

大飯発電所 4 号炉

計測制御設備の技術評価書

[運転を断続的に行うことを前提とした評価]

関西電力株式会社

大飯4号炉の計測制御設備のうち、評価対象機器である安全重要度分類審査指針におけるクラス1、2の機器、高温・高圧の環境下にあるクラス3の機器および常設重大事故等対処設備に属する機器について、図1に示すとおり、目的・機能を基にプロセス計測制御設備と制御設備に分類している。

プロセス計測制御設備については、計測対象および信号伝送方式でグループ化し、同一グループ内の複数の機器の存在を考慮して、使用条件および主要構成機器の観点から代表機器を選定した。

制御設備については、機能でグループ化し、同一グループ内の複数の機器の存在を考慮して、主要構成機器および重要度の観点から代表機器を選定した。

これらの一覧表を表1および表2に、機能を表3に示す。

なお、図1において重複している部分については、指示計、自動/手動操作器、記録計および原子炉安全保護計装盤の信号変換処理部はプロセス計測制御設備で、それ以外の機器は制御設備で評価をしている。

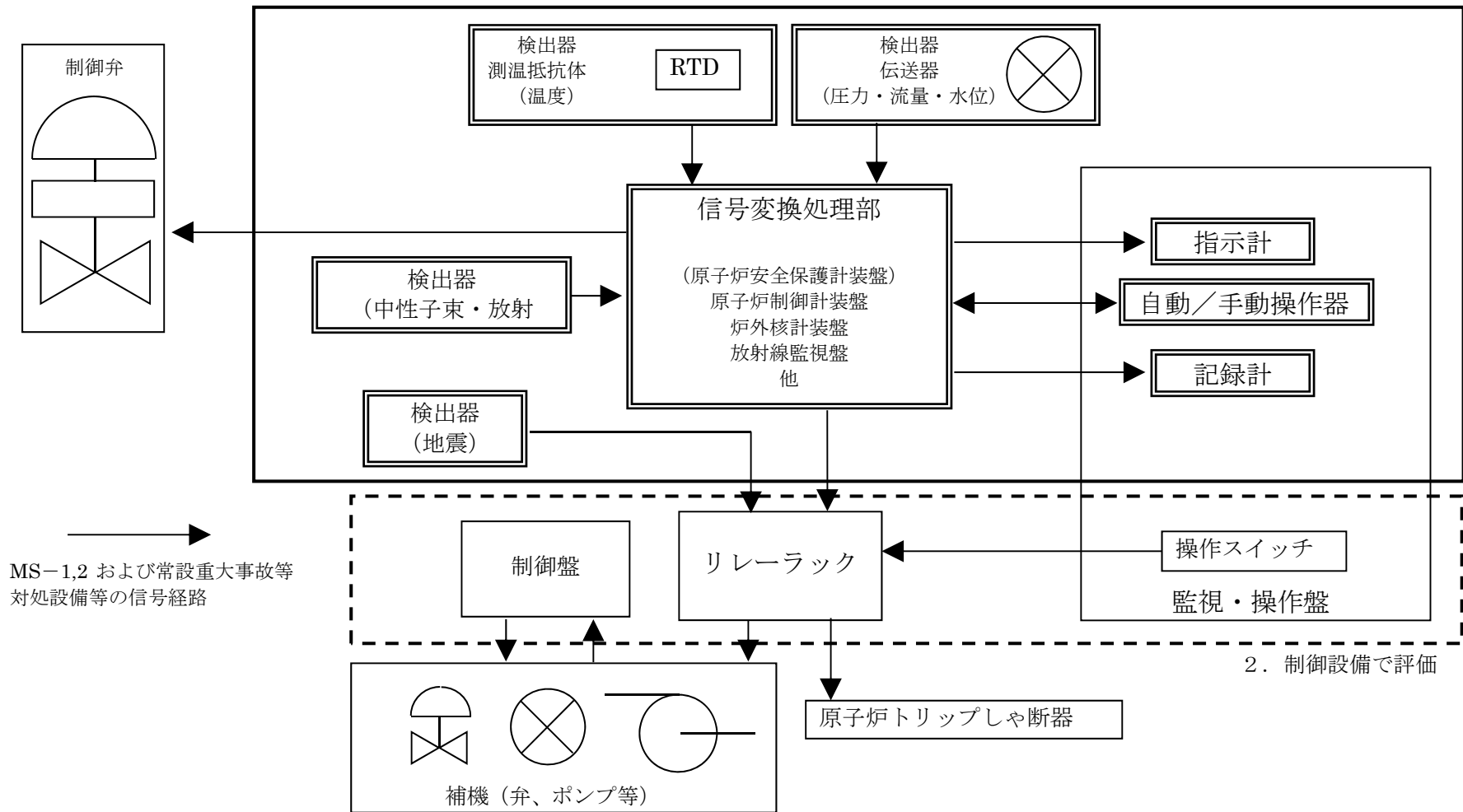
本評価書においては、これら代表機器について技術評価を行うとともに、代表機器以外の機器について技術評価を展開している。本評価書における技術評価結果で現状保全を継続すべき項目としたものについては、現状保全の点検手法の適切性を確認しており、現状保全を継続することで健全性の維持は可能であると考えます。

なお、計測制御設備は、定期的な機器の点検調整、または周期的な取替により機能維持を図ることで信頼性を確保している。

また、点検等で確認した結果、異常が認められた場合は速やかに対策を施すこととしており、異常が認められた場合に対策を実施する旨の記載は省略している。

- 1 プロセス計測制御設備
- 2 制御設備

1. プロセス計測制御設備で評価



2. 制御設備で評価

図1 大飯4号炉 計測制御設備の評価区分

表1 (1/6) 大飯4号炉 主要なプロセス計測制御設備

分離基準		機器名称 (ループ数)	選定基準				代表機器の選定	
計測対象	信号伝送方式		主要構成機器	重要度*1	使用条件		代表機器	選定理由
					設置場所 (上段:検出器/下段:検出器以外)	温度 (°C)		
圧力	連続	1次冷却材圧力 (2)	伝送器、信号変換処理部、指示計	MS-1、重*2	原子炉格納容器内*3、4	約29	◎	要求される環境条件が厳しいことから選定
					継電器室、中央制御室	約26		
		加圧器圧力 (4)	伝送器、信号変換処理部	MS-1	原子炉格納容器内*3	約37		
					継電器室	約26		
		主蒸気圧力 (16)	伝送器、信号変換処理部、指示計	MS-1、重*2	原子炉周辺建屋	約40		
					継電器室、中央制御室	約26		
		タービン第1段圧力 (4)	伝送器、信号変換処理部	MS-1	タービン建屋	約40		
					継電器室	約26		
		格納容器圧力 (広域) (5)	伝送器、信号変換処理部、指示計	MS-1、重*2	原子炉周辺建屋	約40		
					継電器室、中央制御室	約26		
制御用空気供給母管圧力 (2)	伝送器、信号変換処理部、指示計	MS-2	原子炉周辺建屋	約40				
			継電器室、中央制御室	約26				
海水供給母管圧力 (2)	伝送器、信号変換処理部	MS-2	屋外	約40				
			継電器室	約26				
アニュラス圧力 (2)	伝送器、信号変換処理部	MS-2	原子炉周辺建屋	約40				
			継電器室	約26				
安全補機室圧力 (1)	伝送器、信号変換処理部	MS-2	原子炉周辺建屋	約40				
			継電器室	約26				

*1: 機能は最上位の機能を示す。

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

*3: 設計基準事故 (1次冷却材管の破断による原子炉冷却材喪失) を考慮する。

*4: 重大事故等 (格納容器過温破損、格納容器過圧破損) を考慮する。

表1 (2/6) 大飯4号炉 主要なプロセス計測制御設備

分離基準		機器名称 (ループ数)	選定基準				代表機器の選定	
計測対象	信号伝送方式		主要構成機器	重要度*1	使用条件		代表機器	選定理由
					設置場所 (上段:検出器/下段:検出器以外)	温度 (°C)		
流量	連続	余熱除去流量 (2)	オリフィス、伝送器、信号変換処理部、指示計、自動/手動操作器	MS-2、重*2	原子炉周辺建屋	約40	◎	主要構成機器数が多いことから選定
					継電器室、中央制御室	約26		
		高圧注入流量 (2)	オリフィス、伝送器、信号変換処理部、指示計	MS-2、重*2	原子炉周辺建屋	約40		
					継電器室、中央制御室	約26		
		1次冷却材流量 (16)	伝送器、信号変換処理部	MS-1	原子炉格納容器内	約30		
					継電器室	約26		
		補助給水流量 (4)	オリフィス、伝送器、信号変換処理部、指示計	MS-2、重*2	原子炉周辺建屋	約40		
継電器室、中央制御室	約26							
恒設代替低圧注水積算流量 (1)	オリフィス、伝送器、信号変換処理部、記録計	重*2	原子炉周辺建屋	約40				
			中央制御室	約26				
格納容器スプレイ積算流量 (1)	オリフィス、伝送器、信号変換処理部、記録計	重*2	原子炉周辺建屋	約40				
			中央制御室	約26				

*1: 機能は最上位の機能を示す。

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

表1 (3/6) 大飯4号炉 主要なプロセス計測制御設備

分離基準		機器名称 (ループ数)	選定基準				代表機器の選定	
計測対象	信号伝送方式		主要構成機器	重要度*1	使用条件		代表機器	選定理由
					設置場所 (上段:検出器/下段:検出器以外)	温度(°C)		
水位	連続	加圧器水位 (4)	伝送器、信号変換処理部、指示計、自動/手動操作器	MS-1、重*2	原子炉格納容器内*3、4	約31	◎	要求される環境条件が厳しいことおよび主要構成機器数が多いことから選定
					継電器室、中央制御室	約26		
		ほう酸タンク水位 (2)	伝送器、信号変換処理部、指示計、記録計	MS-2、重*2	原子炉周辺建屋	約40		
					継電器室、中央制御室	約26		
		格納容器再循環サンプル水位 (広域・狭域) (4)	伝送器、信号変換処理部、指示計	MS-2、重*2	原子炉格納容器内*3、4	約30		
					継電器室、中央制御室	約26		
		蒸気発生器水位 (狭域) (16)	伝送器、信号変換処理部、指示計	MS-1、重*2	原子炉格納容器内*3、4	約29		
					継電器室、中央制御室	約26		
		蒸気発生器水位 (広域) (4)	伝送器、信号変換処理部、指示計	MS-2、重*2	原子炉格納容器内*3、4	約26		
					継電器室、中央制御室	約26		
		原子炉補機冷却水サージタンク水位 (2)	伝送器、信号変換処理部、指示計、記録計	MS-2、重*2	原子炉周辺建屋	約40		
					継電器室、中央制御室	約26		
		燃料取替用水ピット水位 (4)	伝送器、信号変換処理部、指示計	MS-1、重*2	原子炉周辺建屋	約40		
					継電器室、中央制御室	約26		
		よう素除去薬品タンク水位 (4)	伝送器、信号変換処理部	MS-1	原子炉周辺建屋	約40		
					継電器室	約26		

*1: 機能は最上位の機能を示す。

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

*3: 設計基準事故 (1次冷却材管の破断による原子炉冷却材喪失) を考慮する。

*4: 重大事故等 (格納容器過温破損、格納容器過圧破損) を考慮する。

表1 (4/6) 大飯4号炉 主要なプロセス計測制御設備

分離基準		機器名称 (ループ数)	選定基準				代表機器の選定	
計測対象	信号伝送方式		主要構成機器	重要度*1	使用条件		代表機器	選定理由
					設置場所 (上段:検出器/下段:検出器以外)	温度(°C)		
水位	連続	使用済燃料ピット水位 (2)	伝送器、信号変換処理部、指示計	重*2	原子炉周辺建屋*4	約40		
					原子炉周辺建屋	約40		
					中央制御室	約26		
		原子炉水位 (1)	伝送器、信号変換処理部	重*2	原子炉格納容器内*3	約34		
					中央制御室	約26		
		復水ピット水位 (2)	伝送器、信号変換処理部、指示計	MS-2、重*2	原子炉周辺建屋	約40		
					原子炉周辺建屋	約40		
					継電器室、中央制御室	約26		
		原子炉格納容器水位 (1)	電極式水位計、信号変換処理部、表示器	重*2	原子炉格納容器内	約30		
					中央制御室	約26		
		原子炉下部キャビティ水位 (1)	電極式水位計、信号変換処理部、表示器	重*2	原子炉格納容器内	約33		
					中央制御室	約26		

*1：機能は最上位の機能を示す。

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

*3：重大事故等（格納容器過温破損、格納容器過圧破損）を考慮する。

*4：重大事故等（使用済燃料ピットにおける重大事故に至るおそれがある事故）を考慮する。

表1 (5/6) 大飯4号炉 主要なプロセス計測制御設備

分離基準		機器名称 (ループ数)	選定基準				代表機器の選定	
計測対象	信号伝送方式		主要構成機器	重要度*1	使用条件		代表機器	選定理由
					設置場所(上段:検出器/下段:検出器以外)	温度(°C)		
温度	連続	1次冷却材高温側温度(広域) (4)	測温抵抗体、信号変換処理部、指示計	MS-2、重*2	原子炉格納容器内*3、4	約343*5	◎	要求される環境条件が厳しいことから選定
					継電器室、中央制御室	約26		
		1次冷却材低温側温度(広域) (4)	測温抵抗体、信号変換処理部、指示計	MS-2、重*2	原子炉格納容器内*3、4	約343*5		
					継電器室、中央制御室	約26		
		1次冷却材高温側温度(狭域) (12)	測温抵抗体、信号変換処理部	MS-1	原子炉格納容器内*3	約343*5		
					継電器室	約26		
		1次冷却材低温側温度(狭域) (4)	測温抵抗体、信号変換処理部	MS-1	原子炉格納容器内*3	約343*5		
					継電器室	約26		
		格納容器内温度 (2)	測温抵抗体、信号変換処理部、指示計	MS-2、重*2	原子炉格納容器内*3、4	約38		
					継電器室、中央制御室	約26		
使用済燃料ピット温度 (2)	測温抵抗体、信号変換処理部、指示計	重*2	原子炉周辺建屋*6	約40				
			原子炉周辺建屋	約40				
			中央制御室	約26				
静的触媒式水素再結合装置温度 (5)	熱電対、信号変換処理部、表示器	重*2	原子炉格納容器内*4	約39				
			中央制御室	約26				
原子炉格納容器水素燃焼装置温度 (14)	熱電対、信号変換処理部、表示器	重*2	原子炉格納容器内*4	約42				
			中央制御室	約26				

*1: 機能は最上位の機能を示す。

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

*3: 設計基準事故(1次冷却材管の破断による原子炉冷却材喪失)を考慮する。

*4: 重大事故等(格納容器過温破損、格納容器過圧破損)を考慮する。

*5: 最高使用温度。

*6: 重大事故等(使用済燃料ピットにおける重大事故に至るおそれがある事故)を考慮する。

表1 (6/6) 大飯4号炉 主要なプロセス計測制御設備

分離基準		機器名称 (ループ数)	選定基準				代表機器の選定	
計測対象	信号伝送方式		主要構成機器	重要度*1	使用条件		代表機器	選定理由
					設置場所 (上段:検出器/下段:検出器以外)	温度(°C)		
地震	ON-OFF	保護用地震計(水平用)(6)	地震計	MS-1	原子炉建屋	約40	◎	
		保護用地震計(鉛直用)(3)	地震計	MS-1	—	—		
中性子束	連続	中性子束(出力領域)(4)	中性子束検出器、信号変換処理部、指示計、記録計	MS-1、重*2	原子炉格納容器内	約37	◎	環境条件が同じであり、ループ数が多いことから選定
					継電器室、中央制御室	約26		
		中性子束(中間領域)(2)	中性子束検出器、信号変換処理部、指示計、記録計	MS-1、重*2	原子炉格納容器内	約37		
					継電器室、中央制御室	約26		
中性子束(中性子源領域)(2)	中性子束検出器、前置増幅器、信号変換処理部、指示計、記録計	MS-1、重*2	原子炉格納容器内	約37				
			原子炉周辺建屋	約40				
放射線	連続	格納容器内高レンジエリアモニタ(4)	放射線検出器、前置増幅器、信号変換処理部、指示計	MS-2、重*2	原子炉格納容器内*3、4	約39	◎	
					原子炉周辺建屋	約40		
					中央制御室	約26		
水素濃度	連続	アニュラス水素濃度(2)	水素濃度検出器、指示計	重*2	原子炉周辺建屋	約40	◎	
					中央制御室	約26		

*1: 機能は最上位の機能を示す。

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

*3: 設計基準事故(1次冷却材管の破断による原子炉冷却材喪失)を考慮する。

*4: 重大事故等(格納容器過温破損、格納容器過圧破損)を考慮する。

表 2 (1 / 3) 大飯 4 号炉 主要な制御設備

分離 基準	機器名称 (面数)	選定基準							代表機器の選定	
		主要構成機器						重要度*1	代表 機器	選定理由
		検出回路部	ロジック回路部	操作回路部	監視回路部	駆動回路部	電源部			
保護・シーケ ンス盤、リレ ーラック	原子炉安全保護計装盤 (4)	—	補助リレー、 半導体基板	操作スイッチ	—	—	NFB*2、 電源装置	MS-1	◎	重要度、主要 構成機器
	安全保護シーケンス盤 (4)	—	補助リレー、 半導体基板	—	—	—	NFB*2、 電源装置	MS-1		
	ATWS 緩和設備 (1)	—	半導体基板、補助 リレー、タイマ	—	—	—	NFB*2	重*3		

*1：機能は最上位の機能を示す。

*2：ノーヒューズブレーカ。

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

表 2 (2 / 3) 大飯 4 号炉 主要な制御設備

分離 基準	機器名称 (面数)	選定基準							代表機器の選定	
		主要構成機器						重要度*1	代表 機器	選定理由
		検出回路部	ロジック回路部	操作回路部	監視回路部	駆動回路部	電源部			
監視・操作 盤、通信設備	主盤 (1)	—	—	操作スイッチ	表示灯、 故障表示器	—	NFB*2、電源装 置、ヒューズ	MS-1	◎	重要機器 の監視お よび操作 を行う
	原子炉補助盤 (1)	—	—	操作スイッチ	表示灯、 故障表示器	—	NFB*2、 電源装置	MS-1		
	換気空調盤 (1)	—	—	操作スイッチ	表示灯、 故障表示器	—	NFB*2、電源装 置、ヒューズ	MS-1		
	中央制御室外原子炉停 止盤 (2)	—	—	操作スイッチ	表示灯	—	NFB*2	MS-2		
	中央制御室外換気空調 盤 (2)	—	—	操作スイッチ	表示灯	—	NFB*2	MS-1		
	使用済燃料ピット監視 カメラ (2)	カメラユニ ット	半導体基板	LAN	半導体基板、 表示部 (PC)	—	NFB*2、UPS*4	重*3		

*1：機能は最上位の機能を示す。

*2：ノーヒューズブレーカ。

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

*4：無停電電源装置。

表 2 (3 / 3) 大飯 4 号炉 主要な制御設備

分離基準	機器名称 (面数)	選定基準							代表機器の選定	
		主要構成機器						重要度*1	代表機器	選定理由
		検出回路部	ロジック回路部	操作回路部	監視回路部	駆動回路部	電源部			
制御盤	ディーゼル発電機制御盤 (12)	励磁装置、保護リレー (静止形)、保護リレー (機械式)、計器用変流器、電磁ピックアップ	電圧調整装置、スピードリレー、電圧設定器、補助リレー、タイマ、ヒューズ	操作スイッチ、ロックアウトリレー	表示灯、指示計、故障表示器	電磁接触器、シリコン整流器	NFB*2	MS-1、重*3	◎	重要度、主要構成機器
	充てんポンプ速度制御盤・補助盤 (1)	—	速度制御装置、タイマ	速度設定器、操作スイッチ	指示計	—	NFB*2、変圧器、ヒューズ	MS-1		
	制御用空気圧縮機制御盤 (2)	—	補助リレー、タイマ	操作スイッチ	表示灯、故障表示器	—	NFB*2	MS-1		
	空調用冷凍機制御盤 (4)	—	補助リレー、タイマ	操作スイッチ	表示灯、指示計	電磁接触器	NFB*2	MS-1		
	タービン動補助給水ポンプ起動盤 (2)	—	補助リレー、タイマ	操作スイッチ	表示灯	電磁接触器	NFB*2	MS-1		
	空冷式非常用発電装置制御盤 (2)	励磁装置、計器用変圧器	補助リレー、速度制御装置、ヒューズ、自動電圧調整器	操作スイッチ	表示灯、指示計、故障表示器	—	NFB*2	重*3		

*1：機能は最上位の機能を示す。

*2：ノーヒューズブレーカ。

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

表3 大飯4号炉 主要な計測制御設備の機能

設備区分		機能概要
プロセス計測制御設備		プロセス値（圧力・流量・水位等）を検出器で電気信号に変換し、信号変換処理部にて信号変換処理・演算処理を行い、指示計・記録計・自動／手動操作器に伝達する。指示計・記録計は、制御設備の監視・操作盤に取り付けられており、信号変換処理部から伝達されてきた電気信号を工学値に変換し、指示または記録する。自動／手動操作器は、制御設備の監視・操作盤に取り付けられており、入力値と設定値との差に応じた電気信号を出力する。
制御設備	リレーラック	プロセス計測制御設備からの信号および外部操作信号を受け、補助リレー、タイマにより原子炉の保護／制御ロジックを構成し、原子炉トリップ、安全保護系、工学的安全施設等へ信号を伝達する。
	監視・操作盤	プロセス計測制御設備の一部である指示計・記録計・自動／手動操作器により、状態監視および操作を行うとともに、操作スイッチによる補機操作および故障表示器・表示灯による状態監視を行う。
	制御盤	中央制御室・継電器室以外に設置されている制御設備であり操作スイッチ・保護継電器・補助リレー等による補機の保護／制御および故障表示器・表示灯による補機の状態監視を行う。

1 プロセス計測制御設備

[計測対象]

- ① 圧力
- ② 流量
- ③ 水位
- ④ 温度
- ⑤ 地震
- ⑥ 中性子束
- ⑦ 放射線
- ⑧ 水素濃度

目次

1. 技術評価対象機器および代表機器の選定	1
1.1 グループ化の考え方および結果	1
1.2 代表機器の選定	1
2. 代表機器の技術評価	9
2.1 構造、材料および使用条件	9
2.2 経年劣化事象の抽出	38
3. 代表機器以外への展開	51
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象	53

1. 技術評価対象機器および代表機器の選定

大飯4号炉で使用されているプロセス計測制御設備の主な仕様を表1-1に示す。

これらのプロセス計測制御設備を計測対象および信号伝送方式の観点からグループ化し、それぞれのグループより以下のとおり代表機器を選定した。

1.1 グループ化の考え方および結果

表1-1に示すプロセス計測制御設備について、計測対象および信号伝送方式を分離基準として考えると、合計8つのグループに分類される。

1.2 代表機器の選定

(1) 計測対象：圧力、信号伝送方式：連続

このグループには、1次冷却材圧力、加圧器圧力、主蒸気圧力等が属するが、要求される環境条件が厳しい1次冷却材圧力を代表機器とする。

(2) 計測対象：流量、信号伝送方式：連続

このグループには、余熱除去流量、高圧注入流量、1次冷却材流量等が属するが、主要構成機器数の多い余熱除去流量を代表機器とする。

(3) 計測対象：水位、信号伝送方式：連続

このグループには、加圧器水位、ほう酸タンク水位、格納容器再循環サンプル水位等が属するが、要求される環境が厳しく、主要構成機器数の多い加圧器水位を代表機器とする。

(4) 計測対象：温度、信号伝送方式：連続

このグループには、1次冷却材高温側温度（広域）、1次冷却材低温側温度（広域）等が属するが、要求される環境条件が厳しい1次冷却材高温側温度（広域）を代表機器とする。

(5) 計測対象：地震、信号伝送方式：ON-OFF

このグループには、保護用地震計（水平用）・（鉛直用）が属するが、主要構成機器および環境条件が同じであるため、保護用地震計（水平用）を代表機器とする。

(6) 計測対象：中性子束、信号伝送方式：連続

このグループには、中性子束（出力領域）、中性子束（中間領域）および中性子束（中性子源領域）が属するが、環境条件が同じであり、ループ数が多い中性子束（出力領域）を代表機器とする。

(7) 計測対象：放射線、信号伝送方式：連続

このグループには、格納容器内高レンジエリアモニタのみが属するため、格納容器内高レンジエリアモニタを代表機器とする。

(8) 計測対象：水素濃度、信号伝送方式：連続

このグループには、アニュラス水素濃度のみが属するため、アニュラス水素濃度を代表機器とする。

表1-1(1/6) 大飯4号炉 プロセス計測制御設備の主な仕様

分離基準		機器名称 (ループ数)	選定基準				代表機器の選定	
計測対象	信号伝送方式		主要構成機器	重要度*1	使用条件		代表機器	選定理由
					設置場所(上段:検出器/下段:検出器以外)	温度(°C)		
圧力	連続	1次冷却材圧力(2)	伝送器、信号変換処理部、指示計	MS-1、重*2	原子炉格納容器内*3、4	約29	◎ 要求される環境条件が厳しいことから選定	
					継電器室、中央制御室	約26		
		加圧器圧力(4)	伝送器、信号変換処理部	MS-1	原子炉格納容器内*3	約37		
					継電器室	約26		
		主蒸気圧力(16)	伝送器、信号変換処理部、指示計	MS-1、重*2	原子炉周辺建屋	約40		
					継電器室、中央制御室	約26		
		タービン第1段圧力(4)	伝送器、信号変換処理部	MS-1	タービン建屋	約40		
					継電器室	約26		
		格納容器圧力(広域)(5)	伝送器、信号変換処理部、指示計	MS-1、重*2	原子炉周辺建屋	約40		
					継電器室、中央制御室	約26		
		制御用空気供給母管圧力(2)	伝送器、信号変換処理部、指示計	MS-2	原子炉周辺建屋	約40		
					継電器室、中央制御室	約26		
		海水供給母管圧力(2)	伝送器、信号変換処理部	MS-2	屋外	約40		
					継電器室	約26		
アニュラス圧力(2)	伝送器、信号変換処理部	MS-2	原子炉周辺建屋	約40				
			継電器室	約26				
安全補機室圧力(1)	伝送器、信号変換処理部	MS-2	原子炉周辺建屋	約40				
			継電器室	約26				

*1: 機能は最上位の機能を示す。

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

*3: 設計基準事故(1次冷却材管の破断による原子炉冷却材喪失)を考慮する。

*4: 重大事故等(格納容器過温破損、格納容器過圧破損)を考慮する。

表1-1(2/6) 大飯4号炉 プロセス計測制御設備の主な仕様

分離基準		機器名称 (ループ数)	選定基準				代表機器の選定	
計測対象	信号伝送方式		主要構成機器	重要度*1	使用条件		代表機器	選定理由
					設置場所(上段:検出器/下段:検出器以外)	温度(°C)		
流量	連続	余熱除去流量 (2)	オリフィス、伝送器、信号変換処理部、指示計、自動/手動操作器	MS-2、重*2	原子炉周辺建屋	約40	◎	主要構成機器数が多いことから選定
					継電器室、中央制御室	約26		
		高圧注入流量 (2)	オリフィス、伝送器、信号変換処理部、指示計	MS-2、重*2	原子炉周辺建屋	約40		
					継電器室、中央制御室	約26		
		1次冷却材流量 (16)	伝送器、信号変換処理部	MS-1	原子炉格納容器内	約30		
					継電器室	約26		
		補助給水流量 (4)	オリフィス、伝送器、信号変換処理部、指示計	MS-2、重*2	原子炉周辺建屋	約40		
継電器室、中央制御室	約26							
恒設代替低圧注水積算流量 (1)	オリフィス、伝送器、信号変換処理部、記録計	重*2	原子炉周辺建屋	約40				
			中央制御室	約26				
格納容器スプレイ積算流量 (1)	オリフィス、伝送器、信号変換処理部、記録計	重*2	原子炉周辺建屋	約40				
			中央制御室	約26				

*1: 機能は最上位の機能を示す。

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

表1-1(3/6) 大飯4号炉 プロセス計測制御設備の主な仕様

分離基準		機器名称 (ループ数)	選定基準				代表機器の選定	
計測対象	信号伝送方式		主要構成機器	重要度*1	使用条件		代表機器	選定理由
					設置場所(上段:検出器/下段:検出器以外)	温度(°C)		
水位	連続	加圧器水位(4)	伝送器、信号変換処理部、指示計、自動/手動操作器	MS-1、重*2	原子炉格納容器内*3、4	約31	◎	要求される環境条件が厳しいことおよび主要構成機器数が多いことから選定
		ほう酸タンク水位(2)	伝送器、信号変換処理部、指示計、記録計	MS-2、重*2	原子炉周辺建屋	約40		
		格納容器再循環サンプ水位(広域・狭域)(4)	伝送器、信号変換処理部、指示計	MS-2、重*2	原子炉格納容器内*3、4	約30		
		蒸気発生器水位(狭域)(16)	伝送器、信号変換処理部、指示計	MS-1、重*2	原子炉格納容器内*3、4	約29		
		蒸気発生器水位(広域)(4)	伝送器、信号変換処理部、指示計	MS-2、重*2	原子炉格納容器内*3、4	約26		
		原子炉補機冷却水サージタンク水位(2)	伝送器、信号変換処理部、指示計、記録計	MS-2、重*2	原子炉周辺建屋	約40		
		燃料取替用水ピット水位(4)	伝送器、信号変換処理部、指示計	MS-1、重*2	原子炉周辺建屋	約40		
		よう素除去薬品タンク水位(4)	伝送器、信号変換処理部	MS-1	原子炉周辺建屋	約40		
			継電器室	約26				

*1: 機能は最上位の機能を示す。

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

*3: 設計基準事故(1次冷却材管の破断による原子炉冷却材喪失)を考慮する。

*4: 重大事故等(格納容器過温破損、格納容器過圧破損)を考慮する。

表1-1(4/6) 大飯4号炉 プロセス計測制御設備の主な仕様

分離基準		機器名称 (ループ数)	選定基準				代表機器の選定	
計測対象	信号伝送方式		主要構成機器	重要度*1	使用条件		代表機器	選定理由
		設置場所 (上段:検出器/下段:検出器以外)			温度(°C)			
水位	連続	使用済燃料ピット水位 (2)	伝送器、信号変換処理部、指示計	重*2	原子炉周辺建屋*4	約40		
					原子炉周辺建屋	約40		
					中央制御室	約26		
		原子炉水位 (1)	伝送器、信号変換処理部	重*2	原子炉格納容器内*3	約34		
					中央制御室	約26		
		復水ピット水位 (2)	伝送器、信号変換処理部、指示計	MS-2、重*2	原子炉周辺建屋	約40		
					原子炉周辺建屋	約40		
					継電器室、中央制御室	約26		
		原子炉格納容器水位 (1)	電極式水位計、信号変換処理部、表示器	重*2	原子炉格納容器内	約30		
					中央制御室	約26		
		原子炉下部キャビティ水位 (1)	電極式水位計、信号変換処理部、表示器	重*2	原子炉格納容器内	約33		
					中央制御室	約26		

*1：機能は最上位の機能を示す。

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

*3：重大事故等（格納容器過温破損、格納容器過圧破損）を考慮する。

*4：重大事故等（使用済燃料ピットにおける重大事故に至るおそれがある事故）を考慮する。

表1-1 (5/6) 大飯4号炉 プロセス計測制御設備の主な仕様

分離基準		機器名称 (ループ数)	選定基準				代表機器の選定	
計測対象	信号伝送方式		主要構成機器	重要度*1	使用条件		代表機器	選定理由
					設置場所(上段:検出器/下段:検出器以外)	温度(°C)		
温度	連続	1次冷却材高温側温度(広域) (4)	測温抵抗体、信号変換処理部、指示計	MS-2、重*2	原子炉格納容器内*3,4	約343*5	◎	要求される環境条件が厳しいことから選定
					継電器室、中央制御室	約26		
		1次冷却材低温側温度(広域) (4)	測温抵抗体、信号変換処理部、指示計	MS-2、重*2	原子炉格納容器内*3,4	約343*5		
					継電器室、中央制御室	約26		
		1次冷却材高温側温度(狭域) (12)	測温抵抗体、信号変換処理部	MS-1	原子炉格納容器内*3	約343*5		
					継電器室	約26		
		1次冷却材低温側温度(狭域) (4)	測温抵抗体、信号変換処理部	MS-1	原子炉格納容器内*3	約343*5		
					継電器室	約26		
		格納容器内温度 (2)	測温抵抗体、信号変換処理部、指示計	MS-2、重*2	原子炉格納容器内*3,4	約38		
					継電器室、中央制御室	約26		
使用済燃料ピット温度 (2)	測温抵抗体、信号変換処理部、指示計	重*2	原子炉周辺建屋*6	約40				
			原子炉周辺建屋	約40				
			中央制御室	約26				
静的触媒式水素再結合装置温度 (5)	熱電対、信号変換処理部、表示器	重*2	原子炉格納容器内*4	約39				
			中央制御室	約26				
原子炉格納容器水素燃焼装置温度 (14)	熱電対、信号変換処理部、表示器	重*2	原子炉格納容器内*4	約42				
			中央制御室	約26				

*1：機能は最上位の機能を示す。

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

*3：設計基準事故（1次冷却材管の破断による原子炉冷却材喪失）を考慮する。

*4：重大事故等（格納容器過温破損、格納容器過圧破損）を考慮する。

*5：最高使用温度。

*6：重大事故等（使用済燃料ピットにおける重大事故に至るおそれがある事故）を考慮する。

表1-1(6/6) 大飯4号炉 プロセス計測制御設備の主な仕様

分離基準		機器名称 (ループ数)	選定基準				代表機器の選定	
計測対象	信号伝送方式		主要構成機器	重要度*1	使用条件		代表機器	選定理由
					設置場所(上段:検出器/下段:検出器以外)	温度(°C)		
地震	ON-OFF	保護用地震計(水平用)(6)	地震計	MS-1	原子炉建屋	約40	◎	
		保護用地震計(鉛直用)(3)	地震計	MS-1	—	—		
中性子束	連続	中性子束(出力領域)(4)	中性子束検出器、信号変換処理部、指示計、記録計	MS-1、重*2	原子炉格納容器内	約37	◎	環境条件が同じであり、ループ数が多いことから選定
					継電器室、中央制御室	約26		
		中性子束(中間領域)(2)	中性子束検出器、信号変換処理部、指示計、記録計	MS-1、重*2	原子炉格納容器内	約37		
					継電器室、中央制御室	約26		
中性子束(中性子源領域)(2)	中性子束検出器、前置増幅器、信号変換処理部、指示計、記録計	MS-1、重*2	原子炉格納容器内	約37				
			原子炉周辺建屋	約40				
放射線	連続	格納容器内高レンジエリアモニタ(4)	放射線検出器、前置増幅器、信号変換処理部、指示計	MS-2、重*2	原子炉格納容器内*3、4	約39	◎	
					原子炉周辺建屋	約40		
					中央制御室	約26		
水素濃度	連続	アニュラス水素濃度(2)	水素濃度検出器、指示計	重*2	原子炉周辺建屋	約40	◎	
					中央制御室	約26		

*1: 機能は最上位の機能を示す。

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

*3: 設計基準事故(1次冷却材管の破断による原子炉冷却材喪失)を考慮する。

*4: 重大事故等(格納容器過温破損、格納容器過圧破損)を考慮する。

2. 代表機器の技術評価

本章では、1章で代表機器とした以下の8機器のプロセス計測制御設備について技術評価を実施する。

- ① 1次冷却材圧力
- ② 余熱除去流量
- ③ 加圧器水位
- ④ 1次冷却材高温側温度（広域）
- ⑤ 保護用地震計（水平用）
- ⑥ 中性子束（出力領域）
- ⑦ 格納容器内高レンジエリアモニタ
- ⑧ アンユラス水素濃度

2.1 構造、材料および使用条件

2.1.1 1次冷却材圧力計測制御装置

(1) 構造

大飯4号炉の1次冷却材圧力計測制御装置は計装配管、計器弁、伝送器、信号変換処理部、電源装置、指示計および支持構造物で構成されている。

a. 計装配管（計装用取出配管および計器元弁含む）

計装配管および計装用取出配管は、1次冷却材の圧力を伝送する機能を有する。

計器元弁は、伝送器の校正、補修時に系統側との隔離機能を有する。

b. 計器弁

計器弁は、伝送器の校正、補修時に系統側との隔離機能を有する。

c. 伝送器

伝送器は、1次冷却材の圧力をその計測範囲に応じた電気信号に変換し、伝送する機能を有する。

d. 信号変換処理部

信号変換処理部（原子炉安全保護計装盤）は、伝送器への電源供給や伝送器からの電気信号の受信、他の設備への信号発信、信号の変換、演算等の機能を有するカード計器の集合である。

e. 電源装置

電源装置（原子炉安全保護計装盤）は、信号変換処理部への電源供給の機能を有する。

f. 指示計

指示計は、信号変換処理部（原子炉安全保護計装盤）から出力された電気信号を圧力値に変換し、指示する機能を有する。

g. 支持構造物

スタンションは伝送器を支持しており、埋込金物で据付けられている。

パイプハンガークランプは計装配管をサポート台に固定しており、サポート台はサポートに溶接されている。また、サポートはベースプレートに溶接されており、ベースプレートは基礎ボルトで据付けられている。

大飯4号炉の1次冷却材圧力計測制御装置の主要機器構成図を図2.1-1に示す。

(2) 材料および使用条件

大飯4号炉の1次冷却材圧力計測制御装置の主要機器の使用材料および使用条件を表2.1-1および表2.1-2に示す。

No.	部位
①	計装用取出配管
②	計器元弁
③	計装配管
④	計器弁
⑤	伝送器
⑥	信号変換処理部
⑦	電源装置
⑧	指示計
⑨	ベースプレート
⑩	サポート
⑪	サポート台
⑫	パイプハンガー
⑬	ライナー
⑭	パイプハンガークランプ
⑮	スタンション
⑯	取付ボルト
⑰	基礎ボルト
⑱	埋込金物

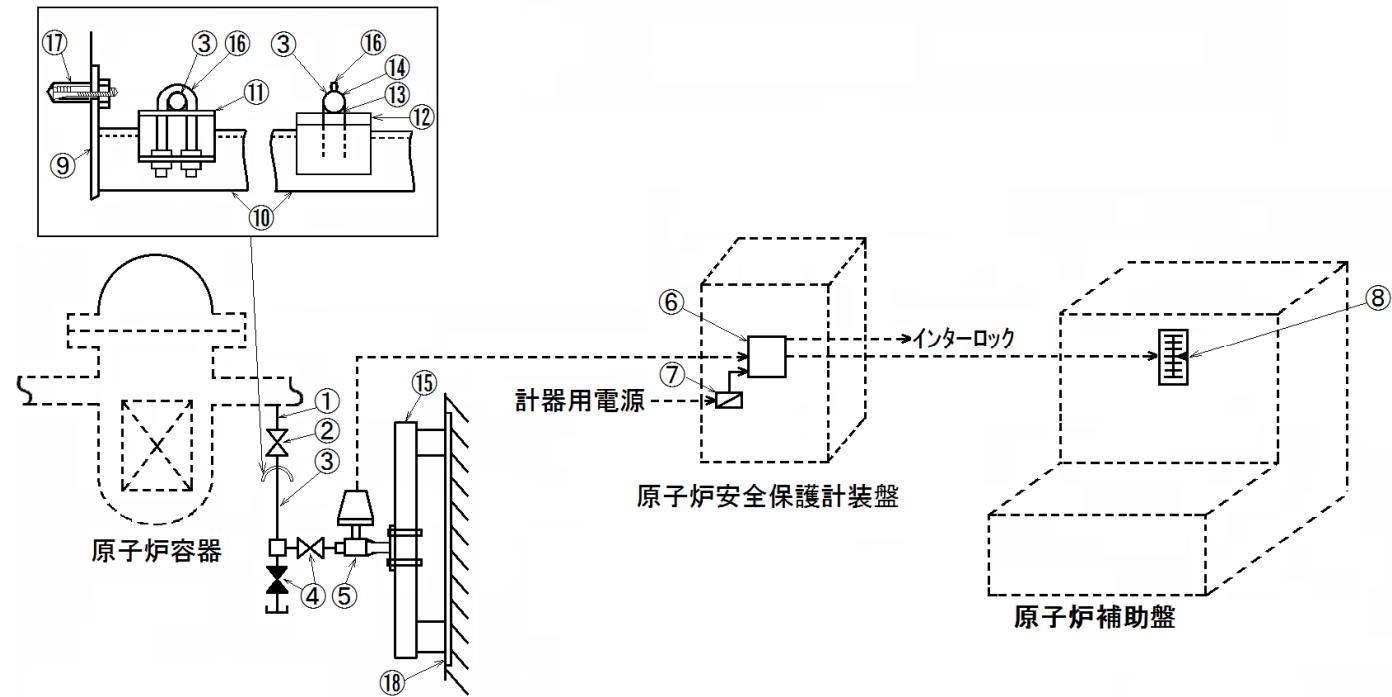


図2.1-1 大飯4号炉 1次冷却材圧力計測制御装置主要機器構成図

表2.1-1 大飯4号炉 1次冷却材圧力計測制御装置の主要機器の使用材料

部位		材料	
プロセス値の 伝達機能構成品	計装用取出配管	ステンレス鋼	
	計器元弁	ステンレス鋼	
	計装配管	ステンレス鋼	
	計器弁	ステンレス鋼	
プロセス値の 検出機能構成品	伝送器	消耗品・定期取替品	
電源供給・信号変 換・演算・制御機 能構成品	原子炉安全保護計 装盤	信号変換処理部	半導体
		ヒューズ	消耗品・定期取替品
		電源装置	消耗品・定期取替品
工学値への変換 機能構成品	指示計	炭素鋼、プラスチック	
機器の支持機能 構成品	ライナー	ステンレス鋼	
	パイプハンガークランプ他	ステンレス鋼、炭素鋼	
	スタンション	炭素鋼	
	取付ボルト	炭素鋼	
	基礎ボルト	炭素鋼	
	埋込金物	炭素鋼	

表2.1-2 大飯4号炉 1次冷却材圧力計測制御装置の主要機器の使用条件

	伝送器			信号変換処理部、 電源装置、 指示計
	通常運転時	設計基準事故時	重大事故等時	
設置場所	原子炉 格納容器内	原子炉 格納容器内	原子炉 格納容器内	継電器室、 中央制御室
周囲温度	約29℃*1	約132℃ (最高温度)	約143℃*2 (最高温度)	約26℃*3
圧力	約0.0098MPa [gage]以下	約0.31MPa [gage] (最高圧力)	約0.43MPa [gage] (最高圧力)	—
放射線	1.6mGy/h*4	824kGy (最大集積線量)	500kGy (最大集積線量)	—

*1：通常運転時の伝送器周囲の平均温度の最大実測値。

*2：健全性評価上、最も厳しい重大事故等における最高温度。

*3：原子炉格納容器外の設計平均温度。

*4：通常運転時の伝送器周囲の平均線量率の最大実測値。

2.1.2 余熱除去流量計測制御装置

(1) 構造

大飯4号炉の余熱除去流量計測制御装置は、オリフィス、計装配管、計器弁、伝送器、信号変換処理部、電源装置、指示計、自動/手動操作器および支持構造物で構成されている。

a. 計装配管（計装用取出配管および計器元弁含む）

計装配管および計装用取出配管は、余熱除去系統の圧力を伝送する機能を有する。計器元弁は、伝送器の校正、補修時に系統側との隔離機能を有する。

b. 計器弁

計器弁は、伝送器の校正、補修時に系統側との隔離機能を有する。

c. オリフィス

オリフィスは、配管内に取付けられた流量絞り機構であり、管中にオリフィスを入れると、上流側では高圧、下流側では低圧となる。この差圧の平方根が流速に比例することを利用して流量を計測する。

d. 伝送器

伝送器は、オリフィスの上流と下流の流体の差圧をその計測範囲に応じた電気信号に変換し、伝送する機能を有する。

e. 信号変換処理部

信号変換処理部（原子炉安全保護計装盤および原子炉制御計装盤）は、伝送器への電源供給や伝送器からの電気信号の受信、他の設備への信号発信、信号の変換、演算等の機能を有するカード計器の集合である。

f. 電源装置

電源装置（原子炉安全保護計装盤および原子炉制御計装盤）は、信号変換処理部への電源供給の機能を有する。

g. 自動/手動操作器

自動/手動操作器は、信号変換処理部（原子炉制御計装盤）から出力された電気信号を流量値に変換し、指示する機能を有する。

また、自動制御時は、入力値（プロセス値）と設定値との差に応じた電気信号を出力し、手動制御時には目標とする値の電気信号を出力する機能を有する。

h. 指示計

指示計は、信号変換処理部（原子炉安全保護計装盤）から出力された電気信号を流量値に変換し、指示する機能を有する。

i. 支持構造物

原子炉制御計装盤の筐体はチャンネルベースに取付ボルトで据付けられており、チャンネルベースは基礎架台および埋込金物で据付けられている。

スタンションは伝送器を支持しており、埋込金物で据付けられている。

パイプハンガークランプは計装配管をサポート台に固定しており、サポート台はサポートに溶接されている。また、サポートはベースプレートに溶接されており、ベースプレートは基礎ボルトで据付けられている。

大飯4号炉の余熱除去流量計測制御装置の主要機器構成図を図2.1-2に示す。

(2) 材料および使用条件

大飯4号炉の余熱除去流量計測制御装置の主要機器の使用材料および使用条件を表2.1-3および表2.1-4に示す。

No.	部位
①	計装用取出配管
②	計器元弁
③	計装配管
④	計器弁
⑤	オリフィス
⑥	伝送器
⑦	信号変換処理部
⑧	電源装置
⑨	自動/手動操作器
⑩	指示計
⑪	ベースプレート
⑫	サポート
⑬	サポート台
⑭	パイプハンガー
⑮	ライナー
⑯	パイプハンガークランプ
⑰	スタンション
⑱	筐体
⑲	チャンネルベース
⑳	取付ボルト
㉑	基礎ボルト
㉒	基礎架台
㉓	埋込金物

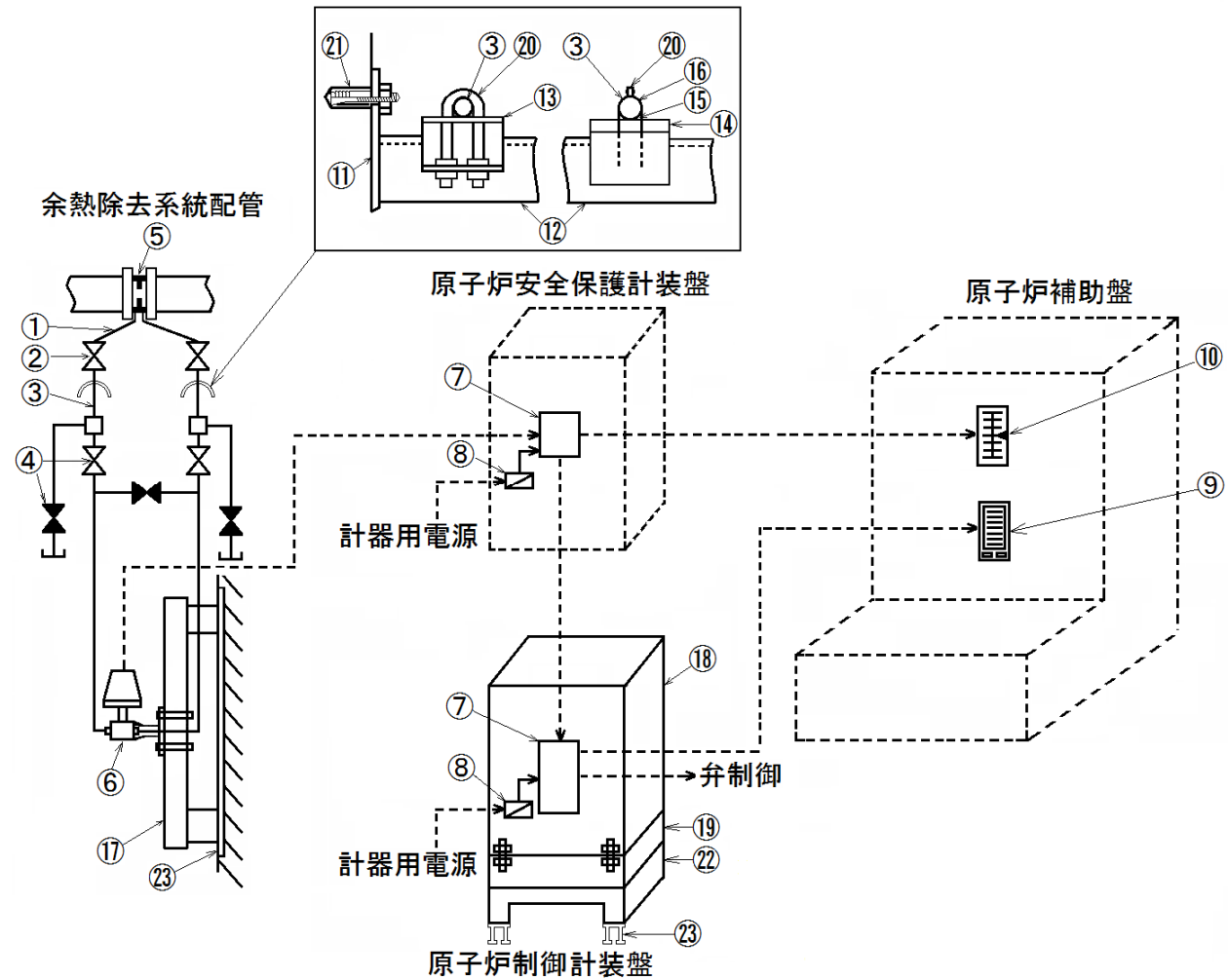


図2.1-2 大飯4号炉 余熱除去流量計測制御装置主要機器構成図

表2.1-3 大飯4号炉 余熱除去流量計測制御装置の主要機器の使用材料

部位		材料	
プロセス値の 伝達機能構成品	計装用取出配管	ステンレス鋼	
	計器元弁	ステンレス鋼	
	計装配管	ステンレス鋼	
	計器弁	ステンレス鋼	
	オリフィス	ステンレス鋼	
プロセス値の 検出機能構成品	伝送器	アルミニウム合金鋳物、 ステンレス鋼、半導体	
電源供給・信号 変換・演算・制 御機能構成品	原子炉安全保護計 装盤 原子炉制御計装盤	信号変換処理部	半導体
		ヒューズ	消耗品・定期取替品
		電源装置	消耗品・定期取替品
	自動／手動操作器	半導体	
工学値への変換 機能構成品	指示計	炭素鋼、プラスチック	
機器の支持機能 構成品	ライナー	ステンレス鋼	
	パイプハンガークランプ他	ステンレス鋼、炭素鋼	
	スタンション	炭素鋼	
	筐体	炭素鋼	
	チャンネルベース	炭素鋼	
	取付ボルト	炭素鋼	
	基礎ボルト	炭素鋼	
	基礎架台	炭素鋼	
埋込金物	炭素鋼		

表2.1-4 大飯4号炉 余熱除去流量計測制御装置の主要機器の使用条件

	伝送器	信号変換処理部、 電源装置、指示計、 自動／手動操作器
設置場所	原子炉周辺建屋	継電器室、 中央制御室
周囲温度	約40℃*1	約26℃*1

*1：原子炉格納容器外の設計平均温度

2.1.3 加圧器水位計測制御装置

(1) 構造

大飯4号炉の加圧器水位計測制御装置は計装配管、計器弁、伝送器、信号変換処理部、電源装置、指示計および支持構造物で構成されている。

a. 計装配管（計器元弁含む）

計装配管は、加圧器の圧力を伝送する機能を有する。計器元弁は、伝送器の校正、補修時に系統側との隔離機能を有する。

b. 計器弁

計器弁は、伝送器の校正、補修時に系統側との隔離機能を有する。

c. 伝送器

伝送器は、加圧器の液相部と気相部との差圧をその計測範囲に応じた電気信号に変換し、伝送する機能を有する。

d. 信号変換処理部

信号変換処理部（原子炉安全保護計装盤および原子炉制御計装盤）は、伝送器への電源供給や検出器からの電気信号の受信、他の設備への信号発信、信号の変換、演算等の機能を有するカード計器の集合である。

e. 電源装置

電源装置（原子炉安全保護計装盤および原子炉制御計装盤）は、信号変換処理部への電源供給の機能を有する。

f. 自動／手動操作器

自動／手動操作器は、信号変換処理部（原子炉制御計装盤）から出力された電気信号を流量値に変換し、指示する機能を有する。

また、自動制御時は、入力値（プロセス値）と設定値との差に応じた電気信号を出力し、手動制御時には目標とする値の電気信号を出力する機能を有する。

g. 指示計

指示計は、信号変換処理部（原子炉安全保護計装盤）から出力された電気信号を水位値に変換し、指示する機能を有する。

h. 支持構造物

原子炉制御計装盤の筐体はチャンネルベースに取付ボルトで据付けられており、チャンネルベースは基礎架台および埋込金物で据付けられている。

スタンションは伝送器を支持しており、埋込金物で据付けられている。

パイプハンガークランプは計装配管をサポート台に固定しており、サポート台はサポートに溶接されている。また、サポートはベースプレートに溶接されており、ベースプレートは基礎ボルトで据付けられている。

大飯 4 号炉の加圧器水位計測制御装置の主要機器構成図を図2. 1-3に示す。

(2) 材料および使用条件

大飯 4 号炉の加圧器水位計測制御装置の主要機器の使用材料および使用条件を表2. 1-5および表2. 1-6に示す。

No.	部位
①	計器元弁
②	計装配管
③	計器弁
④	伝送器
⑤	信号変換処理部
⑥	電源装置
⑦	自動/手動操作器
⑧	指示計
⑨	ベースプレート
⑩	サポート
⑪	サポート台
⑫	パイプハンガー
⑬	ライナー
⑭	パイプハンガーランプ
⑮	スタンション
⑯	筐体
⑰	チャンネルベース
⑱	取付ボルト
⑳	基礎架台
㉑	埋込金物

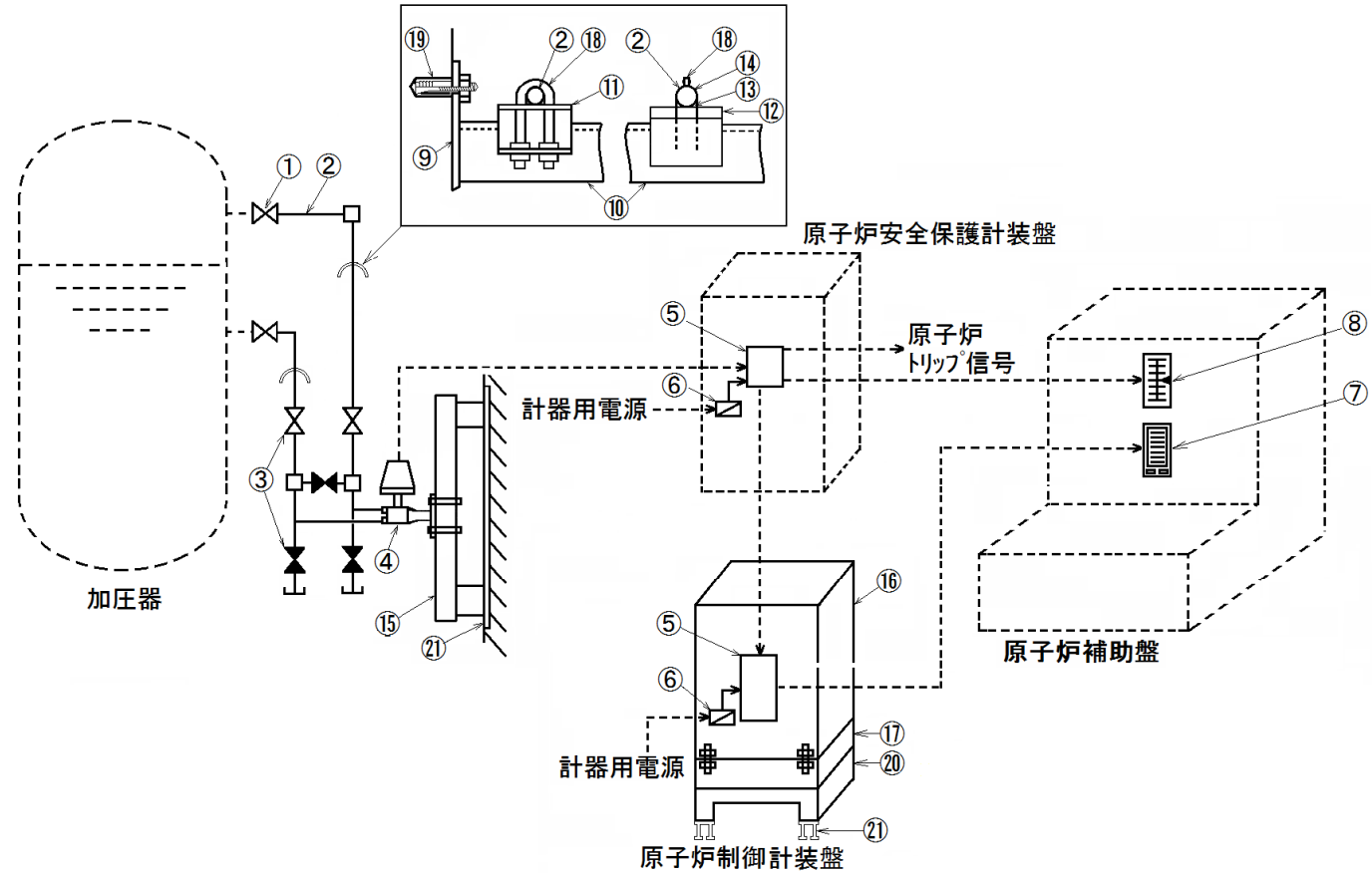


図2.1-3 大飯4号炉 加圧器水位計測制御装置主要機器構成図

表2.1-5 大飯4号炉 加圧器水位計測制御装置の主要機器の使用材料

部位		材料	
プロセス値の 伝達機能構成品	計器元弁	ステンレス鋼	
	計装配管	ステンレス鋼	
	計器弁	ステンレス鋼	
プロセス値の 検出機能構成品	伝送器	消耗品・定期取替品	
電源供給・信号変換・演算・制御機能構成品	原子炉安全保護計装盤	信号変換処理部	半導体
		ヒューズ	消耗品・定期取替品
	原子炉制御計装盤	電源装置	消耗品・定期取替品
	自動/手動操作器	半導体	
工学値への変換機能構成品	指示計	炭素鋼、プラスチック	
機器の支持機能構成品	ライナー	ステンレス鋼	
	パイプハンガークランプ他	ステンレス鋼、炭素鋼	
	スタンション	炭素鋼	
	筐体	炭素鋼	
	チャンネルベース	炭素鋼	
	取付ボルト	炭素鋼	
	基礎ボルト	炭素鋼	
	基礎架台	炭素鋼	
埋込金物	炭素鋼		

表2.1-6 大飯4号炉 加圧器水位計測制御装置の主要機器の使用条件

	伝送器			信号変換処理部、 電源装置、 自動/手動操作器、 指示計
	通常運転時	設計基準事故時	重大事故等時	
設置場所	原子炉 格納容器内	原子炉 格納容器内	原子炉 格納容器内	継電器室、 中央制御室
周囲温度	約31℃*1	約132℃ (最高温度)	約143℃*2 (最高温度)	約26℃*3
圧力	約0.0098MPa [gage]以下	約0.31MPa [gage] (最高圧力)	約0.43MPa [gage] (最高圧力)	—
放射線	1.6mGy/h*4	824kGy (最大集積線量)	500kGy (最大集積線量)	—

*1：通常運転時の伝送器周囲の平均温度の最大実測値。

*2：健全性評価上、最も厳しい重大事故等時における最高温度。

*3：原子炉格納容器外の設計平均温度。

*4：通常運転時の伝送器周囲の平均線量率の最大実測値。

2.1.4 1次冷却材高温側温度（広域）計測制御装置

(1) 構造

大飯4号炉の1次冷却材高温側温度（広域）計測制御装置は測温抵抗体、信号変換処理部、電源装置および指示計で構成されている。

a. 測温抵抗体

測温抵抗体は、1次冷却材の温度を抵抗値に変換し、伝送する機能を有する。

b. 信号変換処理部

信号変換処理部（原子炉安全保護計装盤）は、測温抵抗体への電源供給や測温抵抗体からの電気信号の受信、他の設備への信号発信、信号の変換、演算等の機能を有するカード計器の集合である。

c. 電源装置

電源装置（原子炉安全保護計装盤）は、信号変換処理部への電源供給の機能を有する。

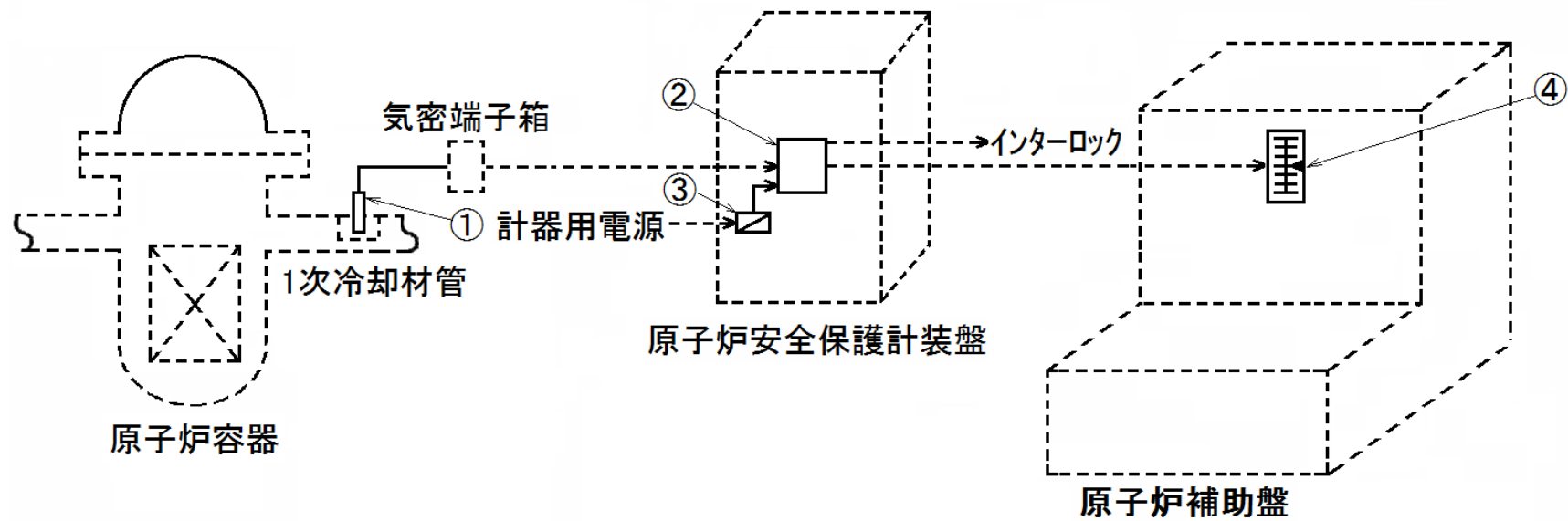
d. 指示計

指示計は、信号変換処理部（原子炉安全保護計装盤）から出力された電気信号を温度値に変換し、指示する機能を有する。

大飯4号炉の1次冷却材高温側温度（広域）計測制御装置の主要機器構成図を図2.1-4に示す。

(2) 材料および使用条件

大飯4号炉の1次冷却材高温側温度（広域）計測制御装置の主要機器の使用材料および使用条件を表2.1-7および表2.1-8に示す。



No.	部位
①	测温抵抗体
②	信号变换处理部
③	電源装置
④	指示計

図2.1-4 大飯4号炉 1次冷却材高温側温度（広域）計測制御装置主要機器構成図

表 2.1-7 大飯 4 号炉 1 次冷却材高温側温度（広域）計測制御装置の主要機器の使用材料

部位		材料	
プロセス値の 検出機能構成品	測温抵抗体	消耗品・定期取替品	
電源供給・信号変換・演算・制御機能構成品	原子炉安全保護計装盤	信号変換処理部	半導体
		ヒューズ	消耗品・定期取替品
		電源装置	消耗品・定期取替品
工学値への変換機能構成品	指示計	炭素鋼、プラスチック	

表 2.1-8 大飯 4 号炉 1 次冷却材高温側温度（広域）計測制御装置の主要機器の使用条件

	測温抵抗体			信号変換処理部、 電源装置、指示計
	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 (ループ室内)	原子炉 格納容器内	原子炉 格納容器内	継電器室、 中央制御室
周囲温度	約343℃ (最高使用温度)	約132℃ (最高温度)	約143℃*1 (最高温度)	約26℃*2
圧力	約0.0098MPa [gage]以下	約0.31MPa [gage] (最高圧力)	約0.43MPa [gage] (最高圧力)	—
放射線	277.4mGy/h*3	824kGy (最大集積線量)	500kGy (最大集積線量)	—

*1：健全性評価上、最も厳しい重大事故等時における最高温度。

*2：原子炉格納容器外の設計平均温度。

*3：通常運転時の測温抵抗体周囲の平均線量率の最大実測値。

2.1.5 保護用地震計（水平用）

(1) 構造

大飯4号炉の保護用地震計（水平用）は、加速度検出器、信号変換処理部、出力部が一体となった保護用地震計（水平用）および支持構造物から構成されている。

a. 保護用地震計（水平用）

保護用地震計（水平用）の動作機構としては、地震振動により検出部の加速度検出器内部にある磁石でつくりだされている磁界中をコイルが横切ることによって発生する起電力によって振動を検出する。

また、検出器出力により信号変換処理部を通じて出力部から原子炉トリップ信号を発信する。

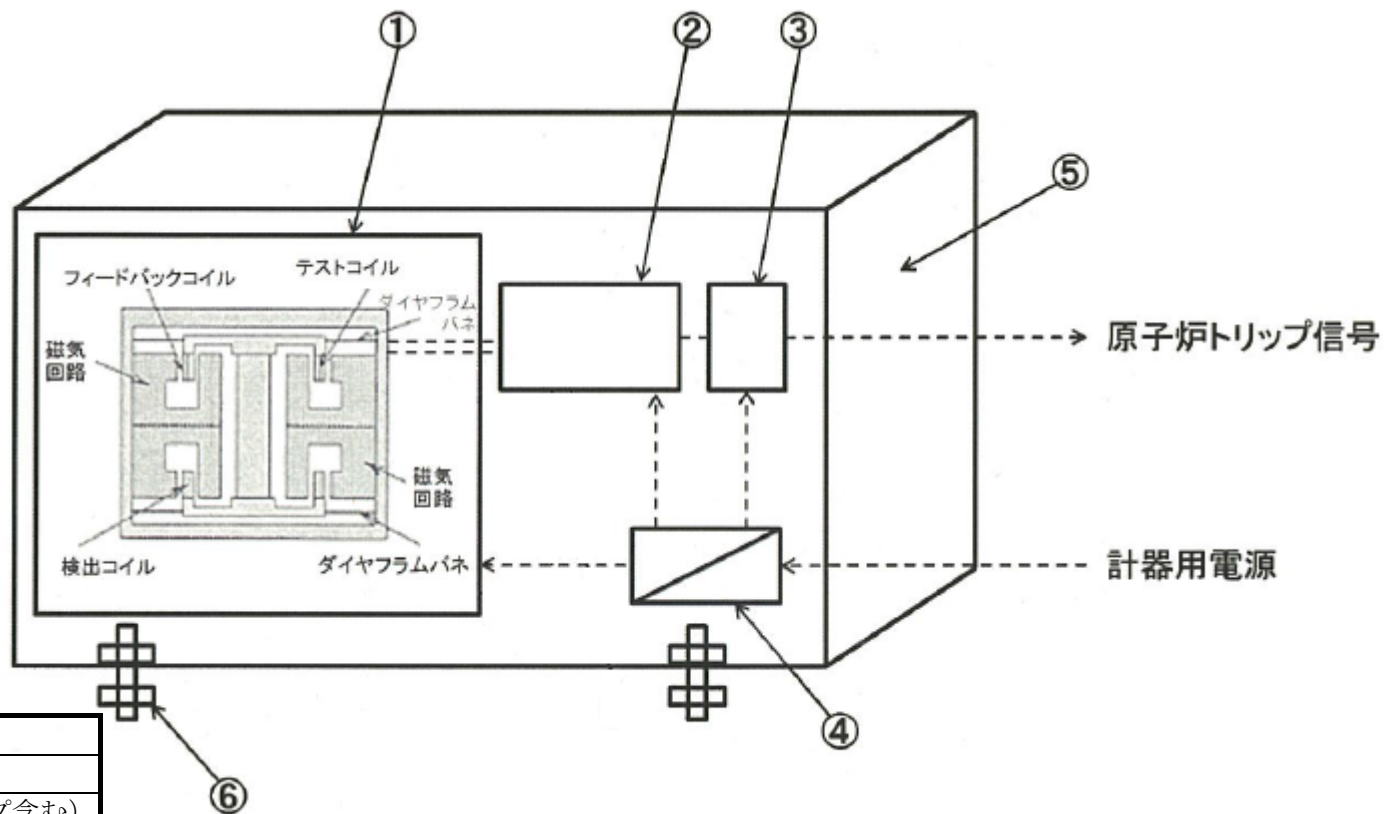
b. 支持構造物

筐体は基礎ボルトで据付けられている。

大飯4号炉の保護用地震計（水平用）の主要機器構成図を図2.1-5に示す。

(2) 材料および使用条件

大飯4号炉の保護用地震計（水平用）の主要機器の使用材料および使用条件を表2.1-9および表2.1-10に示す。



No.	部位
①	加速度検出器
②	信号変換処理部 (サーボアンプ含む)
③	出力部
④	電源装置 (電解コンデンサ含む)
⑤	筐体
⑥	基礎ボルト

図2.1-5 大飯4号炉 保護用地震計 (水平用) 主要機器構成図

表2.1-9 大飯4号炉 保護用地震計（水平用）の主要機器の使用材料

部位		材料	
プロセス値の 検出機能構成品	加速度検出器	コイル	銅
		磁石	サマリウムコバルト合金
		ダイヤフラムバネ	ばね用ベリリウム鋼
		端子	銅
信号変換機能 構成品	信号変換処理部		半導体
		電解コンデンサ	消耗品・定期取替品
	出力部	コイル	銅
		接点	銅
	電源装置		半導体
		電解コンデンサ	消耗品・定期取替品
ヒューズ		消耗品・定期取替品	
機器の支持機能 構成品	筐体	炭素鋼	
	基礎ボルト	炭素鋼	

表2.1-10 大飯4号炉 保護用地震計（水平用）の主要機器の使用条件

設置場所	原子炉建屋
周囲温度	約40℃*1

*1：原子炉格納容器外の設計平均温度

2.1.6 中性子束（出力領域）計測制御装置

(1) 構造

大飯4号炉の中性子束（出力領域）計測制御装置は、中性子束検出器、信号変換処理部、電源装置、指示計および記録計で構成されている。

a. 中性子束検出器

中性子束検出器は、検出器に入射した中性子束を中性子束レベルに応じた電気信号に変換する機能を有する。

b. 信号変換処理部

信号変換処理部（原子炉安全保護計装盤）は、中性子束検出器への電源供給や中性子束検出器からの電気信号の受信、他の設備への信号発信、信号の変換、演算等の機能を有するカード計器の集合である。

c. 電源装置

電源装置（原子炉安全保護計装盤）は、信号変換処理部への電源供給の機能を有する。

d. 指示計

指示計は、信号変換処理部（原子炉安全保護計装盤）から出力された電気信号を温度値に変換し、指示する機能を有する。

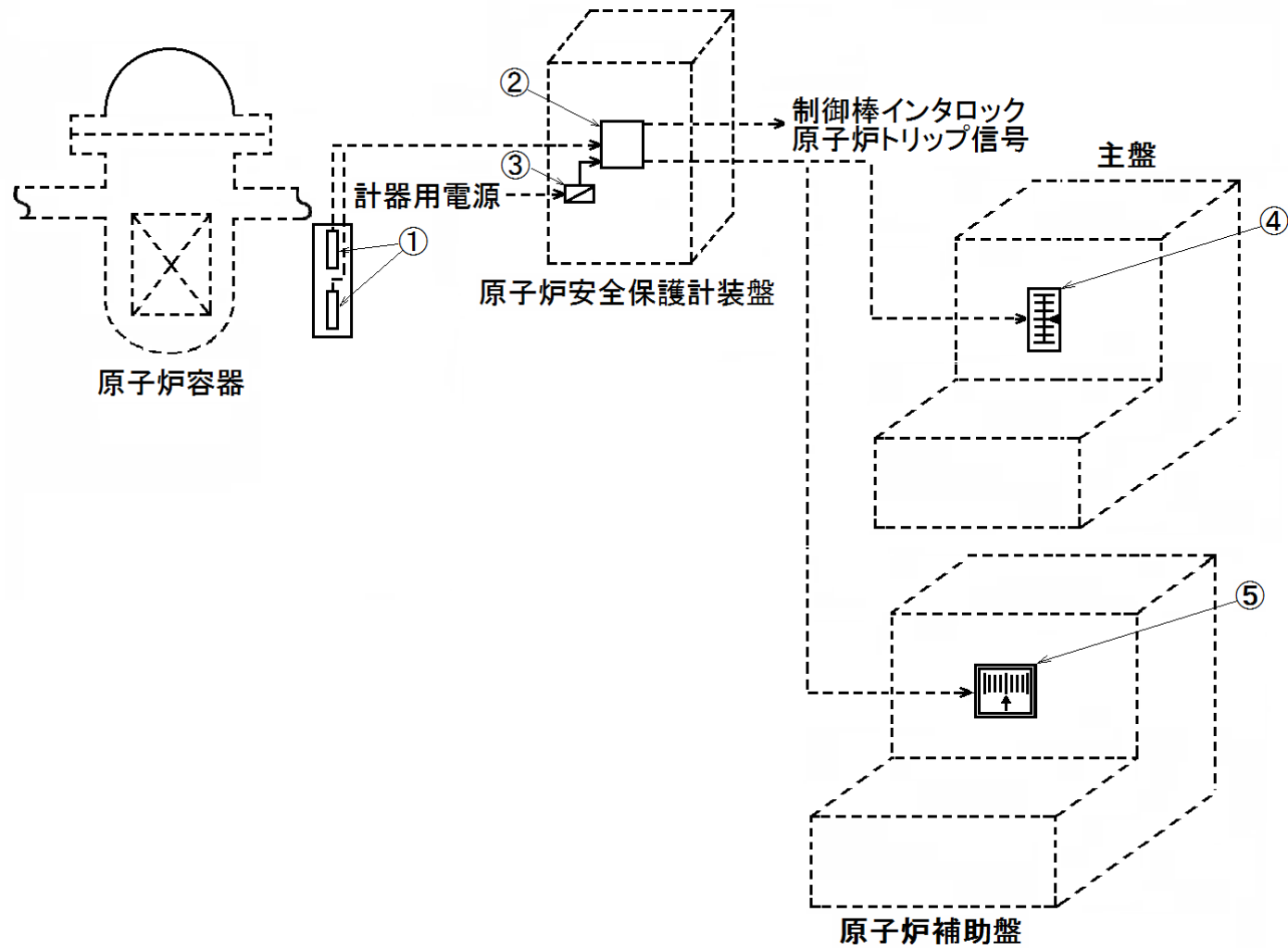
e. 記録計

記録計は、信号変換処理部（原子炉安全保護計装盤）から出力された電気信号を圧力値に変換し、記録する機能を有する。

大飯4号炉の中性子束（出力領域）計測制御装置の主要機器構成図を図2.1-6に示す。

(2) 材料および使用条件

大飯4号炉の中性子束（出力領域）計測制御装置の主要機器の使用材料および使用条件を表2.1-11および表2.1-12に示す。



No.	部位
①	中性子束検出器
②	信号変換処理部
③	電源装置
④	指示計
⑤	記録計

図2.1-6 大飯4号炉 中性子束（出力領域）計測制御装置主要機器構成図

表2.1-11 大飯4号炉 中性子束（出力領域）計測制御装置の主要機器の使用材料

部位		材料	
プロセス値の 検出機能構成品	中性子束検出器	電離箱	消耗品・定期取替品
信号変換機能構 成品	原子炉安全保護 計装盤	信号変換処理部	半導体
		ヒューズ	消耗品・定期取替品
		電源装置	消耗品・定期取替品
工学値への 変換機能構成品	指示計		炭素鋼、プラスチック
	記録計		半導体
		ヒューズ	消耗品・定期取替品

表2.1-12 大飯4号炉 中性子束（出力領域）計測制御装置の主要機器の使用条件

	中性子束検出器	信号変換処理部、 電源装置、指示計、記録計
設置場所	原子炉格納容器内 (N I S キャビティ)	継電器室、中央制御室
周囲温度	約37℃*1	約26℃*2
圧力	約0.0098MPa [gage]以下	—
放射線	1.6mGy/h	—

*1：通常運転時の検出器周囲の平均温度の最大実測値

*2：原子炉格納容器外の設計平均温度

2.1.7 格納容器内高レンジエリアモニタ

(1) 構造

大飯4号炉の格納容器内高レンジエリアモニタは、放射線検出器、前置増幅器、信号変換処理部、電源装置、指示計および支持構造物で構成されている。

a. 放射線検出器

放射線検出器は、検出器に入射した放射線を放射線レベルに応じた電気信号に変換する機能を有する。

b. 前置増幅器

前置増幅器（前置増幅器現地盤）は、放射線検出器にて変換された電気信号を信号変換処理部（放射線監視盤）へ伝送するために、信号を増幅する機能を有する。

c. 信号変換処理部

信号変換処理部（放射線監視盤）は、放射線検出器への電源供給や前置増幅器（前置増幅器現地盤）からの電気信号の受信、指示計および記録計への信号発信、信号の変換、演算等の機能を有するカード計器の集合である。

d. 電源装置

電源装置（放射線監視盤）は、信号変換処理部への電源供給の機能を有する。

e. 指示計

指示計は、信号変換処理部（放射線監視盤）から出力された電気信号を放射線レベル値に変換し、指示する機能を有する。

f. 支持構造物

放射線監視盤の筐体はチャンネルベースに取付ボルトで据付けられており、チャンネルベースは基礎ボルトおよび埋込金物で据付けられている。

また、前置増幅器現地盤の筐体は基礎金物に取付ボルトで据付けられており、基礎金物は基礎ボルトで据付けられている。

大飯4号炉の格納容器内高レンジエリアモニタの主要機器構成図を図2.1-7に示す。

(2) 材料および使用条件

大飯4号炉の格納容器内高レンジエリアモニタの主要機器の使用材料および使用条件を表2.1-13および表2.1-14に示す。

No.	部位
①	放射線検出器
②	前置増幅器
③	信号変換処理部 (ヒューズ含む)
④	電源装置 (電解コンデンサ含む)
⑤	指示計
⑥	筐体
⑦	チャンネルベース
⑧	基礎金物
⑨	取付ボルト
⑩	基礎ボルト
⑪	埋込金物

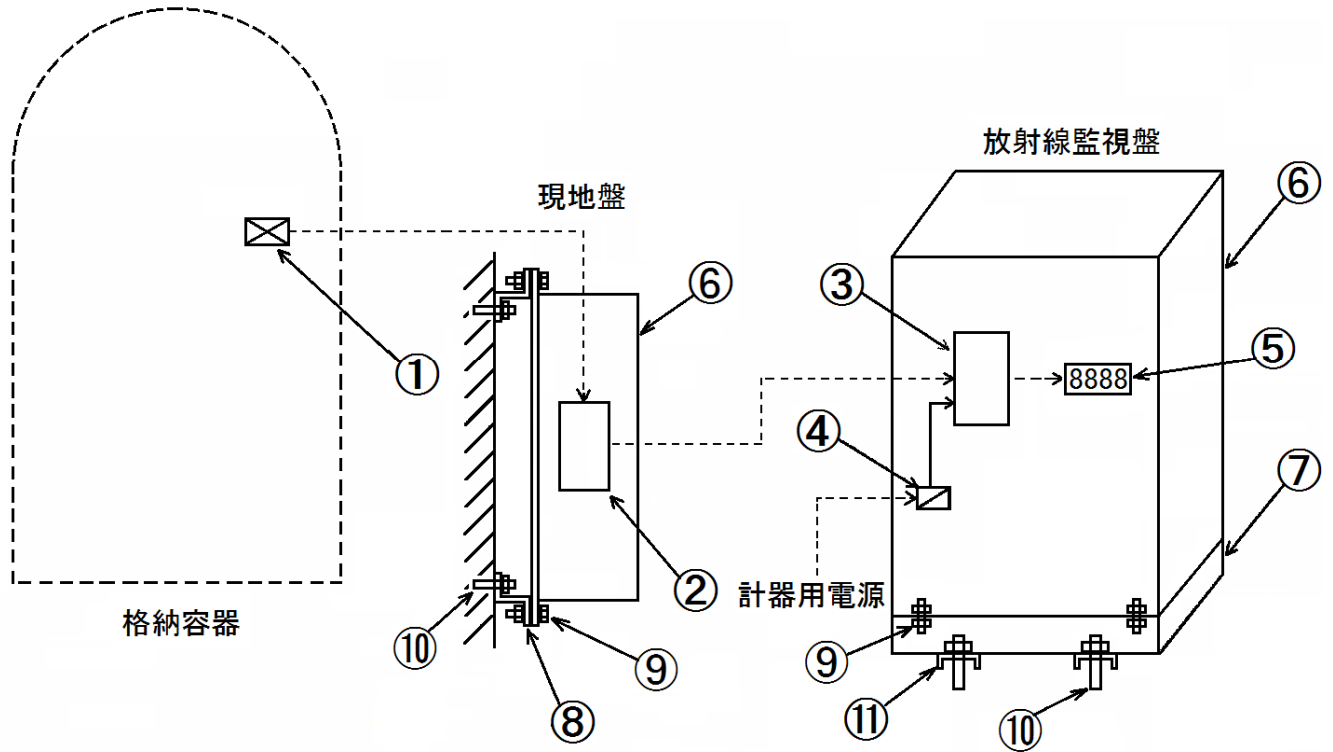


図2.1-7 大飯4号炉 格納容器内高レンジエリアモニタ主要機器構成図

表2.1-13 大飯4号炉 格納容器内高レンジエリアモニタの主要機器の使用材料

部位		材料	
プロセス値の 検出機能構成品	放射線検出器	電離箱	消耗品・定期取替品
信号変換機能 構成品	前置増幅器		消耗品・定期取替品
	放射線監視盤	信号変換処理部	半導体
		ヒューズ	消耗品・定期取替品
		電源装置	消耗品・定期取替品
工学値への 変換機能構成品	指示計		半導体、プラスチック
機器の支持機能 構成品	筐体		炭素鋼
	チャンネルベース		炭素鋼
	基礎金物		炭素鋼
	取付ボルト		炭素鋼
	基礎ボルト		炭素鋼
	埋込金物		炭素鋼

表2.1-14 大飯4号炉 格納容器内高レンジエリアモニタの主要機器の使用条件

	放射線検出器			前置増幅器	信号変換 処理部、 電源装置、 指示計
	通常運転時	設計基準 事故時	重大 事故等時		
設置場所	原子炉 格納容器内	原子炉 格納容器内	原子炉 格納容器内	原子炉周辺 建屋	中央制御室
周囲温度	約39℃*1	約132℃ (最高温度)	約143℃*2 (最高温度)	約40℃*3	約26℃*3
圧力	約0.0098MPa [gage] 以下	約0.31MPa [gage] (最高圧力)	約0.43MPa [gage] (最高圧力)	—	—
放射線	1.9mGy/h*4	824kGy (最大 集積線量)	500kGy (最大 集積線量)	—	—

*1：通常運転時の検出器周囲の平均温度の最大実測値。

*2：健全性評価上、最も厳しい重大事故等時における最高温度。

*3：原子炉格納容器外の設計平均温度。

*4：通常運転時の検出器周囲の平均線量率の最大実測値。

2.1.8 アニュラス水素濃度計測装置

(1) 構造

大飯4号炉のアニュラス水素濃度計測装置は、検出器、電源装置、指示計および支持構造物で構成されている。

a. 水素濃度検出器

水素濃度検出器は、水素濃度に応じた電気信号に変換し、伝送する機能を有する。

b. 電源装置

電源装置（原子炉格納容器内状態監視盤）は、指示計への電源供給の機能を有する。

c. 指示計

指示計は、水素濃度検出器から出力された電気信号を水素濃度値に変換し、指示する機能を有する。

d. 支持構造物

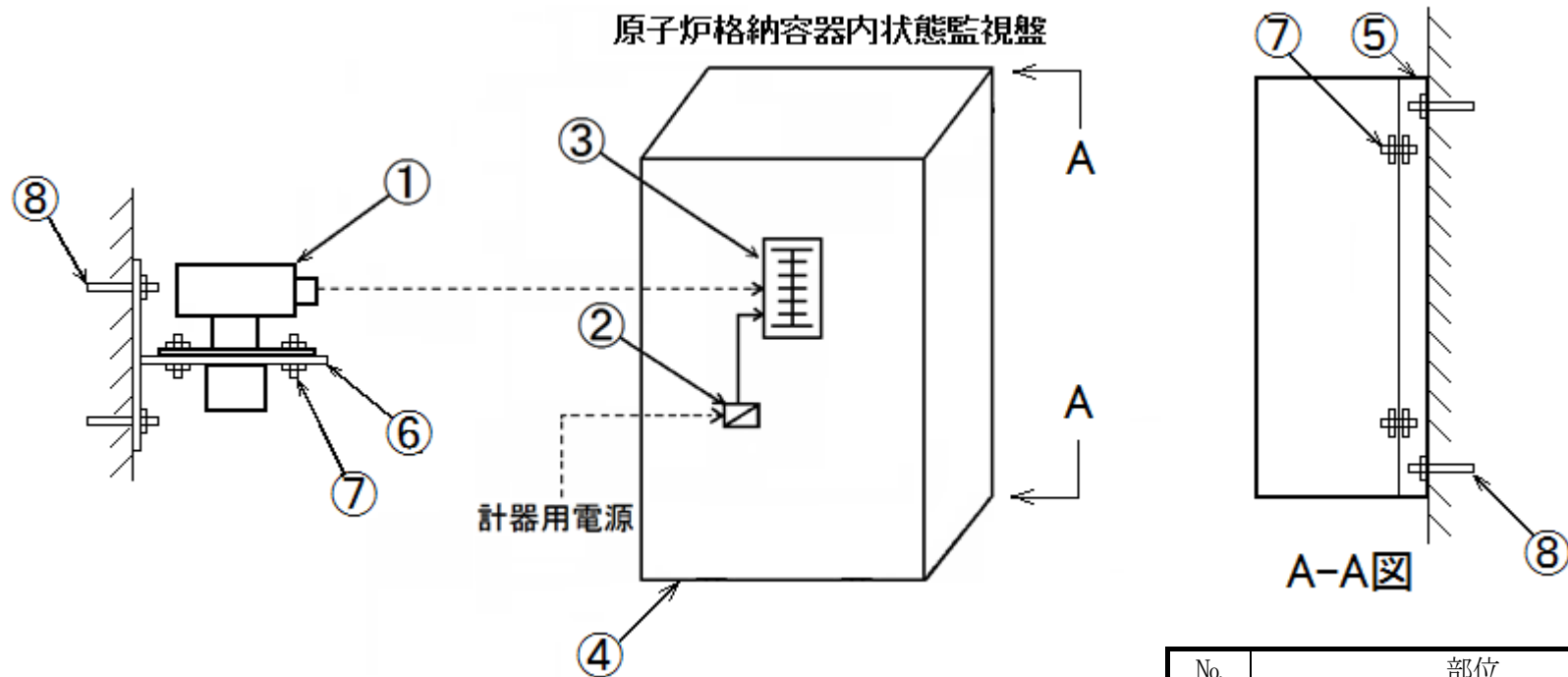
原子炉格納容器内状態監視盤の筐体はチャンネルベースに取付ボルトで据付けられており、チャンネルベースは基礎ボルトで据付けられている。

水素濃度検出器は基礎架台に取付ボルトで据付けられており、基礎架台は基礎ボルトで据付けられている。

大飯4号炉のアニュラス水素濃度計測装置の主要機器構成図を図2.1-8に示す。

(2) 材料および使用条件

大飯4号炉のアニュラス水素濃度計測装置の主要機器の使用材料および使用条件を表2.1-15および表2.1-16に示す。



No.	部位
①	水素濃度検出器
②	電源装置 (電解コンデンサ含む)
③	指示計
④	筐体
⑤	チャンネルベース
⑥	基礎架台
⑦	取付ボルト
⑧	基礎ボルト

図2.1-8 大飯4号炉 アニュラス水素濃度計測装置主要機器構成図

表2.1-15 大飯4号炉 アニュラス水素濃度計測装置の主要機器の使用材料

部位		材料	
プロセス値の 検出機能構成品	水素濃度検出器	消耗品・定期取替品	
信号変換機能お よび工学値への 変換機能構成品	原子炉格納容器内 状態監視盤	電源装置	消耗品・定期取替品
		指示計	消耗品・定期取替品
機器の支持機能 構成品	筐体	炭素鋼	
	チャンネルベース	炭素鋼	
	基礎架台	炭素鋼	
	取付ボルト	炭素鋼	
	基礎ボルト	炭素鋼	

表2.1-16 大飯4号炉 アニュラス水素濃度計測装置の主要機器の使用条件

	水素濃度検出器	電源装置、指示計
設置場所	原子炉周辺建屋	中央制御室
周囲温度	約40℃*1	約26℃*1

*1：原子炉格納容器外の設計平均温度

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機能達成に必要な項目

プロセス計測制御設備の機能を維持するためには、次の5つの項目が必要である。

- ① プロセス値の伝達機能の維持
- ② プロセス値の検出機能の維持
- ③ 電源供給・信号変換・演算・制御機能の維持
- ④ 工学値への変換機能の維持
- 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

プロセス計測制御設備個々について機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、部位の構造、材料、使用条件および現在までの運転経験を考慮し、代表機器ごとに表2.2-1に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象はない。

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

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

に該当するものについては、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

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

- (1) 1次冷却材系統に接する計装配管等の応力腐食割れ〔1次冷却材圧力、加圧器水位〕

1996年5月、米国セコイヤ(Sequoyah)発電所2号炉で、1次系水質環境下においても局所的に溶存酸素濃度が高くなる等の理由で内面からの応力腐食割れによる漏えいが発生していることから、応力腐食割れが想定される。

しかしながら、当該部位については、SUS304系より耐応力腐食割れ性の優れているSUS316系を使用している。

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

なお、機器点検時の目視確認および浸透探傷検査により、機器の健全性を確認している。

- (2) 伝送器〔余熱除去流量〕、信号変換処理部〔アニュラス水素濃度を除いて共通〕、加速度検出器、出力部、電源装置〔保護用地震計（水平用）〕、指示計〔保護用地震計（水平用）を除いて共通〕、記録計〔中性子束（出力領域）〕および自動／手動操作器〔余熱除去流量、加圧器水位〕の特性変化

伝送器、信号変換処理部、加速度検出器、出力部、電源装置、指示計、記録計および自動／手動操作器は長期間の使用に伴い、検出特性および信号伝達特性が変化し、長期間校正を実施しない場合、実際のプロセス値に対し、測定値および制御値の誤差が大きくなることや、マイグレーションが想定される。

しかしながら、信号処理・変換を行う電気回路部は定格値（定格電力・電圧・電流値）に対して回路上は十分低い範囲で使用する設計としており、屋内に設置されていることから環境変化の程度は小さく、短期間で入出力特性が変化する可能性は小さいと考える。

また、製造段階で製作不良に基づく回路電流集中を取り除くスクリーニング等を実施していることから、マイグレーションが発生する可能性は小さいと考える。

さらに、機器点検時の実圧または模擬信号での校正試験・調整により、機器の健全性を維持している。

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

- (3) パイプハンガークランプ他、スタンション [1次冷却材圧力、余熱除去流量、加圧器水位]、筐体 [余熱除去流量、加圧器水位、保護用地震計（水平用）、格納容器内高レンジエリアモニタ、アニュラス水素濃度]、チャンネルベース [余熱除去流量、加圧器水位、格納容器内高レンジエリアモニタ、アニュラス水素濃度]、取付ボルト [1次冷却材圧力、余熱除去流量、加圧器水位、格納容器内高レンジエリアモニタ、アニュラス水素濃度]、基礎架台 [余熱除去流量、加圧器水位、アニュラス水素濃度] および基礎金物 [格納容器内高レンジエリアモニタ] の腐食（全面腐食）

パイプハンガークランプ他、スタンション、筐体、チャンネルベース、取付ボルト、基礎架台および基礎金物は炭素鋼であり、腐食が想定される。

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

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

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

- (4) 埋込金物（大気接触部）の腐食（全面腐食） [1次冷却材圧力、余熱除去流量、加圧器水位、格納容器内高レンジエリアモニタ]

埋込金物は炭素鋼であり、腐食が想定される。

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

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

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

- (5) 計装用取出配管、計器元弁、計装配管および計器弁の外面からの応力腐食割れ
[余熱除去流量]

余熱除去流量の計装用取出配管等はステンレス鋼であり、外表面に大気中の海塩粒子等の塩分が付着した場合、塩化物イオンによる応力腐食割れが想定される。

しかしながら、周辺環境における塩分付着量を測定し、応力腐食割れに対して問題のないことを確認している。

また、余熱除去流量の計装用取出配管等は屋内に設置されており、屋外に設置されている配管等と比較して環境条件は穏やかであり、大気中の海塩粒子が外表面に直接付着する可能性は小さい。

さらに、巡視点検時等の目視確認により機器の健全性を維持している。

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

- (6) 基礎ボルトの腐食（全面腐食） [1次冷却材高温側温度（広域）および中性子束（出力領域）を除いて共通]

基礎ボルトは炭素鋼であり腐食が想定される。

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

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

- (7) オリフィスの腐食（流れ加速型腐食） [余熱除去流量]

オリフィスは絞り機構であり、配管部と比較して流速が速くなることから流れ加速型腐食により減肉が想定される。

しかしながら、余熱除去流量のオリフィスはステンレス鋼であり、流速を低く設計していることから、流れ加速型腐食が発生する可能性はないと考える。

したがって、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(8) オリフィスの応力腐食割れ [余熱除去流量]

オリフィスはステンレス鋼であり、応力腐食割れが想定される。

しかしながら、余熱除去流量のオリフィスは、定期検査時に飽和溶存酸素濃度（最大約8ppm）の流体が流入する際は流体温度が低い（最高でも80℃程度）ため、応力腐食割れが発生する可能性は小さい。

また、定期検査後のプラント起動時には1次冷却材中の溶存酸素濃度低減のための運転操作を実施するため、高温（100℃以上）で使用する場合は、溶存酸素濃度が0.1ppm以下に低減された流体となっていることから、応力腐食割れが発生する可能性は小さい。

したがって、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(9) 埋込金物（コンクリート埋設部）の腐食（全面腐食） [1次冷却材圧力、余熱除去流量、加圧器水位、格納容器内高レンジエリアモニタ]

埋込金物は炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、コンクリート埋設部ではコンクリートの大気接触部表面からの中性化の進行により腐食環境となるが、コンクリートが中性化に至り、埋込金物に有意な腐食が発生するまで長期間を要することから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

2.2.4 消耗品および定期取替品

ヒューズ、電解コンデンサ、電源装置（保護用地震計（水平用）を除く）、中性子束検出器、放射線検出器、前置増幅器、1次冷却材圧力および加圧器水位の伝送器、測温抵抗体ならびに水素濃度検出器およびアニュラス水素濃度の指示計については定期取替品である。いずれも、長期使用はせず取替を前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

なお、記録計のヒューズについては、容易に修復が可能であることから、事後保全としている。

表2.2-1(1/8) 大飯4号炉 1次冷却材圧力計測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	部位	消耗品 ・定期 取替品	材料	経年劣化事象							備考	
				減肉		割れ		絶縁	導通	特性		その他
				摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	絶縁 低下	導通 不良	特性 変化		
プロセス値の伝達 機能の維持	計装用取出配管、計器元弁、 計装配管、計器弁		ステンレス鋼				△*1				*1:内面からの 応力腐食割 れ *2:大気接触部 の腐食 *3:コンクリ ート埋設部の 腐食	
プロセス値の検出 機能の維持	伝送器	◎	—									
電源供給・信号変 換・演算・制御機能 の維持	信号変換処理部		半導体							△		
	ヒューズ	◎	—									
	電源装置	◎	—									
工学値への変換機 能の維持	指示計		炭素鋼、 プラスチック							△		
機器の支持	ライナー		ステンレス鋼									
	パイプハンガークランプ他		ステンレス鋼、 炭素鋼		△							
	スタンション		炭素鋼		△							
	取付ボルト		炭素鋼		△							
	基礎ボルト		炭素鋼		△							
	埋込金物		炭素鋼		△*2 ▲*3							

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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

表2.2-1(2/8) 大飯4号炉 余熱除去流量計測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	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考	
				減肉		割れ		絶縁	導通	特性		その他
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁低下	導通不良	特性変化		
プロセス値の伝達機能の維持	計装用取出配管、計器元弁、計装配管、計器弁		ステンレス鋼				△*1				*1:外面からの応力腐食割れ	
	オリフィス 注)		ステンレス鋼		▲*2		▲					
プロセス値の検出機能の維持	伝送器		アルミニウム合金铸件、ステンレス鋼、半導体							△	*2:流れ加速型腐食	
電源供給・信号変換・演算・制御機能の維持	信号変換処理部		半導体							△	*3:大気接触部の腐食	
	ヒューズ	◎	—								*4:コンクリート埋設部の腐食	
	電源装置	◎	—									
	自動/手動操作器		半導体							△		
工学値への変換機能の維持	指示計		炭素鋼、プラスチック							△		
機器の支持	ライナー		ステンレス鋼									
	パイプハンガークランプ他		ステンレス鋼、炭素鋼		△							
	スタンション		炭素鋼		△							
	管体		炭素鋼		△							
	チャンネルベース		炭素鋼		△							
	取付ボルト		炭素鋼		△							
	基礎ボルト		炭素鋼		△							
	基礎架台		炭素鋼		△							
	埋込金物		炭素鋼		△*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）

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

注) オリフィスはプロセス値の伝達機能に加えて、バウンダリ機能をあわせもっており、両者を含めた評価とする。

表2.2-1(3/8) 大飯4号炉 加圧器水位計測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	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象								備考
				減肉		割れ		絶縁	導通	特性	その他	
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁低下	導通不良	特性変化		
プロセス値の伝達機能の維持	計器元弁、計装配管、計器弁		ステンレス鋼				△*1					*1:内面からの応力腐食割れ *2:大気接触部の腐食 *3:コンクリート埋設部の腐食
プロセス値の検出機能の維持	伝送器	◎	—									
電源供給・信号変換・演算・制御機能の維持	信号変換処理部		半導体							△		
	ヒューズ	◎	—									
	電源装置	◎	—									
	自動/手動操作器		半導体							△		
工学値への変換機能の維持	指示計		炭素鋼、プラスチック							△		
機器の支持	ライナー		ステンレス鋼									
	パイプハンガークランプ他		ステンレス鋼、炭素鋼		△							
	スタンション		炭素鋼		△							
	筐体		炭素鋼		△							
	チャンネルベース		炭素鋼		△							
	取付ボルト		炭素鋼		△							
	基礎ボルト		炭素鋼		△							
	基礎架台		炭素鋼		△							
埋込金物		炭素鋼		△*2 ▲*3								

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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

表2.2-1(4/8) 大飯4号炉 1次冷却材高温側温度(広域)計測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	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考	
				減肉		割れ		絶縁	導通	特性		その他
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁低下	導通不良	特性変化		
プロセス値の検出機能の維持	測温抵抗体	◎	—								*1:大気接触部の腐食 *2:コンクリート埋設部の腐食	
電源供給・信号変換・演算・制御機能の維持	信号変換処理部		半導体							△		
	ヒューズ	◎	—									
	電源装置	◎	—									
工学値への変換機能の維持	指示計		炭素鋼、プラスチック							△		

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-1(5/8) 大飯4号炉 保護用地震計(水平用)に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考		
				減肉		割れ		絶縁	導通	特性		その他	
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁低下	導通不良	特性変化			
プロセス値の検出機能の維持	加速度検出器		銅、サマリウムコバルト合金、ばね用ベリリウム鋼								△		
電源供給・信号変換・演算・制御機能の維持	信号変換処理部		半導体								△		
	電解コンデンサ	◎	—										
	出力部		銅								△		
	電源装置		半導体								△		
	電解コンデンサ ヒューズ	◎ ◎	— —										
機器の支持	筐体		炭素鋼		△								
	基礎ボルト		炭素鋼		△								

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-1(6/8) 大飯4号炉 中性子束（出力領域）計測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	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考	
				減肉		割れ		絶縁	導通	特性		その他
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁低下	導通不良	特性変化		
プロセス値の検出機能の維持	中性子束検出器	◎	—									*1: 大気接触部の腐食 *2: コンクリート埋設部の腐食
信号変換機能の維持	信号変換処理部		半導体							△		
	ヒューズ	◎	—									
	電源装置	◎	—									
工学値への変換機能の維持	指示計		炭素鋼、プラスチック							△		
	記録計		半導体							△		
	ヒューズ	◎	—									

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-1(7/8) 大飯4号炉 格納容器内高レンジエリアモニタに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象								備考	
				減肉		割れ		絶縁	導通	特性	その他		
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁低下	導通不良	特性変化			
プロセス値の検出機能の維持	放射線検出器	◎	—										*1: 大気接触部の腐食 *2: コンクリート埋設部の腐食
信号変換機能の維持	前置増幅器	◎	—										
	信号変換処理部		半導体								△		
	ヒューズ	◎	—										
	電源装置	◎	—										
工学値への変換機能の維持	指示計		炭素鋼、プラスチック								△		
機器の支持	管体		炭素鋼		△								
	チャンネルベース		炭素鋼		△								
	基礎金物		炭素鋼		△								
	取付ボルト		炭素鋼		△								
	基礎ボルト		炭素鋼		△								
	埋込金物		炭素鋼		△ ^{*1} ▲ ^{*2}								

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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

表2.2-1(8/8) 大飯4号炉 アニュラス水素濃度計測装置に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品 ・定期 取替品	材料	経年劣化事象							備考	
				減肉		割れ		絶縁	導通	特性		その他
				摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	絶縁 低下	導通 不良	特性 変化		
プロセス値の検出機能の維持	水素濃度検出器	◎	—									
信号変換機能および工学値への変換機能の維持	電源装置	◎	—									
	指示計	◎	—									
機器の支持	筐体		炭素鋼		△							
	チャンネルベース		炭素鋼		△							
	基礎架台		炭素鋼		△							
	取付ボルト		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）

3. 代表機器以外への展開

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

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

[圧力]

- ① 加圧器圧力
- ② 主蒸気圧力
- ③ タービン第1段圧力
- ④ 格納容器圧力（広域）
- ⑤ 制御用空気供給母管圧力
- ⑥ 海水供給母管圧力
- ⑦ アニュラス圧力
- ⑧ 安全補機室圧力

[流量]

- ① 高圧注入流量
- ② 1次冷却材流量
- ③ 補助給水流量
- ④ 恒設代替低圧注水積算流量
- ⑤ 格納容器スプレイ積算流量

[水位]

- ① ほう酸タンク水位
- ② 格納容器再循環サンプル水位（広域・狭域）
- ③ 蒸気発生器水位（狭域）
- ④ 蒸気発生器水位（広域）
- ⑤ 原子炉補機冷却水サージタンク水位
- ⑥ 燃料取替用水ピット水位
- ⑦ よう素除去薬品タンク水位
- ⑧ 使用済燃料ピット水位
- ⑨ 原子炉水位
- ⑩ 復水ピット水位

- ⑪ 原子炉格納容器水位
- ⑫ 原子炉下部キャビティ水位

[温度]

- ① 1次冷却材低温側温度 (広域)
- ② 1次冷却材高温側温度 (狭域)
- ③ 1次冷却材低温側温度 (狭域)
- ④ 格納容器内温度
- ⑤ 使用済燃料ピット温度
- ⑥ 静的触媒式水素再結合装置温度
- ⑦ 原子炉格納容器水素燃焼装置温度

[地震]

- ① 保護用地震計 (鉛直用)

[中性子束]

- ① 中性子束 (中間領域)
- ② 中性子束 (中性子源領域)

3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

3.1.1 1次冷却材系統に接する計装配管等の応力腐食割れ〔加圧器圧力、1次冷却材流量、原子炉水位〕

1996年5月、米国セコイヤ(Sequoyah)発電所2号炉で、1次系水質環境下においても局所的に溶存酸素濃度が高くなる等の理由で内面からの応力腐食割れによる漏えいが発生していることから、応力腐食割れが想定される。

しかしながら、当該部位については、SUS304系より耐応力腐食割れ性の優れているSUS316系を使用している。

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

なお、機器点検時の目視確認および浸透探傷検査により、機器の健全性を確認している。

3.1.2 伝送器等の特性変化〔共通〕

伝送器（加圧器圧力、格納容器再循環サンプル水位（広域・狭域）、蒸気発生器水位（狭域）、蒸気発生器水位（広域）、使用済燃料ピット水位および原子炉水位を除く）、加速度検出器、出力部、前置増幅器、信号変換処理部、電源装置（保護用地震計（鉛直用））、指示計、記録計および自動／手動操作器は、長期間の使用に伴い、検出特性および信号伝達特性が変化し、長期間校正を実施しない場合、実際のプロセス値に対し、測定値および制御値の誤差が大きくなることや、マイグレーションが想定される。

しかしながら、信号処理・変換を行う電気回路部は定格値（定格電力・電圧・電流値）に対して回路上は十分低い範囲で使用する設計としており、屋内または筐体内に設置されていることから環境変化の程度は小さく、短期間で入出力特性が変化する可能性は小さいと考える。

また、製造段階で製作不良に基づく回路電流集中を取り除くスクリーニング等を実施していることから、マイグレーションが発生する可能性は小さいと考える。

さらに、機器点検時の実圧または模擬信号での校正試験・調整により、機器の健全性を維持している。

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

- 3.1.3 パイプハンガークランプ他、スタンション、筐体、チャンネルベース、取付ボルト、基礎架台の腐食（全面腐食） [パイプハンガークランプ他、スタンション、筐体、チャンネルベース、取付ボルトまたは基礎架台を含む機器共通]

パイプハンガークランプ他、スタンション、筐体、チャンネルベース、取付ボルトおよび基礎架台は炭素鋼であり、腐食が想定される。

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

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

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

- 3.1.4 計装用取出配管（炭素鋼）の内面からの腐食（全面腐食） [海水供給母管圧力]

海水供給母管圧力の計装用取出配管（炭素鋼）の内面は海水が接するため、内面からの腐食が想定される。

しかしながら、内面にライニングを施工しており、ライニングが健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、系統の弁分解点検時等に目視確認を実施し、ライニングの健全性を確認することにより、機器の健全性を維持している。

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

- 3.1.5 計装用取出配管および計器元弁（炭素鋼、銅合金鋳物）の外表面からの腐食（全面腐食） [タービン第1段圧力、制御用空気供給母管圧力、海水供給母管圧力]

炭素鋼または銅合金鋳物の計装用取出配管および計器元弁は、外表面からの腐食が想定される。

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

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

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

3.1.6 埋込金物（大気接触部）の腐食（全面腐食）〔埋込金物を含む機器共通〕

炭素鋼の埋込金物については、腐食が想定される。

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

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

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

3.1.7 計装用取出配管、計器元弁、計装配管および計器弁の外面からの応力腐食割れ

〔計装用取出配管、計器元弁、計装配管および計器弁がステンレス鋼の伝送器（原子炉格納容器内を除く屋内設置分）〕

伝送器の計装用取出配管等はステンレス鋼であり、原子炉格納容器内設置分を除いて、外表面に大気中の海塩粒子等の塩分が付着した場合、塩化物イオンによる応力腐食割れが想定される。

しかしながら、周辺環境における塩分付着量を測定し、応力腐食割れに対して問題のないことを確認している。

また、屋内に設置されている計装用取出配管等については、屋外に設置されている配管等と比較して環境条件は穏やかであり、大気中の海塩粒子が外表面に直接付着する可能性は小さい。

さらに、巡視点検時等の目視確認により機器の健全性を維持している。

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

3.1.8 基礎ボルトの腐食（全面腐食）および樹脂の劣化〔基礎ボルトを含む機器共通〕

基礎ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

また、ケミカルアンカには樹脂を使用しており、劣化が想定される。

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

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

3.1.9 オリフィスの腐食（流れ加速型腐食）〔高圧注入流量、補助給水流量、恒設代替低圧注水積算流量、格納容器スプレイ積算流量〕

オリフィスは絞り機構であり、配管部と比較して流速が速くなることから流れ加速型腐食により減肉が想定される。

しかしながら、恒設代替低圧注水積算流量および格納容器スプレイ積算流量のオリフィスについては、通常運転中通水されておらず、流れ加速型腐食が発生する可能性はないと考える。

また、高圧注入流量および補助給水流量のオリフィスはステンレス鋼であり、流速を低く設計していることから、流れ加速型腐食が発生する可能性はないと考える。

したがって、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

3.1.10 オリフィスの応力腐食割れ〔高圧注入流量〕

高圧注入流量のオリフィスはステンレス鋼であり、1次冷却材環境下において応力腐食割れが想定される。

しかしながら、通常運転中、オリフィスが設置されている配管中の流体温度は、周囲温度と同等と低いことから応力腐食割れの発生の可能性はなく、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

3.1.11 電極式水位計の絶縁低下〔原子炉格納容器水位、原子炉下部キャビティ水位〕

電極式水位計の絶縁物は、酸化マグネシウム等を使用しており、熱によりNi線の成分が拡散し、酸化マグネシウムの純度が低下することや湿分の浸入により絶縁低下を起こす可能性がある。

しかしながら、電極式水位計は発熱体でなく、通常使用する環境条件では拡散が急激に進行することはない。

また、電極式水位計は酸化マグネシウムの吸湿防止のため、セラミック端子、接続スリーブ等の接続部をシールしており、外部の湿気がシース内部に浸入しない構造としていることから、絶縁低下の可能性はなく、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

3.1.12 計装用取出配管、計器元弁、計装配管および計器弁（炭素鋼または銅合金鋳物）の内面からの腐食（全面腐食）〔制御用空気供給母管圧力、海水供給母管圧力〕
制御用空気供給母管圧力の計装用取出配管等は炭素鋼であり、内面からの腐食が想定される。

しかしながら、内部流体が制御用空気であり、腐食が発生しがたい環境にある。

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

また、海水供給母管圧力の計装用取出配管等は銅合金鋳物であり、内面からの腐食が想定される。

しかしながら、計装用取出配管等に使用している銅合金鋳物は耐食性がよく、腐食が発生しがたい環境にある。

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

3.1.13 埋込金物（コンクリート埋設部）の腐食（全面腐食）〔埋込金物を含む機器共通〕

埋込金物は炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、コンクリート埋設部ではコンクリートの大気接触部表面からの中性化の進行により腐食環境となるが、コンクリートが中性化に至り、埋込金物に有意な腐食が発生するまで長期間を要することから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

2 制御設備

[対象分類]

- ① 保護・シーケンス盤、リレーラック
- ② 監視・操作盤、通信設備
- ③ 制御盤

目次

1. 技術評価対象機器および代表機器の選定	1
1.1 グループ化の考え方および結果	1
1.2 代表機器の選定	1
2. 代表機器の技術評価	5
2.1 構造、材料および使用条件	5
2.2 経年劣化事象の抽出	14
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価	22
3. 代表機器以外への展開	29
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象	30
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象	31

1. 技術評価対象機器および代表機器の選定

大飯4号炉で使用されている制御設備の主な仕様を表1-1に示す。

これらの制御設備を機能の観点からグループ化し、それぞれのグループより以下のとおり代表機器を選定した。

1.1 グループ化の考え方および結果

表1-1に示す制御設備について、機能を分離基準として考えると、合計3つのグループに分類される。

1.2 代表機器の選定

制御設備は、検出回路、ロジック回路等の機器の組合せにより構成されている。使用されている各構成機器は、設備の持つ機能に依存せず、構造、材料、使用条件等が同等であることから、経年劣化に対する健全性評価は、構成機器単位で実施する。そのため、主要な構成機器の組合せを考慮し、各構成機器が評価されるように代表機器を選定した。

(1) 保護・シーケンス盤、リレーラック

このグループには、原子炉安全保護計装盤、安全保護シーケンス盤およびATWS緩和設備が属するが、重要度および主要構成機器の観点から、原子炉安全保護計装盤を代表機器とする。

(2) 監視・操作盤、通信設備

このグループには、主盤、原子炉補助盤、換気空調盤等が属するが、重要な機器の監視および操作を行う主盤を代表機器とする。

(3) 制御盤

このグループには、ディーゼル発電機制御盤、充てんポンプ速度制御盤・補助盤、制御用空気圧縮機制御盤等が属するが、重要度および主要構成機器の観点から、ディーゼル発電機制御盤を代表機器とする。

表1-1 (1/3) 大飯4号炉 制御設備の主な仕様

分離基準	機器名称 (面数)	選定基準							代表機器の選定	
		主要構成機器						重要度*1	代表機器	選定理由
		検出回路部	ロジック回路部	操作回路部	監視回路部	駆動回路部	電源部			
保護・シーケンス盤、リレーラック	原子炉安全保護計装盤 (4)	—	補助リレー、 半導体基板	操作スイッチ	—	—	NFB*2、 電源装置	MS-1	◎	重要度、主要構成機器
	安全保護シーケンス盤 (4)	—	補助リレー、 半導体基板	—	—	—	NFB*2、 電源装置	MS-1		
	ATWS緩和設備 (1)	—	半導体基板、 補助リレー、 タイマ	—	—	—	NFB*2	重*3		

*1：機能は最上位の機能を示す。

*2：ノーヒューズブレーカ。

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

表1-1 (2/3) 大飯4号炉 制御設備の主な仕様

分離基準	機器名称 (面数)	選定基準							代表機器の選定	
		主要構成機器						重要度*1	代表機器	選定理由
		検出回路部	ロジック回路部	操作回路部	監視回路部	駆動回路部	電源部			
監視・操作盤、通信設備	主盤 (1)	—	—	操作スイッチ	表示灯、故障表示器	—	NFB*2、電源装置、ヒューズ	MS-1	◎	重要機器の監視および操作を行う
	原子炉補助盤 (1)	—	—	操作スイッチ	表示灯、故障表示器	—	NFB*2、電源装置	MS-1		
	換気空調盤 (1)	—	—	操作スイッチ	表示灯、故障表示器	—	NFB*2、電源装置、ヒューズ	MS-1		
	中央制御室外原子炉停止盤 (2)	—	—	操作スイッチ	表示灯	—	NFB*2	MS-2		
	中央制御室外換気空調盤 (2)	—	—	操作スイッチ	表示灯	—	NFB*2	MS-1		
	使用済燃料ピット監視カメラ (2)	カメラユニット	半導体基板	LAN	半導体基板、表示部 (PC)	—	NFB*2、UPS*4	重*3		

*1：機能は最上位の機能を示す。

*2：ノーヒューズブレーカ。

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

*4：無停電電源装置。

表1-1 (3/3) 大飯4号炉 制御設備の主な仕様

分離基準	機器名称 (面数)	選定基準							代表機器の選定		
		主要構成機器							重要度*1	代表機器	選定理由
		検出回路部	ロジック回路部	操作回路部	監視回路部	駆動回路部	電源部				
制御盤	ディーゼル発電機制御盤 (12)	励磁装置、保護リレー (静止形)、保護リレー (機械式)、計器用変流器、電磁ピックアップ	電圧調整装置、スピードリレー、電圧設定器、補助リレー、タイマ、ヒューズ	操作スイッチ、ロックアウトリレー	表示灯、指示計、故障表示器	電磁接触器、シリコン整流器	NFB*2	MS-1、重*3	◎	重要度、主要構成機器	
	充てんポンプ速度制御盤・補助盤 (1)	—	速度制御装置、タイマ	速度設定器、操作スイッチ	指示計	—	NFB*2、変圧器、ヒューズ	MS-1			
	制御用空気圧縮機制御盤 (2)	—	補助リレー、タイマ	操作スイッチ	表示灯、故障表示器	—	NFB*2	MS-1			
	空調用冷凍機制御盤 (4)	—	補助リレー、タイマ	操作スイッチ	表示灯、指示計	電磁接触器	NFB*2	MS-1			
	タービン動補助給水ポンプ起動盤 (2)	—	補助リレー、タイマ	操作スイッチ	表示灯	電磁接触器	NFB*2	MS-1			
	空冷式非常用発電装置制御盤 (2)	励磁装置、計器用変圧器	補助リレー、速度制御装置、ヒューズ、自動電圧調整器	操作スイッチ	表示灯、指示計、故障表示器	—	NFB*2	重*3			

*1：機能は最上位の機能を示す。

*2：ノーヒューズブレーカ。

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

2. 代表機器の技術評価

本章では1章で代表機器とした以下の制御設備について技術評価を実施する。

- ① 原子炉安全保護計装盤
- ② 主盤
- ③ ディーゼル発電機制御盤

2.1 構造、材料および使用条件

2.1.1 原子炉安全保護計装盤

(1) 構造

大飯4号炉の原子炉安全保護計装盤は、4トレン各1面設置されており、補助リレー等の主要構成機器および機器を支持するための筐体、埋込金物から構成されている。

原子炉安全保護計装盤は、信号変換処理部等で変換された電気信号を入力とし、論理回路を構成し、原子炉を安全に停止するための原子炉トリップ信号および工学的安全施設作動信号を出力する装置である。

大飯4号炉の原子炉安全保護計装盤の主要機器構成図を図2.1-1に示す。

(2) 材料および使用条件

大飯4号炉の原子炉安全保護計装盤の使用材料および使用条件を表2.1-1および表2.1-2に示す。

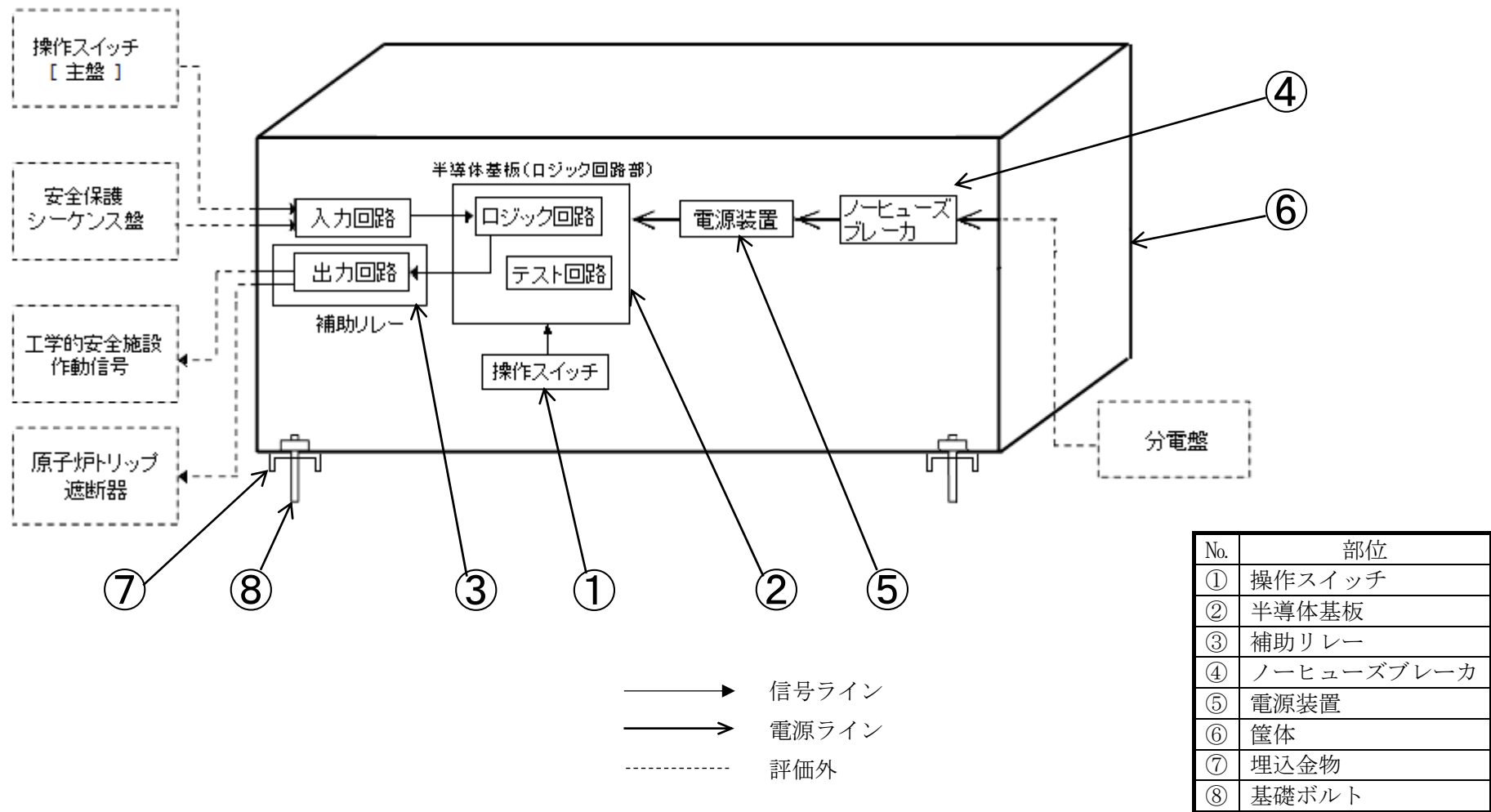


図2.1-1 大飯4号炉 原子炉安全保護計装盤の主要機器構成図

表2.1-1 大飯4号炉 原子炉安全保護計装盤主要部位の使用材料

部位		材料
主要構成機器	操作スイッチ	銅合金
	半導体基板	半導体
	補助リレー	消耗品・定期取替品
	ノーヒューズブレーカ	消耗品・定期取替品
	電源装置	消耗品・定期取替品
支持構造物	筐体	炭素鋼
	埋込金物	炭素鋼
	基礎ボルト	炭素鋼

表2.1-2 大飯4号炉 原子炉安全保護計装盤の使用条件

使用温度	約26°C*1
設置場所	1次系継電器室
制御電源	AC115V

*1：原子炉格納容器外の設計平均温度

2.1.2 主盤

(1) 構造

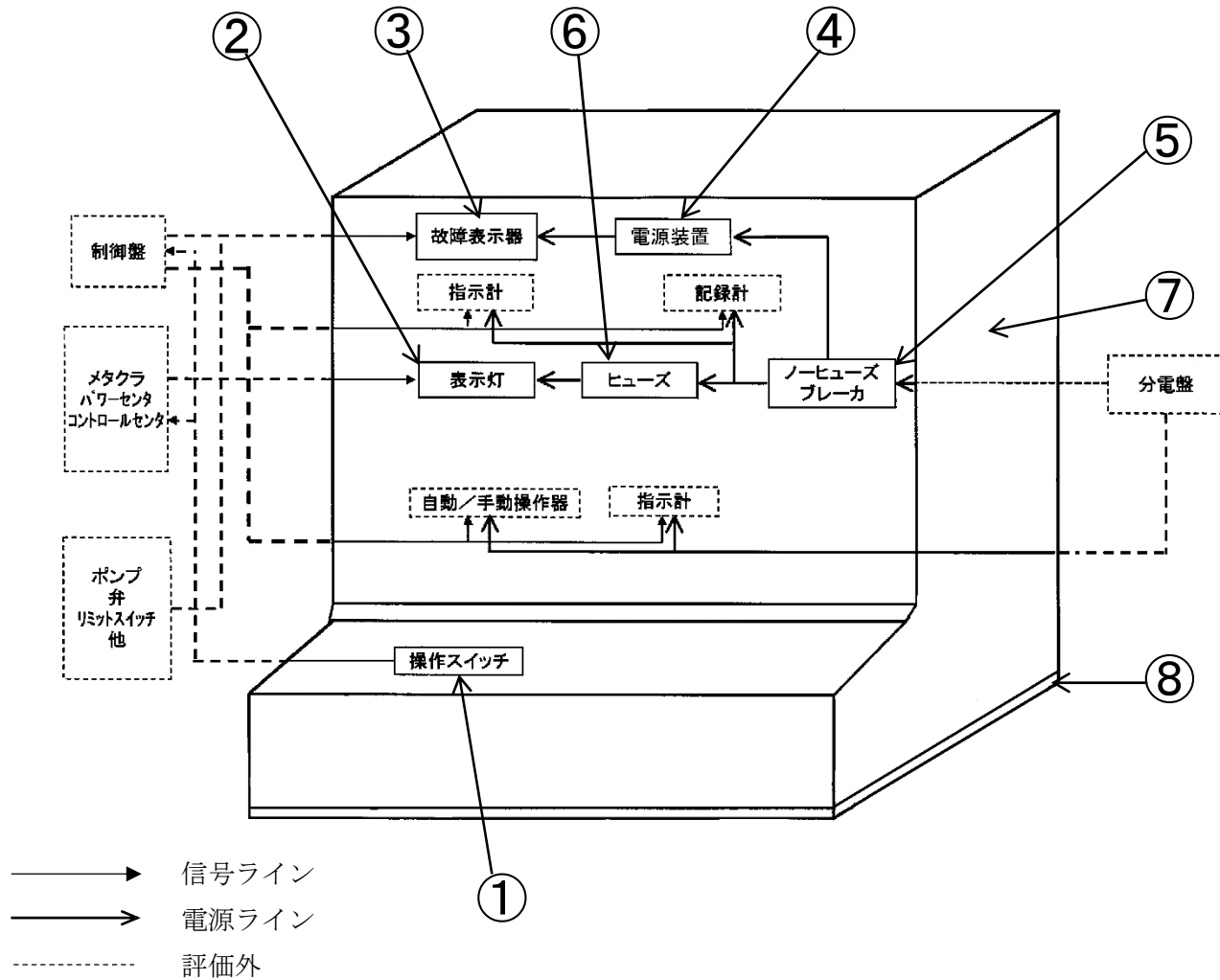
大飯4号炉の主盤は、操作スイッチ等の主要構成機器および機器を支持するための筐体、埋込金物から構成されている。

主盤は、プロセスを監視するための指示計、記録計、表示灯および故障表示器を有しており、操作スイッチ等により制御信号を操作する装置である。

大飯4号炉の主盤の主要機器構成図を図2.1-2に示す。

(2) 材料および使用条件

大飯4号炉の主盤の使用材料および使用条件を表2.1-3および表2.1-4に示す。



No.	部位
①	操作スイッチ
②	表示灯
③	故障表示器
④	電源装置
⑤	ノーヒューズブレーカ
⑥	ヒューズ
⑦	筐体
⑧	埋込金物

図2.1-2 大飯4号炉 主盤の主要機器構成図

表2.1-3 大飯4号炉 主盤主要部位の使用材料

部位		材料
主要構成機器	操作スイッチ	銅、銀他
	表示灯	消耗品・定期取替品
	故障表示器	消耗品・定期取替品
	電源装置	消耗品・定期取替品
	ノーヒューズブレーカ	消耗品・定期取替品
	ヒューズ	消耗品・定期取替品
支持構造物	筐体	炭素鋼
	埋込金物	炭素鋼

表2.1-4 大飯4号炉 主盤の使用条件

使用温度	約26℃*1
設置場所	中央制御室
制御電源	DC125V／AC115V

*1：原子炉格納容器外の設計平均温度

2.1.3 ディーゼル発電機制御盤

(1) 構造

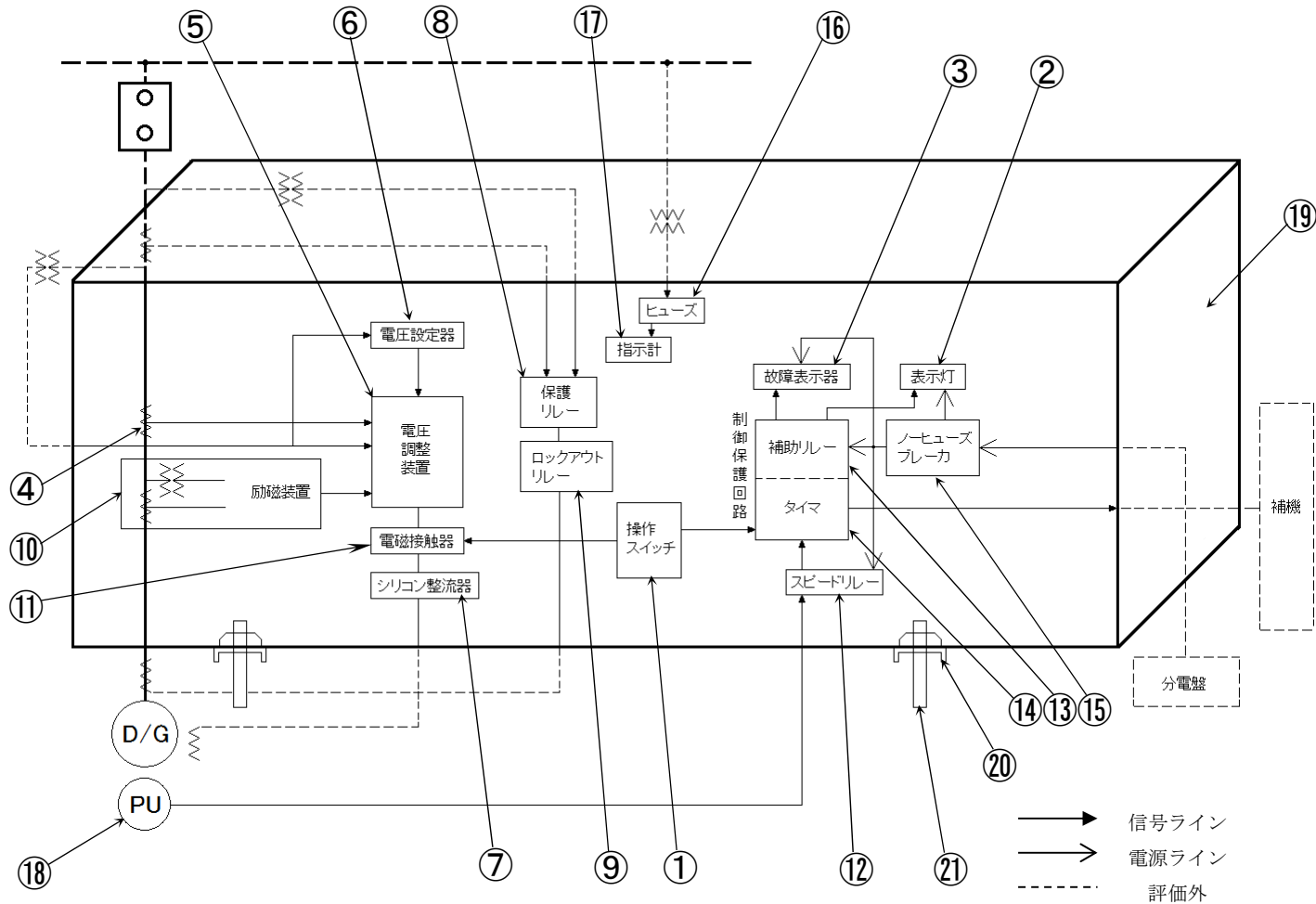
大飯4号炉のディーゼル発電機制御盤はA、Bトレン各6面設置されており、励磁装置等の主要構成機器および機器を支持するための筐体、基礎ボルトから構成されている。

ディーゼル発電機制御盤は発電所安全系電源が喪失した際にディーゼル発電機を自動起動し、必要な機器への安定した電源供給を制御する装置である。

大飯4号炉のディーゼル発電機制御盤の主要機器構成図を図2.1-3に示す。

(2) 材料および使用条件

大飯4号炉のディーゼル発電機制御盤の使用材料および使用条件を表2.1-5および表2.1-6に示す。



No.	部位
①	操作スイッチ
②	表示灯
③	故障表示器
④	計器用変流器
⑤	電圧調整装置
⑥	電圧設定器
⑦	シリコン整流器
⑧	保護リレー (静止形および機械式)
⑨	ロックアウトリレー
⑩	励磁装置
⑪	電磁接触器
⑫	スピードリレー
⑬	補助リレー
⑭	タイマ
⑮	ノーヒューズブレーカ
⑯	ヒューズ
⑰	指示計
⑱	電磁ピックアップ
⑲	筐体
⑳	埋込金物
㉑	基礎ボルト

図2.1-3 大飯4号炉 ディーゼル発電機制御盤の主要機器構成図

表2.1-5 大飯4号炉 ディーゼル発電機制御盤主要部位の使用材料

	部位	材料
主要構成機器	操作スイッチ	銅、銀他
	表示灯	消耗品・定期取替品
	故障表示器	消耗品・定期取替品
	計器用変流器	銅線、ポリオレフィンゴム（A種絶縁）
	電圧調整装置	半導体、可変抵抗器、他
	電圧設定器	小型直流モータ
	シリコン整流器	半導体
	保護リレー（静止形）	半導体、リレー、銅線、ホルマール樹脂およびフェノール樹脂（A種絶縁）
	保護リレー（機械式）	コイル、銅線、ホルマール樹脂およびフェノール樹脂（A種絶縁）
	ロックアウトリレー	消耗品・定期取替品
	励磁装置	銅線、珪素鋼板、アラミド紙（H種絶縁）
	電磁接触器	消耗品・定期取替品
	スピードリレー	消耗品・定期取替品
	補助リレー	消耗品・定期取替品
	タイマ	消耗品・定期取替品
	ノーヒューズブレーカ	消耗品・定期取替品
	ヒューズ	消耗品・定期取替品
	指示計	消耗品・定期取替品
電磁ピックアップ	銅線、ステンレス鋼他	
支持構造物	筐体	炭素鋼
	埋込金物	炭素鋼
	基礎ボルト	炭素鋼

表2.1-6 大飯4号炉 ディーゼル発電機制御盤の使用条件

使用温度	約40℃*1
設置場所	ディーゼル発電機電気盤室
制御電源	DC125V／AC115V

*1：原子炉格納容器外の設計平均温度

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機能達成に必要な項目

制御設備の機能である信号の検出、変換、支持機能を維持するためには、以下の項目が必要である。

- ① 機器の制御・保護・監視・操作機能の維持
- ② 機器の支持

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

制御設備個々について、機能達成に必要な項目を考慮して、主要な構成品の構造、材料、使用条件および現在までの運転経験等を考慮し、表2.2-1に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

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

(1) 計器用変流器の絶縁低下 [ディーゼル発電機制御盤]

計器用変流器の絶縁物は有機物であり、熱的、電氣的、環境的要因で経年劣化が進行し、絶縁性能の低下を起こす可能性があることから、経年劣化に対する評価が必要である。

(2) 保護リレーの絶縁低下 [ディーゼル発電機制御盤]

保護リレーの絶縁物は有機物であり、熱的、電氣的、環境的要因で経年劣化が進行し、絶縁性能の低下を起こす可能性があることから、経年劣化に対する評価が必要である。

(3) 励磁装置の絶縁低下 [ディーゼル発電機制御盤]

励磁装置の絶縁物は有機物であり、熱的、電氣的、環境的要因で経年劣化が進行し、絶縁性能の低下を起こす可能性があることから、経年劣化に対する評価が必要である。

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

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

に該当するものについては、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

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

(1) 操作スイッチの導通不良 [共通]

操作スイッチは、浮遊塵埃の接点部分への付着による導通不良が想定される。

しかしながら、接点部分は盤内に収納されており、塵埃の付着による導通不良が発生する可能性は小さい。

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

なお、機器点検時の動作確認により、機器の健全性を確認している。

(2) 半導体基板 [原子炉安全保護計装盤]、電圧調整装置および保護リレー（静止形） [ディーゼル発電機制御盤] の特性変化

半導体基板等は長期間の使用に伴い、入出力特性の変化やマイグレーションが想定される。

しかしながら、半導体基板等を構成している電気回路部は定格値（定格電力・電圧・電流）に対して回路上は十分低い範囲で使用する設計としており、屋内に設置されていることから環境変化の程度は小さく、短期間で入出力特性が変化する可能性は小さいと考える。

また、製造段階で製作不良に基づく回路電流集中を取り除くスクリーニング等を実施していることから、マイグレーションが発生する可能性は小さいと考える。

さらに、機器点検時の調整試験および動作試験により、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目す

べき経年劣化事象ではない。

(3) 筐体の腐食（全面腐食） [共通]

筐体は炭素鋼であり、腐食が想定される。

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

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

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

(4) 埋込金物（大気接触部）の腐食（全面腐食） [共通]

埋込金物は炭素鋼であり、腐食が想定される。

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

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

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

(5) 電圧設定器の特性変化 [ディーゼル発電機制御盤]

電圧設定器の小型直流モータは、ブラシの摩耗に伴う接触圧の低下による出力特性の変化が想定される。

しかしながら、ディーゼル発電機の起動回数は月に2～3回程度と少なく、その動作時間も約60秒/回と短いため、ブラシの摩耗に伴う接触圧の低下により、出力特性が変化する可能性は小さい。

また、機器点検時のブラシの摩耗量測定により、機器の健全性を維持している。

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

(6) シリコン整流器の特性変化 [ディーゼル発電機制御盤]

シリコン整流器のシリコン整流素子は、長期間の使用に伴い、熱により空乏層が変化し、漏れ電流が増加することによる特性変化が想定される。

しかしながら、使用電流値と比べて一定の裕度を持つ定格の素子を使用することで、発熱を低減するとともに、放熱板で冷却することによりシリコン整流素子の温度を一定温度以下に保つように設計しており、特性が急激に変化する可能性は小さい。

また、機器点検時の抵抗測定により、機器の健全性を維持している。

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

(7) 保護リレー（機械式）の特性変化 [ディーゼル発電機制御盤]

保護リレー（機械式）は、長期間の使用に伴い、回転軸および軸受の機械的摩擦および接点部分の電氣的摩耗、損傷等により動作特性の変化が想定される。

しかしながら、保護リレー（機械式）は、電気規格調査会標準規格に定める10,000回の耐久試験を型式試験として実施し、機構および特性に異常を生じないことを確認しており、また、屋内に設置されていることから環境変化の程度は小さく、短期間での急激な特性変化が生じる可能性は小さいと考える。

また、回転軸受部・摺動部に油やグリスを使用していないことから、グリス等の固着により誘導円板の動作特性が変化することは考え難い。

さらに、機器点検時の調整試験および動作試験により、機器の健全性を維持している。

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

(8) 基礎ボルトの腐食（全面腐食） [原子炉安全保護計装盤、ディーゼル発電機制御盤]

基礎ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

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

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

(9) 埋込金物（コンクリート埋設部）の腐食（全面腐食）〔共通〕

埋込金物は炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、コンクリート埋設部ではコンクリートの大気接触部表面からの中性化の進行により腐食環境となるが、コンクリートが中性化に至り、埋込金物に有意な腐食が発生するまで長期間を要することから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(10) 電磁ピックアップの絶縁低下〔ディーゼル発電機制御盤〕

電磁ピックアップのコイルの絶縁物は有機物であり、熱的、電氣的、環境的要因による絶縁低下が想定される。

しかしながら、電磁ピックアップは屋内に設置されているため、塵埃、湿分等が付着しにくい環境にある。

また、ディーゼル発電機の運転時間は短いことから、コイルの発熱による温度上昇は小さく、定格運転時のコイルの最大温度90℃に対して、コイルの許容最高温度は200℃と十分余裕を持った耐熱性を有していること、さらに、定格運転時に発生する電圧は7～10V程度であり、コイルの絶縁耐力600Vに対して十分低いことから、絶縁低下の可能性は小さいと考える。

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

2.2.4 消耗品および定期取替品

表示灯、故障表示器、スピードリレーおよび指示計は動作確認の結果に基づき取替える消耗品であり、補助リレー、ノーヒューズブレーカ、電源装置、ロックアウトリレー、電磁接触器、タイマおよびヒューズは定期取替品であるため、長期使用はせず取替を前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

表2.2-1 (1/3) 大飯4号炉 原子炉安全保護計装盤に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部品	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象								備考
				減肉		割れ		絶縁	導通	特性	その他	
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁低下	導通不良	特性変化		
機器の制御・保護・監視・操作機能の維持	操作スイッチ		銅合金						△			*1: 大気接触部の腐食 *2: コンクリート埋設部の腐食
	半導体基板		半導体							△		
	補助リレー	◎	—									
	ノーヒューズブレーカ	◎	—									
	電源装置	◎	—									
機器の支持	筐体		炭素鋼		△							
	埋込金物		炭素鋼		△ ^{*1} ▲ ^{*2}							
	基礎ボルト		炭素鋼		△							

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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

表2.2-1 (2/3) 大飯4号炉 主盤に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部品	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象								備考
				減肉		割れ		絶縁	導通	特性	その他	
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁低下	導通不良	特性変化		
機器の制御・保護・監視・操作機能の維持	操作スイッチ		銅、銀他							△		*1: 大気接触部の腐食 *2: コンクリート埋設部の腐食
	表示灯	◎	—									
	故障表示器	◎	—									
	電源装置	◎	—									
	ノーヒューズブレーカ	◎	—									
	ヒューズ	◎	—									
機器の支持	筐体		炭素鋼		△							
	埋込金物		炭素鋼		△ ^{*1} ▲ ^{*2}							

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（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) 大飯4号炉 ディーゼル発電機制御盤に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部品	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考	
				減肉		割れ		絶縁	導通	特性		その他
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁低下	導通不良	特性変化		
機器の制御・保護・監視・操作機能の維持	操作スイッチ		銅、銀他						△		*1:大気接触部の腐食 *2:コンクリート埋設部の腐食	
	表示灯	◎	—									
	故障表示器	◎	—									
	計器用変流器		銅線、ポリオレフィンゴム					○				
	電圧調整装置		半導体、可変抵抗器、他							△		
	電圧設定器		小型直流モータ							△		
	シリコン整流器		半導体							△		
	保護リレー（静止形）		半導体、リレー、銅線、ホルマール樹脂、フェノール樹脂					○		△		
	保護リレー（機械式）		コイル、銅線、ホルマール樹脂、フェノール樹脂					○		△		
	ロックアウトリレー	◎	—									
	励磁装置		銅線、珪素鋼板、アラミド紙					○				
	電磁接触器	◎	—									
	スピードリレー	◎	—									
	補助リレー	◎	—									
	タイマ	◎	—									
	ノーヒューズブレーカ	◎	—									
	ヒューズ	◎	—									
指示計	◎	—										
電磁ピックアップ		銅線、ステンレス鋼他						▲				
機器の支持	筐体		炭素鋼		△							
	埋込金物		炭素鋼		△*1 ▲*2							
	基礎ボルト		炭素鋼		△							

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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

2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

2.3.1 計器用変流器の絶縁低下 [ディーゼル発電機制御盤]

a. 事象の説明

計器用変流器は、熱的、電氣的、環境的要因で経年的変化が進行し、絶縁低下を起こす可能性がある。

b. 技術評価

① 健全性評価

計器用変流器の絶縁低下については、絶縁物内の微小欠陥における部分放電の長期継続により絶縁物の劣化の形で進行し、最終的に絶縁破壊に至ることから、電気特性試験における部分放電消滅電圧および部分放電電荷量の測定結果を、「電気学会 電気規格調査会標準規格 計器用変成器（保護継電器用）（JEC-1201-2007）」および「日本工業規格 計器用変成器（標準用および一般計測用）第1部：変流器（JIS C 1731-1:1998）」に基づく基準値と比較することにより、絶縁性能状態を把握する。

計器用変流器の絶縁低下に関する健全性評価として、2001年に電力共通研究「原子力発電所における電気・計装品の健全性評価研究（STEP2）2001年度」を実施した。

図2.3-1に示すように、60年相当の課電劣化試験^{*1}および熱サイクル試験^{*2}による健全性調査の結果、部分放電消滅電圧および部分放電電荷量について、劣化傾向が見られないことから、絶縁性能に問題のないことを確認している。

*1：課電電圧の上昇および下降の繰返しによる絶縁劣化を、メーカー独自の寿命評価手法による試験電圧および試験周波数により加速劣化させる試験

*2：0℃～80℃～0℃で通年（1年間）の温度上昇および下降による熱応力の機械的ストレスを模擬した試験

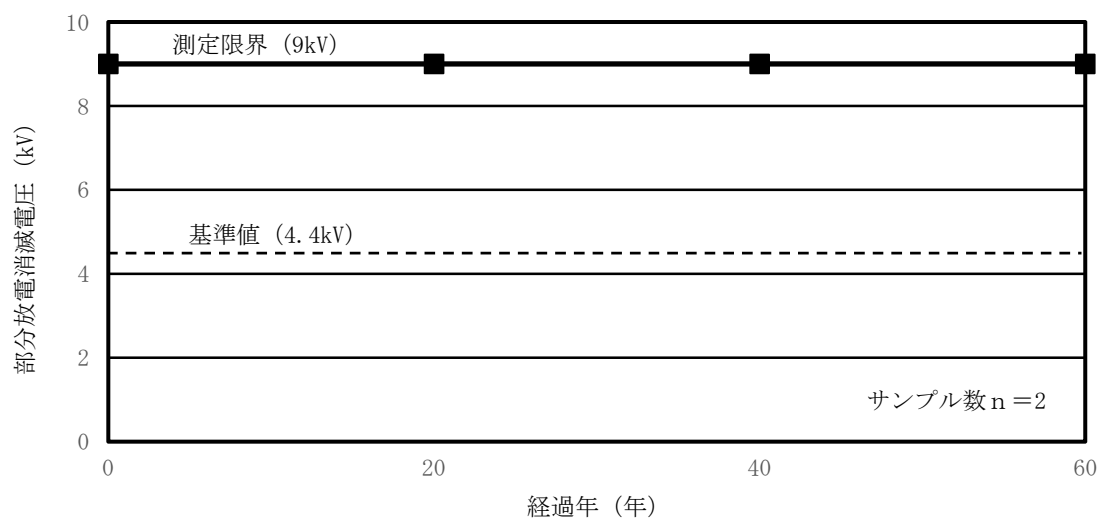


図2.3-1a 計器用変流器の部分放電特性（課電劣化試験による部分放電消滅電圧）
 [出典：電力共通研究「原子力発電所における電気・計装品の健全性評価研究（STEP2）」2001年度]

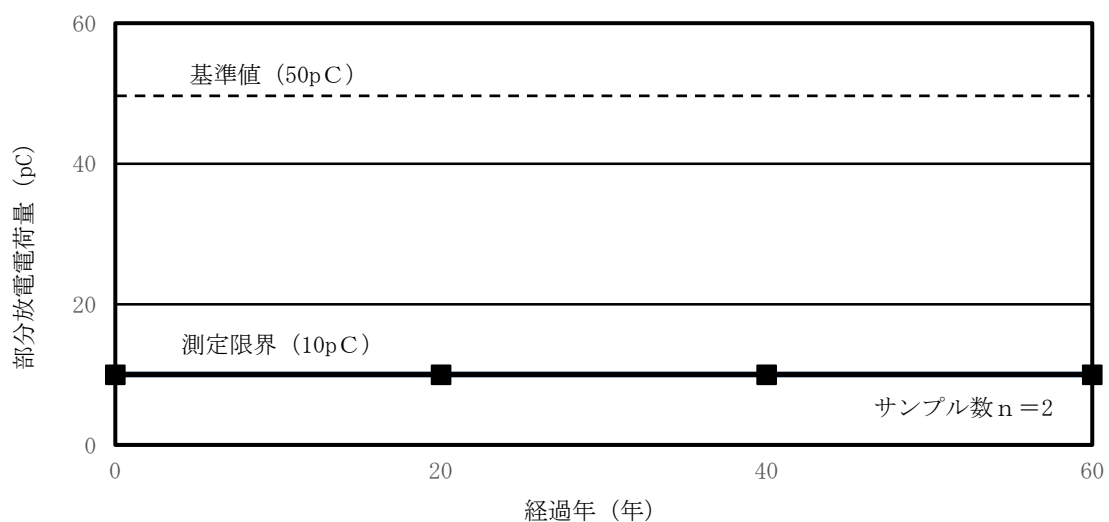


図2.3-1b 計器用変流器の部分放電特性（課電劣化試験による部分放電電荷量）
 [出典：電力共通研究「原子力発電所における電気・計装品の健全性評価研究（STEP2）」2001年度]

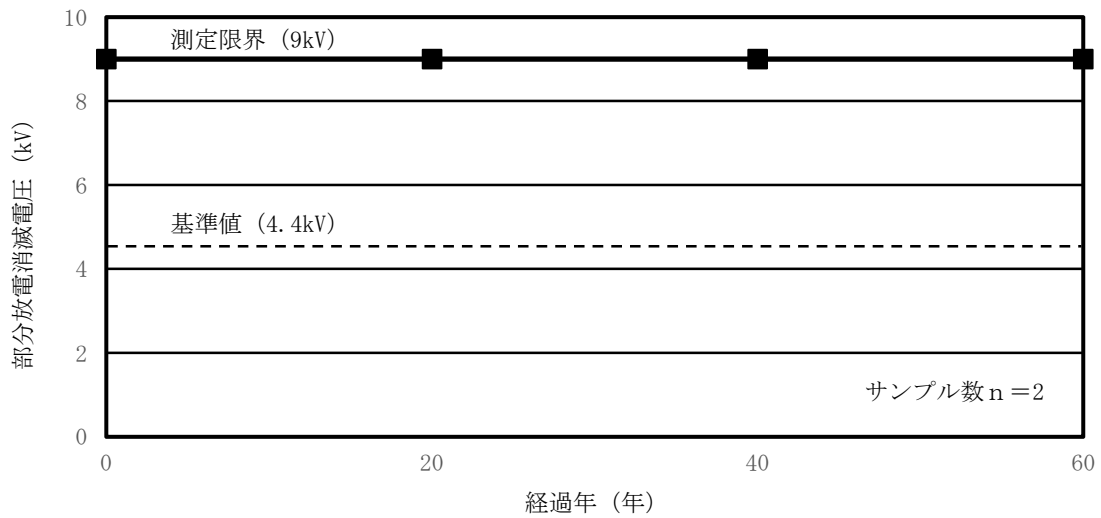


図2.3-1c 計器用変流器の部分放電特性（熱サイクル試験による部分放電消滅電圧）
 [出典：電力共通研究「原子力発電所における電気・計装品の健全性評価研究（STEP2）」2001年度]

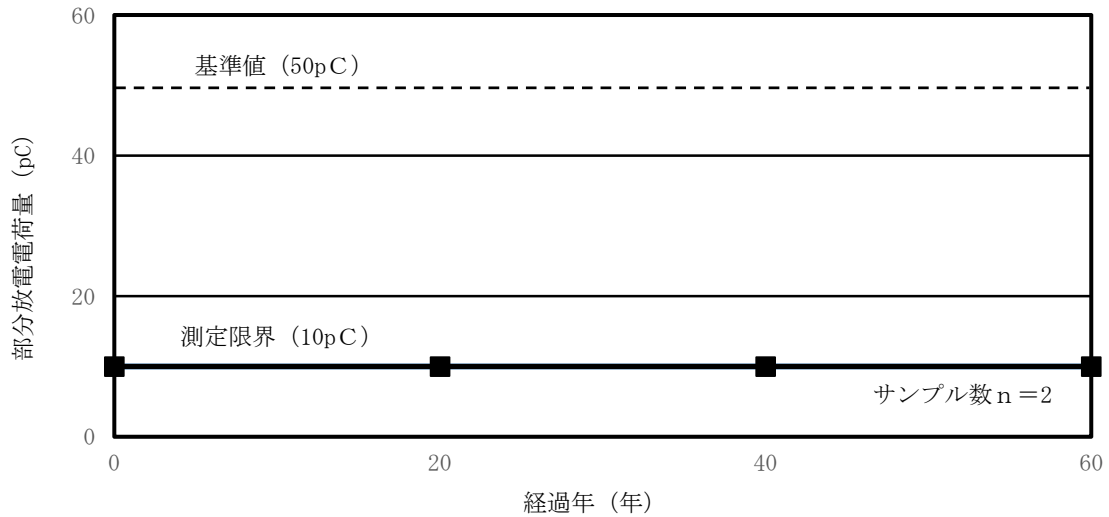


図2.3-1d 計器用変流器の部分放電特性（熱サイクル試験による部分放電電荷量）
 [出典：電力共通研究「原子力発電所における電気・計装品の健全性評価研究（STEP2）」2001年度]

② 現状保全

計器用変流器の絶縁低下に対しては、定期的な絶縁抵抗測定により、管理値以上であることを確認している。

③ 総合評価

健全性評価結果から判断して、計器用変流器の絶縁低下により機器の健全性に影響を与える可能性はないと考える。

また、計器用変流器の絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切である。

c. 高経年化への対応

計器用変流器の絶縁低下については、現状保全項目に、高経年化対策の観点から追加すべきものはないと判断する。

2.3.2 保護リレーの絶縁低下 [ディーゼル発電機制御盤]

a. 事象の説明

保護リレー内部に使用している入力トランスの絶縁物は有機物であり、熱的、電氣的、環境的要因で経年劣化が進行し、絶縁性能の低下を起こす可能性がある。

b. 技術評価

① 健全性評価

保護リレーは、筐体内に内蔵されているため、塵埃が付着しにくい環境にある。

保護リレーの絶縁低下については、同種保護リレーのサンプリング調査結果より評価を実施した。

図2.3-2は、保護リレーの絶縁破壊電圧と使用年数の関係を示している。この評価から、入力トランスの絶縁破壊電圧の95%信頼区間下限が判定基準に達するまでの期間は約47年であり、絶縁低下の可能性は否定できない。

なお、判定基準は、保護リレーの入力トランス絶縁仕様として定められた耐電圧であるAC2,000V（JEC-2500-1987「電力用保護継電器」）としている。

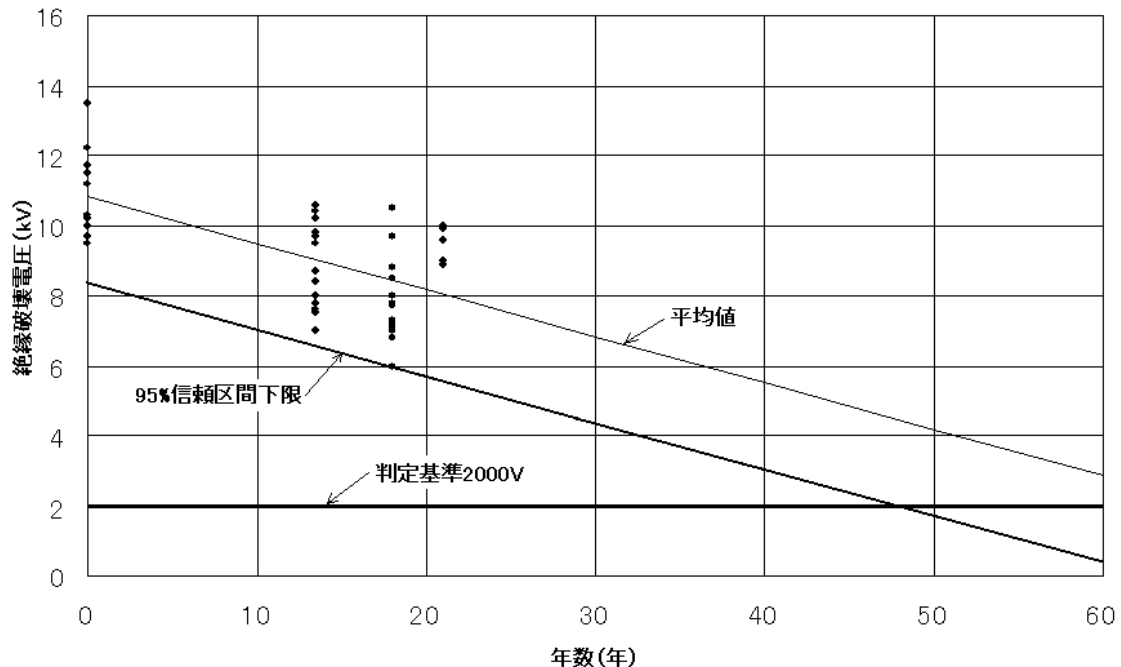


図2.3-2 保護リレーの絶縁破壊電圧と使用年数の関係

[出典：メーカーデータ]

② 現状保全

保護リレーの絶縁低下に対しては、定期的な絶縁抵抗測定により、管理値以上であることを確認している。

③ 総合評価

健全性評価結果から判断して、保護リレーの絶縁低下の可能性は否定できないが、保護リレーの絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切である。

c. 高経年化への対応

保護リレーの絶縁低下については、定期的に絶縁抵抗測定を実施していく。

2.3.3 励磁装置の絶縁低下 [ディーゼル発電機制御盤]

a. 事象の説明

励磁装置は励磁用の変圧器であることから、通電による発熱や周囲環境条件の影響を受け、絶縁性能の低下を起こす可能性がある。

b. 技術評価

① 健全性評価

励磁装置の絶縁低下に対しては、励磁装置単独での絶縁に対しての精密点検が必要であり、過去に実施した精密点検の結果からは、設備の納入後20年前後より絶縁抵抗の低下を生じる可能性が考えられる。

しかしながら、励磁装置は屋内に設置された制御盤筐体内に内蔵されているため、塵埃が付着しにくい環境にあることから急激な絶縁低下の可能性は小さいと考えるが、60年間の供用を想定すると、絶縁低下の可能性は否定できない。

② 現状保全

励磁装置の絶縁低下に対しては、定期的に絶縁抵抗測定を実施し、異常のないことを確認している。

また、15サイクル経過後適切な頻度で励磁装置の絶縁抵抗測定および精密点検として $\tan \delta$ 測定、直流吸収比測定およびコイルの目視確認を実施し、異常のないことを確認している。

③ 総合評価

健全性評価結果から判断して、励磁装置の絶縁低下の可能性は否定できないが、励磁装置の絶縁低下は、絶縁抵抗測定および精密点検で検知可能であり、点検手法として適切である。

c. 高経年化への対応

励磁装置の絶縁低下については、定期的に絶縁抵抗測定ならびに適切な頻度で精密点検として $\tan \delta$ 測定、直流吸収比測定およびコイルの目視確認を実施していく。

3. 代表機器以外への展開

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

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

- ① 安全保護シーケンス盤
- ② ATWS緩和設備
- ③ 原子炉補助盤
- ④ 換気空調盤
- ⑤ 中央制御室外原子炉停止盤
- ⑥ 中央制御室外換気空調盤
- ⑦ 使用済燃料ピット監視カメラ
- ⑧ 充てんポンプ速度制御盤・補助盤
- ⑨ 制御用空気圧縮機制御盤
- ⑩ 空調用冷凍機制御盤
- ⑪ タービン動補助給水ポンプ起動盤
- ⑫ 空冷式非常用発電装置制御盤

3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

3.1.1 変圧器〔充てんポンプ速度制御盤・補助盤〕、計器用変圧器および励磁装置〔空冷式非常用発電装置制御盤〕の絶縁低下

変圧器、計器用変圧器および励磁装置の絶縁物は有機物であり、機械的、熱的、電氣的、環境的要因で経年劣化が進行し、絶縁性能の低下を起こす可能性がある。

しかしながら、屋内に設置された制御盤筐体内に内蔵されているため、塵埃が付着しにくい環境にあることから急激な絶縁低下の可能性は小さいと考える。

また、変圧器、計器用変圧器および励磁装置の絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切である。

したがって、変圧器、計器用変圧器および励磁装置の絶縁低下については、定期的に絶縁抵抗測定を実施していく。

3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

3.2.1 半導体基板〔安全保護シーケンス盤、ATWS緩和設備、使用済燃料ピット監視カメラ〕、速度制御装置〔充てんポンプ速度制御盤・補助盤、空冷式非常用発電装置制御盤〕の特性変化

半導体基板等は長期間の使用に伴い入出力特性の変化やマイグレーションが想定される。

しかしながら、半導体基板等を構成している電気回路部は定格値（定格電力・電圧・電流）に対して回路上は十分低い範囲で使用する設計としており、屋内に設置されていることから環境変化の程度は小さく、短期間での入出力特性が変化する可能性は小さいと考える。

また、製造段階で製作不良に基づく回路電流集中を取り除くスクリーニング等を実施していることから、マイグレーションが発生する可能性は小さいと考える。

さらに、機器点検時の動作試験により、機器の健全性を維持している。

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

3.2.2 筐体、チャンネルベースおよび取付ボルトの腐食（全面腐食）〔共通〕

筐体、チャンネルベースおよび取付ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、筐体、チャンネルベースおよび取付ボルト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、巡視点検等で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することにより、機器の健全性を維持している。

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

3.2.3 埋込金物の腐食（大気接触部）（全面腐食）〔共通〕

埋込金物は炭素鋼であり、腐食が想定される。

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

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

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

3.2.4 操作スイッチの導通不良〔原子炉補助盤、換気空調盤、中央制御室外原子炉停止盤、中央制御室外換気空調盤、充てんポンプ速度制御盤・補助盤、制御用空気圧縮機制御盤、空調用冷凍機制御盤、タービン動補助給水ポンプ起動盤、空冷式非常用発電装置制御盤〕

操作スイッチは、浮遊塵埃の接点部分への付着による導通不良が想定される。

しかしながら、接点部分は盤内に収納されており、塵埃の付着による導通不良が発生する可能性は小さい。

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

なお、機器の動作確認により、機器の健全性を確認している。

3.2.5 速度設定器の特性変化〔充てんポンプ速度制御盤・補助盤〕

速度設定器は可変抵抗器を使用しており、回転板と絶縁板との接触面における絶縁膜の形成や摺動による接触面の荒れ、接触圧の低下により設定器としての機能低下が想定される。

しかしながら、定期的に速度制御装置としての調整試験および動作試験を行い、異常のないことを確認することにより、機器の健全性を維持している。

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

3.2.6 基礎ボルトの腐食（全面腐食）および樹脂の劣化〔基礎ボルトを含む機器共通〕

基礎ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

また、ケミカルアンカには樹脂を使用しており、劣化が想定される。

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

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

3.2.7 埋込金物（コンクリート埋設部）の腐食（全面腐食）〔共通〕

埋込金物は炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、コンクリート埋設部ではコンクリートの大気接触部表面からの中性化の進行により腐食環境となるが、コンクリートが中性化に至り、埋込金物に有意な腐食が発生するまで長期間を要することから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

大飯発電所 4 号炉

空調設備の技術評価書

[運転を断続的に行うことを前提とした評価]

関西電力株式会社

大飯4号炉の空調設備のうち、評価対象機器である安全重要度分類審査指針におけるクラス1、2の機器、高温・高圧の環境下にあるクラス3の機器および常設重大事故等対処設備に属する機器を型式、設置場所等でグループ化し、同一グループ内の複数の機器の存在を考慮して、重要度、構造等の観点から代表機器を選定した。

これらの一覧表を表1に、機能を表2に示す。

本評価書においては、これら代表機器について技術評価を行うとともに、代表機器以外の機器について技術評価を展開している。本評価書における技術評価結果で現状保全を継続すべき項目としたものについては、現状保全の点検手法の適切性を確認しており、現状保全を継続することで健全性の維持は可能であると考えている。

なお、本評価書における分解点検には、定期的を実施する分解点検に加え、状態監視や傾向監視等の結果に基づき計画、実施する分解点検を含んでいる。

また、点検等で確認した結果、異常が認められた場合は速やかに対策を施すこととしており、異常が認められた場合に対策を実施する旨の記載は省略している。

本評価書では空調設備の型式等を基に、以下の6つに分類している。

- 1 ファン
- 2 モータ
- 3 空調ユニット
- 4 冷凍機
- 5 ダクト
- 6 ダンパ

なお、弁に分類されるものについては、「弁の技術評価書」にて評価を実施するものとし、本評価書には含んでいない。

表 1 (1/8) 大飯 4 号炉 ファンの主な仕様

分離基準			機器名称 (台数)	選定基準					代表機器の選定	
型式	駆動方式	設置場所		仕様 容量×全圧 (m ³ /min)×(Pa[gage])	重要度*1	使用条件			代表 機器	選定理由
						運転状態	回転数 (rpm)	周囲温度 (℃)		
遠心型	一体型	屋内	安全補機室冷却ファン(2)	約 265×約 785	MS-2	一時	900	約40	◎	重要度
			アニュラス空気浄化ファン(2)	約 156×約3,432	MS-1、重*2	一時	3,600	約40		
	カップリング 駆動	屋内	中央制御室空調ファン(2)	約 500×約1,275	MS-1、重*2	連続	900	約40	◎	重要度、運転時間
			中央制御室非常用循環ファン(2)	約 230×約1,667	MS-1、重*2	一時	1,800	約40		
軸流型	一体型	屋内	電動補助給水ポンプ室給気ファン(2)	約 350×約 785	MS-2	一時	1,800	約40	◎	重要度
			中央制御室循環ファン(2)	約 500×約 343	MS-1、重*2	連続	1,200	約40		
			ディーゼル発電機室給気ファン(4)	約1,000×約 981	MS-2	一時	1,800	約40		
			制御用空気圧縮機室給気ファン(2)	約 150×約 490	MS-2	一時	1,800	約40		

*1：機能は最上位の機能を示す。

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

表 1 (2/8) 大飯 4 号炉 モータの主な仕様

分離基準			機器名称 (台数)	仕様 (定格出力× 定格回転数) (kW×rpm)	選定基準				代表機器の選定	
電圧 区分	型式	設置 場所			重要度*1	使用条件			代表 機器	選定 理由
						運転 状態	電圧 (V)	周囲温度 (℃)		
低圧	全閉	屋内	ディーゼル発電機室給気ファンモータ (4)	37×1,770	MS-2	一時	440	約40	◎	重要度、 出力
			空調用冷水ポンプモータ (4)	30×3,550	MS-1	連続	440	約40		
			アニュラス空気浄化ファンモータ (2)	18.5×3,550	MS-1 重*2	一時	440	約40		
			中央制御室空調ファンモータ (2)	18.5×885	MS-1 重*2	連続	440	約40		
			電動補助給水ポンプ室給気ファンモータ (2)	15×1,760	MS-2	一時	440	約40		
			中央制御室非常用循環ファンモータ (2)	11×1,740	MS-1 重*2	一時	440	約40		
			中央制御室循環ファンモータ (2)	11×1,170	MS-1 重*2	連続	440	約40		
			制御用空気圧縮機室給気ファンモータ (2)	5.5×1,760	MS-2	一時	440	約40		
	安全補機室冷却ファンモータ (2)	5.5×885	MS-2	一時	440	約40				
密閉	空調用冷凍機モータ (4)	190×3,525	MS-1	連続	440	約40	◎			

*1：機能は最上位の機能を示す。

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

表 1 (3/8) 大飯 4 号炉 空調ユニットの主な仕様

分離基準 型式	機器名称 (台数)	仕様 容量 (m ³ /min)	選定基準			代表機器の選定	
			重要度*1	運転状態	構成品	代表 機器	選定理由
エアハンドリング ユニット	アニュラス空気浄化フィルタユニット (2)	約 156	MS-1、重*2	一時	電気ヒータ、微粒子フィルタ、 よう素フィルタ	◎	重要度、容量
	中央制御室非常用循環フィルタユニット (1)	約 230	MS-1、重*2	一時	電気ヒータ、微粒子フィルタ、 よう素フィルタ		
	安全補機室冷却ユニット (2)	約 265	MS-2	一時	冷却コイル		
	中央制御室空調ユニット (2)	約 500	MS-1、重*2	連続	粗フィルタ、冷却コイル		
	格納容器再循環ユニット (2) *3	約3,500	重*2	連続	補機冷却水冷却コイル		

*1：機能は最上位の機能を示す。

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

*3：格納容器再循環ユニットは全 4 台あるが、常設重大事故等対処設備に属する機器は 2 台である。

表 1 (4/8) 大飯 4 号炉 冷凍機の主な仕様

機器名称 (台数)	仕様 (容量)	重要度*1	使用条件		構成品
			運転状態		
空調用冷凍機 (4)	665,280kcal/h (冷却能力)	MS-1	連続	本体	圧縮機、凝縮器、蒸発器、モータ*2、冷媒配管
				冷水系統	冷水膨張タンク、冷水ポンプ、モータ*2、配管

*1：機能は最上位の機能を示す。

*2：モータについては、本評価書のモータにて評価している。

表 1 (5/8) 大飯 4 号炉 ダクトの主な仕様

分離基準	機器名称	仕様 容量 (m ³ /min)	選定基準		代表機器の選定	
			重要度*1	運転状態	代表 機器	選定理由
排気筒	排気筒	約7,800	MS-1、重*2	一時	◎	
ダクト	アニュラス空気浄化系統ダクト	約 156	MS-1、重*2	一時	◎	重要度、運転 時間
	安全補機室冷却系統ダクト	約 265	MS-2	一時		
	ディーゼル発電機室空調系統ダクト	約2,000	MS-2	一時		
	電動補助給水ポンプ室空調系統ダクト	約 350	MS-2	一時		
	制御用空気圧縮機室空調系統ダクト	約 150	MS-2	一時		
	中央制御室空調系統ダクト	約 500	MS-1、重*2	連続		
	中央制御室非常用循環系統ダクト	約 230	MS-1、重*2	一時		
	格納容器再循環系統ダクト	約3,500	重*2	一時		

*1：機能は最上位の機能を示す。

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

表 1 (6/8) 大飯 4 号炉 ダンパの主な仕様

分離基準		機器名称 (台数)	選定基準	代表機器の選定	
形式	駆動方法 (作動原理)		重要度*1	代表機器	選定理由
ダンパ	空気作動	アニュラス給気第 1 隔離ダンパ (1)	MS-1	◎	重要度
		アニュラス給気第 2 隔離ダンパ (1)	MS-1		
		アニュラス排気第 1 隔離ダンパ (1)	MS-1		
		アニュラス排気第 2 隔離ダンパ (1)	MS-1		
		アニュラス排気ダンパ (2)	MS-1		
		アニュラス戻りダンパ (2)	MS-1		
		安全補機室排気ダンパ (2)	MS-1		
		安全補機室給気第 1 隔離ダンパ (1)	MS-1		
		安全補機室給気第 2 隔離ダンパ (1)	MS-1		
		安全補機室排気第 1 隔離ダンパ (1)	MS-1		
		安全補機室排気第 2 隔離ダンパ (1)	MS-1		
		中央制御室外気取入止めダンパ (2)	MS-1		
		中央制御室循環ファン入口ダンパ (2)	MS-1、重*2		
		中央制御室外気取入流量調節ダンパ (2)	MS-1、重*2		
		中央制御室循環流量調節ダンパ (2)	MS-1、重*2		
		中央制御室大気放出流量調節ダンパ (2)	MS-1		
		中央制御室事故時外気取入流量調節ダンパ (2)	MS-1、重*2		
		格納容器排気ファン出口ダンパ (2)	MS-1		
		格納容器排気止めダンパ (1)	MS-1		
		補助建屋排気止めダンパ (1)	MS-1		
		補助建屋排気流量調節ダンパ (1)	MS-1		
		ディーゼル発電機室排気ダンパ (4)	MS-2		
		電動補助給水ポンプ室排気ダンパ (2)	MS-2		
制御用空気圧縮機室排気ダンパ (2)	MS-2				

*1：機能は最上位の機能を示す。

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

表 1 (7/8) 大飯 4 号炉 ダンパの主な仕様

分離基準		機器名称 (台数)	選定基準	代表機器の選定	
形式	駆動方法 (作動原理)		重要度*1	代表機器	選定理由
ダンパ	空気作動	安全系電気盤室給気止めダンパ (2)	MS-1		
		安全系電気盤室排気止めダンパ (2)	MS-1		
		中央制御室非常用循環ファン入口ダンパ (2)	MS-1、重*2		
		中央制御室空調ファン出口ダンパ (2)	MS-1、重*2		
		中央制御室事故時循環流量調節ダンパ (2)	MS-1、重*2		
		安全補機開閉器室給気ガス作動ダンパ (1)	MS-1		
		充電器室排気ガス作動ダンパ (2)	MS-1		
		1次系継電器室給気ガス作動ダンパ (2)	MS-1		
		1次系継電器室排気ガス作動ダンパ (1)	MS-1		
		E P 盤室排気ガス作動ダンパ (2)	MS-1		
		E P 盤室給気ガス作動ダンパ (2)	MS-1		
		D/G 制御盤室給気ガス作動ダンパ (2)	MS-1		
		空調用冷凍機室給気ガス作動ダンパ (1)	MS-1		
		空調用冷凍機室排気ガス作動ダンパ (1)	MS-1		
	逆止	安全補機室冷却ファン出口逆止ダンパ (2)	MS-2	◎	重要度
		安全補機室給気逆止ダンパ (2)	MS-2		
		安全補機室排気逆止ダンパ (2)	MS-2		
		安全補機室事故時排気逆止ダンパ (2)	MS-1		
		ディーゼル発電機室給気ファン出口逆止ダンパ (4)	MS-2		
		電動補助給水ポンプ室給気ファン入口逆止ダンパ (2)	MS-2		
		制御用空気圧縮機室給気ファン入口逆止ダンパ (2)	MS-2		
防火	アニュラス空気浄化フィルタユニット入口防火ダンパ (2)	MS-1			
	アニュラス排気防火ダンパ (2)	MS-1、重*2			
	アニュラス戻り防火絞りダンパ (2)	MS-1、重*2			

*1：機能は最上位の機能を示す。

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

表 1 (8/8) 大飯 4 号炉 ダンパの主な仕様

分離基準		機器名称 (台数)	選定基準	代表機器の選定	
形式	駆動方法 (作動原理)		重要度*1	代表機器	選定理由
ダンパ	防火	補助建屋給気系高圧注入ポンプ配管室防火ダンパ (2)	MS-2	◎	重要度
		余熱除去ポンプ配管室排気防火ダンパ (2)	MS-2		
		アニュラス空気浄化系 S I P 配管室防火ダンパ (2)	MS-1		
		ディーゼル発電機室給気防火絞りダンパ A (2)	MS-2		
		ディーゼル発電機室給気防火絞りダンパ B (2)	MS-2		
		ディーゼル発電機室給気防火絞りダンパ C (2)	MS-2		
		ディーゼル発電機室給気防火ダンパ (2)	MS-2		
		電動補助給水ポンプ室給気防火絞りダンパ (2)	MS-2		
		制御用空気圧縮機室給気防火絞りダンパ (1)	MS-2		
		制御用空気圧縮機室給気防火ダンパ (1)	MS-2		
		1 次系継電器室防火絞りダンパ (2)	MS-1		
		安全補機開閉器室空調系 1 次系継電器室防火絞りダンパ (1)	MS-1		
		安全補機開閉器室空調系 1 次系継電器室防火ダンパ (1)	MS-1		
		充電器室給気防火ダンパ (2)	MS-1		
		中央制御室外原子炉停止盤室給気防火ダンパ (2)	MS-1		
		ディーゼル発電機制御盤室給気防火絞りダンパ (2)	MS-1		
		充電器室排気防火ダンパ (2)	MS-1		
		1 次系継電器室排気防火絞りダンパ (2)	MS-1		
		中央制御室外原子炉停止盤室排気防火ダンパ (2)	MS-1		
		中央制御室給気防火ダンパ (1)	MS-1、重*2		
中央制御室防火ダンパ (1)	MS-1、重*2				
中央制御室循環防火ダンパ (1)	MS-1、重*2				
中央制御室非常用循環フィルタユニット入口防火ダンパ (1)	MS-1、重*2				
中央制御室非常用循環フィルタユニット出口防火ダンパ (1)	MS-1、重*2				

*1：機能は最上位の機能を示す。

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

表 2 (1/3) 大飯 4 号炉 主要な空調設備の機能

空調設備		機能
ファン・モータ	安全補機室冷却ファン	安全補機室に安全補機室冷却ユニットで冷却された空気を給気する装置。
	アニュラス空気浄化ファン	1次冷却材喪失事故時にアニュラス内に漏えいする放射性物質を浄化するためにアニュラスの空気を循環および排気する装置。
	中央制御室空調ファン	中央制御室に中央制御室給気ユニットで冷却された空気を給気する装置。
	中央制御室非常用循環ファン	1次冷却材喪失事故時等に閉回路循環運転となる中央制御室非常用空調系を浄化するために、循環空気を中央制御室非常用循環フィルタユニットに給気する装置。
	電動補助給水ポンプ室給気ファン	電動補助給水ポンプ室に調整した空気を給気する装置。
	中央制御室循環ファン	中央制御室内を換気および浄化するために、中央制御室内の空気を循環するための装置。
	ディーゼル発電機室給気ファン	ディーゼル発電機室を冷却するために、外気をディーゼル発電機室に給気する装置。
	制御用空気圧縮機室給気ファン	制御用空気圧縮機室を冷却するために、外気を制御用空気圧縮機室に給気する装置。

表 2 (2/3) 大飯 4 号炉 主要な空調設備の機能

空調設備		機能
空調 ユニット	アニュラス空気浄化フィルタ ユニット	アニュラス内の排気をフィルタユニット内 のフィルタにより浄化する装置。
	中央制御室非常用循環フィルタ ユニット	1 次冷却材喪失事故時等に閉回路循環運転 となる中央制御室非常用空調系の空気を フィルタユニット内のフィルタにより浄化 する装置。
	安全補機室冷却ユニット	安全補機室の冷却を行う装置。
	中央制御室空調ユニット	中央制御室内の温度の調整を行う装置。
	格納容器再循環ユニット	格納容器内の循環空気を冷却する装置。
冷凍 機	空調用冷凍機	安全補機室冷却ユニット等に冷水（純水） を供給する装置。

表 2 (3/3) 大飯 4 号炉 主要な空調設備の機能

空調設備	機能
排気筒	事故時に、アニュラス内等の空気を屋外へ排気するための流路を構成する。
ダクト	原子炉格納容器内外および建屋内の送排気のための空気の流路を構成する。
ダンパ	ダクト内に設置され、空気の流路を構成する機器である。

1 ファン

[対象機器]

- ① 安全補機室冷却ファン
- ② アニュラス空気浄化ファン
- ③ 中央制御室空調ファン
- ④ 中央制御室非常用循環ファン
- ⑤ 電動補助給水ポンプ室給気ファン
- ⑥ 中央制御室循環ファン
- ⑦ ディーゼル発電機室給気ファン
- ⑧ 制御用空気圧縮機室給気ファン

目次

1. 技術評価対象機器および代表機器の選定	1
1.1 グループ化の考え方および結果	1
1.2 代表機器の選定	1
2. 代表機器の技術評価	3
2.1 構造、材料および使用条件	3
2.2 経年劣化事象の抽出	12
3. 代表機器以外への展開	19
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象	19

1. 技術評価対象機器および代表機器の選定

大飯4号炉で使用されているファンの主な仕様を表1-1に示す。

これらのファンを型式、駆動方式および設置場所の観点からグループ化し、それぞれのグループより以下のとおり代表機器を選定した。

1.1 グループ化の考え方および結果

表1-1に示すファンを型式、駆動方式および設置場所の観点から分類すると以下の3つのグループに分類される。

① 遠心型一体型ファン（屋内設置）

羽根車の遠心力を利用して送風。ファンの軸とモーターが一体。

② 遠心型カップリング駆動ファン（屋内設置）

羽根車の遠心力を利用して送風。ファンの軸とモーターが軸継手で接続。

③ 軸流型一体型ファン（屋内設置）

羽根車の翼揚力を利用して軸方向に送風。ファンの軸とモーターが一体。

1.2 代表機器の選定

(1) 遠心型一体型ファン（屋内設置）

このグループには安全補機室冷却ファンおよびアニュラス空気浄化ファンが属するが、重要度が高いアニュラス空気浄化ファンを代表機器とする。

(2) 遠心型カップリング駆動ファン（屋内設置）

このグループには中央制御室空調ファンおよび中央制御室非常用循環ファンが属するが、重要度が高く運転時間が長い中央制御室空調ファンを代表機器とする。

(3) 軸流型一体型ファン（屋内設置）

このグループには、電動補助給水ポンプ室給気ファン、中央制御室循環ファン、ディーゼル発電機室給気ファンおよび制御用空気圧縮機室給気ファンが属するが、重要度が高い中央制御室循環ファンを代表機器とする。

表1-1 大飯4号炉 ファンの主な仕様

分離基準			機器名称 (台数)	選定基準					代表機器の選定	
型式	駆動方式	設置場所		仕様 容量×全圧 (m ³ /min)×(Pa[gage])	重要度*1	使用条件			代表 機器	選定理由
						運転状態	回転数 (rpm)	周囲温度 (°C)		
遠心型	一体型	屋内	安全補機室冷却ファン(2)	約 265×約 785	MS-2	一時	900	約40	◎	重要度
			アニュラス空気浄化ファン(2)	約 156×約3,432	MS-1、重*2	一時	3,600	約40		
	カップリング 駆動	屋内	中央制御室空調ファン(2)	約 500×約1,275	MS-1、重*2	連続	900	約40	◎	重要度、運転時間
			中央制御室非常用循環ファン(2)	約 230×約1,667	MS-1、重*2	一時	1,800	約40		
軸流型	一体型	屋内	電動補助給水ポンプ室給気ファン(2)	約 350×約 785	MS-2	一時	1,800	約40	◎	重要度
			中央制御室循環ファン(2)	約 500×約 343	MS-1、重*2	連続	1,200	約40		
			ディーゼル発電機室給気ファン(4)	約1,000×約 981	MS-2	一時	1,800	約40		
			制御用空気圧縮機室給気ファン(2)	約 150×約 490	MS-2	一時	1,800	約40		

*1：機能は最上位の機能を示す。

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

2. 代表機器の技術評価

本章では1章で代表機器とした以下の3種類のファンについて技術評価を実施する。

- ① アニュラス空気浄化ファン
- ② 中央制御室空調ファン
- ③ 中央制御室循環ファン

2.1 構造、材料および使用条件

2.1.1 アニュラス空気浄化ファン

(1) 構造

大飯4号炉のアニュラス空気浄化ファンは、遠心型一体型ファンであり、2台設置されている。

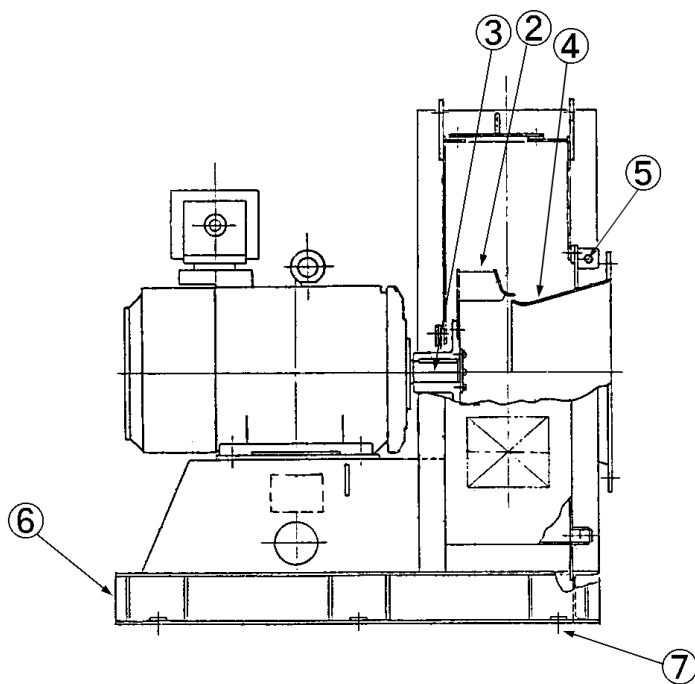
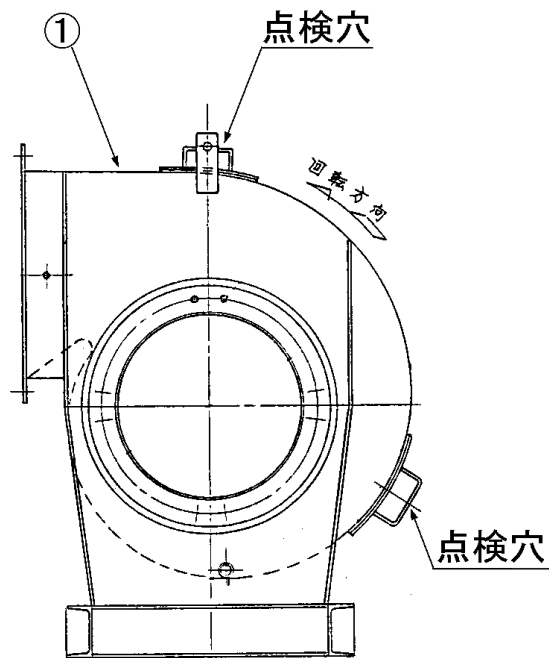
ケーシング、主軸、羽根車には炭素鋼を使用している。

羽根車はモータの主軸に直接取付けており、モータ軸と一体で駆動し回転する。

大飯4号炉のアニュラス空気浄化ファンの構造図を図2.1-1に示す。

(2) 材料および使用条件

大飯4号炉のアニュラス空気浄化ファンの使用材料および使用条件を表2.1-1および表2.1-2に示す。



No.	部位
①	ケーシング
②	羽根車
③	主軸
④	ホッパー
⑤	ホッパー取付ボルト
⑥	台床
⑦	基礎ボルト

図2.1-1 大飯4号炉 アニュラス空気浄化ファン構造図

表2.1-1 大飯4号炉 アニュラス空気浄化ファン主要部位の使用材料

構成機器	部位	材料
ファン本体	ケーシング	炭素鋼
	羽根車	炭素鋼
	主軸	炭素鋼
	ホッパー	炭素鋼
	ホッパー取付ボルト	炭素鋼
支持・固定	台床	炭素鋼
	基礎ボルト	炭素鋼

表2.1-2 大飯4号炉 アニュラス空気浄化ファンの使用条件

容量	約156m ³ /min
全圧	約3,432Pa[gage]
回転数	3,600rpm
設置場所	屋内
周囲温度	約40℃

2.1.2 中央制御室空調ファン

(1) 構造

大飯4号炉の中央制御室空調ファンは、遠心型カップリング駆動ファンであり、2台設置されている。

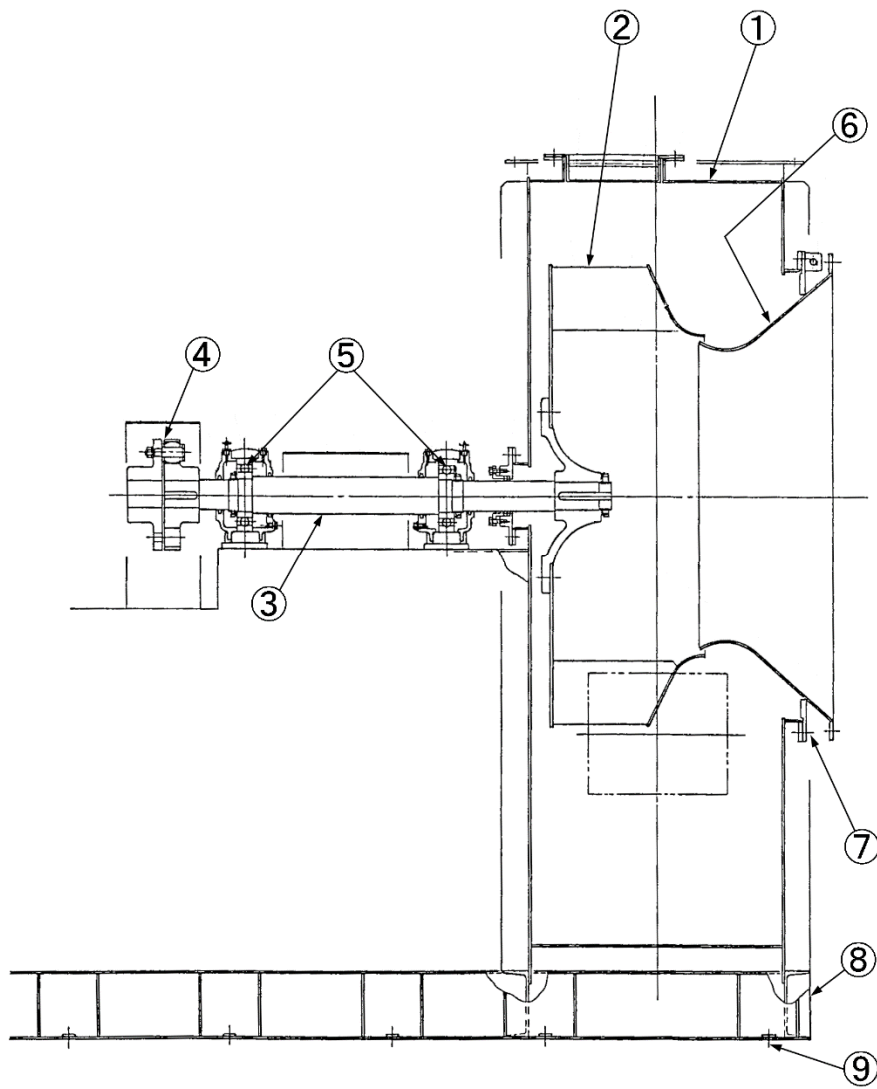
ケーシング、主軸、羽根車には炭素鋼を使用している。

羽根車はケーシング側面に設置された軸継手で接続されたモータ軸により駆動し回転する。

大飯4号炉の中央制御室空調ファンの構造図を図2.1-2に示す。

(2) 材料および使用条件

大飯4号炉の中央制御室空調ファンの使用材料および使用条件を表2.1-3および表2.1-4に示す。



No.	部位
①	ケーシング
②	羽根車
③	主軸
④	軸継手
⑤	軸受 (ころがり)
⑥	ホッパー
⑦	ホッパー取付ボルト
⑧	台床
⑨	基礎ボルト

図2.1-2 大飯4号炉 中央制御室空調ファン構造図

表2.1-3 大飯4号炉 中央制御室空調ファン主要部位の使用材料

構成機器	部位	材料
ファン本体	ケーシング	炭素鋼
	羽根車	炭素鋼
	主軸	炭素鋼
	軸継手	鋳鉄
	軸受（ころがり）	消耗品・定期取替品
	ホッパー	炭素鋼
	ホッパー取付ボルト	炭素鋼
支持・固定	台床	炭素鋼
	基礎ボルト	炭素鋼

表2.1-4 大飯4号炉 中央制御室空調ファンの使用条件

容量	約500m ³ /min
全圧	約1,275Pa[gage]
回転数	900rpm
設置場所	屋内
周囲温度	約40℃

2.1.3 中央制御室循環ファン

(1) 構造

大飯4号炉の中央制御室循環ファンは、軸流型一体型ファンであり、2台設置されている。

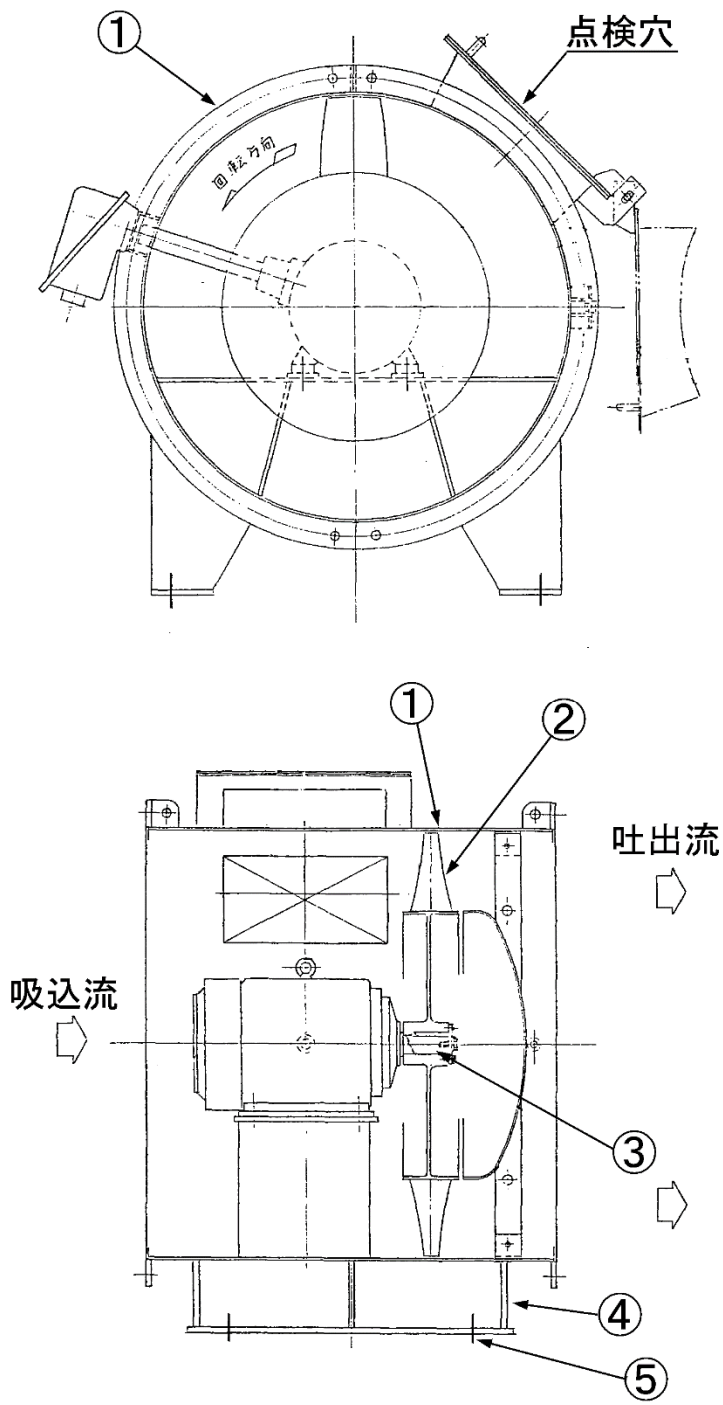
ケーシング、主軸、羽根車には炭素鋼を使用している。

羽根車はモータの主軸に直接取付けており、モータ軸と一体で駆動し回転する。

大飯4号炉の中央制御室循環ファンの構造図を図2.1-3に示す。

(2) 材料および使用条件

大飯4号炉の中央制御室循環ファンの使用材料および使用条件を表2.1-5および表2.1-6に示す。



No.	部位
①	ケーシング
②	羽根車
③	主軸
④	台床
⑤	基礎ボルト

図2.1-3 大飯4号炉 中央制御室循環ファン構造図

表2.1-5 大飯4号炉 中央制御室循環ファン主要部位の使用材料

構成機器	部位	材料
ファン本体	ケーシング	炭素鋼
	羽根車	炭素鋼
	主軸	炭素鋼
支持・固定	台床	炭素鋼
	基礎ボルト	炭素鋼

表2.1-6 大飯4号炉 中央制御室循環ファンの使用条件

容量	約500m ³ /min
全圧	約343Pa[gage]
回転数	1,200rpm
設置場所	屋内
周囲温度	約40℃

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機能達成に必要な項目

ファンの機能である送風機能を維持するためには、次の項目が必要である。

- ① 送風機能の維持
- ② 機器の支持

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

ファン個々について機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の構造、材料、使用条件（回転数、温度等）および現在までの運転経験を考慮し、代表機器毎に表2.2-1に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象はない。

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

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

に該当するものについては、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

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

なお、日常劣化管理事象ではない事象はない。

- (1) ケーシングの腐食（全面腐食）[共通]およびホッパー等の腐食（全面腐食）
[アニュラス空気浄化ファン、中央制御室空調ファン]

ケーシング、ホッパーおよびホッパー取付ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

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

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

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

- (2) 羽根車の腐食（全面腐食）[共通]

羽根車は炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、塗装により腐食を防止しており、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

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

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

- (3) 主軸の摩耗 [中央制御室空調ファン]

ころがり軸受を使用しているファンについては、軸受と主軸の接触面で摩耗が想定される。

軸受定期取替時の軸受引き抜きの際に主軸表面にわずかな線形模様が生じることもあり、主軸表面をサンドペーパーで仕上げる方策も考えられる。この場合、主軸表面にわずかな摩耗が発生し、主軸と軸受スリーブ間で微小すき間が生じ、運転中にフレットングによる摩耗が発生する可能性がある。

しかしながら、これを防止するため主軸表面の仕上げは行わない運用としており、これまでに有意な摩耗は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

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

なお、分解点検時の目視確認や寸法計測により、機器の健全性を確認している。

(4) 主軸の腐食（全面腐食）[共通]および軸継手の腐食（全面腐食）[中央制御室空調ファン]

主軸および軸継手は炭素鋼または鋳鉄であり、長期使用により腐食が想定される。

しかしながら、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を維持している。

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

(5) 主軸の高サイクル疲労割れ [共通]

ファン運転時には主軸に定常応力と変動応力が発生し、高平均応力下で繰返し応力を受けると、段付部等の応力集中部において高サイクル疲労割れが想定される。

しかしながら、ファン設計時には高サイクル疲労を考慮しており、この設計上の考慮は経年的に変化するものではない。

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

なお、巡視点検時の振動確認（通常運転時の振動状態と差異がないことの触診による確認）、試運転時および機能確認時における振動確認（変位、速度、加速度の測定等）ならびに分解点検時の応力集中部に対する目視確認や浸透探傷検査により、機器の健全性を確認している。

(6) 台床の腐食（全面腐食）[共通]

台床は炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部は塗装または亜鉛メッキにより腐食を防止しており、塗膜またはメッキ面が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

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

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

(7) 基礎ボルトの腐食（全面腐食）[共通]

基礎ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

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

2.2.4 消耗品および定期取替品

軸受（ころがり）は分解点検時に取替える消耗品であり、長期使用はせず取替を前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

表2.2-1(1/3) 大飯4号炉 アニュラス空気浄化ファンに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
				減肉		割れ		材質変化		その他	
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
送風機能の維持	ケーシング		炭素鋼		△						*1：高サイクル疲労割れ
	羽根車		炭素鋼		△						
	主軸		炭素鋼		△	△*1					
	ホッパー		炭素鋼		△						
	ホッパー取付ボルト		炭素鋼		△						
機器の支持	台床		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) 大飯4号炉 中央制御室空調ファンに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
				減肉		割れ		材質変化		その他	
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
送風機能の維持	ケーシング		炭素鋼		△						*1：高サイクル疲労割れ
	羽根車		炭素鋼		△						
	主軸		炭素鋼	△	△	△*1					
	軸継手		鋳鉄		△						
	軸受（ころがり）	◎	—								
	ホッパー		炭素鋼		△						
	ホッパー取付ボルト		炭素鋼		△						
機器の支持	台床		炭素鋼		△						
	基礎ボルト		炭素鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-1(3/3) 大飯4号炉 中央制御室循環ファンに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
				減肉		割れ		材質変化		その他	
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
送風機能の維持	ケーシング		炭素鋼		△						*1：高サイクル疲労割れ
	羽根車		炭素鋼		△						
	主軸		炭素鋼		△	△*1					
機器の支持	台床		炭素鋼		△						
	基礎ボルト		炭素鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

3. 代表機器以外への展開

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

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

- ① 安全補機室冷却ファン
- ② 中央制御室非常用循環ファン
- ③ 電動補助給水ポンプ室給気ファン
- ④ ディーゼル発電機室給気ファン
- ⑤ 制御用空気圧縮機室給気ファン

3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

3.1.1 ケーシングの腐食（全面腐食）[共通]およびホッパー等の腐食（全面腐食）

[電動補助給水ポンプ室給気ファンと制御用空気圧縮機室給気ファンを除く]

ケーシング、ホッパーおよびホッパー取付ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

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

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

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

3.1.2 羽根車の腐食（全面腐食）[共通]

羽根車は炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、塗装により腐食を防止しており、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

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

なお、分解点検時の目視確認により機器の健全性を確認している。

3.1.3 主軸の摩耗 [中央制御室非常用循環ファン]

ころがり軸受を使用しているファンについては、軸受と主軸の接触面で摩耗が想定される。

軸受定期取替時の軸受引き抜きの際に主軸表面にわずかな線形模様が生じることもあり、主軸表面をサンドペーパーで仕上げる方策も考えられる。この場合、主軸表面にわずかな摩耗が発生し、主軸と軸受スリーブ間で微小すき間が生じ、運転中にフレットによる摩耗が発生する可能性がある。

しかしながら、これを防止するため主軸表面の仕上げは行わない運用としており、これまでに有意な摩耗は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

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

なお、分解点検時の目視確認や寸法計測により、機器の健全性を確認している。

3.1.4 主軸の腐食（全面腐食） [共通]および軸継手の腐食（全面腐食） [中央制御室非常用循環ファン]

主軸および軸継手は炭素鋼または鋳鉄であり、長期使用により腐食が想定される。

しかしながら、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を維持している。

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

3.1.5 主軸の高サイクル疲労割れ [共通]

ファン運転時には主軸に定常応力と変動応力が発生し、高平均応力下で繰返し応力を受けると、段付部等の応力集中部において高サイクル疲労割れが想定される。

しかしながら、ファン設計時には高サイクル疲労を考慮しており、この設計上の考慮は経年的に変化するものではない。

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

なお、巡視点検時の振動確認（通常運転時の振動状態と差異がないことの触診による確認）、試運転時および機能確認時における振動確認（変位、速度、加速度の測定等）ならびに分解点検時の応力集中部に対する目視確認や浸透探傷検査により、機器の健全性を確認している。

3.1.6 台床の腐食（全面腐食）〔共通〕

台床は炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部は塗装または亜鉛メッキにより腐食を防止しており、塗膜またはメッキ面が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

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

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

3.1.7 支持金物、取付ボルト等の腐食（全面腐食）〔電動補助給水ポンプ室給気ファン、制御用空気圧縮機室給気ファン〕

支持金物、取付ボルトおよび埋込金物（大気接触部およびコンクリート埋設部以外）は炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部は塗装または亜鉛メッキにより腐食を防止しており、塗膜またはメッキ面が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

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

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

3.1.8 基礎ボルトの腐食（全面腐食）〔電動補助給水ポンプ室給気ファンを除く〕

基礎ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

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

2.2.3の2)に該当する事象のうち、日常劣化管理事象を除く事象（日常劣化管理事象ではない事象）を以下に示す。

3.1.9 埋込金物の腐食（全面腐食）〔電動補助給水ポンプ室給気ファン、制御用空気圧縮機室給気ファン〕

埋込金物は炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、コンクリート埋設部ではコンクリートの大気接触部表面からの中性化の進行により腐食環境となるが、コンクリートが中性化に至り、埋込金物に有意な腐食が発生するまで長期間を要することから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

2 モーター

[対象機器]

- ① ディーゼル発電機室給気ファンモーター
- ② 空調用冷水ポンプモーター
- ③ アニュラス空気浄化ファンモーター
- ④ 中央制御室空調ファンモーター
- ⑤ 電動補助給水ポンプ室給気ファンモーター
- ⑥ 中央制御室非常用循環ファンモーター
- ⑦ 中央制御室循環ファンモーター
- ⑧ 制御用空気圧縮機室給気ファンモーター
- ⑨ 安全補機室冷却ファンモーター
- ⑩ 空調用冷凍機モーター

目次

1. 技術評価対象機器および代表機器の選定	1
1.1 グループ化の考え方および結果	1
1.2 代表機器の選定	1
2. 代表機器の技術評価	3
2.1 構造、材料および使用条件	3
2.2 経年劣化事象の抽出	9
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価	15
3. 代表機器以外への展開	22
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象	22
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象	23

1. 技術評価対象機器および代表機器の選定

大飯4号炉で使用されているモータの主な仕様を表1-1に示す。

これらのモータを電圧区分、型式および設置場所の観点からグループ化し、それぞれのグループより以下のとおり代表機器を選定した。

1.1 グループ化の考え方および結果

表1-1に示すモータを電圧区分、型式および設置場所に分類すると2つのグループに分類される。

1.2 代表機器の選定

(1) 電圧区分：低圧、型式：全閉形（屋内設置）

このグループには、ディーゼル発電機室給気ファンモータ、空調用冷水ポンプモータ、アニュラス空気浄化ファンモータ等が属するが、重要度が高く、出力が高い空調用冷水ポンプモータを代表機器とする。

(2) 電圧区分：低圧、型式：密閉形（屋内設置）

このグループには、空調用冷凍機モータのみが属するため、空調用冷凍機モータを代表機器とする。

表1-1 大飯4号炉 モータの主な仕様

分離基準			機器名称 (台数)	仕様 (定格出力× 定格回転数) (kW×rpm)	選定基準			代表機器の選定		
電圧 区分	型式	設置 場所			重要度*1	使用条件			代表 機器	選定 理由
						運転 状態	電圧 (V)	周囲温度 (°C)		
低圧	全閉	屋内	ディーゼル発電機室給気ファンモータ (4)	37×1,770	MS-2	一時	440	約40	◎	重要度、 出力
			空調用冷水ポンプモータ (4)	30×3,550	MS-1	連続	440	約40		
			アニュラス空気浄化ファンモータ (2)	18.5×3,550	MS-1 重*2	一時	440	約40		
			中央制御室空調ファンモータ (2)	18.5×885	MS-1、 重*2	連続	440	約40		
			電動補助給水ポンプ室給気ファンモータ (2)	15×1,760	MS-2	一時	440	約40		
			中央制御室非常用循環ファンモータ (2)	11×1,740	MS-1、 重*2	一時	440	約40		
			中央制御室循環ファンモータ (2)	11×1,170	MS-1、 重*2	連続	440	約40		
			制御用空気圧縮機室給気ファンモータ (2)	5.5×1,760	MS-2	一時	440	約40		
			安全補機室冷却ファンモータ (2)	5.5×885	MS-2	一時	440	約40		
	密閉	空調用冷凍機モータ (4)	190×3,525	MS-1	連続	440	約40	◎		

*1：機能は最上位の機能を示す。

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

2. 代表機器の技術評価

本章では1章で代表機器とした以下の2種類のモータについて技術評価を実施する。

- ① 空調用冷水ポンプモータ
- ② 空調用冷凍機モータ

2.1 構造、材料および使用条件

2.1.1 空調用冷水ポンプモータ

(1) 構造

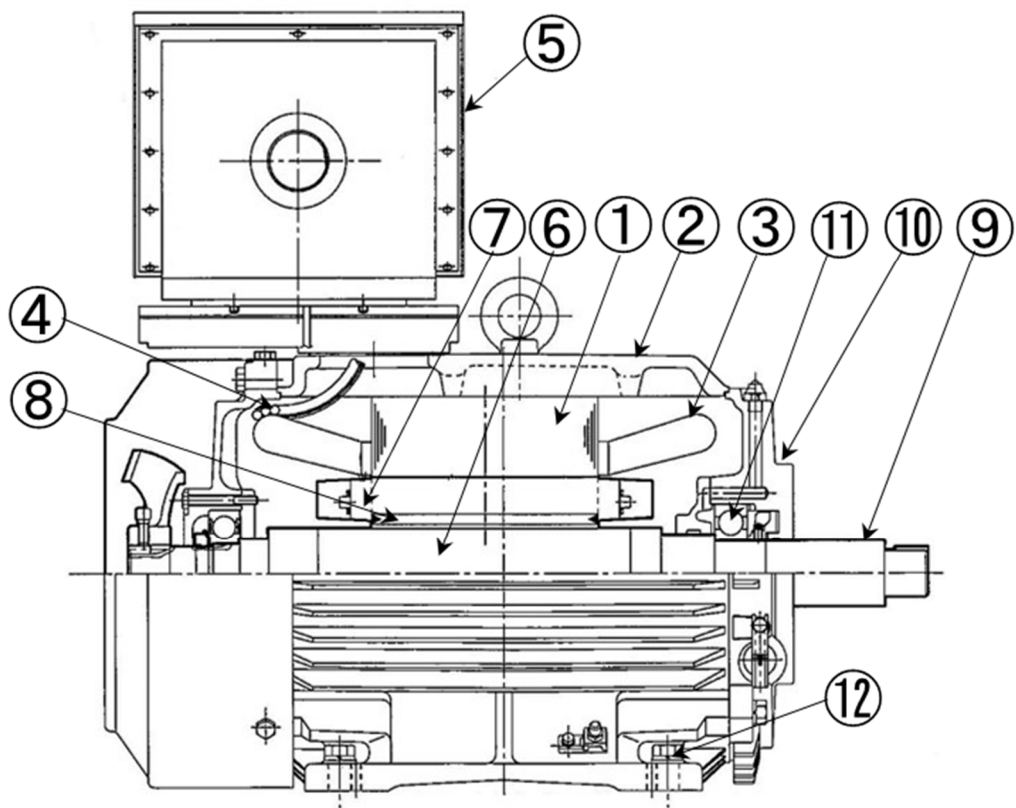
大飯4号炉の空調用冷水ポンプモータは、定格出力30kW、定格回転数3,550rpmの全閉屋内形三相誘導モータであり、4台設置されている。

主軸は炭素鋼が使用されており、負荷側および反負荷側軸受部には、回転体を支えるためのブラケットが取り付けられ、内側にはモータ回転子重量を支えるための軸受を備えている。

大飯4号炉の空調用冷水ポンプモータの構造図を図2.1-1に示す。

(2) 材料および使用条件

大飯4号炉の空調用冷水ポンプモータの使用材料および使用条件を表2.1-1および表2.1-2に示す。



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

図2.1-1 大飯4号炉 空調用冷水ポンプモータ構造図

表2.1-1 大飯4号炉 空調用冷水ポンプモータ主要部位の使用材料

部位		材料
固定子組立品	固定子コア	珪素鋼板
	フレーム	鋳鉄
	固定子コイル	銅、ポリエステル、ポリアミドイミド、ポリエステル樹脂(B種絶縁)
	口出線	銅、シリコーンゴム(B種絶縁)
	端子箱	炭素鋼
回転子組立品	回転子棒・エンドリング	アルミニウム地金
	回転子コア	珪素鋼板
	主軸	炭素鋼
軸受組立品	ブラケット	鋳鉄
	軸受(ころがり)	消耗品・定期取替品
支持組立品	取付ボルト	炭素鋼

表2.1-2 大飯4号炉 空調用冷水ポンプモータの使用条件

定格出力	30kW
周囲温度	約40℃*1
定格電圧	440V
定格回転数	3,550rpm

*1：原子炉格納容器外の設計平均温度

2.1.2 空調用冷凍機モータ

(1) 構造

大飯4号炉の空調用冷凍機モータは、定格出力190kW、定格回転数3,525rpmの密閉屋内形三相誘導モータであり、4台設置されている。

主軸は低合金鋼が使用されており、負荷側軸受部は歯車室に、反負荷側軸受部はブラケットに軸受が取付けられており、モータ回転子重量を支えている。

大飯4号炉の空調用冷凍機モータの構造図を図2.1-2に示す。

(2) 材料および使用条件

大飯4号炉の空調用冷凍機モータの使用材料および使用条件を表2.1-3および表2.1-4に示す。

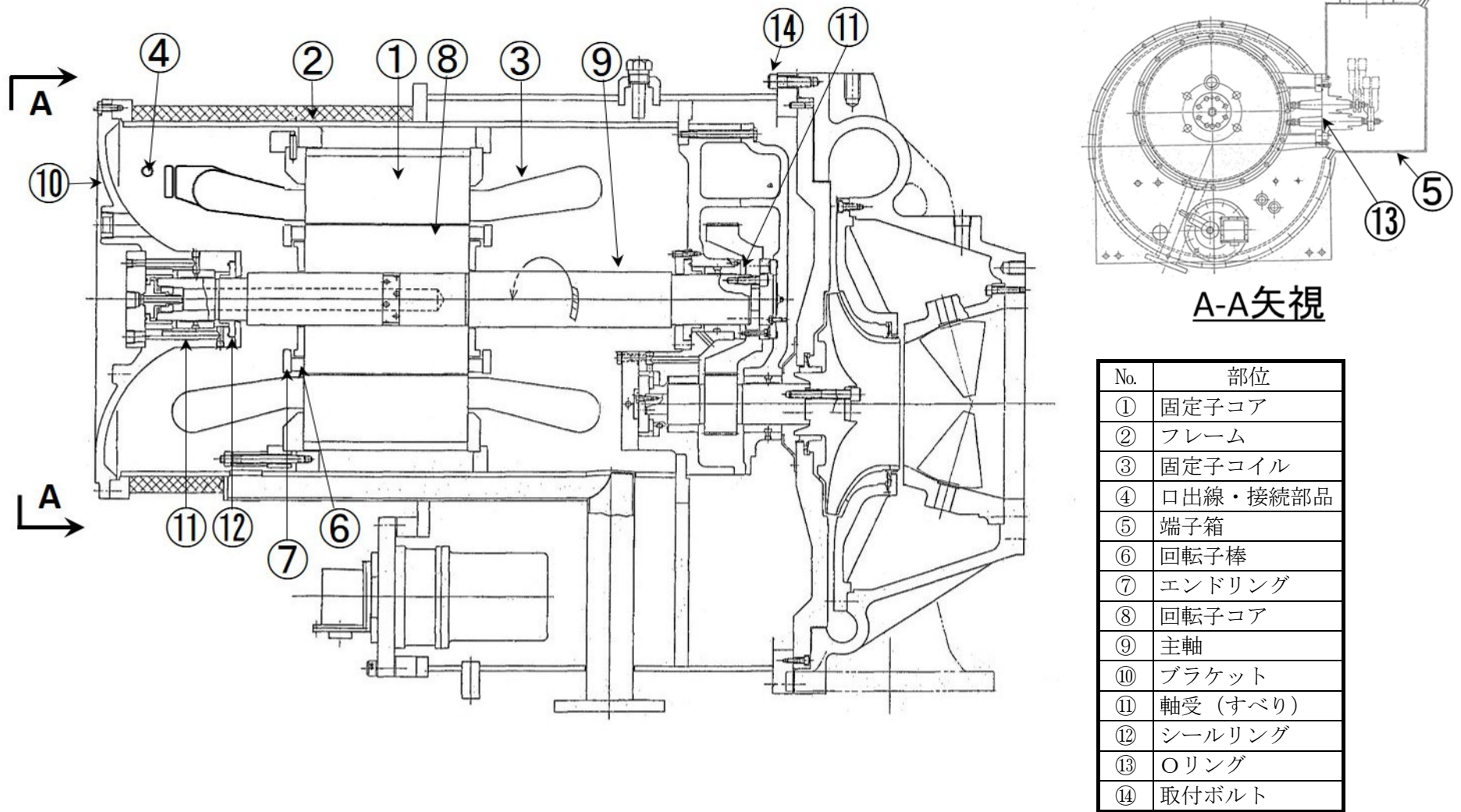


図2.1-2 大飯4号炉 空調用冷凍機モータ構造図

表2.1-3 大飯4号炉 空調用冷凍機モータ主要部位の使用材料

部位		材料
固定子組立品	固定子コア	珪素鋼板
	フレーム	炭素鋼
	固定子コイル	銅、マイカ、エポキシ樹脂（B種絶縁）
	口出線・接続部品	銅、シリコーンゴム、マイカ、エポキシ樹脂（B種絶縁）
	端子箱	炭素鋼
	Oリング	消耗品・定期取替品
回転子組立品	回転子棒・エンドリング	銅合金
	回転子コア	珪素鋼板
	主軸	低合金鋼
軸受組立品	ブラケット	鋳鉄
	軸受（すべり）	消耗品・定期取替品
	シールリング	消耗品・定期取替品
支持組立品	取付ボルト	低合金鋼

表2.1-4 大飯4号炉 空調用冷凍機モータの使用条件

定格出力	190kW
周囲温度	約40℃*1
定格電圧	440V
定格回転数	3,525rpm

*1：原子炉格納容器外の設計平均温度

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機能達成に必要な項目

モータの機能であるファン等の駆動機能を維持するためには、次の項目が必要である。

- ① 駆動機能の確保
- ② 機器の支持

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

モータ個々について機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の構造、材料、使用条件（電圧、温度等）および現在までの運転経験を考慮し、表2.2-1のとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

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

- (1) 固定子コイルおよび口出線〔共通〕、接続部品〔空調用冷凍機モータ〕の絶縁低下

固定子コイル、口出線および接続部品の絶縁物は有機物であり、機械的、熱的、電氣的、環境的要因で経年劣化が進行し、絶縁性能の低下を起こす可能性があることから、経年劣化に対する評価が必要である。

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

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

に該当するものについては、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

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

なお、日常劣化管理事象ではない事象はない。

(1) 固定子コアおよび回転子コアの腐食（全面腐食） [共通]

固定子コアおよび回転子コアは珪素鋼板であり、腐食が想定される。

しかしながら、固定子コアはワニス処理、回転子コアはワニス処理または塗装により腐食を防止しており、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

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

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(2) フレーム、端子箱およびブラケットの腐食（全面腐食） [共通]

フレーム、端子箱およびブラケットは炭素鋼または鋳鉄であり、腐食が想定される。

しかしながら、内外面とも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、巡視点検等で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することにより、機器の健全性を維持している。

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

(3) 回転子棒・エンドリングの疲労割れ [共通]

回転子棒・エンドリングについては、モータの起動時に発生する電磁力による繰返し応力を受けるため、疲労割れが想定される。

しかしながら、発生応力は疲労強度より小さい。

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

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(4) 主軸の摩耗 [共通]

空調用冷水ポンプモータはころがり軸受を使用しており、軸受と主軸の接触面で摩耗が想定される。

軸受定期取替時の軸受引き抜きの際に主軸表面にわずかな線形模様が生じることもあり、主軸表面をサンドペーパーで仕上げる方策も考えられる。

この場合、主軸表面にわずかな摩耗が発生し、主軸と軸受スリーブ間で微小すき間が生じ、運転中にフレットングによる摩耗が発生する可能性がある。

しかしながら、これを防止するため主軸表面の仕上げは行わない運用としており、これまでに有意な摩耗は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

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

なお、分解点検時の目視確認および寸法計測により、機器の健全性を確認している。

空調用冷凍機モータは、油潤滑のすべり軸受を使用しており、軸受と主軸の接触面で摺動摩耗が想定される。

しかしながら、主軸と軸受間に潤滑油が供給され膜が形成されるため、摺動摩耗が生じる可能性は小さい。

また、これまでに有意な摩耗は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

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

なお、分解点検時の目視確認および寸法計測により、機器の健全性を確認している。

(5) 主軸の高サイクル疲労割れ [共通]

モータ運転時には主軸に定常応力と変動応力が発生し、高平均応力下で繰返し応力を受けると、段付部等の応力集中部において高サイクル疲労割れが想定される。

しかしながら、モータ設計時には高サイクル疲労を考慮しており、この設計上の考慮は経年的に変化するものではない。

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

なお、試運転時等における振動確認および分解点検時の応力集中部に対する目視確認により、機器の健全性を確認している。

(6) 取付ボルトの腐食（全面腐食） [共通]

取付ボルトは炭素鋼または低合金鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部は塗装または亜鉛メッキにより腐食を防止しており、塗膜またはメッキ面が健全であれば腐食の可能性は小さい。

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

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

2.2.4 消耗品および定期取替品

軸受（ころがりおよびすべり）、Oリングおよびシールリングは分解点検時に取替える消耗品であり、長期使用はせず取替を前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

表2.2-1 (1/2) 大飯4号炉 空調用冷水ポンプモータに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象								備考
				減肉		割れ		絶縁	導通	特性	その他	
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁低下	導通不良	特性変化		
駆動機能の確保	固定子コア		珪素鋼板		△							*1：高サイクル疲労割れ
	フレーム		鋳鉄		△							
	固定子コイル		銅、ポリエステル、ポリアミドイミド、ポリエステル樹脂					○				
	口出線		銅、シリコーンゴム					○				
	端子箱		炭素鋼		△							
	回転子棒・エンドリング		アルミニウム地金			△						
	回転子コア		珪素鋼板		△							
	主軸		炭素鋼	△		△*1						
	ブラケット		鋳鉄		△							
	軸受（ころがり）	◎	—									
機器の支持	取付ボルト		炭素鋼		△							

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-1 (2/2) 大飯4号炉 空調用冷凍機モータに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考	
				減肉		割れ		絶縁	導通	特性		その他
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁低下	導通不良	特性変化		
駆動機能の確保	固定子コア		珪素鋼板		△						*1：高サイクル疲労割れ	
	フレーム		炭素鋼		△							
	固定子コイル		銅、マイカ、エポキシ樹脂					○				
	口出線・接続部品		銅、シリコンゴム、マイカ、エポキシ樹脂					○				
	端子箱		炭素鋼		△							
	○リング	◎	—									
	回転子棒・エンドリング		銅合金			△						
	回転子コア		珪素鋼板		△							
	主軸		低合金鋼	△		△*1						
	ブラケット		鋳鉄		△							
	軸受（すべり）	◎	—									
シールリング	◎	—										
機器の支持	取付ボルト		低合金鋼		△							

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

2.3.1 固定子コイルおよび口出線〔共通〕、接続部品〔空調用冷凍機モータ〕の絶縁低下

a. 事象の説明

固定子コイルは固定子コアのスロット内に納められており、各々の銅線に漏電防止のための絶縁を施している。口出線は、モータを駆動するための電力を受給するもので、固定子コイルと同様に絶縁を施している。

なお、接続部品は、固定子コイル間および口出線を接続するものであり、固定子コイルと同様に銅線に絶縁を施している。

固定子コイルおよび口出線・接続部品の絶縁物は有機物であり、機械的、熱的、電氣的、環境的要因で経年劣化が進行し、絶縁性能の低下を起こす可能性がある。

絶縁低下を生ずる可能性のある部位を図2.3-1に示す。

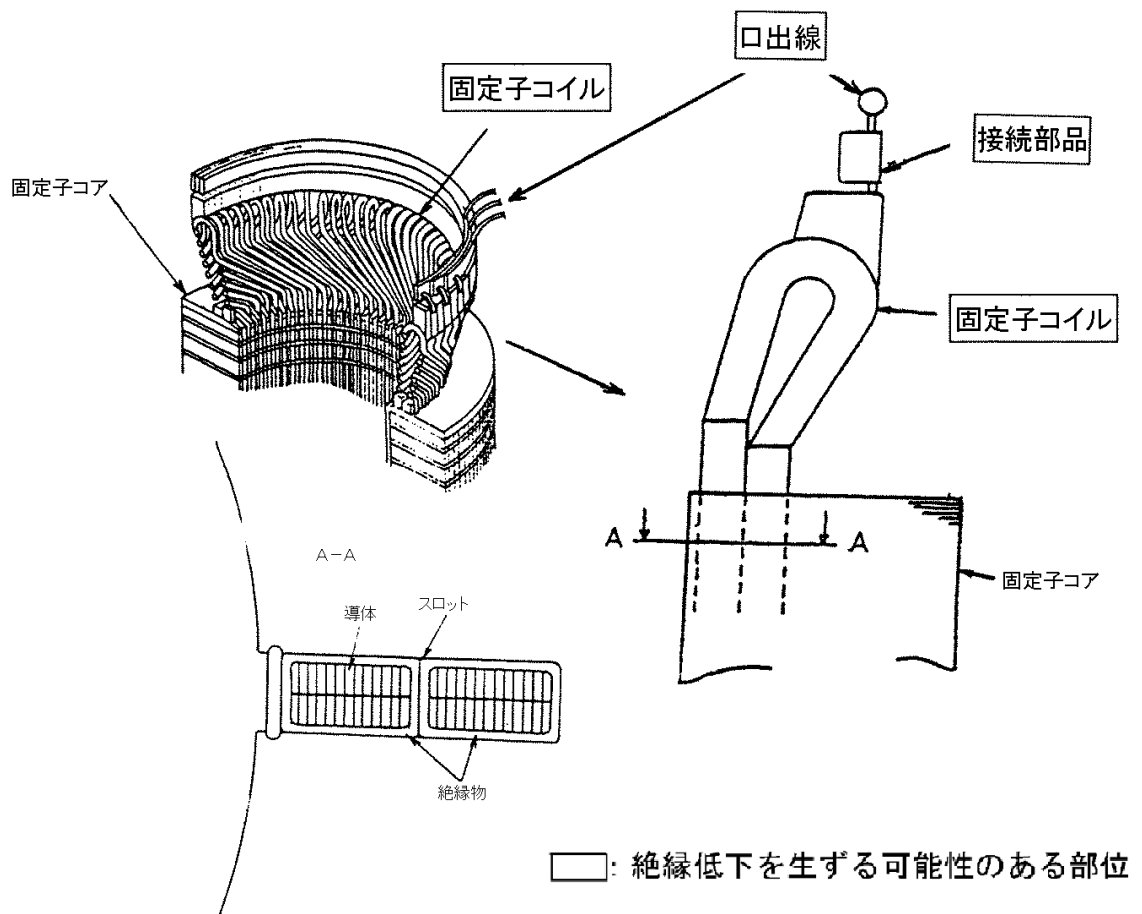


図2.3-1 大飯4号炉 固定子コイルおよび口出線〔共通〕、接続部品〔空調用冷凍機モータ〕の絶縁部位

b. 技術評価

① 健全性評価

低圧のモータの固定子コイルの健全性評価は、同種の一般的な低圧コイルの絶縁低下に対する評価方法を用いる。ここでは、IEEE Std. 117-1956「IEEE Standard Test Procedure for Evaluation of Systems of Insulating Materials for Random-Wound Electric Machinery」（以下、「IEEE Std. 117-1956」という。）の規格に基づき実施した評価試験結果より固定子コイルの長期健全性を評価した。

IEEE Std. 117-1956では、熱、機械、環境および電気の各劣化要因について個々に試験条件が述べられているが、モータはこれらの劣化要因が複合するため、複合劣化の試験条件で固定子コイルの長期健全性を評価する。

評価手順を図2.3-2に、試験条件を表2.3-1に、ヒートサイクル方法例を図2.3-3に示す。

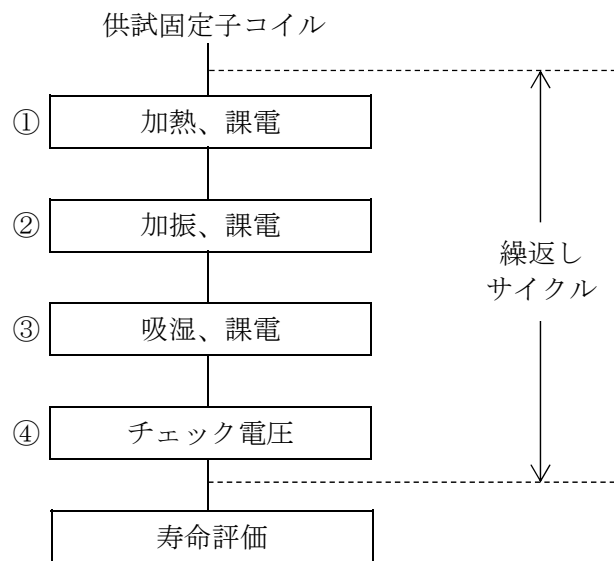


図2.3-2 固定子コイル長期健全性評価手順

図2.3-2の評価手順①、②、③、④を1サイクルとし、コイル絶縁がチェック電圧で破壊するまで繰返し、190℃および220℃での耐熱寿命を基にアレニウス則*1が成り立つと仮定して定数A、Bを求め、耐熱寿命曲線を得る。

*1：アレニウス則

$$\log Y = -A + \frac{B}{273+t} \quad (1)$$

Y：寿命時間 (hr)
 t：運転温度 (°C)
 A、B：定数
 logY：自然対数

この耐熱寿命曲線は、モータに適用している絶縁固有の特性を表す。
 この(1)式に当該モータの運転温度*2 tを代入して、寿命を求める。
 この寿命で絶縁寿命を決定する。

*2：運転温度

運転温度は、使用最高温度を用いる。

使用最高温度＝周囲温度＋コイルの温度上昇

＋測定ポイントとホットスポットとの差（マージン）

固定子コイル（B種絶縁）の絶縁寿命は、評価結果より、稼働率80%で、20年と判断する。

表2.3-1 固定子コイル長期健全性評価における試験条件

手順	試験項目	試験条件 1	試験条件 2	実機設計条件
①	温度	190℃-7日	220℃-1日	最大145℃
	電圧	440V-常時印加	440V-常時印加	440V
②	振動	1.5G-1時間 (at 140℃)	1.5G-1時間 (at 140℃)	1G以下
	電圧	440V-常時印加	440V-常時印加	440V
③	湿度	95~100%RH-2日 (at 40℃)	95~100%RH-2日 (at 40℃)	最大 100%RH (at 40℃)
	電圧	440V-常時印加	440V-常時印加	440V
④	チェック 電圧	対地間 1.5×E=660V-10分間 線間 150V-10分間	対地間 1.5×E=660V-10分間 線間 150V-10分間	——

RH: relative humidity (相対湿度)

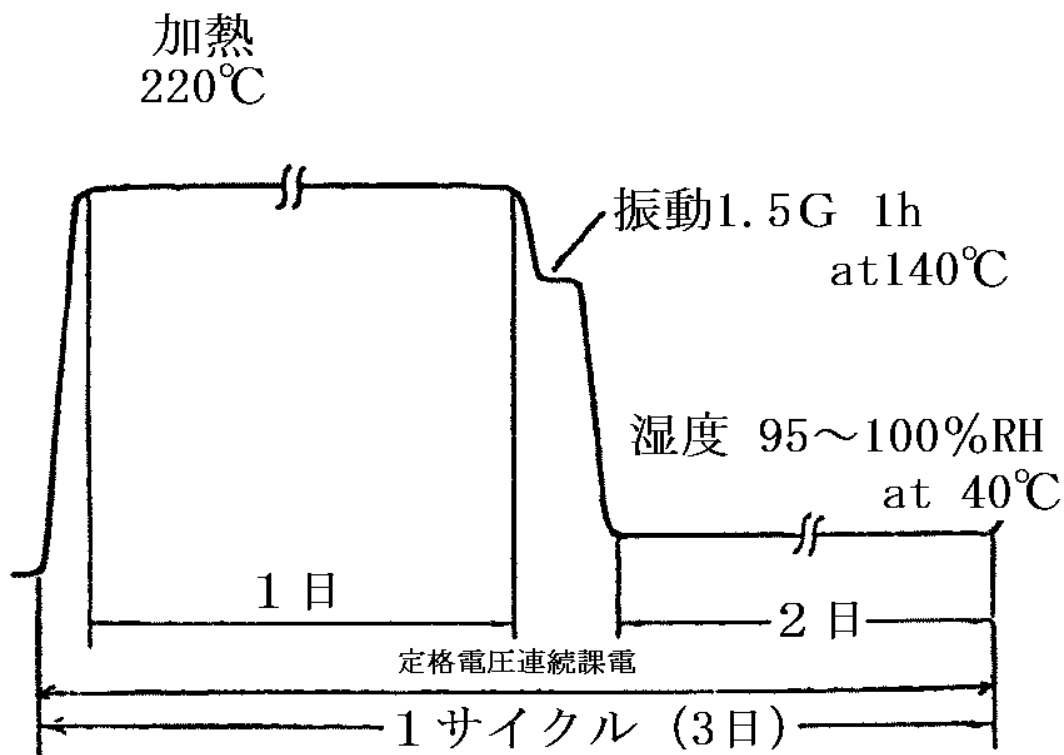


図2.3-3 ヒートサイクル方法例 (試験条件 2)

次に、440V級の経年機で、固定子コイルを更新した旧機のコイル破壊電圧の測定値を評価した結果が、機器の運転年数と絶縁破壊値の関係として、図2.3-4に示すよう求められる。

この評価からコイル破壊電圧の平均値と95%信頼下限が安全運転下限値（電気設備技術基準： $1.5E=1.5\times 440$ [V] =660 [V]）に低下するのが16.5～25年となるため、固定子コイルの運転に必要な絶縁耐力を保有する期間は、機器の運転年数で16.5年と判断する。

以上の検討結果より、固定子コイルの運転に必要な絶縁耐力を保有する期間は、より厳しい評価結果である旧機のコイル破壊電圧による評価結果を採用し、16.5年と判断する。

また、ヒートサイクル方法および旧機のコイル破壊電圧による評価で用いた供試体にはともに口出線・接続部品が含まれていることから、口出線・接続部品の運転に必要な絶縁耐力を保有する期間は、固定子コイルと同様の年数と判断する。

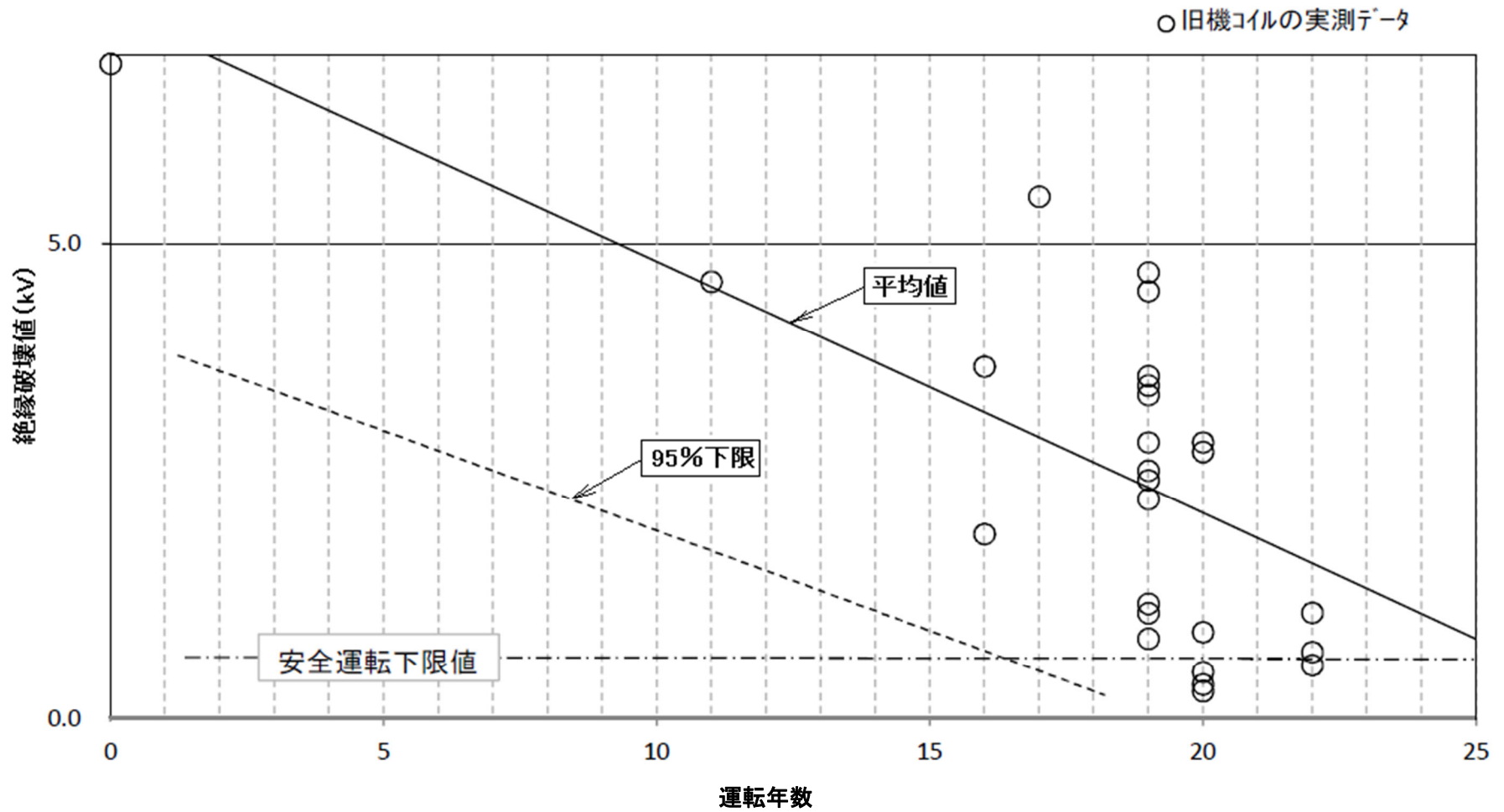


図2.3-4 機器の運転年数と絶縁破壊値の関係

[出典：メーカーデータ]

② 現状保全

固定子コイルおよび口出線・接続部品の絶縁低下に対しては、定期的な絶縁抵抗測定により、管理値以上であることの確認を行っている。

また、過去の絶縁抵抗測定の結果に基づき、監視強化としての絶縁抵抗測定の実施頻度の見直しを実施するとともに、必要により洗浄、乾燥、絶縁補修もしくは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、固定子コイルおよび口出線・接続部品の絶縁低下については、16.5年以降において発生の可能性は否定できないが、絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切である。

c. 高経年化への対応

固定子コイルおよび口出線・接続部品の絶縁低下については、定期的に絶縁抵抗測定を実施していくとともに、点検結果に基づき監視強化としての絶縁抵抗測定の実施頻度の見直しおよび必要に応じて洗浄、乾燥、絶縁補修処理もしくは取替を実施していく。

3. 代表機器以外への展開

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

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

- ① ディーゼル発電機室給気ファンモータ
- ② アニュラス空気浄化ファンモータ
- ③ 中央制御室空調ファンモータ
- ④ 電動補助給水ポンプ室給気ファンモータ
- ⑤ 中央制御室非常用循環ファンモータ
- ⑥ 中央制御室循環ファンモータ
- ⑦ 制御用空気圧縮機室給気ファンモータ
- ⑧ 安全補機室冷却ファンモータ

3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

3.1.1 固定子コイルおよび口出線の絶縁低下 [共通]

代表機器と同様、長期間の運転を考慮すると固定子コイルおよび口出線の絶縁低下の可能性は否定できないが、絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切である。

したがって、固定子コイルおよび口出線の絶縁低下については、定期的に絶縁抵抗測定を実施していくとともに、点検結果に基づき、監視強化としての絶縁抵抗測定の実施頻度の見直しおよび必要に応じて洗浄、乾燥、絶縁補修処理もしくは取替を実施していく。

3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

なお、日常劣化管理事象ではない事象はない。

3.2.1 固定子コアおよび回転子コアの腐食（全面腐食） [共通]

固定子コアおよび回転子コアは珪素鋼板であり、腐食が想定される。

しかしながら、固定子コアおよび回転子コアはワニス処理または塗装により腐食を防止しており、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

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

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

3.2.2 フレーム、端子箱およびブラケットの腐食（全面腐食） [共通]

フレーム、端子箱およびブラケットは鋳鉄または炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、内外面とも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、巡視点検等で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することにより、機器の健全性を維持している。

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

3.2.3 回転子棒・エンドリングの疲労割れ [共通]

回転子棒・エンドリングについては、モータの起動時に発生する電磁力による繰返し応力を受けるため、疲労割れが想定される。

しかしながら、アルミ充てん式（一体形成）であり、回転子棒とスロットの間に隙間を生じることはなく、疲労割れが発生しがたい構造である。

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

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

3.2.4 主軸の摩耗 [共通]

ころがり軸受を使用しているモータについては、軸受と主軸の接触面で摩耗が想定される。

軸受定期取替時の軸受引き抜きの際に主軸表面にわずかな線形模様が生じることもあり、主軸表面をサンドペーパーで仕上げる方策も考えられる。この場合、主軸表面にわずかな摩耗が発生し、主軸と軸受スリーブ間で微小すき間が生じ、運転中にフレッシングによる摩耗が発生する可能性がある。

しかしながら、これを防止するため主軸表面の仕上げは行わない運用としており、これまでに有意な摩耗は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

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

なお、分解点検時の目視確認および寸法計測により、機器の健全性を確認している。

3.2.5 主軸の高サイクル疲労割れ [共通]

モータ運転時には主軸に定常応力と変動応力が発生し、高平均応力下で繰返し応力を受けると、段付部等の応力集中部において高サイクル疲労割れが想定される。

しかしながら、モータ設計時には高サイクル疲労を考慮しており、この設計上の考慮は経年的に変化するものではない。

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

なお、試運転時等における振動確認および分解点検時の応力集中部に対する目視確認により、機器の健全性を確認している。

3.2.6 取付ボルトの腐食（全面腐食）〔共通〕

取付ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

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

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

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

3 空調ユニット

[対象機器]

- ① アニュラス空気浄化フィルタユニット
- ② 中央制御室非常用循環フィルタユニット
- ③ 安全補機室冷却ユニット
- ④ 中央制御室空調ユニット
- ⑤ 格納容器再循環ユニット

目次

1. 技術評価対象機器および代表機器の選定	1
1.1 グループ化の考え方および結果	1
1.2 代表機器の選定	1
2. 代表機器の技術評価	3
2.1 構造、材料および使用条件	3
2.2 経年劣化事象の抽出	7
3. 代表機器以外への展開	10
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象	10

1. 技術評価対象機器および代表機器の選定

大飯4号炉で使用されている空調ユニットの主な仕様を表1-1に示す。

これらの空調ユニットを型式の観点からグループ化し、以下のとおり代表機器を選定した。

1.1 グループ化の考え方および結果

表1-1に示す空調ユニットを型式の観点で分類すると、エアハンドリングユニットのみのグループに分類される。

1.2 代表機器の選定

(1) エアハンドリングユニット

このグループには、アニュラス空気浄化フィルタユニット、中央制御室非常用循環フィルタユニット、安全補機室冷却ユニット、中央制御室空調ユニットおよび格納容器再循環ユニットが属するが、重要度が高く、容量が大きい中央制御室空調ユニットを代表機器とする。

表1-1 大飯4号炉 空調ユニットの主な仕様

分離基準 型式	機器名称 (台数)	仕様 容量 (m ³ /min)	選定基準			代表機器の選定	
			重要度*1	運転状態	構成品	代表 機器	選定理由
エアハンドリング ユニット	アニュラス空気浄化フィルタユニット (2)	約 156	MS-1、重*2	一時	電気ヒータ、微粒子フィルタ、 よう素フィルタ	◎	重要度、容量
	中央制御室非常用循環フィルタユニット (1)	約 230	MS-1、重*2	一時	電気ヒータ、微粒子フィルタ、 よう素フィルタ		
	安全補機室冷却ユニット (2)	約 265	MS-2	一時	冷却コイル		
	中央制御室空調ユニット (2)	約 500	MS-1、重*2	連続	粗フィルタ、冷却コイル		
	格納容器再循環ユニット (2) *3	約3,500	重*2	連続	補機冷却水冷却コイル		

*1：機能は最上位の機能を示す。

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

*3：格納容器再循環ユニットは全4台あるが、常設重大事故等対処設備に属する機器は2台である。

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調ユニットについて技術評価を実施する。

① 中央制御室空調ユニット

2.1 構造、材料および使用条件

2.1.1 中央制御室空調ユニット

(1) 構造

大飯4号炉の中央制御室空調ユニットは、冷却機能を有する冷却コイル、空気浄化機能を有する粗フィルタを内蔵しており、バウンダリを形成するユニット骨組鋼材、外板等で構成されている。

大飯4号炉の中央制御室空調ユニットの構造図を図2.1-1および図2.1-2に示す。

(2) 材料および使用条件

大飯4号炉の中央制御室空調ユニット主要部位の使用材料および使用条件を表2.1-1および表2.1-2に示す。

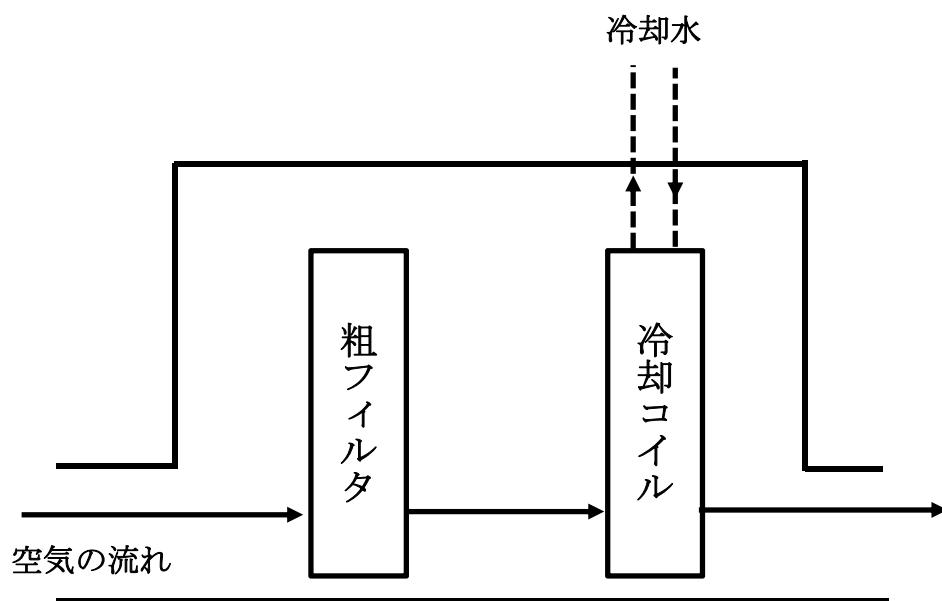
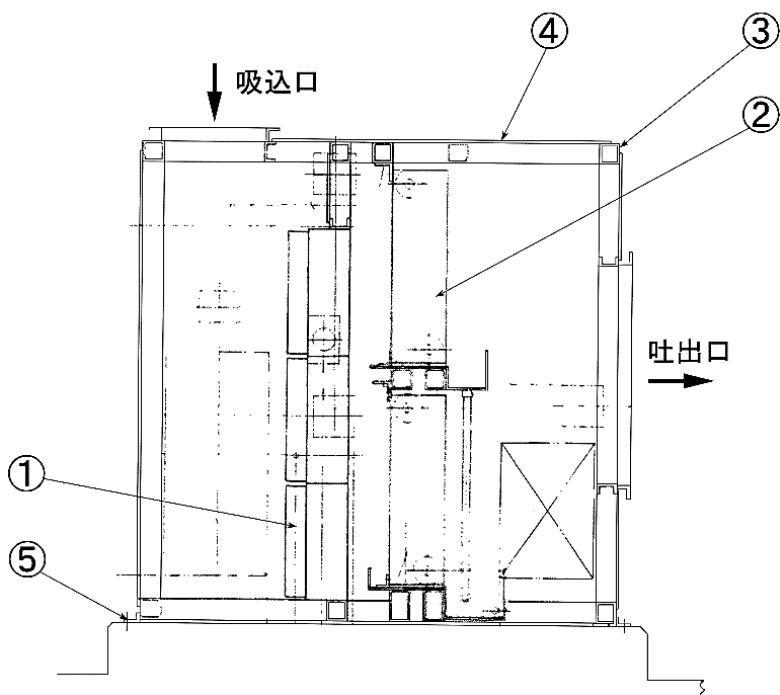
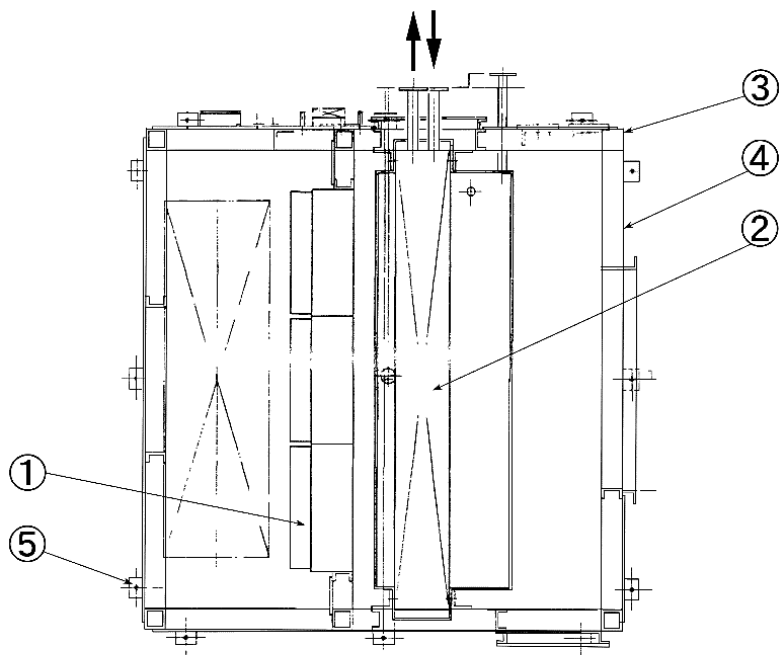


図2.1-1 大飯4号炉 中央制御室空調ユニットの構成図



No.	部位
①	粗フィルタ
②	冷却コイル
③	ユニット骨組鋼材
④	外板
⑤	基礎ボルト

図2.1-2 大飯4号炉 中央制御室空調ユニット構造図

表2.1-1 大飯4号炉 中央制御室空調ユニット主要部位の使用材料

構成機器	部位	材料
ユニット内蔵品	粗フィルタ	消耗品・定期取替品
	冷却コイル	銅合金
ユニット構造部	ユニット骨組鋼材	炭素鋼
	外板	炭素鋼
	基礎ボルト	炭素鋼

表2.1-2 大飯4号炉 中央制御室空調ユニットの使用条件

容量	約500m ³ /min
設置場所	屋内
周囲温度	約40℃

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機能達成に必要な項目

中央制御室空調ユニットの機能である空調機能を持続するためには、次の項目が必要である。

- ① 加熱・冷却機能の確保
- ② 空気浄化機能の確保
- 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

中央制御室空調ユニットについて、機能達成に必要な項目を考慮して、主要な部位に展開した上で、個々の部位の構造、材料、使用条件および現在までの運転経験を考慮し、表2.2-1に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象はない。

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

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

に該当するものについては、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

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

(1) ユニット骨組鋼材および外板の腐食（全面腐食）

ユニット骨組鋼材および外板は炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部は塗装または亜鉛メッキにより腐食を防止しており、塗膜またはメッキ面が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

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

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

(2) 基礎ボルトの腐食（全面腐食）

基礎ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

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

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

(3) 冷却コイルの内面からの腐食（全面腐食）

冷却コイルは銅合金であり、長期の使用により内面からの腐食が想定される。

しかしながら、内部流体は純水であるが耐食性に優れた材料（りん脱酸銅）を使用しており、腐食が発生しがたいことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

2.2.4 消耗品および定期取替品

粗フィルタは試運転時等のフィルタ差圧目視確認結果に基づき取替える消耗品であり、長期使用はせず取替を前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

表2.2-1 大飯4号炉 中央制御室空調ユニットに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品 ・定期 取替品	材料	経年劣化事象							備考
				減肉		割れ		材質変化		その他	
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食 割れ	熱時効	劣化		
加熱・冷却機能、 空気浄化機能の確保	粗フィルタ	◎	—								
	冷却コイル		銅合金		▲(内面)						
	ユニット骨組鋼材		炭素鋼		△						
	外板		炭素鋼		△						
機器の支持	基礎ボルト		炭素鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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

3. 代表機器以外への展開

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

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

- ①アニュラス空気浄化フィルタユニット
- ②中央制御室非常用循環フィルタユニット
- ③安全補機室冷却ユニット
- ④格納容器再循環ユニット

3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

3.1.1 ユニット骨組鋼材、外板 [共通] および据付架台[格納容器再循環ユニット]の腐食（全面腐食）

ユニット骨組鋼材、外板および据付架台は炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部は塗装または亜鉛メッキにより腐食を防止しており、塗膜またはメッキ面が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

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

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

3.1.2 電気ヒータの絶縁低下 [アニュラス空気浄化フィルタユニット、中央制御室非常用循環フィルタユニット]

電気ヒータは銅合金を使用しており、長期の使用により絶縁低下が想定される。

アニュラス空気浄化フィルタユニットおよび中央制御室非常用循環フィルタユニットには、事故時に流入する湿分を含んだ空気の除湿を目的として、電気ヒータが設置されている。

しかしながら、電気ヒータは通常時は通電していないことから急激に絶縁低下の進行がしがたい。

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

なお、機器点検時の絶縁抵抗測定により、機器の健全性を確認している。

3.1.3 基礎ボルトの腐食（全面腐食） [格納容器再循環ユニットを除く]

基礎ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

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

2.2.3の2)に該当する事象のうち、日常劣化管理事象を除く事象（日常劣化管理事象ではない事象）を以下に示す。

3.1.4 冷却コイルの内面からの腐食（全面腐食） [安全補機室冷却ユニット、格納容器再循環ユニット]

冷却コイルは銅合金であり、長期の使用により内面からの腐食が想定される。

しかしながら、安全補機室冷却ユニットについては内部流体が純水であるが耐食性に優れた材料（りん脱酸銅）を使用していることから、腐食が発生しがたい。

また、格納容器再循環ユニットについては内部流体がヒドラジン水（防錆剤注入水）であり、腐食が発生しがたい環境であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

4 冷凍機

[対象機器]

- ① 空調用冷凍機

目次

1. 技術評価対象機器	1
2. 空調用冷凍機の技術評価	2
2.1 構造、材料および使用条件	2
2.2 経年劣化事象の抽出	11

1. 技術評価対象機器

大飯4号炉で使用されている冷凍機的主要仕様を表1-1に示す。

表1-1 大飯4号炉 冷凍機的主要仕様

機器名称 (台数)	仕様 (容量)	重要度*1	使用条件		
			運転状態		
空調用冷凍機 (4)	665,280kcal/h (冷却能力)	MS-1	連続	本体	圧縮機、凝縮器、蒸発器、モータ*2、冷媒配管
				冷水系統	冷水膨張タンク、冷水ポンプ、モータ*2、配管

*1：機能は最上位の機能を示す。

*2：モータについては、本評価書のモータにて評価している。

2. 空調用冷凍機の技術評価

2.1 構造、材料および使用条件

(1) 構造

大飯4号炉の空調用冷凍機は4台設置されている。

本ユニットは、安全補機室冷却ユニット等に冷水（純水）を供給することを目的としており、圧縮機、凝縮器、蒸発器等で構成されている。

圧縮機はターボ式であり、凝縮器および蒸発器は1つの胴内に納められている構造である。

圧縮機のケーシングには鋳鉄を使用し、羽根車にはアルミニウム合金鋳物を使用しており、冷媒（フルオロカーボン）に接している。凝縮器伝熱管には銅合金を使用しており、海水、冷媒（フルオロカーボン）に接している。蒸発器伝熱管には銅合金を使用しており、冷水（純水）、冷媒（フルオロカーボン）に接している。

また、冷水システムの配管等には炭素鋼を使用している。

大飯4号炉の空調用冷凍機および冷水システムの構成図等を図2.1-1～図2.1-6に示す。

(2) 材料および使用条件

大飯4号炉の空調用冷凍機および冷水システムの使用材料および使用条件を表2.1-1および表2.1-2に示す。

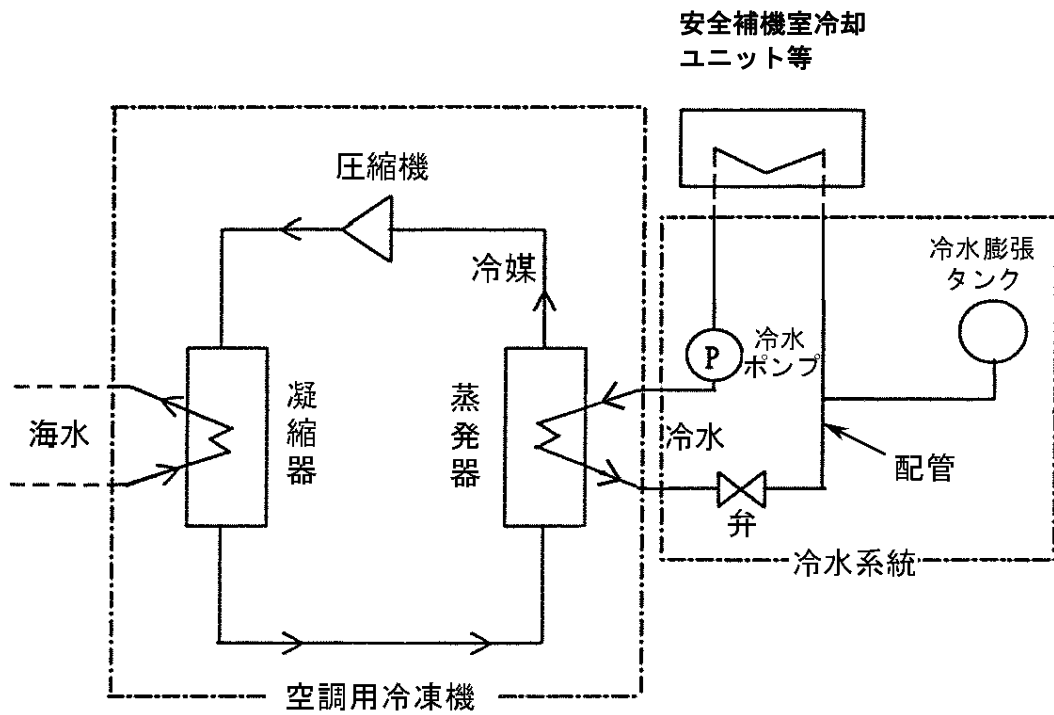
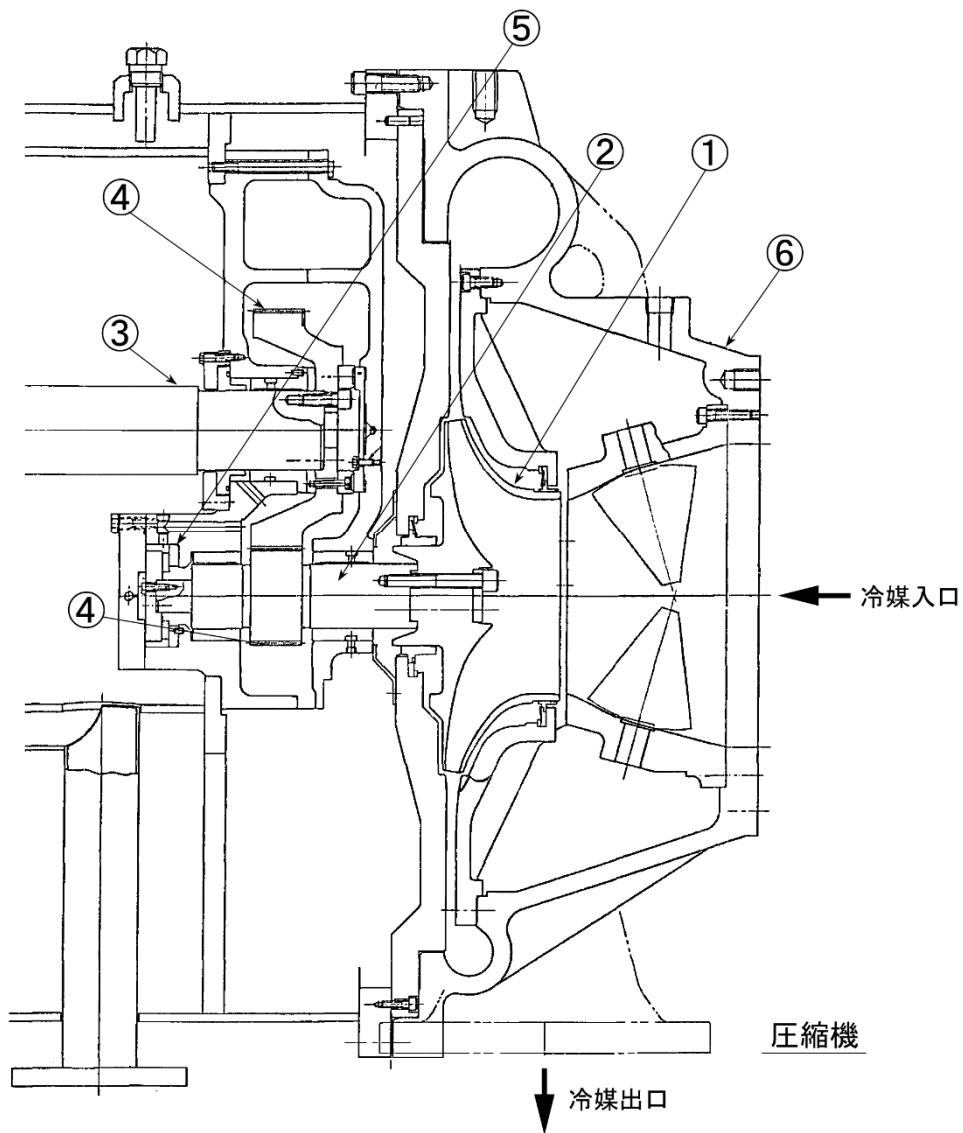
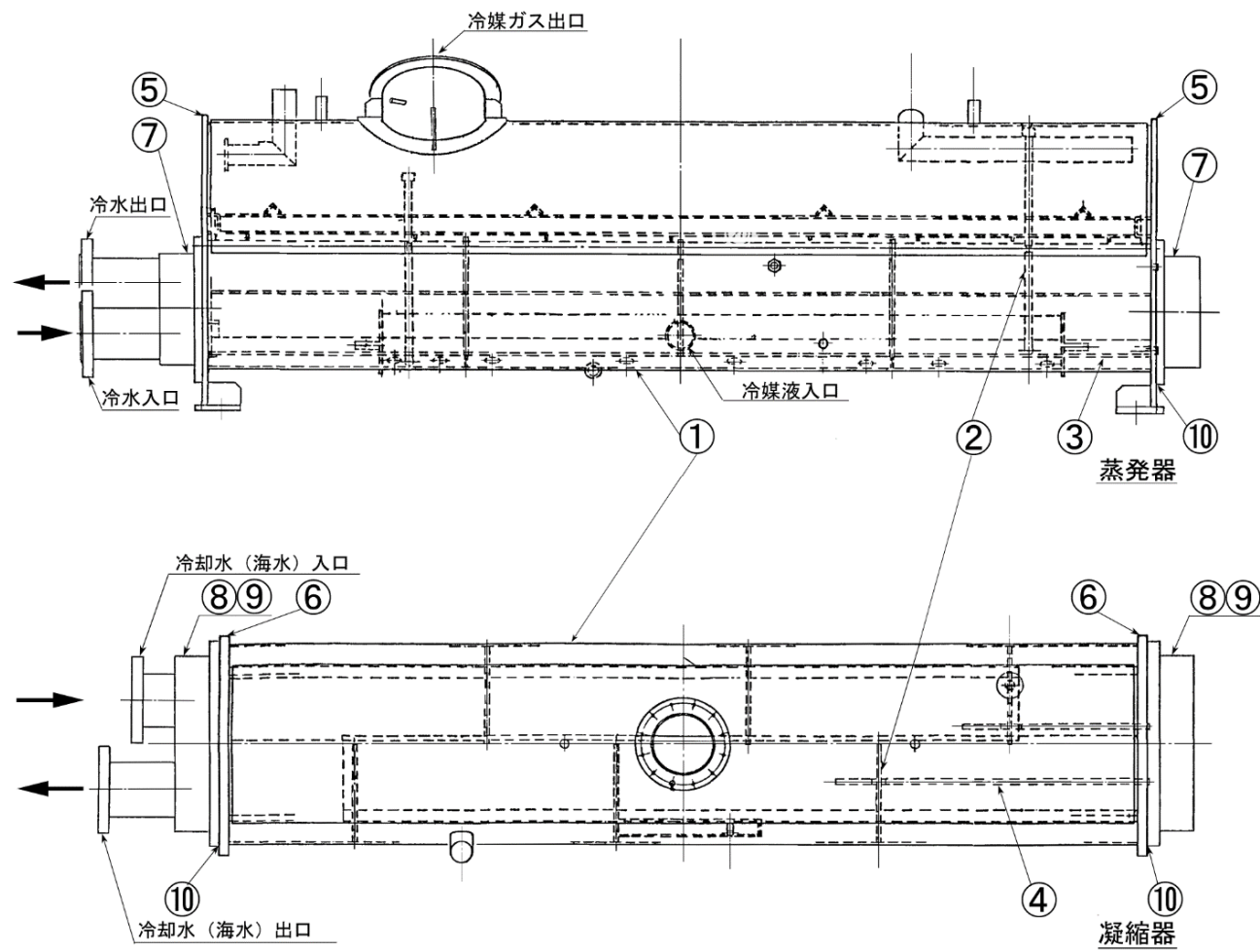


図2.1-1 大飯4号炉 空調用冷凍機および冷水系統構成図



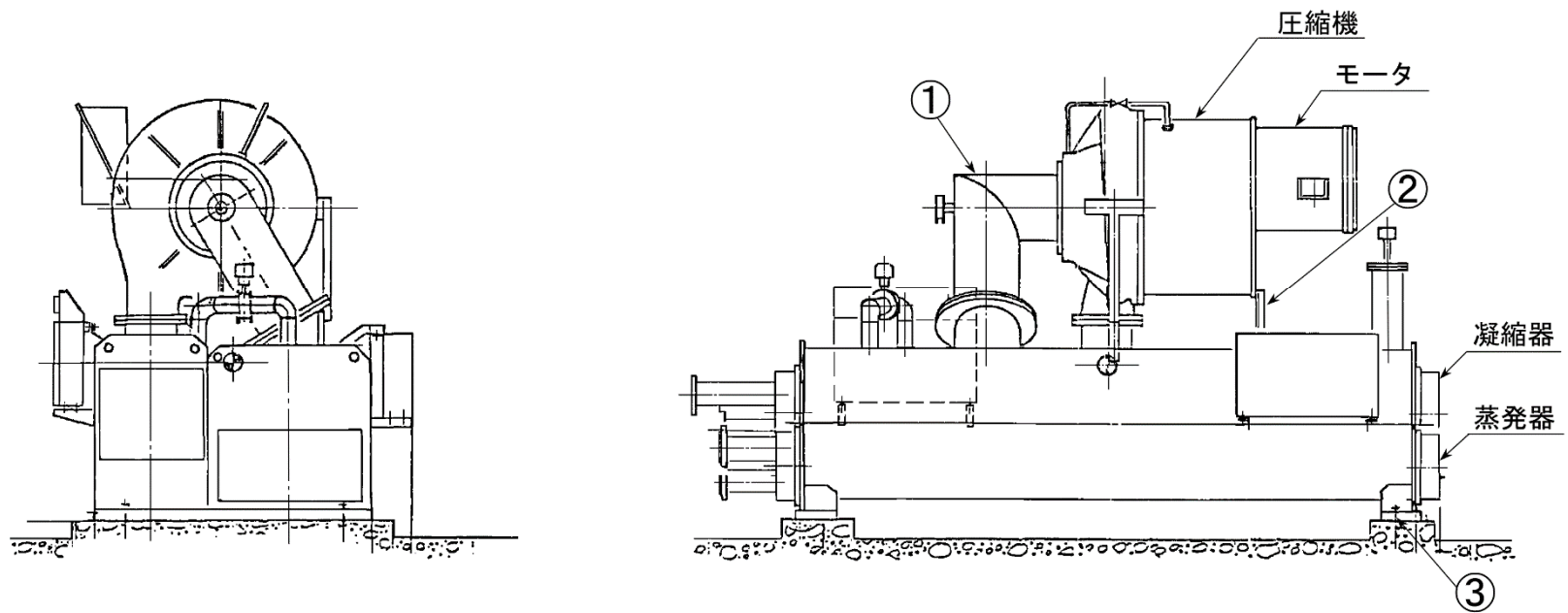
No.	部位
①	羽根車
②	主軸 (羽根車側)
③	主軸 (モータ側)
④	歯車
⑤	軸受(すべり)
⑥	ケーシング

図2.1-2 大飯4号炉 空調用冷凍機 圧縮機構造図



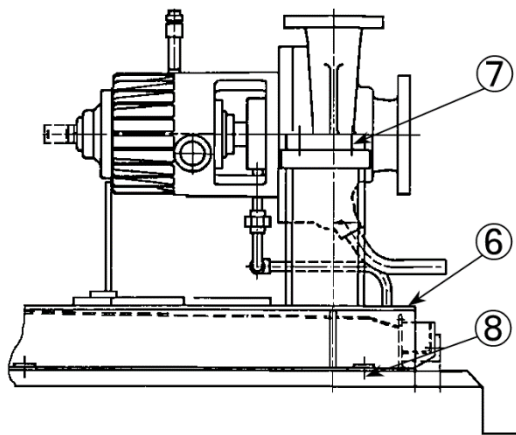
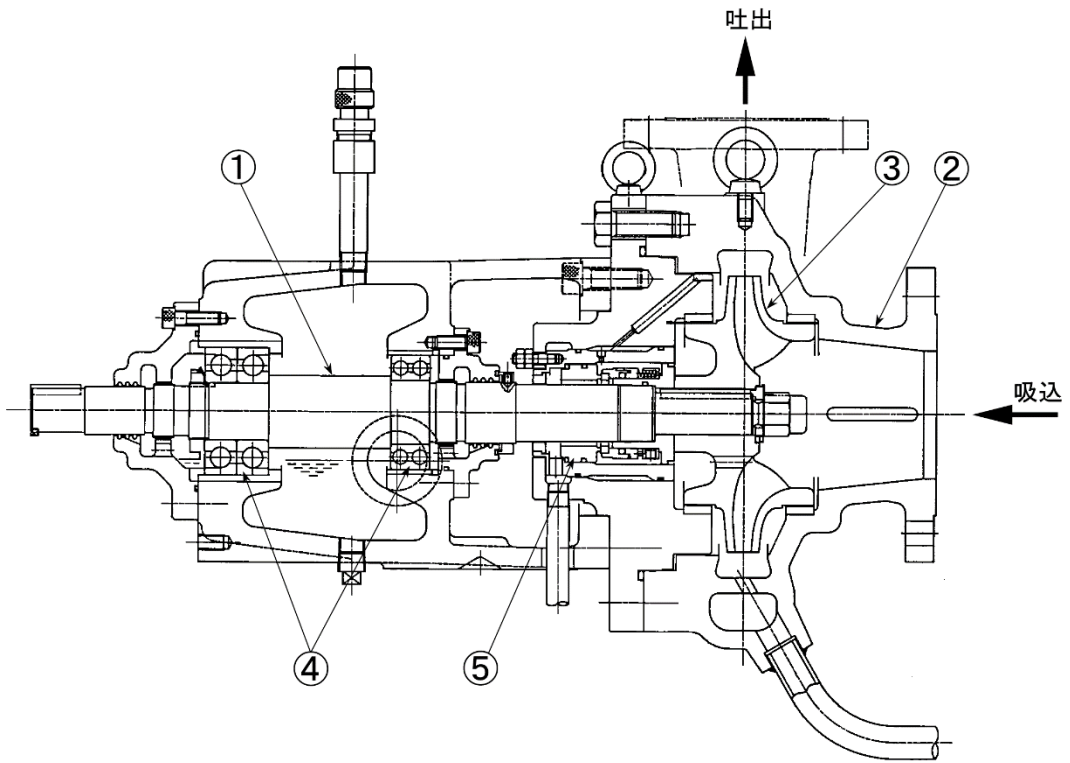
No.	部位
①	銅板
②	支持板
③	蒸发器伝熱管
④	凝縮器伝熱管
⑤	蒸发器管板
⑥	凝縮器管板
⑦	蒸发器水室
⑧	凝縮器水室
⑨	防食亜鉛板
⑩	ガスケット

図2.1-3 大飯4号炉 空調用冷凍機 熱交換器構造図



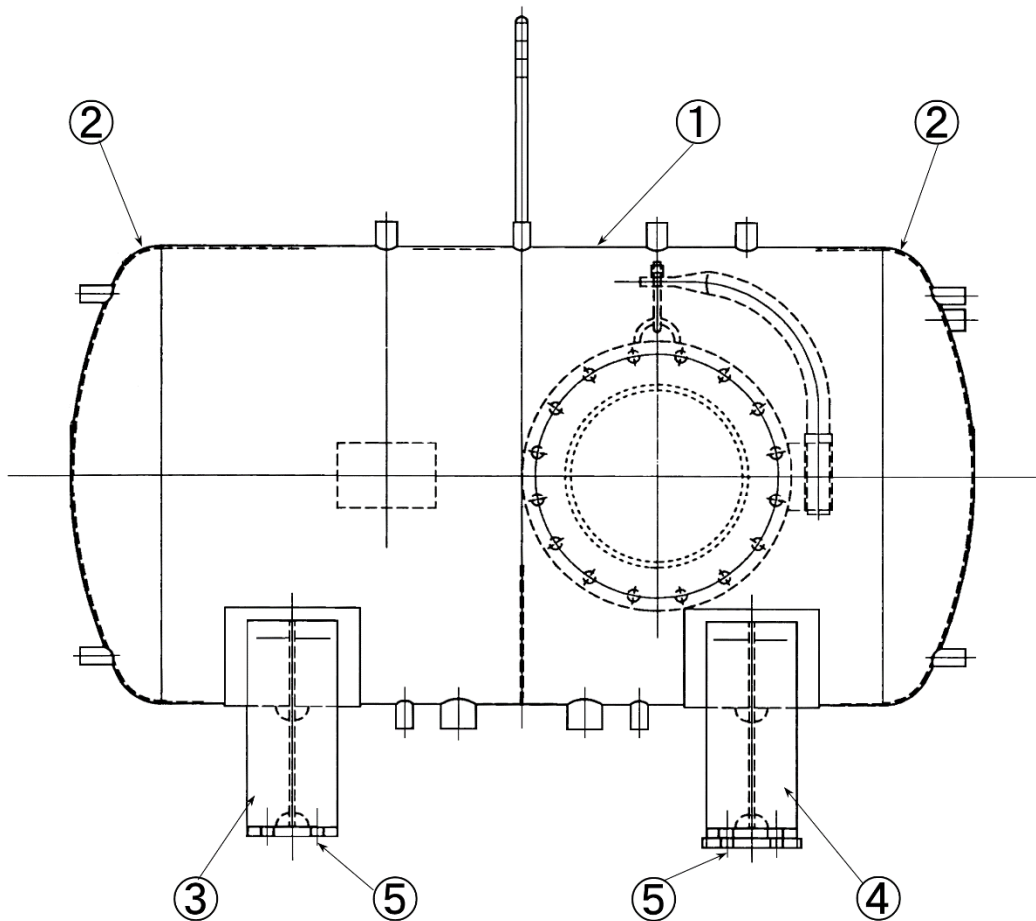
No.	部位
①	冷媒配管
②	架台
③	基礎ボルト

図2.1-4 大飯4号炉 空調用冷凍機 全体図



No.	部位
①	主軸
②	ケーシング
③	羽根車
④	軸受 (ころがり)
⑤	メカニカルシール
⑥	台板
⑦	取付ボルト
⑧	基礎ボルト

図2.1-5 大飯4号炉 冷水系統 冷水ポンプ構造図



No.	部位
①	胴板
②	鏡板
③	支持脚
④	支持脚 (スライド脚)
⑤	基礎ボルト

図2.1-6 大飯4号炉 冷水系統 膨張タンク構造図

表2.1-1 大飯4号炉 空調用冷凍機および冷水系統主要部位の使用材料

部位		材料	
圧縮機	羽根車	アルミニウム合金鋳物	
	主軸（羽根車側）	低合金鋼	
	主軸（モータ側）	低合金鋼	
	歯車	低合金鋼	
	軸受（すべり）	消耗品・定期取替品	
	ケーシング	鋳鉄	
熱交換器	胴板	炭素鋼	
	支持板	炭素鋼	
	凝縮器伝熱管	銅合金	
	蒸発器伝熱管	銅合金	
	凝縮器管板	炭素鋼（銅合金クラッド）	
	蒸発器管板	炭素鋼	
	凝縮器水室	炭素鋼（ゴムライニング）	
	蒸発器水室	炭素鋼	
	防食亜鉛板	消耗品・定期取替品	
	ガスケット	消耗品・定期取替品	
冷媒配管		炭素鋼	
冷水系統	配管	炭素鋼	
	冷水ポンプ	主軸	ステンレス鋼
		ケーシング	炭素鋼鋳鋼
		羽根車	ステンレス鋼鋳鋼
		軸受（ころがり）	消耗品・定期取替品
		メカニカルシール	消耗品・定期取替品
	膨張タンク	胴板	炭素鋼
		鏡板	炭素鋼
支持・固定	架台	炭素鋼	
	基礎ボルト	炭素鋼	
	冷水ポンプ	台板	炭素鋼
		取付ボルト	炭素鋼
		基礎ボルト	炭素鋼
	膨張タンク	支持脚	炭素鋼
		支持脚（スライド脚）	炭素鋼
		基礎ボルト	炭素鋼

表2.1-2 大飯4号炉 空調用冷凍機の使用条件

冷媒	フルオロカーボン
冷水	純水
設置場所	屋内
周囲温度	約40℃

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機能達成に必要な項目

空調用冷凍機の機能である冷凍機能を持続するためには、次の項目が必要である。

- ① 冷水冷却機能の確保
- ② 機器の支持

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

空調用冷凍機について、機能達成に必要な項目を考慮して、主要な部位に展開した上で、個々の部位の構造、材料、使用条件および現在までの運転経験を考慮し、表2.2-1に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象はない。

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

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

に該当するものについては、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

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

なお、日常劣化管理事象ではない事象はない。

(1) 圧縮機羽根車の腐食（全面腐食）

圧縮機の羽根車はアルミニウム合金鋳物であり、腐食が想定される。

しかしながら、内部流体は冷媒（フルオロカーボン）で腐食が発生しがたい環境であり、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

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

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(2) 圧縮機主軸（羽根車側、モータ側）および歯車の摩耗

圧縮機の主軸（羽根車側、モータ側）および歯車は歯面によりトルクを伝達するため、摩耗が想定される。

しかしながら、歯面には潤滑油が供給されており、摩耗が発生しがたい環境であり、これまでに有意な摩耗は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

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

なお、分解点検時の目視確認や寸法計測により、機器の健全性を確認している。

(3) 圧縮機および冷水ポンプ主軸の高サイクル疲労割れ

圧縮機および冷水ポンプ運転時には主軸に定常応力と変動応力が発生し、高平均応力下で繰返し応力を受けると、段付部等の応力集中部において高サイクル疲労割れが想定される。

しかしながら、圧縮機および冷水ポンプ設計時には高サイクル疲労を考慮しており、この設計上の考慮は経年的に変化するものではない。

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

なお、巡視点検時の振動確認（通常運転時の振動状態と差異がないことの触診による確認）、試運転時および機能確認時における振動確認（変位、速度、加速度の測定等）ならびに分解点検時の応力集中部に対する目視確認や浸透探傷検査により、機器の健全性を確認している。

(4) 圧縮機ケーシングおよび冷媒配管の腐食（全面腐食）

圧縮機のケーシングおよび冷媒配管は鋳鉄または炭素鋼であり、腐食が想定される。

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

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

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

一方、内面については、内部流体が冷媒（フルオロカーボン）で腐食が発生しがたい環境であり、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

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

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(5) 熱交換器胴板外面からの腐食（全面腐食）

熱交換器の胴板は炭素鋼であり、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、巡視点検等で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することにより、さらに防水措置（保温）が設置されている場合は防水措置（保温）の状態を確認することにより、機器の健全性を維持している。

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

(6) 熱交換器胴板内面および支持板の腐食（全面腐食）

熱交換器の胴板内面および支持板は炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、内部流体は冷媒（フルオロカーボン）であり、腐食の発生がしがたい環境である。

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

なお、系統機器分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(7) 凝縮器伝熱管の内面腐食（流れ加速型腐食）

凝縮器の伝熱管は銅合金であり、内部流体による流れ加速型腐食により減肉が想定される。

銅合金は腐食電位の高い貴な金属であり、耐食性は良いが、高速の流水中で使用すると、流れ加速型腐食が発生することがある。

凝縮器は管側流体が海水であるため、貝等の異物の付着により局所的に流速が増大し、流れ加速型腐食が発生する場合があるが、貝等の混入物の大きさ、形態、付着状態は不確定であることから、流速と腐食量について、一律で定量的な評価は困難である。

しかしながら、開放点検時の渦流探傷検査により、機器の健全性を維持している。

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

(8) 蒸発器伝熱管の内面腐食（流れ加速型腐食）

蒸発器の伝熱管は銅合金であり、内部流体による流れ加速型腐食により減肉が想定される。

しかしながら、開放点検時の渦流探傷検査により、機器の健全性を維持している。

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

(9) 凝縮器および蒸発器伝熱管の外表面からの腐食（全面腐食）

凝縮器および蒸発器の伝熱管は銅合金であり、外表面からの腐食が想定される。

しかしながら、接する流体は冷媒（フルオロカーボン）で腐食が発生しがたい環境であり、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

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

なお、系統機器分解点検時の目視確認や開放点検時の渦流探傷検査により、機器の健全性を確認している。

(10) 熱交換器耐圧構成品および冷水系統の炭素鋼使用部位の腐食（全面腐食）

熱交換器（管板、水室）および冷水系統（配管、膨張タンク胴板、鏡板）は炭素鋼、冷水系統（冷水ポンプケーシング）は炭素鋼鋳鋼であり、腐食が想定される。

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

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

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

一方、熱交換器耐圧構成品および冷水系統の炭素鋼使用部位の内面については内部流体が純水であり（凝縮器内面側を除く）、長期間の使用により腐食が想定される。

しかしながら、酸素含有水中における炭素鋼の腐食挙動が放物線則に従うとして、運転開始後60年の腐食量を評価した結果より、急激な腐食の進行により機器の健全性に影響を与える可能性はない。

また、開放点検時または系統機器分解点検時の目視確認により、機器の健全性を維持している。

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

(11) 凝縮器水室等の海水による腐食（異種金属接触腐食含む）

凝縮器の管板は銅合金であり、長期間の使用により海水接液部において腐食が想定される。

また、凝縮器水室は炭素鋼であり、海水が接するためライニングを施工しているが、ライニングのはく離等により炭素鋼に海水が接した場合、管板の接液部が銅合金であるため、炭素鋼使用部位に異種金属接触腐食が想定される。

しかしながら、開放点検時の目視確認で腐食やライニングの状況を確認し、機器の健全性を維持している。

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

(12) 冷水ポンプ羽根車の腐食（キャビテーション）

ポンプの内部では流速と圧力が場所により大きく変化するが、ある点の圧力がその液温における飽和蒸気圧まで低下すると、その部分の液体が沸騰し、蒸気泡の発生と崩壊が起こることが想定される。

しかしながら、キャビテーションを起こさない条件はポンプおよび機器配置設計段階において考慮しており、この設計上の考慮は経年的に変化するものではない。

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

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(13) 架台、台板、取付ボルトおよび支持脚の腐食（全面腐食）

架台、台板、取付ボルトおよび支持脚は炭素鋼であり、腐食が想定される。

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

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

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

(14) 支持脚（スライド脚）の腐食（全面腐食）

膨張タンクは横置きであり、支持脚（スライド脚）が設置されているが、スライド部は炭素鋼であり、長期間の使用により、腐食による固着が想定される。

しかしながら、巡視点検等で目視によりスライド部に異常のないことを確認し、機器の健全性を維持している。

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

(15) 基礎ボルトの腐食（全面腐食）

基礎ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

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

2.2.4 消耗品および定期取替品

軸受（すべり）、軸受（ころがり）、防食亜鉛板、ガスケットおよびメカニカルシールは分解点検時に取替える消耗品であり、長期使用はせず取替を前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

表2.2-1(1/2) 大飯4号炉 空調用冷凍機に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考	
				減肉		割れ		材質変化		その他		
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化			
冷水冷却機能の確保	圧縮機	羽根車	アルミニウム合金鋳物		△						*1：高サイクル疲労割れ *2：流れ加速型腐食 *3：異種金属接触腐食を含む	
		主軸(羽根車側)	低合金鋼	△		△*1						
		主軸(モータ側)	低合金鋼	△		△*1						
		歯車	低合金鋼	△								
		軸受(すべり)	◎	—								
		ケーシング		鑄鉄		△(内面) △(外面)						
	熱交換器	胴板		炭素鋼		△(内面) △(外面)						
		支持板		炭素鋼		△						
		凝縮器伝熱管		銅合金		△(内面)*2 △(外面)						
		蒸発器伝熱管		銅合金		△(内面)*2 △(外面)						
		凝縮器管板		炭素鋼 (銅合金クラッド)		△(内面)*3 △(外面)						
		蒸発器管板		炭素鋼		△(内面) △(外面)						
		凝縮器水室		炭素鋼 (ゴムライニング)		△(内面)*3 △(外面)						
		蒸発器水室		炭素鋼		△(内面) △(外面)						
		防食亜鉛板	◎	—								
		ガスケット	◎	—								

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-1(2/2) 大飯4号炉 空調用冷凍機に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位		消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象						備考	
					減肉		割れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
冷水冷却機能の確保	冷媒配管			炭素鋼		△(内面) △(外面)					*1：高サイクル疲労割れ *2：キャビテーション *3：スライド部の腐食	
	冷水系統	配管		炭素鋼		△(内面) △(外面)						
		冷水ポンプ	主軸		ステンレス鋼			△*1				
			ケーシング		炭素鋼鋳鋼		△(内面) △(外面)					
			羽根車		ステンレス鋼鋳鋼		△*2					
			軸受(ころがり)	◎	—							
			メカニカルシール	◎	—							
	膨張タンク	胴板		炭素鋼		△(内面) △(外面)						
		鏡板		炭素鋼		△(内面) △(外面)						
機器の支持	架台			炭素鋼		△						
	基礎ボルト			炭素鋼		△						
	冷水ポンプ	台板		炭素鋼		△						
		取付ボルト		炭素鋼		△						
		基礎ボルト		炭素鋼		△						
	膨張タンク	支持脚		炭素鋼		△						
		支持脚(スライド脚)		炭素鋼		△*3 △						
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）

5 ダクト

[対象機器]

- ① 排気筒
- ② アニュラス空気浄化系統ダクト
- ③ 安全補機室冷却系統ダクト
- ④ ディーゼル発電機室空調系統ダクト
- ⑤ 電動補助給水ポンプ室空調系統ダクト
- ⑥ 制御用空気圧縮機室空調系統ダクト
- ⑦ 中央制御室空調系統ダクト
- ⑧ 中央制御室非常用循環系統ダクト
- ⑨ 格納容器再循環系統ダクト

目次

1. 技術評価対象機器および代表機器の選定	1
1.1 グループ化の考え方および結果	1
1.2 代表機器の選定	1
2. 代表機器の技術評価	3
2.1 構造、材料および使用条件	3
2.2 経年劣化事象の抽出	9
3. 代表機器以外への展開	15
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象	15

1. 技術評価対象機器および代表機器の選定

大飯4号炉で使用されているダクトの主な仕様を表1-1に示す。

これらのダクトを型式の観点からグループ化し、それぞれのグループより以下のとおり代表機器を選定した。

1.1 グループ化の考え方および結果

表1-1に示すダクトを型式の観点から分類すると以下の2つのグループに分類される。

- ① 排気筒
- ② ダクト

1.2 代表機器の選定

(1) 排気筒

このグループには排気筒のみが属するため、代表機器は排気筒とする。

(2) ダクト

このグループには、アニュラス空気浄化系統ダクト、安全補機室冷却系統ダクト、ディーゼル発電機室空調系統ダクト、電動補助給水ポンプ室空調系統ダクト、制御用空気圧縮機室空調系統ダクト、中央制御室空調系統ダクト、中央制御室非常用循環系統ダクトおよび格納容器再循環系統ダクトが属するが構造は同様であり、重要度が高く、運転時間が長い中央制御室空調系統ダクトを代表機器とする。

表1-1 大飯4号炉 ダクトの主な仕様

分離基準	機器名称	仕様 容量 (m ³ /min)	選定基準		代表機器の選定	
			重要度*1	運転状態	代表 機器	選定理由
排気筒	排気筒	約7,800	MS-1、重*2	一時	◎	
ダクト	アニュラス空気浄化系統ダクト	約 156	MS-1、重*2	一時	◎	重要度、運転 時間
	安全補機室冷却系統ダクト	約 265	MS-2	一時		
	ディーゼル発電機室空調系統ダクト	約2,000	MS-2	一時		
	電動補助給水ポンプ室空調系統ダクト	約 350	MS-2	一時		
	制御用空気圧縮機室空調系統ダクト	約 150	MS-2	一時		
	中央制御室空調系統ダクト	約 500	MS-1、重*2	連続		
	中央制御室非常用循環系統ダクト	約 230	MS-1、重*2	一時		
	格納容器再循環系統ダクト	約3,500	重*2	一時		

*1：機能は最上位の機能を示す。

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

2. 代表機器の技術評価

本章では、1章で代表機器とした以下の2種類のダクトについて技術評価を実施する。

- ① 排気筒
- ② 中央制御室空調系統ダクト

2.1 構造、材料および使用条件

2.1.1 排気筒

(1) 構造

大飯4号炉の排気筒は、外板、接続鋼材、補強鋼材等で構成されている。

外板、接続鋼材および補強鋼材にはステンレス鋼を使用し、サポート鋼材および埋込金物には炭素鋼を使用している。

大飯4号炉の排気筒の構造図を図2.1-1に示す。

(2) 材料および使用条件

大飯4号炉の排気筒の使用材料および使用条件を表2.1-1および表2.1-2に示す。

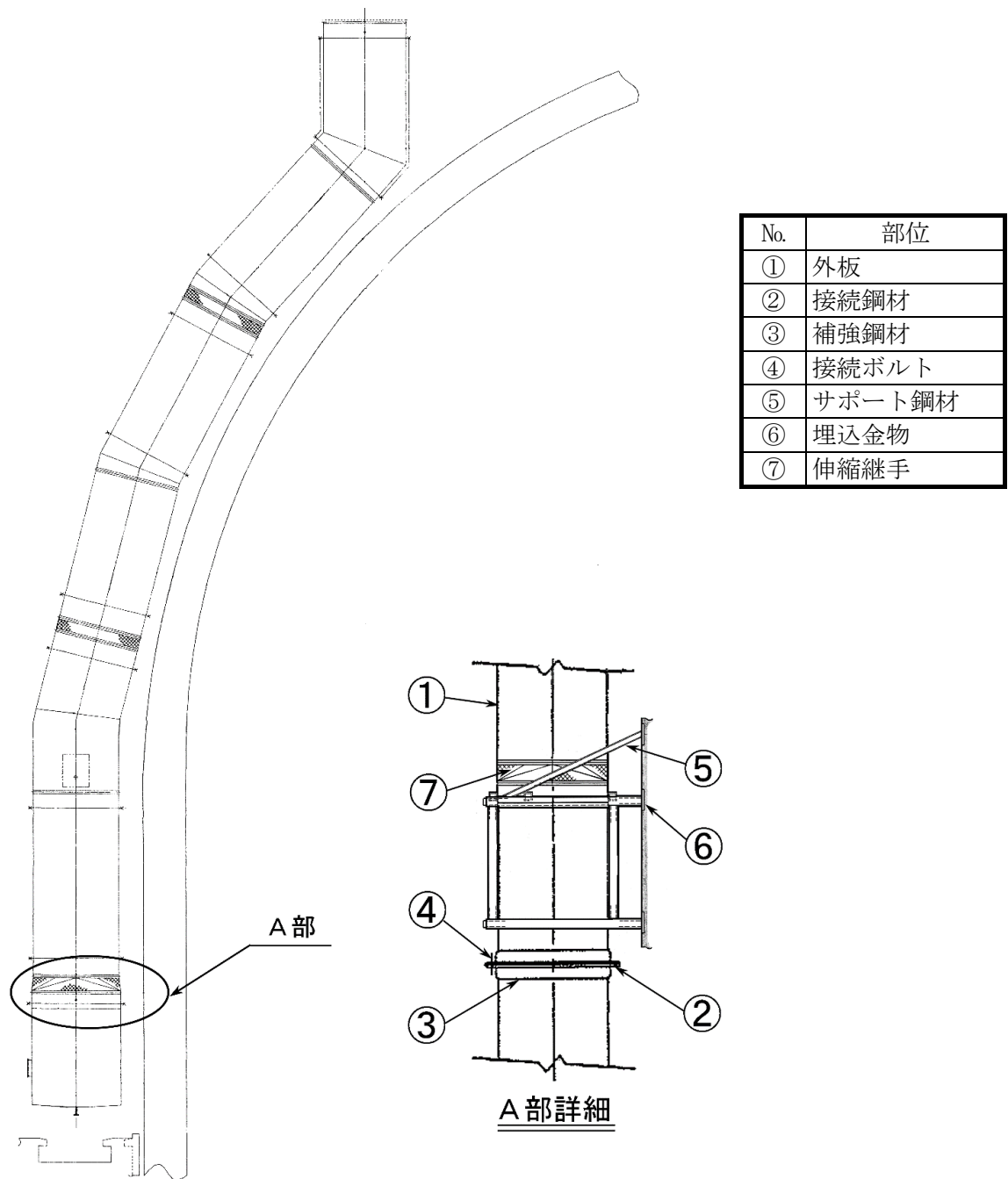


図2.1-1 大飯4号炉 排気筒構造図

表2.1-1 大飯4号炉 排気筒主要部位の使用材料

部位	材料
外板	ステンレス鋼
接続鋼材	ステンレス鋼
補強鋼材	ステンレス鋼
接続ボルト	炭素鋼
サポート鋼材	炭素鋼
埋込金物	炭素鋼
伸縮継手	合成ゴム+石綿布

表2.1-2 大飯4号炉 排気筒の使用条件

設置場所	屋外
容量	約7,800m ³ /min

2.1.2 中央制御室空調系統ダクト

(1) 構造

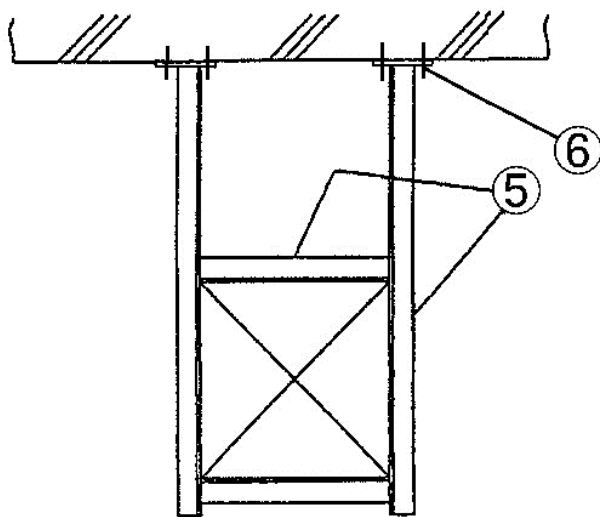
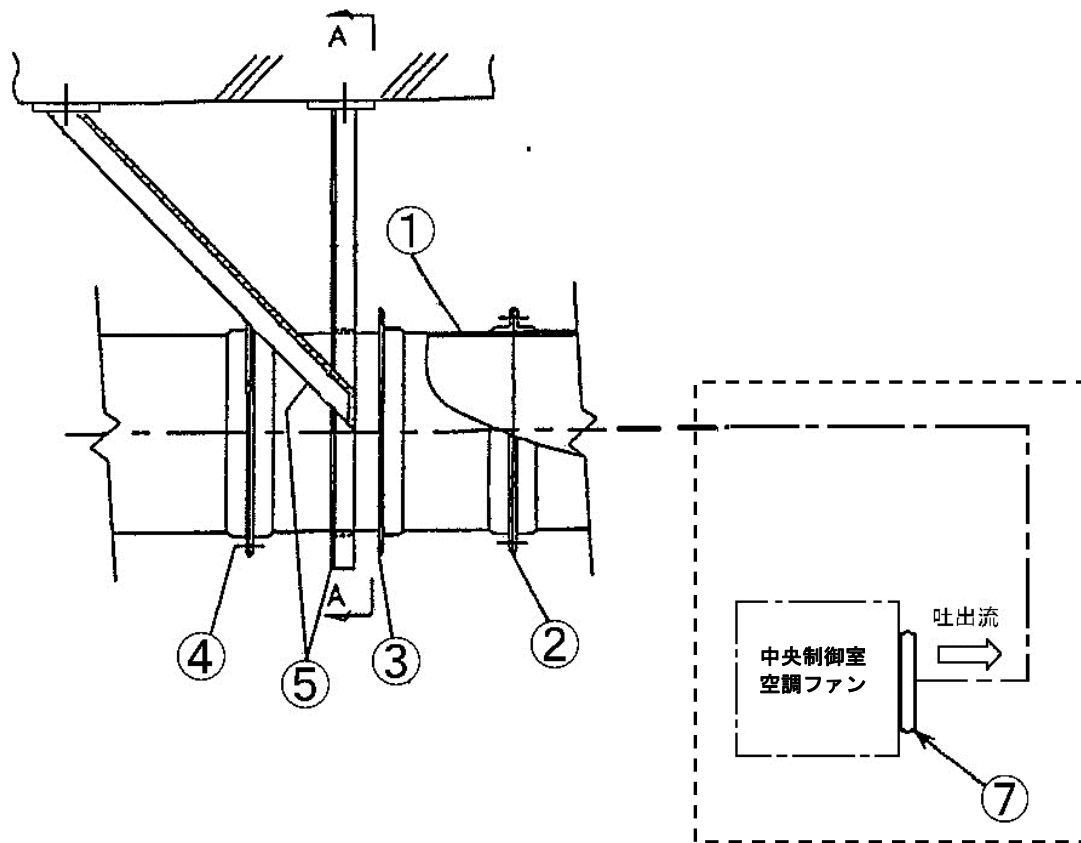
大飯4号炉の中央制御室空調系統ダクトは、外板、接続鋼材、補強鋼材等で構成されている。

外板、接続鋼材、補強鋼材等には炭素鋼を使用しており、ファン出口には合成ゴム（+石綿布）製の伸縮継手を設置している。

大飯4号炉の中央制御室空調系統ダクトの構造図を図2.1-2に示す。

(2) 材料および使用条件

大飯4号炉の中央制御室空調系統ダクトの使用材料および使用条件を表2.1-3および表2.1-4に示す。



断面 A - A

No.	部位
①	外板
②	接続鋼材
③	補強鋼材
④	接続ボルト
⑤	サポート鋼材
⑥	基礎ボルト
⑦	伸縮継手

図2.1-2 大飯4号炉 中央制御室空調系統ダクト構造図

表2.1-3 大飯4号炉 中央制御室空調系統ダクト主要部位の使用材料

部位	材料
外板	炭素鋼
接続鋼材	炭素鋼
補強鋼材	炭素鋼
接続ボルト	炭素鋼
サポート鋼材	炭素鋼
基礎ボルト	炭素鋼
伸縮継手	合成ゴム+石綿布

表2.1-4 大飯4号炉 中央制御室空調系統ダクトの使用条件

設置場所	屋内
容量	約500m ³ /min

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機能達成に必要な項目

ダクトの機能である通風機能を維持するためには、次の項目が必要である。

- ① 流路の確保
- ② 機器の支持

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

ダクト個々について、機能達成に必要な項目を考慮して、主要な部位に展開した上で、個々の部位の構造、材料、使用条件および現在までの運転経験を考慮し、代表機器毎に表2.2-1のとおり想定される経年劣化事象を抽出した結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象はない。

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

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

に該当するものについては、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

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

(1) 外板および接続鋼材等の外面からの応力腐食割れ [排気筒]

外板、接続鋼材および補強鋼材はステンレス鋼であり、外表面に大気中の海塩粒子等の塩分が付着した場合、塩化物イオンによる応力腐食割れが想定される。

しかしながら、外面について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、空調設備点検時等で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することにより、機器の健全性を維持している。

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

(2) 外板の腐食（全面腐食） [中央制御室空調系統ダクト]

外板は炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部は塗装または亜鉛メッキにより腐食を防止しており、塗膜またはメッキ面が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、巡視点検等で目視により塗膜またはメッキ面の状態を確認し、はく離等が認められた場合は必要に応じて補修することにより、さらに防水措置（保温）が設置されている場合は防水措置（保温）の状態を確認することにより、機器の健全性を維持している。

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

(3) 外板内面の海塩粒子等付着による腐食（腐食孔） [中央制御室空調系統ダクト]

外気取入部の外板内面に海塩粒子等が付着することによる腐食（腐食孔）が想定される。

2016年12月、島根発電所2号炉において、中央制御室空調換気系の外気取入ダクトから再循環ライン合流部において海塩粒子等の付着による腐食（腐食孔）が発生している。

しかしながら、大飯4号炉については外気取入口に常時通気のフィルタを設置し、海塩粒子等の侵入を考慮した設計となっており、この設計上の考慮は経年的に変化するものではない。

また、当該系統の外気取入部から再循環ライン合流部について内面の目視確認をした結果、有意な腐食（腐食孔）は認められなかったことを確認している。

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

なお、空調設備点検時の内面目視確認により、機器の健全性を確認している。

(4) 接続鋼材および補強鋼材等の腐食（全面腐食）〔中央制御室空調系統ダクト〕

接続鋼材、補強鋼材、サポート鋼材および接続ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

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

また、巡視点検等で目視により塗膜の状態を確認し、はく離等が認められた場合は必要に応じて補修することにより、さらに防水措置（保温）が設置されている場合は防水措置（保温）の状態を確認することにより、機器の健全性を維持している。

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

(5) 伸縮継手の劣化〔共通〕

伸縮継手は合成ゴムであることから環境的要因により劣化が想定される。

しかしながら、周囲温度は使用条件範囲内であり、これまでに有意な劣化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がたい。

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

なお、巡視点検等による可視範囲の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(6) サポート鋼材および接続ボルトの腐食（全面腐食）〔排気筒〕

サポート鋼材および接続ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

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

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

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

- (7) 埋込金物（コンクリート埋設部以外）の腐食（全面腐食）〔排気筒〕
埋込金物（コンクリート埋設部以外）は炭素鋼であり、腐食が想定される。
しかしながら、大気接触部は塗装により腐食を防止しており、塗膜が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。
また、巡視点検等で目視により塗膜の状態を確認し、はく離等が認められた場合は必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。
したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

- (8) 基礎ボルトの腐食（全面腐食）〔中央制御室空調系統ダクト〕
基礎ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。
基礎ボルトの健全性評価については各機器で共通であることから、「機械設備の技術評価書」にて評価を実施するものとし、本評価書には含んでいない。

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

- (9) 埋込金物（コンクリート埋設部）の腐食（全面腐食）〔排気筒〕
埋込金物は炭素鋼であり、腐食が想定される。
しかしながら、コンクリート埋設部ではコンクリートの大気接触部表面からの中性化の進行により腐食環境となるが、コンクリートが中性化に至り、埋込金物に有意な腐食が発生するまで長期間を要することから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

表2.2-1(1/2) 大飯4号炉 排気筒に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象						備考	
				減肉		割れ		材質変化			その他
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
流路の確保	外板		ステンレス鋼				△*1			*1：外面からの 応力腐食割れ *2：コンクリート 埋設部以外 *3：コンクリート 埋設部	
	接続鋼材		ステンレス鋼				△*1				
	補強鋼材		ステンレス鋼				△*1				
	伸縮継手		合成ゴム+石綿布					△			
機器の支持	接続ボルト		炭素鋼		△						
	サポート鋼材		炭素鋼		△						
	埋込金物		炭素鋼		△*2 ▲*3						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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

表2.2-1(2/2) 大飯4号炉 中央制御室空調系統ダクトに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象						備考	
				減肉		割れ		材質変化			その他
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
流路の確保	外板		炭素鋼		△ ^{*1} △ ^{*2}					*1：全面腐食 *2：内面からの腐食（腐食孔）	
	接続鋼材		炭素鋼		△						
	補強鋼材		炭素鋼		△						
	伸縮継手		合成ゴム＋石綿布					△			
機器の支持	接続ボルト		炭素鋼		△						
	サポート鋼材		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）

3. 代表機器以外への展開

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

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

- ① アニュラス空気浄化系統ダクト
- ② 安全補機室冷却系統ダクト
- ③ ディーゼル発電機室空調系統ダクト
- ④ 電動補助給水ポンプ室空調系統ダクト
- ⑤ 制御用空気圧縮機室空調系統ダクト
- ⑥ 中央制御室非常用循環系統ダクト
- ⑦ 格納容器再循環系統ダクト

3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

なお、日常劣化管理事象ではない事象はない。

3.1.1 外板の腐食（全面腐食） [共通]

外板は炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部は塗装または亜鉛メッキにより腐食を防止しており、塗膜またはメッキ面が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、巡視点検等で目視により塗膜またはメッキ面の状態を確認し、はく離等が認められた場合は必要に応じて補修することにより、さらに防水措置（保温）が設置されている場合は防水措置（保温）の状態を確認することにより、機器の健全性を維持している。

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

3.1.2 外板内面の海塩粒子等付着による腐食（腐食孔）〔中央制御室非常用循環系統ダクト〕

外気取入部の外板内面に海塩粒子等が付着することによる腐食（腐食孔）が想定される。

2016年12月、島根発電所2号炉において、中央制御室空調換気系の外気取入ダクトから再循環ライン合流部において海塩粒子等の付着による腐食（腐食孔）が発生している。

しかしながら、大飯4号炉については外気取入口に常時通気のフィルタを設置し、海塩粒子等の侵入を考慮した設計となっており、この設計上の考慮は経年的に変化するものではない。

また、当該系統の外気取入部から再循環ライン合流部について内面の目視確認をした結果、有意な腐食（腐食孔）は認められなかったことを確認している。

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

なお、空調設備点検時の内面目視確認により、機器の健全性を確認している。

3.1.3 接続鋼材、補強鋼材および接続ボルト等の腐食（全面腐食）〔共通〕

接続鋼材、補強鋼材、サポート鋼材および接続ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

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

また、巡視点検等で目視により塗膜の状態を確認し、はく離等が認められた場合は必要に応じて補修することにより、さらに防水措置（保温）が設置されている場合は防水措置（保温）の状態を確認することにより、機器の健全性を維持している。

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

3.1.4 伸縮継手の劣化〔共通〕

伸縮継手は合成ゴムであることから環境的要因により劣化が想定される。

しかしながら、屋内に設置されており、紫外線による影響はなく、周囲温度も使用条件範囲内でこれまでに有意な劣化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がたい。

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

なお、巡視点検等による可視範囲の目視確認により、機器の健全性を確認している。

3.1.5 基礎ボルトの腐食（全面腐食）〔共通〕

基礎ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

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

6 ダンパ

[対象機器]

- ① 換気空調系統 空気作動ダンパ
- ② 換気空調系統 逆止ダンパ
- ③ 換気空調系統 防火ダンパ

目次

1. 技術評価対象機器および代表機器の選定	1
1.1 グループ化の考え方および結果	1
1.2 代表機器の選定	1
2. 代表機器の技術評価	5
2.1 構造、材料および使用条件	5
2.2 経年劣化事象の抽出	14
3. 代表機器以外への展開	20
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象	20

1. 技術評価対象機器および代表機器の選定

大飯4号炉で使用されているダンパの主な仕様を表1-1に示す。

これらのダンパを駆動方法の観点からグループ化し、それぞれのグループより以下のとおり代表機器を選定した。

1.1 グループ化の考え方および結果

表1-1に示すダンパを駆動方法の観点で分類すると以下の3つのグループに分類される。

- ① 空気作動ダンパ
- ② 逆止ダンパ
- ③ 防火ダンパ

1.2 代表機器の選定

(1) 空気作動ダンパ

重要度が高い補助建屋排気止めダンパを代表機器とする。

(2) 逆止ダンパ

重要度が高い安全補機室事故時排気逆止ダンパを代表機器とする。

(3) 防火ダンパ

重要度が高い1次系継電器室排気防火絞りダンパを代表機器とする。

表1-1 (1/3) 大飯4号炉 ダンパの主な仕様

分離基準		機器名称 (台数)	選定基準	代表機器の選定	
形式	駆動方法 (作動原理)		重要度*1	代表機器	選定理由
ダンパ	空気作動	アニュラス給気第1隔離ダンパ (1)	MS-1	◎	重要度
		アニュラス給気第2隔離ダンパ (1)	MS-1		
		アニュラス排気第1隔離ダンパ (1)	MS-1		
		アニュラス排気第2隔離ダンパ (1)	MS-1		
		アニュラス排気ダンパ (2)	MS-1		
		アニュラス戻りダンパ (2)	MS-1		
		安全補機室排気ダンパ (2)	MS-1		
		安全補機室給気第1隔離ダンパ (1)	MS-1		
		安全補機室給気第2隔離ダンパ (1)	MS-1		
		安全補機室排気第1隔離ダンパ (1)	MS-1		
		安全補機室排気第2隔離ダンパ (1)	MS-1		
		中央制御室外気取入止めダンパ (2)	MS-1		
		中央制御室循環ファン入口ダンパ (2)	MS-1、重*2		
		中央制御室外気取入流量調節ダンパ (2)	MS-1、重*2		
		中央制御室循環流量調節ダンパ (2)	MS-1、重*2		
		中央制御室大気放出流量調節ダンパ (2)	MS-1		
		中央制御室事故時外気取入流量調節ダンパ (2)	MS-1、重*2		
		格納容器排気ファン出口ダンパ (2)	MS-1		
		格納容器排気止めダンパ (1)	MS-1		
		補助建屋排気止めダンパ (1)	MS-1		
		補助建屋排気流量調節ダンパ (1)	MS-1		
ディーゼル発電機室排気ダンパ (4)	MS-2				
電動補助給水ポンプ室排気ダンパ (2)	MS-2				
制御用空気圧縮機室排気ダンパ (2)	MS-2				

*1：機能は最上位の機能を示す。

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

表1-1 (2/3) 大飯4号炉 ダンパの主な仕様

分離基準		機器名称 (台数)	選定基準	代表機器の選定	
形式	駆動方法 (作動原理)		重要度*1	代表機器	選定理由
ダンパ	空気作動	安全系電気盤室給気止めダンパ (2)	MS-1		
		安全系電気盤室排気止めダンパ (2)	MS-1		
		中央制御室非常用循環ファン入口ダンパ (2)	MS-1、重*2		
		中央制御室空調ファン出口ダンパ (2)	MS-1、重*2		
		中央制御室事故時循環流量調節ダンパ (2)	MS-1、重*2		
		安全補機開閉器室給気ガス作動ダンパ (1)	MS-1		
		充電器室排気ガス作動ダンパ (2)	MS-1		
		1次系継電器室給気ガス作動ダンパ (2)	MS-1		
		1次系継電器室排気ガス作動ダンパ (1)	MS-1		
		E P 盤室排気ガス作動ダンパ (2)	MS-1		
		E P 盤室給気ガス作動ダンパ (2)	MS-1		
		D/G 制御盤室給気ガス作動ダンパ (2)	MS-1		
		空調用冷凍機室給気ガス作動ダンパ (1)	MS-1		
		空調用冷凍機室排気ガス作動ダンパ (1)	MS-1		
	逆止	安全補機室冷却ファン出口逆止ダンパ (2)	MS-2	◎	重要度
		安全補機室給気逆止ダンパ (2)	MS-2		
		安全補機室排気逆止ダンパ (2)	MS-2		
		安全補機室事故時排気逆止ダンパ (2)	MS-1		
		ディーゼル発電機室給気ファン出口逆止ダンパ (4)	MS-2		
		電動補助給水ポンプ室給気ファン入口逆止ダンパ (2)	MS-2		
		制御用空気圧縮機室給気ファン入口逆止ダンパ (2)	MS-2		
防火	アニュラス空気浄化フィルタユニット入口防火ダンパ (2)	MS-1			
	アニュラス排気防火ダンパ (2)	MS-1、重*2			
	アニュラス戻り防火絞りダンパ (2)	MS-1、重*2			

*1：機能は最上位の機能を示す。

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

表1-1 (3/3) 大飯4号炉 ダンパの主な仕様

分離基準		機器名称 (台数)	選定基準	代表機器の選定	
形式	駆動方法 (作動原理)		重要度*1	代表機器	選定理由
ダンパ	防火	補助建屋給気系高圧注入ポンプ配管室防火ダンパ (2)	MS-2	◎	重要度
		余熱除去ポンプ配管室排気防火ダンパ (2)	MS-2		
		アニュラス空気浄化系S I P配管室防火ダンパ (2)	MS-1		
		ディーゼル発電機室給気防火絞りダンパA (2)	MS-2		
		ディーゼル発電機室給気防火絞りダンパB (2)	MS-2		
		ディーゼル発電機室給気防火絞りダンパC (2)	MS-2		
		ディーゼル発電機室給気防火ダンパ (2)	MS-2		
		電動補助給水ポンプ室給気防火絞りダンパ (2)	MS-2		
		制御用空気圧縮機室給気防火絞りダンパ (1)	MS-2		
		制御用空気圧縮機室給気防火ダンパ (1)	MS-2		
		1次系継電器室防火絞りダンパ (2)	MS-1		
		安全補機開閉器室空調系1次系継電器室防火絞りダンパ (1)	MS-1		
		安全補機開閉器室空調系1次系継電器室防火ダンパ (1)	MS-1		
		充電器室給気防火ダンパ (2)	MS-1		
		中央制御室外原子炉停止盤室給気防火ダンパ (2)	MS-1		
		ディーゼル発電機制御室給気防火絞りダンパ (2)	MS-1		
		充電器室排気防火ダンパ (2)	MS-1		
		1次系継電器室排気防火絞りダンパ (2)	MS-1		
		中央制御室外原子炉停止盤室排気防火ダンパ (2)	MS-1		
		中央制御室給気防火ダンパ (1)	MS-1、重*2		
		中央制御室防火ダンパ (1)	MS-1、重*2		
中央制御室循環防火ダンパ (1)	MS-1、重*2				
中央制御室非常用循環フィルタユニット入口防火ダンパ (1)	MS-1、重*2				
中央制御室非常用循環フィルタユニット出口防火ダンパ (1)	MS-1、重*2				

*1：機能は最上位の機能を示す。

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

2. 代表機器の技術評価

本章では、1章で代表機器とした以下の3種類のダンパについて技術評価を実施する。

- ① 補助建屋排気止めダンパ
- ② 安全補機室事故時排気逆止ダンパ
- ③ 1次系継電器室排気防火絞りダンパ

2.1 構造、材料および使用条件

2.1.1 補助建屋排気止めダンパ

(1) 構造

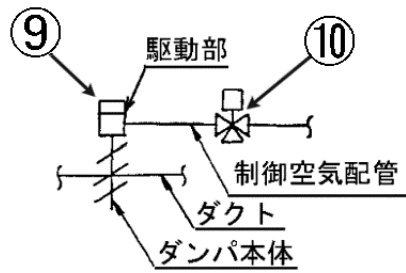
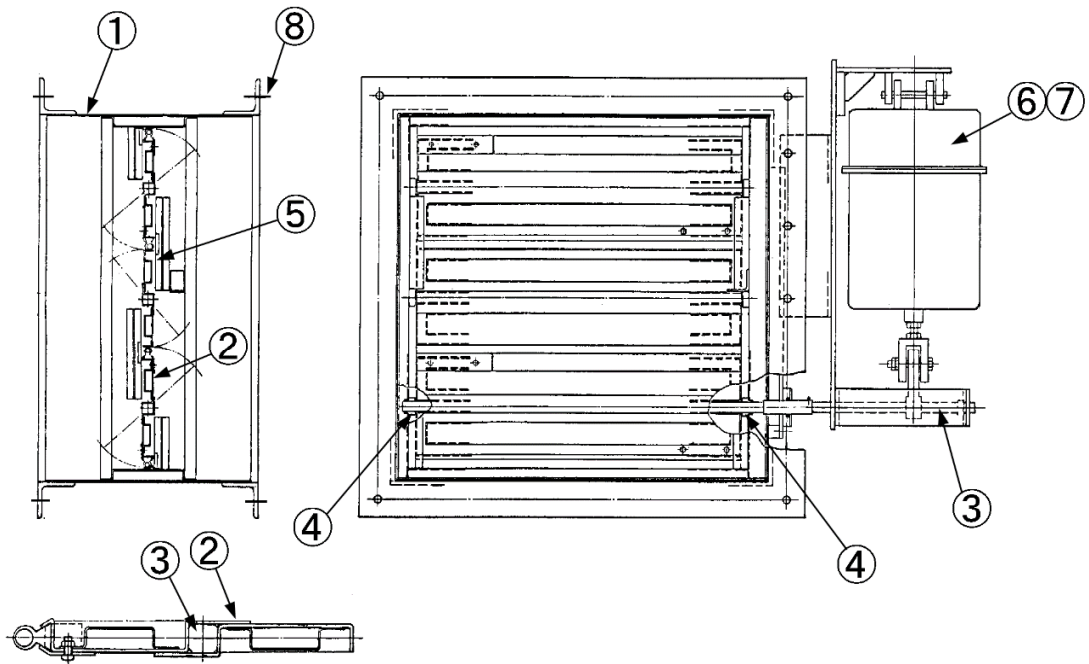
大飯4号炉の補助建屋排気止めダンパは、流路を構成するケーシング、流路を仕切るダンパ羽根、ダンパ羽根を作動させるダンパシャフトおよび駆動装置（ハウジング、ばね）等で構成されている。

ケーシング、ダンパ羽根およびダンパシャフトには炭素鋼を使用している。

大飯4号炉の補助建屋排気止めダンパの構造図を図2.1-1に示す。

(2) 材料および使用条件

大飯4号炉の補助建屋排気止めダンパの使用材料および使用条件を表2.1-1および表2.1-2に示す。



空気作動ダンパ制御系統図

No.	部位
①	ケーシング
②	ダンパ羽根
③	ダンパシャフト
④	軸受
⑤	シール
⑥	ハウジング
⑦	ばね
⑧	接続ボルト
⑨	ポジションスイッチ
⑩	電磁弁

図2.1-1 大飯4号炉 補助建屋排気止めダンパ構造図

表2.1-1 大飯4号炉 補助建屋排気止めダンパ主要部位の使用材料

部位	材料
ケーシング	炭素鋼
ダンパ羽根	炭素鋼
ダンパシャフト	炭素鋼
軸受 (すべり)	ステンレス鋼
シール	消耗品・定期取替品
ハウジング	炭素鋼
ばね	ばね用オイルテンパー線
接続ボルト	炭素鋼
ポジションスイッチ	消耗品・定期取替品
電磁弁	消耗品・定期取替品

表2.1-2 大飯4号炉 補助建屋排気止めダンパの使用条件

サイズ	2,410×2,110 (mm)
最高使用温度	約40℃
設置場所	屋内

2.1.2 安全補機室事故時排気逆止ダンパ

(1) 構造

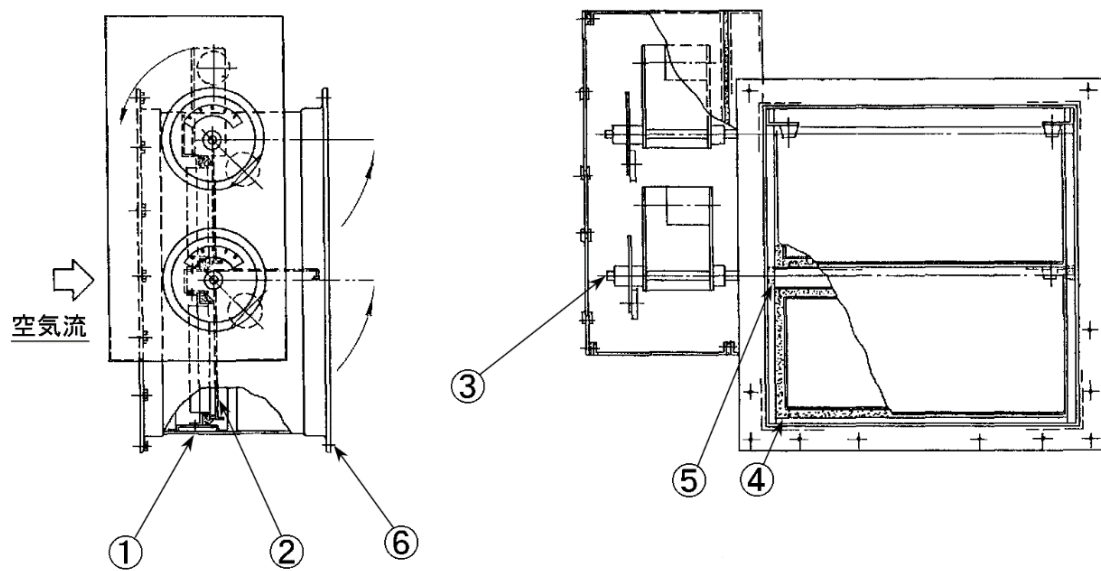
大飯4号炉の安全補機室事故時排気逆止ダンパは、流路を構成するケーシング、流路を仕切るダンパ羽根、ダンパ羽根を作動させるダンパシャフト等で構成されている。

ケーシング、ダンパ羽根およびダンパシャフトには炭素鋼を使用している。

大飯4号炉の安全補機室事故時排気逆止ダンパの構造図を図2.1-2に示す。

(2) 材料および使用条件

大飯4号炉の安全補機室事故時排気逆止ダンパの使用材料および使用条件を表2.1-3および表2.1-4に示す。



No.	部位
①	ケーシング
②	ダンパ羽根
③	ダンパシャフト
④	シーล
⑤	軸受 (ころがり)
⑥	接続ボルト

図2.1-2 大飯4号炉 安全補機室事故時排気逆止ダンパ構造図

表2.1-3 大飯4号炉 安全補機室事故時排気逆止ダンパ主要部位の使用材料

部位	材料
ケーシング	炭素鋼
ダンパ羽根	炭素鋼
ダンパシャフト	炭素鋼
シール	消耗品・定期取替品
軸受（ころがり）	軸受鋼
接続ボルト	炭素鋼

表2.1-4 大飯4号炉 安全補機室事故時排気逆止ダンパの使用条件

サイズ	455×455 (mm)
最高使用温度	約40℃
設置場所	屋内

2.1.3 1次系継電器室排気防火絞りダンパ

(1) 構造

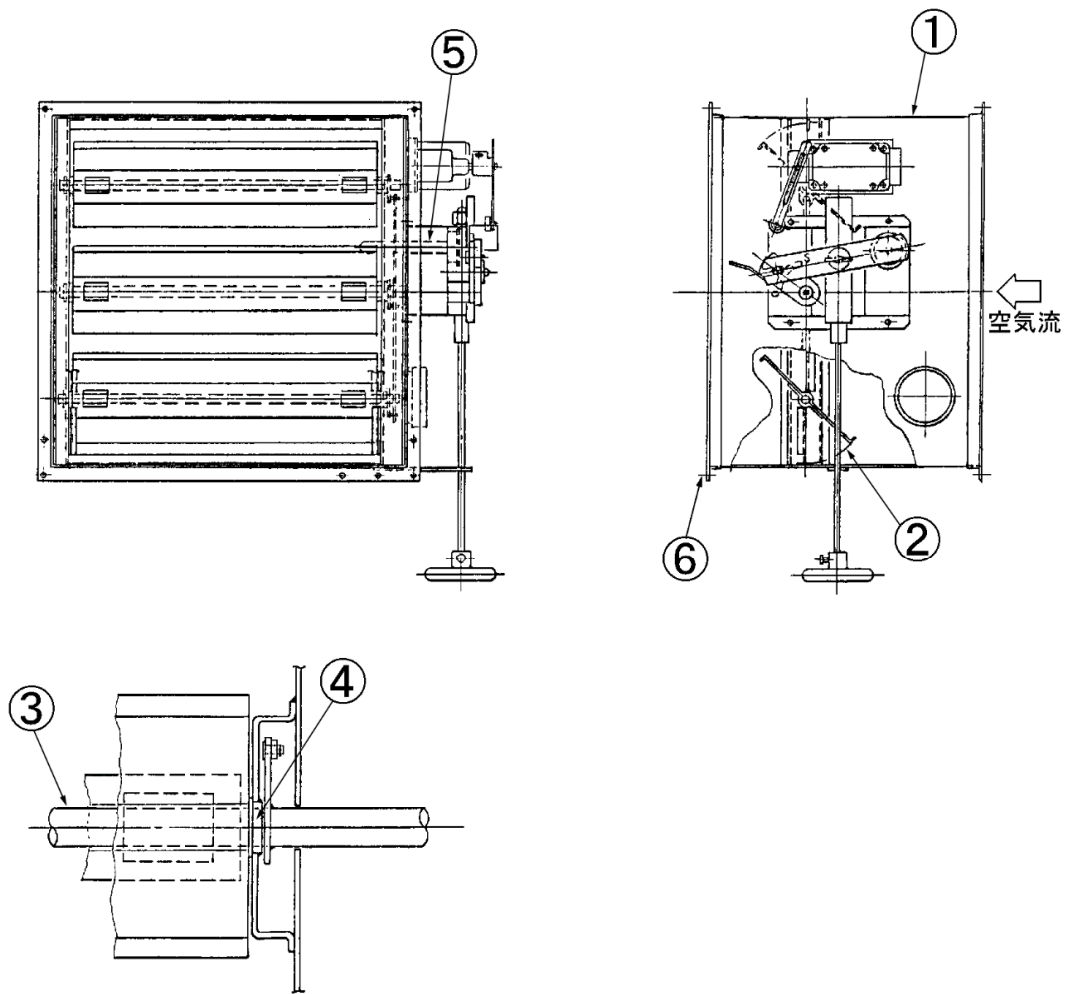
大飯4号炉の1次系継電器室排気防火絞りダンパは、流路を構成するケーシング、流路を仕切るダンパ羽根、ダンパ羽根を作動させるダンパシャフト等で構成されている。

ケーシング、ダンパ羽根およびダンパシャフトには炭素鋼を使用している。

大飯4号炉の1次系継電器室排気防火絞りダンパの構造図を図2.1-3に示す。

(2) 材料および使用条件

大飯4号炉の1次系継電器室排気防火絞りダンパの使用材料および使用条件を表2.1-5および表2.1-6に示す。



軸受部詳細

No.	部位
①	ケーシング
②	ダンパ羽根
③	ダンパシャフト
④	軸受 (すべり)
⑤	ヒューズ
⑥	接続ボルト

図2.1-3 大飯4号炉 1次系継電器室排気防火絞りダンパ構造図

表2.1-5 大飯4号炉 1次系継電器室排気防火絞りダンパ主要部位の使用材料

部位	材料
ケーシング	炭素鋼
ダンパ羽根	炭素鋼
ダンパシャフト	炭素鋼
軸受 (すべり)	ステンレス鋼
ヒューズ	消耗品・定期取替品
接続ボルト	炭素鋼

表2.1-6 大飯4号炉 1次系継電器室排気防火絞りダンパの使用条件

サイズ	905×905 (mm)
最高使用温度	約40℃
設置場所	屋内

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機能達成に必要な項目

ダンパの機能である風量調整機能および系統隔離機能を維持するためには、次の項目が必要である。

- ① バウンダリの維持
- ② 開閉機能の維持
- 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

ダンパ個々について機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の構造、材料および現在までの運転経験を考慮し、代表機器毎に表2.2-1に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象はない。

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

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

に該当するものについては、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

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

なお、日常劣化管理事象ではない事象はない。

(1) ケーシングおよびダンパ羽根の腐食（全面腐食）〔共通〕

ケーシングおよびダンパ羽根は炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部は塗装または亜鉛メッキにより腐食を防止しており、塗膜またはメッキ面が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

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

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

(2) ダンパシャフトの固着〔共通〕

ダンパシャフトは炭素鋼であり、潤滑油が不足した場合、長期間の使用による腐食により固着することが想定される。

しかしながら、ダンパシャフトの表面はクロムメッキを施し腐食を防止しており、腐食による固着の可能性は小さい。

また、ダンパ作動確認時の目視確認や給油により、機器の健全性を維持している。

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

(3) ハウジングの腐食（全面腐食）〔補助建屋排気止めダンパ〕

ハウジングは炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部は塗装またはクロムメッキにより腐食を防止しており、塗膜またはメッキ面が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

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

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

(4) ばねの変形（応力緩和） [補助建屋排気止めダンパ]

ばねは応力状態にて長期間保持されることにより、変形（応力緩和）が想定される。

しかしながら、ばねに発生する応力は弾性範囲であり、日本ばね工業会にて実施したばね材料と使用環境温度の実態調査結果と比べて、当該ばねは同等か余裕のある環境で使用している。

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

なお、ダンパ作動確認により、機器の健全性を確認している。

(5) 接続ボルトの腐食（全面腐食） [共通]

接続ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

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

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

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

2.2.4 消耗品および定期取替品

シールは分解点検時に取替える消耗品であり、ヒューズは目視確認または作動確認結果より取替える消耗品であり、ポジションスイッチおよび電磁弁は定期的に取り替える取替品である。いずれも、長期使用はせず取替を前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

表2.2-1 (1/3) 大飯4号炉 補助建屋排気止めダンパに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象								備考
				減肉		割れ		絶縁	導通	特性	その他	
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁低下	導通不良	特性変化		
バウンダリの維持	ケーシング		炭素鋼		△							*1：固着 *2：変形 (応力緩和)
開閉機能の維持	ダンパ羽根		炭素鋼		△							
	ダンパシャフト		炭素鋼								△*1	
	軸受(すべり)		ステンレス鋼									
	シール	◎	—									
	ハウジング		炭素鋼		△							
	ばね		ばね用オイル テンパー線								△*2	
	ポジションスイッチ	◎	—									
	電磁弁	◎	—									
機器の支持	接続ボルト		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) 大飯4号炉 安全補機室事故時排気逆止ダンパに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象								備考
				減肉		割れ		絶縁	導通	特性	その他	
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁低下	導通不良	特性変化		
バウンダリの維持	ケーシング		炭素鋼		△							*1：固着
開閉機能の維持	ダンパ羽根		炭素鋼		△							
	ダンパシャフト		炭素鋼								△*1	
	シール	◎	—									
	軸受(ころがり)		軸受鋼									
機器の支持	接続ボルト		炭素鋼		△							

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-1 (3/3) 大飯4号炉 1次系継電器室排気防火絞りダンパに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象								備考
				減肉		割れ		絶縁	導通	特性	その他	
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁低下	導通不良	特性変化		
バウンダリの維持	ケーシング		炭素鋼		△							*1：固着
開閉機能の維持	ダンパ羽根		炭素鋼		△							
	ダンパシャフト		炭素鋼								△*1	
	軸受(すべり)		ステンレス鋼									
	ヒューズ	◎	—									
機器の支持	接続ボルト		炭素鋼		△							

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

3. 代表機器以外への展開

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

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

- ① 換気空調系統 空気作動ダンパ
- ② 換気空調系統 逆止ダンパ
- ③ 換気空調系統 防火ダンパ

3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

なお、日常劣化管理事象ではない事象はない。

3.1.1 ケーシングおよびダンパ羽根の腐食（全面腐食） [共通]

ケーシングおよびダンパ羽根は炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部は塗装または亜鉛メッキにより腐食を防止しており、塗膜またはメッキ面が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

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

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

3.1.2 ダンパシャフトの固着 [共通]

炭素鋼のダンパシャフトは、潤滑油が不足した場合、長期間の使用による腐食により固着することが想定される。

しかしながら、ダンパシャフトの表面は亜鉛メッキまたはクロムメッキを施し腐食を防止しており、腐食による固着の可能性は小さい。

また、ダンパ作動確認時の目視確認や給油により、機器の健全性を維持している。

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

3.1.3 ハウジングの腐食（全面腐食） [空気作動ダンパ]

ハウジングは炭素鋼または鋳鉄であり、腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部は塗装またはクロムメッキにより腐食を防止しており、塗膜またはメッキ面が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

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

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

3.1.4 ばねの変形（応力緩和） [空気作動ダンパ]

ばねは応力状態にて長期間保持されることにより、変形（応力緩和）が想定される。

しかしながら、ばねに発生する応力は弾性範囲であり、日本ばね工業会にて実施したばね材料と使用環境温度の実態調査結果と比べて、当該ばねは同等か余裕のある環境で使用している。

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

なお、ダンパ作動確認により、機器の健全性を確認している。

3.1.5 接続ボルトの腐食（全面腐食） [共通]

接続ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

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

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

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

大飯発電所 4 号炉

機械設備の技術評価書

[運転を断続的に行うことを前提とした評価]

関西電力株式会社

大飯4号炉で使用されている重機器サポート、空気圧縮装置、燃料取扱設備、原子炉容器上蓋付属設備、非核燃料炉心構成品および水素再結合装置（以上の総称として以下機械設備という）のうち、評価対象機器である安全重要度分類審査指針におけるクラス1、2の機器、高温・高圧の環境下にあるクラス3の機器および常設重大事故等対処設備を設置場所、型式、材料等でグループ化し、同一グループ内の複数の機器の存在を考慮して、構造等の観点から代表機器を選定した。

これらの一覧表を表1に、機能を表2に示す。

本評価書においては、これら代表機器についての技術評価を行うとともに、代表機器以外の機器について技術評価を展開している。

また、基礎ボルトについては各機器の基礎ボルトをまとめて7章で技術評価を実施している。本評価書における技術評価結果で現状保全を継続すべき項目としたものについては、現状保全の点検手法の適切性を確認しており、現状保全を継続することで健全性の維持は可能であると考えられる。

なお、本評価書における分解点検には、定期的実施する分解点検に加え、状態監視や傾向監視等の結果に基づき計画、実施する分解点検を含んでいる。

また、点検等で確認した結果、異常が認められた場合は速やかに対策を施すこととしており、異常が認められた場合に対策を実施する旨の記載は省略している。

機械設備および基礎ボルトは以下の7章に分類している。

- 1 重機器サポート
- 2 空気圧縮装置
- 3 燃料取扱設備
- 4 原子炉容器上蓋付属設備
- 5 非核燃料炉心構成品
- 6 水素再結合装置
- 7 基礎ボルト

なお、空気圧縮装置の弁のうち、「弁の技術評価書」の一般弁（本体部）に分類可能な弁に分類されるものについては、「弁の技術評価書」にて評価を実施するものとし、本評価書には含んでいない。

表 1 (1/6) 大飯 4 号炉 重機器サポートの主な仕様

機器名称	重要度*1	部位名称	使用条件
			最高使用温度 (°C)
原子炉容器サポート	PS-1、重*2	原子炉容器サポート	約170
蒸気発生器サポート	PS-1、重*2	上部サポート	約280
		中間サポート	約280
		オイルスナバ	約200
		下部サポート	約230
		支持脚	約310
1次冷却材ポンプ サポート	PS-1、重*2	上部サポート	約 49
		オイルスナバ	約 49
		下部サポート	約160
		支持脚	約140
加圧器サポート	PS-1、重*2	上部サポート	約190
		下部サポート (スカート)	約320

*1：機能は最上位の機能を示す。

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

表 1 (2/6) 大飯 4 号炉 空気圧縮装置の主な仕様

分離基準			機器名称 (台数)	選定基準					代表機器の選定	
設置場所 型式	流体	材料		仕様 (容量)	重要度*1	使用条件			代表 機器	選定理由
						運転状態	最高使用圧力 (MPa[gage])	最高使用温度 (°C)		
屋内 往復式	空気	鋳鉄	制御用空気圧縮装置 (2)	約12.0Nm ³ /min	MS-1	連続	約0.8	約200	◎	重要度
			ディーゼル発電機設備 起動空気圧縮機 (2)	約1.25Nm ³ /min	高*2	一時	約2.9	約200		

*1：機能は最上位の機能を示す。

*2：最高使用温度が95°Cを超え、または最高使用圧力が1900kPaを超える環境下にある原子炉格納容器外の重要度クラス3の機器。

表 1 (3/6) 大飯 4 号炉 燃料取扱設備の主な仕様

分離基準	機器名称 (台数)	選定基準				代表機器の選定	
		重要度*1	仕様	使用条件		代表機器	選定理由
				運転状態	使用温度		
クレーン	燃料取替クレーン (1)	PS-2	容量×揚程： 燃料集合体 1 体分×約8.5m	一時	気中：約49℃ 水中：約40℃	◎	使用温度
	使用済燃料ピットクレーン (1)	PS-2	容量×揚程： 約19.6kN×約9.5m	一時	気中：約40℃ 水中：約40℃		
	補助建屋クレーン (1)	PS-2	容量×揚程： 約1226kN×約23.1m(主巻) 約196kN×約23.1m(補巻)	一時	気中：約40℃		
—	燃料移送装置 (1)	PS-2	容量×移送距離： 燃料集合体 1 体分×約18.9m	一時	気中*2：約49℃ 約40℃ 水中：約40℃	◎	
—	新燃料ラック (1)	PS-2	容量：158セル	—	常温[最高使用温度]	◎	

*1：機能は最上位の機能を示す。

*2：上段は原子炉格納容器内を示す。下段は原子炉周辺建屋内を示す。

表 1 (4/6) 大飯 4 号炉 原子炉容器上蓋付属設備の主な仕様

分離基準		機器名称 (台数)	選定基準			代表機器の選定	
設置場所	材料		重要度*1	使用条件		代表機器	選定理由
				最高使用圧力 (MPa [gage])	最高使用温度 (°C)		
原子炉容器上蓋上	ステンレス鋼	制御棒駆動装置 (57) (予備用4台含む)	PS-1	約17.2	約343	◎	構造 (駆動機構あり)
		炉内熱電対フランジ (4)	PS-1	約17.2	約343		
		原子炉水位計 (ハウジング) (1)	PS-1	約17.2	約343		

*1 : 機能は最上位の機能を示す。

表 1 (5/6) 大飯 4 号炉 非核燃料炉心構成品の主な仕様

機器名称 (体数)	重要度*1	使用条件	
		最高使用圧力 (MPa [gage])	最高使用温度 (°C)
制御棒クラスター (53)	MS-1、重*2	約17.2	約343

*1：機能は最上位の機能を示す。

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

表 1 (6/6) 大飯 4 号炉 水素再結合装置の主な仕様

分離基準	機器名称 (台数)	選定基準				代表機器の選定	
		重要度*1	使用条件			代表機器	選定理由
型式	運転状態		最高使用圧力 (MPa[gage])	最高使用温度 (℃)			
水素再結合装置	静的触媒式水素再結合装置 (5)	重*2	一時	—	500*3	◎	温度
	原子炉格納容器水素燃焼装置 (14)	重*2	一時	約1.6	約200		

*1：機能は最上位の機能を示す。

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

*3：水素反応の筐体（排気）温度を示す。

表 2 (1/6) 大飯 4 号炉 主要な機械設備 重機器サポートの機能

機器名称	部位名称	機能
原子炉容器サポート	原子炉容器サポート	原子炉容器の自重を支持し、地震時の水平方向の変位を拘束する。
蒸気発生器サポート	上部サポート	蒸気発生器の地震時の水平方向の変位を拘束する。
	中間サポート	蒸気発生器の地震時の水平方向の変位を拘束する。
	オイルスナバ	上部サポートおよび中間サポートを構成しており、蒸気発生器の地震時の水平方向の変位を拘束する。
	下部サポート	蒸気発生器の地震時の水平方向の変位を拘束する。
	支持脚	蒸気発生器の自重を支持し、地震時の鉛直方向の変位を拘束する。
1 次冷却材ポンプサポート	上部サポート	1 次冷却材ポンプの地震時の水平方向の変位を拘束する。
	オイルスナバ	上部サポートを構成しており、1 次冷却材ポンプの地震時の水平方向の変位を拘束する。
	下部サポート	1 次冷却材ポンプの地震時の水平方向の変位を拘束する。
	支持脚	1 次冷却材ポンプの自重を支持し、地震時の鉛直方向の変位を拘束する。
加圧器サポート	上部サポート	加圧器の地震時の水平方向の変位を拘束する。
	下部サポート (スカート)	加圧器の自重を支持し、地震時の水平鉛直方向の変位を拘束する。

表 2 (2/6) 大飯 4 号炉 主要な機械設備 空気圧縮装置の機能

機器名称	機能
制御用空気圧縮装置	プラント出力運転中（停止中も含む）の制御に必要な空気作動弁、空気式計器等に清浄で乾燥した圧縮空気を供給する空気圧縮装置である。
ディーゼル発電機起動空気圧縮機	ディーゼル機関の始動に必要な圧縮空気を供給する空気圧縮装置である。

表 2 (3/6) 大飯 4 号炉 主要な機械設備 燃料取扱設備の機能

機器名称	機能
燃料取替クレーン	原子炉格納容器内キャビティで炉心内燃料集合体の交換のため、炉心と燃料移送装置の間での燃料集合体の移送に使用される燃料取扱設備である。
使用済燃料ピットクレーン	原子炉周辺建屋内使用済燃料ピットで燃料集合体および燃料内挿物の移送に使用される燃料取扱設備である。
補助建屋クレーン	原子炉周辺建屋内でキャスク等の移動に使用される燃料取扱設備である。
燃料移送装置	原子炉格納容器内キャビティ、チャンネルと原子炉周辺建屋内使用済燃料ピット間の燃料集合体の移送に使用される燃料取扱設備である。
新燃料ラック	原子力発電所に搬入される新燃料を一時貯蔵するために使用される燃料取扱設備である。

表 2 (4/6) 大飯 4 号炉 主要な機械設備 原子炉容器上蓋付属設備の機能

機器名称	機能
制御棒駆動装置	炉心制御のための制御棒を駆動する装置である。
炉内熱電対フランジ	原子炉容器炉内温度計測のための熱電対を原子炉容器から引き出す管台である。
原子炉水位計 (ハウジング)	原子炉容器内の 1 次冷却材水位を検出するための検出器のハウジングである。

表 2 (5/6) 大飯 4 号炉 主要な機械設備 制御棒クラスタの機能

機器名称	機能
制御棒クラスタ	通常運転中の反応度変化を補償することおよび停止の際炉心の余剰反応度を吸収するための非核燃料炉心構成品である。

表 2 (6/6) 大飯 4 号炉 主要な機械設備 水素再結合装置の機能

機器名称	機能
静的触媒式水素再結合装置	炉心損傷に伴うジルコニウム－水反応等により原子炉格納容器内に発生する水素と、事故後の長期にわたり緩やかに発生する水の放射線分解による水素の除去を行う設備である。
原子炉格納容器水素燃焼装置	炉心損傷に伴うジルコニウム－水反応等により原子炉格納容器内に発生する水素を計画的に燃焼させることで、初期の水素発生量のピークを抑える設備である。

1 重機器サポート

[対象機器]

- ① 原子炉容器サポート
- ② 蒸気発生器サポート
- ③ 1次冷却材ポンプサポート
- ④ 加圧器サポート

目次

1. 技術評価対象機器	1
2. 重機器サポートの技術評価	2
2.1 構造および材料	2
2.2 経年劣化事象の抽出	32
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価	53

1. 技術評価対象機器

大飯4号炉で使用されている重機器サポートの主な仕様を表1-1に示す。

表1-1 大飯4号炉 重機器サポートの主な仕様

機器名称	重要度*1	部位名称	機能	使用条件
				最高使用温度 (℃)
原子炉容器サポート	PS-1、重*2	原子炉容器サポート	原子炉容器の自重を支持し、地震時の水平方向の変位を拘束する。	約170
蒸気発生器サポート	PS-1、重*2	上部サポート	蒸気発生器の地震時の水平方向の変位を拘束する。	約280
		中間サポート	蒸気発生器の地震時の水平方向の変位を拘束する。	約280
		オイルスナバ	上部サポートおよび中間サポートを構成しており、蒸気発生器の地震時の水平方向の変位を拘束する。	約200
		下部サポート	蒸気発生器の地震時の水平方向の変位を拘束する。	約230
		支持脚	蒸気発生器の自重を支持し、地震時の鉛直方向の変位を拘束する。	約310
1次冷却材ポンプサポート	PS-1、重*2	上部サポート	1次冷却材ポンプの地震時の水平方向の変位を拘束する。	約49
		オイルスナバ	上部サポートを構成しており、1次冷却材ポンプの地震時の水平方向の変位を拘束する。	約49
		下部サポート	1次冷却材ポンプの地震時の水平方向の変位を拘束する。	約160
		支持脚	1次冷却材ポンプの自重を支持し、地震時の鉛直方向の変位を拘束する。	約140
加圧器サポート	PS-1、重*2	上部サポート	加圧器の地震時の水平方向の変位を拘束する。	約190
		下部サポート (スカート)	加圧器の自重を支持し、地震時の水平鉛直方向の変位を拘束する。	約320

*1：機能は最上位の機能を示す。

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

2. 重機器サポートの技術評価

本章では、1章で対象とした以下の重機器サポートについて技術評価を実施する。

- ① 原子炉容器サポート
- ② 蒸気発生器サポート
- ③ 1次冷却材ポンプサポート
- ④ 加圧器サポート

2.1 構造および材料

2.1.1 原子炉容器サポート

(1) 構造

大飯4号炉の原子炉容器サポートは、1次冷却材出入口管台パッド部に取り付けられており、自重を支持するとともに地震時の水平方向の変位を拘束する構造である。

大飯4号炉の原子炉容器サポートの構造図を図2.1-1に示す。

(2) 材料

大飯4号炉の原子炉容器サポートの使用材料を表2.1-1に示す。

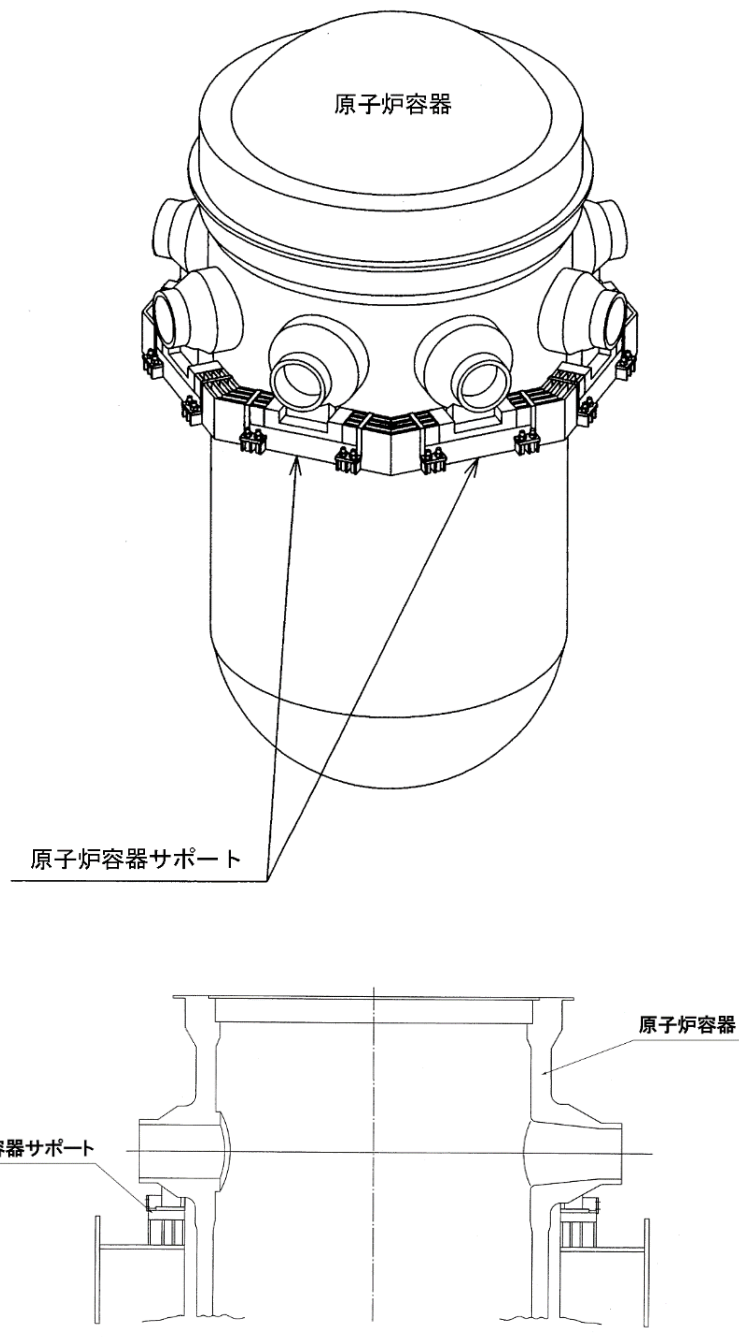
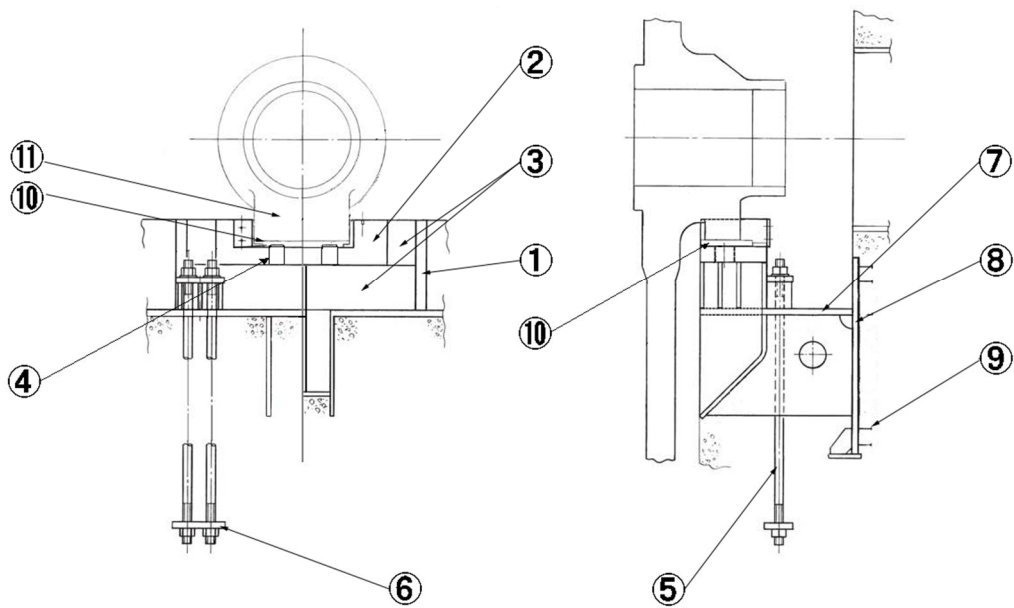


図2.1-1 (1/2) 大飯4号炉 原子炉容器サポート構造図



No.	部位
①	サポートブラケット (側板)
②	サポートブラケット (サポートシュー)
③	サポートブラケット (サポートリブ)
④	レベリングスクリュー
⑤	基礎ボルト
⑥	埋込金物
⑦	ベースプレート
⑧	外周プレート
⑨	埋込補強材
⑩	シムプレート
⑪	パッド

図2.1-1 (2/2) 大飯4号炉 原子炉容器サポート構造図

表2.1-1 大飯4号炉 原子炉容器サポート主要部位の使用材料

部位	材料
サポートブラケット（側板）	炭素鋼
サポートブラケット（サポートシュー）	低合金鋼
サポートブラケット（サポートリブ）	炭素鋼
レベリングスクリュー	低合金鋼
基礎ボルト	低合金鋼
埋込金物	炭素鋼
ベースプレート	炭素鋼
外周プレート	炭素鋼
埋込補強材	炭素鋼
シムプレート	低合金鋼
パッド	低合金鋼

2.1.2 蒸気発生器サポート

(1) 構造

大飯4号炉の蒸気発生器サポートは、上部サポート、中間サポート、下部サポートおよび支持脚が設置されている。

上部サポート、中間サポートおよび下部サポートは、地震時の水平方向の変位を拘束する構造である。

支持脚は、蒸気発生器水室のパッド部に取り付けられており、自重を支持するとともに地震時の鉛直方向の変位を拘束する構造である。

大飯4号炉の蒸気発生器サポートの構造図を図2.1-2～図2.1-6に示す。

(2) 材料

大飯4号炉の蒸気発生器サポートの使用材料を表2.1-2～表2.1-5に示す。

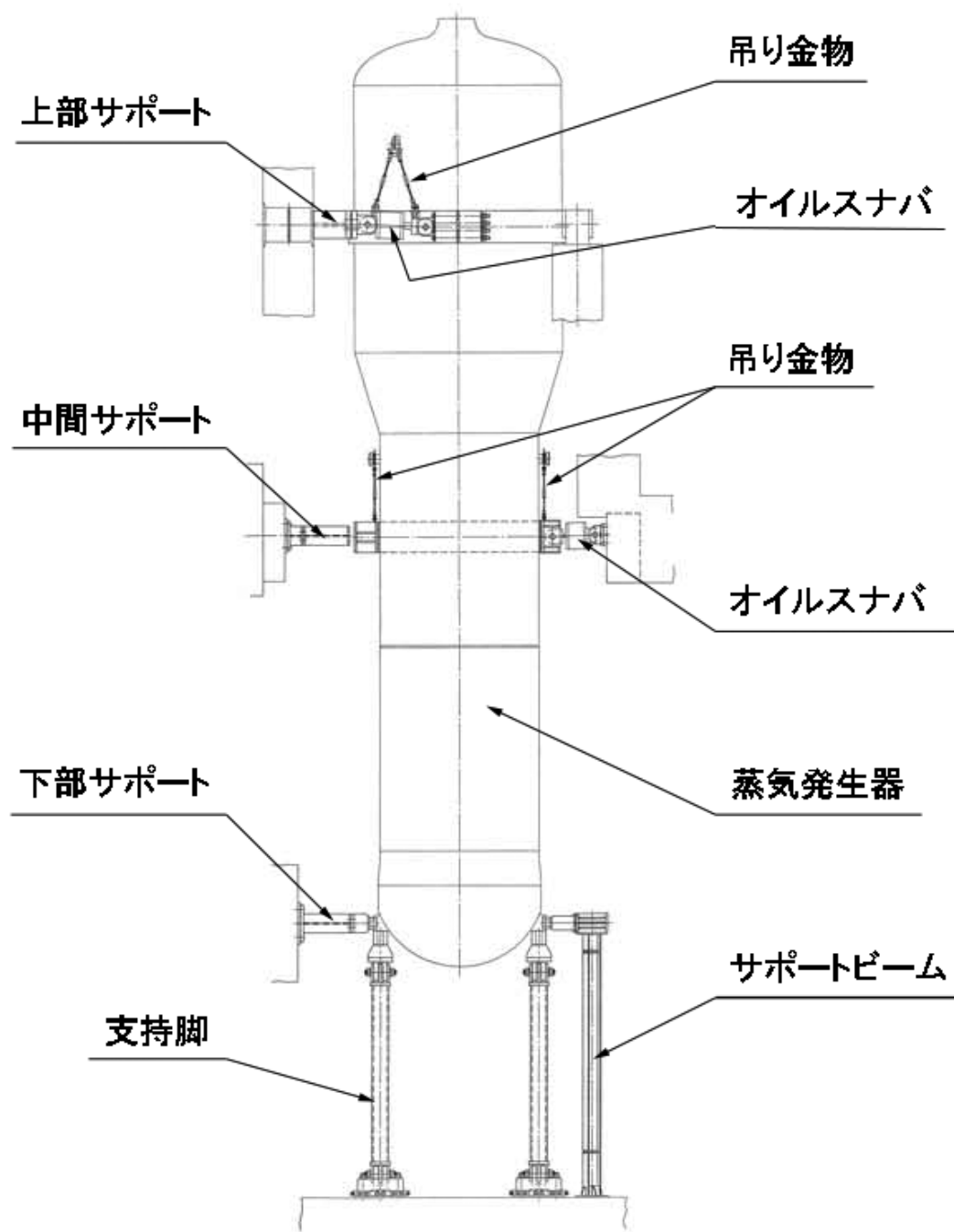
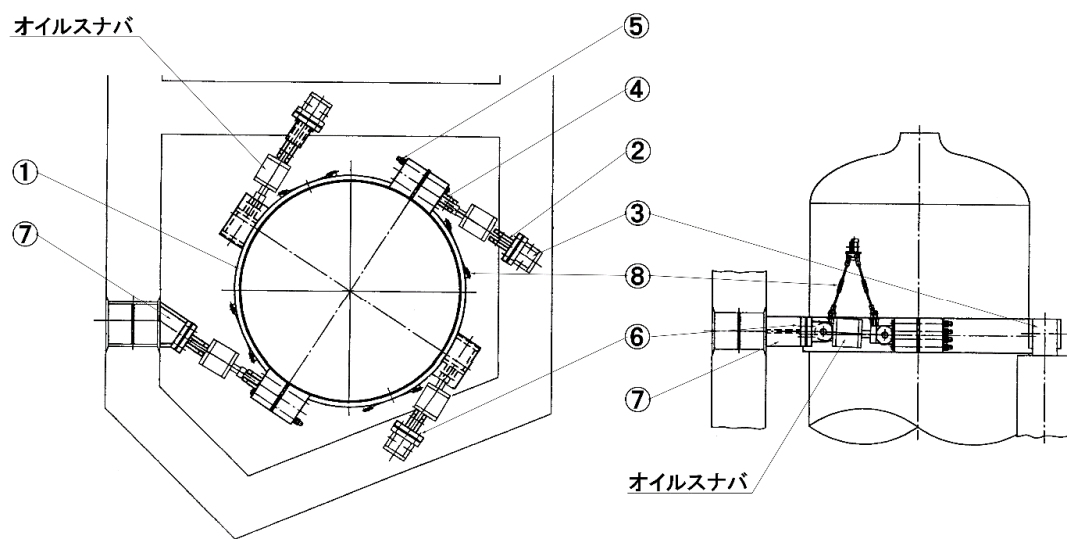
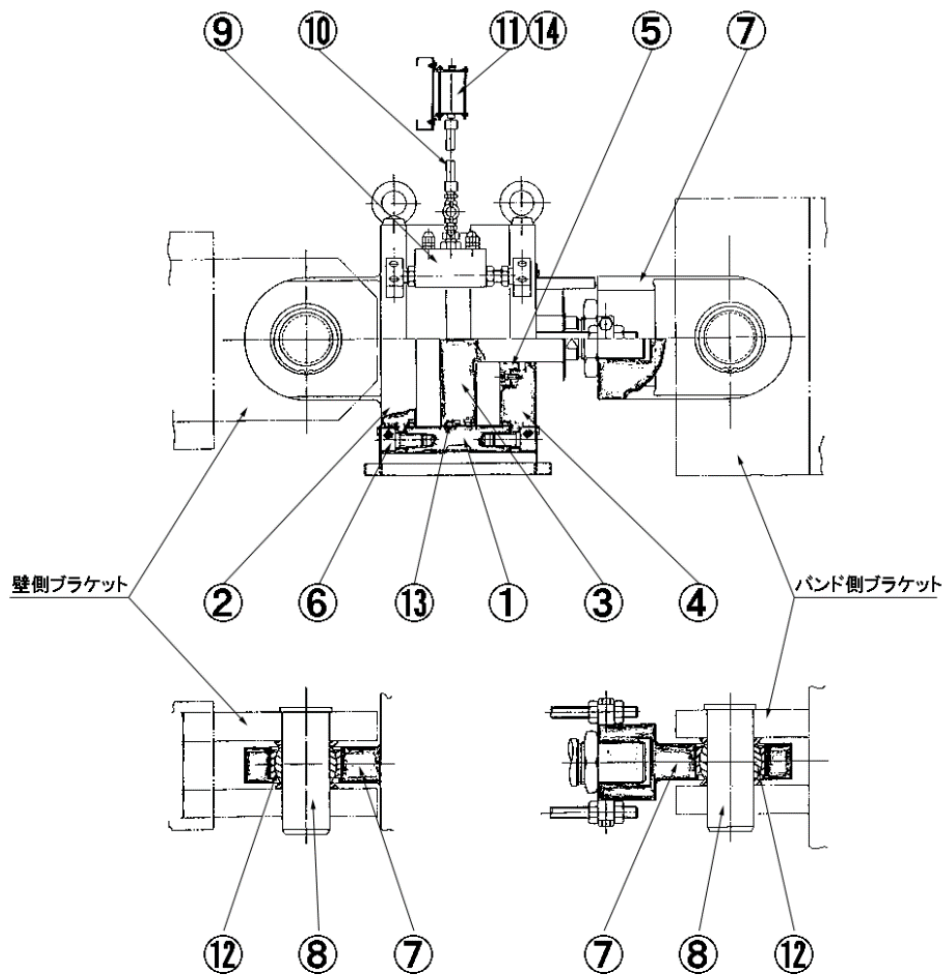


図2.1-2 大飯4号炉 蒸気発生器サポート全体図



No.	部位
①	バンド
②	壁側スナバブラケット
③	サポート支柱
④	バンド側スナバブラケット
⑤	バンド組立ボルト
⑥	壁側スナバブラケット取付ボルト
⑦	サポートビーム
⑧	吊り金物

図2.1-3(1/2) 大飯4号炉 蒸気発生器上部サポート構造図

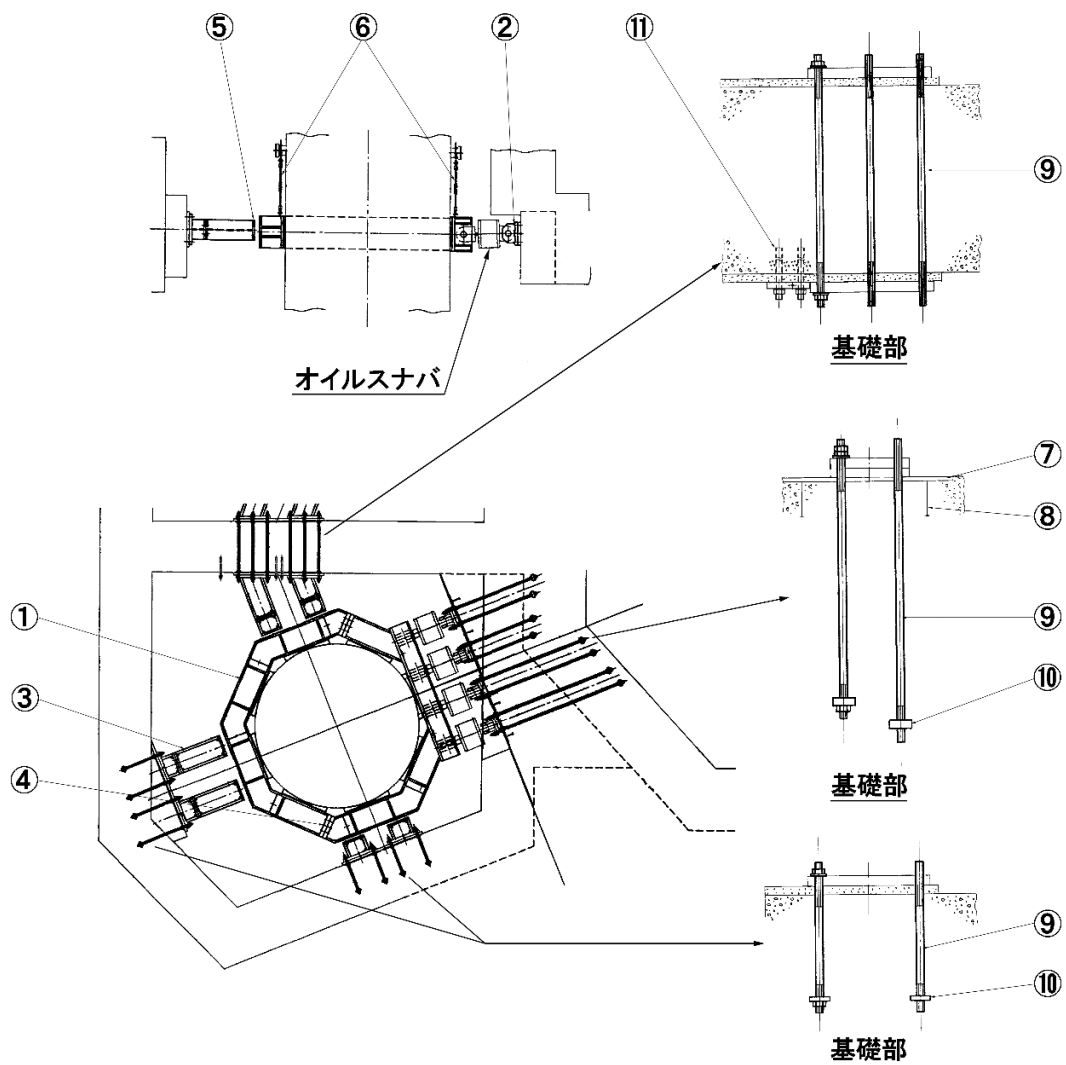


No.	部位		No.	部位	
①	オイルスナバ	シリンダチューブ	⑧	オイルスナバ	コッターピン
②		シリンダカバー	⑨		コントロールシステム
③		ピストンロッド	⑩		給油管
④		ロッドカバー	⑪		オイルリザーバ
⑤		ブッシュ	⑫		球面軸受 (すべり)
⑥		タイボルト	⑬		オイルシール
⑦		コネクティングラグ	⑭		オイル

図2. 1-3(2/2) 大飯4号炉 蒸気発生器上部および中間サポートオイルスナバ構造図

表2.1-2 大飯4号炉 蒸気発生器上部サポート主要部位の使用材料

部位		材料
バンド		炭素鋼
壁側スナバブラケット		炭素鋼
サポート支柱		炭素鋼
バンド側スナバブラケット		炭素鋼
バンド組立ボルト		低合金鋼
壁側スナバブラケット取付ボルト		低合金鋼
サポートビーム		炭素鋼
吊り金物		炭素鋼、低合金鋼
オイル スナ バ	シリンダチューブ	低合金鋼
	シリンダカバー	低合金鋼
	ピストンロッド	低合金鋼
	ロッドカバー	炭素鋼
	ブッシュ	銅合金鋳物
	タイボルト	低合金鋼
	コネクティングラグ	低合金鋼
	コッターピン	低合金鋼
	コントロールシステム	炭素鋼
	給油管	ステンレス鋼
	オイルリザーバ	ステンレス鋼
	球面軸受（すべり）	軸受鋼
	オイルシール	消耗品・定期取替品
	オイル	消耗品・定期取替品

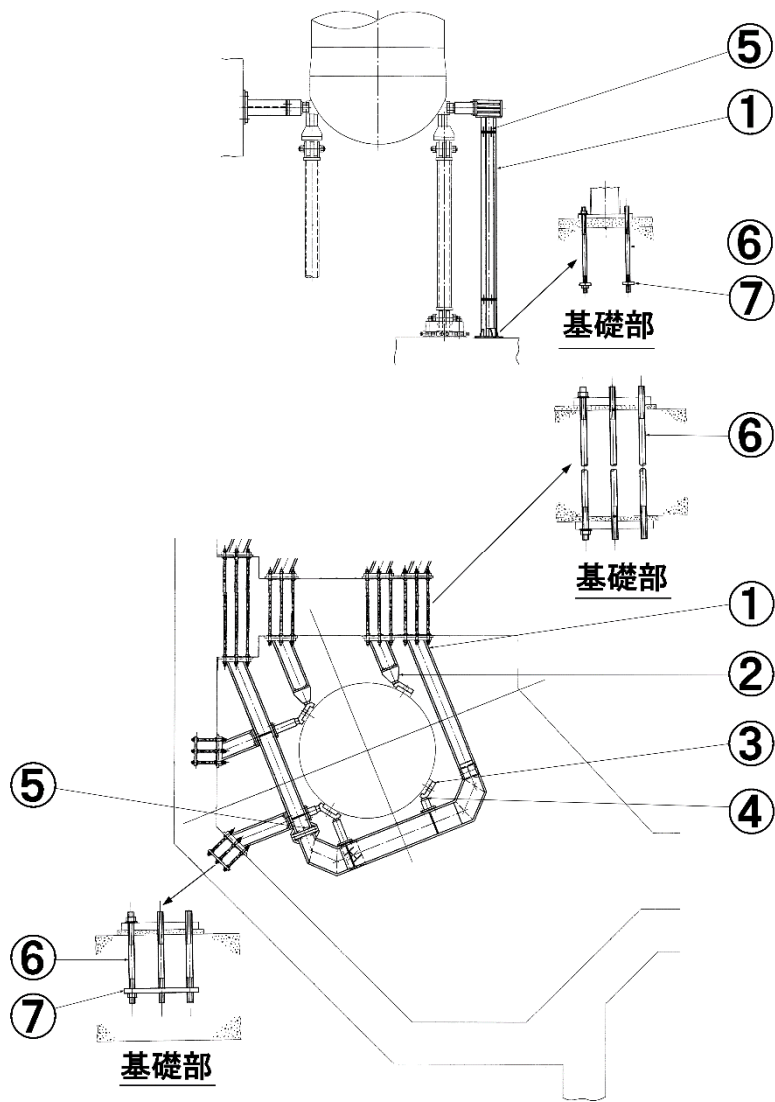


No.	部位
①	リングフレーム
②	壁側スナバブラケット
③	バックバンパ
④	リングフレーム組立ボルト
⑤	シム
⑥	吊り金物
⑦	ベースプレート
⑧	埋込補強材
⑨	基礎ボルト
⑩	埋込金物
⑪	基礎ボルト(ケミカルアンカ)

図2.1-4 大飯4号炉 蒸気発生器中間サポート構造図

表2.1-3 大飯4号炉 蒸気発生器中間サポート主要部位の使用材料

部位		材料
リングフレーム		炭素鋼
壁側スナバブラケット		炭素鋼
バックバンパ		炭素鋼
リングフレーム組立ボルト		低合金鋼
シム		炭素鋼
吊り金物		低合金鋼
ベースプレート		炭素鋼
埋込補強材		炭素鋼
基礎ボルト		低合金鋼
埋込金物		炭素鋼
基礎ボルト(ケミカルアンカ)		低合金鋼、樹脂
オイル スナ バ	シリンダチューブ	低合金鋼
	シリンダカバー	低合金鋼
	ピストンロッド	低合金鋼
	ロッドカバー	炭素鋼
	ブッシュ	銅合金鋳物
	タイボルト	低合金鋼
	コネクティングラグ	低合金鋼
	コッターピン	低合金鋼
	コントロールシステム	炭素鋼
	給油管	ステンレス鋼
	オイルリザーバ	ステンレス鋼
	球面軸受(すべり)	軸受鋼
	オイルシール	消耗品・定期取替品
	オイル	消耗品・定期取替品

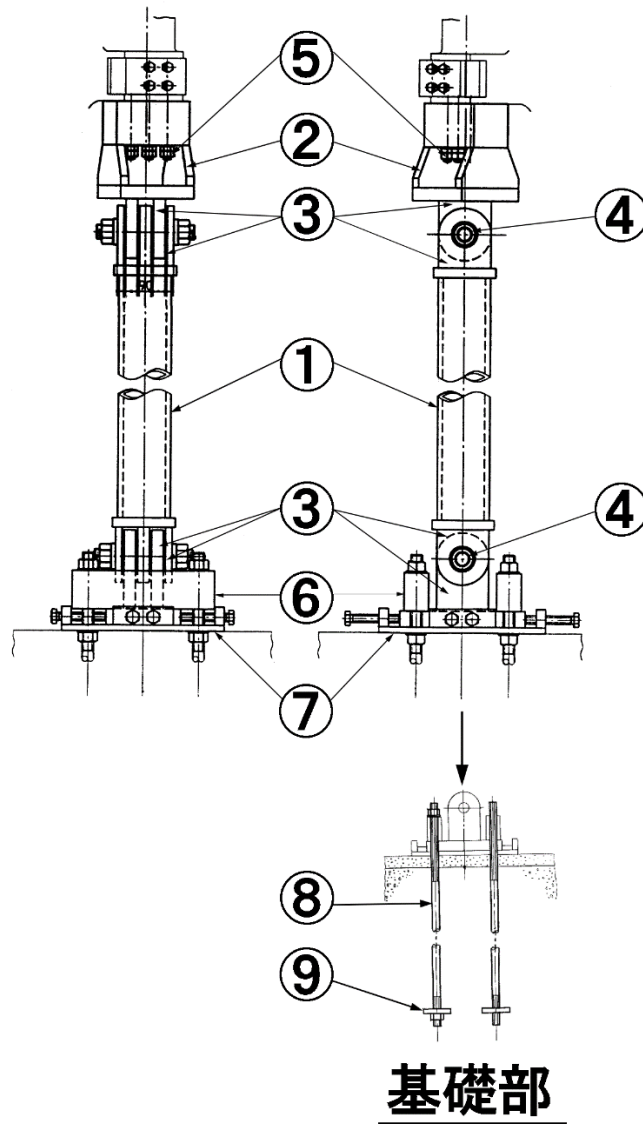


No.	部位
①	サポートビーム
②	サポートブロック
③	パッド
④	シム
⑤	サポートビーム組立ボルト
⑥	基礎ボルト
⑦	埋込金物

図2.1-5 大飯4号炉 蒸気発生器下部サポート構造図

表2.1-4 大飯4号炉 蒸気発生器下部サポート主要部位の使用材料

部位	材料
サポートビーム	炭素鋼
サポートブロック	低合金鋼
パッド	低合金鋼
シム	炭素鋼
サポートビーム組立ボルト	低合金鋼
基礎ボルト	低合金鋼
埋込金物	炭素鋼



No.	部位	No.	部位
①	サポートパイプ	⑥	押え金物
②	支持脚ブラケット	⑦	ベースプレート
③	ヒンジ	⑧	基礎ボルト
④	支持脚ピン	⑨	埋込金物
⑤	植込ボルト		

図2.1-6 大飯4号炉 蒸気発生器支持脚構造図

表2.1-5 大飯4号炉 蒸気発生器支持脚主要部位の使用材料

部位	材料
サポートパイプ	炭素鋼
支持脚ブラケット	低合金鋼
ヒンジ	炭素鋼
支持脚ピン	低合金鋼
植込ボルト	低合金鋼
押え金物	低合金鋼
ベースプレート	炭素鋼
基礎ボルト	低合金鋼
埋込金物	炭素鋼

2.1.3 1次冷却材ポンプサポート

(1) 構造

大飯4号炉の1次冷却材ポンプサポートは、上部サポート、下部サポートおよび支持脚が設置されている。

上部サポートおよび下部サポートは、地震時の水平方向の変位を拘束する構造である。

支持脚はポンプケーシングラグ部に取り付けられており、自重を支持するとともに地震時の鉛直方向の変位を拘束する構造である。

大飯4号炉の1次冷却材ポンプサポートの構造図を図2.1-7～図2.1-11に示す。

(2) 材料

大飯4号炉の1次冷却材ポンプサポートの使用材料を、表2.1-6～表2.1-8に示す。

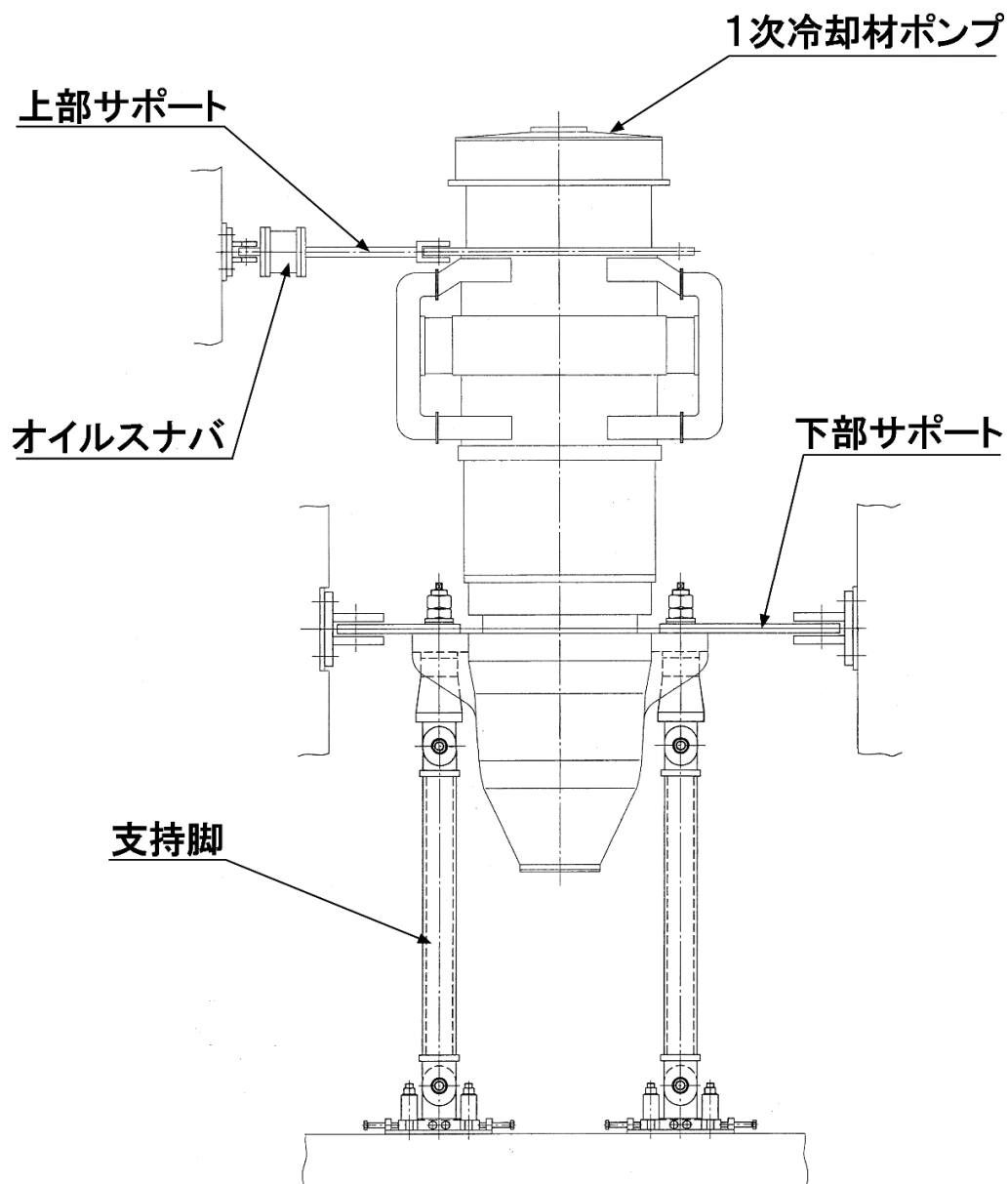
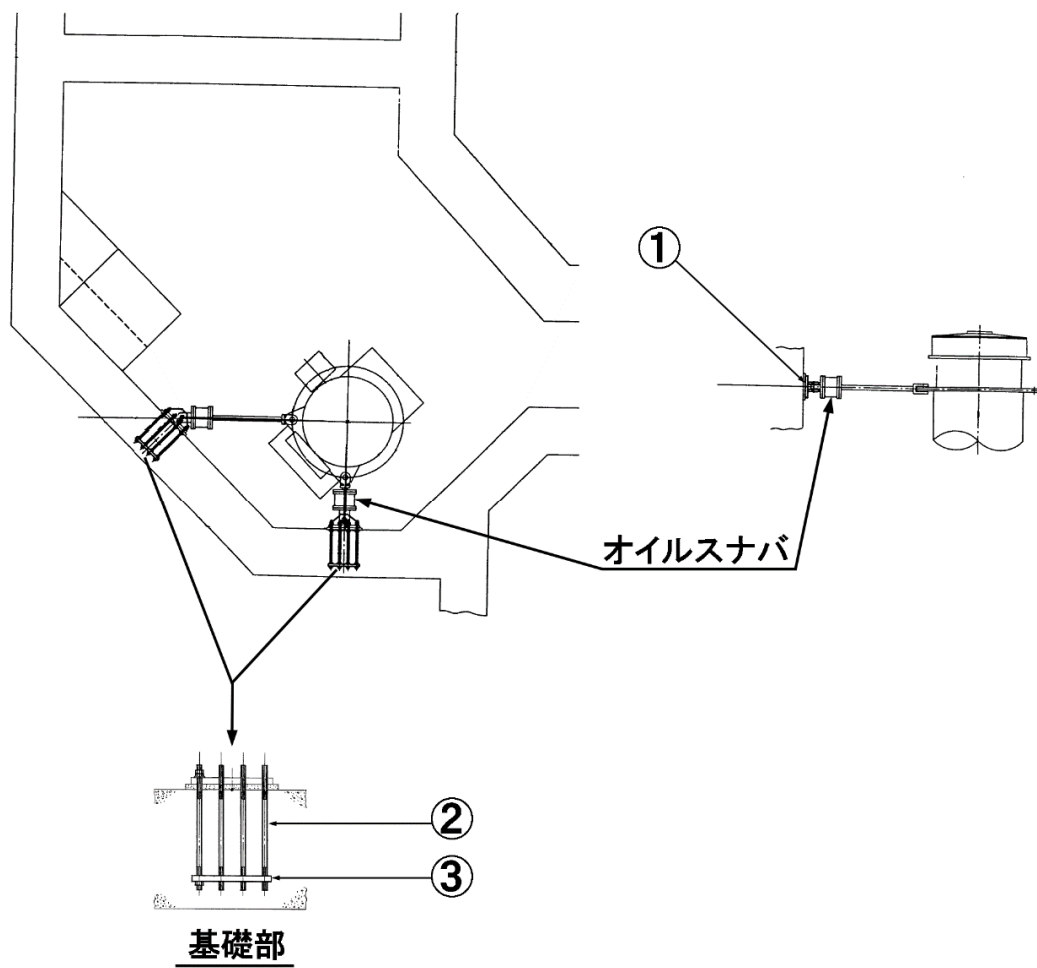
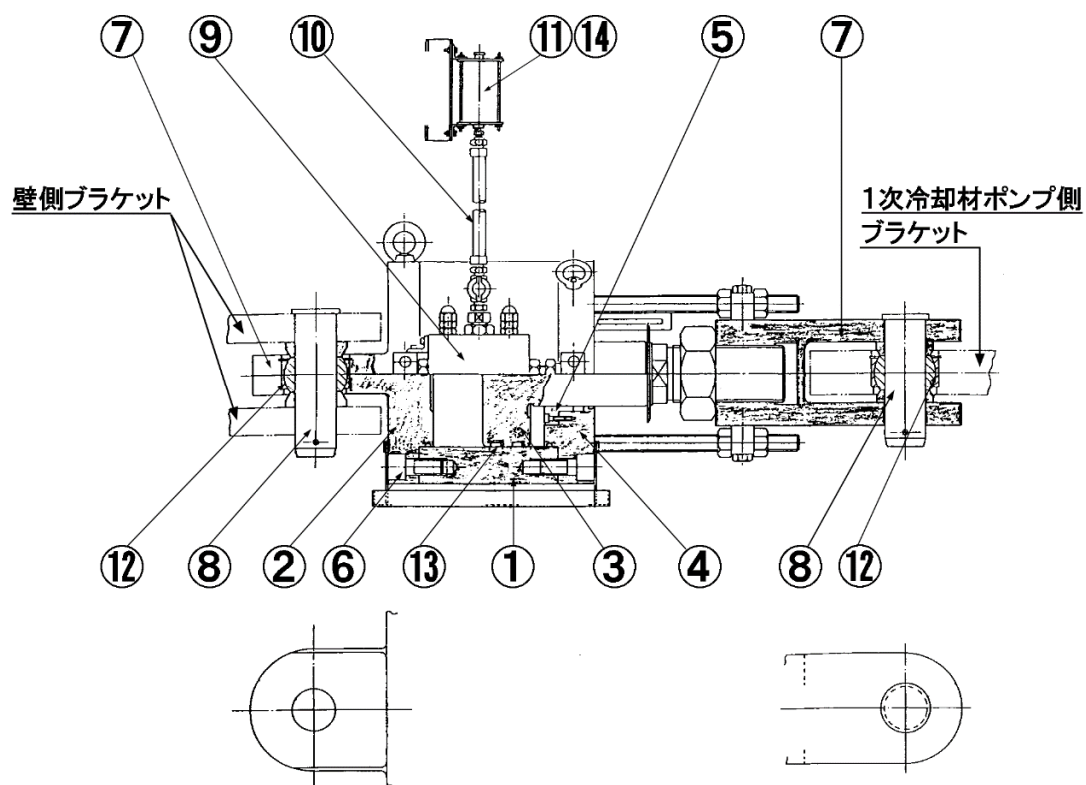


図2.1-7 大飯4号炉 1次冷却材ポンプサポート全体図



No.	部位
①	ブラケット
②	基礎ボルト
③	埋込金物

図2.1-8 大飯4号炉 1次冷却材ポンプ上部サポート構造図

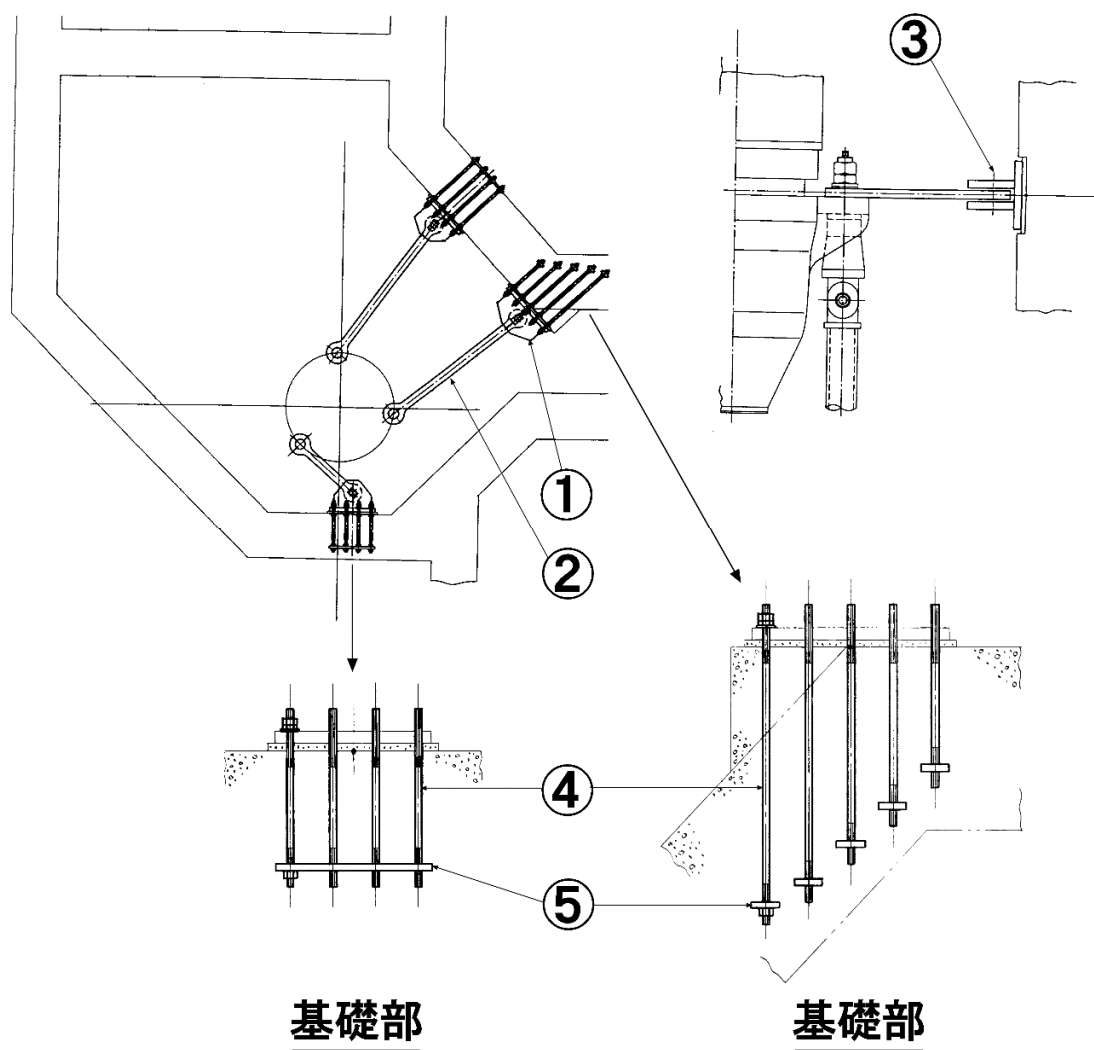


No.	部位		No.	部位	
①	オイルスナバ	シリンダチューブ	⑧	オイルスナバ	コッターピン
②		シリンダカバー	⑨		コントロールバルブボックス
③		ピストンロッド	⑩		給油管
④		ロッドカバー	⑪		オイルリザーバ
⑤		ブッシュ	⑫		球面軸受 (すべり)
⑥		タイボルト	⑬		オイルシール
⑦		コネクティングラグ	⑭		オイル

図2.1-9 大飯4号炉 1次冷却材ポンプ上部サポートオイルスナバ構造図

表2.1-6 大飯4号炉 1次冷却材ポンプ上部サポート主要部位の使用材料

部位		材料
ブラケット		炭素鋼
基礎ボルト		低合金鋼
埋込金物		炭素鋼
オイル スナ バ	シリンダチューブ	低合金鋼
	シリンダカバー	低合金鋼
	ピストンロッド	低合金鋼
	ロッドカバー	炭素鋼
	ブッシュ	銅合金鋳物
	タイボルト	低合金鋼
	コネクティングラグ	低合金鋼
	コッターピン	低合金鋼
	コントロールバルブボックス	炭素鋼
	給油管	ステンレス鋼
	オイルリザーバ	ステンレス鋼
	球面軸受（すべり）	軸受鋼
	オイルシール	消耗品・定期取替品
	オイル	消耗品・定期取替品



基礎部

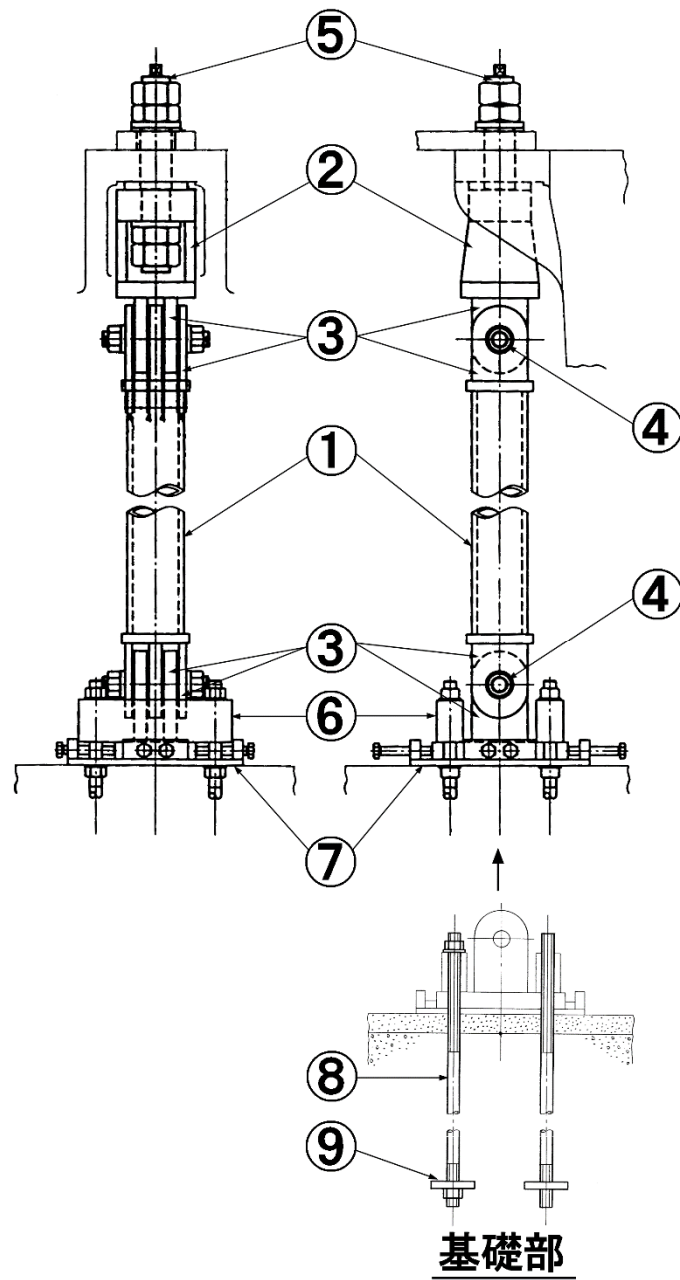
基礎部

No.	部位
①	ブラケット
②	連結棒
③	ピン
④	基礎ボルト
⑤	埋込金物

図2.1-10 大飯4号炉 1次冷却材ポンプ下部サポート構造図

表2.1-7 大飯4号炉 1次冷却材ポンプ下部サポート主要部位の使用材料

部位	材料
ブラケット	炭素鋼
連結棒	低合金鋼
ピン	低合金鋼
基礎ボルト	低合金鋼
埋込金物	炭素鋼



No.	部位	No.	部位
①	支柱	⑥	押え金物
②	支持脚ブラケット	⑦	ベースプレート
③	ヒンジ	⑧	基礎ボルト
④	支持脚ピン	⑨	埋込金物
⑤	支持脚取付ボルト		

図2.1-11 大飯4号炉 1次冷却材ポンプ支持脚構造図

表2.1-8 大飯4号炉 1次冷却材ポンプ支持脚主要部位の使用材料

部位	材料
支柱	炭素鋼
支持脚ブラケット	低合金鋼
ヒンジ	炭素鋼
支持脚ピン	低合金鋼
支持脚取付ボルト	低合金鋼
押え金物	低合金鋼
ベースプレート	炭素鋼
基礎ボルト	低合金鋼
埋込金物	炭素鋼

2.1.4 加圧器サポート

(1) 構造

大飯4号炉の加圧器サポートは、上部サポートおよび下部サポート（スカート）が設置されている。

上部サポートは、地震時の水平方向の変位を拘束する構造である。

下部サポートは、地震時の水平および鉛直方向の変位を拘束する構造である。

大飯4号炉の加圧器サポートの構造図を図2.1-12～図2.1-14に示す。

(2) 材料

大飯4号炉の加圧器サポートの使用材料を、表2.1-9および表2.1-10に示す。

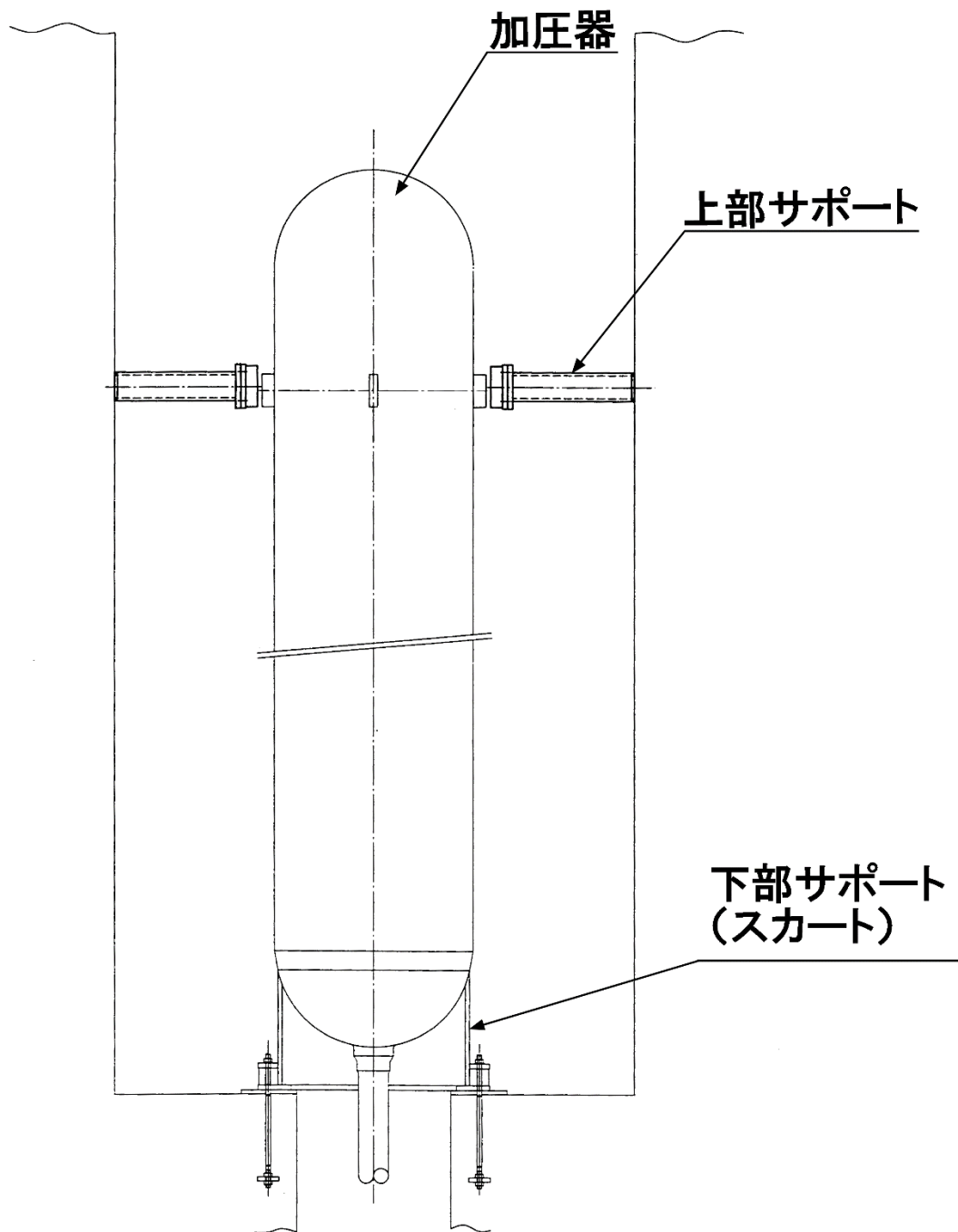
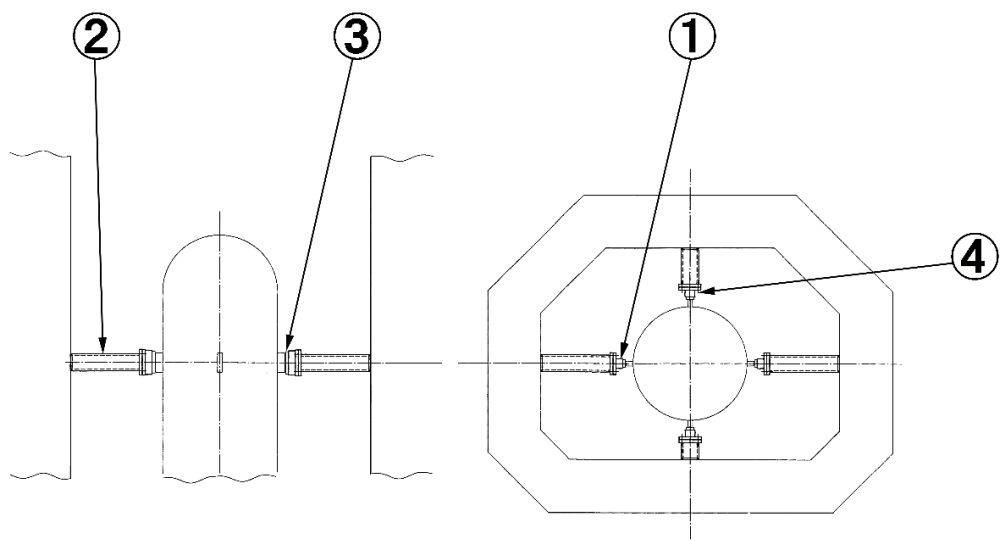


図2.1-12 大飯4号炉 加圧器サポート全体図

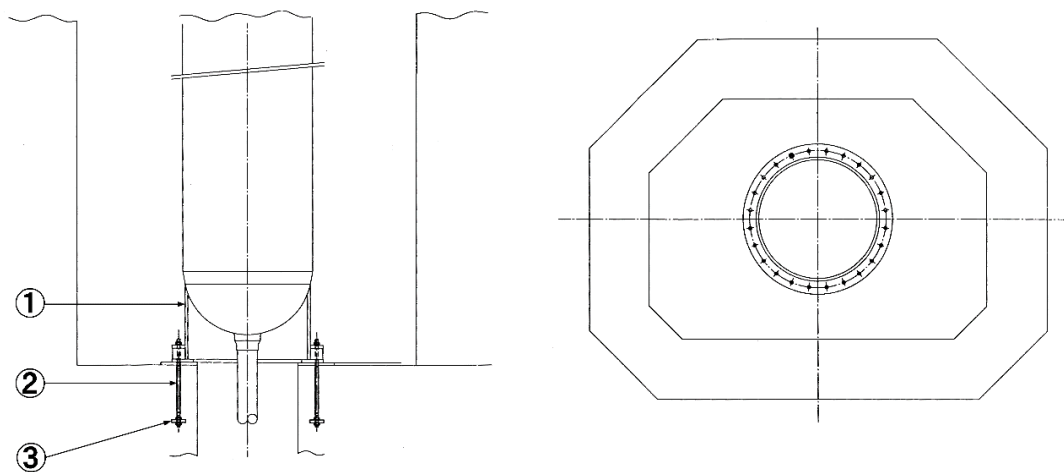


No.	部位
①	サポートブロック
②	サポートパイプ
③	シム
④	ボルト

図2.1-13 大飯4号炉 加圧器上部サポート構造図

表2.1-9 大飯4号炉 加圧器上部サポート主要部位の使用材料

部位	材料
サポートブロック	低合金鋼
サポートパイプ	炭素鋼
シム	炭素鋼
ボルト	低合金鋼



No.	部位
①	スカート
②	基礎ボルト
③	埋込金物

図2.1-14 大飯4号炉 加圧器下部サポート（スカート）構造図

表2.1-10 大飯4号炉 加圧器下部サポート（スカート）主要部位の使用材料

部位	材料
スカート	低合金鋼
基礎ボルト	低合金鋼
埋込金物	炭素鋼

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機能達成に必要な項目

原子炉容器、蒸気発生器、1次冷却材ポンプ、加圧器の機能を維持するために重機器サポートは次の項目が必要である。

① 機器の支持

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

重機器サポート個々について機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の構造、材料、使用条件（温度、中性子およびγ線照射等）および現在までの運転経験を考慮し、表2.2-3に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象（表2.2-3で○となっているもの）としては以下の事象がある。

(1) 加圧器スカート溶接部の疲労割れ [加圧器サポート]

プラントの起動・停止時等に発生する加圧器本体の熱膨張により、繰返し荷重を受けるスカートの溶接部においては、材料に疲労が蓄積することから、経年劣化に対する評価が必要である。

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

以下の事象（表2.2-3で△または▲となっているもの）については、想定される経年劣化事象であるが、

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

に該当するものについては、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

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

- (1) サポートブラケット等大気接触部の腐食（全面腐食）〔共通〕
 サポートブラケット等は炭素鋼または低合金鋼であり、腐食が想定される。
 しかしながら、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、外観点検等で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することにより、機器の健全性を維持している。
 したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

- (2) サポートブラケット（サポートリブ）の中性子およびγ線照射脆化〔原子炉容器サポート〕
 原子炉容器サポートは他の重機器サポートに比べ原子炉容器炉心近傍に設置されており、中性子およびγ線照射により材料の靱性が低下することが想定される。

図2.2-1に照射脆化評価を行った評価部位を示す。

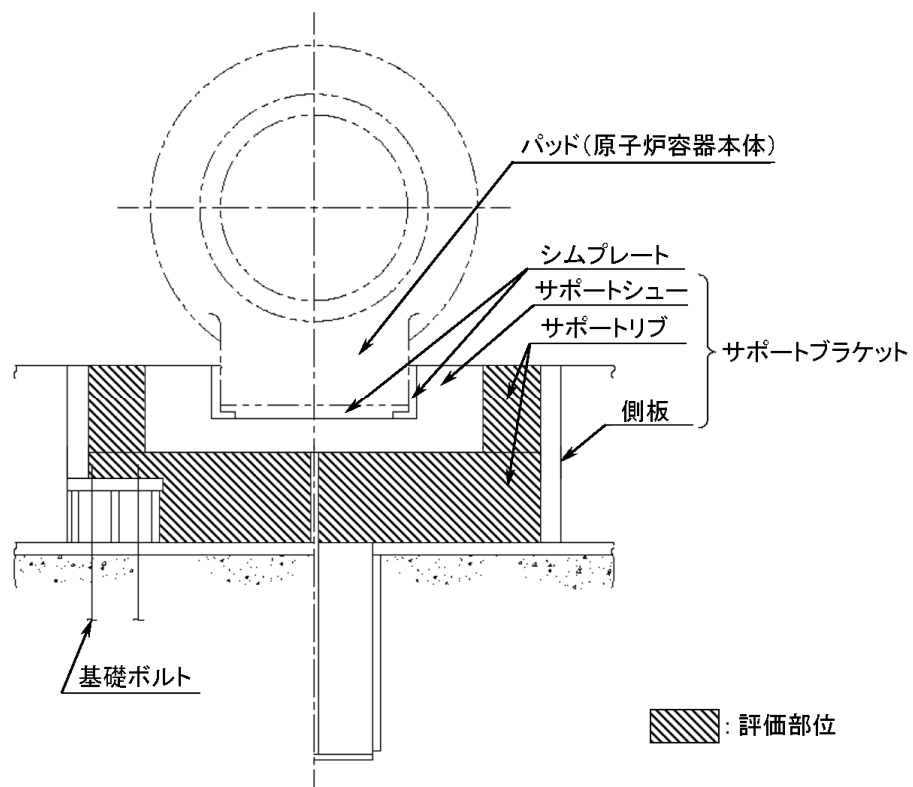


図2.2-1 大飯4号炉 原子炉容器サポートの照射脆化評価部位

評価部位は原子炉容器サポートのうちせん断荷重が大きいサポートリブとし、当該部の運転開始後60年時点における照射脆化評価を行った。

評価は、運転開始後60年時点においてS_s地震力を受けたとしてもサポートの健全性が保たれることを破壊力学評価を用いて検討した。

応力拡大係数および破壊靱性値の計算は、電力共同研究「原子炉容器支持構造物の照射脆化に関する研究」およびASME Section III Appendix Gに基づいて実施した。

まず、破壊靱性値の評価式としては、供試材を用いた静的破壊靱性試験および動的破壊靱性試験から、電力共同研究実施当時のASME Section III Appendix Gに記載されていたK_{IR}式が図2.2-2に示すとおり供試材を包絡することから原子炉容器サポート使用部材に適用できることを確認した。電力共同研究実施当時のASME Section III Appendix Gに記載されていたK_{IR}式を以下に示す。なお、初期関連温度（推定T_{NDT}）は大飯4号炉のミルシートや同種供試材の試験結果等を基に推定した。

$$K_{IR} = 29.43 + 1.344 \exp(0.0261(T - T_{NDT} + 88.9))$$

K_{IR} : 破壊靱性値 [MPa√m]

T : 最低使用温度 [°C]

T_{NDT} : 関連温度 [°C]

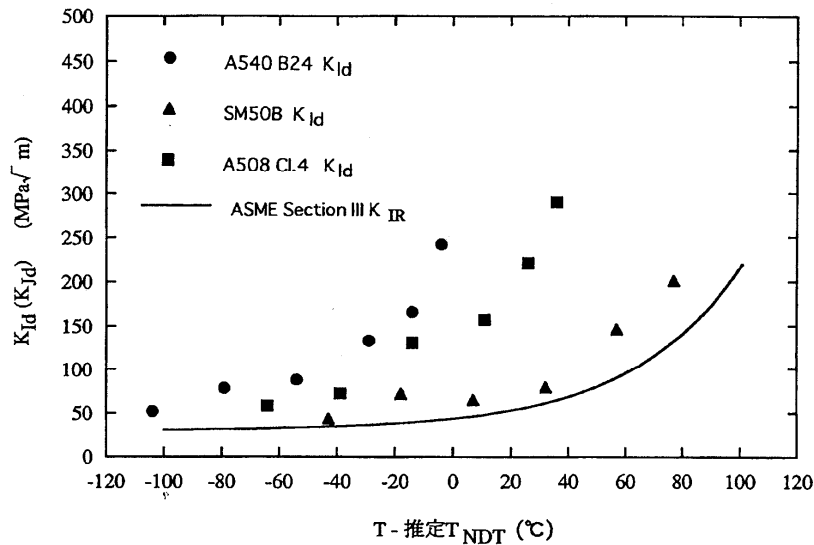


図2.2-2 動的破壊靱性と（T-推定T_{NDT}）の関係

[出典：電力共同研究「原子炉容器支持構造物の照射脆化に関する研究」1999年度]

原子炉容器サポート回りの中性子照射量は米国オークリッジ国立研究所（以降ORNLと呼ぶ）で開発改良された2次元輸送解析コード“DORT”を用いて全エネルギー領域にわたって算定し、この値を基に図2.2-3に示すNUREG-1509（“Radiation Effects on Reactor Pressure Vessel Supports” R. E. Johnson, R. E. Lipinski NRC 1996 P14）に記載されているORNLのHFIR炉のサーベイランスデータおよび米国 SHIPPINGPORT（Shippingport）炉の材料試験データ等の上限を包絡する曲線を基にした脆化予測曲線を用いて脆化度（遷移温度：脆化量推定値（ ΔT_{NDT} ） $^{\circ}\text{C}$ ）を推定した。

評価は、原子炉容器サポートの最低使用温度を基準としてSs地震が発生したとき、製造時または溶接時の欠陥を想定した場合に脆性破壊が発生するか否かを破壊力学評価を基に検討した。

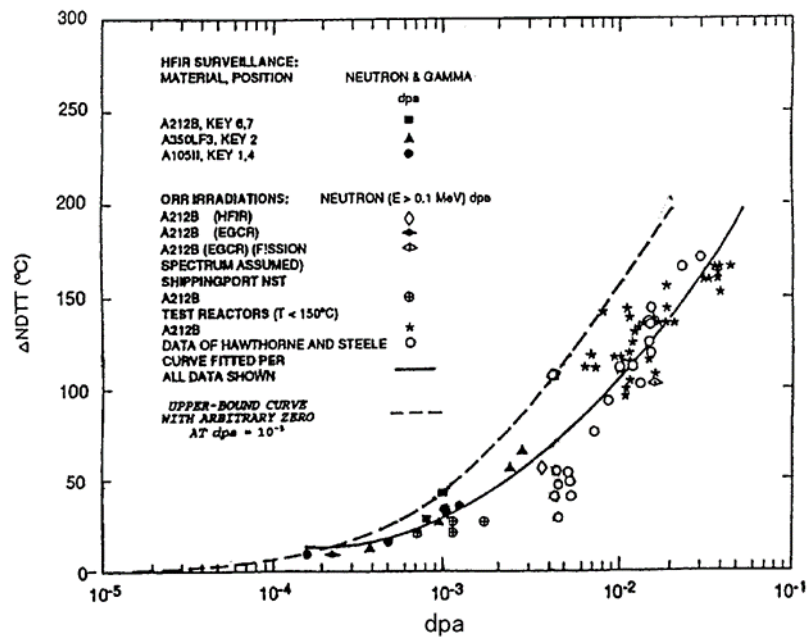


図2.2-3 原子炉容器サポートの脆化予測曲線

[出典：NUREG-1509 “Radiation Effects on Reactor Pressure Vessel Supports”
R. E. Johnson, R. E. Lipinski NRC 1996 P14]

評価に用いた欠陥寸法は、「日本電気協会 原子力発電所用機器に対する破壊靱性の確認試験方法 (JEAC4206)」に準拠し、板厚の1/4として、き裂のアスペクト比 (深さと表面長さの比率) はASME Sec. III Appendix Gに準拠して1/6とした。

なお、破壊力学評価に用いる応力拡大係数は、サポートリブに対しては平板要素としてRaju-Newmanの次式を使用した。

$$K_I = F \sigma \sqrt{(\pi a/Q)}$$

$$F = (M_1 + M_2 \cdot (a/t)^2 + M_3 \cdot (a/t)^4) g \cdot f_\phi \cdot f_w$$

$0 < a/c \leq 1$ の場合

$$Q = 1 + 1.464(a/c)^{1.65}$$

$$M_1 = 1.13 - 0.09 \cdot (a/c)$$

$$M_2 = -0.54 + 0.89/(0.2 + a/c)$$

$$M_3 = 0.5 - 1/(0.65 + a/c) + 14(1 - a/c)^{24}$$

$$f_\phi = ((a/c)^2 \cos^2 \phi + \sin^2 \phi)^{1/4}$$

$$g = 1 + (0.1 + 0.35 \cdot (a/t)^2) (1 - \sin \phi)^2$$

$$f_w = (\sec(\pi c \sqrt{(a/t)/2b}))^{1/2}$$

$1 < a/c < 2$ の場合

$$Q = 1 + 1.464(c/a)^{1.65}$$

$$M_1 = \sqrt{(c/a)} \cdot (1 + 0.04 \cdot c/a)$$

$$M_2 = 0.2 \cdot (c/a)^4$$

$$M_3 = -0.11 \cdot (c/a)^4$$

$$f_\phi = ((c/a)^2 \sin^2 \phi + \cos^2 \phi)^{1/4}$$

$$g = 1 + (0.1 + 0.35 \cdot (c/a) (a/t)^2) (1 - \sin \phi)^2$$

$$f_w = (\sec(\pi c \sqrt{(a/t)/2b}))^{1/2}$$

ここで、

a : き裂深さ

c : 表面長さの半長

t : 平板の厚さ

b : 平板の幅の半長

ϕ : き裂前縁の位置を表す角度

表2.2-1に評価結果を示す。

評価結果よりサポートリブは劣化が進展すると仮定した場合におけるプラント運転開始後60年時点を想定し原子炉容器サポートの最低使用温度でS_s地震が発生したとしても、破壊靱性値 (K_{IR}) が応力拡大係数 (K_I) を上回っていることから、原子炉容器サポートの健全性は保たれることを確認した。

さらに、キャビティ据付時の漏えい確認時に原子炉容器とキャビティに有意な高低差がないことを確認することにより、機器の健全性を維持している。

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

表2.2-1 大飯4号炉 サポートブラケット (サポートリブ) の脆化評価結果

評価部位 (材料名)	サポートブラケット (サポートリブ) (SM50B)
K _I /K _{IR}	0.16
評価	○

- (3) パッド、ヒンジ摺動部の摩耗 [原子炉容器サポート、蒸気発生器サポート、1次冷却材ポンプサポート]

機器の移動を許容し、重機器の自重を支えている原子炉容器サポート、蒸気発生器支持脚および1次冷却材ポンプ支持脚の摺動部は、機器熱移動や振動により摩耗が想定される。

摩耗が想定される代表部位として原子炉容器サポートの摺動部を図2.2-4に、蒸気発生器支持脚および1次冷却材ポンプ支持脚の摺動部を図2.2-5に示す。

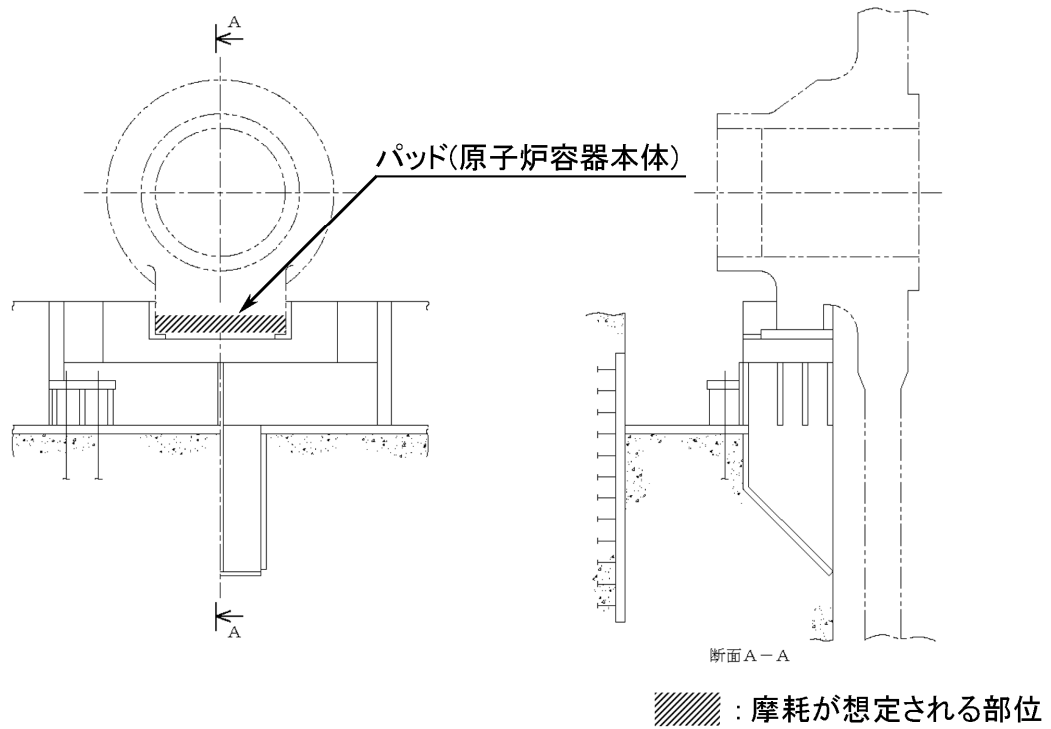
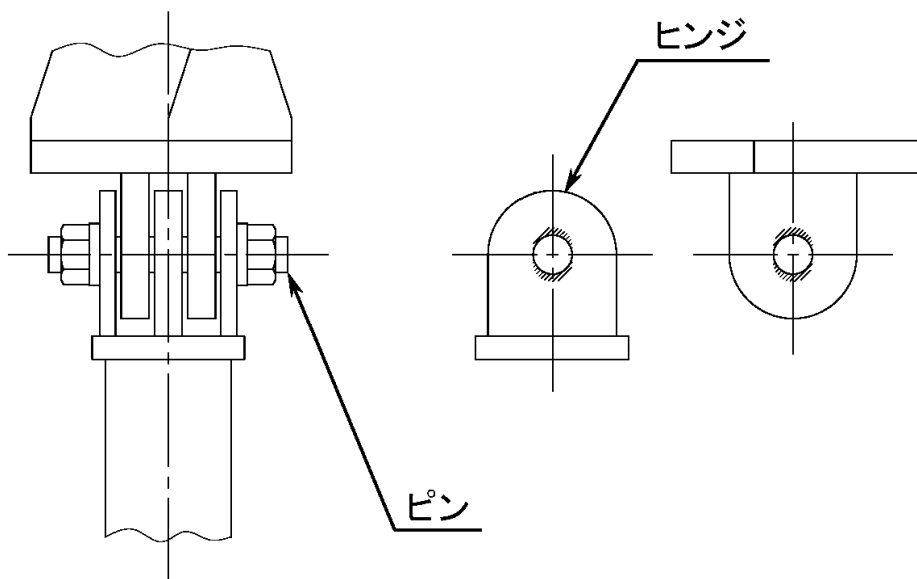


図2.2-4 大飯4号炉 原子炉容器サポートの摺動部 (パッド)



//// : 摩耗が想定される部位

図2.2-5 大飯4号炉 蒸気発生器支持脚および1次冷却材ポンプ支持脚の摺動部（ヒンジ）

原子炉容器サポート、蒸気発生器支持脚および1次冷却材ポンプ支持脚の摺動部は、重機器の自重を支えていることから当該部に発生する荷重は小さいとは言えないため、運転開始後60年時点における推定摩耗量を評価した。

摩耗量については、現在定量的に評価する手法が確立されていないが、ここではホルム（Holm）の理論式（機械工学便覧（日本機械学会編））により、概略の摩耗量の推定を行った。

ホルムの式： $W = K \cdot S \cdot P / P_m$

W : 摩耗量 [m³]

K : 摩耗係数 [-]

S : すべり距離 [m]

P : 荷重 [N]

P_m : かたさ [N/m²]

なお、評価にあたっては、通常運転時における評価対象サポートに加わる荷重を算出した。すべり距離については計算により求めた熱移動量を基に運転状態Ⅰおよび運転状態Ⅱの過渡条件とその回数から算出した。

摩耗係数および硬さについてはJ.F.Archard & W.Hirst, Proc .Roy. Soc. , 236, A, (1956), 397より使用温度での硬さの変化を考慮しても安全側の評価となるよう、実機より柔らかい材料である潤滑材なしの軟鋼-軟鋼のデータを引用した。

それぞれの評価結果を表2. 2-2に示す。

評価結果より運転開始後60年時点の推定摩耗深さ（推定減肉量）は微少であり、許容値に比べ十分小さいことから、長期運転にあたっても支持機能に影響を及ぼす可能性はない。

さらに、ヒンジ摺動部の摩耗に対しては外観点検等で目視によりかみ合い部を確認し、パッドの摩耗についてもキャビティ据付時の漏えい確認時等で目視により原子炉容器とキャビティに有意な高低差がないことを確認することにより、機器の健全性を維持している。

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

表2. 2-2 大飯4号炉 重機器サポート摺動部の摩耗量評価結果

部位	運転開始後60年時点 の推定摩耗深さ / 許容値
原子炉容器サポート パッド	約 1/3
蒸気発生器支持脚 ヒンジ	約 1/1, 250
1次冷却材ポンプ 支持脚ヒンジ	約 1/2, 500

(4) ピン等の摩耗 [蒸気発生器サポート、1次冷却材ポンプサポート]

機器の移動を許容するサポートの摺動部材は、機器熱移動や振動により摩耗が想定される。

しかしながら、蒸気発生器サポートおよび1次冷却材ポンプサポートのオイルスナバは地震時の水平方向変位を拘束するものであり、通常運転時の蒸気発生器の上部サポートおよび中間サポート、1次冷却材ポンプの上部サポートおよび下部サポートに作用する荷重は小さい。

通常運転における熱移動はサイクル数が少ない（最大変位が想定されるのはヒートアップ・クールダウンの年2回）ため、著しい摩耗が生じる可能性は小さい。

振動による摩耗については発生荷重が十分小さく、可動部を摺動させるほどの力は生じないと考えられる。

支持脚ピン（材料：SNB23-3）については、ヒンジ部（材料：SM50B）よりも硬質な材料を使用しており、ピストンロッド（材料：SNB23-4）についても、ブッシュ（材料：BC-6C）よりも硬質な材料を使用している。

一方、オイルスナバのコッターピンについては、運転時有意な荷重がかからない。

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

なお、外観点検時等で目視によりピンのかみ合い部およびオイルの漏れ等の異常がないことを確認することにより、機器の健全性を確認している。

(5) 基礎ボルトの腐食（全面腐食） [共通] および樹脂の劣化 [蒸気発生器サポート]

基礎ボルトは低合金鋼であり、腐食が想定される。

また、蒸気発生器サポートの基礎ボルト（ケミカルアンカ）には樹脂を使用しており、劣化が想定される。

基礎ボルトの健全性評価については各機器で共通であることから、本評価書の「基礎ボルト」にてまとめて評価を実施する。

- (6) ヒンジ溶接部の疲労割れ [蒸気発生器サポート、1次冷却材ポンプサポート]
- 支持脚は、プラント起動・停止時等に発生する機器の熱移動によるスライド方向以外の繰返し荷重により、ヒンジ溶接部において疲労割れが想定される。
- しかしながら、スライド方向以外に発生する荷重はわずかであり、有意な応力変動を受けない。
- したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。
- なお、外観点検時等の目視確認により、機器の健全性を確認している。

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

- (7) 埋込金物等の腐食（全面腐食） [共通]
- 埋込金物、原子炉容器サポートの外周プレート（コンクリート埋設部）および埋込補強材は炭素鋼であり、腐食が想定される。
- しかしながら、コンクリート埋設部ではコンクリートの大気接触部表面からの中性化の進行により腐食環境となるが、コンクリートが中性化に至り、埋込金物等に有意な腐食が発生するまで長期間を要することから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

2.2.4 消耗品および定期取替品

オイルスナバに使用しているオイルシール、オイルは分解点検時に取替える消耗品であり、長期使用はせず取替を前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

表2.2-3(1/10) 大飯4号炉 原子炉容器サポートに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象						備考	
				減肉		割れ		材質変化			その他
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
機器の支持	サポートブラケット（側板）		炭素鋼		△					*1：中性子およびγ線照射脆化 *2：大気接触部 *3：コンクリート埋設部	
	サポートブラケット（サポートシュー）		低合金鋼		△						
	サポートブラケット（サポートリブ）		炭素鋼		△			△*1			
	レベリングスクリュー		低合金鋼		△						
	基礎ボルト		低合金鋼		△						
	埋込金物		炭素鋼		▲						
	ベースプレート		炭素鋼		△						
	外周プレート		炭素鋼		△*2 ▲*3						
	埋込補強材		炭素鋼		▲						
	シムプレート		低合金鋼		△						
	パッド		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2.2-3(2/10) 大飯4号炉 蒸気発生器上部サポートに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考	
				減肉		割れ		材質変化		その他		
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化			
機器の支持	バンド		炭素鋼		△							
	壁側スナバブラケット		炭素鋼	△	△							
	サポート支柱		炭素鋼		△							
	バンド側スナバブラケット		炭素鋼	△	△							
	バンド組立ボルト		低合金鋼		△							
	壁側スナバブラケット取付ボルト		低合金鋼		△							
	サポートビーム		炭素鋼		△							
	吊り金物		炭素鋼、 低合金鋼		△							
	オイルスナバ	シリンダチューブ		低合金鋼		△						
		シリンダカバー		低合金鋼		△						
		ピストンロッド		低合金鋼	△	△						
		ロッドカバー		炭素鋼		△						
		ブッシュ		銅合金鋳物	△							
		タイボルト		低合金鋼		△						
		コネクティングラグ		低合金鋼		△						
		コッターピン		低合金鋼	△	△						
		コントロールシステム		炭素鋼		△						
		給油管		ステンレス鋼								
		オイルリザーバ		ステンレス鋼								
		球面軸受(すべり)		軸受鋼								
オイルシール		◎	—									
オイル		◎	—									

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-3(3/10) 大飯4号炉 蒸気発生器中間サポートに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考	
				減肉		割れ		材質変化		その他		
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化			
機器の支持	リングフレーム		炭素鋼	△	△						*1：樹脂の劣化	
	壁側スナバブラケット		炭素鋼	△	△							
	バックバンパ		炭素鋼		△							
	リングフレーム組立ボルト		低合金鋼		△							
	シム		炭素鋼		△							
	吊り金物		低合金鋼		△							
	ベースプレート		炭素鋼		△							
	埋込補強材		炭素鋼		▲							
	基礎ボルト		低合金鋼		△							
	埋込金物		炭素鋼		▲							
	基礎ボルト (ケミカルアンカ)		低合金鋼、 樹脂		△				△*1			
	オイルスナバ	シリンダチューブ		低合金鋼		△						
		シリンダカバー		低合金鋼		△						
		ピストンロッド		低合金鋼	△	△						
		ロッドカバー		炭素鋼		△						
		ブッシュ		銅合金鋳物	△							
		タイボルト		低合金鋼		△						
		コネクティングラグ		低合金鋼		△						
		コッターピン		低合金鋼	△	△						
		コントロールシステム		炭素鋼		△						
		給油管		ステンレス鋼								
		オイルリザーバ		ステンレス鋼								
球面軸受(すべり)			軸受鋼									
オイルシール		◎	—									
オイル		◎	—									

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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

表2.2-3(4/10) 大飯4号炉 蒸気発生器下部サポートに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
				減肉		割れ		材質変化		その他	
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
機器の支持	サポートビーム		炭素鋼		△						
	サポートブロック		低合金鋼		△						
	パッド		低合金鋼		△						
	シム		炭素鋼		△						
	サポートビーム組立ボルト		低合金鋼		△						
	基礎ボルト		低合金鋼		△						
	埋込金物		炭素鋼		▲						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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

表2.2-3(5/10) 大飯4号炉 蒸気発生器支持脚に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品 ・定期 取替品	材料	経年劣化事象							備考
				減肉		割れ		材質変化		その他	
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食 割れ	熱時効	劣化		
機器の支持	サポートパイプ		炭素鋼		△						
	支持脚ブラケット		低合金鋼		△						
	ヒンジ		炭素鋼	△	△	△					
	支持脚ピン		低合金鋼	△	△						
	植込ボルト		低合金鋼		△						
	押え金物		低合金鋼		△						
	ベースプレート		炭素鋼		△						
	基礎ボルト		低合金鋼		△						
	埋込金物		炭素鋼		▲						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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

表2.2-3(6/10) 大飯4号炉 1次冷却材ポンプ上部サポートに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考	
				減肉		割れ		材質変化		その他		
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化			
機器の支持	ブラケット		炭素鋼	△	△							
	基礎ボルト		低合金鋼		△							
	埋込金物		炭素鋼		▲							
	オイルスナバ	シリンダチューブ		低合金鋼		△						
		シリンダカバー		低合金鋼		△						
		ピストンロッド		低合金鋼	△	△						
		ロッドカバー		炭素鋼		△						
		ブッシュ		銅合金鋳物	△							
		タイボルト		低合金鋼		△						
		コネクティングラグ		低合金鋼		△						
		コッターピン		低合金鋼	△	△						
		コントロールバルブボックス		炭素鋼		△						
		給油管		ステンレス鋼								
		オイルリザーバ		ステンレス鋼								
		球面軸受(すべり)		軸受鋼								
		オイルシール	◎	—								
オイル		◎	—									

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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

表2.2-3(7/10) 大飯4号炉 1次冷却材ポンプ下部サポートに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品 ・定期 取替品	材料	経年劣化事象							備考
				減肉		割れ		材質変化		その他	
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食 割れ	熱時効	劣化		
機器の支持	ブラケット		炭素鋼	△	△						
	連結棒		低合金鋼	△	△						
	ピン		低合金鋼		△						
	基礎ボルト		低合金鋼		△						
	埋込金物		炭素鋼		▲						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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

表2.2-3(8/10) 大飯4号炉 1次冷却材ポンプ支持脚に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
				減肉		割れ		材質変化		その他	
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
機器の支持	支柱		炭素鋼		△						
	支持脚ブラケット		低合金鋼		△						
	ヒンジ		炭素鋼	△	△	△					
	支持脚ピン		低合金鋼	△	△						
	支持脚取付ボルト		低合金鋼		△						
	押え金物		低合金鋼		△						
	ベースプレート		炭素鋼		△						
	基礎ボルト		低合金鋼		△						
	埋込金物		炭素鋼		▲						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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

表2.2-3(9/10) 大飯4号炉 加圧器上部サポートに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
				減肉		割れ		材質変化		その他	
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
機器の支持	サポートブロック		低合金鋼		△						
	サポートパイプ		炭素鋼		△						
	シム		炭素鋼		△						
	ボルト		低合金鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-3(10/10) 大飯4号炉 加圧器下部サポート（スカート）に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品 ・定期 取替品	材料	経年劣化事象							備考
				減肉		割れ		材質変化		その他	
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食 割れ	熱時効	劣化		
機器の支持	スカート		低合金鋼		△	○					
	基礎ボルト		低合金鋼		△						
	埋込金物		炭素鋼		▲						

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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

2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

2.3.1 加圧器スカート溶接部の疲労割れ [加圧器サポート]

a. 事象の説明

加圧器本体の熱膨張によりスカートは繰返し荷重を受け、図2.3-1に示すようなスカートの溶接部においては、疲労が蓄積する。

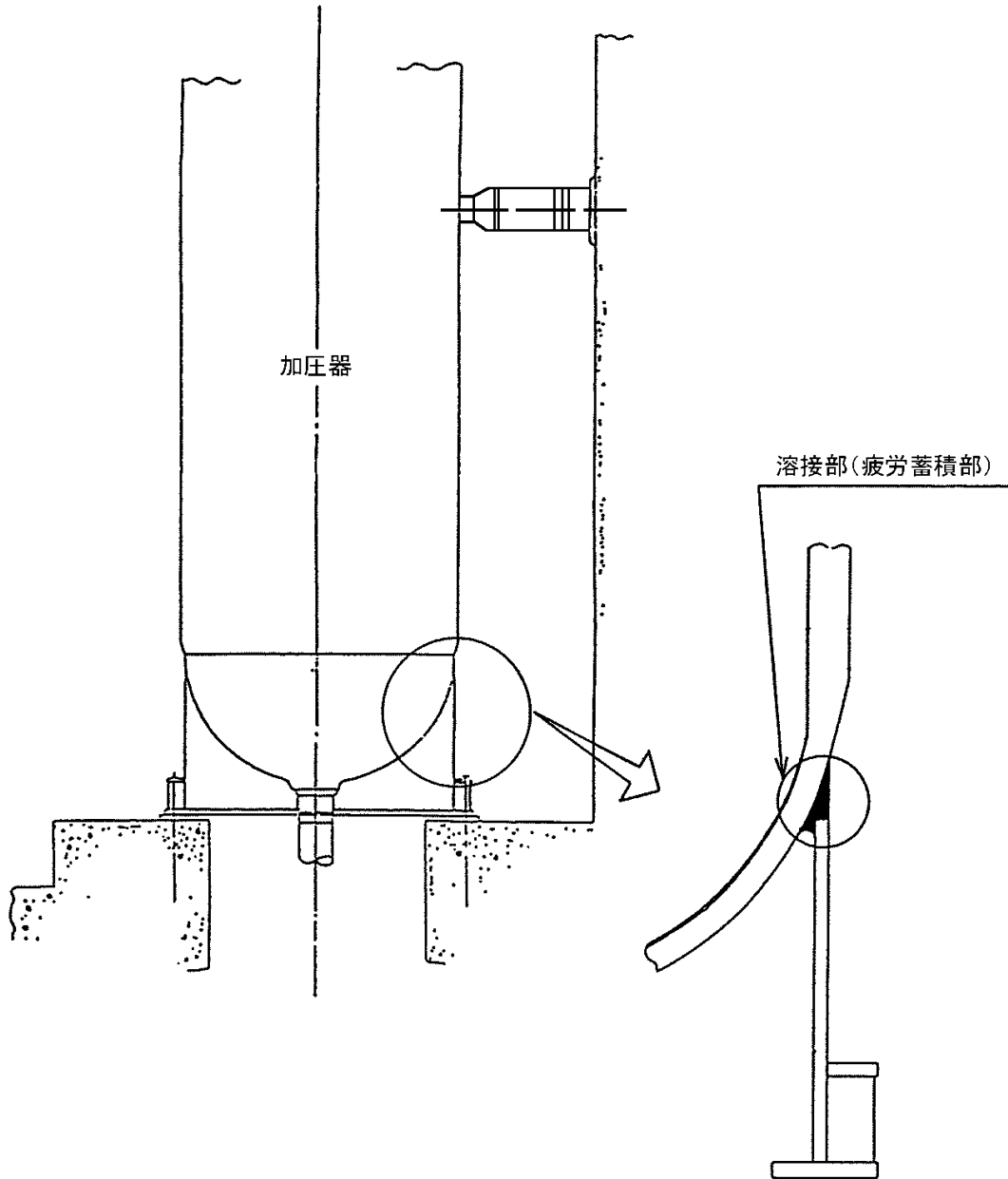


図2.3-1 大飯4号炉 加圧器スカート部の疲労蓄積部

b. 技術評価

① 健全性評価

プラント運転時の加圧器本体の熱膨張により発生する応力が大きいと考えられる加圧器スカート溶接部を対象として「日本機械学会 設計・建設規格 (JSME S NC1-2005/2007)」に基づき評価を行った。

評価対象部位を図2.3-2に示す。

疲労評価に用いた過渡回数を表2.3-1に示す。

なお、2014年度末までの運転実績に基づき推定した2015年度以降の評価対象期間での推定過渡回数を包含し、より保守的に設定した過渡回数とした。

評価結果を表2.3-2に示すが、許容値を満足する結果が得られている。

② 現状保全

加圧器スカート溶接部の疲労割れに対しては、定期的に超音波探傷検査を実施し有意な欠陥のないことを確認している。

さらに、高経年化技術評価に合わせて、実績過渡回数に基づく評価を実施することとしている。

③ 総合評価

健全性評価結果から判断して、現時点の知見において、疲労割れ発生の可能性はないと考える。

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

また、疲労割れは超音波探傷検査により検知可能であり、また、割れが発生するとすれば応力の観点から考えて溶接部であると判断されることから、点検手法として適切である。

c. 高経年化への対応

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

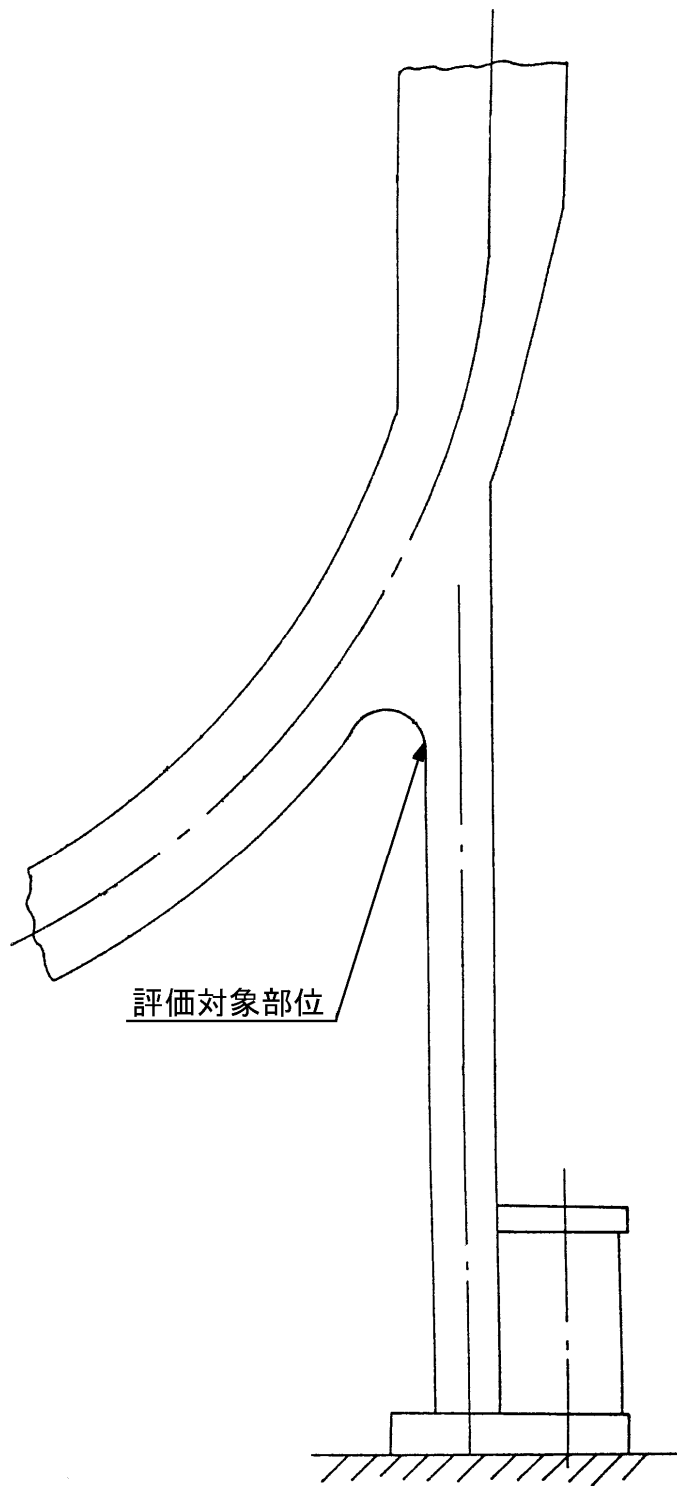


図2.3-2 加圧器スカート部の疲労評価対象部位

表2.3-1 大飯4号炉 加圧器スカート溶接部の疲労評価に用いた過渡回数

運転状態 I

過渡項目	運転実績に基づく過渡回数	
	2014年度末時点	運転開始後60年時点の推定値
起動(温度上昇率 55.6°C/h)	26	74
停止(温度下降率 55.6°C/h)	26	74
負荷上昇(負荷上昇率 5%/min)	221	927
負荷減少(負荷減少率 5%/min)	211	917
90%から100%へのステップ状負荷上昇	2	4
100%から90%へのステップ状負荷減少	2	4
100%からの大きいステップ状負荷減少	3	9
定常負荷運転時の変動*1	—	—
燃料交換	15	70
0%から15%への負荷上昇	27	75
15%から0%への負荷減少	18	60
1ループ停止/1ループ起動		
I) 停止	0	2
II) 起動	0	2

運転状態 II

過渡項目	運転実績に基づく過渡回数	
	2014年度末時点	運転開始後60年時点の推定値
負荷の喪失	4	7
外部電源喪失	1	5
1次冷却材流量の部分喪失	0	2
100%からの原子炉トリップ		
I) 不注意な冷却を伴わないトリップ	2	6
II) 不注意な冷却を伴うトリップ	0	2
III) 不注意な冷却と安全注入を伴うトリップ	0	2
1次冷却系の異常な減圧	0	2
制御棒クラスタの落下	0	3
出力運転中の非常用炉心冷却系の誤起動	0	2
1次冷却系停止ループの誤起動	0	2
タービン回転試験	5	5
1次系漏えい試験	19	60

*1：設計評価においては、1次冷却材温度は高温側±1.4°C、低温側±2.4°C、1次冷却材圧力は+0.39MPa、-0.29MPa（+4.0kg/cm²、-3.0kg/cm²）の変動があるものとしているが、この過渡項目の疲労累積係数への寄与は小さく、また、実際には通常運転中のゆらぎとして、このような変動は生じていない。

表2.3-2 大飯4号炉 加圧器スカート溶接部の疲労評価結果

部位	疲労累積係数 (許容値：1以下)
加圧器スカート溶接部 (低合金鋼)	0.199

2 空気圧縮装置

[対象機器]

- ① 制御用空気圧縮装置
- ② ディーゼル発電機設備起動空気圧縮機

目次

1. 技術評価対象機器および代表機器の選定	1
1.1 グループ化の考え方および結果	1
1.2 代表機器の選定	1
2. 代表機器の技術評価	3
2.1 制御用空気圧縮装置全体構成	3
2.2 構造、材料および使用条件	5
2.3 経年劣化事象の抽出	43
2.4 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価	64
3. 代表機器以外への展開	65
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象	65

1. 技術評価対象機器および代表機器の選定

大飯4号炉で使用されている空気圧縮装置の主な仕様を表1-1に示す。

これらの空気圧縮装置を設置場所、型式、内部流体および材料の観点からグループ化し、以下のとおり代表機器を選定した。

1.1 グループ化の考え方および結果

表1-1に示す空気圧縮装置について、設置場所、型式、流体および材料を分離基準として考えると、いずれの空気圧縮装置も同様であることから、1つのグループとして分類される。

1.2 代表機器の選定

重要度が高い制御用空気圧縮装置を代表機器とする。

表1-1 大飯4号炉 空気圧縮装置の主な仕様

分離基準			機器名称 (台数)	選定基準					代表機器の選定	
設置場所 型式	流体	材料		仕様 (容量)	重要度*1	使用条件			代表 機器	選定理由
						運転状態	最高使用圧力 (MPa [gage])	最高使用温度 (°C)		
屋内 往復式	空気	鋳鉄	制御用空気圧縮装置 (2)	約12.0Nm ³ /min	MS-1	連続	約0.8	約200	◎	重要度
			ディーゼル発電機設備起動空気圧縮機 (2)	約1.25Nm ³ /min	高*2	一時	約2.9	約200		

*1：機能は最上位の機能を示す。

*2：最高使用温度が95°Cを超え、または最高使用圧力が1900kPa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空気圧縮装置について技術評価を実施する。

① 制御用空気圧縮装置

2.1 制御用空気圧縮装置全体構成

大飯4号炉の制御用空気圧縮装置の吐出容量は約12.0Nm³/min、プラント通常運転時には1台が常時運転状態であり、外部電源喪失時および安全注入時に自動起動(2台)する。

制御用空気圧縮装置から送り出される制御用空気は、空気作動弁の駆動源等として供給される。

制御用空気圧縮機は、大気を吸入し、2段階の圧縮により、約0.7MPaの圧縮空気を吐出する。圧縮空気は、第1段圧縮後に制御用空気圧縮機中間冷却器、第2段圧縮後に制御用空気冷却器で冷却し、制御用空気冷却器ドレンセパレータでドレン水を分離後、制御用空気だめに貯蔵される。

制御用空気だめに貯蔵された圧縮空気は、湿度が高いため制御用空気乾燥器に送られ、乾燥した制御用空気となる。

制御用空気乾燥器から出た制御用空気は、制御用空気系統に送られ、空気作動弁ほかに供給される。

制御用空気圧縮装置の全体構成図を図2.1-1に示す。

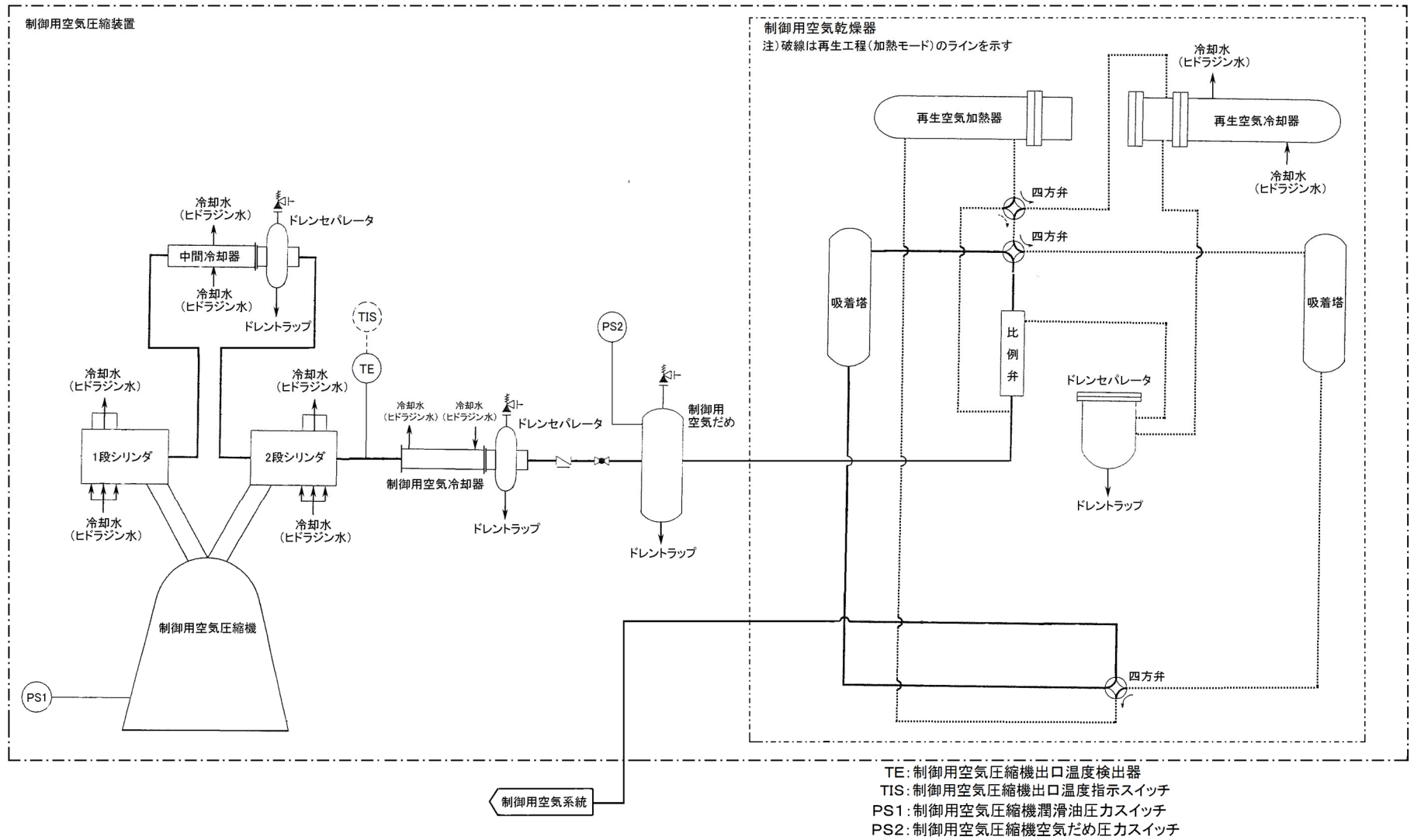


図2.1-1 大飯4号炉 制御用空気圧縮装置 全体構成図

2.2 構造、材料および使用条件

2.2.1 制御用空気圧縮機

(1) 構造

大飯4号炉の制御用空気圧縮機は、原子炉周辺建屋内の空気を取り入れ、所定の圧力まで圧縮するために設置され、往復動型無給油式でV型2気筒2段圧縮構造である。

シリンダは、吸入弁と吐出弁が取付けられたシリンダヘッドおよびシリンダライナから構成されており、シリンダの中を往復するピストンの動作により大気圧の空気が吸入弁より吸入され、約0.7MPaに圧縮された空気が第2段側吐出弁から約12.0Nm³/minで吐出される。

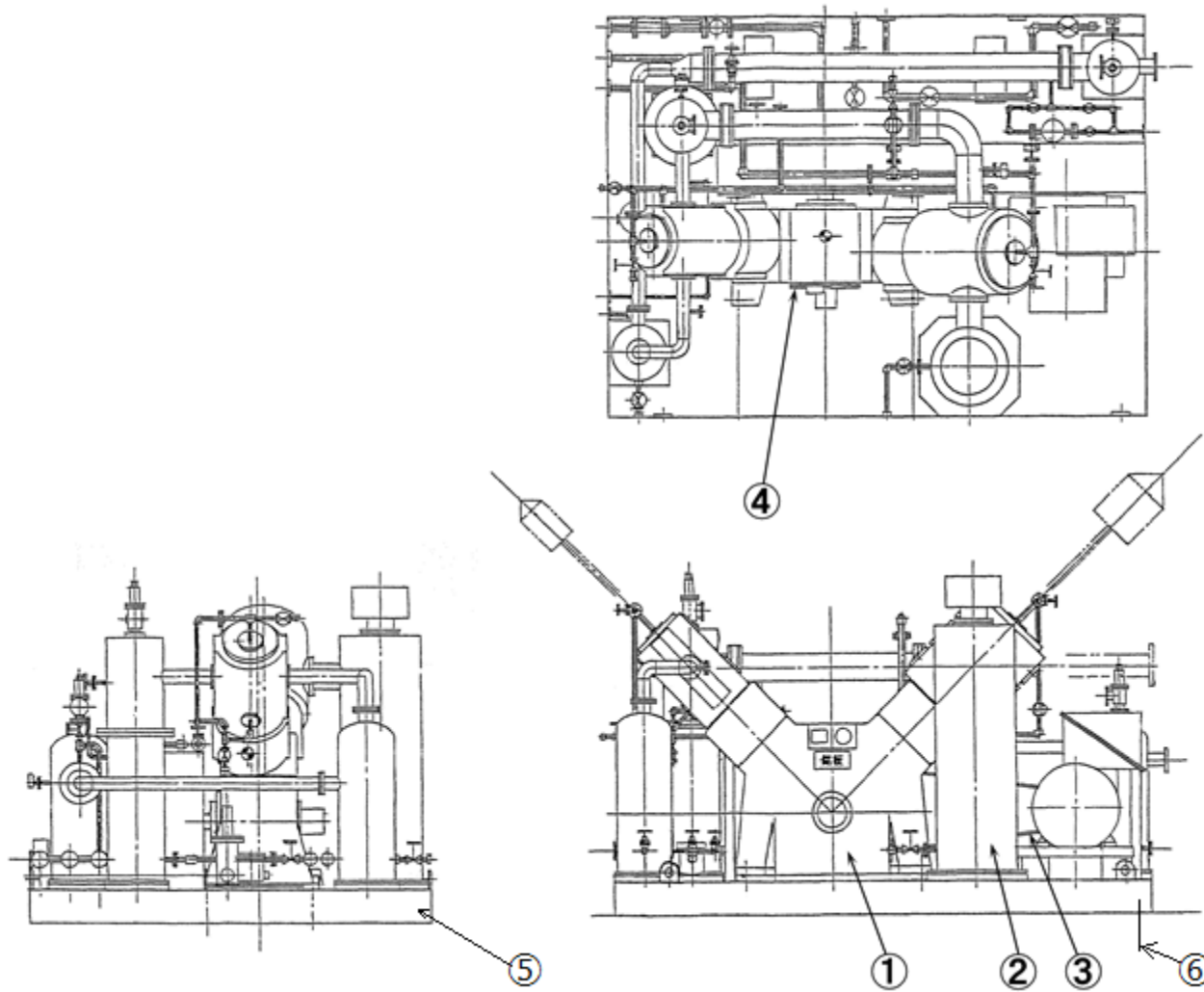
制御用空気圧縮機を構成する主要部位のケーシング（クランク室）およびシリンダは鋳鉄であり、ピストンはアルミニウム合金および鋳鉄で、主軸は鋳鉄である。

また、圧縮空気をシールするピストンリングにはテフロンを使用し、シリンダ軸封部にはグランドパッキンを使用している。

大飯4号炉の制御用空気圧縮機の外形図および構造図を図2.2-1および図2.2-2に示す。

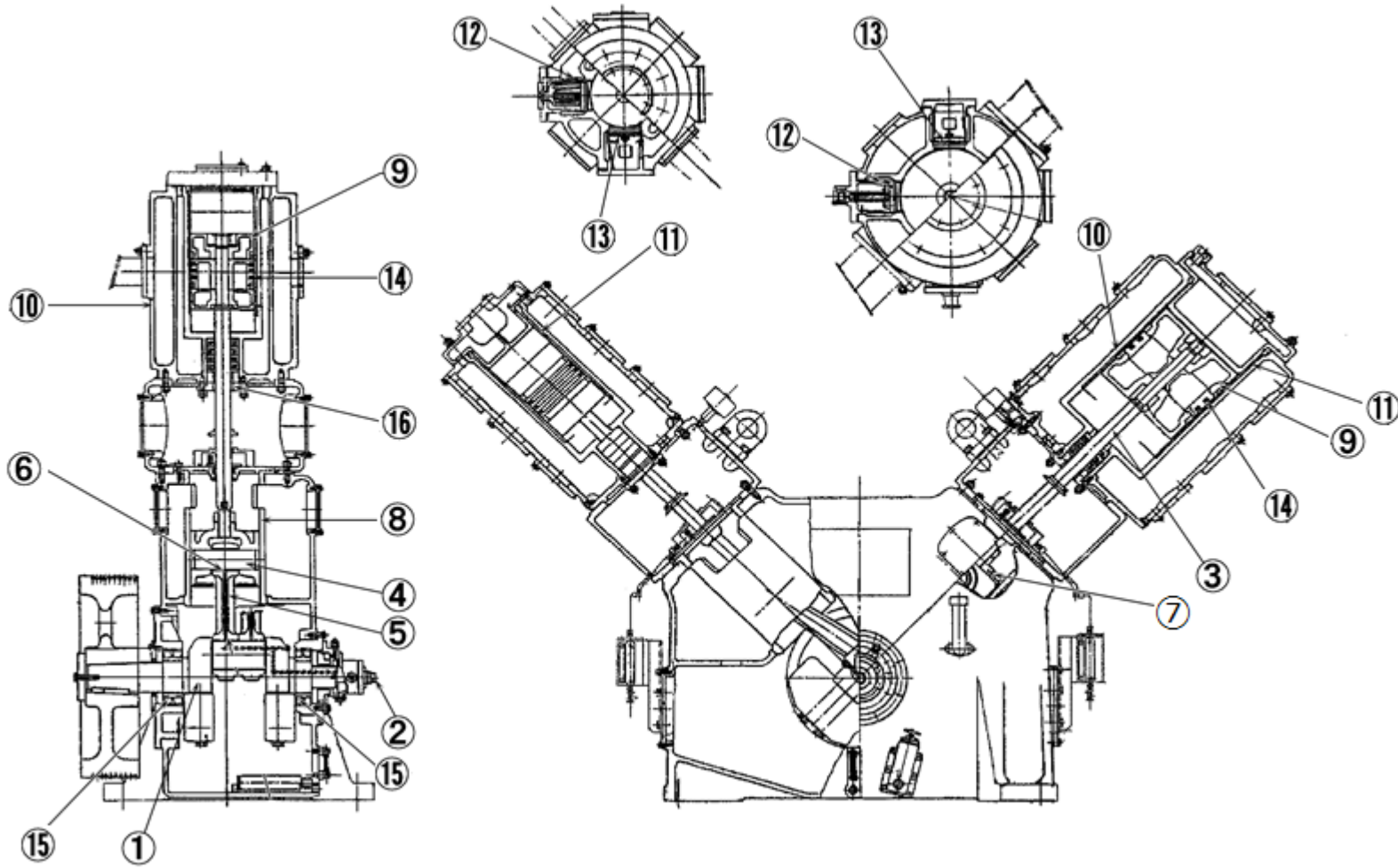
(2) 材料および使用条件

大飯4号炉の制御用空気圧縮機の使用材料および使用条件を表2.2-1および表2.2-2に示す。



No.	部位
①	ケーシング
②	吸気フィルタ
③	Vベルト
④	Vプーリ
⑤	台板
⑥	基礎ボルト

図2.2-1 大飯4号炉 制御用空気圧縮機外形図



No.	部位
①	主軸
②	油ポンプ歯車
③	ピストンロッド
④	ピストンピン
⑤	接続棒
⑥	接続棒メタル
⑦	クロスヘッド
⑧	クロスヘッドガイド
⑨	ピストン
⑩	シリンダ
⑪	シリンダライナ
⑫	吸込弁
⑬	吐出弁
⑭	ピストンリング
⑮	軸受 (ころがり)
⑯	グランドパッキン

図2.2-2 大飯4号炉 制御用空気圧縮機構造図

表2.2-1 大飯4号炉 制御用空気圧縮機主要部位の使用材料

部位	材料
ケーシング	鋳鉄
吸気フィルタ	消耗品・定期取替品
Vベルト	消耗品・定期取替品
Vプーリ	鋳鉄
主軸	鋳鉄
油ポンプ歯車	消耗品・定期取替品
ピストンロッド	炭素鋼
ピストンピン	炭素鋼
接続棒	鋳鉄
接続棒メタル	消耗品・定期取替品
クロスヘッド	鋳鉄
クロスヘッドガイド	鋳鉄
ピストン	アルミニウム合金、鋳鉄
シリンダ	鋳鉄
シリンダライナ	炭素鋼（メッキ）
吸込弁	消耗品・定期取替品
吐出弁	消耗品・定期取替品
ピストンリング	消耗品・定期取替品
軸受（ころがり）	消耗品・定期取替品
グラントパッキン	消耗品・定期取替品
台板	炭素鋼
基礎ボルト	炭素鋼

表2. 2-2 大飯 4 号炉 制御用空気圧縮機の使用条件

最高使用圧力	約0.8MPa[gage]
最高使用温度	約200℃
定格容量	約12.0Nm ³ /min
内部流体	空気

2.2.2 制御用空気圧縮機中間冷却器

(1) 構造

大飯4号炉の制御用空気圧縮機中間冷却器は制御用空気圧縮機で圧縮により加熱された空気を冷却するために設置され、横置直管式構造である。

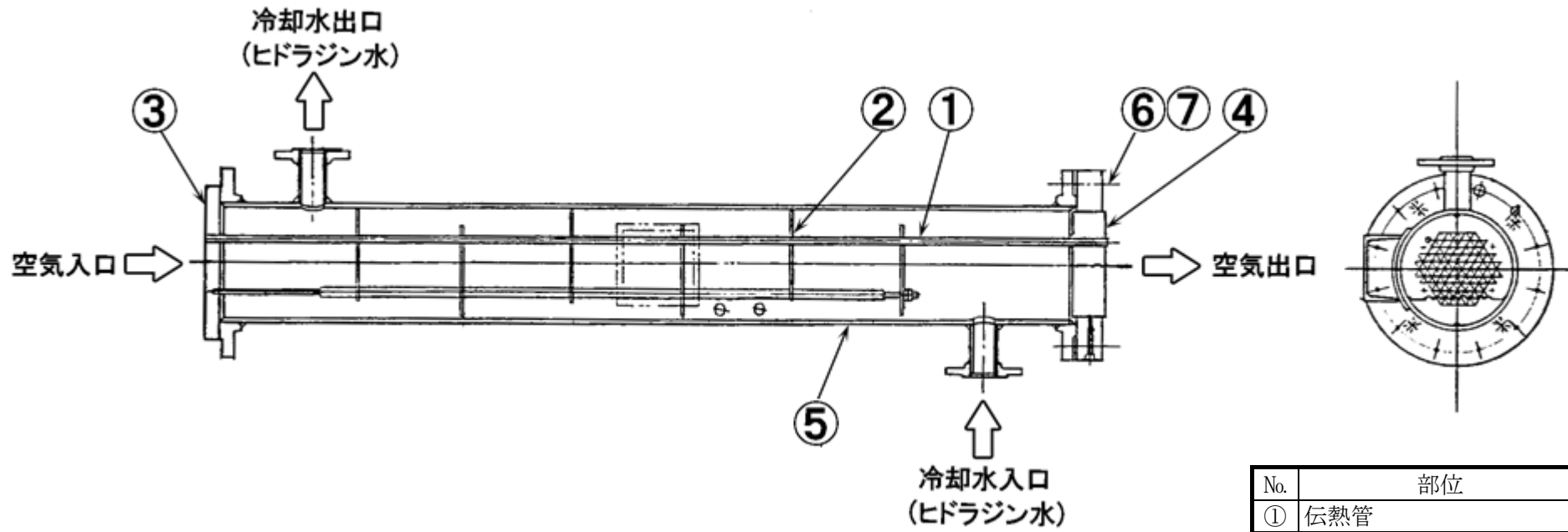
内部流体は胴側が圧縮空気、管側が冷却水（ヒドラジン水）である。

制御用空気圧縮機中間冷却器を構成する主要部位の伝熱管は銅合金、胴板は炭素鋼である。

大飯4号炉の制御用空気圧縮機中間冷却器の構造図を図2.2-3に示す。

(2) 材料および使用条件

大飯4号炉の制御用空気圧縮機中間冷却器の使用材料および使用条件を表2.2-3および表2.2-4に示す。



No.	部位
①	伝熱管
②	邪魔板
③	管板 (上流側)
④	管板 (下流側)
⑤	胴板
⑥	フランジボルト
⑦	ガスケット

図2.2-3 大飯4号炉 制御用空気圧縮機中間冷却器構造図

表2.2-3 大飯4号炉 制御用空気圧縮機中間冷却器主要部位の使用材料

構成機器	部位	材料
制御用空気圧縮機 中間冷却器	伝熱管	銅合金
	邪魔板	炭素鋼
	管板（上流側）	炭素鋼
	管板（下流側）	ステンレス鋼
	胴板	炭素鋼
	フランジボルト	低合金鋼
	ガスケット	消耗品・定期取替品

表2.2-4 大飯4号炉 制御用空気圧縮機中間冷却器の使用条件

最高使用圧力	胴側：約1.4MPa[gage]	管側：約0.4MPa[gage]
最高使用温度	胴側：約95℃	管側：約200℃
内部流体	胴側：ヒドラジン水	管側：空気

2.2.3 制御用空気圧縮機中間冷却器ドレンセパレータ

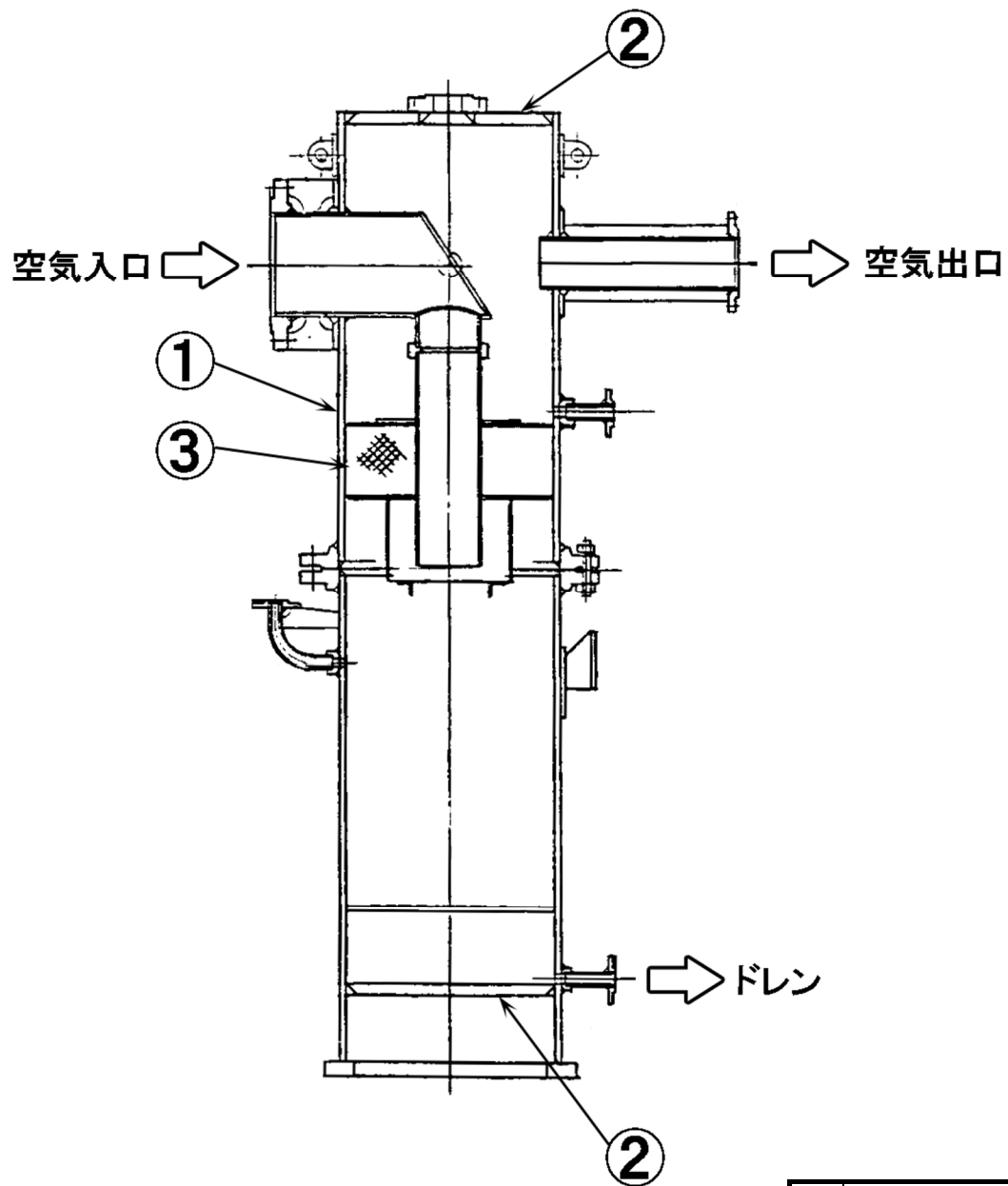
(1) 構造

大飯4号炉の制御用空気圧縮機中間冷却器ドレンセパレータは、圧縮空気を冷却した時に生じる水分（ドレン）を除去するために設置され、たて置円筒形の構造で炭素鋼を使用している。

大飯4号炉の制御用空気圧縮機中間冷却器ドレンセパレータの構造図を図2.2-4に示す。

(2) 材料および使用条件

大飯4号炉の制御用空気圧縮機中間冷却器ドレンセパレータの使用材料および使用条件を表2.2-5および表2.2-6に示す。



No.	部位
①	胴板
②	平板
③	デミスタ

図2.2-4 大飯4号炉 制御用空気圧縮機中間冷却器ドレンセパレータ構造図

表2.2-5 大飯4号炉 制御用空気圧縮機中間冷却器ドレンセパレータ
 主要部位の使用材料

構成機器	部位	材料
制御用空気圧縮機中間冷却器ドレンセパレータ	胴板	炭素鋼
	平板	炭素鋼
	デミスタ	ステンレス鋼

表2.2-6 大飯4号炉 制御用空気圧縮機中間冷却器ドレンセパレータの使用条件

最高使用圧力	約0.4MPa [gage]
最高使用温度	約50℃
定格容量	約0.256m ³
内部流体	空気

2.2.4 制御用空気圧縮機モータ

(1) 構造

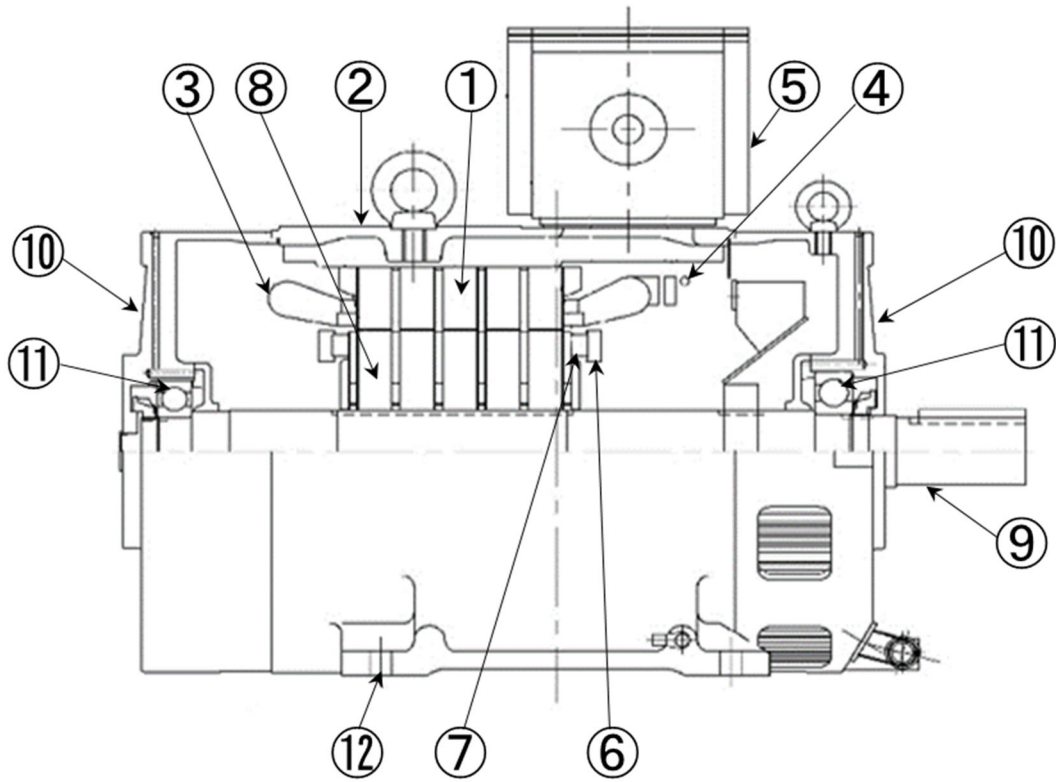
大飯4号炉の制御用空気圧縮機モータは、定格出力110kW、定格回転数1,760rpmの開放屋内形三相誘導モータ（低圧モータ）であり、2台設置されている。

主軸は炭素鋼を使用しており、負荷側および反負荷側軸受部には、回転体を支えるためのブラケットが取付けられ、内側にはモータ回転子重量を支えるための軸受を備えている。

大飯4号炉の制御用空気圧縮機モータの構造図を図2.2-5に示す。

(2) 材料および使用条件

大飯4号炉の制御用空気圧縮機モータの使用材料および使用条件を表2.2-7および表2.2-8に示す。



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

図2.2-5 大飯4号炉 制御用空気圧縮機モータ構造図

表2.2-7 大飯4号炉 制御用空気圧縮機モータ主要部位の使用材料

部位	材料
固定子コア	珪素鋼板
フレーム	鋳鉄
固定子コイル	銅、マイカ、エポキシ樹脂(F種絶縁)
口出線・接続部品	銅、シリコンゴム、マイカ、エポキシ樹脂(F種絶縁)
端子箱	炭素鋼
回転子棒・ エンドリング	銅合金
回転子コア	珪素鋼板
主軸	炭素鋼
ブラケット	鋳鉄
軸受(ころがり)	消耗品・定期取替品
取付ボルト	炭素鋼

表2.2-8 大飯4号炉 制御用空気圧縮機モータの使用条件

定格出力	110kW
周囲温度	約40℃
定格電圧	440V
定格回転数	1,760rpm

2.2.5 制御用空気冷却器

(1) 構造

大飯4号炉の制御用空気冷却器は制御用空気圧縮機で圧縮により加熱された空気を冷却するために設置され、横置直管式構造である。

内部流体は管側が圧縮空気、胴側がヒドラジン水である。

制御用空気冷却器には、空気が冷却した時に生じる水分（ドレン）を除去するためにたて置円筒形のドレンセパレータが取り付けられている。

大飯4号炉の制御用空気冷却器の構造図を図2.2-6に示す。

(2) 材料および使用条件

大飯4号炉の制御用空気冷却器の使用材料および使用条件を表2.2-9および表2.2-10に示す。

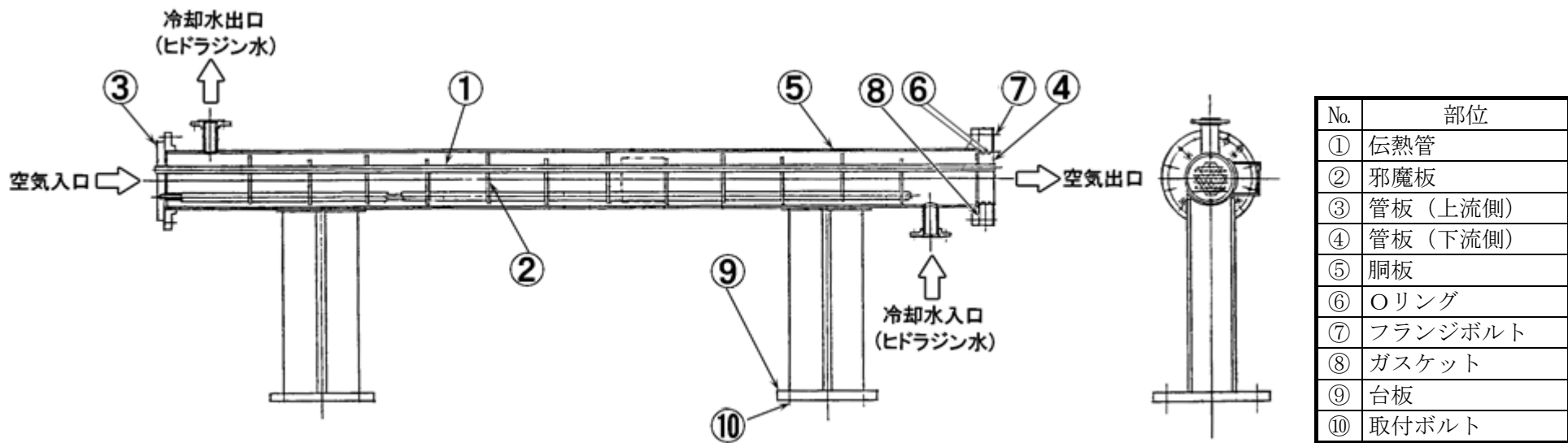


図2.2-6 大飯4号炉 制御用空気冷却器構造図

表2.2-9 大飯4号炉 制御用空気冷却器主要部位の使用材料

構成機器	部位	材料
制御用空気冷却器	伝熱管	銅合金
	邪魔板	炭素鋼
	管板（上流側）	炭素鋼
	管板（下流側）	ステンレス鋼
	胴板	炭素鋼
	Oリング	消耗品・定期取替品
	フランジボルト	低合金鋼
	ガスケット	消耗品・定期取替品
	台板	炭素鋼
	取付ボルト	炭素鋼

表2.2-10 大飯4号炉 制御用空気冷却器の使用条件

最高使用圧力	管側：約0.8MPa[gage]	胴側：約1.4MPa[gage]
最高使用温度	管側：約200℃	胴側：約95℃
内部流体	管側：空気	胴側：ヒドラジン水

2.2.6 制御用空気冷却器ドレンセパレータ

(1) 構造

大飯4号炉の制御用空気冷却器ドレンセパレータは、圧縮空気を冷却した時に生じる水分（ドレン）を除去するために設置され、たて置円筒形の構造で炭素鋼を使用している。

大飯4号炉の制御用空気冷却器ドレンセパレータの構造図を図2.2-7に示す。

(2) 材料および使用条件

大飯4号炉の制御用空気冷却器ドレンセパレータの使用材料および使用条件を表2.2-11および表2.2-12に示す。

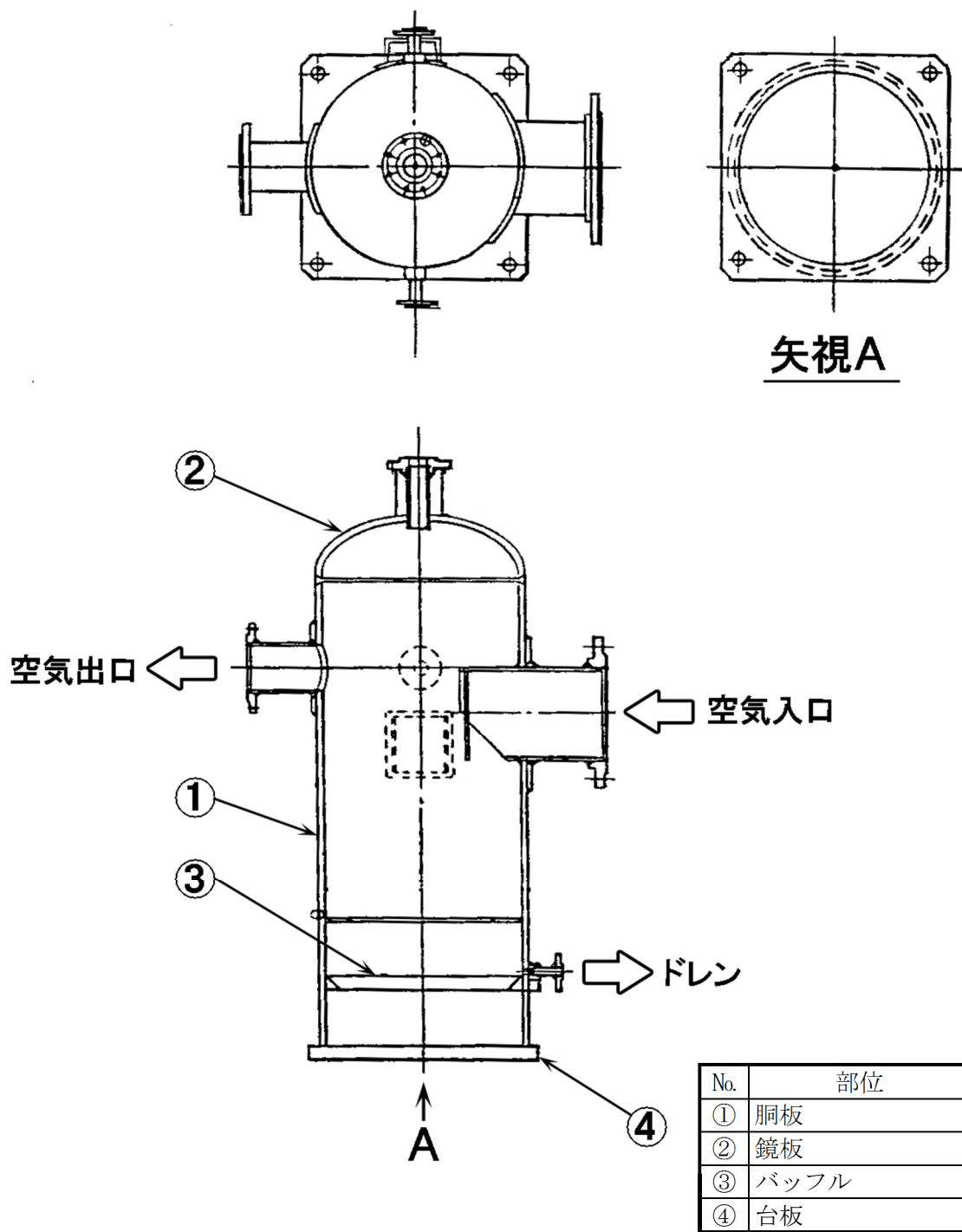


図2.2-7 大飯4号炉 制御用空気冷却器ドレンセパレータ構造図

表2.2-11 大飯4号炉 制御用空気冷却器ドレンセパレータ主要部位の使用材料

構成機器	部位	材料
制御用空気冷却器ドレンセパレータ	胴板	炭素鋼
	鏡板	炭素鋼
	バッフル	炭素鋼
	台板	炭素鋼

表2.2-12 大飯4号炉 制御用空気冷却器ドレンセパレータの使用条件

最高使用圧力	約0.8MPa[gage]
最高使用温度	約50℃
定格容量	約0.16m ³
内部流体	空気

2.2.7 制御用空気だめ

(1) 構造

大飯4号炉の制御用空気だめは、圧縮空気を貯蔵するために設置され、たて置円筒形の構造で炭素鋼製である。

制御用空気だめはスカートにより支持され、基礎ボルトで固定されている。

大飯4号炉の制御用空気だめの構造図を図2.2-8に示す。

(2) 材料および使用条件

大飯4号炉の制御用空気だめの使用材料および使用条件を表2.2-13および表2.2-14に示す。

No.	部位
①	胴板
②	鏡板
③	マンホール
④	マンホール用ボルト
⑤	ガスケット
⑥	スカート
⑦	台板
⑧	基礎ボルト

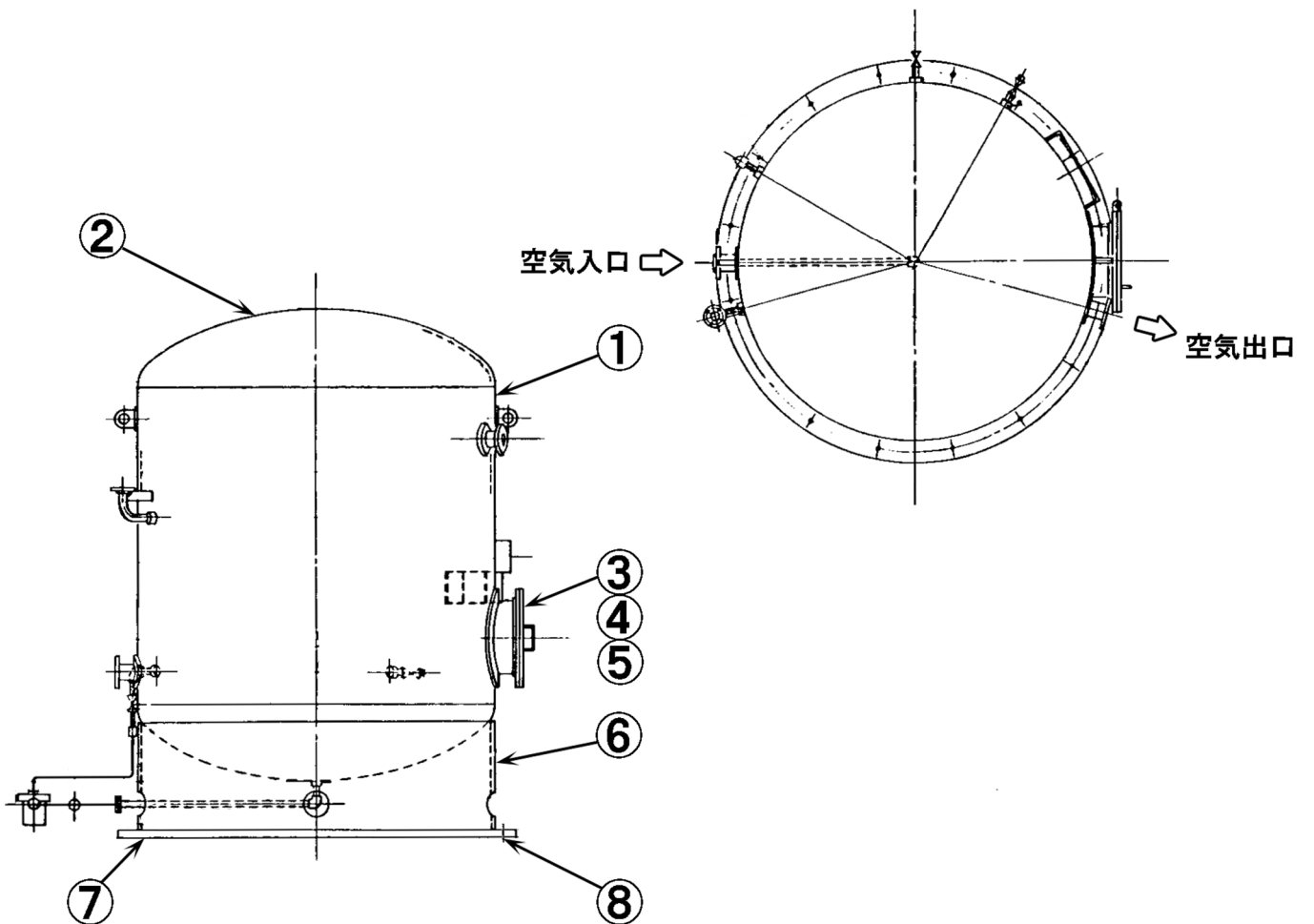


図2.2-8 大飯4号炉 制御用空気だめ構造図

表2.2-13 大飯4号炉 制御用空気だめ主要部位の使用材料

構成機器	部位	材料
制御用空気だめ	胴板	炭素鋼
	鏡板	炭素鋼
	マンホール	炭素鋼
	マンホール用ボルト	低合金鋼
	ガスケット	消耗品・定期取替品
	スカート	炭素鋼
	台板	炭素鋼
	基礎ボルト	炭素鋼

表2.2-14 大飯4号炉 制御用空気だめの使用条件

最高使用圧力	約0.8MPa[gage]
最高使用温度	約50℃
定格容量	約7m ³
内部流体	空気

2.2.8 制御用空気圧縮機計器

大飯4号炉の制御用空気圧縮機計器は、圧縮機運転モードの自動切替や圧縮機異常時に自動停止させる目的で、潤滑油圧力スイッチ、空気だめ圧力スイッチおよび空気温度検出器を設置している。

(1) 構造

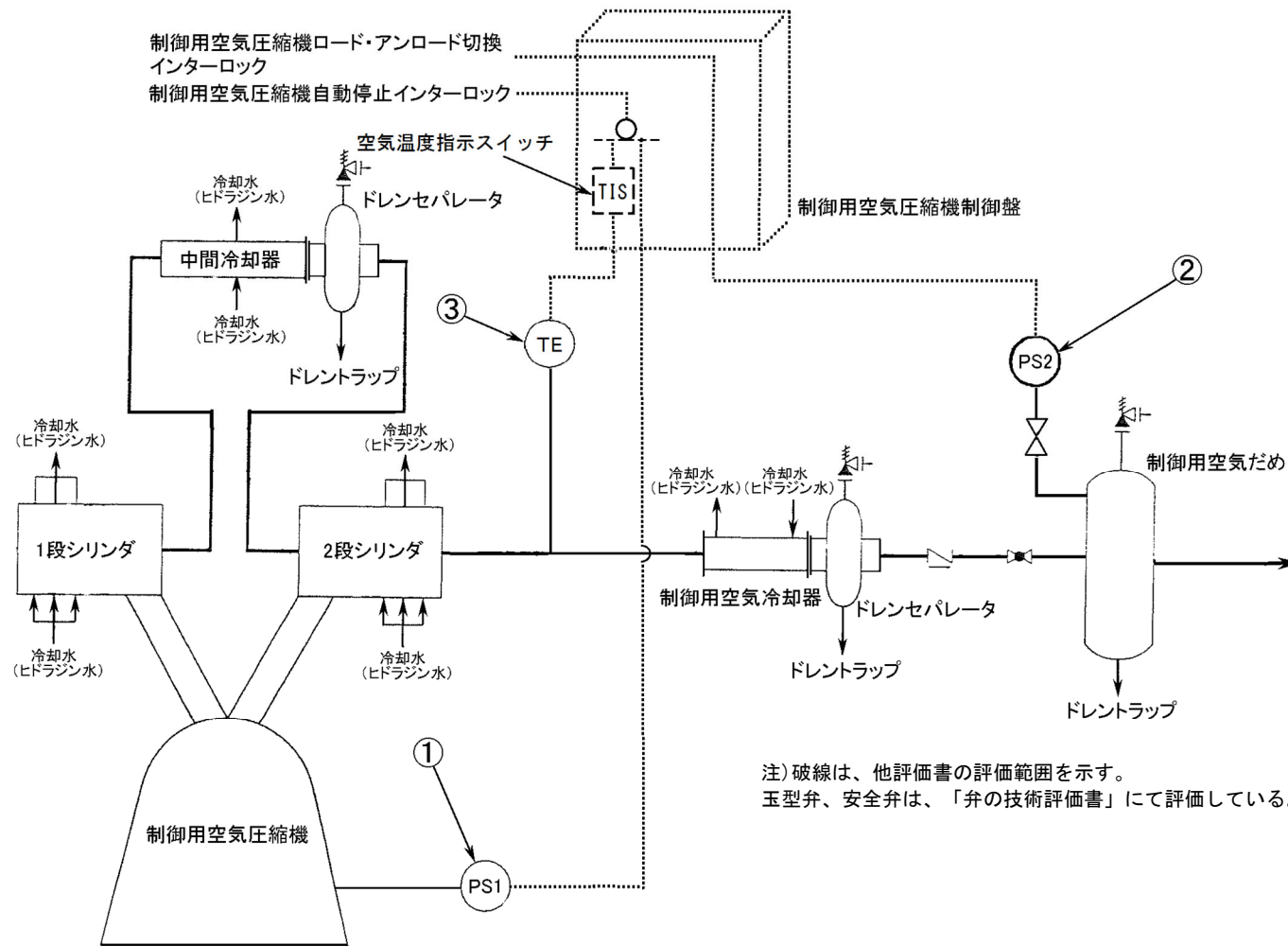
大飯4号炉の制御用空気圧縮機潤滑油圧力スイッチおよび空気だめ圧力スイッチは、圧縮機潤滑油圧力が異常に低下した場合の圧縮機自動停止信号および制御用空気だめ圧力が設定値に達した場合の圧縮機ロード／アンロード運転切替信号を発信する機能を有している。

大飯4号炉の制御用空気圧縮機空気温度検出器は、制御用空気圧縮機出口空気温度が異常に上昇した場合の圧縮機自動停止信号を発信する機能を有している。

大飯4号炉の制御用空気圧縮装置配管、弁および計器主要機器構成図を図2.2-9に示す。

(2) 材料および使用条件

大飯4号炉の制御用空気圧縮機潤滑油圧力スイッチ、空気だめ圧力スイッチおよび空気温度検出器の使用材料および使用条件を表2.2-15および表2.2-16に示す。



No.	部位
①	潤滑油圧カススイッチ
②	空気だめ圧カススイッチ
③	空気温度検出器

注) 破線は、他評価書の評価範囲を示す。
 玉型弁、安全弁は、「弁の技術評価書」にて評価している。

図2.2-9 大飯4号炉 制御用空気圧縮装置配管、弁および計器主要機器構成図

表2.2-15 大飯4号炉 制御用空気圧縮機計器主要部位の使用材料

部位	材料
潤滑油圧カスイッチ	消耗品・定期取替品
空気だめ圧カスイッチ	消耗品・定期取替品
空気温度検出器	ステンレス鋼ほか

表2.2-16 大飯4号炉 制御用空気圧縮機計器の使用条件

設置場所	原子炉周辺建屋
温度	約40℃

2.2.9 制御用空気圧縮装置配管

(1) 構造

大飯4号炉の制御用空気圧縮装置配管には、炭素鋼を使用している。

また、各配管はフランジまたは溶接によりほかの配管、機器に接続している。

なお、制御用空気だめ以降の配管および制御用空気乾燥器内の機器は、2.2.10章で評価する。

(2) 材料および使用条件

大飯4号炉の制御用空気圧縮装置配管の使用材料および使用条件を表2.2-17および表2.2-18に示す。

表2.2-17 大飯4号炉 制御用空気圧縮装置配管主要部位の使用材料

部位	材料
母管	炭素鋼
フランジボルト	炭素鋼
ガスケット	消耗品・定期取替品

表2.2-18 大飯4号炉 制御用空気圧縮装置配管の使用条件

最高使用圧力		約0.8MPa[gage]
最高使用温度	高温側*1	約200℃
	低温側*2	約50℃
内部流体		空気

*1：制御用空気冷却器より上流側

*2：制御用空気冷却器ドレンセパレータより下流側

2.2.10 制御用空気乾燥器

(1) 構造

大飯4号炉の制御用空気乾燥器は、吸着剤を充てんした吸着塔2塔を備え、器内の弁（四方弁）が自動的に切り替わることで、「吸着」と「再生」工程を両塔交互に行い、圧縮空気を連続して乾燥する構造である。

「再生」工程は「加熱」と「冷却」モードに分けられ、「加熱」モードでは圧縮空気の一部を再生空気加熱器を通過させることにより、高温空気を作り、先の「吸着」工程で吸着剤に吸着された水分を水蒸気状にして再生空気冷却器で冷却後、ドレンセパレータでドレン水を分離し器外へ排出する。また、「冷却」モードではヒータは切られ、「加熱」モードで熱くなった吸着剤を冷却し、次の「吸着」工程に備える運転状態である。

この一連の「再生」工程を行っている間、もう一方の塔では連続して空気を乾燥する「吸着」工程を行っている。

制御用空気乾燥器を構成する主要部位の吸着塔、再生空気加熱器および再生空気冷却器は炭素鋼を使用している。

大飯4号炉の制御用空気乾燥器の各機器の構造図を図2.2-10～図2.2-15に示す。

(2) 材料および使用条件

大飯4号炉の制御用空気乾燥器の使用材料および使用条件を表2.2-19および表2.2-20に示す。

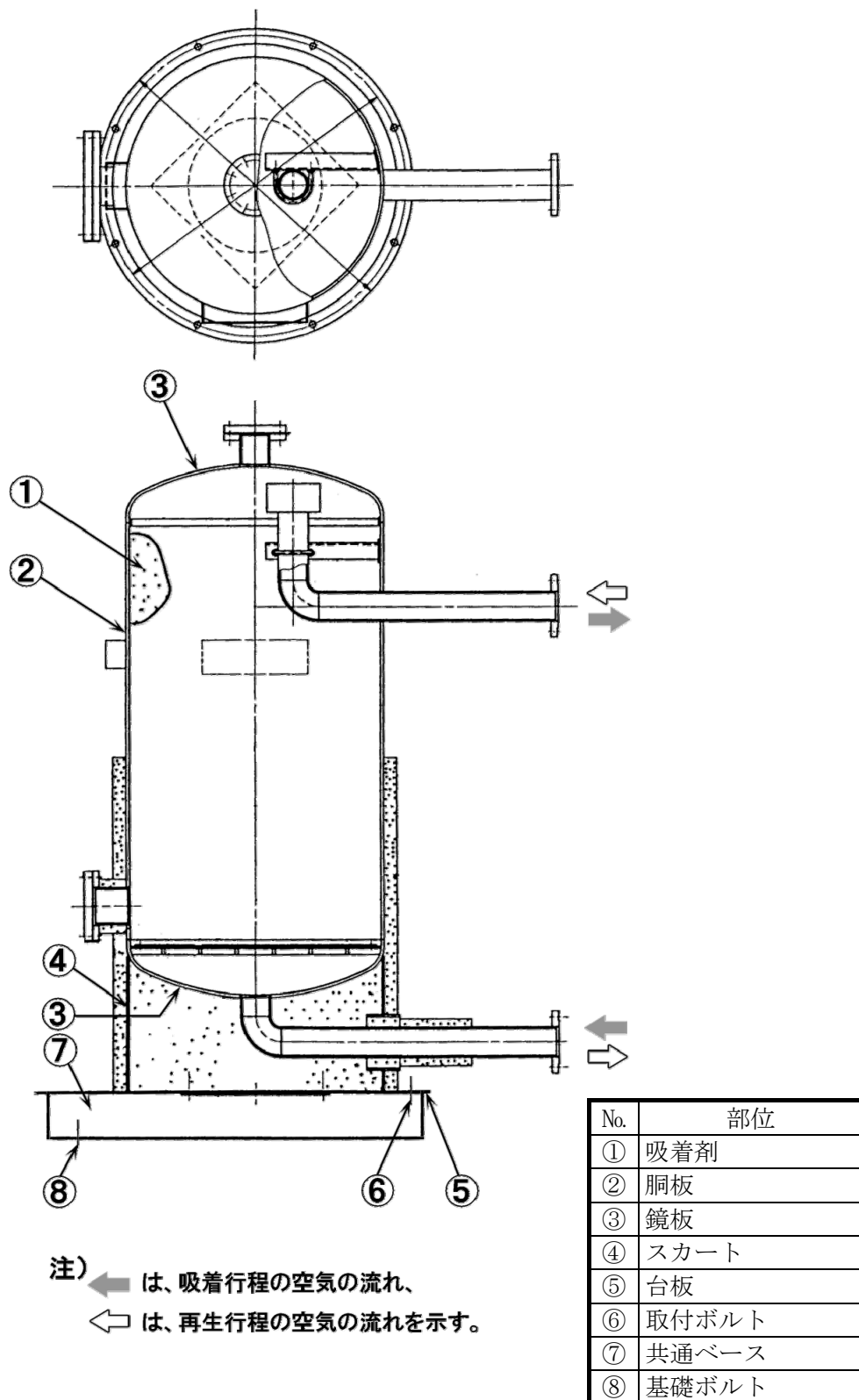


図2.2-10 大飯4号炉 制御用空気乾燥器 吸着塔構造図

No.	部位
①	電気ヒータ
②	胴板
③	管板
④	台板
⑤	取付ボルト

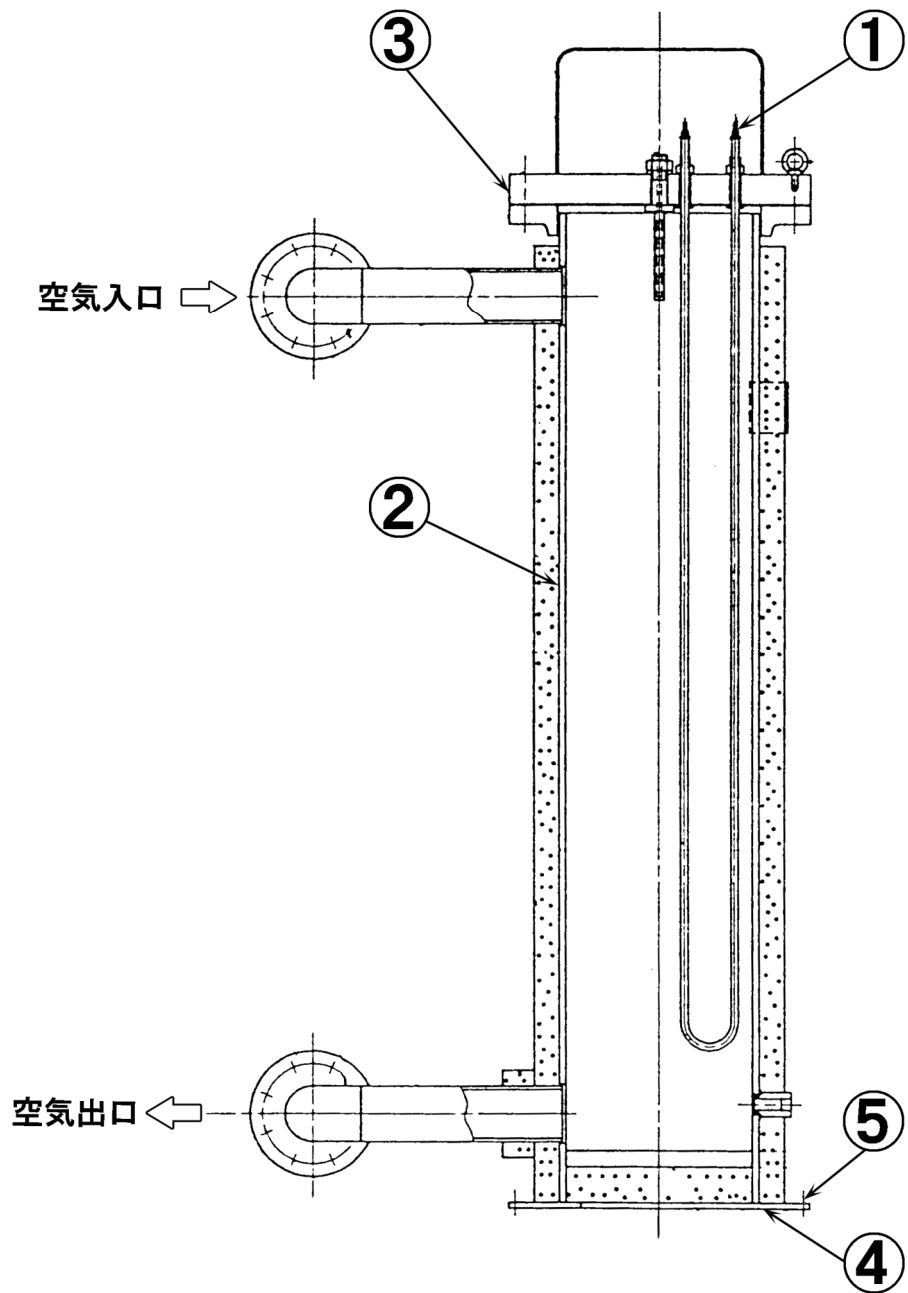


図2.2-11 大飯4号炉 制御用空気乾燥器 再生空気加熱器構造図

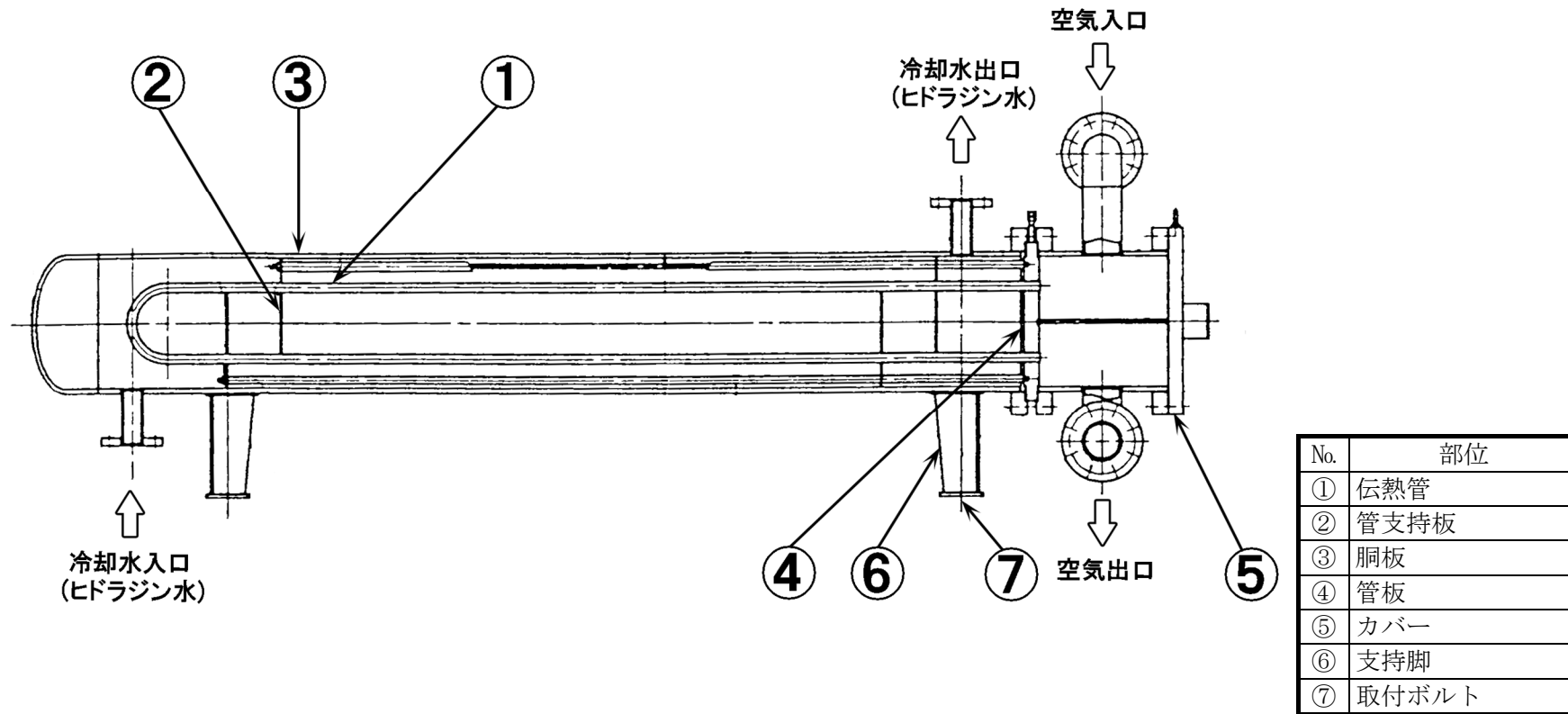
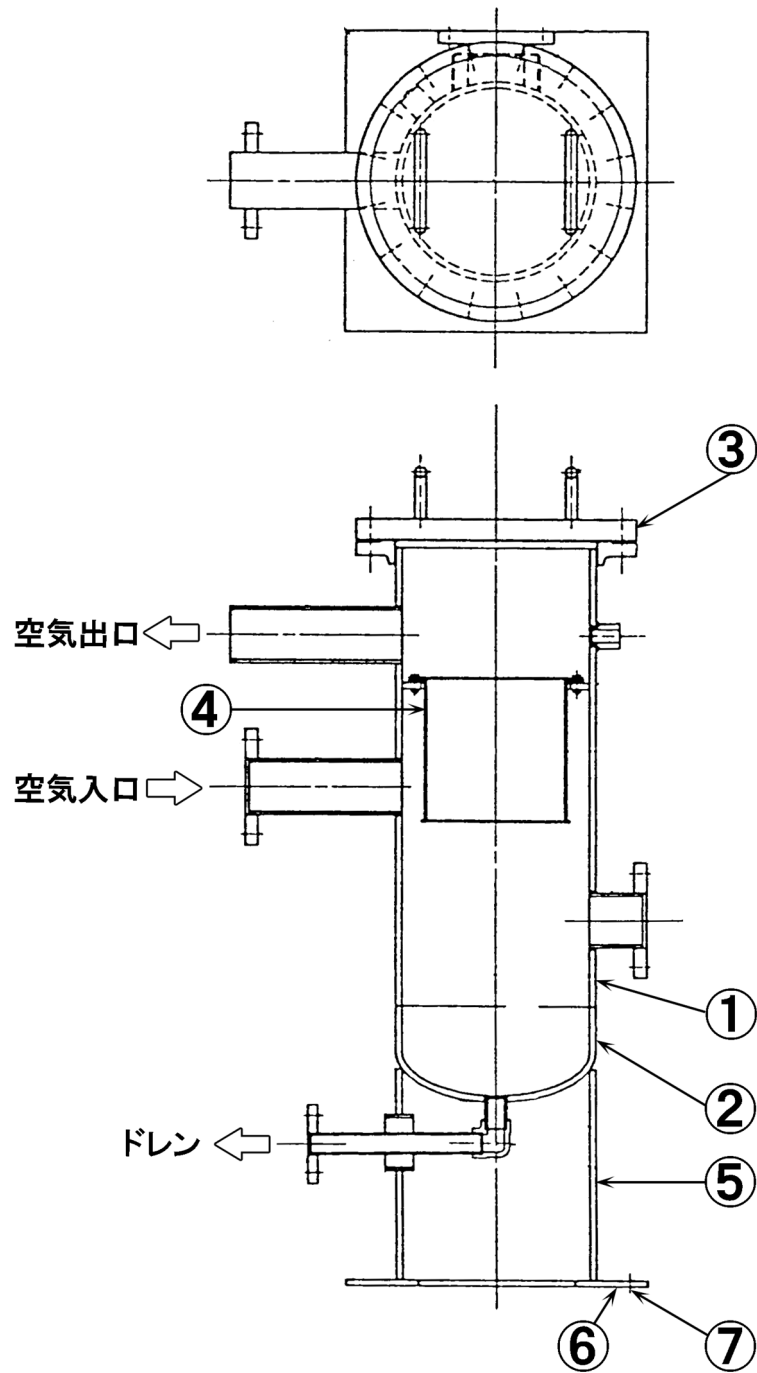
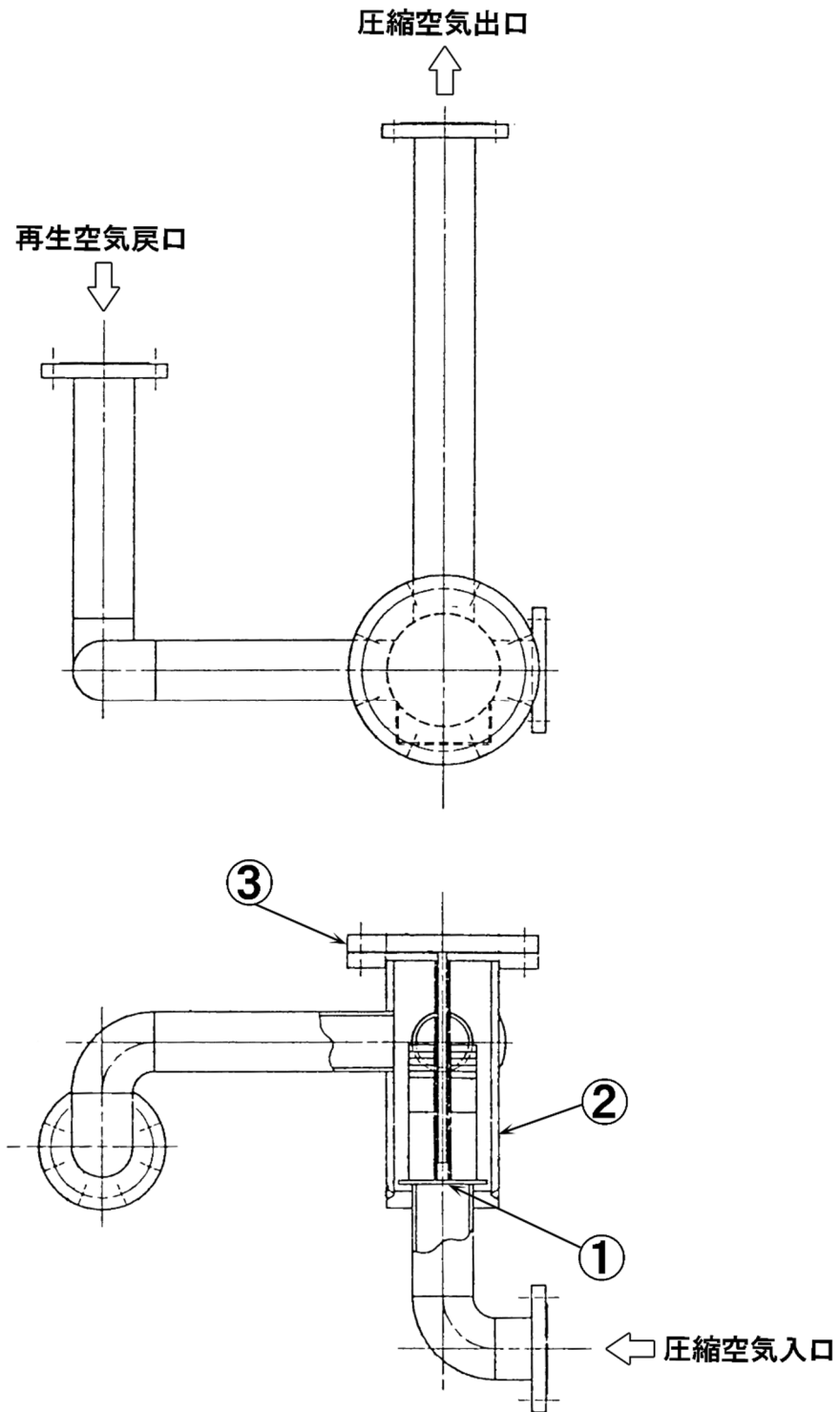


図2.2-12 大飯4号炉 制御用空気乾燥器 再生空気冷却器構造図



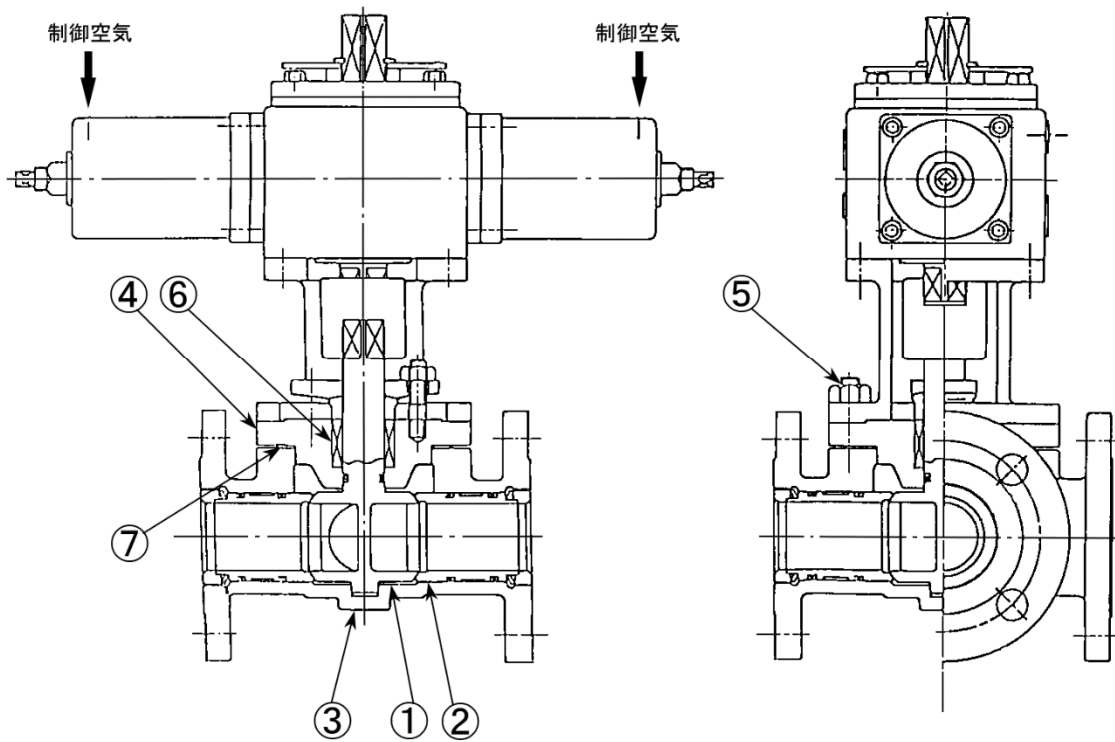
No.	部位
①	胴板
②	円錐板
③	蓋板
④	デミスタ
⑤	スカート
⑥	台板
⑦	取付ボルト

図2. 2-13 大飯4号炉 制御用空気乾燥器 ドレンセパレータ構造図



No.	部位
①	弁体
②	弁箱
③	フランジ

図2.2-14 大飯4号炉 制御用空気乾燥器 比例弁構造図



No.	部位
①	弁体
②	弁座
③	弁箱
④	弁蓋
⑤	弁蓋ボルト
⑥	グランドパッキン
⑦	ガスケット

図2.2-15 大飯4号炉 制御用空気乾燥器 四方弁構造図

表2.2-19(1/3) 大飯4号炉 制御用空気乾燥器主要部位の使用材料

構成機器	部位	材料
吸着塔	吸着剤	消耗品・定期取替品
	胴板	炭素鋼
	鏡板	炭素鋼
	スカート	炭素鋼
	台板	炭素鋼
	取付ボルト	炭素鋼
再生空気加熱器	電気ヒータ	消耗品・定期取替品
	胴板	炭素鋼
	管板	ステンレス鋼
	台板	炭素鋼
	取付ボルト	炭素鋼
再生空気冷却器	伝熱管	ステンレス鋼
	管支持板	ステンレス鋼
	胴板	炭素鋼
	管板	ステンレス鋼
	カバー	炭素鋼
	支持脚	炭素鋼
	取付ボルト	炭素鋼

表2.2-19(2/3) 大飯4号炉 制御用空気乾燥器主要部位の使用材料

構成機器	部位	材料
ドレンセパレータ	胴板	炭素鋼
	円錐板	炭素鋼
	蓋板	炭素鋼
	デミスタ	ステンレス鋼
	スカート	炭素鋼
	台板	炭素鋼
	取付ボルト	炭素鋼

表2.2-19(3/3) 大飯4号炉 制御用空気乾燥器主要部位の使用材料

構成機器	部位	材料
配管	母管	炭素鋼
	フランジボルト	炭素鋼
	ガスケット	消耗品・定期取替品
比例弁	弁体	ステンレス鋼
	弁箱	炭素鋼
	フランジ	炭素鋼
四方弁	弁体	ステンレス鋼 鋳鋼
	弁座	ステンレス鋼
	弁箱	ステンレス鋼 鋳鋼
	弁蓋	ステンレス鋼 鋳鋼
	弁蓋ボルト	ステンレス鋼
	グランドパッキン	消耗品・定期取替品
	ガスケット	消耗品・定期取替品
支持構造物組立品	共通ベース	炭素鋼
	基礎ボルト	炭素鋼

表2.2-20 大飯4号炉 制御用空気乾燥器の使用条件

	制御用空気除湿装置 (空気冷却器管側)	空気冷却器胴側
最高使用圧力	約0.8MPa[gage]	約1.4MPa[gage]
最高使用温度	約300℃	約95℃
内部流体	空気	ヒドラジン水

2.3 経年劣化事象の抽出

2.3.1 機能達成に必要な項目

制御用空気圧縮装置の機能である空気の圧縮、乾燥、容量（空気流量）確保の達成に必要な項目としては、次の5つの項目がある。

- ① 空気の圧縮、容量（空気流量）の確保
- ② 空気の乾燥
- ③ バウンダリの維持
- ④ 駆動機能の確保
- ⑤ 機器の支持

2.3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

制御用空気圧縮装置について、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の構造、材料および使用条件（内部流体、圧力、温度等）および現在までの運転経験を考慮し、表2.3-2に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象（表2.3-2で○となっているもの）としては以下の事象がある。

(1) 制御用空気圧縮機モータ固定子コイルおよび口出線の絶縁低下

固定子コイルおよび口出線の絶縁物は有機物であり、機械的、熱的、電氣的、環境的要因で経年劣化が進行し、絶縁性能の低下を起こす可能性があることから、経年劣化に対する評価が必要である。

2.3.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

以下の事象（表2.3-2で△または▲となっているもの）については、想定される経年劣化事象であるが、

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

に該当するものについては、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

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

なお、日常劣化管理事象ではない事象はない。

(1) 制御用空気圧縮機ケーシングおよび制御用空気だめ外面等の大気接触部の腐食（全面腐食）

ケーシングおよび空気だめ外面等の大気接触部で鋳鉄または炭素鋼を使用している部位は、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、巡視点検等で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することにより、機器の健全性を維持している。

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

(2) 制御用空気圧縮機ケーシング（内面）等の腐食（全面腐食）

ケーシング（内面）、ピストン、シリンダ（内面）、シリンダライナ（内外面）、中間冷却器邪魔板、中間冷却器管板（上流側）（冷却水側）、空気冷却器胴板（内面）、空気冷却器邪魔板、空気冷却器管板（上流側）（冷却水側）、制御用空気乾燥器再生空気冷却器の胴板（内面）および制御用空気乾燥器配管の吸着塔下流（内面）の鋳鉄または炭素鋼を使用している部位は、腐食が想定される。

しかしながら、ケーシング（内面）は油霧囲気であり、シリンダ（内面）、シリンダライナ（外面）、中間冷却器邪魔板、中間冷却器管板（上流側）（冷却水側）、空気冷却器胴板（内面）、空気冷却器管板（上流側）（冷却水側）および制御用空気乾燥器再生空気冷却器の胴板（内面）の内部流体はヒドラジン水（防錆剤注入水）であり、ピストン、シリンダライナ（内面）および制御用空気乾燥器配管の吸着塔下流（内面）の内部流体は空気であり、腐食が発生しがたい環境である。

また、中間冷却器伝熱管（空気側、冷却水側）および空気冷却器伝熱管（空気側、冷却水側）は銅合金であり、腐食が想定される。

しかしながら、内部流体はヒドラジン水（防錆剤注入水）または空気であり、腐食が発生しがたい環境である。

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

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(3) 制御用空気圧縮機主軸等の摩耗

主軸（連接棒メタルおよび軸受との接触部）、モータ主軸（軸受との接触部）、ピストンロッド、ピストンピン、クロスヘッド、クロスヘッドガイド、ピストンおよびシリンダライナについては、摺動部に摩耗が想定される。

しかしながら、分解点検時の寸法計測または目視確認により、状況を確認し、シリンダライナについては、内面をクロムメッキし、摺動するピストンリングを必要に応じて交換することにより、機器の健全性を維持している。

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

(4) 制御用空気圧縮機主軸等の腐食（全面腐食）

主軸、ピストンロッド、ピストンピン、接続棒、クロスヘッドおよびクロスヘッドガイドは鋳鉄または炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、油霧囲気があり、腐食が発生しがたい環境にある。

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

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(5) 制御用空気圧縮機主軸、ピストンロッド、接続棒、ピストンおよびモータ主軸の高サイクル疲労割れ

主軸、ピストンロッド、接続棒、ピストンおよびモータ主軸には、制御用空気圧縮機運転時に発生する応力により、疲労が蓄積し、高サイクル疲労割れが想定される。

しかしながら、設計時には高サイクル疲労を考慮しており、この設計上の考慮は経年的に変化するものではない。

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

なお、分解点検時の応力集中部に対する目視確認により、機器の健全性を確認している。

(6) 制御用空気圧縮機Vプーリの摩耗

Vプーリは、回転によりVベルトとの接触部に摩耗が想定される。

しかしながら、Vベルトの張力管理、Vプーリの目視確認および寸法計測により、機器の健全性を維持している。

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

(7) 制御用空気圧縮機中間冷却器伝熱管、制御用空気冷却器伝熱管および制御用空気乾燥器再生空気冷却器伝熱管の高サイクル疲労割れ

制御用空気圧縮機中間冷却器伝熱管、制御用空気冷却器伝熱管および制御用空気乾燥器再生空気冷却器伝熱管は外側を流れる冷却水により、伝熱管振動による高サイクル疲労割れが想定される。

しかしながら、共振を起こさない固有振動数となるようなスパンで支持されている。

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

なお、分解点検時の目視確認および漏えい確認により、機器の健全性を確認している。

(8) フランジボルト等の腐食（全面腐食）

フランジボルトおよびマンホール用ボルトは低合金鋼または炭素鋼であり、ガasketからの漏えいにより、内部流体によるボルトの腐食が想定される。

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

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

なお、巡視点検時等の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(9) 制御用空気圧縮機モータ固定子コアおよび回転子コアの腐食（全面腐食）

固定子コアおよび回転子コアは珪素鋼板であり、腐食が想定される。

しかしながら、ワニス処理により腐食を防止している。

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

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(10) 制御用空気圧縮機モータフレーム、端子箱およびブラケットの腐食（全面腐食）

端子箱は炭素鋼、フレームおよびブラケットは鋳鉄であり腐食が想定される。

しかしながら、内外面とも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、巡視点検等で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することにより、機器の健全性を維持している。

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

(11) 制御用空気圧縮機モータ回転子棒・エンドリングの疲労割れ

回転子棒・エンドリングについては、モータの起動時に発生する電磁力による繰り返し応力を受けるため、疲労割れが想定される。

しかしながら、発生応力は疲労強度より小さい。

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

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(12) 制御用空気だめ等の腐食（全面腐食）

制御用空気だめ等の湿り空気雰囲気中で炭素鋼を使用している部位は長期使用により腐食が想定される。

制御用空気だめの内面は塗装を施しているが、安全側に塗装がないと仮定して、酸素含有水中における炭素鋼の腐食挙動が放物線則に従うとして、運転開始後60年間の腐食量を評価した。その結果、表2.3-1に示すとおり運転開始後60年時点での推定腐食量は、設計上の腐れ代に対して小さいことから、急激な腐食の進行により機器の健全性に影響を与える可能性はないと考える。

表2.3-1 大飯4号炉 制御用空気だめの腐食評価結果

運転開始後60年時点での推定腐食量	腐れ代
約2/3以下	

また、制御用空気だめ、制御用空気圧縮機中間冷却器、制御用空気圧縮機中間冷却器ドレンセパレータ、制御用空気冷却器、制御用空気冷却器ドレンセパレータ、制御用空気圧縮装置配管、制御用空気乾燥器吸着塔、制御用空気乾燥器再生空気加熱器、制御用空気乾燥器再生空気冷却器、制御用空気乾燥器ドレンセパレータ、制御用空気乾燥器比例弁、制御用空気乾燥器配管（吸着塔上流）については、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を維持している。

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

(13) 制御用空気圧縮機空気温度検出器の特性変化

空気温度検出器は長期間の使用に伴い、検出特性および信号伝達特性の変化が想定される。

しかしながら、検出器は、耐食性等を考慮した材料を選定し設計しており、また屋内に設置されていることから環境変化の程度が小さく、短期間で入出力特性が変化する可能性は小さいと考える。

また、抵抗測定および絶縁抵抗測定により、機器の健全性を維持している。

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

(14) 制御用空気乾燥器比例弁および四方弁の弁体等の摩耗

制御用空気乾燥器比例弁の弁体、四方弁の弁体および弁座については、内部流体中の異物との衝突および開閉による摩耗が想定される。

しかしながら、制御用空気圧縮機入口には吸気フィルタを設置し異物を除去している。

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

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(15) 基礎ボルトの腐食（全面腐食）

基礎ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

基礎ボルトの健全性評価については各機器で共通であることから、本評価書の「基礎ボルト」にてまとめて評価を実施する。

2.3.4 消耗品および定期取替品

吸気フィルタ、吸込弁、吐出弁、軸受（ころがり）、グランドパッキン、ガスケット、Oリングおよび吸着剤は分解点検時に取替える消耗品であり、接続棒メタル、ピストンリングおよび電気ヒータは分解点検時の目視確認、摺動部の寸法計測または絶縁抵抗測定の結果に基づき取替える消耗品である。また、Vベルト、油ポンプ歯車、潤滑油圧カスイッチおよび空気だめ圧カスイッチは定期取替品である。いずれも、長期使用はせず取替を前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

表2.3-2(1/13) 大飯4号炉 制御用空気圧縮機に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象						備考	
				減肉		割れ		材質変化			その他
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
空気の圧縮、容量(空気流量)の確保	ケーシング		鋳鉄		△(外面) △(内面)					*1: 接続棒大端 メタルとの接触部 *2: 軸受部 *3: 高サイクル疲労割れ	
	吸気フィルタ	◎	—								
	主軸		鋳鉄	△*1 △*2	△	△*3					
	油ポンプ歯車	◎	—								
	ピストンロッド		炭素鋼	△	△	△*3					
	ピストンピン		炭素鋼	△	△						
	接続棒		鋳鉄		△	△*3					
	接続棒メタル	◎	—								
	クロスヘッド		鋳鉄	△	△						
	クロスヘッドガイド		鋳鉄	△	△						
	ピストン		アルミニウム合金、鋳鉄	△	△	△*3					
	シリンダ		鋳鉄		△(外面) △(内面)						
	シリンダライナ		炭素鋼(メッキ)	△	△(外面) △(内面)						
	吸込弁	◎	—								
	吐出弁	◎	—								
	ピストンリング	◎	—								
	軸受(ころがり)	◎	—								
グランドパッキン	◎	—									
駆動機能の確保	Vベルト	◎	—								
	Vプーリ		鋳鉄	△	△						
機器の支持	台板		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2.3-2(2/13) 大飯4号炉 制御用空気圧縮機中間冷却器に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
				減肉		割れ		材質変化		その他	
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
空気の圧縮、容量(空気流量)の確保	伝熱管		銅合金		△(空気側) △(冷却水側)	△*1					*1: 高サイクル疲労割れ
	邪魔板		炭素鋼		△						
	管板(上流側)		炭素鋼		△(外面) △(冷却水側)						
	管板(下流側)		ステンレス鋼								
	胴板		炭素鋼		△(空気側) △(外面)						
	フランジボルト		低合金鋼		△						
	ガスケット	◎	—								

△: 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象(日常劣化管理事象)

表2.3-2(3/13) 大飯4号炉 制御用空気圧縮機中間冷却器ドレンセパレータに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
				減肉		割れ		材質変化		その他	
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
空気の乾燥	デミスタ		ステンレス鋼								
バウンダリの維持	胴板		炭素鋼		△(外面) △(内面)						
	平板		炭素鋼		△(外面) △(内面)						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.3-2(4/13) 大飯4号炉 制御用空気圧縮機モータに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象						備考	
				減肉		割れ		材質変化			その他
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
駆動機能の確保	固定子コア		珪素鋼板		△					*1:絶縁低下 *2:高サイクル疲労割れ	
	フレーム		鋳鉄		△						
	固定子コイル		銅、マイカ、エポキシ樹脂						○*1		
	口出線・接続部品		銅、シリコンゴム、マイカ、エポキシ樹脂						○*1		
	端子箱		炭素鋼		△						
	回転子棒・エンドリング		銅合金			△					
	回転子コア		珪素鋼板		△						
	主軸		炭素鋼	△		△*2					
	ブラケット		鋳鉄		△						
	軸受(ころがり)	◎	—								
機器の支持	取付ボルト		炭素鋼		△						

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.3-2(5/13) 大飯4号炉 制御用空気冷却器に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
				減肉		割れ		材質変化		その他	
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
空気の圧縮、容量(空気流量)の確保	伝熱管		銅合金		△(空気側) △(冷却水側)	△*1					*1：高サイクル疲労割れ
	邪魔板		炭素鋼		△						
バウンダリの維持	管板(上流側)		炭素鋼		△(空気側) △(冷却水側)						
	管板(下流側)		ステンレス鋼								
	胴板		炭素鋼		△(外面) △(内面)						
	フランジボルト		低合金鋼		△						
	ガスケット	◎	—								
	Oリング	◎	—								
機器の支持	台板		炭素鋼		△						
	取付ボルト		炭素鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.3-2(6/13) 大飯4号炉 制御用空気冷却器ドレンセパレータに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
				減肉		割れ		材質変化		その他	
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
空気の乾燥	バッフル		炭素鋼		△						
バウンダリの維持	胴板		炭素鋼		△(外面) △(内面)						
	鏡板		炭素鋼		△(外面) △(内面)						
機器の支持	台板		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2.3-2(7/13) 大飯4号炉 制御用空気だめに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品・ 定期 取替品	材料	経年劣化事象							備考
				減肉		割れ		材質変化		その他	
				摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの 維持	胴板		炭素鋼		△(内面) △(外面)						
	鏡板		炭素鋼		△(内面) △(外面)						
	マンホール		炭素鋼		△(内面) △(外面)						
	ガスケット	◎	—								
	マンホール用ボルト		低合金鋼		△						
機器の支持	スカート		炭素鋼		△						
	台板		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2.3-2(8/13) 大飯4号炉 制御用空気圧縮機計器に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
				減肉		割れ		材質変化		その他	
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
空気の圧縮、容量(空気流量)の確保	潤滑油圧力スイッチ	◎	—								*1：特性変化
	空気だめ圧力スイッチ	◎	—								
	空気温度検出器		ステンレス鋼ほか							△*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2.3-2(9/13) 大飯4号炉 制御用空気圧縮装置配管に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品 ・定期 取替品	材料	経年劣化事象							備考
				減肉		割れ		材質変化		その他	
				摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの 維持	母管		炭素鋼		△(内面) △(外面)						
	フランジボルト		炭素鋼		△						
	ガスケット	◎	—								

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.3-2(10/13) 大飯4号炉 制御用空気乾燥器に想定される経年劣化事象(1/4)

機能達成に必要な項目	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
				減肉		割れ		材質変化		その他	
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
空気の乾燥	吸着塔・吸着剤	◎	—								*1:高サイクル疲労割れ
	再生空気加熱器・電気ヒータ	◎	—								
	再生空気冷却器・伝熱管		ステンレス鋼			△*1					
	再生空気冷却器・管支持板		ステンレス鋼								
	ドレンセパレータ・デミスタ		ステンレス鋼								
	比例弁・弁体		ステンレス鋼	△							
	四方弁・弁体		ステンレス鋼鋳鋼	△							
	四方弁・弁座		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2.3-2(11/13) 大飯4号炉 制御用空気乾燥器に想定される経年劣化事象(2/4)

機能達成に必要な項目	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
				減肉		割れ		材質変化		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	吸着塔・胴板		炭素鋼		△(内面) △(外面)						
	吸着塔・鏡板		炭素鋼		△(内面) △(外面)						
	再生空気加熱器・胴板		炭素鋼		△(内面) △(外面)						
	再生空気加熱器・管板		ステンレス鋼								
	再生空気冷却器・胴板		炭素鋼		△(内面) △(外面)						
	再生空気冷却器・管板		ステンレス鋼								
	再生空気冷却器・カバー		炭素鋼		△(内面) △(外面)						
	ドレンセパレータ・胴板		炭素鋼		△(内面) △(外面)						
	ドレンセパレータ・円錐板		炭素鋼		△(内面) △(外面)						
	ドレンセパレータ・蓋板		炭素鋼		△(内面) △(外面)						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.3-2(12/13) 大飯4号炉 制御用空気乾燥器に想定される経年劣化事象(3/4)

機能達成に必要な項目	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
				減肉		割れ		材質変化		その他	
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	配管・母管		炭素鋼		△(内面)*1 △(内面)*2 △(外面)						*1:吸着塔上流 *2:吸着塔下流
	配管・フランジボルト		炭素鋼		△						
	配管・ガスケット	◎	—								
	比例弁・弁箱		炭素鋼		△(内面) △(外面)						
	比例弁・フランジ		炭素鋼		△(内面) △(外面)						
	四方弁・弁箱		ステンレス鋼 鋳鋼								
	四方弁・弁蓋		ステンレス鋼 鋳鋼								
	四方弁・弁蓋ボルト		ステンレス鋼								
	四方弁・グランドパッキン	◎	—								
	四方弁・ガスケット	◎	—								

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.3-2(13/13) 大飯4号炉 制御用空気乾燥器に想定される経年劣化事象(4/4)

機能達成に必要な項目	部位	消耗品 ・定期 取替品	材料	経年劣化事象							備考
				減肉		割れ		材質変化		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	吸着塔・スカート		炭素鋼		△						
	吸着塔・台板		炭素鋼		△						
	吸着塔・取付ボルト		炭素鋼		△						
	再生空気加熱器・台板		炭素鋼		△						
	再生空気加熱器・取付ボルト		炭素鋼		△						
	再生空気冷却器・支持脚		炭素鋼		△						
	再生空気冷却器・取付ボルト		炭素鋼		△						
	ドレンセパレータ・スカート		炭素鋼		△						
	ドレンセパレータ・台板		炭素鋼		△						
	ドレンセパレータ・取付ボルト		炭素鋼		△						
	共通ベース		炭素鋼		△						
基礎ボルト		炭素鋼		△							

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

2.4 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

2.4.1 制御用空気圧縮機モータの固定子コイルおよび口出線の絶縁低下

a. 事象の説明

固定子コイルおよび口出線の絶縁低下については、低圧ポンプモータと同様であることから、「ポンプモータの技術評価書」低圧ポンプモータの固定子コイルおよび口出線の絶縁低下の事象の説明を参照のこと。

b. 技術評価

制御用空気圧縮機モータの電圧区分、使用環境等は、低圧ポンプモータと同様であることから、固定子コイルおよび口出線の絶縁低下に対する技術評価については、「ポンプモータの技術評価書」低圧ポンプモータの固定子コイルおよび口出線の絶縁低下に対する技術評価を参照のこと。

c. 高経年化への対応

制御用空気圧縮機モータの電圧区分、使用環境等は、低圧ポンプモータと同様であることから、固定子コイルおよび口出線の絶縁低下に対する高経年化への対応については、「ポンプモータの技術評価書」低圧ポンプモータの固定子コイルおよび口出線の絶縁低下に対する高経年化への対応を参照のこと。

3. 代表機器以外への展開

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

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

① ディーゼル発電機設備起動空気圧縮機

3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

3.1.1 ケーシング等大気接触部の腐食（全面腐食）

ケーシング等の大気接触部で鋳鉄または炭素鋼を使用している部位は、腐食が想定される。

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

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

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

3.1.2 ケーシング（内面）等の腐食（全面腐食）

ケーシング（内面）、主軸、油ポンプ歯車、連接棒、シリンダヘッド（内面）およびシリンダ（内面）の鋳鉄、炭素鋼または炭素鋼鋳鋼を使用している部位は、腐食が想定される。

しかしながら、ケーシング（内面）等は油霧囲気であり、腐食が発生しがたい環境である。

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

また、クーラ（1段、2段）伝熱部はアルミニウム、クーラ（3段）伝熱管は銅、ドレンセパレータ（1段、2段）およびクーラ（3段）の伝熱管接続部は炭素鋼または炭素鋼鋳鋼であり腐食が想定される。

しかしながら、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

3.1.3 主軸等の摩耗

主軸（クランクピンメタルおよび軸受との接触部）、シリンダ、ピストンおよびピストンピンについては、摺動部に摩耗が想定される。

しかしながら、巡視点検時および試運転時における振動確認または分解点検時の寸法計測により、機器の健全性を維持している。

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

3.1.4 主軸等の高サイクル疲労割れ

主軸、連接棒およびピストンには、運転時に発生する応力により、疲労が蓄積し、高サイクル疲労割れが想定される。

しかしながら、設計時には高サイクル疲労を考慮しており、この設計上の考慮は経年的に変化するものではない。

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

なお、巡視点検時の振動確認および試運転時における振動確認または分解点検時の応力集中部に対する目視確認により、機器の健全性を確認している。

3.1.5 起動空気圧縮機Vプーリの摩耗

Vプーリは、回転によりVベルトとの接触部に摩耗が想定される。

しかしながら、Vベルトの張力管理、Vプーリの目視確認および寸法計測により、機器の健全性を維持している。

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

3.1.6 基礎ボルトの腐食（全面腐食）

基礎ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

基礎ボルトの健全性評価については各機器で共通であることから、本評価書の「基礎ボルト」にてまとめて評価を実施する。

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

3.1.7 油ポンプ歯車の摩耗

油ポンプは歯車ポンプであり、歯車には摩擦による摩耗が想定される。

しかしながら、歯車には、潤滑油を供給し摩耗を防止していることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

3 燃料取扱設備

- 3. 1 燃料取扱設備（クレーン関係）
- 3. 2 燃料移送装置
- 3. 3 新燃料貯蔵設備

本技術評価書は、大飯4号炉で使用されている燃料取扱設備の高経年化に係わる技術評価についてまとめたものである。

大飯4号炉で使用されている燃料取扱設備は、クレーン関係および装置関係に大きく分かれ、型式等でグループ化すると3つのグループに分類されるため、本評価書においては、これら対象設備3種類についての技術評価を行う。

本評価書では、燃料取扱設備の型式等を基に、以下の3つに分類している。

3. 1 燃料取扱設備（クレーン関係）
3. 2 燃料移送装置
3. 3 新燃料貯蔵設備

3. 1 燃料取扱設備（クレーン関係）

[対象機器]

- ① 燃料取替クレーン
- ② 使用済燃料ピットクレーン
- ③ 補助建屋クレーン

目次

1. 技術評価対象機器および代表機器の選定	1
1.1 グループ化の考え方および結果	1
1.2 代表機器の選定	1
2. 代表機器の技術評価	3
2.1 構造、材料および使用条件	3
2.2 経年劣化事象の抽出	21
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価	35
3. 代表機器以外への展開	39
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象	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	41

1. 技術評価対象機器および代表機器の選定

大飯4号炉で使用されている燃料取扱設備（クレーン関係）の主な仕様を表1-1に示す。

これらの燃料取扱設備（クレーン関係）を型式の観点からグループ化し、以下のとおり代表機器を選定した。

1.1 グループ化の考え方および結果

表1-1に示す燃料取扱設備（クレーン関係）について、いずれの燃料取扱設備（クレーン関係）も同様の構造を有していることから、1つのグループとして分類される。

1.2 代表機器の選定

使用条件として使用温度が高い燃料取替クレーンを代表機器とする。

表1-1 大飯4号炉 燃料取扱設備の主な仕様

分離基準	機器名称 (台数)	選定基準				代表機器の選定	
		重要度*1	仕様	使用条件		代表機器	選定理由
				運転状態	使用温度		
クレーン	燃料取替クレーン (1)	PS-2	容量×揚程： 燃料集合体1体分×約8.5m	一時	気中：約49℃ 水中：約40℃	◎	使用温度
	使用済燃料ピットクレーン (1)	PS-2	容量×揚程： 約19.6kN×約9.5m	一時	気中：約40℃ 水中：約40℃		
	補助建屋クレーン (1)	PS-2	容量×揚程： 約1226kN×約23.1m(主巻) 約196kN×約23.1m(補巻)	一時	気中：約40℃		

*1：機能は最上位の機能を示す。

2. 代表機器の技術評価

本章では1章で代表機器とした以下の燃料取扱設備（クレーン関係）について技術評価を実施する。

① 燃料取替クレーン

2.1 構造、材料および使用条件

2.1.1 燃料取替クレーン

(1) 構造

大飯4号炉の燃料取替クレーンはトロリ上で操作を行う橋形クレーンであり、原子炉格納容器内での燃料交換に供される装置で、原子炉キャビティ上をまたいで設置されている。

走行レール上を走行するブリッジ、ブリッジ上を横行するトロリ、トロリ上に据付けたアップストラクチャ、マストチューブ、マストチューブ内に取り付けられた燃料集合体を取り扱うグリッパチューブ、グリッパおよび制御盤より構成される。

大飯4号炉の燃料取替クレーンの構造を図2.1-1～12に示す。

(2) 材料および使用条件

大飯4号炉の燃料取替クレーンの使用材料および使用条件を表2.1-1、表2.1-2に示す。

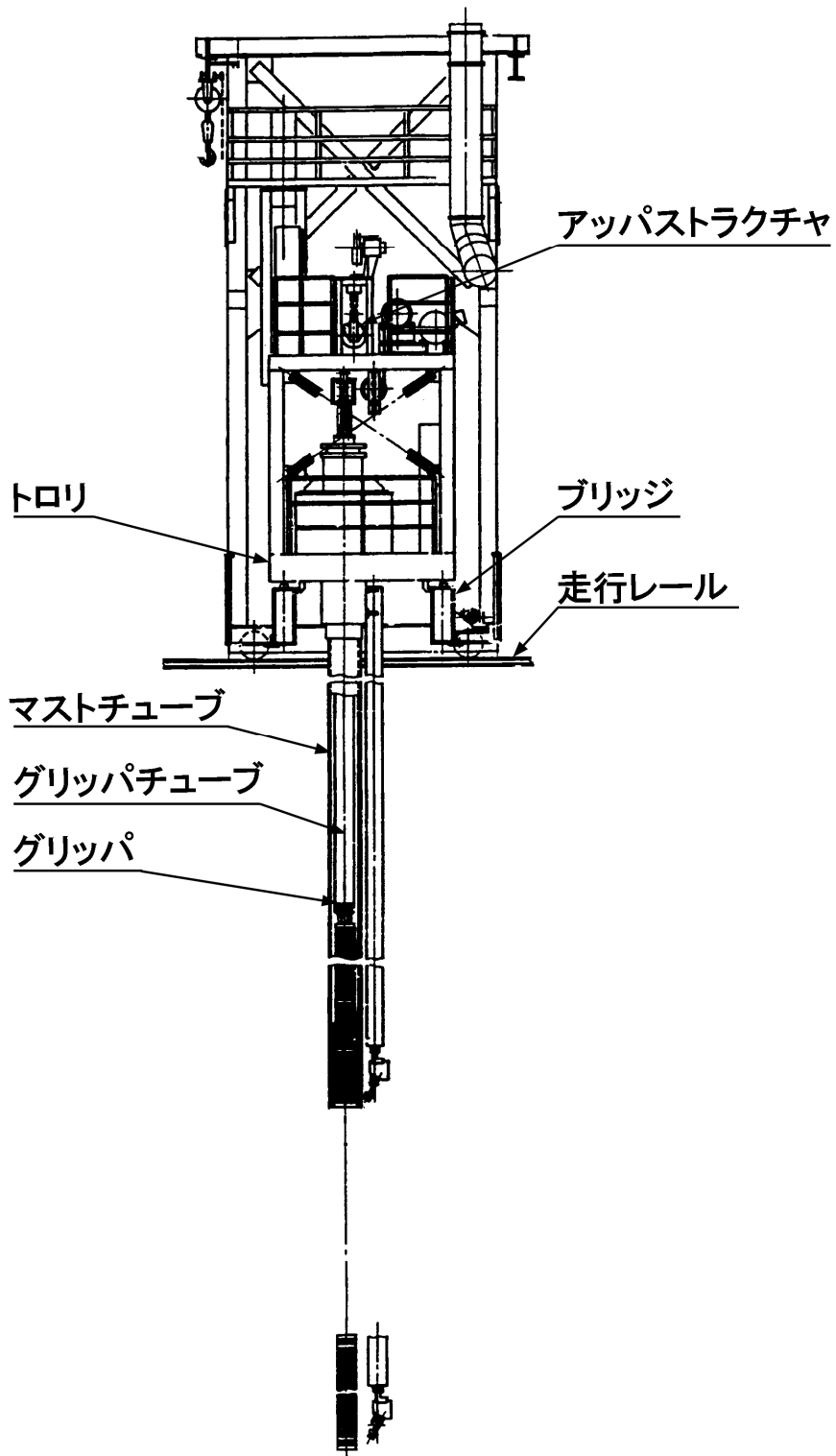
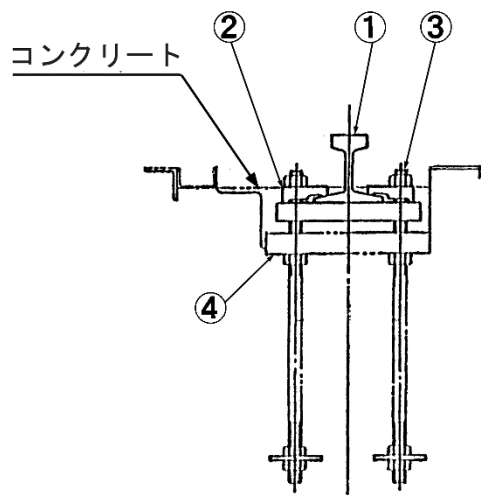
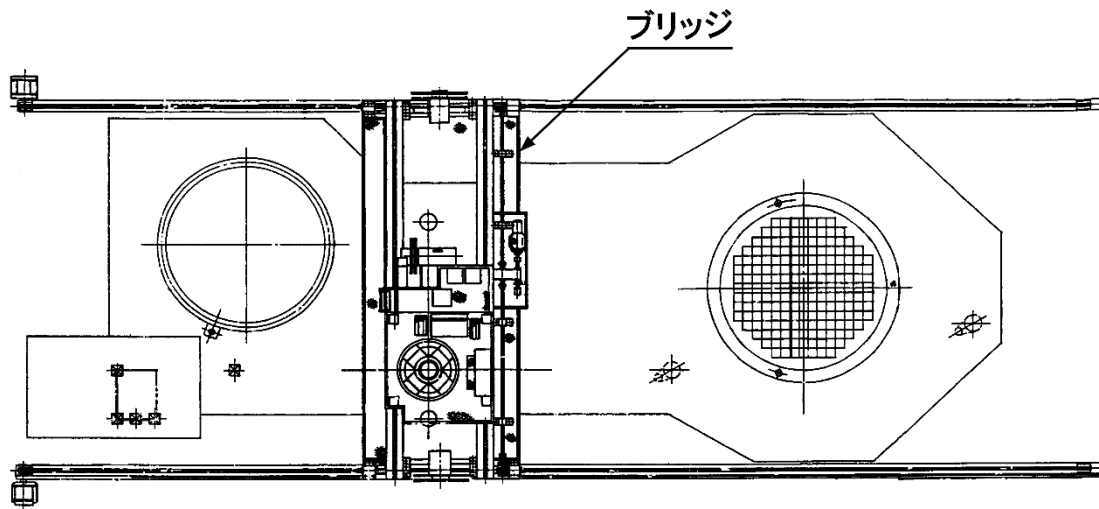
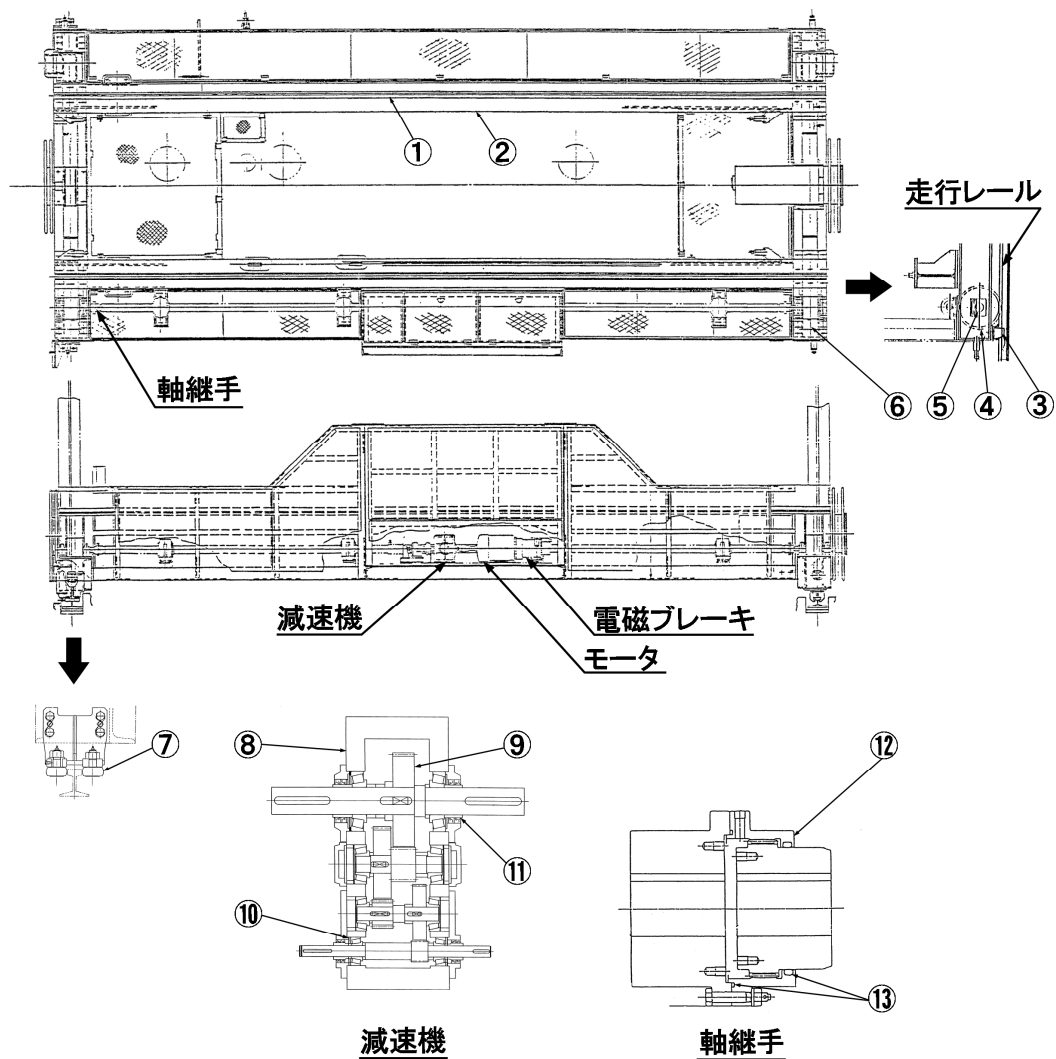


図2.1-1 大飯4号炉 燃料取替クレーン 全体構成図



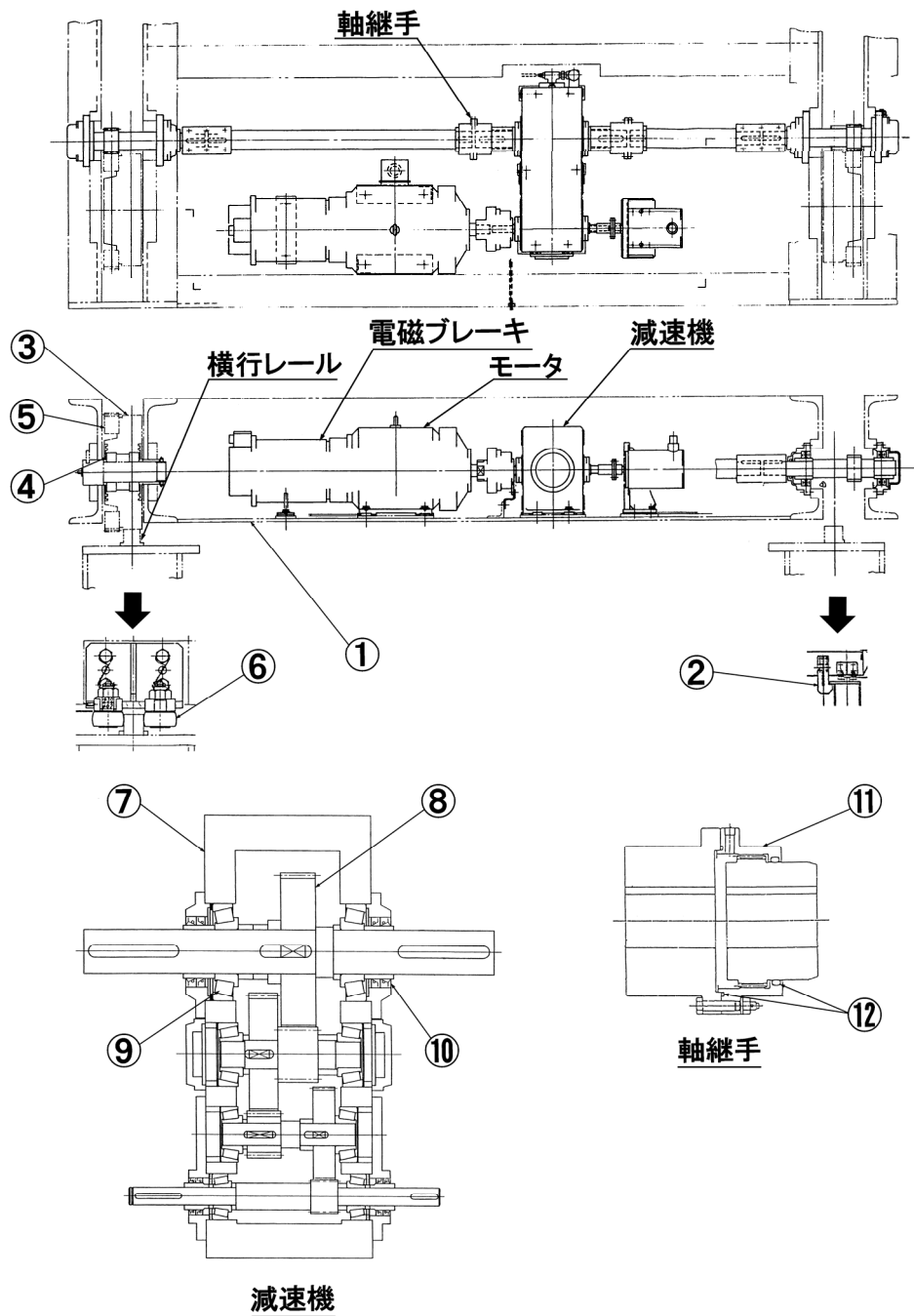
No.	部位
①	走行レール
②	レール押さえ
③	基礎ボルト
④	埋込金物

図2.1-2 大飯4号炉 燃料取替クレーン 走行レール構造図



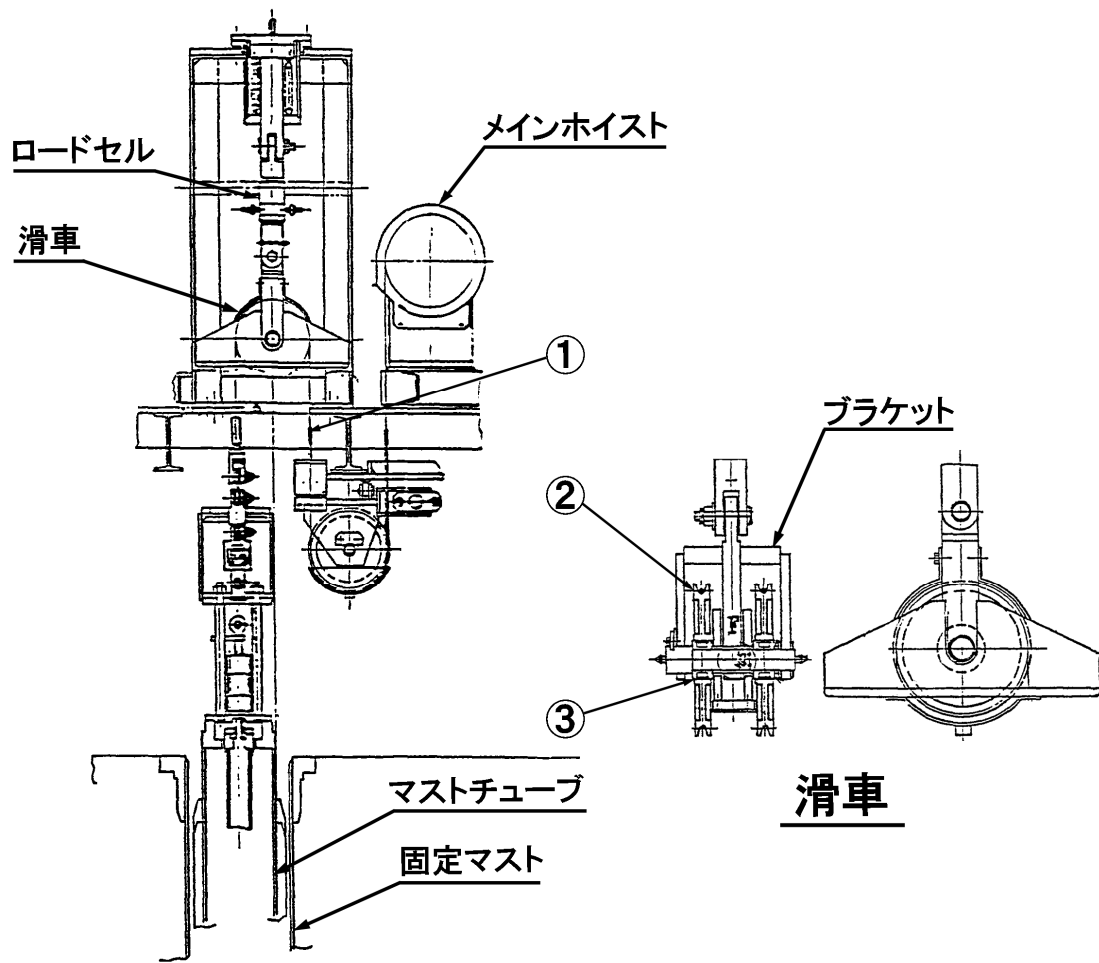
No.	部位	No.	部位	
①	横行レール	⑧	減速機	ケーシング
②	ブリッジガータ	⑨		歯車
③	転倒防止金具	⑩		軸受(ころがり)
④	車輪	⑪		オイルシール
⑤	車輪軸受(ころがり)	⑫	軸継手	ケーシング
⑥	車輪部歯車	⑬		Ｏリング
⑦	ガイドローラ			

図2.1-3 大飯4号炉 燃料取替クレーン ブリッジ構造図



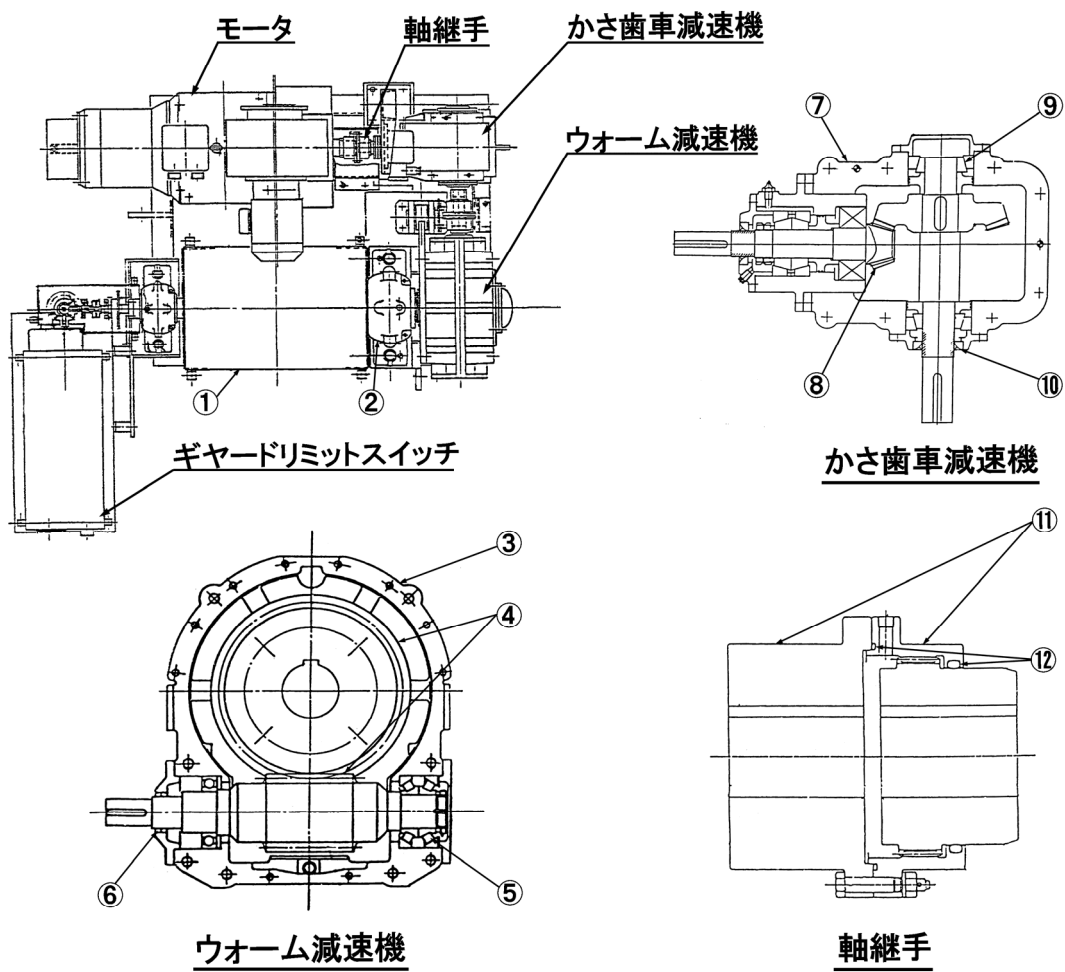
No.	部位	No.	部位	
①	トロリ架台	⑦	減速機	ケーシング
②	転倒防止金具	⑧		歯車
③	車輪	⑨		軸受(ころがり)
④	車輪軸受(ころがり)	⑩		オイルシール
⑤	車輪部歯車	⑪	軸継手	ケーシング(歯車)
⑥	ガイドローラ	⑫		Ｏリング

図2.1-4 大飯4号炉 燃料取替クレーン トロリ構造図



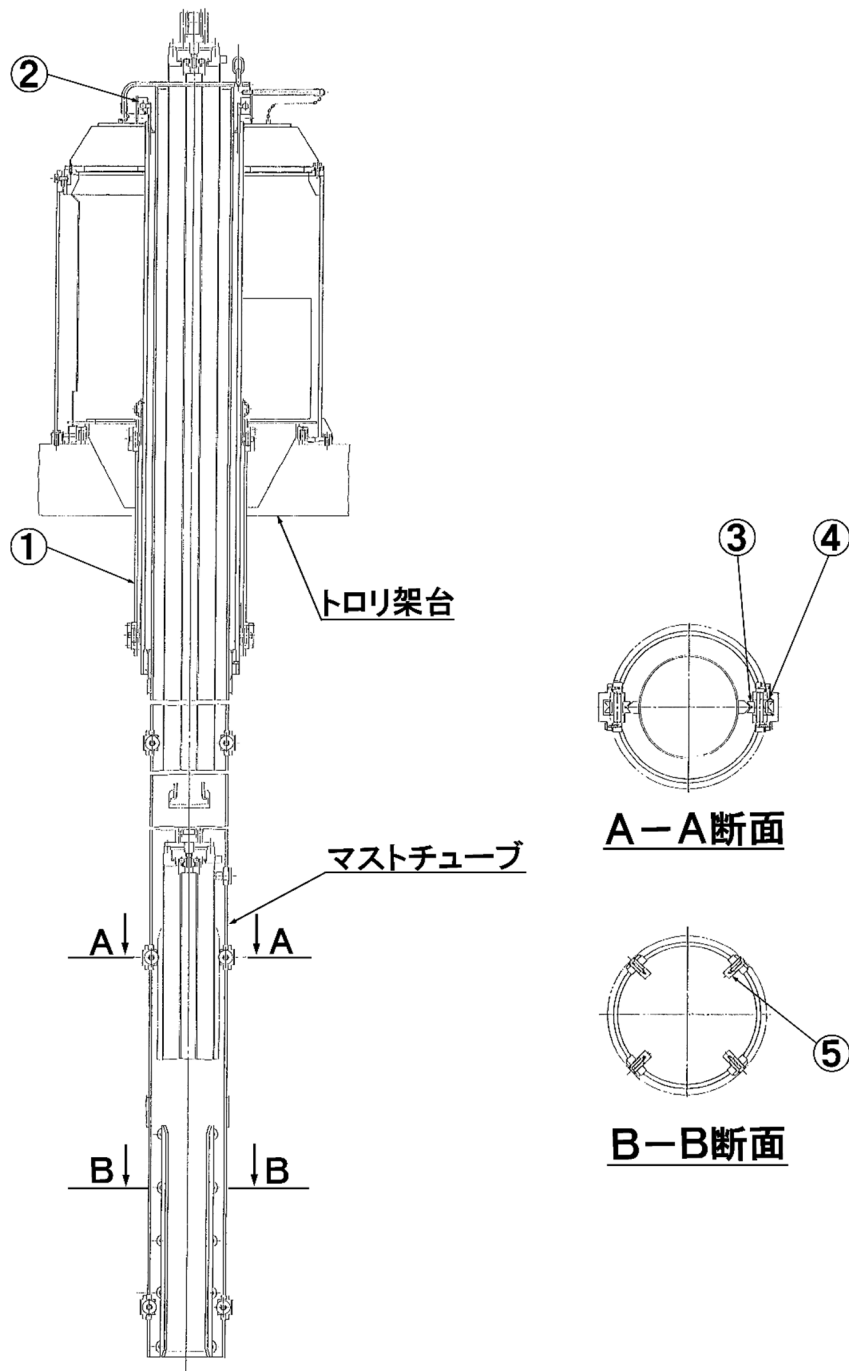
No.	部位	
①	ワイヤロープ	
②	滑車	シーブ
③		軸受(ころがり)

図2.1-5 大飯4号炉 燃料取替クレーン アップストラクチャ部構造図



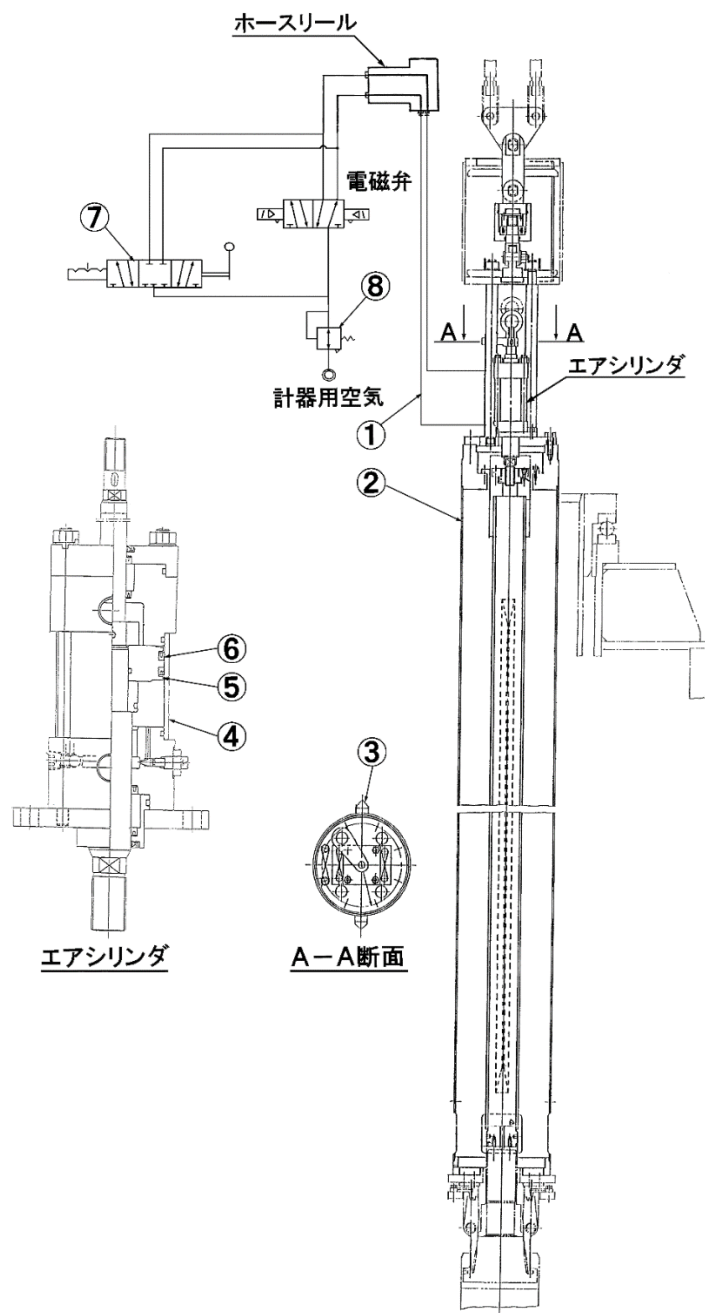
No.	部位	No.	部位
①	ワイヤドラム	⑦	ケーシング
②	軸受(ころがり)	⑧	かさ歯車 歯車
③	ウォーム 減速機	⑨	減速機 軸受(ころがり)
④		ケーシング 歯車	⑩
⑤	軸受(ころがり)	⑪	軸継手 ケーシング(歯車)
⑥	オイルシール	⑫	軸継手 Oリング

図2.1-6 大飯4号炉 燃料取替クレーン メインホイスト部構造図



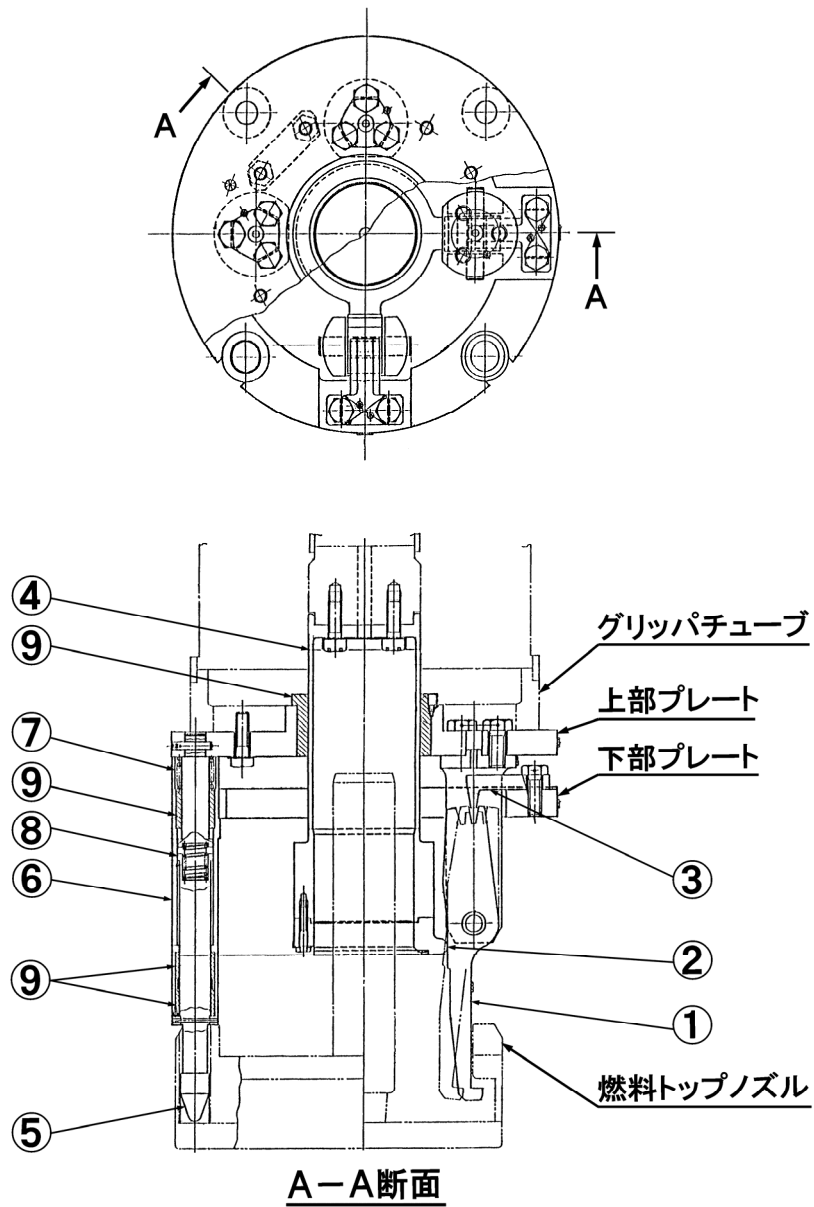
No.	部位	
①	固定マスト	
②	スラスト軸受(ころがり)	
③	ガイドローラ	ローラ
④		軸受(すべり)
⑤	燃料ガイドバー	

図2.1-7 大飯4号炉 燃料取替クレーン マストチューブ構造図



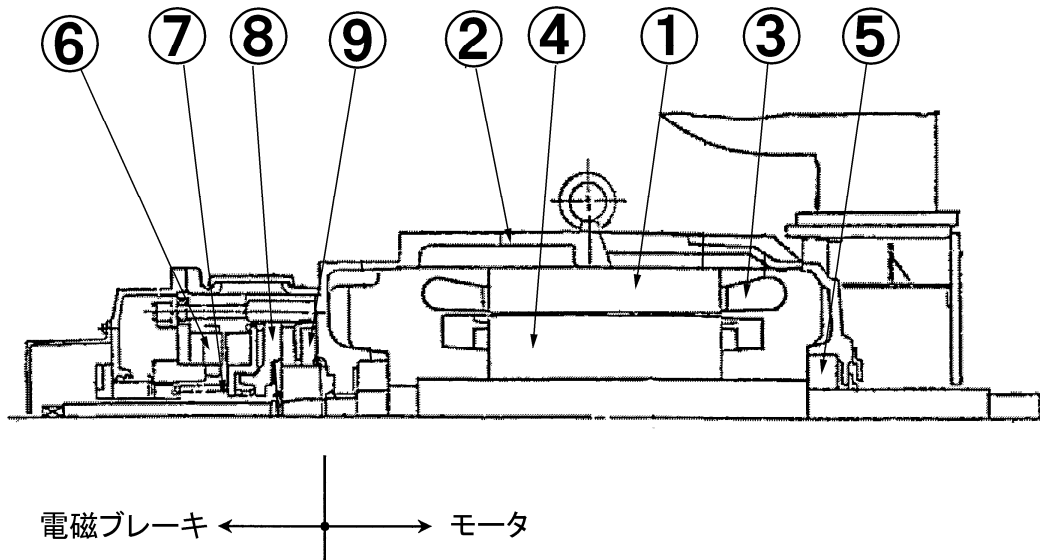
No.	部位	
①	エアホース	
②	グリップチューブ	
③	ガイドレール	
④		シリンダケース
⑤	エアシリンダ	ピストン
⑥		パッキン
⑦	手動切替弁	
⑧	減圧弁	

図2.1-8 大飯4号炉 燃料取替クレーン グリップチューブ構造図



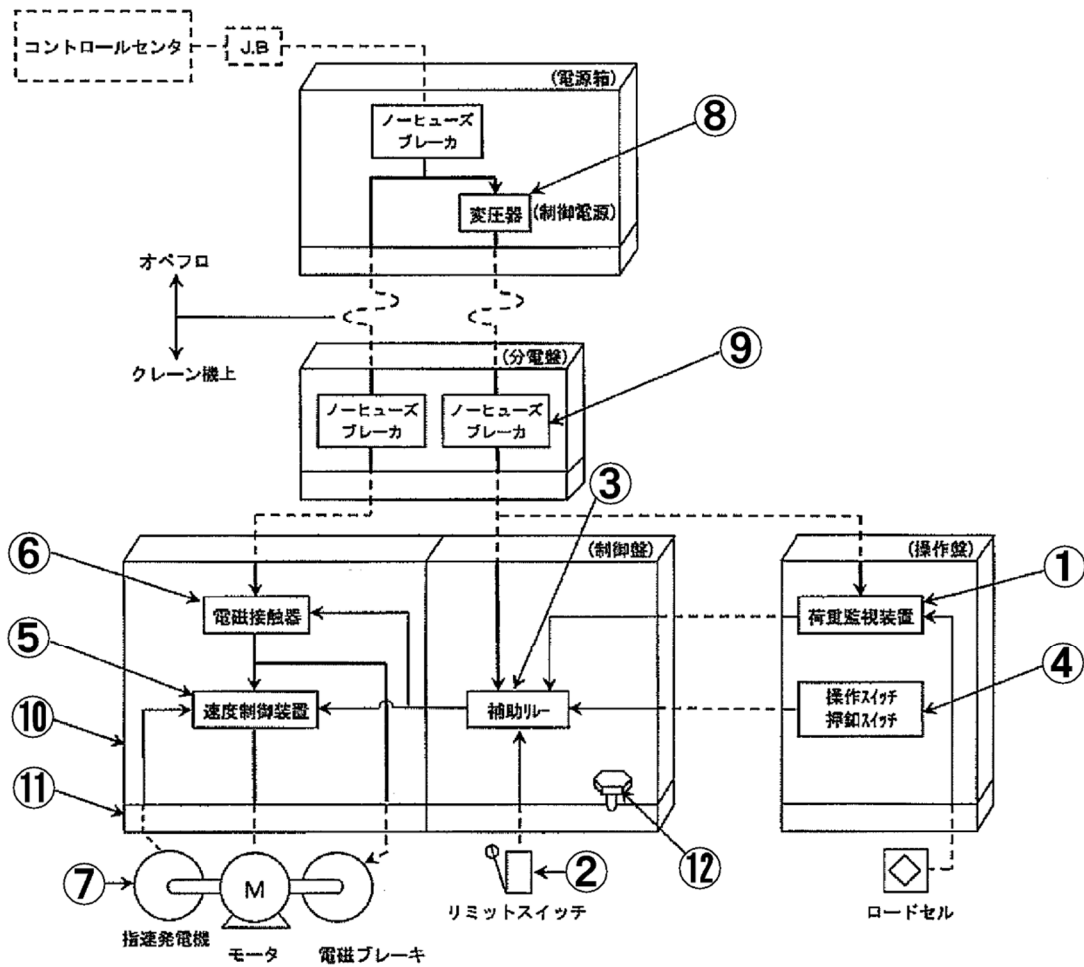
No.	部位	
①	フィンガ	
②	ロックカム	
③	ロックラッチ	
④	アクチュエータチューブ	
⑤	ガイドピン	
⑥	スリーブ	
⑦	ばね	メカニカルロック用
⑧		ガイドピン伸縮用
⑨	軸受(すべり)	

図2.1-9 大飯4号炉 燃料取替クレーン グリッパ構造図



No.	部位	
①	モータ(低圧)	固定子コア
②		フレーム
③		固定子コイル
④		回転子コア
⑤		軸受(ころがり)
⑥	電磁ブレーキ	固定鉄心
⑦		ばね
⑧		ブレーキ板
⑨		ライニング

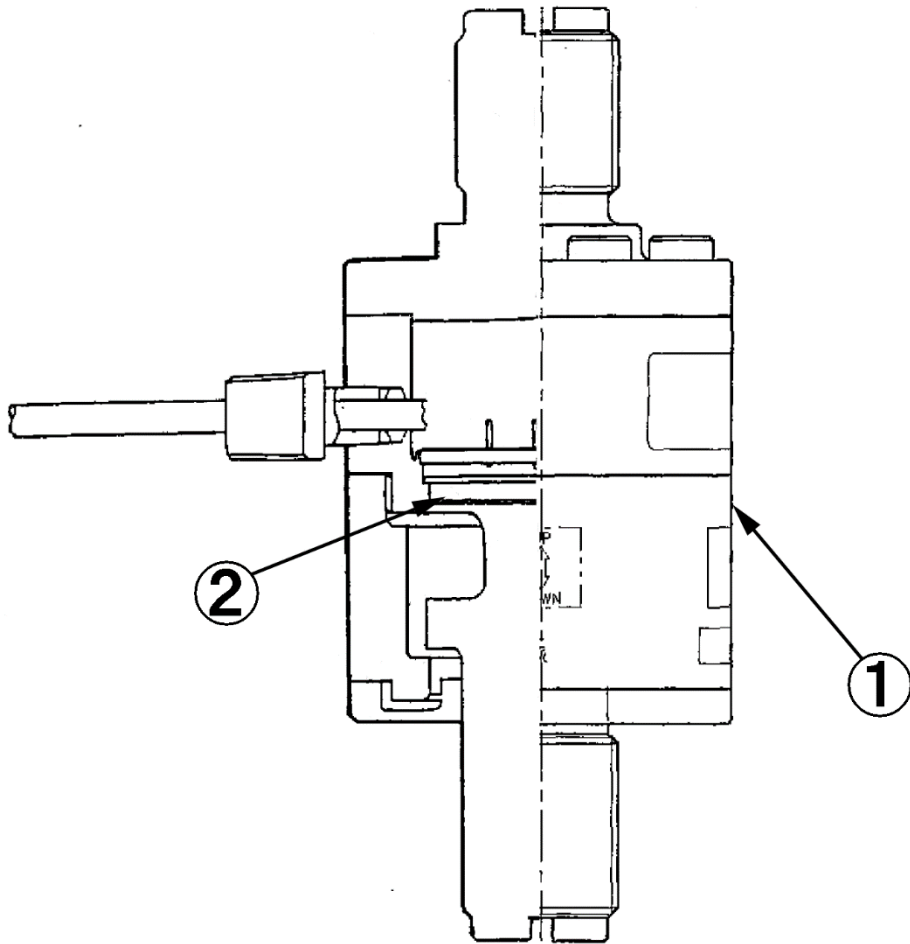
図2.1-10 大飯4号炉 燃料取替クレーン モータ・電磁ブレーキ構造図



No.	部位
①	荷重監視装置 (電解コンデンサ含む)
②	リミットスイッチ
③	補助リレー
④	操作スイッチ・押釦スイッチ
⑤	速度制御装置 (電解コンデンサ含む)
⑥	電磁接触器
⑦	指速発電機
⑧	変圧器
⑨	ノーヒューズブレーカ
⑩	筐体
⑪	チャンネルベース
⑫	取付ボルト

—→ 信号ライン
 —→ 電源ライン
 - - - → 評価外

図2.1-11 大飯4号炉 燃料取替クレーン 制御盤の主要機器構成図



No.	部位
①	本体
②	荷重変換部

図2.1-12 大飯4号炉 燃料取替クレーン ロードセル構造図

表2. 1-1 (1/4) 大飯4号炉 燃料取替クレーン主要部位の使用材料

部位		材料	
走横行レール部	走行レール	炭素鋼	
	横行レール	炭素鋼	
	レール押さえ	炭素鋼	
	基礎ボルト	低合金鋼	
	埋込金物	炭素鋼	
クレーン構造部	ブリッジガータ	炭素鋼	
	トロリ架台	炭素鋼	
	転倒防止金具	ブリッジ	炭素鋼
		トロリ	炭素鋼
走行駆動部 (ブリッジ)	車輪	車輪	低合金鋼鋳鋼
		軸受(ころがり)	消耗品・定期取替品
		車輪部歯車	炭素鋼
		ガイドローラ	消耗品・定期取替品
	減速機	ケーシング	鋳鉄
		歯車	低合金鋼
		軸受(ころがり)	消耗品・定期取替品
		オイルシール	消耗品・定期取替品
	軸継手	ケーシング	炭素鋼
		Oリング	消耗品・定期取替品

表2.1-1(2/4) 大飯4号炉 燃料取替クレーン主要部位の使用材料

部位		材料	
横行駆動部 (トロリ)	車輪	車輪	低合金鋼 鋳鋼
		軸受(ころがり)	消耗品・定期取替品
		車輪部歯車	低合金鋼
		ガイドローラ	消耗品・定期取替品
	減速機	ケーシング	鋳鉄
		歯車	低合金鋼
		軸受(ころがり)	消耗品・定期取替品
		オイルシール	消耗品・定期取替品
	軸継手	ケーシング(歯車)	炭素鋼
		Oリング	消耗品・定期取替品
アップストラクチャ	ワイヤロープ		ステンレス鋼
	滑車	シーブ	ステンレス鋼
		軸受(ころがり)	消耗品・定期取替品
メインホイスト	ワイヤドラム		ステンレス鋼
	軸受(ころがり)		消耗品・定期取替品
	ウォーム 減速機	ケーシング	鋳鉄
		歯車	低合金鋼
		軸受(ころがり)	消耗品・定期取替品
		オイルシール	消耗品・定期取替品
	かさ歯車 減速機	ケーシング	鋳鉄
		歯車	低合金鋼
		軸受(ころがり)	消耗品・定期取替品
		オイルシール	消耗品・定期取替品
	軸継手	ケーシング(歯車)	炭素鋼
		Oリング	消耗品・定期取替品

表2.1-1(3/4) 大飯4号炉 燃料取替クレーン主要部位の使用材料

部位		材料	
マストチューブ	固定マスト		炭素鋼、ステンレス鋼
	スラスト軸受(ころがり)		消耗品・定期取替品
	ガイドローラ	ローラ	ステンレス鋼
		軸受(すべり)	消耗品・定期取替品
	燃料ガイドバー		ステンレス鋼
グリッパチューブ	エアホース		消耗品・定期取替品
	グリッパチューブ		ステンレス鋼
	ガイドレール		ステンレス鋼
グリッパ駆動部	エアシリンダ	シリンダケース	ステンレス鋼
		ピストン	銅合金鋳物
		パッキン	消耗品・定期取替品
	手動切替弁		消耗品・定期取替品
	減圧弁		消耗品・定期取替品
グリッパ	フィンガ		ステンレス鋼
	ロックカム		ステンレス鋼
	ロックラッチ		ステンレス鋼
	アクチュエータチューブ		ステンレス鋼
	ガイドピン		ステンレス鋼
	スリーブ		ステンレス鋼
	ばね	メカニカルロック用	ステンレス鋼
		ガイドピン伸縮用	ステンレス鋼
	軸受(すべり)		消耗品・定期取替品

表2. 1-1(4/4) 大飯4号炉 燃料取替クレーン主要部位の使用材料

部位		材料		
制御盤・操作盤 主要構成機器	駆動用電動装置	固定子コア	珪素鋼板	
		フレーム	鋳鉄	
		固定子コイル	銅、絶縁物(H種絶縁)	
		回転子コア	珪素鋼板	
		軸受(ころがり)	消耗品・定期取替品	
		電磁 ブレーキ	固定鉄心	珪素鋼板、銅、絶縁物(B種絶縁)
			ばね	ばね鋼
			ブレーキ板	鋳鉄
			ライニング	アスベスト繊維
	指速発電機	銅、絶縁物(B種絶縁)		
	ロードセル	本体	ステンレス鋼	
		荷重変換部	ひずみゲージ	
	制御盤・ 操作盤 他	荷重監視装置	半導体、電解コンデンサ他	
		リミットスイッチ	消耗品・定期取替品	
		補助リレー	消耗品・定期取替品	
		操作スイッチ・押釦スイッチ	銅、銀他	
速度制御装置		半導体、電解コンデンサ、リレー他		
電磁接触器		消耗品・定期取替品		
変圧器		銅、絶縁物(F種絶縁)		
ノーヒューズブレーカ		消耗品・定期取替品		
制御盤・操作盤 支持構造物	筐体	炭素鋼		
	チャンネルベース	炭素鋼		
	取付ボルト	炭素鋼		

表2.1-2 大飯4号炉 燃料取替クレーンの使用条件

運転荷重		燃料集合体1体分
使用温度	水中	約40℃（約65℃）*1
	気中	約49℃
設置場所		原子炉格納容器内
制御電源		AC 100V

*1：（ ）は最高使用温度

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機能達成に必要な項目

燃料取替クレーンの機能である燃料移送機能を維持するためには、次の項目が必要である。

- ① クレーンの支持機能
- ② 走横行機能
- ③ 昇降機能
- ④ 燃料把持機能
- ⑤ 機器の監視・操作・駆動・制御・保護の維持
- ⑥ 制御盤・操作盤の支持

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

燃料取替クレーンについて、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の構造、材料および現在までの運転経験を考慮し、表2.2-1に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

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

(1) モータ（低圧）の固定子コイルの絶縁低下

モータ（低圧）の固定子コイルの絶縁物は有機物であり、熱的、電氣的、環境的要因で経年劣化が進行し、絶縁性能の低下を起こす可能性があることから、経年劣化に対する評価が必要である。

(2) 電磁ブレーキの固定鉄心の絶縁低下

電磁ブレーキの固定鉄心の絶縁物は有機物であり、熱的、電氣的、環境的要因で経年劣化が進行し、絶縁性能の低下を起こす可能性があることから、経年劣化に対する評価が必要である。

(3) 指速発電機の絶縁低下

指速発電機の絶縁物は有機物であり、熱的、電氣的、環境的要因で経年劣化が進行し、絶縁性能の低下を起こす可能性があることから、経年劣化に対する評価が必要である。

(4) 変圧器の絶縁低下

変圧器の絶縁物は有機物であり、熱的、電氣的、環境的要因で経年劣化が進行し、絶縁性能の低下を起こす可能性があることから、経年劣化に対する評価が必要である。

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

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

に該当するものについては、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

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

(1) 走横行レールおよび車輪の摩耗

走横行レールおよび車輪はクレーンの走横行により摩耗が想定される。

しかしながら、レール上面、側面および車輪はガイドローラにより横滑りを防止しており、ころがり接触であることから摩耗が発生しがたい構造であり、これまでに有意な摩耗は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

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

なお、機能確認時等の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(2) 走横行レールおよび車輪の腐食（全面腐食）

走横行レールおよび車輪は炭素鋼または低合金鋼鋳鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、走横行レールと車輪の接触部は、屋内に設置されており、腐食が発生する可能性は小さい。

また、機能確認時等の目視確認により、機器の健全性を維持している。

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

(3) 走横行レールおよびブリッジガータの疲労割れ

走横行レールおよびブリッジガータにはトロリ等の荷重が常時かかる状態となることから、疲労割れが想定される。

しかしながら、有意な応力変動が発生しないように設計されており、これまでに有意なき裂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がたい。

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

なお、機能確認時等の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(4) レール押さえおよびブリッジガータ等の腐食（全面腐食）

レール押さえ、ブリッジガータ、転倒防止金具、トロリ架台、各種減速機のケーシング、軸継手のケーシング、固定マスト、モータ（低圧）フレーム、筐体およびチャンネルベースは炭素鋼または鋳鉄であり、腐食が想定される。

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

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

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

(5) 基礎ボルトの腐食（全面腐食）

基礎ボルトは低合金鋼であり、腐食が想定される。

基礎ボルトの健全性評価については各機器で共通であることから、本評価書の「基礎ボルト」にてまとめて評価を実施する。

(6) 歯車の摩耗

車輪部、各種減速機および軸継手の歯車は摩擦により摩耗が想定される。

しかしながら、歯車は常に潤滑油が供給されており、摩耗が発生しがたい環境であり、これまでに有意な摩耗は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

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

なお、作動確認や機能確認時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(7) ワイヤロープの摩耗および素線切れ

ワイヤロープはワイヤドラムおよびシーブと接するため、機械的要因により摩耗が想定される。

ワイヤドラムへの巻取りおよびシーブ通過時にロープが曲げられるため、素線切れが想定される。

しかしながら、外観点検時にワイヤロープ径の寸法計測や目視確認を行い、必要に応じて取替を実施することにより、機器の健全性を維持している。

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

(8) シーブおよびワイヤドラムの摩耗

シーブおよびワイヤドラムはワイヤロープと接するため、機械的要因により摩耗が想定される。

しかしながら、シーブはワイヤの巻取りにそって回転し、また、ドラムの回転に合わせてワイヤが巻き取られるため、すべりが発生せず、摩耗が発生しがたい構造であり、これまでに有意な摩耗は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

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

なお、外観点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(9) マストチューブガイドローラ、グリッパチューブおよびガイドレールの摩耗

マストチューブのガイドローラはグリッパチューブ昇降時に同チューブ外周またはガイドレールと接触しながら、同チューブを案内するため、摩耗が想定される。

しかしながら、ガイドローラとグリッパチューブおよびガイドレールの間は、ころがり接触であることより摩耗量は軽微であると考えられ、これまでに有意な摩耗は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

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

なお、機能確認時の作動確認により、機器の健全性を確認している。

(10) 燃料ガイドバーの摩耗

燃料ガイドバーは燃料昇降時に燃料グリッドと滑り接触するため、摩耗が想定される。

しかしながら、燃料対角方向に数mmの隙間を有し接触面圧が小さいことおよび燃料ガイドバーは硬度の高いステンレス鋼（SUS630）で製作されており、これまでに有意な摩耗は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

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

なお、機能確認時の作動確認により、機器の健全性を確認している。

(11) シリンダケースおよびピストンの摩耗

エアシリンダのシリンダケースおよびピストンはピストンの動作により摩耗が想定される。

しかしながら、シリンダケースとピストンはパッキンおよびグリスにより隔てられており、摩耗が発生しがたい構造であり、これまでに異常な動き等は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

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

なお、機能確認時の作動確認により、機器の健全性を確認している。

(12) フィンガおよびガイドピンの摩耗

グリッパのフィンガはロッキングカムとの摺動および燃料ラッチ時のこすれにより摩耗が想定される。

グリッパのガイドピンは、燃料への挿入時に燃料上部ノズル（SUS304）との接触により摩耗が想定される。

しかしながら、フィンガおよびガイドピンは、ロッキングカムおよび燃料上部ノズルに比べて耐摩耗性に優れた材料（SUS630）を使用し、摩耗を抑制しており、これまでに有意な摩耗は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

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

なお、外観点検時の寸法計測や浸透探傷検査および機能確認時の作動確認により、機器の健全性を確認している。

(13) ロッキングカムの摩耗

グリッパのロッキングカムはフィンガとの機械的要因により摩耗が想定される。

しかしながら、外観点検時の寸法計測および機能確認時の作動確認により、機器の健全性を維持している。

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

(14) ロックラッチの摩耗

グリッパのロックラッチはフィンガとの機械的要因により摩耗が想定される。

しかしながら、これまでに有意な摩耗は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

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

なお、外観点検時の寸法計測および機能確認時の作動確認により、機器の健全性を確認している。

(15) モータ（低圧）固定子コアおよび回転子コアの腐食（全面腐食）

モータ（低圧）の固定子コアおよび回転子コアは珪素鋼板であり、腐食が想定される。

しかしながら、固定子コアおよび回転子コアはワニス処理または塗装により腐食を防止しており、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

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

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(16) 電磁ブレーキ固定鉄心の腐食（全面腐食）

電磁ブレーキの固定鉄心は珪素鋼板および銅であり、腐食が想定される。

しかしながら、電磁ブレーキの固定鉄心はワニス処理により腐食を防止しており、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

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

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(17) グリッパおよび電磁ブレーキのばねの変形（応力緩和）

グリッパおよび電磁ブレーキのばねは応力状態にて長期間保持されることにより、変形（応力緩和）が想定される。

しかしながら、ばねに発生する応力は弾性範囲であり、日本ばね工業会にて実施したばね材料と使用環境温度の実態調査結果と比べて、当該ばねは同等か余裕のある環境で使用している。

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

なお、機能確認時の作動確認や機能・性能試験時の制動確認により、機器の健全性を確認している。

(18) 電磁ブレーキブレーキ板の摩耗

電磁ブレーキのブレーキ板は制動時にブレーキライニングを押し付けられることにより摩耗が想定される。

しかしながら、材料をライニングより硬い鋳鉄として摩耗を抑制しており、これまでに有意な摩耗は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

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

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(19) 電磁ブレーキライニングの摩耗

電磁ブレーキのライニングは制動操作により摩耗が想定される。

しかしながら、ブレーキライニングの許容摩耗量から算出される最大動作回数に対する1定期検査当たりの動作回数の割合は十分小さいと評価しており、これまでに有意な摩耗は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

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

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(20) 電磁ブレーキライニングのはく離

電磁ブレーキのライニングは高湿度環境での長期間の使用によりはく離が想定される。

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

しかしながら、大飯4号炉については、燃料取替クレーンは、高湿度環境ではなく、結露水が発生しがたい環境であり、これまでに有意なはく離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がたい。

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

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(21) ロードセル荷重変換部の特性変化

ロードセルは長期間の使用に伴いひずみゲージのはがれ等による特性変化が想定される。

しかしながら、ひずみゲージ貼付け部は、不活性（窒素）ガスを封入した気密構造になっており、ひずみゲージの酸化を防止しているため、ひずみゲージ貼付け部が腐食してはがれが発生する可能性は小さい。

また、機能・性能試験により、機器の健全性を維持している。

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

(22) 荷重監視装置および速度制御装置の特性変化

荷重監視装置および速度制御装置は長期間の使用に伴い入出力特性の変化やマイグレーションが想定される。

しかしながら、荷重監視装置および速度制御装置を構成している電気回路部は定格値（定格電力・電圧・電流値）に対して回路上は十分低い範囲で使用する設計としており、屋内に設置されていることから環境変化の程度は小さく、短期間で入出力特性が変化する可能性は小さい。

製造段階で製作不良に基づく回路電流集中を取り除くスクリーニング等を実施していることから、マイグレーションが発生する可能性は小さい。

また、速度制御装置は機器点検時の作動確認、荷重監視装置は機能・性能試験により、機器の健全性を維持している。

さらに、プラント運転中は基板を取り外し、格納容器外に保管することとしている。

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

(23) 操作スイッチおよび押釦スイッチの導通不良

操作スイッチおよび押釦スイッチは接点部分に浮遊塵埃が付着することにより、導通不良が想定される。

しかしながら、接点部分は筐体または盤内に収納されており、塵埃の付着による導通不良が発生しがたい。

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

なお、機能・性能試験時の作動確認により、機器の健全性を確認している。

(24) 取付ボルトの腐食（全面腐食）

取付ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

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

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

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

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

(25) 埋込金物の腐食（全面腐食）

埋込金物は炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、コンクリート埋設部ではコンクリートの大気接触部表面から中性化の進行により腐食環境となるが、コンクリートが中性化に至り、埋込金物に有意な腐食が発生するまで長期間を要することから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

2.2.4 消耗品および定期取替品

減速機軸受（ころがり）、アップストラクチャの滑車の軸受（ころがり）、ウォーム減速機の軸受（ころがり）、かき歯車減速機の軸受（ころがり）およびモータ（低圧）の軸受（ころがり）は分解点検時に取替える消耗品であり、車輪軸受（ころがり）、走横行駆動部のガイドローラ、マストチューブのスラスト軸受（ころがり）、ガイドローラの軸受（すべり）およびグリッパの軸受（すべり）は寸法計測や作動確認の結果に基づき取替える消耗品である。

また、オイルシール、Oリング、メインホストの軸受（ころがり）、エアホース、エアシリンダパッキン、手動切替弁、減圧弁、リミットスイッチ、補助リレー、電磁接触器およびノーヒューズブレーカは定期取替品である。

それぞれ、長期使用はせず取替を前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

表2.2-1(1/4) 大飯4号炉 燃料取替クレーンに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	組立品	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象						備考	
					減肉		割れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
クレーンの支持機能	走横行レール部	走横行レール		炭素鋼	△	△	△					
		レール押さえ		炭素鋼		△						
		基礎ボルト		低合金鋼		△						
		埋込金物		炭素鋼		▲						
走横行機能	クレーン構造部	ブリッジガータ		炭素鋼		△	△					
		トロリ架台		炭素鋼		△						
		転倒防止金具(ブリッジ、トロリ)		炭素鋼		△						
	車輪(ブリッジ、トロリ)	車輪		低合金鋼鋳鋼	△	△						
		軸受(ころがり)	◎	—								
		車輪部歯車		炭素鋼、低合金鋼	△							
		ガイドローラ	◎	—								
	減速機(ブリッジ、トロリ)	ケーシング		鋳鉄		△						
		歯車		低合金鋼	△							
		軸受(ころがり)	◎	—								
		オイルシール	◎	—								
	軸継手(ブリッジ)	ケーシング		炭素鋼		△						
		Ｏリング	◎	—								
	軸継手(トロリ)	ケーシング(歯車)		炭素鋼	△	△						
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）

表2.2-1(2/4) 大飯4号炉 燃料取替クレーンに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	組立品	部位		消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象						備考			
						減肉		割れ		材質変化			その他		
						摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化				
昇降機能	アップストラクチャ	ワイヤロープ			ステンレス鋼	△						△*1	*1:素線切れ		
		滑車	シーブ			ステンレス鋼	△								
			軸受(ころがり)		◎	—									
	メインホイスト	ワイヤドラム			ステンレス鋼	△									
		軸受(ころがり)		◎	—										
		ウォーム減速機	ケーシング			鋳鉄		△							
			歯車			低合金鋼	△								
			軸受(ころがり)		◎	—									
			オイルシール		◎	—									
		かさ歯車減速機	ケーシング			鋳鉄		△							
			歯車			低合金鋼	△								
			軸受(ころがり)		◎	—									
			オイルシール		◎	—									
		軸継手	ケーシング(歯車)			炭素鋼	△	△							
			Oリング		◎	—									

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-1(3/4) 大飯4号炉 燃料取替クレーンに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	組立品	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象						備考	
					減肉		割れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
昇降機能	マストチューブ	固定マスト		炭素鋼		△					*1:変形(応力緩和)	
				ステンレス鋼								
		スラスト軸受(ころがり)	◎	—								
		ガイドローラ		ステンレス鋼	△							
		ローラ軸受(すべり)	◎	—								
			燃料ガイドバー		ステンレス鋼	△						
	グリッパチューブ	エアホース	◎	—								
		グリッパチューブ		ステンレス鋼	△							
		ガイドレール		ステンレス鋼	△							
	グリッパ駆動部	エアシリンダ	シリンダケース		ステンレス鋼	△						
			ピストンパッキン	◎	—							
		手動切替弁	◎	—								
		減圧弁	◎	—								
燃料把持機能	グリッパ	フィンガ		ステンレス鋼	△							
		ロッキングカム		ステンレス鋼	△							
		ロックラッチ		ステンレス鋼	△							
		アクチュエータチューブ		ステンレス鋼								
		ガイドピン		ステンレス鋼	△							
		スリーブ		ステンレス鋼								
		ばね	メカニカルロック用		ステンレス鋼						△*1	
			ガイドピン伸縮用		ステンレス鋼						△*1	
		軸受(すべり)	◎	—								

△：高経年化対策上着目すべ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) 大飯4号炉 燃料取替クレーンに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位		消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考	
					減肉		割れ		絶縁	導通	特性		その他
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁低下	導通不良	特性変化		
機器の監視・操作・駆動・制御・保護の維持	駆動用電動装置	モータ(低圧)	固定子コア	珪素鋼板		△							*1:変形(応力緩和) *2:はく離
			フレーム	鋳鉄		△							
			固定子コイル	銅、絶縁物					○				
			回転子コア	珪素鋼板		△							
			軸受(ころがり)	—	◎								
	電磁ブレーキ	固定鉄心	珪素鋼板、銅、絶縁物		△				○				
		ばね	ばね鋼								△*1		
		ブレーキ板	鋳鉄		△								
		ライニング	アスベスト繊維		△						△*2		
	指速発電機		銅、絶縁物					○					
	ロードセル	本体	ステンレス鋼										
		荷重変換部	ひずみゲージ								△		
	制御盤・操作盤他	荷重監視装置	半導体、電解コンデンサ他								△		
		リミットスイッチ	—	◎									
		補助リレー	—	◎									
		操作スイッチ・押釦スイッチ	銅、銀他							△			
		速度制御装置	半導体、電解コンデンサ、リレー他								△		
電磁接触器		—	◎										
変圧器		銅、絶縁物						○					
ノーヒューズブレーカ		—	◎										
制御盤・操作盤の支持	筐体	炭素鋼			△								
	チャンネルベース	炭素鋼			△								
	取付ボルト	炭素鋼			△								

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

2.3.1 モータ（低圧）の固定子コイルの絶縁低下

a. 事象の説明

固定子コイルの絶縁物は有機物であり、機械的、熱的、電氣的、環境的要因で経年劣化が進行し、絶縁性能の低下を起こす可能性がある。

b. 技術評価

① 健全性評価

固定子コイルの絶縁低下については、絶縁仕様が低圧ポンプ用モータに比べて同等以上であるため、低圧ポンプ用モータの健全性評価結果から、固定子コイルの絶縁耐力を保有する運転期間は16年と考えられる。

しかしながら、低圧ポンプ用モータと設置場所が異なることから、長期間の運転を想定すると絶縁低下の可能性は否定できない。

② 現状保全

固定子コイルの絶縁低下に対しては、定期的な絶縁抵抗測定により、管理値以上であることの確認を行っている。

また、過去の絶縁抵抗測定の結果に基づき、監視強化としての絶縁抵抗測定の実施頻度の見直しを実施するとともに、必要により洗浄、乾燥、絶縁補修処理もしくは取替を実施している。

③ 総合評価

健全性評価結果から判断して、固定子コイルの絶縁低下の可能性は否定できないが、絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切である。

c. 高経年化への対応

固定子コイルの絶縁低下については、定期的に絶縁抵抗測定を実施していくとともに、点検結果に基づき監視強化としての絶縁抵抗測定の実施頻度の見直しおよび必要に応じて洗浄、乾燥、絶縁補修処理もしくは取替を実施していく。

2.3.2 電磁ブレーキの固定鉄心の絶縁低下

a. 事象の説明

電磁ブレーキの固定鉄心の絶縁低下は、熱による絶縁物の特性変化、絶縁物に付着する塵埃または内部の微小ボイド等による放電等、熱的、電氣的、環境的要因で経年的な変化が進行し、外表面、内部等から絶縁低下を生じる可能性がある。

b. 技術評価

① 健全性評価

電磁ブレーキは、塵埃が付着しにくい密閉構造であり、また、電磁ブレーキの固定鉄心の絶縁は使用温度に比べて十分余裕のある絶縁種（B種：許容最高温度130℃）を選択して使用していることから絶縁低下の発生の可能性は小さいと考えるが、60年間の供用を想定すると絶縁低下が生じる可能性は否定できない。

② 現状保全

電磁ブレーキの固定鉄心の絶縁低下に対しては、定期的な絶縁抵抗測定により、管理値以上であることの確認を行っている。

③ 総合評価

健全性評価結果から判断して、電磁ブレーキの固定鉄心の絶縁低下の可能性は否定できないが、絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切である。

c. 高経年化への対応

電磁ブレーキの固定鉄心の絶縁低下に対しては、定期的に絶縁抵抗測定を実施していく。

2.3.3 指速発電機の絶縁低下

a. 事象の説明

指速発電機の絶縁低下は、熱による絶縁物の特性変化、絶縁物に付着する塵埃または内部の微小ボイド等による放電等、熱的、電氣的、環境的要因で経年的な変化が進行し、外表面、内部等から絶縁低下を生じる可能性がある。

b. 技術評価

① 健全性評価

指速発電機は、塵埃が付着しにくい密閉構造であり、また、指速発電機の絶縁は使用温度に比べて十分余裕のある絶縁種（B種：許容最高温度130℃）を選択して使用していることから絶縁低下の発生の可能性は小さいと考えるが、60年間の供用を想定すると絶縁低下が生じる可能性は否定できない。

② 現状保全

指速発電機の絶縁低下に対しては、定期的な絶縁抵抗測定により、管理値以上であることの確認を行っている。

③ 総合評価

健全性評価結果から判断して、指速発電機の絶縁低下の可能性は否定できないが、絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切である。

c. 高経年化への対応

指速発電機の絶縁低下に対しては、定期的に絶縁抵抗測定を実施していく。

2.3.4 変圧器の絶縁低下

a. 事象の説明

変圧器は通電による発熱や周囲環境条件の影響を受け、絶縁材料の変化により、絶縁性能の低下を生じる可能性が考えられる。

b. 技術評価

① 健全性評価

変圧器は、屋内に設置された筐体内に内蔵されているため、塵埃が付着しにくい環境にある。

また、変圧器の通電時の使用温度に比べ十分余裕のある絶縁種（F種：許容最高温度155℃）を選択して使用していることから絶縁低下の発生の可能性は小さいと考えるが、60年間の供用を想定すると絶縁低下を生じる可能性は否定できない。

② 現状保全

変圧器の絶縁低下に対しては、定期的な絶縁抵抗測定により、管理値以上であることの確認を行っている。

③ 総合評価

健全性評価結果から判断して、変圧器の絶縁低下の可能性は否定できないが、絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切である。

c. 高経年化への対応

変圧器の絶縁低下については、定期的に絶縁抵抗測定を実施していく。

3. 代表機器以外への展開

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

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

- ① 使用済燃料ピットクレーン
- ② 補助建屋クレーン

3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

3.1.1 モータ（低圧）の固定子コイルの絶縁低下 [共通]

代表機器と同様に固定子コイルは、長期間の運転を想定すると絶縁低下を生ずる可能性は否定できないが、絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切である。

したがって、固定子コイルの絶縁低下については、定期的に絶縁抵抗測定を実施していくとともに、点検結果に基づき必要に応じて洗浄、乾燥、絶縁補修処理もしくは取替を実施していく。

3.1.2 電磁ブレーキの固定鉄心の絶縁低下 [共通]

代表機器と同様に電磁ブレーキは通電による発熱や周囲環境条件の影響を受け、絶縁材料の変化により、絶縁低下を生じる可能性がある。

電磁ブレーキは、塵埃が付着しにくい密閉構造であり、また、電磁ブレーキの絶縁は使用温度に比べて十分余裕のある絶縁種（H種：許容最高温度180℃、F種：許容最高温度155℃、B種：許容最高温度130℃）を使用していることから絶縁低下の発生の可能性は小さいと考えるが、60年間の供用を想定すると絶縁低下が生じる可能性は否定できない。

現状保全としては、定期的な絶縁抵抗測定により、管理値以上であることの確認を行っている。

また、絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切である。

したがって、電磁ブレーキの絶縁低下に対しては、定期的に絶縁抵抗測定を実施していく。

3.1.3 指速発電機の絶縁低下 [補助建屋クレーン]

代表機器と同様に指速発電機は通電による発熱や周囲環境条件の影響を受け、絶縁材料の変化により、絶縁低下を生じる可能性がある。

指速発電機は、塵埃が付着しにくい密閉構造であり、また、指速発電機の絶縁は使用温度に比べて十分余裕のある絶縁種（B種：許容最高温度130℃）を使用していることから絶縁低下の発生の可能性は小さいと考えるが、60年間の供用を想定すると絶縁低下が生じる可能性は否定できない。

現状保全としては、定期的な絶縁抵抗測定により、管理値以上であることの確認を行っている。

また、絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切である。

したがって、指速発電機の絶縁低下に対しては、定期的に絶縁抵抗測定を実施していく。

3.1.4 変圧器の絶縁低下 [共通]

代表機器と同様に変圧器は通電による発熱や周囲環境条件の影響を受け、絶縁材料の変化により、絶縁性能の低下を生じる可能性が考えられる。

変圧器は、屋内に設置された筐体内に内蔵されているため、塵埃が付着しにくい環境にある。

また、変圧器の通電時の使用温度に比べ十分余裕のある絶縁種（F種：許容最高温度155℃、H種：許容最高温度180℃）を選択して使用していることから絶縁低下の発生の可能性は小さいと考えるが、60年間の供用を想定すると絶縁低下が生じる可能性は否定できない。

現状保全としては、定期的な絶縁抵抗測定により、管理値以上であることの確認を行っている。

また、絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切である。

したがって、変圧器の絶縁低下に対しては、定期的に絶縁抵抗測定を実施していく。

3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

なお、日常劣化管理事象ではない事象はない。

3.2.1 走横行レールおよび車輪の摩耗 [共通]

走横行レールおよび車輪はクレーンの走横行により摩耗が想定される。

しかしながら、レール上面、側面および車輪はガイドローラにより横滑りを防止しており、ころがり接触であることから摩耗が発生しがたい構造であり、これまでに有意な摩耗は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

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

なお、機能確認時等の目視確認により、機器の健全性を確認している。

3.2.2 走横行レールおよび車輪の腐食（全面腐食） [共通]

走横行レールおよび車輪は炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、走横行レールと車輪の接触部は、屋内に設置されており、腐食が発生する可能性は小さい。

また、機能確認時等の目視確認により、機器の健全性を維持している。

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

3.2.3 走横行レールおよびブリッジガータの疲労割れ [共通]

走横行レールおよびブリッジガータにはトロリ等の荷重が常時かかる状態となることから、疲労割れが想定される。

しかしながら、有意な応力変動が発生しないように設計されており、これまでに有意なき裂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がたい。

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

なお、機能確認時等の目視確認により、機器の健全性を確認している。

3.2.4 レール押さえおよびブリッジガータ等の腐食（全面腐食）〔共通〕

レール押さえ、レール部取付ボルト、ブリッジガータ、転倒防止金具、トロリ架台、各種減速機のケーシング、軸継手のケーシング、モータ（低圧）フレーム、ロードセル本体、筐体およびチャンネルベースは炭素鋼、低合金鋼または鋳鉄であり、腐食が想定される。

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

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

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

3.2.5 基礎ボルトの腐食（全面腐食）〔使用済燃料ピットクレーン〕

基礎ボルトは低合金鋼であり、腐食が想定される。

基礎ボルトの健全性評価については各機器で共通であることから、本評価書の「基礎ボルト」にてまとめて評価を実施する。

3.2.6 歯車の摩耗〔共通〕

車輪部、各種減速機および軸継手の歯車は摩擦により摩耗が想定される。

しかしながら、歯車は常に潤滑油が供給されており、摩耗が発生しがたい環境であり、これまでに有意な摩耗は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

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

なお、外観点検時の目視確認および機能確認時の作動確認により、機器の健全性を確認している。

3.2.7 ワイヤロープの摩耗および素線切れ [共通]

ワイヤロープはワイヤドラムおよびシーブと接するため、機械的要因により摩耗が想定される。

ワイヤドラムへの巻取りおよびシーブ通過時にロープが曲げられるため、素線切れが想定される。

しかしながら、外観点検時にワイヤロープ径の寸法計測や目視確認を行い、必要に応じて取替を実施することにより、機器の健全性を維持している。

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

3.2.8 シーブおよびワイヤドラムの摩耗 [共通]

シーブおよびワイヤドラムはワイヤロープと接するため、機械的要因により摩耗が想定される。

しかしながら、シーブはワイヤの巻取りにそって回転し、また、ドラムの回転に合わせてワイヤが巻き取られるため、すべりが発生せず、摩耗が発生しがたい構造であり、これまでに有意な摩耗は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

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

なお、外観点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

3.2.9 モータ（低圧）固定子コアおよび回転子コアの腐食（全面腐食） [共通]

モータ（低圧）の固定子コアおよび回転子コアは電磁鋼板または珪素鋼板であり、腐食が想定される。

しかしながら、固定子コアおよび回転子コアはワニス処理または塗装により腐食を防止しており、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

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

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

3.2.10 電磁ブレーキ固定鉄心の腐食（全面腐食） [共通]

電磁ブレーキの固定鉄心は電磁鋼板、珪素鋼板、鋳鉄および銅であり、腐食が想定される。

しかしながら、電磁ブレーキの固定鉄心はワニス処理により腐食を防止しており、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

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

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

3.2.11 電磁ブレーキのばねの変形（応力緩和） [共通]

電磁ブレーキのばねは応力状態にて長期間保持されることにより、変形（応力緩和）が想定される。

しかしながら、ばねに発生する応力は弾性範囲であり、日本ばね工業会にて実施したばね材料と使用環境温度の実態調査結果と比べて、当該ばねは同等か余裕のある環境で使用している。

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

なお、機能確認時の作動確認や機能・性能試験時の制動確認により、機器の健全性を確認している。

3.2.12 電磁ブレーキブレーキ板の摩耗 [共通]

電磁ブレーキのブレーキ板は制動時にブレーキライニングを押し付けられることにより摩耗が想定される。

しかしながら、材料をライニングより硬い炭素鋼または鋳鉄として摩耗を抑制しており、これまでに有意な摩耗は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

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

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

3.2.13 電磁ブレーキライニングの摩耗 [共通]

電磁ブレーキのライニングは制動操作により摩耗が想定される。

しかしながら、ブレーキライニングの許容摩耗量から算出される最大動作回数に対する1定期検査当たりの動作回数の割合は十分小さいと評価しており、これまでに有意な摩耗は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

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

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

3.2.14 電磁ブレーキ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の長期間の使用によりはく離が想定される。

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

しかしながら、大飯4号炉については、使用済燃料ピットクレーンおよび補助建屋クレーンは、高湿度環境にはなく、結露水が発生しがたい環境であり、これまでに有意なはく離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がたい。

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

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

3.2.15 ロードセル荷重変換部の特性変化 [共通]

ロードセルは長期間の使用に伴いひずみゲージのはがれ等による特性変化が想定される。

しかしながら、使用済燃料ピットクレーンのひずみゲージ貼付け部は、不活性（窒素）ガスを封入した気密構造になっており、ひずみゲージの酸化を防止しているため、ひずみゲージ貼付け部が腐食してはがれが発生する可能性は小さい。

一方、補助建屋クレーンのひずみゲージ貼付け部は、熱硬化型接着剤により接着後、シリコン系接着ゴムにより固定されており、ひずみゲージの酸化を防止しているため、ひずみゲージ貼付け部が腐食してはがれが発生する可能性は小さい。

また、機能・性能試験により、機器の健全性を維持している。

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

3.2.16 荷重監視装置および速度制御装置の特性変化 [共通]

荷重監視装置および速度制御装置は長期間の使用に伴い入出力特性の変化やマイグレーションが想定される。

しかしながら、荷重監視装置および速度制御装置を構成している電気回路部は定格値（定格電力・電圧・電流値）に対して回路上は十分低い範囲で使用する設計としており、屋内に設置されていることから環境変化の程度は小さく、短期間で入出力特性が変化する可能性は小さい。

製造段階で製作不良に基づく回路電流集中を取り除くスクリーニング等を実施していることから、マイグレーションが発生する可能性は小さい。

また、速度制御装置は機器点検時の作動確認、荷重監視装置は機能・性能試験により、機器の健全性を維持している。

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

3.2.17 操作スイッチおよび押釦スイッチの導通不良 [共通]

操作スイッチおよび押釦スイッチは接点部分に浮遊塵埃が付着することにより、導通不良が想定される。

しかしながら、接点部分は筐体または盤内に収納されており、塵埃の付着による導通不良が発生しがたい。

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

なお、機能・性能試験時の作動確認により、機器の健全性を確認している。

3.2.18 取付ボルトの腐食（全面腐食） [共通]

取付ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

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

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

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

3.2 燃料移送装置

[対象機器]

- ① 燃料移送装置

目次

1. 技術評価対象機器	1
2. 燃料移送装置の技術評価	2
2.1 構造、材料および使用条件	2
2.2 経年劣化事象の抽出	14
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価	27

1. 技術評価対象機器

大飯4号炉で使用されている燃料移送装置の主な仕様を表1-1に示す。

表1-1 大飯4号炉 燃料移送装置の主な仕様

機器名称 (台数)	重要度*1	仕様	使用条件	
			運転状態	使用温度
燃料移送装置 (1)	PS-2	容量×移送距離： 燃料集合体1体分 ×約18.9m	一時	気中*2：約49℃ 約40℃ 水中：約40℃

*1：機能は最上位の機能を示す。

*2：上段は原子炉格納容器内、下段は原子炉周辺建屋内を示す。

2. 燃料移送装置の技術評価

2.1 構造、材料および使用条件

(1) 構造

大飯4号炉の燃料移送装置は、燃料移送チャンネル底面に設置されており、リフティングアーム、燃料コンテナ、コンベアカー、トラックフレーム等より構成されている。

リフティングアームは、レールをまたぐように設置され、先端がピボット支持によりトラックフレームに取付けられた構造である。リフティングアームの駆動は水圧シリンダにより立て起こしている。

燃料コンテナは、燃料集合体を移送するときに収納する箱型の容器で、中央がピボット支持によりコンベアカーに取付けられている。コンベアカーは、燃料コンテナを移送させるための装置で、モータ駆動のコンベアカーは、チェーンとスプロケットにより水平移動し、両側に取付けられた車輪が回転してトラックフレーム上を走行する。制御盤は自立盤2面より構成されており、補助リレー等の主要構成機器および機器を支持するための筐体、取付ボルト等から構成されている。

大飯4号炉の燃料移送装置の構造を図2.1-1～図2.1-7に示す。

(2) 材料および使用条件

大飯4号炉の燃料移送装置の使用材料および使用条件を表2.1-1および表2.1-2に示す。

原子炉格納容器側

原子炉周辺建屋側

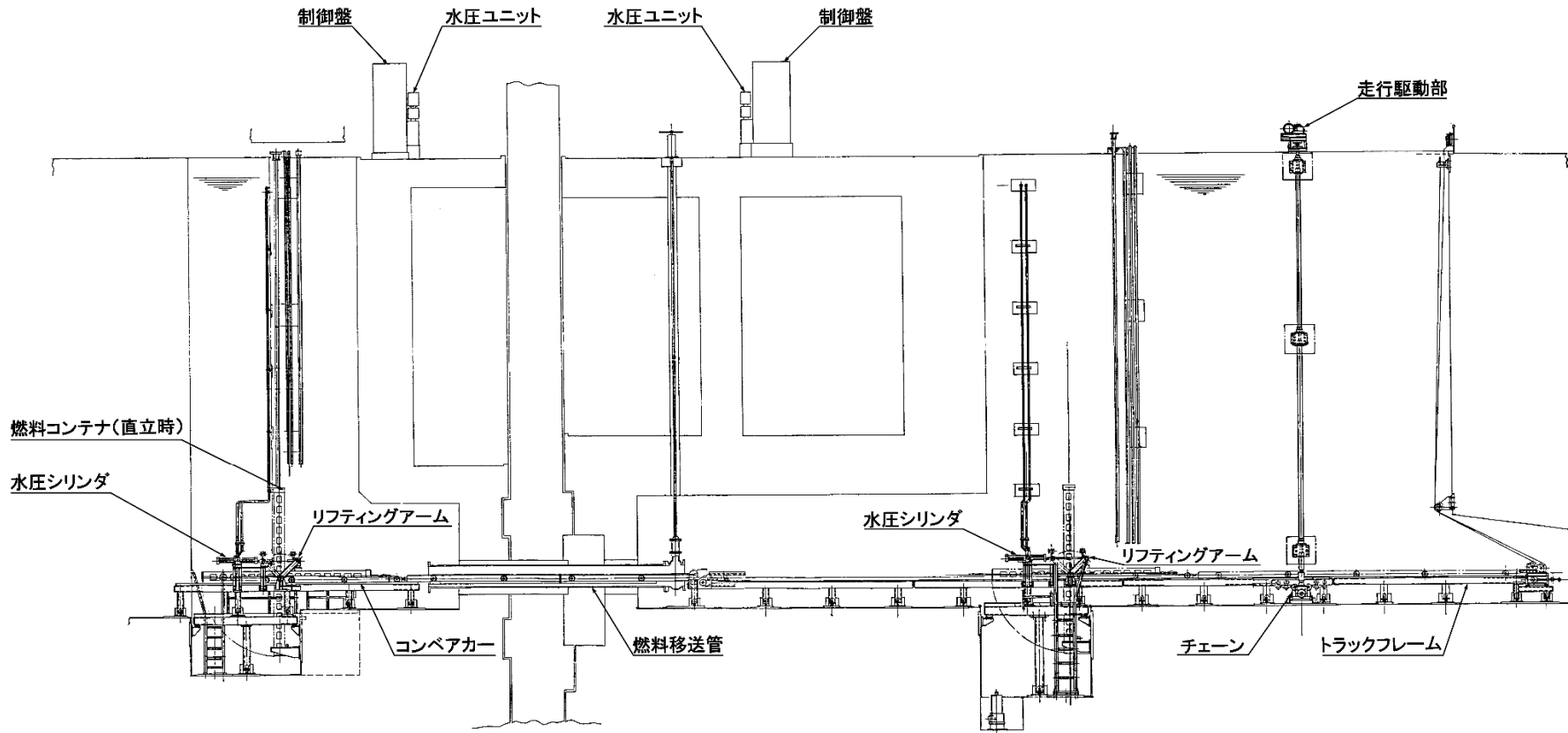
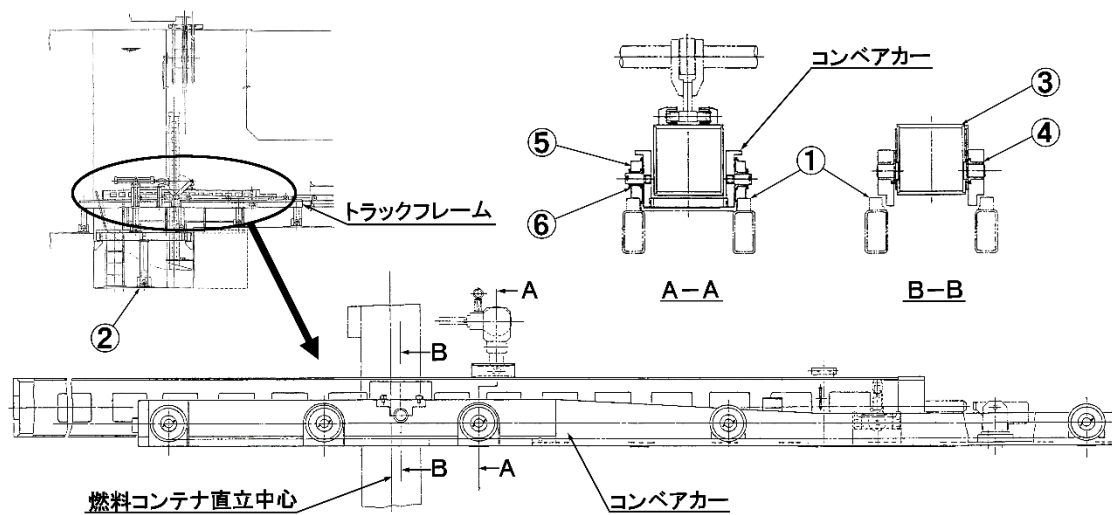
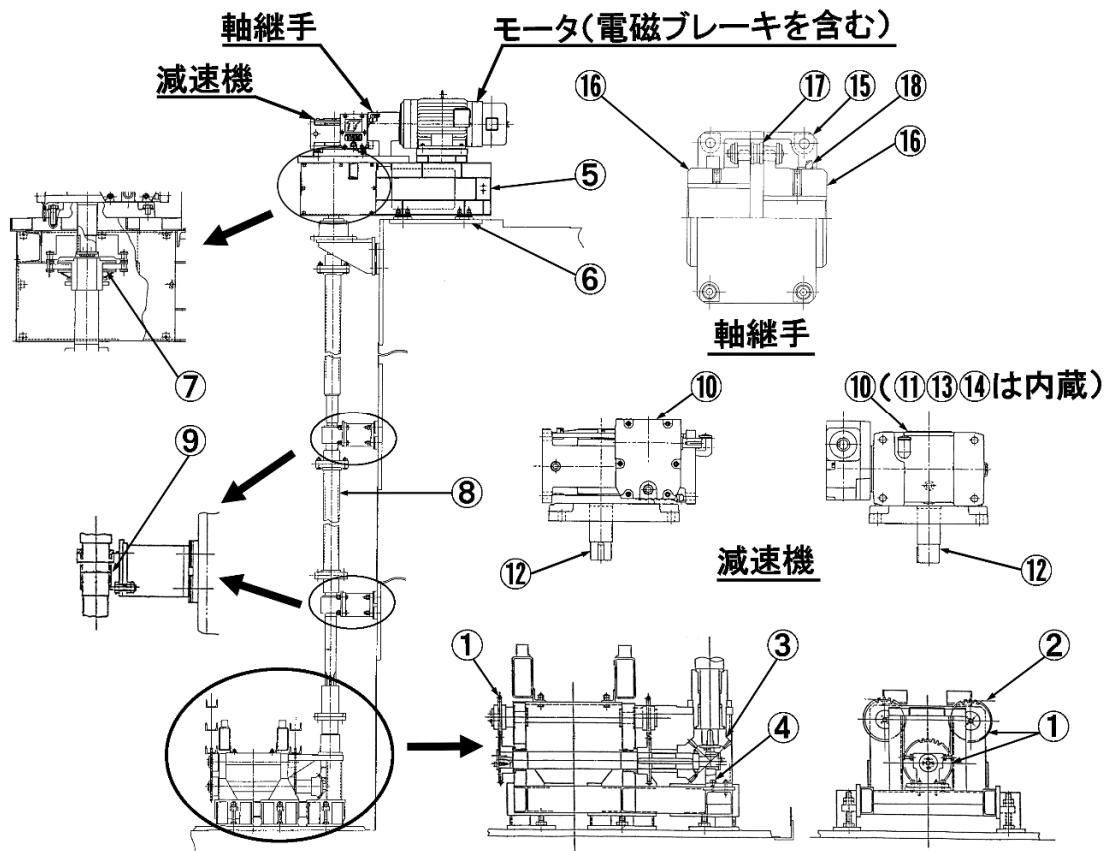


図2.1-1 大飯4号炉 燃料移送装置 全体構成図



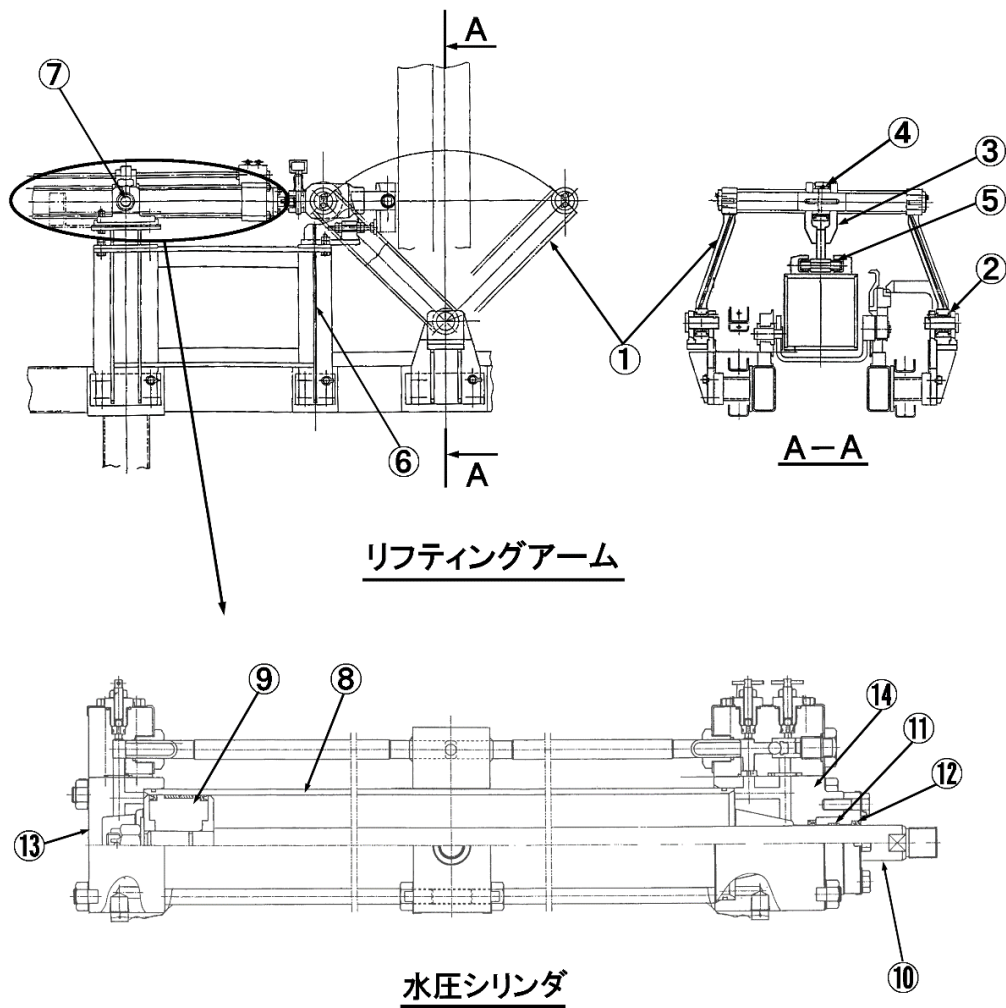
No.	部位
①	レール
②	基礎金物
③	燃料コンテナ
④	ピボット軸受(すべり)
⑤	車輪
⑥	車輪軸受(すべり)

図2.1-2 大飯4号炉 燃料移送装置
トラックフレーム、燃料コンテナおよびコンベアカー構造図



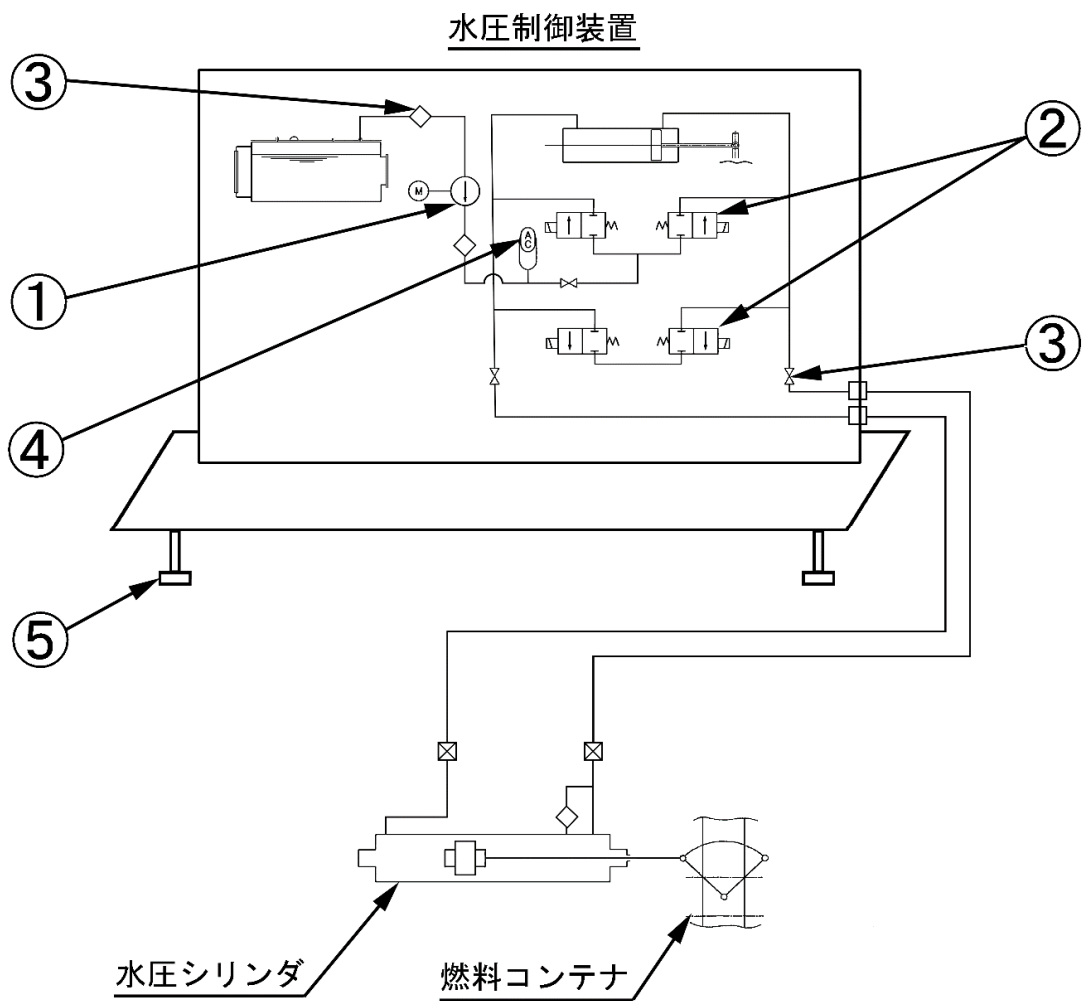
No.	部位	No.	部位
①	スプロケット	⑩	ケーシング
②	チェーン	⑪	歯車
③	かさ歯車	⑫	減速機
④	かさ歯車部軸受(すべり)	⑬	軸
⑤	架台	⑭	軸受(ころがり)
⑥	基礎金物	⑮	オイルシール
⑦	トルクリミッタ(摩擦板)	⑯	軸継手
⑧	ラインシャフト	⑰	ケーシング
⑨	ラインシャフト部軸受(すべり)	⑱	軸(スプロケット)
			チェーン
			オイルシール

図2.1-3 大飯4号炉 燃料移送装置 走行駆動部構造図



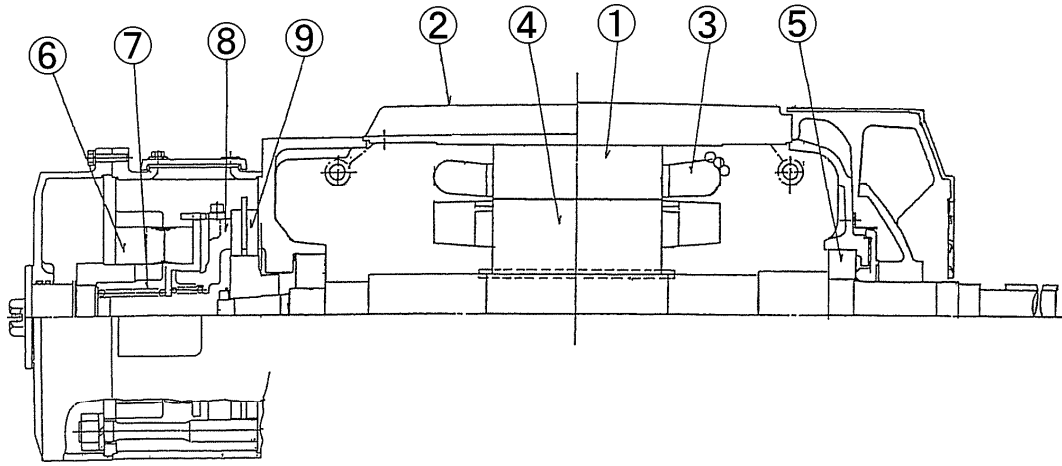
No.	部位		No.	部位	
①	リフティング アーム	リフティングアーム	⑧	水圧 シリンダ	シリンダチューブ
②		ピボット軸受(すべり)	⑨		ピストン
③		ホーク	⑩		ピストンロッド
④		ホーク部軸受(すべり)	⑪		軸受(すべり)
⑤		リフティングローラ	⑫		パッキン
⑥		架台	⑬		ロッド側本体
⑦		シリンダ部軸受(すべり)	⑭		ヘッド側本体

図2.1-4 大飯4号炉 燃料移送装置 リフティング部構造図



No.	部位
①	水圧ポンプ(軸受、パッキン)
②	電磁弁(パッキン)
③	仕切弁、切替弁、圧力調整弁(パッキン)
④	アキュムレータ
⑤	基礎金物

図2.1-5 大飯4号炉 燃料移送装置 水圧制御装置構成図



電磁ブレーキ ← ————— → モータ

No.	部位	
①	モータ (低圧)	固定子コア
②		フレーム
③		固定子コイル
④		回転子コア
⑤		軸受(ころがり)
⑥	電磁 ブレーキ	固定鉄心
⑦		ばね
⑧		ブレーキ板
⑨		ライニング

図2.1-6 大飯4号炉 燃料移送装置 モータ(低圧)・電磁ブレーキ構造図

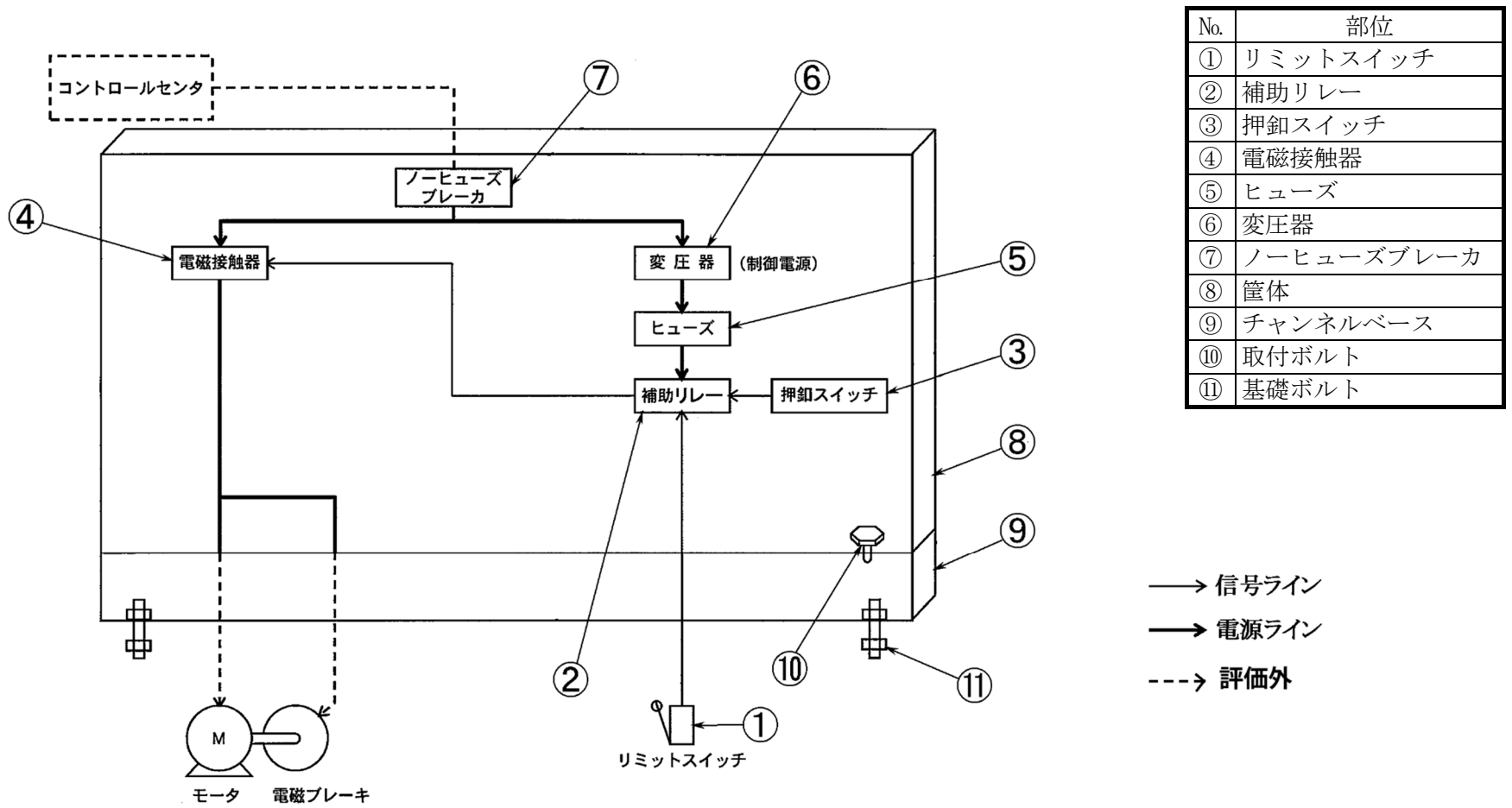


図2.1-7 大飯4号炉 燃料移送装置 制御盤の主要機器構成図

表2.1-1(1/3) 大飯4号炉 燃料移送装置主要部位の使用材料

部位		材料	
トラックフレーム	レール	ステンレス鋼	
	基礎金物	ステンレス鋼	
燃料コンテナ	燃料コンテナ	ステンレス鋼	
	ピボット軸受(すべり)	消耗品・定期取替品	
コンベアカー	車輪	ステンレス鋼	
	車輪軸受(すべり)	消耗品・定期取替品	
走行駆動部	スプロケット	ステンレス鋼	
	チェーン	ステンレス鋼	
	かさ歯車	ステンレス鋼	
	かさ歯車部軸受(すべり)	消耗品・定期取替品	
	架台	ステンレス鋼、炭素鋼	
	基礎金物	炭素鋼	
	トルクリミッタ(摩擦板)	消耗品・定期取替品	
	ラインシャフト	ステンレス鋼	
	ラインシャフト部軸受(すべり)	消耗品・定期取替品	
	減速機	ケーシング	鋳鉄
		歯車	銅合金
		軸	炭素鋼
		軸受(ころがり)	消耗品・定期取替品
		オイルシール	消耗品・定期取替品
	軸継手	ケーシング	アルミニウム合金鋳物
		軸(スプロケット)	炭素鋼
		チェーン	消耗品・定期取替品
オイルシール		消耗品・定期取替品	

表2. 1-1 (2/3) 大飯 4 号炉 燃料移送装置主要部位の使用材料

部位		材料	
リフティング部	リフティングアーム	リフティングアーム	ステンレス鋼
		ピボット軸受(すべり)	消耗品・定期取替品
		ホーク	ステンレス鋼
		ホーク部軸受(すべり)	消耗品・定期取替品
		リフティングローラ	消耗品・定期取替品
		架台	ステンレス鋼
		シリンダ部軸受(すべり)	消耗品・定期取替品
	水圧シリンダ	シリンダチューブ	ステンレス鋼
		ピストン	ステンレス鋼
		ピストンロッド	ステンレス鋼
		軸受(すべり)	消耗品・定期取替品
		パッキン	消耗品・定期取替品
		ロッド側本体	ステンレス鋼
		ヘッド側本体	ステンレス鋼
	水圧制御装置	水圧ポンプ(軸受、パッキン)	消耗品・定期取替品
		電磁弁、仕切弁、切替弁、圧力調整弁(パッキン)	消耗品・定期取替品
		アキュムレータ	消耗品・定期取替品
		基礎金物	炭素鋼

表 2.1-1(3/3) 大飯 4 号炉 燃料移送装置主要部位の使用材料

部位			材料	
制御盤主要 構成機器	駆動用電動装置	モータ (低圧)	固定子コア	珪素鋼板
			フレーム	鋳鉄
			固定子コイル	銅、絶縁物（H種絶縁）
			回転子コア	珪素鋼板
			軸受(ころがり)	消耗品・定期取替品
		電磁 ブレーキ	固定鉄心	珪素鋼板、銅、絶縁物（B種絶縁）
			ばね	ピアノ線
			ブレーキ板	鋳鉄
			ライニング	耐熱性有機化学繊維
		リミットスイッチ		
	制御盤	補助リレー		消耗品・定期取替品
		押釦スイッチ		銅、銀他
		電磁接触器		消耗品・定期取替品
		ヒューズ		消耗品・定期取替品
		変圧器		銅、絶縁物（H種絶縁）
		ノーヒューズブレーカ		消耗品・定期取替品
制御盤支持 構造物	筐体		炭素鋼	
	チャンネルベース		炭素鋼	
	取付ボルト		炭素鋼	
	基礎ボルト		炭素鋼	

表2.1-2 大飯4号炉 燃料移送装置の使用条件

移送荷重		定格荷重：燃料集合体1体分
温度	水中	
	気中	原子炉格納容器内
		原子炉周辺建屋内
設置場所		原子炉格納容器内 原子炉周辺建屋内

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機能達成に必要な項目

燃料移送装置の機能である燃料移送機能を維持するためには、次の項目が必要である。

- ① 装置の支持機能
- ② 走行機能
- ③ リフティング機能
- ④ 機器の監視・操作・駆動・制御・保護の維持
- ⑤ 制御盤の支持

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

燃料移送装置について、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の構造、材料および現在までの運転経験を考慮し、表2.2-1のとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

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

(1) モータ（低圧）の固定子コイルの絶縁低下

モータ（低圧）の固定子コイルの絶縁物は、有機物であり、熱的、電氣的、環境的要因で経年劣化が進行し、絶縁性能の低下を起こす可能性があることから、経年劣化に対する評価が必要である。

(2) 電磁ブレーキの固定鉄心の絶縁低下

電磁ブレーキの固定鉄心の絶縁物は有機物であり、熱的、電氣的、環境的要因で経年劣化が進行し、絶縁性能の低下を起こす可能性があることから、経年劣化に対する評価が必要である。

(3) 変圧器の絶縁低下

変圧器の絶縁物は有機物であり、熱的、電氣的、環境的要因で経年劣化が進行し、絶縁性能の低下を起こす可能性があることから、経年劣化に対する評価が必要である。

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

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

に該当するものについては、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

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

(1) レールおよび車輪の摩耗

レールおよび車輪は機械的要因により摩耗が想定される。

しかしながら、水中での水潤滑によるころがり接触であることから摩耗が発生しがたい構造であり、これまでに有意な摩耗は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

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

なお、機能確認時の作動確認により、機器の健全性を確認している。

(2) スプロケットおよびチェーン（ローラ外面）の摩耗

走行駆動部のスプロケットおよびチェーンは相互の接触により摩耗が想定される。

しかしながら、ころがり接触であることから摩耗が発生しがたい構造であり、これまでに有意な摩耗は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

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

なお、外観点検時の寸法計測や目視確認により、機器の健全性を確認している。

(3) かさ歯車の摩耗

走行駆動部のかさ歯車は機械的要因により摩耗が想定される。

しかしながら、水中での水潤滑により摩耗が発生しがたい環境であり、これまでに有意な摩耗は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

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

なお、機能確認時の作動確認により、機器の健全性を確認している。

(4) 減速機ケーシング等の腐食（全面腐食）

減速機のケーシングおよび軸、軸継手のケーシングおよびスプロケット、走行駆動部の架台、基礎金物（大気接触部）およびモータ（低圧）のフレームは鋳鉄、炭素鋼またはアルミニウム合金鋳物であり、腐食が想定される。

しかしながら、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、巡視点検等で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することにより、機器の健全性を維持している。

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

(5) 歯車等の摩耗

減速機の歯車、軸継手のスプロケットおよびチェーン（ブッシュ部）は機械的要因により摩耗が想定される。

しかしながら、歯車等は常に潤滑油が供給されており、摩耗が発生しがたい環境であり、これまでに有意な摩耗は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

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

なお、機能確認時の作動確認により、機器の健全性を確認している。

(6) モータ（低圧）の固定子コアおよび回転子コアの腐食（全面腐食）

固定子コアおよび回転子コアは珪素鋼板であり、腐食が想定される。

しかしながら、固定子コアおよび回転子コアはワニス処理または塗装により腐食を防止しており、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

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

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(7) 電磁ブレーキ固定鉄心の腐食（全面腐食）

電磁ブレーキの固定鉄心は珪素鋼板および銅であり、腐食が想定される。

しかしながら、電磁ブレーキの固定鉄心はワニス処理により腐食を防止しており、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

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

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(8) 電磁ブレーキのばねの変形（応力緩和）

電磁ブレーキのばねは応力状態にて長期間保持されることにより、変形（応力緩和）が想定される。

しかしながら、ばねに発生する応力は弾性範囲であり、日本ばね工業会にて実施したばね材料と使用環境温度の実態調査結果と比べて、当該ばねは同等か余裕のある環境で使用している。

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

なお、機能・性能試験時の制動確認により、機器の健全性を確認している。

(9) 電磁ブレーキブレーキ板の摩耗

電磁ブレーキのブレーキ板は制動時にブレーキライニングを押付けられることにより摩耗が想定される。

しかしながら、材料をライニングより硬い鋳鉄として摩耗を抑制しており、これまでに有意な摩耗は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

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

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(10) 電磁ブレーキライニングの摩耗

電磁ブレーキのライニングは制動操作により摩耗が想定される。

しかしながら、ブレーキライニングの許容摩耗量から算出される最大動作回数に対する1定期検査当たりの動作回数の割合は十分小さいと評価しており、これまでに有意な摩耗は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

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

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(11) 電磁ブレーキライニングのはく離

電磁ブレーキのライニングは高湿度環境での長期間の使用によりはく離が想定される。

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

しかしながら、大飯4号炉については、燃料移送装置は、高湿度環境にはなく、結露水が発生しがたい環境であり、これまでに有意なはく離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がたい。

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

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(12) 押釦スイッチの導通不良

押釦スイッチは接点部分に浮遊塵埃が付着することにより、導通不良が想定される。

しかしながら、接点部分は筐体または盤内に収納されており、塵埃の付着による導通不良が発生しがたい。

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

なお、機能・性能試験時の作動確認により、機器の健全性を確認している。

(13) 筐体、チャンネルベースおよび基礎金物等の腐食（全面腐食）

水圧制御装置の基礎金物（大気接触部）、筐体、チャンネルベース、取付ボルトおよび制御盤支持部の基礎ボルト（大気接触部）は炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部は塗装またはメッキにより腐食を防止しており、塗膜またはメッキ面が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

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

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

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

(14) 基礎金物および基礎ボルト（コンクリート埋設部）の腐食（全面腐食）

炭素鋼の基礎金物および基礎ボルト（水圧制御装置の基礎金物、走行駆動部、水圧制御装置および制御盤の支持部）は、腐食が想定される。

しかしながら、コンクリート埋設部ではコンクリートの大気接触部表面から中性化の進行により腐食環境となるが、コンクリートが中性化に至り、基礎金物に有意な腐食が発生するまで長期間を要することから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

2.2.4 消耗品および定期取替品

燃料コンテナのピボット軸受（すべり）、コンベアカーの車輪軸受（すべり）、走行駆動部の軸受（すべり）、減速機のオイルシール、軸継手のオイルシール、リフティングアームの軸受（すべり）、ホーク部軸受（すべり）、リフティングローラ、シリンダ部軸受（すべり）および水圧シリンダの軸受（すべり）は寸法計測や作動確認等の結果に基づき取替える消耗品である。

また、走行駆動部減速機の軸受（ころがり）、軸継手のチェーン、トルクリミッタ（摩擦板）、水圧シリンダのパッキン、水圧制御装置の水圧ポンプ（軸受、パッキン）、電磁弁等（パッキン）、アキュムレータ、モータ（低圧）の軸受（ころがり）、リミットスイッチ、補助リレー、電磁接触器、ヒューズおよびノーヒューズブレーカは定期取替品である。

それぞれ、長期使用はせず取替を前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

表2.2-1(1/6) 大飯4号炉 燃料移送装置に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	組立品	部位	消耗品 ・定期 取替品	材料	経年劣化事象						備考	
					減肉		割れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
装置の 支持機能	トラック フレーム	レール		ステンレス鋼	△						*1:ブッシュ部 *2:ローラ外面 *3:大気接触部 *4:コンクリート 埋設部	
		基礎金物		ステンレス鋼								
走行機能	燃料 コンテナ	燃料コンテナ		ステンレス鋼								
		ピボット軸受(すべり)	◎	—								
	コンベア カー	車輪		ステンレス鋼	△							
		車輪軸受(すべり)	◎	—								
	走行 駆動部	走行 駆動部	スプロケット		ステンレス鋼	△						
			チェーン		ステンレス鋼	△*1 △*2						
			かさ歯車		ステンレス鋼	△						
			かさ歯車部 軸受(すべり)	◎	—							
			架台			ステンレス鋼						
						炭素鋼		△				
			基礎金物		炭素鋼		△*3 ▲*4					
			トルクリミッタ (摩擦板)	◎	—							
ラインシャフト				ステンレス鋼								
ラインシャフト部 軸受(すべり)			◎	—								

△：高経年化対策上着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(2/6) 大飯4号炉 燃料移送装置に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	組立品	部位		消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象						備考		
						減肉		割れ		材質変化			その他	
						摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化			
走行機能	走行駆動部	減速機	ケーシング		鋳鉄		△							
			歯車		銅合金	△								
			軸		炭素鋼		△							
			軸受(ころがり)	◎	—									
			オイルシール	◎	—									
		軸継手	ケーシング		アルミニウム合金鋳物		△							
			軸(スプロケット)		炭素鋼	△	△							
			チェーン	◎	—									
			オイルシール	◎	—									

△：高経年化対策上着目すべ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) 大飯4号炉 燃料移送装置に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	組立品	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
リフティング機能	リフティングアーム	リフティングアーム		ステンレス鋼								
		ピボット軸受(すべり)	◎	—								
		ホーク		ステンレス鋼								
		ホーク部軸受(すべり)	◎	—								
		リフティングローラ	◎	—								
		架台		ステンレス鋼								
		シリンダ部軸受(すべり)	◎	—								
	水圧シリンダ	シリンダチューブ		ステンレス鋼								
		ピストン		ステンレス鋼								
		ピストンロッド		ステンレス鋼								
		軸受(すべり)	◎	—								
		パッキン	◎	—								
		ロッド側本体		ステンレス鋼								
	ヘッド側本体		ステンレス鋼									

表2.2-1(4/6) 大飯4号炉 燃料移送装置に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	組立品	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
リフティング機能	水圧制御装置	水圧ポンプ(軸受、パッキン)	◎	—								*1:大気接触部 *2:コンクリート埋設部
		電磁弁、仕切弁、切替弁、圧力調整弁(パッキン)	◎	—								
		アキュムレータ	◎	—								
		基礎金物		炭素鋼		△ ^{*1} ▲ ^{*2}						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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

表2.2-1(5/6) 大飯4号炉 燃料移送装置に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位		消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考	
					減肉		割れ		絶縁	導通	特性		その他
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁低下	導通不良	特性変化		
機器の監視・操作・駆動・制御・保護の維持	駆動用電動装置	モータ(低圧)	固定子コア	珪素鋼板		△							*1：変形(応力緩和) *2：はく離
			フレーム	铸铁		△							
			固定子コイル	銅、絶縁物					○				
			回転子コア	珪素鋼板		△							
			軸受(ころがり)	—	◎								
	電磁ブレーキ	固定鉄心	珪素鋼板、銅、絶縁物		△				○				
		ばね	ピアノ線								△*1		
		ブレーキ板	铸铁		△								
		ライニング	耐熱性有機化学繊維		△							△*2	
		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）

表2.2-1(6/6) 大飯4号炉 燃料移送装置に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位		消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考	
					減肉		割れ		絶縁	導通	特性		その他
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁低下	導通不良	特性変化		
機器の監視・操作・駆動・制御・保護の維持	制御盤	補助リレー	◎	—								*1: 大気接触部 *2: コンクリート埋設部	
		押釦スイッチ		銅、銀他					△				
		電磁接触器	◎	—									
		ヒューズ	◎	—									
		変圧器		銅、絶縁物					○				
		ノーヒューズブレーカ	◎	—									
制御盤の支持	筐体			炭素鋼		△							
	チャンネルベース			炭素鋼		△							
	取付ボルト			炭素鋼		△							
	基礎ボルト			炭素鋼		△ ^{*1} ▲ ^{*2}							

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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

2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

2.3.1 モータ（低圧）の固定子コイルの絶縁低下

a. 事象の説明

固定子コイルの絶縁物は有機物であり、機械的、熱的、電氣的、環境的要因で経年劣化が進行し、絶縁性能の低下を起こす可能性がある。

b. 技術評価

① 健全性評価

固定子コイルの絶縁低下については、絶縁仕様が低圧ポンプ用モータに比べて同等以上であるため、低圧ポンプ用モータの健全性評価結果から、固定子コイルの絶縁耐力を保有する運転期間は16年と考えられる。

しかしながら、低圧ポンプ用モータと設置場所が異なることから、長期間の運転を想定すると絶縁低下の可能性は否定できない。

② 現状保全

固定子コイルの絶縁低下に対しては、定期的な絶縁抵抗測定により、管理値以上であることの確認を行っている。

また、過去の絶縁抵抗測定の結果に基づき、監視強化としての絶縁抵抗測定の実施頻度の見直しを実施するとともに、必要により洗浄、乾燥、絶縁補修処理もしくは取替を実施している。

③ 総合評価

健全性評価結果から判断して、固定子コイルの絶縁低下の可能性は否定できないが、絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切である。

c. 高経年化への対応

固定子コイルの絶縁低下については、定期的に絶縁抵抗測定を実施していくとともに、点検結果に基づき監視強化としての絶縁抵抗測定の実施頻度の見直しおよび必要に応じて洗浄、乾燥、絶縁補修処理もしくは取替を実施していく。

2.3.2 電磁ブレーキの固定鉄心の絶縁低下

a. 事象の説明

電磁ブレーキの固定鉄心の絶縁低下は、熱による絶縁物の特性変化、絶縁物に付着する塵埃または内部の微小ボイド等による放電等、熱的、電氣的、環境的要因で経年的な変化が進行し、外表面、内部等から絶縁低下を生じる可能性がある。

b. 技術評価

① 健全性評価

電磁ブレーキは、塵埃が付着しにくい密閉構造であり、また、電磁ブレーキの固定鉄心の絶縁は使用温度に比べて十分余裕のある絶縁種（B種：許容最高温度130℃）を選択して使用していることから絶縁低下の発生の可能性は小さいと考えるが、60年間の供用を想定すると絶縁低下が生じる可能性は否定できない。

② 現状保全

電磁ブレーキの固定鉄心の絶縁低下に対しては、定期的な絶縁抵抗測定により、管理値以上であることの確認を行っている。

③ 総合評価

健全性評価結果から判断して、電磁ブレーキの固定鉄心の絶縁低下の可能性は否定できないが、絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切である。

c. 高経年化への対応

電磁ブレーキの固定鉄心の絶縁低下に対しては、定期的に絶縁抵抗測定を実施していく。

2.3.3 変圧器の絶縁低下

a. 事象の説明

変圧器は通電による発熱や周囲環境条件の影響を受け、絶縁材料の変化により、絶縁性能の低下を生じる可能性が考えられる。

b. 技術評価

① 健全性評価

変圧器は、屋内に設置された筐体内に内蔵されているため、塵埃が付着しにくい環境にある。

また、変圧器の通電時の使用温度に比べ十分余裕のある絶縁種（H種：許容最高温度180℃）を選択して使用していることから絶縁低下の発生の可能性は小さいと考えるが、60年間の供用を想定すると絶縁低下を生じる可能性は否定できない。

② 現状保全

変圧器の絶縁低下に対しては、定期的な絶縁抵抗測定により、管理値以上であることの確認を行っている。

③ 総合評価

健全性評価結果から判断して、変圧器の絶縁低下の可能性は否定できないが、絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切である。

c. 高経年化への対応

変圧器の絶縁低下については、定期的に絶縁抵抗測定を実施していく。

3.3 新燃料貯蔵設備

[対象機器]

- ① 新燃料ラック

目次

1. 技術評価対象機器	1
2. 新燃料ラックの技術評価	2
2.1 構造、材料および使用条件	2
2.2 経年劣化事象の抽出	5

1. 技術評価対象機器

大飯4号炉で使用されている新燃料ラックの主な仕様を表1-1に示す。

表1-1 大飯4号炉 新燃料ラックの主な仕様

機器名称 (台数)	重要度*1	容量
新燃料ラック (1)	PS-2	158セル

*1：機能は最上位の機能を示す。

2. 新燃料ラックの技術評価

2.1 構造、材料および使用条件

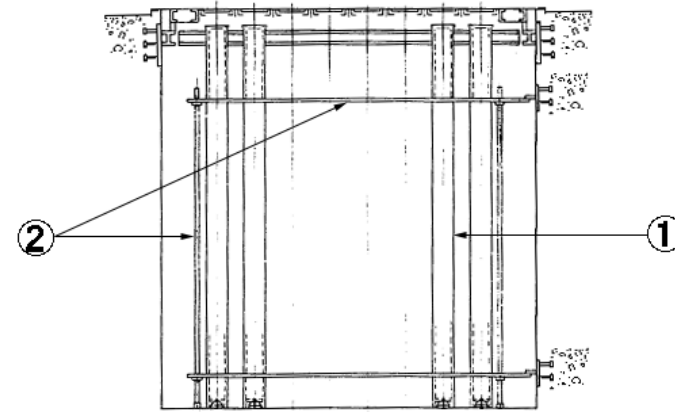
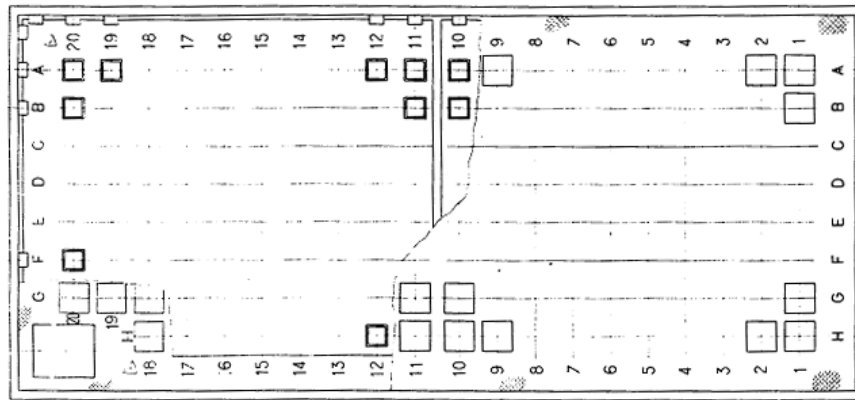
(1) 構造

大飯4号炉の新燃料ラックは床下式で建屋内に設置されており、新燃料を保持する構造となっている。

大飯4号炉の新燃料ラックの構造図を図2.1-1に示す。

(2) 材料および使用条件

大飯4号炉の新燃料ラックの使用材料および使用条件を表2.1-1および表2.1-2に示す。



No.	部位
①	ラック
②	サポート部材

図2.1-1 大飯4号炉 新燃料ラック構造図

表2.1-1 大飯4号炉 新燃料ラック主要部位の使用材料

部位	材料
ラック	ステンレス鋼
サポート部材	炭素鋼、ステンレス鋼

表2.1-2 大飯4号炉 新燃料ラックの使用条件

容量	158セル
設置場所	建屋内

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機能達成に必要な項目

新燃料ラックの機能である臨界防止機能を維持するためには、次の項目が必要である。

- ① 燃料保持
- ② ラック保持
- 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

新燃料ラックについて機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の構造、材料、使用条件（圧力、温度等）および現在までの運転経験を考慮し、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結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象はない。

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

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

に該当するものについては、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

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

なお、日常劣化管理事象ではない事象はない。

(1) サポート部材の腐食（全面腐食）

サポート部材は炭素鋼であり、腐食が想定される。

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

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

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

表2.2-1 大飯4号炉 新燃料ラックに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象						備考	
				減肉		割れ		材質変化			その他
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
燃料保持	ラック		ステンレス鋼								
ラック保持	サポート部材		炭素鋼		△						
			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）

4 原子炉容器上蓋付属設備

[対象機器]

- ① 制御棒駆動装置
- ② 炉内熱電対フランジ
- ③ 原子炉水位計（ハウジング）

目次

1. 技術評価対象機器および代表機器の選定	1
1.1 グループ化の考え方および結果	1
1.2 代表機器の選定	1
2. 代表機器の技術評価	3
2.1 構造、材料および使用条件	3
2.2 経年劣化事象の抽出	11
3. 代表機器以外への展開	16
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象	16

1. 技術評価対象機器および代表機器の選定

大飯4号炉で使用されている原子炉容器上蓋付属設備の主な仕様を表1-1に示す。

これらの機器を設置場所、材料の観点からグループ化し、以下のとおり代表機器を選定した。

1.1 グループ化の考え方および結果

表1-1に示す原子炉容器上蓋付属設備について、設置場所、材料を分離基準として考えると、いずれの機器も同様であることから、1つのグループとして分類される。

1.2 代表機器の選定

炉内熱電対フランジおよび原子炉水位計に使用している圧力ハウジングは頂部のシール構造を除き制御棒駆動装置のハウジングとほぼ同様である。

駆動機能を有している制御棒駆動装置を代表機器とする。

表1-1 大飯4号炉 原子炉容器上蓋付属設備の主な仕様

分離基準		機器名称 (台数)	選定基準			代表機器の選定	
設置場所	材料		重要度*1	使用条件		代表機器	選定理由
				最高使用圧力 (MPa[gage])	最高使用温度 (°C)		
原子炉容器上蓋上	ステンレス鋼	制御棒駆動装置 (57) (予備用4台含む)	PS-1	約17.2	約343	◎	構造 (駆動機構あり)
		炉内熱電対フランジ (4)	PS-1	約17.2	約343		
		原子炉水位計 (ハウジング) (1)	PS-1	約17.2	約343		

*1：機能は最上位の機能を示す。

2. 代表機器の技術評価

本章では1章で代表機器とした以下の機器について技術評価を実施する。

① 制御棒駆動装置

2.1 構造、材料および使用条件

2.1.1 制御棒駆動装置

(1) 構造

大飯4号炉の制御棒駆動装置は炉心の制御を行う制御棒の引き抜き・挿入動作を操作する装置であり、圧力ハウジング、ラッチ機構、サーマルスリーブおよび駆動軸の組立体から構成され、圧力バウンダリとして原子炉容器頂部に取り付けられている。

圧力ハウジングは駆動軸ハウジングとラッチハウジングが溶接で結合され、ラッチハウジングとふた管台が溶接で接合され、ふた管台は原子炉容器上蓋に溶接されている。

圧力ハウジングの内側にはラッチ機構が取り付けられている。

ラッチ機構は磁気ジャック式と呼ばれ、圧力ハウジング外側に設置した制御棒駆動装置作動コイルに通電することによって発生する電磁石の原理を利用しラッチ機構のラッチアームを動作させる。

ラッチアームは駆動軸を把持し、さらに駆動軸と結合された制御棒を操作する動作を行う。駆動軸は駆動軸下端の接手により制御棒との結合・切離しを行うもので、駆動軸中央部にはラッチアームとの結合用の溝山がある。

また、原子炉容器上蓋の上側に制御棒駆動装置耐震サポートが設置されており、地震時の制御棒駆動装置の水平方向の動きを抑制している。

なお、大飯4号炉の制御棒駆動装置については、第11回定期検査時（2007年度）に取替を実施している。

大飯4号炉の制御棒駆動装置の構造図を図2.1-1～図2.1-6に示す。

(2) 材料および使用条件

大飯4号炉の制御棒駆動装置の使用材料および使用条件を表2.1-1および表2.1-2に示す。

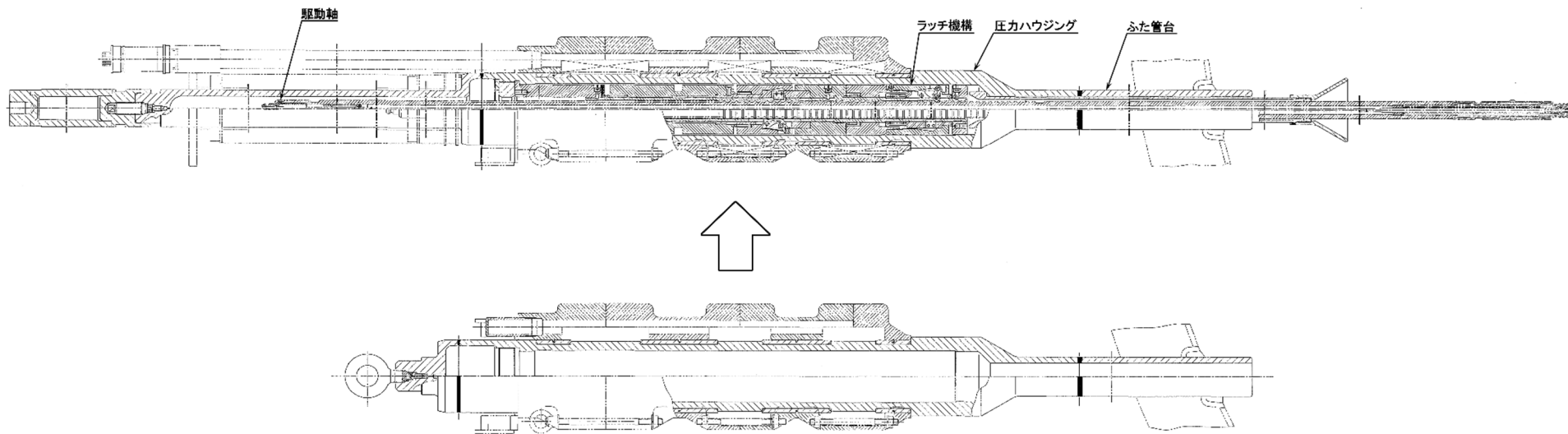
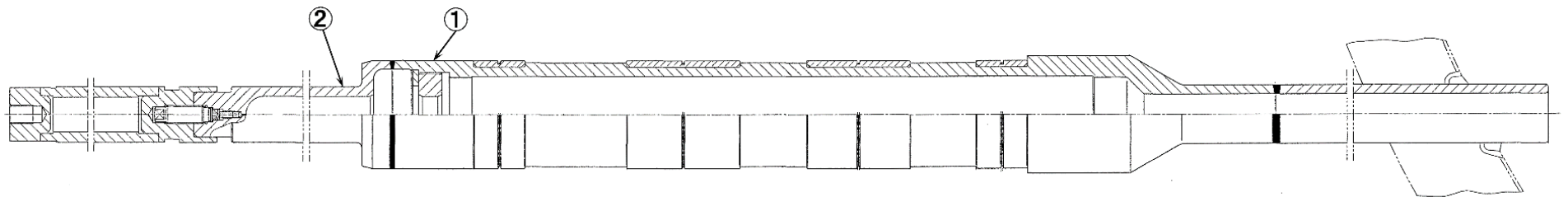
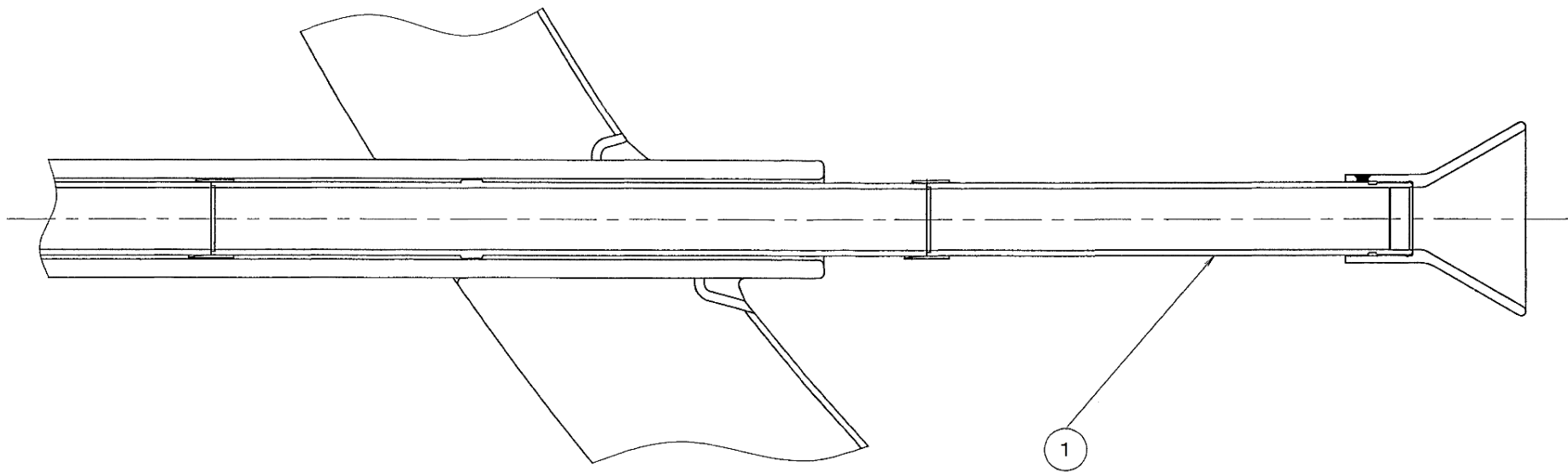


図2.1-1 大飯4号炉 制御棒駆動装置全体構造図



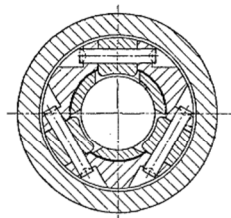
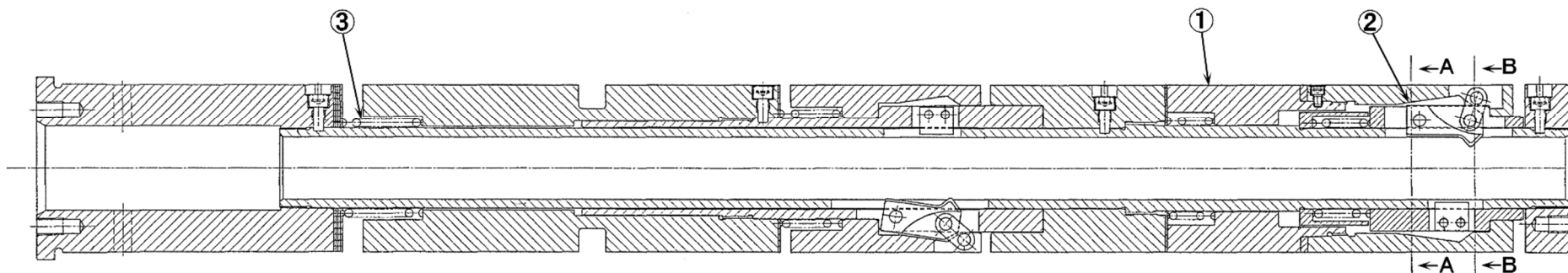
No.	部位
①	ラッチハウジング
②	駆動軸ハウジング

図2.1-2 大飯4号炉 制御棒駆動装置 圧力ハウジング構造図

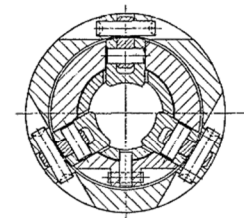


No.	部位
①	サーマルスリーブ

図2.1-3 大飯4号炉 制御棒駆動装置 サーマルスリーブ構造図



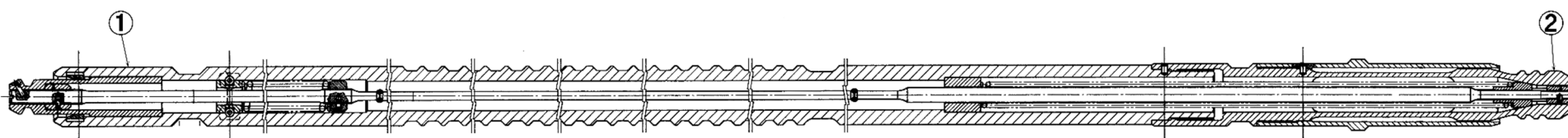
断面A-A



断面B-B

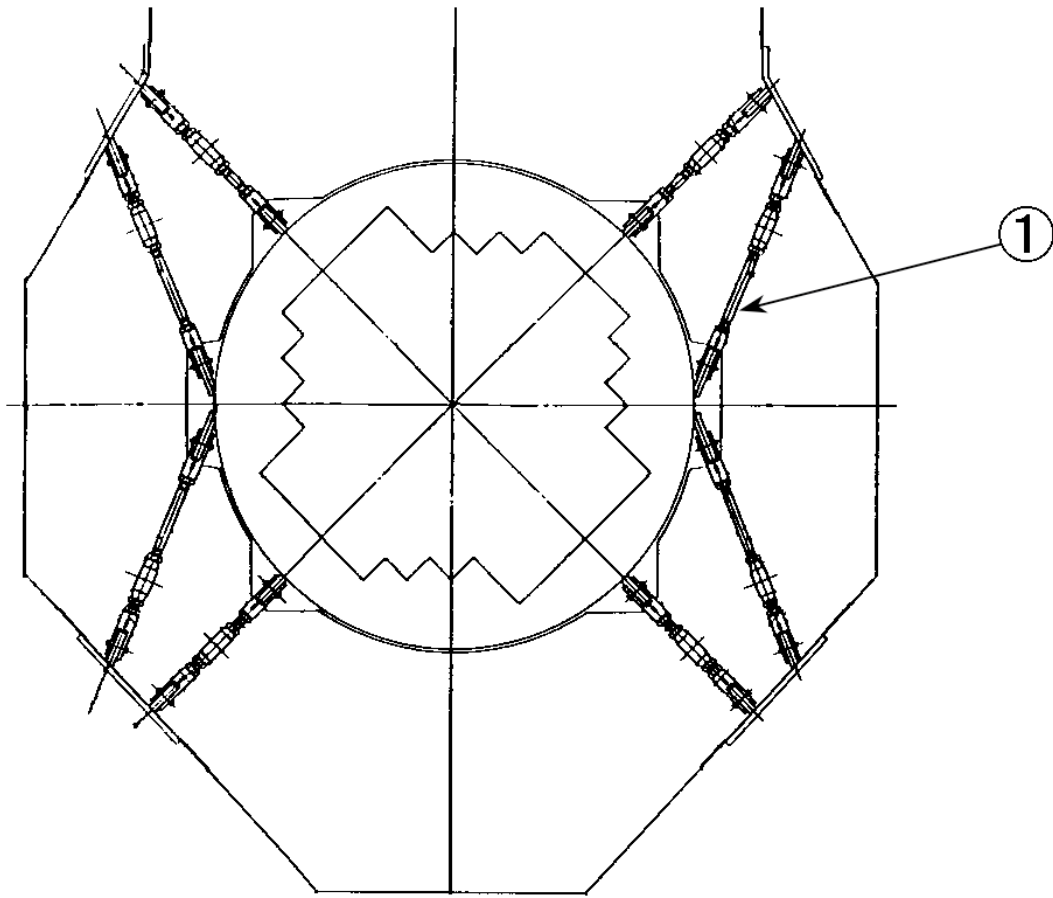
No.	部位
①	プランジャ
②	ラッチアーム
③	ばね

図2.1-4 大飯4号炉 制御棒駆動装置 ラッチ機構構造図



No.	部位
①	駆動軸
②	接手

図2.1-5 大飯4号炉 制御棒駆動装置 駆動軸構造図



No.	部位
①	耐震サポート

図2.1-6 大飯4号炉 制御棒駆動装置 耐震サポート構造図

表2.1-1 大飯4号炉 制御棒駆動装置主要部位の使用材料

部位		材料
ハウジング 圧力	ラッチハウジング	ステンレス鋼
	駆動軸ハウジング	ステンレス鋼
サーマルスリーブ		ステンレス鋼
ラッチ機構	プランジャ	ステンレス鋼
	ラッチアーム	ステンレス鋼
	ばね	750系ニッケル基合金
駆動軸	駆動軸	ステンレス鋼
	接手	ステンレス鋼
耐震サポート		低合金鋼、ステンレス鋼

表2.1-2 大飯4号炉 制御棒駆動装置の使用条件

最高使用圧力	約17.2MPa [gage]
最高使用温度	約343℃
内部流体	1次冷却材

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機能達成に必要な項目

制御棒駆動装置の機能である反応度制御機能の達成に必要な項目としては、次の2つの項目がある。

- ① バウンダリの維持
- ② 制御棒作動信頼性の維持

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

制御棒駆動装置について、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の構造、材料、使用条件（水質、圧力、温度等）および現在までの運転経験を考慮し、表2.2-1に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象はない。

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

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

に該当するものについては、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

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

(1) 圧力ハウジングの疲労割れ

圧力ハウジングは、プラントの起動・停止時等による熱過渡を繰り返し受けるため、疲労割れが想定される。

しかしながら、起動・停止時等に発生する荷重はわずかであり、有意な応力変動を受けない構造となっており、疲労割れが発生しがたい。

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

なお、機能確認時の漏えい確認により、機器の健全性を確認している。

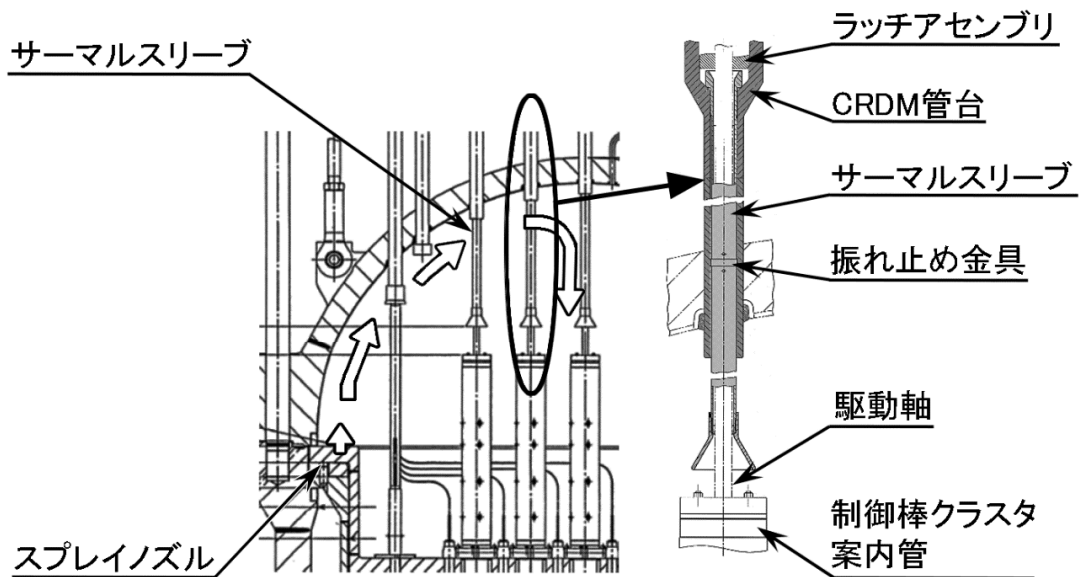
(2) サーマルスリーブの摩耗

サーマルスリーブは、原子炉容器上蓋管台との接触部における摩耗が想定される。

2017年12月、フランスのベルビル（Belleville）発電所2号炉において、サーマルスリーブが摩耗により落下し、制御棒落下試験時に全挿入できない事象が発生している。

サーマルスリーブは原子炉容器上蓋の制御棒駆動装置管台の内側に設置され、管台とは固定されておらず、管台のテーパ部にサーマルスリーブのフランジ部が自重を預ける構造となっている。

サーマルスリーブが設置される頂部プレナム内では、図2.2-1に示すようにスプレインノズルから噴出する1次冷却材の流れ（頂部バイパス流）が原子炉容器上蓋に沿って上昇し、頂部付近で合流した後に下降する流れが存在する。この流れが作用することでサーマルスリーブに流体励起振動が生じ、サーマルスリーブのフランジ面と管台内面のテーパ面が摺動することで、摩耗が進展すると考えられる。そのため、頂部プレナム内のバイパス流の流れが大きく上蓋頂部の温度が低いプラント（T-Coldプラント）が摩耗に対する感受性が大きいと考えられる。



← 頂部プレナム内のバイパス流の流れを示す

図2.2-1 サーマルスリーブの構造と頂部プレナム内の流況

国内PWRプラントにおいては、2019年に、頂部プレナムへのバイパス流量比が大きく、ワークレート（摺動速さと接触荷重の積）が大きい標準型4ループプラントのうち、上蓋の供用年数が比較的長いプラントを代表プラントとして、サーマルスリーブの摩耗状況の確認のためにサーマルスリーブの下降量を計測しているが、直ちにフランジ部の破断に至るような摩耗の進展は認められていない。

一方、大飯4号炉については、第11回定期検査時（2007年度）に原子炉容器の上蓋取替に合わせてサーマルスリーブも取替えられており、摩耗状況を確認した国内代表プラントよりも供用期間が短いことから、直ちにフランジ部の破断に至るような摩耗が生じる可能性は小さい。

また、代表プラントとして大飯3号炉を追加してサーマルスリーブの摩耗状況を確認することで機器の健全性を維持することとしている。

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

(3) プランジャの摩耗

制御棒の引き抜き・挿入動作を行うプランジャはその構造上、摺動部で摩耗が想定される。

しかしながら、コイル電流によるラッチ機構作動確認および制御棒落下試験により、スクラム時のプランジャ動作に伴うラッチアーム開放動作に影響のないことを確認することにより、機器の健全性を維持している。

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

(4) ラッチアームおよび駆動軸の摩耗

ラッチアームおよび駆動軸は互いに接触する部位であり、摺動部で摩耗が想定される。

しかしながら、コイル電流によるラッチ機構作動確認により、機器の健全性を維持している。

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

(5) ばねの変形（応力緩和）

制御棒駆動装置に使用しているばねは圧縮荷重が常時加わった状態で長期間保持されることにより、変形（応力緩和）が想定される。

しかしながら、ばねに発生する応力は弾性範囲であり、日本ばね工業会にて実施したばね材料と使用環境温度の実態調査結果と比べて、当該ばねは同等か余裕のある環境で使用している。

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

なお、機能確認時の作動確認により、機器の健全性を確認している。

(6) 耐震サポートの腐食（全面腐食）

低合金鋼の耐震サポートは、腐食が想定される。

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

また、外観点検時等の目視確認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することにより、機器の健全性を維持している。

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

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

(7) 接手の摩耗

接手は制御棒クラスタのスパイダ溝に接手の山がかみあう構造になっており、ステッピングおよび制御棒との取付け、取外しによる接手山部の摩耗が想定される。

しかしながら、接手山とスパイダ溝は隙間なくかみ込み一体となっており、ステッピング時の摩耗は生じないと考えられること、およびスパイダ材と接手の硬さは同程度であり比摩耗量も同程度と考えられ、接手山部についても有意な摩耗はないと考えられることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

表2.2-1 大飯4号炉 制御棒駆動装置に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	組立品	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象								備考
					減肉		割れ		材質変化		絶縁	その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化	絶縁低下		
バウンダリの維持	圧力ハウジング	ラッチハウジング		ステンレス鋼			△						*1：変形 (応力緩和)
		駆動軸ハウジング		ステンレス鋼			△						
制御棒作動信頼性の維持	サーマルスリーブ			ステンレス鋼	△								
	ラッチ機構	プランジャ		ステンレス鋼	△								
		ラッチアーム		ステンレス鋼	△								
		ばね		750系ニッケル基合金								△*1	
	駆動軸	駆動軸		ステンレス鋼	△								
		接手		ステンレス鋼	▲								
	耐震サポート				低合金鋼		△						
			ステンレス鋼										

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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

3. 代表機器以外への展開

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

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

- ① 炉内熱電対フランジ
- ② 原子炉水位計（ハウジング）

3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

なお、日常劣化管理事象ではない事象はない。

3.1.1 圧力ハウジングの疲労割れ [共通]

圧力ハウジングは、プラントの起動・停止時等による熱過渡を繰り返し受けるため、疲労割れが想定される。

しかしながら、起動・停止時等に発生する荷重はわずかであり、有意な応力変動を受けない構造となっており、疲労割れが発生しがたい。

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

なお、機能確認時の漏えい確認により、機器の健全性を確認している。

3.1.2 コノシールガスケット取付部の摩耗 [共通]

炉内熱電対フランジおよび原子炉水位計の圧力ハウジング頂部は、コノシールガスケットでシールされており、コノシールガスケットは定期的に取り替を行っているため、取付部で摩耗が想定される。

しかしながら、機能確認時の目視確認や漏えい確認を実施することで、機器の健全性を維持している。

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

3.1.3 ヘリコフレックスシール取付部の腐食（隙間腐食）〔炉内熱電対フランジ〕

炉内温度計装用フランジのヘリコフレックスシールの接触部は隙間構造となり、隙間腐食が想定される。

しかしながら、機能確認時の漏えい試験を実施することで、機器の健全性を維持している。

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

5 非核燃料炉心構成

[対象機器]

- ① 制御棒クラスタ

目次

1. 技術評価対象機器	1
2. 制御棒クラスタの技術評価	2
2.1 構造、材料および使用条件	2
2.2 経年劣化事象の抽出	6

1. 技術評価対象機器

大飯4号炉で使用されている制御棒クラスタの主な仕様を表1-1に示す。

表1-1 大飯4号炉 非核燃料炉心構成品の主な仕様

機器名称 (体数)	重要度*1	使用条件	
		最高使用圧力 (MPa [gage])	最高使用温度 (°C)
制御棒クラスタ (53)	MS-1、重*2	約17.2	約343

*1：機能は最上位の機能を示す。

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

2. 制御棒クラスタの技術評価

2.1 構造、材料および使用条件

(1) 構造

大飯4号炉の制御棒はクラスタ方式で、原子炉の緊急停止は制御棒クラスタの重力落下によって行っている。制御棒クラスタは、目的により制御グループおよび停止グループに分けられる。制御グループは、通常運転中、出力、温度等原子炉の運転条件の変化による反応度変化を補償するために使用している。停止グループの制御棒クラスタは、原子炉停止の際、制御グループの制御棒クラスタとともに、炉心の余剰反応度を吸収するために用いている。制御棒クラスタは、最も反応度効果の大きい制御棒クラスタ1体が炉心に挿入できない場合でも、十分余裕を持って原子炉を停止できる制御能力を持つよう設計している。

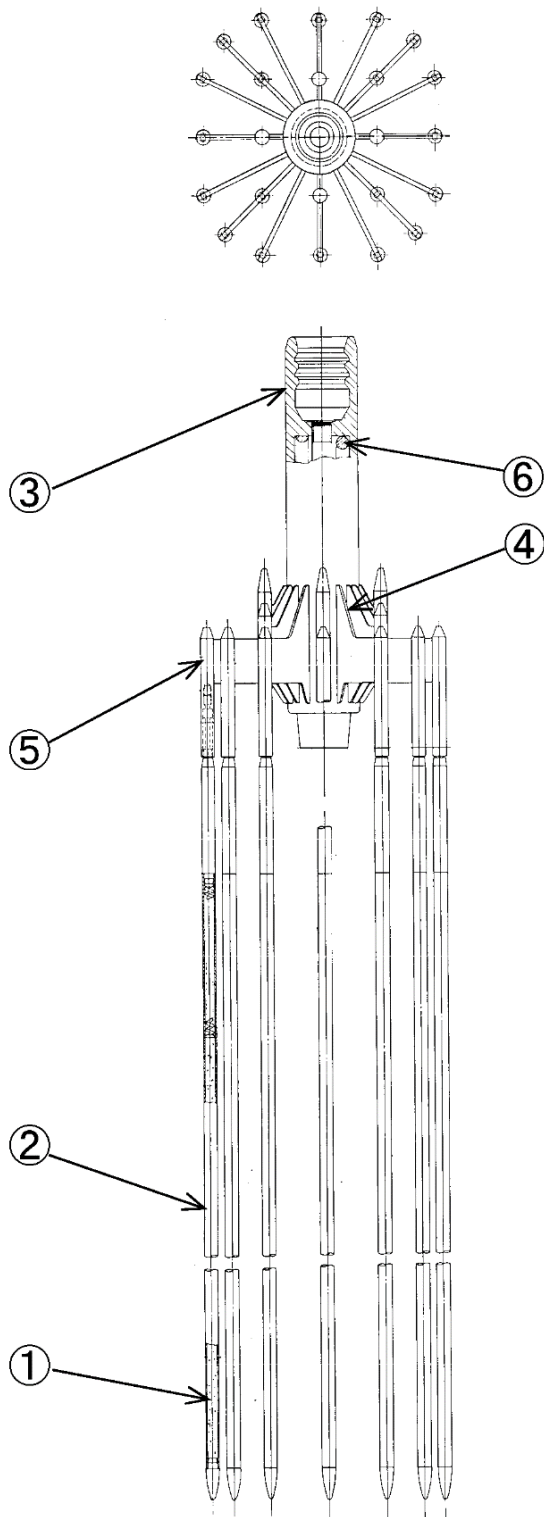
制御棒クラスタは、24本の制御棒をベーンとフィンガにより軸対称位置に配置する構造をしており、原子炉容器内で53体使用されている。全長は約4m、質量は約68kgであり、制御棒駆動軸と切り離すことにより炉心から取り出すことができる。1次冷却材に接する部分はステンレス鋼またはステンレス鋼鋳鋼で構成されており、吸収材である銀・インジウム・カドミウム合金を被覆した制御棒をクラスタ状に維持している。また原子炉停止のため制御棒クラスタを重力落下させた際の衝撃を緩和するためにニッケル基合金製のばねを有している。

大飯4号炉の制御棒クラスタの構造図を図2.1-1に示す。

なお、制御棒クラスタについては、表2.1-1に示すとおり取替を実施している。

(2) 材料および使用条件

大飯4号炉の制御棒クラスタの使用材料および使用条件を表2.1-2および表2.1-3にそれぞれ示す。



No.	部位
①	中性子吸収体
②	被覆管
③	スパイダー*1
④	ベーン*1
⑤	フィンガ*1
⑥	ばね

*1 : スパイダー、ベーン、フィンガは一体構造

図2.1-1 大飯4号炉 制御棒クラスタ構造図

表2.1-1 大飯4号炉 制御棒クラスタの取替実績

時期	体数 (体)
第5回定期検査時 (1999年度)	2
第6回定期検査時 (2000年度)	2
第7回定期検査時 (2001～2002年度)	3
第8回定期検査時 (2003年度)	1
第10回定期検査時 (2005年度)	4
第11回定期検査時 (2007年度)	8
第12回定期検査時 (2008年度)	5
第13回定期検査時 (2009～2010年度)	16
第14回定期検査時 (2011～2012年度)	12
第15回定期検査時 (2013～2018年度)	2
第16回定期検査時 (2019年度)	6
第17回定期検査時 (2020年度)	5

(注) 当初より全数改良型 (被覆管へのCrメッキおよび吸収体先端部の細径化) を使用。

表2.1-2 大飯4号炉 制御棒クラスタ主要部位の使用材料

部位	材料
中性子吸収体	銀・インジウム・カドミウム合金
被覆管	ステンレス鋼
スパイダー*1	ステンレス鋼またはステンレス鋼鋳鋼
ベーン*1	ステンレス鋼またはステンレス鋼鋳鋼
フィンガ*1	ステンレス鋼またはステンレス鋼鋳鋼
ばね	718系ニッケル基合金

*1：スパイダー、ベーンおよびフィンガは一体構造

表2.1-3 大飯4号炉 制御棒クラスタの使用条件

最高使用圧力	約17.2MPa[gage]
最高使用温度	約343℃
使用環境	1次冷却材水中

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機能達成に必要な項目

制御棒クラスタの機能である炉心の制御機能の達成に必要な項目としては、次の項目が必要である。

- ① 反応度変化の補償および緊急停止時の停止余裕の確保

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

制御棒クラスタについて、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の構造、材料、使用条件（水質、圧力、温度等）およ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結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象はない。

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

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

に該当するものについては、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

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

なお、日常劣化管理事象ではない事象はない。

(1) 被覆管の摩耗

通常運転時の1次冷却材の流れにより、制御棒クラスタ案内管内等で制御棒が流体振動を起こす。その結果、制御棒と制御棒クラスタ案内管案内板等との間で摩耗が想定される。

制御棒クラスタの構造と挿入位置関係を図2.2-1に示す。

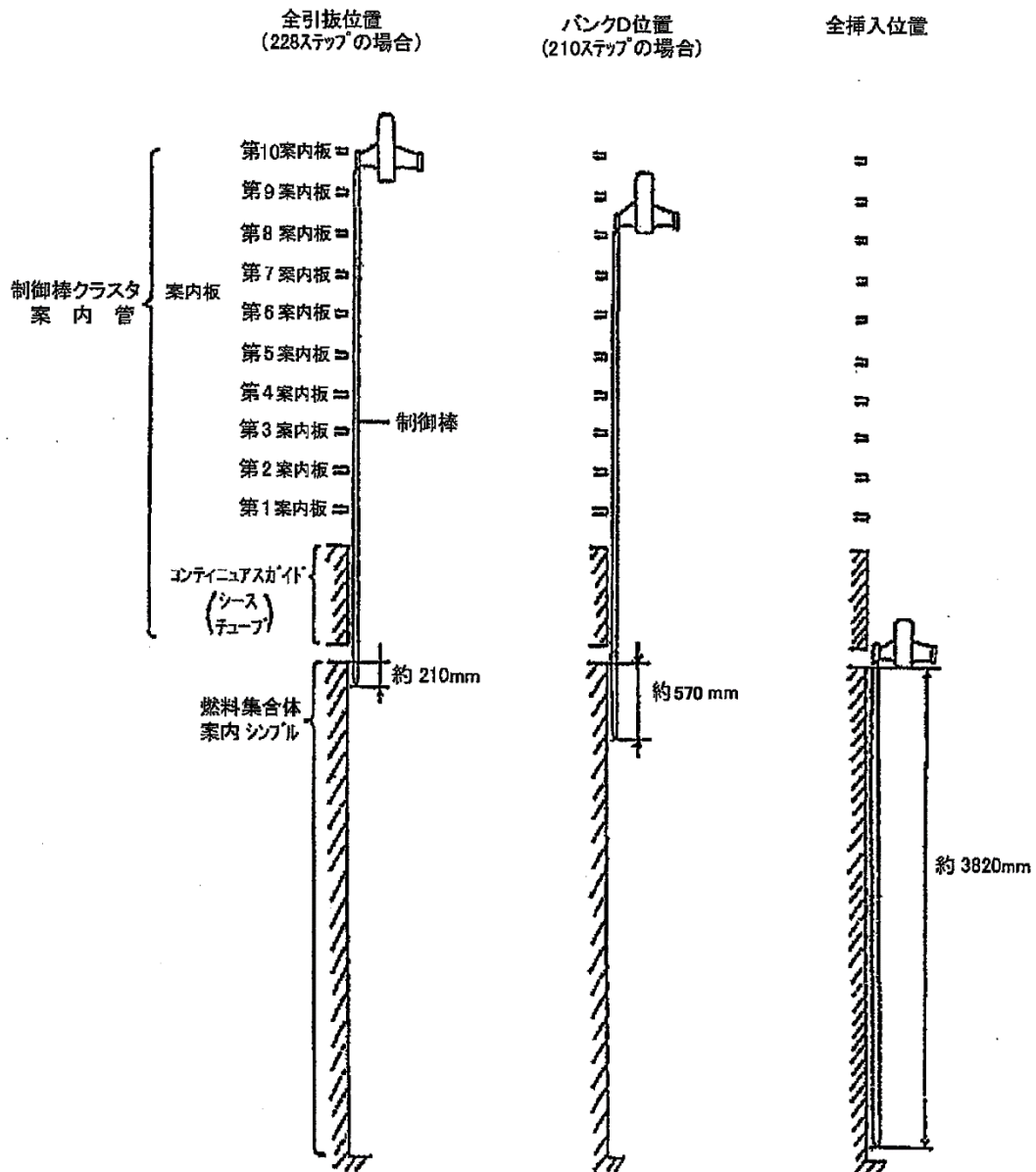


図2.2-1 大飯4号炉 制御棒クラスタの構造と挿入位置関係

米国ポイントビーチ (Point Beach) 発電所 2 号炉で被覆管の摩耗が認められたという報告が、1984年3月にされたため、国内プラントでも検討を行い、摩耗測定結果から摩耗の進行を評価しており、予防保全的に摩耗深さが肉厚を超えないよう定期的に取り替を行っている。

万一被覆管が減肉により貫通してもただちに制御棒クラスタの機能に与える影響は小さいことを確認している。

- ・ 被覆管強度 : 摩耗減肉後、さらに貫通した状態で、最も条件が厳しいステッピング荷重を考慮しても、応力や疲労評価上問題なく、被覆管強度は保たれる。
- ・ 中性子吸収体の溶出 : 被覆管に穴が開いても、吸収材が 1 次冷却材中に溶出する量は微量であり、制御能力にはほとんど影響ない。
- ・ 挿入性、挿入時間への影響 : 被覆管が貫通しても挿入性は確保される。

しかしながら、予防保全的に摩耗深さが肉厚を超えないような管理を行なっている。具体的には、制御棒クラスタ案内管案内板部については摩耗が被覆管肉厚に達するまでに、制御棒引抜き位置を原子炉停止余裕や反応度の補償機能への影響は問題ないようステップ変更することにより被覆管と制御棒クラスタ案内管案内板との干渉範囲をずらし、さらに同じ時間経過するまでに取替を実施している。

さらに、全制御棒クラスタの落下試験を実施し、挿入性に問題のないことを確認することにより、機器の健全性を維持している。

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

(2) 被覆管の照射誘起型応力腐食割れ

制御棒クラスタは被覆管の照射誘起型応力腐食割れが想定される。

しかしながら、照射誘起型応力腐食割れの感受性を呈する中性子照射量を超す高照射領域は制御棒被覆管においては先端部のみであるが、当該部位では、使用初期には内外差圧による極小さな応力しか発生しない。

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

なお、制御棒クラスタは中性子照射量に応じた取替を計画的に行うことにより、機器の健全性を確認している。

(3) 被覆管先端部の照射誘起割れ（外径増加によるクラック）

被覆管先端部は外径増加によるクラックが想定される。

中性子吸収体が中性子照射量の比較的大きな制御棒先端部においてスウェリングし、外径が増加することにより次第に被覆管に内圧を付加するようになる。

一方、被覆管は照射されるにつれて一様伸びが低下し、割れの発生限界ひずみが低下する。

これらの事象の相乗効果により、照射量が大きな領域に入ると、内圧を付加された被覆管に発生するひずみが大きくなり割れ発生限界ひずみ量に達することによって、クラックが発生する可能性がある。

しかしながら、制御棒クラスタは中性子照射量に応じた取替を計画的に行うことにより、機器の健全性を維持している。

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

(4) 被覆管の照射スウェリング

制御棒クラスタは被覆管の照射スウェリングが想定される。

しかしながら、照射スウェリング量は制御棒先端部の照射誘起割れに対する照射量暫定取替基準に達した時点で微量であり、制御棒と燃料集合体内に制御棒を導く制御棒案内シングル細径部（ダッシュポット部）間ギャップは確保される。

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

なお、制御棒クラスタは中性子照射量に応じた取替を計画的に行うことにより、機器の健全性を確認している。

(5) 被覆管の照射クリープ

被覆管先端部は照射クリープの発生が想定される。

しかしながら、吸収材によって変形が制限され、外観検査にて有意な変形のないことを確認し、制御棒クラスタは中性子照射量に応じた取替を計画的に行うことにより、機器の健全性を維持している。

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

(6) 中性子吸収体の中性子吸収能力の低下

中性子吸収体は中性子吸収により、その成分元素が中性子吸収断面積の小さな元素へと変換されるため、中性子吸収能力は徐々に低下する。中性子吸収能力が低下すると制御機能が満足できないことが想定される。

しかしながら、運転中制御棒は制御棒案内管内へ引き抜かれているため、照射量はわずかである。

また、制御棒クラスタの暫定取替基準の照射を受けた場合でも、個々の制御棒の核的損耗は0.07%と核安全設計の余裕の範囲（10%）内にあり、制御能力としては十分余裕がある。

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

なお、制御棒クラスタは中性子照射量に応じた取替を計画的に行うことにより、機器の健全性を確認している。

(7) スパイダー溝の駆動軸接手との干渉部の摩耗

駆動軸とのラッチの際にはスパイダー溝内に駆動軸の接手が挿入される構造になっており、ステッピングおよび制御棒クラスタのラッチ、アンラッチにより干渉部で摩耗が想定される。

しかしながら、接手山とスパイダー溝は隙間なくかみ込み一体となっており、ステッピング時に摩耗が発生しがたい。

また、スパイダー材と接手の硬さおよび比摩耗量も同程度と考えられることから、スパイダー溝についても摩耗が発生しがたい。

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

なお、制御棒クラスタは計画的に取替を行うことにより、機器の健全性を確認している。

(8) スパイダー、ベーンおよびフィンガの熱時効

スパイダー、ベーンおよびフィンガはステンレス鋼鋳鋼であり、高温での長時間の使用に伴い靱性の低下を起こすことが想定される。

しかしながら、HIP（熱間等方加圧）処理により内部欠陥をなくしており、外観検査にて表面に異常のないことを確認し、制御棒クラスタは計画的に取替を行うことにより、機器の健全性を維持している。

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

(9) 照射によるばねの変形（応力緩和）

ばねは制御棒クラスタのスパイダー内にあり、中性子照射により応力緩和してばね力が徐々に低下することが想定される。

しかしながら、運転中制御棒は炉心から引き抜かれているため、照射量がわずかであり、ばねの応力緩和が発生しがたい。

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

なお、制御棒クラスタは計画的に取替を行うことにより、機器の健全性を確認している。

表2.2-1 大飯4号炉 制御棒クラスタに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象						備考	
				減肉		割れ		材質変化			その他
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
反応度変化の補償および緊急停止時の停止余裕の確保	中性子吸収体		銀・インジウム・カドミウム合金							△ ^{*1}	*1：中性子吸収能力低下 *2：照射誘起型応力腐食割れ *3：照射誘起割れ *4：照射スウェリング *5：照射クリープ *6：鋳造品のみ *7：照射による変形（応力緩和）
	被覆管		ステンレス鋼	△			△ ^{*2}		△ ^{*3}	△ ^{*4} △ ^{*5}	
	スパイダー		ステンレス鋼またはステンレス鋼鋳鋼	△				△ ^{*6}			
	ベーン		ステンレス鋼またはステンレス鋼鋳鋼					△ ^{*6}			
	フィンガ		ステンレス鋼またはステンレス鋼鋳鋼					△ ^{*6}			
	ばね		718系ニッケル基合金							△ ^{*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）

6 水素再結合装置

[対象機器]

- ① 静的触媒式水素再結合装置
- ② 原子炉格納容器水素燃焼装置

目次

1. 技術評価対象機器および代表機器の選定	1
1.1 グループ化の考え方および結果	1
1.2 代表機器の選定	1
2. 代表機器の技術評価	3
2.1 構造、材料および使用条件	3
2.2 経年劣化事象の抽出	6
3. 代表機器以外への展開	9
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象	9

1. 技術評価対象機器および代表機器の選定

大飯4号炉で使用されている水素再結合装置の主な仕様を表1-1に示す。

これらの水素再結合装置を型式の観点から、以下のとおり代表機器を選定した。

1.1 グループ化の考え方および結果

表1-1に示す水素再結合装置については、1つのグループとして分類される。

1.2 代表機器の選定

このグループには、静的触媒式水素再結合装置および原子炉格納容器水素燃焼装置が属するが、最高使用温度の高い静的触媒式水素再結合装置を代表機器とする。

表1-1 大飯4号炉 水素再結合装置の主な仕様

分離基準	機器名称 (台数)	選定基準				代表機器の選定	
		重要度*1	使用条件			代表機器	選定理由
型式	運転状態		最高使用圧力 (MPa[gage])	最高使用温度 (℃)			
水素再結合装置	静的触媒式水素再結合装置 (5)	重*2	一時	—	500*3	◎	温度
	原子炉格納容器水素燃焼装置 (14)	重*2	一時	約1.6	約200		

*1：機能は最上位の機能を示す。

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

*3：水素反応の筐体（排気）温度を示す。

2. 代表機器の技術評価

本章では1章で代表機器とした以下の水素再結合装置について技術評価を実施する。

① 静的触媒式水素再結合装置

2.1 構造、材料および使用条件

2.1.1 静的触媒式水素再結合装置

(1) 構造

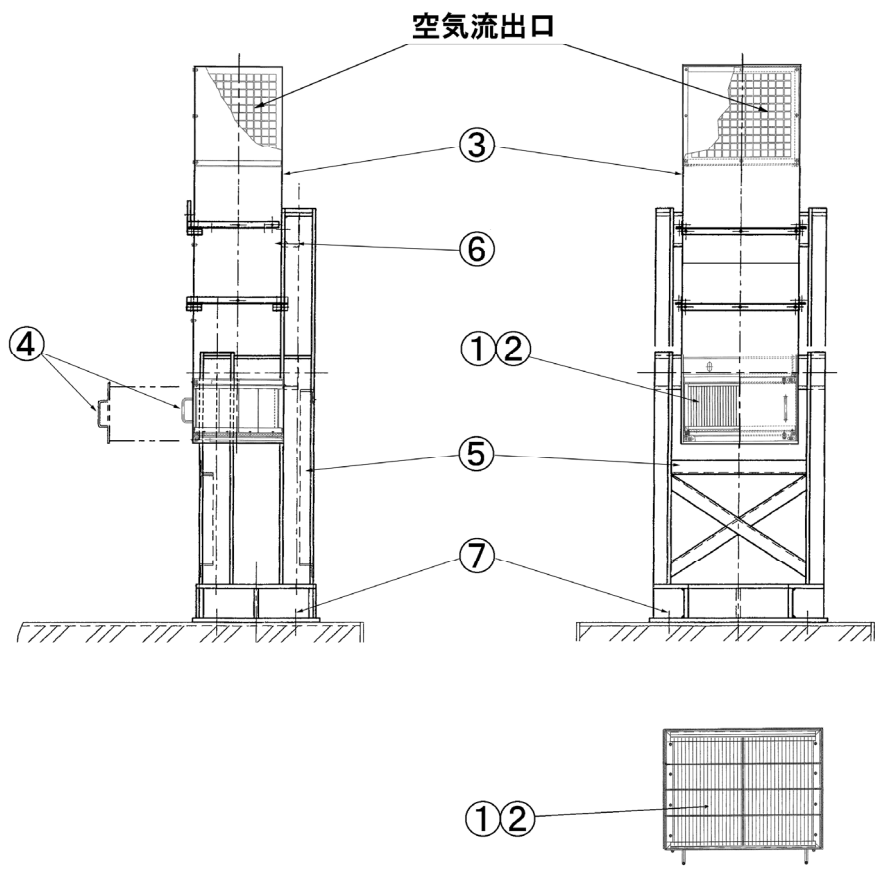
大飯4号炉の静的触媒式水素再結合装置は触媒式であり、触媒プレートには母材として高耐熱性ステンレス鋼、触媒として白金系金属を使用しており、原子炉格納容器内（5箇所）に設置されている。

触媒プレートは、胴板内の引出部で保持されている構造となっている。

大飯4号炉の静的触媒式水素再結合装置の構造図を図2.1-1に示す。

(2) 材料および使用条件

大飯4号炉の静的触媒式水素再結合装置の使用材料および使用条件を表2.1-1および表2.1-2に示す。



No.	部位
①	触媒プレート (母材)
②	触媒プレート (触媒)
③	胴板
④	引出部
⑤	架台
⑥	取付ボルト
⑦	基礎ボルト (ケミカルアンカ)

図2. 1-1 大飯4号炉 静的触媒式水素再結合装置構造図

表2.1-1 大飯4号炉 静的触媒式水素再結合装置主要部位の使用材料

部位	材料
触媒プレート（母材）	高耐熱性ステンレス鋼
触媒プレート（触媒）	白金系金属
胴板	ステンレス鋼
引出部	ステンレス鋼
架台	炭素鋼
取付ボルト	ステンレス鋼
基礎ボルト（ケミカルアンカ）	炭素鋼、樹脂

表2.1-2 大飯4号炉 静的触媒式水素再結合装置の使用条件

最高使用温度	500℃
内部流体	空気

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機能達成に必要な項目

静的触媒式水素再結合装置の機能である水素反応機能を維持するためには、次の項目が必要である。

- ① 水素反応機能の維持
- ② 流路の確保
- ③ 機器の支持

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

静的触媒式水素再結合装置について機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の構造、材料および現在までの運転経験を考慮し、表2.2-1に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象はない。

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

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

に該当するものについては、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

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

なお、日常劣化管理事象ではない事象はない。

(1) 触媒プレート（触媒）の水素反応機能低下

触媒プレート（触媒）は常時原子炉格納容器内の空気と接触しているため、水素反応機能の低下が想定される。

しかしながら、機能確認時の目視確認や機能検査により、機器の健全性を維持している。

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

(2) 架台の腐食（全面腐食）

架台は炭素鋼であり、腐食が想定される。

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

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

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

(3) 基礎ボルトの腐食（全面腐食）および樹脂の劣化

基礎ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

また、ケミカルアンカには樹脂を使用しており、劣化が想定される。

基礎ボルトの健全性評価については各機器で共通であることから、本評価書の「基礎ボルト」にてまとめて評価を実施する。

表2.2-1 大飯4号炉 静的触媒式水素再結合装置に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品 ・定期 取替品	材料	経年劣化事象							備考
				減肉		割れ		材質変化		その他	
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食 割れ	熱時効	劣化		
水素反応機能 の維持	触媒プレート（母材）		高耐熱性 ステンレス鋼								*1: 水素反応機能 低下 *2: 樹脂の劣化
	触媒プレート（触媒）		白金系金属							△*1	
流路の確保	胴板		ステンレス鋼								
	引出部		ステンレス鋼								
機器の支持	架台		炭素鋼		△						
	取付ボルト		ステンレス鋼								
	基礎ボルト(ケミカルアンカ)		炭素鋼、樹脂		△					△*2	

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

3. 代表機器以外への展開

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

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

① 原子炉格納容器水素燃焼装置

3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

なお、日常劣化管理事象ではない事象はない。

3.1.1 ヒータエレメントの導通不良

発熱線等はヒータON-OFF時に発生する熱伸縮により繰返し応力を受けるため、材料に疲労が蓄積され、疲労割れによるヒータエレメントの導通不良が想定される。

しかしながら、機能確認時の目視確認や抵抗測定により、機器の健全性を維持している。

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

3.1.2 ヒータエレメントの絶縁低下

ヒータエレメントはニッケル基合金を使用しており、長期間の使用により絶縁低下が想定される。

しかしながら、ヒータエレメントは通常時は通電していないことから急激に絶縁低下の進行がしがたい。

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

なお、機能確認時の絶縁抵抗測定により、機器の健全性を確認している。

3.1.3 端子台の絶縁低下

端子台の絶縁物は無機質であり、劣化等の可能性はないが長期間の使用により表面の汚損による絶縁低下が想定される。

しかしながら、端子台は気密された接続箱内に設置されており、塵埃の付着により表面が汚損しない環境であり、これまでに絶縁低下の進行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がたい。

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

なお、機能確認時の絶縁抵抗測定により、機器の健全性を確認している。

3.1.4 架台および取付ボルトの腐食（全面腐食）

架台および取付ボルトは炭素鋼または低合金鋼であり、腐食が想定される。

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、巡視点検等で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することにより、機器の健全性を維持している。

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

3.1.5 基礎ボルトの腐食（全面腐食）

基礎ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

基礎ボルトの健全性評価については各機器で共通であることから、本評価書の「基礎ボルト」にてまとめて評価を実施する。

7 基礎ボルト

[評価対象]

- ① スタッドボルト
- ② メカニカルアンカ
- ③ ケミカルアンカ

目次

1. はじめに	1
2. 基礎ボルトの技術評価	2
2.1 構造、材料および使用環境	2
2.2 経年劣化事象の抽出	16

1. はじめに

本項では、各機器の技術評価書で抽出された基礎ボルトの評価をまとめて記載している。各機器の基礎ボルトの使用環境および機器支持位置等の詳細については、各機器の技術評価書を参照のこと。

2. 基礎ボルトの技術評価

2.1 構造、材料および使用環境

大飯4号炉で使用されている基礎ボルトの主な仕様を表2.1-1に示す。

これらの基礎ボルトについては、型式毎に各々対象とし、技術評価を実施する。

表2.1-1 大飯4号炉 基礎ボルトの主な仕様

型式	仕様
スタッドボルト	ベースプレートに取り付けた炭素鋼または低合金鋼製のボルトをあらかじめ、コンクリート基礎に埋設しているもので、主として大型機器や機械振動を考慮するような機器の支持に用いている。
メカニカルアンカ	施工後の基礎に穿孔し、炭素鋼製のテーパボルトにより、炭素鋼製のシールドをコンクリートに打ち込むもので、主として小口径の配管や盤等の機器の支持に用いている。
ケミカルアンカ	施工後の基礎に穿孔し、炭素鋼および低合金鋼製のアンカボルトを樹脂（不飽和ポリエステル樹脂、ビニルエステル樹脂、ビニルウレタン樹脂、エポキシ樹脂）で固定しているもので、主として小口径の配管や盤等の機器の支持に用いている。

また、各機器に使用している基礎ボルトの代表的な構造図を図2.1-1～図2.1-3に、使用材料を表2.1-2～表2.1-4に、設置場所およびボルト型式を表2.1-5に示す。

No.	部位
①	スタッドボルト

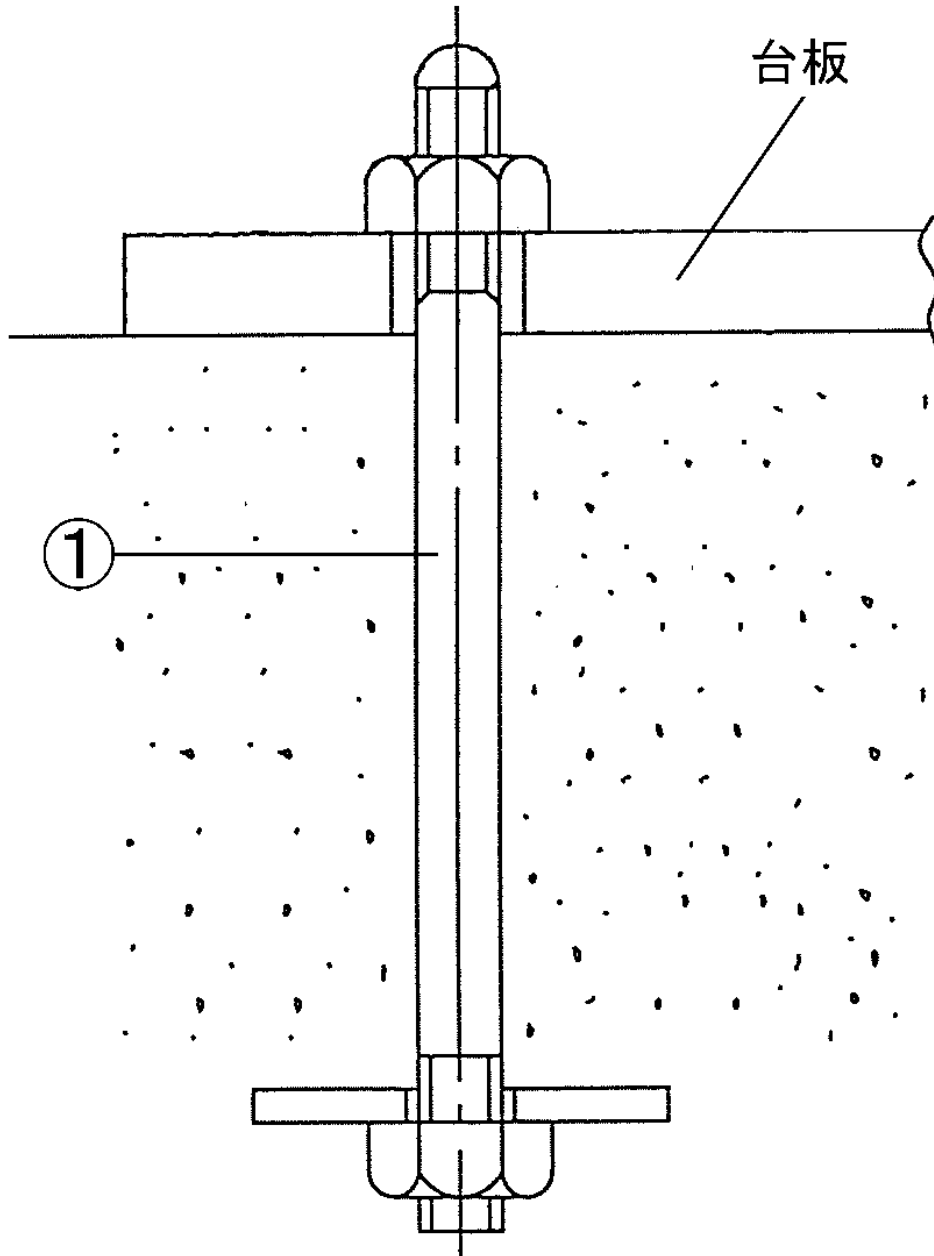


図2.1-1(1/2) 大飯4号炉 スタッドボルト構造図

No.	部位
①	スタッドボルト

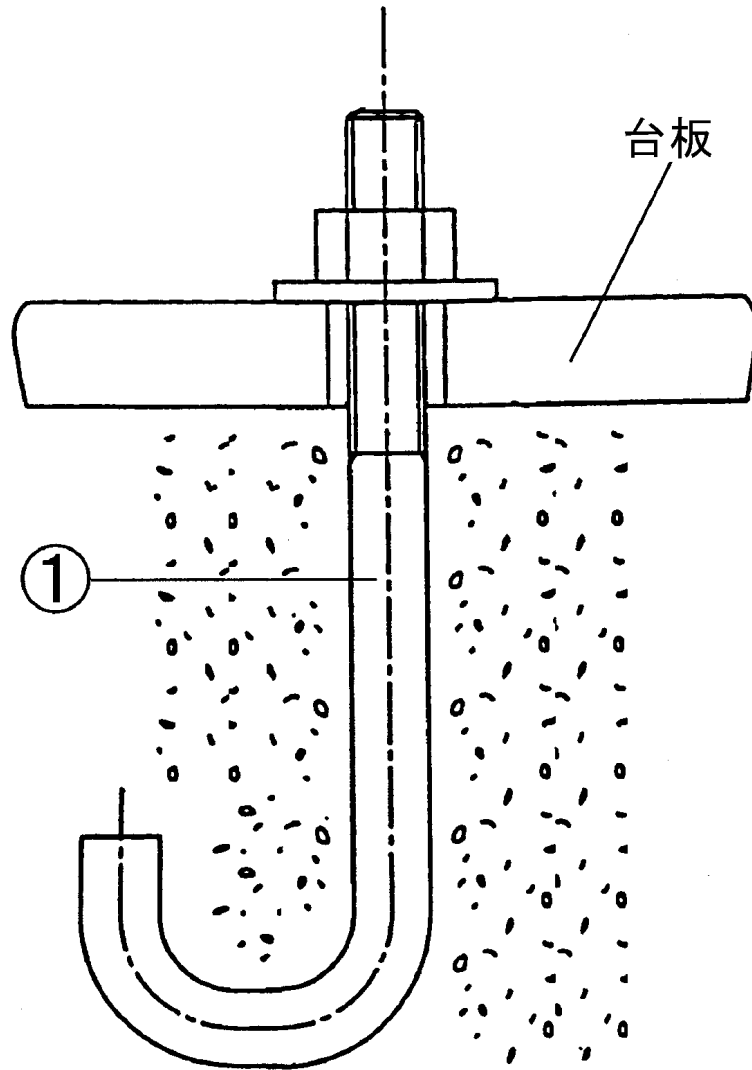


図2. 1-1(2/2) 大飯4号炉 スタッドボルト構造図 (先端曲げ加工の例)

表2.1-2 大飯4号炉 スタッドボルトの使用材料

部位	材料
スタッドボルト	炭素鋼 低合金鋼

No.	部位
①	テーパボルト
②	シールド

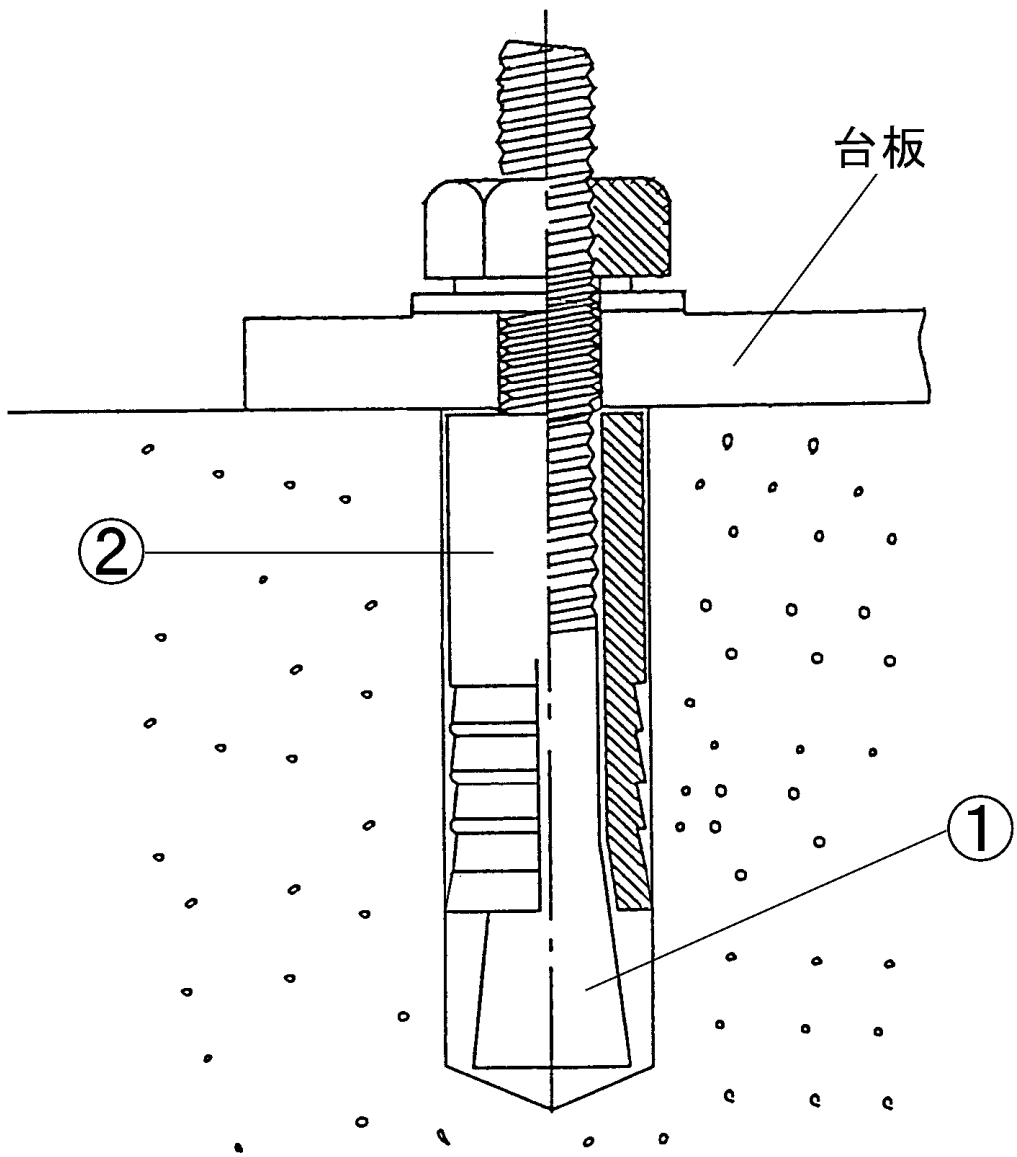


図2.1-2 大飯4号炉 メカニカルアンカ構造図

表2.1-3 大飯4号炉 メカニカルアンカの使用材料

部位	材料
テーパボルト	炭素鋼
シールド	炭素鋼

No.	部位
①	樹脂
②	アンカボルト

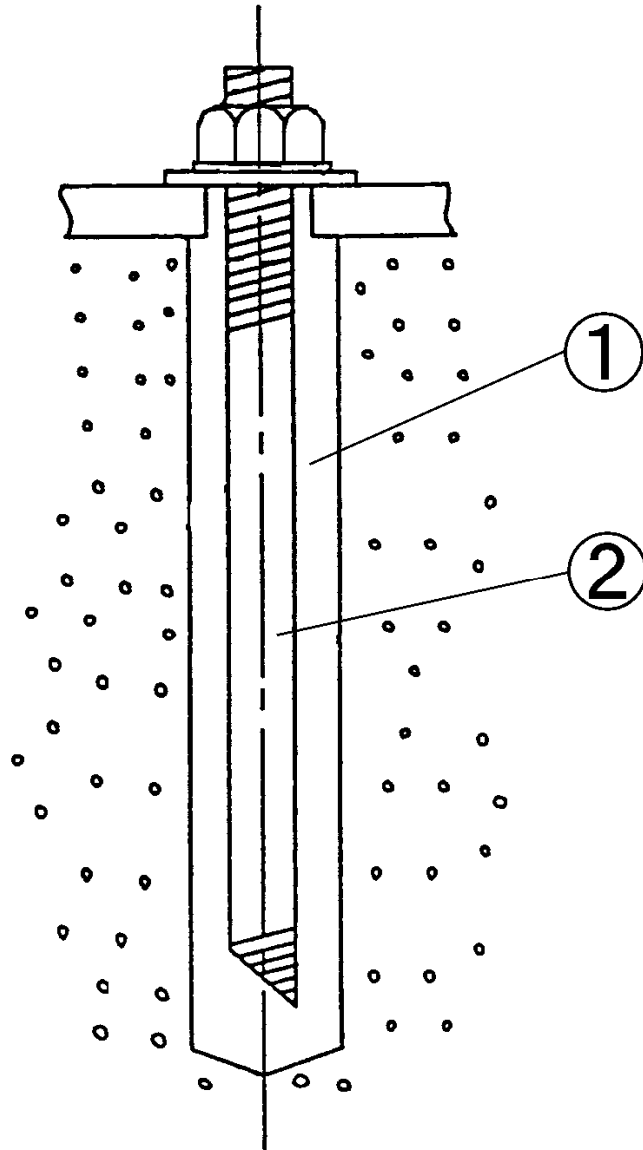


図2.1-3 大飯4号炉 ケミカルアンカ構造図

表2.1-4 大飯4号炉 ケミカルアンカの使用材料

部位	材料
樹脂	不飽和ポリエステル樹脂 ビニルエステル樹脂 ビニルウレタン樹脂 エポキシ樹脂
アンカボルト	炭素鋼、低合金鋼

表2.1-5 (1/6) 大飯4号炉 基礎ボルト評価対象一覧

機種名	区分	機器名称	設置場所		ボルト型式
			屋内	屋外	
ポンプ	ターボポンプ	充てんポンプ	○		スタッドボルト
		高压注入ポンプ	○		スタッドボルト
		余熱除去ポンプ	○		スタッドボルト
		格納容器スプレイポンプ	○		スタッドボルト
		ほう酸ポンプ	○		スタッドボルト
		燃料取替用水ポンプ	○		スタッドボルト
		原子炉補機冷却水ポンプ	○		スタッドボルト
		タービン動主給水ポンプ	○		スタッドボルト
		タービン動補助給水ポンプ	○		スタッドボルト
		電動補助給水ポンプ	○		スタッドボルト
		電動主給水ポンプ	○		スタッドボルト
		復水プースタポンプ	○		スタッドボルト
		湿分分離器ドレンポンプ	○		スタッドボルト
		スチームコンバータ給水ポンプ	○		スタッドボルト
		恒設代替低圧注水ポンプ	○		ケミカルアンカ
		タービン動主給水ポンププースタポンプ	○		スタッドボルト
		電動主給水ポンププースタポンプ	○		スタッドボルト
		低圧給水加熱器ドレンポンプ	○		スタッドボルト
		往復ポンプ	充てんポンプ	○	
	熱交換器	多管円筒形熱交換器	再生熱交換器	○	
余熱除去冷却器			○		スタッドボルト
封水冷却器			○		スタッドボルト
非再生冷却器			○		スタッドボルト
格納容器スプレイ冷却器			○		スタッドボルト
余剰抽出冷却器			○		スタッドボルト
スチームコンバータドレン冷却器			○		スタッドボルト

表2.1-5 (2/6) 大飯4号炉 基礎ボルト評価対象一覧

機種名	区分	機器名称	設置場所		ボルト型式
			屋内	屋外	
熱交換器	多管円筒形熱交換器	原子炉補機冷却水冷却器	○		スタッドボルト
		グラント蒸気復水器	○		スタッドボルト
	サンプルクーラ	試料冷却器	○		メカニカルアンカ
		ブローダウン試料冷却器	○		メカニカルアンカ
		格納容器水素ガス試料冷却器	○		ケミカルアンカ
ポンプモータ	高压ポンプモータ	充てんポンプモータ	○		スタッドボルト
	低压ポンプモータ	充てんポンプモータ	○		スタッドボルト
容器	補機タンク	蓄圧タンク	○		スタッドボルト
		体積制御タンク	○		スタッドボルト
		ほう酸タンク	○		スタッドボルト
		よう素除去薬品タンク	○		スタッドボルト
		原子炉補機冷却水サージタンク	○		スタッドボルト
		スチームコンバータ給水タンク	○		スタッドボルト
		スチームコンバータドレンタンク	○		スタッドボルト
	フィルタ	ほう酸フィルタ	○		スタッドボルト
		冷却材フィルタ	○		スタッドボルト
		封水注入フィルタ	○		スタッドボルト
		冷却材脱塩塔入口フィルタ	○		スタッドボルト
	脱塩塔	冷却材混床式脱塩塔	○		スタッドボルト
		冷却材陽イオン脱塩塔	○		スタッドボルト
	配管	配管サポート	配管サポート	○	○
弁	特殊弁	主蒸気止め弁	○		スタッドボルト
ケーブル	ケーブルトレイ等	ケーブルトレイ	○	○	メカニカルアンカ ケミカルアンカ
		電線管	○	○	メカニカルアンカ ケミカルアンカ
	ケーブル接続部	気密端子箱接続	○		メカニカルアンカ

表2.1-5 (3/6) 大飯4号炉 基礎ボルト評価対象一覧

機種名	区分	機器名称	設置場所		ボルト型式	
			屋内	屋外		
電気設備	メタルクラッド開閉装置 (メタクラ)	代替所内電気設備高圧ケーブル分岐盤	○		ケミカルアンカ	
		代替所内電気設備高圧ケーブルコネクタ接続盤	○		ケミカルアンカ	
		代替所内電気設備高圧ケーブル接続盤	○		ケミカルアンカ	
	動力変圧器	代替所内電気設備変圧器	○		ケミカルアンカ	
	コントロールセンタ	可搬式整流器用分電盤	○		ケミカルアンカ	
		代替所内電気設備分電盤	○		ケミカルアンカ	
		A・C計装用電源用代替所内電気設備切替盤	○		ケミカルアンカ	
B・D計装用電源用代替所内電気設備切替盤		○		ケミカルアンカ		
タービン設備	高圧タービン	高圧タービン	○		スタッドボルト	
	低圧タービン	低圧タービン	○		スタッドボルト	
	タービン調速装置	高圧油供給装置	○		スタッドボルト	
		高圧油供給装置アキュムレータ	○		スタッドボルト	
	タービン動主給水ポンプタービン	タービン動主給水ポンプタービン	○		スタッドボルト	
計測制御設備	プロセス計測制御設備				メカニカルアンカ	
		プロセス計測制御設備	○		ケミカルアンカ	
					スタッドボルト	
	制御設備	保護・シーケンス盤 リレーラック	原子炉安全保護計装盤	○		スタッドボルト ケミカルアンカ
			ATWS緩和設備	○		スタッドボルト
		監視・操作盤 通信設備	中央制御室外原子炉停止盤	○		スタッドボルト
	制御盤		ディーゼル発電機制御盤	○		スタッドボルト
			充てんポンプ速度制御盤・補助盤	○		ケミカルアンカ
			制御用空気圧縮機制御盤	○		メカニカルアンカ

表2.1-5 (4/6) 大飯4号炉 基礎ボルト評価対象一覧

機種名	区分	機器名称	設置場所		ボルト型式
			屋内	屋外	
空調設備	ファン	安全補機室冷却ファン	○		スタッドボルト
		アニュラス空気浄化ファン	○		スタッドボルト
		中央制御室空調ファン	○		スタッドボルト
		中央制御室非常用循環ファン	○		スタッドボルト
		中央制御室循環ファン	○		スタッドボルト
		ディーゼル発電機室給気ファン	○		スタッドボルト
		制御用空気圧縮機室給気ファン	○		スタッドボルト
	空調ユニット	アニュラス空気浄化フィルタユニット	○		スタッドボルト
		中央制御室非常用循環フィルタユニット	○		スタッドボルト
		安全補機室冷却ユニット	○		スタッドボルト
		中央制御室空調ユニット	○		スタッドボルト
	冷凍機	空調用冷凍機	○		スタッドボルト
		空調用冷水ポンプ	○		スタッドボルト
		空調用膨張タンク	○		スタッドボルト
	ダクト	ダクト	○		メカニカルアンカ

表2.1-5 (5/6) 大飯4号炉 基礎ボルト評価対象一覧

機種名	区分	機器名称	設置場所		ボルト型式
			屋内	屋外	
機械設備	重機器サポート	原子炉容器サポート	○		スタッドボルト
		蒸気発生器サポート	○		スタッドボルト ケミカルアンカ
		1次冷却材ポンプサポート	○		スタッドボルト
		加圧器サポート	○		スタッドボルト
	空気圧縮装置	制御用空気圧縮装置 制御用空気圧縮機	○		スタッドボルト
		制御用空気圧縮装置 制御用空気だめ	○		スタッドボルト
		制御用空気圧縮装置 制御用空気乾燥器	○		スタッドボルト
		ディーゼル発電機設備起動空 気圧縮機	○		スタッドボルト
	燃料取扱設備	燃料取替クレーン	○		スタッドボルト
		使用済燃料ピットクレーン	○		スタッドボルト
	水素再結合装置	静的触媒式水素再結合装置	○		ケミカルアンカ
		原子炉格納容器水素燃焼装置	○		メカニカルアンカ

表2.1-5 (6/6) 大飯4号炉 基礎ボルト評価対象一覧

機種名	区分	機器名称	設置場所		ボルト型式	
			屋内	屋外		
電源設備	ディーゼル発電機	ディーゼル発電機	○		スタッドボルト	
	ディーゼル機関	ディーゼル機関	○		スタッドボルト	
	ディーゼル機関付属設備	燃料弁冷却水ポンプ	燃料弁冷却水ポンプ	○		スタッドボルト
		燃料油移送ポンプ	燃料油移送ポンプ	○		スタッドボルト
		清水冷却器	清水冷却器	○		スタッドボルト
		燃料弁冷却水冷却器	燃料弁冷却水冷却器	○		スタッドボルト
		潤滑油冷却器	潤滑油冷却器	○		スタッドボルト
		潤滑油タンク	潤滑油タンク	○		スタッドボルト
		起動空気だめ	起動空気だめ	○		スタッドボルト
		燃料油貯蔵タンク	燃料油貯蔵タンク		○	スタッドボルト
		重油タンク	重油タンク		○	スタッドボルト
		潤滑油主フィルタ	潤滑油主フィルタ	○		スタッドボルト
		燃料油第1フィルタ	燃料油第1フィルタ	○		スタッドボルト
		燃料油第2フィルタ	燃料油第2フィルタ	○		スタッドボルト
		直流電源設備	蓄電池 (3系統目)	蓄電池 (3系統目)	○	
	充電器 (3系統目蓄電池用)		充電器 (3系統目蓄電池用)	○		スタッドボルト
	計器用電源設備	計装用電源盤	計装用電源盤	○		スタッドボルト
		現場計装用分電盤	現場計装用分電盤	○		メカニカルアンカ

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機能達成に必要な項目

基礎ボルトの機能である自重および地震時荷重を支持するためには、次の項目が必要である。

① 機器の支持

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

各機器の基礎ボルトについて、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の構造、材料および現在までの運転経験を考慮し、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結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象はない。

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

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

に該当するものについては、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

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

(1) 大気接触部の腐食（塗装あり部）（全面腐食） [共通]

基礎ボルトは炭素鋼または低合金鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、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、巡視点検等で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することにより、機器の健全性を維持している。

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

(2) 大気接触部の腐食（塗装なし部）（全面腐食）〔屋外の基礎ボルト共通〕

コンクリート直上部は、大気接触部であり、基礎ボルトには、炭素鋼または低合金鋼を使用していることから、腐食を起こす可能性があり、その場合には、基礎ボルトの腐食減肉により支持機能の低下が懸念される。

また、メカニカルアンカの場合、コンクリートに埋設されているテーパボルトとシールドには大気に接触している部分があるため、シールドおよびテーパボルトの腐食の進行により支持機能の低下が懸念される。

しかしながら、60年時点での推定腐食量を考慮した健全性評価の結果、機器の支持機能が喪失する可能性は低い。

また、巡視点検で目視により異常のないことを確認し、機器の健全性を確認している。

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

(3) 大気接触部の腐食（塗装なし部）（全面腐食）〔屋内の基礎ボルト共通〕

基礎ボルトは炭素鋼または低合金鋼であり、コンクリート直上部等は大気接触部であることから腐食が想定される。

しかしながら、基礎ボルト代表箇所のナットを取外してコンクリート直上部の大気接触部を目視確認したところ腐食は認められていない。

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

なお、巡視点検で目視により異常のないことを確認し、機器の健全性を確認している。

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

(4) コンクリート埋設部の腐食（全面腐食）〔共通〕

コンクリート埋設部では、コンクリートの大気接触部表面からの中性化の進行により腐食環境となるが、コンクリートが中性化に至り、埋込金物に有意な腐食が発生するまで長期間を要することから、腐食が進行して基礎ボルトの健全性を阻害する可能性は小さいと考える。

ケミカルアンカのアンカボルトはコンクリート埋設部のボルト本体が樹脂に覆われているため、腐食の発生の可能性は小さい。

したがって、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(5) 機器支持部の疲労割れ [共通]

基礎ボルトは、プラントの起動・停止時等の熱過渡により、疲労割れが想定される。

しかしながら、熱応力が大きく付与する機器には、熱応力が基礎ボルトに直接付与されないサポート（オイルスナバ、メカニカルスナバ、スライドサポート）を使用している。さらに、これまで基礎ボルトの疲労割れによる不適合事象は経験していない。

したがって、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(6) 基礎ボルトの付着力の低下 [共通]

基礎ボルト（特に先端を曲げ加工しているスタッドボルト）の耐力は主にコンクリートとの付着力に担保されることから付着力低下を起こした場合、支持機能の喪失が想定される。

しかしながら、これについては「コンクリート構造物および鉄骨構造物の技術評価書」にて健全性評価を実施しており、付着力低下につながるコンクリートの割れ等の発生の可能性は小さいと考えられることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(7) ケミカルアンカ樹脂の劣化 [ケミカルアンカ]

ケミカルアンカは樹脂とコンクリートおよびアンカボルトの接着性により強度を維持しているものであり、樹脂が劣化した場合、接着性が低下し、支持機能への影響が想定される。

しかしながら、メーカー試験や実機調査での引抜試験結果から有意な引抜力の低下は認められていない。

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

表2.2-1(1/3) 大飯4号炉 スタッドボルトに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品 ・定期 取替品	材料	経年劣化事象							備考	
				減肉		割れ		材質変化		その他		
				摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化			
機器の支持	スタッドボルト		炭素鋼、 低合金鋼		△ ^{*1} △ ^{*2} △ ^{*3} ▲ ^{*4}	▲					▲ ^{*5}	*1：大気接触部（基礎ボルト塗装あり部） *2：大気接触部（屋外基礎ボルト塗装なし部） *3：大気接触部（屋内基礎ボルト塗装なし部） *4：コンクリート埋設部 *5：付着力低下

△：高経年化対策上着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) 大飯4号炉 メカニカルアンカに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品 ・定期 取替品	材料	経年劣化事象							備考
				減肉		割れ		材質変化		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	テーパボルト		炭素鋼		△ ^{*1} △ ^{*2} △ ^{*3}	▲					*1：大気接触部（基礎ボルト 塗装あり部） *2：大気接触部（屋外基礎ボ ルト塗装なし部） *3：大気接触部（屋内基礎ボ ルト塗装なし部）
	シールド		炭素鋼		△ ^{*2} △ ^{*3} ▲ ^{*4}	▲				▲ ^{*5}	*4：コンクリート埋設部 *5：付着力低下

△：高経年化対策上着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) 大飯4号炉 ケミカルアンカに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品 ・定期 取替品	材料	経年劣化事象						備考	
				減肉		割れ		材質変化			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	樹脂		不飽和ポリエステル樹脂、ビニルエステル樹脂、ビニルウレタン樹脂、エポキシ樹脂						▲		*1：大気接触部（基礎ボルト塗装あり部） *2：大気接触部（屋外基礎ボルト塗装なし部） *3：大気接触部（屋内基礎ボルト塗装なし部） *4：コンクリート埋設部 *5：付着力低下
	アンカボルト		炭素鋼、低合金鋼		△*1 △*2 △*3 ▲*4	▲				▲*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）