

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			選定理由
			重要度*1	使用条件 最高使用圧力 (MPa [gage])	最高使用温度 (°C)	
設置場所	材 料	原子炉容器上部ふた上 ステンレス鋼	PS-1	約17.2	約343	◎ 構造 (駆動機能あり)
			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)に取替えを実施することとしている。

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。

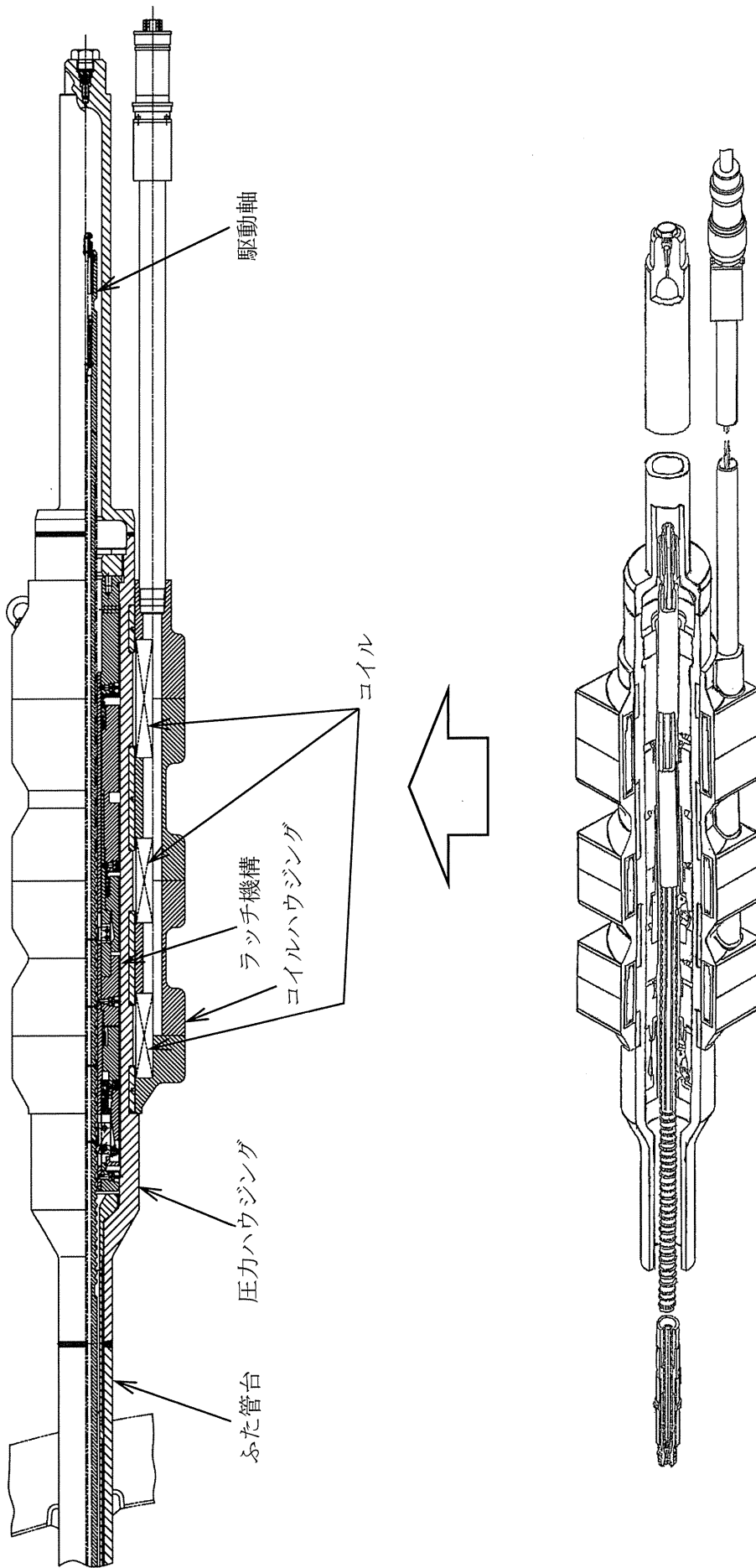


図2.1-1 玄海3号炉 制御棒クラスタ駆動装置全体図

No.	部 位
①	ラッチハウジング
②	駆動軸ハウジング

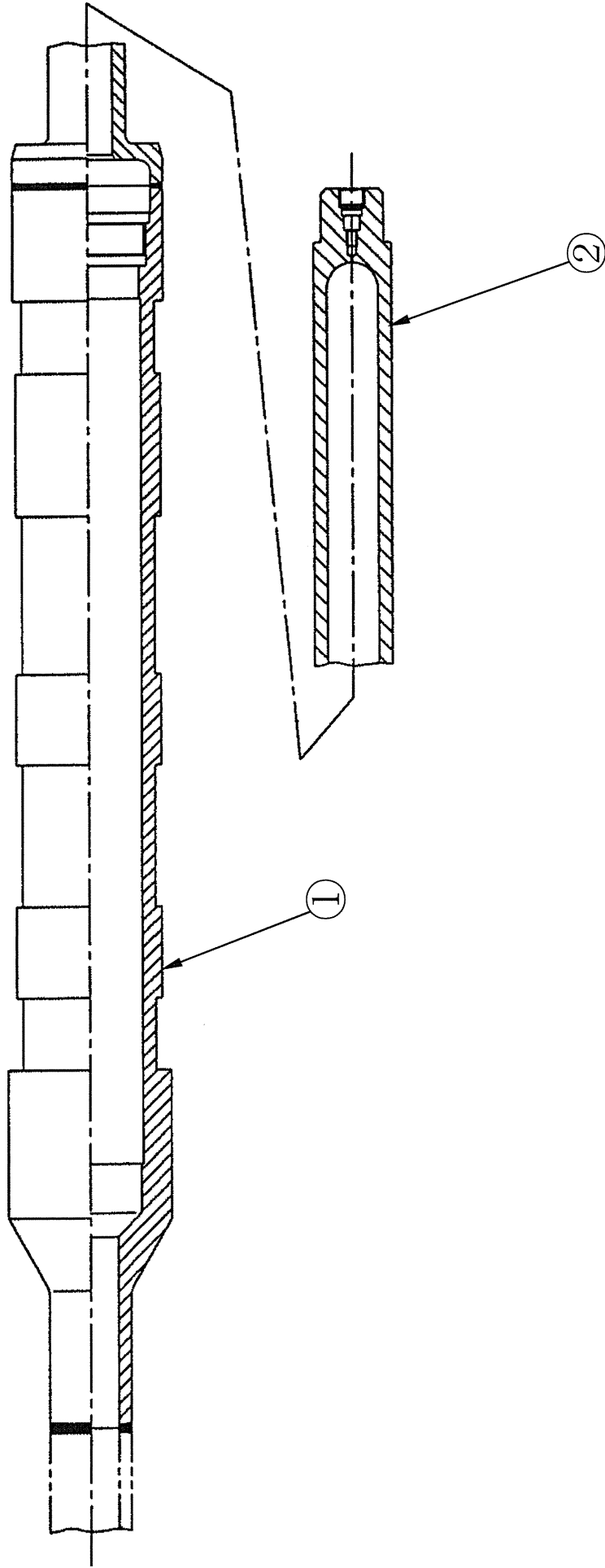
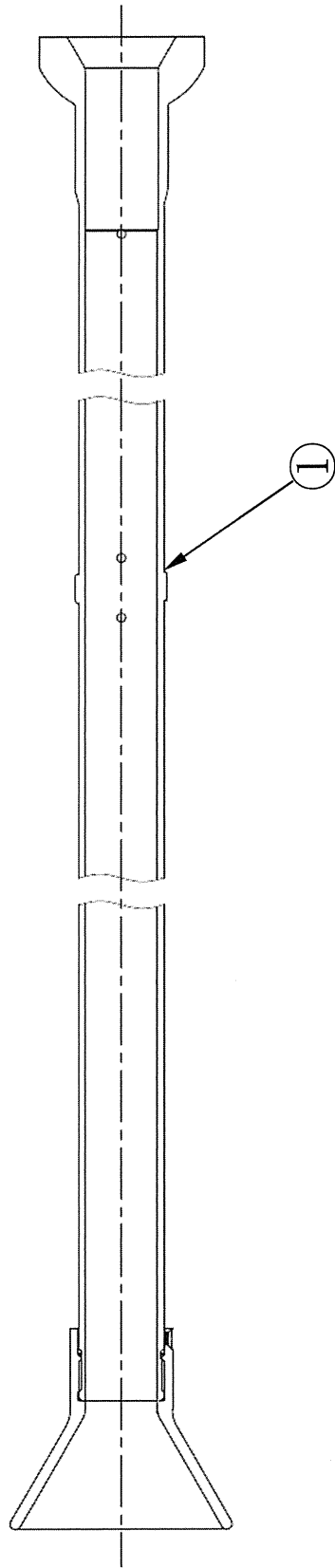


図2.1-2 玄海3号炉 制御棒クラスター駆動装置 圧力ハウジング構造図



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

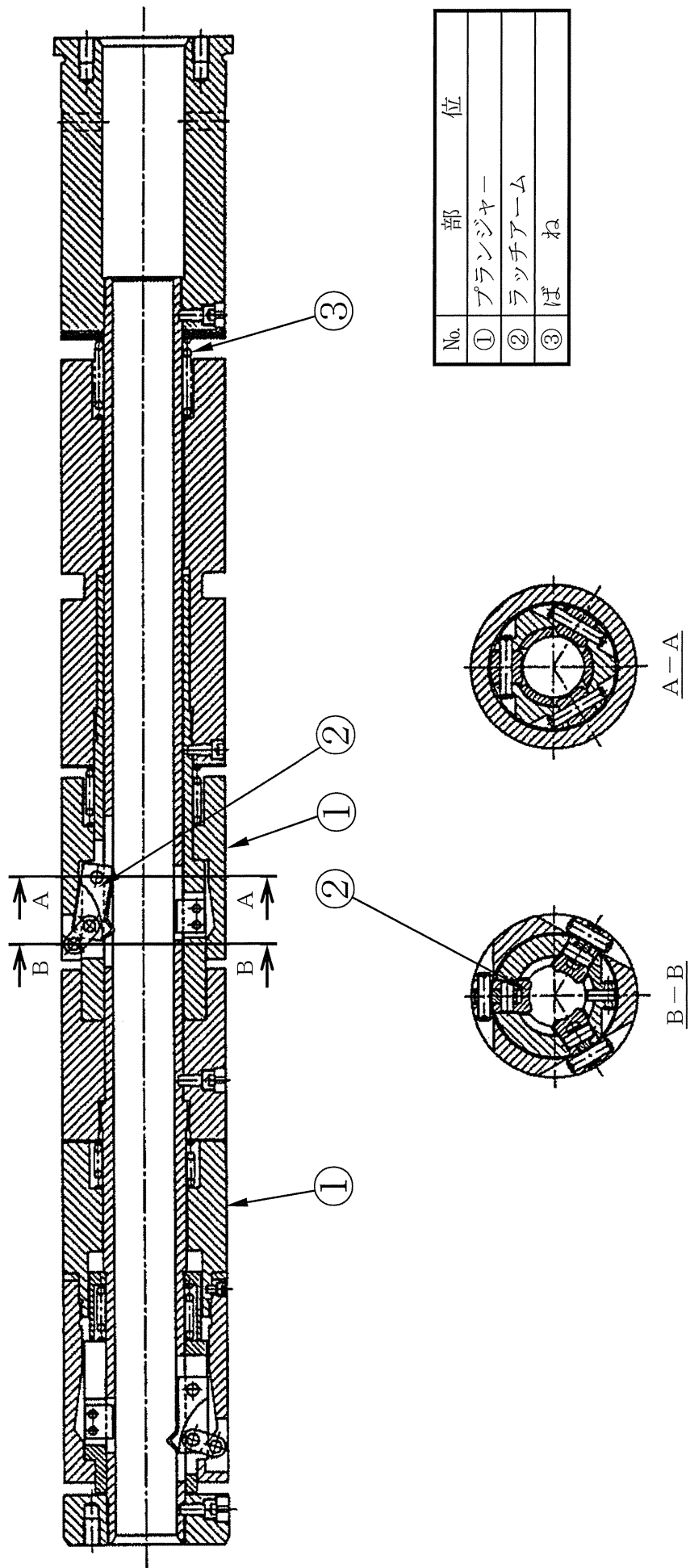
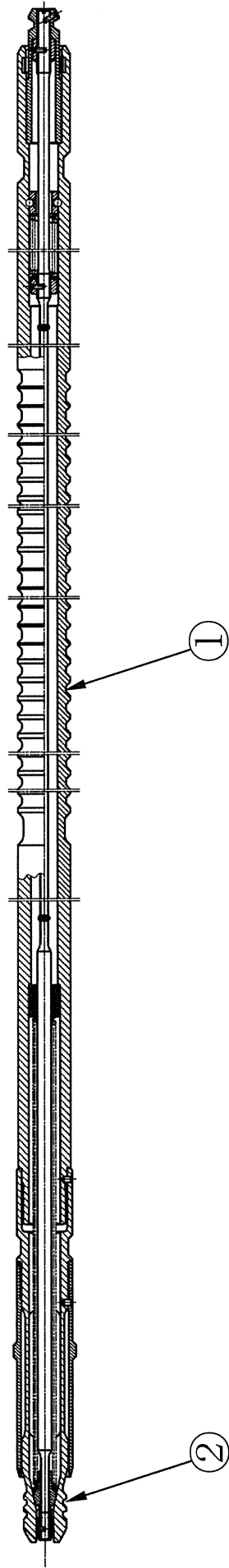
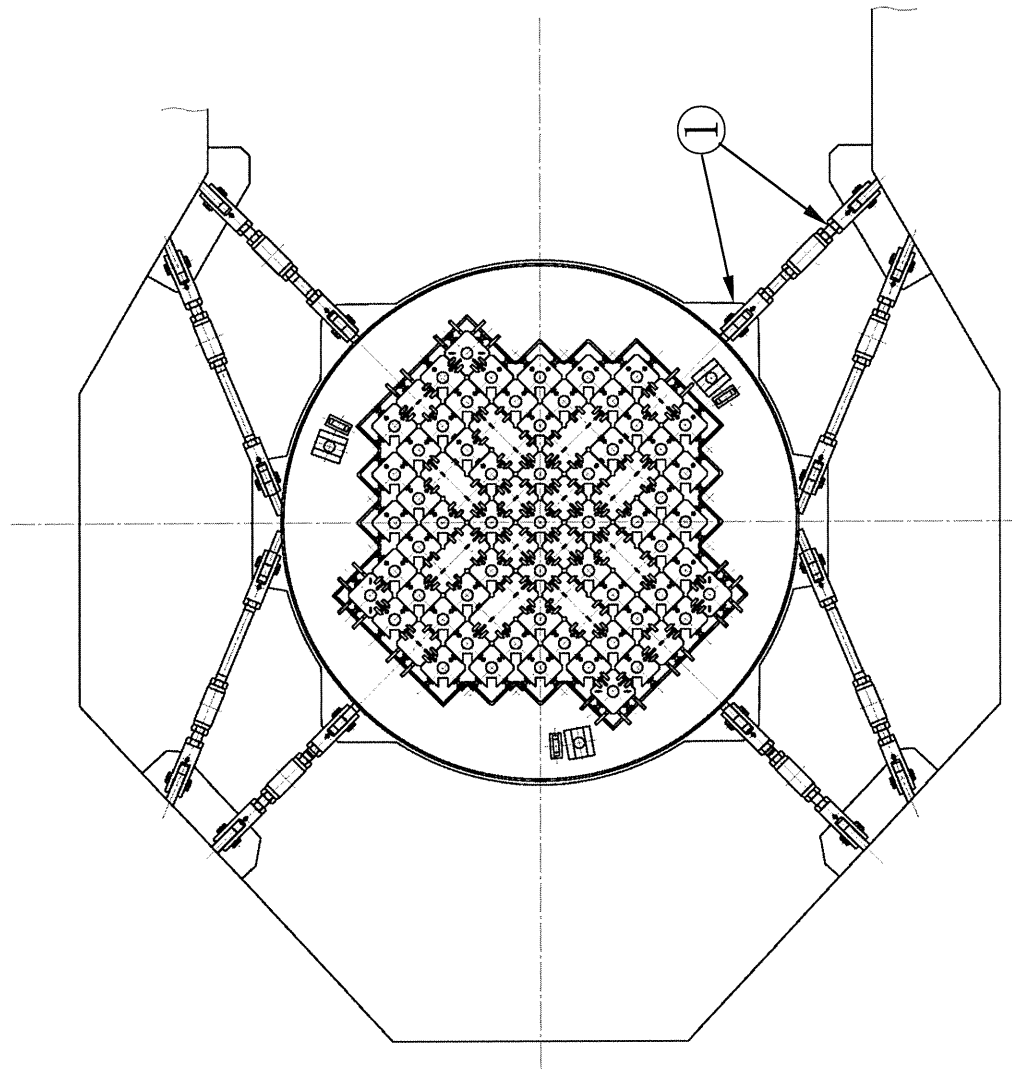


図2.1-4 玄海3号炉 制御棒クラスト駆動装置 ラッチ機構構造図



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	耐震サポーター

図2.1-6 玄海3号炉 制御棒クラスト駆動装置 耐震サポーター構造図

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。

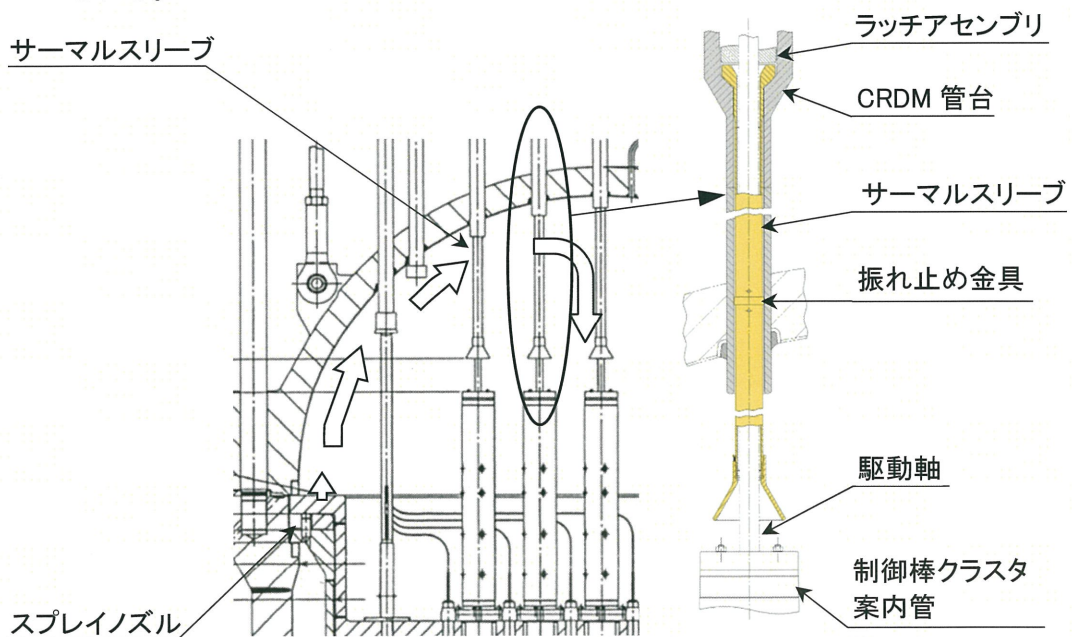
(6) サーマルスリーブの摩耗

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替え予定であり、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 制御棒クラスト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	
					摩 耗	腐 食	割 れ		材 質 変 化	そ の 他		
							疲 勞 割 れ	応 力 腐 蝕				熱 時 効
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	▲							
		プランジャー		ステンレス鋼	△							
	ラッチ機構	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いる。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. 制御棒クラスターの技術評価	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。

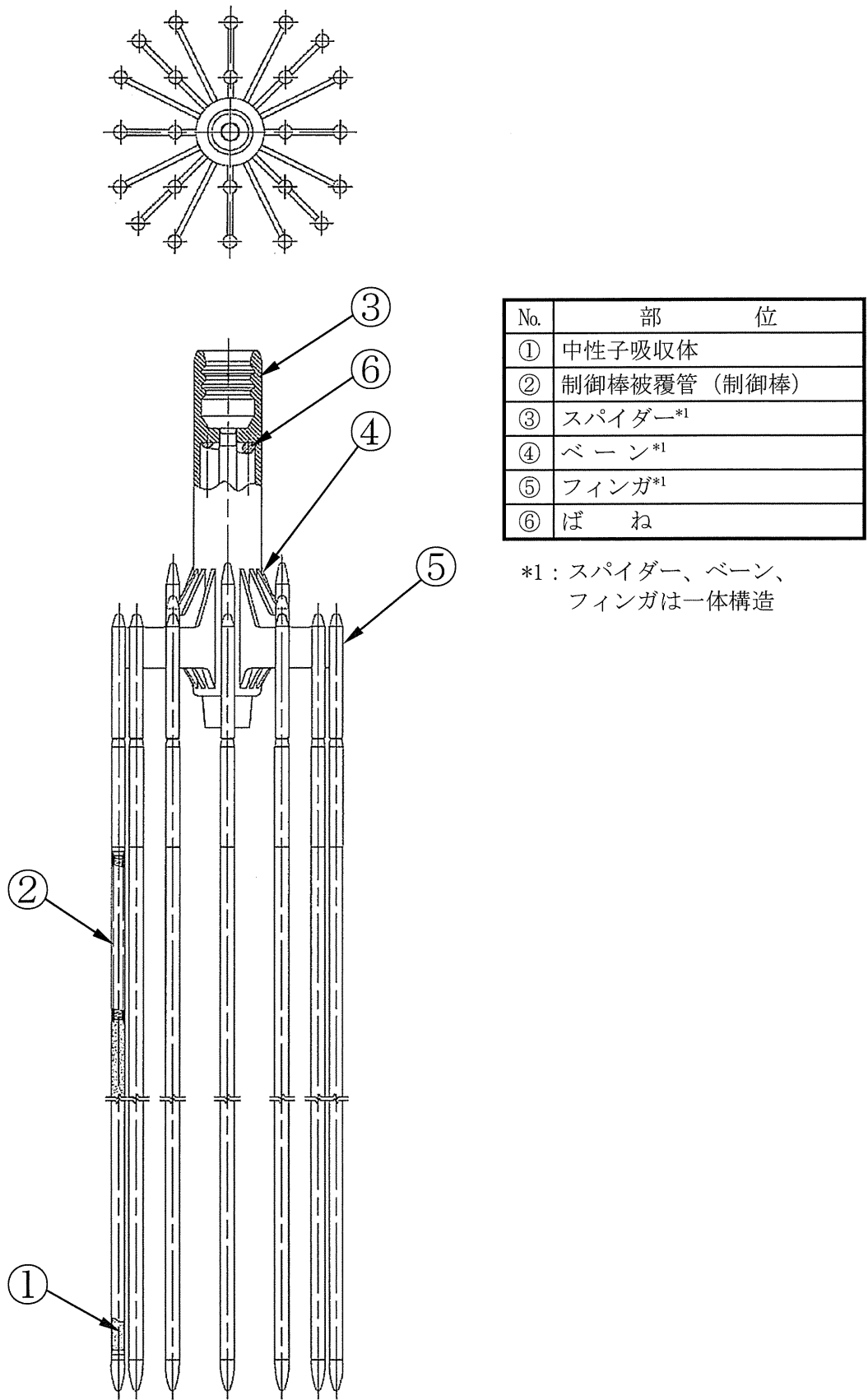


図2.1-1 玄海3号炉 制御棒クラスタ構造図

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。

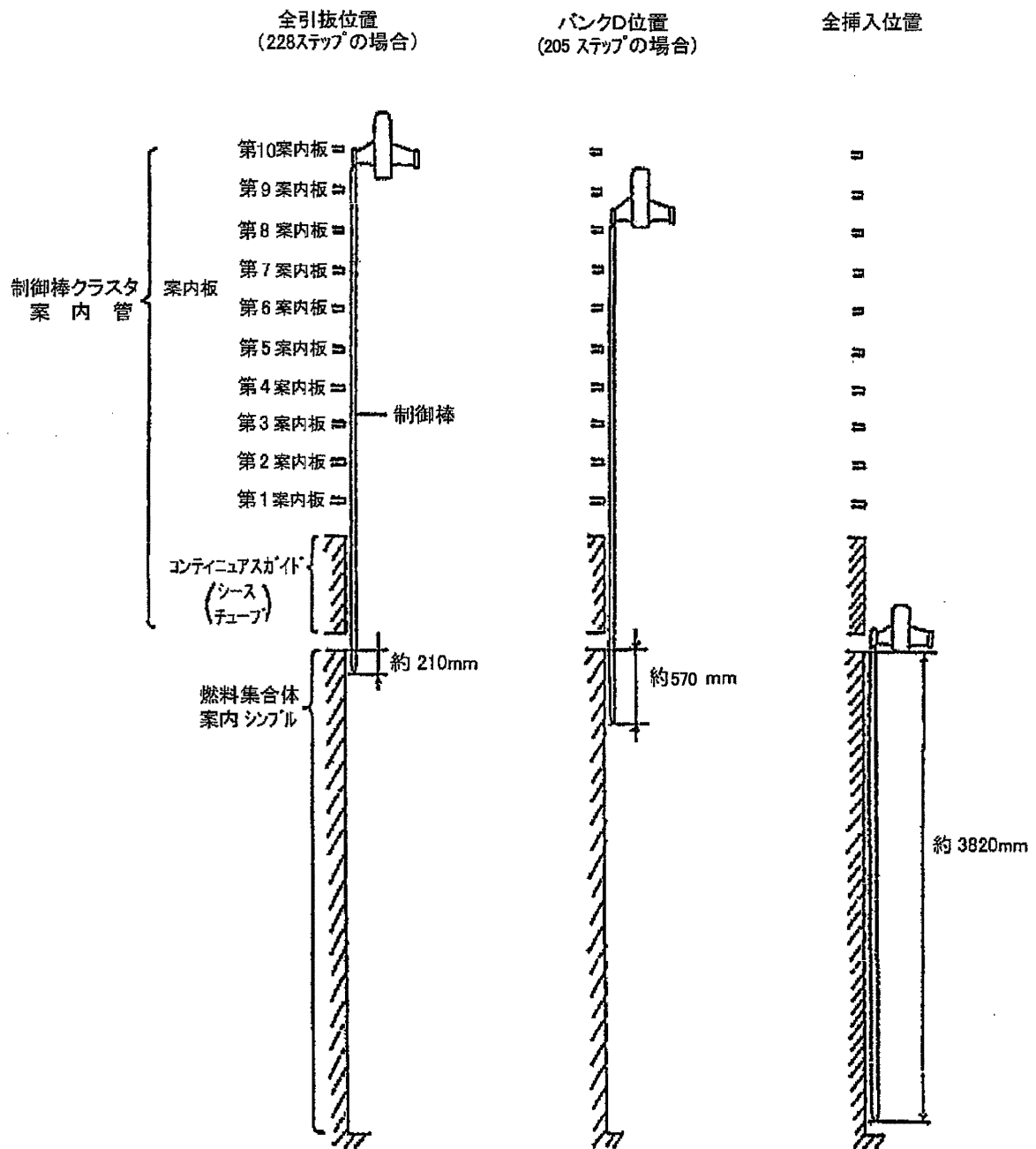


図2.2-1 玄海3号炉 制御棒クラスターの構造と挿入位置関係

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量に達することによって、クラックが発生する可能性がある。

しかしながら、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鋳鋼であり、高温での長時間の使用に伴い靱性の低下を起こす可能性がある。

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 耗	肉 腐	食 腐	割 れ		材 質 変 化			そ の 他	
							疲 勞 割 れ	応 力 腐 蝕 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：照射下クリーブ *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

減容方式	分離基準		機器名称 (台数)	選定基準				選定理由	
	流體	材料		重要度*1	使用条件*3				選定
					運轉	最高使用圧力*4 (MPa [gauge])	最高使用温度*4 (°C)		
蒸発減容	廃液	ステンレス鋼	高*2	一時	約 0.1 / 約0.93	約150 / 約185	約 350ppm	◎ 内部流體	
	ほう酸水			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°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：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。

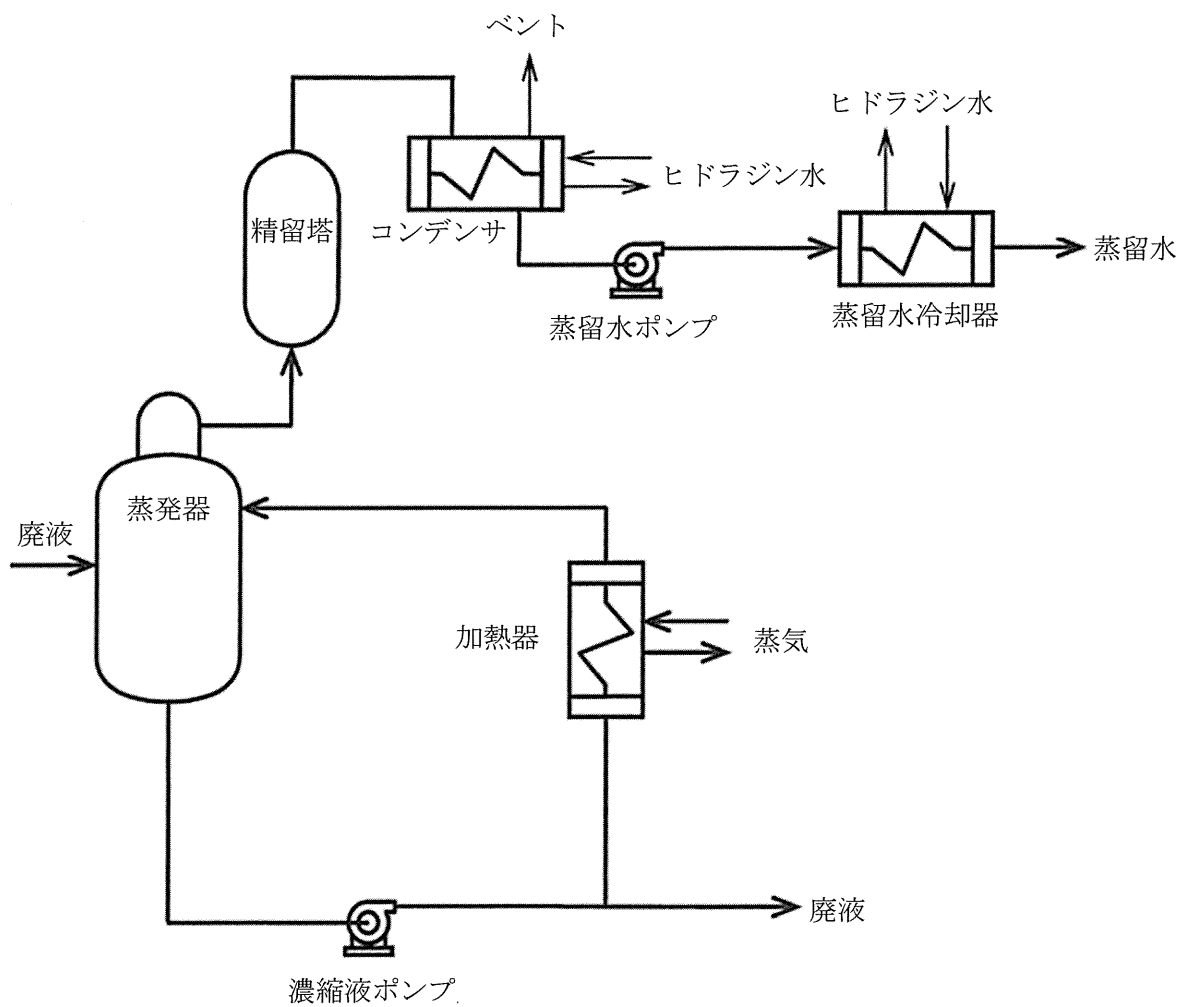
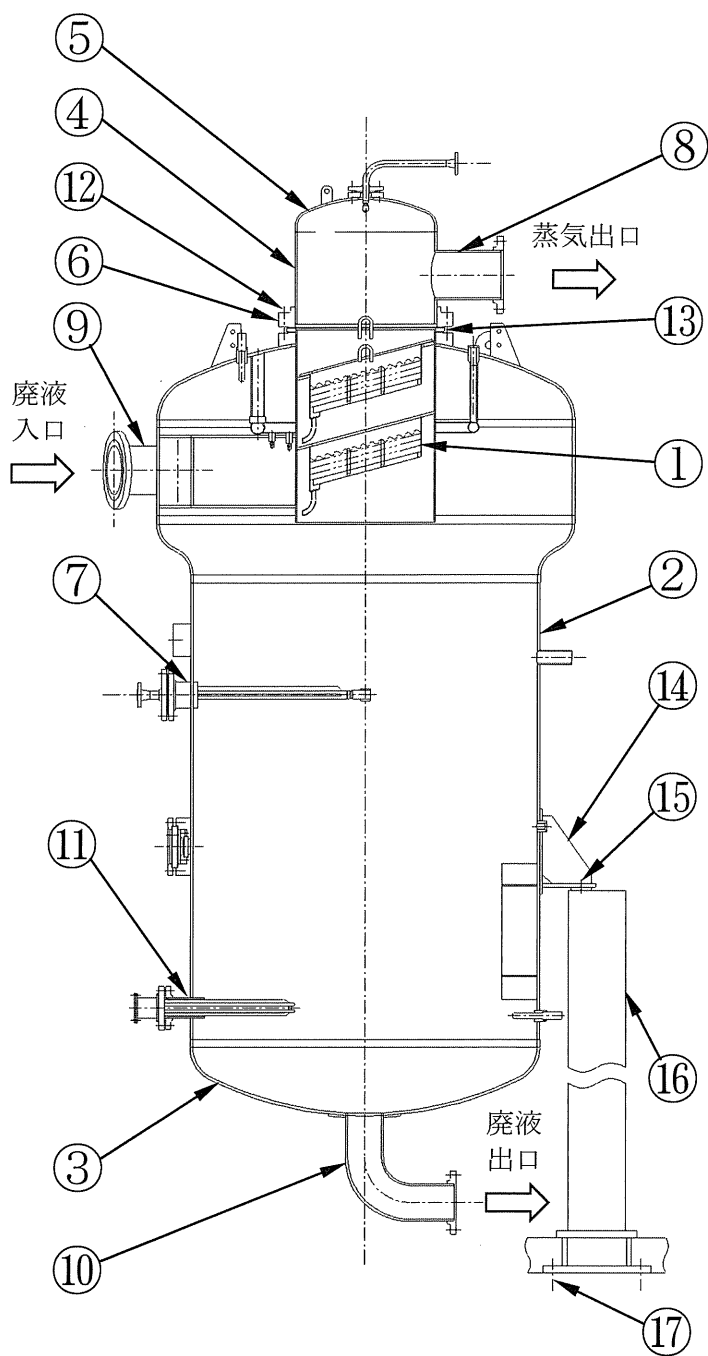
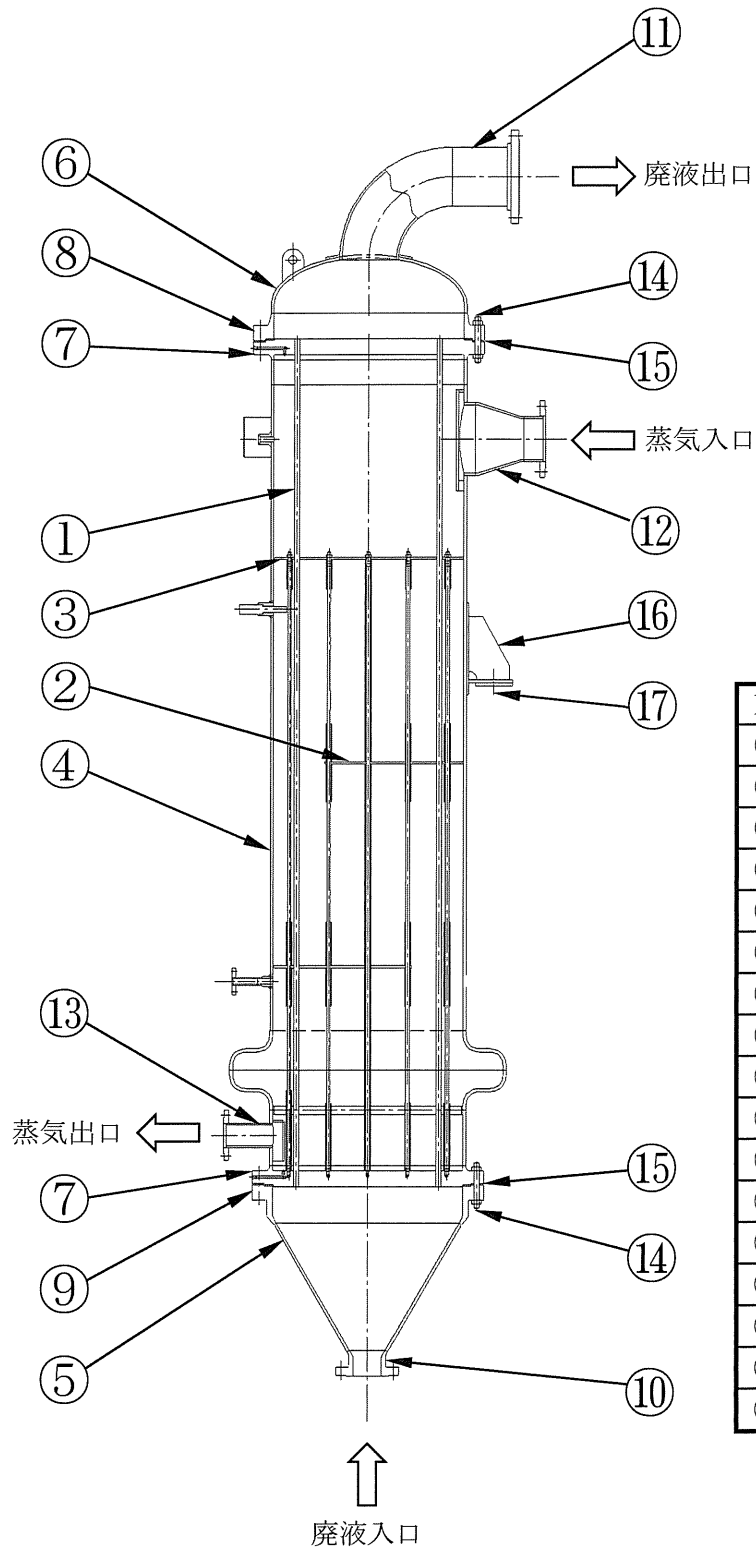


図2.1-1 玄海3号炉 廃液蒸発装置 全体構成図



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

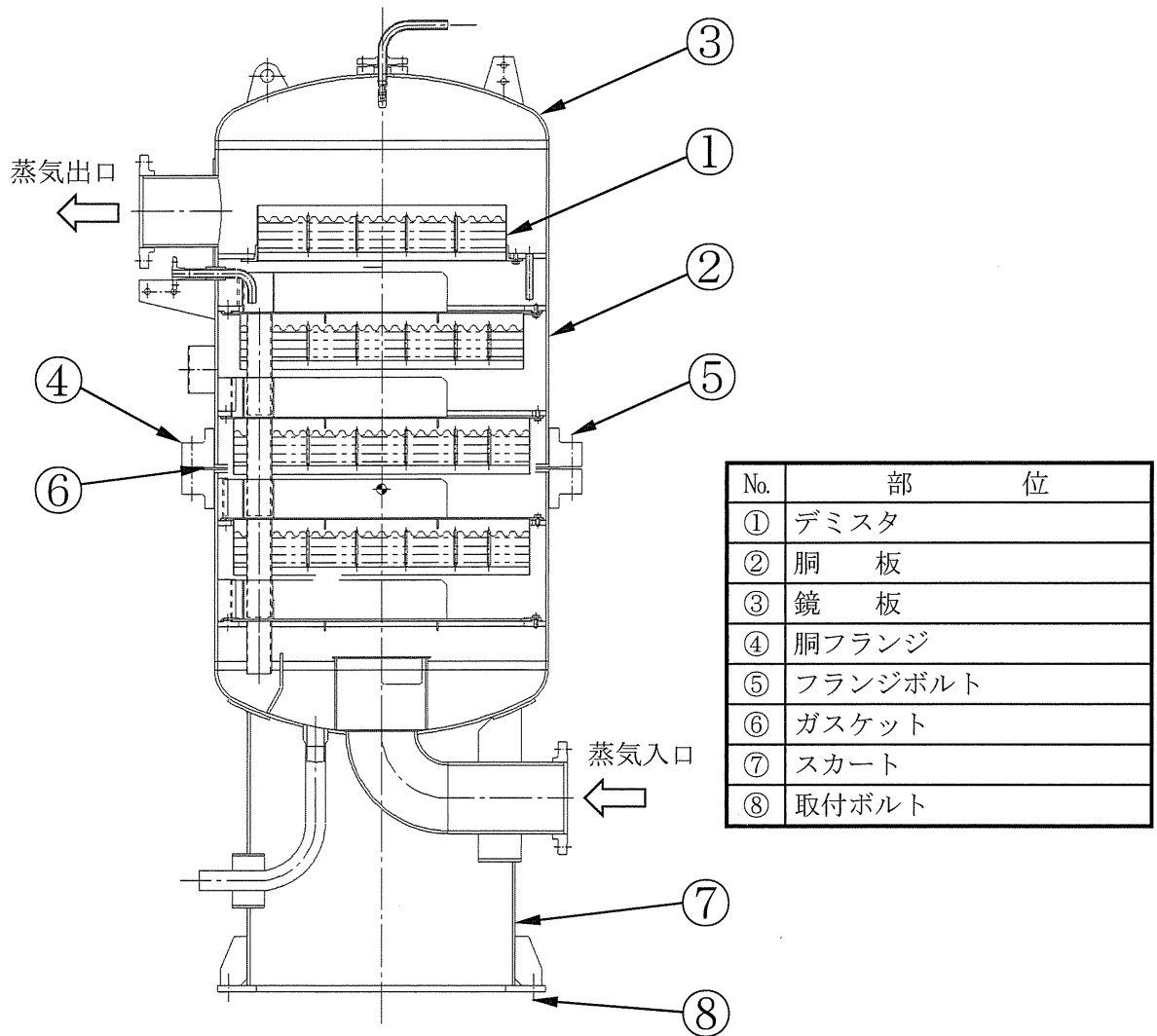


図2.1-4 玄海3号炉 廃液蒸発装置 精留塔構造図

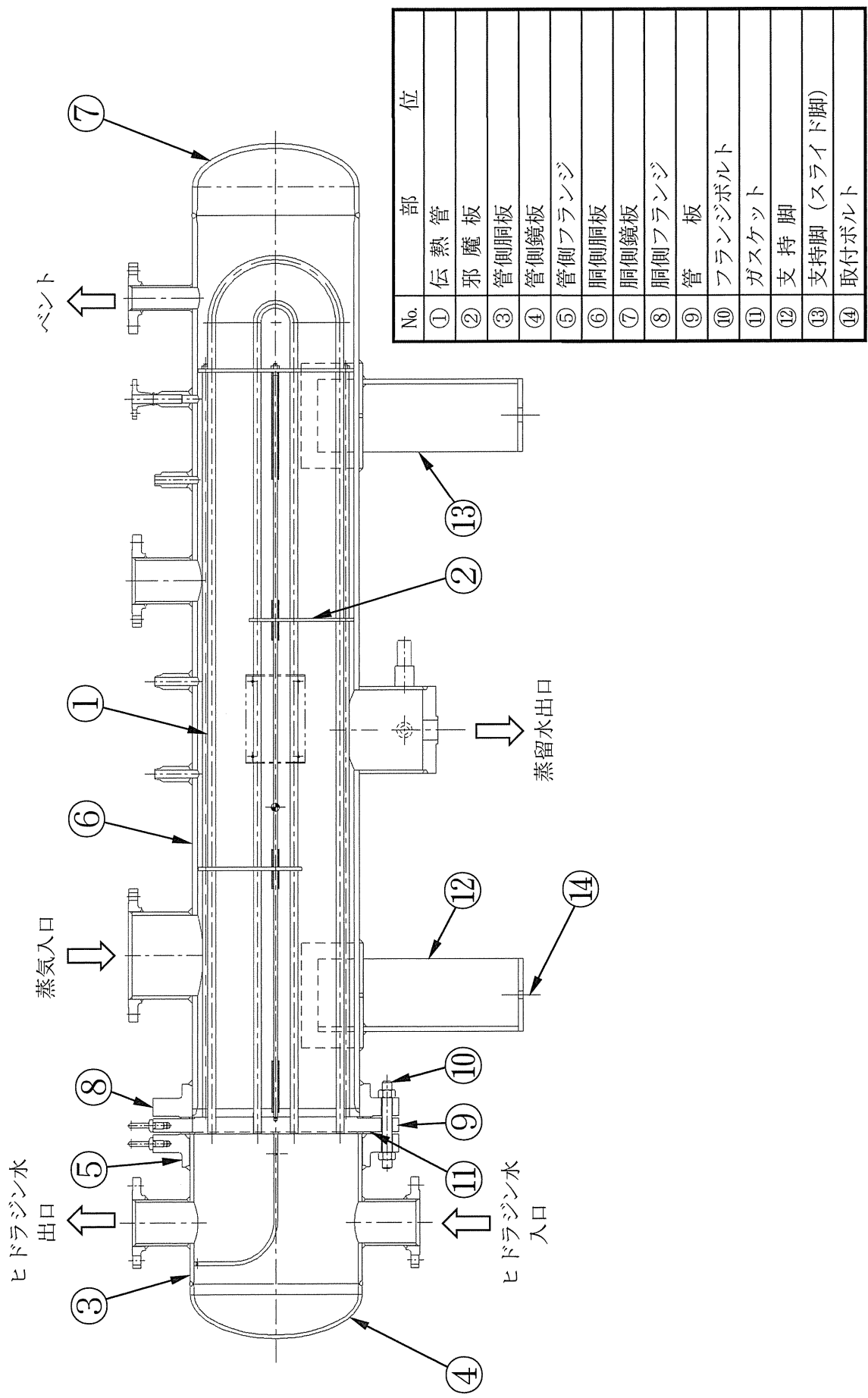
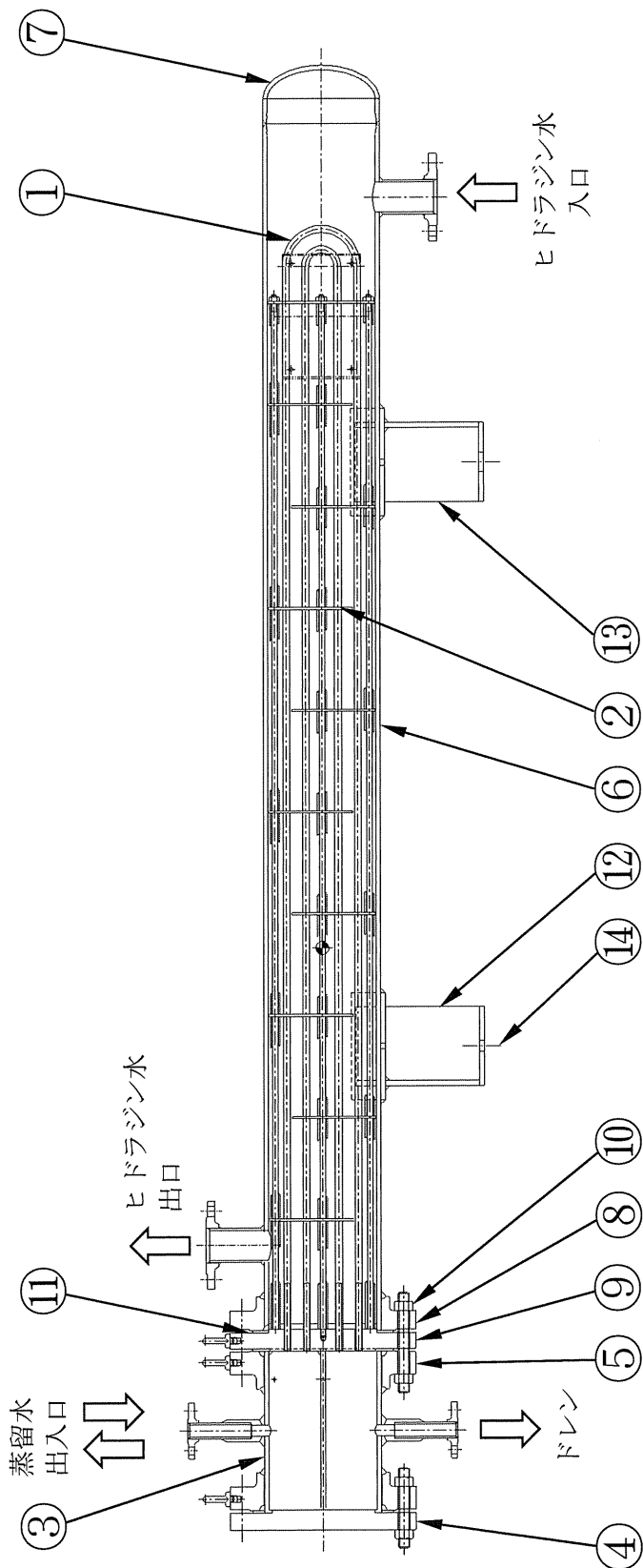


図2.1-5 玄海3号炉 廃液蒸発装置 コンデンサ構造図



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

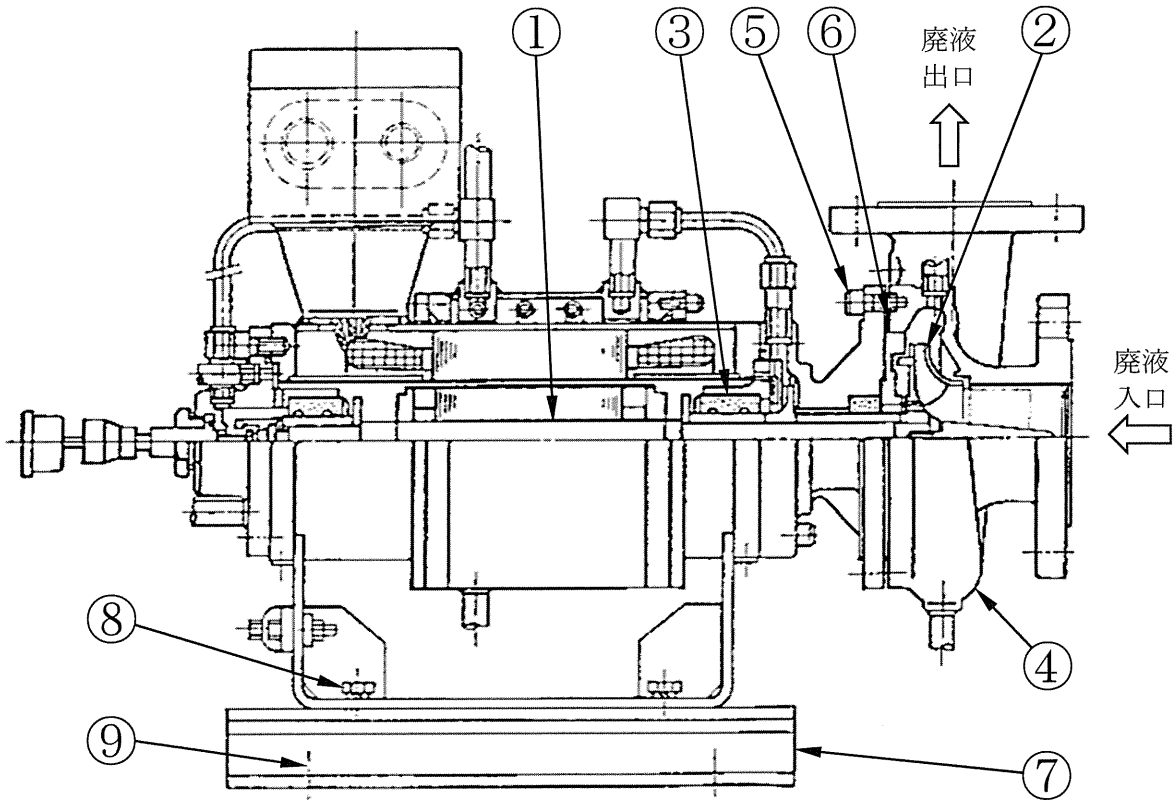


図2.1-7 玄海3号炉 廃液蒸発装置 濃縮液ポンプ構造図

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

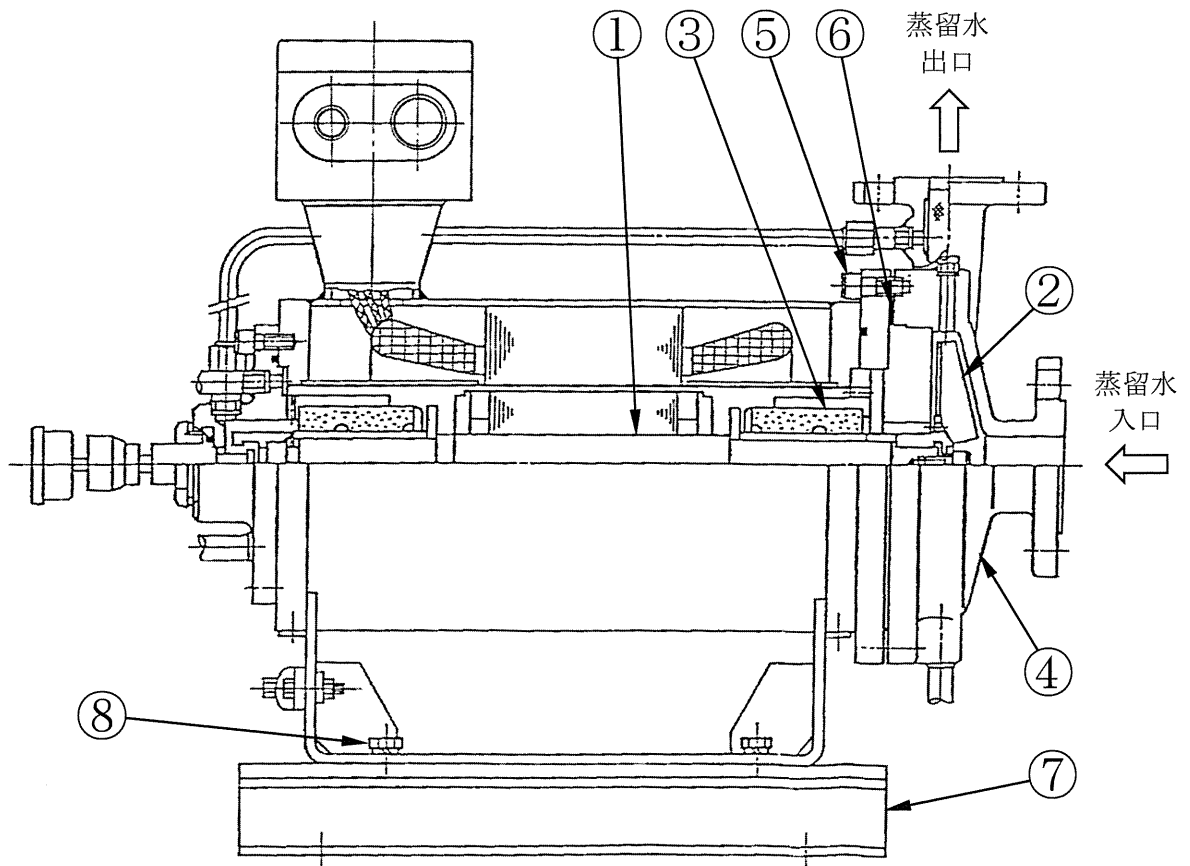


図2.1-8 玄海3号炉 廃液蒸発装置 蒸留水ポンプ構造図

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。

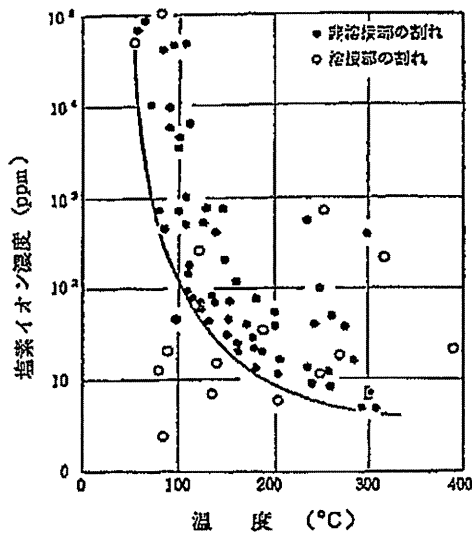
なお、開放点検時の目視確認や漏えい試験により、機器の健全性を確認している。

(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 蝕	熱 時 効	劣 化						
濃縮減容機能の確保 バウンダリの維持	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		◎	-											
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 勞 割 れ	応 力 腐 蝕	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)						
機器の支持	フランジボルト		低合金鋼		△						
	ガスケット	◎	—								
	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 蝕	熱 時 効	劣 化				
濃縮減容機能の確保	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										
	胴フレンジ		ステンレス鋼										
機器の支持	フランジボルト		低合金鋼		△								
	ガスケット	◎	-										
	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 勞 割 れ	応 力 腐 蝕	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								
機器の支持	管 板		ステンレス鋼								
	フランジボルト		低合金鋼		△						
	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 勞 割 れ	応 力 腐 蝕	熱 時 効	劣 化		
濃縮減容機能の確保 バウンダリの維持	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								
	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				△				
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(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 勞 割 れ	応 力 腐 蝕	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）	◎	—								
バウングダリの 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			
					腐 食	疲 勞 割 れ	応 力 腐 蝕	熱 時 効	劣 化				
												摩 耗	疲 勞 割 れ
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：ギャブレーション
	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 勞 割 れ	応 力 腐 蝕	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、脱ガス塔、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。

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表面からの腐食（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、外表面からの腐食が想定される。

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

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

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

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、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濃縮液の移送先の、濃縮液タンク、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。

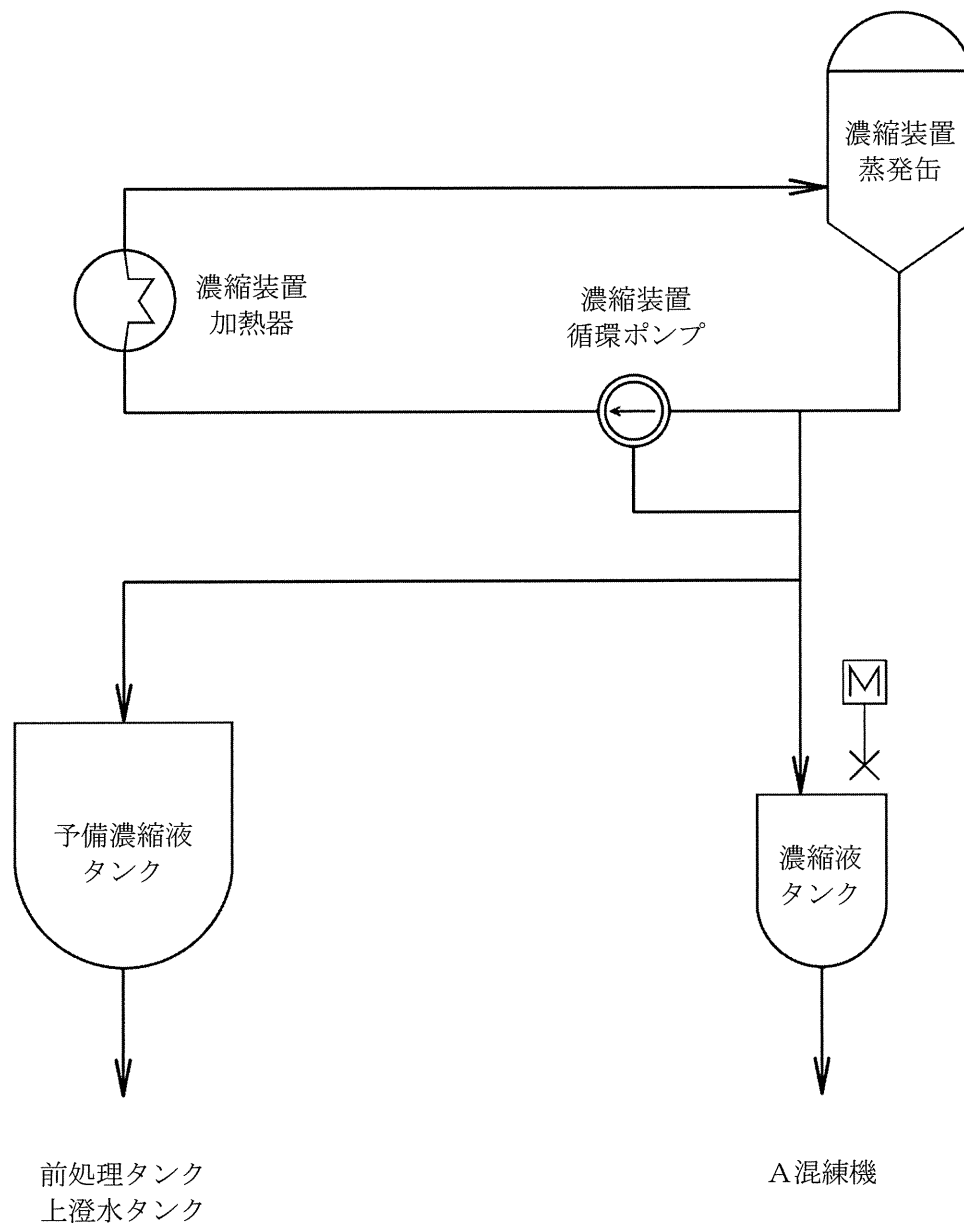


図2.1-1 玄海3号炉 セメント固化装置 全体構成図

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。

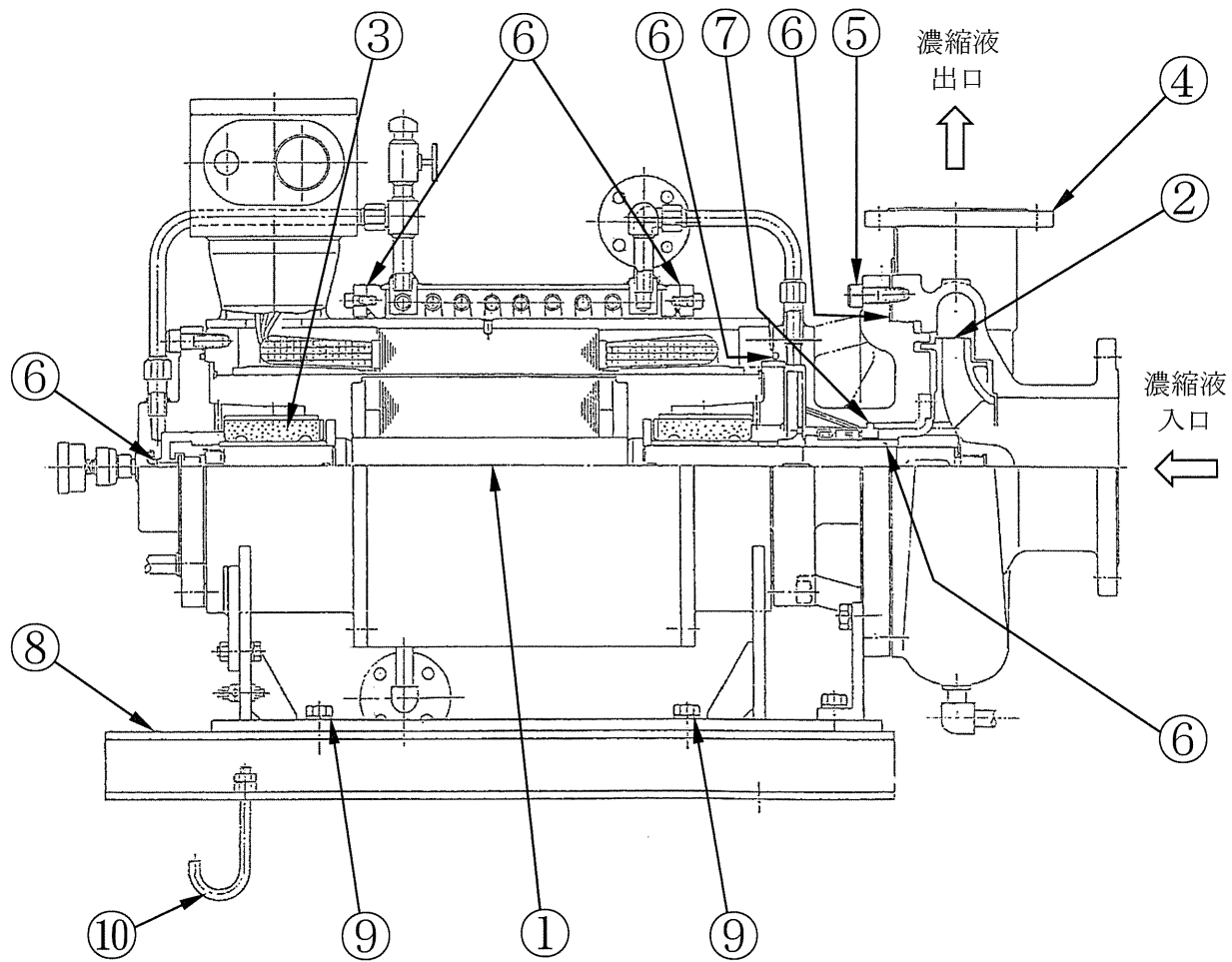
予備濃縮液タンクはたて置円筒形であり、廃液の移送先である。

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

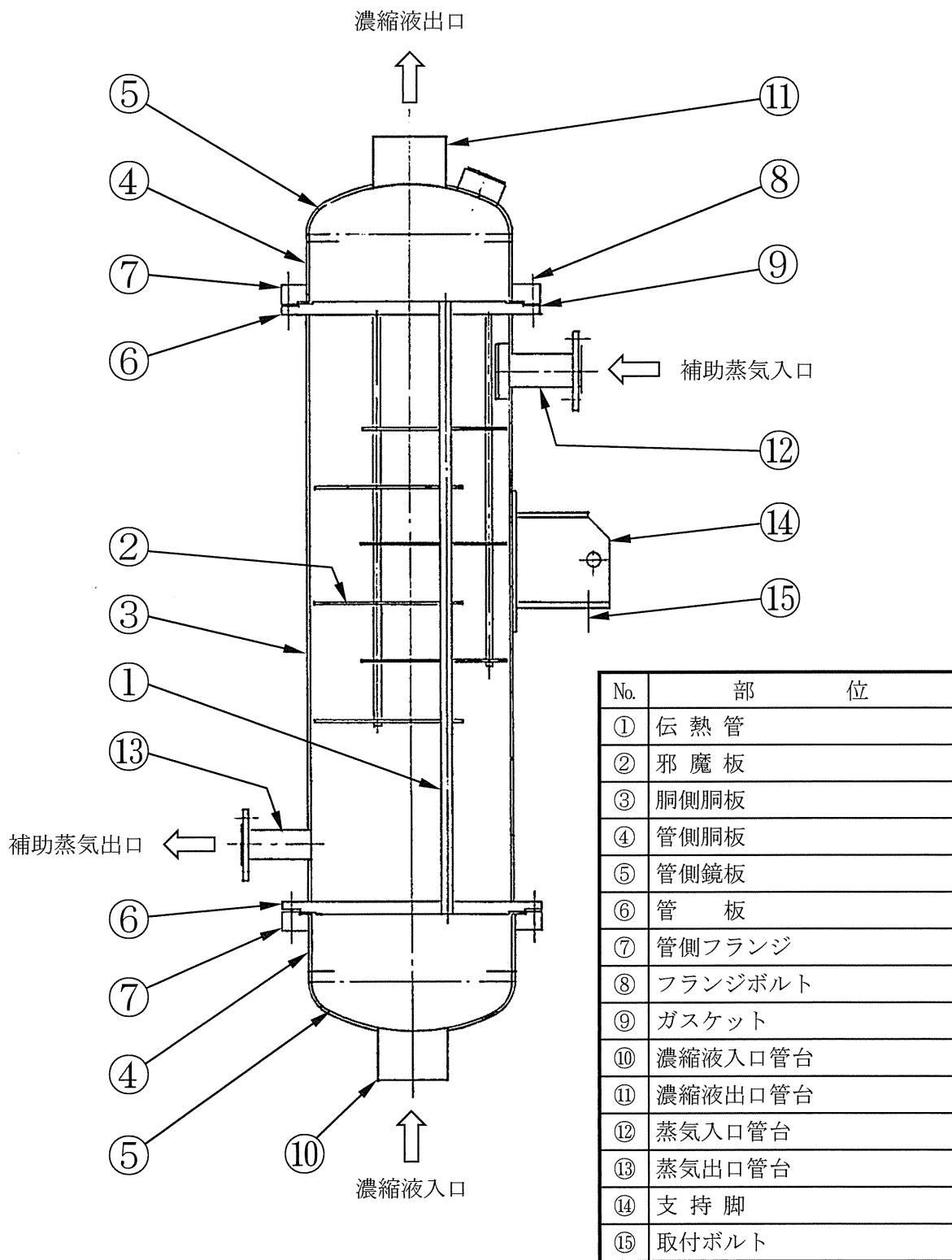
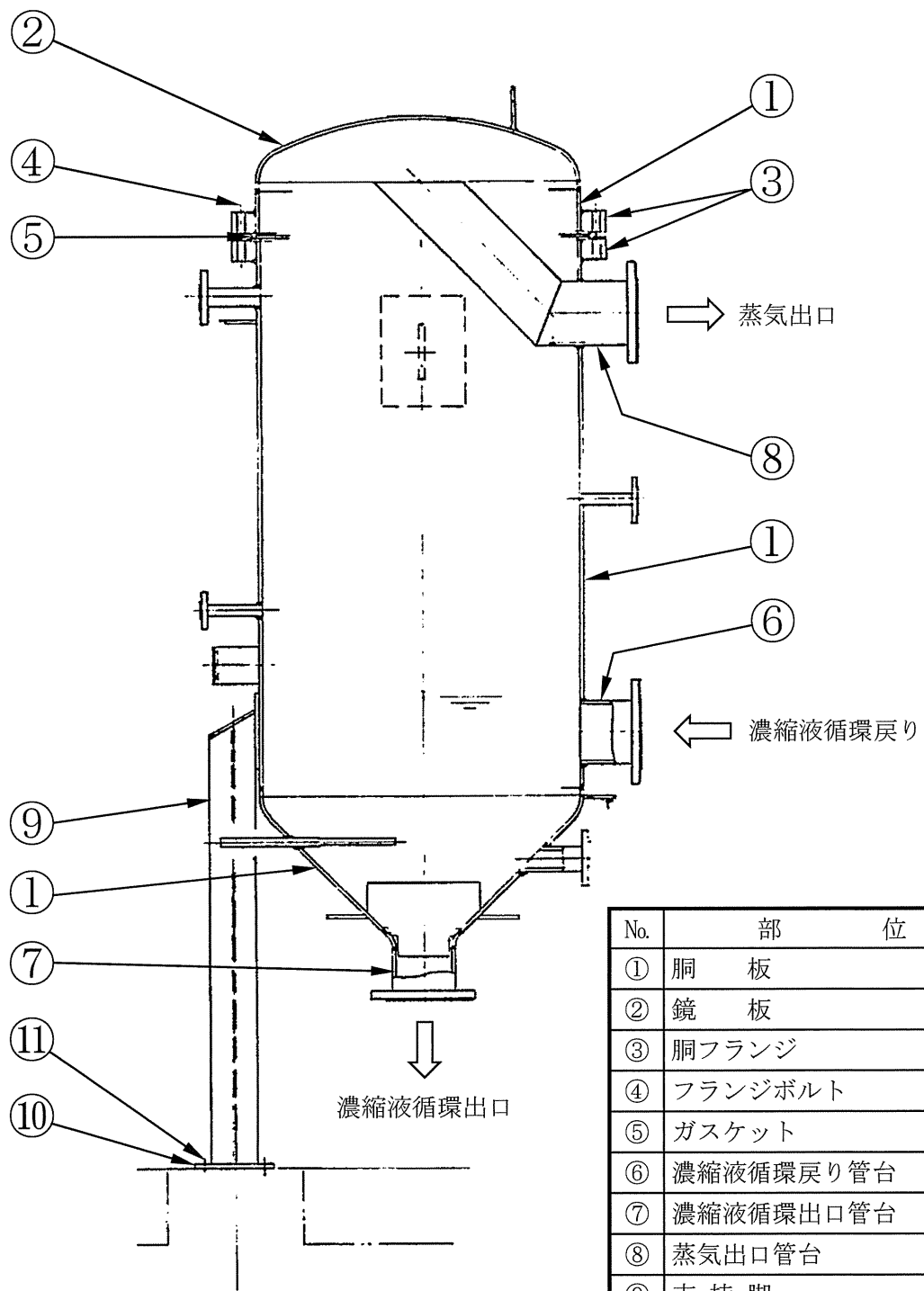


図2.2-2 玄海3号炉 濃縮装置加熱器構造図



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

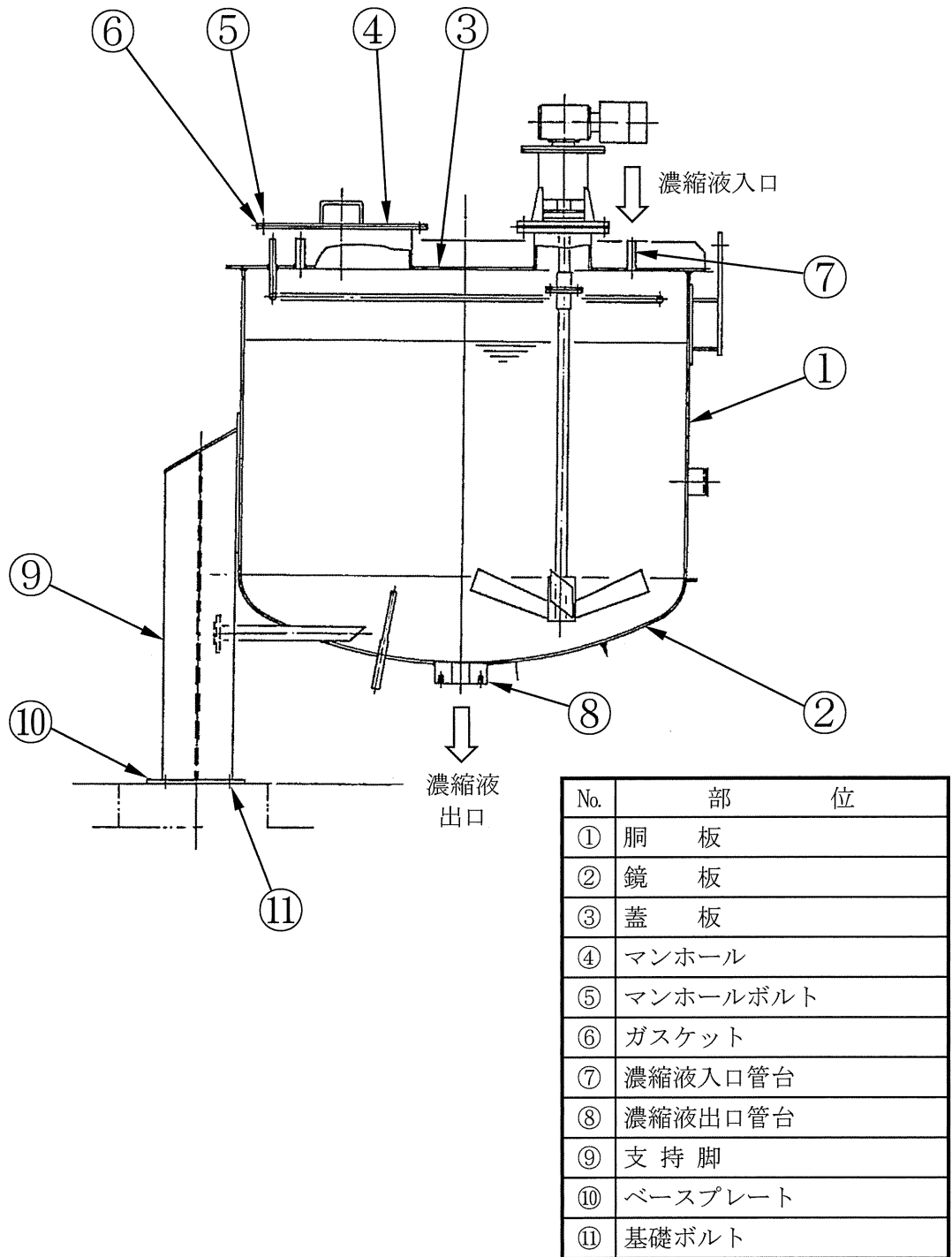
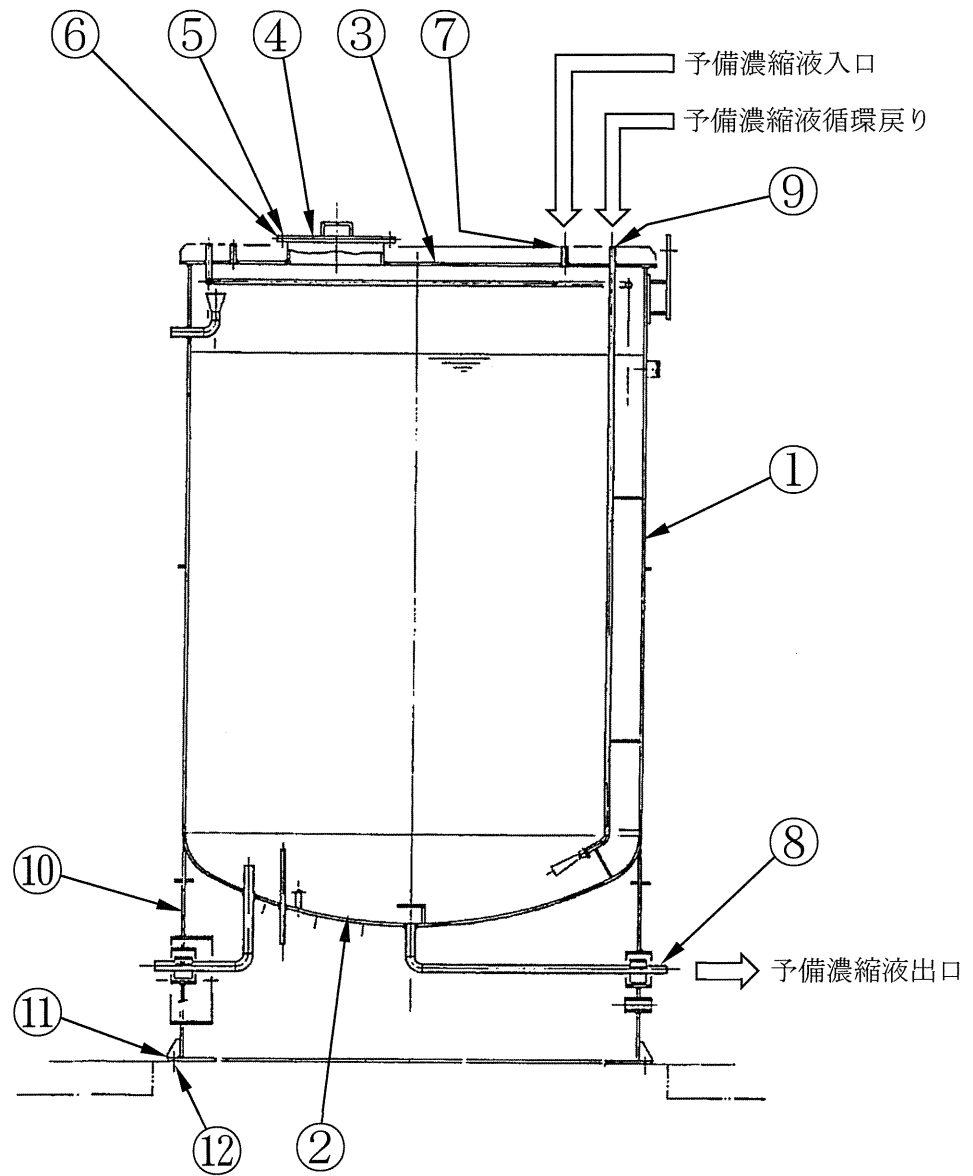


図2.2-4 玄海3号炉 濃縮液タンク構造図



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

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	

*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。

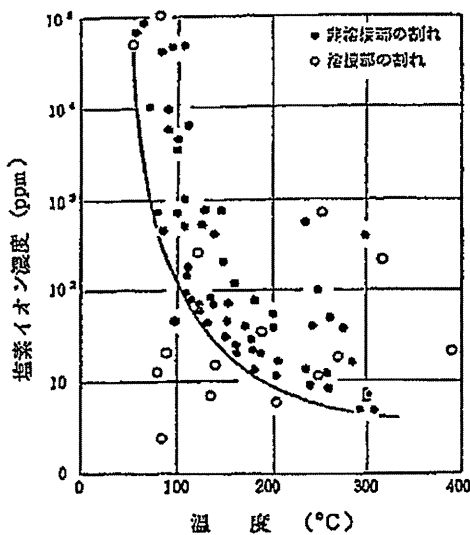
なお、巡視点検時の振動確認（通常運転時の振動状態と差異のないことの触診による確認）、試運転時における振動確認（変位の測定）並びに分解点検時の応力集中部に対する目視確認や浸透探傷検査により、機器の健全性を確認している。

(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、濃縮液タンク及び予備濃縮液タンク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の関係を図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、濃縮液タンク及び予備濃縮液タンク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(1/6) 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 勞 割 れ	応 力 腐 蝕	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)	◎	—									
パウダリの 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	◎	—									
	台 板		炭素鋼							△		
機器の支持	取付ボルト		低合金鋼							△		
	基礎ボルト		炭素鋼							△		

△：高経年対策上着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(2/6) 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	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 勞 割 れ	応 力 腐 蝕	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}	△			△ ^{*2} (内面) △ ^{*2} (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(3/6) 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 蝕	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(4/6) 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			
				摩 耗	腐 食	疲 勞 割 れ	応 力 腐 蝕 割 れ	熱 時 効	劣 化		
									そ の 他		
ハウンドダリの 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(5/6) 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 勞 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		—								
	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		△						
	機器の支持	ベースプレート		炭 素 鋼		△					
基礎ボルト			炭 素 鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.3-1(6/6) 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）

8 焼却減容設備

[対象機器]

- ① 燃焼式雑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 (°C)
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°Cを超え、又は最高使用圧力が1,900kPaを超える環境下にある原子炉格納容器外の重要度クラス3の機器

2. 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。

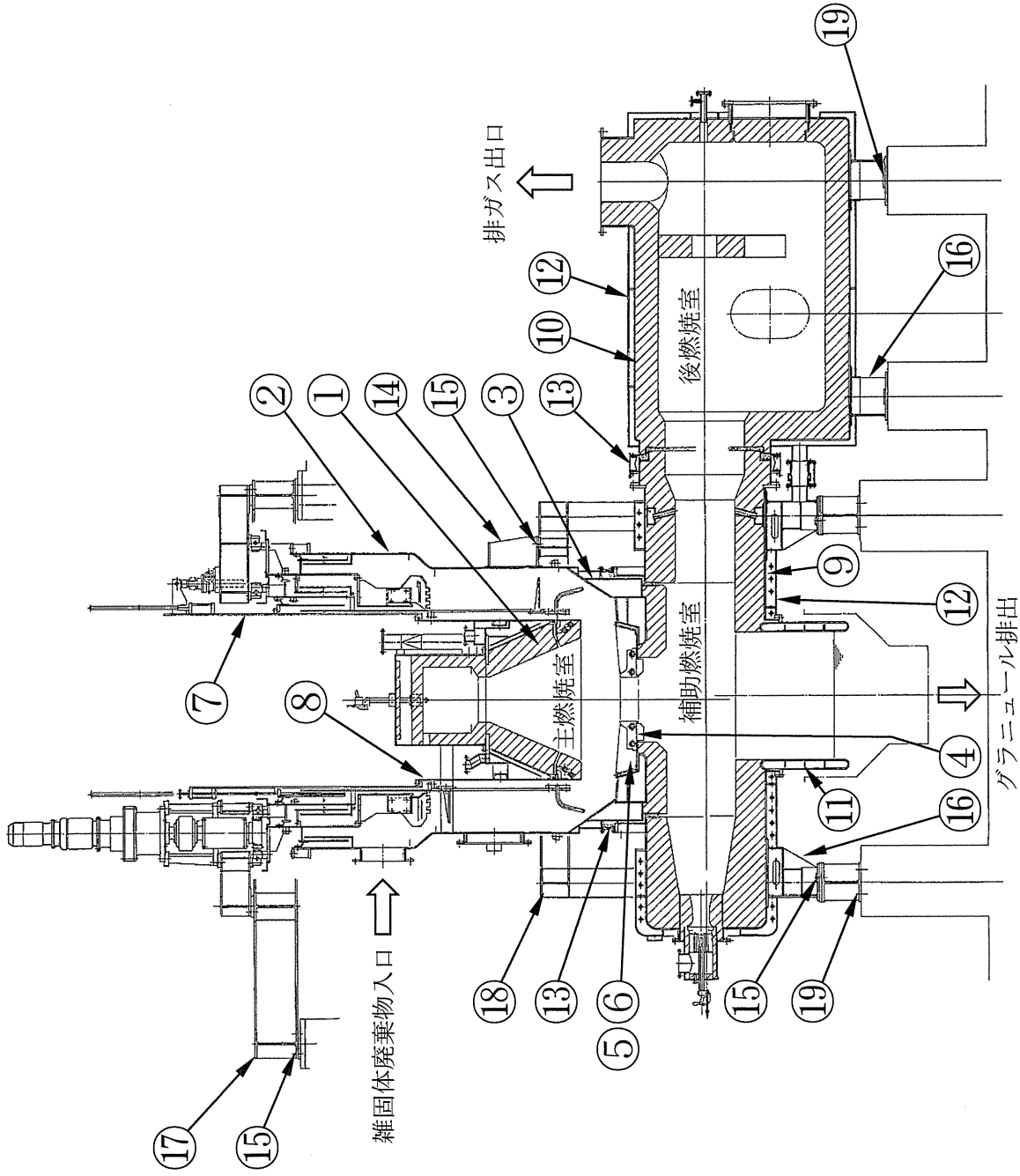
廃棄物貯留・供給設備より供給された廃棄物は、主燃焼室側面の二重円筒部上部より二重円筒部内に分配され、二重円筒部より燃焼室内に供給される。

主燃焼室で、可燃物の燃焼及び不燃物と可燃物の灰分の熔融を行い、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	リング
⑦	上部ベルフレーム
⑧	下部ベルフレーム
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 燃焼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 耗	肉 腐 食	割 れ		材 質 変 化			そ の 他	
						疲 勞 割 れ	応 力 腐 蝕	熱 時 効	劣 化			
焼却、除塵機能の確保 バウンダリの維持	耐火物		耐火物								△*1 △*2	*1：減肉 *2：割れ *3：クリーブ
	主燃焼室外殻		炭素鋼		△							
	主燃焼室底板		ステンレス鋼 炭素鋼			△						
	グラニユール出口	◎	—									
	グラニユール出口 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							△		
	グラニユール出口 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 耗	肉 腐 食	割 裂	割 れ	材 質 変 化		そ の 他					
								摩 耗	腐 蝕			疲 勞 割 れ	応 力 腐 蝕	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	運 転	使 用 条 件*3			
			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。

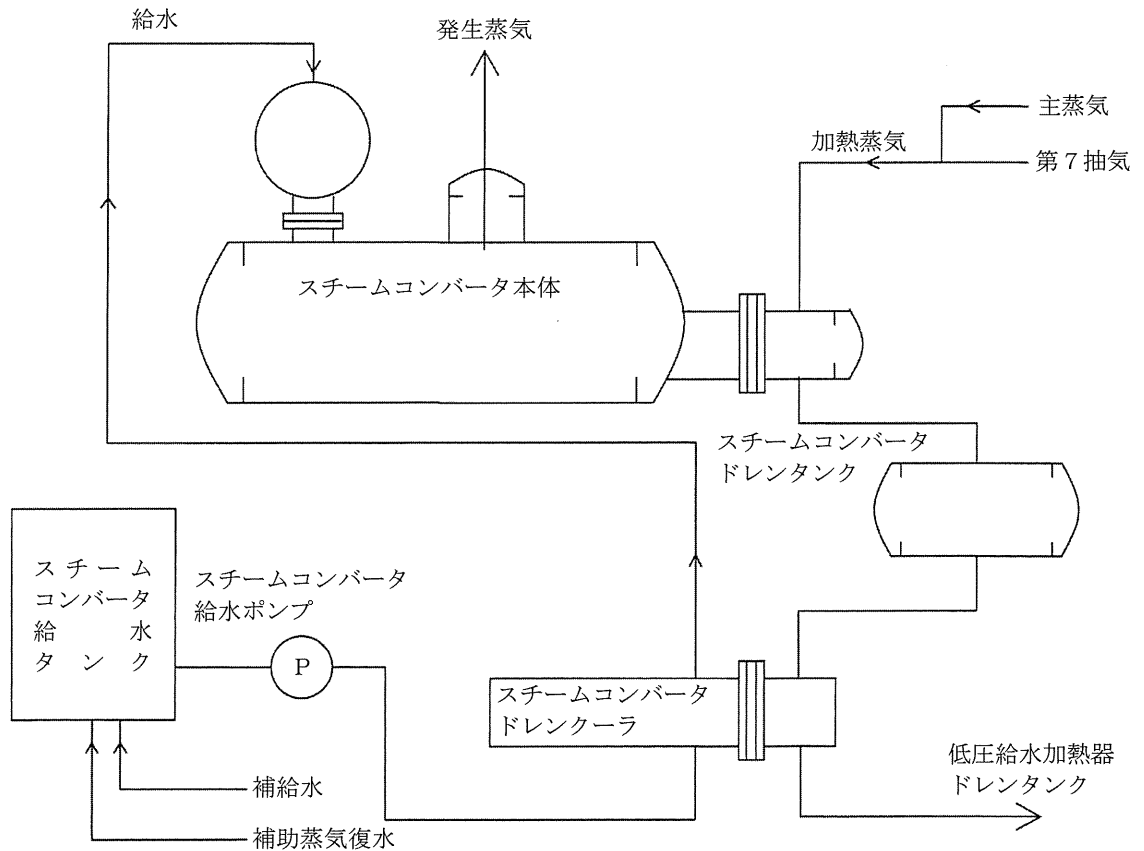


図2.1-1 玄海3号炉 スチームコンバータ全体構成図

2.2 構造、材料及び使用条件

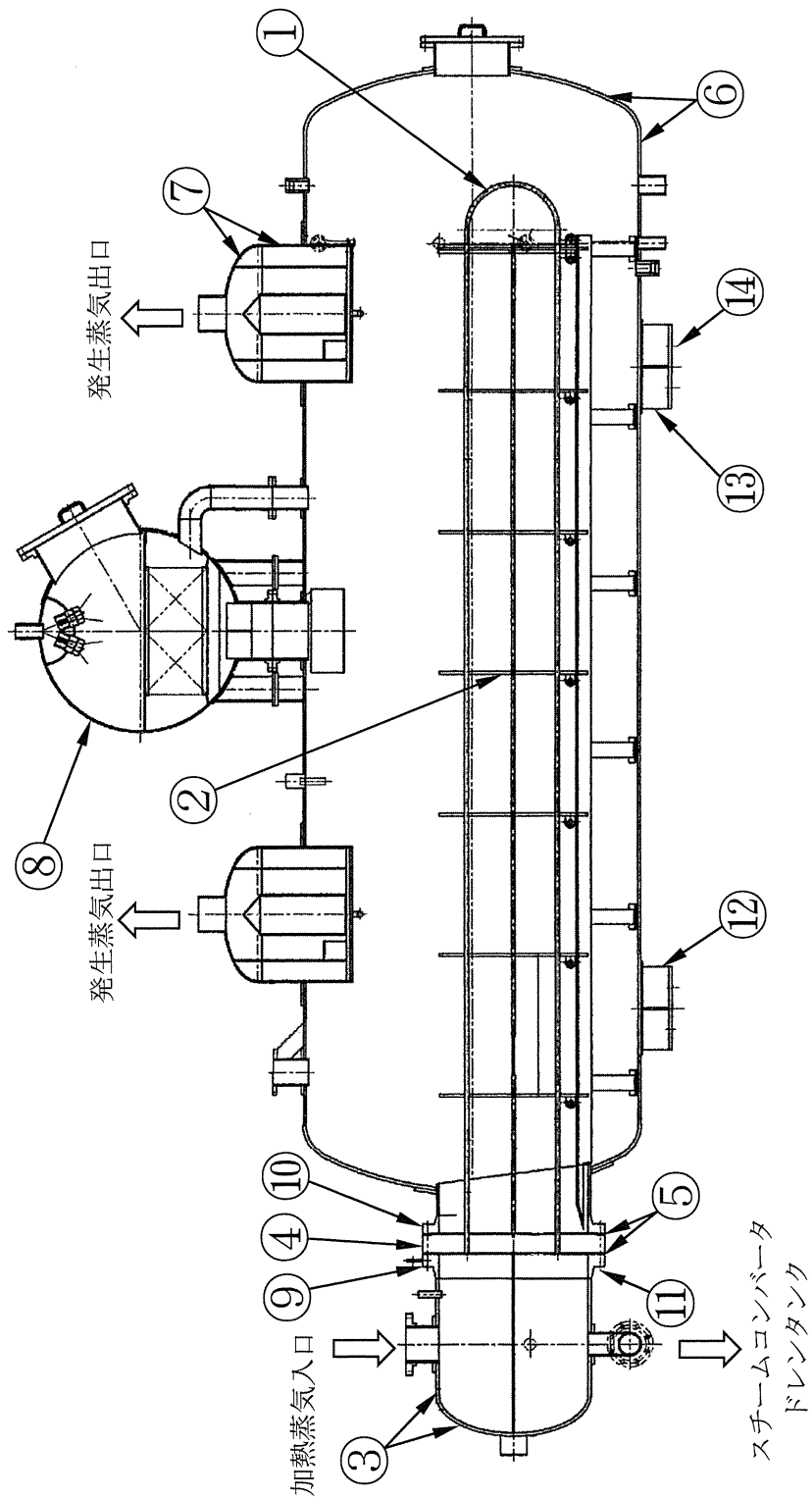
2.2.1 スチームコンバータ本体

(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。

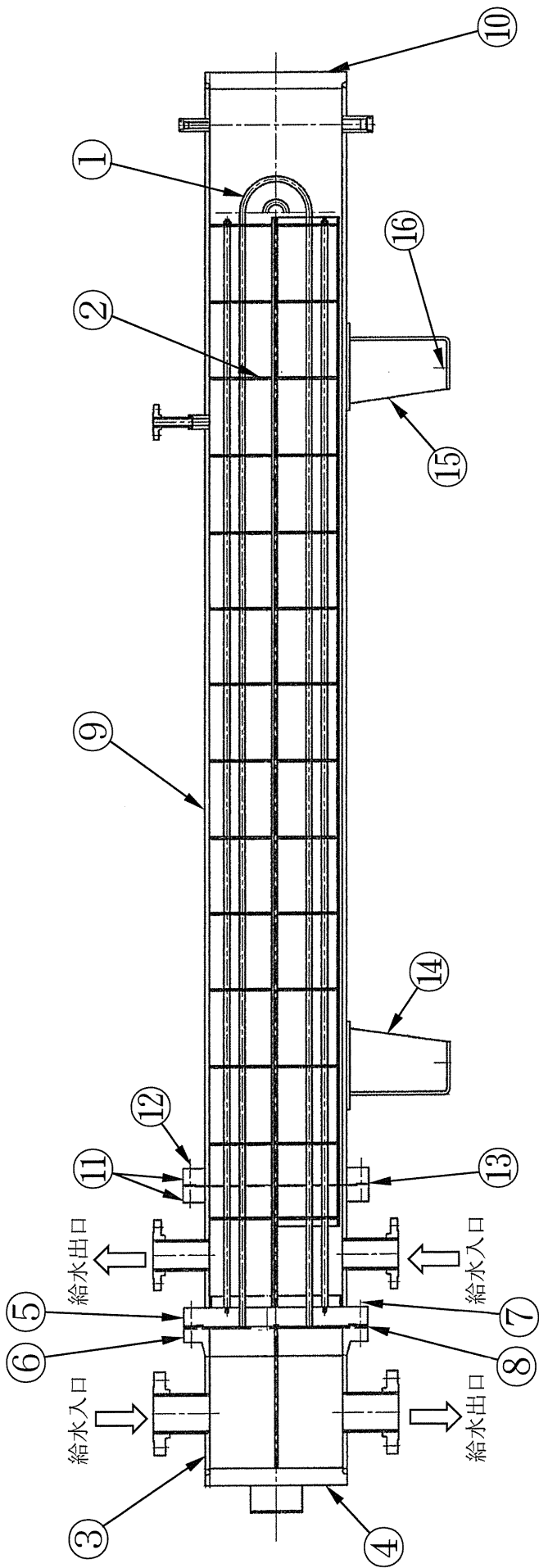
一次側耐圧構成品には炭素鋼を使用しており凝縮された給水に接液している。

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ードレンクローラ構造図

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	グラインドパッキン

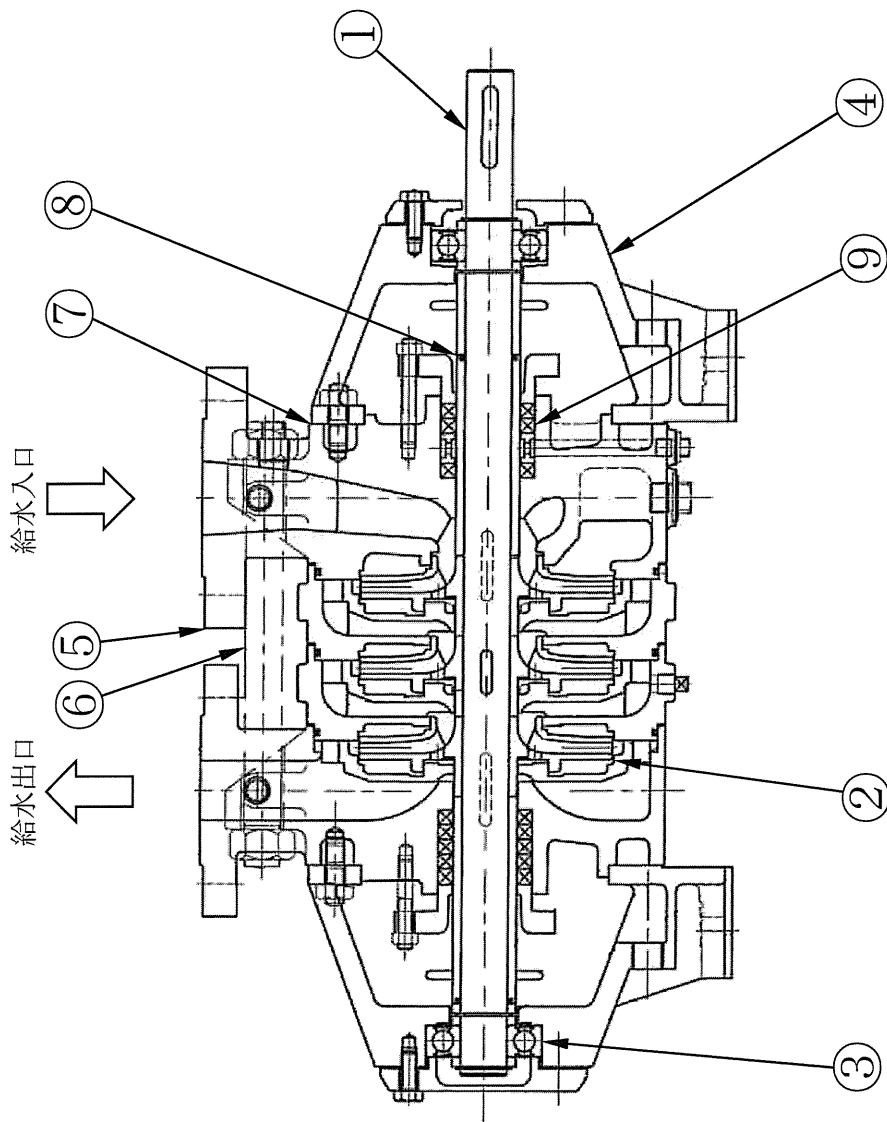


図2.2-3(1/2) 玄海3号炉 スチームコンバータ給水ポンプ構造図

No.	部 位
⑩	台 板
⑪	取付ボルト
⑫	基礎ボルト

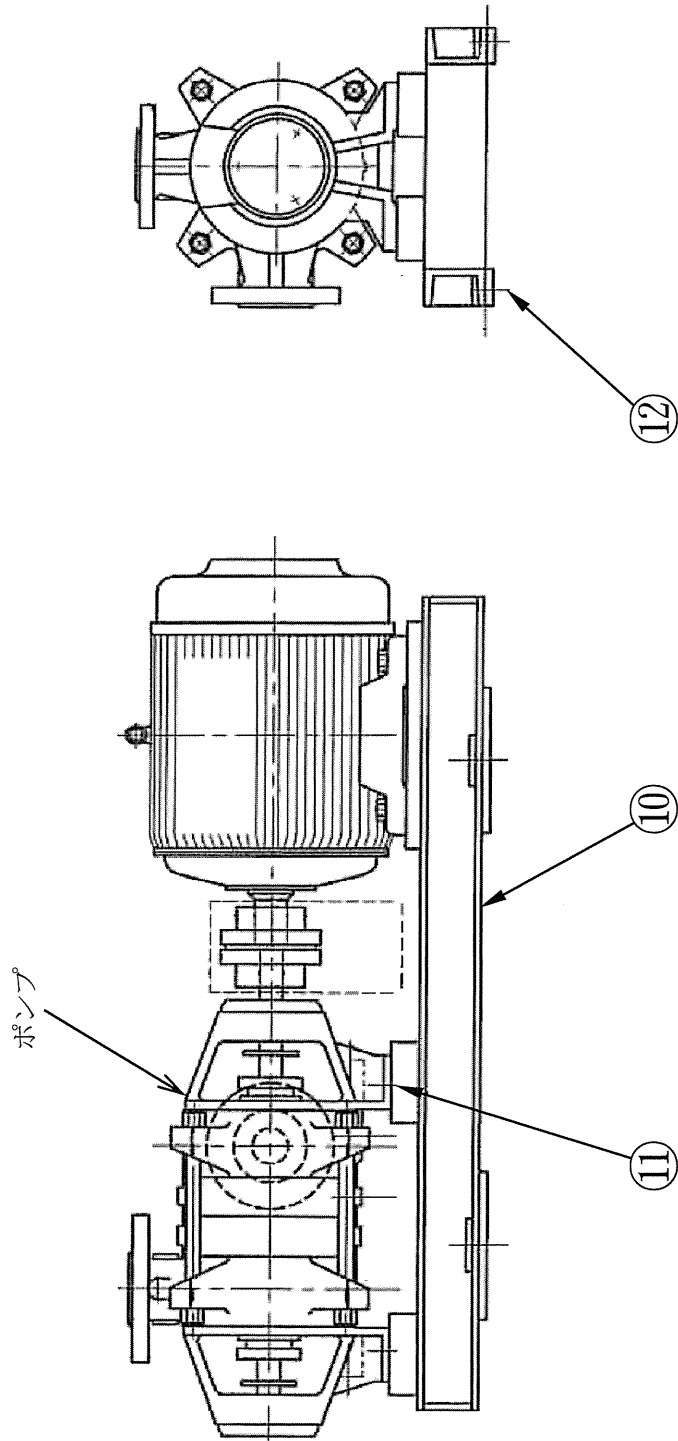


図2.2-3(2/2) 玄海3号炉 スチームコンバータ給水ポンプ構造図

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

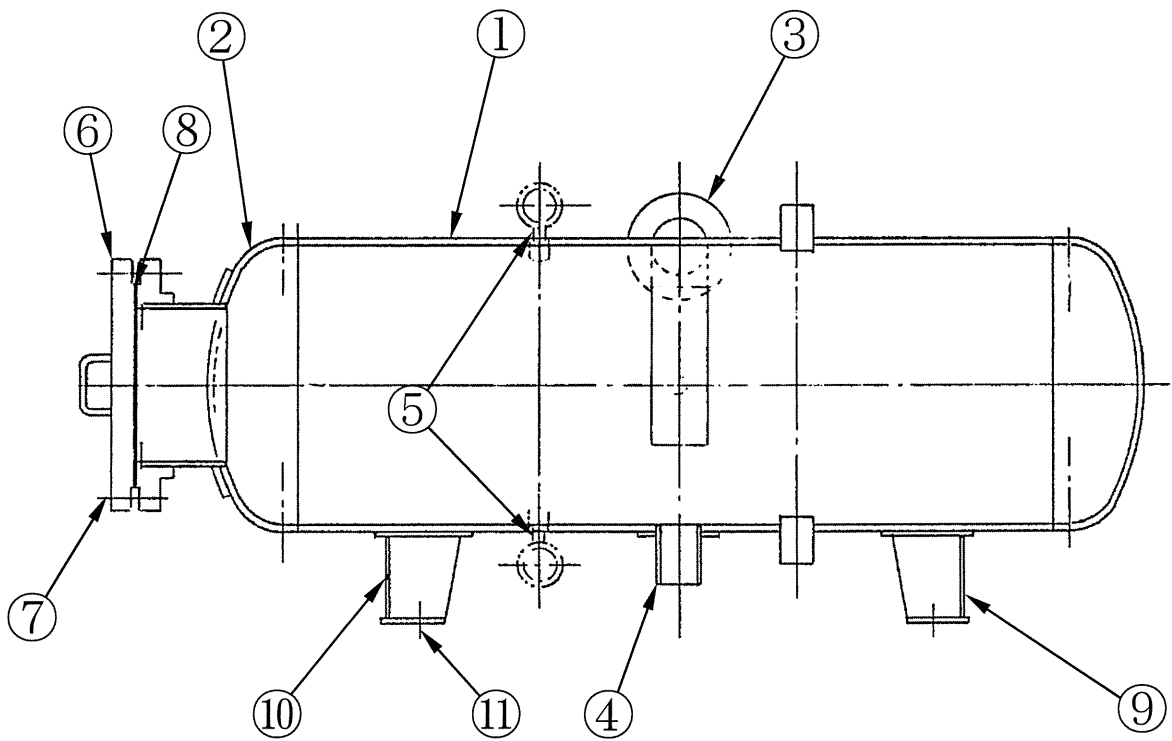
(1) 構造

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。

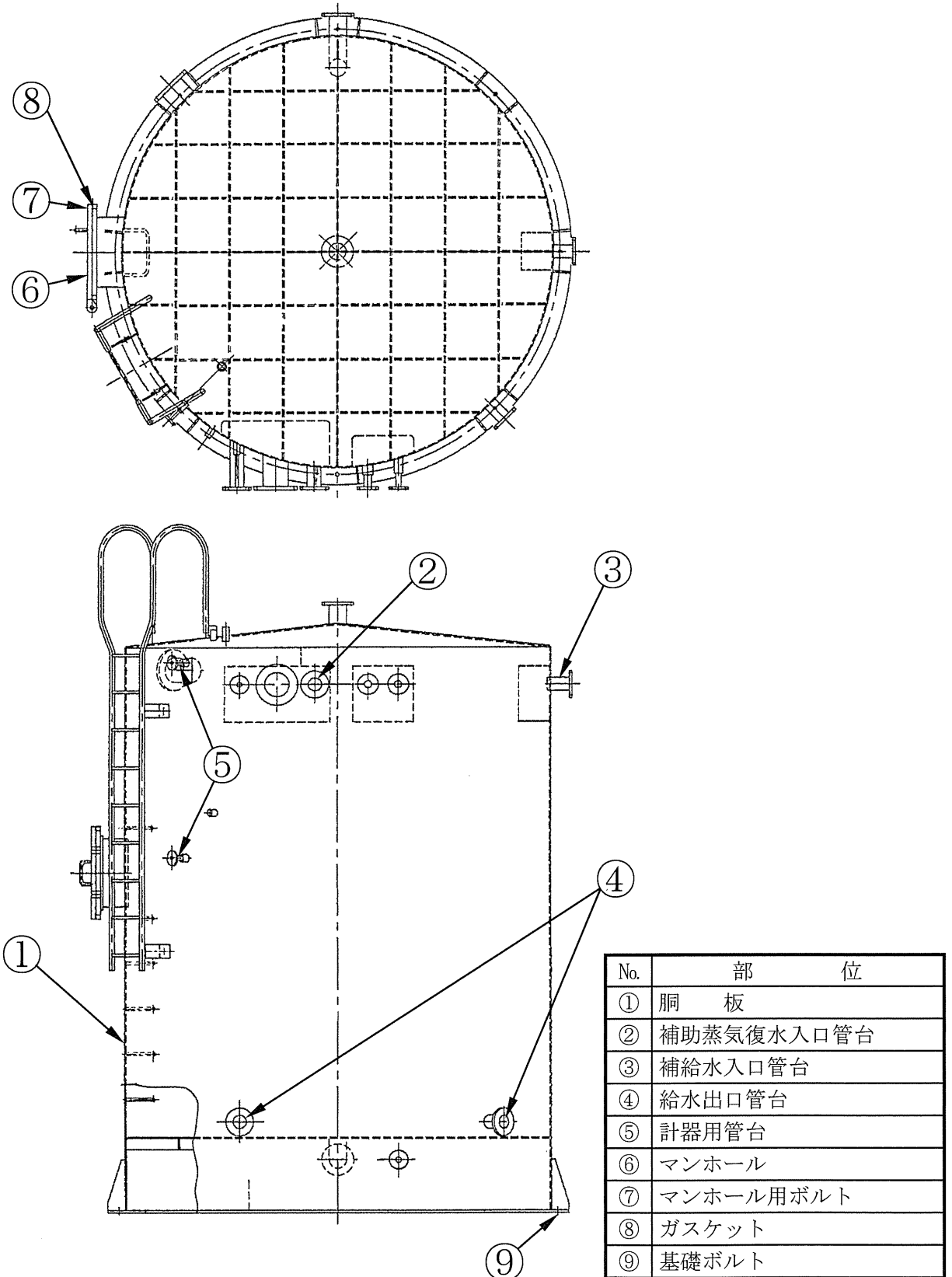


図2.2-5 玄海3号炉 スチームコンバータ給水タンク構造図

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に行うことで、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に行うことで、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。

なお、分解点検時の目視確認や寸法計測により、機器の健全性を確認している。

(8) 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 耗	腐 食	割 れ		材 質 変 化		そ の 他	
						疲 勞 割 れ	応 力 腐 蝕	熱 時 効	劣 化		
伝熱性能の確保 バウンダリの維持	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}						
	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)						
機器の支持	フランジボルト		低合金鋼		△						
	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ードレンクォ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 耗		腐 食		割 れ			材 質 変 化	そ の 他
				摩 耗	△ ^{*1}	腐 食	△ ^{*2}	疲 勞 割 れ	△ ^{*1}			
伝熱性能の確保	冷却管		ステンレス鋼	△ ^{*1}	△ ^{*2}	△ ^{*2}	△ ^{*1}	△		△ ^{*3}	*1：摩擦・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)						
	水室蓋		炭素鋼			△ ^{*2} (内面) △(外面)						
	管 板		炭素鋼 (ストレス鋼肉盛)			△ ^{*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			△						
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} △						
	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 耗	肉 腐	食 腐	割 れ		材 質 変 化	其 他		
							疲 勞 割 れ	応 力 腐 食 割 れ				熱 時 効
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	◎	-									
	ケーシング	◎	-									
バウンダリの維持	ケーシングボルト	◎	-									
	ガスケット	◎	-									
	Oリング	◎	-									
	グラウンドパッキン	◎	-									
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ー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 耗		腐 食	割 れ		材 質 変 化			そ の 他	
				摩 耗	腐 食		疲 勞 割 れ	応 力 腐 蝕	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	◎	-										
	支 持 脚		炭 素 鋼		△								
	機器の支持	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		
				減耗		肉腐食	割れ		材料変化		その他					
				摩	耗		疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化						
						腐					食					
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		◎	—												
	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 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：水素反応の管体（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

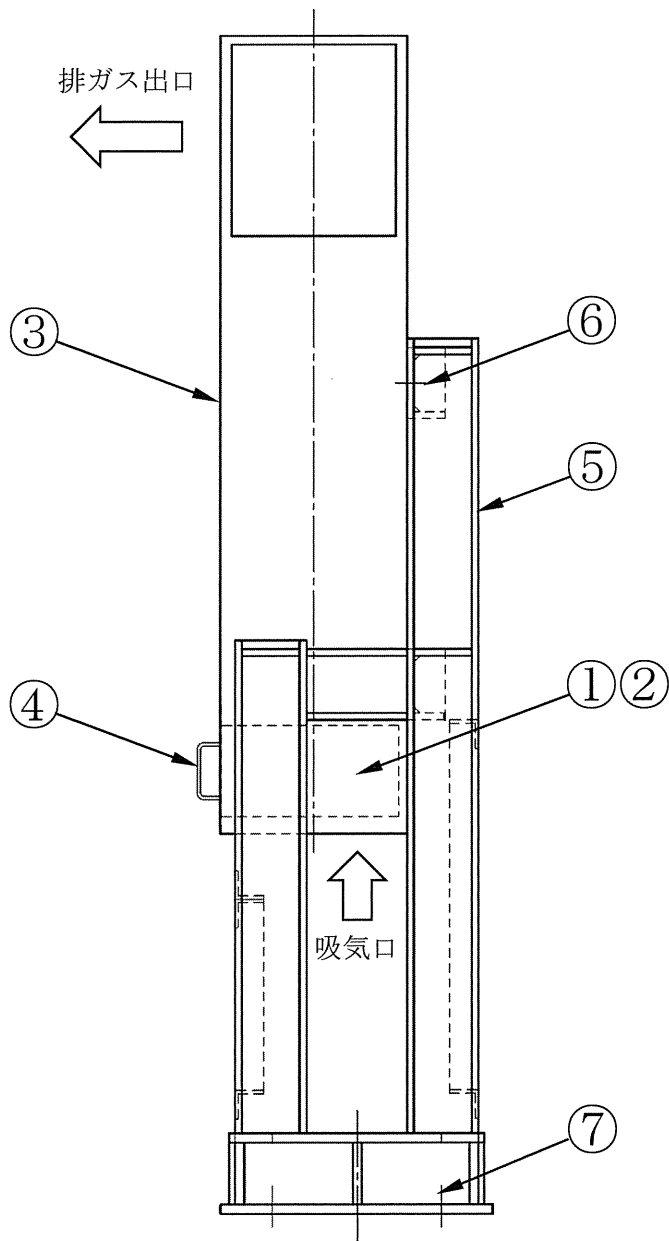
玄海3号炉の静的触媒式水素再結合装置は触媒式であり、触媒プレートには母材として高耐熱性ステンレス鋼、触媒として白金系金属を使用しており、原子炉格納容器内（5箇所）に設置されている。

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	
				減耗		肉食		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										
	支持架台		炭素鋼 ステンレス鋼				△						
機器の支持	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及び低合金鋼製のボルトをあらかじめ、コンクリート基礎に埋設しているもので、主として大型機器や機械振動を考慮するような機器の支持に用いている。
メカニカルアンカ	施工後の基礎に穿孔し、炭素鋼製のテーパボルトにより、炭素鋼製のシールドをコンクリートに打ち込むもので、主として小口径の配管、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、炭素鋼及び低合金鋼製のアンカボルトを樹脂（不飽和ポリエステル樹脂、ビニルエステル樹脂、ビニルウレタン樹脂、エポキシ樹脂）で固定しているもので、主として小口径の配管、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

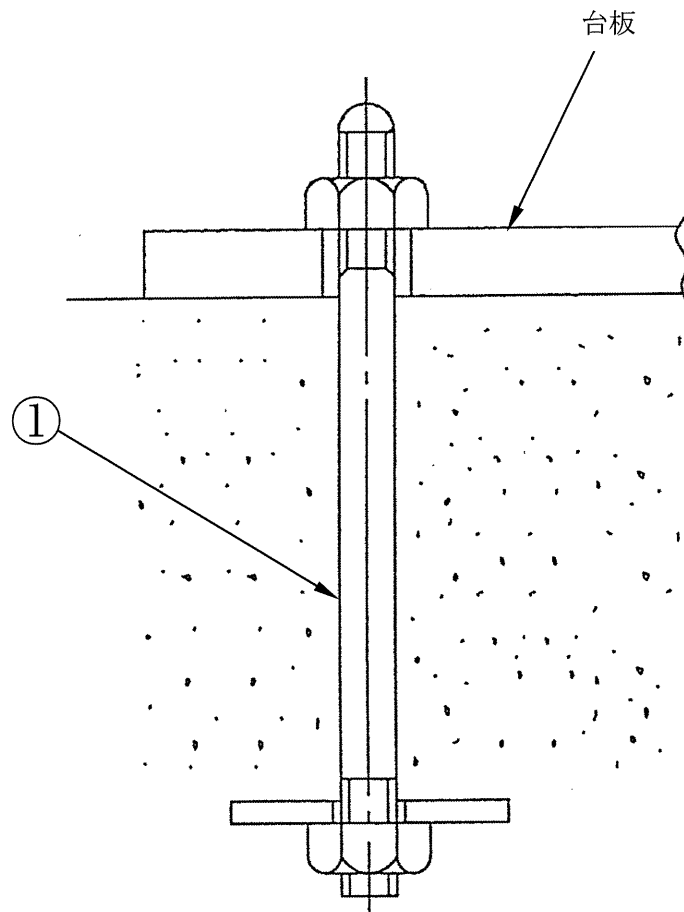


図2.1-1(1/2) 玄海3号炉 スタッドボルト構造図

No.	部 位
①	スタッドボルト

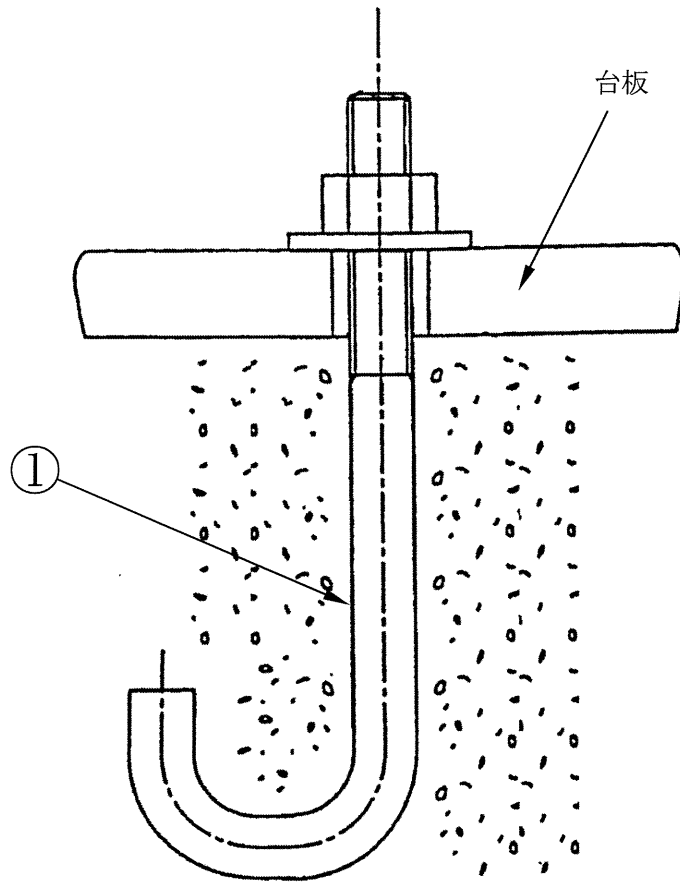


図 2.1-1(2/2) 玄海 3 号炉 スタッドボルト構造図 (先端曲げ加工の例)

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

No.	部 位
①	シールド
②	テーパボルト

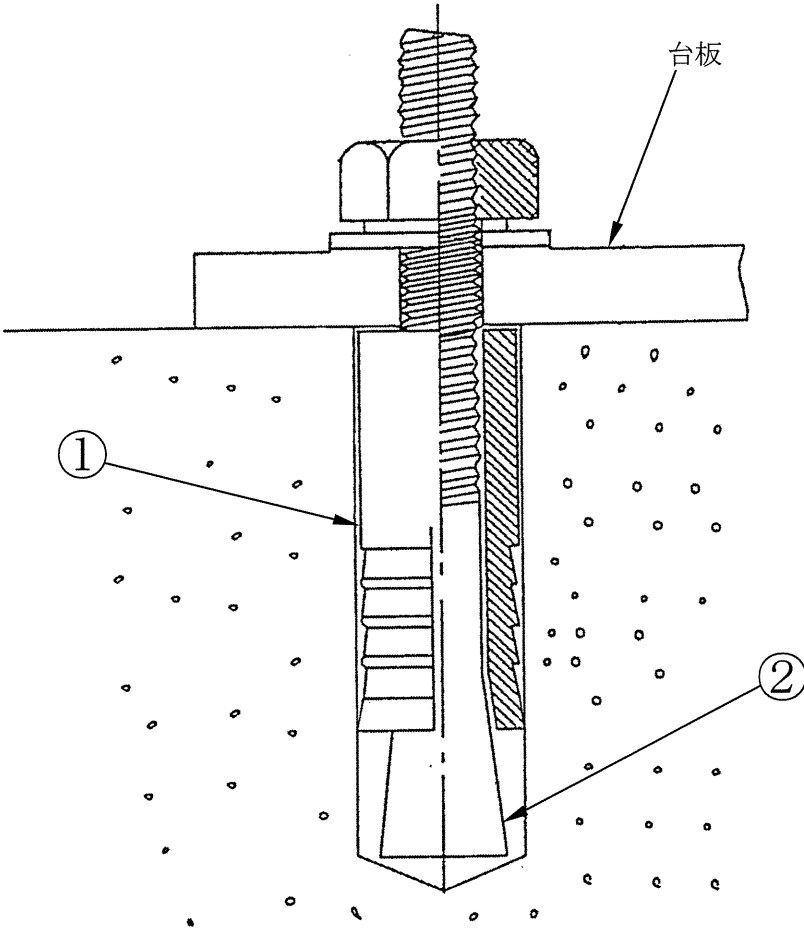


図2.1-2 玄海3号炉 メカニカルアンカ構造図

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
テーパボルト	炭 素 鋼

No.	部 位
①	樹 脂
②	アンカボルト

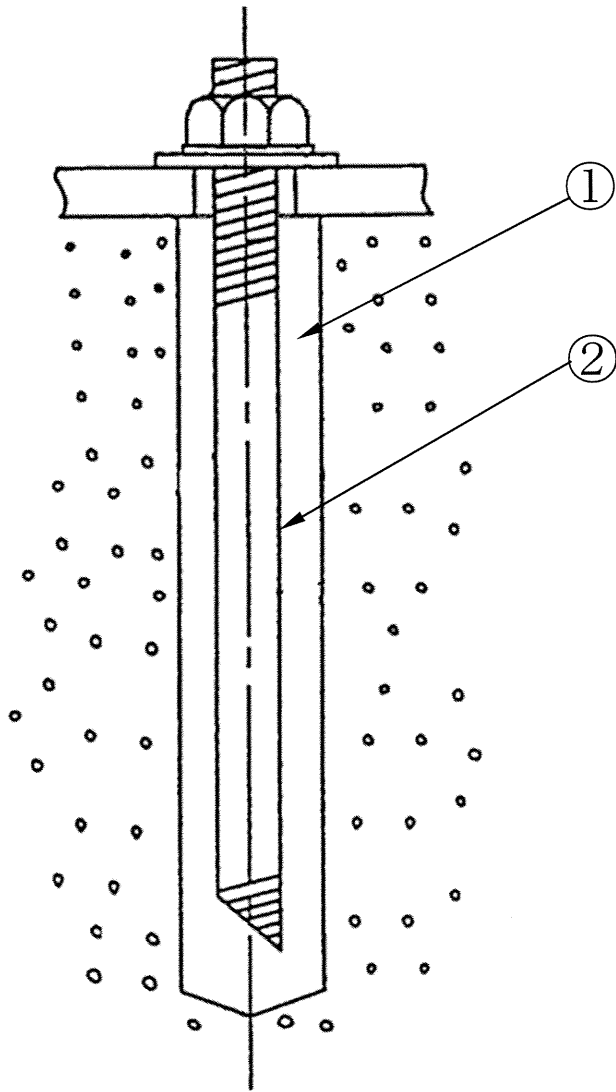


図2.1-3 玄海3号炉 ケミカルアンカ構造図

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 エポキシ樹脂
アンカボルト	炭 素 鋼 低合金鋼

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	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
	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)	FWP 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	
計測制御設備	制御設備	保護・シーケンス盤	○		スタッドボルト	
			○		スタッドボルト	
			○		スタッドボルト	
	監視・操作盤	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	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
				摩擦	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		△ ^{*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 メカニカルアノ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	
				減摩	肉食	割れ		材質変化			その他
						腐食	疲労割れ	応力腐蝕	熱時効		
機器の支持	シールド		炭素鋼		△ ^{*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: コングリート埋設部 *5: 付着力低下
	テーパボルト		炭素鋼		△ ^{*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 ケミカルアノ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 勞 割 れ	応 力 腐 蝕	熱 時 効	劣 化		
機器の支持	樹 脂		不飽和ポリエステル樹脂 ビニルエステル樹脂 ビニルウレタン樹脂 エポキシ樹脂							▲	*1:大気接触部(基礎ボルト塗装あり部) *2:大気接触部(屋内基礎ボルト塗装なし部)
	アノカボルト		炭素鋼 低合金鋼		△ ^{*1} △ ^{*2} △ ^{*3} ▲ ^{*4}		▲				▲ ^{*5}

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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