

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

本技術評価書は、玄海3号炉で使用されている燃料取扱設備の高経年化に係る技術評価についてまとめたものである。

玄海3号炉で使用されている燃料取扱設備は、クレーン関係及び装置関係に大きく分かれ、型式でグループ化すると2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2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を基に、以下の2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. 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

目 次

1. 対象機器及び代表機器の選定	1
1.1 グループ化の考え方及び結果	1
1.2 代表機器の選定	1
2. 代表機器の技術評価	3
2.1 構造、材料及び使用条件	3
2.2 経年劣化事象の抽出	22
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価	40
3. 代表機器以外への展開	44
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象	44
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象	46

1. 対象機器及び代表機器の選定

玄海3号炉で使用されている主要な燃料取扱設備（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及び結果

表1-1に示す燃料取扱設備（クレーン関係）について、同様の構造を有していることから、1つのグループにまとめられる。

1.2 代表機器の選定

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 玄海3号炉 燃料取扱設備（クレーン関係）の主な仕様

分離基準	機器名称 (台数)	選定基準			選定	選定理由	
		重要度*1	仕様 (容量×揚程)	使用条件			
型式					運 転	使用温度	
クレーン	燃料取替クレーン (1)	PS-2	燃料集合体1体分×約8.5m	一 時	気中：約45℃ 水中：約41℃	◎	使用温度
	使用済燃料ピットクレーン (1)	PS-2	約19.6kN×約9.0m	一 時	気中：約30℃ 水中：約41℃		

*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、材料及び使用条件

(1) 構造

玄海3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及びグリッパより構成される。

ブリッジの車輪は4輪で、うち2輪で駆動する構造である。また、車輪近傍には燃料取替クレーンの浮き上がり防止のため、走行レール頭部を抱き込む形状の転倒防止金具を設けている。制御設備は補助継電器等の主要構成機器及び機器を支持するための筐体、チャンネルベース及び取付ボルトから構成される。

玄海3号炉の燃料取替クレーンの構造を図2.1-1～図2.1-12に示す。

(2) 材料及び使用条件

玄海3号炉の燃料取替クレーンの使用材料及び使用条件を表2.1-1及び表2.1-2に示す。

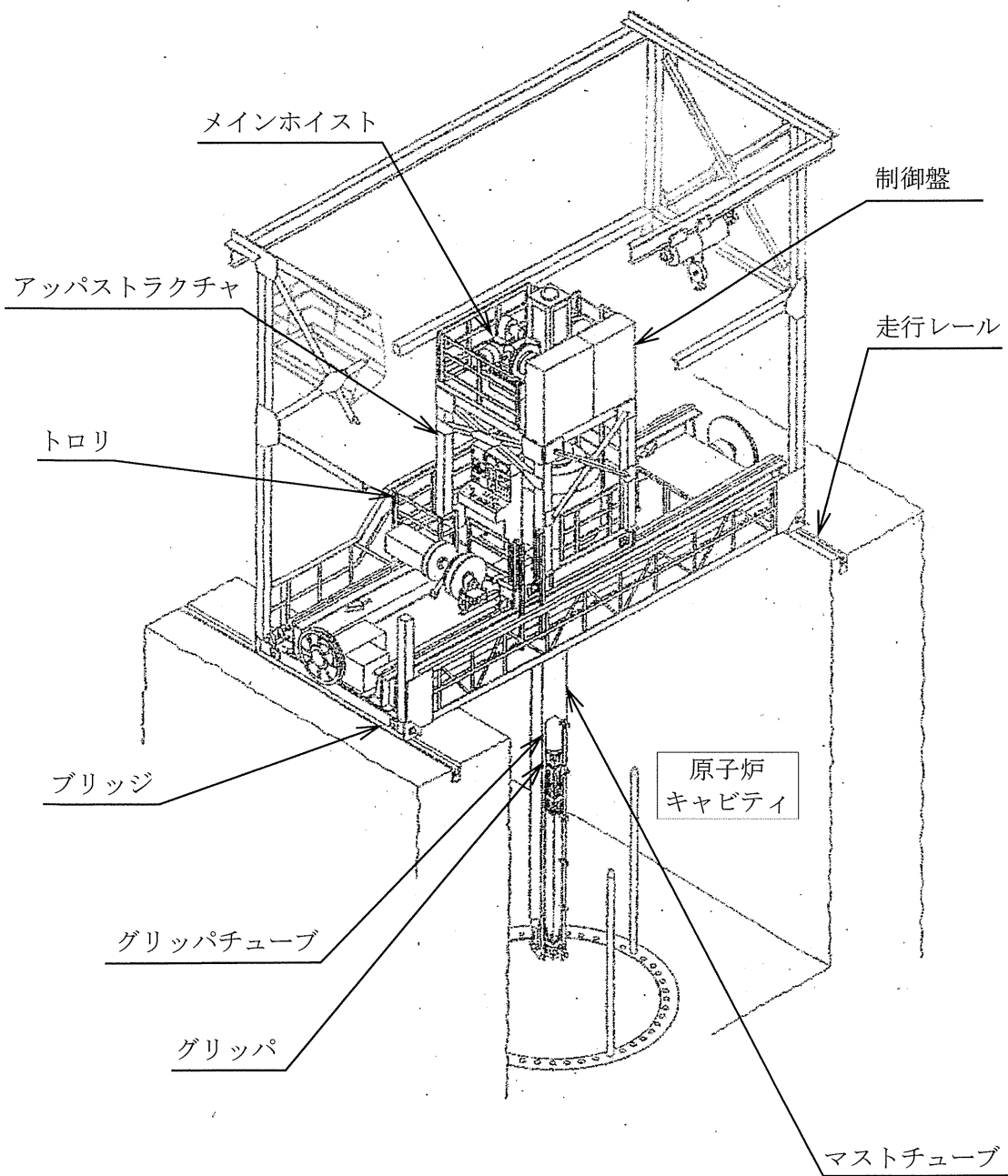
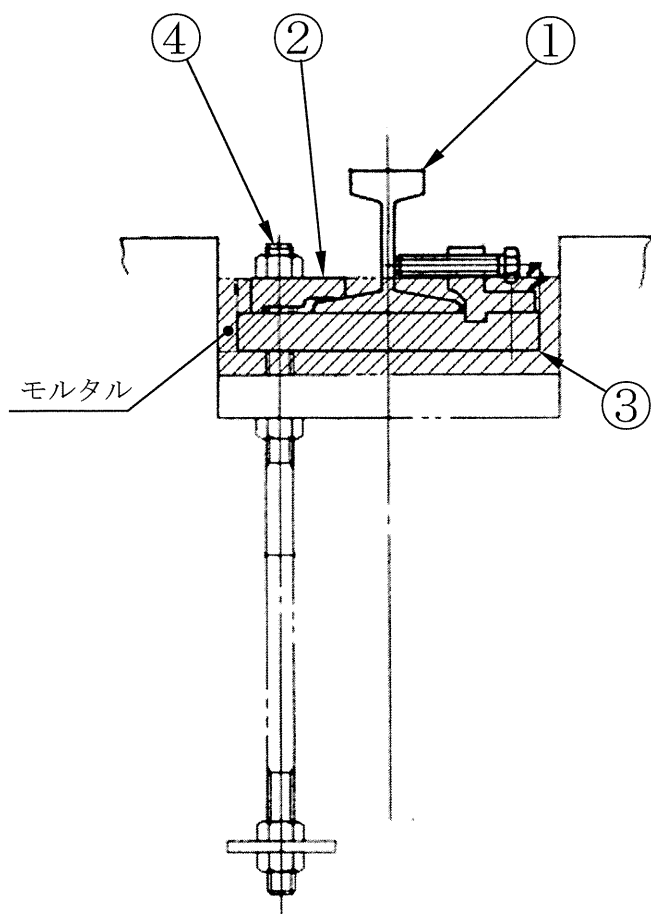
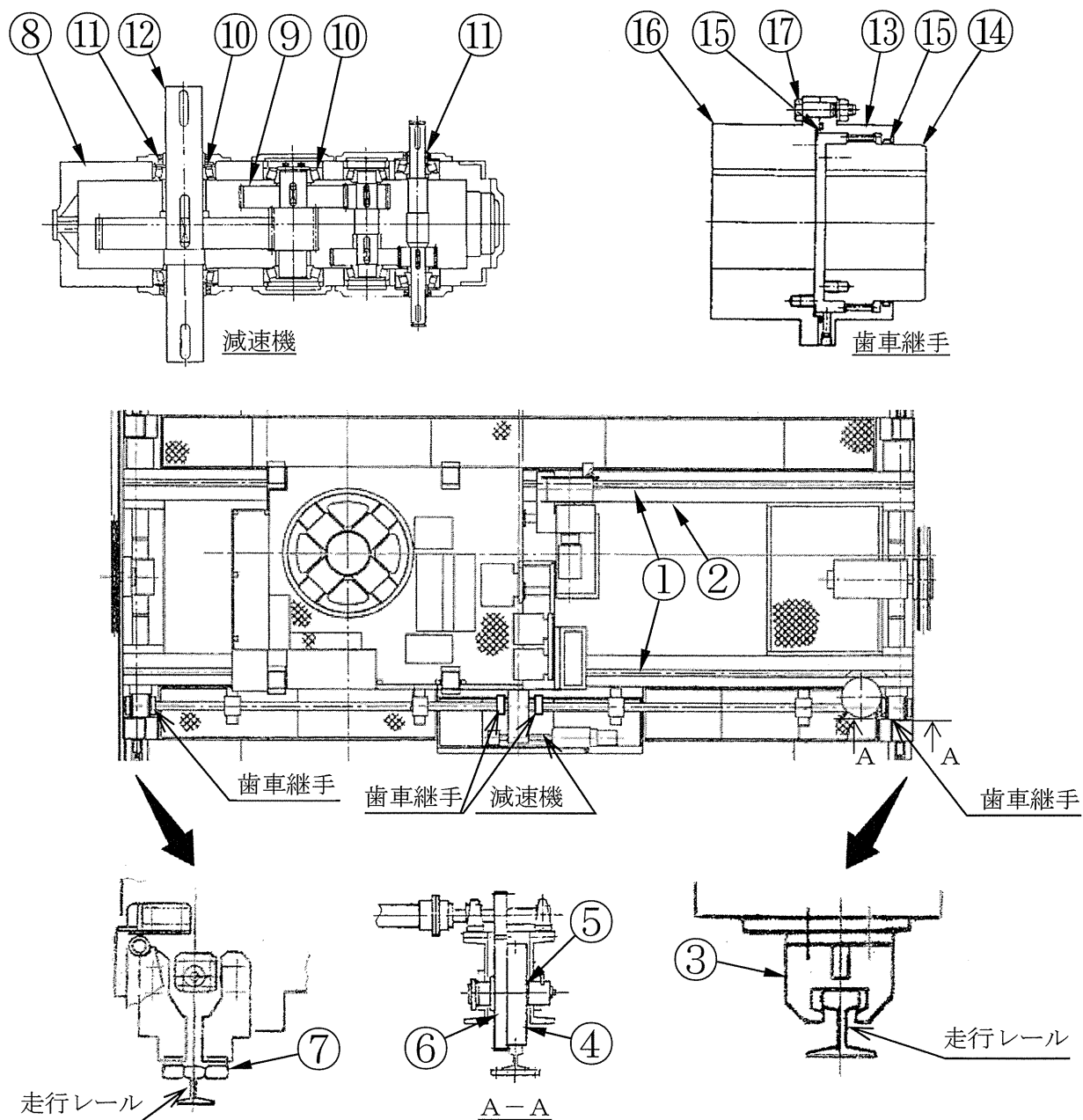


図2.1-1 玄海3号炉 燃料取替クレーン全体構成図



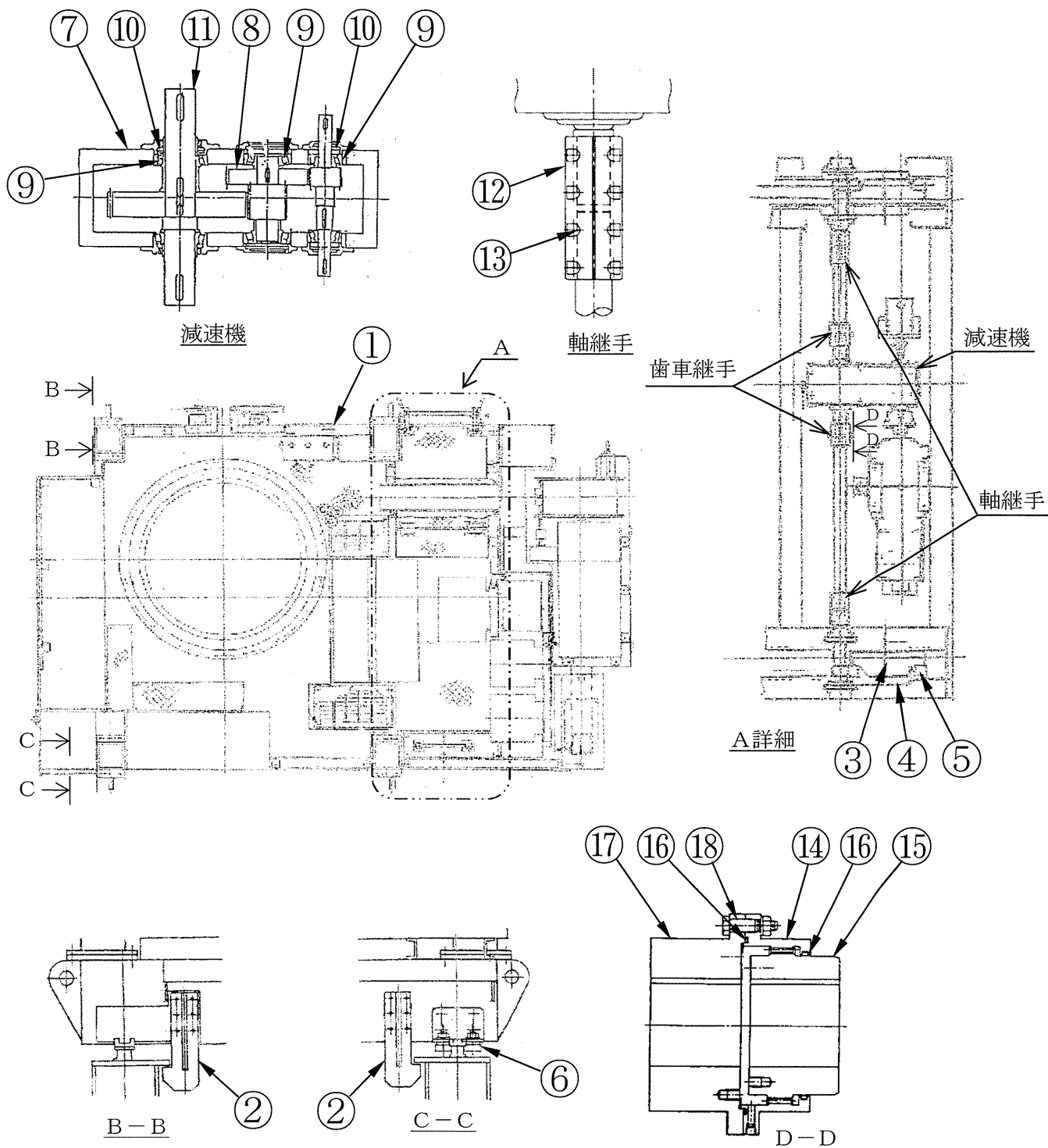
No.	部 位
①	走行レール
②	レール押さえ
③	埋込金物
④	基礎ボルト

図2.1-2 玄海3号炉 燃料取替クレーン 走行レール部構造図



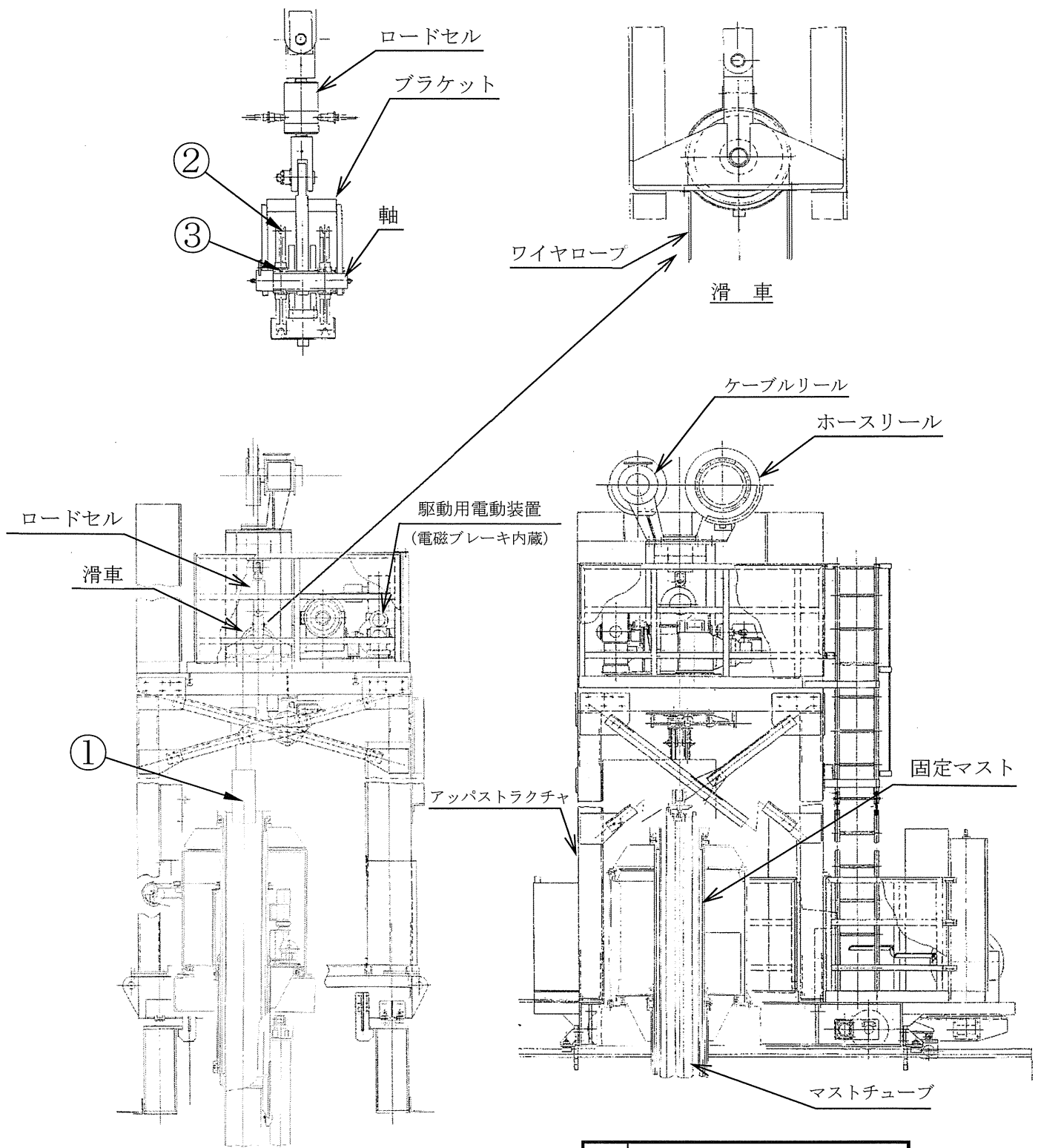
No.	部 位	No.	部 位
①	横行レール	⑩	軸受 (ころがり)
②	ブリッジガータ	⑪	オイルシール
③	転倒防止金具	⑫	軸
④	車 輪	⑬	スリーブ
⑤	車輪軸受 (ころがり)	⑭	ハ ブ
⑥	車輪部歯車	⑮	Ｏリング
⑦	ガイドローラ	⑯	フランジ
⑧	ケーシング	⑰	六角ボルト
⑨	歯 車		

図2.1-3 玄海3号炉 燃料取替クレーン ブリッジ構造図



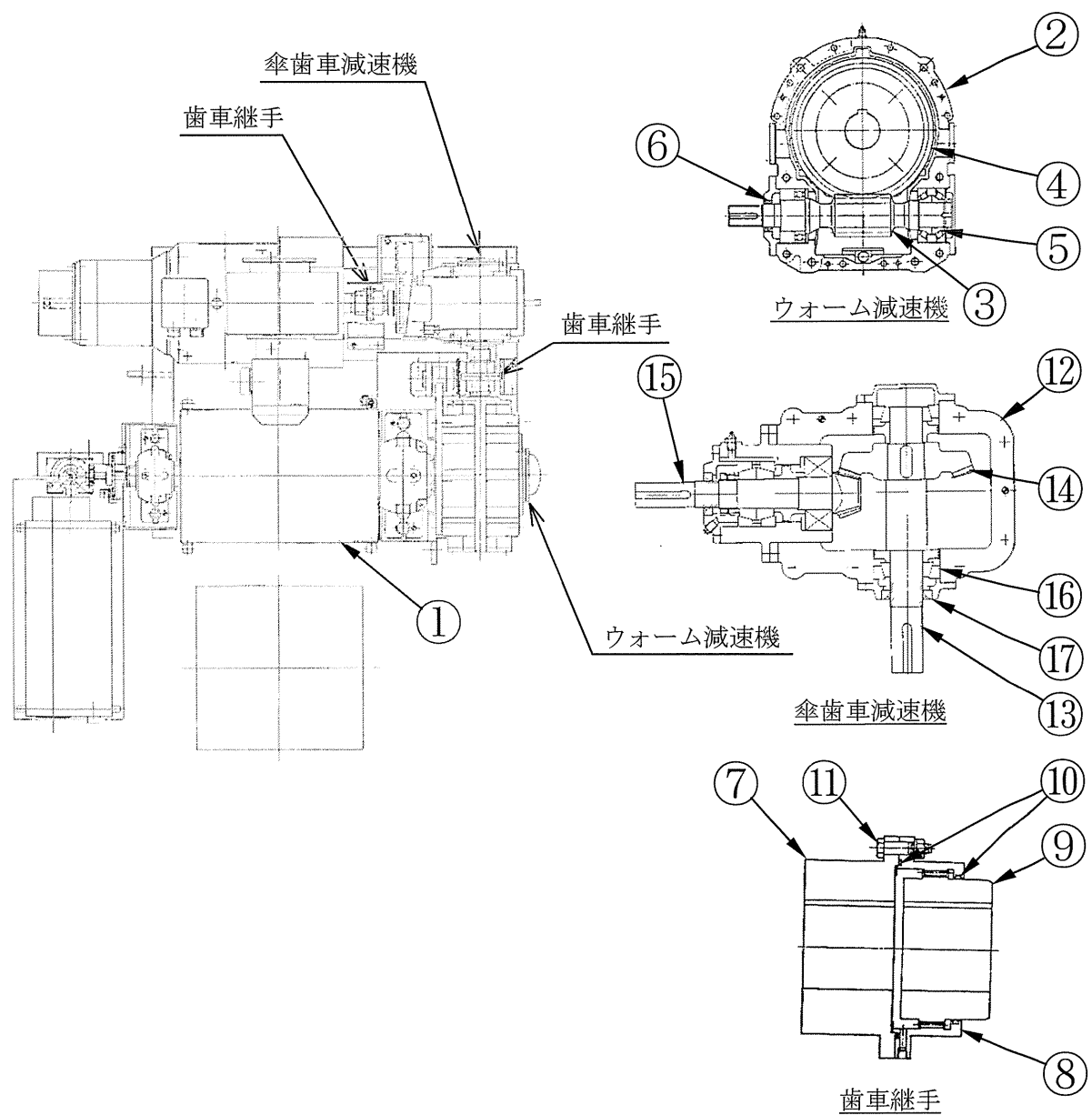
No.	部 位	No.	部 位	No.	部 位
①	トロリ架台	⑦	ケーシング	⑬	六角穴付ボルト
②	転倒防止金具	⑧	歯 車	⑭	スリーブ
③	車 輪	⑨	軸受 (ころがり)	⑮	ハ ブ
④	車輪軸受 (ころがり)	⑩	オイルシール	⑯	Ｏリング
⑤	車輪部歯車	⑪	軸	⑰	フランジ
⑥	ガイドローラ	⑫	ボ デ ィ	⑱	六角ボルト

図2.1-4 玄海3号炉 燃料取替クレーン トロリ構造図



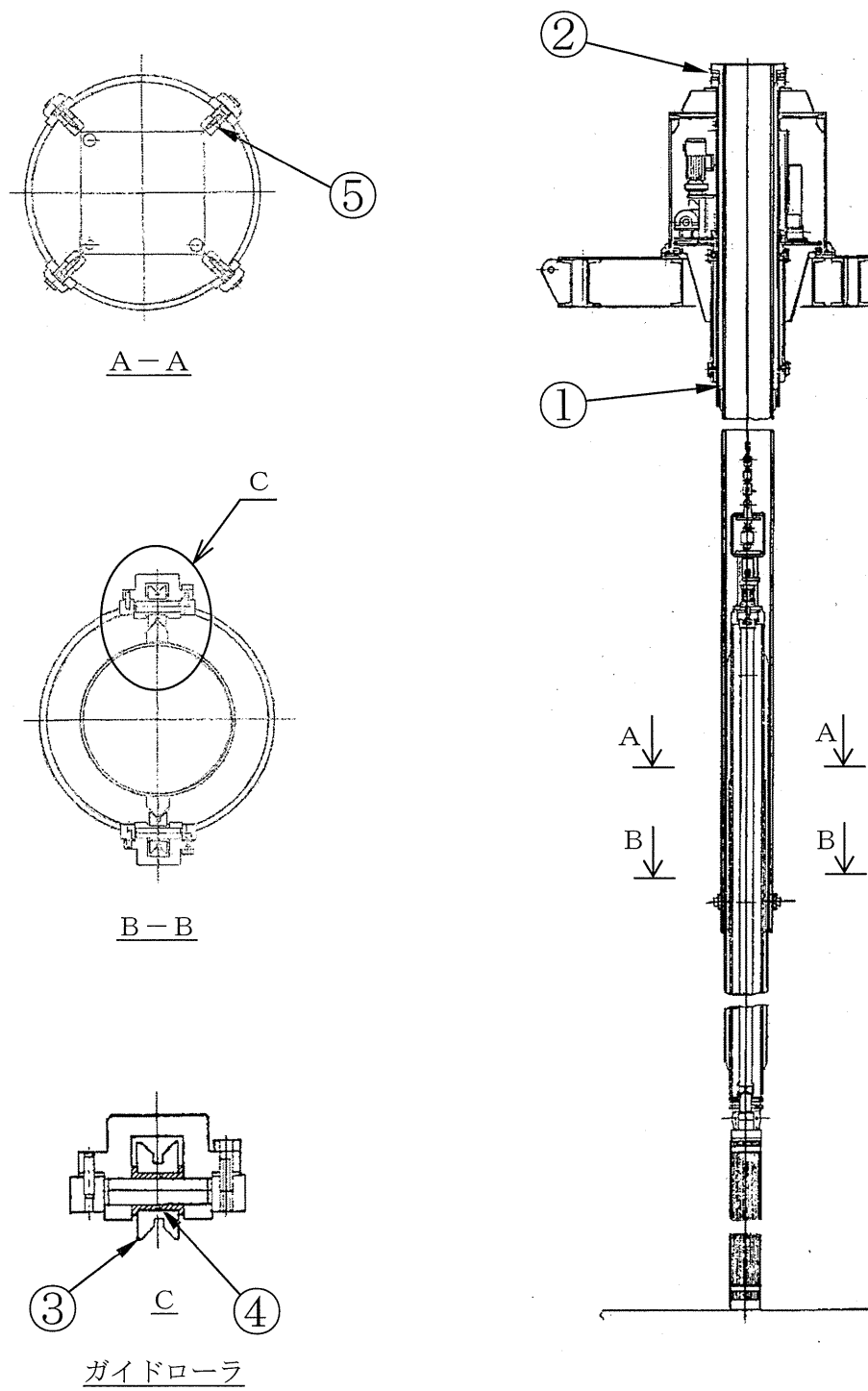
No.	部 位
①	ワイヤロープ
②	シーブ
③	軸受 (ころがり)

図2.1-5 玄海3号炉 燃料取替クレーン アップストラクチャ構造図



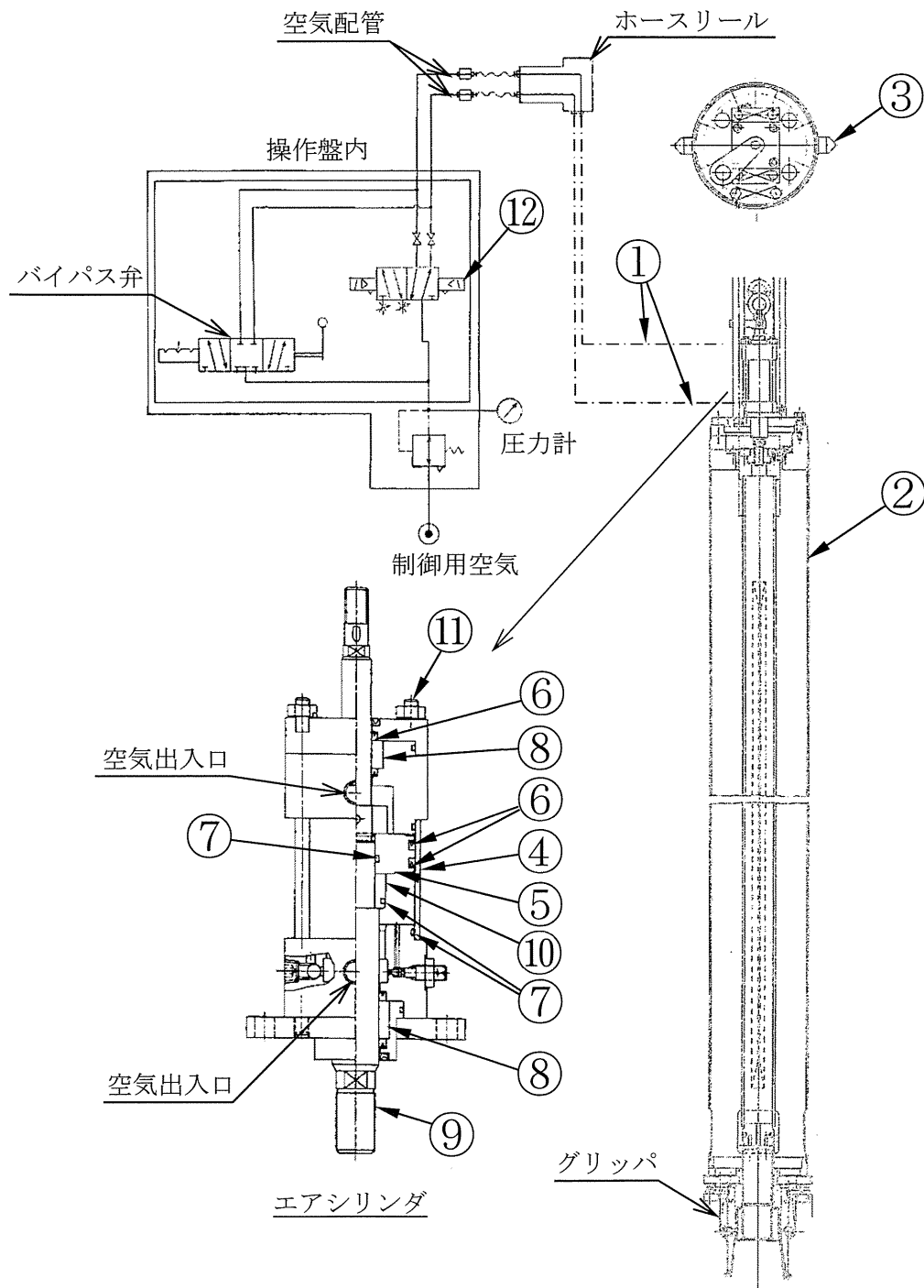
No.	部 位	No.	部 位
①	ワイヤドラム	⑩	Oリング
②	ケーシング	⑪	六角ボルト
③	ウォーム	⑫	ケーシング
④	ウォームホイール	⑬	軸
⑤	軸受 (ころがり)	⑭	歯 車
⑥	オイルシール	⑮	軸
⑦	フランジ	⑯	軸受 (ころがり)
⑧	スリーブ	⑰	オイルシール
⑨	ハ ブ		

図2.1-6 玄海3号炉 燃料取替クレーン メインホイスト構造図



No.	部 位
①	固定マスト
②	スラスト軸受 (ころがり)
③	ローラ
④	軸受 (すべり)
⑤	燃料ガイドバー

図2.1-7 玄海3号炉 燃料取替クレーン マストチューブ構造図



No.	部 位	No.	部 位
①	エアホース	⑦	Oリング
②	グリッパチューブ	⑧	軸受 (すべり)
③	ガイドレール	⑨	ピストンロッド
④	シリンダチューブ	⑩	クッションリング
⑤	ピストン	⑪	タイロッド
⑥	パッキン	⑫	電磁弁

図2.1-8 玄海3号炉 燃料取替クレーン グリッパチューブ構造図

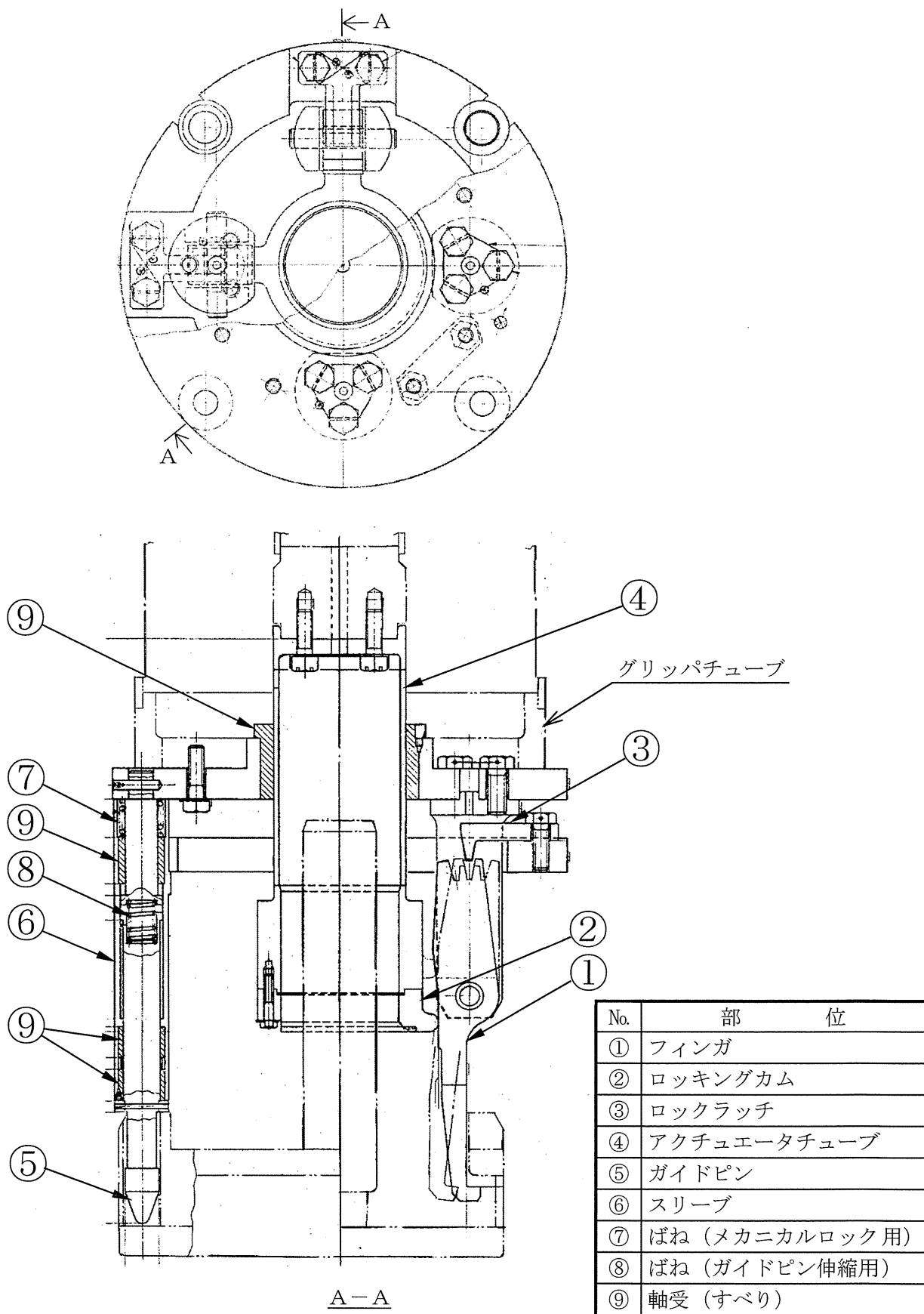
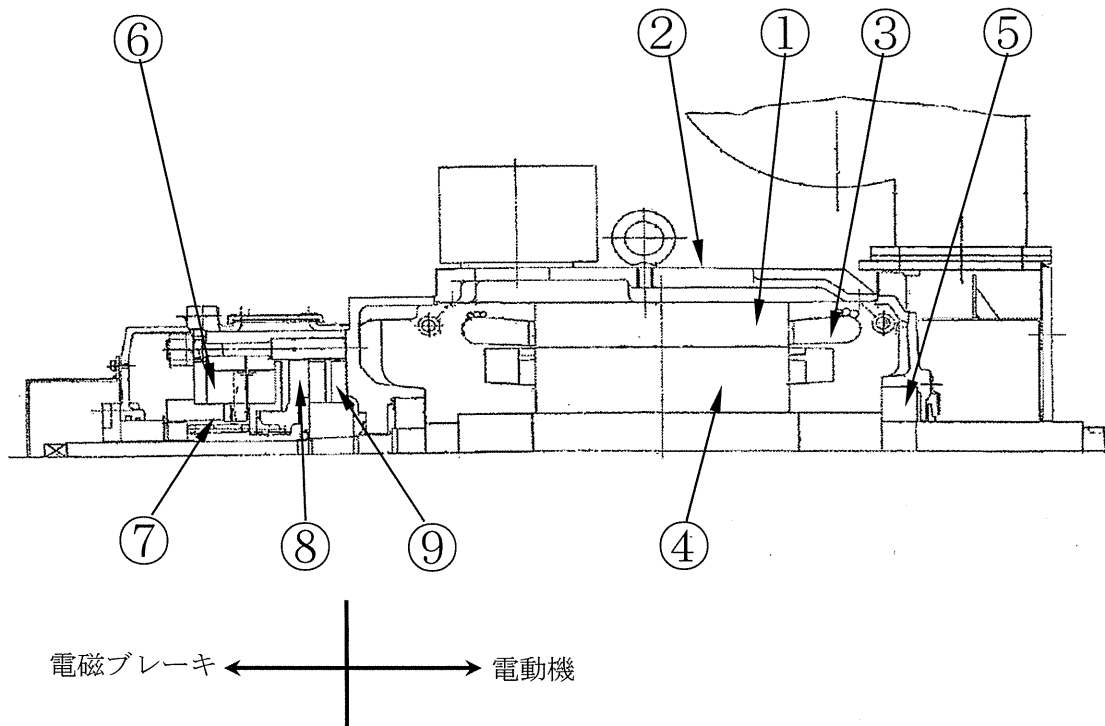
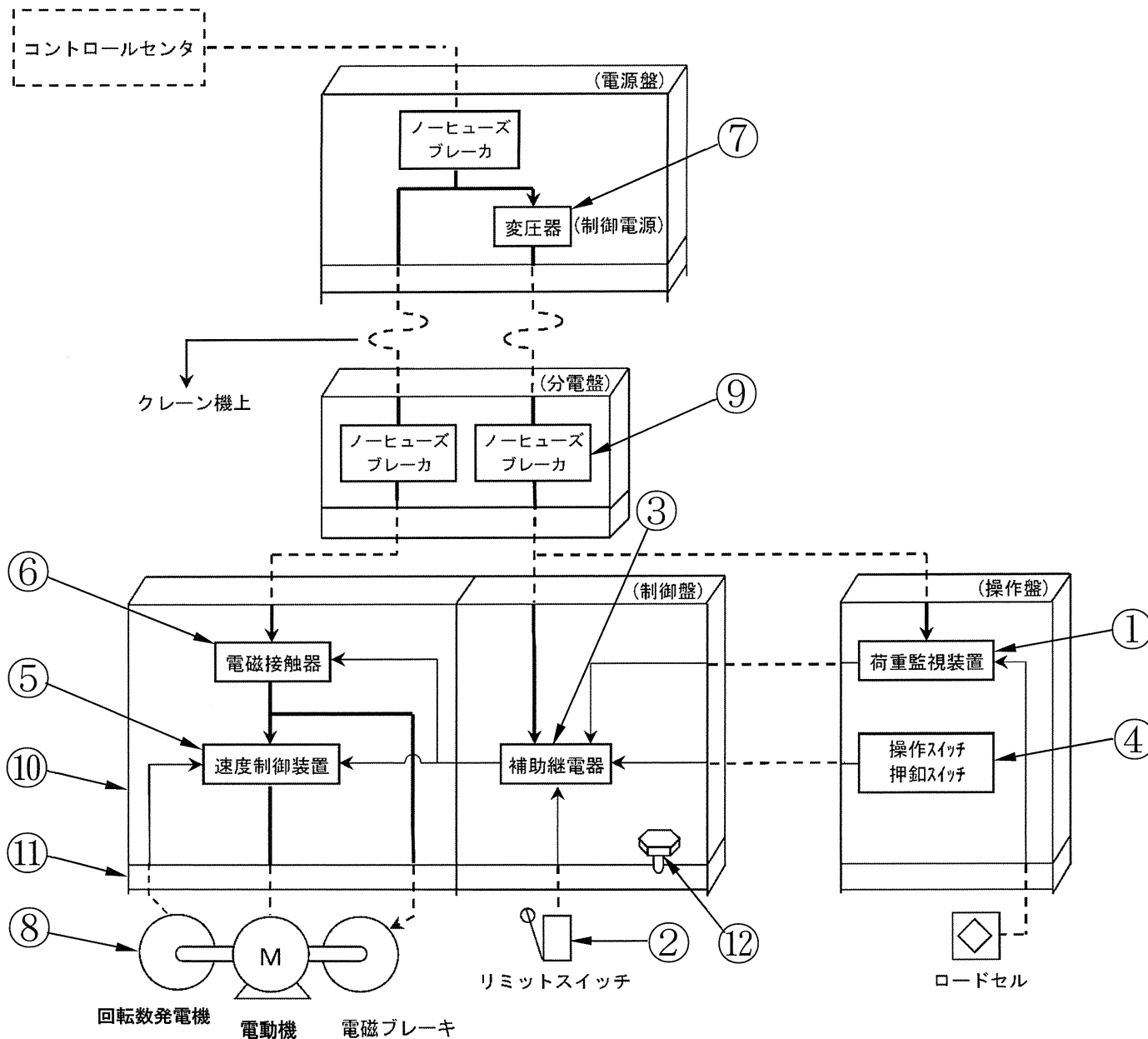


図2.1-9 玄海3号炉 燃料取替クレーン グリッパ構造図



No.	部 位
①	電動機 固定子コア
②	電動機 フレーム
③	電動機 固定子コイル
④	電動機 回転子コア
⑤	電動機 軸受 (ころがり)
⑥	電磁ブレーキ 固定鉄心
⑦	電磁ブレーキ ばね
⑧	電磁ブレーキ ブレーキ板
⑨	電磁ブレーキ ライニング

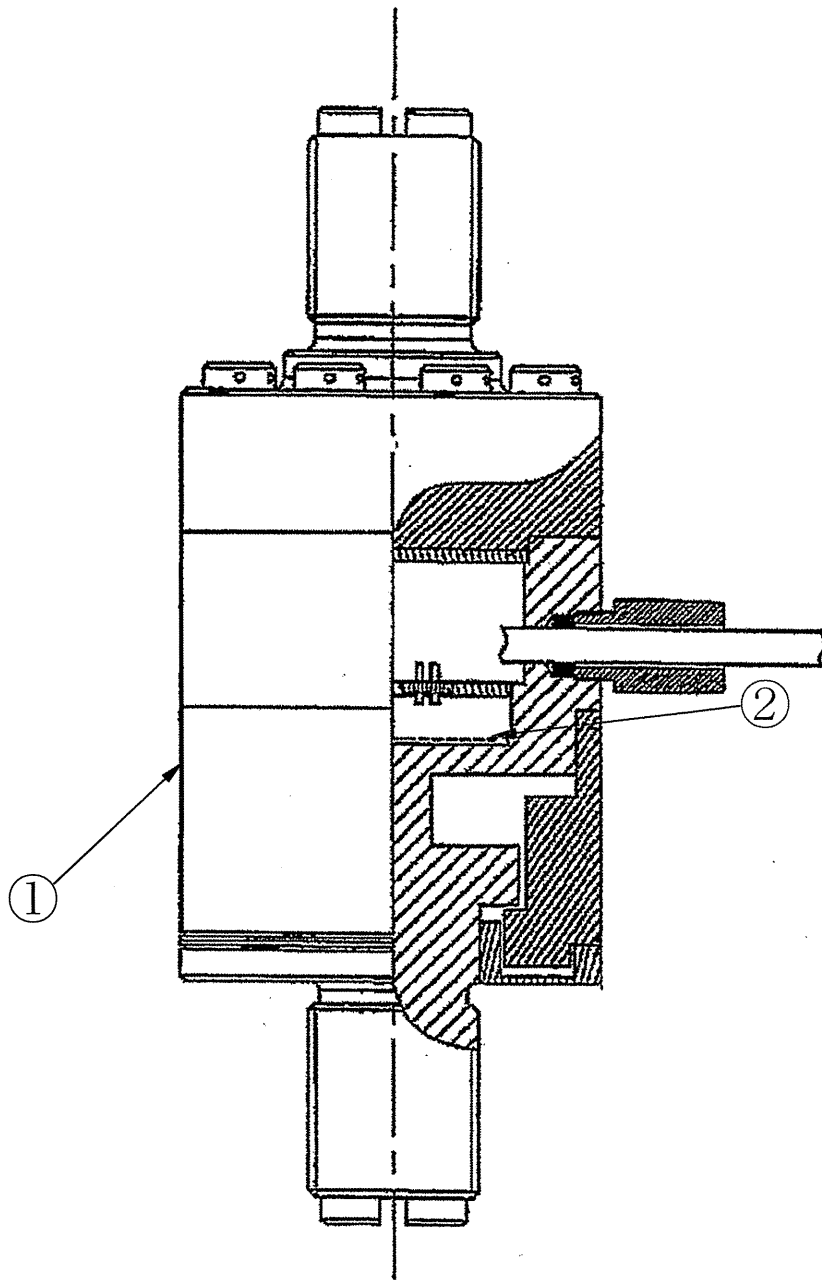
図2.1-10 玄海3号炉 燃料取替クレーン 駆動用電動装置 (メインホイスト) 構造図



No.	部 位
①	荷重監視装置
②	リミットスイッチ
③	補助継電器
④	操作スイッチ・押釦スイッチ
⑤	速度制御装置
⑥	電磁接触器
⑦	変 圧 器
⑧	回転数発電機
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
 - - - 他章で評価

図2.1-11 玄海3号炉 燃料取替クレーン 制御設備の主要機器構成図



No.	部 位
①	本 体
②	荷重変換部

図2.1-12 玄海3号炉 燃料取替クレーン ロードセル構造図

表2.1-1(1/5) 玄海3号炉 燃料取替クレーン主要部位の使用材料

部 位		材 料	
走行レール部	走行レール	炭素鋼	
	レール押さえ	炭素鋼	
	埋込金物	炭素鋼	
	基礎ボルト	低合金鋼	
ブリッジ	横行レール	炭素鋼	
	ブリッジガータ	炭素鋼	
	転倒防止金具	炭素鋼	
	車 輪	低合金鋼鋳鋼	
	車輪軸受（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	低合金鋼
	歯車継手	スリーブ	炭素鋼
		ハ ブ	炭素鋼
		Ｏリング	消耗品・定期取替品
		フランジ	炭素鋼
		六角ボルト	低合金鋼
	トロリ	トロリ架台	炭素鋼
		転倒防止金具	炭素鋼
		車 輪	低合金鋼鋳鋼
車輪軸受（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	

表2.1-1(2/5) 玄海3号炉 燃料取替クレーン主要部位の使用材料

部 位		材 料		
ト ロ リ	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	低合金鋼	
	軸 継 手	ボ デ ィ	炭 素 鋼	
		六角穴付ボルト	低合金鋼	
	歯車継手	スリーブ	炭 素 鋼	
		ハ ブ	炭 素 鋼	
		Oリング	消耗品・定期取替品	
		フランジ	炭 素 鋼	
		六角ボルト	低合金鋼	
	ア ッ パ ス ト ラ ク チ ャ	ワイヤロープ		消耗品・定期取替品
		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	
	ウ ォ ー ム 減 速 機	ケーシング	鋳 鉄	
		ウ ォ ー ム	低合金鋼	
		ウ ォ ー ム ホ イ ール	高力黄銅鑄物	
		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	
	歯車継手	フランジ	炭 素 鋼	
		スリーブ	炭 素 鋼	
		ハ ブ	炭 素 鋼	
		Oリング	消耗品・定期取替品	
		六角ボルト	低合金鋼	

表2.1-1(3/5) 玄海3号炉 燃料取替クレーン主要部位の使用材料

部 位		材 料	
メインホイスト	傘歯車減速機	ケーシング	鋳 鉄
		軸	炭 素 鋼
		歯 車	低合金鋼
		軸	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
マストチューブ	固定マスト		炭 素 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
グリップチューブ	エアホース		消耗品・定期取替品
	グリップチューブ		ステンレス鋼
	ガイドレール		ステンレス鋼
	エアシリンダ	シリンダチューブ	ステンレス鋼 硬質クロムメッキ
		ピストン	銅合金鋳物
		パッキン	消耗品・定期取替品
		Ｏリング	消耗品・定期取替品
		軸受 (すべり)	消耗品・定期取替品
		ピストンロッド	ステンレス鋼 硬質クロムメッキ
		クッションリング	炭 素 鋼 硬質クロムメッキ
		タイロッド	ステンレス鋼
	電 磁 弁		消耗品・定期取替品

表2.1-1(4/5) 玄海3号炉 燃料取替クレーン主要部位の使用材料

部 位		材 料
グリップ	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
	ばね (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(5/5) 玄海3号炉 燃料取替クレーン主要部位の使用材料

部 位		材 料	
駆動用 電動装置	電動機	固定子コア	珪素鋼板
		フレーム	鋳 鉄
		固定子コイル	銅、ポリエステルイミド+ポリアミドイミド (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 ポリエステル (B種絶縁)
		ば ね	ばね鋼、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
	回転数発電機		銅、ポリエステル (B種絶縁)
制御設備	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
	補助継電器		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、リレー、電解コンデンサ他
	電磁接触器		消耗品・定期取替品
	変 圧 器		銅、アラミド繊維、エポキシ樹脂 (F種絶縁)
	ノーヒューズブレーカ		消耗品・定期取替品
ロードセル	本 体		ステンレス鋼
	荷重変換部		ひずみゲージ
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 玄海3号炉 燃料取替クレーンの使用条件

運 転 荷 重		容量：燃料集合体1体分
温 度	気 中	約45℃
	水 中	約41℃
設 置 場 所		原子炉格納容器内

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6つ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 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、材料及び現在までの運転経験を考慮し、表2.2-1に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

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

(1) 電動機の固定子コイルの絶縁低下

電動機の固定子コイルの絶縁物は有機物であり、機械的、熱的、電氣的及び環境的要因で経年劣化が進行し、絶縁性能の低下を起こす可能性があることから、経年劣化に対する評価が必要である。

(2) 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、機械的、熱的、電氣的及び環境的要因で経年劣化が進行し、絶縁性能の低下を起こす可能性があることから、経年劣化に対する評価が必要である。

(3) 回転数発電機の絶縁低下

回転数発電機の絶縁物は有機物であり、機械的、熱的、電氣的及び環境的要因で経年劣化が進行し、絶縁性能の低下を起こす可能性があることから、経年劣化に対する評価が必要である。

(4) 変圧器の絶縁低下

制御設備の変圧器の絶縁物は有機物であり、熱的、電氣的及び環境的要因で経年劣化が進行し、絶縁性能の低下を起こす可能性があることから、経年劣化に対する評価が必要である。

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

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

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

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

(1) 走行・横行レール及び車輪の摩耗

走横行レール及び車輪はクレーンの走横行により摩耗が想定される。また、レール側面はガイドローラとのすべりで摩耗が想定される。

しかしながら、レール上面、側面及び車輪は、ガイドローラにより横すべりを防止しており、ころがり接触であることから摩耗が発生し難い構造である。

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、定期的な目視確認により、機器の健全性を確認している。

(2) 走行・横行レール及びブリッジガータ等の腐食（全面腐食）

走行レール、レール押さえ、横行レール、ブリッジガータ、トロリ架台、転倒防止金具（ブリッジ、トロリ）、車輪（ブリッジ、トロリ）、ブリッジの減速機（ケーシング、軸）、歯車継手（スリーブ、ハブ、フランジ、六角ボルト）、トロリの減速機（ケーシング、軸）、軸継手（ボディ、六角穴付ボルト）、歯車継手（スリーブ、ハブ、フランジ、六角ボルト）、メインホイストのウォーム減速機（ケーシング）、歯車継手（フランジ、スリーブ、ハブ、六角ボルト）、傘歯車減速機（ケーシング、軸）、マストチューブの固定マスト及び電動機（低圧）のフレームは炭素鋼、低合金鋼、鋳鋼、鋳鉄又は低合金鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、走行レール及び横行レールとの車輪接触部の腐食については、定期的な目視確認により、機器の健全性を維持している。

走行レール及び横行レールとの車輪接触部以外の大気接触部は塗装により腐食を防止しており、塗装が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、定期的な目視確認等により塗装の状態を確認し、はく離が認められた場合には必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

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

(3) 走行・横行レール及びブリッジガータの疲労割れ

走行レール、横行レール及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、疲労割れが発生する可能性は小さく、これまでに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難い。

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

なお、定期的な目視確認により、機器の健全性を確認している。

(4) 歯車及び軸継手等の摩耗

ブリッジ及びトロリの車輪部歯車、減速機（歯車）、歯車継手（スリーブ、ハブ、六角ボルト）、軸継手（六角穴付ボルト）及びメインホイストのウォーム減速機（ウォーム、ウォームホイール）、歯車継手（スリーブ、ハブ、六角ボルト）及び傘歯車減速機（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、摩耗し難い環境であり、これまでに有意な摩耗は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

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

なお、定期的な異音確認や目視確認により、機器の健全性を確認している。

(5) シープ及びワイヤドラムの摩耗

アップストラクチャのシープ及びメインホイストの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、シープはワイヤロープの巻取りにそって回転し、また、ワイヤドラムはドラムの回転にあわせてワイヤロープが巻き取られるため、すべりが発生せず、摩耗し難い構造であり、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難い。

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

なお、定期的な目視確認により、機器の健全性を確認している。

(6) ガイドローラ及びガイドレールの摩耗

マストチューブのガイドローラ（ローラ）は、グリッパチューブ昇降時にグリッパチューブのガイドレールと接触しながら、グリッパ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、ガイドローラとガイドレールの間は、転がり接触であることにより摩耗量は軽微であると考えられ、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難い。

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

なお、使用前の作動確認により、機器の健全性を確認している。

(7) 燃料ガイドバーの摩耗

マストチューブの燃料ガイドバーは、燃料昇降時に燃料集合体支持格子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の隙間を有しているため、接触面圧が小さいこと及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、摩耗量は軽微であると考えられる。

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、定期的な目視確認により、機器の健全性を確認している。

(8) エアシリンダの摩耗

グリッパチューブのエアシリンダのシリンダチューブ、ピストン及びピストンロッドは機械的要因により、摩耗が想定される。

しかしながら、シリンダチューブとピストン及びピストンロッドと軸受（すべり）はパッキン及びグリスにより隔てられており、摩耗し難い構造であり、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難い。

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

なお、使用前の作動確認により、機器の健全性を確認している。

(9) 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、定期的にグリッパの作動確認及び隙間計測にて異常がないことを確認しており、必要に応じて取替えることにより、機器の健全性を維持している。

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

(10) 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、燃料取扱時にロックラッチがフィンガの上部溝に嵌合することから、ロックラッチの摩耗の発生の可能性はあるが、これまでの点検実績から発生の可能性は小さい。

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

なお、定期的にフィンガの面間寸法を計測することにより、機器の健全性を確認している。

(11) フィンガ及びガイドピンの摩耗

グリッパのフィンガは、ロックカムとの摺動及び燃料ラッチ時のこすれにより摩耗が想定される。

しかしながら、ロックカム（SUS630）に比べて、フィンガはさらに耐摩耗性に優れたSUS630（熱処理方法が異なる）を使用し摩耗し難くしている。

また、グリッパのガイドピンは、燃料への挿入時に燃料集合体上部ノズル（SUS304）との接触により摩耗が想定される。

しかしながら、材料をSUS630として、摩耗し難くしている。

フィンガ及びガイドピンについては、これまでに有意な摩耗は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

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

なお、定期的な目視確認により、機器の健全性を確認している。

(12) ばねの変形（応力緩和）

グリップ（メカニカルロック用及びガイドピン伸縮用）及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、定期的な作動確認により、機器の健全性を確認している。

(13) 固定子コア及び回転子コアの腐食（全面腐食）

電動機（低圧）の固定子コア及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、固定子コア及び回転子コアはワニス処理等により腐食を防止しており、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

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

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(14) 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及び銅であり、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難い。

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

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(15) 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難い。

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

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(16) 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定期検査あ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難い。

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

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(17) 荷重監視装置及び速度制御装置の特性変化

制御設備の荷重監視装置及び速度制御装置は、長期間の使用に伴い特性変化が想定される。

しかしながら、荷重監視装置及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、短期間での特性変化を起こす可能性は小さい。

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、速度制御装置及び荷重監視装置は、定期的な機能・性能試験により、機器の健全性を確認している。

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。

(18) 操作スイッチ及び押釦スイッチの導通不良

制御設備の操作スイッチ及び押釦スイッチは、接点部分に付着する塵埃により、導通不良が想定される。

しかしながら、操作スイッチ及び押釦スイッチの接点部分は盤内に収納されており、塵埃の付着により導通不良が発生する可能性は小さい。

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

なお、定期的な動作確認により、機器の健全性を確認している。

(19) 荷重変換部の特性変化

ロードセルは、長期間の使用に伴う荷重変換部（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、ひずみゲージ貼り付け部は、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、ひずみゲージ貼り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、定期的な初期不平衡測定により、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。

(20) 筐体、チャンネルベース及び取付ボルトの腐食（全面腐食）

制御設備の筐体、チャンネルベース及び取付ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

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

また、定期的な目視確認で塗装の状態を確認し、はく離が認められた場合には必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

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

(21) 走行レール用基礎ボルトの腐食（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、機械設備の技術評価書のうち「基礎ボルト」にて評価を実施するものとし、本評価書には含めていない。

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

(22) 走行レール用レール押さえ及び埋込金物の腐食（全面腐食）

レール押さえ及び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、走行レールはモルタルに埋設され、モルタルが大気接触部表面から中性化が進行した場合には腐食環境となるが、中性化に至るには長期間を要し、腐食が急速に進行して基礎ボルト等の健全性を阻害する可能性はないと考えられることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

2.2.4 消耗品及び定期取替品

各種電動機、減速機の軸受（ころがり）、オイルシール、歯車継手のOリング及び滑車の軸受（ころがり）は、分解点検時に取り替えている消耗品である。

また、ブリッジ及びトロリの車輪軸受（ころがり）、ガイドローラ、マストチェーンのスラスト軸受（ころがり）、ガイドローラの軸受（すべり）、グリッパチェーンのエアホース及び電磁弁、エアシリンダのパッキン、Oリング、軸受（すべり）及びグリッパの軸受（すべり）は、作動確認の結果に基づき取り替えている消耗品である。なお、リミットスイッチ、補助継電器、電磁接触器、ノーヒューズブレーカ及びワイヤロープは、定期取替品である。

いずれも、長期使用はせず取替えを前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

表2.2-1(1/6) 玄海3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	応力腐蝕	熱時効	劣 化		
クレーンの支持機能	走行レール部	走行レール		炭素鋼	△	△	△				*1: 大気接触部 *2: モルタル埋設部	
		レール押さえ		炭素鋼		△ ^{*1} ▲ ^{*2}						
		埋込金物		炭素鋼		▲						
		基礎ボルト		低合金鋼		△						
走行機能	ブリッジ	横行レール		炭素鋼	△	△	△					
		ブリッジガータ		炭素鋼		△	△					
		転倒防止金具		炭素鋼		△						
		車 輪		低合金鋼鋳鋼	△	△						
		車輪軸受(ころがり)	◎	—								
		車輪部歯車		炭素鋼	△							
		ガイドローラ	◎	—								
		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	◎	—							
		歯車継手	軸		低合金鋼		△					
			スリーブ		炭素鋼	△	△					
			ハ ブ		炭素鋼	△	△					
○リング	◎		—									
フランジ			炭素鋼		△							
	六角ボルト		低合金鋼	△	△							

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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

表2.2-1(2/6) 玄海3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	応力腐蝕割れ	熱時効	劣 化		
横行機能	トロリ	トロリ架台		炭素鋼		△						
		転倒防止金具		炭素鋼		△						
		車 輪		低合金鋼鋳鋼	△	△						
		車輪軸受（ころがり）	◎	—								
		車輪部歯車		低合金鋼	△							
		ガイドローラ	◎	—								
		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		低合金鋼		△					
		軸継手	ボ デ ィ		炭素鋼		△					
			六角穴付ボルト		低合金鋼	△	△					
		歯車継手	スリーブ		炭素鋼	△	△					
			ハ ブ		炭素鋼	△	△					
			Ｏリング	◎	—							
フランジ			炭素鋼		△							
六角ボルト			低合金鋼	△	△							
昇降機能	アッパスト ラクチャ	ワイヤロープ	◎	—								
		滑 車	シ ー ブ		ステンレス鋼	△						
			軸受（ころがり）	◎	—							

△：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(3/6) 玄海3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	応力腐蝕	熱時効	劣 化				
昇降機能	メイン ホイスト	ワイヤドラム			ステンレス鋼	△								
		ウォーム 減速機	ケーシング			鋳 鉄		△						
			ウォーム			低合金鋼	△							
			ウォームホイール			高力黄銅鋳物	△							
			軸受 (ころがり)		◎	—								
			オイルシール		◎	—								
		歯車継手	フランジ			炭 素 鋼		△						
			スリーブ			炭 素 鋼	△	△						
			ハ ブ			炭 素 鋼	△	△						
			Oリング		◎	—								
	六角ボルト			低合金鋼	△	△								
	傘歯車 減速機	ケーシング			鋳 鉄		△							
		軸			炭 素 鋼		△							
		歯 車			低合金鋼	△								
		軸			低合金鋼		△							
		軸受 (ころがり)		◎	—									
		オイルシール		◎	—									
	マスト チューブ	固定マスト			炭 素 鋼		△							
		スラスト軸受 (ころがり)		◎	—									
		ガイド ローラ	ローラ			ステンレス鋼	△							
			軸受 (すべり)		◎	—								
燃料ガイドバー			ステンレス鋼	△										

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-1(4/6) 玄海3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	応力腐蝕割れ	熱時効	劣 化		
昇降機能	グリッパ チューブ	エアホース	◎	—							*1:変形 (応力緩和)	
		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	△							
		エア シリンダ	シリンダチューブ		ステンレス鋼 硬質クロムメッキ	△						
			ピストン		銅合金鋳物	△						
			パッキン	◎	—							
			Ｏリング	◎	—							
			軸受(すべり)	◎	—							
			ピストンロッド		ステンレス鋼 硬質クロムメッキ	△						
			クッションリング		炭素鋼 硬質クロムメッキ							
タイロッド		ステンレス鋼										
電磁弁	◎	—										
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		
		ばね(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(5/6) 玄海3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	応力腐蝕割れ	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	電 動 機	固定子コア		珪素鋼板		△						*1:変形(応力緩和)	
		フレーム		鋳 鉄		△							
		固定子コイル		銅 ポリエステルイミト+ ポリアミドイミト (H種絶縁)					○				
		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 ポリエステル (B種絶縁)		△			○				
		ば ね		ばね鋼 ピアノ線							△*1		
		ブレーキ板		鋳 鉄	△								
		ライニング		耐熱性有機 化学繊維	△								
	回転数発電機			銅 ポリエステル (B種絶縁)					○				

○：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) 玄海3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	応力腐蝕割れ	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	制御設備	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	◎	—										
		補助継電器	◎	—										
		操作スイッチ、押釦スイッチ		銅、銀他							△			
		速度制御装置		半導体、リレー 電解コンデンサ他									△	
		電磁接触器	◎	—										
		変圧器		銅 アミド、繊維 エポキシ樹脂 (F種絶縁)					○					
		ノーヒューズブレーカ	◎	—										
ロードセル	本 体		ステンレス鋼											
	荷重変換部		ひずみゲージ									△		
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 電動機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、電氣的及び環境的要因で経年劣化が進行し、絶縁性能の低下を起こす可能性があることから、経年劣化に対する評価が必要である。

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電動機に比べて同等以上であるため、低圧ポンプ用電動機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16.5年と考えられる。

しかしながら、低圧ポンプ用電動機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を行い、許容値以上であることを確認している。

また、絶縁抵抗測定の結果に基づき、必要により洗浄、乾燥、絶縁補修処理もしくは取替えを実施していく。

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。

よって、現状保全を継続することで、健全性を維持できると考える。

c. 高経年化への対応

固定子コイルの絶縁低下については、引き続き定期的な絶縁抵抗測定を実施していくとともに、点検結果に基づき必要により洗浄、乾燥、絶縁補修処理もしくは取替えを実施していく。

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又は内部の微小ボイド等による放電等、熱的、電氣的及び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℃）を使用していることから絶縁低下の発生の可能性は小さいと考えるが、絶縁低下が生じる可能性は否定できない。

② 現状保全

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、許容値以上であることの確認を行っている。

③ 総合評価

健全性評価結果から判断して、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。

よって、現状保全を継続することで、健全性を維持できると考える。

c. 高経年化への対応

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 回転数発電機の絶縁低下

a. 事象の説明

回転数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又は内部の微小ボイド等による放電等、熱的、電氣的及び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

回転数発電機は、塵埃が付着しにくい密閉構造であり、また、回転数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、絶縁低下が生じる可能性は否定できない。

② 現状保全

回転数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、許容値以上であることの確認を行っている。

③ 総合評価

健全性評価結果から判断して、回転数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。

よって、現状保全を継続することで、健全性を維持できると考える。

c. 高経年化への対応

回転数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

制御設備の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ある。

b. 技術評価

① 健全性評価

変圧器は盤内に内蔵されているため、環境の変化の程度は小さく、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℃）を使用していることから絶縁低下の発生の可能性は小さいと考えるが、絶縁低下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を行い、許容値以上であることの確認を行っている。

③ 総合評価

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

よって、現状保全を継続することで、健全性を維持できると考える。

c. 高経年化への対応

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. 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

3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

3.1.1 電動機（低圧）の固定子コイルの絶縁低下

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

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（B種：許容最高温度130℃又はH種：許容最高温度180℃）を使用していることから絶縁低下の発生の可能性は小さいと考えるが、絶縁低下が生じる可能性は否定できない。

現状保全としては、定期的な絶縁抵抗測定により、許容値以上であることの確認を行っている。

また、絶縁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 回転数発電機の絶縁低下

代表機器と同様に回転数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。

回転数発電機は、塵埃が付着しにくい密閉構造であり、また、回転数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、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、許容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、回転数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

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ある。

変圧器は盤内に内蔵されているため、環境変化の程度は小さく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℃）を使用していることから絶縁低下の発生の可能性は小さいと考えるが、絶縁低下を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を行い、許容値以上であることの確認を行っている。

絶縁低下は、絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切である。

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

なお、日常劣化管理事象ではない事象はない。

3.2.1 走行レール及び車輪の摩耗

走行レール及び車輪はクレーンの走行により摩耗が想定される。

しかしながら、レール上面はガイドローラにて横すべりを防止しており、ころがり接触のため、急激な摩耗の進展の可能性は小さい。

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

なお、定期的な目視確認により、機器の健全性を確認している。

3.2.2 走行レール及びホイスト等の腐食（全面腐食）

走行レール、クレーン構造部（ブリッジ、転倒防止金具）、減速機（ケーシング、軸）、車輪、歯車継手（スリーブ、ハブ、六角ボルト）、ホイスト（ワイヤドラム、ケーシング、歯車、フック、シーブ）及び電動機（低圧）のフレームは炭素鋼等であり、腐食が想定される。

しかしながら、走行レール車輪接触部の腐食については、定期的な目視確認により、機器の健全性を維持している。

走行レール車輪接触部以外の大気接触部は、塗装により腐食を防止しており、塗装が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、定期的な目視確認等により塗装の状態を確認し、はく離が認められた場合には必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

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

3.2.3 走行レールの疲労割れ

走行レールには、ブリッジ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、疲労割れが発生する可能性は小さく、これまでに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難い。

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

なお、定期的な目視確認により、機器の健全性を確認している。

3.2.4 歯車及び継手等の摩耗

減速機（歯車）、歯車継手（スリーブ、ハブ、六角ボルト）及びホイスト（歯車、フック）は摩擦により、摩耗が想定される。

しかしながら、運転中、歯車は常に潤滑油が供給されており、摩耗し難い環境であり、これまでに有意な摩耗が認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

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

なお、定期的な異音確認や目視確認により、機器の健全性を確認している。

3.2.5 シープ及びワイヤドラムの摩耗

シープ及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、シープはワイヤロープの巻取りにそって回転し、ワイヤドラムはドラムの回転にあわせてワイヤロープが巻き取られるため、すべりが発生せず、摩耗し難い構造であり、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難い。

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

なお、点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

3.2.6 ロッキングカム及びフィンガの摩耗

ロッキングカム（アクチュエータ）及びフィンガは、燃料ラッチ時の摺動により、摩耗が想定される。

しかしながら、ロッキングカムは硬質クロムメッキを施工し、フィンガは材料をSUS630として摩耗し難くしており、これまでに異常のないことを確認していることから、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

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

なお、定期的なグリッパの作動確認及びフィンガ開閉寸法計測により、機器の健全性を確認している。

3.2.7 ガイドピンの摩耗

ガイドピンは、燃料への挿入時に燃料トップノズル（SUS304）との接触により摩耗する可能性が想定される。

しかしながら、材料をSUS630として摩耗し難くしており、これまでに有意な摩耗は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

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

なお、定期的な目視確認により、機器の健全性を確認している。

3.2.8 ばねの変形（応力緩和）

グリッパ（ガイドピン伸縮用）及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、定期的な作動確認により、機器の健全性を確認している。

3.2.9 固定子コア及び回転子コアの腐食（全面腐食）

電動機の固定子コア及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、固定子コア及び回転子コアはワニス処理等により腐食を防止しており、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

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

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

3.2.10 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及び銅であり、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等により腐食を防止しており、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

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

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

3.2.11 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難い。

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

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

3.2.12 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定期検査あ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難い。

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

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

3.2.13 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、玄海3号炉については、使用済燃料ピットクレーンは、空調により換気された環境にあり、かつブレーキ内部が閉鎖されていることから結露水が発生し難い構造である。また、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難い。

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

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

3.2.14 荷重監視装置、シーケンサ及び速度制御装置の特性変化

制御設備の荷重監視装置、シーケンサ及び速度制御装置は、長期間の使用に伴い特性変化が想定される。

しかしながら、荷重監視装置、シーケンサ及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、短期間での特性変化を起こす可能性は小さい。

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。

さらに、定期的な機能・性能試験により、機器の健全性を確認している。

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

3.2.15 操作スイッチ及び押釦スイッチの導通不良

操作スイッチ及び押釦スイッチは接点部分に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、操作スイッチ及び押釦スイッチの接点部分は盤内に収納されており、塵埃の付着により導通不良が発生する可能性は小さい。

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

なお、定期的な動作確認により、機器の健全性を確認している。

3.2.16 荷重変換部の特性変化

ロードセルの荷重変換部が特性変化する主要因としては、ひずみゲージのはがれ等による抵抗の変化が想定される。

しかしながら、ひずみゲージ貼り付け部は、熱硬化型接着剤により固定されているため、ひずみゲージ貼り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、定期的な初期不平衡測定により、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。

3.2.17 筐体、チャンネルベース及び取付ボルトの腐食（全面腐食）

制御設備の筐体、チャンネルベース及び取付ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

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

また、定期的な目視確認で塗装の状態を確認し、はく離が認められた場合には必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

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

3.2.18 走行レール基礎ボルトの腐食（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、機械設備の技術評価書のうち「基礎ボルト」にて評価を実施するものとし、本評価書には含めていない。

3. 2 燃料移送装置

[対象機器]

- ① 燃料移送装置

目 次

1. 対象機器	1
2. 燃料移送装置の技術評価	2
2.1 構造、材料及び使用条件	2
2.2 経年劣化事象の抽出	13
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価	24

1. 対象機器

玄海3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 玄海3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 (容量×移送距離)	使用条件	
			運転	使用温度
燃料移送装置 (1)	PS-2	燃料集合体1体分× 約19.9m	一時	気中*2：約45℃ 約30℃ 水中：約41℃

*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、下段は燃料取扱建屋内を示す

2. 燃料移送装置の技術評価

2.1 構造、材料及び使用条件

2.1.1 燃料移送装置

(1) 構造

玄海3号炉の燃料移送装置は、燃料取替用キャナル底面に設置されており、トラックフレーム、燃料コンテナ、コンベアカー、走行駆動装置、リフティングアーム、水圧ユニット、制御盤等により構成されている。

トラックフレームは溶接構造物であり、レールは原子炉キャビティ及び燃料取替用キャナルに設置されている。

燃料コンテナは、燃料集合体を移送する時に収納する箱型の容器で、ピボット支持によりコンベアカーに取り付けられている。コンベアカーは、両側に取り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。

走行駆動装置は、コンベアカーを水平移動するための装置で、チェーン、スプロケット、ラインシャフト等にて電動機の動力をコンベアカーに伝えている。

リフティングアームは、レールをまたぐように設置され、一端がピボット支持によりトラックフレームに取り付けられた構造である。

水圧ユニットの水圧シリンダからの給水にてリフティングアームを駆動し、燃料コンテナが旋回して直立する。また、水圧シリンダを元の位置に戻すことにより、燃料コンテナは水平位置に復帰する。

制御設備は、補助継電器等の主要構成機器及び機器を支持するための筐体、チャンネルベース、取付ボルト及び基礎ボルトから構成される。

玄海3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) 材料及び使用条件

玄海3号炉の燃料移送装置の使用材料及び使用条件を表2.1-1及び表2.1-2に示す。

原子炉格納容器側

燃料取扱建屋側

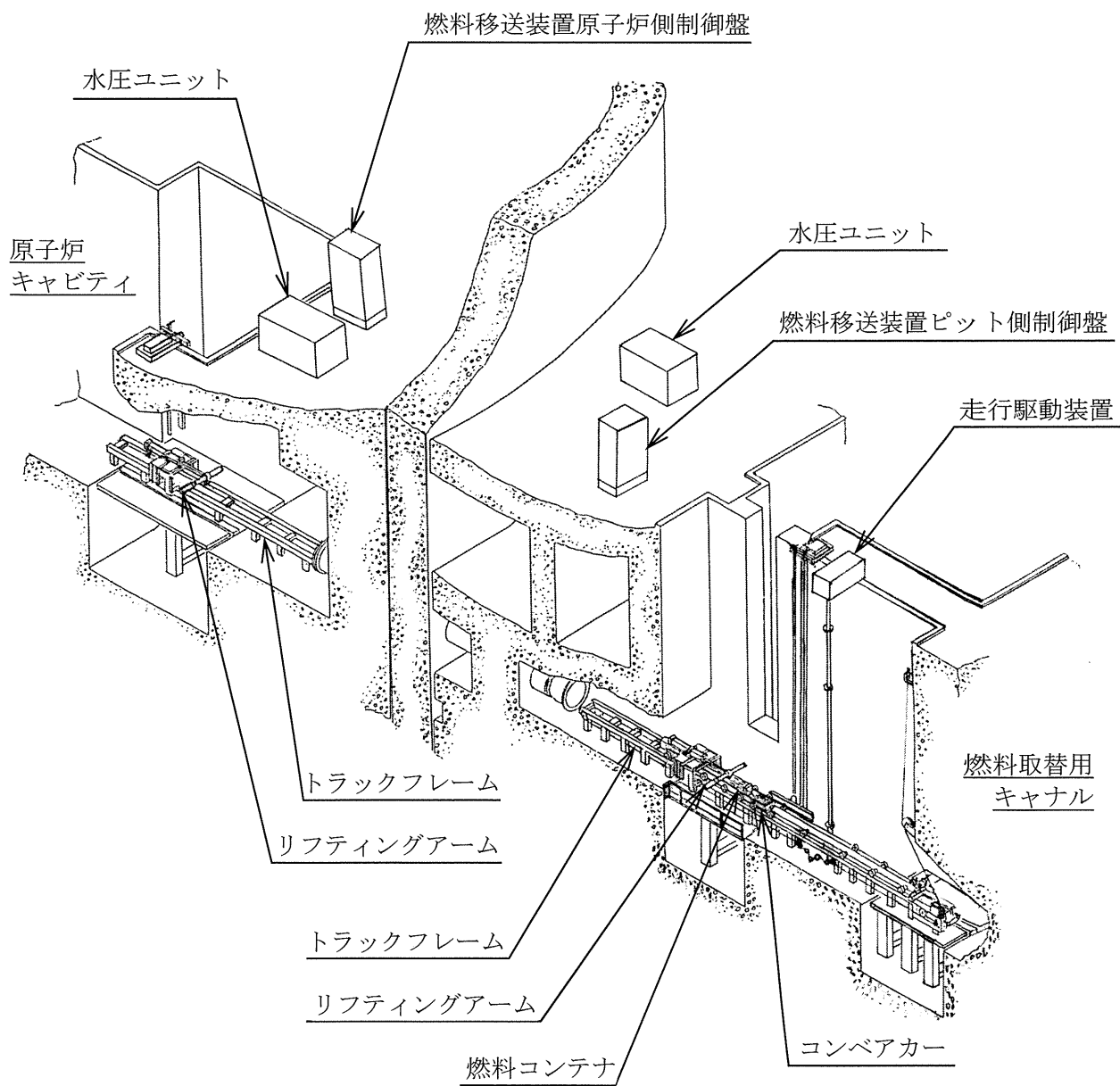
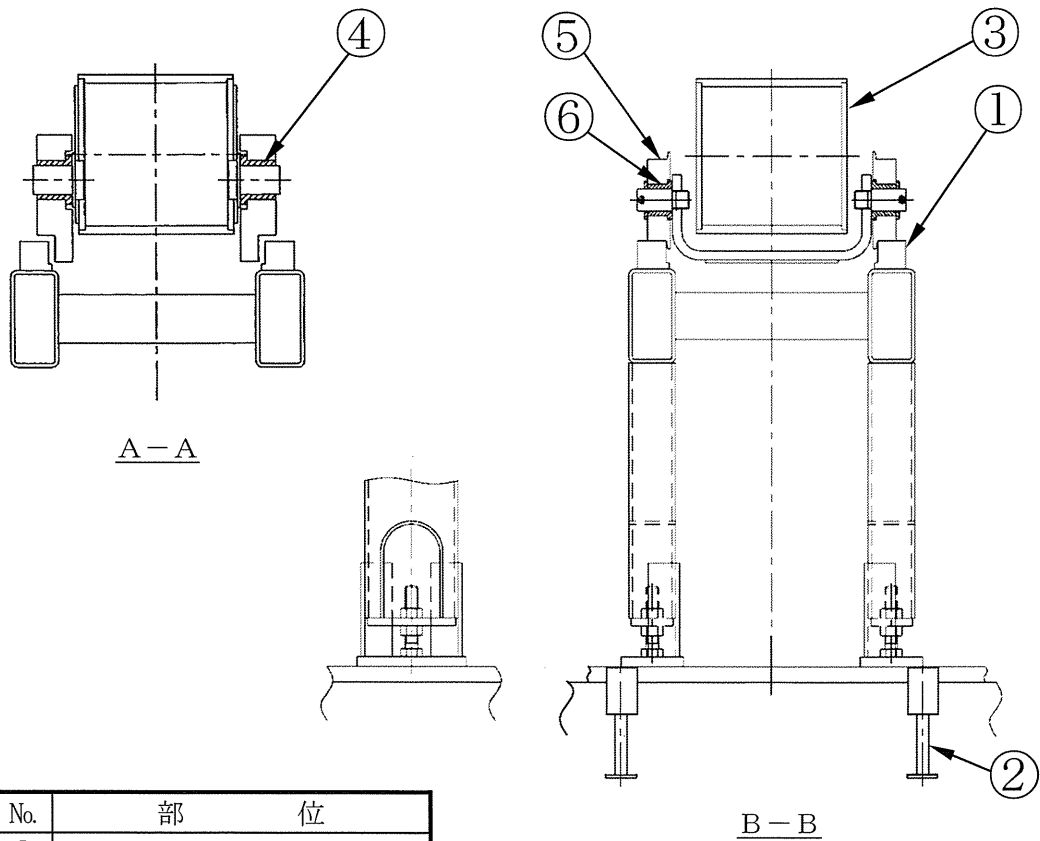
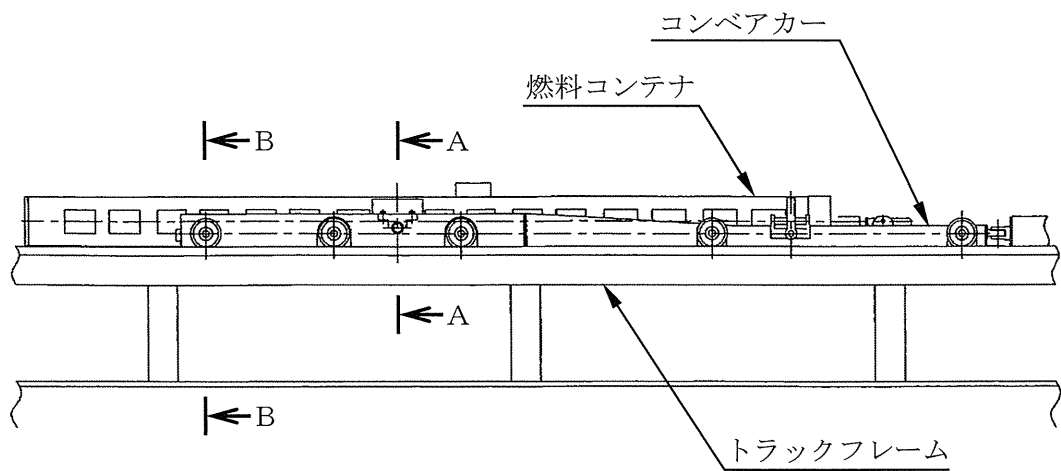
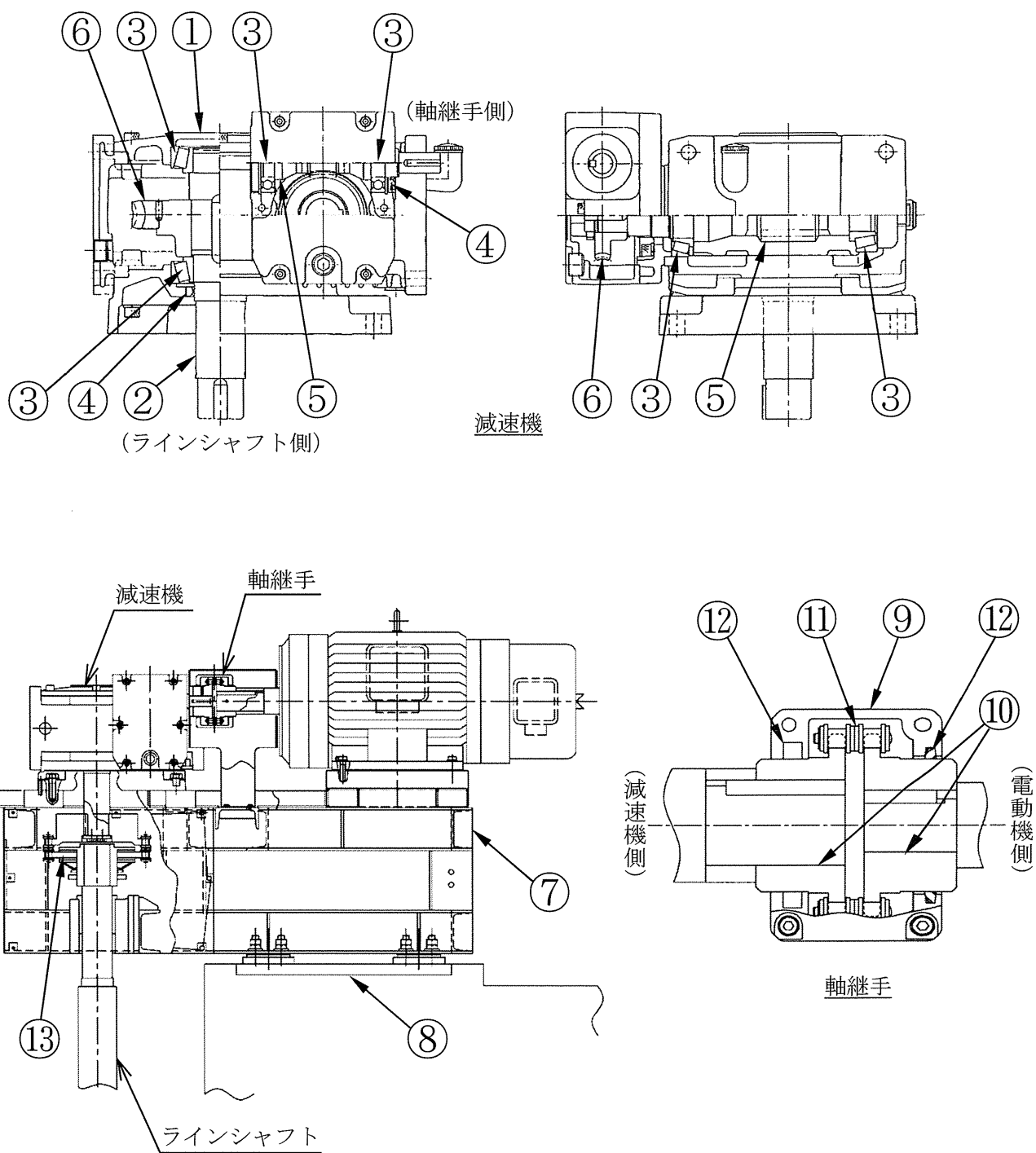


図2.1-1 玄海3号炉 燃料移送装置全体構成図



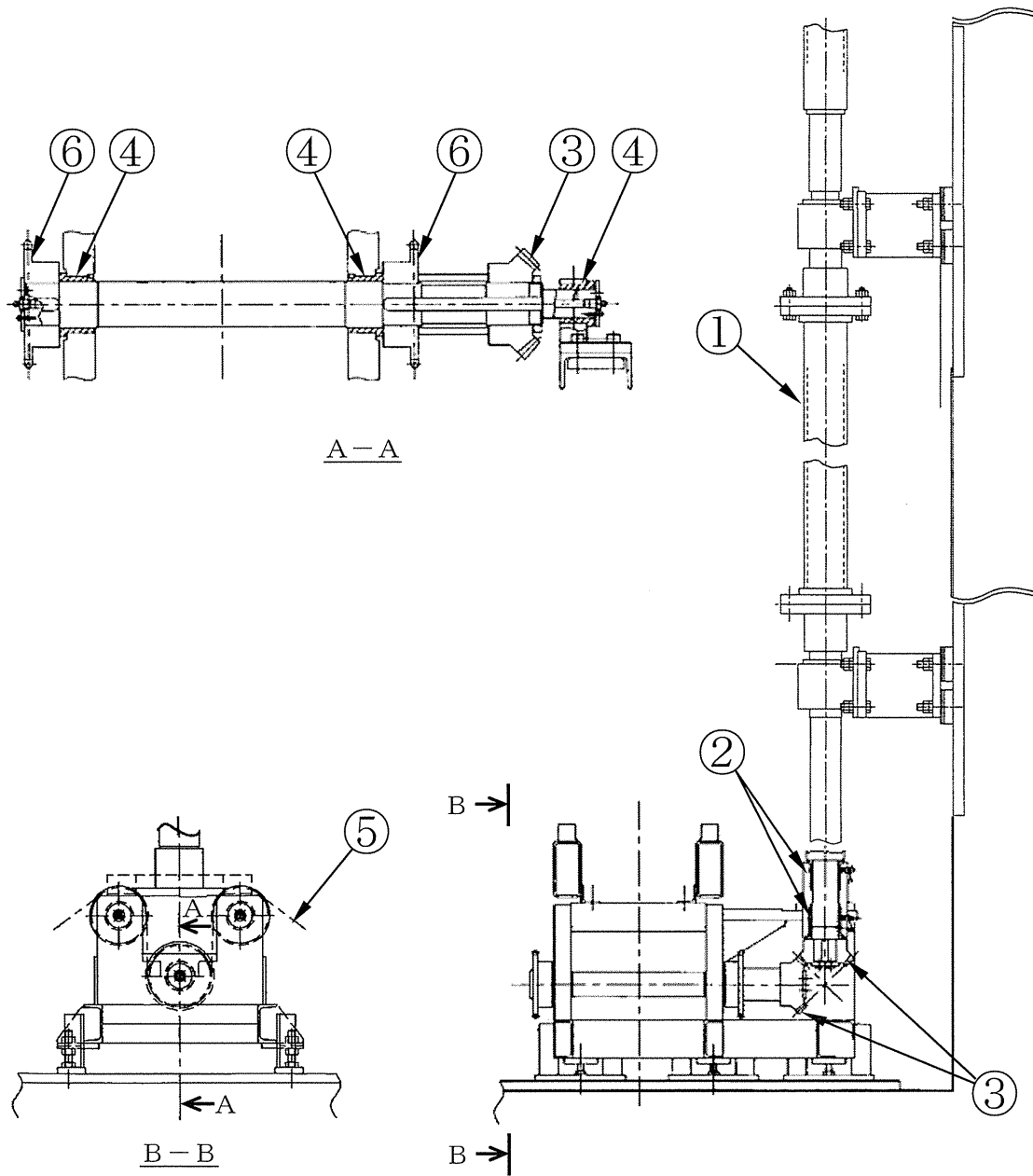
No.	部 位
①	レール
②	基礎金物
③	燃料コンテナ
④	ピボット軸受 (すべり)
⑤	車 輪
⑥	車輪軸受 (すべり)

図2.1-2 玄海3号炉 燃料移送装置 トラックフレーム、燃料コンテナ
及びコンベアカー構造図



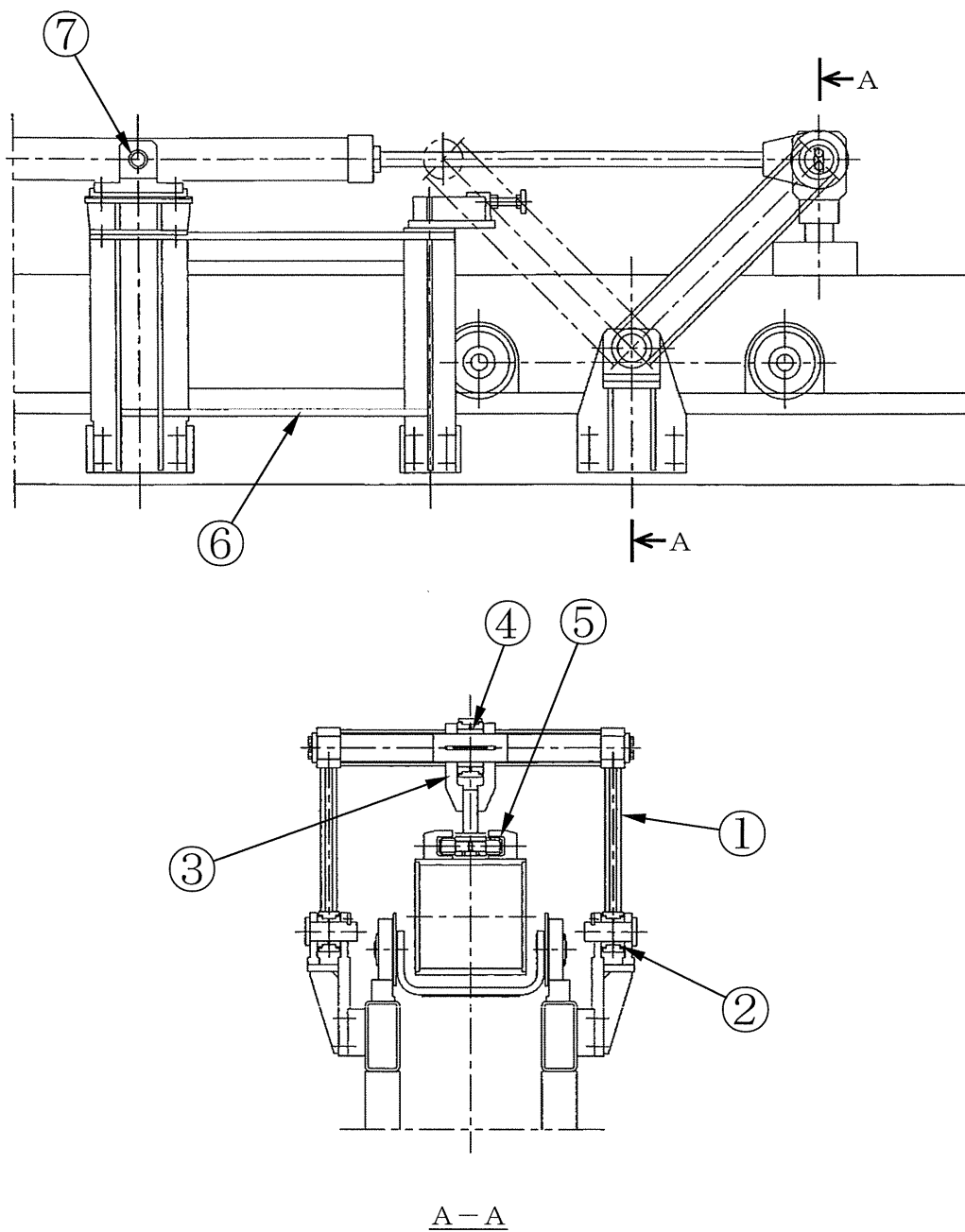
No.	部 位	No.	部 位	No.	部 位
①	ケーシング	⑥	ウォームホイール	⑪	チェーン
②	軸	⑦	架 台	⑫	オイルシール
③	軸受 (ころがり)	⑧	基礎金物	⑬	トルクリミッタ (摩擦板)
④	オイルシール	⑨	ケーシング		
⑤	ウォーム	⑩	スプロケット		

図2.1-3 玄海3号炉 燃料移送装置 走行駆動装置構造図 (上部)



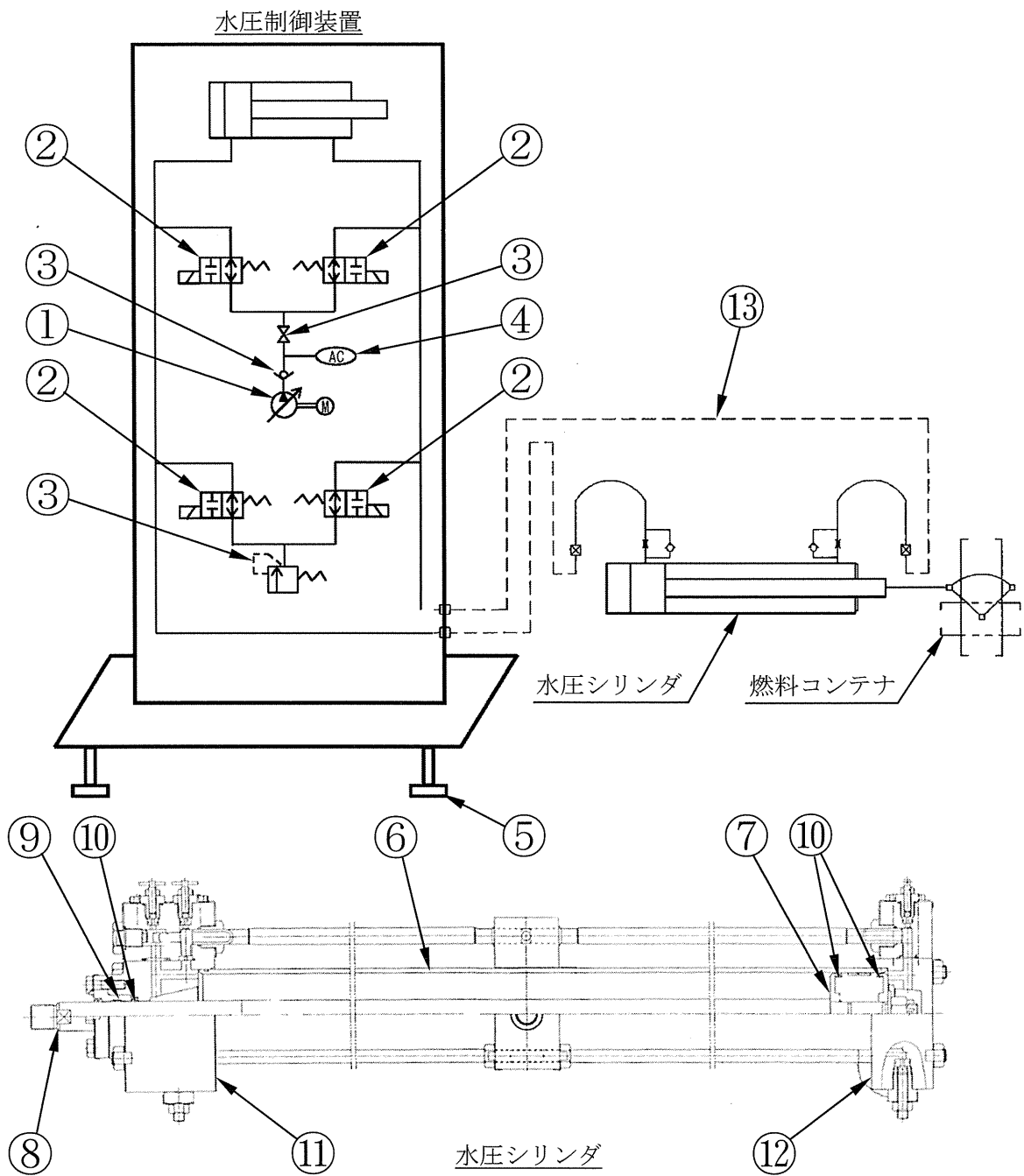
No.	部 位
①	ラインシャフト
②	ラインシャフト部軸受 (すべり)
③	かさ歯車
④	かさ歯車部軸受 (すべり)
⑤	チェーン
⑥	スプロケット

図2.1-4 玄海3号炉 燃料移送装置 走行駆動装置構造図 (下部)



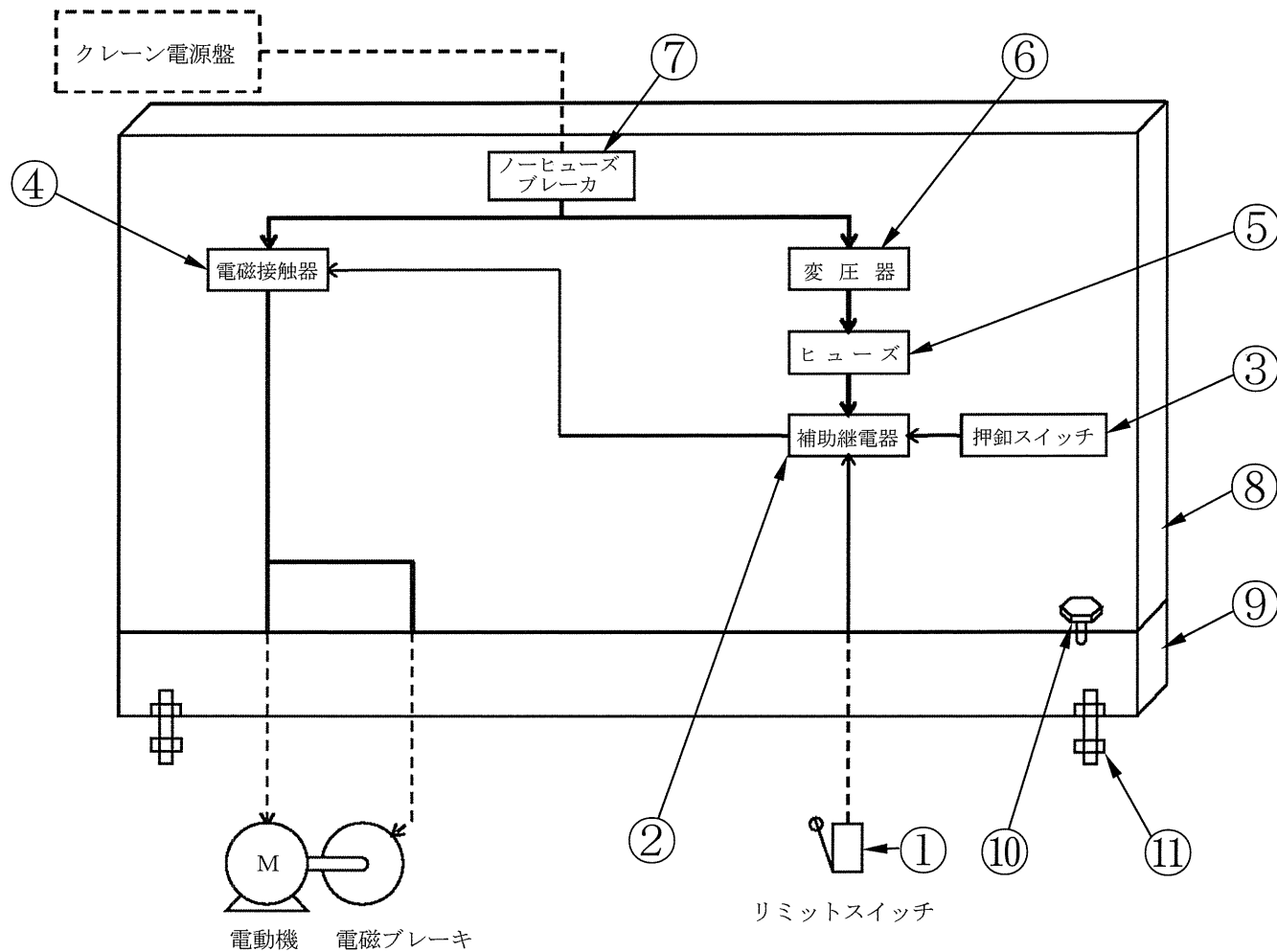
No.	部 位
①	リフティングアーム
②	ピボット軸受 (すべり)
③	ホーク
④	ホーク部軸受 (すべり)
⑤	リフティングローラ
⑥	架 台
⑦	シリンダ部軸受 (すべり)

図2.1-5 玄海3号炉 燃料移送装置 リフティングアーム構造図



No.	部 位	No.	部 位
①	水圧ポンプ (軸受、パッキン)	⑧	ピストンロッド
②	電磁弁 (パッキン)	⑨	軸受 (すべり)
③	仕切弁、切替弁、圧力調整弁 (パッキン)	⑩	パッキン
④	アキュムレータ	⑪	ロッド側本体
⑤	基礎金物	⑫	ヘッド側本体
⑥	シリンダチューブ	⑬	配 管
⑦	ピストン		

図2.1-6 玄海3号炉 燃料移送装置 水圧ユニット構造図



No.	部 位
①	リミットスイッチ
②	補助継電器
③	押釦スイッチ
④	電磁接触器
⑤	ヒューズ
⑥	変圧器
⑦	ノーヒューズブレーカ
⑧	筐 体
⑨	チャンネルベース
⑩	取付ボルト
⑪	基礎ボルト

→ 信号ライン
 → 電源ライン
 - - - 他章で評価

図2.1-7 玄海3号炉 燃料移送装置 制御設備主要機器構成図

表2.1-1(1/2) 玄海3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	
走行駆動装置	減速機	ケーシング	消耗品・定期取替品
		軸	消耗品・定期取替品
		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
		ウォーム	消耗品・定期取替品
		ウォームホイール	消耗品・定期取替品
	架 台	炭素鋼	
	基礎金物	炭素鋼	
	軸継手	ケーシング	アルミダイカスト
		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
	トルクリミッタ (摩擦板)	レジンモールド	
	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	
	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	
	チェーン	ステンレス鋼	
	スプロケット	ステンレス鋼	
	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	

表2.1-1(2/2) 玄海3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 アーム	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	
水圧ユニット	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 (パッキン)	消耗品・定期取替品
		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
	水圧シリンダ	シリンダチューブ	ステンレス鋼 (硬質クロムメッキ)
		ピストン	ステンレス鋼
		ピストンロッド	ステンレス鋼 (硬質クロムメッキ)
		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
	配 管	ステンレス鋼	
	制御設備	リミットスイッチ	消耗品・定期取替品
補助継電器		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、アラミド繊維 絶縁ワニス (H種絶縁)	
ノーヒューズブレーカ		消耗品・定期取替品	
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 玄海3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
使用温度	気 中	原子炉格納容器内	約45℃
		燃料取扱建屋内	約30℃
	水 中		約41℃
設 置 場 所			原子炉格納容器内 燃料取扱建屋内

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5つ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 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、材料及び現在までの運転経験を考慮し、表2.2-1に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

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

(1) 変圧器の絶縁低下

制御設備の変圧器の絶縁物は有機物であり、熱的、電氣的及び環境的要因で経年劣化が進行し、絶縁性能の低下を起こす可能性があることから、経年劣化に対する評価が必要である。

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

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

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

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

(1) レール及び車輪の摩耗

トラックフレームのレール及びコンベアカーの車輪は、機械的要因で摩耗が想定される。

しかしながら、水中での水潤滑であり、また、ころがり接触のため摩耗し難い構造となっており、これまでに有意な摩耗は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

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

なお、使用前の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) 架台等の腐食（全面腐食）

走行駆動装置の架台及び軸継手（ケーシング、スプロケット）は炭素鋼又はアルミダイカストであり、腐食が想定される。

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

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

なお、使用前の点検時等の異音確認や目視確認により、機器の健全性を確認している。

(3) トルクリミッタ（摩擦板）の摩耗

走行駆動装置のトルクリミッタ（摩擦板）は機械的要因により、摩耗が想定される。

しかしながら、使用前の点検時の目視確認により状態を確認し、有意な摩耗が確認された場合は適切に対処することにより、機器の健全性を維持している。

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

(4) かさ歯車の摩耗

走行駆動装置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、かさ歯車は水中での水潤滑であり、摩耗し難い構造となっており、これまでに有意な摩耗が認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

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

なお、使用前の点検時の異音確認や目視確認により、機器の健全性を確認している。

(5) チェーン（ブッシュ部）の摩耗

走行駆動装置のチェーンのブッシュ部は、機械的要因により摩耗が想定される。

しかしながら、使用前の点検時にチェーンの伸び計測を実施し、伸びの傾向を監視しており、有意な伸びが確認された場合は、必要に応じて取替えることにより、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) スプロケット及びチェーン（ローラ外面）の摩耗

走行駆動装置のスプロケットとチェーンのローラ外面は相互の接触により、摩耗が想定される。

しかしながら、ころがり接触のため摩耗し難い構造となっており、これまでに有意な摩耗が認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

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

なお、使用前の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) シリンダチューブ、ピストン及びピストンロッドの摩耗

水圧シリンダのシリンダチューブ、ピストン及びピストンロッドは機械的要因により、摩耗が想定される。

しかしながら、シリンダチューブとピストン及びピストンロッドと軸受（すべり）はパッキン及びグリスにより隔てられて摩耗し難い構造となっており、これまでに異常な動き等が認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

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

なお、使用前の点検時の動作確認により、機器の健全性を確認している。

(8) 基礎金物（大気接触部）の腐食（全面腐食）

走行駆動装置及び水圧ユニットの水圧制御装置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、塗装が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

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

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

(9) 押釦スイッチの導通不良

制御設備の押釦スイッチは接点部分に付着する浮遊塵埃により、導通不良が想定される。

しかしながら、押釦スイッチの接点部分は盤内に収納されており、塵埃の付着により導通不良が発生する可能性は小さい。

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

なお、定期的な動作確認により、機器の健全性を確認している。

(10) 筐体、チャンネルベース及び取付ボルトの腐食（全面腐食）

筐体、チャンネルベース及び取付ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

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

また、定期的な目視確認で塗装の状態を確認し、はく離が認められた場合は必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

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

(11) 基礎ボルトの腐食（全面腐食）

基礎ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

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

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。

(12) 基礎金物（コンクリート埋設部）の腐食（全面腐食）

走行駆動装置及び水圧ユニットの水圧制御装置の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、コンクリート埋設部では、コンクリートが大气接触部表面から中性化が進行した場合には腐食環境となるが、中性化に至るには長期間を要し、腐食が急速に進行して基礎金物の健全性を阻害する可能性はないと考えられることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

2.2.4 消耗品及び定期取替品

オイルシールは分解点検時等に取り替えている消耗品である。

また、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）、軸継手のチェーン、ラインシャフト部軸受（すべり）、かさ歯車部軸受（すべり）、リフティングアームのピボット軸受（すべり）、リフティングローラ、シリンダ部軸受（すべり）、ホーク部軸受（すべり）、水圧ポンプ（軸受、パッキン）、電磁弁等（パッキン）、水圧ユニットのアキュームレータ、水圧シリンダのパッキン及び軸受（すべり）は、作動確認等の結果に基づき取り替えている消耗品である。なお、走行駆動装置の減速機、リミットスイッチ、補助継電器、電磁接触器、ヒューズ及びノーヒューズブレーカは、定期取替品である。

いずれも、長期使用はせず取替えを前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

表2.2-1(1/5) 玄海3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：大気接触部 *2：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）	◎	—									
	走行駆動装置	減速機	ケーシング	◎	—								
			軸	◎	—								
			軸受（ころがり）	◎	—								
			オイルシール	◎	—								
			ウォーム	◎	—								
			ウォームホイール	◎	—								
架 台			炭素鋼		△								
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(2/5) 玄海3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	走行駆動装置	軸 継 手	ケーシング		アルミキャスト		△							
			スプロケット		炭素鋼	△	△							
			チェーン	◎	—									
			オイルシール	◎	—									
		トルクリミッタ (摩擦板)		レジンモルト*	△									
		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)	◎	—										
		かさ歯車		ステンレス鋼	△									
		かさ歯車部軸受 (すべり)	◎	—										
		チェーン		ステンレス鋼		△ (プッシュ部) △ (ローラ部)								
スプロケット		ステンレス鋼	△											

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-1(3/5) 玄海3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	応力腐蝕割れ	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							*1：大気接触部 *2：コンクリート埋設部	
		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）	◎	—								
	水圧ユニット	水圧制御装置	水圧ポンプ（軸受、パッキン）	◎	—							
			電磁弁（パッキン）	◎	—							
			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(4/5) 玄海3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	水圧ユニット	水圧シリンダ	シリンダチューブ		ステンレス鋼 (硬質加ムッキ)	△								
			ピストン		ステンレス鋼	△								
			ピストンロッド		ステンレス鋼 (硬質加ムッキ)	△								
			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									
			配 管		ステンレス鋼									

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-1(5/5) 玄海3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	制御設備	リミットスイッチ	◎	—									
		補助継電器	◎	—									
		押釦スイッチ		銅、銀他						△			
		電磁接触器	◎	—									
		ヒューズ	◎	—									
		変 圧 器		銅 アラミド繊維 絶縁ワニス (H種絶縁)					○				
		ノーヒューズブレーカ	◎	—									
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		△							

○：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 変圧器の絶縁低下

a. 事象の説明

制御設備の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ある。

b. 技術評価

① 健全性評価

変圧器は盤内に内蔵されているため、環境変化の程度は小さく、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℃）を使用していることから絶縁低下の発生の可能性は小さいと考えるが、絶縁低下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を行い、許容値以上であることの確認を行っている。

③ 総合評価

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

よって、現状保全を継続することで、健全性を維持できると考える。

c. 高経年化への対応

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。

4 原子炉容器上部ふた付属設備

[対象機器]

- ① 制御棒クラスタ駆動装置
- ② 炉内熱電対用ハウジング

目 次

1. 対象機器及び代表機器の選定	1
1.1 グループ化の考え方及び結果	1
1.2 代表機器の選定	1
2. 代表機器の技術評価	3
2.1 構造、材料及び使用条件	3
2.2 経年劣化事象の抽出	11
3. 代表機器以外への展開	17
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象	17
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	17

1. 対象機器及び代表機器の選定

玄海3号炉で使用されている主要な原子炉容器上部ふた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及び結果

表1-1に示す原子炉容器上部ふた付属設備について、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グループとしては1つとなる。

1.2 代表機器の選定

制御棒の駆動機能を有しているのは、制御棒クラスタ駆動装置であることから、制御棒クラスタ駆動装置を代表機器とする。

表1-1 玄海3号炉 原子炉容器上部ふた付属設備の主な仕様

分離基準		機器名称 (台数)	選定基準			選定	選定理由
			重要度*1	使用条件			
設置場所	材料			最高使用圧力 (MPa[gage])	最高使用温度 (°C)		
原子炉容器上部ふた上	ステンレス鋼	制御棒クラスタ駆動装置 (53(予備4))	PS-1	約17.2	約343	◎	構造 (駆動機能あり)
		炉内熱電対用ハウジング (4)	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 制御棒クラスタ駆動装置

2.1 構造、材料及び使用条件

2.1.1 制御棒クラスタ駆動装置

(1) 構造

玄海3号炉の制御棒クラスタ駆動装置は、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、サーマルスリーブ及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、ラッチハウジングとふた管台は溶接され、ふた管台は原子炉容器上部ふたに溶接されている。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クラスタ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て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、原子炉容器上部ふたの上側に制御棒クラスタ駆動装置耐震サポートが設置されており、地震時の制御棒クラスタ駆動装置の水平方向の動きを抑制している。

なお、玄海3号炉の制御棒クラスタ駆動装置については、第17回定期検査時(2023年度)に取替えを実施している。

玄海3号炉の制御棒クラスタ駆動装置の構造図を図2.1-1～図2.1-6に示す。

(2) 材料及び使用条件

玄海3号炉の制御棒クラスタ駆動装置の使用材料及び使用条件を表2.1-1及び表2.1-2に示す。

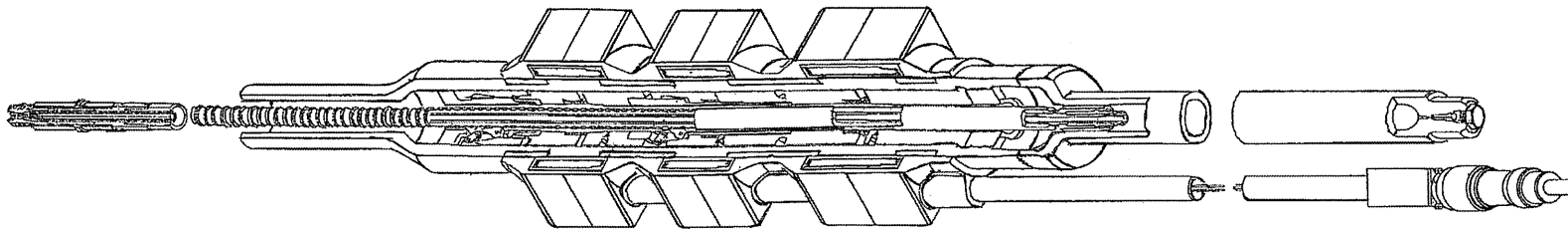
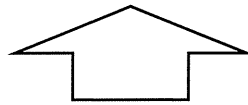
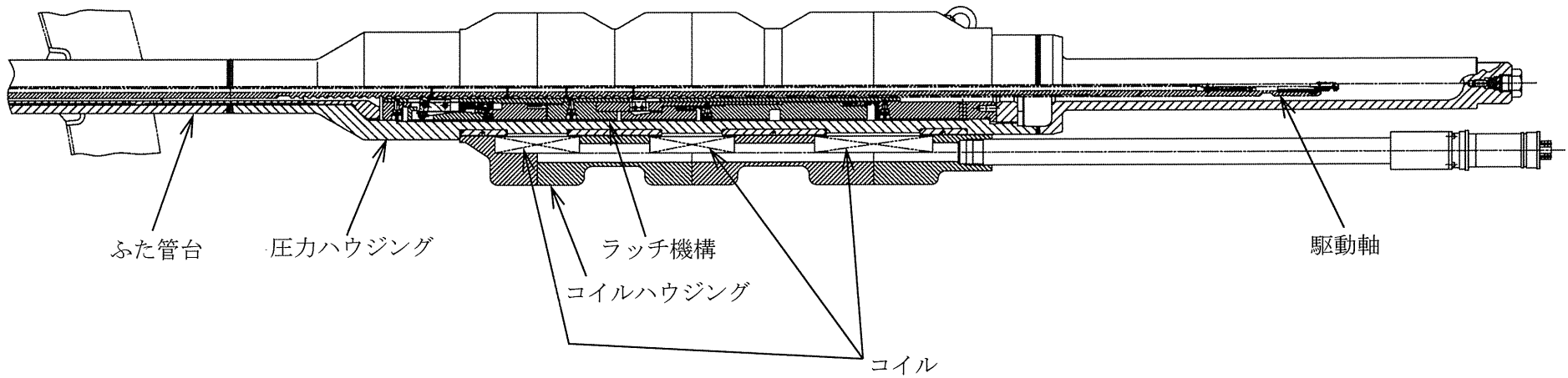


図2.1-1 玄海3号炉 制御棒クラスタ駆動装置全体図

No.	部 位
①	ラッチハウジング
②	駆動軸ハウジング

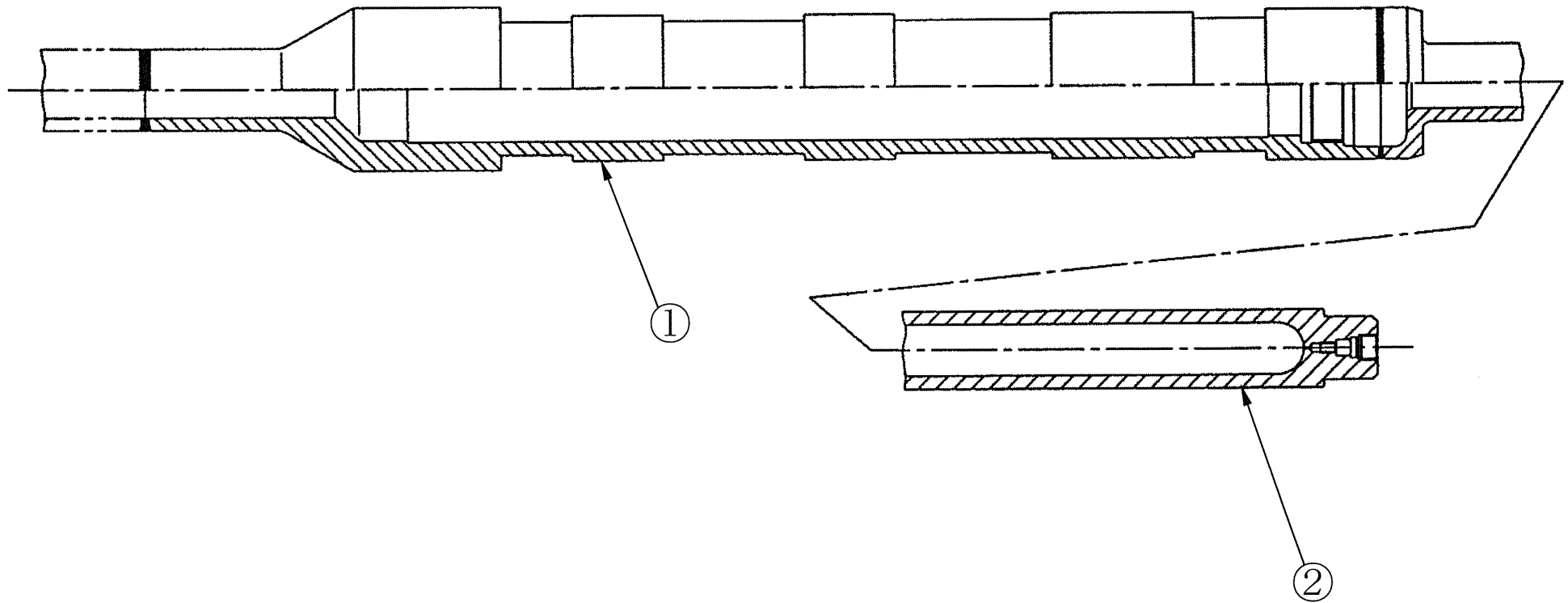
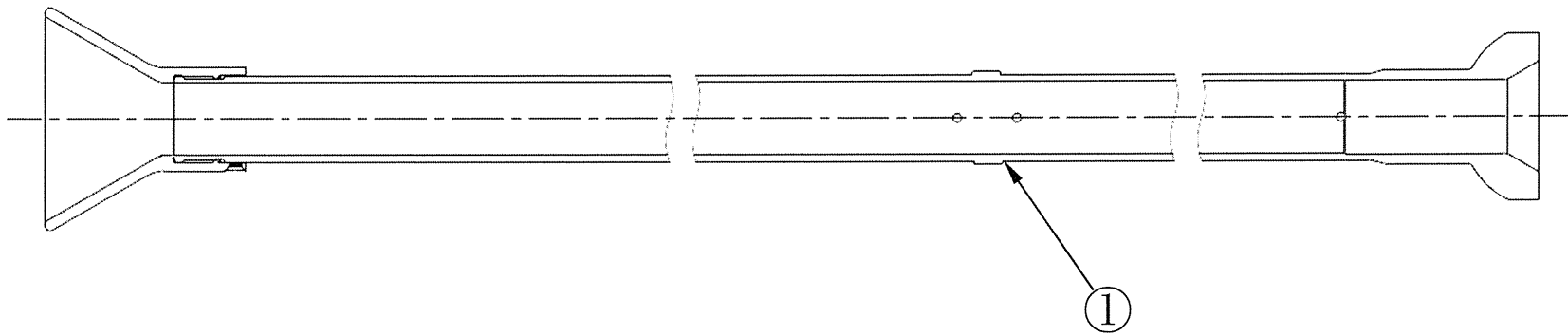
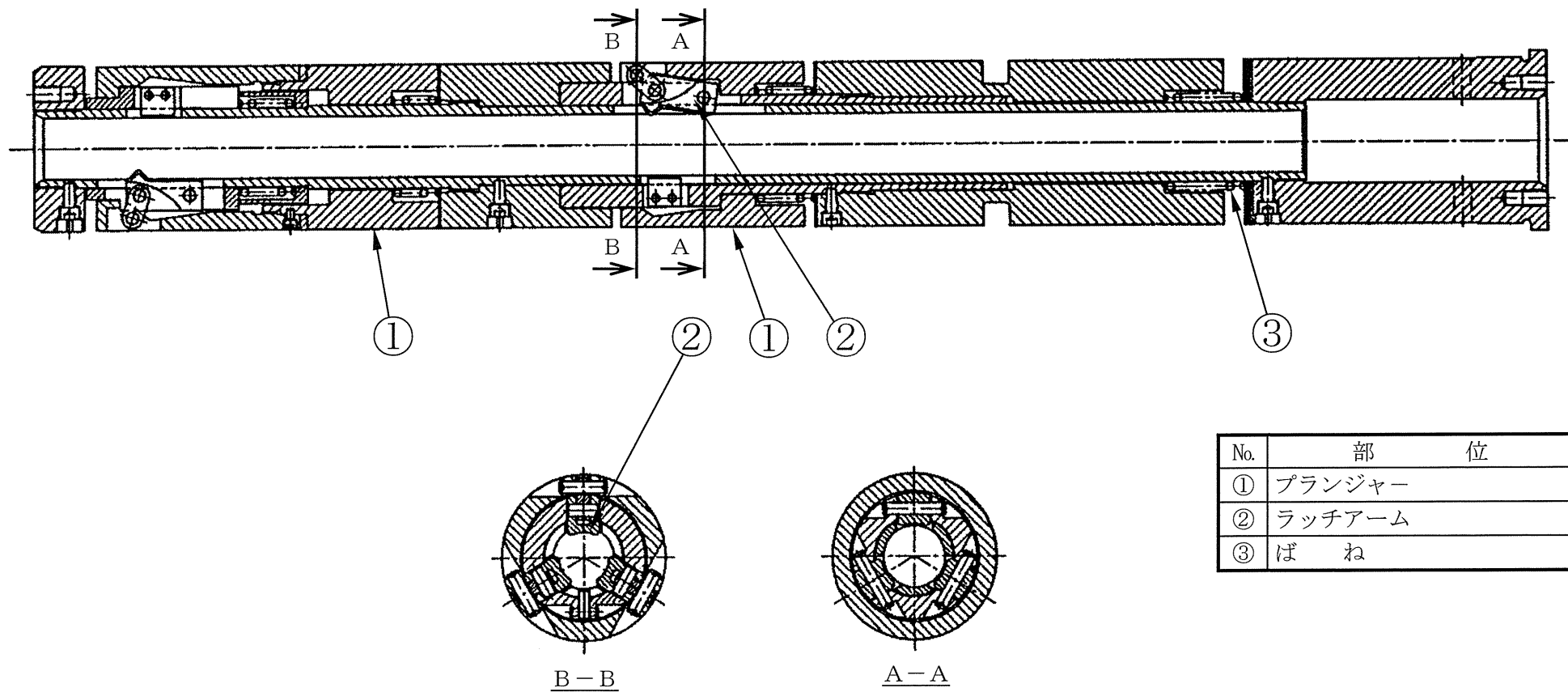


図2.1-2 玄海3号炉 制御棒クラスター駆動装置 圧力ハウジング構造図



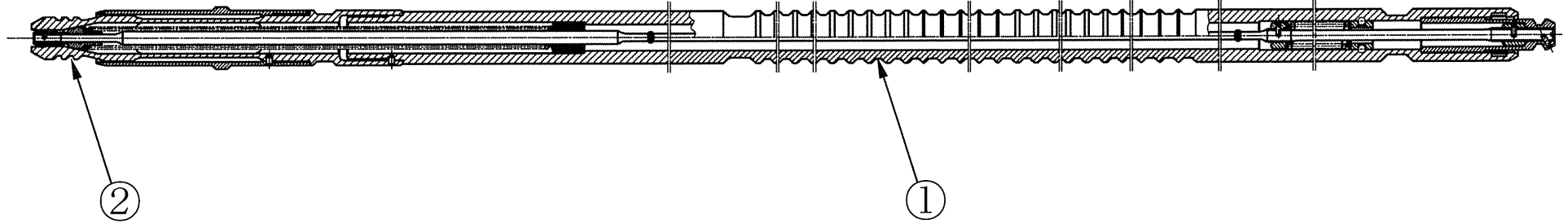
No.	部 位
①	サーマルスリーブ

図2.1-3 玄海3号炉 制御棒クラスタ駆動装置 サーマルスリーブ構造図



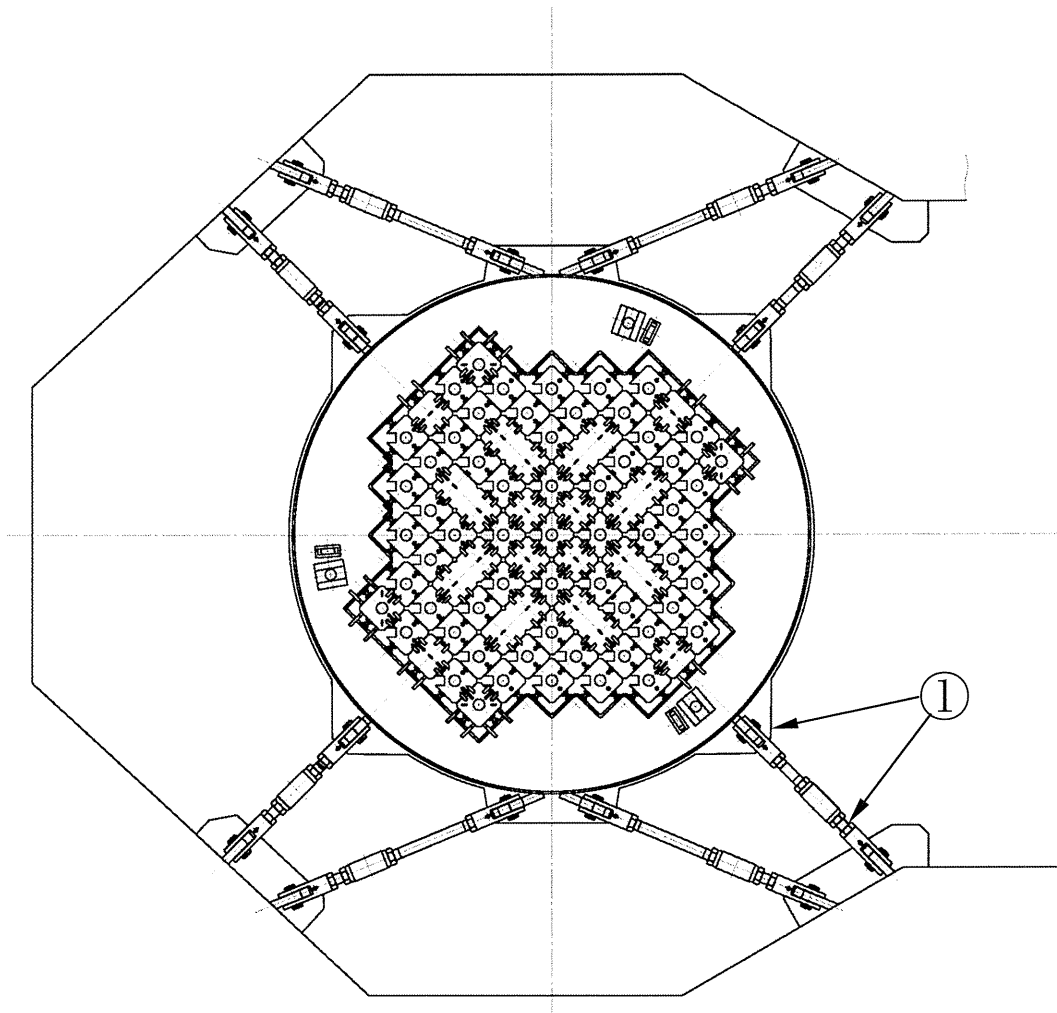
No.	部 位
①	プランジャー
②	ラッチアーム
③	ばね

図2.1-4 玄海3号炉 制御棒クラスター駆動装置 ラッチ機構構造図



No.	部 位
①	駆 動 軸
②	接 手

図2.1-5 玄海3号炉 制御棒クラスター駆動装置 駆動軸構造図



No.	部 位
①	耐震サポート

図2.1-6 玄海3号炉 制御棒クラスター駆動装置 耐震サポート構造図

表2.1-1 玄海3号炉 制御棒クラスタ駆動装置主要部位の使用材料

部 位		材 料
圧力ハウジング	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	プランジャー	ステンレス鋼
	ラッチアーム	ステンレス鋼 (ステライト肉盛)
	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		炭素鋼 低合金鋼

表2.1-2 玄海3号炉 制御棒クラスタ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

制御棒クラスタ駆動装置の機能である反応度制御機能を達成させるためには次の2つの項目が必要である。

- ① バウンダリの維持
- ② 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

制御棒クラスタ駆動装置について、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）及び現在までの運転経験を考慮し、表2.2-1に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象はない。

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

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

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

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

(1) 圧力ハウジング（ラッチハウジング及び駆動軸ハウジング）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、疲労割れが発生し難い。

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

なお、定期的な漏えい検査を実施し、漏えいのないことを目視にて確認することにより、機器の健全性を確認している。

(2) プランジャーの摩耗

制御棒の引き抜き・挿入動作を行うプランジャーは、その構造上、摺動部で摩耗が想定される。

しかしながら、制御棒位置指示装置による指示確認及びコイル電流によるラッチ機構動作確認、制御棒落下試験によるトリップ時のプランジャー動作に伴うラッチアーム開放動作の確認により、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) ラッチアーム及び駆動軸の摩耗

ラッチアームと駆動軸は互いに接触しあう部位であり、摺動部で摩耗が想定される。

しかしながら、制御棒位置指示装置による指示確認及びコイル電流によるラッチ機構動作確認により、機器の健全性を維持している。

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

(4) ばねの変形（応力緩和）

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、制御棒位置指示装置による指示確認及びコイル電流によるラッチ機構動作確認により、機器の健全性を確認している。

(5) 耐震サポートの腐食（全面腐食）

耐震サポートは炭素鋼及び低合金鋼であり、腐食が想定される。

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

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

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

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

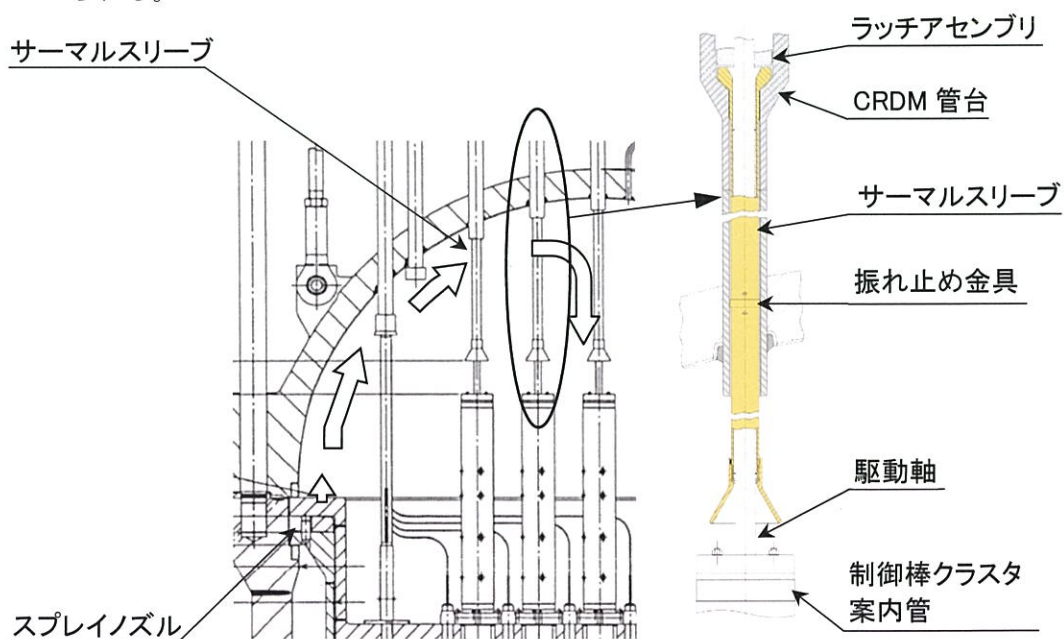
(6) サーマルスリーブの摩耗

サーマルスリーブは、原子炉容器上部ふた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部ふたの制御棒クラスタ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）が原子炉容器上部ふたに沿って上昇し、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部ふた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

しかしながら、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、上部ふた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おらず、玄海3号炉については、第17回定期検査時(2023年度)に原子炉容器の上部ふた取替に合わせてサーマルスリーブも取り替えており、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。

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

(7) 接手の摩耗

接手は、制御棒クラスタのスパイダーの溝に接手の山がかみあう構造になっており、ステッピング及び制御棒クラスタとの取付け、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、接手の山とスパイダーの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、及びスパイダー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。

したがって、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

表2.2-1 玄海3号炉 制御棒クラスタ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			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	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	プランジャー		ステンレス鋼	△							
		ラッチアーム		ステンレス鋼 (ステライト肉盛)	△							
		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				炭素鋼 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）

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 炉内熱電対用ハウジング

3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

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

3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

なお、日常劣化管理事象ではない事象はない。

3.2.1 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、疲労割れが発生し難い。

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

なお、定期的な漏えい検査を実施し、漏えいのないことを目視にて確認することにより、機器の健全性を確認している。

3.2.2 コノシールガスケット取付部の摩耗

炉内熱電対用ハウジングには、上部シール材としてコノシールガスケットが用いられている。

炉内熱電対用ハウジングのコノシールガスケットは、定期的に取り替えを行っており、取付部で摩耗が想定される。

しかしながら、コノシールガスケット取替時における接触面の目視確認及び定期的な漏えい検査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。

3.2.3 ヘリコフレックスシール取付部の腐食（隙間腐食）

炉内熱電対用ハウジングには、下部シール材としてヘリコフレックスシールを用いる予定である。炉内熱電対用ハウジング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、プラントが一度運転にはいると高温状態となり、シール部のステンレス鋼表面に強固な酸化皮膜が形成されるため、有意な腐食の進展は考えられない。

また、ヘリコフレックスシール取付部については、ヘリコフレックスシールの取替時には接触面の目視確認を実施するとともに、定期的な漏えい検査を実施し、漏えい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。

5 原子炉容器内挿物

[対象機器]

- ① 制御棒クラスタ

目 次

1. 対象機器	1
2. 制御棒クラスタの技術評価	2
2.1 構造、材料及び使用条件	2
2.2 経年劣化事象の抽出	6

1. 対象機器

玄海3号炉で使用されている原子炉容器内挿物の主な仕様を表1-1に示す。

表1-1 玄海3号炉 原子炉容器内挿物の主な仕様

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及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、材料及び使用条件

(1) 構造

玄海3号炉の制御棒はクラスタ形で、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及び停止グループに分けられる。制御グループの制御棒クラスタは、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する。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、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。

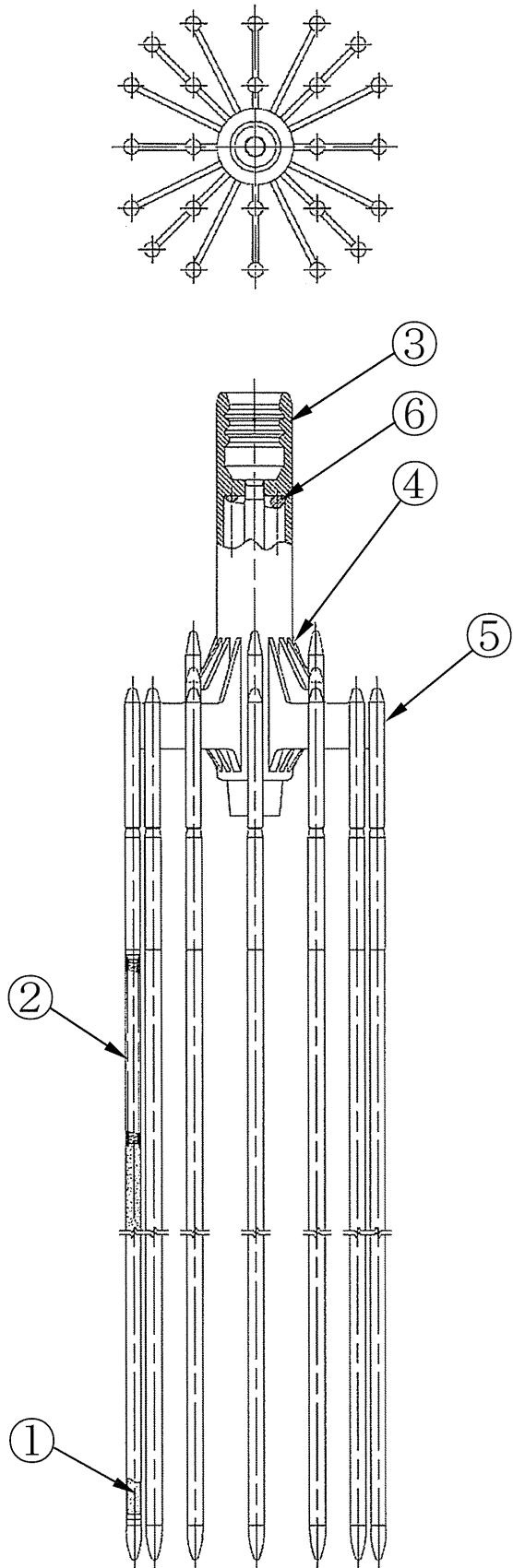
制御棒クラスタは、24本の制御棒をベーンとフィンガにより軸対称位置に配置する構造をしており、原子炉容器内で53体使用されている。制御棒駆動軸と切り離すことにより炉心から取り出すことができる。1次冷却材に接する部分はステンレス鋼で構成されており、中性子吸収体である銀・インジウム・カドミウム合金を被覆した制御棒をクラスタ状に維持している。また原子炉停止のため制御棒クラスタを重力落下させた際の衝撃を緩和するためにニッケル基合金製のばねを有している。

玄海3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に示すとおり取替えを実施している。

(2) 材料及び使用条件

玄海3号炉の制御棒クラスタの使用材料及び使用条件を表2.1-2及び表2.1-3にそれぞれ示す。



No.	部 位
①	中性子吸収体
②	制御棒被覆管 (制御棒)
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 玄海3号炉 制御棒クラスタ構造図

表2.1-1 玄海3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 (2000年度)	2
第6回定期検査時 (2001年度)	6
第7回定期検査時 (2002年度)	6
第8回定期検査時 (2004年度)	6
第9回定期検査時 (2005年度)	6
第10回定期検査時 (2006年度)	6
第11回定期検査時 (2008年度)	7
第12回定期検査時 (2009年度)	7
第13回定期検査時 (2010年度～2018年度)	7

(注) 当初より全数改良型 (制御棒被覆管 (制御棒) へのCrメッキ及び中性子吸収体先端部の細径化) を使用

表2.1-2 玄海3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
制御棒被覆管（制御棒）	ステンレス鋼
スパイダー ベーン フィンガ	ステンレス鋼 ステンレス鋼鋳鋼
ばね	ニッケル基合金

表2.1-3 玄海3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を維持するためには、次の項目が必要である。

- ① 反応度変化の補償及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）及び現在までの運転経験を考慮し、表2.2-1に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象はない。

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

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

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

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

なお、日常劣化管理事象ではない事象はない。

(1) 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可能性が考えられる。

しかしながら、運転中制御棒クラスタは炉心から引き抜かれているために照射量はわずかである。

また、制御棒の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%）内にあることから、制御能力としては十分余裕がある。

したがって、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、制御棒クラスタは、中性子照射量に応じた取替え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。

(2) 制御棒被覆管の摩耗

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生じる可能性がある。

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。

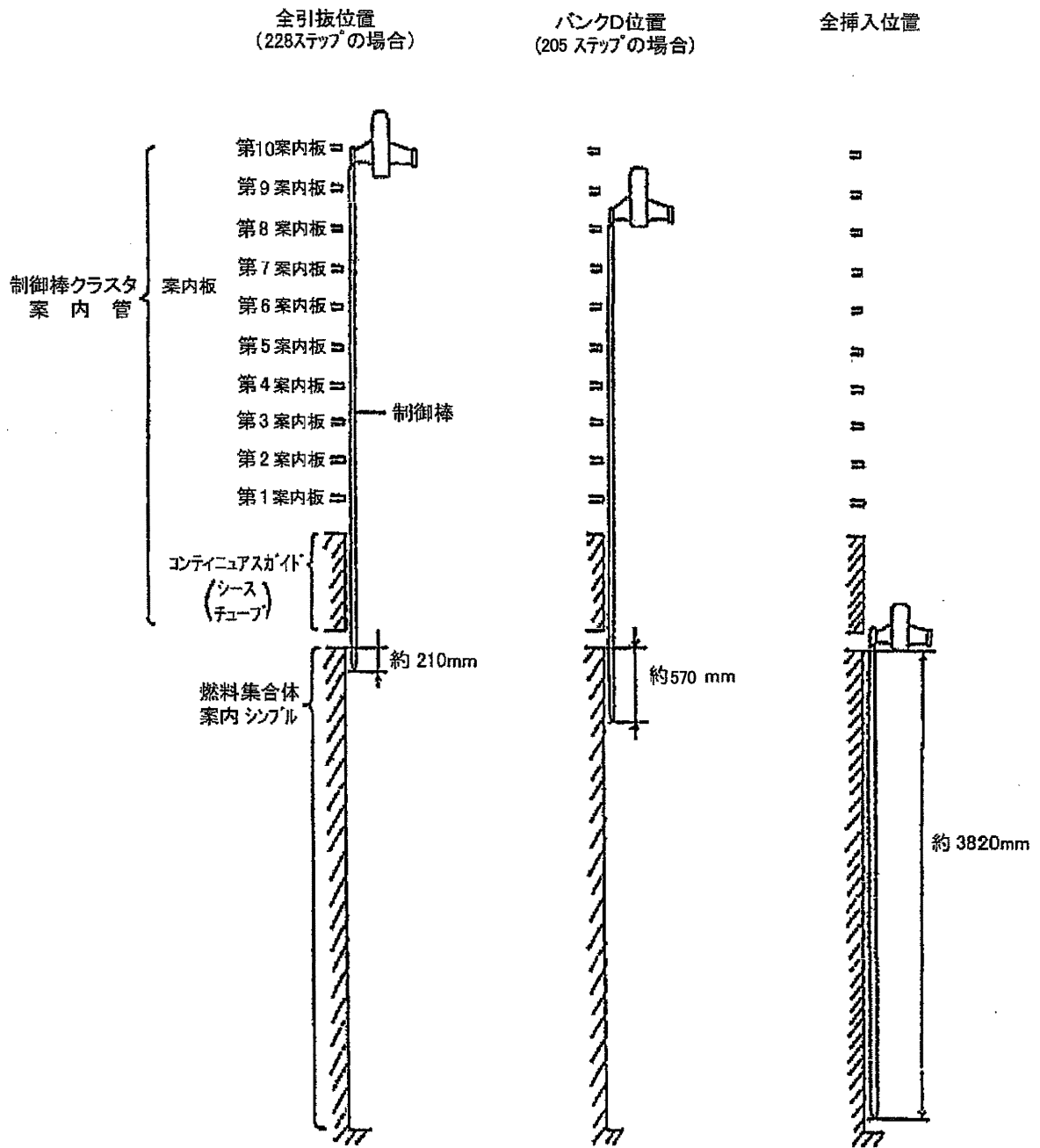


図2.2-1 玄海3号炉 制御棒クラスターの構造と挿入位置関係

米国ポイントビーチ(Point Beach)発電所2号炉で制御棒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えを行っている。

なお、万一制御棒被覆管が減肉により貫通しても直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。

- ・制御棒被覆管強度 : 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、制御棒被覆管強度は保たれる。
- ・中性子吸収体の溶出 : 制御棒被覆管に穴が開いても、中性子吸収体が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 : 制御棒被覆管が貫通しても挿入性は確保される。

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制御棒被覆管肉厚に達するまでに、制御棒引抜き位置をステップ変更することにより(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)制御棒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えを実施している。

また、定期的に全制御棒クラスタの落下試験を実施し、挿入性に問題ないことを確認している。

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

(3) 制御棒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小さな応力しか発生しない。

また、国内他プラントでの照射後試験の結果からは、有意な応力腐食割れ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、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。

(4) 制御棒被覆管先端部の照射誘起割れ

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被覆管先端部において照射スウェリングを起こし外径が増加することにより、次第に制御棒被覆管に内圧を付加するようになる。一方、制御棒被覆管先端部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、内圧を付加された制御棒被覆管先端部に発生するひずみが大きくなり、割れ発生限界ひずみ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、予防保全的に、クラックが制御棒被覆管先端部に発生する可能性があるとは評価される中性子照射量に達する時期までに制御棒クラスタを取り替えることとしている。

また、定期的に全制御棒クラスタの落下試験を実施し、挿入性に問題ないことを確認している他、水中テレビカメラを用いた目視確認を実施し、有意な損傷及び変形がないことを確認している。

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

(5) 制御棒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取替基準に達した時点で微量であり、燃料集合体内に制御棒を導く制御棒案内シンプル細径部（ダッシュポット部）と制御棒との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え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。

(6) 制御棒被覆管の照射下クリープ

制御棒被覆管先端部は照射下クリープの発生が想定される。

しかしながら、中性子吸収体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え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。

(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、ステッピング及び制御棒クラスタのラッチ、アンラッチによる干渉部の摩耗が想定される。

しかしながら、国内他プラントの駆動軸接手干渉部の点検の結果、有意な摩耗は認められておらず、スパイダー材と接手内の硬さは同程度であり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有意な摩耗はないと考える。

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

なお、制御棒クラスタは、計画的に取替えを行うことにより、機器の健全性を確認している。

(8) スパイダー、ベーン及びフィンガの熱時効

スパイダー、ベーン及びフィンガはステンレス鋼鑄鋼であり、使用温度が250℃を超えるため熱時効による材料特性変化を起こす可能性がある。

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えを行うことにより、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可能性が考えられる。

しかしながら、運転中制御棒クラスタ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難い。

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

なお、制御棒クラスタは、計画的に取替えを行うことにより、機器の健全性を確認している。

表2.2-1 玄海3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 及び緊急停止時の 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：照射下クリープ *6：鋳造品のみ *7：照射による変形 (応力緩和)
	制御棒被覆管 (制御棒)		ステンレス鋼	△			△ ^{*2}		△ ^{*3}	△ ^{*4,5}	
	スパイダー		ステンレス鋼 ステンレス鋼鋳鋼	△					△ ^{*6}		
	ベ ー ン		ステンレス鋼 ステンレス鋼鋳鋼						△ ^{*6}		
	フィンガ		ステンレス鋼 ステンレス鋼鋳鋼						△ ^{*6}		
	ば ね		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 濃縮減容設備

[対象機器]

- ① 廃液蒸発装置
- ② ほう酸回収装置

目 次

1. 対象機器及び代表機器の選定	1
1.1 グループ化の考え方及び結果	1
1.2 代表機器の選定	1
2. 代表機器の技術評価	3
2.1 構造、材料及び使用条件	3
2.2 経年劣化事象の抽出	18
3. 代表機器以外への展開	33
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象	33
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象	33

1. 対象機器及び代表機器の選定

玄海3号炉で使用されている濃縮減容設備の主な仕様を表1-1に示す。

これらの濃縮減容設備を減容方式、流体及び材料の観点からグループ化し、以下のとおり代表機器を選定した。

1.1 グループ化の考え方及び結果

表1-1に示す濃縮減容設備について、減容方式、流体及び材料を分離基準として考えると、1つのグループに分類される。

1.2 代表機器の選定

(1) 減容方式：蒸発減容、流体：廃液又はほう酸水、材料：ステンレス鋼

このグループには廃液蒸発装置及びほう酸回収装置が属するが、内部流体の塩化物イオン濃度が高い廃液蒸発装置を代表機器とする。

表1-1 玄海3号炉 濃縮減容設備の主な仕様

分離基準			機器名称 (台数)	選定基準					選定	選定理由
				重要度*1	使用条件*3					
減容方式	流体	材料			運 転	最高使用圧力*4 (MPa[gage])	最高使用温度*4 (°C)	内部流体 (塩化物イオン濃度)		
蒸発減容	廃液	ステンレス鋼	廃液蒸発装置 (2)	高*2	一 時	約 0.1 / 約0.93	約150 / 約185	約 350ppm	◎	内部流体
	ほう酸水		ほう酸回収装置 (2)	高*2	一 時	約0.93 / 約0.1	約185 / 約150	約0.15ppm		

*1：機能は最上位の機能を示す

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

*3：加熱器又は蒸発器の使用条件を示す

*4：管側／胴側を示す

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濃縮減容設備について技術評価を実施する。

① 廃液蒸発装置

2.1 構造、材料及び使用条件

2.1.1 廃液蒸発装置

(1) 構造

玄海3号炉の廃液蒸発装置は、蒸気により廃液を加熱する加熱器、加熱器より送られた廃液を蒸気と廃液に分離する蒸発器、発生蒸気から蒸気と同伴した揮発性物質を除去する精留塔、精留塔を通過した発生蒸気より蒸留水を凝縮回収するコンデンサ、蒸留水を冷却する蒸留水冷却器、廃液を循環・移送するための濃縮液ポンプ、蒸留水を移送するための蒸留水ポンプ及び配管から構成されている。

玄海3号炉の廃液蒸発装置の全体構成図を図2.1-1に、各機器の構造図を図2.1-2～図2.1-8に示す。

(2) 材料及び使用条件

玄海3号炉の廃液蒸発装置の使用材料及び使用条件を表2.1-1及び表2.1-2に示す。

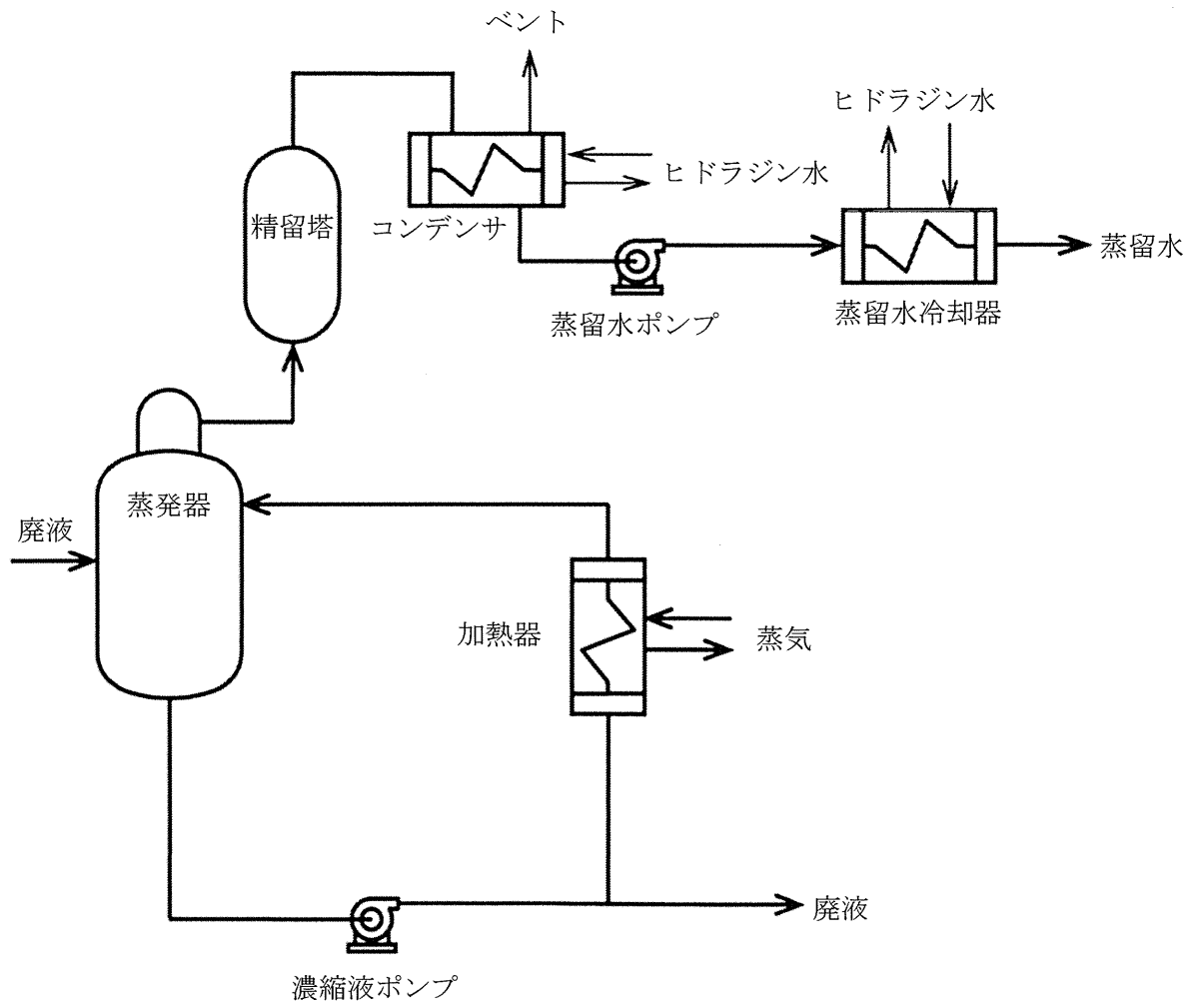
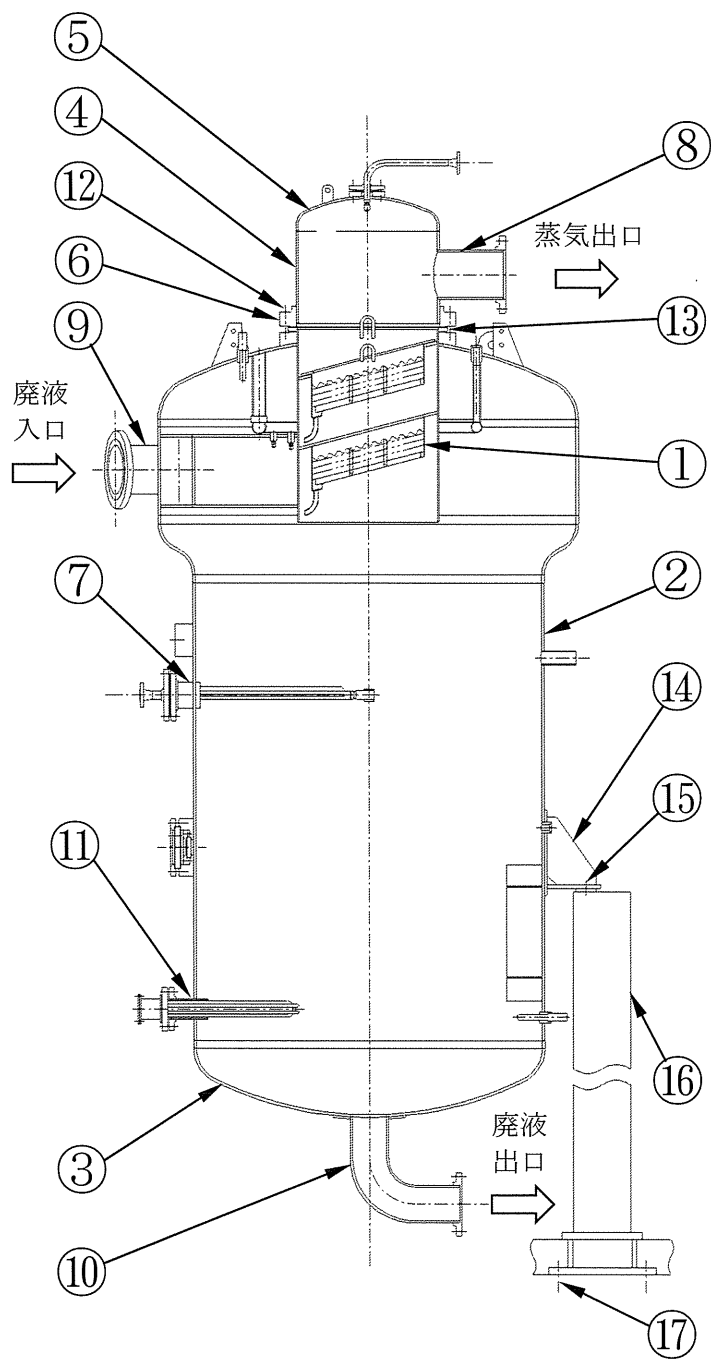
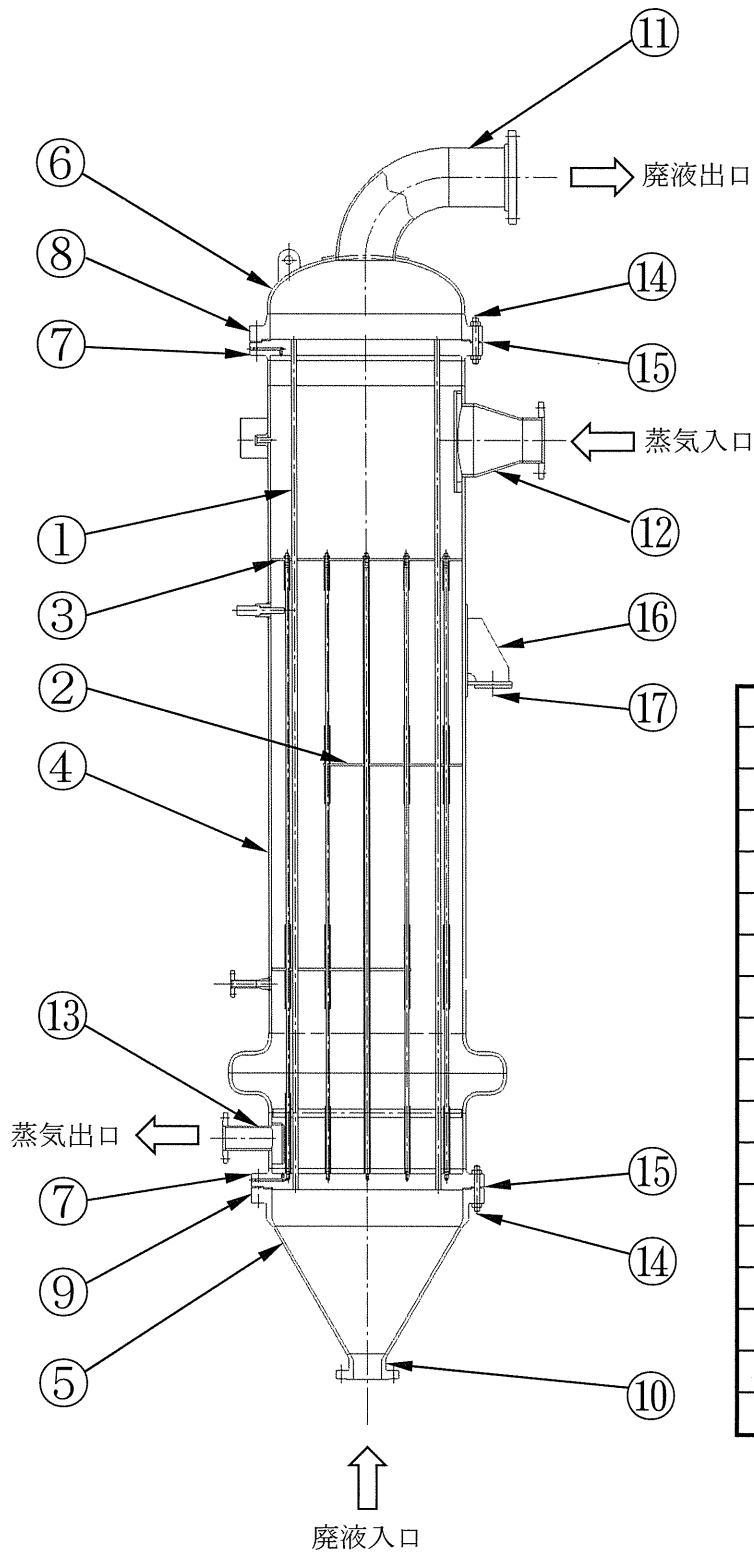


図2.1-1 玄海3号炉 廃液蒸発装置 全体構成図



No.	部 位
①	デミスタ
②	胴 板
③	鏡 板
④	蒸気室胴板
⑤	蒸気室鏡板
⑥	蒸気室胴フランジ
⑦	処理液入口管台
⑧	蒸気出口管台
⑨	循環液入口管台
⑩	循環液出口管台
⑪	電気ヒータ管台
⑫	フランジボルト
⑬	ガスケット
⑭	支持脚
⑮	取付ボルト
⑯	装置架台
⑰	基礎ボルト

図2.1-2 玄海3号炉 廃液蒸発装置 蒸発器構造図



No.	部 位
①	伝熱管
②	邪魔板
③	支持板
④	胴板
⑤	円すい胴板
⑥	鏡板
⑦	管板
⑧	上部フランジ
⑨	下部フランジ
⑩	循環液入口管台
⑪	循環液出口管台
⑫	蒸気入口管台
⑬	復水出口管台
⑭	フランジボルト
⑮	ガスケット
⑯	支持脚
⑰	取付ボルト

図2.1-3 玄海3号炉 廃液蒸発装置 加熱器構造図

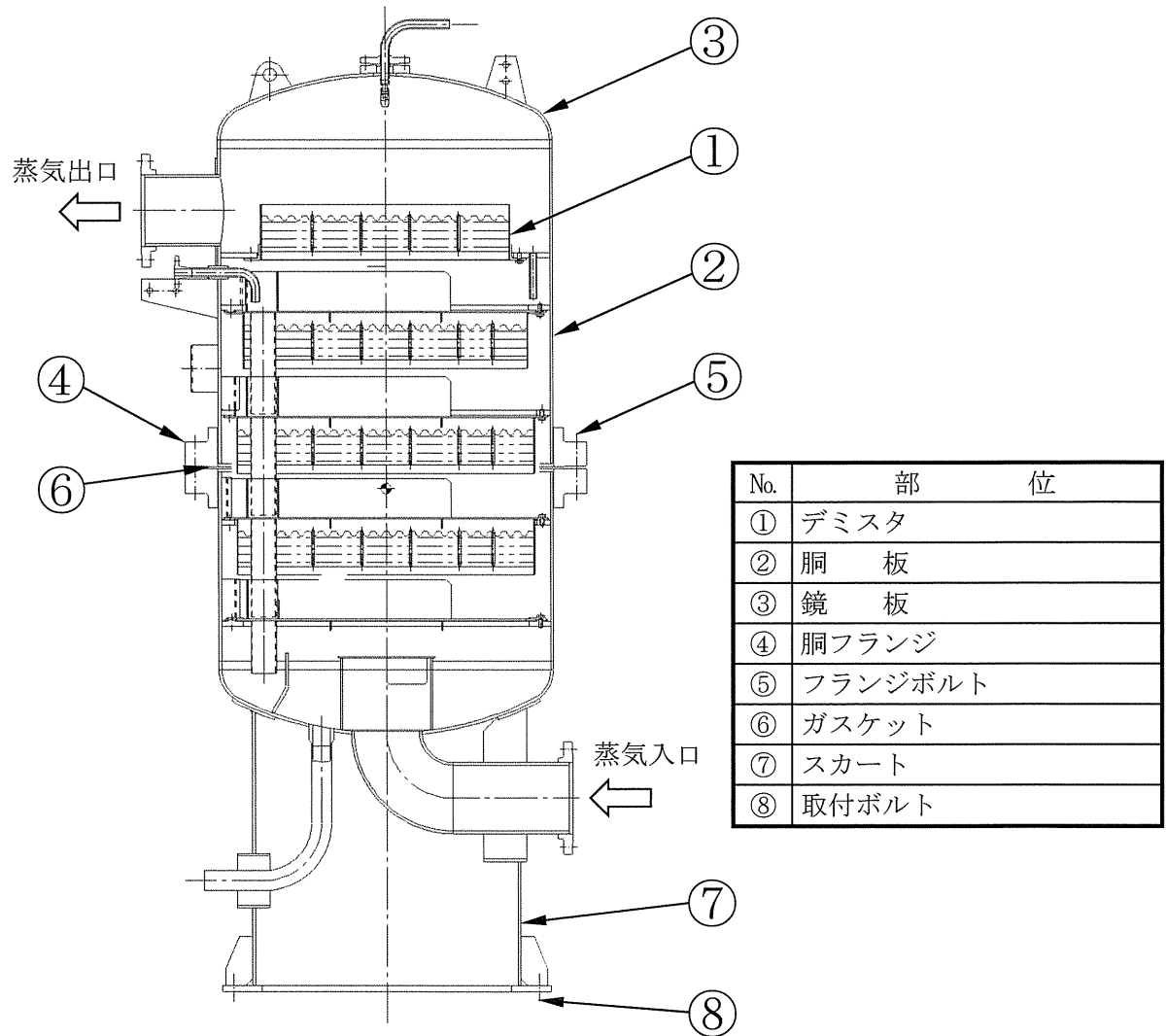
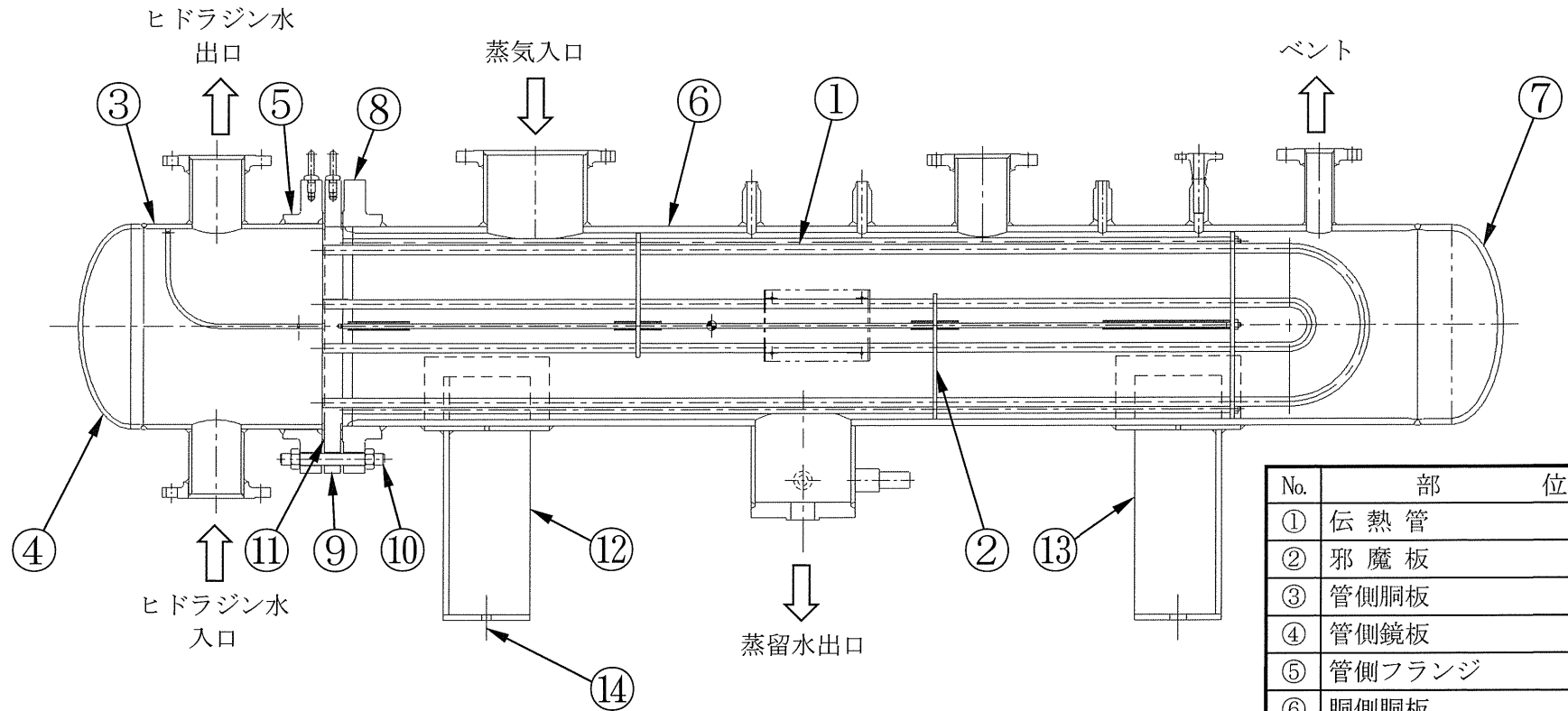
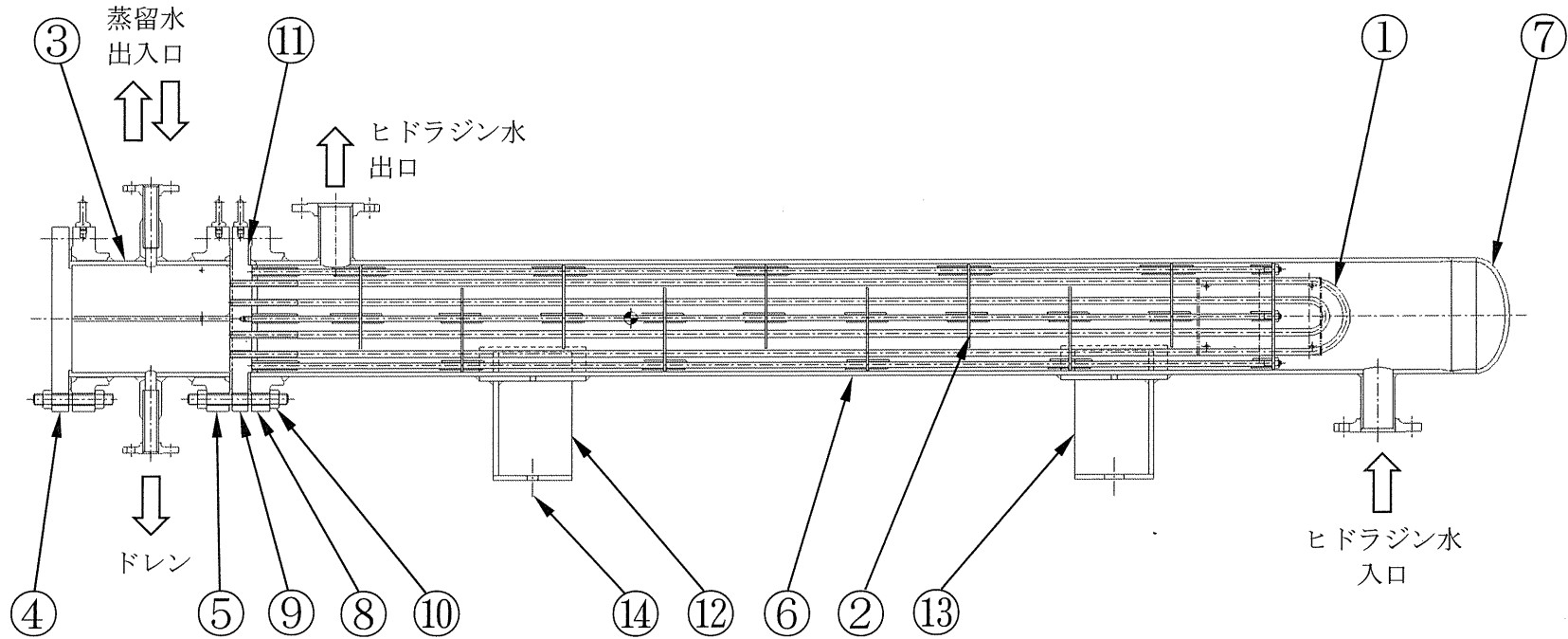


図2.1-4 玄海3号炉 廃液蒸発装置 精留塔構造図



No.	部 位
①	伝 熱 管
②	邪 魔 板
③	管側胴板
④	管側鏡板
⑤	管側フランジ
⑥	胴側胴板
⑦	胴側鏡板
⑧	胴側フランジ
⑨	管 板
⑩	フランジボルト
⑪	ガスケット
⑫	支 持 脚
⑬	支持脚 (スライド脚)
⑭	取付ボルト

図2.1-5 玄海3号炉 廃液蒸発装置 コンデンサ構造図



No.	部 位	No.	部 位
①	伝熱管	⑧	胴側フランジ
②	邪魔板	⑨	管 板
③	管側胴板	⑩	フランジボルト
④	管側平板	⑪	ガスケット
⑤	管側フランジ	⑫	支持脚
⑥	胴側胴板	⑬	支持脚 (スライド脚)
⑦	胴側鏡板	⑭	取付ボルト

図2.1-6 玄海3号炉 廃液蒸発装置 蒸留水冷却器構造図

No.	部 位
①	主 軸
②	羽 根 車
③	軸受 (すべり)
④	ケーシング
⑤	ケーシングボルト
⑥	ガスケット
⑦	台 板
⑧	取付ボルト
⑨	基礎ボルト

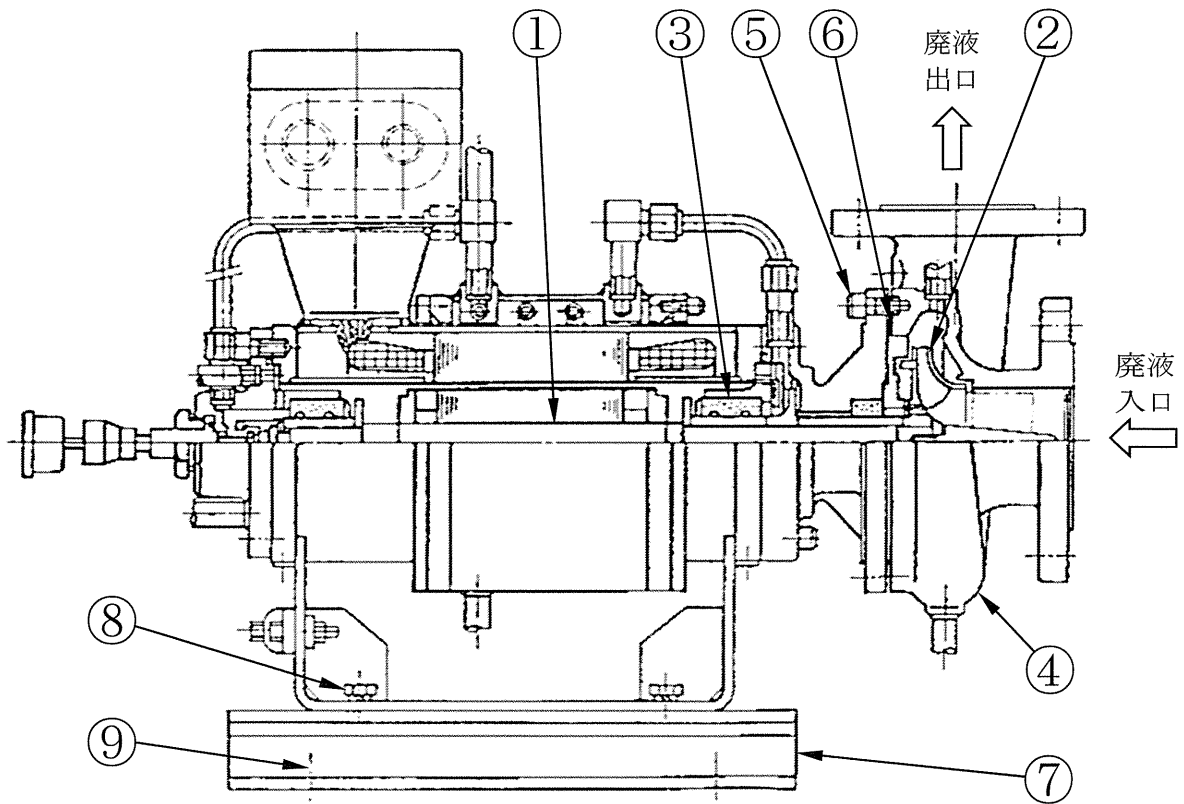


図2.1-7 玄海3号炉 廃液蒸発装置 濃縮液ポンプ構造図

No.	部 位
①	主 軸
②	羽 根 車
③	軸受 (すべり)
④	ケーシング
⑤	ケーシングボルト
⑥	ガスケット
⑦	台 板
⑧	取付ボルト

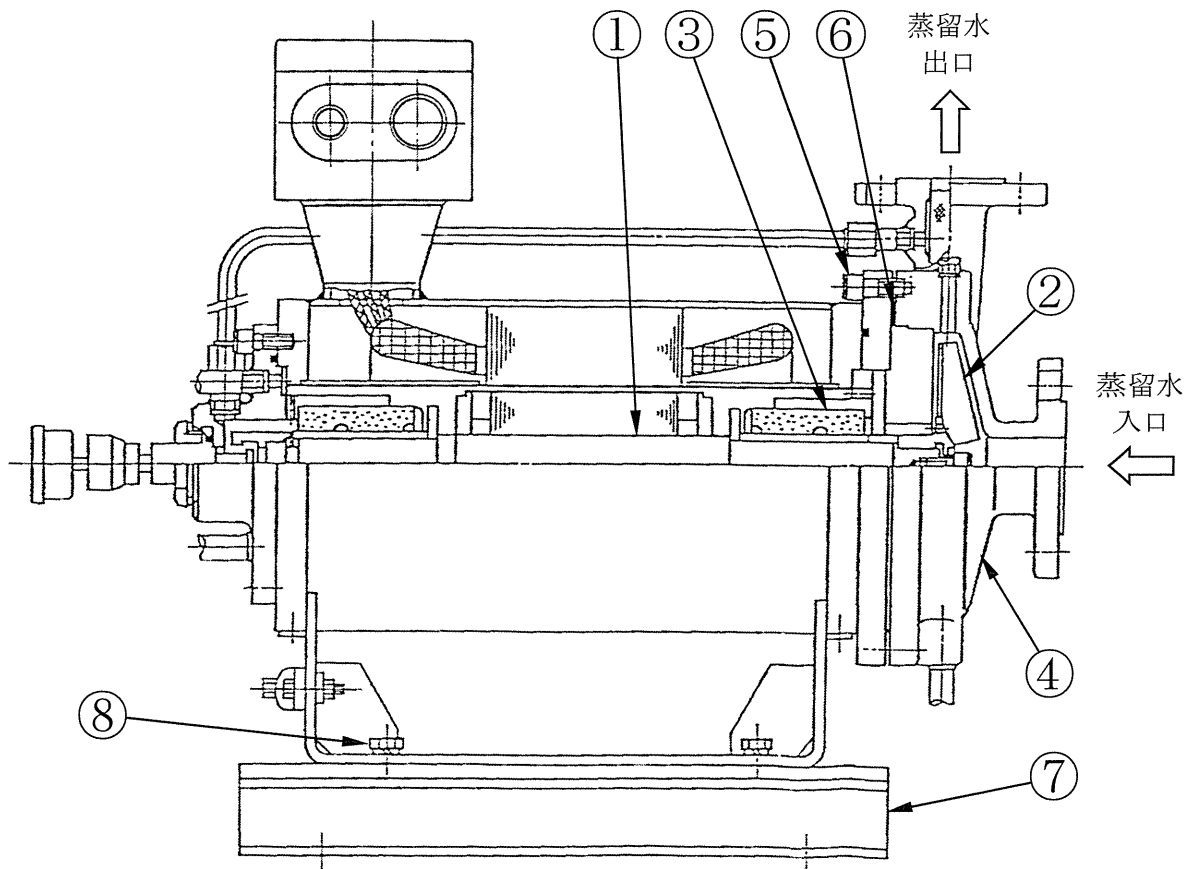


図2.1-8 玄海3号炉 廃液蒸発装置 蒸留水ポンプ構造図

表2.1-1(1/5) 玄海3号炉 廃液蒸発装置主要部位の使用材料

構成機器	部位	材料
蒸発器	デミスタ	ステンレス鋼
	胴板	ステンレス鋼
	鏡板	ステンレス鋼
	蒸気室胴板	ステンレス鋼
	蒸気室鏡板	ステンレス鋼
	蒸気室胴フランジ	ステンレス鋼
	処理液入口管台	ステンレス鋼
	蒸気出口管台	ステンレス鋼
	循環液入口管台	ステンレス鋼
	循環液出口管台	ステンレス鋼
	電気ヒータ管台	ステンレス鋼
	フランジボルト	低合金鋼
	ガスケット	消耗品・定期取替品
	支持脚	炭素鋼
	取付ボルト	炭素鋼
	装置架台	炭素鋼
基礎ボルト	炭素鋼	

表2.1-1(2/5) 玄海3号炉 廃液蒸発装置主要部位の使用材料

構成機器	部 位	材 料
加熱器	伝熱管	ステンレス鋼
	邪魔板	ステンレス鋼
	支持板	ステンレス鋼
	胴板	炭素鋼
	円すい胴板	ステンレス鋼
	鏡板	ステンレス鋼
	管板	ステンレス鋼
	上部フランジ	ステンレス鋼
	下部フランジ	ステンレス鋼
	循環液入口管台	ステンレス鋼
	循環液出口管台	ステンレス鋼
	蒸気入口管台	炭素鋼
	復水出口管台	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
	支持脚	炭素鋼
取付ボルト	炭素鋼	

表2.1-1(3/5) 玄海3号炉 廃液蒸発装置主要部位の使用材料

構成機器	部 位	材 料
精留塔	デミスタ	ステンレス鋼
	胴 板	ステンレス鋼
	鏡 板	ステンレス鋼
	胴フランジ	ステンレス鋼
	フランジボルト	低合金鋼
	ガスケット	消耗品・定期取替品
	スカート	炭素鋼
	取付ボルト	炭素鋼
コンデンサ	伝熱管	ステンレス鋼
	邪魔板	ステンレス鋼
	管側胴板	炭素鋼
	管側鏡板	炭素鋼
	管側フランジ	炭素鋼
	胴側胴板	ステンレス鋼
	胴側鏡板	ステンレス鋼
	胴側フランジ	ステンレス鋼
	管 板	ステンレス鋼
	フランジボルト	低合金鋼
	ガスケット	消耗品・定期取替品
	支持脚	炭素鋼
	支持脚(スライド脚)	炭素鋼
	取付ボルト	炭素鋼
	架 台	炭素鋼
基礎ボルト	炭素鋼	

表2.1-1(4/5) 玄海3号炉 廃液蒸発装置主要部位の使用材料

構成機器	部 位	材 料
蒸留水冷却器	伝熱管	ステンレス鋼
	邪魔板	ステンレス鋼
	管側胴板	ステンレス鋼
	管側平板	ステンレス鋼
	管側フランジ	ステンレス鋼
	胴側胴板	炭素鋼
	胴側鏡板	炭素鋼
	胴側フランジ	炭素鋼
	管 板	ステンレス鋼
	フランジボルト	低合金鋼
	ガスケット	消耗品・定期取替品
	支持脚	炭素鋼
	支持脚(スライド脚)	炭素鋼
	取付ボルト	炭素鋼
濃縮液ポンプ	主 軸	ステンレス鋼
	羽根車	ステンレス鋼鋳鋼
	軸受(すべり)	消耗品・定期取替品
	ケーシング	ステンレス鋼鋳鋼
	ケーシングボルト	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
	基礎ボルト	炭素鋼

表2.1-1(5/5) 玄海3号炉 廃液蒸発装置主要部位の使用材料

構成機器	部 位	材 料
蒸留水ポンプ	主 軸	ステンレス鋼
	羽 根 車	ステンレス鋼鋳鋼
	軸受 (すべり)	消耗品・定期取替品
	ケーシング	ステンレス鋼鋳鋼
	ケーシングボルト	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
配 管*1	母 管	ステンレス鋼
	フランジ	ステンレス鋼
	フランジボルト	低合金鋼
	ガスケット	消耗品・定期取替品

*1：表中には、濃縮液ポンプ吐出ライン配管の材料を代表として記載

表2.1-2 玄海3号炉 廃液蒸発装置の使用条件

蒸発器	最高使用圧力	約0.1MPa[gage]	
	最高使用温度	約150℃	
	内部流体	廃液	
加熱器	最高使用圧力	約0.1MPa[gage] *1	約0.93MPa[gage] *2
	最高使用温度	約150℃ *1	約185℃ *2
	内部流体	廃液 *1	蒸気 *2
精留塔	最高使用圧力	約0.1MPa[gage]	
	最高使用温度	約150℃	
	内部流体	蒸気	
コンデンサ	最高使用圧力	約1.4MPa[gage] *1	約0.1MPa[gage] *2
	最高使用温度	約95℃ *1	約150℃ *2
	内部流体	ヒドラジン水 *1	蒸気 *2
蒸留水冷却器	最高使用圧力	約0.98MPa[gage] *1	約1.4MPa[gage] *2
	最高使用温度	約150℃ *1	約95℃ *2
	内部流体	蒸留水 *1	ヒドラジン水 *2
濃縮液ポンプ	最高使用圧力	約0.98MPa[gage]	
	最高使用温度	約150℃	
	内部流体	廃液	
蒸留水ポンプ	最高使用圧力	約0.98MPa[gage]	
	最高使用温度	約150℃	
	内部流体	蒸留水	
配管 *3	最高使用圧力	約0.98MPa[gage]	
	最高使用温度	約150℃	
	内部流体	廃液	

*1：管側の使用条件

*2：胴側の使用条件

*3：表中には、濃縮液ポンプ吐出ライン配管の使用条件を代表として記載

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機能達成に必要な項目

濃縮減容設備の機能である濃縮減容機能を維持するためには、次の3つの項目が必要である。

- ① 濃縮減容機能の確保
- ② バウンダリの維持
- ③ 機器の支持

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

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

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象はない。

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

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

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

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

なお、日常劣化管理事象ではない事象はない。

(1) 伝熱管の摩耗及び高サイクル疲労割れ

加熱器、コンデンサ及び蒸留水冷却器の伝熱管は伝熱管振動により摩耗及び高サイクル疲労割れが想定される。

しかしながら、伝熱管は外表面の流体によって発生するカルマン渦による振動と共振せず、流力弾性振動も発生しない構造となっており、摩耗及び高サイクル疲労割れが発生し難い環境である。

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

なお、開放点検時の目視確認や漏えい試験により、機器の健全性を確認している。

(2) 伝熱管の腐食（流れ加速型腐食）

加熱器、コンデンサ及び蒸留水冷却器の伝熱管には流れ加速型腐食により減肉が想定される。

しかしながら、耐流れ加速型腐食性に優れたステンレス鋼の伝熱管を使用しており、流れ加速型腐食の発生がし難い環境である。

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

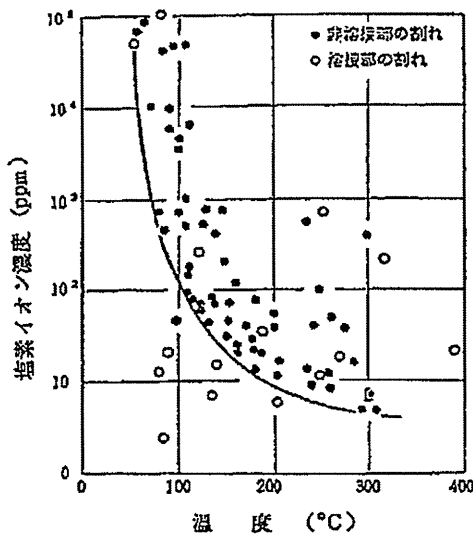
なお、開放点検時の目視確認や漏えい試験により、機器の健全性を確認している。

(3) 蒸発器胴板等ステンレス鋼使用部位の応力腐食割れ

蒸発器胴側、加熱器管側、濃縮液ポンプ及び配管の内部流体は濃縮廃液であり、蒸発器等の内部では廃液が蒸発濃縮することにより、塩化物イオン濃度が上昇することとなり、温度も約100℃となることから、応力腐食割れが想定される。

応力腐食割れの発生要因は、腐食環境、材料及び残留応力の3つが考えられる。

腐食環境としては、塩化物イオン濃度及び流体温度が支配的であり、304系ステンレス鋼の応力腐食割れ発生の関係を図2.2-1に示す。



注：下記出典では、「曲線は非溶接部の応力腐食割れの起こる下限」とされている。

図2.2-1 18Cr-8Ni系ステンレス鋼の応力腐食割れ

に関する温度と塩化物イオン濃度との関係

[出典：(株)総合技術センター「プラントの損傷事例と経年劣化・寿命予測法」]

しかしながら、廃液蒸発装置の蒸発器胴板、加熱器管側等については、耐応力腐食割れ性に優れている316L系ステンレス鋼を使用しており、蒸発器胴側、加熱器管側、濃縮液ポンプ及び配管のステンレス鋼使用部位の応力腐食割れについては開放点検時又は分解点検時に内面の目視確認や試運転時の漏えい試験等により、機器の健全性を維持している。

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

(4) 伝熱管のスケール付着

加熱器、コンデンサ及び蒸留水冷却器は内部流体の不純物持ち込みによるスケール付着が発生し、伝熱性能に影響を及ぼすことが想定される。

しかしながら、加熱器管側は開放点検時の目視確認や清掃又は運転中の処理流量及び温度等のパラメータ監視により、機器の安全性を維持している。

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

一方、加熱器胴側、コンデンサ及び蒸留水冷却器の内部流体は蒸気、蒸留水又はヒドラジン水（防錆剤注入水）であり、適切な水質管理により不純物の流入は抑制されており、スケール付着による伝熱性能低下が発生し難い環境である。

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

なお、開放点検時の目視確認や清掃又は運転中の処理流量及び温度等のパラメータ監視により、機器の健全性を確認している。

(5) 主軸の摩耗

すべり軸受を使用している濃縮液ポンプ及び蒸留水ポンプは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、設計段階において主軸と軸受間に潤滑剤を供給し、膜を形成させて流体潤滑状態となるように考慮しており、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や寸法計測により、機器の健全性を確認している。

(6) 主軸の高サイクル疲労割れ

濃縮液ポンプ及び蒸留水ポンプはポンプの運転時には主軸に定常応力と変動応力が発生し、高平均応力下で繰り返し応力を受けると、段付部等の応力集中部において高サイクル疲労割れが想定される。

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

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

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

(7) 羽根車の腐食（キャビテーション）

濃縮液ポンプ及び蒸留水ポンプは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降下すると、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及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。

(8) 加熱器胴側胴板等の内面からの腐食（流れ加速型腐食）

加熱器の胴側胴板等は炭素鋼を使用しており、流れが乱れる部位では流れ加速型腐食により減肉が想定される。

しかしながら、これまでに有意な減肉は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

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

なお、開放点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(9) コンデンサ管側耐圧構成品等の内面からの腐食（全面腐食）

コンデンサ管側及び蒸留水冷却器胴側の耐圧構成品は炭素鋼であり、内面からの腐食が想定される。

しかしながら、内部流体がヒドラジン水（防錆剤注入水）であり、腐食が発生し難い環境である。

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

なお、開放点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(10) 炭素鋼製耐圧構成品の外側からの腐食（全面腐食）

加熱器胴側、コンデンサ管側及び蒸留水冷却器胴側の耐圧構成品は炭素鋼であり、外側からの腐食が想定される。

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

また、巡視点検等で目視により塗装の状態を確認し、はく離が認められた場合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) フランジボルト等の腐食（全面腐食）

フランジボルト及びケーシングボルトは低合金鋼であり、ガスケットからの漏えいにより、内部流体によるボルトの腐食が想定される。

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

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

なお、開放点検時の目視確認等により、機器の健全性を確認している。

(12) 支持脚等の腐食（全面腐食）

支持脚、装置架台、スカート、台板及び取付ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

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

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

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

(13) 支持脚（スライド脚）の腐食（全面腐食）

横置き熱交換器であるコンデンサ及び蒸留水冷却器には、支持脚（スライド脚）が設置されているが、スライド部は炭素鋼であり、長期使用により腐食による固着が想定される。

しかしながら、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。

(14) 基礎ボルトの腐食（全面腐食）

基礎ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

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

2.2.4 消耗品及び定期取替品

ガスケット及び軸受（すべり）は分解点検時に取り替えている消耗品であり、長期使用はせず取替えを前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

表2.2-1(1/8) 玄海3号炉 廃液蒸発装置 蒸発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		
濃縮減容機能の確保	デミスタ		ステンレス鋼								
バウンダリの維持	胴 板		ステンレス鋼				△				
	鏡 板		ステンレス鋼				△				
	蒸気室胴板		ステンレス鋼								
	蒸気室鏡板		ステンレス鋼								
	蒸気室胴フランジ		ステンレス鋼								
	処理液入口管台		ステンレス鋼				△				
	蒸気出口管台		ステンレス鋼								
	循環液入口管台		ステンレス鋼				△				
	循環液出口管台		ステンレス鋼				△				
	電気ヒータ管台		ステンレス鋼				△				
	フランジボルト		低合金鋼		△						
	ガスケット	◎	—								
機器の支持	支 持 脚		炭 素 鋼		△						
	取付ボルト		炭 素 鋼		△						
	装置架台		炭 素 鋼		△						
	基礎ボルト		炭 素 鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-1(2/8) 玄海3号炉 廃液蒸発装置 加熱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		
濃縮減容機能の確保	伝熱管		ステンレス鋼	△*1	△*2	△*1	△			△*3(内面) △*3(外面)	*1：摩耗及び高サイクル疲労割れ *2：流れ加速型腐食 *3：スケール付着
	邪魔板		ステンレス鋼								
	支持板		ステンレス鋼								
バウンダリの維持	胴板		炭素鋼		△*2(内面) △(外面)						
	円すい胴板		ステンレス鋼				△				
	鏡板		ステンレス鋼				△				
	管板		ステンレス鋼				△				
	上部フランジ		ステンレス鋼				△				
	下部フランジ		ステンレス鋼				△				
	循環液入口管台		ステンレス鋼				△				
	循環液出口管台		ステンレス鋼				△				
	蒸気入口管台		炭素鋼		△*2(内面) △(外面)						
	復水出口管台		炭素鋼		△*2(内面) △(外面)						
	フランジボルト		低合金鋼		△						
	ガスケット	◎	—								
機器の支持	支持脚		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2.2-1(3/8) 玄海3号炉 廃液蒸発装置 精留塔に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考
				減 肉		割 れ		材質変化		その他	
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣 化		
濃縮減容機能の確保	デミスタ		ステンレス鋼								
ハウンドリの維持	胴 板		ステンレス鋼								
	鏡 板		ステンレス鋼								
	胴フランジ		ステンレス鋼								
	フランジボルト		低合金鋼		△						
	ガスケット	◎	—								
機器の支持	スカート		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2.2-1(4/8) 玄海3号炉 廃液蒸発装置 コンデンサ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		
濃縮減容機能の確保	伝熱管		ステンレス鋼	△*1	△*2	△*1				△*3	*1：摩耗及び高サイクル疲労割れ *2：流れ加速型腐食 *3：スケール付着 *4：スライド部の腐食
	邪魔板		ステンレス鋼								
バウンダリの維持	管側胴板		炭素鋼		△(内面) △(外面)						
	管側鏡板		炭素鋼		△(内面) △(外面)						
	管側フランジ		炭素鋼		△(内面) △(外面)						
	胴側胴板		ステンレス鋼								
	胴側鏡板		ステンレス鋼								
	胴側フランジ		ステンレス鋼								
	管 板		ステンレス鋼								
	フランジボルト		低合金鋼		△						
機器の支持	ガスケット	◎	—								
	支持脚		炭素鋼		△						
	支持脚（スライド脚）		炭素鋼		△*4 △						
	取付ボルト		炭素鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-1(5/8) 玄海3号炉 廃液蒸発装置 蒸留水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		
濃縮減容機能の確保	伝熱管		ステンレス鋼	△*1	△*2	△*1				△*3	*1：摩耗及び 高サイクル疲労割れ *2：流れ加速型腐食 *3：スケール付着 *4：スライド部の 腐食
	邪魔板		ステンレス鋼								
バウンダリの維持	管側胴板		ステンレス鋼								
	管側平板		ステンレス鋼								
	管側フランジ		ステンレス鋼								
	胴側胴板		炭素鋼		△(内面) △(外面)						
	胴側鏡板		炭素鋼		△(内面) △(外面)						
	胴側フランジ		炭素鋼		△(内面) △(外面)						
	管 板		ステンレス鋼								
	フランジボルト		低合金鋼		△						
	ガスケット	◎	—								
機器の支持	支持脚		炭素鋼		△						
	支持脚（スライド脚）		炭素鋼		△*4 △						
	取付ボルト		炭素鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-1(6/8) 玄海3号炉 廃液蒸発装置 濃縮液ポンプに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
				減 肉		割 れ		材質変化			その他
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣 化		
濃縮減容機能の確保	主 軸		ステンレス鋼	△		△*1	△			*1：高サイクル疲労割れ *2：キャビテーション	
	羽 根 車		ステンレス鋼鋳鋼		△*2		△				
	軸受（すべり）	◎	—								
バウンダリの維持	ケーシング		ステンレス鋼鋳鋼				△				
	ケーシングボルト		低合金鋼		△						
	ガスケット	◎	—								
機器の支持	台 板		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）

表2.2-1(7/8) 玄海3号炉 廃液蒸発装置 蒸留水ポンプに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
				減 肉		割 れ		材質変化			その他
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐蝕割れ	熱時効	劣 化		
濃縮減容機能の確保	主 軸		ステンレス鋼	△		△*1				*1：高サイクル疲労割れ *2：キャビテーション	
	羽 根 車		ステンレス鋼鋳鋼		△*2						
	軸受（すべり）	◎	—								
バウンダリの維持	ケーシング		ステンレス鋼鋳鋼								
	ケーシングボルト		低合金鋼		△						
	ガスケット	◎	—								
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2.2-1(8/8) 玄海3号炉 廃液蒸発装置 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		ステンレス鋼				△				
	フランジ		ステンレス鋼				△				
	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）

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 ほう酸回収装置

3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

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

3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

なお、日常劣化管理事象ではない事象はない。

3.2.1 伝熱管の摩耗及び高サイクル疲労割れ

蒸発器、予熱器、コンデンサ、ベントコンデンサ、蒸留水冷却器の伝熱管は、伝熱管振動により摩耗及び高サイクル疲労割れが想定される。

しかしながら、伝熱管は、外表面の流体によって発生するカルマン渦による振動と共振せず、流力弾性振動も発生しない構造となっており、摩耗及び高サイクル疲労割れが発生し難い環境である。

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

なお、開放点検時の目視確認や漏えい試験により、機器の健全性を確認している。

3.2.2 伝熱管の腐食（流れ加速型腐食）

蒸発器、予熱器、コンデンサ、ベントコンデンサ及び蒸留水冷却器の伝熱管には流れ加速型腐食により減肉が想定される。

しかしながら、耐流れ加速型腐食性に優れたステンレス鋼の伝熱管を使用しており、流れ加速型腐食の発生がし難い環境である。

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

なお、開放点検時の目視確認や漏えい試験により、機器の健全性を確認している。

3.2.3 蒸発器胴側胴板等ステンレス鋼使用部位の応力腐食割れ

蒸発器胴側、脱ガスタ、予熱器、濃縮液ポンプ及び配管のステンレス鋼使用部位については、応力腐食割れが想定される。

しかしながら、水質を適切に管理しているため、応力腐食割れが発生する可能性は小さい。

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

なお、開放点検時又は分解点検時に内面の目視確認や試運転時の漏えい試験等により、機器の健全性を確認している。

3.2.4 伝熱管のスケール付着

蒸発器、予熱器、コンデンサ、ベントコンデンサ、蒸留水冷却器は管側及び胴側流体の不純物持ち込みによるスケール付着が発生し、伝熱性能に影響を及ぼすことが想定される。

しかしながら、内部流体は、ほう酸水、蒸気、蒸留水又はヒドラジン水（防錆剤注入水）であり、適切な水質管理により不純物の流入は抑制されており、スケール付着による伝熱性能低下が発生し難い環境である。

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

なお、開放点検時の目視確認及び清掃や運転中の処理流量及び温度等のパラメータ監視により、機器の健全性を確認している。

3.2.5 主軸の摩耗

すべり軸受を使用している濃縮液ポンプ及び蒸留水ポンプは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、設計段階において主軸と軸受間に潤滑剤を供給し、膜を形成させて流体潤滑状態となるように考慮しており、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や寸法計測により、機器の健全性を確認している。

3.2.6 主軸の高サイクル疲労割れ

濃縮液ポンプ及び蒸留水ポンプはポンプの運転時には主軸に定常応力と変動応力が発生し、高平均応力下で繰り返し応力を受けると、段付部等の応力集中部において高サイクル疲労割れが想定される。

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

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

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

3.2.7 羽根車の腐食（キャビテーション）

濃縮液ポンプ及び蒸留水ポンプは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降下すると、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及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。

3.2.8 蒸発器管側等の内面からの腐食（流れ加速型腐食）

蒸発器管側鏡板、胴板及び予熱器胴側鏡板、胴板は炭素鋼を使用しており、流れが乱れる部位では、流れ加速型腐食により減肉が想定される。

しかしながら、これまでに有意な減肉は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

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

なお、開放点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

3.2.9 コンデンサ管側耐圧構成品等の内面からの腐食（全面腐食）

コンデンサ管側、ベントコンデンサ管側、蒸留水冷却器胴側の耐圧構成品は炭素鋼であり、内面からの腐食が想定される。

しかしながら、内部流体がヒドラジン水（防錆剤注入水）であり、腐食が発生し難い環境である。

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

なお、開放点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

3.2.10 炭素鋼製耐圧構成品の外側からの腐食（全面腐食）

蒸発器管側、蒸留水冷却器胴側、予熱器胴側、コンデンサ管側、ベントコンデンサ管側の耐圧構成品は炭素鋼であり、外側からの腐食が想定される。

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

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

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

3.2.11 フランジボルト等の腐食（全面腐食）

フランジボルト及びケーシングボルトは低合金鋼であり、ガスケットからの漏えいにより、内部流体によるボルトの腐食が想定される。

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

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

なお、開放点検時の目視確認等により、機器の健全性を確認している。

3.2.12 支持脚等の腐食（全面腐食）

支持脚、装置架台、台板及び取付ボルトは炭素鋼及び低合金鋼であり、腐食が想定される。

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

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

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

3.2.13 支持脚（スライド脚）の腐食（全面腐食）

横置き熱交換器である蒸発器、予熱器、コンデンサ、ベントコンデンサ及び蒸留水冷却器には、支持脚（スライド脚）が設置されているが、スライド部は炭素鋼であり、長期使用により、腐食による固着が想定される。

しかしながら、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。

3.2.14 基礎ボルトの腐食（全面腐食）

基礎ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

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

7 セメント固化装置

[対象機器]

- ① セメント固化装置

目 次

1. 対象機器	1
2. セメント固化装置の技術評価	2
2.1 セメント固化装置全体構成	2
2.2 構造、材料及び使用条件	4
2.3 経年劣化事象の抽出	14

1. 対象機器

玄海3号炉で使用されているセメント固化装置の主な仕様を表1-1に示す。

表1-1 玄海3号炉 セメント固化装置の主な仕様

機器名称 (台数)	重要度*1	使用条件		
		運 転	最高使用圧力 (MPa[gage])	最高使用温度 (°C)
セメント固化装置 (1)	高*2	一 時	約0.98*3	約185*4

*1：機能は最上位の機能を示す

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

*3：濃縮装置加熱器管側の最高使用圧力を示す

*4：濃縮装置加熱器胴側の最高使用温度を示す

2. セメント固化装置の技術評価

2.1 セメント固化装置全体構成

玄海3号炉のセメント固化装置は、凝縮水を加熱・蒸発させる濃縮装置加熱器及び濃縮装置蒸発缶、濃縮液を循環させる濃縮装置循環ポンプ及び配管、濃縮液移送先の濃縮液タンク及び予備濃縮液タンクから構成され、A混練機、前処理タンク及び上澄水タンクへ供給する。

セメント固化装置の全体構成図を図2.1-1に示す。

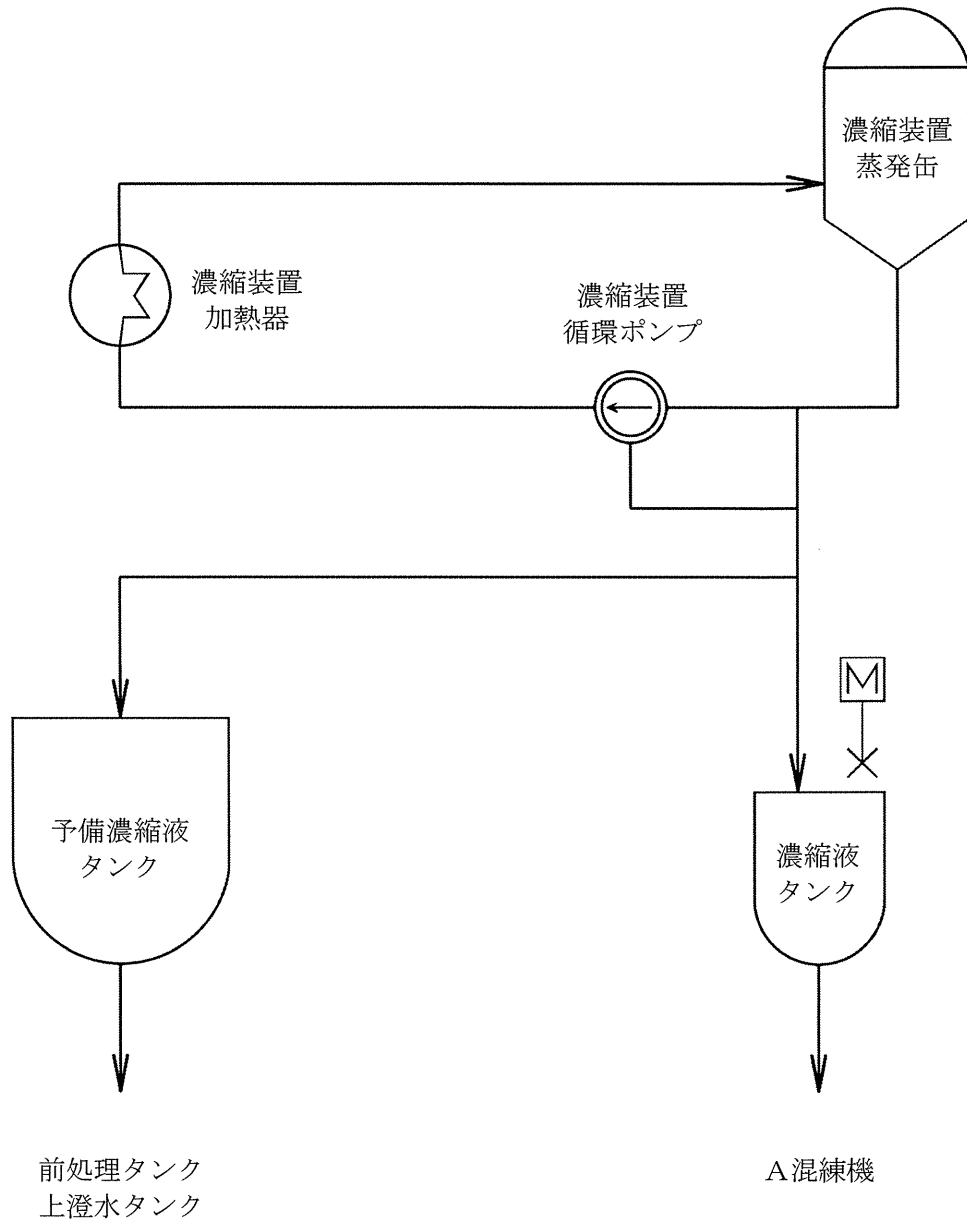


図2.1-1 玄海3号炉 セメント固化装置 全体構成図

2.2 構造、材料及び使用条件

2.2.1 セメント固化装置

(1) 構造

玄海3号炉のセメント固化装置の濃縮装置循環ポンプは、うず巻形であり、濃縮廃液を循環させる。

主軸にはステンレス鋼、羽根車及びケーシングにはステンレス鋼鋳鋼、配管にはステンレス鋼及び耐食耐熱合金鋼を使用している。

濃縮装置加熱器はたて置直管式、濃縮装置蒸発缶はたて置円筒形であり、濃縮装置内に張込まれた凝縮水を加熱、蒸発する。

伝熱管、管側胴板及び管側鏡板には耐食耐熱合金鋼、管側フランジにはステンレス鋼（耐食耐熱合金鋼ライニング）を使用している。

濃縮液タンクはたて置円筒形であり、上澄水濃縮液又はグラニュレータ水濃縮液の移送先である。

胴板、鏡板及び蓋板にはステンレス鋼を使用している。

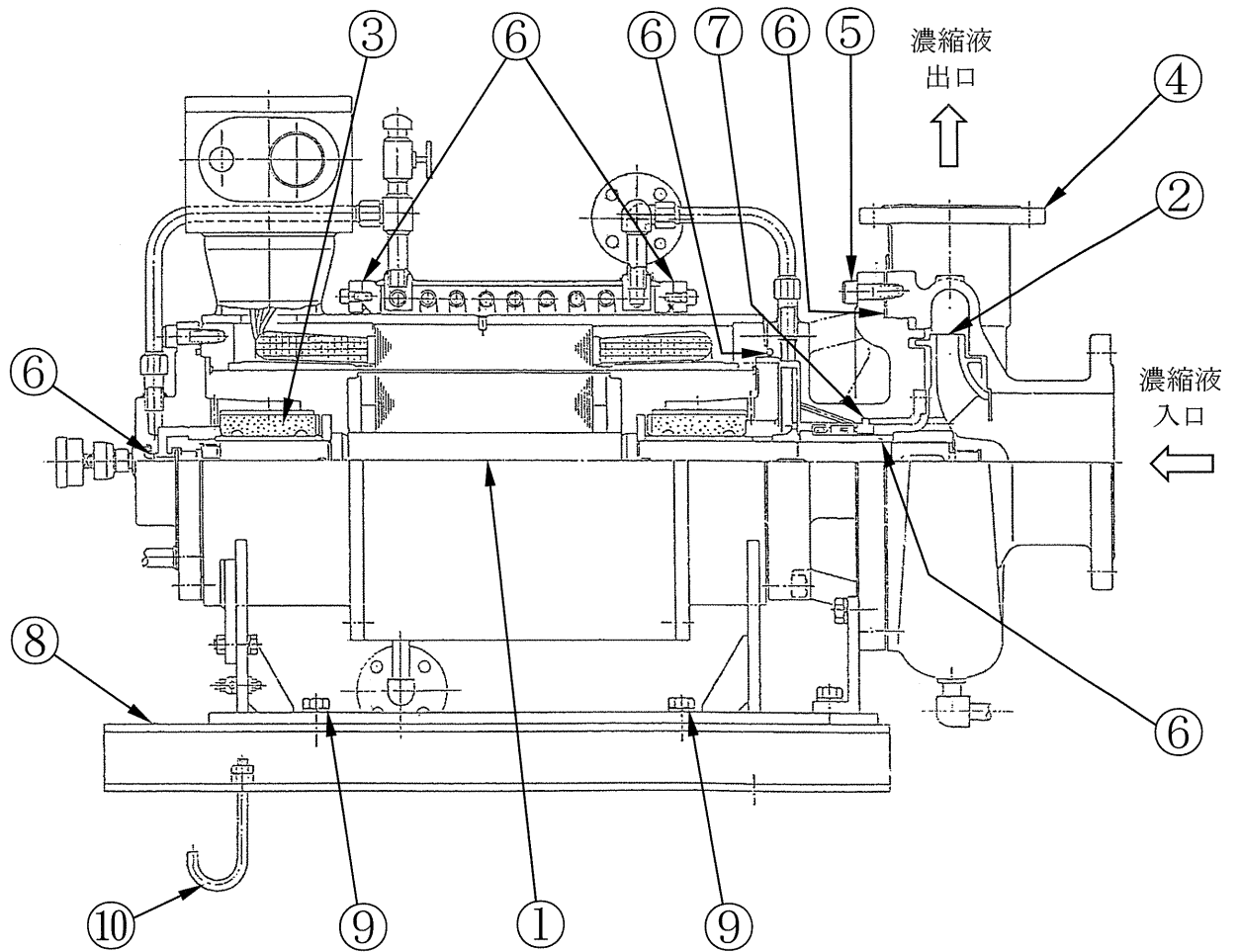
予備濃縮液タンクはたて置円筒形であり、廃液の移送先である。

胴板、鏡板及び蓋板にはステンレス鋼を使用している。

セメント固化装置の構成機器の構造図を図2.2-1～図2.2-5に示す。

(2) 材料及び使用条件

玄海3号炉のセメント固化装置の構成機器の使用材料及び使用条件を表2.2-1及び表2.2-2に示す。



No.	部 位	No.	部 位
①	主 軸	⑥	ガスケット
②	羽 根 車	⑦	メカニカルシール
③	軸受 (すべり)	⑧	台 板
④	ケーシング	⑨	取付ボルト
⑤	ケーシングボルト	⑩	基礎ボルト

図2.2-1 玄海3号炉 濃縮装置循環ポンプ構造図

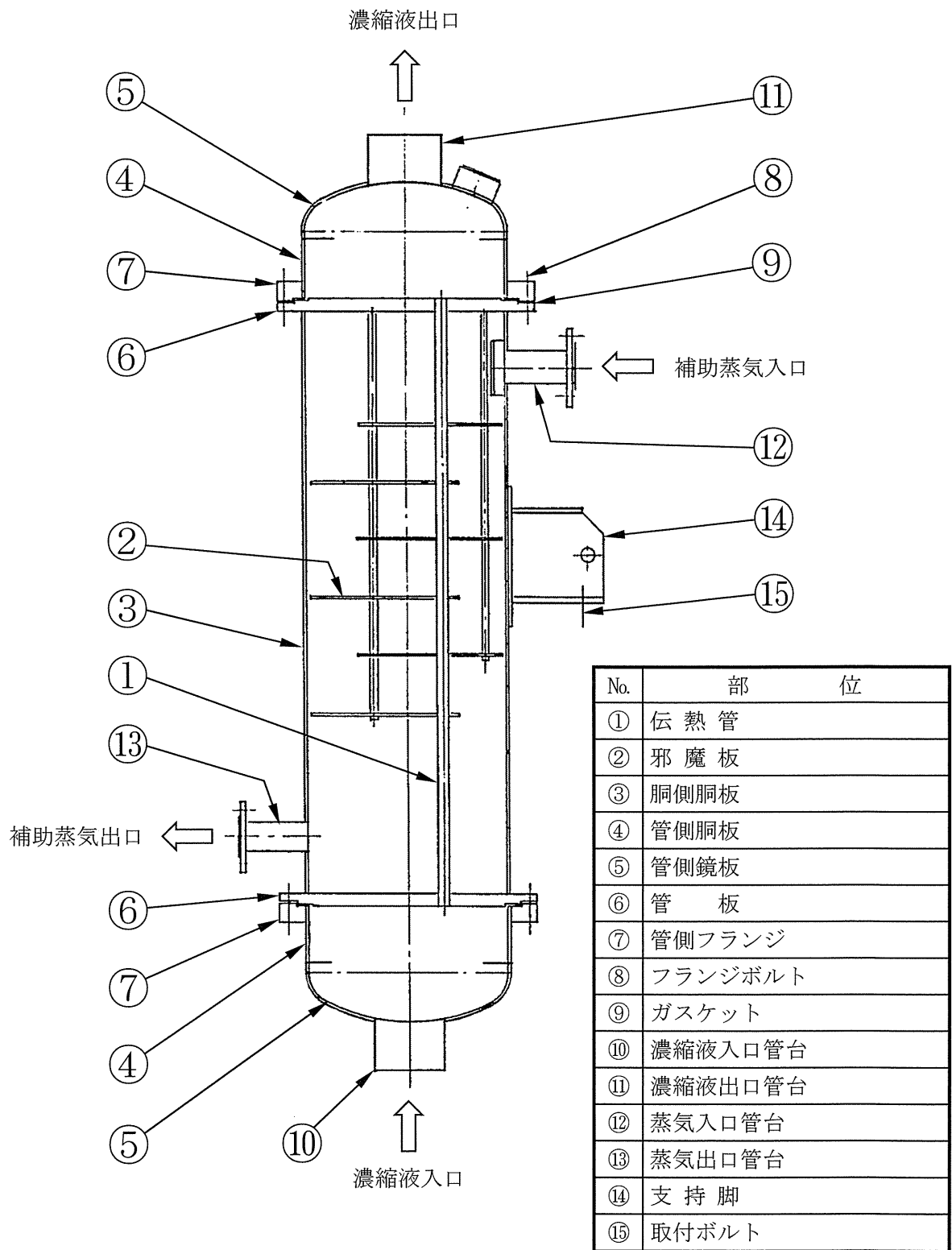
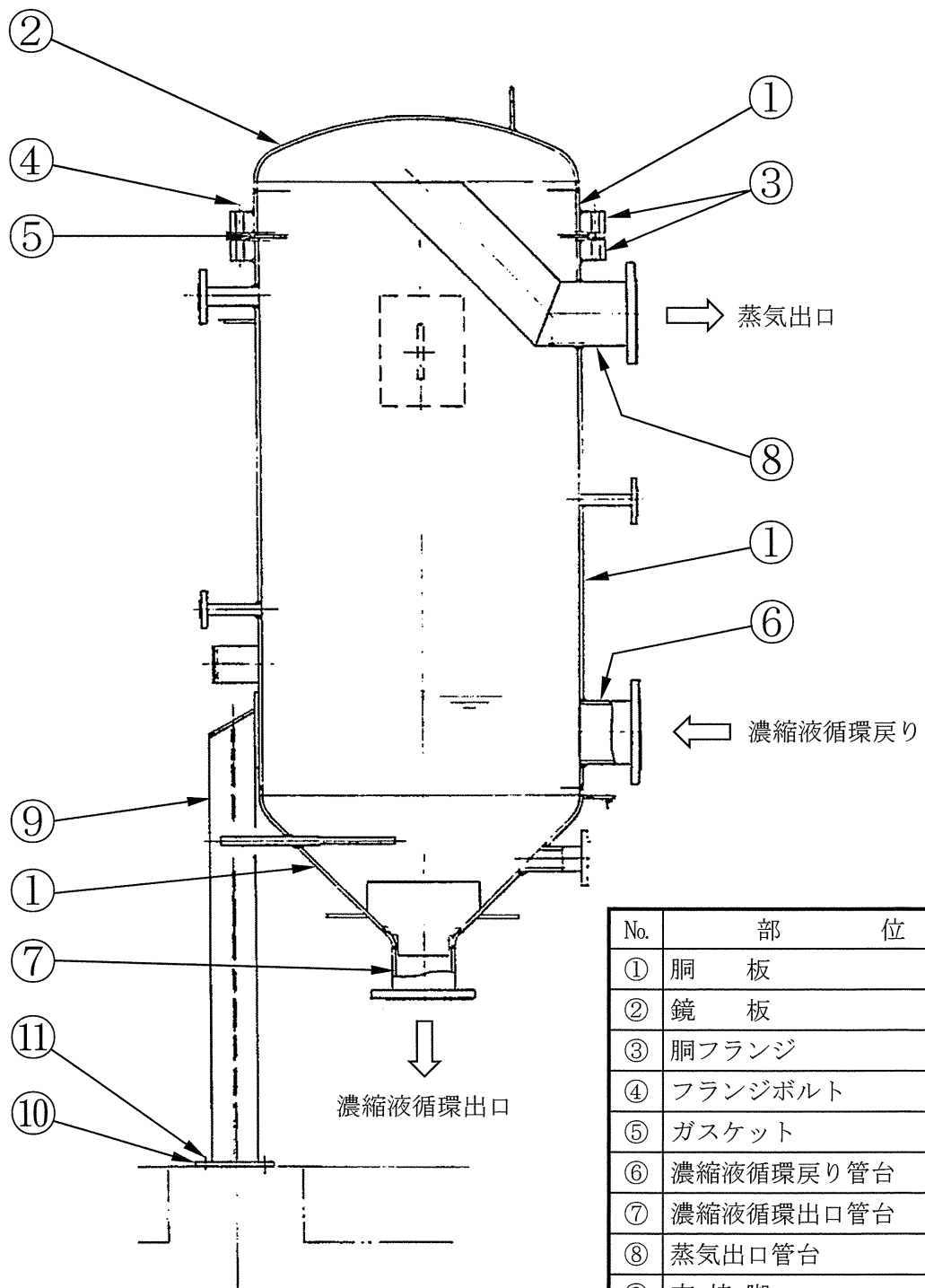


図2.2-2 玄海3号炉 濃縮装置加熱器構造図



No.	部 位
①	胴 板
②	鏡 板
③	胴フランジ
④	フランジボルト
⑤	ガスケット
⑥	濃縮液循環戻り管台
⑦	濃縮液循環出口管台
⑧	蒸気出口管台
⑨	支 持 脚
⑩	ベースプレート
⑪	基礎ボルト

図2.2-3 玄海3号炉 濃縮装置蒸発缶構造図

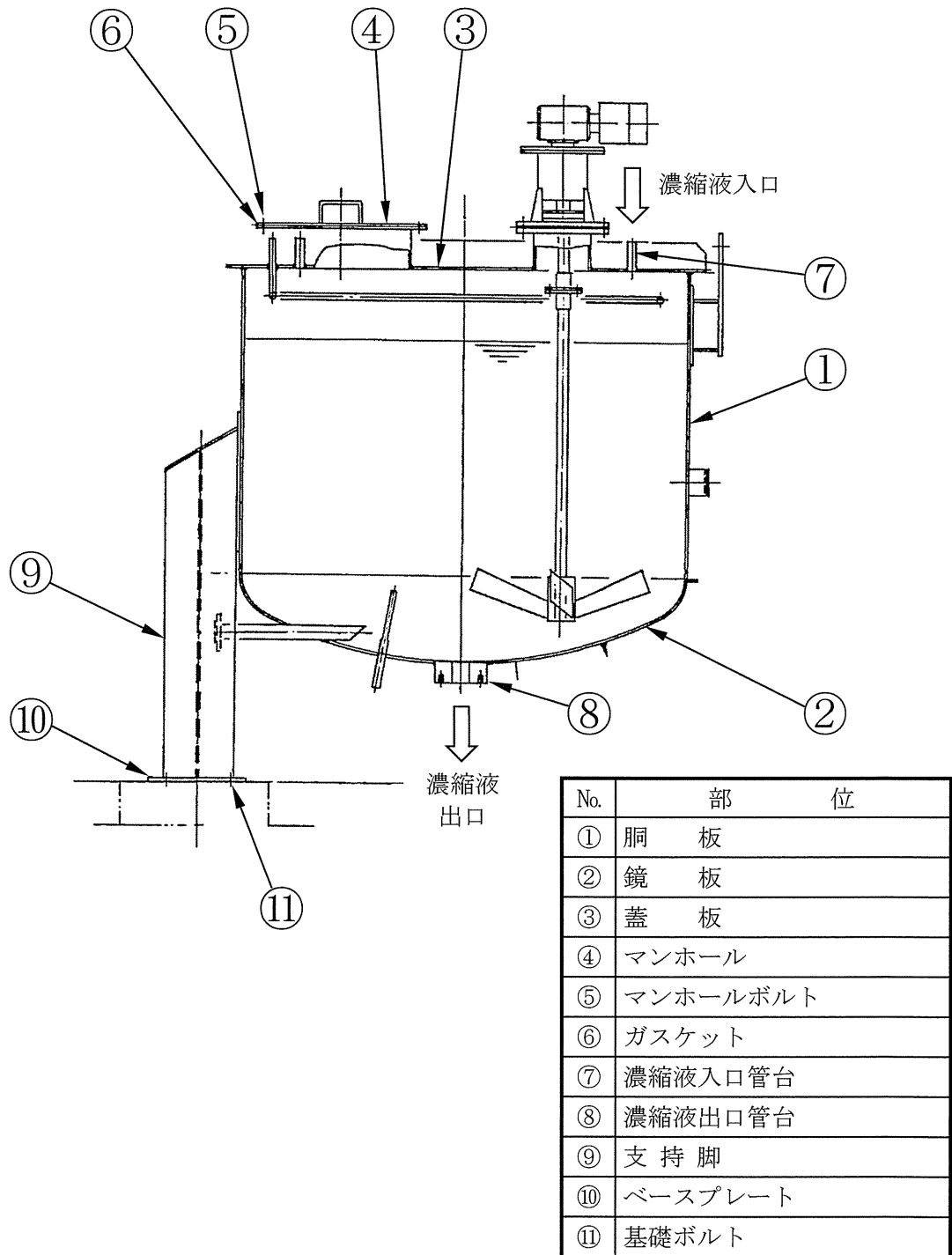
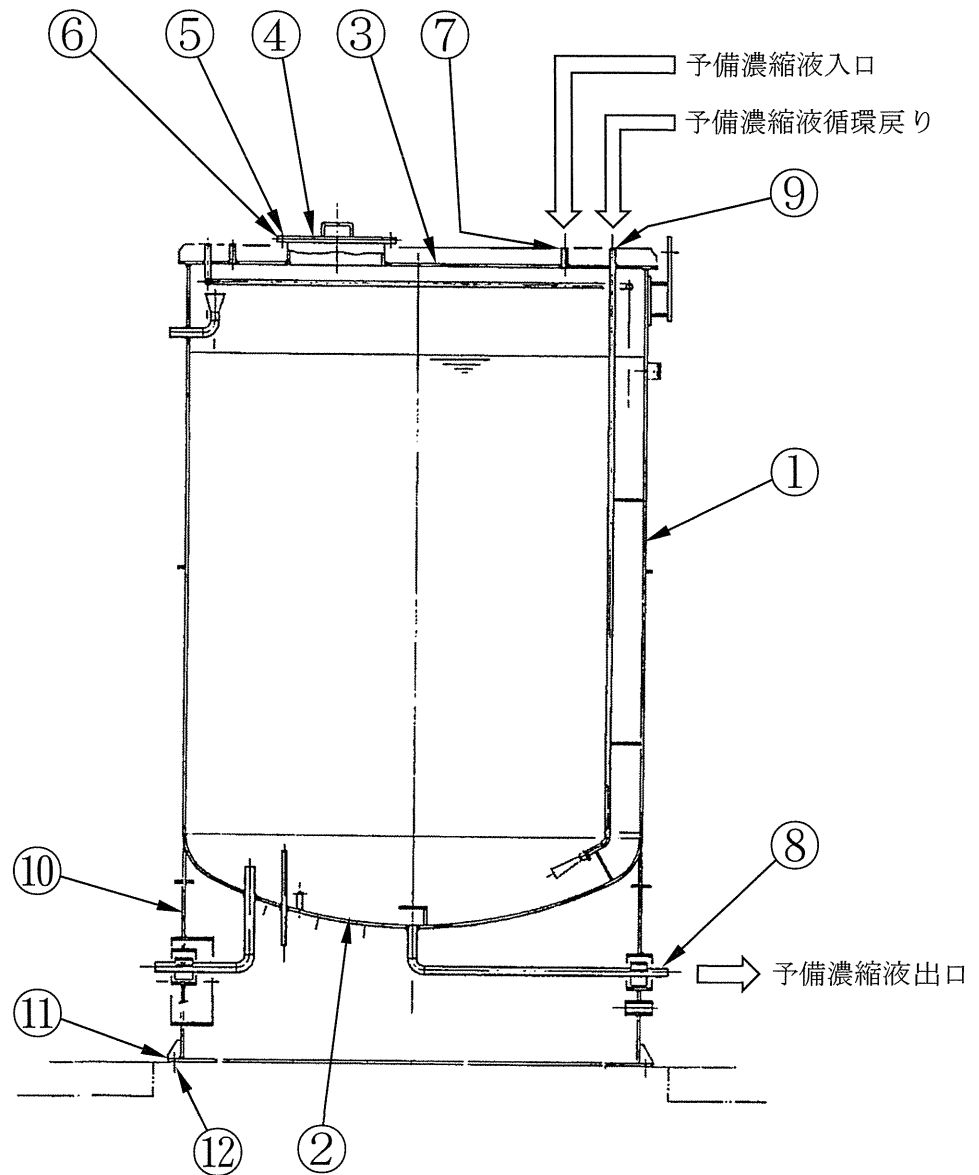


図2.2-4 玄海3号炉 濃縮液タンク構造図



No.	部 位	No.	部 位
①	胴 板	⑦	予備濃縮液入口管台
②	鏡 板	⑧	予備濃縮液出口管台
③	蓋 板	⑨	予備濃縮液循環戻り管台
④	マンホール	⑩	スカート
⑤	マンホールボルト	⑪	ベースプレート
⑥	ガスケット	⑫	基礎ボルト

図2.2-5 玄海3号炉 予備濃縮液タンク構造図

表2.2-1(1/3) 玄海3号炉 セメント固化装置主要部位の使用材料

構成機器	部 位	材 料
濃縮装置循環ポンプ	主 軸	ステンレス鋼
	羽 根 車	ステンレス鋼鋳鋼
	軸受 (すべり)	消耗品・定期取替品
	ケーシング	ステンレス鋼鋳鋼
	ケーシングボルト	低合金鋼
	ガスケット	消耗品・定期取替品
	メカニカルシール	消耗品・定期取替品
	台 板	炭 素 鋼
	取付ボルト	低合金鋼
	基礎ボルト	炭 素 鋼
濃縮装置加熱器	伝 熱 管	耐食耐熱合金鋼
	邪 魔 板	炭 素 鋼
	胴側胴板	炭 素 鋼
	管側胴板	耐食耐熱合金鋼
	管側鏡板	耐食耐熱合金鋼
	管 板	耐食耐熱合金鋼
	管側フランジ	ステンレス鋼 (耐食耐熱合金鋼ライニング)
	フランジボルト	炭 素 鋼 (電気亜鉛メッキ)
	ガスケット	消耗品・定期取替品
	濃縮液入口管台	耐食耐熱合金鋼
	濃縮液出口管台	耐食耐熱合金鋼
	蒸気入口管台	炭 素 鋼
	蒸気出口管台	炭 素 鋼
	支 持 脚	炭 素 鋼
	取付ボルト	炭 素 鋼

表2.2-1(2/3) 玄海3号炉 セメント固化装置主要部位の使用材料

構成機器	部 位	材 料
濃縮装置蒸発缶	胴 板	耐食耐熱合金鋼
	鏡 板	耐食耐熱合金鋼
	胴フランジ	ステンレス鋼 (耐食耐熱合金鋼ライニング)
	フランジボルト	炭 素 鋼
	ガスケット	消耗品・定期取替品
	濃縮液循環戻り管台	耐食耐熱合金鋼
	濃縮液循環出口管台	耐食耐熱合金鋼
	蒸気出口管台	耐食耐熱合金鋼
	支持脚	炭 素 鋼 ステンレス鋼
	ベースプレート	炭 素 鋼
	基礎ボルト	炭 素 鋼
濃縮液タンク	胴 板	ステンレス鋼
	鏡 板	ステンレス鋼
	蓋 板	ステンレス鋼
	マンホール	ステンレス鋼
	マンホールボルト	炭 素 鋼
	ガスケット	消耗品・定期取替品
	濃縮液入口管台	ステンレス鋼
	濃縮液出口管台	ステンレス鋼
	支持脚	炭 素 鋼 ステンレス鋼
	ベースプレート	炭 素 鋼
	基礎ボルト	炭 素 鋼

表2.2-1(3/3) 玄海3号炉 セメント固化装置主要部位の使用材料

構成機器	部 位	材 料
予備濃縮液タンク	胴 板	ステンレス鋼
	鏡 板	ステンレス鋼
	蓋 板	ステンレス鋼
	マンホール	ステンレス鋼
	マンホールボルト	炭 素 鋼
	ガスケット	消耗品・定期取替品
	予備濃縮液入口管台	ステンレス鋼
	予備濃縮液出口管台	ステンレス鋼
	予備濃縮液循環戻り管台	ステンレス鋼
	スカート	ステンレス鋼
	ベースプレート	炭 素 鋼
	基礎ボルト	炭 素 鋼
配 管	母 管	ステンレス鋼、耐食耐熱合金鋼
	フランジボルト	ステンレス鋼、炭素鋼
	ガスケット	消耗品・定期取替品

表2.2-2 玄海3号炉 セメント固化装置の使用条件

濃縮装置循環ポンプ	最高使用圧力	約0.98MPa[gage]	
	最高使用温度	約120℃	
	内部流体	濃縮廃液	
濃縮装置加熱器	最高使用圧力	約0.98MPa[gage] *1	約0.93MPa[gage] *2
	最高使用温度	約120℃ *1	約185℃ *2
	内部流体	濃縮廃液*1	蒸気 *2
濃縮装置蒸発缶	最高使用圧力	約0.1MPa[gage]	
	最高使用温度	約120℃	
	内部流体	濃縮廃液	
濃縮液タンク	最高使用圧力	大気圧	
	最高使用温度	約120℃	
	内部流体	濃縮廃液	
予備濃縮液タンク	最高使用圧力	大気圧	
	最高使用温度	約120℃	
	内部流体	濃縮廃液	
配管	最高使用圧力	約0.98MPa[gage]	
	最高使用温度	約120℃	
	内部流体	濃縮廃液	

*1：管側の使用条件

*2：胴側の使用条件

2.3 経年劣化事象の抽出

2.3.1 機能達成に必要な項目

セメント固化装置の機能であるセメント固化機能を維持するためには、次の3つの項目が必要である。

- ① 蒸発濃縮機能の維持
- ② バウンダリの維持
- ③ 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

セメント固化装置について、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（流体、圧力、温度等）及び現在までの運転経験を考慮し、表2.3-1に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象はない。

2.3.3 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2.3-1で△となっているもの）については、想定される経年劣化事象であるが、

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

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

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

なお、日常劣化管理事象ではない事象はない。

(1) 主軸の摩耗

すべり軸受を使用している濃縮装置循環ポンプは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、設計段階において主軸と軸受間に潤滑剤を供給し、膜を形成させて流体潤滑状態となるように考慮しており、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や寸法計測により、機器の健全性を確認している。

(2) 主軸の高サイクル疲労割れ

濃縮装置循環ポンプはポンプの運転時には主軸に定常応力と変動応力が発生し、高平均応力下で繰り返し応力を受けると、段付部等の応力集中部において高サイクル疲労割れが想定される。

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

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

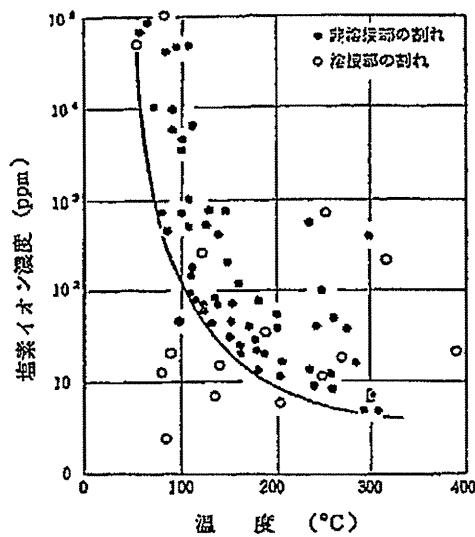
なお、巡視点検時の振動確認（通常運転時の振動状態と差異のないことの触診による確認）、試運転時における振動確認（変位の測定）並びに分解点検時の応力集中部に対する目視確認や浸透探傷検査により、機器の健全性を確認している。

(3) 主軸等ステンレス鋼及び耐食耐熱合金鋼使用部位の応力腐食割れ

濃縮装置の循環ポンプ、加熱器、蒸発缶、濃縮液タンク、予備濃縮液タンク及び配管の内部流体は濃縮廃液であり、蒸発缶等の内部では廃液が蒸発濃縮することにより、塩化物イオン濃度が上昇することとなり、温度も約100℃となることから、応力腐食割れが想定される。

応力腐食割れの発生要因は、腐食環境、材料及び残留応力の3つが考えられる。

腐食環境としては、塩化物イオン濃度及び流体温度が支配的であり、304系ステンレス鋼の応力腐食割れ発生を関2.3-1に示す。



注：下記出典では、「曲線は非溶接部の応力腐食割れの起こる下限」とされている。

図2.3-1 18Cr-8Ni系ステンレス鋼の応力腐食割れ

に関する温度と塩化物イオン濃度との関係

[出典：(株)総合技術センター「プラントの損傷事例と経年劣化・寿命予測法」]

しかしながら、濃縮液タンク及び予備濃縮液タンクの胴板等については、耐応力腐食割れ性に優れている316L系ステンレス鋼を使用し、また、濃縮装置の加熱器胴板及び蒸発缶胴板等については、ステンレス鋼より耐応力腐食割れ性に優れている耐食耐熱合金鋼を使用している。さらに、濃縮装置の循環ポンプ、加熱器、蒸発缶、濃縮液タンク、予備濃縮液タンク及び配管の耐食耐熱合金鋼及びステンレス鋼使用部位の応力腐食割れについては開放点検時又は分解点検時に内面の目視確認や試運転時の漏えい確認により、機器の健全性を維持している。

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

(4) 羽根車の腐食（キャビテーション）

濃縮装置循環ポンプは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及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。

(5) フランジボルト等の腐食（全面腐食）

フランジボルト及びケーシングボルトは低合金鋼及び炭素鋼であり、ガスケットからの漏えいにより、内部流体によるボルトの腐食が想定される。

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

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

なお、分解点検時又は開放点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(6) 支持脚等の腐食（全面腐食）

台板、支持脚及び取付ボルトは炭素鋼及び低合金鋼であり、腐食が想定される。

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

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

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

(7) 伝熱管の摩耗及び高サイクル疲労割れ

濃縮装置加熱器の伝熱管は伝熱管振動により摩耗及び高サイクル疲労割れが想定される。

しかしながら、伝熱管は外表面の流体によって発生するカルマン渦による振動と共振せず、流力弾性振動も発生しない構造となっており、摩耗及び高サイクル疲労割れが発生し難い環境である。

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

なお、開放点検時の目視確認や漏えい検査により、機器の健全性を確認している。

(8) 伝熱管の腐食（流れ加速型腐食）

濃縮装置加熱器の伝熱管には流れ加速型腐食により減肉が想定される。

しかしながら、耐流れ加速型腐食性に優れた耐食耐熱合金鋼の伝熱管を使用しており、流れ加速型腐食の発生がし難い環境である。

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

なお、開放点検時の目視確認や漏えい検査により、機器の健全性を確認している。

(9) 伝熱管内面のスケール付着

濃縮装置加熱器の伝熱管内面は加熱器管側の内部流体である濃縮液の不純物持ち込みによるスケール付着が発生し、伝熱性能に影響を及ぼすことが想定される。

しかしながら、開放点検時の目視確認や清掃により、機器の安全性を維持している。

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

(10) 伝熱管外面のスケール付着

濃縮装置加熱器の伝熱管外面は加熱器胴側の内部流体である蒸気の不純物持ち込みによるスケール付着が発生し、伝熱性能に影響を及ぼすことが想定される。

しかしながら、蒸気は適切な水質管理により不純物の流入は抑制されており、スケール付着による伝熱性能低下が発生し難い環境である。

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

なお、機能・性能検査時に運転状態を確認し、性能低下がないことにより、機器の健全性を確認している。

(11) 胴側胴板等の腐食（流れ加速型腐食）

濃縮装置加熱器の胴側胴板等は炭素鋼を使用しており、流れが乱れる部位では流れ加速型腐食により減肉が想定される。

しかしながら、これまでに有意な減肉は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

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

なお、開放点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(12) 炭素鋼製耐圧構成品の外面からの腐食（全面腐食）

濃縮装置加熱器の胴側胴板の耐圧構成品は炭素鋼であり、外面からの腐食が想定される。

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

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

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

(13) 基礎ボルトの腐食（全面腐食）

基礎ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

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

2.3.4 消耗品及び定期取替品

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

表2.3-1(1/7) 玄海3号炉 セメント固化装置 濃縮装置循環ポンプに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
				減 肉		割 れ		材質変化			その他
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣 化		
蒸発濃縮機能の維持	主 軸		ステンレス鋼	△		△*1	△			*1：高サイクル疲労割れ *2：キャビテーション	
	羽 根 車		ステンレス鋼鋳鋼		△*2		△				
	軸受（すべり）	◎	—								
バウンダリの維持	ケーシング		ステンレス鋼鋳鋼				△				
	ケーシングボルト		低合金鋼		△						
	ガスケット	◎	—								
	メカニカルシール	◎	—								
機器の支持	台 板		炭 素 鋼		△						
	取付ボルト		低合金鋼		△						
	基礎ボルト		炭 素 鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.3-1(2/7) 玄海3号炉 セメント固化装置 濃縮装置加熱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		
蒸発濃縮機能の維持	伝熱管		耐食耐熱合金鋼	△	△*2	△*1	△			△*3(内面) △*3(外面)	*1：高サイクル疲労割れ *2：流れ加速型腐食 *3：スケール付着
	邪魔板		炭素鋼		△*2						
バウンダリの維持	胴側胴板		炭素鋼		△*2(内面) △(外面)						
	管側胴板		耐食耐熱合金鋼				△				
	管側鏡板		耐食耐熱合金鋼				△				
	管 板		耐食耐熱合金鋼				△				
	管側フランジ		ステンレス鋼 (耐食耐熱合金鋼ライニング)				△				
	フランジボルト		炭素鋼 (電気亜鉛メッキ)		△						
	ガスケット	◎	—								
	濃縮液入口管台		耐食耐熱合金鋼				△				
	濃縮液出口管台		耐食耐熱合金鋼				△				
	蒸気入口管台		炭素鋼		△*2(内面) △(外面)						
蒸気出口管台		炭素鋼		△*2(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2.3-1(3/7) 玄海3号炉 セメント固化装置 濃縮装置加熱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		
機器の支持	支持脚		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2.3-1(4/7) 玄海3号炉 セメント固化装置 濃縮装置蒸発缶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		耐食耐熱合金鋼				△				
	鏡 板		耐食耐熱合金鋼				△				
	胴フランジ		ステンレス鋼 (耐食耐熱合金鋼ライニング)				△				
	フランジボルト		炭 素 鋼		△						
	ガスケット	◎	—								
	濃縮液循環戻り管台		耐食耐熱合金鋼				△				
	濃縮液循環出口管台		耐食耐熱合金鋼				△				
	蒸気出口管台		耐食耐熱合金鋼				△				
機器の支持	支 持 脚		炭 素 鋼 ステンレス鋼		△						
	ベースプレート		炭 素 鋼		△						
	基礎ボルト		炭 素 鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.3-1(5/7) 玄海3号炉 セメント固化装置 濃縮液タンクに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
				減 肉		割 れ		材質変化			その他
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐蝕割れ	熱時効	劣 化		
バウンダリの維持	胴 板		ステンレス鋼				△				
	鏡 板		ステンレス鋼				△				
	蓋 板		ステンレス鋼				△				
	マンホール		ステンレス鋼								
	マンホールボルト		炭素鋼		△						
	ガスケット	◎	—								
	濃縮液入口管台		ステンレス鋼				△				
	濃縮液出口管台		ステンレス鋼				△				
機器の支持	支 持 脚		炭素鋼 ステンレス鋼		△						
	ベースプレート		炭素鋼		△						
	基礎ボルト		炭素鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.3-1(6/7) 玄海3号炉 セメント固化装置 予備濃縮液タンクに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
				減 肉		割 れ		材質変化			その他
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐蝕	熱時効	劣 化		
バウンダリの維持	胴 板		ステンレス鋼				△				
	鏡 板		ステンレス鋼				△				
	蓋 板		ステンレス鋼				△				
	マンホール		ステンレス鋼								
	マンホールボルト		炭 素 鋼		△						
	ガスケット	◎	—								
	予備濃縮液入口管台		ステンレス鋼				△				
	予備濃縮液出口管台		ステンレス鋼				△				
	予備濃縮液循環戻り管台		ステンレス鋼				△				
機器の支持	スカート		ステンレス鋼								
	ベースプレート		炭 素 鋼		△						
	基礎ボルト		炭 素 鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.3-1(7/7) 玄海3号炉 セメント固化装置 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		ステンレス鋼 耐食耐熱合金鋼				△				
	フランジボルト		ステンレス鋼 炭 素 鋼		△						
	ガスケット	◎	—								

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

8 焼却減容設備

[対象機器]

- ① 燃烧式雜固体廃棄物減容処理設備

目 次

1. 対象機器	1
2. 燃焼式雑固体廃棄物減容処理設備の技術評価	2
2.1 構造、材料及び使用条件	2
2.2 経年劣化事象の抽出	6

1. 対象機器

玄海3号炉で使用されている焼却減容設備の主な仕様を表1-1に示す。

表1-1 玄海3号炉 焼却減容設備の主な仕様

機器名称 (台数)	重要度*1	使用条件		
		運転	最高使用圧力 (kPa[gage])	最高使用温度 (℃)
燃焼式雑固体廃棄物減容処理設備 (1)	高*2	一時	約1.96	約1,400

*1：機能は最上位の機能を示す

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

2. 燃焼式雑固体廃棄物減容処理設備の技術評価

2.1 構造、材料及び使用条件

(1) 構造

玄海3号炉の燃焼式雑固体廃棄物減容処理設備の高温焼却炉は、たて置円筒形である。

高温焼却炉は、主燃焼室、補助燃焼室及び後燃焼室から構成される。

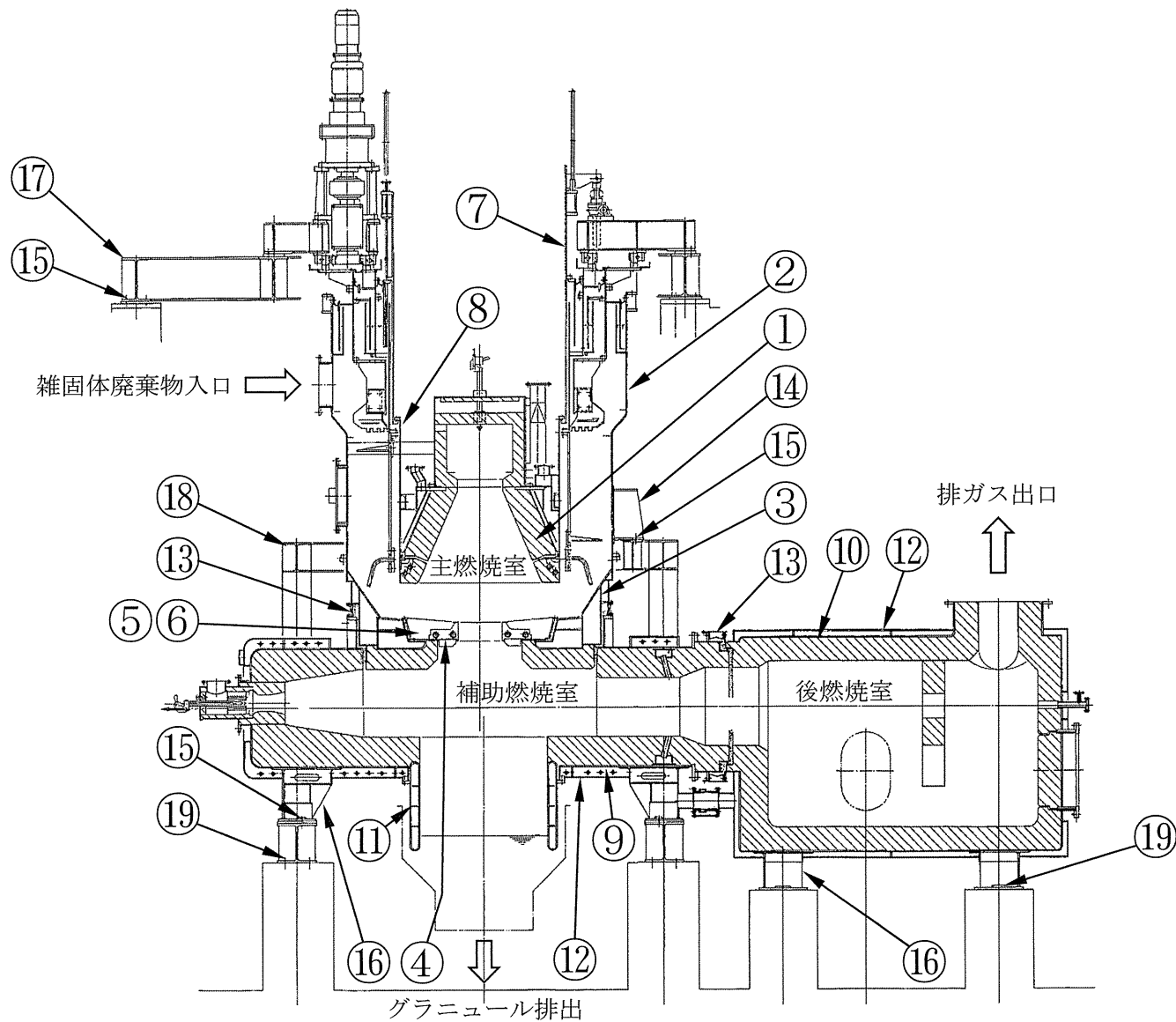
廃棄物貯留・供給設備より供給された廃棄物は、主燃焼室側面の二重円筒部上部より二重円筒部内に分配され、二重円筒部より燃焼室内に供給される。

主燃焼室で、可燃物の燃焼及び不燃物と可燃物の灰分の溶融を行い、グラニューール出口部より取出す機能を有している。

玄海3号炉の燃焼式雑固体廃棄物減容処理設備の高温焼却炉の構造図を図2.1-1に示す。

(2) 材料及び使用条件

玄海3号炉の燃焼式雑固体廃棄物減容処理設備の高温焼却炉の使用材料及び使用条件を表2.1-1及び表2.1-2に示す。



No.	部 位
①	耐火物
②	主燃焼室外殻
③	主燃焼室底板
④	グラニューール出口
⑤	グラニューール出口ケーシング
⑥	Ｏリング
⑦	上部ベルフレイム
⑧	下部ベルフレイム
⑨	補助燃焼室外殻
⑩	後燃焼室外殻
⑪	グラニューール出口ノズル
⑫	ジャケット
⑬	伸縮継手
⑭	ラグサポート
⑮	取付ボルト
⑯	サドル
⑰	上部支持架台
⑱	下部支持架台
⑲	基礎ボルト

図2.1-1 玄海3号炉 燃焼式雑固体廃棄物減容処理設備 高温焼却炉構造図

表2.1-1 玄海3号炉 燃焼式雑固体廃棄物減容処理設備 高温焼却炉主要部位の使用材料

部 位	材 料
耐火物	耐火物
主燃焼室外殻	炭素鋼
主燃焼室底板	ステンレス鋼 炭素鋼
グラニュール出口	消耗品・定期取替品
グラニュール出口ケーシング	耐食耐熱合金鋼
Oリング	消耗品・定期取替品
上部ベルフレーム	炭素鋼
下部ベルフレーム	ステンレス鋼 炭素鋼
補助燃焼室外殻	炭素鋼
後燃焼室外殻	炭素鋼
グラニュール出口ノズル	ステンレス鋼 炭素鋼
ジャケット	炭素鋼
伸縮継手	消耗品・定期取替品
ラグサポート	炭素鋼
取付ボルト	炭素鋼
サドル	炭素鋼
上部支持架台	炭素鋼
下部支持架台	炭素鋼
基礎ボルト	炭素鋼

表2.1-2 玄海3号炉 燃烧式雑固体廃棄物減容処理設備 高温焼却炉の使用条件

焼 却 容 量	約75kg/h (雑固体)
最高使用圧力	約1.96kPa[gage]
最高使用温度	約1,400℃

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機能達成に必要な項目

高温焼却炉の機能を維持するためには、次の3つの項目が必要である。

- ① 焼却、除塵機能の確保
- ② バウンダリの維持
- ③ 機器の支持

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

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

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象はない。

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

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

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

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

なお、日常劣化管理事象ではない事象はない。

(1) 耐火物の減肉

高温で使用される耐火物は、焼却灰の溶融物、ハロゲンガス等による浸食減肉が想定される。

しかしながら、分解点検時に寸法測定を実施しており、必要に応じて取替えることにより、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) 耐火物の割れ

高温焼却炉の耐火物は、起動、停止時の温度変化により、割れが想定される。

しかしながら、分解点検時に目視確認を実施しており、必要に応じて取替えることにより、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) 外殻等の腐食（全面腐食）

外殻及びジャケットは炭素鋼を使用しており、腐食が想定される。

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

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

内面については、分解点検時の目視確認により、有意な腐食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。

(4) 下部ベルフレーム溶接部等の疲労割れ

廃棄物の溶融により高温で使用される下部ベルフレーム上部溶接部、グラニューール出口ケーシング及び炉底部底板溶接部は温度変化等により、疲労割れが想定される。

しかしながら、分解点検時に目視確認又は浸透探傷試験を実施しており、必要に応じて取替えることにより、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) グラニューール出口ケーシングのクリープ

廃棄物の溶融により高温で使用されるグラニューール出口ケーシングは温度変化により、クリープの発生が想定される。

しかしながら、分解点検時に目視確認を実施しており、必要に応じて取替えることにより、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) 架台等の腐食（全面腐食）

架台、取付ボルト、ラグサポート及びサドルは炭素鋼を使用しており、腐食が想定される。

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

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

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

(7) 基礎ボルトの腐食（全面腐食）

基礎ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

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

2.2.4 消耗品及び定期取替品

グラニューール出口、Oリング及び伸縮継手は、分解点検時に取り替えている消耗品であり、長期使用はせず取替えを前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

表2.2-1(1/2) 玄海3号炉 燃焼式雑固体廃棄物減容処理設備 高温焼却炉に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
				減 肉		割 れ		材質変化			その他
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐蝕割れ	熱時効	劣 化		
焼却、除塵機能の確保	耐火物		耐火物							△ ^{*1} △ ^{*2}	*1：減肉 *2：割れ *3：クリープ
バウンダリの維持	主燃焼室外殻		炭素鋼		△						
	主燃焼室底板		ステンレス鋼 炭素鋼			△					
	グラニューール出口	◎	—								
	グラニューール出口ケーシング		耐食耐熱合金鋼			△				△ ^{*3}	
	Oリング	◎	—								
	上部ベルフレーム		炭素鋼								
	下部ベルフレーム		ステンレス鋼 炭素鋼			△					
	補助燃焼室外殻		炭素鋼		△						
	後燃焼室外殻		炭素鋼		△						
	グラニューール出口ノズル		ステンレス鋼 炭素鋼								
ジャケット		炭素鋼		△							
伸縮継手	◎	—									

△：高経年化対策上着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) 玄海3号炉 燃焼式雑固体廃棄物減容処理設備 高温焼却炉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	ラグサポート		炭素鋼		△						
	取付ボルト		炭素鋼		△						
	サドル		炭素鋼		△						
	上部支持架台		炭素鋼		△						
	下部支持架台		炭素鋼		△						
	基礎ボルト		炭素鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

9 スチームコンバータ

[対象機器]

- ① スチームコンバータ本体
- ② スチームコンバータドレンクーラ
- ③ スチームコンバータ給水ポンプ
- ④ スチームコンバータドレンタンク
- ⑤ スチームコンバータ給水タンク

目 次

1. 対象機器	1
2. スチームコンバータの技術評価	2
2.1 スチームコンバータの全体構成	2
2.2 構造、材料及び使用条件	3
2.3 経年劣化事象の抽出	19

1. 対象機器

玄海3号炉で使用されているスチームコンバータの主な仕様を表1-1に示す。

表1-1 玄海3号炉 スチームコンバータの主な仕様

機器名称 (台数)	重要度*1	使用条件*3				
		運 転	最高使用圧力 (MPa[gage])		最高使用温度 (°C)	
スチームコンバータ (1)	高*2	連 続 (運転時)	一次側	二次側	一次側	二次側
			約3.1	約0.93	約240	約185

*1：機能は最上位の機能を示す

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

*3：スチームコンバータ本体の使用条件を示す

2. スチームコンバータの技術評価

2.1 スチームコンバータの全体構成

(1) 構造

玄海3号炉のスチームコンバータは、スチームコンバータ本体を主設備とし、加熱蒸気ライン、熱交換後のスチームコンバータドレンタンク、スチームコンバータドレンクーラ及びスチームコンバータ本体に給水するための、スチームコンバータ給水タンク、スチームコンバータ給水ポンプの給水ラインから構成され、発生蒸気を各機器に供給する。

玄海3号炉のスチームコンバータの全体構成図を図2.1-1に示す。

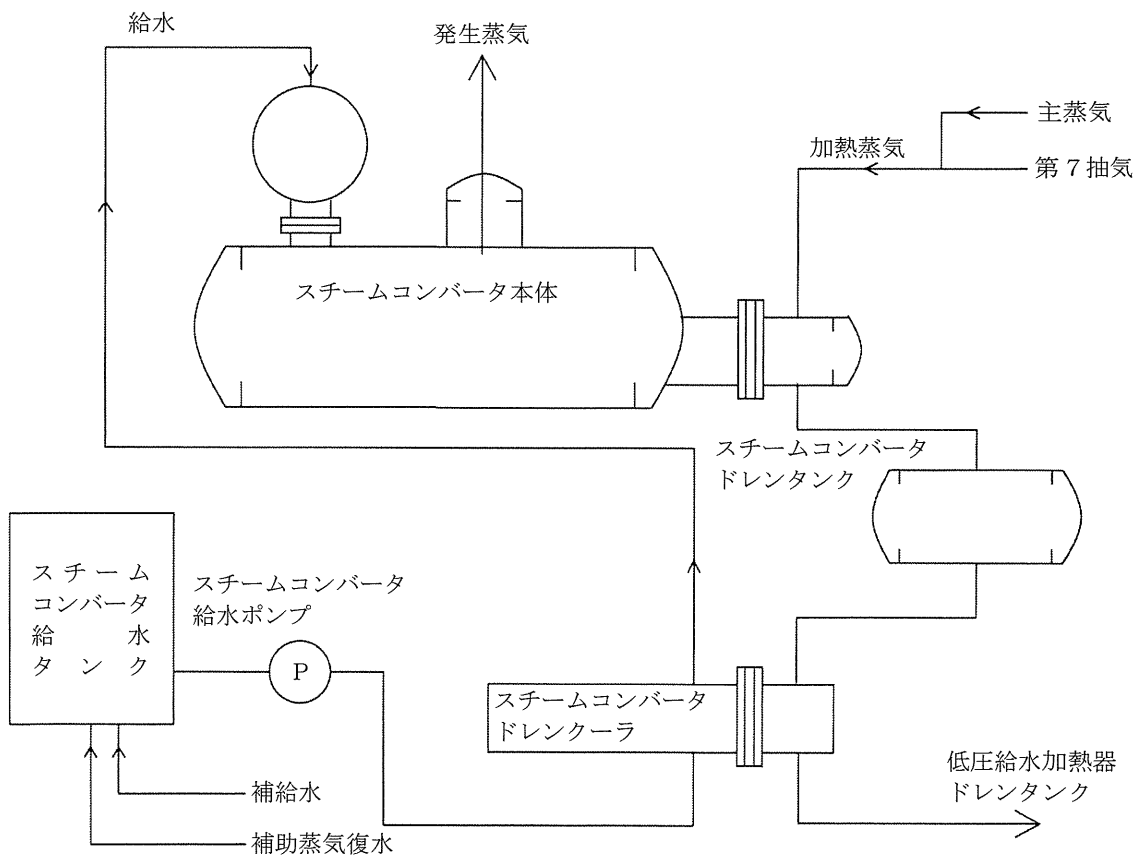


図2.1-1 玄海3号炉 スチームコンバータ全体構成図

2.2 構造、材料及び使用条件

2.2.1 スチームコンバータ本体

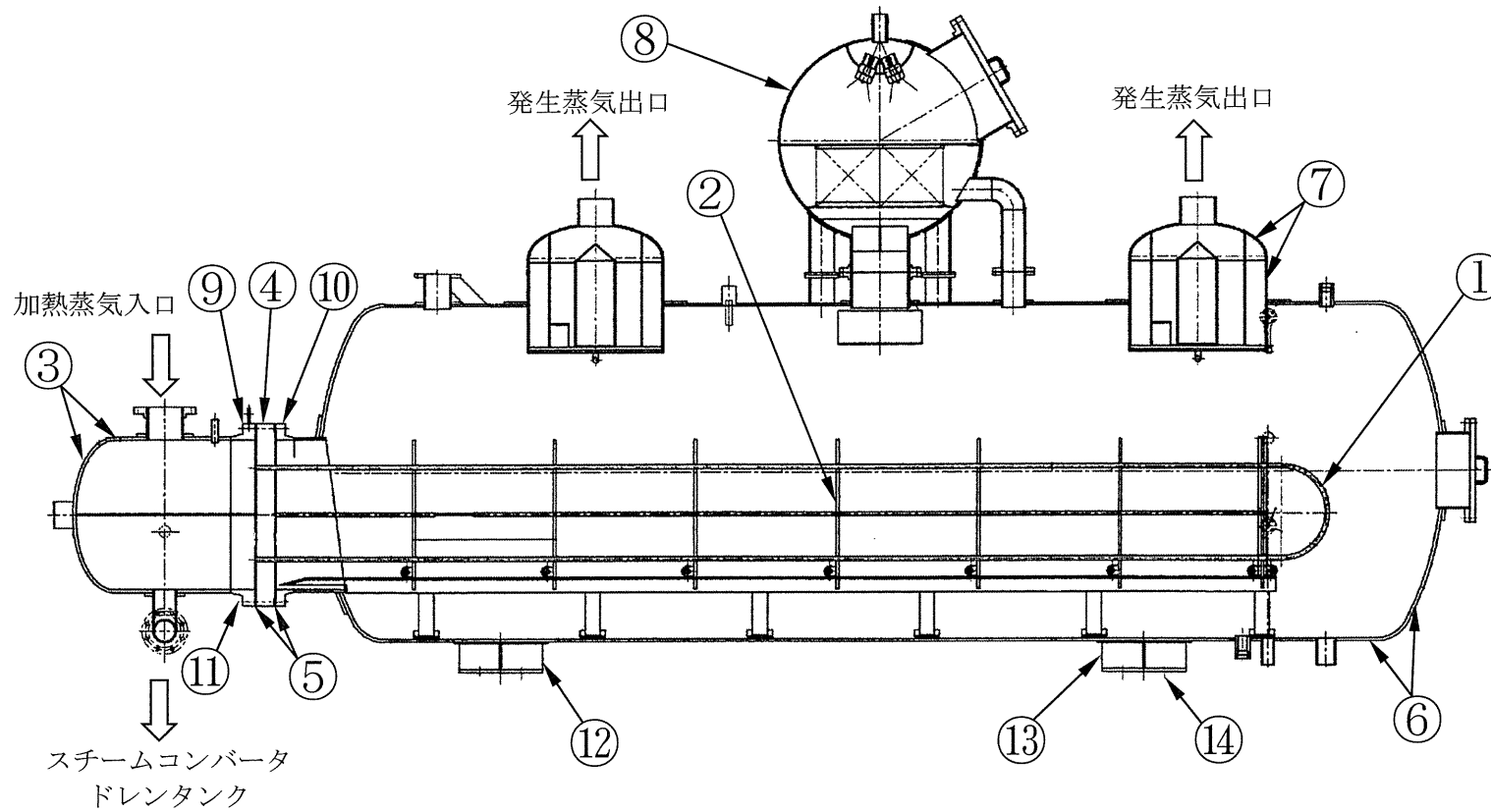
(1) 構造

玄海3号炉のスチームコンバータ本体は、横置U字管式の熱交換器である。加熱管にはステンレス鋼を使用しており、加熱蒸気及び給水に接液している。一次側耐圧構成品には炭素鋼を使用しており加熱蒸気及び給水に、二次側耐圧構成品には炭素鋼を使用しており、発生蒸気及び給水に接液している。

玄海3号炉のスチームコンバータ本体の構造図を図2.2-1に示す。

(2) 材料及び使用条件

玄海3号炉のスチームコンバータ本体の使用材料及び使用条件を表2.2-1及び表2.2-2に示す。



No.	部 位
①	加 熱 管
②	管支持板
③	加熱蒸気室胴板・鏡板
④	管 板
⑤	ガスケット
⑥	発生蒸気室胴板・鏡板
⑦	分離室胴板・鏡板
⑧	脱気器胴板・鏡板
⑨	加熱蒸気室フランジ
⑩	発生蒸気室フランジ
⑪	フランジボルト
⑫	支 持 脚
⑬	支持脚 (スライド脚)
⑭	基礎ボルト

図2. 2-1 玄海3号炉 スチームコンバータ本体構造図

表2.2-1 玄海3号炉 スチームコンバータ本体主要部位の使用材料

部 位		材 料
熱交換伝熱構成品	加熱管	ステンレス鋼
流路構成品	管支持板	炭素鋼
一次側耐圧構成品	加熱蒸気室胴板・鏡板	炭素鋼
	管 板	炭素鋼（ステンレス鋼肉盛）
	ガスケット	消耗品・定期取替品
二次側耐圧構成品	発生蒸気室胴板・鏡板	炭素鋼
	分離室胴板・鏡板	炭素鋼
	脱気器胴板・鏡板	炭素鋼
	加熱蒸気室フランジ	炭素鋼
	発生蒸気室フランジ	炭素鋼
	フランジボルト	低合金鋼
支持構造物組立品	支持脚	炭素鋼
	支持脚（スライド脚）	炭素鋼
	基礎ボルト	炭素鋼

表2.2-2 玄海3号炉 スチームコンバータ本体の使用条件

最高使用圧力	（一次側）約3.1MPa[gage]	（二次側）約0.93MPa[gage]
最高使用温度	（一次側）約240℃	（二次側）約185℃
内 部 流 体	（一次側）蒸 気	（二次側）給水・蒸気

2.2.2 スチームコンバータドレンクーラ

(1) 構造

玄海3号炉のスチームコンバータドレンクーラは、横置U字管式の熱交換器である。

冷却管にはステンレス鋼を使用しており、給水に接液している。

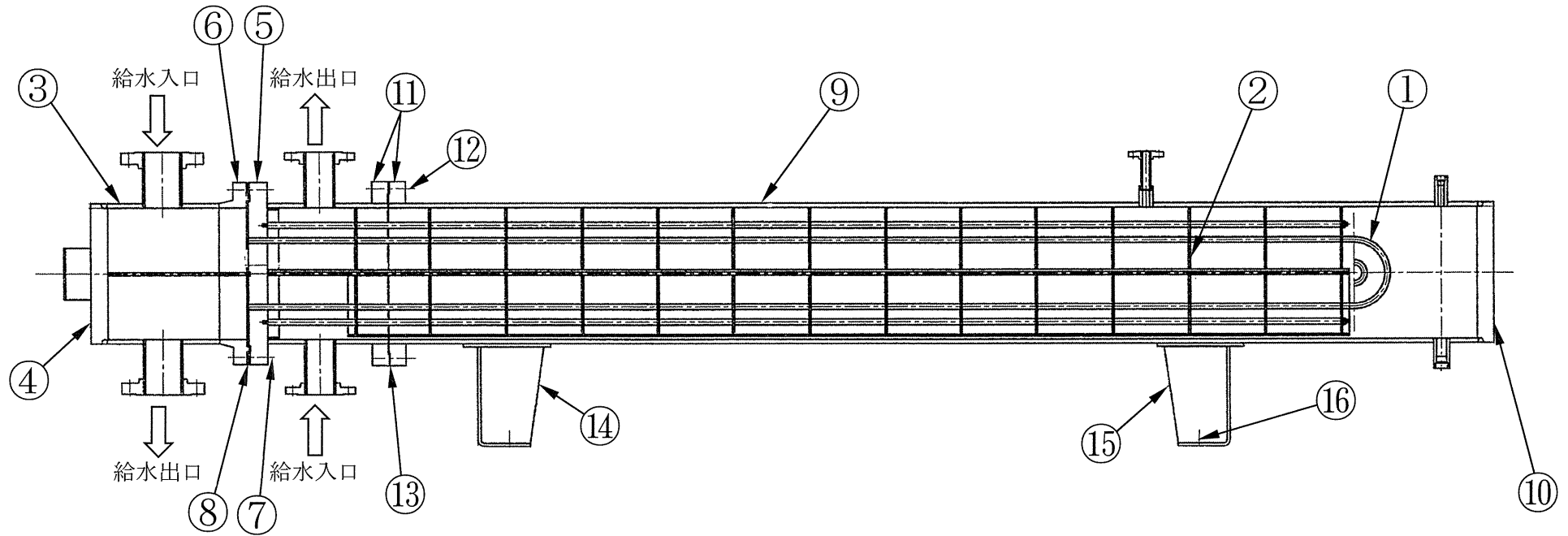
一次側耐圧構成品には炭素鋼を使用しており凝縮された給水に接液している。

二次側耐圧構成品には炭素鋼を使用しており、スチームコンバータ本体への給水に接液している。

玄海3号炉のスチームコンバータドレンクーラの構造図を図2.2-2に示す。

(2) 材料及び使用条件

玄海3号炉のスチームコンバータドレンクーラの使用材料及び使用条件を表2.2-3及び表2.2-4に示す。



No.	部 位	No.	部 位
①	冷 却 管	⑨	胴 板
②	邪 魔 板	⑩	胴 蓋
③	水室胴板	⑪	胴フランジ
④	水 室 蓋	⑫	胴フランジボルト
⑤	管 板	⑬	ガスケット
⑥	水室フランジ	⑭	支 持 脚
⑦	水室フランジボルト	⑮	支持脚 (スライド脚)
⑧	ガスケット	⑯	基礎ボルト

図2.2-2 玄海3号炉 スチームコンバータドレンクーラ構造図

表2.2-3 玄海3号炉 スチームコンバータドレンクーラ主要部位の使用材料

部 位		材 料
熱交換伝熱構成品	冷 却 管	ステンレス鋼
流路構成品	邪 魔 板	炭 素 鋼
一次側耐圧構成品	水室胴板	炭 素 鋼
	水 室 蓋	炭 素 鋼
	管 板	炭素鋼 (ステンレス鋼肉盛)
	水室フランジ	炭 素 鋼
	水室フランジボルト	低合金鋼
	ガスケット	消耗品・定期取替品
二次側耐圧構成品	胴 板	炭 素 鋼
	胴 蓋	炭 素 鋼
	胴フランジ	炭 素 鋼
	胴フランジボルト	低合金鋼
	ガスケット	消耗品・定期取替品
支持構造物組立品	支 持 脚	炭 素 鋼
	支持脚 (スライド脚)	炭 素 鋼
	基礎ボルト	炭 素 鋼

表2.2-4 玄海3号炉 スチームコンバータドレンクーラの使用条件

最高使用圧力	(一次側) 約3.1MPa [gage]	(二次側) 約1.8MPa [gage]
最高使用温度	(一次側) 約240℃	(二次側) 約185℃
内 部 流 体	(一次側) 給 水	(二次側) 給 水

2.2.3 スチームコンバータ給水ポンプ

(1) 構造

玄海3号炉のスチームコンバータ給水ポンプは、横置多段うず巻式のポンプである。

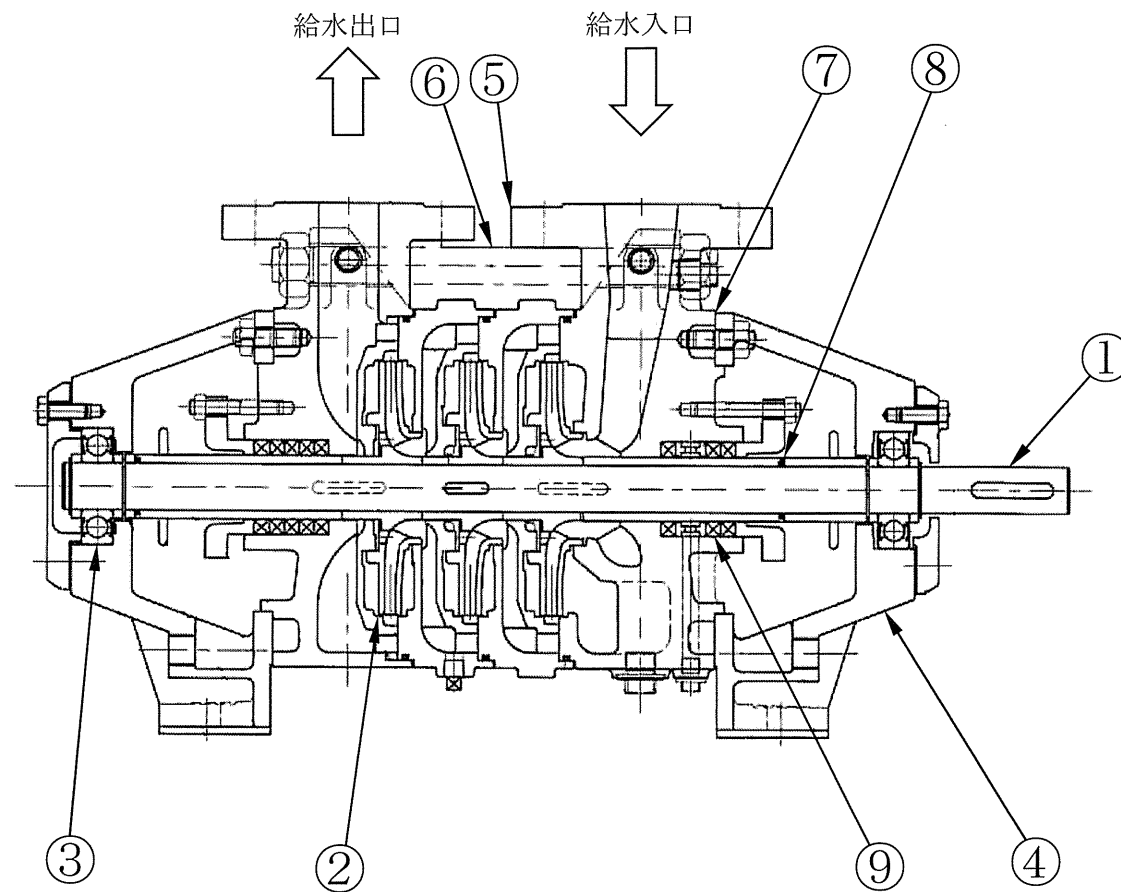
羽根車には銅合金を使用しており、給水に接液している。

軸封部には、給水の漏れを防止するためグランドパッキンを使用している。

玄海3号炉のスチームコンバータ給水ポンプの構造図を図2.2-3に示す。

(2) 材料及び使用条件

玄海3号炉のスチームコンバータ給水ポンプの使用材料及び使用条件を表2.2-5及び表2.2-6に示す。



No.	部 位
①	主 軸
②	羽 根 車
③	軸 受 (ころがり)
④	軸 受 箱
⑤	ケーシング
⑥	ケーシングボルト
⑦	ガスケット
⑧	Oリング
⑨	グランドパッキン

図2.2-3(1/2) 玄海3号炉 スチームコンバータ給水ポンプ構造図

No.	部 位
⑩	台 板
⑪	取付ボルト
⑫	基礎ボルト

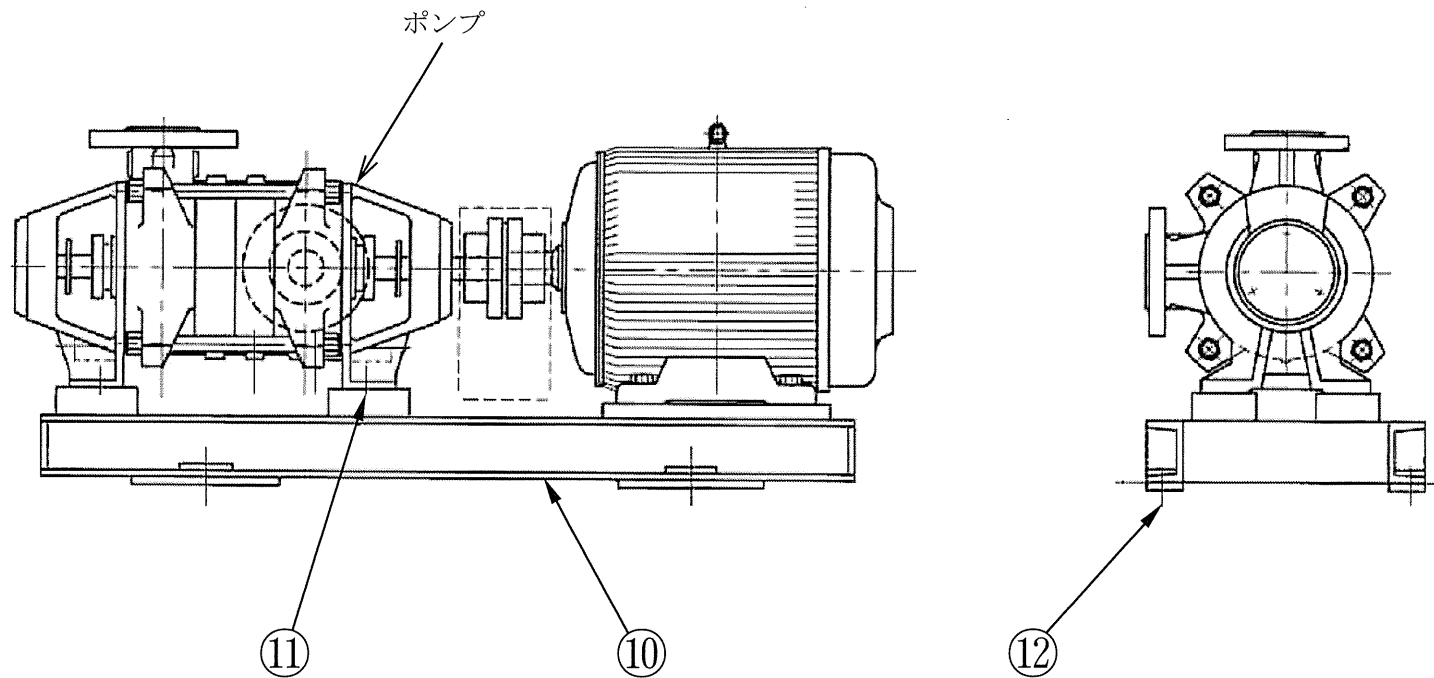


図2.2-3(2/2) 玄海3号炉 スチームコンバータ給水ポンプ構造図

表2.2-5 玄海3号炉 スチームコンバータ給水ポンプ主要部位の使用材料

部 位	材 料
主 軸	消耗品・定期取替品
羽 根 車	消耗品・定期取替品
軸受（ころがり）	消耗品・定期取替品
軸 受 箱	消耗品・定期取替品
ケーシング	消耗品・定期取替品
ケーシングボルト	消耗品・定期取替品
ガスケット	消耗品・定期取替品
Oリング	消耗品・定期取替品
グランドパッキン	消耗品・定期取替品
台 板	炭 素 鋼
取付ボルト	炭 素 鋼
基礎ボルト	炭 素 鋼

表2.2-6 玄海3号炉 スチームコンバータ給水ポンプの使用条件

最高使用圧力	約1.8MPa[gage]
最高使用温度	約100℃
内 部 流 体	給 水

2.2.4 スチームコンバータドレンタンク

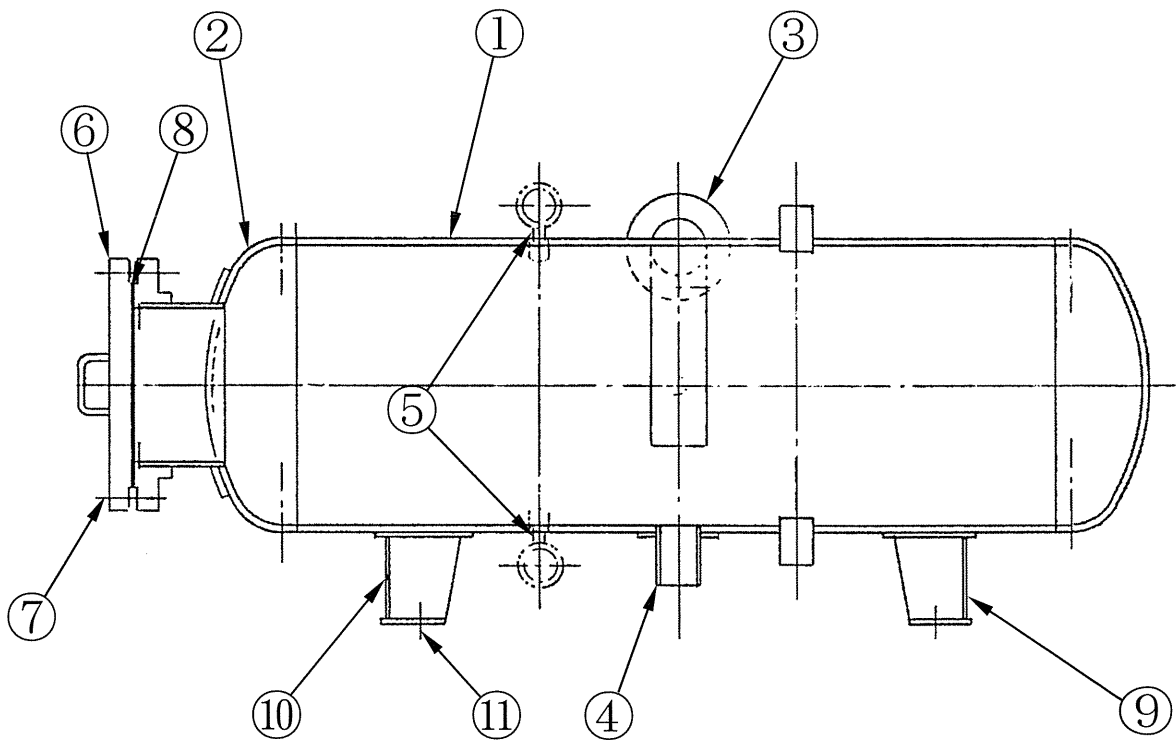
(1) 構造

玄海3号炉のスチームコンバータドレンタンクは、横置円筒形のタンクである。胴板、鏡板等には炭素鋼を使用しており、スチームコンバータ本体加熱蒸気が熱交換後凝縮された給水に接液している。

玄海3号炉のスチームコンバータドレンタンクの構造図を図2.2-4に示す。

(2) 材料及び使用条件

玄海3号炉のスチームコンバータドレンタンクの使用材料及び使用条件を表2.2-7及び表2.2-8に示す。



No.	部 位
①	胴 板
②	鏡 板
③	ドレン入口管台
④	ドレン出口管台
⑤	管 台
⑥	マンホール
⑦	マンホール用ボルト
⑧	ガスケット
⑨	支 持 脚
⑩	支持脚 (スライド脚)
⑪	基礎ボルト

図2.2-4 玄海3号炉 スチームコンバータドレンタンク構造図

表2.2-7 玄海3号炉 スチームコンバータドレンタンク主要部位の使用材料

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

表2.2-8 玄海3号炉 スチームコンバータドレンタンクの使用条件

最高使用圧力	約3.1MPa[gage]
最高使用温度	約240℃
内 部 流 体	給 水

2.2.5 スチームコンバータ給水タンク

(1) 構造

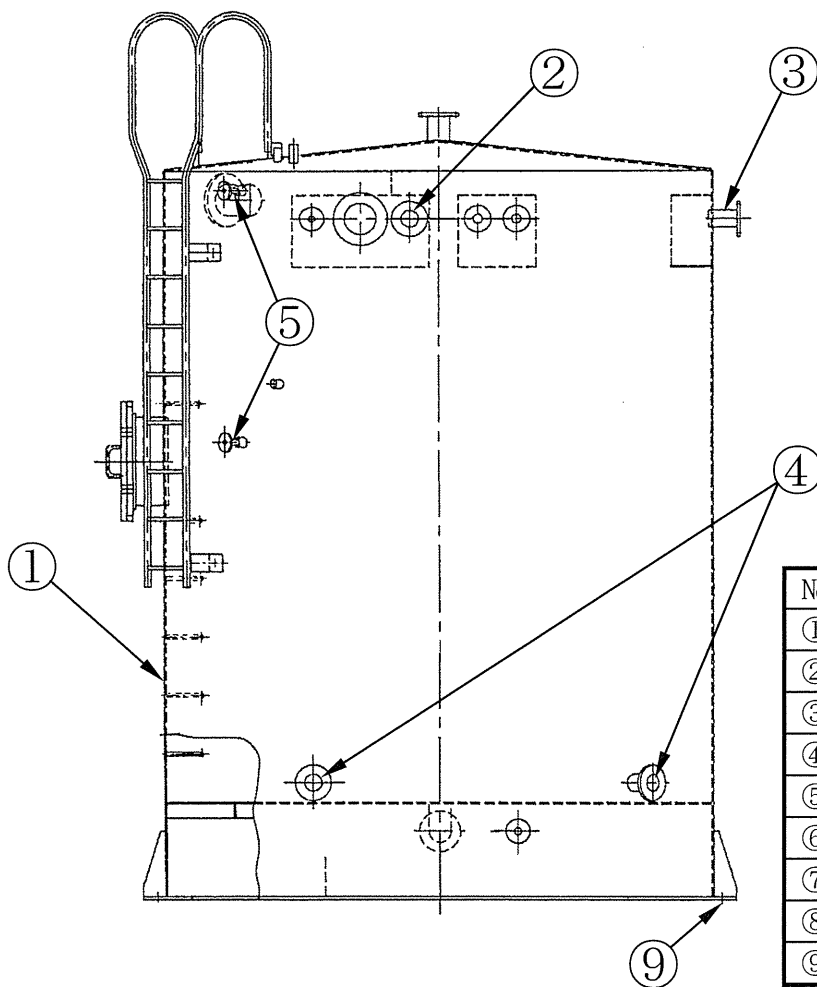
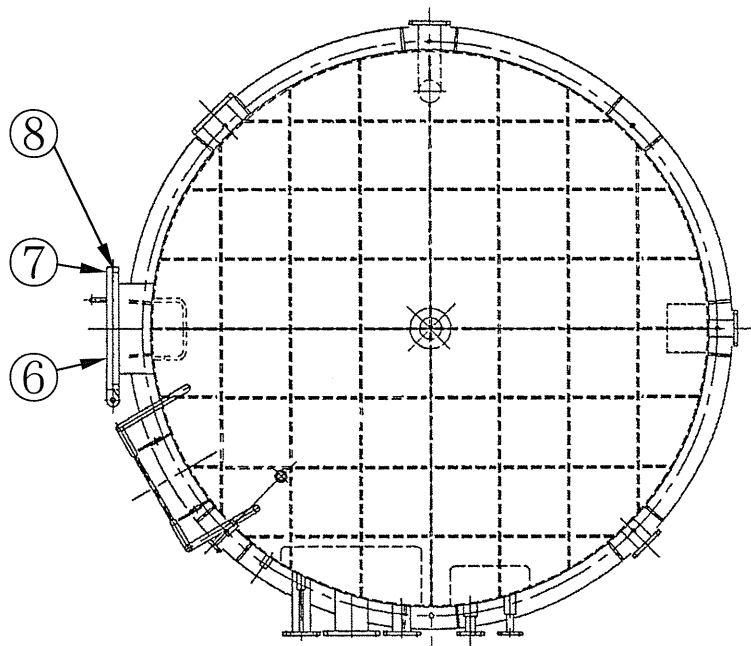
玄海3号炉のスチームコンバータ給水タンクは、大気開放円筒型タンクである。

タンクの胴板には炭素鋼を使用しており、給水に接液している。

玄海3号炉のスチームコンバータ給水タンクの構造図を図2.2-5に示す。

(2) 材料及び使用条件

玄海3号炉のスチームコンバータ給水タンクの使用材料及び使用条件を表2.2-9及び表2.2-10に示す。



No.	部 位
①	胴 板
②	補助蒸気復水入口管台
③	補給水入口管台
④	給水出口管台
⑤	計器用管台
⑥	マンホール
⑦	マンホール用ボルト
⑧	ガスケット
⑨	基礎ボルト

図2.2-5 玄海3号炉 スチームコンバータ給水タンク構造図

表2.2-9 玄海3号炉 スチームコンバータ給水タンク主要部位の使用材料

部 位	材 料
胴 板	炭 素 鋼
補助蒸気復水入口管台	炭 素 鋼
補給水入口管台	炭 素 鋼
給水出口管台	炭 素 鋼
計器用管台	炭 素 鋼
マンホール	炭 素 鋼
マンホール用ボルト	炭 素 鋼
ガスケット	消耗品・定期取替品
基礎ボルト	炭 素 鋼

表2.2-10 玄海3号炉 スチームコンバータ給水タンクの使用条件

最高使用圧力	大 気 圧
最高使用温度	約100℃
内 部 流 体	給 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

スチームコンバータの機能である蒸気発生機能を維持するためには、次の4つの項目が必要である。

- ① 伝熱性能の確保
- ② ポンプの容量－揚程確保
- ③ バウンダリの維持
- ④ 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

スチームコンバータについて、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の構造、材料、使用条件（水質、圧力、温度等）及び現在までの運転経験を考慮し、表2.3-1～表2.3-5に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象はない。

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2.3-1～表2.3-5で△となっているもの）については、想定される経年劣化事象であるが、

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

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

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

なお、日常劣化管理事象ではない事象はない。

(1) 加熱管及び冷却管の摩耗及び高サイクル疲労割れ

[スチームコンバータ本体、スチームコンバータドレンクーラ]

一次側及び二次側流体により加熱管及び冷却管に振動が発生した場合、管支持板部又は邪魔板部で加熱管及び冷却管に摩耗又は高サイクル疲労割れが想定される。

また、管外表面を流れる流体による振動で伝熱管の強度上想定される振動形態としては、カルマン渦による振動と流力弾性振動がある。

しかしながら、分解点検時の渦流探傷検査、漏えい試験又は目視確認により、機器の健全性を維持している。

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

(2) 加熱管及び冷却管内外面の腐食（流れ加速型腐食）

[スチームコンバータ本体、スチームコンバータドレンクーラ]

スチームコンバータ本体の加熱管内面及びスチームコンバータドレンクーラの冷却管内外面については、内部流体により流れ加速型腐食の発生が想定される。

しかしながら、耐流れ加速型腐食性に優れたステンレス鋼の加熱管及び冷却管を使用しており、流れ加速型腐食が発生する可能性は小さい。

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

なお、分解点検時の渦流探傷検査、漏えい試験又は目視確認により、機器の健全性を確認している。

(3) 加熱管及び冷却管の応力腐食割れ

[スチームコンバータ本体、スチームコンバータドレンクーラ]

加熱管及び冷却管はステンレス鋼を使用しており、応力腐食割れが想定される。

しかしながら、水質を適切に管理しているため、応力腐食割れが発生する可能性は小さい。

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

なお、分解点検時の渦流探傷検査、漏えい試験又は目視確認により、機器の健全性を確認している。

(4) 加熱管のスケール付着 [スチームコンバータ本体]

一次側及び二次側流体の不純物持ち込みによるスケール付着が発生し、伝熱性能に影響を及ぼすことが想定される。

しかしながら、熱交換器通水時（運転時）の流体温度、流量等のパラメータの監視やエアブローにて管内面の洗浄を定期的実施することで、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) 冷却管のスケール付着 [スチームコンバータドレンクーラ]

一次側及び二次側流体の不純物持ち込みによるスケール付着が発生し、伝熱性能に影響を及ぼすことが想定される。

しかしながら、一次側及び二次側流体は給水であり、飽和溶存酸素濃度の環境下であるが、濁度管理により適切な水質管理を行っており不純物の流入は抑制されていることから、スケール付着の可能性は小さい。

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

なお、熱交換器通水時（運転時）の流体温度、流量等のパラメータの監視やエアブローにて管内面の洗浄を定期的を実施することで、機器の健全性を確認している。

(6) 一次側、二次側の耐圧構成品等の腐食（流れ加速型腐食）

[スチームコンバータ本体、スチームコンバータドレンクーラ]

蒸気、給水及び2相流体を内包する発生蒸気室胴板等の炭素鋼使用部位には、流れ加速型腐食により減肉が想定される。

また、内部流体が給水及び高温、高速の流体の場合には、炭素鋼の耐圧構成品は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、一次側及び二次側耐圧構成品等の腐食については、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。

(7) 胴板等の外面からの腐食（全面腐食）

[スチームコンバータ本体、スチームコンバータドレンクーラ、スチームコンバータドレンタンク、スチームコンバータ給水タンク]

スチームコンバータの胴板等構成品は炭素鋼であり、外面からの腐食が想定される。

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

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

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

(8) 胴板等耐圧構成品の内面からの腐食（全面腐食）

[スチームコンバータドレンタンク、スチームコンバータ給水タンク]

胴板等耐圧構成品は炭素鋼であるため、長期使用により、内面からの腐食が想定される。

しかしながら、開放点検時の目視確認により、機器の健全性を維持している。

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

(9) フランジボルト等の腐食（全面腐食）

[スチームコンバータ本体、スチームコンバータドレンクーラ、スチームコンバータドレンタンク、スチームコンバータ給水タンク]

フランジボルト及びマンホール用ボルトは、炭素鋼及び低合金鋼であり、ガスケットからの漏えいにより、内部流体によるボルトの腐食が想定される。

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

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

なお、開放点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(10) 支持脚及び台板の腐食（全面腐食）

[スチームコンバータ本体、スチームコンバータドレンクーラ、スチームコンバータ給水ポンプ、スチームコンバータドレンタンク]

支持脚及び台板は炭素鋼であり、腐食が想定される。

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

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

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

(11) 支持脚（スライド脚）の腐食（全面腐食）

[スチームコンバータ本体、スチームコンバータドレンクーラ、スチームコンバータドレンタンク]

スチームコンバータ本体、スチームコンバータドレンクーラ及びスチームコンバータドレンタンクには、支持脚（スライド脚）が設置されているが、スライド部は炭素鋼であり長期使用により、腐食による固着が想定される。

しかしながら、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。

(12) 取付ボルトの腐食（全面腐食）〔スチームコンバータ給水ポンプ〕

取付ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

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

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

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

(13) 基礎ボルトの腐食（全面腐食）〔共通〕

基礎ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

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

2.3.4 消耗品及び定期取替品

軸受（ころがり）、ガスケット、Oリング、グランドパッキンは分解点検時に取り替えている消耗品であり、また、スチームコンバータ給水ポンプは、定期取替品であり、長期使用はせず取替えを前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

表2.3-1 玄海3号炉 スチームコンバータ本体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		
伝熱性能の確保	加 熱 管		ステンレス鋼	△*1	△*2	△*1	△			△*3	*1：摩耗・高サイクル疲労割れ *2：流れ加速型腐食 *3：スケール付着 *4：スライド部の腐食
	管支持板		炭素鋼		△*2						
バウンダリの維持	加熱蒸気室胴板・鏡板		炭素鋼		△*2(内面) △(外面)						
	管 板		炭素鋼 (ステンレス鋼肉盛)		△*2(内面) △(外面)						
	ガスケット	◎	—								
	発生蒸気室胴板・鏡板		炭素鋼		△*2(内面) △(外面)						
	分離室胴板・鏡板		炭素鋼		△*2(内面) △(外面)						
	脱気器胴板・鏡板		炭素鋼		△*2(内面) △(外面)						
	加熱蒸気室フランジ		炭素鋼		△*2(内面) △(外面)						
	発生蒸気室フランジ		炭素鋼		△*2(内面) △(外面)						
	フランジボルト		低合金鋼		△						
機器の支持	支 持 脚		炭素鋼		△						
	支持脚(スライド脚)		炭素鋼		△*4 △						
	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 玄海3号炉 スチームコンバータドレンクーラ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		
伝熱性能の確保	冷 却 管		ステンレス鋼	△ ^{*1}	△ ^{*2}	△ ^{*1}	△			△ ^{*3}	*1：摩耗・高サイクル疲労割れ *2：流れ加速型腐食 *3：スケール付着 *4：スライド部の腐食
	邪 魔 板		炭 素 鋼		△ ^{*2}						
バウンダリの維持	水室胴板		炭 素 鋼		△ ^{*2} (内面) △(外面)						*3：スケール付着 *4：スライド部の腐食
	水 室 蓋		炭 素 鋼		△ ^{*2} (内面) △(外面)						
	管 板		炭 素 鋼 (ステンレス鋼肉盛)		△ ^{*2} (内面) △(外面)						
	水室フランジ		炭 素 鋼		△ ^{*2} (内面) △(外面)						
	水室フランジボルト		低合金鋼		△						
	ガスケット	◎	—								
	胴 板		炭 素 鋼		△ ^{*2} (内面) △(外面)						
	胴 蓋		炭 素 鋼		△ ^{*2} (内面) △(外面)						
	胴フランジ		炭 素 鋼		△ ^{*2} (内面) △(外面)						
	胴フランジボルト		低合金鋼		△						
	ガスケット	◎	—								
	機器の支持	支 持 脚		炭 素 鋼		△					
支持脚(スライド脚)			炭 素 鋼		△ ^{*4} △						
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2.3-3 玄海3号炉 スチームコンバータ給水ポンプに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・ 定期 取 替 品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
				減 肉		割 れ		材質変化			その他
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣 化		
ポンプの容量 一揚程確保	主 軸	◎	—								
	羽 根 車	◎	—								
	軸受（ころがり）	◎	—								
	軸 受 箱	◎	—								
バウダリの維持	ケーシング	◎	—								
	ケーシングボルト	◎	—								
	ガスケット	◎	—								
	Oリング	◎	—								
	グランドパッキン	◎	—								
機器の支持	台 板		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）

表2.3-4 玄海3号炉 スチームコンバータドレンタンクに想定される経年劣化事象

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

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.3-5 玄海3号炉 スチームコンバータ給水タンクに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
				減 肉		割 れ		材質変化			その他
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣 化		
バウンダリの維持	胴 板		炭 素 鋼		△(内面) △(外面)						
	補助蒸気復水入口管台		炭 素 鋼		△(内面) △(外面)						
	補給水入口管台		炭 素 鋼		△(内面) △(外面)						
	給水出口管台		炭 素 鋼		△(内面) △(外面)						
	計器用管台		炭 素 鋼		△(内面) △(外面)						
	マンホール		炭 素 鋼		△(内面) △(外面)						
	マンホール用ボルト		炭 素 鋼		△						
	ガスケット	◎	—								
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）

1 0 水素濃度制御装置

[対象機器]

- ① 静的触媒式水素再結合装置
- ② 電気式水素燃焼装置

目 次

1. 対象機器及び代表機器の選定	1
1.1 グループ化の考え方及び結果	1
1.2 代表機器の選定	1
2. 代表機器の技術評価	3
2.1 構造、材料及び使用条件	3
2.2 経年劣化事象の抽出	6
3. 代表機器以外への展開	10
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象	10
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象	10

1. 対象機器及び代表機器の選定

玄海3号炉で使用されている水素濃度制御装置の主な仕様を表1-1に示す。

これらの水素濃度制御装置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及び結果

表1-1に示す水素濃度制御装置について、型式の観点から1つのグループにまとめられる。

1.2 代表機器の選定

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 玄海3号炉 水素濃度制御装置の主な仕様

分離基準	機器名称 (台数)	選 定 基 準			選 定	選定理由
		重要度*1	使 用 条 件			
型 式			運 転	最高使用温度 (°C)		
水素濃度制御装置	静的触媒式水素再結合装置 (5)	重*2	一 時	約500*3	◎	温 度
	電気式水素燃焼装置 (14)	重*2	一 時	約150		

*1：機能は最上位の機能を示す

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

*3：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濃度制御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、材料及び使用条件

2.1.1 静的触媒式水素再結合装置

(1) 構造

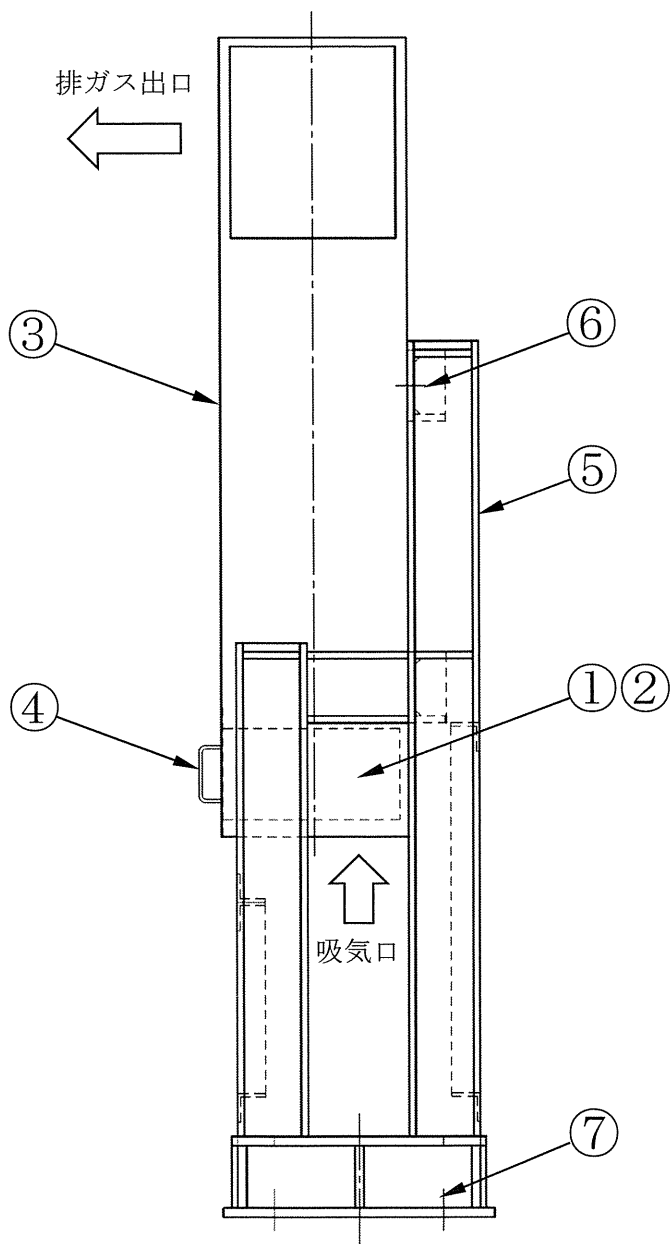
玄海3号炉の静的触媒式水素再結合装置は触媒式であり、触媒プレートには母材として高耐熱性ステンレス鋼、触媒として白金系金属を使用しており、原子炉格納容器内（5箇所）に設置されている。

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。

玄海3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) 材料及び使用条件

玄海3号炉の静的触媒式水素再結合装置の使用材料及び使用条件を表2.1-1及び表2.1-2に示す。



No.	部 位
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	支持架台
⑥	取付ボルト
⑦	基礎ボルト (ケミカルアンカ)

図2.1-1 玄海3号炉 静的触媒式水素再結合装置構造図

表2.1-1 玄海3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
支持架台	炭素鋼、ステンレス鋼
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、ビニルエステル樹脂

表2.1-2 玄海3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	約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処理機能を維持するためには、次の3つの項目が必要である。

- ① 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、材料及び現在までの運転経験を考慮し、表2.2-1に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象はない。

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

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

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

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

なお、日常劣化管理事象ではない事象はない。

(1) 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、触媒プレート（触媒）は、定期的な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) 支持架台の腐食（全面腐食）

支持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、塗装が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、定期的な目視確認により塗装の状態を確認し、はく離が認められた場合には必要に応じて補修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) 基礎ボルトの腐食（全面腐食）及び樹脂の劣化

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、機械設備の技術評価書のうち「基礎ボルト」にて評価を実施するものとし、本評価書には含めていない。

表2.2-1 玄海3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	応力腐蝕割れ	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	支持架台		炭 素 鋼 ステンレス鋼		△						
	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 変性ビニル エステル樹脂		△				△*2		

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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 電気式水素燃焼装置

3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

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

3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

3.2.1 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、絶縁低下の可能性は小さいと考える。

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

なお、定期的な絶縁抵抗測定により、機器の健全性を確認している。

3.2.2 ヒータエレメントの導通不良

ヒータエレメントはヒータ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、ヒータエレメントは、MgO絶縁の吸湿防止のため、セラミック絶縁と溶接でシールしており、外部の湿気がヒータエレメント内部に侵入しない構造としている。

また、ヒータエレメントの導通不良に対しては、定期的な抵抗測定により、機器の健全性を維持している。

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

3.2.3 端子台の絶縁低下

端子台の絶縁物は無機物であり、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難い。

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

なお、定期的な絶縁抵抗測定により、機器の健全性を確認している。

3.2.4 据付架台、ベースプレート及び取付ボルトの腐食（全面腐食）

据付架台、ベースプレート及び取付ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

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

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

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

3.2.5 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、機械設備の技術評価書のうち「基礎ボルト」にて評価を実施するものとし、本評価書には含めていない。

1 1 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、材料及び使用条件	2
2.2 経年劣化事象の抽出	21

1. はじめに

本章では、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条件、機器支持位置等についての詳細については、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、材料及び使用条件

玄海3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、型式ごとに各々対象とし、技術評価を実施する。

表2.1-1 玄海3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、低合金鋼及びステンレス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、炭素鋼及びステンレス鋼製のテーパボルトにより、炭素鋼及びステンレス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、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、低合金鋼及びステンレス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）で固定しているもので、主として小口径の配管、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、設置場所及びボルト型式を表2.1-5に示す。

No.	部 位
①	スタッドボルト

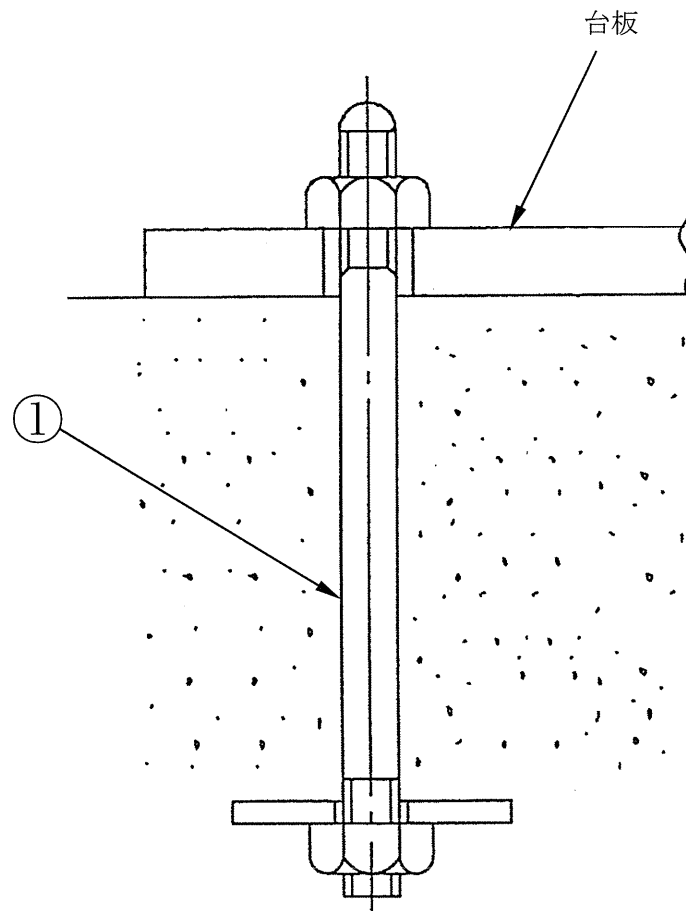


図2.1-1(1/2) 玄海3号炉 スタッドボルト構造図

No.	部 位
①	スタッドボルト

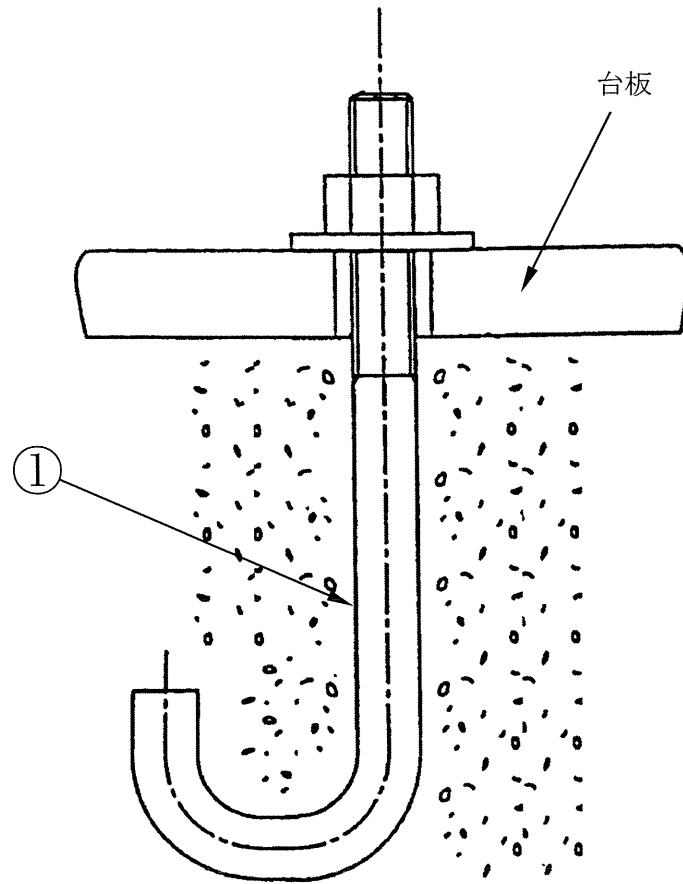


図 2.1-1(2/2) 玄海 3 号炉 スタッドボルト構造図 (先端曲げ加工の例)

表2.1-2 玄海3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 ステンレス鋼

No.	部 位
①	シールド
②	テーパボルト

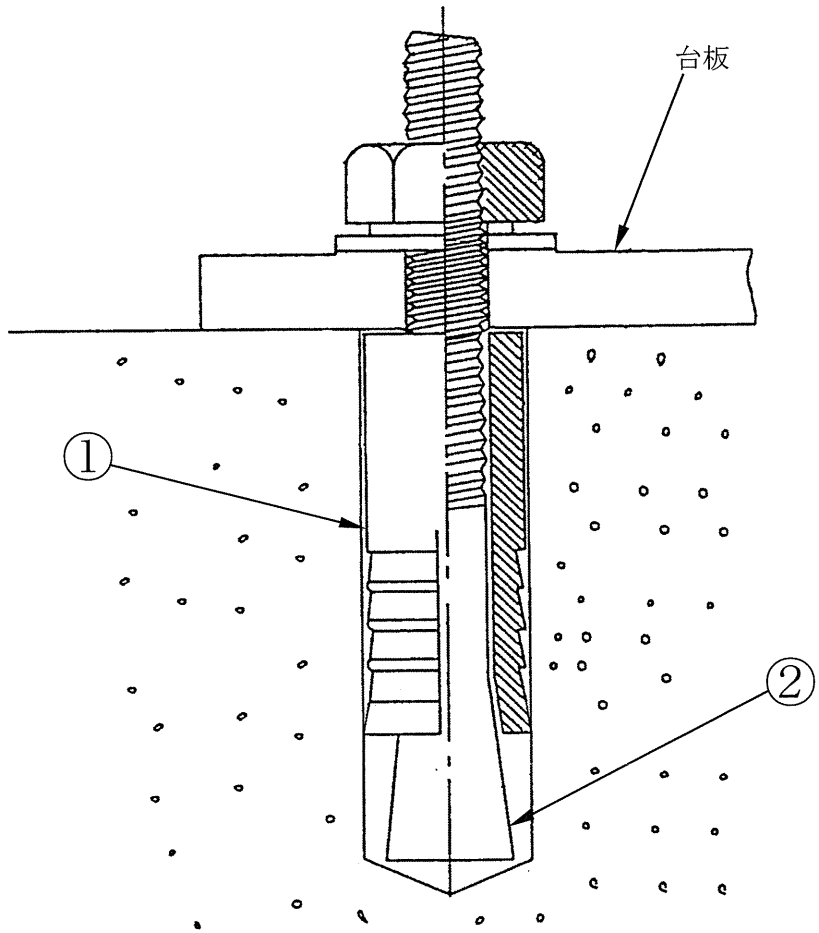


図2.1-2 玄海3号炉 メカニカルアンカ構造図

表2.1-3 玄海3号炉 メカニカルアンカの使用材料

部 位	材 料
シールド	炭 素 鋼 ステンレス鋼
テーパボルト	炭 素 鋼 ステンレス鋼

No.	部 位
①	樹 脂
②	アンカボルト

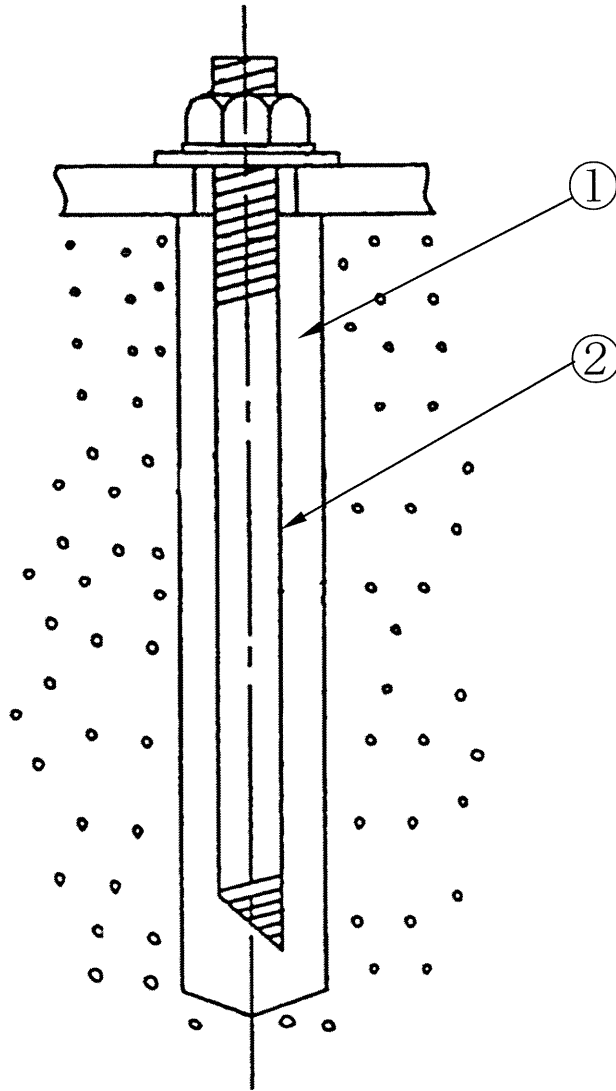


図2.1-3 玄海3号炉 ケミカルアンカ構造図

表2.1-4 玄海3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
アンカボルト	炭 素 鋼 低合金鋼 ステンレス鋼

表2.1-5(1/11) 玄海3号炉 基礎ボルト評価対象一覧

機 種	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	海水ポンプ		○	スタッドボルト
		充てんポンプ	○		スタッドボルト
		高圧注入ポンプ	○		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
		燃料取替用水ポンプ	○		スタッドボルト
		ほう酸ポンプ	○		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
		1次系補助蒸気復水ポンプ	○		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
		タービン動主給水ポンプ	○		スタッドボルト
		復水ブースタポンプ	○		スタッドボルト
		湿分離器ドレンポンプ	○		スタッドボルト
		常設電動注入ポンプ	○		ケミカルアンカ
		電動主給水ポンプ用給水ブースタポンプ	○		スタッドボルト
タービン動主給水ポンプ用給水ブースタポンプ	○		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		

表2.1-5(2/11) 玄海3号炉 基礎ボルト評価対象一覧

機 種	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	再生熱交換器	○		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
		封水冷却器	○		スタッドボルト
		余熱除去冷却器	○		スタッドボルト
		余剰抽出冷却器	○		スタッドボルト
		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
	2重管式熱交換器	廃ガス冷却器	○		スタッドボルト
ポンプ用電動機	高圧ポンプ用電動機	充てんポンプ用電動機	○		スタッドボルト

表2.1-5(3/11) 玄海3号炉 基礎ボルト評価対象一覧

機 種	区 分	機 器 名 称	設置場所		ボルト型式
			屋内	屋外	
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
		燃料取替用水タンク	○		スタッドボルト
		ガスサージタンク	○		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
		よう素除去薬品タンク	○		スタッドボルト
		復水タンク	○		スタッドボルト
		低圧給水加熱器ドレンタンク	○		スタッドボルト
		1次系補助蒸気復水タンク	○		スタッドボルト
	フィルタ	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
		ほう酸フィルタ	○		スタッドボルト
		格納容器再循環サンプスクリーン	○		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
		ホールドアップ塔	○		スタッドボルト
		除 湿 塔	○		スタッドボルト
		前 置 塔	○		スタッドボルト

表2.1-5(4/11) 玄海3号炉 基礎ボルト評価対象一覧

機種	区分		機器名称	設置場所		ボルト型式
				屋内	屋外	
配管	配管サポート		配管サポート	○		スタッドボルト メカニカルアンカ ケミカルアンカ
					○	メカニカルアンカ
弁	バタフライ弁 (補助蒸気系統)		F W P T 排気弁	○		スタッドボルト
	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
			電線管	○	○	メカニカルアンカ
	ケーブル接続部		気密端子箱接続	○		メカニカルアンカ
電気設備	配電設備	メタルクラッド 開閉装置	代替電源接続盤 1		○	ケミカルアンカ
			代替電源接続盤 2	○		ケミカルアンカ
		動力変圧器	重大事故等対処用変圧器盤	○		ケミカルアンカ
		コントロールセン タ	常設電動注入ポンプ電源切 替盤	○		メカニカルアンカ
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
	タービン動主給水ポンプ駆 動タービン		タービン動主給水ポンプ駆 動タービン	○		スタッドボルト
	タービン動補助給水ポンプ タービン		タービン動補助給水ポンプ タービン	○		スタッドボルト
	調速装置・保安装置		高圧油供給ユニット	○		スタッドボルト
E H アキュムレータタンク			○		スタッドボルト	

表2.1-5(5/11) 玄海3号炉 基礎ボルト評価対象一覧

機 種	区 分		機 器 名 称	設置場所		ボルト型式
				屋内	屋外	
計測制御設備	プロセス計測制御設備		プロセス計測制御設備	○		スタッドボルト メカニカルアンカ ケミカルアンカ
					○	メカニカルアンカ
	制御設備	保護・シーケンス盤	原子炉安全保護計装盤	○		スタッドボルト
			原子炉安全保護シーケンス盤	○		スタッドボルト
			多様化自動作動設備	○		スタッドボルト
		監視・操作盤	中央制御室外原子炉停止盤	○		スタッドボルト
			使用済燃料ピット状態監視カメラ	○		メカニカルアンカ ケミカルアンカ
			重大事故等対処用制御盤	○		メカニカルアンカ
			統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備	○		ケミカルアンカ
			緊急時運転パラメータ伝送システム (SPDS)	○		ケミカルアンカ
			衛星携帯電話設備	○		メカニカルアンカ ケミカルアンカ
			津波監視カメラ	○	○	ケミカルアンカ
	制 御 盤	ディーゼル発電機制御盤	○		スタッドボルト	
		制御用空気圧縮機制御盤	○		スタッドボルト	
		タービン動補助給水ポンプ盤	○		スタッドボルト	

表2.1-5(6/11) 玄海3号炉 基礎ボルト評価対象一覧

機 種	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	中央制御室空調ファン	○		スタッドボルト
		安全補機開閉器室空調ファン	○		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
		安全補機室空気浄化ファン	○		スタッドボルト
		中間補機棟空調ファン	○		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
		安全補機室冷却ファン	○		スタッドボルト
		中央制御室循環ファン	○		スタッドボルト
		ほう酸ポンプ室空調ファン	○		スタッドボルト
	空調ユニット	中央制御室空調ユニット	○		スタッドボルト
		安全補機開閉器室空調ユニット	○		スタッドボルト
		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
		安全補機室空気浄化フィルタユニット	○		スタッドボルト
		格納容器減圧排気フィルタユニット	○		スタッドボルト
	冷水設備	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

表2.1-5(7/11) 玄海3号炉 基礎ボルト評価対象一覧

機 種	区 分	機 器 名 称	設置場所		ボルト型式
			屋内	屋外	
空調設備	ダクト	排気筒		○	スタッドボルト メカニカルアンカ ケミカルアンカ
		代替緊急時対策所換気系ダクト	○	○	ケミカルアンカ
		格納容器給・排気系ダクト	○		メカニカルアンカ
		アニュラス空気浄化系ダクト	○		メカニカルアンカ
		中央制御室空調系ダクト	○		メカニカルアンカ
		中央制御室非常用循環系ダクト	○		メカニカルアンカ
		安全補機開閉器室空調系ダクト	○		メカニカルアンカ
		補助建屋給・排気系ダクト	○		メカニカルアンカ ケミカルアンカ
		安全補機室給・排気系ダクト	○		メカニカルアンカ ケミカルアンカ
		中間補機棟空調系ダクト	○		メカニカルアンカ
ほう酸ポンプ室空調系ダクト	○		メカニカルアンカ		

表2.1-5(8/11) 玄海3号炉 基礎ボルト評価対象一覧

機 種	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
		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	制御用空気圧縮機	○		スタッドボルト
		制御用空気圧縮機用電動機	○		スタッドボルト
		制御用空気圧縮機アフタークーラ	○		スタッドボルト
		制御用空気ドレンセパレータ	○		スタッドボルト
		制御用空気だめ	○		スタッドボルト
		制御用空気除湿装置除湿塔	○		スタッドボルト
	格納容器雰囲気ガス サンプリング圧縮装置	格納容器雰囲気ガスサンプル冷却器	○		メカニカルアンカ
		格納容器雰囲気ガスサンプル湿分分離器	○		スタッドボルト
	燃料取扱設備 (クレーン関係)	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
	燃料移送装置	ピット側制御盤	○		スタッドボルト
		原子炉側制御盤	○		スタッドボルト
	濃縮減容設備	廃液蒸発装置	○		スタッドボルト
		ほう酸回収装置	○		スタッドボルト

表2.1-5(9/11) 玄海3号炉 基礎ボルト評価対象一覧

機 種	区 分	機 器 名 称	設置場所		ボルト型式
			屋内	屋外	
機械設備	セメント固化装置	濃縮装置循環ポンプ	○		スタッドボルト
		濃縮装置蒸発缶	○		スタッドボルト
		濃縮液タンク	○		スタッドボルト
		予備濃縮液タンク	○		スタッドボルト
	焼却減容設備	高温焼却炉	○		スタッドボルト
	スチームコンバータ	スチームコンバータ本体	○		スタッドボルト
		スチームコンバータドレンクーラ	○		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
		スチームコンバータドレンタンク	○		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
	水素濃度制御装置	静的触媒式水素再結合装置	○		ケミカルアンカ
		電気式水素燃焼装置	○		メカニカルアンカ

表2.1-5(10/11) 玄海3号炉 基礎ボルト評価対象一覧

機 種	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
	非常用ディーゼル発電機機関本体		非常用ディーゼル発電機機関本体	○		スタッドボルト
	非常用ディーゼル発電機機関本体付属設備	ポンプ	温水循環ポンプ	○		スタッドボルト
			燃料弁冷却水ポンプ	○		スタッドボルト
			潤滑油プライミングポンプ	○		スタッドボルト
			燃料油移送ポンプ	○		スタッドボルト
			空気圧縮機	○		スタッドボルト
		熱交換器	清水冷却器	○		スタッドボルト
			燃料弁冷却水冷却器	○		スタッドボルト
			潤滑油冷却器	○		スタッドボルト
			清水加熱器	○		スタッドボルト
		容 器	シリンダ冷却水タンク	○		スタッドボルト
	燃料弁冷却水タンク		○		スタッドボルト	
	潤滑油タンク		○		スタッドボルト	
	燃料油サービスタンク		○		スタッドボルト	
	空気だめ		○		スタッドボルト	
	燃料油貯油そう			○	スタッドボルト	
	燃料油貯蔵タンク			○	スタッドボルト	
	潤滑油主こし器		○		スタッドボルト	
	燃料油第1こし器		○		スタッドボルト	
燃料油第2こし器	○			スタッドボルト		

表2.1-5(11/11) 玄海3号炉 基礎ボルト評価対象一覧

機 種	区 分	機 器 名 称	設置場所		ボルト型式	
			屋内	屋外		
電源設備	直流電源設備	蓄電池（安全防護系用）	○		スタッドボルト	
		蓄電池（重大事故等対処用）	○		ケミカルアンカ	
		蓄電池（3系統目）	○		スタッドボルト	
		充電器盤 （3系統目蓄電池用）	○		スタッドボルト	
	計器用電源設備	無停電電源	計装電源盤	○		スタッドボルト
			計装電源盤 （3系統目蓄電池用）	○		スタッドボルト
		計器用分電盤	計装用電源切替盤	○		メカニカルアンカ
			通信・照明分電盤 （100V）	○		メカニカルアンカ
			PC・コンセント分電盤 （100V）	○		メカニカルアンカ
			動力分電盤（200V）	○		メカニカルアンカ
	大容量空冷式発電機	大容量空冷式発電機用燃料タンク		○	スタッドボルト	
大容量空冷式発電機用給油ポンプ			○	スタッドボルト		

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及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、材料及び現在までの運転経験を考慮し、表2.2-1～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はない。

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

以下の事象（表2.2-1～表2.2-3で△又は▲となっているもの）については、想定される経年劣化事象であるが、

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

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

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

(1) 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又は低合金鋼を使用しており、腐食が想定される。

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

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

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

(2) 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又は低合金鋼であり、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。

(3) 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、炭素鋼又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、シールド及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。

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 [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中性化が進行した場合には腐食環境となる。

しかしながら、中性化に至るには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。

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]

プラント起動・停止時等の熱応力等により、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「コンクリート及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。

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。

(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及びアンカボルトの接着力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、接着力が低下し、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 玄海3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	応力腐蝕割れ	熱時効	劣 化		
機器の支持	スタッドボルト		炭素鋼 低合金鋼 ステンレス鋼		△ ^{*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（屋内基礎ボルト塗装なし部） *3：大気接触部（屋外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2.2-2 玄海3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	シールド		炭素鋼 ステンレス鋼		△*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（屋内基礎ボルト塗装なし部） *3：大気接触部（屋外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
	テーパボルト		炭素鋼 ステンレス鋼		△*1 △*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2.2-3 玄海3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						▲		*1：大気接触部（基礎ボルト塗装あり部） *2：大気接触部（屋内基礎ボルト塗装なし部）
	アンカボルト		炭 素 鋼 低合金鋼 ステンレス鋼		△*1 △*2 △*3 ▲*4	▲				▲*5	*3：大気接触部（屋外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）

玄海原子力発電所 3 号炉

電源設備の技術評価書

[運転を断続的に行うことを前提とした評価]

九州電力株式会社

玄海3号炉の電源設備のうち、評価対象機器である安全重要度分類審査指針におけるクラス1、2の機器、高温・高圧の環境下にあるクラス3の機器及び常設重大事故等対処設備に属する機器を機種、機能等でグループ化し、同一グループ内の複数の機器の存在を考慮して、重要度、温度等の観点から代表機器を選定した。

これらの一覧を表1に、機能を表2に示す。

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

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

本評価書では電源設備の目的・機能を基に、以下の機器に分類している。

1. 非常用ディーゼル発電設備
 - 1.1 ディーゼル発電機
 - 1.2 非常用ディーゼル発電機機関本体
 - 1.3 非常用ディーゼル発電機機関本体付属設備
2. 直流電源設備
3. 計器用電源設備
 - 3.1 無停電電源
 - 3.2 計器用分電盤
4. 制御棒駆動装置用電源設備
5. 大容量空冷式発電機

なお、非常用ディーゼル発電機機関本体付属設備の弁に分類されるもののうち、「弁の技術評価書」の一般弁（本体）に分類可能な弁については、「弁の技術評価書」にて評価を実施するものとする。また、非常用ディーゼル発電機機関本体付属設備の配管に分類されるもののうち、配管サポートについては「配管の技術評価書」にて評価を実施するものとし、いずれも本評価書には含まれていない。

表 1 (1/12) 玄海 3 号炉 主要な電源設備 ディーゼル発電機

機 器 名 称 (台 数)	仕 様 (定格出力×定格回転数) (kVA×rpm)	重要度*1	使 用 条 件		
			運 転	定格電圧 (V)	周囲温度 (°C)
ディーゼル発電機 (2)	8,875×450	MS-1、重*2	一 時	6,900	約40

*1：機能は最上位の機能を示す

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

表 1 (2/12) 玄海 3 号炉 主要な電源設備 非常用ディーゼル発電機機関本体

機 器 名 称 (台 数)	仕 様 (出力×回転数) (kW×rpm)	重要度*1	使 用 条 件		
			運 転	最大燃焼ガス圧力 (定格出力時) (MPa[gage])	周囲温度 (°C)
非常用ディーゼル発電機機関本体 (2)	7,100×450	MS-1、重*2	一 時	約12.6	約40

*1：機能は最上位の機能を示す

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

表 1 (3/12) 玄海 3 号炉 主要な電源設備 非常用ディーゼル発電機機関本体付属設備ポンプ

分離基準			機器名称 (台数)	選定基準				選定	選定理由
型式	内部流体	材料		重要度*3	使用条件				
					運転	最高使用圧力 (MPa[gage])	最高使用温度 (℃)		
横置渦巻	純水	炭素鋼鋳鋼*1	温水循環ポンプ (2)	MS-1	連続 (機関運転時停止)	約0.49	約90	◎	温度
		炭素鋼鋳鋼*1	燃料弁冷却水ポンプ (2)	MS-1	一時 (機関運転時運転)	約0.49	約65		
横置歯車	潤滑油	炭素鋼鋳鋼*2	潤滑油プライミングポンプ (2)	MS-1	連続 (機関運転時停止)	約0.69	約85	◎	
	燃料油	炭素鋼鋳鋼*2	燃料油移送ポンプ (2)	MS-1、重*5	一時 (タンク補給時運転)	約0.54	約50	◎	
往復式	空気	鋳鉄	空気圧縮機 (2)	高*4	一時 (空気だめ補給時運転)	約 3.2	約50	◎	

*1：ケーシングは炭素鋼鋳鋼、主軸はステンレス鋼、羽根車は銅合金鋳物

*2：ケーシングは炭素鋼鋳鋼、主軸及び駆動歯車は炭素鋼

*3：機能は最上位の機能を示す

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

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

表 1 (4/12) 玄海 3 号炉 主要な電源設備 非常用ディーゼル発電機機関本体付属設備熱交換器

分離基準					機器名称 (台数)	選定基準				選定	選定理由
型式	内部流体 (管側/胴側)	材 料				重要度*1	使用条件 (管側/胴側)				
		胴 板	水 室	伝 熱 管			運 転	最高使用圧力 (MPa[gage])	最高使用温度 (°C)		
直管式	海水/純水	炭素鋼	炭素鋼 (ライニング)	チタン	清水冷却器 (2)	MS-1	一時*2	約0.69/約0.49	約50/約90	◎	温度
					燃料弁冷却水冷却器 (2)	MS-1	一時*2	約0.69/約0.49	約50/約65		
	海水/潤滑油	炭素鋼	炭素鋼 (ライニング)	チタン	潤滑油冷却器 (2)	MS-1	一時*2	約0.69/約0.78	約50/約85	◎	
電熱式	— /純水	炭素鋼	—	—	清水加熱器 (4)	MS-1	連続	— /約0.49	— /約90	◎	

*1：機能は最上位の機能を示す

*2：機関運転時にのみ運転。ただし、管側（海水）は常時通水

表 1 (5/12) 玄海 3 号炉 主要な電源設備 非常用ディーゼル発電機機関本体付属設備容器

分離基準				機器名称 (台数)	選定基準			選定	選定理由	
					重要度*1	使用条件				
分類	設置場所 型式	内部流体	材 料			最高使用圧力 (MPa[gage])	最高使用温度 (℃)			
タンク	屋内・ 角形、 たて置円筒形	純 水	炭 素 鋼	シリンダ冷却水タンク (2)	MS-1	大 気 圧	約90	◎	温度	
				燃料弁冷却水タンク (2)	MS-1	大 気 圧	約65			
		潤 滑 油	炭 素 鋼	潤滑油タンク (2)	MS-1	大 気 圧	約85	◎		
		燃 料 油	炭 素 鋼	燃料油サービスタンク (2)	MS-1、重*2	大 気 圧	約50	◎		
		空 気	炭 素 鋼	空気だめ (4)	MS-1、重*2	約 3.2	約90	◎		
	屋外・ 横置円筒形	燃 料 油	炭 素 鋼	燃料油貯油そう (2)	MS-1、重*2	大 気 圧	約40	◎	使用状況	
				燃料油貯蔵タンク (2)	MS-1、重*2	大 気 圧	約40			
	フィルタ	屋内・ たて置円筒形	潤 滑 油	炭素鋼鋳鋼	潤滑油主こし器 (2)	MS-1	約0.78	約85	◎	
			燃 料 油	炭素鋼鋳鋼	燃料油第 1 こし器 (2)	MS-1、重*2	約0.59	約50	◎	通常運転圧力
燃料油第 2 こし器 (2)					MS-1、重*2	約0.59	約50			

*1：機能は最上位の機能を示す

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

表 1 (6/12) 玄海 3 号炉 主要な電源設備 非常用ディーゼル発電機機関本体付属設備配管

分離基準			機器名称	選定基準			選定	選定理由
				重要度*1	使用条件			
設置場所	内部流体	材 料			最高使用圧力 (MPa[gage])	最高使用温度 (°C)		
屋内	純 水	炭 素 鋼	シリンダ冷却水系統配管	MS-1	約0.49	約 90	◎	温度 (通常 運転)
			シリンダウォーミング水系統配管	MS-1	約0.49	約 90		
			燃料弁冷却水系統配管	MS-1	約0.49	約 65		
	海 水	炭 素 鋼 (ライニング)	海水系統配管	MS-1	約0.69	約 50	◎	
	潤 滑 油	炭 素 鋼	潤滑油系統配管	MS-1	約0.78	約 85	◎	
	空 気	ステンレス鋼	始動空気系統配管	MS-1	約 3.2	約 90	◎	
屋内・屋外	燃 料 油	炭 素 鋼 ステンレス鋼	燃料油系統配管	MS-1、重*2	約0.59	約 50	◎	

*1：機能は最上位の機能を示す

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

表 1 (7/12) 玄海 3 号炉 主要な電源設備 非常用ディーゼル発電機機関本体付属設備弁

分 離 基 準			機 器 名 称 (台 数)	口 径 (B)	選 定 基 準			選定	選定理由
					重要度*1	使 用 条 件			
設置場所	内部流体	材 料				最高使用圧力 (MPa[gage])	最高使用温度 (°C)		
屋 内	純 水	炭素鋼鋳鋼	シリンダ冷却水温度調整弁 (2)	8	MS-1	約0.49	約90	◎	口径
			燃料弁冷却水温度調整弁 (2)	1・1/2	MS-1	約0.49	約65		
	潤 滑 油	炭素鋼鋳鋼	潤滑油温度調整弁 (2)	8	MS-1	約0.78	約85	◎	
	空 気	炭 素 鋼	主始動弁 (4)	2	MS-1	約 3.2	約50	◎	

*1：機能は最上位の機能を示す

表 1 (8/12) 玄海 3 号炉 主要な電源設備 直流電源設備

分離基準			機器名称 (台(群)数)	仕様	選定基準			選定	選定理由			
					重要度*1	使用条件						
電圧区分	型式	設置場所				運 転	定格電圧 (V)	周囲温度 (℃)				
低 圧	蓄電池	屋 内	蓄電池 (安全防護系用) (2)	C S 形、60セル 1,600Ah(10時間率)	MS-1、重*2	連 続	129	約35	◎	重要度		
			蓄電池 (重大事故等対処用) (2)	C S 形、60セル 2,400Ah(10時間率)	重*2	連 続	129	約40				
			蓄電池 (3系統目) (1)	S N S 形、62セル 3,000Ah(10時間率)	重*2	連 続	138	約40				
			盤		ドロツパ盤 (2)	電圧変動範囲 129~144V	MS-1	連 続	125	約35	◎	重要度、主要 構成機器
				直流コントロールセンタ (2)	定格電圧 125V 母線定格電流 600A	MS-1	連 続	125	約35			
				直流分電盤 (安全系) (2)	定格電圧 125V 母線定格電流 250A	MS-1	連 続	125	約24			
				重大事故等対処用直流コントロールセンタ (1)	定格電圧 125V 母線定格電流 800A	重*2	一 時	125	約40			
				充電器盤 (3系統目蓄電池用) (1)	浮動充電電圧 138V 定格電流 400A	重*2	連 続	138	約40			
		蓄電池 (3系統目) 切替盤 (1)	定格電流 400A	重*2	一 時	125	約35					

*1: 機能は最上位の機能を示す

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

表 1 (9/12) 玄海 3 号炉 主要な電源設備 無停電電源

分離基準		機器名称 (台数)	仕様 (定格出力) (kVA)	選定基準			選定	選定理由	
				重要度*1	使用条件				
電圧区分	設置場所				運 転	定格電圧 (V)	周囲温度 (℃)		
低 圧	屋 内	計装電源盤 (4)	15	MS-1	連 続	115	約35	◎	重要度
		計装電源盤 (3 系統目蓄電池用) (1)	10	重*2	連 続	115	約40		

*1：機能は最上位の機能を示す

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

表 1 (10/12) 玄海 3 号炉 主要な電源設備 計器用分電盤

分離基準		機器名称 (台数)	選定基準					選定	選定理由
			仕様	重要度*1	使用条件				
電圧区分	設置場所					運転	定格電圧 (V)	周囲温度 (°C)	
低 圧	屋 内	計装分電盤 (8)	屋内壁掛形 定格電流 250A	MS-1	連 続	115	約35	◎	重要度、定格 電流、台数
		現場計装分電盤 (4)	屋内壁掛形 定格電流 10A	MS-1	連 続	115	約35		
		計装電源切替盤 (4)	屋内壁掛形 定格電流 100A	MS-1	連 続	115	約35		
		計装後備分電盤 (4)	屋内壁掛形 定格電流 250A	MS-1	連 続	115	約35		
		計装用電源切替盤 (2)	屋内壁掛形 定格電流 75A	重*2	連 続	440	約35		
		P C ・ コンセント分電盤 (100V) (1)	屋内壁掛形 定格電流 600A	重*2	連 続	105	約24		
		動力分電盤 (200V) (1)	屋内壁掛形 定格電流 600A	重*2	連 続	220	約24		
		通信 ・ 照明分電盤 (100V) (1)	屋内壁掛形 定格電流 250A	重*2	連 続	105	約24		

*1：機能は最上位の機能を示す

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

表 1 (11/12) 玄海 3 号炉 主要な電源設備 制御棒駆動装置用電源設備

機器名称 (台数)	仕様	重要度*1	使用条件			内蔵遮断器		
			運転	定格電圧 (V)	周囲温度 (°C)	投入方式	定格電流 (A) (最大)	遮断電流 (kA)
原子炉トリップ遮断器盤 (1)	気中遮断器内蔵 低圧閉鎖形 母線定格電流 1,000A	MS-1、重*2	連続	460	約35	ばね	1,600	50

*1：機能は最上位の機能を示す

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

表 1 (12/12) 玄海 3 号炉 主要な電源設備 大容量空冷式発電機

機 器 名 称 (台 数)	仕 様 (定格出力×定格回転数) (kVA×rpm)	重要度*1	使 用 条 件		
			運 転	定格電圧 (V)	周囲温度 (°C)
大容量空冷式発電機 (1)	4,000×1,800	重*2	一 時	6,600	約40

*1：機能は最上位の機能を示す

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

表2 玄海3号炉 主要な電源設備の機能

機 器 名 称	機 能
ディーゼル発電機	非常用電源母線電圧が喪失した場合、又は非常用炉心冷却設備が作動した場合に自動起動し、非常用機器設備への電源供給を行うことを目的とする発電機。
非常用ディーゼル発電機 機関本体	非常用電源母線電圧が喪失した場合、又は非常用炉心冷却設備が作動した場合に自動起動し、非常用機器設備への電源供給を行うことを目的とする発電機の動力源となる内燃機関。
非常用ディーゼル発電機 機関本体付属設備	機関待機時は暖機を含む始動条件を確保し、機関運転中は機関へ熱交換を含む必要流体の供給を行う機関本体付属設備。
直流電源設備	コントロールセンタから供給される交流を直流に変換し、直流負荷に電力を供給するとともに、蓄電池への充電を行う装置。コントロールセンタ停電時は、蓄電池より負荷に給電する。
無停電電源	コントロールセンタ電源の擾乱や停電発生時においても計装設備に安定した電源供給を行う装置。
計器用分電盤	計装用電源系統を構成する装置であり、計装盤等への電源供給と短絡保護を行う。
制御棒駆動装置用電源設備	原子炉トリップ遮断器を内蔵した盤で、同遮断器により緊急時に制御棒駆動装置への電源を遮断する。
大容量空冷式発電機	全交流電源喪失等の重大事故等が発生した場合において、炉心損傷、原子炉格納容器破損等を防止するために必要な機器に交流電源を供給する。

1 非常用ディーゼル発電設備

- 1.1 ディーゼル発電機
- 1.2 非常用ディーゼル発電機機関本体
- 1.3 非常用ディーゼル発電機機関本体附属設備

本技術評価書は玄海3号炉で使用されている非常用ディーゼル発電設備の高経年化に係る技術評価についてまとめたものである。

玄海3号炉で使用されている非常用ディーゼル発電設備は、発電機、発電機機関本体及び発電機機関本体付属設備に大きく分類されるため、本評価書においては、以下の3つに分類し、技術評価を行う。

- 1.1 ディーゼル発電機
- 1.2 非常用ディーゼル発電機機関本体
- 1.3 非常用ディーゼル発電機機関本体付属設備

1. 1 ディーゼル発電機

[対象機器]

- ① ディーゼル発電機

目 次

1. 対象機器	1
2. ディーゼル発電機の技術評価	2
2.1 構造、材料及び使用条件	2
2.2 経年劣化事象の抽出	5
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価	11

1. 対象機器

玄海3号炉で使用されているディーゼル発電機的主要仕様を表1-1に示す。

表1-1 玄海3号炉 ディーゼル発電機的主要仕様

機器名称 (台数)	仕様 (定格出力×定格回転数) (kVA×rpm)	重要度*1	使用条件		
			運 転	定格電圧 (V)	周囲温度 (°C)
ディーゼル発電機 (2)	8,875×450	MS-1 重*2	一 時	6,900	約40

*1：機能は最上位の機能を示す

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

2. ディーゼル発電機の技術評価

2.1 構造、材料及び使用条件

2.1.1 ディーゼル発電機

(1) 構造

玄海3号炉のディーゼル発電機は、定格出力8,875kVA、定格電圧6,900V、定格回転数450rpmの開放屋内形同期発電機である。

ディーゼル発電機関に直結している主軸には炭素鋼を使用しており、回転子コア及び回転子コイルが配置されている。

反機関側には、発電機回転子を支えるために軸受を備えており、オイルリングにより潤滑油を供給し、軸受表面に油膜を形成させる構造となっている。

また、主軸には界磁発生に必要な電力を回転子コイルに供給するためのスリップリング及びブラシを備えている。

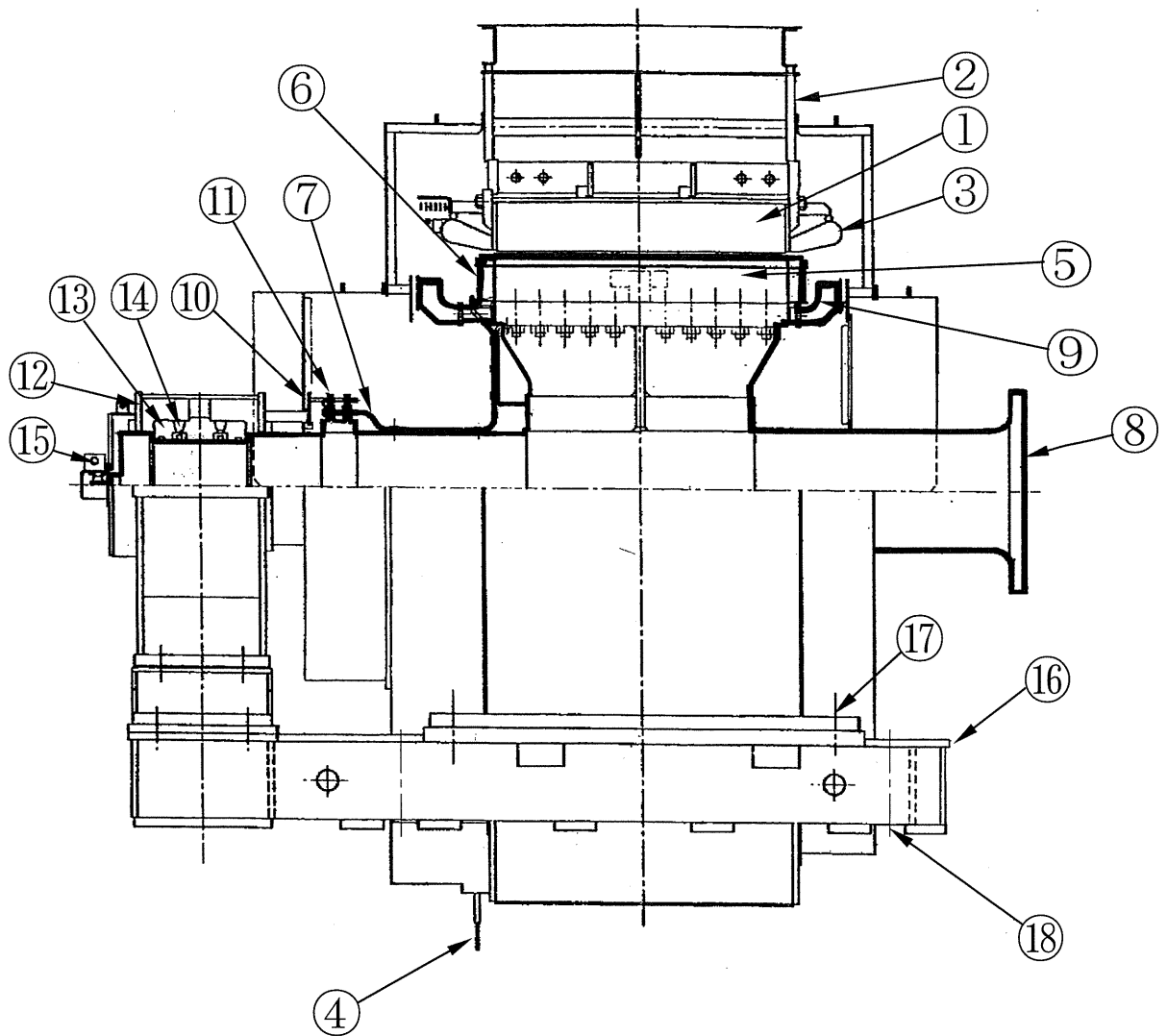
固定子は固定子コア及び固定子コイルにより構成され、固定子口出線・接続部品を通じ、外部に電力を供給している。さらに、主軸端部に取付けられた回転計発電機で回転数の監視をしている。

また、フレーム、ブラケット間の取付ボルトを緩め、ブラケットを取り外して、回転子（主軸を含む）を外に取り出すことにより、固定子や主軸は点検手入れが可能である。

玄海3号炉のディーゼル発電機の構造図を図2.1-1に示す。

(2) 材料及び使用条件

玄海3号炉のディーゼル発電機の使用材料及び使用条件を表2.1-1及び表2.1-2に示す。



注：太線部が回転部を示す

No.	部 位	No.	部 位
①	固定子コア	⑩	スリップリング
②	フレーム	⑪	ブラシ
③	固定子コイル (高圧)	⑫	ブラケット
④	固定子口出線・接続部品 (高圧)	⑬	軸受 (すべり)
⑤	回転子コア	⑭	オイルリング
⑥	回転子コイル (低圧)	⑮	回転計発電機
⑦	回転子口出線・接続部品 (低圧)	⑯	ベッド
⑧	主 軸	⑰	取付ボルト
⑨	冷却ファン	⑱	基礎ボルト

図2.1-1 玄海3号炉 ディーゼル発電機構造図

表2.1-1 玄海3号炉 ディーゼル発電機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 (高圧)	銅 マイカ、エポキシ樹脂 (F種絶縁)
	固定子口出線・接続部品 (高圧)	銅 マイカ、エポキシ樹脂 (F種絶縁)
回転子組立品	回転子コア	炭 素 鋼
	回転子コイル (低圧)	銅 マイカ、エポキシ樹脂 (F種絶縁)
	回転子口出線・接続部品 (低圧)	銅 シリコンゴム、マイカ、エポキシ樹脂 (F種絶縁)
	主 軸	炭 素 鋼
	冷却ファン	炭 素 鋼
	スリップリング	ステンレス鋼
	ブ ラ シ	消耗品・定期取替品
軸受組立品	ブラケット	炭 素 鋼
	軸受 (すべり)	消耗品・定期取替品
	オイルリング	消耗品・定期取替品
付 属 品	回転計発電機	銅、ポリエステル+ポリアミド/ポリエステル樹脂 (E種絶縁)
支持組立品	ベ ッ ド	炭 素 鋼
	取付ボルト	炭 素 鋼
	基礎ボルト	炭 素 鋼

表2.1-2 玄海3号炉 ディーゼル発電機の使用条件

定 格 出 力	8,875kVA
周 囲 温 度	約40℃*1
定 格 電 圧	6,900V
定 格 回 転 数	450rpm

*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

ディーゼル発電機の機能である電源供給機能を維持するためには、次の3つの項目が必要である。

- ① 発電機能の維持
- ② 通電・絶縁機能の維持
- 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

ディーゼル発電機について、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、使用条件及び現在までの運転経験を考慮し、表2.2-1に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

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

(1) 固定子コイル（高圧）及び固定子口出線・接続部品（高圧）の絶縁低下

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

(2) 回転子コイル（低圧）及び回転子口出線・接続部品（低圧）の絶縁低下

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

(3) 回転計発電機の絶縁低下

回転計発電機の絶縁物は有機物であり、機械的、熱的、電氣的及び環境的要因で経年劣化が進行し、絶縁性能の低下を起こす可能性があることから、経年劣化に対する評価が必要である。

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

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

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

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

なお、日常劣化管理事象ではない事象はない。

(1) 固定子コア、回転子コアの腐食（全面腐食）

固定子コアは珪素鋼板、回転子コアは炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、固定子コア及び回転子コア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難い。

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

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(2) フレーム、冷却ファン、ブラケット及びベッドの腐食（全面腐食）

フレーム、冷却ファン、ブラケット及びベッドは炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、フレーム、冷却ファン、ブラケット及びベッドは内外面とも塗装により、腐食を防止しており、塗装が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

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

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

(3) 主軸の摩耗

主軸は、軸受（すべり）との摺動による摩耗が想定される。

しかしながら、主軸については油潤滑のすべり軸受を使用しており、主軸と軸受間に潤滑油が供給され油膜が形成されるため、摺動摩耗の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難い。

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

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(4) 主軸の高サイクル疲労割れ

発電機運転時には主軸に定常応力と変動応力が発生し、高平均応力下において繰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、発電機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及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。

(5) スリップリングの摩耗

スリップリングは、発電機運転時にブラシと摺動しながら回転子コイルに電力を供給しているため、スリップリングとブラシの接触面において摩耗が想定される。

しかしながら、運転時間が短く、これまでに有意な摩耗は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

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

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(6) 取付ボルトの腐食（全面腐食）

取付ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部は塗装により腐食を防止しており、塗装が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。また、巡視点検等で目視により塗装の状態を確認し、はく離が認められた場合には、必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

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

(7) 基礎ボルトの腐食（全面腐食）

基礎ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

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

2.2.4 消耗品及び定期取替品

ブラシ、オイルリングは分解点検時の目視確認や寸法計測、軸受（すべり）は分解点検時の目視確認や寸法計測、浸透探傷検査の結果に基づき取替えている消耗品であり、長期使用はせず取替えを前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

表2.2-1(1/2) 玄海3号炉 ディーゼル発電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		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		
発電機能の維持 通電・絶縁機能の維持	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（高圧）		銅 マカ、エポキシ樹脂 （F種絶縁）					○				
	固定子口出線・接続部品（高圧）		銅 マカ、エポキシ樹脂 （F種絶縁）					○				
	回転子コア		炭素鋼		△							
	回転子コイル（低圧）		銅 マカ、エポキシ樹脂 （F種絶縁）					○				
	回転子口出線・接続部品（低圧）		銅 シリコンゴム マカ、エポキシ樹脂 （F種絶縁）					○				
	主 軸		炭素鋼	△		△*1						
	冷却ファン		炭素鋼		△							
	スリップリング		ステンレス鋼	△								
	ブ ラ シ	◎	—									
	ブラケット		炭素鋼		△							
	軸受（すべり）	◎	—									
	オイルリング	◎	—									
回転計発電機			銅 ポリエステルポリアミド/ ポリエステル樹脂 （E種絶縁）					○				

○：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) 玄海3号炉 ディーゼル発電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		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		
機器の支持	ベ ッ ド		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）

2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

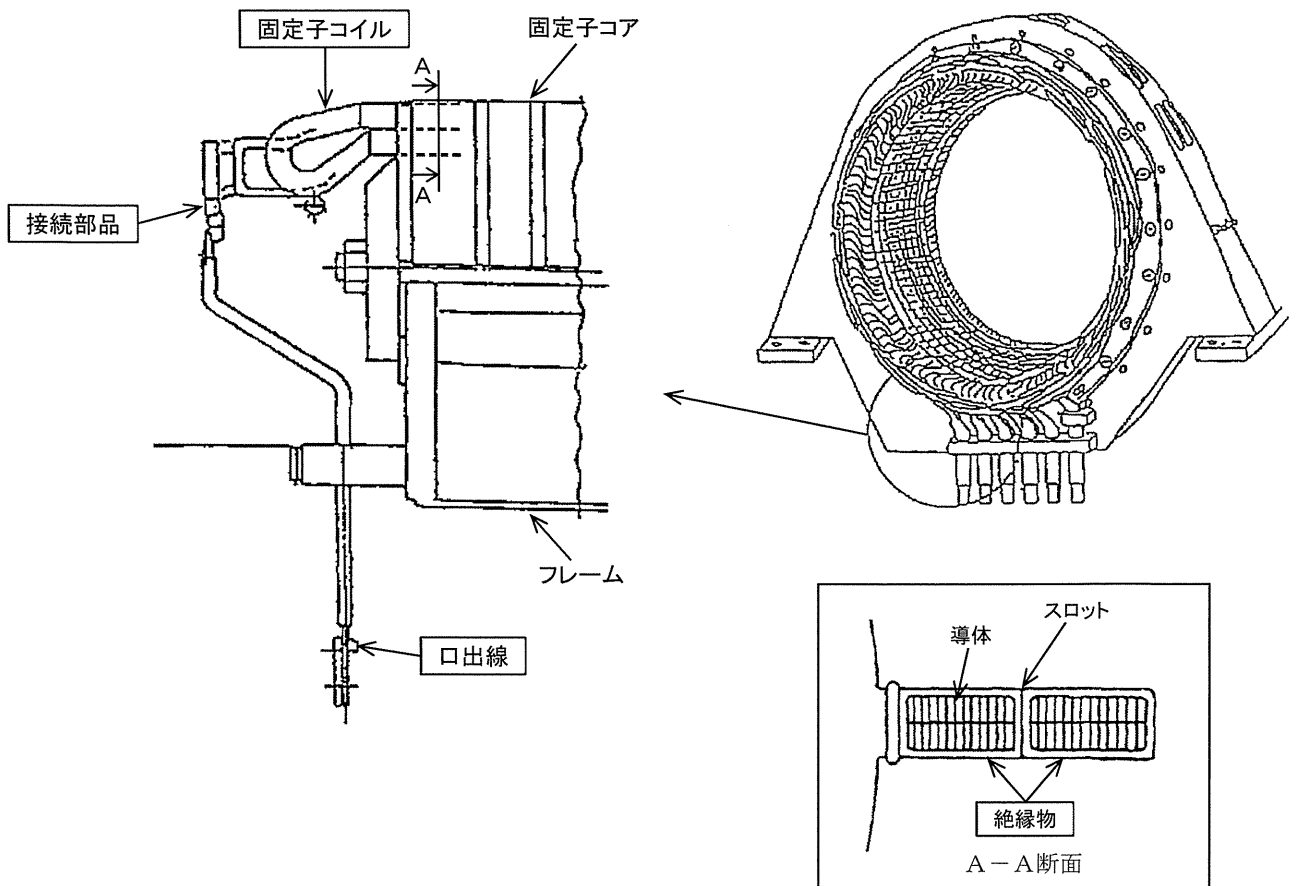
2.3.1 固定子コイル（高圧）及び固定子口出線・接続部品（高圧）の絶縁低下

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、各々の銅線に絶縁が施されている。口出線は、発生した電力を系統へ供給するためのもので、固定子コイルと同様に絶縁が施されている。

なお、接続部品は、固定子コイルと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が施されている。固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁物は有機物であり、機械的、熱的、電氣的及び環境的要因で経年劣化が進行し、絶縁性能の低下を起こす可能性がある。

絶縁低下が生じる可能性のある部位を図2.3-1に示す。



□: 絶縁低下が生じる可能性のある部位

図2.3-1 玄海3号炉 ディーゼル発電機 固定子コイル（高圧）及び
固定子口出線・接続部品（高圧）の絶縁部位

b. 技術評価

① 健全性評価

ディーゼル発電機固定子コイル及び口出線・接続部品は、高圧ポンプ用電動機の固定子コイル及び口出線・接続部品と電圧区分、絶縁仕様、使用環境等は同様であり、高圧ポンプ用電動機の健全性評価結果から、ディーゼル発電機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、18.5年と判断する。

また、ディーゼル発電機の運転時間は年間約30時間であり、必要な絶縁耐力を保有する期間はさらに長くなると考えるが、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。

なお、健全性評価は、「ポンプ用電動機の技術評価書」高圧ポンプ用電動機の固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁低下に対する技術評価を参照のこと。

② 現状保全

固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁低下に対しては、定期的な絶縁診断（直流吸収試験、 $\tan \delta$ 試験、部分放電試験）により、許容値を満たしていることの確認を行うとともに、傾向管理を行っている。さらに、絶縁抵抗測定により、許容値以上であることの確認を行っている。

また、絶縁抵抗測定、絶縁診断結果に基づき、必要により洗浄、乾燥、絶縁補修処理もしくは取替えを実施していく。

③ 総合評価

健全性評価結果から判断して、固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁低下の可能性は否定できないが、絶縁低下は、絶縁抵抗測定及び絶縁診断で検知可能であり、点検手法として適切である。

よって、現状保全を継続することで健全性を維持できると考える。

c. 高経年化への対応

固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁低下については、引き続き定期的に絶縁抵抗測定及び絶縁診断を実施していくとともに、点検結果に基づき必要により洗浄、乾燥、絶縁補修処理もしくは取替えを実施していく。

2.3.2 回転子コイル（低圧）及び回転子口出線・接続部品（低圧）の絶縁低下

a. 事象の説明

回転子コイルは、回転子コアの廻りに配置され、各々の銅線に絶縁が施されている。なお、口出線・接続部品は、回転子コイル間及びスリップリングを接続するものであり、回転子コイルと同様に銅線に絶縁が施されている。

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

絶縁低下が生じる可能性のある部位を図2.3-2に示す。

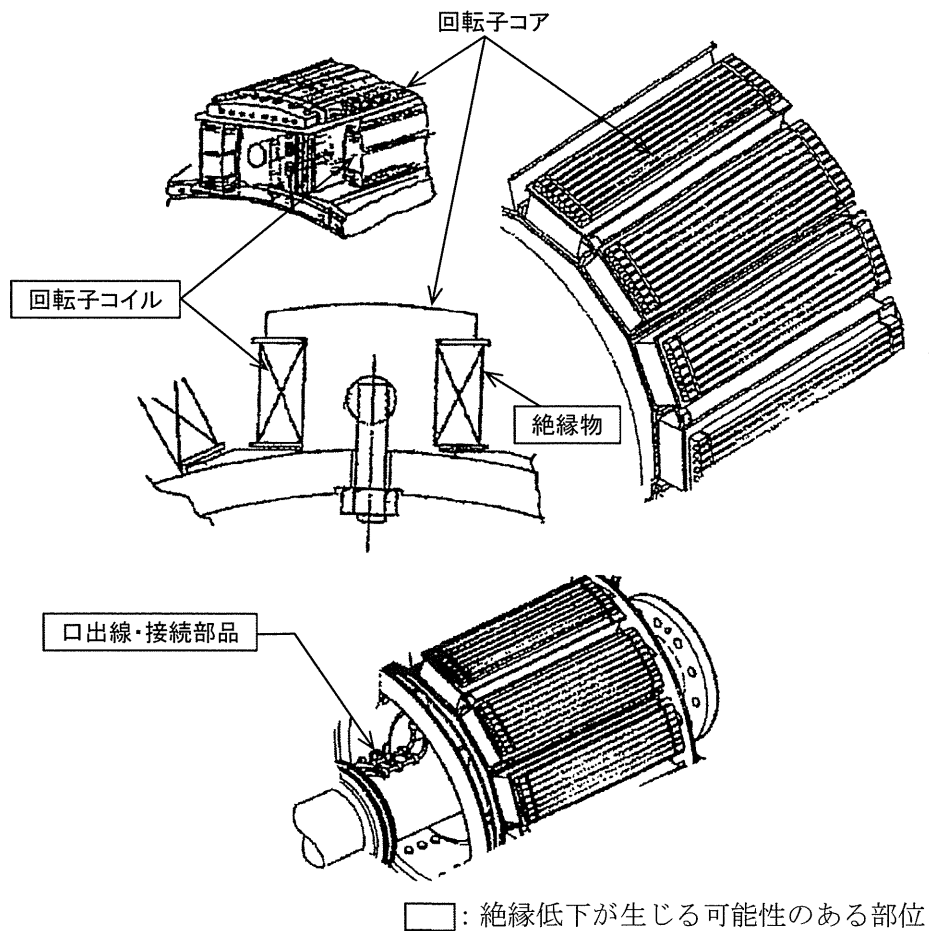


図2.3-2 玄海3号炉 ディーゼル発電機回転子コイル（低圧）及び
回転子口出線・接続部品（低圧）の絶縁部位

b. 技術評価

① 健全性評価

ディーゼル発電機回転子コイル及び口出線・接続部品は、低圧ポンプ用電動機の固定子コイル及び口出線と電圧区分、絶縁仕様及び使用環境等は同様であり、低圧ポンプ用電動機の健全性評価結果から、ディーゼル発電機回転子コイルの運転に必要な絶縁耐力を保有する期間は、16年と判断する。

また、ディーゼル発電機の運転時間は年間約30時間であり、必要な絶縁耐力を保有する期間はさらに長くなると考えるが、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。

なお、健全性評価は、「ポンプ用電動機の技術評価書」低圧ポンプ用電動機の固定子コイル及び口出線の絶縁低下に対する技術評価を参照のこと。

また、ヒートサイクル試験方法及び旧機のコイル破壊電圧による評価を用いた供試体にはともに接続部品が含まれていることから、接続部品の運転に必要な絶縁耐力は、固定子コイル及び口出線の評価と同様とする。

② 現状保全

回転子コイル及び口出線・接続部品の絶縁低下に対しては、定期的な絶縁抵抗測定により、許容値以上であることの確認を行っている。

また、絶縁抵抗測定の結果に基づき、必要により洗浄、乾燥、絶縁補修処理もしくは取替えを実施していく。

③ 総合評価

健全性評価結果から判断して、回転子コイル及び口出線・接続部品の絶縁低下の可能性は否定できないが、絶縁低下は、絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切である。

よって、現状保全を継続することで健全性を維持できると考える。

c. 高経年化への対応

回転子コイル及び口出線・接続部品の絶縁低下については、引き続き定期的に絶縁抵抗測定を実施していくとともに、点検結果に基づき必要により洗浄、乾燥及び絶縁補修処理もしくは取替えを実施していく。

2.3.3 回転計発電機の絶縁低下

a. 事象の説明

回転計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又は内部の微小ボイド等による放電等、熱的、電氣的及び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

回転計発電機は、塵埃が付着しにくい密閉構造であり、また、回転計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（E種：許容最高温度120℃）を使用していることから絶縁低下の発生の可能性は小さいと考えるが、絶縁低下が生じる可能性は否定できない。

② 現状保全

回転計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、許容値以上であることの確認を行っている。

③ 総合評価

健全性評価結果から判断して、回転計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。

よって、現状保全を継続することで、健全性を維持できると考える。

c. 高経年化への対応

回転計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。