて機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の構造、材料、使用条件（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) 胴板等耐圧構成品の内面からの応力腐食割れ [ほう酸フィルタ]

1977年10月、米国H. B. ロビンソン (H. B. Robinson) 発電所のほう酸注入タンクでカップリングから管台（ともにステンレス鋼）にかけて内面からの応力腐食割れによる損傷が発生している。この事象は、飽和溶存酸素濃度（最大約8ppm）のほう酸水環境下で、高炭素量のステンレス鋼を使用していた管台が著しく鋭敏化していたことが原因となり発生したものである。

しかしながら、ほう酸フィルタは溶接後熱処理を施していないこと、また使用温度も低く（100℃未満）、現時点の知見において応力腐食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、開放点検時の目視確認及び漏えい確認により、機器の健全性を確認している。

(2) フランジボルトの腐食（全面腐食）〔ほう酸フィルタ〕

フランジボルトは、Ｏリング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、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、開放点検時の目視確認等により、機器の健全性を確認している。

(3) スクリーン流路の減少〔格納容器再循環サンプスクリーン〕

ディスク部は原子炉格納容器内空気環境へ開放されており、異物混入によるスクリーン流路の減少が想定される。

しかしながら、目視確認と清掃により、スクリーン流路の減少につながる異物は適切に取り除かれている。

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）〔ほう酸フィルタ〕

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

Ｏリングは開放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1号炉 ほう酸フィルタに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・ 定期 取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
				減 肉		割 れ		材質変化			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	胴 板		ステンレス鋼				△				
	底 板		ステンレス鋼				△				
	蓋 板		ステンレス鋼				△				
	入口管台 出口管台 ベント管台		ステンレス鋼				△				
	フランジボルト		低合金鋼		△						
	Oリング	◎	—								
機器の支持	スカート		ステンレス鋼								
	基礎ボルト		炭素鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-2 川内1号炉 格納容器再循環サンプスクリー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		
流路の確保	ディスク		ステンレス鋼							△*1	*1：流路の減少
	コアチューブ		ステンレス鋼								
機器の支持	カバープレート		ステンレス鋼								
	ラテラルサポート		ステンレス鋼								
	基礎ボルト		ステンレス鋼								

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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。

- ① 冷却材フィルタ
- ② 封水注入フィルタ
- ③ 封水フィルタ

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（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 胴板等耐圧構成品の内面からの応力腐食割れ [共通]

胴板等耐圧構成品については、溶接部は溶接入熱により鋭敏化している可能性があり、応力腐食割れが想定される。

しかしながら、いずれのフィルタも溶接後熱処理を施していないこと、また、使用温度も低く（100℃未満）、現時点の知見において応力腐食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、開放点検時の目視確認及び漏えい確認により、機器の健全性を確認している。

3.2.2 フランジボルトの腐食（全面腐食）〔共通〕

フランジボルトは、Ｏリング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、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、開放点検時の目視確認等により、機器の健全性を確認している。

3.2.3 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。

6 脱塩塔

[対象機器]

- ① 冷却材混床式脱塩塔
- ② 冷却材陽イオン脱塩塔
- ③ ほう酸除去脱塩塔

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	9
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象	9
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象	9

1. 対象機器及び代表機器の選定

川内1号炉で使用されている主要な脱塩塔の主な仕様を表1-1に示す。

これらの脱塩塔を設置場所・型式、内部流体及び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に示す脱塩塔について、設置場所・型式、内部流体及び材料の観点から1つのグループにまとめられる。

1.2 代表機器の選定

常時使用している冷却材混床式脱塩塔を代表機器とする。

表1-1 川内1号炉 脱塩塔の主な仕様

分 離 基 準			機 器 名 称 (台 数)	選 定 基 準			選 定	選 定 理 由
				重 要 度*1	使 用 条 件			
設 置 場 所 型 式	内 部 流 体	材 料			最 高 使 用 圧 力 (MPa[gage])	最 高 使 用 温 度 (℃)		
屋 内 ・ た て 置 円 筒 形	1 次 冷 却 材	ス テ ン レ ス 鋼	冷 却 材 混 床 式 脱 塩 塔 (2)	PS-2	約 1.4	約 65	◎	常 時 使 用
			冷 却 材 陽 イ オン 脱 塩 塔 (1)	PS-2	約 1.4	約 65		
			ほ う 酸 除 去 脱 塩 塔 (2)	PS-2	約 1.4	約 65		

*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脱塩塔について技術評価を実施する。

① 冷却材混床式脱塩塔

2.1 構造、材料及び使用条件

2.1.1 冷却材混床式脱塩塔

(1) 構造

川内1号炉の冷却材混床式脱塩塔は、たて置円筒形の脱塩塔であり、胴板及び鏡板等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1号炉の冷却材混床式脱塩塔の構造図を図2.1-1に示す。

(2) 材料及び使用条件

川内1号炉の冷却材混床式脱塩塔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	胴 板
②	鏡 板
③	樹脂入口管台
④	樹脂出口管台
⑤	入口管台
⑥	出口管台
⑦	逆洗水出口管台
⑧	支持脚
⑨	基礎ボルト

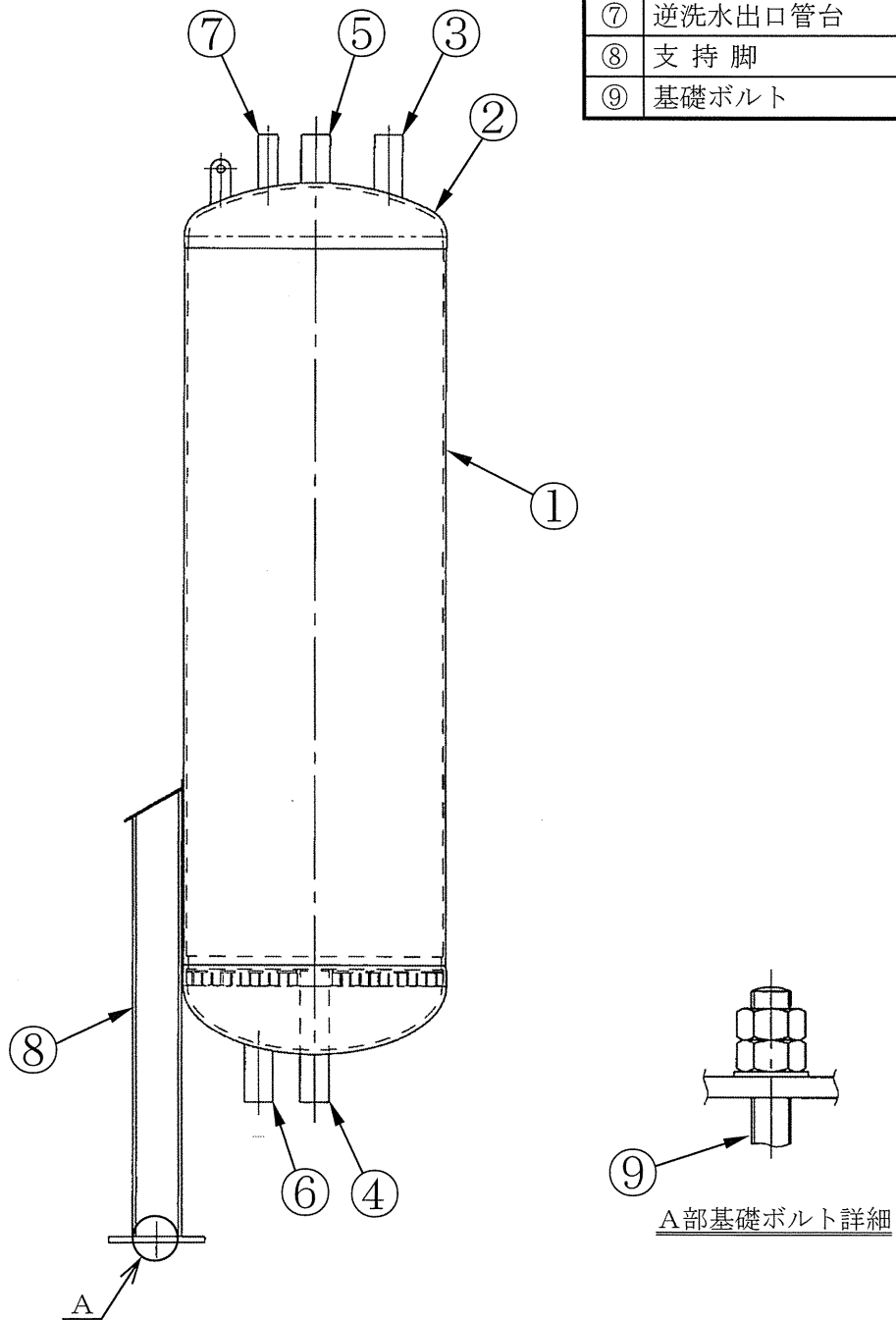


図2.1-1 川内1号炉 冷却材混床式脱塩塔構造図

表2.1-1 川内1号炉 冷却材混床式脱塩塔主要部位の使用材料

部 位	材 料
胴 板	ステンレス鋼
鏡 板	ステンレス鋼
樹脂入口管台	ステンレス鋼
樹脂出口管台	ステンレス鋼
入口管台	ステンレス鋼
出口管台	ステンレス鋼
逆洗水出口管台	ステンレス鋼
支 持 脚	炭 素 鋼
基礎ボルト	炭 素 鋼

表2.1-2 川内1号炉 冷却材混床式脱塩塔の使用条件

最高使用圧力	約1.4MPa[gage]
最高使用温度	約65℃
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

冷却材混床式脱塩塔の機能である冷却材の浄化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 バウンダリの維持
- ② 機器の支持

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

冷却材混床式脱塩塔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) 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。

(2) 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1号炉 冷却材混床式脱塩塔に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・ 定期 取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
				減 肉		割 れ		材質変化			その他
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣 化		
バウンダリの維持	胴 板		ステンレス鋼								
	鏡 板		ステンレス鋼								
	樹脂入口管台		ステンレス鋼								
	樹脂出口管台		ステンレス鋼								
	入口管台		ステンレス鋼								
	出口管台		ステンレス鋼								
	逆洗水出口管台		ステンレス鋼								
機器の支持	支 持 脚		炭 素 鋼		△						
	基礎ボルト		炭 素 鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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。

① 冷却材陽イオン脱塩塔

② ほう酸除去脱塩塔

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 支持脚の腐食（全面腐食）[共通]

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。

3.2.2 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。

7 プール形容器

[対象機器]

- ① 使用済燃料ピット
- ② 原子炉キャビティ
- ③ 燃料取替用チャンネル
- ④ キャスクピット

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	10
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象	10
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象	10

1. 対象機器及び代表機器の選定

川内1号炉で使用されているプール形容器の主な仕様を表1-1に示す。

これらのプール形容器を設置場所・型式、内部流体及び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。

なお、格納容器再循環サンプはコンクリート製であり、「コンクリート構造物及び鉄骨構造物の技術評価書」にて内部コンクリートとして評価を実施するものとし、本評価書には含めていない。

1.1 グループ化の考え方及び結果

表1-1に示すプール形容器について、設置場所・型式、内部流体及び材料の観点から1つのグループにまとめられる。

1.2 代表機器の選定

常時使用していることから、使用済燃料ピットを代表機器とする。

表1-1 川内1号炉 プール形容器の主な仕様

分離基準			機器名称 (台数)	選定基準			選定	選定理由
				重要度*1	使用条件			
設置場所 型式	内部流体	材 料			最高使用圧力 (MPa[gage])	最高使用温度 (°C)		
屋内・ コンクリート製 埋込みプール形	ほう酸水	鉄筋コンクリート (ステンレス鋼内張り)	使用済燃料ピット (2)	PS-2、重*2	大気圧	約65	◎	常時使用
			原子炉キャビティ (1)	PS-2	大気圧	約65		
			燃料取替用チャンネル (1)	PS-2	大気圧	約65		
			キャスクピット (1)	PS-2	大気圧	約65		

*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プール形容器について技術評価を実施する。

① 使用済燃料ピット

2.1 構造、材料及び使用条件

2.1.1 使用済燃料ピット

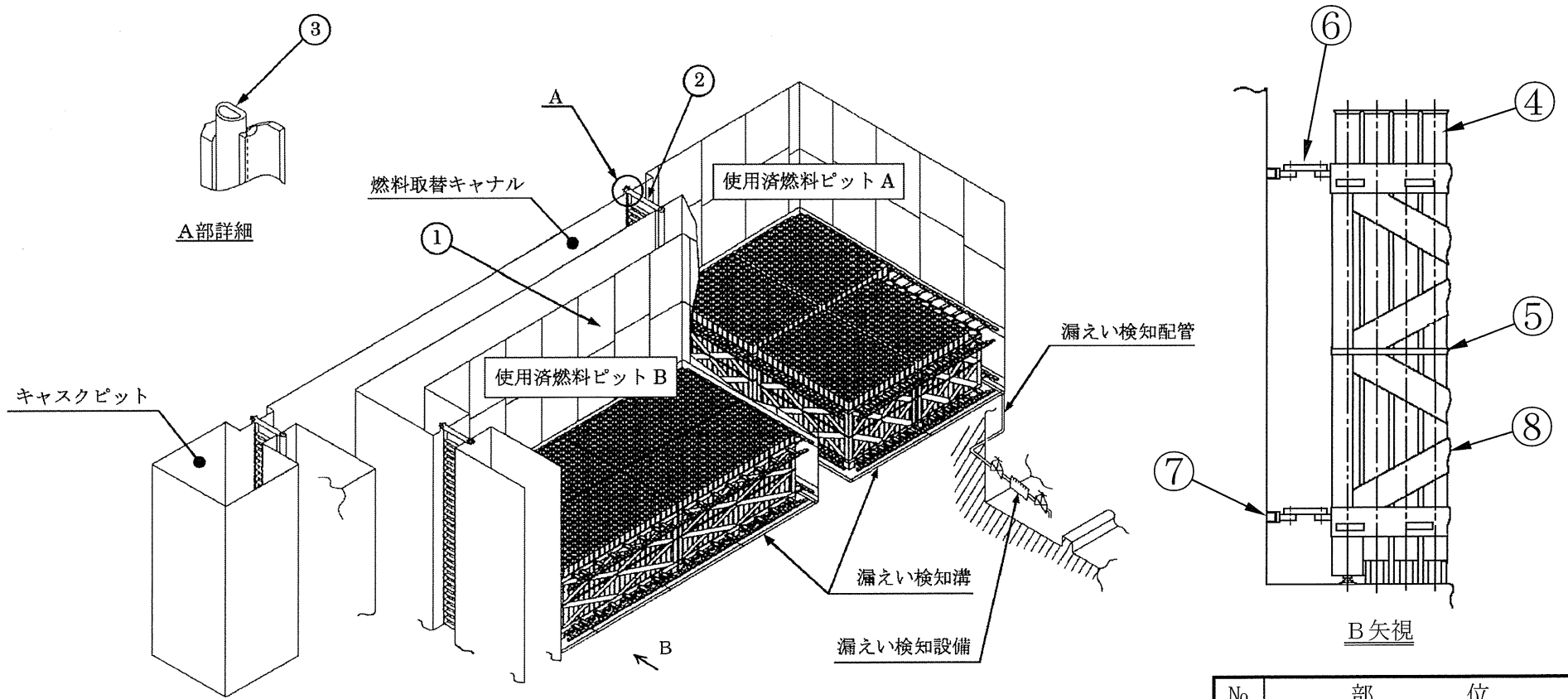
(1) 構造

川内1号炉の使用済燃料ピットは、コンクリート製の埋込みプール形容器であり、ピット内面にはステンレス鋼の内張りをしており、ほう酸水に接液している。

川内1号炉の使用済燃料ピットの構造図を図2.1-1に示す。

(2) 材料及び使用条件

川内1号炉の使用済燃料ピット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	ステンスライニング
②	プールゲート
③	ゲートパッキン
④	使用済燃料ラックセル
⑤	使用済燃料ラック支持格子
⑥	使用済燃料ラック連接板
⑦	使用済燃料ラック取付金具
⑧	使用済燃料ラックステー

図2.1-1 川内1号炉 使用済燃料ピット構造図

表2.1-1 川内1号炉 使用済燃料ピット主要部位の使用材料

部 位	材 料
ステンレスライニング	ステンレス鋼
プールゲート	アルミニウム合金
ゲートパッキン	消耗品・定期取替品
使用済燃料ラックセル	ボロン添加ステンレス鋼 ステンレス鋼
使用済燃料ラック支持格子	ステンレス鋼
使用済燃料ラック連接板	ステンレス鋼
使用済燃料ラック取付金具	ステンレス鋼
使用済燃料ラックステー	ステンレス鋼

表2.1-2 川内1号炉 使用済燃料ピットの使用条件

最高使用圧力	大 気 圧
最高使用温度	約65℃
内 部 流 体	ほう酸水

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機能達成に必要な項目

使用済燃料ピットの機能を維持するためには、次の3つ項目が必要である。

- ① 保有水の保持
- ② 燃料保持
- ③ ラック保持

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

使用済燃料ピットについて機能達成に必要な項目を考慮して組立品を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。

なお、ピット組立品の一部である躯体等のコンクリートについては、「コンクリート構造物及び鉄骨構造物の技術評価書」にて評価を実施するものとし、本評価書には含めていない。

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) プールゲートの腐食（隙間腐食）

プールゲートとゲートパッキンとの隙間面には、隙間腐食が想定される。

しかしながら、隙間腐食については、ほう酸水中の塩化物イオン濃度が0.15 ppmを超えないように管理されており、腐食が発生する可能性は小さい。

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

なお、ゲートパッキン取替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。

(2) ステンレスライニング等の応力腐食割れ

2007年3月、美浜1号炉においてキャビティのステンレスライニングで応力腐食割れが発生している。この事象は、プラント建設時に原子炉格納容器開口部から持ち込まれた海塩粒子がコーナアングルやコーナプレート表面に付着、その後の定期検査時のキャビティ水張りにより発生した結露水により、塩化物イオンがコーナプレートの溶接線近傍の狭隘部分に持ち込まれ、さらに原子炉の運転で水分が蒸発し、ドライアンドウェット現象を繰り返すことで塩化物イオンが濃縮したことが原因とされている。

しかしながら、川内1号炉の使用済燃料ピットのステンレスライニングについては、水抜き等の運用がなく常時水張り状態であり温度変化が少ないことから、ドライアンドウェット現象が発生し難い環境であると考えられ、応力腐食割れが発生する可能性は小さい。

したがって、使用済燃料ピットのステンレスライニングやラック類の応力腐食割れは、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(3) ボロンの中性子吸収能力の低下

使用済燃料ラックセルには、ボロン添加ステンレス鋼が使用されており、ボロンは中性子吸収により、その成分元素が中性子吸収断面積の小さな元素へと変換されるため、中性子吸収能力は徐々に低下する。

しかしながら、中性子吸収能力の低下は無視できるほど小さ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。

2.2.4 消耗品及び定期取替品等

ゲートパッキンについては消耗品であり、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1号炉 使用済燃料ピッ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	
				減 肉		割 れ		材質変化			その他
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣 化		
保有水の保持	ステンレスライニング		ステンレス鋼				▲			*1：隙間腐食 *2：ボロンの中性子吸収能力の低下	
	プールゲート		アルミニウム合金		△*1						
	ゲートパッキン	◎	—								
燃料保持	使用済燃料ラックセル		ボロン添加ステンレス鋼 ステンレス鋼				▲		▲*2		
ラック保持	使用済燃料ラック支持格子		ステンレス鋼				▲				
	使用済燃料ラック連接板		ステンレス鋼				▲				
	使用済燃料ラック取付金具		ステンレス鋼				▲				
	使用済燃料ラックステー		ステンレス鋼				▲				

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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

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。

- ① 原子炉キャビティ
- ② 燃料取替用チャネル
- ③ キャスクピット

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。

3.2.1 プールゲートの腐食（隙間腐食）[キャスクピット]

プールゲートとゲートパッキンとの隙間面には、隙間腐食が想定される。

しかしながら、隙間腐食については、ほう酸水中の塩化物イオン濃度が0.15ppmを超えないように管理されており、腐食が発生する可能性は小さい。

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

なお、ゲートパッキン取替時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

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。

3.2.2 ステンレスライニング等の応力腐食割れ [共通]

2007年3月、美浜1号炉においてキャビティのステンレスライニングで応力腐食割れが発生している。この事象は、プラント建設時に原子炉格納容器開口部から持ち込まれた海塩粒子がコーナアングルやコーナプレート表面に付着、その後原子炉の運転に伴う温度変化により、ドライアンドウェット現象を繰り返すことで塩化物イオンが濃縮したことが原因と考えられている。

しかしながら、川内1号炉の原子炉キャビティ、燃料取替用チャンネル及びキャスクピットには塩化物イオンの濃縮が想定される類似した箇所はないことから、ステンレスライニングの応力腐食割れが発生する可能性はない。

したがって、原子炉キャビティ、燃料取替用チャンネル及びキャスクピットのステンレスライニングの応力腐食割れは、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

川内原子力発電所 1 号炉

配管の技術評価書

[運転を断続的に行うことを前提とした評価]

九州電力株式会社

川内1号炉の配管のうち、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材料及び内部流体でグループ化し、同一グループ内の複数の機器の存在を考慮して、設置場所、重要度及び使用条件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。また、配管サポートについては配管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、サポートの種類が表3に示すように多種多様であり、かつそれぞれの配管にはそれらのサポートの何種類かのサポートが設置されていることを考慮し、独立してとりまとめている。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、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。

本評価書では配管の材料等を基に、以下の5つに分類している。

- 1 ステンレス鋼配管
- 2 低合金鋼配管
- 3 炭素鋼配管
- 4 1次冷却材管
- 5 配管サポート

なお、1次冷却材管はステンレス鋼配管に属することになるが、安全上重要な機器であり、かつ補修・取替が容易ではない機器であることを考慮し、ステンレス鋼配管と分けて単独で評価している。

表 1 (1/5) 川内 1 号炉 主要な配管

分離基準		機器名称	選定基準					選定	選定理由
			重要度*1	使用条件					
材料	内部流体			設置場所	運 転	最高使用圧力 (MPa[gage])	最高使用温度 (°C)		
ステンレス鋼	1次冷却材 ほう酸水	1次冷却材管	PS-1、重*3	屋内	連 続	約 17.2	約343	◎	重要度、環境 条件*5
		1次冷却材系統配管*2	PS-1、重*3		連 続	約 17.2	約360	◎	
		化学体積制御系統配管*2	MS-1、重*3		連 続	約 18.8	約343		
		使用済燃料ピット浄化冷却系統配管	MS-2、重*3		連 続	約 1.4	約 95		
		1次系試料採取系統配管	MS-1、重*3		連 続	約 17.2	約360		
		安全注入系統配管*2	MS-1、重*3		一 時	約 18.8	約343		
		余熱除去系統配管*2	MS-1、重*3		一 時	約 17.2	約343		
		原子炉格納容器スプレイ系統配管	MS-1、重*3		一 時	約 2.7	約150		
		燃料取替用水系統配管	MS-1、重*3		屋内外	連 続	約 1.4		
	蒸 気	主蒸気系統配管	高*4	屋内	連 続	約 7.5	約291	◎	屋外 (一部)
		低温再熱蒸気系統配管	高*4		連 続	約 1.4	約200		
		第2抽気系統配管	高*4		連 続	約-0.10	約100		
		第3抽気系統配管	高*4		連 続	約 0.20	約135		
		第4抽気系統配管	高*4		連 続	約 0.54	約220		
		第6抽気系統配管	高*4		連 続	約 2.8	約235		
		タービンランド蒸気系統配管	高*4		連 続	約 2.0	約220		
		補助蒸気系統配管	高*4		連 続	約 1.4	約291		
		第5抽気系統配管	高*4	屋内外	連 続	約 1.4	約200		
		2次系ドレン系統配管	高*4	連 続	約 1.4	約200			

*1: 機能は最上位の機能を示す
 *2: 1次冷却材系統内にラインが含有されるもののうち、弁等で他系統と接続されるラインは他系統側の配管として評価する。また、1次冷却材管は別に評価する
 *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: 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
 *5: 余熱除去系統配管は、通常運転時は使用されておらず定期検査時のみに通水されることから、環境条件(使用時の温度変動が急激かつ大きい)により経年劣化評価上厳しくなる可能性があるとして判断した

表 1 (2/5) 川内 1 号炉 主要な配管

分離基準		機器名称	選定基準				選定	選定理由	
			重要度*1	使用条件					
材料	内部流体			設置場所	運 転	最高使用圧力 (MPa[gage])	最高使用温度 (°C)		
ステンレス鋼	給 水	蒸気発生器ブローダウン系統配管	MS-1	屋内	連 続	約 7.5	約291	◎	重要度、屋外 (一部)
		余熱除去系統配管 (給水)	重*3		一 時	約 4.1	約200		
		原子炉格納容器スプレ系統配管 (給水)	重*3		一 時	約 2.7	約150		
		補助蒸気系統配管	高*4		連 続	約 0.69	約100		
	2次系復水系統配管	高*4	屋内外	連 続	約 4.0	約200			
	2次系ドレン系統配管	高*4		連 続	約 7.5	約291			
	主給水系統配管*2	高*4		連 続	約 11.0	約235			
	補助給水系統配管	MS-1、重*3		一 時	約 12.3	約 40			
	油	タービン潤滑・制御油系統配管	高*4	屋内	連 続	約 16.2	約 75		
苛性ソーダ溶液	原子炉格納容器スプレ系統配管 (苛性ソーダライン)	MS-1	屋内	一 時	約 2.7	約150	◎		
空 気	緊急時対策所用加圧設備系統配管	重*3	屋内	一 時	大気圧	約 40	◎		

*1：機能は最上位の機能を示す

*2：2次系給水系統配管を含む

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

*4：最高使用温度が95°Cを超え、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 (3/5) 川内 1 号炉 主要な配管

分離基準		機器名称	選定基準					選定	選定理由
			重要度*1	使用条件					
材料	内部流体			設置場所	運転	最高使用圧力 (MPa[gage])	最高使用温度 (°C)		
低合金鋼	蒸気	タービンランド蒸気系統配管	高*2	屋内	連続	約 7.5	約291	◎	
	給水	主給水系統配管*3	MS-1、重*4	屋内	連続	約11.0	約291	◎	重要度
		2次系ドレン系統配管	高*2	屋外	連続	約 2.8	約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

*3：2次系給水系統配管を含む

*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 1 (4/5) 川内 1 号炉 主要な配管

分離基準		機器名称	選定基準					選定	選定理由		
			重要度*1	使用条件							
材料	内部流体			設置場所	運 転	最高使用圧力 (MPa[gage])	最高使用温度 (°C)				
炭素鋼	蒸 気	低温再熱蒸気系統配管	高*2	屋内	連 続	約 1.4	約200	◎	重要度		
		第 3 抽気系統配管	高*2		連 続	約0.20	約135				
		第 4 抽気系統配管	高*2		連 続	約0.54	約220				
		第 6 抽気系統配管	高*2		連 続	約 2.8	約235				
		タービンランド蒸気系統配管	高*2		連 続	約 7.5	約291				
		主蒸気系統配管	MS-1、重*3	屋内外	連 続	約 7.5	約291				
		高温再熱蒸気系統配管	高*2		連 続	約 1.4	約291				
		補助給水系統配管	高*2		一 時	大気圧	約100				
		補助蒸気系統配管	MS-1		連 続	約 7.5	約291				
	2次系ドレン系統配管	高*2	連 続		約 1.4	約200					
	給 水	蒸気発生器ブローダウン系統配管	MS-1	屋内	連 続	約 7.5	約291			◎	重要度、環境 条件*5
		補助給水系統配管	MS-1、重*3		一 時	約12.3	約 40				
		消火用水系統配管	重*3		一 時	約 1.5	約 95				
		2次系復水系統配管	高*2	屋内外	連 続	約 4.0	約200				
2次系ドレン系統配管		高*2	連 続		約 7.5	約291					
主給水系統配管*4		MS-1、重*3	連 続		約11.0	約291					
補助蒸気系統配管		高*2	連 続		約 1.6	約185					

*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次系給水系統配管を含む

*5：主給水系統配管は、環境条件（プラントの起動・停止時に内部流体の温度、圧力の変化の影響を受ける）により経年劣化評価上厳しくなる可能性があると判断した

表 1 (5/5) 川内 1 号炉 主要な配管

分離基準		機器名称	選定基準					選定	選定理由
			重要度*1	使用条件					
材料	内部流体			設置場所	運転	最高使用圧力 (MPa[gage])	最高使用温度 (°C)		
炭素鋼	ヒドラン水	原子炉補機冷却水系統配管	MS-1、重*3	屋内	連続	約0.98	約 95	◎	
	空気	原子炉格納容器スプレイ系統配管(空気)	重*3	屋内	一時	大気圧	約 40	◎	重要度
		制御用空気系統配管	MS-1、重*3		連続	約0.98	約 50		
	炭酸ガス	原子炉補機冷却水系統配管(空気)	重*3	屋内外	一時	約0.98	約 95		
		消火装置系統配管	高*2		一時	約10.8	約 40		
	海水	原子炉補機冷却海水系統配管	MS-1、重*3	屋内外	連続	約0.69	約 50	◎	
	油	タービン潤滑・制御油系統配管	高*2	屋内	連続	約 2.2	約 80	◎	使用条件
緊急時対策所用燃料油系統配管		重*3	屋内外	一時	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

表 2 (1/2) 川内 1 号炉 主要な配管の機能

配 管	機 能
1 次冷却材管 1 次冷却材系統配管	炉心で発生した熱を蒸気発生器で 2 次系に伝達する 1 次冷却材系統を構成する配管である。
化学体積制御系統配管	1 次冷却材系統の 1 次冷却材保有量を適正に調整し、1 次冷却材中の核分裂生成物、腐食生成物等の不純物を除去する化学体積制御系統を構成する配管である。
蒸気発生器ブローダウン系統配管	蒸気発生器 2 次側水の水質維持のために一部を復水器に回収するための蒸気発生器ブローダウン系統を構成する配管である。
使用済燃料ピット浄化冷却系統配管	使用済燃料ピット中の使用済燃料からの崩壊熱を除去し、使用済燃料ピット水の冷却を行うとともに、使用済燃料ピット、原子炉キャビティ及び燃料取替用水タンクのほう酸水を浄化するための使用済燃料ピット浄化冷却系統を構成する配管である。
燃料取替用水系統配管	燃料取替用水タンク水の浄化及び水温の維持並びに使用済燃料ピットの補給水としてほう酸水を補給するための燃料取替用水系統を構成する配管である。
原子炉補機冷却水系統配管	1 次系補機に冷却水を供給する原子炉補機冷却水系統を構成する配管である。
原子炉補機冷却海水系統配管	1 次系の系統及び補機において発生又は蓄積された熱を除去する原子炉補機冷却海水系統を構成する配管である。
1 次系試料採取系統配管	1 次冷却材の化学的性質及び放射性物質の種類と量を把握するための流体サンプルを採取する 1 次系試料採取系統を構成する配管である。
安全注入系統配管	1 次冷却材喪失事故あるいは主蒸気管破断事故時等に、ほう酸水を原子炉容器に注入することにより炉心の冷却かつ負の反応度添加を行う安全注入系統を構成する配管である。
余熱除去系統配管	炉を停止した後に 1 次冷却材系統に残留している熱、炉心の崩壊熱及び 1 次冷却材系統を均一に冷却する目的で運転する 1 次冷却材ポンプの発生熱を除去し、1 次冷却材系統を降温させる余熱除去系統を構成する配管である。
原子炉格納容器スプレイ系統配管	事故時における格納容器からの放射性物質の漏えいを最小にし公衆の安全を確保するための格納容器スプレイ系統を構成する配管である。
主蒸気系統配管	蒸気発生器にて発生した蒸気をタービンに送る主蒸気系統を構成する配管である。
高温再熱蒸気系統配管	湿分分離加熱器にて湿分を除去した加熱蒸気を低圧タービンへ供給するための高温再熱蒸気系統を構成する配管である。

表 2 (2/2) 川内 1 号炉 主要な配管の機能

配 管	機 能
低温再熱蒸気系統配管	高圧タービンからの排気を湿分分離加熱器へ供給するための低温再熱蒸気系統を構成する配管である。
第 2 抽気系統配管	低圧タービンからの抽気を低圧第 2 給水加熱器へ供給するための第 2 抽気系統を構成する配管である。
第 3 抽気系統配管	低圧タービンからの抽気を低圧第 3 給水加熱器へ供給するための第 3 抽気系統を構成する配管である。
第 4 抽気系統配管	低圧タービンからの抽気を低圧第 4 給水加熱器へ供給するための第 4 抽気系統を構成する配管である。
第 5 抽気系統配管	高圧タービンからの抽気を脱気器へ供給するための第 5 抽気系統を構成する配管である。
第 6 抽気系統配管	高圧タービンからの抽気を高圧第 6 給水加熱器及び湿分分離加熱器へ供給するための第 6 抽気系統を構成する配管である。
2 次系復水系統配管	復水器により回収された復水を脱気器へ供給するための 2 次系復水系統を構成する配管である。
2 次系ドレン系統配管	各加熱器より発生したドレンを移送、回収するための 2 次系ドレン系統を構成する配管である。
主給水系統配管	蒸気発生器の水位を維持するために復水を蒸気発生器に給水する主給水系統を構成する配管である。
補助給水系統配管	主給水が使用できない場合に補助給水を蒸気発生器に供給する補助給水系統を構成する配管である。
タービングランド蒸気系統配管	タービンのグランド部へ蒸気シールの蒸気を供給するためのタービングランド蒸気系統を構成する配管である。
制御用空気系統配管	清浄で乾燥した圧縮空気をタービン建屋、補助建屋及び格納容器内の空気作動弁等に供給する制御用空気系統を構成する配管である。
補助蒸気系統配管	スチームコンバータ等にて発生した蒸気を各装置に供給する補助蒸気系統を構成する配管である。
消火用水系統配管	原子力発電所を構成する機器の火災を消火するための消火用水系統を構成する配管である。
消火装置系統配管	原子力発電所を構成する機器の火災を消火するための消火装置系統を構成する配管である。
タービン潤滑・制御油系統配管	タービン潤滑・制御油を移送・回収するためのタービン潤滑・制御油系統を構成する配管である。
緊急時対策所用燃料油系統配管	緊急時対策所用発電機車へ燃料油を供給するための緊急時対策所用燃料油系統を構成する配管である。
緊急時対策所用加圧設備系統配管	緊急時対策棟を加圧するための緊急時対策所用加圧設備系統を構成する配管である。

表3 川内1号炉 配管サポートの機能

サポート名称	機能
アンカー	配管の全方向の変位及びモーメントを拘束する。
Uバンド	配管の全方向の変位を拘束する。
Uボルト	配管の軸直方向の変位を拘束する。
スライドサポート	配管の軸直方向の変位及び全方向のモーメントを拘束する。
レストレイント	配管の特定1方向の変位を拘束する。
スプリングハンガ	配管自重を支持する。
オイルスナバ	地震時に、配管の特定1方向の変位を拘束する。
メカニカルスナバ	地震時に、配管の特定1方向の変位を拘束する。

1 ステンレス鋼配管

[対象機器]

- ① 1次冷却材系統配管
- ② 化学体積制御系統配管
- ③ 蒸気発生器ブローダウン系統配管
- ④ 使用済燃料ピット浄化冷却系統配管
- ⑤ 燃料取替用水系統配管
- ⑥ 1次系試料採取系統配管
- ⑦ 安全注入系統配管
- ⑧ 余熱除去系統配管
- ⑨ 余熱除去系統配管（給水）
- ⑩ 原子炉格納容器スプレイ系統配管
- ⑪ 原子炉格納容器スプレイ系統配管（給水）
- ⑫ 原子炉格納容器スプレイ系統配管（苛性ソーダライン）
- ⑬ 主蒸気系統配管
- ⑭ 低温再熱蒸気系統配管
- ⑮ 第2抽気系統配管
- ⑯ 第3抽気系統配管
- ⑰ 第4抽気系統配管
- ⑱ 第5抽気系統配管
- ⑲ 第6抽気系統配管
- ⑳ 2次系復水系統配管
- ㉑ 2次系ドレン系統配管
- ㉒ 主給水系統配管
- ㉓ 補助給水系統配管
- ㉔ タービンランド蒸気系統配管
- ㉕ 補助蒸気系統配管
- ㉖ タービン潤滑・制御油系統配管
- ㉗ 緊急時対策所用加圧設備系統配管

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	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	17
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価	30
3. 代表機器以外への展開	34
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象	35
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象	39

1. 対象機器及び代表機器の選定

川内1号炉で使用されている主要なステンレス鋼配管（1次冷却材管を除く）の主な仕様を表1-1に示す。

これらの配管を内部流体の観点からグループ化し、それぞれのグループより以下のとおり代表機器を選定した。

1.1 グループ化の考え方及び結果

表1-1に示すステンレス鋼配管について、内部流体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) 内部流体：1次冷却材・ほう酸水

このグループには、1次冷却材系統配管、化学体積制御系統配管、使用済燃料ピット浄化冷却系統配管、1次系試料採取系統配管、安全注入系統配管、余熱除去系統配管、原子炉格納容器スプレイ系統配管及び燃料取替用水系統配管が属するが、重要度が高く、環境条件（使用時の温度変動が急激かつ大きい）により経年劣化評価上厳しくなる可能性のある余熱除去系統配管を代表機器とする。

(2) 内部流体：蒸気

このグループには、主蒸気系統配管、低温再熱蒸気系統配管、第2抽気系統配管、第3抽気系統配管、第4抽気系統配管、第6抽気系統配管、タービングランド蒸気系統配管、補助蒸気系統配管、第5抽気系統配管及び2次系ドレン系統配管が属するが、屋外にも設置されている第5抽気系統配管を代表機器とする。

(3) 内部流体：給水

このグループには、蒸気発生器ブローダウン系統配管、余熱除去系統配管（給水）、原子炉格納容器スプレイ系統配管（給水）、補助蒸気系統配管、2次系復水系統配管、2次系ドレン系統配管、主給水系統配管及び補助給水系統配管が属するが、重要度が高く、屋外にも設置されている補助給水系統配管を代表機器とする。

(4) 内部流体：油

このグループには、タービン潤滑・制御油系統配管のみが属するため、代表機器はタービン潤滑・制御油系統配管とする。

(5) 内部流体：苛性ソーダ溶液

このグループには、原子炉格納容器スプレイ系統配管（苛性ソーダライン）のみが属するため、代表機器は原子炉格納容器スプレイ系統配管（苛性ソーダライン）とする。

(6) 内部流体：空気

このグループには、緊急時対策所用加圧設備系統配管のみが属するため、代表機器は緊急時対策所用加圧設備系統配管とする。

表1-1(1/2) 川内1号炉 ステンレス鋼配管の主な仕様

分離基準	機器名称	選定基準					選定	選定理由
		重要度*1	使用条件					
			設置場所	運 転	最高使用圧力 (MPa[gage])	最高使用温度 (℃)		
1次冷却材 ほう酸水	1次冷却材系統配管*2	PS-1、重*3	屋内	連 続	約 17.2	約360	◎	重要度、環境条件*5
	化学体積制御系統配管*2	MS-1、重*3		連 続	約 18.8	約343		
	使用済燃料ピット浄化冷却系統配管	MS-2、重*3		連 続	約 1.4	約 95		
	1次系試料採取系統配管	MS-1、重*3		連 続	約 17.2	約360		
	安全注入系統配管*2	MS-1、重*3		一 時	約 18.8	約343		
	余熱除去系統配管*2	MS-1、重*3		一 時	約 17.2	約343		
	原子炉格納容器スプレイ系統配管	MS-1、重*3		一 時	約 2.7	約150		
	燃料取替用水系統配管	MS-1、重*3	屋内外	連 続	約 1.4	約 95		
蒸 気	主蒸気系統配管	高*4	屋内	連 続	約 7.5	約291	◎	屋外（一部）
	低温再熱蒸気系統配管	高*4		連 続	約 1.4	約200		
	第2抽気系統配管	高*4		連 続	約-0.10	約100		
	第3抽気系統配管	高*4		連 続	約 0.20	約135		
	第4抽気系統配管	高*4		連 続	約 0.54	約220		
	第6抽気系統配管	高*4		連 続	約 2.8	約235		
	タービンランド蒸気系統配管	高*4		連 続	約 2.0	約220		
	補助蒸気系統配管	高*4		連 続	約 1.4	約291		
	第5抽気系統配管	高*4	屋内外	連 続	約 1.4	約200		
	2次系ドレン系統配管	高*4	連 続	約 1.4	約200			

*1：機能は最上位の機能を示す

*2：1次冷却材系統内にラインが含有されるもののうち、弁等で他系統と接続されるラインは他系統側の配管として評価する。また、1次冷却材管は別に評価する

*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：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

*5：余熱除去系統配管は、通常運転時は使用されておらず定期検査時のみに通水されることから、環境条件（使用時の温度変動が急激かつ大きい）により経年劣化評価上厳しくなる可能性があるかと判断した

表1-1(2/2) 川内1号炉 ステンレス鋼配管の主な仕様

分離基準	機器名称	選定基準					選定	選定理由
		重要度*1	使用条件					
内部流体			設置場所	運 転	最高使用圧力 (MPa[gage])	最高使用温度 (°C)		
給 水	蒸気発生器ブローダウン系統配管	MS-1	屋内	連 続	約 7.5	約291	◎	重要度、屋外(一部)
	余熱除去系統配管(給水)	重*3		一 時	約 4.1	約200		
	原子炉格納容器スプレ系統配管(給水)	重*3		一 時	約 2.7	約150		
	補助蒸気系統配管	高*4		連 続	約 0.69	約100		
	2次系復水系統配管	高*4	屋内外	連 続	約 4.0	約200		
	2次系ドレン系統配管	高*4		連 続	約 7.5	約291		
	主給水系統配管*2	高*4		連 続	約 11.0	約235		
	補助給水系統配管	MS-1、重*3		一 時	約 12.3	約 40		
油	タービン潤滑・制御油系統配管	高*4	屋内	連 続	約 16.2	約 75	◎	
苛性ソーダ溶液	原子炉格納容器スプレ系統配管(苛性ソーダライン)	MS-1	屋内	一 時	約 2.7	約150	◎	
空 気	緊急時対策所用加圧設備系統配管	重*3	屋内	一 時	大気圧	約40	◎	

*1: 機能は最上位の機能を示す

*2: 2次系給水系統配管を含む

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

*4: 最高使用温度が95°Cを超え、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. 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系統のステンレス鋼配管について技術評価を実施する。

- ① 余熱除去系統配管
- ② 第5抽気系統配管
- ③ 補助給水系統配管
- ④ タービン潤滑・制御油系統配管
- ⑤ 原子炉格納容器スプレイ系統配管（苛性ソーダライン）
- ⑥ 緊急時対策所用加圧設備系統配管

2.1 構造、材料及び使用条件

2.1.1 余熱除去系統配管

(1) 構造

川内1号炉の余熱除去系統配管は、母管にステンレス鋼を使用している。

(2) 材料及び使用条件

川内1号炉の余熱除去系統配管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。

表2.1-1 川内1号炉 余熱除去系統配管主要部位の使用材料

部 位	材 料
母 管	ステンレス鋼
小口径管台	ステンレス鋼
温度計ウェル	ステンレス鋼
フランジボルト	低合金鋼
ガスケット	消耗品・定期取替品

表2.1-2 川内1号炉 余熱除去系統配管の使用条件

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 第5抽気系統配管

(1) 構造

川内1号炉の第5抽気系統配管は、母管にステンレス鋼を使用している。

(2) 材料及び使用条件

川内1号炉の第5抽気系統配管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。

表2.1-3 川内1号炉 第5抽気系統配管主要部位の使用材料

部 位	材 料
母 管	ステンレス鋼
温度計ウェル	ステンレス鋼

表2.1-4 川内1号炉 第5抽気系統配管の使用条件

最高使用圧力	約1.4MPa[gage]
最高使用温度	約200℃
内 部 流 体	蒸 気

2.1.3 補助給水系統配管

(1) 構造

川内1号炉の補助給水系統配管は、母管にステンレス鋼を使用している。

(2) 材料及び使用条件

川内1号炉の補助給水系統配管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。

表2.1-5 川内1号炉 補助給水系統配管主要部位の使用材料

部 位	材 料
母 管	ステンレス鋼
小口径管台	ステンレス鋼
フランジボルト	炭素鋼、低合金鋼、ステンレス鋼
ガスケット	消耗品・定期取替品

表2.1-6 川内1号炉 補助給水系統配管の使用条件

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

2.1.4 タービン潤滑・制御油系統配管

(1) 構造

川内1号炉のタービン潤滑・制御油系統配管は、母管にステンレス鋼を使用している。

(2) 材料及び使用条件

川内1号炉のタービン潤滑・制御油系統配管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。

表2.1-7 川内1号炉 タービン潤滑・制御油系統配管主要部位の使用材料

部 位	材 料
母 管	ステンレス鋼
フランジボルト	低合金鋼
Oリング	消耗品・定期取替品

表2.1-8 川内1号炉 タービン潤滑・制御油系統配管の使用条件

最高使用圧力	約16.2MPa [gage]
最高使用温度	約75℃
内 部 流 体	油

2.1.5 原子炉格納容器スプレイ系統配管（苛性ソーダライン）

(1) 構造

川内1号炉の原子炉格納容器スプレイ系統配管（苛性ソーダライン）は、母管にステンレス鋼を使用している。

(2) 材料及び使用条件

川内1号炉の原子炉格納容器スプレイ系統配管（苛性ソーダライン）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。

表2.1-9 川内1号炉 原子炉格納容器スプレイ系統配管（苛性ソーダライン）
主要部位の使用材料

部 位	材 料
母 管	ステンレス鋼

表2.1-10 川内1号炉 原子炉格納容器スプレイ系統配管（苛性ソーダライン）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

2.1.6 緊急時対策所用加圧設備系統配管

(1) 構造

川内1号炉の緊急時対策所用加圧設備系統配管は、母管にステンレス鋼を使用している。

(2) 材料及び使用条件

川内1号炉の緊急時対策所用加圧設備系統配管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。

表2.1-11 川内1号炉 緊急時対策所用加圧設備系統配管主要部位の使用材料

部 位	材 料
母 管	ステンレス鋼
小口径管台	ステンレス鋼
フランジボルト	低合金鋼
ガスケット	消耗品・定期取替品

表2.1-12 川内1号炉 緊急時対策所用加圧設備系統配管の使用条件

最高使用圧力	大 気 圧
最高使用温度	約40℃
内 部 流 体	空 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

ステンレス鋼配管の機能である内部流体の流路形成機能を維持するためには、次の項目が必要である。

① バウンダリの維持

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

ステンレス鋼配管個々について、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2.2-3～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（表2.2-3～表2.2-7で○となっているもの）としては以下の事象がある。

(1) 母管の疲労割れ〔余熱除去系統配管〕

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2.2-3～表2.2-8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) 母管の高サイクル熱疲労割れ〔余熱除去系統配管〕

〔高低温水合流型疲労割れ〕

余熱除去冷却器出口配管とバイパス配管の合流部（高低温水合流部）は、局所的にバイパス配管からの高温水が流入し、複雑な流況による熱過渡を受け、疲労が蓄積されることから、高サイクル熱疲労割れが想定される。

高低温水合流部の高サイクル熱疲労割れに対しては、「(社)日本機械学会 配管の高サイクル熱疲労に関する評価指針 (JSME S 017-2003)」に基づき評価を実施した。

劣化が進展すると仮定した場合における運転開始後60年時点の疲労評価に用いた過渡回数を表2.2-1に示す。

評価結果を表2.2-2に示すが、許容値を満足する結果を得た。

なお、余熱除去冷却器出口配管とバイパス配管の合流部については、第18回定期検査時（2007年度）に取替えを行なった。

また、漏えい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。

表2.2-1 川内1号炉 余熱除去系統配管の高低温水合流型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
起動（温度上昇率55.6℃/h）	9	40
停止（温度下降率55.6℃/h）	9	40
1次系漏えい試験	8	38

表2.2-2 川内1号炉 余熱除去系統配管の高低温水合流型疲労評価結果

評 価 部 位	疲労累積係数 (許容値：1以下)
余熱除去冷却器出口・バイパスライン合流部	0.686

[弁グランドリーク型熱成層]

通常運転時使用されず、閉塞滞留部となる余熱除去系統配管の一部において、第1隔離弁にグランドリークが生じ、水平管部において熱成層が発生、消滅を繰り返すことにより高サイクル熱疲労割れ（弁グランドリーク型）が想定される。

しかしながら、隔離弁の分解点検を実施し、弁ディスク位置の調整により弁シート部の隙間を適正に管理していくことにより、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) 母管（内面）の応力腐食割れ [余熱除去系統配管]

1996年5月、米国セコイヤ(Sequoyah)発電所2号炉で、1次系水質環境下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、高温で溶存酸素が高くなる可能性のある範囲の溶接部については、耐応力腐食割れ性に優れた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、溶接部を対象とした超音波探傷検査又は漏えい検査により機器の健全性を確認している。

(3) 母管（外面）の応力腐食割れ [共通]

配管外面に大気中の海塩粒子等の塩分が付着した場合、塩化物イオンにより応力腐食割れが想定される。

しかしながら、塩分の付着の可能性のある配管については付着塩分濃度を測定し健全性を確認している。

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。

さらに、塩化ビニールテープの熱分解により生じた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、配管外表面の残存テープ有無について目視確認及びテープ痕部の浸透探傷検査を実施し、健全性を確認している。これらの点検はすでに完了しており、今後、塩化ビニールテープの熱分解による外面からの応力腐食割れ発生の可能性はないと考える。

(4) フランジボルトの腐食（全面腐食）

[余熱除去系統配管、補助給水系統配管、タービン潤滑・制御油系統配管、緊急時対策所用加圧設備系統配管]

フランジボルトは、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、タービン潤滑・制御油系統配管については、油雰囲気下にあり、腐食が発生し難い環境にある。

また、タービン潤滑・制御油系統配管以外の配管については、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。

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) アルカリ環境下における内面からの応力腐食割れ

[原子炉格納容器スプレイ系統配管（苛性ソーダライン）]

原子炉格納容器スプレイ系統配管の一部の範囲については、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ることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

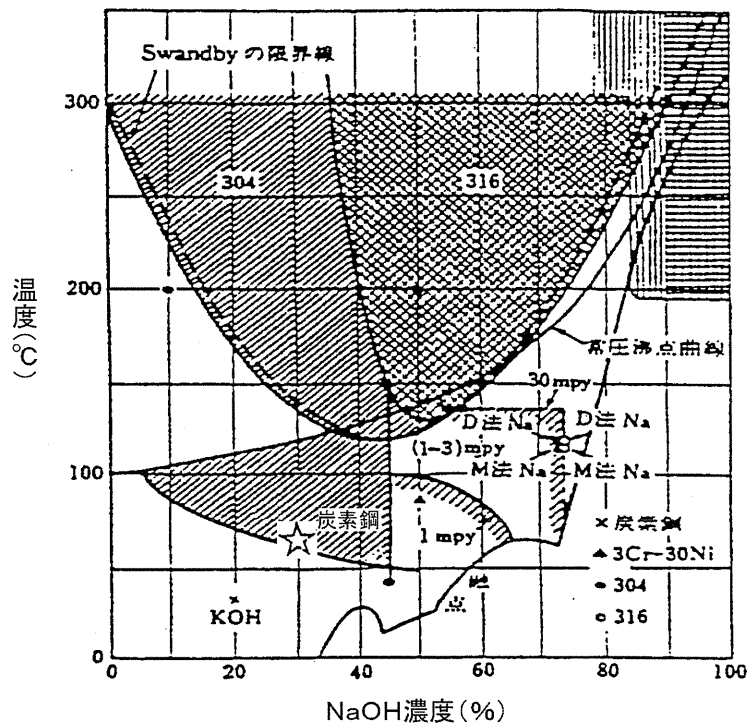


図2.2-1 SUS304/316材のNaOH溶液中でのSCC感受性

[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℃、30%を出典文献に追記)

(6) 小口径管台の高サイクル疲労割れ

[余熱除去系統配管、補助給水系統配管、緊急時対策所用加圧設備系統配管]

1998年12月、大飯2号炉の余熱除去系統配管のドレン弁管台において、高サイクル疲労割れによる漏えいが発生している。この事象は、配管取替に伴いドレン管の口径を変更したことにより、余熱除去ポンプと共振が発生し、ドレン弁管台溶接部に応力集中が生じたものである。

しかしながら、川内1号炉においては、必要な部位について振動計測に基づく応力評価等を行い、健全性を確認している。

また、振動の状態は経年的に変化するものではないことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(7) 温度計ウエルの高サイクル疲労割れ [余熱除去系統配管、第5抽気系統配管]

1995年12月、もんじゅの温度計ウエルで流体振動による高サイクル疲労割れが発生している。この事象はプラント運転中に内部流体の流れによる流体振動を受け、流れ方向（抗力方向）に共振が発生し、温度計ウエルの付け根部に応力集中が生じたものである。

しかしながら、川内1号炉の温度計ウエルは、旧原子力安全・保安院指示文書「発電用原子力設備に関する技術基準を定める省令の改正に伴う電気事業法に基づく定期事業者検査の実施について（平成17・12・22原院第6号 NISA-163a-05-3）」に基づき「(社)日本機械学会 配管内円柱状構造物の流力振動評価指針 (JSME S 012-1998)」による評価を行い、問題とならないことを確認しており、同様な設計方針に基づき施設されているその他の箇所についても同様と考える。

このような条件は経年的に変化するものではないことから、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

ガスケット及びOリングは分解点検時に取り替えている消耗品であり、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2.2-3 川内1号炉 余熱除去系統配管に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考
				減 肉		割 れ		材質変化		その他	
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐蝕割れ	熱時効	劣 化		
バウンダリの維持	母 管		ステンレス鋼			○ △*1	△(内面) △(外面)				*1：高サイクル熱疲労割れ *2：高サイクル疲労割れ
	小口径管台		ステンレス鋼			▲*2					
	温度計ウェル		ステンレス鋼			▲*2					
	フランジボルト		低合金鋼		△						
	ガスケット	◎	—								

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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

表2.2-4 川内1号炉 第5抽気系統配管に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・ 定期 取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考
				減 肉		割 れ		材質変化		その他	
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐蝕割れ	熱時効	劣 化		
バウンダリの維持	母 管		ステンレス鋼				△(外面)				*1：高サイクル疲労割れ
	温度計ウェル		ステンレス鋼			▲*1					

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着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2.2-5 川内1号炉 補助給水系統配管に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考
				減 肉		割 れ		材質変化		その他	
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣 化		
バウンダリの維持	母 管		ステンレス鋼				△(外面)				*1：高サイクル疲労割れ
	小口径管台		ステンレス鋼			▲*1					
	フランジボルト		炭素鋼 低合金鋼 ステンレス鋼		△						
	ガスケット	◎	—								

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着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2.2-6 川内1号炉 タービン潤滑・制御油系統配管に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・ 定期 取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考
				減 肉		割 れ		材質変化		その他	
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐蝕割れ	熱時効	劣 化		
バウダリの維持	母 管		ステンレス鋼				△(外面)				
	フランジボルト		低合金鋼		△						
	Oリング	◎	—								

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-7 川内1号炉 原子炉格納容器スプレイ系統配管（苛性ソーダライン）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	母 管		ステンレス鋼				△(外面) ▲(内面)				

△：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）

▲：高経年化対策上着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2.2-8 川内1号炉 緊急時対策所用加圧設備系統配管に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・ 定期 取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考
				減 肉		割 れ		材質変化		その他	
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐蝕割れ	熱時効	劣 化		
バウンダリの維持	母 管		ステンレス鋼				△(外面)				*1：高サイクル疲労割れ
	小口径管台		ステンレス鋼			▲*1					
	フランジボルト		低合金鋼		△						
	ガスケット	◎	—								

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着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 母管の疲労割れ〔余熱除去系統配管〕

a. 事象の説明

母管は、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

母管の健全性評価にあたっては、以下に示す要領により応力算出並びに評価を行った。評価対象部位としては、1次冷却材管高温側余熱除去管台から原子炉格納容器貫通部までとした。

評価方法は、「(社)日本機械学会 設計・建設規格(JSME S NC1-2005/2007)」に規定されるクラス1配管の評価基準を適用した。

また、使用環境を考慮した疲労について、「(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。

表2.3-1 (1/2) 川内1号炉 余熱除去系統配管の疲労評価に用いた過渡回数
(1次冷却材管高温側余熱除去管台～余熱除去入口弁(内隔離弁))

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°C/h)	38	69
停止 (温度下降率55.6°C/h)	36	69
負荷上昇 (負荷上昇率5%/min)	335	809
負荷減少 (負荷減少率5%/min)	324	798
90%から100%へのステップ状負荷上昇	3	5
100%から90%へのステップ状負荷減少	4	6
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	25	62
0%から15%への負荷上昇	39	72
15%から0%への負荷減少	30	61
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	5	7
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	3	6
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	61

*1: 設計評価においては、1次冷却材温度 $\pm 1.7^{\circ}\text{C}$ 、1次冷却材圧力 $\pm 0.34\text{MPa}$ 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2.3-1 (2/2) 川内1号炉 余熱除去系統配管の疲労評価に用いた過渡回数
(余熱除去入口弁(内隔離弁)～原子炉格納容器貫通部)

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°C/h)	38	69
停止 (温度下降率55.6°C/h)	36	69
1次系漏えい試験	31	61

表2.3-2 川内1号炉 余熱除去系統配管の疲労評価結果

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
余熱除去系統出口配管 (1次冷却材管高温側余熱除去管台～ 余熱除去入口弁(内隔離弁))	0.001	0.020
余熱除去系統出口配管 (余熱除去入口弁(内隔離弁)～ 原子炉格納容器貫通部)	0.021	0.132

② 現状保全

母管の疲労割れに対しては、定期的に溶接部を対象とした超音波探傷検査又は浸透探傷検査を実施し、有意な欠陥がないことを確認している。

また、定期的に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、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。

現在実施している溶接部の超音波探傷検査等は疲労割れを検知可能であり、また、割れが発生するとすれば応力の観点から溶接部であると判断されることから、点検手法として適切である。さらに、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

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

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。

- ① 1次冷却材系統配管
- ② 化学体積制御系統配管
- ③ 蒸気発生器ブローダウン系統配管
- ④ 使用済燃料ピット浄化冷却系統配管
- ⑤ 燃料取替用水系統配管
- ⑥ 1次系試料採取系統配管
- ⑦ 安全注入系統配管
- ⑧ 余熱除去系統配管（給水）
- ⑨ 原子炉格納容器スプレイ系統配管
- ⑩ 原子炉格納容器スプレイ系統配管（給水）
- ⑪ 主蒸気系統配管
- ⑫ 低温再熱蒸気系統配管
- ⑬ 第2抽気系統配管
- ⑭ 第3抽気系統配管
- ⑮ 第4抽気系統配管
- ⑯ 第6抽気系統配管
- ⑰ 2次系復水系統配管
- ⑱ 2次系ドレン系統配管
- ⑲ 主給水系統配管
- ⑳ タービンランド蒸気系統配管
- ㉑ 補助蒸気系統配管

3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

3.1.1 母管の疲労割れ

[1次冷却材系統配管、化学体積制御系統配管、1次系試料採取系統配管]

化学体積制御系統配管の充てん配管及び抽出配管については、温度変化と溶接部の応力集中の影響を考慮しても疲労割れが発生する可能性は小さい。

また、充てん配管及び抽出配管は、定期的に超音波探傷検査又は浸透探傷検査を実施し有意な欠陥のないことを確認しており、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。なお、予防保全の観点から、第18回定期検査時(2007年度)に充てん配管、第21回定期検査時(2011年～2015年度)に抽出配管の一部の取り替えを実施している。

1次系試料採取系統配管は、連続通水により温度変化の大きい熱過渡を受けないことから疲労が蓄積する可能性はなく、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

1次冷却材系統配管のうち加圧器サージ配管及び加圧器スプレイ配管においては、以下のとおりプラントの通常運転操作において熱成層の発生、消滅が繰り返されることで疲労評価上厳しくなる可能性がある。

《加圧器サージ配管》

加圧器サージ流量の変動に伴って、加圧器内水と1次冷却材の温度差に起因して加圧器サージ配管に熱成層が発生する。熱成層が発生している状態から、加圧器サージ配管内にアウトサージ又はインサージの過渡が発生すると加圧器サージ配管内に温度差がなくなり、熱成層が消滅する。

《加圧器スプレイ配管》

加圧器スプレイ弁の開閉操作に伴い、加圧器直上部及び水平部配管において熱成層が発生、消滅する。加圧器スプレイ弁を閉じた状態ではバイパスラインに少量の流体が流れており、また、加圧器スプレイ配管内に流入した加圧器気相部流体との間で熱成層が発生し、加圧器スプレイ弁を開くと配管内は、スプレイ水で満たされるため熱成層が消滅する。

加圧器サージ配管及び加圧器スプレイ配管の評価方法は、「(社)日本機械学会 設計・建設規格(JSME S NC1-2005/2007)」のクラス1配管の評価基準を準用した。

また、使用環境を考慮した疲労について、「(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。

疲労評価に用いた過渡回数を表3.1-1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3.1-2に示すが、許容値を満足する結果が得られている。

母管の疲労割れに対しては、定期的に溶接部を対象とした超音波探傷検査を実施し、有意な欠陥のないことを確認するとともに漏えい検査により健全性を確認している。

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

表3.1-1 川内1号炉 1次冷却材系統配管の疲労評価に用いた過渡回数
(加圧器サージ配管及び加圧器スプレイ配管)

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)	38	69
停止 (温度下降率55.6℃/h)	36	69
負荷上昇 (負荷上昇率5%/min)	335	809
負荷減少 (負荷減少率5%/min)	324	798
90%から100%へのステップ状負荷上昇	3	5
100%から90%へのステップ状負荷減少	4	6
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	25	62
0%から15%への負荷上昇	39	72
15%から0%への負荷減少	30	61
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	5	7
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	3	6
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次漏えい試験	31	61

*1: 設計評価においては、1次冷却材温度 $\pm 1.7^{\circ}\text{C}$ 、1次冷却材圧力 $\pm 0.34\text{MPa}$ 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3.1-2 川内1号炉 1次冷却材系統配管の疲労評価結果

機 器	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*1
1次冷却材系統配管	加圧器サージ配管	0.008	0.004
	加圧器スプレイ配管	0.009	0.118

*1：熱成層による発生応力を含めた解析結果であり、設計・建設規格に基づく疲労評価対象箇所と異なる

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 母管の腐食（エロージョン）

[蒸気発生器ブローダウン系統配管、2次系ドレン系統配管]

復水器に繋がる蒸気、凝縮水が流れる配管等では、高減圧部で流速が大きくなるため、エロージョンにより減肉が想定される。

エロージョンによる減肉は、流速、水質、温度、当該部の形状等の使用条件から発生する可能性は推定できるものの、個々の肉厚測定結果による進展評価以外に正確に定量的な評価を行うことは困難であるため、配管の減肉管理については減肉の可能性のある箇所の肉厚測定を行い、減肉の有無、減肉率を判断し、寿命評価を実施することとしている。

配管減肉に対しては、減肉発生の知見、調査結果に基づき作成した「原子力設備2次系配管肉厚の管理指針（PWR）」（平成2年5月）により、減肉の点検対象として主要点検部位（「日本機械学会 加圧水型原子力発電所配管減肉管理に関する技術規格（JSME S NG1-2006）」に定められた偏流発生部位及び下流範囲を含む部位）及びその他部位（主要点検部位以外の部位）について管理対象とし、超音波による肉厚測定を行いデータの蓄積を図ってきた。

また、美浜3号炉2次系配管破損事故（2004年8月）以降は、旧原子力安全・保安院指示文書「原子力発電工作物の保安のための点検、検査等に関する電気事業法施行規則の規定の解釈（内規）の制定について」（平成20・12・22原院第4号 NISA-163c-08-5）や日本機械学会の規格（加圧水型原子力発電所配管減肉管理に関する技術規格（JSME S NG1-2006））に定められた内容に従い、対象系統及び部位や実施時期等の考え方を「配管肉厚管理要領書」（社内文書）に反映し、これに基づき配管減肉の管理を実施している。

現状保全として、「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、減肉の管理を行うことにより機能を維持している。

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 母管の高サイクル熱疲労割れ [化学体積制御系統配管]

《弁シートリーク型熱成層》

化学体積制御系統配管接続部のうち、加圧器補助スプレイラインにおいては、隔離弁がリークした場合、逆止弁を通じて低温水が1次冷却材系統配管へ流入するため、高温の1次冷却材との混合により熱成層が発生し、成層界面が変動することにより疲労割れが想定される。

しかしながら、国内プラントにおける隔離弁の分解点検実績を基に保守的なリーク量を仮定しても熱成層の変動による影響は小さく、問題ないことを確認している。

また、加圧器補助スプレイ弁の分解点検により、弁リークの発生を防止することで、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 再生熱交換器胴側出口配管の高サイクル疲労割れ [化学体積制御系統配管]

2003年9月、泊2号炉の再生熱交換器胴側出口配管で高サイクル熱疲労による疲労割れが発生しているが、この事象は内筒付再生熱交換器特有のものである。川内1号炉の再生熱交換器には内筒がなく、高温水と低温水の合流部が想定されないことから、疲労割れ発生の可能性は小さい。

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、溶接部を対象とした超音波探傷検査により、機器の健全性を確認している。

3.2.4 母管（内面）の応力腐食割れ

[1次冷却材系統配管、化学体積制御系統配管、安全注入系統配管]

1996年5月、米国セコイヤ(Sequoyah)発電所2号炉で、1次系水質環境下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、高温で溶存酸素が高くなる可能性のある範囲の溶接部については、耐応力腐食割れ性に優れた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、溶接部を対象とした超音波探傷検査又は漏えい検査により機器の健全性を確認している。

3.2.5 母管（外面）の応力腐食割れ [共通]

配管外面に大気中の海塩粒子等の塩分が付着した場合、塩化物イオンにより応力腐食割れが想定される。

しかしながら、塩分の付着の可能性のある配管については付着塩分濃度を測定し健全性を確認している。

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。

さらに、塩化ビニールテープの熱分解により生じた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、配管外表面の残存テープ有無について目視確認及びテープ痕部の浸透探傷検査を実施し、健全性を確認している。これらの点検はすでに完了しており、今後、塩化ビニールテープの熱分解による外面からの応力腐食割れ発生の可能性はないと考える。

3.2.6 フランジボルトの腐食（全面腐食）

[1次冷却材系統配管、化学体積制御系統配管、蒸気発生器ブローダウン系統配管、安全注入系統配管、原子炉格納容器スプレイ系統配管、原子炉格納容器スプレイ系統配管（給水）、2次系復水系統配管、2次系ドレン系統配管、主給水系統配管、タービンランド蒸気系統配管、補助蒸気系統配管]

フランジボルトは、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 ヒートトレースの断線

[化学体積制御系統配管、安全注入系統配管、燃料取替用水系統配管]

ヒートトレースは、ほう酸水の温度を維持するために設けられており、劣化による局部過熱を生じて導体が溶融し断線に至ることが想定される。

しかしながら、定期的な抵抗測定により、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。

2.2.3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。

3.2.8 小口径管台の高サイクル疲労割れ

[1次冷却材系統配管、化学体積制御系統配管、使用済燃料ピット浄化冷却系統配管、燃料取替用水系統配管、安全注入系統配管、余熱除去系統配管（給水）、原子炉格納容器スプレイ系統配管、原子炉格納容器スプレイ系統配管（給水）、低温再熱蒸気系統配管、第6抽気系統配管、2次系復水系統配管、2次系ドレン系統配管、主給水系統配管、タービングランド蒸気系統配管]

1998年12月、大飯2号炉の余熱除去系統配管のドレン弁管台において、高サイクル疲労割れによる漏えいが発生している。この事象は、配管取替に伴いドレン管の口径を変更したことにより、余熱除去ポンプと共振が発生し、ドレン弁管台溶接部に応力集中が生じたものである。

しかしながら、川内1号炉においては、必要な部位について振動計測に基づく応力評価等を行い、健全性を確認している。

また、振動の状態は経年的に変化するものではないことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

3.2.9 温度計ウェルの高サイクル疲労割れ

[1次冷却材系統配管、化学体積制御系統配管、原子炉格納容器スプレイ系統配管、主蒸気系統配管、低温再熱蒸気系統配管、第6抽気系統配管、2次系復水系統配管、2次系ドレン系統配管]

1995年12月、もんじゅの温度計ウェルで流体振動による高サイクル疲労割れが発生している。この事象は、プラント運転中に内部流体の流れによる流体振動を受け、流れ方向（抗力方向）に共振が発生し、温度計ウェルの付け根部に応力集中が生じたものである。

しかしながら、川内1号炉の温度計ウェルは、旧原子力安全・保安院指示文書「発電用原子力設備に関する技術基準を定める省令の改正に伴う電気事業法に基づく定期事業者検査の実施について（平成17・12・22原院第6号 NISA-163a-05-3）」に基づき「(社)日本機械学会 配管内円柱状構造物の流力振動評価指針(JSME S 012-1998)」による評価を行い、問題としないことを確認しており、同様な設計方針に基づき施設されているその他の箇所についても同様と考える。

このような条件は経年的に変化するものではないことから、高経年化対策上着

目すべき経年劣化事象ではない。

2 低合金鋼配管

[対象機器]

- ① 2次系ドレン系統配管
- ② 主給水系統配管
- ③ タービンランド蒸気系統配管

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	7
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	13

1. 対象機器及び代表機器の選定

川内1号炉で使用されている主要な低合金鋼配管の主な仕様を表1-1に示す。

これらの配管を内部流体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に示す低合金鋼配管について、内部流体を分離基準として考えると、合計2つのグループに分類される。

1.2 代表機器の選定

(1) 内部流体：蒸気

このグループには、タービンランド蒸気系統配管のみが属するため、代表機器はタービンランド蒸気系統配管とする。

(2) 内部流体：給水

このグループには、主給水系統配管及び2次系ドレン系統配管が属するが、重要度が高い主給水系統配管を代表機器とする。

表1-1 川内1号炉 低合金鋼配管の主な仕様

分離基準	機器名称	選定基準					選定	選定理由
		重要度*1	使用条件					
			設置場所	運転	最高使用圧力 (MPa[gage])	最高使用温度 (°C)		
蒸気	タービンランド蒸気系統配管	高*2	屋内	連続	約7.5	約291	◎	
給水	主給水系統配管*3	MS-1、重*4	屋内	連続	約11.0	約291	◎	重要度
	2次系ドレン系統配管	高*2	屋外	連続	約2.8	約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

*3：2次系給水系統配管を含む

*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2系統の低合金鋼配管について技術評価を実施する。

- ① タービンランド蒸気系統配管
- ② 主給水系統配管

2.1 構造、材料及び使用条件

2.1.1 タービンランド蒸気系統配管

(1) 構造

川内1号炉のタービンランド蒸気系統配管は、母管に低合金鋼を使用している。

(2) 材料及び使用条件

川内1号炉のタービンランド蒸気系統配管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。

表2.1-1 川内1号炉 タービンランド蒸気系統配管主要部位の使用材料

部 位	材 料
母 管	低合金鋼
小口径管台	低合金鋼
フランジボルト	低合金鋼
ガスケット	消耗品・定期取替品

表2.1-2 川内1号炉 タービンランド蒸気系統配管の使用条件

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 主給水系統配管

(1) 構造

川内1号炉の主給水系統配管は、母管に低合金鋼を使用している。

(2) 材料及び使用条件

川内1号炉の主給水系統配管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。

表2.1-3 川内1号炉 主給水系統配管主要部位の使用材料

部 位	材 料
母 管	低合金鋼
小口径管台	低合金鋼
温度計ウェル	ステンレス鋼
サンプルノズル	ステンレス鋼

表2.1-4 川内1号炉 主給水系統配管の使用条件

最高使用圧力	約11.0MPa[gage]
最高使用温度	約291℃
内 部 流 体	給 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

低合金鋼配管の機能である内部流体の流路形成機能を維持するためには、次の項目が必要である。

① バウンダリの維持

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

低合金鋼配管個々について、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2.2-2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、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) 母管（外面）の腐食（全面腐食）[共通]

母管は低合金鋼であり、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。

(2) フランジボルトの腐食（全面腐食）[タービングランド蒸気系統配管]

フランジボルトは、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。

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。

(3) 母管の疲労割れ〔主給水系統配管〕

プラントの起動・停止時に発生する内部流体の温度、圧力の変化により、疲労割れが想定される。

しかしながら、炭素鋼配管の疲労評価結果では許容値を満足する結果が得られており、同等以下の過渡しか受けない低合金鋼配管については、疲労割れ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。

(4) 小口径管台の高サイクル疲労割れ〔共通〕

1998年12月、大飯2号炉の余熱除去系統配管のドレン弁管台において、高サイクル疲労割れによる漏えいが発生している。この事象は配管取替に伴いドレン管の口径を変更したことにより余熱除去ポンプと共振が発生し、ドレン弁管台溶接部に応力集中が生じたものである。

しかしながら、川内1号炉においては、必要な部位について振動計測に基づく応力評価等を行い、健全性を確認している。

また、振動の状態は経年的に変化するものではないことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(5) 温度計ウェル等の高サイクル疲労割れ〔主給水系統配管〕

1995年12月、もんじゅの温度計ウェルで流体振動による高サイクル疲労割れが発生している。この事象はプラント運転中に内部流体の流れによる流体振動を受け、流れ方向（抗力方向）に共振が発生し、温度計ウェルの付け根部に応力集中が生じたものである。

しかしながら、川内1号炉の温度計ウェル及びサンプルノズルは、旧原子力安全・保安院指示文書「発電用原子力設備に関する技術基準を定める省令の改正に伴う電気事業法に基づく定期事業者検査の実施について（平成17・12・22原院第6号 NISA-163a-05-3）」に基づき「(社)日本機械学会 配管内円柱状構造物の流力振動評価指針 (JSME S 012-1998)」による評価を行い、問題とならないことを確認しており、同様な設計方針に基づき施設されているその他の箇所についても同様と考える。

このような条件は経年的に変化するものではないことから、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

ガスケットは分解点検時等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1号炉 タービンランド蒸気系統配管に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考
				減 肉		割 れ		材質変化		その他	
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐蝕割れ	熱時効	劣 化		
バウンダリの維持	母 管		低合金鋼		△(外面)						*1：高サイクル疲労割れ
	小口径管台		低合金鋼			▲*1					
	フランジボルト		低合金鋼		△						
	ガスケット	◎	—								

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着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1号炉 主給水系統配管に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考
				減 肉		割 れ		材質変化		その他	
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐蝕割れ	熱時効	劣 化		
バウンダリの維持	母 管		低合金鋼		△(外面)	▲					*1：高サイクル疲労割れ
	小口径管台		低合金鋼			▲*1					
	温度計ウェル		ステンレス鋼			▲*1					
	サンプルノズル		ステンレス鋼			▲*1					

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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

3. 代表機器以外への展開

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

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 2次系ドレン系統配管

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。

3.2.1 母管（外面）の腐食（全面腐食）

母管は低合金鋼であり、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。

3.2.2 フランジボルトの腐食（全面腐食）

フランジボルトは、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。

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。

3.2.3 小口径管台の高サイクル疲労割れ

1998年12月、大飯2号炉の余熱除去系統配管のドレン弁管台において、高サイクル疲労割れによる漏えいが発生している。この事象は配管取替に伴いドレン管の口径を変更したことにより余熱除去ポンプと共振が発生し、ドレン弁管台溶接部に応力集中が生じたものである。

しかしながら、川内1号炉においては、必要な部位について振動計測に基づく応力評価等を行い、健全性を確認している。

また、振動の状態は経年的に変化するものではないことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

3 炭素鋼配管

[対象機器]

- ① 蒸気発生器ブローダウン系統配管
- ② 原子炉補機冷却水系統配管
- ③ 原子炉補機冷却水系統配管（空気）
- ④ 原子炉補機冷却海水系統配管
- ⑤ 原子炉格納容器スプレイ系統配管（空気）
- ⑥ 主蒸気系統配管
- ⑦ 高温再熱蒸気系統配管
- ⑧ 低温再熱蒸気系統配管
- ⑨ 第3抽気系統配管
- ⑩ 第4抽気系統配管
- ⑪ 第6抽気系統配管
- ⑫ 2次系復水系統配管
- ⑬ 2次系ドレン系統配管
- ⑭ 主給水系統配管
- ⑮ 補助給水系統配管
- ⑯ タービングランド蒸気系統配管
- ⑰ 制御用空気系統配管
- ⑱ 補助蒸気系統配管
- ⑲ 消火用水系統配管
- ⑳ 消火装置系統配管
- ㉑ タービン潤滑・制御油系統配管
- ㉒ 緊急時対策所用燃料油系統配管

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	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	17
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価	28
3. 代表機器以外への展開	31
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象	31
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象	32

1. 対象機器及び代表機器の選定

川内1号炉で使用されている主要な炭素鋼配管の主な仕様を表1-1に示す。

これらの配管を内部流体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に示す炭素鋼配管について、内部流体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) 内部流体：蒸気

このグループには、低温再熱蒸気系統配管、第3抽気系統配管、第4抽気系統配管、第6抽気系統配管、タービングランド蒸気系統配管、主蒸気系統配管、高温再熱蒸気系統配管、補助給水系統配管、補助蒸気系統配管及び2次系ドレン系統配管が属するが、重要度が高い主蒸気系統配管を代表機器とする。

(2) 内部流体：給水

このグループには、蒸気発生器ブローダウン系統配管、補助給水系統配管、消防用水系統配管、2次系復水系統配管、2次系ドレン系統配管、主給水系統配管及び補助蒸気系統配管が属するが、重要度が高く、環境条件（プラントの起動・停止時に内部流体の温度、圧力の変化の影響を受ける）により経年劣化評価上厳しくなる可能性のある主給水系統配管を代表機器とする。

(3) 内部流体：ヒドラジン水

このグループには、原子炉補機冷却水系統配管のみが属するため、代表機器は原子炉補機冷却水系統配管とする。

(4) 内部流体：空気・炭酸ガス

このグループには、原子炉格納容器スプレー系統配管（空気）、制御用空気系統配管、原子炉補機冷却水系統配管（空気）及び消火装置系統配管が属するが、重要度が高い制御用空気系統配管を代表機器とする。

(5) 内部流体：海水

このグループには、原子炉補機冷却海水系統配管のみが属するため、代表機器は原子炉補機冷却海水系統配管とする。

(6) 内部流体：油

このグループには、タービン潤滑・制御油系統配管及び緊急時対策所用燃料油系統配管が属するが、使用条件が厳しい代表機器はタービン潤滑・制御油系統配管とする。

表1-1(1/2) 川内1号炉 炭素鋼配管の主な仕様

分離基準	機器名称	選定基準					選定	選定理由
		重要度*1	使用条件					
内部流体			設置場所	運 転	最高使用圧力 (MPa[gage])	最高使用温度 (°C)		
蒸 気	低温再熱蒸気系統配管	高*2	屋内	連 続	約 1.4	約200	◎	重要度
	第3抽気系統配管	高*2		連 続	約0.20	約135		
	第4抽気系統配管	高*2		連 続	約0.54	約220		
	第6抽気系統配管	高*2		連 続	約 2.8	約235		
	タービングランド蒸気系統配管	高*2		連 続	約 7.5	約291		
	主蒸気系統配管	MS-1、重*3	屋内外	連 続	約 7.5	約291		
	高温再熱蒸気系統配管	高*2		連 続	約 1.4	約291		
	補助給水系統配管	高*2		一 時	大気圧	約100		
	補助蒸気系統配管	MS-1		連 続	約 7.5	約291		
2次系ドレン系統配管	高*2		連 続	約 1.4	約200			
給 水	蒸気発生器ブローダウン系統配管	MS-1	屋内	連 続	約 7.5	約291	◎	重要度、環境条件*5
	補助給水系統配管	MS-1、重*3		一 時	約12.3	約 40		
	消火用水系統配管	重*3		一 時	約 1.5	約 95		
	2次系復水系統配管	高*2	屋内外	連 続	約 4.0	約200		
	2次系ドレン系統配管	高*2		連 続	約 7.5	約291		
	主給水系統配管*4	MS-1、重*3		連 続	約11.0	約291		
	補助蒸気系統配管	高*2		連 続	約 1.6	約185		

*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次系給水系統配管を含む

*5：主給水系統配管は、環境条件（プラントの起動・停止時に内部流体の温度、圧力の変化の影響を受ける）により経年劣化評価上厳しくなる可能性があると判断した

表1-1(2/2) 川内1号炉 炭素鋼配管の主な仕様

分離基準	機器名称	選定基準					選定	選定理由
		重要度*1	使用条件					
内部流体			設置場所	運 転	最高使用圧力 (MPa[gage])	最高使用温度 (°C)		
ヒドラジン水	原子炉補機冷却水系統配管	MS-1、重*3	屋内	連 続	約0.98	約 95	◎	
空 気	原子炉格納容器スプレイ系統配管 (空気)	重*3	屋内	一 時	大気圧	約 40	◎	重要度
	制御用空気系統配管	MS-1、重*3		連 続	約0.98	約 50		
炭酸ガス	原子炉補機冷却水系統配管 (空気)	重*3	屋内外	一 時	約0.98	約 95		
	消火装置系統配管	高*2		一 時	約10.8	約 40		
海 水	原子炉補機冷却海水系統配管	MS-1、重*3	屋内外	連 続	約0.69	約 50	◎	
油	タービン潤滑・制御油系統配管	高*2	屋内	連 続	約 2.2	約 80	◎	使用条件
	緊急時対策所用燃料油系統配管	重*3	屋内外	一 時	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

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系統の炭素鋼配管について技術評価を実施する。

- ① 主蒸気系統配管
- ② 主給水系統配管
- ③ 原子炉補機冷却水系統配管
- ④ 制御用空気系統配管
- ⑤ 原子炉補機冷却海水系統配管
- ⑥ タービン潤滑・制御油系統配管

2.1 構造、材料及び使用条件

2.1.1 主蒸気系統配管

(1) 構造

川内1号炉の主蒸気系統配管は、母管に炭素鋼を使用している。

(2) 材料及び使用条件

川内1号炉の主蒸気系統配管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。

表2.1-1 川内1号炉 主蒸気系統配管主要部位の使用材料

部 位	材 料
母 管	炭 素 鋼
小口径管台	炭 素 鋼
温度計ウェル	ステンレス鋼
サンプルノズル	ステンレス鋼
フランジボルト	低合金鋼
ガスケット	消耗品・定期取替品

表2.1-2 川内1号炉 主蒸気系統配管の使用条件

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 主給水系統配管

(1) 構造

川内1号炉の主給水系統配管は、母管に炭素鋼を使用している。

(2) 材料及び使用条件

川内1号炉の主給水系統配管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。

表2.1-3 川内1号炉 主給水系統配管主要部位の使用材料

部 位	材 料
母 管	炭 素 鋼
小口径管台	炭 素 鋼
温度計ウェル	ステンレス鋼
サンプルノズル	ステンレス鋼
フランジボルト	低合金鋼 炭 素 鋼
ガスケット	消耗品・定期取替品

表2.1-4 川内1号炉 主給水系統配管の使用条件

最高使用圧力	約11.0MPa[gage]
最高使用温度	約291℃
内 部 流 体	給 水

2.1.3 原子炉補機冷却水系統配管

(1) 構造

川内1号炉の原子炉補機冷却水系統配管は、母管に炭素鋼を使用している。

(2) 材料及び使用条件

川内1号炉の原子炉補機冷却水系統配管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。

表2.1-5 川内1号炉 原子炉補機冷却水系統配管主要部位の使用材料

部 位	材 料
母 管	炭 素 鋼
小口径管台	炭 素 鋼
温度計ウェル	ステンレス鋼
フランジボルト	炭 素 鋼
ガスケット	消耗品・定期取替品

表2.1-6 川内1号炉 原子炉補機冷却水系統配管の使用条件

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

2.1.4 制御用空気系統配管

(1) 構造

川内1号炉の制御用空気系統配管は、母管に炭素鋼を使用している。

(2) 材料及び使用条件

川内1号炉の制御用空気系統配管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。

表2.1-7 川内1号炉 制御用空気系統配管主要部位の使用材料

部 位	材 料
母 管	炭 素 鋼
フランジボルト	低合金鋼
ガスケット	消耗品・定期取替品

表2.1-8 川内1号炉 制御用空気系統配管の使用条件

最高使用圧力	約0.98MPa[gage]
最高使用温度	約50℃
内 部 流 体	空 気

2.1.5 原子炉補機冷却海水系統配管

(1) 構造

川内1号炉の原子炉補機冷却海水系統配管は、母管にライニング施工した炭素鋼を使用している。

(2) 材料及び使用条件

川内1号炉の原子炉補機冷却海水系統配管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。

表2.1-9 川内1号炉 原子炉補機冷却海水系統配管主要部位の使用材料

部 位	材 料
母 管	炭 素 鋼 (ライニング)
小口径管台	炭 素 鋼 (ライニング)
温度計ウェル	銅 合 金
フランジボルト	低合金鋼 炭 素 鋼
ガスケット	消耗品・定期取替品

表2.1-10 川内1号炉 原子炉補機冷却海水系統配管の使用条件

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

2.1.6 タービン潤滑・制御油系統配管

(1) 構造

川内1号炉のタービン潤滑・制御油系統配管は、母管に炭素鋼を使用している。

(2) 材料及び使用条件

川内1号炉のタービン潤滑・制御油系統配管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。

表2.1-11 川内1号炉 タービン潤滑・制御油系統配管主要部位の使用材料

部 位	材 料
母 管	炭 素 鋼
小口径管台	炭 素 鋼
フランジボルト	炭 素 鋼
ガスケット	消耗品・定期取替品

表2.1-12 川内1号炉 タービン潤滑・制御油系統配管の使用条件

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

炭素鋼配管の機能である内部流体の流路形成機能を維持するためには、次の項目が必要である。

① バウンダリの維持

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

炭素鋼配管個々について、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（表2.2-1～表2.2-6で○となっているもの）としては以下の事象がある。

(1) 母管の疲労割れ [主給水系統配管]

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2.2-6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) 母管の腐食（流れ加速型腐食）〔主蒸気系統配管、主給水系統配管〕

高温水又は二相流体を内包する炭素鋼配管では、エルボ部、分岐部、レギュレーサ部等の流れの乱れが起きる箇所で、流れ加速型腐食により減肉が想定される。

流れ加速型腐食による減肉は、流速、水質、温度、当該部の形状等の使用条件から発生する可能性は推定できるものの、個々の肉厚測定結果による進展評価以外に正確に定量的な評価を行うことは困難であるため、配管の減肉管理については減肉の可能性のある箇所の肉厚測定を行い、減肉の有無、減肉率を判断し、寿命評価を実施することとしている。

配管減肉に対しては、減肉発生の知見、調査結果に基づき作成した「原子力設備2次系配管肉厚の管理指針（PWR）」（平成2年5月）により、減肉の点検対象として主要点検部位（「日本機械学会 加圧水型原子力発電所配管減肉管理に関する技術規格（JSME S NG1-2006）」に定められた偏流発生部位及び下流範囲を含む部位）及びその他部位（主要点検部位以外の部位）について管理対象とし、超音波による肉厚測定を行いデータの蓄積を図ってきた。

また、美浜3号炉2次系配管破損事故（2004年8月）以降は、旧原子力安全・保安院指示文書「原子力発電工作物の保安のための点検、検査等に関する電気事業法施行規則の規定の解釈（内規）の制定について」（平成20・12・22原院第4号 NISA-163c-08-5）や日本機械学会の規格（加圧水型原子力発電所配管減肉管理に関する技術規格（JSME S NG1-2006））に定められた内容に従い、対象系統及

び部位や実施時期等の考え方を「配管肉厚管理要領書」（社内文書）に反映し、これに基づき配管減肉の管理を実施している。

現状保全として、「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、減肉の管理を行うことにより機能を維持している。

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) 母管（内面）の腐食（全面腐食）

[原子炉補機冷却水系統配管、制御用空気系統配管、タービン潤滑・制御油系統配管]

母管は炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、内部流体が原子炉補機冷却水系統配管はヒドラジン水（防錆剤注入水）、制御用空気系統配管は乾燥した空気、タービン潤滑・制御油系統配管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、系統機器の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) 母管（内面）の腐食（全面腐食） [原子炉補機冷却海水系統配管]

原子炉補機冷却海水系統配管は内部流体が海水であり、内部にライニングを施工しているが、ライニングのはく離等により海水が接した場合は腐食が想定される。

しかしながら、ライニング点検（目視確認又は膜厚測定）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。

(4) 母管（外面）の腐食（全面腐食）〔共通〕

母管は炭素鋼であり、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) フランジボルトの腐食（全面腐食）

〔主蒸気系統配管、主給水系統配管、原子炉補機冷却水系統配管、制御用空気系統配管、原子炉補機冷却海水系統配管、タービン潤滑・制御油系統配管〕

フランジボルトは、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。

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) 小口径管台の高サイクル疲労割れ

〔主蒸気系統配管、主給水系統配管、原子炉補機冷却水系統配管、原子炉補機冷却海水系統配管、タービン潤滑・制御油系統配管〕

1998年12月、大飯2号炉の余熱除去系統配管のドレン弁管台において、高サイクル疲労割れによる漏えいが発生している。この事象は、配管取替に伴いドレン管の口径を変更したことにより余熱除去ポンプと共振が発生し、ドレン弁管台溶接部に応力集中が生じたものである。

しかしながら、川内1号炉においては、必要な部位について振動計測に基づく応力評価等を行い、健全性を確認している。

また、振動の状態は経年的に変化するものではないことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(7) 温度計ウェル等の高サイクル疲労割れ

[主蒸気系統配管、主給水系統配管、原子炉補機冷却水系統配管、原子炉補機冷却海水系統配管]

1995年12月、もんじゅの温度計ウェルで流体振動による高サイクル疲労割れが発生している。この事象は、プラント運転中に内部流体の流れによる流体振動を受け、流れ方向（抗力方向）に共振が発生し、温度計ウェルの付け根部に応力集中が生じたものである。

しかしながら、川内1号炉の温度計ウェル及びサンプルノズルは、旧原子力安全・保安院指示文書「発電用原子力設備に関する技術基準を定める省令の改正に伴う電気事業法に基づく定期事業者検査の実施について（平成17・12・22原院第6号 NISA-163a-05-3）」に基づき「(社)日本機械学会 配管内円柱状構造物の流力振動評価指針（JSME S 012-1998）」による評価を行い、問題とならないことを確認しており、同様な設計方針に基づき施設されているその他の箇所についても同様と考える。このような条件は経年的に変化するものではないことから、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

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1号炉 主蒸気系統配管に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考
				減 肉		割 れ		材質変化		その他	
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐蝕割れ	熱時効	劣 化		
バウンダリの維持	母 管		炭 素 鋼		△ ^{*1} △(外面)						*1：流れ加速型腐食 *2：高サイクル疲労割れ
	小口径管台		炭 素 鋼			▲ ^{*2}					
	温度計ウェル		ステンレス鋼			▲ ^{*2}					
	サンプルノズル		ステンレス鋼			▲ ^{*2}					
	フランジボルト		低合金鋼		△						
	ガスケット	◎	—								

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着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1号炉 主給水系統配管に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・ 定期 取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
				減 肉		割 れ		材質変化			その他
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐蝕割れ	熱時効	劣 化		
バウンダリの維持	母 管		炭 素 鋼		△ ^{*1} △(外面)	○				*1：流れ加速型腐食 *2：高サイクル疲労割れ	
	小口径管台		炭 素 鋼			▲ ^{*2}					
	温度計ウェル		ステンレス鋼			▲ ^{*2}					
	サンプルノズル		ステンレス鋼			▲ ^{*2}					
	フランジボルト		低合金鋼 炭 素 鋼		△						
	ガスケット	◎	—								

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着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2.2-3 川内1号炉 原子炉補機冷却水系統配管に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
				減 肉		割 れ		材質変化			その他
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐蝕割れ	熱時効	劣 化		
バウンダリの維持	母 管		炭 素 鋼		△(内面) △(外面)					*1：高サイクル疲労割れ	
	小口径管台		炭 素 鋼			▲*1					
	温度計ウェル		ステンレス鋼			▲*1					
	フランジボルト		炭 素 鋼		△						
	ガスケット	◎	—								

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着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1号炉 制御用空気系統配管に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考
				減 肉		割 れ		材質変化		その他	
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐蝕割れ	熱時効	劣 化		
バウンダリの維持	母 管		炭 素 鋼		△(内面) △(外面)						
	フランジボルト		低合金鋼		△						
	ガスケット	◎	—								

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-5 川内1号炉 原子炉補機冷却海水系統配管に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考
				減 肉		割 れ		材質変化		その他	
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐蝕割れ	熱時効	劣 化		
バウンダリの維持	母 管		炭素鋼 (ライニング)		△(内面) △(外面)						*1：高サイクル疲労割れ
	小口径管台		炭素鋼 (ライニング)			▲*1					
	温度計ウェル		銅 合 金			▲*1					
	フランジボルト		低合金鋼 炭 素 鋼		△						
	ガスケット	◎	—								

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着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2.2-6 川内1号炉 タービン潤滑・制御油系統配管に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考
				減 肉		割 れ		材質変化		その他	
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐蝕割れ	熱時効	劣 化		
バウンダリの維持	母 管		炭 素 鋼		△(内面) △(外面)						*1：高サイクル疲労割れ
	小口径管台		炭 素 鋼			▲*1					
	フランジボルト		炭 素 鋼		△						
	ガスケット	◎	—								

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着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 母管の疲労割れ [主給水系統配管]

a. 事象の説明

母管は、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

母管の健全性評価にあたっては、以下に示す要領により応力算出並びに評価を行った。評価対象部位としては、原子炉格納容器貫通部から蒸気発生器給水管台までとした。

評価方法は、「(社)日本機械学会 設計・建設規格 (JSME S NC1-2005/2007)」に規定されるクラス1配管の評価基準を準用した。

また、使用環境を考慮した疲労について、「(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。

表2.3-1 川内1号炉 主給水系統配管の疲労評価に用いた過渡回数
(原子炉格納容器貫通部～蒸気発生器給水管台)

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)	38	69
停止 (温度下降率55.6℃/h)	36	69
負荷上昇 (負荷上昇率5%/min)	335	809
負荷減少 (負荷減少率5%/min)	324	798
90%から100%へのステップ状負荷上昇	3	5
100%から90%へのステップ状負荷減少	4	6
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	25	62
0%から15%への負荷上昇	39	72
15%から0%への負荷減少	30	61
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	5	7
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	3	6
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
2 次系漏えい試験	31*2	61*2

*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

*2：1次系漏えい試験と同じ回数とした

表2.3-2 川内1号炉 主給水系統配管の疲労評価結果

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
主給水系統配管 (原子炉格納容器貫通部～ 蒸気発生器給水管台)	0.016	0.119

② 現状保全

母管の疲労割れに対しては、定期的に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、疲労割れの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、疲労割れによる機器の健全性への影響は、漏えい検査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

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

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。

- ① 蒸気発生器ブローダウン系統配管
- ② 原子炉補機冷却水系統配管（空気）
- ③ 原子炉格納容器スプレイ系統配管（空気）
- ④ 高温再熱蒸気系統配管
- ⑤ 低温再熱蒸気系統配管
- ⑥ 第3抽気系統配管
- ⑦ 第4抽気系統配管
- ⑧ 第6抽気系統配管
- ⑨ 2次系復水系統配管
- ⑩ 2次系ドレン系統配管
- ⑪ 補助給水系統配管
- ⑫ タービンランド蒸気系統配管
- ⑬ 補助蒸気系統配管
- ⑭ 消火用水系統配管
- ⑮ 消火装置系統配管
- ⑯ 緊急時対策所用燃料油系統配管

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。

3.2.1 母管の腐食（流れ加速型腐食）

[蒸気発生器ブローダウン系統配管、低温再熱蒸気系統配管、第3抽気系統配管、第4抽気系統配管、第6抽気系統配管、2次系復水系統配管、2次系ドレン系統配管、タービングランド蒸気系統配管、補助蒸気系統配管]

高温水又は二相流体を内包する炭素鋼配管では、エルボ部、分岐部、レギュレーサ部等の流れの乱れが起きる箇所で、流れ加速型腐食により減肉が想定される。

流れ加速型腐食による減肉は、流速、水質、温度、当該部の形状等の使用条件から発生する可能性は推定できるものの、個々の肉厚測定結果による進展評価以外に正確に定量的な評価を行うことは困難であるため、配管の減肉管理については減肉の可能性のある箇所の肉厚測定を行い、減肉の有無、減肉率を判断し、寿命評価を実施することとしている。

配管減肉に対しては、減肉発生の知見、調査結果に基づき作成した「原子力設備2次系配管肉厚の管理指針（PWR）」（平成2年5月）により、減肉の点検対象として主要点検部位（「日本機械学会 加圧水型原子力発電所配管減肉管理に関する技術規格（JSME S NG1-2006）」に定められた偏流発生部位及び下流範囲を含む部位）及びその他部位（主要点検部位以外の部位）について管理対象とし、超音波による肉厚測定を行いデータの蓄積を図ってきた。

また、美浜3号炉2次系配管破損事故（2004年8月）以降は、旧原子力安全・保安院指示文書「原子力発電工作物の保安のための点検、検査等に関する電気事業法施行規則の規定の解釈（内規）の制定について」（平成20・12・22原院第4号 NISA-163c-08-5）や日本機械学会の規格（加圧水型原子力発電所配管減肉管理に関する技術規格（JSME S NG1-2006））に定められた内容に従い、対象系統及び部位や実施時期等の考え方を「配管肉厚管理要領書」（社内文書）に反映し、これに基づき配管減肉の管理を実施している。

現状保全として、「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、減肉の管理を行うことにより機能を維持している。

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 母管の腐食（エロージョン）〔2次系ドレン系統配管〕

復水器に繋がる蒸気、凝縮水が流れる配管等では、高減圧部で流速が大きくなるため、エロージョンにより減肉が想定される。

エロージョンによる減肉は、流速、水質、温度、当該部の形状等の使用条件から発生する可能性は推定できるものの、個々の肉厚測定結果による進展評価以外に正確に定量的な評価を行うことは困難であるため、配管の減肉管理については減肉の可能性のある箇所の肉厚測定を行い、減肉の有無、減肉率を判断し、寿命評価を実施することとしている。

配管減肉に対しては、減肉発生の知見、調査結果に基づき作成した「原子力設備2次系配管肉厚の管理指針（PWR）」（平成2年5月）により、減肉の点検対象として主要点検部位（「日本機械学会 加圧水型原子力発電所配管減肉管理に関する技術規格（JSME S NG1-2006）」に定められた偏流発生部位及び下流範囲を含む部位）及びその他部位（主要点検部位以外の部位）について管理対象とし、超音波による肉厚測定を行いデータの蓄積を図ってきた。

また、美浜3号炉2次系配管破損事故（2004年8月）以降は、旧原子力安全・保安院指示文書「原子力発電工作物の保安のための点検、検査等に関する電気事業法施行規則の規定の解釈（内規）の制定について」（平成20・12・22原院第4号 NISA-163c-08-5）や日本機械学会の規格（加圧水型原子力発電所配管減肉管理に関する技術規格（JSME S NG1-2006））に定められた内容に従い、対象系統及び部位や実施時期等の考え方を「配管肉厚管理要領書」（社内文書）に反映し、これに基づき配管減肉の管理を実施している。

現状保全として、「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、減肉の管理を行うことにより機能を維持している。

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 母管（内面）の腐食（全面腐食）

[補助給水系統配管、消火用水系統配管、原子炉格納容器スプレイ系統配管（空気）、原子炉補機冷却水系統配管（空気）]

母管は炭素鋼であり、内部流体は補助給水系統配管及び消火用水系統配管は給水（飽和溶存酸素濃度：最大約8ppm）、原子炉格納容器スプレイ系統配管（空気）及び原子炉補機冷却水系統配管（空気）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、系統機器の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 母管（内面）の腐食（全面腐食）

[消火装置系統配管、緊急時対策所用燃料油系統配管]

母管は炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、内部流体が消火装置系統配管は炭酸ガス、緊急時対策所用燃料油系統配管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、系統機器の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。

3.2.5 母管（外面）の腐食（全面腐食）[共通]

母管は炭素鋼であり、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。

3.2.6 フランジボルトの腐食（全面腐食）

[蒸気発生器ブローダウン系統配管、高温再熱蒸気系統配管、2次系復水系統配管、2次系ドレン系統配管、補助給水系統配管、タービンランド蒸気系統配管、補助蒸気系統配管、消火用水系統配管、消火装置系統配管、緊急時対策所用燃料油系統配管]

フランジボルトは、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。

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 小口径管台の高サイクル疲労割れ

[蒸気発生器ブローダウン系統配管、原子炉補機冷却水系統配管（空気）、原子炉格納容器スプレイ系統配管（空気）、高温再熱蒸気系統配管、低温再熱蒸気系統配管、第3抽気系統配管、第4抽気系統配管、2次系復水系統配管、2次系ドレン系統配管、補助給水系統配管、タービンランド蒸気系統配管、補助蒸気系統配管、消火用水系統配管、緊急時対策所用燃料油系統配管]

1998年12月、大飯2号炉の余熱除去系統配管のドレン弁管台において、高サイクル疲労割れによる漏えいが発生している。この事象は、配管取替に伴いドレン管の口径を変更したことにより余熱除去ポンプと共振が発生し、ドレン弁管台溶接部に応力集中が生じたものである。

しかしながら、川内1号炉においては、必要な部位について振動計測に基づく応力評価等を行い、健全性を確認している。

また、振動の状態は経年的に変化するものではないことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

3.2.8 温度計ウェル等の高サイクル疲労割れ

[高温再熱蒸気系統配管、低温再熱蒸気系統配管、第3抽気系統配管、第4抽気系統配管、2次系復水系統配管、2次系ドレン系統配管、タービンランド蒸気系統配管、補助蒸気系統配管]

1995年12月、もんじゅの温度計ウェルで流体振動による高サイクル疲労割れが発生している。この事象は、プラント運転中に内部流体の流れによる流体振動を受け、流れ方向（抗力方向）に共振が発生し、温度計ウェルの付け根部に応力集中が生じたものである。

しかしながら、川内1号炉の温度計ウェル及びサンプルノズルは、旧原子力安全・保安院指示文書「発電用原子力設備に関する技術基準を定める省令の改正に伴う電気事業法に基づく定期事業者検査の実施について（平成17・12・22原院第6号 NISA-163a-05-3）」に基づき「(社)日本機械学会 配管内円柱状構造物の流力振動評価指針 (JSME S 012-1998)」による評価を行い、問題とならないことを確認しており、同様な設計方針に基づき施設されているその他の箇所についても同様と考える。このような条件は経年的に変化するものではないことから、高

経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

4 1 次冷却材管

[対象機器]

- ① 1 次冷却材管

目 次

1. 対象機器	1
2. 1次冷却材管の技術評価	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
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価	10

1. 対象機器

川内1号炉で使用されている1次冷却材管の主な仕様を表1-1に示す。

表1-1 川内1号炉 1次冷却材管の主な仕様

機器名称	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)
1次冷却材管	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. 1次冷却材管の技術評価

2.1 構造、材料及び使用条件

2.1.1 1次冷却材管

(1) 構造

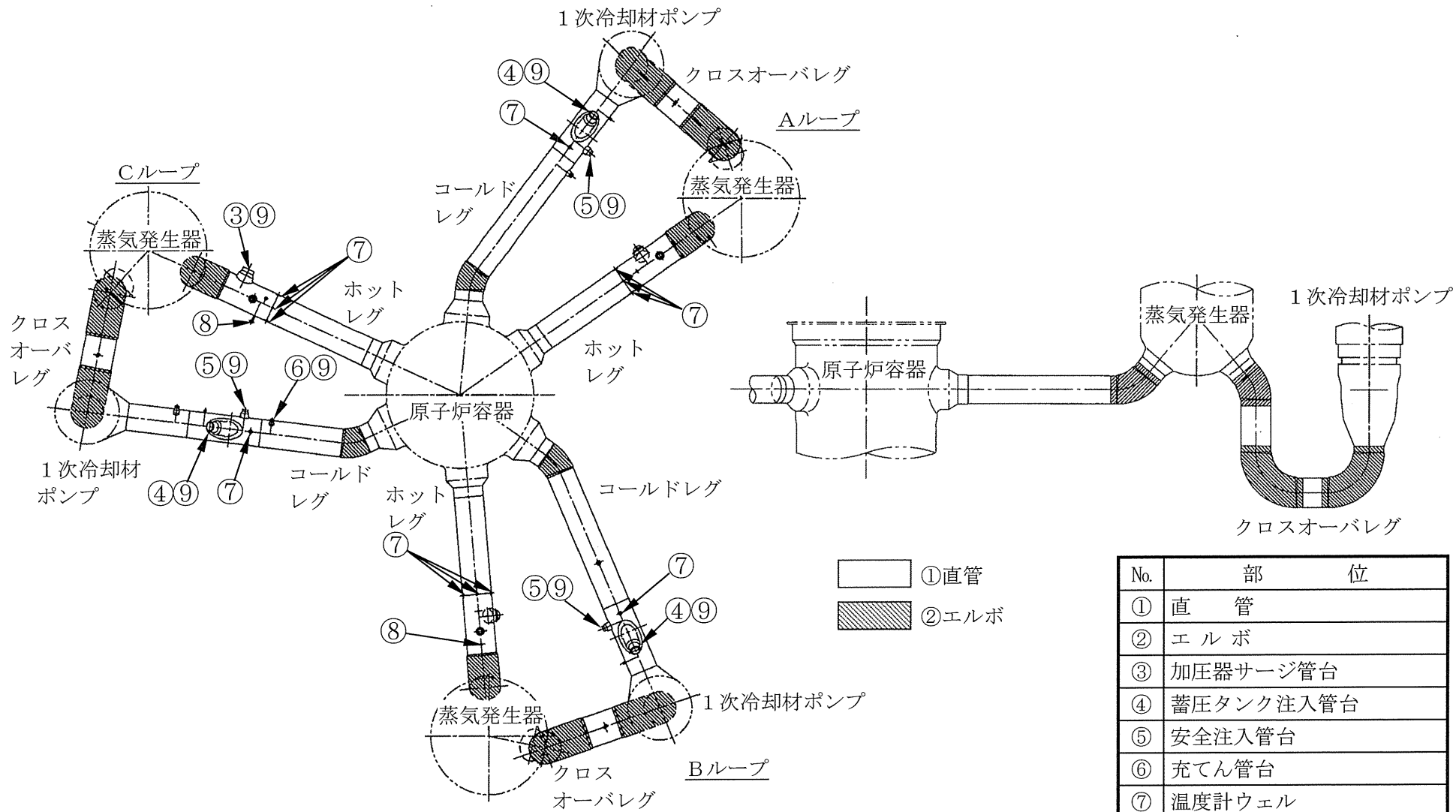
1次冷却材管は原子炉容器、蒸気発生器及び1次冷却材ポンプ相互を連絡し、循環回路を形成している。1次冷却材管は直管部とエルボ部からなる母管と母管に取り付けられた複数の管台及び温度計ウェル等から構成されている。

各グループでは、原子炉容器と蒸気発生器間をホットレグ、蒸気発生器と1次冷却材ポンプ間をクロスオーバーレグ、1次冷却材ポンプと原子炉容器間をコールドレグと呼んでいる。

川内1号炉は3ループプラントであり、1次冷却材管の配置を図2.1-1に示す。

(2) 材料及び使用条件

川内1号炉の1次冷却材管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。



- ①直管
- ②エルボ

No.	部 位
①	直 管
②	エ ル ボ
③	加圧器サージ管台
④	蓄圧タンク注入管台
⑤	安全注入管台
⑥	充てん管台
⑦	温度計ウェル
⑧	サンプルノズル
⑨	サーマルスリーブ

図2.1-1 川内1号炉 1次冷却材管配置図

表2.1-1 川内1号炉 1次冷却材管の使用材料

部 位		材 料
母 管	直 管	ステンレス鋼鋳鋼
	エ ル ボ	ステンレス鋼鋳鋼
管 台	加圧器サージ管台	ステンレス鋼
	蓄圧タンク注入管台	ステンレス鋼鋳鋼
	安全注入管台	ステンレス鋼
	充てん管台	ステンレス鋼
温度計ウェル		ステンレス鋼
サンプルノズル		ステンレス鋼
サーマルスリーブ		ステンレス鋼

表2.1-2 川内1号炉 1次冷却材管の使用条件

最高使用圧力	約17.2MPa[gage]
最高使用温度	約343℃
1次冷却材流量	約 46×10^6 kg/h
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

1次冷却材管の機能である耐圧機能を維持するためには、次の項目が必要である。

- ① バウンダリの維持

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

1次冷却材管について機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の構造、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) 母管及び管台の疲労割れ

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る応力変動によって、材料に疲労が蓄積することから、経年劣化に対する評価が必要である。

(2) 母管及び管台の熱時効

母管及び管台に使用しているステンレス鋼（2相ステンレス鋼）は、高温での長時間の使用に伴い靱性の低下等、材料特性変化を起こすことから、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) 母管及び管台の応力腐食割れ

母管及び管台はステンレス鋼鋳鋼又はステンレス鋼を使用してお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（最高でも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、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、溶接部を対象とした超音波探傷検査、浸透探傷検査又は漏えい検査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。

(2) 温度計ウェル及びサンプルノズルの高サイクル疲労割れ

1995年12月、もんじゅの温度計ウェルで流体振動による高サイクル疲労割れが発生している。この事象は、プラント運転中に内部流体の流れによる流体振動を受け、流れ方向（抗力方向）に共振が発生し、温度計ウェルの付け根部に応力集中が生じたものである。

しかしながら、川内1号炉の温度計ウェル及びサンプルノズルは、保安院指示文書（平成17・12・22原院第6号 NISA-163a-05-3）に基づき「(社)日本機械学会 配管内円柱状構造物の流力振動評価指針（JSME S 012-1998）」による評価を行い、問題とならないことを確認しており、このような条件は経年的に変化するものではないことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(3) サーマルスリーブの高サイクル疲労割れ

1981年7月、大飯2号炉の2点溶接タイプのサーマルスリーブで流体振動による高サイクル疲労割れが発生している。

しかしながら、川内1号炉のサーマルスリーブは全て全周溶接タイプであり、2点溶接タイプに比べて発生応力が十分小さいことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

図2.2-1にサーマルスリーブの構造を示す。

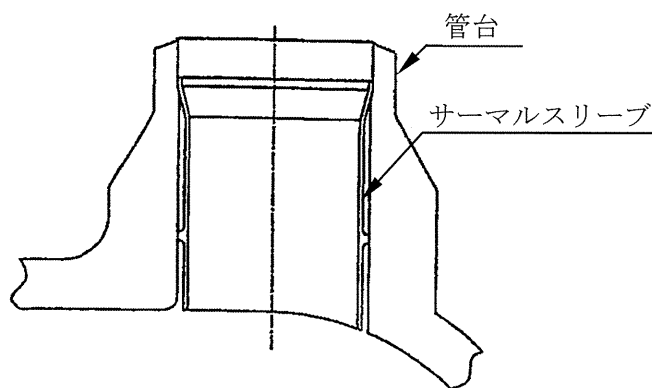


図2.2-1 川内1号炉 サーマルスリーブ構造図

(4) 温度計ウェル等の応力腐食割れ

温度計ウェル、サンプルノズル及びサーマルスリーブはステンレス鋼を使用してお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（最高でも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、今後も機能の維持は可能であることから、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1号炉 1次冷却材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	応力腐蝕割れ	熱時効	劣 化		
バウンダリの維持	直 管		ステンス鋼鋳鋼			○	△	○			*1：高サイクル疲労割れ
	エ ル ボ		ステンス鋼鋳鋼			○	△	○			
	加圧器サージ管台		ステンレス鋼			○	△				
	蓄圧タンク注入管台		ステンス鋼鋳鋼			○	△	○			
	安全注入管台		ステンレス鋼			○	△				
	充てん管台		ステンレス鋼			○	△				
	温度計ウェル		ステンレス鋼			▲*1	▲				
	サンプルノズル		ステンレス鋼			▲*1	▲				
	サーマルスリーブ		ステンレス鋼			▲*1	▲				

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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

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 母管及び管台の疲労割れ

a. 事象の説明

母管及び管台は、プラントの起動・停止時等に熱過渡を繰り返し受け、さらに管台は冷水注入による熱過渡を受けるため、疲労が蓄積する。

b. 技術評価

① 健全性評価

母管及び管台の健全性評価にあたっては、「(社)日本機械学会 設計・建設規格 (JSME S NC1-2005/2007)」に基づき評価を行った。

また、使用環境を考慮した疲労について、「(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。

評価点を図2.3-1に、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。

表2.3-1 川内1号炉 1次冷却材管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 時点の推定値
起動（温度上昇率55.6℃/h）	38	69
停止（温度下降率55.6℃/h）	36	69
負荷上昇（負荷上昇率5%/min）	335	809
負荷減少（負荷減少率5%/min）	324	798
90%から100%へのステップ状負荷上昇	3	5
100%から90%へのステップ状負荷減少	4	6
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	25	62
0%から15%への負荷上昇	39	72
15%から0%への負荷減少	30	61
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 時点の推定値
負荷の喪失	5	7
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	3	6
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	61

*1：設計評価においては、1次冷却材温度 $\pm 1.7^{\circ}\text{C}$ 、1次冷却材圧力 $\pm 0.34\text{MPa}$ 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1号炉 1次冷却材管 疲労評価結果

評価対象部位 (使用材料)	評価点	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
ホットレグ (ステンレス鋼鋳鋼)	図2.3-1	0.001	0.003
クロスオーバレグ (ステンレス鋼鋳鋼)		0.002	0.009
コールドレグ (ステンレス鋼鋳鋼)		0.001	0.004
加圧器サージ管台 (ステンレス鋼)		0.031	0.162
蓄圧タンク注入管台 (ステンレス鋼鋳鋼)		0.008	0.031
安全注入管台 (ステンレス鋼)		0.007	0.023
充てん管台 (ステンレス鋼)		0.003	0.023

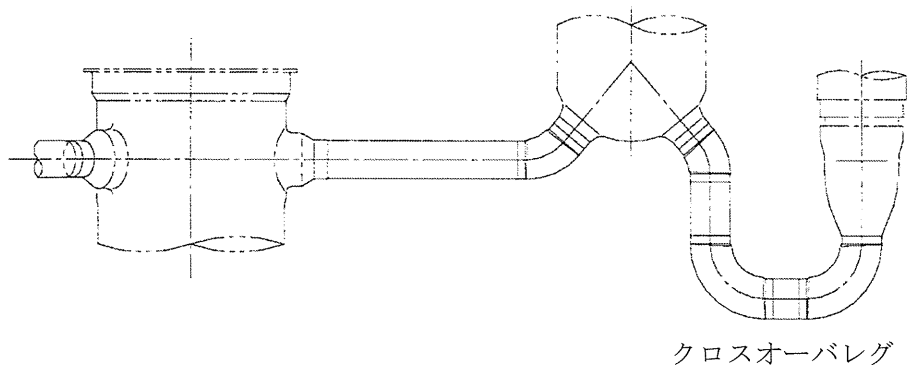
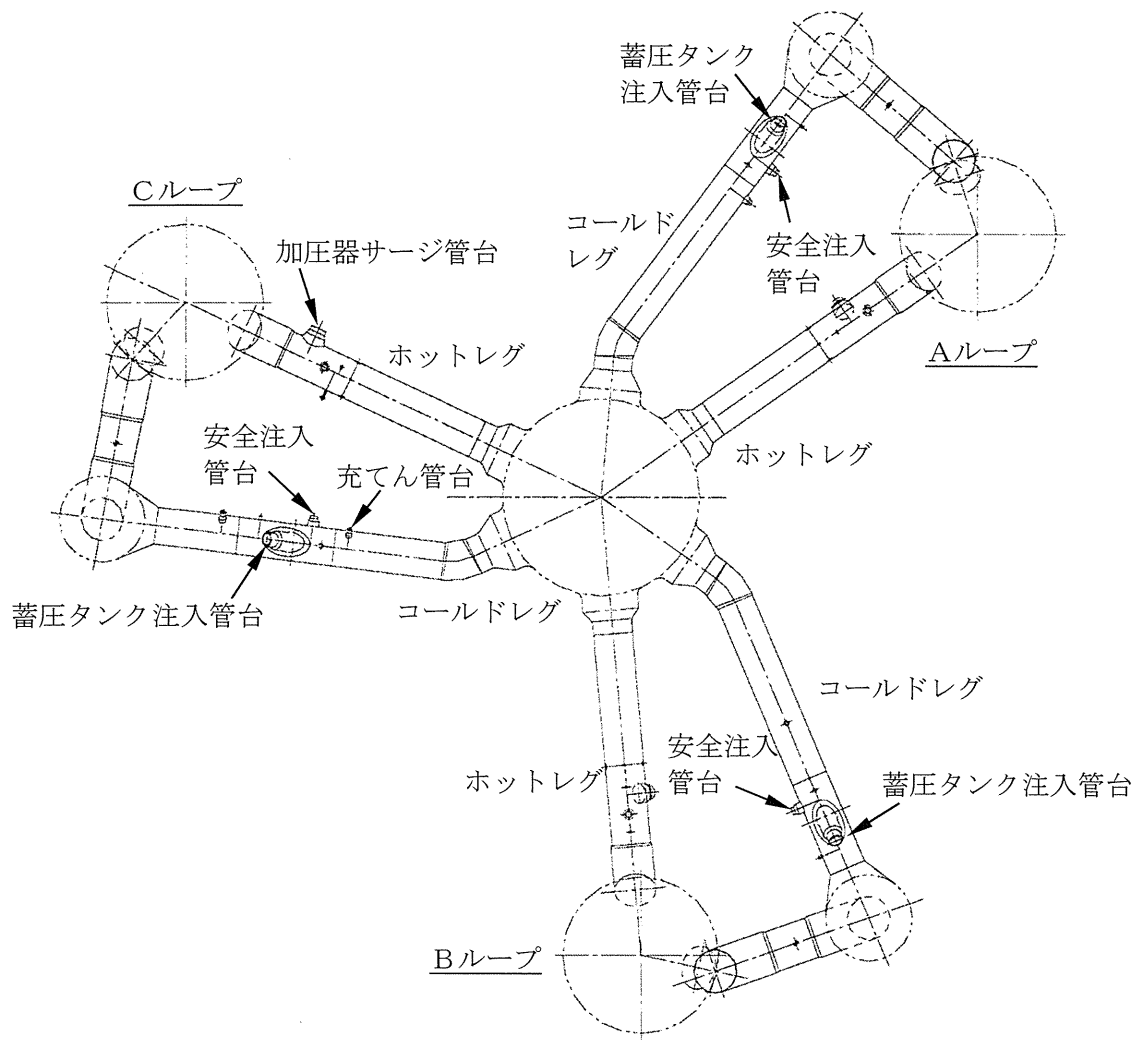


図2.3-1 川内1号炉 1次冷却材管の疲労評価点

② 現状保全

母管及び管台の疲労割れに対しては、定期的に溶接部の超音波探傷検査又は浸透探傷検査を実施し、有意な欠陥のないことを確認している。また、定期的に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。

現在実施している溶接部の超音波探傷検査等は疲労割れを検知可能であり、また、割れが発生するとすれば応力の観点から溶接部であると判断されることから、点検手法として適切である。さらに、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

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

2.3.2 母管及び管台の熱時効

a. 事象の説明

母管及び管台に使用しているステンレス鋼鋳鋼は、オーステナイト相中に一部フェライト相を含む2相組織であるため、高温での長期の使用に伴い、時間とともにフェライト相内でより安定な組織形態へ移行しようとし、相分離が起こることにより、靱性の低下等、材料特性変化を起こす。

b. 技術評価

① 健全性評価

プラント長期間の運転中に熱時効を受けたステンレス鋼鋳鋼は、引張強さは増加するので材料強度の評価上の余裕は向上するが、材料の靱性が低下する。

ここでは、き裂の存在を仮定し、破壊力学的手法を用いて、ステンレス鋼鋳鋼の熱時効後の構造上の安全性を評価した。

初期き裂については、「(社)日本電気協会 原子力発電所配管破損防護設計技術指針 (JEAG4613-1998)」に準拠し、超音波探傷検査の検出能力を基に余裕を見込んで設定している。また、熱時効後の材料試験データを見ても延性安定き裂成長が認められるため、弾塑性破壊力学的解析手法に基づき評価を行った。

熱時効による靱性低下への影響は、フェライト量が多いほど大きくなる。また、使用条件としては、応力が大きいほど厳しくなることから、1次冷却材管として使用されているステンレス鋼鋳鋼の部位で、応力が最も大きいホットレグ直管とフェライト量^{*1}が最も多いコールドレグ直管を評価部位として選定した。さらに応力とフェライト量の組合せを考慮し、蓄圧タンク注入管台を評価部位として選定した。また、エルボで応力が高くなると考えられるSG入口50°エルボについても評価部位として選定した。

具体的には、川内1号炉評価対象部位の熱時効後の材料のき裂進展抵抗^{*2} (J_{mat}) と構造系に作用する応力 (重大事故等時^{*3} + 地震動による荷重) から算出されるき裂進展力 (J_{app}) を求めてその比較を行った。なお、供用状態A、Bの破壊力学評価結果は、より評価が厳しくなる重大事故等時の評価結果に包含される。

その結果、図2.3-2に示すように、運転開始後60年時点までの疲労き裂進展長さを考慮した評価用き裂^{*4}を想定しても、材料の J_{mat} と J_{app} との交点

において、 J_{mat} の傾きが J_{app} の傾きを上回ることから*5、配管は不安定破壊することはなく、健全性評価上問題とならないと判断する。

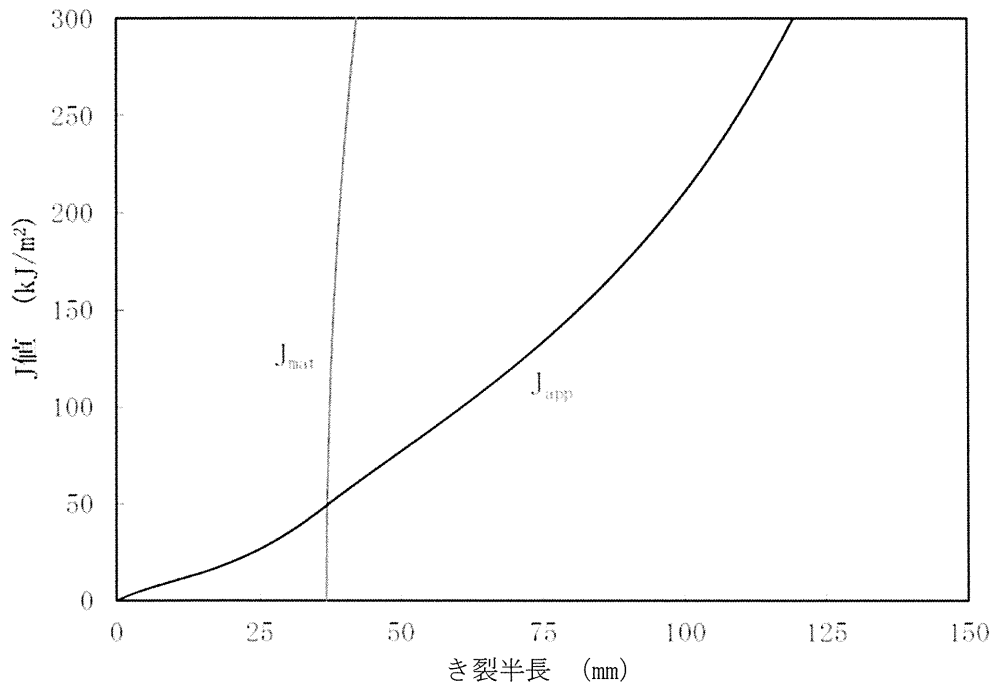
*1: フェライト量は、製造時記録の材料成分を用いて、「Standard Practice for Estimating Ferrite Content of Stainless Steel Castings Containing Both Ferrite and Austenite (ASTM A800/A800M-20)」に示される線図により決定した

*2: き裂進展抵抗は、電力共同研究「1次冷却材管等の時効劣化に関する研究(STEPⅢ)(その2)」(1998年度)で改良された脆化予測モデル(H3Tモデル: Hyperbolic-Time, Temperature Toughness)を用いて、評価部位のフェライト量を基に、完全時効後の値(飽和値)として決定した。また、予測の下限值(-2σ)を採用した

*3: 重大事故等時におけるプラント条件(ピーク温度 360°C 、ピーク圧力 18.5MPa)を考慮した

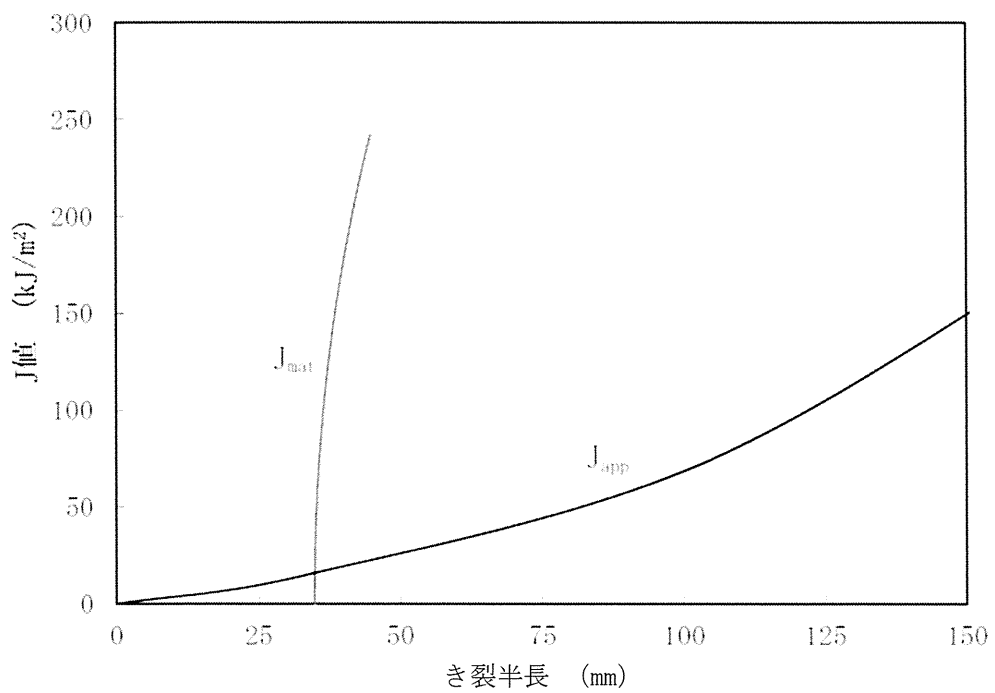
*4: 表2.3-1に示す運転過渡及び地震動による運転開始後60年時点までの疲労き裂の進展を考慮しても、当該き裂は配管を貫通しない評価結果となったが、その後の弾塑性破壊力学解析においては、解析の簡便性のため、保守的に貫通き裂を想定した

*5: 初期き裂の想定、き裂進展、貫通き裂の想定及びき裂進展力は「(社)日本電気協会 原子力発電所配管破損防護設計技術指針(JEAG4613-1998)」の評価手法に準拠した。そのため、き裂進展力の評価についても内圧、自重、熱応力に加えて、地震を考慮した



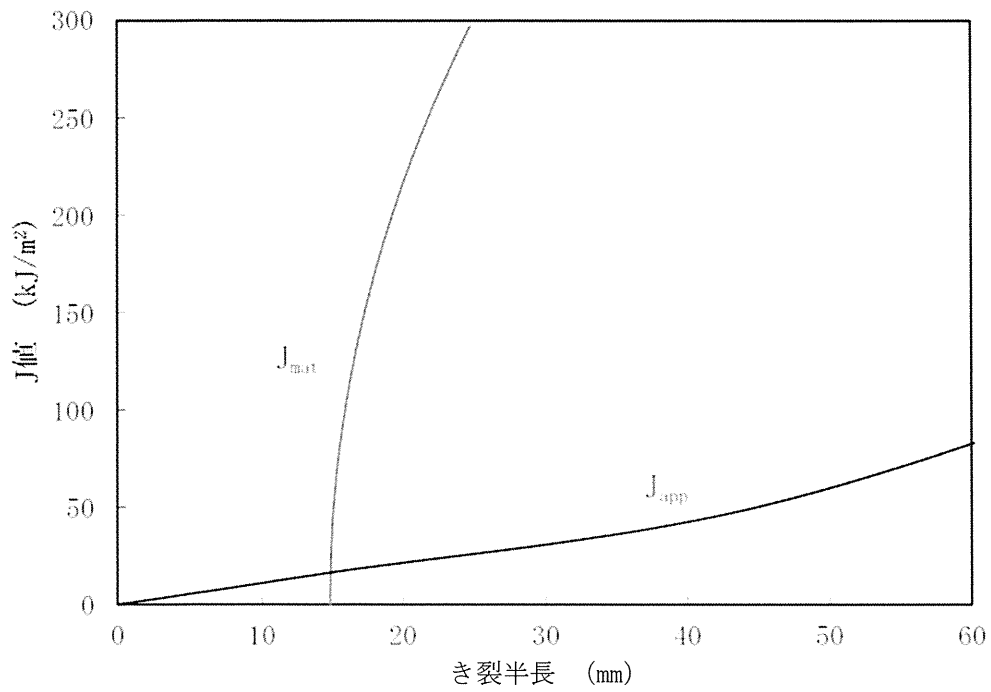
ホットレグ直管

図2.3-2(1/4) 川内1号炉 熱時効に対する破壊力学評価結果 (重大事故等時*6)



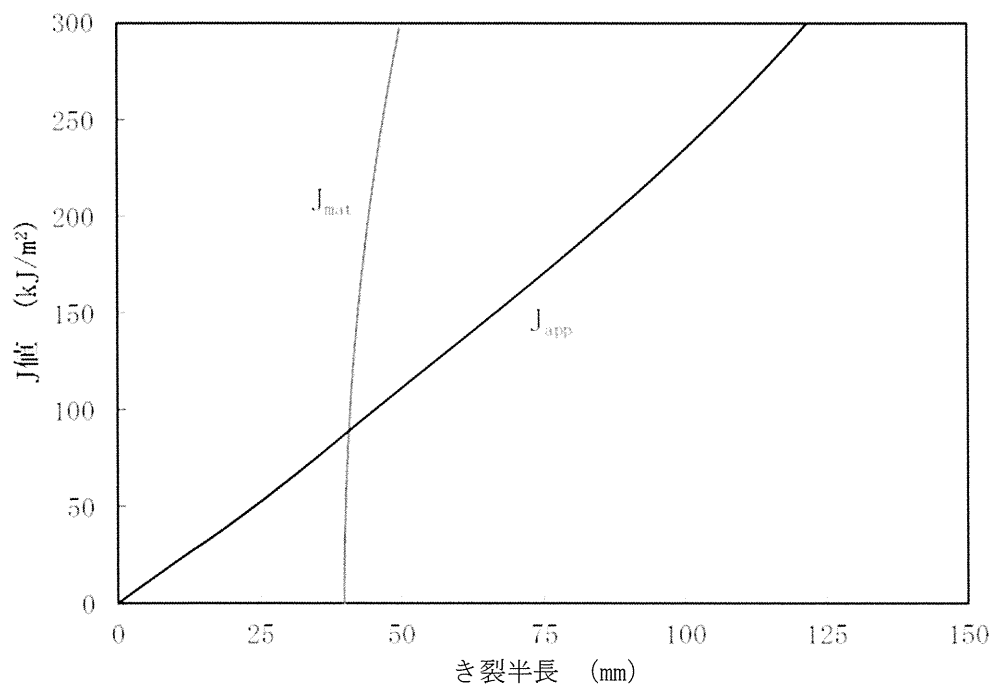
コールドレグ直管

図2.3-2(2/4) 川内1号炉 熱時効に対する破壊力学評価結果 (重大事故等時*6)



蓄圧タンク注入管台

図 2.3-2(3/4) 川内 1 号炉 熱時効に対する破壊力学評価結果 (重大事故等時*6)



SG入口50° エルボ

図 2.3-2(4/4) 川内 1 号炉 熱時効に対する破壊力学評価結果 (重大事故等時*6)

*6：重大事故等時にき裂進展力が大きくなる部位の評価を実施した。また供用状態 A、B の破壊力学評価結果は、より評価が厳しくなる重大事故等時の評価結果（図 2.3-2）に包含される

② 現状保全

母管及び管台の熱時効に対しては、定期的に溶接部の超音波探傷検査を実施し、評価で想定したき裂のないことを確認している。

また、定期的に漏えい検査を実施し、健全性を確認している。

③ 総合評価

健全性評価結果から判断して、母管及び管台の熱時効は高経年化対策上問題となる可能性はないと考える。

現在実施している溶接部の超音波探傷検査は内面からの割れを検知可能であり、また、割れが発生するとすれば応力の観点から溶接部であると判断されることから、点検手法として適切である。

c. 高経年化への対応

母管及び管台の熱時効については、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。

5 配管サポート

[対象機器]

- ① アンカー
- ② Uバンド
- ③ Uボルト
- ④ スライドサポート
- ⑤ レストレイント
- ⑥ スプリングハンガ
- ⑦ オイルスナバ
- ⑧ メカニカルスナバ

目 次

1. 対象機器	1
2. 配管サポートの技術評価	2
2.1 構造及び材料	2
2.2 経年劣化事象の抽出	26
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価	39

1. 対象機器

川内1号炉で使用されている主要な配管サポートの主な仕様を表1-1に示す。

これらの配管サポートについては、型式ごとに各々対象とした。

表1-1 川内1号炉 配管サポートの主な仕様

機 器 名 称	仕 様
アンカー	配管の全方向の変位及びモーメントを拘束する。
Uバンド	配管の全方向の変位を拘束する。
Uボルト	配管の軸直方向の変位を拘束する。
スライドサポート	配管の軸直方向の変位及び全方向のモーメントを拘束する。
レストレイント	配管の特定1方向の変位を拘束する。
スプリングハンガ	配管自重を支持する。
オイルスナバ	地震時に、配管の特定1方向の変位を拘束する。
メカニカルスナバ	地震時に、配管の特定1方向の変位を拘束する。

2. 配管サポートの技術評価

本章では、1章で対象とした以下の8種類の配管サポートについて、技術評価を実施する。

- ① アンカー
- ② Uバンド
- ③ Uボルト
- ④ スライドサポート
- ⑤ レストレイント
- ⑥ スプリングハンガ
- ⑦ オイルスナバ
- ⑧ メカニカルスナバ

2.1 構造及び材料

2.1.1 アンカー

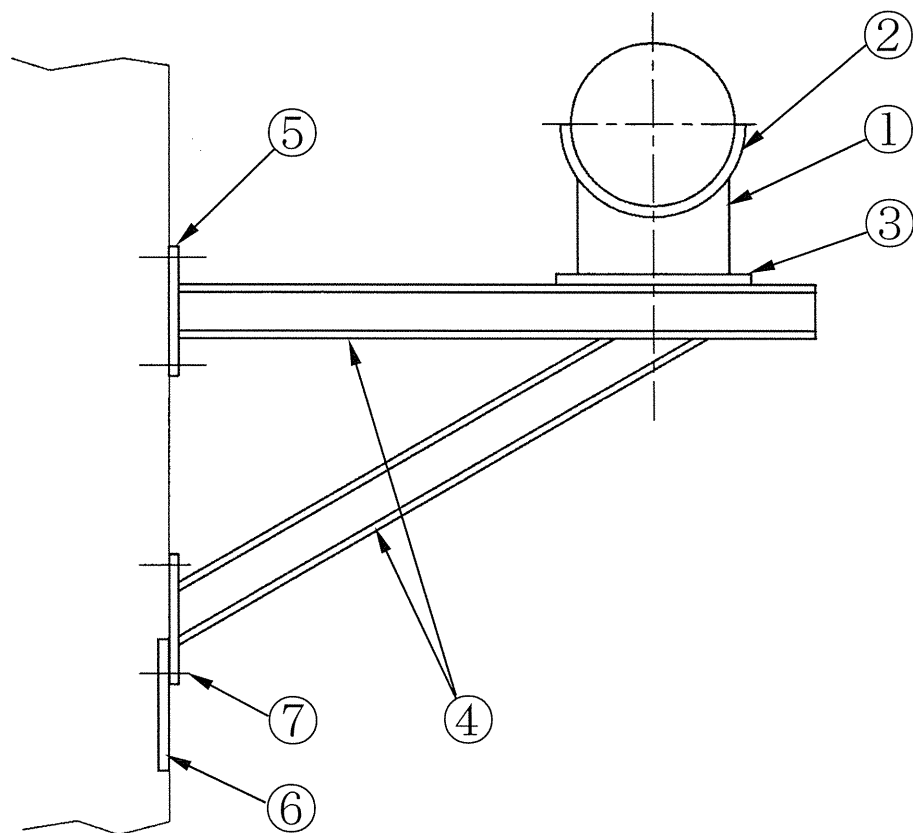
(1) 構造

アンカーは、配管の全方向の変位及びモーメントを拘束する構造である。

川内1号炉のアンカーの構造図（概念図）を図2.1-1に示す。

(2) 材 料

川内1号炉のアンカー主要部位の使用材料を表2.1-1に示す。



No.	部 位
①	ラ グ
②	パ ッ ド
③	プ レ ー ト
④	鋼 材
⑤	ベ ー ス プ レ ー ト
⑥	埋 込 金 物
⑦	基 礎 ボ ル ト
	基 礎 ボ ル ト (ケ ミ カ ル ア ン カ)

図2.1-1 川内1号炉 配管サポート アンカー構造図 (概念図)

表2.1-1 川内1号炉 配管サポート アンカー主要部位の使用材料

部 位	材 料
ラ グ	ステンレス鋼 炭 素 鋼
パ ッ ド	ステンレス鋼 炭 素 鋼
プレート	炭 素 鋼
鋼 材	炭 素 鋼
ベースプレート	炭 素 鋼
埋込金物	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 不飽和ポリエステル樹脂

2.1.2 Uバンド

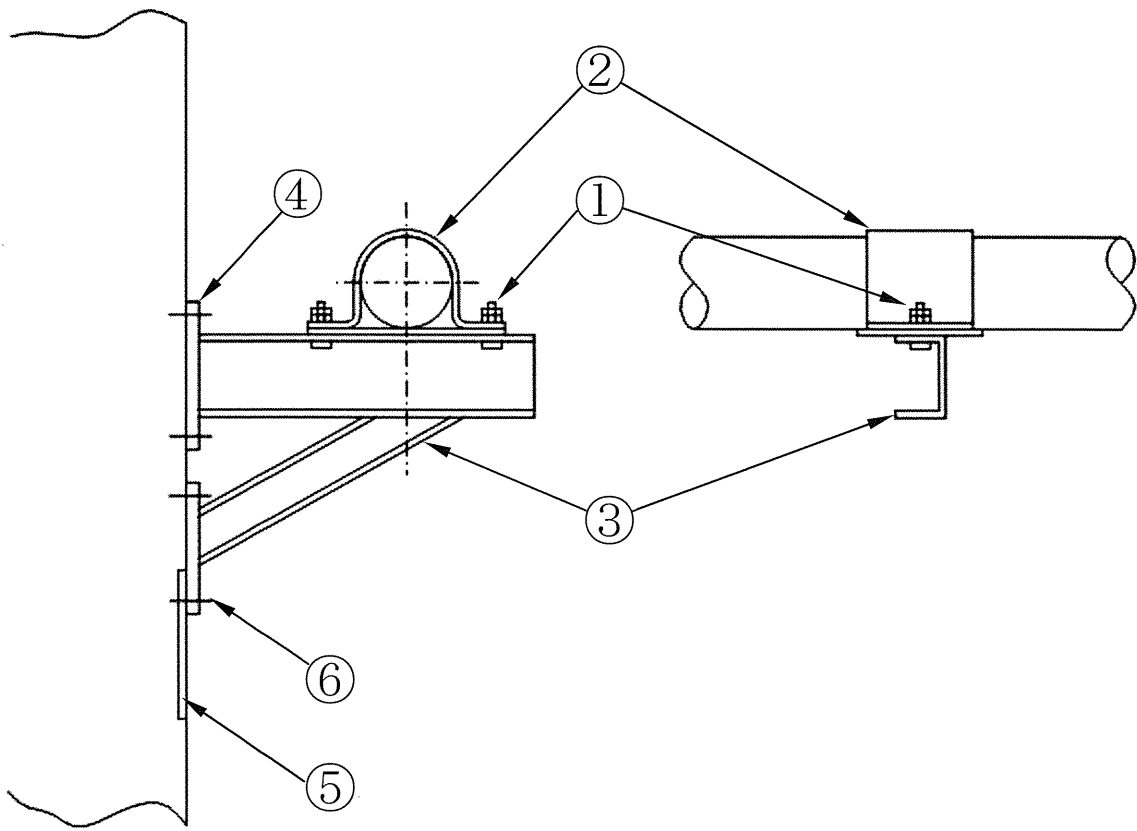
(1) 構造

Uバンドは、配管の全方向の変位を拘束する構造である。

川内1号炉のUバンドの構造図（概念図）を図2.1-2に示す。

(2) 材料

川内1号炉のUバンド主要部位の使用材料を表2.1-2に示す。



No.	部 位
①	ボルト、ナット
②	Uバンド本体
③	鋼 材
④	ベースプレート
⑤	埋込金物
⑥	基礎ボルト (メカニカルアンカ)
	基礎ボルト (ケミカルアンカ)

図2.1-2 川内1号炉 配管サポート Uバンド構造図 (概念図)

表2.1-2 川内1号炉 配管サポート Uバンド主要部位の使用材料

部 位	材 料
ボルト、ナット	炭素鋼
Uバンド本体	ステンレス鋼 炭素鋼
鋼 材	炭素鋼
ベースプレート	炭素鋼
埋込金物	炭素鋼
基礎ボルト（メカニカルアンカ）	炭素鋼
基礎ボルト（ケミカルアンカ）	炭素鋼 不飽和ポリエステル樹脂

2.1.3 Uボルト

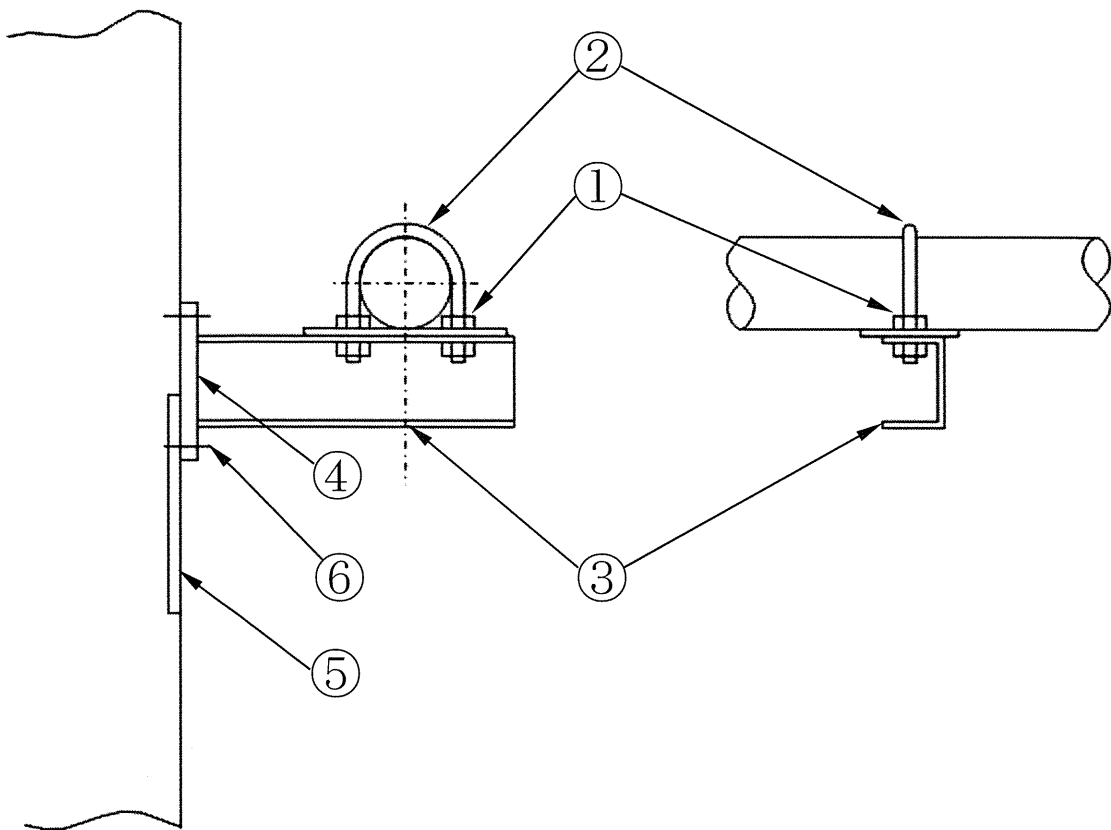
(1) 構造

Uボルトは、配管の軸直方向の変位を拘束する構造であり、配管との間に間隙を設け配管軸方向の変位を容易にしている。

川内1号炉のUボルトの構造図（概念図）を図2.1-3に示す。

(2) 材料

川内1号炉のUボルト主要部位の使用材料を表2.1-3に示す。



No.	部 位
①	ナ ッ ト
②	Uボルト本体
③	鋼 材
④	ベースプレート
⑤	埋込金物
⑥	基礎ボルト (メカニカルアンカ)
	基礎ボルト (ケミカルアンカ)

図2.1-3 川内1号炉 配管サポート Uボルト構造図 (概念図)

表2.1-3 川内1号炉 配管サポート Uボルト主要部位の使用材料

部 位	材 料
ナ ッ ト	ステンレス鋼 炭 素 鋼
Uボルト本体	ステンレス鋼 炭 素 鋼
鋼 材	炭 素 鋼
ベースプレート	炭 素 鋼
埋込金物	炭 素 鋼
基礎ボルト（メカニカルアンカ）	炭 素 鋼
基礎ボルト（ケミカルアンカ）	炭 素 鋼 不飽和ポリエステル樹脂

2.1.4 スライドサポート

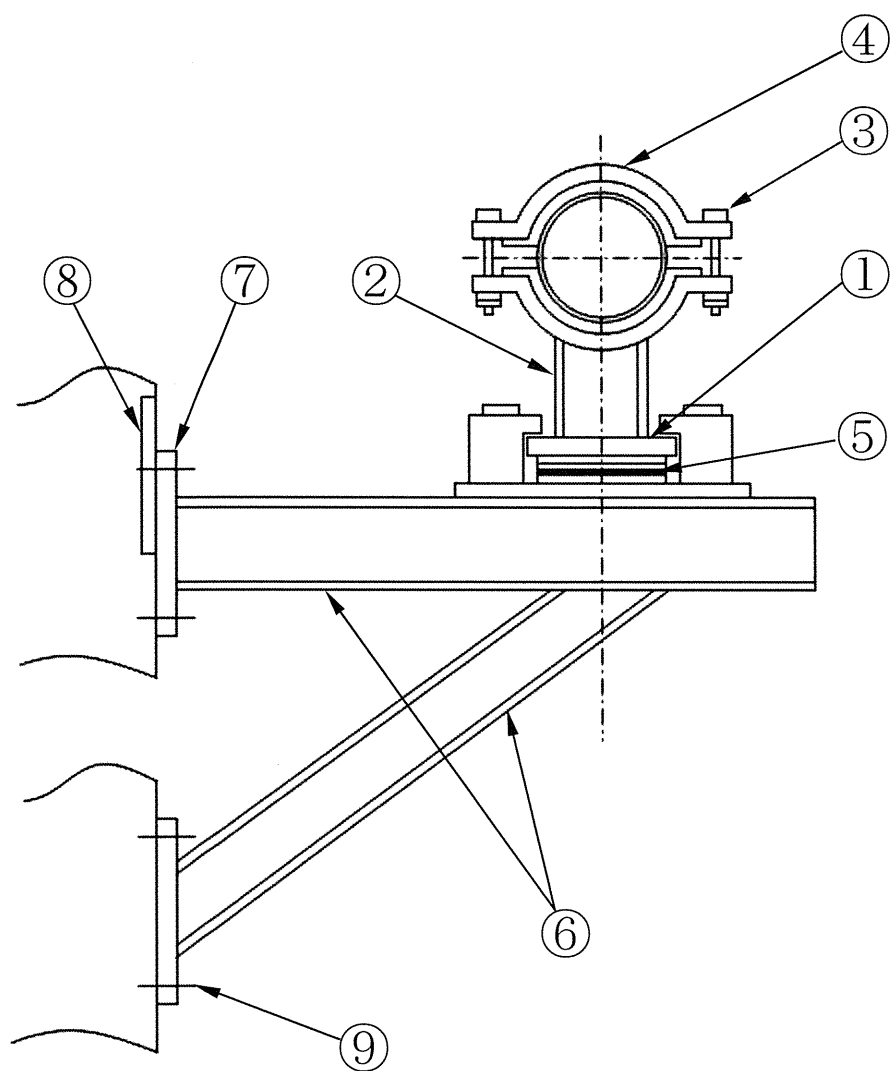
(1) 構造

スライドサポートは、配管の軸直方向の変位及び全方向のモーメントを拘束する構造である。

川内1号炉のスライドサポートの構造図（概念図）を図2.1-4に示す。

(2) 材料

川内1号炉のスライドサポート主要部位の使用材料を表2.1-4に示す。



No.	部 位
①	プレート
②	ラ グ
③	ボルト、ナット
④	クランプ
⑤	スライドプレート
⑥	鋼 材
⑦	ベースプレート
⑧	埋込金物
⑨	基礎ボルト (メカニカルアンカ) 基礎ボルト (ケミカルアンカ)

図2.1-4 川内1号炉 配管サポート スライドサポート構造図 (概念図)

表2.1-4 川内1号炉 配管サポート スライドサポート主要部位の使用材料

部 位	材 料
プレート	ステンレス鋼 炭素鋼
ラ グ	ステンレス鋼 炭素鋼
ボルト、ナット	炭素鋼
クランプ	炭素鋼
スライドプレート	ステンレス鋼+テフロン 炭素鋼+テフロン
鋼 材	炭素鋼
ベースプレート	炭素鋼
埋込金物	炭素鋼
基礎ボルト（メカニカルアンカ）	炭素鋼
基礎ボルト（ケミカルアンカ）	炭素鋼 不飽和ポリエステル樹脂 ビニルウレタン樹脂

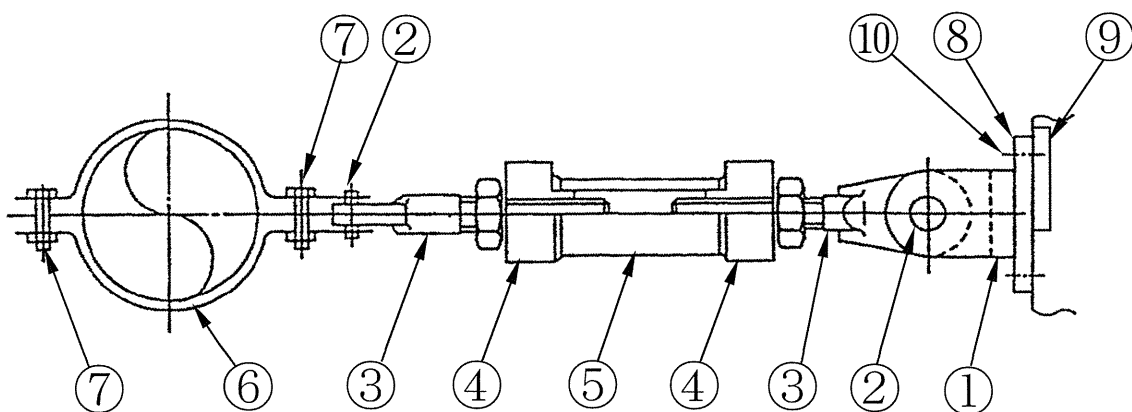
2.1.5 レストレイント

(1) 構 造

レストレイントは、配管の特定1方向の変位を拘束する構造である。
川内1号炉のレストレイントの構造図（概念図）を図2.1-5に示す。

(2) 材 料

川内1号炉のレストレイント主要部位の使用材料を表2.1-5に示す。



No.	部 位
①	ブラケット
②	ピ ン
③	スphericalアイボルト
④	アジャストナット
⑤	パイ プ
⑥	パイプクランプ
⑦	ボルト、ナット
⑧	ベースプレート
⑨	埋込金物
⑩	基礎ボルト
	基礎ボルト (メカニカルアンカ)
	基礎ボルト (ケミカルアンカ)

図2.1-5 川内1号炉 配管サポート レストレイント構造図 (概念図)

表2.1-5 川内1号炉 配管サポート レストレイント主要部位の使用材料

部 位	材 料
ブラケット	炭素鋼
ピ ン	炭素鋼
スヘリカルアイボルト	炭素鋼
アジャストナット	炭素鋼
パイ プ	炭素鋼
パイプクランプ	ステンレス鋼 炭素鋼
ボルト、ナット	炭素鋼
ベースプレート	炭素鋼
埋込金物	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
基礎ボルト（ケミカルアンカ）	炭素鋼 不飽和ポリエステル樹脂

2.1.6 スプリングハンガ

(1) 構造

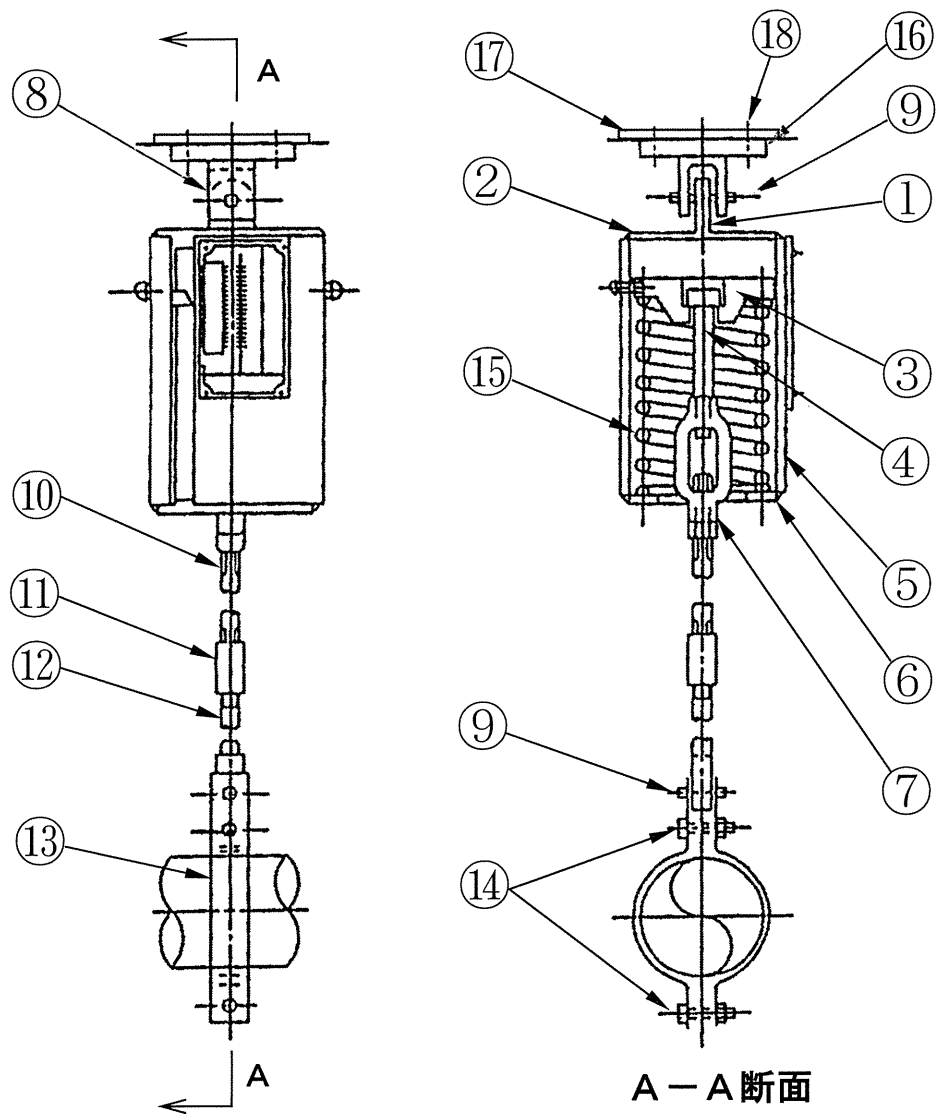
スプリングハンガは、配管自重を支持する構造である。

また、スプリングハンガはターンバックルを調整することによりばねの伸縮量を調整可能である。

川内1号炉のスプリングハンガの構造図（概念図）を図2.1-6に示す。

(2) 材料

川内1号炉のスプリングハンガ主要部位の使用材料を表2.1-6に示す。



No.	部 位
①	イ ー ヤ
②	上部カバー
③	ピストンプレート
④	ハンガロッド
⑤	スプリングケース
⑥	下部カバー
⑦	ターンバックル
⑧	クレビスブラケット
⑨	ピ ン
⑩	無頭ボルト
⑪	ロッドカプラー
⑫	アイボルト
⑬	パイプクランプ
⑭	ボルト、ナット
⑮	ば ね
⑯	ベースプレート
⑰	埋込金物
⑱	基礎ボルト (メカニカルアンカ)

図2.1-6 川内1号炉 配管サポート スプリングハンガ構造図 (概念図)

表2.1-6 川内1号炉 配管サポート スプリングハンガ主要部位の使用材料

部 位	材 料
イ ー ヤ	炭 素 鋼
上部カバー	炭 素 鋼
ピストンプレート	炭 素 鋼 鋳 鉄
ハンガロッド	炭 素 鋼
スプリングケース	炭 素 鋼
下部カバー	炭 素 鋼
ターンバックル	炭 素 鋼
クレビスブラケット	炭 素 鋼
ピ ン	ステンレス鋼 炭 素 鋼
無頭ボルト	炭 素 鋼
ロッドカップラー	炭 素 鋼
アイボルト	炭 素 鋼
パイプクランプ	ステンレス鋼 炭 素 鋼
ボルト、ナット	炭 素 鋼
ば ね	ばね鋼 ばね用オイルテンパー線
ベースプレート	炭 素 鋼
埋込金物	炭 素 鋼
基礎ボルト（メカニカルアンカ）	炭 素 鋼

2.1.7 オイルスナバ

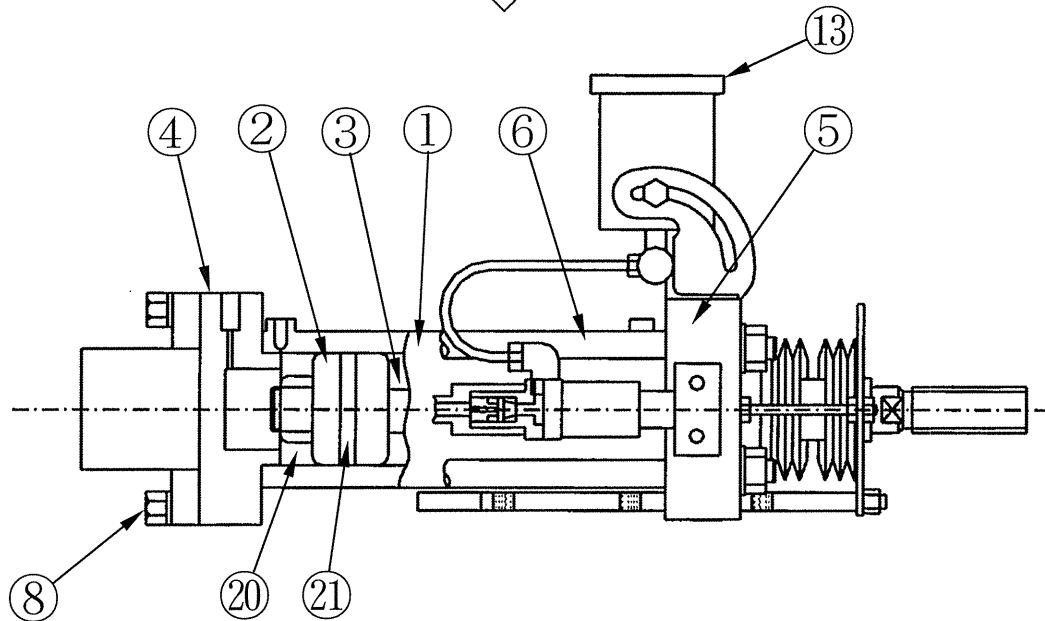
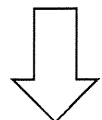
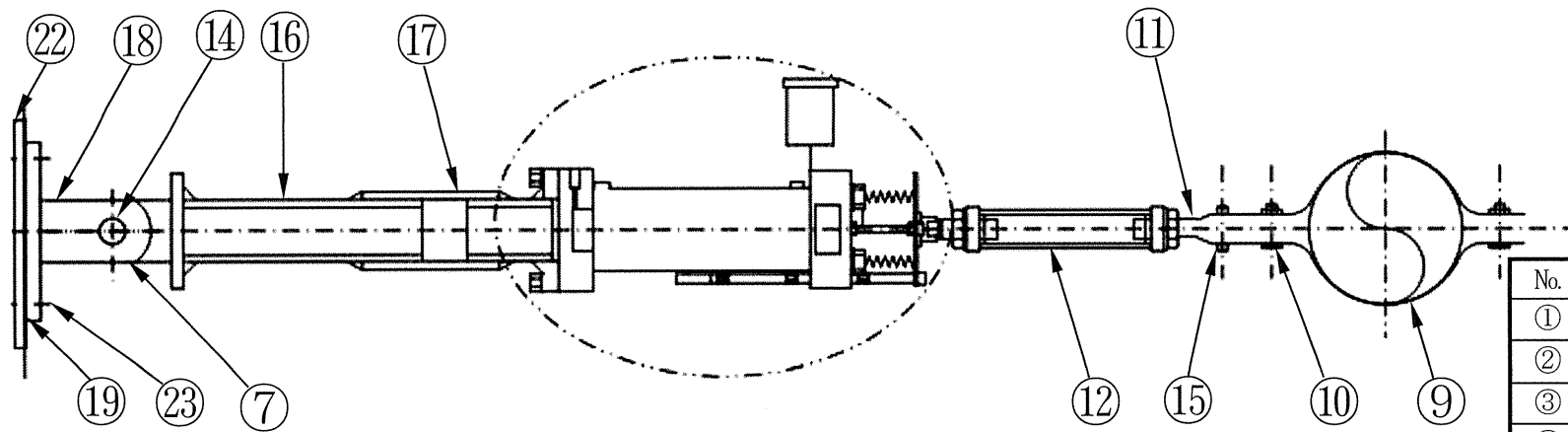
(1) 構造

オイルスナバは、地震時に配管の特定1方向の変位を拘束する構造である。
抵抗力発生媒体にオイルを使用している。

川内1号炉のオイルスナバの構造図（概念図）を図2.1-7に示す。

(2) 材料

川内1号炉のオイルスナバ主要部位の使用材料を表2.1-7に示す。



No.	部 位
①	シリンダ
②	ピストン
③	ピストンロッド
④	シリンダカバー
⑤	ロッドカバー
⑥	タイロッド
⑦	イーヤ
⑧	六角ボルト
⑨	パイプクランプ
⑩	ボルト、ナット
⑪	アイボルト
⑫	ターンバックル
⑬	オイルリザーバ
⑭	ピン
⑮	リーマスタッドボルト
⑯	コネクティングパイプ
⑰	アダプタ
⑱	ベースプレート
⑳	オイル
㉑	オイルシール
㉒	埋込金物
㉓	基礎ボルト
	基礎ボルト (メカニカルアンカ)
	基礎ボルト (ケミカルアンカ)

図2.1-7 川内1号炉 配管サポート オイルスナバ構造図 (概念図)

表2.1-7 川内1号炉 配管サポート オイルスナバ主要部位の使用材料

部 位	材 料
シリンダ	炭素鋼
ピストン	鋳鉄
ピストンロッド	炭素鋼
シリンダカバー	炭素鋼
ロッドカバー	鋳鉄 炭素鋼
タイロッド	炭素鋼
イーヤ	炭素鋼
六角ボルト	低合金鋼
パイプクランプ	ステンレス鋼 炭素鋼
ボルト、ナット	炭素鋼
アイボルト	炭素鋼
ターンバックル	炭素鋼
オイルリザーバ	ステンレス鋼 炭素鋼
ピン	炭素鋼
リーマスタッドボルト	炭素鋼
コネクティングパイプ	炭素鋼
アダプタ	炭素鋼
ブラケット	炭素鋼
ベースプレート	炭素鋼
オイル	消耗品・定期取替品
オイルシール	消耗品・定期取替品
埋込金物	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
基礎ボルト（ケミカルアンカ）	炭素鋼 不飽和ポリエステル樹脂 ビニルウレタン樹脂

2.1.8 メカニカルスナバ

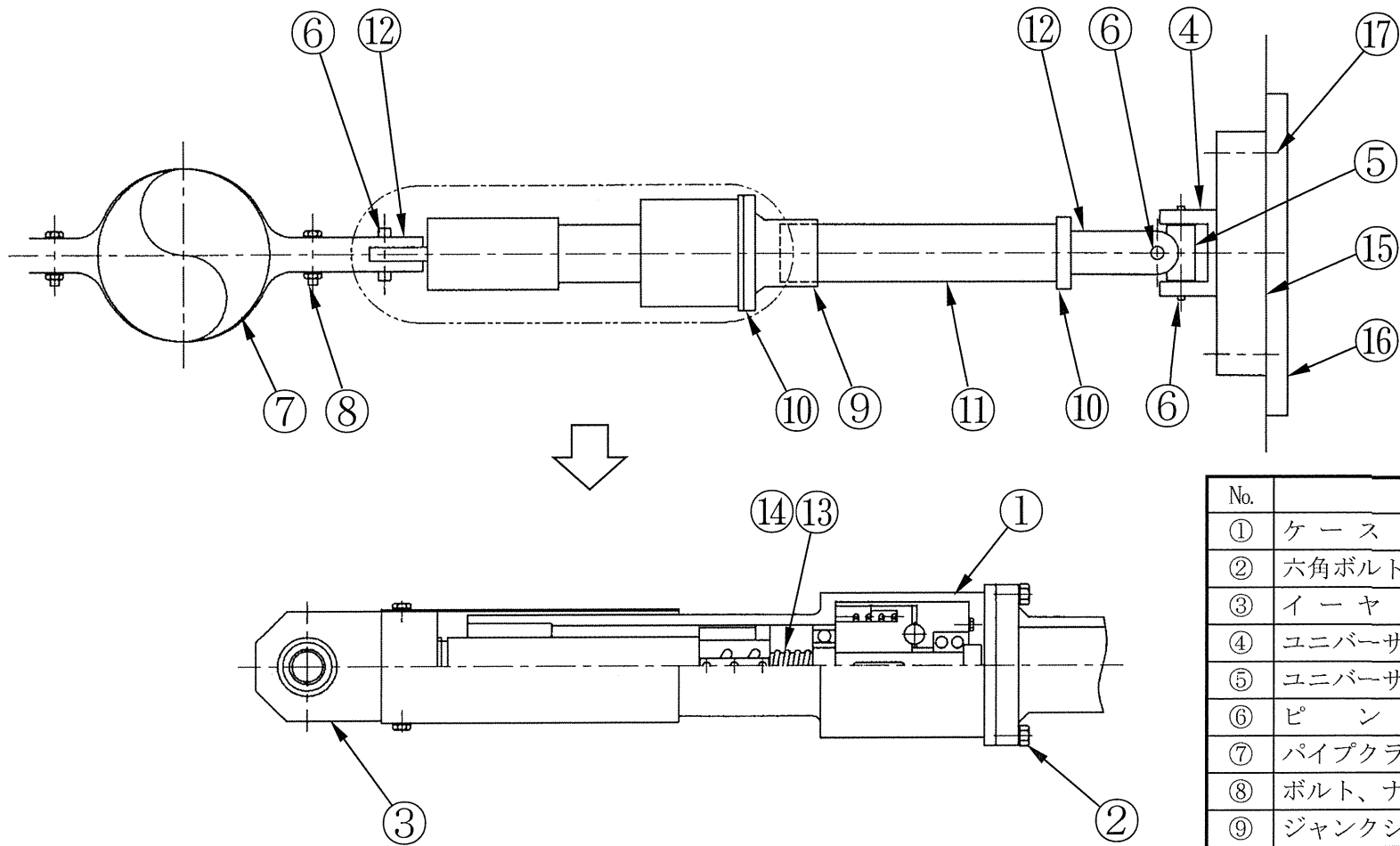
(1) 構造

メカニカルスナバは、地震時に配管の特定1方向の変位を拘束する構造である。主要な構造は全て機械的な部位で構成されており、ボールナットにより往復運動（地震時の変位）を回転運動に変換することで抵抗力を発生する。

川内1号炉のメカニカルスナバの構造図（概念図）を図2.1-8に示す。

(2) 材料

川内1号炉のメカニカルスナバ主要部位の使用材料を表2.1-8に示す。



No.	部 位
①	ケ ー ス
②	六角ボルト
③	イ ー ヤ
④	ユニバーサルブラケット
⑤	ユニバーサルボックス
⑥	ピ ン
⑦	パイプクランプ
⑧	ボルト、ナット
⑨	ジャンクションコラムアダプター
⑩	プレート
⑪	コネクティングチューブ
⑫	ブラケット
⑬	ボールネジ、ボールナット
⑭	グ リ ス
⑮	ベースプレート
⑯	埋込金物
⑰	基礎ボルト (メカニカルアンカ)
	基礎ボルト (ケミカルアンカ)

図2.1-8 川内1号炉 配管サポート メカニカルスナバ構造図 (概念図)

表2.1-8 川内1号炉 配管サポート メカニカルスナバ主要部位の使用材料

部 位	材 料
ケ ー ス	炭 素 鋼
六角ボルト	低合金鋼
イ ー ヤ	炭 素 鋼
ユニバーサルブラケット	炭 素 鋼
ユニバーサルボックス	炭 素 鋼
ピ ン	炭 素 鋼
パイプクランプ	ステンレス鋼 炭 素 鋼
ボルト、ナット	炭 素 鋼
ジャンクションコラムアダプター	炭 素 鋼
プレート	炭 素 鋼
コネクティングチューブ	炭 素 鋼
ブラケット	炭 素 鋼
ボールネジ、ボールナット	低合金鋼
グ リ ス	シリコン系オイル
ベースプレート	炭 素 鋼
埋込金物	炭 素 鋼
基礎ボルト (メカニカルアンカ)	炭 素 鋼
基礎ボルト (ケミカルアンカ)	炭 素 鋼 不飽和ポリエステル樹脂

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機能達成に必要な項目

配管サポートの機能を維持するためには、次の項目が必要である。

① 配管支持

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

配管サポート個々について、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) ラグとプレートの溶接部等のサポート取付部の疲労割れ

[アンカー、スライドサポート、レストレイント]

配管熱変位の拘束に伴う繰返し荷重により、取付部の溶接部に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△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) ベースプレート、パイプクランプ等の腐食（全面腐食）[共通]

炭素鋼等を使用しているベースプレート及びパイプクランプ等の配管サポート部位は腐食が想定される。

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) ピン等摺動部材の摩耗

[Uボルト、スライドサポート、レストレイント、スプリングハンガ、オイルスナバ、メカニカルスナバ]

配管移動を許容するサポートの摺動部材は、配管熱移動や振動により摩耗が生じ、支持機能への影響が想定される。

しかしながら、巡視点検等で目視により摺動部又は支持状態に異常のないことを確認し、必要に応じて部品の交換を実施することで、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) スライドプレートのテフロンのはく離 [スライドサポート]

主蒸気管等の大口徑配管のスライドサポートのスライド部には、摩擦力を低減するために炭素鋼やステンレス鋼表面にテフロン加工したスライドプレートを使用しているが、高温条件下で長期にわたり使用した場合テフロンのはく離が生じ、スライド部の固着等により支持機能への影響が想定される。

しかしながら、巡視点検等で目視により動作状況に異常のないことを確認し、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。

(4) ばねの変形 (応力緩和) [スプリングハンガ]

スプリングハンガのばねは、配管の自重に相当する荷重が常時加わっており、長期間保持されることにより変形 (応力緩和) が生じ、支持機能への影響が想定される。

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、巡視点検等で目視により動作状況に異常のないことを確認し、機器の健全性を確認している。

(5) グリスの劣化 [メカニカルスナバ]

メカニカルスナバのボールネジ部には、円滑な作動を確保するために潤滑剤としてグリスが塗布されている。このグリスが劣化し潤滑剤として機能しなくなった場合、ボールネジ部固着等により支持機能に影響が想定される。

しかしながら、熱によるグリスの劣化は、グリスの油分減少に伴い発生するものであるが、蒸発試験を実施した結果を用いて、60年間の油分減少量を外挿により推定した値は、安全側に設定した許容値に対して十分低いことを確認した。また、放射線によるグリスの劣化については、耐放射線試験を実施し、長期の運

転を考慮しても特に問題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。

なお、巡視点検等で目視により動作状況に異常のないことを確認し、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）及び樹脂の劣化〔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。

(7) 埋込金物の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

オイルスナバのオイル及びオイルシールは、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1号炉 配管サポート アンカー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		
配管支持	ラ グ		ステンレス鋼 炭素鋼		△	○				*1：大気接触部 *2：コンクリート埋設部 *3：樹脂の劣化	
	パ ッ ド		ステンレス鋼 炭素鋼		△						
	プレート		炭素鋼		△						
	鋼 材		炭素鋼		△						
	ベースプレート		炭素鋼		△						
	埋込金物		炭素鋼		△ ^{*1} ▲ ^{*2}						
	基礎ボルト		炭素鋼		△						
	基礎ボルト(ケミカルアンカ)		炭素鋼 不飽和ポリエステル樹脂		△				△ ^{*3}		

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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

表2.2-2 川内1号炉 配管サポート Uバンドに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						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		
配管支持	ボルト、ナット		炭素鋼		△					*1：大気接触部 *2：コンクリート埋設部 *3：樹脂の劣化	
	Uバンド本体		ステンレス鋼 炭素鋼		△						
	鋼 材		炭素鋼		△						
	ベースプレート		炭素鋼		△						
	埋込金物		炭素鋼		△ ^{*1} ▲ ^{*2}						
	基礎ボルト(メカカルアンカ)		炭素鋼		△						
	基礎ボルト(ケミカルアンカ)		炭素鋼 不飽和ポリエステル樹脂		△			△ ^{*3}			

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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

表2.2-3 川内1号炉 配管サポート Uボルトに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						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		
配管支持	ナ ッ ト		ステンレス鋼 炭素鋼		△					*1：大気接触部 *2：コンクリート埋設部 *3：樹脂の劣化	
	Uボルト本体		ステンレス鋼 炭素鋼	△	△						
	鋼 材		炭素鋼		△						
	ベースプレート		炭素鋼		△						
	埋込金物		炭素鋼		△ ^{*1} ▲ ^{*2}						
	基礎ボルト(メカカルアンカ)		炭素鋼		△						
	基礎ボルト(ケミカルアンカ)		炭素鋼 不飽和ポリエステル樹脂		△				△ ^{*3}		

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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

表2.2-4 川内1号炉 配管サポート スライドサポートに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・ 定期 取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
				減 肉		割 れ		材質変化			その他
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣 化		
配管支持	プレート		ステンレス鋼 炭素鋼		△					*1：テフロンのはく離 *2：大気接触部 *3：コンクリート埋設部 *4：樹脂の劣化	
	ラ グ		ステンレス鋼 炭素鋼		△	○					
	ボルト、ナット		炭素鋼		△						
	クランプ		炭素鋼		△						
	スライドプレート		ステンレス鋼+テフロン 炭素鋼+テフロン	△	△				△*1		
	鋼 材		炭素鋼		△						
	ベースプレート		炭素鋼		△						
	埋込金物		炭素鋼		△*2 ▲*3						
	基礎ボルト(メカカルアンカ)		炭素鋼		△						
	基礎ボルト(ケミカルアンカ)		炭素鋼 不飽和ポリエステル 樹脂 ビニルエタン樹脂		△				△*4		

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着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2.2-5 川内1号炉 配管サポート レストレイントに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							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		
配管支持	ブラケット		炭素鋼	△	△	○					*1：大気接触部 *2：コンクリート埋設部 *3：樹脂の劣化
	ピ ン		炭素鋼	△	△						
	スヘリカルアイボルト		炭素鋼	△	△						
	アジャストナット		炭素鋼		△						
	パイ プ		炭素鋼		△						
	パイプクランプ		ステンレス鋼 炭素鋼	△	△						
	ボルト、ナット		炭素鋼		△						
	ベースプレート		炭素鋼		△						
	埋込金物		炭素鋼		△ ^{*1} ▲ ^{*2}						
	基礎ボルト		炭素鋼		△						
	基礎ボルト(メカカルアンカ)		炭素鋼		△						
	基礎ボルト(ケミカルアンカ)		炭素鋼 不飽和 ポリエステル樹脂		△				△ ^{*3}		

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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

表2.2-6 川内1号炉 配管サポート スプリングハンガに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
				減 肉		割 れ		材 質 変 化			その他
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣 化		
配管支持	イーヤ		炭素鋼	△	△					*1：変形 (応力緩和) *2：大気接触部 *3：コンクリート埋設部	
	上部カバー		炭素鋼		△						
	ピストンプレート		炭素鋼 鋳 鉄		△						
	ハンガロッド		炭素鋼		△						
	スプリングケース		炭素鋼		△						
	下部カバー		炭素鋼		△						
	ターンバックル		炭素鋼		△						
	クレビスブラケット		炭素鋼	△	△						
	ピ ン		ステンレス鋼 炭素鋼	△	△						
	無頭ボルト		炭素鋼		△						
	ロッドカプラー		炭素鋼		△						
	アイボルト		炭素鋼	△	△						
	パイプクランプ		ステンレス鋼 炭素鋼	△	△						
	ボルト、ナット		炭素鋼		△						
	ば ね		ばね鋼 ばね用オイルテンパー線		△				△*1		
	ベースプレート		炭素鋼		△						
埋込金物		炭素鋼		△*2 ▲*3							
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）

▲：高経年化対策上着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2.2-7(1/2) 川内1号炉 配管サポート オイルスナバ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		
配管支持	シリンダ		炭素鋼		△						
	ピストン		鋳 鉄		△						
	ピストンロッド		炭素鋼		△						
	シリンダカバー		炭素鋼		△						
	ロッドカバー		鋳 鉄 炭素鋼		△						
	タイロッド		炭素鋼		△						
	イーヤ		炭素鋼	△	△						
	六角ボルト		低合金鋼		△						
	パイプクランプ		ステンレス鋼 炭素鋼	△	△						
	ボルト、ナット		炭素鋼		△						
	アイボルト		炭素鋼	△	△						
ターンバックル		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(2/2) 川内1号炉 配管サポート オイルスナバ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		
配管支持	オイルリザーバ		ステンレス鋼 炭素鋼		△					*1：大気接触部 *2：コンクリート埋設部 *3：樹脂の劣化	
	ピ ン		炭素鋼	△	△						
	リーマスタッドボルト		炭素鋼	△	△						
	コネクティングパイプ		炭素鋼		△						
	アダプタ		炭素鋼		△						
	ブラケット		炭素鋼	△	△						
	ベースプレート		炭素鋼		△						
	オ イ ル	◎	—								
	オイルシール	◎	—								
	埋込金物		炭素鋼		△*1 ▲*2						
	基礎ボルト		炭素鋼		△						
	基礎ボルト(メカカルアンカ)		炭素鋼		△						
	基礎ボルト(ケミカルアンカ)		炭素鋼 不飽和ポリエステル樹脂 ビニルエタン樹脂		△			△*3			

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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

表2.2-8 川内1号炉 配管サポート メカニカルスナバ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		
配管支持	ケース		炭素鋼		△					*1：大気接触部 *2：コンクリート埋設部 *3：樹脂の劣化	
	六角ボルト		低合金鋼		△						
	イーヤ		炭素鋼	△	△						
	ユニバーサルブラケット		炭素鋼	△	△						
	ユニバーサルボックス		炭素鋼	△	△						
	ピン		炭素鋼	△	△						
	パイプクランプ		ステンレス鋼 炭素鋼	△	△						
	ボルト、ナット		炭素鋼		△						
	ジャンクションコラムアダプター		炭素鋼		△						
	プレート		炭素鋼		△						
	コネクティングチューブ		炭素鋼		△						
	ブラケット		炭素鋼	△	△						
	ボールネジ、ボールナット		低合金鋼	△							
	グリス		シリコン系オイル					△			
	ベースプレート		炭素鋼		△						
	埋込金物		炭素鋼		△ ^{*1} ▲ ^{*2}						
	基礎ボルト(メカカルアンカ)		炭素鋼		△						
基礎ボルト(ケミカルアンカ)		炭素鋼 不飽和ポリエステル 樹脂		△			△ ^{*3}				

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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

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 ラグとプレートの溶接部等のサポート取付部の疲労割れ

[アンカー、スライドサポート、レストレイント]

a. 事象の説明

プラントの起動・停止時等に伴う配管内部流体の温度過渡により配管は熱変位する。配管熱変位を拘束するサポートは、配管熱変位の拘束に伴う繰り返し荷重を受け、溶接部等において疲労が蓄積する可能性がある。

b. 技術評価

① 健全性評価

ラグとプレートの溶接部等のサポート取付部の健全性評価にあたっては、以下に示す要領により応力算出並びに評価を行った。

配管が受ける温度過渡回数が多く、大口径配管であるため大きな熱変位拘束荷重等が発生する余熱除去系統配管を代表とし、その中から、配管の全方向の変位及びモーメントを拘束するため、発生する応力が他の型式のサポートに比べて大きいと考えられるアンカーサポートについて応力評価を行った。

評価部位は、応力評価上最も厳しいと考えられる配管とパッドの溶接部、パッドとラグの溶接部及びラグとプレートの溶接部とした。

評価対象部位を図2.3-1に示す。

配管とパッド、パッドとラグ及びラグとプレートの溶接部に発生する応力については、配管系の3次元梁モデルを作成し、荷重を算出した上で、「(社)日本機械学会 設計・建設規格 (JSME S NC1-2005/2007)」等に基づき評価を実施した。

評価結果を表2.3-1に示すが、許容値を満足する結果が得られている。

なお、スライドサポート及びレストレイントについては、一部拘束機能があるものの、主要な配管熱変位を拘束しない構造となっており、疲労割れが発生する可能性はないと考える。

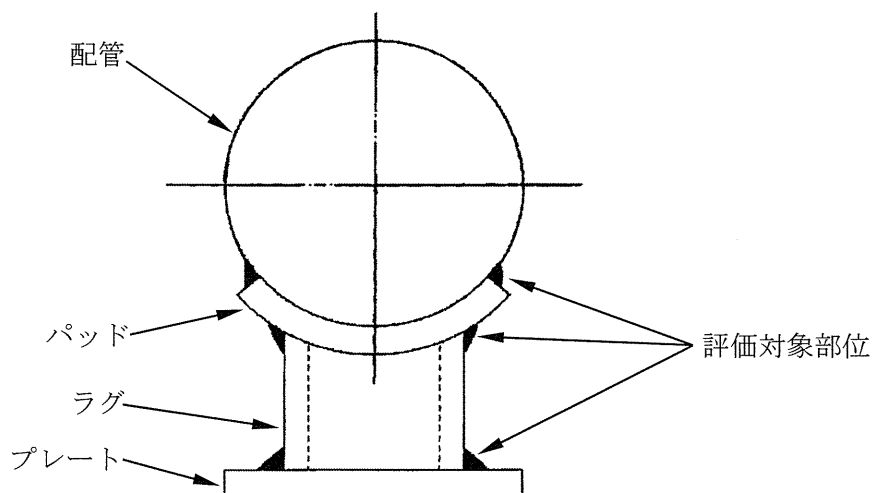


図2.3-1 川内1号炉 配管サポート 応力評価対象配管サポートの構造（アンカー）
及び評価対象部位

表2.3-1 川内1号炉 余熱除去系統配管 配管サポートの応力評価結果

評価部位	応力比 (発生応力/許容応力)
配管とパッドの溶接部	0.22
パッドとラグの溶接部	0.04
ラグとプレートの溶接部	0.03

② 現状保全

サポート取付部の疲労割れに対しては、クラス1、クラス2の配管サポートについては定期的に溶接部の浸透探傷検査又は目視確認にて有意な割れがないことを確認している。また、それ以外の配管のサポートは、巡視点検等で目視により支持状態に異常のないことを確認し、機器の健全性を維持している。

③ 総合評価

健全性評価結果から判断して、サポート取付部の疲労割れの可能性はないと考える。

疲労割れは、目視確認又は浸透探傷検査により検知可能であり、また、疲労割れが発生するとすれば溶接部であると判断されることから、点検手法として適切である。

c. 高経年化への対応

ラグとプレートの溶接部等のサポート取付部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。

川内原子力発電所 1 号炉

弁 の 技 術 評 価 書

[運転を断続的に行うことを前提とした評価]

九州電力株式会社

川内1号炉の弁のうち、評価対象機器は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である。

弁を分類するにあたり、仕切弁、玉形弁等の汎用の弁（ここでは一般弁と定義する）と主蒸気止め弁、蒸気加減弁等の蒸気タービンプラント特有に使用している弁（ここでは特殊弁と定義する）に分類した。さらに、一般弁については本体部と駆動部に分類した。弁本体は、仕切弁、玉形弁等の型式ごとに分類し、駆動部については電動装置と空気作動装置の型式ごとに分類した。

一般弁の本体部及び駆動部については構造が基本的に同様に、環境等の使用条件により材質及び詳細な寸法を選定しているため、型式ごとに代表的な弁及び弁駆動装置を評価することが適当であると判断した。

特殊弁については構造が固有であることから、駆動装置を含めた個々の特殊弁ごとに評価を実施することが適当であると判断した。

一般弁の本体部、駆動部及び特殊弁（駆動部を含む）の一覧を表1に、弁の種類と各々の使用系統を整理したものを表2に、また、使用系統の機能を表3に、弁の機能（一般弁については弁の型式ごとの機能）を表4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。

本評価書では弁の型式等を基に、以下の3つに分類している。

1 一般弁（本体部）

- 1.1 仕切弁
- 1.2 玉形弁
- 1.3 バタフライ弁
- 1.4 ダイヤフラム弁
- 1.5 スイング逆止弁
- 1.6 リフト逆止弁
- 1.7 安全逃がし弁

2 一般弁（駆動部）

- 2.1 電動装置
- 2.2 空気作動装置

3 特殊弁

- 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

なお、一般弁の本体部及び駆動部のサポートは配管のサポートと同様であり、「配管の技術評価書」にて評価を実施するものとし、本評価書には含まれていない。

また、川内1、2号炉の共用設備のうち2号炉で設置されている弁については、「川内原子力発電所1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 川内1号炉 一般弁・特殊弁の一覧

一般弁	本体部	仕切弁
		玉形弁
		バタフライ弁
		ダイヤフラム弁
		スイング逆止弁
		リフト逆止弁
		安全逃がし弁
	駆動部	電動装置
		空気作動装置
特殊弁 (駆動部を含む)		主蒸気止め弁
		蒸気加減弁
		インターセプト弁・再熱蒸気止め弁
		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

表2 川内1号炉 主要な弁の設置系統一覧

系 統 名	仕切弁	玉形弁	バタフライ弁	ダイヤフラム弁	スイング逆止弁	リフト逆止弁	安全逃がし弁	特殊弁
1次冷却材系統	○	○				○	○	
化学体積制御系統	○	○		○	○	○	○	
蒸気発生器ブローダウン系統	○	○				○		
使用済燃料ピット浄化冷却系統		○			○			
燃料取替用水系統	○	○		○	○	○		
1次系補給水系統(*)				○		○		
原子炉補機冷却水系統	○	○	○		○	○	○	
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ズ系統(*)		○				○		
原子炉格納容器真空逃がし系統(*)					○			
換気空調系統		○	○		○	○		
空調用冷水系統	○	○	○		○			
安全注入系統	○	○			○	○	○	
余熱除去系統	○	○	○		○		○	
原子炉格納容器スプレイ系統	○	○			○	○	○	
主蒸気系統	○	○			○		○	○
再熱蒸気系統								○
抽気系統	○				○			
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	○	○					○	
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(*)		○				○		
補助蒸気系統	○	○	○		○	○	○	○
消火系統	○	○			○	○		
潤滑・制御油系統	○	○			○	○	○	
大容量空冷式発電機系統		○				○		
緊急時対策所用燃料油系統		○			○			
緊急時対策所用加圧設備系統		○					○	

(注) 1. ○印は、当該弁ありを示す

2. 1次冷却材管、再熱蒸気系統には、主要な一般弁は設置していない

(*) 格納容器バウンダリに該当するため格納容器隔離弁 (MS-1) を対象弁とする

表 3 (1/2) 川内 1 号炉 一般弁・特殊弁の使用系統の機能

系 統	機 能
1 次冷却材系統	炉心で発生した熱を蒸気発生器で 2 次系に伝達する。
化学体積制御系統	1 次冷却系統の 1 次冷却材保有量を適正に調整し、1 次冷却材中の核分裂生成物、腐食生成物等の不純物を除去する。
蒸気発生器ブローダウン系統	蒸気発生器の水質管理のため、器内水をブローする。
使用済燃料ピット浄化冷却系統	使用済燃料ピット中の使用済燃料からの崩壊熱を除去し、使用済燃料ピット水の冷却を行うとともに、使用済燃料ピット、原子炉キャビティ及び燃料取替用水タンクのほう酸水を浄化する。
燃料取替用水系統	燃料取替用水タンク水の浄化及び水温の維持並びに燃料ピットの補給水としてほう酸水を補給する。
1 次系補給水系統	1 次系へ純水を供給する。
原子炉補機冷却水系統	1 次系補機に冷却水を供給する。
原子炉補機冷却海水系統	1 次系の系統及び補機において発生又は蓄積された熱を除去する。
液体廃棄物処理系統	液体の廃棄物を各処理装置へ供給する。
気体廃棄物処理系統	窒素をカバーガスとする各タンクからのベントガス等の窒素廃ガス及び体積制御タンク等からパージされる水素廃ガスを貯留し、放射能を減衰処理する。
1 次系試料採取系統	1 次冷却材の化学的性質及び放射性物質の種類と量を把握するための流体サンプルを採取する。
空気サンプリング系統	放射能レベルを把握するための空気サンプルを採取する。
炉内核計装ガスパージ系統	炉内核計装装置へ二酸化炭素を供給する。
原子炉格納容器真空逃がし系統	原子炉格納容器内が格納容器スプレイ動作後に真空状態とならないように外気を流入させる。
換気空調系統	原子炉補助建屋内等の換気空調を行う。
空調用冷水系統	空調用冷凍機で冷却された冷水を各空調装置に循環させる。
安全注入系統	1 次冷却材喪失事故・主蒸気管破断事故等に、ほう酸水を原子炉容器に注入することにより炉心の冷却かつ負の反応度添加を行う。

表 3 (2/2) 川内 1 号炉 一般弁・特殊弁の使用系統の機能

系 統	機 能
余熱除去系統	炉を停止した後に 1 次冷却材系統に残留している熱、炉心の崩壊熱及び 1 次冷却材系統を均一に冷却する目的で運転すると共に 1 次冷却材ポンプの発生熱を除去し、1 次冷却材系統を降温させる。
原子炉格納容器スプレイ系統	事故時における格納容器からの放射性物質の漏えいを最小にし公衆の安全を確保する。
主蒸気系統	蒸気発生器にて発生した蒸気をタービンに送る。
再熱蒸気系統	高圧タービンから出た蒸気を湿分分離加熱器に送り、湿分を除去すると共に過熱された蒸気を低圧タービンへ供給する。
抽気系統	高低圧タービンからの抽気を低圧第 1～4 給水加熱器、脱気器、高圧第 6 給水加熱器及び湿分分離加熱器へ供給する。
2 次系復水系統	復水器により回収された復水を脱気器へ供給する。
2 次系ドレン系統	各加熱器より発生したドレンを移送、回収する。
主給水系統	蒸気発生器の水位を維持するために復水を蒸気発生器に給水する。
補助給水系統	主給水が使用できない場合に補助給水を蒸気発生器に供給する。
タービングランド蒸気系統	タービンのグランド部へ蒸気シールの蒸気を供給する。
非常用ディーゼル発電機系統	冷却水、潤滑・燃料油、蒸気及び始動空気を非常用ディーゼル発電機機関本体及び付属設備に供給する。
制御用空気系統	清浄で乾燥した圧縮空気をタービン建屋、補助建屋及び格納容器内の空気作動弁等に供給する。
所内用空気系統	雑用空気を各使用先へ供給する。
補助蒸気系統	スチームコンバータ等にて発生した蒸気を各装置に供給する。
消火系統	消火用水及び二酸化炭素を供給する。
潤滑・制御油系統	潤滑・制御油を移送・回収する。
大容量空冷式発電機系統	大容量空冷式発電機へ燃料油を供給する。
緊急時対策所用燃料油系統	緊急時対策所用発電機車へ燃料油を供給する。
緊急時対策所用加圧設備系統	緊急時対策棟を加圧する。

表4 川内1号炉 主要な弁の機能

弁	種類	機能
一般弁	仕切弁	主に流体の仕切に使用する弁である。
	玉形弁	主に流体の仕切及び流量調節に使用する弁である。
	バタフライ弁	
	ダイヤフラム弁	主に流体の仕切に使用する弁である。
	スイング逆止弁	主に流体の流れ方向を制限するために使用する弁である。
	リフト逆止弁	
	安全逃がし弁	主に流体吹き出しにより入口圧力を抑制するために使用する弁である。
特殊弁	主蒸気止め弁	高圧タービン入口に設置され、トリップ時に蒸気を遮断する弁である。
	蒸気加減弁	高圧タービン入口に設置され、蒸気流量を調整してタービンの回転数及び負荷を調整する弁である。
	インターセプト弁	低圧タービン入口に設置され、負荷遮断時蒸気流量を調整してタービン過速度を防止する弁である。
	再熱蒸気止め弁	低圧タービン入口に設置され、トリップ時に蒸気を遮断する弁である。
	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	タービン動主給水ポンプ駆動タービン入口に設置され、蒸気の遮断及び蒸気流量を調整してタービンの回転数及び負荷を調整する弁である。

1 一般弁（本体部）

[対象機器]

- 1.1 仕切弁
- 1.2 玉形弁
- 1.3 バタフライ弁
- 1.4 ダイヤフラム弁
- 1.5 スイング逆止弁
- 1.6 リフト逆止弁
- 1.7 安全逃がし弁

1. 1 仕切弁

[対象機器]

- ① 1次冷却材系統仕切弁
- ② 化学体積制御系統仕切弁
- ③ 蒸気発生器ブローダウン系統仕切弁
- ④ 燃料取替用水系統仕切弁
- ⑤ 原子炉補機冷却水系統仕切弁
- ⑥ 原子炉補機冷却海水系統仕切弁
- ⑦ 空調用冷水系統仕切弁
- ⑧ 安全注入系統仕切弁
- ⑨ 余熱除去系統仕切弁
- ⑩ 原子炉格納容器スプレイ系統仕切弁
- ⑪ 主蒸気系統仕切弁
- ⑫ 抽気系統仕切弁
- ⑬ 2次系復水系統仕切弁
- ⑭ 2次系ドレン系統仕切弁
- ⑮ 主給水系統仕切弁
- ⑯ 補助給水系統仕切弁
- ⑰ タービンランド蒸気系統仕切弁
- ⑱ 非常用ディーゼル発電機系統仕切弁
- ⑲ 補助蒸気系統仕切弁
- ⑳ 消火系統仕切弁
- ㉑ 潤滑・制御油系統仕切弁

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	30
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価	44
3. 代表機器以外への展開	47
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象	47
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象	48

1. 対象機器及び代表機器の選定

川内1号炉で使用されている主要な仕切弁の主な仕様を表1-1に示す。

これらの仕切弁を設置場所、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に示す仕切弁について、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・屋外、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、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仕切弁が属するが、使用条件が厳しく、口径が大きいRHR S入口隔離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、2次系ドレン系統、タービングラウンド蒸気系統及び補助蒸気系統の仕切弁が属するが、重要度が高く、使用条件が厳しい主蒸気逃がし弁元弁を代表機器とする。

- (3) 設置場所：屋内・屋外、内部流体：蒸気、材料：ステンレス鋼

このグループには、抽気系統及び2次系ドレン系統の仕切弁が属するが、口径が大きい第5抽気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、材料：炭素鋼・低合金鋼・銅合金

このグループには、蒸気発生器ブローダウン系統、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及び補助蒸気系統の仕切弁が属するが、重要度が高く、口径が大きい主給水隔離弁（外隔離弁）を代表機器とする。

- (5) 設置場所：屋内・屋外、内部流体：給水・純水・ヒドラジン水・空気、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、原子炉補機冷却水系統、余熱除去系統、原子炉格納容器スプレイ系統、2次系ドレン系統及び補助給水系統の仕切弁が属するが、重要度が高く、屋外に設置しているタービン動補助給水ポンプ復水タンク元弁を代表機器とする。

- (6) 設置場所：屋内、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・制御油系統の仕切弁が属するが、重要度が高く、口径が大きく、使用頻度が高い補機冷却水供給Cヘッダ止弁を代表機器とする。

- (7) 設置場所：屋内、内部流体：ろ過水、材料：炭素鋼

このグループには、消火用水格納容器入口弁（外隔離弁）のみが属しているため、消火用水格納容器入口弁（外隔離弁）を代表機器とする。

- (8) 設置場所：屋内・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仕切弁が属するが、重要度が高い海水ポンプ軸冷海水供給弁を代表機器とする。

表1-1(1/3) 川内1号炉 仕切弁の主な仕様

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	1次冷却材 ほう酸水	ステンレス鋼	3	1次冷却材系統	3	PS-1、重*3	約17.2	約343、約360	◎	R H R S 入口隔離弁 (12B 約17.2MPa 約343°C)	使用条件 口径
			27	化学体積制御系統	3~8	MS-1、重*3	約0.98~18.8	約127、約150			
			4	燃料取替用水系統	4~20	MS-1、MS-2 重*3	大気圧~約0.98	約95、約127			
			24	安全注入系統	3~14	MS-1、高*2 重*3	大気圧~約18.8	約95~200			
			12	余熱除去系統	8~14	PS-1、MS-1 重*3	約4.1、約17.2	約200、約343			
			10	原子炉格納容器スプレイ系統	10、14	MS-1、重*3	約0.22、約2.7	約127、約150			
屋内・屋外	蒸気	炭素鋼	38	主蒸気系統	3~16	MS-1、高*2 重*3	約7.5	約291	◎	主蒸気逃がし弁元弁 (6B 約7.5MPa 約291°C)	重要度 使用条件
			10	抽気系統	12~26	高*2	約0.20~2.8	約135~235			
			7	2次系ドレン系統	2~6	高*2	約0.10~2.8	約100~235			
			24	タービングラウンド蒸気系統	2~12	高*2	約0.69~7.5	約180~291			
			126	補助蒸気系統	1/2~12	MS-1、高*2	約0.09~7.5	約120~291			
屋内・屋外	蒸気	ステンレス鋼	1	抽気系統	28	高*2	約1.4	約200	◎	第5抽気弁 (28B 約1.4MPa 約200°C)	口径
			1	2次系ドレン系統	4	高*2	約2.8	約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

表1-1(2/3) 川内1号炉 仕切弁の主な仕様

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 最高使用圧力(MPa[gage]) 最高使用温度(°C)		選定	代表弁	選定理由
屋内・屋外	給水、純水	炭素鋼 低合金鋼 銅合金	3	蒸気発生器ブローダウン系統	3	高*2	約7.5	約291	◎	主給水隔離弁（外隔離弁） (16B 約8.6MPa 約291°C)	重要度、口径
			28	空調用冷水系統	4~8	MS-1	約0.98	約45			
			40	2次系復水系統	1/2~18	高*2	約4.0	約80			
			62	2次系ドレン系統	3~14	高*2	約0.10~7.5	約85~291			
			36	主給水系統*4	2~24	MS-1、高*2	約1.4~11.0	約200~291			
			22	補助給水系統	1・1/2、3	MS-1、重*3	約8.6~12.3	約40、約291			
			10	非常用ディーゼル発電機系統	1・1/2、6	MS-1	約0.49	約60、約90			
			20	補助蒸気系統	3、4	高*2	大気圧~約1.6	約90~200			
屋内・屋外	給水、純水 ヒドラジン水 空気	ステンレス鋼	3	蒸気発生器ブローダウン系統	8	高*2	約7.5	約291	◎	タービン動補助給水ポンプ復水タンク元弁 (10B 約0.26MPa 約40°C)	重要度、屋外
			2	原子炉補機冷却水系統	3	重*3	約0.98	約95			
			1	余熱除去系統	4	重*3	約4.1	約200			
			5	原子炉格納容器スプレイ系統	4~8	重*3	大気圧~約2.7	約95、約150			
			5	2次系ドレン系統	4、8	高*2	約1.9、約7.5	約200、約291			
			10	補助給水系統	6~10	MS-1、重*3	大気圧、約0.26	約40、約95			

*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(3/3) 川内1号炉 仕切弁の主な仕様

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	ヒドラジン水 油	炭素鋼	76	原子炉補機冷却水系統	2~20	MS-1、重*3	約0.98	約95~160	◎	補機冷却水供給Cヘッド止弁 (16B 約0.98MPa 約95°C)	重要度、口径 使用頻度
			4	非常用ディーゼル発電機系統	6	MS-1	約0.78	約80			
			6	潤滑・制御油系統	1/4	高*2	約16.2	約75			
屋内	ろ過水	炭素鋼	1	消火系統	4	MS-1	約1.5	約127	◎	消火用水格納容器入口弁(外隔離弁) (4B 約1.5MPa 約127°C)	
屋内・屋外	海水	銅合金	3	原子炉補機冷却海水系統	3	MS-1、重*3	約0.7	約50	◎	海水ポンプ軸冷水供給弁 (3B 約0.7MPa 約50°C)	重要度

*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8種類の仕切弁について技術評価を実施する。

- ① R H R S 入口隔離弁
- ② 主蒸気逃がし弁元弁
- ③ 第5抽気弁
- ④ 主給水隔離弁（外隔離弁）
- ⑤ タービン動補助給水ポンプ復水タンク元弁
- ⑥ 補機冷却水供給Cヘッド止弁
- ⑦ 消火用水格納容器入口弁（外隔離弁）
- ⑧ 海水ポンプ軸冷海水供給弁

2.1 構造、材料及び使用条件

2.1.1 R H R S 入口隔離弁

(1) 構造

川内1号炉のR H R S入口隔離弁は、電動装置を駆動源とした仕切弁であり、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、弁座）及び弁体を作動させる作動部（弁棒）からなる。

弁箱及び弁蓋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1号炉のR H R S入口隔離弁の構造図を図2.1-1に示す。

(2) 材料及び使用条件

川内1号炉のR H R S入口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。

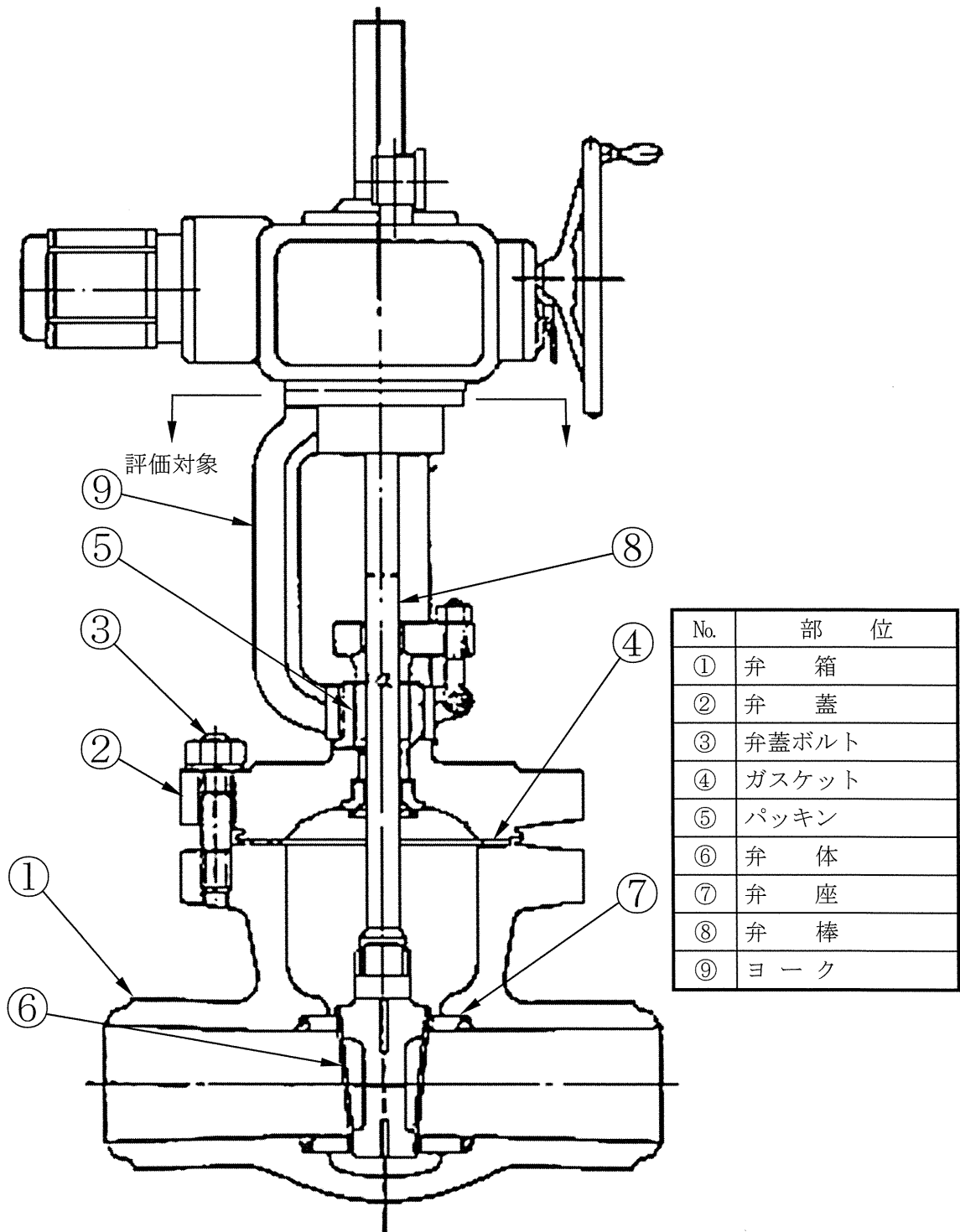


図2.1-1 川内1号炉 RHR S入口隔離弁構造図

表2.1-1 川内1号炉 RHR S入口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
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	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
ヨーク	炭素鋼鋳鋼

表2.1-2 川内1号炉 RHR S入口隔離弁の使用条件

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 主蒸気逃がし弁元弁

(1) 構造

川内1号炉の主蒸気逃がし弁元弁は、電動装置を駆動源とした仕切弁であり、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）及び弁体を作動させる作動部（弁棒）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、蒸気に接している。

川内1号炉の主蒸気逃がし弁元弁の構造図を図2.1-2に示す。

(2) 材料及び使用条件

川内1号炉の主蒸気逃がし弁元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。

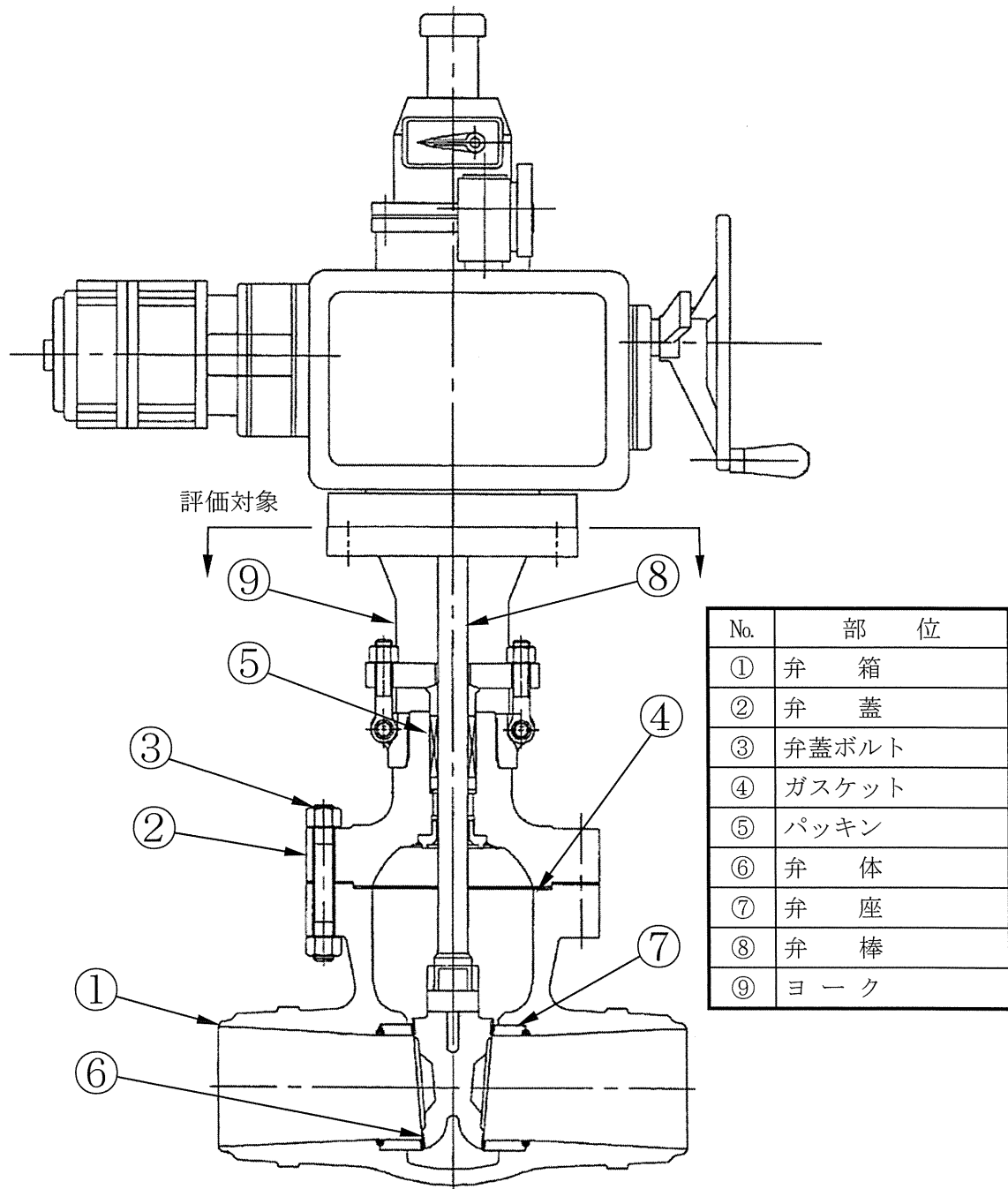


図2.1-2 川内1号炉 主蒸気逃がし弁元弁構造図

表2.1-3 川内1号炉 主蒸気逃がし弁元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
パッキン	消耗品・定期取替品
弁 体	炭素鋼鋳鋼 (ステライト肉盛)
弁 座	炭 素 鋼 (ステライト肉盛)
弁 棒	ステンレス鋼
ヨ ー ク	炭素鋼鋳鋼

表2.1-4 川内1号炉 主蒸気逃がし弁元弁の使用条件

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5抽気弁

(1) 構造

川内1号炉の第5抽気弁は、電動装置を駆動源とした仕切弁であり、抽気系統に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、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、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1号炉の第5抽気弁の構造図を図2.1-3に示す。

(2) 材料及び使用条件

川内1号炉の第5抽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。

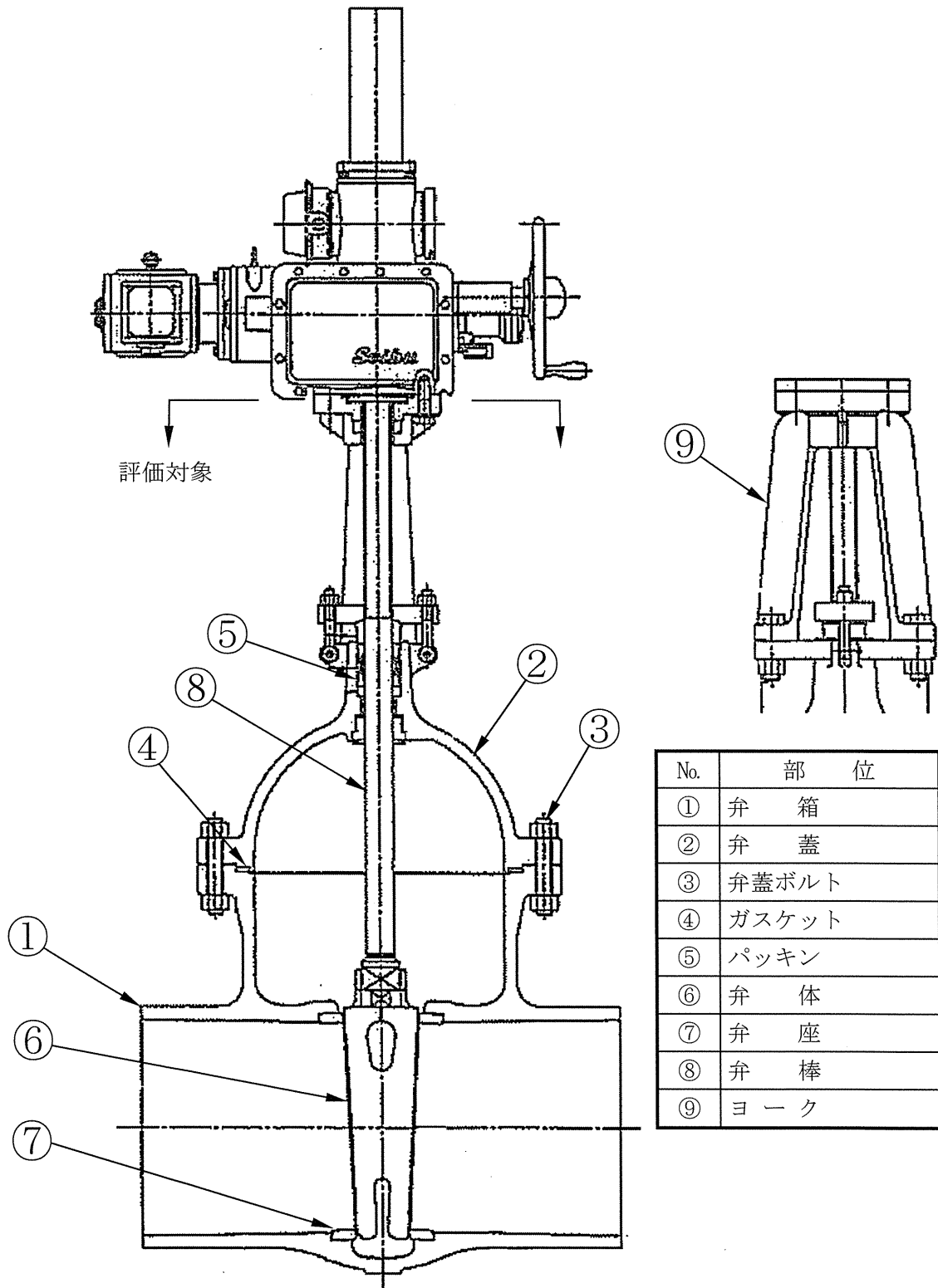


図2.1-3 川内1号炉 第5抽気弁構造図

表2.1-5 川内1号炉 第5抽気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
ヨーク	炭素鋼鋳鋼

表2.1-6 川内1号炉 第5抽気弁の使用条件

最高使用圧力	約1.4MPa[gage]
最高使用温度	約200℃
内 部 流 体	蒸 気

2.1.4 主給水隔離弁（外隔離弁）

(1) 構造

川内1号炉の主給水隔離弁（外隔離弁）は、電動装置を駆動源とした仕切弁であり、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、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、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1号炉の主給水隔離弁（外隔離弁）の構造図を図2.1-4に示す。

(2) 材料及び使用条件

川内1号炉の主給水隔離弁（外隔離弁）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。

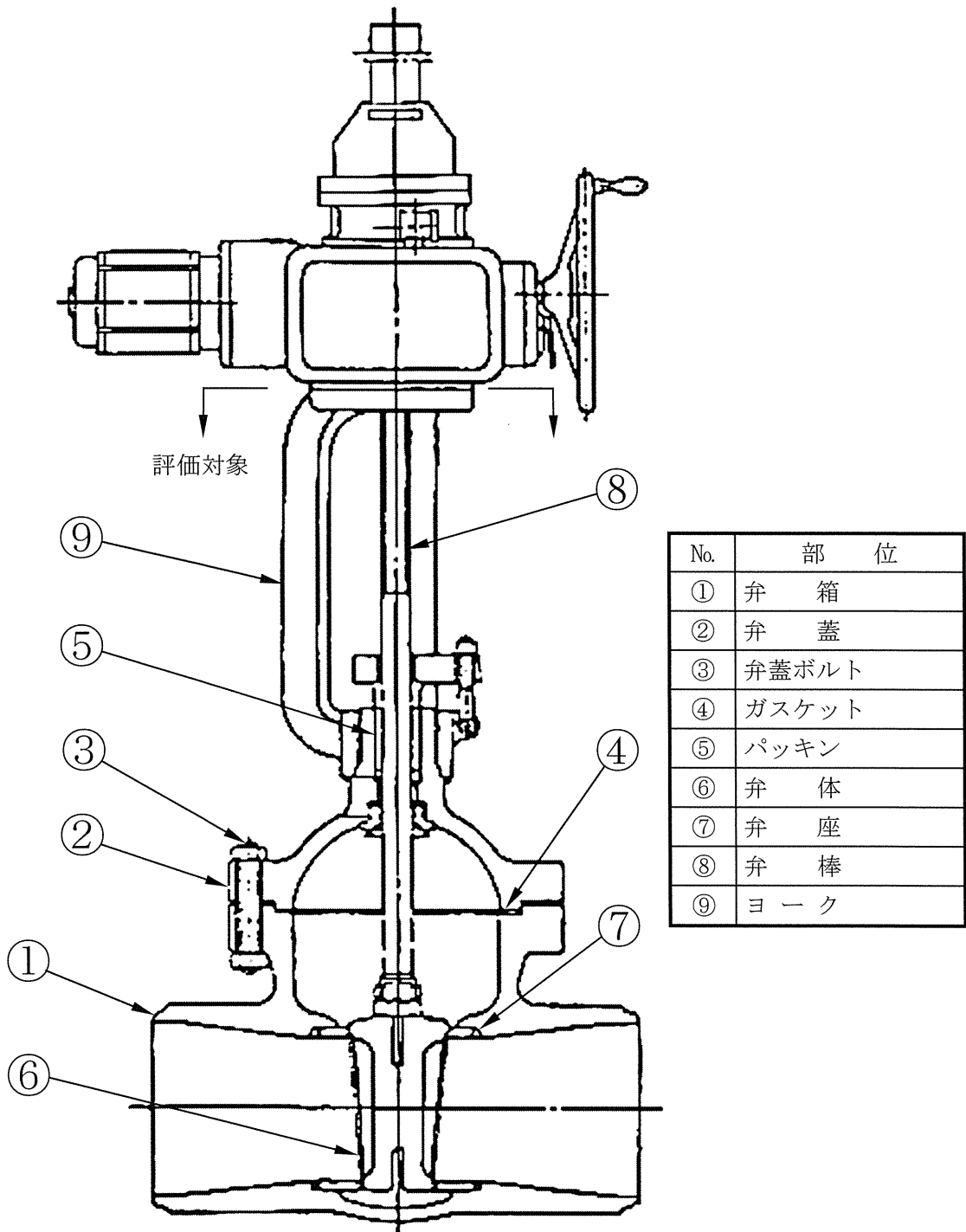


図2.1-4 川内1号炉 主給水隔離弁（外隔離弁）構造図

表2.1-7 川内1号炉 主給水隔離弁（外隔離弁）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	炭素鋼鋳鋼（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
ヨ ー ク	炭素鋼鋳鋼

表2.1-8 川内1号炉 主給水隔離弁（外隔離弁）の使用条件

最高使用圧力	約8.6MPa[gage]
最高使用温度	約291℃
内 部 流 体	給 水

2.1.5 タービン動補助給水ポンプ復水タンク元弁

(1) 構造

川内1号炉のタービン動補助給水ポンプ復水タンク元弁は、電動装置を駆動源とした仕切弁であり、補助給水系統に1台設置されている。

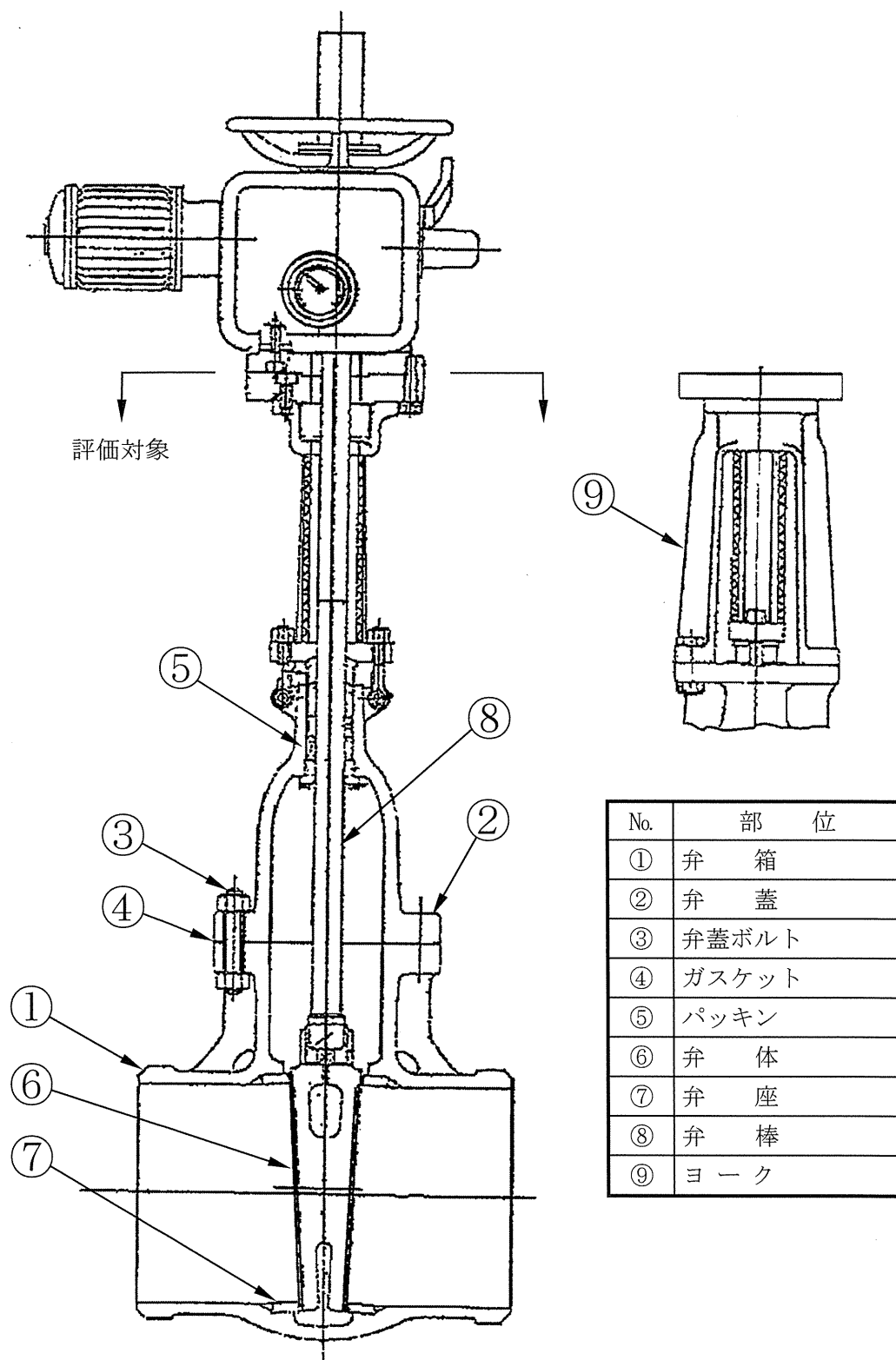
弁本体は流体を内包するバウンダリを構成する耐圧部（弁箱、弁蓋、弁蓋ボルト、ガスケット、パッキン）、流体を仕切る隔離部（弁体、弁座）及び弁体を作動させる作動部（弁棒）からなる。

弁箱、弁蓋及び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1号炉のタービン動補助給水ポンプ復水タンク元弁の構造図を図2.1-5に示す。

(2) 材料及び使用条件

川内1号炉のタービン動補助給水ポンプ復水タンク元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
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 座
⑧	弁 棒
⑨	ヨ ー ク

図2.1-5 川内1号炉 タービン動補助給水ポンプ復水タンク元弁構造図

表2.1-9 川内1号炉 タービン動補助給水ポンプ復水タンク元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	炭 素 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
ヨ ー ク	炭素鋼鋳鋼

表2.1-10 川内1号炉 タービン動補助給水ポンプ復水タンク元弁の使用条件

最高使用圧力	約0.26MPa [gage]
最高使用温度	約40℃
内 部 流 体	給 水

2.1.6 補機冷却水供給Cヘッド止弁

(1) 構造

川内1号炉の補機冷却水供給Cヘッド止弁は、電動装置を駆動源とした仕切弁であり、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、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、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1号炉の補機冷却水供給Cヘッド止弁の構造図を図2.1-6に示す。

(2) 材料及び使用条件

川内1号炉の補機冷却水供給Cヘッド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。

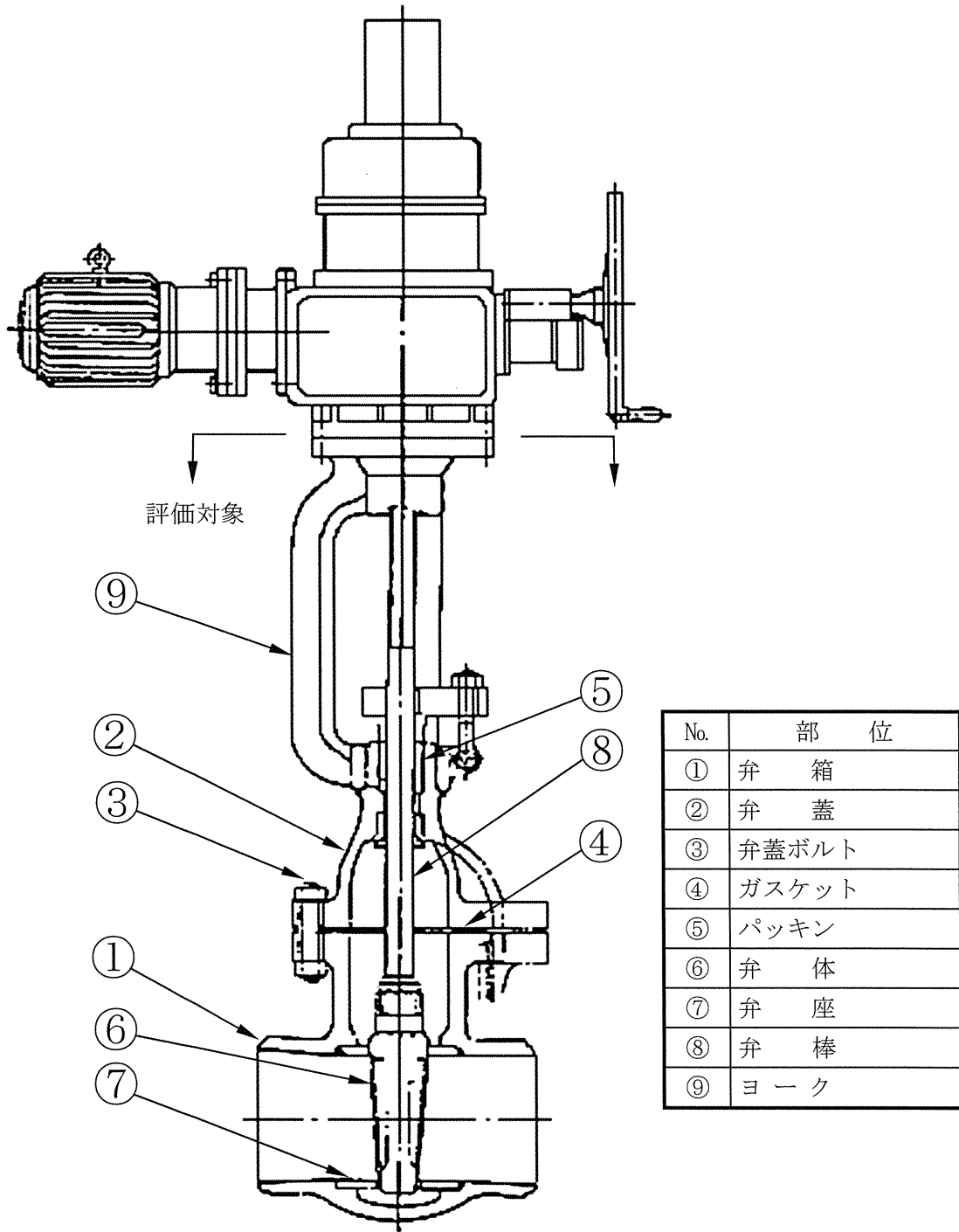


図2.1-6 川内1号炉 補機冷却水供給Cヘッド止弁構造図

表2.1-11 川内1号炉 補機冷却水供給Cヘッド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
パッキン	消耗品・定期取替品
弁 体	炭素鋼鋳鋼 (ステライト肉盛)
弁 座	炭 素 鋼 (ステライト肉盛)
弁 棒	ステンレス鋼
ヨ ー ク	炭素鋼鋳鋼

表2.1-12 川内1号炉 補機冷却水供給Cヘッド止弁の使用条件

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 消火用水格納容器入口弁（外隔離弁）

(1) 構造

川内1号炉の消火用水格納容器入口弁（外隔離弁）は、電動装置を駆動源とした仕切弁であり、消火系統に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）、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。

弁箱及び弁蓋は炭素鋼鋳鋼、弁体には炭素鋼を使用しており、ろ過水に接液している。

川内1号炉の消火用水格納容器入口弁（外隔離弁）の構造図を図2.1-7に示す。

(2) 材料及び使用条件

川内1号炉の消火用水格納容器入口弁（外隔離弁）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。

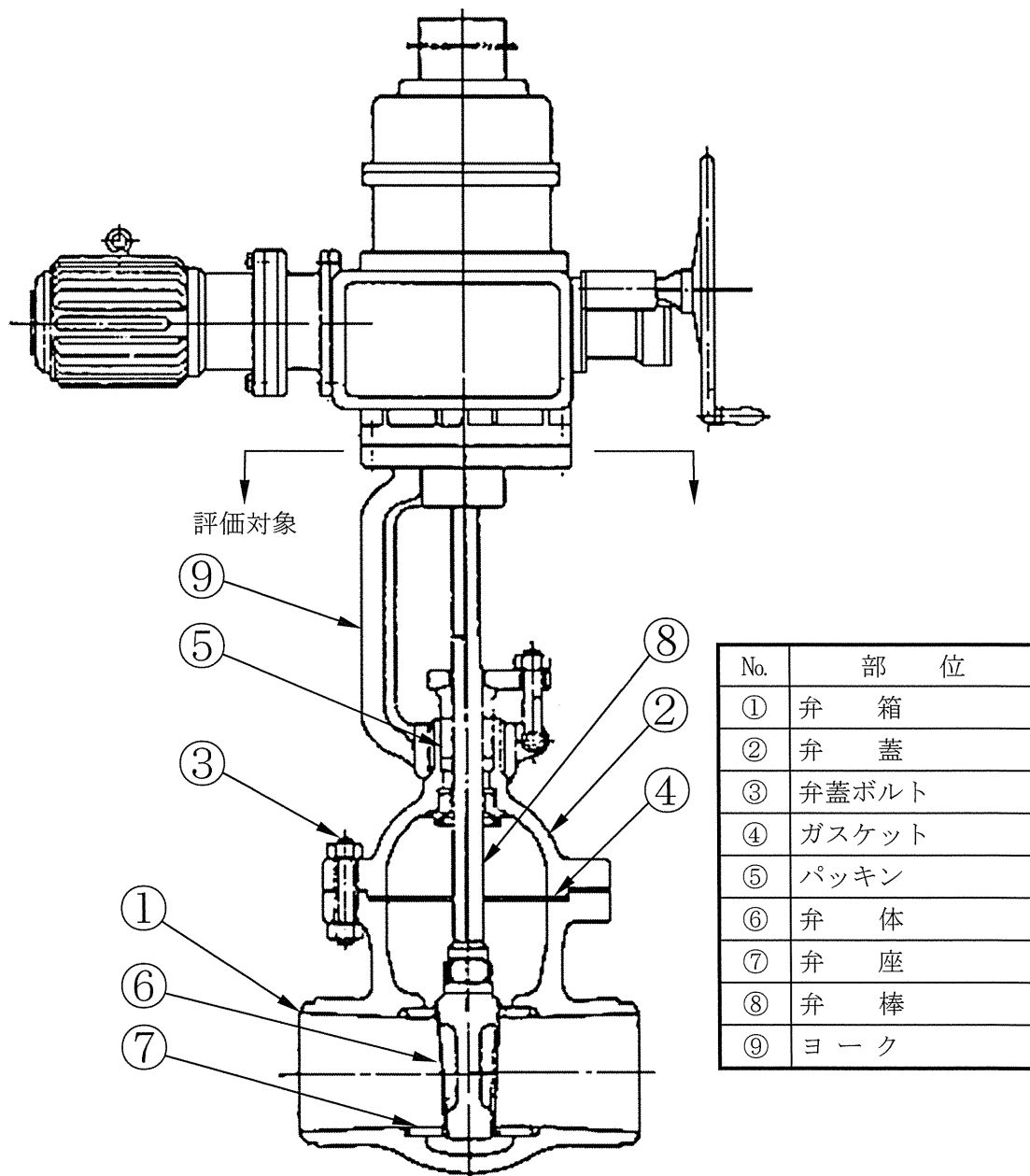


図2.1-7 川内1号炉 消火用水格納容器入口弁（外隔離弁）構造図

表2.1-13 川内1号炉 消火用水格納容器入口弁（外隔離弁）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	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
ヨ ー ク	炭素鋼鋳鋼

表2.1-14 川内1号炉 消火用水格納容器入口弁（外隔離弁）の使用条件

最高使用圧力	約1.5MPa[gage]
最高使用温度	約127℃
内 部 流 体	ろ 過 水

2.1.8 海水ポンプ軸冷海水供給弁

(1) 構造

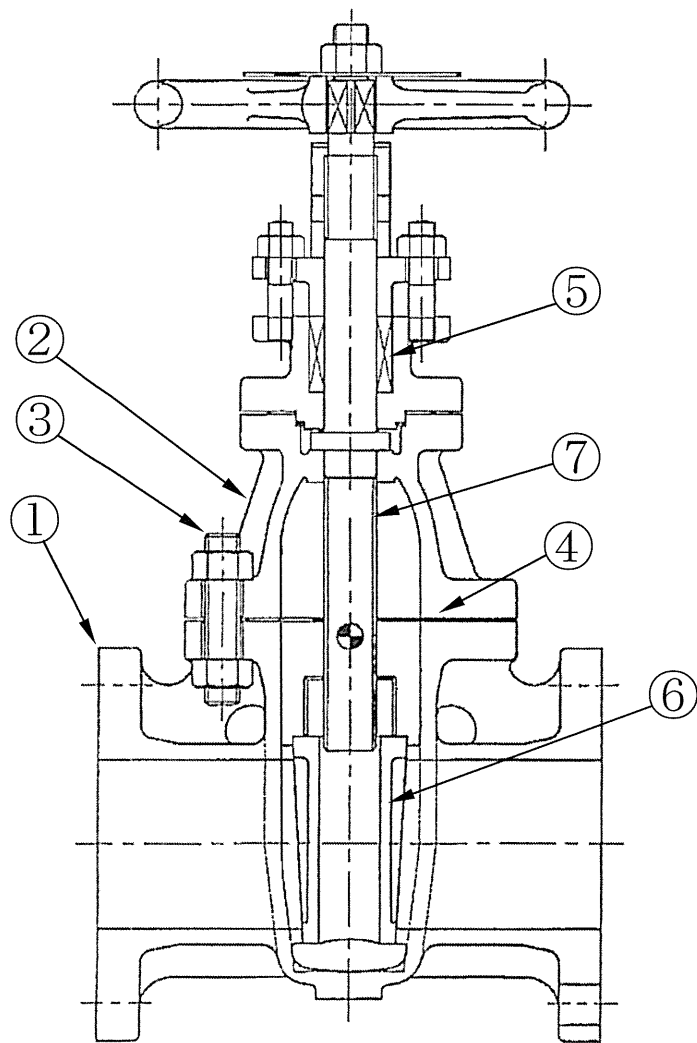
川内1号炉の海水ポンプ軸冷海水供給弁は、手動の仕切弁であり、原子炉補機冷却海水系統に2台設置されている。

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、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。

川内1号炉の海水ポンプ軸冷海水供給弁の構造図を図2.1-8に示す。

(2) 材料及び使用条件

川内1号炉の海水ポンプ軸冷海水供給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	パッキン
⑥	弁 体
⑦	弁 棒

図2.1-8 川内1号炉 海水ポンプ軸冷海水供給弁構造図

表2.1-15 川内1号炉 海水ポンプ軸冷海水供給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
パッキン	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

表2.1-16 川内1号炉 海水ポンプ軸冷海水供給弁の使用条件

最高使用圧力	約0.7MPa[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

仕切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

仕切弁個々について、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 [RHR S入口隔離弁]

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）

[主蒸気逃がし弁元弁、主給水隔離弁（外隔離弁）]

弁箱、弁蓋、弁体及び弁座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）[補機冷却水供給Cヘッド止弁]

弁箱、弁蓋、弁体及び弁座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、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（全面腐食）〔消火用水格納容器入口弁（外隔離弁）〕
弁箱、弁蓋、弁体及び弁座は炭素鋼又は炭素鋼鋳鋼であり、内部流体がろ過水（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）
〔主蒸気逃がし弁元弁、主給水隔離弁（外隔離弁）、補機冷却水供給Cヘッド止弁、消火用水格納容器入口弁（外隔離弁）〕
弁箱及び弁蓋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、弁蓋（外面）の応力腐食割れ
〔タービン動補助給水ポンプ復水タンク元弁〕
弁箱及び弁蓋はステンレス鋼鋳鋼であり、屋外に設置されているため、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。

(6) 弁箱、弁蓋の熱時効 [RHR S入口隔離弁]

弁箱及び弁蓋はステンレス鋼であり、かつ使用温度が約321℃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。

(7) 弁蓋ボルトの腐食（全面腐食）[海水ポンプ軸冷海水供給弁を除く弁共通]

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。

(8) 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。

(9) 弁体、弁棒（連結部）の摩耗 [海水ポンプ軸冷海水供給弁を除く弁共通]

弁体と弁棒の連結部ははめ込み式であり、弁内部の流れにより弁体が振動してその連結部が摩耗することが想定される。

しかしながら、弁体にはその振動等を拘束するためのガイド部を設けるとともに、流れの影響を受けないよう開弁時には弁体を弁蓋内に収める構造としており、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。

(10) 弁棒（パッキン受け部）の摩耗 [海水ポンプ軸冷海水供給弁を除く弁共通]

弁棒は開閉に伴うパッキン受け部との摺動により、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。

(11) 弁棒の腐食（隙間腐食） [海水ポンプ軸冷海水供給弁を除く弁共通]

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。

(12) 弁棒の応力腐食割れ [海水ポンプ軸冷海水供給弁を除く弁共通]

1989年3月、川内2号炉の仕切弁で水素脆化型の応力腐食割れ（遅れ割れ）による弁棒のき裂損傷が発生しているが、当該事象は開弁時にバックシートを効かせ過ぎたことによる過大な応力が原因で発生したものである。

しかしながら、運用の改善を図り、電動弁はバックシートを効かせないよう開弁位置を設定している。

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) ヨークの腐食（全面腐食）〔海水ポンプ軸冷海水供給弁を除く弁共通〕

ヨーク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

ガスケット及びパッキンは分解点検時に取り替えている消耗品であり、また、RHR S入口隔離弁の弁体及び海水ポンプ軸冷海水供給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1号炉 RHR S入口隔離弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
				減 肉		割 れ		材質変化			その他
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣 化		
バウダリの維持	弁 箱		ステンレス鋼鋳鋼			○		△		*1：連結部 *2：パッキン受け部 *3：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	◎	—								
	弁 座		ステンレス鋼 (ステライト肉盛)	△							
	弁 棒		ステンレス鋼	△*1,2	△*3		△				
	ヨーク		炭素鋼鋳鋼		△						

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-2 川内1号炉 主蒸気逃がし弁元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		△ ^{*1} △(外面)						*1：流れ加速型腐食 *2：シート面 *3：連結部 *4：パッキン受け部 *5：隙間腐食
	弁 蓋		炭素鋼鋳鋼		△ ^{*1} △(外面)						
	弁蓋ボルト		低合金鋼		△						
	ガスケット	◎	—								
	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 (ステライト肉盛)	△ ^{*2,3}	△ ^{*1}						
	弁 座		炭 素 鋼 (ステライト肉盛)	△	△ ^{*1}						
	弁 棒		ステンレス鋼	△ ^{*3,4}	△ ^{*5}		△				
	ヨーク		炭素鋼鋳鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-3 川内1号炉 第5抽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：シート面 *2：連結部 *3：パッキン受け部 *4：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)	△ ^{*1,2}							
	弁 座		ステンレス鋼 (ステライト肉盛)	△							
	弁 棒		ステンレス鋼	△ ^{*2,3}	△ ^{*4}		△				
	ヨーク		炭素鋼鋳鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-4 川内1号炉 主給水隔離弁（外隔離弁）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		炭素鋼鋳鋼		△ ^{*1} △(外面)					*1：流れ加速型腐食 *2：シート面 *3：連結部 *4：パッキン受け部 *5：隙間腐食	
	弁 蓋		炭素鋼鋳鋼		△ ^{*1} △(外面)						
	弁蓋ボルト		低合金鋼		△						
	ガスケット	◎	—								
	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 (ステライト肉盛)	△ ^{*2,3}	△ ^{*1}						
	弁 座		炭 素 鋼 (ステライト肉盛)	△	△ ^{*1}						
	弁 棒		ステンレス鋼	△ ^{*3,4}	△ ^{*5}		△				
	ヨーク		炭素鋼鋳鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-5 川内1号炉 タービン動補助給水ポンプ復水タンク元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				△(外面)			*1：シート面 *2：連結部 *3：パッキン受け部 *4：隙間腐食	
	弁 蓋		ステンレス鋼鋳鋼				△(外面)				
	弁蓋ボルト		炭 素 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)	△*1,2							
	弁 座		ステンレス鋼 (ステライト肉盛)	△							
	弁 棒		ステンレス鋼	△*2,3	△*4		△				
	ヨーク		炭素鋼鋳鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-6 川内1号炉 補機冷却水供給Cヘッド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	熱時効	劣 化		
バウダリの維持	弁 箱		炭素鋼鋳鋼		△ △(外面)					*1：シート面 *2：連結部 *3：パッキン受け部 *4：隙間腐食	
	弁 蓋		炭素鋼鋳鋼		△ △(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 (ステライト肉盛)	△ ^{*1,2}	△						
	弁 座		炭 素 鋼 (ステライト肉盛)	△	△						
	弁 棒		ステンレス鋼	△ ^{*2,3}	△ ^{*4}		△				
	ヨーク		炭素鋼鋳鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-7 川内1号炉 消火用水格納容器入口弁（外隔離弁）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		炭素鋼鋳鋼		△ △(外面)					*1：シート面 *2：連結部 *3：パッキン受け部 *4：隙間腐食	
	弁 蓋		炭素鋼鋳鋼		△ △(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 (ステライト肉盛)	△ ^{*1,2}	△						
	弁 座		炭 素 鋼 (ステライト肉盛)	△	△						
	弁 棒		ステンレス鋼	△ ^{*2,3}	△ ^{*4}		△				
	ヨーク		炭素鋼鋳鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-8 川内1号炉 海水ポンプ軸冷海水供給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)	◎	—								
	弁 蓋	◎	—								
	弁蓋ボルト	◎	—								
	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	◎	—								
	弁 棒	◎	—								

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 [RHR S入口隔離弁]

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

RHR S入口隔離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。

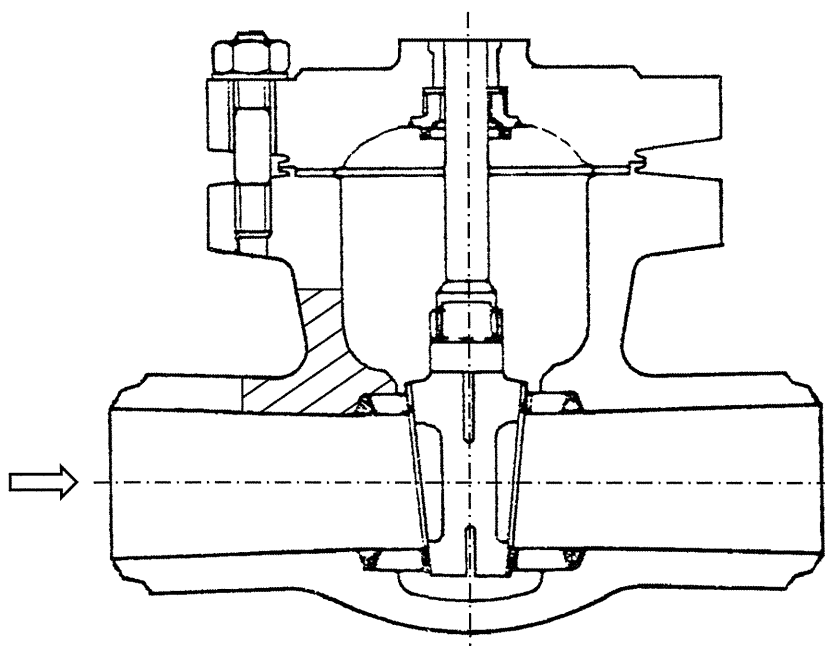


図2.3-1 川内1号炉 RHR S入口隔離弁

弁箱の疲労評価対象部位 (斜線部)

表2.3-1 川内1号炉 R H R S 入口隔離弁 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)	38	69
	停止 (温度下降率55.6℃/h)	36	69
	負荷上昇 (負荷上昇率5%/min)	335	809
	負荷減少 (負荷減少率5%/min)	324	798
	90%から100%へのステップ状負荷上昇	3	5
	100%から90%へのステップ状負荷減少	4	6
	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	25	62
	0%から15%への負荷上昇	39	72
	15%から0%への負荷減少	30	61
	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	負荷の喪失	5	7
	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	3	6
	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	61	

*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1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
R H R S 入口隔離弁	0.004	0.113

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 [1次冷却材系統、余熱除去系統、補助給水系統の仕切弁]

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RHRS入口隔離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、2次系ドレン系統、タービングランド蒸気系統、補助蒸気系統、蒸気発生器ブローダウン系統、2次系復水系統、主給水系統の仕切弁]

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）

[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・制御油系統の仕切弁]

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、内部流体はヒドラジン水（防錆剤注入水）、脱気された純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、弁蓋の腐食（全面腐食）〔2次系ドレン系統、主給水系統の仕切弁〕

低合金鋼鑄鋼の弁箱、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。

3.2.4 弁箱、弁蓋等の腐食（エロージョン）〔2次系ドレン系統の仕切弁〕

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。

3.2.5 弁箱、弁蓋等の腐食（全面腐食）

〔補助給水系統、非常用ディーゼル発電機系統の仕切弁〕

炭素鋼製等の弁箱、弁蓋等は、内部流体が純水又は給水（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。

3.2.6 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（外面）の応力腐食割れ

[燃料取替用水系統、2次系ドレン系統、補助給水系統の仕切弁]

屋外に設置されたステンレス鋼製鋼製の弁箱及び弁蓋は、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。

3.2.8 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。

3.2.9 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。

3.2.10 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。

3.2.11 弁体、弁棒（連結部）の摩耗 [共通]

弁体と弁棒の連結部ははめ込み式であり、弁内部の流れにより弁体が振動してその連結部が摩耗することが想定される。

しかしながら、弁体にはその振動等を拘束するためのガイド部を設けるとともに、流れの影響を受けないよう開弁時には弁体を弁蓋内に収める構造としており、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。

3.2.12 弁棒（パッキン受け部）の摩耗 [共通]

弁棒は開閉に伴うパッキン受け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。

3.2.13 弁棒の腐食（隙間腐食） [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。