

玄海原子力発電所3号炉

電気設備の技術評価書

[運転を断続的に行うことを前提とした評価]

九州電力株式会社

玄海3号炉の電気設備のうち、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電圧区分、設置場所等でグループ化し、同一グループ内の複数の機器の存在を考慮して、重要度、仕様、使用条件等の観点から代表機器を選定した。

これらの一覧を表1に、機能を表2に示す。

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

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

本評価書では電気設備の型式等を基に、以下の4つに分類している。

- 1 メタルクラッド開閉装置（メタクラ）
- 2 動力変圧器
- 3 パワーセンタ
- 4 コントロールセンタ

表 1 (1/4) 玄海 3 号炉 主要な電気設備 メタクラ

分離基準	電圧区分	機器名称 (群数)	仕様	選定基準						選定理由	
				重要度*1	使用条件		内蔵遮断器				
				重要度*1	運	定格使用 電圧 (V)	周囲温度 (°C)	投入方式	定格電流(A) (最大)	遮断電流 (kA)	
高圧		メタクラ (安全系) (2)	高圧閉鎖形 母線定格電流 1,200A	MS-1、重*2	連	6,900	約35	ばね	1,200	63	◎
			高圧閉鎖形 定格電流 1,200A	重*2	一	6,600	約40	ばね	1,200	44	
		重大事故等対処用変圧器受電盤 (1)	屋外用壁掛盤 定格電流 600A	重*2	一	6,600	約40	—	—	—	—
			代替電源接続統盤 1 (1)	屋外用壁掛盤 定格電流 600A	重*2	一	6,600	約40	—	—	—
		代替電源接続統盤 2 (1)	屋内用壁掛盤 定格電流 600A	重*2	一	6,600	約40	—	—	—	

*1：機能は最上位の機能を示す

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

表 1 (2/4) 玄海 3 号炉 主要な電気設備 動力変圧器

分離基準		機器名称 (台数)	仕様 (容量) (kVA)	選定基準			選定	選定理由	
種類	設置場所			重要度*1	使用条件	周囲温度 (°C)			
乾式自冷式	屋内	動力変圧器 (安全系) (4)	2,300	MS-1、重*2	連 続	定格電圧*3 (V)	6,600	◎	重要度
		重大事故等対処用変圧器盤 (1)	300	重*2	一 時	6,600	約35 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：高圧側の電圧を示す

表 1 (3/4) 玄海 3 号炉 主要な電気設備 パワーセンタ

機器名称 (群数)	仕様	重要度*1	使用条件			内蔵遮断器		
			運転	定格使用 電圧 (V)	周囲温度 (°C)	投入方式	定格電流(A) (最大)	遮断電流 (kA)
パワーセンタ (安全系) (4)	気中遮断器内蔵 低圧閉鎖形 母線定格電流 3,000A	MS-1、重*2	連続	460	約35	ばね	3,000	65
							1,600	50

*1：機能は最上位の機能を示す

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

表 1 (4/4) 玄海 3 号炉 主要な電気設備 コントロールセンタ

分離基準	機器名称 (群数)	選定基準				選定	選定理由		
		仕様	重要度*1	使用条件					
電圧区分	設置場所			運	転	定格使用電圧 (V)	周囲温度 (°C)		
低圧	屋内	原子炉コントロールセンタ (安全系) (8)	低圧閉鎖形 定格電流 800A	MS-1、重*2	連続	460	約35	◎	重要度、 定格電流
		ディーゼル発電機コントロールセンタ (2)	低圧閉鎖形 定格電流 400A	MS-1	連続	460	約40		
		加圧器後備ヒータグループコントロールセンタ (4)	低圧閉鎖形 定格電流 600A	MS-2	連続	460	約35		
		発電機受電盤 (2)	低圧閉鎖形 定格電流 800A	重*2	一時	220	約24		
		重大事故等対処用分電盤 (1)	低圧閉鎖形 定格電流 600A	重*2	一時	460	約40		
		常設電動注入ポンプ電源切替盤 (1)	屋内壁掛形 定格電流 400A	重*2	一時	440	約40		

*1：機能は最上位の機能を示す

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

表2 玄海3号炉 主要な電気設備の機能

機 器 名	機 能
メタクラ	発電所内高圧電源系統を構成する装置であり、高圧機器（海水ポンプ等）及び発電所内低圧電源系統への電源供給と保護を行う。
動力変圧器	高圧側電圧（6.6kV）を低圧側電圧（460V）に降圧を行う。
パワーセンタ	発電所内低圧電源系統を構成する装置であり、低圧機器（制御用空気圧縮機用電動機等）及びコントロールセンタへの電源供給と保護を行う。
コントロールセンタ	発電所内低圧電源系統を構成する装置であり、低圧機器（弁電動装置等）への電源供給と保護を行う。

1 メタルクラッド開閉装置 (メタクラ)

[対象機器]

- ① メタクラ (安全系)
- ② 重大事故等対処用変圧器受電盤
- ③ 代替電源接続盤 1
- ④ 代替電源接続盤 2

目 次

1. 対象機器及び代表機器の選定	1
1.1 グループ化の考え方及び結果	1
1.2 代表機器の選定	1
2. 代表機器の技術評価	3
2.1 構造、材料及び使用条件	3
2.2 経年劣化事象の抽出	7
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価	17
3. 代表機器以外への展開	24
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象	24
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	25

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メタルクラッド開閉装置（以下、「メタクラ」という。）の主な仕様を表1-1に示す。

これらのメタクラを、電圧区分の観点からグループ化し、以下のとおり代表機器を選定した。

1.1 グループ化の考え方及び結果

表1-1に示すメタクラについて、電圧区分の観点から1つのグループにまとめられる。

1.2 代表機器の選定

重要度の高いメタクラ（安全系）を代表機器とする。

表1-1 玄海3号炉 メタクラの主な仕様

分離基準	電圧区分	機器名称 (群数)	仕様	選定基準						選定	選定理由		
				重要度*1	使用条件		内蔵遮断器						
				重要度*1	運	転	定格使用電圧 (V)	周囲温度 (°C)	投入方式	定格電流(A) (最大)	遮断電流 (kA)		
高圧	メタクラ (安全系) (2)		高圧閉鎖形 母線定格電流 1,200A	MS-1、重*2	連	続	6,900	約35	ばね	1,200	63	◎	重要度
			高圧閉鎖形 定格電流 1,200A	重*2	一	時	6,600	約40	ばね	1,200	44		
	重大事故等対処用変圧器受電盤 (1)		屋外用壁掛盤 定格電流 600A	重*2	一	時	6,600	約40	—	—	—		
			屋内用壁掛盤 定格電流 600A	重*2	一	時	6,600	約40	—	—	—		

*1：機能は最上位の機能を示す

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

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メタクラについて技術評価を実施する。

① メタクラ（安全系）

2.1 構造、材料及び使用条件

2.1.1 メタクラ（安全系）

(1) 構造

玄海3号炉のメタクラ（安全系）は、定格使用電圧6,900V、母線定格電流1,200Aの高圧閉鎖形である。

メタクラ（安全系）にはガス遮断器を収納しており、電源回路の保護、制御のために計器用変流器、計器用変圧器等を備えている。

遮断器の投入は、ばね蓄勢用モータ（低圧モータ）により蓄勢された投入ばねによって行い、開放は投入時に蓄勢された引外しばねによって行う構造となっている。

また、電流の遮断は、接触子の開放により生じるアークに圧縮したSF₆ガスを吹き付けることにより行う。

玄海3号炉のメタクラ（安全系）構成図を図2.1-1に示す。

(2) 材料及び使用条件

玄海3号炉のメタクラ（安全系）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	母線導体	⑭	操作スイッチ
②	外 被	⑮	計器用変流器
③	操作機構	⑯	計器用変圧器
④	消弧室	⑰	保護リレー (静止形)
⑤	ブッシング	⑱	指示計
⑥	一次ジャンクション	⑲	ロックアウトリレー
⑦	接 触 子	⑳	補助継電器
⑧	投入コイル	㉑	表示灯
⑨	引外しコイル	㉒	ノーヒューズブレーカ
⑩	ばね	㉓	タイマ
⑪	ばね蓄勢用モータ (低圧モータ)	㉔	ヒューズ
⑫	主回路導体	㉕	電磁接触器
⑬	支持碍子	㉖	筐 体
		㉗	埋込金物

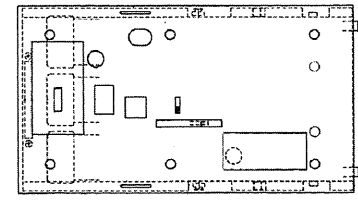
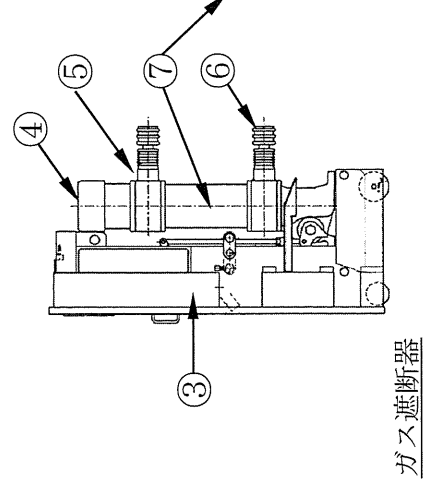
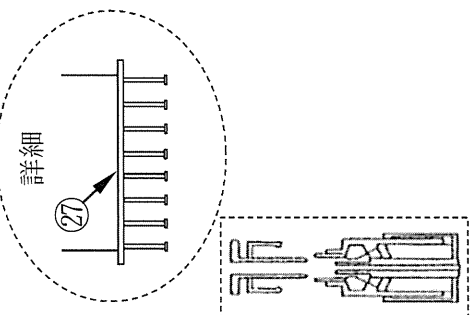
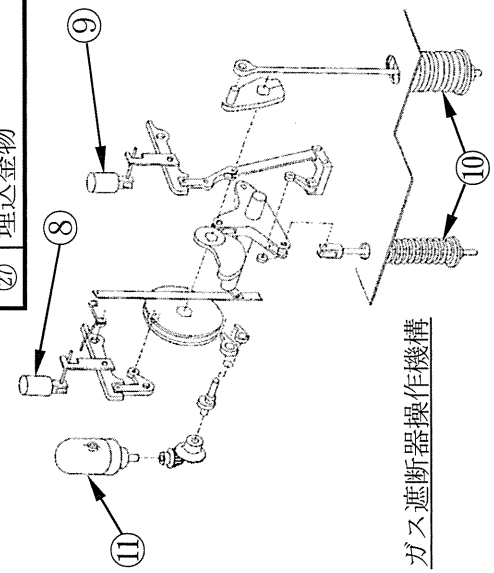
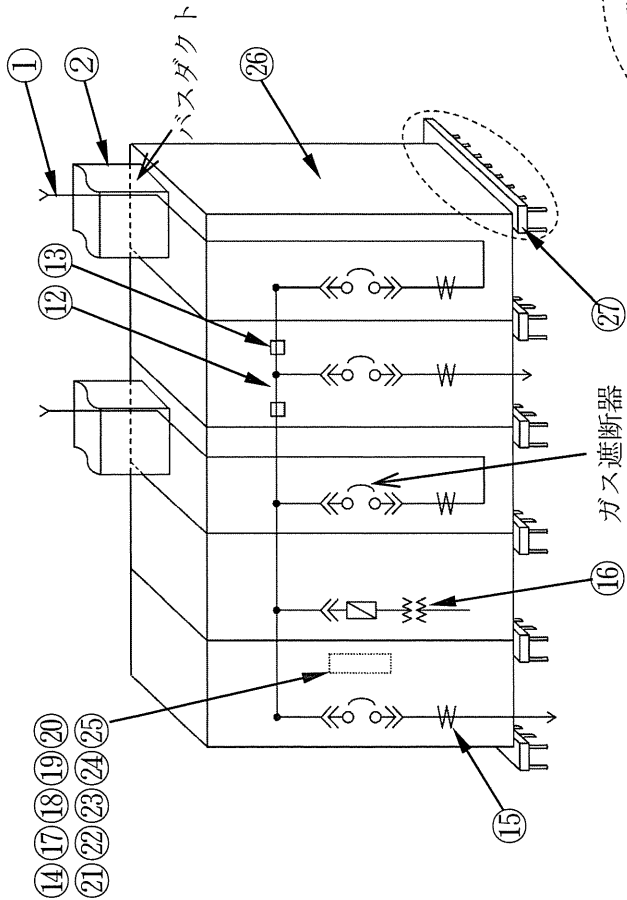


図 2.1-1 玄海3号炉 メタクラ (安全系) 構成図

表2.1-1 玄海3号炉 メタクラ（安全系）主要部位の使用材料

部 位		材 料
バスダクト	母線導体	アルミニウム合金
	外 被	炭 素 鋼
遮 断 器	操作機構	合 金 鋼
	消 弧 室	アルミニウム合金
	ブッシング	エポキシ樹脂（B種絶縁）
	一次ジャンクション	銅
	接 触 子	銀、銅タングステン
	投入コイル	銅、ポリビニルホルマール（A種絶縁）
	引外しコイル	銅、ポリビニルホルマール（A種絶縁）
	ば ね	ばね 鋼
	ばね蓄勢用モータ（低圧モータ）	銅、ポリアミドイミド（H種絶縁）
盤構成品	主回路導体	アルミニウム合金、銅
	支持碍子	磁 器
	操作スイッチ	銀、銅
	計器用変流器（巻線形）	銅、ポリオレフィンゴム系液状ゴム（A種絶縁）
	計器用変流器（貫通形）	銅、エポキシ樹脂（A種絶縁）
	計器用変圧器	銅、エポキシ樹脂（A種絶縁）
	保護リレー（静止形）	消耗品・定期取替品
	指 示 計	炭素鋼、プラスチック
	ロックアウトリレー	消耗品・定期取替品
	補助継電器	消耗品・定期取替品
	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
	タ イ マ	消耗品・定期取替品
	ヒューズ	消耗品・定期取替品
	電磁接触器	消耗品・定期取替品
支持組立品	筐 体	炭 素 鋼
	埋込金物	炭 素 鋼

表2.1-2 玄海3号炉 メタクラ（安全系）の使用条件

周 囲 温 度	約35°C*1
定格短時間耐電流	63kA 1秒
主回路温度上昇値 (最 大)	65°C
定 格 使 用 電 圧	6,900V

*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

メタクラ（安全系）の機能である給電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 遮断機能の維持、通電・絶縁機能の維持
- ② 機器の保護・監視機能の維持
- ③ 機器の支持

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

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

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

(1) ばね蓄勢用モータ（低圧モータ）の絶縁低下

ばね蓄勢用モータ（低圧モータ）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) 計器用変流器（巻線形）及び計器用変圧器の絶縁低下

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。

2.2.3 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) 母線導体の腐食（全面腐食）

バスダクト母線導体はアルミニウム合金であり、腐食が想定される。

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

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

なお、定期的な目視確認により、機器の健全性を確認している。

(2) 外被の腐食（全面腐食）

バスダクト外被は炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、内外面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) 操作機構の固着

遮断器の操作機構は、長期間の使用に伴いグリスが固化し、動作特性の低下が想定される。

しかしながら、定期的に注油を行い、各部の目視確認及び動作確認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。

(4) 消弧室の汚損

遮断器の消弧室は、遮断器の電流遮断動作に伴う消弧室でのアーク消弧により汚損した場合、消弧性能の低下が想定される。

しかしながら、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

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

(5) ブッシングの絶縁低下

遮断器のブッシングの絶縁物は有機物であり、熱的、電氣的及び環境的要因による絶縁低下が想定される。

しかしながら、ブッシングは絶縁性の高いエポキシ樹脂で形成されており、ブッシングの耐熱温度130℃に対して、主回路導体の通電時の最大温度は100℃であることから絶縁低下の可能性は小さいと考える。

また、これまでに有意な絶縁低下は認められないこと、ブッシングは盤に内蔵しているため、塵埃が付着しにくい環境にあり、有意な汚損、クラック等は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

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

なお、定期的な絶縁抵抗測定及び目視確認により、機器の健全性を確認している。

(6) 一次ジャンクションの摩耗

遮断器の一次ジャンクションは遮断器の出し入れに伴い、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、定期的な目視確認により、機器の健全性を確認している。

(7) 接触子の摩耗

遮断器の接触子は遮断器の開閉動作に伴う電流開閉により、摩耗が想定される。

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

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) 投入コイル及び引外しコイルの絶縁低下

遮断器の投入コイル及び引外しコイルの絶縁物は有機物であり、熱的、電氣的及び環境的要因による絶縁低下が想定される。

しかしながら、投入コイル及び引外しコイルは筐体内に設置されているため、塵埃が付着しにくい環境にある。また、投入コイル及び引外しコイルは連続運転ではなく、作動時間も1秒以下と短いことから、コイルの発熱による温度上昇は小さいと考えられ、使用温度に比べて、十分余裕のある絶縁種（A種：許容最高温度105℃）を選択して使用していることから、絶縁低下の可能性は小さいと考える。

また、これまでに有意な絶縁低下は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

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

なお、定期的な絶縁抵抗測定により、機器の健全性を確認している。

(9) ばねの変形（応力緩和）

遮断器のばねは、投入状態又は開放状態にて長期間保持されることにより、変形（応力緩和）が想定される。

しかしながら、ばねに発生する応力は弾性範囲であり、日本ばね工業会にて実施したばね材料と使用環境温度の実態調査結果と比べて、当該ばねは同等か余裕のある環境で使用している。

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

なお、定期的な遮断器の動作確認及び目視確認により、機器の健全性を確認している。

(10) 主回路導体の腐食（全面腐食）

主回路導体はアルミニウム合金及び銅であり、腐食が想定される。

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

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

なお、定期的な目視確認により、機器の健全性を確認している。

(11) 支持碍子の絶縁低下

支持碍子は無機物の磁器であり、経年劣化の可能性はない。

なお、長期使用においては表面の汚損による絶縁低下が想定される。

しかしながら、支持碍子は筐体内に設置されているため、塵埃が付着しにくい環境にあり、これまでに有意な汚損は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

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

なお、定期的な目視確認により、機器の健全性を確認している。

(12) 操作スイッチの導通不良

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る導通不良が想定される。

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

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

なお、定期的な遮断器の動作確認により、機器の健全性を確認している。

(13) 指示計の特性変化

指示計は、長期間の使用に伴い特性変化が想定される。

しかしながら、指示計は、高い信頼性を有するものを選定し使用しており、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、急激な特性変化を起こす可能性は小さいと考える。

また、巡視点検等での目視確認により、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。

(14) 筐体の腐食（全面腐食）

筐体は炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、内外面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。

(15) 埋込金物（大気接触部）の腐食（全面腐食）

埋込金物は炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、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。

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。

(16) 計器用変流器（貫通形）の絶縁低下

一次コイルと二次コイルがモールド（一体形成）されている形式の計器用変流器については、絶縁物が有機物であり、熱的、電気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、計器用変流器は一次コイルのない貫通型計器用変流器であり、構造上空間により絶縁が確保されている。

また、二次コイルにかかる電圧は低く、通電電流による熱的影響も小さい。さらに、空調された屋内に設置されており、塵埃による絶縁低下の可能性も小さく、これまでに有意な絶縁低下は認められていない。

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

(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には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

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る。

また、保護リレー（静止形）、ロックアウトリレー、補助継電器、ノーヒューズブレーカ、タイマ、ヒューズ及び電磁接触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。

表2.2-1(1/2) 玄海3号炉 メタクラ (安全系) に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位		消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象						備考					
					減摩	肉腐	食割	割れ	絶縁	導通		特性				
												劣化	変化			
母線導体外被		バスケット	操作機構	消弧室	ブッシング	一次ジャンクション	接触子	投入コイル	引外しコイル	ばね	ばね蓄勢用モータ(低圧モータ)	主回路導体	支持碍子			
遮断機能の維持 通電・絶縁機能の維持				アルミニウム合金		△									*1：固着 *2：汚損 *3：変形 (応力緩和)	
				炭素鋼		△										
				合金鋼												△*1
				アルミニウム合金												△*2
				エポキシ樹脂(B種絶縁)					△							
				銅			△									
				銀、銅タングステン			△									
				銅												
				ポリ・ニホルマール(A種絶縁)					△							
				銅						△						
				ポリ・ニホルマール(A種絶縁)												△*3
				ばね鋼												
				銅												
				ポリ・ニホルマール(H種絶縁)								○				
			アルミニウム合金									△				
			磁器											△		

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-1(2/2) 玄海3号炉 メタクラ (安全系) に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・ 定期 取替	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
				摩 耗	腐 食	割 れ 疲労割れ	絶 縁 絶縁低下	導 通 導通不良	特 性 特性変化		そ の 他
機能の保護・監視機能の維持	操作スイッチ		銀、銅					△			*1：大気接触部 *2：コンクリート埋設部
	計器用変流器 (巻線形)		銅 ポリオレフィンゴム系液状ゴム (A種絶縁)				○				
	計器用変流器 (貫通形)		銅 エポキシ樹脂 (A種絶縁)				▲				
	計器用変圧器		銅 エポキシ樹脂 (A種絶縁)				○				
	保護リレー (静止形)	◎	—								
	指示計		炭素鋼 プラスチック						△		
	ロックアウトリレー	◎	—								
	補助継電器	◎	—								
	表示灯	◎	—								
	ノーヒューズブレーカ	◎	—								
	タイマ	◎	—								
	ヒューズ	◎	—								
	電磁接触器	◎	—								
	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

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 (日常劣化管理事象)

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

2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

2.3.1 ばね蓄勢用モータ（低圧モータ）の絶縁低下

a. 事象の説明

ばね蓄勢用モータ（低圧モータ）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、絶縁性能の低下が生じる可能性がある。

b. 技術評価

① 健全性評価

ばね蓄勢用モータ（低圧モータ）はメタクラ筐体内に設置されているため、塵埃及び湿分が付着しにくい環境にある。また、モータは連続運転ではなく遮断器投入後に作動するもので、作動時間も数秒と短いことから、モータの発熱による温度上昇は小さいと考えられ、使用温度に比べて十分余裕のある絶縁種（H種：許容最高温度180℃）を使用していることから、絶縁低下の発生の可能性は小さいと考えるが、絶縁低下が生じる可能性は否定できない。

② 現状保全

ばね蓄勢用モータ（低圧モータ）の絶縁低下に対しては、定期的な絶縁抵抗測定により、許容値以上であることの確認を行っている。

③ 総合評価

健全性評価結果から判断して、ばね蓄勢用モータ（低圧モータ）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

ばね蓄勢用モータ（低圧モータ）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。

2.3.2 計器用変流器（巻線形）及び計器用変圧器の絶縁低下

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ある。

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-1201-1996）」、「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、絶縁性能状態を把握する。

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

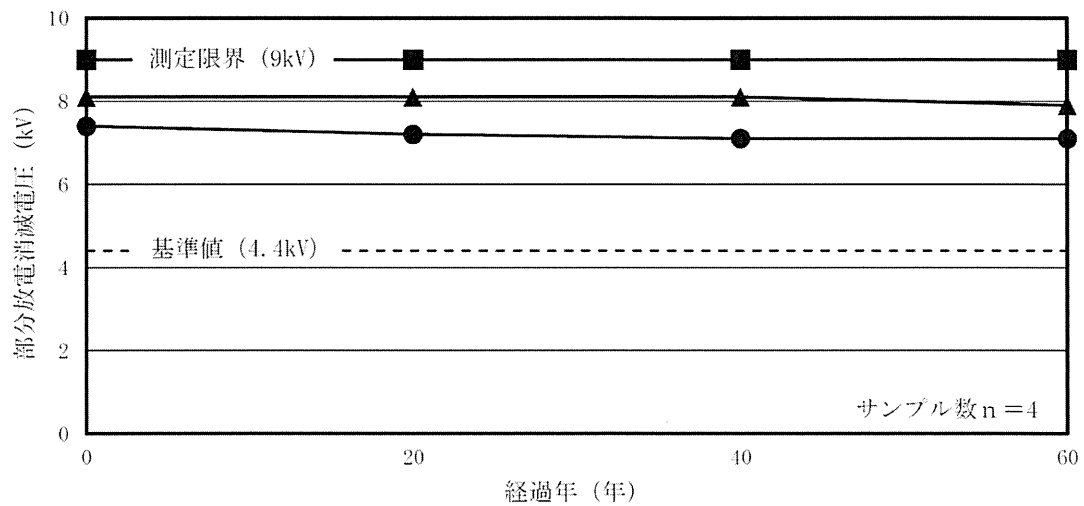


図2.3-1(1/8) 計器用変圧器の部分放電特性 (課電劣化試験による部分放電消滅電圧)
 [出典：電力共通研究「原子力発電所における電気・計装品の健全性評価
 研究 (STEP2)」2001年度]

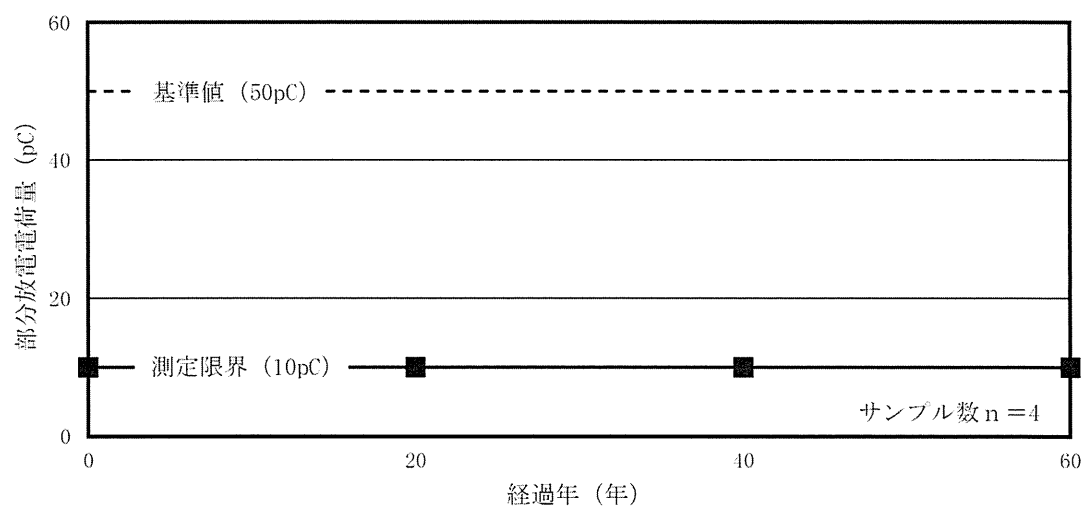


図2.3-1(2/8) 計器用変圧器の部分放電特性 (課電劣化試験による部分放電電荷量)
 [出典：電力共通研究「原子力発電所における電気・計装品の健全性評価
 研究 (STEP2)」2001年度]

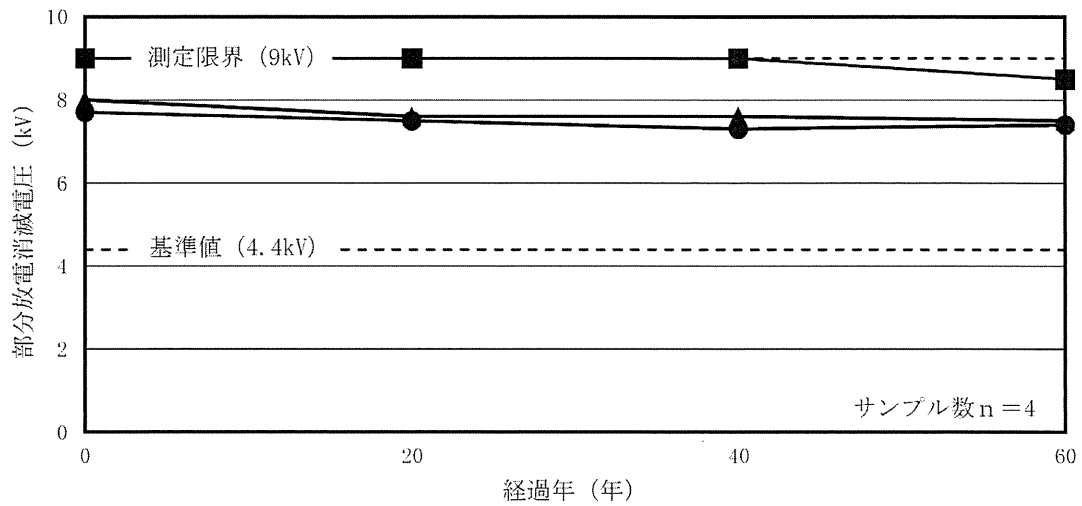


図2.3-1(3/8) 計器用変圧器の部分放電特性(熱サイクル試験による部分放電消滅電圧)
 [出典：電力共通研究「原子力発電所における電気・計装品の健全性評価
 研究 (STEP2)」2001年度]

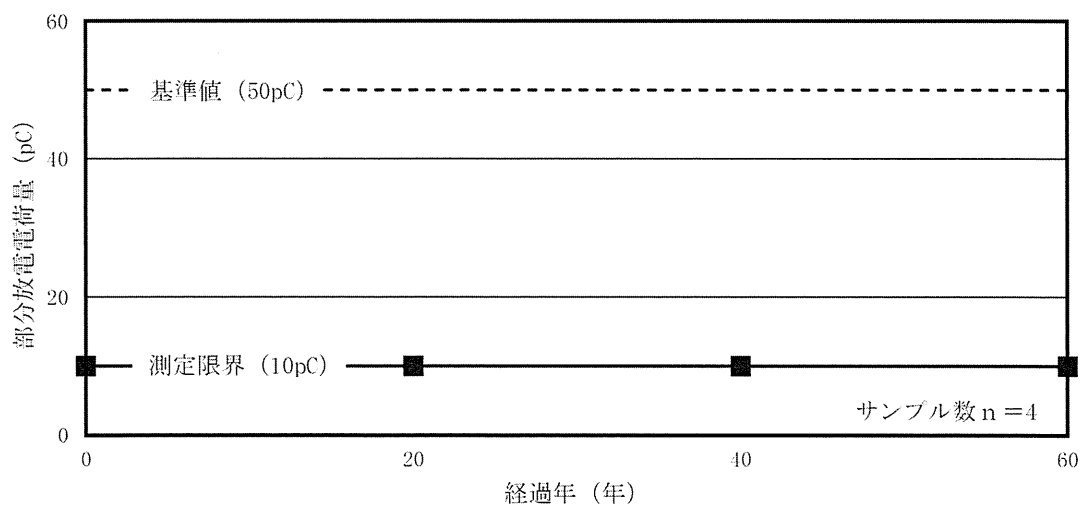


図2.3-1(4/8) 計器用変圧器の部分放電特性(熱サイクル試験による部分放電電荷量)
 [出典：電力共通研究「原子力発電所における電気・計装品の健全性評価
 研究 (STEP2)」2001年度]

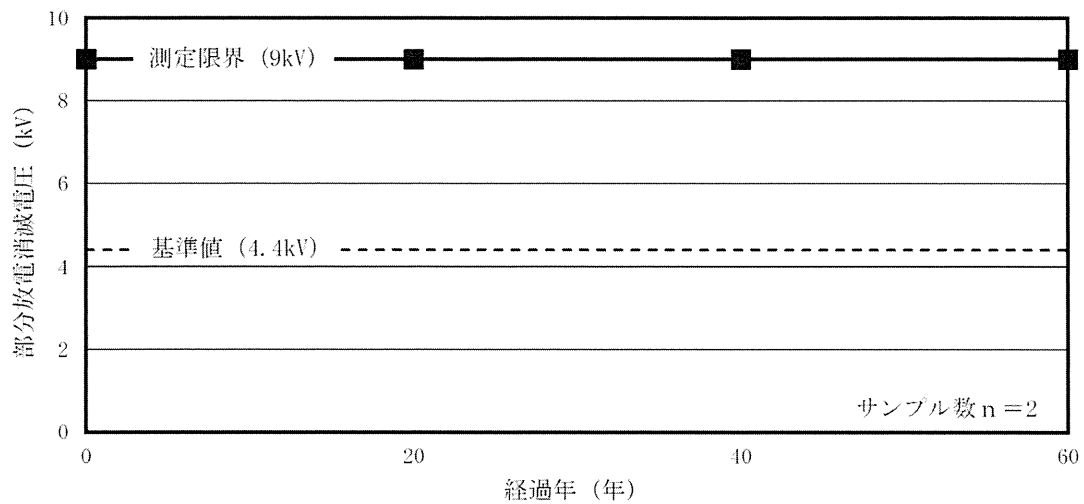


図2.3-1(5/8) 計器用変流器の部分放電特性（課電劣化試験による部分放電消滅電圧）
 [出典：電力共通研究「原子力発電所における電気・計装品の健全性評価
 研究（STEP2）」2001年度]

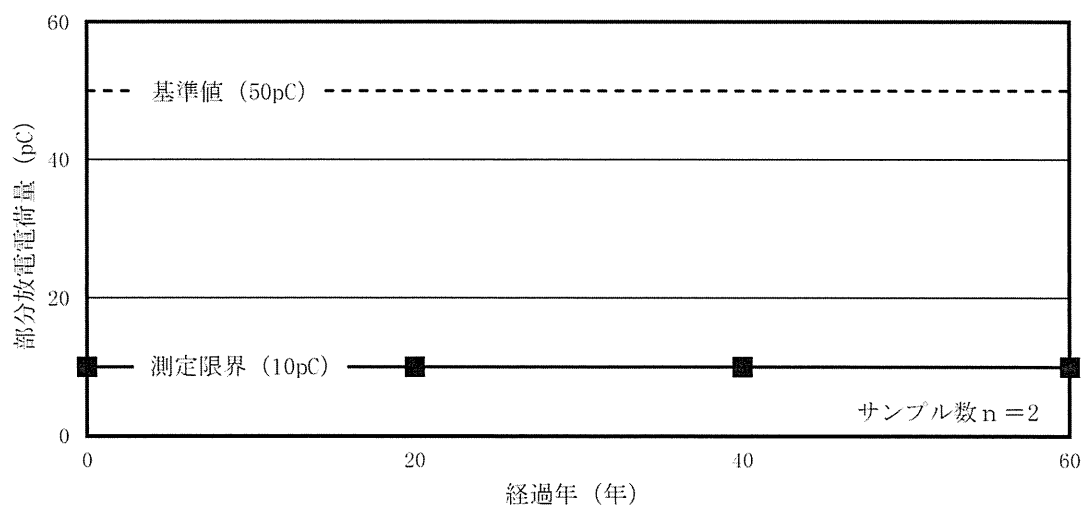


図2.3-1(6/8) 計器用変流器の部分放電特性（課電劣化試験による部分放電電荷量）
 [出典：電力共通研究「原子力発電所における電気・計装品の健全性評価
 研究（STEP2）」2001年度]

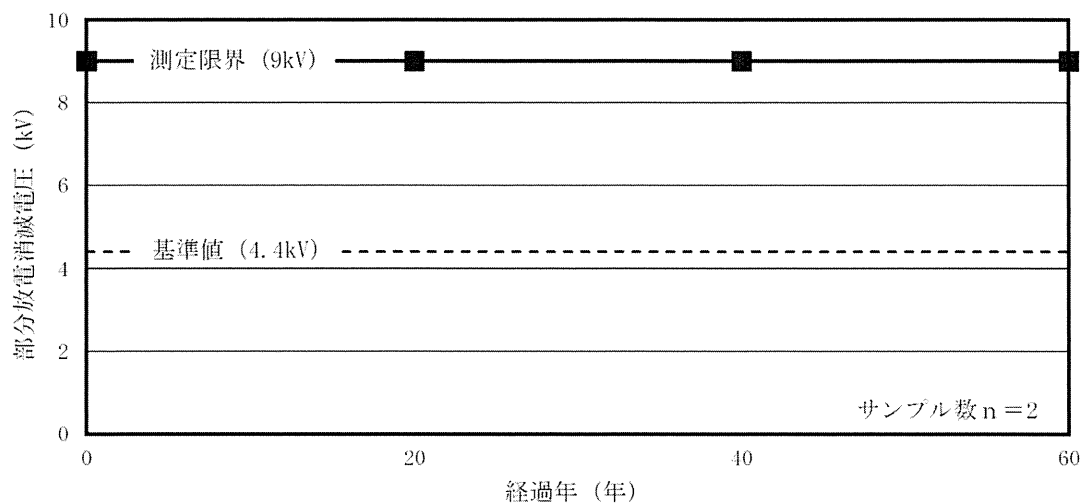


図2.3-1(7/8) 計器用変流器の部分放電特性 (熱サイクル試験による部分放電消滅電圧)
 [出典：電力共通研究「原子力発電所における電気・計装品の健全性評価
 研究 (STEP2)」2001年度]

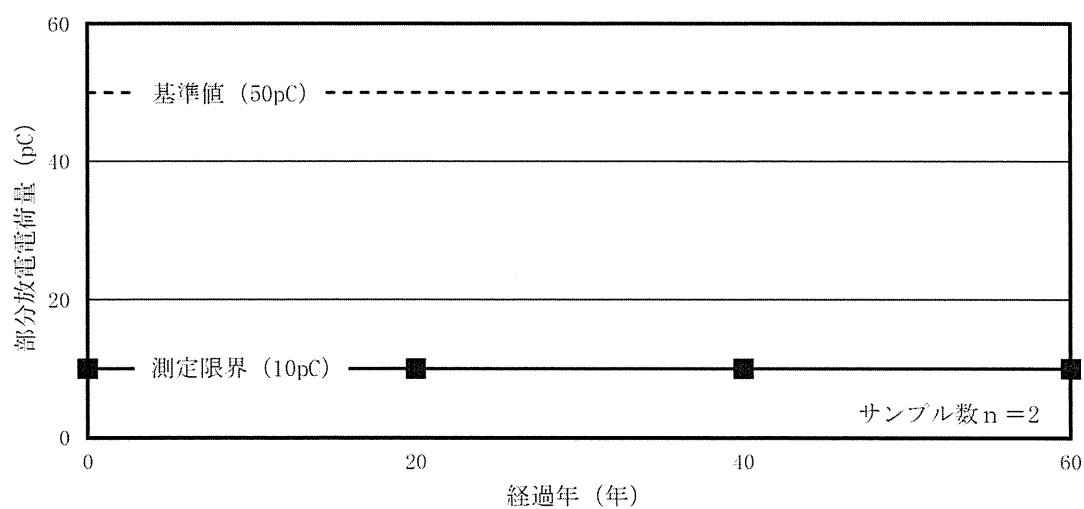


図2.3-1(8/8) 計器用変流器の部分放電特性 (熱サイクル試験による部分放電電荷量)
 [出典：電力共通研究「原子力発電所における電気・計装品の健全性評価
 研究 (STEP2)」2001年度]

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。

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。

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 重大事故等対処用変圧器受電盤
- ② 代替電源接続盤 1
- ③ 代替電源接続盤 2

3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

3.1.1 ばね蓄勢用モータ（低圧モータ）の絶縁低下 [重大事故等対処用変圧器受電盤]

ばね蓄勢用モータ（低圧モータ）の絶縁仕様はH種であり、使用環境等は代表機器と同様であることから、絶縁低下の可能性は小さいと考えるが、絶縁低下が生じる可能性は否定できない。

ばね蓄勢用モータ（低圧モータ）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、ばね蓄勢用モータ（低圧モータ）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。

3.1.2 計器用変流器（巻線形）の絶縁低下 [重大事故等対処用変圧器受電盤]

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

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

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 操作機構の固着〔重大事故等対処用変圧器受電盤〕

遮断器の操作機構は、長期間の使用に伴いグリスが固化し、動作特性の低下が想定される。

しかしながら、定期的に注油を行い、各部の目視確認及び動作確認を実施することにより、機器の健全性を維持している。

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

3.2.2 モールドフレーム及び絶縁ロッドの絶縁低下

〔重大事故等対処用変圧器受電盤〕

遮断器のモールドフレーム及び絶縁ロッドの絶縁物は有機物であり、熱的、電氣的及び環境的要因による絶縁低下が想定される。

しかしながら、モールドフレーム等は絶縁性の高い不飽和ポリエステル樹脂又はエポキシ樹脂で形成されており、モールドフレーム等の耐熱温度130℃に対して、主回路導体の通電時の最大温度は105℃であることから絶縁低下の可能性は小さいと考える。

また、これまでに有意な絶縁低下は認められないこと、モールドフレーム等は盤に内蔵しているため、塵埃が付着しにくい環境にあり、有意な汚損、クラック等は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

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

なお、定期的な絶縁抵抗測定及び目視確認により、機器の健全性を確認している。

3.2.3 一次コンタクトの摩耗 [重大事故等対処用変圧器受電盤]

一次コンタクトは遮断器の出し入れに伴い、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、定期的な目視確認により、機器の健全性を確認している。

3.2.4 投入コイル及び引外しコイルの絶縁低下 [重大事故等対処用変圧器受電盤]

投入コイル及び引外しコイルの絶縁物は有機物であり、熱的、電氣的及び環境的要因による絶縁低下が想定される。

しかしながら、投入コイル及び引外しコイルは筐体内に設置されているため、塵埃が付着しにくい環境にある。また、投入コイル及び引外しコイルは連続運転ではなく、作動時間も1秒以下と短いことから、コイルの発熱による温度上昇は小さいと考えられ、使用温度に比べて、十分余裕のある絶縁種（A種：許容最高温度105℃）を選択して使用していることから、絶縁低下の可能性は小さいと考える。

また、これまでに有意な絶縁低下は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

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

なお、定期的な絶縁抵抗測定により、機器の健全性を確認している。

3.2.5 ばねの変形（応力緩和） [重大事故等対処用変圧器受電盤]

遮断器のばねは、投入状態又は開放状態にて長期間保持されることにより、変形（応力緩和）が想定される。

しかしながら、ばねに発生する応力は弾性範囲であり、日本ばね工業会にて実施したばね材料と使用環境温度の実態調査結果と比べて、当該ばねは同等か余裕のある環境で使用している。

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

なお、定期的な遮断器の動作確認及び目視確認により、機器の健全性を確認している。

3.2.6 真空バルブの真空度低下 [重大事故等対処用変圧器受電盤]

真空遮断器の真空バルブは、長期使用により、スローリーク等による真空度の低下が進行し、真空度が基準値以下となった場合、遮断不能に至ることが想定される。

しかしながら、定期的な真空度測定を実施することにより、機器の健全性を維持している。

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

3.2.7 主回路導体の腐食（全面腐食） [重大事故等対処用変圧器受電盤]

主回路導体は銅であり、腐食が想定される。

しかしながら、エポキシ樹脂で覆うことにより腐食を防止しており、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

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

なお、定期的な目視確認により、機器の健全性を確認している。

3.2.8 支持碍子の絶縁低下 [重大事故等対処用変圧器受電盤]

支持碍子は有機物であり、熱的、電氣的及び環境的要因による絶縁低下が想定される。

しかしながら、支持碍子は屋内の筐体内に設置されていることから、塵埃、湿分等の付着は抑制されている。また、通電時の支持碍子部の温度は、支持碍子の耐熱温度(90℃)以下となることを試験にて確認しているため、絶縁低下の可能性は低いと考える。

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

なお、定期的な絶縁抵抗測定により、機器の健全性を確認している。

3.2.9 操作スイッチの導通不良 [重大事故等対処用変圧器受電盤]

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る導通不良が想定される。

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

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

なお、定期的な遮断器の動作確認により、機器の健全性を確認している。

3.2.10 筐体 [共通] 及び架台 [代替電源接続盤 1、代替電源接続盤 2] の腐食 (全面腐食)

筐体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、内外面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。

3.2.11 埋込金物 (大気接触部) の腐食 (全面腐食) [重大事故等対処用変圧器受電盤]

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、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。

3.2.12 取付ボルトの腐食（全面腐食）〔重大事故等対処用変圧器受電盤〕

取付ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、亜鉛メッキにより腐食を防止しており、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メッキの状態を確認し、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）及び劣化

〔代替電源接続盤 1、代替電源接続盤 2〕

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。

3.2.14 真空バルブの接点の摩耗〔重大事故等対処用変圧器受電盤〕

真空バルブの接点は、遮断器の開閉動作に伴う電流開閉により、摩耗が想定される。

しかしながら、10,000回の電流開閉においても有意な電極摩耗は認められておらず、また、運転時の作動回数は少ないことから摩耗の可能性は小さいと考えられ、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

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

なお、定期的な目視確認により、機器の健全性を確認している。

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。

3.2.15 埋込金物（コンクリート埋設部）の腐食（全面腐食）

[重大事故等対処用変圧器受電盤]

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には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 動力変圧器

[対象機器]

- ① 動力変圧器（安全系）
- ② 重大事故等対処用変圧器盤

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	3
2.1 構造、材料及び使用条件	3
2.2 経年劣化事象の抽出	6
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価	11
3. 代表機器以外への展開	13
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象	13
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象	14

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動力変圧器の主な仕様を表1-1に示す。

これらの動力変圧器を、種類及び設置場所の観点からグループ化し、以下のとおり代表機器を選定した。

1.1 グループ化の考え方及び結果

表1-1に示す動力変圧器について、種類及び設置場所の観点から1つのグループにまとめられる。

1.2 代表機器の選定

重要度の高い動力変圧器（安全系）を代表機器とする。

表1-1 玄海3号炉 動力変圧器の主な仕様

分離基準		機器名称 (台数)	仕様 (容量) (kVA)	選定基準			選定理由		
種類	設置場所			重要度*1	使用条件	件			
乾式自冷式	屋内	動力変圧器 (安全系) (4)	2,300	MS-1、重*2	連 続	定格電圧*3 (V)	約35 周囲温度 (°C)	◎	重要度
		重大事故等対処用変圧器盤 (1)	300	重*2	一 時	6,600	約40		

*1：機能は最上位の機能を示す

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

*3：高圧側の電圧を示す

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動力変圧器について技術評価を実施する。

① 動力変圧器（安全系）

2.1 構造、材料及び使用条件

2.1.1 動力変圧器（安全系）

(1) 構造

玄海3号炉の動力変圧器（安全系）は、容量2,300kVAの三相乾式変圧器であり、高圧側電圧6,600Vを低圧側電圧の460Vに変圧している。

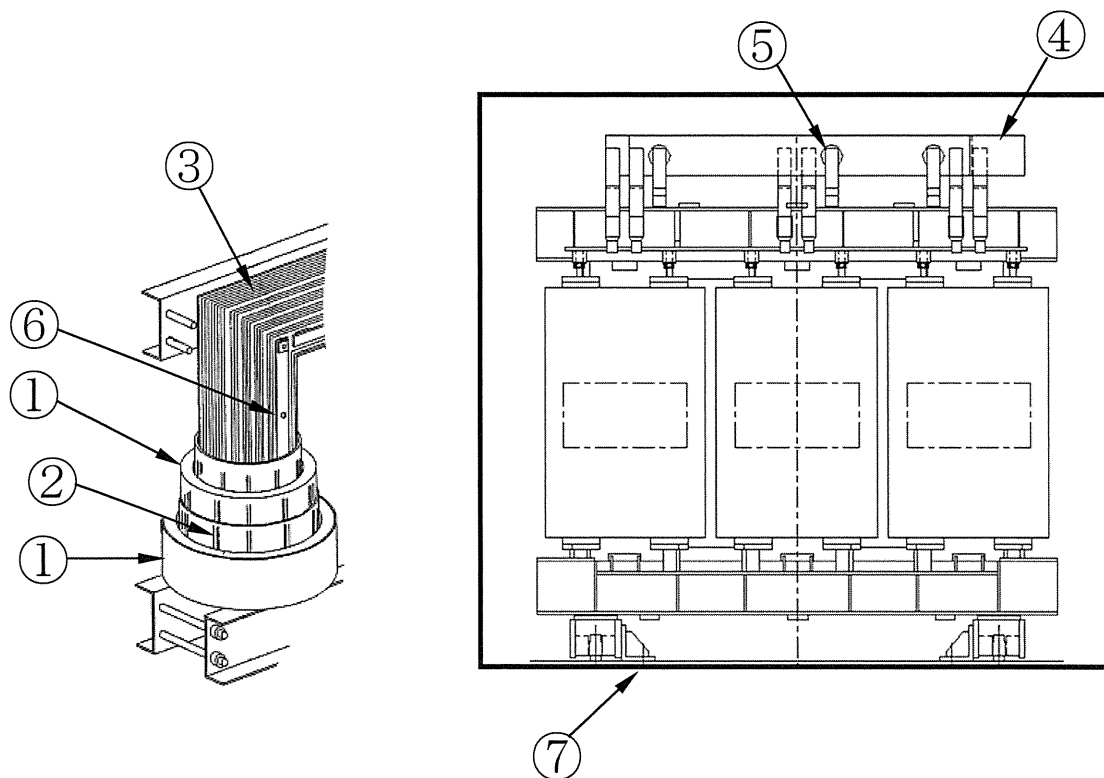
変圧器本体は電流回路となる巻線と、磁気回路となる鉄心及び巻線の絶縁を保持する絶縁物から構成され、電磁誘導の原理に基づき電圧変成を行っている。

なお、巻線で発生する熱は、空気の自然対流により冷却される構造となっている。

玄海3号炉の動力変圧器（安全系）構造図を図2.1-1に示す。

(2) 材料及び使用条件

玄海3号炉の動力変圧器（安全系）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	コイル
②	垂直ダクト
③	鉄 心
④	接続銅板
⑤	銅板支持碍子
⑥	鉄心締付ボルト
⑦	取付ボルト

図2.1-1 玄海3号炉 動力変圧器（安全系）構造図

表2.1-1 玄海3号炉 動力変圧器（安全系）主要部位の使用材料

部 位		材 料
巻線構成品	コイル	銅、ポリアミド紙（H種絶縁）
	垂直ダクト	ポリエステルガラス
鉄心構成品	鉄 心	珪素鋼板
	鉄心締付ボルト	炭素鋼（亜鉛メッキ）
配線構成品	接続銅板	銅
支持組立品	銅板支持碍子	磁 器
	取付ボルト	炭素鋼（亜鉛メッキ）

表2.1-2 玄海3号炉 動力変圧器（安全系）の使用条件

容 量	2,300kVA
周 围 温 度	約35℃*1
高 圧 側 電 圧	6,600V
低 圧 側 電 圧	460V

*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

動力変圧器（安全系）の機能である電圧変成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 磁気回路の維持、通電・絶縁機能の維持
- ② 機器の支持

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

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

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

(1) コイルの絶縁低下

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

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

以下の事象（表2.2-1で△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) 垂直ダクトの絶縁低下

コイル内に使用している垂直ダクトは有機物であり、熱的、電氣的及び環境的要因による絶縁低下が想定される。

しかしながら、動力変圧器は空調された屋内に設置されていることから表面の汚損や水分の付着による絶縁低下の可能性は小さい。また、垂直ダクトの耐熱温度は200℃であり、使用時の温度170℃に比して十分余裕がある。

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

なお、定期的に絶縁抵抗測定により、機器の健全性を確認している。

(2) 鉄心のゆるみ

鉄心は珪素鋼板の薄板を積層し締付け、組み立てられているが、運転中の振動・温度変化等により締付圧力が低下し、鉄心のゆるみが想定される。

しかしながら、締付ボルトには回り止めが施されており、また、これまでにゆるみは認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

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

なお、定期的な目視確認により、機器の健全性を確認している。

(3) 接続銅板の腐食（全面腐食）

接続銅板は銅であり、腐食が想定される。

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

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

なお、定期的な目視確認により、機器の健全性を確認している。

(4) 銅板支持碍子の絶縁低下

銅板支持碍子は無機物の磁器であり、経年劣化の可能性はない。

なお、長期間の使用においては表面の汚損による絶縁低下が想定される。

しかしながら、動力変圧器は空調された屋内の筐体内に設置されていることから汚損し難い環境にある。また、これまでに有意な汚損は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

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

なお、定期的な目視確認により、機器の健全性を確認している。

(5) 鉄心締付ボルトの腐食（全面腐食）

鉄心締付ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部は亜鉛メッキにより腐食を防止しており、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

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

なお、代表として鉄心上部の枠締付ボルトの定期的な目視確認により、機器の健全性を確認している。

(6) 取付ボルトの腐食（全面腐食）

取付ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、亜鉛メッキにより腐食を防止しており、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メッキの状態を確認し、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。

表2.2-1 玄海3号炉 動力変圧器（安全系）に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・ 定期 取 替 品	材 料	経 年 劣 化 事 象								備 考		
				減 耗		腐 食	割 れ	絶 縁	導 通	特 性	其 他			
				摩 耗	疲 勞 割 れ								応 力 腐 蝕 割 れ	絶 縁 低 下
磁気回路の維持 通電・絶縁機能の 維持	コイル		銅 ポリアラミド紙 (H種絶縁)						○					*1:ゆるみ
	垂直ダクト		ポリエステルガラス						△					
	鉄 心		珪素銅板									△*1		
	接続銅板		銅			△								
	銅板支持碍子		磁 器							△				
機器の支持	鉄心縮付ボルト		炭 素 鋼 (亜鉛メッキ)			△								
	取付ボルト		炭 素 鋼 (亜鉛メッキ)			△								

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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 コイルの絶縁低下

a. 事象の説明

コイルに使用している絶縁物は、変圧器を運転している時には、コイルの発熱により温度が高くなるため、長期間の使用に伴い熱的、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

動力変圧器（安全系）は空調された屋内に設置されており、環境変化は小さく、また、吸湿が発生し難い環境にある。

動力変圧器（安全系）の絶縁性能の長期特性については、約27年間原子力発電所で使用された実機変圧器を用いた試験で確認されている。

試験では、撤去した変圧器に60年相当の熱劣化を加えた後、「電気学会電気規格調査会標準規格 変圧器（JEC-2200-1995）」に定められている初期耐電圧試験を実施し、絶縁性能に問題のないことが確認された（出典：電力中央研究所報告「原子力発電所における動力変圧器の長期健全性評価研究」2006年6月）。

玄海3号炉の動力変圧器（安全系）のコイルは、試験で用いた変圧器コイルの2重ガラス平角銅線に比べ熱劣化特性で優れているポリアミド紙平角銅線を使用していることから、急激な絶縁低下の可能性は小さいと考えるが、絶縁低下の可能性は否定できない。

② 現状保全

コイルの絶縁低下に対しては、定期的な絶縁抵抗測定により、許容値以上であることの確認を行っている。

③ 総合評価

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

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

コイル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。

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 重大事故等対処用変圧器盤

3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

3.1.1 コイルの絶縁低下

コイルの絶縁物は、変圧器を運転している時には、コイルの発熱により温度が高くなるため、長期間の使用により熱的、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。

しかしながら、コイルの絶縁物は熱劣化特性の優れた絶縁物（F種：許容最高温度155℃）であり、急激な絶縁低下の可能性は小さいと考える。

コイルの絶縁低下に対しては、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、コイルの絶縁低下については、定期的に絶縁抵抗測定を実施していく。

3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

なお、日常劣化管理事象ではない事象はない。

3.2.1 鉄心のゆるみ

鉄心は珪素鋼板の薄板を積層し締付け、組み立てられているが、運転中の振動・温度変化等により締付圧力が低下し、鉄心のゆるみが想定される。

しかしながら、鉄心は鉄心固定金具により固定されており、また、これまでにゆるみは認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

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

なお、定期的な目視確認により、機器の健全性を確認している。

3.2.2 接続端子部の腐食（全面腐食）

接続端子部は銅及びアルミニウムであり、腐食が想定される。

しかしながら、メッキにより腐食を防止しており、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メッキの状態を確認し、はく離が認められた場合には必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

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

3.2.3 支持碍子の絶縁低下

支持碍子は有機物であり、熱的、電氣的及び環境的要因による絶縁低下が想定される。

しかしながら、支持碍子は屋内の筐体内に設置されていることから、塵埃、湿分等の付着は抑制されている。また、使用温度に対して支持碍子の耐熱温度は155℃と十分余裕を持った耐熱性を有していることから、絶縁低下の可能性は小さいと考える。

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

なお、定期的な絶縁抵抗測定により、機器の健全性を確認している。

3.2.4 操作スイッチの導通不良

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る導通不良が想定される。

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

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

なお、定期的な動作確認により、機器の健全性を確認している。

3.2.5 筐体及びチャンネルベースの腐食（全面腐食）

筐体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、内外面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。

3.2.6 取付ボルトの腐食（全面腐食）

取付ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、亜鉛メッキにより腐食を防止しており、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メッキの状態を確認し、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 基礎ボルトの腐食（全面腐食）及び劣化

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

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

3 パワーセンタ

[対象機器]

- ① パワーセンタ (安全系)

目 次

1. 対象機器	1
2. パワーセンタ（安全系）の技術評価	3
2.1 構造、材料及び使用条件	3
2.2 経年劣化事象の抽出	7
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価	17

1. 対象機器

玄海3号炉で使用されているパワーセンタの主な仕様を表1-1に示す。

表1-1 玄海3号炉 パワーセンタの主な仕様

機器名称 (群数)	仕様	重要度*1	使用条件			内蔵遮断器		
			運転	定格使用 電圧 (V)	周囲温度 (°C)	投入方式	定格電流(A) (最大)	遮断電流 (kA)
パワーセンタ (安全系) (4)	気中遮断器内蔵 低圧閉鎖形 母線定格電流 3,000A	MS-1、重*2	連続	460	約35	ばね	3,000	65
							1,600	50

*1：機能は最上位の機能を示す

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

2. パワーセンタ（安全系）の技術評価

2.1 構造、材料及び使用条件

2.1.1 パワーセンタ（安全系）

(1) 構造

玄海3号炉のパワーセンタ（安全系）は、定格使用電圧460V、母線定格電流3,000Aの低圧閉鎖形である。

パワーセンタ（安全系）には気中遮断器を収納しており、電源回路の保護、制御のために計器用変流器、計器用変圧器等を備えている。

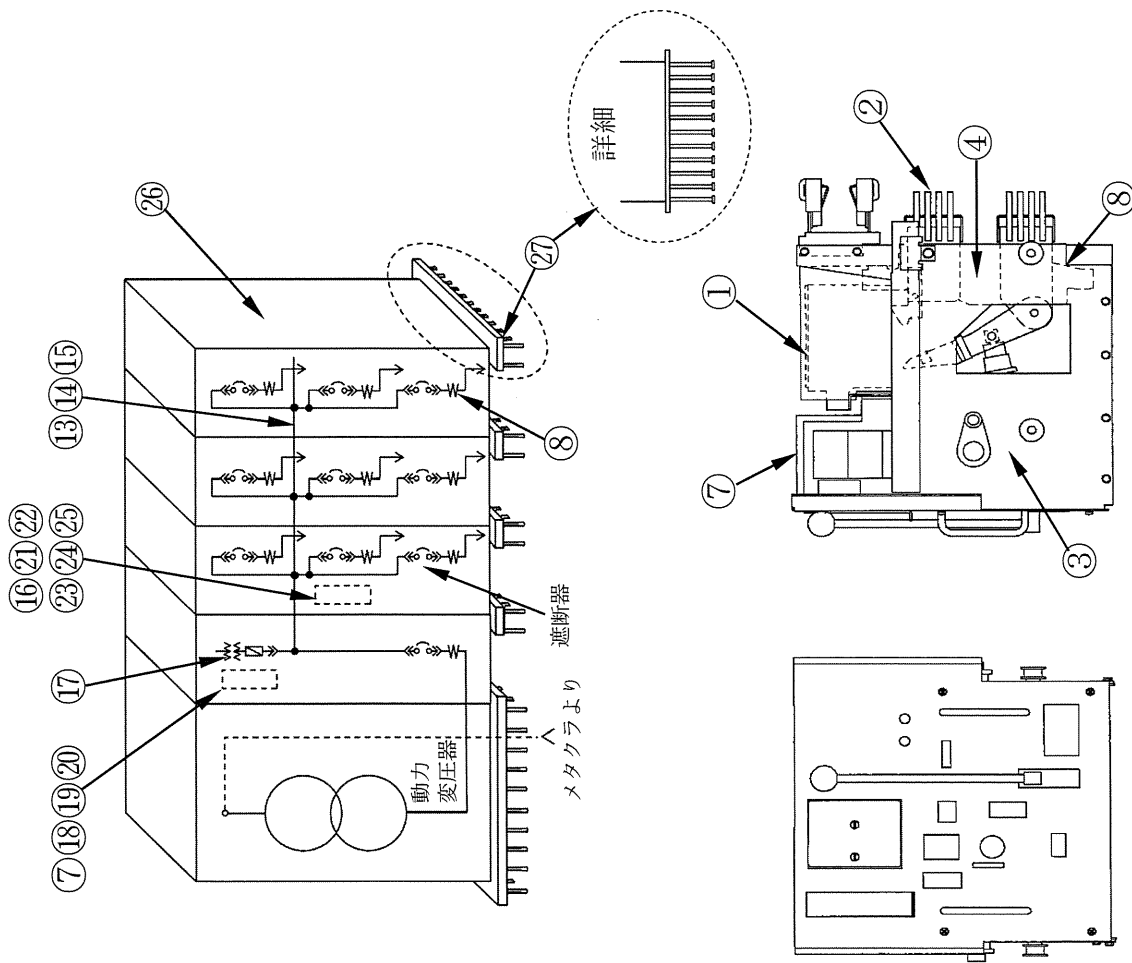
遮断器の投入は、投入ばねによって行い、開放は投入時に蓄勢された引外しばねによって行う。

玄海3号炉のパワーセンタ（安全系）構成図を図2.1-1に示す。

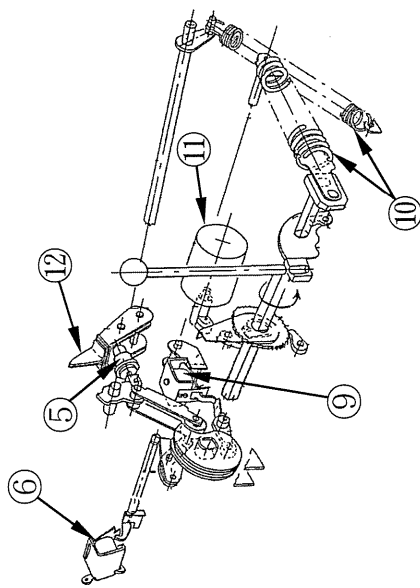
(2) 材料及び使用条件

玄海3号炉のパワーセンタ（安全系）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	消弧室	⑮	絶縁支持板
②	一次ジャンクション	⑯	操作スイッチ
③	操作機構	⑰	計器用変圧器
④	絶縁ベース	⑱	ロックアウトリレー
⑤	絶縁リンク	⑲	電磁接触器
⑥	引外しコイル	⑳	制御用変圧器
⑦	保護リレー (静止形)	㉑	補助継電器
⑧	計器用変流器	㉒	表示灯
⑨	投入コイル	㉓	ノーヒューズブレーカ
⑩	ばね	㉔	タイマ
⑪	ばね蓄勢用モータ (低圧モータ)	㉕	ヒューズ
⑫	接 触 子	㉖	筐 体
⑬	主回路導体	㉗	埋込金物
⑭	支持碍子		



遮断器



遮断器操作機構

図2.1-1 玄海3号炉 パワーセンタ (安全系) 構成図

表2.1-1 玄海3号炉 パワーセンタ（安全系）主要部位の使用材料

部 位	材 料	
遮断器	消弧室	炭素鋼
	一次ジャンクション	銅
	操作機構	炭素鋼
	絶縁ベース	ポリエステル樹脂（N種絶縁）
	絶縁リンク	ジアリルフタレート樹脂（H種絶縁）
	引外しコイル	銅、ポリビニルホルマール（A種絶縁）
	保護リレー（静止形）	（アナログ形） 銅、半導体 ポリエステル樹脂（B種絶縁）
	計器用変流器	銅、エポキシ樹脂（A種絶縁）
	投入コイル	銅、ポリビニルホルマール（A種絶縁）
	ばね	合金鋼オイルテンパー線 ピアノ線
	ばね蓄勢用モータ （低圧モータ）	銅、ポリアミドイミド（H種絶縁）
	接 触 子	銀タングステン、銅
	盤構成成品	主回路導体
支持碍子		エポキシ樹脂
絶縁支持板		フェノール樹脂
操作スイッチ		銀、銅
計器用変流器		銅、エポキシ樹脂（A種絶縁）
計器用変圧器		銅、エポキシ樹脂及びクラフト紙（A種絶縁）
保護リレー（静止形）		（デジタル形） 消耗品・定期取替品
ロックアウトリレー		消耗品・定期取替品
電磁接触器		消耗品・定期取替品
制御用変圧器		消耗品・定期取替品
補助継電器		消耗品・定期取替品
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
タイマ		消耗品・定期取替品
ヒューズ		消耗品・定期取替品
支持組立品		筐 体
	埋込金物	炭素鋼

表2.1-2 玄海3号炉 パワーセンタ（安全系）の使用条件

周 囲 温 度	約35℃*1
定 格 短 時 間 電 流 容 量	50kA 0.5秒
主回路温度上昇値（最大）	65℃
定 格 使 用 電 圧	460V

*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

パワーセンタ（安全系）の機能である給電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 遮断機能の維持、通電・絶縁機能の維持
- ② 機器の保護・監視機能の維持
- ③ 機器の支持

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

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

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

(1) 保護リレー（静止形）の絶縁低下

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。

(2) ばね蓄勢用モータ（低圧モータ）の絶縁低下

ばね蓄勢用モータ（低圧モータ）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) 計器用変圧器の絶縁低下

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。

2.2.3 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) 消弧室の汚損

遮断器の消弧室は遮断器の電流遮断動作に伴う消弧室でのアーク消弧により、消弧室が汚損し、消弧性能の低下が想定される。

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

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

なお、定期的な目視確認により、機器の健全性を確認している。

(2) 一次ジャンクションの摩耗

遮断器の一次ジャンクションは遮断器の出し入れに伴い、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、定期的な目視確認により、機器の健全性を確認している。

(3) 操作機構の固着

遮断器の操作機構は、長期間の使用に伴いグリスが固化し、動作特性の低下が想定される。

しかしながら、定期的に注油を行い、各部の目視確認及び動作確認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。

(4) 絶縁ベース、絶縁リンク及び絶縁支持板の絶縁低下

遮断器の絶縁ベース、絶縁リンク及び絶縁支持板は有機物であり、熱的、電氣的及び環境的要因による絶縁低下が想定される。

しかしながら、絶縁ベース等は屋内の筐体内に設置されていることから、塵埃、湿分等の付着は抑制されている。また、主回路導体の通電時の最大温度100℃に対して、絶縁ベースの耐熱温度は200℃、絶縁リンクの耐熱温度は180℃、絶縁支持板の耐熱温度は130℃と十分余裕を持った耐熱性を有していることから、絶縁低下の可能性は小さいと考える。

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

なお、定期的な絶縁抵抗測定により、機器の健全性を確認している。

(5) 投入コイル及び引外しコイルの絶縁低下

遮断器の投入コイル及び引外しコイルの絶縁物は有機物であり、熱的、電氣的及び環境的要因による絶縁低下が想定される。

しかしながら、投入コイル及び引外しコイルは筐体内に設置されているため、塵埃が付着しにくい環境にある。また、投入コイル及び引外しコイルは連続運転ではなく、作動時間も1秒以下と小さいことから、コイルの発熱による温度上昇は小さいと考えられ、コイルの絶縁は使用温度約60℃に比べて、十分余裕のある絶縁種（A種：許容最高温度105℃）を選択して使用していることから、絶縁低下の可能性は小さいと考える。

また、これまでに有意な絶縁低下は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

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

なお、定期的な絶縁抵抗測定により、機器の健全性を確認している。

(6) 保護リレー（静止形）の特性変化

保護リレー（静止形）は、長期間の使用に伴い特性変化が想定される。

しかしながら、保護リレー（静止形）は、高い信頼性を有するものを選定し使用しており、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、急激な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は、製造段階で基板表面をコーティングしていること及び回路製作時スクリーニングにより製作不良に基づく回路電流集中が除かれていることから、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) ばねの変形（応力緩和）

遮断器のばねは、投入状態又は開放状態にて長期間保持されることにより、変形（応力緩和）が想定される。

しかしながら、ばねに発生する応力は弾性範囲であり、日本ばね工業会にて実施したばね材料と使用環境温度の実態調査結果と比べて、当該ばねは同等か余裕のある環境で使用している。

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

なお、定期的な遮断器の動作確認及び目視確認により、機器の健全性を確認している。

(8) 接触子の摩耗

遮断器の接触子は遮断器の開閉動作に伴う電流開閉により、摩耗が想定される。

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

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

なお、定期的な目視確認により、機器の健全性を確認している。

(9) 主回路導体の腐食（全面腐食）

主回路導体は銅及びアルミニウム合金であり、腐食が想定される。

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

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

なお、定期的な目視確認により、機器の健全性を確認している。

(10) 支持碍子の絶縁低下

支持碍子は有機物であり、熱的、電氣的及び環境的要因による絶縁低下が想定される。

しかしながら、支持碍子は屋内の筐体内に設置されていることから、塵埃、湿分等の付着は抑制されている。また、通電時の支持碍子部の温度は、支持碍子の耐熱温度(90℃)以下となることを試験にて確認しているため、絶縁低下の可能性は低いと考える。

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

なお、定期的な絶縁抵抗測定により、機器の健全性を確認している。

(11) 操作スイッチの導通不良

操作スイッチは接点部分に付着する浮遊塵埃により、導通不良が想定される。

しかしながら、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、定期的な遮断器の動作確認により、機器の健全性を確認している。

(12) 筐体の腐食（全面腐食）

筐体は炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、内外面とも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。

(13) 埋込金物（大気接触部）の腐食（全面腐食）

埋込金物は炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、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。

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

(14) 計器用変流器の絶縁低下

一次コイルと二次コイルがモールド（一体形成）されている形式の計器用変流器については、絶縁物が有機物であり、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。

しかしながら、計器用変流器は一次コイルのない貫通型計器用変流器であり、構造上空間により絶縁が確保されている。

また、二次コイルにかかる電圧は低く、通電電流による熱的影響も小さい。さらに、空調された屋内に設置されており、塵埃による絶縁低下の可能性も小さく、これまでに有意な絶縁低下は認められていない。

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

(15) 埋込金物（コンクリート埋設部）の腐食（全面腐食）

埋込金物は炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、コンクリート埋設部については、コンクリートが中性化に至るには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

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る。

また、保護リレー（静止形）、補助継電器、ノーヒューズブレーカ、ロックアウトリレー、電磁接触器、制御用変圧器、タイマ及びヒューズ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。

表2.2-1(1/2) 玄海3号炉 パワーセンタ (安全系) に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・ 定期取 替	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考			
				摩 耗	腐 食	疲 勞 割 れ	割 れ	絶 縁 劣 化	導 通 不良		特 性 変 化	そ の 他	
													減 耗
遮断機能の維持 通電・絶縁機能 の維持	消弧室		炭素鋼								△*1	*1：汚損 *2：固着 *3：変形 (応力緩和)	
	一次ジャンクション		銅	△									
	操作機構		炭素鋼								△*2		
	絶縁ベース		ポリアスファル樹脂 (N種絶縁)					△					
	絶縁リンク		ジアリワクレート樹脂 (H種絶縁)					△					
	引外しコイル		銅					△					
	遮断器	保護リレー (静止形)		ポリヒノホルマール (A種絶縁)					△				
				(アナログ形) 銅、半導体 ポリアスファル樹脂 (B種絶縁)					○		△		
		計器用変流器		銅 エポキシ樹脂 (A種絶縁)					▲				
		投入コイル		銅					△				
		ばね		ポリヒノホルマール (A種絶縁) 合金鋼 ピアノ線									△*3
		ばね蓄勢用モータ (低圧モータ)		銅 ポリアミドイミド (H種絶縁)					○				
		接 触 子		銀パグ、ステン、銅	△								
		主回路導体		銅、アルミニウム合金		△							
		支持碍子		エポキシ樹脂									△
	絶縁支持板		フェノール樹脂								△		

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 (日常劣化管理事象)

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

2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

2.3.1 保護リレー（静止形）の絶縁低下

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2.3-1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。

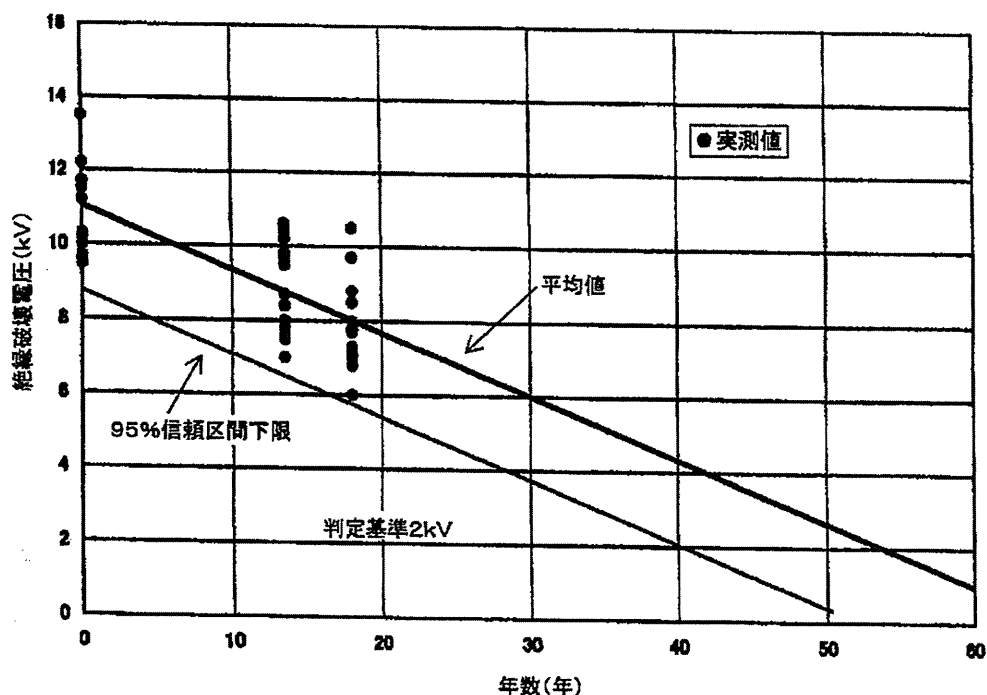


図2.3-1 保護リレーの絶縁破壊電圧と使用年数の関係

[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。

2.3.2 ばね蓄勢用モータ（低圧モータ）の絶縁低下

a. 事象の説明

ばね蓄勢用モータ（低圧モータ）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

ばね蓄勢用モータ（低圧モータ）は屋内に設置されていることから、塵埃が付着しにくい環境にあり、また、モータは連続運転ではなく遮断器投入後に作動するもので、作動時間も10秒以下と短いことから、モータの発熱による温度上昇は少ないと考える。

また、モータの絶縁は使用温度に比べて余裕のある絶縁種（H種：許容最高温度180℃）を選択して使用していることから、絶縁低下の発生の可能性は小さいと考えるが、絶縁低下の可能性は否定できない。

② 現状保全

ばね蓄勢用モータ（低圧モータ）の絶縁低下に対しては、定期的な絶縁抵抗測定により、許容値以上であることの確認を行っている。

③ 総合評価

健全性評価結果から判断して、ばね蓄勢用モータ（低圧モータ）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

ばね蓄勢用モータ（低圧モータ）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。

2.3.3 計器用変圧器の絶縁低下

a. 事象の説明

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。

b. 技術評価

① 健全性評価

パワーセンタ(安全系)の計器用変圧器のサンプリングデータ等はないが、メタクラの計器用変流器及び計器用変圧器の研究結果(詳細は「電気設備の技術評価書 メタクラ計器用変流器及び計器用変圧器の絶縁低下」参照)より絶縁性能に問題のないことを確認している。

したがって、パワーセンタ(安全系)の計器用変圧器については、短期間での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。

② 現状保全

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により、有意な絶縁低下がないことを確認している。

なお、計器用変圧器については、予防保全のため第14回定期検査時(2019年度)に取替えを行っている。

③ 総合評価

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

よって、現状保全を継続することで、健全性を維持できると考える。

c. 高経年化への対応

計器用変圧器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。

4 コントロールセンタ

[対象機器]

- ① 原子炉コントロールセンタ (安全系)
- ② ディーゼル発電機コントロールセンタ
- ③ 加圧器後備ヒータグループコントロールセンタ
- ④ 発電機受電盤
- ⑤ 重大事故等対処用分電盤
- ⑥ 常設電動注入ポンプ電源切替盤

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	3
2.1 構造、材料及び使用条件	3
2.2 経年劣化事象の抽出	6
3. 代表機器以外への展開	11
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象	11
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象	11

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コントロールセンタの主な仕様を表1-1に示す。

これらのコントロールセンタを、電圧区分及び設置場所の観点からグループ化し、以下のとおり代表機器を選定した。

1.1 グループ化の考え方及び結果

表1-1に示すコントロールセンタについて、電圧区分及び設置場所の観点から1つのグループにまとめられる。

1.2 代表機器の選定

重要度が高く、定格電流の大きい原子炉コントロールセンタ（安全系）を代表機器とする。

表1-1 玄海3号炉 コントロールセンタの主な仕様

分離基準	機器名称 (群数)	選定基準				選定理由		
		仕様	重要度*1	使用条件			選定	
電圧区分	設置場所			運転	定格使用電圧 (V)	周囲温度 (°C)		
低圧	原子炉コントロールセンタ (安全系) (8)	屋内	低圧閉鎖形 定格電流 800A	MS-1、重*2	連	460	約35	◎ 重要度、 定格電流
					続	460	約40	
	ディーゼル発電機コントロールセンタ (2)	屋内	低圧閉鎖形 定格電流 400A	MS-1	連	460	約35	
					続	460	約24	
	加圧器後備ヒータグループコントロールセンタ (4)	屋内	低圧閉鎖形 定格電流 600A	MS-2	連	460	約40	
					時	220	約40	
発電機受電盤 (2)	屋内	低圧閉鎖形 定格電流 800A	重*2	—	460	約40		
重大事故等対処用分電盤 (1)	屋内	低圧閉鎖形 定格電流 600A	重*2	—	440	約40		
常設電動注入ポンプ電源切替盤 (1)	屋内	屋内壁掛形 定格電流 400A	重*2	—	440	約40		

*1：機能は最上位の機能を示す

*2：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器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コントロールセンタについて技術評価を実施する。

① 原子炉コントロールセンタ（安全系）

2.1 構造、材料及び使用条件

2.1.1 原子炉コントロールセンタ（安全系）

(1) 構造

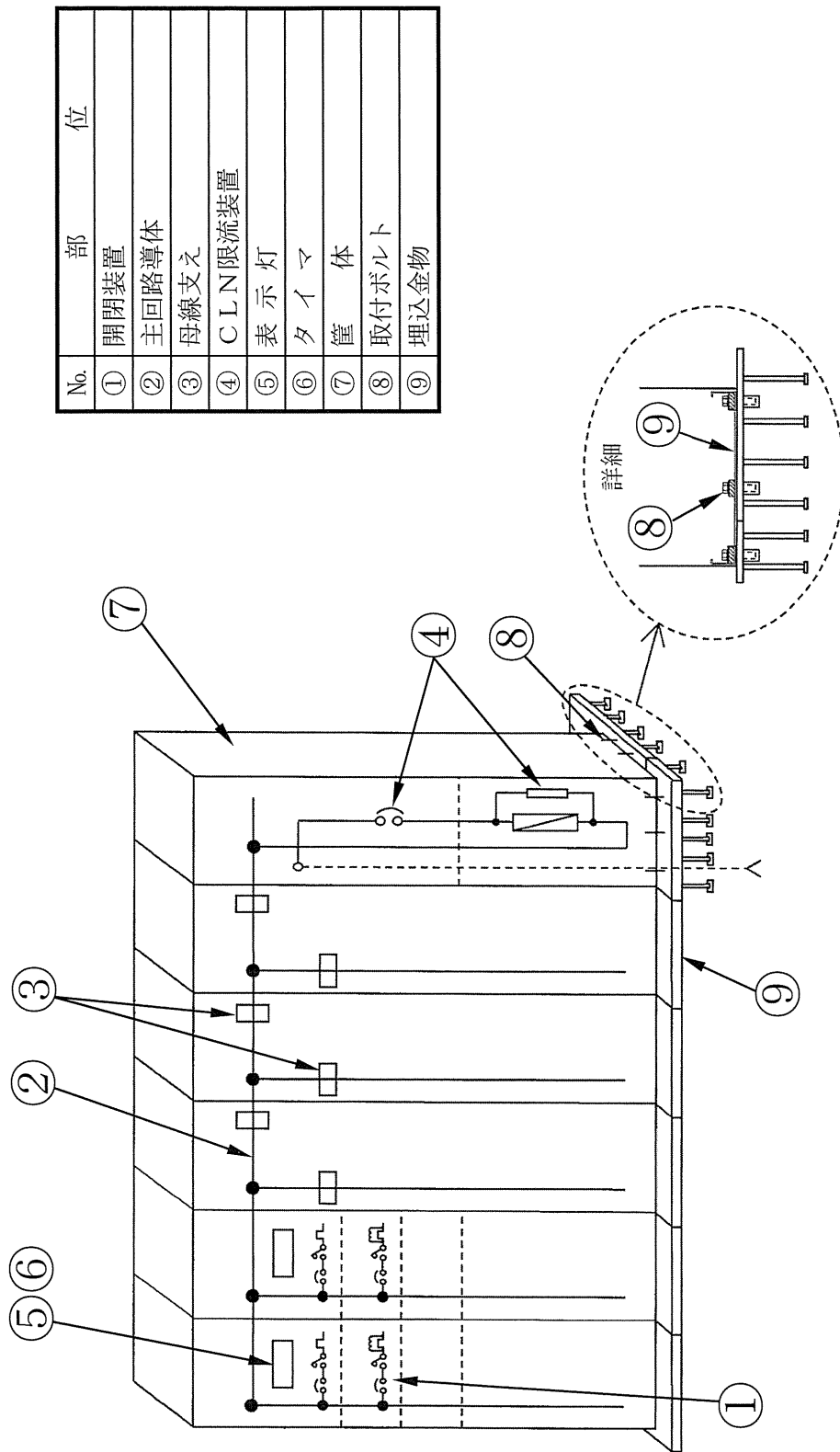
玄海3号炉の原子炉コントロールセンタ（安全系）は、定格使用電圧460V、定格電流800Aの低圧閉鎖形である。

原子炉コントロールセンタ（安全系）は、電源を開閉する開閉装置、CLN限流装置等で構成されている。

玄海3号炉の原子炉コントロールセンタ（安全系）構成図を図2.1-1に示す。

(2) 材料及び使用条件

玄海3号炉の原子炉コントロールセンタ（安全系）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	開閉装置
②	主回路導体
③	母線支え
④	CLN限流装置
⑤	表示灯
⑥	タイマ
⑦	筐 体
⑧	取付ボルト
⑨	埋込金物

図2.1-1 玄海3号炉 原子炉コントロールセンタ (安全系) 構成図

表2.1-1 玄海3号炉 原子炉コントロールセンタ（安全系）主要部位の使用材料

部 位	材 料	
盤内構成品	開閉装置（ノーヒューズブレーカ、サーマルリレー、電磁接触器、ヒューズ、補助継電器）	消耗品・定期取替品
	主回路導体	銅（錫メッキ）
	母線支え	不飽和ポリエステル樹脂（B種絶縁）
	CLN限流装置	金属ナトリウム、クローム銅棒、ステンレス鋼、磁器
	表示灯	消耗品・定期取替品
	タイマ	消耗品・定期取替品
支持組立品	筐 体	炭 素 鋼
	取付ボルト	炭素鋼（亜鉛メッキ）
	埋込金物	炭 素 鋼

表2.1-2 玄海3号炉 原子炉コントロールセンタ（安全系）の使用条件

周 囲 温 度	約35℃*1
定格短時間電流容量	18kA 1秒
主回路温度上昇値 （最 大）	65℃
定 格 使 用 電 圧	460V

*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

原子炉コントロールセンタ（安全系）の機能である補機への給電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 遮断機能の維持、通電・絶縁機能の維持
- ② 機器の保護・監視機能の維持
- ③ 機器の支持

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

原子炉コントロールセンタ（安全系）について、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の構造、材料、使用条件（電圧、温度等）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) 主回路導体の腐食（全面腐食）

主回路導体は銅であり、腐食が想定される。

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

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

なお、定期的な目視確認により、機器の健全性を確認している。

(2) 母線支えの絶縁低下

主回路導体を支持する母線支えは有機物であり、熱的、電氣的及び環境的要因による絶縁低下が想定される。

しかしながら、主回路導体を支持する母線支えは、不飽和ポリエステル樹脂であり、主回路導体の通電時の最大温度100℃に対して、母線支えの耐熱温度は130℃と十分裕度を持った耐熱性を有していることから、絶縁低下の可能性は小さいと考える。また、母線支えは筐体内に設置されており、塵埃、湿分等の付着による絶縁低下については発生の可能性は小さく、これまでに有意な絶縁低下は認められていない。

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

なお、定期的な絶縁抵抗測定により、機器の健全性を確認している。

(3) CLN限流装置の絶縁低下

CLN限流装置に使用している絶縁物は無機物の磁器であり、経年劣化の可能性はない。

なお、長期の使用においては表面の汚損による絶縁低下が想定される。

しかしながら、CLN限流装置は筐体内に設置されているため、塵埃が付着しにくい環境にある。

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

なお、定期的な目視確認により、機器の健全性を確認している。

(4) 筐体の腐食（全面腐食）

筐体は炭素鋼であり、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。

(5) 取付ボルトの腐食（全面腐食）

取付ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、亜鉛メッキにより腐食を防止しており、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メッキの状態を確認し、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。

(6) 埋込金物（大気接触部）の腐食（全面腐食）

埋込金物は炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、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。

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

(7) 埋込金物（コンクリート埋設部）の腐食（全面腐食）

埋込金物は炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、コンクリート埋設部については、コンクリートが中性化に至るには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

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る。

また、開閉装置（ノーヒューズブレーカ、サーマルリレー、電磁接触器、ヒューズ及び補助継電器）及びタイマについて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。

表2.2-1 玄海3号炉 原子炉コンントロールセンタ（安全系）に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考	
				減摩	肉腐食		割れ	絶縁	導通	特性		その他
					疲労割れ	応力腐食割れ						
遮断機能の維持 通電・絶縁機能の維持	開閉装置 (ノーヒューズブレイカー、サーマルリレー、電磁接触器、ヒューズ、補助継電器)	◎	-									*1: 大気接触部 *2: コンクリート埋設部
					△							
							△					
機器の保護・監視 機能の維持	主回路導体 母線支え CLN限流装置		銅 (錫メッキ) 不飽和ポリエステル樹脂 (B種絶縁)									
			金属ナトリウム、クローム銅棒、ステンレス鋼、磁器									
機器の支持	表示灯	◎	-									
	タイマ	◎	-									
	筐体		炭素鋼								△	
	取付ボルト		炭素鋼 (亜鉛メッキ)								△	
	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）

3. 代表機器以外への展開

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

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

- ① ディーゼル発電機コントロールセンタ
- ② 加圧器後備ヒータグループコントロールセンタ
- ③ 発電機受電盤
- ④ 重大事故等対処用分電盤
- ⑤ 常設電動注入ポンプ電源切替盤

3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

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

3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

3.2.1 主回路導体の腐食（全面腐食）[常設電動注入ポンプ電源切替盤を除く共通]

主回路導体は銅であり、腐食が想定される。

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

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

なお、定期的な目視確認により、機器の健全性を確認している。

3.2.2 母線支えの絶縁低下 [常設電動注入ポンプ電源切替盤を除く共通]

主回路導体を支持する母線支えは有機物であり、熱的、電氣的及び環境的要因による絶縁低下が想定される。

しかしながら、主回路導体を支持する母線支えは、ガラスポリエステルであり、主回路導体の通電時の最大温度は100℃に対して、母線支えの耐熱温度は130℃と十分裕度を持った耐熱性を有していることから、絶縁低下の可能性は小さいと考える。また、母線支えは筐体内に設置されており、塵埃、湿分等の付着による絶縁低下については発生の可能性は小さく、これまでに有意な絶縁低下は認められていない。

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

なお、定期的な絶縁抵抗測定により、機器の健全性を確認している。

3.2.3 筐体の腐食（全面腐食） [共通]

筐体は炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、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。

3.2.4 取付ボルトの腐食（全面腐食） [共通]

取付ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、亜鉛メッキにより腐食を防止しており、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メッキの状態を確認し、はく離が認められた場合には必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

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

3.2.5 埋込金物（大気接触部）の腐食（全面腐食）

[常設電動注入ポンプ電源切替盤を除く共通]

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。

3.2.6 架台の腐食（全面腐食）[常設電動注入ポンプ電源切替盤]

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。

3.2.7 基礎ボルトの腐食（全面腐食）[常設電動注入ポンプ電源切替盤]

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。

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。

3.2.8 埋込金物（コンクリート埋設部）の腐食（全面腐食）

[常設電動注入ポンプ電源切替盤を除く共通]

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には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。