

玄海原子力発電所3号炉

タービン設備の技術評価書

[運転を断続的に行うことを前提とした評価]

九州電力株式会社

玄海3号炉のタービン設備のうち、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。

本評価書における技術評価結果で現状保全を継続すべき項目としたものについては、現状保全の点検手法の適切性を確認しており、現状保全を継続することで健全性の維持は可能であると考ええる。

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

本評価書ではタービン及び付属機器の型式等を基に、以下の6つに分類している。

- 1 高圧タービン
- 2 低圧タービン
- 3 タービン動主給水ポンプ駆動タービン
- 4 タービン動補助給水ポンプタービン
- 5 主油ポンプ
- 6 調速装置・保安装置

なお、タービン潤滑・制御油系統配管は「配管の技術評価書」にて、タービンの主要弁及び一般弁は「弁の技術評価書」にて評価を実施するものとし、本評価書には含まれていない。

表1 玄海3号炉 主要なタービン及び付属機器

型式	機器名称 (台数)	重要度*1
タービン	高圧タービン (1)	高*2
	低圧タービン (3)	高*2
	タービン動主給水ポンプ駆動タービン (2)	高*2
	タービン動補助給水ポンプタービン (1)	MS-1、重*3
	付属機器 主油ポンプ (1)	高*2
	調速装置・保安装置 (1)	高*2

*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：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 主要なタービン及び付属機器の機能

機器名称	機能
高圧タービン	発電を行うため発電機を駆動する。
低圧タービン	
タービン動主給水ポンプ駆動タービン	主蒸気によってタービンを回転し、タービン動主給水ポンプを駆動させる。
タービン動補助給水ポンプタービン	事故時等の炉心停止後初期の炉心崩壊熱を除去するため、補助給水を蒸気発生器2次側へ供給する補助給水ポンプを駆動する。
主油ポンプ	タービン運転中に必要な潤滑油及び制御油をタービン潤滑・制御油系統へ供給する。
調速装置・保安装置	タービンの回転速度あるいは負荷を制御するとともにタービンに異常が発生した場合に安全にタービンを停止する。

1 高圧タービン

[対象機器]

- ① 高圧タービン

目 次

1. 対象機器	1
2. 高圧タービンの技術評価	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	9

1. 対象機器

玄海3号炉で使用されている高圧タービンの主な仕様を表1-1に示す。

表1-1 玄海3号炉 高圧タービンの主な仕様

機器名称 (台数)	仕様 (出力× 定格回転数) (kW×rpm)	重要度*1	使用条件			
			運 転	最高使用圧力*3 (MPa[gage])	最高使用温度*3 (℃)	湿り度*3 (%)
高圧タービン (1)	約1,180,000*4 ×約1,800	高*2	連 続	約8.2	約298	約0.4

*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：主蒸気止め弁前の蒸気条件

*4：低圧タービンとの合計出力を示す

2. 高圧タービンの技術評価

2.1 構造、材料及び使用条件

2.1.1 高圧タービン

(1) 構造

玄海3号炉の高圧タービンは、複流型タービンである。

蒸気は車室に接続されている4本の主蒸気入口管より高圧タービンに流入し、車室の中央で2つに分かれ、動翼、静翼を通過後両端の車室上下部にある排気口より排出される。

高圧タービン車室には炭素鋼鋳鋼、翼環には炭素鋼鋳鋼及びステンレス鋼鋳鋼を使用し、それぞれは水平継手面にて上下分割され、ボルトにより締め付けられている。

静翼にはステンレス鋼を使用し、翼環に固定されている。

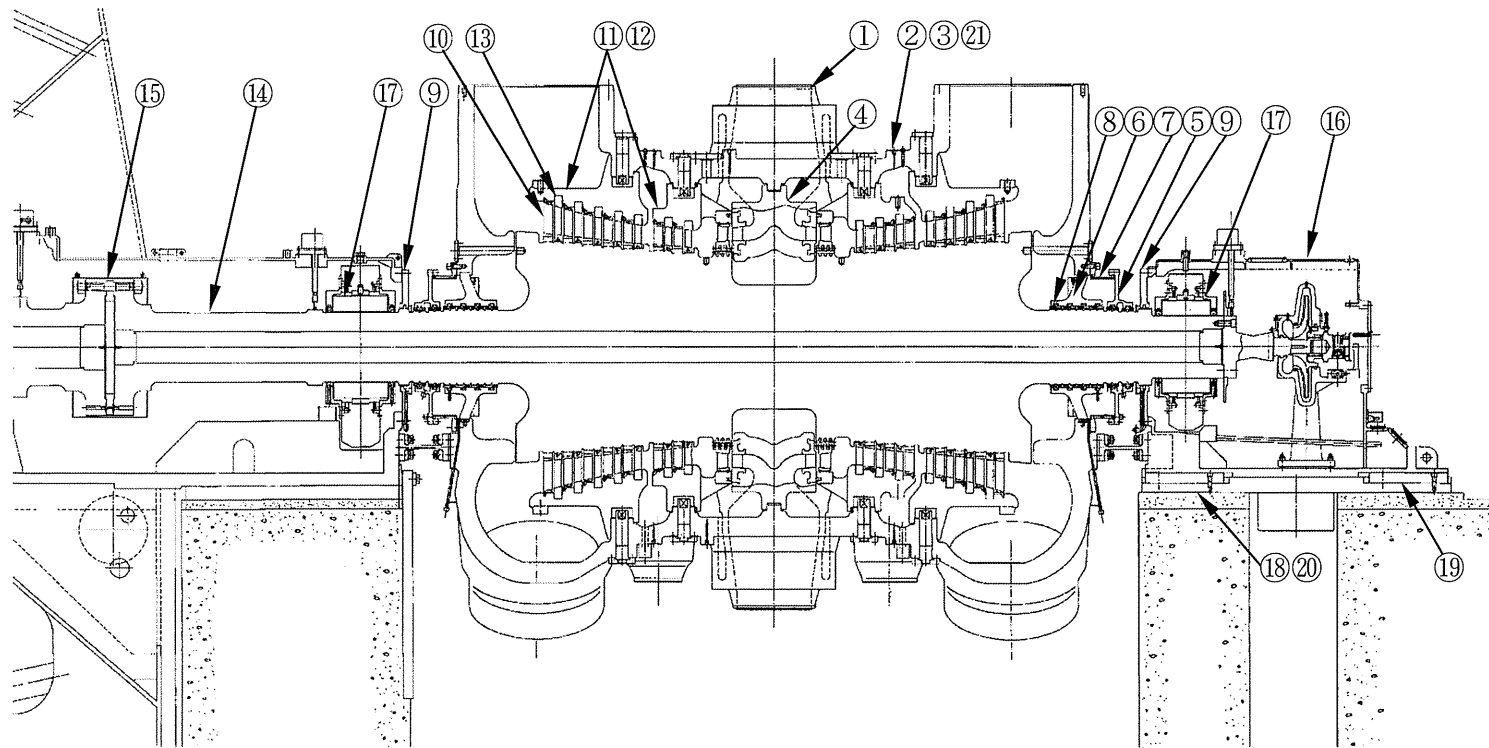
高圧タービン車軸は、低合金鋼を使用しており、2個のジャーナル軸受により支えられている。

高圧タービン車室両端面の車軸貫通部には、アウターグランド本体及びインナーグランド本体が設けられており、多数のシールストリップを装備したグランドシールリングにより蒸気流出を防いでいる。

玄海3号炉の高圧タービンの構造図を図2.1-1に示す。

(2) 材料及び使用条件

玄海3号炉の高圧タービ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。



No.	部 位
①	主蒸気入口管
②	車 室
③	車室ボルト
④	ノズル室
⑤	アウターグランド本体
⑥	インナーグランド本体
⑦	ダイヤフラムリング
⑧	グランドシールリング
⑨	油 止 輪
⑩	動 翼
⑪	翼 環
⑫	翼環ボルト
⑬	静 翼
⑭	車 軸
⑮	カップリングボルト
⑯	軸 受 台
⑰	ジャーナル軸受 (すべり)
⑱	台 板
⑲	キ ー
⑳	基礎ボルト
㉑	車室支えボルト

図2.1-1(1/4) 玄海3号炉 高圧タービン構造図

No.	部 位
②	車 室
③	車室ボルト
⑪	翼 環
⑫	翼環ボルト

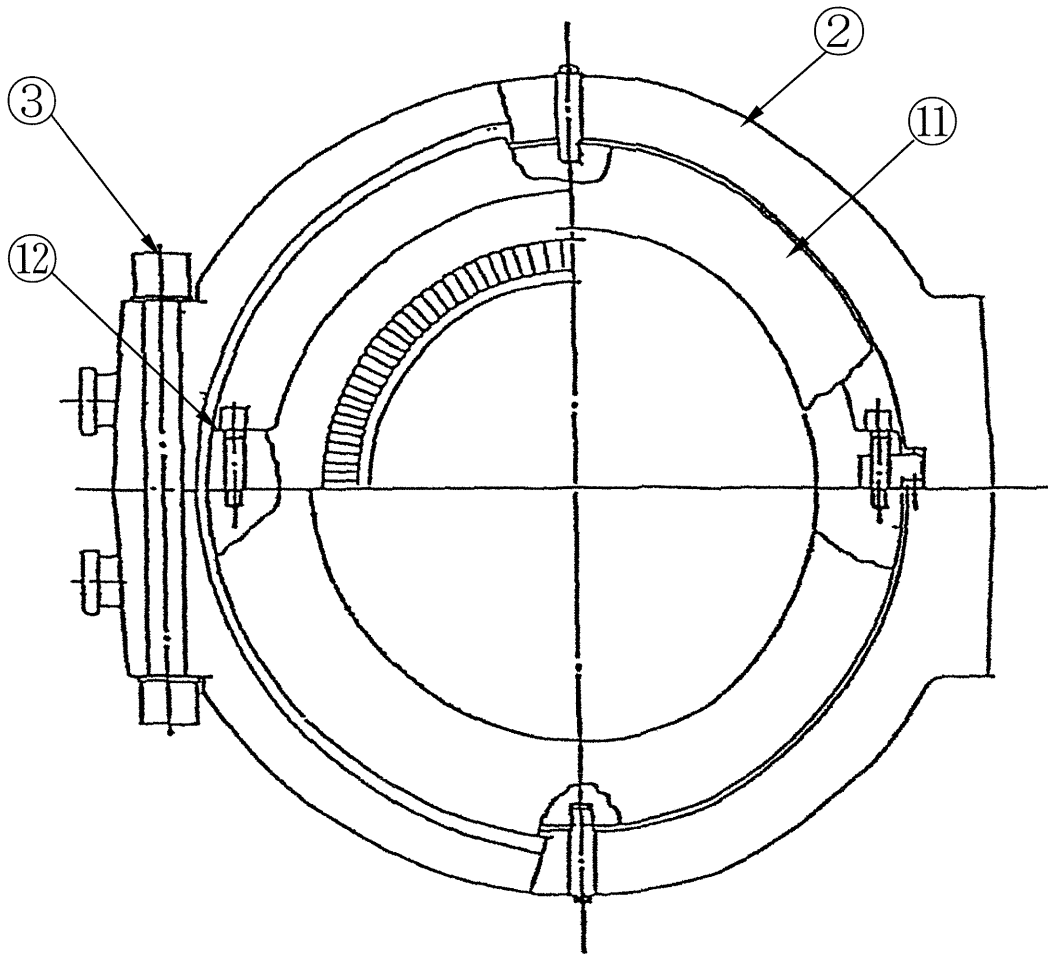


図2.1-1(2/4) 玄海3号炉 高圧タービン 車室構造図

No.	部 位
⑤	アウターグランド本体
⑥	インナーグランド本体
⑦	ダイヤフラムリング
⑧	グランドシールリング

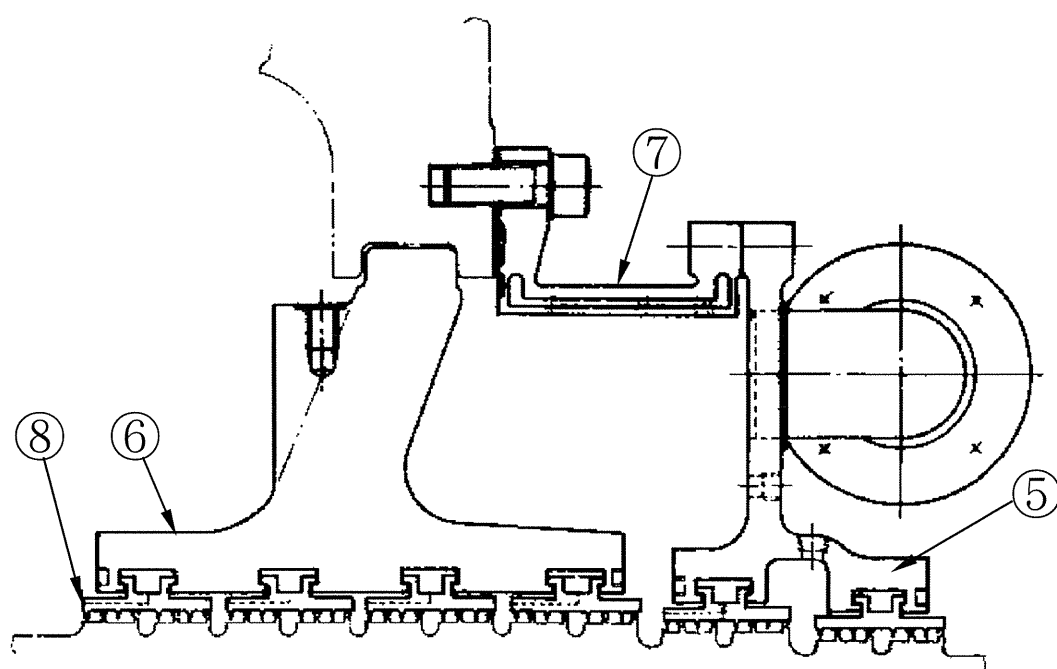


図2.1-1(3/4) 玄海3号炉 高圧タービン アウターグランド本体及びインナーグランド
本体構造図

No.	部 位
②	車 室
③	車室ボルト
⑳	車室支えボルト

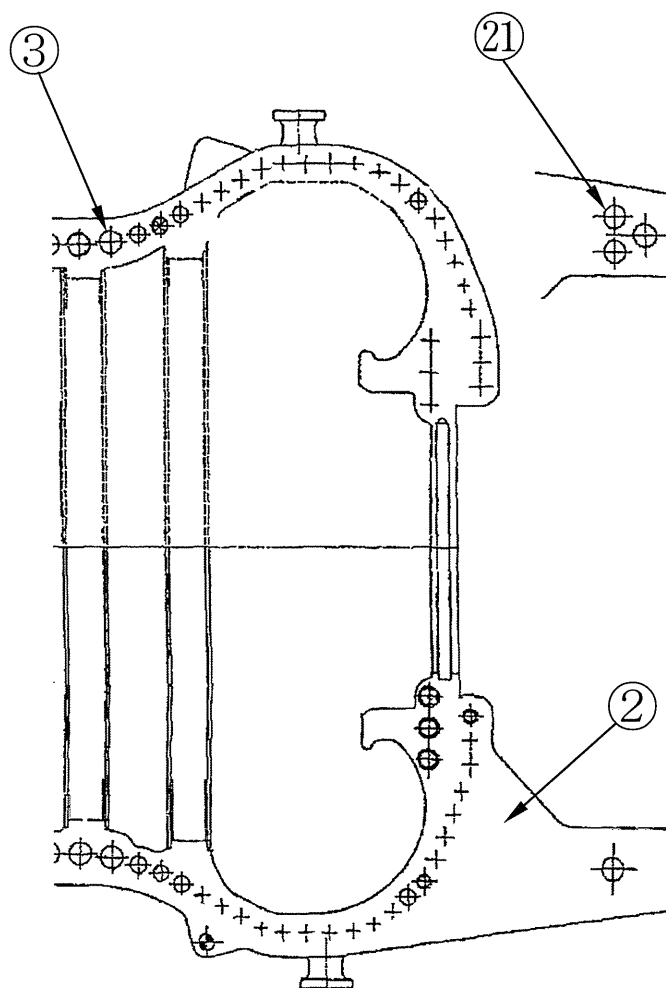


図2.1-1(4/4) 玄海3号炉 高圧タービン 車室、車室ボルト、車室支えボルト構造図

表2.1-1 玄海3号炉 高圧タービン主要部位の使用材料

部 位	材 料
主蒸気入口管	炭 素 鋼
車 室	炭素鋼鋳鋼
車室ボルト	低合金鋼
ノズル室	炭素鋼鋳鋼
アウターグランド本体	炭素鋼鋳鋼
インナーグランド本体	ステンレス鋼鋳鋼
ダイヤフラムリング	炭 素 鋼
グランドシールリング	消耗品・定期取替品
油 止 輪	炭 素 鋼
動 翼	ステンレス鋼
翼 環	炭素鋼鋳鋼 (ステンレス鋼肉盛) ステンレス鋼鋳鋼
翼環ボルト	低合金鋼 ステンレス鋼
静 翼	ステンレス鋼
車 軸	低合金鋼
カップリングボルト	低合金鋼
軸 受 台	炭 素 鋼
ジャーナル軸受 (すべり)	炭素鋼 (ホワイトメタル)
台 板	炭 素 鋼
キ ー	低合金鋼
基礎ボルト	炭 素 鋼
車室支えボルト	低合金鋼

表2.1-2 玄海3号炉 高压タービンの使用条件

最高使用圧力 *1	約8.2MPa[gage]
最高使用温度 *1	約298℃
定格回転数	約1,800rpm
内部流体	蒸気

*1：主蒸気止め弁前の蒸気条件

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機能達成に必要な項目

高圧タービンの機能である発電機駆動機能を維持するためには、次の3つの項目が必要である。

- ① バウンダリの維持
- ② 発電機駆動力の確保
- 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

高圧タービンについて、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の構造、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) 主蒸気入口管及び車室の外表面からの腐食（全面腐食）

主蒸気入口管及び車室は炭素鋼又は炭素鋼鋳鋼であり、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の進行の可能性は小さい。

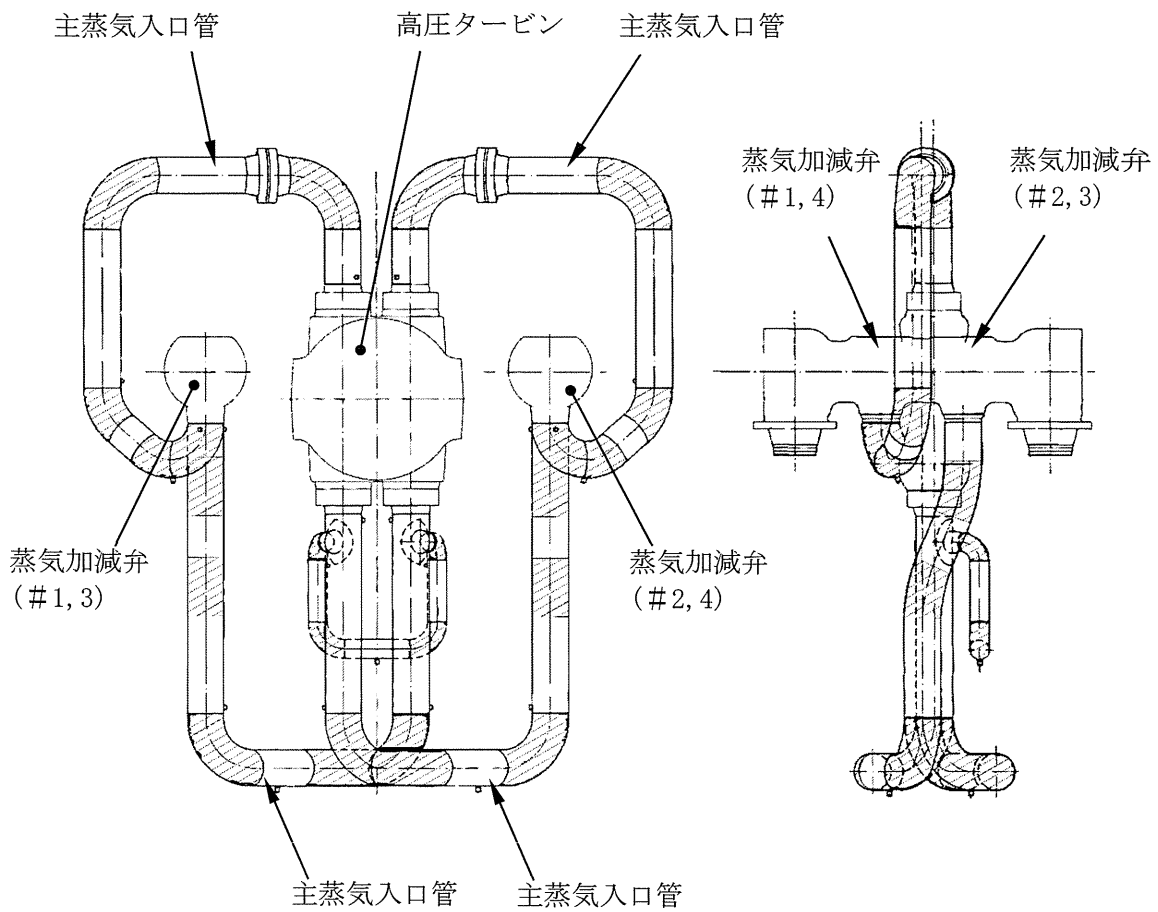
また、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を維持している。

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

(2) 主蒸気入口管、車室及びノズル室の腐食（流れ加速型腐食）

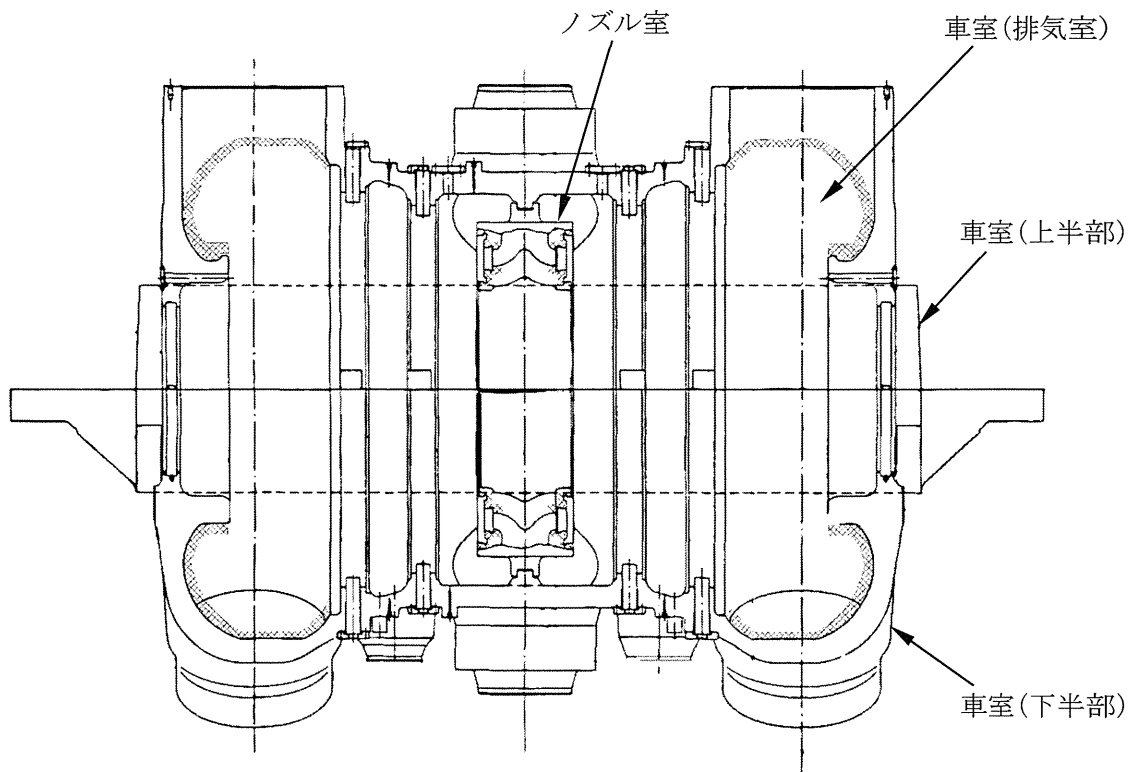
主蒸気入口管、車室及びノズル室は、炭素鋼又は炭素鋼鋳鋼であり、湿り蒸気流に常時さらされているため、流れ加速型腐食により減肉が想定される。

主蒸気入口管、車室及びノズル室の流れ加速型腐食発生想定部位をそれぞれ図2.2-1及び図2.2-2に示す。



//// : 流れ加速型腐食発生想定部位

図2.2-1 玄海3号炉 高圧タービン 主蒸気入口管の流れ加速型腐食発生想定部位



⊗：流れ加速型腐食発生想定部位

図2.2-2 玄海3号炉 高圧タービン 車室及びノズル室の流れ加速型腐食発生
想定部位

主蒸気入口管、車室及びノズル室については、流れ加速型腐食による減肉が想定される。流れ加速型腐食による減肉の進行程度は流速、水質、温度、当該部の形状等の使用条件に影響され、流れ加速型腐食について一律に定量的な予測を行うことは困難である。

しかしながら、主蒸気入口管の流れ加速型腐食に対しては、「配管肉厚管理要領書」(社内文書)に基づき、超音波厚さ計による肉厚計測を計画的に実施し、肉厚計測に基づく余寿命評価から適切な時期・頻度で検査又は取替時期を設定している。

また、車室及びノズル室については、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。

(3) 主蒸気入口管及び車室の疲労割れ

主蒸気入口管及び車室は、起動・停止及び負荷変化時に発生する熱応力により、疲労割れが想定される。

しかしながら、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、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) 車室の変形

車室は大型鋳物でかつ構造が複雑であり、わずかなひずみが想定される。

しかしながら、分解点検時の水平継手面の間隙計測及び必要に応じて当たり状況の目視確認により、機器の健全性を維持している。

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

(5) 車室ボルトの腐食（全面腐食）

車室ボルトは、フランジ面からの漏えいにより、内部流体によるボルトの腐食が想定される。

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

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

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(6) アウターグランド本体及びダイヤフラムリングの腐食（流れ加速型腐食）

アウターグランド本体は炭素鋼鋳鋼、ダイヤフラムリングは炭素鋼であり、湿り蒸気雰囲気で使用され、流れ加速型腐食による減肉が想定される。

しかしながら、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を維持している。

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

(7) アウターグランド本体、ダイヤフラムリング及び軸受台の腐食（全面腐食）

アウターグランド本体、ダイヤフラムリング及び軸受台は、炭素鋼鋳鋼又は炭素鋼であり、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。

一方、軸受台内面については、油雰囲気下であり腐食が発生し難い環境であり、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

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

なお、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) 油止輪、カップリングボルト及び台板の腐食（全面腐食）

油止輪及び台板は炭素鋼、カップリングボルトは低合金鋼であり、腐食が想定される。

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。

一方、油止輪の内面及びカップリングボルトについては、油雰囲気下にあり、腐食が発生し難い環境にあり、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。

(9) 動翼の高サイクル疲労割れ

タービン運転時に固有振動数の低い動翼群が運転中に共振に近い状態になった場合、動翼の応力集中部に高サイクル疲労割れが想定される。

1981年11月、美浜1号炉の低圧タービン第6段動翼において、高サイクル疲労割れが発生している。

しかしながら、高圧タービン動翼では流体力と共振した場合でも十分な安全率を有する設計としており、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及び磁粉探傷検査により、機器の健全性を確認している。

(10) 翼環ボルトの腐食（全面腐食）

第1翼環ボルトは低合金鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、周辺雰囲気酸素濃度が低く、腐食が発生し難い環境であり、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

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

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(11) 翼環ボルトの応力腐食割れ

第2翼環ボルトは、応力集中部であるネジ部を有しており、湿り蒸気雰囲気下で使用しているため、応力腐食割れが想定される。

しかしながら、締付管理により過大な応力とならないよう管理していることから、応力腐食割れが発生する可能性は小さい。

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

なお、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。

(12) 車軸の摩耗

車軸を支持する軸受は、すべり軸受を使用しており、車軸の摩耗が想定される。

しかしながら、強制潤滑により車軸と軸受間に潤滑油の供給を行っているため、軸受との直接接触による摩耗が発生し難い環境であり、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。

さらに、潤滑油とともに流入する異物についても、ストレーナや油清浄器により油の浄化を実施している。

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

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(13) 車軸の腐食（流れ加速型腐食）

車軸は湿り蒸気雰囲気で使用され、流れ加速型腐食による減肉が想定される。

しかしながら、車軸は低合金鋼であり、炭素鋼に比べ優れた耐食性を有しており、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) 車軸の高サイクル疲労割れ

タービン運転時には車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り返し応力を受けた場合、段付部等の応力集中部に、高サイクル疲労割れが想定される。

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

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

なお、分解点検時の応力集中部に対する目視確認や磁粉探傷検査及び超音波探傷検査により、機器の健全性を確認している。

(15) 車軸の応力腐食割れ

車軸は低合金鋼であり、比較的発生応力の高い翼溝部を有しており、湿り蒸気雰囲気で使用されているため、応力腐食割れが想定される。

1984年2月、伊方1号炉の低圧タービンにおいて、片側5枚ある円板のうち上流側から2番目の第2円板翼溝部に、応力腐食割れと考えられる割れが認められた。

しかしながら、車軸には応力腐食割れに対する感受性の低い降伏応力約690MPa級の材料を使用しており、降伏応力（0.2%耐力）と応力腐食割れ発生の関係、また、一定の低ひずみ速度で荷重を加えた場合の破面観察結果からも、降伏応力約690MPa級の材料では粒界割れの破面はごくわずかであり、応力腐食割れに対する感受性は低い。

さらに、分解点検時の目視確認や磁粉探傷検査により、機器の健全性を維持している。

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

(16) ジャーナル軸受ホワイトメタルの摩耗、はく離

ジャーナル軸受のホワイトメタルは、長時間の使用により摩耗、はく離が想定される。

しかしながら、ジャーナル軸受ホワイトメタルの摩耗に対しては、分解点検時の目視確認、車軸と軸受内面の間隙計測により、はく離についても定期的に目視確認、ホワイトメタル部の浸透探傷検査及び超音波探傷検査により、機器の健全性を維持している。

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

(17) キーの摩耗

軸受台がタービンの起動・停止による温度変化により台板上をスライドするため、台板に固定されたキーの摩耗が想定される。

しかしながら、キーは低合金鋼であり、炭素鋼に比べ耐摩耗性が優れており、かつ軸受台とキーの接触面は潤滑剤が定期的に注入されており、摩耗が発生し難い環境である。

さらに、起動・停止回数の多い火力発電所のタービンにおいても同様の構造、材料を採用し、これまで問題なく運転されており、十分な使用実績を有している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、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。

(18) 車室支えボルトの腐食（全面腐食）

車室支えボルトは低合金鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、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。

(19) 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

グランドシールリングは、分解点検時の目視確認又は間隙計測により状態を確認し、取り替えている消耗品であり、長期使用はせず取替を前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

表2.2-1 玄海3号炉 高圧タービンに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・ 定期 取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
				減 肉		割 れ		材質変化			その他
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣 化		
バウダリの維持	主蒸気入口管		炭 素 鋼		△ ^{*1} (内面) △(外面)	△				*1：流れ加速型腐食 *2：変形 *3：高サイクル疲労割れ *4：はく離	
	車 室		炭素鋼鋳鋼		△ ^{*1} (内面) △(外面)	△			△ ^{*2}		
	車室ボルト		低合金鋼		△						
	ノズル室		炭素鋼鋳鋼		△ ^{*1}						
	アウトターランド本体		炭素鋼鋳鋼		△ ^{*1} (内面) △(外面)						
	インナーランド本体		ステンレス鋼鋳鋼								
	ダイヤフラムリング		炭 素 鋼		△ ^{*1} (内面) △(外面)						
	ランドシールリング	◎	—								
油 止 輪		炭 素 鋼		△							
発電機駆動力 の確保	動 翼		ステンレス鋼			△ ^{*3}					
	翼 環		炭素鋼鋳鋼（ステ ンレス鋼肉盛） ステンレス鋼鋳鋼								
	翼環ボルト		低合金鋼 ステンレス鋼		△		△				
	静 翼		ステンレス鋼								
	車 軸		低合金鋼	△	△ ^{*1}	△ ^{*3}	△				
	カップリングボルト		低合金鋼		△						
	軸 受 台		炭 素 鋼		△						
	ジャーナル軸受 (すべり)		炭 素 鋼 (ホワイトメタル)	△					△ ^{*4}		
機器の支持	台 板		炭 素 鋼		△						
	キ ー		低合金鋼	△							
	基礎ボルト		炭 素 鋼		△						
	車室支えボルト		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）

2 低圧タービン

[対象機器]

- ① 低圧タービン

目 次

1. 対象機器	1
2. 低圧タービンの技術評価	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	8

1. 対象機器

玄海3号炉で使用されている低圧タービンの主な仕様を表1-1に示す。

表1-1 玄海3号炉 低圧タービンの主な仕様

機器名称 (台数)	仕様 (出力× 定格回転数) (kW×rpm)	重要度*1	使用条件			
			運 転	最高使用圧力*3 (MPa[gage])	最高使用温度*3 (℃)	湿り度*3 (%)
低圧タービン (3)	約1,180,000*4 ×約1,800	高*2	連 続	約1.4	約298	0

*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：低圧タービン入口の蒸気条件

*4：高圧タービンとの合計出力を示す

2. 低圧タービンの技術評価

2.1 構造、材料及び使用条件

2.1.1 低圧タービン

(1) 構造

玄海3号炉の低圧タービンは、複流型タービンであり、第1低圧タービンから第3低圧タービンまで3基設置している。

蒸気は高圧タービン排気より湿分分離加熱器を経て車室中央部に流入し、中央で2つに分かれ、動翼、静翼を通過後両端の排気口から下方にある復水器に至る。

低圧タービン車室は外部車室、内部車室及び翼環で構成され、炭素鋼、炭素鋼鋳鋼を使用しており、それぞれは水平継手面にて上下分割され、ボルトにより締め付けられている。

上流段静翼にはステンレス鋼を使用し、翼環に固定されている。上流側は通常運転中は乾き蒸気雰囲気である。また、下流段静翼にはステンレス鋼及びステンレス鋼鋳鋼を使用し、内部車室に直接固定されている。

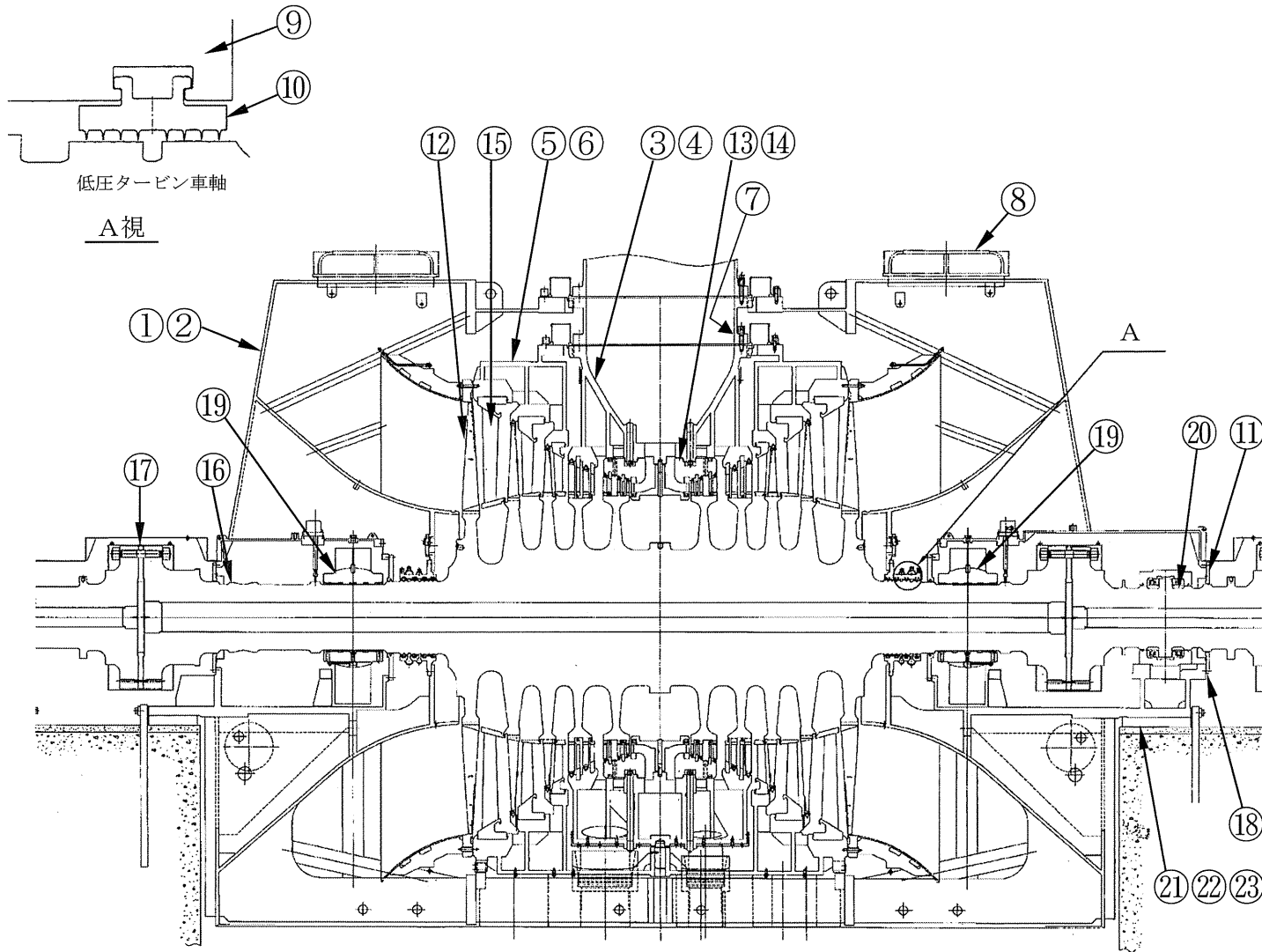
低圧タービン車軸は低合金鋼を使用しており、2個のジャーナル軸受により支えられている。また、スラスト軸受は第1低圧タービンと第2低圧タービン間に1個設置されている。

低圧タービン車室両端面の車軸貫通部には、グランド本体が設けられており、グランドシールリングにより大気流入を防いでいる。

玄海3号炉の低圧タービンの構造図を図2.1-1に示す。

(2) 材料及び使用条件

玄海3号炉の低圧タービ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。



No.	部 位
①	外部車室
②	外部車室ボルト
③	第1内部車室
④	第1内部車室ボルト
⑤	第2内部車室
⑥	第2内部車室ボルト
⑦	クロスオーバーパイプアダプタ
⑧	大気放出板
⑨	グランド本体
⑩	グランドシールリング
⑪	油 止 輪
⑫	動 翼
⑬	翼 環
⑭	翼環ボルト
⑮	静 翼
⑯	車 軸
⑰	カップリングボルト
⑱	ジャーナル軸受 (すべり)
⑳	スラスト軸受 (すべり)
㉑	台 板
㉒	キ ー
㉓	基礎ボルト

図2.1-1(1/3) 玄海3号炉 低圧タービン構造図 (第2低圧タービンの例)

No.	部 位
①	外部車室
②	外部車室ボルト
③	第1内部車室
④	第1内部車室ボルト
⑤	第2内部車室
⑥	第2内部車室ボルト
⑬	翼 環
⑭	翼環ボルト

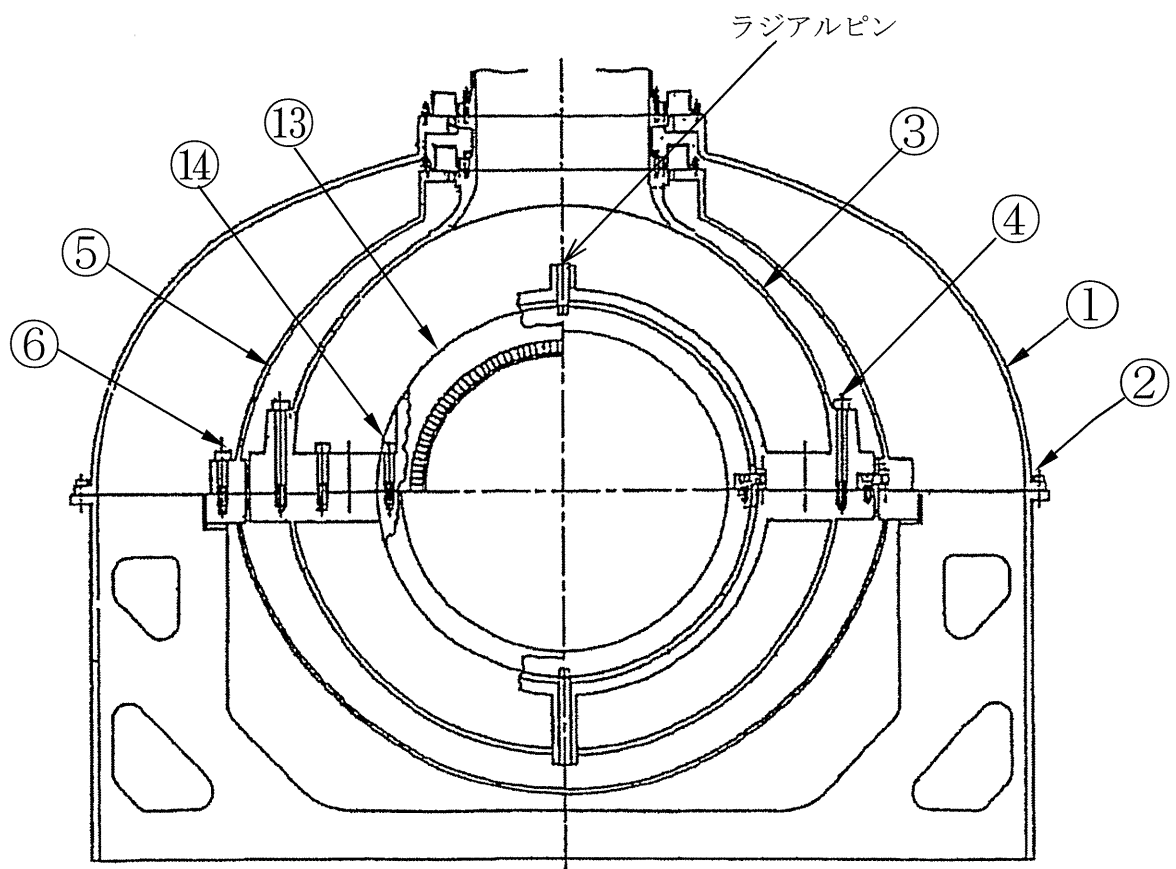
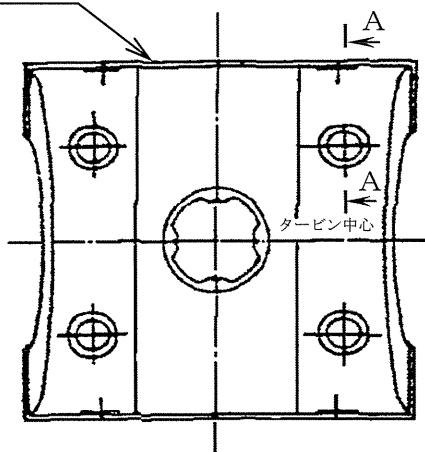


図2.1-1(2/3) 玄海3号炉 低圧タービン 外部車室、内部車室構造図

低圧外部車室上半部



配置図

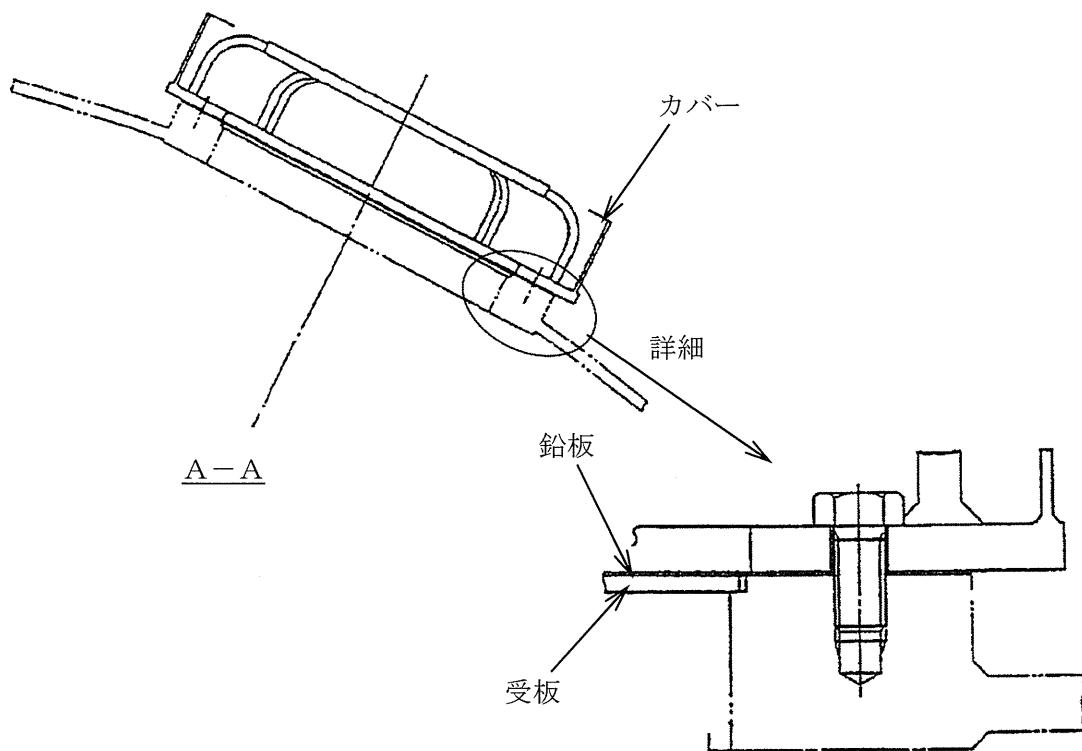


図2.1-1(3/3) 玄海3号炉 低圧タービン 大気放出板構造図

表2.1-1(1/2) 玄海3号炉 低圧タービン主要部位の使用材料

部 位		材 料
外部車室		炭 素 鋼
外部車室ボルト		低合金鋼
第1内部車室		炭 素 鋼
第1内部車室ボルト		低合金鋼
第2内部車室		炭 素 鋼
第2内部車室ボルト		低合金鋼
クロスオーバパイプアダプタ		炭 素 鋼
大気放出板		消耗品・定期取替品
グラント本体		炭 素 鋼
グラントシールリング		消耗品・定期取替品
油 止 輪		炭 素 鋼
動 翼	第1～5段翼	ステンレス鋼
	第6～8段翼	ステンレス鋼 (ステライト)
翼 環		炭素鋼鋳鋼
翼環ボルト		低合金鋼
静 翼	第1～5段翼	ステンレス鋼
	第6、7段翼	ステンレス鋼
	第8段翼	ステンレス鋼鋳鋼
	翼根リング	炭 素 鋼
車 軸		低合金鋼
カップリングボルト		低合金鋼

表2.1-1(2/2) 玄海3号炉 低圧タービン主要部位の使用材料

部 位	材 料
軸受箱	炭素鋼
ジャーナル軸受(すべり)	炭素鋼鋳鋼(ホワイトメタル)
スラスト軸受(すべり)	炭素鋼(ホワイトメタル)
台 板	炭素鋼
キ ー	低合金鋼
基礎ボルト	炭素鋼

表2.1-2 玄海3号炉 低圧タービンの使用条件

最高使用圧力 ^{*1}	約1.4MPa[gage]
最高使用温度 ^{*1}	約298℃
定格回転数	約1,800rpm
内 部 流 体	蒸 気

*1：低圧タービン入口の蒸気条件

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機能達成に必要な項目

低圧タービンの機能である発電機駆動機能を維持するためには、次の3つの項目が必要である。

- ① バウンダリの維持
- ② 発電機駆動力の確保
- 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

低圧タービンについて、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の構造、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) 外部車室及びグランド本体の外表面からの腐食（全面腐食）

外部車室及びグランド本体は炭素鋼であり、腐食が想定される。

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

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

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

(2) 外部車室の腐食（流れ加速型腐食）

外部車室内面は、湿り蒸気流に常時さらされており、流れ加速型腐食により減肉する可能性がある。

しかしながら、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を維持している。

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

(3) 外部車室ボルトの腐食（全面腐食）

外部車室ボルトは、フランジ面からの大気流入により、ボルトの腐食が想定される。

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

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

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(4) 第1内部車室及び第2内部車室の腐食（流れ加速型腐食）

第1内部車室及び第2内部車室は炭素鋼であり、湿り蒸気流に常時さらされているため、流れ加速型腐食により減肉が想定される。

しかしながら、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を維持している。

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

(5) 第1内部車室及び第2内部車室の疲労割れ

第1内部車室及び第2内部車室は、起動・停止及び負荷変化時に発生する入口側と出口側の蒸気温度差の変化による熱応力により、疲労割れが想定される。

しかしながら、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) 第1内部車室及び第2内部車室の変形

第1内部車室及び第2内部車室は温度差によるひずみが想定される。

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

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

なお、分解点検時に水平継手面間隙計測や目視確認により、機器の健全性を確認している。

(7) 第1内部車室ボルト、第2内部車室ボルト及び翼環ボルトの腐食（全面腐食）

第1内部車室ボルト、第2内部車室ボルト及び翼環ボルトは、低合金鋼であり腐食が想定される。

しかしながら、蒸気中の溶存酸素濃度が低いことから腐食が発生し難い環境であり、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

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

なお、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) クロスオーバパイプアダプタの腐食（全面腐食）

クロスオーバパイプアダプタは炭素鋼であり、かつ外側は湿り蒸気雰囲気下で使用しており、腐食が想定される。

しかしながら、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後も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。

(9) 軸受箱の腐食（全面腐食）

軸受箱は炭素鋼であり、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。

一方、軸受箱内面については、油雰囲気下であり腐食が発生し難い環境であり、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

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

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(10) グランド本体の腐食（流れ加速型腐食）

グランド本体は炭素鋼であり、蒸気に常時さらされているため、流れ加速型腐食が想定される。

しかしながら、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を維持している。

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

(11) 油止輪、カップリングボルト及び台板の腐食（全面腐食）

油止輪及び台板は炭素鋼、カップリングボルトは低合金鋼であり、腐食が想定される。

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。

一方、内面及びカップリングボルトについては油雰囲気下であり腐食が発生し難い環境であり、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

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

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(12) 動翼の腐食（エロージョン）

最終段動翼群は流入する湿り蒸気流に常時さらされているため、蒸気中に含まれた水滴によるエロージョンが想定される。

しかしながら、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を維持している。

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

(13) 動翼の高サイクル疲労割れ

タービン運転時に固有振動数の低い動翼群が運転中に共振に近い状態になった場合、動翼の応力集中部に高サイクル疲労割れが想定される。

1981年11月、美浜1号炉の低圧タービン第6段動翼において、高サイクル疲労割れが発生している。

しかしながら、低圧タービン動翼では流体力と共振した場合でも十分な安全率を有する設計としており、この設計上の考慮は経年的に変化するものではない。

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

なお、分解点検時の応力集中部に対する目視確認や磁粉探傷検査により、機器の健全性を確認している。

(14) 翼環の腐食（流れ加速型腐食）

翼環は蒸気に常時さらされており、流れ加速型腐食により減肉が想定される。

しかしながら、使用環境が乾き蒸気もしくは湿り度の小さい蒸気雰囲気中で減肉が発生し難い環境であり、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

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

なお、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) 翼環ボルトの応力腐食割れ

翼環ボルトは低合金鋼であり、応力腐食割れが想定される。

しかしながら、上流段は使用環境が乾き蒸気雰囲気であり、下流段は湿り蒸気雰囲気となるが温度が低く、応力腐食割れが発生し難い環境であり、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

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

なお、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) 静翼の腐食（流れ加速型腐食）

静翼の翼根リングは湿り蒸気雰囲気で使用され、流れ加速型腐食により減肉が想定される。

しかしながら、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を維持している。

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

(17) 車軸の摩耗

車軸を支持する軸受は、すべり軸受を使用しており、車軸の摩耗が想定される。

しかしながら、強制潤滑により車軸と軸受間に潤滑油の供給を行っているため、軸受との直接接触による摩耗が発生し難い環境であり、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。

さらに、潤滑油とともに流入する異物についても、ストレーナや油清浄器により油の浄化を実施している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、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。

(18) 車軸の腐食（流れ加速型腐食）

車軸は湿り蒸気雰囲気で使用され、流れ加速型腐食により減肉が想定される。

しかしながら、車軸は低合金鋼であり、炭素鋼に比べ優れた耐食性を有しており、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。

(19) 車軸の高サイクル疲労割れ

タービンの運転時には車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た場合、段付部等の応力集中部に、高サイクル疲労割れが想定される。

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

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

なお、分解点検時の応力集中部に対する目視確認や磁粉探傷検査により、機器の健全性を確認している。

(20) 車軸の応力腐食割れ

車軸は低合金鋼であり、比較的発生応力の高い翼溝部を有しており、湿り蒸気雰囲気で使用されているため、応力腐食割れが想定される。

1984年2月、伊方1号炉の低圧タービンにおいて、片側5枚ある円板のうち上流側から2番目の第2円板翼溝部に、応力腐食割れと考えられる割れが認められた。

しかしながら、車軸には応力腐食割れに対する感受性のない降伏応力約620MPa級の材料を使用しており、降伏応力（0.2%耐力）と応力腐食割れの発生の関係、また、一定の低ひずみ速度で荷重を加えた場合の破面観測結果からも、降伏応力約620MPa級の材料では粒界割れの破面は存在せず、応力腐食割れに対する感受性は認められなかった。

さらに、分解点検時の目視確認及び翼溝部端面の磁粉探傷検査を実施し、機器の健全性を維持している。

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

(21) ジャーナル軸受及びスラスト軸受ホワイトメタルの摩耗、はく離

ジャーナル軸受及びスラスト軸受のホワイトメタルは、長時間の使用により摩耗、はく離が想定される。

しかしながら、ジャーナル軸受及びスラスト軸受ホワイトメタルの摩耗に対しては、分解点検時の目視確認及び車軸と軸受内面の間隙計測により、はく離についても、分解点検時の目視確認、ホワイトメタル部の浸透探傷検査及び超音波探傷検査により、機器の健全性を維持している。

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

(22) キーの摩耗

軸受箱がプラントの起動・停止による温度変化により台板上をスライドするため、軸受箱に固定されたキーの摩耗が想定される。

しかしながら、キー部分における運転時の軸受箱の熱移動量が小さく、また、起動・停止回数の多い火力発電所のタービンにおいても同様の構造、材料を採用し、これまで問題なく運転されており、十分な使用実績を有している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、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。

(23) 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

グランドシールリングは、分解点検時の目視確認又は間隙計測結果により状態を確認し、取り替えている消耗品であり、大気放出板は分解点検時に取り替えている消耗品である。それぞれ、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 玄海3号炉 低圧タービンに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	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	外部車室		炭 素 鋼		△*1(内面) △(外面)					*1：流れ加速型腐食 *2：変形 *3：高サイクル疲労割れ *4：はく離 *5：エロージョン	
	外部車室ボルト		低合金鋼		△						
	第1内部車室		炭 素 鋼		△*1	△			△*2		
	第1内部車室ボルト		低合金鋼		△						
	第2内部車室		炭 素 鋼		△*1	△			△*2		
	第2内部車室ボルト		低合金鋼		△						
	クロスオーバーパイプ アダプタ		炭 素 鋼		△						
	大気放出板	◎	-								
	グラウンド本体		炭 素 鋼		△*1(内面) △(外面)						
	グラウンドシールリング	◎	-								
	油 止 輪		炭 素 鋼		△						
発電機駆動力の確保	動 翼		ステンレス鋼 (ステライト)		△*5	△*3					
	翼 環		炭素鋼鋳鋼		△*1						
	翼環ボルト		低合金鋼		△		△				
	静 翼	翼		ステンレス鋼 ステンレス鋼鋳鋼							
		翼根リング		炭 素 鋼		△*1					
	車 軸		低合金鋼	△	△*1	△*3	△				
	カップリングボルト		低合金鋼		△						
	軸 受 箱		炭 素 鋼		△						
	ジャーナル軸受 (すべり)		炭素鋼鋳鋼 (ホワイトメタル)	△					△*4		
	スラスト軸受(すべり)		炭 素 鋼 (ホワイトメタル)	△					△*4		
機器の支持	台 板		炭 素 鋼		△						
	キ ー		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）

3 タービン動主給水ポンプ 駆動タービン

[対象機器]

- ① タービン動主給水ポンプ駆動タービン

目 次

1. 対象機器	1
2. タービン動主給水ポンプ駆動タービンの技術評価	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タービン動主給水ポンプ駆動タービンの主な仕様を表1-1に示す。

表1-1 玄海3号炉 タービン動主給水ポンプ駆動タービンの主な仕様

機器名称 (台数)	仕 様 (出力×定格回転数) (kW×rpm)	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)
タービン動 主給水ポンプ 駆動タービン (2)	約7,600×約4,700	高*2	連 続	約8.2	約298

*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. タービン動主給水ポンプ駆動タービンの技術評価

2.1 構造、材料及び使用条件

2.1.1 タービン動主給水ポンプ駆動タービン

(1) 構造

玄海3号炉のタービン動主給水ポンプ駆動タービンは、タービン動主給水ポンプ駆動源の単流型タービンであり、2台設置されている。

蒸気はノズル室よりタービン動主給水ポンプ駆動タービンに流入し、各段を経て車室下半部にある排気口から復水器に至る。

車室はステンレス鋼鋳鋼及び炭素鋼製であり、水平継手面にて上下分割され、ボルトにより締め付けられている。また、ノズル室はステンレス鋼鋳鋼、ステンレス鋼、炭素鋼鋳鋼及び炭素鋼が使用されており車室に固定されている。仕切板はステンレス鋼が使用されており、基礎に支持された車室に支持されている。

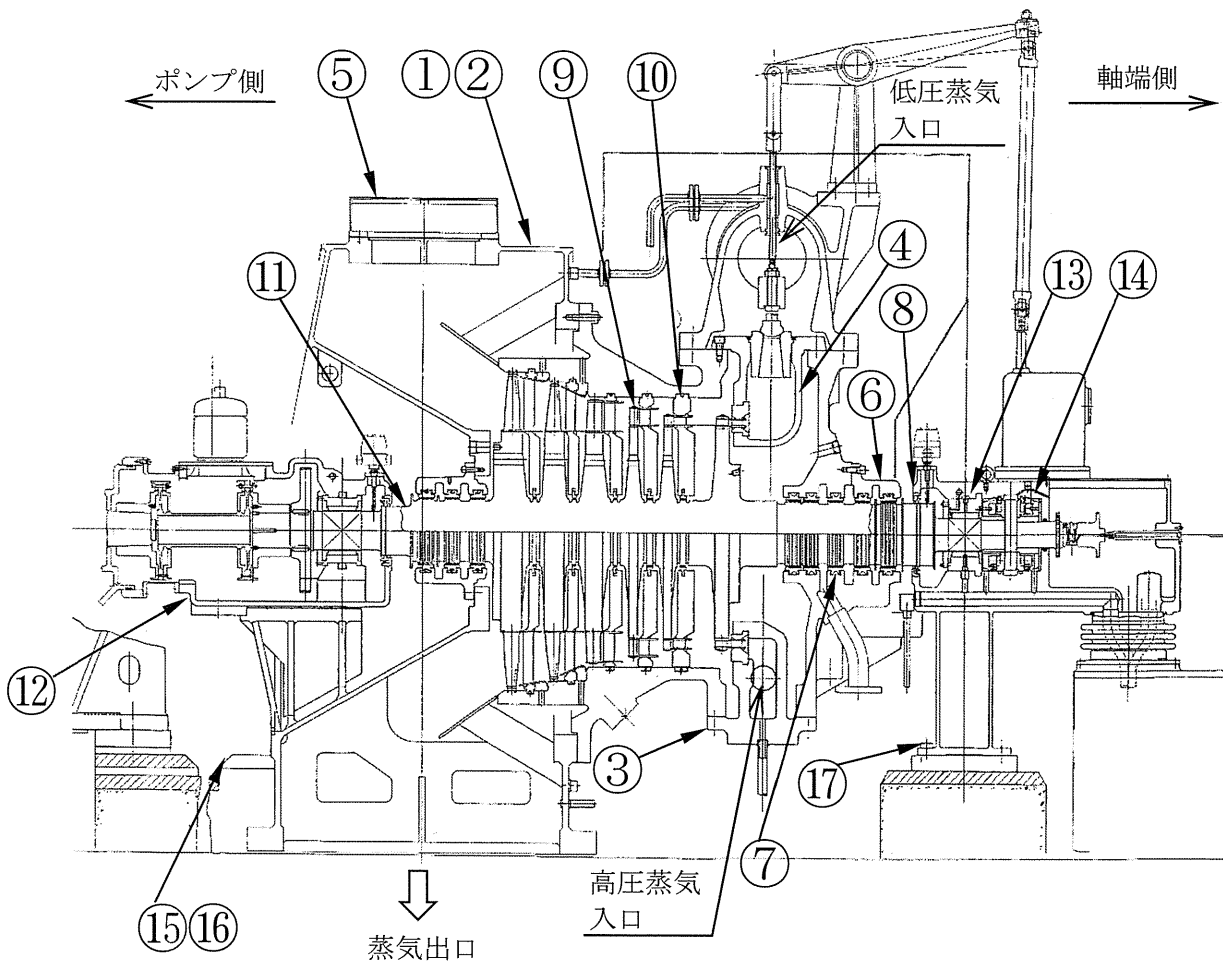
車軸には低合金鋼を使用しており、2個の軸受により支えられている。また、車軸端部にスラスト軸受を設置している。

車室両端面の車軸貫通部にはグランド本体が設けられており、グランドシールリングにより蒸気流出及び大気流入を防止している。

玄海3号炉のタービン動主給水ポンプ駆動タービンの構造図を図2.1-1に示す。

(2) 材料及び使用条件

玄海3号炉のタービン動主給水ポンプ駆動タービ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。



No.	部 位	No.	部 位
①	車 室	⑪	車 軸
②	車室ボルト	⑫	軸 受 台
③	高圧ノズル室 (第1段ノズルを含む)	⑬	ジャーナル軸受 (すべり)
④	低圧ノズル室 (第1段ノズルを含む)	⑭	スラスト軸受 (すべり)
⑤	大気放出板	⑮	台 板
⑥	グラント本体	⑯	キ ー
⑦	グラントシールリング	⑰	基礎ボルト
⑧	オイルシールリング		
⑨	動 翼		
⑩	仕切板 (ノズルを含む)		

図2.1-1 玄海3号炉 タービン動主給水ポンプ駆動タービン構造図

表2.1-1 玄海3号炉 タービン動主給水ポンプ駆動タービン主要部位の使用材料

部 位		材 料
車 室		ステンレス鋼 炭素鋼
車室ボルト		低合金鋼 炭素鋼
高圧ノズル室 (第1段ノズルを含む)		ステンレス鋼 ステンレス鋼
低圧ノズル室 (第1段ノズルを含む)		炭素鋼 炭素鋼 ステンレス鋼
大気放出版		消耗品・定期取替品
グラント本体		ステンレス鋼 炭素鋼
グラントシールリング		消耗品・定期取替品
オイルシールリング		消耗品・定期取替品
動 翼	第1～4段	ステンレス鋼
	第5、6段	ステンレス鋼 (ステライト肉盛)
仕切板 (ノズルを含む)		ステンレス鋼
車 軸		低合金鋼
軸 受 台		炭素鋼 炭素鋼
ジャーナル軸受 (すべり)		炭素鋼 (ホワイトメタル)
スラスト軸受 (すべり)		炭素鋼 (ホワイトメタル)
台 板		炭素鋼
キ ー		炭素鋼
基礎ボルト		炭素鋼

表2.1-2 玄海3号炉 タービン動主給水ポンプ駆動タービンの使用条件

最高使用圧力	約8.2MPa[gage]
最高使用温度	約298℃
定格回転数	約4,700rpm
内部流体	蒸気

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機能達成に必要な項目

タービン動主給水ポンプ駆動タービンの機能であるポンプ駆動機能を維持するためには、次の3つの項目が必要である。

- ① バウンダリの維持
- ② ポンプ駆動力の確保
- 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

タービン動主給水ポンプ駆動タービンについて、機能達成に必要な項目を考慮して、主要な部位に展開した上で個々の部位の構造、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) 車室及びグランド本体の外表面からの腐食（全面腐食）

車室及びグランド本体の炭素鋼使用部位については、外表面からの腐食が想定される。

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

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

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

(2) 車室、低圧ノズル室及びグランド本体の腐食（流れ加速型腐食）

車室の炭素鋼使用部位については、湿り蒸気流に常時さらされているため、流れ加速型腐食により減肉が想定される。

しかしながら、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を維持している。

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

一方、低圧ノズル室及び軸端側グランド本体は、乾き蒸気雰囲気腐食が発生し難い環境であり、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。また、ポンプ側グランド本体はステンレス鋼であり優れた耐食性を有していることから、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、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(3) 車室の疲労割れ

車室は、起動・停止時及び負荷変化時に発生する熱応力により疲労割れが想定される。

しかしながら、有意な応力変動を受けないことから、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、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) 車室の変形

車室はステンレス鋼及び炭素鋼を用いており、素材製作時の熱処理段階で寸法安定化が図られているが、車室は大型铸件でかつ構造が複雑であり、わずかなひずみの発生が想定される。

しかしながら、分解点検時の水平継手面の間隙計測、また必要に応じて水平継手面の修正加工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。

(5) 車室ボルトの腐食（全面腐食）

車室ボルトは、低合金鋼及び炭素鋼であり、フランジ面からの内部流体の漏えいや大気の流入により腐食が想定される。

しかしながら、締付管理により漏えい、大気の流入防止を図っており、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、分解点検時等の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(6) 動翼の腐食（エロージョン）

動翼第5、6段は湿り蒸気雰囲気で使用されるため、蒸気中の水滴による衝撃で、翼入口先端部がエロージョンにより減肉が想定される。

動翼第5、6段に流入する蒸気の湿り度が大きく、かつ周方向速度も大きいいため、動翼先端部の減肉が大きくなることが考えられ、減肉の進行によりステライトのはく離が想定される。

しかしながら、エロージョンについては、分解点検時の目視確認により、ステライト板ろう付部に対しては目視確認や浸透探傷検査により、機器の健全性を維持している。

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

(7) 動翼の高サイクル疲労割れ

タービン運転時に固有振動数の低い動翼群が運転中に共振に近い状態になった場合、動翼の応力集中部に高サイクル疲労割れが想定される。

1981年11月に美浜1号炉の低圧タービン第6段動翼において、高サイクル疲労割れが発生している。

しかしながら、動翼設計時に流体力と共振した場合でも十分な安全率を有する設計としており、この設計上の考慮は経年的に変化するものではない。

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

なお、分解点検時の応力集中部に対する目視確認により、機器の健全性を確認している。

(8) 車軸の摩耗

車軸を支持する軸受は、すべり軸受を使用しており、車軸の摩耗が想定される。

しかしながら、強制潤滑により車軸と軸受間に潤滑油の供給を行っているため、軸受との直接接触による摩耗が発生し難い環境であり、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。

さらに、潤滑油とともに流入する異物についても、ストレーナや油清浄器により油の浄化を実施している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、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。

(9) 車軸の腐食（流れ加速型腐食）

車軸は湿り蒸気雰囲気で使用しており、流れ加速型腐食により減肉が想定される。

しかしながら、車軸は低合金鋼であり、炭素鋼に比べ優れた耐食性を有しており、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。

(10) 車軸の高サイクル疲労割れ

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

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

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

なお、巡視点検時の振動確認（通常運転時の振動状態と差異がないことの触診や目視による確認）及び試運転時における振動確認（変位の測定等）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。

(11) 車軸の応力腐食割れ

車軸は低合金鋼であり、比較的発生応力の高い翼溝部を有しており、湿り蒸気雰囲気で使用されているため、応力腐食割れが想定される。

1984年2月に、伊方1号炉の低圧タービンにおいて、片側5枚ある円板のうち上流側から2番目の第2円板翼溝部に、応力腐食割れと考えられる割れが認められた。

しかしながら、車軸には応力腐食割れに対する感受性の低い降伏応力約690MPa級の材料を使用しており、降伏応力（0.2%耐力）と応力腐食割れ発生の関係、また、一定のひずみ速度で荷重を加えた場合の破面観察結果からも、降伏応力約690MPa級の材料では粒界割れ破面はごくわずかであり、応力腐食割れに対する感受性は低い。

さらに、分解点検時の車軸翼溝部端面の目視確認により、機器の健全性を維持している。

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

(12) 軸受台及び台板の腐食（全面腐食）

軸受台及び台板は炭素鋼又は炭素鋼鋳鋼であり、腐食が想定される。

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

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

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

一方、軸受台内面については、油雰囲気下で腐食が発生し難い環境であり、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

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

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(13) ジャーナル軸受及びスラスト軸受ホワイトメタルの摩耗、はく離

ジャーナル軸受及びスラスト軸受のホワイトメタルは、長時間の使用により摩耗、はく離が想定される。

しかしながら、摩耗に対しては、分解点検時の目視確認、車軸と軸受内面の間隙計測や軸表面の当たり幅の確認により、はく離については、分解点検時の目視確認及びホワイトメタル部の浸透探傷検査により、機器の健全性を維持している。

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

(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。

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。

(15) キーの摩耗

車室がタービンの起動・停止による温度変化により台板上をスライドするため、台板に固定されたキーの摩耗が想定される。

しかしながら、起動・停止回数の多い火力発電所のタービンにおいても同様の構造、材料を採用し、これまで問題なく運転されており、十分な使用実績を有している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、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

大気放出板は分解点検時に取り替えている消耗品であり、グランドシールリング及びオイルシールリングは、分解点検時の目視確認又は間隙計測の結果に基づき取り替えている消耗品である。それぞれ、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 タービン動主給水ポンプ駆動タービンに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	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	車 室		ステンレス鋼 炭素鋼		△ ^{*1} △(外面)	△				△ ^{*2}	*1：流れ加速型腐食 *2：変形 *3：エロージョン *4：高サイクル疲労割れ *5：はく離
	車室ボルト		低合金鋼、炭素鋼		△						
	高压ノズル室 (第1段ノズルを含む)		ステンレス鋼 ステンレス鋼								
	低压ノズル室 (第1段ノズルを含む)		炭素鋼 炭素鋼 ステンレス鋼		△ ^{*1}						
	大気放出板	◎	—								
	グラント本体		ステンレス鋼 炭素鋼		△ ^{*1} △(外面)						
	グラントシールリング	◎	—								
	オイルシールリング	◎	—								
ポンプ駆動力 の確保	動 翼	第1～4段	ステンレス鋼								
		第5、6段	ステンレス鋼 (ステライト肉盛)		△ ^{*3}	△ ^{*4}					
	仕切板(ノズルを含む)		ステンレス鋼								
	車 軸		低合金鋼	△	△ ^{*1}	△ ^{*4}	△				
	軸 受 台		炭素鋼 炭素鋼		△(内面) △(外面)						
	ジャーナル軸受(すべり)		炭素鋼 (ホホワイトメタル)	△						△ ^{*5}	
	スラスト軸受(すべり)		炭素鋼 (ホホワイトメタル)	△						△ ^{*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）

表2.2-1(2/2) 玄海3号炉 タービン動主給水ポンプ駆動タービンに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	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	台 板		炭素鋼		△						
	キ ー		炭素鋼	▲							
	基礎ボルト		炭素鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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

4 タービン動補助給水ポンプタービン

[対象機器]

- ① タービン動補助給水ポンプタービン

目 次

1. 対象機器	1
2. タービン動補助給水ポンプタービンの技術評価	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	9

1. 対象機器

玄海3号炉で使用されているタービン動補助給水ポンプタービンの主な仕様を表1-1に示す。

表1-1 玄海3号炉 タービン動補助給水ポンプタービンの主な仕様

機器名称 (台数)	仕 様 (出力×定格回転数) (kW×rpm)	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)
タービン動 補助給水ポンプ タービン (1)	約1,000×約6,380	MS-1、重*2	一 時	約8.2	約298

*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. タービン動補助給水ポンプタービンの技術評価

2.1 構造、材料及び使用条件

2.1.1 タービン動補助給水ポンプタービン

(1) 構造

玄海3号炉のタービン動補助給水ポンプタービンは、1台設置されており、翼車には低合金鋼、動翼にはステンレス鋼を使用している。

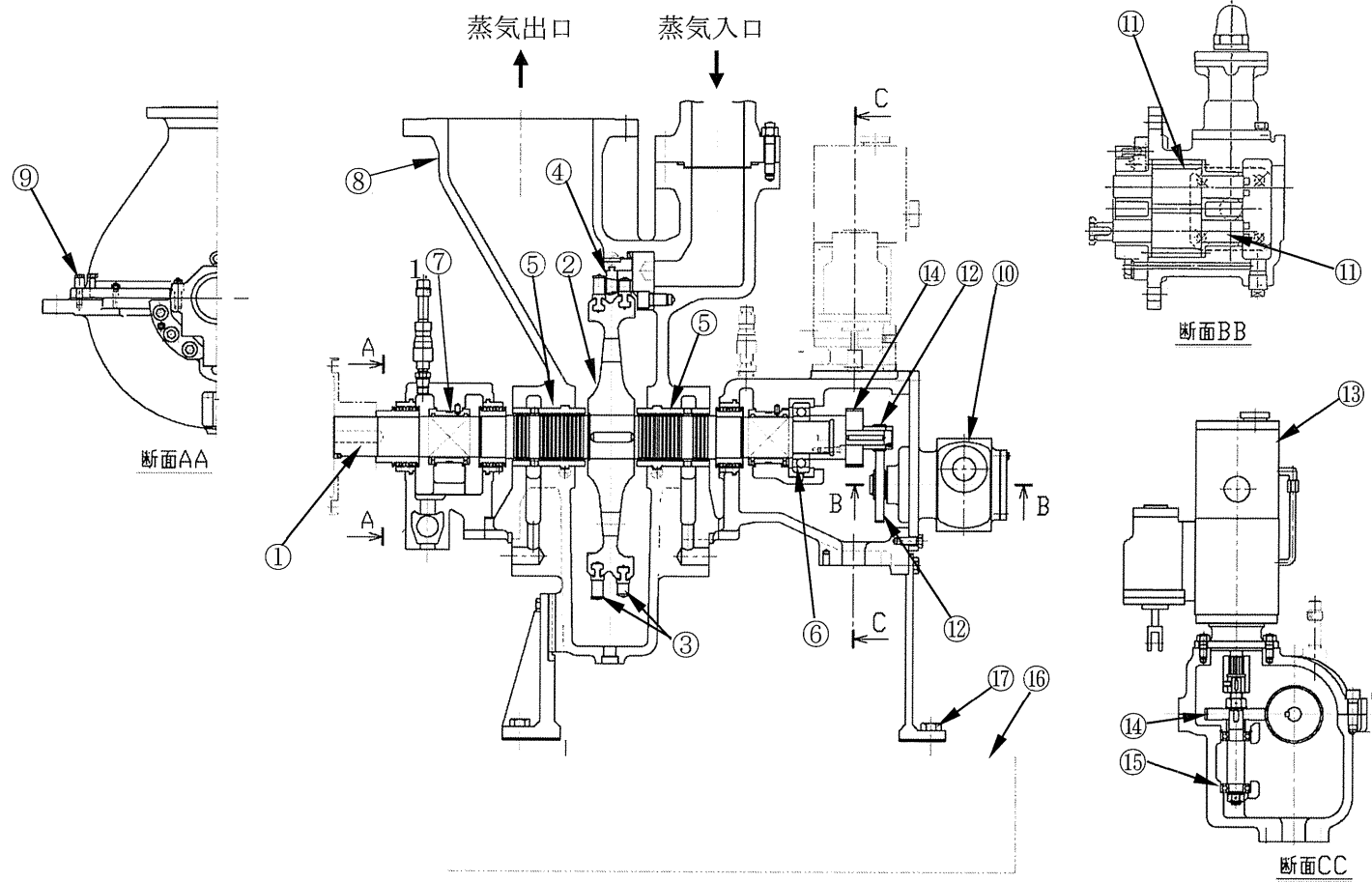
また、蒸気加減弁、调速機及びアクチュエータ等で構成されるガバナ调速機構がポンプ吐出圧を一定に保つために設置されており、このガバナ调速機構に作動油圧を供給するために主油ポンプがタービン主軸に接続されている。

主油ポンプは歯車を介して伝達される主軸の回転力により駆動する。

玄海3号炉のタービン動補助給水ポンプタービンの構造図を図2.1-1～図2.1-6に示す。

(2) 材料及び使用条件

玄海3号炉のタービン動補助給水ポンプタービ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。



No.	部 位	
①	主 軸	
②	翼 車	
③	動 翼	
④	静 翼	
⑤	タービングランド	
⑥	軸受 (ころがり)	
⑦	軸受 (すべり)	
⑧	ケーシング	
⑨	ケーシングボルト	
⑩	主油ポンプ	ケーシング
⑪		歯 車
⑫		駆動歯車
⑬	調 速 機	本 体
⑭		駆動歯車
⑮		駆動軸軸受 (ころがり)
⑯	台 板	
⑰	取付ボルト	

図2.1-1 玄海3号炉 タービン動補助給水ポンプタービン構造図

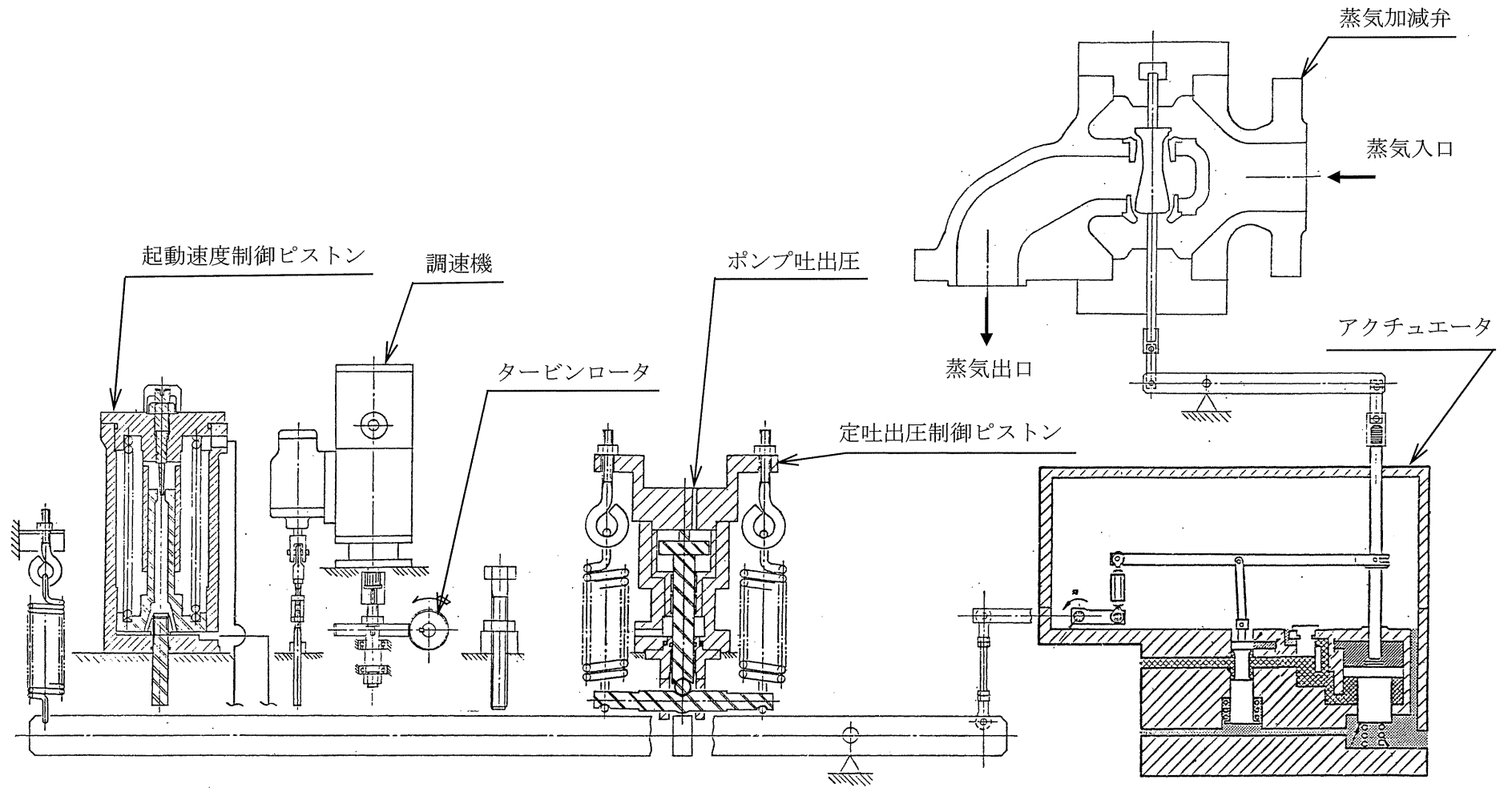
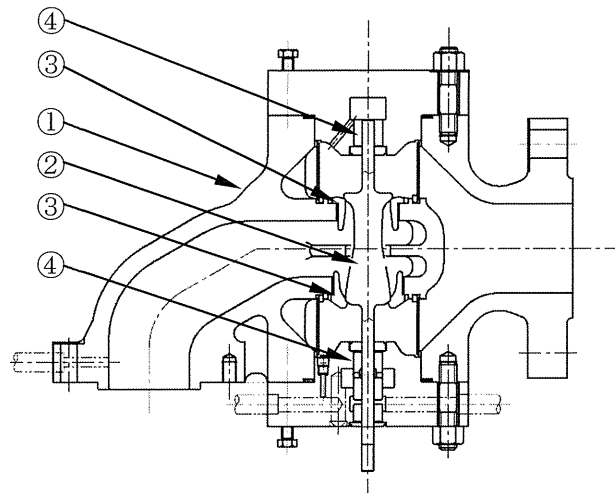
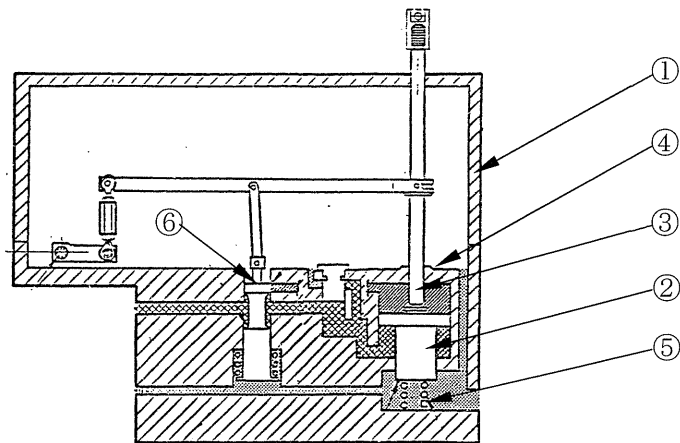


図2.1-2 玄海3号炉 タービン動補助給水ポンプタービン ガバナ调速機構構造図 (概念図)



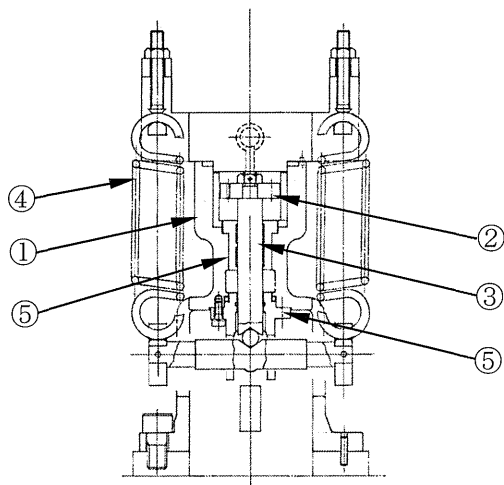
No.	部 位	
①	蒸気加減弁	弁 箱
②		弁 体
③		弁 座
④		ブッシュ

図2.1-3 玄海3号炉 タービン動補助給水ポンプタービン ガバナ調速機構 蒸気加減弁構造図



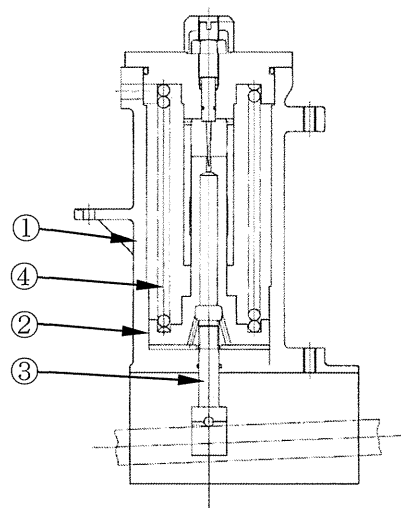
No.	部 位	
①	アクチュエータ	本 体
②		ピストン
③		ピストンロッド
④		シリンダ
⑤		ば ね
⑥		プランジャ

図2.1-4 玄海3号炉 タービン動補助給水ポンプタービン ガバナ調速機構 アクチュエータ構造図



No.	部 位	
①	定吐出圧制御 ピストン	本 体
②		弁 体
③		弁 棒
④		ば ね
⑤		ブッシュ

図2.1-5 玄海3号炉 タービン動補助給水ポンプタービン ガバナ调速機構 定吐出圧制御ピストン構造図



No.	部 位	
①	起動速度制御 ピストン	本 体
②		弁 体
③		弁 棒
④		ば ね

図2.1-6 玄海3号炉 タービン動補助給水ポンプタービン ガバナ调速機構 起動速度制御ピストン構造図

表2.1-1(1/2) 玄海3号炉 タービン動補助給水ポンプタービン主要部位の使用材料

部 位		材 料	
主 軸		低合金鋼	
翼 車		低合金鋼	
動 翼		ステンレス鋼	
静 翼		ステンレス鋼	
軸受 (ころがり)		消耗品・定期取替品	
軸受 (すべり)		消耗品・定期取替品	
主油ポンプ		ケーシング	鑄 鉄
		歯 車	炭 素 鋼
		駆動歯車	低合金鋼、炭素鋼
ガバナ調速機構	調 速 機	本 体	鑄 鉄
		駆動歯車	低合金鋼、銅合金
		駆動軸軸受 (ころがり)	消耗品・定期取替品
	蒸気加減弁	弁 箱	炭素鋼鑄鋼
		弁 体	ステンレス鋼
		弁 座	ステンレス鋼
		ブッシュ	消耗品・定期取替品
	アクチュエータ	本 体	鑄鉄、アルミニウム合金鑄物
		ピストン	鑄 鉄
		ピストンロッド	合 金 鋼
		シリンダ	鑄 鉄
		ば ね	ばね鋼
		プランジャ	合 金 鋼

表2.1-1(2/2) 玄海3号炉 タービン動補助給水ポンプタービン主要部位の使用材料

部 位		材 料	
ガバナ調速機構	定吐出圧制御 ピストン	本 体	炭素鋼鋳鋼
		弁 体	ステンレス鋼
		弁 棒	ステンレス鋼
		ば ね	ばね用オイルテンパー線
		ブッシュ	消耗品・定期取替品
	起動速度制御 ピストン	本 体	鋳 鉄
		弁 体	ステンレス鋼
		弁 棒	ステンレス鋼
		ば ね	ばね鋼
	タービングランド		消耗品・定期取替品
ケーシング		炭素鋼鋳鋼	
ケーシングボルト		低合金鋼	
台 板		炭 素 鋼	
取付ボルト		低合金鋼	

表2.1-2 玄海3号炉 タービン動補助給水ポンプタービンの使用条件

最高使用圧力	約8.2MPa[gage]
最高使用温度	約298℃
内 部 流 体	蒸 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

タービン動補助給水ポンプタービンの機能であるポンプ駆動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 ポンプ駆動力の確保
- 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

タービン動補助給水ポンプタービンについて、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の構造、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) 主軸の摩耗

タービン動補助給水ポンプタービンのころがり軸受部は、軸受と主軸の接触面で摩耗が想定され、すべり軸受部については、軸受と主軸の接触面で摺動摩耗が想定される。

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

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

また、すべり軸受は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

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

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

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

なお、試運転時における振動確認（変位の測定等）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) 主軸のフレット疲労割れ

タービン運転時の主軸に外部荷重に起因する繰返し曲げ応力が作用したとき、その応力の働いている方向や大きさによっては、主軸等に疲労割れが生じる可能性があり、焼きばめにより翼車が固定されている主軸においてフレット疲労割れが想定される。

しかしながら、発生応力は小さいため、フレット疲労割れは発生し難い。

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、試運転時における振動確認（変位の測定等）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。

(4) 翼車の応力腐食割れ

翼車は低合金鋼であり、湿り蒸気雰囲気下で使用されているため、翼車の翼溝部に応力腐食割れが想定される。

しかしながら、本機器の運転時間は短いため、応力腐食割れ発生の可能性は小さい。

また、分解点検時に翼車への動翼取付け状況及び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) ケーシング及び主油ポンプケーシング等の腐食（全面腐食）

ケーシング、蒸気加減弁弁箱及び主油ポンプケーシングは炭素鋼、鋳鋼又は鋳鉄であり、腐食が想定される。

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

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

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

一方、主油ポンプケーシングの内面は、内部流体が油で腐食が発生し難い環境である。

また、ケーシング及び蒸気加減弁の内面については、湿り蒸気雰囲気中の長期間の使用により腐食が想定される。

しかしながら、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後も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) 主油ポンプ歯車及び调速機駆動歯車等の摩耗

主油ポンプ及び调速機は、駆動用歯車を介して主軸の回転力により駆動されており、また主油ポンプも歯車ポンプであるため、歯車に摩耗が想定される。

しかしながら、歯車には潤滑油を供給し摩耗を防止しており、摩耗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、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。

(7) ガバナ調速機構の摩耗

ガバナ調速機構を構成する蒸気加減弁、アクチュエータ、定吐出圧制御ピストン、起動速度制御ピストンの摺動部に摩耗が想定される。

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

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や寸法計測及びガバナ調速機構の作動確認により、機器の健全性を確認している。

(8) ガバナ調速機構の腐食（全面腐食）

調速機本体、アクチュエータ本体、定吐出圧制御ピストン本体及び起動速度制御ピストン本体は鋳鉄、炭素鋼鋳鋼であり、腐食が想定される。

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

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

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

(9) ガバナ調速機構のばねの変形（応力緩和）

アクチュエータ、定吐出圧制御ピストン及び起動速度制御ピストンのばねは、ある一定の応力状態にて長時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、分解点検時の目視確認やガバナ調速機構の作動確認により、機器の健全性を確認している。

(10) ケーシングの疲労割れ

ケーシングは、タービン起動時に発生する内部流体の温度、圧力の変化により疲労が蓄積することから、疲労割れが想定される。

しかしながら、本機器の定期運転も考慮した起動発停回数は限られているため、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、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(11) ケーシングボルトの腐食（全面腐食）

ケーシングボルトは低合金鋼であり、フランジ面からの漏えいにより、内部流体によるボルトの腐食が想定される。

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

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

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(12) 台板及び取付ボルトの腐食（全面腐食）

台板は炭素鋼及び取付ボルトは低合金鋼であり、腐食が想定される。

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

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

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

2.2.4 消耗品及び定期取替品

軸受（ころがり）、調速機駆動軸軸受（ころがり）は分解点検時に取り替えている消耗品であり、軸受（すべり）、ブッシュ、及びタービングラウンドは、分解点検時の目視確認又は間隙計測の結果に基づき取り替えている消耗品である。それぞれ、長期使用はせず取替を前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

表2.2-1(1/2) 玄海3号炉 タービン動補助給水ポンプタービンに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	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		
ポンプ駆動力の確保	主 軸			低合金鋼	△		△*1 △*2				*1：高サイクル疲労割れ *2：フレッティング疲労割れ(応力緩和)	
	翼 車			低合金鋼				△				
	動 翼			ステンレス鋼								
	静 翼			ステンレス鋼								
	軸受(ころがり)		◎	-								
	軸受(すべり)		◎	-								
	主油ポンプ	ケーシング			鋳 鉄		△					
		歯 車			炭 素 鋼	△						
		駆動歯車			低合金鋼、炭素鋼	△						
	ガバナ调速機構	調 速 機	本 体			鋳 鉄		△				
駆動歯車				低合金鋼、銅合金	△							
駆動軸軸受(ころがり)			◎	-								
蒸気加減弁		弁 箱			炭素鋼鋳鋼	△	△					
		弁 体			ステンレス鋼	△						
		弁 座			ステンレス鋼	△						
		ブッシュ		◎	-							

△：高経年化対策上着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 タービン動補助給水ポンプタービンに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	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		
ポンプ駆動力の確保	ガバナ調速機構	アクチュエータ	本 体	鋳 鉄、 アルミニウム合金鋳物		△						*3：変形(応力緩和)
			ピストン	鋳 鉄	△							
			ピストンロッド	合 金 鋼	△							
			シリンダ	鋳 鉄	△							
			ば ね	ばね鋼							△*3	
			プランジャ	合 金 鋼	△							
	ガバナ調速機構	定吐出圧制御	本 体	炭素鋼鋳鋼	△	△						
			弁 体	ステンレス鋼	△							
			弁 棒	ステンレス鋼	△							
			ば ね	ばね用オイル テンパー線							△*3	
			ブッシュ	◎	—							
	ガバナ調速機構	起動速度制御	本 体	鋳 鉄	△	△						
			弁 体	ステンレス鋼	△							
			弁 棒	ステンレス鋼	△							
ば ね			ばね鋼							△*3		
バウンダリの維持	タービンランド		◎	—								
	ケーシング			炭素鋼鋳鋼		△	△					
	ケーシングボルト			低合金鋼		△						
機器の支持	台 板			炭 素 鋼		△						
	取付ボルト			低合金鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

5 主油ポンプ

[対象機器]

- ① 主油ポンプ

目 次

1. 対象機器	1
2. 主油ポンプの技術評価	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

1. 対象機器

玄海3号炉で使用されている主油ポンプの主な仕様を表1-1に示す。

表1-1 玄海3号炉 主油ポンプの主な仕様

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)
主油ポンプ (1)	高 ^{*2}	連 続	約2.8	約80

*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. 主油ポンプの技術評価

2.1 構造、材料及び使用条件

2.1.1 主油ポンプ

(1) 構造

玄海3号炉の主油ポンプは、横置単段うず巻形ポンプである。

主油ポンプは、蒸気タービンの運転に伴い、主油タンクより吸い込んだ油を軸受油系統、高圧油系統、オートストップ油系統及び水素密封油系統へ送油する。

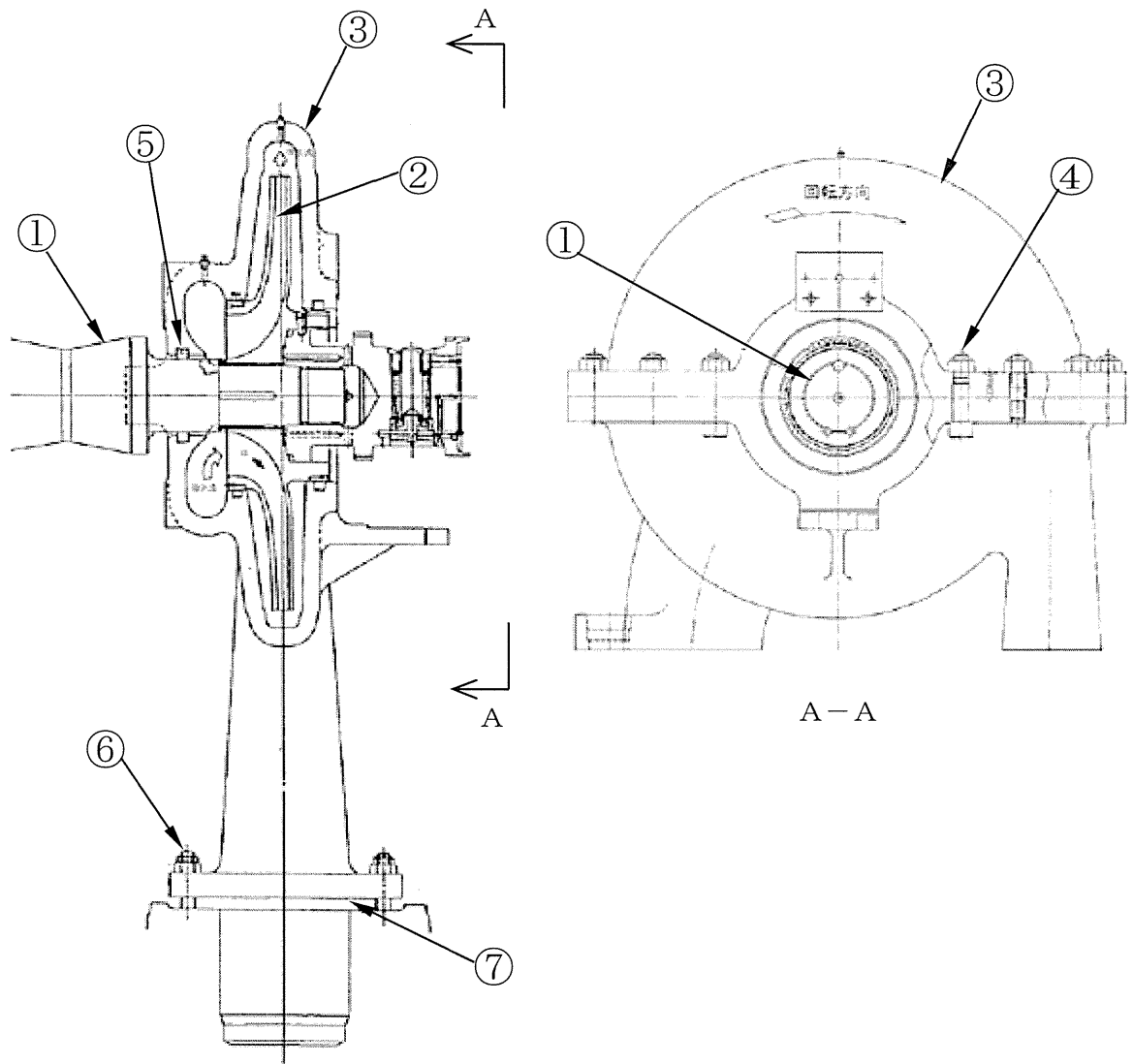
また、主軸には低合金鋼、羽根車にはステンレス鋼、ケーシングには炭素鋼をそれぞれ使用している。

主軸は高圧タービン軸に取り付けられており、これに羽根車を取り付けている。ケーシングは高圧タービン軸受台に取り付けられており、ケーシング両端には、異物進入防止のため油切りを設置している。

玄海3号炉の主油ポンプの構造図を図2.1-1に示す。

(2) 材料及び使用条件

玄海3号炉の主油ポンプ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	主 軸
②	羽 根 車
③	ケーシング
④	ケーシングボルト
⑤	油 切 り
⑥	ケーシング取付ボルト
⑦	中間リング

図2.1-1 玄海3号炉 主油ポンプ構造図

表2.1-1 玄海3号炉 主油ポンプ主要部位の使用材料

部 位	材 料
主 軸	低合金鋼
羽 根 車	ステンレス鋼鋳鋼
ケーシング	炭素鋼鋳鋼
ケーシングボルト	低合金鋼
油 切 り	消耗品・定期取替品
ケーシング取付ボルト	低合金鋼
中間リング	炭 素 鋼

表2.1-2 玄海3号炉 主油ポンプの使用条件

最高使用圧力	約2.8MPa[gage]
最高使用温度	約80℃
内 部 流 体	油

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機能達成に必要な項目

主油ポンプの機能である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 ポンプの容量－揚程確保
- 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

主油ポンプについて、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の構造、材料、使用条件（圧力、温度等）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) 主軸及びケーシング等の腐食（全面腐食）

主軸、ケーシング、ケーシングボルト、ケーシング取付ボルト及び中間リングは低合金鋼、炭素鋼、炭素鋼及び炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、主油ポンプは軸受台内に設置されており、内外面ともに油又は油霧雰囲気下で腐食が発生し難い環境であり、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

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

なお、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) 主軸の高サイクル疲労割れ

ポンプ運転時には主軸に定常応力と変動応力が発生し、高平均応力下において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、分解点検時の応力集中部に対する目視確認により、機器の健全性を確認している。

(3) 羽根車の腐食（キャビテーション）

ポンプの内部では流速と圧力が場所により大きく変化するが、ある点の圧力がその液温における飽和蒸気圧まで降下すると、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、ポンプ及び機器配置の設計時にはキャビテーションを考慮しており、この設計上の考慮は経年的に変化するものではない。

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

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

2.2.4 消耗品及び定期取替品

油切りは、分解点検時の目視確認及び寸法計測の結果に基づき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 玄海3号炉 主油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		
ポンプの容量－揚程確保	主 軸		低合金鋼		△	△*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						
バウンダリの維持	ケーシング		炭素鋼鋳鋼		△						
	ケーシングボルト		低合金鋼		△						
	油 切 り	◎	—								
機器の支持	ケーシング取付ボルト		低合金鋼		△						
	中間リング		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）

6 調速装置・保安装置

[対象機器]

- ① 調速装置
- ② 保安装置

目 次

1. 対象機器	1
2. 調速装置・保安装置の技術評価	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	14

1. 対象機器

玄海3号炉で使用されている調速装置・保安装置の主な仕様を表1-1に示す。

表1-1 玄海3号炉 調速装置・保安装置の主な仕様

機器名称 (台数)	仕様 (型式)	重要度*1	使用条件		
			運転	最高使用圧力 (MPa[gage])	最高使用温度 (℃)
調速装置 (1)	電気油圧式	高*2	連続	約16.2	約75
保安装置 (1)	機械式及び電気式	高*2	連続	約2.8	約80

*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. 調速装置・保安装置の技術評価

2.1 構造、材料及び使用条件

2.1.1 調速装置

(1) 構造

玄海3号炉の調速装置は、電気油圧式でありタービン軸から電気信号として検出した回転数により、弁開度指令信号を各弁のアクチュエータへ送り、高圧油供給ユニットから供給された高圧油を用いてアクチュエータの開度を調整する。

高圧油供給ユニットは、EHガバナ油タンク、EH用油冷却器、高圧油ポンプ、高圧油ポンプアンロード弁、EH高圧油リリース弁及びEHアキュムレータタンクの機器から構成される。

玄海3号炉の調速装置の系統図及び構造図を図2.1-1及び図2.1-2に示す。

(2) 材料及び使用条件

玄海3号炉の調速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。

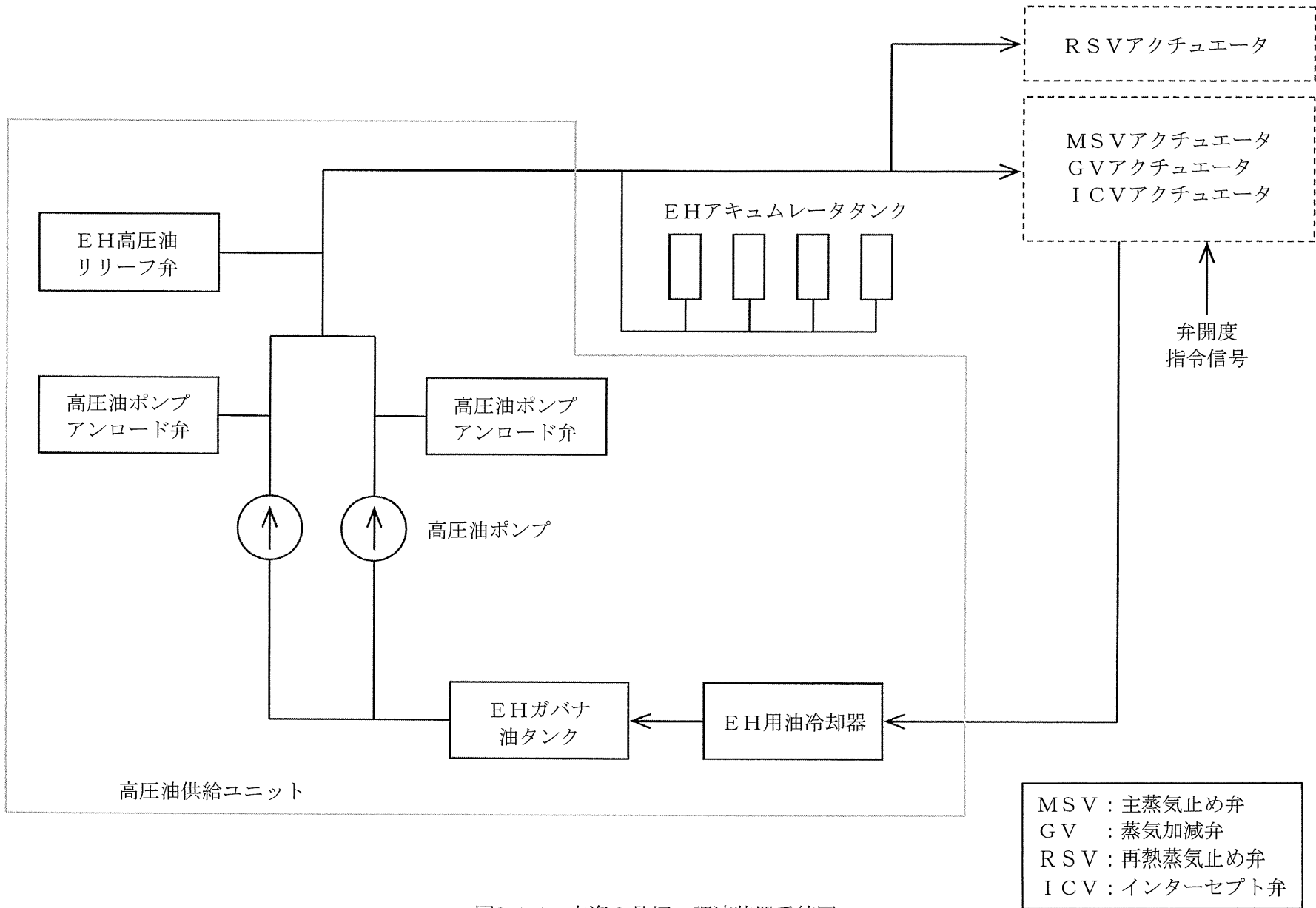
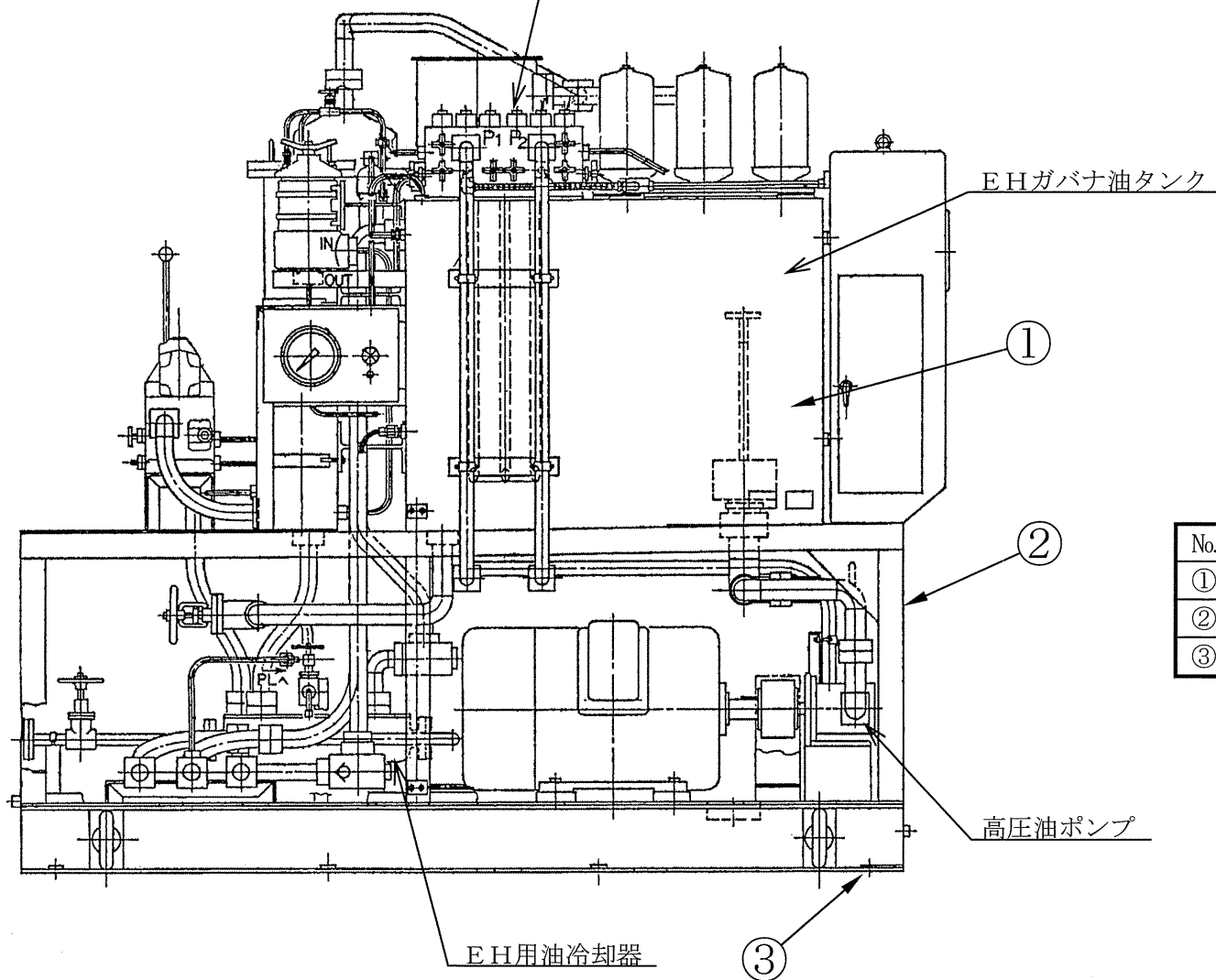


図2.1-1 玄海3号炉 調速装置系統図

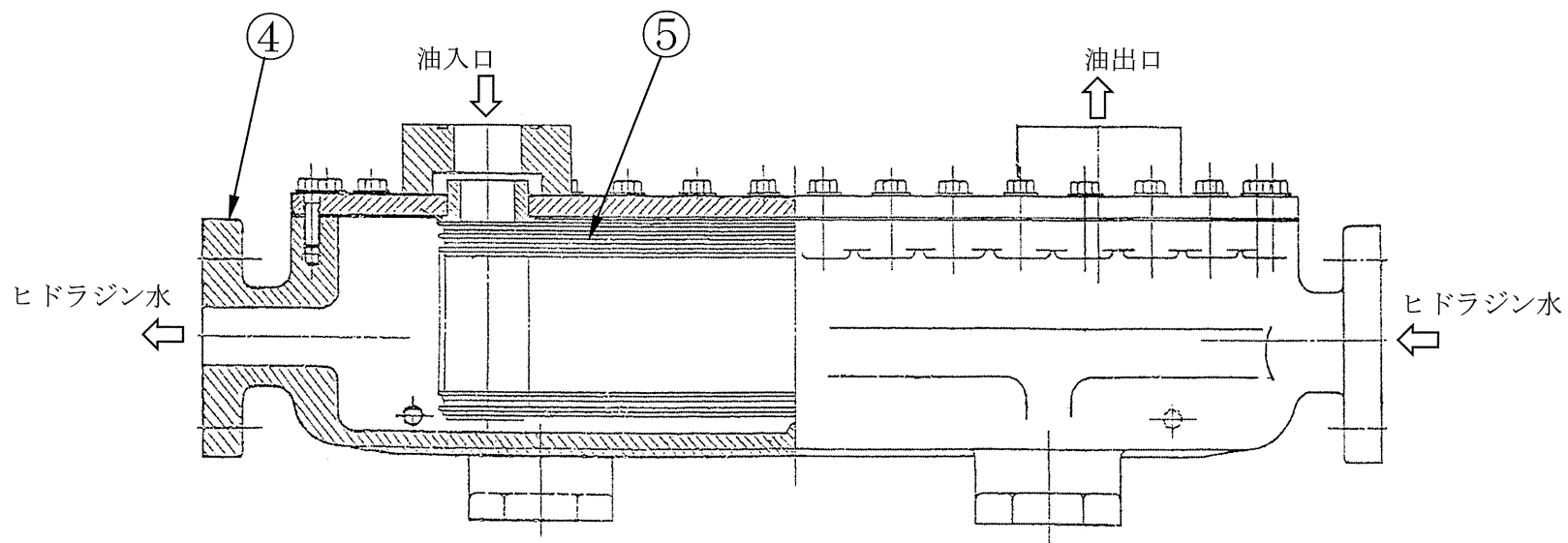
高圧油ポンプアンロード弁
EH高圧油リリース弁

EHガバナ油タンク



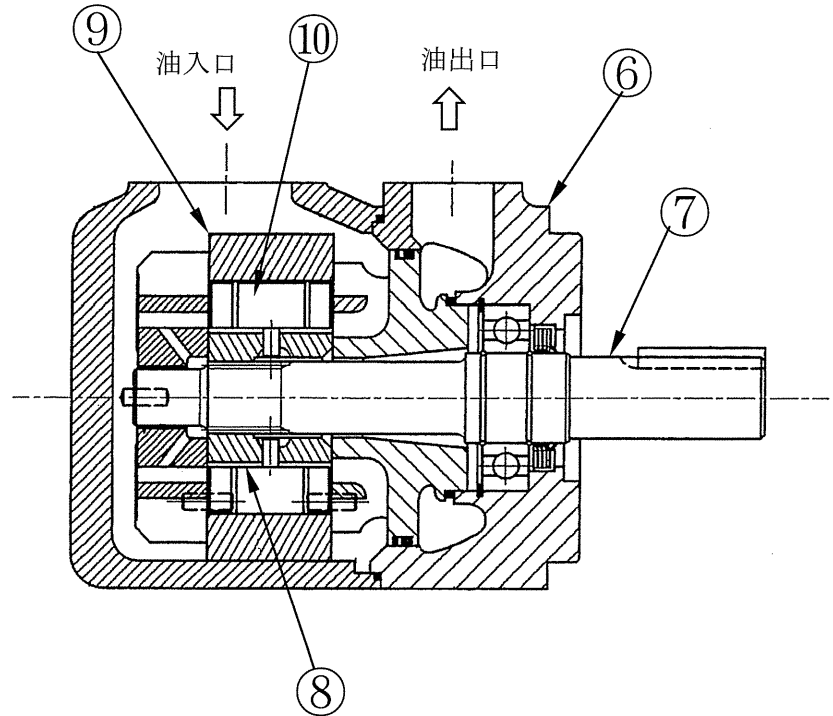
No.	部 位
①	胴 板
②	架 台
③	基礎ボルト

図2.1-2(1/5) 玄海3号炉 高圧油供給ユニット構造図



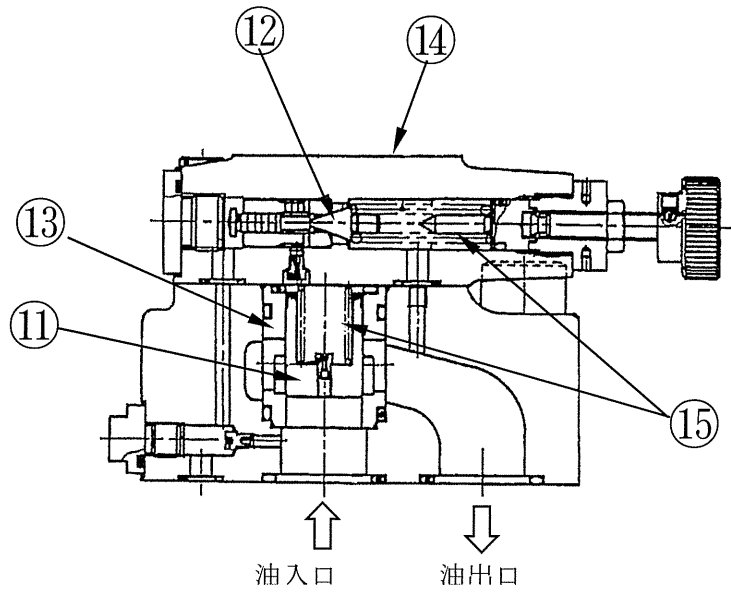
No.	部 位
④	ケーシング
⑤	コアアッセンブリ

図2.1-2(2/5) 玄海3号炉 EH用油冷却器構造図



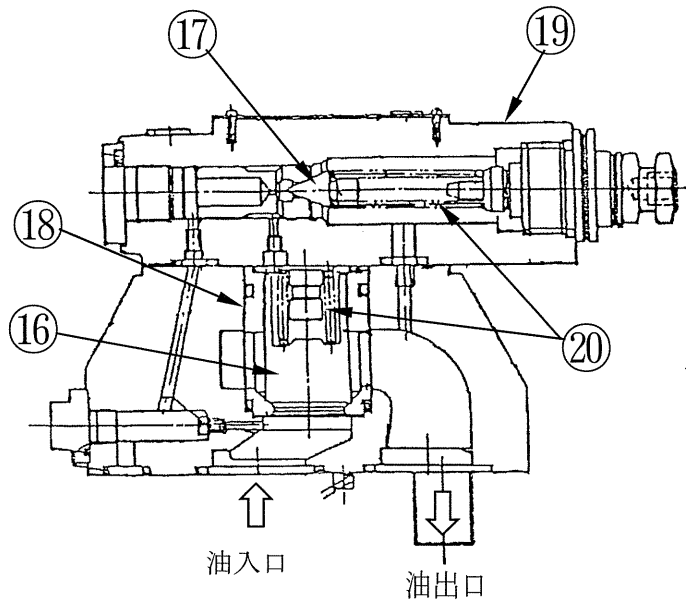
No.	部 位
⑥	ケーシング
⑦	主 軸
⑧	ロータ
⑨	カムリング
⑩	ベーン

図2. 1-2(3/5) 玄海3号炉 高圧油ポンプ構造図



高圧油ポンプアンロード弁

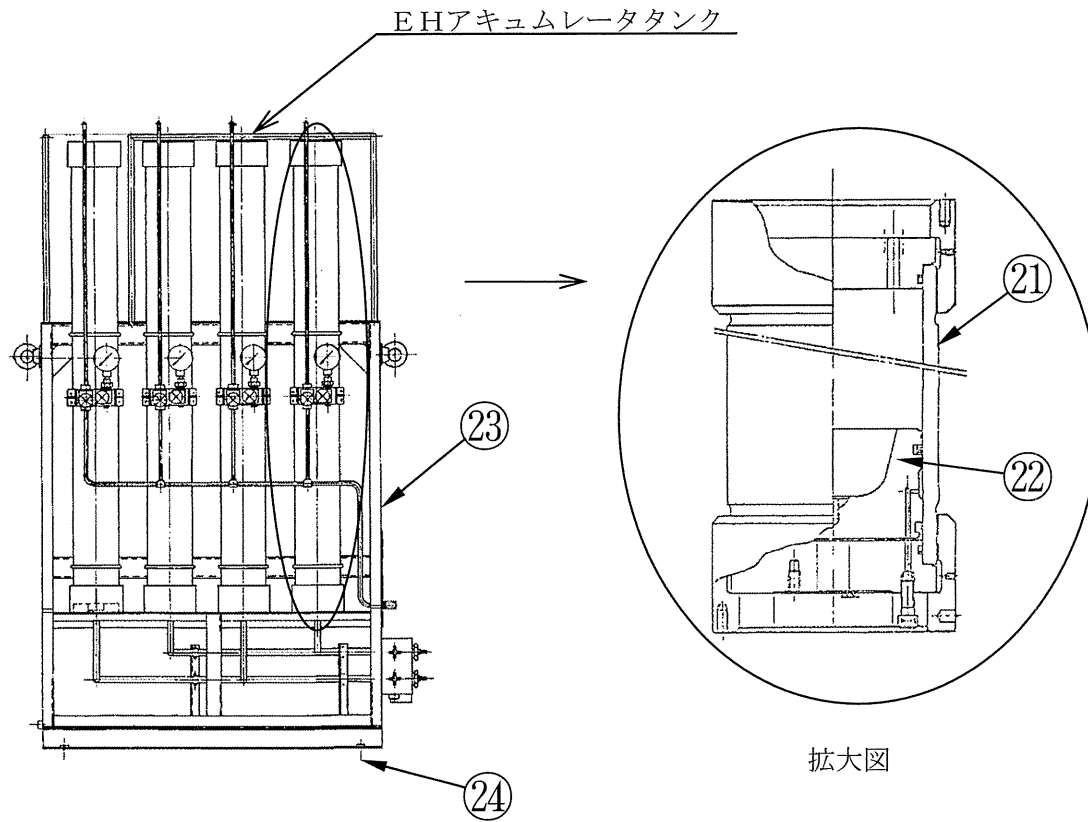
No.	部 位
⑪	プランジャ
⑫	ポペット
⑬	プッシュ
⑭	ケーシング
⑮	ば ね



E H高圧油リリーフ弁

No.	部 位
⑯	プランジャ
⑰	ポペット
⑱	プッシュ
⑲	ケーシング
⑳	ば ね

図2.1-2(4/5) 玄海3号炉 高圧油ポンプアンロード弁及びE H高圧油リリーフ弁構造図



拡大図

No.	部 位
①	チューブ
②	ピストン
③	スタンド
④	基礎ボルト

図2.1-2(5/5) 玄海3号炉 EHアキュムレータタンク構造図

表2.1-1 玄海3号炉 調速装置主要部位の使用材料

部 位	材 料	
EH用油冷却器	ケーシング	ステンレス鋼
	コアアッセンブリ	ステンレス鋼
高圧油ポンプ	ケーシング	鋳 鉄
	主 軸	低合金鋼
	ロータ	低合金鋼
	カムリング	消耗品・定期取替品
	ベーン	消耗品・定期取替品
高圧油ポンプアンロード弁	プランジャ	低合金鋼
	ポペット	低合金鋼
	ブッシュ	低合金鋼
	ケーシング	鋳 鉄
	ば ね	ばね鋼
EH高圧油リリーフ弁	プランジャ	低合金鋼
	ポペット	低合金鋼
	ブッシュ	低合金鋼
	ケーシング	鋳 鉄
	ば ね	ピアノ線
EHアキュムレータタンク	チューブ	炭 素 鋼
	ピストン	アルミニウム合金鋳物
	スタンド	炭 素 鋼
	基礎ボルト	炭 素 鋼
EHガバナ油タンク	胴 板	ステンレス鋼
高圧油供給ユニット	架 台	炭 素 鋼
	基礎ボルト	炭 素 鋼

表2.1-2 玄海3号炉 調速装置の使用条件

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

2.1.2 保安装置

(1) 構造

玄海3号炉の保安装置は、タービンに異常が発生した場合に、安全にタービンを停止させる保護装置として設置されている。

過速度トリップ装置は、機械式でありタービン速度がトリップ設定値に達した場合に、タービンを安全に停止させる機能を有し、タービン軸端部に設置した過速度トリップ装置遮断子が過速度時の遠心力で軸円周方向へ飛び出すことにより、過速度トリップ装置トリガーが押され、非常遮断用ピストン弁が動作することで、主蒸気止め弁、蒸気加減弁、再熱蒸気止め弁及びインターセプト弁が閉止して蒸気タービンが停止する。

また、過速度トリップ装置以外の復水器真空低下トリップ装置・軸受油圧低下トリップ装置及びスラスト軸受トリップ装置の動作時には、過速度トリップ装置もトリップ状態となり、全弁閉止にて蒸気タービンが停止する。

玄海3号炉の保安装置の系統図及び構造図を図2.1-3及び図2.1-4に示す。

(2) 材料及び使用条件

玄海3号炉の保安装置の使用材料及び使用条件を表2.1-3及び表2.1-4に示す。

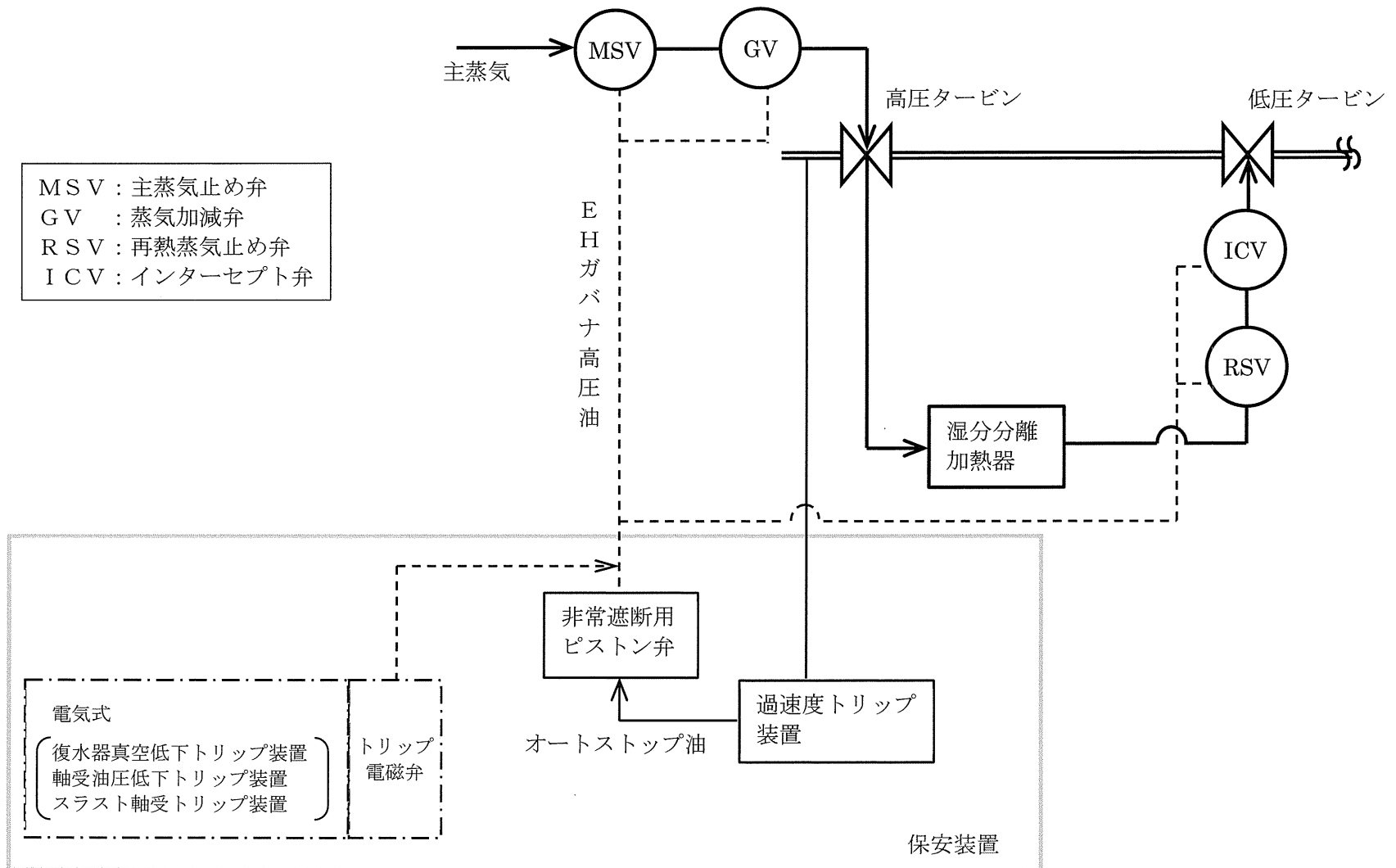
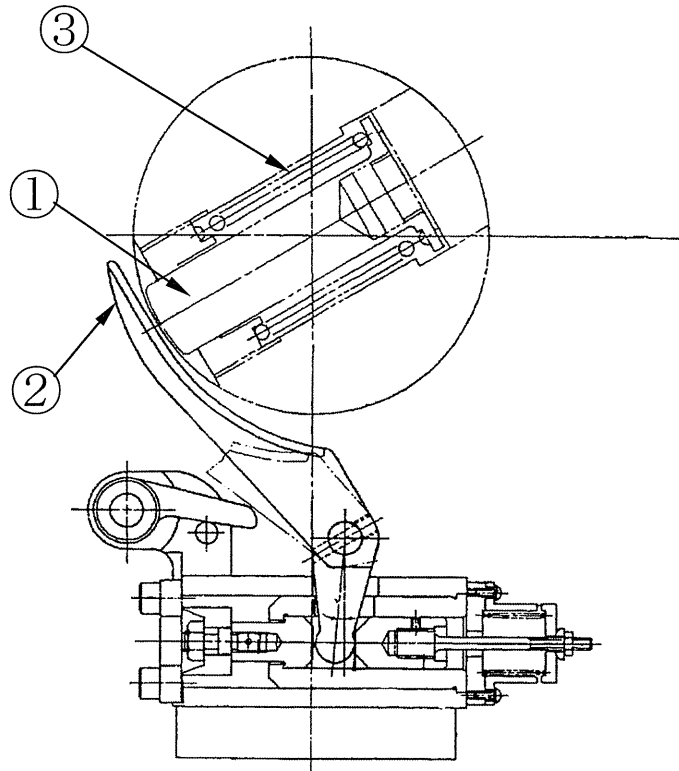
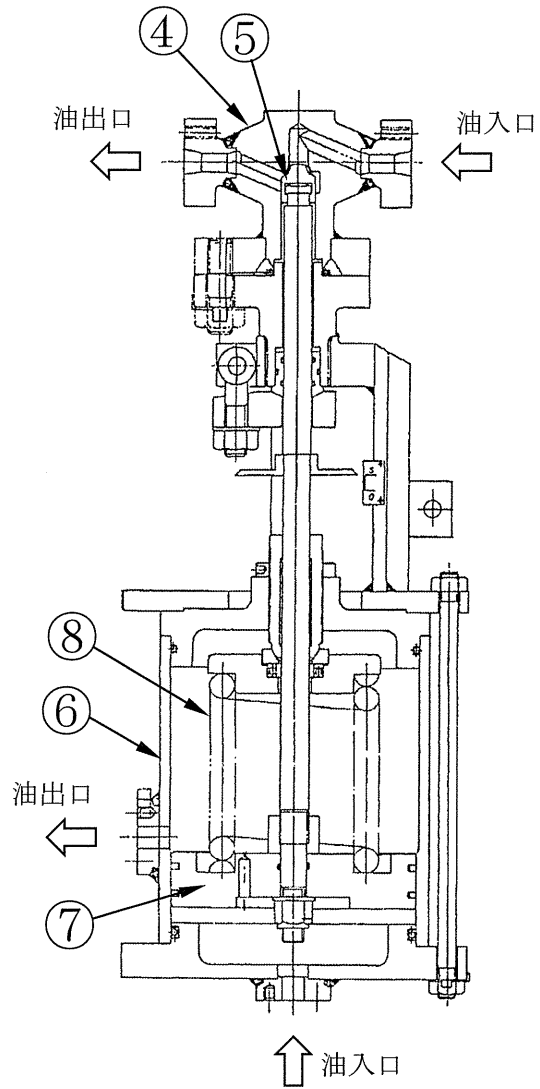


図2.1-3 玄海3号炉 保安装置系統図



過速度トリップ装置



非常遮断用ピストン弁

No.	部 位
①	遮 断 子
②	トリガー
③	ば ね

No.	部 位
④	弁箱 (弁座一体)
⑤	弁 体
⑥	シリンダ
⑦	ピストン
⑧	ば ね

図2.1-4 玄海3号炉 保安装置構造図

表2.1-3 玄海3号炉 保安装置主要部位の使用材料

部 位	材 料	
過速度トリップ装置	遮断子	ステンレス鋼 (ステライト肉盛)
	トリガー	低合金鋼
	ばね	ばね鋼
非常遮断用ピストン弁	弁箱 (弁座一体)	炭素鋼鋳鋼 (ステライト肉盛)
	弁 体	ステンレス鋼 (ステライト肉盛)
	シリンダ	炭 素 鋼
	ピストン	鋳 鉄
	ばね	ばね鋼

表2.1-4 玄海3号炉 保安装置の使用条件

最高使用圧力	約2.8MPa [gage]
最高使用温度	約80℃
内 部 流 体	油

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機能達成に必要な項目

調速装置の機能である制御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 制御機能の維持
- ② バウンダリの維持
- ③ 機器の支持

また、保安装置の機能である保護機能を維持するためには、次の項目が必要である。

- ① 保護機能の維持

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

調速装置・保安装置について、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及び表2.2-2に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象はない。

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

以下の事象（表2.2-1及び表2.2-2で△となっているもの）については想定される経年劣化事象であるが、

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

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

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

なお、日常劣化管理事象ではない事象はない。

(1) ケーシング及びチューブの腐食（全面腐食）〔調速装置〕

高圧油ポンプ、高圧油ポンプアンロード弁及びEH高圧油リリーフ弁のケーシング並びにEHアキュムレータタンクのチューブは鋳鉄又は炭素鋼であり、腐食が想定される。

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

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

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

一方、内面については内部流体が油で腐食が発生し難い環境であり、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

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

なお、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) 主軸及びロータ等の腐食（全面腐食）〔調速装置〕

高圧油ポンプの主軸及びロータ並びに高圧油ポンプアンロード弁及びEH高圧油リリース弁のプランジャ、ポペット及びブッシュは低合金鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、内部流体が油で腐食が発生し難い環境にあり、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

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

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(3) プランジャ、ポペット及びブッシュの摩耗〔調速装置〕

高圧油ポンプアンロード弁及びEH高圧油リリース弁のプランジャ、ポペット及びブッシュは、弁の開閉により摺動面、シート面に摩耗が想定される。

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

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) チューブ及びピストンの摩耗〔調速装置〕

EHアキュムレータタンクのチューブ及びピストンの摺動部は、ピストンの動作による摩耗が想定される。

しかしながら、チューブには硬質クロムメッキを施し、ピストンには耐摩耗性に優れた材料を使用し、耐摩耗性を向上させるとともに、摺動部に潤滑油を注入することで摩耗を防止しており、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。

(5) ばねの変形（応力緩和）〔共通〕

高圧油ポンプアンロード弁、EH高圧油リリーフ弁、過速度トリップ装置及び非常遮断用ピストン弁に使用されているばねは長時間圧縮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。

(6) 架台及びスタンドの腐食（全面腐食）〔調速装置〕

高圧油供給ユニット架台及びEHアキュムレータタンクスタンドは炭素鋼であり、腐食が想定される。

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

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

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

(7) 遮断子及びトリガーの摩耗〔保安装置〕

過速度トリップ装置の遮断子及びトリガーは、動作による摩耗が想定される。

しかしながら、遮断子はステライトの肉盛を施し、トリガー表面は高周波焼入れにより、耐摩耗性を向上させており、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及び寸法計測により、機器の健全性を確認している。

(8) トリガーの腐食（全面腐食）〔保安装置〕

過速度トリップ装置のトリガーは低合金鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、油霧囲気下で腐食が発生し難い環境にあり、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

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

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(9) 弁箱、シリンダ及びピストンの腐食（全面腐食）〔保安装置〕

非常遮断用ピストン弁の弁箱、シリンダ及びピストンは炭素鋼、炭素鋼及び鋳鉄であり、腐食が想定される。

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

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

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

一方、内面については内部流体が油で腐食が発生し難い環境であり、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

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

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(10) 弁体及び弁箱弁座部の摩耗 [保安装置]

非常遮断用ピストン弁の弁体及び弁箱弁座部は弁の開閉による摩耗が想定される。

しかしながら、弁体及び弁箱弁座部には耐摩耗性に優れたステライトを肉盛りしており、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。

(11) シリンダ及びピストンの摩耗 [保安装置]

非常遮断用ピストン弁のシリンダ及びピストンは、弁の開閉による摩耗が想定される。

しかしながら、内部流体が油であるため摩耗が発生し難い環境であり、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、分解点検時の目視確認及び寸法計測により、機器の健全性を確認している。

(12) 基礎ボルトの腐食（全面腐食） [調速装置]

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

高圧油ポンプのカムリング及びベーンは、分解点検時の目視確認の結果に基づき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 調速装置に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位		消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣 化		
制御機能の維持	EH用油冷却器	ケーシング		ステンレス鋼							*1：変形 (応力緩和)	
		コアアセンブリ		ステンレス鋼								
	高圧油ポンプ	ケーシング		鋳 鉄		△						
		主 軸		低合金鋼		△						
		ロータ		低合金鋼		△						
		カムリング	◎	—								
		ベ ー ン	◎	—								
		高圧油ポンプアンロード弁	プランジャ		低合金鋼	△	△					
		ポペット		低合金鋼	△	△						
		ブッシュ		低合金鋼	△	△						
		ケーシング		鋳 鉄		△						
		ば ね		ばね鋼								△*1

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-1(2/2) 玄海3号炉 調速装置に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位		消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣 化		
制御機能の維持	EH高圧油リリーフ弁	プランジャ		低合金鋼	△	△					*1：変形 (応力緩和)	
		ポペット		低合金鋼	△	△						
		ブッシュ		低合金鋼	△	△						
		ケーシング		鋳 鉄		△						
		ば ね		ピアノ線						△*1		
	EHアキュムレータタンク	チューブ		炭 素 鋼	△	△						
		ピストン		アルミニウム合金鋳物	△							
バウンダリの維持	EHガバナ油タンク	胴 板		ステンレス鋼								
機器の支持	高圧油供給ユニット	架 台		炭 素 鋼		△						
		基礎ボルト		炭 素 鋼		△						
	EHアキュムレータタンク	スタンド		炭 素 鋼		△						
		基礎ボルト		炭 素 鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-2 玄海3号炉 保安装置に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位		消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
					減 肉		割 れ		材質変化			その他
					摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣 化		
保護機能の維持	過速度トリップ装置	遮断子		ステンレス鋼 (ステライト肉盛)	△						*1：変形 (応力緩和) *2：弁座部	
		トリガー		低合金鋼	△	△						
		ばね		ばね鋼						△*1		
	非常遮断用ピストン弁	弁箱（弁座一体）		炭素鋼鋳鋼 (ステライト肉盛)	△*2	△						
		弁 体		ステンレス鋼 (ステライト肉盛)	△							
		シリンダ		炭 素 鋼	△	△						
		ピストン		鑄 鉄	△	△						
		ばね		ばね鋼								△*1

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

玄海原子力発電所 3 号炉

コンクリート構造物及び鉄骨構造物の技術評価書

[運転を断続的に行うことを前提とした評価]

九州電力株式会社

本評価書は、玄海3号炉における主要なコンクリート構造物及び鉄骨構造物の高経年化に係わる技術評価についてまとめたものである。

玄海3号炉におけるコンクリート構造物及び鉄骨構造物のうち、安全上重要な構造物（発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針におけるPS-1,2（異常発生防止系-クラス1,2）及びMS-1,2（異常影響緩和系-クラス1,2）に該当する構造物、又は該当する機器を支持する構造物）、高温・高圧の環境下にある機器を支持する構造物（発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針におけるPS-3（異常発生防止系-クラス3）及びMS-3（異常影響緩和系-クラス3）に該当する機器のうち高温・高圧の環境下にある機器を支持する構造物）、安全上重要な構造物及び高温・高圧の環境下にある機器を支持する構造物のうち火災防護設備に属する構造物、浸水防護施設に属する構造物、常設重大事故等対処設備及び常設重大事故等対処設備に属する機器を支持する構造物を対象構造物として選定した。

コンクリート構造物及び鉄骨構造物に対して、安全上及び運転継続上要求される機能としては、支持機能、放射線の遮蔽機能（一部のコンクリート構造物が対象）、耐圧機能（一部のコンクリート構造物が対象）及び耐火機能（一部のコンクリート構造物が対象）があげられる。

本評価書においては、これらの機能に影響する経年劣化事象を抽出し、その事象に影響を及ぼす各経年劣化要因に対して、代表構造物の内、使用環境、使用条件、重要度により評価対象とする構造物を選定し、技術評価を実施している。本評価書における技術評価結果で現状保全を継続すべき項目としたものについては、現状保全の点検手法の適切性を確認しており、現状保全を継続することで健全性の維持は可能であると考えられる。

○

1 コンクリート構造物及び鉄骨構造物

○

目 次

1. 対象構造物及び代表構造物	1
1.1 対象構造物のグループ化	2
1.2 代表構造物の選定	2
2. 代表構造物の技術評価	8
2.1 構造、材料、使用条件	8
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構造物・経年劣化事象の技術評価	22
3. グループ内の全ての構造物への展開	41

1. 対象構造物及び代表構造物

玄海3号炉におけるコンクリート構造物及び鉄骨構造物のうち、安全上重要な構造物及び高温・高圧の環境下にある機器を支持する構造物（火災防護設備に属する構造物、浸水防護施設に属する構造物を含む）、常設重大事故等対処設備及び常設重大事故等対処設備を支持する構造物を対象構造物とする。なお、原子炉格納容器であるプレストレストコンクリート製原子炉格納容器（以下、「PCCV」という）のうち、支持機能、遮蔽機能、耐圧機能を担う鉄筋コンクリート及びプレストレスシステムについては、本評価書にて評価するものとする。また、対象構造物の選定にあたり、PCCVは外部遮蔽壁と原子炉格納施設基礎に含めることとする。

安全上重要な構造物は、発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針（平成2年8月30日原子力安全委員会決定、以下、「重要度分類指針」という。）におけるPS-1,2（異常発生防止系ークラス1,2）及びMS-1,2（異常影響緩和系ークラス1,2）に該当する構造物、又は該当する機器を支持する構造物である。

高温・高圧の環境下にある機器を支持する構造物は、「重要度分類指針」におけるPS-3（異常発生防止系ークラス3）及びMS-3（異常影響緩和系ークラス3）に該当する機器のうち高温・高圧の環境下にある機器を支持する構造物である。

表1-1に対象構造物の選定を示す。対象構造物は以下のとおりとなる。

- ① 外部遮蔽壁
- ② 内部コンクリート
- ③ 原子炉格納施設基礎
- ④ 原子炉補助建屋
- ⑤ 原子炉周辺建屋
- ⑥ 廃棄物処理建屋
- ⑦ タービン建屋
- ⑧ 雑固体熔融処理建屋
- ⑨ 雑固体焼却炉建屋
- ⑩ 燃料取替用水タンク建屋（配管ダクト含む）
- ⑪ 取水構造物（海水管ダクト含む）
- ⑫ 脱気器基礎
- ⑬ 非常用ディーゼル発電用燃料油貯油槽基礎（燃料油貯蔵タンク基礎含む）
- ⑭ 原子炉補助建屋水密扉
- ⑮ 原子炉周辺建屋水密扉
- ⑯ 海水ポンプエリア水密扉

- ⑰ 海水ポンプエリア防護壁
- ⑱ 取水ピット搬入口蓋
- ⑲ 大容量空冷式発電機基礎（燃料タンク基礎含む）
- ⑳ 代替緊急時対策所

これらの対象構造物を以下のとおり、グループ化し、代表構造物を選定した。

1.1 対象構造物のグループ化

対象構造物は、材料特性によりコンクリート構造物と鉄骨構造物の2つのグループに分類される。

1.2 代表構造物の選定

表1.2-1に示すとおり、使用条件等により、以下を代表構造物として選定した。

(1) コンクリート構造物

- ① 外部遮蔽壁
- ② 内部コンクリート
- ③ 原子炉格納施設基礎
- ④ 原子炉補助建屋
- ⑤ 原子炉周辺建屋
- ⑥ タービン建屋（タービン架台）
- ⑦ 雑固体焼却炉建屋
- ⑧ 取水構造物

(2) 鉄骨構造物

- ① 内部コンクリート（鉄骨部）
- ② 原子炉周辺建屋（鉄骨部）
- ③ タービン建屋（鉄骨部）
- ④ 燃料取替用水タンク建屋（鉄骨部）
- ⑤ 取水構造物（鉄骨部）

表1-1 玄海3号炉 対象構造物の選定 (1/3)

「重要度分類指針」等に定める要求機能	分類等	主要設備	対象構造物
原子炉冷却材圧力バウンダリ機能	PS-1	原子炉容器 蒸気発生器 1次冷却材ポンプ 加圧器	内部コンクリート 内部コンクリート 内部コンクリート 内部コンクリート
過剰反応度の印加防止機能	PS-1	制御棒駆動装置圧力ハウジング	内部コンクリート
炉心形状の維持機能	PS-1	炉心槽	内部コンクリート
原子炉の緊急停止機能	MS-1	制御棒 制御棒クラスタ案内管 制御棒駆動装置	内部コンクリート 内部コンクリート 内部コンクリート
未臨界維持機能	MS-1	制御棒 ほう酸注入系	内部コンクリート 内部コンクリート、原子炉補助建屋、原子炉周辺建屋
原子炉冷却材圧力バウンダリの過圧防止機能	MS-1	加圧器安全弁	内部コンクリート
原子炉停止後の除熱機能	MS-1	余熱除去系 補助給水系 主蒸気系 主給水系	内部コンクリート、原子炉補助建屋、原子炉周辺建屋 原子炉周辺建屋 内部コンクリート、原子炉周辺建屋 内部コンクリート、原子炉周辺建屋
炉心冷却機能	MS-1	低圧注入系 高圧注入系 蓄圧注入系	内部コンクリート、原子炉補助建屋、原子炉周辺建屋、 燃料取替用水タンク建屋（配管ダクト含む） 内部コンクリート、原子炉補助建屋、原子炉周辺建屋、 燃料取替用水タンク建屋（配管ダクト含む） 内部コンクリート
放射性物質の閉じ込め機能 放射線の遮蔽及び放出低減機能	MS-1	原子炉格納容器 格納容器スプレイ系 アニュラス空気再循環設備 安全補機室空気浄化系 アニュラス 遮蔽設備（外部遮蔽壁、内部コンクリート）	外部遮蔽壁、原子炉格納施設基礎 内部コンクリート、原子炉補助建屋、原子炉周辺建屋、 燃料取替用水タンク建屋（配管ダクト含む） 原子炉補助建屋、原子炉周辺建屋 原子炉補助建屋 外部遮蔽壁、原子炉格納施設基礎、原子炉周辺建屋 外部遮蔽壁、内部コンクリート
工学的安全施設及び原子炉停止系の作動信号の発生機能	MS-1	安全保護系	原子炉補助建屋

表1-1 玄海3号炉 対象構造物の選定 (2/3)

「重要度分類指針」等に定める要求機能	分類等	主要設備	対象構造物
安全上特に重要な関連機能	MS-1	非常用所内電源系 中央制御室 中央制御室換気空調系 原子炉補機冷却水系 原子炉補機冷却海水系 直流電源系 計測制御電源系 制御用圧縮空気設備	原子炉周辺建屋、非常用ディーゼル発電用燃料油貯油槽基礎 (燃料油貯蔵タンク基礎含む) 原子炉補助建屋 原子炉補助建屋 内部コンクリート、原子炉補助建屋、原子炉周辺建屋 原子炉補助建屋、原子炉周辺建屋、取水構造物(海水管ダクト含む) 原子炉補助建屋 原子炉補助建屋 内部コンクリート、原子炉補助建屋、原子炉周辺建屋
原子炉冷却材を内蔵する機能	PS-2	化学体積制御系	内部コンクリート、原子炉補助建屋、原子炉周辺建屋
原子炉冷却材圧力バウンダリに直接接続されていないものであって、放射性物質を貯蔵する機能	PS-2	放射性気体廃棄物処理系 使用済燃料ピット	原子炉補助建屋 原子炉周辺建屋
燃料を安全に取り扱う機能	PS-2	燃料取替クレーン 燃料移送装置 使用済燃料ピットクレーン	内部コンクリート 内部コンクリート、原子炉周辺建屋 原子炉周辺建屋
安全弁及び逃がし弁の吹き止まり機能	PS-2	加圧器安全弁 加圧器逃がし弁	内部コンクリート 内部コンクリート
燃料プール水の補給機能	MS-2	燃料取替用水タンク 燃料取替用水ポンプ	燃料取替用水タンク建屋(配管ダクト含む) 原子炉補助建屋
放射性物質放出の防止機能	MS-2	アニュラス空気浄化系 排気筒	原子炉周辺建屋 外部遮蔽壁
事故時のプラント状態の把握機能	MS-2	事故時監視計器	内部コンクリート、原子炉補助建屋、原子炉周辺建屋
異常状態の緩和機能	MS-2	加圧器逃がし弁 加圧器後備ヒータ 加圧器逃がし元弁	内部コンクリート 内部コンクリート 内部コンクリート
制御室外からの安全停止機能	MS-2	制御室外原子炉停止装置	原子炉補助建屋
重要度クラス3の内、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機器に要求される機能	高*1	廃液蒸発装置、ほう酸回収装置 セメント固化装置、高温焼却炉 高圧タービン、低圧タービン、給水加熱器、電動主給水ポンプ、タービン動主給水ポンプ、湿分離加熱器、スチームコンバータ装置 熔融炉 雑固体焼却炉 脱気器	原子炉補助建屋 廃棄物処理建屋 タービン建屋(タービン架台及び鉄骨部) 雑固体熔融処理建屋 雑固体焼却炉建屋 脱気器基礎

*1：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。

表1-1 玄海3号炉 対象構造物の選定 (3/3)

「重要度分類指針」等に定める要求機能	分類等	主要設備	対象構造物
常設重大事故等対処設備	重*2	常設電動注入ポンプ 常設電動注入ポンプ用電動機 号炉間電力融通ケーブル 重大事故等対処用変圧器受電盤 重大事故等対処用変圧器盤 AM用格納容器圧力計測制御設備 B格納容器スプレイ冷却器出口積算流量計測制御設備 SA用低圧炉心注入及びスプレイ積算流量計測制御設備 使用済燃料ピット水位(SA)計測制御設備 原子炉格納容器水位計測制御設備 原子炉下部キャビティ水位計測制御設備 使用済燃料ピット温度計測制御設備 静的触媒式水素再結合装置動作監視装置 電気式水素燃焼装置動作監視装置 代替緊急時対策所情報収集設備 緊急時運転パラメータ伝送システム(SPDS)・SPDSデータ表示装置 統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備 衛星携帯電話設備 使用済燃料ピット状態監視カメラ 静的触媒式水素再結合装置 電気式水素燃焼装置 蓄電池(重大事故等対処用) 大容量空冷式発電機 代替緊急時対策所	原子炉補助建屋 原子炉補助建屋 原子炉補助建屋 原子炉補助建屋 原子炉補助建屋 原子炉周辺建屋 原子炉補助建屋 原子炉補助建屋 原子炉周辺建屋 内部コンクリート 内部コンクリート 原子炉周辺建屋 内部コンクリート 内部コンクリート 原子炉補助建屋、原子炉周辺建屋、代替緊急時対策所 原子炉補助建屋、原子炉周辺建屋、代替緊急時対策所 原子炉補助建屋、原子炉周辺建屋、代替緊急時対策所 原子炉補助建屋、原子炉周辺建屋、代替緊急時対策所 原子炉周辺建屋 内部コンクリート 内部コンクリート 原子炉補助建屋 大容量空冷式発電機基礎(燃料タンク基礎含む) 代替緊急時対策所
浸水防護施設(耐津波安全性評価対象)	設*3	原子炉補助建屋水密扉 原子炉周辺建屋水密扉 海水ポンプエリア水密扉 海水ポンプエリア防護壁 取水ピット搬入口蓋	原子炉補助建屋水密扉 原子炉周辺建屋水密扉 海水ポンプエリア水密扉 海水ポンプエリア防護壁 取水ピット搬入口蓋

*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: 設計基準対象施設として評価対象とした機器及び構造物であることを示す。

表1.2-1 玄海3号炉 代表構造物の選定 (1/2)

対象構造物 (コンクリート構造物)	重要度分類等	使用条件等										選定	選定理由
		運転開始後 経過年数*1	高温部の 有無	放射線の 有無	振動の有無	設置環境		塩分浸透の 有無	代表構造物を 支持	耐火要求の 有無	緊張力の 有無		
						屋内	屋外						
① 外部遮蔽壁	クラス1 設備支持	28	◇	◇	-	仕上げ有り	仕上げ有り	◇	-	-	○	◎	プレストレスを有する構造物
② 内部コンクリート	クラス1 設備支持	28	○ (1次遮蔽壁)	○ (1次遮蔽壁)	-	仕上げ有り	/	-	-	/	/	◎	高温部、放射線の影響
③ 原子炉格納施設基礎	クラス1 設備支持	28	-	◇	-	仕上げ有り	埋設*4	◇	外部遮蔽壁及び 内部コンクリートを支持	/	○	◎	代表構造物を支持する構造物、 プレストレスを有する構造物
④ 原子炉補助建屋	クラス1 設備支持	28	-	◇	-	一部 仕上げ無し	仕上げ有り	◇	-	-	/	◎	屋内で仕上げ無し
⑤ 原子炉周辺建屋	クラス1 設備支持	28	-	◇	○ (非常用ディーゼル 発電設備基礎)	一部 仕上げ無し*3	仕上げ有り	◇	-	-	/	◎	振動の影響
⑥ 廃棄物処理建屋	クラス3 設備支持	28	-	◇	-	一部 仕上げ無し*3	仕上げ有り	◇	-	-	/		
⑦ タービン建屋 (タービン架台)	クラス3 設備支持	28	-	-	○ (タービン架台)	一部 仕上げ有り	/	-	-	/	/	◎	振動の影響
⑧ 雑固体溶融処理建屋	クラス3 設備支持	13	-	◇	-	一部 仕上げ無し*3	仕上げ有り	◇	-	-	/		
⑨ 雑固体焼却炉建屋	クラス3 設備支持	41*2	-	◇	-	一部 仕上げ無し	仕上げ有り	◇	-	-	/	◎	屋内で仕上げ無し 運転開始後経過年数
⑩ 燃料取替用水タンク建屋 (配管ダクト含む)	クラス1 設備支持	28	-	-	-	仕上げ無し*3	仕上げ有り	◇	-	-	/		
⑪ 取水構造物 (海水管ダクト含む)	クラス1 設備支持	28	-	-	-	一部 仕上げ無し*3	一部 仕上げ無し	○ (海水と接触)	-	-	/	◎	屋外で仕上げ無し、 供給塩化物量の影響
⑫ 脱気器基礎	クラス3 設備支持	28	-	-	-	/	一部 仕上げ無し*5	◇	-	/	/		
⑬ 非常用ディーゼル発電用 燃料油貯油槽基礎 (燃料油貯蔵タンク基礎含む)	クラス1 設備支持	28	-	-	-	/	埋設*4	◇	-	-	/		
⑭ 取水ピット搬入口蓋	浸水防護施設	5	-	-	-	仕上げ無し*3	仕上げ有り	◇*6	-	/	/		
⑮ 大容量空冷式発電機基礎 (燃料タンク基礎含む)	常設重大事故等対 処設備	5	-	-	-	/	埋設*4	◇	-	/	/		
⑯ 代替緊急時対策所	常設重大事故等対 処設備	5	-	-	-	仕上げ有り	仕上げ有り	◇	-	/	/		

*1：運転開始後経過年数は、2023年3月時点の年数としている。
 *2：1/2/3/4号炉共用の建屋であり、2号炉の30年目高経年化技術評価を実施済。
 *3：他の屋内で仕上げがない構造物で代表させる。
 *4：環境条件の区分として、埋設部より気中部の方が保守的であることから、他の屋外で仕上げがない構造物で代表させる。
 *5：他の屋外で仕上げがない構造物で代表させる
 *6：常時海水と接触していないことから、常時海水と接触し飛沫の影響が大きい取水構造物で代表させる。

【凡例】
 ○：影響大
 ◇：影響小
 -：影響極小、又は無し
 /：使用条件等に該当無し

表1.2-1 玄海3号炉 代表構造物の選定 (2/2)

対象構造物 (鉄骨構造物)	重要度分類等	使用条件等			選定	選定理由
		運転開始後 経過年数*1	設置環境			
			屋内	屋外		
① 内部コンクリート (鉄骨部)	クラス1 設備支持	28	仕上げ有り	/	◎	運転開始後経過年数
② 原子炉周辺建屋 (鉄骨部)	クラス1 設備支持	28	仕上げ有り	/	◎	運転開始後経過年数
③ タービン建屋 (鉄骨部)	クラス3 設備支持	28	仕上げ有り	/	◎	運転開始後経過年数
④ 燃料取替用水タンク建屋 (鉄骨部)	クラス1 設備支持	28	仕上げ有り	/	◎	運転開始後経過年数
⑤ 取水構造物 (鉄骨部)	クラス1 設備支持	28	/	仕上げ有り	◎	運転開始後経過年数
⑥ 原子炉補助建屋水密扉	浸水防護施設	5	仕上げ有り	/		
⑦ 原子炉周辺建屋水密扉	浸水防護施設	5	仕上げ有り	/		
⑧ 海水ポンプエリア水密扉	浸水防護施設	5	/	仕上げ有り		
⑨ 海水ポンプエリア防護壁	浸水防護施設	5	/	仕上げ有り		
⑩ 取水ピット搬入口蓋 (鉄骨部)	浸水防護施設	5	/	仕上げ有り		

*1 : 運転開始後経過年数は、2023年3月時点の年数としている。

【凡例】

/ : 使用条件等に該当無し

2. 代表構造物の技術評価

本章では、「1.2 代表構造物の選定」で選定した代表構造物について技術評価を実施する。

2.1 構造、材料、使用条件

鉄筋コンクリート構造物は、必要な強度を確保するために、圧縮力には強いが引張力に弱いコンクリートを、引張力に強い鉄筋で補強した構造物である。また、鉄筋を強アルカリ性であるコンクリートで包むことにより、鉄筋の腐食を防止することができる。コンクリートは、セメントに骨材（粗骨材、細骨材）、水及び混和材料を混合したものである。

コンクリートの設計基準強度は、外部遮蔽壁が 41.2N/mm^2 (420kgf/cm^2)、原子炉補助建屋が 29.4N/mm^2 (300kgf/cm^2)、内部コンクリート、原子炉格納施設基礎、原子炉周辺建屋、タービン建屋（タービン架台：上部）及び取水構造物が 23.5N/mm^2 (240kgf/cm^2)、タービン建屋（タービン架台：下部）及び雑固体焼却炉建屋が 20.6N/mm^2 (210kgf/cm^2) である。

コンクリート構造物のうちPCCVのプレストレスシステムとは、テンドンと定着具等から構成される緊張システムである。テendonは、PC鋼線（ $\phi 7\text{mm}$ /本 $\times 163$ 本）により構成される鋼材であり、定着具は、アンカーヘッド、シム及び支圧板によりテendonの緊張力をコンクリートに伝達する部品をいい、ショップ側とフィールド側で一組となる。テendonは、ドーム上部から投影して格子状に配置し、両端を基礎版内に設けるテendonギャラリーに定着させた逆U型鉛直テendon（逆Uテendon）と、方位角 240° ごとにフープ上に配置し、 120° 間隔に設けられた3本のバットレスに定着するシリンダー部及びドーム部の水平方向テendon（フープテendon）から形成される。また、定着具と周辺コンクリート部の総称をテendon定着部という。

鉄骨構造物は、構造用鋼材を溶接又はボルトにて接合した構造物であり、柱脚部はコンクリート基礎にアンカーボルトで固定されている。鉄骨部は、施工時に適切な防せい塗装が施されている。

玄海3号炉のプラント配置図と代表構造物の概要をそれぞれ図2.1-1及び図2.1-2に示す。

玄海3号炉のコンクリート構造物及び鉄骨構造物の主な使用材料を表2.1-1に示す。また、使用条件については、表1.2-1に示したとおりである。

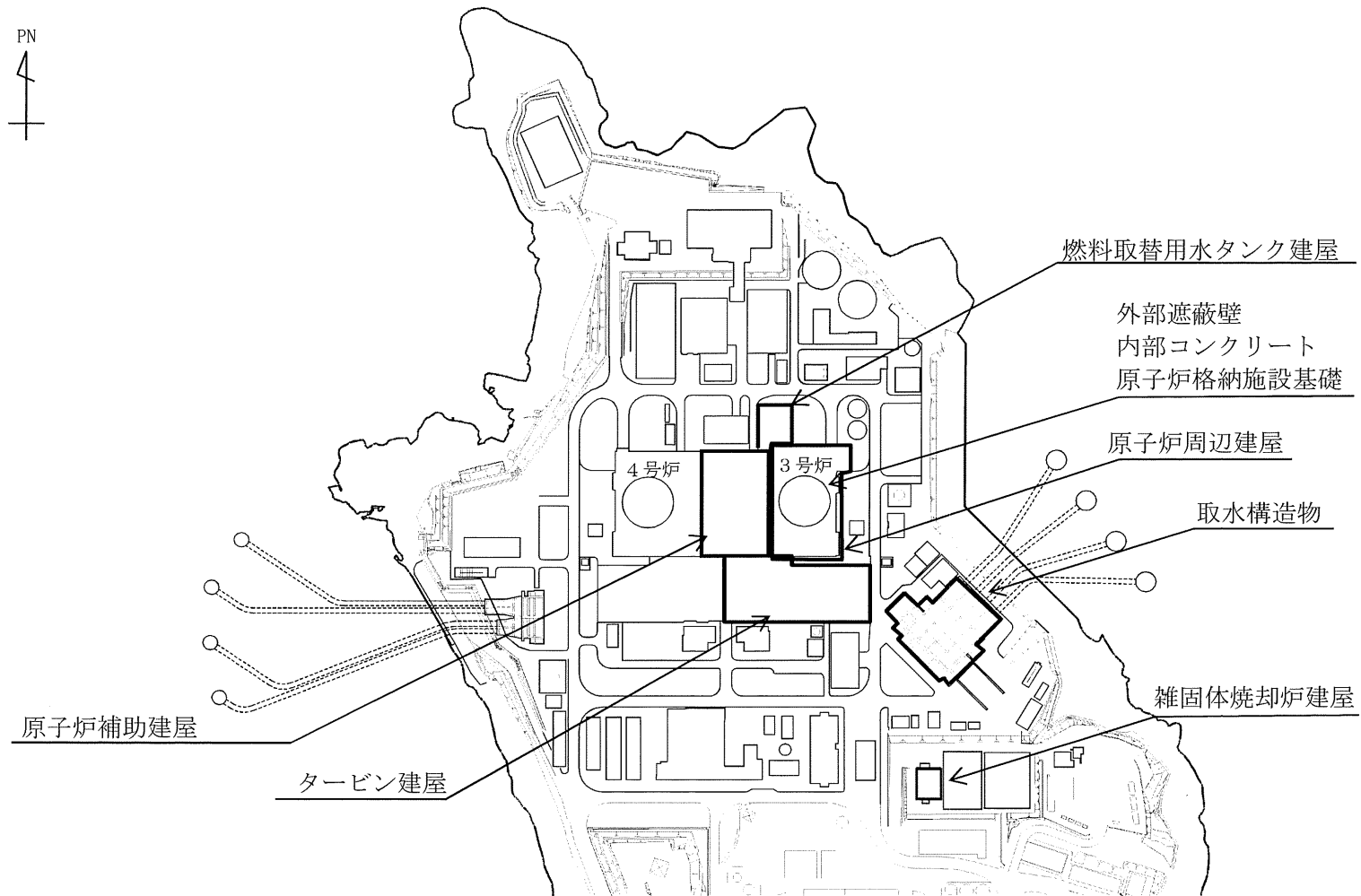


図2.1-1 玄海3号炉 プラント配置図

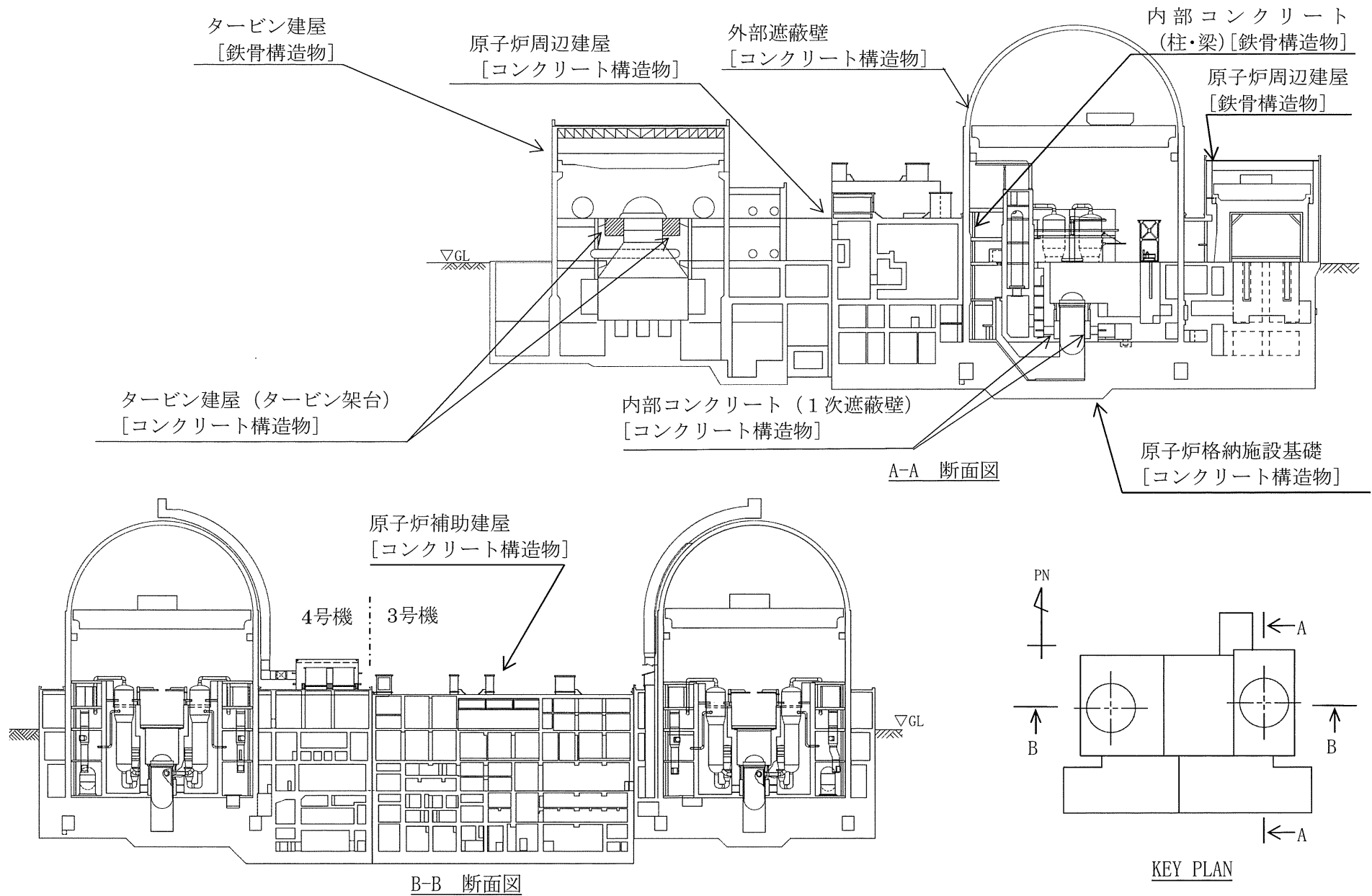
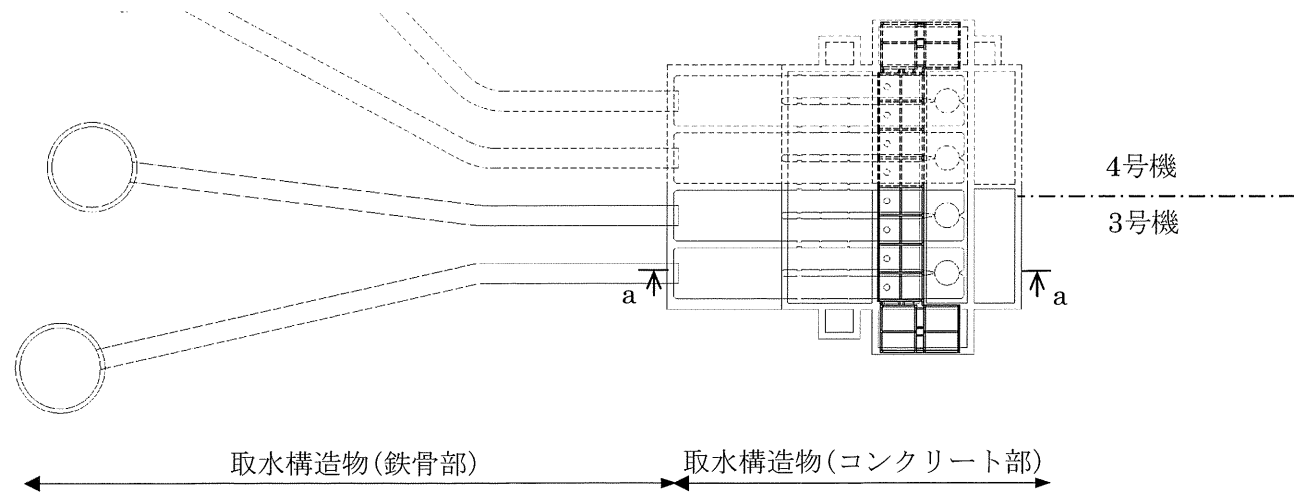
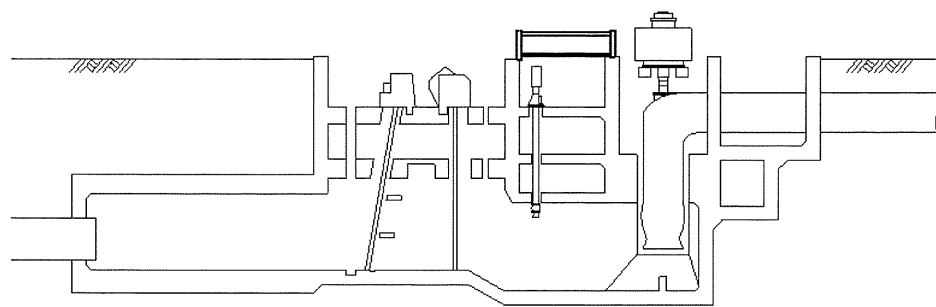


図2.1-2 玄海3号炉 代表構造物の概要 (1/2)

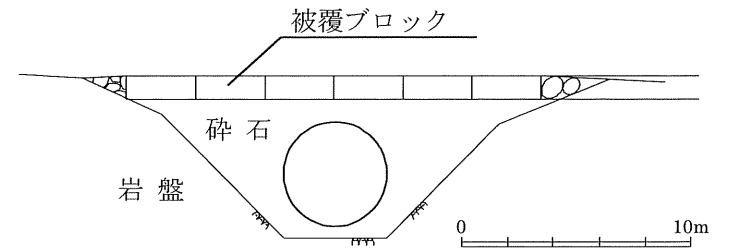
取水構造物 [コンクリート構造物及び鉄骨構造物]



平面図



a-a 断面図



取水構造物(鉄骨部)標準横断面図

図2.1-2 玄海3号炉 代表構造物の概要 (2/2)

表2.1-1 玄海3号炉 コンクリート構造物及び鉄骨構造物の主な使用材料

部 位			材 料
コンクリート 構造物	骨材	粗骨材	砕石（鎮西町産）
		細骨材	海砂（呼子町産）と山砂（志摩町産）の混合
	セメント		中庸熟ポルトランドセメント フライアッシュセメント B種 高炉セメント B種
	混和材料		混和材（フライアッシュ） 混和剤（AE減水剤）
	鉄筋		異形棒鋼（SD40、SD35）
	塗装材		（外部）弾性吹付塗料 （内部）エポキシ樹脂塗料
	プレストレス システム	テンドン	PC鋼線
		定着具	アンカーヘッド：低合金鋼 シム：炭素鋼 支圧板：炭素鋼
鉄骨 構造物	鉄骨		炭素鋼（SM50A）
	塗装材		エポキシ樹脂塗料 合成樹脂調合ペイント

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 安全機能達成に必要な項目

評価対象のコンクリート構造物及び鉄骨構造物に要求される機能は、支持機能と、一部のコンクリート構造物における放射線の遮蔽機能、耐圧機能及び耐火機能である。したがって、次の5つの項目が安全機能達成に必要であり、高経年化対策上も重要と判断される。

- ① コンクリート強度の維持
- ② コンクリート遮蔽能力の維持
- ③ テンドン緊張力の維持
- ④ コンクリート耐火能力の維持
- ⑤ 鉄骨強度の維持

2.2.2 高経年化対策上着目すべき構造物・経年劣化事象

「2.2.1 安全機能達成に必要な項目」であげたそれぞれの機能に影響を及ぼすことが否定できない経年劣化事象として、コンクリートの強度低下、コンクリートの遮蔽能力低下、テンダンの緊張力低下、コンクリートの耐火能力低下及び鉄骨の強度低下が考えられる。

設計上及び一般構造物での事例等から各事象に影響を及ぼす要因を抽出し、さらに、抽出した各要因に対して、代表構造物の使用環境、使用条件、重要度から、評価対象とする構造物を選定した。以上の結果を表2.2-1に示す。

想定される経年劣化事象と、各事象に影響を及ぼす要因のうち高経年化対策上着目すべきもの（表2.2-1で○となっているもの）を以下に示す。なお、評価対象とする構造物は [] で示す。

(1) コンクリートの強度低下

a. 熱による強度低下 [内部コンクリート (1次遮蔽壁)]

コンクリートは、周辺環境からの伝達熱及び放射線照射に起因する内部発熱により、温度条件によってはコンクリート中の水分の逸散に伴う乾燥に起因する微細なひび割れ、あるいは水分の移動に起因する空隙の拡大等により強度が低下する可能性があるため、経年劣化に対する評価が必要である。

コンクリート構造物のうち、運転時に最も高温状態となる内部コンクリート (1次遮蔽壁) を評価対象とした。

b. 放射線照射による強度低下 [内部コンクリート (1次遮蔽壁)]

コンクリートが中性子照射やガンマ線照射を受けた場合、自由水の逸散等により強度が低下する可能性があるため、経年劣化に対する評価が必要である。

コンクリート構造物のうち、中性子照射量及びガンマ線照射量の最も大きい内部コンクリート (1次遮蔽壁) を評価対象とした。

c. 中性化による強度低下 [原子炉補助建屋 (屋内面)、雑固体焼却炉建屋 (屋内面)、取水構造物]

コンクリートは空気中の二酸化炭素の作用を受けると、徐々にそのアルカリ性を失い中性化する。

中性化がコンクリートの内部に進行しアルカリ性が失われると鉄筋周囲に生成されていた不動態被膜も失われ、鉄筋はコンクリート中の水分、酸素の作用により腐食し始める。さらに、鉄筋の腐食が進行すると酸化生成物による体積膨張からコンクリートにひび割れや剥離が生じ、コンクリート構造物としての健全性が損なわれる可能性があるため、経年劣化に対する評価が必要である。

中性化の進行度合いに影響を及ぼす要因としては、塗装等のコンクリート表面仕上げの有無、二酸化炭素濃度、温度及び相対湿度があげられる。

仕上げの有無については、仕上げ材が二酸化炭素侵入の遮断又は抵抗体となることから仕上げが施されていない部位の方が影響度が大きい。本評価対象のうち屋内については、中央制御室等、社員や委託員が常駐する部位には運転開始時点より仕上げが施されている。また、屋外については、建設時に外部遮蔽壁等へ塗装を施している。

二酸化炭素濃度については、高濃度であるほど中性化に及ぼす影響度が大きくなる傾向があるとされている。

温度については、高温であるほど中性化に及ぼす影響度が大きくなる傾向があるとされている。

相対湿度については、低湿度であるほど中性化に及ぼす影響度が大きくなる傾向があるとされている。なお、一般に、温度が上がれば相対湿度は下がり、温度が下がれば相対湿度は上がる。

2019年～2020年の玄海3号炉における二酸化炭素濃度、温度及び相対湿度の測定結果から算出した中性化に及ぼす影響度、塗装等の仕上げの状況及び運転開始後の経過年数を踏まえ、屋内の評価対象として原子炉補助建屋及び雑固体焼却炉建屋、屋外の評価対象として取水構造物を選定した。

d. 塩分浸透による強度低下 [取水構造物]

コンクリート中に塩化物イオンが浸透して鉄筋位置まで達すると、鉄筋表面の不動態被膜が失われ、鉄筋は、コンクリート中の水分、酸素の作用により腐食し始める。さらに、腐食が進行すると酸化生成物による体積膨張からコンクリートにひび割れや剥離が生じ、コンクリート構造物としての健全性が損なわれる可能性があるため、経年劣化に対する評価が必要である。

コンクリート構造物のうち、海水とその飛沫の影響により最も厳しい環境下にあること、塗装等の仕上げの状況を踏まえ、取水構造物を評価対象とした。

e. 機械振動による強度低下 [原子炉周辺建屋 (非常用ディーゼル発電設備基礎)、タービン建屋 (タービン架台)]

機械振動により、コンクリート構造物が長期間にわたって繰返し荷重を受けると、ひび割れの発生、ひいては損傷に至る可能性があるため、経年劣化に対する評価が必要である。

コンクリート構造物のうち、比較的大きな振動を受ける部位として、原子炉周辺建屋 (非常用ディーゼル発電設備基礎) 及びタービン建屋 (タービン架台) を評価対象とした。

(2) コンクリートの遮蔽能力低下

a. 熱による遮蔽能力低下 [内部コンクリート (1次遮蔽壁)]

コンクリートは、周辺環境からの伝達熱及び放射線照射に起因する内部発熱により、コンクリート中の水分が逸散し、放射線に対する遮蔽能力が低下する可能性があるため、経年劣化に対する評価が必要である。

コンクリート構造物のうち、運転時に最も高温状態となる内部コンクリート (1次遮蔽壁) を評価対象とした。

(3) テンドンの緊張力低下

a. プレストレス損失 [外部遮蔽壁、原子炉格納施設基礎 (テンドン定着部)]

コンクリートの乾燥収縮・クリープは、構造物の供用期間中にわたってコンクリート部の体積を変化させ、テンドンの緊張力に影響を及ぼす。

また、PC鋼線のリラクセーションは、PC鋼線の材料特性、初期応力、温度及び時間に依存してテンドンの引張応力を低下させる。これらのことから、プレストレス損失により、テンドンの緊張力が低下する可能性があるため、経年劣化事象に対する評価が必要である。

コンクリート構造物のうち、プレストレスシステムを有する外部遮蔽壁と原子炉格納施設基礎 (テンドン定着部) を評価対象とした。

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

経年劣化事象と、各事象に影響を及ぼす要因のうち

- 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事象（表2.2-1で△又は▲となっているもの）と判断し、以下に示す。

(1) コンクリートの強度低下

a. アルカリ骨材反応による強度低下

コンクリート中の反応性シリカを含む骨材と、セメント等に含まれるアルカリ（ナトリウムイオンやカリウムイオン）が、水の存在下で反応してアルカリ珪酸塩を生成し、この膨張作用によりコンクリートにひび割れが生じ、コンクリート構造物としての健全性が損なわれる可能性がある。

玄海3号炉は、運転開始後30年近く経過しており、定期的に目視点検を実施しているが、アルカリ骨材反応に起因すると判断されるひび割れ等は認められていない。

また、使用している骨材（粗骨材、細骨材）については、1987年から1991年にモルタルバー法（JASS5N T-201:1985）による反応性試験を実施し、有害でないことを確認している。モルタルバー法による反応性試験の結果は、膨張率が材令6ヶ月で0.1%以下の場合は無害とする判定基準に対して、最も高い骨材でも0.004%以下であった。

以上から、コンクリートのアルカリ骨材反応による強度低下は、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

なお、新規基準以降に設置した構造物に使用している骨材（粗骨材、細骨材）についても、2012年～2016年に化学法（JIS A 1145：2007）及びモルタルバー法（JIS A 1146：2007）による反応性試験を実施し、有害でないことを確認している。また、運転開始後の経過年数が長い雑固体焼却炉建屋については促進膨張試験（アルカリ溶液浸漬法）を実施し、判定基準未満であることを確認している。

b. 凍結融解による強度低下

コンクリート中の水分が凍結し、それが気温の上昇や日射を受けること等により融解する凍結融解を繰り返すことでコンクリートにひび割れが生じ、コンクリート構造物としての健全性が損なわれる可能性がある。

日本建築学会「建築工事標準仕様書・同解説 JASS5 鉄筋コンクリート工事」(2022)に示される凍害危険度の分布図によると玄海3号炉の周辺地域は「ごく軽微(凍害危険度1)」である。日本建築学会「高耐久性鉄筋コンクリート造設計施工指針(案)・同解説」(1991)によると、凍害危険度が2以上の地域は、凍結融解を含む凍害を考慮する必要があるとされているため、「ごく軽微(凍害危険度1)」である玄海3号炉において凍結融解が生じる可能性は低い。また、定期的に見視点検を実施しており、凍結融解に起因すると判断されるひび割れ等は認められていない。

以上から、凍結融解による強度低下は、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

(2) テンドンの緊張力低下

a. 熱(高温)による緊張力低下 [外部遮蔽壁、原子炉格納施設基礎(テンドン定着部)]

通常運転時の状況下でPC鋼線に熱損傷が生じる可能性は極めて低いことから、熱(高温)による緊張力低下は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

b. 放射線照射による緊張力低下 [外部遮蔽壁、原子炉格納施設基礎(テンドン定着部)]

テンドンは高レベル放射線を受ける使用環境にないことから、放射線照射による緊張力低下は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

c. 腐食による緊張力低下 [外部遮蔽壁、原子炉格納施設基礎(テンドン定着部)]

プレストレスシステム(テンドン及び定着具)の材料であるPC鋼線等は一般に大気中の酸素、水分と化学反応を起こして腐食する。

しかしながら、玄海3号炉ではテンドン及び定着具の腐食を防止するためにグリースキャップ及びシース内には防せい材が充填されているため、テンドン及び定着具が腐食する可能性はない。したがって、腐食による緊張力低下は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

- d. 疲労による緊張力低下 [外部遮蔽壁、原子炉格納施設基礎 (テンドン定着部)]
PCCVにおいて、通常運転時に繰り返し载荷や振動を与える機器類はなく、また、プレストレスシステムの疲労試験 (高サイクル疲労試験及び低サイクル疲労試験) を施工に先立ち実施しており、疲労破壊する可能性は極めて低いことから、疲労による緊張力低下は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

(3) コンクリートの耐火能力低下

a. 火災時の熱による耐火能力低下

コンクリート構造物は、断面厚により耐火能力を確保する設計であるが、火災時の熱により剥落が生じ、部分的な断面厚の減少に伴う耐火能力の低下によりコンクリート構造物の健全性が損なわれる可能性がある。

しかしながら、コンクリート構造物は通常の使用環境において、経年によりコンクリート構造物の断面厚が減少することはない、定期的な目視点検においても断面厚の減少は認められていない。

以上から、火災時の熱によるコンクリートの耐火能力低下は、高経年化対策上着目すべき劣化事象ではないと判断した。

(4) 鉄骨の強度低下

- a. 腐食による強度低下 [内部コンクリート (鉄骨部) 、原子炉周辺建屋 (鉄骨部) 、タービン建屋 (鉄骨部) 、燃料取替用水タンク建屋 (鉄骨部) 、取水構造物 (鉄骨部)]

鉄は一般に大気中の酸素、水分と化学反応を起こして腐食する。また、海塩粒子等により腐食が促進される。腐食が進行すると鉄骨の断面欠損に至り、鉄骨の強度低下につながる可能性がある。

しかしながら、定期的に目視点検を実施しており、強度に支障をきたす可能性のあるような鋼材の腐食は認められていない。また、鉄骨の強度に支障をきたす可能性のあるような鋼材の腐食に影響する塗膜の劣化等が認められた場合には、その部分の塗替え等を行うこととしている。

以上から、腐食による強度低下は、高経年化対策上着目すべき劣化事象ではないと判断した。

- b. 風等による疲労に起因する強度低下

繰り返し荷重が継続的に鉄骨構造物にかかることにより、疲労による損傷が蓄積され、鉄骨の強度低下につながる可能性がある。

煙突などの形状の構造物は、比較的アスペクト比（高さの幅に対する比）が大きく、風の直交方向に振動が発生する恐れがある（日本建築学会「原子力施設における建築物の維持管理指針・同解説」（2015））。日本建築学会「建築物荷重指針・同解説」（2015）において、アスペクト比が4以上の構造物は風による振動の検討が必要とされているが、鉄骨構造物にアスペクト比4以上の構造物はない。

以上から、風等による疲労に起因する強度低下は、高経年化対策上着目すべき劣化事象ではないと判断した。

2.2.4 消耗品及び定期取替品

原子炉補助建屋水密扉等の水密ゴムは、定期取替品であり、長期使用はせず取り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 玄海3号炉 コンクリート構造物及び鉄骨構造物に想定される経年劣化事象と評価対象とする構造物

構造種別		コンクリート構造物													鉄骨構造物		
		強度低下							遮蔽能力低下	テンドンの緊張力低下					耐火能力低下	強度低下	
要因		熱	放射線照射	中性化	塩分浸透	機械振動	アルカリ骨材反応	凍結融解	熱	プレストレス損失	熱(高温)	放射線照射	腐食	疲労		腐食	風等による疲労
代表構造物	外部遮蔽壁						△	△		○	▲	▲	▲	▲	△	*2	
	内部コンクリート	1次遮蔽壁*1 ○	1次遮蔽壁*1 ○				△	△	1次遮蔽壁*1 ○							鉄骨部 △	鉄骨部 ▲
	原子炉格納施設基礎						△	△		テンドン定着部*1 ○	テンドン定着部 ▲	テンドン定着部 ▲	テンドン定着部 ▲	テンドン定着部 ▲		*2	
	原子炉補助建屋			屋内面*1 ○			△	△							△	*2	
	原子炉周辺建屋					非常用ディーゼル発電設備基礎*1 ○	△	△							△	鉄骨部 △	鉄骨部 ▲
	タービン建屋					タービン架台*1 ○	タービン架台 △	タービン架台 △								鉄骨部 △	鉄骨部 ▲
	燃料取替用水タンク建屋															鉄骨部 △	鉄骨部 ▲
	雑固体焼却炉建屋			屋内面*1 ○			△	△							△	*2	
	取水構造物			○	○		△	△							△	鉄骨部 △	鉄骨部 ▲

凡例 ○ : 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 (表中の○に対応する代表構造物: 評価対象とする構造物)

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

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

*1 : 評価対象部位

*2 : 外部遮蔽壁、原子炉格納施設基礎、原子炉補助建屋、雑固体焼却炉建屋はコンクリート構造物の代表構造物

*3 : 燃料取替用水タンク建屋は鉄骨構造物の代表構造物

2.3 高経年化対策上着目すべき構造物・経年劣化事象の技術評価

2.3.1 コンクリートの強度低下

(1) 健全性評価

「2.2 経年劣化事象の抽出」で示した、コンクリート構造物の強度低下をもたらす可能性のある要因ごとに、長期使用時の健全性評価を行う。

a. 熱による強度低下

① 事象の説明

一般にコンクリートは、温度が70℃程度ならばコンクリートの基本特性に大きな影響を及ぼすような自由水の逸散は生じず、100℃程度以下ならば圧縮強度の低下は少ない。

一方、コンクリート温度が190℃付近まで上昇すると結晶水が解放され始め、さらに高温になると脱水現象が著しくなるため、コンクリートの特性に影響が出始めるとされている（日本機械学会「発電用原子力設備規格 コンクリート製原子炉格納容器規格」（2014））。

なお、コンクリートが高温に加熱された場合、強度が上昇するケースと低下するケースが見られる。強度の上昇をもたらす要因としては、セメントペースト中の未水和セメント粒子の水和の促進があり、強度低下をもたらす要因としては、コンクリート中の水分の逸散に伴う乾燥に起因する微細なひび割れ、あるいは水分の移動に起因する空隙の拡大等が考えられる。コンクリートの強度性状は、各要因によって支配されるものと考えられる。

② 技術評価

コンクリートについては、日本機械学会「発電用原子力設備規格 コンクリート製原子炉格納容器規格」（2014）において、貫通部では90℃、その他の部分では65℃という温度制限値が定められている。

最高温度を自由水の脱水が生じる110℃までとした長尾らの実験によれば、長期加熱時のコンクリートの圧縮強度については、65℃、90℃及び110℃で3.5年間加熱した場合でも、強度低下は見られない（図2.3-1）。また、サイクル加熱時のコンクリートの圧縮強度についても、20～110℃で120回サイクル加熱した場合、長期加熱時と同様に、強度の大きな低下は見られない（図2.3-2）。これらの実験結果が示すように、熱による強度の変化は、加熱開始後、比較的短期間でほぼ収束するものと考えられる。したがって、コンクリート中の温度

が110℃程度以下ならば、加熱時間及び繰り返し回数がコンクリートの強度に影響を与えないことを示していると考えられる。

コンクリート構造物のうち、運転時に最も高温状態となる内部コンクリート（1次遮蔽壁）を評価対象とし、ガンマ発熱の影響の最も大きい炉心領域部及び原子炉容器支持構造物（以下、「原子炉容器サポート」という）からの伝達熱の影響の最も大きい原子炉容器サポート直下部を評価点とし、ガンマ発熱を考慮した温度分布解析により評価を実施した（図2.3-3）。

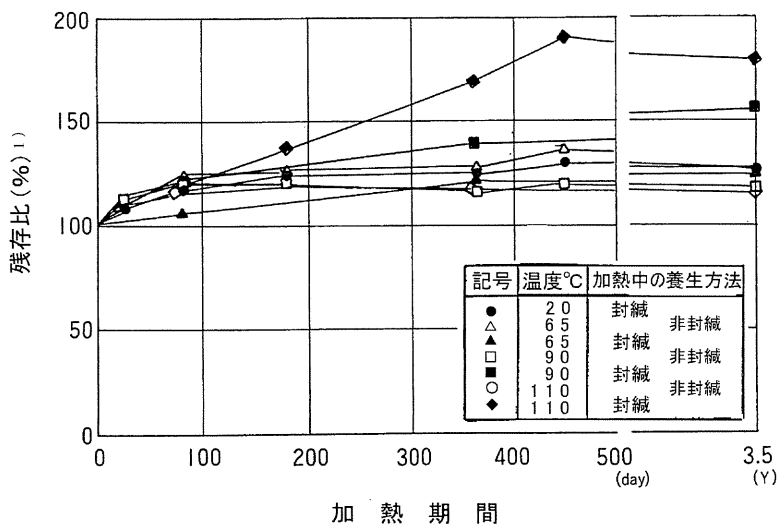
断続的運転を前提とした場合における炉心領域部におけるコンクリート内の最高温度は、温度分布解析の結果、約52℃である（図2.3-4）。

原子炉容器サポート直下部のコンクリートについては、伝達熱による強度低下を防止する対策として高温となる原子炉容器サポートを内部から空冷できるフィン構造としており、温度分布解析の結果、コンクリートの最高温度は約52℃である。なお、炉心領域部の温度分布は、2次元輸送計算コードDORTを用いてガンマ発熱量分布を算出した後、熱伝導方程式を解いて求めている。また、原子炉容器サポート直下部の温度分布は、ANSYSを用いた3次元有限要素法による熱流動解析により求めている。

いずれの対象部位においても、コンクリートの最高温度は温度制限値以下であり、熱による強度低下は問題ない。

また、110℃を下回っており、長期加熱及びサイクル加熱による強度低下についても問題ない。

以上から、熱による強度低下については、長期健全性評価上問題とはならない。



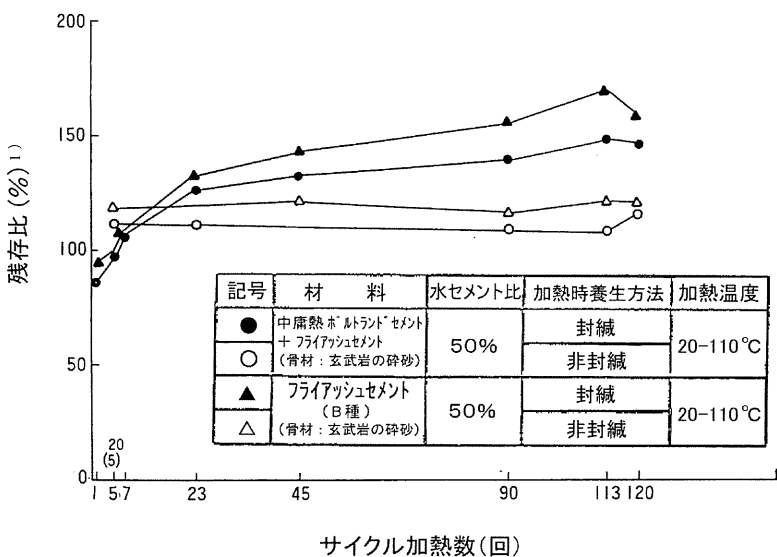
材料：中庸熟ポルトランドセメント
+フライッシュセメント
水セメント比：50%
骨材：玄武岩の砕石
加熱前養生方法：20℃封緘養生
加熱開始時期：材齢91日
※65℃、90℃及び110℃の温度
で3.5年間加熱しても強度
の低下はみられない。
なお、記号の一部誤記は修正した。

1) 残存比：加熱開始直前の圧縮強度に対する加熱後の圧縮強度の比

(出典：長尾他 「熱影響場におけるコンクリートの劣化に関する研究」

第48回セメント技術大会講演集 (1994))

図2.3-1 長期加熱後のコンクリート圧縮強度の変化



加熱前養生方法：20℃封緘養生
加熱開始時期：材齢91日
サイクル加熱条件：
1サイクル4日間 (96時間)
(20→110℃加熱：3時間)
(110℃定温保持：45時間)
(110→20℃冷却：3時間)
(20℃定温保持：45時間)
※20～110℃の加熱・冷却を
120回繰返しても強度の大きな変化は見られない。

1) 残存比：加熱開始直前の圧縮強度に対する加熱後の圧縮強度の比

(出典：長尾他 「熱影響場におけるコンクリートの劣化に関する研究」

第48回セメント技術大会講演集 (1994))

図2.3-2 サイクル加熱後のコンクリート圧縮強度の変化 (20～110℃)

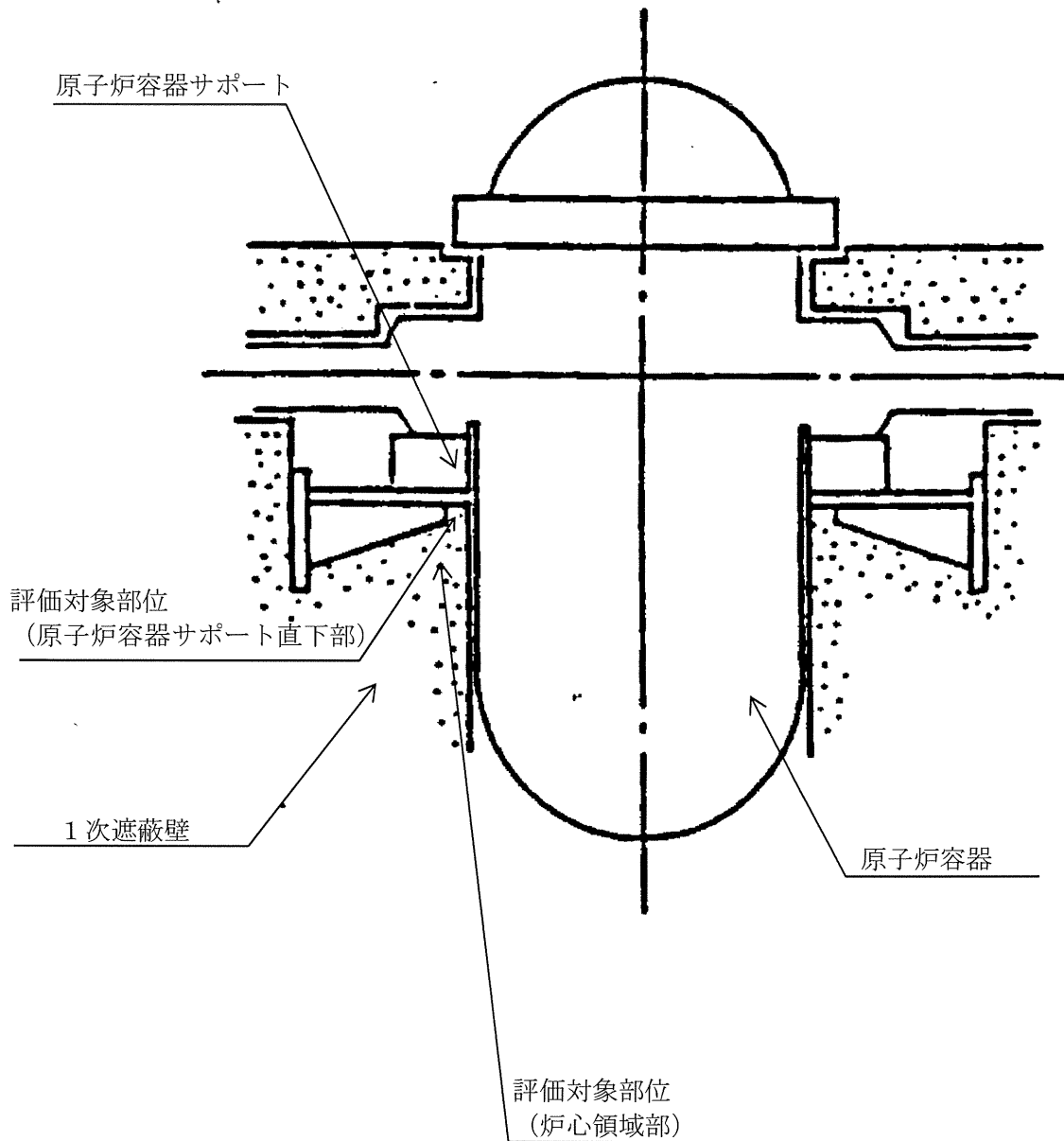


図2.3-3 玄海3号炉 内部コンクリート（1次遮蔽壁）の概要

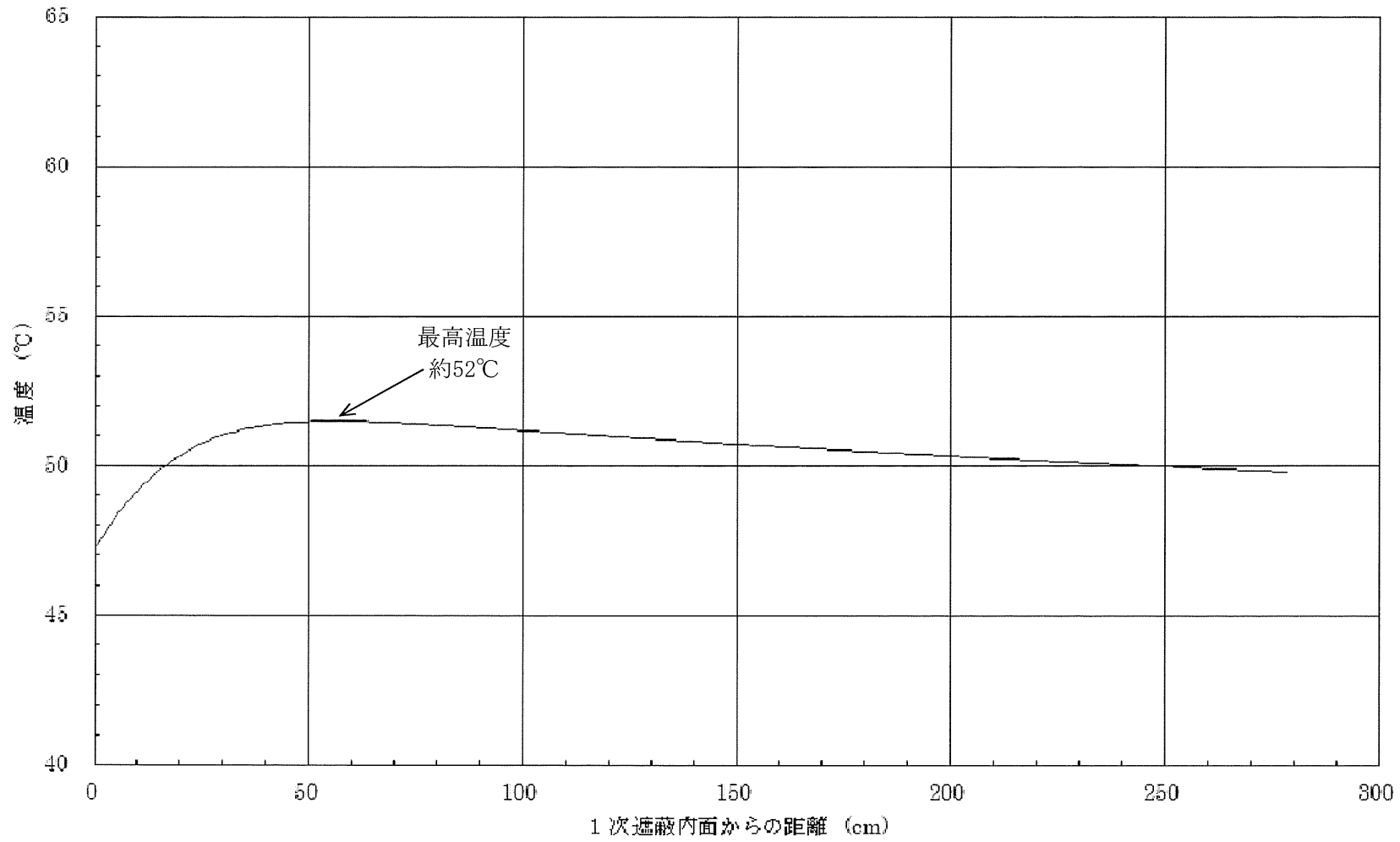


図2.3-4 玄海3号炉 1次遮蔽コンクリート内の温度分布 (炉心高さ)

b. 放射線照射による強度低下

① 事象の説明

コンクリートが中性子照射やガンマ線照射を受けた場合、自由水の逸散等により強度が低下する可能性がある。

② 技術評価

中性子照射と強度の関係に関しては、従来、Hilsdorf他の文献における「中性子照射したコンクリートの圧縮強度 (fcu) と照射しないコンクリートの圧縮強度 (fcuo) の変化」を参照していた。一方で、小嶋他の試験結果を踏まえた最新知見 (小嶋他「中性子照射がコンクリートの強度に及ぼす影響」(NTEC-2019-1001)) によると、 $1 \times 10^{19} \text{n/cm}^2$ の中性子照射量 ($E > 0.1 \text{MeV}$) から強度低下する可能性があることが確認されている。

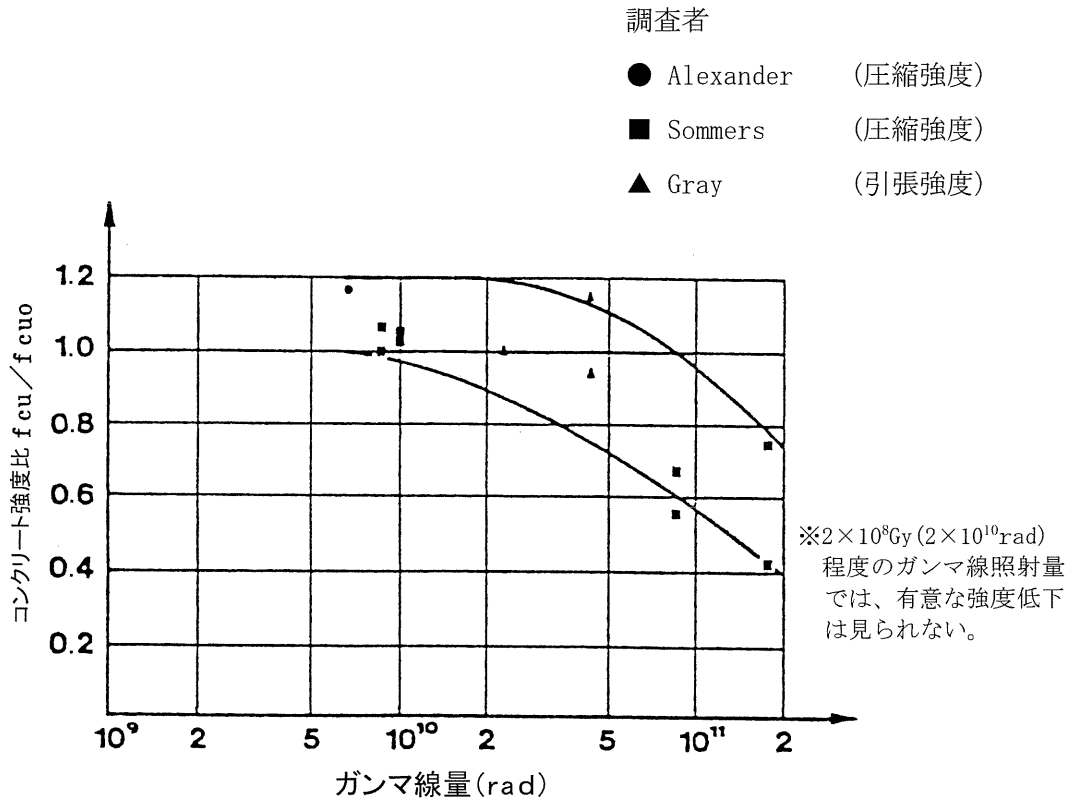
また、ガンマ線照射量と強度との関係に関するHilsdorf他の文献によると、ガンマ線照射量が $2 \times 10^8 \text{Gy}$ ($2 \times 10^{10} \text{rad}$) 程度以下では有意な強度低下は見られない (図2.3-5)。

コンクリート構造物のうち、中性子照射量及びガンマ線照射量の最も大きい内部コンクリート (1次遮蔽壁) を評価対象とし、中性子照射量及びガンマ線照射量が最大となる1次遮蔽壁炉心側コンクリートを評価点とし、評価を実施した。なお、評価にあたって、中性子照射量及びガンマ線照射量は2020年度以降の設備利用率を100%と仮定し、MOX燃料装荷以降の照射量はMOX燃料装荷前までの照射量の1.2倍として保守的な計算を実施した。

運転開始後60年時点で予想される中性子照射量 ($E > 0.098 \text{MeV}$) は、最大となる1次遮蔽壁炉心側コンクリートにおいて約 $2.4 \times 10^{19} \text{n/cm}^2$ となるが、照射量が $1 \times 10^{19} \text{n/cm}^2$ を超えるコンクリートの範囲は、深さ方向に最大で6 cm程度であり、1次遮蔽壁の厚さ (最小壁厚279cm) に比べて小さい。また、照射量が $1 \times 10^{19} \text{n/cm}^2$ を超える範囲を除いた構造物の耐力が地震時の鉛直荷重等の設計荷重を上回ること、日本電気協会「原子力発電所耐震設計技術指針 (JEAG 4601-1987)」に基づく内部コンクリートの最大せん断ひずみ評価に対して影響がないことを確認していることから、内部コンクリート (1次遮蔽壁) の強度に影響を及ぼさないと考えられる。

運転開始後60年時点で予想されるガンマ線照射量は、1次遮蔽壁炉心側コンクリートにおいて最大値約 9.5×10^7 Gy (約 9.5×10^9 rad)であり、 2×10^8 Gy (2×10^{10} rad)を下回っていることから、強度への影響は無いものと考えられる。なお、中性子照射量及びガンマ線照射量は、2次元輸送計算コードDORTにより算出した中性子束及びガンマ線量率に運転時間を掛けて算出している。

以上から、放射線照射による強度低下については、長期健全性評価上問題とはならない。



(出典 : Hilsdorf, Kropp, and Koch 「The Effects of Nuclear Radiation on the Mechanical Properties of Concrete」 American Concrete Institute Publication SP 55-10. 1978)

図2.3-5 ガンマ線照射したコンクリートの強度 (f_{cu}) と照射しないコンクリートの強度 (f_{cuo}) の変化

c. 中性化による強度低下

① 事象の説明

コンクリートは空気中の二酸化炭素の作用を受けると、徐々にそのアルカリ性を失い中性化する。

中性化がコンクリートの内部に進行し、アルカリ性が失われると鉄筋周囲に生成されていた不動態被膜も失われ、鉄筋はコンクリート中の水分、酸素の作用により腐食し始める。さらに、鉄筋の腐食が進行すると酸化生成物による体積膨張からコンクリートにひび割れや剥離が生じ、コンクリート構造物としての健全性が損なわれる可能性がある。

② 技術評価

鉄筋が腐食し始める時の中性化深さは、一般に屋外の雨掛かりの部分では鉄筋のかぶり厚さまで達したとき、屋内の部分では鉄筋のかぶり厚さから2 cm奥まで達したときとされている（日本建築学会「原子力施設における建築物の維持管理指針・同解説」（2015））。評価対象の設計最小かぶり厚さは、原子炉補助建屋（屋内面）が5.0cm、雑固体焼却炉建屋（屋内面）が4.0 cm、取水構造物（気中帯）が8.9cmである。

中性化深さを推定する式としては、岸谷式（日本建築学会「高耐久性鉄筋コンクリート造設計施工指針（案）・同解説」（1991））、森永式（森永「鉄筋の腐食速度に基づいた鉄筋コンクリート建築物の寿命予測に関する研究—東京大学学位論文」（1986））及び中性化深さの実測値に基づく \sqrt{t} 式（土木学会「コンクリート標準示方書 維持管理編」（2018））がある。

中性化の進展度合いに影響を及ぼす要因としては、塗装等のコンクリート表面仕上げの有無、二酸化炭素濃度、温度及び相対湿度があげられる。

これらの要因を考慮し、森永「鉄筋の腐食速度に基づいた鉄筋コンクリート建築物の寿命予測に関する研究—東京大学学位論文」（1986）を活用して算出した環境条件の中性化に及ぼす影響度、塗装等の仕上げの状況及び運転開始後の経過年数を踏まえ、原子炉補助建屋（屋内面）及び雑固体焼却炉建屋（屋内面）を評価対象として選定した。さらに、屋外の代表として、仕上げが施されていない取水構造物についても評価対象とした。なお、評価点（サンプリング箇所）については、環境条件を踏まえて選定した。

岸谷式、森永式及び中性化深さの実測値に基づく \sqrt{t} 式を用いて中性化深さを評価した結果を表2.3-1に示す。岸谷式で評価する際、二酸化炭素の実測値を考慮した劣化外力係数を採用した。また、中性化深さを測定した時点における推定値として運転開始後60年経過時点と同様に評価した結果も参考にあ

わせて示す。

運転開始後60年経過時点における原子炉補助建屋（屋内面）、雑固体焼却炉建屋（屋内面）及び取水構造物（気中帯）の中性化深さは、鉄筋が腐食し始める時の中性化深さを下回っている。

さらに、定期的に見視点検を実施しているが、鉄筋腐食に起因すると判断されるひび割れ等は発見されていない。

以上から、中性化による強度低下については、長期健全性評価上問題とはならない。

表2.3-1 玄海3号炉 コンクリートの中性化深さ

	中性化深さ (cm)			鉄筋が腐食し始める時の中性化深さ (cm)
	測定値 (調査時点の運転開始後経過年)	推定値		
		調査時点 (推定式)	運転開始後 60年経過時点 (推定式)	
原子炉補助建屋 (屋内面)	2.9 (26年)	2.2 (森永式) *1	4.4 (\sqrt{t} 式) *2	7.0
雑固体焼却炉建屋 (屋内面)	3.4 (42年)	2.6 (岸谷式) *1	4.5 (\sqrt{t} 式) *2	6.0
取水構造物 (気中帯)	3.3 (28年)	1.2 (森永式)	4.9 (\sqrt{t} 式) *3	8.9

*1 : 岸谷式、森永式による評価結果のうち最大値を記載

*2 : 岸谷式、森永式及び中性化深さの実測値に基づく \sqrt{t} 式による評価結果のうち最大値を記載（雑固体焼却炉建屋は運転開始後の経過年数73年での値を記載）

*3 : 森永式及び中性化深さの実測値に基づく \sqrt{t} 式による評価結果のうち最大値を記載

d. 塩分浸透による強度低下

① 事象の説明

コンクリート中に塩化物イオンが浸透して鉄筋位置まで達すると、鉄筋表面の不動態被膜が破壊されるため、鉄筋はコンクリート中の水分、酸素の作用により腐食し始める。腐食が進行すると酸化生成物による体積膨張からコンクリートにひび割れや剥離が生じ、コンクリート構造物としての健全性が損なわれる可能性がある。

② 技術評価

塩分によるコンクリート中の鉄筋への影響を評価する方法としては、鉄筋の腐食速度に着目し、鉄筋の腐食減量が、かぶりコンクリートにひび割れが発生する時点の腐食減量に達するまでの期間の予測式として、森永式（森永「鉄筋の腐食速度に基づいた鉄筋コンクリート建築物の寿命予測に関する研究－東京大学学位論文」（1986））が提案されている。

コンクリート構造物のうち、海水とその飛沫の影響により最も厳しい環境下にあり、塗装等の仕上げの状況を踏まえ、取水構造物を評価対象とし、環境条件の異なる気中帯、干満帯及び海中帯を評価点とした。

塩化物イオン濃度の測定結果をもとに、鉄筋位置での将来的な塩化物イオン濃度を拡散方程式により予測し、森永式を適用して鉄筋の腐食減量を計算した結果を表2.3-2に示す。

表2.3-2 玄海3号炉 鉄筋の腐食減量

	調査時期 (運転開始後経過年)	鉄筋位置での塩化物イオン濃度及び量 上段 (%) 下段 (kg/m ³)	鉄筋の腐食減量 (×10 ⁻⁴ g/cm ²)		
			調査時点	運転開始後60年 経過時点	かぶりコンクリートにひび割れが発生する時点
取水構造物 (気中帯)	2022年 (28年)	0.01 ----- 0.2	3.5	7.5	86.4
取水構造物 (干満帯)	2022年 (28年)	0.02 ----- 0.4	8.9	18.7	90.1
取水構造物 (海中帯)	2022年 (28年)	0.01 ----- 0.1	1.2	2.5	87.0

表2.3-2によると、運転開始後60年時点の鉄筋腐食減量は、かぶりコンクリートにひび割れが発生する時点の鉄筋腐食減量を十分に下回っている。

さらに、定期的に目視点検を実施しているが、鉄筋腐食に起因する有意なひび割れ等は発見されていない。

以上から、塩分浸透による強度低下については、長期健全性評価上問題とはならない。

e. 機械振動による強度低下

① 事象の説明

機械振動により、コンクリート構造物が長期間にわたって繰返し荷重を受けると、ひび割れの発生、ひいては損傷に至る可能性がある。

② 技術評価

コンクリート構造物のうち、比較的大きな振動を受ける部位として、原子炉周辺建屋（非常用ディーゼル発電設備基礎）及びタービン建屋（タービン架台）を評価対象とし、局部的に影響を受ける可能性がある基礎ボルト周辺のコンクリートを評価点とした。

機械振動の影響は、コンクリート構造物の躯体全体に対しては、荷重レベルが小さく問題にならないが、局部的には基礎ボルト周辺のコンクリートが影響を受ける可能性がある。

基礎ボルト周辺のコンクリートに作用する荷重のうち、鉛直方向については、機械の自重やナットの締め付けによる圧縮力が常時作用している。これに加えて機械振動による荷重が作用しても、通常、機械振動による荷重は機械の自重に比べて小さいことから、基礎ボルトの有意な引き抜き荷重やコンクリートへの過大な圧縮力は発生せず、コンクリートのひび割れ発生には至らないと考えられる。

また、水平方向については、基礎ボルトの機械振動による水平変位は、コンクリート内部よりもコンクリート表面部の方が大きいため、コンクリートが機械振動により受ける応力は、定着部表面部の方がコンクリート内部よりも大きくなる。したがって、コンクリートにひび割れが発生する場合には、表面から発生する可能性が高いと考えられる。仮に機械振動により機器のコンクリート基礎への定着部の支持力が失われるような場合、機械の異常振動や定着部周辺コンクリート表面に有意なひび割れが発生するものと考えられる。

機械振動は日常的な監視等により、異常の兆候は検知可能であり、大きな振動を受けるタービン建屋（タービン架台）等のこれまでの目視点検では、このようなひび割れ等がないことを確認している。

以上から、機械振動による強度低下については、長期健全性評価上問題とはならない。

f. 強度試験結果

コンクリート構造物における、現状のコンクリート強度として、代表構造物ごとの強度試験の結果を表2.3-3に示す。なお、外部遮蔽壁については、リバウンドハンマーを用いた非破壊試験により現状のコンクリート強度の推定を行った。

いずれも、平均圧縮強度（外部遮蔽壁については平均推定圧縮強度）は設計基準強度を上回っている。

表2.3-3 玄海3号炉 コンクリートの強度試験結果

代表構造物	実施時期 〔 運転開始後 経過年数 〕	設計基準強度	平均圧縮強度* ¹
外部遮蔽壁	2023年 (28年)	41.2N/mm ² (420kgf/cm ²)	70.7N/mm ² (721kgf/cm ²)
内部 コンクリート	2020年 (26年)	23.5N/mm ² (240kgf/cm ²)	64.4N/mm ² (657kgf/cm ²)
原子炉格納 施設基礎	2020年 (26年)	23.5N/mm ² (240kgf/cm ²)	42.7N/mm ² (436kgf/cm ²)
原子炉補助 建屋	2020年 (26年)	29.4N/mm ² (300kgf/cm ²)	43.0N/mm ² (439kgf/cm ²)
原子炉周辺 建屋	2020年 (26年)	23.5N/mm ² (240kgf/cm ²)	49.0N/mm ² (500kgf/cm ²)
タービン建屋 (タービン 架台)	2020年 (26年)	23.5N/mm ² (240kgf/cm ²)	47.2N/mm ² (481kgf/cm ²)
	2020年 (26年)	20.6N/mm ² (210kgf/cm ²)	46.3N/mm ² (472kgf/cm ²)
雑固体焼却炉建屋	2023年 (42年)	20.6N/mm ² (210kgf/cm ²)	23.7N/mm ² (242kgf/cm ²)
取水構造物	2022年 2023年 (28年)	23.5N/mm ² (240kgf/cm ²)	46.8N/mm ² (478kgf/cm ²)

* 1 : 外部遮蔽壁については平均推定圧縮強度

(2) 現状保全

コンクリート構造物の強度低下については、定期的に屋内、屋外ともコンクリート表面のひび割れ、塗装の劣化等の目視点検を実施し、強度に支障をきたす可能性のあるような有意な欠陥がないことを確認し、予防保全のため必要に応じて塗装の塗替え等の補修を実施している。

また、コンクリート構造物の強度低下については、破壊試験や非破壊試験による点検を実施し、強度に急激な経年劣化が生じていないことを確認している。今後も、コンクリート構造物の強度低下については、定期的に破壊試験及び非破壊試験による点検を実施し、強度に急激な経年劣化が生じていないことを確認する。

(3) 総合評価

コンクリート構造物の強度低下については、健全性評価結果から判断して、現状において設計基準強度を上回っており、強度低下が急激に発生する可能性は極めて小さいものと考えられる。

また、ひび割れ等については目視点検で検知可能であり、定期的に強度に支障をきたす可能性のあるような有意な欠陥がないことの確認、及びコンクリート構造物の強度低下について破壊試験や非破壊試験による確認を行い、必要に応じて塗装の塗替え等の補修を実施していることから、保全方法は適切である。

よって、上記保全方法を継続することにより、現状保全で健全性を維持できると判断する。

(4) 高経年化への対応

コンクリート構造物の強度低下については、現状保全に高経年化対策の観点から追加すべき項目はないと判断でき、引き続き現状保全を継続していく。

2.3.2 コンクリートの遮蔽能力の低下

(1) 健全性評価

a. 熱による遮蔽能力低下

① 事象の説明

コンクリートは、周辺環境からの伝達熱及び放射線照射に起因する内部発熱により、コンクリート中の水分が逸散し、放射線に対する遮蔽能力が低下する可能性がある。

② 技術評価

放射線防護の観点から、コンクリート遮蔽体の設計に適用されている「コンクリート遮蔽体設計規準」(R. G. Jaeger et al. 「Engineering Compendium on Radiation Shielding (ECRS) VOL. 2 (1975)」)には、周辺及び内部最高温度の制限値が示されており、コンクリートに対しては中性子遮蔽で88℃以下、ガンマ線遮蔽で177℃以下となっている。

コンクリート構造物のうち、運転時最高温度となる内部コンクリート（1次遮蔽壁）を評価対象とし、1次遮蔽壁のうち最も高温となる炉心領域部及び原子炉容器サポート直下部を評価点とし、ガンマ発熱を考慮した温度分布解析により評価を実施した。

断続的運転を前提とした場合における内部コンクリートの最高温度は、温度分布解析の結果、炉心領域部及び原子炉容器サポート直下部で約52℃と制限値より低い値であり、水分の逸散はほとんどないと考えられることから、遮蔽能力への影響はないと考えられる。なお、炉心領域部の温度分布は、2次元輸送計算コードDORTを用いてガンマ発熱量分布を算出した後、熱伝導方程式を解いて求めている。また、原子炉容器サポート直下部の温度分布は、ANSYSを用いた3次元有限要素法による熱流動解析により求めている。

仮に、コンクリートの遮蔽能力低下が生じた場合、内部コンクリート周辺における放射線量が上昇するものと考えられるが、放射線量は定期的に監視しており、異常の兆候は検知可能である。

以上から、熱による遮蔽能力低下については、長期健全性評価上問題とはならない。

(2) 現状保全

コンクリート構造物の遮蔽能力低下については、定期的に見視点検を実施し、遮蔽能力に支障をきたす可能性のあるひび割れ等の有意な欠陥がないことを確認している。

(3) 総合評価

コンクリート構造物の遮蔽能力低下については、健全性評価結果から判断して、遮蔽能力低下の可能性はないと考えられる。また、ひび割れ等については見視点検で検知可能であり、保全方法として適切である。

よって、上記保全方法を継続することにより、現状保全で健全性を維持できると判断する。

(4) 高経年化への対応

コンクリート構造物の遮蔽能力低下については、現状保全に高経年化対策の観点から追加すべき項目はないと判断でき、引き続き現状保全を継続していく。

2.3.3 テンドンの緊張力低下

(1) 健全性評価

a. プレストレス損失

① 事象の説明

コンクリートの乾燥収縮・クリープは、構造物の供用期間中にわたってコンクリート部の体積を変化させ、テンドンの緊張力に影響を及ぼす。また、PC鋼線のリラクセーションは、PC鋼線の材料特性、初期応力、温度及び時間に依存してテンドンの引張応力を低下させる。これらのことから、プレストレス損失により、テンドンの緊張力が低下する可能性がある。

② 技術評価

玄海3号炉のコンクリート構造物のうち、外部遮蔽壁と原子力格納施設基礎（テンドン定着部）を評価対象とし、2019年に実施した25年目供用期間中検査における、緊張力検査の検査テンドンを評価点とし、プレストレス損失を考慮したテンドンの緊張力と設計要求値を比較することで評価を実施した。

25年目供用期間中検査における緊張力検査結果をもとに、緊張力低下を予測する方法を用いてテンドンの緊張力を評価した結果を表2.3-4に示す。

表2.3-4 玄海3号炉 テンドンの緊張力

	テンドンの緊張力 (MN)		
	測定値	予測値	設計要求値* ¹
	25年目 供用期間中検査	運転開始後 60年経過時点	
フープテンドン	6.16	6.11	5.18
逆Uテンドン	5.90	5.87	5.01

*1：工事認可資料に基づき設定されたテンドン定着部の緊張力

運転開始後60年経過時点のテンドンの緊張力予測値は、設計要求値を上回っていることを確認した。

以上のことから、プレストレス損失によるテンドンの緊張力低下に対しては、長期健全性評価上問題とはならない。

(2) 現状保全

テンドンの緊張力低下については、定期的に緊張力検査及び定着部（定着具、周辺コンクリート部）の目視点検を実施し、緊張力に支障をきたす可能性のあるような急激な経年劣化がないことを確認している。

(3) 総合評価

健全性評価結果から判断して、今後、テンドンの緊張力低下が急激に進展する可能性は極めて小さいと考えられる。また、定期的に緊張力検査及び定着部（定着具、周辺コンクリート部）の目視点検を実施することで緊張力低下について検知可能であり、保全方法として適切である。

よって、上記保全方法を継続することにより、現状保全で健全性を維持できると判断する。

(4) 高経年化への対応

テンドンの緊張力低下については、現状保全に高経年化対策の観点から追加すべき項目はないと判断でき、引き続き現状保全を継続していく。

3. グループ内の全ての構造物への展開

コンクリート構造物及び鉄骨構造物の技術評価については、「2.2 経年劣化事象の抽出」及び「2.3 高経年化対策上着目すべき構造物・経年劣化事象の技術評価」に示すとおり、代表構造物について、各経年劣化事象に影響を及ぼす要因ごとに、使用条件等を考慮して実施している。コンクリート構造物及び鉄骨構造物の場合、代表構造物以外の評価対象構造物の使用条件等は、代表構造物に含まれているため、技術評価結果も代表構造物に含まれるものと考えられる。

したがって、代表構造物の技術評価を行ったことで、グループ内の全ての構造物の技術評価は実施されたものと判断する。

玄海原子力発電所 3 号炉

計測制御設備の技術評価書

[運転を断続的に行うことを前提とした評価]

九州電力株式会社

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

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

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

これらの一覧を表1及び表2に、機能を表3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する。

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

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

- 1 プロセス計測制御設備
- 2 制御設備

また、玄海1号炉、2号炉、3号炉及び4号炉の共用設備のうち1号炉、2号炉及び4号炉で設置されている計測制御設備については、「玄海原子力発電所3号炉 共用設備（他号炉設備）の技術評価書」にて評価を実施するものとし、本評価書には含まれていない。

1. プロセス計測制御設備で評価

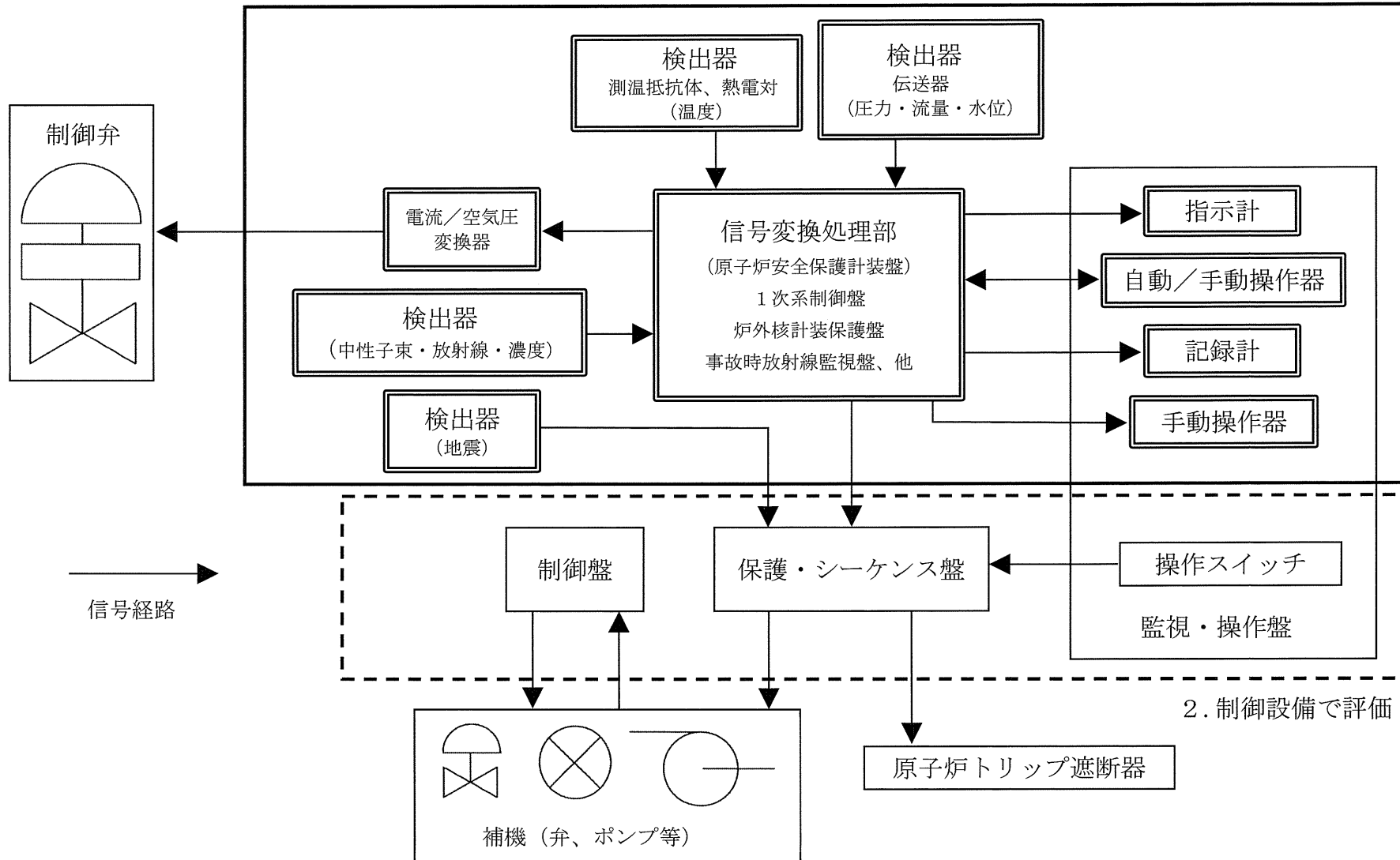


図1 玄海3号炉 計測制御設備の評価区分

表 1 (1/8) 玄海 3 号炉 主要なプロセス計測制御設備

分離基準		機器名称 (ループ数)	選 定 基 準			選定	選定理由	
			計測対象	信号伝送 方式	主要構成機器			重要度*1
		設置場所 (上段:検出器/下段:検出器以外)				温度 (°C)		
圧 力	連 続	1次冷却材圧力 (2)	伝送器、信号変換処理部、指示計、記録計	MS-2、重*2	原子炉格納容器内*3,4	約40	◎	要求される環境 条件が厳しい
					原子炉補助建屋 リレー室、中央制御室	約35 約24		
		加圧器圧力 (4)	伝送器、信号変換処理部、指示計、記録計、自動/手動操作器、手動操作器、電流/空気圧変換器	MS-1	原子炉格納容器内*3	約40		
					原子炉格納容器内 原子炉補助建屋	約40 約35		
					リレー室、中央制御室	約24		
		主蒸気ライン圧力 (16)	伝送器、信号変換処理部、指示計、記録計、自動/手動操作器、手動操作器、電流/空気圧変換器	MS-1、重*2	原子炉周辺建屋	約40		
					原子炉周辺建屋 原子炉補助建屋	約40 約35		
					リレー室、中央制御室	約24		
		格納容器圧力 (4)	伝送器、信号変換処理部、指示計、記録計	MS-1、重*2	原子炉周辺建屋	約40		
					リレー室、中央制御室	約24		
制御用空気供給母管圧力 (2)	伝送器、信号変換処理部、指示計、記録計	MS-2	原子炉周辺建屋	約40				
			リレー室、中央制御室	約24				
海水母管圧力 (2)	伝送器、信号変換処理部、指示計	MS-2	屋 外	約40				
			リレー室、中央制御室	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

*3：設計基準事故を考慮する

*4：重大事故等を考慮する

表1 (2/8) 玄海3号炉 主要なプロセス計測制御設備

分離基準		機器名称 (ループ数)	選定基準				選定	選定理由
			計測対象	信号伝送方式	主要構成機器	重要度*1		
		設置場所 (上段:検出器/下段:検出器以外)					温度 (°C)	
圧力	連続	アンユラス内圧力 (1)	伝送器、信号変換処理部、指示計	MS-2	原子炉周辺建屋	約40		
					リレー室、中央制御室	約24		
		タービン非常遮断油圧 (4)	伝送器、信号変換処理部	MS-1	タービン建屋	約40		
					リレー室	約24		
		タービン第1段圧力 (4)	伝送器、信号変換処理部、指示計	MS-1	タービン建屋	約40		
					リレー室、中央制御室	約24		
		AM用格納容器圧力 (1)	伝送器、信号変換処理部、表示器	重*2	原子炉周辺建屋	約40		
					中央制御室	約24		
		安全補機室内圧力 (1)	伝送器、信号変換処理部、指示計	MS-2	原子炉補助建屋	約40		
					リレー室、中央制御室	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 (3/8) 玄海3号炉 主要なプロセス計測制御設備

分離基準		機器名称 (ループ数)	選定基準			選定	選定理由	
			計測対象	信号伝送方式	主要構成機器			重要度*1
流量	連続							
			流量	連続	余熱除去流量 (2)			オリフィス、伝送器、 信号変換処理部、指示計、記録計、 自動/手動操作器、手動操作器、 電流/空気圧変換器
原子炉補助建屋	約40							
原子炉補助建屋	約35							
リレー室、中央制御室	約24							
1次冷却材流量 (16)	伝送器、信号変換処理部	MS-1			原子炉格納容器内	約40		
					リレー室	約24		
高圧注入ポンプ流量 (2)	オリフィス、伝送器、 信号変換処理部、指示計、記録計	MS-2、重*2			原子炉補助建屋	約40		
					リレー室、中央制御室	約24		
補助給水流量 (4)	オリフィス、伝送器、 信号変換処理部、指示計、記録計	MS-2、重*2			原子炉周辺建屋	約40		
					リレー室、中央制御室	約24		
B格納容器スプレイ流量 積算流量 (1)	オリフィス、伝送器、 信号変換処理部、表示器	重*2	原子炉補助建屋	約40				
			中央制御室	約24				
AM用消火水積算流量 (1)	オリフィス、伝送器、 信号変換処理部、表示器	重*2	原子炉補助建屋	約40				
			中央制御室	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 (4/8) 玄海3号炉 主要なプロセス計測制御設備

分離基準		機器名称 (ループ数)	選定基準			選定	選定理由	
計測対象	信号伝送方式		主要構成機器	重要度*1	使用条件			
					設置場所 (上段:検出器/下段:検出器以外)			温度 (℃)
水位	連続	加圧器水位 (4)	伝送器、信号変換処理部、指示計、記録計、自動/手動操作器、手動操作器、電流/空気圧変換器	MS-1、重*2	原子炉格納容器内*3,4	約40	◎ 要求される環境条件が厳しく、主要構成機器数が多い	
					原子炉補助建屋	約40		
					原子炉補助建屋	約35		
		ほう酸タンク水位 (2)	伝送器、信号変換処理部、指示計、記録計	MS-2、重*2	リレー室、中央制御室	約24		
					原子炉補助建屋	約40		
					原子炉補助建屋	約35		
		蒸気発生器狭域水位 (16)	伝送器、信号変換処理部、指示計、記録計、自動/手動操作器、電流/空気圧変換器	MS-1、重*2	リレー室、中央制御室	約24		
					原子炉格納容器内*3,4	約40		
					原子炉周辺建屋	約40		
		蒸気発生器広域水位 (4)	伝送器、信号変換処理部、指示計、記録計	MS-2、重*2	リレー室、中央制御室	約24		
					原子炉格納容器内*3,4	約40		
					原子炉補助建屋	約35		
格納容器再循環サンプル水位 (狭域) (2)	伝送器、信号変換処理部、指示計、記録計	MS-2、重*2	リレー室、中央制御室	約24				
			原子炉格納容器内*3,4	約40				
格納容器再循環サンプル水位 (広域) (2)	伝送器、信号変換処理部、指示計、記録計	MS-2、重*2	リレー室、中央制御室	約24				
			原子炉格納容器内*3,4	約40				
原子炉補機冷却水サージタンク水位 (2)	伝送器、信号変換処理部、指示計、記録計	MS-2、重*2	リレー室、中央制御室	約24				
			原子炉補助建屋	約40				
燃料取替用水タンク水位 (2)	伝送器、信号変換処理部、指示計、記録計	MS-2、重*2	リレー室、中央制御室	約24				
			燃料取替用水タンク建屋	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

*3: 設計基準事故を考慮する

*4: 重大事故等を考慮する

表 1 (5/8) 玄海 3 号炉 主要なプロセス計測制御設備

分離基準		機器名称 (ループ数)	選 定 基 準			選定	選定理由
			計測対象	信号伝送 方式	主要構成機器		
		設置場所 (上段:検出器/下段:検出器以外)				温度 (°C)	
水 位	連 続	復水タンク水位 (2)	伝送器、信号変換処理部、指示計、 記録計	MS-2、重*2	原子炉周辺建屋	約40	
					リレー室、中央制御室	約24	
		使用済燃料ピット水位 (S A) (2)	電波レベル計、信号変換処理部、 表示器	重*2	原子炉周辺建屋*4	約30	
					原子炉補助建屋、中央制御室	約24	
		原子炉下部キャビティ水位 (1)	電極式水位計、信号変換処理部、 表示器	重*2	原子炉格納容器内*4	約45	
					中央制御室	約24	
		原子炉格納容器水位 (1)	電極式水位計、信号変換処理部、 表示器	重*2	原子炉格納容器内*4	約45	
					中央制御室	約24	
		原子炉容器水位 (1)	伝送器、信号変換処理部、表示器	重*2	原子炉格納容器内*4	約40	
					リレー室、中央制御室	約24	
		取水ピット水位 (1)	電波レベル計、信号変換処理部、 表示器	設*3	屋 外	約40	
					リレー室、中央制御室	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

*3：設計基準対処施設として評価対象とした機器及び構造物であることを示す

*4：重大事故等を考慮する

表 1 (6/8) 玄海 3 号炉 主要なプロセス計測制御設備

分離基準		機器名称 (ループ数)	選 定 基 準			選定	選定理由	
計測対象	信号伝送 方式		主要構成機器	重要度*1	使用条件			
					設置場所 (上段:検出器/下段:検出器以外)			温度 (°C)
温 度	連 続	1次冷却材高温側温度 (広域) (4)	測温抵抗体、信号変換処理部、 指示計、記録計	MS-2、重*2	原子炉格納容器内*3,4	約343*5	◎ 要求される環境 条件が厳しい	
		1次冷却材低温側温度 (広域) (4)	測温抵抗体、信号変換処理部、 指示計、記録計	MS-2、重*2	原子炉格納容器内*3,4	約343		
					原子炉補助建屋 ----- リレー室、中央制御室	約35 約24		
		1次冷却材高温側温度 (狭域) (24)	測温抵抗体、信号変換処理部	MS-1	原子炉格納容器内*3	約343		
					リレー室	約24		
		1次冷却材低温側温度 (狭域) (8)	測温抵抗体、信号変換処理部	MS-1	原子炉格納容器内*3	約343		
					リレー室	約24		
		格納容器内温度 (1)	測温抵抗体、信号変換処理部、 指示計、記録計	MS-2、重*2	原子炉格納容器内*3,4	約45		
リレー室、中央制御室	約24							
格納容器内温度 (S A) (1)	測温抵抗体、信号変換処理部、 表示器	重*2	原子炉格納容器内	約45				
			中央制御室	約24				
空調用冷凍機温度 (12)	測温抵抗体、指示計	MS-1	原子炉周辺建屋	約40				
			原子炉周辺建屋	約40				
使用済燃料ピット温度 (S A) (2)	測温抵抗体、信号変換処理部、 表示器	重*2	原子炉周辺建屋*4	約30				
			原子炉補助建屋、中央制御室	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

*3：設計基準事故を考慮する

*4：重大事故等を考慮する

*5：最高使用温度

表 1 (7/8) 玄海 3 号炉 主要なプロセス計測制御設備

分離基準		機器名称 (ループ数)	選定基準				選定	選定理由
計測対象	信号伝送方式		主要構成機器	重要度*1	使用条件			
					設置場所 (上段:検出器/下段:検出器以外)	温度 (°C)		
温度	連続	静的触媒式水素再結合装置 動作監視装置 (5)	熱電対、信号変換処理部、表示器	重*2	原子炉格納容器内*3	約45		
					中央制御室	約24		
		電気式水素燃焼装置 動作監視装置 (16)	熱電対、信号変換処理部、表示器	重*2	原子炉格納容器内*3	約45		
					中央制御室	約24		
地震	ON-OFF	水平方向加速度 (8)	水平方向加速度計	MS-1	原子炉補助建屋	約40	◎	環境条件、 主要構成機器と も同様である
					—	—		
		鉛直方向加速度 (4)	鉛直方向加速度計	MS-1	原子炉補助建屋	約40		
中性子束	連続	出力領域中性子束 (4)	中性子束検出器、信号変換処理部、 指示計、記録計	MS-1、重*2	原子炉格納容器内	約60	◎	出力運転中に 使用している
					リレー室、中央制御室	約24		
		中間領域中性子束 (2)	中性子束検出器、信号変換処理部、 指示計、記録計	MS-1、重*2	原子炉格納容器内	約60		
					原子炉補助建屋	約35		
		中性子源領域中性子束 (2)	中性子束検出器、前置増幅器、 信号変換処理部、指示計、記録計	MS-1、重*2	リレー室、中央制御室	約24		
					原子炉格納容器内	約60		
					原子炉周辺建屋	約40		
			原子炉補助建屋	約35				
			リレー室、中央制御室	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

*3：重大事故等を考慮する

表1 (8/8) 玄海3号炉 主要なプロセス計測制御設備

分離基準		機器名称 (ループ数)	選定基準			選定	選定理由	
			計測対象	信号伝送方式	主要構成機器			重要度*1
		設置場所 (上段:検出器/下段:検出器以外)				温度 (°C)		
放射線	連続	格納容器内高レンジエリア モニタ (4)	放射線検出器、前置増幅器、 信号変換処理部、指示計、記録計	MS-2、重*2	原子炉格納容器内*3,4	約45	◎	要求される環境 条件が厳しい
					原子炉周辺建屋 リレー室、中央制御室	約40 約24		
					原子炉補助建屋 中央制御室	約40 約24		
		使用済燃料ピット周辺線量 率 (中間レンジ) (1)	前置増幅器、信号変換処理部、 表示器	重*2	原子炉補助建屋	約40		
					中央制御室	約24		
					原子炉補助建屋	約40		
使用済燃料ピット周辺線量 率 (高レンジ) (1)	前置増幅器、信号変換処理部、 表示器	重*2	中央制御室	約24				
			原子炉補助建屋	約40				
			中央制御室	約24				
濃度	連続	アニュラス水素濃度 (2)	水素濃度検出器、表示器	重*2	原子炉周辺建屋	約40	◎	
					中央制御室	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

*3: 設計基準事故を考慮する

*4: 重大事故等を考慮する

表 2 (1/3) 玄海 3 号炉 主要な制御設備

分離基準	盤名称 (面数)	選 定 基 準							選定	選定理由
		主 要 構 成 機 器								
		検出回路部	論理回路部	操作回路部	監視回路部	駆動回路部	電源部	重要度*1		
保護・シーケンス盤	原子炉安全保護計装盤 (28)	—	半導体基板補助継電器	操作スイッチ	—	—	NFB*2 電源装置 冷却ファン	MS-1、重*4	◎	主要構成機器
	原子炉安全保護シーケンス盤 (26)	—	半導体基板補助継電器	操作スイッチ	—	—	NFB*2 電源装置	MS-1		
	多様化自動作動設備 (1)	—	半導体基板補助継電器 タイマ	—	—	—	NFB*2 電源装置	重*4		
監視・操作盤	主盤 (5)	—	—	操作スイッチ	表示灯	—	NFB*2 電源装置	MS-1、重*4	◎	重要度 主要構成機器
	原子炉補助盤 (4)	—	—	操作スイッチ	表示灯	—	NFB*2 電源装置	MS-1		
	原子炉関連盤 (3)	—	—	操作スイッチ	表示灯	—	NFB*2 電源装置	MS-1		
	所内盤 (1)	—	—	操作スイッチ	表示灯	—	NFB*2 電源装置	MS-1		
	中央制御室外原子炉停止盤 (4)	—	—	操作スイッチ	表示灯	—	NFB*2	MS-2		
	中央制御室外換気空調盤 (4)	—	—	操作スイッチ	表示灯	—	—	MS-2		
	使用済燃料ピット状態監視カメラ (1)	カメラ ユニット	半導体基板	映像信号 ケーブル	表示端末	—	NFB*2 UPS*3	重*4		

*1：機能は最上位の機能を示す

*2：ノーヒューズブレーカ

*3：無停電電源装置

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

表 2 (2/3) 玄海 3 号炉 主要な制御設備

分離基準	盤名称 (面数)	選 定 基 準							重要度*1	選定	選定理由
		主 要 構 成 機 器									
		検出回路部	論理回路部	操作回路部	監視回路部	駆動回路部	電源部				
監視・ 操作盤	重大事故等対処用 制御盤 (2)	—	半導体基板	—	表示端末	—	電源装置 NFB*2	重*3			
	統合原子力防災ネットワ ークに接続する通信連絡 設備 (1)	—	通信機器	—	表示端末	—	NFB*2 UPS*6	重*3			
	緊急時運転パラメータ 伝送システム (SPDS) (1)	—	通信機器 半導体基板	—	表示端末*4	—	電源装置 NFB*2 UPS*6	重*3			
	無線連絡設備 (1)	—	通信機器	—	—	—	—	重*3			
	衛星携帯電話設備 (1)	—	通信機器 半導体基板	—	—	—	NFB*2	重*3			
	津波監視カメラ (1)	カメラ ユニット	半導体基板	—	表示端末	—	NFB*2	設*5			

*1：機能は最上位の機能を示す

*2：ノーヒューズブレーカ

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

*4：SPDSデータ表示装置

*5：設計基準対象施設として評価対象とした機器及び構造物であることを示す

*6：無停電電源装置

表 2 (3/3) 玄海 3 号炉 主要な制御設備

分離基準	盤名称 (面数)	選 定 基 準							選定	選定理由	
		主 要 構 成 機 器									重要度*1
		検出回路部	論理回路部	操作回路部	監視回路部	駆動回路部	電源部				
制御盤	ディーゼル発電機制御盤 (12)	励磁装置 保護リレー (静止形) 保護リレー (機械式) 計器用変圧器 計器用変流器	電圧調整装置 スピードリレー 電圧設定器 補助継電器 タイマ ヒューズ	操作スイッチ ロックアウト リレー	表示灯 指示計 故障表示器	電磁接触器 シリコン整流器	NFB*2	MS-1、重*3	◎	主要構成 機器	
	制御用空気圧縮機制御盤 (2)	—	補助継電器 タイマ	操作スイッチ	表示灯	—	NFB*2	MS-1			
	制御用空気除湿装置制御 盤 (2)	—	補助継電器 タイマ	操作スイッチ	表示灯	電磁接触器	NFB*2 変圧器	MS-1			
	空調用冷凍機制御盤 (4)	計装用変換器	温度制御器 補助継電器 タイマ	操作スイッチ	表示灯 指示計	電磁接触器	NFB*2 変圧器	MS-1			
	タービン動補助給水ポン プ盤 (6)	—	補助継電器	—	表示灯	電磁接触器	NFB*2	MS-1			
	1次冷却材ポンプ電源監 視盤 (4)	保護リレー (静止形) 計器用変圧器	補助継電器 タイマ ヒューズ	—	表示灯	—	NFB*2	MS-1			

*1：機能は最上位の機能を示す

*2：ノーヒューズブレーカ

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

表3 玄海3号炉 主要な計測制御設備の機能

設 備 区 分		機 能 概 要
プロセス計測制御設備		プロセス値(圧力・流量・水位等)を検出器で電気信号に変換し、信号変換処理部にて信号変換処理・演算処理を行い、指示計・記録計・自動／手動操作器・手動操作器・電流／空気圧変換器に伝達する。指示計・記録計は、制御設備の監視・操作盤に取り付けられており、信号変換処理部から伝達されてきた電気信号を工学値に変換し、指示又は記録する。自動／手動操作器は、制御設備の監視・操作盤に取り付けられており、入力値と設定値との差に応じた電気信号を出力する。手動操作器は、制御設備の監視・操作盤に取り付けられており、信号変換処理部から出力された電気信号を工学値に変換し、指示する。また、目標とする値の電気信号を出力する。電流／空気圧変換器は、信号変換処理部から伝達されてきた電気信号を空気圧に変換する。
制 御 設 備	保護・シーケンス盤	プロセス計測制御設備からの信号及び外部操作信号を受け、論理回路により原子炉の保護／制御ロジックを構成し、原子炉トリップ、安全防護設備等へ信号を伝達する。
	監視・操作盤	プロセス計測制御設備の一部である指示計・記録計・自動／手動操作器・手動操作器により、状態監視及び操作を行うとともに、操作スイッチによる補機操作及び表示灯による状態監視を行う。
	制 御 盤	中央制御室・リレー室以外に設置されている制御設備であり操作スイッチ・保護リレー・補助継電器等による補機の保護、制御及び表示灯等による補機の状態監視を行う。

1 プロセス計測制御設備

[計測対象]

- ① 圧 力
- ② 流 量
- ③ 水 位
- ④ 温 度
- ⑤ 地 震
- ⑥ 中性子束
- ⑦ 放 射 線
- ⑧ 濃 度

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	11
2.1 構造、材料及び使用条件	11
2.2 経年劣化事象の抽出	42
3. 代表機器以外への展開	57
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象	59
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	59

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プロセス計測制御設備の主な仕様を表1-1に示す。

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

1.1 グループ化の考え方及び結果

表1-1に示すプロセス計測制御設備を、計測対象及び信号伝送方式で分類すると、8つのグループに分類される。

1.2 代表機器の選定

(1) 計測対象：圧力、信号伝送方式：連続

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

(2) 計測対象：流量、信号伝送方式：連続

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

(3) 計測対象：水位、信号伝送方式：連続

このグループには、加圧器水位、ほう酸タンク水位、蒸気発生器狭域水位等が属するが、要求される環境条件が厳しく、主要構成機器数の多い加圧器水位を代表機器とする。

(4) 計測対象：温度、信号伝送方式：連続

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

(5) 計測対象：地震、信号伝送方式：ON-OFF

このグループには、水平方向加速度及び鉛直方向加速度が属するが、環境条件、主要構成機器とも同様であるため、水平方向加速度を代表機器とする。

- (6) 計測対象：中性子束、信号伝送方式：連続

このグループには、出力領域中性子束、中間領域中性子束及び中性子源領域中性子束が属するが、出力運転中に使用している出力領域中性子束を代表機器とする。

- (7) 計測対象：放射線、信号伝送方式：連続

このグループには、格納容器内高レンジエリアモニタ、使用済燃料ピット周辺線量率が属するが、要求される環境条件が厳しい格納容器内高レンジエリアモニタを代表機器とする。

- (8) 計測対象：濃度、信号伝送方式：連続

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

表1-1(1/8) 玄海3号炉 プロセス計測制御設備の主な仕様

分離基準		機器名称 (ループ数)	選定基準			選定	選定理由	
計測対象	信号伝送方式		主要構成機器	重要度*1	使用条件			
		設置場所 (上段:検出器/下段:検出器以外)			温度 (°C)			
圧力	連続	1次冷却材圧力 (2)	伝送器、信号変換処理部、指示計、記録計	MS-2、重*2	原子炉格納容器内*3,4	約40	◎	要求される環境条件が厳しい
					原子炉補助建屋	約35		
					リレー室、中央制御室	約24		
		加圧器圧力 (4)	伝送器、信号変換処理部、指示計、自動/手動操作器、手動操作器、電流/空気圧変換器	MS-1	原子炉格納容器内*3	約40		
					原子炉格納容器内	約40		
					原子炉補助建屋	約35		
		主蒸気ライン圧力 (16)	伝送器、信号変換処理部、指示計、記録計、自動/手動操作器、手動操作器、電流/空気圧変換器	MS-1、重*2	リレー室、中央制御室	約24		
					原子炉周辺建屋	約40		
					原子炉周辺建屋	約40		
		格納容器圧力 (4)	伝送器、信号変換処理部、指示計、記録計	MS-1、重*2	原子炉補助建屋	約35		
					原子炉周辺建屋	約40		
		制御用空気供給母管圧力 (2)	伝送器、信号変換処理部、指示計、記録計	MS-2	リレー室、中央制御室	約24		
					原子炉周辺建屋	約40		
		海水母管圧力 (2)	伝送器、信号変換処理部、指示計	MS-2	屋外	約40		
リレー室、中央制御室	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

*3：設計基準事故を考慮する

*4：重大事故等を考慮する

表1-1(2/8) 玄海3号炉 プロセス計測制御設備の主な仕様

分離基準		機器名称 (ループ数)	選 定 基 準				選定	選定理由
計測対象	信号伝送方式		主要構成機器	重要度*1	使用条件			
		設置場所 (上段:検出器/下段:検出器以外)			温度 (℃)			
圧 力	連 続	アニュラス内圧力 (1)	伝送器、信号変換処理部、指示計	MS-2	原子炉周辺建屋	約40		
					リレー室、中央制御室	約24		
		タービン非常遮断油圧 (4)	伝送器、信号変換処理部	MS-1	タービン建屋	約40		
					リレー室	約24		
		タービン第1段圧力 (4)	伝送器、信号変換処理部、指示計	MS-1	タービン建屋	約40		
					リレー室、中央制御室	約24		
		AM用格納容器圧力 (1)	伝送器、信号変換処理部、表示器	重*2	原子炉周辺建屋	約40		
					中央制御室	約24		
		安全補機室内圧力 (1)	伝送器、信号変換処理部、指示計	MS-2	原子炉補助建屋	約40		
					リレー室、中央制御室	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1-1(3/8) 玄海3号炉 プロセス計測制御設備の主な仕様

分離基準		機器名称 (ループ数)	選定基準			選定	選定理由	
			主要構成機器	重要度*1	使用条件			
計測対象	信号伝送方式					設置場所 (上段:検出器/下段:検出器以外)	温度 (°C)	
			流量	連続		余熱除去流量 (2)	オリフィス、伝送器、 信号変換処理部、指示計、記録計、 自動/手動操作器、手動操作器、 電流/空気圧変換器	
原子炉補助建屋	約40							
原子炉補助建屋	約35							
リレー室、中央制御室	約24							
1次冷却材流量 (16)	伝送器、信号変換処理部	MS-1			原子炉格納容器内	約40		
					リレー室	約24		
高圧注入ポンプ流量 (2)	オリフィス、伝送器、 信号変換処理部、指示計、記録計	MS-2、重*2			原子炉補助建屋	約40		
					リレー室、中央制御室	約24		
補助給水流量 (4)	オリフィス、伝送器、 信号変換処理部、指示計、記録計	MS-2、重*2			原子炉周辺建屋	約40		
					リレー室、中央制御室	約24		
B格納容器スプレイ流量 積算流量 (1)	オリフィス、伝送器、 信号変換処理部、表示器	重*2	原子炉補助建屋	約40				
			中央制御室	約24				
AM用消火水積算流量 (1)	オリフィス、伝送器、 信号変換処理部、表示器	重*2	原子炉補助建屋	約40				
			中央制御室	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1-1(4/8) 玄海3号炉 プロセス計測制御設備の主な仕様

分離基準		機器名称 (ループ数)	選定基準			選定	選定理由
計測対象	信号伝送方式		主要構成機器	重要度*1	使用条件		
		設置場所 (上段:検出器/下段:検出器以外)			温度 (°C)		
水位	連続	加圧器水位 (4)	伝送器、信号変換処理部、指示計、記録計、自動/手動操作器、手動操作器、電流/空気圧変換器	MS-1、重*2	原子炉格納容器内*3,4	約40	◎ 要求される環境条件が厳しく、主要構成機器数が多い
					原子炉補助建屋	約40	
					原子炉補助建屋	約35	
					リレー室、中央制御室	約24	
		ほう酸タンク水位 (2)	伝送器、信号変換処理部、指示計、記録計	MS-2、重*2	原子炉補助建屋	約40	
					原子炉補助建屋	約35	
					リレー室、中央制御室	約24	
		蒸気発生器狭域水位 (16)	伝送器、信号変換処理部、指示計、記録計、自動/手動操作器、電流/空気圧変換器	MS-1、重*2	原子炉格納容器内*3,4	約40	
					原子炉周辺建屋	約40	
					リレー室、中央制御室	約24	
		蒸気発生器広域水位 (4)	伝送器、信号変換処理部、指示計、記録計	MS-2、重*2	原子炉格納容器内*3,4	約40	
					原子炉補助建屋	約35	
リレー室、中央制御室	約24						
格納容器再循環サンプル水位 (狭域) (2)	伝送器、信号変換処理部、指示計、記録計	MS-2、重*2	原子炉格納容器内*3,4	約40			
			リレー室、中央制御室	約24			
格納容器再循環サンプル水位 (広域) (2)	伝送器、信号変換処理部、指示計、記録計	MS-2、重*2	原子炉格納容器内*3,4	約40			
			リレー室、中央制御室	約24			
原子炉補機冷却水サージタンク水位 (2)	伝送器、信号変換処理部、指示計、記録計	MS-2、重*2	原子炉補助建屋	約40			
			リレー室、中央制御室	約24			
燃料取替用水タンク水位 (2)	伝送器、信号変換処理部、指示計、記録計	MS-2、重*2	燃料取替用水タンク建屋	約40			
			リレー室、中央制御室	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

*3: 設計基準事故を考慮する

*4: 重大事故等を考慮する

表1-1(5/8) 玄海3号炉 プロセス計測制御設備の主な仕様

分離基準		機器名称 (ループ数)	選 定 基 準				選定	選定理由
計測対象	信号伝送 方式		主要構成機器	重要度*1	使用条件			
		設置場所 (上段:検出器/下段:検出器以外)			温度 (°C)			
水位	連続	復水タンク水位 (2)	伝送器、信号変換処理部、指示計、記録計	MS-2、重*2	原子炉周辺建屋	約40		
		使用済燃料ピット水位 (SA) (2)	電波レベル計、信号変換処理部、表示器	重*2	リレー室、中央制御室	約24		
					原子炉周辺建屋*4	約30		
		原子炉下部キャビティ水位 (1)	電極式水位計、信号変換処理部、表示器	重*2	原子炉補助建屋、中央制御室	約24		
					原子炉格納容器内*4	約45		
		原子炉格納容器水位 (1)	電極式水位計、信号変換処理部、表示器	重*2	中央制御室	約24		
					原子炉格納容器内*4	約45		
原子炉容器水位 (1)	伝送器、信号変換処理部、表示器	重*2	中央制御室	約24				
			原子炉格納容器内*4	約40				
取水ピット水位 (1)	電波レベル計、信号変換処理部、表示器	設*3	リレー室、中央制御室	約24				
			屋 外	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

*3：設計基準対処施設として評価対象とした機器及び構造物であることを示す

*4：重大事故等を考慮する

表1-1(6/8) 玄海3号炉 プロセス計測制御設備の主な仕様

分離基準		機器名称 (ループ数)	選定基準			選定	選定理由	
計測対象	信号伝送方式		主要構成機器	重要度*1	使用条件			
					設置場所 (上段:検出器/下段:検出器以外)			温度 (°C)
温度	連続	1次冷却材高温側温度(広域) (4)	測温抵抗体、信号変換処理部、 指示計、記録計	MS-2、重*2	原子炉格納容器内*3,4	約343*5	◎ 要求される環境 条件が厳しい	
					リレー室、中央制御室	約24		
		1次冷却材低温側温度(広域) (4)	測温抵抗体、信号変換処理部、 指示計、記録計	MS-2、重*2	原子炉格納容器内*3,4	約343*5		
					原子炉補助建屋	約35		
					リレー室、中央制御室	約24		
		1次冷却材高温側温度(狭域) (24)	測温抵抗体、信号変換処理部	MS-1	原子炉格納容器内*3	約343*5		
					リレー室	約24		
		1次冷却材低温側温度(狭域) (8)	測温抵抗体、信号変換処理部	MS-1	原子炉格納容器内*3	約343*5		
					リレー室	約24		
		格納容器内温度(1)	測温抵抗体、信号変換処理部、 指示計、記録計	MS-2、重*2	原子炉格納容器内*3,4	約45		
			リレー室、中央制御室	約24				
格納容器内温度(SA)(1)	測温抵抗体、信号変換処理部、 表示器	重*2	原子炉格納容器内	約45				
			中央制御室	約24				
空調用冷凍機温度(12)	測温抵抗体、指示計	MS-1	原子炉周辺建屋	約40				
			原子炉周辺建屋	約40				
使用済燃料ピット温度(SA) (2)	測温抵抗体、信号変換処理部、 表示器	重*2	原子炉周辺建屋*4	約30				
			原子炉補助建屋、中央制御室	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

*3: 設計基準事故を考慮する

*4: 重大事故等を考慮する

*5: 最高使用温度

表1-1(7/8) 玄海3号炉 プロセス計測制御設備の主な仕様

分離基準		機器名称 (ループ数)	選定基準			選定	選定理由	
計測対象	信号伝送方式		主要構成機器	重要度*1	使用条件			
					設置場所 (上段:検出器/下段:検出器以外)			温度 (°C)
温度	連続	静的触媒式水素再結合装置 動作監視装置 (5)	熱電対、信号変換処理部、表示器	重*2	原子炉格納容器内*3	約45		
					中央制御室	約24		
		電気式水素燃焼装置 動作監視装置 (16)	熱電対、信号変換処理部、表示器	重*2	原子炉格納容器内*3	約45		
					中央制御室	約24		
地震	ON-OFF	水平方向加速度 (8)	水平方向加速度計	MS-1	原子炉補助建屋	約40	◎	
					—	—		
		鉛直方向加速度 (4)	鉛直方向加速度計	MS-1	原子炉補助建屋	約40		
					—	—		
中性子束	連続	出力領域中性子束 (4)	中性子束検出器、信号変換処理部、 指示計、記録計	MS-1、重*2	原子炉格納容器内	約60	◎	
					リレー室、中央制御室	約24		
		中間領域中性子束 (2)	中性子束検出器、信号変換処理部、 指示計、記録計	MS-1、重*2	原子炉格納容器内	約60		
					原子炉補助建屋	約35		
		中性子源領域中性子束 (2)	中性子束検出器、前置増幅器、 信号変換処理部、指示計、記録計	MS-1、重*2	原子炉格納容器内	約60		
					原子炉周辺建屋	約40		
					原子炉補助建屋	約35		
					リレー室、中央制御室	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

*3：重大事故等を考慮する

表1-1(8/8) 玄海3号炉 プロセス計測制御設備の主な仕様

分離基準		機器名称 (ループ数)	選定基準			選定	選定理由	
計測対象	信号伝送方式		主要構成機器	重要度*1	使用条件			
		設置場所 (上段:検出器/下段:検出器以外)			温度 (°C)			
放射線	連続	格納容器内高レンジエリア モニタ (4)	放射線検出器、前置増幅器、 信号変換処理部、指示計、記録計	MS-2、重*2	原子炉格納容器内*3,4	約45	◎	要求される環境 条件が厳しい
					原子炉周辺建屋 リレー室、中央制御室	約40 約24		
					原子炉補助建屋	約40		
		中央制御室	約24					
		使用済燃料ピット周辺線量 率 (中間レンジ) (1)	前置増幅器、信号変換処理部、 表示器	重*2	原子炉補助建屋	約40		
					中央制御室	約24		
使用済燃料ピット周辺線量 率 (高レンジ) (1)	前置増幅器、信号変換処理部、 表示器	重*2	原子炉補助建屋	約40				
			中央制御室	約24				
濃度	連続	アニュラス水素濃度 (2)	水素濃度検出器、表示器	重*2	原子炉周辺建屋	約40	◎	
					中央制御室	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

*3: 設計基準事故を考慮する

*4: 重大事故等を考慮する

2. 代表機器の技術評価

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

- ① 1次冷却材圧力
- ② 余熱除去流量
- ③ 加圧器水位
- ④ 1次冷却材高温側温度（広域）
- ⑤ 水平方向加速度
- ⑥ 出力領域中性子束
- ⑦ 格納容器内高レンジエリアモニタ
- ⑧ アニュラス水素濃度

2.1 構造、材料及び使用条件

2.1.1 1次冷却材圧力計測制御設備

(1) 構造

玄海3号炉の1次冷却材圧力計測制御設備は、計装用取出配管、計器元弁、計装配管、計器弁、伝送器、信号変換処理部、電源装置、指示計、記録計及び支持構造物で構成されている。

a. 計装配管（計装用取出配管及び計器元弁含む）

計装配管及び計装用取出配管は、1次冷却材の圧力を伝送する機能を有し、計器元弁は、伝送器の校正、補修時に系統側との隔離機能を有する。

b. 計器弁

計器弁は、伝送器の校正、補修時に系統側との隔離機能を有する。

c. 伝送器

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

d. 信号変換処理部

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

e. 電源装置

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

f. 指示計

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

g. 記録計

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

h. 支持構造物

スタンションは、伝送器を支持するもので、埋込金物に溶接されている。

パイプハンガー、パイプハンガークランプ、ライナー及び取付ボルトは、サポート台に計装配管を支持するもので、サポート台に固定しており、サポート台はサポートに溶接される。また、サポートはベースプレートに溶接され、ベースプレートは基礎ボルトで据付けられる。

玄海3号炉の1次冷却材圧力計測制御設備の主要機器構成図を図2.1-1に示す。

(2) 材料及び使用条件

玄海3号炉の1次冷却材圧力計測制御設備の主要機器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。

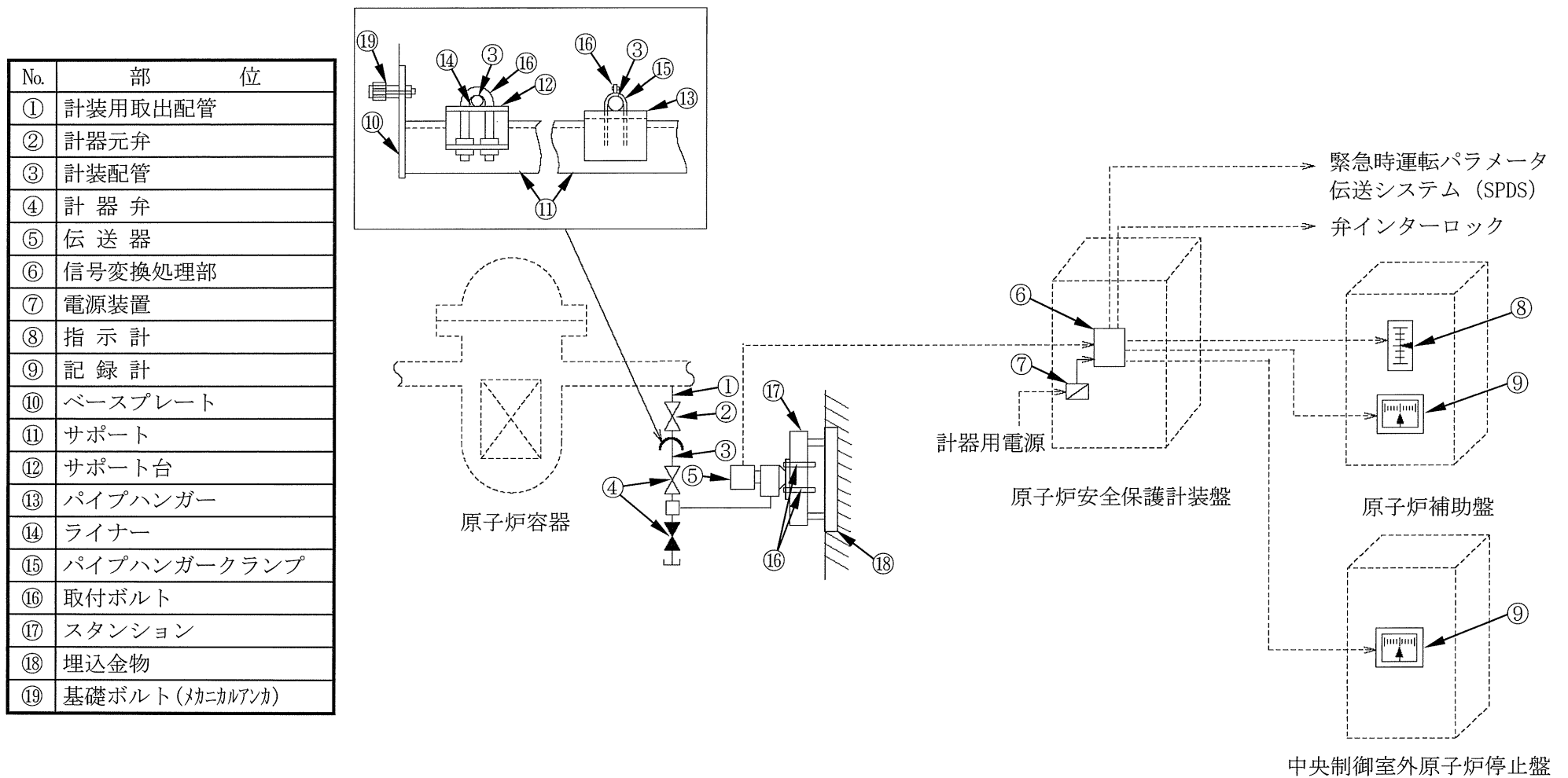


図2.1-1 玄海3号炉 1次冷却材圧力計測制御設備主要機器構成図

表2. 1-1 玄海3炉 1次冷却材圧力計測制御設備の主要機器の使用材料

部 位		材 料	
プロセス値の 伝達機能構成品	計装用取出配管	ステンレス鋼	
	計器元弁	ステンレス鋼	
	計装配管	ステンレス鋼	
	計器弁	ステンレス鋼	
プロセス値の 検出機能構成品	伝送器	消耗品・定期取替品	
電源供給・信号 変換・演算・制御 機能構成品	原子炉安全保護 計装盤	信号変換処理部	半 導 体
		ヒューズ	消耗品・定期取替品
		電源装置	消耗品・定期取替品
工学値への変換 機能構成品	指 示 計	炭素鋼、プラスチック	
	記 録 計	半導体、炭素鋼 アルミニウム合金鋳物	
		ヒューズ	消耗品・定期取替品
機器の支持機能 構成品	ベースプレート	炭 素 鋼	
	サポート	炭 素 鋼	
	サポート台	ステンレス鋼	
	パイプハンガー	炭素鋼（亜鉛メッキ）	
	ライナー	ステンレス鋼	
	パイプハンガークランプ	炭素鋼（亜鉛メッキ）	
	取付ボルト	ステンレス鋼	
	スタンション	炭 素 鋼	
	埋込金物	炭 素 鋼	
	基礎ボルト（メカニカルアンカ）	炭 素 鋼	

表2.1-2 玄海3号炉 1次冷却材圧力計測制御設備の主要機器の使用条件

	伝送器			信号変換 処理部 電源装置	記録計	指示計 記録計
	通常運転時	設計基準事故時	重大事故等時			
設置場所	原子炉 格納容器内	原子炉 格納容器内	原子炉 格納容器内	リレー室	原子炉 補助建屋	中央 制御室
周囲温度	約40℃*1	約144℃*3 (最高温度)	約144℃*3 (最高温度)	約24℃*5	約35℃*5	約24℃*5
圧力	約0.0098MPa [gage] 以下	約0.392MPa [gage]*3 (最高圧力)	約0.444MPa [gage]*3 (最高圧力)	—	—	—
放射線	1×10 ⁻³ Gy/h*2	824kGy*4 (最大集積線量)	500kGy*3 (最大集積線量)	—	—	—

*1：通常運転時の原子炉格納容器内1次冷却材圧力設置エリアの周囲温度実測値（複数の実測値の平均値のうち最大のもの）に余裕を加えた温度

*2：通常運転時の原子炉格納容器内1次冷却材圧力設置エリアの周囲線量率実測値（複数の実測値の平均値のうち最大のもの）に余裕を加えた線量率

*3：新規規制基準への適合性確認のための工事計画認可申請書「安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」記載値

*4：IEEEに記載された、典型的なPWRプラントにおける事故時照射量を基に、玄海3号炉の原子炉出力及び原子炉格納容器自由体積から算出した値

*5：原子炉格納容器外の設計平均温度

2.1.2 余熱除去流量計測制御設備

(1) 構造

玄海3号炉の余熱除去流量計測制御設備は、計装用取出配管、計器元弁、計装配管、計器弁、オリフィス、伝送器、信号変換処理部、電源装置、自動／手動操作器、手動操作器、電流／空気圧変換器、指示計、記録計及び支持構造物で構成されている。

a. 計装配管（計装用取出配管及び計器元弁含む）

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

b. 計器弁

計器弁は、伝送器の校正、補修時に系統側との隔離機能を有する。

c. オリフィス

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

d. 伝送器

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

e. 信号変換処理部

信号変換処理部（原子炉安全保護計装盤、1次系制御盤）は、伝送器への電源供給や伝送器からの電気信号の受信、他の設備への信号発信、信号の変換、演算等の機能を有するカード計器の集合である。

f. 電源装置

電源装置（原子炉安全保護計装盤、1次系制御盤）は、信号変換処理部への電源供給の機能を有する。

g. 自動／手動操作器

自動／手動操作器は、信号変換処理部（1次系制御盤）から出力された電気信号を流量値に変換し、指示する機能を有する。

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

h. 手動操作器

手動操作器は、信号変換処理部（1次系制御盤）から出力された電気信号を流量値に変換し、指示する機能を有する。

また、手動制御時には目標とする値の電気信号を出力する機能を有する。

i. 電流／空気圧変換器

電流／空気圧変換器は、自動／手動操作器（原子炉補助盤）及び手動操作器（中央制御室外原子炉停止盤）からの電気信号を、空気作動連続制御弁を適切に駆動させる空気圧に変換する機能を有する。

j. 指示計

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

k. 記録計

記録計は、信号変換処理部（1次系制御盤）から出力された電気信号を流量値に変換し、記録する機能を有する。

1. 支持構造物

筐体は、チャンネルベースに取付ボルトで支持され、チャンネルベースは基礎ボルトで据付けられている。

スタンションは、伝送器を支持するもので、埋込金物に溶接されている。

パイプハンガー、パイプハンガークランプ、ライナー及び取付ボルトは、サポート台に計装配管を支持するもので、サポート台に固定しており、サポート台はサポートに溶接される。また、サポートはベースプレートに溶接され、ベースプレートは基礎ボルトで据付けられる。

玄海3号炉の余熱除去流量計測制御設備の主要機器構成図を図2.1-2に示す。

(2) 材料及び使用条件

玄海3号炉の余熱除去流量計測制御設備の主要機器の使用材料及び使用条件を表2.1-3及び表2.1-4に示す。

No.	部 位
①	計装用取出配管
②	計器元弁
③	計装配管
④	計器弁
⑤	オリフィス
⑥	伝送器
⑦	信号変換処理部
⑧	電源装置
⑨	自動/手動操作器
⑩	手動操作器
⑪	電流/空気圧変換器
⑫	指 示 計
⑬	記 録 計
⑭	ベースプレート
⑮	サポ ー ト
⑯	サポ ー ト 台
⑰	パイプハンガー
⑱	ライナー
⑲	パイプハンガークランプ
⑳	取付ボルト
㉑	スタンション
㉒	埋込金物
㉓	筐 体
㉔	チャンネルベース
㉕	基礎ボルト
㉖	基礎ボルト(メカカルソカ)

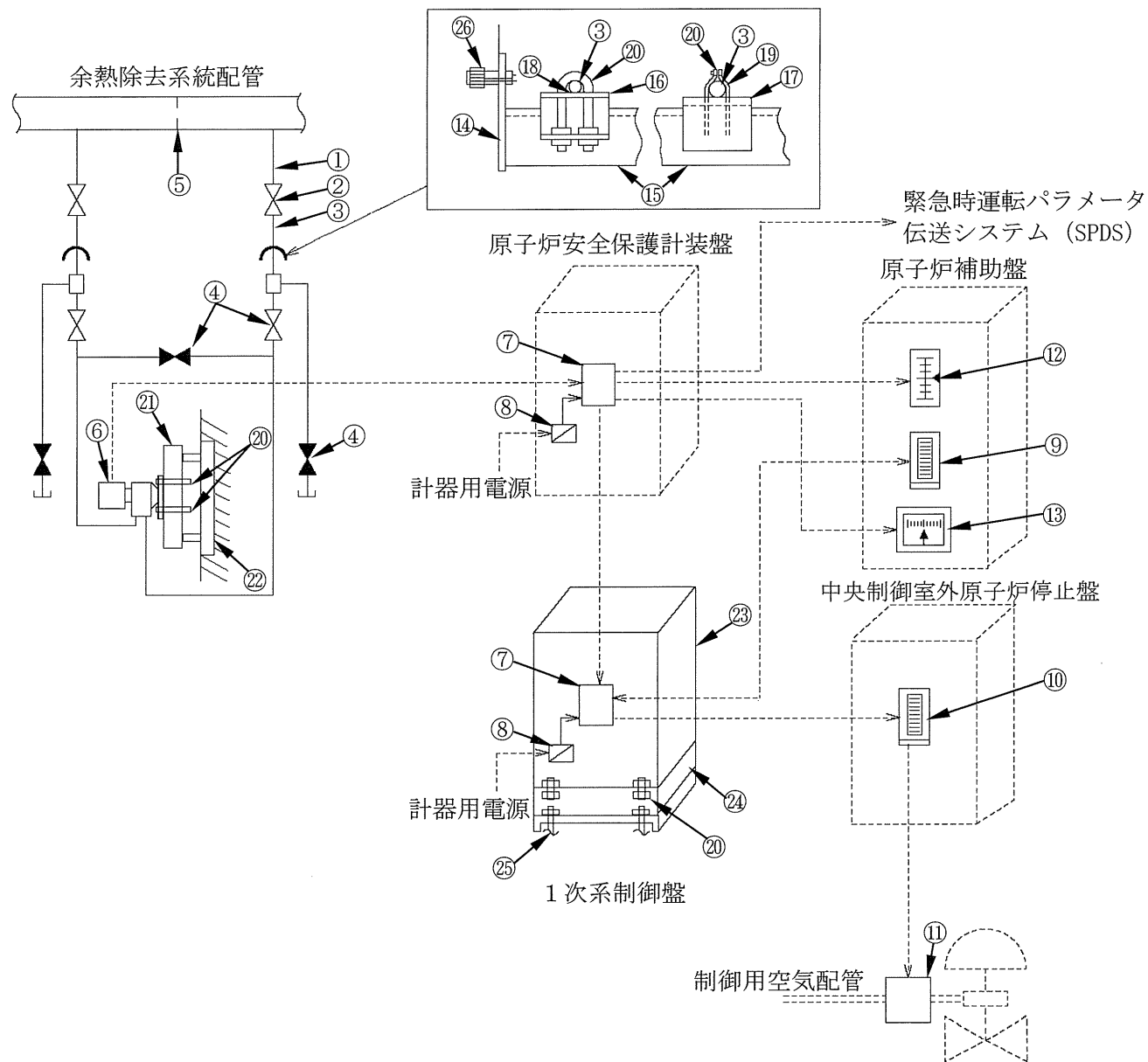


図2.1-2 玄海3号炉 余熱除去流量計測制御設備主要機器構成図

表2.1-3 玄海3号炉 余熱除去流量計測制御設備の主要機器の使用材料

部 位		材 料	
プロセス値の 伝達機能構成品	計装用取出配管	ステンレス鋼	
	計器元弁	ステンレス鋼	
	計装配管	ステンレス鋼	
	計器弁	ステンレス鋼	
	オリフィス	ステンレス鋼	
プロセス値の 検出機能構成品	伝送器	半導体、ステンレス鋼、 アルミニウム合金鋳物	
電源供給・信号 変換・演算・制御 機能構成品	原子炉安全保護 計装盤 1次系制御盤	信号変換処理部	半 導 体
		ヒューズ	消耗品・定期取替品
		電源装置	消耗品・定期取替品
	自動／手動操作器	半導体、炭素鋼	
	手動操作器	半導体、アルミニウムダイカスト	
	電流／空気圧変換器	コイル、コントロールリレー	
	工学値への変換 機能構成品	指 示 計	炭素鋼、プラスチック
記 録 計		半導体、炭素鋼、 アルミニウム合金鋳物	
		ヒューズ	消耗品・定期取替品
機器の支持機能 構成品	ベースプレート	炭 素 鋼	
	サポート	炭 素 鋼	
	サポート台	ステンレス鋼	
	パイプハンガー	炭素鋼（亜鉛メッキ）	
	ライナー	ステンレス鋼	
	パイプハンガークランプ	炭素鋼（亜鉛メッキ）	
	取付ボルト	ステンレス鋼、炭素鋼	
	スタンション	炭 素 鋼	
	埋込金物	炭 素 鋼	
	筐 体	炭 素 鋼	
	チャンネルベース	炭 素 鋼	
	基礎ボルト	炭 素 鋼	
	基礎ボルト（メカニカルアンカ）	炭 素 鋼	

表2.1-4 玄海3号炉 余熱除去流量計測制御設備の主要機器の使用条件

	伝送器 電流／空気圧変換器	信号変換処理部 電源装置	自動／手動操作器 指示計、記録計	手動操作器
設置場所	原子炉補助建屋	リレー室	中央制御室	原子炉補助建屋
周囲温度	約40℃*1	約24℃*1	約24℃*1	約35℃*1

*1：原子炉格納容器外の設計平均温度

2.1.3 加圧器水位計測制御設備

(1) 構造

玄海3号炉の加圧器水位計測制御設備は、計装用取出配管、計器元弁、計装配管、計器弁、伝送器、信号変換処理部、電源装置、自動／手動操作器、手動操作器、電流／空気圧変換器、指示計、記録計及び支持構造物で構成されている。

a. 計装配管（計装用取出配管及び計器元弁含む）

計装配管及び計装用取出配管は、加圧器の水位を伝送する機能を有し、計器元弁は、伝送器の校正、補修時に系統側との隔離機能を有する。

b. 計器弁

計器弁は、伝送器の校正、補修時に系統側との隔離機能を有する。

c. 伝送器

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

d. 信号変換処理部

信号変換処理部（原子炉安全保護計装盤、1次系制御盤）は、伝送器への電源供給や検出器からの電気信号の受信、他の設備への信号発信、信号の変換、演算等の機能を有するカード計器の集合である。

e. 電源装置

電源装置（原子炉安全保護計装盤、1次系制御盤）は、信号変換処理部への電源供給の機能を有する。

f. 自動／手動操作器

自動／手動操作器は、信号変換処理部（1次系制御盤）から出力された電気信号を水位値に変換し、指示する機能を有する。

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

g. 手動操作器

手動操作器は、信号変換処理部（1次系制御盤）から出力された電気信号を指示する機能を有する。

また、手動制御時には目標とする値の電気信号を出力する機能を有する。

h. 電流／空気圧変換器

電流／空気圧変換器は、自動／手動操作器（原子炉補助盤）及び手動操作器（中央制御室外原子炉停止盤）からの電気信号を、空気作動連続制御弁を適切に駆動させる空気圧に変換する機能を有する。

i. 指示計

指示計は、信号変換処理部（原子炉安全保護計装盤、1次系制御盤）から出力された電気信号を水位値に変換し、指示する機能を有する。

j. 記録計

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

k. 支持構造物

筐体は、チャンネルベースに取付ボルトで支持され、チャンネルベースは基礎ボルトで据付けられている。

スタンションは、伝送器を支持するもので、埋込金物に溶接されている。

パイプハンガー、パイプハンガークランプ、ライナー及び取付ボルトは、サポート台に計装配管を支持するもので、サポート台に固定しており、サポート台はサポートに溶接される。また、サポートはベースプレートに溶接され、ベースプレートは基礎ボルトで据付けられる。

玄海3号炉の加圧器水位計測制御設備の主要機器構成図を図2.1-3に示す。

(2) 材料及び使用条件

玄海3号炉の加圧器水位計測制御設備の主要機器の使用材料及び使用条件を表2.1-5及び表2.1-6に示す。

No.	部 位
①	計装用取出配管
②	計器元弁
③	計装配管
④	計器弁
⑤	伝送器
⑥	信号変換処理部
⑦	電源装置
⑧	自動/手動操作器
⑨	手動操作器
⑩	電流/空気圧変換器
⑪	指示計
⑫	記録計
⑬	ベースプレート
⑭	サポート
⑮	サポート台
⑯	パイプハンガー
⑰	ライナー
⑱	取付ボルト
⑳	スタンション
㉑	埋込金物
㉒	筐 体
㉓	チャンネルベース
㉔	基礎ボルト
㉕	基礎ボルト(メカカルアソカ)

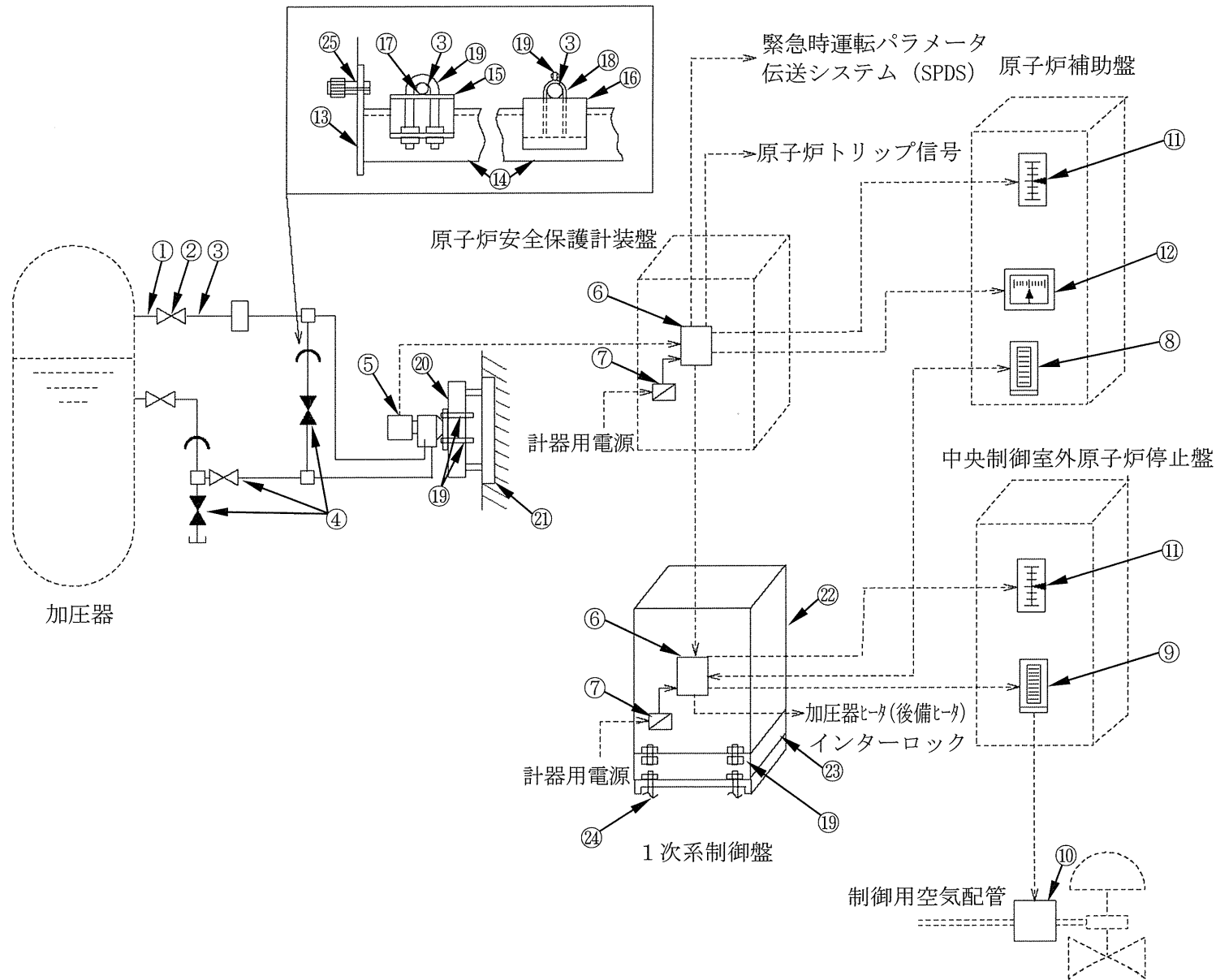


図2.1-3 玄海3号炉 加圧器水位計測制御設備主要機器構成図

表2.1-5 玄海3号炉 加圧器水位計測制御設備の主要機器の使用材料

部 位		材 料	
プロセス値の 伝達機能構成品	計装用取出配管	ステンレス鋼	
	計器元弁	ステンレス鋼	
	計装配管	ステンレス鋼	
	計器弁	ステンレス鋼	
プロセス値の 検出機能構成品	伝送器	消耗品・定期取替品	
電源供給・信号 変換・演算・制御 機能構成品	原子炉安全保護 計装盤 1次系制御盤	信号変換処理部	半 導 体
		ヒューズ	消耗品・定期取替品
		電源装置	消耗品・定期取替品
	自動／手動操作器	半導体、炭素鋼	
	手動操作器	半導体、アルミニウムダイカスト	
	電流／空気圧変換器	コイル、コントロールリレー	
	工学値への変換 機能構成品	指 示 計	炭素鋼、プラスチック
記 録 計		半導体、炭素鋼 アルミニウム合金鋳物	
		ヒューズ	消耗品・定期取替品
機器の支持機能 構成品	ベースプレート	炭 素 鋼	
	サポート	炭 素 鋼	
	サポート台	ステンレス鋼	
	パイプハンガー	炭素鋼（亜鉛メッキ）	
	ライナー	ステンレス鋼	
	パイプハンガークランプ	炭素鋼（亜鉛メッキ）	
	取付ボルト	ステンレス鋼、炭素鋼	
	スタンション	炭 素 鋼	
	埋込金物	炭 素 鋼	
	筐 体	炭 素 鋼	
	チャンネルベース	炭 素 鋼	
	基礎ボルト	炭 素 鋼	
	基礎ボルト（メカニカルアンカ）	炭 素 鋼	

表2.1-6 玄海3号炉 加圧器水位計測制御設備の主要機器の使用条件

	伝送器			信号変換 処理部 電源装置	指示計 手動操作器	自動/手動 操作器 指示計 記録計	電流/ 空気圧 変換器
	通常運転時	設計基準事故時	重大事故等時				
設置場所	原子炉 格納容器内	原子炉 格納容器内	原子炉 格納容器内	リレー室	原子炉 補助建屋	中央制御室	原子炉 補助建屋
周囲温度	約40℃*1	約144℃*3 (最高温度)	約144℃*3 (最高温度)	約24℃*5	約35℃*5	約24℃*5	約40℃*5
圧力	約0.0098MPa [gage] 以下	約0.392MPa [gage]*3 (最高圧力)	約0.444MPa [gage]*3 (最高圧力)	—	—	—	—
放射線	1×10 ⁻³ Gy/h*2	824kGy*4 (最大集積線量)	500kGy*3 (最大集積線量)	—	—	—	—

- *1：通常運転時の原子炉格納容器内加圧器水位設置エリアの周囲温度実測値（複数の実測値の平均値のうち最大のもの）に余裕を加えた温度
- *2：通常運転時の原子炉格納容器内加圧器水位設置エリアの周囲線量率実測値（複数の実測値の平均値のうち最大のもの）に余裕を加えた線量率
- *3：新規規制基準への適合性確認のための工事計画認可申請書「安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」記載値
- *4：IEEEに記載された、典型的なPWRプラントにおける事故時照射量を基に、玄海3号炉の原子炉出力及び原子炉格納容器自由体積から算出した値
- *5：原子炉格納容器外の設計平均温度

2.1.4 1次冷却材高温側温度（広域）計測制御設備

(1) 構造

玄海3号炉の1次冷却材高温側温度（広域）計測制御設備は、測温抵抗体、信号変換処理部、電源装置、指示計及び記録計で構成されている。

a. 測温抵抗体

測温抵抗体は、1次冷却材の温度を抵抗値として検出する機能を有する。

b. 信号変換処理部

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

c. 電源装置

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

d. 指示計

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

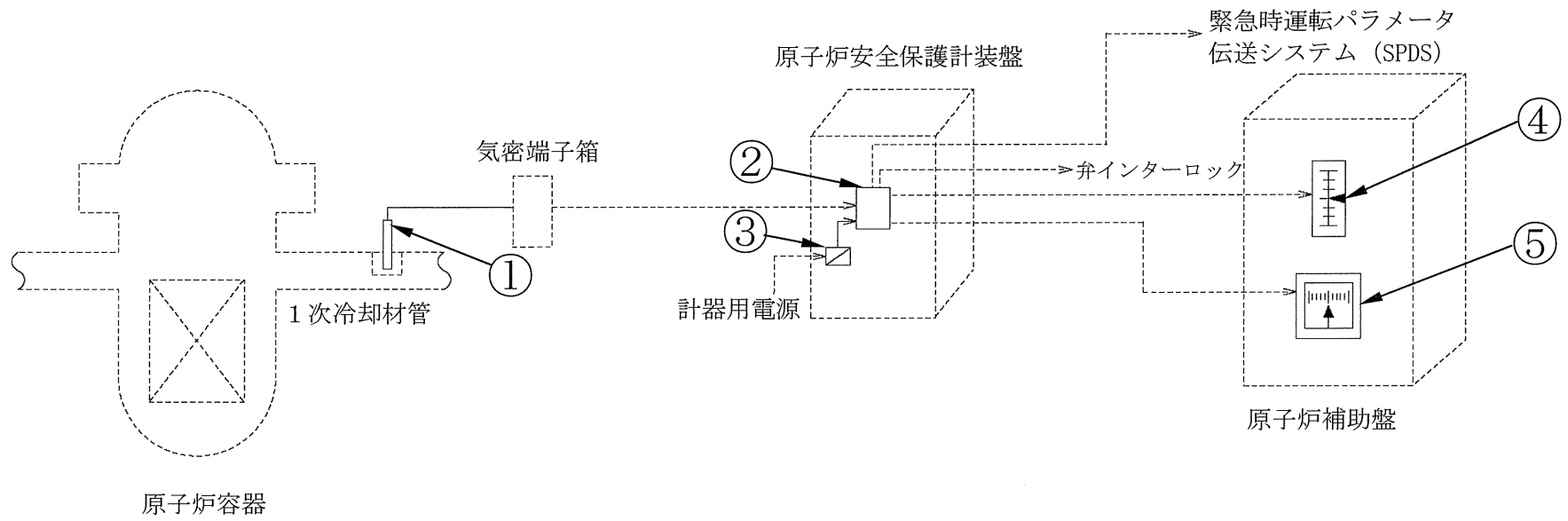
e. 記録計

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

玄海3号炉の1次冷却材高温側温度（広域）計測制御設備の主要機器構成図を図2.1-4に示す。

(2) 材料及び使用条件

玄海3号炉の1次冷却材高温側温度（広域）計測制御設備の主要機器の使用材料及び使用条件を表2.1-7及び表2.1-8に示す。



No.	部 位
①	測温抵抗体
②	信号変換処理部
③	電源装置
④	指 示 計
⑤	記 録 計

図2.1-4 玄海3号炉 1次冷却材高温側温度（広域）計測制御設備主要機器構成図

表2.1-7 玄海3号炉 1次冷却材高温側温度（広域）計測制御設備の主要機器の使用材料

部 位		材 料	
プロセス値の 検出機能構成品	測温抵抗体	消耗品・定期取替品	
電源供給・信号 変換・演算・制御 機能構成品	原子炉安全保護 計装盤	信号変換処理部	半 導 体
		ヒューズ	消耗品・定期取替品
	電源装置	消耗品・定期取替品	
工学値への変換 機能構成品	指 示 計	炭素鋼、プラスチック	
	記 録 計	半導体、炭素鋼 アルミニウム合金鋳物	
		ヒューズ	消耗品・定期取替品

表2.1-8 玄海3号炉 1次冷却材高温側温度（広域）計測制御設備の主要機器の使用条件

	測 温 抵 抗 体			信号変換処理部 電源装置	指示計 記録計
	通常運転時	設計基準事故時	重大事故等時		
設置場所	原子炉格納容器内 (1次冷却材管)	原子炉格納容器内	原子炉格納容器内	リレー室	中央制御室
周囲温度	約343℃*1	約144℃*3 (最高温度)	約144℃*3 (最高温度)	約24℃*5	約24℃*5
圧 力	約0.0098MPa [gage] 以下	約0.392MPa [gage]*3 (最高圧力)	約0.444MPa [gage]*3 (最高圧力)	—	—
放 射 線	0.3Gy/h*2	824kGy*4 (最大集積線量)	500kGy*3 (最大集積線量)	—	—

*1：1次冷却材管高温側温度

*2：通常運転時の原子炉格納容器内1次冷却材高温側温度（広域）設置エリアの周囲線量率実測値（複数の実測値の平均値のうち最大のもの）に余裕を加えた線量率

*3：新規基準への適合性確認のための工事計画認可申請書「安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」記載値

*4：IEEEに記載された、典型的なPWRプラントにおける事故時照射量を基に、玄海3号炉の原子炉出力及び原子炉格納容器自由体積から算出した値

*5：原子炉格納容器外の設計平均温度

2.1.5 水平方向加速度計測制御設備

(1) 構造

玄海3号炉の水平方向加速度計測制御設備は、加速度検出器、信号変換処理部、リレー回路及び電源装置が一体となったものと支持構造物から構成されている。

a. 水平方向加速度計

水平方向加速度計は、地震振動が発生した場合、予め設定した加速度以上の地震加速度に対し、信号を発信する。

また、その信号により信号変換処理部から原子炉トリップ信号を発信する。

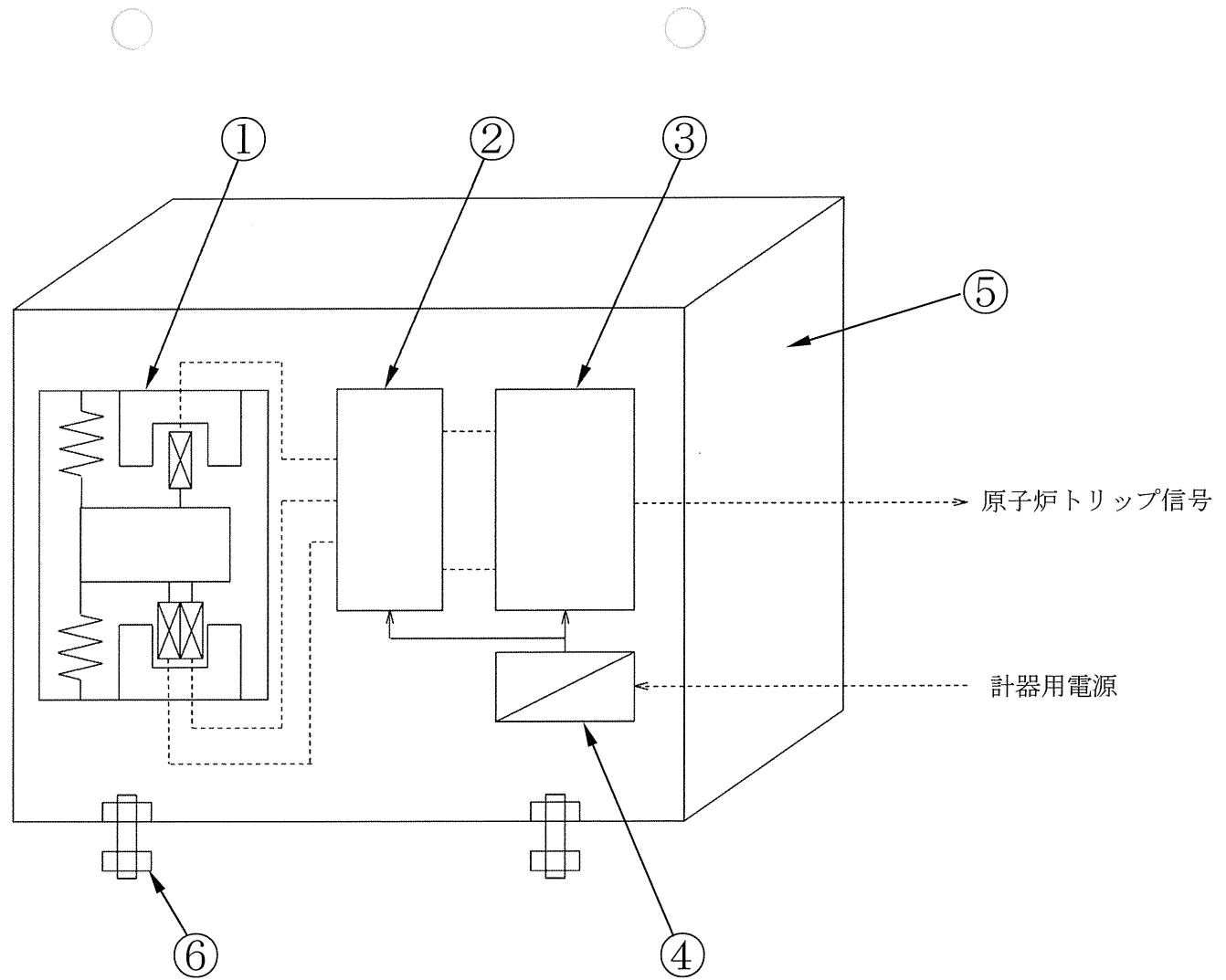
b. 支持構造物

筐体は、基礎ボルトで据付けられている。

玄海3号炉の水平方向加速度計測制御設備の主要機器構成図を図2.1-5に示す。

(2) 材料及び使用条件

玄海3号炉の水平方向加速度計測制御設備の主要機器の使用材料及び使用条件を表2.1-9及び表2.1-10に示す。



No.	部 位
①	加速度検出器
②	信号変換処理部
③	リレー回路
④	電源装置
⑤	筐 体
⑥	基礎ボルト

図2.1-5 玄海3号炉 水平方向加速度計測制御設備主要機器構成図

表2.1-9 玄海3号炉 水平方向加速度計測制御設備の主要機器の使用材料

部 位		材 料	
プロセス値の検出機能構成部品、電源供給・信号変換・演算・制御機能構成部品	水平方向加速度計	加速度検出器	コイル
		信号変換処理部	半 導 体
		リレー回路	ニッケル銀（金メッキ）
		電源装置	半 導 体
		電解コンデンサ	消耗品・定期取替品
		ヒューズ	消耗品・定期取替品
機器の支持機能構成部品	筐 体	炭 素 鋼	
	基礎ボルト	炭 素 鋼	

表2.1-10 玄海3号炉 水平方向加速度計測制御設備の主要機器の使用条件

	水平方向加速度計
設 置 場 所	原子炉補助建屋
周 囲 温 度	約40℃*1

*1：原子炉格納容器外の設計平均温度

2.1.6 出力領域中性子束計測制御設備

(1) 構造

玄海3号炉の出力領域中性子束計測制御設備は、中性子束検出器、信号変換処理部、電源装置、指示計、記録計及び支持構造物で構成されている。

a. 中性子束検出器

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

b. 信号変換処理部

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

c. 電源装置

電源装置（炉外核計装保護盤）は、信号変換処理部への電源供給の機能を有する。

d. 指示計

指示計は、信号変換処理部（炉外核計装保護盤）から出力された電気信号を中性子束レベル値に変換し、指示する機能を有する。

e. 記録計

記録計は、信号変換処理部（炉外核計装保護盤）から出力された電気信号を中性子束レベル値に変換し、記録する機能を有する。

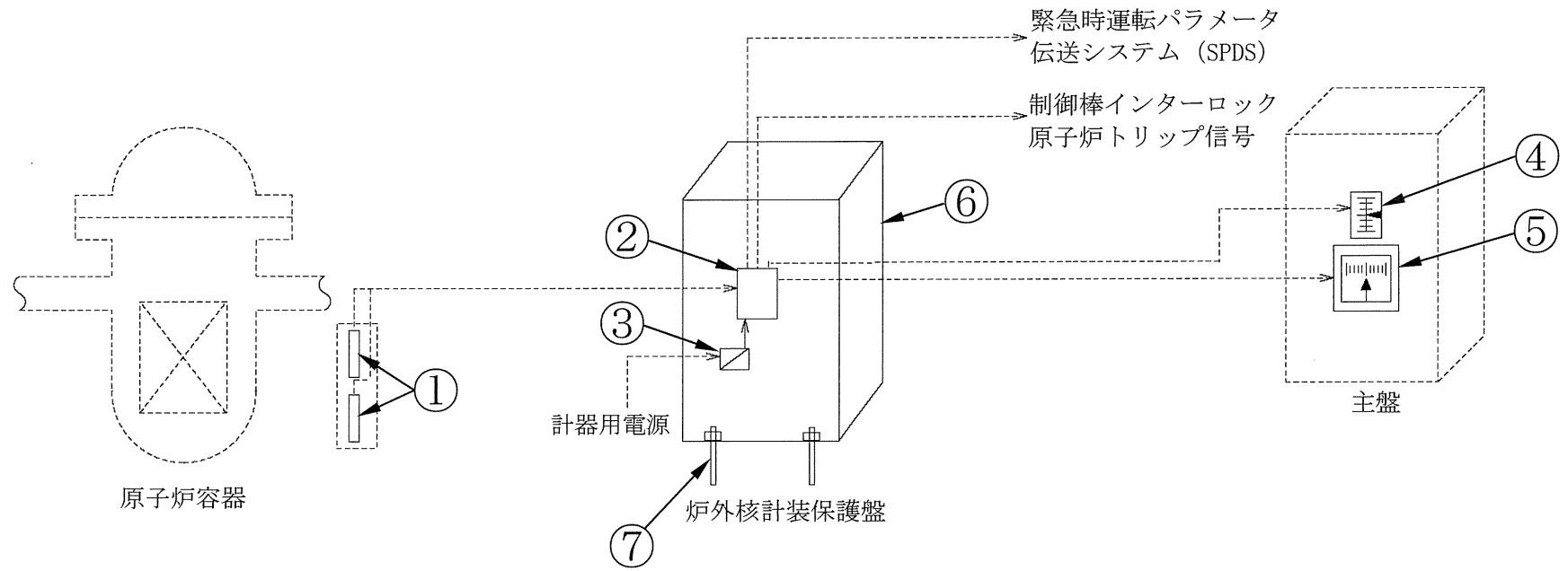
f. 支持構造物

筐体は、基礎ボルトで据付けられている。

玄海3号炉の出力領域中性子束計測制御設備の主要機器構成図を図2.1-6に示す。

(2) 材料及び使用条件

玄海3号炉の出力領域中性子束計測制御設備の主要機器の使用材料及び使用条件を表2.1-11及び表2.1-12に示す。



No.	部 位
①	中性子束検出器
②	信号変換処理部
③	電源装置
④	指 示 計
⑤	記 録 計
⑥	筐 体
⑦	基礎ボルト

図2.1-6 玄海3号炉 出力領域中性子束計測制御設備主要機器構成図

表2.1-11 玄海3号炉 出力領域中性子束計測制御設備の主要機器の使用材料

部 位		材 料	
プロセス値の 検出機能構成品	中性子束検出器	電 離 箱	消耗品・定期取替品
電源供給・信号 変換・演算・制御 機能構成品	炉外核計装保護盤	信号変換処理部	半 導 体
		ヒューズ	消耗品・定期取替品
		電源装置	消耗品・定期取替品
工学値への変換 機能構成品	指 示 計		炭素鋼、プラスチック
	記 録 計		半導体、プラスチック
	ヒューズ		消耗品・定期取替品
機器の支持機能 構成品	筐 体		炭 素 鋼
	基礎ボルト		炭 素 鋼

表2.1-12 玄海3号炉 出力領域中性子束計測制御設備の主要機器の使用条件

	中性子束検出器	信号変換処理部 電源装置	指示計 記録計
	通常運転時		
設置場所	原子炉格納容器内 (N I S キャビティ) *1	リレー室	中央制御室
周囲温度	約60℃*2	約24℃*4	約24℃*4
圧 力	約0.0098MPa [gage] 以下	—	—
放 射 線	$5 \times 10^{-3} \text{Gy/h}^*3$	—	—

*1 : N I S (炉外核計測装置)

*2 : 検出器設置箇所の設計平均温度

*3 : 検出器設置箇所の設計値

*4 : 原子炉格納容器外の設計平均温度

2.1.7 格納容器内高レンジエリアモニタ計測制御設備

(1) 構造

玄海3号炉の格納容器内高レンジエリアモニタ計測制御設備は、放射線検出器、前置増幅器、信号変換処理部、電源装置、指示計、記録計及び支持構造物で構成されている。

a. 放射線検出器

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

b. 前置増幅器

前置増幅器は、放射線検出器にて変換された電気信号を信号変換処理部へ送信するために、信号を増幅する機能を有する。

c. 信号変換処理部

信号変換処理部（事故時放射線監視盤）は、放射線検出器への電源供給や放射線検出器からの電気信号の受信、指示計及び記録計への信号発信、信号の変換、演算等の機能を有するカード計器の集合である。

d. 電源装置

電源装置（事故時放射線監視盤）は、信号変換処理部への電源供給の機能を有する。

e. 指示計

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

f. 記録計

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

g. 支持構造物

事故時放射線監視盤の筐体は、基礎ボルトで据付けられている。

また、前置増幅器の筐体は、架台に取付ボルトで支持され、架台は埋込金物に溶接で据付けられている。

玄海3号炉の格納容器内高レンジエリアモニタ計測制御設備の主要機器構成図を図2.1-7に示す。

(2) 材料及び使用条件

玄海3号炉の格納容器内高レンジエリアモニタ計測制御設備の主要機器の使用材料及び使用条件を表2.1-13及び表2.1-14に示す。

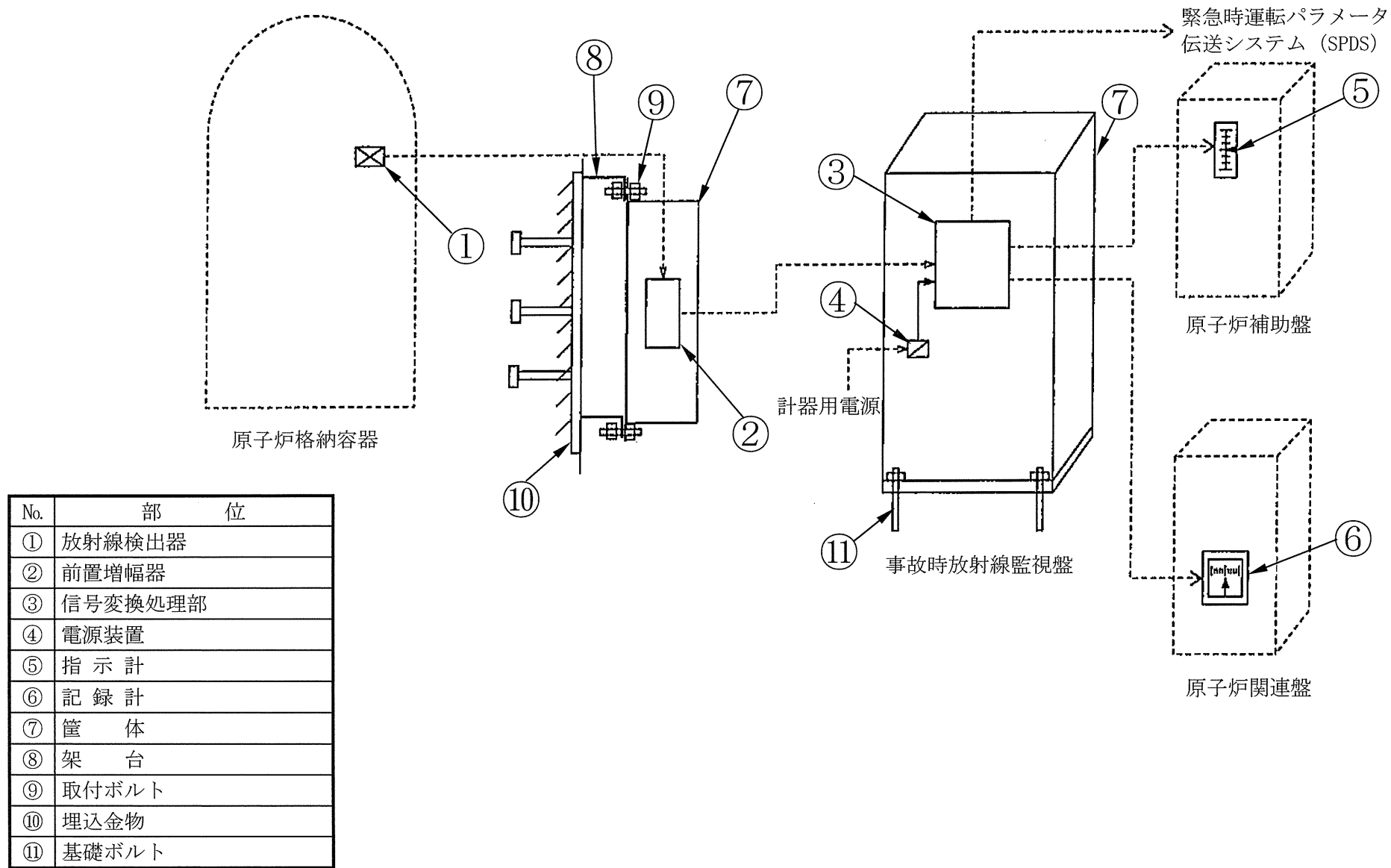


図2.1-7 玄海3号炉 格納容器内高レンジγモニタ計測制御設備主要機器構成図

表2.1-13 玄海3号炉 格納容器内高レンジエリアモニタ計測制御設備の主要機器の使用材料

部 位		材 料	
プロセス値の 検出機能構成	放射線検出器	電離箱 消耗品・定期取替品	
電源供給・信号 変換・演算・制 御機能構成品	前置増幅器		半 導 体
	事故時 放射線監視盤	信号変換処理部	半 導 体
		ヒューズ	消耗品・定期取替品
		電源装置	消耗品・定期取替品
工学値への変 換機能構成品	指 示 計		炭素鋼、プラスチック
	記 録 計		半導体、プラスチック、炭素鋼
	ヒューズ		消耗品・定期取替品
機器の支持機 能構成品	筐 体		炭 素 鋼
	架 台		炭 素 鋼
	取付ボルト		炭 素 鋼
	埋込金物		炭 素 鋼
	基礎ボルト		炭 素 鋼

表2.1-14 玄海3号炉 格納容器内高レンジエリアモニタ計測制御設備の主要機器の使用条件

	放射線検出器			前置増幅器	信号変換処理部、電源装置	記録計指示計
	通常運転時	設計基準事故時	重大事故等時			
設置場所	原子炉格納容器内	原子炉格納容器内	原子炉格納容器内	原子炉周辺建屋	リレー室	中央制御室
周囲温度	約45°C*1	約144°C*3 (最高温度)	約144°C*3 (最高温度)	約40°C*5	約24°C*5	約24°C*5
圧力	約0.0098MPa [gage] 以下	約0.392MPa [gage]*3 (最高圧力)	約0.444MPa [gage]*3 (最高圧力)	—	—	—
放射線	5×10 ⁻³ Gy/h*2	824kGy*4 (最大集積線量)	500kGy*3 (最大集積線量)	—	—	—

- *1：通常運転時の原子炉格納容器内格納容器内高レンジエリアモニタ設置エリアの周囲温度実測値（複数の実測値の平均値のうち最大のもの）に余裕を加えた温度
- *2：通常運転時の原子炉格納容器内格納容器内高レンジエリアモニタ設置エリアの周囲線量率実測値（複数の実測値の平均値のうち最大のもの）に余裕を加えた線量率
- *3：新規規制基準への適合性確認のための工事計画認可申請書「安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」記載値
- *4：IEEEに記載された、典型的なPWRプラントにおける事故時照射量を基に、玄海3号炉の原子炉出力及び原子炉格納容器自由体積から算出した値
- *5：原子炉格納容器外の設計平均温度

2.1.8 アンユラス水素濃度計測制御設備

(1) 構造

玄海3号炉のアンユラス水素濃度計測制御設備は、水素濃度検出器、電源装置、表示器及び支持構造物で構成されている。

a. 水素濃度検出器

水素濃度検出器は、水素濃度に応じた電気信号に変換し、伝送する機能を有する。

b. 電源装置

電源装置（重大事故等対処用制御盤）は、表示器への電源供給の機能を有する。

c. 表示器

表示器（重大事故等対処用制御盤）は、水素濃度検出器から出力された電気信号を水素濃度値に変換し、表示する機能を有する。

d. 支持構造物

水素濃度検出器は、ベースプレートに溶接された架台に取付ボルトで支持され、ベースプレートは基礎ボルトで据付けられている。

玄海3号炉のアンユラス水素濃度計測制御設備の主要機器構成図を図2.1-8に示す。

(2) 材料及び使用条件

玄海3号炉のアンユラス水素濃度計測制御設備の主要機器の使用材料及び条件を表2.1-15及び表2.1-16に示す。

No.	部 位
①	水素濃度検出器
②	電源装置
③	表示器
④	架 台
⑤	取付ボルト
⑥	ベースプレート
⑦	基礎ボルト(メカニカルソカ)

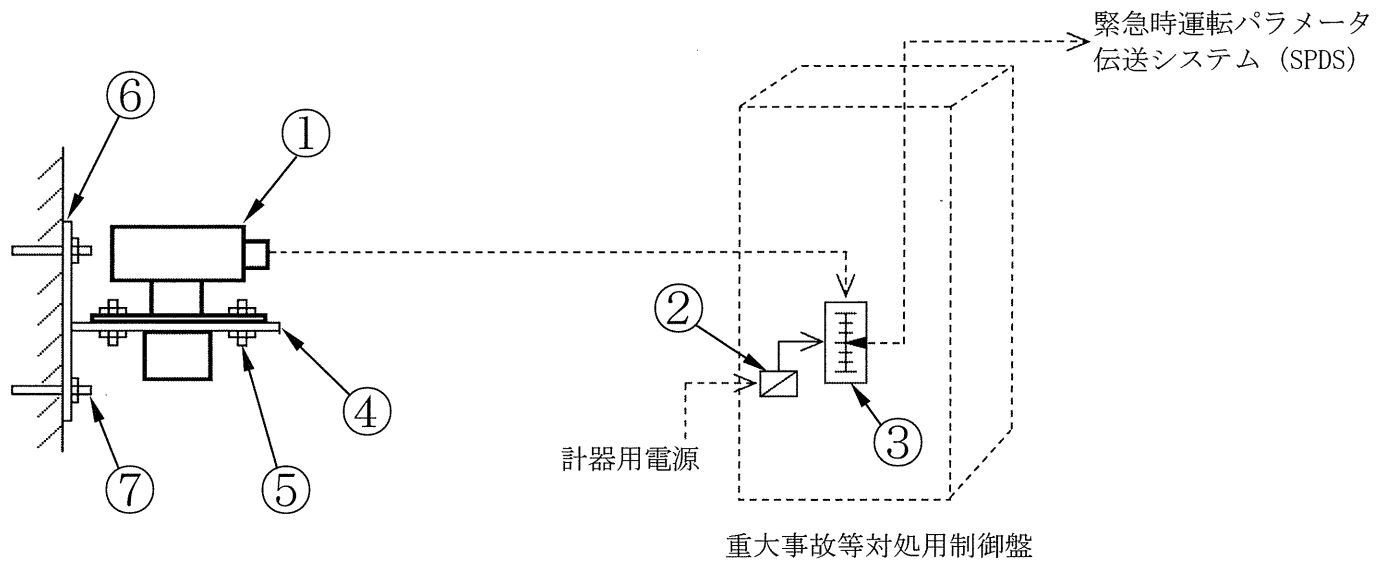


図 2.1-8 玄海 3 号炉 アニュラス水素濃度計測制御設備主要機器構成図

表2.1-15 玄海3号炉 アニュラス水素濃度計測制御設備の主要機器の使用材料

部 位		材 料	
プロセス値の 検出機能構成品	水素濃度検出器	消耗品・定期取替品	
電源供給・信号 変換・演算・制御 機能構成品	重大事故等対 処用制御盤	電源装置	半 導 体
		電解コンデンサ	消耗品・定期取替品
		表示器	消耗品・定期取替品
機器の支持機能 構成品	架 台	炭 素 鋼	
	取付ボルト	ステンレス鋼、炭素鋼	
	ベースプレート	炭 素 鋼	
	基礎ボルト(メカニカルアンカ)	炭 素 鋼	

表2.1-16 玄海3号炉 アニュラス水素濃度計測制御設備の主要機器の使用条件

	水素濃度検出器	電源装置、表示器
設置場所	原子炉周辺建屋	中央制御室
周囲温度	約40℃*1	約24℃*1

*1：原子炉格納容器外の設計平均温度

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機能達成に必要な項目

プロセス計測制御設備の機能を維持するためには、次の5つの項目が必要である。

- ① プロセス値の伝達機能
- ② プロセス値の検出機能
- ③ 電源供給・信号変換・演算・制御機能
- ④ 工学値への変換機能
- ⑤ 機器の支持機能

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

プロセス計測制御設備個々について、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の構造、材料、使用条件（内部流体、圧力、温度等）及び現在までの運転経験を考慮し、表2.2-1～表2.2-8に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象はない。

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2.2-8で△又は▲となっているもの）については、想定される経年劣化事象であるが、

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

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

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

(1) 1次冷却材系統に接する計装用取出配管等の応力腐食割れ

[1次冷却材圧力、加圧器水位]

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

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

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

なお、1次冷却材系統における漏えい検査により、機器の健全性を確認している。

(2) 計装用取出配管、計器元弁、計装配管及び計器弁の外表面からの応力腐食割れ

[余熱除去流量]

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

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

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

さらに、巡視点検時等の目視確認により機器の健全性を維持している。

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

(3) 伝送器の腐食（全面腐食）[余熱除去流量]

伝送器のケースはアルミニウム合金鋳物であり、腐食が想定される。

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

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

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

- (4) 指示計、記録計〔水平方向加速度及びアニュラス水素濃度を除いて共通〕、伝送器〔余熱除去流量〕、信号変換処理部〔アニュラス水素濃度を除いて共通〕、電源装置〔水平方向加速度、アニュラス水素濃度〕、自動／手動操作器、手動操作器、電流／空気圧変換器〔余熱除去流量、加圧器水位〕、前置増幅器〔格納容器内高レンジエリアモニタ〕及び加速度検出器〔水平方向加速度〕の特性変化指示計、記録計、信号変換処理部、電源装置、自動／手動操作器、手動操作器、電流／空気圧変換器、前置増幅器及び加速度検出器は、長時間の使用に伴い、検出特性及び信号伝達特性が変化し、長期間校正を実施しない場合、実際のプロセス値に対し、測定値及び制御値の誤差が大きくなることやマイグレーションが想定される。

しかしながら、信号処理・変換を行う電気回路部は、定格値（定格電圧、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、短期間で特性変化を起こす可能性は小さいと考える。

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

さらに、定期的な校正試験を行い、有意な特性変化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。

- (5) リレー回路の導通不良〔水平方向加速度〕

水平方向加速度計のリレー回路は、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、接点部分は筐体に収納されており、塵埃の付着により導通不良が発生する可能性は小さい。

また、定期的な校正試験でリレー回路に導通不良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。

- (6) 筐体 [余熱除去流量、加圧器水位、水平方向加速度、出力領域中性子束、格納容器内高レンジエリアモニタ]、スタンション [1次冷却材圧力、余熱除去流量、加圧器水位]、ベースプレート [1次冷却材圧力、余熱除去流量、加圧器水位、アニュラス水素濃度]、サポート [1次冷却材圧力、余熱除去流量、加圧器水位]、チャンネルベース [余熱除去流量、加圧器水位] 及び架台 [格納容器内高レンジエリアモニタ、アニュラス水素濃度] の腐食（全面腐食）

筐体、スタンション、ベースプレート、サポート、チャンネルベース及び架台は炭素鋼であり腐食が想定される。

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

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

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

- (7) パイプハンガー及びパイプハンガークランプの腐食（全面腐食）

[1次冷却材圧力、余熱除去流量、加圧器水位]

パイプハンガー及びパイプハンガークランプは炭素鋼であり腐食が想定される。

しかしながら、亜鉛メッキにより腐食を防止しており、メッキ面が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、定期的な目視確認によりメッキ面の状態を確認し、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) 取付ボルトの腐食（全面腐食）

[余熱除去流量、加圧器水位、格納容器内高レンジエリアモニタ、アニュラス水素濃度]

取付ボルトはステンレス鋼又は炭素鋼であり、炭素鋼は腐食が想定される。

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

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

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

(9) 埋込金物（大気接触部）の腐食（全面腐食）

[1次冷却材圧力、余熱除去流量、加圧器水位、格納容器内高レンジエリアモニタ]

埋込金物は炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部は塗装により腐食を防止しており、塗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。

(10) 基礎ボルトの腐食（全面腐食）

[1次冷却材圧力、余熱除去流量、加圧器水位、水平方向加速度、出力領域中性子束、格納容器内高レンジエリアモニタ、アニュラス水素濃度]

基礎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。

(11) オリフィスの腐食（流れ加速型腐食）〔余熱除去流量〕

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

しかしながら、ステンレス鋼であり、流速を低く設計していることから、流れ加速型腐食が発生する可能性はないと考える。

したがって、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(12) オリフィスの応力腐食割れ〔余熱除去流量〕

オリフィスはステンレス鋼であり、応力腐食割れが想定される。

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

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

したがって、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(13) 埋込金物（コンクリート埋設部）の腐食（全面腐食）

〔1次冷却材圧力、余熱除去流量、加圧器水位、格納容器内高レンジエリアモニタ〕

埋込金物は炭素鋼であり、腐食が想定される。

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

2.2.4 消耗品及び定期取替品

1次冷却材圧力、加圧器水位の伝送器、測温抵抗体、中性子束検出器、放射線検出器、水素濃度検出器、電源装置（ただし、水平方向加速度及びアニュラス水素濃度は電源装置内の電解コンデンサ）、ヒューズ及び表示器については定期取替品である。

いずれも、長期使用はせず取替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。

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

表2.2-1 玄海3号炉 1次冷却材圧力計測制御設備に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考	
				減 肉		割 れ		絶 縁	導 通	特 性		その他
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁低下	導通不良	特性変化		
プロセス値の伝達機能	計装用取出配管		ステンレス鋼				△*1				*1：内面からの応力腐食割れ *2：大気接触部 *3：コンクリート埋設部	
	計器元弁		ステンレス鋼				△*1					
	計装配管		ステンレス鋼									
	計器弁		ステンレス鋼									
プロセス値の検出機能	伝送器	◎	—									
電源供給・信号変換・演算・制御機能	信号変換処理部		半 導 体							△		
	ヒューズ	◎	—									
	電源装置	◎	—									
工学値への変換機能	指示計		炭素鋼、プラスチック							△		
	記録計		半 導 体、炭素鋼 アルミニウム合金鋳物							△		
	ヒューズ	◎	—									
機器の支持機能	ベースプレート		炭 素 鋼		△							
	サポート		炭 素 鋼		△							
	サポート台		ステンレス鋼									
	パイプハンガー		炭素鋼（亜鉛メッキ）		△							
	ライナー		ステンレス鋼									
	パイプハンガークランプ		炭素鋼（亜鉛メッキ）		△							
	取付ボルト		ステンレス鋼									
	スタンション		炭 素 鋼		△							
	埋込金物		炭 素 鋼		△*2 ▲*3							
	基礎ボルト（メカニカルアノカ）		炭 素 鋼		△							

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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

表2.2-2 玄海3号炉 余熱除去流量計測制御設備に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・ 定期 取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考	
				減 肉		割 れ		絶 縁	導 通	特 性		その他
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁低下	導通不良	特性変化		
プロセス値の 伝達機能	計装用取出配管		ステンレス鋼				△ ^{*1}				*1：外面からの 応力腐食割れ *2：流れ加速型 腐食 *3：大気接触部 *4：コンクリート 埋設部	
	計器元弁		ステンレス鋼				△ ^{*1}					
	計装配管		ステンレス鋼				△ ^{*1}					
	計器弁		ステンレス鋼				△ ^{*1}					
	オリフィス 注)		ステンレス鋼		▲ ^{*2}		▲					
プロセス値の 検出機能	伝送器		半導体、ステンレス鋼、 アルミニウム合金鋳物		△					△		
	信号変換処理部		半 導 体							△		
電源供給・信 号変換・演算・ 制御機能	ヒューズ	◎	—									
	電源装置	◎	—									
	自動／手動操作器		半導体、炭素鋼							△		
	手動操作器		半 導 体 アルミニウム合金							△		
	電流／空気圧変換器		コイル、コントロールレ							△		
工学値への変 換機能	指示計		炭素鋼、プラスチック							△		
	記録計		半導体、炭素鋼 アルミニウム合金鋳物							△		
	ヒューズ	◎	—									
機器の支持機 能	ベースプレート		炭 素 鋼		△							
	サポート		炭 素 鋼		△							
	サポート台		ステンレス鋼									
	パイプハンガー		炭素鋼（亜鉛メッキ）		△							
	ライナー		ステンレス鋼									
	パイプハンガークランプ		炭素鋼（亜鉛メッキ）		△							
	取付ボルト		ステンレス鋼、炭素鋼		△							
	スタンション		炭 素 鋼		△							
	埋込金物		炭 素 鋼		△ ^{*3} ▲ ^{*4}							
	筐 体		炭 素 鋼		△							
	チャンネルベース		炭 素 鋼		△							
	基礎ボルト		炭 素 鋼		△							
	基礎ボルト（メカカルアソカ）		炭 素 鋼		△							

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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

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

表2.2-3 玄海3号炉 加圧器水位計測制御設備に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考	
				減 肉		割 れ		絶 縁	導 通	特 性		その他
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁低下	導通不良	特性変化		
プロセス値の伝達機能	計装用取出配管		ステンレス鋼				△ ^{*1}				*1：内面からの 応力腐食割れ *2：大気接触部 *3：コンクリート埋設部	
	計器元弁		ステンレス鋼				△ ^{*1}					
	計装配管		ステンレス鋼									
	計器弁		ステンレス鋼									
プロセス値の検出機能	伝送器	◎	—									
電源供給・信号変換・演算・制御機能	信号変換処理部		半 導 体							△		
	ヒューズ	◎	—									
	電源装置	◎	—									
	自動/手動操作器		半導体、炭素鋼							△		
	手動操作器		半 導 体 アルミニウムダイキャスト							△		
	電流/空気圧変換器		コイル、コントロールレー							△		
工学値への変換機能	指示計		炭素鋼、プラスチック							△		
	記録計		半導体、炭素鋼 アルミニウム合金鋳物							△		
	ヒューズ	◎	—									
機器の支持機能	ベースプレート		炭 素 鋼		△							
	サポート		炭 素 鋼		△							
	サポート台		ステンレス鋼									
	パイプハンガー		炭素鋼（亜鉛メッキ）		△							
	ライナー		ステンレス鋼									
	パイプハンガークランプ		炭素鋼（亜鉛メッキ）		△							
	取付ボルト		ステンレス鋼、炭素鋼		△							
	スタンション		炭 素 鋼		△							
	埋込金物		炭 素 鋼		△ ^{*2} ▲ ^{*3}							
	筐 体		炭 素 鋼		△							
	チャンネルベース		炭 素 鋼		△							
	基礎ボルト		炭 素 鋼		△							
	基礎ボルト（メカカルソカ）		炭 素 鋼		△							

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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

表2.2-4 玄海3号炉 1次冷却材高温側温度（広域）計測制御設備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		
プロセス値の検出機能	測温抵抗体	◎	—									
電源供給・信号変換・演算・制御機能	信号変換処理部		半 導 体								△	
	ヒューズ	◎	—									
	電源装置	◎	—									
工学値への変換機能	指 示 計		炭素鋼、プラスチック								△	
	記 録 計		半導体、炭素鋼 アルミニウム合金鋳物								△	
	ヒューズ	◎	—									

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-5 玄海3号炉 水平方向加速度計測制御設備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			
プロセス値の検出機能	加速度検出器		コイル								△		
電源供給・信号変換・演算・制御機能	信号変換処理部		半 導 体								△		
	リレー回路		ニッケル銀 (金メッキ)						△				
	電源装置		半 導 体								△		
	電解コンデンサ	◎	—										
	ヒューズ	◎	—										
機器の支持機能	筐 体		炭 素 鋼		△								
	基礎ボルト		炭 素 鋼		△								

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-6 玄海3号炉 出力領域中性子束計測制御設備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		
プロセス値の検出機能	中性子束検出器	◎	—									
電源供給・信号変換・演算・制御機能	信号変換処理部		半 導 体							△		
	ヒューズ	◎	—									
	電源装置	◎	—									
工学値への変換機能	指 示 計		炭素鋼、プラスチック							△		
	記 録 計		半導体、プラスチック							△		
	ヒューズ	◎	—									
機器の支持機能	筐 体		炭 素 鋼		△							
	基礎ボルト		炭 素 鋼		△							

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-7 玄海3号炉 格納容器内高レンジエリアモニタ計測制御設備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	絶縁低下	導通不良	特性変化		
プロセス値の検出機能	放射線検出器	◎	—									*1: 大気接触部 *2: コンクリート埋設部
電源供給・信号変換・演算・制御機能	前置増幅器		半 導 体							△		
	信号変換処理部		半 導 体							△		
	ヒューズ	◎	—									
	電源装置	◎	—									
工学値への変換機能	指 示 計		炭素鋼、プラスチック							△		
	記 録 計		半導体、プラスチック 炭 素 鋼							△		
	ヒューズ	◎	—									
機器の支持機能	筐 体		炭 素 鋼		△							
	架 台		炭 素 鋼		△							
	取付ボルト		炭 素 鋼		△							
	埋込金物		炭 素 鋼		△ ^{*1} ▲ ^{*2}							
	基礎ボルト		炭 素 鋼		△							

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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

表2.2-8 玄海3号炉 アニュラス水素濃度計測制御設備に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・定期取替品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考	
				減 肉		割 れ		絶 縁	導 通	特 性		その他
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁低下	導通不良	特性変化		
プロセス値の検出機能	水素濃度検出器	◎	—									
電源供給・信号変換・演算・制御機能	電源装置		半 導 体							△		
	電解コンデンサ	◎	—									
工学値への変換機能	表 示 器	◎	—									
機器の支持機能	架 台		炭 素 鋼		△							
	取付ボルト		ステンレス鋼 炭 素 鋼		△							
	ベースプレート		炭 素 鋼		△							
	基礎ボルト (メカカルアンカ)		炭 素 鋼		△							

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

3. 代表機器以外への展開

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

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

[圧 力]

- ① 加圧器圧力
- ② 主蒸気ライン圧力
- ③ 格納容器圧力
- ④ 制御用空気供給母管圧力
- ⑤ 海水母管圧力
- ⑥ アニュラス内圧力
- ⑦ タービン非常遮断油圧
- ⑧ タービン第1段圧力
- ⑨ AM用格納容器圧力
- ⑩ 安全補機室内圧力

[流 量]

- ① 1次冷却材流量
- ② 高圧注入ポンプ流量
- ③ 補助給水流量
- ④ B格納容器スプレイ流量積算流量
- ⑤ AM用消火水積算流量

[水 位]

- ① ほう酸タンク水位
- ② 蒸気発生器狭域水位
- ③ 蒸気発生器広域水位
- ④ 格納容器再循環サンプル水位 (狭域)
- ⑤ 格納容器再循環サンプル水位 (広域)
- ⑥ 原子炉補機冷却水サージタンク水位
- ⑦ 燃料取替用水タンク水位
- ⑧ 復水タンク水位
- ⑨ 使用済燃料ピット水位 (S A)
- ⑩ 原子炉下部キャビティ水位
- ⑪ 原子炉格納容器水位
- ⑫ 原子炉容器水位
- ⑬ 取水ピット水位

[温 度]

- ① 1次冷却材低温側温度 (広域)
- ② 1次冷却材高温側温度 (狭域)
- ③ 1次冷却材低温側温度 (狭域)
- ④ 格納容器内温度
- ⑤ 格納容器内温度 (S A)
- ⑥ 空調用冷凍機温度
- ⑦ 使用済燃料ピット温度 (S A)
- ⑧ 静的触媒式水素再結合装置動作監視装置
- ⑨ 電気式水素燃焼装置動作監視装置

[地 震]

- ① 鉛直方向加速度

[中性子束]

- ① 中間領域中性子束
- ② 中性子源領域中性子束

[放 射 線]

- ① 使用済燃料ピット周辺線量率 (中間レンジ)
- ② 使用済燃料ピット周辺線量率 (高レンジ)

3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

3.1.1 測温抵抗体の絶縁低下 [空調用冷凍機温度]

測温抵抗体の絶縁物は有機物であり、熱的及び環境的要因で絶縁性能の低下を起こす可能性がある。

測温抵抗体の絶縁物は、感温部から延長ケーブルまでは、酸化マグネシウムを、また延長ケーブル及び感温部と延長ケーブルとの接続部については、シリコンワニスガラス編組を使用しており、絶縁性能の低下を起こす可能性は小さい。

測温抵抗体の絶縁低下には、定期的に絶縁抵抗測定を行い、有意な絶縁低下がないことを確認している。

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。

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。

したがって、測温抵抗体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。

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 計装用取出配管、計器元弁（炭素鋼、鋳鉄）の内面からの腐食（全面腐食）

[海水母管圧力]

海水母管圧力の計装用取出配管、計器元弁の内面は海水が接するため、内面からの腐食が想定される。

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

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

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

3.2.2 計器元弁の内面からの腐食（全面腐食）

[補助給水流量、AM用消火水積算流量]

補助給水流量及びAM用消火水積算流量の計器元弁は炭素鋼であり、内部流体が飽和溶存酸素濃度（最大約8ppm）であるため、長期使用により腐食が想定される。

しかしながら、系統の弁分解点検時等に目視確認を実施し、有意な減肉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。

3.2.3 1次冷却材系統に接する計装用取出配管等の応力腐食割れ

[加圧器圧力、1次冷却材流量、原子炉容器水位]

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

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

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

なお、1次冷却材系統における漏えい検査により、機器の健全性を確認している。

3.2.4 計装用取出配管、計器元弁、計装配管及び計器弁の外表面からの応力腐食割れ

[計装用取出配管、計器元弁、計装配管及び計器弁がステンレス鋼の機器共通（格納容器内を除く屋内設置分）]

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

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

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

さらに、巡視点検等の目視確認により、機器の健全性を維持している。

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

3.2.5 計装用取出配管等（炭素鋼、鋳鉄、銅合金）の外表面からの腐食（全面腐食）

[計装用取出配管、計器元弁、計装配管及び計器弁が炭素鋼、鋳鉄又は銅合金]
計装用取出配管等は炭素鋼、鋳鉄又は銅合金であり、外表面からの腐食が想定される。

しかしながら、炭素鋼、鋳鉄製は塗装又は防水措置（保温）により腐食を防止しており、塗装又は防水措置（保温）が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、巡視点検等で目視により塗装又は防水措置（保温）の状態を確認し、はく離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。

一方、銅合金製は耐食性がよく、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、定期的な目視確認により、機器の健全性を維持している。

3.2.6 伝送器の腐食（全面腐食）

[主蒸気ライン圧力、格納容器圧力、制御用空気供給母管圧力、海水母管圧力、アニュラス内圧力、タービン非常遮断油圧、タービン第1段圧力、AM用格納容器圧力、安全補機室内圧力、補助給水流量、B格納容器スプレイ流量積算流量、AM用消火水積算流量、ほう酸タンク水位、原子炉補機冷却水サージタンク水位、燃料取替用水タンク水位、復水タンク水位]

伝送器のケースはアルミニウム合金鋳物であり、腐食が想定される。

しかしながら、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。

3.2.7 指示計等の特性変化 [指示計等を含む機器共通]

指示計、表示器、記録計、伝送器、信号変換処理部、電源装置、自動／手動操作器、手動操作器、電流／空気圧変換器、前置増幅器及び加速度検出器は、長時間の使用に伴い、検出特性及び信号伝達特性が変化し、長期間校正を実施しない場合、実際のプロセス値に対し、測定値及び制御値の誤差が大きくなることやマイグレーションが想定される。

しかしながら、信号処理・変換を行う電気回路部は、定格値（定格電圧、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、また、屋内又は筐体内に設置されていることから環境変化の程度は小さく、短期間で特性変化を起こす可能性は小さいと考える。

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

さらに、定期的な校正試験を行い、有意な特性変化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。

3.2.8 リレー回路の導通不良 [鉛直方向加速度]

鉛直方向加速度計のリレー回路は、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、接点部分は筐体に収納されており、塵埃の付着により導通不良が発生する可能性は小さい。

また、定期的な校正試験でリレー回路に導通不良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。

3.2.9 筐体、スタンション、ベースプレート、サポート及びチャンネルベースの腐食（全面腐食）[筐体、スタンション、ベースプレート、サポート及びチャンネルベースを含む機器共通]

筐体、スタンション、ベースプレート、サポート及びチャンネルベースは炭素鋼であり腐食が想定される。

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

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

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

3.2.10 パイプハンガー及びパイプハンガークランプの腐食（全面腐食）

[パイプハンガー及びパイプハンガークランプを含む機器共通]

パイプハンガー及びパイプハンガークランプは炭素鋼であり腐食が想定される。

しかしながら、亜鉛メッキにより腐食を防止しており、メッキ面が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、定期的な目視確認によりメッキ面の状態を確認し、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。

3.2.11 取付ボルトの腐食（全面腐食）[取付ボルトを含む機器共通]

取付ボルトはステンレス鋼又は炭素鋼であり、炭素鋼は腐食が想定される。

しかしながら、メッキ又は塗装により腐食を防止しており、メッキ又は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メッキ又は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。

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

埋込金物は炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部は塗装により腐食を防止しており、塗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。

3.2.13 基礎ボルトの腐食（全面腐食）

〔基礎ボルトを含む機器共通〕 及び劣化〔使用済燃料ピット周辺線量率（中間レンジ）、使用済燃料ピット周辺線量率（高レンジ）〕

基礎ボルトはステンレス鋼又は炭素鋼であり、炭素鋼は腐食が想定される。また、ケミカルアンカには樹脂を使用しており、劣化が想定される。

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

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

3.2.14 計装用取出配管、計器元弁、計装配管及び計器弁（銅合金）の内面からの腐食（全面腐食）

[海水母管圧力、アニュラス内圧力、安全補機室内圧力]

海水母管圧力、アニュラス内圧力、安全補機室内圧力の計装用取出配管等は銅合金であり、計装用取出配管等に接する内部流体の影響により腐食が想定される。

しかしながら、計装用取出配管等に使用している銅合金は耐食性がよく、腐食の発生し難い環境にある。

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

3.2.15 オリフィスの腐食（流れ加速型腐食）

[高圧注入ポンプ流量、補助給水流量、B格納容器スプレイ流量積算流量、AM用消火水積算流量]

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

しかしながら、通常運転中通水されておらず、流れ加速型腐食が発生する可能性はないと考える。

したがって、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

3.2.16 オリフィスの応力腐食割れ

[高圧注入ポンプ流量、補助給水流量、B格納容器スプレイ流量積算流量、AM用消火水積算流量]

オリフィスはステンレス鋼であり、応力腐食割れが想定される。

しかしながら、流体温度は、通常運転中、周囲温度と同等と低いことから、応力腐食割れが発生する可能性はないと考える。

したがって、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

3.2.17 埋込金物（コンクリート埋設部）の腐食（全面腐食）

[埋込金物を含む機器共通]

埋込金物は炭素鋼であり、腐食が想定される。

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

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

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

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

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

2 制御設備

[対象分類]

- ① 保護・シーケンス盤
- ② 監視・操作盤
- ③ 制御盤

目 次

1. 対象機器及び代表機器の選定	1
1.1 グループ化の考え方及び結果	1
1.2 代表機器の選定	1
2. 代表機器の技術評価	5
2.1 構造、材料及び使用条件	5
2.2 経年劣化事象の抽出	14
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価	23
3. 代表機器以外への展開	32
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主要な制御設備の主な仕様を表1-1に示す。

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

1.1 グループ化の考え方及び結果

表1-1に示す制御設備を機能で分類すると、3つのグループに分類される。

1.2 代表機器の選定

制御設備は、検出回路、ロジック回路等の機器の組合せにより構成されている。

使用されている各構成機器は、設備の持つ機能に依存せず、構造、材料、使用条件等が同等であることから、経年劣化に対する健全性評価は、構成機器単位で実施する。

そのため、主要な構成機器の組合せを考慮し、各構成機器が評価されるように代表機器を選定した。

(1) 保護・シーケンス盤

このグループには、原子炉安全保護計装盤、原子炉安全保護シーケンス盤、多様化自動作動設備が属するが、主要構成機器の観点から原子炉安全保護計装盤を代表機器とする。

(2) 監視・操作盤

このグループには、主盤、原子炉補助盤、原子炉関連盤、所内盤、中央制御室外原子炉停止盤、中央制御室外換気空調盤、使用済燃料ピット状態監視カメラ、重大事故等対処用制御盤、統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備、緊急時運転パラメータ伝送システム（SPDS）、無線連絡設備、衛星携帯電話設備及び津波監視カメラが属するが、重要度が高く主要構成機器の観点から主盤を代表機器とする。

(3) 制御盤

このグループには、ディーゼル発電機制御盤、制御用空気圧縮機制御盤、制御用空気除湿装置制御盤、空調用冷凍機制御盤、タービン動補助給水ポンプ盤及び1次冷却材ポンプ電源監視盤が属するが、主要構成機器の観点からディーゼル発電機制御盤を代表機器とする。

表1-1(1/3) 玄海3号炉 制御設備の主な仕様

分離基準	盤名称 (面数)	選定基準							選定	選定理由	
		主要構成機器									重要度*1
		検出回路部	論理回路部	操作回路部	監視回路部	駆動回路部	電源部				
保護・シーケンス盤	原子炉安全保護計装盤 (28)	—	半導体基板補助継電器	操作スイッチ	—	—	NFB*2 電源装置 冷却ファン	MS-1、重*4	◎	主要構成機器	
	原子炉安全保護シーケンス盤 (26)	—	半導体基板補助継電器	操作スイッチ	—	—	NFB*2 電源装置	MS-1			
	多様化自動作動設備 (1)	—	半導体基板補助継電器 タイマ	—	—	—	NFB*2 電源装置	重*4			
監視・操作盤	主盤 (5)	—	—	操作スイッチ	表示灯	—	NFB*2 電源装置	MS-1、重*4	◎	重要度 主要構成機器	
	原子炉補助盤 (4)	—	—	操作スイッチ	表示灯	—	NFB*2 電源装置	MS-1			
	原子炉関連盤 (3)	—	—	操作スイッチ	表示灯	—	NFB*2 電源装置	MS-1			
	所内盤 (1)	—	—	操作スイッチ	表示灯	—	NFB*2 電源装置	MS-1			
	中央制御室外原子炉停止盤 (4)	—	—	操作スイッチ	表示灯	—	NFB*2	MS-2			
	中央制御室外換気空調盤 (4)	—	—	操作スイッチ	表示灯	—	—	MS-2			
	使用済燃料ピット状態監視カメラ (1)	カメラ ユニット	半導体基板	映像信号 ケーブル	表示端末	—	NFB*2 UPS*3	重*4			

*1：機能は最上位の機能を示す

*2：ノーヒューズブレーカ

*3：無停電電源装置

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

表1-1(2/3) 玄海3号炉 制御設備の主な仕様

分離基準	盤名称 (面数)	選 定 基 準							重要度*1	選定	選定理由
		主 要 構 成 機 器									
		検出回路部	論理回路部	操作回路部	監視回路部	駆動回路部	電源部				
監視・ 操作盤	重大事故等対処用 制御盤 (2)	—	半導体基板	—	表示端末	—	電源装置 NFB*2	重*3			
	統合原子力防災ネットワ ークに接続する通信連絡 設備 (1)	—	通信機器	—	表示端末	—	NFB*2 UPS*6	重*3			
	緊急時運転パラメータ 伝送システム (SPDS) (1)	—	通信機器 半導体基板	—	表示端末*4	—	電源装置 NFB*2 UPS*6	重*3			
	無線連絡設備 (1)	—	通信機器	—	—	—	—	重*3			
	衛星携帯電話設備 (1)	—	通信機器 半導体基板	—	—	—	NFB*2	重*3			
	津波監視カメラ (1)	カメラ ユニット	半導体基板	—	表示端末	—	NFB*2	設*5			

*1：機能は最上位の機能を示す

*2：ノーヒューズブレーカ

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

*4：SPDSデータ表示装置

*5：設計基準対象施設として評価対象とした機器及び構造物であることを示す

*6：無停電電源装置

表1-1(3/3) 玄海3号炉 制御設備の主な仕様

分離基準	盤名称 (面数)	選 定 基 準							選定	選定理由	
		主 要 構 成 機 器									重要度*1
		検出回路部	論理回路部	操作回路部	監視回路部	駆動回路部	電源部				
制 御 盤	ディーゼル発電機制御盤 (12)	励磁装置 保護リレー (静止形) 保護リレー (機械式) 計器用変圧器 計器用変流器	電圧調整装置 スピードリレー 電圧設定器 補助継電器 タイマ ヒューズ	操作スイッチ ロックアウト リレー	表示灯 指示計 故障表示器	電磁接触器 シリコン整流器	NFB*2	MS-1、重*3	◎	主要構成 機器	
	制御用空気圧縮機制御盤 (2)	—	補助継電器 タイマ	操作スイッチ	表示灯	—	NFB*2	MS-1			
	制御用空気除湿装置制御 盤 (2)	—	補助継電器 タイマ	操作スイッチ	表示灯	電磁接触器	NFB*2 変圧器	MS-1			
	空調用冷凍機制御盤 (4)	計装用変換器	温度制御器 補助継電器 タイマ	操作スイッチ	表示灯 指示計	電磁接触器	NFB*2 変圧器	MS-1			
	タービン動補助給水ポン プ盤 (6)	—	補助継電器	—	表示灯	電磁接触器	NFB*2	MS-1			
	1次冷却材ポンプ電源監 視盤 (4)	保護リレー (静止形) 計器用変圧器	補助継電器 タイマ ヒューズ	—	表示灯	—	NFB*2	MS-1			

*1：機能は最上位の機能を示す

*2：ノーヒューズブレーカ

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

2. 代表機器の技術評価

本章では1章で代表機器とした以下の3種類の制御設備について技術評価を実施する。

- ① 原子炉安全保護計装盤
- ② 主 盤
- ③ ディーゼル発電機制御盤

2.1 構造、材料及び使用条件

2.1.1 原子炉安全保護計装盤

(1) 構 造

玄海3号炉の原子炉安全保護計装盤は、半導体基板等の主要構成機器及び機器を支持するための筐体、取付ボルト、チャンネルベース及び基礎ボルトから構成されている。

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

玄海3号炉の原子炉安全保護計装盤の主要部位構成図を図2.1-1に示す。

(2) 材料及び使用条件

玄海3号炉の原子炉安全保護計装盤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。

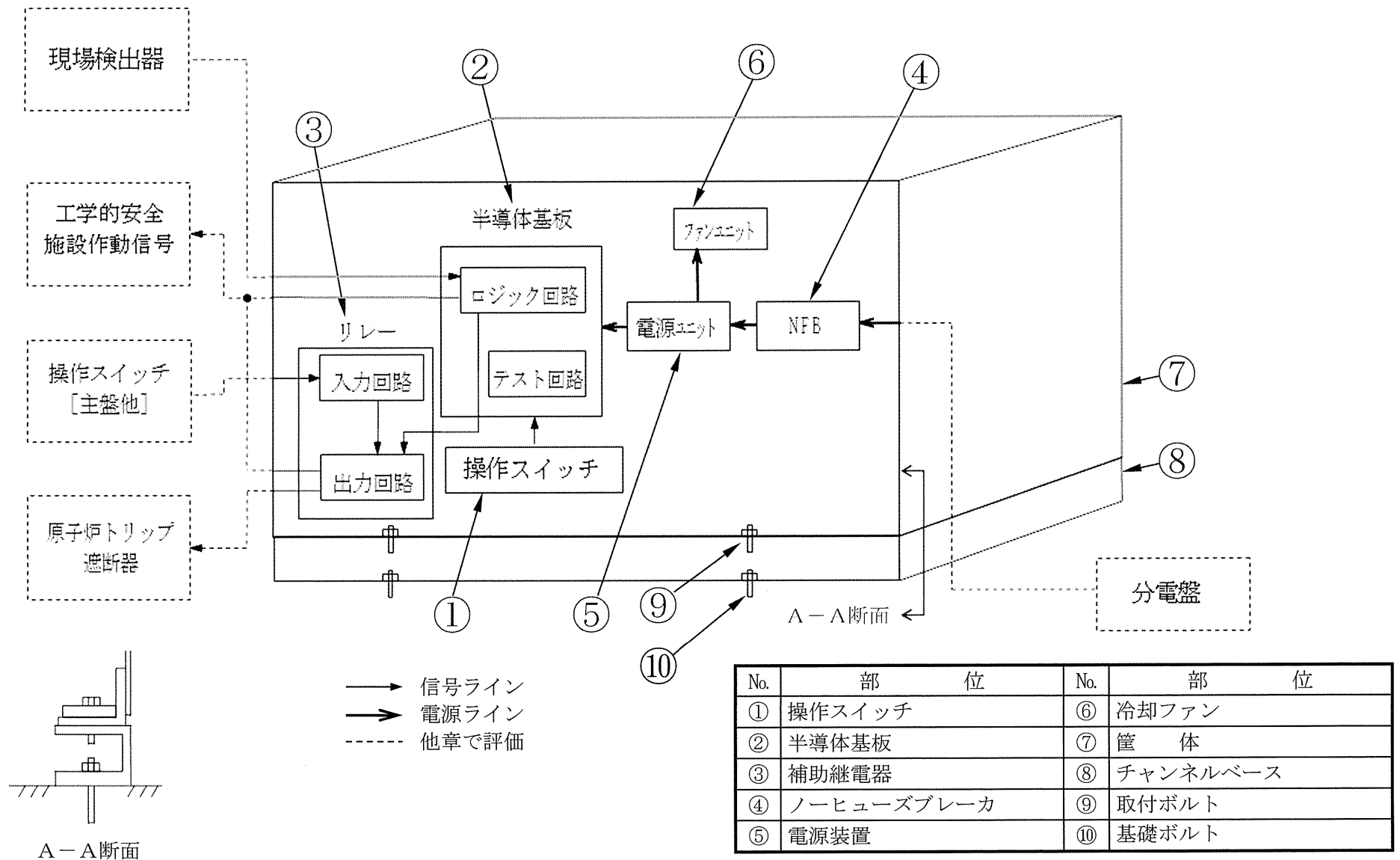


図2.1-1 玄海3号炉 原子炉安全保護計装盤の主要部位構成図

表2.1-1 玄海3号炉 原子炉安全保護計装盤主要部位の使用材料

部 位		材 料
主要構成機器	操作スイッチ	黄銅、銀合金
	半導体基板	半 導 体
	補助継電器	消耗品・定期取替品
	ノーヒューズブレーカ	消耗品・定期取替品
	電源装置	消耗品・定期取替品
	冷却ファン	消耗品・定期取替品
支持構造物	筐 体	炭 素 鋼
	チャンネルベース	炭 素 鋼
	取付ボルト	炭 素 鋼
	基礎ボルト	炭 素 鋼

表2.1-2 玄海3号炉 原子炉安全保護計装盤の使用条件

設 置 場 所	リレー室
周 囲 温 度	約24℃*1

*1：原子炉格納容器外の設計平均温度

2.1.2 主 盤

(1) 構 造

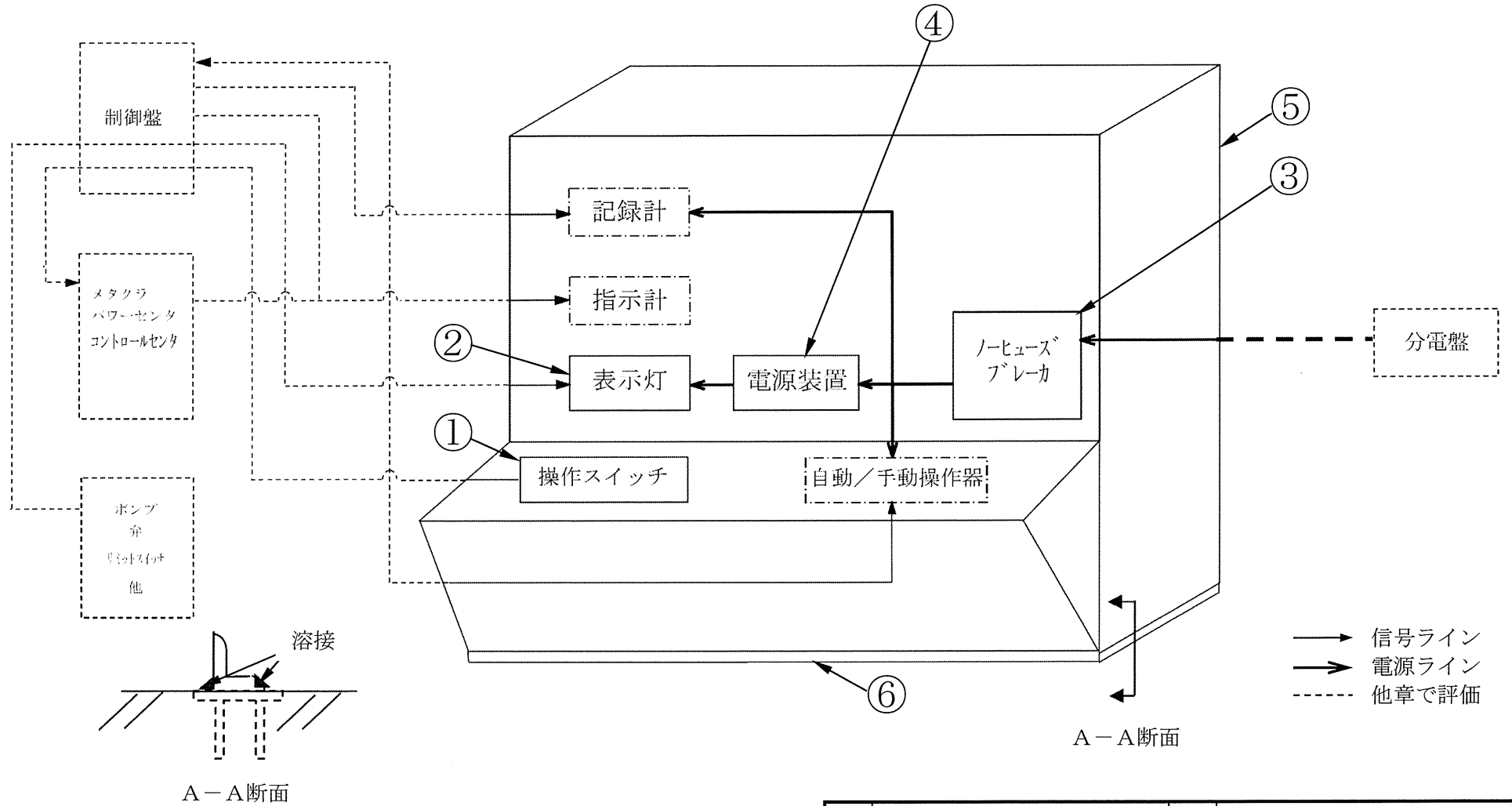
玄海3号炉の主盤は、操作スイッチ等の主要構成機器及び機器を支持するための筐体及び埋込金物から構成されている。

主盤は、プロセスからの信号を受け、それに見合った制御信号を出力する機能、プラントの操作機能及びプロセスの監視機能を有する。

玄海3号炉の主盤の主要部位構成図を図2.1-2に示す。

(2) 材料及び使用条件

玄海3号炉の主盤の使用材料及び使用条件を表2.1-3及び表2.1-4に示す。



No.	部 位	No.	部 位
①	操作スイッチ	④	電源装置
②	表示灯	⑤	筐 体
③	ノーヒューズブレーカ	⑥	埋込金物

図2.1-2 玄海3号炉 主盤の主要部位構成図

表2.1-3 玄海3号炉 主盤主要部位の使用材料

部 位		材 料
主要構成機器	操作スイッチ	銅、銀
	表示灯	消耗品・定期取替品
	ノーヒューズブレーカ	消耗品・定期取替品
	電源装置	消耗品・定期取替品
支持構造物	筐 体	炭 素 鋼
	埋込金物	炭 素 鋼

表2.1-4 玄海3号炉 主盤の使用条件

設 置 場 所	中央制御室
周 囲 温 度	約24℃*1

*1：原子炉格納容器外の設計平均温度

2.1.3 ディーゼル発電機制御盤

(1) 構造

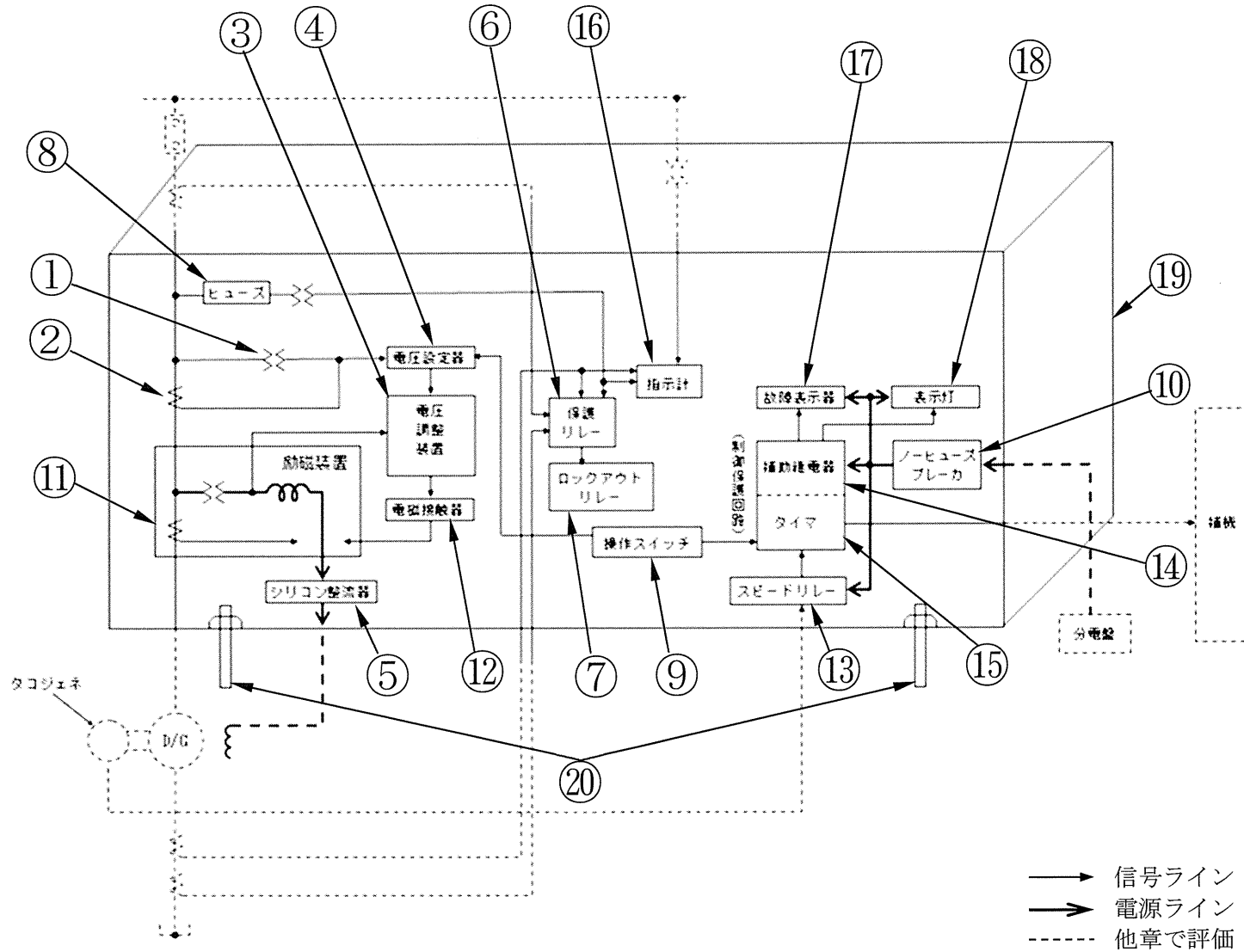
玄海3号炉のディーゼル発電機制御盤は、各種制御機器等の主要構成機器及び機器を支持するための筐体及び基礎ボルトから構成されている。

ディーゼル発電機制御盤は、発電所安全系電源が喪失した際にディーゼル発電機を自動起動し、必要な機器に安定して電源を供給できる制御機能を有している。

玄海3号炉のディーゼル発電機制御盤の主要部位構成図を図2.1-3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制御盤の使用材料及び使用条件を表2.1-5及び表2.1-6に示す。



No.	部 位
①	計器用変圧器
②	計器用変流器
③	電圧調整装置
④	電圧設定器
⑤	シリコン整流器
⑥	保護リレー(静止形、機械式)
⑦	ロックアウトリレー
⑧	ヒューズ
⑨	操作スイッチ
⑩	ノーヒューズブレーカ
⑪	励磁装置
⑫	電磁接触器
⑬	スピードリレー
⑭	補助継電器
⑮	タイマ
⑯	指示計
⑰	故障表示器
⑱	表示灯
⑲	筐 体
⑳	基礎ボルト

図2.1-3 玄海3号炉 ディーゼル発電機制御盤の主要部位構成図

表2.1-5 玄海3号炉 ディーゼル発電機制御盤主要部位の使用材料

部 位		材 料
主要構成機器	計器用変圧器	銅、エポキシ樹脂（A種絶縁）
	計器用変流器	銅、ポリオレフィンゴム（A種絶縁）
	電圧調整装置	半 導 体
	電圧設定器	炭素鋼、小型直流モータ
	シリコン整流器	半 導 体
	保護リレー（静止形）	銅、リレー、半導体、ホルマール樹脂及びフェノール樹脂（A種絶縁）
	保護リレー（機械式）	銅、リレー、ホルマール樹脂及びフェノール樹脂（A種絶縁）
	ロックアウトリレー	消耗品・定期取替品
	ヒューズ	消耗品・定期取替品
	操作スイッチ	銅、銀
	ノーヒューズブレーカ	消耗品・定期取替品
	励磁装置	銅、ポリアミド絶縁紙（H種絶縁）
	電磁接触器	消耗品・定期取替品
	スピードリレー	半導体、リレー
	補助継電器	消耗品・定期取替品
	タイマ	消耗品・定期取替品
	指 示 計	炭素鋼、プラスチック
	故障表示器	消耗品・定期取替品
	表 示 灯	消耗品・定期取替品
支持構造物	筐 体	炭 素 鋼
	基礎ボルト	炭 素 鋼

表2.1-6 玄海3号炉 ディーゼル発電機制御盤の使用条件

設 置 場 所	ディーゼル発電機制御盤室
周 囲 温 度	約40℃*1

*1：原子炉格納容器外の設計平均温度

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機能達成に必要な項目

制御設備の機能である信号の制御機能を維持するためには、次の2つの項目が必要である。

- ① 機器の制御・保護・監視・操作機能
- ② 機器の支持

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

制御設備について、機能達成に必要な項目を考慮して、主要な構成品の構造、材料、使用条件及び現在までの運転経験等を考慮し、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（表2.2-1～表2.2-3で○となっているもの）としては、以下の事象がある。

(1) 計器用変流器及び計器用変圧器の絶縁低下 [ディーゼル発電機制御盤]

計器用変流器及び計器用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) 保護リレーの絶縁低下 [ディーゼル発電機制御盤]

保護リレーの絶縁物は有機物であり、熱的、電氣的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) 励磁装置の絶縁低下 [ディーゼル発電機制御盤]

励磁装置の絶縁物は有機物であり、熱的、電氣的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～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) 操作スイッチの導通不良 [共通]

操作スイッチは、接点部分に浮遊塵埃が付着することにより、導通不良が想定される。

しかしながら、操作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、機器の健全性を維持している。

(2) 半導体基板 [原子炉安全保護計装盤]、電圧調整装置、スピードリレー、保護リレー（静止形）及び指示計 [ディーゼル発電機制御盤] の特性変化

半導体基板等は、長時間の使用に伴い、制御機能の低下が考えられる。

しかしながら、半導体基板等を構成している電気回路部は、定格値（定格電圧、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、また、屋内に設置されていることから環境変化の程度は小さく、短期間で特性変化を起こす可能性は小さいと考える。

また、マイグレーションによる基板中の回路間短絡及び半導体回路の断線についても、回路製作時、スクリーニングを実施し、要因の1つとして考えられる製作不良に基づく回路電流集中が除かれているため、半導体回路断線が発生する可

能性は小さいと考える。

さらに定期的な校正試験を行い有意な特性変化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。

(3) 保護リレー（機械式）の特性変化 [ディーゼル発電機制御盤]

保護リレー（機械式）は、長期間の使用に伴い可動部の摩耗等により動作特性が変化する可能性がある。

しかしながら、保護リレー（機械式）は、「電気学会 電気規格調査会標準規格 電力用保護継電器（JEC-2500-1987）」に定める10,000回の耐久試験を形式試験として実施し、機構及び特性に異常が生じないことを確認しており、また、屋内に設置されていることから環境変化の程度は小さく、短期間での急激な特性変化が生じる可能性は小さいと考えられる。

また、可動部に油やグリスを使用していないことから、グリス等の固着により可動コイルの動作特性が変化することは考え難い。

さらに、定期的な校正試験により、機器の健全性を維持している。

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

(4) 電圧設定器の特性変化 [ディーゼル発電機制御盤]

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

しかしながら、非常用ディーゼル発電機の起動回数は月に2回程度と少なく、その動作時間も約10秒/回と短い。

また、定期的なブラシ摩耗量測定により、機器の健全性を維持している。

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

(5) シリコン整流器の特性変化 [ディーゼル発電機制御盤]

シリコン整流器は高い温度で運転し続けると特性の変化が想定される。

しかしながら、使用電流値と比べて一定の裕度を持つ定格の素子を使用することで、発熱を低減するとともに、放熱板で冷却することにより、整流器の温度を

一定に保つように設計しており、特性が急激に変化する可能性は小さいと考える。
また、定期的な校正試験により、機器の健全性を維持している。

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

- (6) 筐体 [共通]、チャンネルベース、取付ボルト [原子炉安全保護計装盤] 及び埋込金物 (大気接触部) [主盤] の腐食 (全面腐食)

筐体、チャンネルベース、取付ボルト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、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。

- (7) 基礎ボルトの腐食 (全面腐食)

[原子炉安全保護計装盤、ディーゼル発電機制御盤]

基礎ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

基礎ボルトの健全性評価については各機器で共通であることから、機械設備の技術評価書のうち「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。

- (8) 埋込金物 (コンクリート埋設部) の腐食 (全面腐食) [主盤]

埋込金物は炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、コンクリート埋設部については、コンクリートが中性化に至るまで長期間要することから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

2.2.4 消耗品及び定期取替品

表示灯は動作確認の結果に基づき取り替えている消耗品であり、ノーヒューズブレーカ、電源装置、ロックアウトリレー、ヒューズ、電磁接触器、補助継電器、タイマ及び故障表示器は定期取替品であるため、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。

なお、冷却ファンについては、容易に修復が可能であることから、事後保全としている。

表2.2-1 玄海3号炉 原子炉安全保護計装盤に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 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		
機器の制御・ 保護・監視・ 操作機能	操作スイッチ		黄銅、銀合金						△			
	半導体基板		半 導 体							△		
	補助継電器	◎	—									
	ノーヒューズブレーカ	◎	—									
	電源装置	◎	—									
	冷却ファン	◎	—									
機器の支持	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ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-2 玄海3号炉 主盤に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 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		
機器の制御・保護・監視・操作機能	操作スイッチ		銅、銀						△		*1：大気接触部 *2：コンクリート埋設部	
	表示灯	◎	—									
	ノーヒューズブレーカ	◎	—									
	電源装置	◎										
機器の支持	筐 体		炭素鋼		△							
	埋込金物		炭素鋼		△*1 ▲*2							

△：高経年化対策上着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(1/2) 玄海3号炉 ディーゼル発電機制御盤に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 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		
機器の制御・ 保護・監視・ 操作機能	計器用変圧器		銅 エポキシ樹脂 (A種絶縁)					○				
	計器用変流器		銅 ポリオレフィンゴ ム(A種絶縁)					○				
	電圧調整装置	半導体基板	半 導 体							△		
	電圧設定器		炭 素 鋼 小型直流モータ							△		
	シリコン整流器		半 導 体							△		
	保護リレー (静止形)		銅、リレー、半導 体、ホルマール樹 脂及びフェノール 樹脂 (A種絶縁)					○		△		
	保護リレー (機械式)		銅、リレー、ホル マール樹脂及びフ ェノール樹脂 (A 種絶縁)					○		△		
	ロックアウトリレー	◎	—									
	ヒューズ	◎	—									
	操作スイッチ		銅、銀							△		
ノーヒューズブレーカ	◎	—										

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-3(2/2) 玄海3号炉 ディーゼル発電機制御盤に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 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		
機器の制御・ 保護・監視・ 操作機能	励磁装置		銅 ポリアミド絶縁紙 (H種絶縁)					○				
	電磁接触器	◎	—									
	スピードリレー		半 導 体 リ レ ー							△		
	補助継電器	◎	—									
	タイマ	◎	—									
	指 示 計		炭 素 鋼 プ ラ ス チ ッ ク								△	
	故障表示器	◎	—									
	表 示 灯	◎	—									
機器の支持	筐 体		炭 素 鋼		△							
	基礎ボルト		炭 素 鋼		△							

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着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 計器用変流器及び計器用変圧器の絶縁低下 [ディーゼル発電機制御盤]

a. 事象の説明

計器用変流器及び計器用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考えられる。

b. 技術評価

① 健全性評価

計器用変流器及び計器用変圧器の絶縁低下については、絶縁物内の微小欠陥における部分放電の長期継続により絶縁物の劣化の形で進行し、最終的に絶縁破壊に至ることから、電気特性試験における部分放電消滅電圧及び部分放電電荷量の測定結果を、「電気学会 電気規格調査会標準規格 計器用変成器（保護継電器用）（JEC-1201-1985）」、「日本工業規格 計器用変成器-（標準用及び一般計測用）第1部：変流器（JIS C 1731-1:1998）」及び「日本工業規格 計器用変成器-（標準用及び一般計測用）第2部：計器用変圧器（JIS C 1731-2:1998）」に基づく基準値と比較することにより、絶縁性能状態の把握が可能である。

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

図2.3-1に示すように60年相当の課電劣化試験^{*1}及び熱サイクル試験^{*2}による健全性調査の結果、部分放電消滅電圧及び部分放電電荷量は基準値を満足しており、絶縁性能は維持できると評価できる。

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

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

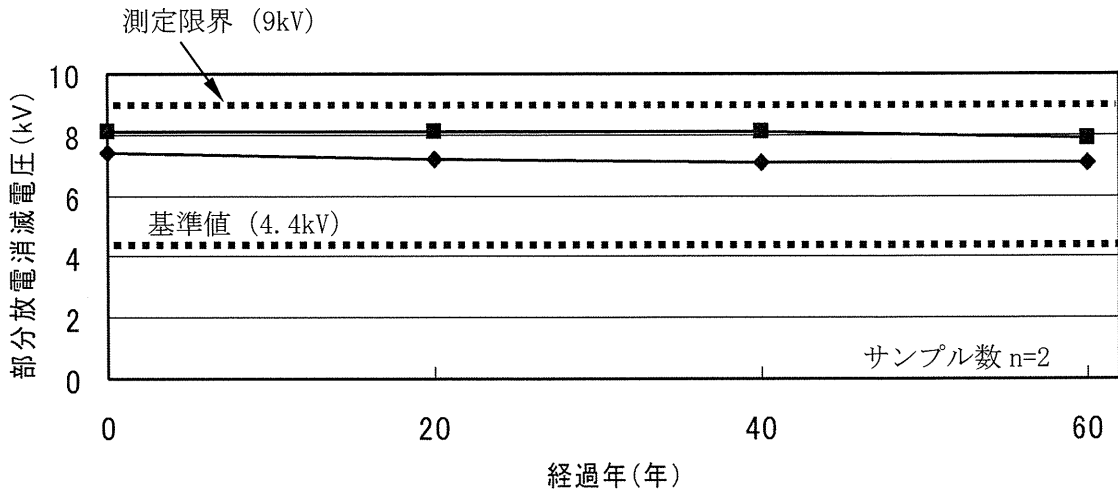


図2.3-1(1/8) 計器用変圧器の部分放電特性 (課電劣化試験による部分放電消滅電圧)
 [出典：電力共通研究「原子力発電所における電気・計装品の健全性評価
 研究 (STEP2)」2001年度]

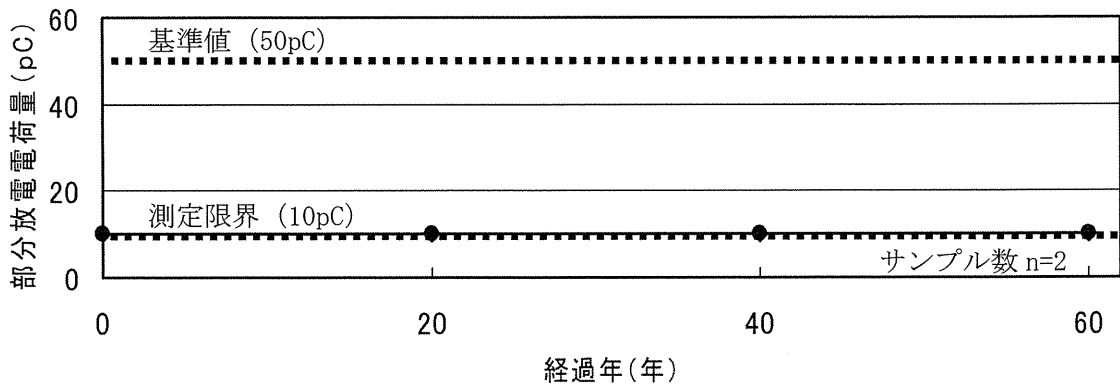


図2.3-1(2/8) 計器用変圧器の部分放電特性 (課電劣化試験による部分放電電荷量)
 [出典：電力共通研究「原子力発電所における電気・計装品の健全性評価
 研究 (STEP2)」2001年度]

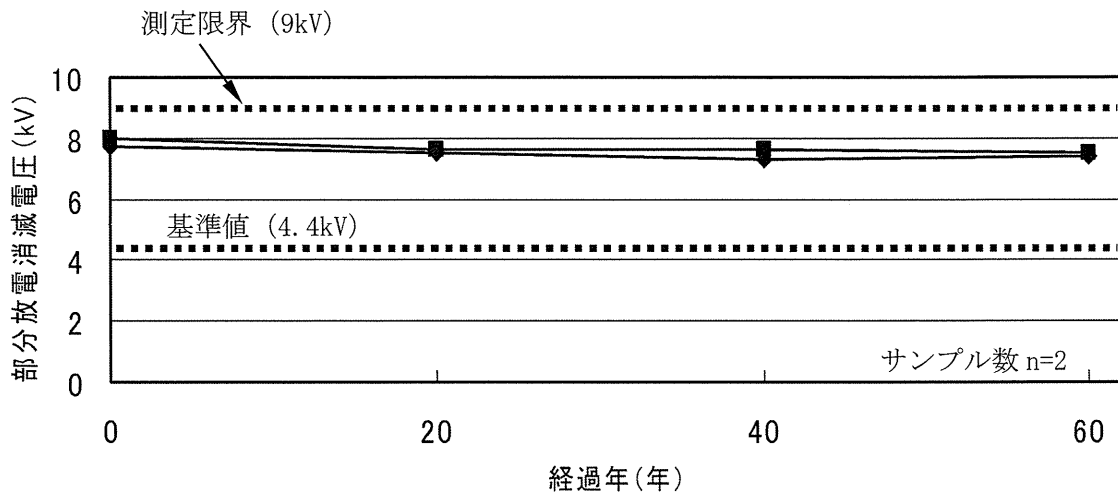


図2.3-1(3/8) 計器用変圧器の部分放電特性 (熱サイクル試験による部分放電消滅電圧)
 [出典：電力共通研究「原子力発電所における電気・計装品の健全性評価
 研究 (STEP2)」2001年度]

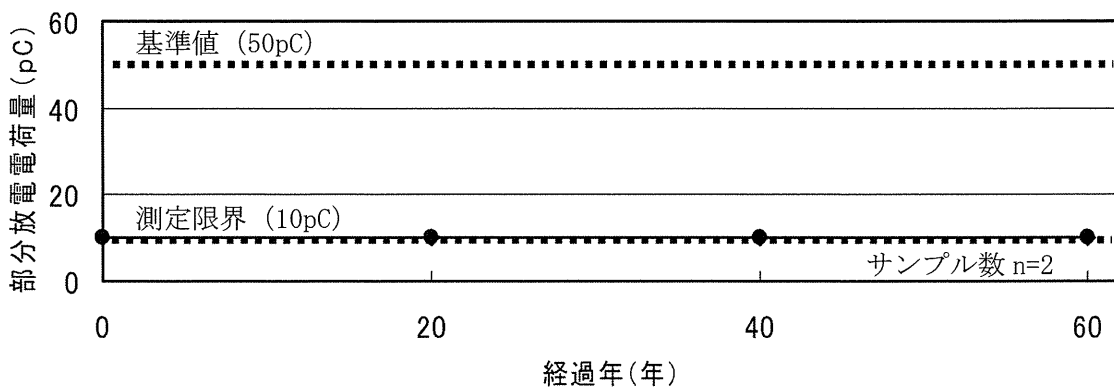


図2.3-1(4/8) 計器用変圧器の部分放電特性 (熱サイクル試験による部分放電電荷量)
 [出典：電力共通研究「原子力発電所における電気・計装品の健全性評価
 研究 (STEP2)」2001年度]

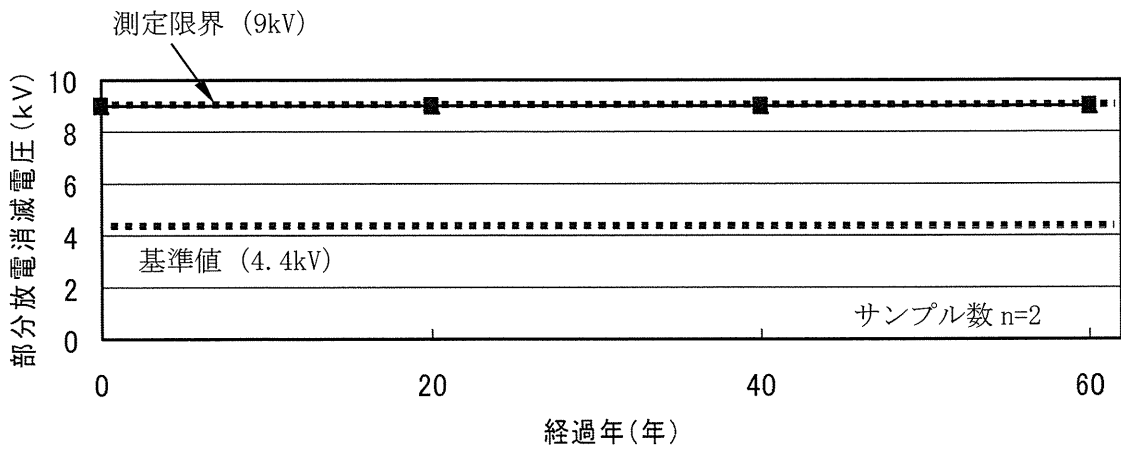


図2.3-1(5/8) 計器用変流器の部分放電特性（課電劣化試験による部分放電消滅電圧）
 [出典：電力共通研究「原子力発電所における電気・計装品の健全性評価
 研究（STEP2）」2001年度]

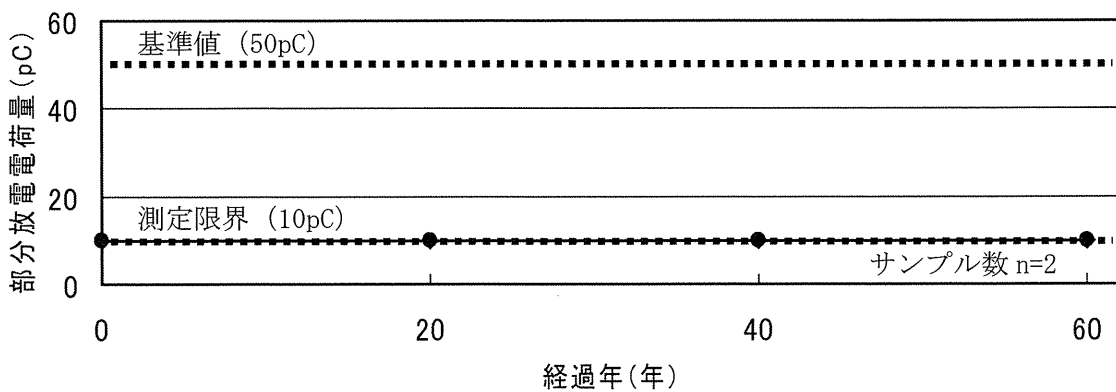


図2.3-1(6/8) 計器用変流器の部分放電特性（課電劣化試験による部分放電電荷量）
 [出典：電力共通研究「原子力発電所における電気・計装品の健全性評価
 研究（STEP2）」2001年度]

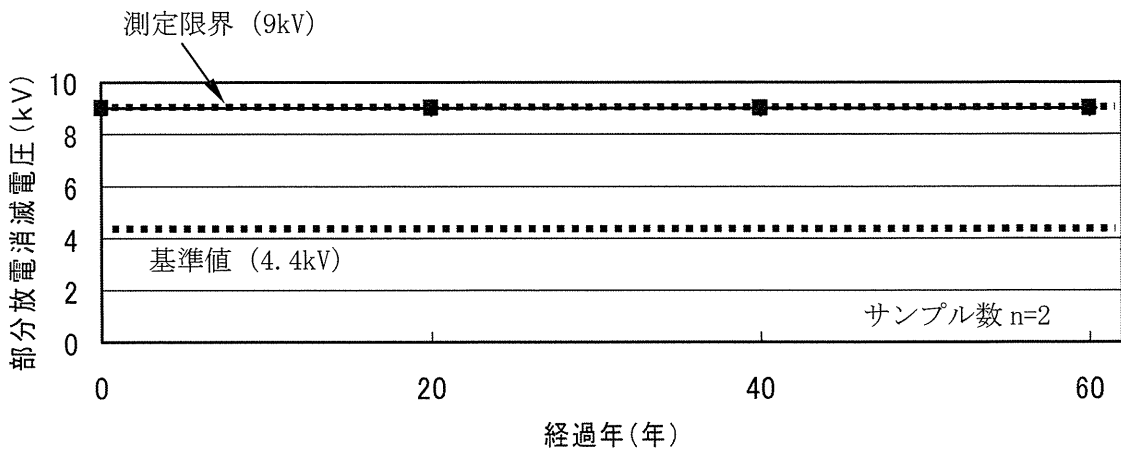


図2.3-1(7/8) 計器用変流器の部分放電特性 (熱サイクル試験による部分放電消滅電圧)

[出典：電力共通研究「原子力発電所における電気・計装品の健全性評価
研究 (STEP2)」2001年度]

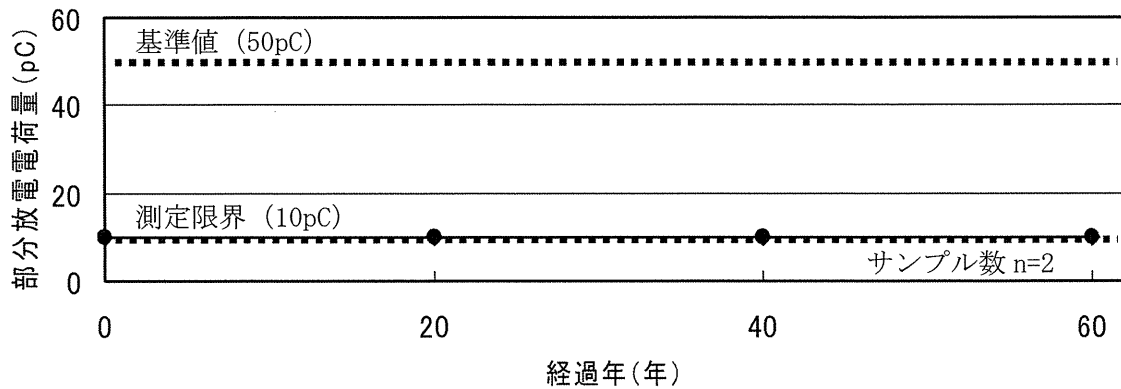


図2.3-1(8/8) 計器用変流器の部分放電特性 (熱サイクル試験による部分放電電荷量)

[出典：電力共通研究「原子力発電所における電気・計装品の健全性評価
研究 (STEP2)」2001年度]

② 現状保全

計器用変流器及び計器用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、有意な絶縁低下がないことを確認している。

③ 総合評価

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

絶縁低下は、絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切である。

c. 高経年化への対応

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

2.3.2 保護リレーの絶縁低下 [ディーゼル発電機制御盤]

a. 事象の説明

保護リレー内部に使用されている入力トランスは有機物であり、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。

b. 技術評価

① 健全性評価

保護リレーは屋内に設置された筐体内に設置されているため、環境変化は小さく、また、塵埃が付着しにくい環境にある。

保護リレーの健全性評価として、同種の保護リレーの絶縁低下に対する評価試験を実施し、健全性を評価した。

図2.3-2では、コイル部絶縁の絶縁破壊電圧を示している。この評価からコイル部絶縁の絶縁破壊電圧の95%信頼区間下限が判定基準に達するまでの期間は約40年となるため、急激な絶縁低下の可能性は小さいと考えるが、絶縁低下の可能性は否定できない。

なお、判定基準は、保護リレーのコイル部絶縁仕様の耐電圧であるAC2kV（電気学会 電気規格調査会標準規格 電力用保護継電器（JEC-2500-1987））としている。

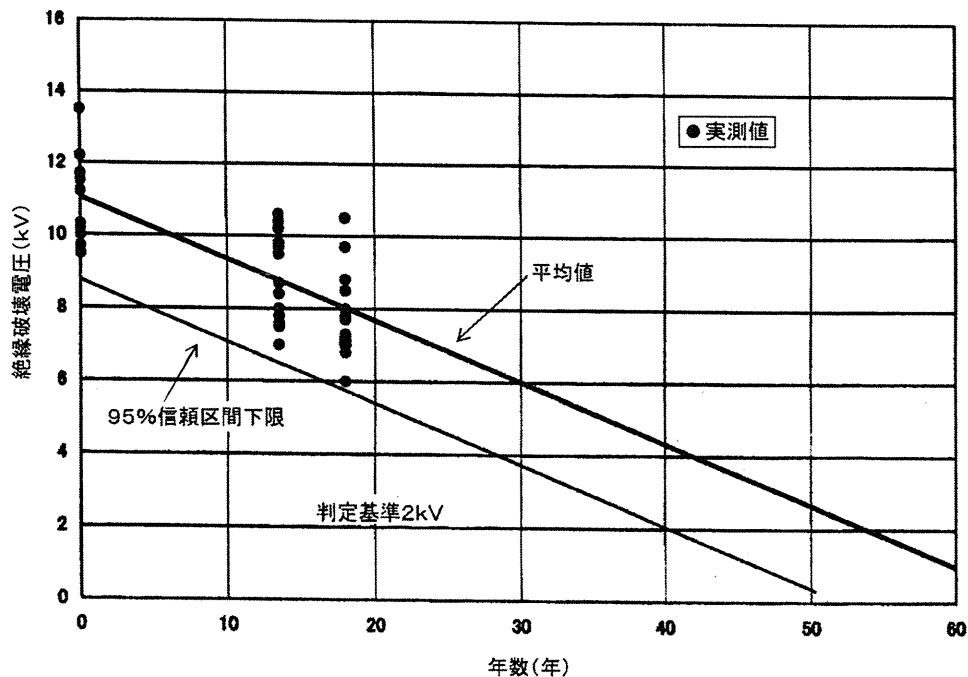


図2.3-2 保護リレーの絶縁破壊電圧と使用年数の関係

[出典：メーカーデータ]

② 現状保全

保護リレーの絶縁低下に対しては、定期的な絶縁抵抗測定により、許容値以上であることの確認を行っている。

また、絶縁抵抗測定結果に基づき、必要により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、保護リレー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

保護リレー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、絶縁抵抗測定結果に基づき必要により取替えを実施していく。

2.3.3 励磁装置の絶縁低下 [ディーゼル発電機制御盤]

a. 事象の説明

励磁装置は励磁用の変圧器である。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。

b. 技術評価

① 健全性評価

励磁装置は、屋内に設置された制御盤筐体内に内蔵されているため、環境変化の程度は小さく、塵埃の付着により絶縁性能の低下を起こす可能性は小さい。

しかしながら、励磁装置の絶縁低下に対しては、過去に実施した精密点検（ $\tan \delta$ 測定及び直流吸収比測定）の結果から、熱的、電氣的的要因により設備の納入後30年前後より絶縁抵抗の低下が生じる可能性が考えられる。

② 現状保全

励磁装置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。

また、適切な頻度で、励磁装置の精密点検を実施し、異常のないことを確認している。

③ 総合評価

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

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

励磁装置の絶縁低下については、定期的に絶縁抵抗測定並びに適切な頻度で精密点検を実施していく。

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 原子炉安全保護シーケンス盤
- ② 多様化自動作動設備
- ③ 原子炉補助盤
- ④ 原子炉関連盤
- ⑤ 所内盤
- ⑥ 中央制御室外原子炉停止盤
- ⑦ 中央制御室外換気空調盤
- ⑧ 使用済燃料ピット状態監視カメラ
- ⑨ 重大事故等対処用制御盤
- ⑩ 統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備
- ⑪ 緊急時運転パラメータ伝送システム（SPDS）
- ⑫ 無線連絡設備
- ⑬ 衛星携帯電話設備
- ⑭ 津波監視カメラ
- ⑮ 制御用空気圧縮機制御盤
- ⑯ 制御用空気除湿装置制御盤
- ⑰ 空調用冷凍機制御盤
- ⑱ タービン動補助給水ポンプ盤
- ⑲ 1次冷却材ポンプ電源監視盤

3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

3.1.1 変圧器の絶縁低下 [制御用空気除湿装置制御盤、空調用冷凍機制御盤]

変圧器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。

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

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

したがって、変圧器の絶縁低下については、定期的な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。

3.2.1 操作スイッチの導通不良

[原子炉安全保護シーケンス盤、原子炉補助盤、原子炉関連盤、所内盤、中央制御室外原子炉停止盤、中央制御室外換気空調盤、制御用空気圧縮機制御盤、制御用空気除湿装置盤、空調用冷凍機制御盤]

操作スイッチは、接点部分に浮遊塵埃が付着することにより、導通不良が想定される。

しかしながら、操作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。

- 3.2.2 指示計 [空調用冷凍機制御盤]、計装用変換器、温度制御器 [空調用冷凍機制御盤]、カメラユニット [使用済燃料ピット状態監視カメラ] 及び半導体基板 [原子炉安全保護シーケンス盤、多様化自動作動設備、使用済燃料ピット状態監視カメラ、重大事故等対処用制御盤、緊急時運転パラメータ伝送システム (SPDS)、衛星携帯電話、津波監視カメラ] の特性変化

半導体基板等は、長時間の使用に伴い、制御機能の低下が考えられる。

半導体基板等を構成している電気回路部は、定格値 (定格電圧、電流値) に対して、回路上は十分低い範囲で使用される設計としており、また、屋内に設置されていることから環境変化の程度は小さく、短期間での特性変化を起こす可能性は小さいと考える。

また、マイグレーションによる基板中の回路間短絡及び半導体回路の断線についても、回路製作時、スクリーニングを実施し、要因の1つとして考えられる製作不良に基づく回路電流集中が除かれているため、半導体回路断線が発生する可能性は小さいと考える。

さらに定期的な校正試験を行い有意な特性変化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。

- 3.2.3 筐体、埋込金物 (大気接触部)、サポート、チャンネルベース、台板、取付ボルト及び架台の腐食 (全面腐食)

[筐体、埋込金物、サポート、チャンネルベース、台板、取付ボルト及び架台を含む機器共通]

筐体、埋込金物、サポート、チャンネルベース、台板、取付ボルト及び架台は炭素鋼又はアルミ鋳物であり、腐食が想定される。

しかしながら、塗装又はメッキにより腐食を防止しており、塗装又はメッキ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。

3.2.4 基礎ボルトの腐食（全面腐食）

[原子炉安全保護シーケンス盤、多様化自動作動設備、中央制御室外原子炉停止盤、使用済燃料ピット状態監視カメラ、重大事故等対処用制御盤、統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備、緊急時運転パラメータ伝送システム（SPDS）、無線連絡設備、衛星携帯電話設備、津波監視カメラ、制御用空気圧縮機制御盤、タービン動補助給水ポンプ盤] 及び劣化 [使用済燃料ピット状態監視カメラ、統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備、緊急時運転パラメータ伝送システム（SPDS）、津波監視カメラ]

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。

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

3.2.5 埋込金物（コンクリート埋設部）の腐食（全面腐食）

[埋込金物（コンクリート埋設部）を含む機器共通]

埋込金物は炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、コンクリート埋設部については、コンクリートが中性化に至るまで長期間要することから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。