

東海第二発電所  
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)

日本原子力発電株式会社

本評価書は、東海第二発電所（以下、「東海第二」という）で使用している安全上重要な弁（重要度分類審査指針におけるクラス1及びクラス2に該当する弁）、高温・高圧の環境下にあるクラス3の弁及び常設重大事故等対処設備に属する弁について、運転を断続的に行うことを前提に高経年化に係わる技術評価についてまとめたものである。

評価対象機器の一覧を表1に、機能を表2に示す。

評価対象機器を型式、弁箱材料、内部流体等でグループ化し、それぞれのグループから、重要度、運転状態、最高使用温度等の観点から代表機器を選定し技術評価を行った後、代表以外の機器について評価を展開している。

本評価書は弁本体及び弁駆動部の型式等をもとに、以下の14章で構成されている。

#### 弁本体

1. 仕切弁
2. 玉形弁
3. 逆止弁
4. バタフライ弁
5. 安全弁
6. ボール弁
7. 原子炉再循環ポンプ流量制御弁
8. 主蒸気隔離弁
9. 主蒸気逃がし安全弁
10. 爆破弁
11. 破壊板
12. 制御弁

#### 弁駆動部

13. 電動弁用駆動部
14. 空気作動弁用駆動部

ここで、弁型式からは主蒸気隔離弁は玉形弁に、主蒸気逃がし安全弁は安全弁に、原子炉再循環ポンプ流量制御弁はボール弁に、爆破弁は仕切弁に属することになるが、構造の複雑さと特殊性を考慮し、玉形弁、安全弁、ボール弁、仕切弁には分類せず単独で評価している。

また、主蒸気止め弁、主蒸気加減弁等の主タービン系の特殊弁及びタービン系（電気式油圧制御装置、原子炉給水ポンプ駆動タービン、原子炉隔離時冷却系タービン）の弁は「タービン設備の技術評価書」、非常用ディーゼル機関のうち海水系弁を除く補機弁、可燃性ガス濃度制御系のうち再結合装置内弁、水圧制御ユニット系弁、一部の制御用圧縮空気系弁、廃棄物処理設備系弁及び補助ボイラー設備系弁は「機械設備の技術評価書」、真空破壊弁は「容器（原子炉格納容器）の技術評価書」、原子炉建屋隔離弁は「空調の技術評価書」、各ポンプの潤滑油系弁は「ポンプの技術評価書」にて評価を実施するものとし、本評価書には含めていない。

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

表 1 (1/7) 評価対象機器一覧

分類 (型式)	分類基準		当該系統
	弁箱材料	内部流体	
仕切弁	炭素鋼	純水	制御棒駆動系
			残留熱除去系
			原子炉冷却材浄化系
			高压炉心スプレイ系
			低压炉心スプレイ系
			原子炉隔離時冷却系
			原子炉系
			復水系
			給水系
			給水加熱器ドレン系
			補助系
			重大事故等対処設備*2
			冷却水*1
		ドライウェル冷却系	
		蒸気	原子炉隔離時冷却系
			原子炉系
			主蒸気隔離弁漏えい抑制系
			タービン主蒸気系
			タービン補助蒸気系
			タービングランド蒸気系
			気体廃棄物処理系
			所内蒸気系
			抽気系
			重大事故等対処設備*2
		ガス	原子炉隔離時冷却系
			可燃性ガス濃度制御系
			気体廃棄物処理系
			重大事故等対処設備*2
		海水	残留熱除去海水系
			非常用ディーゼル発電機海水系
			高压炉心スプレイ系ディーゼル発電機海水系
	重大事故等対処設備*2		
	鋳鉄	海水	残留熱除去海水系
	ステンレス鋼	純水	制御棒駆動系
			ほう酸水注入系
			残留熱除去系
			原子炉冷却材浄化系
			原子炉隔離時冷却系
	五ほう酸ナトリウム水	ほう酸水注入系	
		補助系	
	低合金鋼	蒸気	原子炉系

\*1：冷却水（防錆剤入り純水）

\*2：新規に設置される機器及び構造物であることを示す

表1 (2/7) 評価対象機器一覧

分類 (型式)	分類基準		当該系統
	弁箱材料	内部流体	
玉形弁	炭素鋼	純水	制御棒駆動系
			残留熱除去系
			高压炉心スプレイ系
			低压炉心スプレイ系
			原子炉隔離時冷却系
			原子炉冷却材浄化系
			燃料プール冷却浄化系
			給水系
			重大事故等対処設備*1
		蒸気	原子炉隔離時冷却系
			原子炉系
			タービン補助蒸気系
		ガス	可燃性ガス濃度制御系
			不活性ガス系*1
			制御用圧縮空気系
	試料採取系		
	重大事故等対処設備*1		
	海水	非常用ディーゼル発電機海水系	
		高压炉心スプレイ系ディーゼル発電機海水系	
		重大事故等対処設備*1	
	ステンレス鋼	純水	制御棒駆動系
			ほう酸水注入系
			残留熱除去系
			原子炉隔離時冷却系
			原子炉再循環系
			原子炉冷却材浄化系
			燃料プール冷却浄化系
			格納容器雰囲気監視系
			不活性ガス系
			事故時サンプリング設備
			重大事故等対処設備*1
		ガス	不活性ガス系
			制御用圧縮空気系
		重大事故等対処設備*1	
		海水	残留熱除去海水系
	五ほう酸ナトリウム水	ほう酸水注入系	
青銅鋳物	海水	残留熱除去海水系	
		高压炉心スプレイ系ディーゼル発電機海水系	

\*1：新規に設置される機器及び構造物であることを示す

表1 (3/7) 評価対象機器一覧

分類 (型式)	分類基準		当該系統
	弁箱材料	内部流体	
逆止弁	炭素鋼	純水	制御棒駆動系
			残留熱除去系
			高压炉心スプレイ系
			低压炉心スプレイ系
			原子炉隔離時冷却系
			原子炉系
			原子炉冷却材浄化系
			復水系
			給水系
			給水加熱器ドレン系
			重大事故等対処設備*1
		蒸気	原子炉隔離時冷却系
			主蒸気隔離弁漏えい抑制系
			抽気系
			所内蒸気系
	海水	重大事故等対処設備*1	
		非常用ディーゼル発電機海水系	
		高压炉心スプレイ系ディーゼル発電機海水系	
		重大事故等対処設備*1	
	ステンレス鋼	純水	制御棒駆動系
			ほう酸水注入系
			残留熱除去系
			原子炉隔離時冷却系
			原子炉再循環系
			原子炉冷却材浄化系
			燃料プール冷却浄化系
		重大事故等対処設備*1	
		五ほう酸ナトリウム水	ほう酸水注入系
		ガス	中性子計装系
			原子炉系
制御用圧縮空気系			
サプレッション・プール水 pH 制御装置*1			
重大事故等対処設備*1			
海水		残留熱除去海水系	
	浸水防護施設*1		
バタフライ弁	炭素鋼	ガス	不活性ガス系
			非常用ガス処理系
			非常用ガス再循環系
		重大事故等対処設備*1	
	海水	非常用ディーゼル発電機海水系	
		高压炉心スプレイ系ディーゼル発電機海水系	
		重大事故等対処設備*1	
ステンレス鋼	ガス	重大事故等対処設備*1	

\*1：新規に設置される機器及び構造物であることを示す

表1 (4/7) 評価対象機器一覧

分類 (型式)	分類基準		当該系統
	弁箱材料	内部流体	
安全弁	炭素鋼	純水	残留熱除去系
			高压炉心スプレイ系
			低压炉心スプレイ系
			原子炉隔離時冷却系
			原子炉冷却材浄化系
			可燃性ガス濃度制御系
			タービングランド蒸気系
			復水系
			給水系
			空気抽出系
	蒸気	タービン補助蒸気系	
		タービングランド蒸気系	
		給水加熱器ベント系	
	ステンレス鋼	純水	残留熱除去系
			原子炉隔離時冷却系
			原子炉再循環系
原子炉冷却材浄化系			
蒸気		気体廃棄物処理系	
ガス	制御用圧縮空気系		
五ほう酸ナトリウム水	ほう酸水注入系		
青銅鋳物	海水	残留熱除去海水系	
ボール弁	ステンレス鋼	ガス	中性子計装系 原子炉冷却材浄化系*1
		純水	原子炉冷却材浄化系
原子炉再循環ポンプ流量制御弁	ステンレス鋳鋼	純水	原子炉再循環系
主蒸気隔離弁	炭素鋼	蒸気	原子炉系
主蒸気逃がし安全弁	炭素鋼鋳鋼	蒸気	原子炉系
爆破弁	ステンレス鋼	五ほう酸ナトリウム水	ほう酸水注入系
破壊板	ステンレス鋼	蒸気	原子炉隔離時冷却系 気体廃棄物処理系
		ガス	重大事故等対処設備*2

\*1：原子炉冷却材浄化系に供給される制御用圧縮空気

\*2：新規に設置される機器及び構造物であることを示す

表1 (5/7) 評価対象機器一覧

分類 (型式)	分類基準		当該系統
	弁箱材料	内部流体	
制御弁	炭素鋼	純水	原子炉冷却材浄化系
			復水系
			給水系
			中央制御室換気系
		蒸気	不活性ガス系
			タービングラウンド蒸気系
			復水移送系
			バッテリー室換気系
	ステンレス鋼	純水	原子炉冷却材浄化系
		ガス	制御用圧縮空気系 重大事故等対処設備*1
	低合金鋼	純水	原子炉隔離時冷却系
			給水系
			給水加熱器ドレン系
		蒸気	所内蒸気系

\*1：新規に設置される機器及び構造物であることを示す

表 1 (6/7) 評価対象機器一覧

分類	分類基準		当該系統	
	電源	設置場所		
電動弁用駆動部	交流	原子炉格納容器内	原子炉系	
			原子炉再循環系	
			残留熱除去系	
			原子炉隔離時冷却系	
			原子炉冷却材浄化系	
		原子炉格納容器外	原子炉系	
			原子炉冷却材浄化系	
			ほう酸水注入系	
			残留熱除去系	
			残留熱除去海水系	
			高压炉心スプレイ系	
			低压炉心スプレイ系	
			可燃性ガス濃度制御系	
			主蒸気隔離弁漏えい抑制系	
			原子炉補機冷却系	
			燃料プール冷却浄化系	
			制御用圧縮空気系	
			不活性ガス系	
			格納容器雰囲気監視系	
			事故時サンプリング設備	
			中央制御室換気系	
			ドライウエル冷却系	
			空気抽出系	
		気体廃棄物処理系		
		重大事故等対処設備 <sup>*1</sup>		
		直流	原子炉格納容器外	原子炉系
				残留熱除去系
	原子炉隔離時冷却系			
	原子炉冷却材浄化系			
	重大事故等対処設備 <sup>*1</sup>			

\*1：新規に設置される系統

表1 (7/7) 評価対象機器一覧

分類	分類基準		当該系統
	型式	設置場所	
空気作動弁用駆動部	ダイヤフラム型	原子炉格納容器外	中央制御室換気系
			原子炉隔離時冷却系
			原子炉冷却材浄化系
	シリンダ型	原子炉格納容器内	原子炉再循環系
		原子炉格納容器外	不活性ガス系
			原子炉再循環系
			補助系
			原子炉系
			ほう酸水注入系
			漏えい検出系
			主蒸気隔離弁漏えい抑制系
			原子炉隔離時冷却系
			非常用ガス処理系
			非常用ガス再循環系
			原子炉再循環流量制御系
原子炉冷却材浄化系			
格納容器雰囲気監視系			
気体廃棄物処理系			

表 2 (1/3) 評価対象機器の機能

弁（系統名）	主な機能
中性子計装系弁	炉心内の中性子束分布を測定・監視する系統を構成する弁である。
制御棒駆動系弁	制御棒の駆動に必要な高圧の駆動水を供給する系統を構成する弁である。
ほう酸水注入系弁	制御棒が挿入不可の際、中性子吸収能力の高いほう酸（五ほう酸ナトリウム水）を注入して原子炉を保護する系統を構成する弁である。
残留熱除去系弁	原子炉を停止した後、原子炉冷却材の冷却（崩壊熱除去）や非常時に炉水位を維持する系統を構成する弁である。
残留熱除去海水系弁	主として残留熱除去系熱交換器に冷却用海水を供給する系統を構成する弁である。
高圧炉心スプレイ系弁	冷却材喪失事故時に原子炉に復水貯蔵タンク水及びサプレッション・プール水をスプレイする系統を構成する弁である。
低圧炉心スプレイ系弁	冷却材喪失事故時に原子炉にサプレッション・プール水をスプレイする系統を構成する弁である。
原子炉隔離時冷却系弁	原子炉隔離時に、主蒸気によりタービン駆動のポンプを起動して原子炉に送水し、水位低下を防ぐ系統を構成する弁である。
非常用ガス再循環系弁	事故発生時、自動的に常用換気系を閉鎖すると共に原子炉建屋内を負圧に保ち、放射性物質の外部放出を低減する系統を構成する弁である。
非常用ガス処理系弁	事故発生時、原子炉建屋内の空気を処理し、排気筒から放出する系統を構成する弁である。
原子炉系弁	原子炉圧力容器への給水及び原子炉圧力容器からタービン主蒸気系までの系統を構成する弁である。
原子炉再循環系弁	原子炉の出力制御を行う原子炉再循環系統を構成する弁である。
原子炉再循環流量制御系弁	原子炉再循環ポンプ流量制御弁を駆動するための制御油圧系統を構成する弁である。
主蒸気隔離弁漏えい抑制系弁	主蒸気管破断などの事故時における主蒸気隔離弁閉止後、タービン建屋側への原子炉蒸気の漏えいを抑制する系統を構成する弁である。
原子炉冷却材浄化系弁	原子炉及び原子炉冷却材再循環系統の水質保持の為、ろ過及びイオン交換を行う系統を構成する弁である。
燃料プール冷却浄化系	使用済燃料プール水の一部をろ過・脱塩し、水質の維持を行う系統を構成する弁である。
原子炉補機冷却系弁	原子炉建屋内にある補機（ポンプ軸受等）の冷却用に海水と熱交換した冷却水を循環させる系統を構成する弁である。
漏えい検出系弁	原子炉格納容器内の一次冷却水又は蒸気の漏えいを検出するために、原子炉格納容器内の気体を原子炉建屋内に設置された漏えい検出装置に導く系統を構成する弁である。
格納容器雰囲気監視系弁	原子炉格納容器内の水素濃度及び酸素濃度を測定して中央制御室に指示記録する系統を構成する弁である。
可燃性ガス濃度制御系弁	原子炉冷却材喪失事故時、水素濃度を安全な濃度以下になるよう処理する系統を構成する弁である。

表 2 (2/3) 評価対象機器の機能

弁（系統名）	主な機能
不活性ガス系弁	原子炉格納容器内を窒素ガスで置換し、運転中の酸素濃度を管理値内に保持する系統を構成する弁である。
ドライウェル冷却系弁	ドライウェルの冷却及び除湿を行う系統を構成する弁である。
タービン主蒸気系弁	原子炉系からの主蒸気をタービンへ供給するための系統を構成する弁である。
抽気系弁	主タービンの駆動蒸気の一部を取り出し、原子炉へ給水する水を加熱し、給水温度を高めることにより、熱効率を向上させる系統を構成する弁である。
タービン補助蒸気系弁	空気抽出器等の駆動蒸気を供給する系統を構成する弁である。
タービングランド蒸気系弁	蒸化器からタービンのグランドシール蒸気を供給し、グランド蒸気復水器を介して排ガスとドレンに分離、処理する系統を構成する弁である。
復水系弁	復水器で凝縮した純水を再び原子炉へ供給する系統のうち、復水器から給水ポンプ入口までの系統を構成する弁である。
給水系弁	復水器で凝縮した純水を再び原子炉へ供給する系統のうち、給水ポンプから原子炉までの系統を構成する弁である。
空気抽出系弁	復水器内の非凝縮性ガスを抽出し、復水器の真空を維持する系統を構成する弁である。
給水加熱器ドレン系弁	給水加熱器において原子炉給水と抽気との熱交換によって凝縮したドレン水を処理する系統を構成する弁である。
給水加熱器ベント系弁	給水加熱器における熱交換後の非凝縮蒸気及び余剰蒸気を復水器へ導く系統を構成する弁である。
非常用ディーゼル発電機海水系弁	非常用ディーゼル発電機の機関作動時に、過熱を防止するため冷却水（海水）を供給する系統を構成する弁である。
高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機海水系弁	高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機の機関作動時に、過熱を防止するため冷却水（海水）を供給する系統を構成する弁である。
復水移送系弁	復水貯蔵タンクから復水移送ポンプにより各建屋に送水する系統を構成する弁である。
補助系弁	原子炉格納容器内にて発生するドレン水を原子炉建屋内に設置されたサンプタンクに導く系統を構成する弁である。
中央制御室換気系弁	中央制御室等の室温を一定に保たれるようにし、非常時には外気を取り入れずにフィルタを通して再循環運転する系統を構成する弁である。
バッテリー室換気系弁	ケーブル処理室及びバッテリー室への給排気を行う系統を構成する弁である。
制御用圧縮空気系弁	各建屋内における空気作動の装置及び制御器に圧縮空気を供給する系統を構成する弁である。
所内蒸気系弁	供給された蒸気を、タンクの加熱、空調用等に移送する系統を構成する弁である。

表 2 (3/3) 評価対象機器の機能

弁（系統名）	主な機能
試料採取系弁	発電所機器の運転状況を監視する系統を構成する弁である。
事故時サンプリング設備の弁	冷却材喪失事故時等に、放射性障壁の健全性を確認することを目的として、原子炉冷却材及び原子炉格納容器雰囲気中の試料を採取する系統を構成する弁である。
気体廃棄物処理系弁	復水器の非凝縮ガス（水素・酸素）を空気抽出器で引き、再結合させ、活性炭ホールドアップ塔へ導く系統を構成する弁である。
サプレッション・プール水pH制御装置の弁	格納容器圧力逃がし装置を使用する際、サプレッション・プール水の酸性化防止及び核分裂生成物由来のよう素を補足するため、サプレッション・プール水の pH を制御する系統を構成する弁である。（ただし、対象は原子炉格納容器バウンダリのみ）
浸水防護施設の弁	取水口を経由した津波が、ドレン排出配管等から海水ポンプ室に流入するのを防止する弁である。
重大事故等対処設備の弁	設計基準事故対処設備の有する原子炉の冷却機能等が喪失した場合において、炉心の著しい損傷防止及び原子炉格納容器の破損防止等のため、サプレッション・プール水等を原子炉に注水する系統、最終ヒートシンクへ熱を輸送する系統及び原子炉格納容器内ガスをフィルタ装置へ導き、放射性物質を低減させ放出する系統等を構成する弁である。

# 1. 仕切弁

## [対象系統]

- ① 制御棒駆動系
- ② ほう酸水注入系
- ③ 残留熱除去系
- ④ 残留熱除去海水系
- ⑤ 高圧炉心スプレイ系
- ⑥ 低圧炉心スプレイ系
- ⑦ 原子炉隔離時冷却系
- ⑧ 原子炉系
- ⑨ 原子炉再循環系
- ⑩ 主蒸気隔離弁漏えい抑制系
- ⑪ 原子炉冷却材浄化系
- ⑫ 原子炉補機冷却系
- ⑬ 可燃性ガス濃度制御系
- ⑭ ドライウェル冷却系
- ⑮ タービン主蒸気系
- ⑯ 抽気系
- ⑰ タービン補助蒸気系
- ⑱ タービングランド蒸気系
- ⑲ 復水系
- ⑳ 給水系
- ㉑ 給水加熱器ドレン系
- ㉒ 非常用ディーゼル発電機海水系
- ㉓ 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機海水系
- ㉔ 補助系
- ㉕ 所内蒸気系
- ㉖ 気体廃棄物処理系
- ㉗ 重大事故等対処設備

## 目次

1. 対象機器及び代表機器の選定.....	1-1
1.1 グループ化の考え方及び結果.....	1-1
1.2 代表機器の選定.....	1-1
2. 代表機器の技術評価.....	1-5
2.1 構造、材料及び使用条件.....	1-5
2.1.1 原子炉給水止め弁.....	1-5
2.1.2 ドライウェル内機器原子炉補機冷却水戻り弁.....	1-8
2.1.3 原子炉隔離時冷却系内側隔離弁.....	1-11
2.1.4 可燃性ガス濃度制御系出口弁.....	1-14
2.1.5 非常用ディーゼル発電機海水系出口隔離弁.....	1-17
2.1.6 残留熱除去系熱交換器海水出口弁.....	1-20
2.1.7 原子炉再循環ポンプ出口弁.....	1-23
2.1.8 ほう酸水注入系ポンプ出口弁.....	1-26
2.1.9 主蒸気隔離弁第3弁.....	1-29
2.2 経年劣化事象の抽出.....	1-32
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目.....	1-32
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出.....	1-32
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象.....	1-33
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価.....	1-48
3. 代表機器以外への展開.....	1-56
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象.....	1-57
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象.....	1-58

## 1. 対象機器及び代表機器の選定

東海第二で使用している主要な仕切弁の主な仕様を表 1-1 に示す。

これらの仕切弁を弁箱材料及び内部流体の観点からグループ化し、それぞれのグループより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

弁箱材料及び内部流体を分類基準とし、仕切弁を表 1-1 に示すとおりグループ化する。

弁箱材料は炭素鋼、鋳鉄、ステンレス鋼、低合金鋼に分類され、内部流体は純水、冷却水（防錆剤入り純水）、蒸気、ガス（空気、窒素ガス等）、海水、五ほう酸ナトリウム水に分類される。

### 1.2 代表機器の選定

表 1-1 に分類されるグループ毎に、重要度、運転状態、最高使用温度、最高使用圧力及び口径の観点から代表機器を選定する。

#### (1) 純水系炭素鋼仕切弁（内部流体：純水、弁箱材料：炭素鋼）

このグループには、制御棒駆動系、残留熱除去系、原子炉冷却材浄化系、高圧炉心スプレイ系、低圧炉心スプレイ系、原子炉隔離時冷却系、原子炉系、復水系、給水系、給水加熱器ドレン系、補助系及び重大事故等対処設備が属するが、重要度が高く、運転状態の厳しい原子炉給水止め弁を代表機器とする。

#### (2) 冷却水系炭素鋼仕切弁（内部流体：冷却水、弁箱材料：炭素鋼）

このグループには、原子炉補機冷却系及びドライウエル冷却系が属するが、重要度、運転状態、最高使用温度、最高使用圧力が同等であるため、口径の大きいドライウエル内機器原子炉補機冷却水戻り弁を代表機器とする。

#### (3) 蒸気系炭素鋼仕切弁（内部流体：蒸気、弁箱材料：炭素鋼）

このグループには、原子炉隔離時冷却系、原子炉系、主蒸気隔離弁漏えい抑制系、タービン主蒸気系、タービン補助蒸気系、タービングランド蒸気系、気体廃棄物処理系、所内蒸気系、抽気系及び重大事故等対処設備が属するが、重要度が高い機器は、運転状態、最高使用温度、最高使用圧力が同等であるため、口径の大きい原子炉隔離時冷却系内側隔離弁を代表機器とする。

#### (4) ガス系炭素鋼仕切弁（内部流体：ガス、弁箱材料：炭素鋼）

このグループには、原子炉隔離時冷却系、可燃性ガス濃度制御系、気体廃棄物処理系及び重大事故等対処設備が属するが、重要度が高い機器は、運転状態が同等であるため、最高使用温度、最高使用圧力が高く、口径の大きい可燃性ガス濃度制御系出口弁を代表機器とする。

(5) 海水系炭素鋼仕切弁（内部流体：海水，弁箱材料：炭素鋼）

このグループには、残留熱除去海水系，非常用ディーゼル発電機海水系，高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機海水系及び重大事故等対処設備が属するが，重要度が高い機器は，運転状態，最高使用温度，最高使用圧力，口径が同等であるため，当該系統のポンプ容量が大きい非常用ディーゼル発電機海水系出口隔離弁を代表機器とする。

(6) 海水系鋳鉄仕切弁（内部流体：海水，弁箱材料：鋳鉄）

このグループは，残留熱除去海水系のみであり，重要度，運転状態が同等であるため最高使用温度の高い残留熱除去系熱交換器海水出口弁を代表機器とする。

(7) 純水系ステンレス鋼仕切弁（内部流体：純水，弁箱材料：ステンレス鋼）

このグループには，制御棒駆動系，ほう酸水注入系，残留熱除去系，原子炉冷却材浄化系，原子炉隔離時冷却系，原子炉再循環系及び補助系が属するが，重要度が高く，運転状態が厳しく，最高使用温度及び最高使用圧力の高い，原子炉再循環ポンプ出口弁を代表機器とする。

(8) 五ほう酸ナトリウム水系ステンレス鋼仕切弁（内部流体：五ほう酸ナトリウム水，弁箱材料：ステンレス鋼）

このグループは，ほう酸水注入系のみであり，重要度，運転状態，最高使用温度が同等であるため，最高使用圧力の高いほう酸水注入系ポンプ出口弁を代表機器とする。

(9) 蒸気系低合金鋼仕切弁（内部流体：蒸気，弁箱材料：低合金鋼）

このグループは，原子炉系の主蒸気隔離弁第3弁のみであることから，これを代表機器とする。

表 1-1 (1/2) 仕切弁のグループ化及び代表機器の選定

分類基準		当該系統	選定基準					選定	代表機器/ 選定理由
弁箱 材料	内部 流体		口径(A)	重要度*2	使用条件				
					運転 状態	最高使用 圧力(MPa)	最高使用 温度(℃)		
炭素鋼	純水	制御棒駆動系	20～50	高*3	連続	12.06	66		原子炉給水止め弁/重要度, 運転状態
		残留熱除去系	50～600	MS-1/PS-1, 重*4	一時	0.86～8.62	100～302		
		原子炉冷却材浄化系	100～150	PS-2	連続	8.62～9.80	66～302		
		高压炉心スプレイ系	100～600	MS-1/PS-1, 重*4	一時	0.70～10.69	100～302		
		低压炉心スプレイ系	40～600	MS-1/PS-1, 重*4	一時	0.70～8.62	100～302		
		原子炉隔離時冷却系	100～200	MS-1, 重*4	一時	0.86～10.35	77～100		
		原子炉系	500～600	PS-1	連続	8.62～12.93	302	◎	
		復水系	450～650	高*3	連続	6.14	205		
		給水系	80～600	高*3	連続	6.14～15.51	205～233		
		給水加熱器ドレン系	50～500	高*3	連続	0.35～1.81	149～233		
		補助系	80	MS-1	連続	1.04	65		
	重大事故等対処設備*5	80～300	MS-1, 重*4	一時	静水頭～10.70	66～174			
	冷却水*1	原子炉補機冷却系	200	MS-1	連続	0.86	66	◎	ドライウエル内機器原子炉補機冷却水戻り弁/重要度, 運転状態, 最高使用温度, 最高使用圧力, 口径
		ドライウエル冷却系	150	MS-1	連続	0.86	66		
	蒸気	原子炉隔離時冷却系	40～350	MS-1/PS-1, 重*4	一時	1.04～8.62	135～302	◎	原子炉隔離時冷却系内側隔離弁/重要度, 運転状態, 最高使用温度, 最高使用圧力, 口径
		原子炉系	80	MS-1/PS-1	一時	8.62	302		
		主蒸気隔離弁漏えい抑制系	25～100	MS-1	一時	8.62	302		
		タービン主蒸気系	150	高*3	連続	8.62	302		
		タービン補助蒸気系	100	高*3	連続	2.46	225		
		タービングランド蒸気系	40～250	高*3	連続	0.35～8.62	124～302		
		気体廃棄物処理系	150～250	MS-2	連続	2.41	205		
		所内蒸気系	50～150	高*3	連続	0.35～8.62	124～302		
	抽気系	250～400	高*3	連続	1.04～1.82	210～233			
重大事故等対処設備*5	100～350	重*4	一時	1.04～8.62	135～302				

\*1: 冷却水 (防錆剤入り純水)

\*2: 当該機器に要求される重要度クラスのうち, 最上位の重要度クラスを示す

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

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

\*5: 新規に設置される機器及び構造物であることを示す

表 1-1 (2/2) 仕切弁のグループ化及び代表機器の選定

分類基準		当該系統	選定基準					選定	代表機器/ 選定理由
弁箱 材料	内部 流体		口径(A)	重要度*1	使用条件				
					運転 状態	最高使用 圧力(MPa)	最高使用 温度(°C)		
炭素鋼	ガス	原子炉隔離時冷却系	50	MS-1, 重*3	一時	0.52	88	◎	可燃性ガス濃度制御系出口 弁/重要度, 運転状態, 最 高使用温度, 最高使用圧 力, 口径
		可燃性ガス濃度制御系	100~150	MS-1	一時	0.31	171		
		気体廃棄物処理系	200~300	PS-2	連続	0.34~2.42	66~538		
		重大事故等対処設備*5	50~150	重*3	一時	0.3~0.86	66~105		
	海水	残留熱除去海水系	300~500	MS-1, 重*3	一時	0.70~3.45	38~66	◎	非常用ディーゼル発電機 海水系出口隔離弁/重要 度, 運転状態, 最高使用 温度, 最高使用圧力, 口 径, 容量*4
		非常用ディーゼル発電機海水系	250	MS-1, 重*3	一時	0.70	38~66		
		高圧炉心スプレイ系ディーゼル発 電機海水系	250	MS-1, 重*3	一時	0.70	38~66		
		重大事故等対処設備*5	300~350	重*3	一時	2.45	38		
鋳鉄	海水	残留熱除去海水系	100~500	MS-1, 重*3	一時	3.45	38~66	◎	残留熱除去系熱交換器海 水出口弁/重要度, 運転状 態, 最高使用温度
ステンレ ス鋼	純水	制御棒駆動系	20~50	MS-1	連続	12.06	66~138	◎	原子炉再循環ポンプ出口 弁/重要度, 運転状態, 最 高使用温度, 最高使用圧力
		ほう酸水注入系	40	高*2	一時	9.66	66		
		残留熱除去系	20~500	MS-1/PS-1, 重*3	一時	8.62~10.69	302		
		原子炉冷却材浄化系	65~150	MS-1/PS-1	連続	8.62~9.80	302		
		原子炉隔離時冷却系	150	MS-1/PS-1, 重*3	一時	10.70	302		
		原子炉再循環系	20~600	MS-1/PS-1	連続	8.62~12.06	66~302		
		補助系	80	MS-1	連続	0.28	80		
	五ほう酸 ナトリウ ム水	ほう酸水注入系	40~80	MS-1, 重*3	一時	1.04~9.66	66	◎	ほう酸水注入系ポンプ出 口弁/重要度, 運転状 態, 最高使用温度, 最高 使用圧力
低合金 鋼	蒸気	原子炉系	650	PS-2	連続	8.62	302	◎	主蒸気隔離弁第3弁

\*1: 当該機器に要求される重要度クラスのうち, 最上位の重要度クラスを示す

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

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

\*4: 選定基準が全て同等であることから, ポンプ容量の大きい系統を選定

非常用ディーゼル発電機海水ポンプ: 272.6 m<sup>3</sup>/h, 高圧炉心スプレイディーゼル冷却系海水系ポンプ: 232.8 m<sup>3</sup>/h

\*5: 新規に設置され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台の弁について技術評価を実施する。

- ① 原子炉給水止め弁
- ② ドライウェル内機器原子炉補機冷却水戻り弁
- ③ 原子炉隔離時冷却系内側隔離弁
- ④ 可燃性ガス濃度制御系出口弁
- ⑤ 非常用ディーゼル発電機海水系出口隔離弁
- ⑥ 残留熱除去系熱交換器海水出口弁
- ⑦ 原子炉再循環ポンプ出口弁
- ⑧ ほう酸水注入系ポンプ出口弁
- ⑨ 主蒸気隔離弁第3弁

### 2.1 構造、材料及び使用条件

#### 2.1.1 原子炉給水止め弁

##### (1) 構造

東海第二の原子炉給水止め弁は、口径 500A、最高使用圧力 8.62 MPa、最高使用温度 302 °C の手動弁であり、2 台設置されている。

弁本体は、純水を内包する耐圧部（弁箱、弁ふた、ジョイントボルト・ナット、軸封部）、純水を仕切る隔離部（弁体、弁座）及び弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒、ヨーク）からなる。

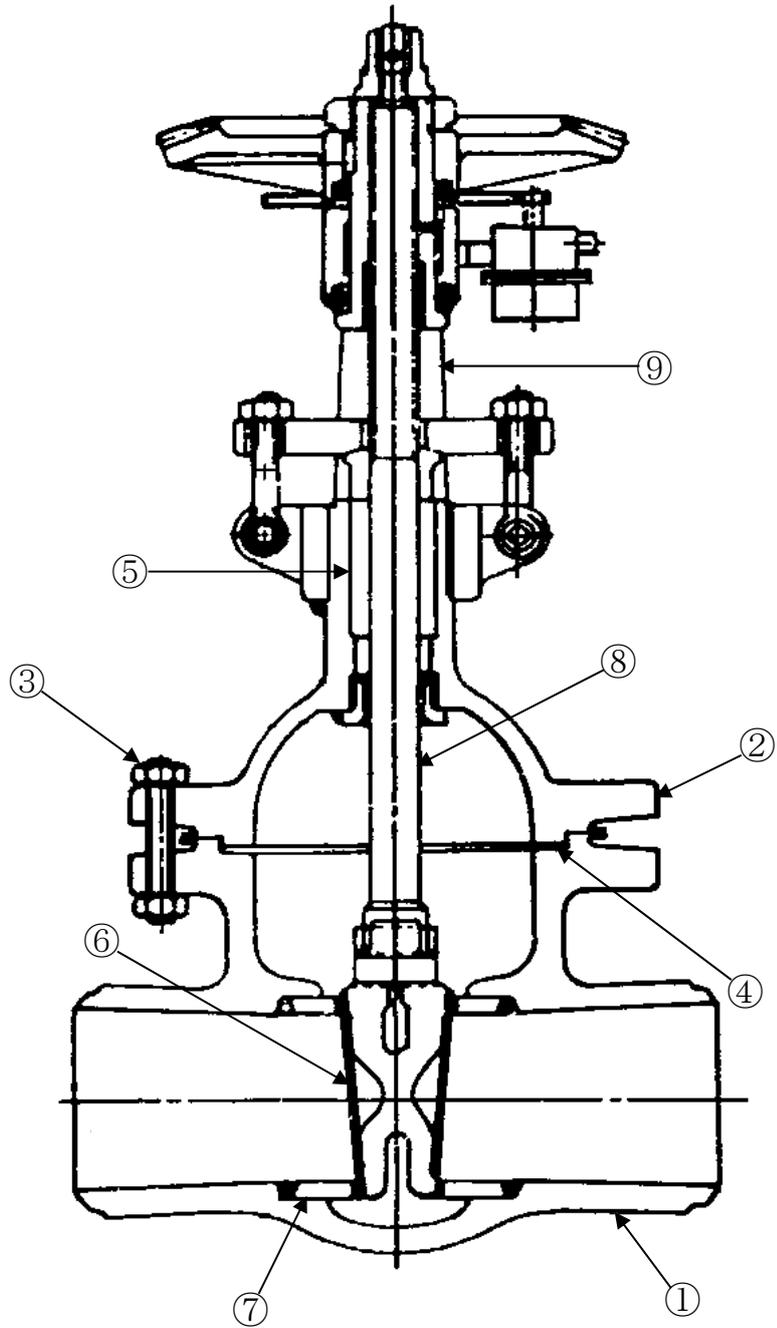
純水に接する弁箱、弁ふた、弁体は炭素鋼鋳鋼、弁座は炭素鋼が使用されており、軸封部には内部流体の漏れを防止するためグランドパッキンが使用されている。

なお、当該弁については、ジョイントボルト・ナットを取外すことにより、弁内部の点検手入りが可能である。

東海第二の原子炉給水止め弁の構造図を図 2.1-1 に示す。

##### (2) 材料及び使用条件

東海第二の原子炉給水止め弁主要部位の使用材料を表 2.1-1 に、使用条件を表 2.1-2 に示す。



No.	部位	No.	部位
①	弁箱	⑥	弁体
②	弁ふた	⑦	弁座
③	ジョイントボルト・ナット	⑧	弁棒
④	ガスケット	⑨	ヨーク
⑤	グランドパッキン		

図 2.1-1 原子炉給水止め弁構造図

表 2.1-1 原子炉給水止め弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	炭素鋼鋳鋼
		弁ふた	炭素鋼鋳鋼
		ジョイントボルト・ナット	低合金鋼
	シール	ガスケット	(消耗品)
		グラウンドパッキン	(消耗品)
隔離機能の維持	隔離	弁体	炭素鋼鋳鋼 (ステライト肉盛)
		弁座	炭素鋼 (ステライト肉盛)
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼
		ヨーク	炭素鋼鋳鋼

表 2.1-2 原子炉給水止め弁の使用条件

最高使用圧力	8.62 MPa
最高使用温度	302 °C
内部流体	純水

## 2.1.2 ドライウエル内機器原子炉補機冷却水戻り弁

### (1) 構造

東海第二のドライウエル内機器原子炉補機冷却水戻り弁は、口径 200A、最高使用圧力 0.86 MPa、最高使用温度 66 °C の電動弁であり、1 台設置されている。

弁本体は、冷却水（防錆剤入り純水）を内包する耐圧部（弁箱、弁ふた、ジョイントボルト・ナット、軸封部）、冷却水（防錆剤入り純水）を仕切る隔離部（弁体、弁座）及び弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒、ヨーク）からなる。

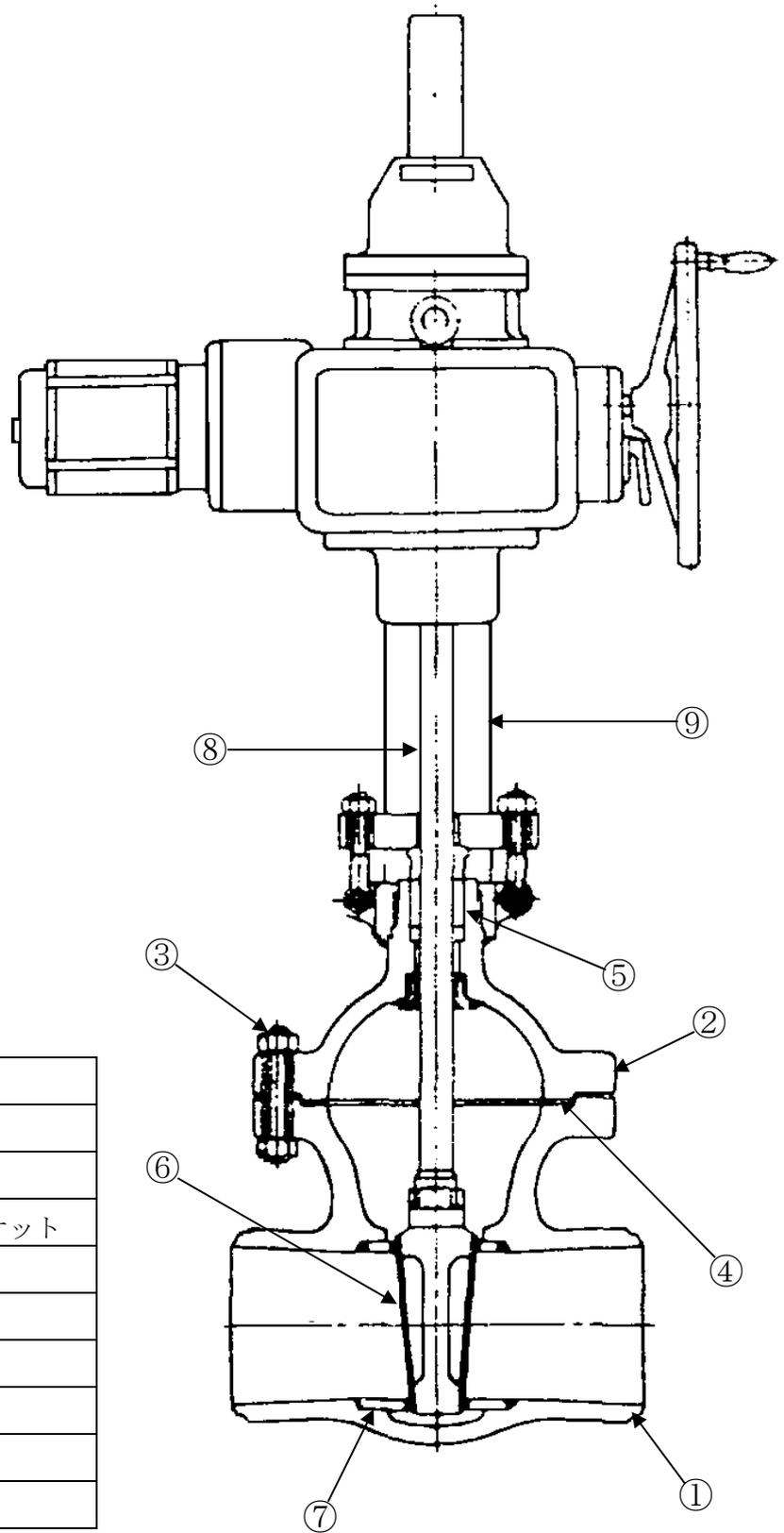
冷却水（防錆剤入り純水）に接する弁箱、弁ふた、弁体は炭素鋼鋳鋼、弁座は炭素鋼が使用されており、軸封部には内部流体の漏れを防止するためグランドパッキンが使用されている。

なお、当該弁については、駆動部を切り離し、ジョイントボルト・ナットを取外すことにより、弁内部の点検手入れが可能である。

東海第二のドライウエル内機器原子炉補機冷却水戻り弁の構造図を図 2.1-2 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

東海第二のドライウエル内機器原子炉補機冷却水戻り弁主要部位の使用材料を表 2.1-3 に、使用条件を表 2.1-4 に示す。



No.	部位
①	弁箱
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	ガスケット
⑤	グランドパッキン
⑥	弁体
⑦	弁座
⑧	弁棒
⑨	ヨーク

図 2. 1-2 ドライウェル内機器原子炉補機冷却水戻り弁構造図

表 2.1-3 ドライウェル内機器原子炉補機冷却水戻り弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	炭素鋼鋳鋼
		弁ふた	炭素鋼鋳鋼
		ジョイントボルト・ナット	低合金鋼
	シール	ガスケット	(消耗品)
		グラウンドパッキン	(消耗品)
隔離機能の維持	隔離	弁体	炭素鋼鋳鋼 (ステライト肉盛)
		弁座	炭素鋼 (ステライト肉盛)
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼
		ヨーク	炭素鋼鋳鋼

表 2.1-4 ドライウェル内機器原子炉補機冷却水戻り弁の使用条件

最高使用圧力	0.86 MPa
最高使用温度	66 °C
内部流体	冷却水 (防錆剤入り純水)

### 2.1.3 原子炉隔離時冷却系内側隔離弁

#### (1) 構造

東海第二の原子炉隔離時冷却系内側隔離弁は、口径 250A、最高使用圧力 8.62 MPa、最高使用温度 302 °C の電動弁であり、1 台設置されている。

弁本体は、蒸気を内包する耐圧部（弁箱、弁ふた、ジョイントボルト・ナット、軸封部）、蒸気を仕切る隔離部（弁体、弁座）及び弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒、ヨーク）からなる。

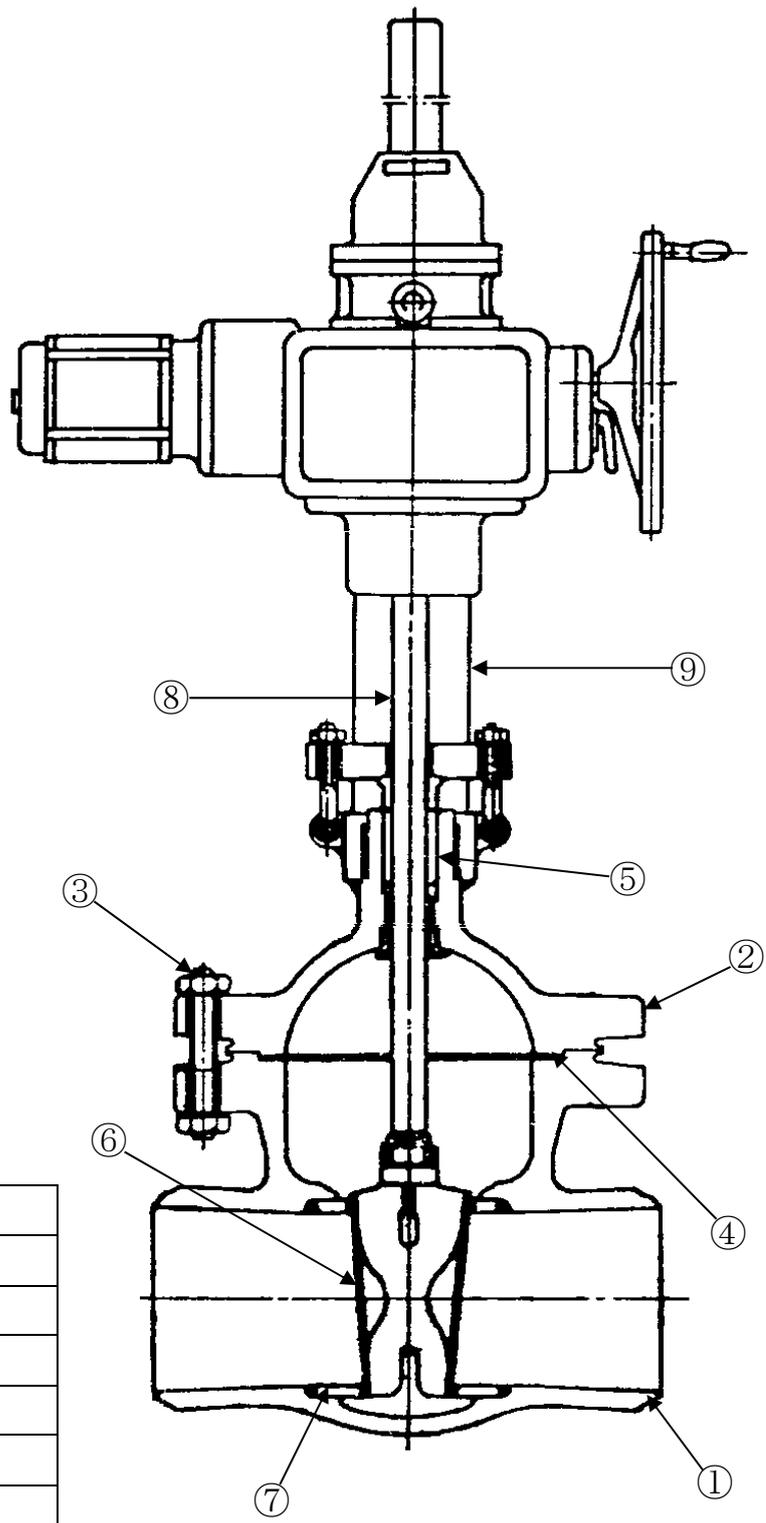
蒸気に接する弁箱、弁ふた、弁体は炭素鋼鋳鋼、弁座は炭素鋼が使用されており、軸封部には内部流体の漏れを防止するためランドパッキンが使用されている。

なお、当該弁については、駆動部を切り離し、ジョイントボルト・ナットを取外すことにより、弁内部の点検手入れが可能である。

東海第二の原子炉隔離時冷却系内側隔離弁の構造図を図 2.1-3 に示す。

#### (2) 材料及び使用条件

東海第二の原子炉隔離時冷却系内側隔離弁主要部位の使用材料を表 2.1-5 に、使用条件を表 2.1-6 に示す。



No.	部位
①	弁箱
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	ガスケット
⑤	グラウンドパッキン
⑥	弁体
⑦	弁座
⑧	弁棒
⑨	ヨーク

図 2.1-3 原子炉隔離時冷却系内側隔離弁構造図

表 2.1-5 原子炉隔離時冷却系内側隔離弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	炭素鋼鋳鋼
		弁ふた	炭素鋼鋳鋼
		ジョイントボルト・ナット	低合金鋼
	シール	ガスケット	(消耗品)
		グランドパッキン	(消耗品)
隔離機能の維持	隔離	弁体	炭素鋼鋳鋼 (ステライト肉盛)
		弁座	炭素鋼 (ステライト肉盛)
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼
		ヨーク	炭素鋼鋳鋼

表 2.1-6 原子炉隔離時冷却系内側隔離弁の使用条件

最高使用圧力	8.62 MPa
最高使用温度	302 °C
内部流体	蒸気

#### 2.1.4 可燃性ガス濃度制御系出口弁

##### (1) 構造

東海第二の可燃性ガス濃度制御系出口弁は、口径 150A、最高使用圧力 0.31 MPa、最高使用温度 171 °Cの電動弁であり、2台設置されている。

弁本体は、窒素を内包する耐圧部（弁箱、弁ふた、ジョイントボルト・ナット、軸封部）、ガスを仕切る隔離部（弁体、弁座）及び弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒、ヨーク）からなる。

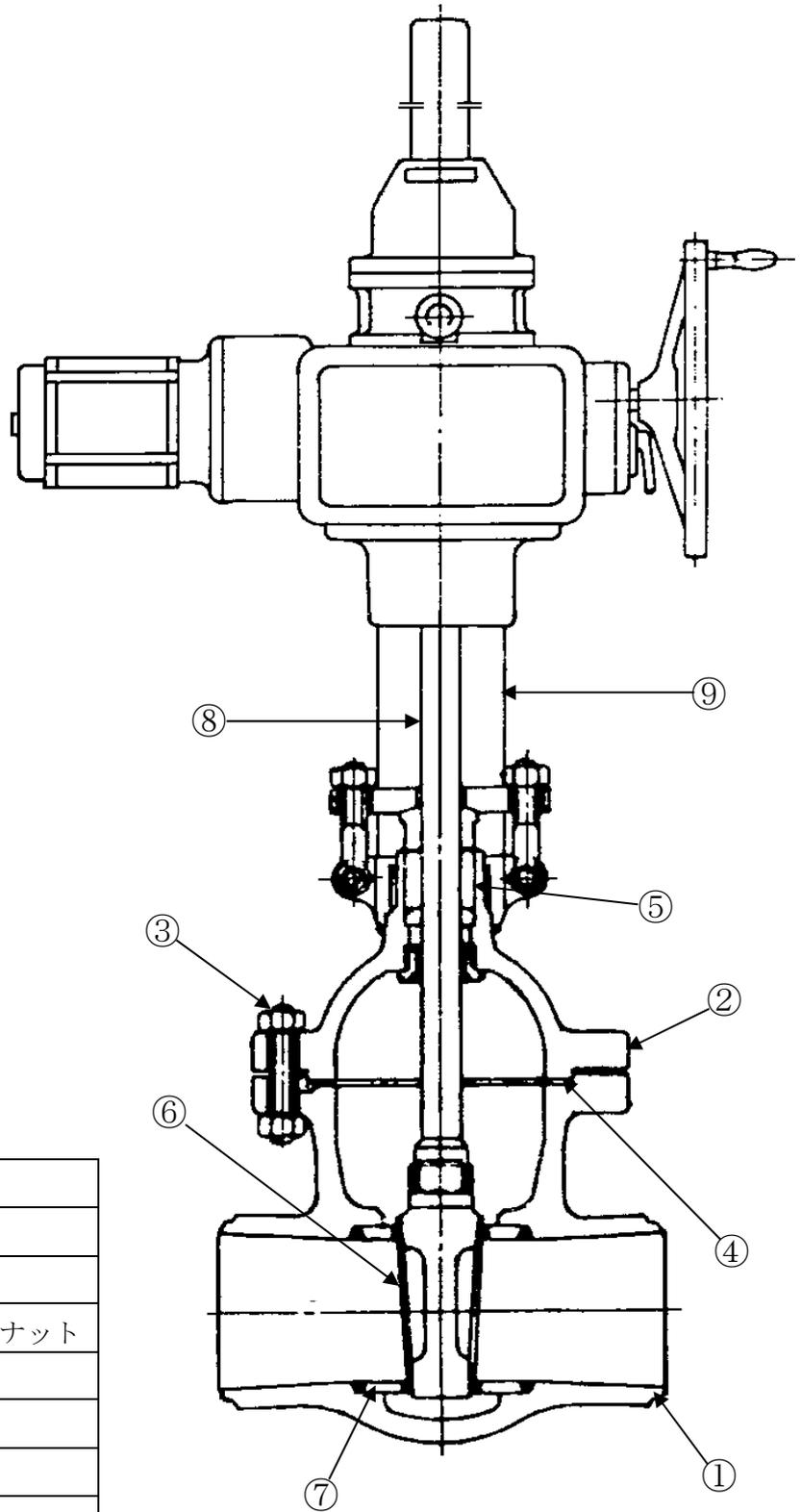
ガスに接する弁箱、弁ふた、弁体は炭素鋼鋳鋼、弁座は炭素鋼が使用されており、軸封部には内部流体の漏れを防止するためグランドパッキンが使用されている。

なお、当該弁については、駆動部を切り離し、ジョイントボルト・ナットを取外すことにより、弁内部の点検手入れが可能である。

東海第二の可燃性ガス濃度制御系出口弁の構造図を図 2.1-4 に示す。

##### (2) 材料及び使用条件

東海第二の可燃性ガス濃度制御系出口弁主要部位の使用材料を表 2.1-7 に、使用条件を表 2.1-8 に示す。



No.	部位
①	弁箱
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	ガスケット
⑤	グランドパッキン
⑥	弁体
⑦	弁座
⑧	弁棒
⑨	ヨーク

図 2.1-4 可燃性ガス濃度制御系出口弁構造図

表 2.1-7 可燃性ガス濃度制御系出口弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	炭素鋼鋳鋼
		弁ふた	炭素鋼鋳鋼
		ジョイントボルト・ナット	低合金鋼
	シール	ガスケット	(消耗品)
		グラウンドパッキン	(消耗品)
隔離機能の維持	隔離	弁体	炭素鋼鋳鋼 (ステライト肉盛)
		弁座	炭素鋼 (ステライト肉盛)
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼
		ヨーク	炭素鋼鋳鋼

表 2.1-8 可燃性ガス濃度制御系出口弁の使用条件

最高使用圧力	0.31 MPa
最高使用温度	171 °C
内部流体	ガス

## 2.1.5 非常用ディーゼル発電機海水系出口隔離弁

### (1) 構造

東海第二の非常用ディーゼル発電機海水系出口隔離弁は、口径 250A、最高使用圧力 0.70 MPa、最高使用温度 66 °C の手動弁であり、2 台設置されている。

弁本体は、海水を内包する耐圧部（弁箱、弁ふた、ジョイントボルト・ナット、軸封部）、海水を仕切る隔離部（弁体、弁座）及び弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒、ヨーク）からなる。

海水に接する弁箱、弁ふた、弁体は炭素鋼鋳鋼、弁座は炭素鋼が使用されており、内面にはフッ素樹脂ライニングが施されている。

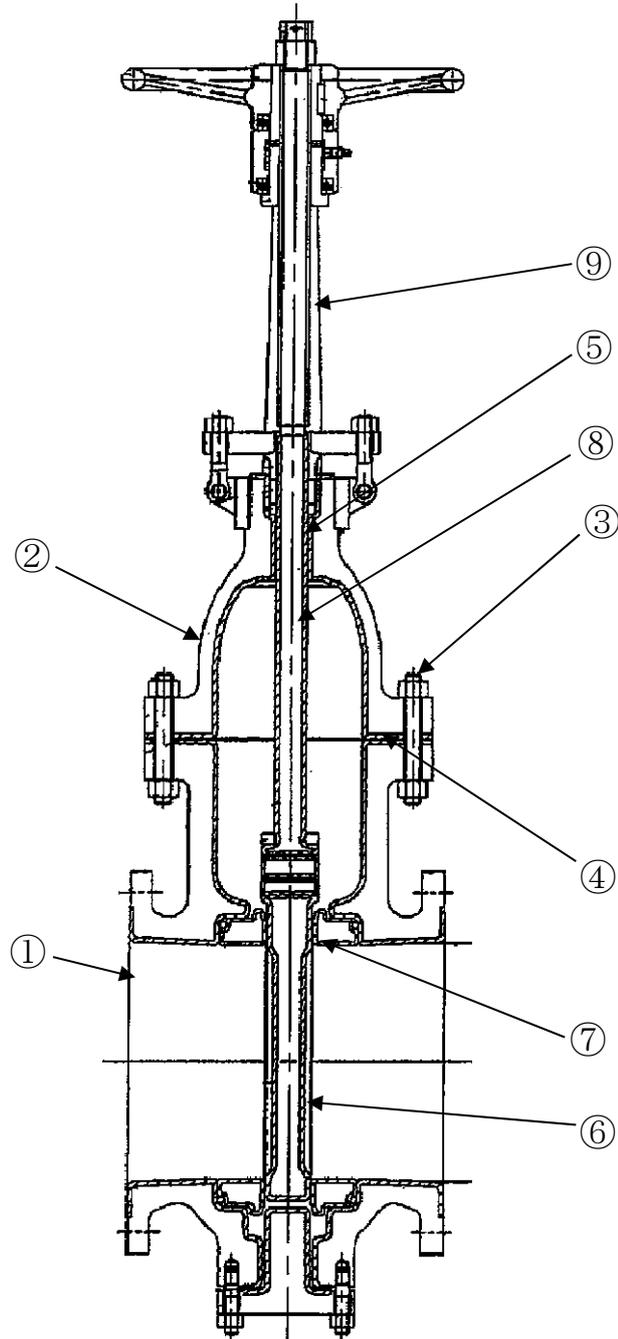
また、軸封部には内部流体の漏れを防止するためグランドパッキンが使用されている。

なお、当該弁については、ジョイントボルト・ナットを取外すことにより、弁内部の点検手入れが可能である。

東海第二の非常用ディーゼル発電機海水系出口隔離弁の構造図を図 2.1-5 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

東海第二の非常用ディーゼル発電機海水系出口隔離弁主要部位の使用材料を表 2.1-9 に、使用条件を表 2.1-10 に示す。



No.	部位
①	弁箱
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	ガスケット
⑤	グランドパッキン
⑥	弁体
⑦	弁座
⑧	弁棒
⑨	ヨーク

図 2.1-5 非常用ディーゼル発電機海水系出口隔離弁構造図

表 2.1-9 非常用ディーゼル発電機海水系出口隔離弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	炭素鋼鋳鋼（接液部フッ素樹脂ライニング）
		弁ふた	炭素鋼鋳鋼（接液部フッ素樹脂ライニング）
		ジョイントボルト・ナット	低合金鋼
	シール	ガスケット	（消耗品）
		グランドパッキン	（消耗品）
隔離機能の維持	隔離	弁体	炭素鋼鋳鋼（接液部フッ素樹脂ライニング）
		弁座	炭素鋼（接液部フッ素樹脂ライニング）
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼（接液部フッ素樹脂ライニング）
		ヨーク	炭素鋼鋳鋼

表 2.1-10 非常用ディーゼル発電機海水系出口隔離弁の使用条件

最高使用圧力	0.70 MPa
最高使用温度	66 °C
内部流体	海水

## 2.1.6 残留熱除去系熱交換器海水出口弁

### (1) 構造

東海第二の残留熱除去系熱交換器海水出口弁は、口径 500A, 最高使用圧力 3.45 MPa, 最高使用温度 66 °C の手動弁であり、2 台設置されている。

弁本体は、海水を内包する耐圧部（弁箱、弁ふた、ジョイントボルト・ナット、軸封部）、海水を仕切る隔離部（弁体、弁体シートリング、弁座シートリング）及び弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒、ヨーク）からなる。

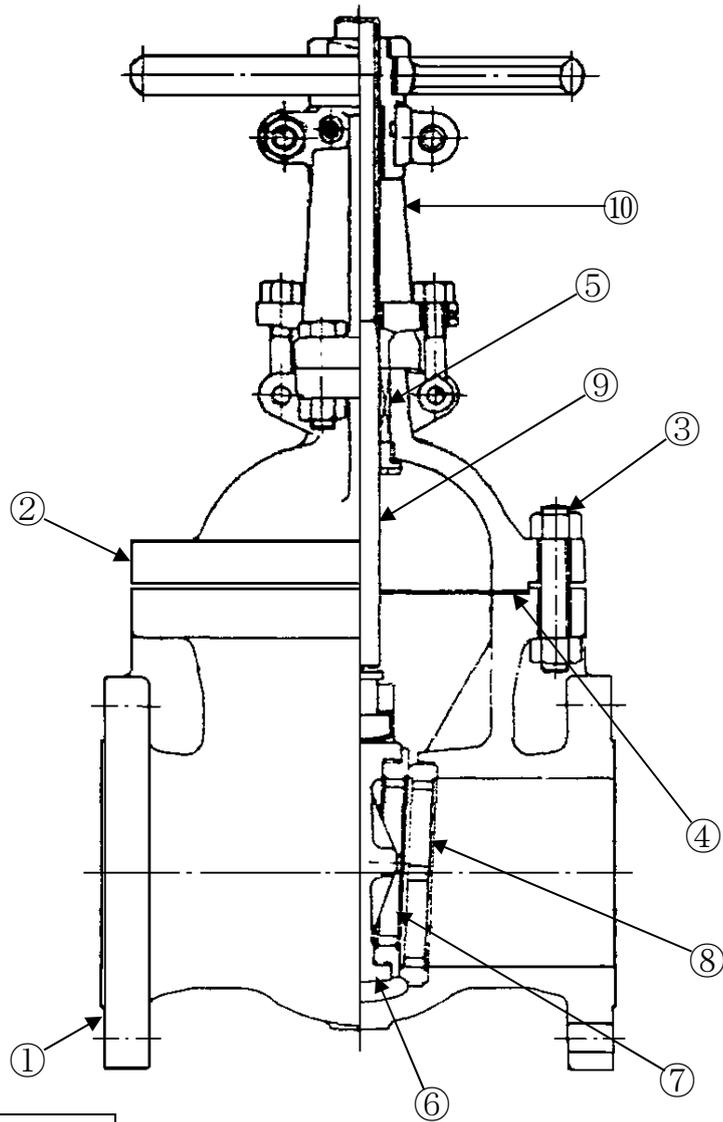
海水に接する弁箱、弁ふた、弁体は鋳鉄、弁体シートリング、弁座シートリングはステンレス鋼が使用されており、軸封部には内部流体の漏れを防止するためグランドパッキンが使用されている。

なお、当該弁については、ジョイントボルト・ナットを取外すことにより、弁内部の点検手入れが可能である。

東海第二の残留熱除去系熱交換器海水出口弁の構造図を図 2.1-6 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

東海第二の残留熱除去系熱交換器海水出口弁主要部位の使用材料を表 2.1-11 に、使用条件を表 2.1-12 に示す。



No.	部位
①	弁箱
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	ガスケット
⑤	グランドパッキン
⑥	弁体
⑦	弁体シートリング
⑧	弁座シートリング
⑨	弁棒
⑩	ヨーク

図 2.1-6 残留熱除去系熱交換器海水出口弁構造図

表 2.1-11 残留熱除去系熱交換器海水出口弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	鋳鉄
		弁ふた	鋳鉄
		ジョイントボルト・ナット	低合金鋼 炭素鋼
	シール	ガスケット	(消耗品)
		グランドパッキン	(消耗品)
隔離機能の維持	隔離	弁体	鋳鉄
		弁体シートリング	ステンレス鋼 (ステライト肉盛)
		弁座シートリング	ステンレス鋼 (ステライト肉盛)
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼
		ヨーク	鋳鉄

表 2.1-12 残留熱除去系熱交換器海水出口弁の使用条件

最高使用圧力	3.45 MPa
最高使用温度	66 °C
内部流体	海水

## 2.1.7 原子炉再循環ポンプ出口弁

### (1) 構造

東海第二の原子炉再循環ポンプ出口弁は、口径 600A、最高使用圧力 11.38 MPa、最高使用温度 302 °C の電動弁であり、2 台設置されている。

弁本体は、純水を内包する耐圧部（弁箱、弁ふた、ジョイントボルト・ナット、軸封部）、純水を仕切る隔離部（弁体、弁座）及び弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒、ヨーク）からなる。

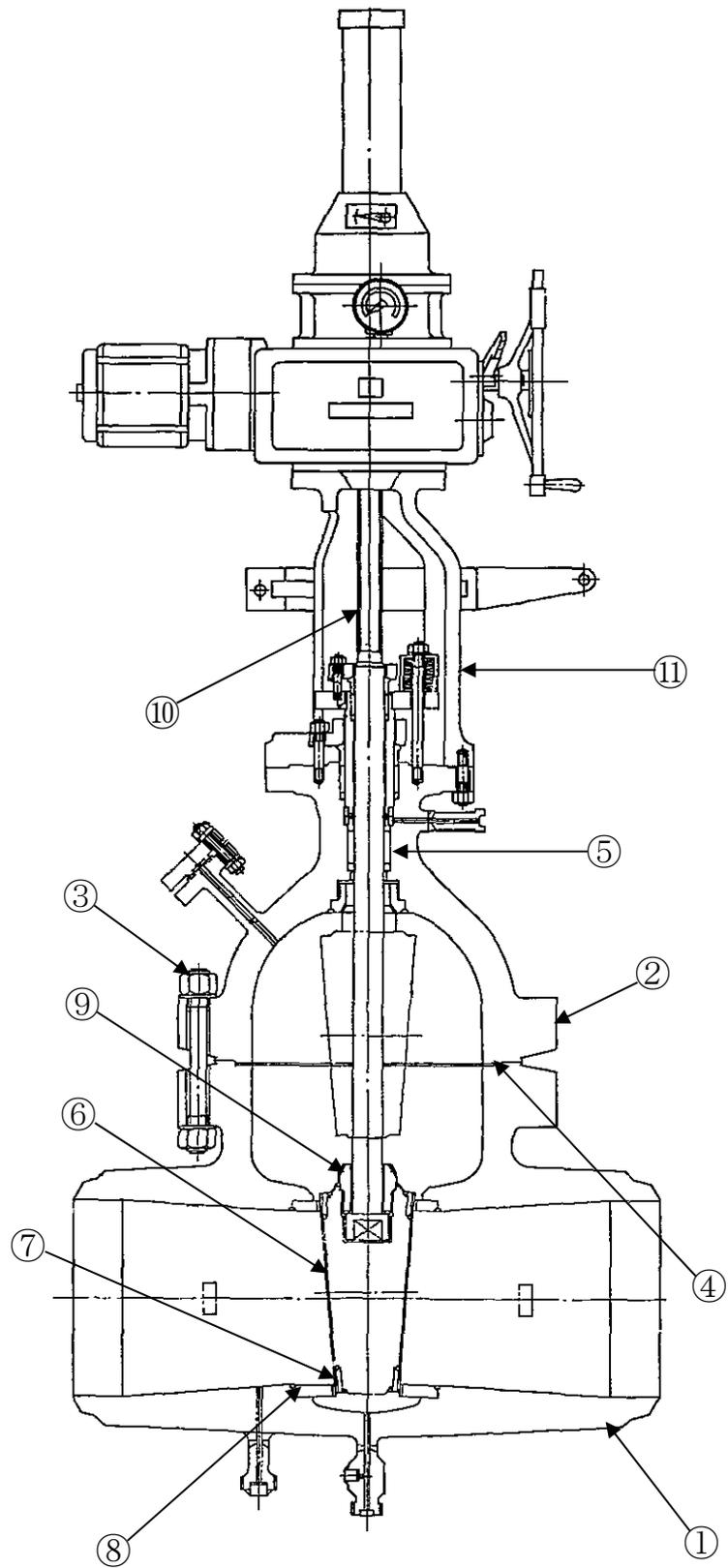
純水に接する弁箱、弁ふた、弁体はステンレス鋳鋼、弁座はステンレス鋼が使用されており、軸封部には内部流体の漏れを防止するためグランドパッキンが使用されている。

なお、当該弁については、駆動部を切り離し、ジョイントボルト・ナットを取外すことにより、弁内部の点検手入れが可能である。

東海第二の原子炉再循環ポンプ出口弁の構造図を図 2.1-7 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

東海第二の原子炉再循環ポンプ出口弁主要部位の使用材料を表 2.1-13 に、使用条件を表 2.1-14 に示す。



No.	部位
①	弁箱
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	ガスケット
⑤	グランドパッキン
⑥	弁体
⑦	弁体リング
⑧	弁座
⑨	弁体 (連結部)
⑩	弁棒
⑪	ヨーク

図 2.1-7 原子炉再循環ポンプ出口弁構造図

表 2.1-13 原子炉再循環ポンプ出口弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	ステンレス鋳鋼
		弁ふた	ステンレス鋳鋼 (ステライト肉盛)
		ジョイントボルト・ナット	低合金鋼
	シール	ガスケット	(消耗品)
		グランドパッキン	(消耗品)
隔離機能の維持	隔離	弁体	ステンレス鋳鋼 (ステライト肉盛)
		弁体リング	ステンレス鋼 (ステライト肉盛)
		弁座	ステンレス鋼 (ステライト肉盛)
		弁体 (連結部)	ステンレス鋼 (ステライト肉盛)
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼
		ヨーク	炭素鋼鋳鋼

表 2.1-14 原子炉再循環ポンプ出口弁の使用条件

最高使用圧力	11.38 MPa
最高使用温度	302 °C
内部流体	純水

## 2.1.8 ほう酸水注入系ポンプ出口弁

### (1) 構造

東海第二のほう酸水注入系ポンプ出口弁は、口径 40A、最高使用圧力 9.66 MPa、最高使用温度 66 °C の手動弁であり、2 台設置されている。

弁本体は、五ほう酸ナトリウム水を内包する耐圧部（弁箱、弁ふた、ジョイントボルト・ナット、軸封部）、五ほう酸ナトリウム水を仕切る隔離部（弁体、弁座）及び弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒、ヨーク）からなる。

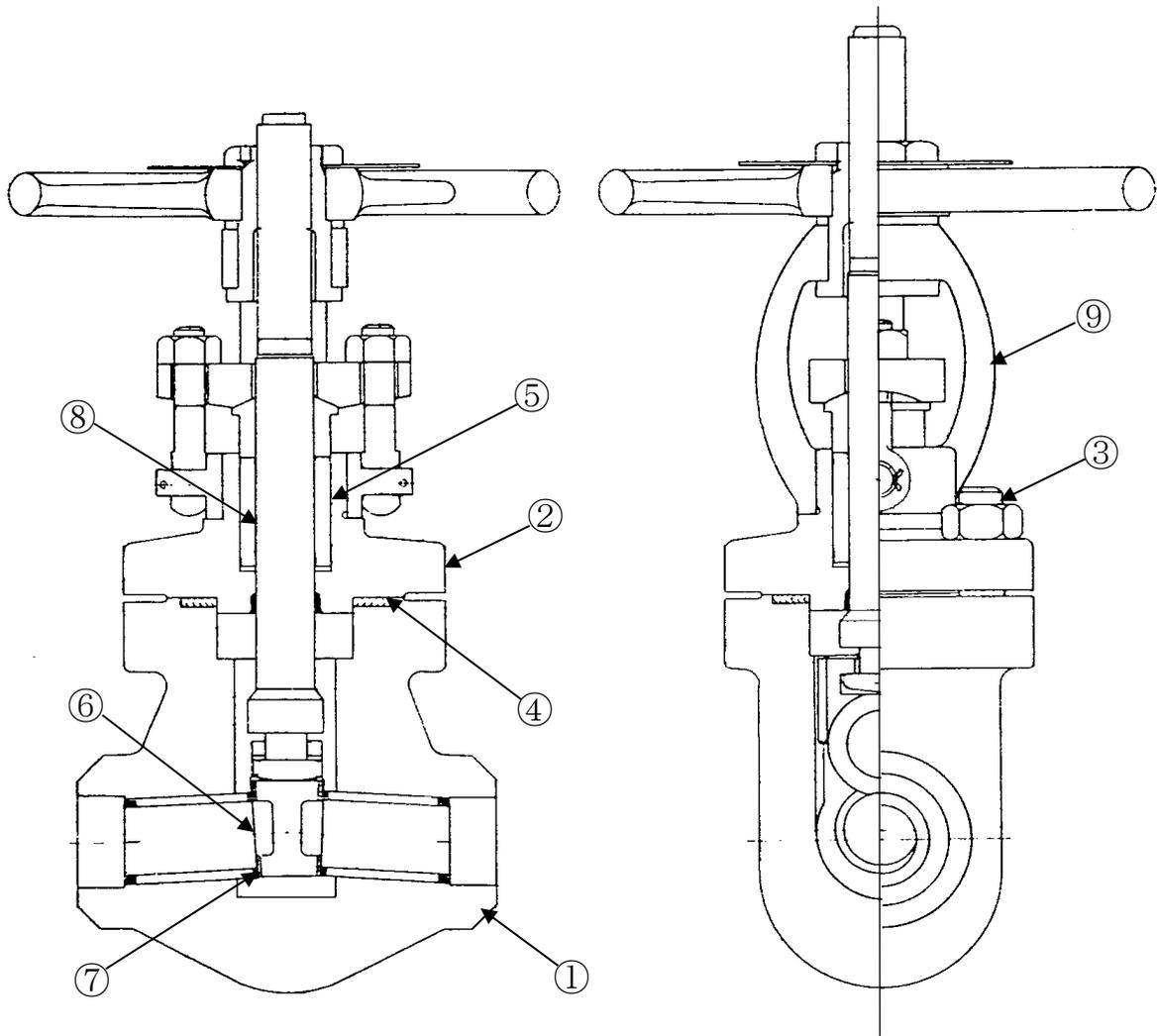
五ほう酸ナトリウム水に接する弁箱、弁ふた、弁体、弁座はステンレス鋼が使用されており、軸封部には内部流体の漏れを防止するためグラウンドパッキンが使用されている。

なお、当該弁については、ジョイントボルト・ナットを取外すことにより、弁内部の点検手入れが可能である。

東海第二のほう酸水注入系ポンプ出口弁の構造図を図 2.1-8 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

東海第二のほう酸水注入系ポンプ出口弁主要部位の使用材料を表 2.1-15 に、使用条件を表 2.1-16 に示す。



No.	部位
①	弁箱
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	ガスケット
⑤	グラウンドパッキン
⑥	弁体
⑦	弁座
⑧	弁棒
⑨	ヨーク

図 2.1-8 ほう酸水注入系ポンプ出口弁構造図

表 2.1-15 ほう酸水注入系ポンプ出口弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	ステンレス鋼
		弁ふた	ステンレス鋼 (ステライト肉盛)
		ジョイントボルト・ナット	低合金鋼 炭素鋼
	シール	ガスケット	(消耗品)
		グランドパッキン	(消耗品)
隔離機能の維持	隔離	弁体	ステンレス鋼 (ステライト肉盛)
		弁座	ステンレス鋼 (ステライト肉盛)
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼
		ヨーク	炭素鋼

表 2.1-16 ほう酸水注入系ポンプ出口弁の使用条件

最高使用圧力	9.66 MPa
最高使用温度	66 °C
内部流体	五ほう酸ナトリウム水

### 2.1.9 主蒸気隔離弁第3弁

#### (1) 構造

東海第二の主蒸気隔離弁第3弁は、口径 650A、最高使用圧力 8.62 MPa、最高使用温度 302 °Cの電動弁であり、4台設置されている。

弁本体は、蒸気を内包する耐圧部（弁箱、弁ふた、ジョイントボルト・ナット、軸封部）、蒸気を仕切る隔離部（弁体、弁座）及び弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒、ヨーク）からなる。

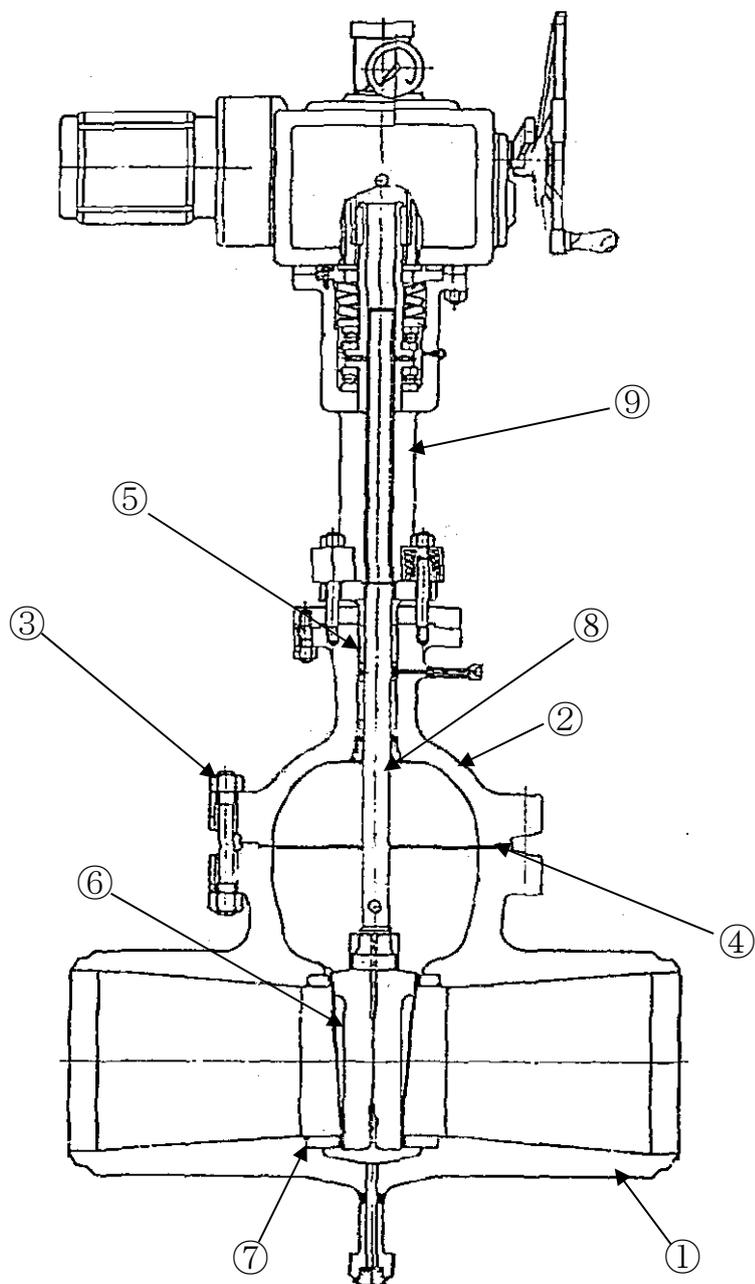
蒸気に接する弁箱、弁ふたは低合金鋼、弁体は炭素鋼鋳鋼、弁座は炭素鋼が使用されており、軸封部には内部流体の漏れを防止するためグランドパッキンが使用されている。

なお、当該弁については、駆動部を切り離し、ジョイントボルト・ナットを取外すことにより、弁内部の点検手入れが可能である。

東海第二の主蒸気隔離弁第3弁の構造図を図 2.1-9 に示す。

#### (2) 材料及び使用条件

東海第二の主蒸気隔離弁第3弁主要部位の使用材料を表 2.1-17 に、使用条件を表 2.1-18 に示す。



No.	部位	No.	部位
①	弁箱	⑥	弁体
②	弁ふた	⑦	弁座
③	ジョイントボルト・ナット	⑧	弁棒
④	ガスケット	⑨	ヨーク
⑤	グランドパッキン		

図 2.1-9 主蒸気隔離弁第3弁構造図

表 2.1-17 主蒸気隔離弁第3弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	低合金鋼
		弁ふた	低合金鋼
		ジョイントボルト・ナット	低合金鋼
	シール	ガスケット	(消耗品)
		グラウンドパッキン	(消耗品)
隔離機能の維持	隔離	弁体	炭素鋼鋳鋼 (ステライト肉盛)
		弁座	炭素鋼 (ステライト肉盛)
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼
		ヨーク	炭素鋼鋳鋼

表 2.1-18 主蒸気隔離弁第3弁の使用条件

最高使用圧力	8.62 MPa
最高使用温度	302 °C
内部流体	蒸気

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

仕切弁の機能である流体仕切機能の達成に必要な項目は以下のとおり。

- (1) バウンダリの維持
- (2) 隔離機能の維持
- (3) 作動機能の維持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

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

なお、消耗品及び定期取替品は以下のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

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

#### (3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

想定される経年劣化事象のうち、下記①、②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。

なお、下記①、②に該当しない事象については、2.2.3 項に示すとおり、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

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

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

- a. 弁箱の疲労割れ [原子炉給水止め弁, 原子炉再循環ポンプ出口弁]
- b. 弁箱の熱時効 [原子炉再循環ポンプ出口弁]

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

- a. 弁箱, 弁ふたの外面の腐食（全面腐食） [原子炉給水止め弁, ドライウエル内機器原子炉補機冷却水戻り弁, 原子炉隔離時冷却系内側隔離弁, 可燃性ガス濃度制御系出口弁, 非常用ディーゼル発電機海水系出口隔離弁, 残留熱除去系熱交換器海水出口弁, 主蒸気隔離弁第3弁]

弁箱, 弁ふたは, 炭素鋼鋳鋼, 低合金鋼又は鋳鉄であり腐食が想定されるが, 大気接触部は塗装が施されていることから, 塗膜が健全であれば腐食が発生する可能性は小さく, 分解点検時の目視点検時において塗装の状態を確認し, 必要に応じて補修塗装することにより機能を維持している。

したがって, 弁箱, 弁ふたの外面の腐食（全面腐食）は, 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- b. ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食） [共通]

ジョイントボルト・ナットは, 低合金鋼又は炭素鋼であり腐食が想定されるが, 分解点検時に手入れ・清掃を行うことにより機能を維持している。

したがって, ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- c. ヨークの腐食（全面腐食） [共通]

ヨークは, 炭素鋼鋳鋼, 鋳鉄又は炭素鋼であり腐食が想定されるが, 大気接触部は塗装が施されていることから, 塗膜が健全であれば腐食が発生する可能性は小さく, 分解点検時の目視点検時において塗装の状態を確認し, 必要に応じて補修塗装することにより機能を維持している。

したがって, ヨークの腐食（全面腐食）は, 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- d. 弁箱，弁ふた，弁体，弁座の腐食（流れ加速型腐食）〔原子炉給水止め弁，原子炉隔離時冷却系内側隔離弁，主蒸気隔離弁第3弁〕

弁箱，弁ふたは炭素鋼鋳鋼又は低合金鋼，弁体は炭素鋼鋳鋼，弁座は炭素鋼であり，内部流体が純水又は蒸気であるため腐食（流れ加速型腐食）が想定されるが，分解点検時の目視点検において有意な腐食（流れ加速型腐食）がないことを確認しており，必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持している。

したがって，弁箱，弁ふた，弁体，弁座の腐食（流れ加速型腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- e. 弁箱（内面），弁ふた（内面），弁体，弁座の腐食（全面腐食）〔可燃性ガス濃度制御系出口弁〕

弁箱，弁ふた，弁体は炭素鋼鋳鋼，弁座は炭素鋼であり腐食が想定されるが，内部が窒素雰囲気であることから，腐食が発生する可能性は小さく，分解点検時の目視点検において有意な腐食がないことを確認しており，必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持している。

したがって，弁箱（内面），弁ふた（内面），弁体，弁座の腐食（全面腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- f. 弁箱（内面），弁ふた（内面），弁体の腐食（全面腐食）〔残留熱除去系熱交換器海水出口弁〕

弁箱，弁ふた，弁体は鋳鉄であり，内部流体は海水であることから，腐食が想定されるが，分解点検時の目視点検において有意な腐食がないことを確認しており，必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持している。

したがって，弁箱（内面），弁ふた（内面），弁体の腐食（全面腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- g. 弁箱（内面），弁ふた（内面），弁体，弁座の腐食（全面腐食）〔非常用ディーゼル発電機海水系出口隔離弁〕

弁箱，弁ふた，弁体は炭素鋼鋳鋼，弁座は炭素鋼であり，内部流体が海水であることから腐食が想定されるが，内部流体に接する部分はフッ素樹脂ライニング施工しているため，腐食が発生する可能性は小さく，分解点検時の目視点検及び膜厚検査においてフッ素樹脂ライニングが健全であることを確認しており，必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持している。

したがって，弁箱（内面），弁ふた（内面），弁体，弁座の腐食（全面腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- h. 弁体シートリング、弁座シートリング、弁棒の腐食（孔食・隙間腐食）〔残留熱除去系熱交換器海水出口弁〕

弁体シートリング、弁座シートリング、弁棒はステンレス鋼であり、内部流体は海水であることから腐食（孔食・隙間腐食）が想定されるが、分解点検時の目視点検において有意な腐食（孔食・隙間腐食）がないことを確認しており、必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持している。

したがって、弁体シートリング、弁座シートリング、弁棒の腐食（孔食・隙間腐食）は、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- i. 弁棒の腐食（孔食・隙間腐食）〔非常用ディーゼル発電機海水系出口隔離弁〕

弁棒はステンレス鋼であり、内部流体が海水であることから腐食（孔食・隙間腐食）が想定されるが、内部流体に接する部分はフッ素樹脂ライニングにより腐食（孔食・隙間腐食）を防止しており、フッ素樹脂ライニングが健全であれば腐食（孔食・隙間腐食）が発生する可能性は小さく、分解点検時の目視点検及び膜厚検査においてフッ素樹脂ライニングが健全であることを確認しており、必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持している。

したがって、弁棒の腐食（孔食・隙間腐食）は、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- j. 弁体、弁座の摩耗〔非常用ディーゼル発電機海水系出口隔離弁〕

弁の開閉に伴いシート面で摺動するため摩耗が想定されるが、分解点検時の目視点検において有意な摩耗がないことを確認しており、必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持している。

したがって、弁体、弁座の摩耗は、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- k. 弁箱、弁ふたの貫粒型応力腐食割れ〔ほう酸水注入ポンプ出口弁〕

弁箱、弁ふたはステンレス鋼であり、大気中の海塩粒子に含まれる塩化物イオンにより、外面から貫粒型応力腐食割れの発生が想定されるが、原子炉建屋内機器の塩分測定において、代表箇所における定期的な目視点検及び付着塩分量測定を実施し、その結果により必要に応じて機器外面清掃及び浸透探傷検査を実施することとしている。

また、東海第二では工事における副資材管理でステンレス鋼への塩分付着を防止している。

したがって、弁箱、弁ふたの貫粒型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と判断する。

#### 1. 弁棒の摩耗 [共通]

弁棒はグランドパッキンと接触しているため、弁の開閉に伴うグランドパッキンとの摺動により摩耗が想定されるが、グランドパッキンの材質がテフロン又は黒鉛等に対して、弁棒は硬いステンレス鋼であるため、これらの摺動による摩耗が発生する可能性は小さい。

なお、分解点検時の目視点検において有意な摩耗は確認されておらず、今後も使用環境が変わらないことから、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、弁棒の摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### m. 弁箱（内面）、弁ふた（内面）、弁体、弁座の腐食（全面腐食） [ドライウエル内機器原子炉補機冷却水戻り弁]

弁箱、弁ふた、弁体は炭素鋼鋳鋼、弁座は炭素鋼であることから腐食が想定されるが、内部流体は冷却水（防錆剤入り純水）のため、腐食が発生する可能性は小さい。

なお、分解点検時の目視点検において有意な腐食は確認されておらず、今後も使用環境が変わらないことから、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、弁箱（内面）、弁ふた（内面）、弁体、弁座の腐食（全面腐食）は、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### n. 弁体、弁座の摩耗 [原子炉給水止め弁、ドライウエル内機器原子炉補機冷却水戻り弁、原子炉隔離時冷却系内側隔離弁、可燃性ガス濃度制御系出口弁、原子炉再循環ポンプ出口弁、ほう酸水注入系ポンプ出口弁、主蒸気隔離弁第3弁]

弁が開閉するとシート面で摺動することになるが、シート面には硬いステライトが肉盛されており、摩耗が発生する可能性は小さい。

なお、分解点検時の目視点検において有意な摩耗は確認されておらず、今後も使用環境が変わらないことから、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、弁体、弁座の摩耗は、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### o. 弁体シートリング、弁座シートリングの摩耗 [残留熱除去系熱交換器海水出口弁]

弁が開閉するとシート面で摺動することになるが、シート面には硬いステライトが肉盛されており、摩耗が発生する可能性は小さい。

なお、分解点検時の目視点検において有意な摩耗は確認されておらず、今後も使用環境が変わらないことから、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、弁体シートリング、弁座シートリングの摩耗は、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

p. 弁体リングの摩耗 [原子炉再循環ポンプ出口弁]

弁が開閉するとシート面で摺動することになるが、シート面には硬いステライトが肉盛されており、摩耗が発生する可能性は小さい。

なお、分解点検時の目視点検において有意な摩耗は確認されておらず、今後も使用環境が変わらないことから、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、弁体リングの摩耗は、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

q. 弁体（連結部）の摩耗 [原子炉再循環ポンプ出口弁]

仕切弁は、一般に弁棒で弁体を吊下げる構造になっており、弁体は、弁ふた（ボンネット）内に入り流路には出ていないため内部流体の影響は受けないが、当該仕切弁は、上流側の流量制御弁の影響により乱流が発生し、この乱流が仕切弁ボンネット内部に流入してボンネット内の弁体を振動させ、連結部（主に弁体側）の摩耗を生じた。

その対策として、弁体の連結構造を振動のしにくいディスクナット式に変更しており、摩耗が発生する可能性は小さい。

なお、構造変更以降における分解点検時の目視点検で、弁体と弁棒の連結部に有意な摩耗は確認されておらず、今後も使用環境が変わらないことから、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、弁体（連結部）の摩耗は、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

r. 弁棒の疲労割れ [共通]

弁棒は全開位置でバックシート部に高い応力がかかる状態になると、配管振動等による疲労が蓄積し、疲労割れが想定される。

電動弁については、バックシートが効く位置の手前でリミットスイッチが切れ、動作が止まるように設定されているため、バックシート部への過負荷は加わらない。

一部の電動弁では、全開位置をトルク切れによって調整しているが、バックシートが効く程度の力で動作が止まるようトルク設定されていることから、疲労割れが発生する可能性は小さい。

また、手動弁については開操作時にバックシート部への過負荷が加わらないよう、適切な操作を行うこととしていることから、疲労割れが発生する可能性は小さい。

なお、分解点検時の目視点検において疲労割れは確認されておらず、今後も使用環境が変わらないことから、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、弁棒の疲労割れは、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- s. 弁箱（内面），弁ふた（内面），弁体，弁座，弁棒の腐食（全面腐食）〔ほう酸水注入系ポンプ出口弁〕

ほう酸水注入系ポンプ出口弁の弁箱，弁ふた，弁体，弁座，弁棒はステンレス鋼であり，内部流体は五ほう酸ナトリウム水であることから腐食が想定されるが，ステンレス鋼は五ほう酸ナトリウム水に対して耐食性を有していることから，腐食が発生する可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検において有意な腐食は確認されておらず，今後も使用環境が変わらないことから，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，弁箱（内面），弁ふた（内面），弁体，弁座，弁棒の腐食（全面腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- (2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，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（日常劣化管理事象以外）

- a. 弁ふた，弁体の熱時効〔原子炉再循環ポンプ出口弁〕

弁ふた，弁体を使用しているステンレス鋳鋼はオーステナイト相中に一部フェライト相を含む2相組織であり，使用環境温度は250℃以上（最高使用温度302℃）であるため，熱時効による材料特性の変化により破壊靱性の低下が予想され，この状態でき裂が存在する場合には小さな荷重でき裂が進展し，不安定破壊を引き起こす可能性があるが，弁ふた及び弁体には，き裂の原因となる経年劣化事象は想定されていないことから，熱時効が問題となる可能性はない。

したがって，弁ふた，弁体の熱時効は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

表 2.2-1(1/9) 原子炉給水止め弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象						備考	
					減肉		割れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		炭素鋼鋳鋼		△*2*3	○				*1：ステライト肉盛 *2：流れ加速型腐食 *3：外面	
		弁ふた		炭素鋼鋳鋼		△*2*3						
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	シール	グラウンドパッキン	◎	—								
		ガスケット	◎	—								
隔離機能の維持	隔離	弁体		炭素鋼鋳鋼*1	△	△*2						
		弁座		炭素鋼*1	△	△*2						
作動機能の維持	駆動力	弁棒		ステンレス鋼	△		△					
	伝達	ヨーク		炭素鋼鋳鋼		△						

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (2/9) ドライウェル内機器原子炉補機冷却水戻り弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象						備考	
					減肉		割れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		炭素鋼鋳鋼		△ <sup>*2*3</sup>					*1：ステライト肉盛 *2：外面 *3：内面	
		弁ふた		炭素鋼鋳鋼		△ <sup>*2*3</sup>						
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	シール	グランドパッキン	◎	—								
		ガスケット	◎	—								
隔離機能の維持	隔離	弁体		炭素鋼鋳鋼 <sup>*1</sup>	△	△						
		弁座		炭素鋼 <sup>*1</sup>	△	△						
作動機能の維持	駆動力	弁棒		ステンレス鋼	△		△					
	伝達	ヨーク		炭素鋼鋳鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (3/9) 原子炉隔離時冷却系内側隔離弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象						備考	
					減肉		割れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		炭素鋼鋳鋼		△*2*3					*1：ステライト肉盛 *2：流れ加速型腐食 *3：外面	
		弁ふた		炭素鋼鋳鋼		△*2*3						
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	シール	グランドパッキン	◎	—								
		ガスケット	◎	—								
隔離機能の維持	隔離	弁体		炭素鋼鋳鋼*1	△	△*2						
		弁座		炭素鋼*1	△	△*2						
作動機能の維持	駆動力	弁棒		ステンレス鋼	△		△					
	伝達	ヨーク		炭素鋼鋳鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1(4/9) 可燃性ガス濃度制御系出口弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象						備考	
					減肉		割れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		炭素鋼鋳鋼		△ <sup>*2*3</sup>					*1：ステライト肉盛 *2：外面 *3：内面	
		弁ふた		炭素鋼鋳鋼		△ <sup>*2*3</sup>						
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	シール	グランドパッキン	◎	—								
		ガスケット	◎	—								
隔離機能の維持	隔離	弁体		炭素鋼鋳鋼 <sup>*1</sup>	△	△						
		弁座		炭素鋼 <sup>*1</sup>	△	△						
作動機能の維持	駆動力	弁棒		ステンレス鋼	△		△					
	伝達	ヨーク		炭素鋼鋳鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1(5/9) 非常用ディーゼル発電機海水系出口隔離弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象						備考	
					減肉		割れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		炭素鋼鋳鋼*1		△*2*3					*1：接液部フッ素樹脂ライニング *2：外面 *3：内面 *4：孔食・隙間腐食	
		弁ふた		炭素鋼鋳鋼*1		△*2*3						
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	シール	グランドパッキン	◎	—								
		ガスケット	◎	—								
隔離機能の維持	隔離	弁体		炭素鋼鋳鋼*1	△	△						
		弁座		炭素鋼*1	△	△						
作動機能の維持	駆動力	弁棒		ステンレス鋼*1	△	△*4	△					
	伝達	ヨーク		炭素鋼鋳鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (6/9) 残留熱除去系熱交換器海水出口弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象						備考	
					減肉		割れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		鋳鉄		△*2*3					*1：ステライト肉盛 *2：外面 *3：内面 *4：孔食・隙間腐食	
		弁ふた		鋳鉄		△*2*3						
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼 炭素鋼		△						
	シール	グランドパッキン	◎	—								
		ガスケット	◎	—								
隔離機能の維持	隔離	弁体		鋳鉄		△						
		弁体シートリング		ステンレス鋼*1	△	△*4						
		弁座シートリング		ステンレス鋼*1	△	△*4						
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		ステンレス鋼	△	△*4	△					
		ヨーク		鋳鉄		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (7/9) 原子炉再循環ポンプ出口弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象						備考	
					減肉		割れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		ステンレス鋳鋼			○		○		*1:ステライト肉盛	
		弁ふた		ステンレス鋳鋼*1					▲			
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	シール	グラウンドパッキン	◎	—								
		ガスケット	◎	—								
隔離機能の維持	隔離	弁体		ステンレス鋳鋼*1	△				▲			
		弁体(連結部)		ステンレス鋼*1	△							
		弁体リング		ステンレス鋼*1	△							
		弁座		ステンレス鋼*1	△							
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		ステンレス鋼	△		△					
		ヨーク		炭素鋼鋳鋼		△						

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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

表 2.2-1(8/9) ほう酸水注入系ポンプ出口弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象						備考	
					減肉		割れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		ステンレス鋼		△*2		△*3			*1:ステライト肉盛 *2:内面 *3:貫粒型応力腐食割れ	
		弁ふた		ステンレス鋼*1		△*2		△*3				
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼 炭素鋼		△						
	シール	グランドパッキン	◎	—								
		ガスケット	◎	—								
隔離機能の維持	隔離	弁体		ステンレス鋼*1	△	△						
		弁座		ステンレス鋼*1	△	△						
作動機能の維持	駆動力	弁棒		ステンレス鋼	△	△	△					
	伝達	ヨーク		炭素鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1(9/9) 主蒸気隔離弁第3弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象						備考	
					減肉		割れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		低合金鋼		△*2*3					*1:ステライト肉盛 *2:流れ加速型腐食 *3:外面	
		弁ふた		低合金鋼		△*2*3						
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	シール	グランドパッキン	◎	—								
		ガスケット	◎	—								
隔離機能の維持	隔離	弁体		炭素鋼鋳鋼*1	△	△*2						
		弁座		炭素鋼*1	△	△*2						
作動機能の維持	駆動力	弁棒		ステンレス鋼	△		△					
	伝達	ヨーク		炭素鋼鋳鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

## 2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

### (1) 弁箱の疲労割れ [原子炉給水止め弁, 原子炉再循環ポンプ出口弁]

#### a. 事象の説明

原子炉給水止め弁, 原子炉再循環ポンプ出口弁の弁箱は, プラントの起動・停止時等に熱過渡を受けることになるため, 疲労が蓄積される可能性がある。

#### b. 技術評価

##### ① 健全性評価

原子炉給水止め弁, 原子炉再循環ポンプ出口弁について, 日本機械学会「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2005 (2007年追補版を含む)」(以下, 「設計・建設規格」という)に基づいて評価した。評価対象部位を図2.3-1に示す。

疲労評価は, 運転期間延長認可申請に伴う評価として, 2016年11月時点までの運転実績に基づき推定した2016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。

\*: 評価条件として, 2011年3月から2020年8月末まで冷温停止状態, 2020年9月以降の過渡回数発生頻度は実績の1.5倍を想定した。

また, 使用環境を考慮した疲労については, 日本機械学会「発電用原子力設備規格 環境疲労評価手法 JSME S NF1-2009」に基づいて評価した。評価用過渡条件を表2.3-1に, 評価結果を表2.3-2に示す。

その結果, 運転開始後60年時点の疲労累積係数は許容値を下回り, 疲労割れ発生の可能性は小さいと判断する。

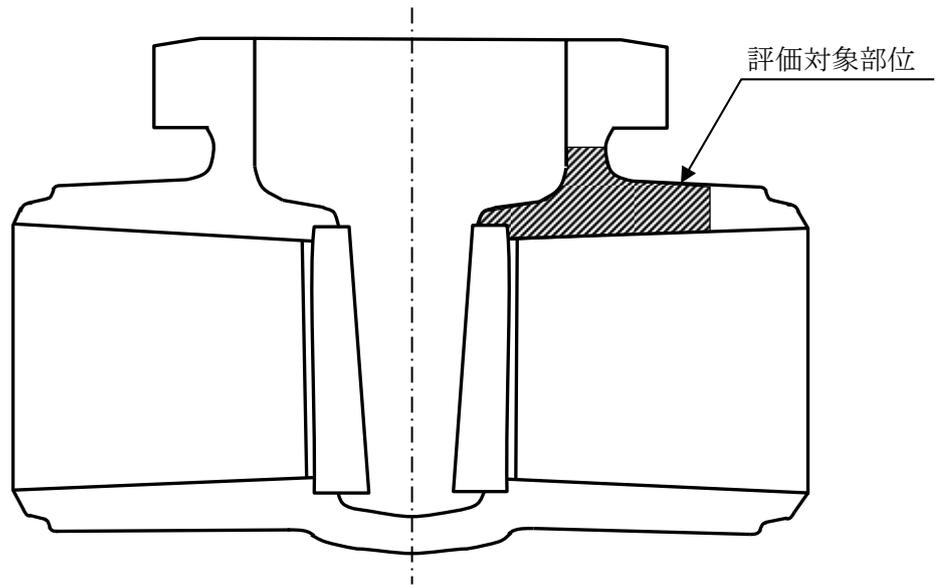


図 2.3-1 仕切弁疲労評価対象部位

表 2.3-1(1/2) 原子炉給水止め弁の疲労評価用過渡条件

運転条件	運転実績に基づく過渡回数 (2016年11月時点)	60年目推定
耐圧試験	72	132
起動（昇温）	65	110
起動（タービン起動）	65	110
夜間低出力運転（出力75%）	67	120
週末低出力運転（出力50%）	115	165
制御棒パターン変更	96	176
給水加熱機能喪失（発電機トリップ）	0	1
給水加熱機能喪失（給水加熱器部分バイパス）	0	1
スクラム（タービントリップ）	16	22
スクラム（原子炉給水ポンプ停止）	3	6
スクラム（その他スクラム）	20	24
停止	65	111
ボルト取外し	26	49

表 2.3-2(1/2) 原子炉給水止め弁の疲労評価結果

評価部位	運転実績回数に基づく疲労累積係数（許容値：1以下）		
	設計・建設規格の疲労線図 による評価		発電用原子力設備規格 環境疲労評価手法による評価 (環境を考慮)
	現時点 (2016年11月時点)	運転開始後 60年時点	運転開始後 60年時点
弁箱	0.0374	0.0587	0.5373

表 2.3-1(2/2) 原子炉再循環ポンプ出口弁の疲労評価用過渡条件\*1

運転条件	運転実績に基づく過渡回数 (2016年11月時点)	60年目推定
耐圧試験	0	60
起動（昇温）	1	46
起動（タービン起動）	1	46
給水加熱機能喪失（発電機トリップ）	0	1
給水加熱機能喪失（給水加熱器部分バイパス）	0	1
スクラム（タービントリップ）	1	7
スクラム（原子炉給水ポンプ停止）	1	4
スクラム（その他スクラム）	0	4
停止	2	48
ボルト取外し	1	24

\*1：当該弁は第24回定期検査時に弁一式交換を実施しており、交換以降の実績熱サイクル数を考慮した60年目の推定にて評価した。

表 2.3-2(2/2) 原子炉再循環ポンプ出口弁の疲労評価結果

評価 部位	運転実績回数に基づく疲労累積係数（許容値：1以下）		
	設計・建設規格の疲労線図 による評価		発電用原子力設備規格 環境疲労評価手法による評価 (環境を考慮)
	現時点 (2016年11月時点)	運転開始後 60年時点	運転開始後 60年時点
弁箱	0.0003	0.0015	0.0338

② 現状保全

弁箱内表面については、これまでの目視点検結果から異常は確認されていない。  
さらに、実過渡回数に基づく評価を実施し問題ないことを確認しており、今後  
も高経年化技術評価に合わせて実施することとしている。

③ 総合評価

健全性評価結果より弁箱の疲労割れが発生する可能性は小さいと考えられる。  
また、弁箱の疲労割れについては、分解点検の目視検査により検知可能であるこ  
とから、現状の保全は点検手法として適切であると判断する。  
ただし、疲労評価は実過渡回数に依存するため、今後も実過渡回数を把握し評価  
する必要がある。

c. 高経年化への対応

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

## (2) 弁箱の熱時効 [原子炉再循環ポンプ出口弁]

### a. 事象の説明

弁箱に使用しているステンレス鋳鋼は、オーステナイト相中に一部フェライト相を含む2相組織であるため、250℃以上の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、材料特性変化を起こす可能性がある。

### b. 技術評価

#### ① 健全性評価

プラントの長期間運転中に熱時効を受けたステンレス鋳鋼は、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、保守的に初期欠陥を想定し、破壊力学的手法を用いて、ステンレス鋳鋼の熱時効後のき裂の安定性評価を実施した。

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、発生応力（荷重）が大きいほど健全性評価への影響は大きくなる。ここで、表 2.3-3 に示すとおり、原子炉再循環ポンプ出口弁の弁箱よりもフェライト量\*1が多く、発生応力が大きく、初期欠陥を想定したステンレス鋳鋼の部位（ポンプケーシング及び弁箱）の中でフェライト量が最も多い原子炉再循環ポンプ入口弁の弁箱の健全性評価を以下のとおり実施している。

具体的には、評価対象部位の熱時効後の材料のき裂進展抵抗\*2 ( $J_{mat}$ ) と構造系に作用する応力（供用状態 A,B+地震動による荷重\*3）から算出されるき裂進展力\*4 ( $J_{app}$ ) を求めてその比較を行った。

その結果、図 2.3-2 に示すように運転開始後 60 年時点までの疲労き裂進展長さを考慮した評価用き裂\*5 を想定しても、 $J_{mat}$  が  $J_{app}$  と交差し、 $J_{mat}$  が  $J_{app}$  を上回ること、および  $J_{mat}$  と  $J_{app}$  の交点において  $J_{mat}$  の傾きが  $J_{app}$  の傾きを上回ることから、評価対象機器は不安定破壊することはないと判断する。

したがって、より条件の厳しい原子炉再循環ポンプ入口弁の弁箱で不安定破壊を起こさないことが確認されていることから、原子炉再循環ポンプ出口弁の弁箱についても熱時効による不安定破壊は起こらないと判断する。

\*1：フェライト量は、製造時記録の材料成分を用いて、「Standard Practice for Steel Casting, Austenitic Alloy, Estimating Ferrite Content Thereof (ASTM 800/A800M-14)」に示される線図より決定した。

- \*2：き裂進展抵抗は、「S.Kawaguchi et al.,” PREDICTION METHOD OF TENSILE PROPERTIES AND FRACTURE TOUGHNESS OF THERMALLY AGED CAST DUPLEX STAINLESS STEEL PIPING”, ASME PVP 2005-71528」にて公開されている脆化予測モデル (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、運転開始後 60 年時点の熱時効時間(設備利用率 80 %以上を想定)におけるき裂進展抵抗を予測した。また、予測の下限值を採用した。
- \*3：考慮する応力は、設計基準事故時及び重大事故等時において発生する応力を包含するものとする。原子炉再循環ポンプ入口弁は、重大事故等時に機能要求がないため、設計基準事故時に発生する応力を考慮している。具体的には、破壊に寄与する荷重である一次応力(内圧, 自重, 地震(Ss))に、安全側に二次応力の熱膨張荷重を加えたものである。
- \*4：初期き裂の想定、き裂進展、貫通き裂の想定は「原子力発電所配管破損防護設計技術指針 (JEAG4613-1998)」の評価手法を参考にした。き裂進展力は、EPRI NP-6301-D(1989)の J 積分の解析解に基づき算出した。
- \*5：「ポンプの技術評価書」の 3. 原子炉再循環ポンプの表 2.3-1 に示す過渡条件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、当該き裂は弁箱を貫通しない評価結果となったが、その後のき裂の安定性評価においては、保守的に貫通き裂を想定した。

表 2.3-3 熱時効の評価条件の比較

評価部位	フェライト量	発生応力
原子炉再循環ポンプ 出口弁の弁箱	約 22.6 %	128.4 MPa
原子炉再循環ポンプ 入口弁の弁箱	約 24.3 %	146.7 MPa

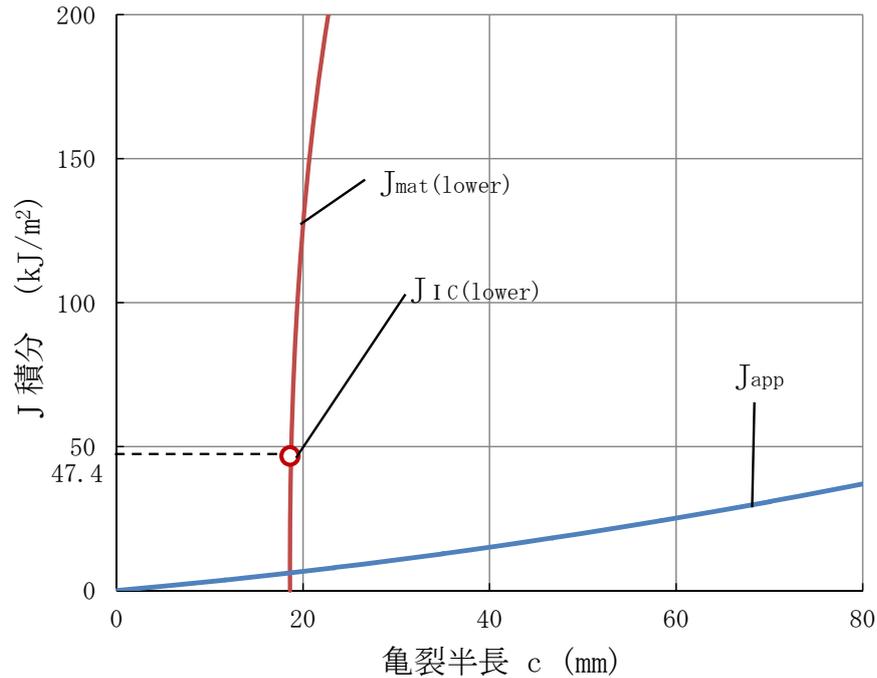


図 2.3-2 原子炉再循環ポンプ入口弁の弁箱のき裂安定性評価結果

② 現状保全

弁箱については、製造時に、放射線透過検査及び浸透探傷検査を実施しており、き裂のないことを確認している。

現状保全としては、分解点検時の弁の内表面の目視点検により、異常のないことを確認している。

また、供用期間中検査として定期的に弁箱と配管の溶接部の超音波探傷検査を実施し、判定基準を満足していることを確認している。

③ 総合評価

運転開始後 60 年時点を想定した原子炉再循環ポンプ入口弁の弁箱の健全性評価結果から判断して、原子炉再循環ポンプ出口弁の弁箱においても不安定破壊することはない、延長しようとする期間において熱時効が構造健全性で問題となる可能性はない。

また、現状保全において、目視点検又は超音波探傷検査を実施し、異常の無いことを確認している。

c. 高経年化への対応

弁箱の熱時効については、現状保全の内容に追加すべき項目はなく、今後も現状保全を継続していく。

### 3. 代表機器以外への展開

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

#### [対象系統]

- |                |                        |
|----------------|------------------------|
| ① 制御棒駆動系       | ⑳ 給水系                  |
| ② ほう酸水注入系      | ㉑ 給水加熱器ドレン系            |
| ③ 残留熱除去系       | ㉒ 非常用ディーゼル発電機海水系       |
| ④ 残留熱除去海水系     | ㉓ 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機海水系 |
| ⑤ 高圧炉心スプレイ系    | ㉔ 補助系                  |
| ⑥ 低圧炉心スプレイ系    | ㉕ 所内蒸気系                |
| ⑦ 原子炉隔離時冷却系    | ㉖ 気体廃棄物処理系             |
| ⑧ 原子炉系         | ㉗ 重大事故等対処設備            |
| ⑨ 原子炉再循環系      |                        |
| ⑩ 主蒸気隔離弁漏えい抑制系 |                        |
| ⑪ 原子炉冷却材浄化系    |                        |
| ⑫ 原子炉補機冷却系     |                        |
| ⑬ 可燃性ガス濃度制御系   |                        |
| ⑭ ドライウェル冷却系    |                        |
| ⑮ タービン主蒸気系     |                        |
| ⑯ 抽気系          |                        |
| ⑰ タービン補助蒸気系    |                        |
| ⑱ タービングランド蒸気系  |                        |
| ⑲ 復水系          |                        |

### 3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

- a. 弁箱の疲労割れ [残留熱除去系, 原子炉冷却材浄化系, 高圧炉心スプレイ系, 低圧炉心スプレイ系, 原子炉隔離時冷却系, 原子炉系, 原子炉再循環系仕切弁]

代表機器と同様, プラントの起動・停止時等に熱過渡を受けることになるため, 繰返しによる熱疲労が蓄積される可能性があるが, 最も条件の厳しい代表機器の評価結果で, 許容値に対し十分余裕があることから, 非代表機器の弁箱に疲労割れが発生する可能性は小さい。

また, 分解点検時に目視点検を実施し, 疲労割れがないことを確認しており, 今後も分解点検時の目視点検により, 弁箱内に疲労割れがないことを確認していく。

したがって, 代表機器と同様に高経年化対策の観点から現状の保全内容に対し追加すべき項目はないと判断する。

- b. 弁箱の熱時効 [純水系ステンレス鋼仕切弁: 残留熱除去系, 原子炉冷却材浄化系, 原子炉隔離時冷却系, 原子炉再循環系仕切弁]

代表機器と同様, 弁箱に使用しているステンレス鋳鋼は, オーステナイト相中に一部フェライト相を含む2相組織であり, 使用環境温度は250℃以上(最高使用温度302℃)であるため, 熱時効による材料の靱性低下等の機械的特性が変化することが想定される。

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, 発生応力(荷重)が大きいほど健全性評価への影響は大きくなる。

代表機器以外の機器の熱時効に関する評価のうち, フェライト量が最も多い原子炉再循環系仕切弁である原子炉再循環系ポンプ入口弁の弁箱に関しては, 2. 代表機器の技術評価のうち2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価の(2) 弁箱の熱時効にて健全性評価を実施し, 問題ないことを確認している。

原子炉再循環ポンプ入口弁以外の弁箱については, 原子炉再循環ポンプ入口弁の弁箱と比較するとフェライト量が少なく, 発生応力が小さいため, より条件の厳しい部位で不安定破壊を起こさないことが確認されていることから, 熱時効による不安定破壊は起こらないと判断する。

また, 分解点検時における目視点検により異常のないことを確認しており, 今後も分解点検時の目視点検を実施していく。

したがって, 代表機器と同様に高経年化対策の観点から現状の保全内容に対し追加すべき項目はないと判断する。

### 3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

a. 弁箱，弁ふたの外面の腐食（全面腐食）〔弁箱，弁ふたの材料が炭素鋼鋳鋼，炭素鋼，低合金鋼又は鋳鉄の仕切弁共通〕

代表機器と同様，弁箱，弁ふたは炭素鋼鋳鋼，炭素鋼，低合金鋼又は鋳鉄であり腐食が想定されるが，大気接触部は塗装が施されていることから，塗膜が健全であれば腐食が発生する可能性は小さく，分解点検時の目視点検時において塗装の状態を確認し，必要に応じて補修塗装することにより機能を維持している。

重大事故等対処設備については，新たに設置される機器であることから，上記同様，今後の分解点検時の目視点検時において塗装の状態を確認し，必要に応じて補修塗装することにより機能を維持することとしている。

したがって，弁箱，弁ふたの外面の腐食（全面腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）〔共通〕

代表機器と同様，ジョイントボルト・ナットは低合金鋼又は炭素鋼であり腐食が想定されるが，分解点検時に手入れ・清掃を行うことにより機能を維持している。

重大事故等対処設備については，新たに設置される機器であることから，上記同様，今後の分解点検時に手入れ・清掃を行うことにより機能を維持することとしている。

したがって，ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. ヨークの腐食（全面腐食）〔共通〕

代表機器と同様，ヨークは炭素鋼鋳鋼，鋳鉄又は炭素鋼であり腐食が想定されるが，大気接触部は塗装が施されていることから，塗膜が健全であれば腐食が発生する可能性は小さく，分解点検時の目視点検時において塗装の状態を確認し，必要に応じて補修塗装することにより機能を維持している。

重大事故等対処設備については，新たに設置される機器であることから，上記同様，今後の分解点検時の目視点検時において塗装の状態を確認し，必要に応じて補修塗装することにより機能を維持することとしている。

したがって，ヨークの腐食（全面腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- d. 弁箱（内面）、弁ふた（内面）、弁体、弁座の腐食（流れ加速型腐食）〔純水系又は蒸気系炭素鋼仕切弁共通〕

代表機器と同様、弁箱、弁ふたは炭素鋼鋳鋼又は低合金鋼、弁体は炭素鋼鋳鋼、弁座は炭素鋼であり、内部流体が純水又は蒸気であるため腐食（流れ加速型腐食）が想定されるが、分解点検時の目視点検において有意な腐食（流れ加速型腐食）がないことを確認しており、必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持している。

したがって、弁箱（内面）、弁ふた（内面）、弁体、弁座の腐食（流れ加速型腐食）は、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- e. 弁箱（内面）、弁ふた（内面）、弁体、弁座の腐食（全面腐食）〔ガス系炭素鋼仕切弁共通〕

代表機器と同様、弁箱、弁ふた、弁体は炭素鋼鋳鋼、弁座は炭素鋼であり腐食が想定されるが、内部が窒素雰囲気であることから、腐食が発生する可能性は小さく、分解点検時の目視点検において有意な腐食がないことを確認しており、必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持している。

重大事故等対処設備については、新たに設置される機器であることから、上記同様、今後の分解点検時に目視点検を行い、必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持することとしている。

したがって、弁箱（内面）、弁ふた（内面）、弁体、弁座の腐食（全面腐食）は、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- f. 弁箱（内面）、弁ふた（内面）、弁体の腐食（全面腐食）〔海水系鋳鉄仕切弁〕

代表機器と同様、弁箱、弁ふた、弁体は鋳鉄であり、内部流体は海水であることから、腐食が想定されるが、分解点検時の目視点検において有意な腐食がないことを確認しており、必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持している。

したがって、弁箱（内面）、弁ふた（内面）、弁体の腐食（全面腐食）は、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- g. 弁箱（内面），弁ふた（内面），弁体，弁座の腐食（全面腐食）〔海水系炭素鋼フッ素樹脂ライニング仕切弁共通〕

代表機器と同様，弁箱，弁ふた，弁体は炭素鋼鋳鋼，弁座は炭素鋼であり，内部流体が海水であることから腐食が想定されるが，内部流体に接する部分はフッ素樹脂ライニング施工しているため，腐食が発生する可能性は小さく，分解点検時の目視点検及び膜厚検査においてフッ素樹脂ライニングが健全であることを確認しており，必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持している。

重大事故等対処設備については，新たに設置される機器であることから，上記同様，今後の分解点検時に目視点検及び膜厚検査を行い，必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持することとしている。

したがって，弁箱（内面），弁ふた（内面），弁体，弁座の腐食（全面腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- h. 弁体シートリング，弁座シートリング，弁棒の腐食（孔食・隙間腐食）〔残留熱除去海水系〕

代表機器と同様，弁体シートリング，弁座シートリング，弁棒はステンレス鋼であり，内部流体は海水であることから腐食（孔食・隙間腐食）が想定されるが，分解点検時の目視点検において有意な腐食（孔食・隙間腐食）がないことを確認しており，必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持している。

したがって，弁体シートリング，弁座シートリング，弁棒の腐食（孔食・隙間腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- i. 弁棒の腐食（孔食・隙間腐食）〔海水系ステンレス鋼フッ素樹脂ライニング仕切弁共通〕

代表機器と同様，弁棒はステンレス鋼であり，内部流体が海水であることから腐食（孔食・隙間腐食）が想定されるが，内部流体に接する部分はフッ素樹脂ライニングにより腐食（孔食・隙間腐食）を防止しており，フッ素樹脂ライニングが健全であれば腐食（孔食・隙間腐食）が発生する可能性は小さく，分解点検時の目視点検及び膜厚検査においてフッ素樹脂ライニングが健全であることを確認しており，必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持している。

重大事故等対処設備については，新たに設置される機器であることから，上記同様，今後の分解点検時に目視点検及び膜厚検査を行い，必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持することとしている。

したがって，弁棒の腐食（孔食・隙間腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

j. 弁体、弁座の摩耗 [海水系仕切弁共通]

代表機器と同様、弁の開閉に伴いシート面で摺動するため摩耗が想定されるが、分解点検時の目視点検において有意な摩耗がないことを確認しており、必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持している。

重大事故等対処設備については、新たに設置される機器であることから、上記同様、今後の分解点検時に目視点検を行い、必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持することとしている。

したがって、弁体、弁座の摩耗は、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

k. 弁箱、弁ふたの貫粒型応力腐食割れ [保温の取付けられていないステンレス鋼仕切弁共通]

代表機器と同様、弁箱、弁ふたはステンレス鋼であり、大気中の海塩粒子に含まれる塩化物イオンにより、外面から貫粒型応力腐食割れの発生が想定されるが、原子炉建屋内機器の塩分測定において、代表箇所における定期的な目視点検及び付着塩分量測定を実施し、その結果により必要に応じ機器外面清掃及び浸透探傷検査を実施することとしている。

また、東海第二では工事における副資材管理でステンレス鋼への塩分付着を防止している。

重大事故等対処設備については、新たに設置される機器であることから、上記同様、代表箇所における定期的な目視点検及び付着塩分量測定を実施することにより機能を維持することとしている。

したがって、弁箱、弁ふたの貫粒型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と判断する。

1. 弁棒の摩耗 [共通]

代表機器と同様、弁棒はグランドパッキンと接触しているため、弁の開閉に伴うグランドパッキンとの摺動により摩耗が想定されるが、グランドパッキンの材質がテフロン又は黒鉛等に対して、弁棒は硬いステンレス鋼であるため、これらの摺動による摩耗が発生する可能性は小さい。

なお、分解点検時の目視点検において有意な摩耗は確認されておらず、今後も使用環境が変わらないことから、これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

重大事故等対処設備については、新たに設置される機器であることから、上記同様、今後の分解点検時に目視点検を行い、必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持することとしている。

したがって、弁棒の摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- m. 弁箱（内面），弁ふた（内面），弁体，弁座の腐食（全面腐食）〔ドライウェル内冷却系弁〕

代表機器と同様，弁箱，弁ふた，弁体は炭素鋼，弁座は炭素鋼であることから腐食が想定されるが，内部流体は冷却水（防錆剤入り純水）のため，腐食が発生する可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検において有意な腐食は確認されておらず，今後も使用環境が変わらないことから，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，弁箱（内面），弁ふた（内面），弁体，弁座の腐食（全面腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- n. 弁体，弁座の摩耗〔海水系を除く仕切弁共通〕

代表機器と同様，弁が開閉するとシート面で摺動することになるが，シート面には硬いステライトが肉盛されており，摩耗が発生する可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検において有意な摩耗は確認されておらず，今後も使用環境が変わらないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

重大事故等対処設備については，新たに設置される機器であることから，上記同様，今後の分解点検時に目視点検を行い，必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持することとしている。

したがって，弁体，弁座の摩耗は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- o. 弁体シートリング，弁座シートリングの摩耗〔残留熱除去海水系弁〕

代表機器と同様，弁が開閉するとシート面で摺動することになるが，シート面には硬いステライトが肉盛されており，摩耗が発生する可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検において有意な摩耗は確認されておらず，今後も使用環境が変わらないことから，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，弁体シートリング，弁座シートリングの摩耗は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- p. 弁体リングの摩耗〔原子炉再循環系〕

代表機器と同様，弁が開閉するとシート面で摺動することになるが，シート面には硬いステライトが肉盛されており，摩耗が発生する可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検において有意な摩耗は確認されておらず，今後も使用環境が変わらないことから，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，弁体リングの摩耗は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

q. 弁体（連結部）の摩耗 [ダブルディスク構造の仕切弁共通]

代表機器と同様、乱流がボンネット内部に流入してボンネット内の弁体を振動させ、連結部（主に弁体側）の摩耗を生じる恐れがあるが、連結構造を振動のしにくいディスクナット式に変更しており、摩耗が発生する可能性は小さい。

なお、分解点検時の目視点検で、弁体と弁棒の連結部に有意な摩耗は確認されておらず、今後も使用環境が変わらないことから、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、弁体（連結部）の摩耗は、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

r. 弁棒の疲労割れ [共通]

代表機器と同様、弁棒は全開位置でバックシート部に高い応力がかかる状態になると、配管振動等による疲労が蓄積し、疲労割れが想定される。

電動弁については、バックシートが効く位置の手前でリミットスイッチが切れ、動作が止まるように設定されているため、バックシート部への過負荷は加わらない。

一部の電動弁では、全開位置をトルク切れによって調整しているが、バックシートが効く程度の力で動作が止まるようトルク設定されていることから、疲労割れが発生する可能性は小さい。

また、手動弁については開操作時にバックシート部への過負荷が加わらないよう、適切な操作を行うこととしていることから、疲労割れが発生する可能性は小さい。

なお、分解点検時の目視点検において疲労割れは確認されておらず、今後も使用環境が変わらないことから、これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

重大事故等対処設備については、新たに設置される機器であることから、上記同様、今後の分解点検時に目視点検を行い、必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持することとしている。

したがって、弁棒の疲労割れは、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- s. 弁箱（内面），弁ふた（内面），弁体，弁座，弁棒の腐食（全面腐食）〔ほう酸水注入系仕切弁〕

代表機器と同様，弁箱，弁ふた，弁体，弁座，弁棒はステンレス鋼であり，内部流体は五ほう酸ナトリウム水であることから腐食が想定されるが，ステンレス鋼は五ほう酸ナトリウム水に対して耐食性を有していることから，腐食が発生する可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検において有意な腐食は確認されておらず，今後も使用環境が変わらないことから，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，弁箱（内面），弁ふた（内面），弁体，弁座，弁棒の腐食（全面腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- (2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，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（日常劣化管理事象以外）

- a. 弁ふた，弁体の熱時効〔原子炉隔離時冷却系，原子炉再循環系，残留熱除去系，原子炉冷却材浄化系仕切弁〕

代表機器と同様，弁ふた，弁体に使用しているステンレス鋼はオーステナイト相中に一部フェライト相を含む2相組織であり，使用環境温度は250℃以上（最高使用温度302℃）であるため，熱時効による材料特性の変化により破壊靱性の低下が予想され，この状態でき裂が存在する場合には小さな荷重でき裂が進展し，不安定破壊を引き起こす可能性があるが，弁ふた及び弁体には，き裂の原因となる経年劣化事象は想定されていないことから，熱時効が問題となる可能性はない。

したがって，弁ふた，弁体の熱時効は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

## 2. 玉形弁

### [対象系統]

- ① 制御棒駆動系
- ② ほう酸水注入系
- ③ 残留熱除去系
- ④ 残留熱除去海水系
- ⑤ 高圧炉心スプレイ系
- ⑥ 低圧炉心スプレイ系
- ⑦ 原子炉隔離時冷却系
- ⑧ 原子炉系
- ⑨ 原子炉再循環系
- ⑩ 原子炉冷却材浄化系
- ⑪ 燃料プール冷却浄化系
- ⑫ 格納容器雰囲気監視系
- ⑬ 可燃性ガス濃度制御系
- ⑭ 不活性ガス系
- ⑮ タービン補助蒸気系
- ⑯ 給水系
- ⑰ 非常用ディーゼル発電機海水系
- ⑱ 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機海水系
- ⑲ 制御用圧縮空気系
- ⑳ 試料採取系
- ㉑ 事故時サンプリング設備
- ㉒ 重大事故等対処設備

## 目次

1. 対象機器及び代表機器の選定.....	2-1
1.1 グループ化の考え方及び結果.....	2-1
1.2 代表機器の選定.....	2-1
2. 代表機器の技術評価.....	2-5
2.1 構造, 材料及び使用条件.....	2-5
2.1.1 残留熱除去系熱交換器バイパス弁.....	2-5
2.1.2 原子炉隔離時冷却系蒸気供給弁.....	2-8
2.1.3 格納容器 N2 ガス供給弁.....	2-11
2.1.4 非常用ディーゼル発電機エンジンエアクーラ海水入口弁.....	2-14
2.1.5 原子炉冷却浄化吸込弁.....	2-17
2.1.6 サプレッション・チェンバ隔離電磁弁 2-26V-95 前弁 (AC 系) .....	2-20
2.1.7 残留熱除去系熱交換器海水出口流量調整弁.....	2-23
2.1.8 ほう酸水注入系貯蔵タンク出口弁.....	2-26
2.1.9 低圧炉心スプレイ系ポンプ室空調海水出口弁.....	2-29
2.2 経年劣化事象の抽出.....	2-32
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目.....	2-32
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出.....	2-32
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象.....	2-33
3. 代表機器以外への展開.....	2-50
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象.....	2-51
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象.....	2-51

## 1. 対象機器及び代表機器の選定

東海第二で使用している主要な玉形弁の主な仕様を表 1-1 に示す。

これらの玉形弁を弁箱材料及び内部流体の観点からグループ化し、それぞれのグループより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

弁箱材料及び内部流体を分類基準とし、玉形弁を表 1-1 に示すとおりグループ化する。

弁箱材料は炭素鋼、ステンレス鋼、青銅鋳物に分類され、内部流体は純水、蒸気、ガス、海水、五ほう酸ナトリウム水に分類される。

### 1.2 代表機器の選定

表 1-1 に分類されるグループ毎に、重要度、運転状態、最高使用温度、最高使用圧力及び口径の観点から代表機器を選定する。

#### (1) 純水系炭素鋼玉形弁（内部流体：純水、弁箱材料：炭素鋼）

このグループには、制御棒駆動系、残留熱除去系、高圧炉心スプレイ系、低圧炉心スプレイ系、原子炉隔離時冷却系、原子炉冷却材浄化系、燃料プール冷却浄化系、給水系及び重大事故等対処設備が属するが、重要度が高い機器は運転状態が同等であるため、最高使用温度及び最高使用圧力が高く、口径の大きい残留熱除去系熱交換器バイパス弁を代表機器とする。

#### (2) 蒸気系炭素鋼玉形弁（内部流体：蒸気、弁箱材料：炭素鋼）

このグループには、原子炉隔離時冷却系、原子炉系及びタービン補助蒸気系が属するが、重要度が高い機器は運転状態、最高使用温度、最高使用圧力が同等であるため、口径の大きい原子炉隔離時冷却系蒸気供給弁を代表機器とする。

#### (3) ガス系炭素鋼玉形弁（内部流体：ガス、弁箱材料：炭素鋼）

このグループには、可燃性ガス濃度制御系、不活性ガス系、制御用圧縮空気系、試料採取系及び重大事故等対処設備が属するが、重要度及び運転状態が同等であるため、最高使用温度及び最高使用圧力が高く口径の大きい格納容器 N2 ガス供給弁を代表機器とする。

#### (4) 海水系炭素鋼玉形弁（内部流体：海水、弁箱材料：炭素鋼）

このグループには、非常用ディーゼル発電機海水系、高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機海水系及び重大事故等対処設備が属するが、重要度、運転状態、最高使用温度、最高使用圧力、口径が同等であることから、系統流量の大きい非常用ディーゼル発電機エンジンエアクーラ海水入口弁を代表機器とする。

(5) 純水系ステンレス鋼玉形弁（内部流体：純水，弁箱材料：ステンレス鋼）

このグループには，制御棒駆動系，ほう酸水注入系，残留熱除去系，原子炉隔離時冷却系，原子炉再循環系，原子炉冷却材浄化系，燃料プール冷却浄化系，格納容器雰囲気監視系，不活性ガス系，事故時サンプリング設備及び重大事故等対処設備が属するが，重要度が高く，運転状態が厳しく，最高使用温度及び最高使用圧力が高く，口径の大きい原子炉冷却浄化吸込弁を代表機器とする。

(6) ガス系ステンレス鋼玉形弁（内部流体：ガス，弁箱材料：ステンレス鋼）

このグループには，不活性ガス系，制御用圧縮空気系及び重大事故等対処設備が属するが，重要度が高い機器は運転状態，最高使用温度，最高使用圧力が同等であるため，口径の大きいサブプレッション・チェンバ隔離電磁弁 2-26V-95 前弁（AC 系）を代表機器とする。

(7) 海水系ステンレス鋼玉形弁（内部流体：海水，弁箱材料：ステンレス鋼）

このグループは，残留熱除去海水系のみであり，重要度，運転状態が同等であるため，最高使用温度が高く，最高使用圧力が同等であり，口径の大きい残留熱除去系熱交換器海水出口流量調整弁を代表機器とする。

(8) 五ほう酸ナトリウム水系ステンレス鋼玉形弁（内部流体：五ほう酸ナトリウム水，弁箱材料：ステンレス鋼）

このグループは，ほう酸水注入系のみであり，重要度が高いほう酸水注入系貯蔵タンク出口弁を代表機器とする。

(9) 海水系青銅鋳物玉形弁（内部流体：海水，弁箱材料：青銅鋳物）

このグループには，残留熱除去海水系及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機海水系が属するが，重要度が高く，運転状態は同等であるため，最高使用温度及び最高使用圧力が高く，口径の大きい低圧炉心スプレイ系ポンプ室空調海水出口弁を代表機器とする。

表 1-1 (1/2) 玉形弁のグループ化及び代表機器の選定

分類基準		当該系統	選定基準					選定	代表機器/ 選定理由
弁箱 材料	内部 流体		口径(A)	重要度*1	使用条件				
					運転 状態	最高使用 圧力(MPa)	最高使用 温度(°C)		
炭素鋼	純水	制御棒駆動系	25~50	高*2	連続	12.06	66		残留熱除去系熱交換器バイパス弁/ 重要度, 運転状態, 最高使用温度, 最高使用圧力, 口径
		残留熱除去系	25~450	MS-1, 重*3	一時	3.45	100~174	◎	
		高压炉心スプレイ系	20~300	MS-1	一時	0.70~10.69	100		
		低压炉心スプレイ系	20~300	MS-1	一時	0.70~4.14	100		
		原子炉隔離時冷却系	20~100	MS-1	一時	8.62~10.35	77~302		
		原子炉冷却材浄化系	50~150	PS-2	連続	9.80	66~302		
		燃料プール冷却浄化系	250	MS-2	連続	3.45	174		
		給水系	40~50	高*2	連続	6.13~6.77	205		
	重大事故等対処設備*5	50~200	重*3	一時	0.62~3.45	66~200			
	蒸気	原子炉隔離時冷却系	25~100	MS-1, 重*3	一時	1.04~8.62	135~302	◎	原子炉隔離時冷却系蒸気供給弁/ 重要度, 運転状態, 最高使用温度, 最高使用圧力, 口径
		原子炉系	40~50	MS-1	一時	8.62	302		
		タービン補助蒸気系	80	高*2	連続	8.62	302		
	ガス	可燃性ガス濃度制御系	20	MS-1	一時	0.31	171		格納容器 N2 ガス供給弁/ 重要度, 運転状態, 最高使用温度, 最高使用 圧力, 口径
		不活性ガス系*5	50~80	MS-1	一時	0.31	171	◎	
		制御用圧縮空気系	50	MS-1, 重*3	一時	1.38	66		
		試料採取系	50	MS-1	一時	0.31	171		
		重大事故等対処設備*5	50	重*3	一時	0.62	200		
	海水	非常用ディーゼル発電機海水系	150	MS-1, 重*3	一時	0.70	38	◎	非常用ディーゼル発電機エンジン エアクーラ海水入口弁/ 重要度, 運転状態, 最高使用温度, 最高使用圧 力, 口径, 容量*4
		高压炉心スプレイ系ディーゼル 発電機海水系	100~150	MS-1, 重*3	一時	0.70	38		
		重大事故等対処設備*5	150~300	重*3	一時	2.45	38		

\*1: 当該機器に要求される重要度クラスのうち, 最上位の重要度クラスを示す

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

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

\*4: 選定基準が全て同一であることから, ポンプ容量の大きい系統を選定

非常用ディーゼル発電機海水ポンプ: 272.6 m<sup>3</sup>/h, 高压炉心スプレイディーゼル冷却系海水系ポンプ: 232.8 m<sup>3</sup>/h

\*5: 新規に設置される機器及び構造物を示す

表 1-1 (2/2) 玉形弁のグループ化及び代表機器の選定

分類基準		当該系統	選定基準					選定	代表機器/ 選定理由
弁箱 材料	内部 流体		口径(A)	重要度*1	使用条件				
					運転 状態	最高使用 圧力(MPa)	最高使用 温度(°C)		
ステン レス鋼	純水	制御棒駆動系	25~50	高*2	連続	12.06	66	原子炉冷却浄化吸込弁/重要度, 運 転状態, 最高使用温度, 最高使用圧 力, 口径	
		ほう酸水注入系	40	MS-1, 重*3	一時	9.66	302		
		残留熱除去系	25~300	PS-1/MS-1, 重*3	一時	8.62~10.69	302		
		原子炉隔離時冷却系	20	MS-1	一時	8.62	302		
		原子炉再循環系	20	高*2	連続	12.06	66		
		原子炉冷却材浄化系	15~150	PS-1	連続	8.62~12.06	66~302		◎
		燃料プール冷却浄化系	150	MS-2, 重*3	連続	1.38	66		
		格納容器雰囲気監視系	20	MS-1	一時	0.31	104		
		不活性ガス系	25	MS-1	一時	0.31	171		
		事故時サンプリング設備	20	MS-1	一時	0.31~8.62	104~302		
	重大事故等対処設備*4	25~100	重*3	一時	0.62~2.5	66~200			
	ガス	不活性ガス系	20~25	MS-1	一時	0.31	171	◎	サブプレッション・チェンバ隔離電磁 弁 2-26V-95 前弁 (AC 系) /重要度, 運転状態, 最高使用温度, 最高使用 圧力, 口径
		制御用圧縮空気系	15~25	高*2, 重*3	一時	1.03~14.70	46~66		
		重大事故等対処設備*4	20~50	MS-1, 重*3	一時	0.86~25	40~171		
海水	残留熱除去海水系	40~350	MS-1, 重*3	一時	3.45	38~66	◎	残留熱除去系熱交換器海水出口流 量調整弁/重要度, 運転状態, 最高 使用温度, 最高使用圧力, 口径	
五ほう酸ナ トリウム水	ほう酸水注入系	40~80	MS-1, 重*3	一時	1.04~9.66	66	◎	ほう酸水注入系貯蔵タンク出口弁 /重要度	
青銅 鋳物	海水	残留熱除去海水系	20~65	MS-1, 重*3	一時	3.45	38~66	◎	低圧炉心スプレイ系ポンプ室空調 海水出口弁/重要度, 運転状態, 最 高使用温度, 最高使用圧力, 口径
		高圧炉心スプレイ系ディ ーゼル発電機海水系	50~65	MS-1, 重*3	一時	0.70	38~66		

\*1: 当該機器に要求される重要度クラスのうち, 最上位の重要度クラスを示す

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

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

\*4: 新規に設置される機器及び構造物を示す

## 2. 代表機器の技術評価

本章では、1章で代表機器とした以下の9台の弁について技術評価を実施する。

- ① 残留熱除去系熱交換器バイパス弁
- ② 原子炉隔離時冷却系蒸気供給弁
- ③ 格納容器 N2 ガス供給弁
- ④ 非常用ディーゼル発電機エンジンエアクーラ海水入口弁
- ⑤ 原子炉冷却浄化吸込弁
- ⑥ サプレッション・チェンバ隔離電磁弁 2-26V-95 前弁 (AC 系)
- ⑦ 残留熱除去系熱交換器海水出口流量調整弁
- ⑧ ほう酸水注入系貯蔵タンク出口弁
- ⑨ 低圧炉心スプレイ系ポンプ室空調海水出口弁

### 2.1 構造，材料及び使用条件

#### 2.1.1 残留熱除去系熱交換器バイパス弁

##### (1) 構造

東海第二の残留熱除去系熱交換器バイパス弁は、口径 450A, 最高使用圧力 3.45 MPa, 最高使用温度 174 °C の電動弁であり、2 台設置されている。

弁本体は純水を内包する耐圧部（弁箱（弁座一体型）, 弁ふた, ジョイントボルト・ナット, 軸封部）, 純水を仕切る隔離部（弁体）及び弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒, ヨーク）からなる。

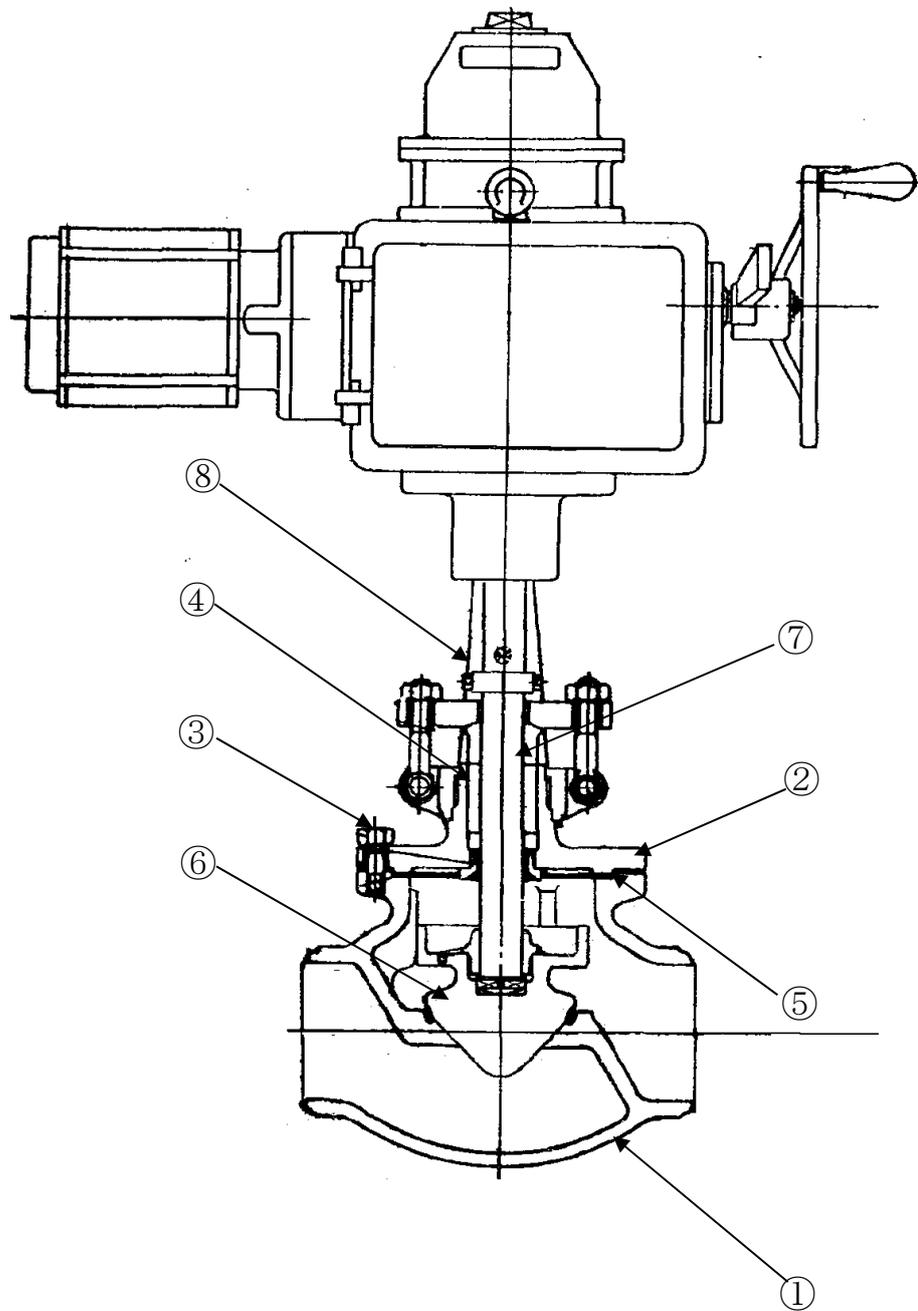
純水に接する弁箱（弁座一体型）, 弁ふたは炭素鋼鋳鋼, 弁体は炭素鋼が使用されており、軸封部には内部流体の漏れを防止するためグランドパッキンが使用されている。

なお、当該弁については、駆動部を切り離し、ジョイントボルト・ナットを取外すことにより、弁内部の点検手入れが可能である。

東海第二の残留熱除去系熱交換器バイパス弁の構造図を図 2.1-1 に示す。

##### (2) 材料及び使用条件

東海第二の残留熱除去系熱交換器バイパス弁主要部位の使用材料を表 2.1-1 に、使用条件を表 2.1-2 に示す。



No.	部位	No.	部位
①	弁箱 (弁座一体型)	⑤	ガスケット
②	弁ふた	⑥	弁体
③	ジョイントボルト・ナット	⑦	弁棒
④	グランドパッキン	⑧	ヨーク

図 2.1-1 残留熱除去系熱交換器バイパス弁構造図

表 2.1-1 残留熱除去系熱交換器バイパス弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱（弁座一体型）	炭素鋼鋳鋼（ステンレス肉盛）
		弁ふた	炭素鋼鋳鋼
		ジョイントボルト・ナット	低合金鋼
	シール	グランドパッキン	（消耗品）
		ガスケット	（消耗品）
隔離機能の維持	隔離	弁体	炭素鋼（ステライト肉盛）
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼
		ヨーク	炭素鋼鋳鋼

表 2.1-2 残留熱除去系熱交換器バイパス弁の使用条件

最高使用圧力	3.45 MPa
最高使用温度	174 °C
内部流体	純水

## 2.1.2 原子炉隔離時冷却系蒸気供給弁

### (1) 構造

東海第二の原子炉隔離時冷却系蒸気供給弁は、口径 100A, 最高使用圧力 8.62 MPa, 最高使用温度 302 °C の電動弁であり、1 台設置されている。

弁本体は蒸気を内包する耐圧部（弁箱（弁座一体型）, 弁ふた（ヨーク一体型）, ジョイントボルト・ナット, 軸封部）, 蒸気を仕切る隔離部（弁体）及び弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒）からなる。

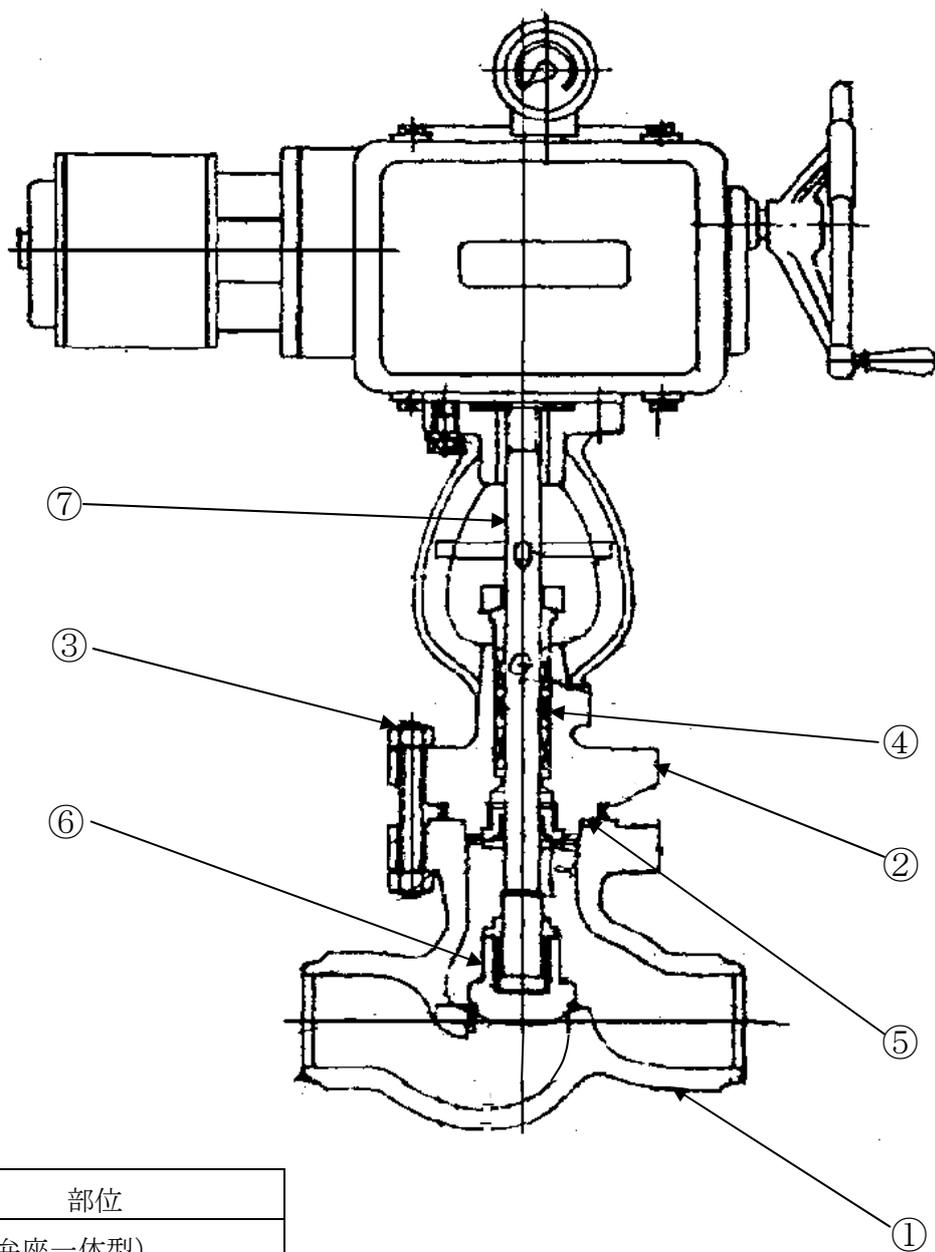
蒸気に接する弁箱（弁座一体型）, 弁ふた（ヨーク一体型）は炭素鋼鋳鋼, 弁体は炭素鋼が使用されており, 軸封部には内部流体の漏れを防止するためグランドパッキンが使用されている。

なお, 当該弁については, 駆動部を切り離し, ジョイントボルト・ナットを取外すことにより, 弁内部の点検手入れが可能である。

東海第二の原子炉隔離時冷却系蒸気供給弁の構造図を図 2.1-2 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

東海第二の原子炉隔離時冷却系蒸気供給弁主要部位の使用材料を表 2.1-3 に, 使用条件を表 2.1-4 に示す。



No.	部位
①	弁箱（弁座一体型）
②	弁ふた（ヨーク一体型）
③	ジョイントボルト・ナット
④	グランドパッキン
⑤	ガスケット
⑥	弁体
⑦	弁棒

図 2.1-2 原子炉隔離時冷却系蒸気供給弁構造図

表 2.1-3 原子炉隔離時冷却系蒸気供給弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱（弁座一体型）	炭素鋼鋳鋼（ステライト肉盛）
		弁ふた（ヨークー一体型）	炭素鋼鋳鋼
		ジョイントボルト・ナット	低合金鋼 炭素鋼
	シール	グラウンドパッキン	（消耗品）
		ガスケット	（消耗品）
隔離機能の維持	隔離	弁体	炭素鋼（ステライト肉盛）
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼

表 2.1-4 原子炉隔離時冷却系蒸気供給弁の使用条件

最高使用圧力	8.62 MPa
最高使用温度	302 °C
内部流体	蒸気

### 2.1.3 格納容器 N2 ガス供給弁

#### (1) 構造

東海第二の格納容器 N2 ガス供給弁は、口径 80A、最高使用圧力 0.31 MPa、最高使用温度 171 °Cの空気作動弁であり、1 台設置されている。

弁本体はガス（窒素）を内包する耐圧部（弁箱（弁座一体型）、弁ふた、ジョイントボルト・ナット、軸封部）、ガス（窒素）を仕切る隔離部（弁体）及び弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒、ヨーク）からなる。

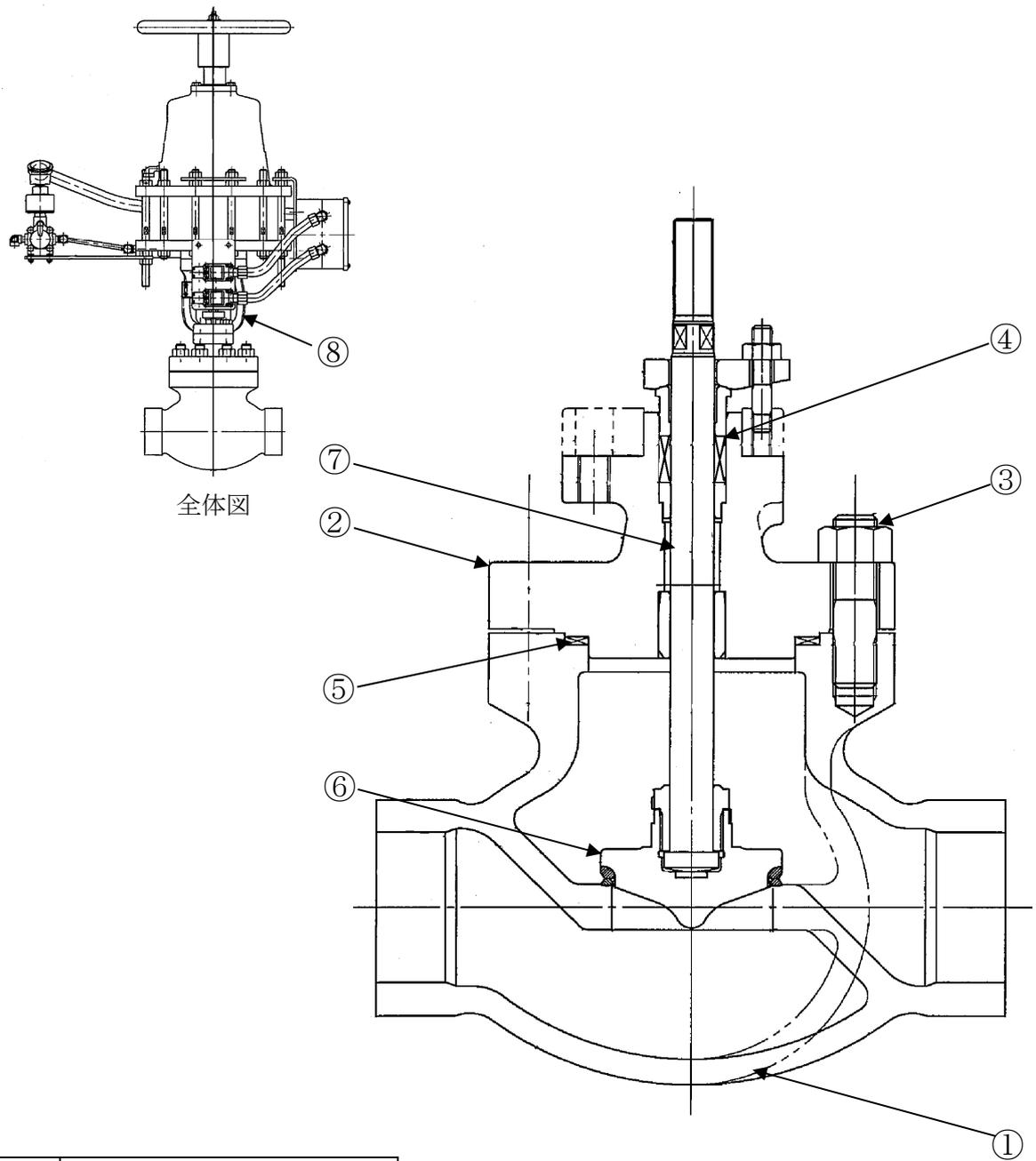
ガス（窒素）に接する弁箱（弁座一体型）及び弁ふたは炭素鋼鋳鋼、弁体にはステンレス鋼が使用されており、軸封部には内部流体の漏れを防止するためグランドパッキンが使用されている。

なお、当該弁については、駆動部を切り離し、ジョイントボルト・ナットを取外すことにより、弁内部の点検手入れが可能である。

東海第二の格納容器 N2 ガス供給弁の構造図を図 2.1-3 に示す。

#### (2) 材料及び使用条件

東海第二の格納容器 N2 ガス供給弁主要部位の使用材料を表 2.1-5 に、使用条件を表 2.1-6 に示す。



No.	部位
①	弁箱（弁座一体型）
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	グラウンドパッキン
⑤	ガスケット
⑥	弁体
⑦	弁棒
⑧	ヨーク

図 2.1-3 格納容器 N2 ガス供給弁構造図

表 2.1-5 格納容器 N2 ガス供給弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱（弁座一体型）	炭素鋼鋳鋼（ステライト肉盛）
		弁ふた	炭素鋼鋳鋼
		ジョイントボルト・ナット	低合金鋼 炭素鋼
	シール	グランドパッキン	（消耗品）
		ガスケット	（消耗品）
隔離機能の維持	隔離	弁体	ステンレス鋼（ステライト肉盛）
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼
		ヨーク	炭素鋼鋳鋼

表 2.1-6 格納容器 N2 ガス供給弁の使用条件

最高使用圧力	0.31 MPa
最高使用温度	171 °C
内部流体	ガス（窒素）

## 2.1.4 非常用ディーゼル発電機エンジンエアクーラ海水入口弁

### (1) 構造

東海第二の非常用ディーゼル発電機エンジンエアクーラ海水入口弁は、口径 150A、最高使用圧力 0.70 MPa、最高使用温度 38 °C の手動弁であり、2 台設置されている。

弁本体は海水を内包する耐圧部（弁箱（弁座一体型））、弁ふた、ジョイントボルト・ナット、軸封部）、海水を仕切る隔離部（弁体）及び弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒、ヨーク）からなる。

海水に接する弁箱（弁座一体型）、弁ふたは炭素鋼鋳鋼、弁体は炭素鋼が使用されており、内面にはフッ素樹脂ライニングが施されている。

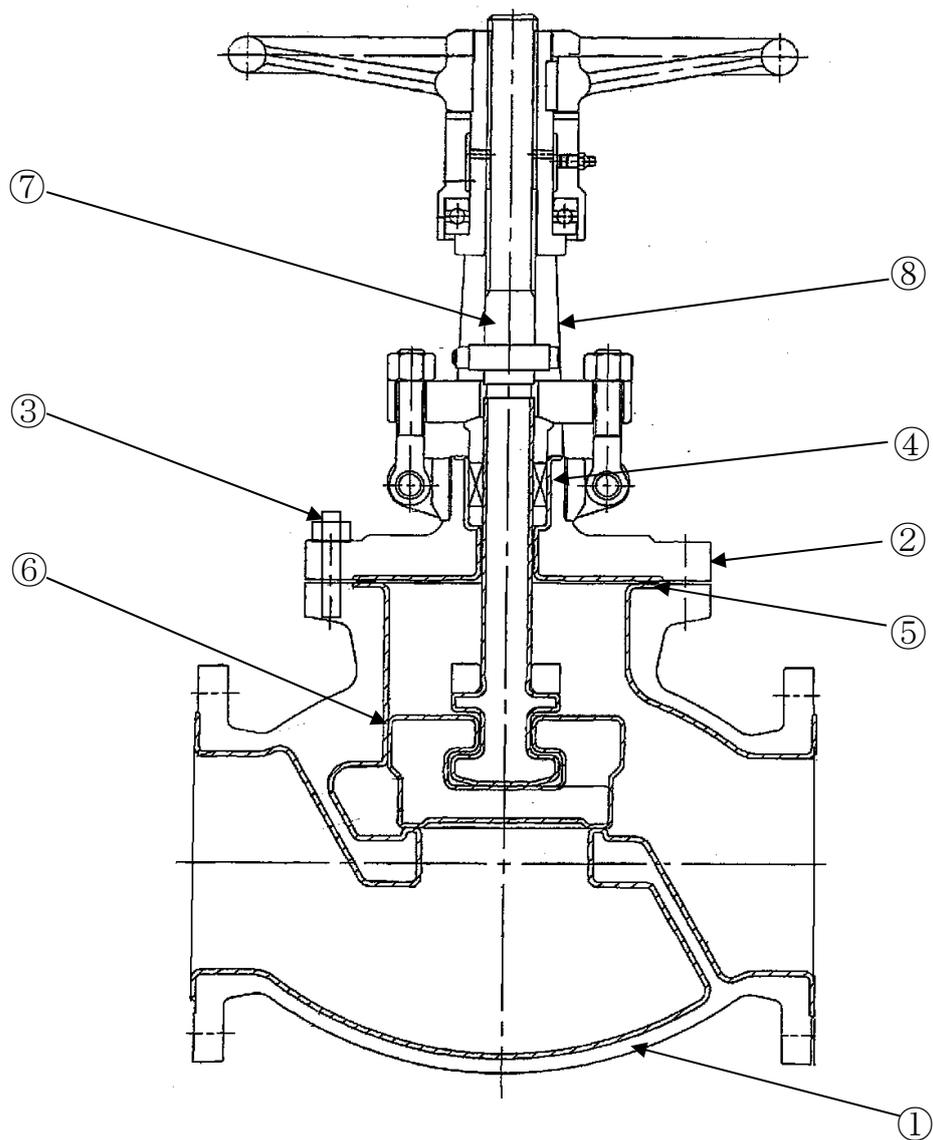
また、軸封部には内部流体の漏れを防止するためグラウンドパッキンが使用されている。

なお、当該弁については、ジョイントボルト・ナットを取外すことにより、弁内部の点検手入れが可能である。

東海第二の非常用ディーゼル発電機エンジンエアクーラ海水入口弁の構造図を図 2.1-4 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

東海第二の非常用ディーゼル発電機エンジンエアクーラ海水入口弁主要部位の使用材料を表 2.1-7 に、使用条件を表 2.1-8 に示す。



No.	部位
①	弁箱（弁座一体型）
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	グランドパッキン
⑤	ガスケット
⑥	弁体
⑦	弁棒
⑧	ヨーク

図 2.1-4 非常用ディーゼル発電機エンジンエアクーラ海水入口弁構造図

表 2.1-7 非常用ディーゼル発電機エンジンエアクーラ海水入口弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱（弁座一体型）	炭素鋼鋳鋼（フッ素樹脂ライニング）
		弁ふた	炭素鋼鋳鋼（フッ素樹脂ライニング）
		ジョイントボルト・ナット	低合金鋼
	シール	グランドパッキン	（消耗品）
		ガスケット	（消耗品）
隔離機能の維持	隔離	弁体	炭素鋼（フッ素樹脂ライニング）
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼（フッ素樹脂ライニング）
		ヨーク	炭素鋼鋳鋼

表 2.1-8 非常用ディーゼル発電機エンジンエアクーラ海水入口弁の使用条件

最高使用圧力	0.70 MPa
最高使用温度	38 °C
内部流体	海水

## 2.1.5 原子炉冷却浄化吸込弁

### (1) 構造

東海第二の原子炉冷却浄化吸込弁は、口径 150A、最高使用圧力 8.62 MPa、最高使用温度 302 °Cの手動弁であり、1台設置されている。

弁本体は純水を内包する耐圧部（弁箱、弁ふた、ジョイントボルト・ナット、軸封部）、純水を仕切る隔離部（弁体、弁座）及び弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒、ヨーク）からなる。

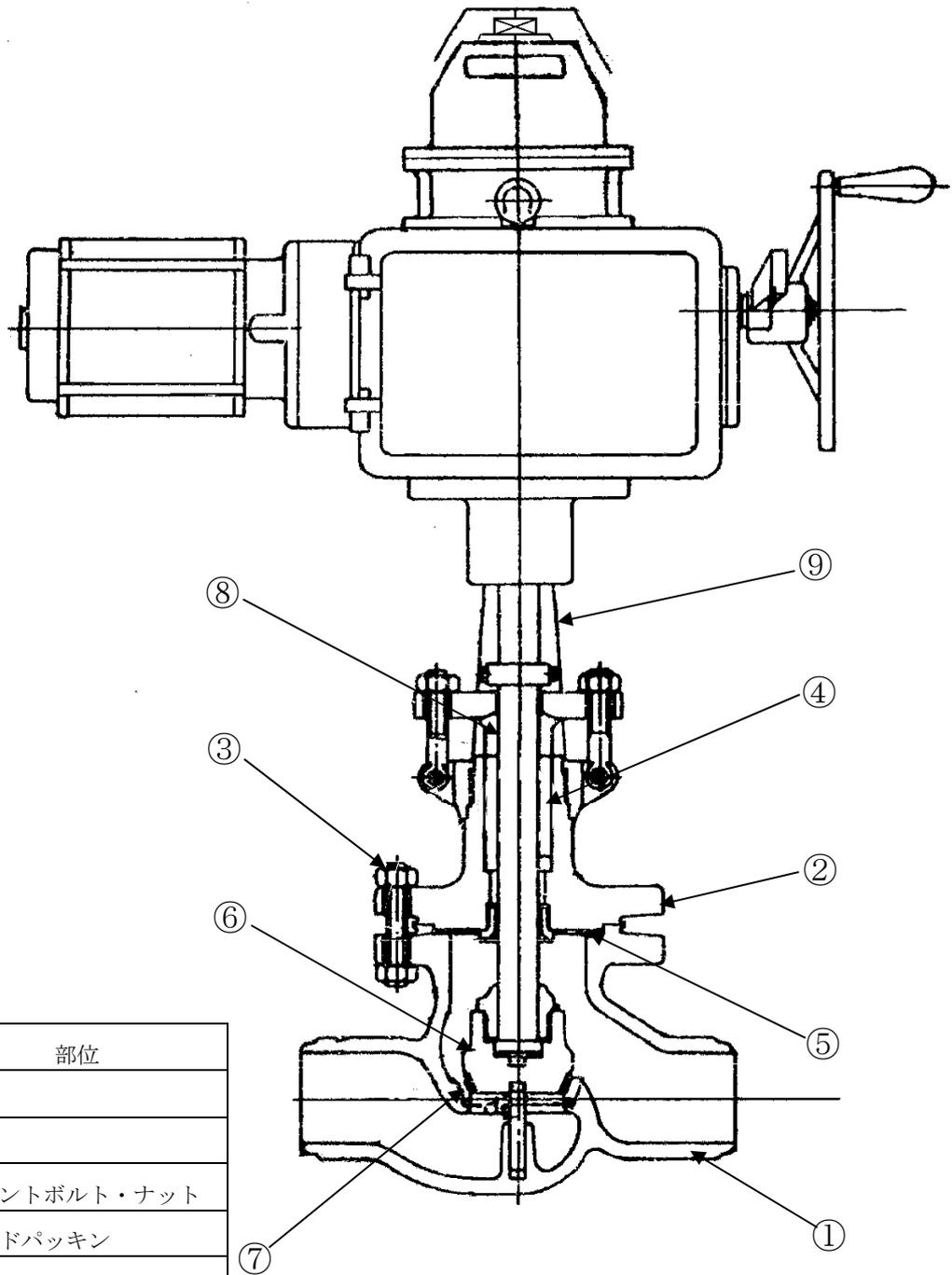
純水に接する弁箱、弁ふたはステンレス鋳鋼、弁体、弁座はステンレス鋼が使用されており、軸封部には内部流体の漏れを防止するためグランドパッキンが使用されている。

なお、当該弁については、駆動部を切り離し、ジョイントボルト・ナットを取外すことにより、弁内部の点検手入れが可能である。

東海第二の原子炉冷却浄化吸込弁の構造図を図 2.1-5 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

東海第二の原子炉冷却浄化吸込弁主要部位の使用材料を表 2.1-9 に、使用条件を表 2.1-10 に示す。



No.	部位
①	弁箱
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	グランドパッキン
⑤	ガスケット
⑥	弁体
⑦	弁座
⑧	弁棒
⑨	ヨーク

図 2.1-5 原子炉冷却浄化吸込弁構造図

表 2.1-9 原子炉冷却浄化吸込弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	ステンレス鋳鋼
		弁ふた	ステンレス鋳鋼
		ジョイントボルト・ナット	低合金鋼
	シール	グランドパッキン	(消耗品)
		ガスケット	(消耗品)
隔離機能の維持	隔離	弁体	ステンレス鋼 (ステライト肉盛)
		弁座	ステンレス鋼 (ステライト肉盛)
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼
		ヨーク	炭素鋼鋳鋼

表 2.1-10 原子炉冷却浄化吸込弁の使用条件

最高使用圧力	8.62 MPa
最高使用温度	302 °C
内部流体	純水

## 2.1.6 サプレッション・チェンバ隔離電磁弁 2-26V-95 前弁 (AC 系)

### (1) 構造

東海第二のサプレッション・チェンバ隔離電磁弁 2-26V-95 前弁 (AC 系) は、口径 25A, 最高使用圧力 0.31 MPa, 最高使用温度 171 °C の手動弁であり、4 台設置されている。

弁本体はガス (窒素) を内包する耐圧部 (弁箱 (弁座一体型), 弁ふた, ジョイントボルト・ナット, 軸封部), ガスを仕切る隔離部 (弁体) 及び弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部 (弁棒, ヨーク) からなる。

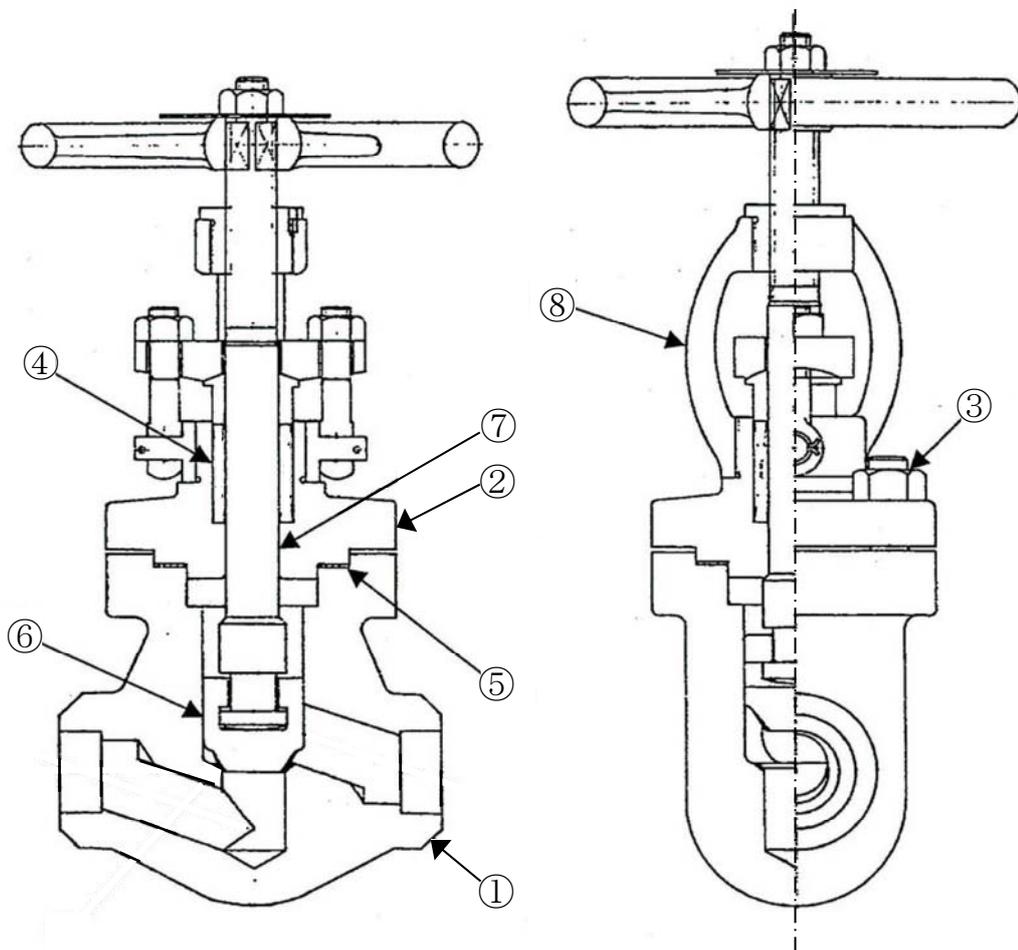
ガスに接する弁箱 (弁座一体型), 弁ふた, 弁体はステンレス鋼が使用されており, 軸封部には内部流体の漏れを防止するためグランドパッキンが使用されている。

なお, 当該弁については, ジョイントボルト・ナットを取外すことにより, 弁内部の点検手入れが可能である。

東海第二のサプレッション・チェンバ隔離電磁弁 2-26V-95 前弁 (AC 系) の構造図を図 2.1-6 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

東海第二のサプレッション・チェンバ隔離電磁弁 2-26V-95 前弁 (AC 系) 主要部位の使用材料を表 2.1-11 に, 使用条件を表 2.1-12 に示す。



No.	部位
①	弁箱（弁座一体型）
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	グランドパッキン
⑤	ガスケット
⑥	弁体
⑦	弁棒
⑧	ヨーク

図 2.1-6 サプレッション・チェンバ隔離電磁弁 2-26V-95 前弁（AC系）構造図

表 2.1-11 サプレッション・チェンバ隔離電磁弁 2-26V-95 前弁 (AC 系) 主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱 (弁座一体型)	ステンレス鋼 (ステライト肉盛)
		弁ふた	ステンレス鋼
		ジョイントボルト・ナット	低合金鋼 炭素鋼
	シール	グランドパッキン	(消耗品)
		ガスケット	(消耗品)
隔離機能の維持	隔離	弁体	ステンレス鋼 (ステライト肉盛)
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼
		ヨーク	炭素鋼

表 2.1-12 サプレッション・チェンバ隔離電磁弁 2-26V-95 前弁 (AC 系) の使用条件

最高使用圧力	0.31 MPa
最高使用温度	171 °C
内部流体	ガス (窒素)

## 2.1.7 残留熱除去系熱交換器海水出口流量調整弁

### (1) 構造

東海第二の残留熱除去系熱交換器海水出口流量調整弁は、口径 350A、最高使用圧力 3.45 MPa、最高使用温度 66 °C の電動弁であり、2 台設置されている。

弁本体は海水を内包する耐圧部（弁箱、弁ふた、ジョイントボルト・ナット、軸封部）、海水を仕切る隔離部（弁体、弁座）及び弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒、ヨーク）からなる。

海水に接する弁箱、弁ふたはステンレス鋳鋼、弁体、弁座はステンレス鋼が使用されており、軸封部には内部流体の漏れを防止するためグランドパッキンが使用されている。

なお、当該弁については、ジョイントボルト・ナットを取外すことにより、弁内部の点検手入れが可能である。

当該弁は、2008 年度の定期試験中に弁棒が折損する事象が発生した。

原因は、弁中間開度において弁内部でキャビテーションが発生し、弁体が流体振動を起こしたため、弁棒の疲労限を超え疲労割れに至った。

この事象を受け、現在はキャビテーション対策を講じたケージ式に交換されている。

東海第二の残留熱除去系熱交換器海水出口流量調整弁の構造図を図 2.1-7 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

東海第二の残留熱除去系熱交換器海水出口流量調整弁主要部位の使用材料を表 2.1-13 に、使用条件を表 2.1-14 に示す。

No.	部位
①	弁箱
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	グランドパッキン
⑤	ガスケット
⑥	弁体
⑦	弁座
⑧	弁棒
⑨	ヨーク

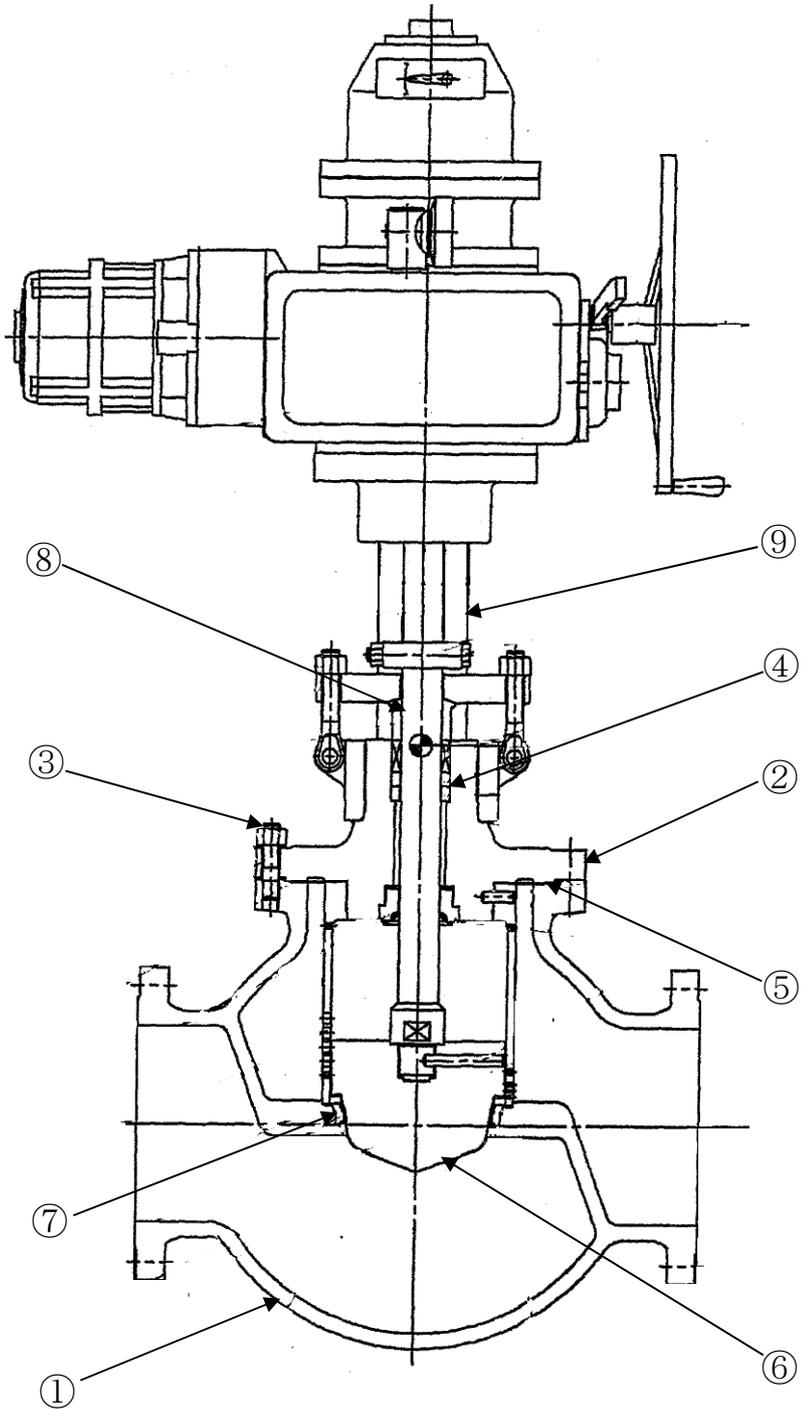


図 2.1-7 残留熱除去系熱交換器海水出口流量調整弁構造図

表 2.1-13 残留熱除去系熱交換器海水出口流量調整弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	ステンレス鋳鋼
		弁ふた	ステンレス鋳鋼
		ジョイントボルト・ナット	低合金鋼
	シール	グランドパッキン	(消耗品)
		ガスケット	(消耗品)
隔離機能の維持	隔離	弁体	ステンレス鋼 (ステライト肉盛)
		弁座	ステンレス鋼 (ステライト肉盛)
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼
		ヨーク	炭素鋼鋳鋼

表 2.1-14 残留熱除去系熱交換器海水出口流量調整弁の使用条件

最高使用圧力	3.45 MPa
最高使用温度	66 °C
内部流体	海水

## 2.1.8 ほう酸水注入系貯蔵タンク出口弁

### (1) 構造

東海第二のほう酸水注入系貯蔵タンク出口弁は、口径 80A, 最高使用圧力 1.04 MPa, 最高使用温度 66 °C の電動弁であり、2 台設置されている。

弁本体は五ほう酸ナトリウム水を内包する耐圧部（弁箱（弁座一体型）, 弁ふた, ジョイントボルト・ナット, 軸封部）, 五ほう酸ナトリウム水を仕切る隔離部（弁体）及び弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒, ヨーク）からなる。

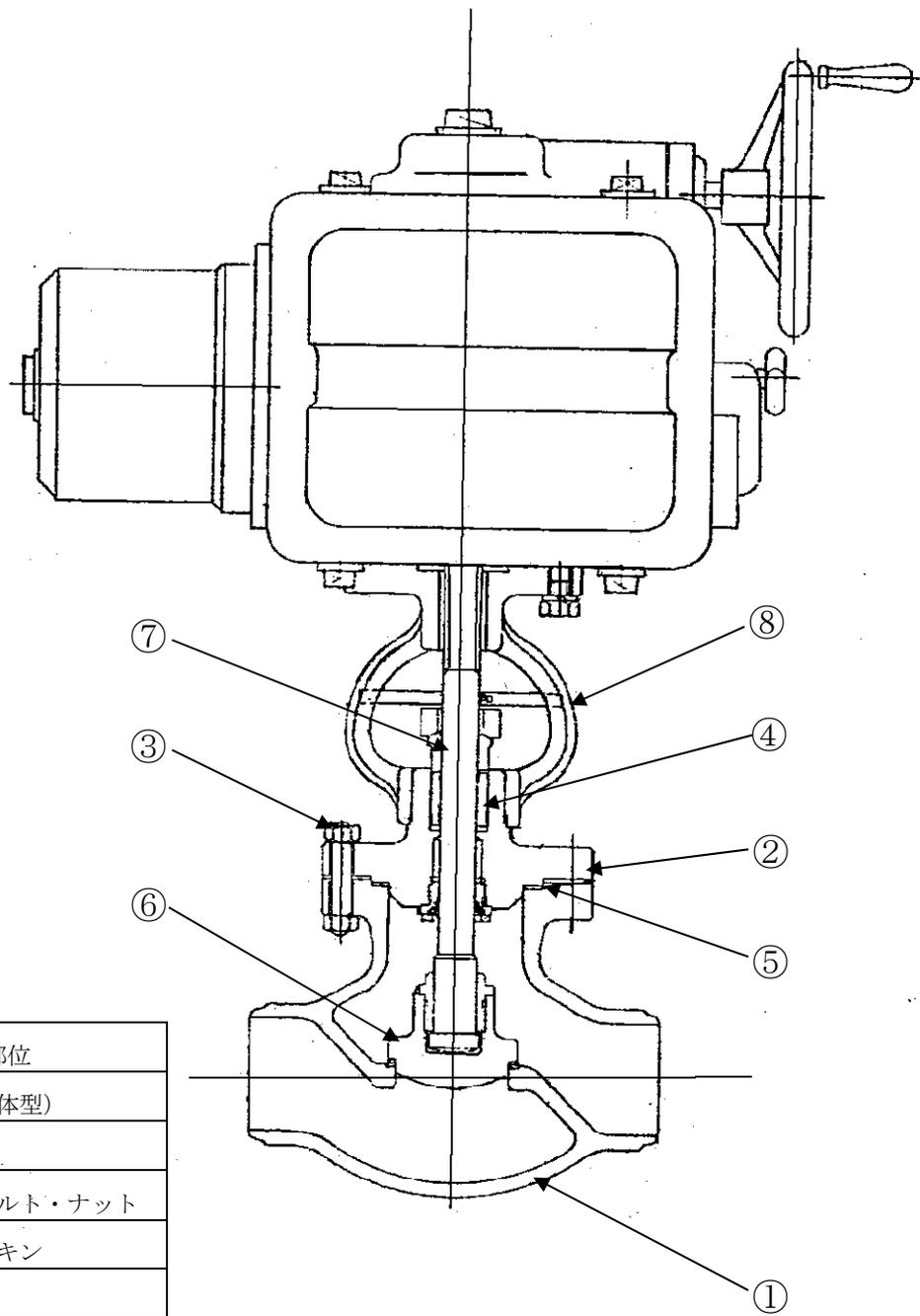
五ほう酸ナトリウム水に接する弁箱（弁座一体型）はステンレス鋳鋼, 弁ふた, 弁体はステンレス鋼が使用されており, 軸封部には内部流体の漏れを防止するためグラインドパッキンが使用されている。

なお, 当該弁については, 駆動部を切り離し, ジョイントボルト・ナットを取外すことにより, 弁内部の点検手入れが可能である。

東海第二のほう酸水注入系貯蔵タンク出口弁の構造図を図 2.1-8 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

東海第二のほう酸水注入系貯蔵タンク出口弁主要部位の使用材料を表 2.1-15 に, 使用条件を表 2.1-16 に示す。



No.	部位
①	弁箱（弁座一体型）
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	グランドパッキン
⑤	ガスケット
⑥	弁体
⑦	弁棒
⑧	ヨーク

図 2.1-8 ほう酸水注入系貯蔵タンク出口弁構造図

表 2.1-15 ほほう酸水注入系貯蔵タンク出口弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱（弁座一体型）	ステンレス鋳鋼（ステライト肉盛）
		弁ふた	ステンレス鋼
		ジョイントボルト・ナット	低合金鋼 炭素鋼
	シール	グランドパッキン	（消耗品）
		ガスケット	（消耗品）
隔離機能の維持	隔離	弁体	ステンレス鋼（ステライト肉盛）
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼
		ヨーク	炭素鋼鋳鋼

表 2.1-16 ほほう酸水注入系貯蔵タンク出口弁の使用条件

最高使用圧力	1.04 MPa
最高使用温度	66 °C
内部流体	五ほう酸ナトリウム水

## 2.1.9 低圧炉心スプレイ系ポンプ室空調海水出口弁

### (1) 構造

東海第二の低圧炉心スプレイ系ポンプ室空調海水出口弁は、口径 65A、最高使用圧力 3.45 MPa、最高使用温度 66 °C の手動弁であり、1 台設置されている。

弁本体は海水を内包する耐圧部（弁箱（弁座一体型）、弁ふた（ヨーク一体型）、ジョイントボルト・ナット、軸封部）、海水を仕切る隔離部（弁体）及び弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒）からなる。

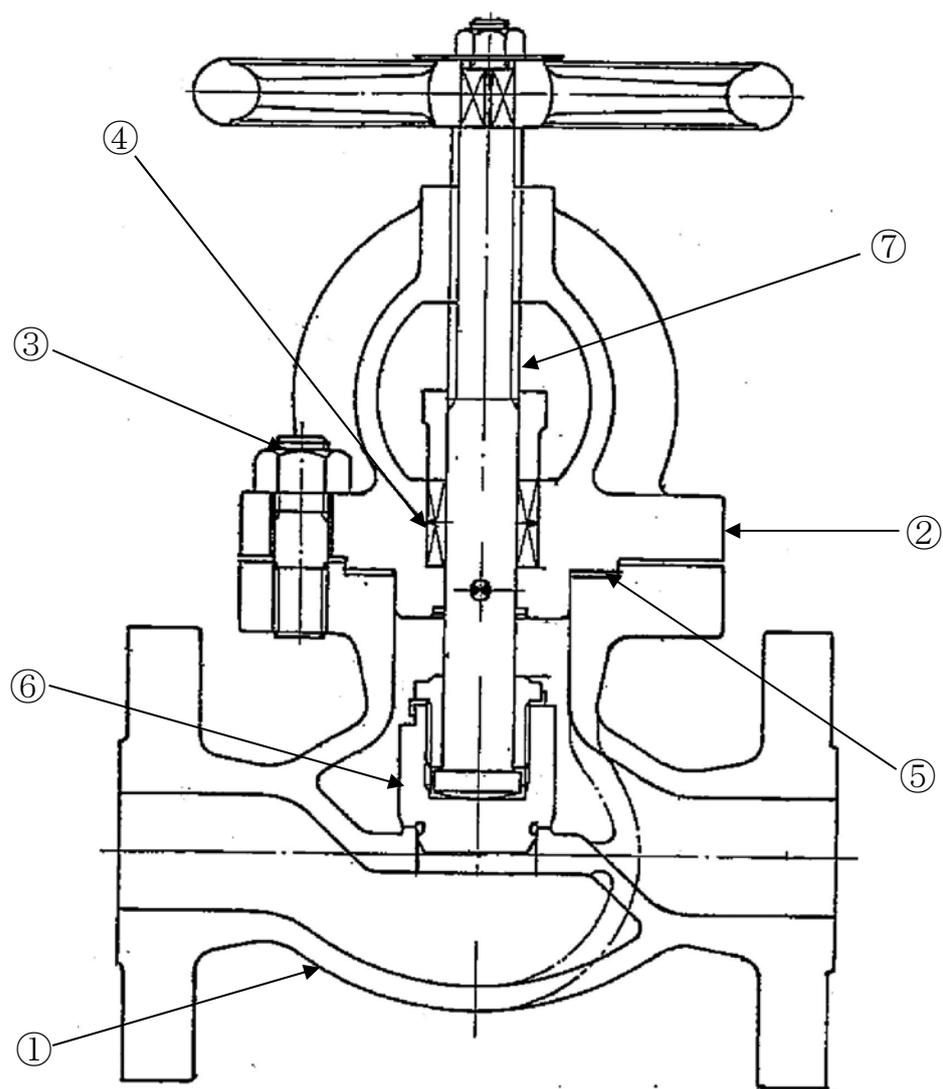
海水に接する弁箱（弁座一体型）、弁ふた（ヨーク一体型）、弁体は青銅鑄物を使用されており、軸封部には内部流体の漏れを防止するためグランドパッキンが使用されている。

なお、当該弁については、ジョイントボルト・ナットを取外すことにより、弁内部の点検手入れが可能である。

東海第二の低圧炉心スプレイ系ポンプ室空調海水出口弁の構造図を図 2.1-9 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

東海第二の低圧炉心スプレイ系ポンプ室空調海水出口弁主要部位の使用材料を表 2.1-17 に、使用条件を表 2.1-18 に示す。



No.	部位
①	弁箱（弁座一体型）
②	弁ふた（ヨークー体型）
③	ジョイントボルト・ナット
④	グランドパッキン
⑤	ガスケット
⑥	弁体
⑦	弁棒

図 2.1-9 低圧炉心スプレイ系ポンプ室空調海水出口弁構造図

表 2.1-17 低圧炉心スプレイ系ポンプ室空調海水出口弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱（弁座一体型）	青銅鋳物
		弁ふた（ヨーク一体型）	青銅鋳物
		ジョイントボルト ・ナット	ステンレス鋼 黄銅
	シール	グランドパッキン	（消耗品）
		ガスケット	（消耗品）
隔離機能の維持	隔離	弁体	青銅鋳物
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	黄銅

表 2.1-18 低圧炉心スプレイ系ポンプ室空調海水出口弁の使用条件

最高使用圧力	3.45 MPa
最高使用温度	66 °C
内部流体	海水

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

玉形弁の機能である流体仕切機能の達成に必要な項目は以下のとおり。

- (1) バウンダリの維持
- (2) 隔離機能の維持
- (3) 作動機能の維持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

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

なお、消耗品及び定期取替品は以下のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

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

#### (3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

想定される経年劣化事象のうち下記①、②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。

なお、下記①、②に該当する事象については、2.2.3 項に示すとおり、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△）

② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、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（日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲）

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

a. 弁箱（弁座一体型含む）、弁ふた（ヨーク一体型含む）の外面の腐食（全面腐食）

[残留熱除去系熱交換器バイパス弁，原子炉隔離時冷却系蒸気供給弁，格納容器 N2 ガス供給弁，非常用ディーゼル発電機エンジンエアクーラ海水入口弁]

弁箱，弁ふたは炭素鋼鋳鋼であり腐食が想定されるが，大気接触部は塗装が施されていることから，塗膜が健全であれば腐食する可能性は小さく，分解点検時の目視点検において塗装の状態を確認し，必要に応じて補修塗装することにより機能を維持している。

格納容器 N2 ガス供給弁は新たに設置される機器であることから，今後分解点検時の目視点検において塗装の状態を確認し，必要に応じて補修塗装することにより機能を維持することとしている。

したがって，弁箱（弁座一体型含む），弁ふた（ヨーク一体型含む）の外面の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食） [残留熱除去系熱交換器バイパス

弁，原子炉隔離時冷却系蒸気供給弁，格納容器 N2 ガス供給弁，非常用ディーゼル発電機エンジンエアクーラ海水入口弁，原子炉冷却浄化吸込弁，サプレッション・チェンバ隔離電磁弁 2-26V-95 前弁（AC 系），残留熱除去系熱交換器海水出口流量調整弁，ほう酸水注入系貯蔵タンク出口弁]

ジョイントボルト・ナットは低合金鋼又は炭素鋼であり腐食が想定されるが，分解点検時に手入れ・清掃を行うことにより機能を維持することとしている。

格納容器 N2 ガス供給弁は新たに設置される機器であることから，今後分解点検時に手入れ・清掃を行うことにより機能を維持することとしている。

したがって，ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- c. ヨークの腐食（全面腐食）〔残留熱除去系熱交換器バイパス弁，格納容器 N2 ガス供給弁，非常用ディーゼル発電機エンジンエアクーラ海水入口弁，原子炉冷却浄化吸込弁，サブプレッション・チェンバ隔離電磁弁 2-26V-95 前弁（AC 系），残留熱除去系熱交換器海水出口流量調整弁，ほう酸水注入系貯蔵タンク出口弁〕

ヨークは炭素鋼鋳鋼又は炭素鋼であり腐食が想定されるが，大気接触部は塗装が施されていることから，塗膜が健全であれば腐食が発生する可能性は小さく，分解点検時の目視点検において塗装の状態を確認し，必要に応じて補修塗装することにより機能を維持することとしている。

格納容器 N2 ガス供給弁は新たに設置される機器であることから，今後分解点検時の目視点検において塗装の状態を確認し，必要に応じて補修塗装することにより機能を維持することとしている。

したがって，ヨークの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- d. 弁箱（弁座一体型），弁ふた（ヨーク一体型含む），弁体の腐食（流れ加速型腐食）〔残留熱除去系熱交換器バイパス弁，原子炉隔離時冷却系蒸気供給弁〕

弁箱，弁ふたは炭素鋼鋳鋼，弁体は炭素鋼であり，内部流体が純水又は蒸気であるため腐食（流れ加速型腐食）が想定されるが，分解点検時の目視点検において有意な腐食（流れ加速型腐食）がないことを確認しており，必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持している。

したがって，弁箱（弁座一体型），弁ふた（ヨーク一体型含む），弁体の腐食（流れ加速型腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- e. 弁箱（内面），弁ふた（内面），弁体の腐食（全面腐食）〔非常用ディーゼル発電機エンジンエアクーラ海水入口弁〕

弁箱，弁ふたは炭素鋼鋳鋼，弁体は炭素鋼であり，内部流体に接する部分に施工されたフッ素樹脂ライニングが損傷すると腐食が生じる可能性があるが，分解点検時の目視点検によりライニング状態を確認し，必要に応じて補修又は取替を実施することにより機能を維持することとしている。

したがって，弁箱（内面），弁ふた（内面），弁体の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- f. 弁箱，弁ふた，弁体，弁座，弁棒の腐食（孔食・隙間腐食）〔残留熱除去系熱交換器海水出口流量調整弁〕

弁箱，弁ふたはステンレス鋳鋼，弁体，弁座，弁棒はステンレス鋼であり，内部流体は海水であることから，腐食（孔食・隙間腐食）が想定されるが，分解点検時の目視点検により状態を確認し，必要に応じて補修又は取替を実施することにより機能を維持している。

したがって，弁箱，弁ふた，弁体，弁座，弁棒の腐食（孔食・隙間腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- g. 弁棒の腐食（孔食・隙間腐食）〔非常用ディーゼル発電機エンジンエアクーラ海水入口弁〕

弁棒はステンレス鋼であり，内部流体に接する部分に施工されたフッ素樹脂ライニングが損傷すると腐食（孔食・隙間腐食）が生じる可能性があるが，分解点検時の目視点検により状態を確認し，必要に応じて補修又は取替を実施することにより機能を維持することとしている。

したがって，弁棒の腐食（孔食・隙間腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- h. 弁箱（弁座一体型），弁ふた（ヨーク一体型），ジョイントナット，弁棒の腐食（全面腐食）〔低圧炉心スプレイ系ポンプ室空調海水出口弁〕

弁箱，弁ふた，ジョイントナット，弁棒は青銅鋳物又は黄銅であり，腐食が想定されるが，分解点検時の目視点検により状態を確認し，必要に応じて補修又は取替を実施することにより機能を維持している。

したがって，弁箱（弁座一体型），弁ふた（ヨーク一体型），ジョイントナット，弁棒の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- i. 弁箱（弁座一体型），弁体の摩耗〔低圧炉心スプレイ系ポンプ室空調海水出口弁〕

弁が開閉するとシート面で摺動するため摩耗が想定されるが，分解点検時の目視点検により状態を確認し，必要に応じて補修又は取替を実施することにより機能を維持している。

したがって，弁箱（弁座一体型），弁体の摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- j. 弁箱（弁座一体型），弁ふたの貫粒型応力腐食割れ [サブプレッション・チェンバ  
隔離電磁弁 2-26V-95 前弁（AC 系）]

弁箱及び弁ふたはステンレス鋼であり，大気中の海塩粒子に含まれる塩化物イオンにより，外面から貫粒型応力腐食割れの発生が想定されるが，原子炉建屋内機器の塩分測定において代表箇所における定期的な目視点検及び塩分付着量測定を実施し，その結果により必要に応じて機器外面清掃及び浸透探傷検査を実施することとしている。

また，東海第二では工事における副資材管理でステンレス鋼への塩分付着を防止している。

したがって，弁箱（弁座一体型），弁ふたの貫粒型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と判断する。

- k. 弁体の腐食（エロージョン） [低圧炉心スプレー系ポンプ室空調海水出口弁]

弁体は青銅鋳物であり内部流体の流れにより，弁体のシート面に腐食（エロージョン）が想定されるが，分解点検時の目視点検により状態を確認し，必要に応じて補修又は取替を実施することにより機能を維持している。

したがって，弁体の腐食（エロージョン）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- l. 弁箱，弁ふたの内面の腐食（全面腐食） [格納容器 N2 ガス供給弁]

弁箱及び弁ふたは炭素鋼鋳鋼であり腐食が想定されるが，内面は窒素雰囲気であることから腐食が発生する可能性は小さい。

なお，格納容器 N2 ガス供給弁は新たに設置される機器であることから，今後分解点検時に目視点検により状態を確認し，必要に応じて補修又は取替を実施することにより機能を維持することとしている。

したがって，弁箱，弁ふたの内面の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- m. 弁箱（弁座一体型），弁体の摩耗 [格納容器 N2 ガス供給弁，原子炉隔離時冷却系蒸気供給弁，サブプレッション・チェンバ隔離電磁弁 2-26V-95 前弁（AC 系）]

弁が開閉するとシート面で摺動することになるが，シート面には硬いステライトが肉盛されており，摩耗発生の可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検において有意な摩耗は確認されておらず，今後も使用環境が変わらないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

格納容器 N2 ガス供給弁は新たに設置される機器であることから，今後分解点検時に目視点検を行い，必要に応じ補修又は取替を行うことにより機能を維持することとしている。

したがって，弁箱（弁座一体型），弁体の摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- n. 弁体，弁座の摩耗 [原子炉冷却浄化吸込弁，残留熱除去系熱交換器海水出口流量調整弁]

弁が開閉するとシート面で摺動することとなるが，シート面には硬いステライトが肉盛されており，摩耗が発生する可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検において有意な摩耗は確認されておらず，今後も使用環境が変わらないことから，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，弁体，弁座の摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- o. 弁棒の摩耗 [残留熱除去系熱交換器バイパス弁，原子炉隔離時冷却系蒸気供給弁，格納容器 N2 ガス供給弁，原子炉冷却浄化吸込弁，サブプレッション・チェンバ隔離電磁弁 2-26V-95 前弁（AC 系），残留熱除去系熱交換器海水出口流量調整弁，低圧炉心スプレイ系ポンプ室空調海水出口弁]

弁棒はグランドパッキンと接触しているため，弁の開閉に伴うグランドパッキンとの摺動により摩耗が想定されるが，グランドパッキンの材質がテフロン又は黒鉛等に対して，弁棒はステンレス鋼及び黄銅であるため，これらの摺動による摩耗が発生する可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検において有意な摩耗は確認されておらず，今後も使用環境に変化がないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

格納容器 N2 ガス供給弁は新たに設置される機器であることから，今後分解点検時に目視点検を行い，必要に応じ補修又は取替を行うことにより機能を維持することとしている。

したがって，弁棒の摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- p. 弁棒の疲労割れ [残留熱除去系熱交換器バイパス弁, 原子炉隔離時冷却系蒸気供給弁, 格納容器 N2 ガス供給弁, 非常用ディーゼル発電機エンジンエアクーラ海水入口弁, 原子炉冷却浄化吸込弁, サプレッション・チェンバ隔離電磁弁 2-26V-95 前弁 (AC 系), 残留熱除去系熱交換器海水出口流量調整弁, ほう酸水注入系貯蔵タンク出口弁, 低圧炉心スプレイ系ポンプ室空調海水出口弁]

弁棒のバックシート部は角部を滑らかにし, 設計上応力集中がかからないような構造としており発生応力を下げている。

また, 電動弁及び空気作動弁については, バックシートが効く位置の手前でリミットスイッチが切れ, 動作が止まるように設定されているため, 弁棒及びバックシート部に過負荷は加わらない。

一部の電動弁では, 全開位置をトルク切れによって調整しており, トルク設定値を高くすると, 弁棒のバックシート部は常に高い応力がかかった状態となり, 配管振動等による疲労が蓄積し, 弁棒に疲労割れを起こすことが考えられるが, バックシートが効く程度の力で動作が止まるようトルク設定することにより, 過大応力を抑制している。

手動弁については開操作時にバックシート部への過負荷が加わらないよう, 全開操作後に若干戻す操作を行っている。

以上より, 電動弁, 空気作動弁及び手動弁について, 弁棒の疲労割れが発生する可能性は小さい。

なお, 分解点検時の目視点検及び浸透探傷検査において有意な割れは認められておらず, 今後も使用環境が変わらないことから, これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

格納容器 N2 ガス供給弁は新たに設置される機器であることから, 今後分解点検時に目視点検及び浸透探傷検査を行うことにより機能を維持することとしている。

残留熱除去系熱交換器海水出口流量調整弁については, 2008 年度の定期試験時にキャビテーションが起因となる疲労割れにより, 弁棒が折損する事象が生じたが, 本事象の水平展開として調査した結果, 該当するのは当該弁のみであり, 弁体部でキャビテーションが発生しない構造であるケージ式に交換を行っている。

したがって, 弁棒の疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- q. 弁箱（弁座一体型）（内面），弁ふた（内面），弁体，弁棒の腐食（全面腐食）  
[ほう酸水注入系貯蔵タンク出口弁]

弁箱はステンレス鋳鋼，弁ふた，弁体，弁棒はステンレス鋼であり，内部流体は五ほう酸ナトリウム水であることから腐食が想定されるが，ステンレス鋼は五ほう酸ナトリウム水に対し耐食性を有していることから，腐食が発生する可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検において腐食の状況を確認し，必要に応じ補修又は取替を行うことにより，機能を維持することとしている。

したがって，弁箱（弁座一体型）（内面），弁ふた（内面），弁体，弁棒の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- r. 弁体，弁座の腐食（エロージョン） [原子炉冷却浄化吸込弁，残留熱除去系熱交換器海水出口流量調整弁]

内部流体の流れにより，弁体と弁座のシート面には腐食（エロージョン）が想定されるが，シート面には硬いステライトが肉盛されており，腐食（エロージョン）の発生する可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検において有意な腐食（エロージョン）は確認されおらず，今後も使用環境に変化がないことから，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，弁体，弁座の腐食（エロージョン）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、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（日常劣化管理事象以外）

a. 弁箱，弁ふたの熱時効 [原子炉冷却浄化吸込弁]

弁箱，弁ふたに使用しているステンレス鋳鋼はオーステナイト相中に一部フェライト相を含む2相組織であり，使用環境温度は250℃以上（最高使用温度302℃）であるため，熱時効による材料特性の変化により破壊靱性の低下が予想され，この状態でき裂が存在する場合には小さな荷重でき裂が進展し，不安定破壊を引き起こす可能性があるが，弁箱，弁ふたには，き裂の原因となる経年劣化事象は想定されていない。

したがって，弁箱，弁ふたの熱時効は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

表 2.2-1 (1/9) 残留熱除去系熱交換器バイパス弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱(弁座一体型)		炭素鋼鋳鋼*1		△*3*4						*1:13Cr肉盛 *2:ステライト肉盛 *3:流れ加速型腐食 *4:外面
		弁ふた		炭素鋼鋳鋼		△*3*4						
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	シール	グランドパッキン	◎	—								
		ガスケット	◎	—								
隔離機能の維持	隔離	弁体		炭素鋼*2		△*3						
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		ステンレス鋼	△		△					
		ヨーク		炭素鋼鋳鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (2/9) 原子炉隔離時冷却系蒸気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	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱（弁座一体型）		炭素鋼鋳鋼*1	△*4	△*2*3						*1:ステライト肉盛 *2:流れ加速型腐食 *3:外面 *4:シート面
		弁ふた（ヨーク一体型）		炭素鋼鋳鋼		△*2*3						
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼 炭素鋼		△						
	シール	グラウンドパッキン	◎	—								
		ガスケット	◎	—								
隔離機能の維持	隔離	弁体		炭素鋼*1	△*4	△*2						
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		ステンレス鋼	△		△					

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (3/9) 格納容器 N2 ガス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	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象						備考	
					減肉		割れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱 (弁座一体型)		炭素鋼鋳鋼*1	△*4	△*2*3					*1:ステライト肉盛 *2:外面 *3:内面 *4:シート面	
		弁ふた		炭素鋼鋳鋼		△*2*3						
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼 炭素鋼		△						
	シール	グランドパッキン	◎	—								
		ガスケット	◎	—								
隔離機能の維持	隔離	弁体		ステンレス鋼*1	△*4							
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		ステンレス鋼	△		△					
		ヨーク		炭素鋼鋳鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (4/9) 非常用ディーゼル発電機エンジンエアクーラ海水入口弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象						備考	
					減肉		割れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱（弁座一体型）		炭素鋼鋳鋼*1		△*2*3					*1:フッ素樹脂ライニング *2:外面 *3:内面 *4:孔食・隙間腐食	
		弁ふた		炭素鋼鋳鋼*1		△*2*3						
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	シール	グランドパッキン	◎	—								
		ガスケット	◎	—								
隔離機能の維持	隔離	弁体		炭素鋼*1		△						
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		ステンレス鋼*1		△*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 2.2-1 (5/9) 原子炉冷却浄化吸込弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象						備考	
					減肉		割れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		ステンレス鋳鋼					▲		*1:ステライト肉盛 *2:エロージョン	
		弁ふた		ステンレス鋳鋼					▲			
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	シール	グラندパッキン	◎	—								
		ガスケット	◎	—								
隔離機能の維持	隔離	弁体		ステンレス鋼*1	△	△*2						
		弁座		ステンレス鋼*1	△	△*2						
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		ステンレス鋼	△		△					
		ヨーク		炭素鋼鋳鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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

表 2.2-1 (6/9) サプレッション・チェンバ隔離電磁弁 2-26V-95 前弁 (AC 系) に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象						備考	
					減肉		割れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱 (弁座一体型)		ステンレス鋼*1	△*3			△*2			*1:ステライト肉盛 *2:貫粒型応力腐食割れ *3:シート面	
		弁ふた		ステンレス鋼				△*2				
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼 炭素鋼		△						
	シール	グランドパッキン	◎	—								
		ガスケット	◎	—								
隔離機能の維持	隔離	弁体		ステンレス鋼*1	△*3							
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		ステンレス鋼	△		△					
		ヨーク		炭素鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (7/9) 残留熱除去系熱交換器海水出口流量調整弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		ステンレス鋳鋼		△*2						*1:ステライト肉盛 *2:孔食・隙間腐食 *3:エロージョン
		弁ふた		ステンレス鋳鋼		△*2						
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	シール	グランドパッキン	◎	—								
		ガスケット	◎	—								
隔離機能の維持	隔離	弁体		ステンレス鋼*1	△	△*2*3						
		弁座		ステンレス鋼*1	△	△*2*3						
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		ステンレス鋼	△	△*2	△					
		ヨーク		炭素鋼鋳鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (8/9) ほう酸水注入系貯蔵タンク出口弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象						備考	
					減肉		割れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱（弁座一体型）		ステンレス鋳鋼*1		△*2					*1:ステライト肉盛 *2:内面	
		弁ふた		ステンレス鋼		△*2						
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼 炭素鋼		△						
	シール	グランドパッキン	◎	—								
		ガスケット	◎	—								
隔離機能の維持	隔離	弁体		ステンレス鋼*1		△						
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		ステンレス鋼		△	△					
		ヨーク		炭素鋼鋳鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (9/9) 低圧炉心スプレイ系ポンプ室空調海水出口弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象						備考	
					減肉		割れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱（弁座一体型）		青銅鋳物	△*3	△					*1:ジョイントナット *2:エロージョン *3:シート面	
		弁ふた（ヨーク一体型）		青銅鋳物		△						
		ジョイントボルト・ナット		ステンレス鋼 黄銅		△*1						
	シール	グランドパッキン	◎	—								
		ガスケット	◎	—								
隔離機能の維持	隔離	弁体		青銅鋳物	△*3	△*2						
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		黄銅	△	△	△					

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

### 3. 代表機器以外への展開

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

[対象系統]

- ① 制御棒駆動系
- ② ほう酸水注入系
- ③ 残留熱除去系
- ④ 残留熱除去海水系
- ⑤ 高圧炉心スプレイ系
- ⑥ 低圧炉心スプレイ系
- ⑦ 原子炉隔離時冷却系
- ⑧ 原子炉系
- ⑨ 原子炉再循環系
- ⑩ 原子炉冷却材浄化系
- ⑪ 燃料プール冷却浄化系
- ⑫ 格納容器雰囲気監視系
- ⑬ 可燃性ガス濃度制御系
- ⑭ 不活性ガス系
- ⑮ タービン補助蒸気系
- ⑯ 給水系
- ⑰ 非常用ディーゼル発電機海水系
- ⑱ 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機海水系
- ⑲ 制御用圧縮空気系
- ⑳ 試料採取系
- ㉑ 事故時サンプリング設備
- ㉒ 重大事故等対処設備

### 3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

代表機器同様，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

### 3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

a. 弁箱（弁座一体型含む），弁ふた（ヨーク一体型含む）の外面の腐食（全面腐食）  
[弁箱，弁ふたが炭素鋼又は炭素鋼鋳鋼の玉形弁共通]

代表機器と同様，弁箱，弁ふたは炭素鋼又は炭素鋼鋳鋼であり腐食が想定されるが，大気接触部は塗装が施されていることから，腐食が発生する可能性は小さく，分解点検時の目視点検において塗装状態を確認し，必要に応じて補修塗装を実施することにより機能を維持している。

重大事故等対処設備は新たに設置される機器であることから，今後の分解点検時の目視点検において塗装の状態を確認し，必要に応じて補修塗装することにより機能を維持することとしている。

したがって，弁箱（弁座一体型含む），弁ふた（ヨーク一体型含む）の外面の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食） [ジョイントボルト・ナットの材料が低合金鋼又は炭素鋼の玉形弁共通]

代表機器と同様，ジョイントボルト・ナットは低合金鋼又は炭素鋼であり腐食が想定されるが，分解点検時に手入れ・清掃を行うことにより機能を維持している。

重大事故等対処設備は新たに設置される機器であることから，今後の分解点検時に手入れ・清掃を行うことにより機能を維持することとしている。

したがって，ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. ヨークの腐食（全面腐食） [ヨークの材料が炭素鋼又は炭素鋼鋳鋼の玉形弁共通]

代表機器と同様，ヨークは炭素鋼又は炭素鋼鋳鋼であり腐食が想定されるが，分解点検時の目視点検により塗装状態を確認し，必要に応じて補修塗装を実施することにより機能を維持している。

重大事故等対処設備は新たに設置される機器であることから，今後の分解点検時の目視点検において塗装の状態を確認し，必要に応じて補修塗装することにより機能を維持することとしている。

したがって，ヨークの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- d. 弁箱（弁座一体型含む）、弁ふた（ヨーク一体型含む）、弁体の腐食（流れ加速型腐食）〔内部流体が純水又は蒸気で材料が炭素鋼鋳鋼又は炭素鋼の玉形弁共通〕

代表機器と同様、弁箱、弁ふたは炭素鋼鋳鋼、弁体は炭素鋼であり、内部流体が純水又は蒸気であることから腐食（流れ加速型腐食）が想定されるが、分解点検時の目視点検において有意な腐食（流れ加速型腐食）がないことを確認しており、必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持している。

したがって、弁箱（弁座一体型含む）、弁ふた（ヨーク一体型含む）、及び弁体の腐食（流れ加速型腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- e. 弁箱（内面）、弁ふた（内面）、弁体の腐食（全面腐食）〔材料が炭素鋼鋳鋼、炭素鋼の玉形弁共通〕

代表機器と同様、弁箱、弁ふたは炭素鋼鋳鋼、弁体は炭素鋼であり腐食が想定されるが、分解点検時の目視点検において有意な腐食がないことを確認しており、必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持している。

また、一部の海水系弁については、接液部にフッ素樹脂ライニングが施工されており、これが損傷すると腐食が生じる可能性があるが、分解点検時の目視点検によりライニング状態を確認し、必要に応じて補修又は取替を実施することにより機能を維持することとしている。

重大事故等対処設備は新たに設置される機器であることから、今後の分解点検時の目視点検結果により、必要に応じて補修又は取替を実施することにより機能を維持することとしている。

したがって、弁箱（内面）、弁ふた（内面）、弁体の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- f. 弁箱、弁ふた、弁体、弁座、弁棒の腐食（孔食・隙間腐食）〔残留熱除去海水系の玉形弁共通〕

代表機器と同様、弁箱、弁ふた、弁体、弁座、弁棒はステンレス鋼であり、内部流体は海水であることから腐食（孔食・隙間腐食）が想定されるが、分解点検時の目視点検により状態を確認し、必要に応じて補修又は取替を実施することにより機能を維持している。

したがって、弁箱、弁ふた、弁体、弁座、弁棒の腐食（孔食・隙間腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- g. 弁棒の腐食（孔食・隙間腐食）〔高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機海水系，重大事故等対処設備の玉形弁共通〕

代表機器と同様，弁棒はステンレス鋼であり，内部流体に接する部分に施工されたフッ素樹脂ライニングが損傷すると腐食（孔食・隙間腐食）が生じる可能性があるが，分解点検時の目視点検により状態を確認し，必要に応じて補修又は取替を実施することにより機能を維持することとしている。

重大事故等対処設備は新たに設置される機器であることから，今後の分解点検時の目視点検においてライニング状態を確認し，必要に応じて補修することにより機能を維持することとしている。

したがって，弁棒の腐食（孔食・隙間腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- h. 弁箱（弁座一体型），弁ふた（ヨーク一体型），ジョイントナット，弁体，弁棒の腐食（全面腐食）〔残留熱除去海水系，高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機海水系の玉形弁共通〕

代表機器と同様，弁箱，弁ふた，ジョイントナット，弁体，弁棒は青銅鋳物又は黄銅であり，腐食が想定されるが，分解点検時の目視点検により状態を確認し，必要に応じて補修又は取替を実施することにより機能を維持している。

したがって，弁箱（弁座一体型），弁ふた（ヨーク一体型），ジョイントナット，弁体，弁棒の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- i. 弁箱（弁座一体型），弁体の摩耗〔残留熱除去海水系，高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機海水系の玉形弁共通〕

代表機器と同様，弁が開閉するとシート面で摺動するため摩耗が想定されるが，分解点検時の目視点検により状態を確認し，必要に応じて補修又は取替を実施することにより機能を維持している。

したがって，弁箱（弁座一体型），弁体の摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- j. 弁箱（弁座一体型），弁ふたの貫粒型応力腐食割れ〔弁箱，弁ふたの材料がステンレス鋼又はステンレス鋳鋼の玉形弁共通〕

代表機器と同様，弁箱及び弁ふたはステンレス鋼又はステンレス鋳鋼であり，大気中の海塩粒子に含まれる塩化物イオンにより，外面から貫粒型応力腐食割れの発生が想定されるが，原子炉建屋内機器の塩分測定において代表箇所における定期的な目視点検及び塩分付着量測定を実施し，その結果により必要に応じて機器外面清掃及び浸透探傷検査を実施することとしている。

また，東海第二では工事における副資材管理でステンレス鋼への塩分付着を防止している。

したがって，弁箱（弁座一体型），弁ふたの貫粒型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と判断する。

- k. 弁体の腐食（エロージョン）〔残留熱除去海水系，高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機海水系の玉形弁共通〕

代表機器と同様，内部流体の流れにより，弁体のシート面に腐食（エロージョン）が想定されるが，分解点検時の目視点検により状態を確認し，必要に応じて補修又は取替を実施することにより機能を維持している。

したがって，弁体の腐食（エロージョン）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- l. 弁箱，弁ふたの内面の腐食（全面腐食）〔制御用圧縮空気系，試料採取系，可燃性ガス濃度制御系，重大事故等対処設備の玉形弁共通〕

弁箱及び弁ふたは炭素鋼鋳鋼であり腐食が想定されるが，内面は窒素雰囲気であることから腐食が発生する可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検において有意な腐食は確認されておらず，今後も使用環境が変わらないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

重大事故等対処設備は新たに設置される機器であることから，上記同様，今後分解点検時の目視点検により状態を確認し，必要に応じて補修又は取替を実施することにより機能を維持することとしている。

したがって，弁箱，弁ふたの内面の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- m. 弁箱（弁座一体型），弁体，弁座の摩耗 [シート面にステライト肉盛されている玉形弁共通]

代表機器と同様，弁が開閉するとシート面で摺動することになるが，シート面には硬いステライトが肉盛されており，摩耗発生の可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検において有意な摩耗は確認されておらず，今後も使用環境が変わらないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

重大事故等対処設備は新たに設置される機器であることから，今後分解点検時の目視点検により状態を確認し，必要に応じて補修又は取替を実施することにより機能を維持することとしている。

したがって，弁箱（弁座一体型），弁体，弁座の摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- n. 弁棒の摩耗 [共通]

代表機器と同様，弁棒はグランドパッキンと接触しているため，弁の開閉に伴うグランドパッキンとの摺動により摩耗が想定されるが，グランドパッキンの材質がテフロン又は黒鉛等に対して，弁棒はステンレス鋼又は黄銅であるため，これらの摺動による摩耗が発生する可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検において有意な摩耗は確認されておらず，今後も使用環境に変化がないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

重大事故等対処設備は新たに設置される機器であることから，今後分解点検時に目視点検を実施し，必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持することとしている。

したがって，弁棒の摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

o. 弁棒の疲労割れ [共通]

代表機器と同様、弁棒のバックシート部は角部を滑らかにし、設計上応力集中がかからないような構造としており発生応力を下げている。

また、電動弁及び空気作動弁については、バックシートが効く位置の手前でリミットスイッチが切れ、動作が止まるように設定されているため、弁棒及びバックシート部に過負荷は加わらない。

一部の電動弁では、全開位置をトルク切れによって調整しており、トルク設定値を高くすると、弁棒のバックシート部は常に高い応力がかかった状態となり、配管振動等による疲労が蓄積し、弁棒に疲労割れを起こすことが考えられるが、バックシートが効く程度の力で動作が止まるようトルク設定することにより、過大応力を抑制している。

手動弁については開操作時にバックシート部への過負荷が加わらないよう、全開操作後に若干戻す操作を行っている。

以上より、電動弁、空気作動弁及び手動弁について、弁棒の疲労割れが発生する可能性は小さい。

なお、分解点検時の目視点検及び浸透探傷検査において有意な割れは認められておらず、今後も使用環境が変わらないことから、これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

重大事故等対処設備は新たに設置される機器であることから、今後分解点検時に目視点検及び浸透探傷検査を行うことにより機能を維持することとしている。

したがって、弁棒の疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

p. 弁箱（弁座一体型）（内面）、弁ふた（内面）、弁体、弁棒の腐食（全面腐食） [ほう酸水注入系玉形弁]

代表機器と同様、弁箱はステンレス鋳鋼、弁ふた、弁体、弁棒はステンレス鋼であり、内部流体は五ほう酸ナトリウム水であることから腐食が想定されるが、ステンレス鋼は五ほう酸ナトリウム水に対し耐食性を有していることから、腐食が発生する可能性は小さい。

なお、分解点検時の目視点検において腐食の状況を確認し、必要に応じ補修又は取替を行うことにより、機能を維持することとしている。

したがって、弁箱（弁座一体型）（内面）、弁ふた（内面）、弁体、弁棒の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- q. 弁体，弁座の腐食（エロージョン） [シート面にステライト肉盛されている玉形弁共通]

代表機器と同様，内部流体の流れにより，弁体と弁座のシート面には腐食（エロージョン）が想定されるが，シート面には硬いステライトが肉盛されており，腐食（エロージョン）の発生する可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検において有意な腐食（エロージョン）は確認されておらず，今後も使用環境が変わらないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

重大事故等対処設備は新たに設置される機器であることから，今後分解点検時に目視点検を実施し，必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持することとしている。

したがって，弁体，弁座の腐食（エロージョン）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- (2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，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（日常劣化管理事象以外）

- a. 弁箱，弁ふたの熱時効 [原子炉冷却材浄化系，残留熱除去系の玉形弁共通]

代表機器と同様，弁箱，弁ふたに使用しているステンレス鋳鋼はオーステナイト相中に一部フェライト相を含む2相組織であり，使用環境温度は250℃以上（最高使用温度302℃）であるため，熱時効による材料特性の変化により破壊靱性の低下が予想され，この状態でき裂が存在する場合には小さな荷重でき裂が進展し，不安定破壊を引き起こす可能性があるが，弁箱，弁ふたには，き裂の原因となる経年劣化事象は想定されていない。

したがって，弁箱，弁ふたの熱時効は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

### 3. 逆止弁

[対象系統]

- ① 中性子計装系
- ② 制御棒駆動系
- ③ ほう酸水注入系
- ④ 残留熱除去系
- ⑤ 残留熱除去海水系
- ⑥ 高圧炉心スプレイ系
- ⑦ 低圧炉心スプレイ系
- ⑧ 原子炉隔離時冷却系
- ⑨ 原子炉系
- ⑩ 原子炉再循環系
- ⑪ 主蒸気隔離弁漏えい抑制系
- ⑫ 原子炉冷却材浄化系
- ⑬ 燃料プール冷却浄化系
- ⑭ 抽気系
- ⑮ 復水系
- ⑯ 給水系
- ⑰ 給水加熱器ドレン系
- ⑱ 非常用ディーゼル発電機海水系
- ⑲ 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機海水系
- ⑳ 制御用圧縮空気系
- ㉑ 所内蒸気系
- ㉒ サプレッション・プール水 pH 制御装置
- ㉓ 重大事故等対処設備
- ㉔ 浸水防護施設

## 目次

1. 対象機器及び代表機器の選定.....	3-1
1.1 グループ化の考え方及び結果.....	3-1
1.2 代表機器の選定.....	3-1
2. 代表機器の技術評価.....	3-5
2.1 構造, 材料及び使用条件.....	3-5
2.1.1 原子炉給水逆止弁.....	3-5
2.1.2 MSIV-LCS 共通ベント逆止弁.....	3-8
2.1.3 非常用ディーゼル発電機海水系出口逆止弁.....	3-11
2.1.4 原子炉再循環ポンプシールパージ内側逆止弁.....	3-14
2.1.5 SLC ポンプ出口逆止弁.....	3-17
2.1.6 逃がし安全弁 (ADS) N2 供給管逆止弁.....	3-20
2.1.7 残留熱除去海水系ポンプ逆止弁.....	3-23
2.2 経年劣化事象の抽出.....	3-26
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目.....	3-26
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出.....	3-26
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象.....	3-27
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価.....	3-39
3. 代表機器以外への展開.....	3-43
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象.....	3-44
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象.....	3-44

## 1. 対象機器及び代表機器の選定

東海第二で使用している主要な逆止弁の主な仕様を表 1-1 に示す。

これらの逆止弁を弁箱材料及び内部流体の観点からグループ化し、それぞれのグループより代表機器を選定した。

### 1.1 グループ化の考え方及び結果

弁箱材料及び内部流体を分類基準とし、逆止弁を表 1-1 に示すとおりグループ化する。

弁箱材料は炭素鋼，ステンレス鋼に分類され，内部流体は純水，蒸気，海水，五ほう酸ナトリウム水，ガスに分類される。

### 1.2 代表機器の選定

表 1-1 に分類されるグループ毎に，重要度，運転状態，最高使用温度，最高使用圧力及び口径の観点から代表機器を選定する。

#### (1) 純水系炭素鋼逆止弁（内部流体：純水，弁箱材料：炭素鋼）

このグループには，制御棒駆動系，残留熱除去系，原子炉冷却材浄化系，高圧炉心スプレイ系，低圧炉心スプレイ系，原子炉隔離時冷却系，原子炉系，復水系，給水系，給水加熱器ドレン系及び重大事故等対処設備が属するが，重要度が高く，運転状態の厳しい原子炉給水逆止弁を代表機器とする。

#### (2) 蒸気系炭素鋼逆止弁（内部流体：蒸気，弁箱材料：炭素鋼）

このグループには，原子炉隔離時冷却系，主蒸気隔離弁漏えい抑制系，抽気系，所内蒸気系及び重大事故等対処設備が属するが，重要度の高い MSIV-LCS 共通ベント逆止弁を代表機器とする。

#### (3) 海水系炭素鋼逆止弁（内部流体：海水，弁箱材料：炭素鋼）

このグループには，非常用ディーゼル発電機海水系，高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機海水系及び重大事故等対処設備が属するが，重要度が高い機器は，運転状態，最高使用温度，最高使用圧力，口径が同等であるため，系統流量の大きい非常用ディーゼル発電機海水系出口逆止弁を代表機器とする。

#### (4) 純水系ステンレス鋼逆止弁（内部流体：純水，弁箱材料：ステンレス鋼）

このグループには，制御棒駆動系，ほう酸水注入系，残留熱除去系，原子炉隔離時冷却系，原子炉再循環系，原子炉冷却材浄化系，燃料プール冷却浄化系及び重大事故等対処設備が属するが，重要度が高く，運転状態が厳しく，最高使用温度及び最高使用圧力の高い原子炉再循環ポンプシールパージ内側逆止弁を代表機器とする。

- (5) 五ほう酸ナトリウム水系ステンレス鋼逆止弁（内部流体：五ほう酸ナトリウム水，弁箱材料：ステンレス鋼）

このグループは，ほう酸水注入系の SLC ポンプ出口逆止弁のみであるため，これを代表機器とする。

- (6) ガス系ステンレス鋼逆止弁（内部流体：ガス，弁箱材料：ステンレス鋼）

このグループには，中性子計装系，原子炉系，制御用圧縮空気系，サプレッション・プール水 pH 制御装置及び重大事故等対処設備が属するが，重要度が高く，運転状態が厳しく，最高使用温度は同等であるため最高使用圧力の高い逃がし安全弁（ADS）N2 供給管逆止弁を代表機器とする。

- (7) 海水系ステンレス鋼逆止弁（内部流体：海水，弁箱材料：ステンレス鋼）

このグループには，残留熱除去海水系及び浸水防護施設が属するが，重要度の高い残留熱除去海水系ポンプ逆止弁を代表機器とする。

表 1-1 (1/2) 逆止弁のグループ化及び代表機器の選定

分類基準		当該系統	選定基準					選定	代表機器／選定理由
弁箱材料	内部流体		口径(A)	重要度*1	使用条件				
					運転状態	最高使用圧力(MPa)	最高使用温度(℃)		
炭素鋼	純水	制御棒駆動系	50	高*2	連続	12.06	66		原子炉給水逆止弁／重要度, 運転状態
		残留熱除去系	25～450	PS-1/MS-1, 重*3	一時	0.86～8.62	100～302		
		高圧炉心スプレイ系	25～600	PS-1/MS-1, 重*3	一時	0.70～10.69	100～302		
		低圧炉心スプレイ系	25～400	PS-1/MS-1, 重*3	一時	4.14～8.62	100～302		
		原子炉隔離時冷却系	25～200	PS-1/MS-1, 重*3	一時	0.86～10.35	77～302		
		原子炉系	500	PS-1/MS-1	連続	8.62	302	◎	
		原子炉冷却材浄化系	100～150	PS-2	連続	9.80	302		
		復水系	500	高*2	連続	6.14	205		
		給水系	400～600	高*2	連続	15.51	233		
		給水加熱器ドレン系	80～400	高*2	連続	0.69～1.04	149～233		
	重大事故等対処設備*5	80～250	重*3	一時	1.37～10.70	66～174			
	蒸気	原子炉隔離時冷却系	80～350	高*2, 重*3	一時	1.04	135		MSIV-LCS 共通ベント逆止弁／重要度
		主蒸気隔離弁漏えい抑制系	100	MS-1	一時	8.62	302	◎	
		抽気系	350	高*2	連続	1.81	210		
		所内蒸気系	150	高*2	連続	0.96	183		
		重大事故等対処設備*5	350	重*3	一時	1.04	135		
	海水	非常用ディーゼル発電機海水系	250	MS-1, 重*3	一時	0.70	38～66	◎	非常用ディーゼル発電機海水系出口逆止弁／重要度, 運転状態, 最高使用温度, 最高使用圧力, 口径, 容量*4
		高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機海水系	250	MS-1, 重*3	一時	0.70	38～66		
		重大事故等対処設備*5	150～350	重*3	一時	0.98～3.45	38～66		

\*1：当該機器に要求される重要度クラスのうち、最上位の重要度クラスを示す

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

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

\*4：選定基準が同一であることから、ポンプ容量の大きい系統を選定

非常用ディーゼル発電機海水ポンプ：272.6 m<sup>3</sup>/h, 高圧炉心スプレイディーゼル冷却系海水系ポンプ：232.8 m<sup>3</sup>/h

\*5：新規に設置される機器及び構造物を示す

表 1-1 (2/2) 逆止弁のグループ化及び代表機器の選定

分類基準		当該系統	選定基準					選定	代表機器／選定理由
弁箱材料	内部流体		口径(A)	重要度*1	使用条件				
					運転状態	最高使用圧力(MPa)	最高使用温度(℃)		
ステンレス鋼	純水	制御棒駆動系	25	高*2	連続	12.06	66	原子炉再循環ポンプシールパージ内側逆止弁／重要度，運転状態，最高使用温度，最高使用圧力	
		ほう酸水注入系	40	MS-1，重*3	一時	9.66	302		
		残留熱除去系	150～300	PS-1/MS-1，重*3	一時	8.62～10.69	302		
		原子炉隔離時冷却系	150	PS-1/MS-1，重*3	一時	8.62	302		
		原子炉再循環系	20	MS-1	連続	12.06	302		◎
		原子炉冷却材浄化系	20～150	PS-2	連続	9.80	66～302		
		燃料プール冷却浄化系	65	MS-2	連続	1.38	66		
		重大事故等対処設備*4	25～50	重*3	一時	0.62～2.5	200		
	五ほう酸ナトリウム水	ほう酸水注入系	40	MS-1，重*3	一時	9.66	66	◎	SLC ポンプ出口逆止弁
	ガス	中性子計装系	20	MS-1	一時	0.31	171	逃がし安全弁(ADS) N2 供給管逆止弁／重要度，運転状態，最高使用温度，最高使用圧力	
		原子炉系	15	MS-1，重*3	連続	0.86～1.38	66		◎
		制御用圧縮空気系	50	重*3	一時	1.38	66		
		サブプレッション・プール水 pH 制御装置*4	80	MS-1	一時	0.31	171		
		重大事故等対処設備*4	50	重*3	一時	0.3～0.86	66～200		
	海水	残留熱除去海水系	350	MS-1，重*3	一時	3.45	38	◎	残留熱除去海水系ポンプ逆止弁／重要度
浸水防護施設*4		80～100	設*5	一時	0.20	38			

\*1：当該機器に要求される重要度クラスのうち，最上位の重要度クラスを示す

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

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

\*4：新規に設置される機器及び構造物を示す

\*5：設計基準対象施設として評価対象とした機器及び構造物であることを示す

## 2. 代表機器の技術評価

本章では、1章で代表機器とした7台の弁について技術評価を実施する。

- ① 原子炉給水逆止弁
- ② MSIV-LCS 共通ベント逆止弁
- ③ 非常用ディーゼル発電機海水系出口逆止弁
- ④ 原子炉再循環ポンプシールパージ内側逆止弁
- ⑤ SLC ポンプ出口逆止弁
- ⑥ 逃がし安全弁 (ADS) N2 供給管逆止弁
- ⑦ 残留熱除去海水系ポンプ逆止弁

### 2.1 構造, 材料及び使用条件

#### 2.1.1 原子炉給水逆止弁

##### (1) 構造

東海第二の原子炉給水逆止弁は、口径が 500A, 最高使用圧力 8.62 MPa, 最高使用温度 302 °C のチルチング型逆止弁で、2 台設置されている。

弁本体は、純水を内包する耐圧部 (弁箱, 弁ふた, ジョイントボルト・ナット), 純水を仕切る隔離部 (弁体, 弁座) 及び弁体の支持部 (弁棒) からなる。

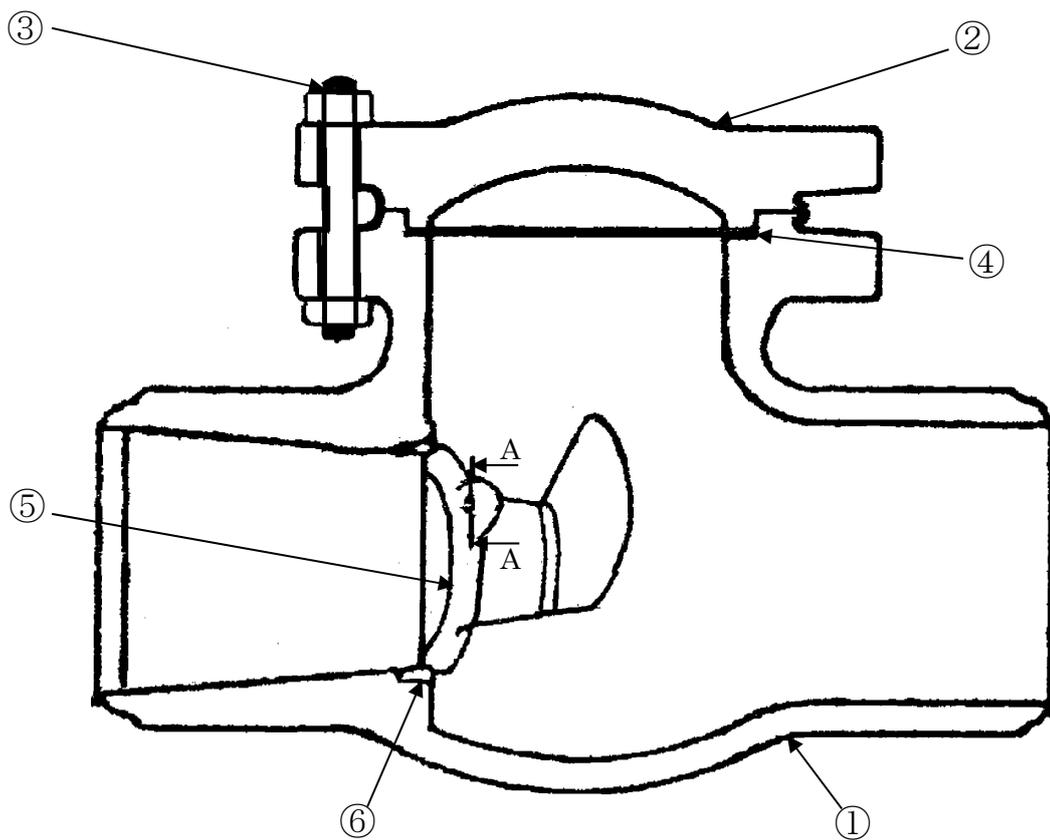
純水に接する弁箱, 弁ふた, 弁体は炭素鋼鋳鋼を使用している。

なお, 当該弁については, ジョイントボルト・ナットを取外すことにより, 弁内部の点検手入れが可能である。

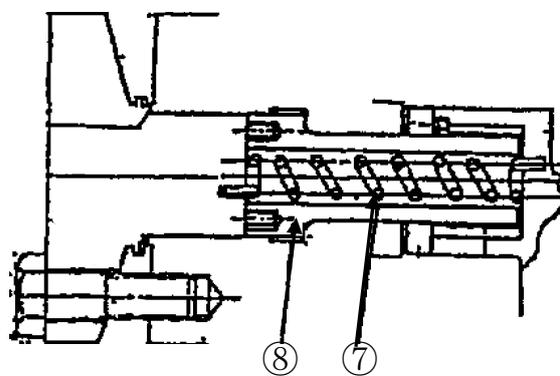
東海第二の原子炉給水逆止弁の構造図を図 2.1-1 に示す。

##### (2) 材料及び使用条件

東海第二の原子炉給水逆止弁主要部位の使用材料を表 2.1-1 に, 使用条件を表 2.1-2 に示す。



No.	部位
①	弁箱
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	ガスケット
⑤	弁体
⑥	弁座
⑦	スプリング
⑧	弁棒



A-A 断面詳細

図 2.1-1 原子炉給水逆止弁構造図

表 2.1-1 原子炉給水逆止弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	炭素鋼鋳鋼
		弁ふた	炭素鋼鋳鋼
		ジョイントボルト・ナット	低合金鋼
	シール	ガスケット	(消耗品)
隔離機能の維持	隔離	弁体	炭素鋼鋳鋼 (ステライト肉盛)
		弁座	炭素鋼 (ステライト肉盛)
		スプリング	インコネル
作動機能の維持	作動支持	弁棒	ステンレス鋼

表 2.1-2 原子炉給水逆止弁の使用条件

最高使用圧力	8.62 MPa
最高使用温度	302 °C
内部流体	純水

## 2.1.2 MSIV-LCS 共通ベント逆止弁

### (1) 構造

東海第二の MSIV-LCS 共通ベント逆止弁は、口径 100A、最高使用圧力 8.62 MPa、最高使用温度 302 °C のスイング型逆止弁で、2 台設置されている。

弁本体は蒸気を内包する耐圧部（弁箱（弁座一体型））、弁ふた、ジョイントボルト・ナット）、蒸気を仕切る隔離部（弁体）及び弁体を作動させる駆動力伝達部（アーム、弁棒）からなる。

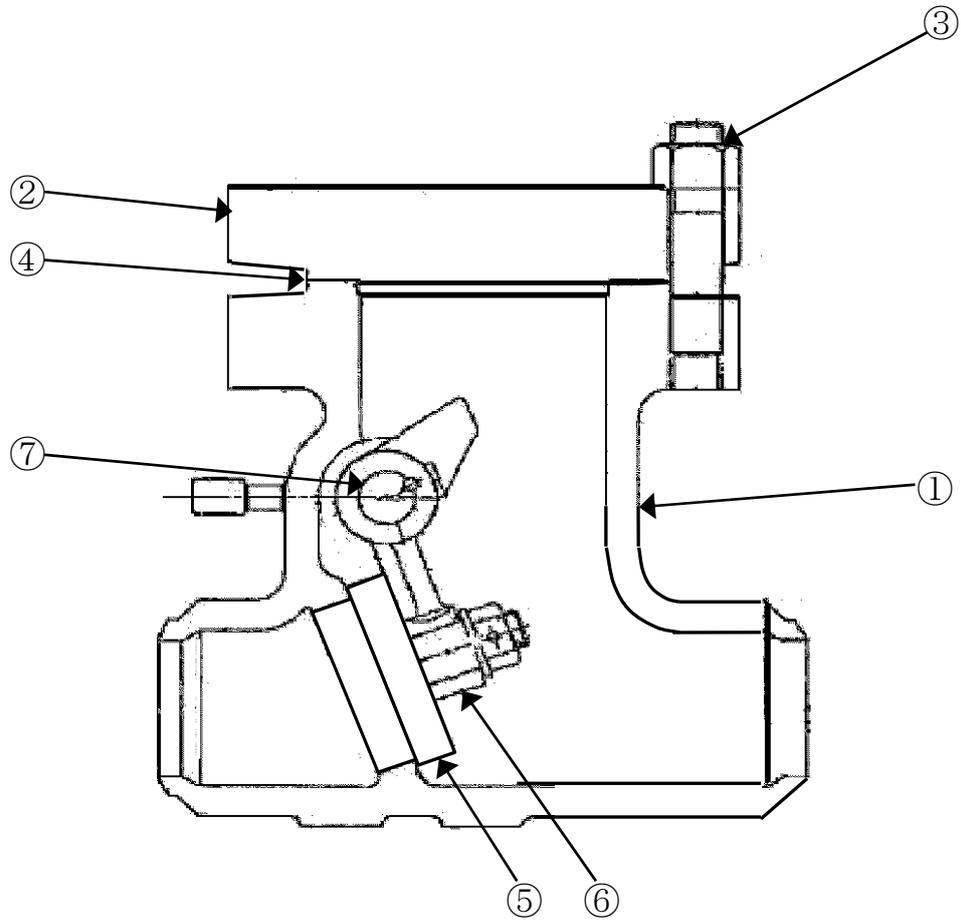
蒸気に接する弁箱（弁座一体型）及びアームには炭素鋼鋳鋼、弁ふた及び弁体には炭素鋼が使用されている。

なお、当該弁は、ジョイントボルト・ナットを取外すことにより、弁内部の点検手入れが可能である。

東海第二の MSIV-LCS 共通ベント逆止弁の構造図を図 2.1-2 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

東海第二の MSIV-LCS 共通ベント逆止弁主要部位の使用材料を表 2.1-3 に、使用条件を表 2.1-4 に示す。



No.	部位
①	弁箱（弁座一体型）
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	ガスケット
⑤	弁体
⑥	アーム
⑦	弁棒

図 2.1-2 MSIV-LCS 共通ベント逆止弁構造図

表 2.1-3 MSIV-LCS 共通ベント逆止弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱（弁座一体型）	炭素鋼鋳鋼（ステライト肉盛）
		弁ふた	炭素鋼
		ジョイントボルト・ナット	低合金鋼
	シール	グラندパッキン	（消耗品）
		ガスケット	（消耗品）
隔離機能の維持	隔離	弁体	炭素鋼（ステライト肉盛）
作動機能の維持	駆動力伝達	アーム	炭素鋼鋳鋼
		弁棒	ステンレス鋼

表 2.1-4 MSIV-LCS 共通ベント逆止弁の使用条件

最高使用圧力	8.62 MPa
最高使用温度	302 °C
内部流体	蒸気

### 2.1.3 非常用ディーゼル発電機海水系出口逆止弁

#### (1) 構造

東海第二の非常用ディーゼル発電機海水系出口逆止弁は口径 250A, 最高使用圧力 0.70 MPa, 最高使用温度 66 °Cのスイング型逆止弁で, 2 台設置されている。

弁本体は, 海水を内包する耐圧部 (弁箱 (弁座一体型) , 弁ふた, ジョイントボルト・ナット) , 海水を仕切る隔離部 (弁体 (アーム一体型) ) 及び弁体 (アーム一体型) の支持部 (弁棒) からなる。

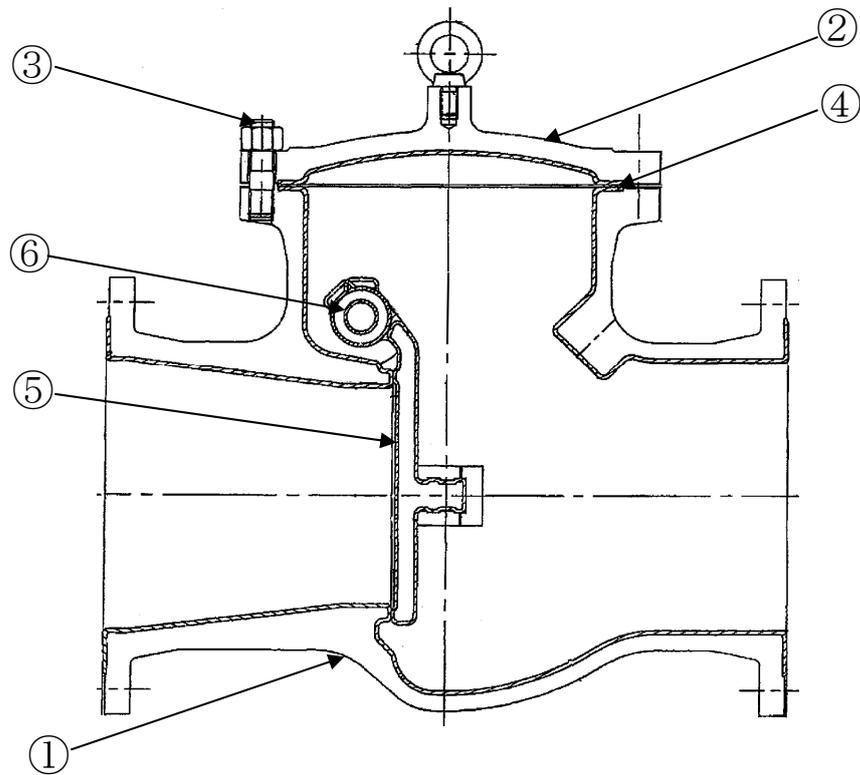
海水に接する弁箱 (弁座一体型) , 弁ふた, 弁体 (アーム一体型) には炭素鋼鋳鋼, 弁棒にはステンレス鋼が使用されており, 接液部にはフッ素樹脂ライニングが施されている。

なお, 当該弁は, ジョイントボルト・ナットを取外すことにより, 弁内部の点検手入れが可能である。

東海第二の非常用ディーゼル発電機海水系出口逆止弁の構造図を図 2.1-3 に示す。

#### (2) 材料及び使用条件

東海第二の非常用ディーゼル発電機海水系出口逆止弁主要部位の使用材料を表 2.1-5 に, 使用条件を表 2.1-6 に示す。



No.	部位
①	弁箱（弁座一体型）
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	ガスケット
⑤	弁体（アーム一体型）
⑥	弁棒

図 2.1-3 非常用ディーゼル発電機海水系出口逆止弁構造図

表 2.1-5 非常用ディーゼル発電機海水系出口逆止弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱（弁座一体型）	炭素鋼鋳鋼（フッ素樹脂ライニング）
		弁ふた	炭素鋼鋳鋼（フッ素樹脂ライニング）
		ジョイントボルト・ナット	低合金鋼
	シール	ガスケット	（消耗品）
隔離機能の維持	隔離	弁体（アーム一体型）	炭素鋼鋳鋼（フッ素樹脂ライニング）
作動機能の維持	作動支持	弁棒	ステンレス鋼（フッ素樹脂ライニング）

表 2.1-6 非常用ディーゼル発電機海水系出口逆止弁の使用条件

最高使用圧力	0.70 MPa
最高使用温度	66 °C
内部流体	海水

#### 2.1.4 原子炉再循環ポンプシールパージ内側逆止弁

##### (1) 構造

東海第二の原子炉再循環ポンプシールパージ内側逆止弁は、口径 20A、最高使用圧力 12.06 MPa、最高使用温度 302 °C のリフト型逆止弁で、2 台設置されている。

弁本体は、純水を内包する耐圧部（弁箱（弁座一体型）、弁ふた（リテーナ付））、純水を仕切る隔離部（弁箱（弁座一体型）、弁体）からなる。

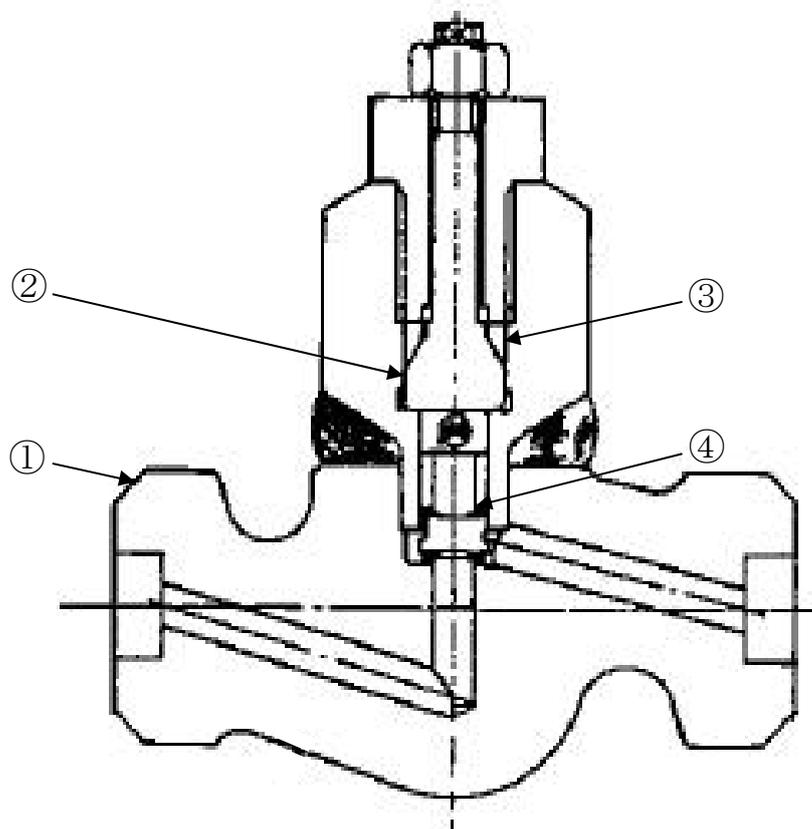
純水に接する弁箱（弁座一体型）、弁ふた（リテーナ付）、弁体にはステンレス鋼が使用されている。

なお、当該弁は、弁ふた（リテーナ付）を取外すことにより、弁内部の点検手入れが可能である。

東海第二の原子炉再循環ポンプシールパージ内側逆止弁の構造図を図 2.1-4 に示す。

##### (2) 材料及び使用条件

東海第二の原子炉再循環ポンプシールパージ内側逆止弁主要部位の使用材料を表 2.1-7 に、使用条件を表 2.1-8 に示す。



No.	部位
①	弁箱（弁座一体型）
②	弁ふた（リテーナ付）
③	ガスケット
④	弁体

図 2.1-4 原子炉再循環ポンプシールパージ内側逆止弁構造図

表 2.1-7 原子炉再循環ポンプシールパージ内側逆止弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱（弁座一体型）	ステンレス鋼（ステライト肉盛）
		弁ふた（リテーナ付）	ステンレス鋼
	シール	ガスケット	（消耗品）
隔離機能の維持	隔離	弁体	ステンレス鋼（ステライト肉盛）

表 2.1-8 原子炉再循環ポンプシールパージ内側逆止弁の使用条件

最高使用圧力	12.06 MPa
最高使用温度	302 °C
内部流体	純水

## 2.1.5 SLC ポンプ出口逆止弁

### (1) 構造

東海第二の SLC ポンプ出口逆止弁は、口径 40A、最高使用圧力 9.66 MPa、最高使用温度 66 °C のリフト型逆止弁で、2 台設置されている。

弁本体は、五ほう酸ナトリウム水を内包する耐圧部（弁箱（弁座一体型）、弁ふた、ジョイントボルト・ナット）、五ほう酸ナトリウム水を仕切る隔離部（弁箱（弁座一体型）、弁体、スプリング）からなる。

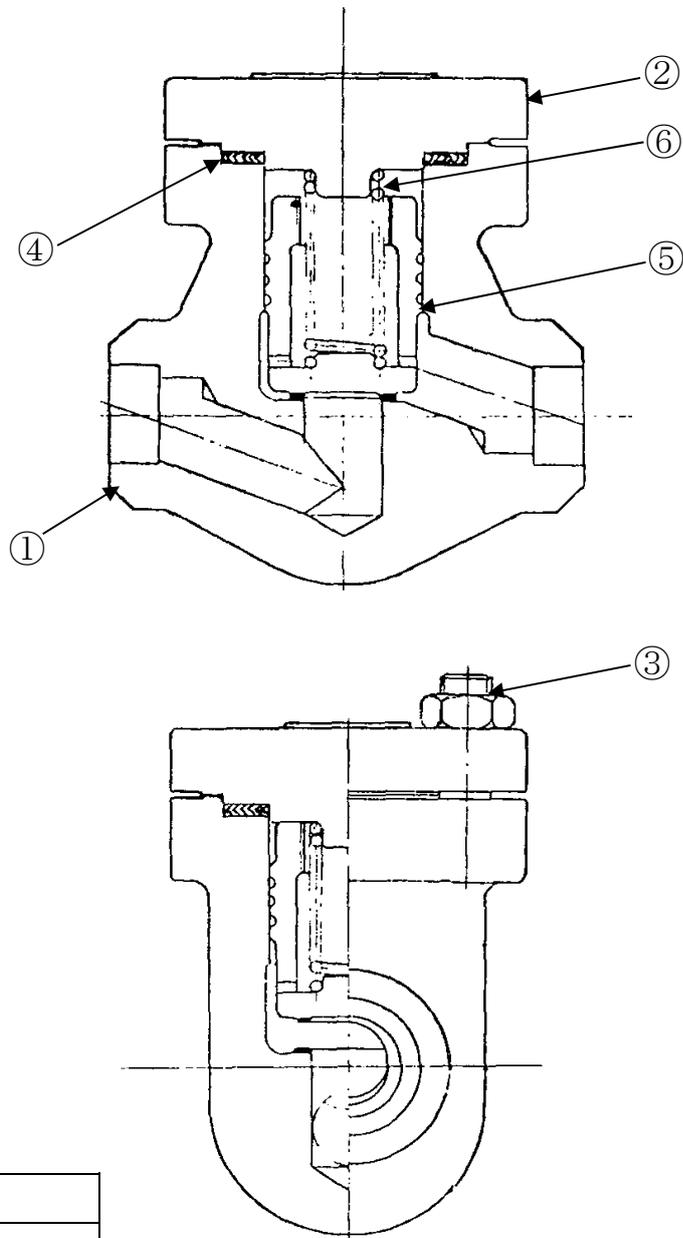
五ほう酸ナトリウム水に接する弁箱（弁座一体型）、弁ふた、弁体にはステンレス鋼が使用されている。

なお、当該弁は、ジョイントボルト・ナットを取外すことにより、弁内部の点検手入れが可能である。

東海第二の SLC ポンプ出口逆止弁の構造図を図 2.1-5 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

東海第二の SLC ポンプ出口逆止弁主要部位の使用材料を表 2.1-9 に、使用条件を表 2.1-10 に示す。



No.	部位
①	弁箱（弁座一体型）
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	ガスケット
⑤	弁体
⑥	スプリング

図 2. 1-5 SLC ポンプ出口逆止弁構造図

表 2.1-9 SLC ポンプ出口逆止弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱（弁座一体型）	ステンレス鋼（ステライト肉盛）
		弁ふた	ステンレス鋼
		ジョイントボルト・ナット	低合金鋼・炭素鋼
	シール	ガスケット	（消耗品）
隔離機能の維持	隔離	弁体	ステンレス鋼（ステライト肉盛）
		スプリング	ステンレス鋼

表 2.1-10 SLC ポンプ出口逆止弁の使用条件

最高使用圧力	9.66 MPa
最高使用温度	66 °C
内部流体	五ほう酸ナトリウム水

## 2.1.6 逃がし安全弁 (ADS) N2 供給管逆止弁

### (1) 構造

東海第二の逃がし安全弁 (ADS) N2 供給管逆止弁は口径 15A, 最高使用圧力 1.38 MPa, 最高使用温度 66 °C のリフト型逆止弁で, 7 台設置されている。

弁本体は, ガス (窒素) を内包する耐圧部 (弁箱 (弁座一体型), 弁ふた, ジョイントボルト・ナット), ガスを仕切る隔離部 (弁箱 (弁座一体型), 弁体) からなる。

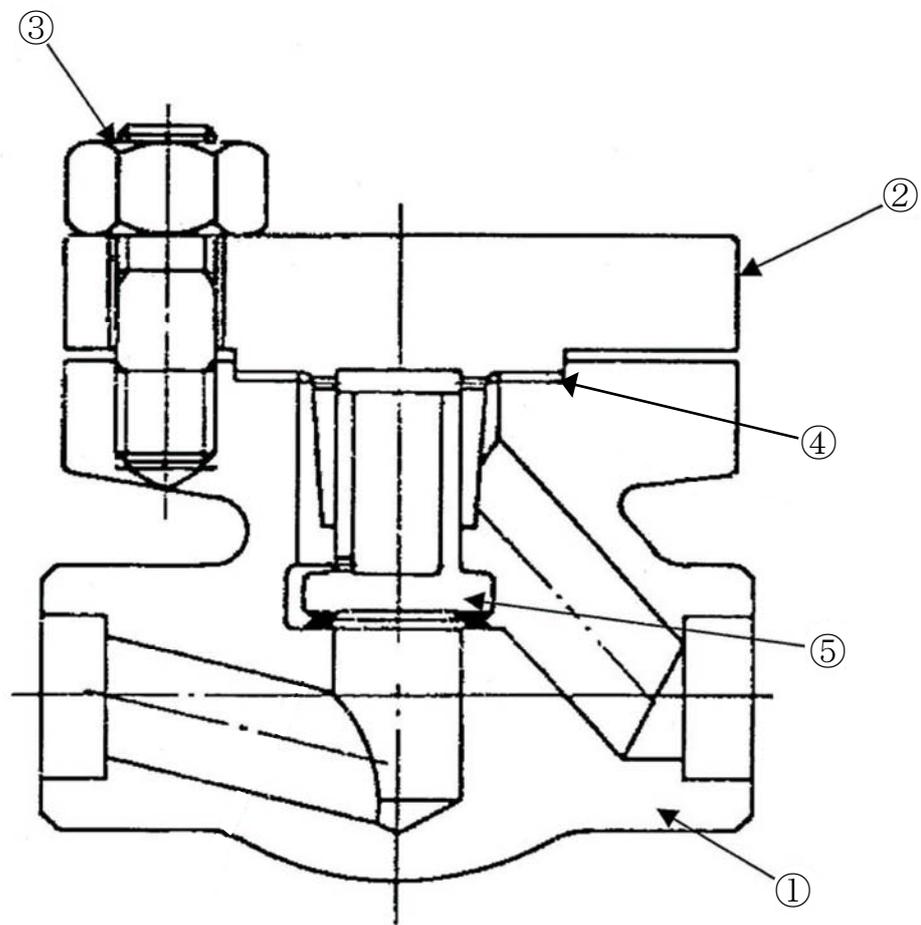
ガスに接する弁箱 (弁座一体型), 弁ふた, 弁体にはステンレス鋼が使用されている。

なお, 当該弁は, ジョイントボルト・ナットを取外すことにより, 弁内部の点検手入れが可能である。

東海第二の逃がし安全弁 (ADS) N2 供給管逆止弁の構造図を図 2.1-6 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

東海第二の逃がし安全弁 (ADS) N2 供給管逆止弁主要部位の使用材料を表 2.1-11 に, 使用条件を表 2.1-12 に示す。



No.	部位
①	弁箱（弁座一体型）
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	ガスケット
⑤	弁体

図 2.1-6 逃がし安全弁（ADS）N2 供給管逆止弁構造図

表 2.1-11 逃がし安全弁 (ADS) N2 供給管逆止弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱 (弁座一体型)	ステンレス鋼 (ステライト肉盛)
		弁ふた	ステンレス鋼
		ジョイントボルト・ナット	低合金鋼
	シール	ガスケット	(消耗品)
隔離機能の維持	隔離	弁体	ステンレス鋼 (ステライト肉盛)

表 2.1-12 逃がし安全弁 (ADS) N2 供給管逆止弁の使用条件

最高使用圧力	1.38 MPa
最高使用温度	66 °C
内部流体	ガス(窒素)

## 2.1.7 残留熱除去海水系ポンプ逆止弁

### (1) 構造

東海第二の残留熱除去海水系ポンプ逆止弁は、口径 350A, 最高使用圧力 3.45 MPa, 最高使用温度 38 °Cのスイング型逆止弁で、4 台設置されている。

弁本体は、海水を内包する耐圧部（弁箱、弁ふた、ジョイントボルト・ナット）、海水を仕切る隔離部（弁体、弁座）及び弁体の支持部（アーム、弁棒）からなる。

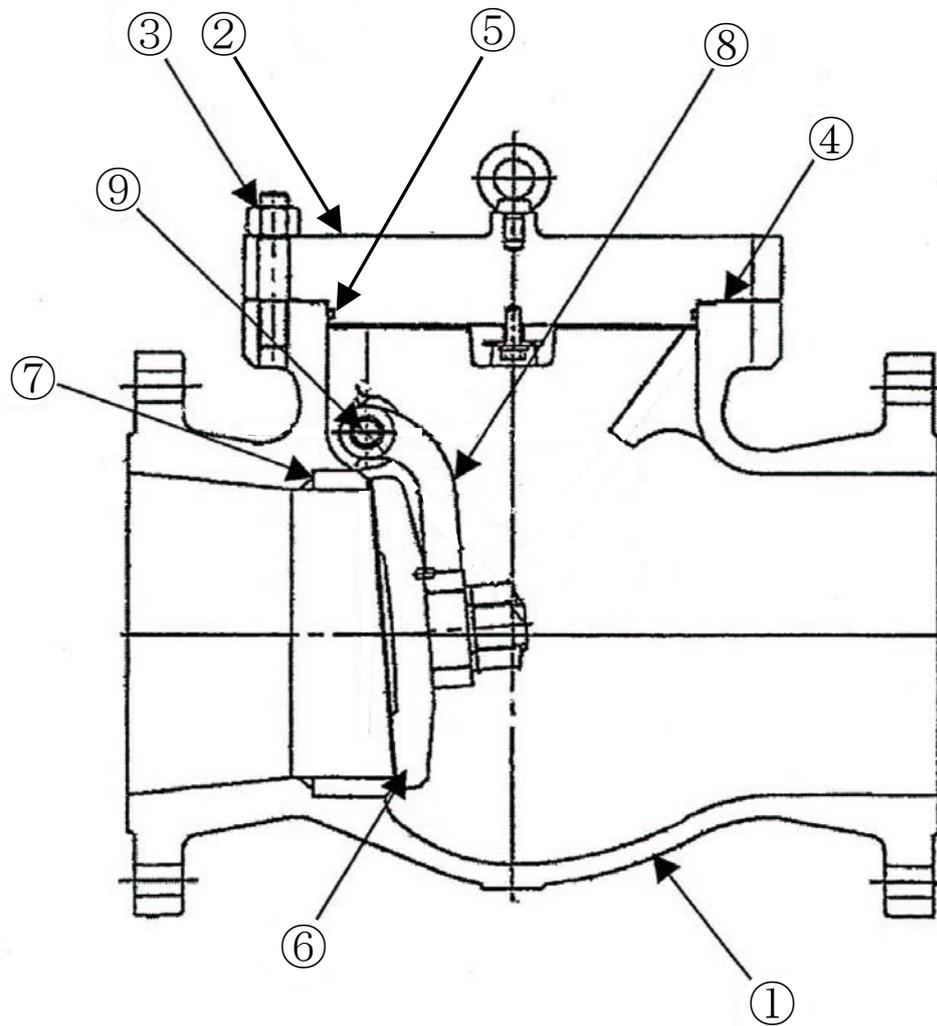
海水に接する弁箱にはステンレス鋳鋼、弁ふた、弁体、弁座、アームにはステンレス鋼が使用されている。

なお、当該弁は、ジョイントボルト・ナットを取外すことにより、弁内部の点検手入れが可能である。

東海第二の残留熱除去海水系ポンプ逆止弁の構造図を図 2.1-7 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

東海第二の残留熱除去海水系ポンプ逆止弁主要部位の使用材料を表 2.1-13 に、使用条件を表 2.1-14 に示す。



No.	部位
①	弁箱
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	ガスケット
⑤	Oリング
⑥	弁体
⑦	弁座
⑧	アーム
⑨	弁棒

図 2.1-7 残留熱除去海水系ポンプ逆止弁構造図

表 2.1-13 残留熱除去海水系ポンプ逆止弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	ステンレス鋳鋼
		弁ふた	ステンレス鋼
		ジョイントボルト・ナット	低合金鋼
	シール	ガスケット	(消耗品)
		Oリング	(消耗品)
隔離機能の維持	隔離	弁体	ステンレス鋼 (ステライト肉盛)
		弁座	ステンレス鋼 (ステライト肉盛)
作動機能の維持	作動支持	アーム	ステンレス鋼
		弁棒	ステンレス鋼

表 2.1-14 残留熱除去海水系ポンプ逆止弁の使用条件

最高使用圧力	3.45 MPa
最高使用温度	38 °C
内部流体	海水

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

逆止弁の機能である逆流防止機能の達成に必要な項目は以下のとおり。

- (1) バウンダリの維持
- (2) 隔離機能の維持
- (3) 作動機能の維持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

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

なお、消耗品及び定期取替品は以下のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

ガスケット、Oリング及びグランドパッキンは消耗品であり、設計時に長期間使用せず取替を前提としていることから高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

#### (3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

想定される経年劣化事象のうち下記①、②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。

なお、下記①、②に該当する事象については、2.2.3 項に示すとおり、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

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

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

- a. 弁箱の疲労割れ [原子炉給水逆止弁]

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

a. 弁箱、弁ふたの外面の腐食（全面腐食）〔原子炉給水逆止弁、MSIV-LCS 共通ベント逆止弁〕

弁箱、弁ふたは炭素鋼鋳鋼又は炭素鋼であり、腐食が想定されるが、大気接触部は塗装が施されていることから、塗膜が健全であれば腐食が発生する可能性は小さく、分解点検時に目視点検を行い、必要に応じて補修塗装することにより機能を維持している。

したがって、弁箱、弁ふたの外面の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. 弁箱、弁ふた、弁体、弁座の腐食（流れ加速型腐食）〔原子炉給水逆止弁〕

弁箱、弁ふた、弁体、弁座は炭素鋼鋳鋼又は炭素鋼であり、内部流体が純水又は蒸気であるため腐食（流れ加速型腐食）が想定されるが、分解点検時の目視点検において有意な腐食（流れ加速型腐食）がないことを確認しており、必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持している。

したがって、弁箱、弁ふた、弁体、弁座の腐食（流れ加速型腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. 弁箱、弁ふた、弁体、アームの腐食（流れ加速型腐食）〔MSIV-LCS 共通ベント逆止弁〕

弁箱、弁ふた、弁体、アームは炭素鋼鋳鋼又は炭素鋼であり、内部流体が純水又は蒸気であるため腐食（流れ加速型腐食）が想定されるが、分解点検時の目視点検において有意な腐食（流れ加速型腐食）がないことを確認しており、必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持している。

したがって、弁箱、弁ふた、弁体、アームの腐食（流れ加速型腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）〔原子炉給水逆止弁、MSIV-LCS 共通ベント逆止弁、非常用ディーゼル発電機海水系出口逆止弁、SLC ポンプ出口逆止弁、逃がし安全弁（ADS）N2 供給管逆止弁、残留熱除去海水系ポンプ逆止弁〕

ジョイントボルト・ナットは低合金鋼又は炭素鋼であり腐食が想定されるが、分解点検時に手入れ・清掃を行うことにより機能を維持することとしている。

したがって、ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. 弁体，弁棒の摩耗 [原子炉給水逆止弁]

弁体，弁棒は，弁の作動に伴い摺動部に摩耗が想定される。

当該逆止弁は，平成 14 年 3 月の落雷による原子炉トリップ後の原子炉起動中において，弁体シート面の摩耗により開動作しない事象が発生した。

対策として，分解点検時の目視点検に加え，シート面ラッピング及び面粗さ測定を実施することにより機能を維持している。

したがって，弁体，弁棒の摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f. アーム，弁棒，弁体の摩耗 [MSIV-LCS 共通ベント逆止弁，残留熱除去海水系ポンプ逆止弁]

スイング型逆止弁は，アームと弁体連結部を固定しているナットがゆるんだ場合にアームと弁体連結部に摩耗が想定されるが，分解点検時にナットの廻り止めの健全性を確認している。

弁棒，アームについては，弁作動時の摺動により摩耗が想定されるが，分解点検時の目視点検により，有意な摩耗が確認された場合は，必要に応じて補修または取替を行うことにより機能を維持している。

したがって，アーム，弁体，弁棒の摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

g. 弁体，弁棒の摩耗 [非常用ディーゼル発電機海水系出口逆止弁]

弁体，弁棒は，弁作動時の摺動により摩耗が想定されるが，分解点検時の目視点検により，有意な摩耗が確認された場合は，必要に応じて補修または取替を行うことにより機能を維持することとしている。

したがって，弁体，弁棒の摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

h. 弁箱，弁ふたの外面の腐食（全面腐食） [非常用ディーゼル発電機海水系出口逆止弁]

弁箱，弁ふたは炭素鋼鋳鋼であり腐食が想定されるが，大気接触部は塗装が施されており，塗膜が健全であれば腐食が発生する可能性は小さく，分解点検時に目視点検を行い，必要に応じて補修塗装することにより機能を維持することとしている。

したがって，弁箱，弁ふたの外面の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- i. 弁箱（内面），弁ふた（内面），弁体，弁棒の腐食（全面腐食）〔非常用ディーゼル発電機海水系出口逆止弁〕

弁箱，弁ふた，弁体は炭素鋼鋳鋼，弁棒はステンレス鋼であり腐食が想定されるが，海水接液部にはフッ素樹脂ライニングが施されており，フッ素樹脂ライニングが健全であれば腐食が発生する可能性は小さく，分解点検時に目視点検を行い，必要に応じて補修することにより機能を維持することとしている。

したがって，弁箱（内面），弁ふた（内面），弁体，弁棒の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- j. 弁箱，弁ふたの貫粒型応力腐食割れ〔原子炉再循環ポンプシールパージ内側逆止弁，SLCポンプ出口逆止弁，逃がし安全弁（ADS）N2供給管逆止弁〕

弁箱，弁ふたはステンレス鋼であり，大気中の海塩粒子に含まれる塩化物イオンにより，外面から貫粒型応力腐食割れの発生が想定されるが，原子炉建屋内機器の塩分測定において，代表箇所における定期的な目視点検及び付着塩分量測定を実施し，その結果により必要に応じ機器外面清掃及び浸透探傷検査を実施することとしている。

また，東海第二では工事における副資材管理でステンレス鋼への塩分付着を防止している。

したがって，弁箱，弁ふたの貫粒型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と判断する。

- k. 弁箱，弁ふた，弁体の粒界型応力腐食割れ〔原子炉再循環ポンプシールパージ内側逆止弁〕

弁箱，弁ふた，弁体はステンレス鋼であり粒界型応力腐食割れの発生が想定されるが，分解点検時の目視点検において，有意な欠陥が確認された場合，補修又は取替を行うことにより機能を維持している。

したがって，弁箱，弁ふた，弁体の粒界型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と判断する。

- l. 弁箱，弁ふた，弁体，弁座，アーム，弁棒の腐食（孔食・隙間腐食）〔残留熱除去海水系ポンプ逆止弁〕

弁箱はステンレス鋳鋼，弁ふた，弁体，弁座，アーム，弁棒はステンレス鋼であり，海水接液部については，腐食（孔食・隙間腐食）が想定されるが，分解点検時の目視点検において腐食（孔食・隙間腐食）の状況を確認し，必要に応じて補修又は取替を実施することにより機能を維持している。

したがって，弁箱，弁ふた，弁体，弁座，アーム，弁棒の腐食（孔食・隙間腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- m. 弁体の摩耗 [原子炉再循環ポンプシールパージ内側逆止弁, SLCポンプ出口逆止弁, 逃がし安全弁 (ADS) N2供給管逆止弁]

弁体の摺動部は、弁の開閉による摩耗が想定されるが、摺動荷重は加わらず、有意な摩耗が発生する可能性はない。

なお、分解点検時の目視点検において有意な摩耗は認められておらず、今後も使用環境が変わらないことから、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、弁体の摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- n. 弁箱 (内面) , 弁ふた (内面) , 弁体, スプリングの腐食 (全面腐食) [SLC ポンプ出口逆止弁]

弁箱, 弁ふた, 弁体, スプリングはステンレス鋼であり、内部流体が五ほう酸ナトリウム水であることから腐食が想定されるが、ステンレス鋼は五ほう酸ナトリウム水に対し耐食性を有していることから、腐食が発生する可能性は小さい。

なお、分解点検時の目視点検において有意な腐食は認められておらず、今後も使用環境が変わらないことから、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、弁箱 (内面) , 弁ふた (内面) , 弁体, スプリングの腐食 (全面腐食) は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- o. 弁体の固着 [原子炉再循環ポンプシールパージ内側逆止弁, SLC ポンプ出口逆止弁, 逃がし安全弁 (ADS) N2 供給管逆止弁]

リフト型逆止弁は、過去の国外プラントにおいて、系統で発生した腐食生成物が弁体と弁体摺動部の隙間に堆積したことによる弁体の固着事例が確認されているが、東海第二においては腐食生成物の発生する環境では使用していないため、弁体が固着する可能性は小さい。

なお、分解点検時において固着は認められておらず、今後も使用環境が変わらないことから、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、弁体の固着は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、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（日常劣化管理事象以外）

a. スプリングのへたり [スプリングのある逆止弁共通]

スプリングは、常時応力がかかった状態で使用されるためへたりが想定されるが、スプリング使用時のねじり応力が許容ねじり応力以下になるように設定されており、さらにスプリングの材料に対する推奨最高使用温度よりも実際の使用温度は低いことから、へたりが進行する可能性はない。

したがって、スプリングのへたりは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

表 2.2-1 (1/7) 原子炉給水逆止弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		炭素鋼鋳鋼		△ <sup>*2*3</sup>	○					*1:ステライト肉盛 *2:流れ加速型腐食 *3:外面 *4:へたり
		弁ふた		炭素鋼鋳鋼		△ <sup>*2*3</sup>						
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	シール	ガスケット	◎	—								
隔離機能の維持	隔離	弁体		炭素鋼鋳鋼 <sup>*1</sup>	△	△ <sup>*2</sup>						
		弁座		炭素鋼 <sup>*1</sup>		△ <sup>*2</sup>						
		スプリング		インコネル							▲ <sup>*4</sup>	
作動機能の維持	作動支持	弁棒		ステンレス鋼	△							

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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

表 2.2-1 (2/7) MSIV-LCS 共通ベント逆止弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象						備考	
					減肉		割れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱 (弁座一体型)		炭素鋼鋳鋼*1		△*2*3					*1:ステライト肉盛 *2:流れ加速型腐食 *3:外面	
		弁ふた		炭素鋼		△*2*3						
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	シール	グラントパッキン	◎	—								
		ガスケット	◎	—								
隔離機能の維持	隔離	弁体		炭素鋼*1	△	△*2						
作動機能の維持	駆動力伝達	アーム		炭素鋼鋳鋼	△	△*2						
		弁棒		ステンレス鋼	△							

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (3/7) 非常用ディーゼル発電機海水系出口逆止弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象						備考	
					減肉		割れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱（弁座一体型）		炭素鋼鋳鋼*1		△*2*3					*1:フッ素樹脂ライニング *2:外面 *3:内面	
		弁ふた		炭素鋼鋳鋼*1		△*2*3						
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	シール	ガスケット	◎	—								
隔離機能の維持	隔離	弁体（アーム一体型）		炭素鋼鋳鋼*1	△	△						
作動機能の維持	作動支持	弁棒		ステンレス鋼*1	△	△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (4/7) 原子炉再循環ポンプシールパージ内側逆止弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象						備考	
					減肉		割れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱（弁座一体型）		ステンレス鋼*1				△*2*3			*1:ステライト肉盛 *2:貫粒型応力腐食割れ *3:粒界型応力腐食割れ *4:固着	
		弁ふた（リテーナ付）		ステンレス鋼				△*2*3				
	シール	ガスケット	◎	—								
隔離機能の維持	隔離	弁体		ステンレス鋼*1	△			△*3		△*4		

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (5/7) SLC ポンプ出口逆止弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象						備考	
					減肉		割れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱 (弁座一体型)		ステンレス鋼*1		△*2		△*3			*1:ステライト肉盛 *2:内面 *3:貫粒型応力腐食割れ *4:固着 *5:へたり	
		弁ふた		ステンレス鋼		△*2		△*3				
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼・炭素鋼		△						
	シール	ガスケット	◎	—								
隔離機能の維持	隔離	弁体		ステンレス鋼*1	△	△				△*4		
		スプリング		ステンレス鋼		△				▲*5		

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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

表 2.2-1 (6/7) 逃がし安全弁 (ADS) N2 供給管逆止弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象						備考	
					減肉		割れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱 (弁座一体型)		ステンレス鋼*1				△*2			*1:ステライト肉盛 *2:貫粒型応力腐食割れ *3:固着	
		弁ふた		ステンレス鋼				△*2				
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	シール	ガスケット	◎	—								
隔離機能の維持	隔離	弁体		ステンレス鋼*1	△					△*3		

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (7/7) 残留熱除去海水系ポンプ逆止弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考	
					減肉		割れ		材質変化		その他		
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化			
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		ステンレス鋳鋼		△*2						*1:ステライト肉盛 *2:孔食・隙間腐食	
		弁ふた		ステンレス鋼		△*2							
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△							
	シール	ガスケット	◎	—									
		Oリング	◎	—									
隔離機能の維持	隔離	弁体		ステンレス鋼*1	△	△*2							
		弁座		ステンレス鋼*1		△*2							
作動機能の維持	作動支持	アーム		ステンレス鋼	△	△*2							
		弁棒		ステンレス鋼	△	△*2							

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

## 2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

### (1) 弁箱の疲労割れ [原子炉給水逆止弁]

#### a. 事象の説明

原子炉給水逆止弁の弁箱は、プラントの起動・停止時等に熱過渡を受けることとなるため、疲労が蓄積される可能性がある。

#### b. 技術評価

##### ① 健全性評価

原子炉給水逆止弁について、日本機械学会「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2005 (2007年追補版を含む)」(以下、「設計・建設規格」という)に基づいて評価した。評価対象部位を図 2.3-1 に示す。

疲労評価は、運転期間延長認可申請に伴う評価として、2016年11月時点までの運転実績に基づき推定した2016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。

\*: 評価条件として、2011年3月から2020年8月末まで冷温停止状態、2020年9月以降の過渡回数発生頻度は実績の1.5倍を想定した。

また、使用環境を考慮した疲労については、日本機械学会「発電用原子力設備規格 環境疲労評価手法 JSME S NF1-2009」に基づいて評価した。評価用過渡条件を表 2.3-1 に、評価結果を表 2.3-2 に示す。

その結果、運転開始後60年時点の疲労累積係数は許容値を下回り、疲労割れ発生の可能性は小さいと判断する。

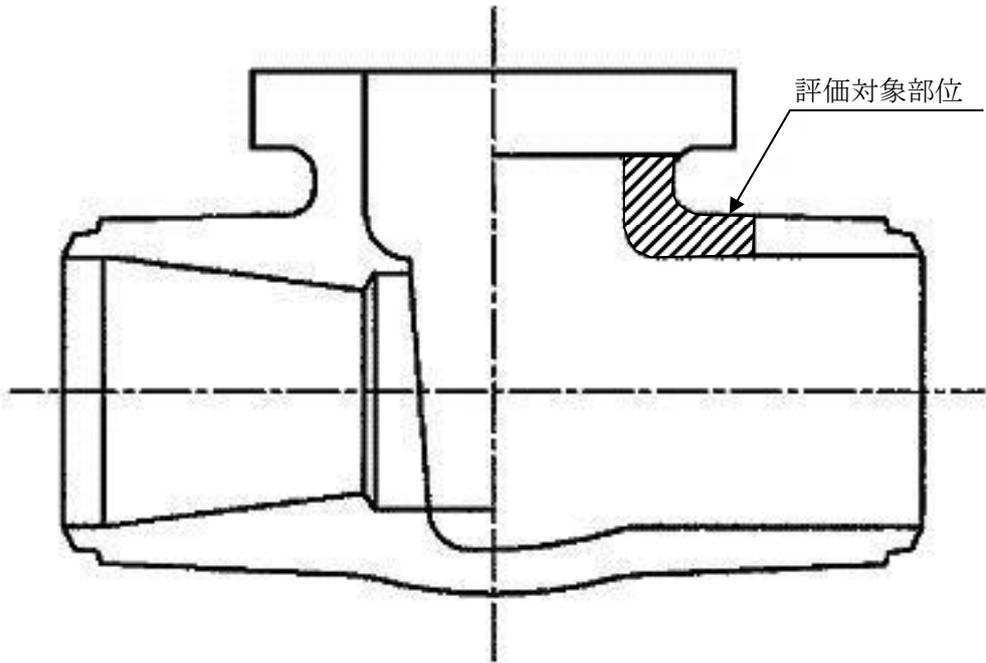


图 2.3-1 原子炉給水逆止弁疲労評価対象部位

表 2.3-1 原子炉給水逆止弁の疲労評価用過渡条件

運転条件	運転実績に基づく過渡回数 (2016年11月時点)	60年目推定
耐圧試験	72	132
起動 (昇温)	65	110
起動 (タービン起動)	65	110
夜間低出力運転 (出力 75%)	67	120
週末低出力運転 (出力 50%)	115	165
制御棒パターン変更	96	176
給水加熱機能喪失 (発電機トリップ)	0	1
給水加熱機能喪失 (給水加熱器部分バイパス)	0	1
スクラム (タービントリップ)	16	22
スクラム (原子炉給水ポンプ停止)	3	6
スクラム (その他スクラム)	20	24
停止	65	111
ボルト取外し	26	49

表 2.3-2 原子炉給水逆止弁の疲労評価結果

評価部位	運転実績回数に基づく疲労累積係数 (許容値 : 1 以下)		
	設計・建設規格の疲労線図 による評価		発電用原子力設備規格 環境疲労評価手法による評価 (環境を考慮)
	現時点 (2016年11月時点)	運転開始後 60年時点	運転開始後 60年時点
弁箱	0.0529	0.0862	0.8848

② 現状保全

弁箱内表面については、これまでの目視点検結果から異常は確認されていない。

さらに、実過渡回数に基づく評価を実施し問題ないことを確認しており、今後も高経年化技術評価に合わせて実施することとしている。

③ 総合評価

健全性評価結果より弁箱の疲労割れが発生する可能性は小さいと考えられる。

また、弁箱の疲労割れについては、分解点検の目視検査により検知可能であることから、現状の保全は点検手法として適切であると判断する。

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

c. 高経年化への対応

弁箱の疲労割れについては、継続的に実過渡回数の確認を行い、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について、1章で実施したグループ化で代表機器となっていない機器への展開について検討した。

[対象系統]

- ① 中性子計装系
- ② 制御棒駆動系
- ③ ほう酸水注入系
- ④ 残留熱除去系
- ⑤ 高圧炉心スプレイ系
- ⑥ 低圧炉心スプレイ系
- ⑦ 原子炉隔離時冷却系
- ⑧ 原子炉系
- ⑨ 原子炉再循環系
- ⑩ 原子炉冷却材浄化系
- ⑪ 燃料プール冷却浄化系
- ⑫ 抽気系
- ⑬ 復水系
- ⑭ 給水系
- ⑮ 給水加熱器ドレン系
- ⑯ 非常用ディーゼル発電機海水系
- ⑰ 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機海水系
- ⑱ 制御用圧縮空気系
- ⑲ 所内蒸気系
- ⑳ サプレッション・プール水 pH 制御装置
- ㉑ 重大事故等対処設備
- ㉒ 浸水防護施設

### 3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

- a. 弁箱の疲労割れ [残留熱除去系, 高圧炉心スプレイ系, 低圧炉心スプレイ系, 原子炉隔離時冷却系, 原子炉系, 原子炉冷却材浄化系]

代表機器と同様, プラントの起動・停止時等に熱過渡を受けることになるため, 繰返しによる熱疲労が蓄積される可能性があるが, 代表機器の評価結果では, 許容値に対し十分余裕があることから, 弁箱に疲労割れが発生する可能性は小さい。

また, 分解点検時に目視点検を実施し, 疲労割れがないことを確認しており, 今後も分解点検時の目視点検により, 弁箱内に疲労割れがないことを確認していく。

したがって, 代表機器と同様に高経年化対策の観点から現状の保全内容に対し追加すべき項目はないと判断する。

### 3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

- a. 弁箱, 弁ふたの外面の腐食 (全面腐食) [弁箱, 弁ふたの材料が炭素鋼鋳鋼又は炭素鋼の逆止弁共通]

代表機器と同様, 弁箱, 弁ふたは炭素鋼鋳鋼又は炭素鋼であり, 腐食 (全面腐食) が想定されるが, 大気接触部は塗装が施されていることから, 塗膜が健全であれば腐食が発生する可能性は小さく, 分解点検時に目視点検を行い, 必要に応じて補修塗装することにより機能を維持している。

重大事故等対処設備等の新たに設置される機器については, 上記同様, 今後の分解点検時に目視点検を行い, 必要に応じて補修塗装することにより機能を維持することとしている。

したがって, 弁箱, 弁ふたの外面の腐食 (全面腐食) は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- b. 弁箱, 弁ふた, 弁体, アーム, 弁座の腐食 (流れ加速型腐食) [純水系又は蒸気系炭素鋼逆止弁共通]

代表機器と同様, 弁箱, 弁ふた, 弁体, アーム, 弁座は炭素鋼鋳鋼又は炭素鋼であり, 内部流体が純水又は蒸気であるため腐食 (流れ加速型腐食) が想定されるが, 分解点検時の目視点検において有意な腐食 (流れ加速型腐食) がないことを確認しており, 必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持している。

重大事故等対処設備等の新たに設置される機器については, 上記同様, 今後の分解点検時に目視点検を行い, 必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持することとしている。

したがって, 弁箱, 弁ふた, 弁体, アーム, 弁座の腐食 (流れ加速型腐食) は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）〔材料が低合金鋼又は炭素鋼の逆止弁共通〕

代表機器と同様、ジョイントボルト・ナットは低合金鋼又は炭素鋼であり腐食が想定されるが、分解点検時に手入れ・清掃を行うことにより機能を維持している。

重大事故等対処設備等の新たに設置される機器については、上記同様、今後の分解点検時に手入れ・清掃を行うことにより機能を維持することとしている。

したがって、ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. アーム、弁体、弁棒の摩耗〔弁体－アーム一体型を除くスイング型逆止弁共通〕

代表機器と同様、スイング型逆止弁は、アームと弁体連結部を固定しているナットがゆるんだ場合にアームと弁体連結部に摩耗が想定されるが、分解点検時にナットの廻り止めの健全性を確認している。

弁棒、アームについては、弁作動時の摺動により摩耗が想定されるが、分解点検時の目視点検により、有意な摩耗が確認された場合は、必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持している。

重大事故等対処設備等の新たに設置される機器については、上記同様、今後の分解点検時に目視点検を行い、必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持することとしている。

したがって、アーム、弁体、弁棒の摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. 弁体、弁棒の摩耗〔弁体－アーム一体型スイング型逆止弁共通〕

代表機器と同様、弁体、弁棒は、弁作動時の摺動により摩耗が想定されるが、分解点検時の目視点検により、有意な摩耗が確認された場合は、必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持している。

重大事故等対処設備等の新たに設置される機器については、上記同様、今後の分解点検時に目視点検を行い、必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持することとしている。

したがって、弁体、弁棒の摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- f. 弁箱（内面），弁ふた（内面），弁体，弁棒の腐食（全面腐食）〔高圧炉心スプレ  
イ系ディーゼル発電機海水系逆止弁，重大事故等対処設備〕

代表機器と同様，弁箱，弁ふた，弁体は炭素鋼鋳鋼，弁棒はステンレス鋼が使用さ  
れており，腐食が想定されるが海水接液部にはフッ素樹脂ライニングが施されており，  
フッ素樹脂ライニングが健全であれば腐食が発生する可能性は小さく，分解点検時に  
目視点検を行い，必要に応じて補修することで機能を維持することとしている。

重大事故等対処設備等の新たに設置される機器については，上記同様，今後の分解  
点検時に目視点検を行い，必要に応じて補修することにより機能を維持することとし  
ている。

したがって，弁箱（内面），弁ふた（内面），弁体，弁棒の腐食（全面腐食）は高  
経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- g. 弁箱，弁ふたの貫粒型応力腐食割れ〔保温が取付けられていないステンレス鋼の逆  
止弁共通〕

代表機器と同様，弁箱，弁ふたがステンレス鋼の機器は，大気中の海塩粒子に含ま  
れる塩化物イオンにより，外面から貫粒型応力腐食割れの発生が想定されるが，原子  
炉建屋内機器の塩分測定において，代表箇所における定期的な目視点検及び付着塩分  
量測定を実施し，その結果により必要に応じ機器外面清掃及び浸透探傷検査を実施す  
ることとしている。

また，東海第二では工事における副資材管理でステンレス鋼への塩分付着を防止し  
ている。

重大事故等対処設備等の新たに設置される機器については，上記同様，今後も代表  
箇所における定期的な目視点検及び付着塩分量測定を実施することにより機能を維  
持することとしている。

したがって，弁箱，弁ふたの貫粒型応力腐食割れは高経年化対策上着目すべき経年  
劣化事象ではないと判断する。

- h. 弁箱，弁ふた，弁体の粒界型応力腐食割れ〔材料がステンレス鋼の逆止弁共通〕

代表機器と同様，弁箱，弁ふた，弁体がステンレス鋼の機器で 100℃以上の内部流  
体に接する部位は，粒界型応力腐食割れの発生が想定されるが，分解点検時に目視点  
検を行い有意な欠陥が確認された場合，補修又は取替を行うことにより機能を維持す  
ることとしている。

重大事故等対処設備等の新たに設置される機器については，上記同様，今後の分解  
点検時に目視点検を行い，必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持す  
ることとしている。

したがって，弁箱，弁ふた，弁体の粒界型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と判断する。

i. 弁体（ねじ部）の疲労割れ [原子炉隔離時冷却系タービン排気ライン逆止弁]

タービン排気側に設置されている逆止弁は、タービン背圧の変動により開閉動作を繰り返し、弁体とアームを連結するねじ部に疲労割れを起こす可能性がある。

当該逆止弁は、2008年の定期試験時において、弁体（ねじ部）の疲労割れによる弁体の脱落事象が発生した。

対策として、衝撃緩和機構付の弁に交換するとともに、分解点検時の目視点検に加え弁体（ねじ部）の浸透探傷検査を実施しており、必要に応じて補修又は取替を行うことにより、機能を維持している。

したがって、弁体（ねじ部）の疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

j. 弁体の摩耗 [リフト型逆止弁共通]

代表機器と同様、弁体の摺動部は、弁の開閉による摩耗が想定されるが、摺動荷重は加わらず、有意な摩耗が発生する可能性は少ない。

なお、分解点検時の目視点検において有意な摩耗は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、弁体の摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

k. 弁箱、弁体ガイド、基礎ボルトの腐食（孔食・隙間腐食） [浸水防護施設]

弁箱、弁体ガイド、基礎ボルトはステンレス鋼であり、腐食（孔食・隙間腐食）が想定される。

当該弁は新規に設置される機器であることから、今後の分解点検時の目視点検において腐食（孔食・隙間腐食）の状況を確認し、必要に応じて補修又は取替を実施することにより機能を維持することとしている。

したがって、弁箱、弁体ガイド、基礎ボルトの腐食（孔食・隙間腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

1. 弁体の固着 [リフト型逆止弁共通]

代表機器と同様、リフト型逆止弁は、過去の国外プラントにおいて、系統で発生した腐食生成物が弁体と弁体摺動部の隙間に堆積したことによる、弁体の固着事例が確認されているが、東海第二においては腐食生成物の発生する環境では使用していないため、弁体が固着する可能性は小さい。

なお、分解点検時において固着は認められておらず、今後も使用環境が変わらないことから、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、弁体の固着は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、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（日常劣化管理事象以外）

a. スプリングのへたり [スプリングのある逆止弁共通]

代表機器と同様、スプリングは、常時応力がかかった状態で使用されるため、へたりが想定されるが、スプリング使用時のねじり応力が許容ねじり応力以下になるように設定されており、さらにスプリングの材料に対する推奨最高使用温度よりも実際の使用温度は低いことから、へたりが進行する可能性はない。

したがって、スプリングのへたりは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. 弁箱，アームの熱時効 [弁箱，アームの材料がステンレス鋳鋼のほう酸水注入系，残留熱除去系，原子炉隔離時冷却系，原子炉冷却材浄化系の逆止弁]

弁箱，アームに使用しているステンレス鋳鋼はオーステナイト相中に一部フェライト相を含む2相組織であり，使用環境温度は250℃以上（最高使用温度302℃）であるため，熱時効による材料特性の変化により破壊靱性の低下が予想され，この状態でき裂が存在する場合には小さな荷重でき裂が進展し，不安定破壊を引き起こす可能性があるが，弁箱，アームには，き裂の原因となる経年劣化事象は想定されていない。

したがって，弁箱，アームの熱時効は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

## 4. バタフライ弁

[対象系統]

- ① 不活性ガス系
- ② 非常用ガス処理系
- ③ 非常用ガス再循環系
- ④ 非常用ディーゼル発電機海水系
- ⑤ 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機海水系
- ⑥ 重大事故等対処設備

## 目次

1. 対象機器及び代表機器の選定.....	4-1
1.1 グループ化の考え方及び結果.....	4-1
1.2 代表機器の選定.....	4-1
2. 代表機器の技術評価.....	4-3
2.1 構造, 材料及び使用条件.....	4-3
2.1.1 格納容器パージ弁.....	4-3
2.1.2 DGSW 非常用放出ライン隔離弁.....	4-6
2.1.3 格納容器圧力逃がし装置出口側隔離弁.....	4-9
2.2 経年劣化事象の抽出.....	4-12
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目.....	4-12
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出.....	4-12
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象.....	4-13
3. 代表機器以外への展開.....	4-19
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象.....	4-19
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象.....	4-19

## 1. 対象機器及び代表機器の選定

東海第二で使用している主要なバタフライ弁の主な仕様を表 1-1 に示す。

これらのバタフライ弁を弁箱材料及び内部流体の観点からグループ化し、それぞれのグループより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

弁箱材料及び内部流体を分類基準とし、バタフライ弁を表 1-1 に示すとおりグループ化する。

弁箱材料は炭素鋼、ステンレス鋼に分類され、内部流体はガス、海水に分類される。

### 1.2 代表機器の選定

表 1-1 に分類されるグループ毎に、重要度、運転状態、最高使用温度、最高使用圧力及び口径の観点から代表機器を選定する。

#### (1) ガス系炭素鋼バタフライ弁（内部流体：ガス、弁箱材料：炭素鋼）

このグループには、不活性ガス系、非常用ガス処理系、非常用ガス再循環系及び重大事故等対処設備が属するが、重要度が高い機器は、運転状態が同等であるため、最高使用温度及び最高使用圧力が高く、口径の大きい格納容器パージ弁を代表機器とする。

#### (2) 海水系炭素鋼バタフライ弁（内部流体：海水、弁箱材料：炭素鋼）

このグループには、非常用ディーゼル発電機海水系、高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機海水系及び重大事故等対処設備が属するが、重要度が同等であるため運転状態の厳しい機器のうち、最高使用温度、最高使用圧力及び口径が同等であるため、系統流量の大きい DGSW 非常用放出ライン隔離弁を代表機器とする。

#### (3) ガス系ステンレス鋼バタフライ弁（内部流体：ガス、弁箱材料：ステンレス鋼）

このグループには、重大事故等対処設備のみであることから格納容器圧力逃がし装置出口側隔離弁を代表機器とする。

表 1-1 バタフライ弁のグループ化及び代表機器の選定

分類基準		当該系統	選定基準					選定	代表機器/ 選定理由
弁箱 材料	内部 流体		口径 (A)	重要度*1	使用条件				
					運転 状態	最高使用 圧力(MPa)	最高使用 温度(°C)		
炭素鋼	ガス	不活性ガス系	300～600	MS-1, 重*2	一時	0.31～1.04	105～171	◎	格納容器パージ弁/重要度, 運転状態, 最高使用温度, 最高使用圧力, 口径
		非常用ガス処理系	450	MS-1, 重*2	一時	0.01	86		
		非常用ガス再循環系	400～600	MS-1, 重*2	一時	0.01	86		
		重大事故等対処設備*4	450	重*2	一時	0.62	200		
	海水	非常用ディーゼル発電機海水系	250	重*2	一時	0.70	66	◎	DGSW 非常用放出ライン 隔離弁/重要度, 運転状態 (使用期間), 最高使用温度, 最高使用圧力, 口径, 容量*3
		高圧炉心スプレイ系ディーゼル 発電機海水系	250	重*2	一時	0.70	66		
		重大事故等対処設備*4	150	重*2	一時	0.98	38～66		
ステン レス鋼	ガス	重大事故等対処設備*4	600	重*2	一時	0.62	200	◎	格納容器圧力逃がし装置 出口側隔離弁

\*1：当該機器に要求される重要度クラスのうち、最上位の重要度クラスを示す

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

\*3：選定基準が同一であることから、ポンプ容量の大きい系統を選定

非常用ディーゼル発電機海水ポンプ：272.6 m<sup>3</sup>/h, 高圧炉心スプレイディーゼル冷却系海水系ポンプ：232.8 m<sup>3</sup>/h

\*4：新規に設置され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3台の弁について技術評価を実施する。

- ① 格納容器パージ弁
- ② DGSW 非常用放出ライン隔離弁
- ③ 格納容器圧力逃がし装置出口側隔離弁

### 2.1 構造，材料及び使用条件

#### 2.1.1 格納容器パージ弁

##### (1) 構造

東海第二の格納容器パージ弁は、口径 600A，最高使用圧力 0.31 MPa，最高使用温度 171 °C の空気作動バタフライ弁であり、1 台設置されている。

弁本体はガスを内包する耐圧部（弁箱，底ふた，ジョイントボルト・ナット，軸封部），ガスを仕切る隔離部（弁体，弁箱付弁座，弁体付弁座）及び弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒，ヨーク，ピン）からなる。

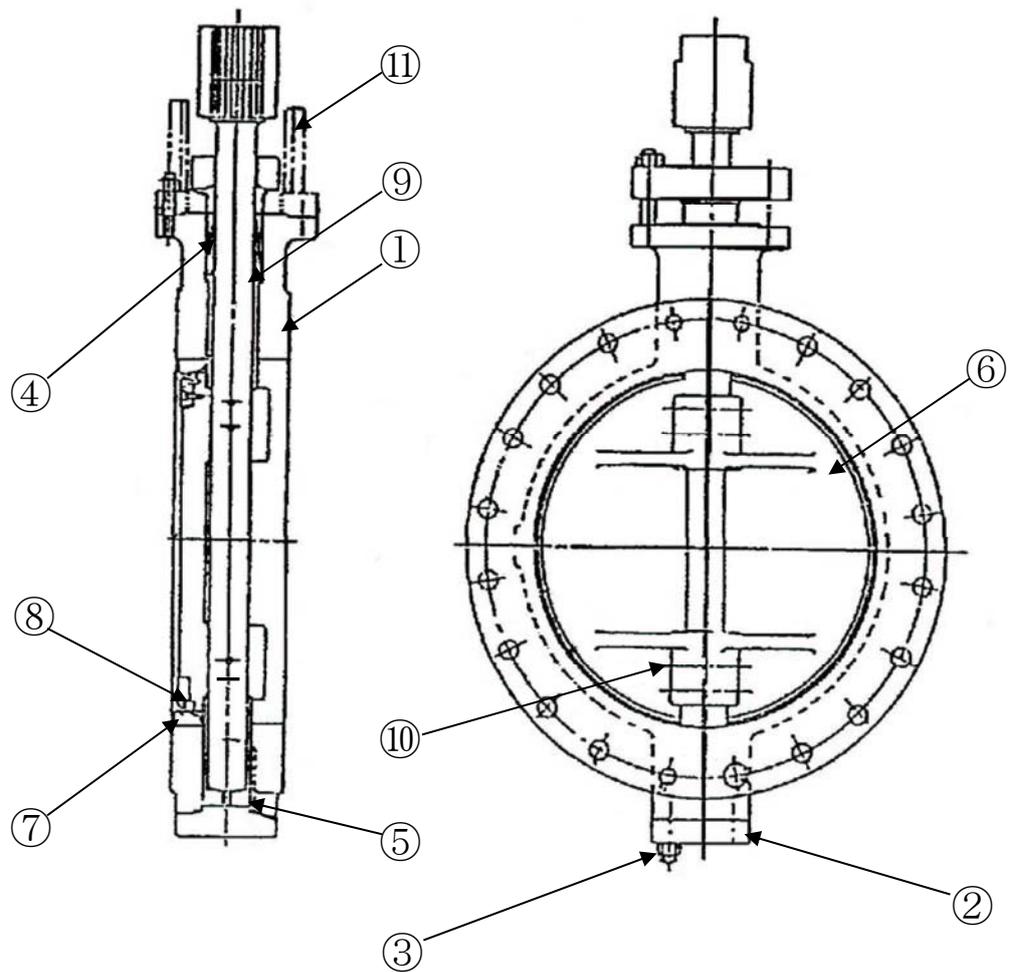
ガスに接する弁箱，弁体には炭素鋼鋳鋼が使用されており，軸封部には流体の漏れを防止するためグランドパッキンが使用されている。

なお，当該弁は，フランジボルトを緩め，弁箱を取外すことにより，点検手入れが可能である。

東海第二の格納容器パージ弁の構造図を図 2.1-1 に示す。

##### (2) 材料及び使用条件

東海第二の格納容器パージ弁の主要部位の使用材料を表 2.1-1 に，使用条件を表 2.1-2 に示す。



No.	部位
①	弁箱
②	底ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	グランドパッキン
⑤	ガスケット
⑥	弁体
⑦	弁箱付弁座
⑧	弁体付弁座
⑨	弁棒
⑩	ピン
⑪	ヨーク

図 2.1-1 格納容器パージ弁構造図

表 2.1-1 格納容器パージ弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	炭素鋼鋳鋼
		底ふた	炭素鋼鋳鋼
		ジョイントボルト・ナット	低合金鋼
	シール	グランドパッキン	(消耗品)
		ガスケット	(消耗品)
隔離機能の維持	隔離	弁体	炭素鋼鋳鋼
		弁箱付弁座	ステンレス鋼
		弁体付弁座	(定期取替品)
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼
		ピン	ステンレス鋼
		ヨーク	炭素鋼

表 2.1-2 格納容器パージ弁の使用条件

最高使用圧力	0.31 MPa
最高使用温度	171 °C
内部流体	ガス

## 2.1.2 DGSW 非常用放出ライン隔離弁

### (1) 構造

東海第二の DGSW 非常用放出ライン隔離弁は口径 250A、最高使用圧力 0.70 MPa、最高使用温度 66 °C の手動バタフライ弁であり、2 台設置されている。

弁本体は海水を内包する耐圧部（弁箱、底ふた、ジョイントボルト・ナット、軸封部）、海水を仕切る隔離部（弁体、弁座）及び弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒、ヨーク、ピン）からなる。

海水に接する弁箱、弁体には炭素鋼鋳鋼、弁座にはゴムが使用されており、軸封部には流体の漏れを防止するためグランドパッキンが使用されている。

なお、当該弁は、フランジボルトを緩め、弁箱を取外すことにより、点検手入れが可能である。

東海第二の DGSW 非常用放出ライン隔離弁の構造図を図 2.1-2 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

東海第二の DGSW 非常用放出ライン隔離弁主要部位の使用材料を表 2.1-3 に、使用条件を表 2.1-4 に示す。

No.	部位
①	弁箱
②	底ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	グランドパッキン
⑤	Oリング
⑥	弁体
⑦	弁座
⑧	弁棒
⑨	ピン
⑩	ヨーク

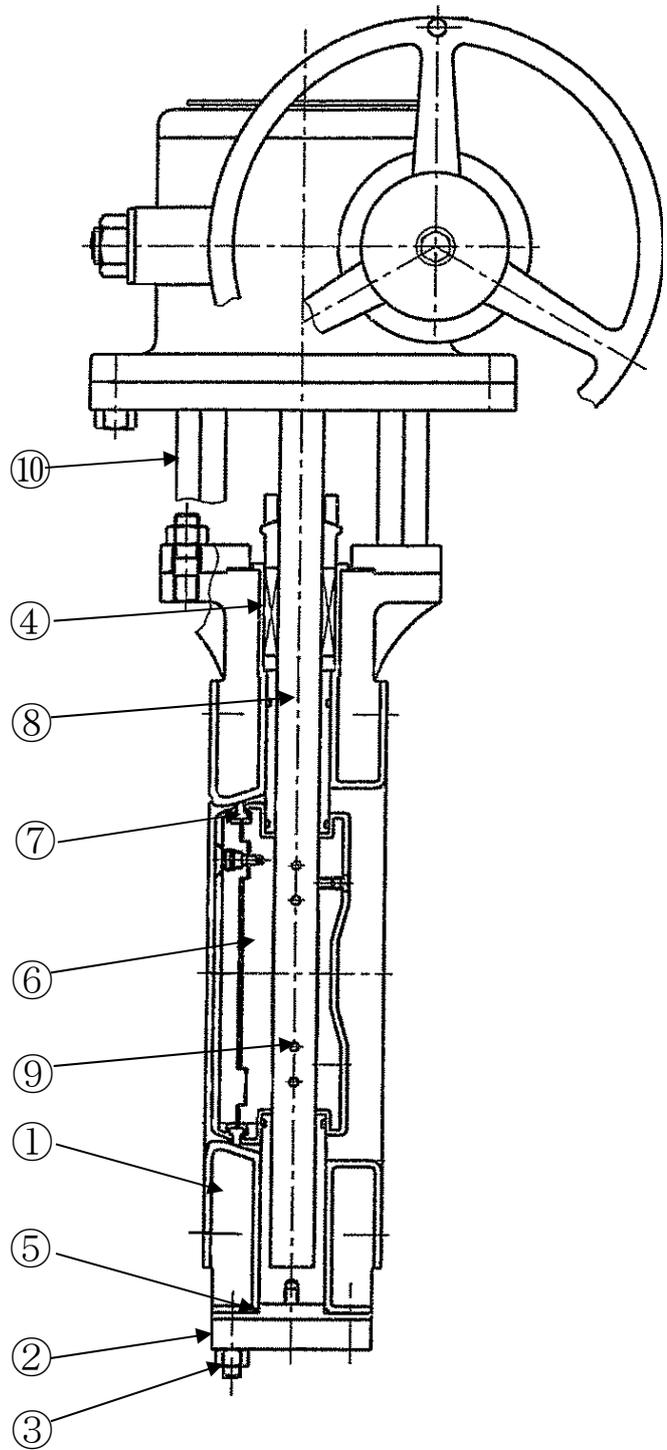


図 2.1-2 DGSW 非常用放出ライン隔離弁構造図

表 2.1-3 DGSW 非常用放出ライン隔離弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	炭素鋼鋳鋼 (ゴムライニング)
		底ふた	炭素鋼 (ゴムライニング)
		ジョイントボルト・ナット	低合金鋼・炭素鋼
	シール	グランドパッキン	(消耗品)
		Oリング	(消耗品)
隔離機能の維持	隔離	弁体	炭素鋼鋳鋼 (ゴムライニング)
		弁座	(定期取替品)
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼
		ピン	ステンレス鋼
		ヨーク	炭素鋼

表 2.1-4 DGSW 非常用放出ライン隔離弁の使用条件

最高使用圧力	0.70 MPa
最高使用温度	66 °C
内部流体	海水

### 2.1.3 格納容器圧力逃がし装置出口側隔離弁

#### (1) 構造

東海第二の格納容器圧力逃がし装置出口側隔離弁は、口径 600A, 最高使用圧力 0.62 MPa, 最高使用温度 200 °C の手動バタフライ弁であり、1 台設置予定である。

弁本体はガスを内包する耐圧部（弁箱、底ふた、ジョイントボルト・ナット、軸封部）、ガスを仕切る隔離部（弁体、弁座）及び弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒、ピン、ヨーク、ブッシュ）からなる。

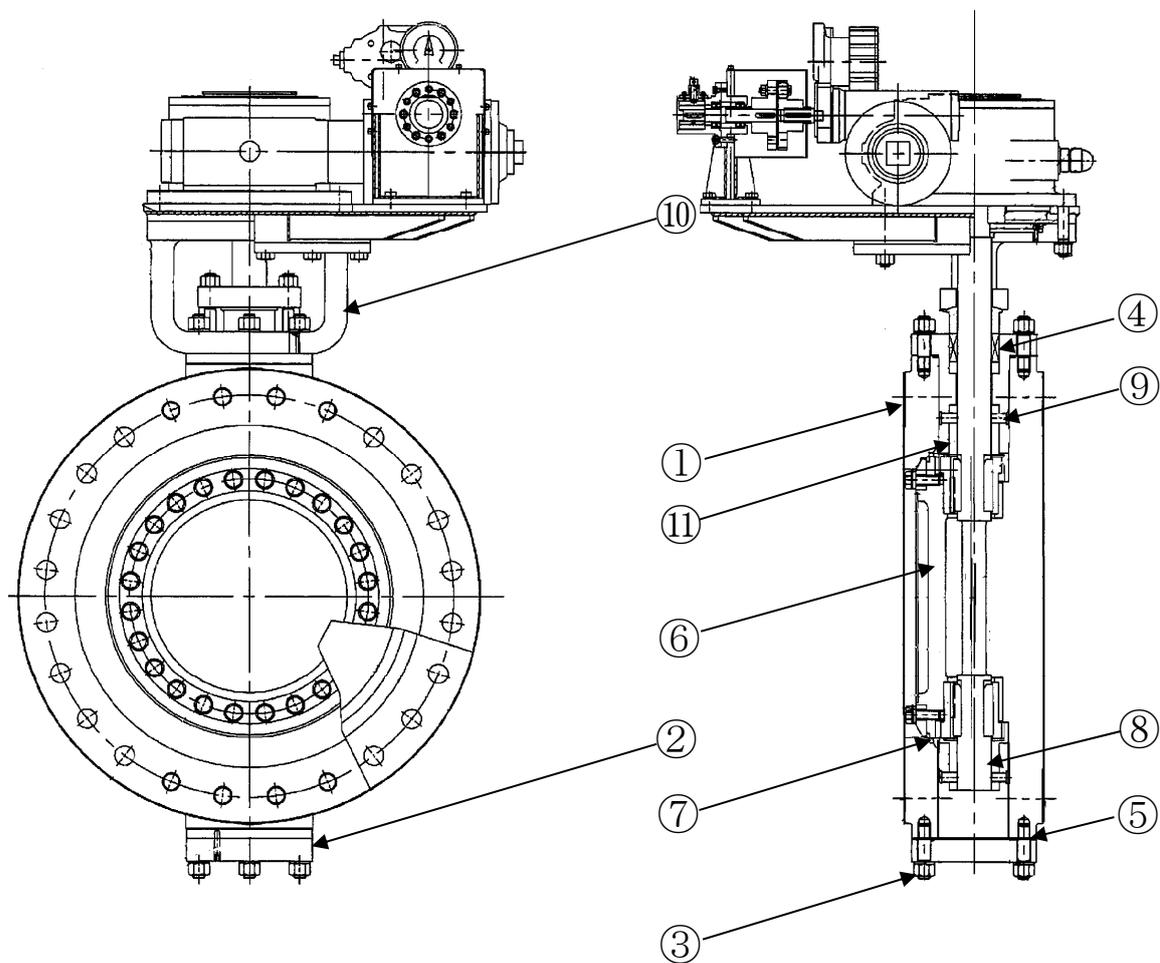
ガスに接する弁箱、弁体にはステンレス鋳鋼が使用されており、軸封部には流体の漏れを防止するためグランドパッキンが使用されている。

なお、当該弁は、フランジボルトを緩め、弁箱を取外すことにより、点検手入れが可能である。

東海第二の格納容器圧力逃がし装置出口側隔離弁の構造図を図 2.1-3 に示す。

#### (2) 材料及び使用条件

東海第二の格納容器圧力逃がし装置出口側隔離弁の主要部位の使用材料を表 2.1-5 に、使用条件を表 2.1-6 に示す。



No.	部位
①	弁箱
②	底ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	グランドパッキン
⑤	ガスケット
⑥	弁体
⑦	弁座
⑧	弁棒
⑨	ピン
⑩	ヨーク
⑪	ブッシュ

図 2.1-3 格納容器圧力逃がし装置出口側隔離弁構造図

表 2.1-5 格納容器圧力逃がし装置出口側隔離弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	ステンレス鋳鋼
		底ふた	ステンレス鋼
		ジョイントボルト・ナット	低合金鋼
	シール	グランドパッキン	(消耗品)
		ガスケット	(消耗品)
隔離機能の維持	隔離	弁体	ステンレス鋳鋼
		弁座	(定期取替品)
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼
		ピン	ステンレス鋼
		ヨーク	ステンレス鋳鋼
		ブッシュ	ステンレス鋼

表 2.1-6 格納容器圧力逃がし装置出口側隔離弁の使用条件

最高使用圧力	0.62 MPa
最高使用温度	200 °C
内部流体	ガス

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

バタフライ弁の機能である流体調節、隔離機能の達成に必要な項目は以下のとおり。

- (1) バウンダリの維持
- (2) 隔離機能の維持
- (3) 作動機能の維持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

バタフライ弁について、機能達成に必要な項目を考慮して主要部位に展開した上で、個々の部位の材料、構造、使用条件（内部流体の種類、応力、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（表 2.2-1 で○又は△、▲）。

なお、消耗品及び定期取替品は以下のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

グランドパッキン、ガスケット及びOリングは消耗品、弁体付弁座及び弁座は定期取替品であり、設計時に長期使用せず取替を前提としていることから高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

#### (3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

想定される経年劣化事象のうち下記①、②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。

なお、下記①、②に該当する事象については、2.2.3 項に示すとおり、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

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

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

#### a. ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）〔共通〕

ジョイントボルト・ナットは低合金鋼又は炭素鋼であり腐食が想定されるが、分解点検時に手入れ・清掃を行うことにより機能を維持することとしている。

格納容器圧力逃がし装置出口側隔離弁については、新たに設置される機器であることから、上記同様、今後の分解点検時に手入れ・清掃を行うことにより機能を維持することとしている。

したがって、ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### b. 弁箱（外面），底ふた（外面），ヨークの腐食（全面腐食）〔格納容器パージ弁，DGSW 非常用放出ライン隔離弁〕

弁箱，底ふた，ヨークは炭素鋼鋳鋼又は炭素鋼であり腐食が想定されるが，大気接触部は塗装が施されていることから，塗膜が健全であれば腐食が発生する可能性は小さく，分解点検時の目視点検において塗装の状態を確認し，必要に応じて補修塗装することにより機能を維持することとしている。

したがって，弁箱（外面），底ふた（外面），ヨークの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### c. 弁箱（内面），底ふた（内面），弁体の腐食（全面腐食）〔格納容器パージ弁〕

弁箱，底ふた及び弁体は炭素鋼鋳鋼であり腐食が想定されるが，分解点検時に目視点検を行い，必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持している。

したがって，弁箱（内面），底ふた（内面），弁体の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### d. 弁箱（内面），底ふた（内面），弁体の腐食（全面腐食）〔DGSW 非常用放出ライン隔離弁〕

弁箱，底ふた，弁体は炭素鋼鋳鋼又は炭素鋼であり，海水に接液することから腐食が想定されるが，内面接液部はゴムライニングが施されていることから，腐食が発生する可能性は小さく，分解点検時に目視点検を行い，必要に応じて補修又は取替をすることで機能を維持することとしている。

したがって，弁箱（内面），底ふた（内面），弁体の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. 弁棒, ピンの摩耗 [共通]

弁の開閉に伴い, 弁棒についてはグラウンドパッキンとの摺動部, ピンについては他の部位との接触部に摩耗が想定されるが, 分解点検時に目視点検を行い, 必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持することとしている。

格納容器圧力逃がし装置出口側隔離弁については, 新たに設置される機器であることから, 上記同様, 今後の分解点検時に目視点検を行い, 必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持することとしている。

したがって, 弁棒, ピンの摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f. 弁棒の腐食 (孔食・隙間腐食) [DGSW 非常用放出ライン隔離弁]

弁棒はステンレス鋼であり腐食 (孔食・隙間腐食) が想定されるが, 分解点検時に目視点検を行い, 必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持することとしている。

したがって, 弁棒の腐食 (孔食・隙間腐食) は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

g. ブッシュの摩耗 [格納容器圧力逃がし装置出口側隔離弁]

ブッシュは弁の開閉に伴い摩耗が想定されるが, 当該弁の開閉頻度は殆どないことから摩耗の可能性は小さい。

当該弁は, 新たに設置される機器であることから, 今後の分解点検時に目視点検を行い, 必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持することとしている。

したがって, ブッシュの摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

h. 弁棒, 弁箱付弁座の腐食 (全面腐食) [格納容器パージ弁]

弁棒, 弁箱付弁座はステンレス鋼であるため, 腐食の可能性は小さい。

なお, 分解点検時の目視点検において有意な腐食は認められておらず, 今後も使用環境は変わらないことから, 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, 弁棒, 弁箱付弁座の腐食 (全面腐食) は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

i. 弁体の腐食（全面腐食）〔格納容器圧力逃がし装置出口側隔離弁〕

弁体はステンレス鋳鋼であるため、腐食の可能性は小さい。

なお、当該弁は、新たに設置される機器であることから、今後の分解点検時に目視点検を行い、必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持することとしている。

したがって、弁体の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- (2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、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（日常劣化管理事象以外）

日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。

表 2.2-1(1/3) 格納容器パーシ弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象						備考	
					減肉		割れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		炭素鋼鋳鋼		△ <sup>*1*2</sup>					*1:外面 *2:内面	
		底ふた		炭素鋼鋳鋼		△ <sup>*1*2</sup>						
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	シール	グラントパッキン	◎	—								
		ガスケット	◎	—								
隔離機能の維持	隔離	弁体		炭素鋼鋳鋼		△						
		弁箱付弁座		ステンレス鋼		△						
		弁体付弁座	◎	—								
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		ステンレス鋼	△	△						
		ピン		ステンレス鋼	△							
		ヨーク		炭素鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (2/3) DGSW 非常用放出ライン隔離弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象						備考	
					減肉		割れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		炭素鋼鋳鋼*1		△*2*3					*1:ゴムライニング施工 *2:外面 *3:内面 *4:孔食・隙間腐食	
		底ふた		炭素鋼*1		△*2*3						
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼, 炭素鋼		△						
	シール	グラントパッキン	◎	—								
		Oリング	◎	—								
隔離機能の維持	隔離	弁体		炭素鋼鋳鋼*1		△						
		弁座	◎	—								
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		ステンレス鋼	△	△*4						
		ピン		ステンレス鋼	△							
		ヨーク		炭素鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1(3/3) 格納容器圧力逃がし装置出口側隔離弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		ステンレス鋳鋼								
		底ふた		ステンレス鋼								
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	シール	グラントパッキン	◎	—								
		ガスケット	◎	—								
隔離機能の維持	隔離	弁体		ステンレス鋳鋼		△						
		弁座	◎	—								
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		ステンレス鋼	△							
		ピン		ステンレス鋼	△							
		ヨーク		ステンレス鋳鋼								
		ブッシュ		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について、1章で実施したグループ化で代表機器となっていない機器への展開について検討した。

[対象系統]

- ① 不活性ガス系
- ② 非常用ガス処理系
- ③ 非常用ガス再循環系
- ④ 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機海水系
- ⑤ 重大事故等対処設備

#### 3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

代表機器と同様、設計上及び運転経験から、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

#### 3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

##### a. ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食） [共通]

代表機器と同様、ジョイントボルト・ナットは低合金鋼又は炭素鋼であり腐食が想定されるが、分解点検時に手入れ・清掃を行うことにより機能を維持することとしている。

重大事故等対処設備については、新たに設置される機器であることから、上記同様、今後の分解点検時に手入れ・清掃を行うことにより機能を維持することとしている。

したがって、ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

##### b. 弁箱（外面）、底ふた（外面）、ヨークの腐食（全面腐食） [共通]

代表機器と同様、弁箱、底ふた、ヨークは炭素鋼又は炭素鋼であり腐食が想定されるが、大気接触部は塗装が施されていることから、塗膜が健全であれば腐食が発生する可能性は小さく、分解点検時の目視点検時において塗装の状態を確認し、必要に応じて補修塗装することにより機能を維持することとしている。

重大事故等対処設備については、新たに設置される機器であることから、上記同様、今後の分解点検時の目視点検時において塗装の状態を確認し、必要に応じて補修塗装することにより機能を維持することとしている。

したがって、弁箱（外面）、底ふた（外面）、ヨークの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. 弁箱（内面），底ふた（内面），弁体の腐食（全面腐食）〔不活性ガス系，重大事故等対処設備〕

代表機器と同様，弁箱，底ふた及び弁体は炭素鋼鋳鋼であり腐食が想定されるが，分解点検時に目視点検を行い，必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持することとしている。

重大事故等対処設備については，新たに設置される機器であることから，上記同様，今後の分解点検時に目視点検を行い，必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持することとしている。

したがって，弁箱（内面），底ふた（内面），弁体の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. 弁箱（内面），底ふた（内面），弁体の腐食（全面腐食）〔高圧炉心スプレイ系ゼーゼル発電機海水系，重大事故等対処設備〕

代表機器と同様，弁箱，底ふた，弁体は炭素鋼鋳鋼又は炭素鋼であり，海水に接液することから腐食が想定されるが，内面接液部はゴムライニングが施されていることから，腐食が発生する可能性は小さく，分解点検時に目視点検を行い，必要に応じて補修又は取替をすることにより機能を維持することとしている。

重大事故等対処設備については，新たに設置される機器であることから，上記同様，今後の分解点検時に目視点検を行い，必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持することとしている。

したがって，弁箱（内面），底ふた（内面），弁体の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. 弁棒，ピンの摩耗〔共通〕

代表機器と同様，弁の開閉に伴い，弁棒についてはグランドパッキンとの摺動部，ピンについては他の部位との接触部に摩耗が想定されるが，分解点検時に目視点検を行い，必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持することとしている。

重大事故等対処設備については，新たに設置される機器であることから，上記同様，今後の分解点検時に目視点検を行い，必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持することとしている。

したがって，弁棒，ピンの摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- f. 弁棒の腐食（孔食・隙間腐食）〔高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機海水系，重大事故等対処設備〕

代表機器と同様，弁棒はステンレス鋼であり腐食（孔食・隙間腐食）が想定されるが，分解点検時に目視点検を行い，必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持することとしている。

重大事故等対処設備については，新たに設置される機器であることから，上記同様，今後の分解点検時に目視点検を行い，必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持することとしている。

したがって，弁棒の腐食（孔食・隙間腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- g. 弁棒，弁箱付弁座（不活性ガス系のみ）の腐食（全面腐食）〔不活性ガス系，非常用ガス処理系，非常用ガス再循環系，重大事故等対処設備〕

代表機器と同様，弁棒，弁箱付弁座はステンレス鋼であるため，腐食の可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検において有意な腐食は認められておらず，今後も使用環境は変わらないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

重大事故等対処設備については，新たに設置される機器であることから，上記同様，今後の分解点検時に目視点検を行い，必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持することとしている。

したがって，弁棒，弁箱付弁座の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- (2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，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（日常劣化管理事象以外）

日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。

## 5. 安全弁

### [対象系統]

- ① ほう酸水注入系
- ② 残留熱除去系
- ③ 残留熱除去海水系
- ④ 高圧炉心スプレイ系
- ⑤ 低圧炉心スプレイ系
- ⑥ 原子炉隔離時冷却系
- ⑦ 原子炉再循環系
- ⑧ 原子炉冷却材浄化系
- ⑨ 可燃性ガス濃度制御系
- ⑩ 復水系
- ⑪ 給水系
- ⑫ 給水加熱器ベント系
- ⑬ タービン補助蒸気系
- ⑭ タービングランド蒸気系
- ⑮ 空気抽出系
- ⑯ 制御用圧縮空気系
- ⑰ 気体廃棄物処理系

## 目次

1. 対象機器及び代表機器の選定.....	5-1
1.1 グループ化の考え方及び結果.....	5-1
1.2 代表機器の選定.....	5-1
2. 代表機器の技術評価.....	5-4
2.1 構造,材料及び使用条件.....	5-4
2.1.1 高圧炉心スプレイ系注入弁 F004 安全弁.....	5-4
2.1.2 ヒータ 1 安全弁.....	5-7
2.1.3 残留熱除去系停止時冷却入口ライン安全弁.....	5-10
2.1.4 排ガス復水器安全弁.....	5-13
2.1.5 計装用 N2 ガス逃し安全弁.....	5-16
2.1.6 SLC ポンプ逃し弁.....	5-19
2.1.7 RHR 熱交換器管側安全弁.....	5-22
2.2 経年劣化事象の抽出.....	5-25
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目.....	5-25
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出.....	5-25
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象.....	5-26
3. 代表機器以外への展開.....	5-37
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象.....	5-37
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象.....	5-37

## 1. 対象機器及び代表機器の選定

東海第二で使用している主要な安全弁の主な仕様を表 1-1 に示す。

これらの安全弁を弁箱材料及び内部流体の観点からグループ化し、それぞれのグループより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

弁箱材料及び内部流体を分類基準とし、安全弁を表 1-1 に示すとおりグループ化する。

弁箱材料は炭素鋼，ステンレス鋼，青銅铸件に分類され，内部流体は純水，蒸気，ガス，五ほう酸ナトリウム水，海水に分類される。

### 1.2 代表機器の選定

表 1-1 に分類されるグループ毎に重要度，運転状態，最高使用温度，最高使用圧力及び口径の観点から代表機器を選定する。

#### (1) 純水系炭素鋼安全弁（内部流体：純水，弁箱材料：炭素鋼）

このグループには，残留熱除去系，高圧炉心スプレイ系，低圧炉心スプレイ系，原子炉隔離時冷却系，原子炉冷却材浄化系，可燃性ガス濃度制御系，タービングラウンド蒸気系，復水系，給水系，空気抽出系が属するが，重要度が高い機器は，運転状態，最高使用温度が同等である為，最高使用圧力の高い高圧炉心スプレイ系注入弁 F004 安全弁を代表機器とする。

#### (2) 蒸気系炭素鋼安全弁（内部流体：蒸気，弁箱材料：炭素鋼）

このグループには，タービン補助蒸気系，タービングラウンド蒸気系，給水加熱器ベント系が属するが，重要度，運転状態は同等である為，最高使用温度の高いヒータ 1 安全弁を代表機器とする。

#### (3) 純水系ステンレス鋼安全弁（内部流体：純水，弁箱材料：ステンレス鋼）

このグループには，残留熱除去系，原子炉隔離時冷却系，原子炉再循環系，原子炉冷却材浄化系が属するが，重要度が高い機器は，運転状態，最高使用温度，最高使用圧力が同等である為，口径の大きい残留熱除去系停止時冷却入口ライン安全弁を代表機器とする。

#### (4) 蒸気系ステンレス鋼安全弁（内部流体：蒸気，弁箱材料：ステンレス鋼）

このグループには，気体廃棄物処理系のみが属するが，重要度及び運転状態が同等である為，最高使用温度の高い排ガス復水器安全弁を代表機器とする。

- (5) ガス系ステンレス鋼安全弁（内部流体：ガス，弁箱材料：ステンレス鋼）  
このグループは，制御用圧縮空気系のみであることから，計装用 N2 ガス逃し安全弁を代表機器とする。
- (6) 五ほう酸ナトリウム水系ステンレス鋼安全弁（内部流体：五ほう酸ナトリウム水，弁箱材料：ステンレス鋼）  
このグループは，ほう酸水注入系のみであることから，SLC ポンプ逃し弁を代表機器とする。
- (7) 海水系銅合金安全弁（内部流体：海水，弁箱材料：青銅鋳物）  
このグループは，残留熱除去海水系のみであることから，RHR 熱交換器管側安全弁を代表機器とする。

表 1-1 安全弁のグループ化及び代表機器の選定

分類基準		当該系統	選定基準					選定	代表機器／選定理由
弁箱材料	内部流体		口径 (A)	重要度*1	使用条件				
					運転状態	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)		
炭素鋼	純水	残留熱除去系	15～40	MS-1, 重*2	一時	0.86～8.62	100～302	◎	高圧炉心スプレイ系注入弁 F004 安全弁／重要度, 運転状態, 最高使用温度, 最高使用圧力
		高圧炉心スプレイ系	15～40	MS-1, 重*2	一時	0.70～10.69	100～302		
		低圧炉心スプレイ系	15～40	MS-1, 重*2	一時	0.70～8.62	100～302		
		原子炉隔離時冷却系	40	重*2	一時	0.86	77		
		原子炉冷却材浄化系	25～40	高*3	連続	0.86～9.80	188～302		
		可燃性ガス濃度制御系	40	MS-1	一時	0.31	171		
		タービンランド蒸気系	50	高*3	連続	1.04	183		
		復水系	20～25	高*3	連続	6.14	205		
		給水系	20	高*3	連続	12.93	233		
	空気抽出系	90	高*3	連続	0.35	164			
	蒸気	タービン補助蒸気系	50	高*3	連続	1.04	183	◎	ヒータ 1 安全弁／重要度, 運転状態, 最高使用温度
		タービンランド蒸気系	200	高*3	連続	1.04	124～233		
		給水加熱器ベント系	80～100	高*3	連続	0.36～2.98	149～235		
ステンレス鋼	純水	残留熱除去系	15～25	MS-1, 重*2	一時	8.62	302	◎	残留熱除去系停止時冷却入口ライン安全弁／重要度, 運転状態, 最高使用温度, 最高使用圧力, 口径
		原子炉隔離時冷却系	15	高*3	一時	10.35	302		
		原子炉再循環系	20	高*3	連続	12.06	66		
		原子炉冷却材浄化系	25	高*3	連続	12.06	66		
	蒸気	気体廃棄物処理系	20～40	高*3	連続	0.86～2.41	205～538	◎	排ガス復水器安全弁／重要度, 運転状態, 最高使用温度
	ガス	制御用圧縮空気系	25	重*2	一時	1.38	66	◎	計装用 N2 ガス逃し安全弁
	五ほう酸ナトリウム水	ほう酸水注入系	25	MS-1, 重*2	一時	9.66	66	◎	SLC ポンプ逃し弁
青銅鋳物	海水	残留熱除去海水系	40	MS-1	一時	3.45	249	◎	RHR 熱交換器管側安全弁

\*1：当該機器に要求される重要度クラスのうち、最上位の重要度クラスを示す

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

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

## 2. 代表機器の技術評価

本章では、1章で代表機器とした以下の7台の弁について技術評価を実施する。

- ① 高圧炉心スプレイ系注入弁 F004 安全弁
- ② ヒータ 1 安全弁
- ③ 残留熱除去系停止時冷却入口ライン安全弁
- ④ 排ガス復水器安全弁
- ⑤ 計装用 N2 ガス逃し安全弁
- ⑥ SLC ポンプ逃し弁
- ⑦ RHR 熱交換器管側安全弁

### 2.1 構造，材料及び使用条件

#### 2.1.1 高圧炉心スプレイ系注入弁 F004 安全弁

##### (1) 構造

東海第二の高圧炉心スプレイ系注入弁 F004 安全弁は口径 15A，最高使用圧力 10.69 MPa，最高使用温度 302 ℃の安全弁で 1 台設置されている。

弁本体は，純水を内包する耐圧部（弁箱（ノズルシート一体型），弁体，スプリングシート，ジョイントボルト・ナット等），及び弁体を作動させる作動部（弁棒，スプリング）からなる。

純水に接する弁箱（ノズルシート一体型）には炭素鋼，弁体にはステンレス鋼が使用されている。

なお，当該弁は，ジョイントボルト・ナットを取外すことにより，弁内部の点検手入れが可能である。

東海第二の高圧炉心スプレイ系注入弁 F004 安全弁の構造図を図 2.1-1 に示す。

##### (2) 材料及び使用条件

東海第二の高圧炉心スプレイ系注入弁 F004 安全弁主要部位の使用材料を表 2.1-1 に，使用条件を表 2.1-2 に示す。

No.	部位
①	弁箱（ノズルシート一体型）
②	弁体
③	スプリングシート
④	ジョイントボルト・ナット
⑤	ガスケット
⑥	弁棒
⑦	スプリング

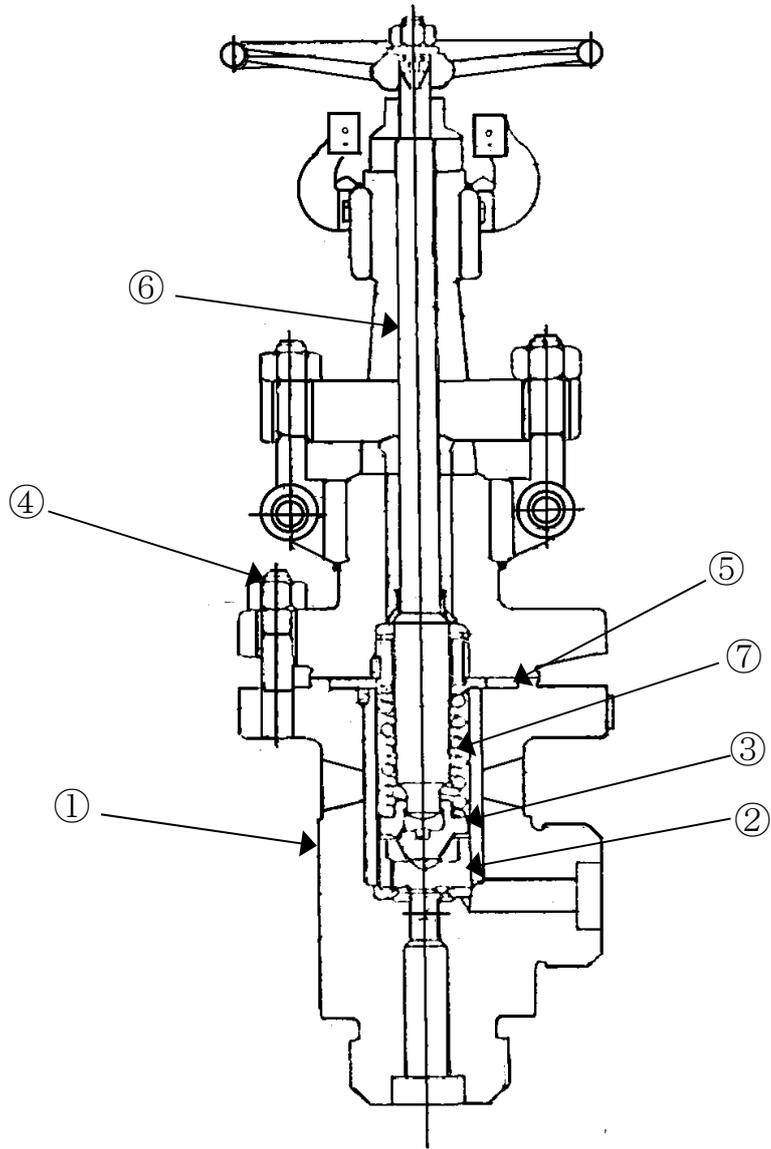


図 2.1-1 高圧炉心スプレイ系注入弁 F004 安全弁構造図

表 2.1-1 高圧炉心スプレイ系注入弁 F004 安全弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱（ノズルシート一体型）	炭素鋼（ステライト肉盛）
		弁体	ステンレス鋼（ステライト肉盛）
		スプリングシート	ステンレス鋼（ステライト肉盛）
		ジョイントボルト・ナット	低合金鋼・炭素鋼
	シール	ガスケット	（消耗品）
作動機能の維持	作動力伝達	弁棒	ステンレス鋼
		スプリング	インコネル

表 2.1-2 高圧炉心スプレイ系注入弁 F004 安全弁の使用条件

最高使用圧力	10.69 MPa
最高使用温度	302 ℃
内部流体	純水

## 2.1.2 ヒータ 1 安全弁

### (1) 構造

東海第二のヒータ 1 安全弁は口径 80A, 最高使用圧力 2.98 MPa, 最高使用温度 235℃ の安全弁で 3 台設置されている。

弁本体は、蒸気を内包する耐圧部（弁箱、弁体、ノズルシート、ジョイントボルト・ナット、ベローズ等）、及び弁体を作動させる作動部（弁棒、スプリング）からなる。

蒸気に接する弁箱は炭素鋼鋳鋼、弁体にはステンレス鋼、ノズルシートには炭素鋼が使用されている。

なお、当該弁は、ジョイントボルト・ナットを取外すことにより、弁内部の点検手入れが可能である。

東海第二のヒータ 1 安全弁の構造図を図 2.1-2 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

東海第二のヒータ 1 安全弁主要部位の使用材料を表 2.1-3 に、使用条件を表 2.1-4 に示す。

No.	部位
①	弁箱
②	弁体
③	ノズルシート
④	ジョイントボルト・ナット
⑤	ベローズ
⑥	ガスケット
⑦	弁棒
⑧	スプリング

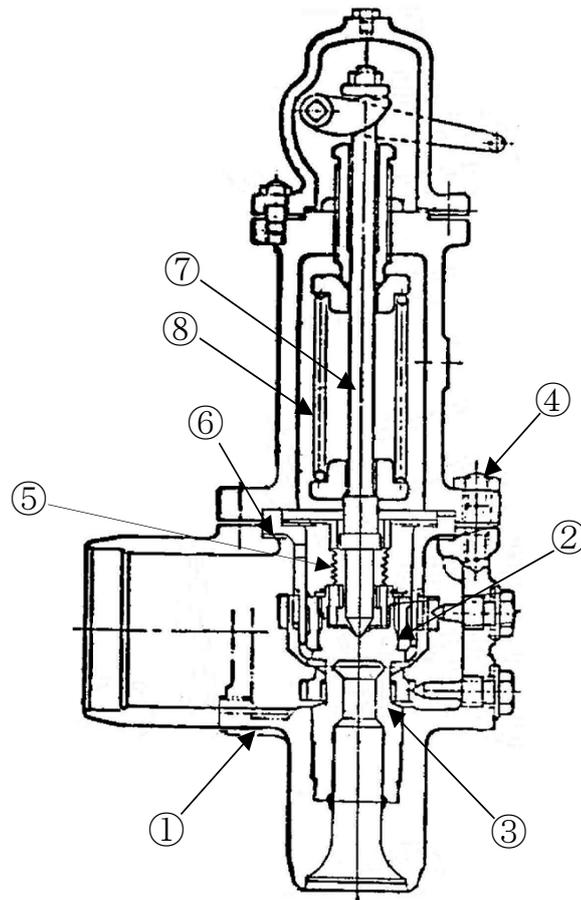


図 2.1-2 ヒータ 1 安全弁構造図

表 2.1-3 ヒータ 1 安全弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	炭素鋼鋳鋼
		弁体	ステンレス鋼
		ノズルシート	炭素鋼 (ステライト肉盛)
		ジョイントボルト・ナット	炭素鋼
	シール	ベローズ	ステンレス鋼
		ガスケット	(消耗品)
作動機能の維持	作動力伝達	弁棒	ステンレス鋼 (ステライト肉盛)
		スプリング	ばね鋼

表 2.1-4 ヒータ 1 安全弁の使用条件

最高使用圧力	2.98 MPa
最高使用温度	235 °C
内部流体	蒸気

### 2.1.3 残留熱除去系停止時冷却入口ライン安全弁

#### (1) 構造

東海第二の残留熱除去系停止時冷却入口ライン安全弁は口径 25A, 最高使用圧力 8.62 MPa, 最高使用温度 302 °Cの安全弁で1台設置されている。

弁本体は、純水を内包する耐圧部（弁箱、弁体、ノズルシート、ジョイントボルト・ナット、ベローズ等）、及び弁体を作動させる作動部（弁棒、スプリング）からなる。

純水に接する弁箱はステンレス鋳鋼、弁体、ノズルシートにはステンレス鋼が使用されている。

なお、当該弁は、ジョイントボルト・ナットを取外すことにより、弁内部の点検手入れが可能である。

東海第二の残留熱除去系停止時冷却入口ライン安全弁の構造図を図 2.1-3 に示す。

#### (2) 材料及び使用条件

東海第二の残留熱除去系停止時冷却入口ライン安全弁主要部位の使用材料を表 2.1-5 に、使用条件を表 2.1-6 に示す。

No.	部位
①	弁箱
②	弁体
③	ノズルシート
④	ジョイントボルト・ナット
⑤	ペローズ
⑥	ガスケット
⑦	弁棒
⑧	スプリング

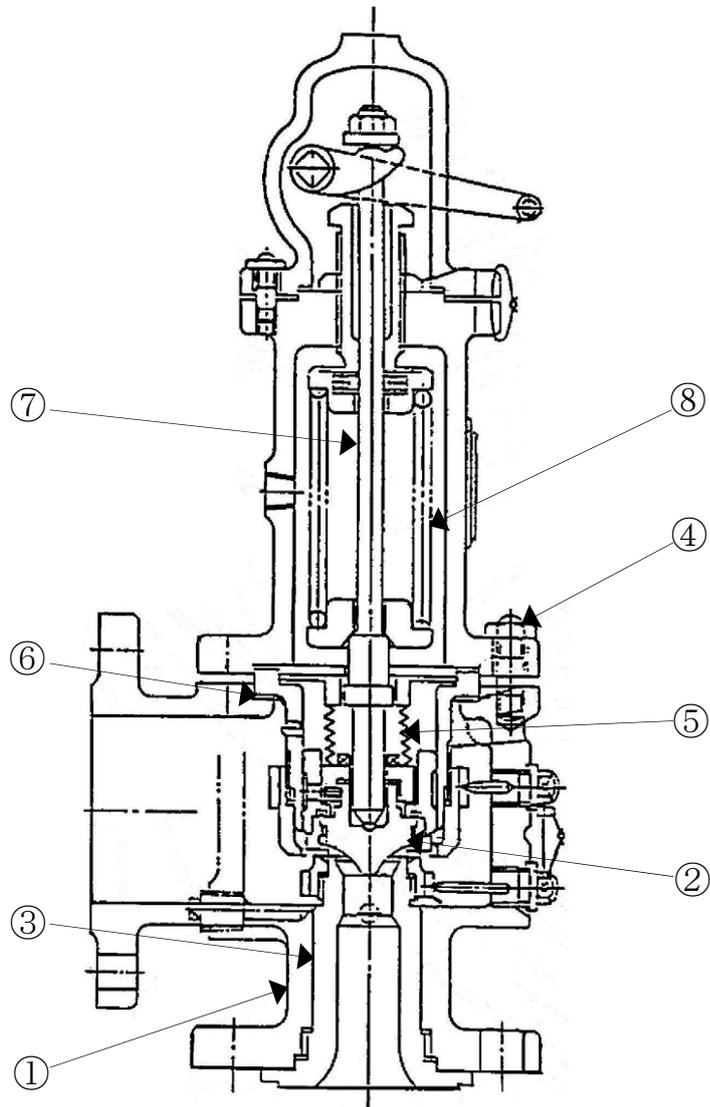


図 2.1-3 残留熱除去系停止時冷却入口ライン安全弁構造図

表 2.1-5 残留熱除去系停止時冷却入口ライン安全弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	ステンレス鋳鋼
		弁体	ステンレス鋼
		ノズルシート	ステンレス鋼 (ステライト肉盛)
		ジョイントボルト・ナット	ステンレス鋼
	シール	ベローズ	ステンレス鋼
		ガスケット	(消耗品)
作動機能の維持	作動力伝達	弁棒	ステンレス鋼
		スプリング	ステンレス鋼

表 2.1-6 残留熱除去系停止時冷却入口ライン安全弁の使用条件

最高使用圧力	8.62 MPa
最高使用温度	302 °C
内部流体	純水

#### 2.1.4 排ガス復水器安全弁

##### (1) 構造

東海第二の排ガス復水器安全弁は口径 40A, 最高使用圧力 2.41 MPa, 最高使用温度 538 °Cの安全弁で, 2 台設置されている。

弁本体は, 蒸気を内包する耐圧部 (弁箱, 弁体, ノズルシート, ジョイントボルト・ナット等), 及び弁体を作動させる作動部 (弁棒, スプリング) からなる。

蒸気に接する弁箱はステンレス鋳鋼, 弁体, ノズルシートにはステンレス鋼が使用されている。

なお, 当該弁は, ジョイントボルト・ナットを取外すことにより, 弁内部の点検手入れが可能である。

東海第二の排ガス復水器安全弁の構造図を図 2.1-4 に示す。

##### (2) 材料及び使用条件

東海第二の排ガス復水器安全弁主要部位の使用材料を表 2.1-7 に, 使用条件を表 2.1-8 に示す。

No.	部位
①	弁箱
②	弁体
③	ノズルシート
④	ジョイントボルト・ナット
⑤	ガスケット
⑥	弁棒
⑦	スプリング

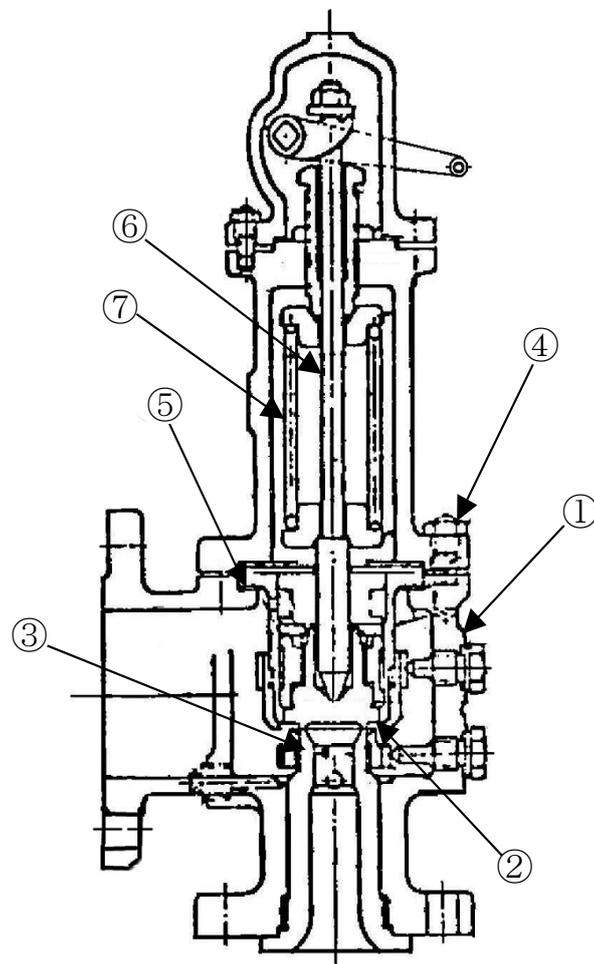


図 2.1-4 排ガス復水器安全弁構造図

表 2.1-7 排ガス復水器安全弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	ステンレス鋳鋼
		弁体	ステンレス鋼 (ステライト肉盛)
		ノズルシート	ステンレス鋼 (ステライト肉盛)
		ジョイントボルト・ナット	ステンレス鋼
	シール	ガスケット	(消耗品)
作動機能の維持	作動力伝達	弁棒	ステンレス鋼 (ステライト肉盛)
		スプリング	ステンレス鋼

表 2.1-8 排ガス復水器安全弁の使用条件

最高使用圧力	2.41 MPa
最高使用温度	538 °C
内部流体	蒸気

## 2.1.5 計装用 N2 ガス逃し安全弁

### (1) 構造

東海第二の計装用 N2 ガス逃し安全弁は口径 25A, 最高使用圧力 1.38 MPa, 最高使用温度 66 °C の逃し弁で, 2 台設置されている。

弁本体は, ガスを内包する耐圧部 (弁箱, 弁体, ノズルシート, ジョイントボルト・ナット等), 及び弁体を作動させる作動部 (弁棒, スプリング) からなる。

ガスに接する弁箱はステンレス鋳鋼, 弁体, ノズルシートにはステンレス鋼が使用されている。

なお, 当該弁は, ジョイントボルト・ナットを取外すことにより, 弁内部の点検手入れが可能である。

東海第二の計装用 N2 ガス逃し安全弁の構造図を図 2.1-5 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

東海第二の計装用 N2 ガス逃し安全弁主要部位の使用材料を表 2.1-9 に, 使用条件を表 2.1-10 に示す。

No.	部位
①	弁箱
②	弁体
③	ノズルシート
④	ジョイントボルト・ナット
⑤	ガスケット
⑥	弁棒
⑦	スプリング

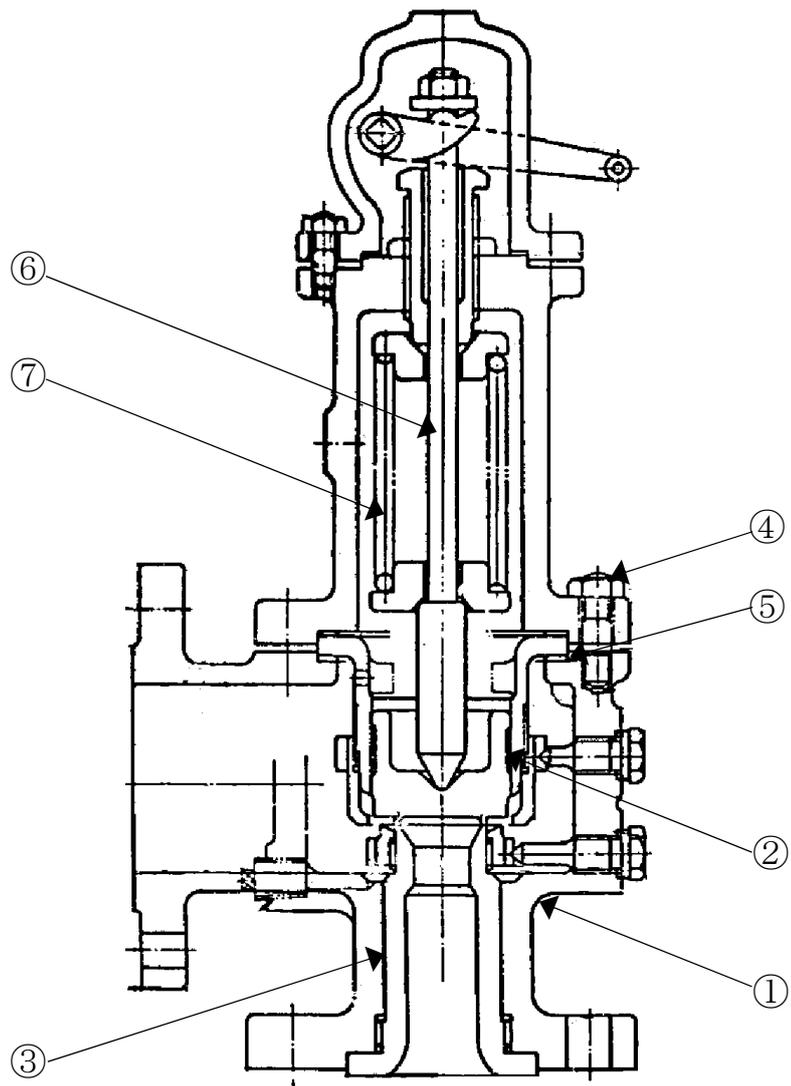


図 2.1-5 計装用 N2 ガス逃し安全弁構造図

表 2.1-9 計装用 N2 ガス逃し安全弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	ステンレス鋳鋼
		弁体	ステンレス鋼 (ステライト肉盛)
		ノズルシート	ステンレス鋼 (ステライト肉盛)
		ジョイントボルト・ナット	ステンレス鋼
	シール	ガスケット	(消耗品)
作動機能の維持	作動力伝達	弁棒	ステンレス鋼 (ステライト肉盛)
		スプリング	ステンレス鋼

表 2.1-10 計装用 N2 ガス逃し安全弁の使用条件

最高使用圧力	1.38 MPa
最高使用温度	66 °C
内部流体	ガス

## 2.1.6 SLC ポンプ逃し弁

### (1) 構造

東海第二の SLC ポンプ逃し弁は口径 25A, 最高使用圧力 9.66 MPa, 最高使用温度 66℃ の逃し弁で, 2 台設置されている。

弁本体は, 五ほう酸ナトリウム水を内包する耐圧部 (弁箱, 弁体, ノズルシート, ジョイントボルト・ナット等), 及び弁体を作動させる作動部 (弁棒, スプリング) からなる。

五ほう酸ナトリウム水に接する弁箱はステンレス鋳鋼, 弁体, ノズルシートにはステンレス鋼が使用されている。

なお, 当該弁は, ジョイントボルト・ナットを取外すことにより, 弁内部の点検手入れが可能である。

東海第二の SLC ポンプ逃し弁の構造図を図 2.1-6 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

東海第二の SLC ポンプ逃し弁主要部位の使用材料を表 2.1-11 に, 使用条件を表 2.1-12 に示す。

No.	部位
①	弁箱
②	弁体
③	ノズルシート
④	ジョイントボルト・ナット
⑤	ガスケット
⑥	弁棒
⑦	スプリング

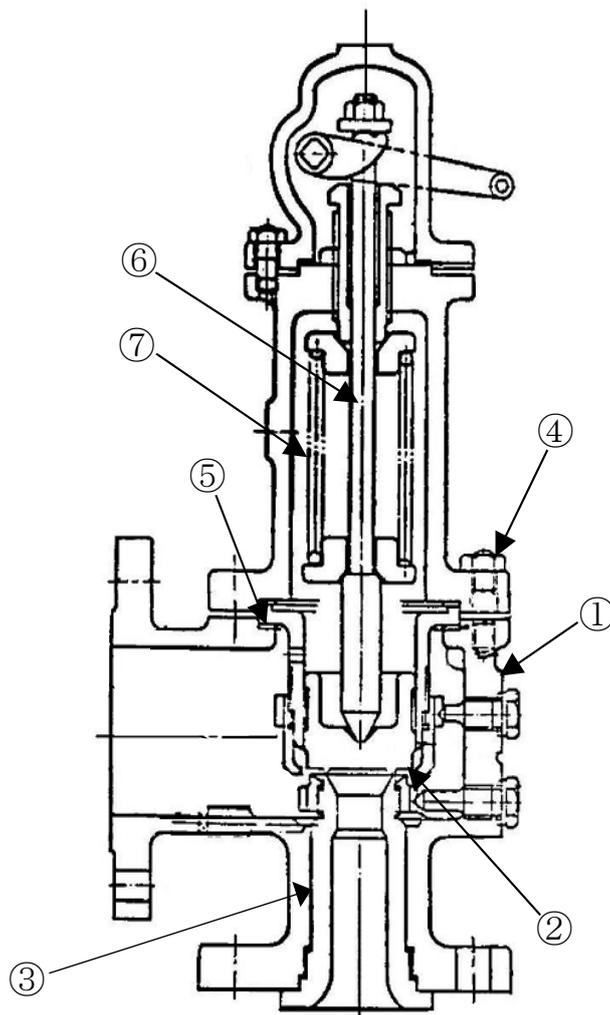


図 2.1-6 SLC ポンプ逃し弁構造図

表 2.1-11 SLC ポンプ逃し弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	ステンレス鋳鋼
		弁体	ステンレス鋼 (ステライト肉盛)
		ノズルシート	ステンレス鋼 (ステライト肉盛)
		ジョイントボルト・ナット	ステンレス鋼
	シール	ガスケット	(消耗品)
作動機能の維持	作動力伝達	弁棒	ステンレス鋼 (ステライト肉盛)
		スプリング	ばね鋼

表 2.1-12 SLC ポンプ逃し弁の使用条件

最高使用圧力	9.66 MPa
最高使用温度	66 °C
内部流体	五ほう酸ナトリウム水

## 2.1.7 RHR 熱交換器管側安全弁

### (1) 構造

東海第二の RHR 熱交換器管側安全弁は口径 40A, 最高使用圧力 3.45 MPa, 最高使用温度 249 °C の安全弁で, 2 台設置されている。

弁本体は, 海水を内包する耐圧部 (弁箱, 弁体, ノズルシート, ジョイントボルト・ナット等), 及び弁体を作動させる作動部 (弁棒, スプリング) からなる。

海水に接する弁箱は青銅鋳物, 弁体, ノズルシートにはステンレス鋼が使用されている。

なお, 当該弁は, ジョイントボルト・ナットを取外すことにより, 弁内部の点検手入れが可能である。

東海第二の RHR 熱交換器管側安全弁の構造図を図 2.1-7 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

東海第二の RHR 熱交換器管側安全弁主要部位の使用材料を表 2.1-13 に, 使用条件を表 2.1-14 に示す。

No.	部位
①	弁箱
②	弁体
③	ノズルシート
④	ジョイントボルト・ナット
⑤	ガスケット
⑥	弁棒
⑦	スプリング

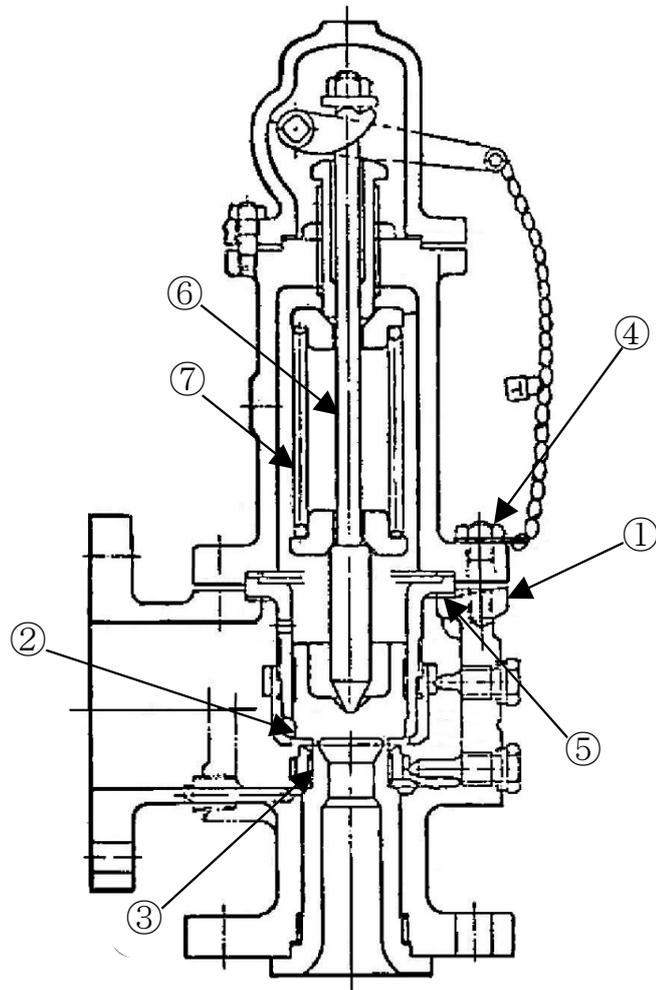


図 2.1-7 RHR 熱交換器管側安全弁構造図

表 2.1-13 RHR 熱交換器管側安全弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	青銅鋳物
		弁体	ステンレス鋼 (ステライト肉盛)
		ノズルシート	ステンレス鋼 (ステライト肉盛)
		ジョイントボルト・ナット	炭素鋼
	シール	ガスケット	(消耗品)
作動機能の維持	作動力伝達	弁棒	ステンレス鋼 (ステライト肉盛)
		スプリング	ばね鋼

表 2.1-14 RHR 熱交換器管側安全弁の使用条件

最高使用圧力	3.45 MPa
最高使用温度	249 °C
内部流体	海水

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

安全弁の機能である流体吹き出し機能の達成に必要な項目は以下のとおり。

- (1) バウンダリの維持
- (2) 作動機能の維持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

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

なお、消耗品及び定期取替品は以下のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

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

#### (3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

想定される経年劣化事象のうち下記①、②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。

なお、下記①、②に該当する事象については、2.2.3 項に示すとおり、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

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

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

a. 弁箱の外面の腐食（全面腐食）[高圧炉心スプレー系注入弁 F004 安全弁，ヒータ 1 安全弁]

弁箱は炭素鋼又は炭素鋼鋳鋼であり，外面は大気接触することから腐食が想定されるが，弁箱外面の大気接触部は塗装が施されていることから，塗膜が健全であれば腐食が発生する可能性は小さく，分解点検時の目視点検において塗装状態を確認し，必要に応じて補修塗装することにより機能を維持している。

したがって，弁箱の外面の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. 弁箱の内面の腐食（全面腐食）[高圧炉心スプレー系注入弁 F004 安全弁，ヒータ 1 安全弁，RHR 熱交換器管側安全弁]

弁箱は炭素鋼，炭素鋼鋳鋼又は青銅鋳物であり，弁箱内面は純水，蒸気又は海水に接液することから腐食が想定されるが，分解点検時の目視点検において有意な腐食がないことを確認している。

したがって，弁箱の内面の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）[高圧炉心スプレー系注入弁 F004 安全弁，ヒータ 1 安全弁，RHR 熱交換器管側安全弁]

ジョイントボルト・ナットは低合金鋼又は炭素鋼であり腐食が想定されるが，分解点検時に手入れ・清掃を行うことにより機能を維持している。

したがって，ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. ノズルシートの腐食（全面腐食）[ヒータ 1 安全弁]

ノズルシートは炭素鋼であり，内部流体が蒸気であることから，腐食が想定されるが，分解点検時の目視点検において有意な腐食がないことを確認している。

したがって，ノズルシートの腐食（全面腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. 弁体，ノズルシートの腐食（孔食・隙間腐食）[RHR 熱交換器管側安全弁]

弁体，ノズルシートについてはステンレス鋼であり，内部流体が海水であることから，接液部に腐食（孔食・隙間腐食）が想定されるが，分解点検時に補修を行うことにより機能を維持している。

したがって，弁体，ノズルシートの腐食（孔食・隙間腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f. 弁箱，ジョイントボルト・ナットの貫粒型応力腐食割れ [残留熱除去系停止時冷却入口ライン安全弁]

弁箱，ジョイントボルト・ナットはステンレス鋳鋼又はステンレス鋼であり，大気中の海塩粒子に含まれる塩化物イオンにより，外面から貫粒型応力腐食割れの発生が想定されるが，原子炉建屋内機器の塩分測定において，代表箇所における定期的な目視点検及び付着塩分量測定を実施し，その結果により必要に応じ機器外面清掃及び浸透探傷検査を実施することとしている。

また，東海第二では工事における副資材管理でステンレス鋼への塩分付着を防止している。

したがって，弁箱，ジョイントボルト・ナットの貫粒型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と判断する。

g. 弁棒の摩耗 [高圧炉心スプレイ系注入弁 F004 安全弁，残留熱除去系停止時冷却入口ライン安全弁]

弁棒は弁の開閉に伴う弁ふた及び弁体との摺動により摩耗が想定されるが，安全弁は系統の異常昇圧時の保護目的で設置されており，作動回数がほとんどないことから摩耗が発生する可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検において有意な摩耗は確認されておらず，今後も使用環境が変わらないことから，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，弁棒の摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- h. ノズルシート，ジョイントボルト・ナットの粒界型応力腐食割れ [残留熱除去系停止時冷却入口ライン安全弁]

ノズルシート及びジョイントボルト・ナットはステンレス鋼であり，粒界型応力腐食割れの発生が想定されるが，実温度測定結果が 100℃未満であるため，粒界型応力腐食割れが発生する可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検において有意な欠陥は確認されておらず，今後も使用環境が変わらないことから，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，ノズルシート，ジョイントボルト・ナットの粒界型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と判断する。

- i. ベローズの疲労割れ [ヒータ 1 安全弁，残留熱除去系停止時冷却入口ライン安全弁]

ベローズは弁の開閉に伴う伸縮の繰り返しにより疲労割れが想定されるが，作動頻度が少ないため，ベローズの疲労割れが発生する可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検において有意な欠陥は確認されておらず，今後も使用環境が変わらないことから，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，ベローズの疲労割れは，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- j. 弁箱（内面），弁体，ノズルシートの腐食（全面腐食） [SLC ポンプ逃し弁]

弁箱はステンレス鋳鋼，弁体，ノズルシートはステンレス鋼であり，内部流体が五ほう酸ナトリウム水であるため腐食の発生が想定されるが，ステンレス鋼は五ほう酸ナトリウム水に対し耐食性を有していることから，腐食が発生する可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検において有意な腐食は確認されておらず，今後も使用環境が変わらないことから，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，弁箱（内面），弁体，ノズルシートの腐食（全面腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、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（日常劣化管理事象以外）

a. スプリングのへたり [共通]

安全弁のスプリングは常時応力がかかった状態で使用されるため、へたりが想定されるが、スプリング使用時のねじり応力が許容ねじり応力以下になるように設定されており、さらにスプリングの材料に対する推奨最高使用温度よりも実際の使用温度は低いことから、へたりが進行する可能性はない。

したがって、スプリングのへたりは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

表 2.2-1 (1/7) 高圧炉心スプレイ系注入弁 F004 安全弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱(ノズルシート一体型)		炭素鋼*1		△*2*3						*1:ステライト肉盛 *2:外面 *3:内面 *4:へたり
		弁体		ステンレス鋼*1								
		スプリングシート		ステンレス鋼*1								
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼・炭素鋼		△						
	シール	ガスケット	◎	—								
作動機能の維持	作動力伝達	弁棒		ステンレス鋼	△							
		スプリング		インコネル						▲*4		

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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

表 2.2-1 (2/7) ヒータ 1 安全弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象						備考	
					減肉		割れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		炭素鋼鋳鋼		△*2*3					*1:ステライト肉盛 *2:外面 *3:内面 *4:へたり	
		弁体		ステンレス鋼								
		ノズルシート		炭素鋼*1		△						
		ジョイントボルト・ナット		炭素鋼		△						
	シール	ベローズ		ステンレス鋼			△					
		ガスケット	◎	—								
作動機能の維持	作動力伝達	弁棒		ステンレス鋼*1								
		スプリング		ばね鋼						▲*4		

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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

表 2.2-1 (3/7) 残留熱除去系停止時冷却入口ライン安全弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		ステンレス 鋳鋼				△*2				*1:ステライト肉盛 *2:貫粒型応力腐食割れ *3:粒界型応力腐食割れ *4:へたり
		弁体		ステンレス 鋼								
		ノズルシート		ステンレス 鋼*1				△*3				
		ジョイントボルト・ナット		ステンレス 鋼				△*2*3				
	シール	ベローズ		ステンレス 鋼			△					
		ガスケット	◎	—								
作動機能の維持	作動力伝達	弁棒		ステンレス 鋼	△							
		スプリング		ステンレス 鋼						▲*4		

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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

表 2.2-1 (4/7) 計装用 N2 ガス逃し安全弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		ステンレス 鋳鋼								*1:ステライト肉盛 *2:へたり
		弁体		ステンレス 鋼*1								
		ノズルシート		ステンレス 鋼*1								
		ジョイントボルト・ナット		ステンレス 鋼								
	シール	ガスケット	◎	—								
作動機能の維持	作動力伝達	弁棒		ステンレス 鋼*1								
		スプリング		ステンレス 鋼						▲*2		

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

表 2.2-1 (5/7) 排ガス復水器安全弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		ステンレス 鋳鋼								*1:ステライト肉盛 *2:へたり
		弁体		ステンレス 鋼*1								
		ノズルシート		ステンレス 鋼*1								
		ジョイントボルト・ナット		ステンレス 鋼								
	シール	ガスケット	◎	—								
作動機能の維持	作動力伝達	弁棒		ステンレス 鋼*1								
		スプリング		ステンレス 鋼						▲*2		

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

表 2.2-1 (6/7) SLC ポンプ逃し弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		ステンレス 鋳鋼		△*2						*1:ステライト肉盛 *2:内面 *3:へたり
		弁体		ステンレス 鋼*1		△						
		ノズルシート		ステンレス 鋼*1		△						
		ジョイントボルト・ナット		ステンレス 鋼								
	シール	ガスケット	◎	—								
作動機能の維持	作動力伝達	弁棒		ステンレス 鋼*1								
		スプリング		ばね鋼							▲*3	

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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

表 2. 2-1 (7/7) RHR 熱交換器管側安全弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象						備考	
					減肉		割れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		青銅鋳物		△*2					*1:ステライト肉盛 *2:内面 *3:孔食・隙間腐食 *4:へたり	
		弁体		ステンレス鋼*1		△*3						
		ノズルシート		ステンレス鋼*1		△*3						
		ジョイントボルト・ナット		炭素鋼		△						
	シール	ガスケット	◎	—								
作動機能の維持	作動力伝達	弁棒		ステンレス鋼*1								
		スプリング		ばね鋼						▲*4		

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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

### 3. 代表機器以外への展開

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

[対象系統]

- ① 残留熱除去系
- ② 高圧炉心スプレイ系
- ③ 低圧炉心スプレイ系
- ④ 原子炉隔離時冷却系
- ⑤ 原子炉再循環系
- ⑥ 原子炉冷却材浄化系
- ⑦ 可燃性ガス濃度制御系
- ⑧ 復水系
- ⑨ 給水系
- ⑩ 給水加熱器ベント系
- ⑪ タービン補助蒸気系
- ⑫ タービンランド蒸気系
- ⑬ 空気抽出系
- ⑭ 気体廃棄物処理系

#### 3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

#### 3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

##### a. 弁箱の外面の腐食（全面腐食）[弁箱が炭素鋼又は炭素鋼鋳鋼の安全弁共通]

代表機器と同様、弁箱は炭素鋼又は炭素鋼鋳鋼であり、外面は大気接触することから腐食が想定されるが、弁箱外面の大気接触部は塗装が施されていることから、塗膜が健全であれば腐食が発生する可能性は小さく、分解点検時の目視点検において塗装状態を確認し、必要に応じて補修塗装することにより機能を維持している。

したがって、弁箱の外面の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. 弁箱の内面の腐食（全面腐食）[弁箱が炭素鋼又は炭素鋼鋳鋼の安全弁共通]

代表機器と同様、弁箱は炭素鋼又は炭素鋼鋳鋼であり、弁箱内面は純水又は蒸気に接液することから腐食が想定されるが、分解点検時の目視点検において有意な腐食がないことを確認している。

したがって、弁箱の内面の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）[ジョイントボルト・ナットが低合金鋼又は炭素鋼の安全弁共通]

代表機器と同様、ジョイントボルト・ナットは低合金鋼又は炭素鋼であり腐食が想定されるが、分解点検時に手入れ・清掃を行うことにより機能を維持している。

したがって、ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. ノズルシートの腐食（全面腐食）[ノズルシートが炭素鋼の安全弁共通]

代表機器と同様、ノズルシートは炭素鋼であり、内部流体が蒸気であることから、腐食が想定されるが、分解点検時に補修を行うことによりノズルシートの機能を維持している。

したがって、ノズルシートの腐食（全面腐食）は、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. 弁箱，ジョイントボルト・ナットの貫粒型応力腐食割れ [弁箱，ジョイントボルト・ナットがステンレス鋳鋼又はステンレス鋼の純水系安全弁共通]

代表機器と同様、弁箱，ジョイントボルト・ナットはステンレス鋳鋼又はステンレス鋼であり、大気中の海塩粒子に含まれる塩化物イオンにより、外面から貫粒型応力腐食割れの発生が想定されるが、原子炉建屋内機器の塩分測定において、代表箇所における定期的な目視点検及び付着塩分量測定を実施し、その結果により必要に応じ機器外面清掃及び浸透探傷検査を実施することとしている。

また、東海第二では工事における副資材管理でステンレス鋼への塩分付着を防止している。

したがって、弁箱，ジョイントボルト・ナットの貫粒型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と判断する。

- f. ノズルシート，ジョイントボルト・ナットの粒界型応力腐食割れ [ステンレス鋼で高温環境に設置されている純水系安全弁共通]

代表機器と同様，ノズルシート，ジョイントボルト・ナットはステンレス鋼であり，内部流体が 100℃以上の高温環境下では粒界型応力腐食割れが想定されるが，分解点検時の目視点検において有意な欠陥がないことを確認している。

したがって，ノズルシート，ジョイントボルト・ナットの粒界型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と判断する。

- g. 弁棒の摩耗 [シートがステライト肉盛されていない安全弁共通]

代表機器と同様，弁棒は弁の開閉に伴う弁ふた及び弁体との摺動により摩耗が想定されるが，安全弁は系統の異常昇圧時の保護目的で設置されており，作動回数がほとんどないことから摩耗が発生する可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検において有意な摩耗は確認されておらず，今後も使用環境が変わらないことから，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，弁棒の摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- h. ベローズの疲労割れ [ベローズ付の安全弁共通]

代表機器と同様，ベローズは弁の開閉に伴う伸縮の繰り返しにより疲労割れが想定されるが，作動頻度が少ないため，ベローズの疲労割れの発生する可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検において有意な欠陥は確認されておらず，今後も使用環境が変わらないことから，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，ベローズの疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- (2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，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（日常劣化管理事象以外）

- a. スプリングのへたり [共通]

代表機器と同様，安全弁のスプリングは常時応力がかかった状態で使用されるため，へたりが想定されるが，スプリング使用時のねじり応力が許容ねじり応力以下になるように設定されており，さらにスプリングの材料に対する推奨最高使用温度よりも実際の使用温度は低いことから，へたりが進行する可能性はない。

したがって，スプリングのへたりは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

## 6. ボール弁

[対象系統]

- ① 中性子計装系
- ② 原子炉冷却材浄化系

## 目次

1. 対象機器及び代表機器の選定.....	6-1
1.1 グループ化の考え方及び結果.....	6-1
1.2 代表機器の選定.....	6-1
2. 代表機器の技術評価.....	6-3
2.1 構造, 材料及び使用条件.....	6-3
2.1.1 移動式炉心内計装ボール弁.....	6-3
2.1.2 原子炉冷却材浄化系 F/D 入口弁.....	6-6
2.2 経年劣化事象の抽出.....	6-9
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目.....	6-9
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出.....	6-9
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象.....	6-10
3. 代表機器以外への展開.....	6-14
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象.....	6-14
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象.....	6-14

## 1. 対象機器及び代表機器の選定

東海第二で使用している主要なボール弁の主な仕様を表 1-1 に示す。

これらのボール弁を弁箱材料及び内部流体の観点からグループ化し、それぞれのグループより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

弁箱材料及び内部流体を分類基準とし、ボール弁を表 1-1 に示すとおりグループ化する。弁箱材料はステンレス鋼、内部流体はガス、純水に分類される。

### 1.2 代表機器の選定

表 1-1 に分類されるグループ毎に、重要度、運転状態、最高使用温度、最高使用圧力及び口径の観点から代表機器を選定する。

#### (1) ガス系ステンレス鋼ボール弁（内部流体：ガス，弁箱材料：ステンレス鋼）

このグループには、中性子計装系及び原子炉冷却材浄化系が属するが、重要度の高い移動式炉心内計装ボール弁を代表機器とする。

#### (2) 純水系ステンレス鋼ボール弁（内部流体：純水，弁箱材料：ステンレス鋼）

このグループには、原子炉冷却材浄化系のみが属するが、重要度は同等であるため、運転状態の厳しい原子炉冷却材浄化系 F/D 入口弁を代表機器とする。

表 1-1 ボール弁のグループ化及び代表機器の選定

分類基準		当該系統	選定基準					選定	代表機器/ 選定理由
弁箱 材料	内部 流体		口径 (A)	重要度*1	使用条件				
					運転 状態	最高使用 圧力(MPa)	最高使用温 度(℃)		
ステンレス鋼	ガス	中性子計装系	9*2	MS-1	一時	0.31	171	◎	移動式炉心内計装ボール弁 /重要度
		原子炉冷却材浄化系*3	80	PS-2	連続	9.80	66		
	純水	原子炉冷却材浄化系	50~150	PS-2	連続	9.80	66	◎	原子炉冷却材浄化系 F/D 入 口弁/重要度, 運転状態*4

\*1：当該機器に要求される重要度クラスのうち、最上位の重要度クラスを示す

\*2：単位はmmとする

\*3：原子炉冷却材浄化系に供給される制御用圧縮空気

\*4：プロセス系統にあり使用環境が厳しい弁

## 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台の弁について技術評価を実施する。

- ① 移動式炉心内計装ボール弁
- ② 原子炉冷却材浄化系 F/D 入口弁

### 2.1 構造，材料及び使用条件

#### 2.1.1 移動式炉心内計装ボール弁

##### (1) 構造

東海第二の移動式炉心内計装ボール弁は口径 9 mm，最高使用圧力 0.31 MPa，最高使用温度 171 °C の電動式ボール弁であり，5 台設置されている。

弁本体はガス（空気）を内包する耐圧部（弁箱，弁ふた，ジョイントボルト，軸封部），ガス（空気）を仕切る隔離部（弁体，シートリング）及び弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒，ヨーク）からなる。

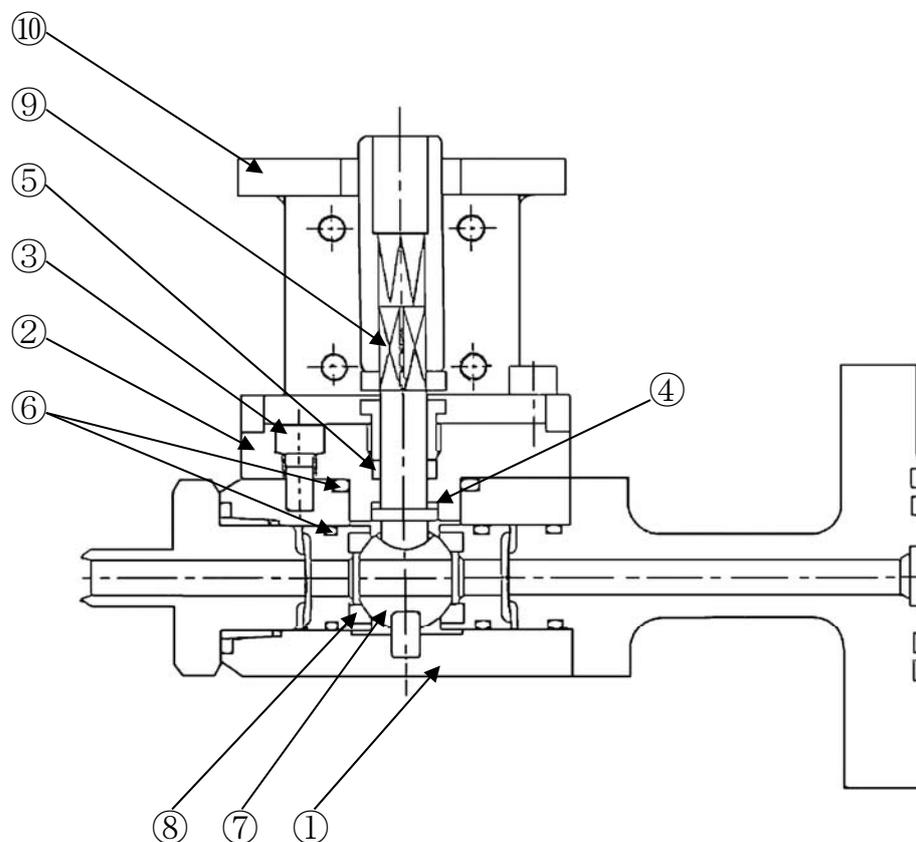
ガス（空気）に接する弁箱，弁ふた，弁体はステンレス鋼が使用されており，軸封部には流体の漏れを防止するためグランドパッキンが使用されている。

なお，当該弁は駆動部を切離し，ジョイントボルトを取外すことにより，弁内部の点検手入れが可能である。

東海第二の移動式炉心内計装ボール弁の構造図を図 2.1-1 に示す。

##### (2) 材料及び使用条件

東海第二の移動式炉心内計装ボール弁主要部位の使用材料を表 2.1-1 に，使用条件を表 2.1-2 に示す。



No.	部位
①	弁箱
②	弁ふた
③	ジョイントボルト
④	ガスケット
⑤	グラウンドパッキン
⑥	Oリング
⑦	弁体
⑧	シートリング
⑨	弁棒
⑩	ヨーク

図 2.1-1 移動式炉心内計装ボール弁構造図

表 2.1-1 移動式炉心内計装ボール弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	ステンレス鋼
		弁ふた	ステンレス鋼
		ジョイントボルト	低合金鋼
	シール	ガスケット	(消耗品)
		グラウンドパッキン	(消耗品)
		Oリング	(消耗品)
隔離機能の維持	隔離	弁体	ステンレス鋼
		シートリング	(消耗品)
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼
		ヨーク	ステンレス鋼

表 2.1-2 移動式炉心内計装ボール弁の使用条件

最高使用圧力	0.31 MPa
最高使用温度	171 °C
内部流体	ガス

## 2.1.2 原子炉冷却材浄化系 F/D 入口弁

### (1) 構造

東海第二の原子炉冷却材浄化系 F/D 入口弁は口径 100A, 最高使用圧力 9.80 MPa, 最高使用温度 66 °C の電動式ボール弁であり, 2 台設置されている。

弁本体は純水を内包する耐圧部 (弁箱, 弁ふた, ジョイントボルト・ナット, 軸封部), 純水を仕切る隔離部 (弁体, シートリング) 及び弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部 (弁棒, ヨーク) からなる。

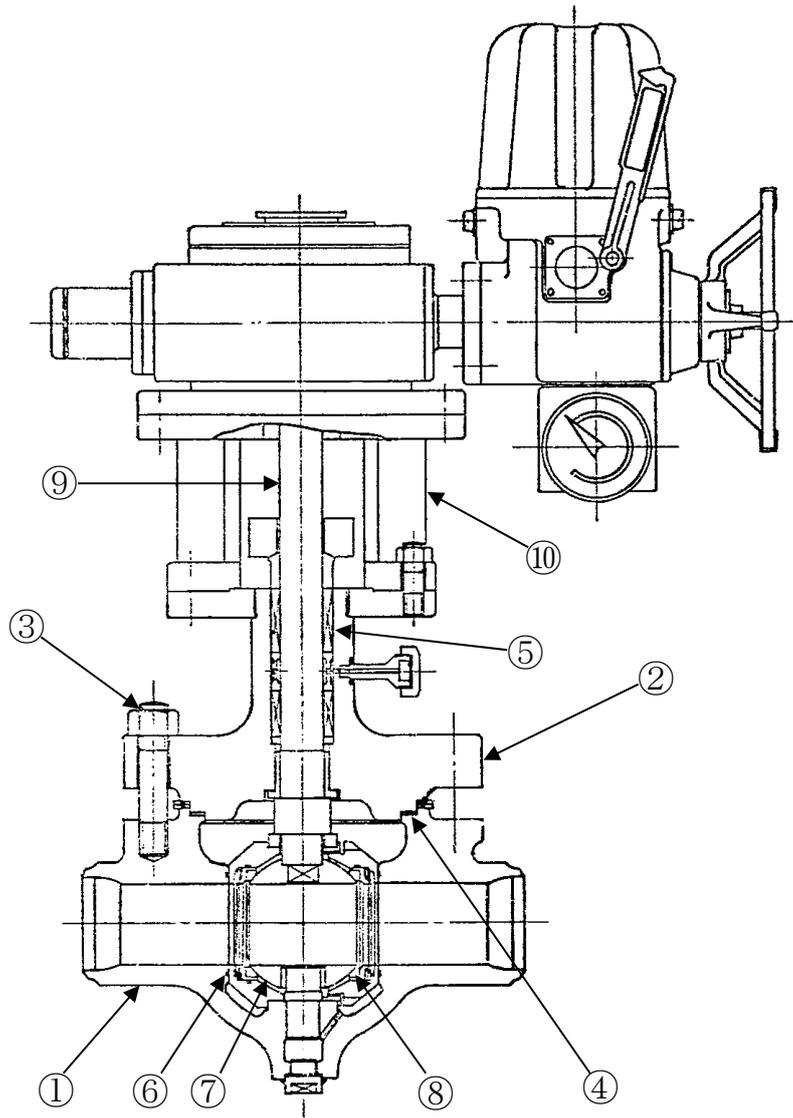
純水に接する弁箱はステンレス鋳鋼, 弁ふた, 弁体はステンレス鋼が使用されており, 軸封部には流体の漏れを防止するためランドパッキンが使用されている。

なお, 当該弁は, 駆動部を切離し, ジョイントボルト・ナットを取外すことにより, 弁内部の点検手入れが可能である。

東海第二の原子炉冷却材浄化系 F/D 入口弁の構造図を図 2.1-2 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

東海第二の原子炉冷却材浄化系 F/D 入口弁主要部位の使用材料を表 2.1-3 に, 使用条件を表 2.1-4 に示す。



No.	部位
①	弁箱
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	ガスケット
⑤	グラウンドパッキン
⑥	Oリング
⑦	弁体
⑧	シートリング
⑨	弁棒
⑩	ヨーク

図 2.1-2 原子炉冷却材浄化系 F/D 入口弁構造図

表 2.1-3 原子炉冷却材浄化系 F/D 入口弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	ステンレス鋳鋼
		弁ふた	ステンレス鋼
		ジョイントボルト・ナット	低合金鋼 炭素鋼
	シール	ガスケット	(消耗品)
		グランドパッキン	(消耗品)
		Oリング	(消耗品)
隔離機能の維持	隔離	弁体	ステンレス鋼
		シートリング	(消耗品)
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼
		ヨーク	炭素鋼

表 2.1-4 原子炉冷却材浄化系 F/D 入口弁の使用条件

最高使用圧力	9.80 MPa
最高使用温度	66 °C
内部流体	純水

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

ボール弁の機能である流体仕切機能の達成に必要な項目は以下のとおり。

- (1) バウンダリの維持
- (2) 隔離機能の維持
- (3) 作動機能の維持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

ボール弁について、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の材料、構造、使用条件（内部流体の種類、応力、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（表 2.2-1 で○又は△、▲）。

なお、消耗品及び定期取替品は以下のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

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

#### (3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

想定される経年劣化事象のうち下記①、②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。

なお、下記①、②に該当する事象については、2.2.3 項に示すとおり、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

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

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

#### a. 弁箱，弁ふた，ヨークの貫粒型応力腐食割れ [移動式炉心内計装ボール弁]

弁箱，弁ふた，ヨークはステンレス鋼であり，大気中の海塩粒子に含まれる塩化物イオンにより，外面から貫粒型応力腐食割れの発生が想定されるが，原子炉建屋内機器の塩分測定において，代表箇所における定期的な目視点検及び付着塩分量測定を実施し，その結果により必要に応じ機器外面清掃及び浸透探傷検査を実施することとしている。

また，東海第二では工事における副資材管理でステンレス鋼への塩分付着を防止している。

したがって，弁箱，弁ふた，ヨークの貫粒型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と判断する。

#### b. 弁箱，弁ふたの貫粒型応力腐食割れ [原子炉冷却材浄化系 F/D 入口弁]

弁箱，弁ふたはステンレス鋼又はステンレス鋼であり，大気中の海塩粒子に含まれる塩化物イオンにより，外面から貫粒型応力腐食割れの発生が想定されるが，原子炉建屋内機器の塩分測定において，代表箇所における定期的な目視点検及び付着塩分量測定を実施し，その結果により必要に応じ機器外面清掃及び浸透探傷検査を実施することとしている。

また，東海第二では工事における副資材管理でステンレス鋼への塩分付着を防止している。

したがって，弁箱，弁ふたの貫粒型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と判断する。

#### c. ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食） [移動式炉心内計装ボール弁（ジョイントボルトのみ），原子炉冷却材浄化系 F/D 入口弁]

ジョイントボルト・ナットは低合金鋼又は炭素鋼であり腐食が想定されるが，分解点検時に手入れ・清掃を行うことにより機能を維持している。

したがって，ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. ヨークの腐食（全面腐食）〔原子炉冷却材浄化系 F/D 入口弁〕

ヨークは炭素鋼であり腐食が想定されるが、大気接触部は塗装が施されていることから、塗膜が健全であれば腐食が発生する可能性は小さく、分解点検時の目視点検時において塗装の状態を確認し、必要に応じて補修塗装することにより機能を維持している。

したがって、ヨークの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. 弁体の摩耗〔共通〕

弁体はシートリングと接触しているため、弁体の回転によるシートリングとの摺動により摩耗が想定されるが、シートリングの材質がポリエチレン又はテフロンであることに対して、弁体は硬いステンレス鋼であるため、これらの摺動による摩耗が発生する可能性は小さい。

なお、これまでの漏えい試験において異常は検知されておらず、今後も使用環境が変わらないことから、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、弁体の摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f. 弁棒の摩耗〔共通〕

弁棒はグランドパッキンと接触しているため、弁棒の回転によるグランドパッキンとの摺動により摩耗が想定されるが、グランドパッキンの材質がテフロン又は黒鉛等に対して、弁棒は硬いステンレス鋼であるため、これらの摺動による摩耗が発生する可能性は小さい。

なお、これまでの作動試験において異常は検知されておらず、今後も使用環境が変わらないことから、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、弁棒の摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- (2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、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（日常劣化管理事象以外）

日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。

表 2.2-1 (1/2) 移動式炉心内計装ボール弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		ステンレス鋼				△*1				*1:貫粒型応力腐食割れ
		弁ふた		ステンレス鋼				△*1				
		ジョイントボルト		低合金鋼		△						
	シール	ガスケット	◎	—								
		グランドパッキン	◎	—								
		Oリング	◎	—								
隔離機能の維持	隔離	弁体		ステンレス鋼	△							
		シートリング	◎	—								
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		ステンレス鋼	△							
		ヨーク		ステンレス鋼				△*1				

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (2/2) 原子炉冷却材浄化系 F/D 入口弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象						備考	
					減肉		割れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		ステンレス鋳鋼				△*1			*1:貫粒型応力腐食割れ	
		弁ふた		ステンレス鋼				△*1				
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼 炭素鋼		△						
	シール	ガスケット	◎	—								
		グランドパッキン	◎	—								
		Oリング	◎	—								
隔離機能の維持	隔離	弁体		ステンレス鋼	△							
		シートリング	◎	—								
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		ステンレス鋼	△							
		ヨーク		炭素鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

### 3. 代表機器以外への展開

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

[対象系統]

#### ① 原子炉冷却材浄化系

#### 3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

代表機器と同様、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

#### 3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

##### a. 弁箱，弁ふた，ヨークの貫粒型応力腐食割れ [原子炉冷却材浄化系]

代表機器と同様，弁箱，弁ふた，ヨークはステンレス鋳鋼又はステンレス鋼であり，大気中の海塩粒子に含まれる塩化物イオンにより，外面から貫粒型応力腐食割れの発生が想定されるが，原子炉建屋内機器の塩分測定において，代表箇所における定期的な目視点検及び付着塩分量測定を実施し，その結果により必要に応じ機器外面清掃及び浸透探傷検査を実施することとしている。

また，東海第二では工事における副資材管理でステンレス鋼への塩分付着を防止している。

したがって，弁箱，弁ふた，ヨークの貫粒型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と判断する。

##### b. ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食） [原子炉冷却材浄化系]

代表機器と同様，ジョイントボルト・ナットは低合金鋼又は炭素鋼であり腐食が想定されるが，分解点検時に手入れ・清掃を行うことにより機能を維持している。

したがって，ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. ヨークの腐食（全面腐食）〔原子炉冷却材浄化系〕

代表機器と同様、ヨークは炭素鋼であり腐食が想定されるが、大気接触部は塗装が施されていることから、塗膜が健全であれば腐食が発生する可能性は小さく、分解点検時の目視点検において塗装の状態を確認し、必要に応じて補修塗装することにより機能を維持することとしている。

したがって、ヨークの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. 弁体の摩耗〔原子炉冷却材浄化系〕

代表機器と同様、弁体はシートリングと接触しているため、弁体の回転によるシートリングとの摺動により摩耗が想定されるが、シートリングの材質がポリエチレン又はテフロンであることに対して、弁体は硬いステンレス鋼であるため、これらの摺動による摩耗が発生する可能性は小さい。

なお、これまでの漏えい試験において異常は検知されておらず、今後も使用環境が変わらないことから、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、弁体の摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. 弁棒の摩耗〔原子炉冷却材浄化系〕

代表機器と同様、弁棒はグランドパッキンと接触しているため、弁棒の回転によるグランドパッキンとの摺動により摩耗が想定されるが、グランドパッキンの材質がテフロン又は黒鉛等に対して、弁棒は硬いステンレス鋼であるため、これらの摺動による摩耗が発生する可能性は小さい。

なお、これまでの作動試験において異常は検知されておらず、今後も使用環境が変わらないことから、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、弁棒の摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- (2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、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（日常劣化管理事象以外）

代表機器と同様、日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。

## 7. 原子炉再循環ポンプ流量制御弁

[対象弁]

- ① 原子炉再循環ポンプ流量制御弁

## 目次

1. 対象機器 .....	7-1
2. 原子炉再循環ポンプ流量制御弁の技術評価.....	7-2
2.1 構造,材料及び使用条件.....	7-2
2.2 経年劣化事象の抽出.....	7-6
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目.....	7-6
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出.....	7-6
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象.....	7-8
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価.....	7-13

1. 対象機器

東海第二で使用している原子炉再循環ポンプ流量制御弁の主な仕様を表 1-1 に示す。

表 1-1 原子炉再循環ポンプ流量制御弁の主な仕様

分類基準		当該系統	口径 (A)	重要度*1	使用条件			機器名称
弁箱 材料	内部 流体				運転 状態	最高使用 圧力(MPa)	最高使用 温度(°C)	
ステン レス鋼	純水	原子炉 再循環系	600	PS-1	連続	11.38	302	原子炉再循環ポ ンプ流量制御弁*2

\*1：当該機器に要求される重要度クラスのうち、最上位の重要度クラスを示す

\*2：弁本体及び油圧供給装置を含む

## 2. 原子炉再循環ポンプ流量制御弁の技術評価

### 2.1 構造, 材料及び使用条件

#### (1) 構造

東海第二の原子炉再循環ポンプ流量制御弁は, 口径 600A, 最高使用圧力 11.38 MPa, 最高使用温度 302 °C の油圧作動ボール弁で, 2 台設置されている。

純水を内包する耐圧部 (弁箱, 弁ふた, ジョイントボルト・ナット, 弁軸封部), 純水の流量を制御するボールシャフト, ボールシャフトに駆動力を伝達させる駆動力伝達部 (軸受, リンク, ドライバーマウント, アクチュエータ) 及び油圧供給装置からなる。

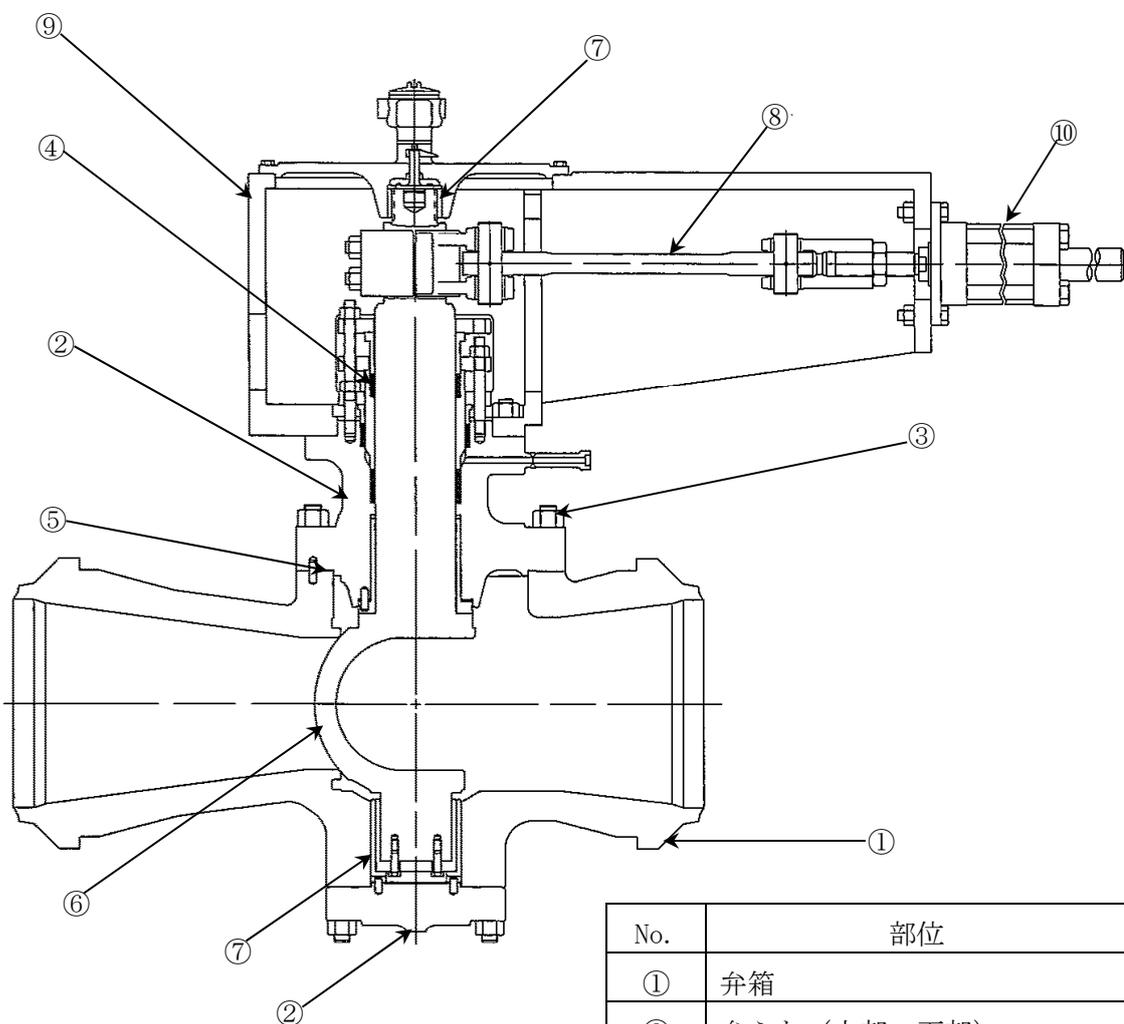
純水に接する弁箱, 弁ふた, ボールシャフトはステンレス鋳鋼であり, 軸封部には内部流体の漏れを防止するためグランドパッキンが使用されている。

また, 当該弁は, 駆動部を切り離し, ジョイントボルト・ナットを取外すことにより, 弁内部の点検手入れが可能である。

東海第二の原子炉再循環ポンプ流量制御弁の構造図を図 2.1-1 に, 油圧供給装置の系統図を図 2.1-2 に示す。

#### (2) 材料及び使用条件

東海第二の原子炉再循環ポンプ流量制御弁及び油圧供給装置主要部位の使用材料を表 2.1-1 に, 使用条件を表 2.1-2 に示す。



No.	部位
①	弁箱
②	弁ふた（上部，下部）
③	ジョイントボルト・ナット
④	グランドパッキン
⑤	ガスケット
⑥	ボールシャフト（弁体／弁棒一体型）
⑦	軸受（上部，下部）
⑧	リンク
⑨	ドライバーマウント
⑩	アクチュエータ

図 2.1-1 原子炉再循環ポンプ流量制御弁構造図

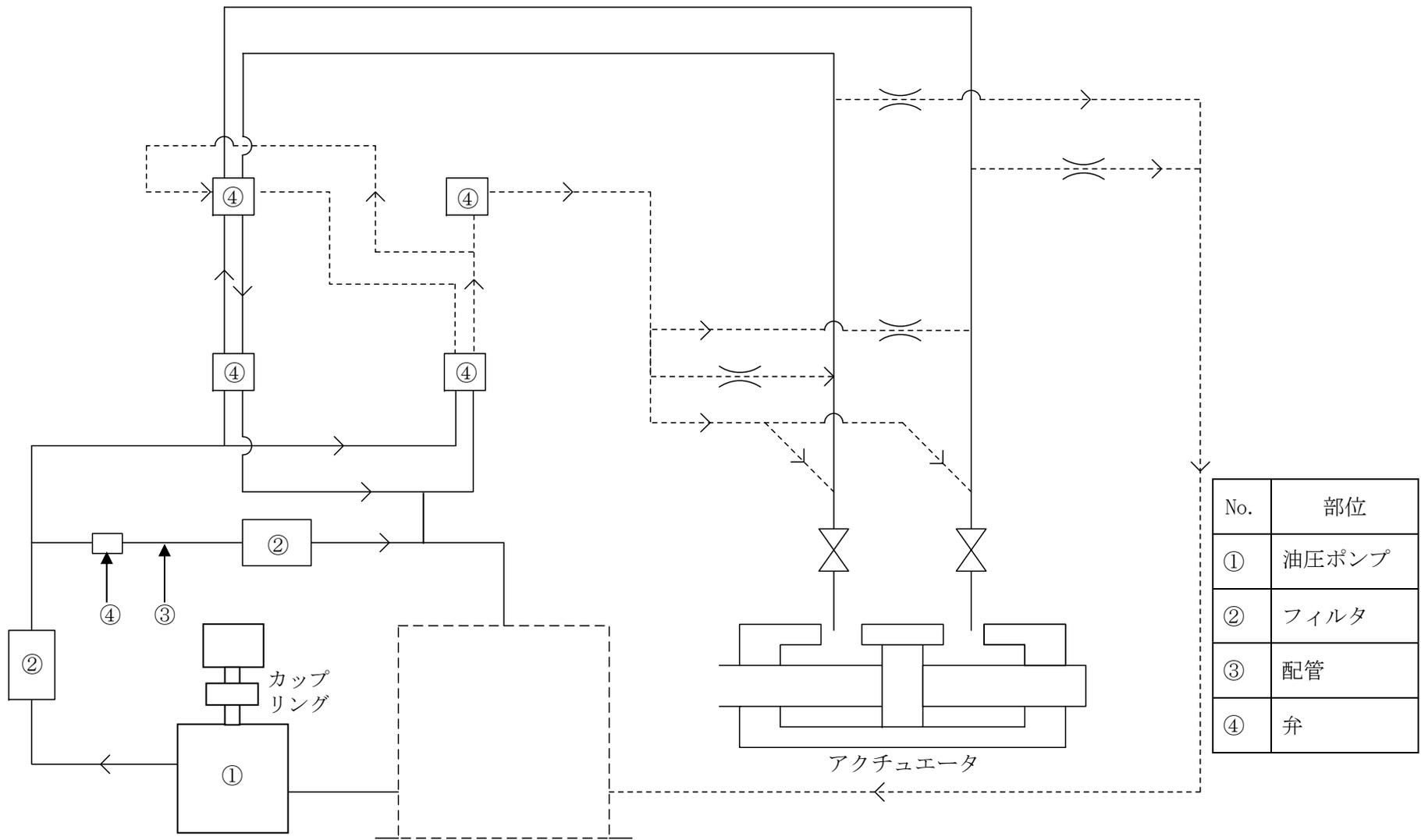


図 2.1-2 油圧供給装置系統図

表 2.1-1 原子炉再循環ポンプ流量制御弁及び油圧供給装置主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	ステンレス鋳鋼
		弁ふた（上部，下部）	ステンレス鋳鋼
		ジョイントボルト・ナット	低合金鋼
	シール	グランドパッキン	（消耗品）
		ガスケット	（消耗品）
制御機能の維持	制御	ボールシャフト（弁体／弁棒一体型）	ステンレス鋳鋼
作動機能の維持	駆動力伝達	軸受（上部，下部）	合金鋼
		リンク	炭素鋼
		ドライバーマウント	炭素鋼
		アクチュエータ	炭素鋼
油圧供給機能の維持	油圧供給	油圧ポンプ	ケーシング：炭素鋼鋳鋼 主軸，ピストン：ステンレス鋼
		フィルタ	ステンレス鋼，炭素鋼鋳鋼
		配管	ステンレス鋼，炭素鋼
		弁	炭素鋼鋳鋼

表 2.1-2 原子炉再循環ポンプ流量制御弁の使用条件

最高使用圧力	11.38 MPa
最高使用温度	302 °C
内部流体	純水

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

原子炉再循環ポンプ流量制御弁の機能（流量調整，駆動油圧の供給）の達成に必要な項目は以下のとおり。

- (1) バウンダリの維持
- (2) 制御機能の維持
- (3) 作動機能の維持
- (4) 油圧供給機能の維持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

原子炉再循環ポンプ流量制御弁について，機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で，個々の部位の材料，構造，使用条件（内部流体の種類，応力，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（表 2.2-1 で○又は△，▲）。

なお，消耗品及び定期取替品は以下のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

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

(3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

想定される経年劣化事象のうち下記①, ②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。

なお, 下記①, ②に該当する事象については2.2.3項に示すとおり, 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって, 想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの(日常劣化管理事象として表2.2-1で△)

② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により, 今後も経年劣化の進展が考えられない, 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(日常劣化管理事象以外として表2.2-1で▲)

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

- a. 弁箱の疲労割れ
- b. 弁箱の熱時効

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

a. 弁箱，ボールシャフト（弁体／弁棒一体型）の腐食（キャビテーション）〔原子炉再循環ポンプ流量制御弁〕

弁内部でキャビテーションが発生すると，弁箱，ボールシャフトに腐食（キャビテーション）が生じる可能性があるが，分解点検時の目視点検において有意な腐食（キャビテーション）が確認された場合は，必要に応じ補修又は取替を行うことにより機能を維持している。

したがって，弁箱，ボールシャフト（弁体／弁棒一体型）の腐食（キャビテーション）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. 軸受の摩耗〔原子炉再循環ポンプ流量制御弁〕

運転中のボールシャフト振動等により，軸受が摩耗する可能性があるが，分解点検時の目視点検及び寸法測定において，有意な摩耗が確認された場合は必要に応じ取替を行うことにより機能を維持している。

当該弁は，2001年度に絞り運転を長時間実施したことにより，軸受に摩耗が生じボールシャフトが変形する不具合が発生したが，その後はボールシャフト並びに軸受の取替を行うとともに，絞り運転を長時間実施しない運用に変更しており，同事象が発生する可能性は小さい。

したがって，軸受の摩耗は高経年化対策上着目すべき劣化事象ではないと判断する。

c. ピストンの摩耗〔油圧供給装置：油圧ポンプ〕

ピストンは往復運動を行うため，ポンプ固定部品との摺動により摩耗が想定されるが，分解点検時の目視点検において，有意な摩耗が確認された場合は必要に応じ取替を行うことにより機能を維持している。

したがって，ピストンの摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. カップリングの摩耗〔油圧供給装置：油圧ポンプ〕

カップリングは運転時に動力を伝達する部品であるため，長期使用において摩耗が想定されるが，潤滑剤で潤滑されており摩耗の可能性は小さい。

また，分解点検時の目視点検において，有意な摩耗が確認された場合は必要に応じ取替を行うことにより機能を維持している。

したがって，カップリングの摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- e. 油圧ポンプケーシング（外面）、油圧ポンプフランジボルト、フィルタベース（外面）、フィルタフランジボルト、フィルタケーシング（外面）、配管埋込金物（外面）、配管レストレイント、弁（外面）の腐食（全面腐食）〔油圧供給装置〕

油圧ポンプケーシング、フィルタケーシング、弁は炭素鋼鋳鋼、油圧ポンプフランジボルト、フィルタベース、フィルタフランジボルト、配管埋込金物、レストレイントは炭素鋼であり腐食が想定されるが、大気接触部は塗装が施されていることから、塗膜が健全であれば腐食が発生する可能性は小さく、分解点検時に目視点検を行い必要に応じて補修塗装することにより機能を維持している。

したがって、油圧ポンプケーシング（外面）、油圧ポンプフランジボルト、フィルタベース（外面）、フィルタフランジボルト、フィルタケーシング（外面）、配管埋込金物（外面）、配管レストレイント、弁（外面）の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- f. ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）〔原子炉再循環ポンプ流量制御弁〕

ジョイントボルト・ナットは低合金鋼であるため腐食が想定されるが、格納容器内はプラント運転中窒素雰囲気であるため、腐食が発生する可能性は小さい。

なお、分解点検時の目視点検において有意な腐食は確認されておらず、今後も使用環境が変わらないことから、これらの傾向が変化する要因があるとはとは考え難い。

したがって、ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- g. 主軸の高サイクル疲労割れ〔油圧供給装置：油圧ポンプ〕

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

なお、分解点検時の目視点検において有意な割れは確認されておらず、今後も使用環境が変わらないことから、これらの傾向が変化する要因があるとはとは考え難い。

したがって、主軸の高サイクル疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

h. 小口径配管の高サイクル疲労割れ〔油圧供給装置：配管〕

機器運転時の振動により，高サイクル疲労割れが発生する可能性があるが，配管サポートを油圧供給装置に直接設置することにより相対変位を低減しており，さらに振動の状態は経年的に変化するものではない。

なお，分解点検時の目視点検において有意な割れは確認されておらず，今後も使用環境が変わらないことから，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，小口径配管の高サイクル疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、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（日常劣化管理事象以外）

a. 埋込金物（コンクリート埋設部）の腐食（全面腐食）〔油圧供給装置：配管〕

埋込金物は炭素鋼であり腐食が想定されるが、コンクリート埋設部ではコンクリートの大気接触部表面からの中性化の進行により腐食環境となるが、コンクリートが中性化に至り、埋込金物に有意な腐食が発生するまで長期間を要す。

したがって、埋込金物（コンクリート埋設部）の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象でないと判断する。

b. スプリングのへたり〔油圧供給装置：弁〕

逃し弁のスプリングは常時応力がかかった状態で使用されるため、へたりが想定されるが、スプリング使用時のねじり応力は許容ねじり応力以下になるように設定されており、又、スプリングの材料に対する推奨最高使用温度よりも実際の使用温度は低いことから、へたりの進行の可能性はない。

したがって、スプリングのへたりは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. 弁ふた、ボールシャフト（弁体／弁棒一体型）の熱時効〔原子炉再循環ポンプ流量制御弁〕

弁ふた、ボールシャフトに使用しているステンレス鋳鋼は、オーステナイト相中に一部フェライト相を含む2相組織であり、使用環境温度は250℃以上（最高使用温度302℃）であるため、熱時効による材料の靱性低下等の機械的特性が変化することが想定されるが、き裂の原因となる経年劣化事象は想定されていないことから、熱時効が問題となる可能性はない。

したがって、弁ふた、ボールシャフト（弁体／弁棒一体型）の熱時効は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

表 2.2-1 原子炉再循環ポンプ流量制御弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象						備考	
					減肉		割れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		ステンレス鋳鋼		△*1	○		○		*1：キャビテーション *2：高サイクル疲労割れ（主軸） *3：高サイクル疲労割れ（配管） *4：逃し弁スプリングのへたり *5：ピストン，カップリング *6：ケーシング，フランジボルト *7：ベース，フランジボルト，ケーシング *8：レストレイント，埋込金物（外面） *9：埋込金物（コンクリート埋設部）	
		弁ふた（上部・下部）		ステンレス鋳鋼					▲			
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	シール	グランドパッキン	◎	—								
		ガスケット	◎	—								
制御機能の維持	制御	ボールシャフト（弁体／弁棒一体型）		ステンレス鋳鋼		△*1			▲			
作動機能の維持	駆動力伝達	軸受（上部・下部）		合金鋼	△							
		リンク		炭素鋼								
		ドライバーマウント		炭素鋼								
		アクチュエータ		炭素鋼								
油圧供給機能の維持	油圧供給	油圧ポンプ		ステンレス鋼，炭素鋼鋳鋼	△*5	△*6	△*2					
		フィルタ		ステンレス鋼，炭素鋼鋳鋼		△*7						
		配管		ステンレス鋼，炭素鋼		△*8 ▲*9	△*3					
		弁		炭素鋼鋳鋼		△					▲*4	

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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

## 2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

### (1) 弁箱の疲労割れ

#### a. 事象の説明

弁箱は、プラントの起動・停止時等に熱過渡を受けることになるため、疲労が蓄積される可能性がある。

#### b. 技術評価

##### ① 健全性評価

原子炉再循環ポンプ流量制御弁の高応力部位を対象とした応力算出及び評価を実施した。評価対象部位を図 2.3.1 に示す。

応力については、日本機械学会「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2005 (2007 年追補版を含む)」(以下、「設計・建設規格」という)に基づき評価を行った。

疲労評価は、運転期間延長認可申請に伴う評価として、2016 年 11 月時点までの運転実績に基づき推定した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。

\*: 評価条件として、2011 年 3 月から 2020 年 8 月末まで冷温停止状態、2020 年 9 月以降の過渡回数発生頻度は実績の 1.5 倍を想定した。

また、使用環境を考慮した疲労について、日本機械学会「発電用原子力設備規格 環境疲労評価手法 JSME S NF1-2009」に基づいて評価した。評価用過渡条件を表 2.3.1-1 に、評価結果を表 2.3.1-2 に示す。

その結果、運転開始後 60 年時点の疲労累積係数は許容値を下回り、疲労割れの可能性は小さいと判断する。

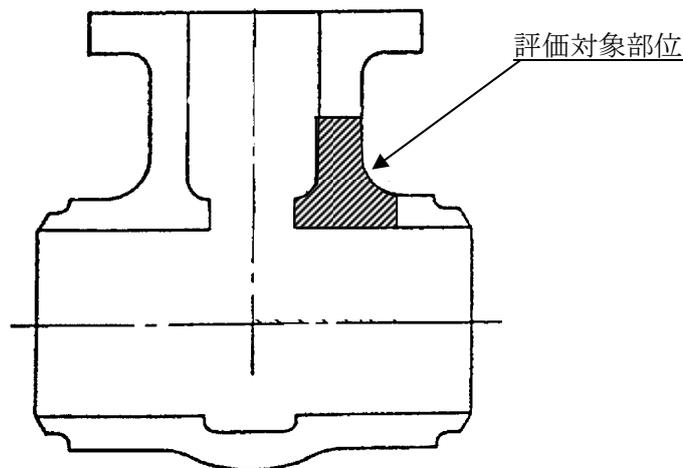


図 2.3.1 原子炉再循環ポンプ流量制御弁疲労評価対象部位

表 2.3.1-1 原子炉再循環ポンプ流量制御弁の疲労評価用過渡条件

運転条件	運転実績に基づく過渡回数 (2016年11月時点)	60年目推定
耐圧試験	72	132
起動（昇温）	65	110
起動（タービン起動）	65	110
給水加熱機能喪失（発電機トリップ）	0	1
給水加熱機能喪失（給水加熱器部分バイパス）	0	1
スクラム（タービントリップ）	16	22
スクラム（原子炉給水ポンプ停止）	3	6
スクラム（その他のスクラム）	20	24
停止	65	111
ボルト取外し	26	49

表 2.3.1-2 原子炉再循環ポンプ流量制御弁の疲労評価結果

評価部位	運転実績回数に基づく疲労累積係数（許容値：1以下）		
	設計・建設規格の疲労線図 による評価		発電用原子力設備規格 環境疲労評価手法による評価 (環境を考慮)
	現時点 (2016年11月時点)	運転開始後 60年時点	運転開始後 60年時点
弁箱	0.0024	0.0033	0.0738

② 現状保全

弁箱内表面については、分解点検時の目視点検結果から異常は確認されていない。  
さらに、実過渡回数に基づく評価を実施し問題ないことを確認しており、今後も高経年化技術評価に合わせて実施することとしている。

③ 総合評価

健全性評価結果より弁箱の疲労割れが発生する可能性は小さいと考えられる。  
また、弁箱の疲労割れについては、分解点検の目視検査により検知可能であることから、現状の保全は点検手法として適切であると判断する。  
ただし、疲労評価は実過渡回数に依存するため、今後も実過渡回数を把握し評価する必要がある。

c. 高経年化への対応

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

## (2) 弁箱の熱時効

### a. 事象の説明

弁箱に使用しているステンレス鋳鋼は、オーステナイト相中に一部フェライト相を含む2相組織であるため、高温で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、材料特性変化を起こす可能性がある。

### b. 技術評価

#### ① 健全性評価

熱時効による靱性低下への影響は、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、発生応力（荷重）が大きいほど健全性評価への影響は大きくなる。

ここで、原子炉再循環ポンプ流量制御弁と原子炉再循環ポンプ入口弁の弁箱を比較すると、表 2.3-2 に示すとおり、原子炉再循環ポンプ流量制御弁の弁箱はフェライト量が少なく、発生応力も小さい。

より条件の厳しい原子炉再循環ポンプ入口弁の弁箱で不安定破壊を起こさないことが「1. 仕切弁の技術評価」で確認されていることから、原子炉再循環ポンプ流量制御弁についても熱時効による不安定破壊は起こらないと判断する。

表 2.3-2 熱時効の評価条件の比較

評価部位	フェライト量	発生応力
原子炉再循環ポンプ 流量制御弁の弁箱	約 23.1 %	140.1 MPa
原子炉再循環ポンプ 入口弁の弁箱	約 24.3 %	146.7 MPa

#### ② 現状保全

弁箱については、製造時に、放射線透過検査及び浸透探傷検査を実施しており、き裂のないことを確認している。

現状保全としては、分解点検時の弁の内表面の目視点検により、異常のないことを確認している。

また、供用期間中検査として定期的に弁箱と配管の溶接部の超音波探傷検査及び弁の内表面の目視点検を実施し、判定基準を満足していることを確認している。

#### ③ 総合評価

運転開始後 60 年時点を想定した原子炉再循環ポンプ入口弁の弁箱の健全性評価結果から判断して、原子炉再循環ポンプ流量制御弁の弁箱は不安定破壊することはなく、延長しようとする期間において熱時効が構造健全性で問題となる可能性はない。

また、現状保全において、目視点検、超音波探傷検査を実施し、異常の無いことを確認している。

c. 高経年化への対応

弁箱の熱時効については、現状保全の内容に追加すべき項目はなく、今後も現状保全を継続していく。

## 8. 主蒸氣隔離弁

[対象弁]

- ① 主蒸氣隔離弁

## 目次

1. 対象機器 .....	8-1
2. 主蒸気隔離弁の技術評価.....	8-2
2.1 構造,材料及び使用条件.....	8-2
2.2 経年劣化事象の抽出.....	8-5
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目.....	8-5
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出.....	8-5
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象.....	8-6
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価.....	8-11

1. 対象機器

東海第二で使用している主蒸気隔離弁の主な仕様を表 1-1 に示す。

表 1-1 主蒸気隔離弁の主な仕様

分類基準		当該系統	口径 (A)	重要度*1	使用条件			機器名称
弁箱 材料	内部 流体				運転 状態	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (°C)	
炭素鋼	蒸気	原子炉系	650	MS-1 /PS-1	連続	8.62	302	主蒸気隔離弁 第1弁*2
								主蒸気隔離弁 第2弁*2

\*1：当該機器に要求される重要度クラスのうち，最上位の重要度クラスを示す

\*2：弁本体及び駆動部を含む

## 2. 主蒸気隔離弁の技術評価

### 2.1 構造，材料及び使用条件

#### (1) 構造

東海第二の主蒸気隔離弁は空気作動式止め弁で，格納容器の内・外側に合計 8 台設置されている。

##### a. 弁本体

蒸気を内包する耐圧部（弁箱，弁ふた，ジョイントボルト・ナット，軸封部），蒸気を仕切る隔離部（弁体，弁座，パイロットシート）及び弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（ヨークロッド，弁棒（パイロットディスクー一体型））からなる。

蒸気に接する弁箱，弁座は炭素鋼鋳鋼，弁ふたは炭素鋼であり，軸封部には内部流体の漏れを防止するためのグランドパッキンが使用されている。

弁本体については，駆動部を切り離し，ジョイントボルト・ナットを取外すことにより，弁内部の点検手入れが可能である。

##### b. 駆動部

主蒸気隔離弁は空気又は窒素作動式弁であるため弁棒（パイロットディスクー一体型）を動かす駆動部としてシリンダを有し，シリンダを駆動するための作動空気又は作動窒素切替用の制御用電磁弁と，弁体の位置を検出するためのリミットスイッチがある。

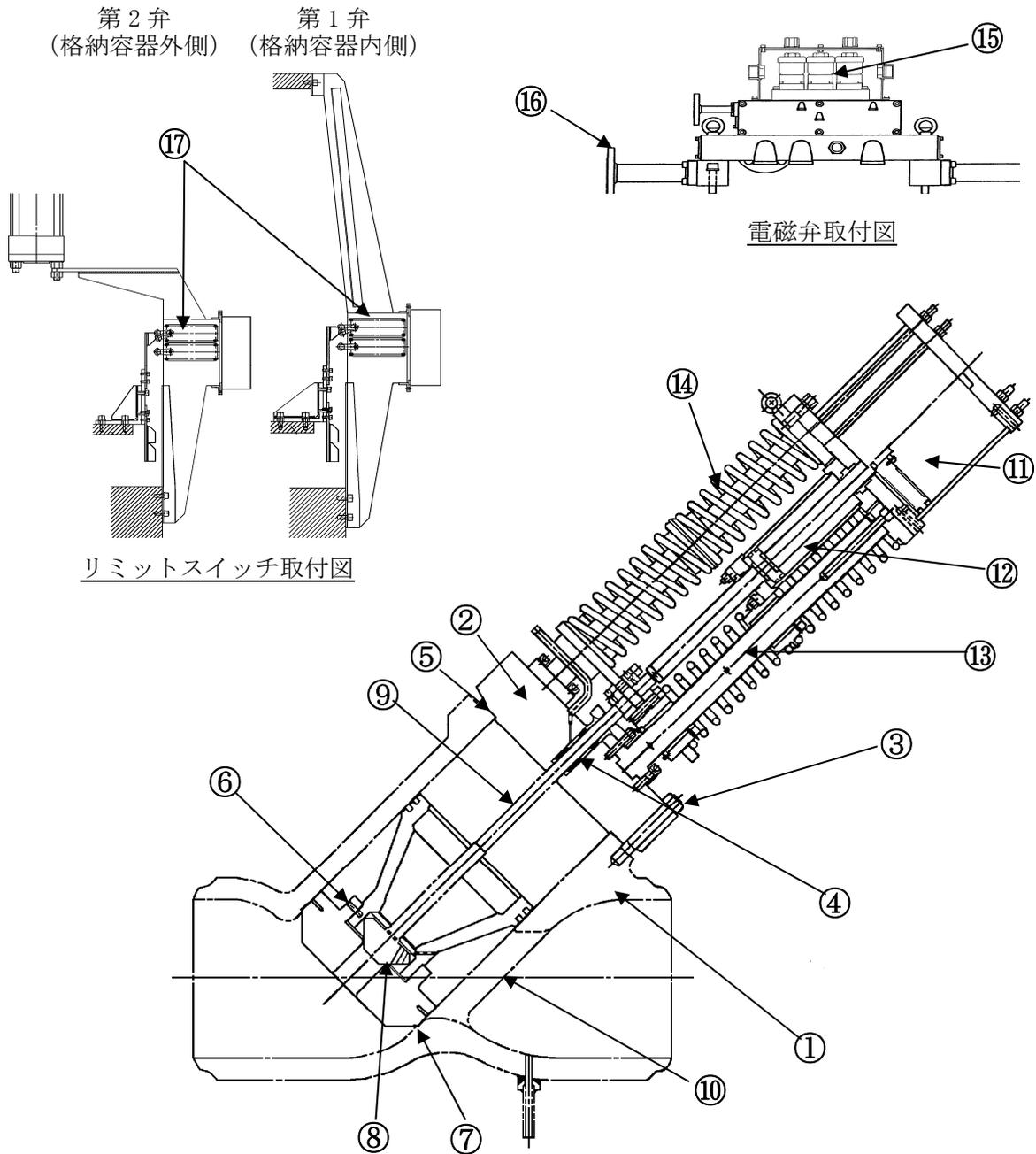
弁駆動部については，空気・油圧シリンダ用ボルト・ナットを取外すことにより，点検手入れが可能である。

なお，東海第二の主蒸気隔離弁駆動部については，第 18 回定期検査時（2001 年度）に 4 台，第 19 回定期検査時（2002 年度）に 2 台，第 21 回定期検査時（2005 年度）に 2 台の取替を行い，全数国産化を実施している。

東海第二の主蒸気隔離弁の構造図を図 2.1-1 に示す。

#### (2) 材料及び使用条件

東海第二の主蒸気隔離弁主要部位の使用材料を表 2.1-1 に，使用条件を表 2.1-2 に示す。



弁 本 体	No.	部位
	①	弁箱
	②	弁ふた
	③	ジョイントボルト・ナット
	④	グランドパッキン
	⑤	ガスケット
	⑥	弁体
	⑦	弁座
	⑧	パイロットシート
	⑨	弁棒 (パイロットディスクー体型)
⑩	ガイドリブ	

駆 動 部	No.	部位
	⑪	空気シリンダ
	⑫	油圧シリンダ
	⑬	ヨークロッド
	⑭	スプリング
	⑮	制御用電磁弁
	⑯	空気配管, フランジ
⑰	リミットスイッチ	

図 2.1-1 主蒸気隔離弁構造図

表 2.1-1 主蒸気隔離弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	炭素鋼鋳鋼
		弁ふた	炭素鋼
		ジョイントボルト・ナット	低合金鋼
	シール	グランドパッキン	(消耗品)
		ガスケット	(消耗品)
隔離機能の維持	隔離	弁体	低合金鋼 (ステライト肉盛)
		弁座	炭素鋼鋳鋼 (ステライト肉盛)
		パイロットシート	低合金鋼 (ステライト肉盛)
作動機能の維持	駆動力伝達駆動装置	弁棒 (パイロットディスク一体型)	ステンレス鋼
		ガイドリブ	炭素鋼鋳鋼
		空気シリンダ	炭素鋼
		油圧シリンダ	炭素鋼
		ヨークロッド	低合金鋼
		スプリング	バネ鋼
		制御用電磁弁	(定期取替品)
		空気配管, フランジ	ステンレス鋼
		リミットスイッチ	(定期取替品)

表 2.1-2 主蒸気隔離弁の使用条件

最高使用圧力	8.62 MPa
最高使用温度	302 °C
内部流体	蒸気

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

主蒸気隔離弁の機能である流体仕切機能の達成に必要な項目は以下のとおり。

- (1) バウンダリの維持
- (2) 隔離機能の維持
- (3) 作動機能の維持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

主蒸気隔離弁について、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の材料、構造、使用条件（内部流体の種類、応力、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（表 2.2-1 で○又は△、▲）。

なお、消耗品及び定期取替品は以下のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

グランドパッキン、ガスケットは消耗品、制御用電磁弁、リミットスイッチは定期取替品であり、設計時に長期使用せず取替を前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

#### (3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

想定される経年劣化事象のうち下記①、②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。

なお、下記①、②に該当する事象については 2.2.3 項に示すとおり、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

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

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

#### a. 弁箱の疲労割れ

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

#### a. 弁箱，弁ふたの外面の腐食（全面腐食）

弁箱は炭素鋼鋳鋼，弁ふたは炭素鋼であり腐食が想定されるが，大気接触部は塗装が施されていることから，塗膜が健全であれば腐食が発生する可能性は小さく，分解点検時の目視点検において，必要に応じ補修塗装することにより機能を維持している。

したがって，弁箱，弁ふたの外面の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### b. 弁箱（内面），弁ふた（内面），弁座の腐食（流れ加速型腐食）

弁箱，弁座は炭素鋼鋳鋼，弁ふたは炭素鋼であり，内部流体が蒸気であることから，腐食（流れ加速型腐食）が想定されるが，分解点検時の目視点検において有意な腐食（流れ加速型腐食）がないことを確認しており，必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持している。

したがって，弁箱（内面），弁ふた（内面），弁座の腐食（流れ加速型腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### c. ガイドリブの摩耗

弁全開時，流路に突出した弁体先端に流体が衝突することにより弁体先端に振動が発生し，弁体先端とガイドリブが衝突を繰り返すことで，ガイドリブに摩耗が発生する可能性があるが，分解点検時の目視点検においてガイドリブに有意な摩耗がないことを確認しており，必要に応じて補修することにより機能を維持している。

過去，中部電力浜岡3号機において，本事象による主蒸気隔離弁10%閉試験時の時間遅れのトラブルが発生しているが，東海第二において同様なトラブルはこれまで発生していない。

したがって，ガイドリブの摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### d. ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）

ジョイントボルト・ナットは低合金鋼であり，腐食が想定されるが，分解点検時に手入れ・清掃を行うことにより機能を維持している。

したがって，ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. 弁棒（パイロットディスクー一体型）の粒界型応力腐食割れ

弁棒（パイロットディスクー一体型）はステンレス鋼であり、100℃以上の蒸気に接する部位では、粒界型応力腐食割れの発生する可能性があるが、分解点検時の目視点検において有意な欠陥がないことを確認している。

したがって、弁棒（パイロットディスクー一体型）の粒界型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と判断する。

f. ヨークロッドの腐食（全面腐食）

ヨークロッドは低合金鋼であり、腐食が想定されるが、表面は塗装が施されていることから、塗膜が健全であれば腐食の可能性は小さく、分解点検時の目視点検において塗装の状態を確認し、必要に応じ補修塗装することにより、機能を維持している。

したがって、ヨークロッドの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

g. 弁棒（パイロットディスクー一体型）、ヨークロッドの摩耗

弁棒（パイロットディスクー一体型）はグランドパッキンと接触しているため、弁の開閉に伴うグランドパッキンとの摺動により摩耗が想定されるが、グランドパッキンの材質が黒鉛に対して、弁棒（パイロットディスクー一体型）はステンレス鋼であるため、これらの摺動による摩耗が発生する可能性は小さい。

ヨークロッドはブッシュと接触しているため、弁の開閉に伴うブッシュとの摺動により摩耗が想定されるが、ブッシュの材質が黄銅に対して、ヨークロッドは低合金鋼であるため、これらの摺動による摩耗が発生する可能性は小さい。

なお、分解点検時の目視点検において有意な摩耗は確認されておらず、今後も使用環境が変わらないことから、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、弁棒（パイロットディスクー一体型）、ヨークロッドの摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

h. 弁棒（パイロットディスクー一体型）の高サイクル疲労割れ

弁棒（パイロットディスクー一体型）のバックシート部は角部を滑らかにし、設計上応力集中がかからないような構造としており発生応力を下げている、さらに、バックシートが効く位置の手前でリミットスイッチが切れ、動作が止まるように設定されているため、弁棒（パイロットディスクー一体型）及びバックシート部への過負荷は加わらないことから、高サイクル疲労割れの発生する可能性は小さい。

なお、分解点検時の目視点検及び浸透探傷検査において有意な割れは認められておらず、今後も使用環境が変わらないことから、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、弁棒（パイロットディスクー一体型）の高サイクル疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

i. 空気シリンダの摩耗

空気シリンダは炭素鋼でありシリンダとピストン部に摩耗が想定されるが、ゴム製のシールリングと金属部が摺動する構造としており、金属同士の接触はないことから、これらの摺動による摩耗が発生する可能性は小さい。

なお、分解点検時の目視点検において有意な摩耗は確認されておらず、今後も使用環境が変わらないことから、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、空気シリンダの摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

j. 油圧シリンダの摩耗

油圧シリンダは炭素鋼でありシリンダとピストン部に摩耗が想定されるが、シリンダ内はシリコンオイルを封入することにより潤滑性が維持されることから、これらの摺動による摩耗が発生する可能性は小さい。

なお、分解点検時の目視点検において有意な摩耗は確認されておらず、今後も使用環境が変わらないことから、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、油圧シリンダの摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

k. 弁体、パイロットシートの腐食（流れ加速型腐食）

弁体、パイロットシートは低合金鋼であり、腐食（流れ加速型腐食）が想定されるが、低合金鋼は耐食性に優れていることから、腐食（流れ加速型腐食）が発生する可能性は小さい。

なお、分解点検時の目視点検において有意な腐食（流れ加速型腐食）は確認されておらず、今後も使用環境が変わらないことから、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、弁体、パイロットシートの腐食（流れ加速型腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、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（日常劣化管理事象以外）

a. スプリングのへたり

スプリングは常時応力がかかった状態で使用されるため、へたりが想定されるが、スプリング使用時のねじり応力が許容ねじり応力以下になるように設定されており、さらに、スプリングの材料に対する推奨最高使用温度よりも実際の使用温度は低いことから、へたりの進行の可能性はない。

したがって、スプリングのへたりは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

表 2.2-1 主蒸気隔離弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象						備考	
					減肉		割れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		炭素鋼鋳鋼		△*2*3	○				*1:シートはステライト肉盛 *2:流れ加速型腐食 *3:外面 *4:粒界型応力腐食割れ *5:へたり	
		弁ふた		炭素鋼		△*2*3						
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	シール	グランドパッキン	◎	—								
		ガスケット	◎	—								
隔離機能の維持	隔離	弁体		低合金鋼*1		△*2						
		弁座		炭素鋼鋳鋼*1		△*2						
		パイロットシート		低合金鋼*1		△*2						
作動機能の維持	駆動力伝達駆動装置	弁棒 (パイロットディスク一体型)		ステンレス鋼	△		△	△*4				
		ガイドリブ		炭素鋼鋳鋼	△							
		空気シリンダ		炭素鋼	△							
		油圧シリンダ		炭素鋼	△							
		ヨークロッド		低合金鋼	△	△						
		スプリング		バネ鋼						▲*5		
		制御用電磁弁	◎	—								
		空気配管, フランジ		ステンレス鋼								
リミットスイッチ	◎	—										

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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

## 2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

### (1) 弁箱の疲労割れ

#### a. 事象の説明

主蒸気隔離弁は、プラントの起動・停止時等の熱過渡による疲労が蓄積される可能性がある。

#### b. 技術評価

##### ① 健全性評価

主蒸気隔離弁の高応力部位を対象とした応力算出及び評価を実施した。評価対象部位を図 2.3.1 に示す。

応力については、日本機械学会「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2005 (2007 年追補版を含む)」(以下、「設計・建設規格」という)に基づき評価した。

疲労評価は、運転期間延長認可申請に伴う評価として、2016 年 11 月時点までの運転実績に基づき推定した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。評価用過渡条件を表 2.3.1-1 に、評価結果を表 2.3.1-2 に示す。

\*: 評価条件として、2011 年 3 月から 2020 年 8 月末まで冷温停止状態、2020 年 9 月以降の過渡回数発生頻度は実績の 1.5 倍を想定した。

その結果、運転開始後 60 年時点の疲労累積係数は許容値を下回り、疲労割れの可能性は小さいと判断する。

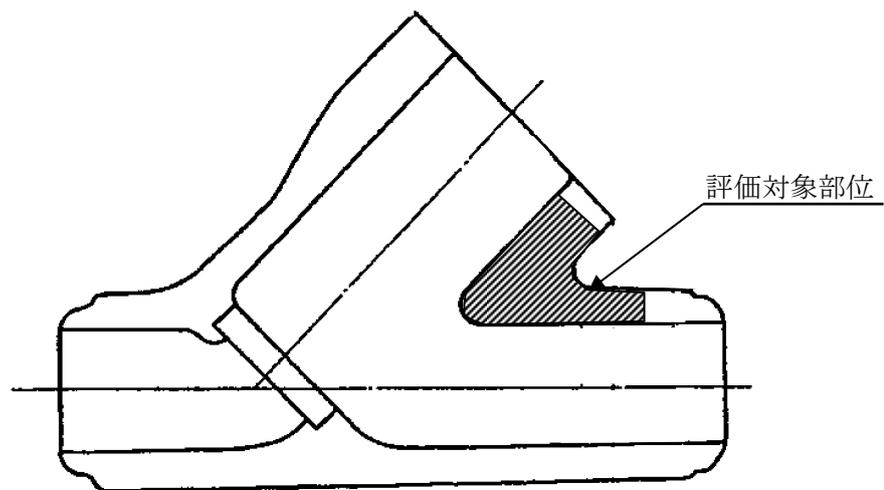


図 2.3.1 主蒸気隔離弁の疲労評価対象部位

表 2.3.1-1 主蒸気隔離弁の疲労評価用過渡条件

運転条件	運転実績に基づく過渡回数 (2016年11月時点)	60年目推定
耐圧試験	72	132
起動(昇温)	65	110
スクラム(タービントリップ)	16	22
スクラム(原子炉給水ポンプ停止)	3	6
スクラム(その他スクラム)	20	24
停止	65	111

表 2.3.1-2 主蒸気隔離弁の疲労評価結果

評価部位	運転実績回数に基づく疲労累積係数(許容値:1以下)	
	設計・建設規格の疲労線図による評価	
	現時点 (2016年11月時点)	運転開始後 60年時点
弁箱	0.1362	0.2278

② 現状保全

弁箱の疲労割れに対しては、分解点検時に目視点検にて弁箱内面の有意な欠陥の有無を確認するとともに、主蒸気隔離弁漏えい率検査を実施し健全性を確認している。さらに、実過渡回数に基づく評価を実施し問題ないことを確認しており、今後高経年化技術評価に合わせて実施することとしている。

③ 総合評価

健全性評価結果より弁箱の疲労割れが発生する可能性は小さいと考えられる。

また、弁箱の疲労割れについては、分解点検の目視検査により検知可能であることから、現状の保全は点検手法として適切であると判断する。

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

c. 高経年化への対応

弁箱の疲労割れについては、継続的に実過渡回数の確認を行い、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。

## 9. 主蒸気逃がし安全弁

[対象弁]

- ① 主蒸気逃がし安全弁

## 目次

1. 対象機器 .....	9-1
2. 主蒸気逃がし安全弁の技術評価.....	9-2
2.1 構造, 材料及び使用条件.....	9-2
2.2 経年劣化事象の抽出.....	9-5
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目.....	9-5
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出.....	9-5
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象.....	9-6

## 1. 対象機器

東海第二で使用している主蒸気逃がし安全弁の主な仕様を表 1-1 に示す。

表 1-1 主蒸気逃がし安全弁の主な仕様

分類基準		当該系統	口径 (A)	重要度*1	使用条件			機器名称
弁箱 材料	内部 流体				運転 状態	最高使 用圧力 (MPa)	最高使 用温度 (℃)	
炭素鋼 鋳鋼	蒸気	原子炉系	150	MS-1/ PS-1 重*2	一時	8.62	302	主蒸気逃がし安全 弁*3

\*1: 当該機器に要求される重要度クラスのうち、最上位の重要度クラスを示す

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

\*3: 弁本体及び駆動部を含む

## 2. 主蒸気逃がし安全弁の技術評価

### 2.1 構造，材料及び使用条件

#### (1) 構造

東海第二の主蒸気逃がし安全弁は平衡型バネ式安全弁で，格納容器内に合計 18 台設置されている。

##### a. 弁本体

蒸気を内包するバウンダリを構成する耐圧部（弁箱，弁体，ノズルシート，ジョイントボルト・ナット），及び弁体を作動させる作動部（スプリング，弁棒）からなる。

蒸気に接する弁箱は炭素鋼鋳鋼，弁体，ノズルシートは炭素鋼で製作されており，軸封部には内部流体の漏れを防止するためペローズ及びガスケットが使用されている。

なお，当該弁については，駆動部を切り離し，ジョイントボルト・ナットを取外すことにより，弁内部の点検手入れが可能である。

##### b. 駆動部

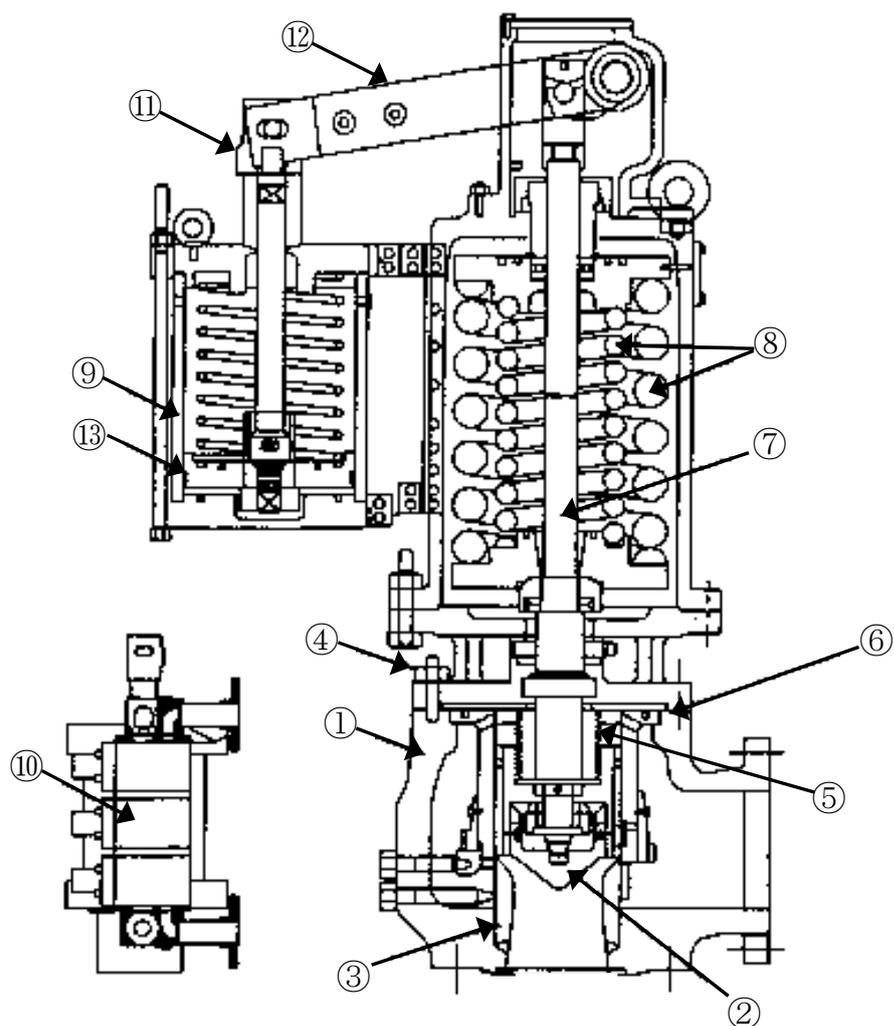
主蒸気逃がし安全弁はシリンダによって発生する力を，リンク機構を介して弁棒に伝える駆動部を有し，必要時にシリンダへ駆動用の窒素を供給するための制御用電磁弁がある。

なお，駆動部については，弁本体との連結部のボルト類及びシリンダのボルト・ナットを取外すことにより，点検手入れが可能である。

東海第二の主蒸気逃がし安全弁の構造図を図 2.1-1 に示す。

#### (2) 材料及び使用条件

東海第二の主蒸気逃がし安全弁主要部位の使用材料を表 2.1-1 に，使用条件を表 2.1-2 に示す。



弁 本 体	No.	部位
	①	弁箱
	②	弁体
	③	ノズルシート
	④	ジョイントボルト・ナット
	⑤	ベローズ
	⑥	ガスケット
	⑦	弁棒
	⑧	スプリング

駆 動 部	No.	部位
	⑨	シリンダ
	⑩	制御用電磁弁
	⑪	カップリング
	⑫	レバー
	⑬	Oリング

図 2.1-1 主蒸気逃がし安全弁構造図

表 2.1-1 主蒸気逃がし安全弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	炭素鋼鋳鋼
		弁体	炭素鋼 (ステライト肉盛)
		ノズルシート	炭素鋼 (ステライト肉盛)
		ジョイントボルト・ナット	低合金鋼
	シール	ベローズ	高ニッケル合金
		ガスケット	(消耗品)
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼 (ステライト肉盛)
		スプリング	バネ鋼
		シリンダ	炭素鋼 (内面硬質クロムメッキ)
		制御用電磁弁	(定期取替品)
		カップリング	ステンレス鋼
		レバー	炭素鋼鋳鋼
		Oリング	(消耗品)

表 2.1-2 主蒸気逃がし安全弁の使用条件

最高使用圧力	8.62 MPa
最高使用温度	302 °C
内部流体	蒸気

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

主蒸気逃がし安全弁の機能である流体吹出し機能の達成に必要な項目は以下のとおり。

- (1) バウンダリの維持
- (2) 作動機能の維持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

主蒸気逃がし安全弁について、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部品の材料、構造、使用条件（内部流体の種類、応力、温度等）及び現在までの運転経験を考慮し、表 2.2-1 で示すとおり、想定される経年劣化事象を抽出した（表 2.2-1 で○又は△、▲）。

なお、消耗品及び定期取替品は以下のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

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

#### (3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

想定される経年劣化事象のうち下記①、②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。

なお、下記①、②に該当する事象については2.2.3項に示すとおり、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

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

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

#### a. 弁箱（内面）、弁体、ノズルシートの腐食（流れ加速型腐食）

弁箱は炭素鋼鋳鋼、弁体、ノズルシートは炭素鋼であり、内部流体が蒸気であることから腐食（流れ加速型腐食）が想定されるが、分解点検時の目視点検において有意な腐食（流れ加速型腐食）がないことを確認しており、必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持している。

したがって、弁箱（内面）、弁体、ノズルシートの腐食（流れ加速型腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### b. 弁箱（外面）、シリンダ（外面）、レバーの腐食（全面腐食）

弁箱、レバーは炭素鋼鋳鋼、シリンダは炭素鋼であり、腐食が想定されるが、プラント運転時は外面が窒素雰囲気であることから、腐食が発生する可能性は小さい。

さらに、外面は塗装が施されていることから、塗膜が健全であれば腐食が発生する可能性は小さく、分解点検時に目視点検を行い、必要に応じて補修塗装することにより機能を維持している。

したがって、弁箱（外面）、シリンダ（外面）、レバーの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### c. ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）

ジョイントボルト・ナットは低合金鋼であり腐食が想定されるが、プラント運転時は外面が窒素雰囲気であることから、腐食の発生する可能性は小さく、分解点検時に手入れ・清掃を行うことにより機能を維持している。

したがって、ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### d. ベローズの疲労割れ

ベローズは弁の開閉に伴う伸縮の繰り返しにより疲労割れが想定されるが、作動頻度が少ないことから、疲労割れが発生する可能性は小さい。

なお、分解点検時の目視点検及び浸透探傷試験において有意な割れは認められておらず、今後も使用環境が変わらないことから、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、ベローズの疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. 弁棒，レバー，カップリングの摩耗

弁棒，レバー，カップリングは開閉に伴う摺動により摩耗が想定されるが，主蒸気逃がし安全弁はシステムの異常昇圧時の保護目的で設置されており，作動頻度が少ないことから，有意な摩耗が発生する可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検において有意な摩耗は認められておらず，今後も使用環境が変わらないことから，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，弁棒，レバー，カップリングの摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f. シリンダの摩耗

シリンダは炭素鋼で表面に硬質クロムメッキを施したシリンダと，同様に摺動部に硬質クロムメッキを施したピストンからなるが，金属同士の接触は無く，ゴム製のOリングと金属部が摺動する構成であるため，シリンダ内面金属部の摩耗発生の可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検において有意な摩耗は認められておらず，今後も使用環境が変わらないことから，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，シリンダの摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，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（日常劣化管理事象以外）

a. スプリングのへたり

スプリングは常時応力がかかった状態で使用されるため，へたりが想定されるが，スプリング使用時のねじり応力は許容ねじり応力以下になるよう設定されており，さらにスプリングの材料に対する推奨最高使用温度よりも，実際の使用温度は低いことから，へたり進行の可能性はない。

したがって，スプリングのへたりは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

表 2.2-1 主蒸気逃がし安全弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象						備考	
					減肉		割れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		炭素鋼鋳鋼		△*3*4					*1:ステライト肉盛 *2:内面硬質クロムメッキ *3:流れ加速型腐食(弁箱は内面) *4:外面 *5:へたり	
		弁体		炭素鋼*1		△*3						
		ノズルシート		炭素鋼*1		△*3						
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	シール	ベローズ		高ニッケル合金			△					
		ガスケット	◎	—								
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		ステンレス鋼*1	△							
		スプリング		バネ鋼						▲*5		
		シリンダ		炭素鋼*2	△	△*4						
		制御用電磁弁	◎	—								
		レバー		炭素鋼鋳鋼	△	△						
		カップリング		ステンレス鋼	△							
		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）

▲：高経年化対策上着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）

## 10. 爆破弁

[対象系統]

- ① ほう酸水注入系

## 目次

1. 対象機器 .....	10-1
2. 爆破弁の技術評価.....	10-2
2.1 構造,材料及び使用条件.....	10-2
2.2 経年劣化事象の抽出.....	10-5
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目.....	10-5
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出.....	10-5
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象.....	10-6

## 1. 対象機器

東海第二で使用している爆破弁の主な仕様を表 1-1 に示す。

表 1-1 爆破弁の主な仕様

分類基準		当該系統	口径 (A)	重要度*1	使用条件			機器名称
弁箱 材料	内部 流体				運転 状態	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (°C)	
ステン レス鋼	五ほう酸 ナトリウ ム水	ほう酸水 注入系	40	MS-1 重*2	一時	9.66	302	ほう酸水注入 系爆破弁

\*1：当該機器に要求される重要度クラスのうち、最上位の重要度クラスを示す

\*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. 爆破弁の技術評価

### 2.1 構造，材料及び使用条件

#### (1) 構造

東海第二のほう酸水注入系爆破弁は2台設置されている。

ほう酸水注入系爆破弁は，五ほう酸ナトリウム水を内包する耐圧部（弁箱，ジョイントボルト・ナット），五ほう酸ナトリウム水を仕切る隔離部（弁体）及び弁体を作動させる作動部（トリガーアッセンブリー）からなる。

五ほう酸ナトリウム水に接する弁箱，弁体はステンレス鋼で製作されている。

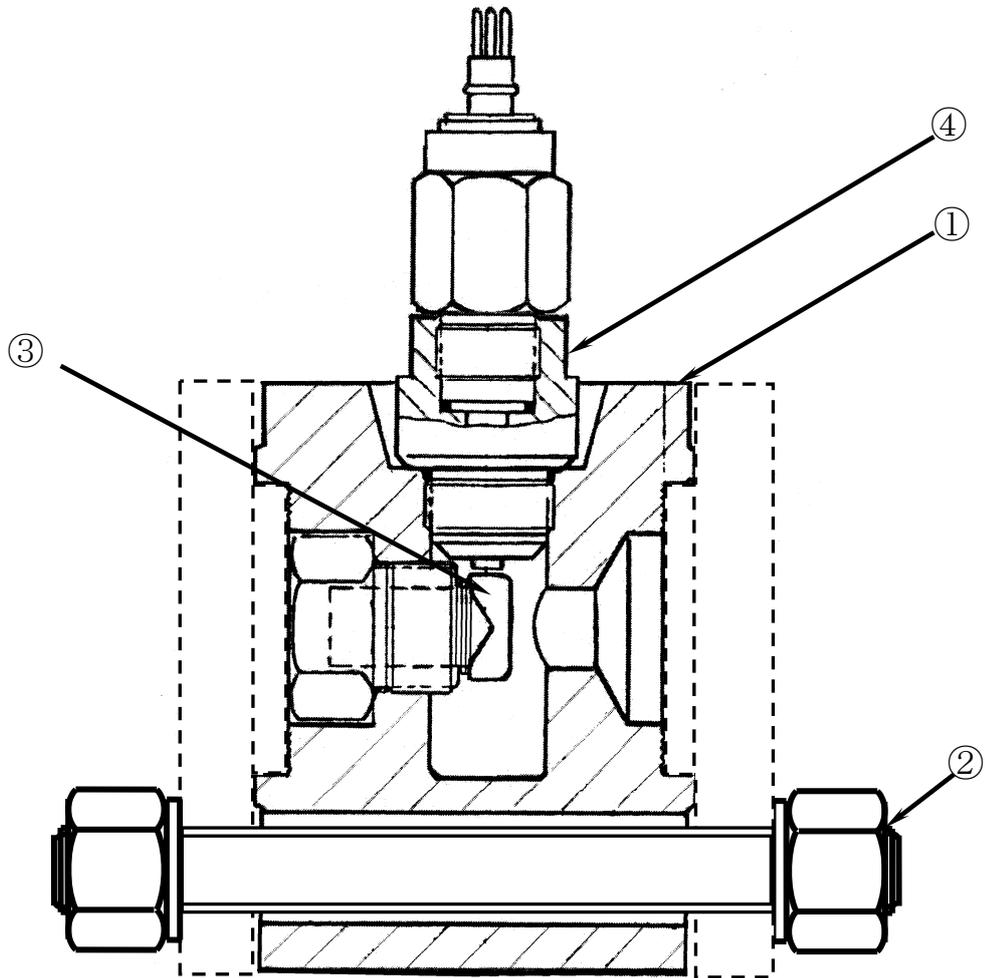
弁の作動は，トリガーアッセンブリー内に装備した火薬を，電気信号で爆発することにより移動したピストンで，弁体の先端を弾き飛ばすことにより，流路を形成させる。

当該弁は，トリガーアッセンブリー及びジョイントボルト・ナットを取外すことにより，弁内部部品の取替が可能であり，毎定期検査時，実作動が確認された同一ロット品との取替を実施している。

東海第二のほう酸水注入系爆破弁の構造図を図 2.1-1 に示す。

#### (2) 材料及び使用条件

東海第二のほう酸水注入系爆破弁の使用材料を表 2.1-1 に，使用条件を表 2.1-2 に示す。



No.	部位
①	弁箱
②	ジョイントボルト・ナット
③	弁体
④	トリガーアッセンブリー

図 2.1-1 ほう酸水注入系爆破弁構造図

表 2.1-1 ほう酸水注入系爆破弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	ステンレス鋼
		ジョイントボルト・ナット	低合金鋼・炭素鋼
隔離機能の維持	隔離	弁体	(定期取替品)
作動機能の維持	駆動力伝達	トリガーアッセンブリー	(定期取替品)

表 2.1-2 ほう酸水注入系爆破弁の使用条件

最高使用圧力	9.66 MPa
最高使用温度	302 °C
内部流体	五ほう酸ナトリウム水

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

爆破弁の機能である流体仕切機能の達成に必要な項目は以下のとおり。

- (1) バウンダリの維持
- (2) 隔離機能の維持
- (3) 作動機能の維持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

爆破弁について、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の材料、構造、使用条件（内部流体の種類、応力、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（表 2.2-1 で○又は△、▲）。

なお、消耗品及び定期取替品は以下のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

トリガーアッセンブリー、弁体は定期取替品であり、設計時に長期使用せず取替を前提としていることから高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

#### (3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

想定される経年劣化事象のうち下記①、②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。

なお、下記①、②に該当する事象については2.2.3 項に示すとおり、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

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

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

#### a. ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）

ジョイントボルト・ナットは低合金鋼又は炭素鋼であり腐食が想定されるが、分解点検時に手入れ・清掃を行うことによりジョイントボルト・ナットの機能を維持している。

したがって、ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### b. 弁箱の貫粒型応力腐食割れ

弁箱はステンレス鋼であり、大気中の海塩粒子に含まれる塩化物イオンにより、外面から貫粒型応力腐食割れの発生が想定されるが、原子炉建屋内機器の塩分測定において代表箇所における定期的な目視点検及び付着塩分量測定を実施し、その結果により必要に応じ機器外面清掃及び浸透探傷検査を実施することとしている。

また、東海第二では工事における副資材管理でステンレス鋼への塩分付着を防止している。

したがって、弁箱の貫粒型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と判断する。

#### c. 弁箱（内面）の腐食（全面腐食）

弁箱はステンレス鋼であり、内部流体は五ほう酸ナトリウム水であることから腐食が想定されるが、ステンレス鋼は五ほう酸ナトリウム水に対し耐食性を有していることから腐食が発生する可能性は小さい。

なお、分解点検時の目視点検において有意な腐食は認められておらず、今後も使用環境が変わらないことから、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、弁箱（内面）の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、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（日常劣化管理事象以外）

日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。

表 2.2-1 ほう酸水注入系爆破弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象						備考	
					減肉		割れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		ステンレス鋼		△*2		△*1			*1:貫粒型応力腐食割れ *2:内面	
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼 炭素鋼		△						
隔離機能の維持	隔離	弁体	◎	—								
作動機能の維持	駆動力伝達	トリガーアッセンブリー	◎	—								

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

## 11. 破壞板

[対象系統]

- ① 原子炉隔離時冷却系
- ② 気体廃棄物処理系
- ③ 重大事故等対処設備

## 目次

1. 対象機器及び代表機器の選定.....	11-1
1.1 グループ化の考え方及び結果.....	11-1
1.2 代表機器の選定.....	11-1
2. 代表機器の技術評価.....	11-3
2.1 構造, 材料及び使用条件.....	11-3
2.1.1 SJAE ラプチャーディスク .....	11-3
2.1.2 格納容器圧力逃がし装置圧力開放板.....	11-6
2.2 経年劣化事象の抽出.....	11-9
2.2.1 機能達成に必要な項目.....	11-9
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出.....	11-9
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象.....	11-10
3. 代表機器以外への展開.....	11-13
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象.....	11-13
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.....	11-13

## 1. 対象機器及び代表機器の選定

東海第二で使用している主要な破壊板（以下、「ラプチャーディスク」という）の主な仕様を表 1-1 に示す。

これらのラプチャーディスクをディスク材料及び内部流体の観点からグループ化し、それぞれのグループより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

ディスク材料及び内部流体を分類基準とし、ラプチャーディスクを表 1-1 に示すとおりグループ化する。

ディスク材料はステンレス鋼、内部流体は蒸気及びガスに分類される。

### 1.2 代表機器の選定

表 1-1 に分類されるグループ毎に、重要度、運転状態、最高使用温度、設定圧力及び口径の観点から代表機器を選定する。

#### (1) 蒸気系ラプチャーディスク（内部流体：蒸気、ディスク材料：ステンレス鋼）

このグループには、原子炉隔離時冷却系及び気体廃棄物処理系が属するが、重要度の観点から、SJAE ラプチャーディスクを代表機器とする。

#### (2) ガス系ラプチャーディスク（内部流体：ガス、ディスク材料：ステンレス鋼）

このグループには、重大事故等対処設備の格納容器圧力逃がし装置圧力開放板のみであるため、これを代表機器とする。

表 1-1 ラプチャーディスクのグループ化及び代表機器の選定

分類基準		当該系統	選定基準					選定	代表機器/ 選定理由
			口径 (A)	重要度*1	使用条件				
材料	内部 流体					運転 状態	設定圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	
ステン レス鋼	蒸気	原子炉隔離時冷却系	350	高*2	一時	1.04	135		SJAE ラプチャーディ スク/重要度
		気体廃棄物処理系	300	PS-2	連続	2.41	205	◎	
	ガス	重大事故等対処設備*4	600	重*3	一時	0.08	200	◎	格納容器圧力逃がし 装置圧力開放板

\*1：当該機器に要求される重要度クラスのうち，最上位の重要度クラスを示す

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

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

\*4：新規に設置される機器を示す

## 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台のラプチャーディスクについて技術評価を実施する。

- ① SJAE ラプチャーディスク
- ② 格納容器圧力逃がし装置圧力開放板

### 2.1 構造、材料及び使用条件

#### 2.1.1 SJAE ラプチャーディスク

##### (1) 構造

東海第二のSJAE ラプチャーディスクは、口径300A、設定圧力2.41 MPa、最高使用温度205℃のラプチャーディスクであり、1台設置されている。

ラプチャーディスク本体は、蒸気を内包する耐圧部（ベース、ホールドダウン、ジョイントボルト・ナット）、蒸気を仕切る隔離部（ディスク）からなる。

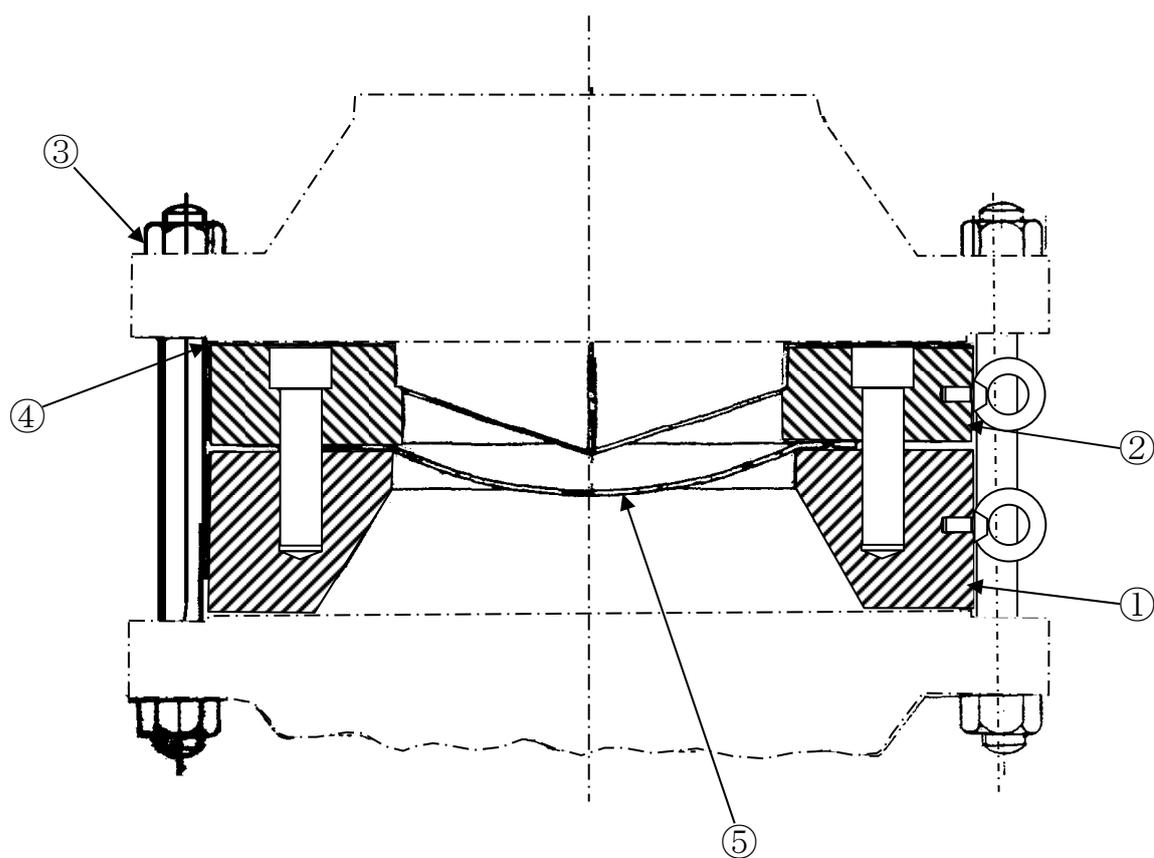
蒸気に接するベース及びディスクにはステンレス鋼が使用されている。

なお、当該ラプチャーディスクは、ジョイントボルト・ナットを取外すことにより、内部の点検手入れが可能である。

東海第二のSJAE ラプチャーディスクの構造図を図2.1-1に示す。

##### (2) 材料及び使用条件

東海第二のSJAE ラプチャーディスク主要部位の使用材料を表2.1-1に、使用条件を表2.1-2に示す。



No.	部位
①	ベース
②	ホールドダウン
③	ジョイントボルト・ナット
④	ガスケット
⑤	ディスク

図 2.1-1 S-JAE ラプチャードィスク構造図

表 2.1-1 SJAE ラプチャーディスク主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	ベース	ステンレス鋼
		ホールドダウン	ステンレス鋼
		ジョイントボルト・ナット	低合金鋼・炭素鋼
	シール	ガスケット	(消耗品)
隔離機能の維持	隔離	ディスク	ステンレス鋼

表 2.1-2 SJAE ラプチャーディスクの使用条件

設定圧力	2.41 MPa
最高使用温度	205 °C
内部流体	蒸気

## 2.1.2 格納容器圧力逃がし装置圧力開放板

### (1) 構造

東海第二の格納容器圧力逃がし装置圧力開放板は、口径 600A、設定圧力 0.08 MPa、最高使用温度 200 °C のラプチャーディスクで 1 台設置されている。

ラプチャーディスク本体は、ガス（窒素／空気）を内包する耐圧部（ベース、ホルドダウン、ジョイントボルト・ナット）、ガスを仕切る隔離部（ディスク）からなる。

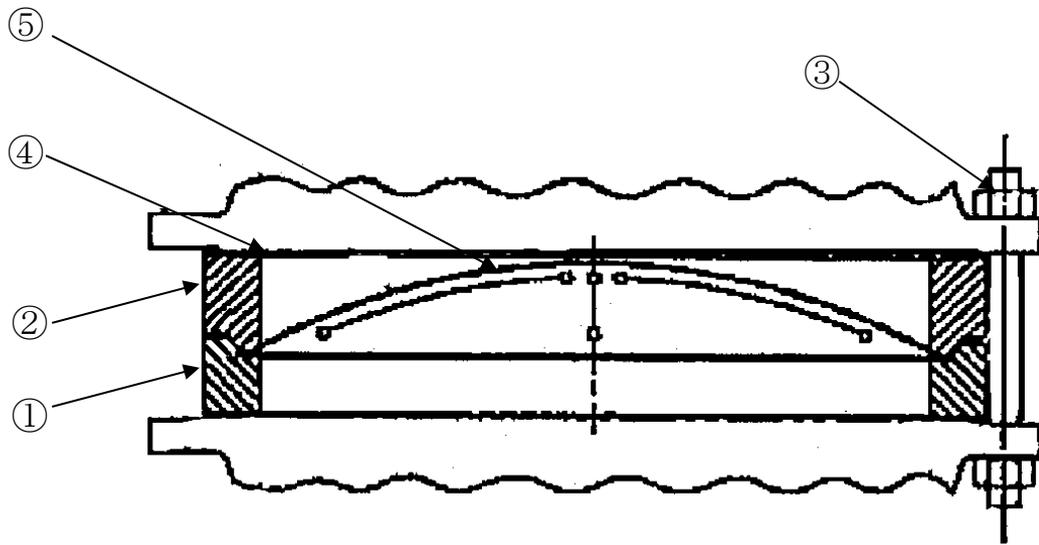
ガスに接するベース及びディスクはステンレス鋼が使用されている。

なお、当該ラプチャーディスクについては、ジョイントボルト・ナットを取外すことにより、内部の点検手入れが可能である。

東海第二の格納容器圧力逃がし装置圧力開放板の構造図を図 2.1-2 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

東海第二の格納容器圧力逃がし装置圧力開放板主要部位の使用材料を表 2.1-3 に、使用条件を表 2.1-4 に示す。



No.	部位
①	ベース
②	ホールドダウン
③	ジョイントボルト・ナット
④	ガスケット
⑤	ディスク

図 2.1-2 格納容器圧力逃がし装置圧力開放板構造図

表 2.1-3 格納容器圧力逃がし装置圧力開放板主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	ベース	ステンレス鋼
		ホールドダウン	ステンレス鋼
		ジョイントボルト・ナット	低合金鋼・炭素鋼
	シール	ガスケット	(消耗品)
隔離機能の維持	隔離	ディスク	ステンレス鋼

表 2.1-4 格納容器圧力逃がし装置圧力開放板の使用条件

設定圧力	0.08 MPa
最高使用温度	200 °C
内部流体	ガス

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機能達成に必要な項目

ラプチャーディスクの機能である圧力抑制機能の達成に必要な項目は以下のとおり。

- (1) バウンダリの維持
- (2) 隔離機能の維持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

ラプチャーディスクについて、機能達成に必要な項目を考慮して主要部位に展開した上で、個々の部位の材料、構造、使用条件（内部流体の種類、応力、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（表 2.2-1 で○又は△、▲）。

なお、消耗品及び定期取替品は以下のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

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

#### (3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

想定される経年劣化事象のうち下記①、②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。

なお、下記①、②に該当する事象については、2.2.3 項に示すとおり、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

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

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

#### a. ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）〔共通〕

ジョイントボルト・ナットは低合金鋼又は炭素鋼であり腐食が想定されるが、分解点検時に手入れ・清掃を行うことにより機能を維持している。

格納容器圧力逃がし装置圧力開放板については、新たに設置される機器であることから、上記同様、今後の分解点検時に手入れ・清掃を行うことにより機能を維持することとしている。

したがって、ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、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（日常劣化管理事象以外）

日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。

表 2.2-1 (1/2) SJAE ラブチャードディスクに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	ベース		ステンレス鋼								
		ホールドダウン		ステンレス鋼								
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼・炭素鋼		△						
	シール	ガスケット	◎	—								
隔離機能の維持	隔離	ディスク		ステンレス鋼								

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (2/2) 格納容器圧力逃がし装置圧力開放板に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象						備考	
					減肉		割れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	ベース		ステンレス鋼								
		ホールドダウン		ステンレス鋼								
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼・炭素鋼		△						
	シール	ガスケット	◎	—								
隔離機能の維持	隔離	ディスク		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について、1章で実施したグループ化で代表機器となっていない機器への展開について検討した。

[対象系統]

#### ① 原子炉隔離時冷却系

#### 3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

代表機器と同様、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

#### 3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

##### a. ベース、ホールドダウンの腐食（全面腐食）

ベース、ホールドダウンは炭素鋼であり腐食が想定されるが、大気接触部は塗装が施されていることから、塗膜が健全であれば腐食が発生する可能性は小さく、目視点検時に必要に応じて補修塗装を実施することにより機能を維持している。

したがって、ベース、ホールドダウンの腐食（全面腐食）は、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

##### b. ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）

代表機器と同様、ジョイントボルト・ナットは低合金鋼又は炭素鋼であり腐食が想定されるが、分解点検時に手入れ・清掃を行うことにより機能を維持している。

したがって、ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、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（日常劣化管理事象以外）

日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。

## 12. 制御弁

[対象系統]

- ① 原子炉隔離時冷却系
- ② 原子炉冷却材浄化系
- ③ 不活性ガス系
- ④ タービンランド蒸気系
- ⑤ 復水系
- ⑥ 給水系
- ⑦ 給水加熱器ドレン系
- ⑧ 復水移送系
- ⑨ 中央制御室換気系
- ⑩ バッテリー室換気系
- ⑪ 制御用圧縮空気系
- ⑫ 所内蒸気系
- ⑬ 気体廃棄物処理系
- ⑭ 重大事故等対処設備

## 目次

1. 対象機器及び代表機器の選定.....	12-1
1.1 グループ化の考え方及び結果.....	12-1
1.2 代表機器の選定.....	12-1
2. 代表機器の技術評価.....	12-3
2.1 構造、材料及び使用条件.....	12-3
2.1.1 中央制御室換気系 AH2-9 出口温度制御弁.....	12-3
2.1.2 タービンランド蒸気系ランド蒸気蒸発器加熱蒸気減圧弁.....	12-6
2.1.3 原子炉冷却材浄化系 F/D 出口流量調整弁.....	12-9
2.1.4 制御用圧縮空気系ドライウェル N2 供給ライン圧力調整弁.....	12-12
2.1.5 原子炉隔離時冷却系潤滑油クーラー冷却水圧力調整弁.....	12-15
2.1.6 所内蒸気系 SJAE 入口圧力制御弁.....	12-18
2.2 経年劣化事象の抽出.....	12-21
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目.....	12-21
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出.....	12-21
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象.....	12-22
3. 代表機器以外への展開.....	12-31
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象.....	12-32
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象.....	12-32

## 1. 対象機器及び代表機器の選定

東海第二で使用している主要な制御弁の主な仕様を表 1-1 に示す。

これらの制御弁を弁箱材料及び内部流体の観点からグループ化し、それぞれのグループより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

弁箱材料及び内部流体を分類基準とし、制御弁を表 1-1 に示すとおりグループ化する。

弁箱材料は炭素鋼，ステンレス鋼，低合金鋼に分類され，内部流体は純水，蒸気，ガスに分類される。

### 1.2 代表機器の選定

表 1-1 に分類されるグループ毎に，重要度，運転状態，最高使用温度，最高使用圧力及び口径の観点から代表機器を選定する。

#### (1) 純水系炭素鋼制御弁（内部流体：純水，弁箱材料：炭素鋼）

このグループには，原子炉冷却材浄化系，復水系，給水系及び中央制御室換気系が属するが，重要度が高い中央制御室換気系 AH2-9 出口温度制御弁を代表機器とする。

#### (2) 蒸気系炭素鋼制御弁（内部流体：蒸気，弁箱材料：炭素鋼）

このグループには，不活性ガス系，タービングランド蒸気系，復水移送系，バッテリー室換気系及び気体廃棄物処理系が属するが，重要度が同等であるため，運転状態が厳しく，最高使用温度が高いタービングランド蒸気系グランド蒸気蒸発器加熱蒸気減圧弁を代表機器とする。

#### (3) 純水系ステンレス鋼制御弁（内部流体：純水，弁箱材料：ステンレス鋼）

このグループは，原子炉冷却材浄化系のみであり，原子炉冷却材浄化系 F/D 出口流量調整弁を代表機器とする。

#### (4) ガス系ステンレス鋼制御弁（内部流体：ガス，弁箱材料：ステンレス鋼）

このグループには，制御用圧縮空気系及び重大事故等対処設備が属するが，重要度が高い制御用圧縮空気系ドライウェル N2 供給ライン圧力調整弁を代表機器とする。

#### (5) 純水系低合金鋼制御弁（内部流体：純水，弁箱材料：低合金鋼）

このグループには，原子炉隔離時冷却系，給水系及び給水加熱器ドレン系が属するが，重要度が高い原子炉隔離時冷却系潤滑油クーラー冷却水圧力調整弁を代表機器とする。

#### (6) 蒸気系低合金鋼制御弁（内部流体：蒸気，弁箱材料：低合金鋼）

このグループは，所内蒸気系のみであり，所内蒸気系 SJAE 入口圧力制御弁を代表機器とする。

表 1-1 制御弁のグループ化及び代表機器の選定

分類基準		当該系統	選定基準					選定	代表機器/ 選定理由
弁箱 材料	内部 流体		口径 (A)	重要度*1	使用条件				
					運転 状態	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (°C)		
炭素鋼	純水	原子炉冷却材浄化系	150	PS-2	連続	9.80	66	中央制御室換気系 AH2-9 出口温度制御弁 /重要度	
		復水系	100	高*2	連続	0.35	205		
		給水系	25~300	高*2	連続	6.14~15.51	66~233		
		中央制御室換気系	80	MS-1	連続	0.54	66		◎
	蒸気	不活性ガス系	40	高*2	一時	0.96	164	タービンランド蒸気系ランド蒸気 蒸発器加熱蒸気減圧弁/重要度, 運転状 態, 最高使用温度	
		タービンランド蒸気系	100~200	高*2	連続	0.96~8.62	183~302		◎
		復水移送系	65	高*2	一時	0.96	183		
		バッテリー室換気系	20	高*2	連続	0.96	183		
		気体廃棄物処理系	25	高*2	連続	0.96	183		
ステン レス鋼	純水	原子炉冷却材浄化系	80	PS-2	連続	9.80	66	◎	原子炉冷却材浄化系 F/D 出口流量調整弁
	ガス	制御用圧縮空気系	25	高*2, 重*3	一時	14.7	66	◎	制御用圧縮空気系ドライウェル N2 供給 ライン圧力調整弁/重要度
		重大事故等対処設備*4	20~25	重*3	一時	1.80~25	40~66		
低合金 鋼	純水	原子炉隔離時冷却系	25	MS-1	一時	10.35	77	◎	原子炉隔離時冷却系潤滑油クーラー冷 却水圧力調整弁/重要度
		給水系	150	高*2	連続	15.51	233		
		給水加熱器ドレン系	80~400	高*2	連続	0.35~2.97	149~235		
	蒸気	所内蒸気系	80	高*2	連続	8.62	302	◎	所内蒸気系 SJAЕ 入口圧力制御弁

\*1: 当該機器に要求される重要度クラスのうち, 最上位の重要度クラスを示す

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

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

\*4: 新規に設置され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台の弁について技術評価を実施する。

- ① 中央制御室換気系 AH2-9 出口温度制御弁
- ② タービングランド蒸気系グランド蒸気蒸発器加熱蒸気減圧弁
- ③ 原子炉冷却材浄化系 F/D 出口流量調整弁
- ④ 制御用圧縮空気系ドライウエル N2 供給ライン圧力調整弁
- ⑤ 原子炉隔離時冷却系潤滑油クーラー冷却水圧力調整弁
- ⑥ 所内蒸気系 SJAE 入口圧力制御弁

### 2.1 構造、材料及び使用条件

#### 2.1.1 中央制御室換気系 AH2-9 出口温度制御弁

##### (1) 構造

東海第二の中央制御室換気系 AH2-9 出口温度制御弁は、口径 80 A、最高使用圧力 0.54 MPa、最高使用温度 66 °Cの空気作動温度制御弁であり、2台設置されている。

弁本体は、純水を内包する耐圧部（弁箱、弁ふた、ジョイントボルト・ナット、軸封部）、純水を仕切る隔離部（弁体、弁座）及び弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒、ヨーク）からなる。

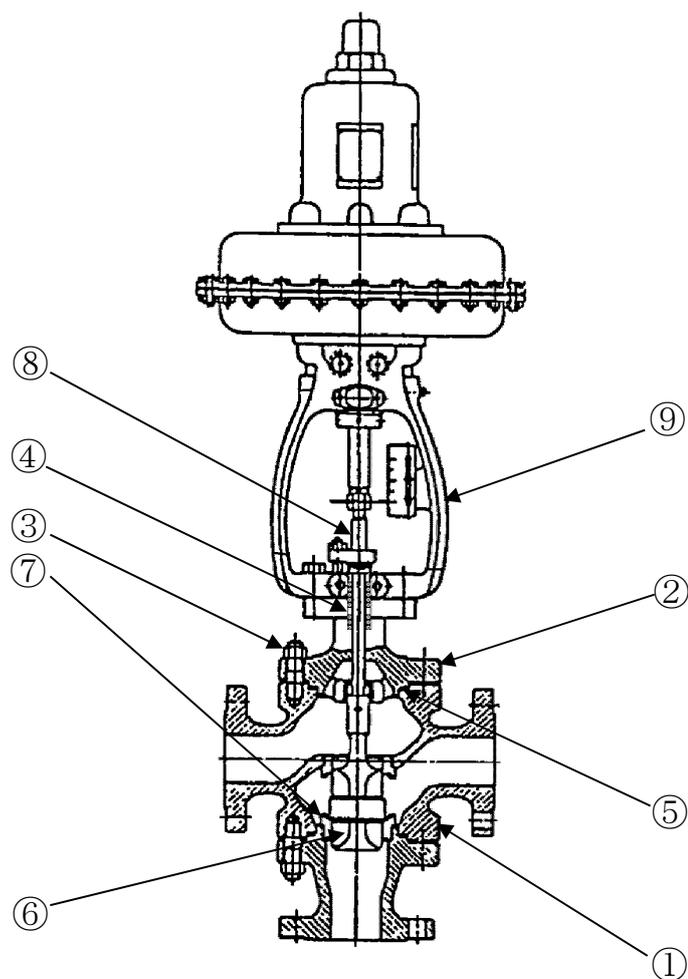
純水に接する弁箱及び弁ふたは炭素鋼、弁体及び弁座はステンレス鋼が使用されており、軸封部には内部流体の漏れを防止するためグランドパッキンが使用されている。

なお、当該弁については、駆動部を切り離し、ジョイントボルト・ナットを取外すことにより、弁内部の点検手入れが可能である。

東海第二の中央制御室換気系 AH2-9 出口温度制御弁の構造図を図 2.1-1 に示す。

##### (2) 材料及び使用条件

東海第二の中央制御室換気系 AH2-9 出口温度制御弁主要部位の使用材料を表 2.1-1 に、使用条件を表 2.1-2 に示す。



No.	部位
①	弁箱
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	グランドパッキン
⑤	ガスケット
⑥	弁体
⑦	弁座
⑧	弁棒
⑨	ヨーク

図 2.1-1 中央制御室換気系 AH2-9 出口温度制御弁構造図

表 2.1-1 中央制御室換気系 AH2-9 出口温度制御弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	炭素鋼鋳鋼
		弁ふた	炭素鋼鋳鋼
		ジョイントボルト・ナット	炭素鋼
	シール	グランドパッキン	(消耗品)
		ガスケット	(消耗品)
隔離機能の維持	隔離	弁体	ステンレス鋳鋼 (ステライト肉盛)
		弁座	ステンレス鋳鋼 (ステライト肉盛)
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼
		ヨーク	炭素鋼鋳鋼

表 2.1-2 中央制御室換気系 AH2-9 出口温度制御弁の使用条件

最高使用圧力	0.54 MPa
最高使用温度	66 °C
内部流体	純水

## 2.1.2 タービングランド蒸気系グランド蒸気蒸発器加熱蒸気減圧弁

### (1) 構造

東海第二のタービングランド蒸気系グランド蒸気蒸発器加熱蒸気減圧弁は、口径 100 A、最高使用圧力 8.62 MPa、最高使用温度 302 °Cの空気作動圧力制御弁であり、1 台設置されている。

弁本体は、蒸気を内包する耐圧部（弁箱、弁ふた、ジョイントボルト・ナット、軸封部）、蒸気を仕切る隔離部（弁体、弁座）及び弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒、ヨーク）からなる。

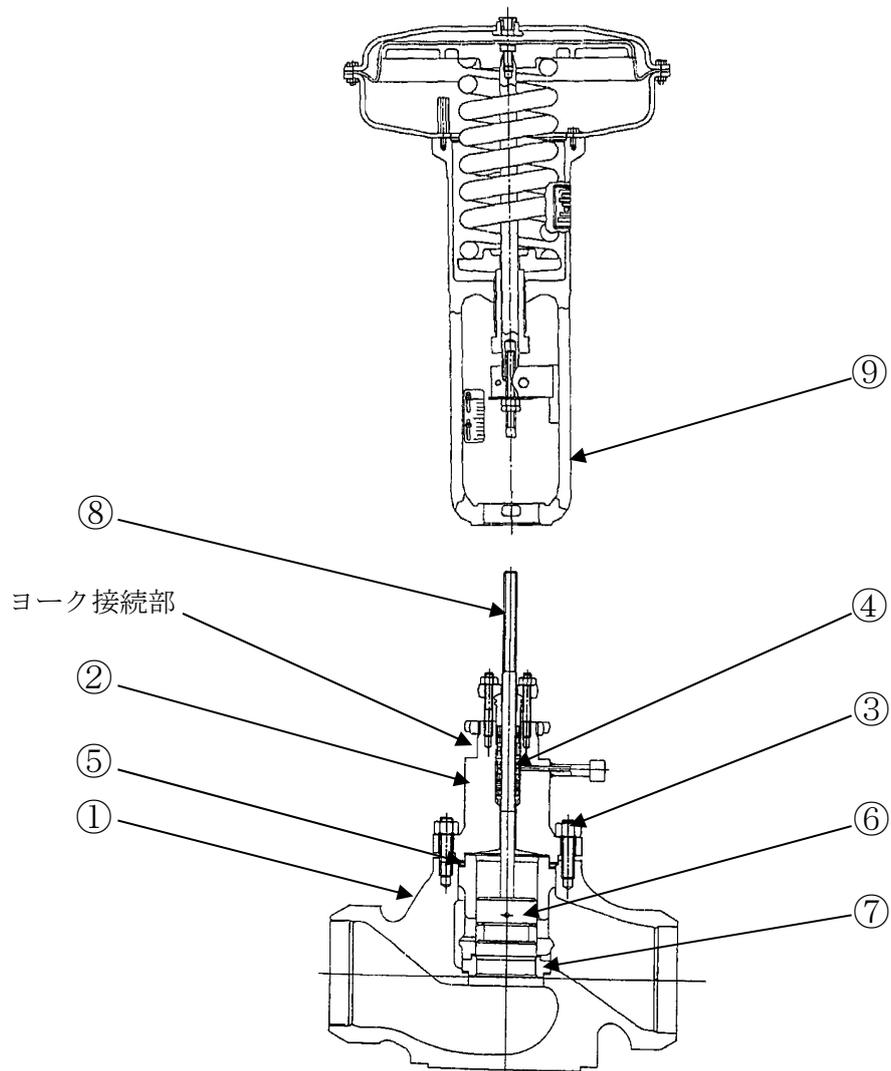
蒸気に接する弁箱及び弁ふたは炭素鋼鋳鋼、弁体及び弁座はステンレス鋼が使用されており、軸封部には内部流体の漏れを防止するためグランドパッキンが使用されている。

なお、当該弁については、駆動部を切り離し、ジョイントボルト・ナットを取外すことにより、弁内部の点検手入れが可能である。

東海第二のタービングランド蒸気系グランド蒸気蒸発器加熱蒸気減圧弁の構造図を図 2.1-2 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

東海第二のタービングランド蒸気系グランド蒸気蒸発器加熱蒸気減圧弁主要部位の使用材料を表 2.1-3 に、使用条件を表 2.1-4 に示す。



No.	部位
①	弁箱
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	グランドパッキン
⑤	ガスケット
⑥	弁体
⑦	弁座
⑧	弁棒
⑨	ヨーク

図 2.1-2 タービングランド蒸気系グランド蒸気蒸発器加熱蒸気減圧弁構造図

表 2.1-3 タービングラウンド蒸気系グラウンド蒸気蒸発器加熱蒸気減圧弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	炭素鋼鋳鋼
		弁ふた	炭素鋼鋳鋼
		ジョイントボルト・ナット	低合金鋼, 炭素鋼
	シール	グラウンドパッキン	(消耗品)
		ガスケット	(消耗品)
隔離機能の維持	隔離	弁体	ステンレス鋼
		弁座	ステンレス鋼 (ステライト肉盛)
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼
		ヨーク	鋳鉄

表 2.1-4 タービングラウンド蒸気系グラウンド蒸気蒸発器加熱蒸気減圧弁の使用条件

最高使用圧力	8.62 MPa
最高使用温度	302 °C
内部流体	蒸気

### 2.1.3 原子炉冷却材浄化系 F/D 出口流量調整弁

#### (1) 構造

東海第二の原子炉冷却材浄化系 F/D 出口流量調整弁は、口径 80 A、最高使用圧力 9.80 MPa、最高使用温度 66 °C の空気作動流量制御弁であり、2 台設置されている。

弁本体は、純水を内包する耐圧部（弁箱、弁ふた、ジョイントボルト・ナット、軸封部）、純水を仕切る隔離部（弁体、弁座）及び弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒、ヨーク）からなる。

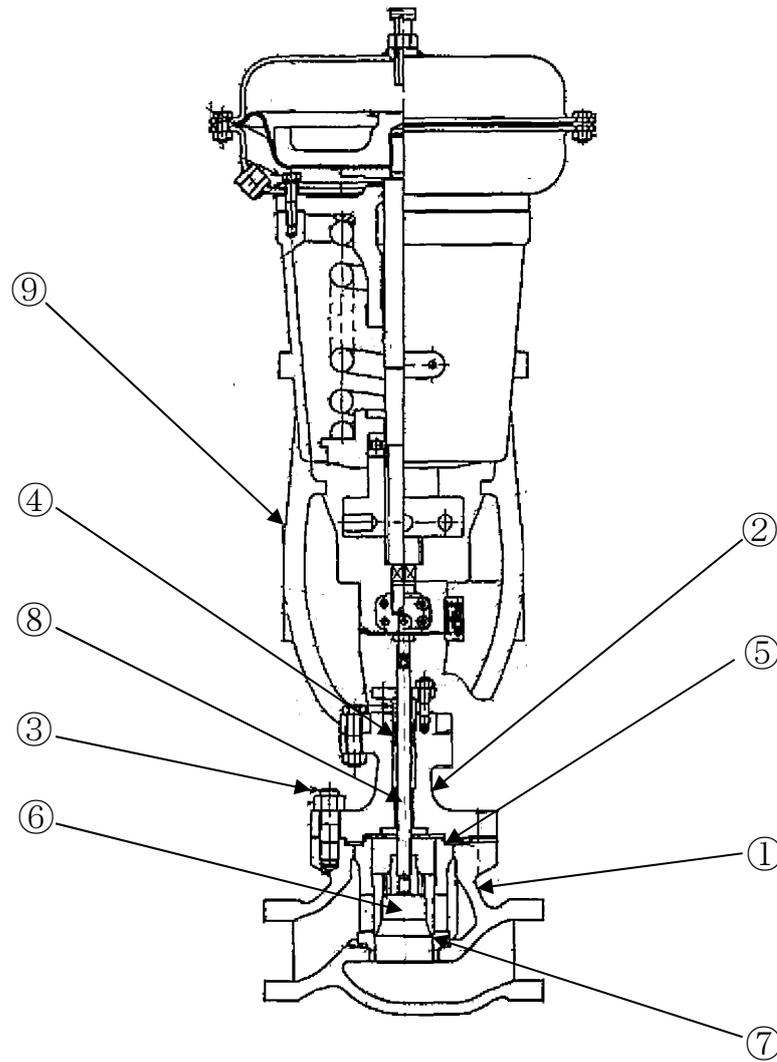
純水に接する弁箱及び弁ふたはステンレス鋳鋼、弁体及び弁座はステンレス鋼が使用されており、軸封部には内部流体の漏れを防止するためグランドパッキンが使用されている。

なお、当該弁については、駆動部を切り離し、ジョイントボルト・ナットを取外すことにより、弁内部の点検手入れが可能である。

東海第二の原子炉冷却材浄化系 F/D 出口流量調整弁の構造図を図 2.1-3 に示す。

#### (2) 材料及び使用条件

東海第二の原子炉冷却材浄化系 F/D 出口流量調整弁主要部位の使用材料を表 2.1-5 に、使用条件を表 2.1-6 に示す。



No.	部位
①	弁座
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	グランドパッキン
⑤	ガスケット
⑥	弁体
⑦	弁座
⑧	弁棒
⑨	ヨーク

図 2.1-3 原子炉冷却材浄化系 F/D 出口流量調整弁構造図

表 2.1-5 原子炉冷却材浄化系 F/D 出口流量調整弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	ステンレス鋳鋼
		弁ふた	ステンレス鋳鋼
		ジョイントボルト・ナット	ステンレス鋼
	シール	グランドパッキン	(消耗品)
		ガスケット	(消耗品)
隔離機能の維持	隔離	弁体	ステンレス鋼(ステライト肉盛)
		弁座	ステンレス鋼(ステライト肉盛)
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼
		ヨーク	炭素鋼鋳鋼

表 2.1-6 原子炉冷却材浄化系 F/D 出口流量調整弁の使用条件

最高使用圧力	9.80 MPa
最高使用温度	66 °C
内部流体	純水

#### 2.1.4 制御用圧縮空気系ドライウエルN2 供給ライン圧力調整弁

##### (1) 構造

東海第二の制御用圧縮空気系ドライウエルN2 供給ライン圧力調整弁は、口径 25 A、最高使用圧力 14.7 MPa、最高使用温度 66 °Cの自圧式圧力制御弁であり、4 台（2 台×2 系統）設置されている。

弁本体は、ガス（窒素）を内包する耐圧部（弁箱、弁ふた、スプリングケース、ジョイントボルト・ナット）、ガス（窒素）を仕切る隔離部（弁体、弁座）及び弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒、スプリング）からなる。

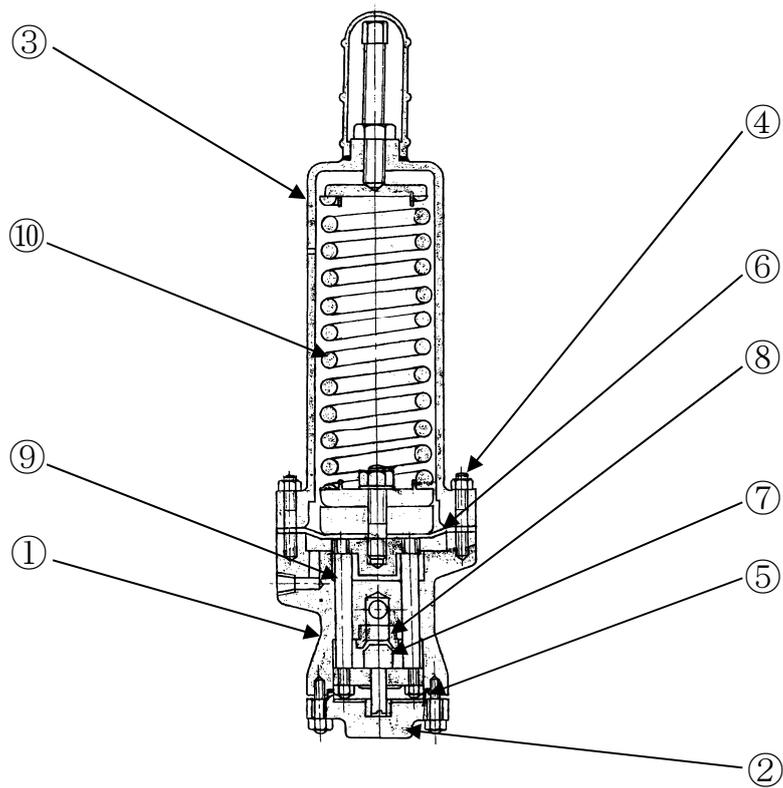
ガス（窒素）に接する弁箱はステンレス鋳鋼、弁ふた、弁体及び弁座はステンレス鋼が使用されている。

なお、当該弁については、ジョイントボルト・ナットを取外すことにより、弁内部の点検手入れが可能である。

東海第二の制御用圧縮空気系ドライウエル N2 供給ライン圧力調整弁の構造図を図 2.1-4 に示す。

##### (2) 材料及び使用条件

東海第二の制御用圧縮空気系ドライウエル N2 供給ライン圧力調整弁主要部位の使用材料を表 2.1-7 に、使用条件を表 2.1-8 に示す。



No.	部位
①	弁箱
②	弁ふた
③	スプリングケース
④	ジョイントボルト・ナット
⑤	ガスケット
⑥	ダイヤフラム
⑦	弁体
⑧	弁座
⑨	弁棒
⑩	スプリング

図 2.1-4 制御用圧縮空気系ドライウェル N2 供給ライン圧力調整弁構造図

表 2.1-7 制御用圧縮空気系ドライウエル N2 供給ライン圧力調整弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	ステンレス鋳鋼
		弁ふた	ステンレス鋼
		スプリングケース	炭素鋼
		ジョイントボルト・ナット	ステンレス鋼
	シール	ガスケット	(消耗品)
		ダイヤフラム	(消耗品)
隔離機能の維持	隔離	弁体	ステンレス鋼(ステライト肉盛)
		弁座	ステンレス鋼(ステライト肉盛)
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼
		スプリング	ばね鋼

表 2.1-8 制御用圧縮空気系ドライウエル N2 供給ライン圧力調整弁の使用条件

最高使用圧力	14.7 MPa
最高使用温度	66 °C
内部流体	ガス (窒素)

## 2.1.5 原子炉隔離時冷却系潤滑油クーラー冷却水圧力調整弁

### (1) 構造

東海第二の原子炉隔離時冷却系潤滑油クーラー冷却水圧力調整弁は、口径 25 A、最高使用圧力 10.35 MPa、最高使用温度 77 °C の自圧式圧力制御弁であり、1 台設置されている。

弁本体は、純水を内包する耐圧部（弁箱、弁ふた、ジョイントボルト・ナット、軸封部）、純水を仕切る隔離部（弁体、弁座）及び弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒、ヨーク）からなる。

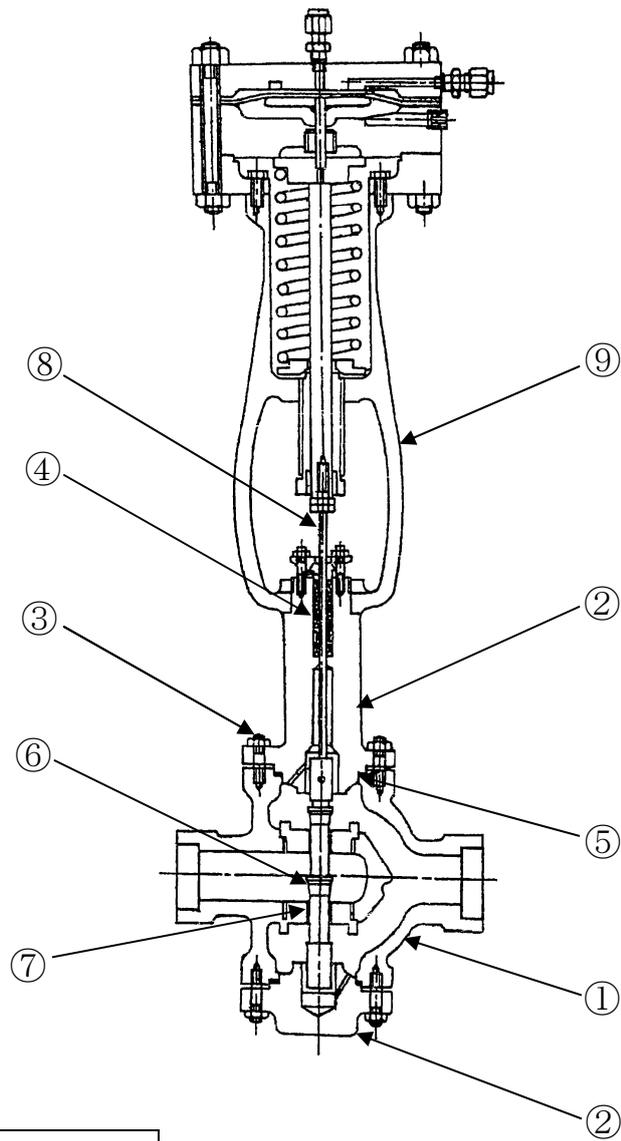
純水に接する弁箱及び弁ふたは低合金鋼、弁体及び弁座はステンレス鋼が使用されており、軸封部には内部流体の漏れを防止するためグランドパッキンが使用されている。

なお、当該弁については、駆動部を切り離し、ジョイントボルト・ナットを取外すことにより、弁内部の点検手入れが可能である。

東海第二の原子炉隔離時冷却系潤滑油クーラー冷却水圧力調整弁の構造図を図 2.1-5 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

東海第二の原子炉隔離時冷却系潤滑油クーラー冷却水圧力調整弁主要部位の使用材料を表 2.1-9 に、使用条件を表 2.1-10 に示す。



No.	部位
①	弁箱
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	グランドパッキン
⑤	ガスケット
⑥	弁体
⑦	弁座
⑧	弁棒
⑨	ヨーク

図 2.1-5 原子炉隔離時冷却系潤滑油クーラー冷却水圧力調整弁構造図

表 2.1-9 原子炉隔離時冷却系潤滑油クーラー冷却水圧力調整弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	低合金鋼
		弁ふた	低合金鋼
		ジョイントボルト・ナット	低合金鋼, 炭素鋼
	シール	グランドパッキン	(消耗品)
		ガスケット	(消耗品)
隔離機能の維持	隔離	弁体	ステンレス鋼
		弁座	ステンレス鋼 (ステライト肉盛)
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼
		ヨーク	炭素鋼鋳鋼

表 2.1-10 原子炉隔離時冷却系潤滑油クーラー冷却水圧力調整弁の使用条件

最高使用圧力	10.35 MPa
最高使用温度	77 °C
内部流体	純水

## 2.1.6 所内蒸気系 SJAE 入口圧力制御弁

### (1) 構造

東海第二の所内蒸気系 SJAE 入口圧力制御弁は、口径 80 A, 最高使用圧力 8.62 MPa, 最高使用温度 302 °C の空気作動圧力制御弁であり、1 台設置されている。

弁本体は、蒸気を内包する耐圧部（弁箱、弁ふた、ジョイントボルト・ナット、軸封部）、蒸気を仕切る隔離部（弁体、弁座）及び弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒、ヨーク）からなる。

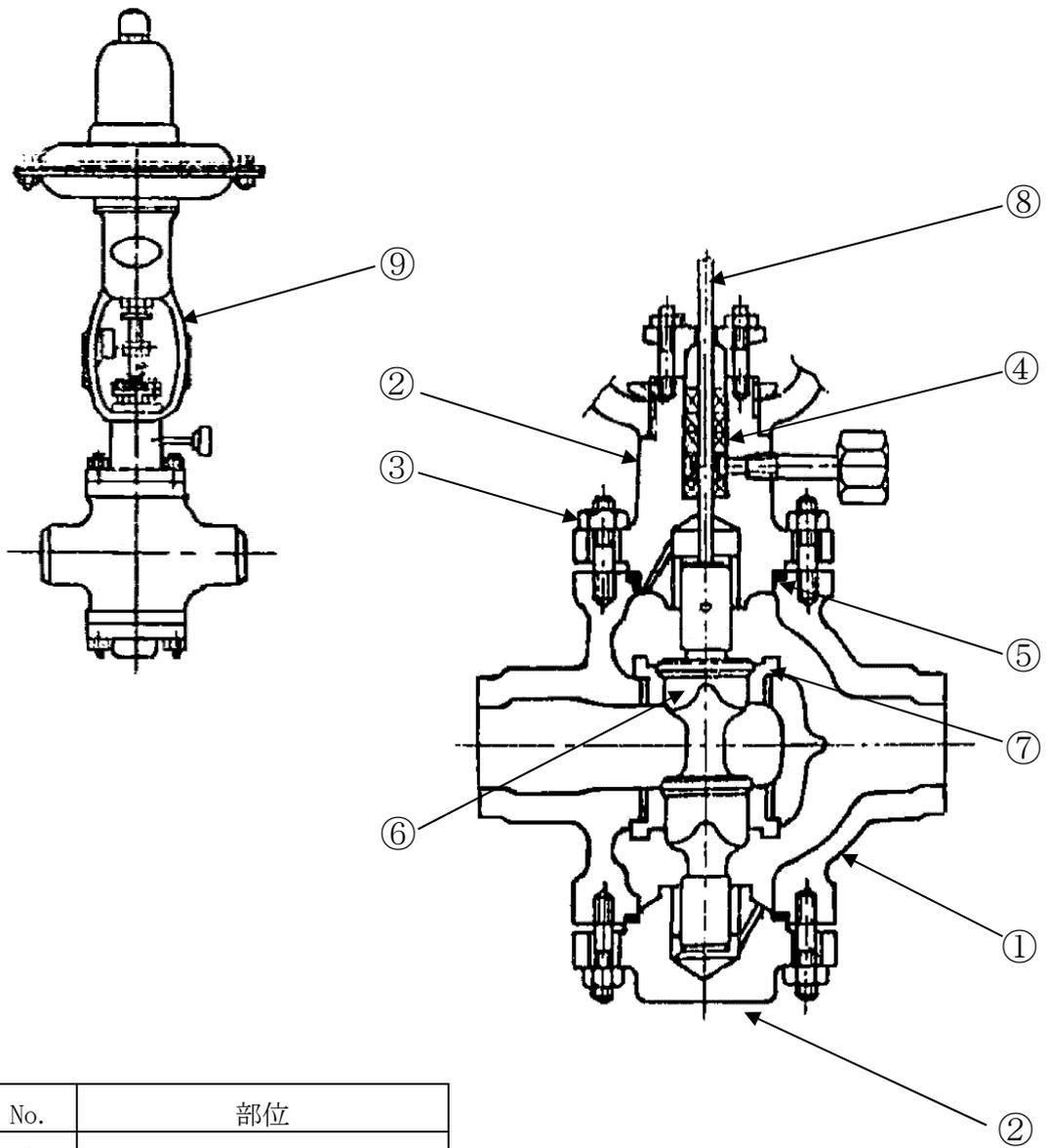
蒸気に接する弁箱及び弁ふたは低合金鋼、弁体及び弁座はステンレス鋼が使用されており、軸封部には内部流体の漏れを防止するためグランドパッキンが使用されている。

なお、当該弁については、駆動部を切り離し、ジョイントボルト・ナットを取外すことにより、弁内部の点検手入れが可能である。

東海第二の所内蒸気系 SJAE 入口圧力制御弁の構造図を図 2.1-6 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

東海第二の所内蒸気系 SJAE 入口圧力制御弁主要部位の使用材料を表 2.1-11 に、使用条件を表 2.1-12 に示す。



No.	部位
①	弁箱
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	グランドパッキン
⑤	ガスケット
⑥	弁体
⑦	弁座
⑧	弁棒
⑨	ヨーク

図 2.1-6 所内蒸気系 SJAE 入口圧力制御弁構造図

表 2.1-11 所内蒸気系 SJAE 入口圧力制御弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	低合金鋼
		弁ふた	低合金鋼
		ジョイントボルト・ナット	低合金鋼, 炭素鋼
	シール	グランドパッキン	(消耗品)
		ガスケット	(消耗品)
隔離機能の維持	隔離	弁体	ステンレス鋼
		弁座	ステンレス鋼 (ステライト肉盛)
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼
		ヨーク	炭素鋼鋳鋼

表 2.1-12 所内蒸気系 SJAE 入口圧力制御弁の使用条件

最高使用圧力	8.62 MPa
最高使用温度	302 °C
内部流体	蒸気

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

制御弁の機能である流体仕切機能(絞り機能含む)の達成に必要な項目は以下のとおり。

- (1) バウンダリの維持
- (2) 隔離機能の維持
- (3) 作動機能の維持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

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

なお、消耗品及び定期取替品は以下のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

グランドパッキン、ガスケット及びダイヤフラムは消耗品であり、設計時に長期使用せず取替を前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

#### (3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

想定される経年劣化事象のうち下記①、②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。

なお、下記①、②に該当する事象については、2.2.3 項に示すとおり、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

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

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

a. 弁箱及び弁ふたの外面の腐食（全面腐食）[中央制御室換気系 AH2-9 出口温度制御弁，タービングランド蒸気系グランド蒸気蒸発器加熱蒸気減圧弁，原子炉隔離時冷却系潤滑油クーラー冷却水圧力調整弁，所内蒸気系 SJAE 入口圧力制御弁]

弁箱及び弁ふたは，炭素鋼鋳鋼又は低合金鋼であり腐食が想定されるが，大気接触部は塗装が施されていることから，塗膜が健全であれば腐食が発生する可能性は小さく，点検時に必要に応じて補修塗装することにより機能を維持している。

したがって，弁箱及び弁ふたの外面の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）[中央制御室換気系 AH2-9 出口温度制御弁，タービングランド蒸気系グランド蒸気蒸発器加熱蒸気減圧弁，原子炉隔離時冷却系潤滑油クーラー冷却水圧力調整弁，所内蒸気系 SJAE 入口圧力制御弁]

ジョイントボルト・ナットは，低合金鋼又は炭素鋼であり腐食が想定されるが，分解点検時に手入れ・清掃を行うことにより機能を維持している。

したがって，ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. ヨークの腐食（全面腐食）[中央制御室換気系 AH2-9 出口温度制御弁，タービングランド蒸気系グランド蒸気蒸発器加熱蒸気減圧弁，原子炉冷却材浄化系 F/D 出口流量調整弁，原子炉隔離時冷却系潤滑油クーラー冷却水圧力調整弁，所内蒸気系 SJAE 入口圧力制御弁]

ヨークは，炭素鋼鋳鋼又は鋳鉄であり腐食が想定されるが，大気接触部は塗装が施されていることから，塗膜が健全であれば腐食が発生する可能性は小さく，点検時に必要に応じて補修塗装することにより機能を維持している。

したがって，ヨークの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. スプリングケースの腐食（全面腐食）[制御用圧縮空気系ドライウエル N2 供給ライン圧力調整弁]

スプリングケースは，炭素鋼であり腐食が想定されるが，大気接触部は塗装が施されていることから，塗膜が健全であれば腐食が発生する可能性は小さく，点検時に必要に応じて補修塗装することにより機能を維持している。

したがって，スプリングケースの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- e. 弁箱及び弁ふたの腐食（流れ加速型腐食）[中央制御室換気系 AH2-9 出口温度制御弁，タービングランド蒸気系グランド蒸気蒸発器加熱蒸気減圧弁，原子炉隔離時冷却系潤滑油クーラー冷却水圧力調整弁，所内蒸気系 SJAE 入口圧力制御弁]

弁箱及び弁ふたは，炭素鋼鋳鋼又は低合金鋼であり，内部流体が純水又は蒸気であるため，腐食（流れ加速型腐食）が想定されるが，分解点検時に有意な腐食（流れ加速型腐食）がないことを確認し，必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持している。

したがって，弁箱及び弁ふたの腐食（流れ加速型腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- f. 弁箱，弁ふた及びジョイントボルト・ナットの貫粒型応力腐食割れ[原子炉冷却材浄化系 F/D 出口流量調整弁，制御用圧縮空気系ドライウェル N2 供給ライン圧力調整弁]

弁箱，弁ふた及びジョイントボルト・ナットは，ステンレス鋳鋼又はステンレス鋼であり，大気中の海塩粒子に含まれる塩化物イオンにより，外面からの貫粒型応力腐食割れの発生が想定されるが，原子炉建屋内機器の塩分測定において代表箇所における定期的な目視点検及び付着塩分量測定を実施し，その結果により必要に応じて機器外面清掃及び浸透探傷検査を実施することとしている。

また，東海第二では工事における副資材管理でステンレス鋼へ塩分付着を防止している。

したがって，弁箱，弁ふた及びジョイントボルト・ナットの貫粒型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と判断する。

- g. 弁棒の摩耗[中央制御室換気系 AH2-9 出口温度制御弁，タービングランド蒸気系グランド蒸気蒸発器加熱蒸気減圧弁，原子炉冷却材浄化系 F/D 出口流量調整弁，原子炉隔離時冷却系潤滑油クーラー冷却水圧力調整弁，所内蒸気系 SJAE 入口圧力制御弁]

弁棒は，グランドパッキンと接触しているため，弁の開閉に伴うグランドパッキンとの摺動により摩耗が想定されるが，グランドパッキンの材質がテフロン又は黒鉛等であるのに対し，弁棒はステンレス鋼であるため，これらの摺動により摩耗が発生する可能性は小さい。

なお，これまでの点検において有意な摩耗は確認されておらず，今後も使用環境に変化がないことから，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，弁棒の摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、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（日常劣化管理事象以外）

a. スプリングのへたり [制御用圧縮空気系ドライウエル N2 供給ライン圧力調整弁]

スプリングは、常時応力がかかった状態で使用されるため、へたりが想定されるが、スプリング使用時のねじり応力が許容ねじり応力以下になるように設定されており、さらにスプリングの材料に対する推奨最高使用温度よりも実際の使用温度は低いことから、へたりが進行する可能性はない。

したがって、スプリングのへたりは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

表 2.2-1 (1/6) 中央制御室換気系 AH2-9 出口温度制御弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		炭素鋼鋳鋼		△ <sup>*2*3</sup>						*1:ステライト肉盛 *2:流れ加速型腐食 *3:外面
		弁ふた		炭素鋼鋳鋼		△ <sup>*2*3</sup>						
		ジョイントボルト・ナット		炭素鋼		△						
	シール	グランドパッキン	◎	—								
		ガスケット	◎	—								
隔離機能の維持	隔離	弁体		ステンレス鋳鋼 <sup>*1</sup>								
		弁座		ステンレス鋳鋼 <sup>*1</sup>								
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		ステンレス鋼	△							
		ヨーク		炭素鋼鋳鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (2/6) タービングラウンド蒸気系グラウンド蒸気蒸発器加熱蒸気減圧弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		炭素鋼鋳鋼		△*2*3						*1:ステライト肉盛 *2:流れ加速型腐食 *3:外面
		弁ふた		炭素鋼鋳鋼		△*2*3						
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼, 炭素鋼		△						
	シール	グラウンドパッキン	◎	—								
		ガスケット	◎	—								
隔離機能の維持	隔離	弁体		ステンレス鋼								
		弁座		ステンレス鋼*1								
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		ステンレス鋼	△							
		ヨーク		鋳鉄		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (3/6) 原子炉冷却材浄化系 F/D 出口流量調整弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		ステンレス鋳鋼				△ <sup>*2</sup>				*1:ステライト肉盛 *2:貫粒型応力腐食割れ
		弁ふた		ステンレス鋳鋼				△ <sup>*2</sup>				
		ジョイントボルト・ナット		ステンレス鋼				△ <sup>*2</sup>				
	シール	グランドパッキン	◎	—								
		ガスケット	◎	—								
隔離機能の維持	隔離	弁体		ステンレス鋼 <sup>*1</sup>								
		弁座		ステンレス鋼 <sup>*1</sup>								
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		ステンレス鋼	△							
		ヨーク		炭素鋼鋳鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (4/6) 制御用圧縮空気系ドライウェルN2 供給ライン圧力調整弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		ステンレス鋳鋼				△*2				*1:ステライト肉盛 *2:貫粒型応力腐食割れ *3:へたり
		弁ふた		ステンレス鋼				△*2				
		スプリングケース		炭素鋼		△						
		ジョイントボルト・ナット		ステンレス鋼				△*2				
	シール	ガスケット	◎	—								
		ダイヤフラム	◎	—								
隔離機能の維持	隔離	弁体		ステンレス鋼*1								
		弁座		ステンレス鋼*1								
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		ステンレス鋼								
		スプリング		ばね鋼							▲*3	

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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

表 2.2-1 (5/6) 原子炉隔離時冷却系潤滑油クーラー冷却水圧力調整弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象						備考	
					減肉		割れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		低合金鋼		△*2*3					*1:ステライト肉盛 *2:流れ加速型腐食 *3:外面	
		弁ふた		低合金鋼		△*2*3						
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼,炭素鋼		△						
	シール	グランドパッキン	◎	—								
		ガスケット	◎	—								
隔離機能の維持	隔離	弁体		ステンレス鋼								
		弁座		ステンレス鋼*1								
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		ステンレス鋼	△							
		ヨーク		炭素鋼鋳鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (6/6) 所内蒸気系 SJAE 入口圧力制御弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象						備考	
					減肉		割れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		低合金鋼		△*2*3					*1:ステライト肉盛 *2:流れ加速型腐食 *3:外面	
		弁ふた		低合金鋼		△*2*3						
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼,炭素鋼		△						
	シール	グランドパッキン	◎	—								
		ガスケット	◎	—								
隔離機能の維持	隔離	弁体		ステンレス鋼								
		弁座		ステンレス鋼*1								
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		ステンレス鋼	△							
		ヨーク		炭素鋼鋳鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

### 3. 代表機器以外への展開

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

#### [対象系統]

- ① 原子炉冷却材浄化系
- ② 不活性ガス系
- ③ タービングラウンド蒸気系
- ④ 復水系
- ⑤ 給水系
- ⑥ 給水加熱器ドレン系
- ⑦ 復水移送系
- ⑧ バッテリー室換気系
- ⑨ 気体廃棄物処理系
- ⑩ 重大事故等対処設備

### 3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

代表機器同様、高経年化対策上着目すべき事象は抽出されなかった。

### 3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

a. 弁箱及び弁ふたの外面の腐食（全面腐食）[弁箱及び弁ふたの材料が炭素鋼鋳鋼又は低合金鋼の制御弁共通]

代表機器同様、弁箱及び弁ふたは、炭素鋼鋳鋼又は低合金鋼であり腐食が想定されるが、大気接触部は塗装が施されていることから、塗膜が健全であれば腐食が発生する可能性は小さく、点検時に必要に応じて補修塗装することにより機能を維持している。

したがって、弁箱及び弁ふたの外面の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）[ジョイントボルト・ナットの材料が低合金鋼又は炭素鋼の制御弁共通]

代表機器同様、ジョイントボルト・ナットは、低合金鋼又は炭素鋼であり腐食が想定されるが、分解点検時に手入れ・清掃を行うことにより機能を維持している。

したがって、ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. ヨークの腐食（全面腐食）[ヨークの材料が炭素鋼、炭素鋼鋳鋼又は鋳鉄の制御弁共通]

ヨークは、炭素鋼、炭素鋼鋳鋼又は鋳鉄であり腐食が想定されるが、大気接触部は塗装が施されていることから、塗膜が健全であれば腐食が発生する可能性は小さく、点検時に必要に応じて補修塗装することにより機能を維持している。

したがって、ヨークの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. スプリングケースの腐食（全面腐食）[スプリングケースが炭素鋼の制御弁共通]

代表機器同様、新たに設置される重大事故等対処設備のスプリングケースは、炭素鋼であり腐食が想定されるが、大気接触部は塗装を施すことから、塗膜が健全であれば腐食が発生する可能性は小さく、点検時に必要に応じて補修塗装することにより機能を維持できると考える。

したがって、スプリングケースの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. 弁箱及び弁ふたの腐食（流れ加速型腐食）[弁箱及び弁ふたの材料が炭素鋼鋳鋼又は低合金鋼の制御弁共通]

代表機器同様、弁箱及び弁ふたは、炭素鋼鋳鋼又は低合金鋼であり、内部流体が純水又は蒸気であるため、腐食（流れ加速型腐食）が想定されるが、分解点検時に有意な腐食（流れ加速型腐食）がないことを確認し、必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持している。

したがって、弁箱及び弁ふたの腐食（流れ加速型腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f. 弁箱、弁ふた及びジョイントボルト・ナットの貫粒型応力腐食割れ[弁箱、弁ふた及びジョイントボルト・ナットがステンレス鋳鋼又はステンレス鋼の制御弁共通]

代表機器同様、新たに設置される重大事故等対処設備の弁箱、弁ふた及びジョイントボルト・ナットは、ステンレス鋳鋼又はステンレス鋼であり、大気中の海塩粒子に含まれる塩化物イオンにより、外面からの貫粒型応力腐食割れの発生が想定されるが、原子炉建屋内機器の塩分測定において代表箇所における定期的な目視点検及び付着塩分量測定を実施し、その結果により必要に応じて機器外面清掃及び浸透探傷検査を実施することにより機能を維持できると考える。

また、東海第二では工事における副資材管理でステンレス鋼へ塩分付着を防止している。

したがって、弁箱、弁ふた及びジョイントボルト・ナットの貫粒型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と判断する。

g. 弁棒の摩耗[共通]

代表機器同様、弁棒は、グランドパッキンと接触しているため、弁の開閉に伴うグランドパッキンとの摺動により摩耗が想定されるが、グランドパッキンの材質がテフロン又は黒鉛等であるのに対し、弁棒はステンレス鋼であるため、これらの摺動により摩耗が発生する可能性は小さい。

なお、これまでの点検において有意な摩耗は確認されておらず、今後も使用環境に変化がないことから、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、弁棒の摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、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（日常劣化管理事象以外）

a. スプリングのへたり[共通]

代表機器同様、新たに設置される重大事故等対処設備のスプリングは、常時応力がかかった状態で使用されるため、へたりが想定されるが、スプリング使用時のねじり応力が許容ねじり応力以下になるように設定され、さらにスプリングの材料に対する推奨最高使用温度よりも低い温度で使用されることから、へたりが進行する可能性はない。

したがって、スプリングのへたりは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

## 13. 電動弁用駆動部

[対象系統]

- ① 原子炉系
- ② 原子炉再循環系
- ③ 残留熱除去系
- ④ 残留熱除去海水系
- ⑤ 原子炉隔離時冷却系
- ⑥ 原子炉冷却材浄化系
- ⑦ ほう酸水注入系
- ⑧ 高压炉心スプレイ系
- ⑨ 低压炉心スプレイ系
- ⑩ 可燃性ガス濃度制御系
- ⑪ 主蒸気隔離弁漏えい抑制系
- ⑫ 原子炉補機冷却系
- ⑬ 燃料プール冷却浄化系
- ⑭ 制御用圧縮空気系
- ⑮ 不活性ガス系
- ⑯ 格納容器雰囲気監視系
- ⑰ 事故時サンプリング設備
- ⑱ 中央制御室換気系
- ⑲ ドライウェル冷却系
- ⑳ 空気抽出系
- ㉑ 気体廃棄物処理系
- ㉒ 重大事故等対処設備

## 目次

1. 対象機器及び代表機器の選定 .....	13-1
1.1 グループ化の考え方及び結果 .....	13-1
1.2 代表機器の選定 .....	13-1
2. 代表機器の技術評価 .....	13-4
2.1 構造，材料及び使用条件 .....	13-4
2.1.1 残留熱除去系シャットダウンライン隔離弁（内側）駆動部 .....	13-4
2.1.2 残留熱除去系注入弁駆動部 .....	13-8
2.1.3 残留熱除去系シャットダウンライン隔離弁（外側）駆動部 .....	13-12
2.2 経年劣化事象の抽出 .....	13-16
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目 .....	13-16
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出 .....	13-16
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 .....	13-18
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価 .....	13-24
3. 代表機器以外への展開 .....	13-35
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 .....	13-35
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 .....	13-37

## 1. 対象機器及び代表機器の選定

東海第二で使用している主要な電動弁用駆動部の主な仕様を表 1-1 に示す。

これらの電動弁用駆動部を電源及び設置場所の観点からグループ化し、それぞれのグループより以下のとおり代表機器を選定した。

### 1.1 グループ化の考え方及び結果

電源及び設置場所を分類基準とし、電動弁用駆動部を表 1-1 に示すとおりグループ化する。

電源は交流及び直流に分類され、設置場所は原子炉格納容器内及び原子炉格納容器外に分類される。

### 1.2 代表機器の選定

表 1-1 に分類されるグループ毎に、重要度、定格出力及び使用条件の観点から代表機器を選定する。

#### (1) 原子炉格納容器内の電動（交流）弁用駆動部

このグループには、原子炉系、原子炉再循環系、残留熱除去系、原子炉隔離時冷却系及び原子炉冷却材浄化系が属するが、重要度が高く、定格出力の大きい残留熱除去系シャットダウンライン隔離弁（内側）駆動部を代表機器とする。

#### (2) 原子炉格納容器外の電動（交流）弁用駆動部

このグループには、原子炉系、原子炉冷却材浄化系、ほう酸水注入系、残留熱除去系、残留熱除去海水系、高圧炉心スプレイ系、低圧炉心スプレイ系、可燃性ガス濃度制御系、主蒸気隔離弁漏えい抑制系、原子炉補機冷却系、燃料プール冷却浄化系、制御用圧縮空気系、不活性ガス系、格納容器雰囲気監視系、事故時サンプリング設備、中央制御室換気系、ドライウェル冷却系、空気抽出系、気体廃棄物処理系及び重大事故等対処設備が属するが、重要度及び周囲温度が高く、定格出力の大きい残留熱除去系注入弁駆動部を代表機器とする。

#### (3) 原子炉格納容器外の電動（直流）弁用駆動部

このグループには、原子炉系、残留熱除去系、原子炉隔離時冷却系、原子炉冷却材浄化系及び重大事故等対処設備が属するが、重要度が高く、定格出力の大きい残留熱除去系シャットダウンライン隔離弁（外側）駆動部を代表機器とする。

表 1-1 (1/2) 電動弁用駆動部のグループ化及び代表機器の選定

分類基準		当該系統	選定基準			選定	代表機器／選定理由
電源	設置場所		重要度*1	定格出力 (kW)	使用条件 周囲温度 (°C)		
交流	原子炉格納容器内	原子炉系	MS-1/PS-1	1.1	65.6		残留熱除去系シャットダウン ライン隔離弁(内側)駆動部 ／重要度, 定格出力
		原子炉再循環系	PS-1	4.7, 5.2	65.6		
		残留熱除去系	MS-1/PS-1, 重*2	0.12~16.4	65.6	◎	
		原子炉隔離時冷却系	MS-1/PS-1, 重*2	7.8	65.6		
		原子炉冷却材浄化系	MS-1/PS-1	0.72~2.7	65.6		
	原子炉格納容器外	原子炉系	MS-1	0.28~11	60.0		残留熱除去系注入弁駆動部 ／重要度, 定格出力, 周囲温度
		原子炉冷却材浄化系	PS-2	0.28~1.8	40.0		
		ほう酸水注入系	MS-1, 重*2	0.28	40.0		
		残留熱除去系	MS-1/PS-1, 重*2	0.094~16	40.0, 60.0	◎	
		残留熱除去海水系	MS-1, 重*2	0.12~11	40.0		
		高压炉心スプレイ系	MS-1/PS-1, 重*2	1.8~16	40.0		
		低压炉心スプレイ系	MS-1/PS-1, 重*2	1.1~16	40.0		
		可燃性ガス濃度制御系	MS-1	0.094~0.5	40.0		
		主蒸気隔離弁漏えい抑制系	MS-1/PS-1	0.37, 0.72	60.0		
		原子炉補機冷却系	MS-1	0.72, 1.1	40.0		
		燃料プール冷却浄化系	重*2	1.1, 2	40.0		
		制御用圧縮空気系	MS-1	0.28	40.0		
		不活性ガス系	MS-1, 重*2	0.72	40.0		
		格納容器雰囲気監視系	MS-1	0.12	40.0		
		事故時サンプリング設備	MS-1	0.12	40.0		
		中央制御室換気系	MS-1, 重*2	1.3, 5.2	40.0		
		ドライウェル冷却系	MS-1	0.37	40.0		
		空気抽出系	MS-2	1.1	40.0		
		気体廃棄物処理系	MS-2	0.72	40.0		
重大事故等対処設備*3	MS-1, 重*2	0.12~3.7	40.0				

\*1: 当該機器に要求される重要度クラスのうち, 最上位の重要度クラスを示す

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

\*3: 新規に設置される系統

表 1-1 (2/2) 電動弁用駆動部のグループ化及び代表機器の選定

分類基準		当該系統	選定基準			選定	代表機器／選定理由
電源	設置場所		重要度*1	定格出力 (kW)	使用条件 周囲温度 (°C)		
直流	原子炉格納容器外	原子炉系	MS-1/PS-1	0.9	60.0		残留熱除去系シャットダウン ライン隔離弁(外側)駆動部 ／重要度, 定格出力
		残留熱除去系	MS-1/PS-1, 重*2	2.97, 9.77	40.0	◎	
		原子炉隔離時冷却系	MS-1/PS-1, 重*2	0.1~7.33	40.0		
		原子炉冷却材浄化系	MS-1/PS-1	1.92	40.0		
		重大事故等対処設備*3	重*2	0.12~1.1	40.0		

\*1: 当該機器に要求される重要度クラスのうち, 最上位の重要度クラスを示す

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

\*3: 新規に設置される系統

## 2. 代表機器の技術評価

本章では、1章で代表機器とした以下の電動弁用駆動部について技術評価を実施する。

- ① 残留熱除去系シャットダウンライン隔離弁（内側）駆動部
- ② 残留熱除去系注入弁駆動部
- ③ 残留熱除去系シャットダウンライン隔離弁（外側）駆動部

### 2.1 構造，材料及び使用条件

#### 2.1.1 残留熱除去系シャットダウンライン隔離弁（内側）駆動部

##### (1) 構造

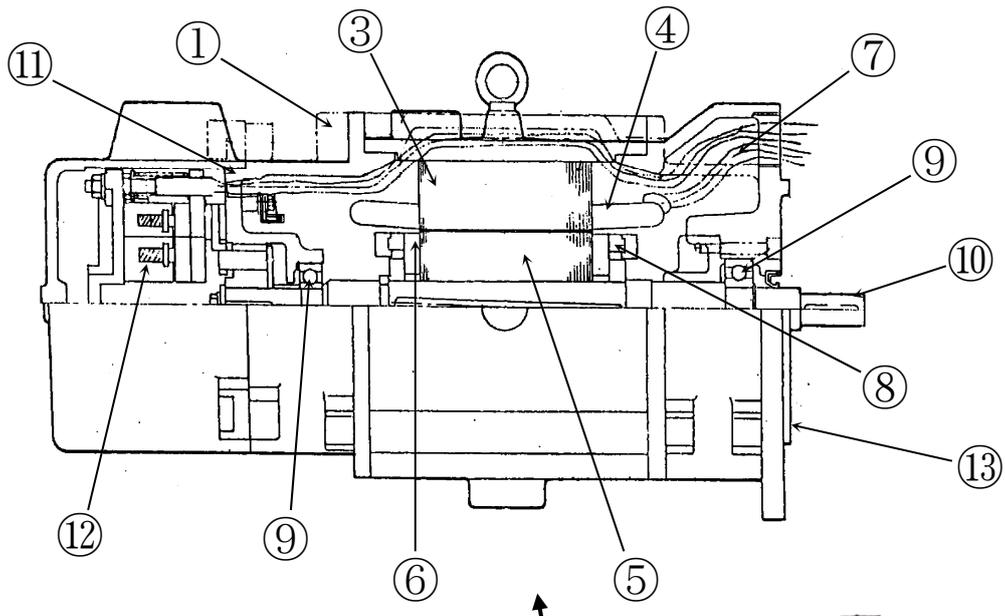
東海第二の残留熱除去系シャットダウンライン隔離弁（内側）駆動部はモータ，ギア，ハウジング等で構成されており，モータの回転力を，ギアを介して弁棒及びステムナットに伝達し，弁を駆動させる構造となっている。

なお，当該駆動部については弁本体との取付ボルトを取外し，駆動部ケース類を取外すことで駆動部内の点検手入れが可能である。

東海第二の残留熱除去系シャットダウンライン隔離弁（内側）駆動部の構造図を図2.1-1に示す。

##### (2) 材料及び使用条件

東海第二の残留熱除去系シャットダウンライン隔離弁（内側）駆動部主要部位の使用材料を表2.1-1に，使用条件を表2.1-2に示す。



No.	部位
①	フレーム
②	ハウジング
③	固定子コア
④	固定子コイル
⑤	回転子コア
⑥	回転子棒
⑦	口出線・接続部品
⑧	回転子エンドリング
⑨	軸受 (ころがり)
⑩	主軸
⑪	エンドブラケット
⑫	電磁ブレーキ
⑬	ガスケット
⑭	取付ボルト

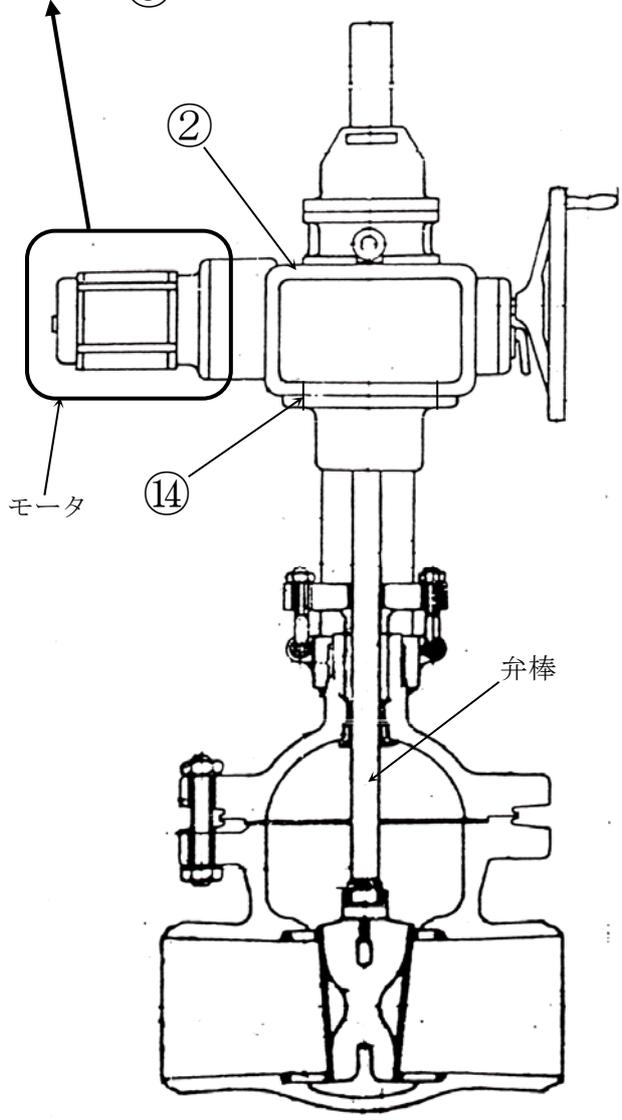
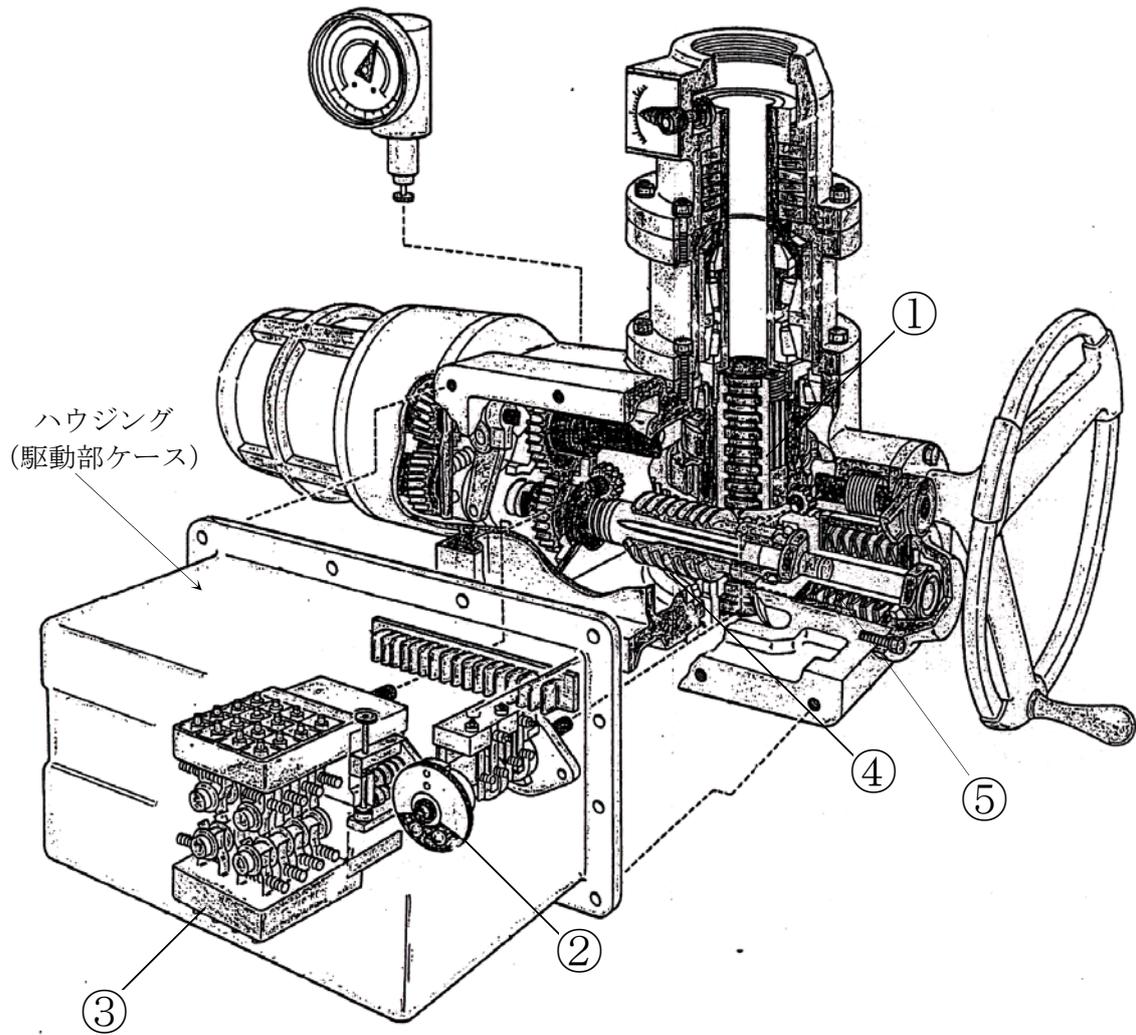


図 2.1-1(1/2) 残留熱除去系シャットダウンライン隔離弁 (内側) 駆動部構造図



No.	部位
①	ステムナット
②	トルクスイッチ
③	リミットスイッチ
④	ギア
⑤	トルクスプリングパック

図 2.1-1(2/2) 残留熱除去系シャットダウンライン隔離弁（内側）駆動部構造図

表 2.1-1 残留熱除去系シャットダウンライン隔離弁（内側）駆動部主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
モータ駆動力機能の維持	エネルギー変換	フレーム	鋳鉄
		ハウジング	鋳鉄
		固定子コア	硅素鋼
		固定子コイル	銅, ポリアミドイミド, シリコンワニス
		回転子コア	硅素鋼
		回転子棒	特殊銅合金
		口出線・接続部品	銅, シリコーンゴム
		回転子エンドリング	銅
		軸受（ころがり）	(消耗品)
		主軸	炭素鋼
		エンドブラケット	鋳鉄
		電磁ブレーキ	銅, ポリアミドイミド, シリコンワニス
		ガスケット	(消耗品)
駆動力伝達機能の維持	エネルギー伝達	ステムナット	高力黄銅鋳物
		トルクスイッチ	アルミダイキャスト, ジアリルフタレート
		リミットスイッチ	亜鉛ダイキャスト, ジアリルフタレート
		ギア	低合金鋼, アルミニウム青銅鋳物
		トルクスプリングバック	ばね鋼
機器の支持	支持	取付ボルト	低合金鋼

表 2.1-2 残留熱除去系シャットダウンライン隔離弁（内側）駆動部の使用条件

	通常運転時	設計基準事故時	重大事故等時
定格出力	16.4 kW		
定格電圧	AC 440 V		
設置場所	原子炉格納容器内		
周囲温度	65.6 °C (最高) *1	171 °C (最高) *1	123 °C (最高) *2
最高圧力	0.0138 MPa*1	0.31 MPa*1	0.31 MPa*2
放射線*1	0.04 Gy/h (最大)	2.6×10 <sup>2</sup> kGy (最大積算値)	6.40×10 <sup>2</sup> kGy (最大積算値)

\*1:原子炉格納容器内における設計値

\*2:重大事故等時における原子炉格納容器内の環境条件解析値

## 2.1.2 残留熱除去系注入弁駆動部

### (1) 構造

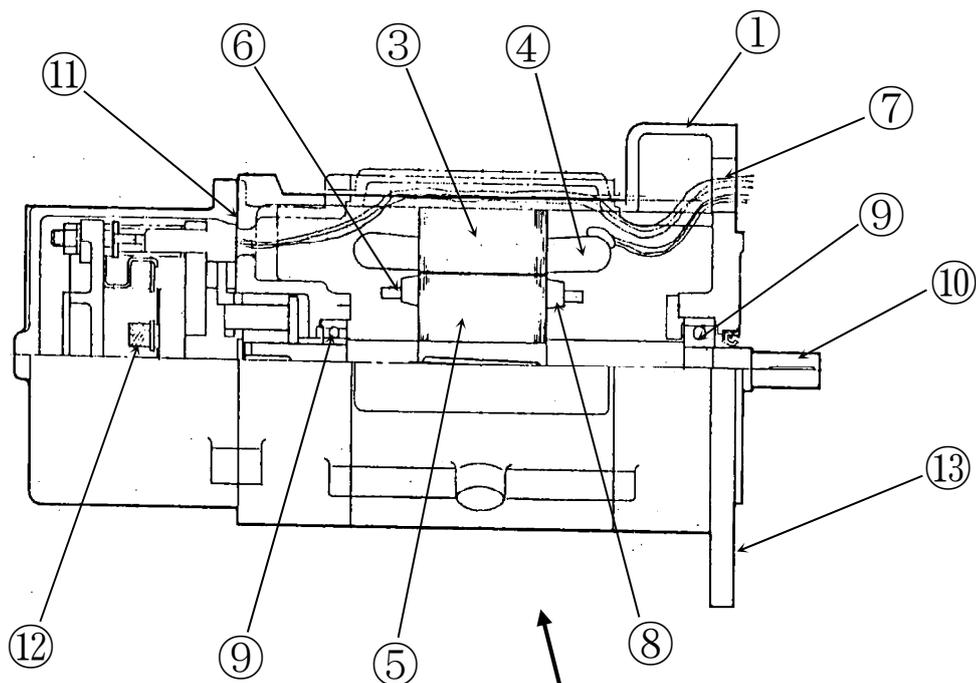
東海第二の残留熱除去系注入弁駆動部はモータ、ギア、ハウジング等で構成されており、モータの回転力を、ギアを介して弁棒及びステムナットに伝達し、弁を駆動させる構造となっている。

なお、当該駆動部については弁本体との取付ボルトを取外し、駆動部ケース類を取外すことで駆動部内の点検手入れが可能である。

東海第二の残留熱除去系注入弁駆動部の構造図を図 2.1-2 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

東海第二の残留熱除去系注入弁駆動部主要部位の使用材料を表 2.1-3 に、使用条件を表 2.1-4 に示す。



No.	部位
①	フレーム
②	ハウジング
③	固定子コア
④	固定子コイル
⑤	回転子コア
⑥	回転子棒
⑦	口出線・接続部品
⑧	回転子エンドリング
⑨	軸受（ころがり）
⑩	主軸
⑪	エンドブラケット
⑫	電磁ブレーキ
⑬	ガスケット
⑭	取付ボルト

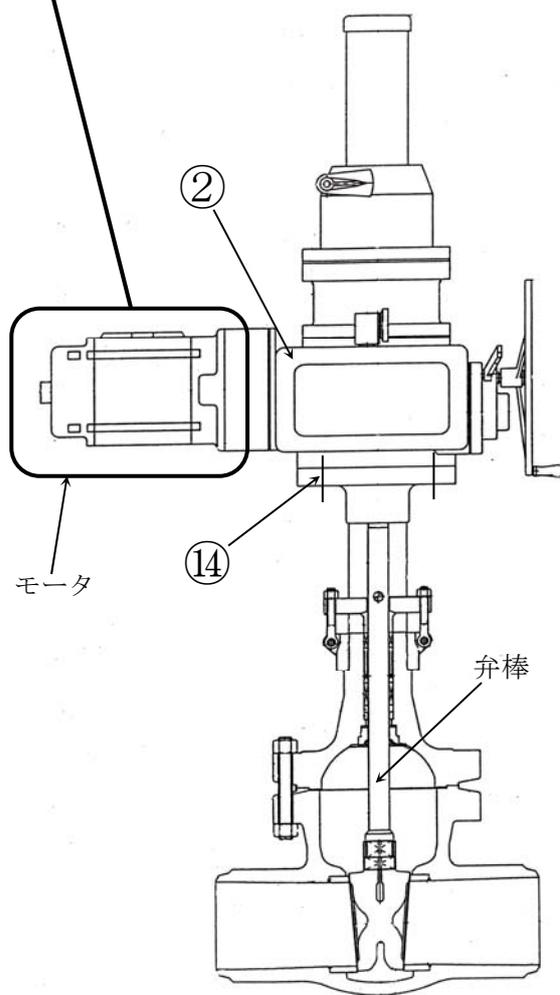
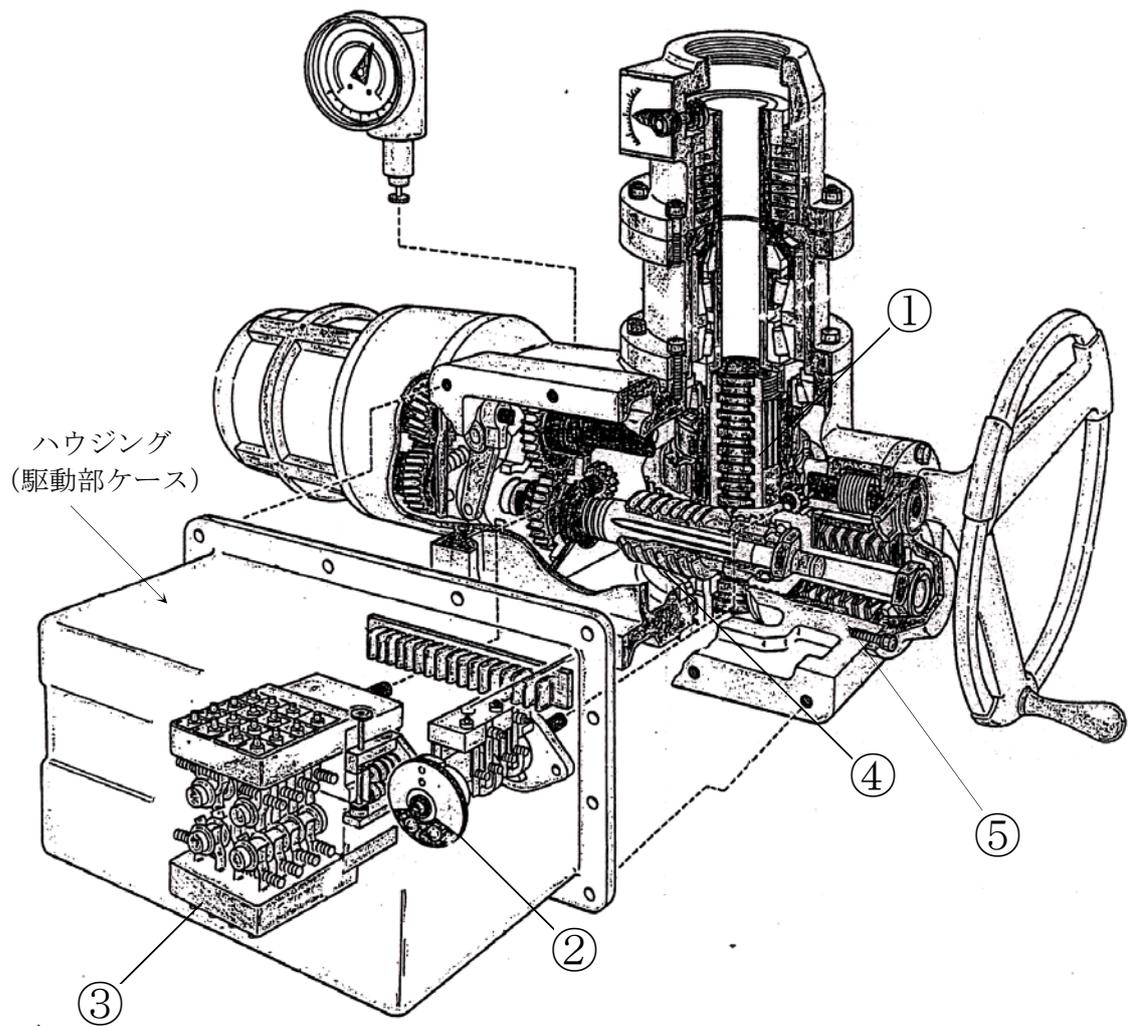


図 2.1-2(1/2) 残留熱除去系注入弁駆動部構造図



No.	部位
①	ステムナット
②	トルクスイッチ
③	リミットスイッチ
④	ギア
⑤	トルクスプリングパック

図 2.1-2(2/2) 残留熱除去系注入弁駆動部構造図

表 2.1-3 残留熱除去系注入弁駆動部主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
モータ駆動力機能の維持	エネルギー変換	フレーム	鋳鉄
		ハウジング	鋳鉄
		固定子コア	硅素鋼
		固定子コイル	銅, ポリエステル, ポリエステルワニス
		回転子コア	硅素鋼
		回転子棒	特殊銅合金
		口出線・接続部品	銅, シリコーンゴム
		回転子エンドリング	銅
		軸受 (ころがり)	(消耗品)
		主軸	炭素鋼
		エンドブラケット	鋳鉄
		電磁ブレーキ	銅, ポリアミドイミド, シリコンワニス
		ガスケット	(消耗品)
駆動力伝達機能の維持	エネルギー伝達	ステムナット	高力黄銅鋳物
		トルクスイッチ	アルミダイキャスト, ジアリアルフタレート
		リミットスイッチ	アルミダイキャスト, ジアリアルフタレート
		ギア	低合金鋼, アルミニウム青銅鋳物
		トルクスプリングバック	ばね鋼
機器の支持	支持	取付ボルト	低合金鋼

表 2.1-4 残留熱除去系注入弁駆動部の使用条件

	通常運転時	設計基準事故時	重大事故等時
定格出力	16 kW		
定格電圧	AC 440 V		
設置場所	原子炉建屋内 (主蒸気トンネル室)		
周囲温度*	60.0 °C (最高)	171 °C (最高)	171 °C (最高)
最高圧力*	大気圧	0.001744 MPa	0.0069 MPa
放射線*	0.05 Gy/h (最大)	4.5×10 <sup>2</sup> Gy (最大積算値)	100×10 <sup>3</sup> Gy (最大積算値)

\*:原子炉建屋における設計値

### 2.1.3 残留熱除去系シャットダウンライン隔離弁（外側）駆動部

#### (1) 構造

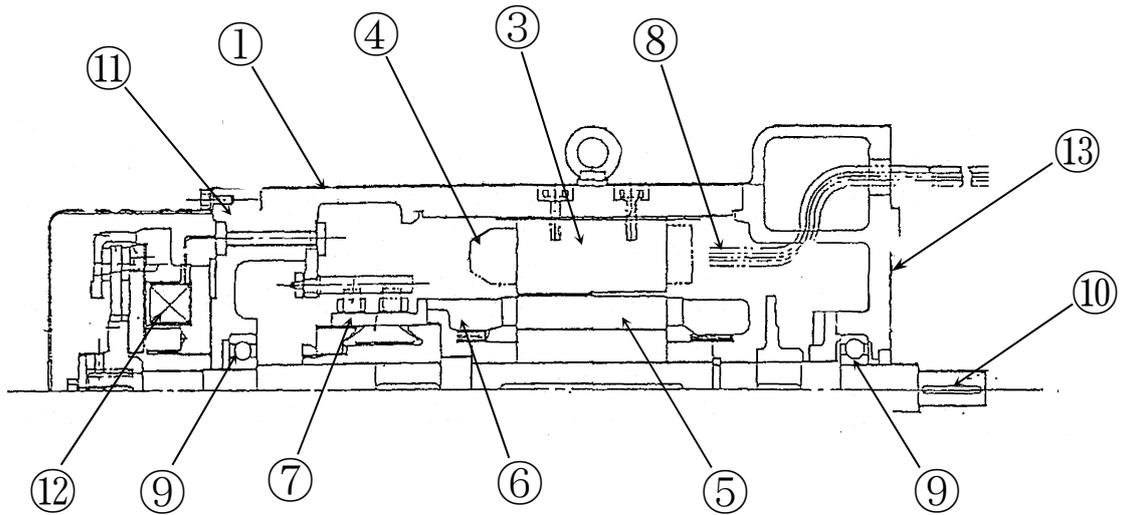
東海第二の残留熱除去系シャットダウンライン隔離弁（外側）駆動部はモータ、ギア、ハウジング等で構成されており、モータの回転力を、ギアを介して弁棒及びステムナットに伝達し、弁を駆動させる構造となっている。

なお、当該駆動部については弁本体との取付ボルトを取外し、駆動部ケース類を取外すことで駆動部内の点検手入れが可能である。

東海第二の残留熱除去系シャットダウンライン隔離弁（外側）駆動部の構造図を図 2.1-3 に示す。

#### (2) 材料及び使用条件

東海第二の残留熱除去系シャットダウンライン隔離弁（外側）駆動部主要部位の使用材料を表 2.1-5 に、使用条件を表 2.1-6 に示す。



No.	部位
①	フレーム
②	ハウジング
③	固定子コア
④	固定子コイル
⑤	回転子コア
⑥	回転子コイル
⑦	整流子
⑧	口出線・接続部品
⑨	軸受（ころがり）
⑩	主軸
⑪	エンドブラケット
⑫	電磁ブレーキ
⑬	ガスケット
⑭	取付ボルト

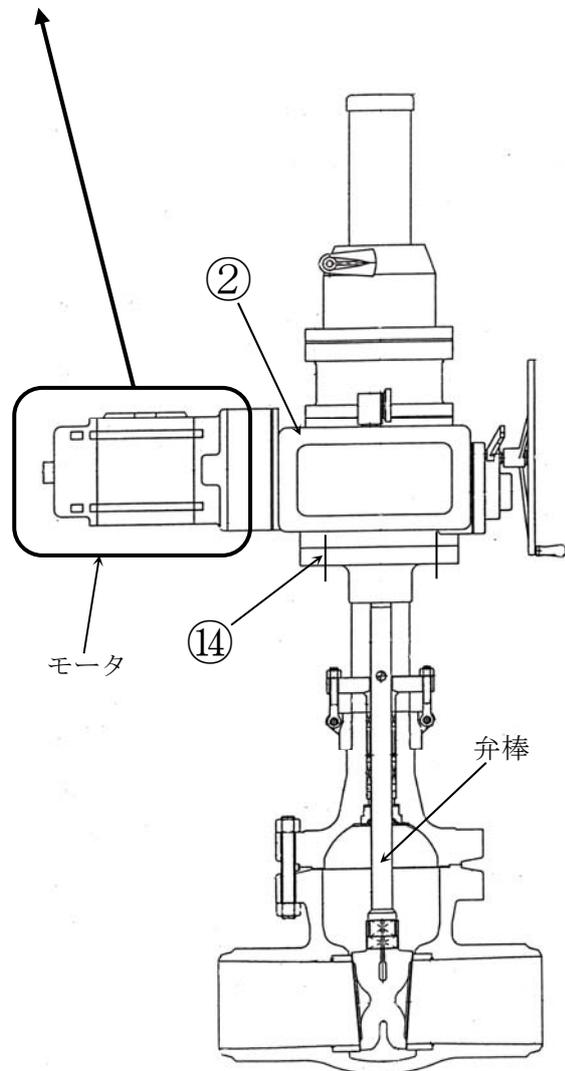
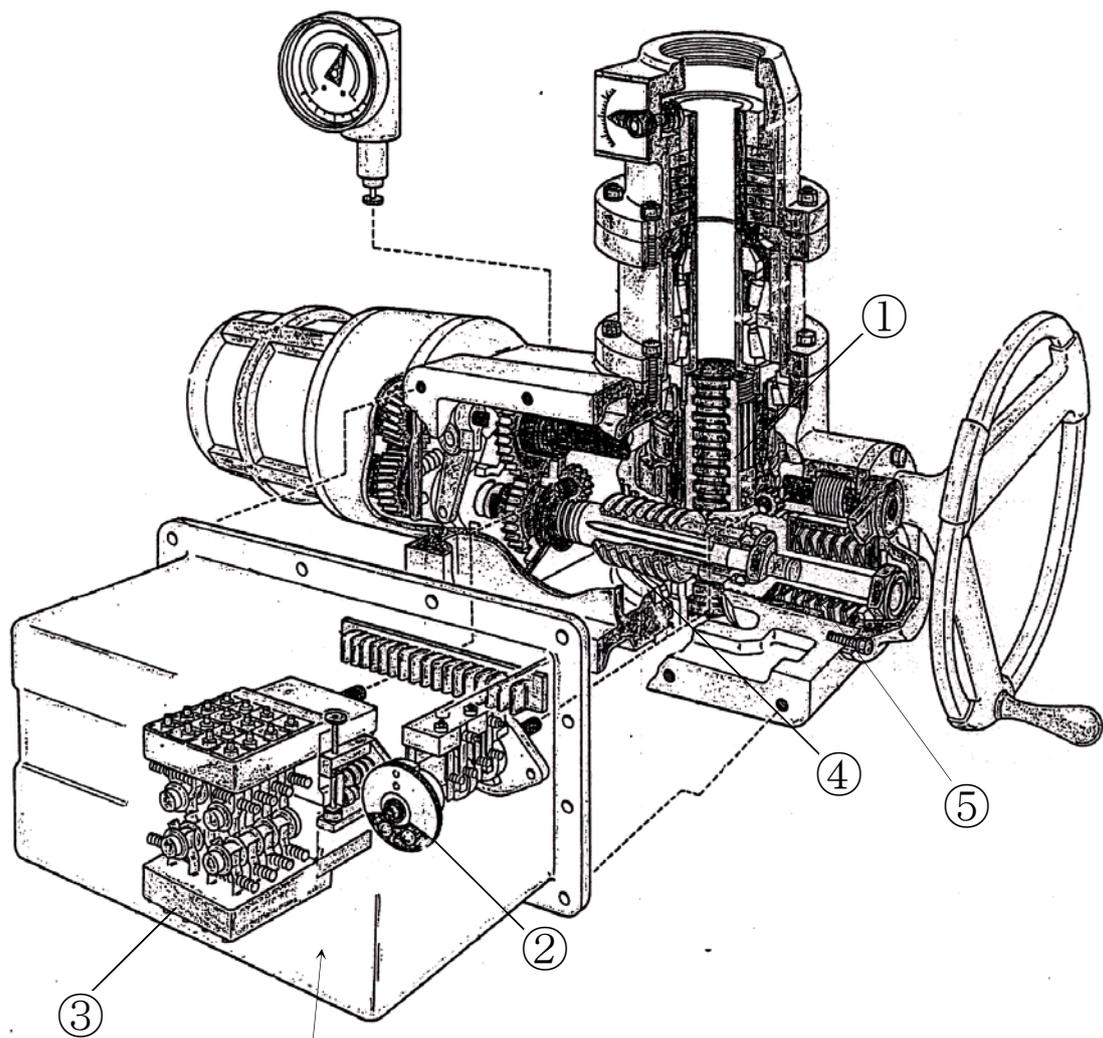


図 2.1-3(1/2) 残留熱除去系シャットダウンライン隔離弁（外側）駆動部構造図



ハウジング  
(駆動部ケース)

No.	部位
①	ステムナット
②	トルクスイッチ
③	リミットスイッチ
④	ギア
⑤	トルクスプリングパック

図 2.1-3(2/2) 残留熱除去系シャットダウンライン隔離弁 (外側) 駆動部構造図

表 2.1-5 残留熱除去系シャットダウンライン隔離弁（外側）駆動部主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
モータ駆動力機能の維持	エネルギー変換	フレーム	軟鋼
		ハウジング	軟鋼
		固定子コア	軟鋼
		固定子コイル	銅, ポリエステル, ポリエステルワニス
		回転子コア	硅素鋼
		回転子コイル	銅, ポリエステル
		整流子	銀入銅, ブラシ(消耗品)
		口出線・接続部品	銅, シリコーンゴム
		軸受(ころがり)	(消耗品)
		主軸	炭素鋼
		エンドブラケット	鋳鉄
		電磁ブレーキ	銅, ポリアミドイミド, ポリエステルワニス
		ガスケット	(消耗品)
駆動力伝達機能の維持	エネルギー伝達	ステムナット	高力黄銅鋳物
		トルクスイッチ	アルミダイキャスト, フェノール樹脂
		リミットスイッチ	亜鉛ダイキャスト, フェノール樹脂
		ギア	低合金鋼, アルミニウム青銅鋳物
		トルクスプリングパック	ばね鋼
機器の支持	支持	取付ボルト	低合金鋼

表 2.1-6 残留熱除去系シャットダウンライン隔離弁（外側）駆動部の使用条件

	通常運転時	設計基準事故時	重大事故等時
定格出力	9.77 kW		
定格電圧	DC 115 V		
設置場所	原子炉建屋内		
周囲温度*	40.0 °C (最高)	100 °C (最高)	100 °C (最高)
最高圧力*	大気圧	0.001744 MPa	0.0069 MPa
放射線*	0.00001 Gy/h (最大)	1.7×10 <sup>3</sup> Gy (最大積算値)	100×10 <sup>3</sup> Gy (最大積算値)

\*:原子炉建屋における設計値

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

電動弁用駆動部の機能である弁棒作動機能の達成に必要な項目は以下のとおり。

- (1) モータ駆動力機能の維持
- (2) 駆動力伝達機能の維持
- (3) 機器の支持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

電動弁用駆動部について、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の材料、構造、設置場所、使用条件（定格電圧、周囲温度等）及び現在までの運転経験を考慮し、表 2.2-1 に示すとおり、経年劣化事象を抽出した（表 2.2-1 で○又は△、▲）。

なお、消耗品及び定期取替品は以下のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

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

(3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

想定される経年劣化事象のうち下記①，②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。

なお，下記①，②に該当する事象については，2.2.3 項に示すとおり，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

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

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

- a. 固定子コイル，口出線・接続部品及び電磁ブレーキコイルの絶縁特性低下 [残留熱除去系シャットダウンライン隔離弁(内側) 駆動部]
- b. 固定子コイル，口出線・接続部品及び電磁ブレーキコイルの絶縁特性低下 [残留熱除去系注入弁駆動部]
- c. 固定子コイル，回転子コイル，口出線・接続部品及び電磁ブレーキコイルの絶縁特性低下 [残留熱除去系シャットダウンライン隔離弁(外側) 駆動部]

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

#### a. フレーム、ハウジング及びエンドブラケットの腐食（全面腐食）[共通]

フレーム、ハウジング及びエンドブラケットは、鋳鉄及び軟鋼であるため腐食が想定されるが、表面は塗装が施されており、腐食進行の可能性は小さく、点検時に目視確認を行い、その結果により必要に応じ補修を実施することとしている。

したがって、フレーム、ハウジング及びエンドブラケットの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### b. 固定子コア及び回転子コアの腐食（全面腐食）[共通]

固定子コア及び回転子コアは、珪素鋼板及び軟鋼であるため腐食が想定されるが、固定子コア及び回転子コア表面には、絶縁ワニス処理が施されており、腐食進行の可能性は小さく、点検時に目視確認を行い、その結果により必要に応じ補修を実施することとしている。

したがって、固定子コア及び回転子コアの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### c. 主軸の摩耗 [共通]

主軸は、ピニオンとの接触面の摩耗が想定されるが、電動弁用駆動部のモータは連続運転ではないため、主軸の摩耗が発生する可能性は小さく、点検時に目視確認及び寸法測定を行い、その結果により必要に応じ補修を実施することとしている。

したがって、主軸の摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### d. 電磁ブレーキのライニングのはく離 [共通]

電磁ブレーキのライニングは、高湿度環境で結露水がライニングの接着面に浸透することにより接着力が低下し、はく離することが想定されるが、東海第二の電動弁用駆動部は結露水が発生しやすい高湿度環境にはなく、はく離が発生する可能性は小さい。

また、点検時に目視確認及びギャップ測定を行い、その結果により必要に応じ補修を実施することとしている。

したがって、電磁ブレーキのライニングのはく離は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. ステムナット及びギアの摩耗 [共通]

ステムナット及びギアは、噛合している摺動部があり、電動弁の作動により摩耗の発生が想定されるが、点検時に目視確認及び動作試験を行い、その結果により必要に応じ補修又は取替を実施することとしている。

したがって、ステムナット及びギアの摩耗は高経年対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f. トルクスイッチ及びリミットスイッチの導通不良 [共通]

トルクスイッチ及びリミットスイッチは、浮遊塵埃が接点に付着することによる導通不良が想定されるが、両スイッチはカバー内に収納されていることから、塵埃付着の可能性は小さく、点検時に動作確認を行い、その結果により必要に応じ補修又は取替を実施することとしている。

したがって、トルクスイッチ及びリミットスイッチの導通不良は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

g. 整流子の摩耗 [残留熱除去系シャットダウンライン隔離弁（外側）駆動部]

整流子は、ブラシとの接触面に摩耗が想定されるが、整流子材はブラシ材より硬質であり摩耗の可能性は小さい。

また、屋内空調環境に設置されていることから、塵埃による摩耗の可能性も小さく、点検時に清掃、目視確認、ブラシ摩耗量測定及び動作確認を行い、その結果により必要に応じ補修又は取替を実施することとしている。

したがって、整流子の摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

h. 取付ボルトの腐食（全面腐食） [共通]

取付ボルトは、低合金鋼であるため腐食が想定されるが、表面は塗装が施されており、腐食進行の可能性は小さく、点検時に目視確認を行い、その結果により必要に応じ補修又は取替を実施することとしている。

したがって、取付ボルトの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

i. 主軸の高サイクル疲労割れ [共通]

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

なお、点検時に目視確認を行い、これまで割れは確認されていない。

今後も使用環境が変わらないことから、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、主軸の高サイクル疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、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（日常劣化管理事象以外）

a. 回転子棒及び回転子エンドリングの疲労割れ [残留熱除去系シャットダウンライン 隔離弁（内側） 駆動部、残留熱除去系注入弁駆動部]

回転子棒及び回転子エンドリングには、モータ起動時に発生する電磁力等により繰返し応力を受けると疲労割れの発生が想定されるが、回転子棒及び回転子エンドリングはアルミダイキャストで一体形成され、スロット内にアルミニウムが充満した状態で回転子棒が形成されていることから、回転子棒とスロットの間に隙間や緩みは生じないため、繰返し応力による疲労割れが発生する可能性はない。

したがって、回転子棒及び回転子エンドリングの疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. トルクスプリングパックのばねのへたり [共通]

トルクスプリングパックのばねは、電動弁の作動時に発生するトルクによりへたりが生じることが想定されるが、機器設計の過程で、ばね使用時のねじり応力が許容ねじり応力以下になるように設定されており、へたりが生じる可能性はない。

したがって、トルクスプリングパックのばねのへたりは高経年対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

表 2.2-1(1/3) 残留熱除去系シャットダウンライン隔離弁（内側）駆動部に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象									備考
					減肉		割れ		絶縁	導通	信号	材質	その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁特性低下	導通不良	特性変化	材質劣化		
モータ駆動力機能の維持	エネルギー変換	フレーム		鋳鉄		△								*1:高サイクル疲労割れ *2:電磁ブレーキコイルの絶縁特性低下 *3電磁ブレーキのライニングのはく離 *4:ばねのへたり
		ハウジング		鋳鉄		△								
		固定子コア		硅素鋼		△								
		固定子コイル		銅, ポリアミドイミド, シリコンワニス					○					
		回転子コア		硅素鋼		△								
		回転子棒		特殊銅合金				▲						
		口出線・接続部品		銅, シリコーンゴム					○					
		回転子エンドリング		銅				▲						
		軸受（ころがり）	◎	—										
		主軸		炭素鋼		△		△*1						
		エンドブラケット		鋳鉄			△							
		電磁ブレーキ		銅, ポリアミドイミド, シリコンワニス						○*2			△*3	
ガスケット	◎	—												
駆動力伝達機能の維持	エネルギー伝達	ステムナット		高力黄銅鋳物		△								
		トルクスイッチ		アルミダイキャスト, ジアリアルフタレート						△				
		リミットスイッチ		亜鉛ダイキャスト, ジアリアルフタレート						△				
		ギア		低合金鋼, アルミ青銅鋳物		△								
		トルクスプリングパック		ばね鋼									▲*4	
機器の支持	支持	取付ボルト		低合金鋼		△								

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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

表 2.2-1 (2/3) 残留熱除去系注入弁駆動部に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象									備考
					減肉		割れ		絶縁	導通	信号	材質	その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁特性低下	導通不良	特性変化	材質劣化		
モータ駆動力機能の維持	エネルギー変換	フレーム		鋳鉄		△								*1:高サイクル疲労割れ *2:電磁ブレーキコイルの絶縁特性低下 *3電磁ブレーキのライニングのはく離 *4:ばねのへたり
		ハウジング		鋳鉄		△								
		固定子コア		硅素鋼		△								
		固定子コイル		銅, ポリエステル, ポリエステルワニス					○					
		回転子コア		硅素鋼		△								
		回転子棒		特殊銅合金				▲						
		口出線・接続部品		銅, シリコンゴム					○					
		回転子エンドリング		銅				▲						
		軸受 (ころがり)	◎	—										
		主軸		炭素鋼		△		△*1						
		エンドブラケット		鋳鉄			△							
		電磁ブレーキ		銅, ポリアミドイミド, シリコンワニス						○*2			△*3	
ガスケット	◎	—												
駆動力伝達機能の維持	エネルギー伝達	ステムナット		高力黄銅鋳物		△								
		トルクスイッチ		アルミダイキャスト, ジアリルフタレート						△				
		リミットスイッチ		アルミダイキャスト, ジアリルフタレート						△				
		ギア		低合金鋼, アルミ青銅鋳物		△								
		トルクスプリングパック		ばね鋼									▲*4	
機器の支持	支持	取付ボルト		低合金鋼		△								

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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

表 2.2-1(3/3) 残留熱除去系シャットダウンライン隔離弁（外側）駆動部に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象									備考
					減肉		割れ		絶縁	導通	信号	材質	その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁特性低下	導通不良	特性変化	材質劣化		
モータ駆動力機能の維持	エネルギー変換	フレーム		軟鋼		△								*1:高サイクル疲労割れ *2:電磁ブレーキコイルの絶縁特性低下 *3電磁ブレーキのライニングのはく離 *4:ばねのへたり
		ハウジング		軟鋼		△								
		固定子コア		軟鋼		△								
		固定子コイル		銅, ポリエステル, ポリエステルワニス					○					
		回転子コア		硅素鋼		△								
		回転子コイル		銅, ポリエステル					○					
		整流子	◎ (ブラシ)	銀入銅	△									
		口出線・接続部品		銅, シリコンゴム					○					
		軸受（ころがり）	◎	—										
		主軸		炭素鋼	△		△*1							
		エンドブラケット		鋳鉄		△								
電磁ブレーキ		銅, ポリアミドイミド, ポリエステルワニス					○*2				△*3			
ガスケット	◎	—												
駆動力伝達機能の維持	エネルギー伝達	ステムナット		高力黄銅鋳物	△									
		トルクスイッチ		アルミダイキャスト, フェノール樹脂						△				
		リミットスイッチ		亜鉛ダイキャスト, フェノール樹脂						△				
		ギア		低合金鋼, アルミ青銅鋳物	△									
		トルクスプリングパック		ばね鋼									▲*4	
機器の支持	支持	取付ボルト		低合金鋼		△								

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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

## 2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

(1) 固定子コイル，口出線・接続部品及び電磁ブレーキコイルの絶縁特性低下 [残留熱除去系シャットダウンライン隔離弁（内側）駆動部]

### a. 事象の説明

固定子コイル，口出線・接続部品及び電磁ブレーキコイルの絶縁物は有機物であるため，熱による特性低下，振動等による機械的劣化，絶縁物に付着する埃，又は絶縁物中の空隙等による放電等の熱的，機械的，環境的及び電氣的要因により経年的に劣化が進行し，絶縁特性低下を起こす可能性があることから，経年劣化に対する評価が必要である。

### b. 技術評価

#### ① 健全性評価

絶縁物の熱，放射線及び機械的による長期間の経年劣化及び事故時雰囲気を考慮した評価を，IEEE382-1996「IEEE Standard for Qualification of Actuators for Power-operated Valve Assemblies With Safety-Related Functions for Nuclear Power Plants」（以下，「IEEE382-1996」という。）を準拠して，実機モータ（新品）による長期健全性試験を実施し，この結果に基づき長期間の健全性を評価した。

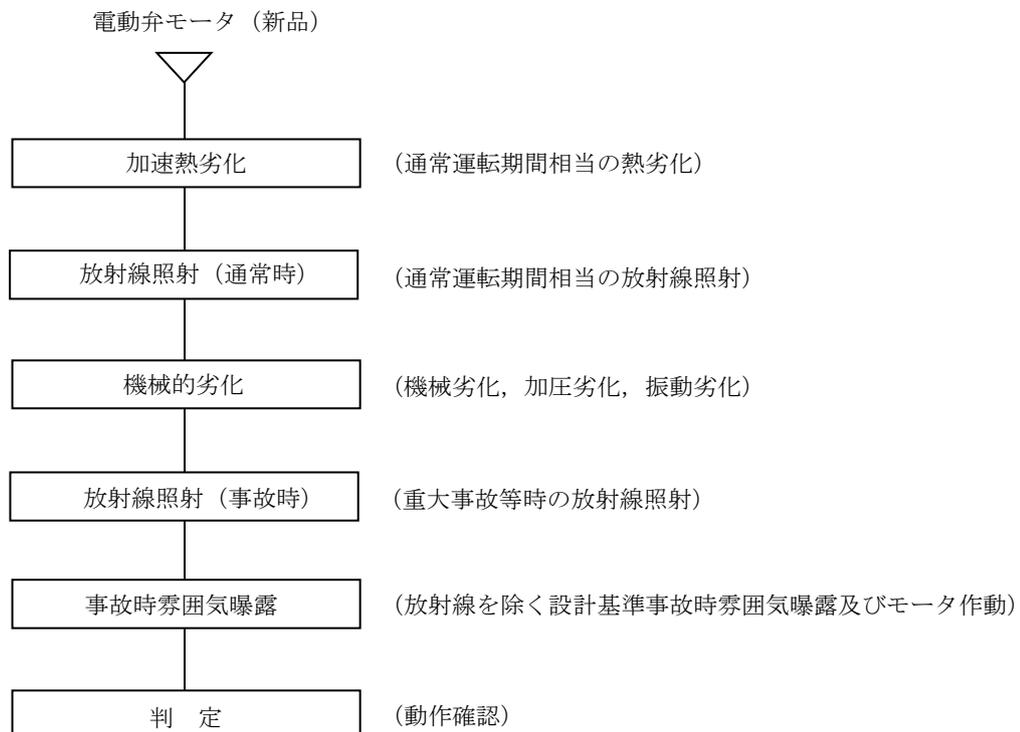


図 2.3-1 電動弁モータ長期健全性試験手順（原子炉格納容器内電動弁モータ）

表 2.3-1 電動弁モータ長期健全性試験条件（原子炉格納容器内電動弁モータ）

	試験条件	説明
加速熱劣化	105 °C × 1,740 時間	原子炉格納容器内の周囲最高温度 65.6 °C では、60 年間の通常運転期間に相当する。
放射線照射 (通常時)	放射線照射線量：22 kGy	東海第二で想定される 60 年間の通常運転期間相当の線量 約 21 kGy を包絡する。
機械的劣化	機械劣化：弁開閉往復動作相当回数 3,000 回  加圧劣化：0.48 MPa 3 分以上を 65 回  振動劣化：0.75 G, 3 軸方向 各 135 分	東海第二の 60 年間の動作回数 約 800 回を包絡する。IEEE 382-1996 に基づく。  東海第二の通常運転時の最高圧力 0.0138 MPa, 60 年間の加圧回数 39 回を包絡する。  IEEE 382-1996 に基づく。
放射線照射 (事故時)	放射線照射線量：800 kGy	東海第二で想定される設計基準事故時の最大積算値 $2.6 \times 10^2$ kGy 及び重大事故等時の最大積算値 $6.40 \times 10^2$ kGy を包絡する。
事故時雰囲気 曝露	最高温度：172 °C 最高圧力：0.427 MPa 曝露時間：約 13 日間	東海第二における設計基準事故時の最高温度 171 °C, 最高圧力 0.31 MPa 及び重大事故等時の最高温度 123 °C, 最高圧力 0.31 MPa を包絡する。

表 2.3-2 電動弁モータ長期健全性試験結果（原子炉格納容器内電動弁モータ）

試験手順	判定基準	結果
電動弁事故時雰囲気曝露試験終了後、 電動弁駆動モータの動作確認を行う。	正常に動作すること。	良

原子炉格納容器内電動弁モータについては、新品の電動弁モータを用いて、図 2.3-1 に示す電動弁モータ長期健全性試験手順により、固定子コイル、口出線・接続部品及び電磁ブレーキコイルの絶縁特性低下を評価した。本試験条件は表 2.3-1 に示すとおり、モータの 60 年間の通常運転期間を想定した熱劣化、放射線劣化、機械的劣化、設計基準事故時及び重大事故等時雰囲気による劣化条件を包絡している。

本試験結果は表 2.3-2 に示すとおり、試験の判定基準を満足しており、固定子コイル、口出線・接続部品及び電磁ブレーキコイルは 60 年間の通常運転期間、設計基準事故時及び重大事故等時雰囲気において絶縁特性を維持できると評価する。

環境的劣化要因の内、絶縁物への埃の付着及び吸湿による影響については、モータは埃の入りづらい全閉構造であることから影響は少ないと考えられる。

また、点検時に絶縁抵抗測定及び動作試験を実施しており、これまでの点検結果では有意な絶縁特性低下は認められていないことから、今後も有意な絶縁特性低下が起こる可能性は小さいと考えられる。

## ② 現状保全

固定子コイル、口出線・接続部品及び電磁ブレーキコイルの絶縁特性低下に対しては、点検時に絶縁抵抗測定及び動作試験を実施し、絶縁機能の健全性を確認している。

また、点検で有意な絶縁特性低下が認められた場合には、モータの補修又は取替を行うこととしている。

## ③ 総合評価

原子炉格納容器内電動弁モータ長期健全性評価結果から判断して、60 年間の通常運転期間、設計基準事故時及び重大事故等時雰囲気において固定子コイル、口出線・接続部品及び電磁ブレーキコイルの有意な絶縁特性低下の可能性は低く、また、絶縁特性低下は点検時における絶縁抵抗測定、動作試験で把握可能と考えられる。今後も、絶縁抵抗測定、動作試験を実施することにより、異常の有無を把握可能であり、現状の保全は点検手法としては適切であると考えられる。

## c. 高経年化への対応

固定子コイル、口出線・接続部品及び電磁ブレーキコイルの絶縁特性低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に対して追加すべき項目はないと考える。今後も点検時に絶縁抵抗測定、動作試験を実施することにより絶縁特性低下を監視していくとともに、必要に応じて補修又は取替を行うこととする。

(2) 固定子コイル，口出線・接続部品及び電磁ブレーキコイルの絶縁特性低下 [残留熱除去系注入弁駆動部]

a. 事象の説明

固定子コイル，口出線・接続部品及び電磁ブレーキコイルの絶縁物は有機物であるため，熱による特性低下，振動等による機械的劣化，絶縁物に付着する埃，又は絶縁物中の空隙等による放電等の熱的，機械的，環境的及び電氣的要因により経年的に劣化が進行し，絶縁特性低下を起こす可能性があることから，経年劣化に対する評価が必要である。

b. 技術評価

① 健全性評価

絶縁物の熱，放射線及び機械的による長期間の経年劣化及び事故時雰囲気を考慮した評価を，IEEE382-1996 を準拠して，東海第二で使用している電動弁交流モータ（原子炉格納容器内）と同等の新品モータを供試体に長期健全性試験により評価した。

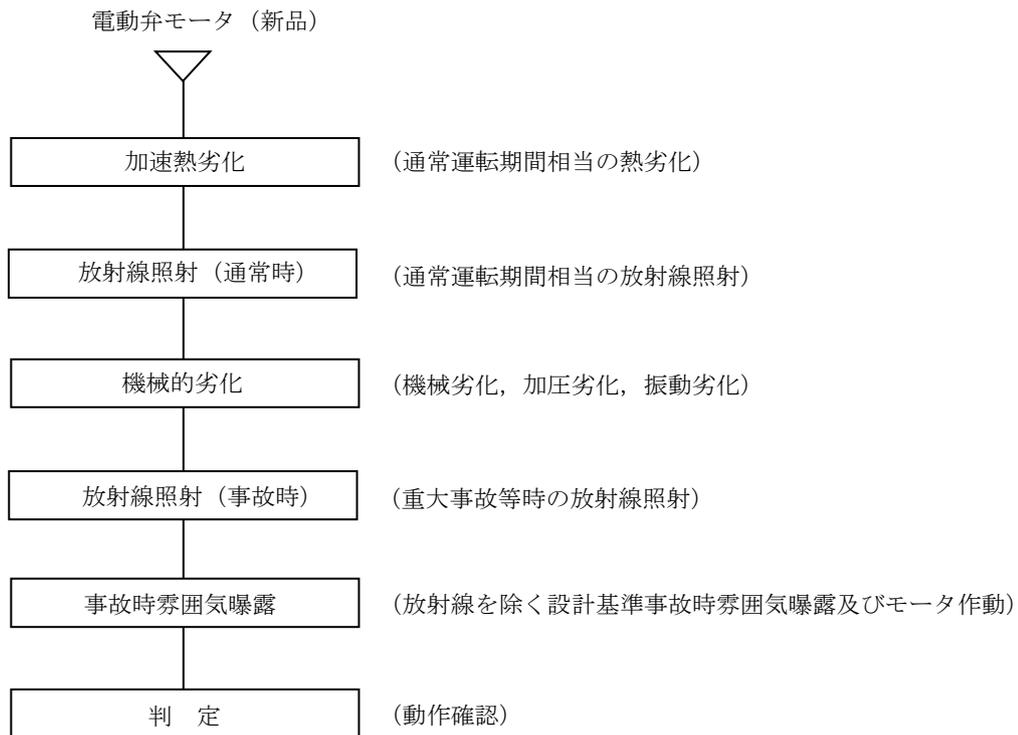


図 2.3-2 電動弁モータ長期健全性試験手順 (原子炉格納容器内電動弁モータ)

表 2.3-3 電動弁モータ長期健全性試験条件（原子炉格納容器内電動弁モータ）

	試験条件	説明
加速熱劣化	105 °C × 1,740 時間	主蒸気トンネル室の周囲最高温度 60.0 °C では、60 年以上の通常運転期間に相当する。
放射線照射 (通常時)	放射線照射線量：22 kGy	東海第二で想定される 50 年間の通常運転期間相当の線量 約 22 kGy を包絡する。
機械的劣化	機械劣化：弁開閉往復動作相当回数 3,000 回  加圧劣化：0.48 MPa 3 分以上を 65 回  振動劣化：0.75 G, 3 軸方向 各 135 分	東海第二の 60 年間の動作回数 約 800 回を包絡する。IEEE 382-1996 に基づく。  東海第二の通常運転時の最高圧力 大気圧, 60 年間の加圧回数 39 回を包絡する。  IEEE 382-1996 に基づく。
放射線照射 (事故時)	放射線照射線量：800 kGy	東海第二で想定される設計基準事故時の最大積算値 $4.5 \times 10^2$ Gy 及び重大事故等時の最大積算値 $100 \times 10^3$ Gy を包絡する。
事故時雰囲気 曝露	最高温度：172 °C 最高圧力：0.427 MPa 曝露時間：約 13 日間	東海第二で想定される設計基準事故時の最高温度 171 °C, 最高圧力 0.001744 MPa 及び重大事故等時の最高温度 171 °C, 最高圧力 0.0069 MPa を包絡する。

表 2.3-4 電動弁モータ長期健全性試験結果（原子炉格納容器内電動弁モータ）

試験手順	判定基準	結果
電動弁事故時雰囲気曝露試験終了後、 電動弁駆動モータの動作確認を行う。	正常に動作すること。	良

原子炉格納容器外（主蒸気トンネル室）電動弁モータについては、東海第二で使用している電動弁交流モータ（原子炉格納容器内）と同等の新品モータを用いて、図 2.3-2 に示す電動弁モータ長期健全性試験手順により、固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下を評価した。本試験条件は表 2.3-3 に示すとおり、モータの 50 年間の通常運転期間を想定した熱劣化、機械的劣化、放射線劣化、設計基準事故時及び重大事故等時雰囲気による劣化条件を包絡している。

本試験結果は、表 2.3-4 に示すとおり、試験の判定基準を満足しており、固定子コイル及び口出線・接続部品は 50 年間の通常運転期間、設計基準事故時及び重大事故等時雰囲気において絶縁特性を維持できると評価する。

環境的劣化要因の内、絶縁物への埃の付着及び吸湿による影響については、モータは埃の入りづらい全閉構造であることから影響は少ないと考えられる。

また、点検時に絶縁抵抗測定及び動作試験を実施しており、これまでの点検結果では有意な絶縁特性低下は認められていないことから、今後も有意な絶縁特性低下が起こる可能性は小さいと考えられる。

## ② 現状保全

固定子コイル、口出線・接続部品及び電磁ブレーキコイルの絶縁特性低下に対しては、点検時に絶縁抵抗測定及び動作試験を実施し、絶縁機能の健全性を確認している。

また、点検で有意な絶縁特性低下が認められた場合には、モータの補修又は取替を行うこととしている。

## ③ 総合評価

原子炉格納容器外（主蒸気トンネル室）電動弁モータ長期健全性評価結果から判断して、50 年間の通常運転期間、設計基準事故時及び重大事故等時雰囲気において固定子コイル、口出線・接続部品及び電磁ブレーキコイルの有意な絶縁特性低下の可能性は低く、また、絶縁特性低下は点検時における絶縁抵抗測定、動作試験で把握可能と考えられる。今後も、絶縁抵抗測定、動作試験を実施することにより、異常の有無を把握可能であり、現状の保全は点検手法としては適切であると考えられる。

c. 高経年化への対応

固定子コイル，口出線・接続部品及び電磁ブレーキコイルの絶縁特性低下に対しては，高経年化対策の観点から現状の保全内容に対して追加すべき項目はないと考える。今後も点検時に絶縁抵抗測定，動作試験を実施することにより絶縁特性低下を監視していくとともに，必要に応じて補修又は取替を行うこととする。

なお，主蒸気トンネル室に設置している事故時動作要求のある電動弁モータについては，今停止期間中に原子炉格納容器内仕様の電動弁モータへ取替を行う計画としている。

(3) 固定子コイル，回転子コイル，口出線・接続部品及び電磁ブレーキコイルの絶縁特性低下 [残留熱除去系シャットダウンライン隔離弁（外側）駆動部]

a. 事象の説明

固定子コイル，回転子コイル，口出線・接続部品及び電磁ブレーキコイルの絶縁物は有機物であるため，熱による特性低下，振動等による機械的劣化，絶縁物に付着する埃，又は絶縁物中の空隙等による放電等の熱的，機械的，環境的及び電氣的要因により経年的に劣化が進行し，絶縁特性低下を起こす可能性があることから，経年劣化に対する評価が必要である。

b. 技術評価

① 健全性評価

絶縁物の熱，放射線及び機械的による長期間の経年劣化及び事故時雰囲気を考慮した評価を，IEEE382-1996 を準拠して，38年間使用した実機モータに22年の劣化付与を行い，60年を想定した長期健全性試験を実施し，この結果に基づき長期間の健全性を評価した。

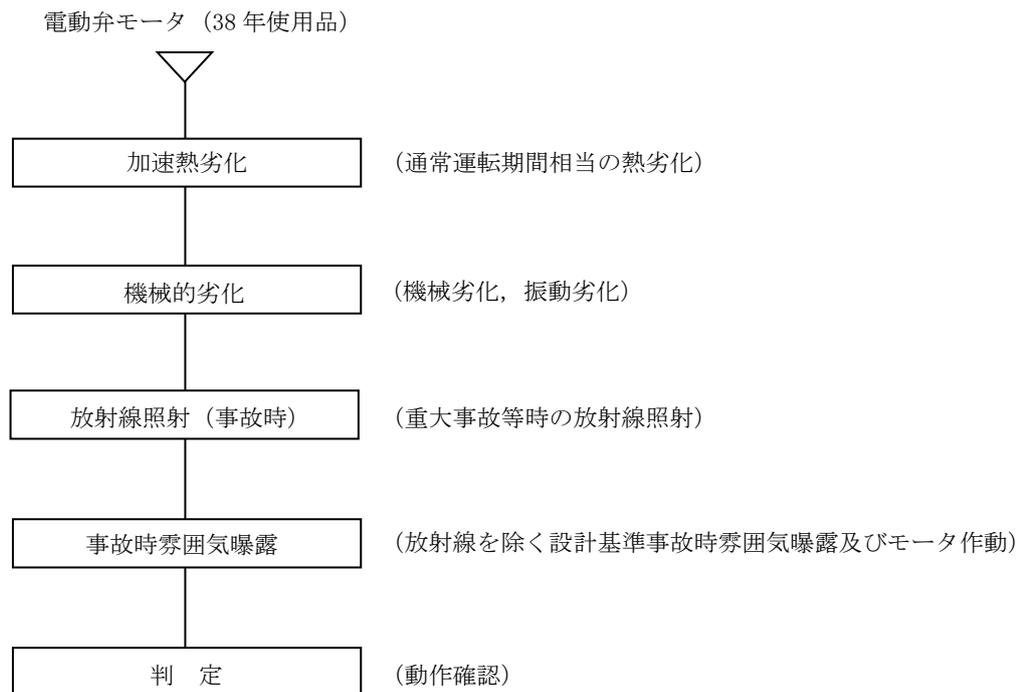


図 2.3-3 電動弁モータ長期健全性試験手順（原子炉格納容器外電動弁モータ）

表 2.3-5 電動弁モータ長期健全性試験条件（原子炉格納容器外電動弁モータ）

	試験条件	説明
加速熱劣化	105 °C×385 時間	原子炉建屋内の周囲最高温度 40.0 °C では、22 年間の通常運転期間に相当する。 使用期間 38 年の実機供試体に 22 年分の劣化付与を行っており、60 年の通常運転期間に相当する。
機械的劣化	機械劣化：弁開閉往復動作相当回数 1,100 回  振動劣化：0.75 G, 3 軸方向 各 50 分	東海第二の 60 年間の動作回数 約 800 回を包絡する。  IEEE382-1996 に基づく。
放射線照射 (事故時)	放射線照射線量：1,700 Gy	東海第二で想定される設計基準事故時の最大積算値 $1.7 \times 10^3$ Gy を包絡する。 重大事故等時の放射線 $100 \times 10^3$ Gy に対しては、同等の原子炉格納容器外仕様のモータを用いた放射線照射試験にて、重大事故等時の放射線量を上回る $1.0 \times 10^6$ Gy にて健全性が維持できることを確認している。
事故時雰囲気 曝露	最高温度：105 °C 最高圧力：0.02 MPa 曝露時間：約 7 日間	東海第二で想定される設計基準事故時の最高温度 100 °C, 最高圧力 0.001744 MPa 及び重大事故等時の最高温度 100 °C, 最高圧力 0.0069 MPa を包絡する。

表 2.3-6 電動弁モータ長期健全性試験結果（原子炉格納容器外電動弁モータ）

試験手順	判定基準	結果
電動弁事故時雰囲気曝露試験終了後、 電動弁駆動モータの動作確認を行う。	正常に動作すること。	良

原子炉格納容器外電動弁モータについては、図 2.3-3 に示す電動弁モータ長期健全性試験手順により、38 年間使用した実機モータに 22 年の運転期間に相当する劣化を付与し、固定子コイル、回転子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下を評価した。本試験条件は表 2.3-5 に示すとおり、モータの 60 年間の通常運転期間を想定した熱劣化、機械的劣化、放射線劣化、設計基準事故時及び重大事故等時雰囲気による劣化条件を包絡している。

東海第二で想定される重大事故等時における放射線の影響による電動弁モータ（原子炉格納容器外/原子炉建屋）の絶縁低下に対しては、同等の原子炉格納容器外仕様のモータを用いた放射線照射試験にて重大事故等時線量を上回る  $1.0 \times 10^6$  Gy にて健全性が維持されていることから、絶縁低下に至る可能性は小さいと考える。

原子炉格納容器外電動弁駆動部用電磁ブレーキに用いられているコイルの絶縁材は、原子炉格納容器内電動弁モータの固定子コイルの絶縁材料と同じであり、設置環境も原子炉格納容器内に比べて緩やかであることから、原子炉格納容器内電動弁の健全性評価結果から判断して絶縁特性低下に至る可能性は小さいと考える。

本試験結果は、表 2.3-6 に示すとおり、試験の判定基準を満足しており、固定子コイル、回転子コイル及び口出線・接続部品は 60 年間の通常運転期間、設計基準事故時及び重大事故等時雰囲気において絶縁特性を維持できると評価する。

環境的劣化要因の内、絶縁物への埃の付着及び吸湿による影響については、モータは埃の入りづらい全閉構造であることから影響は少ないと考えられる。

また、点検時に絶縁抵抗測定及び動作試験を実施しており、これまでの点検結果では有意な絶縁特性低下は認められていないことから、今後も有意な絶縁特性低下が起こる可能性は小さいと考えられる。

## ② 現状保全

固定子コイル、回転子コイル、口出線・接続部品及び電磁ブレーキコイルの絶縁特性低下に対しては、点検時に絶縁抵抗測定及び動作試験を実施し、絶縁機能の健全性を確認している。

また、点検で有意な絶縁特性低下が認められた場合には、モータの補修又は取替を行うこととしている。

## ③ 総合評価

原子炉格納容器外電動弁モータ長期健全性評価結果から判断して、60 年間の通常運転期間、設計基準事故時及び重大事故等時雰囲気において固定子コイル、回転子コイル、口出線・接続部品及び電磁ブレーキコイルの有意な絶縁特性低下の可能性は低く、また、絶縁特性低下は点検時における絶縁抵抗測定、動作試験で把握可能と考えられる。今後も、絶縁抵抗測定、動作試験を実施することにより、異常の有無を把握可能であり、現状の保全は点検手法としては適切であると考えられる。

c. 高経年化への対応

固定子コイル，回転子コイル，口出線・接続部品及び電磁ブレーキコイルの絶縁特性低下に対しては，高経年化対策の観点から現状の保全内容に対して追加すべき項目はないと考える。今後も点検時に絶縁抵抗測定，動作試験を実施することにより絶縁特性低下を監視していくとともに，必要に応じて補修又は取替を行うこととする。

### 3. 代表機器以外への展開

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

[電動弁用駆動部]

- ① 原子炉格納容器内の電動（交流）弁用駆動部
- ② 原子炉格納容器外（主蒸気トンネル室）の電動（交流）弁用駆動部
- ③ 原子炉格納容器外の電動（交流又は直流）弁用駆動部

#### 3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

##### a. 固定子コイル、口出線・接続部品及び電磁ブレーキコイルの絶縁特性低下 [原子炉格納容器内の電動（交流）弁用駆動部]

代表機器と同様、固定子コイル、口出線・接続部品及び電磁ブレーキコイルの絶縁物は有機物であるため、熱的、機械的、環境的及び電氣的要因により経年的に劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性がある。

しかし、代表機器と同様に固定子コイル、口出線・接続部品及び電磁ブレーキコイルの絶縁特性低下は、電動弁モータ長期健全性試験（原子炉格納容器内電動弁モータ）結果より、60年間の通常運転期間、設計基準事故時及び重大事故等時雰囲気において絶縁特性を維持できると評価する。絶縁物への埃の付着及び吸湿による影響についても代表機器と同様に埃の入りづらい全閉構造であることから、影響は少ないと考えられる。

また、代表機器と同様に絶縁抵抗測定及び動作試験を実施しており、今後もこの保全方法を継続し、絶縁特性低下を監視していくとともに、必要に応じて補修又は取替を実施することで健全性は維持できると判断する。

重大事故等対処設備は新たに設置されることから、今後、点検時に絶縁抵抗測定及び動作試験を行うとともに、必要に応じて補修又は取替を実施することで健全性を維持できると考える。

したがって、高経年化対策の観点から現状の保全内容に追加すべき項目はない。

b. 固定子コイル，口出線・接続部品及び電磁ブレーキコイルの絶縁特性低下 [原子炉格納容器外（主蒸気トンネル室）の電動（交流）弁用駆動部]

代表機器と同様，固定子コイル，口出線・接続部品及び電磁ブレーキコイルの絶縁物は有機物であるため，熱的，機械的，環境的及び電氣的要因により経年的に劣化が進行し，絶縁特性低下を起こす可能性がある。

しかし，代表機器と同様に固定子コイル，口出線・接続部品及び電磁ブレーキコイルの絶縁特性の低下は，電動弁モータ長期健全性試験（原子炉格納容器内電動弁モータ）結果より，主蒸気トンネル室の電動弁モータは 50 年間の通常運転期間，設計基準事故時及び重大事故等時雰囲気において絶縁特性を維持できると評価する。絶縁物への埃の付着及び吸湿による影響についても代表機器と同様に埃の入りづらい全閉構造であることから，影響は少ないと考えられる。

また，代表機器と同様に絶縁抵抗測定及び動作試験を実施しており，今後もこの保全方法を継続し，絶縁特性低下を監視していくとともに，必要に応じて補修又は取替を実施することで健全性は維持できると判断する。

なお，主蒸気トンネル室に設置している事故時動作要求のある電動弁モータについては，今停止期間中に原子炉格納容器内仕様の電動弁モータへ取替を行う計画としている。

c. 固定子コイル，回転子コイル，口出線・接続部品及び電磁ブレーキコイルの絶縁特性低下 [原子炉格納容器外の電動（交流又は直流）弁用駆動部]

代表機器と同様，固定子コイル，回転子コイル，口出線・接続部品及び電磁ブレーキコイルの絶縁物は有機物であるため，熱的，機械的，環境的及び電氣的要因により経年的に劣化が進行し，絶縁特性低下を起こす可能性がある。

しかし，代表機器と同様に固定子コイル，回転子コイル，口出線・接続部品及び電磁ブレーキコイルの絶縁特性の低下は，電動弁モータ長期健全性試験（原子炉格納容器外電動弁用モータ）結果より，60 年間の通常運転期間，設計基準事故時及び重大事故等時雰囲気において絶縁特性を維持できると評価する。絶縁物への埃の付着及び吸湿による影響についても代表機器と同様に埃の入りづらい全閉構造であることから，影響は少ないと考えられる。

また，代表機器と同様に絶縁抵抗測定及び動作試験を実施しており，今後もこの保全方法を継続し，絶縁特性低下を監視していくとともに，必要に応じて補修又は取替を実施することで健全性は維持できると判断する。

重大事故等対処設備は新たに設置されることから，今後，点検時に絶縁抵抗測定及び動作試験を行い，その結果により必要に応じて補修又は取替を実施することで健全性を維持できると考える。

したがって，高経年化対策の観点から現状の保全内容に追加すべき項目はない。

### 3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

#### a. フレーム、ハウジング及びエンドブラケットの腐食（全面腐食）〔共通〕

代表機器と同様、フレーム、ハウジング及びエンドブラケットは、鋳鉄及び軟鋼であるため腐食が想定されるが、表面は塗装が施されており、腐食進行の可能性は小さく、点検時に目視確認を行い、その結果により必要に応じ補修を実施することとしている。

重大事故等対処設備は新たに設置されることから、今後、点検時に目視確認を行い、その結果により必要に応じ補修を実施することで健全性を維持できると考える。

したがって、フレーム、ハウジング及びエンドブラケットの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### b. 固定子コア及び回転子コアの腐食（全面腐食）〔共通〕

代表機器と同様、固定子コア及び回転子コアは、珪素鋼板及び軟鋼であるため腐食が想定されるが、固定子コア及び回転子コア表面には、絶縁ワニス処理が施されており、腐食進行の可能性は小さく、点検時に目視確認を行い、その結果により必要に応じ補修を実施することとしている。

重大事故等対処設備は新たに設置されることから、今後、点検時に目視確認を行い、その結果により必要に応じ補修を実施することで健全性を維持できると考える。

したがって、固定子コア及び回転子コアの腐食（全面腐食）は高経年対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### c. 主軸の摩耗〔共通〕

代表機器と同様、主軸は、ピニオンとの接触面の摩耗が想定されるが、電動弁用駆動部のモータは連続運転ではないため、主軸の摩耗が発生する可能性は小さく、点検時に目視確認及び寸法測定を行い、その結果により必要に応じ補修を実施することとしている。

重大事故等対処設備は新たに設置されることから、今後、点検時に目視確認及び寸法測定を行い、その結果により必要に応じ補修を実施することで健全性を維持できると考える。

したがって、主軸の摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. 電磁ブレーキのライニングのはく離 [共通]

代表機器と同様、電磁ブレーキのライニングは、高湿度環境で結露水がライニングの接着面に浸透することにより接着力が低下し、はく離することが想定されるが、東海第二の電動弁用駆動部は結露水が発生しやすい高湿度環境にはなく、はく離が発生する可能性は小さい。

また、点検時に目視確認及びギャップ測定を行い、その結果により必要に応じ補修を実施することとしている。

重大事故等対処設備は新たに設置されることから、今後、点検時に目視確認及びギャップ測定を行い、その結果により必要に応じ補修を実施することで健全性を維持できると考える。

したがって、電磁ブレーキのライニングのはく離は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. ステムナット及びギアの摩耗 [共通]

代表機器と同様、ステムナット及びギアは、噛合している摺動部があり、電動弁の作動により摩耗の発生が想定されるが、点検時に目視確認、動作試験、また、一部の機器については、電動弁診断装置によるステムナットの摩耗測定を行い、その結果により必要に応じ補修又は取替を実施することとしている。

重大事故等対処設備は新たに設置されることから、今後、点検時に動作試験を行い、その結果により必要に応じ補修又は取替を実施することで健全性を維持できると考える。

したがって、ステムナット及びギアの摩耗は高経年対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f. トルクスイッチ及びリミットスイッチの導通不良 [共通]

代表機器と同様、トルクスイッチ及びリミットスイッチは、浮遊塵埃が接点に付着することによる導通不良が想定されるが、両スイッチはカバー内に収納されていることから、塵埃付着の可能性は小さく、点検時に動作確認を行い、その結果により必要に応じ補修又は取替を実施することとしている。

重大事故等対処設備は新たに設置されることから、今後、点検時に動作確認を行い、その結果により必要に応じ補修又は取替を実施することで健全性を維持できると考える。

したがって、トルクスイッチ及びリミットスイッチの導通不良は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

g. 整流子の摩耗 [原子炉格納容器外の電動（直流）弁用駆動部]

代表機器と同様、整流子は、ブラシとの接触面に摩耗が想定されるが、整流子材はブラシ材より硬質であり摩耗の可能性は小さい。

また、屋内空調環境に設置されていることから、塵埃による摩耗の可能性も小さく、点検時に清掃、目視確認、ブラシ摩耗量測定及び動作確認を行い、その結果により必要に応じ補修又は取替を実施することとしている。

重大事故等対処設備は新たに設置されることから、今後、点検時に清掃、目視確認、ブラシ摩耗量測定及び動作確認を行い、その結果により必要に応じ補修又は取替を実施することで健全性を維持できると考える。

したがって、整流子の摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

h. 取付ボルトの腐食（全面腐食） [共通]

代表機器と同様、取付ボルトは、低合金鋼であるため腐食が想定されるが、表面は塗装が施されており、腐食進行の可能性は小さく、点検時に目視確認を行い、その結果により必要に応じ補修又は取替を実施することとしている。

重大事故等対処設備は新たに設置されることから、今後、点検時に目視確認を行い、その結果により必要に応じ補修を実施することで健全性を維持できると考える。

したがって、取付ボルトの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

i. 主軸の高サイクル疲労割れ [共通]

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

なお、点検時に目視確認を行い、これまで割れは確認されていない。

今後も使用環境が変わらないことから、これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

重大事故等対処設備は新たに設置されるが、代表機器と同様、高サイクル疲労割れは設計上考慮されていることから、高サイクル疲労割れが発生する可能性は小さく、今後、点検時に目視確認を行い割れの有無を確認することで健全性を維持できると考える。

したがって、主軸の高サイクル疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、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（日常劣化管理事象以外）

- a. 回転子棒及び回転子エンドリングの疲労割れ [原子炉格納容器内の電動（交流）弁用駆動部，原子炉格納容器外（主蒸気トンネル室）の電動（交流）弁用駆動部，原子炉格納容器外の電動（交流）弁用駆動部]

代表機器と同様，回転子棒及び回転子エンドリングには，モータ起動時に発生する電磁力等により繰返し応力を受けると疲労割れの発生が想定されるが，回転子棒及び回転子エンドリングはアルミダイキャストで一体形成され，スロット内にアルミニウムが充満した状態で回転子棒が形成されていることから，回転子棒とスロットの間に隙間や緩みは生じないため，繰返し応力による疲労割れが発生する可能性はない。

重大事故等対処設備は新たに設置されるが，代表機器と同様，回転子棒及び回転子エンドリングはアルミダイキャストで一体形成され，スロット内にアルミニウムが充満した状態で回転子棒が形成されていることから，回転子棒とスロットの間に隙間や緩みは生じないため，繰返し応力による疲労割れが発生する可能性はない。

したがって，回転子棒及び回転子エンドリングの疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- b. トルクスプリングパックのばねのへたり [共通]

代表機器と同様，トルクスプリングパックのばねは，電動弁の作動時に発生するトルクによりへたりが生じることが想定されるが，機器設計の過程で，ばね使用時のねじり応力が許容ねじり応力以下になるように設定されており，へたりが生じる可能性はない。

重大事故等対処設備は新たに設置されるが，代表機器と同様，機器設計の過程で，ばね使用時のねじり応力が許容ねじり応力以下になるように設定されており，へたりが生じる可能性はない。

したがって，トルクスプリングパックのばねのへたりは高経年対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

## 14. 空気作動弁用駆動部

[対象系統]

- ① 中央制御室換気系
- ② 原子炉隔離時冷却系
- ③ 原子炉冷却材浄化系
- ④ 原子炉再循環系
- ⑤ 不活性ガス系
- ⑥ 補助系
- ⑦ 原子炉系
- ⑧ ほう酸水注入系
- ⑨ 漏えい検出系
- ⑩ 主蒸気隔離弁漏えい抑制系
- ⑪ 非常用ガス処理系
- ⑫ 非常用ガス再循環系
- ⑬ 原子炉再循環流量制御系
- ⑭ 格納容器雰囲気監視系
- ⑮ 気体廃棄物処理系

## 目次

1. 対象機器及び代表機器の選定.....	14-1
1.1 グループ化の考え方及び結果.....	14-1
1.2 代表機器の選定.....	14-1
2. 代表機器の技術評価.....	14-3
2.1 構造, 材料及び使用条件.....	14-3
2.1.1 中央制御室換気系 AH2-9 出口温度制御弁駆動部.....	14-3
2.1.2 原子炉再循環系 PLR 炉水サンプリング弁 (内側隔離弁) 駆動部.....	14-6
2.1.3 不活性ガス系格納容器パージ弁駆動部.....	14-9
2.2 経年劣化事象の抽出.....	14-12
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目.....	14-12
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出.....	14-12
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象.....	14-13
3. 代表機器以外への展開.....	14-19
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象.....	14-20
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象.....	14-20

## 1. 対象機器及び代表機器の選定

東海第二で使用している主要な空気作動弁用駆動部の主な仕様を表 1-1 に示す。

これらの空気作動弁用駆動部を型式及び設置場所の観点からグループ化し、それぞれのグループより代表機器を選定した。

### 1.1 グループ化の考え方及び結果

型式及び設置場所を分類基準とし、空気作動弁用駆動部を表 1-1 に示すとおりグループ化する。

型式はダイヤフラム型及びシリンダ型に分類され、設置場所は原子炉格納容器内及び原子炉格納容器外に分類される。

### 1.2 代表機器の選定

表 1-1 に分類されるグループ毎に、重要度、周囲温度、口径及び運転状態の観点から代表機器を選定する。

#### (1) 原子炉格納容器外のダイヤフラム型駆動部

このグループには、中央制御室換気系、原子炉隔離時冷却系、原子炉冷却材浄化系が属するが、重要度が高く、周囲温度が高い中央制御室換気系 AH2-9 出口温度制御弁駆動部を代表機器とする。

#### (2) 原子炉格納容器内のシリンダ型駆動部

このグループには、原子炉再循環系の原子炉再循環系 PLR 炉水サンプリング弁（内側隔離弁）駆動部のみが属するため、原子炉再循環系 PLR 炉水サンプリング弁（内側隔離弁）駆動部を代表機器とする。

#### (3) 原子炉格納容器外のシリンダ型駆動部

このグループには、不活性ガス系、原子炉再循環系、補助系、原子炉系、ほう酸水注入系、漏えい検出系、主蒸気隔離弁漏えい抑制系、原子炉隔離時冷却系、非常用ガス処理系、非常用ガス再循環系、原子炉再循環流量制御系、原子炉冷却材浄化系、格納容器雰囲気監視系及び気体廃棄物処理系が属するが、重要度が高い機器の中から周囲温度及び口径を比較し、口径が最も大きい機器の中から不活性ガス系格納容器パージ弁駆動部を代表機器とする。

表 1-1 空気作動弁用駆動部のグループ化及び代表機器の選定

分類基準		当該系統	選定基準				選定	代表機器/ 選定理由
型式	設置場所		重要度*1	口径 (A)	使用条件			
					運転 状態	周囲 温度 (℃)		
ダイヤフラム型	原子炉格納容器外	中央制御室換気系	MS-1	80	連続	50	◎	中央制御室換気系 AH2-9 出口温度制御弁駆動部/重要度, 周囲温度
		原子炉隔離時冷却系	MS-1	25	一時	40.0		
		原子炉冷却材浄化系	PS-2	80	連続	40.0		
シリンダ型	原子炉格納容器内	原子炉再循環系	MS-1	20	連続	65.6	◎	原子炉再循環系 PLR 炉水サンプリング弁(内側隔離弁) 駆動部
	原子炉格納容器外	不活性ガス系	MS-1, 重*2	50~600	一時	40.0	◎	不活性ガス系格納容器パージ弁駆動部/重要度, 周囲温度, 口径
		原子炉再循環系	MS-1	20	連続	40.0		
		補助系	MS-1	80	連続	40.0		
		原子炉系	MS-1/PS-1	40~500	連続	40.0		
		ほう酸水注入系	MS-1, 重*2	20	一時	40.0		
		漏えい検出系	MS-1	15	連続	40.0		
		主蒸気隔離弁漏えい抑制系	MS-1	100	一時	40.0		
		原子炉隔離時冷却系	MS-1, 重*2	20	一時	40.0		
		非常用ガス処理系	MS-1, 重*2	450	一時	40.0		
		非常用ガス再循環系	MS-1, 重*2	600	一時	40.0		
		原子炉再循環流量制御系	MS-1	25	連続	40.0		
		原子炉冷却材浄化系	PS-2	50~150	連続	40.0		
		格納容器雰囲気監視系	MS-2	9.52*3~10	一時	40.0		
気体廃棄物処理系	PS-2	200~300	連続	50				

\*1: 当該機器に要求される重要度クラスのうち, 最上位の重要度クラスを示す

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

\*3: 単位は外径 mm 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空気作動弁用駆動部について技術評価を実施する。

- ① 中央制御室換気系 AH2-9 出口温度制御弁駆動部
- ② 原子炉再循環系 PLR 炉水サンプリング弁（内側隔離弁）駆動部
- ③ 不活性ガス系格納容器パージ弁駆動部

### 2.1 構造，材料及び使用条件

#### 2.1.1 中央制御室換気系 AH2-9 出口温度制御弁駆動部

##### (1) 構造

東海第二の中央制御室換気系 AH2-9 出口温度制御弁駆動部は、ダイヤフラム型の空気操作装置で、ダイヤフラム、スプリング、ポジショナー等で構成されており、空気圧によりダイヤフラムを加圧することによって弁を駆動させる構造としている。

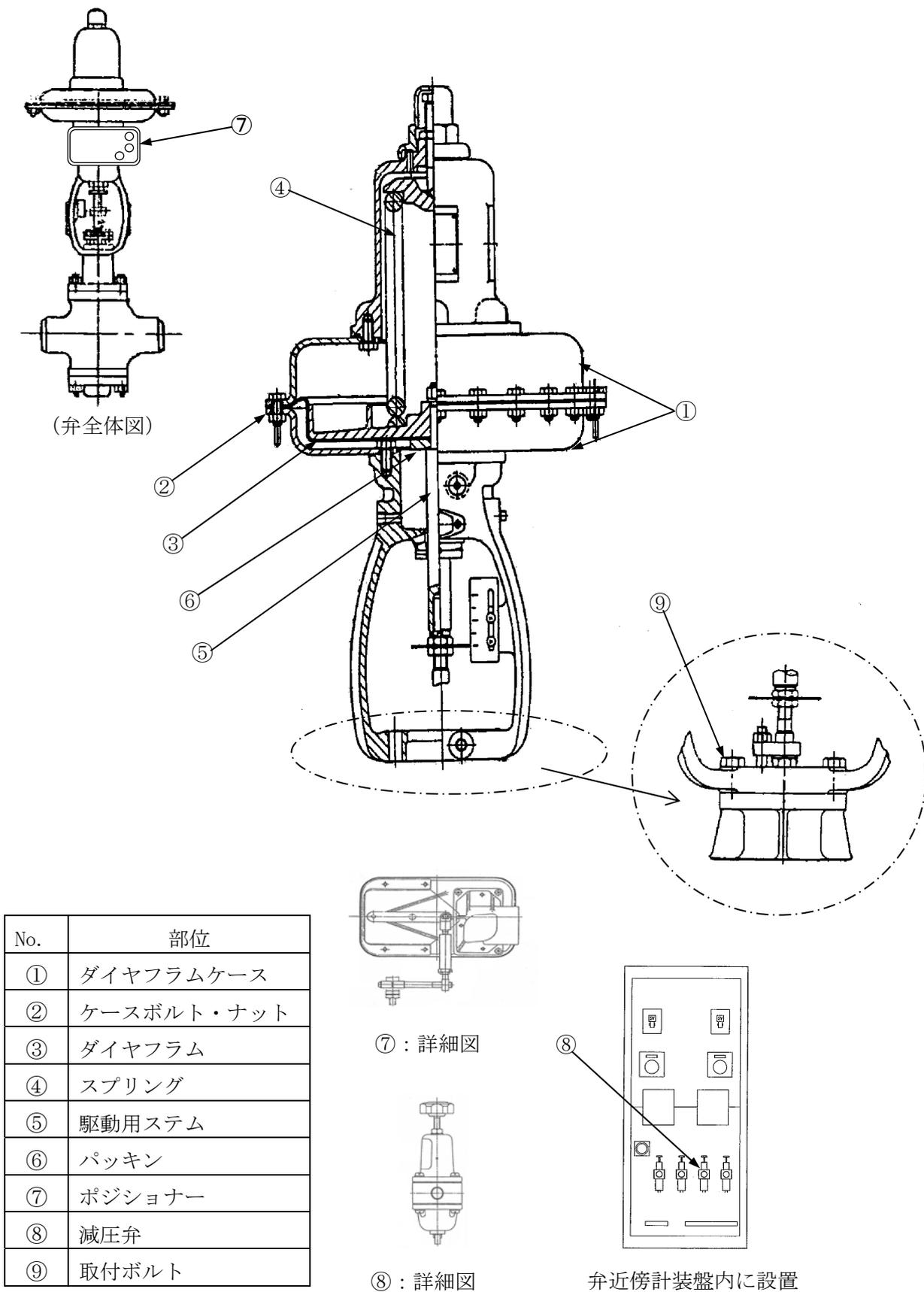
また、駆動用の空気には、除湿された制御用空気を用いている。

なお、当該駆動部については弁本体との取付ボルトを取外し、駆動部を取外すことで、駆動部内の点検手入れが可能である。

東海第二の中央制御室換気系 AH2-9 出口温度制御弁駆動部の構造図を図 2.1-1 に示す。

##### (2) 材料及び使用条件

東海第二の中央制御室換気系 AH2-9 出口温度制御弁駆動部主要部位の使用材料を表 2.1-1 に、使用条件を表 2.1-2 に示す。



No.	部位
①	ダイヤフラムケース
②	ケースボルト・ナット
③	ダイヤフラム
④	スプリング
⑤	駆動用ステム
⑥	パッキン
⑦	ポジショナー
⑧	減圧弁
⑨	取付ボルト

図 2. 1-1 中央制御室換気系 AH2-9 出口温度制御弁駆動部構造図

表 2.1-1 中央制御室換気系 AH2-9 出口温度制御弁駆動部主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	ダイヤフラムケース	炭素鋼
		ケースボルト・ナット	炭素鋼
駆動力伝達機能の維持	エネルギー伝達	ダイヤフラム	(消耗品)
		スプリング	ばね鋼
		駆動用ステム	ステンレス鋼
		パッキン	(消耗品)
		ポジショナー	(定期取替品)
		減圧弁	(定期取替品)
機器の支持	支持	取付ボルト	炭素鋼

表 2.1-2 中央制御室換気系 AH2-9 出口温度制御弁駆動部の使用条件

作動空気圧力	0.02~0.10 MPa
周囲温度*	50 °C (最高)

\*:原子炉建屋空調機械室における設計値

## 2.1.2 原子炉再循環系 PLR 炉水サンプリング弁（内側隔離弁）駆動部

### (1) 構造

東海第二の原子炉再循環系 PLR 炉水サンプリング弁（内側隔離弁）駆動部は、シリンダ型の空気操作装置で、シリンダ、スプリング、制御用電磁弁、リミットスイッチ等で構成されており、空気圧によりシリンダを加圧することによって弁を駆動させる構造としている。

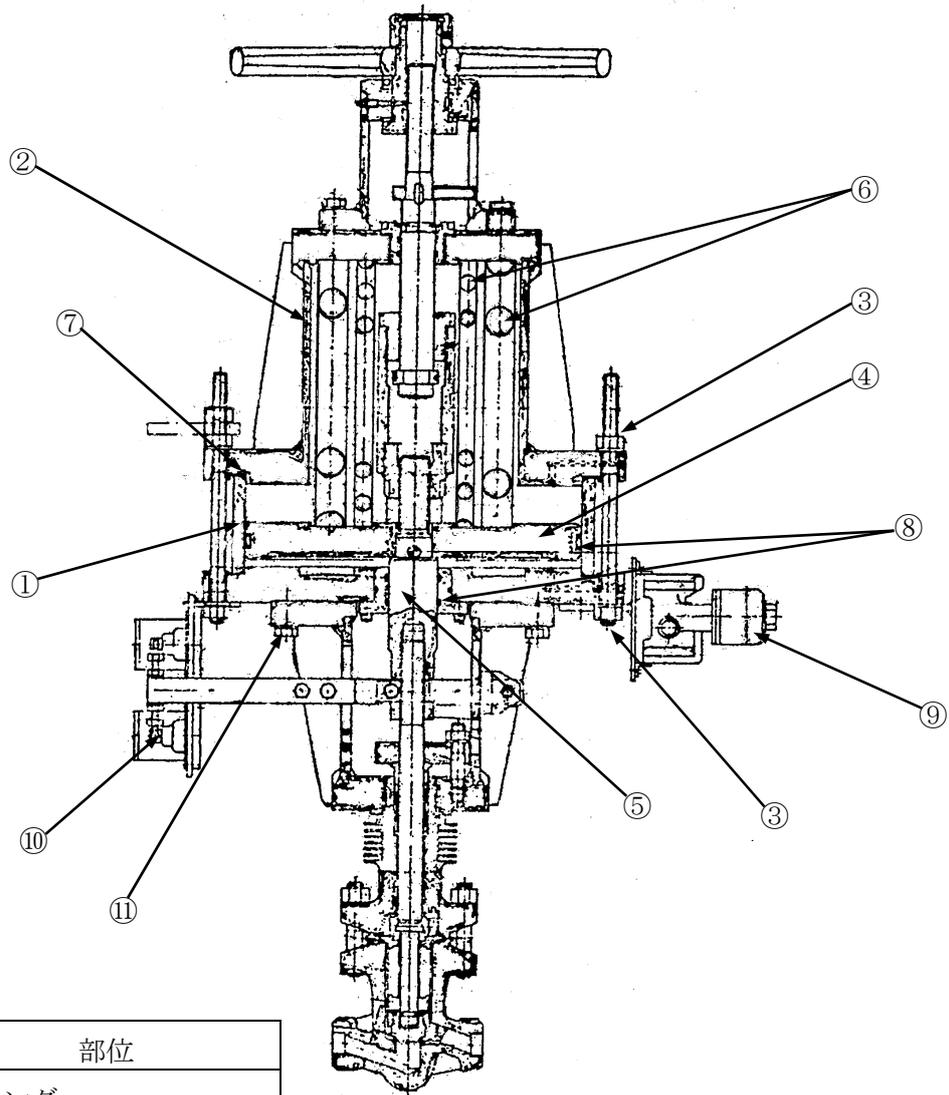
また、駆動用の空気には、除湿された制御用空気を用いている。

なお、当該駆動部については弁本体との取付ボルトを取外し、駆動部を取外すことで、駆動部内の点検手入れが可能である。

東海第二の原子炉再循環系 PLR 炉水サンプリング弁（内側隔離弁）駆動部の構造図を図 2.1-2 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

東海第二の原子炉再循環系 PLR 炉水サンプリング弁（内側隔離弁）駆動部主要部位の使用材料を表 2.1-3 に、使用条件を表 2.1-4 に示す。



No.	部位
①	シリンダ
②	スプリングケース
③	ケースボルト・ナット
④	ピストン
⑤	駆動用ステム
⑥	スプリング
⑦	ガスケット
⑧	パッキン
⑨	制御用電磁弁
⑩	リミットスイッチ
⑪	取付ボルト

図 2.1-2 原子炉再循環系 PLR 炉水サンプリング弁（内側隔離弁）駆動部構造図

表 2.1-3 原子炉再循環系 PLR 炉水サンプリング弁（内側隔離弁）駆動部主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	シリンダ	炭素鋼
		スプリングケース	炭素鋼
		ケースボルト・ナット	炭素鋼
駆動力伝達機能の維持	エネルギー伝達	ピストン	炭素鋼
		駆動用ステム	ステンレス鋼
		スプリング	ばね鋼
		ガスケット	(消耗品)
		パッキン	(消耗品)
		制御用電磁弁	(定期取替品)
		リミットスイッチ	(定期取替品)
機器の支持	支持	取付ボルト	炭素鋼

表 2.1-4 原子炉再循環系 PLR 炉水サンプリング弁（内側隔離弁）駆動部の使用条件

作動空気圧力	0.64~0.70 MPa
定格電圧 (制御用電磁弁)	AC 115 V
周囲温度*	65.6 °C (最高)

\*:原子炉格納容器内における設計値

### 2.1.3 不活性ガス系格納容器パージ弁駆動部

#### (1) 構造

東海第二の不活性ガス系格納容器パージ弁駆動部は、シリンダ型の空気操作装置で、シリンダ、スプリング、制御用電磁弁、リミットスイッチ等で構成されており、空気圧によりシリンダを加圧することによって弁を駆動させる構造としている。

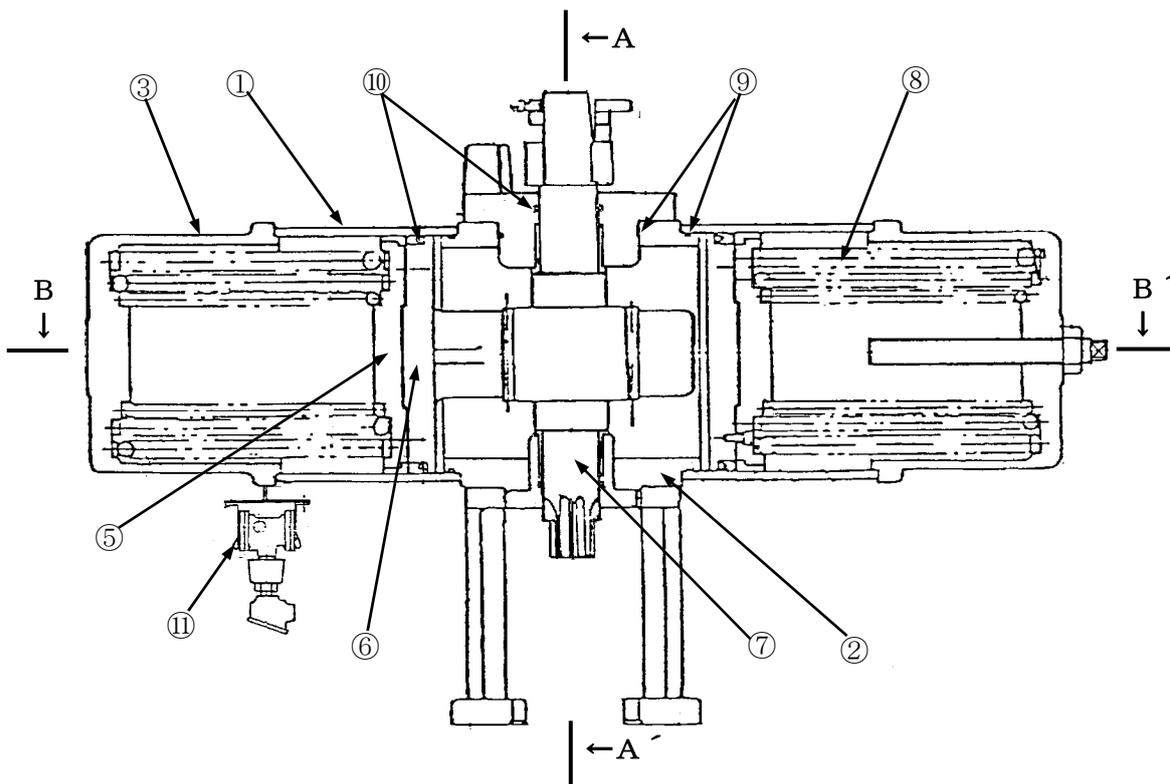
また、駆動用の空気には、除湿された制御用空気を用いている。

なお、当該駆動部については弁本体との取付ボルトを取外し、駆動部を取外すことで、駆動部内の点検手入れが可能である。

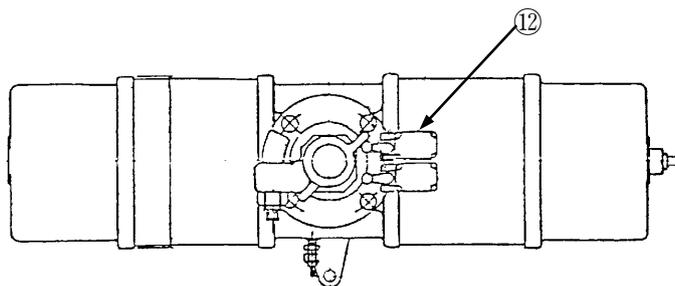
東海第二の不活性ガス系格納容器パージ弁駆動部の構造図を図 2.1-3 に示す。

#### (2) 材料及び使用条件

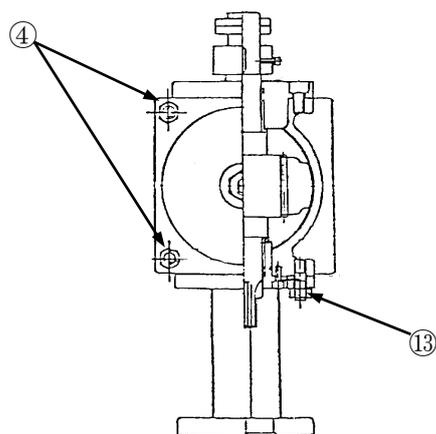
東海第二の不活性ガス系格納容器パージ弁駆動部主要部位の使用材料を表 2.1-5 に、使用条件を表 2.1-6 に示す。



No.	部位
①	シリンダ
②	シリンダボディ
③	スプリングケース
④	ケースボルト・ナット
⑤	ピストン
⑥	ラック
⑦	ピニオン付駆動用ステム
⑧	スプリング
⑨	ガスケット
⑩	パッキン
⑪	制御用電磁弁



B-B' 矢示図



A-A' 断面図

図 2.1-3 不活性ガス系格納容器パージ弁駆動部構造図

表 2.1-5 不活性ガス系格納容器パージ弁駆動部主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	シリンダ	炭素鋼
		シリンダボディ	鋳鉄
		スプリングケース	鋳鉄
		ケースボルト・ナット	炭素鋼
駆動力伝達機能の維持	エネルギー伝達	ピストン	炭素鋼
		ラック	鋳鉄
		ピニオン付駆動用ステム	ステンレス鋼
		スプリング	ばね鋼
		ガスケット	(消耗品)
		パッキン	(消耗品)
		制御用電磁弁	(定期取替品)
		リミットスイッチ	(定期取替品)
機器の支持	支持	取付ボルト・ナット	炭素鋼

表 2.1-6 不活性ガス系格納容器パージ弁駆動部の使用条件

作動空気圧力	0.64~0.70 MPa
定格電圧 (制御用電磁弁)	AC 115 V
周囲温度*	40.0 °C (最高)

\*:原子炉建屋における設計値

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

空気作動弁用駆動部の機能である弁棒作動機能の達成に必要な項目は以下のとおり。

- (1) バウンダリの維持
- (2) 駆動力伝達機能の維持
- (3) 機器の支持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

空気作動弁用駆動部について、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の材料、構造、設置場所、使用条件（運転状態、温度等）及び現在までの運転経験を考慮し、代表機器毎に表 2.2-1 に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した（表 2.2-1 で○又は△、▲）。

なお、消耗品及び定期取替品は以下のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

ダイヤフラム、ガスケット及びパッキンは消耗品、制御用電磁弁、減圧弁、リミットスイッチ及びポジショナーは定期取替品であり、設計時に長期使用せず取替を前提としていることから高経年化対策を見極める上で評価対象外とする。

#### (3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

想定される経年劣化事象のうち下記①、②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。

なお、下記①、②に該当する事象については、2.2.3 項に示すとおり、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

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

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

a. ダイヤフラムケースの腐食（全面腐食）[中央制御室換気系 AH2-9 出口温度制御弁駆動部]

ダイヤフラムケースは炭素鋼が使用されているため、腐食が想定されるが、ダイヤフラムケース内は除湿された清浄な空気であり、また、大気接触部は塗装が施されていることから、塗膜が健全であれば腐食が発生する可能性は小さく、目視点検時に必要に応じて補修塗装することにより機能を維持している。

したがって、ダイヤフラムケースの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. シリンダ及びスプリングケースの腐食（全面腐食）[原子炉再循環系 PLR 炉水サンプリング弁（内側隔離弁）駆動部]

シリンダ及びスプリングケースは炭素鋼が使用されているため、腐食が想定されるが、シリンダ内は除湿された清浄な空気であり、また、大気接触部は塗装が施されていることから、塗膜が健全であれば腐食が発生する可能性は小さく、目視点検時に必要に応じて補修塗装することにより機能を維持している。

したがって、シリンダ及びスプリングケースの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. シリンダ、シリンダボディ及びスプリングケースの腐食（全面腐食）[不活性ガス系格納容器パージ弁駆動部]

シリンダは炭素鋼、シリンダボディ及びスプリングケースは鋳鉄が使用されているため、腐食が想定されるが、シリンダ内は除湿された清浄な空気であり、また、大気接触部は塗装が施されていることから、塗膜が健全であれば腐食が発生する可能性は小さく、目視点検時に必要に応じて補修塗装することにより機能を維持している。

したがって、シリンダ、シリンダボディ及びスプリングケースの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- d. ピストンの腐食（全面腐食）[原子炉再循環系 PLR 炉水サンプリング弁（内側隔離弁）駆動部，不活性ガス系格納容器パージ弁駆動部]

ピストンは炭素鋼が使用されているため，腐食が想定されるが，ピストンが取り付けられているシリンダ内は除湿された清浄な空気であり，腐食が発生する可能性は小さく，目視点検時に手入れ・清掃を行うことにより機能を維持している。

したがって，ピストンの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- e. ラックの腐食（全面腐食）[不活性ガス系格納容器パージ弁駆動部]

ラックは鋳鉄が使用されているため，腐食が想定されるが，ラックが取り付けられているシリンダ内は除湿された清浄な空気であり，腐食が発生する可能性は小さく，目視点検時に手入れ・清掃を行うことにより機能を維持している。

したがって，ラックの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- f. ケースボルト・ナット及び取付ボルト・ナットの腐食（全面腐食）[共通]

ケースボルト・ナット及び取付ボルト・ナットは炭素鋼が使用されているため，腐食が想定されるが，大気接触部は塗装が施されていることから，塗膜が健全であれば腐食が発生する可能性は小さく，目視点検時に必要に応じて補修塗装することにより機能を維持している。

したがって，ケースボルト・ナット及び取付ボルト・ナットの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- g. ラック及びピニオン付駆動用ステムの摩耗 [不活性ガス系格納容器パージ弁駆動部]

ラック及びピニオン付駆動用ステムのギア部は弁の開閉に伴う摺動による摩耗が想定されるが，摺動部には潤滑油が塗布されていることから，これらの摺動による摩耗が発生する可能性は小さい。

なお，目視点検において有意な摩耗は確認されていない。

今後も使用環境が変わらないことから，これら傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，ラック及びピニオン付駆動用ステムの摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- h. シリンダ、ピストン及びラックの摩耗 [原子炉再循環系 PLR 炉水サンプリング弁 (内側隔離弁) 駆動部, 不活性ガス系格納容器パージ弁駆動部]

シリンダとピストン及びシリンダとラックは弁の開閉に伴う摺動による摩耗が想定されるが、ピストン及びラックの外周にはゴム製のパッキンが装着され、シリンダとピストン又はラックが直接接触しない構造となっていることから、これら摺動による摩耗が発生する可能性は小さい。

なお、目視点検において有意な摩耗は確認されていない。

今後も使用環境が変わらないことから、これら傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、シリンダ、ピストン及びラックの摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- i. 駆動用ステム及びピニオン付駆動用ステムの摩耗 [共通]

駆動用ステム及びピニオン付駆動用ステムはパッキンと接触しているため、弁の開閉に伴う摺動による摩耗が想定されるが、パッキンの材質がゴムに対して、駆動用ステム及びピニオン付駆動用ステムはステンレス鋼であるため、これら摺動による摩耗が発生する可能性は小さい。

なお、目視点検において有意な摩耗は確認されていない。

今後も使用環境が変わらないことから、これら傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、駆動用ステム及びピニオン付駆動用ステムの摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- (2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、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 (日常劣化管理事象以外)

- a. スプリングのへたり [共通]

スプリングは常時応力がかかった状態で使用されるため、へたりが想定されるが、スプリング使用時のねじり応力が許容ねじり応力以下になるように設定されており、さらにスプリングの材料に対する推奨最高使用温度よりも実際の使用温度は低いことから、へたりが進行する可能性はない。

したがって、スプリングのへたりは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

表 2.2-1 (1/3) 中央制御室換気系 AH2-9 出口温度制御弁駆動部に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象									備考
					減肉		割れ		絶縁	導通	信号	材質	その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁特性低下	導通不良	特性変化	材質劣化		
バウンダリの維持	耐圧	ダイヤフラムケース		炭素鋼		△								*1:へたり
		ケースボルト・ナット		炭素鋼		△								
駆動力伝達機能の維持	エネルギー伝達	ダイヤフラム	◎	—										
		スプリング		ばね鋼									▲*1	
		駆動用ステム		ステンレス鋼	△									
		パッキン	◎	—										
		ポジションナー	◎	—										
		減圧弁	◎	—										
機器の支持	支持	取付ボルト		炭素鋼		△								

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象(日常劣化管理事象)

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

表 2.2-1 (2/3) 原子炉再循環系 PLR 炉水サンプリング弁（内側隔離弁）駆動部に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象									備考
					減肉		割れ		絶縁	導通	信号	材質	その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁特性低下	導通不良	特性変化	材質劣化		
バウンダリの維持	耐圧	シリンダ		炭素鋼	△	△								*1:へたり
		スプリングケース		炭素鋼		△								
		ケースボルト・ナット		炭素鋼		△								
駆動力伝達機能の維持	エネルギー伝達	ピストン		炭素鋼	△	△								
		駆動用ステム		ステンレス鋼	△									
		スプリング		ばね鋼									▲*1	
		ガスケット	◎	—										
		パッキン	◎	—										
		制御用電磁弁	◎	—										
		リミットスイッチ	◎	—										
機器の支持	支持	取付ボルト		炭素鋼		△								

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象(日常劣化管理事象)

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

表 2.2-1 (3/3) 不活性ガス系格納容器パージ弁駆動部に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象									備考
					減肉		割れ		絶縁	導通	信号	材質	その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁特性低下	導通不良	特性変化	材質劣化		
バウンダリの維持	耐圧	シリンダ		炭素鋼	△	△								*1:ラック ギア部
		シリンダボディ		鋳鉄		△								*2:外周部
		スプリングケース		鋳鉄		△								*3:ピニオン ギア部
		ケースボルト・ナット		炭素鋼		△								*4:駆動用 ステム部
駆動力伝達機能の維持	エネルギー伝達	ピストン		炭素鋼		△								*5:へたり
		ラック		鋳鉄	△*1 △*2	△								
		ピニオン付駆動用ステム		ステンレス鋼	△*3 △*4									
		スプリング		ばね鋼									▲*5	
		ガスケット	◎	—										
		パッキン	◎	—										
		制御用電磁弁	◎	—										
		リミットスイッチ	◎	—										
機器の支持	支持	取付ボルト・ナット		炭素鋼		△								

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象(日常劣化管理事象)

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

### 3. 代表機器以外への展開

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

#### [対象系統]

- ① 原子炉隔離時冷却系
- ② 原子炉冷却材浄化系
- ③ 原子炉再循環系
- ④ 不活性ガス系
- ⑤ 補助系
- ⑥ 原子炉系
- ⑦ ほう酸水注入系
- ⑧ 漏えい検出系
- ⑨ 主蒸気隔離弁漏えい抑制系
- ⑩ 非常用ガス処理系
- ⑪ 非常用ガス再循環系
- ⑫ 原子炉再循環流量制御系
- ⑬ 格納容器雰囲気監視系
- ⑭ 気体廃棄物処理系

### 3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

代表機器同様、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

### 3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

a. ダイヤフラムケースの腐食（全面腐食）[原子炉格納容器外のダイヤフラム型駆動部共通]

ダイヤフラムケースは炭素鋼が使用されているため、腐食が想定されるが、ダイヤフラムケース内は除湿された清浄な空気であり、また、大気接触部は塗装が施されていることから、塗膜が健全であれば腐食が発生する可能性は小さく、目視点検時に必要に応じて補修塗装することにより機能を維持している。

したがって、ダイヤフラムケースの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. シリンダ、シリンダボディ及びスプリングケースの腐食（全面腐食）[炭素鋼又は鋳鉄のシリンダ、シリンダボディ及びスプリングケースを有するシリンダ型駆動部共通]

シリンダ、シリンダボディ及びスプリングケースは炭素鋼又は鋳鉄が使用されているため、腐食が想定されるが、シリンダ内は除湿された清浄な空気であり、また、大気接触部は塗装が施されていることから、塗膜が健全であれば腐食が発生する可能性は小さく、目視点検時に必要に応じて補修塗装することにより機能を維持している。

したがって、シリンダ、シリンダボディ及びスプリングケースの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. ピストンの腐食（全面腐食）[炭素鋼又は鋳鉄のピストンを有するシリンダ型駆動部共通]

ピストンは炭素鋼又は鋳鉄が使用されているため、腐食が想定されるが、ピストンが取り付けられているシリンダ内は除湿された清浄な空気であり、腐食が発生する可能性は小さく、目視点検時に手入れ・清掃を行うことにより機能を維持している。

したがって、ピストンの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- d. ラック及びピニオンの腐食（全面腐食）〔鋳鉄のラック及び炭素鋼のピニオンを有するシリンダ型駆動部共通〕

ラックは鋳鉄、ピニオンは炭素鋼が使用されているため、腐食が想定されるが、ラック及びピニオンが取り付けられているシリンダ内は除湿された清浄な空気であり、腐食が発生する可能性は小さく、目視点検時に手入れ・清掃を行うことにより機能を維持している。

したがって、ラック及びピニオンの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- e. ケースボルト・ナット及び取付ボルト・ナットの腐食（全面腐食）〔炭素鋼のケースボルト・ナット及び取付ボルト・ナットを有するダイヤフラム型駆動部及びシリンダ型駆動部共通〕

ケースボルト・ナット及び取付ボルト・ナットは炭素鋼が使用されているため、腐食が想定されるが、大気接触部は塗装が施されていることから、塗膜が健全であれば腐食が発生する可能性は小さく、目視点検時に必要に応じて補修塗装することにより機能を維持している。

したがって、ケースボルト・ナット及び取付ボルト・ナットの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- f. ラック及びピニオンの摩耗〔ラック及びピニオン付駆動用ステム又はピニオンを有するシリンダ型駆動部共通〕

ラック及びピニオンのギア部は弁の開閉に伴う摺動により摩耗の発生が想定されるが、摺動部には潤滑油が塗布されていることから、これら摺動による摩耗が発生する可能性は小さい。

なお、目視点検時において有意な摩耗は確認されていない。

今後も使用環境が変わらないことから、これら傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、ラック及びピニオンの摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- g. 駆動用ステムの腐食（全面腐食）〔炭素鋼の駆動用ステムを有するダイヤフラム型駆動部及びシリンダ型駆動部共通〕

駆動用ステムは炭素鋼が使用されているため、腐食が想定されるが、シリンダ内は除湿された清浄な空気であり、腐食が発生する可能性は小さく、目視点検時に手入れ・清掃を行うことにより機能を維持している。

したがって、駆動用ステムの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

h. シリンダ、ピストン及びラックの摩耗 [共通]

シリンダとピストン及びシリンダとラックは弁の開閉に伴う摺動により摩耗の発生が想定されるが、ピストン及びラックの外周にはゴム製のパッキンが装着され、シリンダとピストン又はラックが直接接触しない構造となっており、これら摺動による摩耗が発生する可能性は小さい。

なお、目視点検において有意な摩耗は確認されていない。

今後も使用環境が変わらないことから、これら傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、シリンダ、ピストン及びラックの摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

i. 駆動用ステム及びピニオン付駆動用ステムの摩耗 [共通]

駆動用ステム及びピニオン付駆動用ステムはパッキンと接触しているため、弁の開閉に伴う摺動により摩耗の発生が想定されるが、パッキンの材質がゴムに対して、駆動用ステム及びピニオン付駆動用ステムはステンレス鋼又は炭素鋼であるため、これら摺動による摩耗が発生する可能性は小さい。

なお、目視点検において有意な摩耗は確認されていない。

今後も使用環境が変わらないことから、これら傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、駆動用ステム及びピニオン付駆動用ステムの摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、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（日常劣化管理事象以外）

a. スプリングのへたり [スプリングを有するダイヤフラム型駆動部及びシリンダ型駆動部共通]

スプリングは常時応力がかかった状態で使用されるため、へたりが想定されるが、スプリング使用時のねじり応力が許容ねじり応力以下になるように設定されており、さらにスプリングの材料に対する推奨最高使用温度よりも実際の使用温度は低いことから、へたりが進行する可能性はない。

したがって、スプリングのへたりは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

東海第二発電所  
炉内構造物の技術評価書

(運転を断続的に行うことを前提とした評価)

日本原子力発電株式会社

本評価書は東海第二発電所（以下、「東海第二」という。）で使用している安全上重要な炉内構造物（重要度分類審査指針におけるPS-1, 2及びMS-1, 2に該当する機器）及び重大事故等対処設備に属する設備について、運転を断続的に行うことを前提に高経年化に係わる技術評価についてまとめたものである。

評価対象機器の一覧を表1に示す。

技術評価にあたっては炉内構造物の特殊性を考慮し、評価対象機器についてグループ化や代表機器の選定を行わずに全ての機器について評価を実施する。

なお、制御棒は「機械設備の技術評価書」にて評価を実施するものとし、本評価書には含めていない。

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

表1 評価対象機器一覧

名称	重要度*1
炉心シュラウド	PS-1, 重*2
シュラウドサポート	PS-1, 重*2
上部格子板	PS-1, 重*2
炉心支持板	PS-1, 重*2
燃料支持金具（中央, 周辺）	PS-1, 重*2
制御棒案内管	PS-1, 重*2
炉心スプレイ配管・スパージャ	MS-1, 重*2
差圧検出・ほう酸水注入管	MS-1, 重*2
ジェットポンプ	MS-1, 重*2
中性子計測案内管	MS-1
残留熱除去系（低圧注水系）配管	MS-1, 重*2

\*1：当該機器に要求される重要度クラスのうち、最上位の重要度クラスを示す

\*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

# 1. 炉内構造物

## [対象機器]

- ① 炉心シュラウド
- ② シュラウドサポート
- ③ 上部格子板
- ④ 炉心支持板
- ⑤ 燃料支持金具（中央，周辺）
- ⑥ 制御棒案内管
- ⑦ 炉心スプレイ配管・スパージャ
- ⑧ 差圧検出・ほう酸水注入管
- ⑨ ジェットポンプ
- ⑩ 中性子計測案内管
- ⑪ 残留熱除去系（低圧注水系）配管

## 目次

1. 対象機器 .....	1
2. 炉内構造物の技術評価.....	2
2.1 構造,材料及び使用条件.....	3
2.1.1 炉心シュラウド.....	3
2.1.2 シュラウドサポート.....	6
2.1.3 上部格子板.....	9
2.1.4 炉心支持板.....	12
2.1.5 燃料支持金具.....	15
2.1.6 制御棒案内管.....	18
2.1.7 炉心スプレイ配管・スパージャ.....	21
2.1.8 差圧検出・ほう酸水注入管.....	25
2.1.9 ジェットポンプ.....	28
2.1.10 中性子計測案内管.....	31
2.1.11 残留熱除去系（低圧注水系）配管.....	34
2.2 経年劣化事象の抽出.....	37
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目.....	37
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出.....	37
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.....	39
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価.....	55

## 1. 対象機器

主要な炉内構造物の仕様を表 1-1 に示す。

表1-1 炉内構造物の主な仕様

機器名称	重要度*1	最高使用圧力*2 (MPa)	最高使用温度 (°C)
炉心シュラウド	PS-1, 重*3	8.62	302
シュラウドサポート	PS-1, 重*3		
上部格子板	PS-1, 重*3		
炉心支持板	PS-1, 重*3		
燃料支持金具 (中央, 周辺)	PS-1, 重*3		
制御棒案内管	PS-1, 重*3		
炉心スプレイ配管・スパージャ	MS-1, 重*3		
差圧検出・ほう酸水注入管	MS-1, 重*3		
ジェットポンプ	MS-1, 重*3		
中性子計測案内管	MS-1		
残留熱除去系 (低圧注水系) 配管	MS-1, 重*3		

\*1：当該機器に要求される重要度クラスのうち、最上位の重要度クラスを示す

\*2：環境の最高使用圧力を示す

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

## 2. 炉内構造物の技術評価

本章では、1章で評価対象機器とした炉内構造物について技術評価を実施する。

これらの評価対象機器を含む炉内構造物全体の組立図を図1に示す。

なお、東海第二の原子炉熱出力は、3,293 MW、原子炉冷却材全流量は、 $48.3 \times 10^6$  kg/hである。

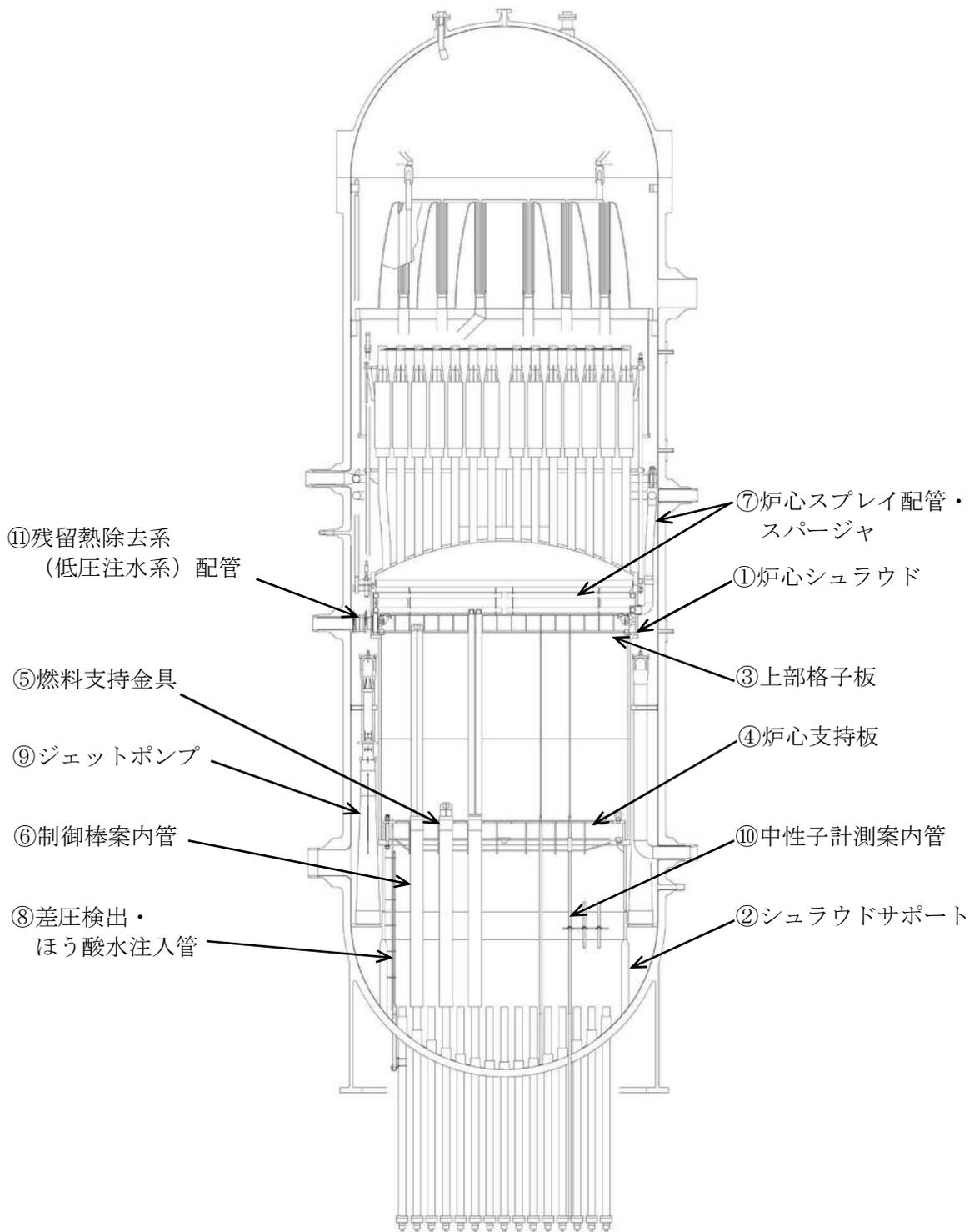


図1 炉内構造物組立図

## 2.1 構造, 材料及び使用条件

### 2.1.1 炉心シュラウド

#### (1) 構造

東海第二の炉心シュラウドは, 円筒形の構造物であり, 1 個設置されている。

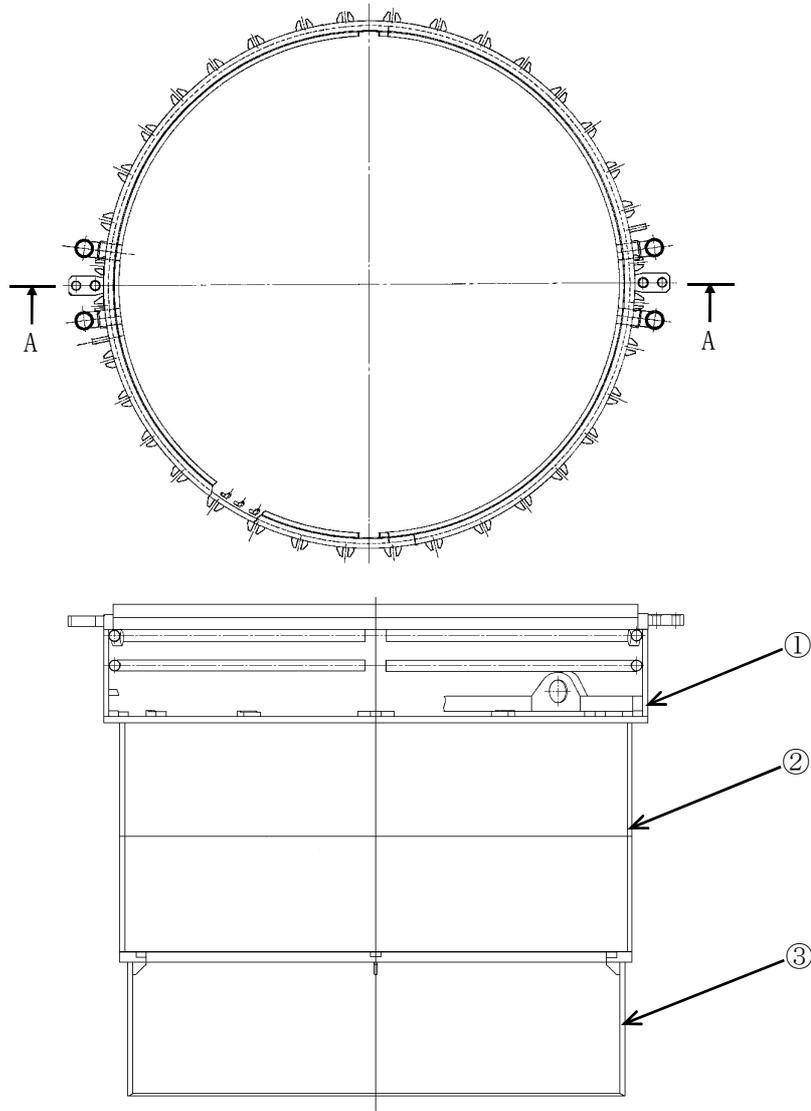
炉心シュラウドは, 耐食性の高いステンレス鋼が使用されており, 炉心内を上昇する原子炉冷却材の流れと炉心シュラウドと原子炉压力容器壁との間の環状部を下降する原子炉冷却材の流れを隔離する構造となっており, 下端はシュラウドサポートに溶接されている。

東海第二の炉心シュラウドの構造図を図 2.1-1 に示す。

#### (2) 材料及び使用条件

東海第二の炉心シュラウド主要部位の使用材料を表 2.1-1 に, 使用条件を表 2.1-2 に示す。

No.	部位
①	上部胴
②	中間胴
③	下部胴



A-A 断面

図 2.1-1 炉心シュラウド構造図

表 2.1-1 炉心シュラウド主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
炉心の支持	支持	上部胴	ステンレス鋼
		中間胴	ステンレス鋼
		下部胴	ステンレス鋼

表 2.1-2 炉心シュラウドの使用条件

最高使用圧力*1	8.62 MPa
最高使用温度	302 °C
内部流体	純水

\*1：環境の最高使用圧力を示す

## 2.1.2 シュラウドサポート

### (1) 構造

東海第二のシュラウドサポートは、高ニッケル合金を使用した脚支持円筒形の構造物であり、1 個設置されている。

シュラウドサポートは、耐食性の高い高ニッケル合金が使用されており、上端で炉心シュラウドを支持し、レグ及びプレートで原子炉压力容器に支えられている。

また、第 12 回定期検査（1992 年度）において、海外プラントでの応力腐食割れによる損傷事例に鑑み、マンホール蓋についてボルト締め構造に変更している。

東海第二のシュラウドサポートの構造図を図 2.1-2 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

東海第二のシュラウドサポート主要部位の使用材料を表 2.1-3 に、使用条件を表 2.1-4 に示す。

No.	部位
①	シリンダ
②	プレート
③	レグ
④	マンホール蓋
⑤	取付ボルト

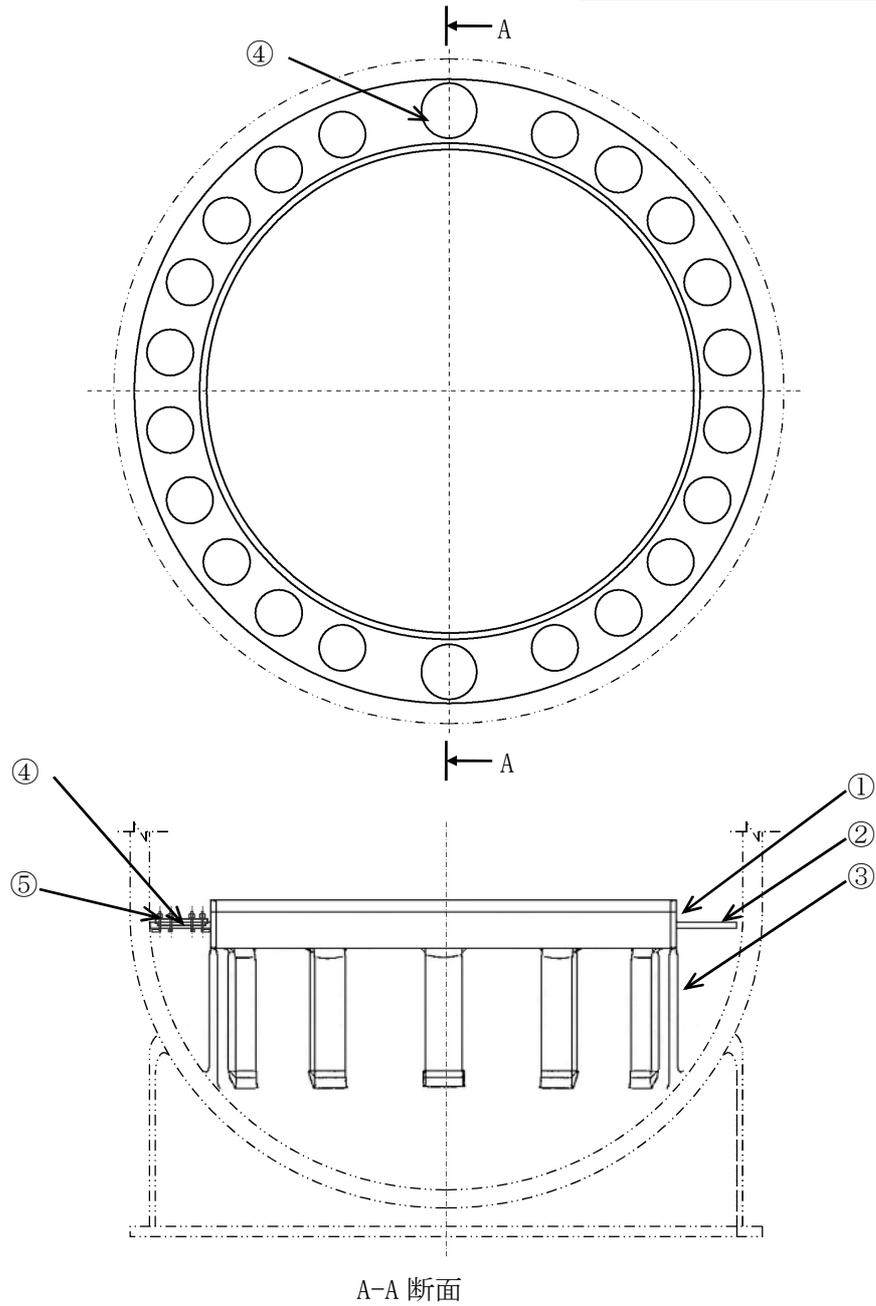


図 2.1-2 シュラウドサポート構造図

表 2.1-3 シュラウドサポート主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
炉心の支持	支持	シリンダ	高ニッケル合金
		プレート	高ニッケル合金
		レグ	高ニッケル合金
炉心冷却材 流路の確保	その他	マンホール蓋	高ニッケル合金
		取付ボルト	高ニッケル合金

表 2.1-4 シュラウドサポートの使用条件

最高使用圧力*1	8.62 MPa
最高使用温度	302 ℃
内部流体	純水

\*1：環境の最高使用圧力を示す

### 2.1.3 上部格子板

#### (1) 構造

東海第二の上部格子板は、格子状の構造物であり、1 個設置されている。

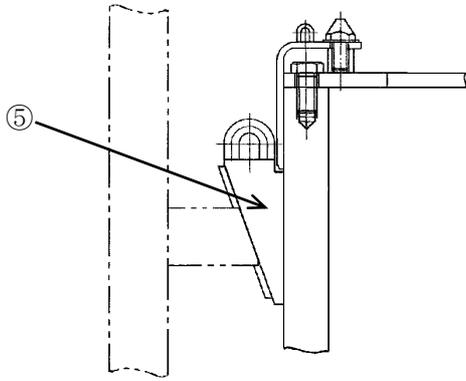
上部格子板は、耐食性の高いステンレス鋼が使用されており、燃料集合体上部の水平方向及び核計装装置の上端の支持をしており、炉心シュラウドにレストレイントで取付けられている。

東海第二の上部格子板の構造図を図 2.1-3 に示す。

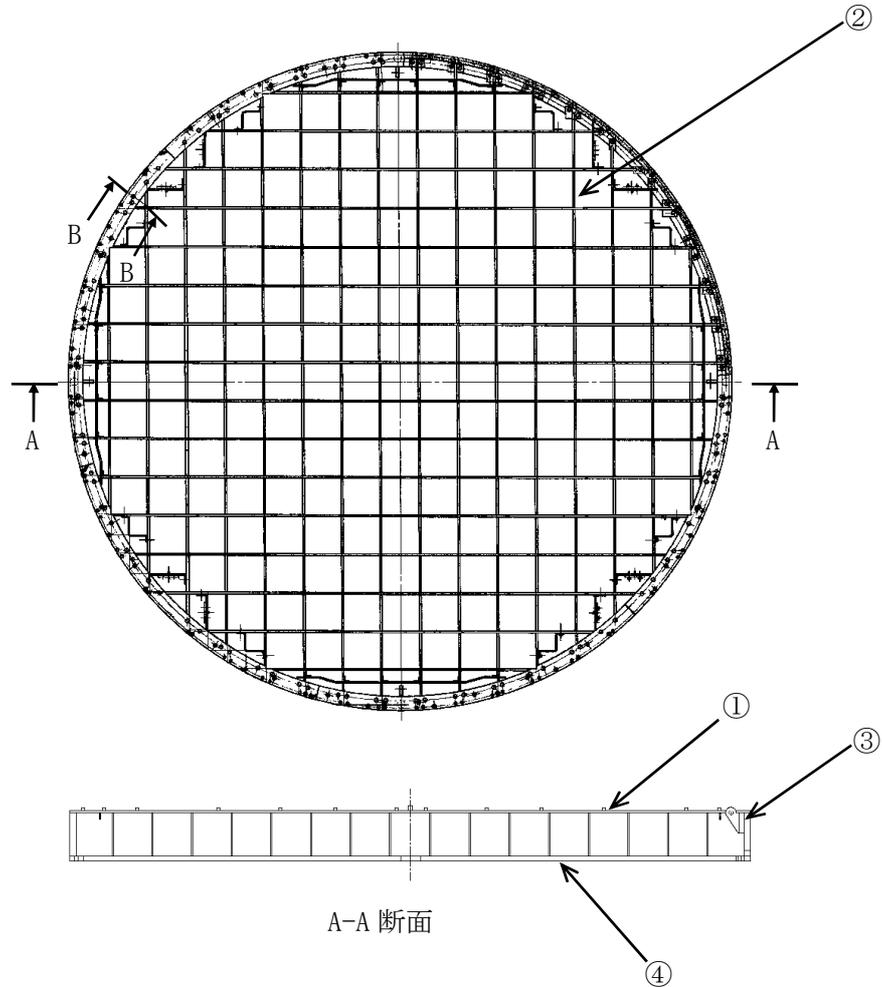
#### (2) 材料及び使用条件

東海第二の上部格子板主要部位の使用材料を表 2.1-5 に、使用条件を表 2.1-6 に示す。

No.	部位
①	上部フランジ
②	グリッドプレート
③	リム胴
④	下部フランジ
⑤	レストレイント



B-B 断面



A-A 断面

図 2.1-3 上部格子板構造図

表 2.1-5 上部格子板主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
炉心の支持	支持	上部フランジ	ステンレス鋼
		グリッドプレート	ステンレス鋼
		リム胴	ステンレス鋼
		下部フランジ	ステンレス鋼
機器の支持	支持	レストレイント	ステンレス鋼

表 2.1-6 上部格子板の使用条件

最高使用圧力*1	8.62 MPa
最高使用温度	302 °C
内部流体	純水

\*1：環境の最高使用圧力を示す

#### 2.1.4 炉心支持板

##### (1) 構造

東海第二の炉心支持板は、多孔円板状の構造物であり、1 個設置されている。

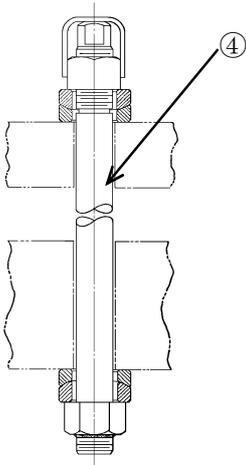
炉心支持板は、耐食性の高いステンレス鋼が使用されており、制御棒案内管上部、燃料集合体及び中性子計測案内管等の水平方向及び周辺燃料の重量を支えており、シュラウドにスタッドで取付けられている。

東海第二の炉心支持板の構造図を図 2.1-4 に示す。

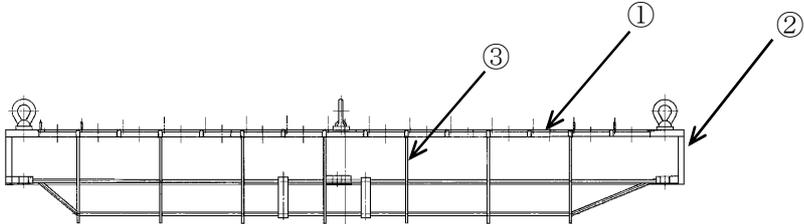
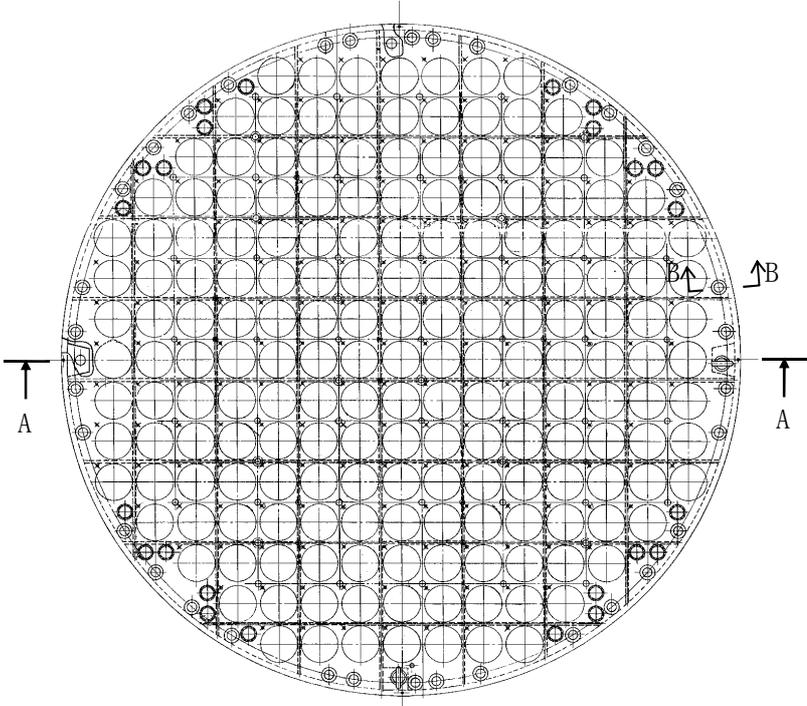
##### (2) 材料及び使用条件

東海第二の炉心支持板主要部位の使用材料を表 2.1-7 に、使用条件を表 2.1-8 に示す。

No.	部位
①	支持板
②	リム胴
③	補強ビーム
④	スタッド



B-B 断面



A-A 断面

图 2.1-4 炉心支持板構造図

表 2.1-7 炉心支持板主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
炉心の支持	支持	支持板	ステンレス鋼
		リム胴	ステンレス鋼
		補強ビーム	ステンレス鋼
機器の支持	支持	スタッド	ステンレス鋼

表 2.1-8 炉心支持板の使用条件

最高使用圧力*1	8.62 MPa
最高使用温度	302 °C
内部流体	純水

\*1：環境の最高使用圧力を示す

## 2.1.5 燃料支持金具

### (1) 構造

東海第二の燃料支持金具は、中央燃料支持金具が 185 個、周辺燃料支持金具が 24 個設置されている。

燃料支持金具は、耐食性の高いステンレス鋼及びステンレス鋳鋼が使用されており、中央燃料支持金具は、制御棒案内管の上部に取付けられており、周辺燃料支持金具は、炉心支持板に取付けられている。燃料支持金具は燃料集合体を支持するとともに燃料集合体への原子炉冷却材の流路を形成している。

東海第二の燃料支持金具の構造図を図 2.1-5 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

東海第二の燃料支持金具主要部位の使用材料を表 2.1-9 に、使用条件を表 2.1-10 に示す。

No.	部位
①	中央燃料支持金具
②	周边燃料支持金具

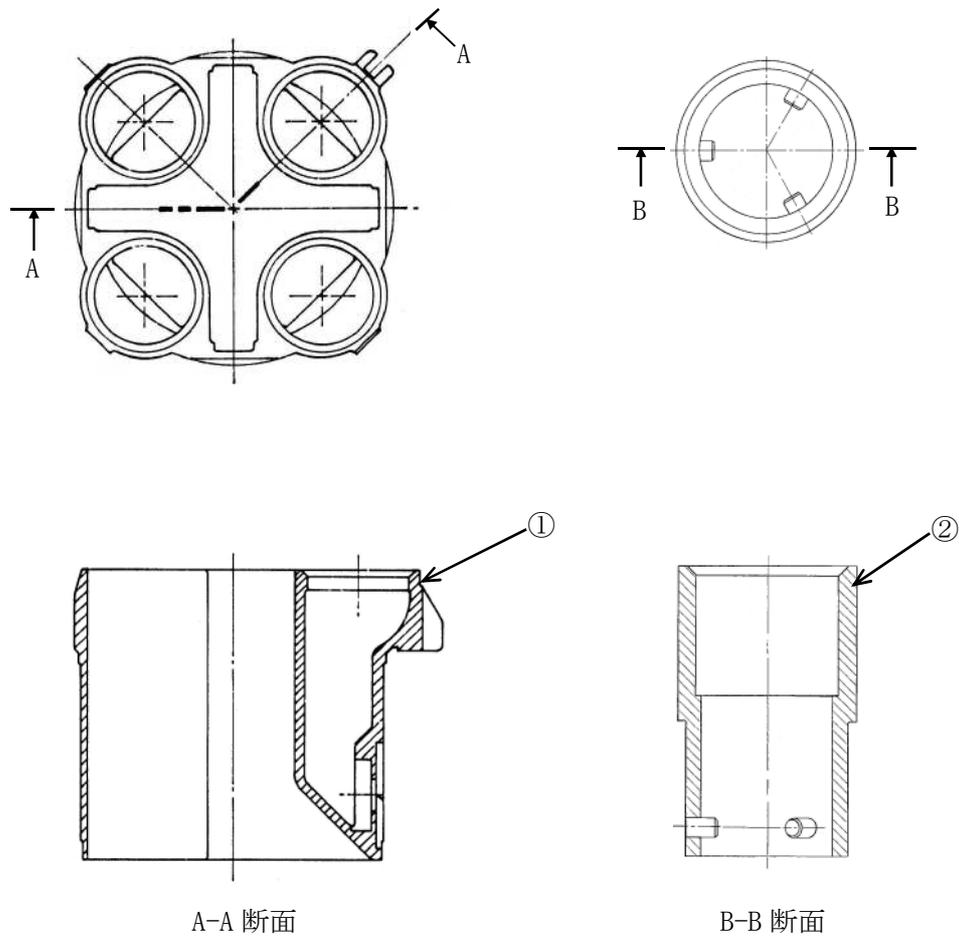


图 2.1-5 燃料支持金具構造図

表 2.1-9 燃料支持金具主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
炉心の支持	支持	中央燃料支持金具	ステンレス鋳鋼
		周辺燃料支持金具	ステンレス鋼

表 2.1-10 燃料支持金具の使用条件

最高使用圧力*1	8.62 MPa
最高使用温度	302 ℃
内部流体	純水

\*1：環境の最高使用圧力を示す

## 2.1.6 制御棒案内管

### (1) 構造

東海第二の制御棒案内管は、円筒形状の構造物であり、185 個設置されている。

制御棒案内管は、耐食性の高いステンレス鋼及びステンレス鋳鋼が使用されており、制御棒の挿入・引抜の際のガイドとなるとともに、燃料集合体及び中央燃料支持金具の重量を支えている。また、上端は炉心支持板により水平方向を支持されており、下端は制御棒駆動機構ハウジングに取付けられている。

東海第二の制御棒案内管の構造図を図 2.1-6 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

東海第二の制御棒案内管主要部位の使用材料を表 2.1-11 に、使用条件を表 2.1-12 に示す。

No.	部位
①	スリーブ
②	ボディ
③	ベース

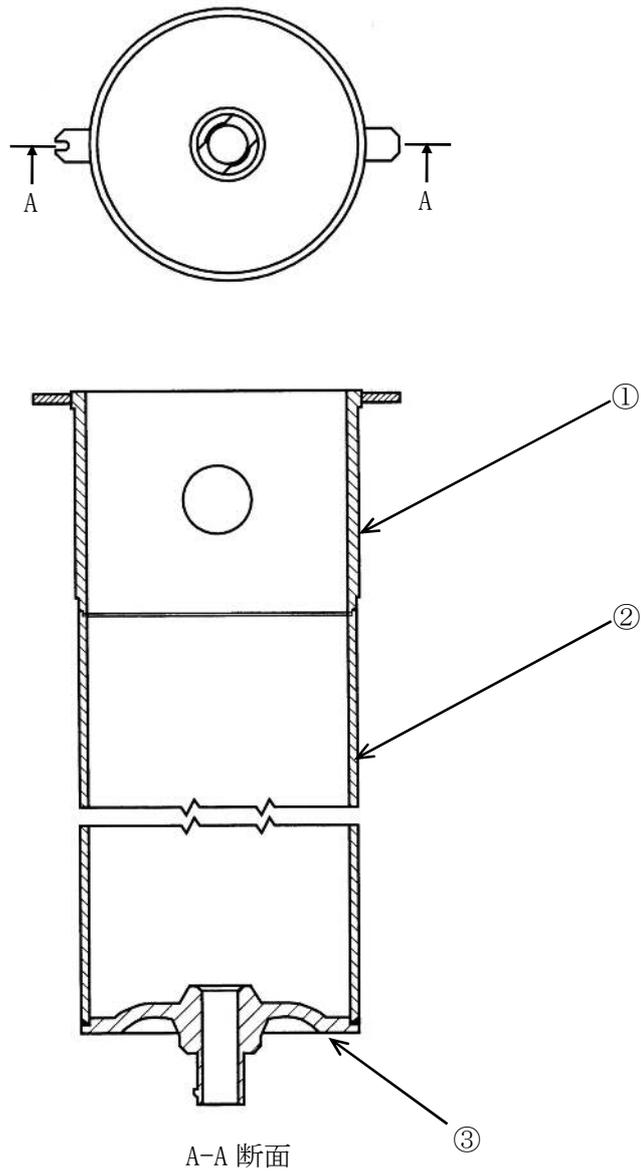


図 2.1-6 制御棒案内管構造図

表 2.1-11 制御棒案内管主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
炉心の支持	支持	スリーブ	ステンレス鋼
		ボディ	ステンレス鋼
		ベース	ステンレス鋳鋼

表 2.1-12 制御棒案内管の使用条件

最高使用圧力*1	8.62 MPa
最高使用温度	302 °C
内部流体	純水

\*1：環境の最高使用圧力を示す

## 2.1.7 炉心スプレイ配管・スパージャ

### (1) 構造

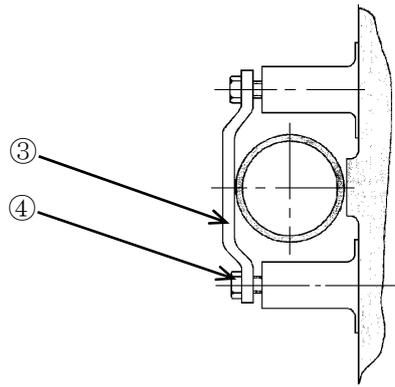
東海第二の炉心スプレイ配管・スパージャは、管状の構造物であり、2系統（配管2，スパージャ4）設置されている。

炉心スプレイ配管・スパージャは、耐食性の高いステンレス鋼及びステンレス鋳鋼が使用されており、冷却水を炉心に供給するためのものである。炉心スプレイ配管・スパージャはサーマルスリーブを介し炉心スプレイノズルセーフエンドに溶接されており、配管部は原子炉圧力容器内面のブラケットにより支持されている。

東海第二の炉心スプレイ配管・スパージャの構造図を図 2.1-7 及び図 2.1-8 に示す。

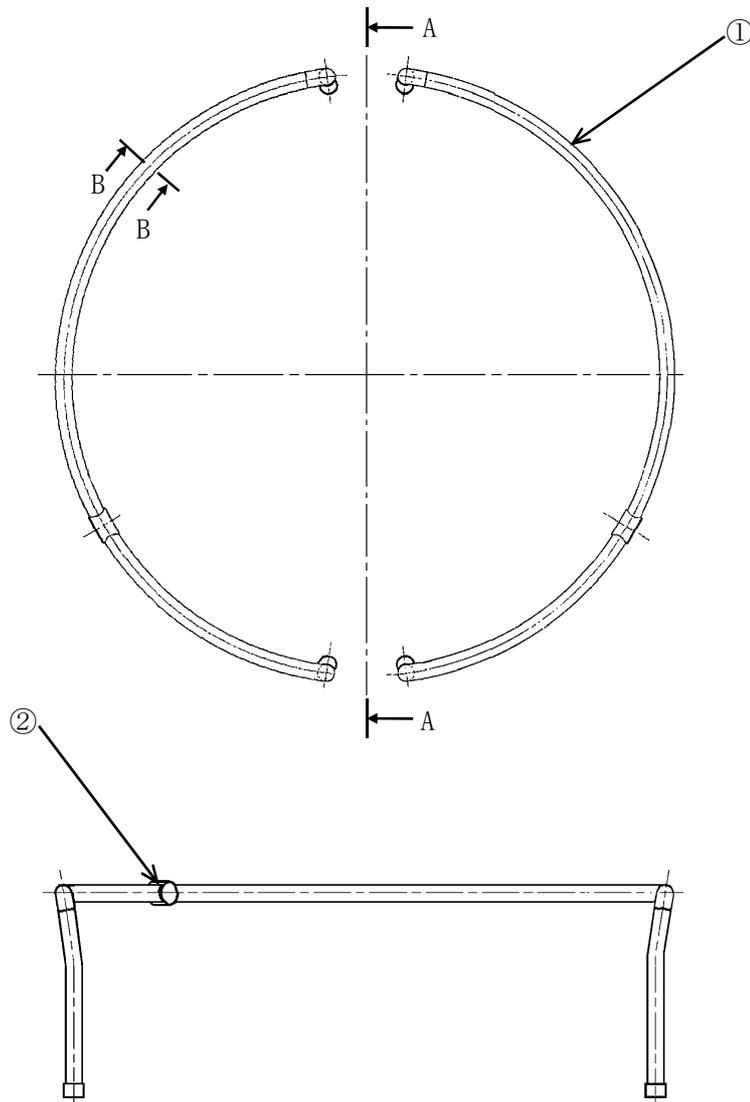
### (2) 材料及び使用条件

東海第二の炉心スプレイ配管・スパージャ主要部位の使用材料を表 2.1-13 に、使用条件を表 2.1-14 に示す。



B-B 断面

No.	部位
①	パイプ
②	ティ (配管)
③	クランプ
④	取付ボルト



A-A 矢視

図 2.1-7 炉心スプレイ配管構造図

No.	部位
①	ティ (スパージャ)
②	ヘッド
③	ノズル
④	スパージャブラケット

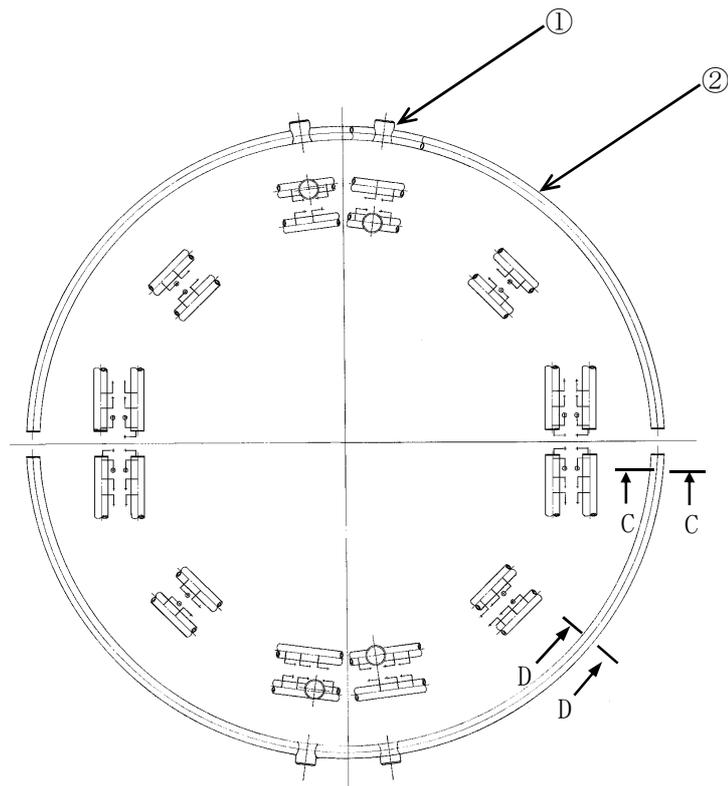
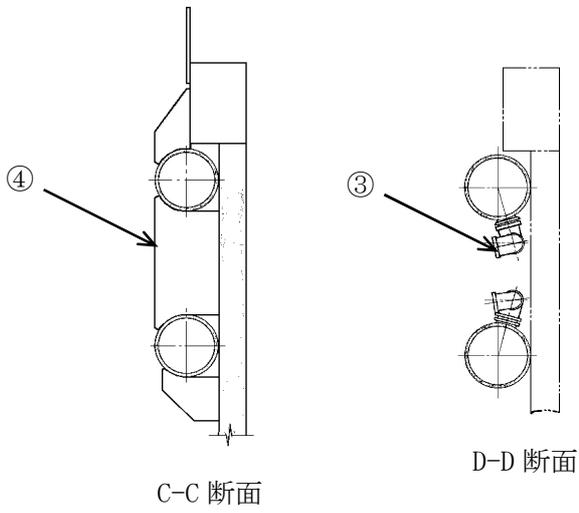


図 2.1-8 炉心スプレースパージャ構造図

表 2.1-13 炉心スプレイ配管・スパージャ主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
炉心冷却材 流路の確保	流路形成	パイプ	ステンレス鋼
		ティ（配管）	ステンレス鋼
		ティ（スパージャ）	ステンレス鋼
		ヘッド	ステンレス鋼
		ノズル	ステンレス鋼, ステンレス鋳鋼
機器の支持	支持	スパージャブラケット	ステンレス鋼
		クランプ	ステンレス鋼
		取付ボルト	ステンレス鋼

表 2.1-14 炉心スプレイ配管・スパージャの使用条件

最高使用圧力*1	8.62 MPa
最高使用温度	302 °C
内部流体	純水

\*1：環境の最高使用圧力を示す

## 2.1.8 差圧検出・ほう酸水注入管

### (1) 構造

東海第二の差圧検出・ほう酸水注入管は、二重配管状の構造物であり、1個設置されている。

差圧検出・ほう酸水注入管は、耐食性の高いステンレス鋼が使用されており、差圧検出・ほう酸水注入ノズルからシュラウドサポート内側を經由し炉心支持板までの範囲に位置し、途中を炉心シュラウド及びシュラウドサポートに、上端を炉心支持板により支持されている。差圧検出・ほう酸水注入管は同心の二重管であり、炉内で内側配管と外側配管とに分離する。外側配管は、炉心支持板上部の圧力を検出している。また、内側配管は、原子炉圧力容器下部の圧力を検出するとともに、五ほう酸ナトリウム水を注入できる構造となっている。

東海第二の差圧検出・ほう酸水注入管の構造図を図 2.1-9 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

東海第二の差圧検出・ほう酸水注入管主要部位の使用材料を表 2.1-15 に、使用条件を表 2.1-16 に示す。

No.	部位
①	パイプ
②	サポート

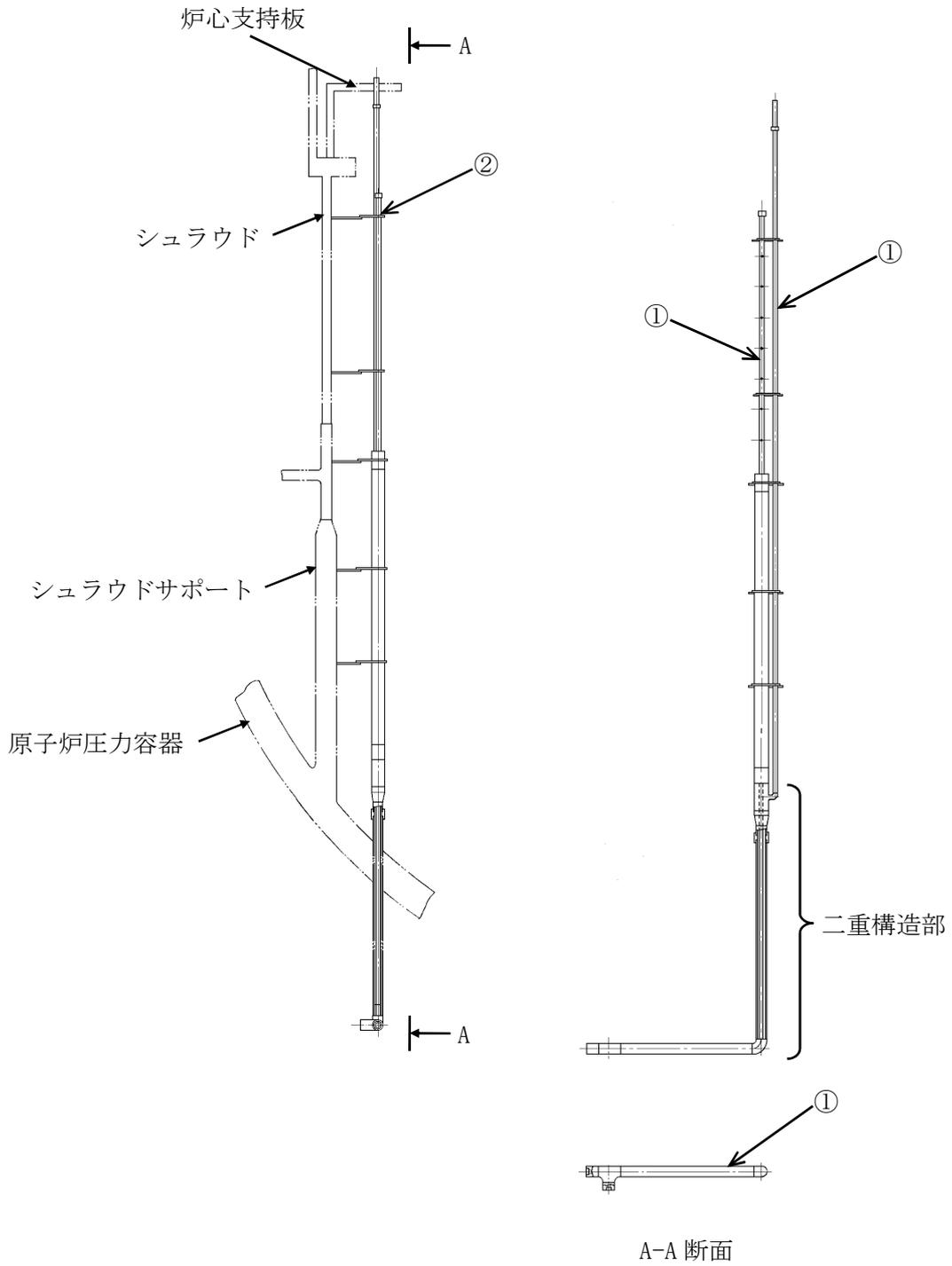


図 2.1-9 差圧検出・ほう酸水注入管構造図

表 2.1-15 差圧検出・ほう酸水注入管主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
炉心冷却材 流路の確保	流路形成	パイプ	ステンレス鋼
機器の支持	支持	サポート	ステンレス鋼

表 2.1-16 差圧検出・ほう酸水注入管の使用条件

最高使用圧力*1	8.62 MPa
最高使用温度	302 °C
内部流体	純水

\*1：環境の最高使用圧力を示す

## 2.1.9 ジェットポンプ

### (1) 構造

東海第二のジェットポンプは、流体噴射駆動式のポンプであり、20 個設置されている。

ジェットポンプは、耐食性の高いステンレス鋼及び高ニッケル合金が使用されており、原子炉圧力容器ノズル及びシュラウドサポートに固定されている。また、途中、ライザブレースにより原子炉圧力容器に支持されている。インレットミキサは、取外し可能な構造となっており、ビームにより固定されている。給水並びに気水分離器及び蒸気乾燥器で分離された水の一部が再循環ループに取出され、原子炉再循環ポンプにより昇圧された後、ジェットポンプのノズルから高速で噴出し、給水並びに気水分離器及び蒸気乾燥器で分離された水の残りをディフューザで圧力回復された後、炉心に供給される。

なお、ビームについては、海外プラントにおいて応力腐食割れが発生した事例があることから、第7回定期検査（1986年度）及び第18回定期検査（2001年度）において、耐応力腐食割れ性に優れたビーム（熱処理方法改善、ビーム締付力の低減、形状の変更による応力低減）に全数取替えている。

第22回定期検査（2006年度）において、ジェットポンプ計測配管に疲労割れと推定される割れが認められ、当該部を形状記憶合金を用いて修繕している。

第24回定期検査（2009年度）において、更なる共振対策としてTボルトクランプの追設及びCクランプからTボルトクランプへの一部取替を実施している。

東海第二のジェットポンプの構造図を図2.1-10に示す。

### (2) 材料及び使用条件

東海第二のジェットポンプ主要部位の使用材料を表2.1-17に、使用条件を表2.1-18に示す。

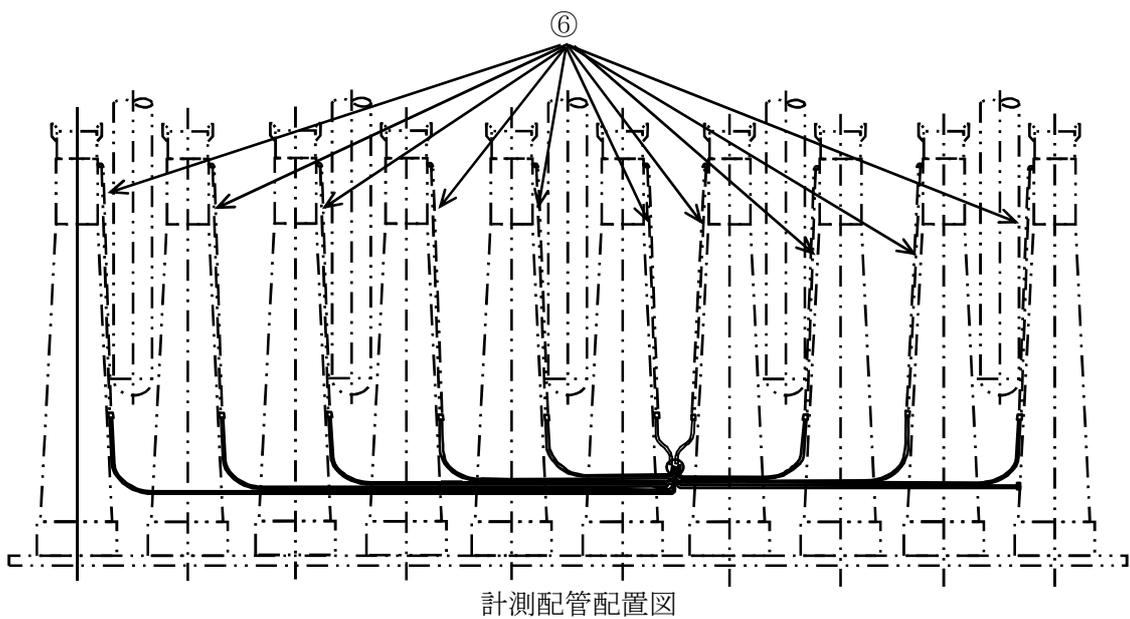
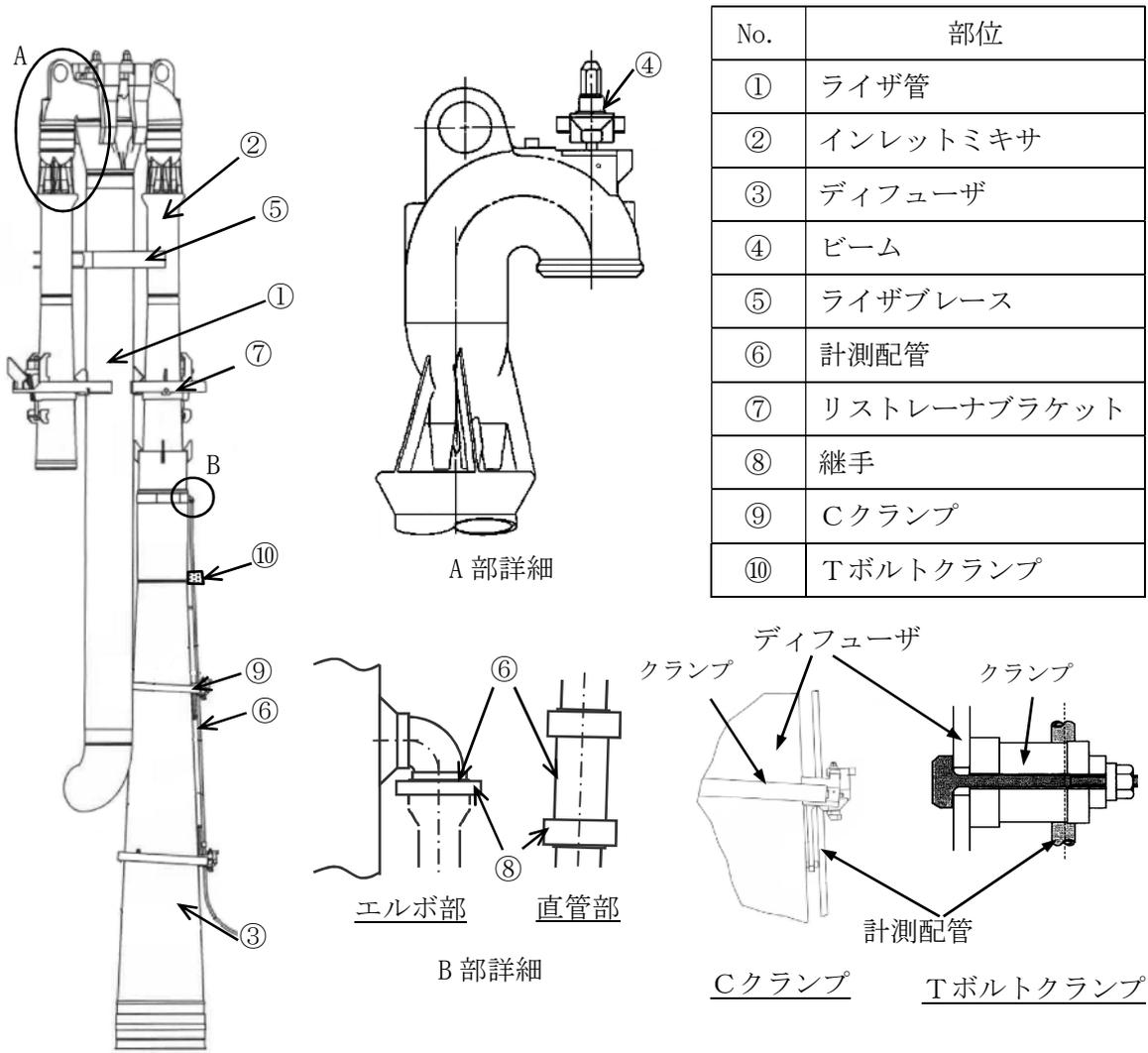


図 2.1-10 ジェットポンプ構造図

表 2.1-17 ジェットポンプ主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
炉心冷却材 流路の確保	流路形成	ライザ管	ステンレス鋼
		インレットミキサ	ステンレス鋼, ステンレス鋳鋼
		ディフューザ	ステンレス鋼, ステンレス鋳鋼, 高ニッケル合金
機器の支持	支持	ビーム	高ニッケル合金
		ライザブレース	ステンレス鋼
		リストレーナブラケット	ステンレス鋳鋼
その他	その他	計測配管	ステンレス鋼
		継手	形状記憶合金：合金鋼 Cクランプ：ステンレス鋼 Tボルトクランプ：低合金鋼

表 2.1-18 ジェットポンプの使用条件

最高使用圧力*1	8.62 MPa
最高使用温度	302 °C
内部流体	純水

\*1：環境の最高使用圧力を示す

## 2.1.10 中性子計測案内管

### (1) 構造

東海第二の中性子計測案内管は、管状の構造物であり、55 個設置されている。

中性子計測案内管は、耐食性の高いステンレス鋼が使用されており、核計装装置のガイドをしており、上端は炉心支持板、中間部はスタビライザ、また下端は中性子計測ハウジングにより支持されている。

なお、55 個のうち 1 個は、第 18 回定期検査（2001 年度）において、中性子計測ハウジングの取替に伴い、中性子計測ハウジングとの溶接構造を変更している。

東海第二の中性子計測案内管の構造図を図 2.1-11 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

東海第二の中性子計測案内管主要部位の使用材料を表 2.1-19 に、使用条件を表 2.1-20 に示す。

No.	部位
①	パイプ
②	スタビライザ

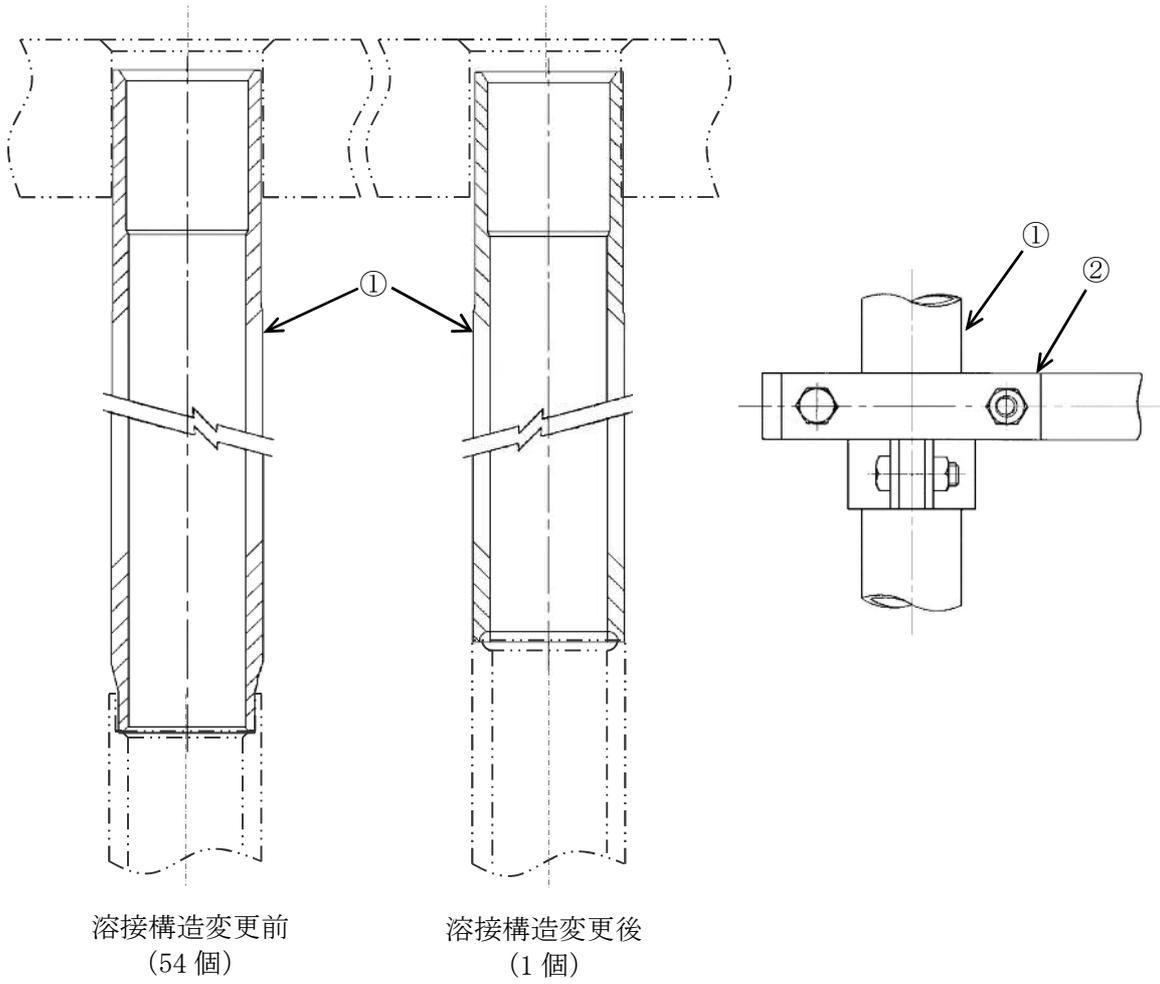


図 2.1-11 中性子計測案内管構造図

表 2.1-19 中性子計測案内管主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
ガイド	支持	パイプ	ステンレス鋼
機器の支持	支持	スタビライザ	ステンレス鋼

表 2.1-20 中性子計測案内管の使用条件

最高使用圧力*1	8.62 MPa
最高使用温度	302 °C
内部流体	純水

\*1：環境の最高使用圧力を示す

## 2.1.11 残留熱除去系（低圧注水系）配管

### (1) 構造

東海第二の残留熱除去系（低圧注水系）配管は、管状の構造物であり、3個設置されている。

残留熱除去系（低圧注水系）配管は、耐食性の高いステンレス鋼が使用されており、冷却水を炉心シュラウド内に供給するためのものである。残留熱除去系（低圧注水系）配管は、原子炉圧力容器の低圧注水ノズルと炉心シュラウドをサーマルスリーブ、フランジ、スリーブ等により繋いでいる。

東海第二の残留熱除去系（低圧注水系）配管の構造図を図 2.1-12 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

東海第二の残留熱除去系（低圧注水系）配管主要部位の使用材料を表 2.1-21 に、使用条件を表 2.1-22 に示す。

No.	部位
①	フランジネック
②	スリーブ
③	フランジ
④	カップリング
⑤	ボルト
⑥	ベローズ

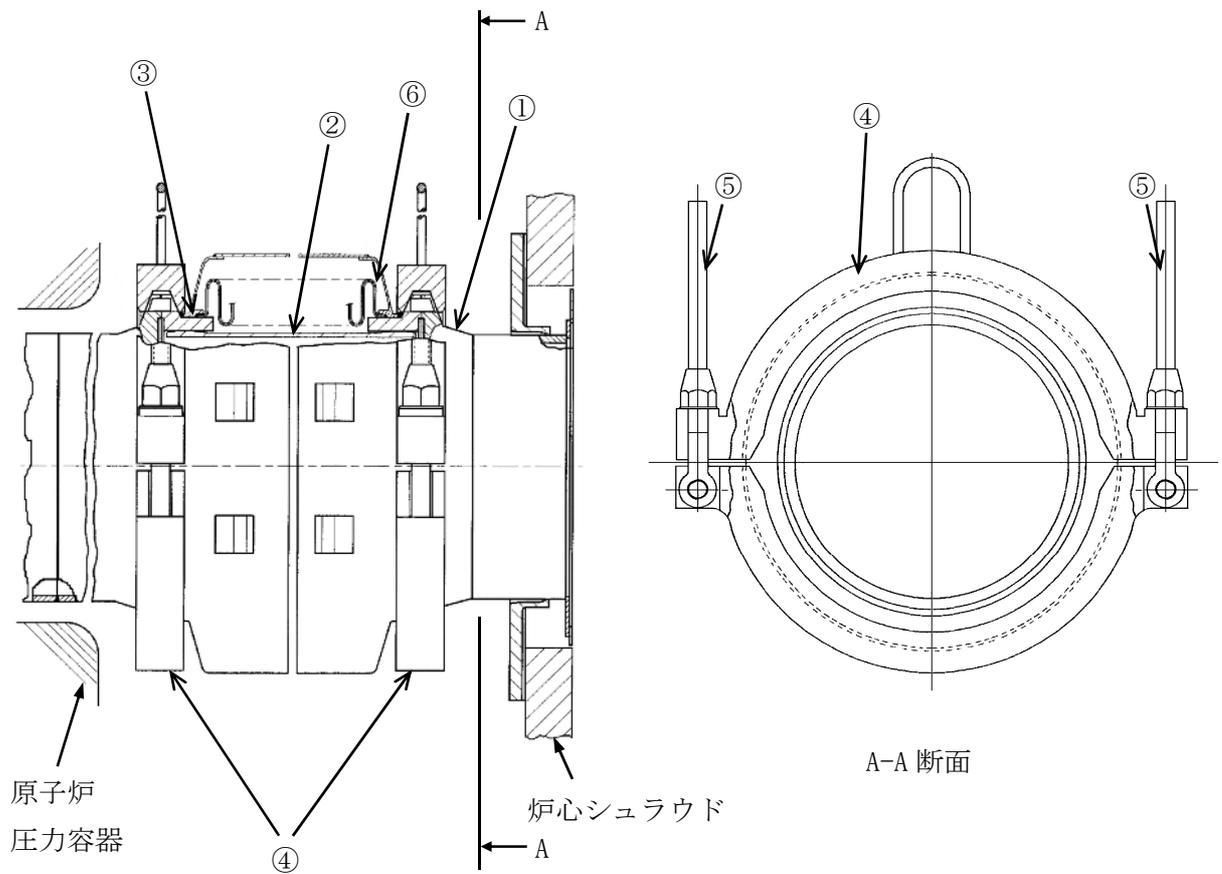


図 2.1-12 残留熱除去系（低圧注水系）配管構造図

表 2.1-21 残留熱除去系（低圧注水系）配管主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
炉心冷却材 流路の確保	流路形成	フランジネック	ステンレス鋼
		スリーブ	ステンレス鋼
機器の支持	支持	フランジ	ステンレス鋼
		カップリング	ステンレス鋼
		ボルト	ステンレス鋼
その他	その他	ベローズ	ステンレス鋼

表 2.1-22 残留熱除去系（低圧注水系）配管の使用条件

最高使用圧力*1	8.62 MPa
最高使用温度	302 °C
内部流体	純水

\*1：環境の最高使用圧力を示す

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

炉内構造物の機能である炉心形状の維持及び炉外の機器・系統との連携による炉心冷却機能の達成に必要な項目は以下のとおり。

- (1) 炉心の支持
- (2) 炉心冷却材流路の確保
- (3) 機器の支持
- (4) ガイド

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

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

なお、消耗品及び定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

炉内構造物には、消耗品及び定期取替品はない。

(3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

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

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

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

- a. 疲労割れ [炉心シュラウド，シュラウドサポート]
- b. 照射誘起型応力腐食割れ [炉心シュラウド，上部格子板，炉心支持板，周辺燃料支持金具，制御棒案内管]

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

- a. 粒界型応力腐食割れ [炉心シュラウド，シュラウドサポート，上部格子板，炉心支持板，周辺燃料支持金具，制御棒案内管，炉心スプレイ配管・スパージャ，差圧検出・ほう酸水注入管，ジェットポンプ，中性子計測案内管，残留熱除去系（低圧注水系）配管]

炉心シュラウド，シュラウドサポート，上部格子板，炉心支持板，周辺燃料支持金具，制御棒案内管，炉心スプレイ配管・スパージャ，差圧検出・ほう酸水注入管，ジェットポンプ，中性子計測案内管，残留熱除去系（低圧注水系）配管は，ステンレス鋼及び高ニッケル合金であり高温の純水環境中にあるため，国内外の損傷事例から粒界型応力腐食割れが想定される。

炉心シュラウドーシュラウドサポートの周方向溶接部（H7）及びシュラウドサポートのシリンダ縦溶接部（V8）については，高温純水中の高ニッケル合金であり，粒界型応力腐食割れと推定されるひび割れが確認されている。

2010年3月に経済産業省に報告した「東海第二発電所におけるシュラウドサポート溶接部のひび割れに関する評価書」において， $S_2$ 地震荷重及び当時の基準地震動  $S_8$  を考慮し，ひびの進展評価及び破壊評価を実施しており，技術基準に適合しなくなると見込まれる時期は所定の期間（2010年3月から30年間）を超える45年と評価されている。

炉心シュラウドの胴母材部には，製造時に仮設部材が一時的に溶接で取り付けられていた部位があり，溶接時の入熱や機械加工によって，材料の鋭敏化や引張残留応力が付与された状態となっている可能性があることから，将来にわたって応力腐食割れが発生することは否定できない。

しかしながら，当該部位は炉心シュラウド全体に比べごく限られた小さな範囲であり，応力腐食割れが発生したとしてもごく一部に留まるため，構造健全性に影響するき裂となることは考えられない。

炉心シュラウド及びシュラウドサポートについては，維持規格等に基づき計画的に水中テレビカメラによる目視点検及び超音波探傷検査を実施しており，上記の評価で用いた評価用寸法を上回るひびの進展は確認されておらず，また，現在ひびの確認されている溶接部以外においては，粒界型応力腐食割れと推定される欠陥がないことを確認している。

上部格子板，炉心支持板，周辺燃料支持金具，制御棒案内管，炉心スプレイ配管・スパージャ，差圧検出・ほう酸水注入管，ジェットポンプ，中性子計測案内管，残留熱除去系（低圧注水系）配管については，維持規格等に基づき計画的に水中カメラによる目視点検を実施しており，粒界型応力腐食割れと推定される欠陥がないことを確認している。

さらに、ステンレス鋼又は高ニッケル合金の粒界型応力腐食割れは、材料の感受性、腐食環境及び引張応力の3つの因子が同時に存在する条件下で発生するが、東海第二の炉内構造物については、水素注入による腐食環境改善や残留応力低減対策等を実施している。

したがって、炉心シュラウド、シュラウドサポート、上部格子板、炉心支持板、周辺燃料支持金具、制御棒案内管、炉心スプレイ配管・スパージャ、差圧検出・ほう酸水注入管、ジェットポンプ、中性子計測案内管、残留熱除去系（低圧注水系）配管の粒界型応力腐食割れは、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. 摩耗 [ジェットポンプ]

ジェットポンプのリストレーナブラケットのウェッジ及びパッド部はインレットミキサ及びディフューザの振動により摩耗が発生する可能性がある。しかしながら、必要に応じ補助ウェッジを取付ける等の対策を実施している。

また、ジェットポンプのリストレーナブラケットについては計画的に水中テレビカメラによる目視点検を実施しており、これまでに有意な欠陥がないことを確認している。

したがって、ジェットポンプの摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. 締付力の低下 [ジェットポンプ]

ジェットポンプの計測配管の一部は形状記憶合金製の継手及びクランプを用いて機械的に接続しており、温度変動等による締付力の低下が想定される。

しかしながら、ジェットポンプの計測配管で使用している継手は、電力共通研究「ICMハウジング取替工法の実機適用化研究」及び（財）原子力発電技術機構「溶接部等熱影響部信頼性実証試験等（原子力プラント保全技術信頼性実証試験（機器保全実証試験）」にて健全性が確認されている一方向性の形状記憶合金を使用している継手（Cクランプ）、Tボルト及びナットにてジェットポンプディフューザに計測管クランプを固定している緩み防止機能の付いた継手（Tボルトクランプ）であることから、取付け後に緩みが生じる可能性は極めて小さいと判断する。

また、形状記憶合金製の継手及びクランプについては第23回定期検査時（2008年度）及び第25回施設定期検査時（2011年度）に目視点検を実施しており、緩みがないことを確認している。

したがって、ジェットポンプの締付力の低下は、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. 高サイクル疲労割れ〔制御棒案内管，ジェットポンプ，中性子計測案内管〕

制御棒案内管，ジェットポンプ，中性子計測案内管は，原子炉冷却材の流れによる流体振動を受けるため，高サイクル疲労割れの発生が想定されるが，流体振動による高サイクル疲労については，設計段階において考慮されているため，高サイクル疲労割れが発生する可能性は小さく，今後もこれらの傾向が大きく変化する要因があるとは考え難い。

また，ジェットポンプについては，第22回定期検査（2006年度）において計測配管に割れが確認され，共振による疲労割れと推定された。当該部は同定検内に修繕され，再発防止対策として，共振の可能性が否定できない計測配管をCクランプにてディフューザに固定し，固有振動数を高サイクル側に回避するとともに，第24回定期検査（2009年度）において更なる共振対策としてTボルトクランプの追設及びCクランプからTボルトクランプへの一部取替を実施している。

また，共振を引き起こした可能性のある原子炉再循環ポンプの高速試運転を今後行わないこととし，運転中はジェットポンプ流量にて異常のないことを監視している。

なお，制御棒案内管，中性子計測案内管については計画的に水中テレビカメラによる目視点検を実施しており，これまでに有意な欠陥は認められていない。

したがって，制御棒案内管，ジェットポンプ，中性子計測案内管の高サイクル疲労割れは，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. 疲労割れ〔残留熱除去系（低圧注水系）配管〕

残留熱除去系（低圧注水系）配管については，炉心シュラウドと原子炉圧力容器との間に熱膨張差による相対変位が発生し，プラント起動停止時等の繰返しによる低サイクル疲労割れの発生が想定される。

しかしながら，ベローズにより伸縮可能な構造で相対変位に追従可能であり，構造的に大きな荷重が作用しないため，割れに至る疲労が蓄積される可能性は小さく，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

なお，残留熱除去系（低圧注水系）配管については，水中テレビカメラによる定期的な目視点検により健全性を確認している。

したがって，残留熱除去系（低圧注水系）配管の疲労割れは，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、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（日常劣化管理事象以外）

a. 摩耗〔残留熱除去系（低圧注水系）配管〕

残留熱除去系（低圧注水系）配管のフランジは起動・停止時の温度変動によりスリーブとの相対変位が生じて擦れるが、スリーブとの接触面に表面固化処理をしており、また、起動停止の温度変動による摩耗であり、繰返し回数が少ないため、有意な摩耗の発生する可能性はない。

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

b. 照射スウェリング〔炉心シュラウド、上部格子板、炉心支持板、中央・周辺燃料支持金具、制御棒案内管〕

高照射領域で使用される炉心シュラウド、上部格子板、炉心支持板、中央・周辺燃料支持金具及び制御棒案内管については、照射スウェリングの発生が想定されるが、BWRの温度環境（約280℃）や照射量では発生の可能性は極めて小さく、今後もこれらの傾向が大きく変化する要因があるとは考え難い。

したがって、炉心シュラウド、上部格子板、炉心支持板、中央・周辺燃料支持金具、制御棒案内管の照射スウェリングは、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. 照射下クリープ〔炉心シュラウド、上部格子板、炉心支持板、中央・周辺燃料支持金具、制御棒案内管〕

高照射領域で使用される炉心シュラウド、上部格子板、炉心支持板、中央・周辺燃料支持金具及び制御棒案内管については、照射下クリープが生じる可能性がある。

しかしながら、BWRの高照射領域にある炉内構造物においては、照射下クリープの影響が問題となる内圧等による荷重制御型の荷重はなく、差圧等による応力も非常に小さく、今後もこれらの傾向が大きく変化する要因があるとは考え難い。

したがって、炉心シュラウド、上部格子板、炉心支持板、中央・周辺燃料支持金具及び制御棒案内管の照射下クリープは、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- d. 熱時効 [中央燃料支持金具, 制御棒案内管, 炉心スプレイ配管・スパージャ, ジェットポンプ]

中央燃料支持金具, 制御棒案内管, 炉心スプレイ配管・スパージャ, ジェットポンプに使用しているステンレス鋳鋼は, オーステナイト相中に一部フェライト相を含む 2 相組織であり, 使用環境温度が 250℃以上 (最高使用温度 302℃) であるため, 熱時効による材料の靱性低下等の機械的特性が変化することが想定されるが, 中央燃料支持金具, 制御棒案内管, 炉心スプレイ配管・スパージャ, ジェットポンプでステンレス鋳鋼である部位には, き裂の原因となる経年劣化事象は想定されていない。

したがって, 中央燃料支持金具, 制御棒案内管, 炉心スプレイ配管・スパージャ, ジェットポンプの熱時効は, 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

表 2.2-1 (1/11) 炉心シュラウドに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象						備考	
					減肉		割れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
炉心の支持	支持	上部胴		ステンレス鋼			○	△ <sup>*1</sup>			*1: 粒界型応力腐食割れ *2: 照射誘起型応力腐食割れ (中性子照射による靱性低下も考慮している) *3: 照射スウェリング *4: 照射下クリープ	
		中間胴		ステンレス鋼			○	△ <sup>*1</sup> ○ <sup>*2</sup>		▲ <sup>*3*4</sup>		
		下部胴		ステンレス鋼			○	△ <sup>*1</sup>				

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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

表 2.2-1 (2/11) シュラウドサポートに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
炉心の支持	支持	シリンダ		高ニッケル合金			○	△*1				*1:粒界型応力腐食割れ
		プレート		高ニッケル合金			○	△*1				
		レグ		高ニッケル合金			○	△*1				
炉心冷却材流路の確保	その他	マンホール蓋		高ニッケル合金			○					
		取付ボルト		高ニッケル合金			○					

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (3/11) 上部格子板に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象						備考	
					減肉		割れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
炉心の支持	支持	上部フランジ		ステンレス鋼				△*1			*1:粒界型応力腐食割れ *2:照射誘起型応力腐食割れ (中性子照射による靱性低下も考慮している) *3:照射スウェリング *4:照射下クリープ	
		グリッドプレート		ステンレス鋼				△*1○*2		▲*3*4		
		リム胴		ステンレス鋼				△*1				
		下部フランジ		ステンレス鋼				△*1				
機器の支持	支持	レストレイント		ステンレス鋼				△*1				

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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

表 2.2-1 (4/11) 炉心支持板に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
炉心の支持	支持	支持板		ステンレス鋼				△*1○*2			▲*3*4	*1:粒界型応力腐食割れ *2:照射誘起型応力腐食割れ (中性子照射による靱性低下も考慮している) *3:照射スウェリング *4:照射下クリープ
		リム胴		ステンレス鋼				△*1				
		補強ビーム		ステンレス鋼				△*1				
機器の支持	支持	スタッド		ステンレス鋼								

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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

表 2.2-1 (5/11) 燃料支持金具に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考	
					減肉		割れ		材質変化		その他		
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化			
炉心の支持	支持	中央燃料支持金具		ステンレス 鋳鋼						▲		▲*3*4	*1:粒界型応力腐食割れ *2:照射誘起型応力腐食割れ(中性子照射による靱性低下も考慮している) *3:照射スウェリング *4:照射下クリープ
		周辺燃料支持金具		ステンレス鋼					△*1○*2			▲*3*4	

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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

表 2.2-1 (6/11) 制御棒案内管に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
炉心の支持	支持	スリーブ		ステンレス鋼				△*1○*2			▲*4*5	*1:粒界型応力腐食割れ *2:照射誘起型応力腐食割れ(中性子照射による靱性低下も考慮している) *3:高サイクル疲労割れ *4:照射スウェリング *5:照射下クリープ
		ボディ		ステンレス鋼			△*3	△*1				
		ベース		ステンレス 鋳鋼						▲		

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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

表 2.2-1 (7/11) 炉心スプレイ配管・スパージャに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
炉心冷却材流路の確保	流路形成	パイプ		ステンレス鋼				△*1				*1:粒界型応力腐食割れ
		ティ (配管)		ステンレス鋼				△*1				
		ティ (スパージャ)		ステンレス鋼				△*1				
		ヘッダ		ステンレス鋼				△*1				
		ノズル		ステンレス鋼					△*1			
	ステンレス 鋳鋼							▲				
機器の支持	支持	スパージャブラケット		ステンレス鋼								
		クランプ		ステンレス鋼								
		取付ボルト		ステンレス鋼								

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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

表 2.2-1 (8/11) 差圧検出・ほう酸水注入管に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
炉心冷却材流路の確保	流路形成	パイプ		ステンレス鋼				△*1				*1:粒界型応力腐食割れ
機器の支持	支持	サポート		ステンレス鋼				△*1				

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (9/11) ジェットポンプに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考	
					減肉		割れ		材質変化		その他		
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化			
炉心冷却材流路の確保	流路形成	ライザ管		ステンレス鋼				△ <sup>*1</sup>				*1:粒界型応力腐食割れ *2:高サイクル疲労割れ *3:締付力の低下	
		インレットミキサ		ステンレス鋼				△ <sup>*1</sup>					
				ステンレス鋳鋼					▲				
		ディフューザ		ステンレス鋳鋼						▲			
				ステンレス鋼				△ <sup>*1</sup>					
				高ニッケル合金				△ <sup>*1</sup>					
機器の支持	支持	ビーム		高ニッケル合金				△ <sup>*1</sup>					
		ライザブレース		ステンレス鋼			△ <sup>*2</sup>	△ <sup>*1</sup>					
		リストレーナブラケット		ステンレス鋳鋼	△				▲				
その他	その他	計測配管		ステンレス鋼			△ <sup>*2</sup>	△ <sup>*1</sup>					
		継手		合金鋼 ステンレス鋼 低合金鋼							△ <sup>*3</sup>		

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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

表 2.2-1 (10/11) 中性子計測案内管に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
機器の支持	支持	スタビライザ		ステンレス鋼			△*1	△*2				*1:高サイクル疲労割れ *2:粒界型応力腐食割れ
ガイド	支持	パイプ		ステンレス鋼			△*1	△*2				

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (11/11) 残留熱除去系（低圧注水系）配管に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
炉心冷却材流路の確保	流路形成	フランジ ネック		ステンレス鋼				△*1				*1:粒界型応力腐食割れ
		スリーブ		ステンレス鋼	▲							
機器の支持	支持	フランジ		ステンレス鋼	▲			△*1				
		カップリング		ステンレス鋼								
		ボルト		ステンレス鋼								
その他	その他	ベローズ		ステンレス鋼			△	△*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）

## 2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

### (1) 疲労割れ [炉心シュラウド, シュラウドサポート]

#### a. 事象の説明

繰返し応力のもとでは、その材料の静的強度より低い応力によっても割れを起こす場合がある。

炉心シュラウド及びシュラウドサポートについては、プラントの起動・停止時等の熱過渡により、疲労が蓄積される可能性がある。

#### b. 技術評価

##### ① 健全性評価

炉心シュラウド及びシュラウドサポートについて、日本機械学会「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2005 (2007年追補版を含む)」(以下、「設計建設規格」という)に基づいて評価した。対象部位を図2.3-1に示す。

疲労評価は、運転期間延長認可申請に伴う評価として、2016年11月末までの運転実績に基づき推定した2016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。

\*: 評価条件として、2011年3月から2019年8月末まで冷温停止状態、2019年8月以降の過渡回数発生頻度は実績の1.5倍以上を想定した。

また、使用環境を考慮した疲労について、日本機械学会「発電用原子力設備規格 環境疲労評価手法 JSME S NF1-2009」(以下、「環境疲労評価手法」という)に基づいて評価した。評価用過渡条件を表2.3-1に、評価結果を表2.3-2に示す。

その結果、運転開始後60年時点の疲労累積係数は許容値を下回り、疲労割れの可能性は小さいと判断する。

##### ② 現状保全

炉心シュラウド及びシュラウドサポートについては、維持規格に基づき計画的に水中テレビカメラによる代表部位の目視点検を実施しており、これまでの目視点検において、疲労割れによるものと推定される欠陥は認められていない。

さらに、高経年化技術評価に合わせて、実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、疲労割れ発生の可能性は十分小さいと考えるが、疲労評価は実過渡回数に依存するため、今後も実過渡回数を把握する必要がある。

c. 高経年化への対応

炉心シュラウド及びシュラウドサポートの疲労割れに対しては、維持規格に基づく計画的な目視点検を継続していくとともに、継続的に実過渡回数を確認を行い、運転開始後 60 年時点の推定過渡回数を上回らないことを確認する。

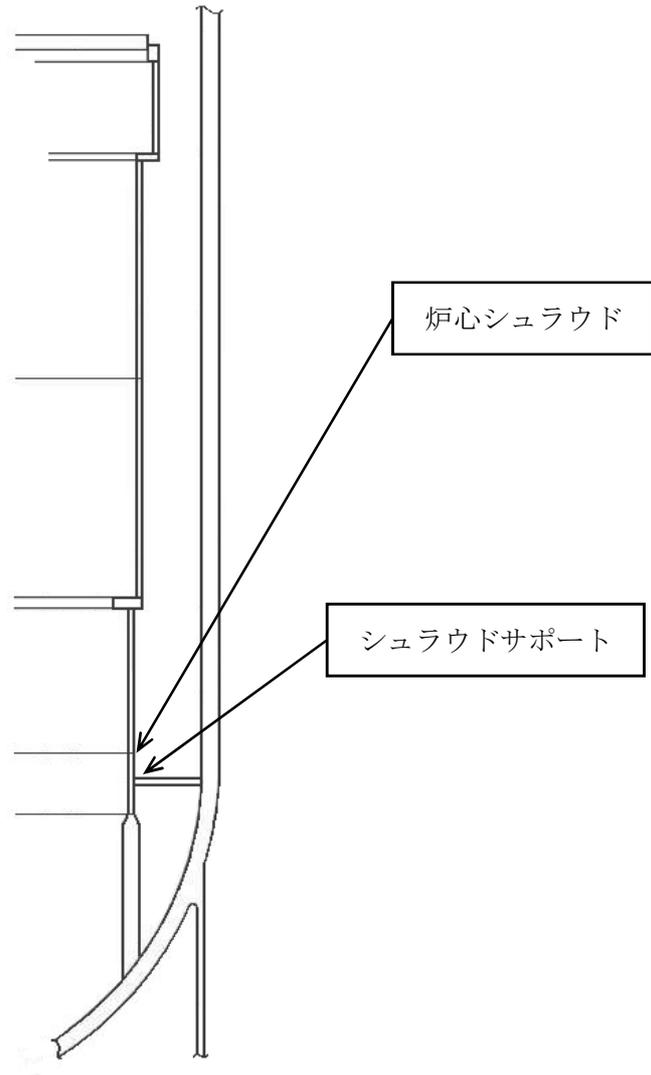


図 2.3-1 炉心シュラウド・シュラウドサポート疲労評価対象部位

表 2.3-1 炉心シュラウド・シュラウドサポート評価用過渡条件

運転条件	運転実績に基づく 過渡回数 (2016年11月時点)	60年目推定
耐圧試験	72	135
起動（昇温）	65	113
起動（タービン起動）	65	113
給水加熱器機能喪失（発電機トリップ）	0	1
スクラム（タービントリップ）	16	23
スクラム（原子炉給水ポンプ停止）	3	6
スクラム（その他）	20	24
停止	65	114

表 2.3-2 炉心シュラウド・シュラウドサポートの疲労評価結果

評価部位	運転実績回数に基づく疲労解析 (許容値：1以下)		
	設計建設規格の疲労曲線 による評価		環境疲労評価手法による解析 (環境を考慮)
	現時点 (2016年11月時点)	運転開始後 60年時点	運転開始後 60年時点
炉心シュラウド	0.0008	0.0014	0.0351
シュラウドサポート	0.0132	0.0230	0.0647

(2) 照射誘起型応力腐食割れ [炉心シュラウド, 上部格子板, 炉心支持板, 周辺燃料支持金具, 制御棒案内管]

a. 事象の説明

ステンレス鋼については, 中性子照射を受けると材料自身の靱性が低下し, 応力腐食割れの感受性が高まるとともに, 材料周辺の腐食環境が水の放射線分解により厳しくなることが知られている。照射誘起型応力腐食割れは, この状況に引張応力場が重畳されると粒界型応力腐食割れを生じる現象である。

図 2.3-2 に示すように, BWR 環境下のステンレス鋼については, 比較的高い累積照射量 ( $5 \times 10^{20}$  n/cm<sup>2</sup> ( $E > 1$  MeV) (以下, 「しきい照射量」という)) を受けた場合に応力腐食割れの感受性への影響が現れると考えられている。

b. 技術評価

① 健全性評価

1. 中性子照射要因

炉心シュラウド, 上部格子板, 炉心支持板, 周辺燃料支持金具, 制御棒案内管は, 炉心を取り囲む機器であり高い中性子照射を受けるため靱性が低下し, 照射誘起型応力腐食割れの感受性が増加する可能性がある。運転開始後 60 年時点の照射量は以下の値と予想される。

なお, 照射量は, 2 次元輸送計算コード DORT により算出した中性子束に運転時間を掛けて算出している。

・炉心シュラウド	: 約 $2.0 \times 10^{21}$ n/cm <sup>2</sup>
・上部格子板	: 約 $2.9 \times 10^{21}$ n/cm <sup>2</sup>
・炉心支持板	: 約 $2.1 \times 10^{20}$ n/cm <sup>2</sup>
・周辺燃料支持金具	: 約 $7.1 \times 10^{19}$ n/cm <sup>2</sup>
・制御棒案内管	: 約 $2.1 \times 10^{20}$ n/cm <sup>2</sup>

照射誘起型応力腐食割れ感受性への影響が考えられるしきい照射量以上の中性子照射を受ける炉内構造物は, 炉心シュラウド (中間胴) 及び上部格子板グリッドプレートである。

2. 応力要因

現状では, 照射誘起型応力腐食割れの応力依存性に関するデータは少ないが, 高い引張応力の存在が応力腐食割れ発生条件の一つとなると考えられる。

炉心支持板, 周辺燃料支持金具, 制御棒案内管の引張応力の発生要因を検討すると, 差圧, 熱, 自重等に起因する引張応力成分は低く, 応力腐食割れの主要因となる可能性はないものと評価する。

炉心シュラウド (中間胴) には溶接部があり, 外面の溶接熱影響部についてはウォータージェットピーニング施工により残留応力の改善を行っているため, 照射誘起型応力腐食割れ発生の可能性はないものと評価する。

一方、内面については、残留応力の改善を行っていないため、将来にわたって応力腐食割れが発生することは否定できない。

炉心シュラウド（中間胴）の母材部及び上部格子板のグリッドプレートについてはしきい照射量を超えるものの、溶接部がないため溶接による残留引張応力はなく、運転中の差圧、熱、自重等に起因する引張応力成分は低いことから、照射誘起型応力腐食割れの主要因となる可能性はないものと評価する。

### 3. 環境要因

評価対象機器は炉心近傍に位置していることから、照射による水の放射線分解の影響が顕著となる可能性がある。

なお、1997年度より水素注入を行い、応力腐食割れに対して環境面からの改善を図っている。

また、炉心シュラウド（中間胴）の内面の溶接部及び熱影響部に対しては水素注入に対して触媒効果のある貴金属をコーティングすることにより、局部的に腐食環境の改善効果を向上させている。

### 4. 照射誘起型応力腐食割れの発生及び進展を考慮した評価

以上の 1.～3.の結果から、炉心シュラウド（中間胴）の内面の溶接部については、これまでの点検でき裂は認められていないが、将来にわたって照射誘起型応力腐食割れが発生することを否定できないため、周方向溶接部の内面にき裂が最大まで進展したと仮定した全周き裂を想定し、維持規格に基づき線形破壊力学評価法により評価を実施した。評価では、差圧、自重、地震荷重及び溶接残留応力を考慮して応力拡大係数を算出し、破壊靱性値については、最新知見を含む破壊靱性値試験データの下限を包絡する破壊靱性評価式（電力共通研究「平成28年度 実機炉内構造物における照射影響評価手法の高度化研究」）を用いて、運転開始後60年時点の中性子照射量による靱性低下を考慮した破壊靱性値を設定し評価した。

その結果、表 2.3-3 に示すように応力拡大係数は、運転開始後60年時点の破壊靱性値を下回ることから、不安定破壊することはないと判断する。

表 2.3-3 炉心シュラウドの照射誘起型応力腐食割れ評価

評価対象	評価 地震力	想定き裂応力 拡大係数 (MPa√m)	破壊靱性値 (MPa√m)
炉心シュラウド (中間胴内面溶接部)	S <sub>s</sub> *	73.8	75

\*：静的地震力及び基準地震動 S<sub>s</sub> の最大値

## ② 現状保全

炉心シュラウド、上部格子板、炉心支持板、周辺燃料支持金具、制御棒案内管については、維持規格及び保守管理の実施に関する計画に基づく点検計画にしたがって計画的に水中テレビカメラによる目視点検並びに長期保守管理方針に基づきMVT-1による目視点検を実施しており、これまでの目視点検において、有意な欠陥は確認されていない。

## ③ 総合評価

炉心シュラウド（中間胴）の内面の溶接部については、照射誘起型応力腐食割れの発生、進展に中性子照射量の増加による靱性低下を考慮した評価を行った結果、運転開始後 60 年時点の中性子照射量を考慮しても不安定破壊に至ることはなく、維持規格等に基づき計画的に目視点検を実施することにより、健全性の確認は可能であると判断する。また、外面の溶接部については、残留応力の改善を行っていることから、照射誘起型応力腐食割れが発生する可能性はないものと評価する。

炉心シュラウド（中間胴）母材部及び上部格子板のグリッドプレートについては、しきい照射量を超えるものの、溶接による残留引張応力はなく、運転中の差圧、熱、自重等に起因する引張応力成分が低いことから、照射誘起型応力腐食割れが発生する可能性はないものと評価する。

炉心支持板、周辺燃料支持金具、制御棒案内管については、しきい照射量を超えないことから、照射誘起型応力腐食割れが発生する可能性はないものと評価する。

## c. 高経年化への対応

炉心シュラウド、上部格子板、炉心支持板、周辺燃料支持金具、制御棒案内管の照射誘起型応力腐食割れに対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に追加すべき項目はなく、今後も現状保全を継続していく。

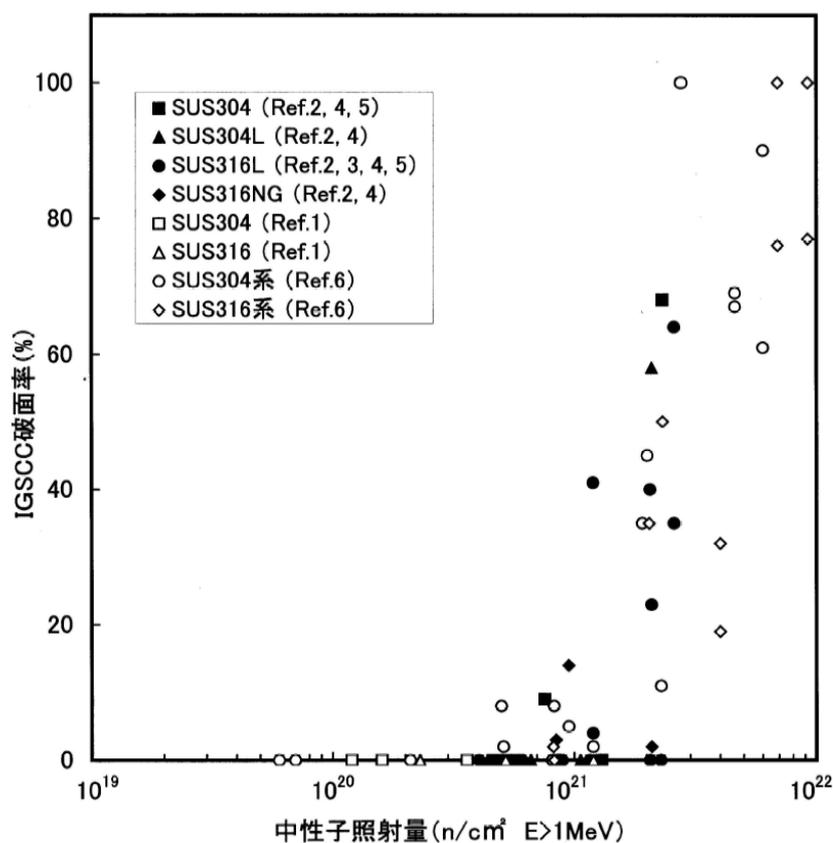


図 2.3-2 304, 316 ステンレス鋼の粒界割れ破面率に及ぼす中性子量の影響 (参考)

[図で引用されている参考文献]

- Ref.1: K. Chatani et al, "Irradiation Assisted Stress Corrosion Cracking Suspectibility of Core Component Materials" Proceedings of 12th International Conference on Environmental Degradation of Materials in Nuclear Power Systems -Water Reactors, 2005.
- Ref.2: 「平成 16 年度照射誘起応力腐食割れ (IASCC) 評価技術調査研究に関する報告書」独立行政法人 原子力安全基盤機構
- Ref.3: K. Chatani et al, "IASCC Susceptibility of Thermal Treated Type 316L Stainless Steel" Proceedings of 11th International Conference on Environmental Degradation of Materials in Nuclear Power Systems -Water Reactors, 2003.
- Ref.4: Y. Tanaka et al, "IASCC Susceptibility of Type 304, 304L, and 316L Stainless Steel" Proceedings of 8th International Conference on Environmental Degradation of Materials in Nuclear Power Systems -Water Reactors, 1997.
- Ref.5: K. Fukuya et al, "Mechanical Properties and IASCC Susceptibility in Irradiated Austenitic Steels" Proceedings of 6th International Conference on Environmental Degradation of Materials in Nuclear Power Systems -Water Reactors, 1993.
- Ref.6: S. Suzuki, M. Kodama, S. Shima, M. Yamamoto; Fifth International Symposium on Environmental Degradation of Materials in Nuclear Power Systems-Water Reactors(1991). Effects of Fluence and Dissolved Oxygen on IASCC in Austenitic Stainless Steels.

東海第二発電所  
ケーブルの技術評価書

(運転を断続的に行うことを前提とした評価)

日本原子力発電株式会社

本評価書は、東海第二発電所（以下、「東海第二」という）で使用している安全上重要なケーブル（重要度分類審査指針におけるクラス 1 及びクラス 2 のケーブル）、高温・高圧の環境下にあるクラス 3 のケーブル及び重大事故等対処設備に属するケーブルについて、運転を断続的に行うことを前提に高経年化に係わる技術評価についてまとめたものである。

なお、高温・高圧の環境下にあるクラス 3 のケーブルはない。

評価対象機器の一覧を表 1 に示す。

評価対象機器を絶縁体材料等でグループ化し、それぞれのグループから、用途、重要度、設置場所等の観点から代表機器を選定し技術評価を行った後、代表以外の機器について評価を展開している。

本評価書はケーブルの種別、ケーブルトレイ、電線管及びケーブル接続部毎に、以下の 5 章で構成されている。

1. 高圧ケーブル
2. 低圧ケーブル
3. 同軸ケーブル
4. ケーブルトレイ，電線管
5. ケーブル接続部

表1 評価対象機器一覧

種別	絶縁体材料	名称	仕様	重要度*1
高圧ケーブル	架橋ポリエチレン	高圧難燃CVケーブル	架橋ポリエチレン絶縁×難燃性特殊耐熱ビニルシース	MS-1重*2
低圧ケーブル	架橋ポリエチレン	CVケーブル	架橋ポリエチレン絶縁×ビニルシース	MS-1重*2
	難燃架橋ポリエチレン	難燃CVケーブル	難燃架橋ポリエチレン絶縁×難燃性特殊耐熱ビニルシース	MS-1重*2
	シリコーンゴム	KGBケーブル	シリコーンゴム絶縁×ガラスシース	MS-1
	難燃エチレンプロピレンゴム	難燃PNケーブル	難燃エチレンプロピレンゴム絶縁×特殊クロロプレンゴムシース	MS-1重*2
同軸ケーブル	架橋ポリエチレン	難燃一重同軸ケーブル	架橋ポリエチレン絶縁×難燃架橋ポリエチレンシース	MS-1重*2
		難燃二重同軸ケーブル	架橋ポリエチレン絶縁×難燃架橋ポリエチレンシース	MS-2重*2
	架橋発泡ポリエチレン	難燃六重同軸ケーブル	架橋発泡ポリエチレン絶縁×難燃架橋ポリエチレンシース	MS-1重*2
	架橋ポリオレフィン	難燃一重同軸ケーブル	架橋ポリオレフィン絶縁×難燃架橋ポリオレフィンシース	MS-1重*2
	架橋発泡ポリオレフィン	難燃三重同軸ケーブル	架橋発泡ポリオレフィン絶縁×難燃架橋ポリオレフィンシース	MS-1重*2
ケーブルトレイ、電線管	—	ケーブルトレイ	炭素鋼	MS-1重*2
	—	電線管	炭素鋼	MS-1重*2
ケーブル接続部	ジアリルフタレート樹脂	端子台接続	ジアリルフタレート樹脂	MS-1重*2
	ポリカーボネイト		ポリカーボネイト	MS-1重*2
	ポリフェニレンエーテル樹脂		ポリフェニレンエーテル樹脂	MS-1重*2
	ビニル	端子接続	ビニル	MS-1重*2
	ジアリルフタレート樹脂	電動弁コネクタ接続	ジアリルフタレート樹脂	MS-1重*2
	ポリエーテルエーテルケトン	同軸コネクタ接続 (中性子束計測用)	ポリエーテルエーテルケトン	MS-1重*2
	架橋ポリスチレン		架橋ポリスチレン	MS-1重*2
	架橋ポリスチレン	同軸コネクタ接続 (放射線計測用)	架橋ポリスチレン	MS-2重*2
	テフロン	同軸コネクタ接続 (中性子束計測用) (放射線計測用)	テフロン	MS-1重*2
架橋ポリオレフィン	スプライス接続	架橋ポリオレフィン	MS-1重*2	

\*1：当該機器に要求される重要度クラスのうち、最上位の重要度クラスを示す

\*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

# 1. 高圧ケーブル

[対象高圧ケーブル]

- ① 高圧難燃 CV ケーブル

## 目次

1. 対象機器 .....	1-1
2. 高圧ケーブルの技術評価.....	1-2
2.1 構造, 材料及び使用条件.....	1-2
2.2 経年劣化事象の抽出.....	1-5
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目.....	1-5
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出.....	1-5
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象.....	1-6
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価.....	1-8

## 1. 対象機器

東海第二で使用している高圧ケーブルの主な仕様を表 1-1 に示す。

表 1-1 高圧ケーブルの主な仕様

名称	用途	重要度*1	仕様 (電圧)	設置場所	使用開始時期
高圧難燃 CV ケーブル	動力	MS-1 重*2	AC 7,000 V 以下	原子炉格納 容器外	運転開始後*3

\*1：当該機器に要求される重要度クラスのうち、最上位の重要度クラスを示す

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

\*3：新規規制基準対応に伴い、長期停止期間中に高圧ケーブルは高圧難燃 CV ケーブルに更新

## 2. 高圧ケーブルの技術評価

### 2.1 構造，材料及び使用条件

#### (1) 構造

東海第二の高圧難燃 CV ケーブルは，大別すると導体，内部半導電層，絶縁体，外部半導電層，遮蔽銅テープ，押えテープ及びシースで構成され，このうちケーブルの絶縁機能は，絶縁体で保たれている。

遮蔽銅テープは，導体からの静電誘導による影響を低減するため，内部半導電層及び外部半導電層はケーブル内の空隙の発生を防止して電界強度のバラツキを抑えるため，押えテープはケーブルを整形するため，シースはケーブルを外的な力から保護するために設けられている。

東海第二の高圧難燃 CV ケーブルの構造図を図 2.1-1 に示す。

#### (2) 材料及び使用条件

東海第二の高圧難燃 CV ケーブル主要部位の使用材料を表 2.1-1 に，使用条件を表 2.1-2 に示す。

No.	部位
①	導体
②	内部半導電層
③	絶縁体
④	外部半導電層
⑤	遮蔽銅テープ
⑥	押えテープ
⑦	シース

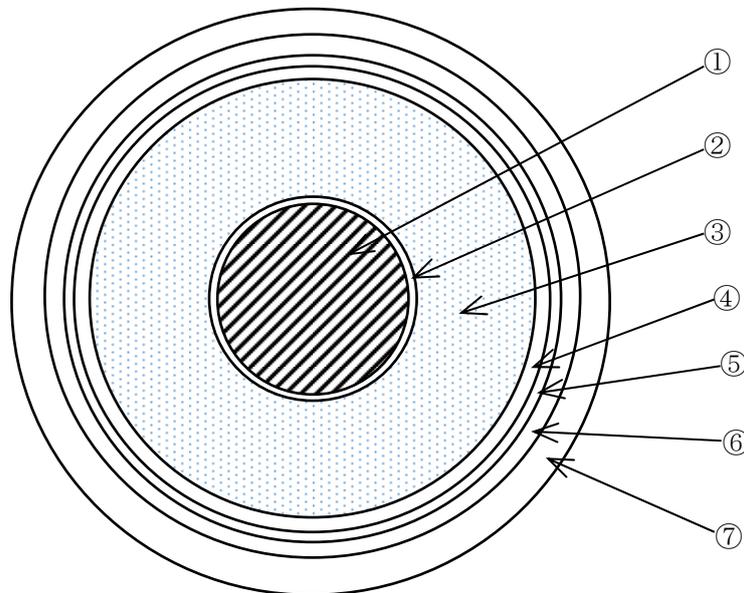


図 2.1-1 高圧難燃 CV ケーブル構造図

表 2.1-1 高圧難燃 CV ケーブル主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
電力伝達機能の確保 (絶縁機能の確保)	エネルギー伝達	導体	銅
	絶縁	絶縁体	架橋ポリエチレン
	遮蔽	遮蔽銅テープ	軟銅テープ
	整形	内部半導電層	半導電性混和物
		外部半導電層	半導電性混和物
		押えテープ	難燃テープ
	保護	シース	難燃性特殊耐熱ビニル

表 2.1-2 高圧難燃 CV ケーブルの使用条件

	通常運転時	設計基準事故時	重大事故等時
設置場所	原子炉格納容器外		
周囲温度*	40.0 °C (最高)	100 °C (最高)	100 °C (最高)
最高圧力*	大気圧	0.001744 MPa	0.0069 MPa
放射線*	0.00015 Gy/h (最大)	0.45 kGy (最大積算値)	100 kGy (最大積算値)

\*: 原子炉格納容器外で高圧難燃 CV ケーブルが布設されている区域における設計値

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

高圧ケーブルの機能である通電機能の達成に必要な項目は以下のとおり。

- (1) 電力伝達機能の確保（絶縁機能の確保）

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

- (1) 想定される経年劣化事象の抽出

高圧ケーブルについて、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の材料、構造、使用条件（設置場所、電圧）及び現在までの運転経験を考慮し、表 2.2-1 に示すとおり、想定される経年劣化事象を抽出した（表 2.2-1 で○又は△、▲）。

なお、消耗品及び定期取替品は評価対象外とする。

- (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

高圧ケーブルには、消耗品及び定期取替品はない。

- (3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

想定される経年劣化事象のうち下記①、②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。

なお、下記①、②に該当する事象については、2.2.3 項に示すとおり、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

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

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

- a. 絶縁体の絶縁特性低下
- b. 絶縁体の絶縁特性低下（水トリー劣化）

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

日常劣化管理事象に該当する事象は抽出されなかった。

- (2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、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（日常劣化管理事象以外）

#### a. シースの硬化

高圧難燃 CV ケーブルのシースは、有機物であるため、熱及び放射線により硬化する可能性がある。

しかし、シースは主にケーブル布設時に生ずる外的な力からケーブルを保護するためのものであり、ケーブルに要求される絶縁機能への影響はない。

したがって、シースの硬化は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

表 2.2-1 高圧難燃 CV ケーブルに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	経年劣化事象									備考	
				材料	減肉		割れ		絶縁	導通	信号	その他		
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁特性低下	導通不良	特性変化			
電力伝達機能の確保 (絶縁機能の確保)	エネルギー伝達	導体		銅									*1:熱・放射線による絶縁特性低下 *2:水トリー劣化 *3:熱・放射線による硬化	
	絶縁	絶縁体		架橋ポリエチレン					○*1,*2					
	遮蔽	遮蔽銅テープ		軟銅テープ										
	整形	内部半導電層		半導電性混和物										
		外部半導電層		半導電性混和物										
		押えテープ		難燃テープ										
保護	シース		難燃性特殊耐熱ビニル								▲*3			

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

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

## 2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

### (1) 絶縁体の絶縁特性低下

#### a. 事象の説明

絶縁体は、有機物の架橋ポリエチレンであるため、熱及び放射線による物性変化、絶縁物の異物や空隙での放電による電氣的劣化により、経年的に劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性がある。

絶縁特性低下を生ずる可能性のある部位を図 2.3-1 に示す。

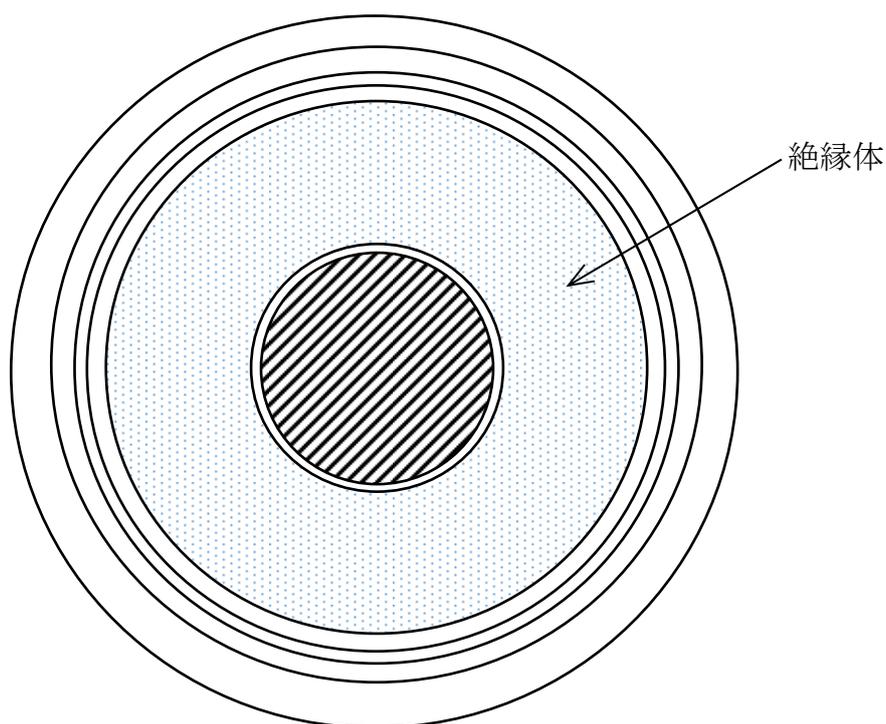


図 2.3-1 高圧難燃 CV ケーブルの絶縁部位

b. 技術評価

① 健全性評価

ケーブルの長期間の経年劣化を考慮した必要性能の評価方法は、IEEE Std. 323-1974「IEEE Standard for Qualifying Class 1E Equipment for Nuclear Power Generating Stations」及びIEEE Std. 383-1974「IEEE Standard for Type Test of Class 1E Electric Cables, Field Splices, and Connections for Nuclear Power Generating Stations」の規格を根幹に電気学会において我が国のケーブル耐環境試験方法推奨案『電気学会技術報告（Ⅱ部）第139号「原子力発電所電線ケーブルの環境試験方法ならびに耐延焼性試験方法に関する推奨案」』（以下、「電気学会推奨案」という）としてまとめられており、この電気学会推奨案と同じ手順で高圧難燃 CV ケーブルの長期健全性試験を実施し、この結果に基づき長期間のケーブル健全性を評価した。

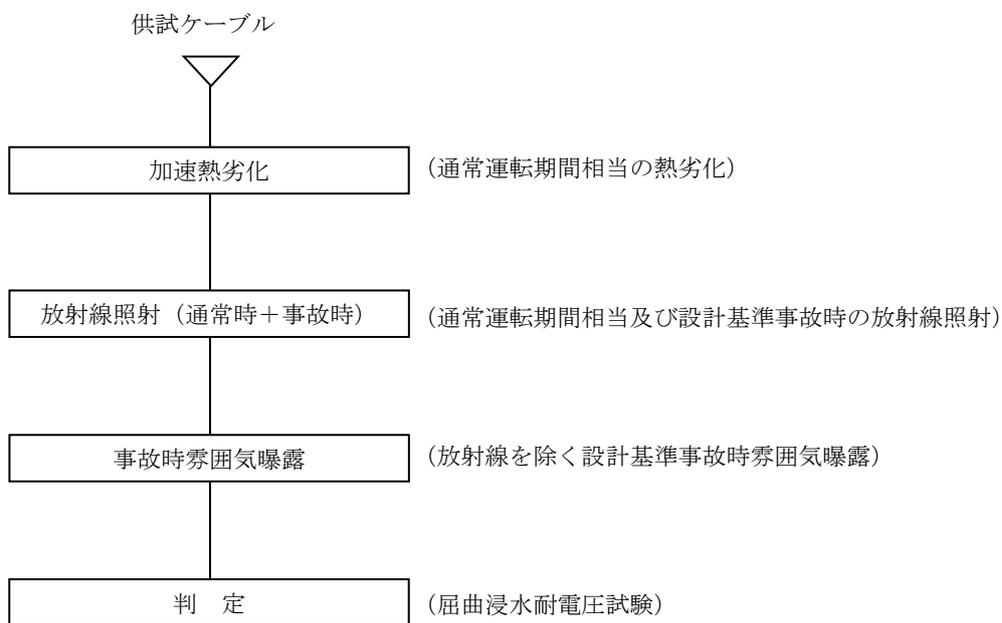


図 2.3-2 高圧難燃 CV ケーブル長期健全性試験手順（電気学会推奨案）

高圧難燃 CV ケーブルについては、図 2.3-2 に示す長期健全性試験手順により評価した。

本試験条件は、表 2.3-1 に示すとおり、代表ケーブルの 60 年間の通常運転期間、設計基準事故時\*及び重大事故等時\*雰囲気を想定した熱及び放射線による使用条件を包絡している。

本試験結果は、表 2.3-2 に示すとおり、屈曲浸水耐電圧試験の判定基準を満足しており、高圧難燃 CV ケーブルの絶縁体は 60 年間の通常運転期間、設計基準事故時及び重大事故等時雰囲気において絶縁性能を維持できると評価する。

また、電動機用ケーブルについては点検時に『電気学会技術報告（Ⅱ部）第 182 号 絶縁劣化診断試験方法にある直流漏れ電流試験』（以下、「絶縁診断試験」という）等を実施しており、これまでの点検では有意な絶縁特性低下は認められていない。

\*：新規制基準への適合性確認のための工事計画認可申請書「V-1-1-6 安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」に基づく原子炉格納容器外の設計基準事故時及び重大事故等時における各条件

表 2.3-1 高圧難燃 CV ケーブル長期健全性試験条件

	試験条件	説明
加速熱劣化	121 ℃×168 時間	原子炉建屋の周囲最高温度 40.0 ℃では、60 年間の通常運転期間を包絡する。
放射線照射	放射線照射線量：500 kGy	東海第二で想定される線量 約 0.53 kGy（60 年間の通常運転期間相当の線量 約 0.080 kGy に設計基準事故時の最大積算値 0.45 kGy を加えた線量）を包絡する。また、東海第二で想定される線量 約 101 kGy（60 年間の通常運転期間相当の線量 約 0.080 kGy に重大事故等時の最大積算値 100 kGy を加えた線量）を包絡する。
事故時雰囲気曝露	最高温度：171 ℃ 最高圧力：0.427 MPa 曝露時間：25 時間	東海第二で想定される設計基準事故時の最高温度 100 ℃，最高圧力 0.001744 MPa 及び重大事故等時の最高温度 100 ℃，最高圧力 0.0069 MPa を包絡する。

表 2.3-2 高圧難燃 CV ケーブル長期健全性試験結果

項目	試験手順	判定基準	結果
屈曲浸水耐電圧試験	① 直線状に試料を伸ばした後、試料外径(約 33.0 mm)の約 40 倍のマンドレルに巻きつける。 ② ①の両端部以外を常温の水中に浸し1時間以上放置する。 ③ ②の状態、公称絶縁体厚さに対し交流電圧 3.2 kV/mmを5分間印加する。	絶縁破壊しないこと	良

[出典：メーカデータ]

## ② 現状保全

絶縁体の絶縁特性低下に対して、電動機用ケーブルについては点検時に絶縁抵抗測定及び絶縁診断試験、その他負荷用ケーブルについては絶縁抵抗測定を行い許容範囲に収まっていることの確認を行うとともに、傾向管理を行っている。

また、系統機器の点検時に実施する動作試験においてもケーブルの健全性を確認している。

さらに、点検で有意な絶縁特性低下が認められた場合には、ケーブルの取替を行うこととしている。

## ③ 総合評価

健全性評価結果から判断して、絶縁体の有意な絶縁特性低下の可能性は低く、また、絶縁特性低下は点検時の絶縁抵抗測定、絶縁診断試験及び系統機器の動作試験で把握可能と考えられる。今後も点検時の絶縁抵抗測定、絶縁診断試験及び系統機器の動作試験を実施することにより、絶縁特性低下は把握可能であり、現状の健全性は点検手法としては適切であるとする。

## c. 高経年化への対応

絶縁体の絶縁特性低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の健全内容に対して追加すべき項目はないとする。今後も点検時の絶縁抵抗測定、絶縁診断試験及び系統機器の動作試験を実施することにより、絶縁特性低下を監視していくとともに、必要に応じて取替を行うこととする。

## (2) 絶縁体の絶縁特性低下（水トリー劣化）

### a. 事象の説明

絶縁体の架橋ポリエチレンは、長時間にわたって水が存在する状態で高い電界にさらされると、水トリーと称される種々の樹枝状の微細な通路あるいは空隙が発生して絶縁特性低下に至る。

水トリー劣化を生ずる可能性のある部位を図 2.3-1 に示す。

### b. 技術評価

#### ① 健全性評価

絶縁体の架橋ポリエチレンは、雨水等によるケーブル浸水により水トリーが発生する可能性がある。このため、屋外布設ケーブルに発生する可能性があるが、屋内布設ケーブルに発生する可能性は極めて小さい。

屋外布設ケーブルは、トレンチ及びピット内部に架空化されたケーブルトレイ、電線管により布設されている。仮にトレンチ及びピット内に水が溜まった場合は排水ポンプ、排水口により排水され、ケーブルが長時間浸水する可能性は極めて小さいと考える。

さらに、点検時にケーブルの絶縁診断試験を実施しており、これまでの点検結果では有意な絶縁特性の低下は認められていない。

これらのことから、今後も水トリー劣化による絶縁特性低下の可能性は小さいと考える。

#### ② 現状保全

絶縁体の架橋ポリエチレンの水トリー劣化に対して、点検時にケーブルの絶縁抵抗測定及び絶縁診断試験を行い許容範囲に収まっていることの確認、傾向管理を行うとともに、系統機器の点検時に実施する動作試験においてもケーブルの健全性を確認している。

また、トレンチ及びピット内部の点検を行い、浸水の有無を確認している。

さらに、点検で有意な絶縁特性低下が認められた場合には、ケーブルの取替を行うこととしている。

### ③ 総合評価

健全性評価結果から判断して、水トリー劣化による絶縁体の絶縁特性低下の可能性は小さく、また、絶縁特性低下は点検時の絶縁抵抗測定、絶縁診断試験及び系統機器の動作試験で把握可能と考えられる。今後も、点検時の絶縁抵抗測定、絶縁診断試験及び系統機器の動作試験を実施することにより、絶縁特性低下（水トリー劣化）は把握可能であり、現状の保全は点検手法としては適切であると考えられる。

#### c. 高経年化への対応

絶縁特性低下（水トリー劣化）に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に対して追加すべき項目はないと考える。今後も、点検時の絶縁抵抗測定、絶縁診断及び系統機器の動作試験を実施することにより、絶縁特性低下を監視していくとともに、必要に応じて取替を行うこととする。

## 2. 低圧ケーブル

[対象低圧ケーブル]

- ① CV ケーブル
- ② 難燃 CV ケーブル
- ③ KGB ケーブル
- ④ 難燃 PN ケーブル

## 目次

1. 対象機器及び代表機器の選定.....	2-1
1.1 グループ化の考え方及び結果.....	2-1
1.2 代表機器の選定.....	2-1
2. 代表機器の技術評価.....	2-3
2.1 構造, 材料及び使用条件.....	2-3
2.1.1 CV ケーブル.....	2-3
2.1.2 難燃 CV ケーブル.....	2-6
2.1.3 KGB ケーブル (原子炉格納容器内) .....	2-9
2.1.4 難燃 PN ケーブル.....	2-12
2.2 経年劣化事象の抽出.....	2-15
2.2.1 機能達成に必要な項目.....	2-15
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出.....	2-15
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象.....	2-16
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価.....	2-21
3. 代表機器以外への展開.....	2-42
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象.....	2-42
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象.....	2-42

## 1. 対象機器及び代表機器の選定

東海第二で使用している主要な低圧ケーブルの主な仕様を表 1-1 に示す。

これらの低圧ケーブルをグループ化し、それぞれのグループにより代表機器を選定した。

### 1.1 グループ化の考え方及び結果

絶縁体材料及びシース材料を分類基準として、低圧ケーブルを表 1-1 に示すとおりグループ化する。

### 1.2 代表機器の選定

表 1-1 に分類されるグループ毎に、重要度及び設置場所の観点から、代表機器を選定する。

#### (1) 絶縁体材料及びシース材料：架橋ポリエチレン及びビニル

このグループには、CV ケーブルのみが属するため、代表機器は CV ケーブルとする。

#### (2) 絶縁体材料及びシース材料：難燃架橋ポリエチレン及び難燃性特殊耐熱ビニル

このグループには、難燃 CV ケーブルのみが属するため、代表機器は難燃 CV ケーブルとする。

#### (3) 絶縁体材料及びシース材料：シリコーンゴム及びガラス

このグループには、KGB ケーブルのみが属するが、重要度は同等であることから、設置場所の環境が厳しい原子炉格納容器内の KGB ケーブルを代表機器とする。

#### (4) 絶縁体材料及びシース材料：難燃エチレンプロピレンゴム及び特殊クロロprenゴム

このグループには、難燃 PN ケーブルのみが属するため、代表機器は難燃 PN ケーブルとする。

表 1-1 低圧ケーブルのグループ化及び代表機器の選定

分類基準		名称	用途	使用開始時期		選定基準			選定	選定理由
絶縁体材料	シース材料			建設時	運転開始後	重要度*1	設置場所			
							原子炉格納容器内	原子炉格納容器外		
架橋ポリエチレン	ビニル	CV ケーブル	動力制御・計測	○		MS-1重*2		○	◎	
難燃架橋ポリエチレン	難燃性特殊耐熱ビニル	難燃 CV ケーブル	動力制御・計測		○	MS-1重*2		○	◎	
シリコーンゴム	ガラス	KGB ケーブル	動力制御	○		MS-1	○		◎	重要度設置場所
				○			○			
難燃エチレンプロピレンゴム	特殊クロロプレンゴム	難燃 PN ケーブル	動力制御・計測		○	MS-1重*2	○		◎	

\*1：当該機器に要求される重要度クラスのうち、最上位の重要度クラスを示す

\*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ケーブルについて技術評価を実施する。

- ① CV ケーブル
- ② 難燃 CV ケーブル
- ③ KGB ケーブル（原子炉格納容器内）
- ④ 難燃 PN ケーブル

### 2.1 構造，材料及び使用条件

#### 2.1.1 CV ケーブル

##### (1) 構造

東海第二の CV ケーブルは、大別すると導体，セパレータ層，絶縁体，介在物，押えテープ及びシースで構成され，このうちケーブルの絶縁機能は，絶縁体で保たれている。

セパレータ層，介在物及び押えテープはケーブルを整形するため，シースはケーブルを外力的な力から保護するために設けられている。

東海第二の CV ケーブルの構造図を図 2.1-1 に示す。

##### (2) 材料及び使用条件

東海第二の CV ケーブル主要部位の使用材料を表 2.1-1 に，使用条件を表 2.1-2 に示す。

No.	部位
①	導体
②	セパレータ層
③	絶縁体
④	介在物
⑤	押えテープ
⑥	シース

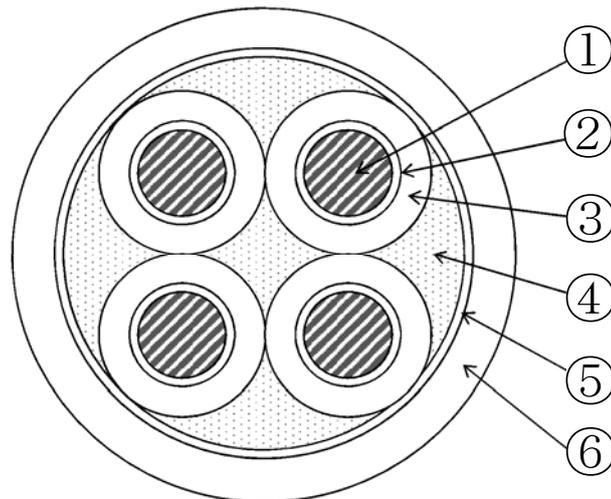


図 2.1-1 CV ケーブル構造図

表 2.1-1 CV ケーブル主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
電力・信号伝達機能の維持	エネルギー・信号伝達	導体	銅
	絶縁	絶縁体	架橋ポリエチレン
	整形	セパレータ層	プラスチックテープ
		介在物	ポリプロピレン
		押えテープ	ポリプロピレン
	保護	シース	ビニル

表 2.1-2 CV ケーブルの使用条件

	通常運転時	設計基準事故時	重大事故等時
設置場所	原子炉格納容器外		
周囲温度*	40.0 °C (最高)	100 °C (最高)	100 °C (最高)
最高圧力*	大気圧	0.001744 MPa	0.0069 MPa
放射線*	0.00015 Gy/h (最大)	7.0 kGy (最大積算値)	100 kGy (最大積算値)

\*:原子炉格納容器外で CV ケーブルが布設されている区域における設計値

## 2.1.2 難燃 CV ケーブル

### (1) 構造

東海第二の難燃 CV ケーブルは、大別すると導体、セパレータ層、絶縁体、介在物、押えテープ及びシースで構成され、このうちケーブルの絶縁機能は、絶縁体で保たれている。

セパレータ層、介在物及び押えテープはケーブルを整形するため、シースはケーブルを外力的な力から保護するために設けられている。

東海第二の難燃 CV ケーブルの構造図を図 2.1-2 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

東海第二の難燃 CV ケーブル主要部位の使用材料を表 2.1-3 に、使用条件を表 2.1-4 に示す。

No.	部位
①	導体
②	セパレータ層
③	絶縁体
④	介在物
⑤	押えテープ
⑥	シース

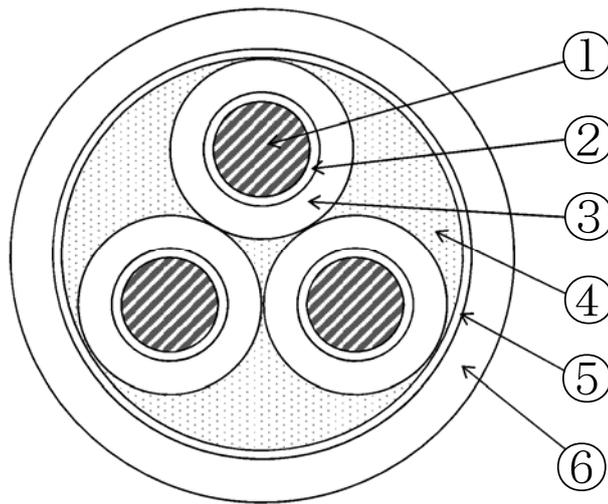


図 2.1-2 難燃 CV ケーブル構造図

表 2.1-3 難燃 CV ケーブル主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
電力・信号伝達機能の維持	エネルギー・信号伝達	導体	銅
	絶縁	絶縁体	難燃架橋ポリエチレン
	整形	セパレータ層	プラスチックテープ
		介在物	難燃ジュート
		押えテープ	難燃ゴム引き布テープ
	保護	シース	難燃性特殊耐熱ビニル

表 2.1-4 難燃 CV ケーブルの使用条件

	通常運転時	設計基準事故時	重大事故等時
設置場所	原子炉格納容器外		
周囲温度*	40.0 °C (最高)	100 °C (最高)	100 °C (最高)
最高圧力*	大気圧	0.001744 MPa	0.0069 MPa
放射線*	0.00015 Gy/h (最大)	7.0 kGy (最大積算値)	100 kGy (最大積算値)

\*:原子炉格納容器外で難燃 CV ケーブルが布設されている区域における設計値

### 2.1.3 KGB ケーブル（原子炉格納容器内）

#### (1) 構造

東海第二の KGB ケーブル（原子炉格納容器内）は、大別すると導体、絶縁体、編組、介在物及び押えテープで構成され、このうちケーブルの絶縁機能は、絶縁体で保たれている。

編組、介在物及び押えテープはケーブルを整形又はケーブルを外的な力から保護するために設けられている。

東海第二の KGB ケーブル（原子炉格納容器内）の構造図を図 2.1-3 に示す。

#### (2) 材料及び使用条件

東海第二の KGB ケーブル（原子炉格納容器内）主要部位の使用材料を表 2.1-5 に、使用条件を表 2.1-6 に示す。

No.	部位
①	導体
②	絶縁体
③	編組
④	介在物
⑤	押えテープ
⑥	編組

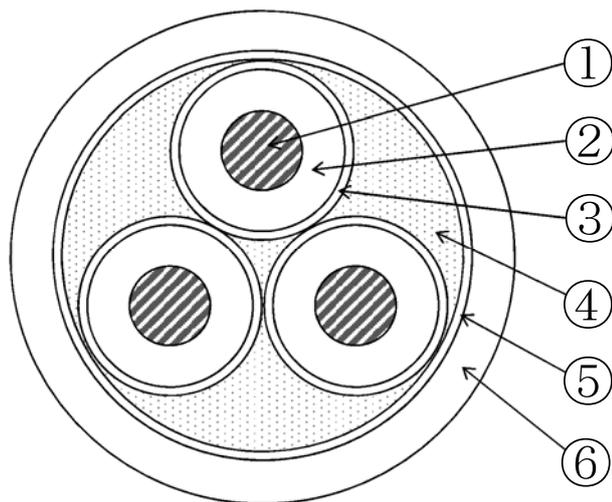


図 2.1-3 KGB ケーブル（原子炉格納容器内）構造図

表 2.1-5 KGB ケーブル（原子炉格納容器内）主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
信号伝達機能の維持	信号伝達	導体	すずメッキ軟銅
	絶縁	絶縁体	シリコーンゴム
	整形	編組	ガラス
		介在物	ガラス
		押えテープ	ガラス
	保護	編組	ガラス

表 2.1-6 KGB ケーブル（原子炉格納容器内）の使用条件

	通常運転時	設計基準事故時
設置場所	原子炉格納容器内	
周囲温度*	65.6 °C（最高）	171 °C（最高）
最高圧力*	0.0138 MPa	0.31 MPa
放射線*	0.5 Gy/h（最大）	2.6×10 <sup>2</sup> kGy （最大積算値）

\*:原子炉格納容器内における設計値

#### 2.1.4 難燃 PN ケーブル

##### (1) 構造

東海第二の難燃 PN ケーブルは、大別すると導体、絶縁体、介在物、押えテープ及びシースで構成され、このうちケーブルの絶縁機能は、絶縁体で保たれている。

介在物及び押えテープはケーブルを整形するため、シースはケーブルを外的な力から保護するために設けられている。

東海第二の難燃 PN ケーブルの構造図を図 2.1-4 に示す。

##### (2) 材料及び使用条件

東海第二の難燃 PN ケーブル主要部位の使用材料を表 2.1-7 に、使用条件を表 2.1-8 に示す。

No.	部位
①	導体
②	絶縁体
③	介在物
④	押えテープ
⑤	シース

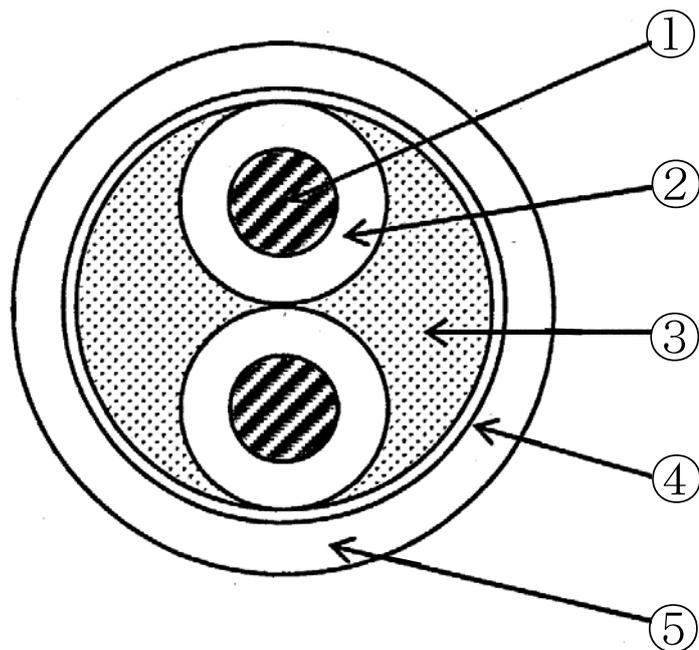


図 2.1-4 難燃 PN ケーブル構造図

表 2.1-7 難燃 PN ケーブル主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
電力・信号伝達機能の維持	エネルギー・信号伝達	導体	すずメッキ軟銅
	絶縁	絶縁体	難燃エチレンプロピレンゴム
	整形	介在物	難燃性介在物
		押えテープ	難燃テープ
	保護	シース	特殊クロロprenゴム

表 2.1-8 難燃 PN ケーブルの使用条件

	通常運転時	設計基準事故時	重大事故等時
設置場所	原子炉格納容器内		
周囲温度*	65.6 °C (最高)	171 °C (最高)	235 °C (最高)
最高圧力*	0.0138 MPa	0.31 MPa	0.62 MPa
放射線*	0.250 Gy/h (最大)	2.6×10 <sup>2</sup> kGy (最大積算値)	640 kGy (最大積算値)

\*:原子炉格納容器内における設計値

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機能達成に必要な項目

低圧ケーブルの機能である通電機能の達成に必要な項目は以下のとおり。

#### (1) 電力・信号伝達機能の維持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

低圧ケーブルについて、機能達成に必要な項目を考慮して主要部位に展開した上で、個々の部位の材料、構造、使用条件（設置場所）及び現在までの運転経験を考慮し、表 2.2-1 に示すとおり、想定される経年劣化事象を抽出した（表 2.2-1 で○又は△、▲）。

なお、消耗品及び定期取替品は評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

低圧ケーブルには、消耗品及び定期取替品はない。

#### (3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

想定される経年劣化事象のうち下記①、②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。

なお、下記①、②に該当する事象については、2.2.3 項に示すとおり、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△）

② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、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（日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲）

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

- a. 絶縁体の絶縁特性低下 [CV ケーブル]
- b. 絶縁体の絶縁特性低下 [難燃 CV ケーブル]
- c. 絶縁体の絶縁特性低下 [KGB ケーブル（原子炉格納容器内）]
- d. 絶縁体の絶縁特性低下 [難燃 PN ケーブル]

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

日常劣化管理事象に該当する事象は抽出されなかった。

- (2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、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（日常劣化管理事象以外）

#### a. シースの硬化 [CV ケーブル, 難燃 CV ケーブル, 難燃 PN ケーブル]

CV ケーブルのビニルシース, 難燃 CV ケーブルの難燃性特殊耐熱ビニルシース及び難燃 PN ケーブルの特殊クロロプレンゴムシースは有機物であるため, 熱及び放射線により硬化する可能性がある。

しかし, シースは主にケーブル布設時に生ずる外的な力からケーブルを保護するためのものであり, ケーブルに要求される絶縁機能への影響はない。

したがって, 熱・放射線によるシースの硬化は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

表 2.2-1(1/4) CV ケーブルに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	経年劣化事象									備考	
				材料	減肉		割れ		絶縁	導通	信号	その他		
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁特性低下	導通不良	特性変化			
電力・信号伝達機能の維持	エネルギー・信号伝達	導体		銅									*1:熱・放射線による硬化	
	絶縁	絶縁体		架橋ポリエチレン					○					
	整形	セパレータ層		プラスチックテープ										
		介在物		ポリプロピレン										
		押えテープ		ポリプロピレン										
保護	シース		ビニル								▲*1			

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

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

表 2.2-1 (2/4) 難燃 CV ケーブルに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	経年劣化事象									備考	
				材料	減肉		割れ		絶縁	導通	信号	その他		
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁特性低下	導通不良	特性変化			
電力・信号伝達機能の維持	エネルギー・信号伝達	導体		銅									*1:熱・放射線による硬化	
	絶縁	絶縁体		難燃架橋ポリエチレン					○					
	整形	セパレータ層		プラスチックテープ										
		介在物		難燃ジュート										
		押えテープ		難燃ゴム引き布テープ										
	保護	シース		難燃性特殊耐熱ビニル								▲*1		

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

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

表 2. 2-1(3/4) KGB ケーブル（原子炉格納容器内）に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	経年劣化事象									備考		
				材料	減肉		割れ		絶縁	導通	信号	その他			
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁特性低下	導通不良	特性変化				
信号伝達機能の維持	信号伝達	導体		すずメッキ軟銅											
	絶縁	絶縁体		シリコーンゴム					○						
	整形	編組		ガラス											
		介在物		ガラス											
		押えテープ		ガラス											
保護	編組		ガラス												

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

表 2.2-1(4/4) 難燃 PN ケーブルに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	経年劣化事象									備考	
				材料	減肉		割れ		絶縁	導通	信号	その他		
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁特性低下	導通不良	特性変化			
電力・信号伝達機能の維持	エネルギー・信号伝達	導体		すずメッキ軟銅									*1:熱・放射線による硬化	
	絶縁	絶縁体		難燃エチレンプロピレンゴム					○					
	整形	介在物		難燃性介在物										
		押えテープ		難燃テープ										
	保護	シース		特殊クロロprenゴム								▲*1		

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

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

## 2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

### (1) 絶縁体の絶縁特性低下 [CV ケーブル]

#### a. 事象の説明

絶縁体は、有機物の架橋ポリエチレンであるため、熱及び放射線による物性変化により、経年的に劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性がある。

絶縁特性低下を起こす可能性のある部位を図 2.3-1 に示す。

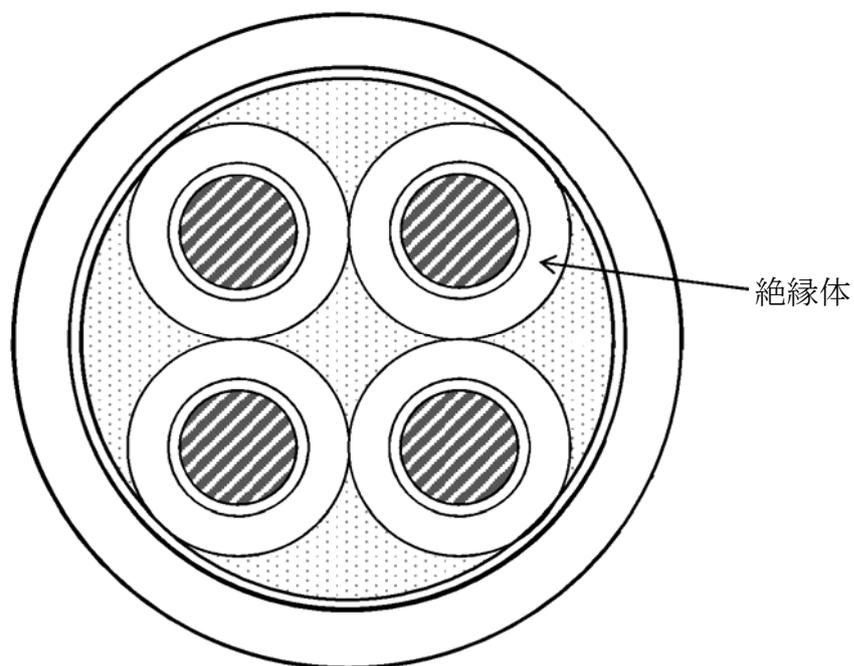


図 2.3-1 CV ケーブルの絶縁部位

b. 技術評価

① 健全性評価

ケーブルの長期間の経年劣化を考慮した必要性能の評価方法は、IEEE Std. 323-1974「IEEE Standard for Qualifying Class 1E Equipment for Nuclear Power Generating Stations」(以下「IEEE Std. 323-1974」という)及びIEEE Std. 383-1974「IEEE Standard for Type Test of Class 1E Electric Cables, Field Splices, and Connections for Nuclear Power Generating Stations」(以下「IEEE Std. 383-1974」という)の規格を根幹に、電気学会において我が国のケーブル耐環境試験方法推奨案『電気学会技術報告(Ⅱ部)第139号「原子力発電所電線ケーブルの環境試験方法ならびに耐延焼性試験方法に関する推奨案」』(以下、「電気学会推奨案」という)としてまとめられており、この電気学会推奨案と同じ手順により東海第二で使用しているケーブルと同仕様の他社製ケーブルにて長期健全性試験を実施し、この結果に基づき長期間の健全性を評価した。

また、設計基準事故時雰囲気内で機能要求があるケーブルについては、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CVケーブルについては、実機同等品によるACAガイドに従った長期健全性についても評価した。

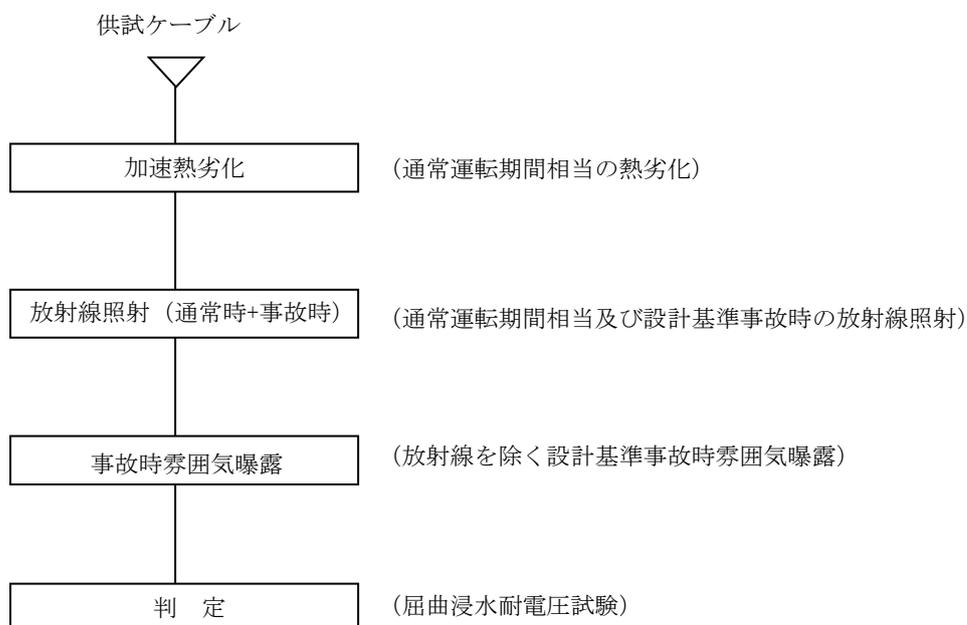


図 2.3-2 CV ケーブル長期健全性試験手順 (電気学会推奨案)

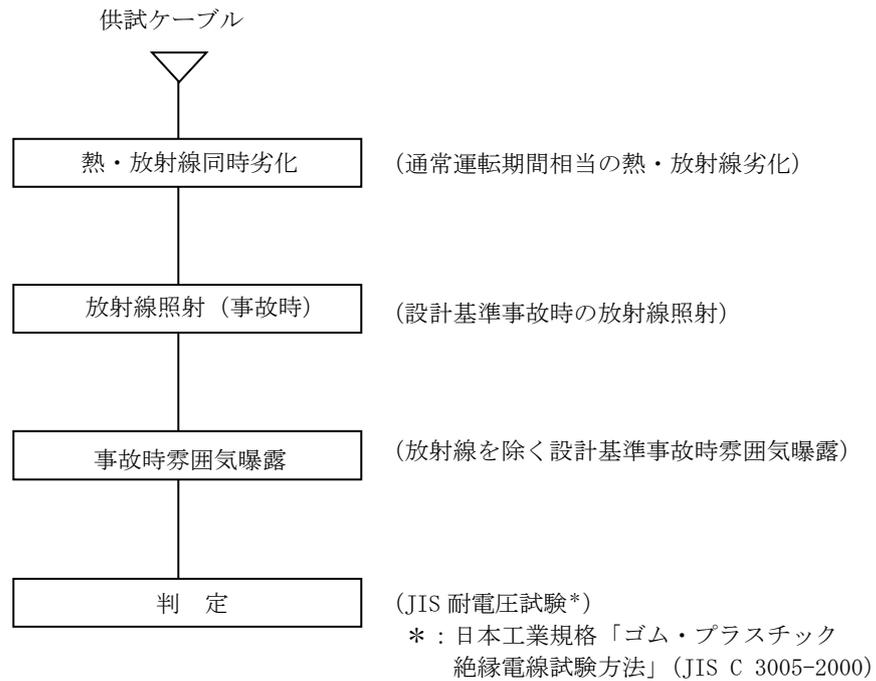


図 2.3-3 CV ケーブル長期健全性試験手順 (ACA ガイド)

CV ケーブルについては、図 2.3-2 及び図 2.3-3 に示す長期健全性試験手順により評価した。

本試験条件は、表 2.3-1 及び表 2.3-3 に示すとおり、CV ケーブルの 60 年の通常運転期間、設計基準事故時\*及び重大事故等時\*雰囲気想定した熱及び放射線による使用条件を包絡している。

本試験結果は、表 2.3-2 及び表 2.3-4 に示すとおり、屈曲浸水耐電圧試験及び JIS 耐電圧試験の判定基準を満足しており、CV ケーブルの絶縁体は 60 年の通常運転期間、設計基準事故時及び重大事故等時雰囲気において絶縁性能を維持できると評価する。

\*：新規制基準への適合性確認のための工事計画認可申請書「V-1-1-6 安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」に基づく原子炉格納容器外の設計基準事故時及び重大事故等時における各条件

表 2.3-1 CV ケーブル長期健全性試験条件（電気学会推奨案）

	試験条件	説明
加速熱劣化	135℃×149 時間	原子炉格納容器外の周囲最高温度 40℃では、60 年間の通常運転期間を包絡する。
放射線照射 (通常時+事故時)	放射線照射線量 : 760 kGy	東海第二で想定される線量 約 7.1 kGy (60 年間の通常運転期間相当の線量 約 80 Gy に設計基準事故時の最大積算値約 7.0 kGy を加えた線量) を包絡する。 また、東海第二で想定される線量 約 101 kGy (60 年間の通常運転期間相当の線量 約 80 Gy に重大事故等時の最大積算値約 100 kGy を加えた線量) を包絡する。
事故時雰囲気曝露	最高温度 : 171℃ 最高圧力 : 0.427 MPa 曝露時間 : 25 時間	東海第二における設計基準事故時の最高温度 100℃, 最高圧力 0.001744 MPa 及び重大事故等時の最高温度 100℃, 最高圧力 0.0069 MPa を包絡する。

表 2.3-2 CV ケーブル長期健全性試験結果（電気学会推奨案）

項目	試験手順	判定基準	結果
屈曲浸水耐電圧試験	① 直線状に試料を伸ばした後、試料外径 (14.5 mm) の約 40 倍のマンドレルに巻きつける。 ② ①の両端部以外を常温の水中に浸し 1 時間以上放置する。 ③ ②の状態、公称絶縁体厚さに対し交流電圧 3.2 kV/mm を 5 分間印加する。	絶縁破壊しないこと。	良

[出典：メーカーデータ]

表 2.3-3 CV ケーブル長期健全性試験条件（ACA ガイド）

	試験条件	説明
熱・放射線同時劣化	100℃—89.3 Gy/h—805 時間	「原子力プラントのケーブル経年変化評価技術調査研究に関する最終報告書 (JNES-SS-0903)」(以下、「ACA 研究」という)の試験結果をもとに時間依存データの重ね合わせ手法を用いて東海第二の原子炉格納容器外の環境条件に展開し評価した結果、60 年間の通常運転期間を包絡する。
放射線照射 (事故時)	放射線照射線量 : 260 kGy	東海第二で想定される設計基準事故時の最大積算値約 7.0 kGy を包絡する。
事故時雰囲気曝露	最高温度 : 171℃ 最高圧力 : 0.427 MPa 曝露時間 : 13 日間	東海第二における設計基準事故時の最高温度 100℃, 最高圧力 0.001744 MPa を包絡する。

表 2.3-4 CV ケーブル長期健全性試験結果 (ACA ガイド)

項目	試験手順	判定基準	結果
JIS 耐電圧試験	AC 1,500 V-1 分間	絶縁破壊しないこと。	良

[出典：原子力プラントのケーブル経年変化評価技術調査研究に関する最終報告書 (JNES-SS-0903)]

② 現状保全

CV ケーブルの絶縁特性低下に対しては、系統機器の点検時に絶縁抵抗測定を実施している。

また、系統機器の点検時に実施する動作試験においてもケーブルの絶縁機能の健全性を確認している。

さらに、点検で有意な絶縁特性低下が認められた場合には、ケーブルの取替を行うこととしている。

③ 総合評価

健全性評価結果から判断して、絶縁体の有意な絶縁特性低下の可能性は小さく、また、絶縁特性低下は点検時の絶縁抵抗測定及び系統機器の動作試験で把握可能と考えられる。今後も、点検時の絶縁抵抗測定及び系統機器の動作試験を実施することにより、異常の有無は把握可能であり、点検手法としては適切であると考えられる。

c. 高経年化への対応

絶縁体の絶縁特性低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に対して追加すべき項目はないと考える。今後も、点検時の絶縁抵抗測定及び系統機器の動作試験を実施することにより、絶縁特性低下を監視していくとともに、必要に応じて取替を行うこととする。

(2) 絶縁体の絶縁特性低下 [難燃 CV ケーブル]

a. 事象の説明

絶縁体は、有機物の難燃架橋ポリエチレンであるため、熱及び放射線による物性変化により、経年的に劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性がある。

絶縁特性低下を起こす可能性のある部位を図 2.3-4 に示す。

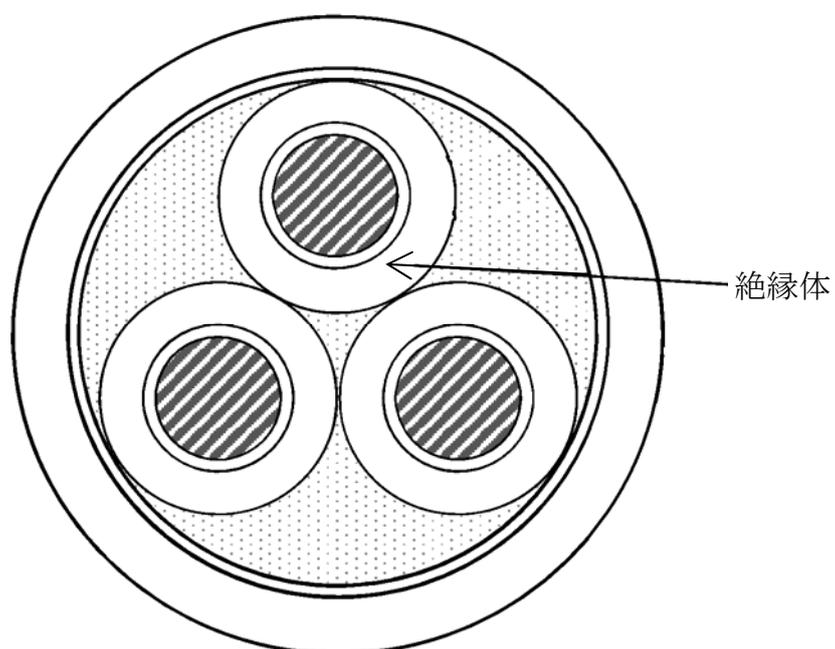


図 2.3-4 難燃 CV ケーブルの絶縁部位

b. 技術評価

① 健全性評価

ケーブルの長期間の経年劣化を考慮した必要性能の評価方法は、IEEE Std. 323-1974 及び IEEE Std. 383-1974 の規格を根幹に、電気学会推奨案としてまとめられており、この電気学会推奨案と同じ手順で実機同等品による長期健全性試験を実施し、この結果に基づき長期間のケーブル健全性を評価した。

また、設計基準事故時雰囲気内で機能要求があるケーブルについては、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手法が検討され、その結果が ACA ガイドに取りまとめられている。

このため、設計基準事故時雰囲気内で機能要求がある難燃 CV ケーブルについては、実機同等品による ACA ガイドに従った長期健全性についても評価した。

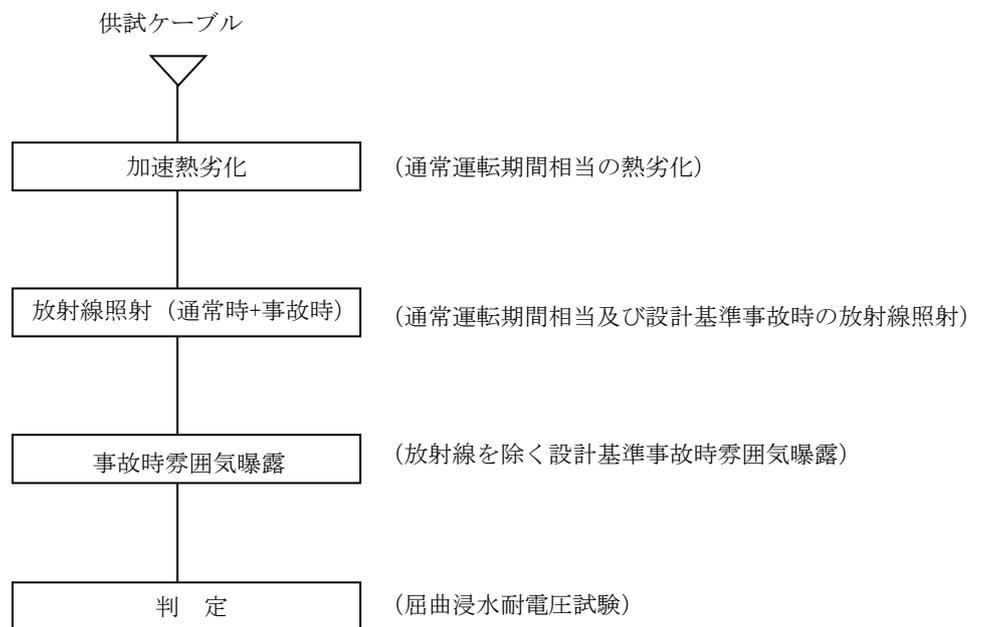


図 2.3-5 難燃 CV ケーブル長期健全性試験手順 (電気学会推奨案)

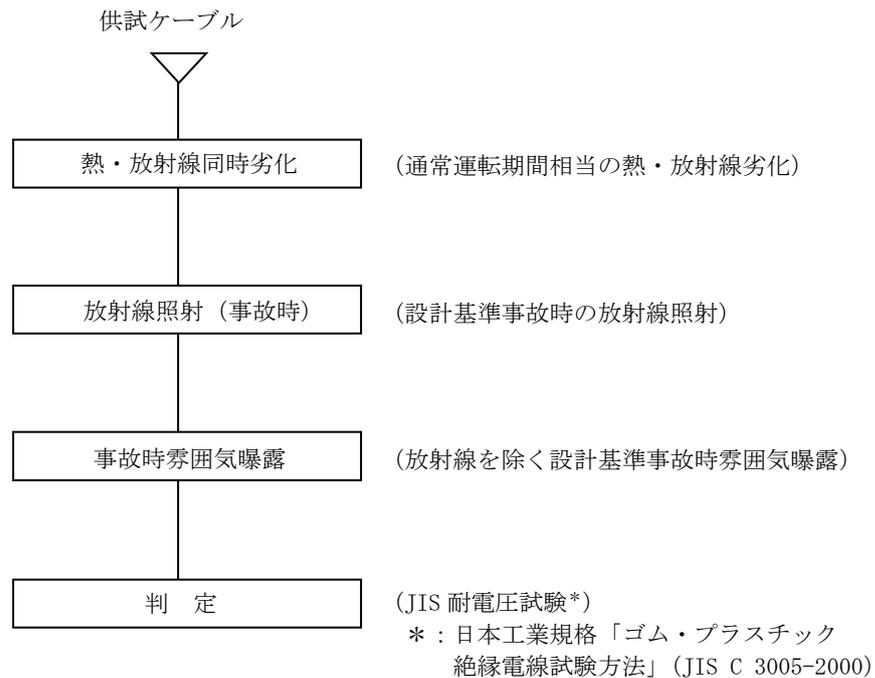


図 2.3-6 難燃 CV ケーブル長期健全性試験手順 (ACA ガイド)

難燃 CV ケーブルについては、図 2.3-5 及び図 2.3-6 に示す長期健全性試験手順により評価した。

本試験条件は、表 2.3-5 及び表 2.3-7 に示すとおり、難燃 CV ケーブルの 60 年間の通常運転期間、設計基準事故時\*及び重大事故等時\*雰囲気をも想定した熱及び放射線による使用条件を包絡している。

本試験結果は、表 2.3-6 及び表 2.3-8 に示すとおり、屈曲浸水耐電圧試験及び JIS 耐電圧試験の判定基準を満足しており、難燃 CV ケーブルの絶縁体は 60 年の通常運転期間、設計基準事故時及び重大事故等時雰囲気において絶縁性能を維持できると評価する。

\*：新規制基準への適合性確認のための工事計画認可申請書「V-1-1-6 安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」に基づく原子炉格納容器外の設計基準事故時及び重大事故等時における各条件

表 2.3-5 難燃 CV ケーブル長期健全性試験条件（電気学会推奨案）

	試験条件	説明
加速熱劣化	121 °C×168 時間	原子炉格納容器外の周囲最高温度 40 °Cでは、60 年間の通常運転期間を包絡する。
放射線照射 (通常時+事故時)	放射線照射線量：500 kGy	東海第二で想定される線量 約 7.1 kGy (60 年間の通常運転期間相当の線量 約80 Gyに設計基準事故時の最大積算値約 7.0 kGy を加えた線量) を包絡する。 また、東海第二で想定される線量約 101 kGy (60 年間の通常運転期間相当の線量 約80 Gyに重大事故等時の最大積算値 100 kGy を加えた線量) を包絡する。
事故時雰囲気曝露	最高温度：171 °C 最高圧力：0.427 MPa 曝露時間：25 時間	東海第二における設計基準事故時の最高温度 100 °C, 最高圧力 0.001744 MPa 及び重大事故等時の最高温度 100 °C, 最高圧力 0.0069 MPa を包絡する。

表 2.3-6 難燃 CV ケーブル長期健全性試験結果（電気学会推奨案）

項目	試験手順	判定基準	結果
屈曲浸水耐電圧試験	① 直線状に試料を伸ばした後、試料外径 (14.0 mm) の約 40 倍のマンドレルに巻きつける。 ② ①の両端部以外を常温の水中に浸し 1 時間以上放置する。 ③ ②の状態、公称絶縁体厚さに対し交流電圧 3.2 kV/mmを 5 分間印加する。	絶縁破壊しないこと。	良

[出典：メーカーデータ]

表 2.3-7 難燃 CV ケーブル長期健全性試験条件（ACA ガイド）

	試験条件	説明
熱・放射線同時劣化	100 °C-99.3 Gy/h-2,500 時間	「ACA 研究」の試験結果をもとに時間依存データの重ね合わせ手法を用いて東海第二の原子炉格納容器外の環境条件に展開し評価した結果、60 年間の通常運転期間を包絡する。
放射線照射 (事故時)	放射線照射線量：100 kGy	東海第二で想定される設計基準事故時の最大積算値 7.0 kGy を包絡する。
事故時雰囲気曝露	最高温度：171 °C 最高圧力：0.177 MPa 曝露時間：25 時間	東海第二における設計基準事故時の最高温度 100 °C, 最高圧力 0.001744 MPa を包絡する。

表 2.3-8 難燃 CV ケーブル長期健全性試験結果 (ACA ガイド)

項目	試験手順	判定基準	結果
JIS 耐電圧試験	AC 1,500 V-1 分間	絶縁破壊しないこと。	良

[出典：原子力プラントのケーブル経年変化評価技術調査研究に関する最終報告書 (JNES-SS-0903)]

② 現状保全

難燃 CV ケーブルの絶縁特性低下に対しては、系統機器の点検時に絶縁抵抗測定を実施している。

また、系統機器の点検時に実施する動作試験においてもケーブルの絶縁機能の健全性を確認している。

さらに、点検で有意な絶縁特性低下が認められた場合には、ケーブルの取替を行うこととしている。

③ 総合評価

健全性評価結果から判断して、絶縁体の有意な絶縁特性低下の可能性は小さく、また、絶縁特性低下は点検時の絶縁抵抗測定及び系統機器の動作試験で把握可能と考えられる。今後も、点検時の絶縁抵抗測定及び系統機器の動作試験を実施することにより、異常の有無は把握可能であり、点検手法としては適切であるとする。

c. 高経年化への対応

絶縁体の絶縁特性低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に対して追加すべき項目はないとする。今後も、点検時の絶縁抵抗測定及び系統機器の動作試験を実施することにより、絶縁特性低下を監視していくとともに、必要に応じて取替を行うこととする。

(3) 絶縁体の絶縁特性低下 [KGB ケーブル (原子炉格納容器内)]

a. 事象の説明

絶縁体は、有機物のシリコーンゴムであるため、熱及び放射線による物性変化により、経年的に劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性がある。

絶縁特性低下を起こす可能性のある部位を図 2.3-7 に示す。

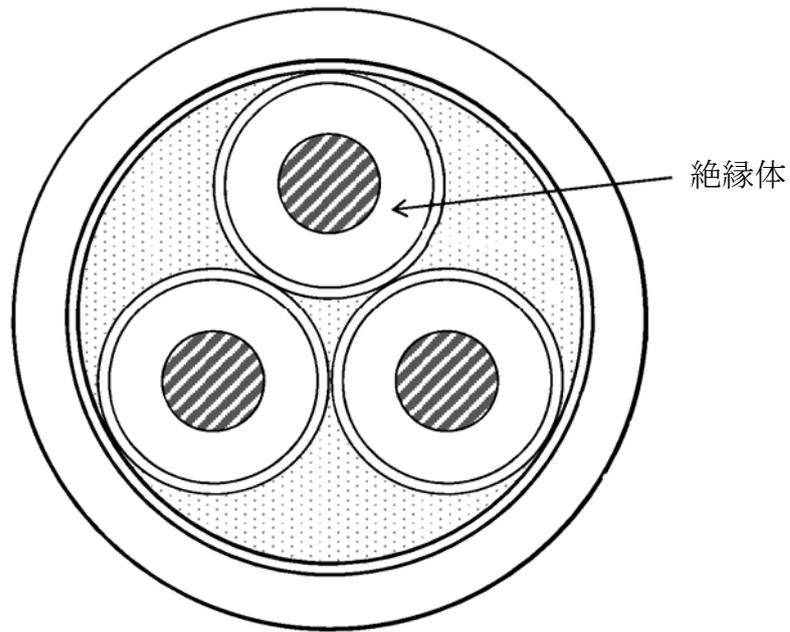


図 2.3-7 KGB ケーブル (原子炉格納容器内) の絶縁部位

b. 技術評価

① 健全性評価

ケーブルの長期間の経年劣化を考慮した必要性能の評価方法は、IEEE Std. 323-1974 及び IEEE Std. 383-1974 の規格を根幹に、電気学会推奨案としてまとめられており、この電気学会推奨案と同じ手順で実機同等品による長期健全性試験を実施し、この結果に基づき長期間のケーブル健全性を評価した。

また、設計基準事故時雰囲気内で機能要求があるケーブルについては、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手法が検討され、その結果が ACA ガイド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 KGB ケーブル（原子炉格納容器内）については、実機同等品による ACA ガイドに従った長期健全性についても評価した。

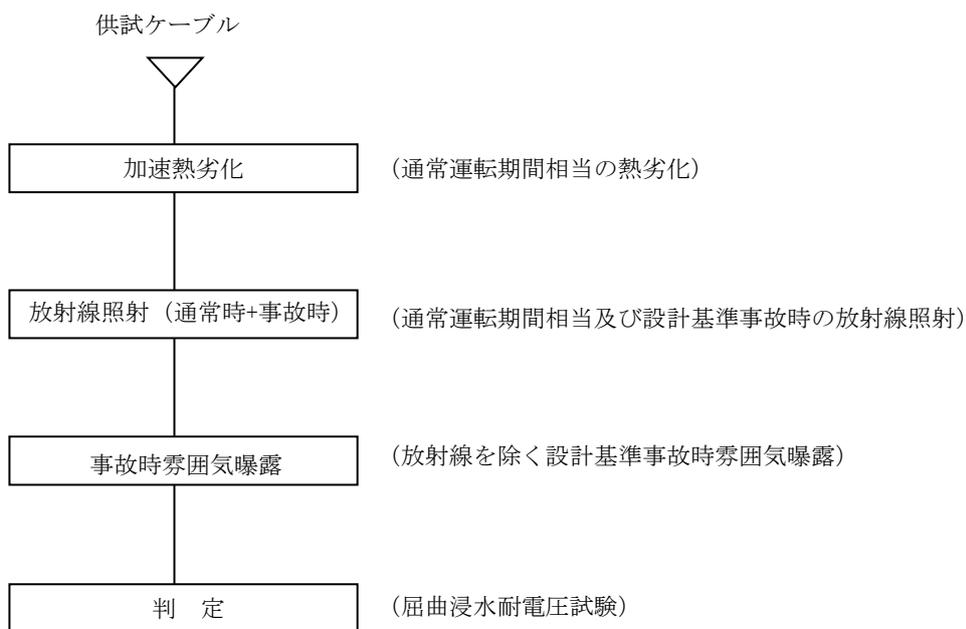


図 2.3-8 KGB ケーブル（原子炉格納容器内）長期健全性試験手順（電気学会推奨案）

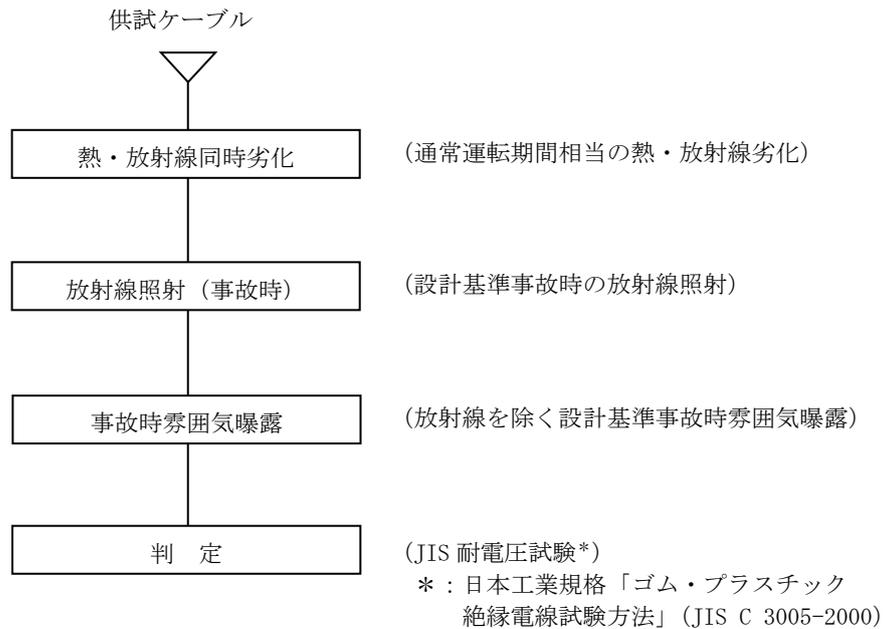


図 2.3-9 KGB ケーブル (原子炉格納容器内) 長期健全性試験手順 (ACA ガイド)

KGB ケーブル (原子炉格納容器内) については、図 2.3-8 及び図 2.3-9 に示す長期健全性試験手順により評価した。

本試験条件は、表 2.3-9 及び表 2.3-11 に示すとおり、KGB ケーブル (原子炉格納容器内) の 60 年間の通常運転期間及び設計基準事故時\*雰囲気等を想定した熱及び放射線による使用条件を包絡している。

本試験結果は、表 2.3-10 及び表 2.3-12 に示すとおり屈曲浸水耐電圧試験及び JIS 耐電圧試験の判定基準を満足しており、KGB ケーブル (原子炉格納容器内) の絶縁体は 60 年間の通常運転期間及び設計基準事故時雰囲気において絶縁性能を維持できると評価する。

\*：新規制基準への適合性確認のための工事計画認可申請書「V-1-1-6 安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」に基づく原子炉格納容器内の設計基準事故時における各条件

表 2.3-9 KGB ケーブル（原子炉格納容器内）長期健全性試験条件（電気学会推奨案）

	試験条件	説明
加速熱劣化	121 °C×168 時間	原子炉格納容器内の周囲最高温度 65.6 °Cでは、60 年間の通常運転期間を包絡する。
放射線照射 （通常時+事故時）	放射線照射線量：760 kGy	東海第二で想定される線量 約 530 kGy（約 60 年間の通常運転期間相当の線量 約270 kGyに設計基準事故時の最大積算値 $2.6 \times 10^2$ kGy を加えた線量）を包絡する。
事故時雰囲気曝露	最高温度：171 °C 最高圧力：0.427 MPa 曝露時間：13 日間	東海第二における設計基準事故時の最高温度 171 °C，最高圧力 0.31 MPa を包絡する。

表 2.3-10 KGB ケーブル（原子炉格納容器内）長期健全性試験結果（電気学会推奨案）

項目	試験手順	判定基準	結果
屈曲浸水耐電圧試験	① 直線状に試料を伸ばした後，試料外径（14.0 mm）の約 40 倍のマンドレルに巻きつける。 ② ①の両端部以外を常温の水中に浸し 1 時間以上放置する。 ③ ②の状態では、公称絶縁体厚さに対し交流電圧 3.2 kV/mmを 5 分間印加する。	絶縁破壊しないこと。	良

[出典：メーカーデータ]

表 2.3-11 KGB ケーブル（原子炉格納容器内）長期健全性試験条件（ACA ガイド）

	試験条件	説明
熱・放射線同時劣化	100 °C—99.7 Gy/h—6,241 時間	「ACA 研究」の試験結果をもとに等価損傷線量データの重ね合わせ手法を用いて東海第二の原子炉格納容器内の環境条件に展開し評価した結果、60 年間の通常運転期間を包絡する。
放射線照射 （事故時）	放射線照射線量：500 kGy	東海第二で想定される設計基準事故時の最大積算値 約 $2.6 \times 10^2$ kGy を包絡する。
事故時雰囲気曝露	最高温度：171 °C 最高圧力：0.427 MPa 曝露時間：13 日間	東海第二における設計基準事故時の最高温度 171 °C，最高圧力 0.31 MPa を包絡する。

表 2.3-12 KGB ケーブル（原子炉格納容器内）長期健全性試験結果（ACA ガイド）

項目	試験手順	判定基準	結果
JIS 耐電圧試験	AC 1,500 V-1 分間	絶縁破壊しないこと。	良

[出典：原子力プラントのケーブル経年変化評価技術調査研究に関する最終報告書（JNES-SS-0903）]

② 現状保全

KGB ケーブル（原子炉格納容器内）の絶縁特性低下に対しては、系統機器の点検時に絶縁抵抗測定を実施している。

また、系統機器の点検時に実施する動作試験においてもケーブルの絶縁機能の健全性を確認している。

さらに、点検で有意な絶縁特性低下が認められた場合には、ケーブルの取替を行うこととしている。

③ 総合評価

健全性評価結果から判断して、絶縁体の有意な絶縁特性低下の可能性は小さく、また、絶縁特性低下は点検時の絶縁抵抗測定及び系統機器の動作試験で把握可能と考えられる。今後も、点検時の絶縁抵抗測定及び系統機器の動作試験を実施することにより、異常の有無は把握可能であり、点検手法としては適切であるとする。

c. 高経年化への対応

絶縁体の絶縁特性低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に対して追加すべき項目はないとする。今後も、点検時の絶縁抵抗測定及び系統機器の動作試験を実施することにより、絶縁特性低下を監視していくとともに、必要に応じて取替を行うこととする。

(4) 絶縁体の絶縁特性低下 [難燃 PN ケーブル]

a. 事象の説明

絶縁体は、有機物の難燃エチレンプロピレンゴムであるため、熱及び放射線による物性変化により、経年的に劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性がある。

絶縁特性低下を起こす可能性のある部位を図 2.3-10 に示す。

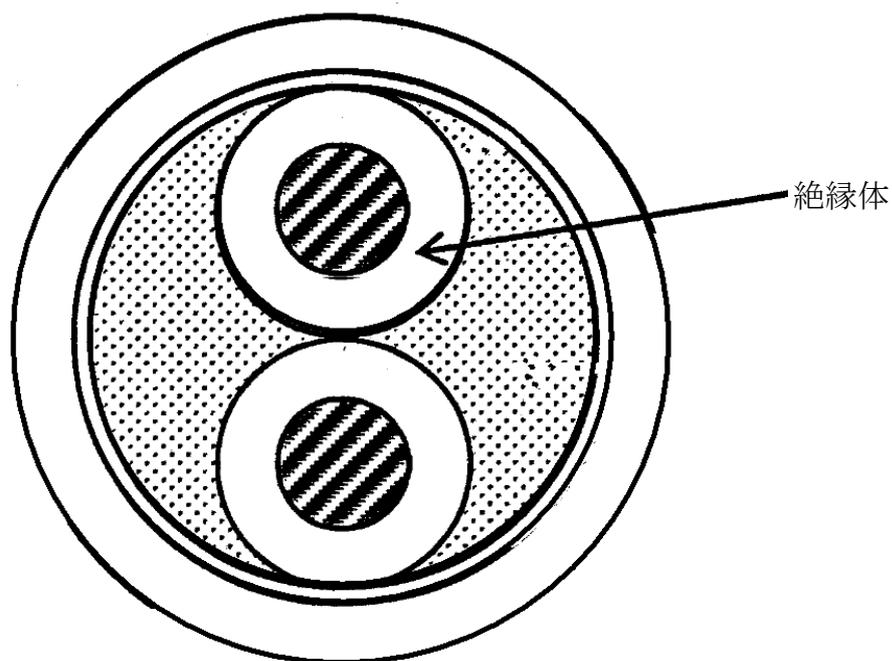


図 2.3-10 難燃 PN ケーブルの絶縁部位

b. 技術評価

① 健全性評価

ケーブルの長期間の経年劣化を考慮した必要性能の評価方法は、IEEE Std. 323-1974 及び IEEE Std. 383-1974 の規格を根幹に、電気学会推奨案としてまとめられており、この電気学会推奨案と同じ手順で実機同等品による長期健全性試験を実施し、この結果に基づき長期間のケーブル健全性を評価した。

また、設計基準事故時雰囲気内で機能要求があるケーブルについては、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手法が検討され、その結果が ACA ガイドに取りまとめられている。

このため、設計基準事故時雰囲気内で機能要求がある難燃 PN ケーブルについては、実機同等品による ACA ガイドに従った長期健全性についても評価した。

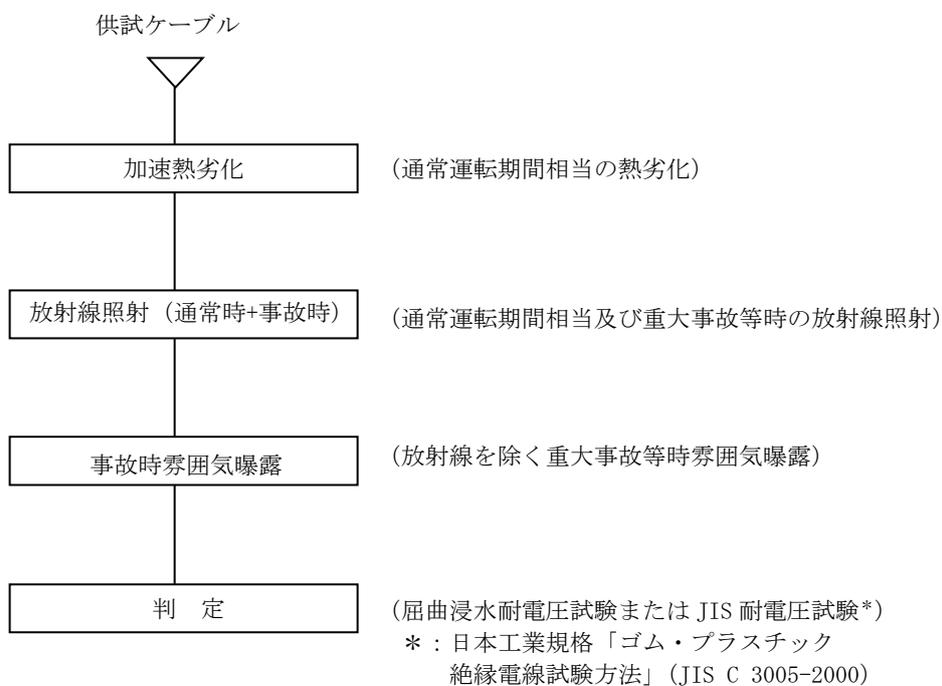


図 2.3-11 難燃 PN ケーブル長期健全性試験手順 (電気学会推奨案)

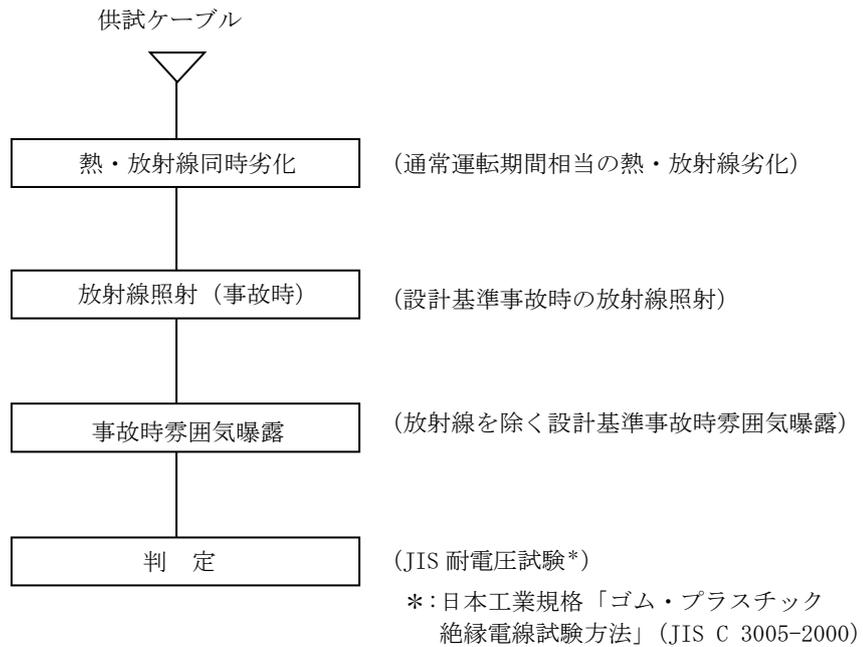


図 2.3-12 難燃 PN ケーブル長期健全性試験手順 (ACA ガイド)

難燃 PN ケーブルについては、図 2.3-11 及び図 2.3-12 に示す長期健全性試験手順により評価した。

本試験条件は、表 2.3-13 に示すとおり、難燃 PN ケーブルの制御用は、電気学会推奨案に従った長期健全性試験で 15 年間、制御用以外の難燃 PN ケーブルは 30 年間の通常運転期間、設計基準事故時\*及び重大事故等時\*雰囲気を想定した熱及び放射線による使用条件を包絡している。

また、表 2.3-15 に示すとおり、難燃 PN ケーブルは、ACA ガイドに従った長期健全性試験で 28 年間の通常運転期間を想定した熱及び放射線による使用条件を包絡している。

本試験結果は、表 2.3-14 及び表 2.3-16 に示すとおり屈曲浸水耐電圧試験または JIS 耐電圧試験の判定基準を満足しており、難燃 PN ケーブルの絶縁体は制御用で 15 年間、制御用以外の難燃 PN ケーブルは 28 年間の通常運転期間、設計基準事故時及び重大事故等時雰囲気において絶縁性能を維持できると評価する。

なお、「原子炉格納容器内の安全機能を有するケーブルの布設環境等の調査」に基づいて布設環境を調査した結果、原子炉格納容器内 EL. 26.4 m レベルに布設されている難燃 PN ケーブルの一部に格納容器内設計最高温度の 65.6℃を上回る部分が確認されたため、難燃 PN ケーブルの長期健全性試験結果をもとに評価を行い、3 年から 14 年間絶縁を維持できることを確認した。

また、東北地方太平洋沖地震発生に伴う発電所停止操作の過程で、原子炉格納容器内設計最高温度の 65.6℃を上回る部分が確認されたため、難燃 PN ケーブルの長期健全性試験結果をもとに評価を行い、健全性に影響のないことを確認した。

したがって、難燃 PN ケーブルは、評価期間を迎える前にケーブルを引替えること  
 とで 60 年間の通常運転期間、設計基準事故時及び重大事故等時雰囲気において絶  
 縁性能を維持できると評価する。

\*：新規制基準への適合性確認のための工事計画認可申請書「V-1-1-6 安全設備及  
 び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」  
 に基づく原子炉格納容器内の設計基準事故時及び重大事故等時における各条件

表 2.3-13 難燃 PN ケーブル長期健全性試験条件（電気学会推奨案）

	試験条件	説明
加速熱劣化	121℃×126 時間(制御用) 121℃×251 時間(制御用以外)	原子炉格納容器内の周囲最高温度 65.6℃では、制御用難燃 PN ケー ブルは 15 年、制御用以外の難燃 PN ケ ーブルは 30 年の通常運転期間を包 絡する。
放射線照射 (通常時+事故時)	放射線照射線量：988 kGy (制御用) 放射線照射線量：1,175 kGy (制御用以外)	東海第二で想定される線量 約 673 kGy (15 年間の通常運転期間相当の 線量 約 33 kGy に重大事故等時の最 大積算値 640 kGy を加えた線量) を 包絡する。  東海第二で想定される線量 約 706 kGy (30 年間の通常運転期間相当の 線量 約 66 kGy に重大事故等時の最 大積算値 640 kGy を加えた線量) を 包絡する。
事故時雰囲気曝露	最高温度：235℃ 最高圧力：0.62 MPa 曝露時間：7 日間	東海第二における重大事故等時の最 高温度 235℃、最高圧力 0.62 MPa を包絡する。

表 2.3-14 難燃 PN ケーブル長期健全性試験結果（電気学会推奨案）

項目	試験手順	判定基準	結果
屈曲浸水耐電圧試験	① 直線状に試料を伸ばした後、試 料外径 (10.5 mm) の約 40 倍の マンドレルに巻きつける。 ② ①の両端部以外を常温の水中に 浸し 1 時間以上放置する。 ③ ②の状態、公称絶縁体厚さに 対し交流電圧 3.2 kV/mm を 5 分間 印加する。	絶縁破壊しないこと。	良
JIS 耐電圧試験	AC 2,000 V-1 分間		良

[出典：日本原子力発電研究データ]

表 2.3-15 難燃 PN ケーブル長期健全性試験条件 (ACA ガイド)

	試験条件	説明
熱・放射線同時劣化	100 °C－94.7 Gy/h－6,990 時間	「ACA 研究」の試験結果をもとに時間依存データの重ね合わせ手法を用いて東海第二の原子炉格納容器内の環境条件に展開し評価した結果、28 年間の通常運転期間を包絡する。
放射線照射 (事故時)	放射線照射線量 : 500 kGy	東海第二で想定される設計基準事故時の最大積算値 $2.6 \times 10^2$ kGy を包絡する。
事故時雰囲気曝露	最高温度 : 171 °C 最高圧力 : 0.427 MPa 曝露時間 : 13 日間	東海第二における設計基準事故時の最高温度 171 °C, 最高圧力 0.31 MPa を包絡する。

表 2.3-16 難燃 PN ケーブル長期健全性試験結果 (ACA ガイド)

項目	試験手順	判定基準	結果
JIS 耐電圧試験	AC 1,500 V－1 分間	絶縁破壊しないこと。	良

[出典：原子力プラントのケーブル経年変化評価技術調査研究に関する最終報告書 (JNES-SS-0903)]

② 現状保全

難燃 PN ケーブルの絶縁特性低下に対しては、系統機器の点検時に絶縁抵抗測定を実施している。

また、系統機器の点検時に実施する動作試験においてもケーブルの絶縁機能の健全性を確認している。

さらに、点検で有意な絶縁特性低下が認められた場合には、ケーブルの取替を行うこととしている。

③ 総合評価

健全性評価結果から判断して、絶縁体の有意な絶縁特性低下の可能性は小さく、点検時の絶縁抵抗測定及び系統機器の動作試験で把握可能と考えられる。

また、原子炉格納容器内設計最高温度の 65.6°C を上回る箇所に布設された難燃 PN ケーブル及び東北地方太平洋沖地震発生に伴う発電所停止操作の過程で、原子炉格納容器内設計最高温度の 65.6°C を上回った難燃 PN ケーブルについては、長期健全性試験結果をもとに確認を行い健全性に影響のないことを確認した。今後も、点検時の絶縁抵抗測定及び系統機器の動作試験を実施することにより、異常の有無は把握可能であり、点検手法としては適切であると考えられる。

c. 高経年化への対応

絶縁体の絶縁特性低下に対しては、今後も点検時の絶縁抵抗測定及び系統機器の動作試験を実施することにより、絶縁特性低下を監視していくとともに、必要に応じて取替を行うこととする。

また、原子炉格納容器内設計最高温度の 65.6℃を上回る箇所に布設された難燃 PN ケーブル及び東北地方太平洋沖地震発生に伴う発電所停止操作の過程で、原子炉格納容器内設計最高温度の 65.6℃を上回る箇所に布設された難燃 PN ケーブルについては、設計温度の超過を考慮した評価期間を設定する。

なお、難燃 PN ケーブルについては、追加保全項目として、健全性評価から得られた評価期間に至る前に取替を実施する。

これにより、運転を延長しようとする期間において、絶縁体の絶縁特性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判断する。

### 3. 代表機器以外への展開

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

#### ① KGB ケーブル（原子炉格納容外）

#### 3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

##### a. 絶縁体の絶縁特性低下

代表機器と同様、絶縁体は、有機物のシリコンゴムであるため、熱及び放射線による物性変化により、経年的に劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性がある。

しかし、代表機器と同様に絶縁体の絶縁特性低下は、KGB ケーブル（原子炉格納容器内）長期健全性試験結果より、60年間の通常運転期間及び設計基準事故時雰囲気において絶縁特性を維持できると評価する。

また、代表機器と同様に絶縁抵抗測定及び系統機器の動作試験を実施しており、今後この保全方法を継続し、絶縁特性低下を監視していくとともに、必要に応じて取替を行うこととする。

#### 3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

日常劣化管理事象に該当する事象は抽出されなかった。

- (2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、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（日常劣化管理事象以外）

日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。

### 3. 同軸ケーブル

[対象同軸ケーブル]

- ① 難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリエチレン）
- ② 難燃二重同軸ケーブル
- ③ 難燃六重同軸ケーブル
- ④ 難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリオレフィン）
- ⑤ 難燃三重同軸ケーブル

## 目次

1. 対象機器及び代表機器の選定.....	3-1
1.1 グループ化の考え方及び結果.....	3-1
1.2 代表機器の選定.....	3-1
2. 代表機器の技術評価.....	3-3
2.1 構造, 材料及び使用条件.....	3-4
2.1.1 難燃一重同軸ケーブル (絶縁体材料が架橋ポリエチレン) (原子炉格納容器内) .	3-4
2.1.2 難燃六重同軸ケーブル (原子炉格納容器内) .....	3-6
2.1.3 難燃一重同軸ケーブル (絶縁体材料が架橋ポリオレフィン) .....	3-8
2.1.4 難燃三重同軸ケーブル.....	3-10
2.2 経年劣化事象の抽出.....	3-12
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目.....	3-12
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出.....	3-12
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象.....	3-14
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価.....	3-19
3. 代表機器以外への展開.....	3-39
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象.....	3-39
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象.....	3-42

## 1. 対象機器及び代表機器の選定

東海第二で使用している主要な同軸ケーブルの主な仕様を表 1-1 に示す。

これらの同軸ケーブルを絶縁体材料の観点からグループ化し、それぞれのグループより代表機器を選定した。

### 1.1 グループ化の考え方及び結果

絶縁体材料及びシース材料を分類基準とし、同軸ケーブルを表 1-1 に示すとおりグループ化する。

### 1.2 代表機器の選定

表 1-1 に分類されるグループ毎に、重要度、設置場所及び使用開始時期の観点から代表機器を選定する。

#### (1) 絶縁体材料：架橋ポリエチレン

このグループには、難燃一重同軸ケーブル及び難燃二重同軸ケーブルが属するが、重要度が高く、設置場所の環境が厳しい原子炉格納容器内の難燃一重同軸ケーブルを代表機器とする。

#### (2) 絶縁体材料：架橋発泡ポリエチレン

このグループには、難燃六重同軸ケーブルのみが属するが、重要度は同等であることから、設置場所の環境が厳しい原子炉格納容器内の難燃六重同軸ケーブルを代表機器とする。

#### (3) 絶縁体材料：架橋ポリオレフィン

このグループには、難燃一重同軸ケーブルのみが属するため、難燃一重同軸ケーブルを代表機器とする。

#### (4) 絶縁体材料：架橋発泡ポリオレフィン

このグループには、難燃三重同軸ケーブルのみが属するため、難燃三重同軸ケーブルを代表機器とする。

表 1-1 同軸ケーブルのグループ化及び代表機器の選定

分類基準		名称	仕様 電圧	用途	選定基準				選定	選定理由	
					重要度*1	設置場所		使用開始時期			
絶縁体材料	シース材料					原子炉格納容器内	原子炉格納容器外	建設時	運転開始後		
架橋ポリエチレン	難燃架橋ポリエチレン	難燃一重同軸ケーブル	DC 100V	計測	MS-1 重*2	○			○	◎	重要度 設置場所
	難燃架橋ポリエチレン	難燃二重同軸ケーブル	DC 240V	計測	MS-2 重*2		○		○		
架橋発泡ポリエチレン	難燃架橋ポリエチレン	難燃六重同軸ケーブル	DC 140V	計測	MS-1 重*2	○			○	◎	重要度 設置場所
架橋ポリオレフィン	難燃架橋ポリオレフィン	難燃一重同軸ケーブル	DC 100V	計測	MS-1 重*2		○	○		◎	
架橋発泡ポリオレフィン	難燃架橋ポリオレフィン	難燃三重同軸ケーブル	DC 140V	計測	MS-1 重*2		○		○	◎	

\* 1 : 当該機器に要求される重要度クラスのうち、最上位の重要度クラスを示す

\* 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同軸ケーブルについて技術評価を実施する。

- ① 難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリエチレン）（原子炉格納容器内）
- ② 難燃六重同軸ケーブル（原子炉格納容器内）
- ③ 難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリオレフィン）
- ④ 難燃三重同軸ケーブル

## 2.1 構造，材料及び使用条件

### 2.1.1 難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリエチレン）（原子炉格納容器内）

#### (1) 構造

東海第二の難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリエチレン）（原子炉格納容器内）は，大別すると内部導体，絶縁体，遮蔽体，外部導体，セパレータ及びシースで構成され，このうち，ケーブルの絶縁機能は，絶縁体で保たれている。

遮蔽体は導体の静電誘導を低減するため，セパレータはケーブルを整形するため，シースはケーブルを外力的な力から保護するために設けられている。

東海第二の難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリエチレン）（原子炉格納容器内）の構造図を図 2.1-1 に示す。

#### (2) 材料及び使用条件

東海第二の難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリエチレン）（原子炉格納容器内）主要部位の使用材料を表 2.1-1 に，使用条件を表 2.1-2 に示す。

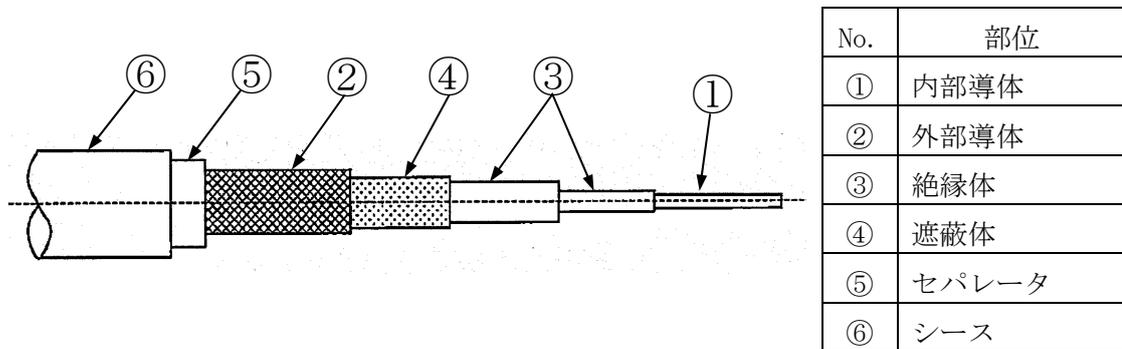


図 2.1-1 難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリエチレン）  
（原子炉格納容器内）構造図

表 2.1-1 難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリエチレン）  
（原子炉格納容器内）主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
信号伝達機能の維持	信号伝達	内部導体	すずメッキ軟銅より線
		外部導体	すずメッキ軟銅線編組
	絶縁	絶縁体	架橋ポリエチレン
	遮蔽	遮蔽体	カーボンブラック
	整形	セパレータ	難燃テープ
	保護	シース	難燃架橋ポリエチレン

表 2.1-2 難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリエチレン）  
（原子炉格納容器内）の使用条件

	通常運転時	設計基準事故時	重大事故等時
設置場所	原子炉格納容器内		
周囲温度*1	65.6 °C（最高）	171 °C（最高）	115 °C（最高）
最高圧力*1	0.0138 MPa	0.31 MPa	0.20 MPa
放射線	0.500 Gy/h*1 （最大）	$2.6 \times 10^2$ kGy*1 （最大積算値）	26 kGy*2 （最大積算値）

\*1：原子炉格納容器内で難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリエチレン）が布設されている区域における設計値

\*2：重大事故等時において未臨界達成に要する時間に余裕を加えた時間（2 時間）の積算値

## 2.1.2 難燃六重同軸ケーブル（原子炉格納容器内）

### (1) 構造

東海第二の難燃六重同軸ケーブル（原子炉格納容器内）は、大別すると内部導体、絶縁体、外部導体、遮蔽体及びシースで構成され、このうち、ケーブルの絶縁機能は、絶縁体で保たれている。

遮蔽体は導体の静電誘導を低減するため、シースはケーブルを外的な力から保護するために設けられている。

東海第二の難燃六重同軸ケーブル(原子炉格納容器内)の構造図を図 2.1-2 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

東海第二の難燃六重同軸ケーブル（原子炉格納容器内）主要部位の使用材料を表 2.1-3 に、使用条件を表 2.1-4 に示す。

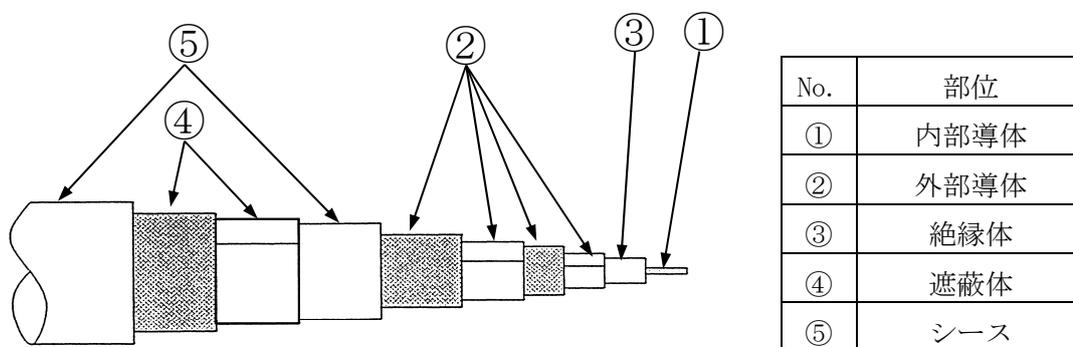


図 2.1-2 難燃六重同軸ケーブル（原子炉格納容器内）構造図

表 2.1-3 難燃六重同軸ケーブル（原子炉格納容器内）主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
信号伝達機能の維持	信号伝達	内部導体	すずメッキ軟銅より線
		外部導体	アルミ箔貼付プラスチックテープ すずメッキ軟銅線編組
	絶縁	絶縁体	架橋発泡ポリエチレン
	遮蔽	遮蔽体	アルミ箔貼付プラスチックテープ すずメッキ軟銅線編組
	保護	シース	難燃架橋ポリエチレン

表 2.1-4 難燃六重同軸ケーブル（原子炉格納容器内）の使用条件

	通常運転時	設計基準事故時	重大事故等時
設置場所	原子炉格納容器内		
周囲温度*1	65.6 °C（最高）	171 °C（最高）	115 °C（最高）
最高圧力*1	0.0138 MPa	0.31 MPa	0.20 MPa
放射線	0.500 Gy/h*1 （最大）	$2.6 \times 10^2$ kGy*1 （最大積算値）	26 kGy*2 （最大積算値）

\*1：原子炉格納容器内で難燃六重同軸ケーブルが布設されている区域における設計値

\*2：重大事故等時において未臨界達成に要する時間に余裕を加えた時間（2時間）の積算値

### 2.1.3 難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリオレフィン）

#### (1) 構造

東海第二の難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリオレフィン）は、大別すると内部導体、絶縁体、外部導体及びシースで構成され、このうち、ケーブルの絶縁機能は、絶縁体で保たれている。

シースはケーブルを外的な力から保護するために設けられている。

東海第二の難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリオレフィン）の構造図を図 2.1-3 に示す。

#### (2) 材料及び使用条件

東海第二の難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリオレフィン）主要部位の使用材料を表 2.1-5 に、使用条件を表 2.1-6 に示す。

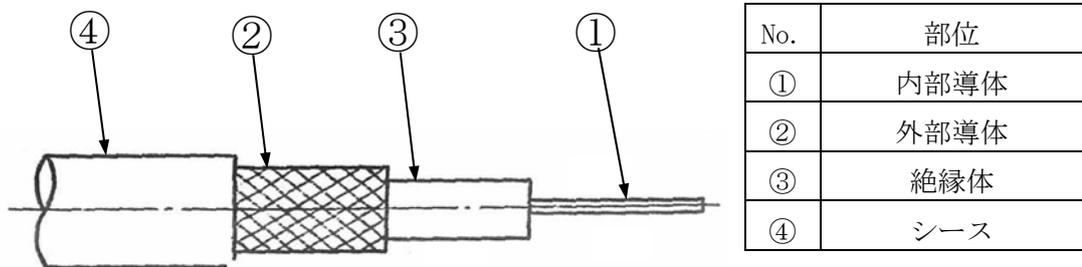


図 2.1-3 難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリオレフィン）構造図

表 2.1-5 難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリオレフィン）主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
信号伝達機能の維持	信号伝達	内部導体	すずメッキ軟銅より線
		外部導体	軟銅線編組
	絶縁	絶縁体	架橋ポリオレフィン
	保護	シース	難燃架橋ポリオレフィン

表 2.1-6 難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリオレフィン）の使用条件

	通常運転時	設計基準事故時	重大事故等時
設置場所	原子炉格納容器外		
周囲温度*	40.0 °C (最高)	100 °C (最高)	100 °C (最高)
最高圧力*	大気圧	0.001744 MPa	0.0069 MPa
放射線*	1×10 <sup>-5</sup> Gy/h (最大)	1.7 kGy (最大積算値)	100 kGy (最大積算値)

\*：原子炉格納容器外で難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリオレフィン）が布設されている区域における設計値

#### 2.1.4 難燃三重同軸ケーブル

##### (1) 構造

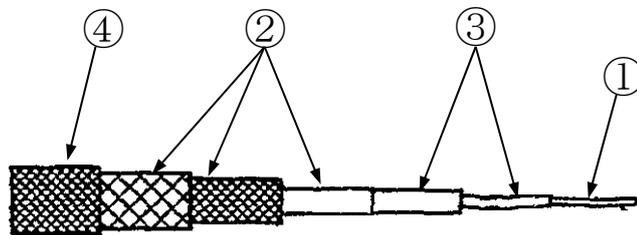
東海第二の難燃三重同軸ケーブルは、大別すると内部導体、絶縁体、外部導体及びシースで構成され、このうち、ケーブルの絶縁機能は、絶縁体で保たれている。

シースはケーブルを外的な力から保護するために設けられている。

東海第二の難燃三重同軸ケーブルの構造図を図 2.1-4 に示す。

##### (2) 材料及び使用条件

東海第二の難燃三重同軸ケーブル主要部位の使用材料を表 2.1-7 に、使用条件を表 2.1-8 に示す。



No.	部位
①	内部導体
②	外部導体
③	絶縁体
④	シース

図 2.1-4 難燃三重同軸ケーブル構造図

表 2.1-7 難燃三重同軸ケーブル主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
信号伝達機能の維持	信号伝達	内部導体	すずメッキ軟銅より線
		外部導体	すずメッキ軟銅線編組
	絶縁	絶縁体	架橋発泡ポリオレフィン
	保護	シース	難燃架橋ポリオレフィン

表 2.1-8 難燃三重同軸ケーブルの使用条件

	通常運転時	設計基準事故時	重大事故等時
設置場所	原子炉格納容器外		
周囲温度*	40.0 °C (最高)	100 °C (最高)	100 °C (最高)
最高圧力*	大気圧	0.001744 MPa	0.0069 MPa
放射線*	1×10 <sup>-5</sup> Gy/h (最大)	1.7 kGy (最大積算値)	100 kGy (最大積算値)

\*：原子炉格納容器外で難燃三重同軸ケーブルが布設されている区域における設計値

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

同軸ケーブルの機能である通電機能の達成に必要な項目は以下のとおり。

#### (1) 信号伝達機能の維持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

同軸ケーブルについて、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の材料、構造、使用条件（設置場所、電圧）及び現在までの運転経験を考慮し、表 2.2-1 に示すとおり、想定される経年劣化事象を抽出した（表 2.2-1 で○又は△、▲）。

なお、消耗品及び定期取替品は以下のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

同軸ケーブルには、消耗品及び定期取替品はない。

(3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

想定される経年劣化事象のうち下記①，②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。

なお，下記①，②に該当する事象については，2.2.3 項に示すとおり，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

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

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

- a. 絶縁体の絶縁特性低下 [難燃一重同軸ケーブル(絶縁体材料が架橋ポリエチレン) (原子炉格納容器内)]
- b. 絶縁体の絶縁特性低下 [難燃六重同軸ケーブル (原子炉格納容器内)]
- c. 絶縁体の絶縁特性低下 [難燃一重同軸ケーブル(絶縁体材料が架橋ポリオレフィン)]
- d. 絶縁体の絶縁特性低下 [難燃三重同軸ケーブル]

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

日常劣化管理事象に該当する事象は抽出されなかった。

- (2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、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（日常劣化管理事象以外）

#### a. 熱・放射線によるシースの硬化 [共通]

難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリエチレン）（原子炉格納容器内）及び難燃六重同軸ケーブル（原子炉格納容器内）の難燃架橋ポリエチレンシース、難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリオレフィン）及び難燃三重ケーブルの難燃架橋ポリオレフィンシースは有機物であるため、熱及び放射線により硬化する可能性がある。

しかし、シースは主にケーブル布設時に生ずる外的な力からケーブルを保護するためのものであり、ケーブルに要求される絶縁機能の確保に対するシースの役割は極めて低い。

したがって、熱・放射線によるシースの硬化は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

表 2.2-1(1/4) 難燃一重同軸ケーブル(絶縁体材料が架橋ポリエチレン) (原子炉格納容器内) に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象								備考
					減肉		割れ		絶縁	導通	信号	その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁特性低下	導通不良	特性変化		
信号伝達機能の維持	信号伝達	内部導体		すずメッキ軟銅より線									*:熱・放射線によるシースの硬化
		外部導体		すずメッキ軟銅線編組									
	絶縁	絶縁体		架橋ポリエチレン					○				
	遮蔽	遮蔽体		カーボンブラック									
	整形	セパレータ		難燃テープ									
	保護	シース		難燃架橋ポリエチレン								▲*	

○:高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

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

表 2. 2-1 (2/4) 難燃六重同軸ケーブル（原子炉格納容器内）に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象								備考
					減肉		割れ		絶縁	導通	信号	その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁特性低下	導通不良	特性変化		
信号伝達機能の維持	信号伝達	内部導体		すずメッキ軟銅より線									*:熱・放射線によるシースの硬化
		外部導体		アルミ箔貼付プラスチックテープ すずメッキ軟銅線編組									
	絶縁	絶縁体		架橋発泡ポリエチレン					○				
	遮蔽	遮蔽体		アルミ箔貼付プラスチックテープ すずメッキ軟銅線編組									
	保護	シース		難燃架橋ポリエチレン								▲*	

○:高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

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

表 2.2-1(3/4) 難燃一重同軸ケーブル(絶縁体材料が架橋ポリオレフィン)に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考	
					減肉		割れ		絶縁	導通	信号		その他
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁特性低下	導通不良	特性変化		
信号伝達機能の維持	信号伝達	内部導体		すずメッキ軟銅より線								*:熱・放射線によるシースの硬化	
		外部導体		軟銅線編組									
	絶縁	絶縁体		架橋ポリオレフィン				○					
	保護	シース		難燃架橋ポリオレフィン							▲*		

○:高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

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

表 2.2-1(4/4) 難燃三重同軸ケーブルに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象								備考
					減肉		割れ		絶縁	導通	信号	その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁特性低下	導通不良	特性変化		
信号伝達機能の維持	信号伝達	内部導体		すずメッキ軟銅より線									*:熱・放射線によるシースの硬化
		外部導体		すずメッキ軟銅線編組									
	絶縁	絶縁体		架橋発泡ポリオレフィン					○				
	保護	シース		難燃架橋ポリオレフィン								▲*	

○:高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

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

## 2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

### (1) 絶縁体の絶縁特性低下 [難燃一重同軸ケーブル (絶縁体材料が架橋ポリエチレン) (原子炉格納容器内)]

#### a. 事象の説明

絶縁体は、有機物の架橋ポリエチレンであるため、熱及び放射線による物性変化により、経年的に劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性がある。

絶縁特性低下を生ずる可能性のある部位を図 2.3-1 に示す。

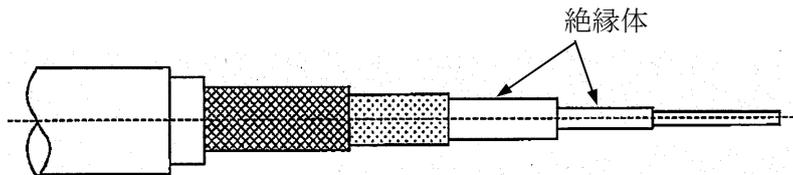


図 2.3-1 難燃一重同軸ケーブル (絶縁体材料が架橋ポリエチレン) の絶縁部位

#### b. 技術評価

##### ① 健全性評価

ケーブルの長期間の経年劣化を考慮した必要性能の評価方法は、IEEE Std. 323 (1974)「IEEE Standard for Qualifying Class 1E Equipment for Nuclear Power Generating Stations」(以下、「IEEE Std. 323 (1974)」という)及び IEEE Std. 383 (1974)「IEEE Standard for Type Test of Class 1E Electric Cables, Field Splices, and Connections for Nuclear Power Generating Stations」(以下、「IEEE Std. 383 (1974)」という)の規格を根幹に、電気学会において我が国のケーブル耐環境試験方法推奨案(電気学会技術報告(Ⅱ部)第139号「原子力発電所電線ケーブルの環境試験方法ならびに耐延焼性試験方法に関する推奨案」、以下「電気学会推奨案」という)としてまとめられており、この電気学会推奨案と同じ手順で実機同等品による長期健全性試験を実施し、この結果に基づき長期間の健全性を評価した。

また、設計基準事故時雰囲気内で機能要求があるケーブルについては、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手法が検討され、その結果が「原子力発電所のケーブル経年劣化評価ガイド(JNES-RE-2013-2049)」(以下、「ACAガイド」という)に取りまとめられている。

このため、設計基準事故時雰囲気内で機能要求がある難燃一重同軸ケーブル(絶縁体材料が架橋ポリエチレン)(原子炉格納容器内)については、実機同等品によるACAガイドに従った長期健全性についても評価した。

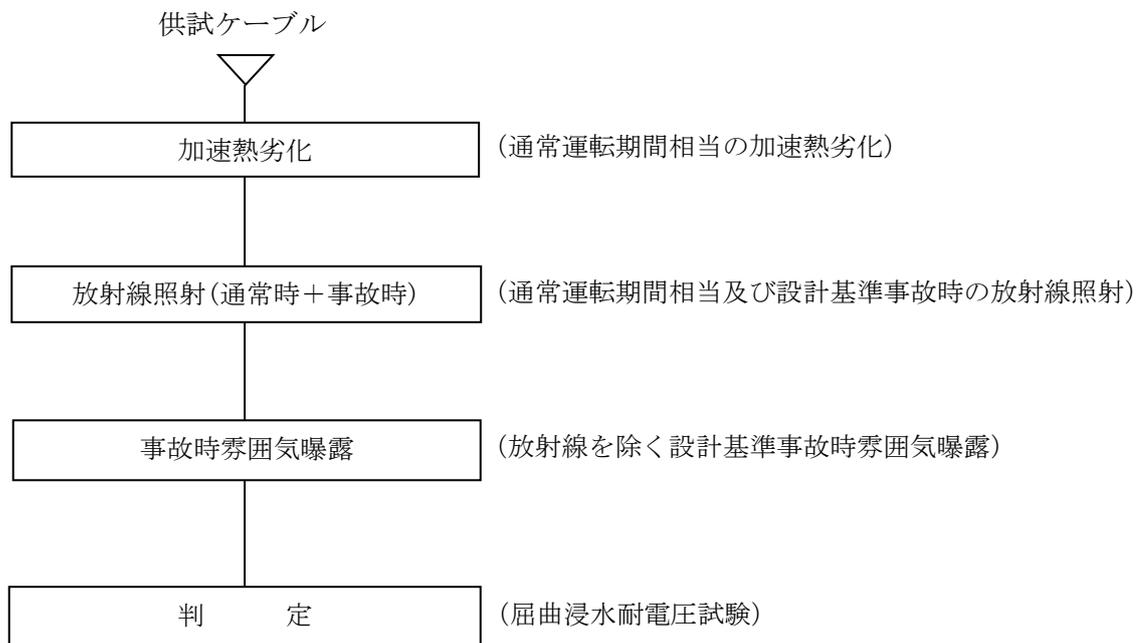


図 2.3-2 難燃一重同軸ケーブル長期健全性試験手順（電気学会推奨案）

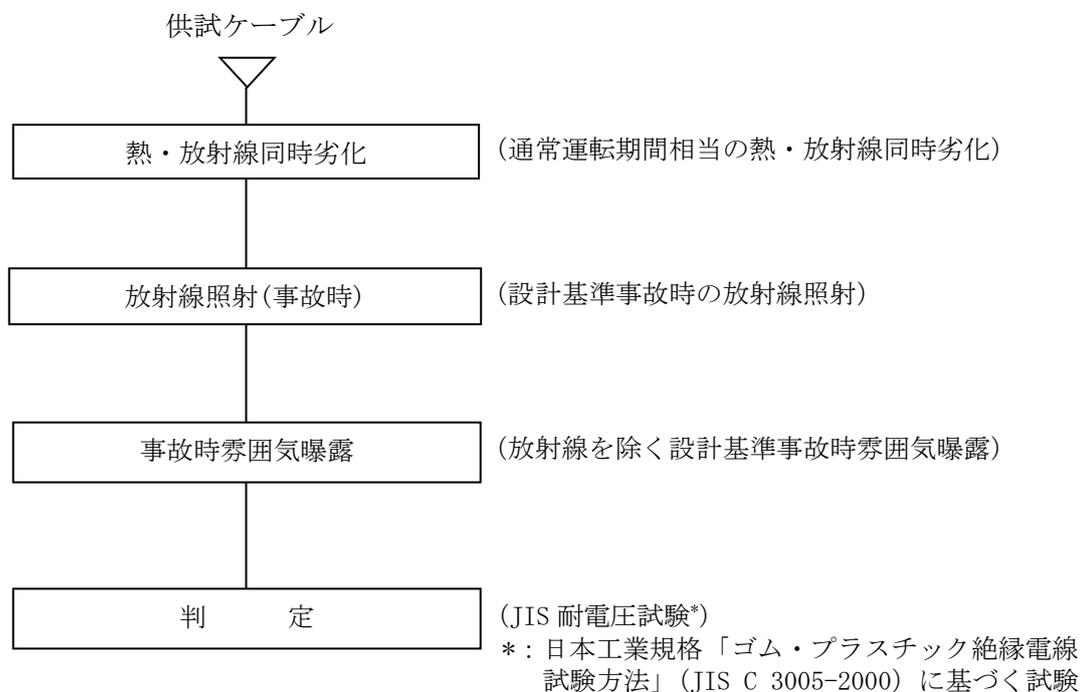


図 2.3-3 難燃一重同軸ケーブル長期健全性試験手順（ACA ガイド）

図 2.3-2 及び図 2.3-3 に示す長期健全性試験手順により評価した。

本試験条件は、表 2.3-1 及び表 2.3-3 に示すとおり、電気学会推奨案に従った長期健全性試験条件にて 60 年間、ACA ガイドに従った長期健全性試験条件にて 30 年間の通常運転期間、設計基準事故時\*及び重大事故等時\*雰囲気を想定した熱及び放射線による使用条件を包絡し、表 2.3-2 及び表 2.3-4 に示すとおり、屈曲浸水耐電圧試験、JIS 耐電圧試験の判定基準を満足している。

難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリエチレン）（原子炉格納容器内）は、平成 21 年（運転開始後 31 年）にケーブルの取替を実施しており、ACA ガイドに従った長期健全性の評価で確認がとれている 30 年間の通常運転期間を加えると、運転開始後 60 年間の通常運転期間及び設計基準事故時雰囲気並びに重大事故等時雰囲気において絶縁性能を維持できると評価できる。

\*：新規制基準への適合性確認のための工事計画認可申請書「V-1-1-6 安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」及び発電用原子炉設置変更許可申請書「添付書類十 変更後における発電用原子炉施設において事故が発生した場合における当該事故に対処するために必要な施設及び体制の整備に関する説明書」に基づく原子炉格納容器内の設計基準事故時及び重大事故等時における各条件

表 2.3-1 難燃一重同軸ケーブル長期健全性試験条件（電気学会推奨案）

	試験条件	説明
加速熱劣化	121 °C×270 時間	原子炉格納容器内の周囲最高温度（65.6 °C）では、60 年間の通常運転期間を包絡する。
放射線照射 (通常時+事故時)	放射線照射線量：1,010 kGy	東海第二で想定される照射線量 約 $5.3 \times 10^2$ kGy (60 年間の通常運転期間 約 $2.7 \times 10^2$ kGy に設計基準事故時線量 $2.6 \times 10^2$ kGy を加えた線量) を包絡する。 また、東海第二で想定される照射線量 約 296 kGy (60 年間の通常運転期間 約 $2.7 \times 10^2$ kGy に重大事故等時線量 26 kGy を加えた線量) を包絡する。
事故時雰囲気曝露	最高温度：171 °C 最高圧力：0.428 MPa 曝露時間：13 日間	東海第二における設計基準事故時の最高温度（171 °C）、最高圧力（0.31 MPa）、及び重大事故等時の最高温度（115 °C）、最高圧力（0.20 MPa）を包絡する。

表 2.3-2 難燃一重同軸ケーブル長期健全性試験結果（電気学会推奨案）

項目	試験手順	判定基準	結果
屈曲浸水耐電圧試験	① 直線状に試料を伸ばした後，試料外径の約 40 倍のマンドレルに巻きつける。 ② ①の両端部以外を常温の水中に浸し 1 時間以上放置する。 ③ ②の状態では，公称絶縁体厚さに対し交流電圧 3.2kV/mm を 5 分間印加する。	絶縁破壊しないこと。	良

[出典：日本原子力発電研究データ]

表 2.3-3 難燃一重同軸ケーブル長期健全性試験条件（ACA ガイド）

	試験条件	説明
熱・放射線同時劣化	100℃－98.1Gy/h－7,024 時間	原子炉格納容器内の布設されている区域における設計値（最高温度 65.6 ℃，最大線量率 0.500 Gy/h）について等価簡易損傷手法により評価した結果，30 年間の通常運転期間を包絡する。
放射線照射（事故時）	放射線照射線量：500kGy	東海第二で想定される事故時線量約 $2.6 \times 10^2$ kGy を包絡する。
事故時雰囲気曝露	最高温度：171℃ 最高圧力：0.427MPa 曝露時間：13 日間	東海第二における設計基準事故時の最高温度（171 ℃），最高圧力（0.31 MPa）を包絡する。

表 2.3-4 難燃一重同軸ケーブル長期健全性試験結果（ACA ガイド）

項目	試験手順	判定基準	結果
JIS 耐電圧試験	AC 7,000V－1 分間	絶縁破壊しないこと。	良

[出典：電力共同研究「ケーブルの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）」]

② 現状保全

難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリエチレン）（原子炉格納容器内）の絶縁特性低下に対しては，系統機器の点検時に絶縁抵抗測定を実施している。

また，系統機器の点検時に実施する動作試験においてもケーブルの絶縁機能の健全性を確認している。

さらに，点検で有意な絶縁特性低下が認められた場合には，ケーブルの取替を行うこととしている。

③ 総合評価

健全性評価結果から判断して、絶縁体の急激な絶縁特性低下の可能性は小さく、また、絶縁特性低下は系統機器点検時の絶縁抵抗測定及び系統機器の動作試験で把握可能と考える。

今後も、系統機器点検時の絶縁抵抗測定及び系統機器の動作試験を実施することにより、異常の有無は把握可能であり、現状の保全は点検手法としては適切であると考えている。

c. 高経年化への対応

絶縁体の絶縁特性低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に対して追加すべき項目はないと考える。

今後も、系統機器点検時の絶縁抵抗測定及び系統機器の動作試験を実施することにより、絶縁特性低下を監視していくとともに、必要に応じて取替を行うこととする。

(2) 絶縁体の絶縁特性低下 [難燃六重同軸ケーブル (原子炉格納容器内)]

a. 事象の説明

絶縁体は、有機物の架橋発泡ポリエチレンであるため、熱及び放射線による物性変化により、経年的に劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性がある。

絶縁特性低下を生ずる可能性のある部位を図 2.3-4 に示す。

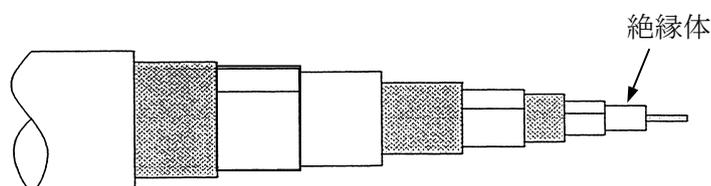


図 2.3-4 難燃六重同軸ケーブルの絶縁部位

b. 技術評価

① 健全性評価

ケーブルの長期間の経年劣化を考慮した必要性能の評価方法は、IEEE Std. 323 (1974) 及び IEEE Std. 383 (1974) の規格を根幹に、電気学会推奨案としてまとめられており、この電気学会推奨案と同じ手順で実機同等品による長期健全性試験を実施し、この結果に基づき長期間の健全性を評価した。

また、設計基準事故時雰囲気内で機能要求があるケーブルについては、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手法が検討され、その結果が ACA ガイドに取りまとめられている。

このため、設計基準事故時雰囲気内で機能要求がある難燃六重同軸ケーブルについては、実機相当品 (架橋ポリエチレンの絶縁体を有する難燃一重同軸ケーブル) による ACA ガイドに従った長期健全性についても評価した。

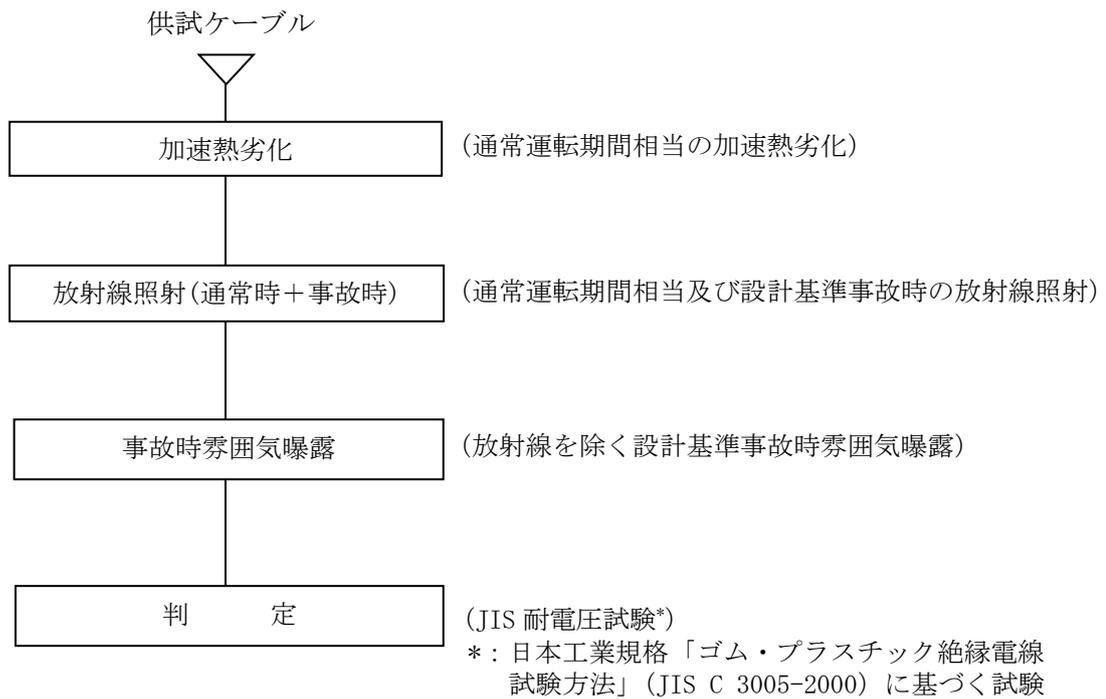


図 2.3-5 難燃六重同軸ケーブル長期健全性試験手順 (電気学会推奨案)

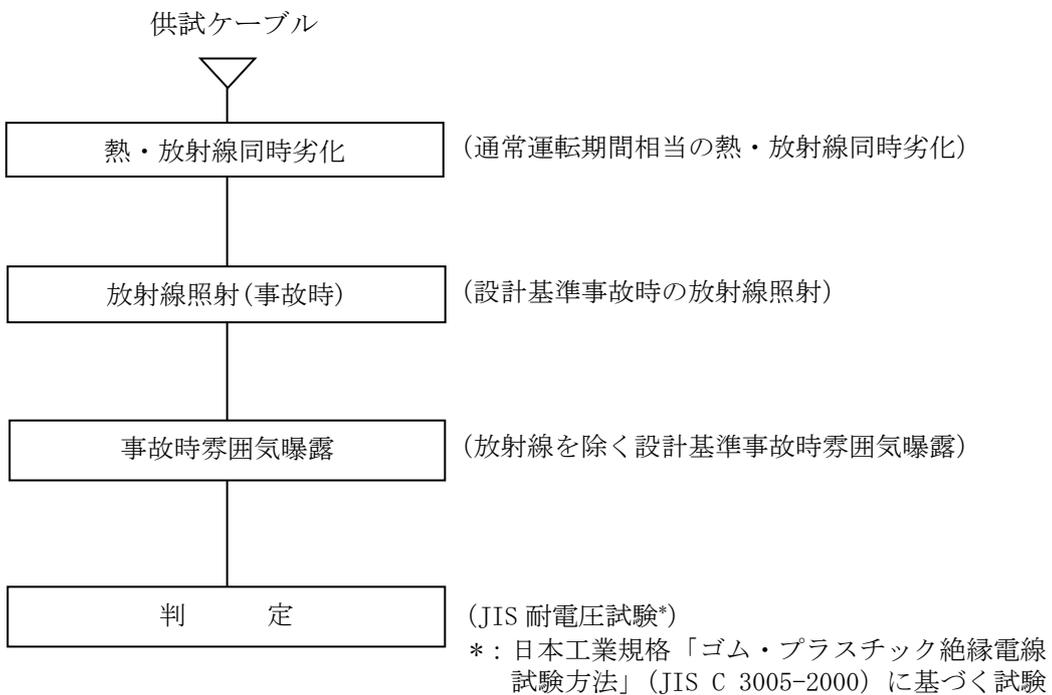


図 2.3-6 難燃一重同軸ケーブル長期健全性試験手順 (ACA ガイド)

図 2.3-5 及び図 2.3-6 に示す長期健全性試験手順により評価した。

本試験条件は、表 2.3-5 及び表 2.3-7 に示すとおり、電気学会推奨案に従った長期健全性試験条件にて 41 年間、ACA ガイドに従った長期健全性試験条件にて 30 年間の通常運転期間、設計基準事故時\*及び重大事故等時\*雰囲気を想定した熱及び放射線による使用条件を包絡し、表 2.3-6 及び表 2.3-8 に示すとおり、JIS 耐電圧試験の判定基準を満足している。

難燃六重同軸ケーブル（原子炉格納容器内）は、平成 11 年（運転開始後 21 年）にケーブルの取替を実施しており、ACA ガイドに従った長期健全性の評価で確認がとれている 30 年間の通常運転期間を加えると、運転開始後 51 年間の通常運転期間及び設計基準事故時雰囲気並びに重大事故等時雰囲気において絶縁性能を維持できると評価できる。

\*：新規制基準への適合性確認のための工事計画認可申請書「V-1-1-6 安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」及び発電用原子炉設置変更許可申請書「添付書類十 変更後における発電用原子炉施設において事故が発生した場合における当該事故に対処するために必要な施設及び体制の整備に関する説明書」に基づく原子炉格納容器内の設計基準事故時及び重大事故等時における各条件

表 2.3-5 難燃六重同軸ケーブル長期健全性試験条件（電気学会推奨案）

	試験条件	説明
加速熱劣化	121℃×168 時間	原子炉格納容器内の周囲最高温度（65.6℃）では、41 年間の通常運転期間を包絡する。
放射線照射 (通常時+事故時)	放射線照射線量：760 kGy	東海第二で想定される照射線量約 $5.3 \times 10^2$ kGy（60 年間の通常運転期間約 $2.7 \times 10^2$ kGy に設計基準事故時線量 $2.6 \times 10^2$ kGy を加えた線量）を包絡する。また、東海第二で想定される照射線量約 296 kGy（60 年間の通常運転期間約 $2.7 \times 10^2$ kGy に重大事故等時線量 26 kGy を加えた線量）を包絡する。
事故時雰囲気曝露	最高温度：171℃ 最高圧力：0.686 MPa 曝露時間：13 日間	東海第二における設計基準事故時の最高温度（171℃）、最高圧力（0.31 MPa）、及び重大事故等時の最高温度（115℃）、最高圧力（0.20 MPa）を包絡する。

表 2.3-6 難燃六重同軸ケーブル長期健全性試験結果（電気学会推奨案）

項目	試験手順	判定基準	結果
JIS 耐電圧試験	AC 5,000 V-1 分間	絶縁破壊しないこと。	良

[出典：メーカーデータ]

表 2.3-7 難燃一重同軸ケーブル長期健全性試験条件（ACA ガイド）

	試験条件	説明
熱・放射線 同時劣化	100 °C-98.1 Gy/h-7,024 時間	原子炉格納容器内の布設されている区域における設計値（最高温度 65.6 °C，最大線量率 0.500 Gy/h）について等価簡易損傷手法により評価した結果，30 年間の通常運転期間を包絡する。
放射線照射 (事故時)	放射線照射線量 : 500 kGy	東海第二で想定される事故時線量約 $2.6 \times 10^2$ kGy を包絡する。
事故時雰囲気曝露	最高温度 : 171 °C 最高圧力 : 0.427 kPa 曝露時間 : 13 日間	東海第二における設計基準事故時の最高温度 (171 °C)，最高圧力 (0.31 MPa) を包絡する。

表 2.3-8 難燃一重同軸ケーブル長期健全性試験結果（ACA ガイド）

項目	試験手順	判定基準	結果
JIS 耐電圧試験	AC 7,000 V-1 分間	絶縁破壊しないこと。	良

[出典：電力共同研究「ケーブルの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）」]

## ② 現状保全

難燃六重同軸ケーブル（原子炉格納容器内）の絶縁特性低下に対しては，系統機器の点検時に絶縁抵抗測定を実施している。

また，系統機器の点検時に実施する動作試験においてもケーブルの絶縁機能の健全性を確認している。

さらに，点検で有意な絶縁特性低下が認められた場合には，ケーブルの取替を行うこととしている。

### ③ 総合評価

健全性評価結果から判断して、絶縁体の急激な絶縁特性低下の可能性は小さく、また、絶縁特性低下は系統機器点検時の絶縁抵抗測定及び系統機器の動作試験で把握可能と考える。

今後も、系統機器点検時の絶縁抵抗測定及び系統機器の動作試験を実施することにより、異常の有無は把握可能であり、現状の保全は点検手法としては適切であると考ええる。

#### c. 高経年化への対応

絶縁体の絶縁特性低下に対しては、今後も系統機器点検時の絶縁抵抗測定及び系統機器の動作試験を実施することにより、絶縁特性低下を監視していくとともに、必要に応じて取替を行うこととする。

なお、難燃六重同軸ケーブル（原子炉格納容器内）については、追加保全項目として、健全性評価から得られた評価期間に至る前に取替を実施する。

これにより、運転を延長しようとする期間において、絶縁体の絶縁特性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判断する。

(3) 絶縁体の絶縁特性低下 [難燃一重同軸ケーブル (絶縁体材料が架橋ポリオレフィン)  
(原子炉格納容器外)]

a. 事象の説明

絶縁体は、有機物の架橋ポリオレフィンであるため、熱及び放射線による物性変化により、経年的に劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性がある。

絶縁特性低下を生ずる可能性のある部位を図 2.3-7 に示す。

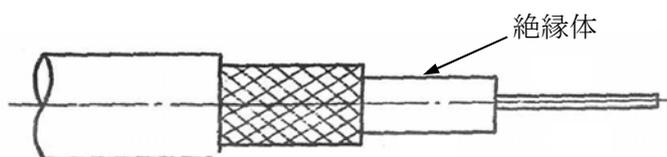


図 2.3-7 難燃一重同軸ケーブル (絶縁体材料が架橋ポリオレフィン) の絶縁部位

b. 技術評価

① 健全性評価

ケーブルの長期間の経年劣化を考慮した必要性能の評価方法は、IEEE Std. 323 (1974) 及び IEEE Std. 383 (1974) の規格を根幹に、電気学会推奨案としてまとめられており、この電気学会推奨案に基づき実機同等品による長期健全性試験を実施し、この結果に基づき長期間の健全性を評価した。

また、設計基準事故時雰囲気内で機能要求があるケーブルについては、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手法が検討され、その結果が ACA ガイドに取りまとめられている。

このため、設計基準事故時雰囲気内で機能要求がある難燃一重同軸ケーブル (絶縁体材料が架橋ポリオレフィン) については、実機同等品による ACA ガイドに従った長期健全性についても評価した。

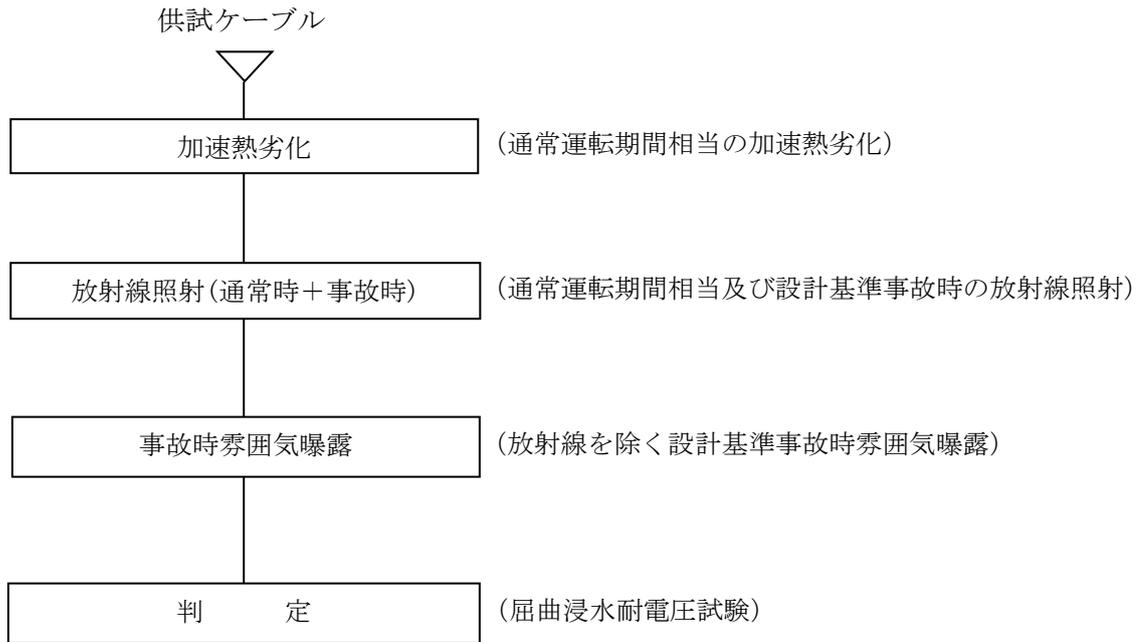


図 2.3-8 難燃一重同軸ケーブル長期健全性試験手順 (電気学会推奨案)

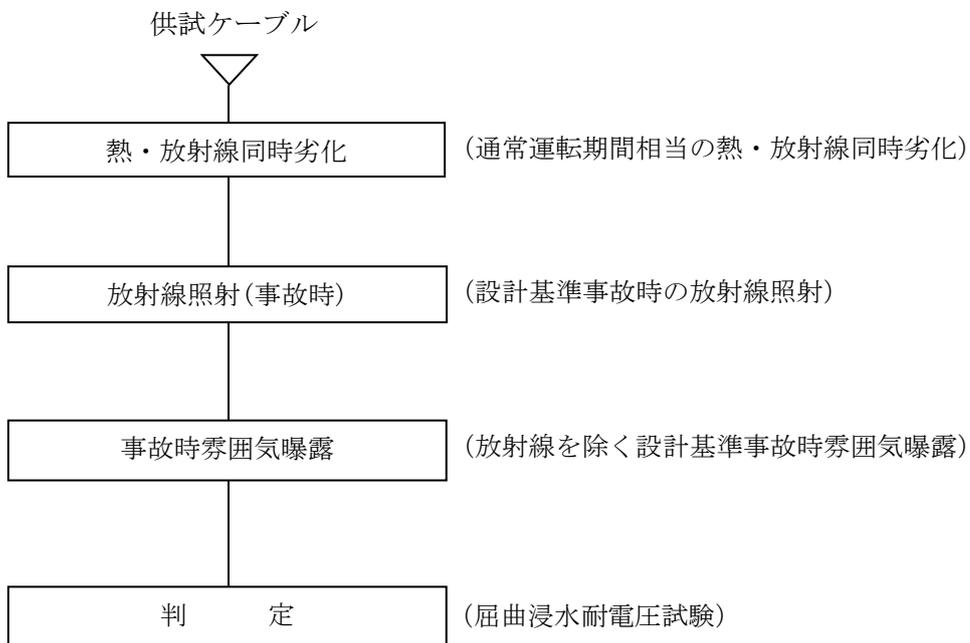


図 2.3-9 難燃一重同軸ケーブル長期健全性試験手順 (ACA ガイド)

図 2.3-8 及び図 2.3-9 に示す長期健全性試験手順により評価した。

本試験条件は、表 2.3-9 及び表 2.3-11 に示すとおり、電気学会推奨案に従った長期健全性試験にて 60 年間以上、ACA ガイドに従った長期健全性試験条件にて 23 年間の通常運転期間、設計基準事故時\*及び重大事故等時\*雰囲気を想定した熱及び放射線による使用条件を包絡し、表 2.3-10 及び表 2.3-12 に示すとおり、屈曲浸水耐電圧試験の判定基準を満足している。

難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリオレフィン）（原子炉格納容器外）は、表 2.3-11 に示すとおり 37 年間実機環境下で使用した実機同等品による ACA ガイドに従った長期健全性試験で、23 年間の健全性が確認できていることから、運転開始後 60 年間の通常運転期間及び設計基準事故時雰囲気並びに重大事故等時雰囲気において絶縁性能を維持できると評価できる。

\*：新規制基準への適合性確認のための工事計画認可申請書「V-1-1-6 安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」に基づく原子炉格納容器外の設計基準事故時及び重大事故等時における各条件

表 2.3-9 難燃一重同軸ケーブル長期健全性試験条件（電気学会推奨案）

	試験条件	説明
加速熱劣化	110 °C×2,472 時間	原子炉格納容器外の周囲最高温度（40.0 °C）では、60 年間の通常運転期間を包絡する。
放射線照射 (通常時+事故時)	放射線照射線量：260 kGy	東海第二で想定される照射線量約 1.8 kGy（60 年間の通常運転期間約 5.3 Gy に設計基準事故時線量 1.7 kGy を加えた線量）を包絡する。 また、東海第二で想定される照射線量約 101 kGy（60 年間の通常運転期間約 5.3 Gy に重大事故等時線量約 100 kGy を加えた線量）を包絡する。
事故時雰囲気曝露	最高温度：171 °C 最高圧力：0.427 MPa 曝露時間：25 時間	東海第二における設計基準事故時の最高温度（100 °C）、最高圧力（0.001744 MPa）、及び重大事故等時の最高温度（100 °C）、最高圧力（0.0069 MPa）を包絡する。

表 2.3-10 難燃一重同軸ケーブル長期健全性試験結果（電気学会推奨案）

項目	試験手順	判定基準	結果
屈曲浸水耐電圧試験	① 直線状に試料を伸ばした後，試料外径の約 40 倍のマンドレルに巻きつける。 ② ①の両端部以外を常温の水中に浸し 1 時間以上放置する。 ③ ②の状態では，公称絶縁体厚さに対し交流電圧 3.2kV/mm を 5 分間印加する。	絶縁破壊しないこと。	良

[出典：日本原子力発電研究データ]

表 2.3-11 難燃一重同軸ケーブル長期健全性試験条件（ACA ガイド）

	試験条件	説明
熱・放射線同時劣化	110 °C×2,472 時間 放射線照射なし	原子炉格納容器外の周囲最高温度（40.0 °C）では，23 年間の通常運転期間に相当する。 供試ケーブルは 37 年間実機環境下にて使用したものであり，長期健全性試験で確認がとれている 23 年間の通常運転期間を加えると，60 年間の通常運転期間に相当する。
放射線照射（事故時）	放射線照射線量：260 kGy	東海第二で想定される事故時線量約 1.7 kGy を包絡する。
事故時雰囲気曝露	最高温度：171 °C 最高圧力：0.427 MPa 曝露時間：25 時間	東海第二における設計基準事故時の最高温度（100 °C），最高圧力（0.001744 MPa）を包絡する。

表 2.3-12 難燃一重同軸ケーブル長期健全性試験結果（ACA ガイド）

項目	試験手順	判定基準	結果
屈曲浸水耐電圧試験	① 直線状に試料を伸ばした後，試料外径の約 40 倍のマンドレルに巻きつける。 ② ①の両端部以外を常温の水中に浸し 1 時間以上放置する。 ③ ②の状態では，公称絶縁体厚さに対し交流電圧 3.2kV/mm を 5 分間印加する。	絶縁破壊しないこと。	良

[出典：日本原子力発電研究データ]

## ② 現状保全

難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリオレフィン）（原子炉格納容器外）の絶縁特性低下に対しては、系統機器の点検時に絶縁抵抗測定を実施している。

また、系統機器の点検時に実施する動作試験においてもケーブルの絶縁機能の健全性を確認している。

さらに、点検で有意な絶縁特性低下が認められた場合には、ケーブルの取替を行うこととしている。

## ③ 総合評価

健全性評価結果から判断して、絶縁体の急激な絶縁特性低下の可能性は小さく、また、絶縁特性低下は系統機器点検時の絶縁抵抗測定及び系統機器の動作試験で把握可能と考える。

今後も、系統機器点検時の絶縁抵抗測定及び系統機器の動作試験を実施することにより、異常の有無は把握可能であり、現状の保全は点検手法としては適切であると考ええる。

## c. 高経年化への対応

絶縁体の絶縁特性低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に対して追加すべき項目はないと考える。

今後も、系統機器点検時の絶縁抵抗測定及び系統機器の動作試験を実施することにより、絶縁特性低下を監視していくとともに、必要に応じて取替を行うこととする。

(4) 絶縁体の絶縁特性低下 [難燃三重同軸ケーブル (原子炉格納容器外)]

a. 事象の説明

絶縁体は、有機物の架橋発泡ポリオレフィンであるため、熱及び放射線による物性変化により、経年的に劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性がある。

絶縁特性低下を生ずる可能性のある部位を図 2.3-10 に示す。

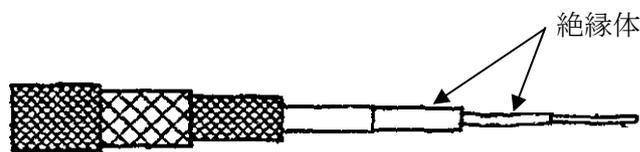


図 2.3-10 難燃三重同軸ケーブルの絶縁部位

b. 技術評価

① 健全性評価

ケーブルの長期間の経年劣化を考慮した必要性能の評価方法は、IEEE Std. 323 (1974) 及び IEEE Std. 383 (1974) の規格を根幹に、電気学会推奨案としてまとめられており、この電気学会推奨案に基づき実機同等品による長期健全性試験を実施しており、この結果に基づき長期間の健全性を評価した。

また、設計基準事故時雰囲気内で機能要求があるケーブルについては、原子力安全基盤機構により原子カプラントでの使用条件に即したケーブルの経年劣化手法が検討され、その結果が ACA ガイドに取りまとめられている。

このため、設計基準事故時雰囲気内で機能要求がある難燃三重同軸ケーブルについては、実機相当品 (架橋ポリオレフィンの絶縁体を有する難燃一重同軸ケーブル) による ACA ガイドに従った長期健全性についても評価した。

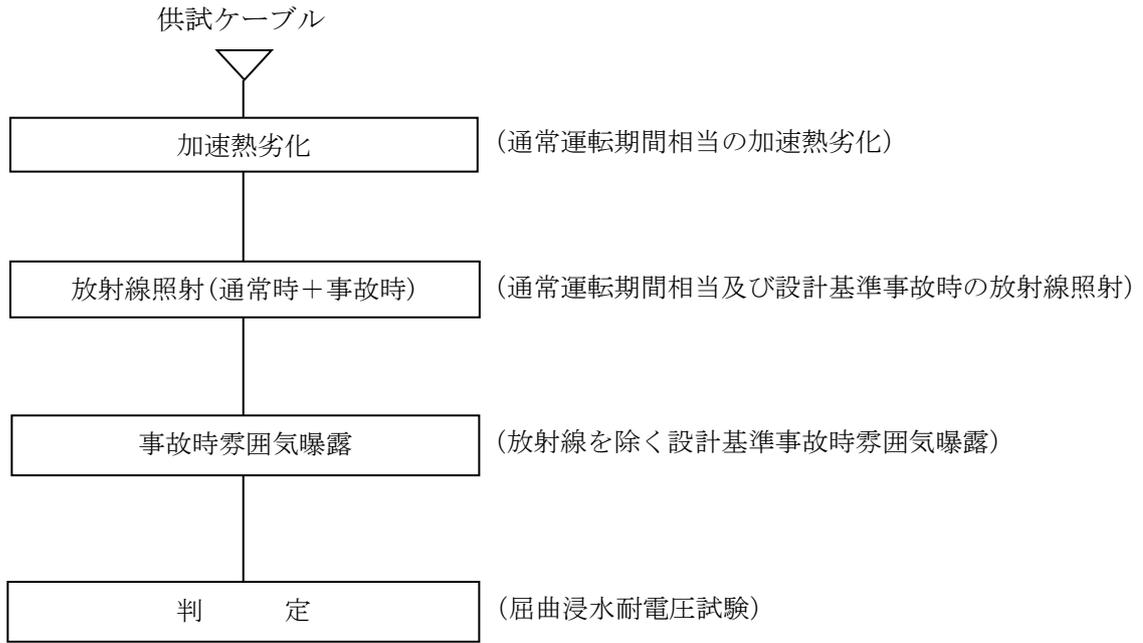


図 2.3-11 難燃三重同軸ケーブル長期健全性試験手順（電気学会推奨案）

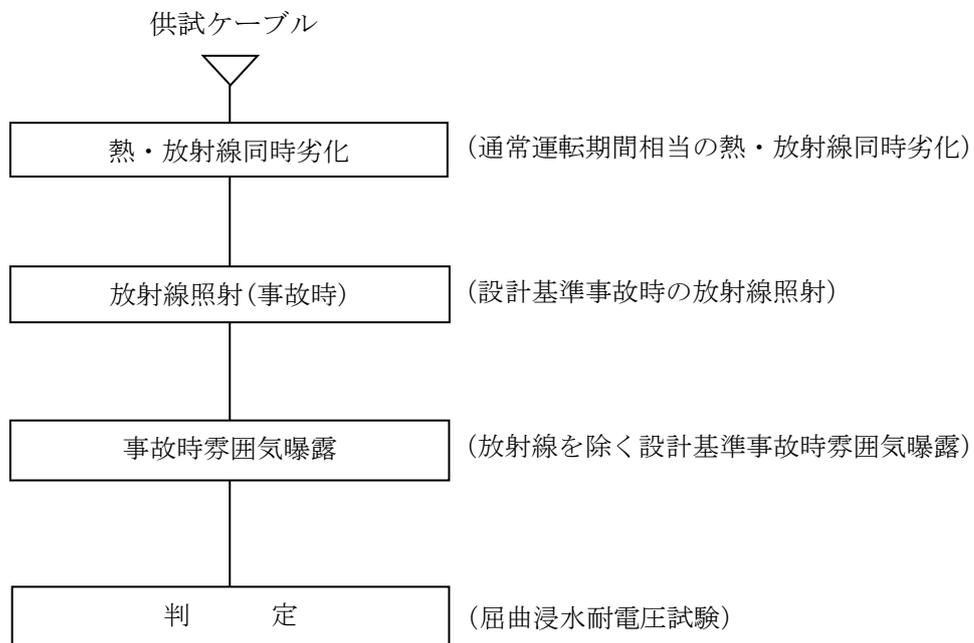


図 2.3-12 難燃一重同軸ケーブル長期健全性試験手順（ACA ガイド）

図 2.3-11 及び図 2.3-12 に示す長期健全性試験手順により評価した。

本試験条件は、表 2.3-13 及び表 2.3-15 に示すとおり、電気学会推奨案に従った長期健全性試験にて 60 年間以上、ACA ガイドに従った長期健全性試験条件にて 23 年間の通常運転期間、設計基準事故時\*及び重大事故等時\*雰囲気を想定した熱及び放射線による使用条件を包絡し、表 2.3-14 及び表 2.3-16 に示すとおり、屈曲浸水耐電圧試験の判定基準を満足している。

難燃三重同軸ケーブル（原子炉格納容器外）は、表 2.3-15 に示すとおり 37 年間実機環境下で使用した実機相当品による ACA ガイドに従った長期健全性試験で、23 年間の健全性が確認できていることから、運転開始後 60 年間の通常運転期間及び設計基準事故時雰囲気並びに重大事故等時雰囲気において絶縁性能を維持できると評価できる。

\*：新規制基準への適合性確認のための工事計画認可申請書「V-1-1-6 安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」に基づく原子炉格納容器外の設計基準事故時及び重大事故等時における各条件

表 2.3-13 難燃三重同軸ケーブル長期健全性試験条件（電気学会推奨案）

	試験条件	説明
加速熱劣化	100 °C×120 時間	原子炉格納容器外の周囲最高温度（40.0 °C）では、60 年間の通常運転期間を包絡する。
放射線照射 (通常時+事故時)	放射線照射線量：2,000 kGy	東海第二で想定される照射線量約 1.8 kGy（60 年間の通常運転期間約 5.3 Gy に設計基準事故時線量 1.7 kGy を加えた線量）を包絡する。 また、東海第二で想定される照射線量約 101 kGy（60 年間の通常運転期間約 5.3 Gy に重大事故等時線量約 100 kGy を加えた線量）を包絡する。
事故時雰囲気曝露	最高温度：171 °C 最高圧力：0.717 MPa 曝露時間：108 日間	東海第二における設計基準事故時の最高温度（100 °C）、最高圧力（0.001744 MPa）、及び重大事故等時の最高温度（100 °C）、最高圧力（0.0069 MPa）を包絡する。

表 2.3-14 難燃三重同軸ケーブル長期健全性試験結果（電気学会推奨案）

項目	試験手順	判定基準	結果
屈曲浸水耐電圧試験	① 直線状に試料を伸ばした後，試料外径の約 40 倍のマンドレルに巻きつける。 ② ①の両端部以外を常温の水中に浸し 1 時間以上放置する。 ③ ②の状態では，公称絶縁体厚さに対し交流電圧 3.2kV/mm を 5 分間印加する。	絶縁破壊しないこと。	良

[出典：メーカーデータ]

表 2.3-15 難燃一重同軸ケーブル長期健全性試験条件（ACA ガイド）

	試験条件	説明
熱・放射線同時劣化	110 °C×2,472 時間 放射線照射なし	原子炉格納容器外の周囲最高温度（40.0 °C）では，23 年間の通常運転期間に相当する。 供試ケーブルは 37 年間実機環境下にて使用したものであり，長期健全性試験で確認がとれている 23 年間の通常運転期間を加えると，60 年間の通常運転期間に相当する。
放射線照射（事故時）	放射線照射線量：260 kGy	東海第二で想定される事故時線量約 1.7 kGy を包絡する。
事故時雰囲気曝露	最高温度：171°C 最高圧力：0.427 MPa 曝露時間：25 時間	東海第二における設計基準事故時の最高温度（100 °C），最高圧力（0.001744 MPa）を包絡する。

表 2.3-16 難燃一重同軸ケーブル長期健全性試験結果（ACA ガイド）

項目	試験手順	判定基準	結果
屈曲浸水耐電圧試験	① 直線状に試料を伸ばした後，試料外径の約 40 倍のマンドレルに巻きつける。 ② ①の両端部以外を常温の水中に浸し 1 時間以上放置する。 ③ ②の状態では，公称絶縁体厚さに対し交流電圧 3.2kV/mm を 5 分間印加する。	絶縁破壊しないこと。	良

[出典：日本原子力発電研究データ]

## ② 現状保全

難燃三重同軸ケーブル（原子炉格納容器外）の絶縁特性低下に対しては、系統機器の点検時に絶縁抵抗測定を実施している。

また、系統機器の点検時に実施する動作試験においてもケーブルの絶縁機能の健全性を確認している。

さらに、点検で有意な絶縁特性低下が認められた場合には、ケーブルの取替を行うこととしている。

## ③ 総合評価

健全性評価結果から判断して、絶縁体の急激な絶縁特性低下の可能性は小さく、また、絶縁特性低下は系統機器点検時の絶縁抵抗測定及び系統機器の動作試験で把握可能と考える。

今後も、系統機器点検時の絶縁抵抗測定及び系統機器の動作試験を実施することにより、異常の有無は把握可能であり、現状の保全は点検手法としては適切であると考えている。

## c. 高経年化への対応

絶縁体の絶縁特性低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に対して追加すべき項目はないと考える。

今後も、系統機器点検時の絶縁抵抗測定及び系統機器の動作試験を実施することにより、絶縁特性低下を監視していくとともに、必要に応じて取替を行うこととする。

### 3. 代表機器以外への展開

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

[対象同軸ケーブル]

- ① 難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリエチレン）（原子炉格納容器外）
- ② 難燃六重同軸ケーブル（原子炉格納容器外）
- ③ 難燃二重同軸ケーブル

#### 3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

- a. 絶縁体の絶縁特性低下 [難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリエチレン）（原子炉格納容器外）、難燃二重同軸ケーブル]

代表機器である難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリエチレン）（原子炉格納容器内）と同様に絶縁体材料が架橋ポリエチレンであるため、熱及び放射線による物性変化により、経年的に劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性がある。

難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリエチレン）（原子炉格納容器外）及び難燃二重同軸ケーブルは、原子炉格納容器外に設置され、設計基準事故時動作及び重大事故等時動作が要求される。

これより、代表機器である原子炉格納容器内の難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリエチレン）（原子炉格納容器内）の健全性評価方法を用いて、表 3.1-1 に記載の使用条件における難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリエチレン）（原子炉格納容器外）及び難燃二重同軸ケーブルの長期健全性を評価した。

その結果、難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリエチレン）（原子炉格納容器外）及び難燃二重同軸ケーブルは、電気学会推奨案に従った長期健全性試験条件については60年間以上、ACAガイドに従った長期健全性の評価については60年間の運転期間を想定した劣化条件を包絡し、事故時雰囲気曝露試験の判定基準を満足していることを確認した。

これらのことから、難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリエチレン）（原子炉格納容器外）及び難燃二重同軸ケーブルは、60年間の通常運転期間及び設計基準事故時雰囲気並びに重大事故等時雰囲気において絶縁性能を維持できると評価する。

また、代表機器と同様に絶縁抵抗測定及び系統機器の動作試験を実施しており、今後もこの保全方法を継続し、絶縁特性低下を監視していくとともに、必要に応じて取替を行うこととする。

表 3.1-1 難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリエチレン）（原子炉格納容器外）  
及び難燃二重同軸ケーブルの使用条件

	通常運転時	設計基準事故時	重大事故等時
設置場所	原子炉格納容器外		
周囲温度*	40.0 °C（最高）	100 °C（最高）	100 °C（最高）
最高圧力*	大気圧	0.001744 MPa	0.0069 MPa
放射線*	1×10 <sup>-5</sup> Gy/h （最大）	1.7 kGy （最大積算値）	100 kGy （最大積算値）

\*：原子炉格納容器外で難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリエチレン）（原子炉格納容器外）及び難燃二重同軸ケーブルが布設されている区域における設計値

b. 絶縁体の絶縁特性低下 [難燃六重同軸ケーブル (原子炉格納容器外)]

代表機器である難燃六重同軸ケーブル (原子炉格納容器内) と同様に絶縁体は架橋発泡ポリエチレンであるため、熱及び放射線による物性変化により、経年的に劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性がある。

難燃六重同軸ケーブル (原子炉格納容器外) は、原子炉格納容器外に設置され、設計基準事故時動作及び重大事故等時動作が要求される。

これより、代表機器が設置されている原子炉格納容器内の難燃六重同軸ケーブルの健全性評価方法を用いて、表 3.1-2 に記載の使用条件における難燃六重同軸ケーブル (原子炉格納容器外) の長期健全性を評価した。

その結果、難燃六重同軸ケーブル (原子炉格納容器外) は、電気学会推奨案に従った長期健全性試験条件については 60 年間以上、ACA ガイドに従った長期健全性試験条件については 60 年間以上の運転期間を想定した劣化条件を包絡し、事故時雰囲気曝露試験の判定基準を満足していることを確認した。

これらのことから、難燃六重同軸ケーブル (原子炉格納容器外) の絶縁体は、60 年間の通常運転期間及び設計基準事故時雰囲気並びに重大事故等時雰囲気において絶縁性能を維持できると評価する。

また、代表機器と同様に絶縁抵抗測定及び系統機器の動作試験を実施しており、今後この保全方法を継続し、絶縁特性低下を監視していくとともに、必要に応じて取替を行うこととする。

表 3.1-2 難燃六重同軸ケーブル (原子炉格納容器外) の使用条件

	通常運転時	設計基準事故時	重大事故等時
設置場所	原子炉格納容器外		
周囲温度*	40.0 °C (最高)	100 °C (最高)	100 °C (最高)
最高圧力*	大気圧	0.001744 MPa	0.0069 MPa
放射線*	1×10 <sup>-5</sup> Gy/h (最大)	1.7 kGy (最大積算値)	100 kGy (最大積算値)

\*：原子炉格納容器外で難燃六重同軸ケーブル (原子炉格納容器外) が布設されている区域における設計値

### 3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

日常劣化管理事象に該当する事象は抽出されなかった。

- (2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、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（日常劣化管理事象以外）

#### a. 熱・放射線によるシースの硬化 [共通]

代表機器と同様、難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリエチレン）（原子炉格納容器外）、難燃二重同軸ケーブル及び難燃六重同軸ケーブル（原子炉格納容器外）の難燃架橋ポリエチレンシースは有機物であるため、熱及び放射線により硬化する可能性がある。

しかし、シースは主にケーブル布設時に生ずる外的な力からケーブルを保護するためのものであり、ケーブルに要求される絶縁機能の確保に対するシースの役割は極めて低い。

したがって、熱・放射線によるシースの硬化は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

## 4. ケーブルトレイ，電線管

[対象機器]

- ① ケーブルトレイ
- ② 電線管

## 目次

1. 対象機器 .....	4-1
2. ケーブルトレイ，電線管の技術評価.....	4-2
2.1 構造，材料及び使用条件.....	4-2
2.1.1 ケーブルトレイ.....	4-2
2.1.2 電線管 .....	4-5
2.2 経年劣化事象の抽出.....	4-8
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目.....	4-8
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出.....	4-8
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象.....	4-9

1. 対象機器

東海第二で使用しているケーブルトレイ，電線管の主な機能を表 1-1 に示す。

表 1-1 ケーブルトレイ，電線管の主な機能

機器名称	機能
ケーブルトレイ	ケーブルを収納して支持する
電線管	ケーブルを収納して支持する

## 2. ケーブルトレイ，電線管の技術評価

### 2.1 構造，材料及び使用条件

#### 2.1.1 ケーブルトレイ

##### (1) 構造

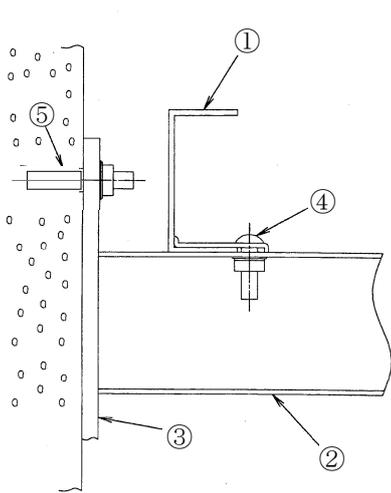
東海第二のケーブルトレイは，ベースプレート又は埋込金物にサポートを溶接により架台状に固定し，その上にケーブルトレイをボルトナットで固定する構造となっている。

なお，ケーブルトレイ上に非難燃ケーブルが布設されている場合には防火シートで覆うこととしている。

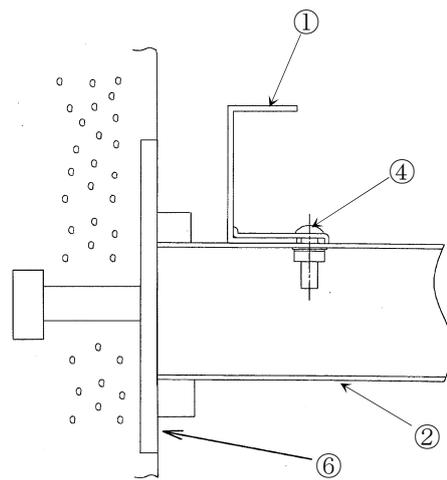
東海第二のケーブルトレイの代表的な構造図を図 2.1-1 に示す。

##### (2) 材料及び使用条件

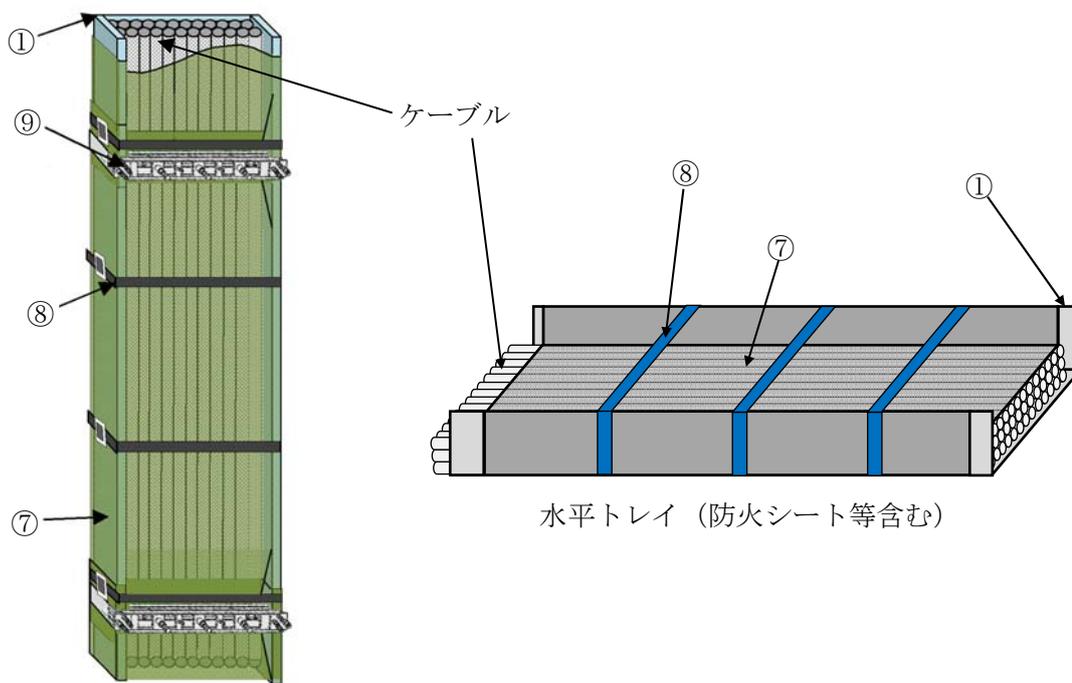
東海第二のケーブルトレイ主要部位の使用材料を表 2.1-1 に，使用条件を表 2.1-2 に示す。



基礎ボルトの例



埋込金物の例



垂直トレイ (防火シート等含む)

水平トレイ (防火シート等含む)

No.	部位	No.	部位
①	ケーブルトレイ	⑥	埋込金物
②	サポート	⑦	防火シート
③	ベースプレート	⑧	結束ベルト
④	サポート取付ボルト・ナット	⑨	ファイアストップ
⑤	基礎ボルト*1		

\*1：後打ちケミカルアンカ，後打ちメカニカルアンカ

図 2.1-1 ケーブルトレイ構造図

表 2.1-1 ケーブルトレイ主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
機器の支持	支持	ケーブルトレイ	炭素鋼
		サポート	炭素鋼
		ベースプレート	炭素鋼
		サポート取付 ボルト・ナット	炭素鋼
		基礎ボルト	炭素鋼, 樹脂*1
		埋込金物	炭素鋼
防火機能の確保	複合体*2の形成	防火シート	アルミノ硼珪酸ガラス, アクリロニトリルブタジエンゴム
		結束ベルト	アルミノ硼珪酸ガラス, シリコーン樹脂
		ファイアストップ	炭素鋼, セラミックファイバーブランケット

\*1：後打ちケミカルアンカを示す

\*2：非難燃ケーブル及びケーブルトレイを防火シートにより覆い，結束ベルト及びファイアストップにて固定したもの

表 2.1-2 ケーブルトレイの使用条件

設置場所	原子炉格納容器内外，屋外
布設ケーブルの使用電圧	AC 7,000 V 以下

## 2.1.2 電線管

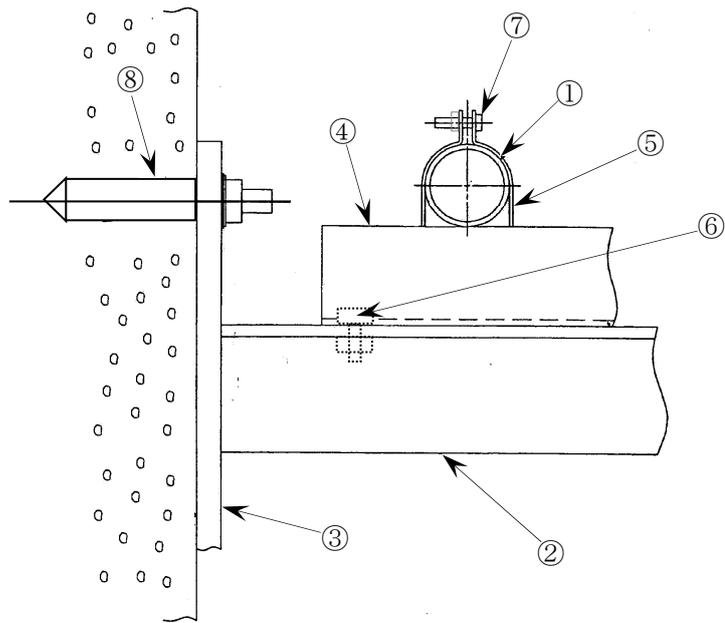
### (1) 構造

電線管は、ベースプレート又は埋込金物にサポートを溶接により架台状に固定し、その上にユニバーサルチャンネルを取付け、電線管をパイプクランプで固定する構造となっている。

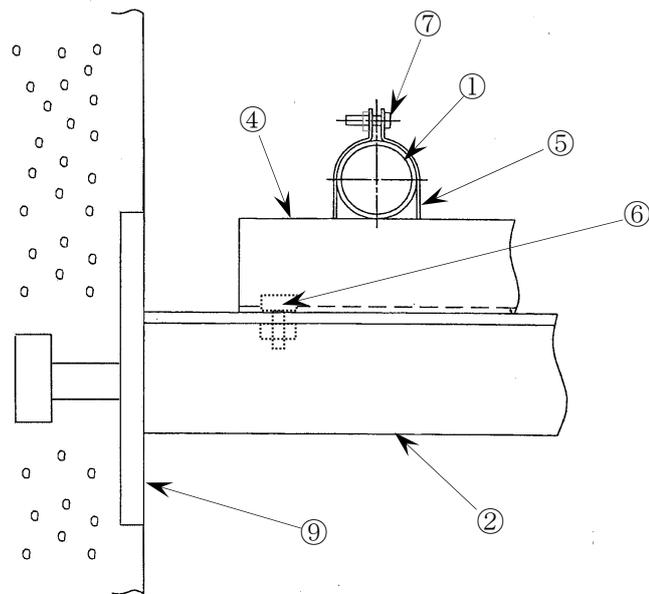
電線管の代表的な構造図を図 2.1-2 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

電線管主要部位の使用材料を表 2.1-3 に、使用条件を表 2.1-4 に示す。



基礎ボルトの例



埋込金物の例

No.	部位	No.	部位
①	電線管	⑥	サポート取付ボルト・ナット
②	サポート	⑦	パイプクランプボルト・ナット
③	ベースプレート	⑧	基礎ボルト*1
④	ユニバーサルチャンネル	⑨	埋込金物
⑤	パイプクランプ		

\*1：後打ちケミカルアンカ、後打ちメカニカルアンカ

図 2.1-2 電線管構造図

表 2.1-3 電線管主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
機器の支持	支持	電線管	炭素鋼
		サポート	炭素鋼
		ベースプレート	炭素鋼
		ユニバーサルチャンネル	炭素鋼
		パイプクランプ	炭素鋼
		サポート取付ボルト・ナット	炭素鋼
		パイプクランプボルト・ナット	炭素鋼
		基礎ボルト	炭素鋼, 樹脂 <sup>*1</sup>
		埋込金物	炭素鋼

\*1：後打ちケミカルアンカを示す

表 2.1-4 電線管の使用条件

設置場所	原子炉格納容器内外, 屋外
布設ケーブルの使用電圧	AC 7,000 V 以下

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

ケーブルトレイ、電線管の機能であるケーブルの電路確保を維持し、非難燃ケーブルの火災発生を防止する機能の達成に必要な項目は以下のとおり。

- (1) 機器の支持
- (2) 防火機能の確保

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

ケーブルトレイ、電線管について、要求機能を考慮して主要部位に展開した上で、個々の部位の材料、構造、使用条件（設置場所、電圧）及び現在までの運転経験を考慮し、表 2.2-1 に示すとおり、想定される経年劣化事象を抽出した（表 2.2-1 で△又は▲）。

なお、消耗品及び定期取替品は評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

ケーブルトレイ、電線管には、消耗品及び定期取替品はない。

#### (3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

想定される経年劣化事象のうち下記①、②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。

なお、下記①、②に該当する事象については、2.2.3 項に示すとおり、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

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

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

a. ケーブルトレイ及びファイアストップ [ケーブルトレイ], ユニバーサルチャンネル, パイプクランプ及びパイプクランプボルト・ナット [電線管], サポート, ベースプレート及びサポート取付ボルト・ナット [共通] の腐食（全面腐食）

ケーブルトレイ, ファイアストップ, ユニバーサルチャンネル, パイプクランプ, パイプクランプボルト・ナット, サポート, ベースプレート及びサポート取付ボルト・ナットは, 炭素鋼であるため腐食が想定されるが, 表面は塗装又はメッキが施されており, 腐食の可能性は小さく, 点検時に目視確認を行い, その結果により必要に応じ補修を実施することとしている。

したがって, ケーブルトレイ, ファイアストップ, ユニバーサルチャンネル, パイプクランプ, パイプクランプボルト・ナット, サポート, ベースプレート及びサポート取付ボルト・ナットの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. 電線管（本体）（大気接触部）の外面腐食（全面腐食） [電線管]

電線管（本体）（大気接触部）は, 炭素鋼であるため腐食が想定されるが, 電線管外面は塗装又は溶融亜鉛メッキが施されており, 腐食の可能性は小さく, 点検時に目視確認を行い, その結果により必要に応じ補修を実施することとしている。

したがって, 電線管（本体）（大気接触部）の外面腐食は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. 埋込金物（大気接触部）の腐食（全面腐食） [共通]

埋込金物（大気接触部）は, 炭素鋼であるため腐食が想定されるが, 大気接触部は塗装が施されており, 腐食の可能性は小さく, 点検時に目視確認を行い, その結果により必要に応じ補修又は取替を実施することとしている。

したがって, 埋込金物（大気接触部）の腐食は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. 基礎ボルトの腐食（全面腐食） [共通]

基礎ボルトの腐食（全面腐食）については, 「機械設備の技術評価書」にて評価を実施するものとし本評価書には含めない。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、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（日常劣化管理事象以外）

a. 電線管（本体）の内面腐食（全面腐食）〔電線管〕

電線管は、炭素鋼であるため腐食が想定されるが、電線管内面は溶融亜鉛メッキが施されており、腐食発生の可能性はない。電線管に内装されるものはケーブルのみであり、メッキ面への外力は加わらないため亜鉛メッキが剥がれることはなく、外面と比較して環境条件が緩やかであるため腐食の発生する可能性はない。

したがって、電線管の内面腐食は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. 基礎ボルトの樹脂（後打ちケミカルアンカ）の劣化〔共通〕

基礎ボルトの樹脂の劣化については、「機械設備の技術評価書」にて評価を実施するものとし本評価書には含めない。

c. 電線管（本体）（コンクリート埋設部）の外面〔電線管〕及び埋込金物（コンクリート埋設部）〔共通〕の腐食（全面腐食）

電線管（本体）（コンクリート埋設部）及び埋込金物（コンクリート埋設部）は、炭素鋼であるため腐食が想定される。

コンクリート埋設部ではコンクリートの大気接触部表面からの中性化の進行により腐食環境となるが、コンクリートが中性化に至り、埋込金物に有意な腐食が発生するまで長期間を要す。

したがって、電線管（本体）（コンクリート埋設部）及び埋込金物（コンクリート埋設部）の腐食は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

表 2.2-1(1/2) ケーブルトレイに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象								備考
				減肉		割れ		絶縁	導通	信号	その他	
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁特性低下	導通不良	特性変化		
機器の支持	ケーブルトレイ		炭素鋼		△							*1:後打ちケミカルアンカ *2:樹脂の劣化 *3:大気接触部 *4:コンクリート埋設部
	サポート		炭素鋼		△							
	ベースプレート		炭素鋼		△							
	サポート取付ボルト・ナット		炭素鋼		△							
	基礎ボルト		炭素鋼, 樹脂*1		△						▲*2	
	埋込金物		炭素鋼		△ <sup>*3</sup> ▲ <sup>*4</sup>							
防火機能の確保	防火シート		アルミノ硼珪酸ガラス, アクリロニトリルブタジエンゴム									
	結束ベルト		アルミノ硼珪酸ガラス, シリコーン樹脂									
	ファイアストップ		炭素鋼, セラミックファイバークラケット		△							

△: 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 2.2-1(2/2) 電線管に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考	
				減肉		割れ		絶縁	導通	信号		その他
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁特性低下	導通不良	特性変化		
機器の支持	電線管		炭素鋼		△ <sup>*1</sup> ▲ <sup>*2*3</sup>							*1: 大気接触部の外面腐食 *2: 内面腐食 *3: コンクリート埋設部の外面腐食
	サポート		炭素鋼		△							*4: 後打ちケミカルアンカ *5: 樹脂の劣化
	ベースプレート		炭素鋼		△							*6: 大気接触部 *7: コンクリート埋設部
	ユニバーサルチャンネル		炭素鋼		△							
	パイプクランプ		炭素鋼		△							
	サポート取付ボルト・ナット		炭素鋼		△							
	パイプクランプボルト・ナット		炭素鋼		△							
	基礎ボルト		炭素鋼, 樹脂 <sup>*4</sup>		△						▲ <sup>*5</sup>	
	埋込金物		炭素鋼		△ <sup>*6</sup> ▲ <sup>*7</sup>							

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

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

## 5. ケーブル接続部

[対象ケーブル接続部]

- ① 端子台接続
- ② 端子接続
- ③ 電動弁コネクタ接続
- ④ 同軸コネクタ接続（中性子束計測用）
- ⑤ 同軸コネクタ接続（放射線計測用）
- ⑥ スプライス接続

## 目次

1. 対象機器及び代表機器の選定.....	5-1
1.1 グループ化の考え方及び結果.....	5-1
1.2 代表機器の選定.....	5-1
2. 代表機器の技術評価.....	5-3
2.1 構造, 材料及び使用条件.....	5-3
2.1.1 端子台接続 (原子炉格納容器内) .....	5-3
2.1.2 電動弁コネクタ接続 (原子炉格納容器内) .....	5-6
2.1.3 同軸コネクタ接続 (中性子束計測用) (原子炉格納容器内) .....	5-9
2.1.4 スプライス接続 (原子炉格納容器内) .....	5-12
2.2 経年劣化事象の抽出.....	5-14
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目.....	5-14
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出.....	5-14
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象.....	5-16
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価.....	5-22
3. 代表機器以外への展開.....	5-38
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象.....	5-38
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象.....	5-53

## 1. 対象機器及び代表機器の選定

東海第二で使用している主要なケーブル接続部の主な仕様を表 1-1 に示す。

これらのケーブル接続部を種類の観点からグループ化し、それぞれのグループより以下のとおり代表機器を選定した。

### 1.1 グループ化の考え方及び結果

種類を分類基準とし、ケーブル接続部を表 1-1 に示すとおりグループ化する。

### 1.2 代表機器の選定

表 1-1 に分類されるグループ毎に、重要度及び設置場所等の観点から代表機器を選定する。

#### (1) 端子接続

このグループには、端子台接続及び端子接続が属するが、重要度は同等であることから、設置場所の環境が厳しい原子炉格納容器内の端子台接続を代表機器とする。

#### (2) 電動弁コネクタ接続

このグループには、電動弁コネクタ接続のみが属するが、重要度は同等であることから、設置場所の環境が厳しい原子炉格納容器内の電動弁コネクタ接続を代表機器とする。

#### (3) 同軸コネクタ接続

このグループには、同軸コネクタ接続（中性子束計測用）及び同軸コネクタ接続（放射線計測用）が属するが、重要度が高く、設置場所の環境が厳しい原子炉格納容器内に設置されているもののうち、構成部品点数が多い同軸コネクタ接続（中性子束計測用）を代表機器とする。

#### (4) 直ジョイント接続

このグループには、スプライス接続のみが属するが、重要度は同等であることから、設置場所の環境が厳しい原子炉格納容器内のスプライス接続を代表機器とする。

表 1-1 ケーブル接続部のグループ化及び代表機器の選定

分類基準 種類	名称	絶縁体材料	用途	選定基準		選定	選定理由		
				重要度*1	設置場所				
					原子炉 格納容器内			原子炉 格納容器外	
端子接続	端子台接続	ジアリルフタレート樹脂	動力, 制御, 計測	MS-1 重*2	○		◎	重要度 設置場所	
		ポリカーボネイト				○			
		ポリフェニレンエーテル樹脂				○			
	端子接続	ビニル	動力	MS-1 重*2		○			
電動弁コネクタ接続	電動弁コネクタ接続	ジアリルフタレート樹脂	動力, 制御	MS-1	○		◎	重要度 設置場所	
				MS-1 重*2		○			
同軸コネクタ接続	同軸コネクタ接続 (中性子束計測用)	ポリエーテルエーテルケトン	計測	MS-1 重*2	○ (13) *3		◎	重要度 設置場所 構成部品点数	
		架橋ポリスチレン			○ (10) *3				○
	同軸コネクタ接続 (放射線計測用)			テフロン	MS-2 重*2		○		
	同軸コネクタ接続 (中性子束計測用) (放射線計測用)	MS-1 重*2				○			
直ジョイント接続	スプライス接続	架橋ポリオレフィン	動力, 制御, 計測	MS-1 重*2	○		◎	重要度 設置場所	
							○		

\*1: 当該機器に要求される重要度クラスのうち、最上位の重要度クラスを示す

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

\*3: ( )内は構成部品点数を示す

## 2. 代表機器の技術評価

本章では、1章で代表機器とした以下のケーブル接続部について技術評価を実施する。

- ① 端子台接続（原子炉格納容器内）
- ② 電動弁コネクタ接続（原子炉格納容器内）
- ③ 同軸コネクタ接続（中性子束計測用）（原子炉格納容器内）
- ④ スプライス接続（原子炉格納容器内）

### 2.1 構造，材料及び使用条件

#### 2.1.1 端子台接続（原子炉格納容器内）

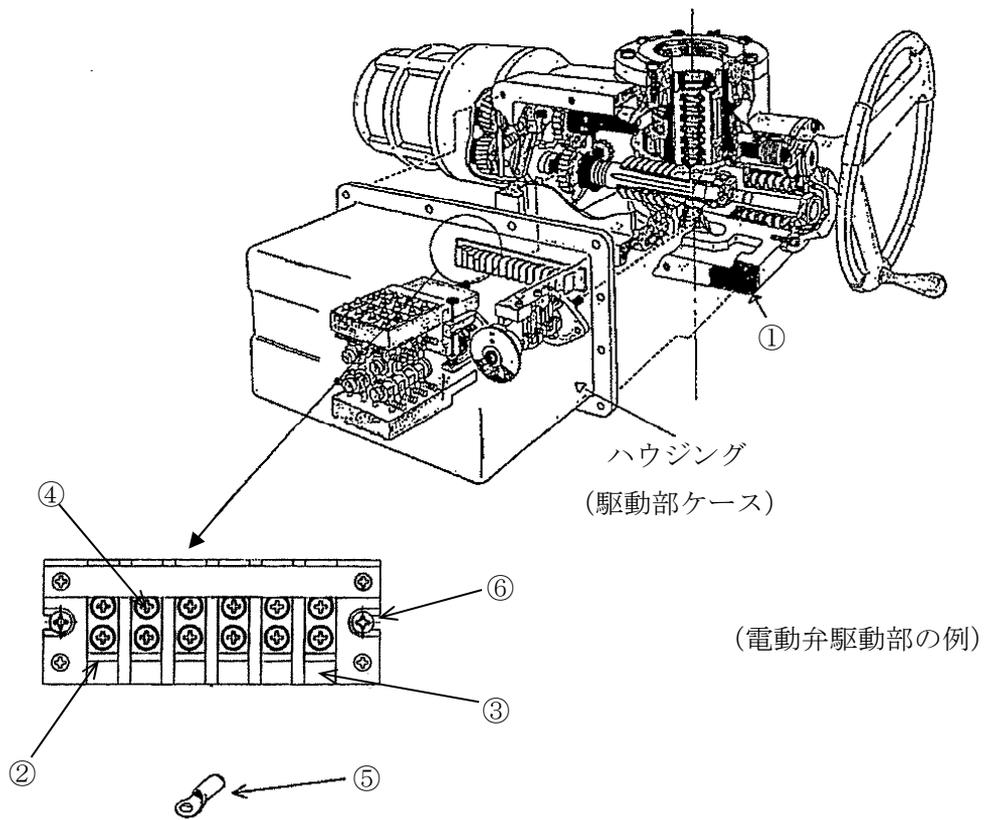
##### (1) 構造

東海第二の端子台接続（原子炉格納容器内）は、ケーブル接続部をもつ端子板と、それを保持する端子台絶縁部で構成され、このうち絶縁機能は、絶縁部にて保たれている。

東海第二の代表的な端子台接続（原子炉格納容器内）の構造図を図 2.1-1 に示す。

##### (2) 材料及び使用条件

東海第二の代表的な端子台接続(原子炉格納容器内)主要部位の使用材料を表 2.1-1 に、使用条件を表 2.1-2 に示す。



No.	部位
①	ガスケット
②	端子板
③	端子台絶縁部
④	端子台ビス
⑤	接続端子
⑥	端子板ビス

図 2.1-1 端子台接続 (原子炉格納容器内) の構造図

表 2.1-1 端子台接続（原子炉格納容器内）主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
電力・信号伝達機能の確保	エネルギー伝達 信号伝達	ガスケット	(消耗品)
		端子板	銅合金（ニッケルメッキ）
		端子台絶縁部	ジアリルフタレート樹脂
		端子台ビス	ステンレス鋼
		接続端子	銅合金（すずメッキ）
		端子板ビス	ステンレス鋼

表 2.1-2 端子台接続（原子炉格納容器内）の使用条件

	通常運転時	設計基準事故時	重大事故等時
設置場所	原子炉格納容器内		
周囲温度	65.6 °C（最高）*1	171 °C（最高）*1	123 °C（最高）*2
最高圧力	0.0138 MPa*1	0.31 MPa*1	0.31 MPa*2
放射線*1	0.040 Gy/h（最大）	2.6×10 <sup>2</sup> kGy （最大積算値）	640 kGy （最大積算値）

\*1：原子炉格納容器内における設計値

\*2：重大事故等時における原子炉格納容器内の環境条件解析値

## 2.1.2 電動弁コネクタ接続（原子炉格納容器内）

### (1) 構造

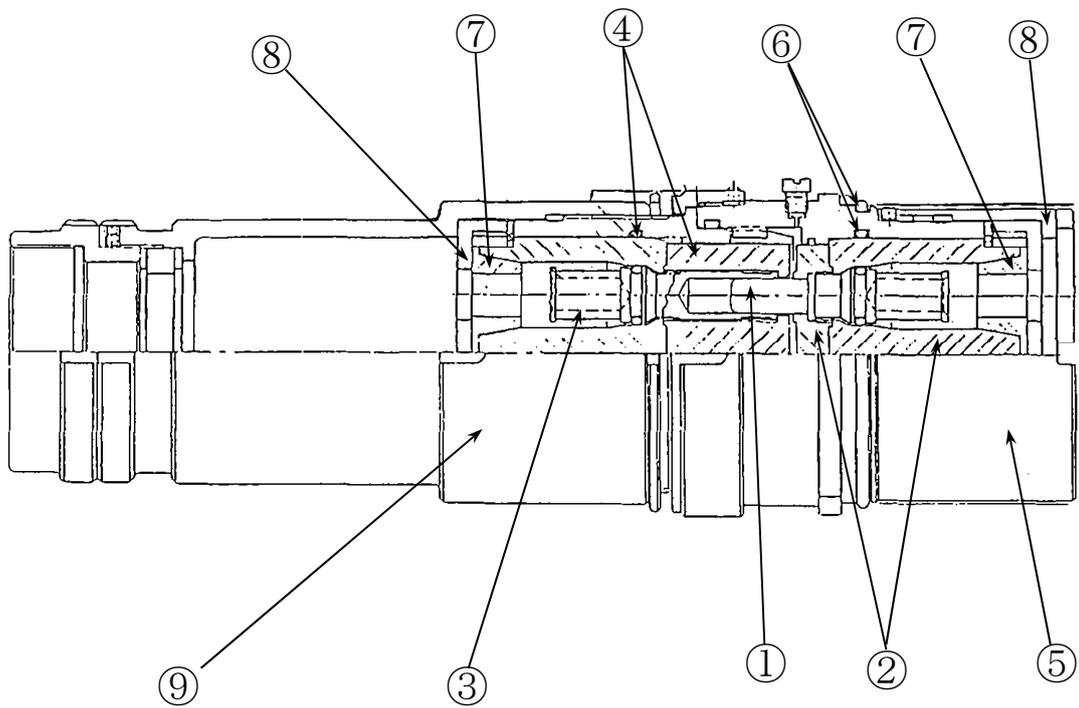
東海第二の電動弁コネクタ接続（原子炉格納容器内）は、大別すると、オスコンタクト、オス絶縁部、メスコンタクト、メス絶縁部、レセプタクルシェル、Oリング、シーリングブッシュ、シーリングワッシャ及びプラグシェルで構成され、シーリングブッシュにより絶縁部への湿分等の浸入を防止している。

電動弁コネクタ接続の絶縁機能は、オス絶縁部及びメス絶縁部で保っている。

東海第二の代表的な電動弁コネクタ接続（原子炉格納容器内）の構造図を図 2.1-2 に示す。

### (2) 材料及び使用条件

東海第二の代表的な電動弁コネクタ接続（原子炉格納容器内）主要部位の使用材料を表 2.1-3 に、使用条件を表 2.1-4 に示す。



No.	部位
①	オスコンタクト
②	オス絶縁部
③	メスコンタクト
④	メス絶縁部
⑤	レセプタクルシェル
⑥	Oリング
⑦	シーリングブッシュ
⑧	シーリングワッシャ
⑨	プラグシェル

図 2.1-2 電動弁コネクタ接続（原子炉格納容器内）の構造図

表 2.1-3 電動弁コネクタ接続（原子炉格納容器内）主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
電力・信号伝達機能の確保	エネルギー伝達 信号伝達	オスコンタクト	銅合金（金メッキ）
		オス絶縁部	ジアリルフタレート樹脂
		メスコンタクト	銅合金（金メッキ）
		メス絶縁部	ジアリルフタレート樹脂
		レセプタクルシェル	銅合金（ニッケルメッキ）
		Oリング	（消耗品）
		シーリングブッシュ	エチレンプロピレンゴム
		シーリングワッシャ	銅合金（ニッケルメッキ）
		プラグシェル	銅合金（ニッケルメッキ）

表 2.1-4 電動弁コネクタ接続（原子炉格納容器内）の使用条件

	通常運転時	設計基準事故時
設置場所	原子炉格納容器内	
周囲温度*	65.6 °C（最高）	171 °C（最高）
最高圧力*	0.0138 MPa	0.31 MPa
放射線*	0.040 Gy/h（最大）	2.6×10 <sup>2</sup> kGy （最大積算値）

\*：原子炉格納容器内における設計値

### 2.1.3 同軸コネクタ接続（中性子束計測用）（原子炉格納容器内）

#### (1) 構造

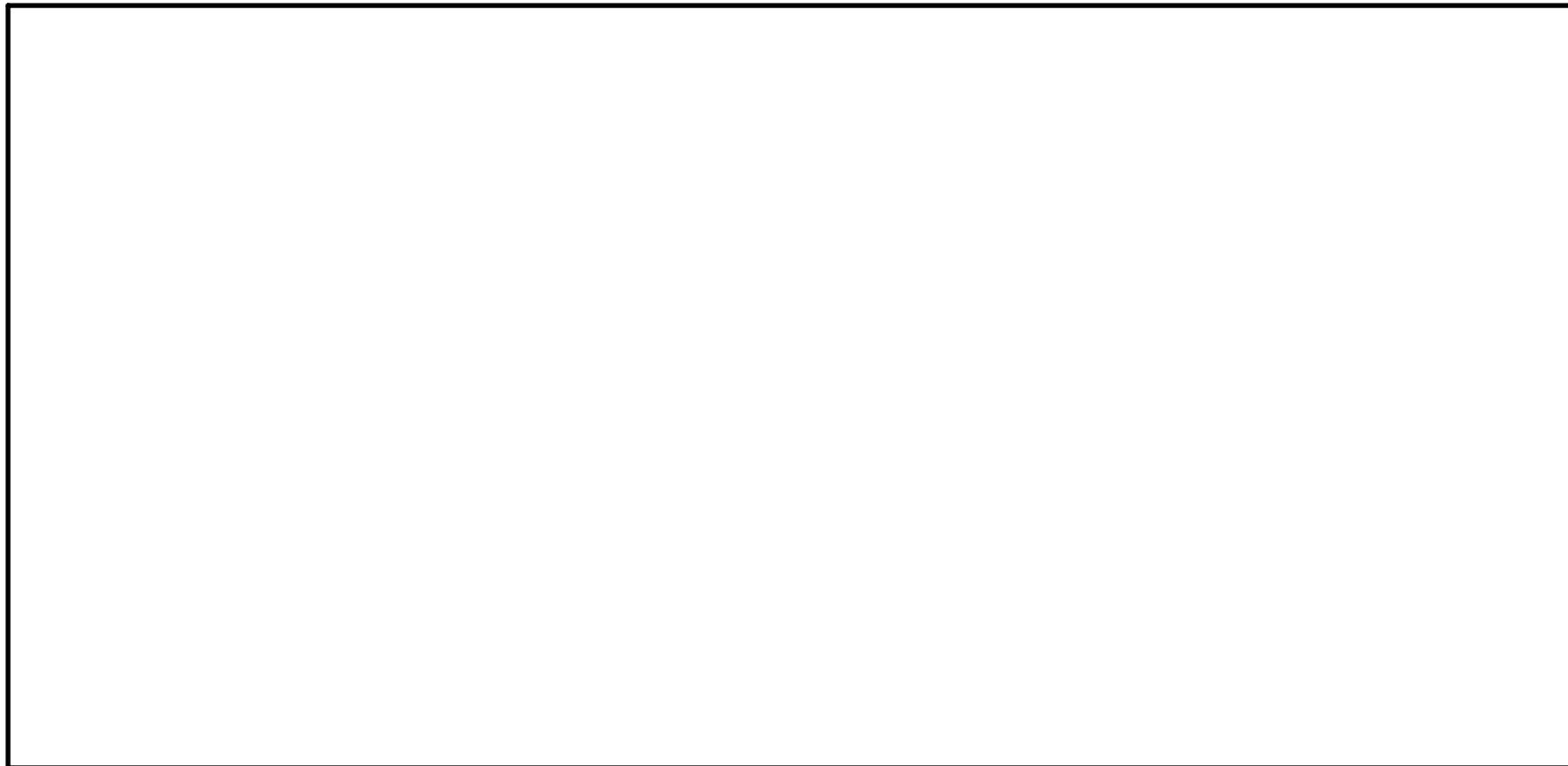
東海第二の同軸コネクタ接続（中性子束計測用）（原子炉格納容器内）は、



東海第二の代表的な同軸コネクタ接続（中性子束計測用）（原子炉格納容器内）の構造図を図 2.1-3 に示す。

#### (2) 材料及び使用条件

東海第二の代表的な同軸コネクタ接続（中性子束計測用）（原子炉格納容器内）主要部位の使用材料を表 2.1-5 に、使用条件を表 2.1-6 に示す。



No.	部 位	No.	部 位	No.	部 位
①		⑥		⑪	
②		⑦		⑫	
③		⑧		⑬	
④		⑨			
⑤		⑩			

図 2.1-3 同軸コネクタ接続（中性子束計測用）（原子炉格納容器内）の構造図

表 2.1-5 同軸コネクタ接続（中性子束計測用）（原子炉格納容器内）主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
電力・信号伝達機能の確保	信号伝達		

表 2.1-6 同軸コネクタ接続（中性子束計測用）（原子炉格納容器内）の使用条件

	通常運転時	設計基準事故時	重大事故等時
設置場所	原子炉格納容器内		
周囲温度	60 °C（最高）*1	171 °C（最高）*2	115 °C（最高）*2
最高圧力*2	0.0138 MPa	0.31 MPa	0.20 MPa
放射線	0.072 Gy/h*2 （最大）	26 kGy*3 （最大積算値）	26 kGy*4 （最大積算値）

\*1：原子炉格納容器内での同軸コネクタ接続（中性子束計測用）（原子炉格納容器内）周囲最高温度（約 56°C）に余裕を加えた温度として設定した

\*2：原子炉格納容器内における設計値

\*3：設計基準事故時において未臨界達成に要する時間に余裕を加えた時間（2 時間）の積算値

\*4：重大事故等時において未臨界達成に要する時間に余裕を加えた時間（2 時間）の積算値

#### 2.1.4 スプライス接続（原子炉格納容器内）

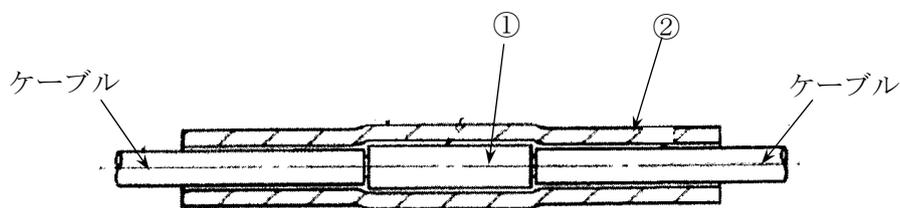
##### (1) 構造

東海第二のスプライス接続（原子炉格納容器内）は、ケーブル同士をスプライスで圧着接続し、その周囲を熱収縮チューブによりシール及び絶縁を行う構造となっている。

東海第二の代表的なスプライス接続（原子炉格納容器内）の構造図を図 2.1-4 に示す。

##### (2) 材料及び使用条件

東海第二の代表的なスプライス接続（原子炉格納容器内）主要部位の使用材料を表 2.1-7 に、使用条件を表 2.1-8 に示す。



No.	部位
①	スプライス
②	熱収縮チューブ

図 2.1-4 スプライス接続（原子炉格納容器内）の構造図

表 2.1-7 スプライス接続（原子炉格納容器内）主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
電力・信号伝達機能の確保	エネルギー伝達 信号伝達	スプライス	銅合金（すずメッキ）
		熱収縮チューブ	架橋ポリオレフィン

表 2.1-8 スプライス接続（原子炉格納容器内）の使用条件

	通常運転時	設計基準事故時	重大事故等時
設置場所	原子炉格納容器内		
周囲温度*	65.6 °C (最高)	171 °C (最高)	235 °C (最高)
最高圧力*	0.0138 MPa	0.31 MPa	0.62 MPa
放射線*	0.040 Gy/h (最大)	$2.6 \times 10^2$ kGy (最大積算値)	640 kGy (最大積算値)

\*：原子炉格納容器内における設計値

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

ケーブル接続部の機能である通電機能の達成に必要な項目は以下のとおり。

#### (1) 電力・信号伝達機能の維持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

ケーブル接続部について、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の材料、構造、使用条件（設置場所）及び現在までの運転経験を考慮し、表 2.2-1 に示すとおり、想定される経年劣化事象を抽出した（表 2.2-1 で○又は△、▲）。

なお、消耗品及び定期取替品は以下のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

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

#### (3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

想定される経年劣化事象のうち下記①、②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。

なお、下記①、②に該当する事象については、2.2.3 項に示すとおり、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

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

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

- a. 絶縁部の絶縁特性低下 [端子台接続（原子炉格納容器内）]
- b. 絶縁部の絶縁特性低下 [電動弁コネクタ接続（原子炉格納容器内）]
- c. 絶縁部の絶縁特性低下 [同軸コネクタ接続（中性子束計測用）（原子炉格納容器内）]
- d. 絶縁部の絶縁特性低下 [スプライス接続（原子炉格納容器内）]

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

#### a. 端子板及び接続端子の腐食 [端子台接続（原子炉格納容器内）]

端子台接続（原子炉格納容器内）の端子板及び接続端子は、銅合金であるため腐食が想定されるが、金属表面はメッキが施されている。

端子台はガasketでシールされたハウジング（駆動部ケース）に収納されているため、湿分等の浸入による腐食進行の可能性は小さく、点検時に目視確認を行い、その結果により必要に応じ取替を実施することとしている。

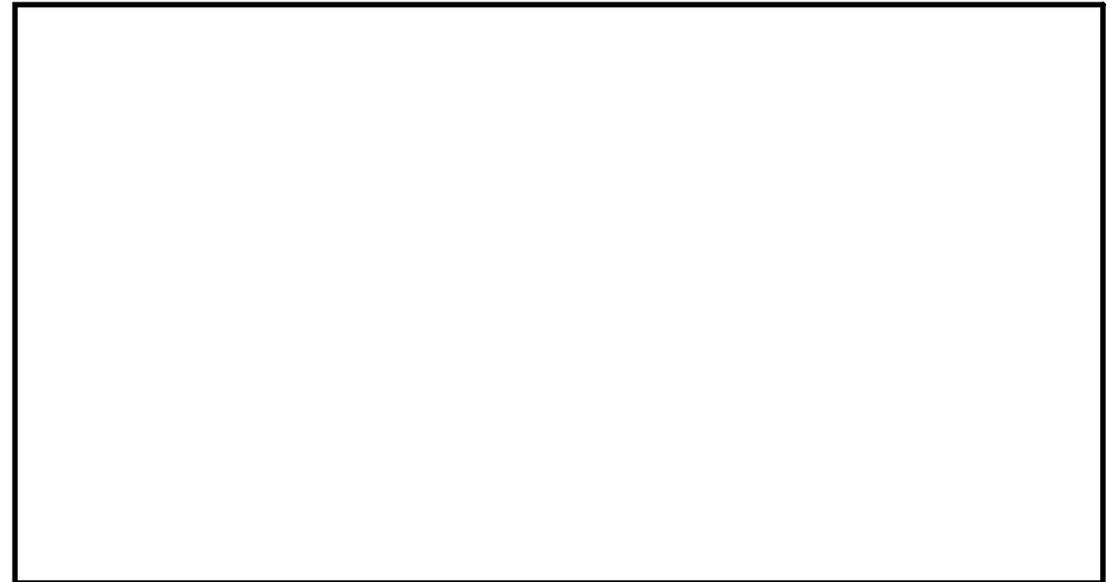
したがって、端子板及び接続端子の腐食は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### b. オスコンタクト、メスコンタクト、レセプタクルシェル、シーリングワッシャ及びプラグシェルの腐食 [電動弁コネクタ接続（原子炉格納容器内）]

電動弁コネクタ接続（原子炉格納容器内）のオスコンタクト、メスコンタクト、レセプタクルシェル、シーリングワッシャ及びプラグシェルは、銅合金であるため腐食が想定されるが、オスコンタクト及びメスコンタクトはOリング、シーリングブッシュ及びシーリングワッシャにより外気とシールされているため、湿分等の浸入による腐食進行の可能性は小さい。

また、外気に接触するレセプタクルシェル、プラグシェル及びシーリングワッシャの外表面にはメッキが施されており、腐食発生の可能性は小さく、点検時に目視確認を行い、その結果により必要に応じ取替を実施することとしている。

したがって、オスコンタクト、メスコンタクト、レセプタクルシェル、シーリングワッシャ及びプラグシェルの腐食は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。



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

a. スプライスの腐食 [スプライス接続（原子炉格納容器内）]

スプライス接続（原子炉格納容器内）のスプライスは銅合金であり腐食が想定されるが、スプライスはメッキが施されており、熱収縮チューブにて全体を密閉していることから、湿分等の浸入による腐食が発生する可能性はない。

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

表 2.2-1(1/4) 端子台接続（原子炉格納容器内）に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考	
					減肉		割れ		絶縁	導通	信号		その他
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁特性低下	導通不良	特性変化		
電力・信号伝達機能の確保	エネルギー伝達 信号伝達	ガスケット	◎	—									
		端子板		銅合金（ニッケルメッキ）		△							
		端子台絶縁部		ジアリルフタレート樹脂					○				
		端子台ビス		ステンレス鋼									
		接続端子		銅合金（すずメッキ）		△							
		端子板ビス		ステンレス鋼									

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (2/4) 電動弁コネクタ接続（原子炉格納容器内）に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象								備考
					減肉		割れ		絶縁	導通	信号	その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁特性低下	導通不良	特性変化		
電力・信号伝達機能の確保	エネルギー伝達 信号伝達	オスコンタクト		銅合金（金メッキ）		△							
		オス絶縁部		ジアリルフタレート樹脂					○				
		メスコンタクト		銅合金（金メッキ）		△							
		メス絶縁部		ジアリルフタレート樹脂					○				
		レセプタクルシェル		銅合金（ニッケルメッキ）		△							
		Oリング	◎	—									
		シーリングブッシュ		エチレンプロピレンゴム					○				
		シーリングワッシャ		銅合金（ニッケルメッキ）		△							
		プラグシェル		銅合金（ニッケルメッキ）		△							

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1(3/4) 同軸コネクタ接続（中性子束計測用）（原子炉格納容器内）に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考		
					減肉		割れ		絶縁	導通	信号		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁特性低下	導通不良	特性変化			
電力・信号伝達機能の確保	信号伝達					△								
						△								
						△								
									○					
						△								
						△								
						△								

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1(4/4) スプライス接続（原子炉格納容器内）に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考	
					減肉		割れ		絶縁	導通	信号		その他
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁特性低下	導通不良	特性変化		
電力・信号伝達機能の確保	エネルギー伝達 信号伝達	スプライス		銅合金（すずメッキ）		▲							
		熱収縮チューブ		架橋ポリオレフィン					○				

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

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

## 2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

### (1) 絶縁部の絶縁特性低下 [端子台接続 (原子炉格納容器内)]

#### a. 事象の説明

端子台接続 (原子炉格納容器内) の絶縁部は、有機物のジアリルフタレート樹脂であるため、熱及び放射線による物性変化により、経年的に劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性がある。

絶縁特性低下を生ずる可能性のある部位を図 2.3-1 に示す。

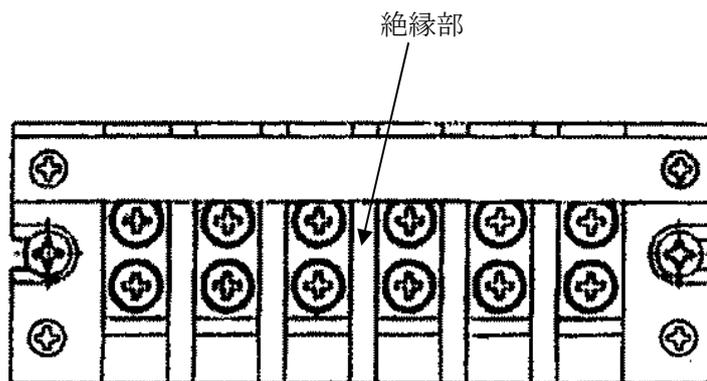


図 2.3-1 端子台接続 (原子炉格納容器内) の絶縁部位

b. 技術評価

① 健全性評価

端子台接続（原子炉格納容器内）の長期間の経年劣化を考慮した必要性能の評価方法は、IEEE Std. 323-2003「IEEE Standard for Qualifying Class 1E Equipment for Nuclear Power Generating Stations」（以下、「IEEE Std. 323-2003」という）、IEEE Std. 572-1985「IEEE Standard for Qualification of Class 1E Connection Assemblies for Nuclear Power Generating Stations」（以下、「IEEE Std. 572-1985」という）及びIEEE Std. 382-1996「IEEE Standard for Qualification of Actuators for Power-operated Valve Assemblies With Safety-Related Functions for Nuclear Power plants」（以下、「IEEE Std. 382-1996」という）に準拠して、38年間使用した実機端子台を供試体に、長期健全性試験を実施し、この結果に基づき長期間の端子台接続（原子炉格納容器内）の健全性を評価した。

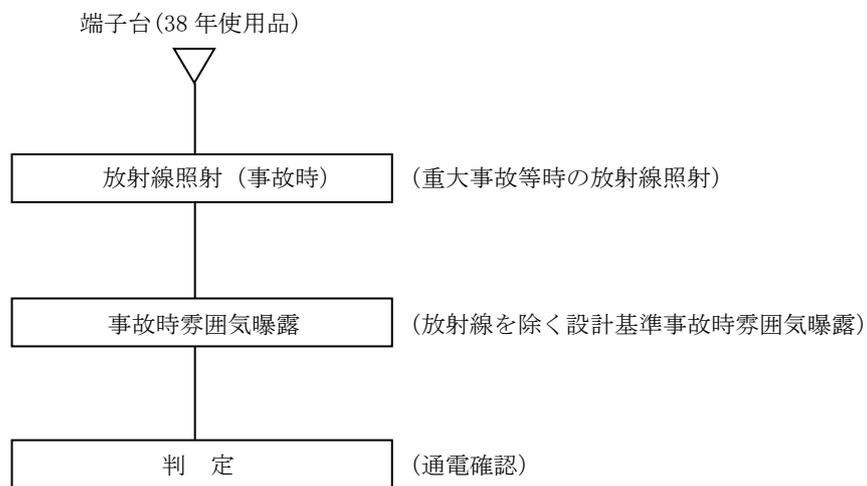


図 2.3-2 端子台接続（原子炉格納容器内）長期健全性試験手順

図 2.3-2 に示す長期健全性試験手順により評価した。

本試験条件は、表 2.3-1 に示すとおり、38年間使用した実機端子台に設計基準事故時\*及び重大事故等時\*雰囲気想定した使用条件を包絡し、表 2.3-2 に示すとおり、判定基準を満足している。

したがって、端子台接続（原子炉格納容器内）は 38 年間の通常運転期間、設計基準事故時及び重大事故等時雰囲気において絶縁性能を維持できると評価する。

事故時動作要求のある端子台接続（原子炉格納容器内）は、今停止期間中に全数の取替を実施する計画としており、長期健全性試験で確認のとれている 38 年間を加えると、端子台接続（原子炉格納容器内）は運転開始後 60 年間の通常運転期間、設計基準事故時及び重大事故等時雰囲気において絶縁性能を維持できると評価する。

\*：新規制基準への適合性確認のための工事計画認可申請書「V-1-1-6 安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」及び発電用原子炉設置変更許可申請書「添付書類十 変更後における発電用原子炉施設において事故が発生した場合における当該事故に対処するために必要な施設及び体制の整備に関する説明書」に基づく原子炉格納容器内の設計基準事故時及び重大事故等時における各条件

表 2.3-1 端子台接続（原子炉格納容器内）長期健全性試験条件

	試験条件	説明
放射線照射 (事故時)	放射線照射線量：800 kGy	東海第二で想定される設計基準事故時の最大積算値約 260 kGy を包絡する。 また、東海第二で想定される重大事故等時の最大積算値約640 kGyを包絡する。
事故時 雰囲気曝露	最高温度：172 ℃ 最高圧力：0.427 MPa 曝露時間：約 13 日間	東海第二における設計基準事故時の最高温度 171 ℃，最高圧力 0.31 MPa 及び重大事故等時の最高温度 123 ℃，最高圧力 0.31 MPa を包絡する。

表 2.3-2 端子台接続（原子炉格納容器内）長期健全性試験結果

項目	試験手順	判定基準	判定
通電確認	蒸気曝露試験中に模擬負荷(電動駆動)を使用して開閉操作を行う。	開閉操作ができること。	良

## ② 現状保全

端子台接続（原子炉格納容器内）の絶縁特性低下に対しては、点検時に絶縁抵抗測定を実施し、有意な絶縁特性低下のないことを確認している。

また、点検時に実施する動作試験においても絶縁機能の健全性を確認している。

さらに、点検で有意な絶縁特性低下が認められた場合は、端子台の取替を行うこととしている。

## ③ 総合評価

端子台接続（原子炉格納容器内）の絶縁特性低下の可能性は否定できないが、現状保全にて絶縁特性の低下は把握可能である。

また、今後も点検時に絶縁抵抗測定及び機器の動作試験を実施することで、異常の有無は把握可能であり、現状の保全は点検手法としては適切であると判断する。

c. 高経年化への対応

端子台接続（原子炉格納容器内）の絶縁特性低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に追加すべき項目はない。今後も、点検時に絶縁抵抗測定及び機器の動作試験を実施することにより絶縁特性低下を監視していくとともに、必要に応じ取替を行うこととする。

なお、事故時動作要求のある端子台接続（原子炉格納容器内）は、今停止期間中に全数の取替を行う計画としている。

(2) 絶縁部の絶縁特性低下 [電動弁コネクタ接続 (原子炉格納容器内)]

a. 事象の説明

電動弁コネクタ接続のオス絶縁部、メス絶縁部は、シーリングワッシャに支持されたシーリングブッシュにより密閉され、湿分等の浸入が阻止されている。

シーリングブッシュは有機物のエチレンプロピレンゴムであるため、熱及び放射線による物性変化により、経年的に劣化が進行し、絶縁部へ湿分等が浸入することで絶縁部の絶縁特性低下を起こす可能性がある。

絶縁特性低下を生ずる可能性のある部位及び密閉部位を図 2.3-3 に示す。

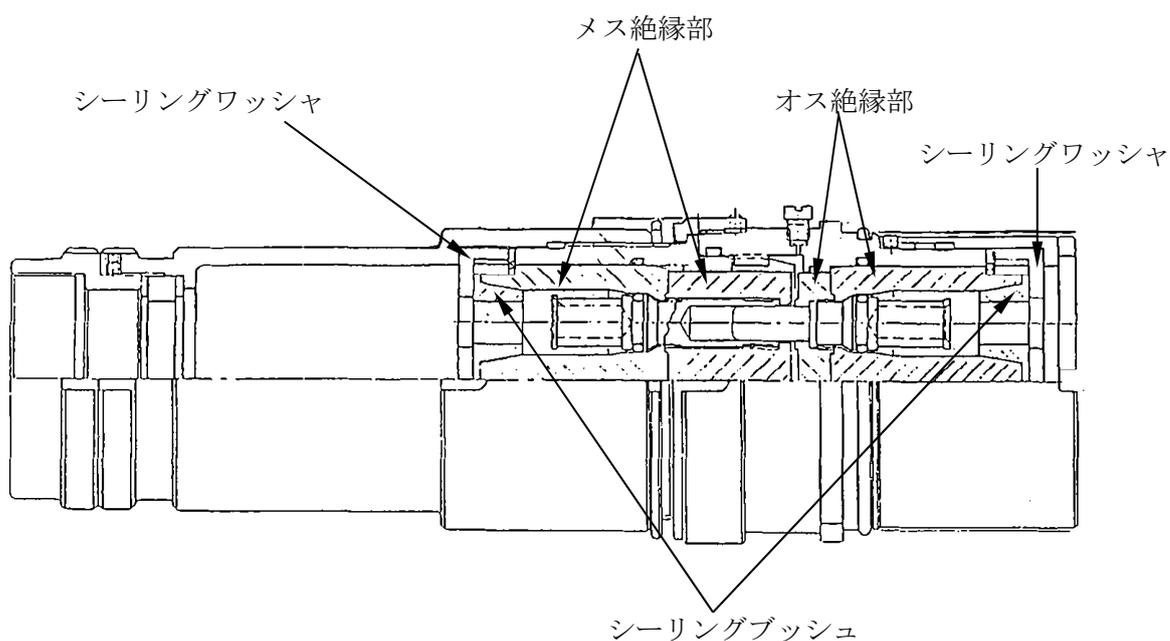


図 2.3-3 電動弁コネクタ接続 (原子炉格納容器内) の絶縁部位

b. 技術評価

① 健全性評価

電動弁コネクタ接続（原子炉格納容器内）の長期間の経年劣化を考慮した必要性能の評価方法は、IEEE Std.382-1980「IEEE Standard for Qualification of Safety-Related Valve Acuator」（以下、「IEEE Std.382-1980」という）に準拠して、実機相当品により長期健全性試験を実施しており、この結果に基づき長期間の電動弁コネクタ接続（原子炉格納容器内）の健全性を評価した。

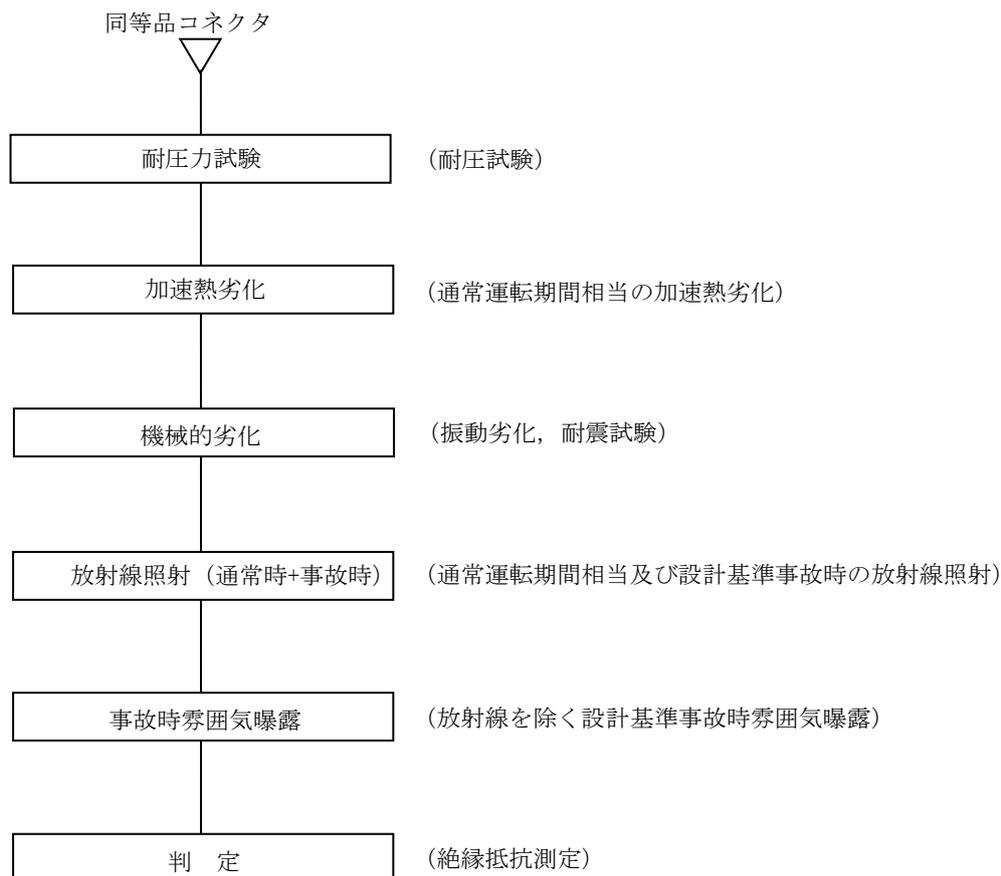


図 2.3-4 電動弁コネクタ接続（原子炉格納容器内）長期健全性試験手順

図 2.3-4 に示す長期健全性試験手順により評価した。

本試験条件は、表 2.3-3 に示すとおり、45 年間の通常運転期間及び設計基準事故時\*を想定した使用条件を包絡し、表 2.3-4 に示すとおり、判定基準を満足している。

当該電動弁コネクタ接続（原子炉格納容器内）は運転開始 18 年目に設置しており、同等品による長期健全性試験で確認のとれている 45 年間を加えると、電動弁コネクタ接続（原子炉格納容器内）は運転開始後 60 年間の通常運転期間及び設計基準事故時雰囲気において絶縁性能を維持できると評価する。

\*：新規制基準への適合性確認のための工事計画認可申請書「V-1-1-6 安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」に基づく原子炉格納容器内の設計基準事故時における各条件

表 2.3-3 電動弁コネクタ接続（原子炉格納容器内）長期健全性試験条件

	試験条件	説明
耐圧力試験	0.8 MPa, 60 分間	IEEE Std. 382-1980 に基づく。
加速熱劣化	138 °C×300 時間	原子炉格納容器内の周囲最高温度 65.6°Cでは、45 年間の通常運転期間に相当する。
機械的劣化	振動劣化 3 軸方向に 0.75 G, 5 Hz～200 Hz～5Hz を 2 オクターブ/分の掃引速度で 90 分間加振  耐震試験 (OBE 試験) 3 軸方向に 2 Hz～35Hz を 1 オクターブ/分の掃引速度で 1 往復加振  (シングルフリーケンシー試験) 3 軸方向に 2 Hz～32Hz の間で 1/3 オクターブ毎に各 15 秒間加振	IEEE Std. 382-1980 に基づく。  IEEE Std. 382-1980 に基づく。
放射線照射 (通常時+事故時)	放射線照射線量： $2.04 \times 10^3$ kGy	東海第二で想定される線量 約 281 kGy (60 年間の通常運転期間相当の線量約 21 kGy に設計基準事故時の最大積算値 $2.6 \times 10^2$ kGy を加えた線量) を包絡する。
事故時 雰囲気曝露	最高温度：179 °C 最高圧力：0.31 MPa 曝露時間：約 30 日間	東海第二における設計基準事故時の最高温度 171 °C，最高圧力 0.31 MPa を包絡する。

表 2.3-4 電動弁コネクタ接続（原子炉格納容器内）長期健全性試験結果

項目	試験手順	判定基準*	結果
絶縁抵抗測定	環境試験終了後、蒸気及び圧力が除かれた状態にて、DC 500 V 絶縁抵抗計による絶縁抵抗測定を行う。	0.25 MΩ 以上(制御) 0.6 MΩ 以上(動力)	良

\*:判定基準はメーカー基準値に基づく

② 現状保全

電動弁コネクタ接続（原子炉格納容器内）絶縁部の絶縁特性低下に対しては、点検時に絶縁抵抗測定を実施し、有意な絶縁特性低下のないことを確認している。

また、点検時に実施する動作試験においても絶縁機能の健全性を確認している。

さらに、点検で有意な絶縁特性低下が認められた場合は、電動弁コネクタの取替を行うこととしている。

③ 総合評価

電動弁コネクタ接続（原子炉格納容器内）絶縁部の絶縁特性低下の可能性は否定できないが、現状保全にて絶縁特性の低下は把握可能である。

また、今後も点検時に絶縁抵抗測定及び機器の動作試験を実施することで、異常の有無は把握可能であり、現状の保全は点検手法としては適切であると判断する。

c. 高経年化への対応

電動弁コネクタ接続（原子炉格納容器内）絶縁部の絶縁特性低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に追加すべき項目はない。今後も、点検時に絶縁抵抗測定及び機器の動作試験を実施することにより絶縁特性低下を監視していくとともに、必要に応じ取替を行うこととする。

(3) 絶縁部の絶縁特性低下 [同軸コネクタ接続 (中性子束計測用) (原子炉格納容器内)]

a. 事象の説明

同軸コネクタ接続 (中性子束計測用) (原子炉格納容器内) の絶縁部は,



絶縁低下を生ずる可能性のある部位及び密閉部位を図 2.3-5 に示す。

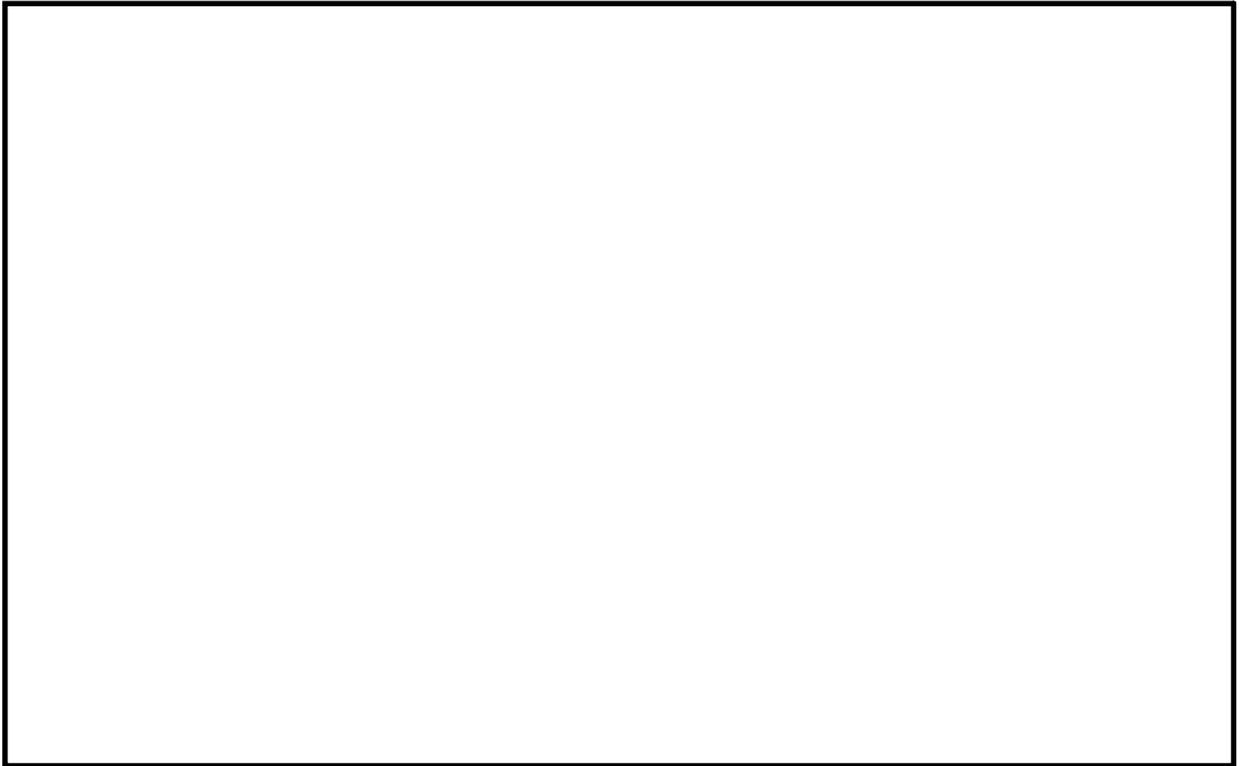


図 2.3-5 同軸コネクタ接続 (中性子束計測用) (原子炉格納容器内) の絶縁部位及び密閉部位

b. 技術評価

① 健全性評価

同軸コネクタ接続（中性子束計測用）（原子炉格納容器内）の長期間の経年劣化を考慮した必要性能の評価方法は、IEEE Std. 323-1974「IEEE Standard for Qualifying Class 1E Equipment for Nuclear Power Generating Stations」（以下、「IEEE Std. 323-1974」という）に準拠して、実機同等品により長期健全性試験を実施しており、この結果に基づき長期間の同軸コネクタ接続（中性子束計測用）（原子炉格納容器内）の健全性を評価した。

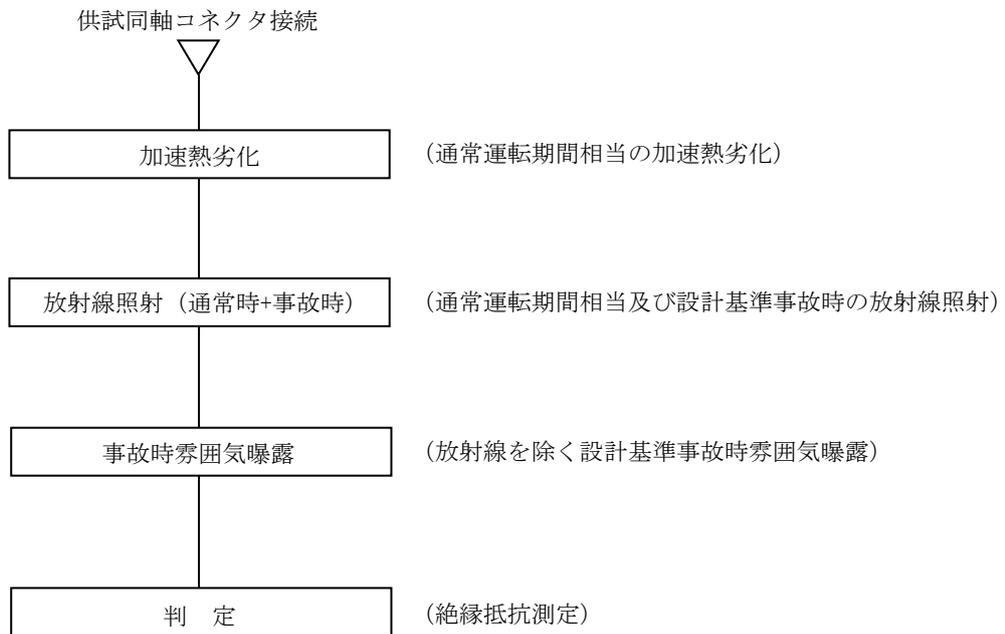


図 2.3-6 同軸コネクタ接続（中性子束計測用）（原子炉格納容器内）長期健全性試験手順

図 2.3-6 に示す長期健全性試験手順により試験を実施した。

本試験条件は、表 2.3-5 に示すとおり、同軸コネクタ接続（中性子束計測用）（原子炉格納容器内）の 60 年間の通常運転期間、設計基準事故時\*及び重大事故等時\* 雰囲気想定した使用条件を包絡し、表 2.3-6 に示すとおり、判定基準を満足している。

したがって、同軸コネクタ接続（中性子束計測用）（原子炉格納容器内）は運転開始後 60 年間の通常運転期間、設計基準事故時及び重大事故等時雰囲気において絶縁機能を維持できると評価する。

\*：新規制基準への適合性確認のための工事計画認可申請書「V-1-1-6 安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」及び発電用原子炉設置変更許可申請書「添付書類十 変更後における発電用原子炉施設において事故が発生した場合における当該事故に対処するために必要な施設及び体制の整備に関する説明書」に基づく原子炉格納容器内の設計基準事故時及び重大事故等時における各条件

表 2.3-5 同軸コネクタ接続（中性子束計測用）（原子炉格納容器内）長期健全性試験条件

	試験条件	説明
加速熱劣化	148.8 °C×241 時間	原子炉格納容器内の周囲最高温度 60 °C では、60 年間以上の通常運転期間に相当する。
放射線照射 (通常時+事故時)	放射線照射線量：290 kGy	東海第二で想定される照射線量約64 kGy（60年間の通常運転期間約38 kGyに設計基準事故時線量26 kGyを加えた線量）を包絡する。 また、東海第二で想定される照射線量約 64 kGy（60年間の通常運転期間約38 kGy に重大事故等時線量26 kGyを加えた線量）を包絡する。
事故時雰囲気曝露	最高温度：171 °C 最高圧力：0.38 MPa 曝露時間：約 100 日間	東海第二で想定される設計基準事故時の最高温度 171 °C，最高圧力 0.31 MPa を包絡する。 また、重大事故等時の最高温度 115 °C，最高圧力 0.20 MPa を包絡する。

表 2.3-6 同軸コネクタ接続（中性子束計測用）（原子炉格納容器内）長期健全性試験結果

項目	試験手順	判定基準*	結果
絶縁抵抗測定	環境試験終了後、絶縁抵抗計による絶縁抵抗測定を行う。	$1 \times 10^{10} \Omega$ 以上	良

\*：判定基準はメーカー基準値に基づく

## ② 現状保全

同軸コネクタ接続（中性子束計測用）（原子炉格納容器内）の絶縁特性低下に対しては、点検時に絶縁抵抗測定を実施し、有意な絶縁特性低下のないことを確認している。

また、点検時に実施する動作試験においても絶縁機能の健全性を確認している。

さらに、点検で有意な絶縁特性低下が認められた場合は、同軸コネクタの取替を行うこととしている。

③ 総合評価

同軸コネクタ接続（中性子束計測用）（原子炉格納容器内）の絶縁特性低下の可能性は否定できないが、現状保全にて絶縁特性の低下は把握可能である。

また、今後も点検時に絶縁抵抗測定及び機器の動作試験を実施することで、異常の有無は把握可能であり、現状の保全は点検手法として適切であると判断する。

c. 高経年化への対応

同軸コネクタ接続（中性子束計測用）（原子炉格納容器内）の絶縁特性低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に追加すべき項目はないと考える。今後も、点検時に絶縁抵抗測定及び機器の動作試験を実施することにより絶縁特性低下を監視していくとともに、必要に応じ取替を行うこととする。

(4) 絶縁部の絶縁特性低下 [スプライス接続 (原子炉格納容器内)]

a. 事象の説明

スプライス接続 (原子炉格納容器内) の絶縁部は、有機物の架橋ポリオレフィンであるため、熱及び放射線による物性変化により、経年的に劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性がある。

絶縁低下を生ずる可能性のある部位を図 2.3-7 に示す。

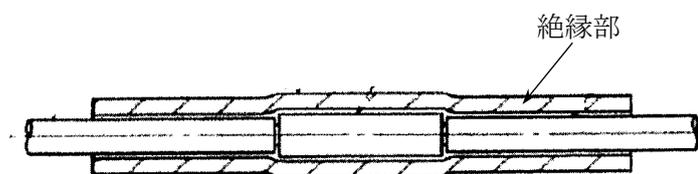


図 2.3-7 スプライス接続 (原子炉格納容器内) の絶縁部位

b. 技術評価

① 健全性評価

スプライス接続 (原子炉格納容器内) の長期間の経年劣化を考慮した必要性能の評価方法は、IEEE Std. 323-1974 に準拠して、実機同等品により長期健全性試験を実施しており、この結果に基づき長期間のスプライス接続 (原子炉格納容器内) の健全性を評価した。

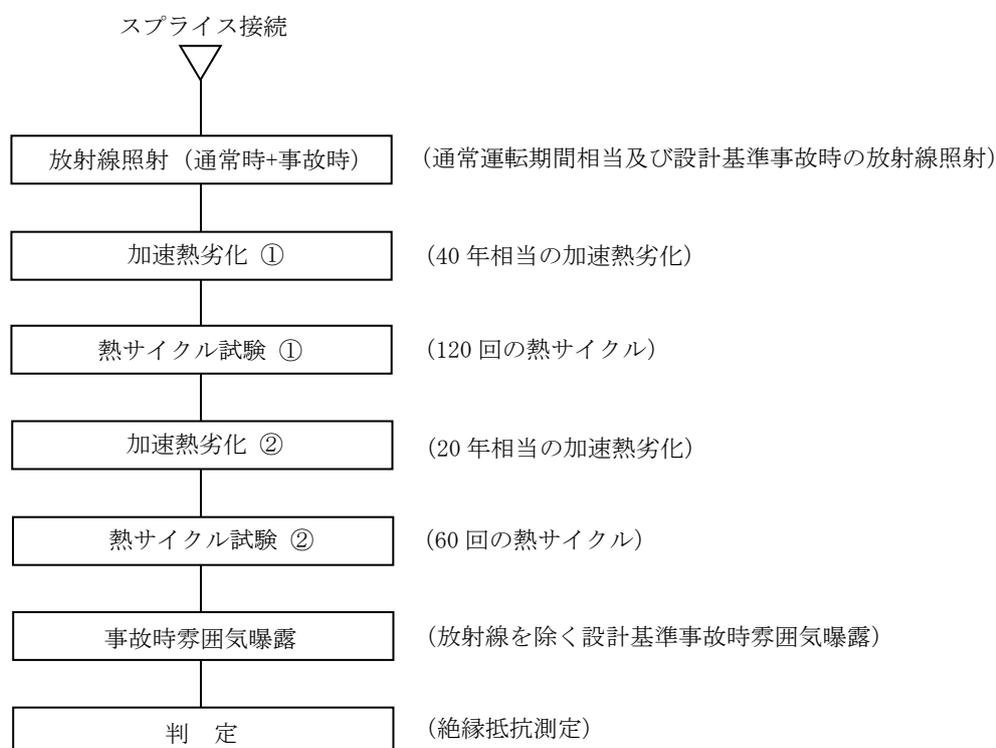


図 2.3-8 スプライス接続 (原子炉格納容器内) 長期健全性試験手順

図 2.3-8 に示す長期健全性試験手順により評価した。

本試験条件は、表 2.3-7 に示すとおり、スプライス接続（原子炉格納容器内）の 60 年間の通常運転期間、設計基準事故時\*及び重大事故等時\*雰囲気想定した熱及び放射線による使用条件を包絡している。

本試験結果は、表 2.3-8 に示すとおり絶縁抵抗測定試験の判定基準を満足しており、スプライス接続（原子炉格納容器内）の絶縁部は 60 年間の通常運転期間、設計基準事故時及び重大事故等時雰囲気において絶縁性能を維持できると評価する。

なお、東海第二で想定される放射線量については、放射線照射試験条件に包絡されていないが、スプライス接続の絶縁材である架橋ポリオレフィンと同等の絶縁材である CV ケーブル（架橋ポリエチレン）の長期健全性試験にて、重大事故等時の放射線量を上回る値にて健全性が確認されていることから、スプライス接続においても健全性は維持できると評価する。

また、東海第二で想定される重大事故等時における最高圧力については、事故時雰囲気曝露試験条件に包絡されていないが、スプライス接続（原子炉格納容器内）を用いている箇所は電気ペネトレーションの電気ボックス内であり、直接蒸気圧力が加わる箇所ではないことから、スプライス接続（原子炉格納容器内）の健全性は維持できると評価する。

\*：新規制基準への適合性確認のための工事計画認可申請書「V-1-1-6 安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」に基づく原子炉格納容器内の設計基準事故時及び重大事故等時における各条件

表 2.3-7 スプライス接続（原子炉格納容器内）長期健全性試験条件

	試験条件	説明
放射線照射 (通常時+事故時)	放射線照射線量：522.8 kGy	東海第二で想定される線量 約 281 kGy (60年間の通常運転期間相当の線量 約 21 kGy に設計基準事故時の最大積算値約 260 kGy を加えた線量) を包絡する。 なお、重大事故等時の最大積算値約 640 kGy を包絡していないが、スプライス接続の絶縁材である架橋ポリオレフィンと同等の絶縁材である CV ケーブル (架橋ポリエチレン) の長期健全性試験にて、重大事故等時の放射線量を上回る値にて健全性が確認されていることから、スプライス接続においても健全性は維持できると評価する。
加速熱劣化	① 115 °C×283 日 ② 115 °C×136.8 日	原子炉格納容器内の周囲最高温度 65.6 °C <sup>*1</sup> では、60年間の通常運転期間を包絡する。
熱サイクル試験	① 10 °C⇔66 °C/120 サイクル ② 10 °C⇔66 °C/ 60 サイクル	東海第二の 60年間の起動停止回数を包絡する。
事故時雰囲気曝露	最高温度：171 °C以上 最高圧力：0.427 MPa 曝露時間：13 日間	東海第二における設計基準事故時の最高温度 171 °C <sup>*1</sup> 、最高圧力 0.31 MPa 及び重大事故等時の最高温度約 135 °C <sup>*2</sup> を包絡する。

\*1:原子炉格納容器内における設計値

\*2:重大事故等時におけるスプライス接続部（電気ペネトレーション電線部）の温度解析値

表 2.3-8 スプライス接続（原子炉格納容器内）長期健全性試験結果

項目	試験手順	判定基準*	結果
絶縁抵抗測定	耐電圧試験後に DC 500 V 絶縁抵抗計による絶縁抵抗を行う。	絶縁抵抗値 1×10 <sup>4</sup> Ω 以上	良

\*:判定基準はメーカー基準値に基づく

## ② 現状保全

スプライス接続（原子炉格納容器内）の絶縁特性低下に対しては、点検時に絶縁抵抗測定を実施し、有意な絶縁特性低下のないことを確認している。

また、点検時に実施する動作試験においても絶縁機能の健全性を確認している。

さらに、点検で有意な絶縁特性低下が認められた場合は、スプライス接続（原子炉格納容器内）の取替を行うこととしている。

## ③ 総合評価

スプライス接続（原子炉格納容器内）の絶縁特性低下の可能性は否定できないが、現状保全にて絶縁特性の低下は把握可能である。

また、今後も点検時に絶縁抵抗測定及び機器の動作試験を実施することで、異常の有無は把握可能であり、現状の保全は点検手法として適切であると判断する。

## c. 高経年化への対応

スプライス接続（原子炉格納容器内）の絶縁特性低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に追加すべき項目はない。今後も、点検時に絶縁抵抗測定及び機器の動作試験を実施することにより絶縁特性低下を監視していくとともに、必要に応じ取替を行うこととする。

### 3. 代表機器以外への展開

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

[対象ケーブル接続部]

- ① 端子台接続（原子炉格納容器外）
- ② 端子接続（原子炉格納容器外）
- ③ 電動弁コネクタ接続（原子炉格納容器外）
- ④ 同軸コネクタ接続（中性子束計測用）（放射線計測用）（原子炉格納容器外）
- ⑤ 同軸コネクタ接続（放射線計測用）（原子炉格納容器外）
- ⑥ 同軸コネクタ接続（中性子束計測用）（原子炉格納容器内）
- ⑦ 同軸コネクタ接続（中性子束計測用）（原子炉格納容器外）
- ⑧ スプライス接続（原子炉格納容器外）

#### 3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

##### a. 絶縁部の絶縁特性低下 [端子台接続（原子炉格納容器外）]

代表機器とは異なり、端子台接続（原子炉格納容器外）の絶縁部は、有機物のポリカーボネイト及びポリフェニレンエーテル樹脂であるため、熱及び放射線による物性変化により、経年的に劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性がある。

図 3.1-1 に示す手順にて実施した端子台接続（原子炉格納容器外）の長期健全性試験では、表 3.1-1 に示すとおり、12年間使用した端子台に48年分の劣化付与を行い、60年を想定した長期健全性試験を実施し、この結果に基づき健全性を評価した。

端子台接続（原子炉格納容器外）の通常運転時における放射線影響については、放射線量が低いことから、絶縁特性低下に与える影響は小さいと考える。

なお、重大事故等時における放射線の影響による絶縁部の絶縁特性低下に対しては、重大事故等時の線量がポリカーボネイト及びポリフェニレンエーテル樹脂と同等の有機材料の耐放射線性に対する損傷しきい値と比べて低いことから、放射線による劣化の影響は小さいと考える。

以上のことから、代表機器以外のポリカーボネイト及びポリフェニレンエーテル樹脂を用いた端子台は、60年間の通常運転期間、設計基準事故時\*及び重大事故等時\*雰囲気においても絶縁性能を維持できると評価する。

また、代表機器と同様に、点検時に絶縁抵抗測定及び機器の動作試験を実施しており、今後もこの保全方法を継続し、絶縁特性低下を監視していくとともに、必要に応じ取替を行うこととする。

\*：新規制基準への適合性確認のための工事計画認可申請書「V-1-1-6 安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」に基づく原子炉格納容器外の設計基準事故時及び重大事故等時における各条件

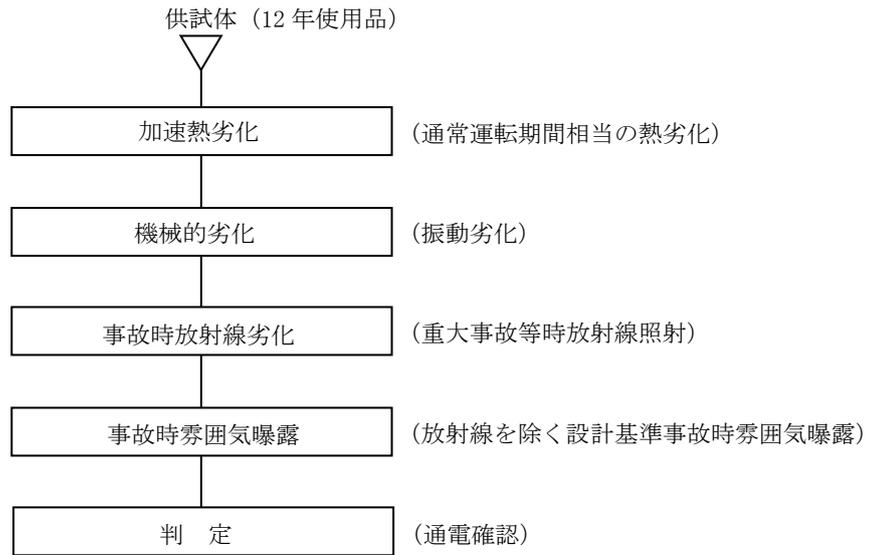


図 3.1-1 端子台接続（原子炉格納容器外）長期健全性試験手順

表 3.1-1 端子台接続（原子炉格納容器外）長期健全性試験条件

	試験条件	説明
加速熱劣化	105 °C × 279 日	原子炉格納容器外の周囲最高温度 40.0 °C では、48 年間の通常運転期間に相当する。使用期間 12 年の実機供試体に 48 年分の劣化付与を行っており、60 年の通常運転期間に相当する。
機械的劣化	振動劣化：0.75 G 5 Hz～100 Hz～5 Hz 2 ヲターブ / 分 3 軸方向, 各 135 分	IEEE Std. 382-1996 に基づく。
事故時放射線照射	放射線照射線量：1.7 kGy	東海第二で想定される設計基準事故時の線量 1.7 kGy を包絡する。
事故時雰囲気曝露	最高温度 105 °C 最高圧力 0.02 MPa 曝露時間 約 7 日間	東海第二における設計基準事故時の最高温度 100 °C, 最高圧力 0.001744 MPa 及び重大事故等時の最高温度 100 °C, 最高圧力 0.0069 MPa を包絡する。

表 3.1-2 端子台接続（原子炉格納容器外）長期健全性試験結果

項目	試験手順	判定基準	判定
通電確認	蒸気曝露試験中に模擬負荷(電動駆動)を使用して開閉操作を行う	開閉操作ができること	良

b. 絶縁部の絶縁特性低下 [電動弁コネクタ接続 (原子炉格納容器外)]

代表機器と同様、電動弁コネクタは、有機物のジアリルフタレート樹脂であるため、熱及び放射線による物性変化により、経年的に劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性があるが、代表機器同様に図 3.1-2 に示す手順にて長期健全性試験を実施しており、表 3.1-3 に示すとおり 60 年間の通常運転期間、設計基準事故時\*及び重大事故等時\*雰囲気想定した試験条件で行い、表 3.1-4 のとおり判定基準を満足している。

したがって、代表機器同様に、原子炉格納容器外に設置された電動弁コネクタ接続 (原子炉格納容器外) は、60 年間の通常運転期間、設計基準事故時及び重大事故等時雰囲気において絶縁性能を維持できると評価する。

また、代表機器と同様に、点検時に絶縁抵抗測定及び機器の動作試験を行っており健全性を確認している。

今後も、この保全方法を継続することにより、絶縁特性低下を監視していくとともに、必要に応じて取替を行うこととする。

\*：新規制基準への適合性確認のための工事計画認可申請書「V-1-1-6 安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」に基づく原子炉格納容器外の設計基準事故時及び重大事故等時における各条件

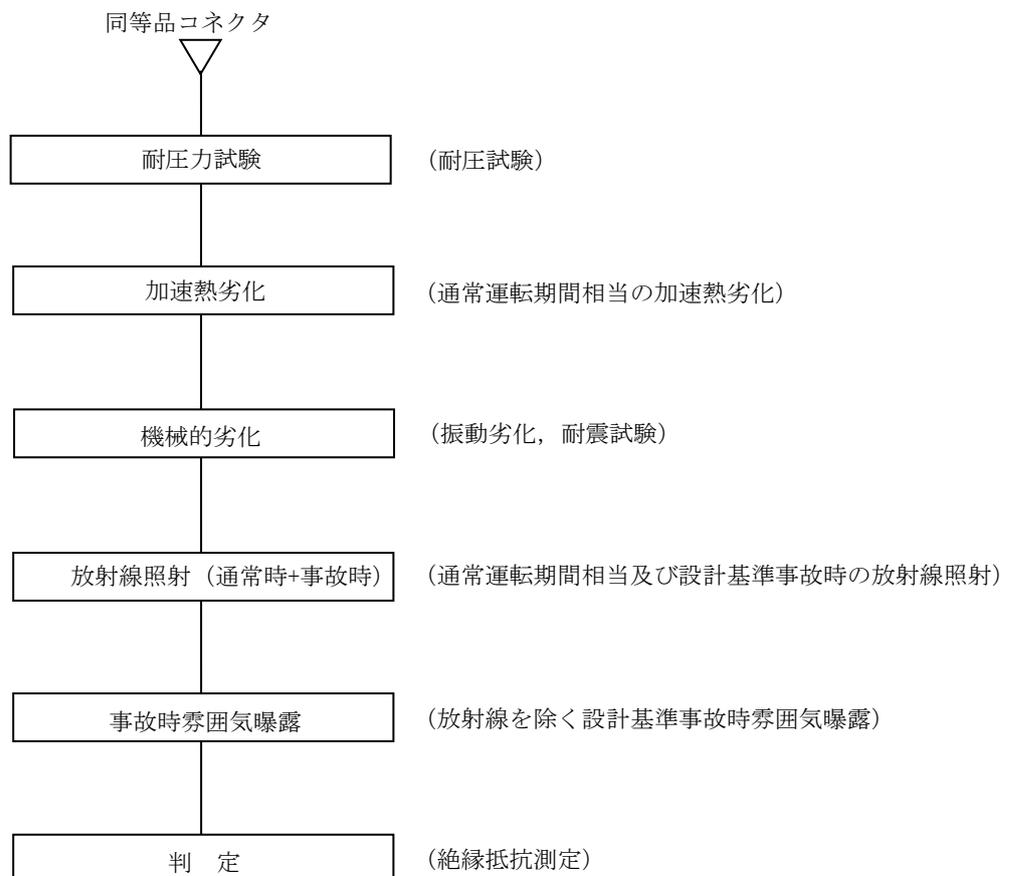


図 3.1-2 電動弁コネクタ (原子炉格納容器外) 長期健全性試験手順

表 3.1-3 電動弁コネクタ（原子炉格納容器外）長期健全性試験条件

	試験条件	説明
耐圧力試験	0.1 MPa, 10 分間	IEEE Std. 382-1980 に基づく。
加速熱劣化	138 °C × 300 時間	原子炉格納容器外の周囲最高温度 40.0 °C では、60 年間の通常運転期間に相当する。
機械的劣化	振動劣化 3 軸方向に 0.75 G, 5 Hz~200 Hz~5Hz を 2 オクターブ/分の掃引速度で 90 分間加振  耐震試験 (OBE 試験) 3 軸方向に 2 Hz~35Hz を 1 オクターブ/分の掃引速度で 1 往復加振  (シングルフリーケンシー試験) 3 軸方向に 2 Hz~32Hz の間で 1/3 オクターブ毎に各 15 秒間加振	IEEE Std. 382-1980 に基づく。  IEEE Std. 382-1980 に基づく。
放射線照射 (通常時+事故時)	放射線照射線量 : $1.0 \times 10^3$ kGy	東海第二で想定される線量 約 530 Gy (60 年間の通常運転期間相当の線量 約 80 Gy に設計基準事故時の最大積算値 450 Gy を加えた線量) を包絡する。 また、東海第二で想定される線量約 57.6 kGy (60 年間の通常運転期間相当の線量約 80 Gy に重大事故等時の最大積算値約 57.5 kGy を加えた線量) を包絡する。
事故時 雰囲気曝露	最高温度 : 171 °C 最高圧力 : 0.1 MPa 曝露時間 : 約 31 日間	東海第二における設計基準事故時の最高温度 100 °C, 最高圧力 0.001744 MPa 及び重大事故等時の最高温度 100 °C, 最高圧力 0.0069 MPa を包絡する。

表 3.1-4 電動弁コネクタ（原子炉格納容器外）長期健全性試験結果

項目	試験手順	判定基準*	結果
絶縁抵抗測定	環境試験終了後、蒸気及び圧力が除かれた状態にて、DC 500 V 絶縁抵抗計による絶縁抵抗測定を行う。	0.25 MΩ 以上 (制御) 0.6 MΩ 以上 (動力)	良

\* : 判定基準はメーカー基準値に基づく

c. 絶縁部の絶縁特性低下 [同軸コネクタ接続 (中性子束計測用) (放射線計測用) (原子炉格納容器外)]

代表機器とは異なり、起動領域中性子束計測装置前置増幅器 (以下、SRNM 前置増幅器という。) に設置された同軸コネクタ接続 (中性子束計測用) (原子炉格納容器外) の絶縁部は、有機物のテフロンであるため、熱及び放射線による物性変化により、経年的に劣化が進行し、絶縁低下を起こす可能性がある。

同軸コネクタ接続 (中性子束計測用) (原子炉格納容器外) は、SRNM 前置増幅器に設置されていることから、SRNM 前置増幅器の長期健全性試験結果を用いて評価した。SRNM 前置増幅器は図 3.1-3 に示す手順にて長期健全性試験を実施しており、表 3.1-5 に示すとおり 60 年間以上の通常運転期間、設計基準事故時\*及び重大事故等時\*雰囲気を想定した試験条件で行い、表 3.1-6 のとおり判定基準を満足している。

したがって、同軸コネクタ接続 (中性子束計測用) (原子炉格納容器外) は 60 年間の通常運転期間、設計基準事故時及び重大事故等時雰囲気において絶縁性能を維持できると評価する。

また、代表機器と同様に、点検時に絶縁抵抗測定及び機器の動作試験を行っており健全性を確認している。

今後も、この保全方法を継続することにより、絶縁特性低下を監視していくとともに、必要に応じて取替を行うこととする。

事故時雰囲気内で機能要求がない同軸コネクタ接続 (放射線計測用) (原子炉格納容器外) は、上記と同様の保全方法を継続していく。

\* : 新規制基準への適合性確認のための工事計画認可申請書「V-1-1-6 安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」に基づく原子炉格納容器外の設計基準事故時及び重大事故等時における各条件

供試 SRNM 前置増幅器（同軸コネクタ接続（中性子束計測用）（原子炉格納容器外）（絶縁体材料がテフロン）を含む）

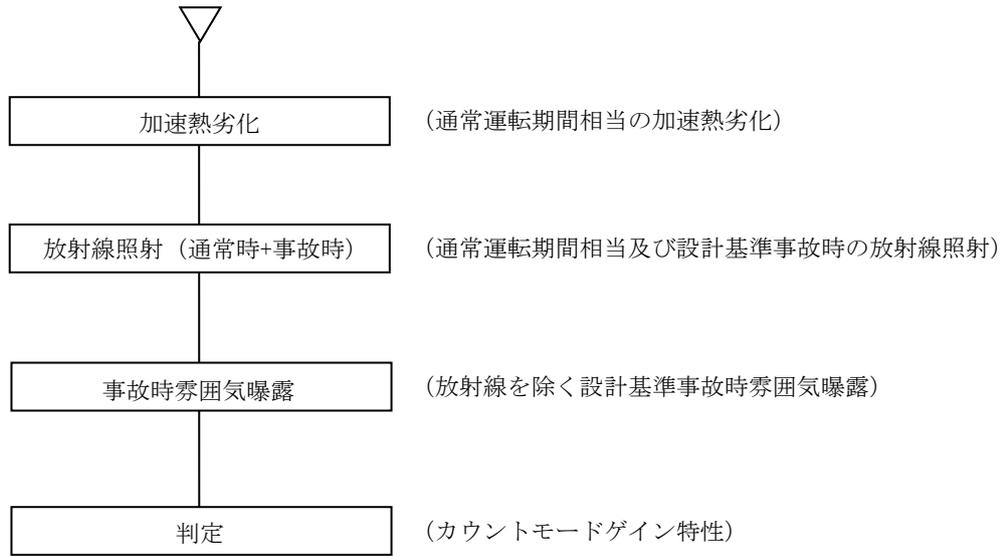


図 3.1-3 同軸コネクタ接続（中性子束計測用）（原子炉格納容器外）（絶縁体材料がテフロン）長期健全性試験手順

表 3.1-5 SRNM 前置増幅器（同軸コネクタ接続（中性子束計測用）（原子炉格納容器外）を含む）長期健全性試験条件

	試験条件	説明
加速熱劣化	100 °C × 1, 104時間	原子炉格納容器外の周囲最高温度40.0 °Cでは、60年間以上の通常運転期間に相当する。
放射線照射 (通常時+事故時)	放射線照射線量：2, 447.5Gy	東海第二の原子炉格納容器外で想定される線量 約1.8 kGy（60年間の通常運転期間相当の線量 約5.3 Gyに設計基準事故時の最大積算値1.7 kGyを加えた線量）を包絡する。 また、東海第二の原子炉格納容器外で想定される線量 約1.8 kGy（60年間の通常運転期間相当の線量 約5.3 Gyに重大事故等時の最大積算値1.7 kGyを加えた線量）を包絡する。
事故時雰囲気曝露	最高温度：110 °C 最高圧力：0.1151 MPa 曝露時間：約13日間	東海第二の原子炉格納容器外における設計基準事故時の最高温度100 °C，最高圧力0.00174 MPaを包絡する。 また，重大事故等時の最高温度100 °C，最高圧力0.0069 MPaを包絡する。

表 3.1-6 SRNM 前置増幅器（同軸コネクタ接続（中性子束計測用）（原子炉格納容器外）を含む）長期健全性試験結果

項目	試験手順	判定基準*	結果
カウントモード ゲイン特性	前置増幅器にパルス信号を与え、その時のゲイン特性を評価する。	ゲイン特性：800～1200	良

\*：判定基準はメーカー基準値に基づく

d. 絶縁部の絶縁特性低下 [同軸コネクタ接続 (放射線計測用) (原子炉格納容器外)]

代表機器とは異なり、放射線計測器に設置される同軸コネクタ接続 (放射線計測用) (原子炉格納容器外) の絶縁部は、有機物の架橋ポリスチレンであるため、熱及び放射線による物性変化により、経年的に劣化が進行し、絶縁低下を起こす可能性があるが、図 3.1-4 に示す手順にて長期健全性試験を実施しており、表 3.1-7 に示すとおり 6 年間の通常運転期間、設計基準事故時\*及び重大事故等時\*雰囲気を想定した試験条件で行い、表 3.1-8 のとおり判定基準を満足している。

この同軸コネクタ接続 (放射線計測用) (原子炉格納容器外) は今停止期間中に設置されるものであり、設置後 6 年間の通常運転期間、設計基準事故時及び重大事故等時雰囲気において絶縁性能を維持できると評価する。

また、絶縁特性低下に対しては、従前設備と同様に点検時に絶縁抵抗測定及び機器の動作試験で把握可能であることから、従前設備と同様の保全項目を実施していくこととする。

今後も、この保全方法を継続することにより、絶縁特性低下を監視していくとともに、必要に応じて取替を行うこととする。

なお、追加保全項目として、長期健全性評価結果から得られた評価期間に至る前に取替を行うことを継続していくこととする。

これにより、運転を延長しようとする期間において、絶縁部の絶縁特性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評価する。

\*：新規基準への適合性確認のための工事計画認可申請書「V-1-1-6 安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」に基づく原子炉格納容器外の設計基準事故時及び重大事故等時における各条件

供試同軸コネクタ接続 (放射線計測用) (原子炉格納容器外)

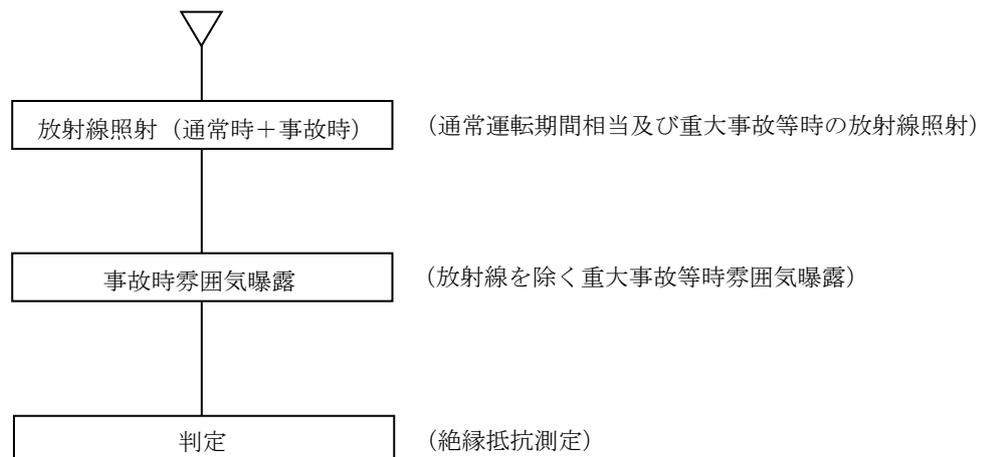


図 3.1-4 同軸コネクタ接続 (放射線計測用) (原子炉格納容器外) 長期健全性試験手順

表 3.1-7 同軸コネクタ接続（放射線計測用）（原子炉格納容器外）長期健全性試験条件

	試験条件	説明
放射線照射* (通常時+事故時)	放射線照射線量：1,000 kGy	東海第二の原子炉格納容器内で想定される照射線量約530 kGy（60年間の通常運転期間約270 kGyに設計基準事故時線量260 kGyを加えた線量）を包絡する。また、東海第二の原子炉格納容器内で想定される照射線量約910 kGy（60年間の通常運転期間約270 kGyに重大事故等時線量640 kGyを加えた線量）を包絡する。
事故時雰囲気曝露*	試験温度：220℃×5分以上 200℃×12時間 試験圧力：0.015 MPa以上 曝露時間：12時間以上	試験温度は、原子炉格納容器内の周囲最高温度65.6℃では、6年間の通常運転期間に相当する。
	試験温度：200℃×168時間 試験圧力：0.015 MPa以上 曝露時間：168時間	東海第二の原子炉格納容器内における設計基準事故時の最高温度171℃，原子炉格納容器外における最高圧力0.00174 MPa及び重大事故等時の最高温度200℃，原子炉格納容器外における最高圧力0.0069 MPaを包絡する。

\*：本同軸コネクタ接続（放射線計測用）（原子炉格納容器外）は原子炉格納容器外に設置されているが、事故時雰囲気圧力条件を除き保守的に原子炉格納容器内条件を適用している

表 3.1-8 同軸コネクタ接続（放射線計測用）（原子炉格納容器外）長期健全性試験結果

項目	試験手順	判定基準*	結果
絶縁抵抗測定	環境試験終了後、蒸気及び圧力が除かれた状態にて、DC 500 V 絶縁抵抗計による絶縁抵抗測定を行う。	100 MΩ以上	良

\*：判定基準はメーカー基準値に基づく

e. 絶縁部の絶縁特性低下 [同軸コネクタ接続 (中性子束計測用) (原子炉格納容器内)]

代表機器とは異なり、電気ペネトレーション端子箱に設置された同軸コネクタ接続 (中性子束計測用) (原子炉格納容器内) の絶縁部は、有機物の架橋ポリスチレンであるため、熱及び放射線による物性変化により、経年的に劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性があるが、図 3.1-5 に示す手順にて長期健全性試験を実施しており、表 3.1-9 に示すとおり 60 年間の通常運転期間、設計基準事故時\*及び重大事故等時\*雰囲気想定した試験条件で行い、表 3.1-10 のとおり判定基準を満足している。

したがって、原子炉格納容器外に設置された同軸コネクタ接続 (中性子束計測用) (原子炉格納容器内) は、60 年間の通常運転期間、設計基準事故時及び重大事故等時雰囲気において絶縁性能を維持できると評価する。

また、代表機器と同様に、点検時に絶縁抵抗測定及び機器の動作試験を行っており健全性を確認している。

今後も、この保全方法を継続することにより、絶縁特性低下を監視していくとともに、必要に応じて取替を行うこととする。

\*：新規制基準への適合性確認のための工事計画認可申請書「V-1-1-6 安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」及び発電用原子炉設置変更許可申請書「添付書類十 変更後における発電用原子炉施設において事故が発生した場合における当該事故に対処するために必要な施設及び体制の整備に関する説明書」に基づく原子炉格納容器内の設計基準事故時及び重大事故等時における各条件

供試同軸コネクタ接続 (中性子束計測用) (原子炉格納容器内)

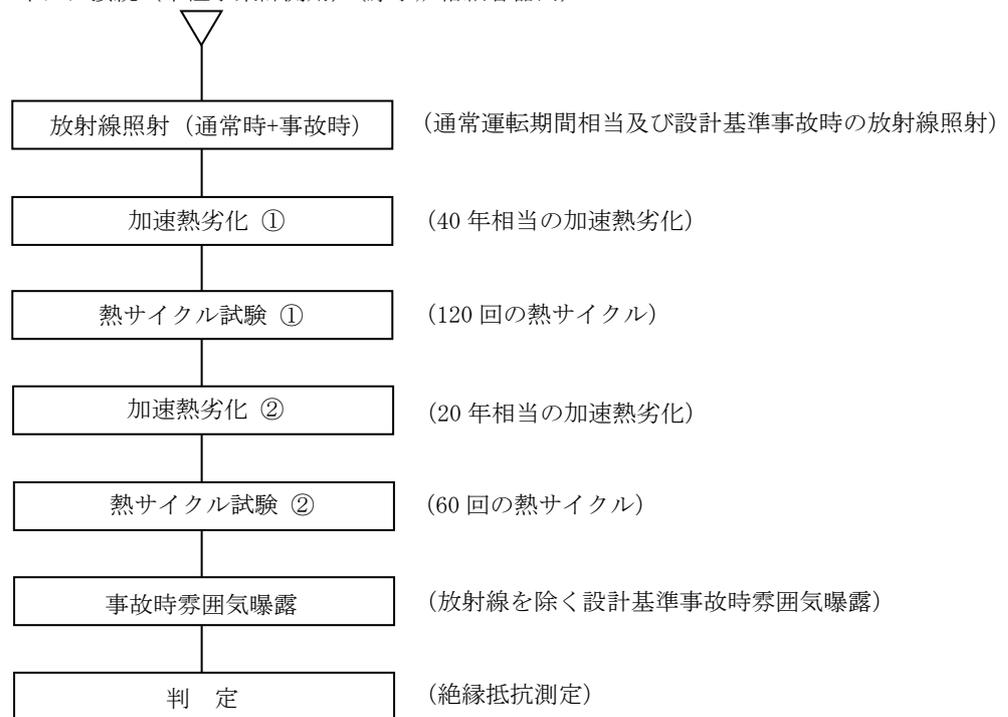


図 3.1-5 同軸コネクタ接続 (中性子束計測用) (原子炉格納容器内) 長期健全性試験手順

表 3.1-9 同軸コネクタ接続（中性子束計測用）（原子炉格納容器内）長期健全性試験条件

	試験条件	説明
放射線照射 (通常時+事故時)	放射線照射線量：522.8 kGy	東海第二の原子炉格納容器内で想定される線量 約47 kGy（60年間の通常運転期間相当の線量 約21 kGyに設計基準事故時の最大積算値26 kGyを加えた線量）を包絡する。 また、東海第二の原子炉格納容器内で想定される線量 約47 kGy（60年間の通常運転期間相当の線量 約21 kGyに重大事故等時の最大積算値26 kGyを加えた線量）を包絡する。
加速熱劣化	① 115 °C×283 日 ② 115 °C×136.8 日	原子炉格納容器内の周囲最高温度 65.6 °Cでは、60 年間の通常運転期間を包絡する。
熱サイクル試験	① 10 °C⇔66 °C/120 サイクル ② 10 °C⇔66 °C/ 60 サイクル	東海第二の 60 年間の起動停止回数を包絡する。
事故時雰囲気曝露	最高温度：171 °C以上 最高圧力：0.427 MPa 曝露時間：13 日間	東海第二の原子炉格納容器内における設計基準事故時の最高温度 171 °C，最高圧力 0.31 MPa 及び重大事故等時の最高温度 115 °C，最高圧力 0.20 MPa を包絡する。

表 3.1-10 同軸コネクタ接続（中性子束計測用）（原子炉格納容器内）長期健全性試験結果

項目	試験手順	判定基準*	結果
絶縁抵抗測定	耐電圧試験後に絶縁抵抗計による絶縁抵抗測定を行う。	導体－シールド間： 1×10 <sup>8</sup> Ω 以上	良
		シールド－対地間： 1×10 <sup>4</sup> Ω 以上	良

\*：判定基準はメーカー基準値に基づく

f. 絶縁部の絶縁特性低下 [同軸コネクタ接続 (中性子束計測用) (原子炉格納容器外)]

代表機器とは異なり、電気ペネトレーション端子箱に設置された同軸コネクタ接続 (中性子束計測用) (原子炉格納容器外) の絶縁部は、有機物の架橋ポリスチレンであるため、熱及び放射線による物性変化により、経年的に劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性があるが、代表機器同様に図 3.1-6 に示す手順にて長期健全性試験を実施しており、表 3.1-11 に示すとおり 60 年間の通常運転期間、設計基準事故時\*及び重大事故等時\*雰囲気を想定した試験条件で行い、表 3.1-12 のとおり判定基準を満足している。

したがって、原子炉格納容器外に設置された同軸コネクタ接続 (中性子束計測用) (原子炉格納容器外) は、60 年間の通常運転期間、設計基準事故時及び重大事故等時雰囲気において絶縁性能を維持できると評価する。

また、代表機器と同様に、点検時に絶縁抵抗測定及び機器の動作試験を行っており健全性を確認している。

今後も、この保全方法を継続することにより、絶縁特性低下を監視していくとともに、必要に応じて取替を行うこととする。

\*：新規制基準への適合性確認のための工事計画認可申請書「V-1-1-6 安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」に基づく原子炉格納容器外の設計基準事故時及び重大事故等時における各条件

供試同軸コネクタ接続 (中性子束計測用) (原子炉格納容器外)

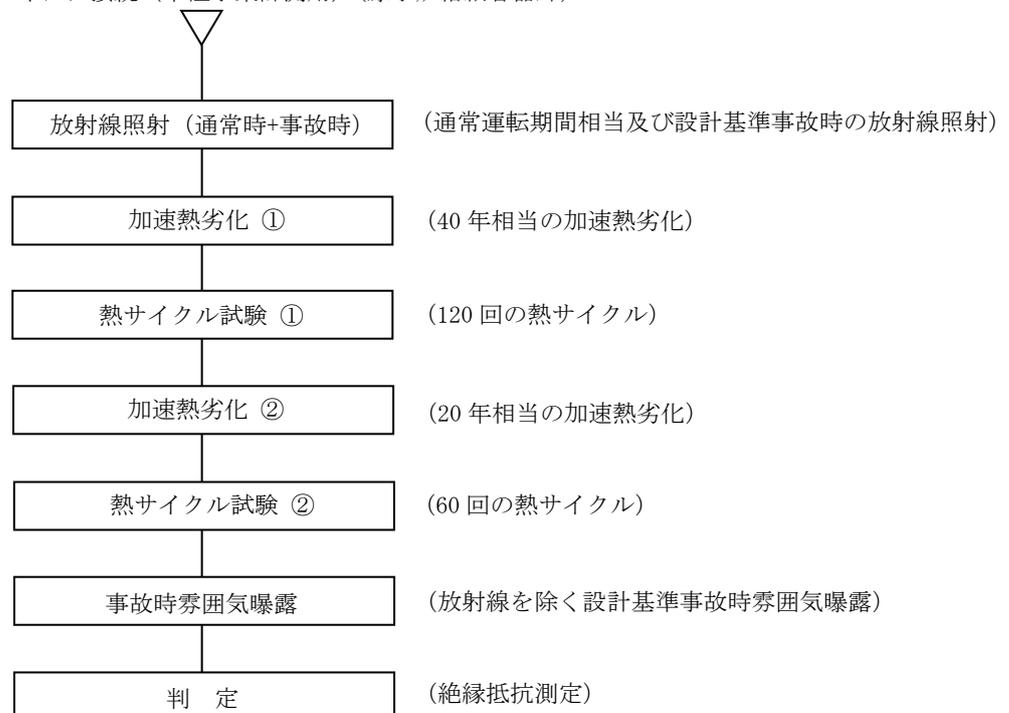


図 3.1-6 同軸コネクタ接続 (中性子束計測用) (原子炉格納容器外) 長期健全性試験手順

表 3.1-11 同軸コネクタ接続（中性子束計測用）（原子炉格納容器外）長期健全性試験条件

	試験条件	説明
放射線照射 (通常時+事故時)	放射線照射線量：522.8 kGy	東海第二の原子炉格納容器外で想定される線量 約1.8 kGy（60年間の通常運転期間相当の線量 約5.3 Gyに設計基準事故時の最大積算値1.7 kGyを加えた線量）を包絡する。 また、東海第二の原子炉格納容器外で想定される線量 約101 kGy（60年間の通常運転期間相当の線量 約5.3 Gyに重大事故等時の最大積算値100 kGyを加えた線量）を包絡する。
加速熱劣化	① 115 °C×283 日 ② 115 °C×136.8 日	原子炉格納容器外の周囲最高温度 40.0 °Cでは、60年間の通常運転期間を包絡する。
熱サイクル試験	① 10 °C⇔66 °C/120 サイクル ② 10 °C⇔66 °C/ 60 サイクル	東海第二の 60 年間の起動停止回数を包絡する。
事故時雰囲気曝露	最高温度：171 °C以上 最高圧力：0.427 MPa 曝露時間：13 日間	東海第二の原子炉格納容器外における設計基準事故時の最高温度100 °C，最高圧力0.00174 MPaを包絡する。 また、重大事故等時の最高温度100 °C，最高圧力0.0069 MPaを包絡する。

表 3.1-12 同軸コネクタ接続（中性子束計測用）（原子炉格納容器外）長期健全性試験結果

項目	試験手順	判定基準*	結果
絶縁抵抗測定	耐電圧試験後に絶縁抵抗計による絶縁抵抗測定を行う。	導体－シールド間： 1×10 <sup>8</sup> Ω 以上	良
		シールド－対地間： 1×10 <sup>4</sup> Ω 以上	良

\*：判定基準はメーカー基準値に基づく

g. 絶縁部の絶縁特性低下 [スプライス接続 (原子炉格納容器外)]

代表機器と同様、スプライス接続 (原子炉格納容器外) の絶縁部は、有機物の架橋ポリオレフィンであるため、熱及び放射線による物性変化により、経年的に劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性があるが、代表機器同様に図 3.1-7 に示す手順にて長期健全性試験を実施しており、表 3.1-13 に示すとおり 60 年間の通常運転期間、設計基準事故時\*及び重大事故等時\*雰囲気を想定した試験条件で行い、表 3.1-14 のとおり判定基準を満足している。

したがって、代表機器同様に、原子炉格納容器外に設置されたスプライス接続 (原子炉格納容器外) は、60 年間の通常運転期間、設計基準事故時及び重大事故等時雰囲気において絶縁性能を維持できると評価する。

また、代表機器と同様に、点検時に絶縁抵抗測定及び機器の動作試験を行っており健全性を確認している。

今後も、この保全方法を継続することにより、絶縁特性低下を監視していくとともに、必要に応じて取替を行うこととする。

\* : 新規制基準への適合性確認のための工事計画認可申請書「V-1-1-6 安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」に基づく原子炉格納容器外の設計基準事故時及び重大事故等時における各条件

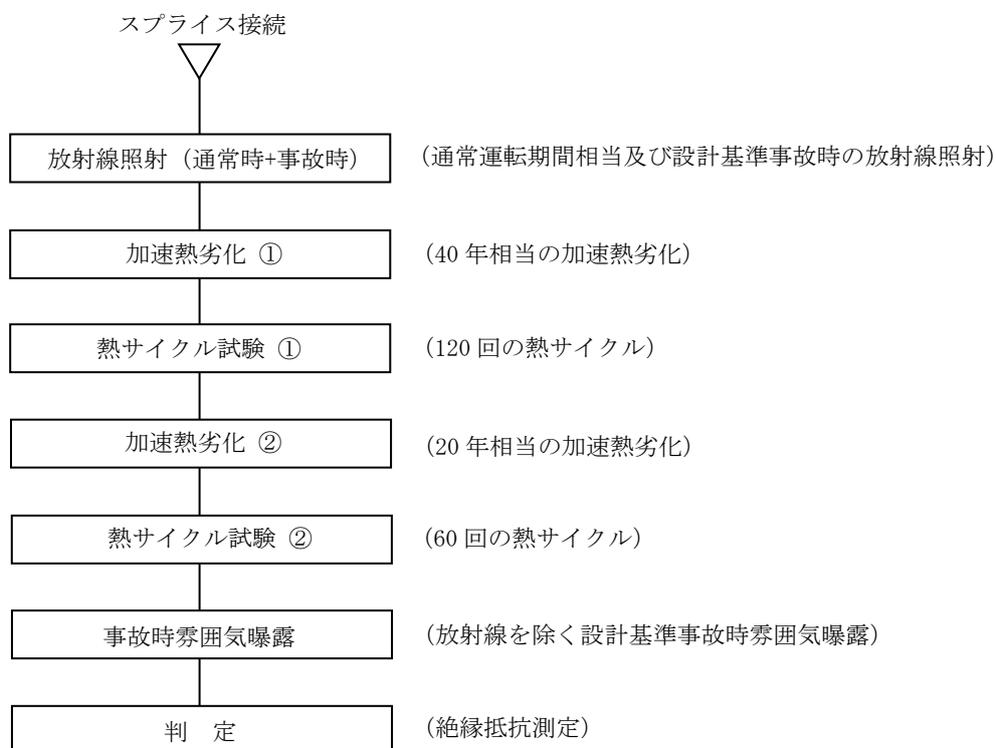


図 3.1-7 スプライス接続 (原子炉格納容器外) 長期健全性試験手順

表 3.1-13 スプライス接続（原子炉格納容器外）長期健全性試験条件

	試験条件	説明
放射線照射 (通常時+事故時)	放射線照射線量：522.8 kGy	東海第二で想定される線量 約 1.8 kGy (60年間の通常運転期間相当の線量 約 5.3 Gy に設計基準事故時の最大積算値約 1.7 kGy を加えた線量) を包絡する。 また、東海第二で想定される線量約101kGy (60年間の通常運転期間相当の線量約5.3 Gyに重大事故等時の最大積算値約100 kGy を加えた線量) を包絡する。
加速熱劣化	① 115 °C×283 日 ② 115 °C×136.8 日	原子炉格納容器外の周囲最高温度 40.0°C* では、60年間の通常運転期間を包絡する。
熱サイクル試験	① 10 °C⇔66 °C/120 サイクル ② 10 °C⇔66 °C/ 60 サイクル	東海第二の 60 年間の起動停止回数を包絡する。
事故時雰囲気曝露	最高温度：171 °C以上 最高圧力：0.427 MPa 曝露時間：13 日間	東海第二における設計基準事故時の最高温度 100 °C*、最高圧力 0.001744 MPa*及び重大事故等時の最高温度約 100 °C*、最高圧力 0.0069 MPa*を包絡する。

\*:原子炉格納容器外における設計値

表 3.1-14 スプライス接続（原子炉格納容器外）長期健全性試験結果

項目	試験手順	判定基準*	結果
絶縁抵抗測定	耐電圧試験後に DC 500 V 絶縁抵抗計による絶縁抵抗を行う。	絶縁抵抗値 1×10 <sup>4</sup> Ω 以上	良

\*:判定基準はメーカー基準値に基づく

### 3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

a. 端子板及び接続端子の腐食 [端子台接続（原子炉格納容器外）]

代表機器と同様，端子板及び接続端子は，銅合金であるため腐食が想定されるが，金属表面はメッキが施されており，端子台はガスケットでシールされたハウジング（駆動部ケース）に収納されているため，湿分等の浸入による腐食進行の可能性は小さく，点検時に目視確認を行い，その結果により必要に応じ取替を実施することとしている。

したがって，端子板及び接続端子の腐食は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. 絶縁テープの絶縁特性低下 [端子接続（原子炉格納容器外）]

代表機器とは異なり，絶縁テープは有機物のビニルであるため，熱及び放射線による物性変化により経年的に劣化が進行し，絶縁特性低下を起こす可能性がある。

絶縁テープは，系統機器の点検にあわせ取替を行い，長期間使用しないことから，有意な劣化が発生する可能性は小さい。

また，点検時に絶縁抵抗測定を行い，これまで有意な絶縁特性低下は認められておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，絶縁テープの絶縁特性低下は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. オスコンタクト，メスコンタクト，レセプタクルシエル，シーリングワッシャ及びプラグシエルの腐食 [電動弁コネクタ接続（原子炉格納容器外）]

代表機器と同様，オスコンタクト，メスコンタクト，レセプタクルシエル，シーリングワッシャ及びプラグシエルは，銅合金であるため腐食が想定されるが，オスコンタクト及びメスコンタクトはOリング，シーリングブッシュ及びシーリングワッシャにより外気とシールされているため，湿分等の浸入による腐食進行の可能性は小さい。

また，外気に接触するレセプタクルシエル，プラグシエル及びシーリングワッシャの外表面にはメッキが施されており，腐食発生の可能性は小さく，点検時に目視確認を行い，その結果により必要に応じ取替を実施することとしている。

したがって，オスコンタクト，メスコンタクト，レセプタクルシエル，シーリングワッシャ及びプラグシエルの腐食は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. ボディ、ナット及びコンタクト等構成部品の腐食 [同軸コネクタ接続共通]

構成部品であるボディ、ナット及びコンタクト等は銅が使用されていることから、湿分等により腐食が想定されるが、メッキが施されており腐食の可能性は小さく、点検時に目視確認を行い、その結果により必要に応じ取替を実施することとしている。

したがって、ボディ、ナット及びコンタクト等構成部品の腐食は高経年化対策上着目すべき事象ではないと判断する。

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

a. スプライスの腐食 [スプライス接続（原子炉格納容器外）]

代表機器と同様、スプライス接続（原子炉格納容器外）は銅合金であり腐食が想定されるが、スプライスはメッキが施されており、熱収縮チューブにて全体を密閉していることから、湿分等の浸入による腐食が発生する可能性はない。

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

東海第二発電所  
タービン設備の技術評価書

(運転を断続的に行うことを前提とした評価)

日本原子力発電株式会社

本評価書は、東海第二発電所（以下、「東海第二」という）で使用している安全上重要なタービン設備（重要度分類審査指針におけるクラス1及びクラス2のタービン設備）、高温・高圧の環境下にあるクラス3のタービン設備及び常設重大事故等対処設備に属するタービン設備について、運転を断続的に行うことを前提に高経年化に係わる技術評価についてまとめたものである。

評価対象機器の一覧を表1に、機能を表2に示す。

評価対象機器を型式、設置場所でグループ化し、それぞれのグループから重要度、運転状態、最高使用温度、最高使用圧力の観点から代表機器を選定し技術評価を行った後、代表以外の機器について評価を展開している。

本評価書は、評価対象のタービン設備を常用系タービン設備及び非常用系タービン設備に分けており、以下の2章で構成されている。

1. 常用系タービン設備
2. 非常用系タービン設備

なお、湿分分離器、湿分分離器ドレンタンクは「容器の技術評価書」、グラウンド蒸気蒸発器は「熱交換器の技術評価書」、主要配管（主蒸気リード管、クロスアラウンド管、クロスアラウンド管逃し弁出口管）は、「配管の技術評価書のタービン主蒸気系配管、抽気系配管」、蒸気式空気抽出器は「機械設備の技術評価書」にてそれぞれ評価するものとし、本評価書には含めていない。

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

表1 評価対象機器一覧

設備	機種	機器名称	仕様	重要度*1
常用系タービン設備	高压タービン	高压タービン	種類：非再熱式4車室6流排気形 出力：1,100,000 kW 回転速度：1,500 rpm	高*2
	低压タービン	低压タービン		高*2
	原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン	原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン	種類：単気筒衝動式復水タービン 出力：8,356 kW 回転速度：5,000 rpm	高*2
	主要弁	主塞止弁	型式：玉形弁 口径：650A	PS-2
		加減弁	型式：バランス形弁 口径：700A	高*2
		中間塞止加減弁	型式：複合弁 口径：1,050A	高*2
		タービンバイパス弁	型式：玉形弁 口径：450A	PS-2
	クロスアラウンド管逃し弁	型式：安全弁 口径：450A	高*2	
制御装置及び保安装置	主タービン電気油圧式制御装置	圧力：11.0 MPa	高*2	
非常用系タービン設備	原子炉隔離時冷却系タービン及び付属装置	原子炉隔離時冷却系タービン及び付属装置	種類：衝動螺旋流背圧式タービン 出力：541 kW 回転速度：4,500 rpm	MS-1 重*3
	常設高压代替注水系タービン及び付属装置	常設高压代替注水系タービン及び付属装置*4	種類：背圧式蒸気タービン 出力：620 kW 回転速度：5,514 rpm	重*3

\*1：当該機器に要求される重要度クラスのうち、最上位の重要度クラスを示す

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

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

\*4：新規に設置される機器

表2 評価対象機器の機能

機器名称	主な機能
主タービン (高圧タービン, 低圧タービン)	発電を行うため, 発電機を駆動する。
原子炉給水ポンプ駆動用 蒸気タービン	抽気蒸気によりタービンを回転し, 原子炉給水ポンプを駆動させる。
主塞止弁	タービントリップ時に, 高圧タービンへの蒸気供給を遮断する。
加減弁	高圧タービンへの蒸気流量を制御する。
中間塞止加減弁	低圧タービンへの蒸気流量を制御する。また, タービントリップ時に, 低圧タービンへの蒸気供給を遮断する。
タービンバイパス弁	タービントリップ時に, 主蒸気を直接主復水器に導く。 (容量約25%)
クロスアラウンド管逃し弁	クロスアラウンド管の異常昇圧を防止する。
主タービン電気油圧式制御装置	主タービン制御のため, 主要弁等へ制御油を供給する。
原子炉隔離時冷却系タービン 及び付属装置	原子炉水位が低下し原子炉が隔離された時に, 原子炉で発生する蒸気を用いて原子炉隔離時冷却系タービンを回転させ, ポンプを駆動する。
常設高圧代替注水系タービン 及び付属装置	原子炉隔離時冷却系の機能が喪失した場合に, 原子炉で発生する蒸気を用いて常設高圧代替注水系タービンを回転させ, ポンプを駆動する。

# 1. 常用系タービン設備

[対象機器]

- 1.1 高圧タービン
- 1.2 低圧タービン
- 1.3 原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン
- 1.4 主要弁
- 1.5 制御装置及び保安装置

## 1.1 高圧タービン

[対象機器]

- ① 高圧タービン

## 目次

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

## 1. 対象機器

東海第二で使用している高圧タービンの主な仕様を表 1-1 に示す。

表 1-1 高圧タービンの主な仕様

機器名称	仕様 (出力×回転速度)	重要度*1	使用条件		
			運転状態	運転圧力*2 (MPa)	運転温度*2 (°C)
高圧タービン	1,100,000 kW*3 ×1,500 rpm	高*4	連続	6.55	282

\*1：当該機器に要求される重要度クラスのうち、最上位の重要度クラスを示す

\*2：主塞止弁入口の蒸気条件を示す

\*3：低圧タービンとの合計出力を示す

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

## 2. 高圧タービンの技術評価

### 2.1 構造，材料及び使用条件

#### (1) 構造

東海第二の高圧タービンは8段複流式であり，蒸気はノズル室に接続されている4本の蒸気入口管より高圧タービンに流入し，各段を経て車室下半部にある排気口より排出される。

車室は炭素鋼鋳鋼であり，上，下半車室に分割され，ケーシングボルトにより締結されている。

ダイヤフラム（噴口，隔板）は，噴口がステンレス鋼，隔板が低合金鋼鋳鋼であり，車室内に嵌め込まれ，蒸気の通路部を形成している。

車室は軸受台下半部で支えられ，水平にスライドする構造となっている。

車軸は低合金鋼，翼はステンレス鋼であり，周方向は2個のジャーナル軸受，軸方向は1個のスラスト軸受により支えられている。

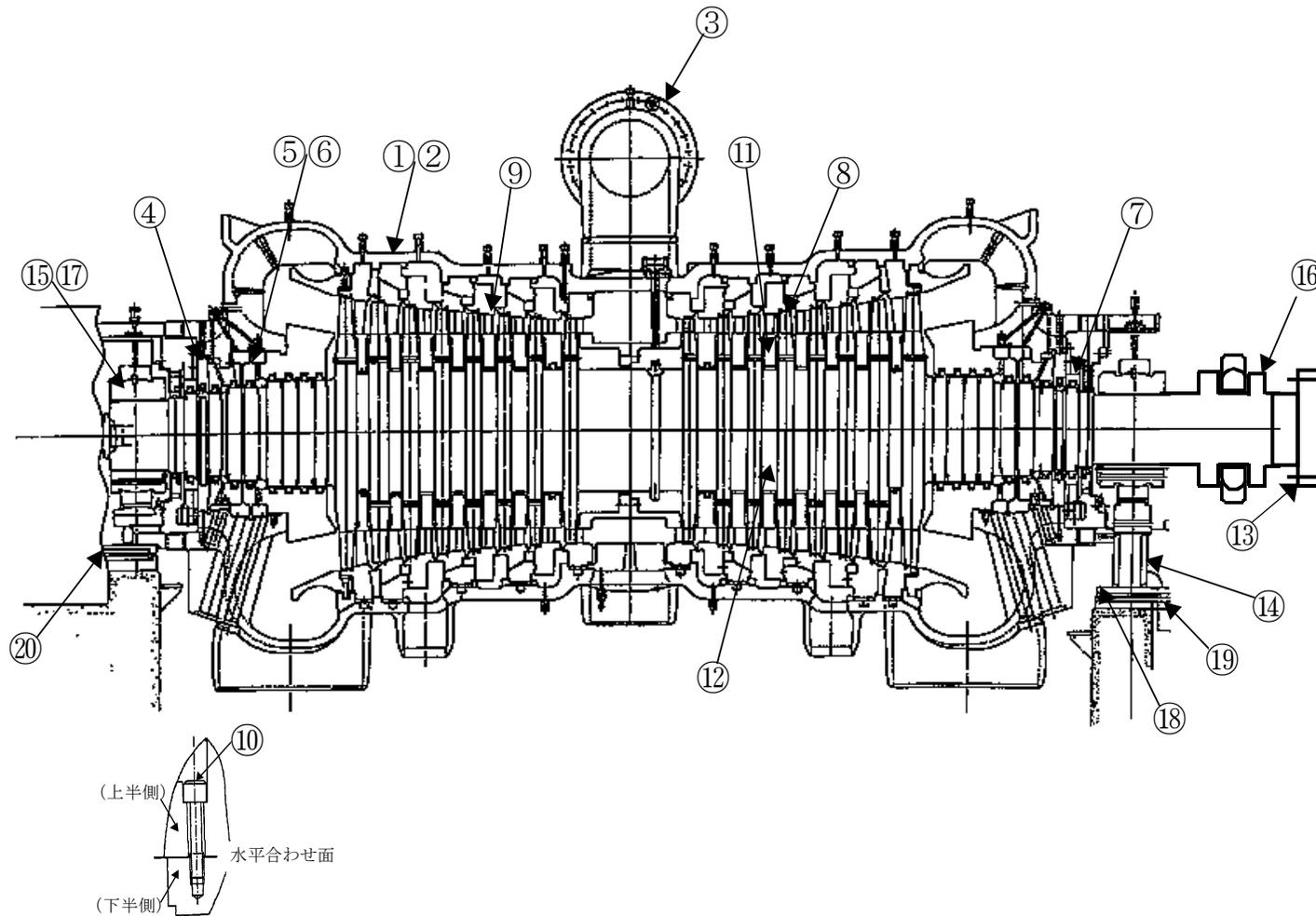
車室両端面の車軸貫通部には，スチームシールパッキン（パッキンケーシング，パッキンヘッド，ラビリンスパッキン）が設けられており，多数のシールストリップを装備したラビリンスパッキンにより蒸気漏えいを防止している。

車室，ダイヤフラム，スチームシールパッキン等はケーシングボルトを緩め，上半部を取り出すことにより点検手入れが可能である。

東海第二の高圧タービンの構造図を図 2.1-1 に示す。

#### (2) 材料及び使用条件

東海第二の高圧タービン主要部位の使用材料を表 2.1-1 に，使用条件を表 2.1-2 に示す。



No.	部位
①	車室
②	ケーシングボルト
③	ガスケット
④	パッキンケーシング
⑤	パッキンヘッド
⑥	ラビリンスパッキン
⑦	油切り
⑧	翼
⑨	噴口
⑩	隔板締付ボルト
⑪	隔板
⑫	車軸
⑬	カップリングボルト
⑭	軸受台
⑮	ジャーナル軸受
⑯	スラスト軸受
⑰	軸受ボルト
⑱	基礎ボルト
⑳	キー

< 隔板・隔板締付ボルト詳細図 >

図 2.1-1 高圧タービン構造図

表 2.1-1 高圧タービン主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	車室	炭素鋼鋳鋼
		ケーシングボルト	低合金鋼
		ガスケット	(消耗品)
	軸シール	パッキンケーシング	炭素鋼
		パッキンヘッド	低合金鋼鋳鋼
		ラビリンスパッキン	ステンレス鋼
		油切り	炭素鋼
タービン性能の確保	エネルギー変換	翼	ステンレス鋼
		噴口	ステンレス鋼
		隔板締付ボルト	低合金鋼
		隔板	低合金鋼鋳鋼
	エネルギー伝達	車軸	低合金鋼
		カップリングボルト	低合金鋼
	軸支持	軸受台	炭素鋼
		ジャーナル軸受	炭素鋼, ホワイトメタル
		スラスト軸受	炭素鋼, ホワイトメタル
		軸受ボルト	低合金鋼
機器の支持	支持	基礎ボルト	炭素鋼
		ベースプレート	炭素鋼
		キー	炭素鋼

表 2.1-2 高圧タービンの使用条件

運転圧力	主塞止弁入口 6.55 MPa～中間塞止加減弁入口 1.28 MPa
運転温度	主塞止弁入口 282 °C～中間塞止加減弁入口 195 °C
回転速度	1,500 rpm
内部流体	蒸気

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

高圧タービンの機能である発電機駆動機能の達成に必要な項目は以下のとおり。

- (1) バウンダリの維持
- (2) タービン性能の確保
- (3) 機器の支持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

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

なお、消耗品及び定期取替品は以下のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

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

#### (3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

想定される経年劣化事象のうち下記①、②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。

なお、下記①、②に該当する事象については 2.2.3 項に示すとおり、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

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

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

#### a. 基礎ボルトの腐食（全面腐食）

基礎ボルトの健全性については、「機械設備の技術評価書」にて評価を実施するものとし、本評価書には含めない。

#### b. ラビリンスパッキンの摩耗

ラビリンスパッキンは、車軸との接触による摩耗が想定されるが、車軸との間に隙間を設け接触を防止している。また、分解点検時に車軸との隙間測定を実施しており、有意な摩耗がないことを確認している。

したがって、ラビリンスパッキンの摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### c. ジャーナル軸受及びスラスト軸受の摩耗，はく離

ジャーナル軸受及びスラスト軸受は、ホワイトメタルを軸受に溶着しており、摩耗及びはく離が想定される。

摩耗については、車軸と軸受間に潤滑油が供給され軸受の摩耗を抑制している。また、分解点検時に目視点検及び隙間測定を行い、隙間が基準値に達した場合は補修又は取替を実施することにより軸受の機能を維持している。

はく離については、分解点検時に目視点検及び浸透探傷検査を実施し、必要に応じて補修又は取替を実施することにより軸受の機能を維持している。

したがって、ジャーナル軸受及びスラスト軸受の摩耗，はく離は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- d. 車室（内面），パッキンケーシング，パッキンヘッド，翼，噴口の腐食（流れ加速型腐食）

車室は炭素鋼鋳鋼，パッキンケーシングは炭素鋼，パッキンヘッドは低合金鋼鋳鋼，翼，噴口はステンレス鋼であり，内部流体が湿分を含んだ高速蒸気であるため，腐食（流れ加速型腐食）により減肉する可能性がある。

車室の内面，パッキンケーシング，パッキンヘッド，翼，噴口については，タービン開放点検時に目視点検を実施し，必要に応じて補修又は取替を実施することにより機能を維持している。

したがって，車室（内面），パッキンケーシング，パッキンヘッド，翼，噴口の腐食（流れ加速型腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- e. 隔板締付ボルト，隔板，車軸の腐食（流れ加速型腐食）

隔板締付ボルト，車軸は低合金鋼，隔板は低合金鋼鋳鋼であり，蒸気環境下で使用されることから腐食が想定されるが，目視点検において，有意な腐食がないことを確認している。

したがって，隔板締付ボルト，隔板，車軸の腐食（流れ加速型腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- f. 車室（外面）及び軸受台（外面）の腐食（全面腐食）

車室は炭素鋼鋳鋼，軸受台は炭素鋼であり外面からの腐食が想定される。

しかしながら，大気接触部は塗装により腐食を防止しており，塗膜が健全であれば腐食の可能性は小さく，目視点検において塗膜の状態を確認しており，はく離等が認められた場合は，必要に応じて補修を実施することにより機能を維持している。

したがって，車室（外面）及び軸受台（外面）の腐食（全面腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- g. ケーシングボルト，カップリングボルトの腐食（全面腐食）

ケーシングボルト，カップリングボルトは低合金鋼であり腐食が想定されるが，目視点検において有意な腐食がないことを確認している。

したがって，ケーシングボルト，カップリングボルトの腐食（全面腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

h. 翼，噴口，隔板締付ボルト，車軸の応力腐食割れ

翼，噴口はステンレス鋼，隔板締付ボルト，車軸は低合金鋼であり，蒸気環境下で使用されていることから，応力腐食割れが発生する可能性がある。

また，2011年に東海第二の低圧タービン(B)において，車軸の翼取付部位に応力腐食割れと考えられるき裂が認められた。

高圧タービンの翼，噴口，隔板締付ボルト，車軸の応力腐食割れについては，タービン開放点検時に目視点検，浸透探傷検査，磁粉探傷検査，超音波探傷検査を実施することにより，有意な欠陥がないことを確認している。

したがって，翼，噴口，隔板締付ボルト，車軸の応力腐食割れは，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

i. 車室の変形

車室は炭素鋼鋳鋼であり，製作時の熱処理段階において，変形防止について考慮されているが，その水平合わせ面については，変形が生じる可能性がある。

タービン開放点検時に車室水平合わせ面の目視点検及び隙間測定を実施しており，合わせ面に変形を起因としたエロージョンが確認された場合には，溶接補修を実施することにより機能を維持している。

したがって，車室の変形は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

j. 車軸の摩耗

車軸の軸受との摺動面は摩耗が想定されるが，潤滑油が供給され車軸と軸受間に油膜が形成されており，車軸の摩耗が発生する可能性は小さい。

なお，これまでの目視点検及び隙間測定結果において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，車軸の摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

k. キーの摩耗

キーは，上半車室を支持し，水平方向の位置を決めるためのものであり，車室の熱移動によりキーと車室の接触面の摩耗が想定されるが，車室の移動回数は2回／サイクル（プラントの起動・停止回数）と少なく，移動速度も緩やかであることから，摩耗が進行する可能性は小さい。

なお，これまでのキーの目視点検及び厚さ測定による点検結果からも有意な摩耗は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，キーの摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

1. 油切り，軸受台（内面），軸受ボルト，ベースプレートの腐食（全面腐食）

油切り，軸受台，ベースプレートは炭素鋼，軸受ボルトは低合金鋼であり腐食が想定される。

しかしながら，油切り，軸受台の内面，軸受ボルトはオイルミスト環境下にあること，また，軸受台とベースプレートのスライド部については潤滑剤が塗布されており，腐食が発生する可能性は小さい。

なお，これまで油切り，軸受台（内面），軸受ボルト，ベースプレートは目視点検において有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，油切り，軸受台（内面），軸受ボルト，ベースプレートの腐食（全面腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

m. 車室の疲労割れ

車室には，プラント起動・停止時の熱応力により疲労が蓄積され，疲労割れを起こす可能性があるが，プラント起動・停止の回数は2回／サイクルと少なく，起動・停止時には急激な温度変化を生じないように運転しており，熱応力による疲労蓄積は小さいことから疲労割れが発生する可能性は小さい。

なお，これまでの目視点検，浸透探傷検査において有意な欠陥は確認されておらず，今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，車室の疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

n. 翼の高サイクル疲労割れ

翼は，群翼振動数と回転周波数が共振することのないよう設計段階で考慮されている。高圧タービンのように翼長の非常に短い剛構造の翼については，車軸と翼の連成振動が発生する可能性は小さい。

なお，これまでの目視点検，浸透探傷検査で有意な欠陥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，翼の高サイクル疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

o. 噴口の高サイクル疲労割れ

国内他プラント（PWR）の低圧タービン最終段静翼（BWR では噴口に相当）溶接部及びその近傍において、高サイクル疲労によるき裂が生じた事例があったが、高圧タービン噴口の翼長は低圧タービンのものと比較して短いことから剛性が高く、高サイクル疲労割れの可能性は小さい。

なお、国内外のプラントで高圧タービン噴口の高サイクル疲労の事例はなく、これまでの目視点検、浸透探傷検査において有意な欠陥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、噴口の高サイクル疲労割れは、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

p. 車軸の高サイクル疲労割れ

車軸はタービン運転時に定常応力と変動応力が発生することとなり、高平均応力下において繰返し応力を受けると、応力集中部において高サイクル疲労割れが想定されるが、設計段階において高サイクル疲労割れが発生しないように考慮されている。

なお、これまでの車軸の目視点検、浸透探傷検査、磁粉探傷検査、超音波探傷検査の結果からも有意な欠陥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、車軸の高サイクル疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

q. 翼，車軸の腐食疲労割れ

翼，車軸の隙間部に腐食媒体の濃縮が発生し、これに繰返し応力が負荷される場合、腐食疲労割れが発生・進展することがあるが、当該機器はこうした腐食媒体が濃縮を起こすような乾湿交番域は存在しない。

なお、これまでの目視点検、浸透探傷検査、磁粉探傷検査、超音波探傷検査において有意な欠陥は確認されておらず、今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、翼，車軸の腐食疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、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（日常劣化管理事象以外）

a. 軸受台の摩耗

軸受台は、軸受台底面とベースプレートのスライド部に摩耗が想定されるが、当該部には、潤滑剤が塗布されており、軸受台の移動回数は2回／サイクル（プラントの起動・停止回数）と少なく、タービン起動時は温度を確認しながら昇温しているため、移動速度は緩やかであることから、摩耗が進行する可能性はない。

したがって、軸受台の摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

表 2.2-1 高圧タービンに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考	
					減肉		割れ		材質変化		その他		
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化			
バウンダリの維持	耐圧	車室		炭素鋼鋳鋼		△*1*2△*3	△				△*4	*1：流れ加速型腐食	
		ケーシングボルト		低合金鋼		△						*2：内面	
		ガスケット	◎	—								*3：外面	
	軸シール	パッキンケーシング			炭素鋼		△*1						*4：変形
		パッキンヘッド			低合金鋼鋳鋼		△*1						*5：高サイクル疲労割れ
		ラビリンスパッキン			ステンレス鋼	△							*6：はく離
		油切り			炭素鋼		△						*7：腐食疲労割れ
タービン性能の確保	エネルギー変換	翼		ステンレス鋼		△*1	△*5*7	△					
		噴口		ステンレス鋼		△*1	△*5	△					
		隔板締付ボルト			低合金鋼		△*1		△				
		隔板			低合金鋼鋳鋼		△*1						
	エネルギー伝達	車軸			低合金鋼	△	△*1	△*5*7	△				
		カップリングボルト			低合金鋼		△						
	軸支持	軸受台			炭素鋼	▲	△*2△*3						
		ジャーナル軸受			炭素鋼, ホワイトメタル	△						△*6	
		スラスト軸受			炭素鋼, ホワイトメタル	△						△*6	
		軸受ボルト			低合金鋼		△						
機器の支持	支持	基礎ボルト		炭素鋼		△							
		ベースプレート		炭素鋼		△							
		キー		炭素鋼	△								

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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

## 1.2 低圧タービン

[対象機器]

- ① 低圧タービン

## 目次

1. 対象機器 .....	1.2-1
2. 低圧タービンの技術評価.....	1.2-2
2.1 構造,材料及び使用条件.....	1.2-2
2.2 経年劣化事象の抽出.....	1.2-5
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目.....	1.2-5
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出.....	1.2-5
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象.....	1.2-6

## 1. 対象機器

東海第二で使用している低圧タービンの主な仕様を表 1-1 に示す。

表1-1 低圧タービンの主な仕様

機器名称	仕様 (出力×回転速度)	重要度*1	使用条件		
			運転状態	運転圧力*2 (MPa)	運転温度*2 (°C)
低圧タービン	1,100,000 kW*3 ×1,500 rpm	高*4	連続	1.28	195

\*1：当該機器に要求される重要度クラスのうち、最上位の重要度クラスを示す

\*2：中間塞止加減弁入口の蒸気条件を示す

\*3：高圧タービンとの合計出力を示す

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

## 2. 低圧タービンの技術評価

### 2.1 構造，材料及び使用条件

#### (1) 構造

東海第二の低圧タービンは9段の複流式タービンであり，蒸気は高圧タービン排気より湿水分離器を経て車室中央部に流入する。流入した蒸気は中央で2つに分かれ，各段を経て両端の排気口から下方にある復水器に至る。

車室は外部車室，内部車室にて構成され，炭素鋼，低合金鋼が使用されており，上下半車室に分割され，ケーシングボルトにより締結されている。

ダイヤフラム（噴口，隔板）は，噴口がステンレス鋼，隔板が低合金鋼鋳鋼及び低合金鋼であり，内部車室内に嵌め込まれ，蒸気の通路部を形成している。

車軸は低合金鋼，翼はステンレス鋼であり，2個のジャーナル軸受により支えられている。

車室両端面の車軸貫通部には，スチームシールパッキン（パッキンケーシング，ラビリンスパッキン）が設けられており，多数のシールストリップを装備したラビリンスパッキンにより蒸気漏えいを防止している。

車室，ダイヤフラム，スチームシールパッキンは，締付けボルトを緩め，それぞれの上半部を取り出すことにより点検手入れが可能である。

なお，車軸については，旧車軸の焼嵌めされた円板部とそれを固定しているキー部の応力腐食割れが懸念されたことから，以下に示すとおり，全ての低圧車軸について一体型車軸に取替を実施している。

- ・第10回定期検査（1989年度）：(A)(C)車軸
- ・第11回定期検査（1991年度）：(B)車軸

また，内部車室については，抽気管台等に流れ加速型腐食による減肉が認められたことから，以下に示すとおり，全ての内部車室について耐食性の高い低合金鋼のものに取替を実施している。

- ・第16回定期検査（1998年度）：(B)内部車室
- ・第17回定期検査（1999年度）：(A)(C)内部車室

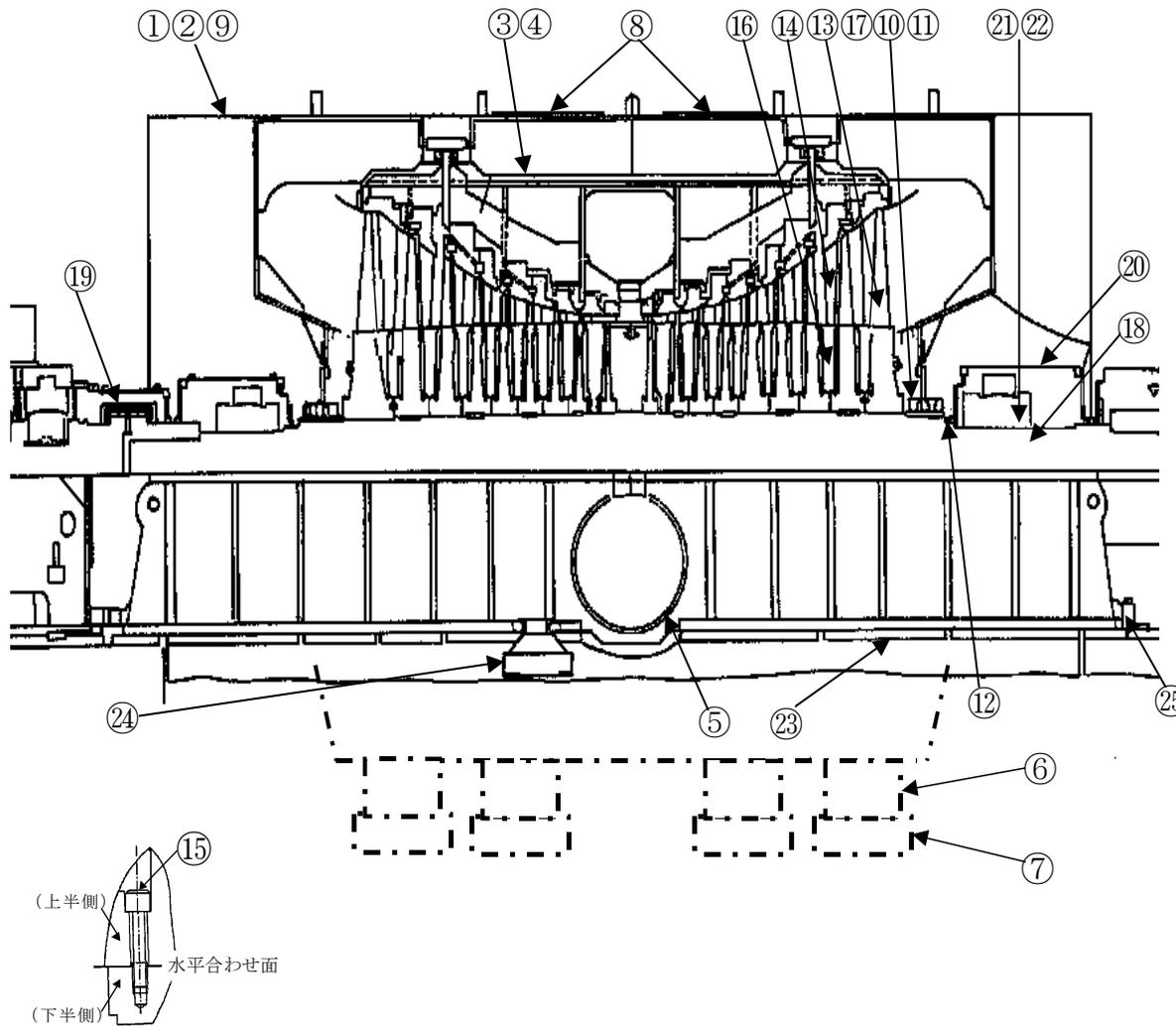
また，隔板については，第16段，第17段に流れ加速型腐食による減肉が認められたことから，以下に示すとおり，当該隔板について耐食性の高い低合金鋼のものに取替えを実施している。

- ・第23回定期検査（2008年度）：(A)(C)隔板
- ・第24回定期検査（2009年度）：(B)隔板

低圧タービンの構造図を図2.1-1に示す。

#### (2) 材料及び使用条件

東海第二の低圧タービン主要部位の使用材料を表2.1-1に，使用条件を表2.1-2に示す。



<隔板・隔板締付ボルト詳細図>

図2.1-1 低圧タービン構造図

No.	部位
①	外部車室
②	外部ケーシングボルト
③	内部車室
④	内部ケーシングボルト
⑤	クロスアラウンド管エキスパンションジョイント
⑥	抽気短管
⑦	抽気短管エキスパンションジョイント
⑧	大気放出板
⑨	ガスケット
⑩	パッキンケーシング
⑪	ラビリンスパッキン
⑫	油切り
⑬	翼
⑭	噴口
⑮	隔板締付ボルト
⑯	隔板
⑰	レーシングワイヤ
⑱	車軸
⑲	カップリングボルト
⑳	軸受台
㉑	ジャーナル軸受
㉒	軸受ボルト
㉓	ベースプレート
㉔	キー
㉕	基礎ボルト

表2.1-1 低圧タービン主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料	
バウンダリの維持	耐圧	外部車室	炭素鋼	
		外部ケーシングボルト	低合金鋼	
		内部車室	低合金鋼	
		内部ケーシングボルト	低合金鋼	
		クロスアラウンド管	ステンレス鋼	
		エキスパンションジョイント		
		抽気短管	低合金鋼	
		抽気短管	ステンレス鋼	
		エキスパンションジョイント		
		大気放出板	(定期取替品)	
	ガスケット	(消耗品)		
		軸シール	パッキンケーシング	炭素鋼
			ラビリンスパッキン	低合金鋼
	油切り		炭素鋼	
タービン性能の確保	エネルギー変換	翼	ステンレス鋼	
		噴口	ステンレス鋼	
		隔板締付ボルト	低合金鋼	
		隔板	低合金鋼鑄鋼, 低合金鋼	
		レーシングワイヤ	ステンレス鋼	
	エネルギー伝達	車軸	低合金鋼	
		カップリングボルト	低合金鋼	
	軸支持	軸受台	炭素鋼	
		ジャーナル軸受	炭素鋼, ホワイトメタル	
軸受ボルト		低合金鋼		
機器の支持	支持	ベースプレート	炭素鋼	
		キー	炭素鋼	
		基礎ボルト	炭素鋼	

表 2.1-2 低圧タービンの使用条件

運転圧力	中間塞止加減弁入口 1.28 MPa～低圧タービン排気 5 kPa
運転温度	中間塞止加減弁入口 195 °C～低圧タービン排気 35 °C
回転速度	1,500 rpm
内部流体	蒸気

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

低圧タービンの機能である発電機駆動機能の達成に必要な項目は以下のとおり。

- (1) バウンダリの維持
- (2) タービン性能の確保
- (3) 機器の支持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

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

なお、消耗品及び定期取替品は以下のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

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

#### (3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

想定される経年劣化事象のうち下記①、②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。

なお、下記①、②に該当する事象については2.2.3項に示すとおり、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

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

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

#### a. 基礎ボルトの腐食（全面腐食）

基礎ボルトの健全性については、「機械設備の技術評価書」にて評価を実施するものとし、本評価書には含めない。

#### b. ラビリンスパッキンの摩耗

ラビリンスパッキンは、車軸との接触による摩耗が想定されるが、車軸との間に隙間を設け接触を防止している。また、分解点検時に車軸との隙間測定を実施しており、有意な摩耗がないことを確認している。

したがって、ラビリンスパッキンの摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### c. ジャーナル軸受の摩耗、はく離

ジャーナル軸受は、ホワイトメタルを軸受に鑄込み溶着しているため摩耗及びはく離が想定される。

摩耗については、車軸と軸受間に潤滑油が供給され軸受の摩耗を抑制している。

また、分解点検時に目視点検及び隙間測定を実施し、隙間が基準値に達した場合は補修又は取替を実施することにより、軸受の機能を維持している。

はく離については、分解点検時に目視点検及び浸透探傷検査を実施し、必要に応じて補修又は取替を実施することにより、軸受の機能を維持している。

したがって、ジャーナル軸受の摩耗、はく離は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### d. 外部車室（内面）、内部車室、抽気短管、翼、噴口、隔板の腐食（流れ加速型腐食）

外部車室は炭素鋼、内部車室、抽気短管は低合金鋼、翼、噴口はステンレス鋼、隔板は低合金鋼鑄鋼及び低合金鋼であり、内部流体は高速蒸気であるため、流れ加速型腐食による減肉が想定される。

外部車室（内面）、内部車室、抽気短管、翼、噴口、隔板については、タービン開放点検時に目視点検を実施している。また、減肉が進行した場合は補修を実施することにより機能を維持している。

したがって、外部車室（内面）、内部車室、抽気短管、翼、噴口、隔板の腐食（流れ加速型腐食）による減肉は、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- e. 内部ケーシングボルト，パッキンケーシング，隔板締付ボルト，車軸の腐食（流れ加速型腐食）

内部ケーシングボルト，隔板締付ボルト，車軸は低合金鋼，パッキンケーシングは炭素鋼であり，流れ加速型腐食による減肉が想定されるが，目視点検において有意な減肉がないことを確認している。

したがって，内部ケーシングボルト，パッキンケーシング，隔板締付ボルト，車軸の腐食（流れ加速型腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- f. 外部車室（外面），軸受台（外面）の腐食（全面腐食）

外部車室及び軸受台は炭素鋼であり外面からの腐食が想定される。

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

また，外部車室及び軸受台の外面は，目視点検において塗膜の状態を確認しており，はく離等が認められた場合は，必要に応じて補修を実施することにより機能を維持している。

したがって，今後も有意な腐食が発生する可能性は小さいことから，外部車室（外面），軸受台（外面）の腐食（全面腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- g. 外部ケーシングボルト，カップリングボルトの腐食（全面腐食）

外部ケーシングボルト，カップリングボルトは低合金鋼であり，腐食が想定されるが，目視点検において有意な腐食がないことを確認している。

したがって，外部ケーシングボルト，カップリングボルトの腐食（全面腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

h. 翼，噴口，隔板締付ボルト，車軸の応力腐食割れ

翼，噴口はステンレス鋼，隔板締付ボルト，車軸は低合金鋼であり，蒸気環境下で使用されていることから，応力腐食割れが想定される。

翼，噴口，隔板締付ボルトの応力腐食割れについては，分解時に目視点検及び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。

第 25 回施設定期検査時に低圧タービン(B)において，タービン側 13 段，14 段，発電機側 13 段の計 5 か所の車軸の翼取付部位（以下，「ダブテイル部」という）に欠陥が認められた。

車軸は低合金鋼であり，湿り蒸気環境下で使用されていることから，応力腐食割れと想定される。

車軸ダブテイル部の欠陥部分については，加工にて除去済であり，健全性に問題ないことを確認している。

また，車軸の応力腐食割れについては，目視点検，磁粉探傷検査，超音波探傷検査を実施することにより検知可能であり，健全性の確認は可能である。

したがって，翼，噴口，隔板締付ボルト，車軸の応力腐食割れは，高経年化対策上着目すべき劣化事象ではないと判断する。

i. 車軸の摩耗

車軸の軸受との摺動面は摩耗が想定されるが，潤滑油が供給され車軸と軸受間に油膜が形成されており，車軸の摩耗が発生する可能性は小さい。

なお，これまでの目視点検において有意な摩耗は認められておらず，今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難い。

したがって，車軸の摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

j. キーの摩耗

キーは，外部車室中心を車軸中心と合わせるための位置決めキーであり，車室の熱移動によりキーと車室の接触面の摩耗が想定されるが，外部車室内部は低圧タービンの排気であるため，熱移動が小さく，ほとんど移動しないことから，摩耗が発生する可能性は小さい。

なお，これまでのキーの目視点検及び厚さ測定による点検結果からも有意な摩耗は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，キーの摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

k. 油切り，軸受台（内面），軸受ボルト，ベースプレートの腐食（全面腐食）

油切り，軸受台，ベースプレートは炭素鋼，軸受ボルトは低合金鋼であり，腐食が想定される。

しかしながら，油切り，軸受台（内面），軸受ボルトはオイルミスト環境下であること，また，軸受台とベースプレートのスライド部については，潤滑剤が塗布されていることから，腐食が発生する可能性は小さい。

なお，油切り，軸受台（内面），軸受ボルト，ベースプレートについては，これまでの目視点検において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，油切り，軸受台（内面），軸受ボルト，ベースプレートの腐食（全面腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

1. 内部車室の疲労割れ

内部車室には，プラント起動・停止時の熱応力により疲労が蓄積され，疲労割れを起こす可能性があるが，プラント起動・停止の回数は2回／サイクルと少なく，起動・停止時には急激な温度変化を生じないように運転しており，熱応力による疲労蓄積は小さいことから疲労割れが発生する可能性は小さい。

なお，これまでの目視点検，浸透探傷検査において有意な欠陥は確認されておらず，今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，内部車室の疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

m. 噴口の高サイクル疲労割れ

国内他プラント（PWR）の低圧タービン最終段静翼（BWRでは噴口に相当）溶接部及びその近傍において，高サイクル疲労によるき裂が生じた事例があるが，国内BWRプラントで噴口の高サイクル疲労の事例はない。

なお，これまでの目視点検及び浸透探傷検査結果において有意な欠陥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，噴口の高サイクル疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

n. 翼，レーシングワイヤの高サイクル疲労割れ

東海第二の低圧タービンの翼は、数枚ごとに翼端でレーシングワイヤによって連結して群を構成している。過去、国内他プラント（PWR）において、群翼の固有振動数が回転周波数の整数倍に共振して翼が折損する事例が見られた。

また、海外プラントにおいて、車軸と翼の連成振動が、発電機の系統周波数に共振して、運開した直後に低圧タービン最終段翼が飛散した事例がある。

東海第二については、車軸と翼群の固有振動数が回転周波数に共振しないよう設計上考慮されている。また、車軸と翼の連成振動に関しては、運転開始後 40 年が経過している時点で共振が発生していないため、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

なお、これまでの目視点検及び浸透探傷検査結果からも翼に有意な欠陥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、翼，レーシングワイヤの高サイクル疲労は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

o. 車軸の高サイクル疲労割れ

車軸はタービン運転時に定常応力と変動応力が発生する。高平均応力下において繰り返し応力を受けると、応力集中部において高サイクル疲労割れが想定されるが、設計段階において高サイクル疲労割れが発生しないように考慮されている。

なお、これまでの車軸の目視点検、浸透探傷検査、磁粉探傷検査、超音波探傷検査の結果からも有意な欠陥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、車軸の高サイクル疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

p. 翼，車軸の腐食疲労割れ

翼，車軸の隙間部に腐食媒体の濃縮から腐食が発生し、これに繰り返し応力が負荷される場合、疲労き裂が発生、進展することがあるが、当該機器については、こうした腐食媒体の濃縮を起こすような乾湿交番域が存在しない。

なお、これまでの目視点検からも有意な欠陥は確認されておらず、今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、翼，車軸の腐食疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、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（日常劣化管理事象以外）

a. 軸受台の摩耗

軸受台は、軸受台底面とベースプレートのスライド部に摩耗が想定されるが、当該部には、潤滑剤が塗布されており、軸受台の移動回数は2回／サイクル（プラントの起動・停止回数）と少なく、タービン起動時は温度を確認しながら昇温しているため、移動速度は緩やかであることから、摩耗が進行する可能性はない。

したがって、軸受台の摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. クロスアラウンド管エキスパンションジョイント、抽気短管エキスパンションジョイントの疲労割れ

エキスパンションジョイントは、プラント起動・停止時の車室伸びにより疲労が蓄積されるため、疲労割れが想定される。

しかしながら、エキスパンションジョイントは、プラント起動・停止時の車室伸びにより発生する応力が低くなるよう設計されている。

また、プラントは定格熱出力一定にて運転しており、プラント起動・停止回数は2回／1サイクルと少なく、さらに、タービン起動時には、暖機運転を実施しており、熱応力による材料の疲労蓄積は小さいことから、疲労割れが発生する可能性はない。

なお、抽気短管エキスパンションジョイントについては、保護管取付部の減肉対策として、これまでに全数の取替を実施している。

したがって、クロスアラウンド管エキスパンションジョイント、抽気短管エキスパンションジョイントの疲労割れは、高経年化対策上着目すべき劣化事象ではないと判断する。

c. クロスアラウンド管エキスパンションジョイント，抽気短管エキスパンションジョイントの応力腐食割れ

クロスアラウンド管エキスパンションジョイント，抽気短管エキスパンションジョイントはステンレス鋼であり，溶接部を有していることから，当該部に応力腐食割れが想定される。しかし，内部流体は蒸気であり，また，ベローズは薄肉のため溶接による残留応力は比較的小さいと考えられる。

さらに，抽気短管エキスパンションジョイントは鋭敏化特性に優れた低炭素材が使用されている。このため，応力腐食割れが発生する可能性はない。

したがって，クロスアラウンド管エキスパンションジョイント，抽気短管エキスパンションジョイントの応力腐食割れは，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

表 2.2-1 低圧タービンに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象						備考	
					減肉		割れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	外部車室		炭素鋼		△ <sup>*1*2*3</sup>					*1：流れ加速型腐食 *2：内面 *3：外面 *4：高サイクル疲労割れ *5：腐食疲労割れ *6：はく離	
		外部ケーシングボルト		低合金鋼		△						
		内部車室		低合金鋼		△ <sup>*1</sup>	△					
		内部ケーシングボルト		低合金鋼		△ <sup>*1</sup>						
		クロスアラウンド管エキスパンションジョイント		ステンレス鋼			▲	▲				
		抽気短管		低合金鋼		△ <sup>*1</sup>						
		抽気短管エキスパンションジョイント		ステンレス鋼			▲	▲				
		大気放出板	◎	—								
	ガスケット	◎	—									
	軸シール	パッキンケーシング			炭素鋼		△ <sup>*1</sup>					
ラビリンスパッキン				低合金鋼	△							
油切り				炭素鋼		△						
タービン性能の確保	エネルギー変換	翼		ステンレス鋼		△ <sup>*1</sup>	△ <sup>*4*5</sup>	△				
		噴口		ステンレス鋼		△ <sup>*1</sup>	△ <sup>*4</sup>	△				
		隔板縮付ボルト		低合金鋼		△ <sup>*1</sup>		△				
		隔板		低合金鋼鋳鋼, 低合金鋼		△ <sup>*1</sup>						
		レーシングワイヤ		ステンレス鋼			△ <sup>*4</sup>					
	エネルギー伝達	車軸			低合金鋼	△	△ <sup>*1</sup>	△ <sup>*4*5</sup>	△			
		カップリングボルト			低合金鋼		△					
		軸受台			炭素鋼	▲	△ <sup>*2*3</sup>					
	軸支持	ジャーナル軸受			炭素鋼, ホワイトメタル	△					△ <sup>*6</sup>	
		軸受ボルト			低合金鋼		△					
機器の支持	支持	ベースプレート		炭素鋼		△						
		キー		炭素鋼	△							
		基礎ボルト		炭素鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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

## 1.3 原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン

[対象機器]

- ① 原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン

## 目次

1. 対象機器 .....	1.3-1
2. 原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービンの技術評価.....	1.3-2
2.1 構造,材料及び使用条件.....	1.3-2
2.2 経年劣化事象の抽出.....	1.3-11
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目.....	1.3-11
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出.....	1.3-11
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象.....	1.3-12

## 1. 対象機器

東海第二で使用している原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービンの主な仕様を表1-1に示す。

表1-1 原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービンの主な仕様

機器名称	仕様（出力 ×回転速度）	重要度*1	使用条件		
			運転状態	運転圧力*2 (MPa)	運転温度*2 (°C)
原子炉給水ポンプ駆動 用蒸気タービン	8,356 kW ×5,000 rpm	高*3	連続	高圧：6.55 低圧：1.31	高圧：282 低圧：195

\*1：当該機器に要求される重要度クラスのうち、最上位の重要度クラスを示す

\*2：原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン入口の蒸気条件を示す

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

## 2. 原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービンの技術評価

### 2.1 構造, 材料及び使用条件

#### (1) 構造

##### a. タービン

東海第二の原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービンは7段の単気筒衝動式復水タービンであり, 蒸気は高圧ノズルボックスよりタービンに流入し, 各段を経て車室下半部にある排気口から排出され復水器に至る。

車室は高圧部が低合金鋼鋳鋼, 低圧部が低合金鋼であり, 上下半車室に分割され, ケーシングボルトにより締結されている。

ダイヤフラム(隔板, 噴口)は, 車室内に嵌め込まれており蒸気の通路を形成している。隔板は, 低圧初段~3段が低合金鋼鋳鋼, 4段~7段が低合金鋼であり, また, 噴口はステンレス鋼である。

車軸は低合金鋼, 翼はステンレス鋼であり, 周方向は2個のジャーナル軸受, 軸方向は1個のスラスト軸受により支えられている。

車室両端面の車軸貫通部には, 蒸気流出を防止するためにスチームシールパッキン(ラビリンスパッキン)が設けられており, 多数のシールストリップを装備したラビリンスパッキンにより蒸気漏えいを防止している。

車室, ダイヤフラム, スチームシールパッキンはケーシングボルトを緩め, それぞれの上半部を取り出すことにより点検手入れが可能である。

なお, 車室, 隔板に流れ加速型腐食による減肉が認められたことから, 第24回定期検査(2009年度)に耐食性の優れた材質のタービンに取替を実施している。

##### b. 弁

###### <蒸気止め弁>

東海第二の蒸気止め弁は玉形弁であり, 原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービンA, B号機に高圧用, 低圧用がそれぞれ1台設置されている。

蒸気止め弁は, タービントリップ時に蒸気を遮断するものである。

弁本体は, 内部流体を内包するバウンダリを構成する耐圧部(弁箱, 弁ふた, 弁ふたボルト, 弁軸封部), 内部流体を仕切る隔離部(弁体, 弁座)及び弁体を作動させる駆動力伝達部(弁棒, ピストン, 油筒シリンダ, スプリング, ヨーク, ブッシュ, 衛帯筐)からなる。

内部流体に接する弁箱, 弁ふたは低合金鋼鋳鋼, 弁体, 弁座は低合金鋼であり, 軸封部には内部流体の漏れを防止するため, グランドパッキンが使用されている。

弁体, 弁座等は, 弁ふたボルトを取外すことにより点検手入れが可能である。

#### <蒸気加減弁>

東海第二の蒸気加減弁は、玉形弁であり、原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン A, B 号機に高圧用、低圧用がそれぞれ 1 台設置されている。

高圧蒸気加減弁はタービン起動時から常用運転時まで使用し、蒸気流量を加減して原子炉への給水量を制御するものであり、低圧蒸気加減弁はタービン常用運転時に、蒸気流量を加減して原子炉への給水量を制御するものである。

弁本体は、内部流体を内包するバウンダリを構成する耐圧部（弁箱、弁ふた、弁ふたボルト、弁軸封部）、内部流体を仕切る隔離部（弁体、弁座）及び弁体を作動させる駆動力伝達部（弁棒、ブッシュ、リフトロッド、ピストン、油筒シリンダ）からなる。

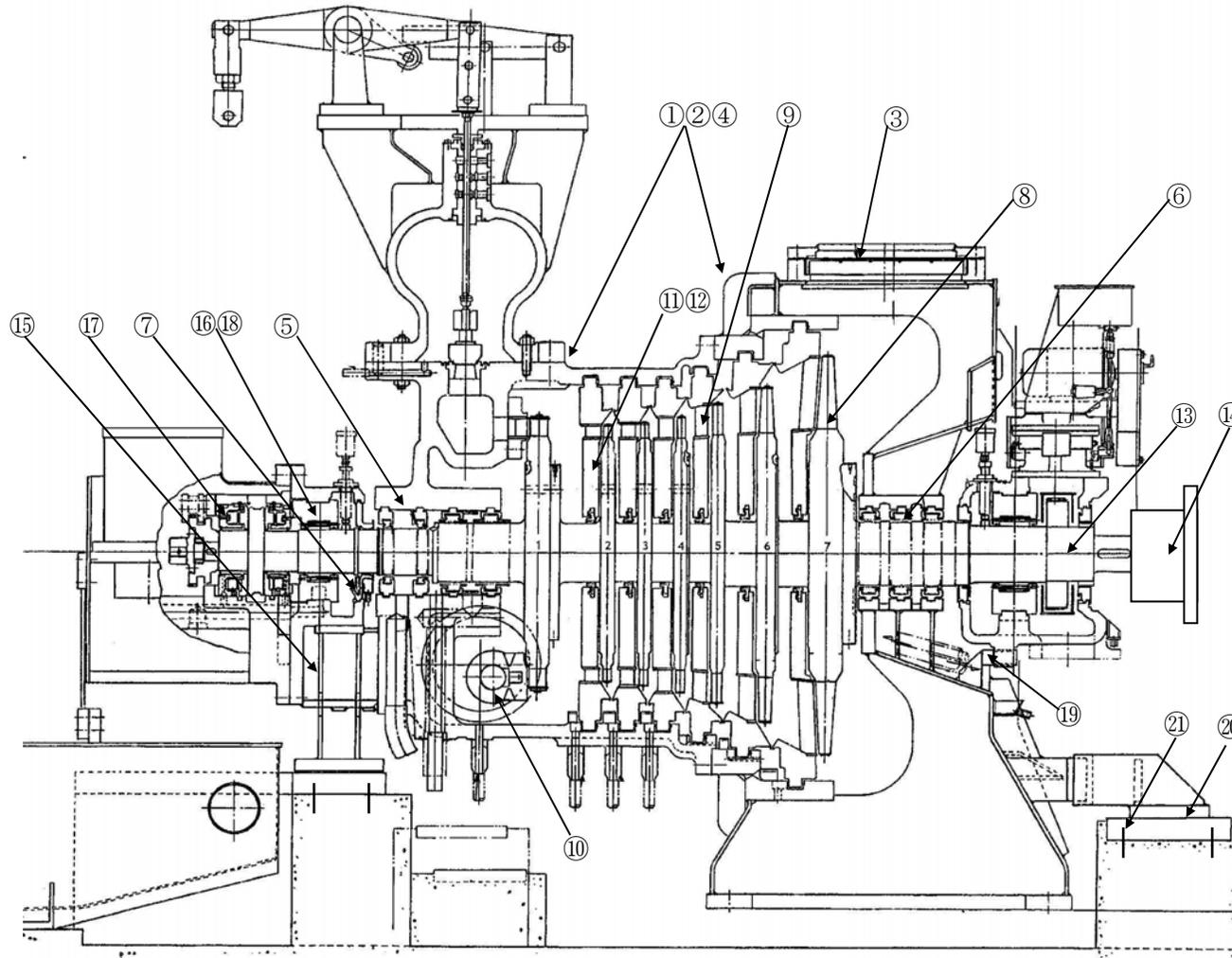
内部流体に接する弁箱、弁ふたは低合金鋼鋳鋼、弁体、弁座は低合金鋼であり、軸封部には内部流体の漏れを防止するため、グランドパッキンが使用されている。

弁体、弁座等は、弁ふたボルトを取り外すことにより点検手入れが可能である。

原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービンの構造図を図 2.1-1 に、弁の構造図を図 2.1-2～4 に示す。

#### (2) 材料及び使用条件

東海第二の原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン主要部位の使用材料を表 2.1-1 に、弁主要部位の使用材料を表 2.1-2, 3 に、使用条件を表 2.1-4 に示す。



No.	部位
①	車室 (高圧部, 低圧部)
②	ケーシングボルト
③	大気放出板
④	パッキン
⑤	パッキンハウジング
⑥	ラビリンスパッキン
⑦	油切り
⑧	翼
⑨	噴口
⑩	高圧ノズルボックス
⑪	隔板固定キー・ボルト
⑫	隔板
⑬	車軸
⑭	ダイヤフラムカップリング
⑮	軸受台
⑯	ジャーナル軸受
⑰	スラスト軸受
⑱	軸受ボルト
⑲	キー
⑳	ベースプレート
㉑	基礎ボルト

図 2.1-1 原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン構造図

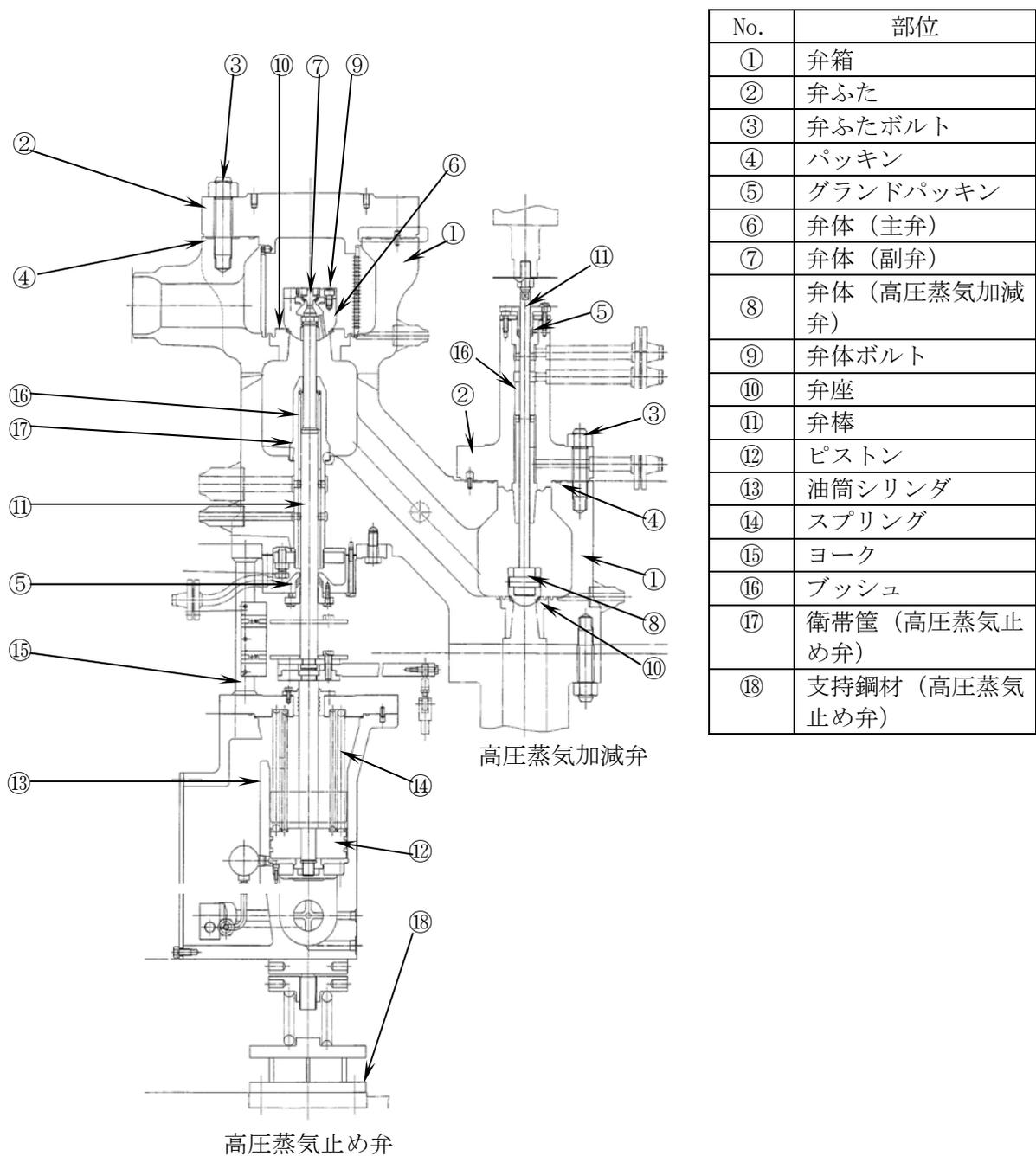
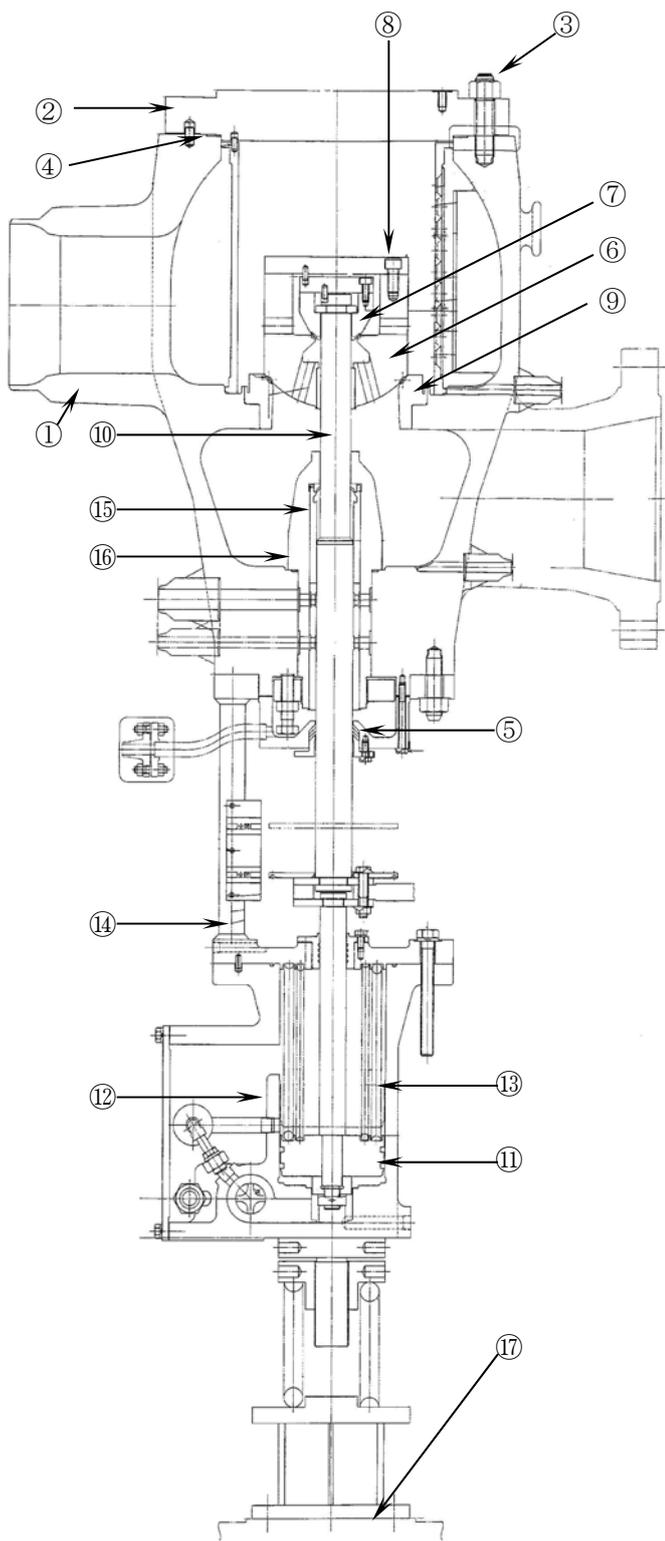


図 2.1-2 高圧蒸気止め弁, 高圧蒸気加減弁構造図



No.	部位
①	弁箱
②	弁ふた
③	弁ふたボルト
④	パッキン
⑤	グランドパッキン
⑥	弁体(主弁)
⑦	弁体(副弁)
⑧	弁体ボルト
⑨	弁座
⑩	弁棒
⑪	ピストン
⑫	油筒シリンダ
⑬	スプリング
⑭	ヨーク
⑮	ブッシュ
⑯	衛帯筐
⑰	支持鋼材

図 2.1-3 低圧蒸気止め弁構造図

No.	部位	No.	部位
①	弁箱	⑦	弁座
②	弁ふた	⑧	弁棒
③	弁ふたボルト	⑨	ブッシュ
④	グランドパッキン	⑩	リフトロッド
⑤	弁体 (主弁)	⑪	ピストン
⑥	弁体 (副弁)	⑫	油筒シリンダ

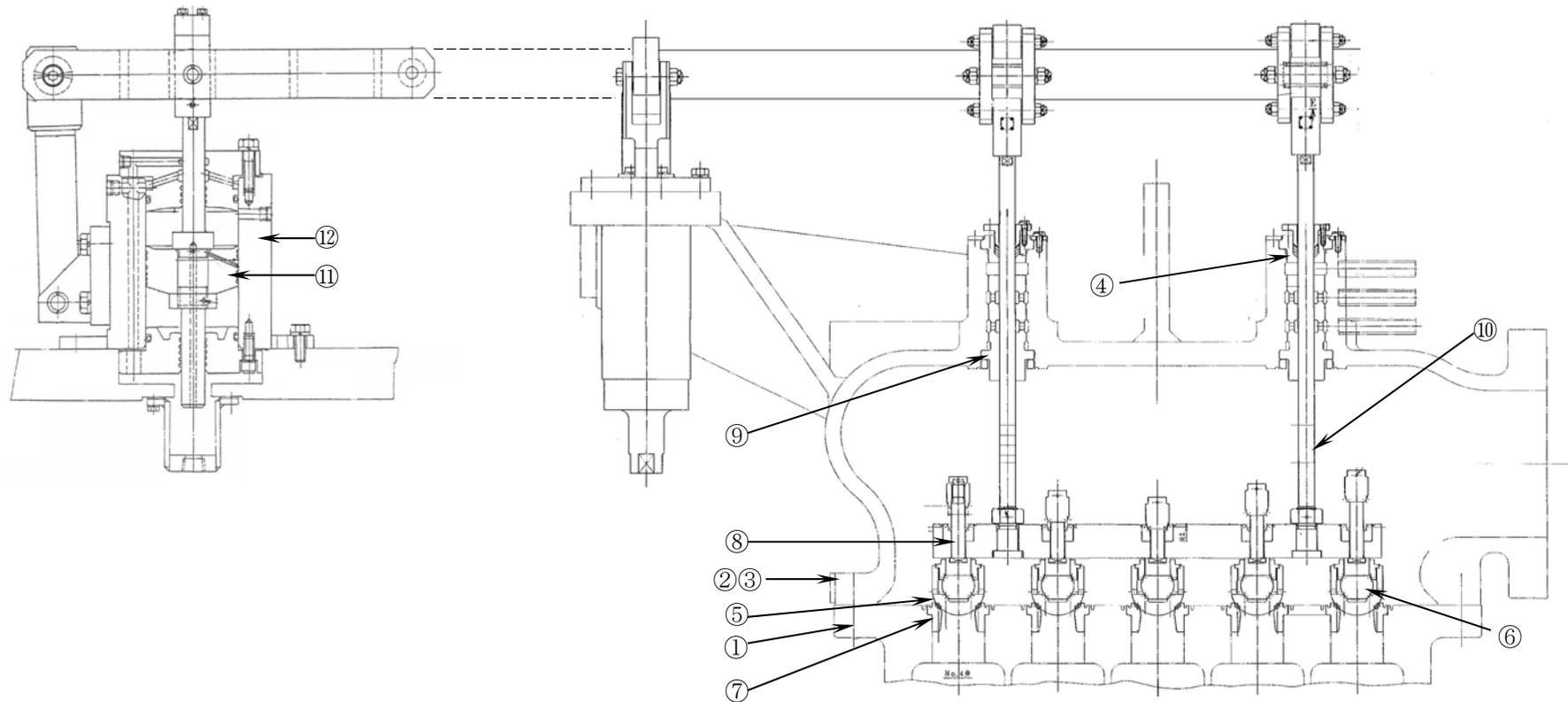


図 2.1-4 低圧蒸気加減弁構造図

表 2.1-1 原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料	
バウンダリの維持	耐圧	車室	高圧部：低合金鋼鋳鋼 低圧部：低合金鋼	
		ケーシングボルト	低合金鋼，炭素鋼	
		大気放出板	(定期取替品)	
		パッキン	(消耗品)	
	軸シール	パッキンハウジング	高圧部：低合金鋼鋳鋼 低圧部：低合金鋼	
		ラビリンスパッキン	鉛入り Ni 黄銅	
		油切り	アルミニウム合金鋳鋼， 銅合金鋼	
タービン性能の確保	エネルギー変換	翼	ステンレス鋼	
		噴口	ステンレス鋼	
		高圧ノズルボックス	低合金鋼鋳鋼	
		隔板固定キー・ボルト	低合金鋼	
		隔板	低圧初段，2 段～3 段：低合金鋼鋳鋼 4 段～7 段：低合金鋼	
	エネルギー伝達	車軸	低合金鋼	
		ダイヤフラムカップリング	低合金鋼	
	軸支持	軸受台	炭素鋼	
		ジャーナル軸受	鋳鋼，炭素鋼，ホワイトメタル	
		スラスト軸受	鋳鋼，炭素鋼，ホワイトメタル	
		軸受ボルト	低合金鋼	
	機器の支持	支持	キー	炭素鋼
			ベースプレート	炭素鋼
基礎ボルト			炭素鋼	

表2.1-2 高圧蒸気止め弁及び低圧蒸気止め弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料	
			高圧蒸気止め弁	低圧蒸気止め弁
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	低合金鋼鋳鋼	低合金鋼鋳鋼
		弁ふた	低合金鋼鋳鋼	低合金鋼鋳鋼
		弁ふたボルト	低合金鋼	低合金鋼
	シール	パッキン	(消耗品)	(消耗品)
		グランドパッキン	(消耗品)	(消耗品)
隔離機能の維持	隔離	弁体（主弁）	低合金鋼 (ステライト肉盛)	低合金鋼 (ステライト肉盛)
		弁体（副弁）	低合金鋼 (ステライト肉盛)	低合金鋼 (ステライト肉盛)
		弁体ボルト	低合金鋼	低合金鋼
		弁座	低合金鋼 (ステライト肉盛)	低合金鋼 (ステライト肉盛)
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	低合金鋼	低合金鋼
		ピストン	炭素鋼	炭素鋼
		油筒シリンダ	炭素鋼鋳鋼	炭素鋼鋳鋼
		スプリング	ばね鋼	ばね鋼
		ヨーク	炭素鋼	炭素鋼
		ブッシュ	低合金鋼	低合金鋼
		衛帯筐	低合金鋼	低合金鋼
機器の支持	支持	支持鋼材	炭素鋼	炭素鋼

表2.1-3 高圧蒸気加減弁及び低圧蒸気加減弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料	
			高圧蒸気加減弁	低圧蒸気加減弁
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	低合金鋼鋳鋼	低合金鋼鋳鋼
		弁ふた	低合金鋼鋳鋼	低合金鋼鋳鋼
		弁ふたボルト	低合金鋼	低合金鋼
	シール	パッキン	(消耗品)	—
		グランドパッキン	(消耗品)	(消耗品)
隔離機能の維持	隔離	弁体	低合金鋼 (ステライト肉盛)	—
		弁体 (主弁)	—	低合金鋼 (ステライト肉盛)
		弁体 (副弁)	—	低合金鋼 (ステライト肉盛)
		弁座	低合金鋼 (ステライト肉盛)	低合金鋼 (ステライト肉盛)
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	低合金鋼	低合金鋼
		ブッシュ	低合金鋼	低合金鋼
		リフトロッド	—	低合金鋼
		ピストン	鋳鉄	
		油筒シリンダ	炭素鋼	

表 2.1-4 原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービンの使用条件

運転圧力	高圧側：6.55 MPa，低圧側：1.31 MPa
運転温度	高圧側：282 °C，低圧側：195 °C
回転速度	5,000 rpm
内部流体	蒸気

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービンの機能である原子炉給水機能の達成に必要な項目は以下のとおり。

- (1) バウンダリの維持
- (2) タービン性能の確保
- (3) 機器の支持
- (4) 作動機能の維持
- (5) 隔離機能の維持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービンについて機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の材料、構造、使用条件（内部流体の種類、圧力、温度等）及び現在までの運転経験を考慮し、表 2.2-1 に示すとおり、想定される経年劣化事象を抽出した（表 2.2-1 で○又は△、▲）。

なお、消耗品及び定期取替品は以下のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

パッキン、グランドパッキンは消耗品、大気放出板は定期取替品であり、設計時に長期使用はせず取替を前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

#### (3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

想定される経年劣化事象のうち下記①、②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。

なお、下記①、②に該当する事象については2.2.3項に示すとおり、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

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

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

#### a. 基礎ボルトの腐食（全面腐食）

基礎ボルトの健全性については、「機械設備の技術評価書」にて評価を実施するものとし、本評価書には含めない。

#### b. ラビリンスパッキンの摩耗 [タービン]

ラビリンスパッキンは、車軸との間に隙間を設け、隙間管理を実施し、接触を防止している。また、分解点検時に車軸との隙間測定を実施しており、有意な摩耗がないことを確認している。

したがって、ラビリンスパッキンの摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### c. ジャーナル軸受及びスラスト軸受の摩耗、はく離 [タービン]

ジャーナル軸受及びスラスト軸受は、ホワイトメタルを軸受パッドに溶着しているので摩耗及びはく離が想定される。

摩耗については、主軸と軸受間に潤滑油が供給され軸受の摩耗を抑制している。

また、分解点検時に目視点検及び隙間測定を行い、隙間が基準値に達した場合は取替又は補修を実施することにより、軸受の機能を維持している。

はく離については、分解点検時に目視点検及び浸透探傷検査を実施し、必要に応じて取替又は補修を実施することにより、軸受の機能を維持している。

したがって、ジャーナル軸受及びスラスト軸受の摩耗、はく離は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### d. 弁棒、ブッシュ、衛帯筐の摩耗 [高圧蒸気止め弁、高圧蒸気加減弁、低圧蒸気止め弁、低圧蒸気加減弁]

蒸気止め弁及び蒸気加減弁の弁棒、ブッシュ、衛帯筐は低合金鋼であり摩耗の可能性はあるが、目視点検において有意な摩耗がないことを確認している。

したがって、弁棒、ブッシュ、衛帯筐の摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- e. 車室（内面），パッキンハウジング，翼，噴口，高圧ノズルボックス，車軸，弁箱（内面），弁ふた（内面），弁棒，ブッシュ，衛帯筐，リフトロッドの腐食（流れ加速型腐食）〔タービン，高圧蒸気止め弁，高圧蒸気加減弁，低圧蒸気止め弁，低圧蒸気加減弁〕

車室高圧部（タービン），パッキンハウジング高圧部（タービン），高圧ノズルボックス（タービン），弁箱（弁共通），弁ふた（弁共通）は低合金鋼鋳鋼，翼（タービン），噴口（タービン）はステンレス鋼，車軸（タービン），パッキンハウジング低圧部（タービン），弁棒（弁共通），ブッシュ（弁共通），衛帯筐（高圧蒸気止め弁，低圧蒸気止め弁），リフトロッド（低圧蒸気加減弁）は低合金鋼であり，内部流体は湿分を含んだ高速蒸気であるため，流れ加速型腐食により減肉の可能性はある。

しかし，目視点検において有意な減肉がないことを確認している。

したがって，車室（内面），パッキンハウジング，翼，噴口，高圧ノズルボックス，車軸，弁箱（内面），弁ふた（内面），弁棒，ブッシュ，衛帯筐，リフトロッドの腐食（流れ加速型腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- f. 車室（外面），軸受台（外面），弁箱（外面），弁ふた（外面），ヨーク，支持鋼材の腐食（全面腐食）〔タービン，高圧蒸気止め弁，高圧蒸気加減弁，低圧蒸気止め弁，低圧蒸気加減弁〕

軸受台（タービン），ヨーク，支持鋼材（高圧及び低圧蒸気止め弁）は炭素鋼，車室低圧部（タービン）は低合金鋼，車室高圧部（タービン），弁箱，弁ふた（弁共通）は低合金鋼鋳鋼であり腐食発生の可能性があるが，大気接触部は塗装により腐食を防止しており，塗膜が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

これまで車室（外面），軸受台（外面），弁箱（外面），弁ふた（外面），ヨーク，支持鋼材は，目視点検において塗膜状態を確認しており，はく離等が認められた場合は，必要に応じて補修を実施することにより機能を維持している。

したがって，車室（外面），軸受台（外面），弁箱（外面），弁ふた（外面），ヨーク，支持鋼材の腐食（全面腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- g. 隔板固定キー・ボルト，隔板の腐食（全面腐食）〔タービン〕

隔板固定キー・ボルトは低合金鋼，隔板は低合金鋼鋳鋼及び低合金鋼であり，蒸気環境下にあることから，腐食発生の可能性があるが，目視点検において有意な腐食がないことを確認している。

したがって，隔板固定キー・ボルト，隔板の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- h. ケーシングボルト，弁ふたボルト，弁体ボルトの腐食（全面腐食） [タービン，  
高圧蒸気止め弁，低圧蒸気止め弁，高圧蒸気加減弁，低圧蒸気加減弁]  
ケーシングボルト（タービン）は低合金鋼及び炭素鋼，弁ふたボルト（弁共通），  
弁体ボルト（高圧蒸気止め弁及び低圧蒸気止め弁）は低合金鋼であり，外気に接触  
していること，もしくは湿分を含んだ高速蒸気環境にあるため，腐食の可能性がある  
が，目視点検において有意な腐食がないことを確認している。  
したがって，ケーシングボルト，弁ふたボルト，弁体ボルトの腐食（全面腐食）  
は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。
- i. ラビリンスパッキンのエロージョン [タービン]  
ラビリンスパッキンは鉛入り Ni 黄銅であり，内部流体は湿分を含んだ高速蒸気  
であるため，エロージョンにより減肉する可能性がある。  
しかし，分解点検時の目視点検において有意なエロージョンがないことを確認し  
ている。  
したがって，ラビリンスパッキンのエロージョンは，高経年化対策上着目すべき  
経年劣化事象ではないと判断する。
- j. 弁体（主弁・副弁），弁体，弁座の腐食（流れ加速型腐食） [高圧蒸気止め弁，  
高圧蒸気加減弁，低圧蒸気止め弁，低圧蒸気加減弁]  
高圧蒸気止め弁，低圧蒸気止め弁，低圧蒸気加減弁の弁体（主弁・副弁）及び弁  
座，高圧蒸気加減弁の弁体及び弁座は低合金鋼であり内部流体は湿分を含んだ高速  
蒸気であるため，流れ加速型腐食により減肉する可能性があるが，分解点検時に目  
視点検及び浸透探傷検査を実施し，必要に応じて溶接補修等を実施することにより  
機能を維持している。  
したがって，弁体（主弁・副弁），弁体，弁座の腐食（流れ加速型腐食）は，高  
経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。
- k. 弁体（主弁・副弁），弁体，弁座シート部のエロージョン [高圧蒸気加減弁，低  
圧蒸気加減弁]  
低圧蒸気加減弁の弁体（主弁・副弁）及び弁座，高圧蒸気加減弁の弁体及び弁座  
は低合金鋼であり，シート部にステライト肉盛が施されている。  
高圧蒸気加減弁，低圧蒸気加減弁については，目視点検において有意なエロージ  
ョンがないことを確認している。  
したがって，弁体（主弁・副弁），弁体，弁座シート部のエロージョンは高経年  
化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

1. 翼，隔板固定キー・ボルト，車軸，弁体ボルトの応力腐食割れ [タービン， 高圧蒸気止め弁， 低圧蒸気止め弁]

タービンの翼はステンレス鋼，隔板固定キー・ボルト，車軸，高圧蒸気止め弁及び低圧蒸気止め弁の弁体ボルトは低合金鋼であり，湿り蒸気環境下で使用されていることから，応力腐食割れが発生する可能性がある。

翼，隔板固定キー・ボルト，車軸，弁体ボルトの応力腐食割れについては，目視点検，浸透探傷検査，超音波探傷検査において有意な欠陥がないことを確認している。

したがって，翼，隔板固定キー・ボルト，車軸，弁体ボルト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と判断する。

m. 車軸の摩耗 [タービン]

車軸の軸受との摺動面は摩耗が想定されるが，潤滑油が供給され車軸と軸受間に油膜が形成されており，車軸の摩耗が発生する可能性は小さい。

なお，これまでの目視点検及び隙間計測結果において有意な摩耗は認められておらず，今後もこれらの進展傾向が大きく変化する要因があるとは考え難い。

したがって，車軸の摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

n. キーの摩耗 [タービン]

当該キーは車室の中心を決める位置決めキーであり，車室の熱移動により車室との接触面の摩耗が想定されるが，車室の移動回数は2回/1サイクル（プラントの起動・停止回数）と少なく，タービン起動時は車室温度を確認しながら昇温しているため，車室の移動は緩やかであることから，摩耗が進行する可能性は小さい。

なお，これまでの目視点検において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，キーの摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

o. 油切り, 軸受台(内面), 軸受ボルト, ベースプレートの腐食(全面腐食) [タービン]

油切りは銅合金鋼, 軸受台, ベースプレートは炭素鋼, 軸受ボルトは低合金鋼であり腐食が想定されるが, 油切り, 軸受台(内面), 軸受ボルトはオイルミスト環境下であること, また, 軸受台とベースプレートのスライド部については, 潤滑剤が塗布されていることから腐食が発生する可能性は小さい。

なお, 油切り, 軸受ボルト, 軸受台とベースプレートのスライド部については, これまでの目視点検において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, 油切り, 軸受台(内面), 軸受ボルト, ベースプレートの腐食(全面腐食)は, 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

p. 弁体(主弁, 副弁), 弁座のシート部のエロージョン [高圧蒸気止め弁, 低圧蒸気止め弁]

高圧蒸気止め弁, 低圧蒸気止め弁の弁体(主弁, 副弁), 弁座は低合金鋼であり, シート部にステライト肉盛が施されている。

高圧蒸気止め弁, 低圧蒸気止め弁は流量制御を行わず, 通常は全閉又は全開で使用されるため弁体(主弁, 副弁), 弁座のシート部のエロージョンの可能性は小さい。

なお, 弁体(主弁, 副弁), 弁座のシート部は, 目視点検において有意なエロージョン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, 弁体(主弁, 副弁), 弁座のシート部のエロージョンは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

q. 車室の疲労割れ [タービン]

車室は低合金鋼鋳鋼及び低合金鋼であり, 疲労割れが想定されるが, 起動・停止時には急激な温度変化を生じないように運転されており, 疲労割れが発生する可能性は小さい。

なお, これまでの目視点検, 浸透探傷検査において有意な欠陥は確認されておらず, 今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, 車室の疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

r. 翼の高サイクル疲労割れ [タービン]

翼は、群翼振動数と回転周波数が共振することのないよう設計段階で考慮されている。海外プラントにおいて、車軸と翼の連成振動により低圧タービンの最終段長翼が飛散した事例はあるが、原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービンのように翼長の非常に短い剛構造の翼については、車軸と翼の連成振動が発生する可能性は小さい。

なお、分解点検時の目視点検、浸透探傷検査において有意な欠陥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、翼の高サイクル疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

s. 噴口の高サイクル疲労割れ [タービン]

国内他プラントの低圧タービン最終段静翼（BWR では噴口に相当）溶接部及びその近傍において、高サイクル疲労によるき裂が生じた事例があったが、原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン噴口の翼長は低圧タービンのものと比較して非常に短いことから剛性が高く、高サイクル疲労割れの可能性は小さい。

なお、国内外のプラントで原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン噴口の高サイクル疲労割れの事例はない。また、これまでの目視点検、浸透探傷検査において有意な欠陥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、噴口の高サイクル疲労割れは、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

t. 車軸の高サイクル疲労割れ [タービン]

車軸はタービン運転時に定常応力と変動応力が発生する。高平均応力において繰り返し応力を受けると、応力集中部において高サイクル疲労割れが想定されるが、設計段階において疲労割れが発生しないように考慮している。

なお、これまでの車軸の目視点検、浸透探傷検査において有意な欠陥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、車軸の高サイクル疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

u. 翼・車軸の腐食疲労割れ [タービン]

翼・車軸の隙間部に腐食媒体の濃縮が発生し、これに繰り返し応力が負荷される場合、腐食疲労割れが発生、進展することがあるが、当該機器はこうした腐食媒体が濃縮を起こすような乾湿交番域は存在しない。

なお、これまでの目視点検、浸透探傷検査において有意な欠陥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、翼・車軸の腐食疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

v. 弁棒の疲労割れ [高圧蒸気止め弁，高圧蒸気加減弁，低圧蒸気止め弁，低圧蒸気加減弁]

弁棒段付部等は角部を滑らかにし、応力集中を起こさないような構造をしており、発生応力の低減を図っている。

なお、これまでの目視点検、浸透探傷検査において有意な欠陥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、弁棒の疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

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

a. ピストン、油筒シリンダの摩耗 [高圧蒸気止め弁、高圧蒸気加減弁、低圧蒸気止め弁、低圧蒸気加減弁]

ピストン及び油筒シリンダは、摺動部に摩耗が想定されるが、シリンダ内は潤滑油で満たされていることから、摺動部の摩耗の可能性はない。

したがって、ピストン、油筒シリンダの摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. スプリングのへたり [高圧蒸気止め弁、低圧蒸気止め弁]

スプリングは常時応力のかかった状態で使用されるため、へたりが想定される。

しかし、スプリング使用時のねじり応力は許容ねじり応力以下になるよう設定されており、また、スプリングの材料に対する推奨最高使用温度よりも実際の使用温度は低いことから、へたりの進行の可能性はない。

したがって、スプリングのへたりは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

表 2.2-1(1/3) 原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービンに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象						備考	
					減肉		割れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	車室		高圧部：低合金鋼鋳鋼 低圧部：低合金鋼		△ <sup>*1*2</sup> △ <sup>*3</sup>	△				*1:流れ加速型腐食	
		ケーシングボルト		低合金鋼, 炭素鋼		△					*2:内面	
		大気放出板	◎	—							*3:外面	
		パッキン	◎	—							*4:エロージョン	
	軸シール	パッキンハウジング		高圧部：低合金鋼鋳鋼 低圧部：低合金鋼		△ <sup>*1</sup>					*5:高サイクル疲労割れ	
		ラビリンスパッキン		鉛入り Ni 黄銅	△	△ <sup>*4</sup>					*6:低圧初段～3段	
油切り			アルミニウム合金鋳鋼, 銅合金鋼		△					*7:4段～7段		
タービン性能の確保	エネルギー変換	翼		ステンレス鋼		△ <sup>*1</sup>	△ <sup>*5*8</sup>	△			*8:腐食疲労割れ	
		噴口		ステンレス鋼		△ <sup>*1</sup>	△ <sup>*5</sup>				*9:はく離	
		高圧ノズルボックス		低合金鋼鋳鋼		△ <sup>*1</sup>						
		隔板固定キー・ボルト		低合金鋼		△		△				
		隔板		低合金鋼鋳鋼 <sup>*6</sup> 低合金鋼 <sup>*7</sup>		△						
	エネルギー伝達	車軸		低合金鋼	△	△ <sup>*1</sup>	△ <sup>*5*8</sup>	△				
		ダイヤフラムカップリング		低合金鋼								
		軸受台		炭素鋼		△ <sup>*2*3</sup>						
	軸支持	ジャーナル軸受, スラスト軸受		鋳鋼, 炭素鋼, ホワイトメタル	△					△ <sup>*9</sup>		
		軸受ボルト		低合金鋼		△						
キー			炭素鋼	△								
機器の支持	支持	ベースプレート		炭素鋼		△						
		基礎ボルト		炭素鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1(2/3) 高圧, 低圧蒸気止め弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象						備考	
					減肉		割れ		材料変化			その他
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		低合金鋼鋳鋼		△ <sup>*1*2</sup> △ <sup>*3</sup>					*1:流れ加速型腐食 *2:内面 *3:外面 *4:シート部はステライト肉盛 *5:シート部のエロージョン *6:スプリングのへたり	
		弁ふた		低合金鋼鋳鋼		△ <sup>*1*2</sup> △ <sup>*3</sup>						
		弁ふたボルト		低合金鋼		△						
	シール	パッキン	◎	—								
		グラントパッキン	◎	—								
隔離機能の維持	隔離	弁体(主弁, 副弁) <sup>*4</sup>		低合金鋼		△ <sup>*1*5</sup>						
		弁体ボルト		低合金鋼		△		△				
		弁座 <sup>*4</sup>		低合金鋼		△ <sup>*1*5</sup>						
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		低合金鋼	△	△ <sup>*1</sup>	△					
		ピストン		炭素鋼	▲							
		油筒シリンダ		炭素鋼鋳鋼	▲							
		スプリング		ばね鋼						▲ <sup>*6</sup>		
		ヨーク		炭素鋼		△						
		ブッシュ		低合金鋼	△	△ <sup>*1</sup>						
		衛帯筐		低合金鋼	△	△ <sup>*1</sup>						
機器の支持	支持	支持鋼材		炭素鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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

表 2. 2-1 (3/3) 高圧, 低圧蒸気加減弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象						備考	
					減肉		割れ		材料変化			その他
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		低合金鋼鋳鋼		△ <sup>*1*2</sup> △ <sup>*3</sup>					*1:流れ加速型腐食 *2:内面 *3:外面 *4:シート部はステライト肉盛 *5:低圧蒸気加減弁 *6:高圧蒸気加減弁 *7:シート部のエロージョン	
		弁ふた		低合金鋼鋳鋼		△ <sup>*1*2</sup> △ <sup>*3</sup>						
		弁ふたボルト		低合金鋼		△						
	シール	パッキン	◎	—								
		グランドパッキン	◎	—								
隔離機能の維持	隔離	弁体 (主弁, 副弁) <sup>*4*5</sup>		低合金鋼		△ <sup>*1</sup> △ <sup>*7</sup>						
		弁体 <sup>*6</sup>		低合金鋼		△ <sup>*1</sup> △ <sup>*7</sup>						
		弁座 <sup>*4</sup>		低合金鋼		△ <sup>*1</sup> △ <sup>*7</sup>						
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		低合金鋼	△	△ <sup>*1</sup>	△					
		ブッシュ		低合金鋼	△	△ <sup>*1</sup>						
		リフトロッド (低圧加減弁)		低合金鋼		△ <sup>*1</sup>						
		ピストン		鋳鉄	▲							
		油筒シリンダ		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）

## 1.4 主要弁

[対象弁]

- ① 主塞止弁
- ② 加減弁
- ③ 中間塞止加減弁
- ④ タービンバイパス弁
- ⑤ クロスアラウンド管逃し弁

## 目次

1. 対象機器.....	1. 4-1
2. 主要弁の技術評価.....	1. 4-2
2.1 構造, 材料及び使用条件.....	1. 4-2
2.1.1 主塞止弁.....	1. 4-2
2.1.2 加減弁.....	1. 4-6
2.1.3 中間塞止加減弁.....	1. 4-9
2.1.4 タービンバイパス弁.....	1. 4-12
2.1.5 クロスアラウンド管逃し弁.....	1. 4-15
2.2 経年劣化事象の抽出.....	1. 4-18
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目.....	1. 4-18
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出.....	1. 4-18
2.2.3 高経年化評価上着目すべき経年劣化事象ではない事象.....	1. 4-19

## 1. 対象機器

東海第二で使用している主要弁の主な仕様を表 1-1 に示す。

表 1-1 主要弁の主な仕様

機器名称	型式	口径 (A)	重要度*1	使用条件		
				運転状態	運転圧力 (MPa)	運転温度 (°C)
主塞止弁	玉形弁	650	PS-2	連続	6.55	282
加減弁	バランス形弁	700	高*2	連続	6.55	282
中間塞止加減弁	複合弁	1,050	高*2	連続	1.28	195
タービンバイパス弁	玉形弁	450	PS-2	一時	6.55	282
クロスアラウンド管 逃し弁	安全弁	450	高*2	一時	1.28	195

\*1：当該機器に要求される重要度クラスのうち，最上位の重要度クラスを示す

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

## 2. 主要弁の技術評価

### 2.1 構造, 材料及び使用条件

#### 2.1.1 主塞止弁

##### (1) 構造

東海第二の主塞止弁は玉形弁であり, 高圧タービン入口に4台設置されている。

本弁は, タービントリップ時に, 高圧タービンへの蒸気供給を遮断するものである。

弁本体は, 内部流体を内包するバウンダリを構成する耐圧部(弁箱, 弁ふた, 弁ふたボルト, 弁軸封部), 内部流体を仕切る隔離部(弁体, 弁体ボルト, 弁座)及び弁体を作動させる駆動部(弁棒, ピストン, 油筒シリンダ, スプリング, ヨーク, 衛帯筐), 弁を支える支持部(支持鋼材, 埋込金物)からなる。

また, 主塞止弁(No.2)については, タービンウォーミング用の副弁が設けられている。

内部流体に接する弁箱, 衛帯筐は鋳鋼, 弁ふた, 弁体(主弁, 副弁), 弁座は低合金鋼, 弁棒は炭素鋼であり, 軸封部には内部流体の漏れを防止するため, グランドパッキンが使用されている。

主塞止弁の構造図を図2.1-1, 2に示す。

##### (2) 材料及び使用条件

東海第二の主塞止弁主要部位の使用材料を表2.1-1に, 使用条件を表2.1-2に示す。

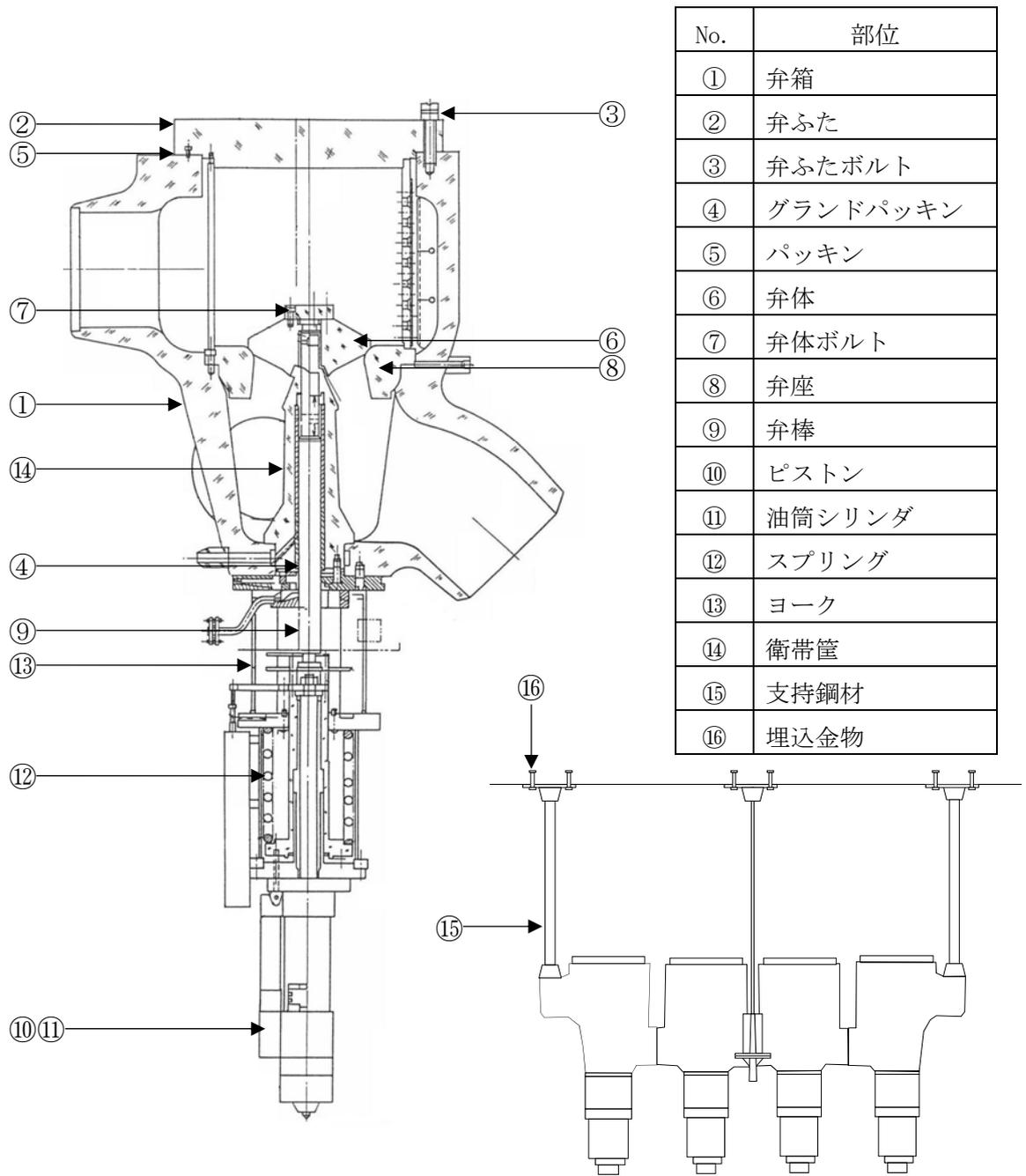


図2.1-1 主塞止弁 (No. 1, 3, 4) 構造図

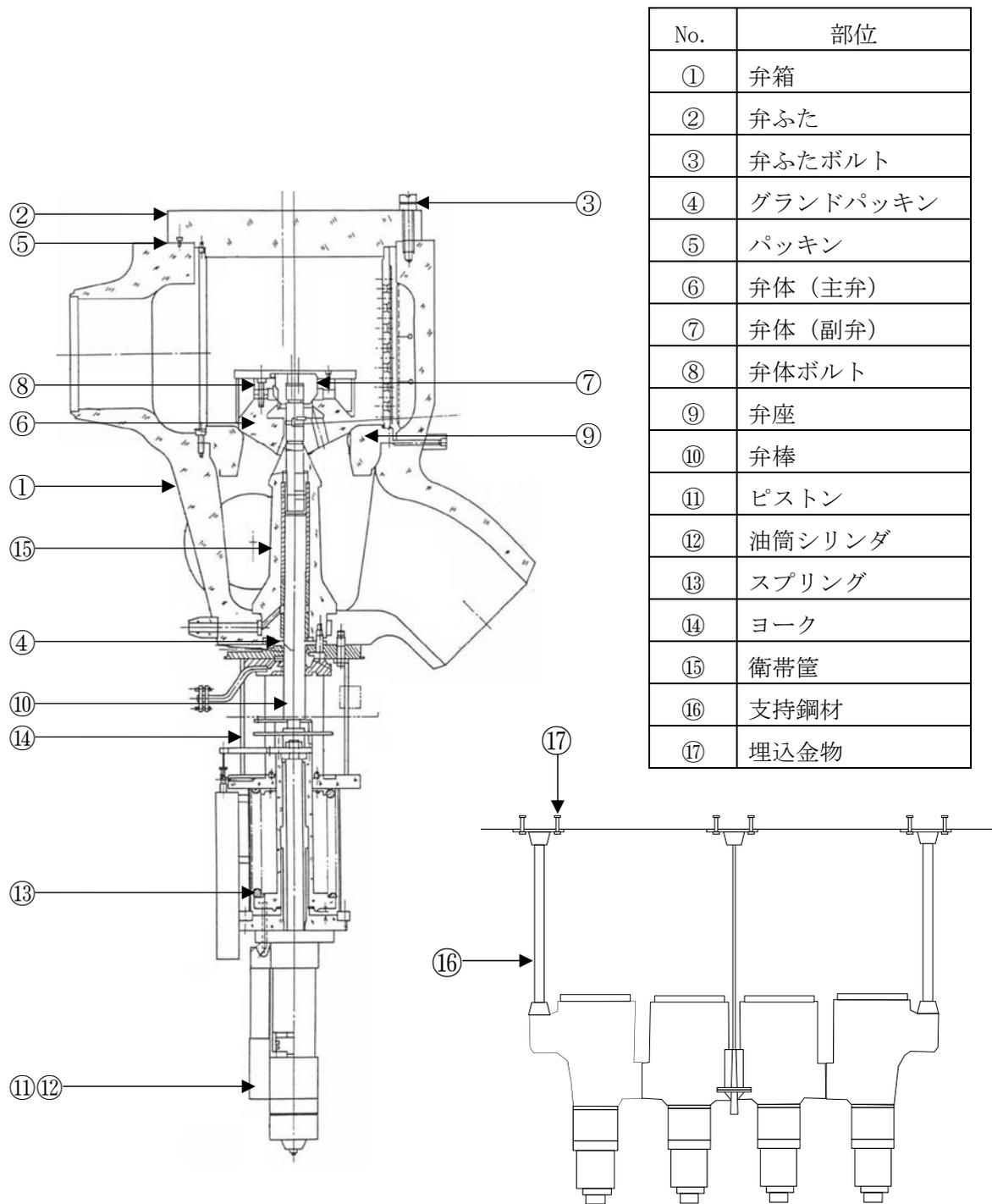


図2. 1-2 主塞止弁 (No. 2) 構造図

表 2.1-1 主塞止弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	鋳鋼
		弁ふた	低合金鋼
		弁ふたボルト	低合金鋼
	シール	グランドパッキン	(消耗品)
		パッキン	(消耗品)
隔離機能の維持	隔離	弁体 (主弁)	低合金鋼 (ステライト肉盛)
		弁体 (副弁) (No. 2のみ)	低合金鋼 (ステライト肉盛)
		弁体ボルト	低合金鋼
		弁座	低合金鋼 (ステライト肉盛)
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	炭素鋼
		ピストン	鋳鉄
		油筒シリンダ	炭素鋼
		スプリング	ばね鋼
		ヨーク	炭素鋼
		衛帯筐	鋳鋼
機器の支持	支持	支持鋼材	炭素鋼
		埋込金物	炭素鋼

表 2.1-2 主塞止弁の使用条件

運転圧力	6.55 MPa
運転温度	282 °C
内部流体	蒸気

## 2.1.2 加減弁

### (1) 構造

東海第二の加減弁はバランス形弁であり、主塞止弁の下流に4台設置されている。

本弁は、高圧タービンへの蒸気流量を制御するものである。

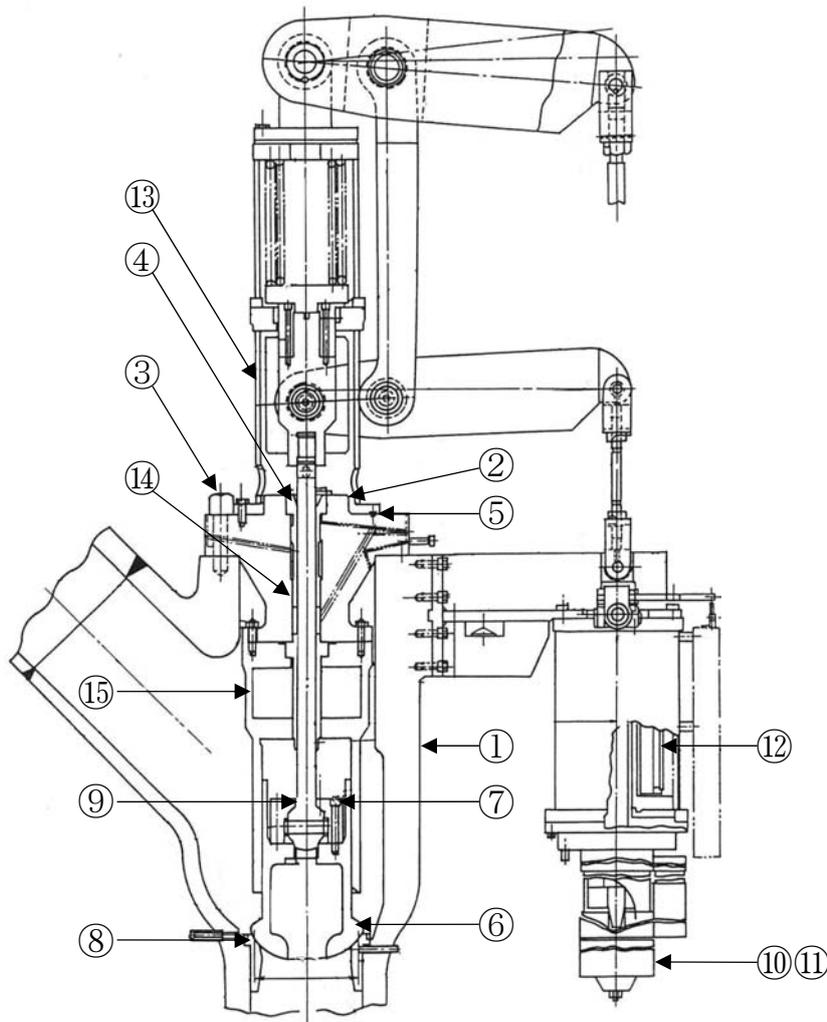
弁本体は、内部流体を内包するバウンダリを構成する耐圧部（弁箱、弁ふた、弁ふたボルト、弁軸封部）、内部流体を仕切る隔離部（弁体、弁体ボルト、弁座）及び弁体を作動させる駆動部（弁棒、ピストン、油筒シリンダ、スプリング、ヨーク、ブッシュ、バランスチャンバー）からなる。

内部流体に接する弁箱は鋳鋼、弁ふた、弁体、弁座、バランスチャンバーは低合金鋼、弁棒（副弁）はステンレス鋼であり、軸封部には内部流体の漏れを防止するため、グランドパッキンが使用されている。

加減弁の構造図を図2.1-3に示す。

### (2) 材料及び使用条件

東海第二の加減弁主要部位の使用材料を表2.1-3に、使用条件を表2.1-4に示す。



No.	部位
①	弁箱
②	弁ふた
③	弁ふたボルト
④	グランドパッキン
⑤	パッキン
⑥	弁体 (主弁)
⑦	弁体ボルト
⑧	弁座
⑨	弁棒 (副弁)
⑩	ピストン
⑪	油筒シリンダ
⑫	スプリング
⑬	ヨーク
⑭	ブッシュ
⑮	バランスチャンバー

図2.1-3 加減弁構造図

表 2.1-3 加減弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	鋳鋼
		弁ふた	低合金鋼
		弁ふたボルト	低合金鋼
	シール	グランドパッキン	(消耗品)
		パッキン	(消耗品)
隔離機能の維持	隔離	弁体 (主弁)	低合金鋼 (ステライト肉盛)
		弁体ボルト	低合金鋼
		弁座	低合金鋼 (ステライト肉盛)
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒 (副弁)	ステンレス鋼
		ピストン	鋳鉄
		油筒シリンダ	炭素鋼
		スプリング	ばね鋼
		ヨーク	炭素鋼
		ブッシュ	低合金鋼
		バランスチャンバー	低合金鋼

表 2.1-4 加減弁の使用条件

運転圧力	6.55 MPa
運転温度	282 °C
内部流体	蒸気

### 2.1.3 中間塞止加減弁

#### (1) 構造

東海第二の中間塞止加減弁は、中間加減弁と中間止め弁が一体の弁箱に収められた構造の複合弁であり、低圧タービン入口に6台設置されている。

本弁は、低圧タービンへの蒸気流量の制御及びタービントリップ時に低圧タービンへの蒸気供給を遮断するものである。

弁本体は、内部流体を内包するバウンダリを構成する耐圧部（弁箱、弁ふた、弁ふたボルト、弁軸封部）、内部流体を仕切る隔離部（弁体、弁体ボルト、弁座）及び弁体を作動させる駆動部（弁棒、ピストン、油筒シリンダ、スプリング、ヨーク、衛帯管、スタンド）、弁を支える支持部（支持鋼材）からなる。

内部流体に接する弁箱、弁座、衛帯管、スタンドは鋳鋼、弁ふたは炭素鋼、弁体は低合金鋼、弁棒はステンレス鋼であり、軸封部には内部流体の漏れを防止するためグランドパッキンが使用されている。

中間塞止加減弁の構造図を図2.1-4に示す。

#### (2) 材料及び使用条件

東海第二の中間塞止加減弁主要部位の使用材料を表2.1-5に、使用条件を表2.1-6に示す。

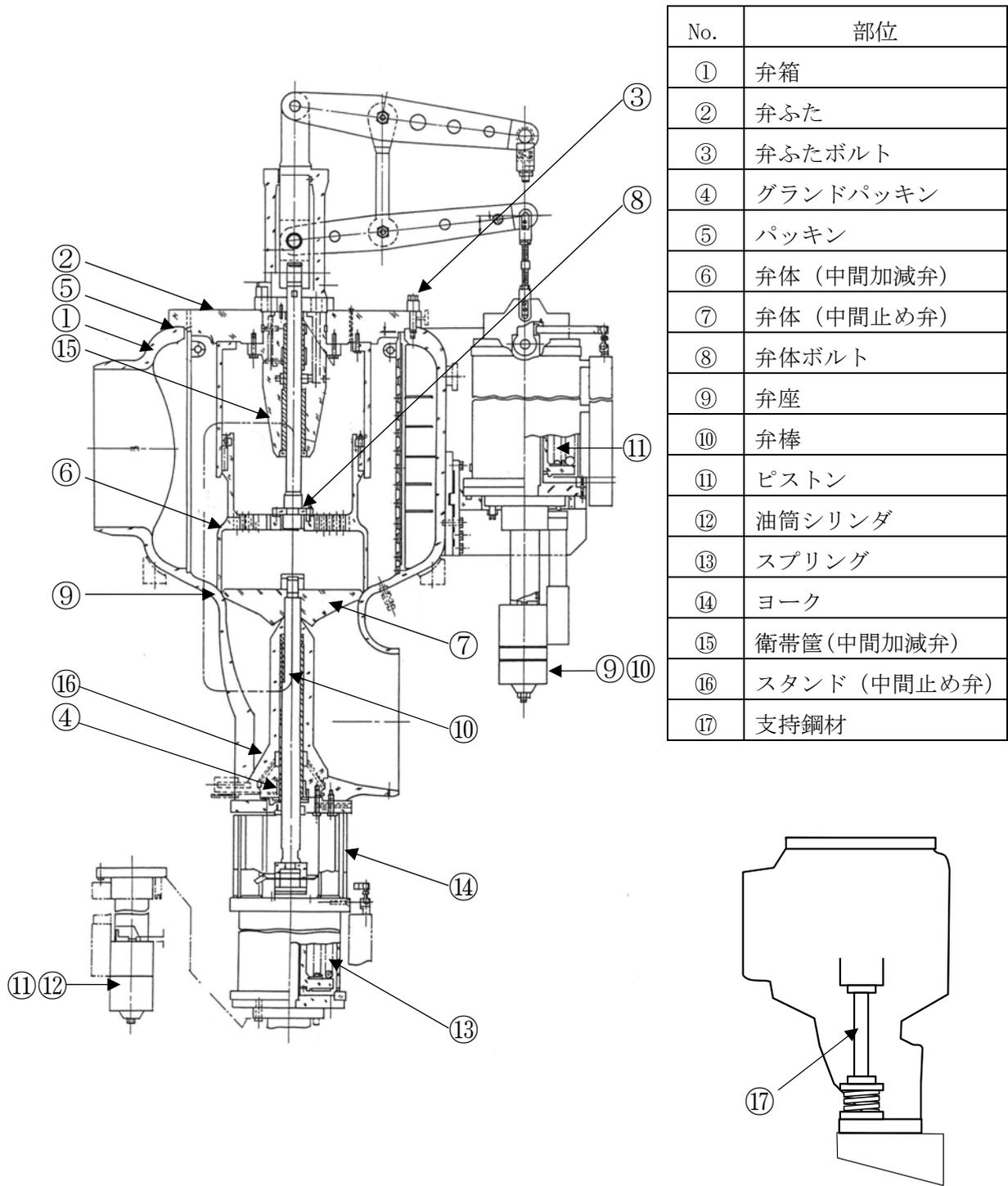


図2.1-4 中間塞止加減弁構造図

表2.1-5 中間塞止加減弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	鋳鋼
		弁ふた	炭素鋼
		弁ふたボルト	低合金鋼
	シール	グランドパッキン	(消耗品)
		パッキン	(消耗品)
隔離機能の維持	隔離	弁体 (中間加減弁)	低合金鋼
		弁体 (中間止め弁)	低合金鋼 (ステライト肉盛)
		弁体ボルト	ステンレス鋼
		弁座	鋳鋼 (ステライト肉盛)
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼
		ピストン	鋳鉄
		油筒シリンダ	炭素鋼
		スプリング	ばね鋼
		ヨーク	炭素鋼
		衛帯筐 (中間加減弁)	鋳鋼
		スタンド (中間止め弁)	鋳鋼
機器の支持	支持	支持鋼材	炭素鋼

表2.1-6 中間塞止加減弁の使用条件

運転圧力	1.28 MPa
運転温度	195 °C
内部流体	蒸気

#### 2.1.4 タービンバイパス弁

##### (1) 構造

タービンバイパス弁は玉形弁であり、主蒸気管ヘッドに5台設置している。

本弁は、タービントリップ時に主蒸気を直接主復水器に流すものである。

弁本体は、内部流体を内包するバウンダリを構成する耐圧部（弁箱、弁ふた、弁ふたボルト、弁軸封部）、内部流体を仕切る隔離部（弁体、弁座）及び弁体を作動させる駆動部（弁棒、ピストン、油筒シリンダ、スプリング、ヨーク、ブッシュ、スタンド）、弁を支える支持部（支持鋼材、埋込金物）からなる。

内部流体に接する弁箱、スタンドは鋳鋼、弁ふたは炭素鋼、弁体、弁座は低合金鋼、弁棒はステンレス鋼であり、軸封部には内部流体の漏れを防止するためグラウンドパッキンが使用されている。

タービンバイパス弁の構造図を図 2.1-5 に示す。

##### (2) 材料及び使用条件

タービンバイパス弁主要部位の使用材料を表 2.1-7 に、使用条件を表 2.1-8 に示す。

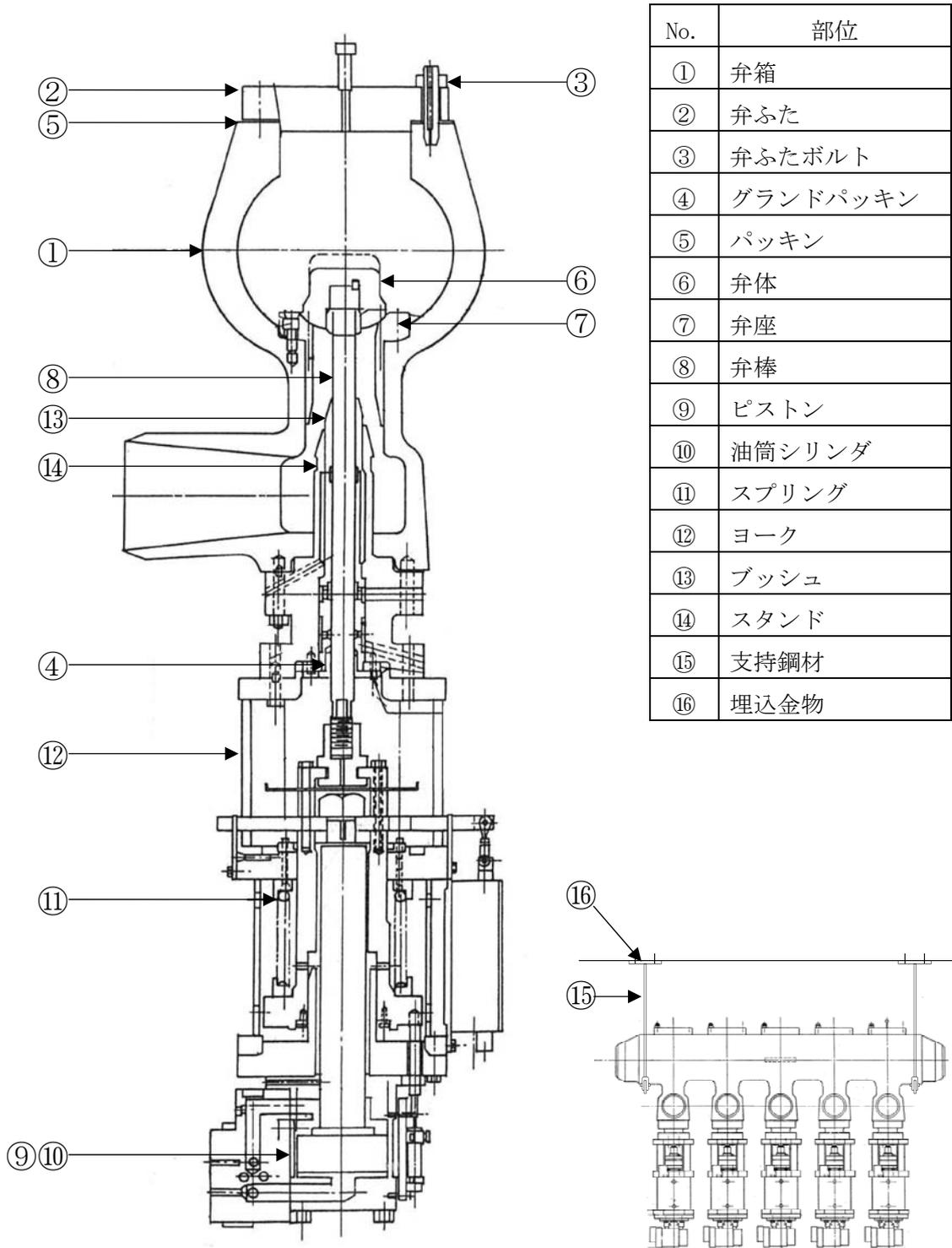


図2.1-5 タービンバイパス弁構造図

表2.1-7 タービンバイパス弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	鋳鋼
		弁ふた	炭素鋼
		弁ふたボルト	低合金鋼
	シール	グランドパッキン	(消耗品)
		パッキン	(消耗品)
隔離機能の維持	隔離	弁体	低合金鋼 (ステライト肉盛)
		弁座	低合金鋼 (ステライト肉盛)
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼
		ピストン	鋳鉄
		油筒シリンダ	炭素鋼
		スプリング	ばね鋼
		ヨーク	炭素鋼
		ブッシュ	低合金鋼
		スタンド	鋳鋼
機器の支持	支持	支持鋼材	炭素鋼
		埋込金物	炭素鋼

表2.1-8 タービンバイパス弁の使用条件

運転圧力	6.55 MPa
運転温度	282 °C
内部流体	蒸気

## 2.1.5 クロスアラウンド管逃し弁

### (1) 構造

クロスアラウンド管逃し弁は、バネ式安全弁であり、クロスアラウンド管に6台設置されている。

本弁は、クロスアラウンド管の異常昇圧を防止するものである。

弁本体は、内部流体を内包するバウンダリを構成する耐圧部（弁箱、弁ふたボルト、弁軸封部）、流体を仕切る隔離部（弁体、弁座）及び弁体を作動させる駆動部（弁棒、スプリング、ガイド、ブッシュ）からなる。

内部流体に接する弁箱は鋳鋼で、弁体、弁座はステンレス鋼である。

クロスアラウンド管逃し弁の構造図を図2.1-6に示す。

### (2) 材料及び使用条件

クロスアラウンド管逃し弁主要部位の使用材料を表2.1-9に、使用条件を表2.1-10に示す。

No.	部位
①	弁箱
②	弁ふたボルト
③	パッキン
④	ベローズ
⑤	弁体
⑥	弁座
⑦	弁棒
⑧	スプリング
⑨	ガイド
⑩	ブッシュ

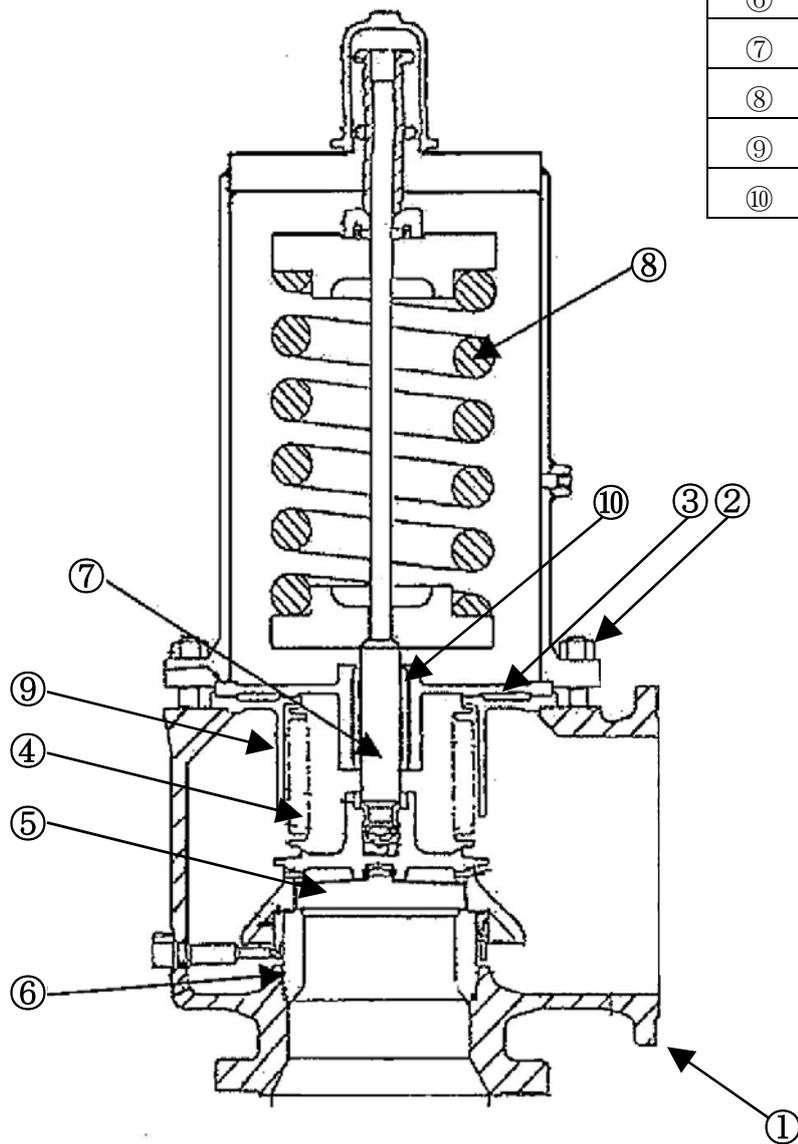


図2.1-6 クロスアラウンド管逃し弁構造図

表2.1-9 クロスアラウンド管逃し弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	鋳鋼
		弁ふたボルト	低合金鋼
	シール	パッキン	(消耗品)
		ベローズ	ニッケル基合金
隔離機能の維持	隔離	弁体	ステンレス鋼 (ステライト肉盛)
		弁座	ステンレス鋼 (ステライト肉盛)
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼
		スプリング	ばね鋼
		ガイド	炭素鋼
		ブッシュ	銅合金

表2.1-10 クロスアラウンド管逃し弁の使用条件

運転圧力	1.28 MPa
運転温度	195 °C
内部流体	蒸気

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

主要弁の機能維持に必要な項目は以下のとおり。

- (1) バウンダリの維持
- (2) 隔離機能の維持
- (3) 作動機能の維持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

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

なお、消耗品及び定期取替品は以下のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

パッキン、グランドパッキンは消耗品であり、設計時に長期使用はせず取替を前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。なお、定期取替品はない。

#### (3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

想定される経年劣化事象のうち下記①、②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。

なお、下記①、②に該当する事象については2.2.3項に示すとおり、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

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

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

### 2.2.3 高経年化評価上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

a. 弁棒，衛帯筐，バランスチャンバー，ブッシュ，スタンドの摩耗 [主塞止弁，加減弁，中間塞止加減弁，タービンバイパス弁，クロスアラウンド管逃し弁]

弁棒（共通），衛帯筐（主塞止弁，中間塞止加減弁），バランスチャンバー（加減弁），ブッシュ（加減弁，タービンバイパス弁，クロスアラウンド管逃し弁），スタンド（中間塞止加減弁，タービンバイパス弁）のそれぞれの摺動部は，摩耗が発生する可能性があるが，目視点検において，有意な摩耗がないことを確認している。

また，ブッシュ（加減弁，タービンバイパス弁，クロスアラウンド管逃し弁）バランスチャンバー（加減弁）は，弁棒との隙間測定を実施し，適切な隙間管理をしている。

したがって，弁棒，衛帯筐，バランスチャンバー，ブッシュ，スタンドの摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. 弁箱及び弁ふた（内面），弁体，弁座，弁棒，衛帯筐，ブッシュ，バランスチャンバー，スタンドの腐食（流れ加速型腐食） [主塞止弁，加減弁，中間塞止加減弁，タービンバイパス弁，クロスアラウンド管逃し弁]

弁箱（主塞止弁，加減弁，中間塞止加減弁，タービンバイパス弁），弁座（中間塞止加減弁）は鋳鋼，弁ふた（主塞止弁，加減弁），弁体（主塞止弁，加減弁，中間塞止加減弁，タービンバイパス弁），弁座（主塞止弁，加減弁，タービンバイパス弁），ブッシュ（加減弁，タービンバイパス弁），バランスチャンバー（加減弁）は低合金鋼，スタンド（中間塞止加減弁，タービンバイパス弁），衛帯筐（主塞止弁，中間塞止加減弁）は鋳鋼，弁ふた（中間塞止加減弁，タービンバイパス弁），弁棒（主塞止弁）は炭素鋼，弁棒（加減弁，中間塞止加減弁，タービンバイパス弁），弁体（クロスアラウンド管逃し弁），弁座（クロスアラウンド管逃し弁）はステンレス鋼であり，蒸気環境下にあるため，腐食（流れ加速型腐食）により減肉する可能性があるが，目視点検において，有意な腐食がないことを確認している。

したがって，弁箱及び弁ふた（内面），弁体，弁座，弁棒，衛帯筐，ブッシュ，バランスチャンバー，スタンドの腐食（流れ加速型腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- c. 弁体及び弁座のシート部のエロージョン [加減弁, 中間塞止加減弁, タービンバイパス弁]

加減弁, 中間塞止加減弁, タービンバイパス弁の弁体及び弁座のシート部については, 蒸気環境下にあるため, 腐食 (エロージョン) により減肉する可能性があるが, 目視点検において有意なエロージョンがないことを確認している。

したがって, 弁体及び弁座のシート部のエロージョンは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- d. 弁箱 (内面), ガイドの腐食 (全面腐食) [クロスアラウンド管逃し弁]

弁箱は鋳鋼, ガイドは炭素鋼であり, 内部流体が蒸気であるため, 腐食が発生する可能性があるが, 目視点検において有意な腐食がないことを確認している。

したがって, 弁箱 (内面), ガイドの腐食 (全面腐食) は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- e. 弁箱及び弁ふた (外面), ヨーク, 支持鋼材, 埋込金物 (大気接触部) の腐食 (全面腐食) [共通]

弁箱 (共通) は鋳鋼, 弁ふた, ヨーク (主塞止弁, 加減弁, 中間塞止加減弁, タービンバイパス弁), 支持鋼材 (主塞止弁, 中間塞止加減弁, タービンバイパス弁), 埋込金物 (主塞止弁, タービンバイパス弁) は低合金鋼又は炭素鋼であり, 腐食発生の可能性はあるが, 大気接触部は塗装が施されており, 腐食の可能性は小さい。

また, 点検及び巡視時の目視により, 塗膜の状態を確認し, はく離等が認められた場合は必要に応じて補修を実施することにより機能を維持している。

したがって, 弁箱及び弁ふた (外面), ヨーク, 支持鋼材, 埋込金物 (大気接触部) の腐食 (全面腐食) は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- f. 弁ふたボルトの腐食 (全面腐食) [共通]

弁ふたボルトは低合金鋼であり, 外気に接触していることから腐食発生の可能性はあるが, 大気接触部は塗装が施されており, 腐食の可能性は小さい。

また, 点検及び巡視時の目視により, 塗膜の状態を確認し, はく離等が認められた場合は必要に応じて補修を実施することにより機能を維持している。

したがって, 弁ふたボルトの腐食 (全面腐食) は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

g. 弁体ボルトの応力腐食割れ [主塞止弁, 加減弁, 中間塞止加減弁]

主塞止弁, 加減弁の弁体ボルトは低合金鋼, 中間塞止加減弁の弁体ボルトはステンレス鋼であり, 蒸気環境下にあるため応力腐食割れが発生する可能性がある。

しかし, 分解点検時の目視点検又は浸透探傷検査から, 有意な欠陥がないことを確認している。

したがって, 弁体ボルト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と判断する。

h. 弁棒の応力腐食割れ [加減弁, 中間塞止加減弁, タービンバイパス弁]

加減弁, 中間塞止加減弁, タービンバイパス弁の弁棒はステンレス鋼であり, 蒸気環境下にあるため応力腐食割れが発生する可能性がある。

しかし, 分解点検時の目視点検及び浸透探傷検査において有意な欠陥がないことを確認している。

したがって, 弁棒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と判断する。

i. ピストン, 油筒シリンダの摩耗 [主塞止弁, 加減弁, 中間塞止加減弁, タービンバイパス弁]

ピストン及び油筒シリンダは, 摺動部に摩耗が想定されるが, シリンダ内は制御油で満たされていることから, 摺動部の摩耗の可能性は小さい。

なお, 分解点検時に目視点検及び浸透探傷検査を実施することで健全性を維持することとしている。

今後も, 使用環境が変わらないことから, 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, ピストン, 油筒シリンダの摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

j. 弁体及び弁座のシート部のエロージョン [主塞止弁, クロスアラウンド管逃し弁]

主塞止弁, クロスアラウンド管逃し弁は, 流量制御を行わず, 通常は全開又は全閉で使用されるため, 弁体及び弁座シート部のエロージョンの可能性は小さい。

なお, これまでの目視点検及び浸透探傷検査において有意なエロージョン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, 弁体及び弁座のシート部のエロージョンは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

k. 弁棒の疲労割れ [共通]

弁棒段付部等は角部を滑らかにし、応力集中を起こさないような構造をしており、発生応力の低減を図っている。

なお、これまでの目視点検において有意な欠陥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、弁棒の疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

1. ベローズの疲労割れ [クロスアラウンド管逃し弁]

クロスアラウンド管逃し弁は作動頻度が少なく、ベローズに疲労割れが発生する可能性は小さい。

なお、これまでの目視点検において有意な欠陥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、ベローズの疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、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（日常劣化管理事象以外）

a. 埋込金物（コンクリート埋設部）の腐食（全面腐食）[主塞止弁，タービンバイパス弁]

埋込金物（コンクリート埋設部）は炭素鋼であるため腐食が想定されるが、コンクリート埋設部ではコンクリートの大気接触部表面からの中性化の進行により腐食環境となるため、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。

したがって、埋込金物（コンクリート埋設部）の腐食（全面腐食）は、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象でないと判断する。

b. スプリングのへたり [共通]

スプリングは常時応力のかかった状態で使用されるため、へたりが想定されるが、スプリング使用時のねじり応力が、許容ねじり応力以下になるように設定されており、さらにスプリングの材料に対する推奨最高使用温度よりも実際の使用温度は低いことから、へたりの進行の可能性はない。

したがって、スプリングのへたりは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

表 2.2-1 (1/5) 主塞止弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熟時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		鋳鋼		△*1*2 △*3						*1：流れ加速型腐食
		弁ふた		低合金鋼		△*1*2 △*3						*2：内面
		弁ふたボルト		低合金鋼		△						*3：外面
	シール	グラントパッキン	◎	—								*4：シート部はステライト肉盛
		パッキン	◎	—								*5：シート部のエロージョン
隔離機能の維持	隔離	弁体（主弁）		低合金鋼*4		△*1*5						*6：スプリングのへた
		弁体（副弁）		低合金鋼*4		△*1*5						*7：コンクリート埋設部
		弁体ボルト		低合金鋼				△				
		弁座		低合金鋼*4		△*1*5						
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		炭素鋼	△	△*1	△					
		ピストン		鋳鉄	△							
		油筒シリンダ		炭素鋼	△							
		スプリング		ばね鋼							▲*6	
		ヨーク		炭素鋼		△						
		衛帯筐		鋳鋼	△	△*1						
機器の支持	支持	支持鋼材		炭素鋼		△						
		埋込金物		炭素鋼		△▲*7						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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

表 2.2-1 (2/5) 加減弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象						備考	
					減肉		割れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		鋳鋼		△*1*2 △*3					*1：流れ加速型腐食 *2：内面 *3：外面 *4：シート部はステライト肉盛 *5：シート部のエロージョン *6：スプリングのへたり	
		弁ふた		低合金鋼		△*1*2 △*3						
		弁ふたボルト		低合金鋼		△						
	シール	グラントパッキン	◎	—								
		パッキン	◎	—								
隔離機能の維持	隔離	弁体（主弁）		低合金鋼*4		△*1*5						
		弁体ボルト		低合金鋼				△				
		弁座		低合金鋼*4		△*1*5						
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒（副弁）		ステンレス鋼	△	△*1	△	△				
		ピストン		鋳鉄	△							
		油筒シリンダ		炭素鋼	△							
		スプリング		ばね鋼						▲*6		
		ヨーク		炭素鋼		△						
		ブッシュ		低合金鋼	△	△*1						
		バランスチャンパー		低合金鋼	△	△*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 2.2-1 (3/5) 中間塞止加減弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象						備考	
					減肉		割れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		鋳鋼		△*1*2△*3					*1：流れ加速型腐食 *2：内面 *3：外面 *4：シート部のエロージョン *5：シート部はステライト肉盛 *6：スプリングのへたり	
		弁ふた		炭素鋼		△*1*2△*3						
		弁ふたボルト		低合金鋼		△						
	シール	グランドパッキン	◎	—								
		パッキン	◎	—								
隔離機能の維持	隔離	弁体（中間加減弁）		低合金鋼		△*1*4						
		弁体（中間止め弁）		低合金鋼*5		△*1*4						
		弁体ボルト		ステンレス鋼				△				
		弁座		鋳鋼*5		△*1*4						
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		ステンレス鋼	△	△*1	△	△				
		ピストン		鋳鉄	△							
		油筒シリンダ		炭素鋼	△							
		スプリング		ばね鋼						▲*6		
		ヨーク		炭素鋼		△						
		衛帯筐		鋳鋼	△	△*1						
		スタンド		鋳鋼	△	△*1						
機器の支持	支持	支持鋼材		炭素鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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

表 2.2-1 (4/5) タービンバイパス弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		鋳鋼		△*1*2 △*3						*1:流れ加速型腐食 *2:内面 *3:外面 *4:シート部はステライト肉盛 *5:シート部のエロージョン *6:スプリングのへたり *7:コンクリート埋設部
		弁ふた		炭素鋼		△*1*2 △*3						
		弁ふたボルト		低合金鋼		△						
	シール	グラントパッキン	◎	—								
		パッキン	◎	—								
隔離機能の維持	隔離	弁体		低合金鋼*4		△*1*5						
		弁座		低合金鋼*4		△*1*5						
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		ステンレス鋼	△	△*1	△	△				
		ピストン		鋳鉄	△							
		油筒シリンダ		炭素鋼	△							
		スプリング		ばね鋼							▲*6	
		ヨーク		炭素鋼		△						
		ブッシュ		低合金鋼	△	△*1						
		スタンド		鋳鋼	△	△*1						
機器の支持	支持	支持鋼材		炭素鋼		△						
		埋込金物		炭素鋼		△▲*7						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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

表 2.2-1 (5/5) クロスアラウンド管逃し弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		鋳鋼		△*1*2						*1：内面 *2：外面 *3：シート部はステライト肉盛 *4：流れ加速型腐食 *5：シート部のエロージョン *6：スプリングのへたり
		弁ふたボルト		低合金鋼		△						
	シール	パッキン	◎	—								
		ベローズ		ニッケル基合金			△					
隔離機能の維持	隔離	弁体		ステンレス鋼*3		△*4*5						
		弁座		ステンレス鋼*3		△*4*5						
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		ステンレス鋼	△		△					
		スプリング		ばね鋼							▲*6	
		ガイド		炭素鋼		△						
		ブッシュ		銅合金	△							

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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

## 1.5 制御装置及び保安装置

[対象機器]

- ① 主タービン電気油圧式制御装置

## 目次

1. 対象機器 .....	1.5-1
2. 制御装置及び保安装置の技術評価 .....	1.5-2
2.1 構造, 材料及び使用条件 .....	1.5-2
2.1.1 主タービン電気油圧式制御装置 .....	1.5-2
2.2 経年劣化事象の抽出 .....	1.5-9
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目 .....	1.5-9
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出 .....	1.5-9
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 .....	1.5-11
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価 .....	1.5-16

## 1. 対象機器

東海第二で使用している制御装置及び保安装置の主な仕様を表 1-1 に示す。

表 1-1 制御装置及び保安装置の主な仕様

機器名称	仕様	重要度*1	使用条件	
			運転圧力 (MPa)	運転温度 (°C)
主タービン電気油圧式 制御装置	電気油圧式	高*2	11.0	46

\*1：当該機器に要求される重要度クラスのうち、最上位の重要度クラスを示す

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

## 2. 制御装置及び保安装置の技術評価

### 2.1 構造，材料及び使用条件

#### 2.1.1 主タービン電気油圧式制御装置

##### (1) 構造

東海第二の主タービン電気油圧式制御装置は，制御油系統に所定の圧力を供給するためのタービン高圧制御油ポンプ，制御油を各電油変換器に供給する配管，弁，油圧を確保するためのアキュムレータ，タービントリップ時に油圧をダンプする電磁弁等から構成されている。

東海第二の主タービン電気油圧式制御装置の系統図を図 2.1-1～2，各機器構造図を図 2.1-3～7 に示す。

##### (2) 材料及び使用条件

東海第二の主タービン電気油圧式制御装置主要部位の使用材料を表 2.1-1 に，使用条件を表 2.1-2 に示す。

No.	部位
①	タービン高圧制御油ポンプ
②	タービン高圧制御油ポンプ吐出側フィルタ
③	配管
④	弁
⑤	ユニット廻りアキュムレータ
⑥	タービン高圧制御油ポンプモータ

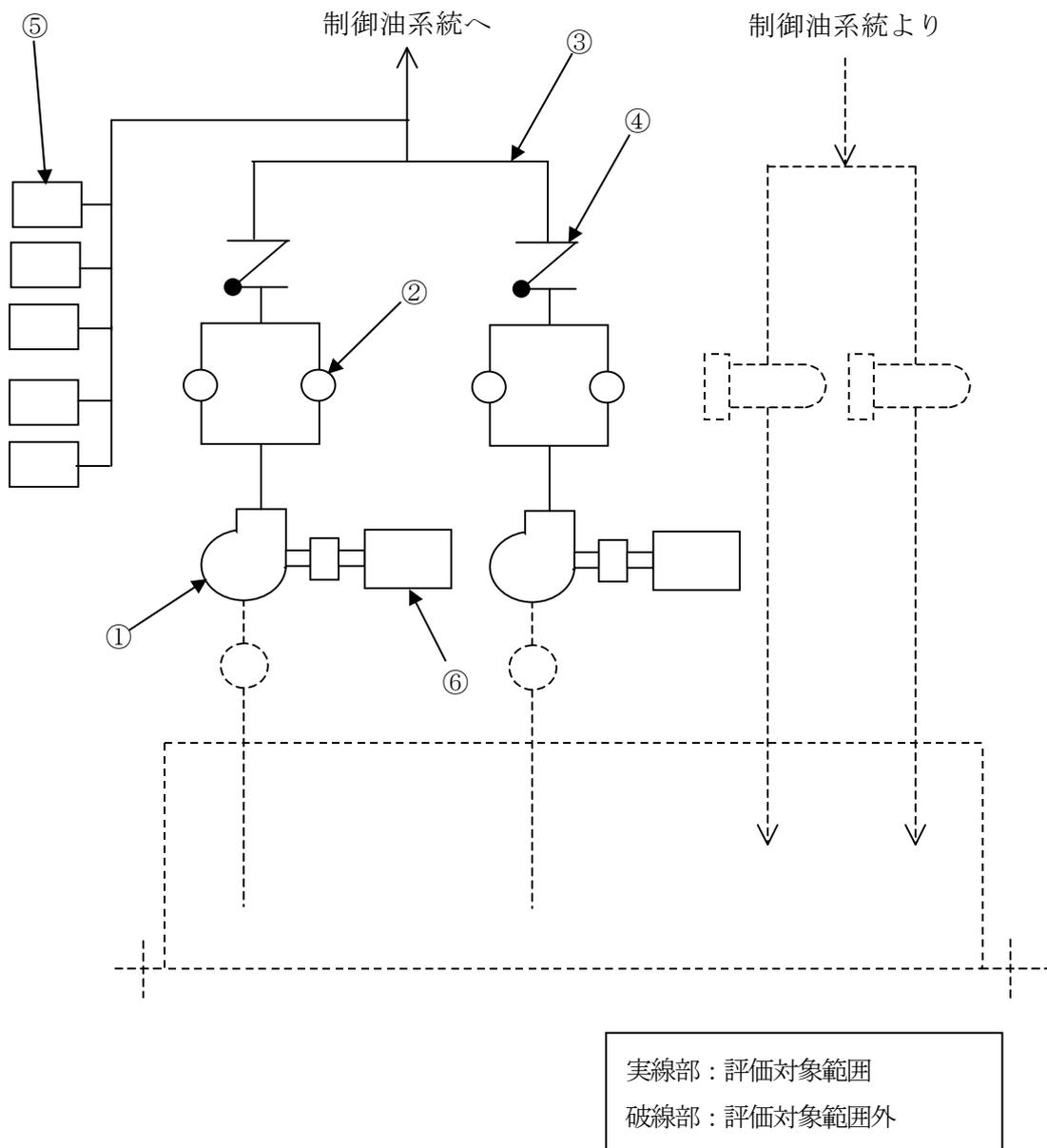
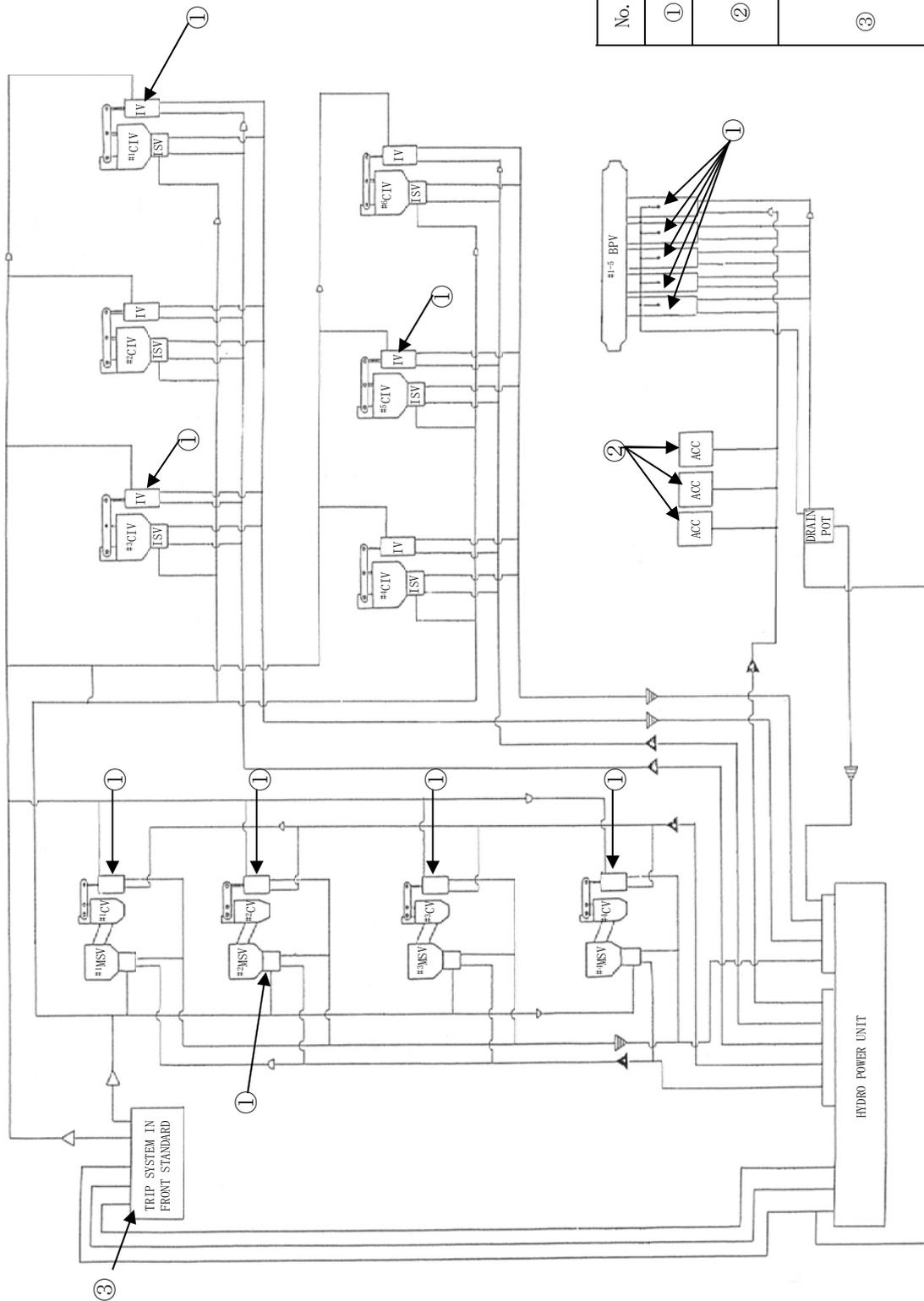


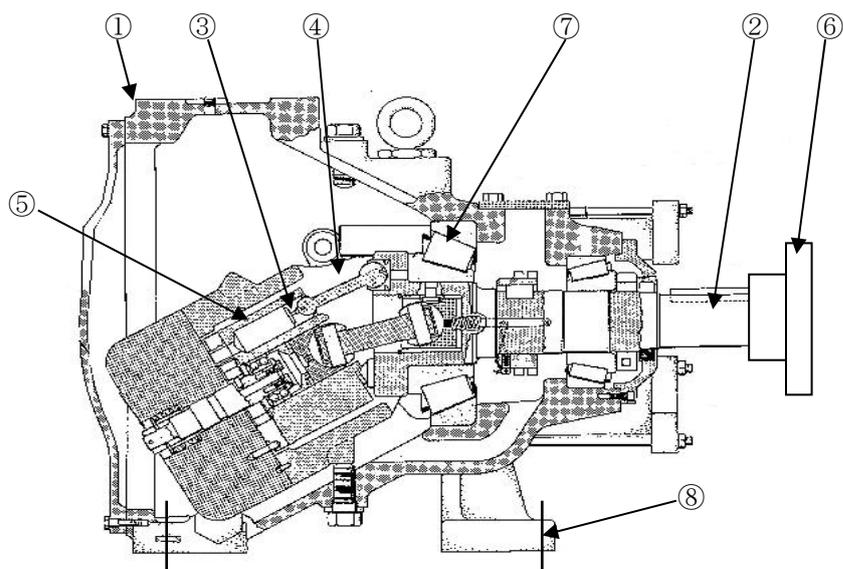
図 2.1-1 主タービン電気油圧式制御装置系統図 (ユニット廻り)



No.	部位
①	電油変換器
②	タービンバイパス弁 アキユムレータ
③	メカニカルトリップ電磁弁, ロックアウト弁, マスタートリップ電磁弁, リレーター弁, リレーター弁

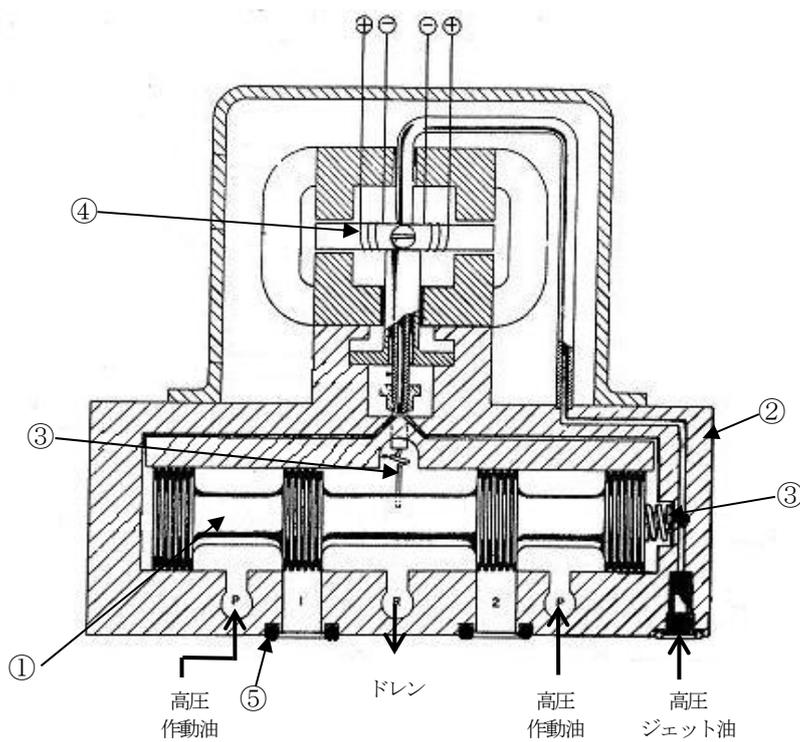
注) 系統からの戻りは評価対象外

図 2.1-2 主タービン電気油圧式制御装置系統図 (油供給先廻り)



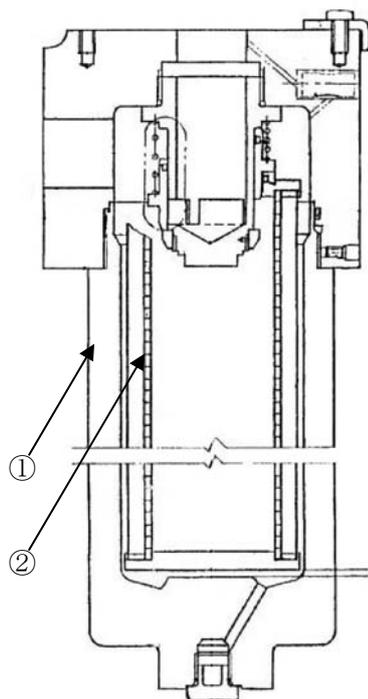
No.	部位
①	ケーシング
②	主軸
③	ピストン
④	ピストンロッド
⑤	シリンダ
⑥	軸継手
⑦	軸受 (ころがり)
⑧	取付ボルト

図 2.1-3 タービン高圧制御油ポンプ構造図



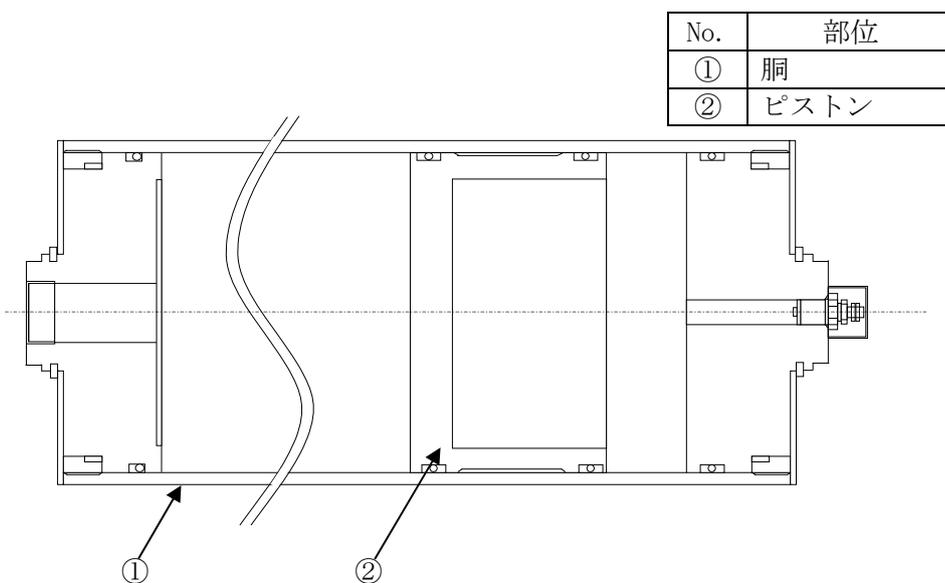
No.	部位
①	ピストン
②	ケーシング
③	スプリング
④	コイル
⑤	Oリング

図 2.1-4 電油変換器構造図



No.	部位
①	ケーシング
②	フィルタ

図 2.1-5 タービン高圧制御油ポンプ吐出側フィルタ



No.	部位
①	胴
②	ピストン

図 2.1-6 ユニット廻りアキュムレータ,  
タービンバイパス弁アキュムレータ構造図

No.	部位
①	支持鋼材
②	サポート取付ボルト・ナット
③	ゴムプッシュ
④	埋込金物

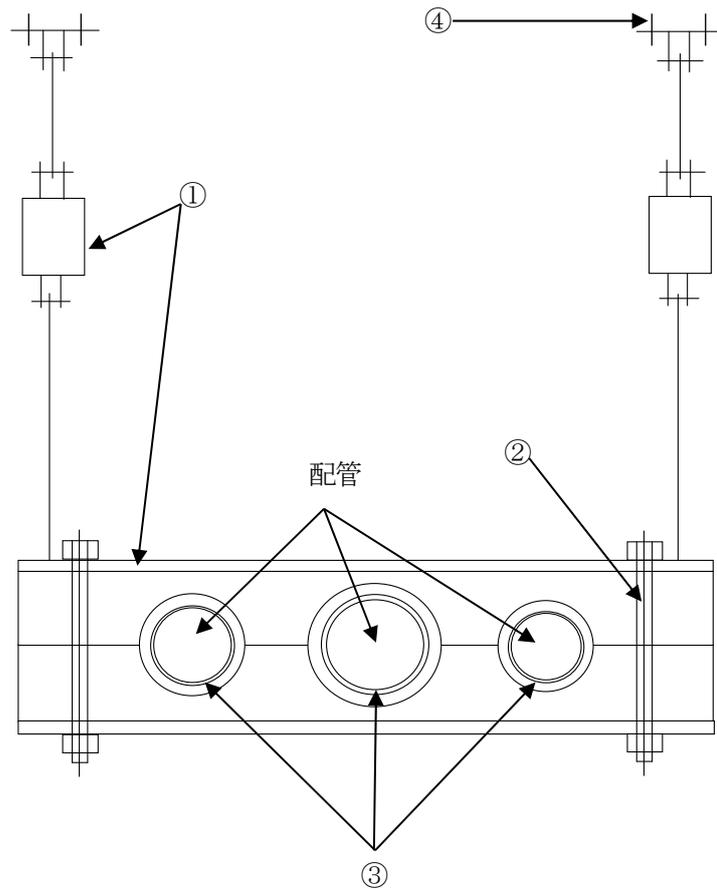


図 2.1-7 油配管サポート構造図

表 2.1-1 主タービン電気油圧式制御装置主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位		材料
装置機能の維持	油の移送	タービン高圧制御油ポンプ	ケーシング	鋳鉄
			主軸	低合金鋼
			ピストン	低合金鋼
			ピストンロッド	低合金鋼
			シリンダ	銅合金
			軸継手	炭素鋼
			軸受（ころがり）	（消耗品）
			モータ（低圧，全閉型）	主軸，取付ボルト：炭素鋼 固定子コイル及びび口出線・接続部品：銅，絶縁物 回転子及び固定子コア：電磁鋼板 回転子棒，回転子エンドリング：アルミニウム フレーム，端子箱，エンドブラケット，ファン・ファンカバー：圧延鋼板 軸受（ころがり）：（消耗品）
		配管	ステンレス鋼	
		弁	ステンレス鋼	
	電油変換器	ピストン	ステンレス鋼	
		ケーシング	アルミニウム合金	
		スプリング	ばね鋼	
		コイル	銅，絶縁物	
		0リング	（消耗品）	
油性状の維持	タービン高圧制御油ポンプ吐出側フィルタ	ケーシング	炭素鋼鋳鋼	
		フィルタ	アルミニウム合金	
油圧の確保	ユニット廻りアキュムレータ，タービンバイパス弁アキュムレータ	胴	炭素鋼	
		ピストン	アルミニウム合金	
保護機能の維持	排油の確保	メカニカルトリップ電磁弁，ロックアウト弁，マスタートリップ電磁弁，リレーダンプ弁，リレートリップ弁		（定期取替品）
機器の支持	支持	タービン高圧制御油ポンプ取付ボルト		炭素鋼
		油配管サポート	支持鋼材	炭素鋼
			サポート取付ボルト・ナット	炭素鋼
			ゴムブッシュ	（消耗品）
			埋込金物	炭素鋼

表 2.1-2 主タービン電気油圧式制御装置の使用条件

運転圧力	11.0 MPa
運転温度	46 °C
内部流体	制御油

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

主タービン電気油圧式制御装置の機能を維持するために必要な項目は以下のとおり。

- (1) 装置機能の維持
- (2) 保護機能の維持
- (3) 機器の支持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

主タービン電気油圧式制御装置について、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の材料、構造、使用条件（内部流体の種類、圧力、温度等）及び現在までの運転経験を考慮し、表 2.2-1 に示すとおり、想定される経年劣化事象を抽出した（表 2.2-1 で○又は△、▲）。

なお、消耗品及び定期取替品は以下のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

O リング、タービン高圧制御油ポンプ軸受、タービン高圧制御油ポンプモータ軸受及びゴムブッシュは消耗品、メカニカルトリップ電磁弁、ロックアウト弁、マスタートリップ電磁弁、リレーダンプ弁及びリレートリップ弁は定期取替品であり、設計時に長期使用はせず取替を前提としていることから高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

(3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

想定される経年劣化事象のうち下記①，②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。

なお，下記①，②に該当する事象については 2.2.3 項に示すとおり，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって，想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△）

② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，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（日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲）

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

- a. モータ（低圧，全閉型）の固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

#### a. 主軸の摩耗 [タービン高圧制御油ポンプ]

タービン高圧制御油ポンプの軸受と主軸は、摺動部の摩耗が想定される。

しかし、寸法測定の結果から有意な摩耗がないことを確認している。

したがって、主軸の摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### b. ケーシング、胴、埋込金物（大気接触部）の外面の腐食（全面腐食） [タービン高圧制御油ポンプ、タービン高圧制御油ポンプ吐出側フィルタ、アキュムレータ、油配管]

タービン高圧制御油ポンプのケーシングは鋳鉄、タービン高圧制御油ポンプ吐出側フィルタのケーシングは炭素鋼鋳鋼、アキュムレータの胴、油配管の埋込金物は炭素鋼であり、腐食が想定されるが、大気接触部は塗装が施されており、腐食の可能性は小さい。

また、点検及び巡視時の目視により、塗膜の状態を確認し、はく離等が認められた場合は必要に応じて補修を実施することにより機能を維持している。

したがって、ケーシング、胴、埋込金物（大気接触部）の外面の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

#### c. 取付ボルト、支持鋼材、サポート取付ボルト・ナットの腐食（全面腐食） [タービン高圧制御油ポンプ、油配管]

タービン高圧制御油ポンプの取付ボルト、油配管の支持鋼材及びサポート取付ボルト・ナットは炭素鋼であり腐食が想定されるが、大気接触部は塗装が施されており、腐食の可能性は小さい。

また、点検及び巡視時の目視により、塗膜の状態を確認し、はく離等が認められた場合は必要に応じて補修を実施することにより機能を維持している。

したがって、取付ボルト、支持鋼材、サポート取付ボルト・ナットの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. 電油変換器のコイルの性能低下，絶縁特性低下

電油変換器のコイルに用いられている絶縁物は，有機物であるため機械的，熱的，電氣的，環境的要因により経年劣化が進行した場合，性能低下，絶縁特性低下を引き起こす可能性がある。

電油変換器は，制御油の内部漏えい量を測定する内部漏えい量計測及びヒステリシスの計測等により，健全性の維持は可能である。また，点検及び性能検査で異常が認められた場合には，電油変換器一式又は部品の交換を実施することにより機能を維持している。

したがって，電油変換器のコイルの性能低下，絶縁特性低下は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. ピストン，シリンダの摩耗 [タービン高圧制御油ポンプ]

ピストンは低合金鋼，シリンダは銅合金であり，摺動部に摩耗が想定されるが，ピストン，シリンダは常時制御油によって潤滑されており，摺動部の摩耗の可能性は小さい。

なお，これまでの目視点検においても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，ピストン，シリンダの摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f. ケーシング，フィルタの内面の腐食（全面腐食） [タービン高圧制御油ポンプ，タービン高圧制御油ポンプ吐出側フィルタ]

タービン高圧制御油ポンプのケーシングは鋳鉄，タービン高圧制御油ポンプ吐出側フィルタのケーシングは炭素鋼鋳鋼であり全面腐食が想定されるが，内部流体が制御油であることから腐食発生の可能性は小さい。

また，タービン高圧制御油ポンプ吐出側フィルタのフィルタは耐食性に優れたアルミニウム合金であり，腐食の発生する可能性は小さい。

なお，これまでの目視点検において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，ケーシング，フィルタの内面の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

g. 主軸の高サイクル疲労割れ [タービン高圧制御油ポンプ]

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

なお、これまでの目視点検においても有意な欠陥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、主軸の高サイクル疲労割れは高年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

h. モータ（低圧，全閉型）主軸の摩耗[タービン高圧制御油ポンプモータ]

i. モータ（低圧，全閉型）のフレーム，エンドブラケット，ファン・ファンカバー及び端子箱の腐食[タービン高圧制御油ポンプモータ]

j. モータ（低圧，全閉型）の固定子コア及び回転子コアの腐食[タービン高圧制御油ポンプモータ]

k. モータ（低圧，全閉型）の取付ボルトの腐食[タービン高圧制御油ポンプモータ]

l. モータ（低圧，全閉型）主軸の高サイクル疲労割れ[タービン高圧制御油ポンプモータ]

以上，h. ～l. の評価については、「ポンプモータの技術評価書」のうち，低圧ポンプモータと同一であることから，当該評価書を参照のこと。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，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（日常劣化管理事象以外）

a. 胴，ピストンの内面の腐食（全面腐食） [アキュムレータ]

アキュムレータの胴は炭素鋼であり全面腐食が想定されるが，内部流体が制御油であることから腐食発生の可能性はない。

また，アキュムレータのピストンは耐食性に優れたアルミニウム合金であり，腐食の発生する可能性はない。

したがって，胴，ピストンの内面の腐食（全面腐食）は高年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. 埋込金物（コンクリート埋設部）の腐食（全面腐食）〔油配管〕

埋込金物（コンクリート埋設部）は炭素鋼であるため腐食が想定されるが、コンクリート埋設部ではコンクリートの大気接触部表面からの中性化の進行により腐食環境となるが、コンクリートが中性化に至り、埋込金物に有意な腐食が発生するまで長期間を要す。

したがって、埋込金物（コンクリート埋設部）の腐食（全面腐食）は、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象でないと判断する。

c. 配管の高サイクル疲労割れ〔油配管〕

他プラントの主タービン電気油圧式制御装置系配管において、高サイクル疲労割れが見られたが、これは、プラント起動時等にしか作動しない弁が開状態の際に生じる流体振動と当該配管の固有振動数が一致したことによるものであった。東海第二では、当該事象の水平展開として起動時に当該配管の振動測定を行い、当該配管が共振しないことを確認しており、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、配管の高サイクル疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. モータ（低圧、全閉型）の回転子棒及び回転子エンドリングの疲労割れ〔タービン高圧制御油ポンプモータ〕

以上、d. の評価については、「ポンプモータの技術評価書」のうち、低圧ポンプモータと同一であることから、当該評価書を参照のこと。

e. スプリングのへたり〔電油変換器〕

スプリングは常時応力がかかった状態で使用されるため、へたりが考えられる。

しかし、スプリング使用時のねじり応力は許容ねじり応力以下になるよう設定されており、さらに、スプリングの材料に対する推奨最高使用温度よりも実際の使用温度は低いことから、へたりの進行の可能性はない。

したがって、スプリングのへたりは、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

表 2.2-1 主タービン電気油圧式制御装置に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位		消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象						備考	
						減肉		割れ		材質変化			その他
						摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
装置機能の維持	油の移送	タービン高圧制御油ポンプ	ケーシング		铸铁		△*1*2						*1：外面 *2：内面 *3：高サイクル疲労割れ *4：主軸 *5：フレーム、エンドブラケット、ファン・ファンカバー及び端子箱 *6：固定子コア及び回転子コア *7：取付ボルト *8：回転子棒及び回転子エンドリング *9：固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下 *10：スプリングのへたり *11：性能低下、絶縁特性低下 *12：コンクリート埋設部
			主軸		低合金鋼	△		△*3					
			ピストン		低合金鋼	△							
			ピストンロッド		低合金鋼								
			シリンダ		銅合金	△							
			軸継手		炭素鋼								
			軸受（ころがり）	◎	—								
		モータ（低圧、全閉型）	◎（軸受（ころがり））	銅、絶縁物他	△*4	△*5*6*7	△*3*4▲*8				○*9		
		配管		ステンレス鋼				▲*3					
		弁		ステンレス鋼									
	電油変換器		ピストン		ステンレス鋼								
			ケーシング		アルミニウム合金								
			スプリング		ばね鋼						▲*10		
			コイル		銅、絶縁物						△*11		
			Oリング	◎	—								
油性状の維持	タービン高圧制御油ポンプ吐出側フィルタ	ケーシング		炭素鋼		△*1*2							
		フィルタ		アルミニウム合金		△							
油圧の確保	ユニット廻りアキュムレータ、タービンバイパス弁アキュムレータ	胴		炭素鋼		△*1▲*2							
		ピストン		アルミニウム合金		▲							
保護機能の維持	排油の確保	メカニカルトリップ電磁弁、ロックアウト弁、マスタートリップ電磁弁、リレーダンブ弁、リレートリップ弁		◎	—								
機器の支持	支持	タービン高圧制御油ポンプ取付ボルト			炭素鋼		△						
		油配管サポート	支持鋼材		炭素鋼		△						
			サポート取付ボルト・ナット		炭素鋼		△						
			ゴムブッシュ	◎	—								
			埋込金物		炭素鋼		△*1▲*12						

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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

### 2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

- (1) モータ（低圧，全閉型）の固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下[タービン高圧制御油ポンプモータ]

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

## 2. 非常用系タービン設備

[対象機器]

- ① 原子炉隔離時冷却系タービン及び附属装置
- ② 常設高圧代替注水系タービン及び附属装置

## 目次

1. 対象機器及び代表機器の選定.....	2-1
1.1 グループ化の考え方及び結果.....	2-1
1.2 代表機器の選定.....	2-1
2. 代表機器の技術評価.....	2-3
2.1 構造, 材料及び使用条件.....	2-3
2.1.1 原子炉隔離時冷却系タービン及び付属装置.....	2-3
2.2 経年劣化事象の抽出.....	2-12
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目.....	2-12
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出.....	2-12
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象.....	2-14
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価.....	2-27
3. 代表機器以外への展開.....	2-28
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象.....	2-28
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.....	2-28

## 1. 対象機器及び代表機器の選定

東海第二で使用している主要な非常用系タービン設備の主な仕様を表1-1に示す。

これらのタービンを型式及び設置場所の観点からグループ化し、それぞれのグループより以下のとおり代表機器を選定した。

### 1.1 グループ化の考え方及び結果

型式及び設置場所を分類基準とし、表1-1に示すとおりグループ化する。

### 1.2 代表機器の選定

表1-1に分類されるグループ毎に、重要度、運転状態、最高使用温度、最高使用圧力の観点から代表機器を選定する。

#### (1) 非常用系タービン設備

このグループには原子炉隔離時冷却系タービン及び付属装置、常設高圧代替注水系タービン及び付属装置が属するが、重要度の観点から重要度が最も高い原子炉隔離時冷却系タービン及び付属装置を代表機器とする。

表 1-1 非常用系タービン設備のグループ化と代表機器の選定

分類基準		機器名称	仕様 <sup>*1</sup> (出力×回転速度)	選定基準			選定	選定理由	
				重要度 <sup>*2</sup>	使用条件				
型式	設置場所				重要度 <sup>*2</sup>	運転状態			最高使用圧力 <sup>*1</sup> (MPa)
背圧式	屋内	原子炉隔離時冷却系タービン及び付属装置	541 kW × 4,500 rpm	MS-1 重 <sup>*3</sup>	一時	8.62	302	◎	重要度
		常設高圧代替注水系タービン及び付属装置 <sup>*4</sup>	620 kW × 5,514 rpm	重 <sup>*3</sup>	一時	8.62	302		

◎：代表機器

\*1：最大出力，最大回転速度，最高使用圧力，最高使用温度を示す

\*2：当該機器に要求される重要度クラスのうち，最上位の重要度クラスを示す

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

\*4：新規に設置される機器

## 2. 代表機器の技術評価

本章では、1章で代表機器とした以下の非常用タービン設備について技術評価を実施する。

### ①原子炉隔離時冷却系タービン及び付属装置

#### 2.1 構造，材料及び使用条件

##### 2.1.1 原子炉隔離時冷却系タービン及び付属装置

###### (1) 構造

東海第二の原子炉隔離時冷却系タービンは、定格運転時最大出力 541 kW，最大回転速度 4,500 rpm の衝動螺旋流背圧式タービンであり，1 台設置されている。

駆動蒸気は，主蒸気管より導かれ，蒸気加減弁を通してタービンに流入し，ケーシングを経て，サプレッション・プールに排出される。

ケーシングは炭素鋼鑄鋼であり，主軸及び翼は低合金鋼である。

主軸及び翼は，ケーシングボルトを緩め，ケーシングを取り外すことにより，外に取り出し点検手入れが可能である。

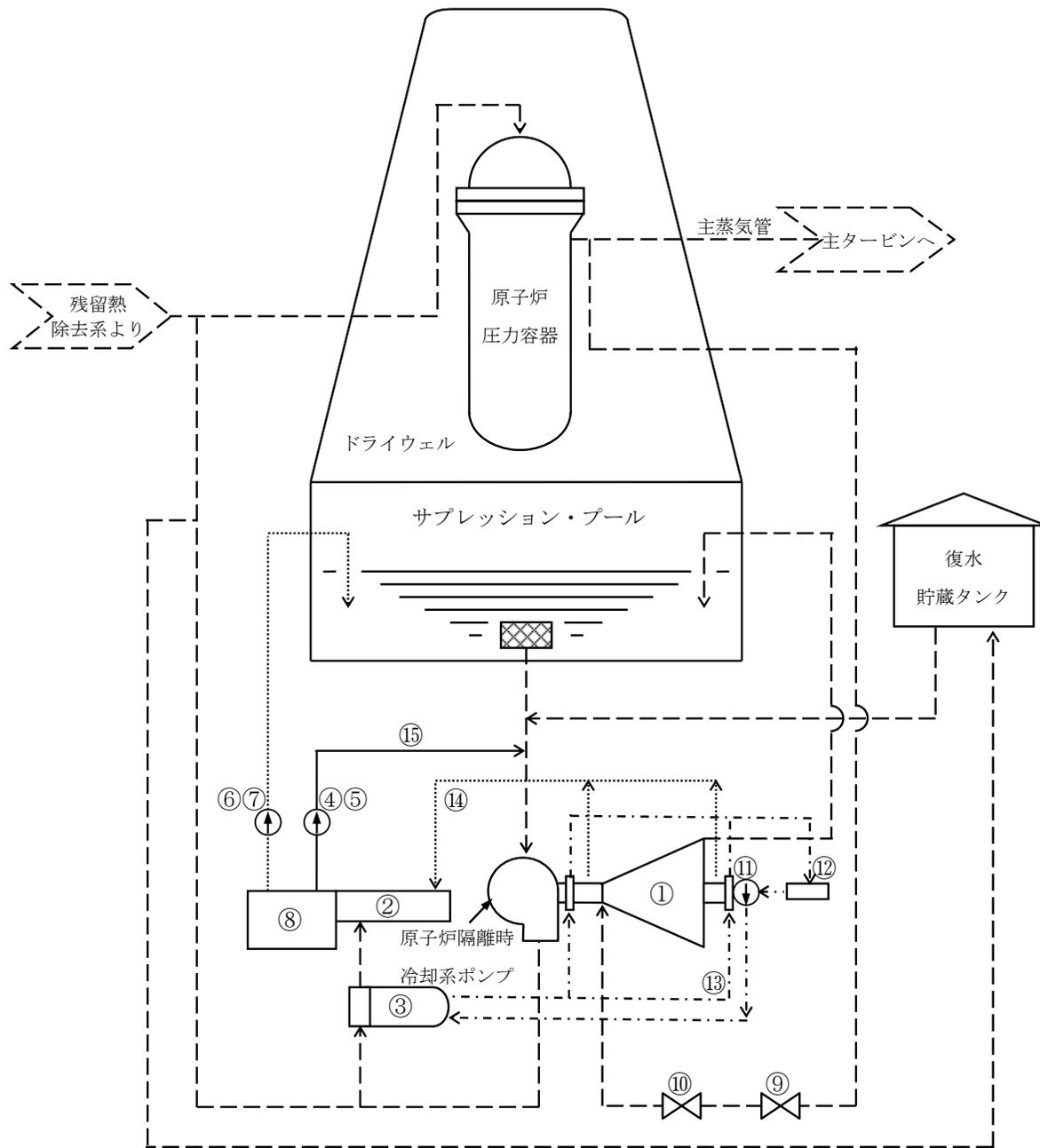
また，タービン周方向は 2 個のジャーナル軸受，タービン軸方向は 1 個のスラスト軸受により支えられている。

なお，原子炉隔離時冷却系タービンの付属設備として，蒸気止め弁，蒸気加減弁，調速・制御装置，非常調速装置，潤滑油装置（主油ポンプ，油冷却器，油タンク）及びグラント蒸気復水装置（バロメトリックコンデンサ，復水ポンプ，真空ポンプ，真空タンク）を設置している。

東海第二の原子炉隔離時冷却系タービン及び付属装置の系統図を図 2.1-1 に，構造図を図 2.1-2 に示す。

###### (2) 材料及び使用条件

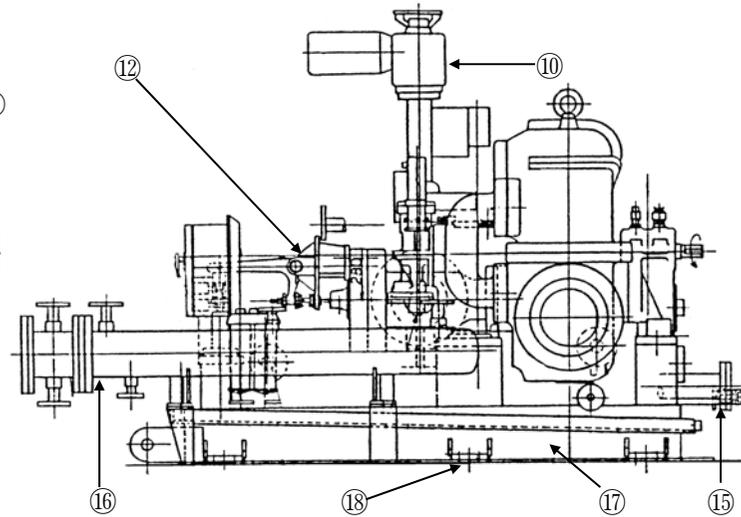
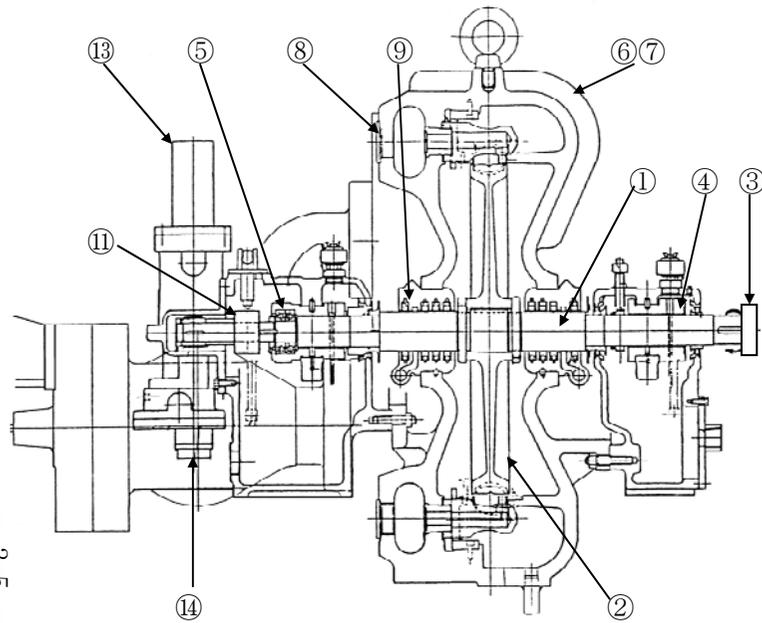
東海第二の原子炉隔離時冷却系タービン及び付属装置主要部位の使用材料を表 2.1-1 に，使用条件を表 2.1-2 に示す。



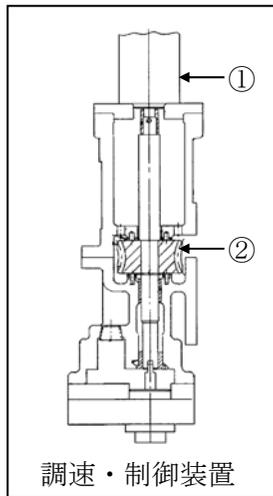
No.	部位
①	タービン
②	バロメトリックコンデンサ
③	油冷却器
④	復水ポンプ
⑤	復水ポンプモータ
⑥	真空ポンプ
⑦	真空ポンプモータ
⑧	真空タンク
⑨	蒸気止め弁
⑩	蒸気加減弁
⑪	主油ポンプ
⑫	油タンク
⑬	油配管
⑭	グラウンド蒸気系配管
⑮	復水系配管・弁

- - - - - 他報告書にて評価  
 ········· 油配管  
 ..... グラウンド蒸気系配管  
 ————— 復水配管

図 2.1-1 原子炉隔離時冷却系タービン及び付属装置系統図

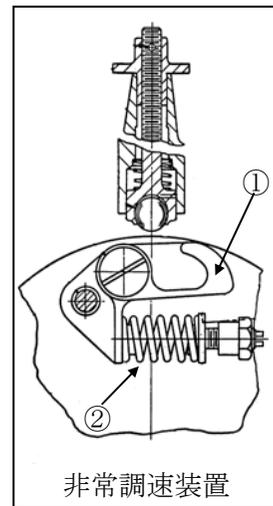


No.	部位
①	主軸
②	翼
③	軸継手
④	ジャーナル軸受
⑤	スラスト軸受 (ころがり)
⑥	ケーシング
⑦	ケーシングボルト
⑧	ガスケット
⑨	カーボンリング
⑩	蒸気止め弁
⑪	非常调速装置
⑫	蒸気加減弁
⑬	调速・制御装置
⑭	主油ポンプ
⑮	油タンク
⑯	油冷却器
⑰	ベースプレート
⑱	基礎ボルト



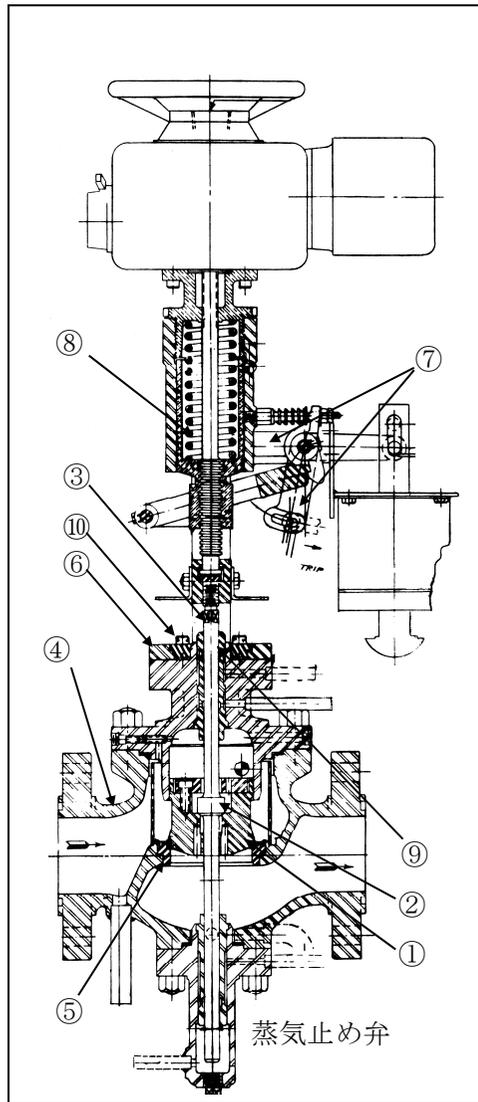
No.	部位
①	EGR*1
②	歯車

\*1 : EGR (Electric Governor with Remote Servo Actuator)

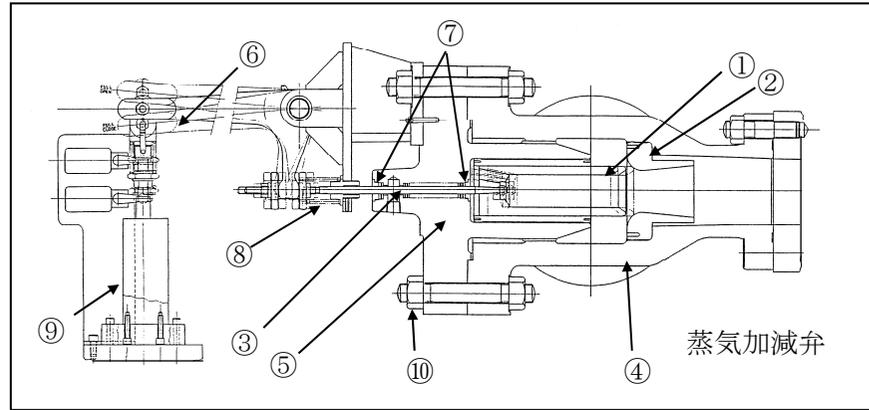


No.	部位
①	トリップウェイト
②	スプリング

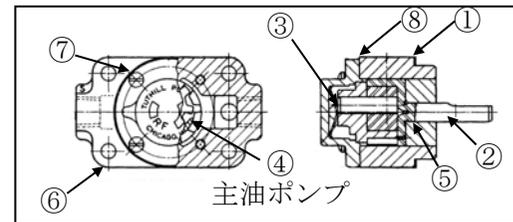
図 2.1-2(1/3) 原子炉隔離時冷却系タービン及び付属装置構造図



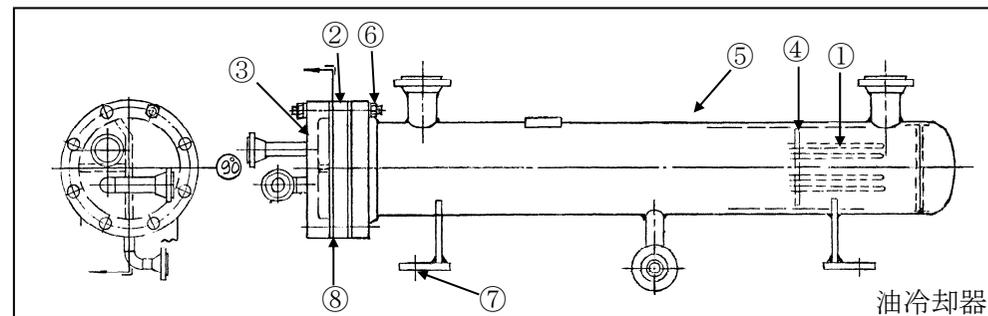
No.	部位
①	弁体 (主弁)
②	弁体 (副弁)
③	弁棒
④	弁箱
⑤	弁座
⑥	弁ふた
⑦	レバー
⑧	スプリング
⑨	プッシュ
⑩	弁ふたボルト



No.	部位
①	弁体
②	弁座
③	弁棒
④	弁箱
⑤	弁ふた
⑥	レバー
⑦	プッシュ
⑧	スプリング
⑨	リモートサーボ
⑩	弁ふたボルト



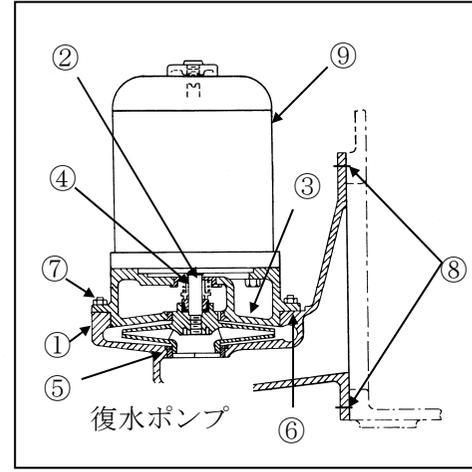
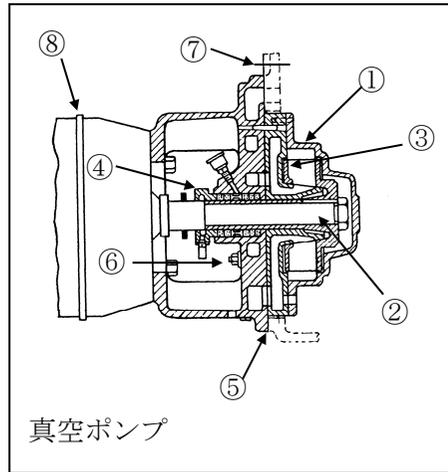
No.	部位
①	ケーシング
②	主軸
③	従軸
④	歯車
⑤	軸受 (すべり)
⑥	ケーシングボルト
⑦	取付ボルト
⑧	ガスケット



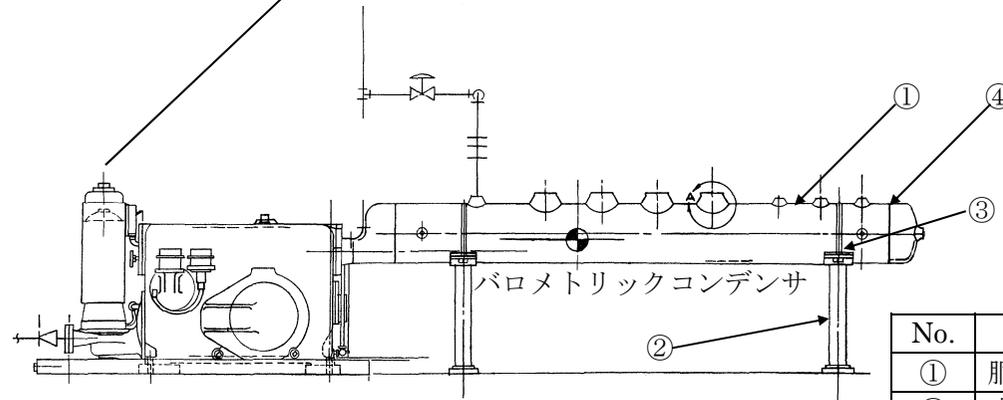
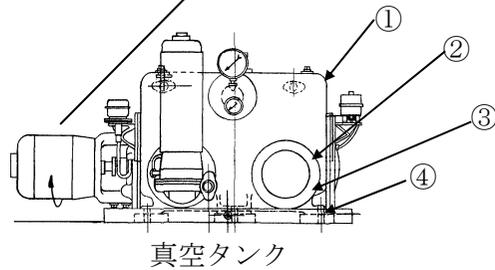
No.	部位
①	伝熱管
②	管板
③	水室
④	管支持板
⑤	胴
⑥	フランジボルト
⑦	取付ボルト
⑧	ガスケット

図 2.1-2 (2/3) 原子炉隔離時冷却系タービン及び付属装置構造図

No.	部位
①	ケーシング
②	主軸
③	羽根車
④	シャフトシール
⑤	ガスケット
⑥	ケーシングボルト
⑦	取付ボルト
⑧	モータ (低圧, 全閉型)



No.	部位
①	ケーシング
②	主軸
③	羽根車
④	メカニカルシール
⑤	シーリングリング
⑥	ガスケット
⑦	ケーシングボルト
⑧	取付ボルト
⑨	モータ (低圧, 全閉型)



No.	部位
①	胴
②	フランジボルト
③	ガスケット
④	取付ボルト

No.	部位
①	胴
②	支持鋼材
③	取付ボルト
④	ガスケット

図 2.1-2(3/3) 原子炉隔離時冷却系タービン及び付属装置構造図

表 2.1-1 (1/4) 原子炉隔離時冷却系タービン及び付属装置主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位		材料
タービン性能の確保	エネルギー変換	タービン	主軸	低合金鋼
			翼	低合金鋼
			軸継手	低合金鋼
	軸支持		ジャーナル軸受	鋳鉄, ホワイトメタル
			スラスト軸受(ころがり)	(消耗品)
バウンダリの維持	耐圧	ケーシング	炭素鋼鋳鋼	
	シール	ケーシングボルト	低合金鋼	
		ガスケット	(消耗品)	
		カーボンリング	(消耗品)	
隔離機能の維持	隔離	蒸気止め弁	弁体(主弁)	ステンレス鋼
			弁体(副弁)	低合金鋼
			弁棒	低合金鋼
			弁箱	炭素鋼鋳鋼
			弁座	ステンレス鋼
			弁ふた	炭素鋼鋳鋼
			レバー	炭素鋼鋳鋼
			スプリング	ばね鋼
			ブッシュ	(定期取替品)
			弁ふたボルト	低合金鋼
			非常调速装置	トリップウエイト
		スプリング		ばね鋼

表 2.1-1 (2/4) 原子炉隔離時冷却系タービン及び付属装置主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位		材料
作動機能の維持	制御	蒸気加減弁	弁体	ステンレス鋼
			弁棒	ステンレス鋼
			弁箱	炭素鋼鋳鋼
			弁座	ステンレス鋼
			弁ふた	炭素鋼鋳鋼
			レバー	鋳鉄
			ブッシュ	(定期取替品)
			スプリング	ピアノ線
			弁ふたボルト	低合金鋼
		調速・制御装置	EGR*1	—
			リモートサーボ	—
			歯車	低合金鋼
	衛帯蒸気系機能の維持	バロメトリックコンデンサ	胴	炭素鋼
			取付ボルト	炭素鋼
			ガスケット	(消耗品)

\*1 : EGR (Electric Governor with Remote Servo Actuator)

表 2.1-1 (3/4) 原子炉隔離時冷却系タービン及び付属装置主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位		材料
作動機能の維持	衛帯蒸気系機能の維持	真空タンク	胴	鋳鉄
			フランジボルト	炭素鋼
			ガスケット	(消耗品)
			取付ボルト	炭素鋼
		真空ポンプ	ケーシング	青銅
			主軸	炭素鋼
			羽根車	青銅
			シャフトシール	(消耗品)
			ガスケット	(消耗品)
			ケーシングボルト	炭素鋼
			取付ボルト	炭素鋼
			モータ (低圧, 全閉型)	主軸, 取付ボルト: 炭素鋼 固定子コイル, 口出線・接続部品: 銅, 絶縁物 回転子コア, 固定子コア: 電磁鋼板 回転子棒, 回転子エンドリング: アルミニウム フレーム, 端子箱, エンドブラケット, ファン・ファンカバー: 圧延鋼板 軸受 (ころがり): (消耗品)
		復水ポンプ	ケーシング	鋳鉄
			主軸	ステンレス鋼
			羽根車	青銅
			メカニカルシール	(消耗品)
			シーリングリング	(消耗品)
			ガスケット	(消耗品)
			ケーシングボルト	炭素鋼
			取付ボルト	炭素鋼
			モータ (低圧, 全閉型)	主軸, 取付ボルト: 炭素鋼 固定子コイル, 口出線・接続部品: 銅, 絶縁物 回転子コア, 固定子コア: 電磁鋼板 回転子棒, 回転子エンドリング: アルミニウム フレーム, 端子箱, エンドブラケット, ファン・ファンカバー: 圧延鋼板 軸受 (ころがり): (消耗品)
			復水系配管・弁	炭素鋼
		グラウンド蒸気系配管	炭素鋼	

表 2.1-1 (4/4) 原子炉隔離時冷却系タービン及び付属装置主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位		材料
作動機能の維持	潤滑油機能の確保	主油ポンプ	ケーシング	鋳鉄
			主軸	炭素鋼
			従軸	低合金鋼, 炭素鋼
			歯車	低合金鋼
			軸受 (すべり)	炭素鋼, ホワイトメタル
			ケーシングボルト	炭素鋼
			取付ボルト	低合金鋼
			ガスケット	(消耗品)
		油冷却器	伝熱管	ステンレス鋼
			管板	ステンレス鋼
			水室	ステンレス鋼
			管支持板	ステンレス鋼
			胴	炭素鋼
			フランジボルト	低合金鋼
			取付ボルト	低合金鋼
			ガスケット	(消耗品)
		油タンク		炭素鋼
		油配管		炭素鋼
機器の支持	支持	ベースプレート		炭素鋼
		支持鋼材		炭素鋼
		基礎ボルト		炭素鋼

表 2.1-2 原子炉隔離時冷却系タービン及び付属装置の使用条件

タービン	運転圧力	8.62 MPa
	運転温度	302 °C
	回転速度	2,200~4,500 rpm
	内部流体	蒸気

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

原子炉隔離時冷却系タービン及び付属装置の機能達成に必要な項目は以下のとおり。

- (1) タービン性能の確保
- (2) バウンダリの維持
- (3) 隔離機能の維持
- (4) 作動機能の維持
- (5) 機器の支持

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

#### (1) 想定される経年劣化事象の抽出

原子炉隔離時冷却系タービン及び付属装置について、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の材料、構造、使用条件（内部流体の種類、応力、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（表 2.2-1 で○又は△、▲）。

なお、消耗品及び定期取替品は以下のとおり評価対象外とする。

#### (2) 消耗品及び定期取替品の扱い

スラスト軸受（ころがり）、ガスケット、カーボンリング、シャフトシール、軸受（ころがり）、メカニカルシール、シーリングリングは消耗品、ブッシュは定期取替品であり、設計時に長期使用せず取替を前提としていることから高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

(3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

想定される経年劣化事象のうち下記①, ②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。

なお, 下記①, ②に該当する事象については2.2.3項に示すとおり, 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって, 想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの(日常劣化管理事象として表2.2-1で△)

② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により, 今後も経年劣化の進展が考えられない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(日常劣化管理事象以外として表2.2-1で▲)

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

- a. モータ(低圧, 全閉型)の固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下  
[真空ポンプ, 復水ポンプ]

### 2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

a. 基礎ボルトの腐食（全面腐食）〔原子炉隔離時冷却系タービン〕

基礎ボルトの健全性については、「機械設備の技術評価書」にて評価を実施するものとし、本評価書には含めない。

b. 主軸，従軸の摩耗〔原子炉隔離時冷却系タービン，真空ポンプ，復水ポンプ，主油ポンプ〕

ジャーナル軸受を使用している原子炉隔離時冷却系タービンの主軸，すべり軸受を使用している主油ポンプの主軸，従軸については，摺動面の摩耗が考えられるが，潤滑油が供給され主軸と軸受間に油膜が形成されており，摩耗の可能性は小さい。

また，点検時の寸法検査及び目視点検において有意な摩耗がないことを確認している。

ころがり軸受を使用している原子炉隔離時冷却系タービン，真空ポンプ，復水ポンプの主軸については，主軸と軸受の接触面の摩耗が考えられるが，目視点検において有意な摩耗がないことを確認している。

したがって，主軸，従軸の摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. ジャーナル軸受及びすべり軸受の摩耗，はく離〔原子炉隔離時冷却系タービン，主油ポンプ〕

原子炉隔離時冷却系タービンのジャーナル軸受，主油ポンプのすべり軸受は，ホワイトメタルを軸受に溶着しているため摩耗及びはく離が想定される。

摩耗については，軸と軸受間に油膜が形成されており，摩耗の可能性は小さい。また，分解点検時の目視点検において有意な摩耗がないことを確認している。

はく離については，分解点検時に目視点検もしくは浸透探傷検査を実施しており，有意なはく離がないことを確認している。

したがって，ジャーナル軸受及びすべり軸受の摩耗，はく離は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. 弁棒の摩耗〔蒸気止め弁，蒸気加減弁〕

蒸気止め弁及び蒸気加減弁の弁棒は，ブッシュ等との摺動部に摩耗が想定されるが，目視点検において有意な摩耗がないことを確認している。

したがって，弁棒の摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. レバー，トリップウェイトの摩耗 [蒸気止め弁，蒸気加減弁，非常調速装置]

蒸気止め弁及び蒸気加減弁のレバー，非常調速装置のトリップウェイトは摺動部に摩耗が想定されるが，目視点検において有意な摩耗がないことを確認している。

したがって，レバー，トリップウェイトの摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f. ケーシング，弁箱，弁ふた，レバー，胴，タンク，配管，弁の外面の腐食（全面腐食） [原子炉隔離時冷却系タービン，蒸気止め弁，蒸気加減弁，バロメトリックコンデンサ，真空タンク，真空ポンプ，復水ポンプ，主油ポンプ，油冷却器，油タンク，復水系配管・弁，グラウンド蒸気系配管，油配管]

原子炉隔離時冷却系タービン（ケーシング），蒸気止め弁（弁箱，弁ふた，レバー），蒸気加減弁（弁箱，弁ふた）は炭素鋼・鋳鋼，蒸気加減弁（レバー），真空タンク（胴），復水ポンプ（ケーシング），主油ポンプ（ケーシング）は鋳鉄，真空ポンプ（ケーシング）は青銅，バロメトリックコンデンサ（胴），油冷却器（胴），油タンク，復水系配管・弁，グラウンド蒸気系配管，油配管は炭素鋼であり，腐食の発生が考えられるが，外気接触部は塗装を施しており，塗膜の状態を目視点検で確認し，必要に応じて補修塗装を実施していることから，腐食発生の可能性は小さい。

また，目視確認において有意な腐食がないことを確認している。

したがって，ケーシング，弁箱，弁ふた，レバー，胴，タンク，配管，弁の外面の腐食（全面腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

g. 胴，ケーシング，配管，弁の内面の腐食（全面腐食） [バロメトリックコンデンサ，真空タンク，真空ポンプ，復水ポンプ，復水系配管・弁，グラウンド蒸気系配管]

真空タンクの胴，復水ポンプのケーシングは鋳鉄，真空ポンプのケーシングは青銅であり，内部流体は純水又は蒸気であることから腐食の発生が考えられるが，目視点検において有意な腐食がないことを確認している。

また，バロメトリックコンデンサの胴，復水系配管・弁，グラウンド蒸気系配管の材料は炭素鋼で，内部流体は純水又は蒸気であることから腐食の発生が考えられるが，使用環境が同様の真空タンク，真空ポンプ，復水ポンプの点検結果から有意な腐食発生の可能性は小さい。

したがって，胴，ケーシング，配管，弁の内面の腐食（全面腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

h. 羽根車の腐食（全面腐食）〔真空ポンプ、復水ポンプ〕

真空ポンプ及び復水ポンプの羽根車は青銅であり、内部流体は純水又は蒸気であることから、腐食の発生が考えられるが、目視点検において有意な腐食がないことを確認している。

したがって、羽根車の腐食（全面腐食）は、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

i. ベースプレート、支持鋼材の腐食（全面腐食）〔原子炉隔離時冷却系タービン、バロメトリックコンデンサ〕

原子炉隔離時冷却系タービンのベースプレート及びバロメトリックコンデンサの支持鋼材は炭素鋼であり、腐食の発生が考えられるが、外気接触部は塗装を施しており、塗膜の状態を目視点検で確認し、必要に応じて補修塗装を実施していることから、腐食発生の可能性は小さい。

また、目視確認において有意な腐食がないことを確認している。

したがって、ベースプレート及び支持鋼材の腐食（全面腐食）は、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

j. ケーシングボルト、取付ボルト、フランジボルト、弁ふたボルトの腐食（全面腐食）〔共通〕

ケーシングボルト、取付ボルト、フランジボルト、弁ふたボルトの材料は炭素鋼、低合金鋼であり、腐食が想定されるが、ボルトの外気接触部は塗装を施しており、必要に応じて補修塗装を実施していることから腐食の可能性は小さい。

また、ボルトは分解点検時に健全性を確認しており、点検時に必要に応じて交換することにより機能を維持している。

したがって、ケーシングボルト、取付ボルト、フランジボルト、弁ふたボルトの腐食（全面腐食）は、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

k. EGR、リモートサーボの性能低下〔調速・制御装置〕

調速・制御装置は一定のポンプ吐出圧力となるように蒸気加減弁に流入する蒸気量を調整している。調速・制御装置は運転中、回転速度を常時制御しているため、駆動部に摺動等による摩耗及び潤滑油の変質、異物の付着による性能劣化が進行し、性能低下が発生する可能性がある。

調速・制御装置（EGR、リモートサーボ）については定期的に、分解点検、潤滑油の交換・フラッシング、応答性試験、試運転調整を実施しており、有意な異常が確認された時は補修・取替を実施することで、機能を維持している。

したがって、EGR、リモートサーボの性能低下は、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

1. 軸継手の摩耗 [原子炉隔離時冷却系タービン]

原子炉隔離時冷却系タービンの軸継手は運転時に動力を伝える部品であるため、長期使用において摩耗が考えられるが、グリースにより潤滑されており、摩耗の可能性は小さい。

なお、分解点検時の目視点検において有意な摩耗は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、軸継手の摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

m. 歯車の摩耗 [主油ポンプ、調速・制御装置]

主油ポンプ及び調速・制御装置の歯車の噛み合い部は摩耗が考えられるが、ポンプ内部流体は油であり、また、調速・制御装置の歯車には油が供給されており、歯面が常時潤滑されているため、摩耗の可能性は小さい。

なお、これまでの目視点検において有意な摩耗は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、歯車の摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

n. 主軸、翼、ケーシングの腐食（流れ加速型腐食） [原子炉隔離時冷却系タービン]

原子炉隔離時冷却系タービンの主軸、翼の材料は低合金鋼、ケーシングは炭素鋼鋳鋼であり、蒸気雰囲気下において腐食（流れ加速型腐食）発生の可能性が考えられるが、本装置は、定期的な機能確認試験時（1ヶ月に1回）のみの運転（約30分程度）であり、腐食（流れ加速型腐食）進行の可能性は小さい。

なお、これまでの目視点検において有意な腐食（流れ加速型腐食）は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、主軸、翼、ケーシングの腐食（流れ加速型腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

o. 弁の腐食（流れ加速型腐食） [蒸気止め弁、蒸気加減弁]

蒸気止め弁（弁体（主弁）、弁座）、蒸気加減弁（弁体、弁棒、弁座）はステンレス鋼、蒸気止め弁（弁箱）、蒸気加減弁（弁箱、弁ふた）は炭素鋼鋳鋼、蒸気止め弁（弁体（副弁）、弁棒）は低合金鋼であり、蒸気雰囲気下において腐食（流れ加速型腐食）発生の可能性が考えられるが、原子炉隔離時冷却系タービンと同様、定期的な機能確認試験時のみの運転であり、腐食（流れ加速型腐食）進行の可能性は小さい。

なお、これまでの目視点検において各部位に有意な腐食（流れ加速型腐食）は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、弁の腐食（流れ加速型腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

p. 羽根車の腐食（キャビテーション）〔復水ポンプ〕

ポンプ内部の羽根車でキャビテーションが発生すると、羽根車表面にエロージョンが生じ、ポンプ性能に影響を及ぼす可能性があるが、ポンプはキャビテーションを起こさない条件（有効吸込ヘッド>必要有効吸込ヘッド）を満たすよう設計段階で既に考慮されており、この大小関係は経年的に変化するものではない。

なお、これまでの目視点検において有意な腐食（キャビテーション）は確認されておらず、今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、羽根車の腐食（キャビテーション）は、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

q. ケーシング、胴、タンク、配管の内面の腐食（全面腐食）〔主油ポンプ、油冷却器、油タンク、油配管〕

主油ポンプのケーシングは鋳鉄、油冷却器の胴、油タンク及び油配管の材料は炭素鋼であり腐食の発生が考えられるが、内部流体は油であり腐食発生の可能性は小さい。

なお、主油ポンプ、油冷却器、油タンクは、これまでの目視点検において有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、ケーシング、胴、タンク、配管の内面の腐食（全面腐食）は、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

r. 主軸、従軸の腐食（全面腐食）〔主油ポンプ〕

主油ポンプの主軸及び従軸は炭素鋼であり腐食の発生が考えられるが、内部流体は油であり腐食発生の可能性は小さい。

なお、主油ポンプは、これまでの目視点検において有意な腐食は確認されておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、主軸、従軸の腐食（全面腐食）は、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

s. 主軸の高サイクル疲労割れ〔原子炉隔離時冷却系タービン〕

原子炉隔離時冷却系タービンの主軸には定常応力と変動応力が発生する。高平均応力下において繰返し応力を受けると、応力集中部等において高サイクル疲労割れが想定されるが、主軸は設計段階において疲労割れが発生しないよう考慮された設計となっており、高サイクル疲労割れが発生する可能性は小さい。

なお、これまでの目視点検及び浸透探傷検査において、有意な欠陥は確認されておらず、今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、主軸の高サイクル疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

t. 主軸の高サイクル疲労割れ [真空ポンプ, 復水ポンプ, 主油ポンプ]

真空ポンプ, 復水ポンプ, 主油ポンプの主軸は繰返し応力を受けると, 応力集中部等において高サイクル疲労割れが想定されるが, ポンプ主軸は設計段階において疲労割れが発生しないよう考慮された設計となっており, 高サイクル疲労割れが発生する可能性は小さい。

なお, これまでの目視点検及び浸透探傷検査において, 有意な欠陥は確認されておらず, 今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, 主軸の高サイクル疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

u. ケーシングの疲労割れ [原子炉隔離時冷却系タービン]

原子炉隔離時冷却系タービンのケーシングは, 炭素鋼鋳鋼であり定期的な機能確認試験時の熱応力による材料への疲労の蓄積から疲労割れが想定される。

しかし, 定期的な機能確認試験時は, 急激な過渡変化を生じないように運転しており, また, 低負荷から定格負荷まで徐々に負荷上昇する運用であることから熱応力による疲労蓄積は小さく, 疲労割れが発生する可能性は小さい。

なお, これまでの目視点検及び浸透探傷検査において有意な欠陥は確認されておらず, 今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, ケーシングの疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

v. 弁棒の疲労割れ [蒸気止め弁, 蒸気加減弁]

弁棒段付部等は角部を滑らかにし, 応力集中がかからないような構造としており, 発生応力の低減を図っている。

また, 弁全開時であってもバックシートで受けるような構造ではないことから, 有意な応力は発生しないと考える。

なお, これまでの目視点検及び浸透探傷検査において, 段付部等応力集中の想定される部位に有意な欠陥は確認されておらず, 今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, 弁棒の疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- w. モータ（低圧，全閉型）主軸の摩耗 [真空ポンプ，復水ポンプ]
- x. モータ（低圧，全閉型）のフレーム，エンドブラケット，ファン・ファンカバー及び端子箱の腐食 [真空ポンプ，復水ポンプ]
- y. モータ（低圧，全閉型）の固定子コア及び回転子コアの腐食 [真空ポンプ，復水ポンプ]
- z. モータ（低圧，全閉型）の取付ボルトの腐食 [真空ポンプ，復水ポンプ]
- aa. モータ（低圧，全閉型）主軸の高サイクル疲労割れ [真空ポンプ，復水ポンプ]

以上，w. ～aa. の評価については，「ポンプモータの技術評価書」の低圧ポンプモータと同一であることから，当該の評価書参照のこと。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、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（日常劣化管理事象以外）

a. 伝熱管、管板の応力腐食割れ [油冷却器]

油冷却器の伝熱管、管板は、ステンレス鋼であり応力腐食割れが想定されるが、実際の運転温度は 100 °C 以下であり、応力腐食割れが発生する可能性はない。

したがって、伝熱管、管板の応力腐食割れは、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. モータ（低圧、全閉型）の回転子棒及び回転子エンドリングの疲労割れ [真空ポンプ、復水ポンプ]

以上、b. の評価については、「ポンプモータの技術評価書」の低圧ポンプモータと同一であることから、当該の評価書参照のこと。

c. スプリングのへたり [蒸気止め弁、非常調速装置、蒸気加減弁]

スプリングは常時応力がかかった状態で使用されるため、へたりが考えられる。

しかし、スプリング使用時のねじり応力は許容ねじり応力以下になるよう設定されており、また、スプリングの材料に対する推奨最高使用温度よりも実際の使用温度は低いことから、へたりの進行の可能性はない。

したがって、スプリングのへたりは、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

表 2.2-1(1/5) 原子炉隔離時冷却系タービン及び付属装置に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考	
					減肉		割れ		材質変化		その他		
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化			
タービン性能の確保	エネルギー変換	タービン	主軸		低合金鋼	△	△*1	△*2					*1:流れ加速型腐食 *2:高サイクル疲労割れ *3:はく離 *4:内面 *5:外面 *6:へたり
			翼		低合金鋼		△*1						
	軸継手			低合金鋼	△								
	軸支持		ジャーナル軸受		鋳鉄, ホワイトメタル	△						△*3	
			スラスト軸受(ころがり)	◎	—								
バウンダリの維持	耐圧	ケーシング		炭素鋼鋳鋼		△*1*4△*5	△						
		ケーシングボルト		低合金鋼		△							
	シール	ガスケット	◎	—									
		カーボンリング	◎	—									
隔離機能の維持	隔離	蒸気止め弁	弁体(主弁)		ステンレス鋼		△*1						
			弁体(副弁)		低合金鋼		△*1						
			弁棒		低合金鋼	△	△*1	△					
			弁箱		炭素鋼鋳鋼		△*1*4△*5						
			弁座		ステンレス鋼		△*1						
			弁ふた		炭素鋼鋳鋼		△*5						
			レバー		炭素鋼鋳鋼	△	△*5						
			スプリング		ばね鋼							▲*6	
			ブッシュ	◎	—								
			弁ふたボルト		低合金鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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

表 2.2-1 (2/5) 原子炉隔離時冷却系タービン及び付属装置に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
隔離機能の維持	隔離	速非常装置	トリップウェイト	黄銅	△							*1:へたり *2:流れ加速型腐食 *3:内面 *4:外面 *5:性能低下
			スプリング	ばね鋼							▲*1	
作動機能の維持	制御	蒸気加減弁	弁体	ステンレス鋼		△*2						
			弁棒	ステンレス鋼	△	△*2	△					
			弁箱	炭素鋼鋳鋼		△*2*3 △*4						
			弁座	ステンレス鋼		△*2						
			弁ふた	炭素鋼鋳鋼		△*2*3 △*4						
			レバー	鋳鉄	△	△*4						
			ブッシュ	◎	—							
			スプリング		ピアノ線						▲*1	
		弁ふたボルト		低合金鋼		△						
		制御装置	調速・	EGR	—							△*5
リモートサーボ	—									△*5		
歯車				低合金鋼	△							

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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

表 2.2-1 (3/5) 原子炉隔離時冷却系タービン及び付属装置に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位		消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象						備考	
						減肉		割れ		材質変化			その他
						摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
作動機能の維持	衛帯蒸気系機能の維持	バロメトリックコンデンサ	胴		炭素鋼		△ <sup>*1*2</sup>					*1:内面 *2:外面 *3:高サイクル疲労割れ *4:主軸 *5:フレーム, エンドブラケット, ファン・ファンカバー及び端子箱 *6:固定子コア及び回転子コア *7:取付ボルト *8:回転子棒及び回転子エンドリング *9:固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下	
			取付ボルト		炭素鋼		△						
			ガスケット	◎	—								
		真空タンク	胴		鋳鉄		△ <sup>*1*2</sup>						
			フランジボルト		炭素鋼		△						
			ガスケット	◎	—								
			取付ボルト		炭素鋼		△						
		真空ポンプ	ケーシング		青銅		△ <sup>*1*2</sup>						
			主軸		炭素鋼	△		△ <sup>*3</sup>					
			羽根車		青銅		△						
			シャフトシール	◎	—								
			ガスケット	◎	—								
			ケーシングボルト		炭素鋼		△						
			取付ボルト		炭素鋼		△						
モータ (低圧, 全閉型)	◎ (軸受(ころがり))		銅, 絶縁物他	△ <sup>*4</sup>	△ <sup>*5*6*7</sup>	△ <sup>*3*4</sup> ▲ <sup>*8</sup>			○ <sup>*9</sup>				

◎ : 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

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

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

表 2.2-1(4/5) 原子炉隔離時冷却系タービン及び付属装置に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位		消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象						備考	
						減肉		割れ		材質変化			その他
						摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
作動機能の維持	衛帯蒸気系機能の維持	復水ポンプ	ケーシング		铸铁		△*1*2						*1:内面 *2:外面 *3:高サイクル疲労割れ *4:キャビテーション *5:主軸 *6:フレーム, エンドブラケット, ファン・ファンカバー及び端子箱 *7:固定子コア及び回転子コア *8:取付ボルト *9:回転子棒及び回転子エンドリング *10:固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下 *11:はく離
			主軸		ステンレス鋼	△		△*3					
			羽根車		青铜			△△*4					
			メカニカルシール	◎	—								
			シーリングリング	◎	—								
			ガスケット	◎	—								
			ケーシングボルト		炭素鋼			△					
			取付ボルト		炭素鋼			△					
			モータ(低圧, 全閉型)	◎ (軸受(ころがり))	銅, 絶縁物他	△*5	△*6*7*8	△*3*5▲*9				○*10	
	復水系配管・弁		炭素鋼			△*1*2							
	グラント蒸気系配管		炭素鋼			△*1*2							
	潤滑油機能の確保	主油ポンプ	ケーシング		铸铁		△*1*2						
			主軸		炭素鋼	△	△	△*3					
			従軸		低合金鋼, 炭素鋼	△	△						
			歯車		低合金鋼	△							
軸受(すべり)				炭素鋼, ホワイトメタル	△						△*11		
ケーシングボルト				炭素鋼			△						
取付ボルト				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 2.2-1 (5/5) 原子炉隔離時冷却系タービン及び付属装置に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位		消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象						備考	
						減肉		割れ		材質変化			その他
						摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
作動機能の維持	潤滑油機能の確保	油冷却器	伝熱管		ステンレス鋼				▲				*1:内面 *2:外面
			管板		ステンレス鋼				▲				
			水室		ステンレス鋼								
			管支持板		ステンレス鋼								
			胴		炭素鋼		△*1*2						
			フランジボルト		低合金鋼		△						
			取付ボルト		低合金鋼		△						
			ガスケット	◎	—								
		油タンク		炭素鋼		△*1*2							
		油配管		炭素鋼		△*1*2							
機器の支持	支持	ベースプレート		炭素鋼		△							
		支持鋼材		炭素鋼		△							
		基礎ボルト		炭素鋼		△							

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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

### 2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

- (1) モータ（低圧，全閉型）の固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下〔真空ポンプ，復水ポンプ〕

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

### 3. 代表機器以外への展開

本章では、2章で実施した代表機器の技術評価について、1章で実施したグループ化で代表機器となっていない機器である常設高圧代替注水系タービン及び付属装置について検討した。

#### ① 常設高圧代替注水系タービン及び付属装置

なお、基礎ボルトについては、常設高圧代替注水系ポンプと常設高圧代替注水系タービンの取付ベースが共通であることから、「ポンプ技術評価書」にて評価を実施するものとし本評価書には含めない。

#### 3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

##### a. モータ（低圧，全閉型）の固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下 [真空ポンプ，復水ポンプ]

モータ（低圧，全閉型）の固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下に関しては、真空ポンプ，復水ポンプは代表機器にのみ設置されており，代表機器以外への展開は不要である。

#### 3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

##### a. 主軸，ジャーナル軸受の摩耗 [常設高圧代替注水系タービン]

主軸はステンレス鋼であり，ジャーナル軸受はステンレス鋼及びカーボンのすべり軸受を使用することとしており，主軸及びジャーナル軸受の摺動面の摩耗が想定されるが，潤滑水が供給されることにより，主軸と軸受間に水膜が形成されるため，摩耗の可能性は小さい。

また，常設高圧代替注水系タービン及び付属装置は新たに設置されることから，今後，寸法検査及び目視点検を実施し，摩耗の有無を確認することで健全性を維持できると考える。

したがって，主軸，ジャーナル軸受の摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

##### b. シリンダ，ピストンの摩耗 [蒸気止め弁，調速・制御装置]

蒸気止め弁のピストン，調速・制御装置のシリンダ及びピストンは摺動面の摩耗が想定されるが，常設高圧代替注水系タービン及び付属装置は新たに設置されることから，今後，目視点検を実施し，摩耗の有無を確認することで健全性を維持できると考える。

したがって，シリンダ，ピストンの摩耗は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. 弁棒の摩耗 [蒸気止め弁, 蒸気加減弁]

蒸気止め弁及び蒸気加減弁の弁棒は摩耗が想定されるが、常設高圧代替注水系タービン及び付属装置は新たに設置されることから、今後、弁ふた側のブッシュと適切な隙間管理を行い、分解点検時に目視点検を実施し、摩耗の有無を確認することで健全性を維持できると考える。

したがって、弁棒の摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. トリップボルトの摩耗 [非常調速装置]

非常調速装置のトリップボルトは摩耗が想定されるが、常設高圧代替注水系タービン及び付属装置は新たに設置されることから、今後、分解点検時に目視点検を実施し、摩耗の有無を確認することで健全性を維持できると考える。

したがって、トリップボルトの摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. ケーシングの腐食（全面腐食） [常設高圧代替注水系タービン]

常設高圧代替注水系タービンのケーシングはステンレス鋳鋼及び低合金鋼であり、腐食が想定されるが、常設高圧代替注水系タービン及び付属装置は新たに設置されることから、今後、分解点検時に目視点検を実施し、腐食の有無を確認することで健全性を維持できると考える。

したがって、ケーシングの腐食（全面腐食）は、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f. 弁箱，ベースプレートの腐食（全面腐食） [蒸気止め弁, 蒸気加減弁, 常設高圧代替注水系タービン]

蒸気止め弁及び蒸気加減弁の弁箱は低合金鋼，ベースプレートは炭素鋼であり，腐食が想定されるが，常設高圧代替注水系タービン及び付属装置は新たに設置されることから，外気接触部は塗装を施すこととしており，今後，塗膜の状態を目視点検で確認し，必要に応じて補修塗装を実施することで健全性を維持できると考える。

したがって，弁箱，ベースプレートの腐食（全面腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

g. ケーシングボルトの腐食（全面腐食） [常設高圧代替注水系タービン]

常設高圧代替注水系タービンのケーシングボルトは低合金鋼であり，腐食が想定されるが，常設高圧代替注水系タービン及び付属装置は新たに設置されることから，ボルトの外気接触部は塗装を施すこととしており，今後，塗膜の状態を目視点検で確認し，必要に応じて補修塗装を実施することで健全性を維持できると考える。

したがって，ケーシングボルトの腐食（全面腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

h. ケーシングボルトの応力腐食割れ[常設高圧代替注水系タービン]

常設高圧代替注水系タービンのケーシングボルトはステンレス鋼であり、蒸気環境下で使用するため、応力腐食割れが発生する可能性があるが、常設高圧代替注水系タービン及び付属装置は新たに設置されることから、今後、ボルトは、目視点検及び浸透探傷検査を実施し、欠陥の有無を確認することで健全性を維持できると考える。

したがって、ケーシングボルトの応力腐食割れは、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

i. 主軸，翼，ケーシングの腐食（流れ加速型腐食） [常設高圧代替注水系タービン]

常設高圧代替注水系タービンの主軸，翼の材料はステンレス鋼，ケーシングはステンレス鋳鋼及び低合金鋼であり、蒸気雰囲気下において腐食（流れ加速型腐食）が想定されるが、本装置は、定期的な機能確認試験時のみの運転であり、腐食（流れ加速型腐食）進行の可能性は小さい。

なお、常設高圧代替注水系タービン及び付属装置は新たに設置されることから、主軸，翼，ケーシングの腐食（流れ加速型腐食）については、今後、分解点検時に目視点検を実施し、腐食（流れ加速型腐食）の有無を確認することで健全性を維持できると考える。

したがって、主軸，翼，ケーシングの腐食（流れ加速型腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

j. 弁の腐食（流れ加速型腐食） [蒸気止め弁，蒸気加減弁]

蒸気止め弁（弁体），蒸気加減弁（弁体，弁棒）はステンレス鋼，蒸気止め弁（弁箱，弁ふた，弁座），蒸気加減弁（弁箱，弁ふた，弁座）は低合金鋼であり、蒸気雰囲気下において腐食（流れ加速型腐食）が想定されるが、タービンと同様、定期試験時のみの運転であり、腐食（流れ加速型腐食）進行の可能性は小さい。

なお、常設高圧代替注水系タービン及び付属装置は新たに設置されることから、弁の腐食（流れ加速型腐食）については、今後、分解点検時に目視点検を実施し、腐食（流れ加速型腐食）の有無を確認することで健全性を維持できると考える。

したがって、弁の腐食（流れ加速型腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

k. 主軸の高サイクル疲労割れ [常設高圧代替注水系タービン]

主軸は繰返し応力を受けると、応力集中部等において高サイクル疲労割れが想定されるが、設計段階において疲労割れが発生しないよう考慮された設計とすることとしており、高サイクル疲労割れが発生する可能性は小さい。

なお、常設高圧代替注水系タービン及び付属装置は新たに設置されることから、主軸の高サイクル疲労割れについては、今後、分解点検時に目視点検及び浸透探傷検査を実施し、欠陥の有無を確認することで健全性を維持できると考える。

したがって、主軸の高サイクル疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

l. ケーシングの疲労割れ [常設高圧代替注水系タービン]

常設高圧代替注水系タービンのケーシングは、ステンレス鋳鋼であり定期的な機能確認試験時の熱応力による材料への疲労の蓄積から疲労割れが想定される。

しかし、定期的な機能確認試験時は、急激な温度変化を生じないように運転することとしており、熱応力による疲労蓄積は小さいことから疲労割れが発生する可能性は小さい。

なお、常設高圧代替注水系タービン及び付属装置は新たに設置されることから、ケーシングの疲労割れについては、今後、分解点検時に目視点検及び浸透探傷検査を実施し、欠陥の有無を確認することで健全性を維持できると考える。

したがって、ケーシングの疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

m. 弁棒の疲労割れ [蒸気加減弁]

弁棒段付部等は角部を滑らかにし、応力集中がかからないような構造とすることとしており、発生応力の低減を図る。

また、弁全開時であってもバックシートで受けるような構造ではないことから、有意な応力は発生しないと考える。

なお、常設高圧代替注水系タービン及び付属装置は新たに設置されることから、弁棒の疲労割れについては、今後、分解点検時に目視点検及び浸透探傷検査を実施し、欠陥の有無を確認することで健全性を維持できると考える。

したがって、弁棒の疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、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（日常劣化管理事象以外）

a. スプリングのへたり [非常調速装置, 調速・制御装置]

スプリングは常時応力がかかった状態で使用されるため、へたりが想定される。

しかし、スプリング使用時のねじり応力は許容ねじり応力以下になるよう設定することとしており、また、スプリングの材料に対する推奨最高使用温度よりも実際の使用温度は低いことから、へたりの進行の可能性はない。

したがって、スプリングのへたりは、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。