

高浜発電所 1 号炉

炉内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]

関西電力株式会社

本評価書は高浜1号炉で使用されている主要な炉内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。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。表1に評価対象部位を示す。

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

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

さらに、設置してから分解点検等の実績がない場合も、保全計画が定められていれば「確認している」等と表記している。

なお、制御棒は「機械設備の技術評価書」にて評価を実施するものとし、本評価書には含まれていない。

表1 高浜1号炉 炉内構造物の評価対象部位一覧

部位名称 (個数)	重要度*1
上部炉心板 (1)	PS-1、重*2
上部燃料集合体案内ピン (314)	PS-1
上部炉心支持柱 (36)	PS-1、重*2
上部炉心支持板 (1)	PS-1、重*2
制御棒クラスタ案内管 (48)	MS-1
支持ピン (106)	MS-1
たわみピン (192)	MS-1
制御棒クラスタ案内板カバー (48)	MS-1
下部炉心板 (1)	PS-1、重*2
下部燃料集合体案内ピン (314)	PS-1
下部炉心支持柱 (68)	PS-1、重*2
下部炉心支持板 (1)	PS-1、重*2
炉心そう (1)	PS-1、重*2
炉心バップル (52)	PS-1
炉心バップル取付板 (64)	PS-1
バップルフォーマボルト (1088)	PS-1
バレルフォーマボルト (544)	PS-1
熱遮蔽材 (1)	PS-1
押えリング (1)	PS-1
たわみ金 (6)	PS-1
炉内計装用シングルチューブ (50)	PS-2
ラジアルキー (4)	—*3

*1：機能は最上位の機能を示す。

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

*3：安全重要度分類上、性能に関する規定は特にはないが、炉内構造物一式として他部位と合わせて評価する。

炉内構造物

目次

1. 技術評価対象機器.....	1
2. 炉内構造物の技術評価.....	2
2.1 構造、材料および使用条件.....	2
2.2 経年劣化事象の抽出.....	24
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価.....	37

1. 技術評価対象機器

高浜 1 号炉で使用されている炉内構造物の主な仕様を表1-1に示す。

表1-1 高浜 1 号炉 炉内構造物の主な仕様

機器名称 (台数)	重要度*1	使用条件	
		最高使用圧力 (MPa [gage])	最高使用温度 (°C)
炉内構造物 (1)	PS-1、重*2	約17.2	約343

*1：機能は最上位の機能を示す。

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

2. 炉内構造物の技術評価

2.1 構造、材料および使用条件

(1) 構造

高浜1号炉の炉内構造物は、炉心の支持、1次冷却材の流路形成・配分等の機能を有し、上部炉内構造物と下部炉内構造物とに分かれており、それぞれ一体として原子炉容器から取り外すことができる構造となっている。

炉内構造物は大部分がステンレス鋼であり、一部ニッケル基合金を用いている。

上部炉内構造物と下部炉内構造物は燃料集合体を上下からはさむ形で支持しており、それら自身は原子炉容器フランジ部で、押えリングをはさむ形で支持されている。

上部炉内構造物は、上部炉心支持板、上部炉心支持柱および上部炉心板の組立体である上部炉心支持構造物に、制御棒クラスタ案内管等の構造物が取り付けられたものである。制御棒クラスタ案内管は上部炉心支持板にボルト固定され、支持ピンが上部炉心板にはまり込む構造となっている。

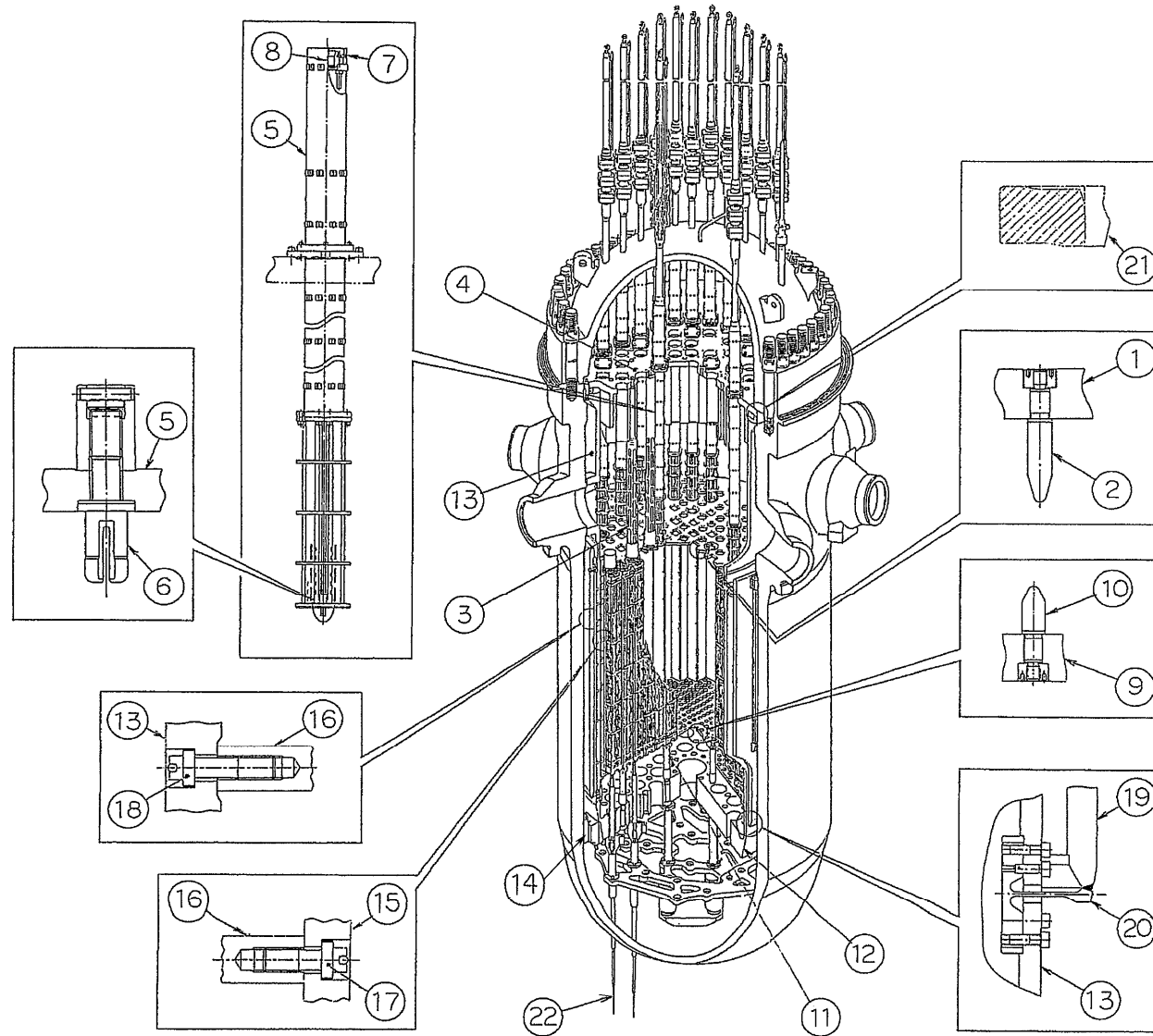
下部炉内構造物は、炉心そう、下部炉心支持板、下部炉心支持柱および下部炉心板の組立体である下部炉心支持構造物に、炉心バップル、熱遮蔽材等が取り付けられたものである。

高浜1号炉の炉内構造物の構造を図2.1-1～図2.1-15に示す。

なお、炉内構造物については表2.1-1に示す改造を実施している。

(2) 材料および使用条件

高浜1号炉の炉内構造物の使用材料および使用条件を表2.1-2、表2.1-3に示す。



No.	部位
	(上部炉内構造物)
①	上部炉心板
②	上部燃料集合体案内ピン
③	上部炉心支持柱
④	上部炉心支持板
⑤	制御棒クラスタ案内管
⑥	支持ピン
⑦	たわみピン
⑧	制御棒クラスタ案内管カバー
	(下部炉内構造物)
⑨	下部炉心板
⑩	下部燃料集合体案内ピン
⑪	下部炉心支持柱
⑫	下部炉心支持板
⑬	炉心そう
⑭	ラジアルキー
⑮	炉心バップル
⑯	炉心バップル取付板
⑰	バップルフォーマボルト
⑱	バレルフォーマボルト
⑲	熱遮蔽材
⑳	たわみ金
	(その他)
㉑	押えリング
㉒	炉内計装用シンプルチューブ

図2.1-1 高浜1号炉 炉内構造物全体図

No.	部位
①	上部炉心板
②	上部燃料集合体案内ピン
③	上部炉心支持柱
④	上部炉心支持板
⑤	制御棒クラスタ案内管
⑥	支持ピン
⑦	たわみピン
⑧	制御棒クラスタ案内管カバー

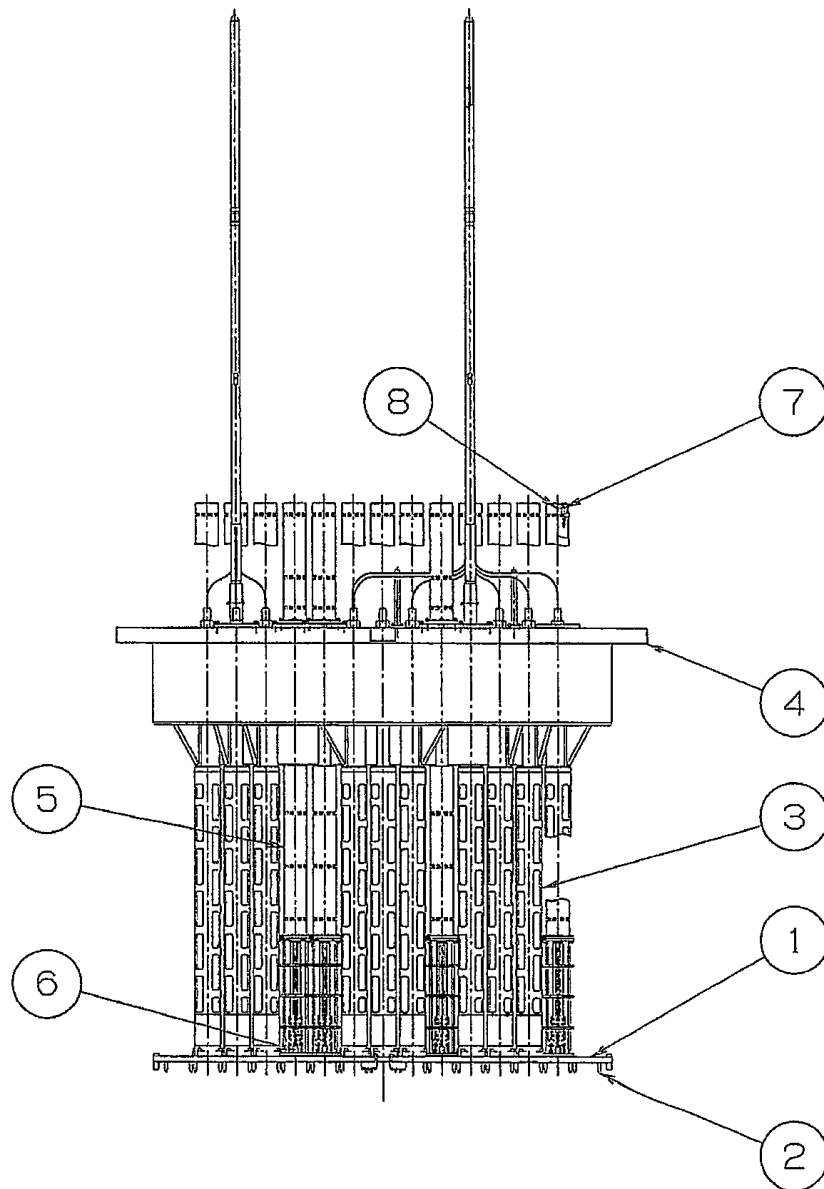


図2.1-2 高浜1号炉 炉内構造物・上部炉内構造物組立図

No.	部位
①	上部炉心板
②	上部燃料集合体案内ピン

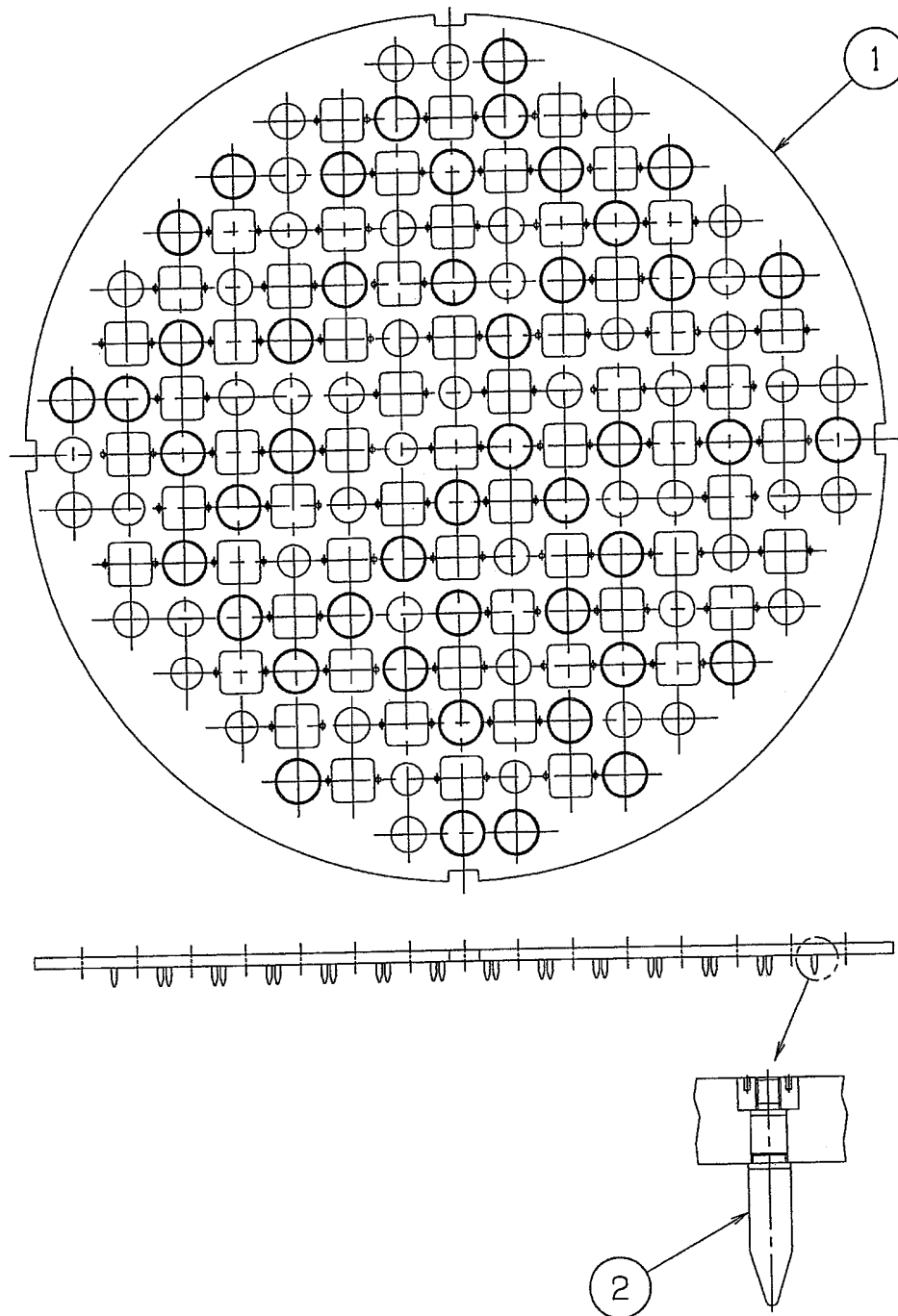


図2.1-3 高浜1号炉 上部炉心板組立図

No.	部位
③	上部炉心支持柱

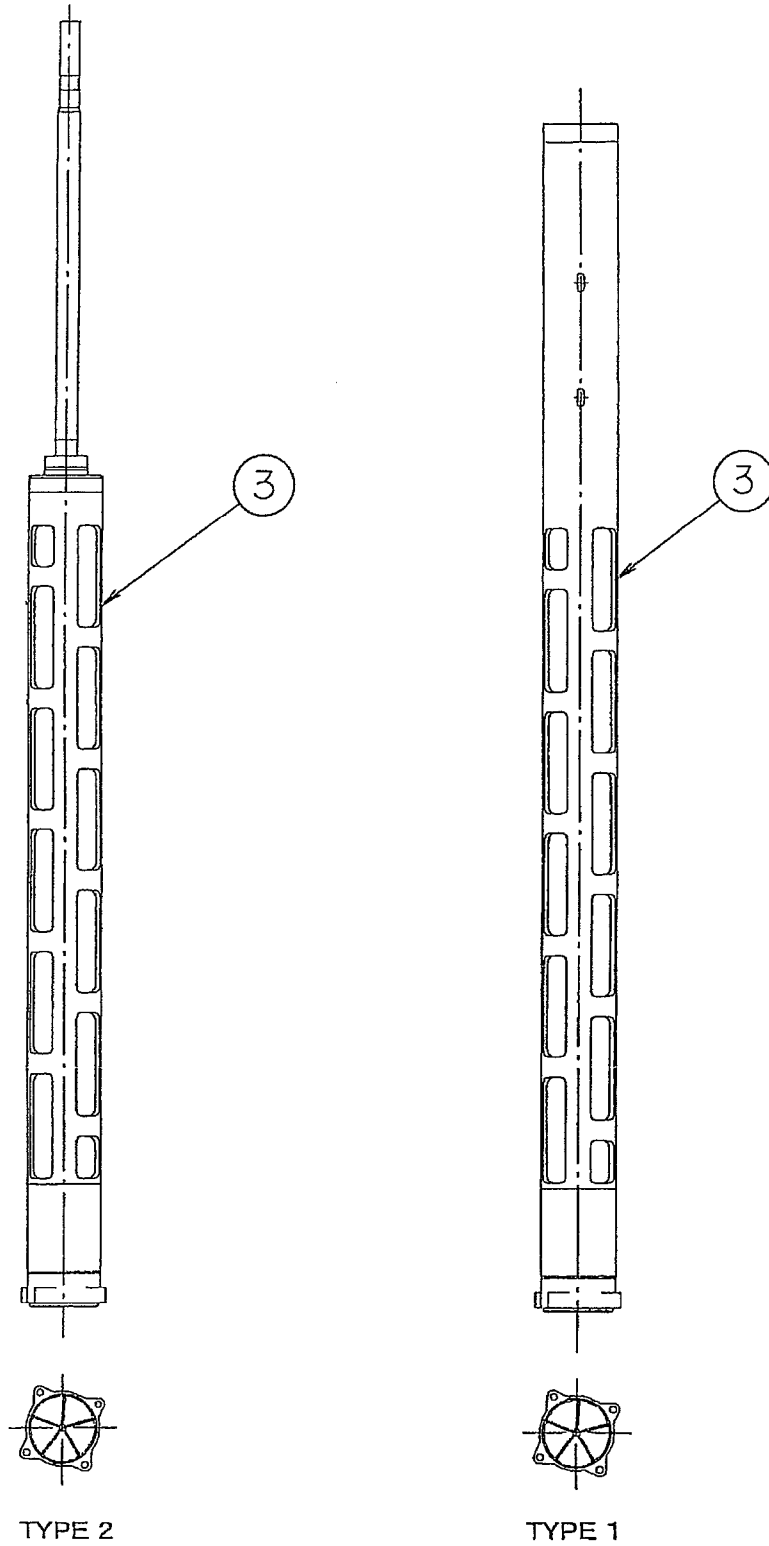


图2.1-4 高浜1号炉 上部炉心支持柱构造图

No.	部位
④	上部炉心支持板

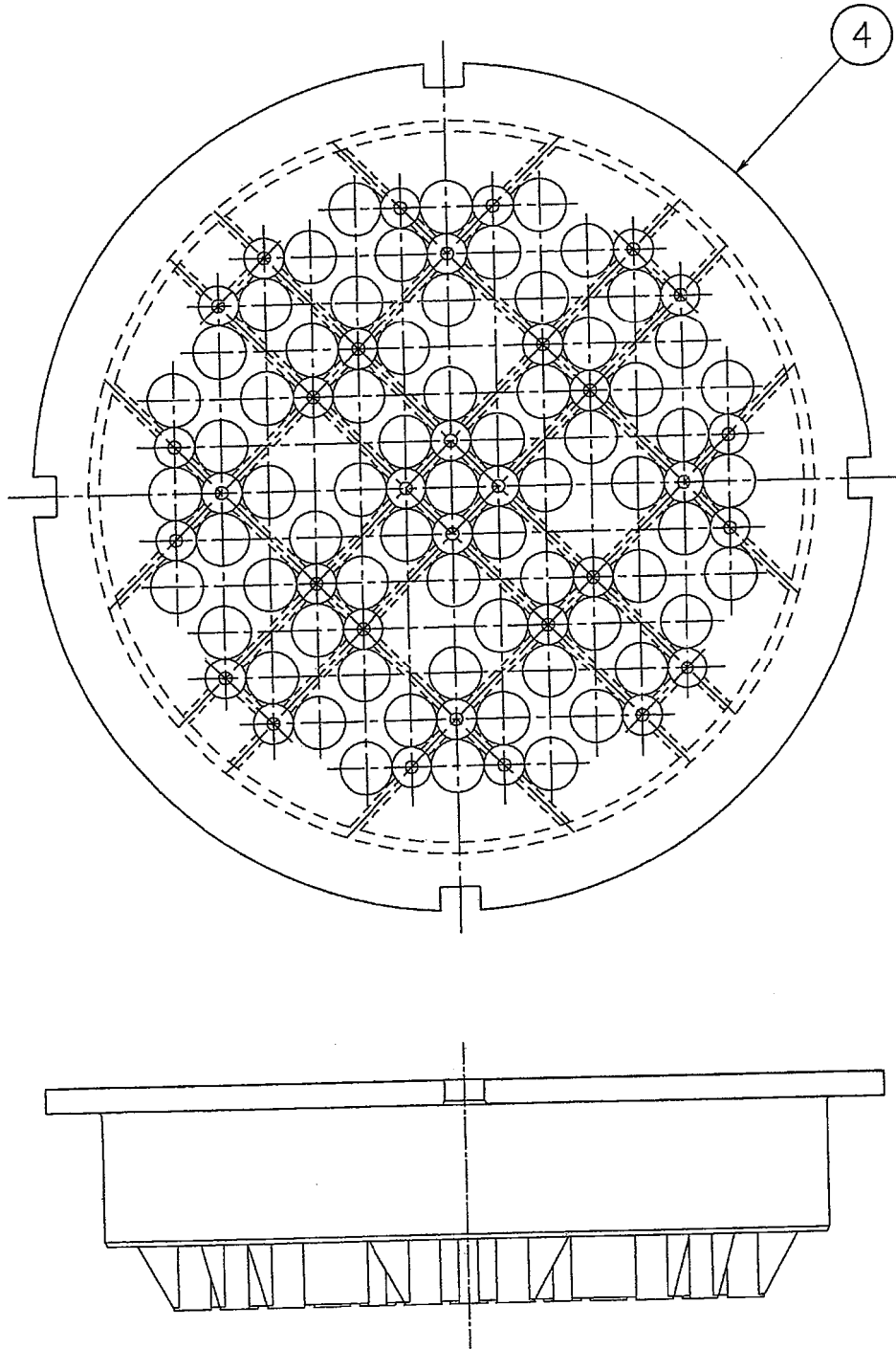


图2.1-5 高浜1号炉 上部炉心支持板构造图

No.	部位
⑤	制御棒クラスタ案内管
⑥	支持ピン
⑦	たわみピン
⑧	制御棒クラスタ案内管カバー

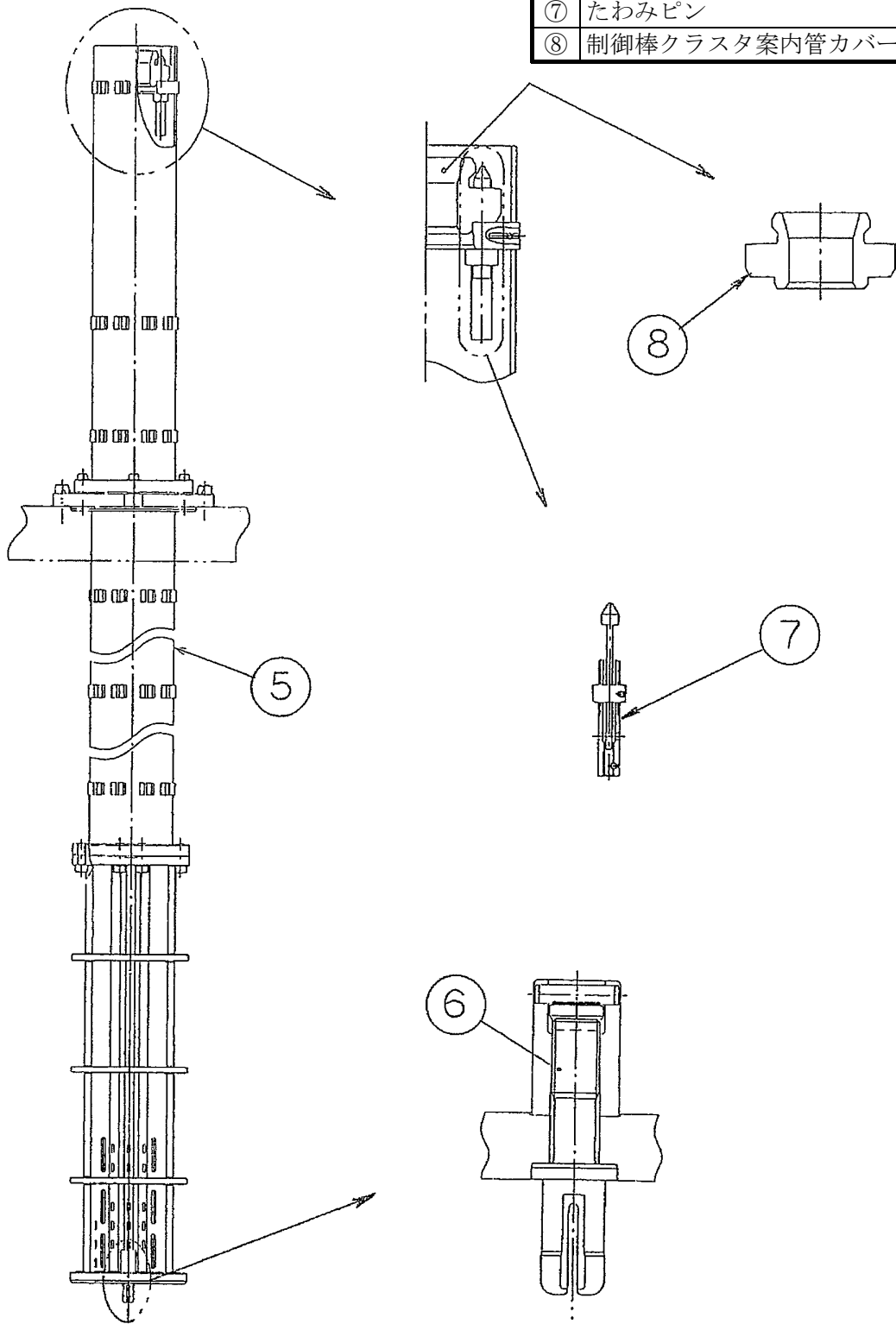


図2.1-6 高浜1号炉 制御棒クラスタ案内管組立図

No.	部位
⑨	下部炉心板
⑩	下部燃料集合体案内ピン
⑪	下部炉心支持柱
⑫	下部炉心支持板
⑬	炉心そう
⑭	ラジアルキー
⑮	炉心バップル
⑯	炉心バップル取付板
⑰	バップルフォーマボルト
⑱	バレルフォーマボルト
⑲	熱遮蔽材
⑳	たわみ金

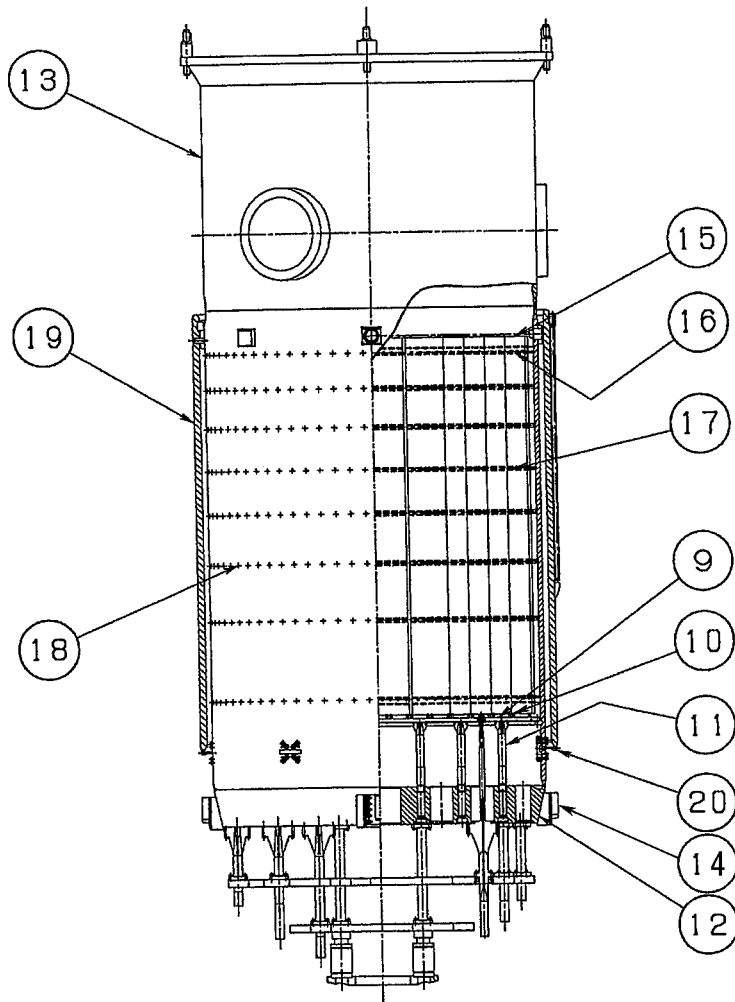


図2.1-7 高浜1号炉 炉内構造物・下部炉内構造物組立図

No.	部位
⑨	下部炉心板
⑩	下部燃料集合体案内ピン

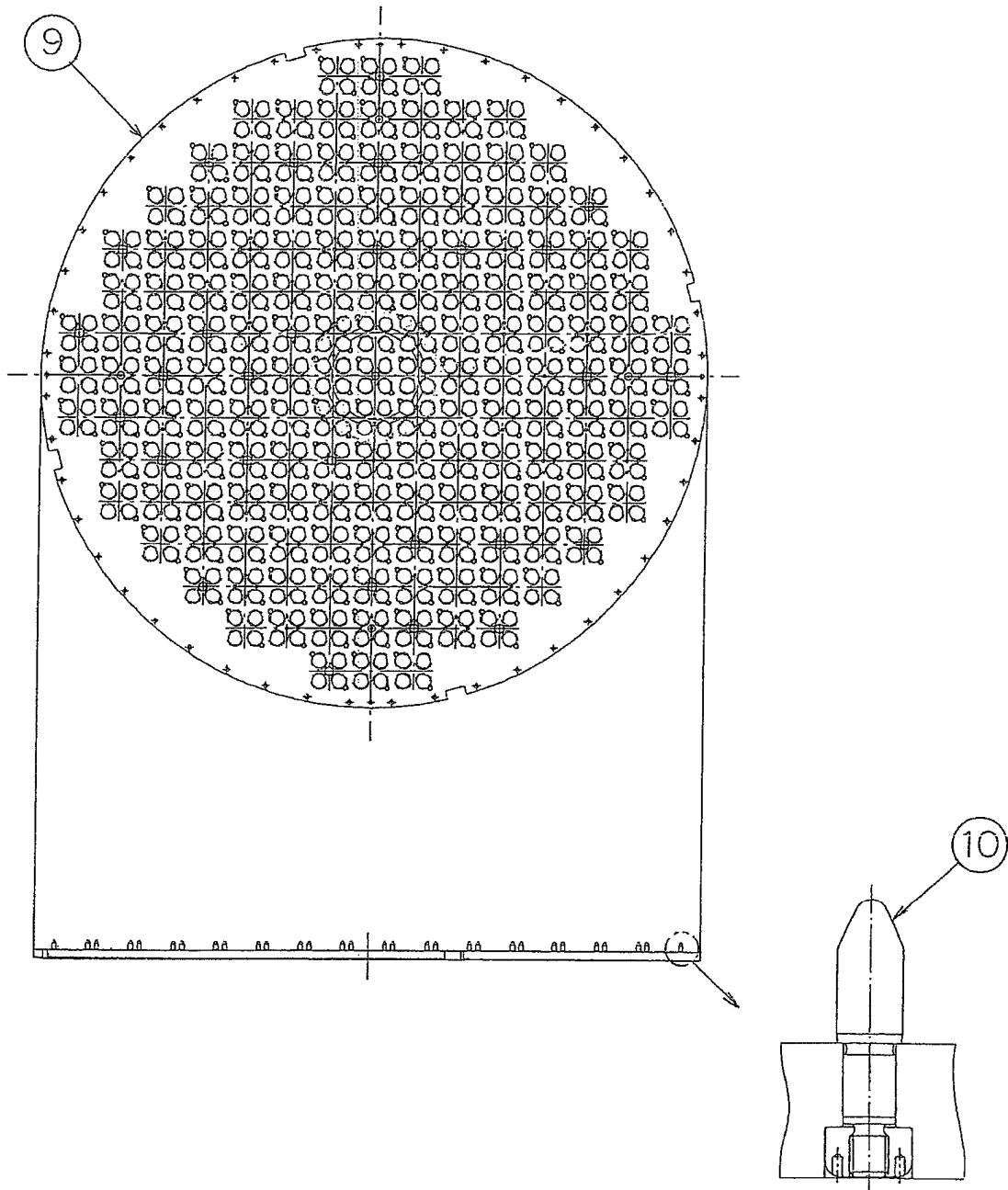


図2.1-8 高浜1号炉 下部炉心板組立図

No.	部位
⑪	下部炉心支持柱

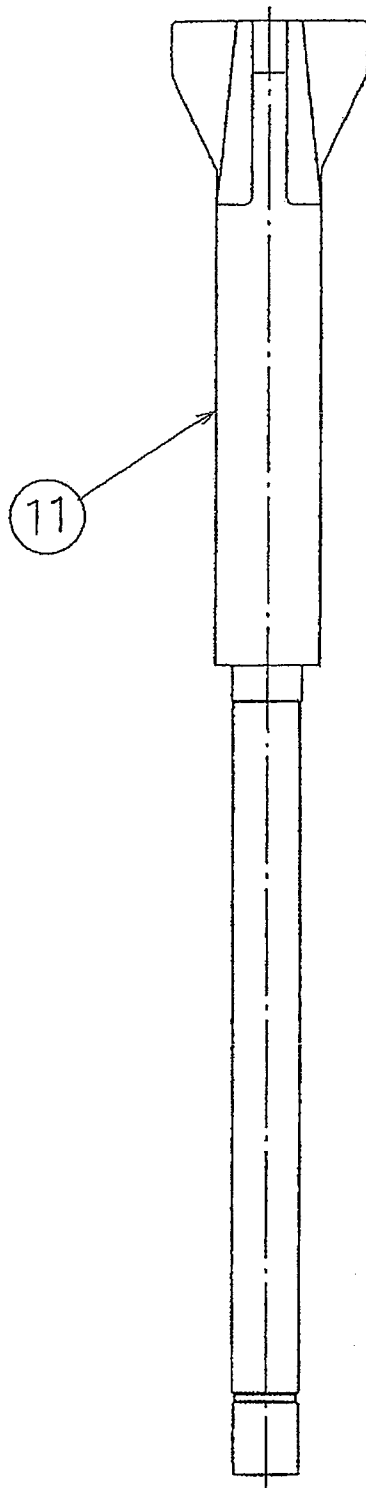


图2.1-9 高浜1号炉 下部炉心支持柱构造图

No.	部位
⑨	下部炉心板
⑪	下部炉心支持柱
⑫	下部炉心支持板
⑬	炉心そう

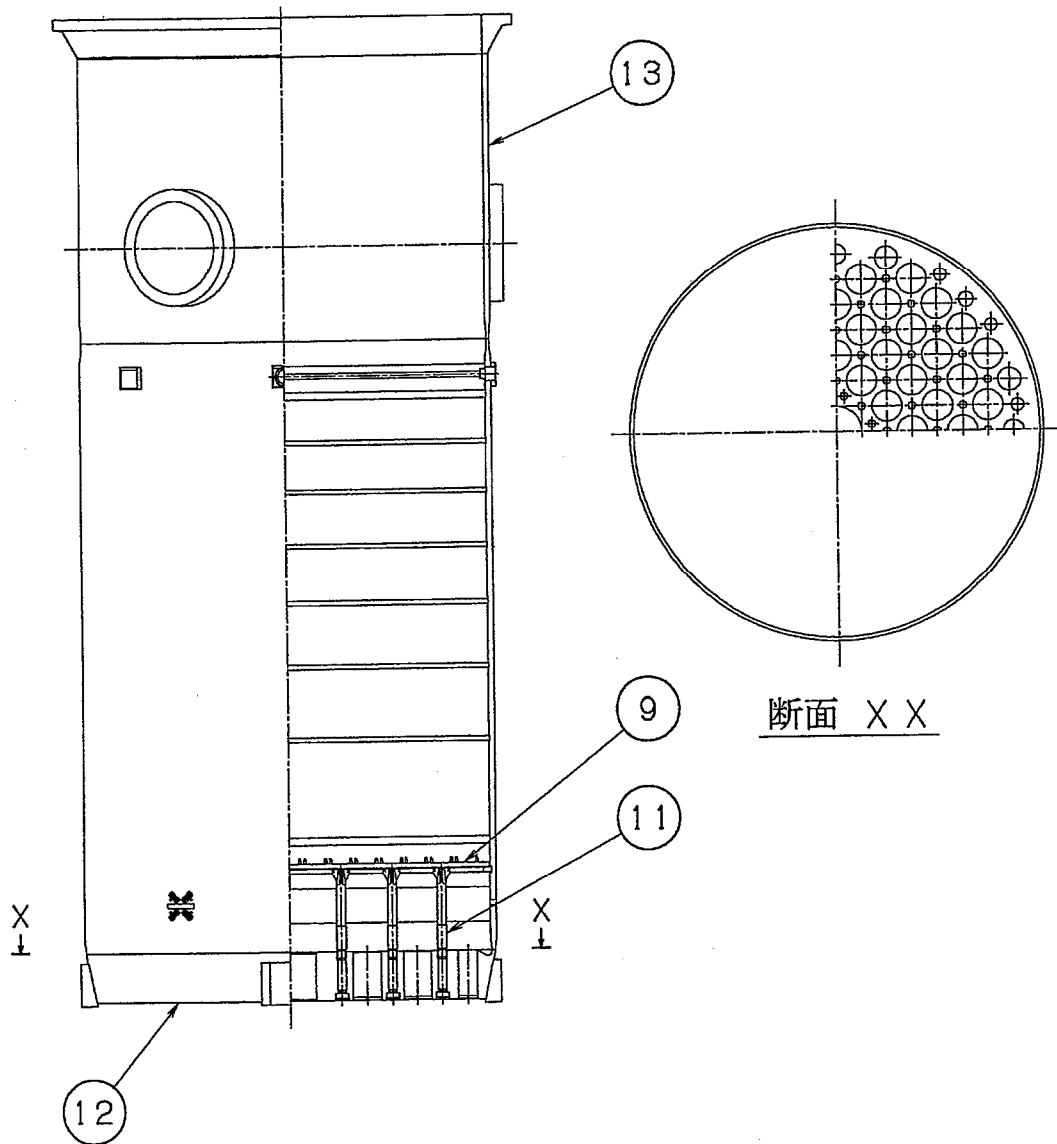
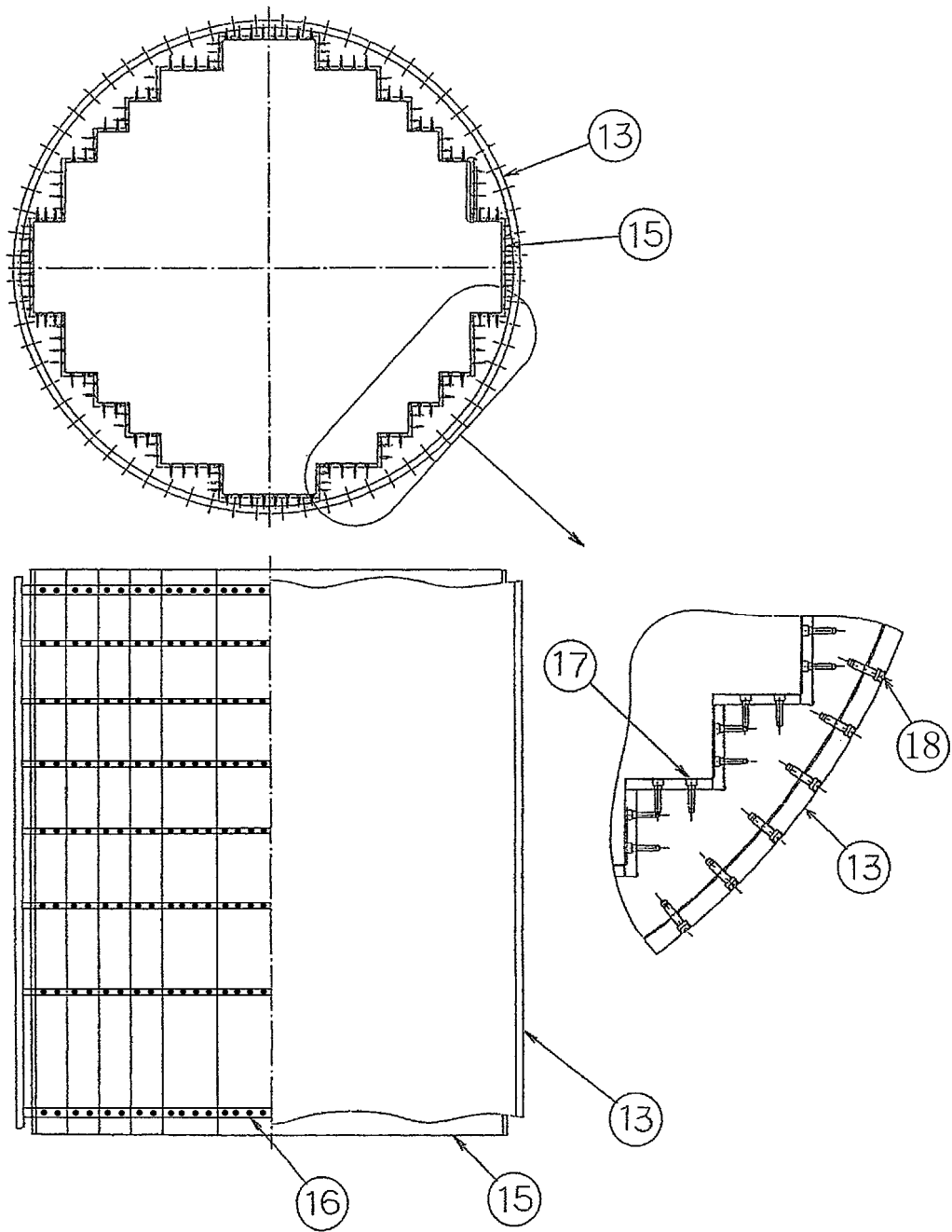


図2.1-10 高浜1号炉 炉心そう組立図



No.	部位
⑬	炉心そう
⑮	炉心バップル
⑯	炉心バップル取付板
⑰	バップルフォーマボルト
⑱	バレルフォーマボルト

図2.1-11 高浜1号炉 炉心バップル組立図

No.	部位
⑬	炉心そう
⑲	熱遮蔽材
⑳	たわみ金

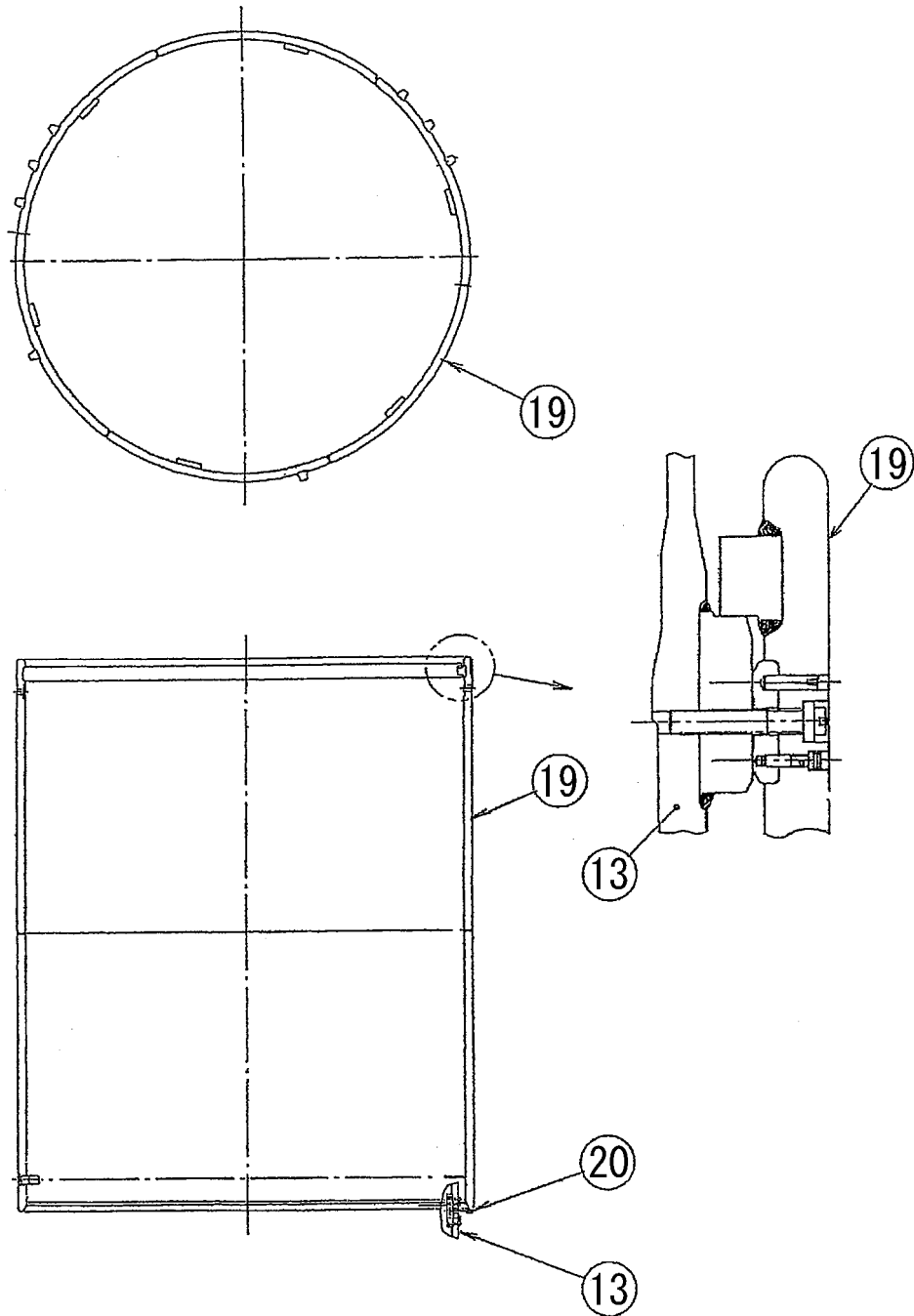


図2.1-12 高浜1号炉 熱遮蔽材組立図

No.	部位
⑬	炉心そう
⑲	熱遮蔽材
⑳	たわみ金

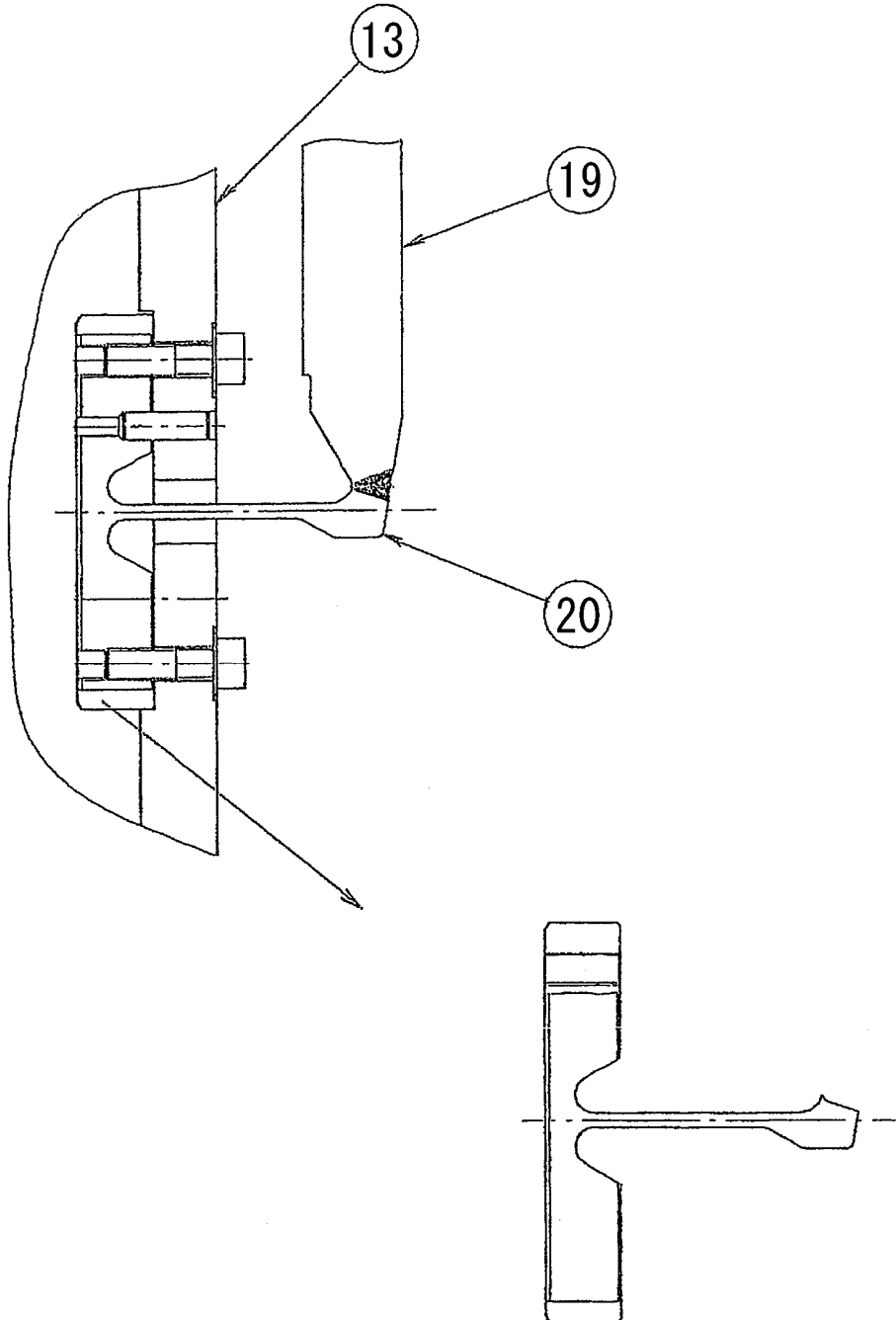
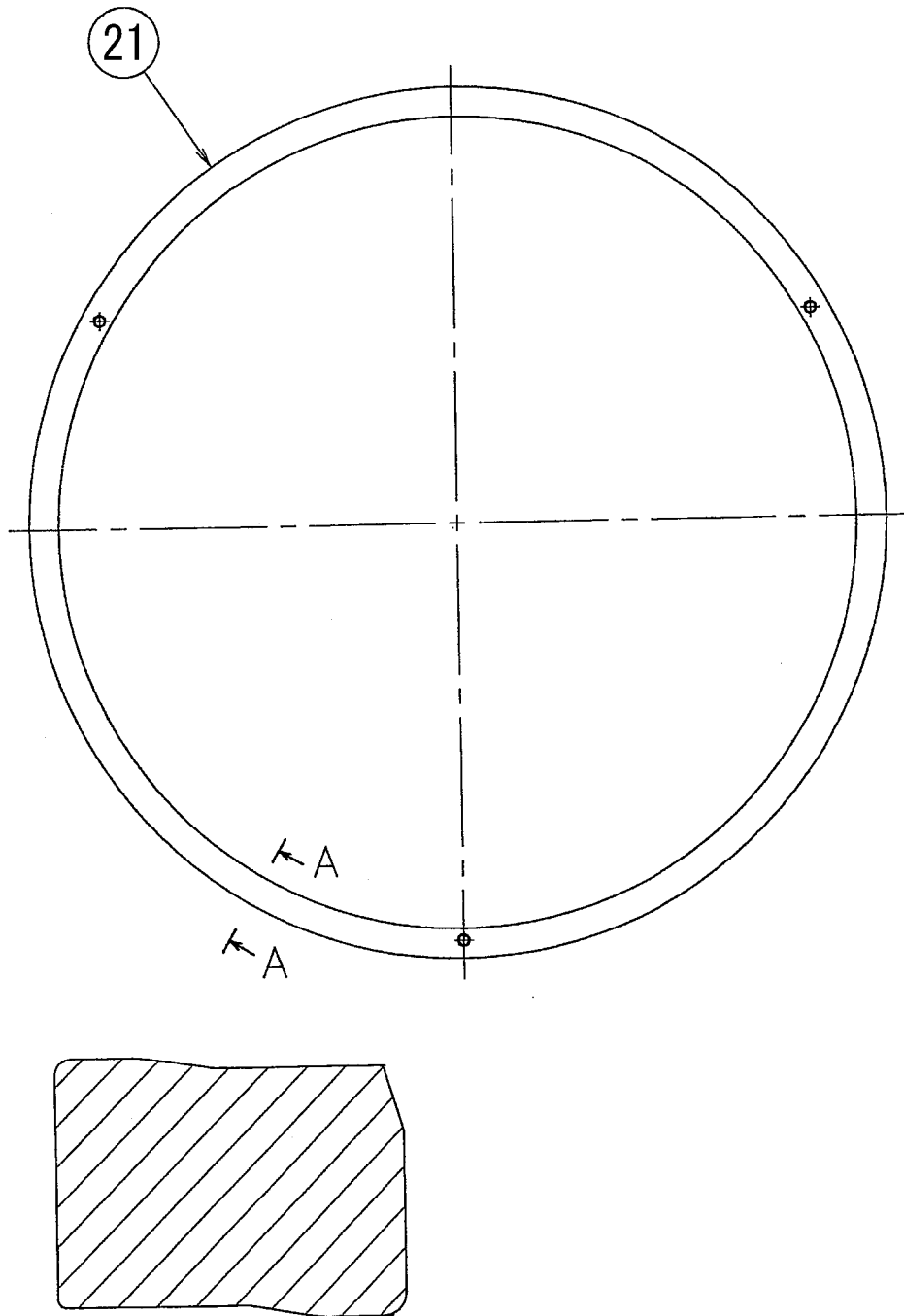


図2.1-13 高浜1号炉 たわみ金組立図



断面 A A

No.	部位
㉑	押えリング

図2.1-14 高浜1号炉 押えリング構造図

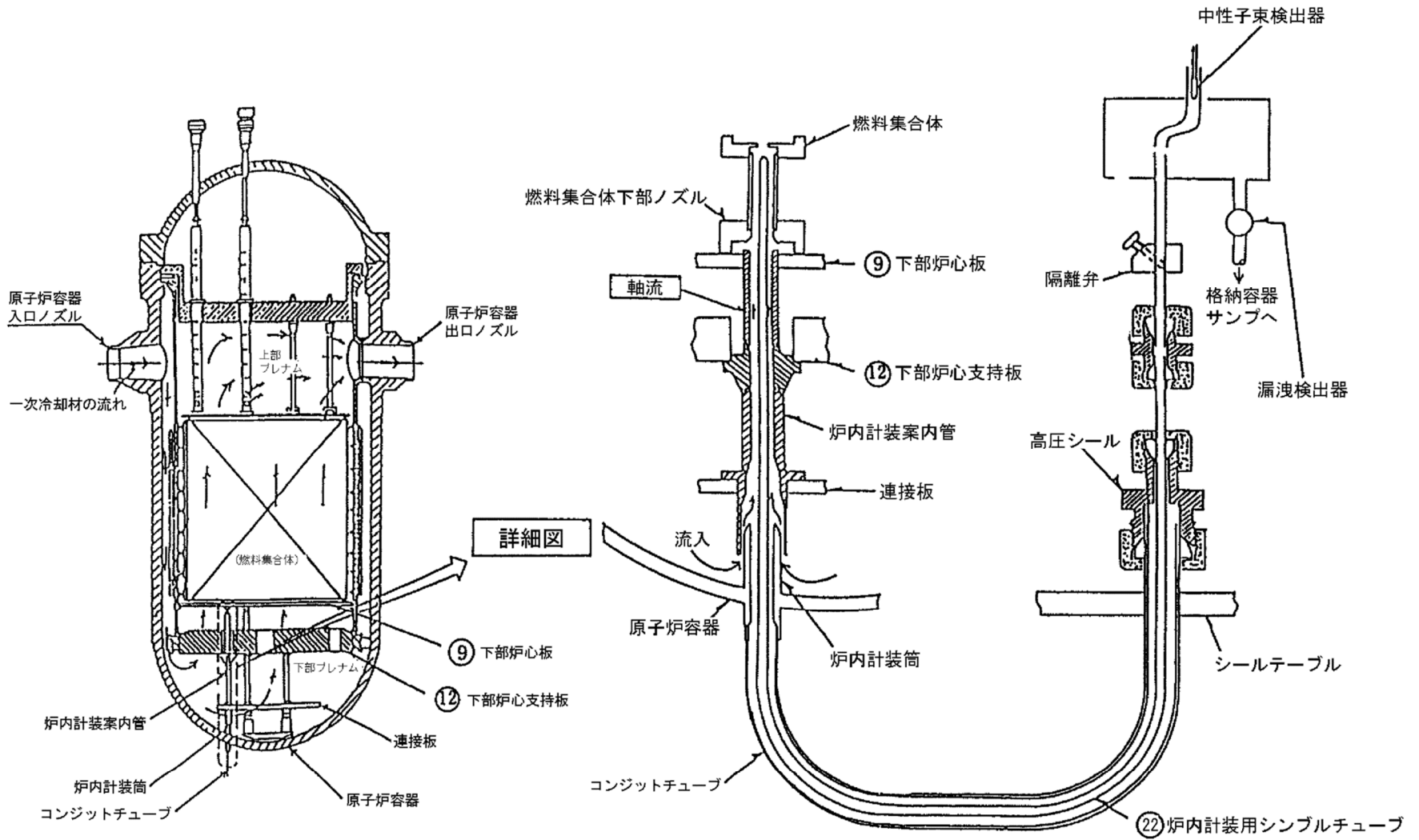


図2.1-15 炉内計装用シンプルチューブ概念図

表2.1-1 高浜1号炉 炉内構造物の改造履歴

実施時期	理由	内容
1976年度～1977年度 (第2回定期検査) 1978年度～1979年度 (第3回定期検査) 1981年度 (第5回定期検査) 1982年度 (第6回定期検査)	バッフルジェット対策。	炉心バッフルをピーニング。 (図2.1-16)
1978年度～1979年度 (第3回定期検査)	インコネルX-750のS C C抜き取り調査実施。	たわみピン31本を改善熱処理材に取替。たわみピン全数について応力低減対策を実施。
1983年度～1984年度 (第7回定期検査)	支持ピンS C C発生に対する対策の水平展開。	支持ピン全数を新熱処理材応力低減化構造に取替。
	バッフルジェット抜本対策。	アップフロー化工事。 (図2.1-17)
1995年度～1996年度 (第16回定期検査)	安全性向上のため水位計設置。	制御棒クラスタ案内管1本を水位計と取替。(図2.1-18)

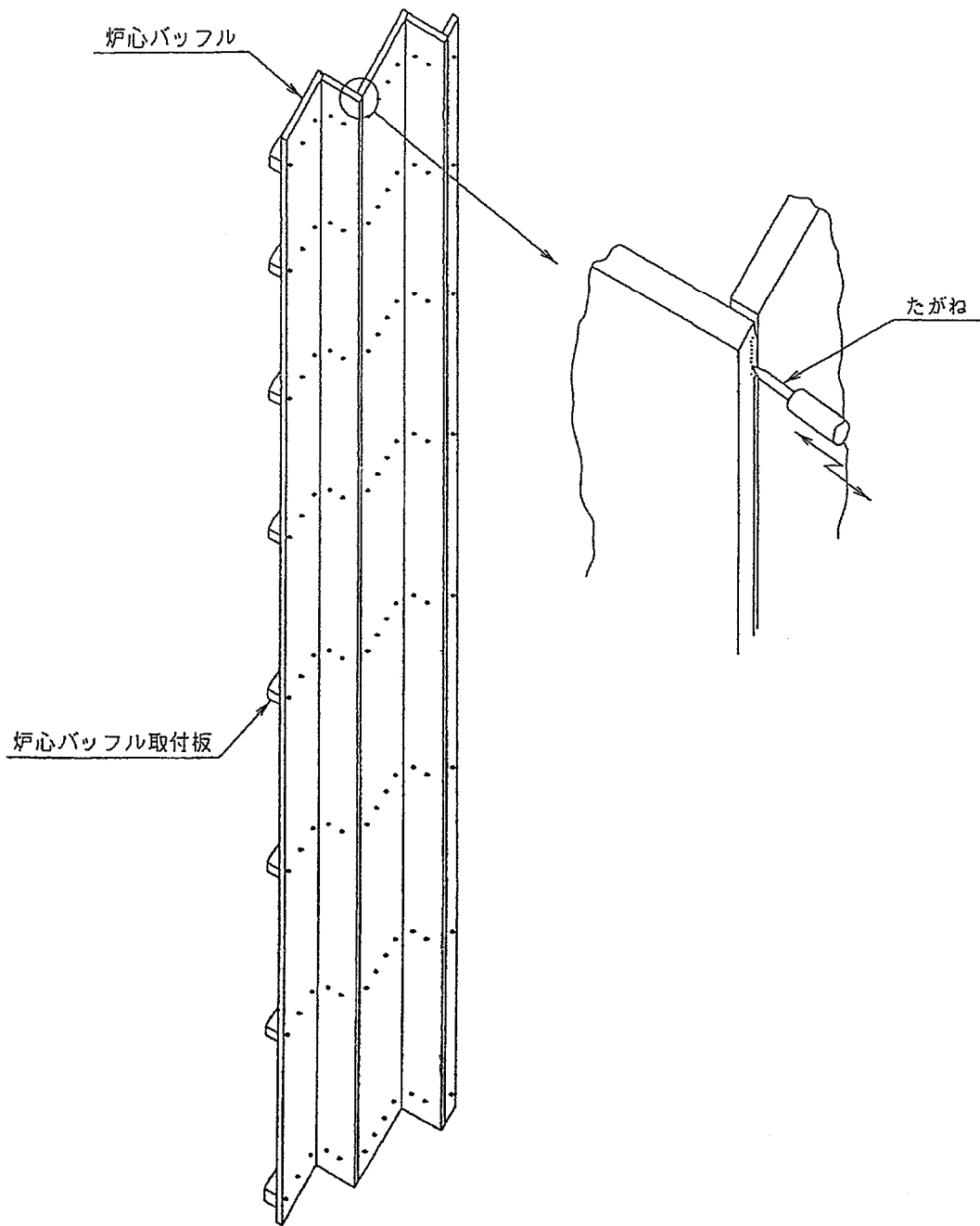


図2.1-16 ピーニング工事概念図

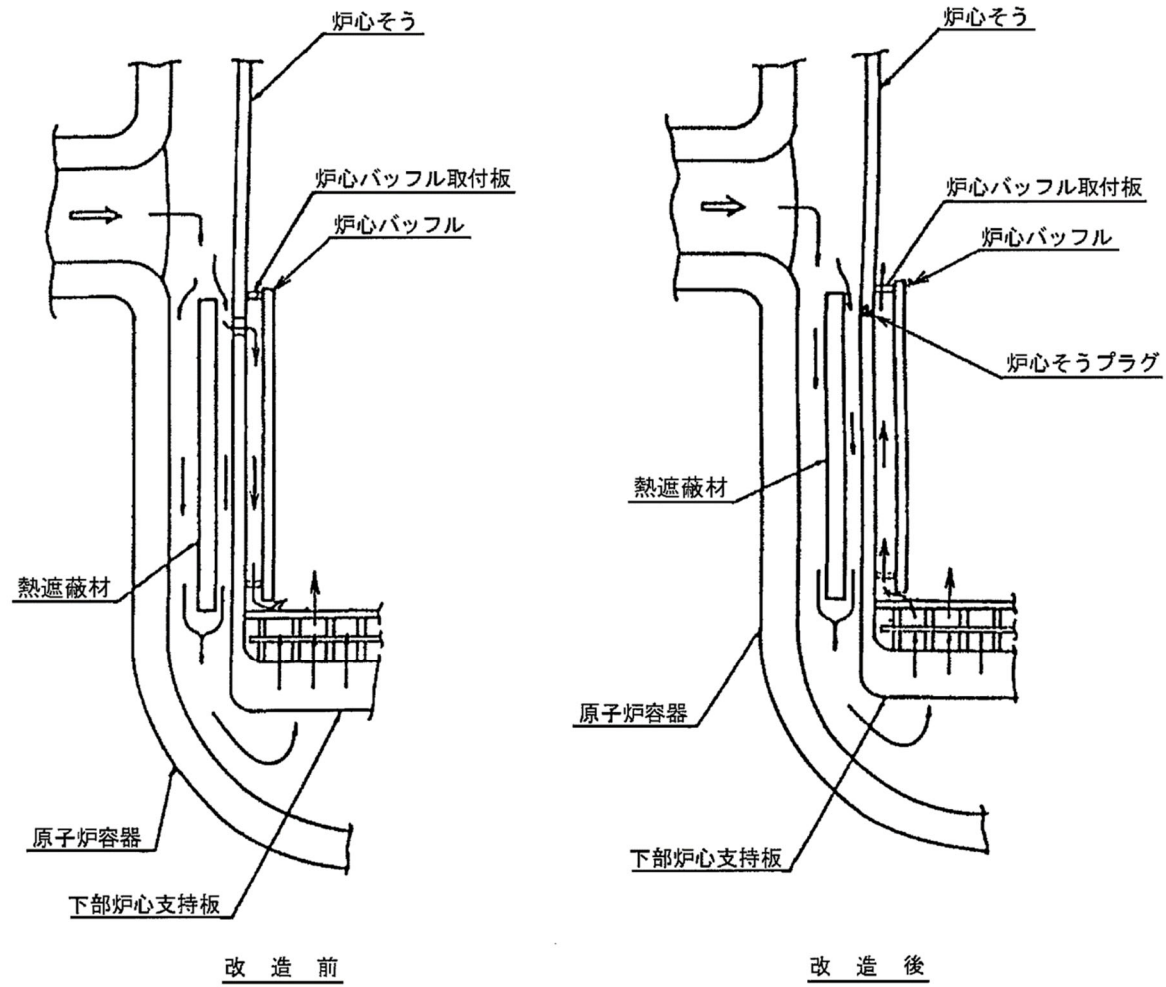


図2.1-17 アップフロー化工事概念図

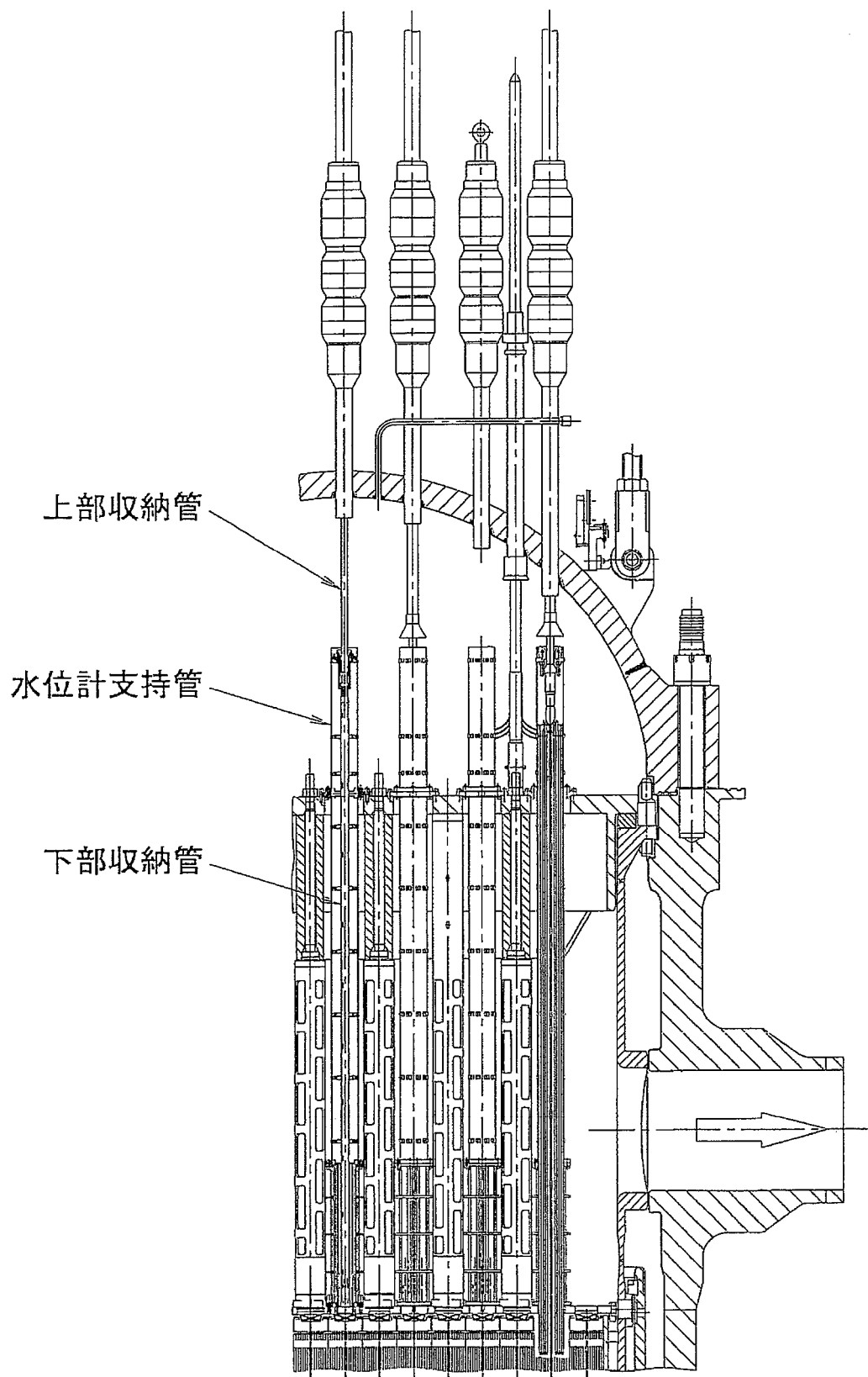


图2.1-18 原子炉水位計設置概念图

表2.1-2 高浜1号炉 炉内構造物主要部位の使用材料

部位	材料
上部炉心板	ステンレス鋼
上部炉心支持柱	ステンレス鋼
上部炉心支持板	ステンレス鋼
下部炉心板	ステンレス鋼
下部炉心支持柱	ステンレス鋼鋳鋼
下部炉心支持板	ステンレス鋼
炉心そう	ステンレス鋼
ラジアルキー	ステンレス鋼
上部燃料集合体案内ピン	ステンレス鋼 (原子力発電用規格 G316CW相当)
下部燃料集合体案内ピン	ステンレス鋼 (原子力発電用規格 G316CW相当)
制御棒クラスタ案内管	ステンレス鋼
支持ピン	ニッケル基合金 (750合金)
たわみピン	ニッケル基合金 (750合金)
制御棒クラスタ案内管カバー	ステンレス鋼
炉心バッフル	ステンレス鋼
炉心バッフル取付板	ステンレス鋼
バッフルフォーマボルト	ステンレス鋼 (原子力発電用規格 G316CW相当)
バレルフォーマボルト	ステンレス鋼 (原子力発電用規格 G316CW相当)
炉内計装用シンプルチューブ	ステンレス鋼
熱遮蔽材	ステンレス鋼
たわみ金	ステンレス鋼
押えリング	ステンレス鋼

表2.1-3 高浜1号炉 炉内構造物の使用条件

最高使用圧力	約17.2MPa[gage]
最高使用温度	約343℃
内部流体	1次冷却材

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機能達成に必要な項目

炉内構造物の機能である

- ・ 炉心、すなわち燃料集合体の支持および位置決め
- ・ 制御棒クラスタの位置決め、案内および保護
- ・ 1次冷却材の流路形成および流量の適正配分
- ・ 炉内計装の通路形成、支持および保護
- ・ 原子炉容器に対する中性子遮蔽

を維持するためには、次の6つの項目が必要である。

- ① 炉心支持および炉心位置決め部材信頼性の維持
- ② 制御棒クラスタ案内構造信頼性の維持
- ③ 1次冷却材流路形成構成部材信頼性の維持
- ④ 炉内計装案内構造部材信頼性の維持
- ⑤ 中性子遮蔽構造信頼性の維持
- ⑥ 機器の支持構造信頼性の維持

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

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

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) 炉心支持構造物（上部炉心板、上部炉心支持柱、上部炉心支持板、下部炉心板、下部炉心支持柱、下部炉心支持板、炉心そう）の疲労割れ

炉心支持構造物（上部炉心板、上部炉心支持柱、上部炉心支持板、下部炉心板、下部炉心支持柱、下部炉心支持板、炉心そう）はプラントの起動・停止時等に発生する1次冷却材の温度、圧力および流量の変化により、材料に疲労が蓄積することから、経年劣化に対する評価が必要である。

- (2) バッフルフォーマボルト等の照射誘起型応力腐食割れ

フランスにおける1988年のブジュー（Bugey）発電所2号炉およびその後の類似プラントにおいて確認されたバッフルフォーマボルトの損傷事例および1998年以降に米国で確認された同様の事例より、高照射領域にある高応力のステンレス鋼の照射誘起型応力腐食割れの可能性が考えられることから、経年劣化に対する評価が必要である。

(3) 下部炉心支持柱の熱時効

下部炉心支持柱に使用しているステンレス鋼（2相ステンレス鋼）は、高温での長時間の使用に伴い靱性の低下等、材料特性変化を起こす可能性があることから、経年劣化に対する評価が必要である。

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

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

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

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

(1) 制御棒クラスタ案内管（案内板）の摩耗

通常運転時の1次冷却材の流れにより、制御棒クラスタ案内管内で制御棒が流体振動を起こす。その結果、制御棒と制御棒クラスタ案内管（案内板）との間で摩耗が想定される。

制御棒被覆管については摩耗減肉が認められていることから、長期的には制御棒クラスタ案内管（案内板）側が摩耗する可能性は否定できない。

制御棒クラスタ案内管（案内板）の摩耗により、制御棒の案内機能に影響を及ぼす可能性がある事象としては、制御棒の制御棒クラスタ案内管（案内板）からの抜け出しが考えられる。制御棒被覆管の摩耗が進行し、径が細くなると、制御棒クラスタ案内管（案内板）から抜け出しやすい状態となる。現行の制御棒の管理では、予防保全的に制御棒被覆管の摩耗深さが肉厚を超えないよう定期的に制御棒の取替等を行っている。制御棒クラスタ案内管（案内板）の摩耗管理については、安全側に制御棒被覆管の摩耗深さが肉厚に至った場合を仮定すると、制御棒クラスタ案内管（案内板）からの抜け出しの可能性が出てくると考えられるのは図2.2-1に示す摩耗長さ74%と評価されることから、高浜1号炉の制御棒クラスタ案内管（案内板）の摩耗が制御棒の案内機能に与える影響については、次のように評価される。

高浜1号炉で採用している3ループ15×15型制御棒クラスタ案内管について、「発電用原子力設備規格 維持規格（JSME S NA1-2012）」に基づき評価を実施した結果、高浜1号炉の制御棒クラスタ案内管（案内板）が摩耗長さ74%に達するまでの時間は約62.7万時間と評価される。一方、2023年5月時点の運転実績は約23万時間である。

以上より、高浜1号炉の制御棒クラスタ案内管（案内板）の摩耗が制御棒の案内機能に直ちに影響を及ぼす可能性はないと考える。

また、制御棒クラスタ案内管（案内板）の摩耗による制御棒の案内機能への影響は、全制御棒の落下試験を実施し、挿入時間に問題がないことによりその健全性を確認している。

さらに、運転時間40万時間での摩耗計測を実施予定である。

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。

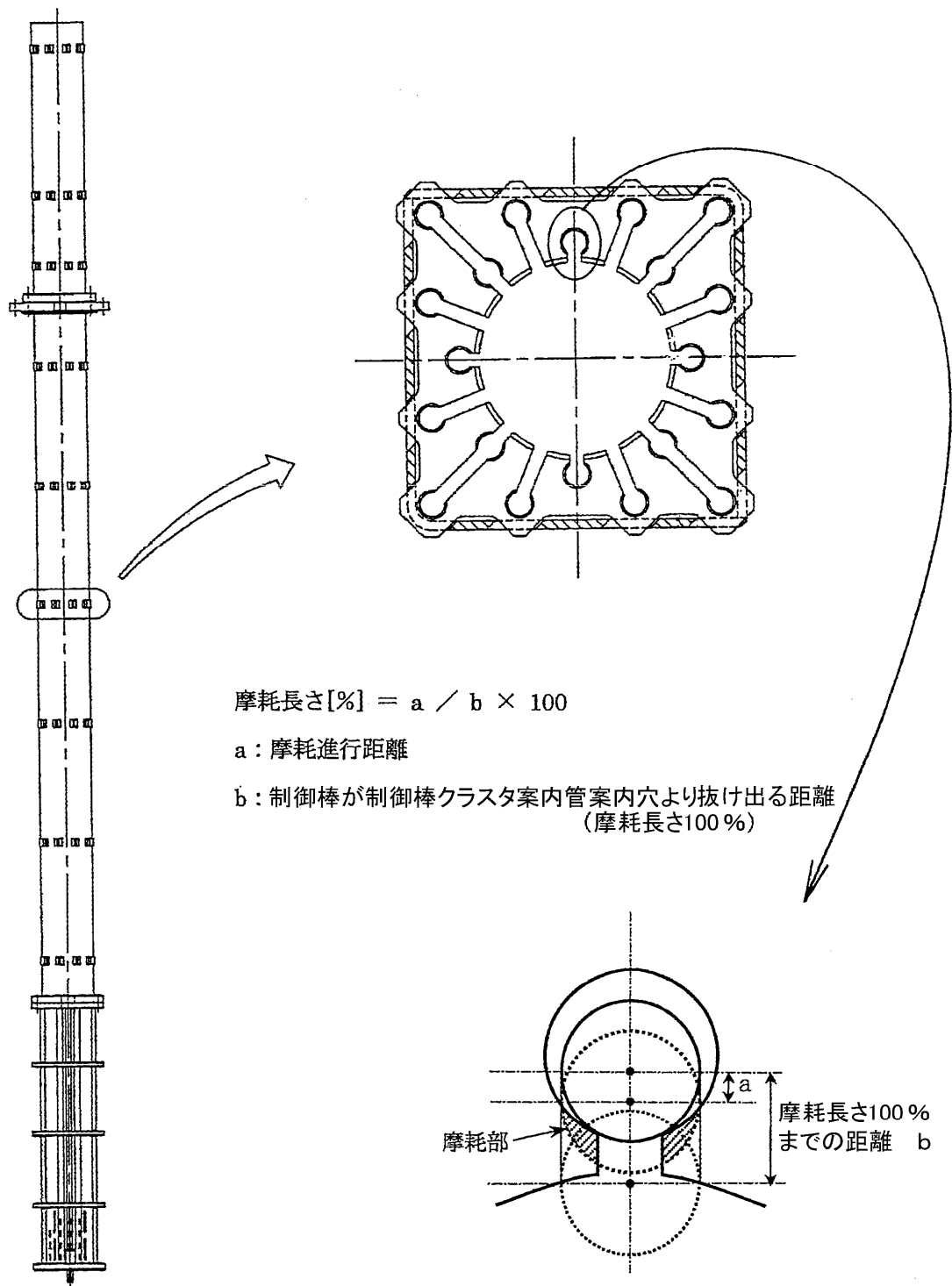


図2.2-1 高浜1号炉 制御棒クラスタ案内管(案内板) 摩耗長さ

(2) 炉内計装用シングルチューブの摩耗

1981年3月、米国セーレム (Salem) 発電所 1 号炉他で炉内計装用シングルチューブの摩耗による減肉が認められており、国内でも同様の事象が認められていることから、摩耗が想定される。

炉内計装用シングルチューブの減肉が、シングルチューブまわりの軸流による流体振動に起因することをモックアップ試験により確認している。また、減肉した炉内計装用シングルチューブの耐圧健全性を確認するため、実機での減肉形状を模擬して外圧による圧壊試験を行い、限界減肉率を求めている。

一方、摩耗に関する一般知見として、現象が同じであれば単位時間当たりの摩耗体積は一定であり、摩耗発生箇所においては、炉内計装用シングルチューブおよび炉内計装案内管の各形状 (図2.2-2) から、摩耗の進展に応じて、X部、Y部では接触面積が大きくなるため、摩耗深さの進展は緩やかになる。

炉内計装用シングルチューブの摩耗による減肉については、限界減肉率に比べ十分小さい状態で管理している。

また、炉内計装用シングルチューブの摩耗に対しては、渦流探傷検査により摩耗状況を確認するとともに、必要に応じて位置変更または取替を実施している。

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。

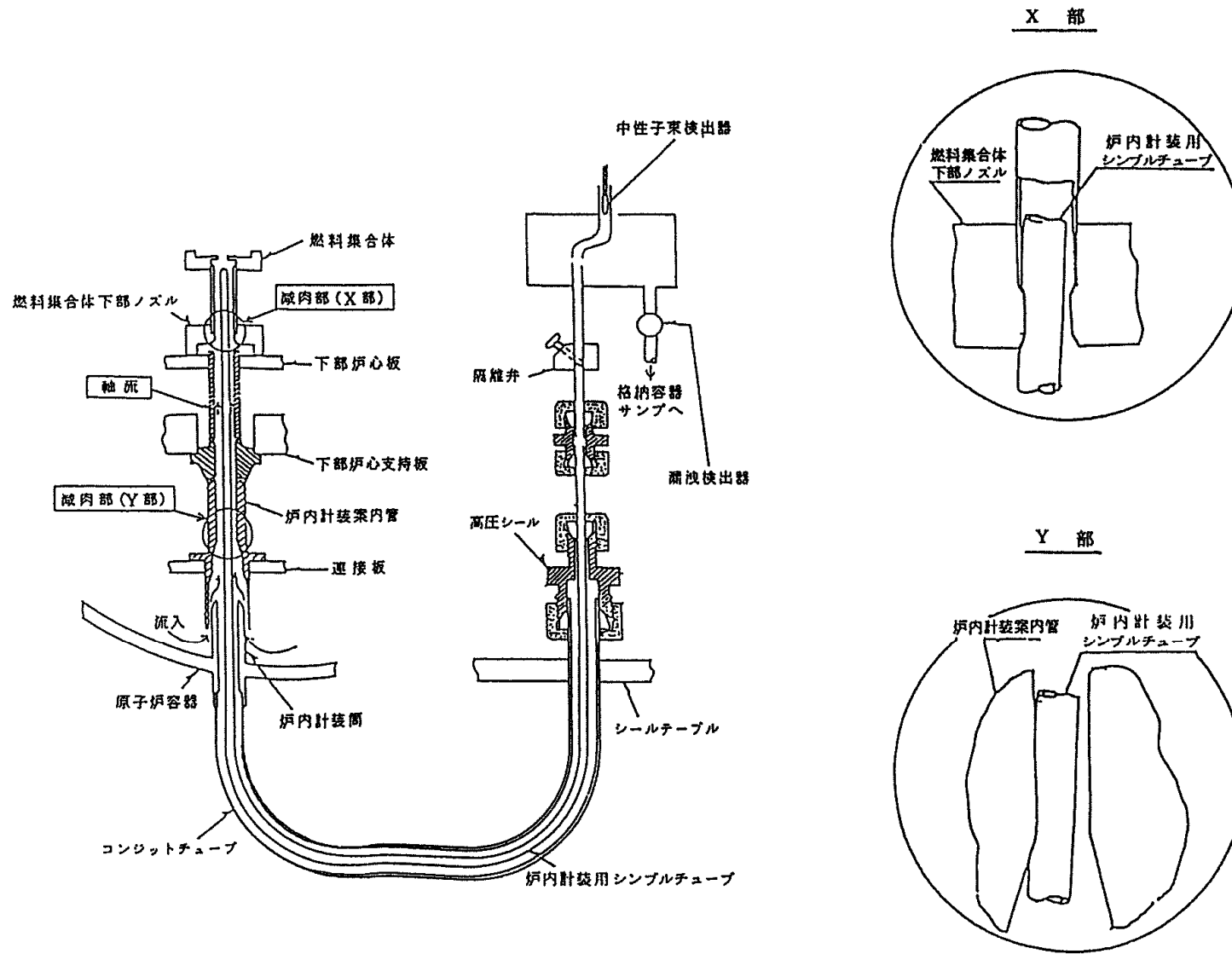


図2.2-2 炉内計装用シンプルチューブ減肉部位および形状概念図

(3) 支持ピン（止めピン）の摩耗

支持ピン（止めピン）については、1次冷却材の流体振動によりナットピン穴とピン部に摩耗が想定される。

しかしながら、目視確認を実施し、摩耗が認められた場合は取替を実施することで、健全性を維持している。

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

(4) 炉心そうの中性子照射による靱性低下

炉心そうに使用しているステンレス鋼は、中性子照射により靱性低下など機械的特性が変化する。

中性子照射による靱性低下は、従来より原子炉容器を中心に検討評価されてきている。原子炉容器に使用されている材料はフェライト系の材料であり、この材料は中性子照射によって、関連温度の上昇や上部棚吸収エネルギーの低下が顕著なため、従来から重要な経年劣化事象として評価されている。

一方、炉心支持構造物であり強度上重要な炉心そうに使用されている材料はオーステナイト系の材料であって、フェライト系材料とは金属結晶構造が異なり、靱性が高い材料である。しかし、発電設備技術検査協会「平成8年度 プラント長寿命化技術開発に関する事業報告書」によるとオーステナイト系照射ステンレス鋼の破壊靱性値 J_{IC} 試験の結果、図2.2-3に示すように、中性子照射に対して靱性値の低下が認められる。

しかしながら、中性子照射により、靱性値が低下しても、炉内構造物に有意な欠陥が存在しなければ、不安定破壊を起こす可能性は小さいと考える。なお、炉心そう溶接部は、応力集中がなく照射量が少ないため「発電用原子力設備規格維持規格（JSME S NA1-2008）」に基づく評価では、照射誘起型応力腐食割れ発生の可能性は小さい。

さらに、ここで万一有意な欠陥が存在すると仮定し、地震発生時の亀裂安定性評価を実施した。想定欠陥は、「日本機械学会 設計・建設規格（JSME S NC1-2005/2007）」を準用し深さを板厚の1/4、長さは板厚の1.5倍の表面欠陥を周方向に仮定した（図2.2-4）。平板中の半楕円表面亀裂の応力拡大係数 K を求めるRaju-Newmanの式（Raju, I. S. and Newman, J. C., Jr., NASA Technical Paper 1578, 1979.）を用いて想定欠陥の応力拡大係数 K を算出した結果、 $7.4 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}$ となった。一方、図2.2-3中の J_{IC} 最下限値 14 kJ/m^2 から、換算式により破壊靱性値 K_{IC} を求めると $51 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}$ となる。

$$K_{IC} = \sqrt{\frac{E}{(1-\nu^2)}} \times J_{IC}$$

E : 縦弾性係数 (173,000 MPa at 350°C)

ν : ポアソン比 (0.3)

J_{IC} : 破壊靱性値の下限 (14 kJ/m² at 350°C)

よって、想定欠陥の応力拡大係数は、破壊靱性値を下回っており、不安定破壊は生じないことを確認した。

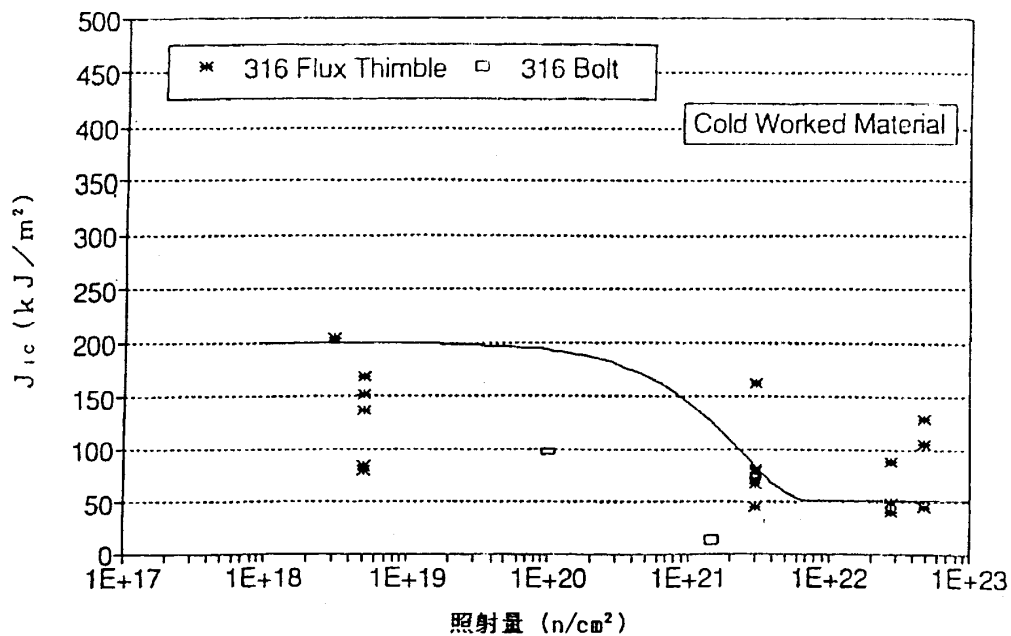


図2.2-3 破壊靱性値 J_{IC} と照射量の関係

[出典：発電設備技術検査協会「平成8年度 プラント長寿命化技術開発に関する事業報告書」]

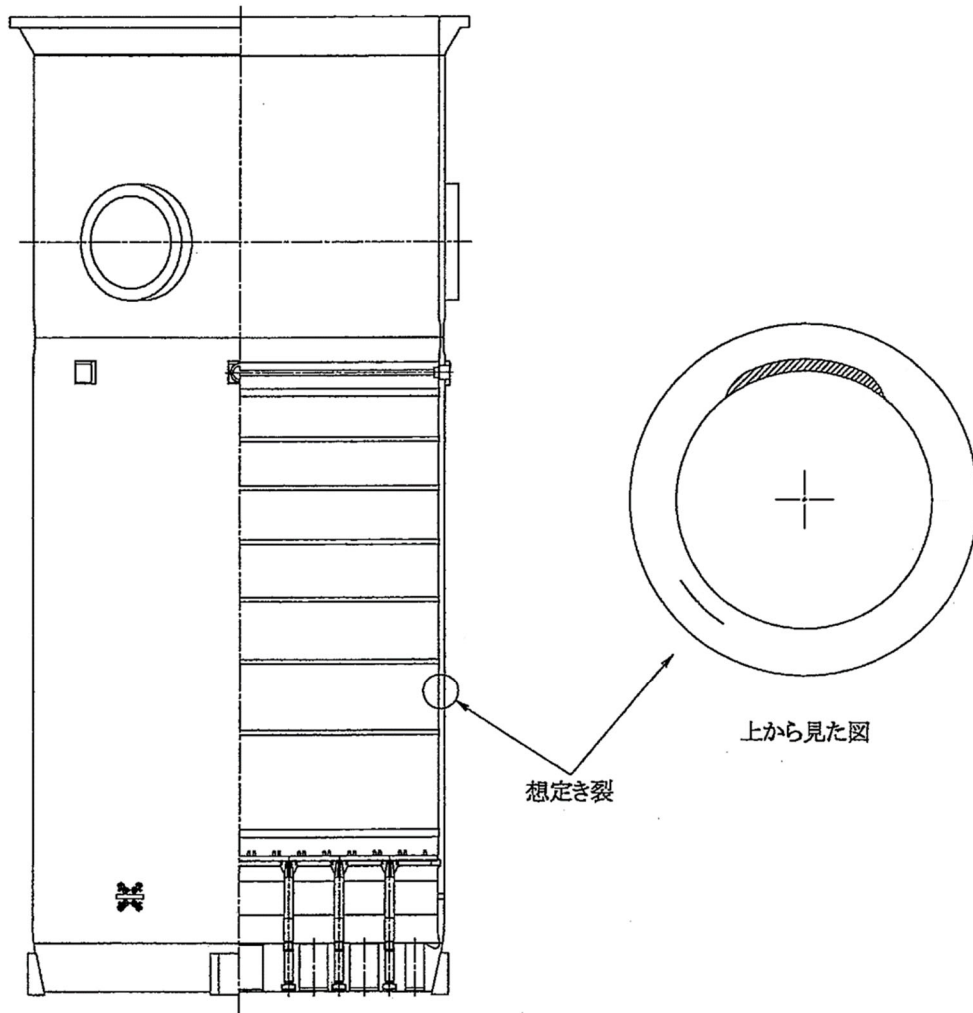


図2.2-4 高浜1号炉 中性子照射による靱性低下に対する炉心そうの想定欠陥

また、炉心そうについては、水中テレビカメラによる可視範囲の目視確認を実施し、異常のないことを確認している。

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

(5) 炉心そう等の高サイクル疲労割れ

下部炉内構造物の炉心そうと熱遮蔽材、上部炉内構造物の上部炉心支持柱と制御棒クラスタ案内管は冷却材高速流れにさらされており、流体によるランダム振動が発生する可能性があるため、振動発生時に繰返し応力を受ける炉心そう、上部炉心支持柱、制御棒クラスタ案内管に高サイクル疲労割れが想定される。

しかしながら、15×15燃料3ループプラントを対象にした1/5スケールモデル流動試験を実施し、問題ないことを確認している。

また、1999年7月に敦賀2号炉の再生熱交換器連絡管において、温度の異なる冷却材の合流による温度ゆらぎ（サーマルストライピング）が生じ、高サイクル熱疲労による疲労割れが発生しているが、炉内構造物において温度の異なる冷却材が合流する炉心そう出口ノズル部、上部炉心支持板および制御棒クラスタ案内管等については、最大の温度差を考慮しても有意な応力は発生しないため、高サイクル疲労割れ発生の可能性はない。

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、水中テレビカメラによる目視確認により、機器の健全性を確認している。

(6) 上部炉心支持柱等の応力腐食割れ

ステンレス鋼の上部炉心支持柱等は、応力腐食割れが想定される。

しかしながら、1次冷却材の水質を溶存酸素濃度5ppb以下に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、水中テレビカメラによる目視確認により、機器の健全性を確認している。

(7) 支持ピン、たわみピンの応力腐食割れ

ニッケル基合金（750合金）の支持ピンについては1978年10月美浜3号炉にて、たわみピンについては同年12月同じく美浜3号炉で応力腐食割れが認められている。

しかしながら、既に応力腐食割れ感受性低減のため、支持ピンについては第7回定期検査時（1983年度～1984年度）に新熱処理材応力低減化構造のものに全数取替、たわみピンについては第3回定期検査時（1978年度～1979年度）に応力低減対策を全数に実施していることから、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、水中テレビカメラによる目視確認により、機器の健全性を確認している。

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

(8) 炉心そう等の照射下クリープ

高照射環境下で使用される炉心そうおよびバッフルフォーマボルト（ステンレス鋼）には照射下クリープが想定される。

しかし、クリープ破断を生じる荷重制御型応力は微小であり、プラント運転に対し問題とはならない。

したがって、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(9) 炉心バッフルの照射スウェリング

PWRプラントでの照射スウェリング量は小さく、炉心バッフルの上下に十分な隙間が存在することから、炉心バッフルの炉心形成機能が失われるようなことはなく、また、運転時間が先行している海外PWRプラントでもそのような事例は発生していないため、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。（参考文献：J.P.Foster and J.E.Flinn, Journal of Nuclear Materials 89(1980)99-112)

(10) 押えリングの変形（応力緩和）

プラント運転中の押えリングは、高温環境下で一定圧縮ひずみのまま保持されているため、変形（応力緩和）が想定される。

しかしながら、押えリングに使用されているステンレス鋼（ASTM A182 Gr. F304）は、応力緩和を生じにくい材料であり、押えリングの変形（応力緩和）が問題となる可能性はなく、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

表2.2-1 (1/2) 高浜1号炉 炉内構造物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		
炉心支持および炉心位置決め部材信頼性の維持	上部炉心板		ステンレス鋼			○	△				*1：高サイクル疲労割れ
	上部炉心支持柱		ステンレス鋼			○ △*1	△				*2：高サイクル熱疲労割れ
	上部炉心支持板		ステンレス鋼			○ △*2	△				*3：照射誘起型応力腐食割れ
	下部炉心板		ステンレス鋼			○	○*3 △				*4：中性子照射による 靱性低下
	下部炉心支持柱		ステンレス鋼 鋼			○	○*3 △	○			*5：照射スウェリング
	下部炉心支持板		ステンレス鋼			○	△				*6：照射下クリープ
	炉心そう		ステンレス鋼			○ △*1,2	○*3 △		△*4	▲*6	
	ラジアルキー		ステンレス鋼				△				
	上部燃料集合体案内ピン		ステンレス鋼				△				
	下部燃料集合体案内ピン		ステンレス鋼				○*3 △				
制御棒クラスタ案内構造信頼性の維持	制御棒クラスタ案内管		ステンレス鋼	△		△*1,2	△				
	支持ピン		ニッケル基合金	△			△				
	たわみピン		ニッケル基合金				△				
	制御棒クラスタ案内管カバー		ステンレス鋼				△				
1次冷却材流路形成構成部材信頼性の維持	炉心バップル		ステンレス鋼				○*3 △			▲*5	
	炉心バップル取付板		ステンレス鋼				○*3 △				
	バップルフォーマボルト		ステンレス鋼				○*3 △			▲*6	
	バレルフォーマボルト		ステンレス鋼				○*3 △				

○：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）

表2.2-1 (2/2) 高浜1号炉 炉内構造物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		
炉内計装案内構造部材信頼性の維持	炉内計装用シンプルチューブ		ステンレス鋼	△			△				*1：照射誘起型 応力腐食割れ *2：変形（応力緩和） *3：高サイクル疲労割れ
中性子遮蔽構造信頼性の維持	熱遮蔽材		ステンレス鋼			△*3	○*1 △				
	たわみ金		ステンレス鋼			△*1	△				
機器の支持構造信頼性の維持	押えリング		ステンレス鋼				△			▲*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 炉心支持構造物（上部炉心板、上部炉心支持柱、上部炉心支持板、下部炉心板、下部炉心支持柱、下部炉心支持板、炉心そう）の疲労割れ

a. 事象の説明

炉心支持構造物は、プラントの起動・停止時等に熱過渡を繰り返し受けるため、疲労が蓄積する。

b. 技術評価

① 健全性評価

炉心支持構造物の健全性評価にあたっては、構造が不連続であり、かつ、変形に対する拘束が大きいと、比較的大きな熱応力の発生する部位を対象として「日本機械学会 設計・建設規格（JSME S NC1-2005/2007）」に基づき評価を行った。

評価対象部位の代表部位を図2.3-1～図2.3-3に示す。

また、使用環境を考慮した疲労について、「日本機械学会 環境疲労評価手法（JSME S NF1-2009）」に基づき評価した。

疲労評価に用いた過渡回数を表2.3-1に示す。

なお、2019年度11月末までの運転実績に基づき推定した2019年12月以降の評価対象期間での推定過渡回数を包含し、より保守的*1に設定した過渡回数とした。

*1：評価条件として、2011年1月から2023年6月末までの冷温停止状態を想定した。

それぞれの代表箇所における評価結果を表2.3-2に示すが、許容値を満足する結果が得られている。

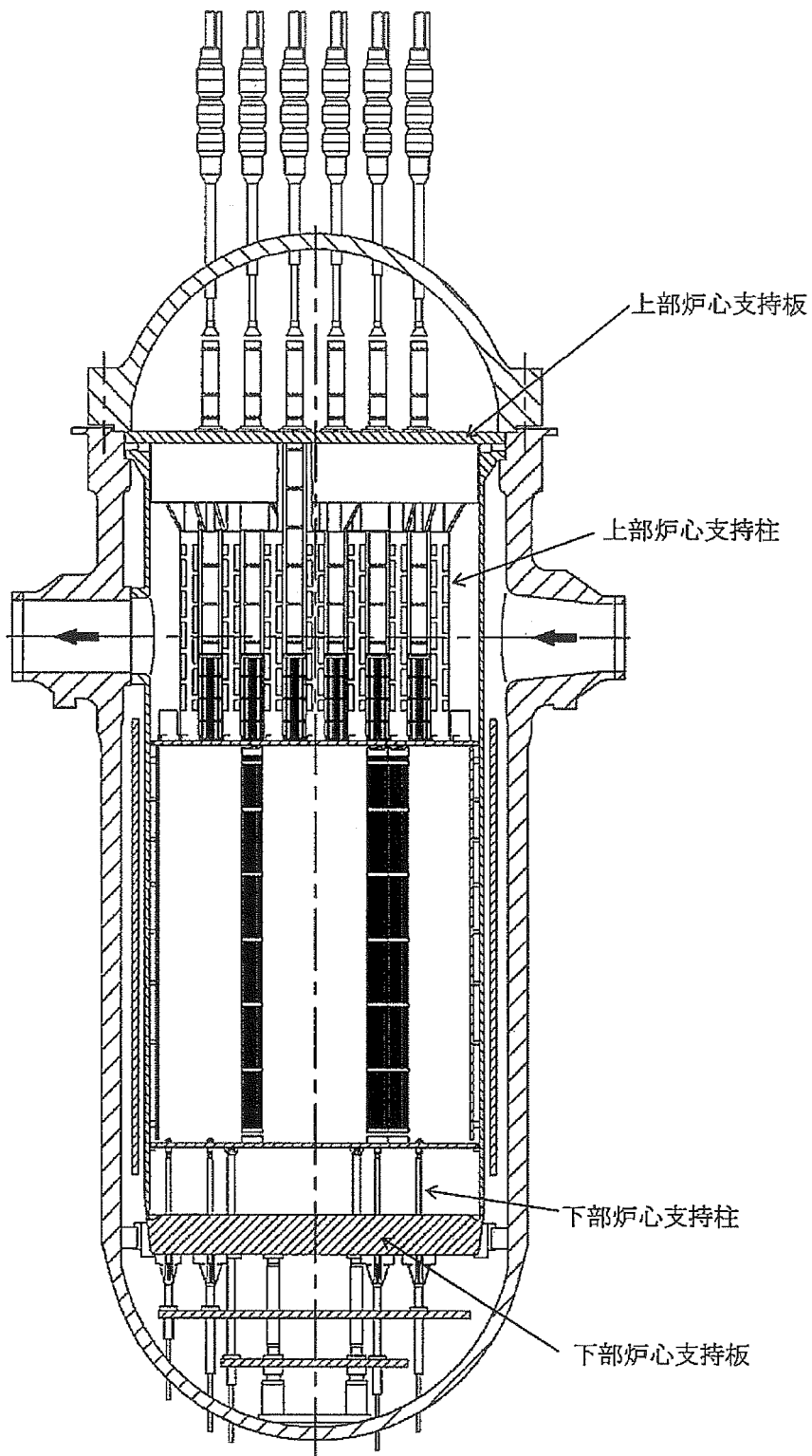


图2.3-1 高滨1号炉 炉心支持构造物疲劳评估部位

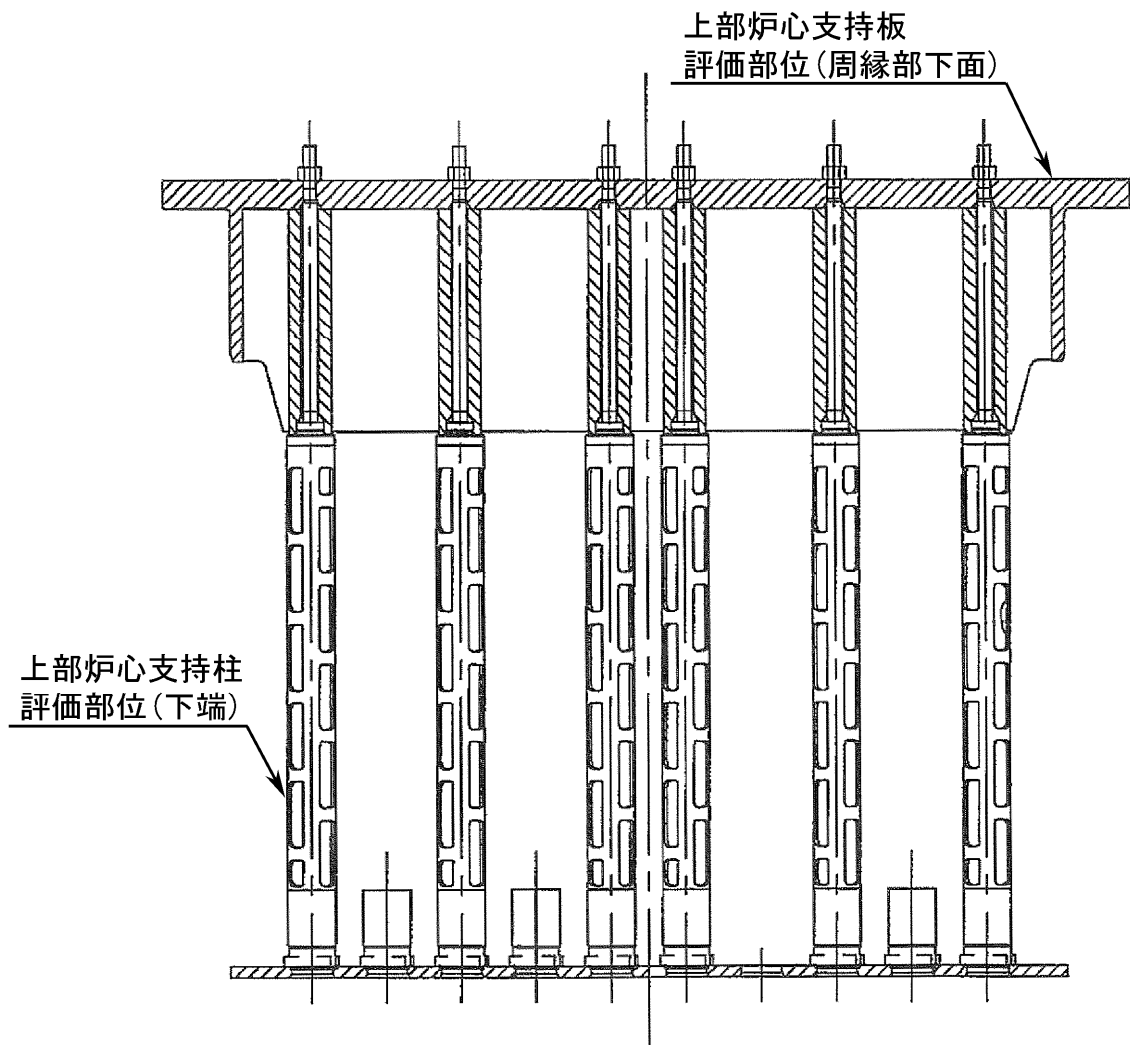


图 2.3-2 高滨 1 号炉 上部炉心支持板、上部炉心支持柱疲劳评价部位

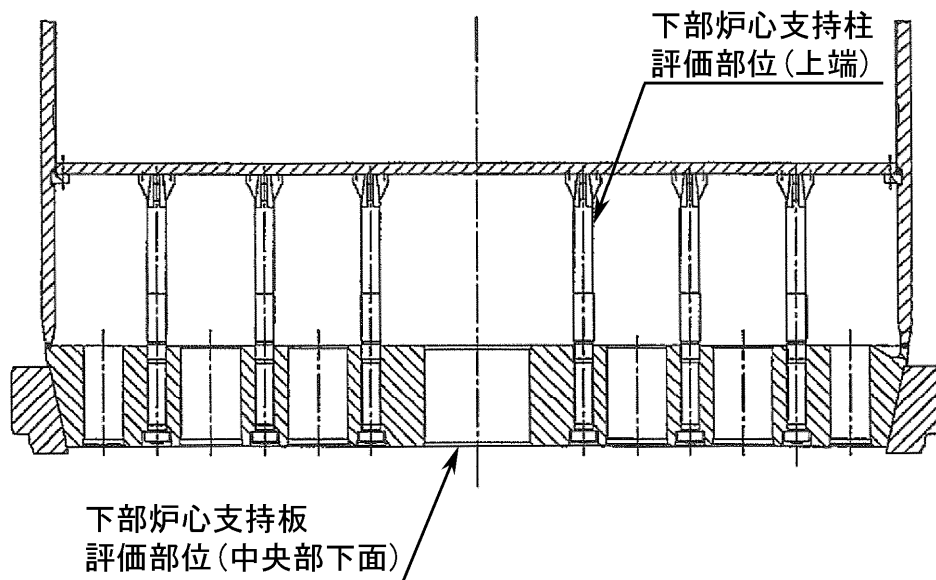


图2.3-3 高浜1号炉 下部炉心支持板、下部炉心支持柱疲劳評価部位

表2.3-1 高浜1号炉 炉心支持構造物の疲労評価に用いた過渡回数

運転状態 I

過渡項目	運転実績に基づく過渡回数	
	2019年11月末 時点	運転開始後60年 時点での推定値*1
起動（温度上昇率55.6°C/h）	64	99
停止（温度下降率55.6°C/h）	65	99
負荷上昇（負荷上昇率5%/min）	396	710
負荷減少（負荷減少率5%/min）	374	687
90%から100%へのステップ状負荷上昇	4	5
100%から90%へのステップ状負荷減少	5	6
100%からの大きいステップ状負荷減少	3	4
定常負荷運転時の変動*2	—	—
燃料交換	28	55
0%から15%への負荷上昇	72	112
15%から0%への負荷減少	52	86
1 ループ停止／1 ループ起動		
Ⅰ) 停止	0	1
Ⅱ) 起動	0	1

運転状態 II

過渡項目	運転実績に基づく過渡回数	
	2019年11月末 時点	運転開始後60年 時点での推定値*1
負荷の喪失	3	4
外部電源喪失	2	5
1次冷却材流量の部分喪失	1	4
100%からの原子炉トリップ		
Ⅰ) 不注意な冷却を伴わないトリップ	9	12
Ⅱ) 不注意な冷却を伴うトリップ	0	1
Ⅲ) 不注意な冷却と安全注入を伴うトリップ	0	1
1次冷却系の異常な減圧	0	1
制御棒クラスタの落下	3	6
出力運転中の非常用炉心冷却系の誤起動	0	1
1次冷却系停止ループの誤起動	0	1
タービン回転試験	10	10
1次系漏えい試験	66	105

*1：評価条件として、2011年1月から2023年6月までの冷温停止状態を想定した。

*2：設計評価においては、1次冷却材温度 $\pm 1.7^{\circ}\text{C}$ 、1次冷却材圧力 $\pm 0.34\text{MPa}$ （ $\pm 3.5\text{kg/cm}^2$ ）の変動があるものとしているが、この過渡項目の疲労累積係数への寄与は小さく、また、実際には通常運転中のゆらぎとして、このような変動は生じていない。

表2.3-2 高浜1号炉 炉心支持構造物の疲労評価結果

評価対象部位 (使用材料)	疲労累積係数 (許容値：1以下)	
	設計・建設規格 による解析	環境疲労評価手法 による解析
上部炉心支持板 (ステンレス鋼)	0.016	0.181
上部炉心支持柱 (ステンレス鋼)	0.003	0.030
下部炉心支持板 (ステンレス鋼)	0.002	0.017
下部炉心支持柱 (ステンレス鋼鋳鋼)	0.001	0.001

② 現状保全

炉心支持構造物の疲労割れについては、定期的に可視範囲について水中テレビカメラによる目視確認を実施し、有意な欠陥がないことを確認している。さらに、高経年化技術評価に合わせて実績過渡回数に基づく評価を実施することとしている。

③ 総合評価

健全性評価結果から判断して、疲労割れ発生の可能性はないと考える。ただし、疲労評価は実績過渡回数に依存するため、今後も実績過渡回数を把握し評価する必要がある。

また、疲労割れは目視確認にて検知可能であり、点検手法として適切である。

c. 高経年化への対応

炉心支持構造物の疲労割れについては、実績過渡回数の確認を継続的に実施し、運転開始後60年時点の推定過渡回数を上回らないことを確認する。

2.3.2 バッフルフォーマボルト等の照射誘起型応力腐食割れ

a. 事象の説明

ステンレス鋼の照射誘起型応力腐食割れの発生要因としては、材料、応力、環境の三要因が考えられ、運転時間が経過し、非常に高い中性子照射量を受けると応力腐食割れとして顕在化してくる可能性がある。

① 材料要因

ステンレス鋼については、PWR 1次系水質環境においては溶存酸素濃度が低いために、仮に材料が溶接等の熱影響により鋭敏化していても応力腐食割れ感受性がないことが知られている。

しかし、長年の中性子照射によってステンレス鋼の材料特性に経年変化が生じ、非常に高い中性子照射量を受けたステンレス鋼においては、PWR 1次系水質環境において応力腐食割れ感受性があることが明らかになっている。

② 応力要因

材料が応力腐食割れ感受性を有する場合、熱荷重や外荷重、溶接残留応力等により大きな応力が作用する部位には応力腐食割れが発生する可能性がある。他の応力腐食割れと同様に、照射誘起型応力腐食割れについても、応力腐食割れが発生し破断するまでの時間は応力レベルに依存しており応力が高いほど破断時間の短いことが知られている。

③ 環境要因

PWR 1次系水質環境下における応力腐食割れの環境要因としては、溶存酸素や塩化物イオン等の化学成分および温度が重要要因となるが、PWRの1次系水は、水素注入や脱塩処理により、溶存酸素濃度や塩化物イオン濃度等を極力低減している。

また、定期分析等により十分な水質管理を行っており、水環境の悪化は考えられない。よって、環境要因としては温度が重要要因となる。

温度依存性については温度が高いほど、応力腐食割れ感受性が高くなることが知られている。

b. 技術評価

① 健全性評価

発電設備技術検査協会「平成8年度 プラント長寿命化技術開発に関する事業報告書」で得られた照射ステンレス鋼を用いたPWR 1次系水質環境での低ひずみ速度引張試験結果および電力共通研究の結果を合わせて図2.3-4および図2.3-5に示す。325°Cの場合、 10^{21}n/cm^2 [$E > 0.1\text{MeV}$] オーダー以上の中性子照射を受けたステンレス鋼に対して応力腐食割れ感受性が発生している。また、温度が高くなるほどその応力腐食割れ感受性発生の中性子照射量しきい値が低下している。

また、原子力安全基盤機構「平成20年度 照射誘起応力腐食割れ (IASCC) 評価技術に関する報告書」で得られた照射ステンレス鋼を用いたPWR 1次系水質環境での定荷重応力腐食割れ試験結果を図2.3-6に示す。高応力であるほど亀裂発生までの時間が短いことが示されている。

以上の知見を踏まえ、炉内構造物のステンレス鋼の照射誘起型応力腐食割れについて、実機の中性子照射量、応力、温度条件および海外での損傷事例をもとに、各部に対する亀裂発生可能性の評価を実施し、その結果を表2.3-4に示す。

これにより、バッフルフォーマボルトおよびバレルフォーマボルトについては、照射誘起型応力腐食割れ発生の可能性に対して特に検討を要すると考えられる。

なお、バッフルフォーマボルトおよびバレルフォーマボルト以外については、バッフルフォーマボルトの評価結果を基準に、相対的な評価を行っている。

○炉心バッフル、炉心バッフル取付板

中性子照射量および温度条件はバッフルフォーマボルトと同等であるが、発生応力レベルが小さいため、照射誘起型応力腐食割れの発生の可能性は小さいと判断した。

○炉心そう

温度はバッフルフォーマボルトと同等であるが、中性子照射量が小さい。また、炉心そう溶接部の残留応力値は、首下に応力集中のあるバッフルフォーマボルトの応力より小さいと考えられることから、照射誘起型応力腐食割れの発生の可能性は小さいと判断した。

○下部燃料集合体案内ピン、下部炉心板、下部炉心支持柱、熱遮蔽材

バッフルフォーマボルトに比べて、中性子照射量、発生応力レベルおよび温度条件が緩やかであるため、照射誘起型応力腐食割れの発生の可能性は小さいと判断した。

以下に、バッフルフォーマボルトおよびバレルフォーマボルトについて、照射誘起型応力腐食割れ発生の可能性を評価した。

評価上最も厳しいバッフルフォーマボルトに対して、第13回定期検査時(1991年度～1992年度)および第17回定期検査時(1997年度)に超音波探傷検査を実施し、有意な指示はなく、健全であることを確認している。

しかし、海外トラブル事例があり、中性子照射量、温度および応力が比較的高いバッフルフォーマボルトについては、現状では異常は認められないものの運転の長期化を考慮すると、照射誘起型応力腐食割れが発生する可能性は否定できない。

なお、バッフルフォーマボルトは多数のボルトによりその機能を維持しており、フランスでは一部のバッフルフォーマボルトが損傷しても炉内構造物全体の健全性は残りの健全なバッフルフォーマボルトにより十分確保されるとして適宜点検により損傷本数を確認しながら運転が継続されている。

また、米国ではクリティカルボルト(炉心の健全性が確保できる配置、本数のバッフルフォーマボルト)について取替を実施してきている。

一方、国内では、「発電用原子力設備規格 維持規格(JSME S NA1-2012)」に基づく、バッフルフォーマボルトは縦列に2本のボルトが残存すればよく、ボルト本数全体の約7割が損傷した場合でも炉心の健全性は確保可能であると評価されている。

また、「発電用原子力設備規格 維持規格(JSME S NA1-2012)」ではバッフルフォーマボルトの仕様によってプラントをグループ1～4に分類しており、高浜1号炉が属するグループ2のプラントの管理損傷ボルト数(全体の20%)に至るまでの期間は約50年以上と評価されている。

なお、バッフルフォーマボルトについては、原子力安全基盤機構「平成20年度照射誘起応力腐食割れ(IASCC)評価技術に関する報告書」で得られた知見を用いて評価した結果、運転開始後60年時点でのボルトの損傷本数は管理損傷ボルト数(全体の20%以下)となり、安全に関わる機能を維持できることから、炉心の健全性に影響を与える可能性は小さいと考える。

以上より、バッフルフォーマボルトの照射誘起型応力腐食割れが炉心の健全性に影響を与える可能性は低いと考える。

バレルフォーマボルトについては、バッフルフォーマボルトの超音波探傷検査結果で有意な指示が認められなかったことから、同程度の中性子照射量までは照射誘起型応力腐食割れが発生する可能性はないと考える。一方、バレルフォーマボルトの運転開始後60年時点での中性子照射量は、表2.3-3に示すとおり超音波探傷検査を行い健全性を確認したバッフルフォーマボルトの中性子照射量以下である。また、日本機械学会 維持規格 (JSME S NA1-2012) によると、照射量、発生応力等を考慮し評価した結果、バッフルフォーマボルトに比べて十分余裕のある損傷予測結果となっている。したがって、バレルフォーマボルトの照射誘起型応力腐食割れ発生の可能性はないと考える。

表2.3-3 バレルフォーマボルト（運転開始後60年時点）とバッフルフォーマボルト（第17回定期検査時）の中性子照射量の比較

部 位	バレルフォーマボルト	バッフルフォーマボルト
中性子照射量 (n/cm ²)	1×10 ²² *1	3×10 ²² *2

*1：プラント運転開始後60年時点での予測値

*2：高浜1号炉第17回定期検査（1997年度）超音波探傷検査時の計算値

表2.3-4(1/2) 高浜1号炉 ステンレス鋼の照射誘起型応力腐食割れの可能性評価

部位	実機条件			海外の損傷事例	可能性評価
	中性子照射量レベル*1 [n/cm ² :E>0.1MeV]	応力レベル*2 (応力支配因子)	温度 [°C]		
バップルフォーマボルト	9×10 ²²	大 (締付+熱曲げ) +照射スウェリング	323	有	発生の可能性有り。炉心バップルの照射スウェリングにより応力増加が生じるため亀裂発生の可能性が大きくなる。海外損傷事例もあり最も厳しい。
炉心バップル	9×10 ²²	小 (熱応力)	323	無	応力が小さいことから、発生の可能性はないと考えられる。
炉心バップル取付板	9×10 ²²	小 (熱応力)	323	無	応力が小さいことから、発生の可能性はないと考えられる。
バレルフォーマボルト	1×10 ²²	大 (締付+熱曲げ)	323	無	中性子照射量がバップルフォーマボルトに対する超音波探傷検査時より小さく、発生の可能性はないと考えられる。
炉心そう	1×10 ²²	大*3 (溶接部) (溶接残留応力)	323	無*4	中性子照射量がバップルフォーマボルトに対する超音波探傷検査時より小さく、発生の可能性はないと考えられる。

*1：中性子照射量レベルは運転開始後60年時点での各部位の推定最大中性子照射量レベルを示す。

*2：応力レベルは各部位の最大応力値を示す。

[大：> S_y (非照射材の降伏応力) 中：≒ S_y (非照射材の降伏応力) 小：< S_y (非照射材の降伏応力)]

バップルフォーマボルト、バレルフォーマボルトは、初期締付応力に加えて炉心バップル組立体の熱変形による熱曲げ応力が作用するため、高応力となる。

*3：炉心そう溶接部の残留応力は大きい、「発電用原子力設備規格 維持規格 (JSME S NA1-2012)」にて、炉心そう溶接部応力は、照射誘起型応力腐食割れ発生に対し余裕があると評価されている。

*4：米国H. B. ロビンソン2号炉の炉心そうの損傷事象について、発生原因調査の情報収集中である。

表2.3-4(2/2) 高浜1号炉 ステンレス鋼の照射誘起型応力腐食割れの可能性評価

部位	実機条件			海外の損傷事例	可能性評価
	中性子照射量レベル*1 [n/cm ² :E>0.1MeV]	応力レベル*2 (応力支配因子)	温度 [°C]		
下部燃料集合体 案内ピン	6×10 ²¹	中 (締付け)	289	無	中性子照射量がバップルフォーマボルトに対する超音波探傷検査時より小さく、応力、温度も小さいため発生の可能性はないと考えられる。
下部炉心板	5×10 ²¹	小 (熱応力)	289	無	中性子照射量がバップルフォーマボルトに対する超音波探傷検査時より小さく、応力、温度も小さいため発生の可能性はないと考えられる。
下部炉心支持柱	1×10 ²¹	大 (曲げ)	289	無	中性子照射量がバップルフォーマボルトに対する超音波探傷検査時より小さく、温度も小さいため、発生の可能性はないと考えられる。
熱遮蔽材	3×10 ²¹	大 (溶接部) (溶接残留応力)	289	無	中性子照射量がバップルフォーマボルトに対する超音波探傷検査時より小さく、温度も小さいため、発生の可能性はないと考えられる。

*1：中性子照射量レベルは運転開始後60年時点での各部位の推定最大中性子照射量レベルを示す。

*2：応力レベルは各部位の最大応力値を示す。

[大：> S_y (非照射材の降伏応力) 中：≒ S_y (非照射材の降伏応力) 小：< S_y (非照射材の降伏応力)]

バップルフォーマボルト、バレルフォーマボルトは、初期締付け応力に加えて炉心バップル組立体の熱変形による熱曲げ応力が作用するため、高応力となる。

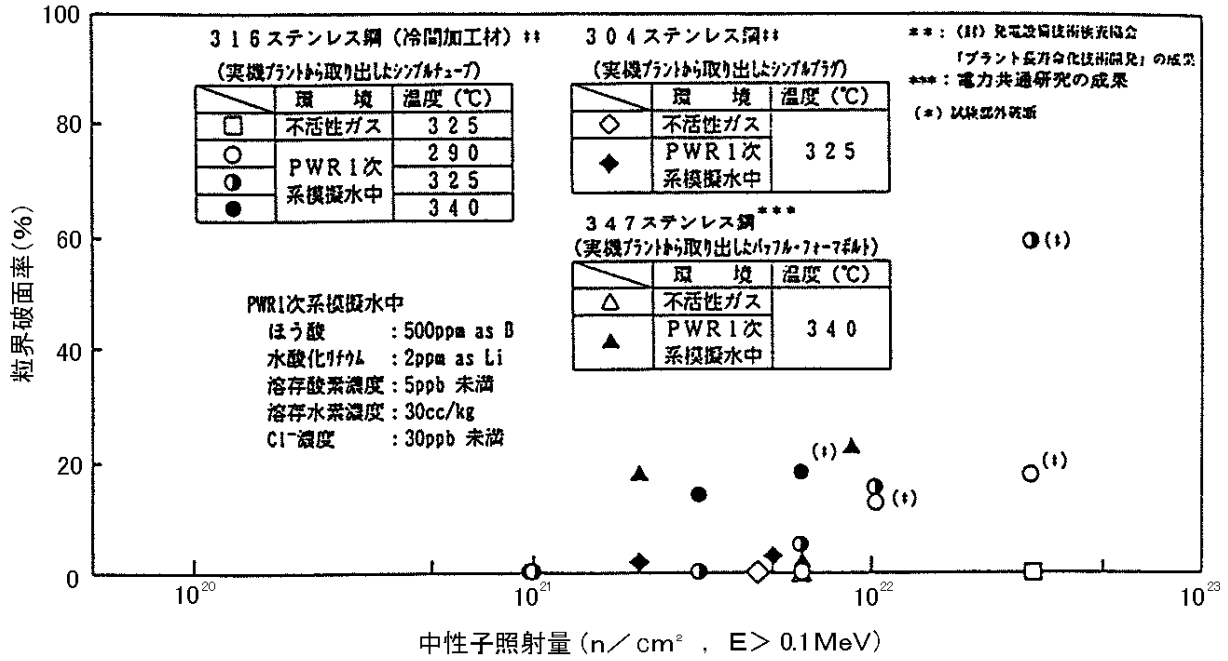


図2.3-4 粒界破面率と照射量の関係

[出典：発電設備技術検査協会「平成8年度 プラント長寿命化技術開発に関する事業報告書」]

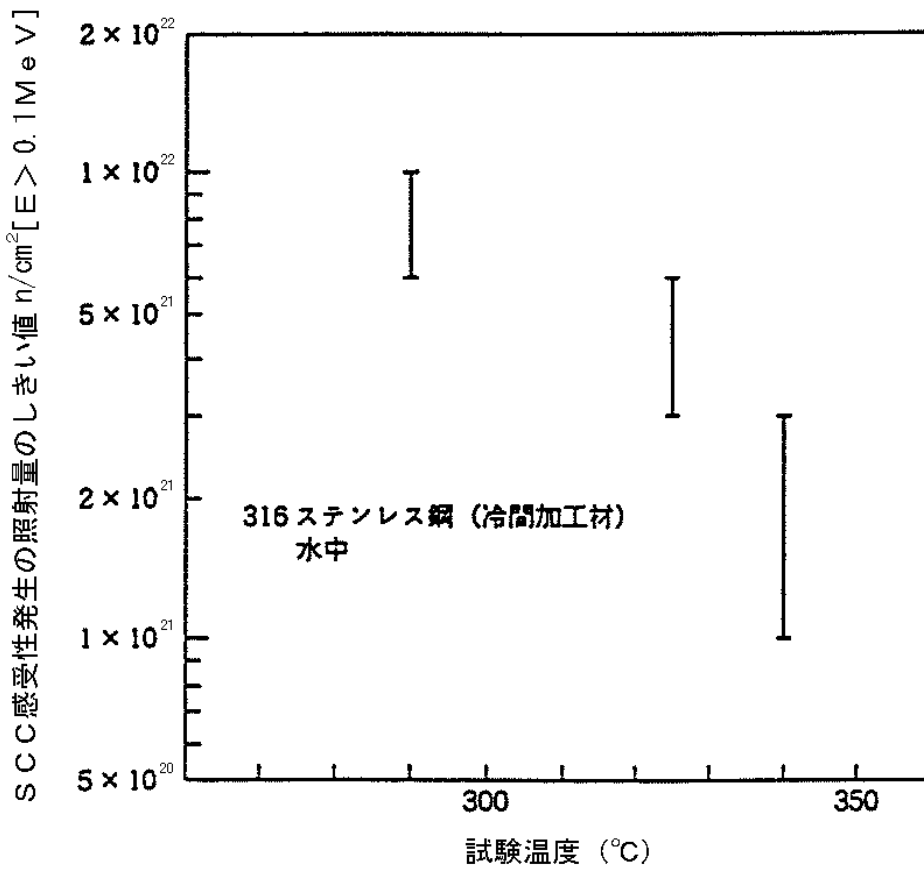


図2.3-5 応力腐食割れ (SCC) 感受性発生の中性子照射量のしきい値と試験温度の関係

[出典：発電設備技術検査協会「平成8年度 プラント長寿命化技術開発に関する事業報告書」]

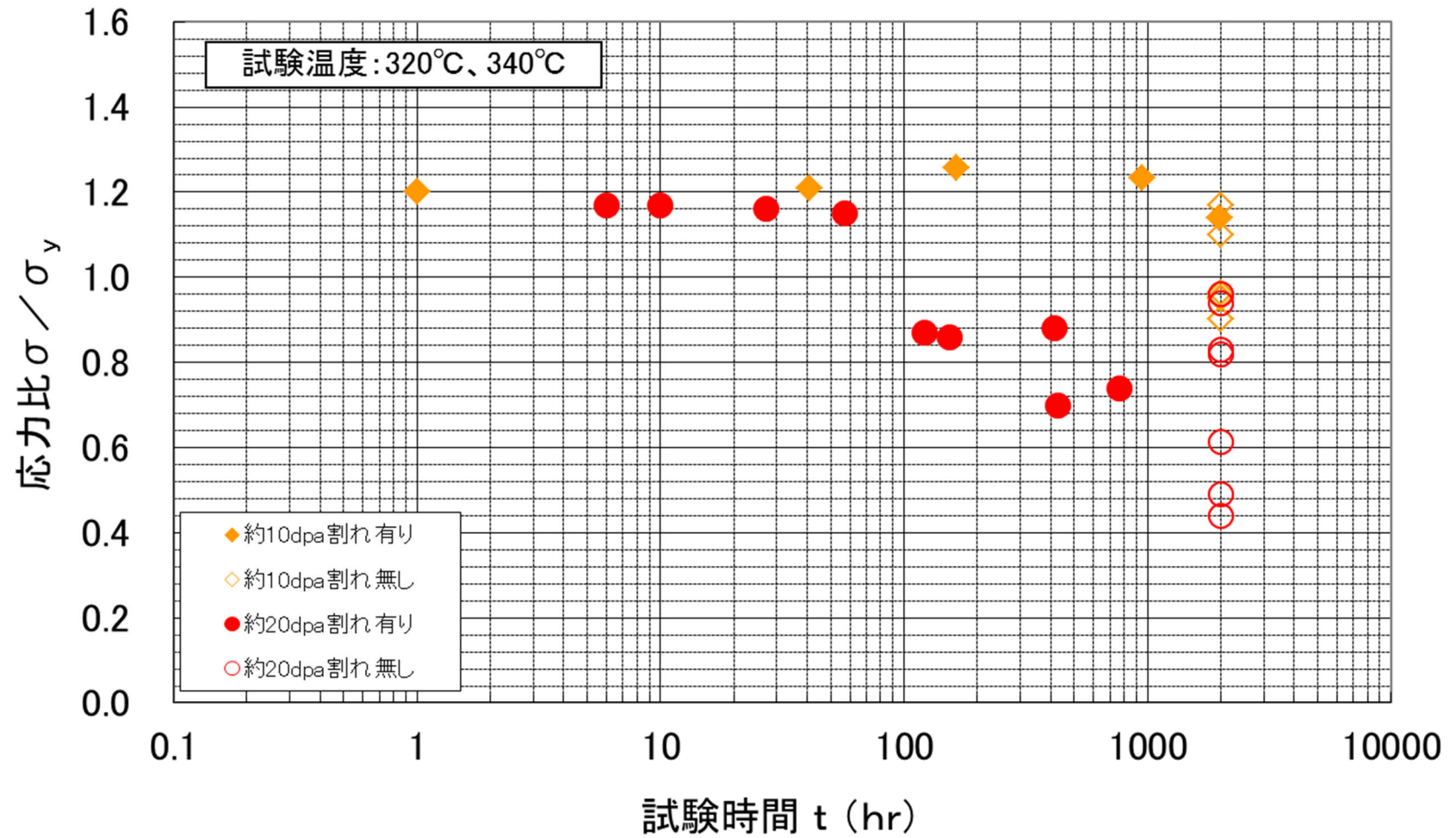


図2.3-6 定荷重応力腐食割れ試験結果

(316ステンレス鋼 (冷間加工材), $>1.5 \times 10^{22}$ n/cm²)

[出典: 原子力安全基盤機構「平成20年度 照射誘起応力腐食割れ (IASCC) 評価技術に関する報告書」(バッフルフォーマボルトデータのみプロット)]

② 現状保全

炉内構造物のステンレス鋼の照射誘起型応力腐食割れについては、定期的に炉内構造物の可視範囲について水中テレビカメラによる目視確認を実施し、異常がないことを確認している。また、評価上最も厳しいバッフルフォーマボルトに対して第13回定期検査時（1991年度～1992年度）および第17回定期検査時（1997年度）に超音波探傷検査を実施し、有意な指示のないことを確認している。バレルフォーマボルトについては、第17回定期検査時（1997年度）に超音波探傷検査を実施し、有意な欠陥のないことを確認している。なお、高浜1号炉については炉内構造物の取替を計画している。

③ 総合評価

健全性評価結果から判断して、原子力安全基盤機構「平成20年度 照射誘起応力腐食割れ（IASCC）評価技術に関する報告書」で得られた知見を用いて評価した結果、運転開始後60年時点でのボルトの損傷本数は管理損傷ボルト数（全体の20%以下）であり、バッフルフォーマボルトの照射誘起型応力腐食割れが炉内構造物の構造強度・機能の健全性に影響を与える可能性は小さいと考える。ただし、海外トラブル事例があり、中性子照射量、温度および応力が比較的高いことから、バッフルフォーマボルトについては、照射誘起型応力腐食割れの発生が否定できないと考えられる。

バレルフォーマボルト等についてはバッフルフォーマボルトに比べて相対的に照射誘起型応力腐食割れへの感受性は低く、応力腐食割れ発生の可能性はないと考える。

c. 高経年化への対応

ステンレス鋼の照射誘起型応力腐食割れについては、バッフルフォーマボルトの可視範囲について定期的に水中テレビカメラによる目視確認を実施していく。

また、高浜1号炉は炉内構造物の取替を計画しており、計画に基づき取替を実施する。

2.3.3 下部炉心支持柱の熱時効

a. 事象の説明

下部炉心支持柱に使用しているステンレス鋼鋳鋼は、オーステナイト相中に一部フェライト相を含む2相組織であるため、高温で加熱されると時間とともにフェライト相内でより安定な組織形態へ移行しようとし、相分離が起こることにより靱性が低下する。

b. 技術評価

① 健全性評価

熱時効による靱性低下は、フェライト量が多く、使用温度が高いほど大きくなる。また、構造健全性評価は応力が大きいほど厳しくなる。

ステンレス鋼鋳鋼は1次冷却材管に多く用いられているが、熱時効に関しては、「配管の技術評価書」の1次冷却材管の章に示すとおり、フェライト量^{*1}が多く、使用温度が同等以上で、応力が大きい1次冷却材管（加圧器サージライン用管台、安全注入系ライン用管台等）の健全性評価を実施し、問題ないことを確認している。具体的には、亀裂の存在を仮定し、破壊力学的手法を用いて、ステンレス鋼鋳鋼の熱時効後の構造上の安全性を評価している。初期亀裂については、「原子力発電所配管破損防護設計技術指針（JEAG 4613-1998）」に準拠し、超音波探傷試験の検出能力を基に余裕を見込んで設定している。その結果、運転開始後60年時点までの疲労亀裂進展長さを考慮した評価用亀裂を想定しても、配管は不安定破壊することはなく、健全性評価上問題とならないと判断している。

ここで、下部炉心支持柱と1次冷却材管を比較すると、表2.3-5に示すとおり、下部炉心支持柱の方がフェライト量^{*1}および応力（供用状態A、B+地震動による荷重）が小さく、また、使用温度についても1次冷却材管と同等或いは低いことから、熱時効による不安定破壊は起こらないと判断する。

また、重大事故等時（原子炉停止機能喪失）におけるプラント条件（ピーク温度360℃、ピーク圧力18.5MPa）を考慮しても、1次冷却材管の方がより条件が厳しいことを確認している。

*1：フェライト量は、製造時記録の材料成分を用いて、「Standard Practice for Steel Casting, Austenitic Alloy, Estimating Ferrite Content Thereof (ASTM A800-20)」に示される線図により決定した。

表 2.3-5 高浜 1 号炉 下部炉心支持柱と 1 次冷却材管の評価条件の比較

評価部位	フェライト量	使用温度	応力
下部炉心支持柱	11.2%	約 289℃	約 140MPa
1 次冷却材管 (安全注入系ライン用管台)	15.5%	約 289℃	約 208MPa
1 次冷却材管 (加圧器サージライン用管台)	13.7%	約 323℃	約 215MPa

② 現状保全

下部炉心支持柱の熱時効に対しては、熱時効による経年劣化程度を直接的に確認するような検査は実施していないが、定期的に下部炉内構造物を取り出して、水中テレビカメラによる目視確認を実施し、有意な欠陥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、下部炉心支持柱の熱時効が高経年化対策上問題となる可能性はないと考える。

c. 高経年化への対応

下部炉心支持柱の熱時効については、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。

高浜発電所 1 号炉

ケーブルの技術評価書

[運転を断続的に行うことを前提とした評価]

関西電力株式会社

高浜1号炉のケーブルのうち、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のケーブル、高温・高圧の環境下にあるクラス3のケーブルおよび常設重大事故等対処設備に属するケーブルを、種別および絶縁体材料でグループ化し、同一グループ内の複数のケーブルの存在を考慮して、用途、使用場所等の観点から代表ケーブルを選定した。

これらの一覧表を表1に示す。

本評価書においては、これら代表ケーブルについて技術評価を行うとともに、代表ケーブル以外のケーブルについて技術評価を展開している。本評価書における技術評価結果で現状保全を継続すべき項目としたものについては、現状保全の点検手法の適切性を確認しており、現状保全を継続することで健全性の維持は可能であると考ええる。また、ケーブルトレイ等およびケーブル接続部についてはケーブルの機能を維持するための1部品として位置づけられるが、それぞれケーブル種別による区別は困難であることから、ケーブルトレイ等およびケーブル接続部は独立してとりまとめている。

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

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

さらに、設置してから分解点検等の実績がない場合も、保全計画が定められていれば「確認している」等と表記している。

本評価書ではケーブルの種別を基にしたケーブル分類に、ケーブルトレイ等およびケーブル接続部のケーブルの機能を維持するための機器を加えた以下の6つに分類している。

- 1 高圧ケーブル
- 2 低圧ケーブル
- 3 同軸ケーブル
- 4 光ファイバケーブル
- 5 ケーブルトレイ等
- 6 ケーブル接続部

表1 (1/3) 高浜1号炉 主要なケーブル

分離基準		機器名称	選定基準					シース材料	代表機器の選定		
種別	絶縁体材料		用途	使用場所		重要度*1	使用開始時期		代表機器	選定理由	
				原子炉格納容器内	原子炉格納容器外		建設時				運転開始後
高圧	架橋ポリエチレン	高圧CAケーブル	電力		○*2	MS-1、重*6	○		アスベスト編組		
		難燃高圧CSHVケーブル	電力		○*3	MS-1、重*6		○	難燃低塩酸特殊耐熱ビニル	◎	使用場所
低圧	エチレンプロピレンゴム	PAケーブル	電力・制御	○		MS-1	○		アスベスト編組	◎	
	シリコンゴム	KKケーブル	計装	○		MS-1、重*6	○		シリコンゴム		
		難燃KKケーブル	計装	○*4、7		MS-1、重*6		○	難燃シリコンゴム	◎	使用場所
	難燃エチレンプロピレンゴム	難燃PHケーブル	電力・制御・計装	○*4、7	○*5	MS-1、重*6		○	難燃クロロスルホン化ポリエチレン	◎	使用場所
		難燃PSHVケーブル	電力・計装		○*5、8	MS-1、重*6		○	難燃低塩酸特殊耐熱ビニル		
			制御	○	○*5、8	MS-1、重*6		○			
	特殊耐熱ビニル	SHVVケーブル	電力・制御	○	○	MS-1、重*6	○		特殊耐熱ビニル	◎	使用場所
		SHVAケーブル	電力・制御		○	MS-1、重*6	○		アスベスト編組		
		HVVケーブル	電力・制御		○	MS-1、重*6	○		ビニル		
	ビニル	VVケーブル	制御・計装		○	MS-1、重*6	○		ビニル	◎	用途
VAケーブル		制御		○	MS-1、重*6	○		アスベスト編組			

*1：機能は最上位の機能を示す。

*2：屋内のみに布設

*3：屋内外に布設

*4：設計基準事故（1次冷却材管の破断による原子炉冷却材喪失）を考慮する。

*5：設計基準事故（主蒸気管破断）を考慮する。

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

*7：重大事故等（格納容器過温破損、格納容器過圧破損）を考慮する。

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

表 1 (2 / 3) 高浜 1 号炉 主要なケーブル

分離基準		機器名称	選定基準						シース材料		代表機器の選定	
種別	絶縁体材料		用途	使用場所		重要度*1	使用開始時期		内部シース	外部シース	代表機器	選定理由
				原子炉格納容器内	原子炉格納容器外		建設時	運転開始後				
同軸	ポリエチレン	三重同軸ケーブル	計装	○	○	MS-1、重*3	○		ポリエチレン	ビニル	◎	重要度
		難燃性耐熱高周波同軸ケーブル	計装		○	重*3		○	—	難燃低塩酸耐熱ビニルシース		
	架橋ポリエチレン	難燃三重同軸ケーブル	計装	○*2、4	○	MS-1、重*3		○	架橋ポリエチレン	難燃架橋ポリエチレン	◎	

*1：機能は最上位の機能を示す。

*2：設計基準事故（1次冷却材管の破断による原子炉冷却材喪失）を考慮する。

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

*4：重大事故等（格納容器過温破損、格納容器過圧破損）を考慮する。

表 1 (3 / 3) 高浜 1 号炉 主要なケーブル

分離 基準	機器名称	選定基準						シース材料		代表機器 の選定	
		用途	使用場所		重要度*1	使用開始時期		内部シース	外部シース	代表 機器	選定 理由
			原子炉格 納容器内	原子炉格 納容器外		建設時	運転 開始後				
石英 ガラス	難燃光ファイバケーブル- 1	制御・ 計装		○	MS-1、 重*2		○	ポリ塩化ビニル	難燃性ポリエチレン、 アルミラミネートテープ	◎	使用 範囲
	難燃光ファイバケーブル- 2	制御・ 計装		○	MS-1、 重*2		○	難燃低塩酸ビニル	難燃低塩酸ビニル、 アルミラミネートテープ		

*1：機能は最上位の機能を示す。

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

[ケーブル名称の略称について]

表 1 に示す高浜 1 号炉の主要なケーブルの略称は、各々以下のケーブルを示すものである。

- (1) 高圧 CA ケーブル：高圧架橋ポリエチレン絶縁アスベスト編組シースケーブル
- (2) 難燃高圧 CSHV ケーブル：高圧架橋ポリエチレン絶縁難燃低塩酸特殊耐熱ビニルシースケーブル
- (3) PA ケーブル：エチレンプロピレンゴム絶縁アスベスト編組シースケーブル
- (4) KK ケーブル：シリコンゴム絶縁シリコンゴムシースケーブル
- (5) 難燃 KK ケーブル：シリコンゴム絶縁難燃シリコンゴムシースケーブル
- (6) 難燃 PH ケーブル：難燃エチレンプロピレンゴム絶縁難燃クロロスルホン化ポリエチレンシースケーブル
- (7) 難燃 PSHV ケーブル：難燃エチレンプロピレンゴム絶縁難燃低塩酸特殊耐熱ビニルシースケーブル
- (8) SHVV ケーブル：特殊耐熱ビニル絶縁特殊耐熱ビニルシースケーブル
- (9) SHVA ケーブル：特殊耐熱ビニル絶縁アスベスト編組シースケーブル
- (10) HVV ケーブル：特殊耐熱ビニル絶縁ビニルシースケーブル
- (11) VV ケーブル：ビニル絶縁ビニルシースケーブル
- (12) VA ケーブル：ビニル絶縁アスベスト編組シースケーブル

備考：記号の意味は、次のとおりである。

C：架橋ポリエチレン

V：ビニル

SHV：特殊耐熱ビニル

K：シリコンゴム

A：アスベスト編組

P：エチレンプロピレンゴム

H：クロロスルホン化ポリエチレン

ただし、特殊耐熱ビニル絶縁ケーブルについては、本来の記号の意味からは、

(8) SHVV ケーブル=SHVSHV ケーブル

(9) SHVA ケーブル=SHVSHA ケーブル

(10) HVV ケーブル=SHVV ケーブル

と記するところであるが、記号の簡略化のため、通常それぞれ SHVV ケーブル、SHVA ケーブル、HVV ケーブルと表記しており、ここでは通例に従って上記のように記している。

1 高圧ケーブル

[対象機器]

- ① 高圧CAケーブル
- ② 難燃高圧CSHVケーブル

目次

1. 技術評価対象機器および代表機器の選定	1
1.1 グループ化の考え方および結果	1
1.2 代表機器の選定	1
2. 代表機器の技術評価	3
2.1 構造、材料および使用条件	3
2.2 経年劣化事象の抽出	5
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価	8
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. 技術評価対象機器および代表機器の選定

高浜 1 号炉で使用されている高圧ケーブルの主な仕様を表1-1に示す。

これらの高圧ケーブルを、絶縁体材料の観点からグループ化し、以下のとおり代表機器を選定した。

1.1 グループ化の考え方および結果

表1-1に示す高圧ケーブルを、絶縁体材料で分類すると、1つのグループに分類される。

1.2 代表機器の選定

(1) 絶縁体材料：架橋ポリエチレン

このグループには、高圧CAケーブルおよび難燃高圧CSHVケーブルが属するが、屋内外で使用している難燃高圧CSHVケーブルを代表機器とする。

表1-1 高浜1号炉 高圧ケーブルの主な仕様

分離基準	機器名称	選定基準						シース材料	代表機器の選定	
		用途	使用場所		重要度*1	使用開始時期			代表機器	選定理由
絶縁体材料	原子炉格納容器内		原子炉格納容器外	建設時		運転開始後				
架橋ポリエチレン	高圧 CA ケーブル	電力		○*2	MS-1、重*4	○		アスベスト編組		
	難燃高圧 CSHV ケーブル	電力		○*3	MS-1、重*4		○	難燃低塩酸特殊耐熱ビニル	◎	使用場所

*1：機能は最上位の機能を示す。

*2：屋内のみに布設

*3：屋内外に布設

*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および構造物であることを示す。

2. 代表機器の技術評価

本章では、1章で代表機器とした以下の1種類の高圧ケーブルについて技術評価を実施する。

① 難燃高圧CSHVケーブル

2.1 構造、材料および使用条件

2.1.1 難燃高圧CSHVケーブル

(1) 構造

高浜1号炉に使用している難燃高圧CSHVケーブルは導体、内部半導電層、絶縁体、外部半導電層、遮蔽層、テープおよびシースで構成されている。

このうちケーブルの絶縁機能は絶縁体により保たれている。

なお、内部半導電層、外部半導電層は導体および遮蔽層を整形するため、遮蔽層は導体の静電誘導を低減するため、テープはケーブル全体を整形するため、シースはケーブルを外的な力から保護するための材料である。

高浜1号炉の難燃高圧CSHVケーブルの構造図を図2.1-1に示す。

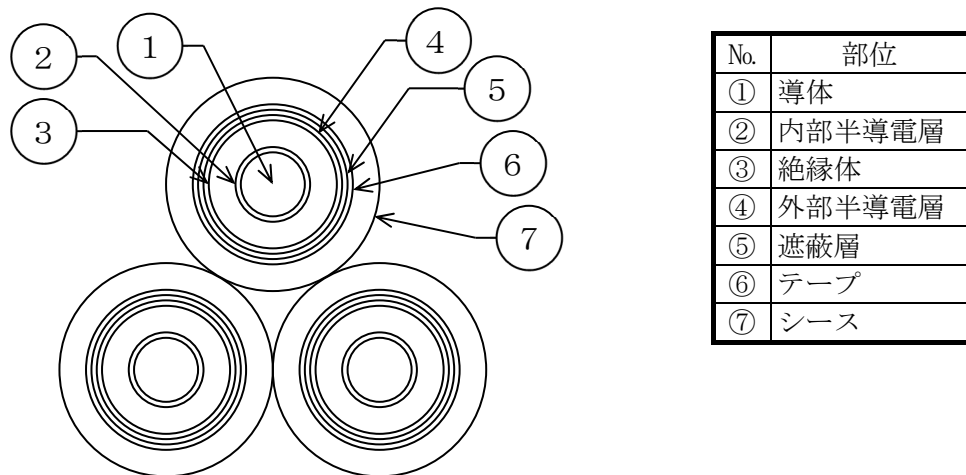


図2.1-1 高浜1号炉 難燃高圧CSHVケーブル構造図

(2) 材料および使用条件

高浜1号炉で使用している難燃高圧CSHVケーブルの使用材料および使用条件を、表2.1-1および表2.1-2に示す。

表2.1-1 高浜1号炉 難燃高圧CSHVケーブル主要部位の使用材料

部位	材料
導体	銅
内部半導電層	布テープ（カーボン含有塗料塗布） カーボン含有架橋ポリエチレン
絶縁体	架橋ポリエチレン
外部半導電層	布テープ（カーボン含有塗料塗布） カーボン含有架橋ポリエチレン
遮蔽層	銅テープ
テープ	布
シース	難燃低塩酸特殊耐熱ビニル

表2.1-2 高浜1号炉 難燃高圧CSHVケーブルの使用条件

設置場所	原子炉格納容器外*1
周囲温度	約40℃*2
放射線	$0.9 \times 10^{-3} \text{Gy/h}^*3$

*1：原子炉格納容器外でのみ使用。

*2：原子炉格納容器外の設計平均温度。

*3：通常運転時の管理区域内の最大実測値。

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機能達成に必要な項目

難燃高圧CSHVケーブルの機能である電力の伝達機能を維持するためには、次の項目が必要である。

① 通電・絶縁機能の維持

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

難燃高圧CSHVケーブルについて、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の構造、材料、使用条件および現在までの運転経験等を考慮し、表2.2-1に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

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

(1) 絶縁体の絶縁低下（水トリー劣化を除く）

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

(2) 絶縁体の絶縁低下（水トリー劣化）

絶縁体は有機物であり、長時間にわたって水が存在する状態で高い電界にさらされると、水トリー劣化による絶縁性能の低下を起こす可能性があることから、経年劣化に対する評価が必要である。

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

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

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

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

なお、日常劣化管理事象ではない事象はない。

(1) シースの劣化

シースは絶縁体と同様に、熱的、電氣的、環境的要因による劣化が想定される。

しかしながら、ケーブルに要求される機能である通電・絶縁機能の維持に対する影響は極めて小さい。

また、機器点検時の絶縁抵抗測定により、機器の健全性を維持している。

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

表2.2-1 高浜1号炉 難燃高圧CSHVケーブル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
				絶縁低下	導通不良	減肉	割れ	その他	
通電・絶縁機能の維持	導体		銅						*1：水トリー劣化を含む *2：劣化
	内部半導電層		布テープ（カーボン含有塗料塗布） カーボン含有架橋ポリエチレン						
	絶縁体		架橋ポリエチレン	○*1					
	外部半導電層		布テープ（カーボン含有塗料塗布） カーボン含有架橋ポリエチレン						
	遮蔽層		銅テープ						
	テープ		布						
	シース		難燃低塩酸特殊耐熱ビニル					△*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（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 絶縁体の絶縁低下（水トリー劣化を除く）

a. 事象の説明

絶縁体は有機物であり、熱的、電氣的、環境的要因で経年劣化が進行し、絶縁性能の低下を起こす可能性がある。

b. 技術評価

① 健全性評価

高浜1号炉の難燃高圧CSHVケーブルは事故時雰囲気内で機能要求がなく、「原子力発電所のケーブル経年劣化評価ガイド（JNES-RE-2013-2049）」（以下「ACAガイド」という。）に基づいた長期健全性試験による評価を実施していないため、60年間の供用を想定すると絶縁低下の可能性は否定できない。

② 現状保全

絶縁体の絶縁低下に対しては、定期的に絶縁抵抗測定を行い、管理値以上であることの確認を行っている。

③ 総合評価

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

c. 高経年化への対応

難燃高圧CSHVケーブルの絶縁体の絶縁低下については、定期的に絶縁抵抗測定を実施していく。

2.3.2 絶縁体の絶縁低下（水トリー劣化）

a. 事象の説明

絶縁体は有機物であり、長時間にわたって水が存在する状態で高い電界にさらされると、水トリー劣化による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

雨水等により浸水する可能性があるものは屋外に布設しているケーブルのみであり、屋内に布設しているケーブルは、長時間にわたって水が存在する状態にさらされる可能性はない。

高浜1号炉の難燃高圧CSHVケーブルのうち、屋外に布設しているケーブルは、コンクリート製のトレンチ内に布設されているが、トレンチにはマンホールを設けており、トレンチ内に水が溜まっていないことを目視確認できる構造となっている。

さらに水が溜まった場合は、恒設の排水ポンプで自動的に排水することが可能となっていることから、ケーブルが長時間浸水する可能性は低く、水トリー劣化による絶縁低下の可能性は小さいと考えるが、トレンチ底部の溜まり水によって高湿度環境となることを考慮すると、水トリー劣化による絶縁低下の可能性は否定できない。

② 現状保全

屋外に布設している難燃高圧CSHVケーブルの絶縁体の絶縁低下（水トリー劣化）に対しては、定期的な絶縁診断として絶縁抵抗測定、直流漏洩電流測定、 $\tan \delta$ 試験、シース絶縁抵抗測定、遮蔽層抵抗測定および部分放電試験を行い、管理範囲に収まっていることの確認を行うとともに傾向管理を行っており、点検結果の傾向に基づき取替等を検討することとしている。

また、トレンチ内の水の溜まりの有無を、定期的を目視確認している。

③ 総合評価

健全性評価結果から判断して、長時間浸水状態となる可能性は低く、水トリー劣化による絶縁低下の可能性は小さいと考えるが、高湿度環境となることを考慮すると、絶縁体の絶縁低下（水トリー劣化）の可能性は否定できない。

しかしながら、水トリー劣化による絶縁低下は絶縁診断で、浸水状態は目視確認で検知可能であり、点検手法として適切である。

c. 高経年化への対応

屋外に布設している難燃高圧CSHVケーブルの絶縁体の絶縁低下（水トリー劣化）については、定期的に絶縁診断を実施していくとともに、点検結果の傾向に基づき取替等を検討していく。

さらに、トレンチ内の目視確認を実施していく。

3. 代表機器以外への展開

本章では2章で実施した代表機器の技術評価結果について、1章で実施したグループ化で代表となっていないケーブル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 高圧CAケーブル

3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

3.1.1 絶縁体の絶縁低下

高浜1号炉の高圧CAケーブルは事故時雰囲気内で機能要求がなく、ACAガイドに基づいた長期健全性試験による評価を実施していないため、60年間の供用を想定すると絶縁低下の可能性は否定できない。

高圧CAケーブルの絶縁体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、高圧CAケーブルの絶縁体の絶縁低下については、定期的に絶縁抵抗測定を実施していく。

3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

なお、日常劣化管理事象ではない事象はない。

3.2.1 シースの劣化

シースは絶縁体と同様に、熱的、電氣的、環境的要因による劣化が想定される。

しかしながら、ケーブルに要求される機能である通電・絶縁機能の維持に対する影響は極めて小さい。

また、機器点検時の絶縁抵抗測定により、機器の健全性を維持している。

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

2 低圧ケーブル

[対象機器]

- ① PAケーブル
- ② KKケーブル
- ③ 難燃KKケーブル
- ④ 難燃PHケーブル
- ⑤ 難燃PSHVケーブル
- ⑥ SHVVケーブル
- ⑦ SHVAケーブル
- ⑧ HVVケーブル
- ⑨ VVケーブル
- ⑩ VAケーブル

目次

1. 技術評価対象機器および代表機器の選定	1
1.1 グループ化の考え方および結果	1
1.2 代表機器の選定	1
2. 代表機器の技術評価	3
2.1 構造、材料および使用条件	3
2.2 経年劣化事象の抽出	9
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価	16
3. 代表機器以外への展開	20
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象	20
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	21

1. 技術評価対象機器および代表機器の選定

高浜1号炉で使用されている低圧ケーブルの主な仕様を表1-1に示す。

これらの低圧ケーブルを、絶縁体材料の観点からグループ化し、それぞれのグループより以下のとおり代表機器を選定した。

1.1 グループ化の考え方および結果

表1-1に示す低圧ケーブルを、絶縁体材料で分類すると、5つのグループに分類される。

1.2 代表機器の選定

(1) 絶縁体材料：エチレンプロピレンゴム

このグループにはPAケーブルのみが属するため、PAケーブルを代表機器とする。

(2) 絶縁体材料：シリコンゴム

このグループにはKKケーブルおよび難燃KKケーブルが属するが、設計基準事故を考慮すべき難燃KKケーブルを代表機器とする。

(3) 絶縁体材料：難燃エチレンプロピレンゴム

このグループには難燃PHケーブルおよび難燃PSHVケーブルが属するが、原子炉格納容器内で設計基準事故を考慮すべき難燃PHケーブルを代表機器とする。

(4) 絶縁体材料：特殊耐熱ビニル

このグループにはSHVVケーブル、SHVAケーブルおよびHVVケーブルが属するが、原子炉格納容器内で使用されているSHVVケーブルを代表機器とする。

(5) 絶縁体材料：ビニル

このグループにはVVケーブルおよびVAケーブルが属するが、用途が制御および計装であるVVケーブルを代表機器とする。

表1-1 高浜1号炉 低圧ケーブルの主な仕様

分離基準	機器名称	選定基準						シース材料	代表機器の選定	
		用途	使用場所		重要度*1	使用開始時期			代表機器	選定理由
			原子炉格納容器内	原子炉格納容器外		建設時	運転開始後			
エチレンプロピレンゴム	PAケーブル	電力・制御	○		MS-1	○		アスベスト編組	◎	
シリコーンゴム	KKケーブル	計装	○		MS-1、重*4	○		シリコーンゴム	◎	使用場所
	難燃KKケーブル	計装	○*2,5		MS-1、重*4		○	難燃シリコーンゴム		
難燃エチレンプロピレンゴム	難燃PHケーブル	電力・制御 ・計装	○*2,5	○*3	MS-1、重*4		○	難燃クロロスルホン化ポリエチレン	◎	使用場所
	難燃PSHVケーブル	電力・計装		○*3,6	MS-1、重*4		○	難燃低塩酸特殊耐熱 ビニル		
		制御	○	○*3,6	MS-1、重*4		○			
特殊耐熱ビニル	SHVVケーブル	電力・制御	○	○	MS-1、重*4	○		特殊耐熱ビニル	◎	使用場所
	SHVAケーブル	電力・制御		○	MS-1、重*4	○		アスベスト編組		
	HVVケーブル	電力・制御		○	MS-1、重*4	○		ビニル		
ビニル	VVケーブル	制御・計装		○	MS-1、重*4	○		ビニル	◎	用途
	VAケーブル	制御		○	MS-1、重*4	○		アスベスト編組		

*1：機能は最上位の機能を示す。

*2：設計基準事故（1次冷却材管の破断による原子炉冷却材喪失）を考慮する。

*3：設計基準事故（主蒸気管破断）を考慮する。

*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および構造物であることを示す。

*5：重大事故等（格納容器過温破損、格納容器過圧破損）を考慮する。

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

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5種類の低圧ケーブルについて技術評価を実施する。

- ① PAケーブル
- ② 難燃KKケーブル
- ③ 難燃PHケーブル
- ④ SHVVケーブル
- ⑤ VVケーブル

2.1 構造、材料および使用条件

(1) 構造

高浜1号炉に使用している低圧ケーブルは導体、絶縁体、介在、テープ、遮蔽層およびシースで構成されている。

このうちケーブルの絶縁機能は絶縁体により保たれている。

なお、介在およびテープはケーブル全体を整形するため、遮蔽層は導体の静電誘導を低減するため、シースはケーブルを外的な力から保護するための材料である。

高浜1号炉の代表的な低圧ケーブルの構造図を図2.1-1に示す。

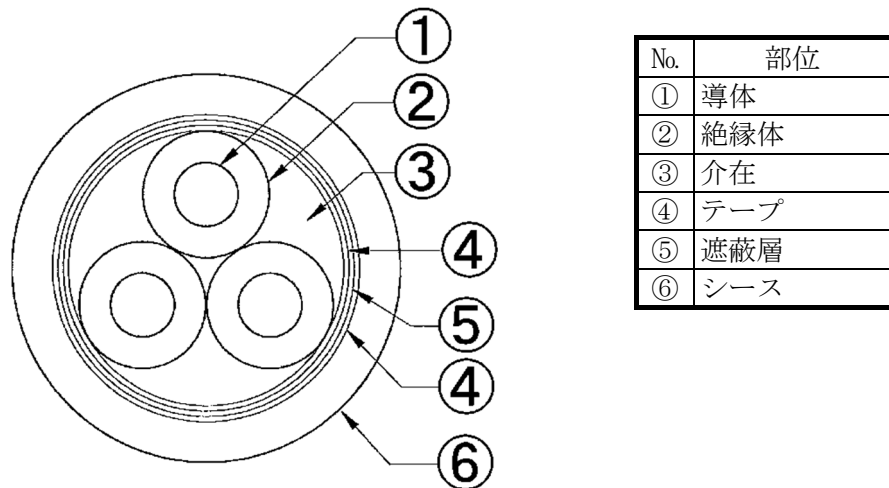


図2.1-1 高浜1号炉 代表的な低圧ケーブルの構造図

(2) 材料および使用条件

高浜1号炉で使用しているPAケーブル、難燃KKケーブル、難燃PHケーブル、SHVVケーブルおよびVVケーブルの使用材料および使用条件を表2.1-1～表2.1-10に示す。

表2.1-1 高浜1号炉 PAケーブル主要部位の使用材料

部位	材料
導体	銅（錫メッキ）
絶縁体	エチレンプロピレンゴム
介在	ガラス糸
テープ	布
遮蔽層	銅テープ
シース	アスベスト編組

表2.1-2 高浜1号炉 PAケーブルの使用条件

設置場所	原子炉格納容器内
周囲温度	約48℃*1
放射線	0.3747Gy/h*2

*1:通常運転時の原子炉格納容器内低圧ケーブル布設箇所周囲の平均温度の最大実測値。

*2:通常運転時の原子炉格納容器内低圧ケーブル布設箇所周囲の平均線量率の最大実測値。

表2.1-3 高浜1号炉 難燃KKケーブル主要部位の使用材料

部位	材料
導体	銅（錫メッキ）
絶縁体	シリコーンゴム
介在	ガラス糸
テープ	ガラステープ
遮蔽層	銅線編組（錫メッキ）
シース	難燃シリコーンゴム

表2.1-4 高浜1号炉 難燃KKケーブルの使用条件

	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		
周囲温度	約46℃*1	約122℃ (最高温度)	約138℃ (最高温度)
圧力	約0.012MPa [gage] 以下	約0.26MPa [gage] (最高圧力)	約0.305MPa [gage] (最高圧力)
放射線	0.3747Gy/h*2	607kGy (最大集積線量)	500kGy (最大集積線量)

*1：設計基準事故または重大事故等を考慮する原子炉格納容器内難燃KKケーブルの通常運転時のケーブル布設箇所周囲の平均温度の最大実測値。

*2：設計基準事故または重大事故等を考慮する原子炉格納容器内難燃KKケーブルの通常運転時のケーブル布設箇所周囲の平均線量率の最大実測値。

表2.1-5 高浜1号炉 難燃PHケーブル主要部位の使用材料

部位	材料
導体	銅（錫メッキ）
絶縁体	難燃エチレンプロピレンゴム
介在	ジュート
テープ	布
遮蔽層	銅テープ（錫メッキ）
シース	難燃クロロスルホン化ポリエチレン

表2.1-6 高浜1号炉 難燃PHケーブルの使用条件*1

	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		
周囲温度	約47℃*2	約122℃ (最高温度)	約138℃ (最高温度)
圧力	約0.012MPa [gage] 以下	約0.26MPa [gage] (最高圧力)	約0.305MPa [gage] (最高圧力)
放射線	0.3747Gy/h*3	607kGy (最大集積線量)	500kGy (最大集積線量)

*1：環境条件が厳しい原子炉格納容器内ケーブルを代表として記載。

*2：設計基準事故または重大事故等を考慮する原子炉格納容器内難燃PHケーブルの通常運転時のケーブル布設箇所周囲の平均温度の最大実測値。

*3：設計基準事故または重大事故等を考慮する原子炉格納容器内難燃PHケーブルの通常運転時のケーブル布設箇所周囲の平均線量率の最大実測値。

表2.1-7 高浜1号炉 SHVVケーブル主要部位の使用材料

部位	材料
導体	銅
絶縁体	特殊耐熱ビニル
介在	ジュート
テープ	布
遮蔽層	銅テープ
シース	特殊耐熱ビニル

表2.1-8 高浜1号炉 SHVVケーブルの使用条件

設置場所	原子炉格納容器内	原子炉格納容器外
周囲温度	約48℃*1	約40℃*3
放射線	0.3747Gy/h*2	0.9×10 ⁻³ Gy/h*4

*1:通常運転時の原子炉格納容器内低圧ケーブル布設箇所周囲の平均温度の最大実測値。

*2:通常運転時の原子炉格納容器内低圧ケーブル布設箇所周囲の平均線量率の最大実測値。

*3:原子炉格納容器外の設計平均温度。

*4:通常運転時の管理区域内の最大実測値。

表2.1-9 高浜1号炉 VVケーブル主要部位の使用材料

部位	材料
導体	銅（錫メッキ）
絶縁体	ビニル
介在	アスベスト
テープ	布
遮蔽層	銅テープ
シース	ビニル

表2.1-10 高浜1号炉 VVケーブルの使用条件*1

設置場所	原子炉格納容器外
周囲温度	約40℃*2
放射線	$0.9 \times 10^{-3} \text{Gy/h}^{*3}$

*1：原子炉格納容器外でのみ使用。

*2：原子炉格納容器外の設計平均温度。

*3：通常運転時の管理区域内の最大実測値。

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機能達成に必要な項目

低圧ケーブルの主な機能である電力や計測制御信号の伝達機能を維持するためには、次の項目が必要である。

① 通電・絶縁機能の維持

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

低圧ケーブル個々について、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の構造、材料、使用条件および現在までの運転経験等を考慮し、表2.2-1に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

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

(1) 絶縁体の絶縁低下 [共通]

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

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

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

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

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

なお、日常劣化管理事象ではない事象はない。

(1) シースの劣化 [共通]

シースは絶縁体と同様に、熱的、電氣的、環境的要因による劣化が想定される。

しかしながら、ケーブルに要求される機能である通電・絶縁機能の維持に対する影響は極めて小さい。

また、系統機器の動作確認または絶縁抵抗測定により、機器の健全性を維持している。

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

表2.2-1(1/5) 高浜1号炉 PAケーブル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
				絶縁低下	導通不良	減肉	割れ	その他	
通電・絶縁機能の維持	導体		銅（錫メッキ）						*1：劣化
	絶縁体		エチレンプロピレンゴム	○					
	介在		ガラス糸						
	テープ		布						
	遮蔽層		銅テープ						
	シース		アスベスト編組					△*1	

○：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(2/5) 高浜1号炉 難燃KKケーブル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
				絶縁低下	導通不良	減肉	割れ	その他	
通電・絶縁機能の維持	導体		銅（錫メッキ）						*1：劣化
	絶縁体		シリコーンゴム	○					
	介在		ガラス糸						
	テープ		ガラステープ						
	遮蔽層		銅線編組（錫メッキ）						
	シース		難燃シリコーンゴム					△*1	

○：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(3/5) 高浜1号炉 難燃PHケーブル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
				絶縁低下	導通不良	減肉	割れ	その他	
通電・絶縁機能の維持	導体		銅（錫メッキ）						*1：劣化
	絶縁体		難燃エチレンプロピレンゴム	○					
	介在		ジュート						
	テープ		布						
	遮蔽層		銅テープ（錫メッキ）						
	シース		難燃クロロスルホン化ポリエチレン					△*1	

○：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(4/5) 高浜1号炉 SHVVケーブル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
				絶縁低下	導通不良	減肉	割れ	その他	
通電・絶縁機能の維持	導体		銅						*1：劣化
	絶縁体		特殊耐熱ビニル	○					
	介在		ジュート						
	テープ		布						
	遮蔽層		銅テープ						
	シース		特殊耐熱ビニル					△*1	

○：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(5/5) 高浜1号炉 VVケーブル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
				絶縁低下	導通不良	減肉	割れ	その他	
通電・絶縁機能の維持	導体		銅（錫メッキ）						*1：劣化
	絶縁体		ビニル	○					
	介在		アスベスト						
	テープ		布						
	遮蔽層		銅テープ						
	シース		ビニル					△*1	

○：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 絶縁体の絶縁低下 [共通]

a. 事象の説明

絶縁体は有機物であり、熱的、電氣的、環境的要因で経年劣化が進行し、絶縁性能の低下を起こす可能性がある。

b. 技術評価

① 健全性評価

設計基準事故時雰囲気内で機能要求があるケーブルについては、原子力安全基盤機構により原子力プラントでの使用条件に即したケーブルの経年劣化評価手法が検討され、その結果が「原子力発電所のケーブル経年劣化評価ガイド (JNES-RE-2013-2049)」(以下「ACAガイド」という。)に取りまとめられている。このため、設計基準事故時雰囲気内または重大事故等時雰囲気内で機能要求がある難燃KKケーブルおよび難燃PHケーブルについては、実機同等品によるACAガイドに従った長期健全性について評価した。

評価にあたっては、「原子力プラントのケーブル経年変化評価技術調査研究に関する最終報告書 (JNES-SS-0903)」(以下「ACA」という。)の試験結果を用いた。

ACAガイドに基づく試験手順を図2.3-1に、ACA試験条件ならびにACA試験結果を表2.3-1および表2.3-2に、ケーブル実布設環境での長期健全性評価結果を表2.3-3に示す。

通常運転時の使用条件には、原子力安全・保安院指示文書「原子炉格納容器内の安全機能を有するケーブルの布設環境等の調査実施について (平成19・07・30原院第5号 平成19年10月30日 NISA-167b-07-1)」に基づき実施した原子炉格納容器内のケーブル布設環境 (温度・放射線線量率) の調査結果等を反映している。

試験条件は、高浜1号炉の実機環境に基づいて60年間の運転期間および設計基準事故、または60年間の運転期間および重大事故等時を想定した劣化条件を包絡している。

評価の結果、高浜1号炉の難燃KKケーブルおよび難燃PHケーブルは、運転開始後60年時点においても絶縁機能を維持できると判断する。

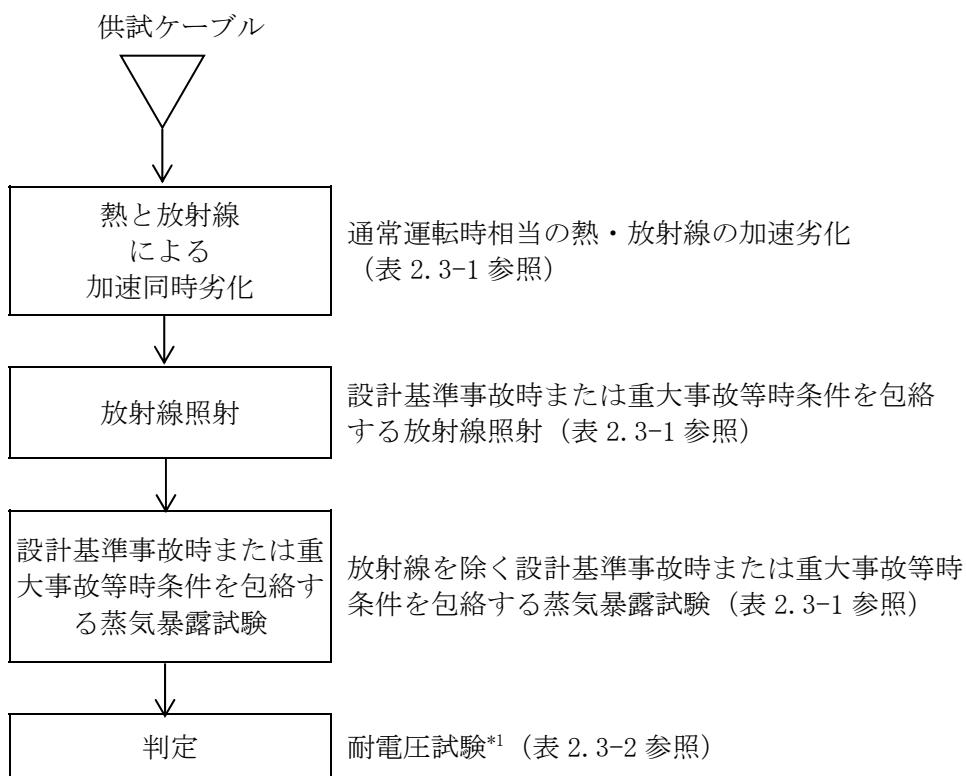


図2.3-1 難燃KKケーブルおよび難燃PHケーブルのACAガイドに基づく試験手順

*1：耐電圧試験は、日本産業規格「ゴム・プラスチック絶縁電線試験方法」(JIS C 3005:2000) の試験

表2.3-1 難燃KKケーブルおよび難燃PHケーブルのACA試験条件

		試験条件
通常運転時相当	温度 放射線	難燃 KK ケーブル：100℃－99.9Gy/h－5,549h 難燃 PH ケーブル：100℃－94.8Gy/h－4,003h
設計基準事故時相当 重大事故等時相当	放射線 (集積線量)	1,500kGy (10kGy/h 以下)
	温度	最高温度：190℃
	圧力	最高圧力：0.41MPa[gage]

表2. 3-2 難燃KKケーブルおよび難燃PHケーブルのACA試験結果

項目	試験条件	判定
耐電圧試験	課電電圧：1,500V／1分間	良

[出典：原子力プラントのケーブル経年変化評価技術調査研究に関する最終報告書（JNES-SS-0903）]

表2. 3-3 実布設環境での長期健全性評価結果

布設区分	実布設環境条件		使用ケーブル	評価期間 [年]*1	備考*5,6	設置・更新 を踏まえた 評価期間 [年]
	温度 [°C]	放射線量 率[Gy/h]				
ループ室	46	0.2897	難燃 KK ケーブル	120*2		—
	42	0.3747	難燃 KK ケーブル	106*2		
	46	0.2897	難燃 PH ケーブル	47*3	第 26 回定期検査 時 (2009 年度)	約 82
	42	0.3747	難燃 PH ケーブル	49*3	2023 年度	約 98
加圧器室 上部	46	0.0006	難燃 PH ケーブル	132*3		—
通路部	43	0.0014	難燃 KK ケーブル	571*2		—
	47	0.0013	難燃 PH ケーブル	52*3,4	2023 年度 59°Cで評価	約 101

*1：時間稼働率 100%での評価期間。

*2：等価損傷線量データの重ね合わせ手法により評価。

*3：時間依存データの重ね合わせ手法により評価。

*4：ケーブルトレイの温度上昇値（12°C）を考慮して評価している。

*5：評価期間が60年を下回る場合に設置・更新時期を記載。

*6：設置・更新時期は、実際に設置・更新した定検回またはケーブル製造年月以降の至近定検回を記載。

また、高浜 1 号炉の PA ケーブル、SHVV ケーブルおよび VV ケーブルは事故時雰囲気内で機能要求がなく、ACA ガイドに基づいた長期健全性試験による評価を実施していないため、60 年間の供用を想定すると絶縁低下の可能性は否定できない。

② 現状保全

絶縁体の絶縁低下に対しては、制御・計装用ケーブルについては、定期的に系統機器の動作に異常のないことを確認し、絶縁低下による機能低下のないことを確認している。

電力用ケーブルについては、定期的に絶縁抵抗測定を行い、管理値以上であることの確認を行っている。

③ 総合評価

健全性評価結果から判断して、難燃KKケーブルおよび難燃PHケーブルについては、絶縁体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。

絶縁低下は系統機器の動作確認また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。

また、PAケーブル、SHVVケーブルおよびVVケーブルについては絶縁低下の可能性は否定できないが、絶縁低下は系統機器の動作確認また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

難燃KKケーブルおよび難燃PHケーブルの絶縁体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。

また、PAケーブル、SHVVケーブルおよびVVケーブルの絶縁体の絶縁低下については、定期的に系統機器の動作確認または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となっていないケーブルへの展開について検討した。さらに、代表機器と構造および絶縁体材料が類似するケーブル（製造メーカーが異なるケーブル等）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 KKケーブル
- ② 難燃PSHVケーブルー1
- ③ SHVAケーブル
- ④ HVVケーブル
- ⑤ VAケーブル
- ⑥ 難燃KKケーブルー1（代表機器と製造メーカーが異なる難燃KKケーブル）
- ⑦ 難燃PHケーブルー1（代表機器と製造メーカーが異なる難燃PHケーブル）
- ⑧ 難燃PSHVケーブルー2（難燃PSHVケーブルー1と製造メーカーが異なる難燃PSHVケーブル）

3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

3.1.1 絶縁体の絶縁低下 [共通]

KKケーブル、SHVAケーブル、HVVケーブル、VAケーブル、難燃KKケーブルー1、難燃PHケーブルー1および難燃PSHVケーブルー2は事故時雰囲気内で機能要求がなく、ACAガイドに基づいた長期健全性試験による評価を実施していないため、60年間の供用を想定すると絶縁低下の可能性は否定できない。

これらのケーブルの絶縁低下は、系統機器の動作確認また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、KKケーブル、SHVAケーブル、HVVケーブル、VAケーブル、難燃KKケーブルー1、難燃PHケーブルー1および難燃PSHVケーブルー2の絶縁体の絶縁低下については、定期的に系統機器の動作確認または絶縁抵抗測定を実施していく。

設計基準事故時雰囲気内または重大事故等時雰囲気内で機能要求がある難燃PSHVケーブルー1については、絶縁体種類が同一でシース種類が異なる難燃PHケーブルのACAガイドに従った長期健全性試験結果を用いて評価した結果、60年間の運転期間および設計基準事故後、または60年間の運転期間および重大事故等時後においても絶縁機能を維持できると判断する。

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

なお、日常劣化管理事象ではない事象はない。

3.2.1 シースの劣化 [共通]

シースは絶縁体と同様に、熱的、電氣的、環境的要因による劣化が想定される。

しかしながら、ケーブルに要求される機能である通電・絶縁機能の維持に対する影響は極めて小さい。

また、系統機器の動作確認または絶縁抵抗測定により、機器の健全性を維持している。

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

3 同軸ケーブル

[対象機器]

- ① 三重同軸ケーブル
- ② 難燃性耐熱高周波同軸ケーブル
- ③ 難燃三重同軸ケーブル

目次

1. 技術評価対象機器および代表機器の選定	1
1.1 グループ化の考え方および結果	1
1.2 代表機器の選定	1
2. 代表機器の技術評価	3
2.1 構造、材料および使用条件	3
2.2 経年劣化事象の抽出	6
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価	10
3. 代表機器以外への展開	14
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象	14
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	15

1. 技術評価対象機器および代表機器の選定

高浜1号炉で使用されている同軸ケーブルの主な仕様を表1-1に示す。

これらの同軸ケーブルを、絶縁体材料の観点からグループ化し、それぞれのグループより以下のとおり代表機器を選定した。

1.1 グループ化の考え方および結果

表1-1に示す同軸ケーブルを、絶縁体材料で分類すると、2つのグループに分類される。

1.2 代表機器の選定

(1) 絶縁体材料：ポリエチレン

このグループには三重同軸ケーブルおよび難燃性耐熱高周波同軸ケーブルが属するが、重要度が高い三重同軸ケーブルを代表機器とする。

(2) 絶縁体材料：架橋ポリエチレン

このグループには難燃三重同軸ケーブルのみが属するため、難燃三重同軸ケーブルを代表機器とする。

表1-1 高浜1号炉 同軸ケーブルの主な仕様

分離基準	機器名称	選定基準						シース材料		代表機器の選定	
		用途	使用場所		重要度*1	使用開始時期		内部シース	外部シース	代表機器	選定理由
			原子炉格納容器内	原子炉格納容器外		建設時	運転開始後				
ポリエチレン	三重同軸ケーブル	計装	○	○	MS-1、重*3	○		ポリエチレン	ビニル	◎	重要度
	難燃性耐熱高周波同軸ケーブル	計装		○	重*3		○	—	難燃低塩酸耐熱ビニルシース		
架橋ポリエチレン	難燃三重同軸ケーブル	計装	○*2,4	○	MS-1、重*3		○	架橋ポリエチレン	難燃架橋ポリエチレン	◎	

*1：機能は最上位の機能を示す。

*2：設計基準事故（1次冷却材管の破断による原子炉冷却材喪失）を考慮する。

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

*4：重大事故等（格納容器過温破損、格納容器過圧破損）を考慮する。

2. 代表機器の技術評価

本章では、1章で代表機器とした以下の2種類の同軸ケーブルについて技術評価を実施する。

- ① 三重同軸ケーブル
- ② 難燃三重同軸ケーブル

2.1 構造、材料および使用条件

(1) 構造

高浜1号炉に使用している同軸ケーブルは内部導体、絶縁体、外部導体、内部シース、遮蔽体および外部シースで構成されている。

このうち同軸ケーブルの絶縁機能は絶縁体および内部シースにより保たれている。なお、遮蔽体は導体の静電誘導を低減するため、外部シースはケーブルを外的な力から保護するための材料である。

高浜1号炉の代表的な同軸ケーブルの構造図を図2.1-1に示す。

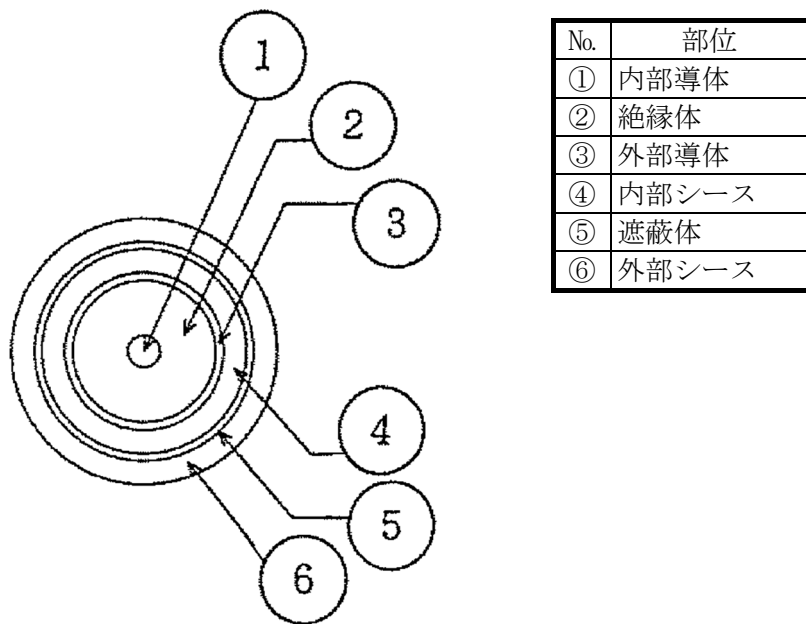


図2.1-1 高浜1号炉 代表的な同軸ケーブルの構造図

(2) 材料および使用条件

高浜1号炉で使用している三重同軸ケーブルおよび難燃三重同軸ケーブルの使用材料および使用条件を表2.1-1～表2.1-4に示す。

表2.1-1 高浜1号炉 三重同軸ケーブル主要部位の使用材料

部位	材料
内部導体	銅（錫メッキ）
絶縁体	ポリエチレン
外部導体	銅線編組
内部シース	ポリエチレン
遮蔽体	銅線編組
外部シース	ビニル

表2.1-2 高浜1号炉 三重同軸ケーブルの使用条件*1

	原子炉格納容器内	原子炉格納容器外
周囲温度	約48°C*1	約40°C*3
放射線	0.3747Gy/h*2	0.9×10^{-3} Gy/h*4

*1:通常運転時の原子炉格納容器内三重同軸ケーブル布設箇所周囲の平均温度の最大実測値。

*2:通常運転時の原子炉格納容器内三重同軸ケーブル布設箇所周囲の平均線量率の最大実測値。

*3:原子炉格納容器外の設計平均温度。

*4:通常運転時の管理区域内の最大実測値。

表2.1-3 高浜1号炉 難燃三重同軸ケーブル主要部位の使用材料

部位	材料
内部導体	銅（錫メッキ）
絶縁体	架橋ポリエチレン
外部導体	銅線編組（錫メッキ）
内部シース	架橋ポリエチレン
遮蔽体	銅線編組（錫メッキ）
外部シース	難燃架橋ポリエチレン

表2.1-4 高浜1号炉 難燃三重同軸ケーブルの使用条件*1

	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		
周囲温度	約47℃*2	約122℃ (最高温度)	約138℃ (最高温度)
圧力	約0.012MPa [gage] 以下	約0.26MPa [gage] (最高圧力)	約0.305MPa [gage] (最高圧力)
放射線	0.0013Gy/h*3	607kGy (最大集積線量)	500kGy (最大集積線量)

*1：環境条件が厳しい原子炉格納容器内ケーブルを代表として記載。

*2：設計基準事故または重大事故等を考慮する原子炉格納容器内難燃三重同軸ケーブルの通常運転時のケーブル布設箇所周囲の平均温度の最大実測値。

*3：設計基準事故または重大事故等を考慮する原子炉格納容器内難燃三重同軸ケーブルの通常運転時のケーブル布設箇所周囲の平均線量率の最大実測値。

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機能達成に必要な項目

同軸ケーブルの主な機能である計測制御信号の伝達機能を維持するためには、次の項目が必要である。

① 通電・絶縁機能の維持

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

同軸ケーブル個々について、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の構造、材料、使用条件および現在までの運転経験等を考慮し、表2.2-1に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

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

(1) 絶縁体および内部シースの絶縁低下 [共通]

絶縁体および内部シースは有機物であり、熱的、電氣的、環境的要因で経年劣化が進行し、絶縁性能の低下を起こす可能性があることから、経年劣化に対する評価が必要である。

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

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

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

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

なお、日常劣化管理事象ではない事象はない。

(1) 外部シースの劣化 [共通]

外部シースは絶縁体と同様に、熱的、電氣的、環境的要因による劣化が想定される。

しかしながら、ケーブルに要求される機能である通電・絶縁機能の維持に対する影響は極めて小さい。

また、機器点検時の絶縁抵抗測定により、機器の健全性を維持している。

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

表2.2-1(1/2) 高浜1号炉 三重同軸ケーブル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
				絶縁低下	導通不良	減肉	割れ	その他	
通電・絶縁機能の維持	内部導体		銅（錫メッキ）						*1：劣化
	絶縁体		ポリエチレン	○					
	外部導体		銅線編組						
	内部シース		ポリエチレン	○					
	遮蔽体		銅線編組						
	外部シース		ビニル					△*1	

○：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) 高浜1号炉 難燃三重同軸ケーブル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
				絶縁低下	導通不良	減肉	割れ	その他	
通電・絶縁機能の維持	内部導体		銅（錫メッキ）						*1：劣化
	絶縁体		架橋ポリエチレン	○					
	外部導体		銅線編組（錫メッキ）						
	内部シース		架橋ポリエチレン	○					
	遮蔽体		銅線編組（錫メッキ）						
	外部シース		難燃架橋ポリエチレン					△*1	

○：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 絶縁体および内部シースの絶縁低下 [共通]

a. 事象の説明

絶縁体および内部シースは有機物であり、熱的、電氣的、環境的要因で経年劣化が進行し、絶縁性能の低下を起こす可能性がある。

b. 技術評価

① 健全性評価

設計基準事故時雰囲気内で機能要求があるケーブルについては、原子力安全基盤機構により原子力プラントでの使用条件に即したケーブルの経年劣化評価手法が検討され、その結果が「原子力発電所のケーブル経年劣化評価ガイド (JNES-RE-2013-2049)」(以下「ACAガイド」という。)に取りまとめられている。このため、設計基準事故時雰囲気内または重大事故等時雰囲気内で機能要求がある難燃三重同軸ケーブルについては、実機同等品によるACAガイドに従った長期健全性について評価した。

評価にあたっては、「原子力プラントのケーブル経年変化評価技術調査研究に関する最終報告書 (JNES-SS-0903)」(以下「ACA」という。)の試験結果を用いた。

ACAガイドに基づく試験手順を図2.3-1に、ACA試験条件ならびにACA試験結果を表2.3-1および表2.3-2に、ケーブル実布設環境での長期健全性評価結果を表2.3-3に示す。

通常運転時の使用条件には、原子力安全・保安院指示文書「原子炉格納容器内の安全機能を有するケーブルの布設環境等の調査実施について (平成19・07・30原院第5号 平成19年10月30日 NISA-167b-07-1)」に基づき実施した原子炉格納容器内のケーブル布設環境 (温度・放射線線量率) の調査結果等を反映している。

試験条件は、高浜1号炉の実機環境に基づいて60年間の運転期間および設計基準事故、または60年間の運転期間および重大事故等時を想定した劣化条件を包絡している。

評価の結果、高浜1号炉の難燃三重同軸ケーブルは、運転開始後60年時点においても絶縁機能を維持できると判断する。

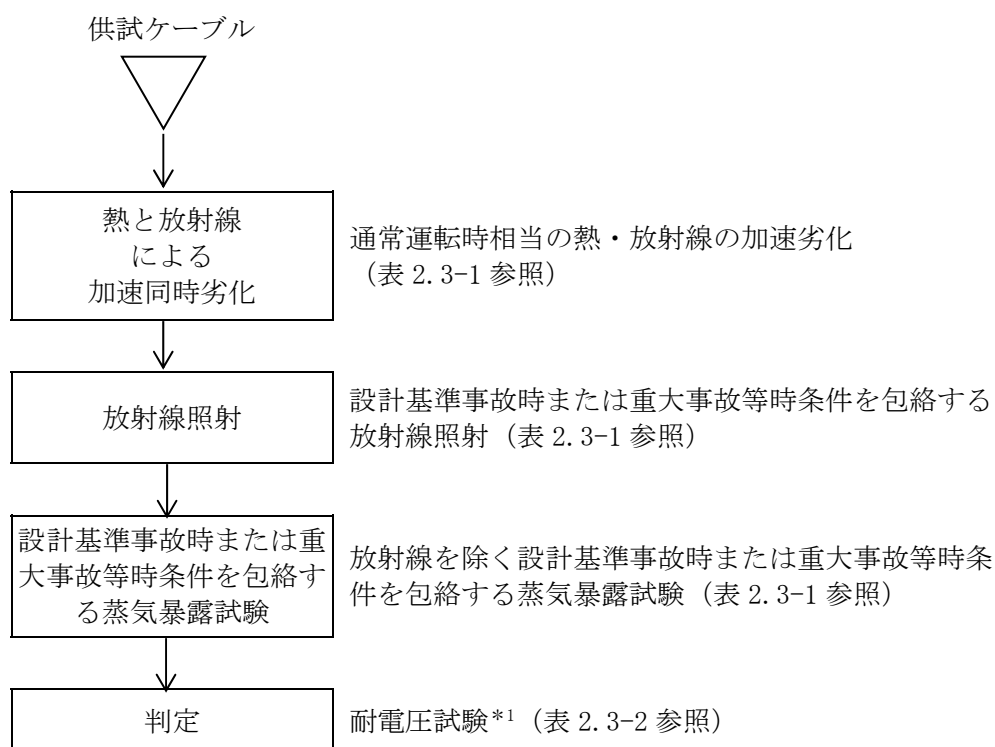


図2.3-1 難燃三重同軸ケーブルのACAガイドに基づく試験手順

*1：耐電圧試験は、日本産業規格「ゴム・プラスチック絶縁電線試験方法」(JIS C 3005:2000) の試験

表 2.3-1 難燃三重同軸ケーブルの ACA 試験条件

		試験条件
通常運転時相当	温度 放射線	100℃—98.9Gy/h—5,686h
設計基準事故時相当 重大事故等時相当	放射線 (集積線量)	1,500kGy (10kGy/h 以下)
	温度	最高温度：190℃
	圧力	最高圧力：0.41MPa [gage]

表 2.3-2 難燃三重同軸ケーブルの ACA 試験結果

項目	試験条件	判定
耐電圧試験	課電電圧： C-1S 間 10kV/1 分間 1S-2S 間 2kV/1 分間	良

[出典：原子カプラントのケーブル経年変化評価技術調査研究に関する最終報告書 (JNES-SS-0903)]

表 2.3-3 実布設環境での長期健全性評価結果

布設区分	実布設環境条件		評価期間 [年] *1,2	備考
	温度 [°C]	放射線量率 [Gy/h]		
通路部	47	0.00001	136	
	40	0.0013	229	

*1：時間稼働率 100%での評価期間。

*2：時間依存データの重ね合わせ手法により評価。

また、高浜 1 号炉の三重同軸ケーブルは事故時雰囲気内で機能要求がなく、ACAガイドに基づいた長期健全性試験による評価を実施していないため、60 年間の供用を想定すると絶縁低下の可能性は否定できない。

② 現状保全

絶縁体および内部シースの絶縁低下に対しては、定期的に絶縁抵抗測定を行い、管理値以上であることの確認を行っている。

③ 総合評価

健全性評価結果から判断して、難燃三重同軸ケーブルについては、絶縁体および内部シース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。

また、三重同軸ケーブルについては、絶縁低下の可能性は否定できないが、絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切である。

c. 高経年化への対応

難燃三重同軸ケーブルの絶縁体および内部シース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。

また、三重同軸ケーブルの絶縁体の絶縁低下については、定期的に絶縁抵抗測定を実施していく。

3. 代表機器以外への展開

本章では2章で実施した代表機器の技術評価結果について、1章で実施したグループ化で代表となっていないケーブル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 難燃性耐熱高周波同軸ケーブル

3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

3.1.1 絶縁体の絶縁低下

難燃性耐熱高周波同軸ケーブルは事故時雰囲気内で機能要求がなく、ACAガイドに基づいた長期健全性試験による評価を実施していないため、60年間の供用を想定すると絶縁低下の可能性は否定できない。

難燃性耐熱高周波同軸ケーブル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、難燃性耐熱高周波同軸ケーブルの絶縁体の絶縁低下については、定期的に絶縁抵抗測定を実施していく。

3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

なお、日常劣化管理事象ではない事象はない。

3.2.1 シースの劣化

シースは絶縁体と同様に、熱的、電氣的、環境的要因による劣化が想定される。

しかしながら、ケーブルに要求される機能である通電・絶縁機能の維持に対する影響は極めて小さい。

また、機器点検時の絶縁抵抗測定により、機器の健全性を維持している。

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

4 光ファイバケーブル

[対象機器]

- ① 難燃光ファイバケーブル-1
- ② 難燃光ファイバケーブル-2

目次

1. 技術評価対象機器および代表機器の選定	1
1.1 グループ化の考え方および結果	1
1.2 代表機器の選定	1
2. 代表機器の技術評価	3
2.1 構造、材料および使用条件	3
2.2 経年劣化事象の抽出	5
3. 代表機器以外への展開	8
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象	8

1. 技術評価対象機器および代表機器の選定

高浜 1 号炉で使用されている光ファイバケーブルの主な仕様を表1-1に示す。

これらの光ファイバケーブルを、心線材料の観点からグループ化し、以下のとおり代表機器を選定した。

1.1 グループ化の考え方および結果

表1-1に示す光ファイバケーブルを心線材料で分類すると 1 つのグループにまとめられる。

1.2 代表機器の選定

(1) 心線材料：石英ガラス

このグループには難燃光ファイバケーブルー 1 および難燃光ファイバケーブルー 2 が属するが、安全系および常用系の計測制御設備間に布設され、使用範囲がより広範囲である難燃光ファイバケーブルー 1 を代表機器とする。

表1-1 高浜1号炉 光ファイバケーブルの主な仕様

分離基準	機器名称	選定基準						シース材料		代表機器の選定	
		用途	使用場所		重要度*1	使用開始時期		内部シース	外部シース	代表機器	選定理由
			原子炉格納容器内	原子炉格納容器外		建設時	運転開始後				
石英ガラス	難燃光ファイバケーブル-1	制御・計装		○	MS-1、重*2		○	ポリ塩化ビニル	難燃性ポリエチレン、アルミラミネートテープ	◎	使用範囲
	難燃光ファイバケーブル-2	制御・計装		○	MS-1、重*2		○	難燃低塩酸ビニル	難燃低塩酸ビニル、アルミラミネートテープ		

*1：機能は最上位の機能を示す。

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

2. 代表機器の技術評価

本章では、1章で代表機器とした以下の1種類の光ファイバケーブルについて技術評価を実施する。

① 難燃光ファイバケーブルー1

2.1 構造、材料および使用条件

(1) 構造

高浜1号炉で使用している難燃光ファイバケーブルー1は光ファイバ心線、補強繊維、コード外被、介在紐、テンションメンバ、緩衝層およびシースで構成されている。

このうち光ファイバケーブルの伝送機能は、光ファイバ心線を外的な力および透湿から保護するコード外被、シースにより保たれている。

なお、補強繊維、介在紐、テンションメンバおよび緩衝層はケーブル全体の整形および機械的強度を確保するための材料である。

高浜1号炉の代表的な光ファイバケーブルの構造図を図2.1-1に示す。

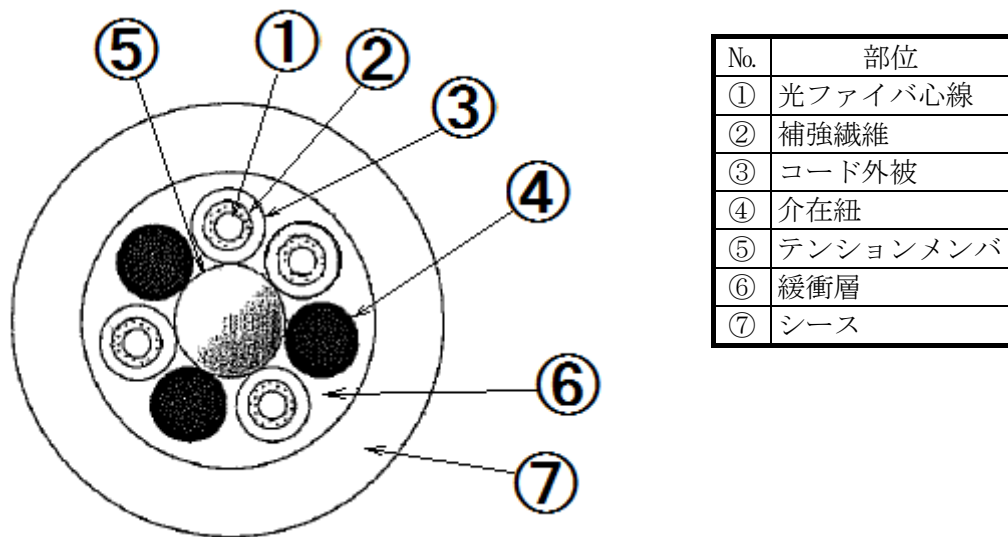


図2.1-1 高浜1号炉 代表的な光ファイバケーブルの構造図

(2) 材料および使用条件

高浜1号炉で使用している難燃光ファイバケーブルー1の使用材料および使用条件を表2.1-1および表2.1-2に示す。

表2.1-1 高浜1号炉 難燃光ファイバケーブル-1 主要部位の使用材料

部位	材料
光ファイバ心線	石英ガラス（コア、クラッド）、シリコン+ポリアミド（被覆）
補強繊維	アラミド繊維
コード外被	ポリ塩化ビニル
介在紐	ポリエチレン紐
テンションメンバ	ガラス繊維強化プラスチック
緩衝層	ポリプロピレンスプリットヤーン
シース	難燃性ポリエチレン、アルミラミネートテープ

表2.1-2 高浜1号炉 難燃光ファイバケーブル-1 の使用条件*1

設置場所	原子炉格納容器外
周囲温度	約25℃*2
放射線	—

*1：原子炉格納容器外でのみ使用

*2：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

難燃光ファイバケーブル 1 の主な機能である計測制御信号の伝達機能を維持するためには、次の項目が必要である。

① 伝送光量の維持

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

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

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

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

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

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

なお、日常劣化管理事象ではない事象はない。

(1) コード外被、シースおよび心線被覆の劣化

コード外被、シースおよび心線被覆はケーブルやコードとしての構造の保持、外的な力等からの保護等の被覆材としての機能を有する。

コード外被、シースおよび心線被覆が熱的および環境的要因で劣化して光ファイバ心線（コア、クラッド）に水素や水分が混入した場合、伝送光量が減少することが想定される。

しかしながら、水素や水分を透過し難いシース構造であること、かつ自ら水素を発生することのないケーブル構成材料が使用されていること、およびケーブルは室内の空調環境下に布設されており、外部からの水分混入は考え難く、ケーブルに要求される伝送光量の維持に対する影響は極めて小さい。

また、本ケーブルの伝送光量を常時監視することにより、機器の健全性を維持している。

なお、伝送機能に影響を及ぼすレベルまで光量が減少した場合には、中央制御室へ警報を発信するが、これまでの運転中に光量低下による警報発信実績はない。

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。

表2.2-1 高浜1号炉 難燃光ファイバケーブル-1に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	材料	経年劣化事象					備考
			絶縁低下	導通不良	減肉	割れ	その他	
伝送光量の維持	光ファイバ心線	石英ガラス（コア、クラッド）						*1：劣化に伴う光ファイバ心線（コア、クラッド）の伝送光量減少
		シリコン+ポリアミド（被覆）					△*1	
	補強繊維	アラミド繊維						
	コード外被	ポリ塩化ビニル					△*1	
	介在紐	ポリエチレン紐						
	テンションメンバ	ガラス繊維強化プラスチック						
	緩衝層	ポリプロピレンスプリットヤーン						
	シース	難燃性ポリエチレン、アルミラミネートテープ					△*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）

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となっていないケーブル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 難燃光ファイバケーブルー2

3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

なお、日常劣化管理事象ではない事象はない。

3.1.1 コード外被、シースおよび心線被覆の劣化

コード外被、シースおよび心線被覆はケーブルやコードとしての構造の保持、外的な力等からの保護等の被覆材としての機能を有する。

コード外被、シースおよび心線被覆が熱的および環境的要因で劣化して光ファイバ心線（コア、クラッド）に水素や水分が混入した場合、伝送光量が減少することが想定される。

しかしながら、水素や水分を透過し難いシース構造であること、かつ自ら水素を発生することのないケーブル構成材料が使用されていること、およびケーブルは室内の空調環境下に布設されており、外部からの水分混入は考え難く、ケーブルに要求される伝送光量の維持に対する影響は極めて小さい。

また、本ケーブルの伝送光量を常時監視することにより、機器の健全性を維持している。

なお、伝送機能に影響を及ぼすレベルまで光量が減少した場合には、中央制御室へ警報を発信するが、これまでの運転中に光量低下による警報発信実績はない。

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。

5 ケーブルトレイ等

[対象機器]

- ① ケーブルトレイ
- ② 電線管

目次

1. 技術評価対象機器および代表機器の選定	1
1.1 グループ化の考え方および結果	1
1.2 代表機器の選定	1
2. 代表機器の技術評価	2
2.1 構造、材料および使用条件	2
2.2 経年劣化事象の抽出	8

1. 技術評価対象機器および代表機器の選定

高浜 1 号炉でケーブルの支持および収納器材として使用されているケーブルトレイ等の主な仕様を表1-1に示す。

これらのケーブルトレイ等を型式の観点からグループ化し、それぞれのグループより以下のとおり代表機器を選定した。

1.1 グループ化の考え方および結果

表1-1に示すケーブルトレイ等を型式で分離すると、合計 2 つのグループにまとめられる。

1.2 代表機器の選定

(1) 型式：トレイ式

このグループにはケーブルトレイのみが属するため、ケーブルトレイを代表機器とする。

(2) 型式：管式

このグループには電線管のみが属するため、電線管を代表機器とする。

表1-1 高浜 1 号炉 ケーブルトレイ等の主な仕様

分離基準	機器名称	仕様 [機能]	選定	選定理由
型式				
トレイ式	ケーブルトレイ	ケーブルを収納して支持する	◎	
管式	電線管	ケーブルを収納して支持する	◎	

注：使用場所、重要度等は収納するケーブルによる。

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2種類のケーブルトレイ等について、技術評価を実施する。

- ① ケーブルトレイ
- ② 電線管

2.1 構造、材料および使用条件

2.1.1 ケーブルトレイ

(1) 構造

高浜1号炉に使用しているケーブルトレイは、鋼材、ベースプレートを溶接により架台状に製作し、その上にケーブルトレイ（本体）を溶接した構造となっている。

なお、原子炉の高温停止および低温停止を達成し、維持するために必要な機能を有する機器等に使用する屋内の非難燃ケーブルを収納する場合には防火シート等で覆うこととしている。

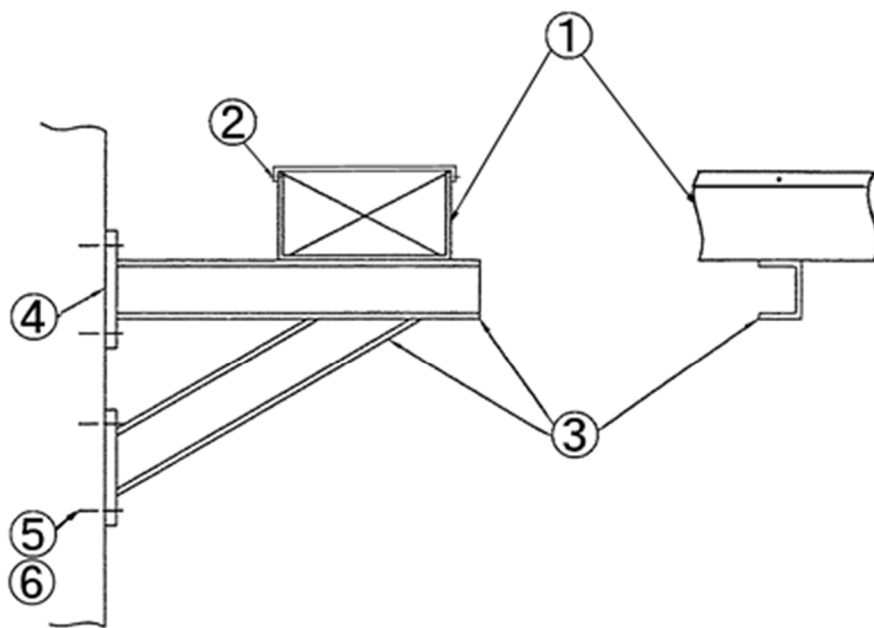
また、ベースプレートは基礎ボルトあるいは埋込金物への溶接にて支持する構造としている。

高浜1号炉のケーブルトレイの構造図の例を図2.1-1に示す。

(2) 材料および使用条件

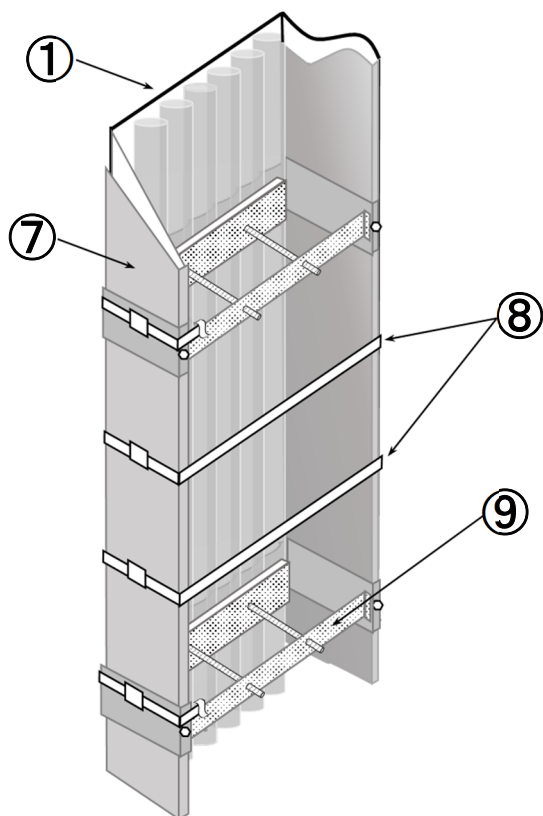
高浜1号炉のケーブルトレイの使用材料の例を表2.1-1に示す。

使用条件については、屋内・外に設置している。



側面図

正面図



垂直トレイ（防火シート等含む）

No.	部位
①	ケーブルトレイ(本体)
②	取付ボルト
③	鋼材
④	ベースプレート
⑤	基礎ボルト
⑥	埋込金物
⑦	防火シート
⑧	結束ベルト
⑨	シート押さえ器具※

※：勾配 45° を超えるケーブルトレイに設置

図2.1-1 高浜1号炉 ケーブルトレイ構造図の例

表2.1-1 高浜1号炉 ケーブルトレイ主要部位の使用材料の例

部位	材料
ケーブルトレイ(本体)	炭素鋼
取付ボルト	炭素鋼
鋼材	炭素鋼
ベースプレート	炭素鋼
基礎ボルト	炭素鋼
基礎ボルト(ケミカルアンカ)	炭素鋼、樹脂
埋込金物	炭素鋼
防火シート	アルミノ硼珪酸ガラス、 アクリロニトリルブタジエンゴム
結束ベルト	アルミノ硼珪酸ガラス、 シリコーン樹脂
シート押さえ器具	炭素鋼(亜鉛メッキ)、 リフラクトリーセラミックファイバー

2.1.2 電線管

(1) 構造

高浜1号炉に使用している電線管は、鋼材、ベースプレートを溶接により架台状に製作し、その上にボルトにてユニバーサルチャンネルを取り付け、電線管(本体)をユニバーサルクランプにて挟み込んだ構造となっている。

電線管の延長は、ねじ込み式のカップリングにて実施している。

また、ベースプレートは基礎ボルトあるいは埋込金物への溶接にて支持する構造としている。

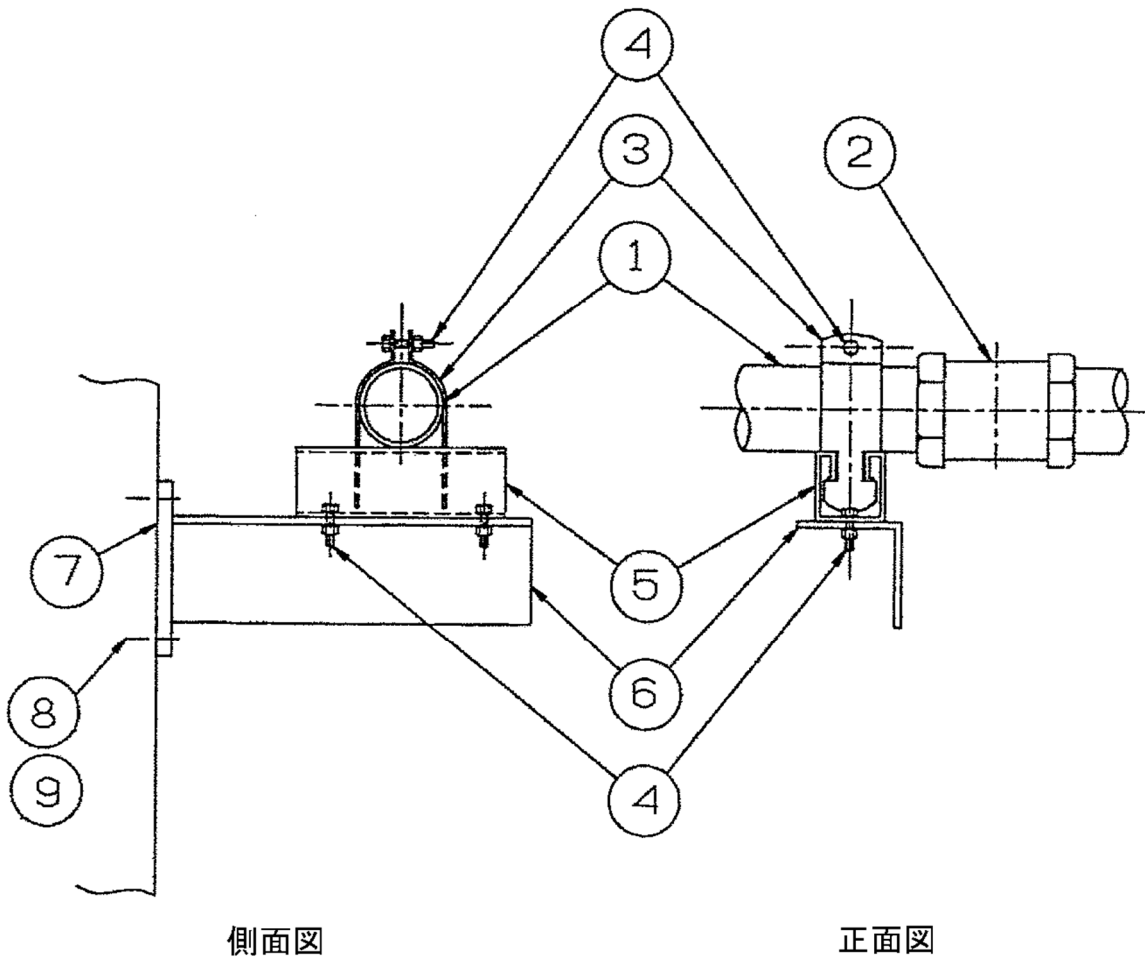
なお、電線管(本体)をコンクリートに直接埋設する構造もある。

高浜1号炉の電線管の構造図の例を図2.1-2に示す。

(2) 材料および使用条件

高浜1号炉の電線管の使用材料の例を表2.1-2に示す。

使用条件については、屋内・外に設置している。



側面図

正面図

No.	部位
①	電線管(本体)
②	カップリング
③	ユニバーサルクランプ
④	ボルト、ナット
⑤	ユニバーサルチャンネル
⑥	鋼材
⑦	ベースプレート
⑧	基礎ボルト
⑨	埋込金物

図2.1-2 高浜1号炉 電線管構造図の例 (ユニバーサルクランプ)

表2.1-2 高浜1号炉 電線管主要部位の使用材料の例

部位	材料
電線管(本体)	炭素鋼 (亜鉛メッキ)
カップリング	炭素鋼 (亜鉛メッキ)
ユニバーサルクランプ	炭素鋼
ボルト、ナット	炭素鋼
ユニバーサルチャンネル	炭素鋼
鋼材	炭素鋼
ベースプレート	炭素鋼
基礎ボルト	炭素鋼
基礎ボルト (ケミカルアンカ)	炭素鋼、樹脂
埋込金物	炭素鋼

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機能達成に必要な項目

ケーブルトレイ等の主な機能であるケーブルの電路確保を維持し、非難燃ケーブルに関して火災発生を防止するためには、次の項目が必要である。

- ① ケーブルの支持
- ② 複合体[※]の形成

※：非難燃ケーブルおよびケーブルトレイを防火シート、結束ベルトおよびシート押さえ器具で覆ったもの

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

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

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

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

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

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

(1) ケーブルトレイ（本体）等の腐食（全面腐食） [共通]

ケーブルトレイ（本体）、シート押さえ器具、取付ボルト（ケーブルトレイ）、鋼材、ベースプレート（共通）、ユニバーサルクランプ、ボルト、ナットおよびユニバーサルチャンネル（電線管）は炭素鋼であり、腐食が想定される。

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

また、巡視点検等で目視により塗膜またはメッキ面等の状態を確認し、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) 電線管（本体）およびカップリングの外表面からの腐食（全面腐食） [電線管]
電線管（本体）およびカップリングは炭素鋼であり、外表面からの腐食が想定される。

しかしながら、外表面については塗装またはメッキにより腐食を防止しており、塗膜またはメッキ面が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

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

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

- (3) 埋込金物（大気接触部）の腐食（全面腐食） [共通]

埋込金物は炭素鋼であり、腐食が想定される。

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

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

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

- (4) 基礎ボルトの腐食（全面腐食）および樹脂の劣化 [共通]

基礎ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

また、ケミカルアンカには樹脂を使用しており、劣化が想定される。

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

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。

- (5) 電線管（本体）およびカップリングの内面からの腐食（全面腐食） [電線管]
電線管（本体）およびカップリングは炭素鋼であり、内面からの腐食が想定される。

しかしながら、内面については、亜鉛メッキにより腐食を防止している。

また、内装物はケーブルのみであり、メッキ面への外力は加わらないため亜鉛メッキが剥がれることはなく、外面と比較して環境条件が緩やかであるため腐食の発生する可能性は小さいことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

- (6) 埋込金物および電線管（コンクリート埋設部）の腐食（全面腐食） [共通]

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

表2.2-1(1/2) 高浜1号炉 ケーブルトレイ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		
ケーブルの支持	ケーブルトレイ(本体)		炭素鋼		△						*1:樹脂の劣化 *2:大気接触部 *3:コンクリート埋設部
	取付ボルト		炭素鋼		△						
	鋼材		炭素鋼		△						
	ベースプレート		炭素鋼		△						
	基礎ボルト		炭素鋼		△						
	基礎ボルト(ケミカルアンカ)		炭素鋼、樹脂		△					△*1	
	埋込金物		炭素鋼		△*2 ▲*3						
複合体の形成	防火シート		アルミノ硼珪酸ガラス、アクリロニトリルブタジエンゴム								
	結束ベルト		アルミノ硼珪酸ガラス、シリコーン樹脂								
	シート押さえ器具		炭素鋼(亜鉛メッキ)、リフラクトリーセラミックファイバー		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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

表2.2-1(2/2) 高浜1号炉 電線管に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象						備考	
				減肉		割れ		材質変化			その他
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
ケーブルの支持	電線管(本体)		炭素鋼 (亜鉛メッキ)		△ ^{*1} ▲ ^{*2,5}						*1:外面からの腐食
	カップリング		炭素鋼 (亜鉛メッキ)		△ ^{*1} ▲ ^{*2}						*2:内面からの腐食
	ユニバーサルクランプ		炭素鋼		△						*3:樹脂の劣化
	ボルト、ナット		炭素鋼		△						*4:大気接触部
	ユニバーサルチャンネル		炭素鋼		△						*5:コンクリート埋設部
	鋼材		炭素鋼		△						
	ベースプレート		炭素鋼		△						
	基礎ボルト		炭素鋼		△						
	基礎ボルト (ケミカルアンカ)		炭素鋼、樹脂		△					△ ^{*3}	
	埋込金物		炭素鋼		△ ^{*4} ▲ ^{*5}						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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

6 ケーブル接続部

[対象機器]

- ① 一般端子接続
- ② 端子台接続
- ③ 気密端子箱接続
- ④ 直ジョイント
- ⑤ 原子炉格納容器外電動弁コネクタ接続
- ⑥ 三重同軸コネクタ接続－1
- ⑦ 三重同軸コネクタ接続－2
- ⑧ 複合同軸コネクタ接続
- ⑨ 高圧コネクタ接続

目次

1. 技術評価対象機器および代表機器の選定	1
1.1 グループ化の考え方および結果	1
1.2 代表機器の選定	1
2. 代表機器の技術評価	3
2.1 構造、材料および使用条件	3
2.2 経年劣化事象の抽出	17
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価	26
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	32
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. 技術評価対象機器および代表機器の選定

高浜 1 号炉で使用されているケーブル接続部の主な仕様を表1-1に示す。

これらのケーブル接続部を、型式の観点からグループ化し、それぞれのグループより以下のとおり代表機器を選定した。

1.1 グループ化の考え方および結果

表1-1に示すケーブル接続部を、型式で分類すると、5つのグループに分類される。

1.2 代表機器の選定

(1) 型式：端子接続

このグループには一般端子接続、端子台接続および気密端子箱接続が属するが、使用場所が原子炉格納容器内であり、設計基準事故を考慮すべき気密端子箱接続を代表機器とする。

(2) 型式：直ジョイント

このグループには直ジョイントのみが属するため、直ジョイントを代表機器とする。

(3) 型式：低圧コネクタ接続

このグループには原子炉格納容器外電動弁コネクタ接続のみが属するため、原子炉格納容器外電動弁コネクタ接続を代表機器とする。

(4) 型式：同軸コネクタ接続

このグループには三重同軸コネクタ接続－1、三重同軸コネクタ接続－2および複合同軸コネクタ接続が属するが、原子炉格納容器内での設計基準事故を考慮すべき三重同軸コネクタ接続－1を代表機器とする。

(5) 型式：高圧コネクタ接続

このグループには高圧コネクタ接続のみが属するため、高圧コネクタ接続を代表機器とする。

表1-1 高浜1号炉 ケーブル接続部の主な仕様

分離基準 型式	機器名称	選定基準				代表機器の選定	
		用途	使用場所		重要度*1	代表機器	選定理由
			原子炉格納 容器内	原子炉格納 容器外			
端子接続	一般端子接続	電力	○	○	MS-1	◎	使用場所（設計基準事故を考慮する）
	端子台接続	電力・制御・計装	○	○	MS-1		
	気密端子箱接続	電力・制御・計装	○*2,5	○	MS-1、 重*4		
直ジョイント	直ジョイント	電力・制御・計装	○*2,5	○*3	MS-1、 重*4	◎	
低圧コネクタ 接続	原子炉格納容器外電動弁コネクタ接続	電力・制御		○	MS-1	◎	
同軸コネクタ 接続	三重同軸コネクタ接続-1	計装	○*2,5	○	MS-1、 重*4	◎	使用場所（設計基準事故を考慮する）
	三重同軸コネクタ接続-2	計装	○	○	MS-1		
	複合同軸コネクタ接続	計装		○	MS-2		
高圧コネクタ 接続	高圧コネクタ接続	電力		○	重*4	◎	

*1：機能は最上位の機能を示す。

*2：設計基準事故（1次冷却材管の破断による原子炉冷却材喪失）を考慮する。

*3：設計基準事故（主蒸気管破断）を考慮する。

*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および構造物であることを示す。

*5：重大事故等（格納容器過温破損、格納容器過圧破損）を考慮する。

2. 代表機器の技術評価

本章では、1章で代表機器とした以下の5種類のケーブル接続部について技術評価を実施する。

- ① 気密端子箱接続
- ② 直ジョイント
- ③ 原子炉格納容器外電動弁コネクタ接続
- ④ 三重同軸コネクタ接続－1
- ⑤ 高圧コネクタ接続

2.1 構造、材料および使用条件

2.1.1 気密端子箱接続

(1) 構造

高浜1号炉に使用している気密端子箱接続は、ケーブルを気密された端子箱内で端子台により接続する構造となっている。

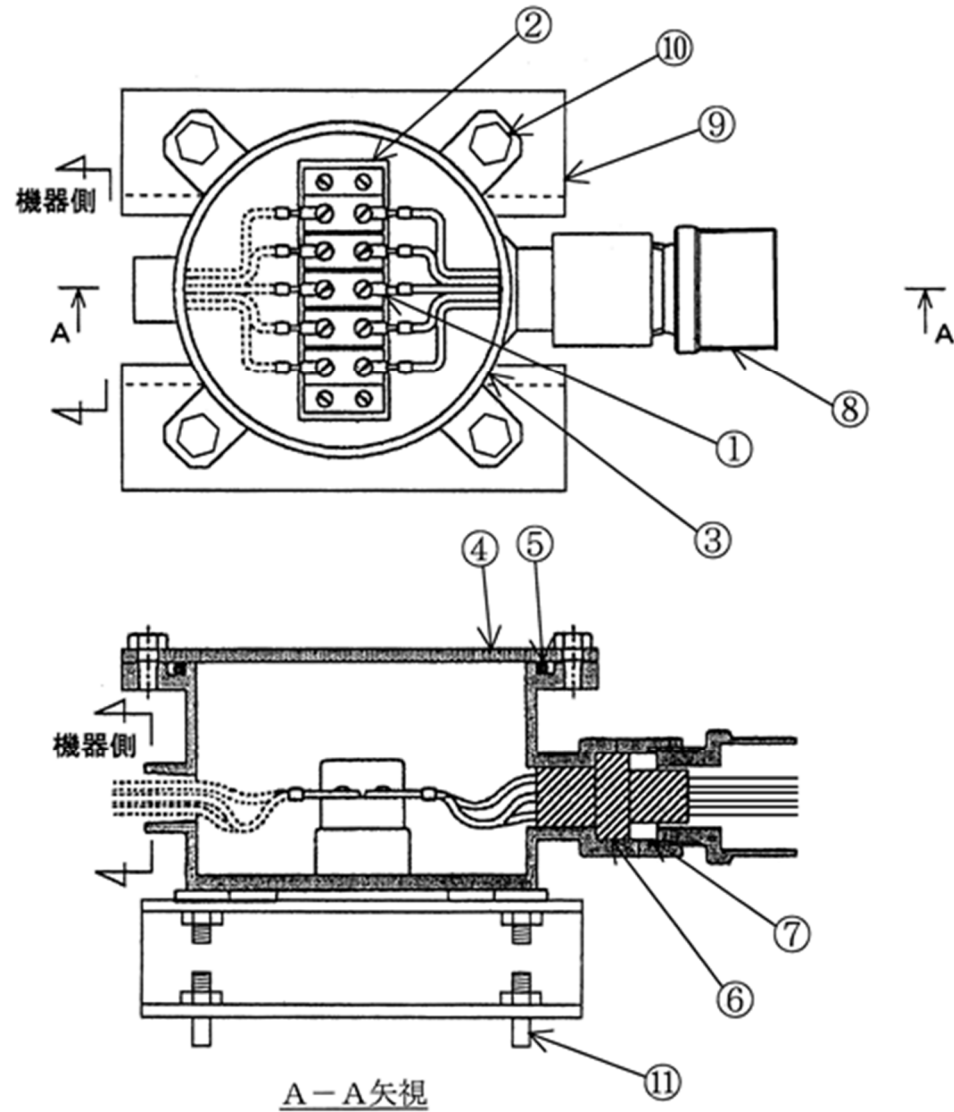
蓋板はOリングを挟んでねじ止めし、ケーブル貫通部はLCモールドを押え金具で押さえた後、ボックスコネクタにて締め込む構造となっている。

端子箱は、基礎ボルトで壁に取り付けられた架台に、取付ボルトで取り付けられている。

高浜1号炉の代表的な気密端子箱接続の構造図を図2.1-1に示す。

(2) 材料および使用条件

高浜1号炉で使用されている気密端子箱接続の使用材料および使用条件を表2.1-1および表2.1-2に示す。



No.	部位
①	端子
②	端子台
③	端子箱
④	蓋板
⑤	Oリング
⑥	LCモールド
⑦	押え金具
⑧	ボックスコネクタ
⑨	架台
⑩	取付ボルト
⑪	基礎ボルト

図2.1-1 高浜1号炉 代表的な気密端子箱接続の構造図

表2.1-1 高浜1号炉 気密端子箱接続主要部位の使用材料

部位	材料
端子	銅（錫メッキ）
端子台	磁器、銅合金（ニッケルメッキ）
端子箱	ステンレス鋼
蓋板	ステンレス鋼
Oリング	エチレンプロピレンゴム
LCモールド	エチレンプロピレンゴム、銅
押え金具	ステンレス鋼
ボックスコネクタ	銅合金
架台	炭素鋼
取付ボルト	ステンレス鋼
基礎ボルト	炭素鋼

表2.1-2 高浜1号炉 気密端子箱接続の使用条件*1

	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		
周囲温度	約43℃*2	約122℃ (最高温度)	約138℃ (最高温度)
圧力	約0.012MPa [gage] 以下	約0.26MPa [gage] (最高圧力)	約0.305MPa [gage] (最高圧力)
放射線	0.3747Gy/h*3	607kGy (最大集積線量)	500kGy (最大集積線量)

*1：環境条件が厳しい原子炉格納容器内気密端子箱接続の使用条件を代表として記載。

*2：通常運転時の原子炉格納容器内気密端子箱接続周囲の平均温度の最大実測値。

*3：通常運転時の原子炉格納容器内気密端子箱接続周囲の平均線量率の最大実測値。

2.1.2 直ジョイント

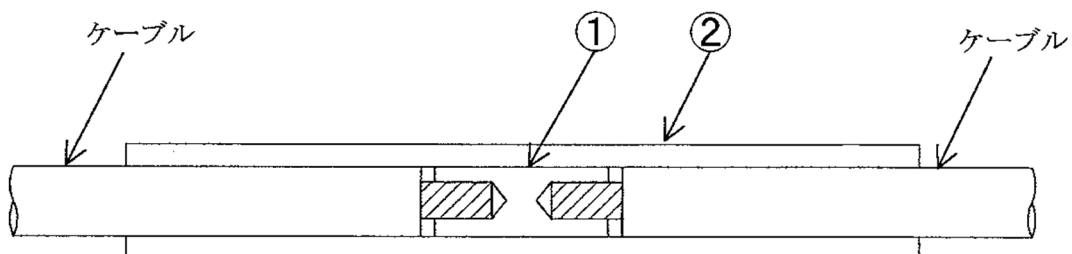
(1) 構造

高浜1号炉で使用している直ジョイントは、ケーブル同士を隔壁付スリーブで圧着接続し、その周囲を熱収縮チューブにより固定および絶縁を行う構造となっている。

高浜1号炉の直ジョイントの構造図を図2.1-2に示す。

(2) 材料および使用条件

高浜1号炉で使用されている直ジョイントの使用材料および使用条件を表2.1-3および表2.1-4に示す。



No.	部位
①	隔壁付スリーブ
②	熱収縮チューブ

図2.1-2 高浜1号炉 直ジョイントの構造図

表2.1-3 高浜1号炉 直ジョイント主要部位の使用材料

部位	材料
隔壁付スリーブ	銅（錫メッキ）
熱収縮チューブ	難燃架橋ポリエチレン

表2.1-4 高浜1号炉 直ジョイントの使用条件*1

	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		
周囲温度	約47℃*2	約122℃ (最高温度)	約138℃ (最高温度)
圧力	約0.012MPa [gage] 以下	約0.26MPa [gage] (最高圧力)	約0.305MPa [gage] (最高圧力)
放射線	0.3747Gy/h*3	607kGy (最大集積線量)	500kGy (最大集積線量)

*1：環境条件が厳しい原子炉格納容器内直ジョイントの使用条件を代表として記載。

*2：通常運転時の原子炉格納容器内直ジョイント周囲の平均温度の最大実測値。

*3：通常運転時の原子炉格納容器内直ジョイント周囲の平均線量率の最大実測値。

2.1.3 原子炉格納容器外電動弁コネクタ接続

(1) 構造

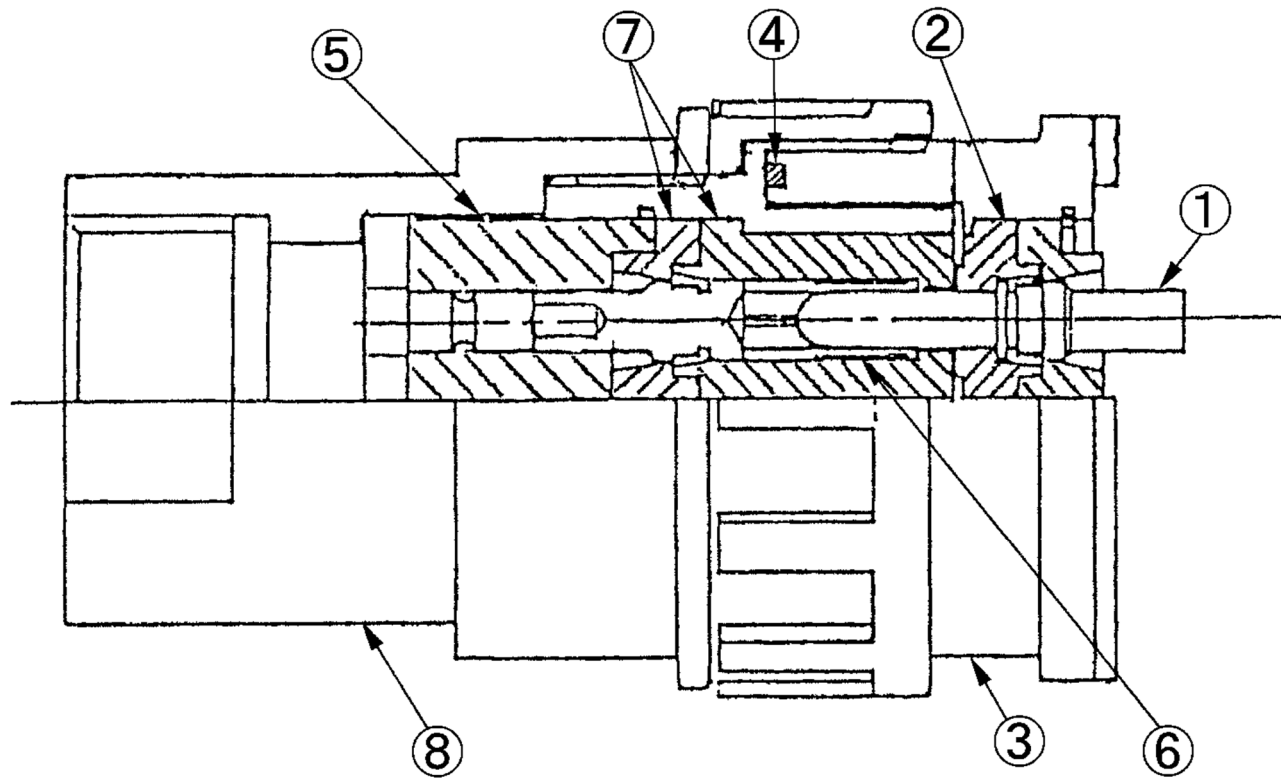
高浜1号炉に使用している原子炉格納容器外電動弁コネクタ接続は、オスコンタクトとメスコンタクトを接続し、レセプタクルシェルをねじ込むことにより接続部分が固定される構造となっている。

また、オスコンタクトおよびメスコンタクトは、オス絶縁物およびメス絶縁物により外部との絶縁を保っている。

高浜1号炉の原子炉格納容器外電動弁コネクタ接続の構造図を図2.1-3に示す。

(2) 材料および使用条件

高浜1号炉で使用されている原子炉格納容器外電動弁コネクタ接続の使用材料および使用条件を表2.1-5および表2.1-6に示す。



No.	部位
①	オスコンタクト
②	オス絶縁物
③	レセプタクルシェル
④	Oリング
⑤	シーリングブッシュ
⑥	メスコンタクト
⑦	メス絶縁物
⑧	プラグシェル

図2.1-3 高浜1号炉 原子炉格納容器外電動弁コネクタ接続の構造図

表2.1-5 高浜1号炉 原子炉格納容器外電動弁コネクタ接続主要部位の使用材料

部位	材料
オスコンタクト	銅(銀メッキ)
オス絶縁物	ジアリルフタレート樹脂
レセプタクルシェル	アルミニウム合金
Oリング	エチレンプロピレンゴム
シーリングブッシュ	エチレンプロピレンゴム
メスコンタクト	銅(銀メッキ)
メス絶縁物	ジアリルフタレート樹脂
プラグシェル	アルミニウム合金

表2.1-6 高浜1号炉 原子炉格納容器外電動弁コネクタ接続の使用条件

	原子炉格納容器外
周囲温度	約40°C*1
放射線	$0.9 \times 10^{-3} \text{Gy/h}^{*2}$

*1：原子炉格納容器外の設計平均温度

*2：通常運転時の管理区域内の最大実測値

2.1.4 三重同軸コネクタ接続－1

(1) 構造

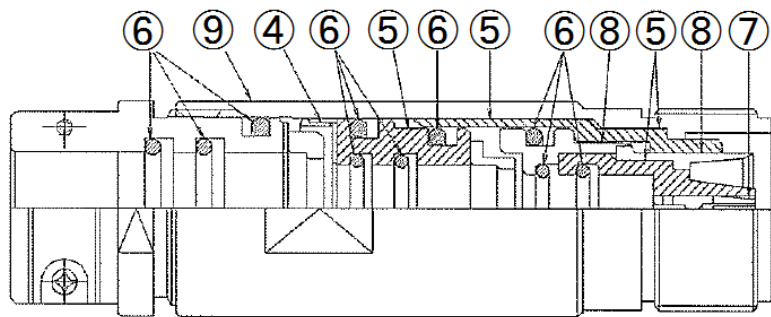
高浜1号炉に使用している三重同軸コネクタ接続－1は、ピンコンタクトおよびソケットコンタクト、1SコンタクトPおよび1SコンタクトJを接続し、プラグボディをジャックボディにねじ込むことにより接続部分が固定される構造となっている。

また、コンタクト部は、絶縁物により線間および外部との絶縁を保っている。

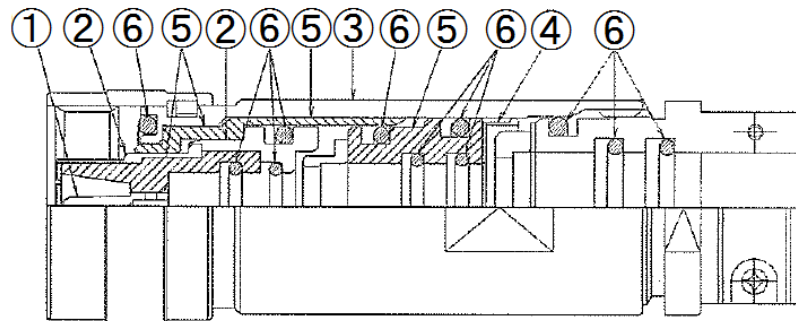
高浜1号炉の三重同軸コネクタ接続－1の構造図を図2.1-4に示す。

(2) 材料および使用条件

高浜1号炉で使用されている三重同軸コネクタ接続－1の使用材料および使用条件を表2.1-7および表2.1-8に示す。



ジャック



プラグ

No.	部位
①	ピンコンタクト
②	ISコンタクトP
③	プラグボディ
④	割りリング
⑤	絶縁物
⑥	Oリング
⑦	ソケットコンタクト
⑧	ISコンタクトJ
⑨	ジャックボディ

図2.1-4 高浜1号炉 三重同軸コネクタ接続-1の構造図

表2.1-7 高浜1号炉 三重同軸コネクタ接続-1 主要部位の使用材料

部位	材料
ピンコンタクト	銅合金 (金メッキ)
1SコンタクトP	銅合金 (金メッキ)
プラグボディ	銅合金 (ニッケルメッキ)
割りリング	銅合金 (ニッケルメッキ)
絶縁物	架橋ポリスチレン
Oリング	エチレンプロピレンゴム
ソケットコンタクト	銅合金 (金メッキ)
1SコンタクトJ	銅合金 (金メッキ)
ジャックボディ	銅合金 (ニッケルメッキ)

表2.1-8 高浜1号炉 三重同軸コネクタ接続-1の使用条件*1

	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		
周囲温度	約43℃*2	約122℃ (最高温度)	約138℃ (最高温度)
圧力	約0.012MPa [gage] 以下	約0.26MPa [gage] (最高圧力)	約0.305MPa [gage] (最高圧力)
放射線	0.0006Gy/h*3	607kGy (最大集積線量)	500kGy (最大集積線量)

*1：環境条件が厳しい原子炉格納容器内三重同軸コネクタ接続-1の使用条件を代表として記載。

*2：通常運転時の原子炉格納容器内三重同軸コネクタ接続-1周囲の平均温度の最大実測値。

*3：通常運転時の原子炉格納容器内三重同軸コネクタ接続-1周囲の平均線量率の最大実測値。

2.1.5 高圧コネクタ接続

(1) 構造

高浜1号炉に使用している高圧コネクタ接続は、ピン端子をソケットに嵌合させることにより接続部分が固定される構造となっている。

また、コンタクト部は、絶縁層などの絶縁物により外部との絶縁を保っている。

高浜1号炉の高圧コネクタ接続の構造図を図2.1-5に示す。

(2) 材料および使用条件

高浜1号炉で使用されている高圧コネクタ接続の使用材料および使用条件を表2.1-9および表2.1-10に示す。

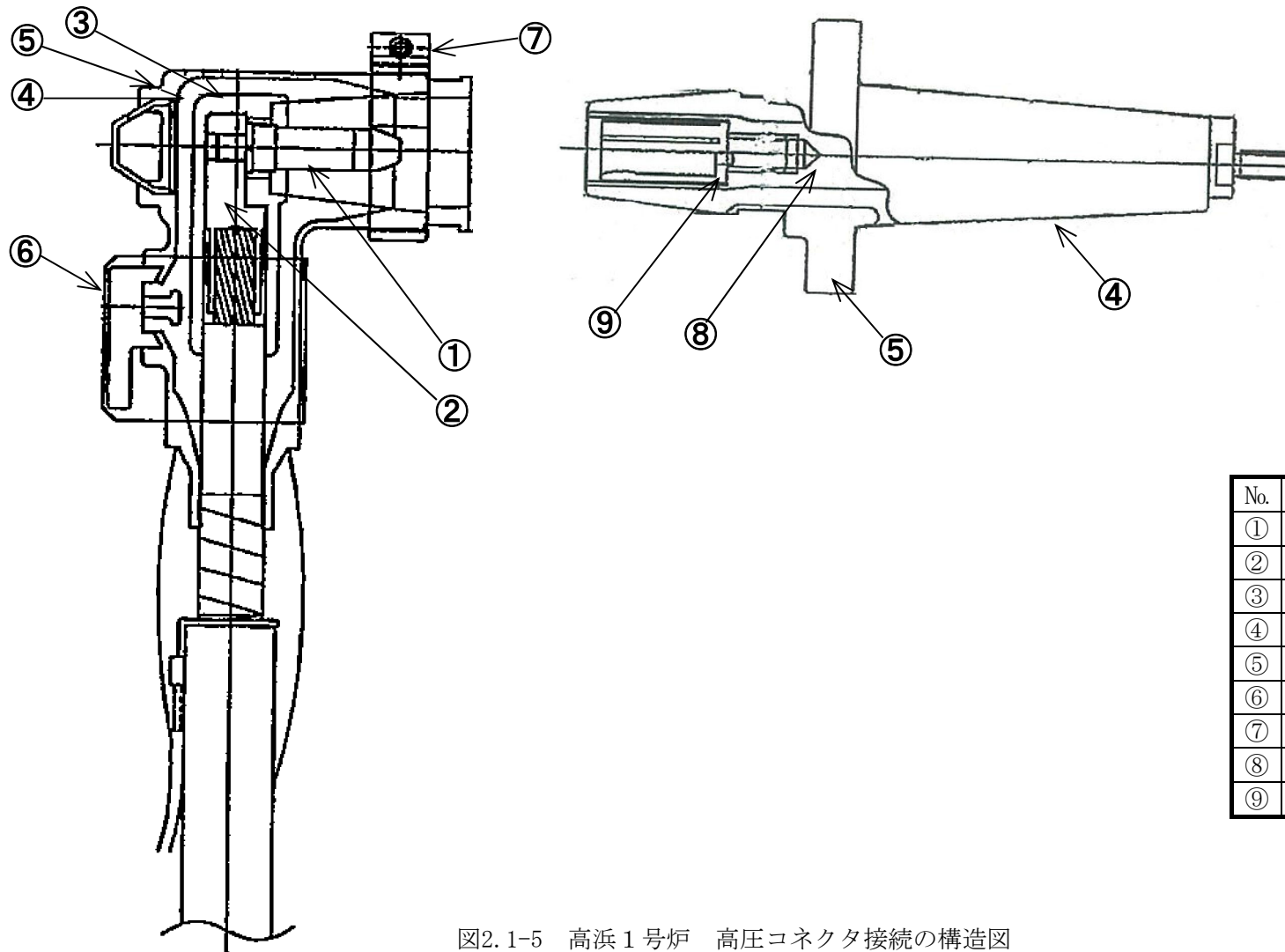


図2.1-5 高浜1号炉 高圧コネクタ接続の構造図

表2.1-9 高浜1号炉 高圧コネクタ接続 主要部位の使用材料

部位	材料
ピン端子	銅（銀メッキ）
圧縮端子	銅（銀メッキ）
内部半導電層	エチレンプロピレンゴム
絶縁層	エチレンプロピレンゴム
外部半導電層	エチレンプロピレンゴム
熱収縮チューブ	エチレンプロピレンゴム
コネクタガイド	PVC
内部導体	銅
ソケット	銅（銀メッキ）

表2.1-10 高浜1号炉 高圧コネクタ接続の使用条件

	原子炉格納容器外
周囲温度	約40℃*1
放射線	$0.9 \times 10^{-3} \text{Gy/h}^{*2}$

*1：原子炉格納容器外の設計平均温度

*2：通常運転時の管理区域内の最大実測値

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機能達成に必要な項目

ケーブル接続部の主な機能である電力や計測制御信号の伝達機能を維持するためには、次の項目が必要である。

- ① 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

ケーブル接続部個々について、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の構造、材料、使用条件および現在までの運転経験等を考慮し、表2.2-1に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

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

(1) 絶縁物等の絶縁低下 [共通]

ケーブル接続部の熱収縮チューブ（直ジョイント）、オス絶縁物、メス絶縁物（原子炉格納容器外電動弁コネクタ接続）、絶縁物（三重同軸コネクタ接続-1）、内部半導電層、絶縁層、外部半導電層、熱収縮チューブおよびコネクタガイド（高圧コネクタ接続）は有機物であり、熱的、電氣的、環境的要因で経年劣化が進行し、絶縁性能の低下を起こす可能性があることから、経年劣化に対する評価が必要である。

また、ケーブル接続部のOリング（気密端子箱接続、原子炉格納容器外電動弁コネクタ接続および三重同軸コネクタ接続-1）、LCモールド（気密端子箱接続）およびシーリングブッシュ（原子炉格納容器外電動弁コネクタ接続）は有機物であり、熱的、電氣的、環境的要因で経年劣化が進行し、気密性の低下を起こすことにより湿気が接続部内部に侵入する可能性がある。湿気が侵入することにより、接続部の絶縁性能の低下を起こす可能性があることから、経年劣化に対する評価が必要である。

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

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

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

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

(1) 端子台の絶縁低下 [気密端子箱接続]

端子台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、端子台は気密された接続箱内に設置され、塵埃の付着により表面が汚損する可能性はない。

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、絶縁抵抗測定により、機器の健全性を確認している。

(2) ボックスコネクタの腐食（全面腐食） [気密端子箱接続]

ボックスコネクタは銅合金であり、腐食が想定される。

しかしながら、巡視点検等で目視により状態を確認し、腐食が認められた場合は必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

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

(3) 架台の腐食（全面腐食）〔気密端子箱接続〕

架台は炭素鋼であり、腐食が想定される。

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

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

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

(4) オスコンタクト等の腐食（全面腐食）〔原子炉格納容器外電動弁コネクタ接続、三重同軸コネクタ接続－1、高圧コネクタ接続〕

オスコンタクト、メスコンタクト（原子炉格納容器外電動弁コネクタ接続）、ピンコンタクト、1SコンタクトP、プラグボディ、割りリング、ソケットコンタクト、1SコンタクトJ、ジャックボディ（三重同軸コネクタ接続－1）、ピン端子、圧縮端子およびソケット（高圧コネクタ接続）は銅または銅合金であり、腐食が想定される。

しかしながら、錫メッキ、ニッケルメッキ、金メッキまたは銀メッキを施すことにより腐食を防止しており、系統機器点検時の目視確認または抵抗測定により、機器の健全性を維持している。

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

また、レセプタクルシェルおよびプラグシェル（原子炉格納容器外電動弁コネクタ接続）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、人工的に酸化皮膜を形成することにより腐食を防止しており、系統機器点検時の目視確認または抵抗測定により、機器の健全性を維持している。

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

(5) 基礎ボルトの腐食（全面腐食）〔気密端子箱接続〕

基礎ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

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

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

(6) 端子等の腐食（全面腐食）〔気密端子箱接続、直ジョイント〕

端子、端子台（気密端子箱接続）および隔壁付スリーブ（直ジョイント）は銅または銅合金であり、腐食が想定される。

しかしながら、端子および端子台はニッケルメッキまたは錫メッキを施すことにより腐食を防止しており、さらに密封された構造であり、腐食が発生する可能性はないことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

また、隔壁付スリーブは構造上端子部が熱収縮チューブにて密封されており、腐食が発生する可能性はないことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

表2.2-1(1/5) 高浜1号炉 気密端子箱接続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
				絶縁低下	導通不良	減肉		割れ	その他	
						摩耗	腐食			
通電・絶縁機能の維持	端子		銅（錫メッキ）				▲			
	端子台		磁器、銅合金（ニッケルメッキ）	△			▲			
	端子箱		ステンレス鋼							
	蓋板		ステンレス鋼							
	Oリング		エチレンプロピレンゴム	○						
	LCモールド		エチレンプロピレンゴム、銅	○						
	押え金具		ステンレス鋼							
	ボックスコネクタ		銅合金				△			
機器の支持	架台		炭素鋼				△			
	取付ボルト		ステンレス鋼							
	基礎ボルト		炭素鋼				△			

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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

表2.2-1(2/5) 高浜1号炉 直ジョイントに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品・定期 取替品	材料	経年劣化事象					備考	
				絶縁 低下	導通 不良	減肉		割れ		その他
						摩耗	腐食			
通電・絶縁機能の維持	隔壁付スリーブ		銅（錫メッキ）				▲			
	熱収縮チューブ		難燃架橋ポリエチレン	○						

○：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（日常劣化管理事象以外）

表2. 2-1(3/5) 高浜1号炉 原子炉格納容器外電動弁コネクタ接続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
				絶縁低下	導通不良	減肉		割れ	その他	
						摩耗	腐食			
通電・絶縁機能の維持	オスコンタクト		銅（錫メッキ）				△			
	オス絶縁物		ジアリルフタレート樹脂	○						
	レセプタクルシェル		アルミニウム合金				△			
	○リング		エチレンプロピレンゴム	○						
	シーリングブッシュ		エチレンプロピレンゴム	○						
	メスコンタクト		銅（錫メッキ）				△			
	メス絶縁物		ジアリルフタレート樹脂	○						
	プラグシェル		アルミニウム合金				△			

○：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(4/5) 高浜1号炉 三重同軸コネクタ接続-1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
				絶縁低下	導通不良	減肉		割れ	その他	
						摩耗	腐食			
通電・絶縁機能の維持	ピンコンタクト		銅合金 (金メッキ)				△			
	ISコンタクトP		銅合金 (金メッキ)				△			
	プラグボディ		銅合金 (ニッケルメッキ)				△			
	割りリング		銅合金 (ニッケルメッキ)				△			
	絶縁物		架橋ポリスチレン	○						
	Oリング		エチレンプロピレンゴム	○						
	ソケットコンタクト		銅合金 (金メッキ)				△			
	ISコンタクトJ		銅合金 (金メッキ)				△			
	ジャックボディ		銅合金 (ニッケルメッキ)				△			

○：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）

表2.2-1(5/5) 高浜1号炉 高圧コネクタ接続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
				絶縁低下	導通不良	減肉		割れ	その他	
						摩耗	腐食			
通電・絶縁機能の維持	ピン端子		銅（銀メッキ）				△			
	圧縮端子		銅（銀メッキ）				△			
	内部半導電層		エチレンプロピレンゴム	○						
	絶縁層		エチレンプロピレンゴム	○						
	外部半導電層		エチレンプロピレンゴム	○						
	熱収縮チューブ		エチレンプロピレンゴム	○						
	コネクタガイド		PVC	○						
	内部導体		銅							
	ソケット		銅（銀メッキ）				△			

○：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 絶縁物等の絶縁低下 [共通]

a. 事象の説明

ケーブル接続部の熱収縮チューブ（直ジョイント）、オス絶縁物、メス絶縁物（原子炉格納容器外電動弁コネクタ接続）、絶縁物（三重同軸コネクタ接続-1）、内部半導電層、絶縁層、外部半導電層、熱収縮チューブおよびコネクタガイド（高圧コネクタ接続）は有機物であり、熱的、電氣的、環境的要因で経年劣化が進行し、絶縁性能の低下を起こす可能性がある。

また、ケーブル接続部のOリング（気密端子箱接続、原子炉格納容器外電動弁コネクタ接続および三重同軸コネクタ接続-1）、LCモールド（気密端子箱接続）およびシーリングブッシュ（原子炉格納容器外電動弁コネクタ接続）は有機物であり、熱的、電氣的、環境的要因で経年劣化が進行し、気密性の低下を起こすことにより湿気が接続部内部に侵入する可能性がある。湿気が侵入することにより、接続部の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

設計基準事故雰囲気内または重大事故等時雰囲気内で機能要求がある気密端子箱接続、直ジョイントおよび三重同軸コネクタ接続-1については、IEEE Std. 323-1974「IEEE Standard for Qualifying Class 1E Equipment for Nuclear Power Generating Stations」（以下「IEEE Std. 323-1974」という。）およびIEEE Std. 383-1974「IEEE Standard for Type Test of Class 1E Electric Cables, Field Splices, and Connections for Nuclear Power Generating Stations」（以下「IEEE Std. 383-1974」という。）の規格に準拠して、実機同等品による長期健全性試験を実施しており、この結果に基づき健全性評価を行った。

IEEE Std. 323-1974およびIEEE Std. 383-1974に基づく試験手順および判定方法を図2.3-1に示す。

ケーブル接続部の長期健全性試験条件ならびに長期健全性試験結果を表2.3-1～表2.3-6に示す。

試験条件は、高浜1号炉の実機環境に基づいて60年間の運転期間および設計基準事故、または60年間の運転期間および重大事故等時を想定した劣化条件を包絡している。

劣化試験後に、耐電圧試験により絶縁機能が維持されていることを確認しており、高浜1号炉で使用しているケーブル接続部は、運転開始後60年時点においても絶縁機能を維持できると判断する。

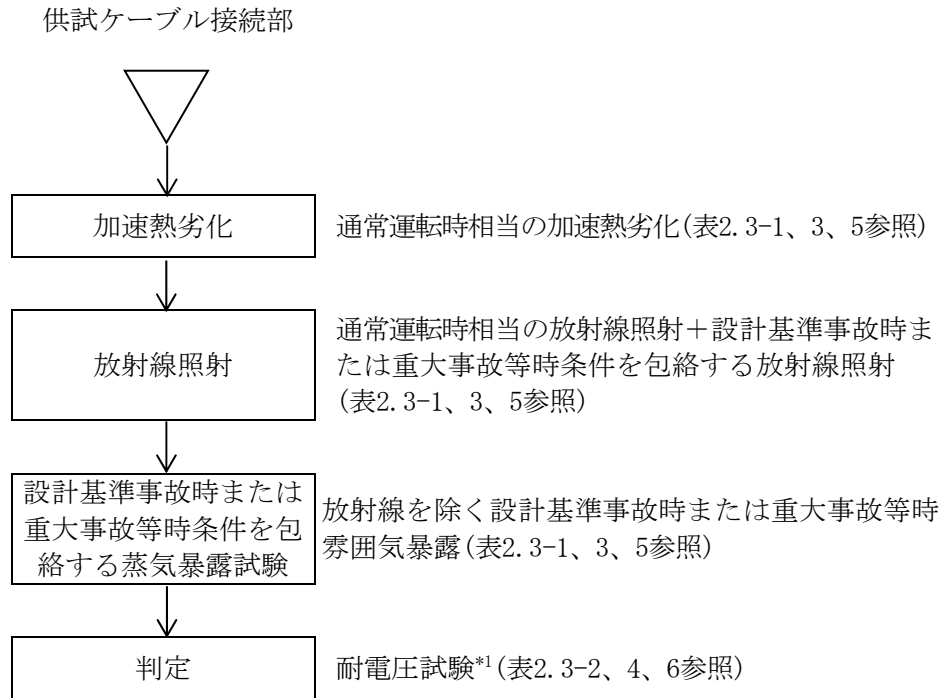


図2.3-1 ケーブル接続部の長期健全性試験手順および判定方法

*1：耐電圧試験：規定電圧を規定時間印加し、絶縁破壊を生じるか否かを調べる。

表2.3-1 気密端子箱接続の長期健全性試験条件*1

		試験条件	60年間の通常運転時の使用条件に基づく劣化条件、設計基準事故時または重大事故等時の環境条件
通常運転時相当	温度	121℃－7日	94℃－7日（=43℃*2－60年）
	放射線 （集積線量）	500kGy （10kGy/h以下）	198kGy*3
事故時蒸気暴露試験	放射線 （集積線量）	1,500kGy （10kGy/h以下）	設計基準事故時：607kGy 重大事故等時：500kGy
	温度	190℃ （最高温度）	設計基準事故時：約122℃（最高温度） 重大事故等時：約138℃（最高温度）
	圧力	0.41MPa[gage] （最高圧力）	設計基準事故時：約0.26MPa[gage]（最高圧力） 重大事故等時：約0.305MPa[gage]（最高圧力）

*1：環境条件が厳しい原子炉格納容器内気密端子箱接続の使用条件を代表として記載。

*2：通常運転時の原子炉格納容器内気密端子箱接続周囲の平均温度の最大実測値。

*3： $0.3747[\text{Gy/h}]^{*4} \times (24 \times 365.25) [\text{h/y}] \times 60 [\text{y}] = 198\text{kGy}$

*4：通常運転時の原子炉格納容器内気密端子箱接続周囲の平均線量率の最大実測値。

表2.3-2 気密端子箱接続の長期健全性試験結果

項目	試験条件	判定
耐電圧試験	AC 2,000V 1分	良

[出典：メーカーデータ]

表2.3-3 直ジョイントの長期健全性試験条件*1

		試験条件	60年間の通常運転時の使用条件に基づく劣化条件、設計基準事故時または重大事故等時の環境条件
通常運転時相当	温度	121℃－7日	106℃－7日（＝47℃*2－60年）
	放射線 （集積線量）	500kGy （10kGy/h以下）	198kGy*3
事故時蒸気暴露試験	放射線 （集積線量）	1,500kGy （10kGy/h以下）	設計基準事故時：607kGy 重大事故等時：500kGy
	温度	190℃ （最高温度）	設計基準事故時：約122℃（最高温度） 重大事故等時：約138℃（最高温度）
	圧力	0.41MPa[gage] （最高圧力）	設計基準事故時：約0.26MPa[gage]（最高圧力） 重大事故等時：約0.305MPa[gage]（最高圧力）

*1：環境条件が厳しい原子炉格納容器内直ジョイントの使用条件を代表として記載。

*2：通常運転時の原子炉格納容器内直ジョイント周囲の平均温度の最大実測値。

*3： $0.3747[\text{Gy/h}]^{\ast 4} \times (24 \times 365.25)[\text{h/y}] \times 60[\text{y}] = 198\text{kGy}$

*4：通常運転時の原子炉格納容器内直ジョイント周囲の平均線量率の最大実測値。

表2.3-4 直ジョイントの長期健全性試験結果

項目	試験条件	判定
耐電圧試験	AC 2,600V 5分	良

[出典：メーカーデータ]

表2.3-5 三重同軸コネクタ接続-1の長期健全性試験条件*1

		試験条件	60年間の通常運転時の使用条件に基づく劣化条件、設計基準事故時または重大事故等時の環境条件
通常運転時相当	温度	121℃-7日	94℃-7日*3(=43℃*2-60年) 63℃-7日*4(=43℃*2-60年)
	放射線 (集積線量)	500kGy (10kGy/h以下)	0.4kGy*5
事故時蒸気暴露試験	放射線 (集積線量)	1,500kGy (10kGy/h以下)	設計基準事故時：607kGy 重大事故等時：500kGy
	温度	190℃ (最高温度)	設計基準事故時：約122℃(最高温度) 重大事故等時：約138℃(最高温度)
	圧力	0.41MPa[gage] (最高圧力)	設計基準事故時：約0.26MPa[gage](最高圧力) 重大事故等時：約0.305MPa[gage](最高圧力)

- *1：環境条件が厳しい原子炉格納容器内三重同軸コネクタ接続-1の使用条件を代表として記載。
- *2：通常運転時の原子炉格納容器内三重同軸コネクタ接続-1周囲の平均温度の最大実測値。
- *3：Oリング(エチレンプロピレンゴム)の気密材料に対する試験条件
- *4：絶縁物(架橋ポリスチレン)に対する試験条件
- *5： $0.0006[\text{Gy/h}]^{*6} \times (24 \times 365.25)[\text{h/y}] \times 60[\text{y}] = 0.4\text{kGy}$
- *6：通常運転時の原子炉格納容器内三重同軸コネクタ接続-1周囲の平均線量率の最大実測値。

表2.3-6 三重同軸コネクタ接続-1の長期健全性試験結果

項目	試験条件	判定
耐電圧試験	DC 3,000V 1分	良

[出典：メーカーデータ]

なお、原子炉格納容器外電動弁コネクタ接続および高圧コネクタ接続については事故時雰囲気内で機能要求がないが、長期健全性試験を実施していないため、絶縁低下の可能性は否定できない。

② 現状保全

絶縁物等の絶縁低下に対しては、制御・計装用ケーブル接続部については、定期的に系統機器の動作に異常のないことを確認し、絶縁低下による機能低下のないことを確認している。

電力用ケーブル接続部については、定期的に絶縁抵抗測定を行い、管理値以上であることの確認を行っている。

③ 総合評価

健全性評価結果から判断して、気密端子箱接続、直ジョイントおよび三重同軸コネクタ接続-1については、絶縁物等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。

絶縁低下は系統機器の動作確認また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。

また、原子炉格納容器外電動弁コネクタ接続および高圧コネクタ接続については絶縁低下の可能性は否定できないが、絶縁低下は系統機器の動作確認また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

気密端子箱接続、直ジョイントおよび三重同軸コネクタ接続-1の絶縁物等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。

原子炉格納容器外電動弁コネクタ接続および高圧コネクタ接続については定期的に系統機器の動作確認または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となっていないケーブル接続部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し、ケーブル接続部各々の構造、材料、使用条件等の特殊性を考慮して選定している。

- ① 一般端子接続
- ② 端子台接続
- ③ 三重同軸コネクタ接続－2
- ④ 複合同軸コネクタ接続

3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

3.1.1 絶縁物等の絶縁低下 [共通]

絶縁物等は事故時雰囲気内で機能要求がないが、代表機器と同じ有機物であり、熱的、電氣的、環境的要因で経年劣化が進行し、絶縁性能の低下を起こす可能性がある。

絶縁物等の絶縁低下は系統機器の動作確認また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、一般端子接続等の絶縁低下については、定期的に系統機器の動作確認または絶縁抵抗測定を実施していく。

3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

なお、日常劣化管理事象ではない事象はない。

3.2.1 端子等の腐食（全面腐食）〔共通〕

ケーブル接続部の端子等は銅または銅合金であり、腐食が想定される。

しかしながら、全て錫メッキ、ニッケルメッキ、銀メッキまたは金メッキを施すことにより腐食を防止しており、系統機器点検時の目視確認または抵抗測定により、機器の健全性を維持している。

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

高浜発電所 1 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]

関西電力株式会社

高浜1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の機器および常設重大事故等対処設備に属する機器を電圧区分および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。

これらの一覧表を表1に、機能を表2に示す。

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

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

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

さらに、設置してから分解点検等の実績がない場合も、保全計画が定められていれば「確認している」等と表記している。

本評価書では電気設備の型式等を基に、以下の機器に分類している。

- 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) 高浜 1 号炉 主要な電気設備 メタクラ

分離基準	機器名称 (群数)	仕様	選定基準							代表機器 の選定	
			重要度*1	使用条件			内蔵遮断器			代表機器	選定理由
電圧区分	重要度*1	運転状態		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 2,000A	MS-1 重*2	連続	6,900	約 25	ばね	2,000 1,200	44	◎	定格電流
	空冷式非常用発電装置 (遮断器盤) (2)	高圧閉鎖形 母線定格電流 400A	重*2	一時	6,600	約 40	ばね	400	8		
	空冷式非常用発電装置中継・ 接続盤 (1)	屋外用壁掛盤 母線定格電流 400A	重*2	一時	6,600	約 40	—	—	—		
	号機間融通用高圧ケーブル コネクタ盤 (1)	屋内用壁掛盤 母線定格電流 400A	重*2	一時	6,900	約 40	—	—	—		
	号機間融通用高圧ケーブル 接続盤 (1)	屋内用壁掛盤 母線定格電流 400A	重*2	一時	6,900	約 40	—	—	—		
	代替所内電気設備高圧ケーブル 分岐盤 (1)	高圧閉鎖形 母線定格電流 1,200A	重*2	一時	6,900	約 40	ばね	1,200	44		
	可搬式代替電源用接続盤 (2)	屋外用壁掛盤 母線定格電流 400A	重*2	一時	6,900	約 40	—	—	—		

*1：機能は最上位の機能を示す。

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

表 1 (2/4) 高浜 1 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			代表機器の選定		
電圧 区分	設置 場所			重要度*1	使用条件			代表 機器	選定理由
					運転状態	定格使用 電圧 (V)	周囲温度 (°C)		
高圧	屋内	動力変圧器 (安全系) (2)	2,000	MS-1、重*2	連続	6,900	約 25	◎	定格容量
		代替所内電気設備変圧器 (1)	750	重*2	一時	6,900	約 40		

*1：機能は最上位の機能を示す。

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

表 1 (3/4) 高浜 1 号炉 主要な電気設備 パワーセンタ

分離基準		機器名称 (群数)	仕様	選定基準						代表機器 の選定		
電圧 区分	設置 場所			重要度*1	使用条件			内蔵遮断器			代表 機器	選定理由
					運 転 状 態	定 格 使 用 電 圧 (V)	周 囲 温 度 (℃)	投 入 方 式	定 格 電 流 (A) (最大)	遮 断 電 流 (kA)		
低 圧	屋 内	パ ワ ー セ ン タ (安全系) (2)	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 25	ばね	3,000	65	◎	定 格 電 流
								ばね	1,600	50		
		代 替 所 内 電 気 設 備 分 電 盤 (1)	気中遮断器内蔵 低圧閉鎖形 母線定格電流 1,600A	重*2	一 時	460	約 40	ばね	1,600	50		

*1：機能は最上位の機能を示す。

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

表 1 (4/4) 高浜 1 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)	仕様	選定基準				代表機器の選定	
電圧 区分	設置 場所			重要度*1	使用条件			代表 機器	選定 理由
					運転 状態	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) (5)	低圧閉鎖形、定格電流 1,000A	MS-1 重*2	連続	460	約 40	◎	定格電流
		非常用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 600A	MS-1	連続	460	約 40		
		電動弁コントロールセンタ (安全系) (1)	低圧閉鎖形、定格電流 400A	MS-1	連続	460	約 40		
		後備ヒータ分電盤 (2)	低圧閉鎖形、定格電流 800A	MS-2	連続	460	約 40		
		可搬式整流器用分電盤(1)	低圧閉鎖形、定格電流 250A	重*2	一時	460	約 40		
		代替所内電気設備分電盤 (2)	低圧閉鎖形、定格電流 600A	重*2	連続	460	約 40		
		緊急時対策所電源車切替盤(1)	低圧閉鎖形、定格電流 600A	重*2	一時	460	約 40		
		緊急時対策所コントロールセンタ (1)	低圧閉鎖形、定格電流 600A	重*2	連続	460	約 40		
		緊急時対策所 100V 主分電盤(1)	低圧閉鎖形、定格電流 600A	重*2	連続	460	約 40		
		A・C 計器用電源用代替所内電気設備切替盤(1)	低圧閉鎖形、定格電流 75A	重*2	一時	460	約 40		
		B・D 計器用電源用代替所内電気設備切替盤(1)	低圧閉鎖形、定格電流 75A	重*2	一時	460	約 40		
		S A 監視計器用電源用電源切替盤(1)	低圧閉鎖形、定格電流 50A	重*2	一時	460	約 40		

*1：機能は最上位の機能を示す。

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

表2 高浜1号炉 電気設備機器の機能

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、高圧機器およ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	メタクラから供給される電力の電圧を1/15に降圧してパワーセンタに供給する機器。
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（加圧器後備ヒータ等）およ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）への電源の供給と保護を行う。

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 空冷式非常用発電装置 (遮断器盤)
- ③ 空冷式非常用発電装置中継・接続盤
- ④ 号機間融通用高圧ケーブルコネクタ盤
- ⑤ 号機間融通用高圧ケーブル接続盤
- ⑥ 代替所内電気設備高圧ケーブル分岐盤
- ⑦ 可搬式代替電源用接続盤

目次

1. 技術評価対象機器および代表機器の選定	1
1.1 グループ化の考え方および結果	1
1.2 代表機器の選定	1
2. 代表機器の技術評価	3
2.1 構造、材料および使用条件	3
2.2 経年劣化事象の抽出	8
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	26

1. 技術評価対象機器および代表機器の選定

高浜 1 号炉で使用されているメタクラの主な仕様を表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および結果

表1-1に示すメタクラを電圧区分で分類すると 1 つのグループにまとめられる。

1.2 代表機器の選定

(1) 電圧区分：高圧

このグループには、メタクラ（安全系）、空冷式非常用発電装置（遮断器盤）、空冷式非常用発電装置中継・接続盤、号機間融通用高圧ケーブルコネクタ盤、号機間融通用高圧ケーブル接続盤、代替所内電気設備高圧ケーブル分岐盤および可搬式代替電源用接続盤が属するが、定格電流の大きいメタクラ（安全系）を代表機器とする。

表1-1 高浜1号炉 メタクラの主な仕様

分離基準	機器名称 (群数)	仕様	選定基準							代表機器の選定	
			重要度*1	使用条件			内蔵遮断器			代表機器	選定理由
				運転状態	定格使用電圧(V)	周囲温度(℃)	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2,000A	MS-1、 重*2	連続	6,900	約25	ばね	2,000 1,200	44	◎	定格電流
	空冷式非常用発電装置 (遮断器盤)(2)	高圧閉鎖形 母線定格電流400A	重*2	一時	6,600	約40	ばね	400	8		
	空冷式非常用発電装置中 継・接続盤(1)	屋外用壁掛盤 母線定格電流400A	重*2	一時	6,600	約40	—	—	—		
	号機間融通用高圧ケーブ ルコネクタ盤(1)	屋内用壁掛盤 母線定格電流400A	重*2	一時	6,900	約40	—	—	—		
	号機間融通用高圧ケーブ ル接続盤(1)	屋内用壁掛盤 母線定格電流400A	重*2	一時	6,900	約40	—	—	—		
	代替所内電気設備高圧ケ ーブル分岐盤(1)	高圧閉鎖形 母線定格電流1,200A	重*2	一時	6,900	約40	ばね	1,200	44		
	可搬式代替電源用接続盤 (2)	屋外用壁掛盤 母線定格電流400A	重*2	一時	6,900	約40	—	—	—		

*1：機能は最上位の機能を示す。

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

2. 代表機器の技術評価

本章では、1章で代表機器とした以下の1種類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、材料および使用条件

2.1.1 メタクラ（安全系）

(1) 構造

高浜1号炉のメタクラ（安全系）は、定格使用電圧6,900V、定格電流2,000Aの高圧閉鎖形であり、2群設置されている。

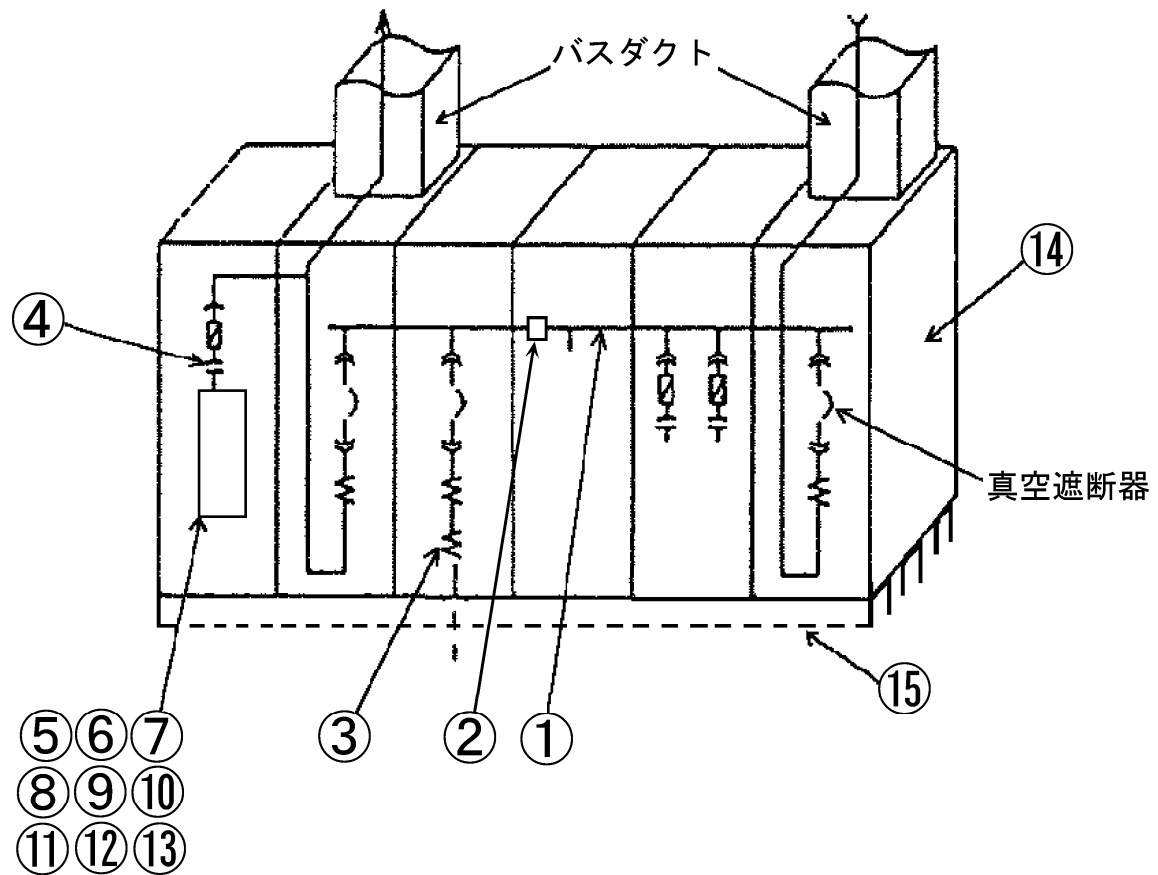
メタクラ（安全系）は、真空遮断器を内蔵しており、電源回路の保護、制御のために計器用変流器、計器用変圧器等を収納している。

遮断器の投入は、投入ばねによって行う構造となっている。また、遮断器の開放は、投入時に蓄勢された開放ばねによって行う構造となっている。

高浜1号炉のメタクラ（安全系）構成図を図2.1-1に、バスダクト構造図を図2.1-2に、真空遮断器（ばね投入式）構造図を図2.1-3に、真空遮断器（ばね投入式）操作機構構造図を図2.1-4に示す。

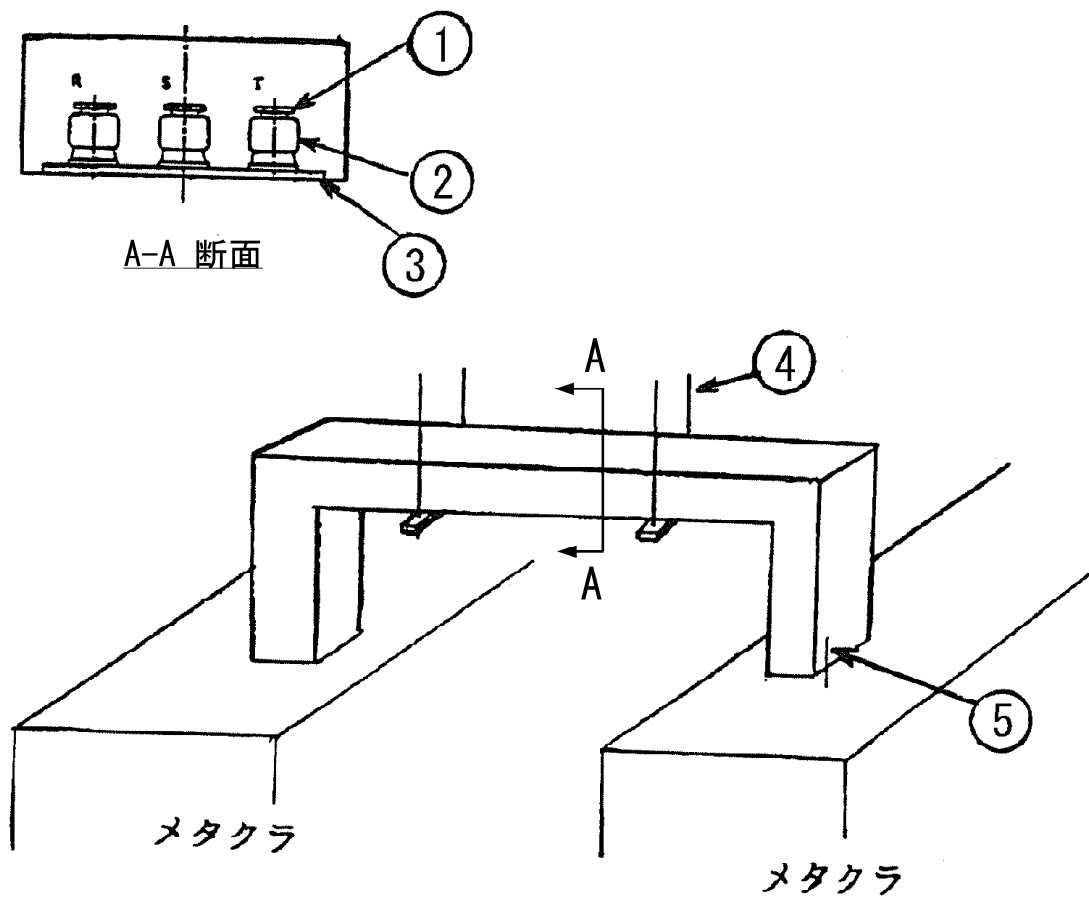
(2) 材料および使用条件

高浜1号炉のメタクラ（安全系）の使用材料および使用条件を表2.1-1および表2.1-2に示す。



No.	部位	No.	部位
①	主回路導体	⑨	補助リレー
②	支持碍子	⑩	タイマ
③	計器用変流器	⑪	ヒューズ
④	計器用変圧器	⑫	表示灯
⑤	保護リレー (静止形)	⑬	ロックアウトリレー
⑥	操作スイッチ	⑭	筐体
⑦	ノーヒューズブレーカ	⑮	埋込金物
⑧	コンタクタ		

図2.1-1 高浜1号炉 メタクラ (安全系) 構成図



No.	部位
①	母線導体
②	支持碍子
③	外被
④	支持具
⑤	取付ボルト

図2.1-2 高浜1号炉 メタクラ（安全系） バスダクト構造図

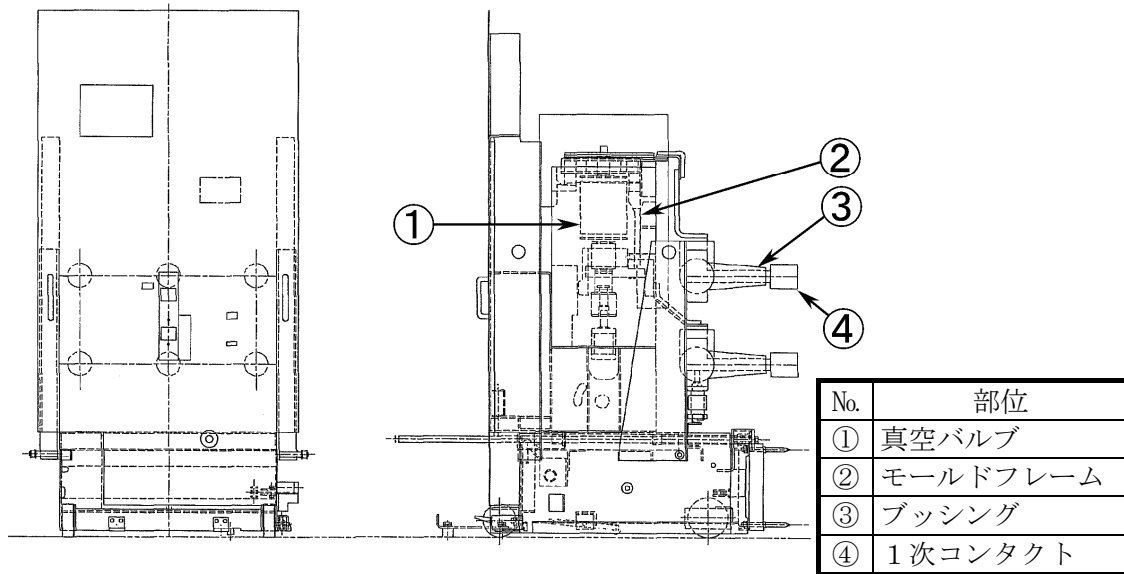


図2.1-3 高浜1号炉 メタクラ（安全系） 真空遮断器（ばね投入式）構造図

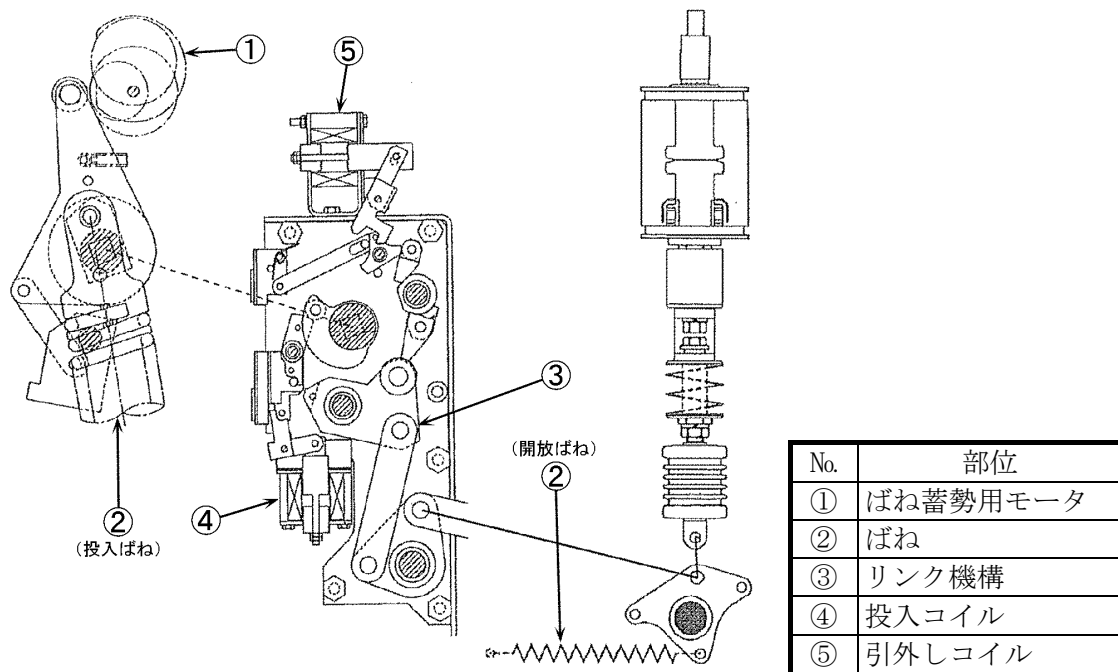


図2.1-4 高浜1号炉 メタクラ（安全系） 真空遮断器（ばね投入式）操作機構構造図

表2.1-1 高浜1号炉 メタクラ（安全系）主要部位の使用材料

部位	材料	
遮断器	真空バルブ	セラミックス、銅、銅合金
	リンク機構	合金鋼
	ばね	ばね用オイルテンパー線
	ばね蓄勢用モータ	銅、ポリアミドイミド、ワニス含浸（H種絶縁）
	モールドフレーム	不飽和ポリエステル樹脂（B種絶縁）
	ブッシング	エポキシ樹脂（B種絶縁）
	投入コイル	銅、ホルマール樹脂（A種絶縁）
	引外しコイル	銅、ホルマール樹脂（A種絶縁）
	1次コンタクト	銅
盤構成部品	主回路導体	銅
	支持碍子	磁器
	計器用変流器	銅、ブチルゴム（A種絶縁）、 ポリオレフィン系液状ゴム（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
	操作スイッチ	銅、銀他
	ノーヒューズブレーカ	消耗品・定期取替品
	コンタクタ	消耗品・定期取替品
	補助リレー	消耗品・定期取替品
	タイマ	消耗品・定期取替品
	ヒューズ	消耗品・定期取替品
	表示灯	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
バスダクト	支持碍子	磁器
	母線導体	銅
	外被	炭素鋼
支持組立品	筐体	炭素鋼
	取付ボルト	炭素鋼
	支持具	炭素鋼
	埋込金物	炭素鋼

表2.1-2 高浜1号炉 メタクラ（安全系）の使用条件

周囲温度	約25℃*1
短時間電流強度	44kA 2秒
主回路温度上昇値（最大）	65℃
定格電圧	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、次の項目が必要である。

- ① 遮断機能の維持
- ② 通電・絶縁機能の維持
- ③ 機器の保護・監視機能の維持
- ④ 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）について機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の構造、材料、使用条件（電圧、温度等）および現在までの運転経験を考慮し、表2.2-1のとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

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

(1) ばね蓄勢用モータの絶縁低下

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

(2) 計器用変流器および計器用変圧器の絶縁低下

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

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

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

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

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

(1) 真空バルブの真空度低下

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、遮断特性の低下が想定される。

しかしながら、真空度測定を実施することで、機器の健全性を維持している。

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

(2) 真空バルブの接点の摩耗

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

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

なお、機器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) リンク機構の固着

リンク機構は、長期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、注油、各部の目視確認、動作試験を実施することで、機器の健全性を維持している。

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

(4) ばねの変形（応力緩和）

投入ばねは開放状態にて、また開放ばねは投入状態にて長期間保持されることにより、変形（応力緩和）が想定される。

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

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

なお、機器点検時の作動確認により、機器の健全性を確認している。

(5) モールドフレームおよびブッシングの絶縁低下

モールドフレームおよびブッシングは有機物であり、熱的、電氣的、環境的要因による絶縁低下が想定される。

しかしながら、モールドフレームおよびブッシングは屋内の筐体に内蔵しているため、塵埃、湿分等が付着しにくい環境にある。

また、主回路導体の通電時の最大温度90℃に対して、モールドフレームおよびブッシングの耐熱温度は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。

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

なお、機器点検時の絶縁抵抗測定により、機器の健全性を確認している。

(6) 投入コイルおよび引外しコイルの絶縁低下

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

しかしながら、投入コイルおよび引外しコイルは屋内の筐体に内蔵しているため、塵埃、湿分等が付着しにくい環境にある。

また、投入コイルおよ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。

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

なお、機器点検時の絶縁抵抗測定により、機器の健全性を確認している。

(7) 1次コンタクトの摩耗

1次コンタクトは、遮断器の盤からの出し入れに伴う摩耗が想定される。

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

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

なお、機器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) 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、フェノール樹脂チューブにより腐食を防止しており、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

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

なお、機器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) 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、支持碍子は筐体に内蔵しているため、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がたい。

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

なお、機器点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(10) 母線導体の腐食（全面腐食）

母線導体は銅であり、腐食が想定される。

しかしながら、フェノール樹脂チューブまたは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がたい。

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

なお、機器点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(11) 外被の腐食（全面腐食）

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、塗膜が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

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

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

(12) 操作スイッチの導通不良

操作スイッチは、浮遊塵埃の接点部分への付着による導通不良が想定される。

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

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

なお、機器点検時の動作確認により、機器の健全性を確認している。

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

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

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

(14) 取付ボルトおよび支持具の腐食（全面腐食）

取付ボルトおよび支持具は炭素鋼であり、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、メッキ面が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、巡視点検等で目視により塗膜の状態を確認し、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。

(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、塗膜が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

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

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

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

2.2.4 消耗品および定期取替品

表示灯は動作確認の結果に基づき取替える消耗品、保護リレー、ロックアウトリレー、補助リレー、ノーヒューズブレーカ、タイマ、ヒューズおよびコンタクタについては定期取替品であり、長期使用はせず取替を前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

表2.2-1(1/2) 高浜1号炉 メタクラ（安全系）の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			
遮断機能の維持 通電・絶縁機能の維持	遮断器		セラミックス、銅、銅合金									△ ^{*1,2}	*1:真空度低下 *2:接点の摩耗 *3:固着 *4:変形(応力緩和)
			合金鋼									△ ^{*3}	
			合金鋼オイルテンパー線									△ ^{*4}	
			銅、ポリアミドイミド、ワニス含浸					○					
			不飽和ポリエステル樹脂					△					
			エポキシ樹脂					△					
			銅、ホルマール樹脂					△					
			銅、ホルマール樹脂					△					
			銅	△									
		主回路導体		銅		△							
		支持碍子		磁器					△				
	バスダクト		支持碍子	磁器					△				
			母線導体	銅		△							
			外被	炭素鋼		△							

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-1(2/2) 高浜1号炉 メタクラ（安全系）の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		
機器の保護 ・監視機能 の維持	計器用変流器		銅、ブチルゴム、 ポリオレフィン系 液状ゴム					○				*1: 大気接触 部の腐食 *2: コンクリ ート埋設 部の腐食
	計器用変圧器		銅、 エポキシ樹脂					○				
	保護リレー（静止形）	◎										
	操作スイッチ		銅、銀他						△			
	ノーヒューズブレーカ	◎	—									
	コンタクタ	◎	—									
	補助リレー	◎	—									
	タイマ	◎	—									
	ヒューズ	◎	—									
	表示灯	◎	—									
ロックアウトリレー	◎	—										
機器の支持	筐体		炭素鋼		△							
	取付ボルト		炭素鋼		△							
	支持具		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 ばね蓄勢用モータの絶縁低下

a. 事象の説明

ばね蓄勢用モータの絶縁物は有機物であり、熱的、電氣的、環境的要因で経年劣化が進行し、絶縁性能の低下を起こす可能性がある。

b. 技術評価

① 健全性評価

ばね蓄勢用モータは密閉構造のため、塵埃およ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、60年間の供用を想定すると絶縁低下が生じる可能性は否定できない。

② 現状保全

ばね蓄勢用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、管理値以上であることの確認を行っている。

③ 総合評価

健全性評価結果から判断して、ばね蓄勢用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。

c. 高経年化への対応

ばね蓄勢用モータの絶縁低下については、定期的に絶縁抵抗測定を実施していく。

2.3.2 計器用変流器および計器用変圧器の絶縁低下

a. 事象の説明

計器用変流器および計器用変圧器は、熱的、電氣的、環境的要因で経年的変化が進行し、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

計器用変流器およ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および部分放電電荷量の測定結果を、「電気学会 電気規格調査会標準規格 計器用変成器（保護継電器用）（JEC-1201-2007）」、「日本産業規格 計器用変成器-（標準用および一般計測用）第1部：変流器（JIS C 1731-1:1998）」および「日本産業規格 計器用変成器-（標準用および一般計測用）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。

計器用変流器およ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）2001年度」を実施した。

図2.3-1に示すように、60年相当の課電劣化試験^{*1}および熱サイクル試験^{*2}による健全性調査の結果、部分放電消滅電圧が数台については劣化傾向を示したものの劣化の程度は緩やかであり、かつ基準値以上であること、また、部分放電電荷量は測定限界値以下であり増加傾向は認められないことから、絶縁性能に問題のないことを確認している。

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

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

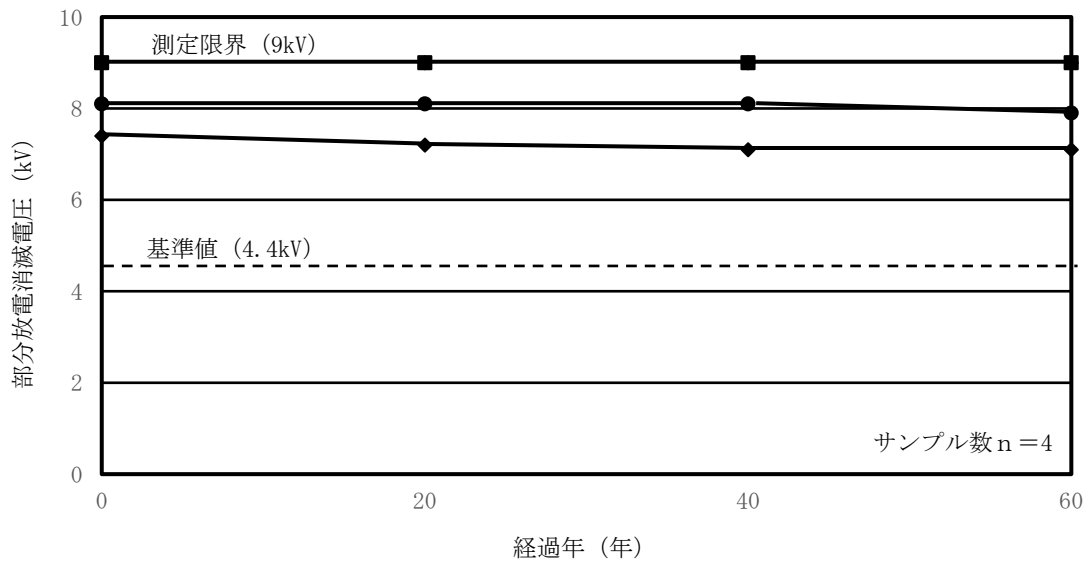


図2.3-1a 計器用変圧器の部分放電特性（課電劣化試験による部分放電消滅電圧）
 [出典：電力共通研究「原子力発電所における電気・計装品の健全性評価研究（STEP2）2001年度」]

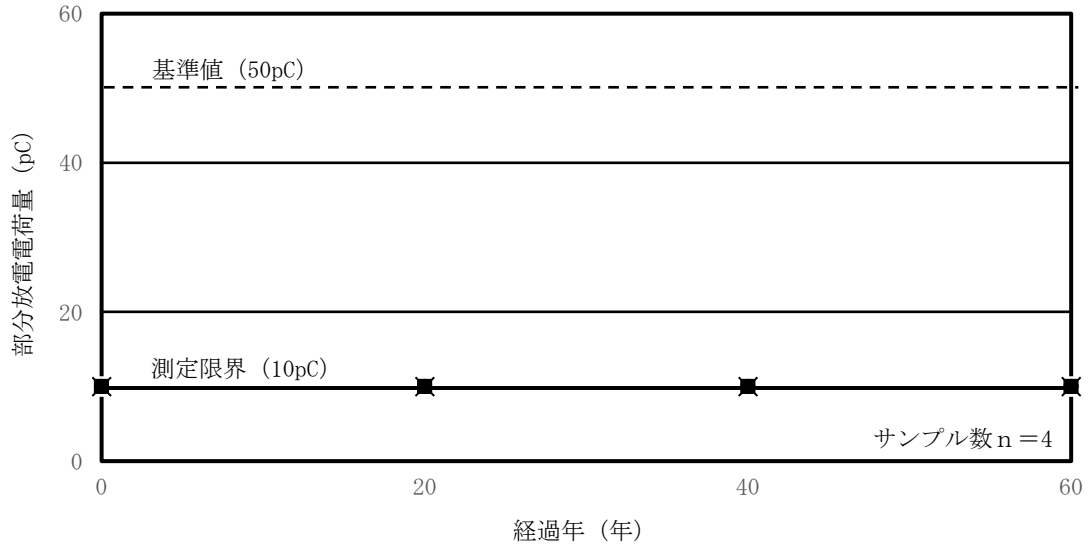


図2.3-1b 計器用変圧器の部分放電特性（課電劣化試験による部分放電電荷量）
 [出典：電力共通研究「原子力発電所における電気・計装品の健全性評価研究（STEP2）2001年度」]

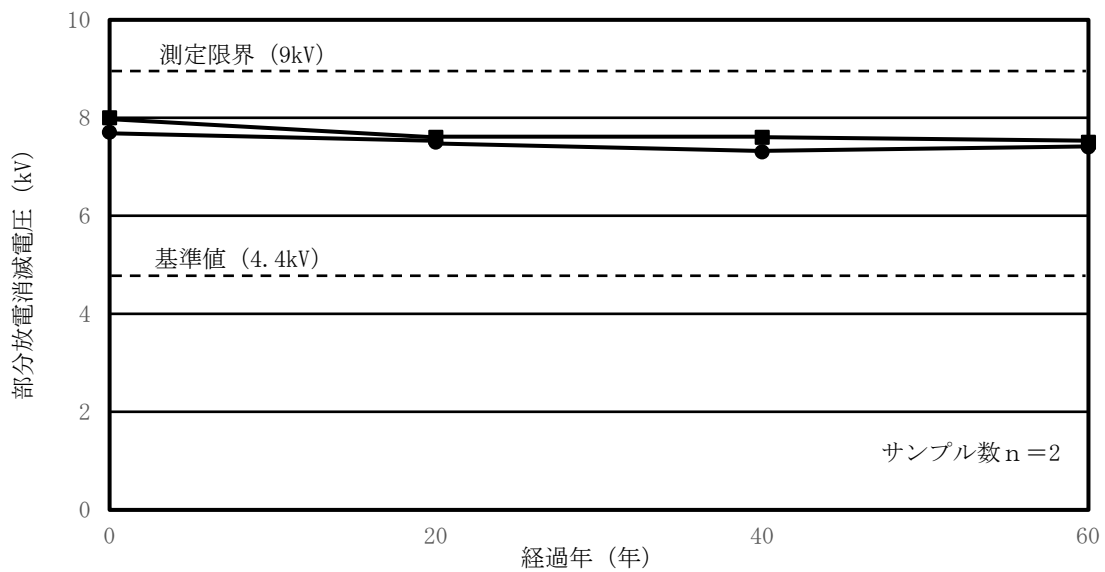


図2.3-1c 計器用変圧器の部分放電特性（熱サイクル試験による部分放電消滅電圧）
 [出典：電力共通研究「原子力発電所における電気・計装品の健全性評価研究（STEP2）2001年度」]

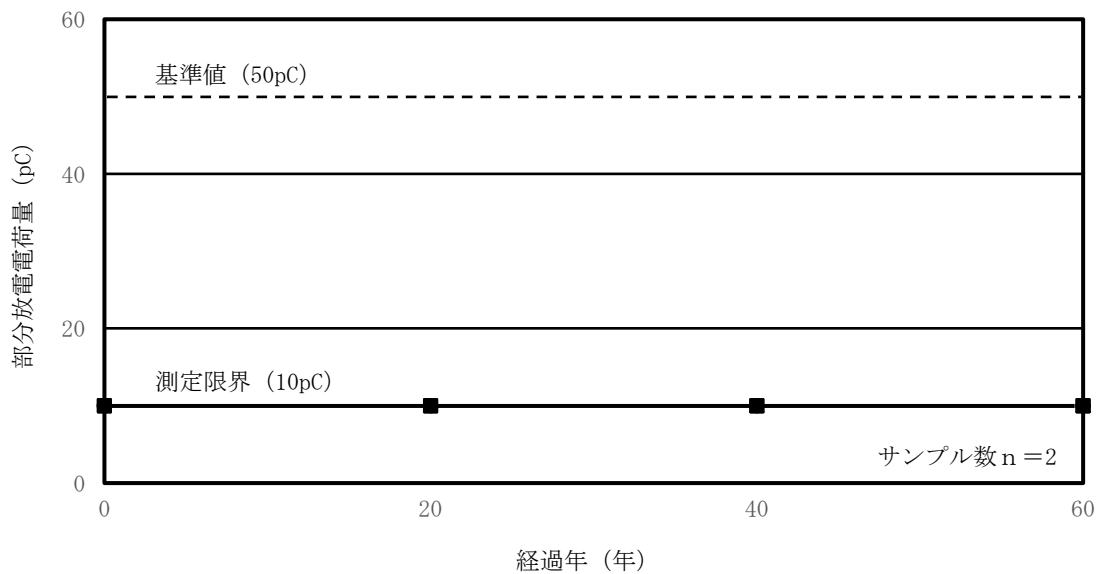


図2.3-1d 計器用変圧器の部分放電特性（熱サイクル試験による部分放電電荷量）
 [出典：電力共通研究「原子力発電所における電気・計装品の健全性評価研究（STEP2）2001年度」]

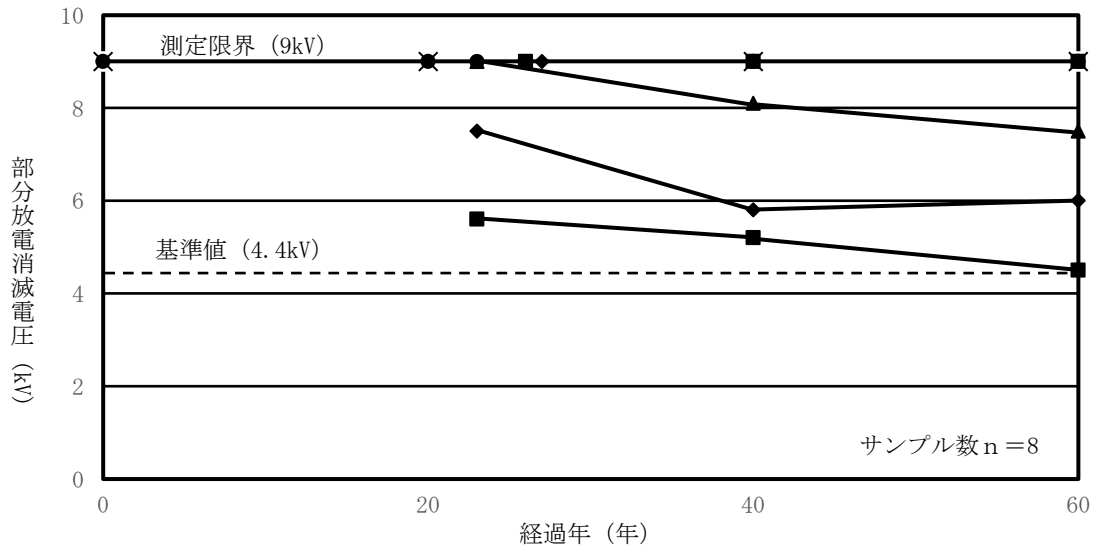


図2.3-1e 計器用変流器の部分放電特性（課電劣化試験による部分放電消滅電圧）
 [出典：電力共通研究「原子力発電所における電気・計装品の健全性評価研究（STEP2）2001年度」]

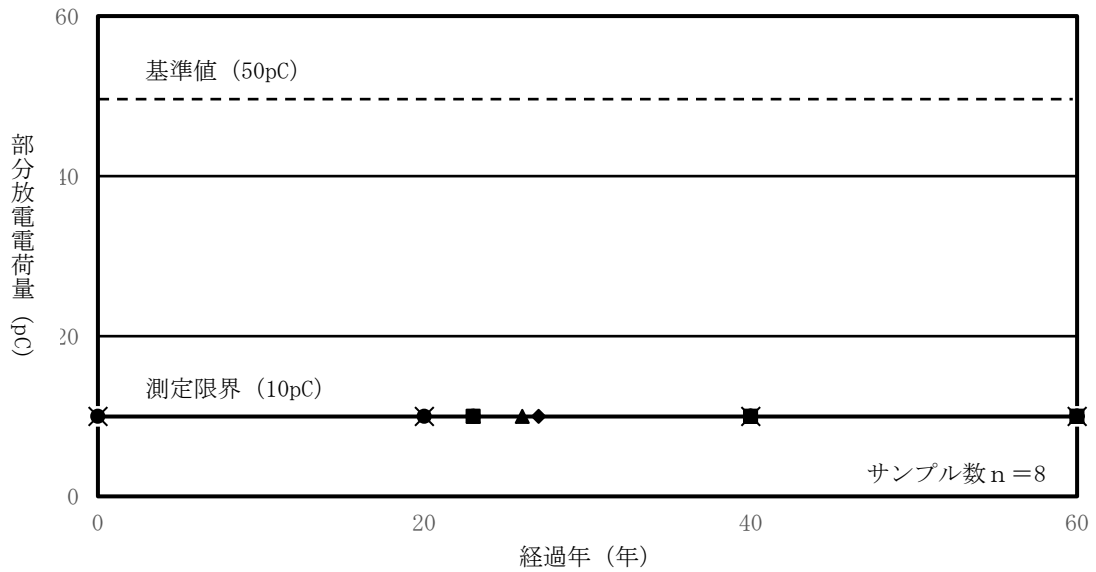


図2.3-1f 計器用変流器の部分放電特性（課電劣化試験による部分放電電荷量）
 [出典：電力共通研究「原子力発電所における電気・計装品の健全性評価研究（STEP2）2001年度」]

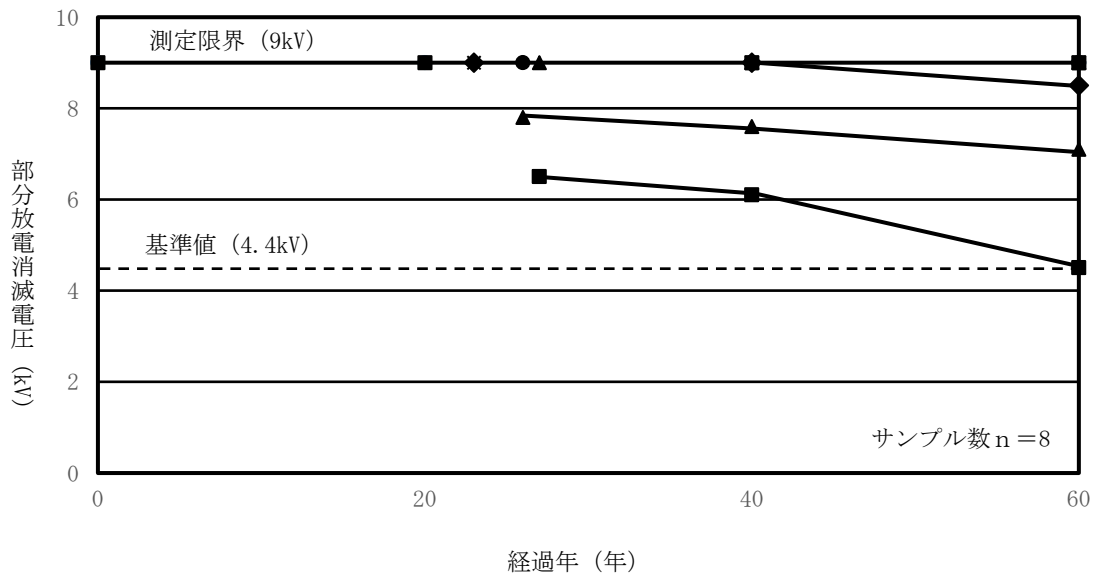


図2.3-1g 計器用変流器の部分放電特性（熱サイクル試験による部分放電消滅電圧）
 [出典：電力共通研究「原子力発電所における電気・計装品の健全性評価研究（STEP2）2001年度」]

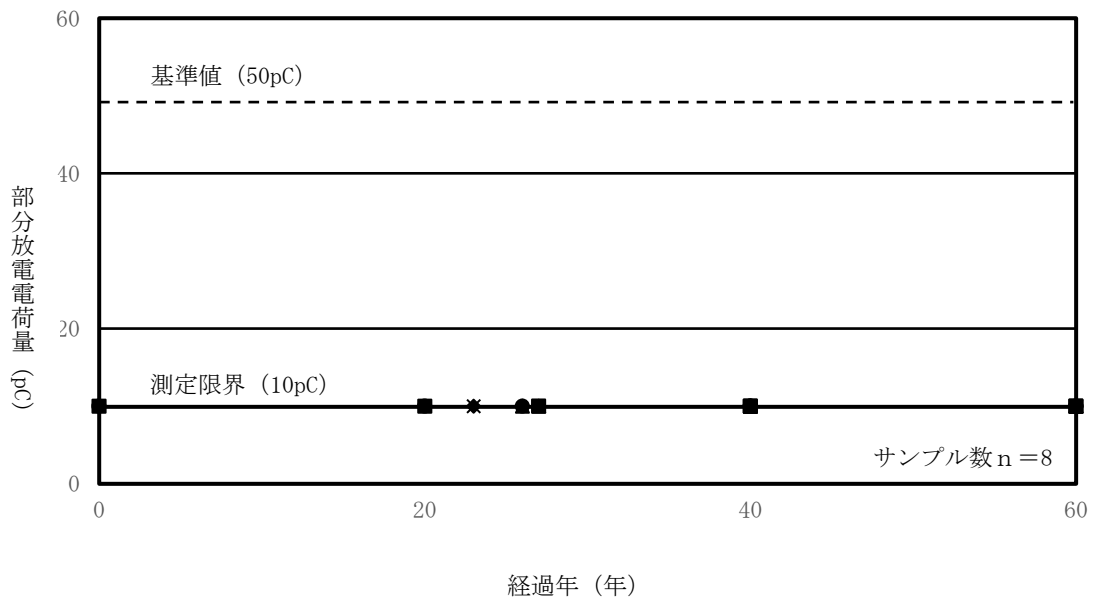


図2.3-1h 計器用変流器の部分放電特性（熱サイクル試験による部分放電電荷量）
 [出典：電力共通研究「原子力発電所における電気・計装品の健全性評価研究（STEP2）2001年度」]

② 現状保全

計器用変流器およ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により、管理値以上であることを確認している。

③ 総合評価

健全性評価結果から判断して、計器用変流器およ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。

また、絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切である。

c. 高経年化への対応

計器用変流器およ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 空冷式非常用発電装置（遮断器盤）
- ② 空冷式非常用発電装置中継・接続盤
- ③ 号機間融通用高圧ケーブルコネクタ盤
- ④ 号機間融通用高圧ケーブル接続盤
- ⑤ 代替所内電気設備高圧ケーブル分岐盤
- ⑥ 可搬式代替電源用接続盤

3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

3.1.1 ばね蓄勢用モータの絶縁低下 [空冷式非常用発電装置（遮断器盤）、代替所内電気設備高圧ケーブル分岐盤]

ばね蓄勢用モータの使用環境等は代表機器と同様であり、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（B種：許容最高温度130℃）を使用していることから、絶縁低下の発生の可能性は小さいと考えるが、60年間の供用を想定すると絶縁低下が生じる可能性は否定できない。

しかしながら、ばね蓄勢用モータの絶縁低下については、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、ばね蓄勢用モータ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。

3.1.2 計器用変流器および計器用変圧器の絶縁低下 [空冷式非常用発電装置 (遮断器盤)、代替所内電気設備高圧ケーブル分岐盤]

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

しかしながら、代表機器の評価と同様の研究結果より絶縁性能に問題のないことを確認している。

計器用変流器および計器用変圧器の絶縁低下については、定期的な絶縁抵抗測定により検知可能であり、点検手法として適切である。

したがって、計器用変流器およ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。

3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

3.2.1 真空バルブの真空度低下 [空冷式非常用発電装置（遮断器盤）、代替所内電気設備高圧ケーブル分岐盤]

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、遮断特性の低下が想定される。

しかしながら、真空度測定を実施することで、機器の健全性を維持している。

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

3.2.2 真空バルブの接点の摩耗 [空冷式非常用発電装置（遮断器盤）、代替所内電気設備高圧ケーブル分岐盤]

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

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

なお、機器点検時の目視確認または機器点検時の作動確認により、機器の健全性を確認している。

3.2.3 リンク機構の固着 [空冷式非常用発電装置（遮断器盤）、代替所内電気設備高圧ケーブル分岐盤]

リンク機構は、長期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、注油、各部の目視確認、動作試験を実施することで、機器の健全性を維持している。

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

3.2.4 ばねの変形（応力緩和）〔空冷式非常用発電装置（遮断器盤）、代替所内電気設備高圧ケーブル分岐盤〕

投入ばねは開放状態にて、また開放ばねは投入状態にて長期間保持されることにより、変形（応力緩和）が想定される。

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

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

なお、機器点検時の作動確認により、機器の健全性を確認している。

3.2.5 絶縁フレームの絶縁低下〔空冷式非常用発電装置（遮断器盤）、代替所内電気設備高圧ケーブル分岐盤〕

絶縁フレームの絶縁物は有機物であり、熱的、電氣的、環境的要因による絶縁低下が想定される。

しかしながら、絶縁フレームは筐体に内蔵しているため、塵埃、湿分等が付着しにくい環境にある。

また、絶縁フレームは絶縁性の高い不飽和ポリエステル樹脂で形成されており、絶縁フレームの耐熱温度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。

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

なお、機器点検時の絶縁抵抗測定により、機器の健全性を確認している。

3.2.6 投入コイルおよび引外しコイルの絶縁低下〔空冷式非常用発電装置(遮断器盤)、代替所内電気設備高圧ケーブル分岐盤〕

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

しかしながら、投入コイルおよび引外しコイルは筐体に内蔵しているため、塵埃、湿分等が付着しにくい環境にある。

また、投入コイルおよ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（E種：許容最高温度120℃）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。

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

なお、機器点検時の絶縁抵抗測定により、機器の健全性を確認している。

3.2.7 1次コンタクトの摩耗〔空冷式非常用発電装置（遮断器盤）、代替所内電気設備高圧ケーブル分岐盤〕

1次コンタクトは、盤からの引き出しに伴う摩耗が想定される。

しかしながら、構造が同様の代表機器でこれまでに有意な摩耗は認められておらず、空冷式非常用発電装置（遮断器盤）についても、今後これらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

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

なお、機器点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

3.2.8 主回路導体の腐食（全面腐食）〔空冷式非常用発電装置（遮断器盤）、空冷式非常用発電装置中継・接続盤、代替所内電気設備高圧ケーブル分岐盤〕

主回路導体は銅であり、腐食が想定される。

しかしながら、銀メッキまたは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がたい。

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

なお、機器点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

3.2.9 支持碍子の絶縁低下 [空冷式非常用発電装置 (遮断器盤)、空冷式非常用発電装置中継・接続盤、代替所内電気設備高圧ケーブル分岐盤]

支持碍子は有機物であり、長期使用においては熱的、電氣的、環境的要因による絶縁低下が想定される。

しかしながら、支持碍子は主回路の最高到達温度に耐えうるものであり、また筐体等に内蔵しているため、塵埃、湿分等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、機器点検時の絶縁抵抗測定により、機器の健全性を確認している。

3.2.10 操作スイッチの導通不良 [空冷式非常用発電装置 (遮断器盤)、代替所内電気設備高圧ケーブル分岐盤]

操作スイッチは、浮遊塵埃の接点部分への付着による導通不良が想定される。

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

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

なお、機器点検時の動作確認により、機器の健全性を確認している。

3.2.11 筐体 [共通] およびチャンネルベース [空冷式非常用発電装置 (遮断器盤)、代替所内電気設備高圧ケーブル分岐盤] の腐食 (全面腐食)

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

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

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

3.2.12 取付ボルトの腐食（全面腐食）〔空冷式非常用発電装置（遮断器盤）、代替所内電気設備高圧ケーブル分岐盤〕

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

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

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

3.2.13 埋込金物（大気接触部）の腐食（全面腐食）〔空冷式非常用発電装置（遮断器盤）、代替所内電気設備高圧ケーブル分岐盤〕

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、塗膜が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

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

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

3.2.14 基礎ボルトの腐食（全面腐食）〔空冷式非常用発電装置中継・接続盤、号機間融通用高圧ケーブルコネクタ盤、号機間融通用高圧ケーブル接続盤、可搬式代替電源用接続盤〕および樹脂の劣化〔空冷式非常用発電装置中継・接続盤、号機間融通用高圧ケーブルコネクタ盤、号機間融通用高圧ケーブル接続盤、可搬式代替電源用接続盤〕

基礎ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

また、ケミカルアンカには樹脂を使用しており、劣化が想定される。

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

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

3.2.15 埋込金物（コンクリート埋設部）の腐食（全面腐食）〔空冷式非常用発電装置（遮断器盤）、代替所内電気設備高圧ケーブル分岐盤〕

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 動力変圧器

[対象機器]

- ① 動力変圧器（安全系）
- ② 代替所内電気設備変圧器

目次

1. 技術評価対象機器および代表機器の選定	1
1.1 グループ化の考え方および結果	1
1.2 代表機器の選定	1
2. 代表機器の技術評価	3
2.1 構造、材料および使用条件	3
2.2 経年劣化事象の抽出	6
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価	10
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	12

1. 技術評価対象機器および代表機器の選定

高浜 1 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、電圧区分およ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および結果

表1-1に示す動力変圧器を電圧区分および設置場所で分類すると 1 つのグループにまとめられる。

1.2 代表機器の選定

(1) 電圧区分：高圧、設置場所：屋内

このグループには、動力変圧器（安全系）および代替所内電気設備変圧器が属するが、定格容量の大きい動力変圧器（安全系）を代表機器とする。

表1-1 高浜1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				代表機器の選定	
電圧 区分	設置 場所			重要度*1	使用条件			代表機器	選定理由
					運転状態	定格 使用電圧 (V)	周囲 温度 (°C)		
高圧	屋内	動力変圧器 (安全系) (2)	2,000	MS-1、重*2	連続	6,900	約25	◎	定格容量
		代替所内電気設備変圧器 (1)	750	重*2	一時	6,900	約40		

*1：機能は最上位の機能を示す。

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

2. 代表機器の技術評価

本章では、1章で代表機器とした以下の1種類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、材料および使用条件

2.1.1 動力変圧器（安全系）

(1) 構造

高浜1号炉の動力変圧器（安全系）は、容量2,000kVA、高圧側電圧6,600V、低圧側電圧460Vの三相乾式変圧器であり、2台設置されている。

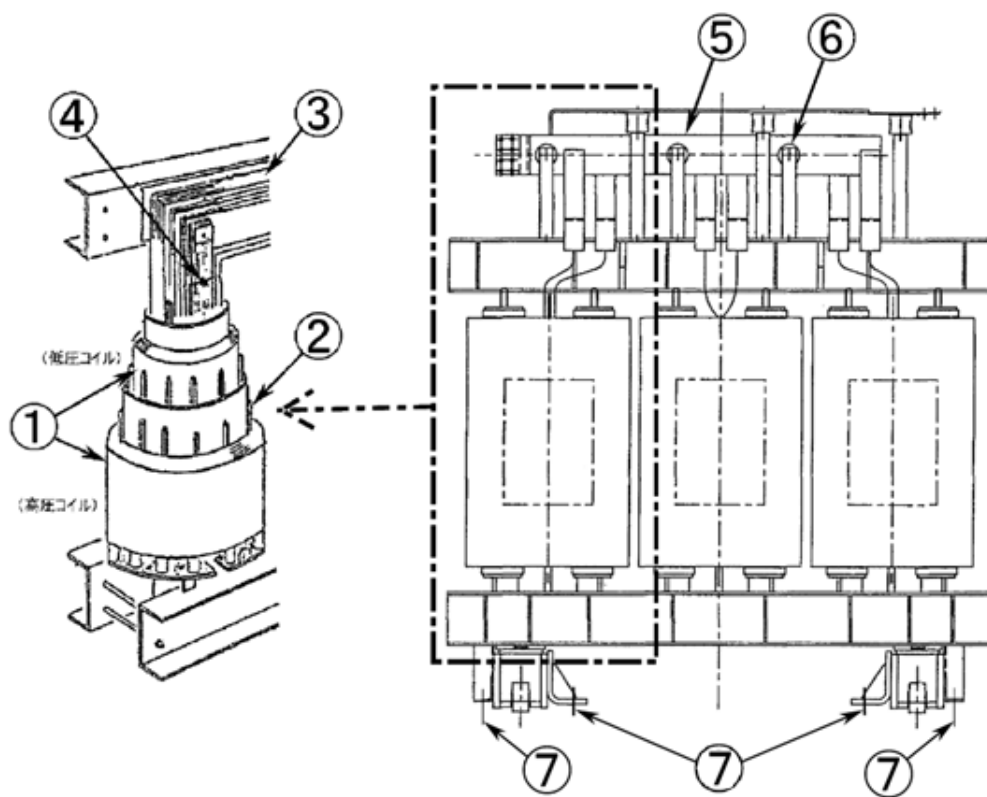
変圧器本体は電流回路となる巻線と磁気回路となる鉄心および巻線の絶縁を保持する絶縁物から構成され、電磁誘導の原理に基づき電圧変成を行っている。

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。

高浜1号炉の動力変圧器（安全系）の構造図を図2.1-1に示す。

(2) 材料および使用条件

高浜1号炉の動力変圧器（安全系）の使用材料および使用条件を表2.1-1および表2.1-2に示す。



No.	部位
①	コイル
②	垂直ダクト
③	鉄心
④	鉄心締付ボルト
⑤	接続銅板
⑥	銅板支持碍子
⑦	基礎ボルト

図2.1-1 高浜1号炉 動力変圧器（安全系）構造図

表2.1-1 高浜1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
鉄心構成成品	鉄心	珪素鋼板
	鉄心締付ボルト	炭素鋼
配線構成成品	接続銅板	銅
支持組立品	銅板支持碍子	磁器
	基礎ボルト（ケミカルアンカ）	炭素鋼、樹脂

表2.1-2 高浜1号炉 動力変圧器（安全系）の使用条件

容量	2,000kVA
周囲温度	約25℃*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、次の項目が必要である。

- ① 磁気回路の維持
- ② 通電・絶縁機能の維持
- ③ 機器の支持

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

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、使用条件および現在までの運転経験を考慮し、表2.2-1のとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

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

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

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

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

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

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

なお、日常劣化管理事象ではない事象はない。

(1) 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、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、使用時の温度130℃に対して、垂直ダクトの耐熱温度は200℃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。

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

なお、機器点検時の絶縁抵抗測定により、機器の健全性を確認している。

(2) 鉄心の緩み

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、鉄心の緩みが想定される。

しかしながら、締付ボルトには回り止めが施されており、機器点検時の目視確認で緩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がたい。

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

なお、機器点検時の目視確認により、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がたい。

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

なお、機器点検時の目視確認により、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。

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

なお、機器点検時の目視確認により、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がたい。

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

なお、機器点検時に代表として鉄心上部の枠締付ボルトを目視確認することにより、機器の健全性を確認している。

(6) 基礎ボルトの腐食（全面腐食）および樹脂の劣化

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

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

表2.2-1 高浜1号炉 動力変圧器（安全系）の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		
磁気回路の維持 通電・絶縁機能の維持	コイル		銅、 ポリアミド紙					○				*1:緩み *2:樹脂の劣化
	垂直ダクト		ポリエステル ガラス					△				
	鉄心		珪素鋼板								△*1	
	接続銅板		銅		△							
	銅板支持碍子		磁器					△				
機器の支持	鉄心締付ボルト		炭素鋼		△							
	基礎ボルト (ケミカルアンカ)		炭素鋼、 樹脂		△						△*2	

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：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、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

高浜1号炉の動力変圧器（安全系）コイルのポリアミド紙平角銅線は、吸湿すると加水分解による強度低下が想定されるが、動力変圧器（安全系）は空調された室内に設置されており、吸湿が発生しがたい環境にある。

また、動力変圧器の絶縁性能の長期特性は、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）。

高浜1号炉の動力変圧器（安全系）コイルのポリアミド紙平角銅線は、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ことから、急激な絶縁低下の可能性は小さいと考えるが、60年間の供用を想定すると絶縁低下の可能性は否定できない。

② 現状保全

コイルの絶縁低下に対しては、定期的に絶縁抵抗測定を実施している。

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。

c. 高経年化への対応

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. 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 代替所内電気設備変圧器

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、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、代表機器と同様に、コイルの絶縁物は熱劣化特性の優れた絶縁物（H種：許容最高温度180℃）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 1)に該当する事象または2)に該当する事象であるが保全によりその傾向が維持できていることを確認している事象（日常劣化管理事象）を以下に示す。

なお、日常劣化管理事象ではない事象はない。

3.2.1 鉄心の緩み

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、鉄心の緩みが想定される。

しかしながら、締付ボルトには回り止めが施されており、機器点検時の目視確認で緩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がたい。

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

なお、機器点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

3.2.2 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がたい。

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

なお、機器点検時に代表として鉄心上部の枠締付ボルトを目視確認することにより、機器の健全性を確認している。

3.2.3 基礎ボルトの腐食（全面腐食）および樹脂の劣化

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

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

3 パワーセンタ

[対象機器]

- ① パワーセンタ（安全系）
- ② 代替所内電気設備分電盤

目次

1. 技術評価対象機器および代表機器の選定	1
1.1 グループ化の考え方および結果	1
1.2 代表機器の選定	1
2. 代表機器の技術評価	3
2.1 構造、材料および使用条件	3
2.2 経年劣化事象の抽出	8
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	19
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象	19
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	20

1. 技術評価対象機器および代表機器の選定

高浜 1 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。

これらのパワーセンタを、電圧区分およ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および結果

表1-1に示すパワーセンタを電圧区分および設置場所で分類すると 1 つのグループにまとめられる。

1.2 代表機器の選定

(1) 電圧区分：低圧、設置場所：屋内

このグループには、パワーセンタ（安全系）および代替所内電気設備分電盤が属するが、定格電流の大きいパワーセンタ（安全系）を代表機器とする。

表1-1 高浜1号炉 パワーセンタの主な仕様

分離基準		機器名称 (群数)	仕様	選定基準							代表機器 の選定	
電圧 区分	設置 場所			重要度*1	使用条件			内蔵遮断器			代表 機器	選定理由
					運転 状態	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)		
低圧	屋内	パワーセンタ (安全系) (2)	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25	ばね	3,000	65	◎	定格電流
								ばね	1,600	50		
		代替所内電気設備分電盤 (1)	気中遮断器内蔵 低圧閉鎖形 母線定格電流1,600A	重*2	一時	460	約40	ばね	1,600	50		

*1：機能は最上位の機能を示す。

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

2. 代表機器の技術評価

本章では、1章で代表機器とした以下の1種類のパワーセンタについて技術評価を実施する。

① パワーセンタ（安全系）

2.1 構造、材料および使用条件

2.1.1 パワーセンタ（安全系）

(1) 構造

高浜1号炉のパワーセンタ（安全系）は、定格使用電圧460V、定格電流3,000Aの低圧閉鎖形で、2群設置されている。

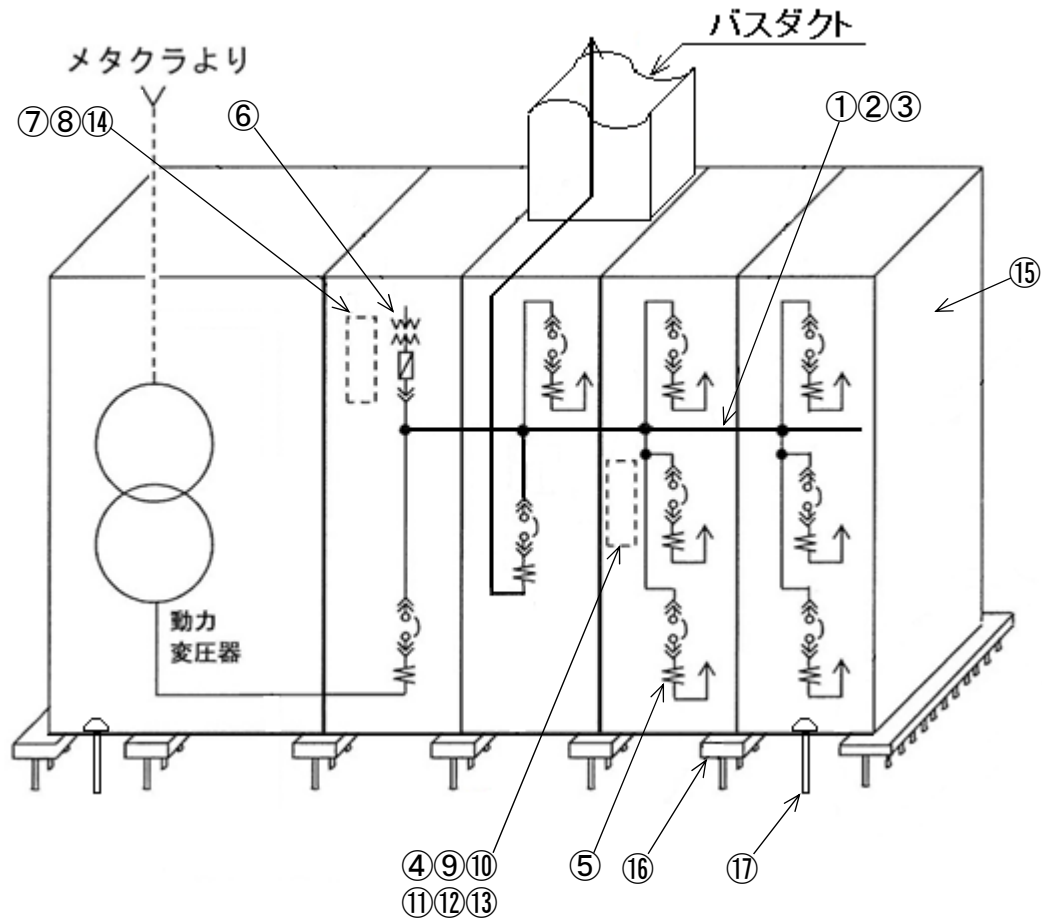
パワーセンタ（安全系）は、気中遮断器を内蔵しており、電源回路の保護、制御のために計器用変流器、計器用変圧器等を収納している。

遮断器の投入は、投入ばねによって行う構造となっている。また、遮断器の開放は、投入時に蓄勢された開放ばねによって行う構造となっている。

高浜1号炉のパワーセンタ（安全系）構成図を図2.1-1に、バスダクト構造図を図2.1-2に、気中遮断器構造図を図2.1-3に、気中遮断器操作機構構造図を図2.1-4に示す。

(2) 材料および使用条件

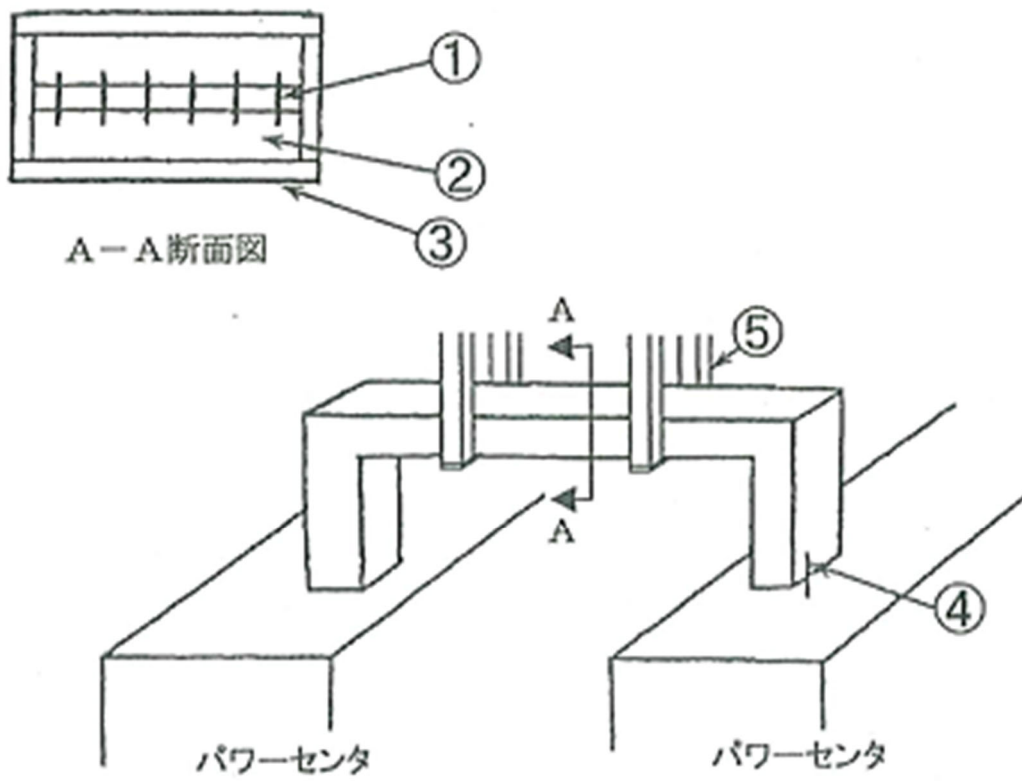
高浜1号炉のパワーセンタ（安全系）の使用材料および使用条件を表2.1-1および表2.1-2に示す。



No.	部位	No.	部位
①	主回路導体	⑪	ノーヒューズブレーカ
②	絶縁支持板	⑫	タイマ
③	支持碍子	⑬	ヒューズ
④	操作スイッチ	⑭	指示計
⑤	計器用変流器	⑮	筐体
⑥	計器用変圧器	⑯	埋込金物
⑦	保護リレー (静止形)	⑰	基礎ボルト (ケミカルアンカ) *1
⑧	ロックアウトリレー		
⑨	補助リレー		
⑩	表示灯		

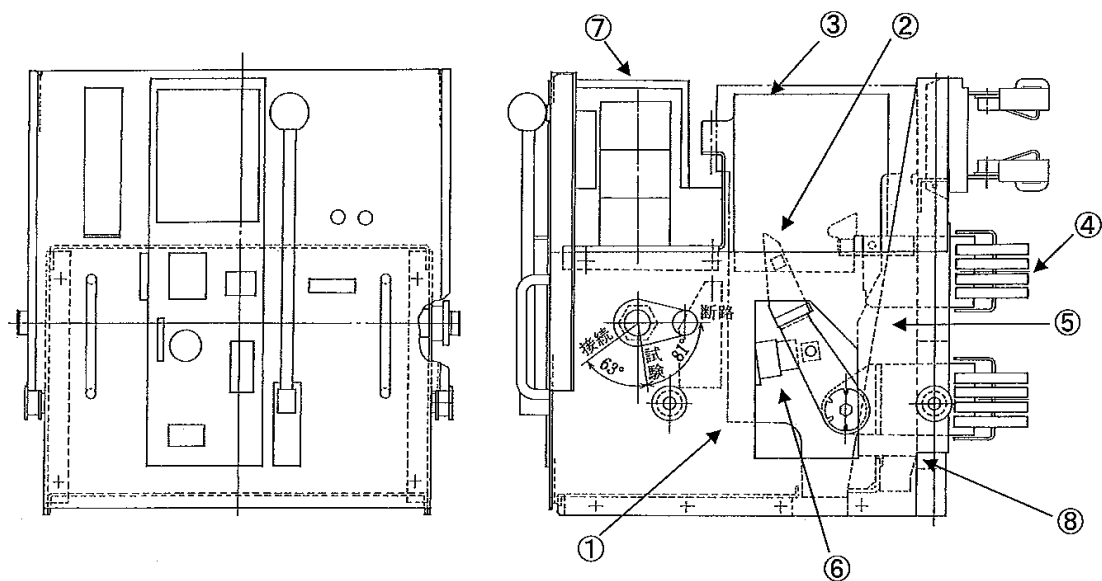
*1: パワーセンタ (安全系) 2群のうち、1群は第27回定期検査時 (2010年度~2023年度) に盤の取替えを実施しており、その際に基礎ボルト (ケミカルアンカ) を追加した。なお、残りの1群のパワーセンタ (安全系) については基礎ボルトは付属していない。

図2.1-1 高浜1号炉 パワーセンタ (安全系) 構成図



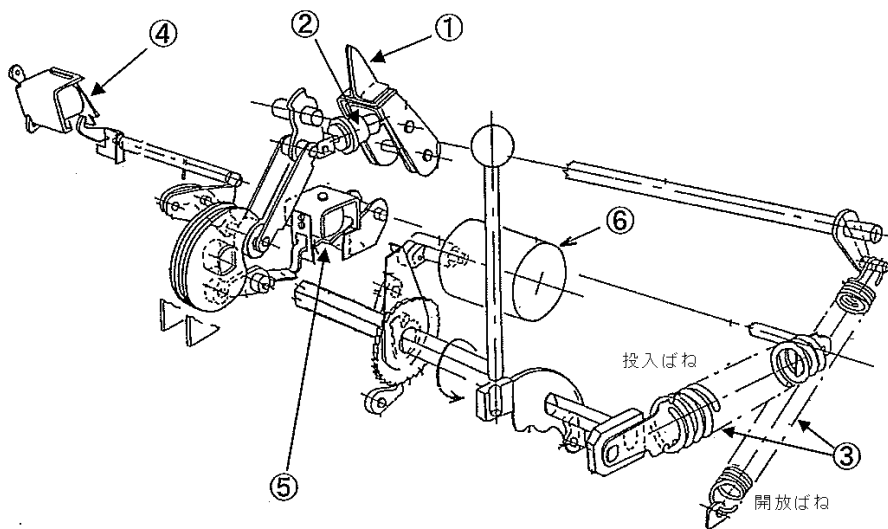
No.	部位
①	母線導体
②	絶縁支持板
③	外被
④	取付ボルト
⑤	支持具

図 2.1-2 高浜 1 号炉 パワーセンタ (安全系) バスダクト構造図



No.	部位	No.	部位
①	リンク機構	⑤	絶縁ベース
②	接触子	⑥	絶縁リンク
③	消弧室	⑦	保護リレー（静止形）
④	1次ジャンクション	⑧	計器用変流器

図2.1-3 高浜1号炉 パワーセンタ（安全系） 気中遮断器構造図



No.	部位	No.	部位
①	接触子	④	引外しコイル
②	絶縁リンク	⑤	投入コイル
③	ばね	⑥	ばね蓄勢用モータ

図2.1-4 高浜1号炉 パワーセンタ（安全系） 気中遮断器操作機構構造図

表2.1-1 高浜1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	リンク機構	炭素鋼
	接触子	銀タングステン、銅
	消弧室	炭素鋼
	1次ジャンクション	銅
	絶縁ベース	ポリエステル樹脂
	絶縁リンク	ジアリルフタレート樹脂
	保護リレー（静止形）	消耗品・定期取替品
	計器用変流器	銅、エポキシ樹脂（A種絶縁）
	ばね	ばね用オイルテンパー線、ピアノ線
	引外しコイル	銅、ホルマール樹脂（A種絶縁）
	投入コイル	銅、ホルマール樹脂（A種絶縁）
	ばね蓄勢用モータ	銅、ポリアミドイミド（H種絶縁）
バスダクト	母線導体	アルミニウム合金
	絶縁支持板	フェノール樹脂
	外被	炭素鋼
盤構成品	主回路導体	アルミニウム合金、銅
	絶縁支持板	フェノール樹脂
	支持碍子	エポキシ樹脂
	操作スイッチ	銅、銀他
	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、クラフト紙（A種絶縁）
	保護リレー（静止形）	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
	補助リレー	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
	指示計	消耗品・定期取替品
支持組立品	筐体	炭素鋼
	支持具	炭素鋼
	取付ボルト	炭素鋼
	埋込金物	炭素鋼
	基礎ボルト （ケミカルアンカ）	炭素鋼、樹脂

表2.1-2 高浜1号炉 パワーセンタ（安全系）の使用条件

周囲温度	約25℃*1
短時間電流強度	42kA 1秒
	65kA 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

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、次の項目が必要である。

- ① 遮断機能の維持
- ② 通電・絶縁機能の維持
- ③ 機器の保護・監視機能の維持
- ④ 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）および現在までの運転経験を考慮し、表2.2-1のとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

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

(1) ばね蓄勢用モータの絶縁低下

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

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

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

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

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

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

(1) リンク機構の固着

リンク機構は、長期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、注油、各部の目視確認、動作試験を実施することで、機器の健全性を維持している。

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

(2) 接触子の摩耗

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がたい。

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

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

(3) 消弧室の汚損

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、機器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。

(4) 1次ジャンクションの摩耗

1次ジャンクションは、遮断器の盤からの出し入れに伴う摩耗が想定される。

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

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

なお、機器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) 絶縁ベース、絶縁リンクおよび絶縁支持板の絶縁低下

絶縁ベース、絶縁リンクおよび絶縁支持板は有機物であり、熱的、電氣的、環境的要因による絶縁低下が想定される。

しかしながら、絶縁リンク等は屋内のダクトおよび筐体に内蔵しているため、塵埃、湿分等が付着しにくい環境にある。

また、主回路導体の通電時の最大温度90℃に対して、絶縁リンクの耐熱温度は180℃、絶縁ベースの耐熱温度は200℃、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。

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

なお、機器点検時の絶縁抵抗測定により、機器の健全性を確認している。

(6) ばねの変形（応力緩和）

ばねは投入状態にて長期間保持されることにより、変形（応力緩和）が想定される。

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

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

なお、機器点検時の作動確認により、機器の健全性を確認している。

(7) 引外しコイルおよび投入コイルの絶縁低下

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

しかしながら、引外しコイルおよび投入コイルは屋内の筐体に内蔵しているため、塵埃、湿分等が付着しにくい環境にある。

また、引外しコイルおよび投入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。

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

なお、機器点検時の絶縁抵抗測定により、機器の健全性を確認している。

(8) 主回路導体の腐食（全面腐食）

主回路導体はアルミニウムおよび銅であり、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がたい。

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

なお、機器点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(9) 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、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に内蔵しているため、塵埃、湿分等が付着しにくい環境にある。

また、支持碍子部の通電時の最大温度74℃に対して、支持碍子の耐熱温度は90℃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。

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

なお、機器点検時の絶縁抵抗測定により、機器の健全性を確認している。

(10) 母線導体の腐食（全面腐食）

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

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

なお、機器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) 操作スイッチの導通不良

操作スイッチは、浮遊塵埃の接点部分への付着による導通不良が想定される。

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

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

なお、機器点検時の動作確認により、機器の健全性を確認している。

(12) 筐体および外被の腐食（全面腐食）

筐体および外被は炭素鋼であり、腐食が想定される。

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

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

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

(13) 支持具および取付ボルトの腐食（全面腐食）

支持具および取付ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

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

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

(14) 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、塗膜が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

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

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

(15) 基礎ボルトの腐食（全面腐食）および樹脂の劣化

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

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

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

(16) 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されている形式の計器用変流器の絶縁物は有機物であり、熱的、電氣的、環境的要因による絶縁低下が想定される。

しかしながら、一次コイルのない貫通型計器用変流器であり、二次コイルに係る電圧は低く、また、通電電流による熱的影響も小さい。

また、空調された屋内に設置されており、コイル全体がモールドされていることから塵埃による影響もごく僅かであり、絶縁低下の可能性は小さい。

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

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

2.2.4 消耗品および定期取替品

表示灯は動作確認の結果に基づき取替える消耗品、保護リレー、ロックアウトリレー、補助リレー、ノーヒューズブレーカ、タイマ、ヒューズおよび指示計は定期取替品であり、長期使用はせず取替を前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

表2.2-1 (1/2) 高浜1号炉 パワーセンタ (安全系) の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			
遮断機能の維持 通電・絶縁機能の維持	リンク機構		炭素鋼								△*1	*1: 固着 *2: 汚損 *3: 変形 (応力緩和)	
	接触子		銀タングステン、銅	△									
	消弧室		炭素鋼								△*2		
	1次ジャンクション		銅	△									
	絶縁ベース		ポリエステル樹脂					△					
	絶縁リンク		ジアリルフタレート樹脂					△					
	保護リレー (静止形)	◎	—										
	計器用変流器		銅、エポキシ樹脂					▲					
	ばね		ばね用オイルテンパー線、ピアノ線										△*3
	引外しコイル		銅、ホルマール樹脂					△					
	投入コイル		銅、ホルマール樹脂					△					
	ばね蓄勢用モータ		銅、ポリアミドイミド					○					
	主回路導体		アルミニウム、銅		△								
	絶縁支持板 (盤構成)		フェノール樹脂					△					
	支持碍子		エポキシ樹脂					△					
	母線導体		アルミニウム合金		△								
絶縁支持板 (バスダクト)		フェノール樹脂					△						
外被		炭素鋼		△									

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 (日常劣化管理事象)

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

表2.2-1 (2/2) 高浜1号炉 パワーセンタ (安全系) の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		
機器の保護・監視機能の維持	操作スイッチ		銅、銀他							△		*1: 大気接触部の腐食 *2: コンクリート埋設部の腐食 *3: 樹脂の劣化
	計器用変流器		銅、ダイアレジン					▲				
	計器用変圧器		銅、エポキシ樹脂、クラフト紙					○				
	保護リレー (静止形)	◎	—									
	ロックアウトリレー	◎	—									
	補助リレー	◎	—									
	表示灯	◎	—									
	ノーヒューズブレーカ	◎	—									
	タイマ	◎	—									
	ヒューズ	◎	—									
指示計	◎	—										
機器の支持	筐体		炭素鋼		△							
	支持具		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 (ケミカルアンカ)		炭素鋼、樹脂		△						△ ^{*3}	

○：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 ばね蓄勢用モータの絶縁低下

a. 事象の説明

ばね蓄勢用モータの絶縁物は有機物であり、熱的、電氣的、環境的要因で経年劣化が進行し、絶縁性能の低下を起こす可能性がある。

b. 技術評価

① 健全性評価

ばね蓄勢用モータは密閉構造のため、塵埃およ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、60年間の供用を想定すると絶縁低下が生じる可能性は否定できない。

② 現状保全

ばね蓄勢用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、管理値以上であることの確認を行っている。

③ 総合評価

健全性評価結果から判断して、ばね蓄勢用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。

c. 高経年化への対応

ばね蓄勢用モータの絶縁低下については、定期的に絶縁抵抗測定を実施していく。

2.3.2 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、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およ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、60年間の供用を想定すると、絶縁低下の可能性は否定できない。

② 現状保全

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、管理値以上であることを確認している。

③ 総合評価

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

c. 高経年化への対応

計器用変圧器の絶縁低下については、定期的に絶縁抵抗測定を実施していく。

3. 代表機器以外への展開

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

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

① 代替所内電気設備分電盤

3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

3.1.1 ばね蓄勢用モータの絶縁低下

ばね蓄勢用モータの使用環境等は代表機器と同様であり、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、60年間の供用を想定すると絶縁低下が生じる可能性は否定できない。

しかしながら、ばね蓄勢用モータの絶縁低下については、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、ばね蓄勢用モータ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。

3.1.2 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、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、代表機器の評価と同様の研究結果より絶縁性能に問題のないことを確認している。

計器用変圧器の絶縁低下については、定期的な絶縁抵抗測定により検知可能であり、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。

3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

3.2.1 リンク機構の固着

リンク機構は、長期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、注油、各部の目視確認、動作試験を実施することで、機器の健全性を維持している。

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

3.2.2 接触子の摩耗

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がたい。

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

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

3.2.3 消弧室の汚損

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、機器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。

3.2.4 1次ジャンクションの摩耗

1次ジャンクションは、遮断器の盤からの出し入れに伴う摩耗が想定される。

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

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

なお、機器点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

3.2.5 絶縁ベース、絶縁リンクおよび絶縁支持板の絶縁低下

絶縁ベース、絶縁リンクおよび絶縁支持板は有機物であり、熱的、電氣的、環境的要因による絶縁低下が想定される。

しかしながら、絶縁リンク等は屋内の筐体に内蔵しているため、塵埃、湿分等が付着しにくい環境にある。

また、主回路導体の通電時の最大温度90℃に対して、絶縁リンクの耐熱温度は180℃、絶縁ベースの耐熱温度は200℃、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。

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

なお、機器点検時の絶縁抵抗測定により、機器の健全性を確認している。

3.2.6 ばねの変形（応力緩和）

ばねは投入状態にて長期間保持されることにより、変形（応力緩和）が想定される。

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

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

なお、機器点検時の作動確認により、機器の健全性を確認している。

3.2.7 引外しコイルおよび投入コイルの絶縁低下

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

しかしながら、引外しコイルおよび投入コイルは屋内の筐体に内蔵しているため、塵埃、湿分等が付着しにくい環境にある。

また、引外しコイルおよび投入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。

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

なお、機器点検時の絶縁抵抗測定により、機器の健全性を確認している。

3.2.8 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がたい。

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

なお、機器点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

3.2.9 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、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に内蔵しているため、塵埃、湿分等が付着しにくい環境にある。

また、支持碍子部の通電時の最大温度74℃に対して、支持碍子の耐熱温度は90℃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。

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

なお、機器点検時の絶縁抵抗測定により、機器の健全性を確認している。

3.2.10 操作スイッチの導通不良

操作スイッチは、浮遊塵埃の接点部分への付着による導通不良が想定される。

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

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

なお、機器点検時の動作確認により、機器の健全性を確認している。

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

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

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

3.2.12 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、塗膜が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

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

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

2.2.3 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。

3.2.13 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されている形式の計器用変流器の絶縁物は有機物であり、熱的、電氣的、環境的要因による絶縁低下が想定される。

しかしながら、一次コイルのない貫通型計器用変流器であり、二次コイルに係る電圧は低く、また、通電電流による熱的影響も小さい。

また、空調された屋内に設置されており、コイル全体がモールドされていることから塵埃による影響もごく僅かであり、絶縁低下の可能性は小さい。

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

3.2.14 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。

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 非常用ディーゼル発電機コントロールセンタ
- ③ 電動弁コントロールセンタ (安全系)
- ④ 後備ヒータ分電盤
- ⑤ 可搬式整流器用分電盤
- ⑥ 代替所内電気設備分電盤
- ⑦ 緊急時対策所電源車切替盤
- ⑧ 緊急時対策所コントロールセンタ
- ⑨ 緊急時対策所100V主分電盤
- ⑩ A・C計器用電源用代替所内電気設備切替盤
- ⑪ B・D計器用電源用代替所内電気設備切替盤
- ⑫ SA監視計器用電源用電源切替盤

目次

1. 技術評価対象機器および代表機器の選定	1
1.1 グループ化の考え方および結果	1
1.2 代表機器の選定	1
2. 代表機器の技術評価	3
2.1 構造、材料および使用条件	3
2.2 経年劣化事象の抽出	6
3. 代表機器以外への展開	11
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象	11

1. 技術評価対象機器および代表機器の選定

高浜1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、電圧区分およ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および結果

表1-1に示すコントロールセンタを電圧区分および設置場所で分類すると1つのグループにまとめられる。

1.2 代表機器の選定

(1) 電圧区分：低圧、設置場所：屋内

このグループには、原子炉コントロールセンタ（安全系）、非常用ディーゼル発電機コントロールセンタ、電動弁コントロールセンタ（安全系）、後備ヒータ分電盤、可搬式整流器用分電盤、代替所内電気設備分電盤、緊急時対策所電源車切替盤、緊急時対策所コントロールセンタ、緊急時対策所100V主分電盤、A・C計器用電源用代替所内電気設備切替盤、B・D計器用電源用代替所内電気設備切替盤およびSA監視計器用電源用電源切替盤が属するが、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 高浜1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)	仕様	選定基準				代表機器の選定	
電圧 区分	設置 場所			重要度*1	使用条件			代表 機器	選定 理由
					運転 状態	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) (5)	低圧閉鎖形、定格電流1,000A	MS-1 重*2	連続	460	約40	◎	定格電流
		非常用ディーゼル発電機 コントロールセンタ (2)	低圧閉鎖形、定格電流600A	MS-1	連続	460	約40		
		電動弁コントロールセンタ (安全系) (1)	低圧閉鎖形、定格電流400A	MS-1	連続	460	約40		
		後備ヒータ分電盤 (2)	低圧閉鎖形、定格電流800A	MS-2	連続	460	約40		
		可搬式整流器用分電盤(1)	低圧閉鎖形、定格電流250A	重*2	一時	460	約40		
		代替所内電気設備分電盤 (2)	低圧閉鎖形、定格電流600A	重*2	連続	460	約40		
		緊急時対策所電源車切替盤(1)	低圧閉鎖形、定格電流600A	重*2	一時	460	約40		
		緊急時対策所コントロールセンタ (1)	低圧閉鎖形、定格電流600A	重*2	連続	460	約40		
		緊急時対策所100V主分電盤(1)	低圧閉鎖形、定格電流600A	重*2	連続	460	約40		
		A・C計器用電源用代替所内 電気設備切替盤(1)	低圧閉鎖形、定格電流75A	重*2	一時	460	約40		
		B・D計器用電源用代替所内 電気設備切替盤(1)	低圧閉鎖形、定格電流75A	重*2	一時	460	約40		
		SA監視計器用電源用電源切替盤 (1)	低圧閉鎖形、定格電流50A	重*2	一時	460	約40		

*1：機能は最上位の機能を示す。

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

2. 代表機器の技術評価

本章では、1章で代表機器とした以下の1種類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、材料および使用条件

2.1.1 原子炉コントロールセンタ（安全系）

(1) 構造

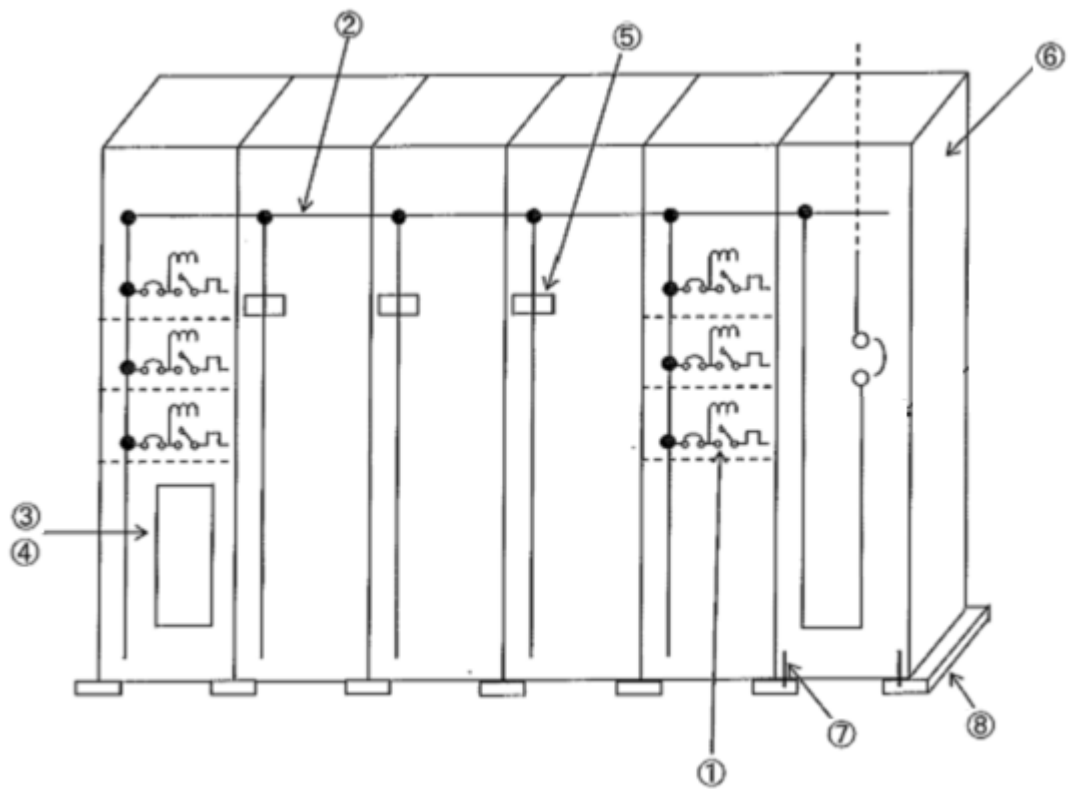
高浜1号炉の原子炉コントロールセンタ（安全系）は、定格使用電圧460V、定格電流1,000Aの低圧閉鎖形で、5群設置されている。

原子炉コントロールセンタ（安全系）は、電源を開閉する装置（ユニット）等で構成されている。

高浜1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) 材料および使用条件

高浜1号炉の原子炉コントロールセンタ（安全系）の使用材料および使用条件を表2.1-1および表2.1-2に示す。



No.	部位
①	開閉装置
②	主回路導体
③	表示灯
④	タイマ
⑤	母線支え
⑥	筐体
⑦	取付ボルト
⑧	埋込金物

図2.1-1 高浜1号炉 原子炉コントロールセンタ（安全系）構成図

表2.1-1 高浜1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、補助リレー、制御用変圧器）	消耗品・定期取替品
	主回路導体	銅
	表示灯	消耗品・定期取替品
	タイマ	消耗品・定期取替品
	母線支え	不飽和ポリエステル樹脂（水平母線）
支持組立品	筐体	炭素鋼
	取付ボルト	炭素鋼
	埋込金物	炭素鋼

表2.1-2 高浜1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40℃*1
短時間電流強度	50kA 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）の機能である給電機能を維持するためには、次の項目が必要である。

- ① 遮断機能の維持
- ② 通電・絶縁機能の維持
- ③ 機器の保護・監視機能の維持
- ④ 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、使用条件および現在までの運転経験を考慮し、表2.2-1のとおり想定される経年劣化事象を抽出した結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象はない。

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

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

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

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

(1) 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がたい。

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

なお、機器点検時の目視確認により、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、環境的要因による絶縁低下が想定される。

しかしながら、母線支えは屋内の筐体に内蔵しているため、塵埃、湿分等が付着しにくい環境にある。

また、主回路導体の通電時の最大温度105℃に対して、母線支えの耐熱温度は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。

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

なお、機器点検時の絶縁抵抗測定により、機器の健全性を確認している。

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

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

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

(4) 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、メッキ面が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

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

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

(5) 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、塗膜が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

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

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

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

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

2.2.4 消耗品および定期取替品

表示灯は動作確認の結果に基づき取替える消耗品、開閉装置およびタイマは定期取替品であり、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 高浜1号炉 原子炉コントロールセンタ（安全系）の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		
遮断機能の維持 通電・絶縁機能の維持	開閉装置（ノーヒューズブレーカ、サーマルリレー、電磁接触器、ヒューズ、補助リレー、制御用変圧器）	◎	—									*1: 大気接触部の腐食 *2: コンクリート埋設部の腐食
	主回路導体		銅		△							
機器の保護・監視機能の維持	表示灯	◎	—									
	タイマ	◎	—									
機器の支持	母線支え		不飽和ポリエステル樹脂					△				
	筐体		炭素鋼		△							
	取付ボルト		炭素鋼		△							
	埋込金物		炭素鋼		△*1 ▲*2							

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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

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 非常用ディーゼル発電機コントロールセンタ
- ② 電動弁コントロールセンタ（安全系）
- ③ 後備ヒータ分電盤
- ④ 可搬式整流器用分電盤
- ⑤ 代替所内電気設備分電盤
- ⑥ 緊急時対策所電源車切替盤
- ⑦ 緊急時対策所コントロールセンタ
- ⑧ 緊急時対策所100V主分電盤
- ⑨ A・C計器用電源用代替所内電気設備切替盤
- ⑩ B・D計器用電源用代替所内電気設備切替盤
- ⑪ SA監視計器用電源用電源切替盤

3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

3.1.1 主回路導体の腐食（全面腐食）[共通]

主回路導体は銅またはアルミニウムであり、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がたい。

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

なお、機器点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

3.1.2 母線支えの絶縁低下[共通]

これらの母線支えの耐熱温度や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。

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

なお、機器の動作確認または絶縁抵抗測定により、機器の健全性を確認している。

3.1.3 筐体[共通]および架台[A・C計器用電源用代替所内電気設備切替盤、B・D計器用電源用代替所内電気設備切替盤、S A監視計器用電源用電源切替盤、可搬式整流器用分電盤]の腐食（全面腐食）

筐体および架台は炭素鋼であり、腐食が想定される。

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

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

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

3.1.4 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、メッキ面が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

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

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

- 3.1.5 埋込金物（大気接触部）の腐食（全面腐食）〔非常用ディーゼル発電機コントロールセンタ、電動弁コントロールセンタ（安全系）、後備ヒータ分電盤、代替所内電気設備分電盤、緊急時対策所電源車切替盤、緊急時対策所コントロールセンタ、緊急時対策所100V主分電盤〕

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、塗膜が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

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

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

- 3.1.6 基礎ボルトの腐食（全面腐食）〔後備ヒータ分電盤、可搬式整流器用分電盤、A・C計器用電源用代替所内電気設備切替盤、B・D計器用電源用代替所内電気設備切替盤、SA監視計器用電源用電源切替盤〕および樹脂の劣化〔後備ヒータ分電盤〕

基礎ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

また、ケミカルアンカには樹脂を使用しており、劣化が想定される。

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

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

- 3.1.7 埋込金物（コンクリート埋設部）の腐食（全面腐食）〔非常用ディーゼル発電機コントロールセンタ、電動弁コントロールセンタ（安全系）、後備ヒータ分電盤、代替所内電気設備分電盤、緊急時対策所電源車切替盤、緊急時対策所コントロールセンタ、緊急時対策所100V主分電盤〕

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。

高浜発電所 1 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]

関西電力株式会社

高浜1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の機器および常設重大事故等対処設備に属する機器を選定した。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。

これらの一覧表を表1に、機能を表2に示す。

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

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

さらに、設置してから分解点検等の実績がない場合も、保全計画が定められていれば「確認している」等と表記している。

本評価書ではタービンおよび付属機器の型式等を基に、以下の5つに分類している。

- 1 高圧タービン
- 2 低圧タービン
- 3 主油ポンプ
- 4 タービン調速装置
- 5 タービン動補助給水ポンプ蒸気タービン

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、タービンの主要弁および一般弁は「弁の技術評価書」にて評価を実施するものとし、本評価書には含んでいない。

表1 高浜1号炉 主要なタービンおよび付属機器

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}	
	付属機器	主油ポンプ(1)	高 ^{*2}
		タービン調速装置(1)	高 ^{*2}
	タービン動補助給水ポンプ蒸気タービン(1)		MS-1、重 ^{*3}

*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、または最高使用圧力が1900kPaを超える環境下にある原子炉格納容器外の重要度クラス3の機器。

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

表2 高浜1号炉 主要なタービンおよび付属機器の機能

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	
主油ポンプ	タービン運転中に必要な潤滑油および制御油をタービン潤滑油・制御油系統へ供給する。
タービン調速装置	タービンの回転速度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。
タービン動補助給水ポンプ 蒸気タービン	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。

1 高圧タービン

[対象機器]

- ① 高圧タービン

目次

1. 技術評価対象機器	1
2. 高圧タービンの技術評価	2
2.1 構造、材料および使用条件	2
2.2 経年劣化事象の抽出	8

1. 技術評価対象機器

高浜1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 高浜1号炉 高圧タービンの主な仕様

機器名称 (台数)	仕様 (出力(kW)× 定格回転数 (rpm))	重要度*1	使用条件			
			運転状態	最高 使用圧力*3 (MPa[gage])	最高 使用温度*3 (°C)	湿り度*3 (%)
高圧タービン (1)	826,000*4 ×1800	高*2	連続	約7.5	約291	約0.44

*1：機能は最上位の機能を示す。

*2：最高使用温度が95°Cを超え、または最高使用圧力が1900kPaを超える環境下にある原子炉格納容器外の重要度クラス3の機器。

*3：主蒸気入口管の蒸気条件。

*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、材料および使用条件

(1) 構造

高浜1号炉の高圧タービンは複流型タービンであり、1台設置されている。

蒸気はノズル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、ノズル室の中央で二つに分かれ、車室より排気される。

車室は炭素鋼鋳鋼製であり、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、ノズル室は炭素鋼鋳鋼製であり、車室に溶接されている。

静翼はステンレス鋼製であり、水平部で車室に支持されている翼環に固定されている。

また、翼環は上下のラジアルピンによってガイドされている。

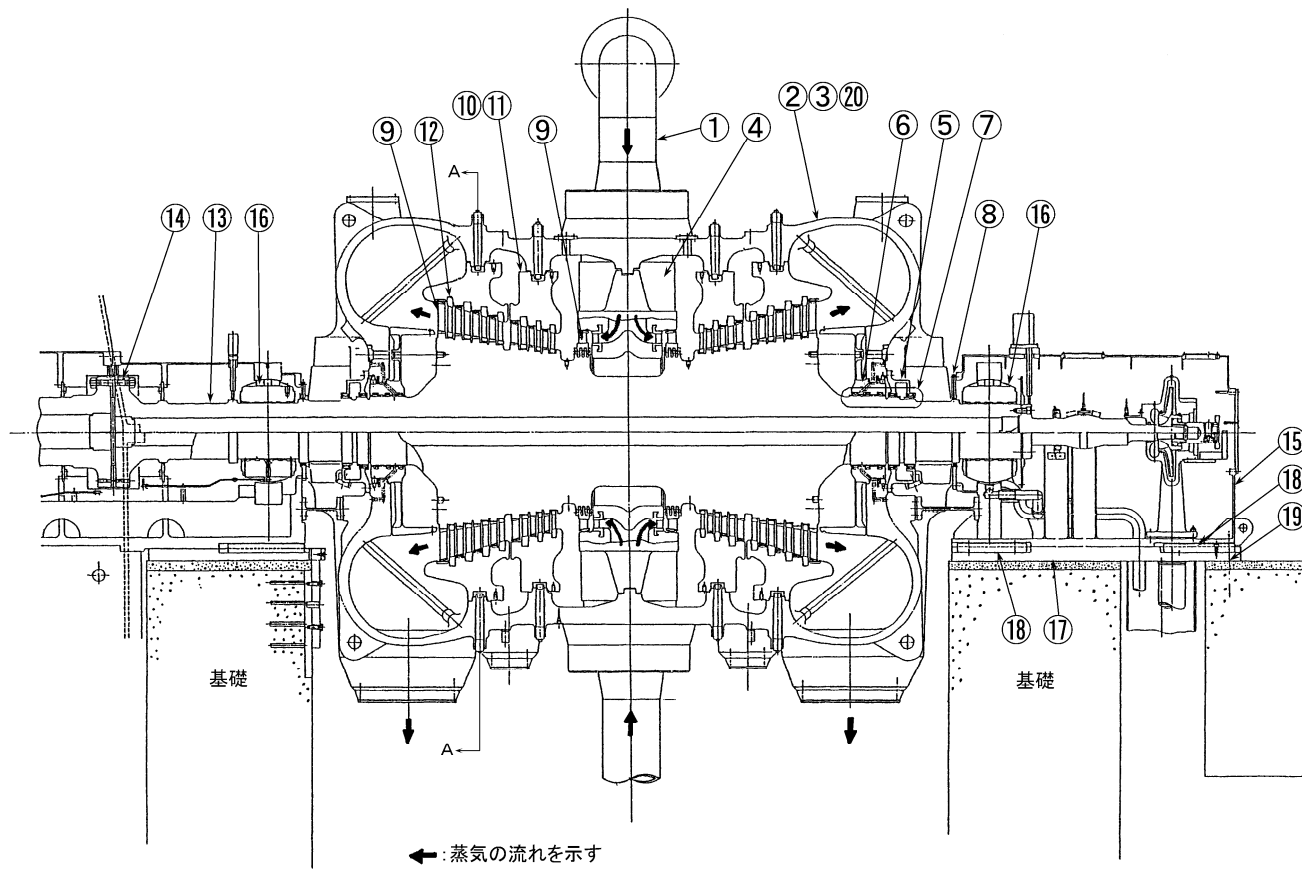
車軸には低合金鋼を使用しており、2個のジャーナル軸受により支えられている。

車室両端面の車軸貫通部にはアウターグランドおよ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。

高浜1号炉の高圧タービンの構造図を図2.1-1～図2.1-4に示す。

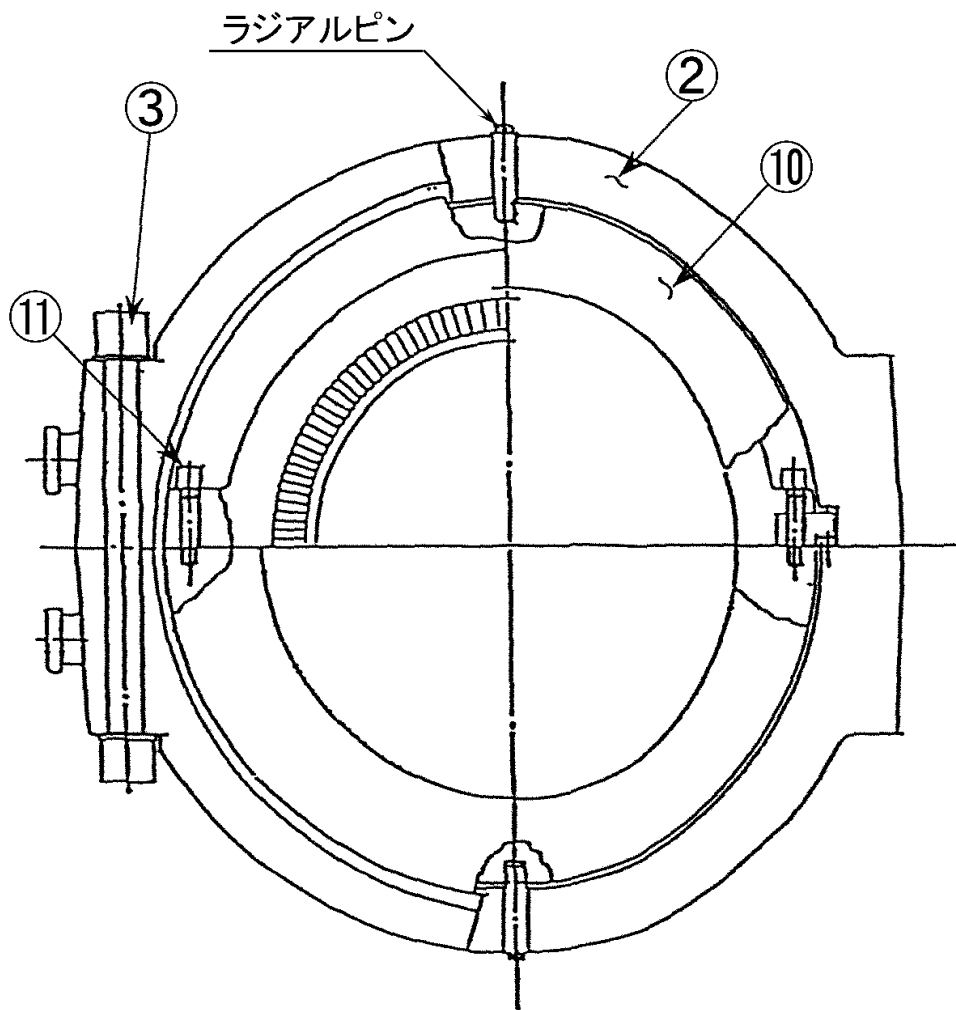
(2) 材料および使用条件

高浜1号炉の高圧タービンの使用材料および使用条件を表2.1-1および表2.1-2に示す。



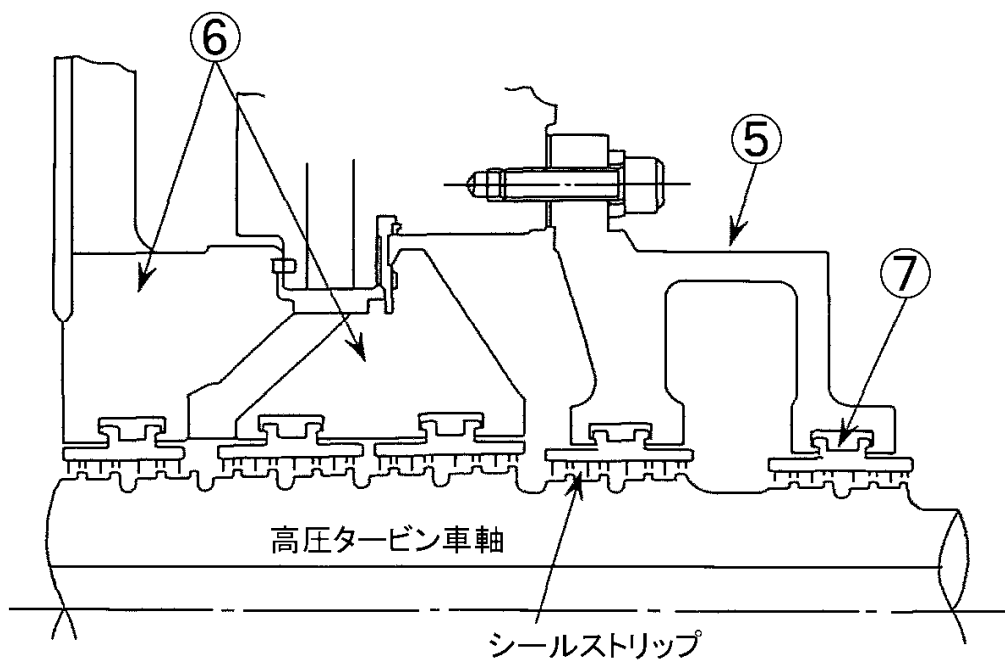
No.	部位
①	主蒸気入口管
②	車室
③	車室ボルト
④	ノズル室
⑤	アウターグランド本体
⑥	インナーグランド本体
⑦	グランドシールリング
⑧	油止輪
⑨	動翼
⑩	翼環
⑪	翼環ボルト
⑫	静翼
⑬	車軸
⑭	カップリングボルト
⑮	軸受台
⑯	ジャーナル軸受 (すべり)
⑰	台板
⑱	キー
⑲	基礎ボルト
⑳	車室支えボルト

図2.1-1 高浜1号炉 高圧タービン構造図



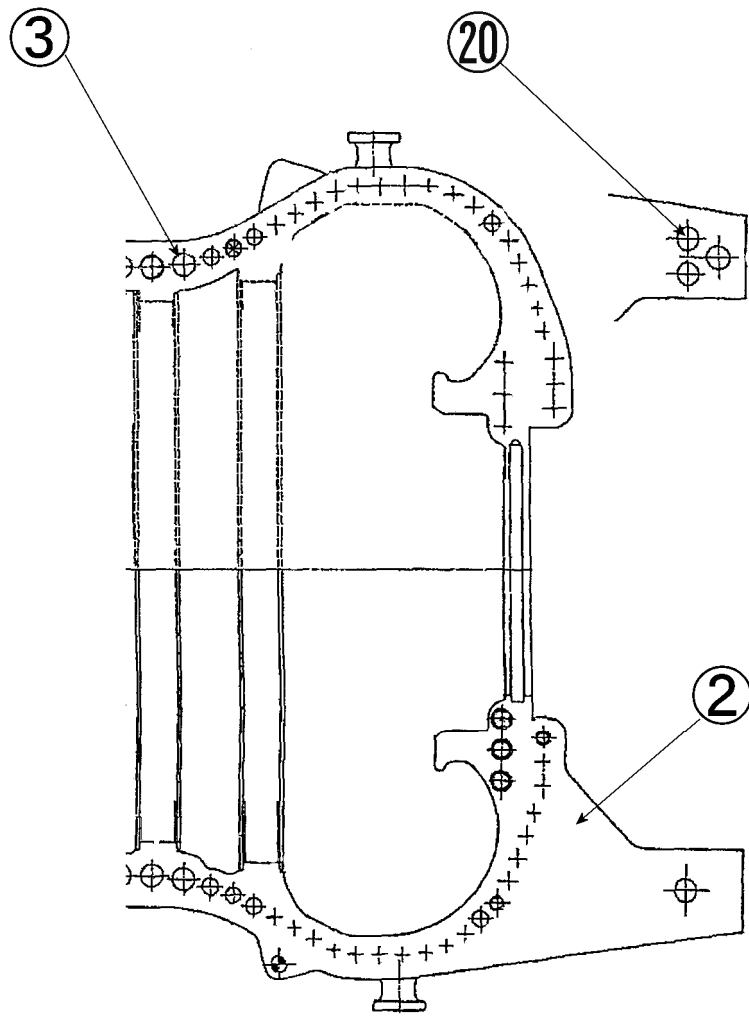
No.	部位
②	車室
③	車室ボルト
⑩	翼環
⑪	翼環ボルト

図2.1-2 高浜1号炉 高圧タービン車室、翼環構造図 (図2.1-1 A-A断面図)



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	グランドシールリング

図2.1-3 高浜1号炉 高圧タービン
アウターグランドおよ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2.1-4 高浜1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 高浜1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
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	ステンレス鋼鋳鋼
翼環ボルト	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）	炭素鋼鋳鋼+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 高浜1号炉 高圧タービンの使用条件

最高使用圧力	約7.5MPa[gage]
最高使用温度	約291℃
定格回転数	1,800rpm
内部流体	湿り蒸気

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機能達成に必要な項目

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）および現在までの運転経験を考慮し、表2.2-1に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象はない。

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

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

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

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

なお、日常劣化管理事象ではない事象はない。

(1) 主蒸気入口管および車室の外表面からの腐食（全面腐食）

主蒸気入口管および車室は炭素鋼また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、塗膜が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

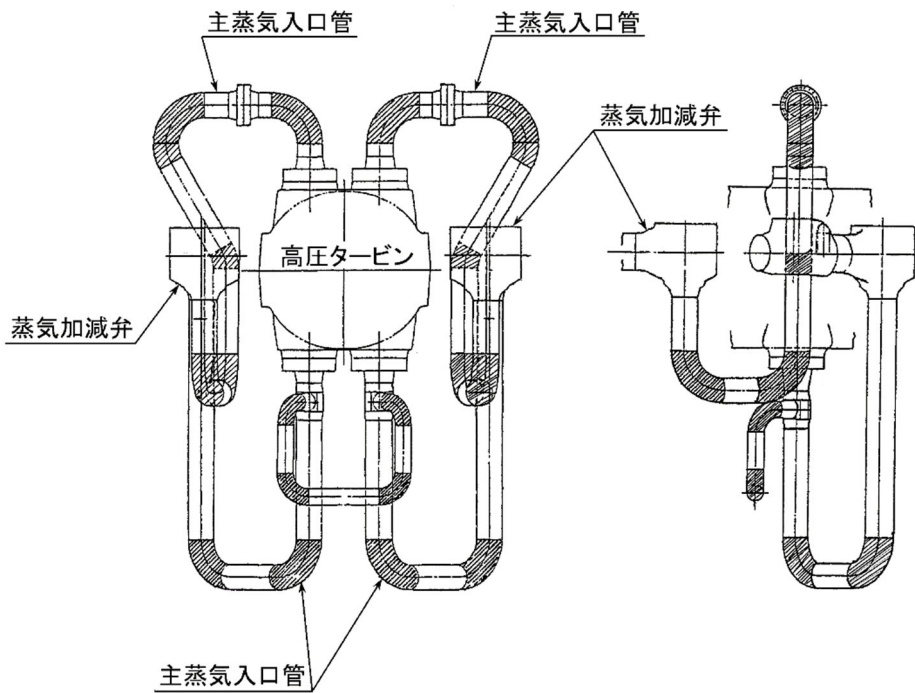
また、巡視点検や定検時等で目視により塗膜の状態を確認し、はく離等が認められた場合は必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

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

(2) 主蒸気入口管、車室およびノズル室の腐食（流れ加速型腐食）

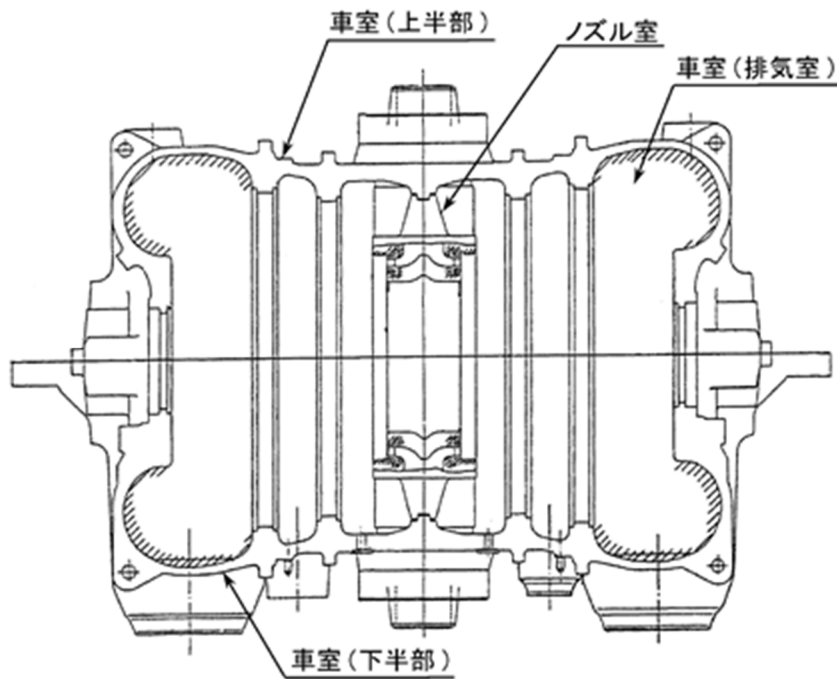
主蒸気入口管、車室およびノズル室は、炭素鋼または炭素鋼鋳鋼であり、湿り蒸気流に常時さらされているため、流れ加速型腐食により減肉が想定される。

主蒸気入口管、車室およ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および図2.2-2に示す。



//// : 流れ加速型腐食発生想定部位

図2.2-1 高浜1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 (概念図)



//// : 流れ加速型腐食発生想定部位

図2.2-2 高浜1号炉 高圧タービン
車室、ノズル室の流れ加速型腐食発生想定部位 (概念図)

主蒸気入口管等については、流れ加速型腐食により減肉が想定される。

流れ加速型腐食による減肉の進行程度は物理的因子である流速、湿り度、渦流の発生の有無等、また、化学的因子である水質、温度等により影響されるが、それらの諸条件は機器単位で異なっていると考えられ、一律に流れ加速型腐食について正確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ついては「2次系配管肉厚の管理指針」に基づき、超音波探傷検査による肉厚測定を実施し、肉厚測定結果に基づき余寿命評価から次回測定または取替時期を設定している。

また、ノズル室の外面および車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) 主蒸気入口管および車室の疲労割れ

主蒸気入口管および車室は、起動・停止およ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、疲労割れが発生しがたい。

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

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(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、分解点検時に水平継手面の隙間計測や当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がたい。

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

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(6) アウターグランド本体の外表面からの腐食（全面腐食）

アウターグランド本体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、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の内表面からの腐食（流れ加速型腐食）

アウターグランド本体は炭素鋼鋳鋼であり、流れ加速型腐食により減肉が想定される。

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

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

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(8) 油止輪、軸受台および台板等の腐食（全面腐食）

油止輪、軸受台および台板は炭素鋼、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、塗膜が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

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

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

一方、油止輪内面およびカップリングボルトについては潤滑油雰囲気で腐食が発生しがたい環境であり、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

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

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(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、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。

(10) 車軸の摩耗

車軸を支持するジャーナル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がたい環境であり、これまでに有意な摩耗は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

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。

(11) 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がたい。

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

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(12) 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、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。

(13) 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550MPa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察結果からも、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、機器の健全性を維持している。

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

(14) 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、長時間の使用による摩耗、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および車軸と軸受内面の隙間測定や軸受表面の当り幅の確認により、はく離についても分解点検時の目視確認およびホワイトメタル部の浸透探傷検査や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。

(15) キーの摩耗

軸受台は起動・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注入されており、摩耗が発生しがたい環境である。

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、巡視点検等の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(16) 基礎ボルトの腐食（全面腐食）

基礎ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

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

(17) 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がたい。

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

なお、分解点検や巡視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 消耗品および定期取替品

グランドシールリングは、分解点検時の目視確認や隙間計測の結果に基づき取替える消耗品であり、長期使用はせず取替を前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

表2.2-1 高浜1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		
バウンダリの維持	主蒸気入口管		炭素鋼		△(外面) △(内面)*1	△					*1：流れ加速型腐食 *2：変形 *3：内外面 *4：高サイクル疲労割れ *5：はく離
	車室		炭素鋼鋳鋼		△(外面) △(内面)*1	△				△*2	
	車室ボルト		低合金鋼		△						
	ノズル室		炭素鋼鋳鋼		△*1						
	アウターグランド本体		炭素鋼鋳鋼		△(外面) △(内面)*1						
	インナーグランド本体		ステンレス鋼鋳鋼								
	グランドシールリング	◎	—								
	油止輪		炭素鋼		△*3						
発電機駆動力の確保	動翼		ステンレス鋼			△*4					
	翼環		ステンレス鋼鋳鋼								
	翼環ボルト		ステンレス鋼								
	静翼		ステンレス鋼								
	車軸		低合金鋼	△	△*1	△*4	△				
	カップリングボルト		低合金鋼		△						
	軸受台		炭素鋼		△*3						
	ジャーナル軸受(すべり)		炭素鋼鋳鋼+ホワイトメタル	△						△*5	
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. 技術評価対象機器	1
2. 低圧タービンの技術評価	2
2.1 構造、材料および使用条件	2
2.2 経年劣化事象の抽出	7

1. 技術評価対象機器

高浜1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 高浜1号炉 低圧タービンの主な仕様

機器名称 (台数)	仕様 (出力(kW)× 定格回転数 (rpm))	重要度*1	使用条件			
			運転状態	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)	826,000*4 ×1,800	高*2	連続	約1.3	約270	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、または最高使用圧力が1900kPaを超える環境下にある原子炉格納容器外の重要度クラス3の機器。

*3：高圧排気管の蒸気条件。

*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、材料および使用条件

(1) 構造

高浜1号炉の低圧タービンは、複流型タービンであり、3台設置されている。

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する。流入した蒸気は中央で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。

車室は外部車室、内部車室および翼環で構成され、炭素鋼および炭素鋼鋳鋼が使用されており、それぞれ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。静翼はステンレス鋼およびステンレス鋼鋳鋼製であり、上流段静翼は水平部で車室に支持されている翼環に固定されており、下流段静翼は内部車室に直接固定されている。

車軸に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。

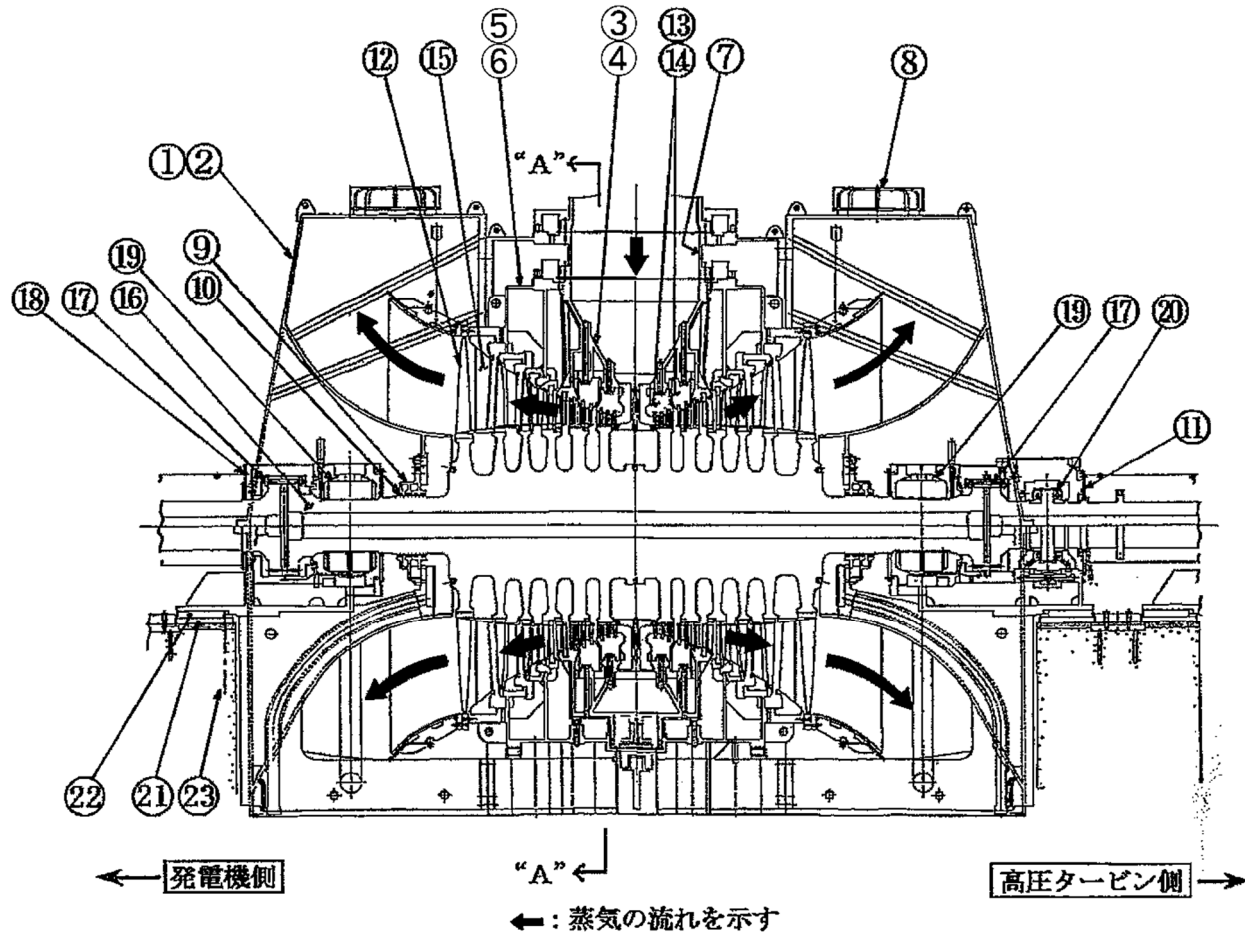
また、第1低圧タービンと第2低圧タービンとの間にスラスト軸受を設置している。

車室両端面の車軸貫通部にはグランドが設けられており、多数のグランドシールリングにより大気流入を防止している。

高浜1号炉の低圧タービンの構造図を図2.1-1～図2.1-3に示す。

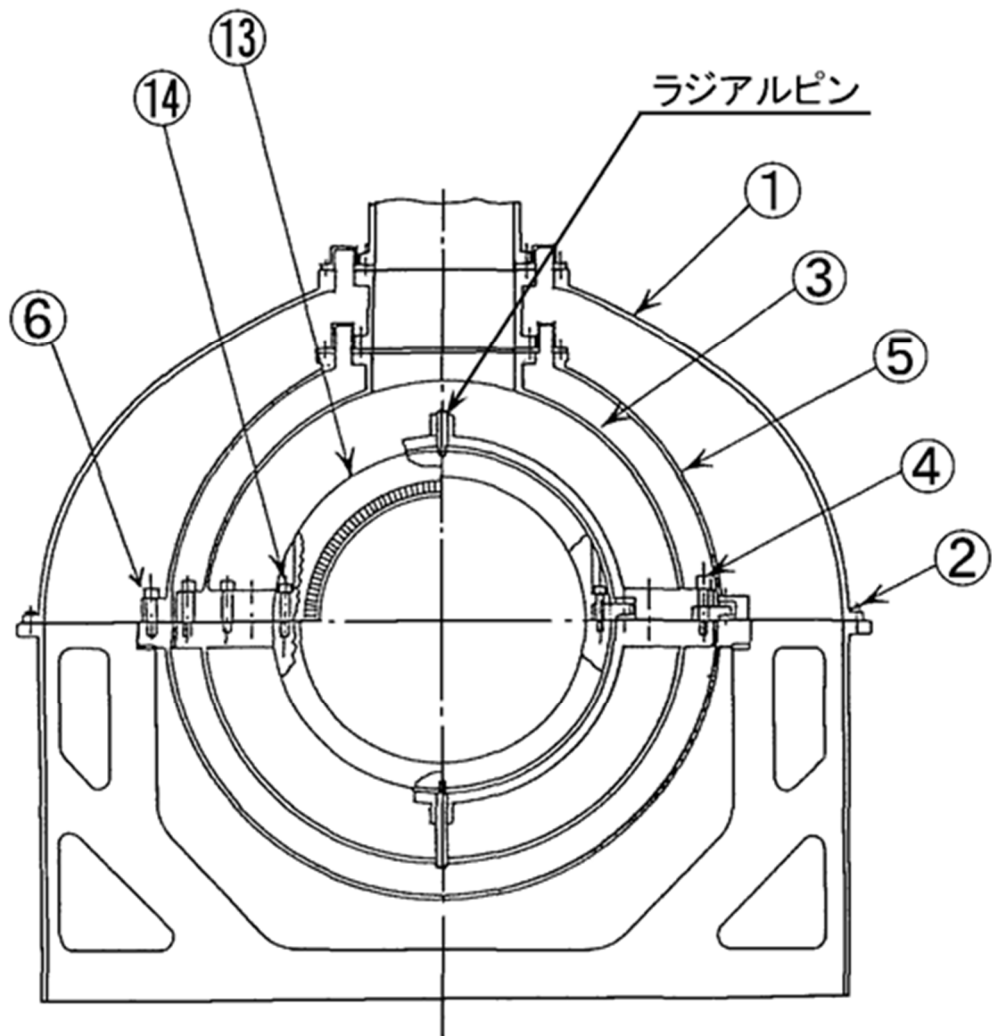
(2) 材料および使用条件

高浜1号炉の低圧タービンの使用材料および使用条件を表2.1-1および表2.1-2に示す。



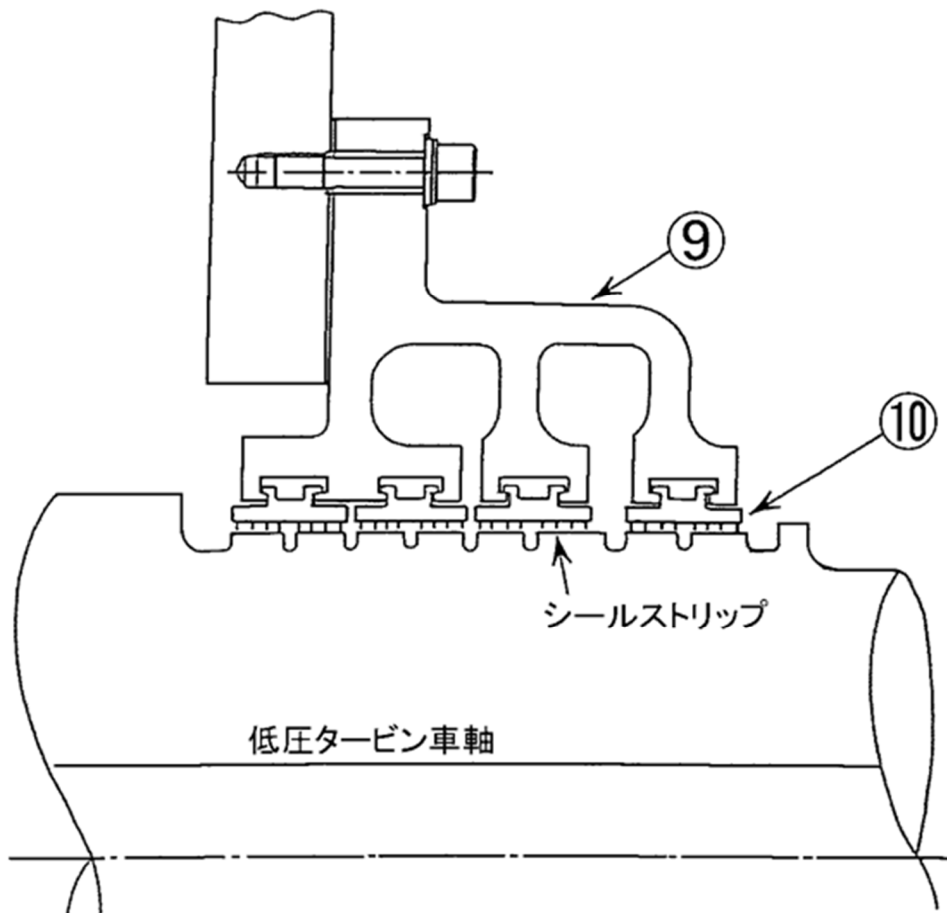
No.	部位
①	外部車室
②	外部車室ボルト
③	第1内部車室
④	第1内部車室ボルト
⑤	第2内部車室
⑥	第2内部車室ボルト
⑦	クロスオーバーパイプアダプタ
⑧	大気放出板
⑨	グランド本体
⑩	グランドシールリング
⑪	油止輪
⑫	動翼
⑬	翼環
⑭	翼環ボルト
⑮	静翼
⑯	車軸
⑰	カップリングボルト
⑱	軸受箱
⑲	ジャーナル軸受 (すべり)
⑳	スラスト軸受 (すべり)
㉑	台板
㉒	キー
㉓	基礎ボルト

図2.1-1 高浜1号炉 低圧タービン構造図



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2.1-2 高浜1号炉 低圧タービン 車室、翼環構造図 (図2.1-1 A-A断面図)



No.	部位
⑨	グランド本体
⑩	グランドシールリング

図2.1-3 高浜1号炉 低圧タービン グランド本体構造図

表2.1-1 高浜1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		炭素鋼、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
グラウンド本体		低合金鋼鋳鋼
グラウンドシールリング		消耗品・定期取替品
油止輪		炭素鋼
動翼	1～4段翼	ステンレス鋼
	5～8段翼	ステンレス鋼
	9～11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	1～8段翼	ステンレス鋼
	9、10段翼	ステンレス鋼
	11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
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 高浜1号炉 低圧タービンの使用条件

最高使用圧力	約1.3MPa[gage]
最高使用温度	約270℃
定格回転数	1,800rpm
内部流体	過熱蒸気～湿り蒸気

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機能達成に必要な項目

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）および現在までの運転経験を考慮し、表2.2-1に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象はない。

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

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

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

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

なお、日常劣化管理事象ではない事象はない。

(1) 外部車室およびグランド本体の外表面からの腐食（全面腐食）

外部車室およびグランド本体は炭素鋼および低合金鋼鋳鋼であり、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、塗膜が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

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

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

(2) 外部車室およびグランド本体の腐食（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、グランド本体は湿り蒸気雰囲気で使用しているため、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。

(3) 外部車室ボルトの腐食（全面腐食）

外部車室ボルトは炭素鋼および低合金鋼であり、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がたい。

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

なお、分解点検の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(4) 第1内部車室および第2内部車室の腐食（流れ加速型腐食）

第1内部車室および第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内部車室および第2内部車室の疲労割れ

第1内部車室および第2内部車室は、起動・停止およ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、疲労割れが発生しがたい。

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

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(6) 第1内部車室および第2内部車室の変形

第1内部車室および第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がたい。

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

なお、分解点検時に水平継手面の隙間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内部車室ボルトおよび翼環ボルトの腐食（全面腐食）

第1内部車室ボルト、第2内部車室ボルトおよ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、低圧タービン内部にあり、酸素濃度が低いことから腐食が発生しがたい環境であり、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

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

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(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、蒸気による腐食が想定される。

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がたい。

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

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(9) 油止輪、軸受箱および台板等の腐食（全面腐食）

油止輪、軸受箱および台板は炭素鋼、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、塗膜が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

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

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

一方、油止輪および軸受箱の内面およびカップリングボルトについては潤滑油雰囲気で腐食が発生しがたい環境であり、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

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

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(10) 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の発生が考えられ、減肉の進行によりステライトがはく離することが想定される。

しかしながら、分解点検時の目視確認や浸透探傷検査、打音検査により、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。

(11) 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、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により、機器の健全性を確認している。

(12) 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がたい環境であり、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

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

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(13) 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がたい環境であり、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

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

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(14) 静翼（翼根リング）の腐食（流れ加速型腐食）

静翼の翼根リングは炭素鋼であり、翼根リング入口部が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。

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

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。

(16) 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がたい。

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

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(17) 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、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。

(18) 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察結果からも、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、機器の健全性を維持している。

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

(19) ジャーナル軸受およびスラスト軸受のホワイトメタルの摩耗、はく離

ジャーナル軸受およびスラスト軸受のホワイトメタルは、長時間の使用による摩耗、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および車軸と軸受内面の隙間測定や軸受表面の当り幅の確認により、はく離についても分解点検時の目視確認およびホワイトメタル部の浸透探傷検査や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。

(20) キーの摩耗

軸受箱は起動・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、かつ運転時の軸受箱の熱移動が小さく、摩耗が発生しがたい環境である。

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、巡視点検等の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(21) 基礎ボルトの腐食（全面腐食）

基礎ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

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

2.2.4 消耗品および定期取替品

グランドシールリングは、分解点検時の目視確認および隙間計測結果に基づき取替える消耗品であり、大気放出板は分解点検時の目視確認の結果に基づき取替える消耗品であり、長期使用はせず取替を前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

表2.2-1 高浜1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		△(外面) △(内面)*1						*1：流れ加速型腐食 *2：変形 *3：内外面 *4：高サイクル疲労割れ *5：はく離 *6：エロージョン
	外部車室ボルト		炭素鋼 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		低合金鋼 鋳鋼		△(外面) △(内面)*1						
	グラウンドシールリング	◎	—								
油止輪		炭素鋼		△*3							
発電機駆動力の確保	動翼		ステンレス鋼＋ ステライト		△*6	△*4					
	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	△*4	△				
	カップリングボルト		低合金鋼		△						
	軸受箱		炭素鋼		△*3						
	ジャーナル軸受(すべり)		炭素鋼 鋳鋼＋ ホワイトメタル	△						△*5	
スラスト軸受(すべり)		炭素鋼＋ ホワイトメタル	△						△*5		
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 主油ポンプ

[対象機器]

- ① 主油ポンプ

目次

1. 技術評価対象機器	1
2. 主油ポンプの技術評価	2
2.1 構造、材料および使用条件	2
2.2 経年劣化事象の抽出	5

1. 技術評価対象機器

高浜 1 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 高浜 1 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		
		運転状態	最高使用圧力 (MPa[gage])	最高使用温度 (℃)
主油ポンプ (1)	高*2	連続	約2.6	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、または最高使用圧力が1900kPaを超える環境下にある原子炉格納容器外の重要度クラス3の機器。

2. 主油ポンプの技術評価

2.1 構造、材料および使用条件

(1) 構造

高浜1号炉の主油ポンプは、横置単段うず巻式ポンプであり、1台設置されている。

主油ポンプは、主油タンクより吸込んだ油を送油する。

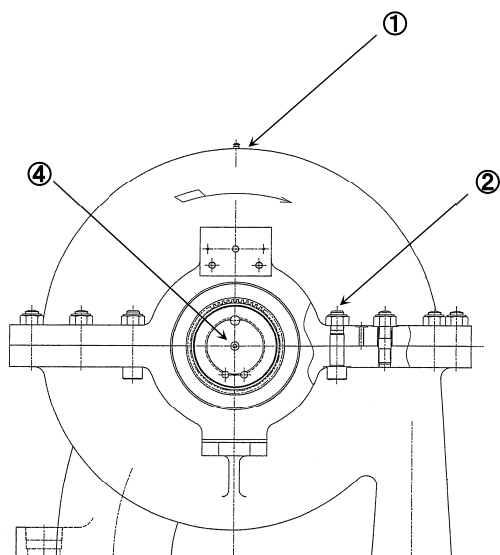
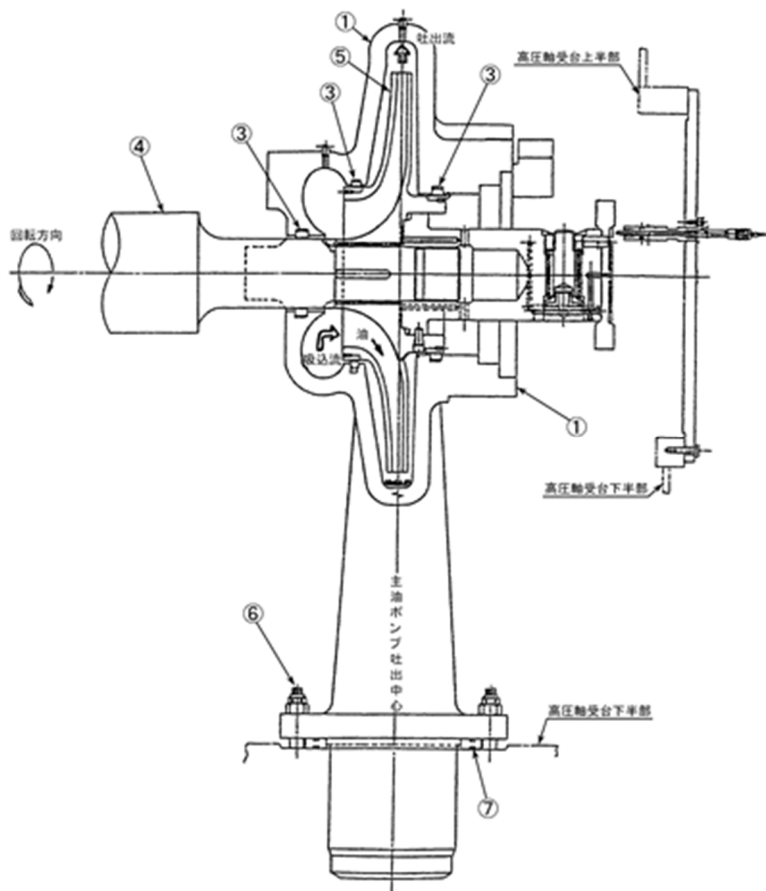
また、主軸には低合金鋼、羽根車にはステンレス鋼鋳鋼、ケーシングには炭素鋼鋳鋼をそれぞれ使用している。

主軸は高圧タービン軸に取付けられており、これに羽根車が取付けられている。ケーシングは高圧タービン軸受台に取付けられている。

高浜1号炉の主油ポンプの構造図を図2.1-1に示す。

(2) 材料および使用条件

高浜1号炉の主油ポンプの使用材料および使用条件を表2.1-1および表2.1-2に示す。



No.	部位
①	ケーシング
②	ケーシングボルト
③	油切り
④	主軸
⑤	羽根車
⑥	ケーシング取付ボルト
⑦	中間リング

図2.1-1 高浜1号炉 主油ポンプ構造図

表2.1-1 高浜1号炉 主油ポンプ主要部位の使用材料

部位	材料
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
主軸	低合金鋼
羽根車	ステンレス鋼鋳鋼
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 高浜1号炉 主油ポンプの使用条件

最高使用圧力	約2.6MPa[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送油機能を維持するためには、次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（水質、圧力、温度等）および現在までの運転経験を考慮し、表2.2-1に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象はない。

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

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

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

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

なお、日常劣化管理事象ではない事象はない。

(1) 主軸およ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および中間リングは低合金鋼、炭素鋼鋳鋼および炭素鋼であり、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、内外面ともに油または油雰囲気で腐食が発生しがたい環境であり、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

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

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(2) 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、高平均応力下で繰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、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や磁粉探傷検査により、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、キャビテーションを起こさない条件はポンプおよび機器配置設計段階において考慮しており、この設計上の考慮は経年的に変化するものではない。

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

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

2.2.4 消耗品および定期取替品

油切りは、分解点検時の目視確認および寸法計測の結果に基づき取替える消耗品であり、長期使用はせず取替を前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

表2.2-1 高浜1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	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
ポンプの容量一揚程確保	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）

4 タービン調速装置

[対象機器]

- ① タービン調速装置

目次

1. 技術評価対象機器	1
2. タービン調速装置の技術評価	2
2.1 構造、材料および使用条件	2
2.2 経年劣化事象の抽出	8

1. 技術評価対象機器

高浜 1 号炉で使用されているタービン調速装置の主な仕様を表1-1に示す。

表1-1 高浜 1 号炉 タービン調速装置の主な仕様

機器名称(台数)	重要度*1	使用条件		
		運転状態	最高使用圧力 (MPa[gage])	最高使用温度 (°C)
タービン調速装置(1)	高*2	連続	約16.2	約75

*1：機能は最上位の機能を示す。

*2：最高使用温度が95°Cを超え、または最高使用圧力が1900kPaを超える環境下にある原子炉格納容器外の重要度クラス3の機器。

2. タービン調速装置の技術評価

2.1 構造、材料および使用条件

(1) 構造

高浜1号炉のタービン調速装置は、電気油圧式であり、EHガバナと称し、タービン軸から電気信号として検出した回転数により、各弁作動用のアクチュエータの開度を調整するための高圧油を供給する。

高浜1号炉のタービン調速装置の構造図を図2.1-1～図2.1-4に示す。

(2) 材料および使用条件

高浜1号炉のタービン調速装置の使用材料および使用条件を表2.1-1および表2.1-2に示す。

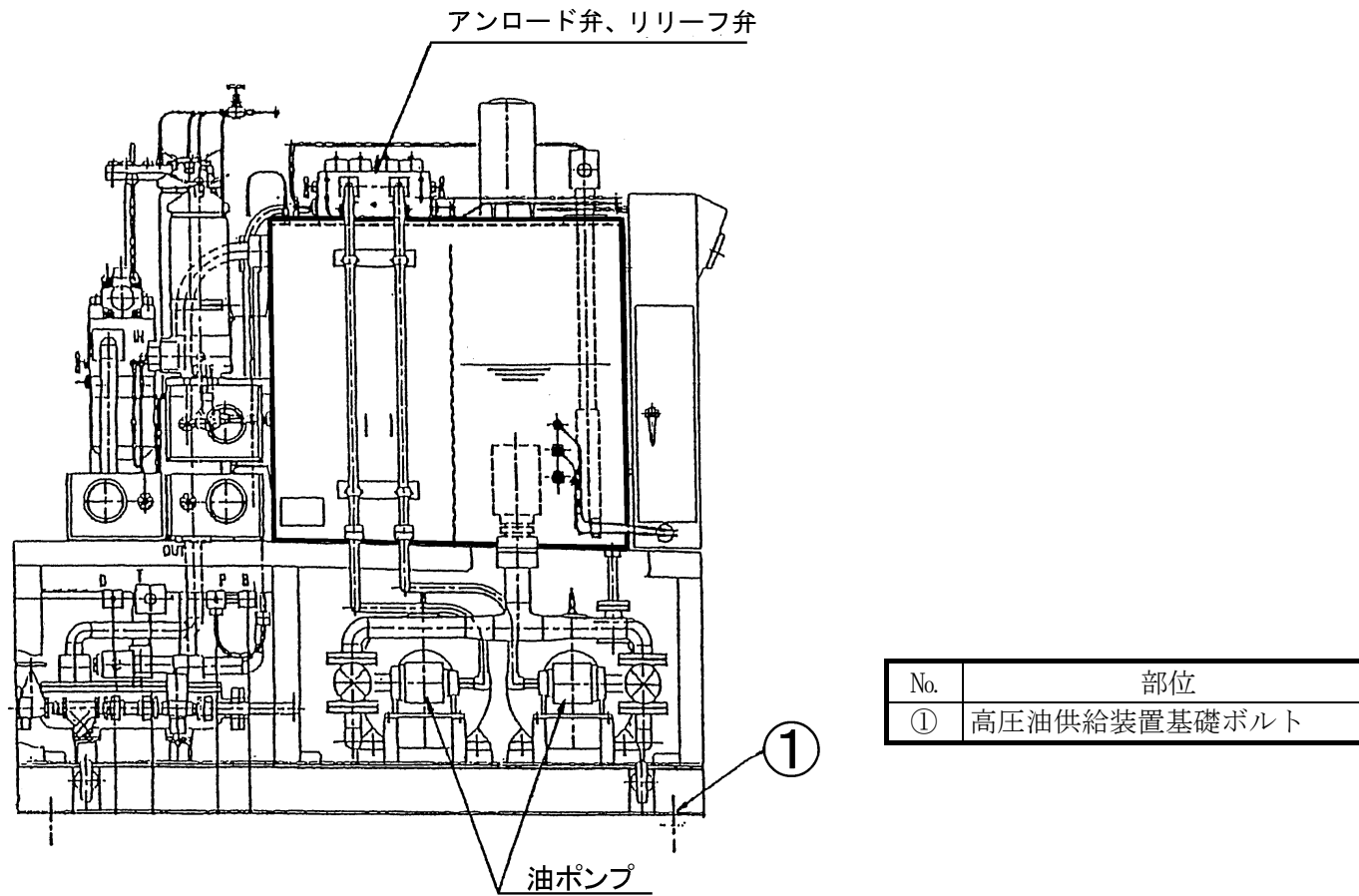
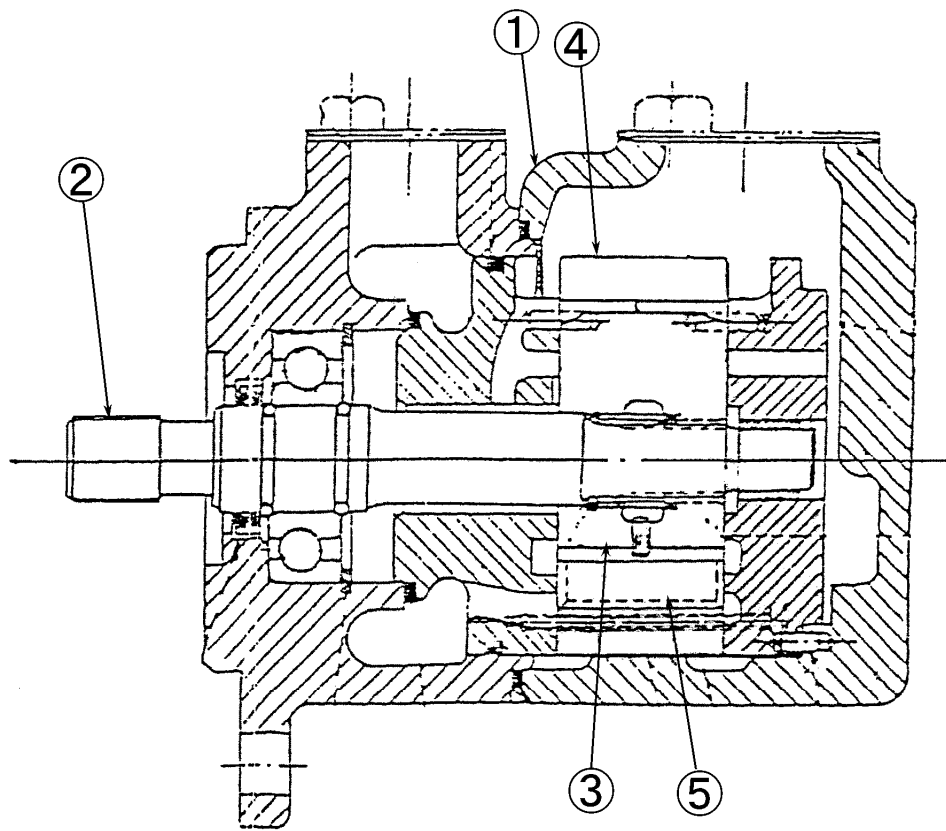


図2.1-1 高浜1号炉 タービン调速装置 EHガバナ高圧油供給装置構造図



No.	部位
①	ケーシング
②	主軸
③	ロータ
④	カムリング
⑤	ベーン

図2.1-2 高浜1号炉 タービン調速装置 EHガバナ高圧油供給装置 油ポンプ構造図

No.	部位
①	プランジャ
②	ポペット
③	ブッシュ
④	ケーシング
⑤	ばね

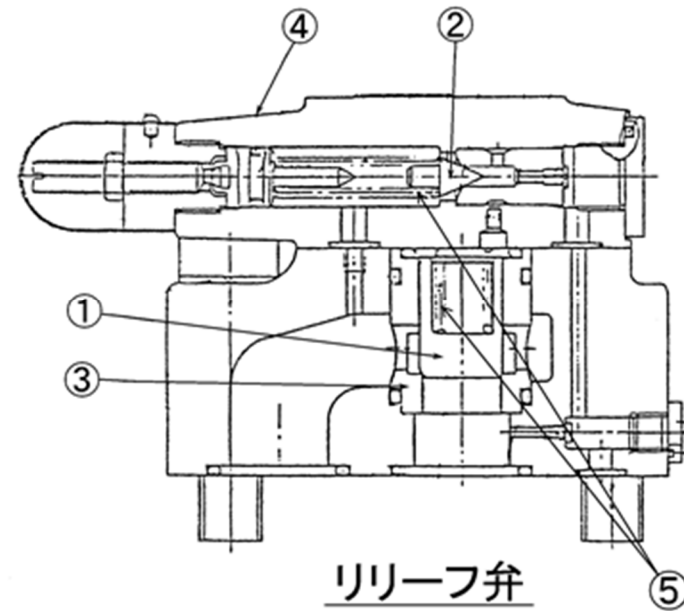
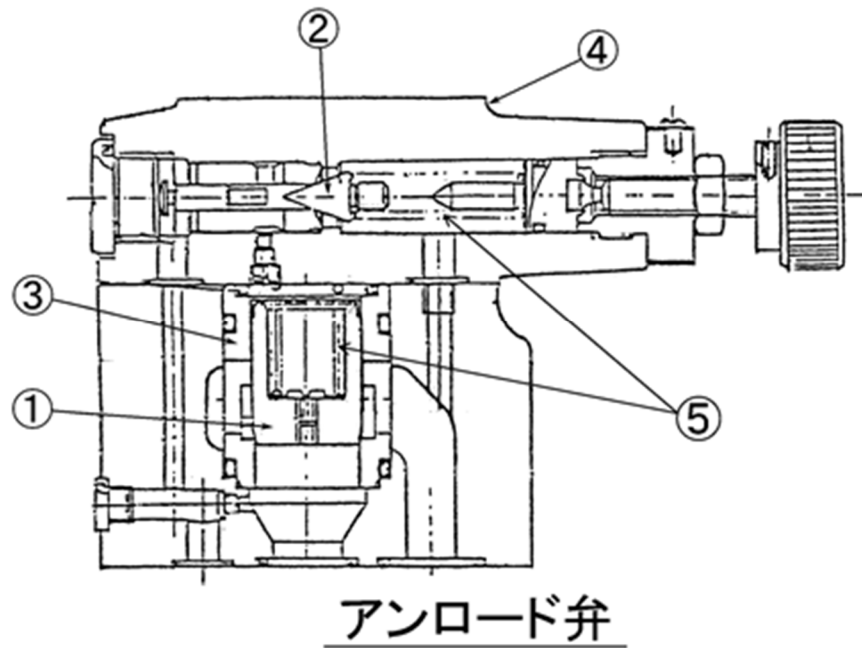
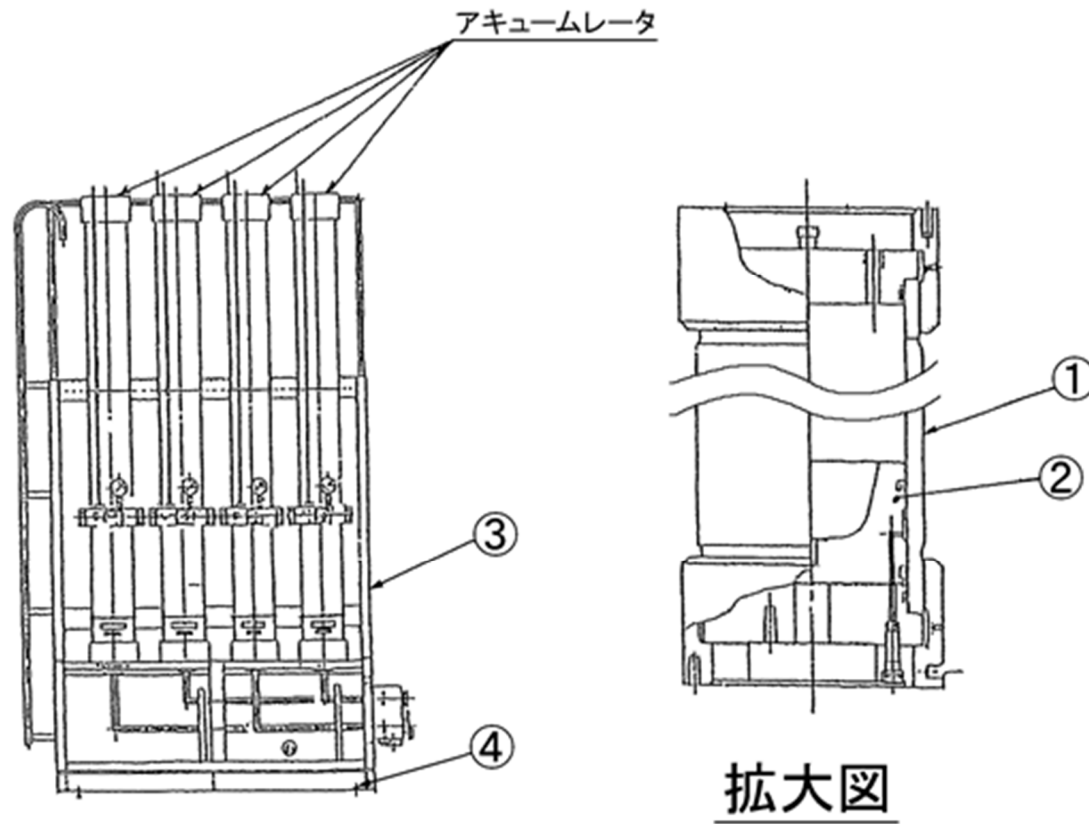


図2.1-3 高浜1号炉 タービン調速装置 EHガバナ高圧油供給装置 アンロード弁、リリース弁構造図



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2.1-4 高浜1号炉 タービン調速装置 EHガバナ高圧油供給装置 アキュムレータ構造図

表2.1-1 高浜1号炉 タービン調速装置主要部位の使用材料

部位		材料
高圧油供給装置 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
	ペーン	消耗品・定期取替品
高圧油供給装置 アンロード弁、 リリース弁	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、ばね用オイルテンパー線
高圧油供給装置	基礎ボルト	炭素鋼
高圧油供給装置 アキュムレータ	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

表2.1-2 高浜1号炉 タービン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

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機能達成に必要な項目

タービン調速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 制御機能の維持
- 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

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

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

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

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

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

なお、日常劣化管理事象ではない事象はない。

(1) 油ポンプケーシング等の腐食（全面腐食）

油ポンプのケーシング、アンロード弁およびリリーフ弁のケーシングは鋳鉄、アキュームレータチューブは炭素鋼であり、腐食が想定される。

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

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

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

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

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

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(2) 油ポンプ主軸およびロータ等の腐食（全面腐食）

油ポンプの主軸、ロータ、アンロード弁およびリリーフ弁のプランジャ、ポペット、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、内部流体は油で腐食が発生しがたい環境であり、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

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

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(3) アンロード弁およびリリーフ弁のプランジャ、ポペットおよびブッシュの摩耗

アンロード弁およびリリーフ弁の開閉により摺動面、シート面で摩耗が想定される。

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

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

なお、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) アキュムレータチューブおよびピストンの摩耗

アキュムレータの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、摺動部に潤滑油を注入することで摩耗を防止しているが、ピストンの動作により摺動部で摩耗が想定される。

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) アンロード弁およびリリーフ弁のばねの変形（応力緩和）

アンロード弁およびリリーフ弁のばねは応力状態にて長期間保持されることにより、変形（応力緩和）が想定される。

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

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

なお、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) アキュームレータスタンドの腐食（全面腐食）

アキュームレータの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、塗膜が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

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

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

(7) 基礎ボルトの腐食（全面腐食）

基礎ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

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

2.2.4 消耗品および定期取替品

油ポンプのカムリングおよびベーンは、分解点検時に取替える消耗品であり、長期使用はせず取替を前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

表2.2-1 高浜1号炉 タービン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	高圧油供給装置 油ポンプ	ケーシング		铸铁		△*1						*1：内外面 *2：変形 (応力緩和)
		主軸		低合金鋼		△						
		ロータ		低合金鋼		△						
		カムリング	◎	—								
		ベーン	◎	—								
	高圧油供給装置 アンロード弁、 リリース弁	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		铸铁		△*1						
		ばね		ピアノ線、ばね用 オイルテンパー線							△*2	
	高圧油供給装置 アキュムレータ	チューブ		炭素鋼	△	△*1						
		ピストン		アルミニウム 合金鋳物	△							
	機器の支持	高圧油供給装置	基礎ボルト		炭素鋼		△					
		高圧油供給装置 アキュムレータ	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）

5 タービン動補助給水ポンプ 蒸気タービン

[対象機器]

- ① タービン動補助給水ポンプ蒸気タービン

目次

1. 技術評価対象機器	1
2. タービン動補助給水ポンプ蒸気タービンの技術評価	2
2.1 構造、材料および使用条件	2
2.2 経年劣化事象の抽出	9

1. 技術評価対象機器

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

表1-1 高浜1号炉 タービン動補助給水ポンプ蒸気タービンの主な仕様

機器名称 (台数)	仕様 (出力(kW)× 定格回転数 (rpm))	重要度*1	使用条件			
			運転状態	最高使用圧力 (MPa[gage])	最高使用温度 (℃)	湿り度*2 (%)
タービン動 補助給水ポンプ 蒸気タービン (1)	約700× 約7,458	MS-1、重*3	一時	約7.5	約291	約0.44

*1：機能は最上位の機能を示す。

*2：駆動蒸気管の蒸気条件。

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

2. タービン動補助給水ポンプ蒸気タービンの技術評価

2.1 構造、材料および使用条件

(1) 構造

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

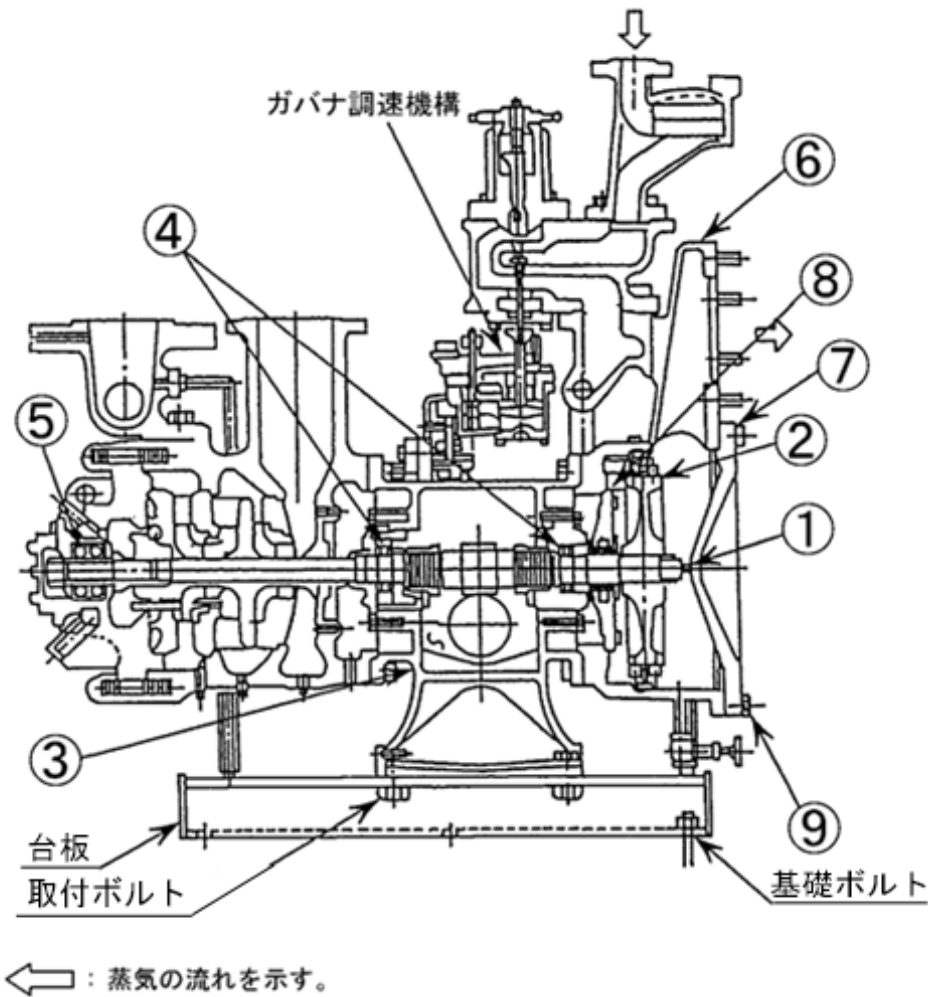
また、ガバナ弁、オイルリレー、オーバースピードガバナおよび圧力調整器で構成されるガバナ調速機構が、ポンプ吐出圧を一定に保つために設置されており、このガバナ調速機構に作動油圧を供給するためにタービンケーシングとポンプケーシングの間に油圧ユニットを設置している。

油圧ユニットには、ガバナ調速機構を駆動する油圧を供給するため、主油ポンプが設置されており、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。

高浜1号炉のタービン動補助給水ポンプ蒸気タービンの構造図を図2.1-1～図2.1-4に示す。

(2) 材料および使用条件

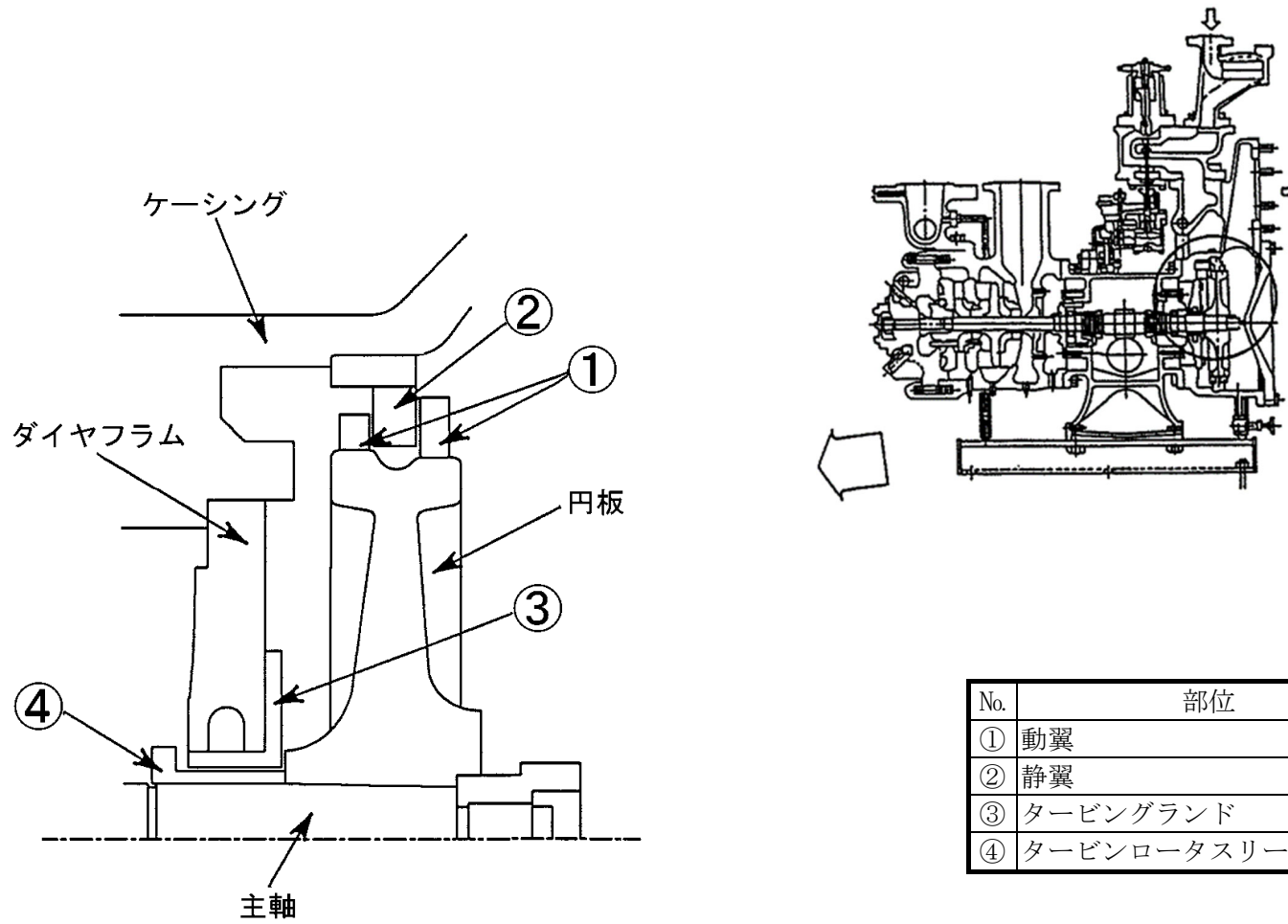
高浜1号炉のタービン動補助給水ポンプ蒸気タービンの使用材料および使用条件を表2.1-1および表2.1-2に示す。



No.	部位
①	主軸
②	円板
③	油圧ユニットケーシング
④	ローラ軸受 (ころがり)
⑤	スラスト軸受 (ころがり)
⑥	ケーシング
⑦	ケーシングカバー
⑧	ダイヤフラム
⑨	ケーシングボルト

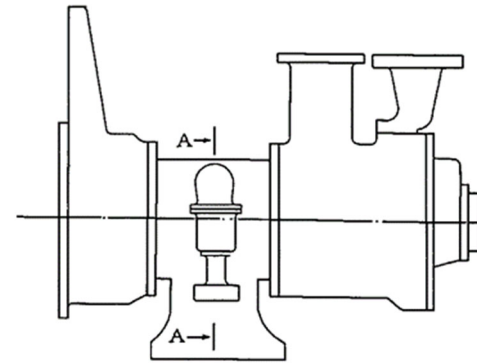
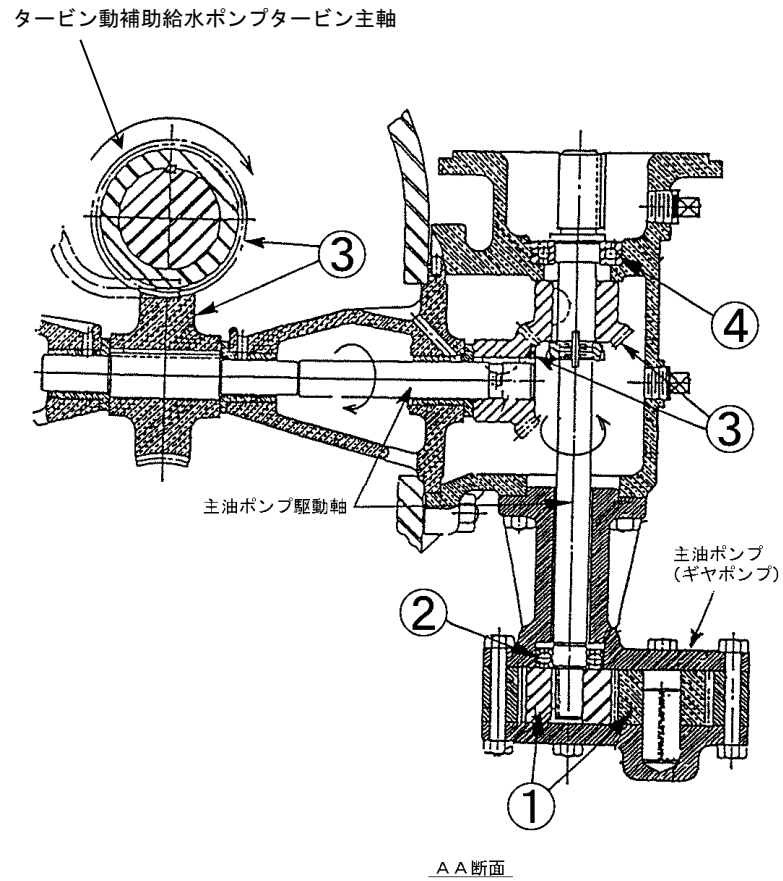
台板、取付ボルト、基礎ボルトについてはポンプ側で評価実施

図2.1-1 高浜1号炉 タービン動補助給水ポンプ蒸気タービン 構造図



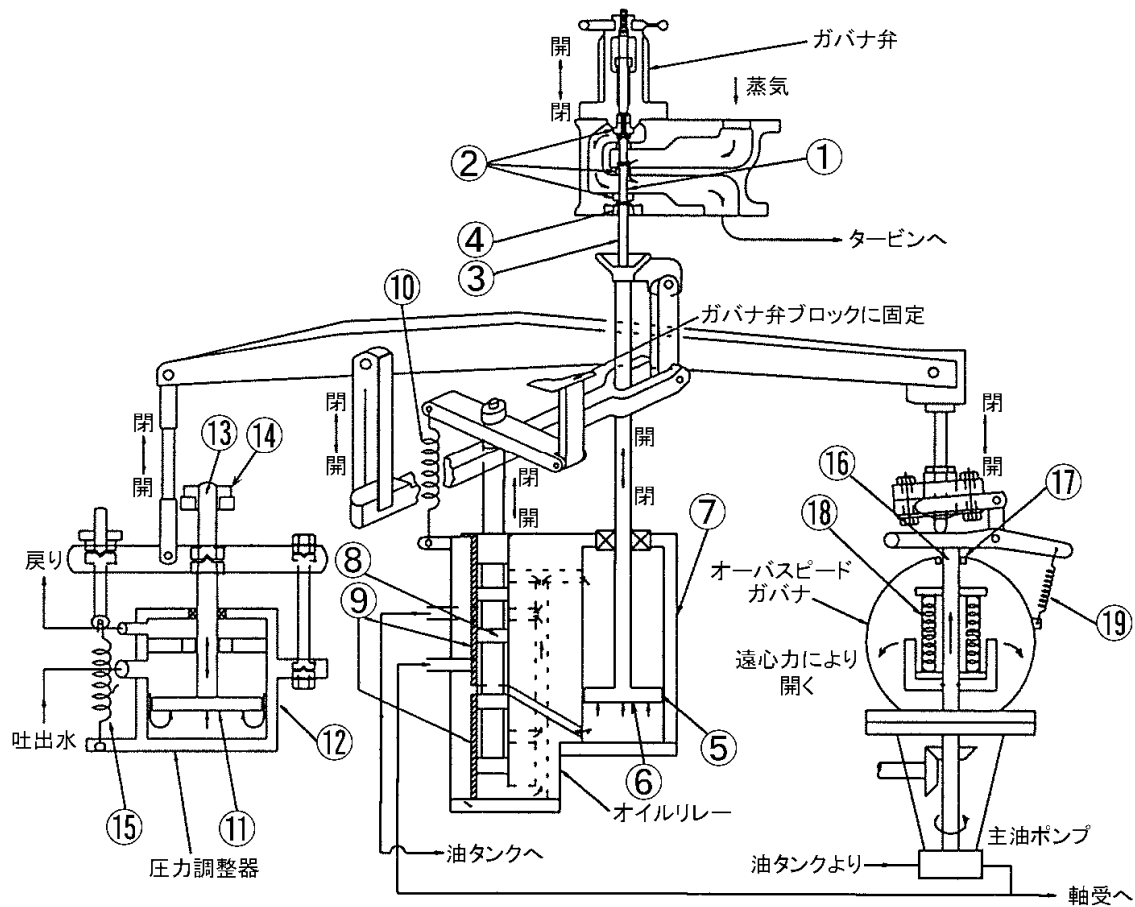
No.	部位
①	動翼
②	静翼
③	タービングランド
④	タービンロータスリーブ

図2.1-2 高浜1号炉 タービン動補助給水ポンプ蒸気タービン 軸シール部および翼部 構造図



No.	部位	
①	油圧ユニット	主油ポンプ歯車
②		主油ポンプ軸受 (ころがり)
③		駆動用歯車
④		駆動軸軸受 (ころがり)

図2. 1-3 高浜 1 号炉 タービン動補給水ポンプ蒸気タービン 油圧ユニット 主油ポンプ 構造図



No.	部位	
①	ガバナ弁	弁棒
②		ガイド、シート
③	オイルリレー	スピンドル
④		ブッシュ
⑤		ピストンリング
⑥		ピストン
⑦		シリンダ
⑧		パイロットスピンドル
⑨	パイロットブッシュ	
⑩	スプリング	
⑪	圧力調整器	ピストン
⑫		シリンダ
⑬		スピンドル
⑭		ガイド
⑮	スプリング	
⑯	オーバースピード	スピンドル
⑰	ガバナ	ブッシュ
⑱	ガバナスプリング	
⑲	トリップラッチスプリング	

図2.1-4 高浜1号炉 タービン動補助給水ポンプ蒸気タービン ガバナ调速機構 構造図 (概念図)

表2.1-1(1/2) 高浜1号炉 タービン動補助給水ポンプ蒸気タービン
主要部位の使用材料

部位		材料
主軸		ステンレス鋼
円板		低合金鋼
ローラ軸受 (ころがり)		消耗品・定期取替品
スラスト軸受 (ころがり)		消耗品・定期取替品
ケーシング		炭素鋼鋳鋼
ケーシングカバー		炭素鋼鋳鋼
ダイヤフラム		炭素鋼鋳鋼
ケーシングボルト		低合金鋼
動翼		ステンレス鋼
静翼		ステンレス鋼
タービンブランド		消耗品・定期取替品
タービンロータスリーブ		消耗品・定期取替品
油圧ユニット	ケーシング	炭素鋼鋳鋼
	主油ポンプ歯車	低合金鋼、銅合金
	主油ポンプ軸受 (ころがり)	消耗品・定期取替品
	駆動用歯車	低合金鋼、銅合金
	駆動軸軸受 (ころがり)	消耗品・定期取替品
ガバナ弁	弁棒	ステンレス鋼
	ガイド、シート	ステンレス鋼

表2.1-1(2/2) 高浜1号炉 タービン動補助給水ポンプ蒸気タービン
主要部位の使用材料

部位		材料
オイルリレー	スピンドル	ステンレス鋼
	ブッシュ	銅合金
	ピストンリング	鋳鉄
	ピストン	鋳鉄
	シリンダ	銅合金
	パイロットスピンドル	ステンレス鋼
	パイロットブッシュ	銅合金
	スプリング	炭素鋼+亜鉛メッキ
圧力調整器	ピストン	銅合金
	シリンダ	銅合金
	スピンドル	ステンレス鋼
	ガイド	銅
	スプリング	炭素鋼+亜鉛メッキ
オーバースピード ガバナ	スピンドル	ステンレス鋼
	ブッシュ	銅合金
ガバナスプリング		炭素鋼+亜鉛メッキ
トリップラッチスプリング		炭素鋼+亜鉛メッキ

表2.1-2 高浜1号炉 タービン動補助給水ポンプ蒸気タービンの使用条件

最高使用圧力	約7.5MPa[gage]
最高使用温度	約291℃
定格流量	約495m ³ /h
内部流体	湿り蒸気

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蒸気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

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蒸気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）および現在までの運転経験を考慮し、表2.2-1に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象はない。

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

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

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

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

なお、日常劣化管理事象ではない事象はない。

(1) 主軸の摩耗

タービン動補助給水ポンプ蒸気タービン（以下、本機器という）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る。

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

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

さらに、本機器の運転時間は短く、主軸の摩耗が発生しがたい。

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

なお、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、試運転時および機能確認時における振動確認（変位、速度、加速度の測定等）ならびに分解点検時の応力集中部に対する目視確認や浸透探傷検査により、機器の健全性を確認している。

(3) 円板の応力腐食割れ

円板は低合金鋼であり、湿り蒸気雰囲気での腐食環境下で使用されているため、円板の応力腐食割れが想定される。

しかしながら、円板と主軸は中心穴のテーパ形状による嵌め合いにより結合されており、キー溝部に過大な応力が発生しない構造である。

さらに、本機器の運転時間は短く、応力腐食割れが発生しがたい。

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

なお、分解点検時に円板への主軸取付け状況および応力集中部に対する目視確認や浸透探傷検査により、機器の健全性を確認している。

(4) ケーシングおよびケーシングカバー等の腐食（全面腐食）

ケーシング、ケーシングカバー、油圧ユニットのケーシングおよびダイヤフラムは炭素鋼・鋳鋼であり、腐食が想定される。

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

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

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

一方、内面については油圧ユニットケーシングの内部流体が油で腐食が発生しがたい環境であり、また、ケーシング、ケーシングカバーおよびダイヤフラムの内部流体が湿り蒸気雰囲気であるが、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

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

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(5) 油圧ユニット主油ポンプ歯車および駆動用歯車の摩耗

油圧ユニットの主油ポンプは駆動歯車を介して主軸の回転力により駆動される歯車ポンプであり、歯車は摩擦による摩耗が想定される。

駆動歯車は主油ポンプおよび主軸に直結された歯車を介して駆動される直径の異なる歯車を組合わせており、歯車の歯面は接触により動力が伝達されるため、面圧条件により摩耗が想定される。

しかしながら、本機器の運転時間は短く、歯車には潤滑油を供給し摩耗を防止しており、摩耗が発生しがたい環境である。

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

なお、分解点検時の目視確認や寸法計測により、機器の健全性を確認している。

(6) ガバナ調速機構の摩耗

ガバナ調速機構を構成するガバナ弁、オイルリレー、オーバースピードガバナおよび圧力調整器の摺動部に摩耗が想定される。

しかしながら、本機器の運転時間は短く、これまでに有意な摩耗は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

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

なお、分解点検時の目視確認や寸法計測およ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。

(7) ガバナ調速機構ばねの変形（応力緩和）

オイルリレースプリング、圧力調整器スプリング、ガバナスプリングおよびトリップラッチスプリングのばねは応力状態にて長期間保持されることにより、変形（応力緩和）が想定される。

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

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

なお、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) ケーシングおよびケーシングカバー等の疲労割れ

ケーシング、ケーシングカバーおよびダイヤフラムにはタービン起動時に発生する内部流体の温度、圧力の変化により材料に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、疲労割れが発生しがたい。

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

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(9) 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がたい。

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

なお、巡視点検等の目視確認や分解点検時の超音波探傷検査により、機器の健全性を確認している。

2.2.4 消耗品および定期取替品

ローラ軸受（ころがり）、スラスト軸受（ころがり）、油圧ユニット主油ポンプ軸受（ころがり）および油圧ユニット駆動軸軸受（ころがり）は分解点検時に取替える消耗品であり、タービングランドおよびタービンロータスリーブは分解点検時の目視確認や寸法計測の結果に基づき取替える消耗品であり、長期使用はせず取替を前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

表2.2-1(1/3) 高浜1号炉 タービン動補助給水ポンプ蒸気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			ステンレス鋼	△		△*1				*1：高サイクル疲労割れ		
	円板			低合金鋼				△					
	ローラ軸受（ころがり）		◎	—									
	スラスト軸受（ころがり）		◎	—									
	動翼			ステンレス鋼									
	静翼			ステンレス鋼									
	油圧ユニット	ケーシング			炭素鋼鋳鋼		△						
		主油ポンプ歯車			低合金鋼、銅合金	△							
		主油ポンプ軸受（ころがり）		◎	—								
		駆動用歯車			低合金鋼、銅合金	△							
		駆動軸軸受（ころがり）		◎	—								
ガバナ弁	弁棒			ステンレス鋼	△								
	ガイド、シート			ステンレス鋼	△								

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-1(2/3) 高浜1号炉 タービン動補助給水ポンプ蒸気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	オイル リレー		ステンレス鋼	△							*1：変形(応力緩和)
			銅合金	△							
			鋳鉄	△							
			鋳鉄	△							
			銅合金	△							
			ステンレス鋼	△							
			銅合金	△							
			炭素鋼+ 亜鉛メッキ							△*1	
	圧力調 整器		銅合金	△							
			銅合金	△							
			ステンレス鋼	△							
			銅	△							
			炭素鋼+ 亜鉛メッキ							△*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(3/3) 高浜1号炉 タービン動補助給水ポンプ蒸気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	オーバースピードガバナ	スピンドル		ステンレス鋼	△						*1：変形(応力緩和)	
		ブッシュ		銅合金	△							
	ガバナスプリング			炭素鋼＋亜鉛メッキ						△*1		
	トリップラッチスプリング			炭素鋼＋亜鉛メッキ						△*1		
バウンダリの維持	ケーシング			炭素鋼鋳鋼		△	△					
	ケーシングカバー			炭素鋼鋳鋼		△	△					
	ダイヤフラム			炭素鋼鋳鋼		△	△					
	ケーシングボルト			低合金鋼		△						
	タービングランド		◎	—								
	タービンロータスリーブ		◎	—								

△：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）

高浜発電所 1 号炉

コンクリート構造物およ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]

関西電力株式会社

本評価書は、高浜1号炉における主要なコンクリート構造物および鉄骨構造物の高経年化に関する技術評価についてまとめたものである。

高浜1号炉におけるコンクリート構造物およ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（平成2年8月30日原子力安全委員会決定、以下「重要度指針」という）におけるPS-1、2（異常発生防止系-クラス1、2）およびMS-1、2（異常影響緩和系-クラス1、2）に該当する構造物、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（「重要度指針」におけるPS-3（異常発生防止系-クラス3）および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）、浸水防護施設に属する構造物ならびに常設重大事故等対処設備およ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。なお、選定した対象構造物には、火災防護設備に属する構造物を含む。

コンクリート構造物および鉄骨構造物に対して、安全上およ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）および耐火機能（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、代表構造物のうち、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。

コンクリート構造物および鉄骨構造物

目 次

1. 対象構造物および代表構造物	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	9
2.1 構造、材料、使用条件	9
2.2 高経年化対策上着目すべき部位・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	20
3. グループ内全構造物への展開	40

1. 対象構造物および代表構造物

高浜1号炉におけるコンクリート構造物および鉄骨構造物のうち、安全上重要な構造物、高温・高圧の環境下にある機器を支持する構造物および浸水防護施設に属する構造物ならびに常設重大事故等対処設備およ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、対象構造物には火災防護設備に属する構造物を含む。安全上重要な構造物は、「重要度指針」におけるPS-1、2（異常発生防止系ークラス1、2）およびMS-1、2（異常影響緩和系ークラス1、2）に該当する構造物、また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、「重要度指針」におけるPS-3（異常発生防止系ークラス3）および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 外部遮蔽壁（3号炉）
- ③ 外部遮蔽壁（4号炉）
- ④ 内部コンクリート
- ⑤ 原子炉格納施設基礎
- ⑥ 原子炉補助建屋（水密扉含む）
- ⑦ 原子炉補助建屋（2号炉）
- ⑧ 原子炉補助建屋（3・4号炉）
- ⑨ 取水構造物（浸水防止蓋含む）
- ⑩ タービン建屋
- ⑪ 緊急時対策所建屋
- ⑫ 非常用ディーゼル発電用燃料油タンク基礎（配管トレンチ含む）
- ⑬ 復水タンク基礎（配管トレンチ含む）
- ⑭ 防潮ゲート（道路部、水路部）（4号炉）
- ⑮ 放水口側防潮堤（防潮扉含む）（4号炉）
- ⑯ 屋外排水路逆流防止設備（4号炉）
- ⑰ 放水ピット止水板（4号炉）

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に示すとおり、使用条件などにより、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 取水構造物
- ⑥ タービン建屋

(2) 鉄骨構造物

- ① 原子炉補助建屋（鉄骨部）
- ② タービン建屋（鉄骨部）

表1-1 対象構造物の選定 (1/4)

安全重要度分類審査指針等に定める要求機能	クラス	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	炉心そう	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 内部コンクリート、原子炉補助建屋、復水タンク基礎（配管トレンチ含む） 内部コンクリート、原子炉補助建屋 内部コンクリート、原子炉補助建屋
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 内部コンクリート、原子炉補助建屋 内部コンクリート
放射性物質の閉じ込め機能 放射線の遮へい及び放出低減機能	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	原子炉格納施設基礎 原子炉補助建屋 原子炉補助建屋 原子炉補助建屋 外部遮蔽壁、原子炉格納施設基礎
工学的安全施設及び原子炉停止系への作動信号の発生機能	MS-1	安全保護系	原子炉補助建屋
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、同遮蔽、同換気空調系 その他換気空調系 原子炉補機冷却水系 原子炉補機冷却海水系 直流電源系、計測制御電気系 制御用圧縮空気設備	原子炉補助建屋、非常用ディーゼル発電用燃料油タンク基礎（配管トレンチ含む） 原子炉補助建屋 原子炉補助建屋（2号炉） 原子炉補助建屋 取水構造物 原子炉補助建屋 原子炉補助建屋

表1-1 対象構造物の選定(2/4)

安全重要度分類審査指針等に定める要求機能	クラス	主要設備	対象構造物
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 新燃料貯蔵庫	原子炉補助建屋 原子炉補助建屋、原子炉補助建屋（3・4号炉） 原子炉補助建屋
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、燃料取扱建屋クレーン	内部コンクリート 内部コンクリート 原子炉補助建屋、原子炉補助建屋（3・4号炉）
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	原子炉補助建屋 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 燃料取扱建屋換気空調系	原子炉補助建屋 外部遮蔽壁 原子炉補助建屋
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
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、または最高使用圧力が1900kPaを超える環境下にある原子炉格納容器外の機器に要求される機能	高 ^{*1}	高圧タービン、低圧タービン、湿分分離加熱器、高圧給水ヒータ、脱気器 廃液蒸発装置、アスファルト固化設備、 雑固体焼却設備	タービン建屋 原子炉補助建屋（廃棄物処理建屋）

*1：最高使用温度が95℃を超え、または最高使用圧力が1900kPaを超える環境下にある原子炉格納容器外の重要度クラス3の機器

表1-1 対象構造物の選定(3/4)

安全重要度分類審査指針などに定める要求機能	分類など	主要設備	対象構造物
浸水防護施設	設*2	浸水防止蓋 潮位計 衛星電話（津波防護用） 取水路防潮ゲート 放水口側防潮堤（防潮扉含む） 屋外排水路逆流防止設備 放水ピット止水板 水密扉 津波監視カメラ	取水構造物（浸水防止蓋） 取水構造物 原子炉補助建屋、原子炉補助建屋（3・4号炉） 防潮ゲート（道路部、水路部）（4号炉） 放水口側防潮堤（防潮扉含む）（4号炉） 屋外排水路逆流防止設備（4号炉） 放水ピット止水板（4号炉） 原子炉補助建屋（水密扉） 外部遮蔽壁（3号炉）、原子炉補助建屋（3・4号炉）
常設重大事故等対処設備	重*3	恒設代替低圧注水ポンプ 原子炉下部キャビティ注水ポンプ 格納容器雰囲気ガスサンプリング冷却器 恒設代替低圧注水ポンプモータ 原子炉下部キャビティ注水ポンプモータ 号機間融通用高圧ケーブルコネクタ接続盤 代替所内電気設備用変圧器 代替所内電気設備分電盤（パワーセンタ） 代替所内電気設備分電盤（コントロールセンタ） 格納容器再循環サンブ 緊急時対策所 非常用海水路 内部スプレイポンプ出口流量 使用済燃料ピット水位 使用済燃料ピット温度 恒設代替低圧注水ポンプ出口流量 原子炉下部キャビティ水位 原子炉格納容器水位 静的触媒式水素再結合装置温度 原子炉格納容器水素燃焼装置温度 原子炉水位 原子炉下部キャビティ注水ポンプ出口流量積算 A T W S 緩和設備 使用済燃料ピットエリア監視カメラ	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 原子炉補助建屋 内部コンクリート 緊急時対策所建屋 取水構造物 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 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 内部コンクリート 原子炉補助建屋 原子炉補助建屋 原子炉補助建屋

*2：設計基準対象施設として評価対象とした機器および構造物であることを示す。

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

表1-1 対象構造物の選定(4/4)

安全重要度分類審査指針などに定める要求機能	分類など	主要設備	対象構造物
常設重大事故等対処設備	重*3	S P D S 関連設備 衛星電話（固定） 衛星電話（固定）（3号機設備） 緊急時衛星通報システム 統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備（TV会議システム、I P 電話、I P - F A X） 緊急時対策所遮蔽（1・2号機共用） 恒設ダクト（緊急時対策所建屋接続口～緊急時対策所内） 流量調整ユニット（空気供給装置用） 恒設配管（空気供給装置用） 緊急時対策所電源車切替盤 緊急時対策所コントロールセンタ 緊急時対策所100V主分電盤 代替所内電気設備 高圧ケーブル分岐盤 格納容器循環冷暖房ユニット 制御建屋空調ユニット 格納容器循環冷暖房ユニットダクト 緊急時対策所換気系統設備 静的触媒式水素再結合装置 原子炉格納容器水素燃焼装置 S A 監視計器用電源	緊急時対策所建屋、原子炉補助建屋、原子炉補助建屋（3・4号炉）、外部遮蔽壁（3号炉）、外部遮蔽壁（4号炉） 緊急時対策所建屋、原子炉補助建屋、原子炉補助建屋（3・4号炉） 原子炉補助建屋（3・4号炉） 緊急時対策所建屋 緊急時対策所建屋、原子炉補助建屋（3・4号炉） 緊急時対策所建屋 緊急時対策所建屋 緊急時対策所建屋 緊急時対策所建屋 原子炉補助建屋 内部コンクリート 原子炉補助建屋 内部コンクリート 緊急時対策所建屋 内部コンクリート 内部コンクリート 原子炉補助建屋

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

表1-2 代表構造物の選定
(a) コンクリート構造物

対象構造物 (コンクリート構造物)	重要度分類	使用条件など									選定理由
		運転条件、環境条件など									
		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		供給 塩化物量	耐火要求 の有無	選定	
屋内	屋外										
① 外部遮蔽壁	クラス1設備支持	48	◇	◇	—	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
② 外部遮蔽壁（3号炉）	常設重大事故等 対処設備	38	◇	◇	—	一部 仕上げ無し	仕上げ有り	◇	—		
③ 外部遮蔽壁（4号炉）	常設重大事故等 対処設備	38	◇	◇	—	一部 仕上げ無し	仕上げ有り	◇	—		
④ 内部コンクリート	クラス1設備支持	48	○ (1次遮蔽壁)	○ (1次遮蔽壁)	—	一部 仕上げ無し	/	—	—	◎	高温部、放射線の影響 屋内で仕上げ無し
⑤ 原子炉格納施設基礎	クラス1設備支持	48	—	◇	—	仕上げ有り	埋設*2	◇	/	◎	代表構造物を支持する構造物
⑥ 原子炉補助建屋	クラス1設備支持	48	◇	◇	○ (非常用ディーゼル 発電機基礎)	一部 仕上げ無し	仕上げ有り	◇	—	◎	振動の影響 屋内で仕上げ無し 運転開始後経過年数
⑦ 原子炉補助建屋（2号炉）	クラス1設備支持	47	◇	◇	—	一部 仕上げ無し	仕上げ有り	◇	—		
⑧ 原子炉補助建屋（3・4号炉）	クラス2設備支持	38	◇	◇	—	一部 仕上げ無し	仕上げ有り	◇	—		
⑨ 取水構造物	クラス1設備支持	48	—	—	—	/	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 運転開始後経過年数
⑩ タービン建屋	クラス3設備支持	48	—	—	○ (タービン架台)	一部 仕上げ無し	埋設*2	◇	/	◎	振動の影響 屋内で仕上げ無し
⑪ 緊急時対策所建屋	常設重大事故等 対処設備	4	—	—	—	一部 仕上げ無し	仕上げ有り	◇	—		
⑫ 非常用ディーゼル発電用燃料油タンク基礎 (配管トレンチ含む)	クラス1設備支持	48	—	—	—	/	仕上げ無し	◇	—		
⑬ 復水タンク基礎（配管トレンチ含む）	クラス1設備支持	48	—	—	—	/	仕上げ無し	◇	/		
⑭ 防潮ゲート（道路部、水路部） （4号炉）	浸水防護施設	7	—	—	—	/	仕上げ無し	○ (海水と接触)	/		
⑮ 放水口側防潮堤（防潮扉含む） （4号炉）	浸水防護施設	7	—	—	—	/	仕上げ無し	◇	/		

*1：運転開始後経過年数は、2023年8月時点の年数としている。

*2：環境条件の区分として、土中は一般の環境として区分されることから、他の屋外で仕上げがない構造物で代表させる。

【凡例】

○：影響大

◇：影響小

—：影響極小、または無し

表1-2 代表構造物の選定
(b)鉄骨構造物

対象構造物 (鉄骨構造物)		重要度分類	使用条件など			選定	選定理由	
			運転開始後 経過年数 ^{*1}	設置環境				使用材料
				屋内	屋外			
①	原子炉補助建屋（鉄骨部）	クラス1設備支持	48	仕上げ有り		炭素鋼	◎	使用材料、運転開始後経過年数
②	原子炉補助建屋（鉄骨部）（2号炉）	クラス1設備支持	47	仕上げ有り		炭素鋼		
③	原子炉補助建屋（鉄骨部）（3・4号炉）	クラス2設備支持	38	仕上げ有り		炭素鋼		
④	タービン建屋（鉄骨部）	クラス3設備支持	48	仕上げ有り		炭素鋼	◎	使用材料、運転開始後経過年数
⑤	取水構造物（浸水防止蓋）	浸水防護施設	0		仕上げ有り	ステンレス鋼		
⑥	原子炉補助建屋（水密扉）	浸水防護施設	0	仕上げ有り		炭素鋼		
⑦	防潮ゲート（水路部）（4号炉）	浸水防護施設	7		仕上げ有り	炭素鋼		
⑧	放水口側防潮堤（防潮扉含む）（4号炉）	浸水防護施設	7		仕上げ有り	炭素鋼、 アルミ合金		
⑨	屋外排水路逆流防止設備（4号炉）	浸水防護施設	7		仕上げ有り	ステンレス鋼		
⑩	放水ピット止水板（4号炉）	浸水防護施設	7		仕上げ有り	炭素鋼		

*1：運転開始後経過年数は、2023年8月時点の年数としている。

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）、水およ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、内部コンクリートおよび原子炉格納施設基礎が 20.6 N/mm^2 (210 kgf/cm^2)、原子炉補助建屋およびタービン建屋（タービン架台）が 17.7 N/mm^2 (180 kgf/cm^2)、取水構造物が 23.5 N/mm^2 (240 kgf/cm^2) である。

鉄骨構造物は、構造用鋼材を溶接また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などで固定されている。鉄骨部は、施工時に適切な防錆塗装などが施されている。

高浜1号炉のプラント配置図および代表構造物の概要をそれぞれ図2.1-1および図2.1-2に示す。

高浜1号炉のコンクリート構造物およ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に示したとおりである。

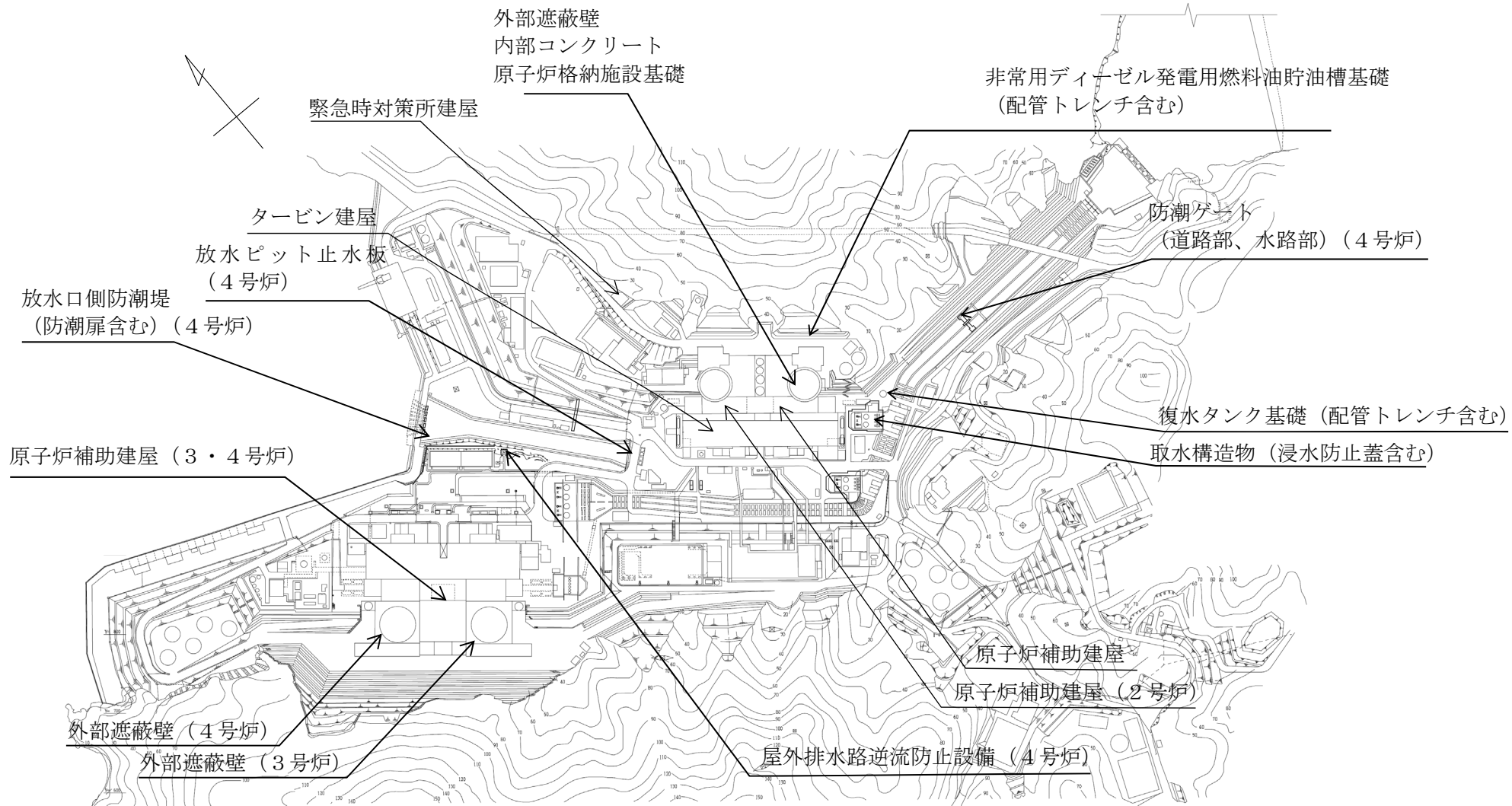
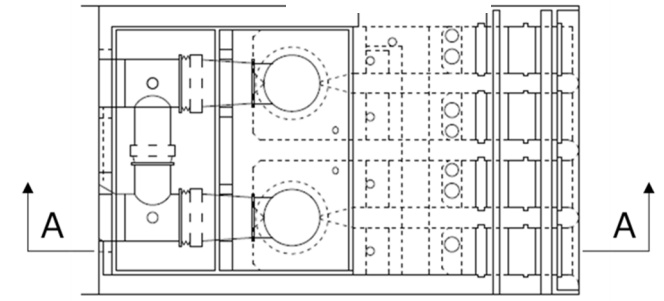
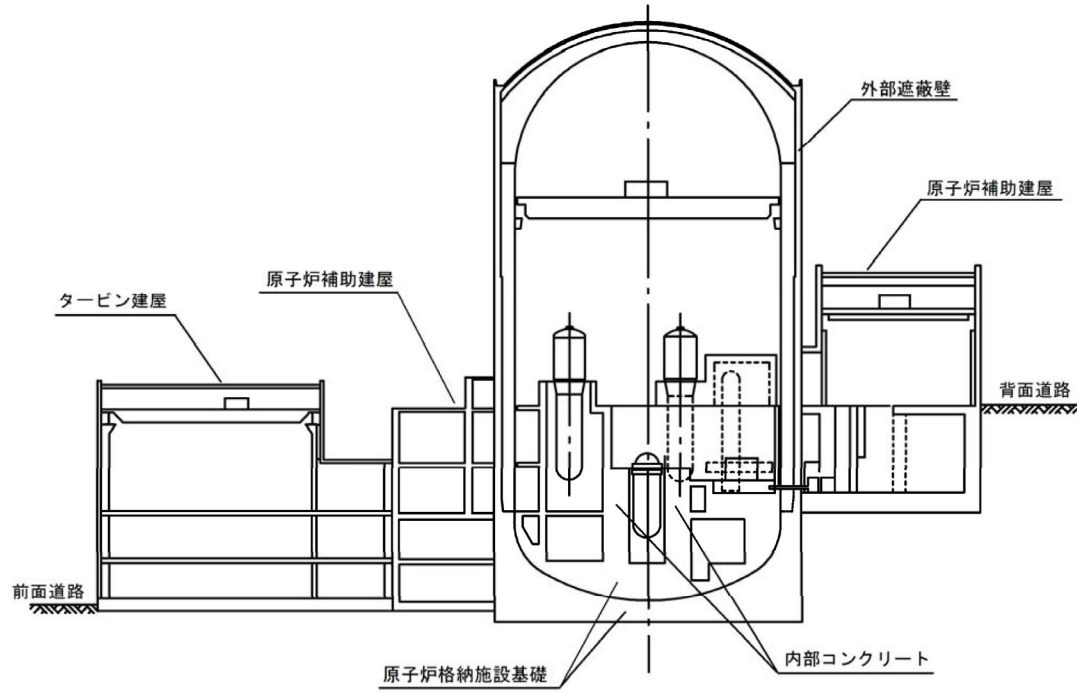
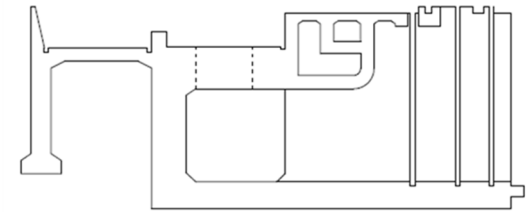


図2.1-1 高浜1号炉 プラント配置図



取水構造物 平面図



取水構造物 A-A断面図

図2.1-2 高浜1号炉 代表構造物の概要

表2.1-1 高浜1号炉 コンクリート構造物および鉄骨構造物の主な使用材料

		材 料	
コンクリート構造物	骨材	粗骨材	砕石（敦賀市葉原）
		細骨材	川砂（舞鶴市由良川）
	セメント		フライアッシュセメントB種
	混和材料		混和剤（AE減水剤相当品）
	鉄筋		異形棒鋼（SD35）
	塗装材		（外部）建築用塗膜防水材（外壁用） （内部）エポキシ樹脂塗料
鉄骨構造物	鉄骨		炭素鋼（SS41）、ステンレス鋼、アルミ合金
	塗装材		合成樹脂調合ペイント

2.2 高経年化対策上着目すべき部位・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およ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および耐火機能である。したがって、次の4つの項目が必要であり、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 コンクリート耐火能力の維持
- ④ 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、コンクリートの耐火能力低下および鉄骨の強度低下が考えられる。

設計上および一般構造物での事例など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、重要度などから、評価対象とする構造物を選定した。高浜1号炉のコンクリート構造物およ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)]

コンクリートが熱を受けると、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など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)]

コンクリートは、中性子照射やガンマ線照射に起因する内部発熱によるコンクリート中の水分の逸散などにより、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、中性子照射量およ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 [外部遮蔽壁 (屋内面)、原子炉補助建屋(基礎マット)、取水構造物 (気中帯)]

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、塗装などのコンクリート表面仕上げの有無、二酸化炭素濃度、温度およ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または抵抗体となることから、一般に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、中央制御室など、社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、運転開始後13年経過した時点 (1987年) で外部遮蔽壁などに塗装を施している。

二酸化炭素濃度については、高濃度である方が中性化に及ぼす影響度が大きい。2014年に原子炉建屋などの主に屋内にて二酸化炭素濃度を計測した結果、平均で約440ppmであった。

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。また、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。

運転開始経過年数、仕上げが施されている状況、2014年の高浜1号炉における環境測定結果などから推定した、供用期間中の二酸化炭素濃度、温度、相対湿度の平均値に基づく中性化に及ぼす影響度の確認結果および運転期間延長認可申請に際して実施した特別点検の結果を踏まえ、外部遮蔽壁 (屋内面)、原子炉補助建屋 (基礎マット) および取水構造物 (気中帯) を評価対象とした。

d. 塩分浸透による強度低下 [取水構造物 (気中帯、干満帯、海中帯)]

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、運転開始後経過年数、飛来塩分および海水とその飛沫の影響により厳しい塩分浸透環境下にある状況および運転期間延長認可申請に際して実施した特別点検の結果を踏まえ、取水構造物 (気中帯、干満帯、海中帯) を評価対象とした。

e. 機械振動による強度低下 [タービン建屋 (タービン架台) および原子炉補助建屋 (非常用ディーゼル発電機基礎)]

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、タービン建屋 (タービン架台) および原子炉補助建屋 (非常用ディーゼル発電機基礎) 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およ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。

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、想定した劣化傾向などにに基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）。
- 2) 現在までの運転経験や使用条件から考えた材料試験データとの比較により、今後も経年劣化事象の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）。

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△または▲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。

使用している骨材（粗骨材、細骨材）については、1985年にモルタルバー法（ASTM C227）による反応性試験を実施し、反応性骨材では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%未満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0.038%であった。また、定期的を目視確認を実施しており、アルカリ骨材反応に起因すると判断されるひび割れなどは認められていない。

これに加え、運転期間延長認可申請に際して実施した特別点検による実体顕微鏡を用いた観察において、コンクリート構造物の健全性に影響を与えるような反応性がないことを確認した。

以上から、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。

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など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高浜1号炉の周

辺地域は凍害危険度が設定されておらず、凍害の予想程度が「ごく軽微」とされる凍害危険度1よりさらに危険度が低い。また、定期的に目視確認を実施しており、凍結融解に起因すると判断されるひび割れなど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) コンクリートの耐火能力低下

a. 火災時の熱など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、コンクリート構造物の断面厚が減少することはなく、また、定期的に目視確認を実施しており、火災時などの熱に起因すると判断される断面厚の減少は認められていない。

以上から、コンクリートの耐火能力は、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。

(3) 鉄骨の強度低下

a. 腐食による強度低下

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、海塩粒子などにより、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、定期的に目視確認を実施しており、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おらず、また、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などが見られた場合には、その部分の塗替えなど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. 風などによる疲労に起因する強度低下

繰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が4以上の構造物はない。したがって、風など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経年劣化事象ではないと判断した。

2.2.4 消耗品および定期取替品

取水構造物（浸水防止蓋）のパッキン等については定期取替品であり、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 高浜1号炉 コンクリート構造物およ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	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		腐食	風などに よる疲労
代 表 構 造 物	外部遮蔽壁			屋内面* ○			△	△		△		
	内部コンクリート	1次 遮蔽壁* ○	1次 遮蔽壁* ○				△	△	1次 遮蔽壁* ○	△		
	原子炉格納施設基礎						△	△				
	原子炉補助建屋			基礎マ ット* ○		非常用デー ゼル発電機 基礎* ○	△	△		△	鉄骨部 △	鉄骨部 ▲
	取水構造物			気中帯* ○	気中帯* 干満帯* 海中帯* ○		△	△		△		
	タービン建屋					タービン 架台* ○	タービン 架台 △	タービン 架台 △			鉄骨部 △	鉄骨部 ▲

○：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）

*：評価対象部位

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 高経年化対策上着目すべき部位・経年劣化事象の抽出」で示した、コンクリートの強度低下をもたらす可能性のある要因毎に、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、コンクリート温度が70℃程度であれ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℃程度以下であれ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などが考えられる。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、日本建築学会「原子炉建屋構造設計指針・同解説（1988）」において、局部では90℃、一般部分では65℃という温度制限値が定められている。

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）の実験によれば、長期加熱時のコンクリートの圧縮強度は、65℃、90℃および110℃で3.5年間加熱した場合でも、強度低下は見られず、また、サイクル加熱時のコンクリートの圧縮強度は、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かった（図2.3-1および図2.3-2）。これらは、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し、コンクリート中の温度が110℃程度以下であれば、加熱時間および繰返し回数がコンクリートの強

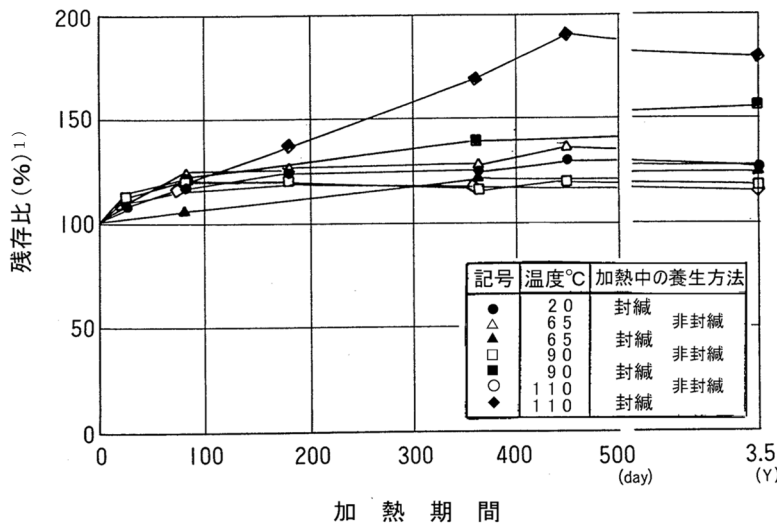
度に影響を与えないことを示していると考えられる。

高浜1号炉のコンクリート構造物のうち、内部コンクリート(1次遮蔽壁)を評価対象とし、運転時に最も高温となる炉心領域部および原子炉容器サポート(以下、「RVサポート」という)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。内部コンクリート(1次遮蔽壁)の概略図を図2.3-3に示す。

断続的運転を前提とした場合における高浜1号炉の内部コンクリートの最高温度は、温度分布解析の結果、炉心領域部で約53℃であった。

高浜1号炉において、コンクリート中の最高温度が温度制限値を下回っていることから、熱による強度への影響はなく、また、110℃を下回っていることから、長期加熱およびサイクル加熱による強度への影響はないものと考えられる。

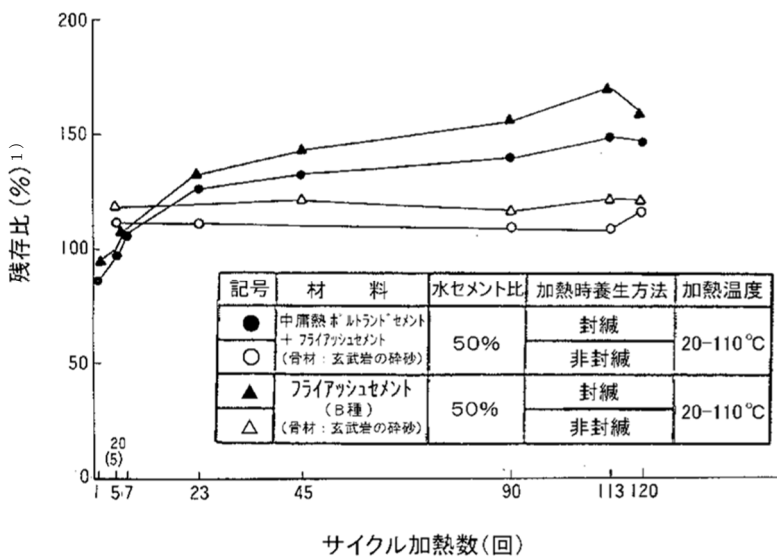
以上から、熱による強度低下に対しては、長期健全性評価上問題とはならない。



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℃および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低下は見られない。

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℃)

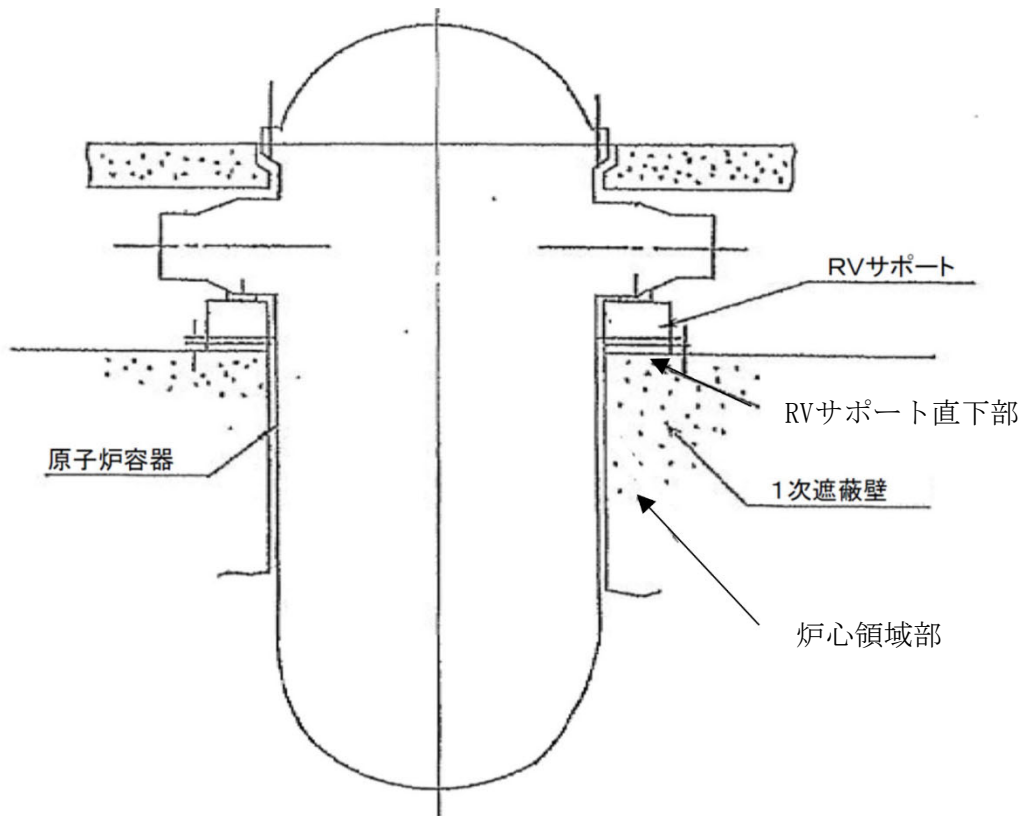


図2.3-3 高浜1号炉 内部コンクリート（1次遮蔽壁）

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、コンクリート中の水分の逸散など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(Hilsdorf et al. 「The Effects of Nuclear Radiation on the Mechanical Properties of Concrete (1978)」)における「中性子照射したコンクリートの圧縮強度(f_{cu})と照射しないコンクリートの圧縮強度(f_{cu0})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、NTEC-2019-1001「中性子照射がコンクリートの強度に及ぼす影響(2019)」)によると、 $1 \times 10^{19} \text{n/cm}^2$ ($E > 0.1 \text{MeV}$) の中性子照射量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、少なくとも $2 \times 10^8 \text{Gy}$ ($2 \times 10^{10} \text{rad}$) 程度のガンマ線照射量では有意な強度低下は見られない(図2.3-4)。

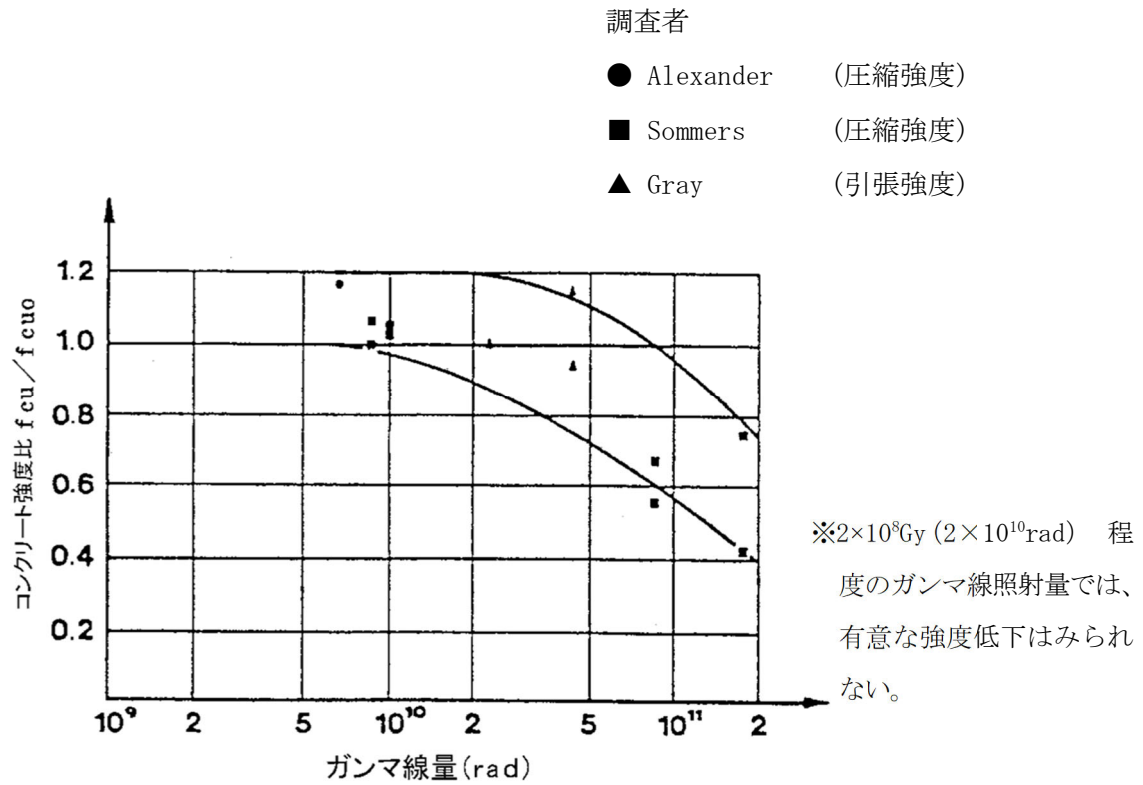
コンクリート構造物のうち、中性子照射量およびガンマ線照射量の最も大きな内部コンクリート(1次遮蔽壁)を評価対象とし、中性子照射量およびガンマ線照射量が最大となる1次遮蔽壁炉心側コンクリートを評価点とし、評価を実施した。

高浜1号炉の運転開始後60年経過時点で予想される中性子照射量($E > 0.098 \text{MeV}$)は、評価点において約 $3.70 \times 10^{19} \text{n/cm}^2$ 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、深さ方向に最大でも10cm程度であり、1次遮蔽壁の厚さ(最小壁厚269cm)に比べて十分小さい。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体の耐力が地震時の鉛直荷重などの設計荷重を上回ること、また、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。

高浜1号炉の運転開始後60年経過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約 $1.10 \times 10^8 \text{Gy}$ ($1.10 \times 10^{10} \text{rad}$)であり、 $2 \times 10^8 \text{Gy}$ ($2 \times 10^{10} \text{rad}$)を下回っていることから、内部コンクリート(1次遮蔽壁)の強度に影響はないものと考えられ

る。

以上から、放射線照射による強度低下に対しては、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2.3-4 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_{cu0}) 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

中性化の進展予測式としては、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）」）および実測値に基づく \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、塗装などのコンクリート表面仕上げの有無、二酸化炭素濃度、温度および相対湿度とされている。

これらの要因を考慮し、仕上げが施されている状況と、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および運転期間延長認可申請に際して実施した特別点検による中性化深さの測定結果を踏まえて、外部遮蔽壁、原子炉補助建屋および取水構造物を評価対象とし、環境条件などにより、外部遮蔽壁（屋内面）、原子炉補助建屋（基礎マット）および取水構造物（気中帯）を評価対象とした。

これらの評価対象について、岸谷式、森永式および実測値に基づく \sqrt{t} 式を用いて、高浜1号炉運転開始後60年経過時点の中性化深さを推定し、鉄筋が腐食し始める時の中性化深さと比較することで評価を実施した。

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2cm奥まで達したときとされている（日本建築学会「鉄筋コンクリート造建築物の耐久設計施工指針・同解説（2016）」）。評価対象の設計最小かぶり厚さは、外部遮蔽壁（屋内面）が5.0cm、原子炉補助建屋（基礎マット）

が 8.0 cm、取水構造物（気中帯）が 8.75 cm である。

評価対象にて測定した中性化深さの平均値ならびに岸谷式、森永式および実測値に基づく√t式を用いて1号炉運転開始後60年経過時点における中性化深さを評価した結果を表2.3-1に示す。

高浜1号炉運転開始後60年経過時点の中性化深さの推定値が、鉄筋が腐食し始める時の中性化深さを下回っていることから、コンクリートの強度への影響はないものと考えられる。

また、定期的に見視確認を実施しているが、鉄筋腐食に起因すると判断されるひび割れなどは認められていない。

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

表2.3-1 高浜1号炉 コンクリートの中性化深さ

	調査時点の中性化深さ			1号炉運転開始後 60年経過時点の 中性化深さ*1 (cm) (推定式)	鉄筋が腐食 し始める時の 中性化深さ (cm)
	経過年数	実測値 (cm)	推定値 (cm) (推定式)		
外部遮蔽壁 (屋内面)	48年	1.3	4.2 (森永式)	4.7 (森永式)	7.0
原子炉補助建屋 (基礎マット)	48年	3.1	4.8 (岸谷式)	5.3 (岸谷式)	10.0
取水構造物 (気中帯)	48年	0.3	2.5 (岸谷式)	2.8 (岸谷式)	8.75

*1：岸谷式、森永式および実測値に基づく√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失われるため、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。

高浜1号炉のコンクリート構造物のうち、運転開始後の経過年が大きいこと、海水とその飛沫の影響により最も厳しい塩分浸透環境下にあることや運転期間延長認可申請に際して実施した特別点検による塩化物イオン濃度の測定結果を踏まえ、取水構造物を評価対象とし、環境条件の異なる気中帯、干満帯および海中帯を評価点として評価を実施した。

評価対象より試料を採取して測定した鉄筋位置での塩化物イオン濃度をもとに、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。

高浜1号炉運転開始後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下回っていることから、コンクリートの強度への影響はないものと考えられる。

また、定期的に見視確認を実施しているが、鉄筋腐食に起因すると判断されるひび割れなどは認められていない。

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

表2.3-2 高浜1号炉 鉄筋の腐食減量

	経過年数	鉄筋位置での 塩化物イオン 濃度および量 上段 (%) 下段 (kg/m ³)	鉄筋の腐食減量 ($\times 10^{-4} \text{g/cm}^2$)		
			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)	48年	0.16 (3.55)	8.2	12.2	88.1
取水構造物 (干満帯)	48年	0.05 (0.98)	11.6	14.7	88.1
取水構造物 (海中帯)	48年	0.22 (5.26)	6.7	9.5	90.1

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

高浜1号炉のコンクリート構造物のうち、比較的大きな振動を受ける原子炉補助建屋（非常用ディーゼル発電機基礎）およびタービン建屋（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。

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。このため、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害なひび割れが発生するものと考えられる。

定期的を目視確認を実施しているが、大きな振動を受けるタービン架台および非常用ディーゼル発電機基礎の機器支持部表面に、機械振動に起因する有害なひび割れなどは認められていない。

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

f. 強度試験結果

技術的評価に加え、現状のコンクリート強度として、高浜1号炉のコンクリート構造物から採取した試料について圧縮強度試験を行った結果を表2.3-3に示す。各代表構造物の平均圧縮強度が設計基準強度を上回っていることを確認した。

表2.3-3 高浜1号炉 代表構造物のコンクリートの圧縮強度試験結果

代表構造物	実施時期	試験箇所数	平均圧縮強度 (N/mm ²)	設計基準強度 (N/mm ²)
外部遮蔽壁	2023年	3	37.2	20.6
内部コンクリート	2023年	3	40.3	20.6
原子炉格納施設基礎	2023年	3	52.6	20.6
原子炉補助建屋	2023年	3	22.1	17.7
取水構造物	2023年	9	31.6	23.5
タービン建屋	2023年	3	27.3	17.7

(2) 現状保全

コンクリート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、塗膜の劣化などの目視確認を行い、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、必要に応じて塗装の塗替えなどの補修を実施している。

また、コンクリートの強度については、非破壊試験などを実施し、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。

(3) 総合評価

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

また、定期的に目視確認を実施し、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するとともに非破壊試験などを実施し、強度に急激な経年劣化が生じていないことを確認し、必要に応じて塗装の塗替えなどの補修を実施していることから、保全方法は適切であり、現状保全を継続することにより、健全性の維持は可能であると考ええる。

(4) 高経年化への対応

コンクリートの強度低下については、今後も現状の保全方法により健全性を確認していくものとし、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。

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、周辺環境からの伝熱およ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、周辺およ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°C 以下、ガンマ線遮蔽で 177°C 以下となっている。

コンクリート構造物のうち、内部コンクリート(1次遮蔽壁)を評価対象とし、運転時に最も高温となる炉心領域部およびRV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高浜1号炉の内部コンクリートの最高温度は、温度分布解析の結果、炉心領域部での約 53°C であり、制限値を下回っていることから、遮蔽能力への影響はないと考えられる。

以上から、熱による遮蔽能力低下に対しては、長期健全性評価上問題とならない。

なお、評価点近傍から採取したコアサンプルについて、運転期間延長認可申請に際して実施した特別点検として確認した乾燥単位容積質量である $2.207\text{g}/\text{cm}^3$ を踏まえ、保守的にコンクリート密度を $2.1\text{g}/\text{cm}^3$ として内部コンクリート(1次遮蔽壁)の遮蔽能力を確認した結果、放射線障害を防止するために必要な遮蔽能力を有していることを確認している。

(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、定期的に見視確認を実施し、遮蔽能力に支障をきたす可能性のあるひび割れなど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、今後遮蔽能力低下が急激に発生する可能性は極めて小さいと考えられる。また、ひび割れなどについては目視確認で検知可能であり、保全方法として適切であり、現状保全を継続することにより、健全性の維持は可能であると考ええる。

(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、今後も現状の保全方法により健全性を確認していくものとし、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。

3. グループ内全構造物への展開

コンクリート構造物および鉄骨構造物の技術評価については、「2.2 高経年化対策上着目すべき部位・経年劣化事象の抽出」および「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、使用条件を考慮して実施している。コンクリート構造物および鉄骨構造物の場合、グループ内全構造物の使用条件は、代表構造物の使用条件に含まれているため、技術評価結果も代表構造物の評価結果に含まれた結果となる。

したがって、代表構造物の技術評価を行ったことで、グループ内全構造物の技術評価は実施済みである。

高浜発電所 1 号炉

計測制御設備の技術評価書

[運転を断続的に行うことを前提とした評価]

関西電力株式会社

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

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

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

これらの一覧表を表1および表2に、機能を表3に示す。

なお、図1において重複している部分については、VDU（ビジュアルディスプレイユニット）はプロセス計測制御設備で、それ以外の機器は制御設備で評価をしている。

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

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

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

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

さらに、設置してから分解点検等の実績がない場合も、保全計画が定められていれば「確認している」等と表記している。

- 1 プロセス計測制御設備
- 2 制御設備

1. プロセス計測制御設備で評価

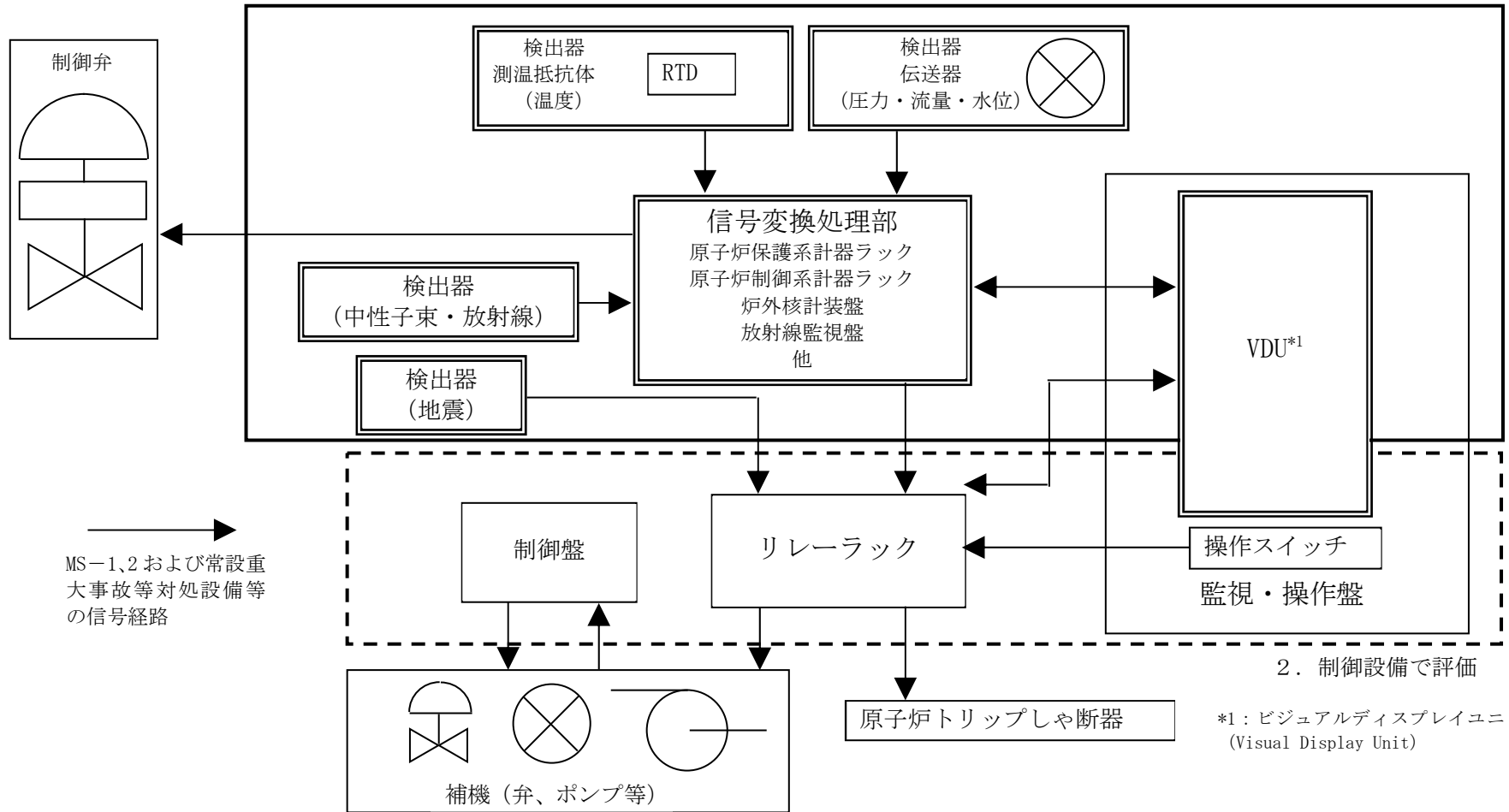


図1 高浜1号炉 計測制御設備の評価区分

表1 (1/6) 高浜1号炉 主要なプロセス計測制御設備

分離基準		機器名称 (ループ数)	選定基準				代表機器の選定	
計測対象	信号伝送方式		主要構成機器	重要度*1	使用条件		代表機器	選定理由
					設置場所 (上段:検出器/下段:検出器以外)	温度 (°C)		
圧力	連続	1次冷却材圧力 (広域) (2)	伝送器、信号変換処理部、VDU*3	MS-1、重*2	原子炉格納容器内*4,5	約41	◎	要求される環境条件が厳しいことから選定
					リレー室、中央制御室	約25		
		1次冷却材圧力 (狭域) (2)	伝送器、信号変換処理部、VDU*3	MS-2	原子炉格納容器内	約41		
					リレー室、中央制御室	約25		
		加圧器圧力 (4)	伝送器、信号変換処理部、VDU*3	MS-1	原子炉格納容器内*4	約29		
					リレー室、中央制御室	約25		
		主蒸気圧力 (12)	伝送器、信号変換処理部、VDU*3	MS-1、重*2	中間建屋	約40		
					リレー室、中央制御室	約25		
					中間建屋	約40		
		タービン第1段後圧力 (2)	伝送器、信号変換処理部、VDU*3	MS-1	タービン建屋	約40		
					リレー室、中央制御室	約25		
		タービン動補助給水ポンプタービン入口蒸気・ポンプ出口差圧 (1)	伝送器 (空気式)、制御器 (空気式)	MS-1	タービン建屋	約40		
格納容器圧力 (5)	伝送器、信号変換処理部、VDU*3	MS-1、重*2	原子炉補助建屋	約40				
			リレー室、中央制御室	約25				
計器用空気ヘッダ圧力 (2)	伝送器、信号変換処理部、VDU*3	MS-2	中間建屋	約40				
			リレー室、中央制御室	約25				
海水ヘッダ圧力 (2)	伝送器、信号変換処理部、VDU*3	MS-2	中間建屋	約40				
			リレー室、中央制御室	約25				
アニュラス圧力 (3)	伝送器、信号変換処理部、VDU*3	MS-2	原子炉補助建屋、中間建屋	約40				
			中央制御室	約25				

*1: 機能は最上位の機能を示す。

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

*3: ビジュアルディスプレイユニット (Visual Display Unit)

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

*5: 重大事故等 (格納容器過温破損、格納容器過圧破損) を考慮する。

表1 (2/6) 高浜1号炉 主要なプロセス計測制御設備

分離基準		機器名称 (ループ数)	選定基準				代表機器の選定	
計測対象	信号伝送方式		主要構成機器	重要度*1	使用条件		代表機器	選定理由
					設置場所 (上段:検出器/下段:検出器以外)	温度 (°C)		
流量	連続	余熱除去ポンプ出口流量 (2)	オリフィス、伝送器、信号変換処理部、VDU*3	MS-2、重*2	原子炉補助建屋	約40	◎	主要構成機器の種類が多いことから選定
					リレー室、中央制御室	約25		
		1次冷却材系統コールドレグ行き安全注入系統ヘッダ流量 (1)	オリフィス、伝送器、信号変換処理部、VDU*3	MS-2、重*2	原子炉補助建屋	約40		
					リレー室、中央制御室	約25		
		1次冷却材系統ホットレグ行き安全注入系統ヘッダ流量 (1)	オリフィス、伝送器、信号変換処理部、VDU*3	MS-2、重*2	原子炉補助建屋	約40		
					リレー室、中央制御室	約25		
		原子炉冷却材流量 (12)	伝送器、信号変換処理部、VDU*3	MS-1	原子炉格納容器内	約43		
					リレー室、中央制御室	約25		
		蒸気流量 (6)	伝送器、信号変換処理部、VDU*3	MS-1	原子炉格納容器内*4	約43		
					リレー室、中央制御室	約25		
給水流量 (6)	フローノズル、伝送器、信号変換処理部、VDU*3	MS-1	中間建屋	約40				
			リレー室、中央制御室	約25				
補助給水流量 (3)	オリフィス、伝送器、信号変換処理部、VDU*3	MS-2、重*2	中間建屋	約40				
			リレー室、中央制御室	約25				
内部スプレイポンプ出口流量 (1)	オリフィス、伝送器、信号変換処理部、VDU*3	重*2	原子炉補助建屋	約40				
			リレー室、中央制御室	約25				
恒設代替低圧注水ポンプ出口流量 (1)	オリフィス、伝送器、信号変換処理部、VDU*3	重*2	原子炉補助建屋	約40				
			リレー室、中央制御室	約25				
原子炉下部キャビティ注水ポンプ出口流量 (1)	オリフィス、伝送器、信号変換処理部、VDU*3	重*2	原子炉補助建屋	約40				
			リレー室、中央制御室	約25				

*1: 機能は最上位の機能を示す。

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

*3: ビジュアルディスプレイユニット (Visual Display Unit)

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

表1 (3/6) 高浜1号炉 主要なプロセス計測制御設備

分離基準		機器名称 (ループ数)	選定基準				代表機器の選定	
計測対象	信号伝送方式		主要構成機器	重要度*1	使用条件		代表機器	選定理由
水位	連続	加圧器水位 (4)	伝送器、信号変換処理部、VDU*3	MS-1、重*2	設置場所 (上段:検出器/下段:検出器以外)	温度 (°C)		
					原子炉格納容器内*4,5	約38		
		リレー室、中央制御室 中間建屋	約25 約40					
		原子炉補助建屋	約40					
		リレー室、中央制御室	約25					
		原子炉格納容器内*4,5	約29					
		リレー室、中央制御室	約25					
		原子炉格納容器内*4,5	約43					
		リレー室、中央制御室	約25					
		原子炉格納容器内*4,5	約42					
リレー室、中央制御室 中間建屋	約25 約40							
屋外	約40							
リレー室、中央制御室	約25							
原子炉補助建屋	約40							
リレー室、中央制御室	約25							
屋外	約40							
リレー室、中央制御室	約25							

*1: 機能は最上位の機能を示す。

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

*3: ビジュアルディスプレイユニット (Visual Display Unit)

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

*5: 重大事故等 (格納容器過温破損、格納容器過圧破損) を考慮する。

表1 (4/6) 高浜1号炉 主要なプロセス計測制御設備

分離基準		機器名称 (ループ数)	選定基準				代表機器の選定	
計測対象	信号伝送方式		主要構成機器	重要度*1	使用条件		代表機器	選定理由
		設置場所 (上段:検出器/下段:検出器以外)			温度(°C)			
水位	連続	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、VDU*3	重*2	原子炉格納容器内	約29		
					リレー室、中央制御室	約25		
		原子炉水位 (1)	伝送器、信号変換処理部、VDU*3	重*2	原子炉格納容器内*5	約35		
					リレー室、中央制御室	約25		
		使用済燃料ピット水位 (1)	伝送器、信号変換処理部、VDU*3	重*2	燃料取扱建屋	約40		
					リレー室、中央制御室	約25		
		原子炉格納容器水位 (1)	電極式水位計、信号変換処理部、VDU*3	重*2	原子炉格納容器内	約30		
					リレー室、中央制御室	約25		
		潮位(4)	伝送器、信号変換処理部、指示計	設*4	屋外	約40		
					中間建屋	約40		
中央制御室	約25							

*1：機能は最上位の機能を示す。

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

*3：ビジュアルディスプレイユニット (Visual Display Unit)

*4：設計基準対象施設として評価対象とした機器および構造物であることを示す。

*5：重大事故等（格納容器過温破損、格納容器過圧破損）を考慮する。

表1 (5/6) 高浜1号炉 主要なプロセス計測制御設備

分離基準		機器名称 (ループ数)	選定基準				代表機器の選定	
計測対象	信号伝送方式		主要構成機器	重要度*1	使用条件		代表機器	選定理由
					設置場所(上段:検出器/下段:検出器以外)	温度(°C)		
温度	連続	1次冷却材高温側温度(広域) (3)	測温抵抗体、信号変換処理部、VDU*3	MS-2、重*2	原子炉格納容器内*4,5	約343*6	◎	要求される環境条件が厳しいことおよび主要構成機器の種類が多いことから選定
					リレー室、中央制御室	約25		
		1次冷却材低温側温度(広域) (3)	測温抵抗体、信号変換処理部、VDU*3	MS-2、重*2	原子炉格納容器内*4,5	約343*6		
					リレー室、中央制御室	約25		
		1次冷却材高温側温度(狭域) (12)	測温抵抗体、信号変換処理部、VDU*3	MS-1	原子炉格納容器内*4	約343*6		
					リレー室、中央制御室	約25		
		1次冷却材低温側温度(狭域) (4)	測温抵抗体、信号変換処理部、VDU*3	MS-1	原子炉格納容器内*4	約343*6		
					リレー室、中央制御室	約25		
		格納容器温度 (2)	測温抵抗体、信号変換処理部、VDU*3	MS-2、重*2	原子炉格納容器内*4,5	約43		
					中央制御室	約25		
		使用済燃料ピット温度 (1)	測温抵抗体、信号変換処理部、VDU*3	重*2	燃料取扱建屋	約40		
					リレー室、中央制御室	約25		
		静的触媒式水素再結合装置温度 (5)	熱電対、測温抵抗体、信号変換処理部、VDU*3	重*2	原子炉格納容器内*5	約43		
			リレー室、中央制御室	約25				
原子炉格納容器水素燃焼装置温度 (13)	熱電対、測温抵抗体、信号変換処理部、VDU*3	重*2	原子炉格納容器内*5	約47				
			リレー室、中央制御室	約25				

*1：機能は最上位の機能を示す。

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

*3：ビジュアルディスプレイユニット (Visual Display Unit)

*4：設計基準事故（1次冷却材管の破断による原子炉冷却材喪失）を考慮する。

*5：重大事故等（格納容器過温破損、格納容器過圧破損）を考慮する。

*6：最高使用温度。

表1 (6/6) 高浜1号炉 主要なプロセス計測制御設備

分離基準		機器名称 (ループ数)	選定基準				代表機器の選定	
計測対象	信号伝送方式		主要構成機器	重要度*1	使用条件		代表機器	選定理由
					設置場所 (上段:検出器/下段:検出器以外)	温度(°C)		
地震	ON-OFF	保護用地震計 (水平用) (3)	地震計	MS-1	原子炉補助建屋	約40	◎	
		保護用地震計 (鉛直用) (3)	地震計		MS-1	原子炉補助建屋		
中性子束	連続	中性子束 (出力領域) (4)	中性子束検出器、信号変換処理部	MS-1、重*2	原子炉格納容器内	約46	◎	環境条件が同じであり、ループ数が多いことから選定
					リレー室、中央制御室	約25		
		中性子束 (中間領域) (2)	中性子束検出器、信号変換処理部	MS-1、重*2	原子炉格納容器内	約46		
					リレー室、中央制御室	約25		
		中性子束 (線源領域) (2)	中性子束検出器、前置増幅器、信号変換処理部	MS-1、重*2	原子炉格納容器内	約46		
					原子炉補助建屋	約40		
リレー室、中央制御室	約25							
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、VDU*3	MS-2、重*2	原子炉格納容器内*4,5	約43	◎	
					原子炉補助建屋	約40		
					中央制御室	約25		

*1: 機能は最上位の機能を示す。

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

*3: ビジュアルディスプレイユニット (Visual Display Unit)

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

*5: 重大事故等 (格納容器過温破損、格納容器過圧破損) を考慮する。

表 2 (1 / 3) 高浜 1 号炉 主要な制御設備

分離基準	機器名称 (面数)	選定基準							代表機器の選定	
		主要構成機器						重要度*1	代表機器	選定理由
機能		検出回路部	ロジック回路部	操作回路部	監視回路部	駆動回路部	電源部			
保護・ シーケンス盤、 リレーラック	原子炉保護系リレーラック (4)	—	補助リレー	操作スイッチ	表示灯	—	NFB*2、 電源装置	MS-1	◎	重要度、 盤面数
	安全防護系シーケンス盤 (31)	—	半導体基板	—	—	—	NFB*2、 電源装置	MS-1		
	安全系マルチプレクサ盤 (4)	—	半導体基板	—	—	—	NFB*2、 電源装置	MS-1		
	安全系VDUプロセッサ盤 (4)	—	半導体基板	—	—	—	NFB*2、 電源装置	MS-1		
	ATWS 緩和設備 (1)	—	半導体基板、 補助リレー、 タイマ	—	—	—	NFB*2	重*3		

*1：機能は最上位の機能を示す。

*2：ノーヒューズブレーカ。

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

表 2 (2 / 3) 高浜 1 号炉 主要な制御設備

分離基準	機器名称 (面数)	選定基準							代表機器の選定	
		主要構成機器						重要度*1	代表機器	選定理由
機能		検出回路部	ロジック回路部	操作回路部	監視回路部	駆動回路部	電源部			
監視・ 操作盤、 通信設備	中央制御盤 (9)	—	—	操作スイッチ、 VDU*5*6	表示灯、 VDU*5*6	—	NFB*2、 電源装置	MS-1	◎	重要機器 の監視お よび操作 を行う
	エバキューエーション 盤 (4)	—	—	操作スイッチ、 VDU*5*6	VDU*5*6	—	NFB*2、 電源装置	MS-2		
	使用済燃料ピット監 視カメラ (1)	カメラユニ ット	半導体基板	LAN	半導体基板、 表示部 (PC)	—	NFB*2、UPS*4	重*3		
	SPDS 関連設備 (1)	—	—	—	半導体基板、 表示部 (PC)	—	NFB*2、UPS*4	重*3		
	SA 監視操作盤 (3)	—	半導体基板	VDU*5*6	VDU*5*6	—	NFB*2、 電源装置	重*3		
	統合原子力防災ネッ トワーク (1)	—	—	—	—	—	NFB*2、UPS*4	重*3		
	衛星電話 (25)	—	—	—	—	—	—	重*3		
	緊急時衛星通報シス テム (4)	—	—	—	表示部 (PC)	—	—	重*3		
	津波監視カメラ (2)	カメラユニ ット	半導体基板	—	半導体基板、 表示部 (PC)	—	NFB*2、UPS*4	設*7		

*1：機能は最上位の機能を示す。

*2：ノーヒューズブレーカ。

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

*4：無停電電源装置。

*5：ビジュアルディスプレイユニット (Visual Display Unit)

*6：VDUはプロセス計測設備で評価。

*7：設計基準対象施設として評価対象とした機器および構造物であることを示す。

表 2 (3 / 3) 高浜 1 号炉 主要な制御設備

分離基準	機器名称 (面数)	選定基準							代表機器の選定	
		主要構成機器						重要度*1	代表機器	選定理由
機能	検出回路部	ロジック回路部	操作回路部	監視回路部	駆動回路部	電源部				
制御盤	非常用ディーゼル発電機制御盤 (12)	励磁装置、保護リレー (静止形)、計器用変流器、電磁ピックアップ	電圧調整装置、回転数検出装置、電圧設定器、補助リレー、タイマ、ヒューズ	操作スイッチ、ロックアウトリレー	表示灯、指示計、故障表示器	電磁接触器、シリコン整流器、ヒートパイプ	NFB*2	MS-1、重*3	◎	重要度、主要構成機器
	計器用空気圧縮機盤 (1)	—	補助リレー、タイマ	操作スイッチ	表示灯、指示計、故障表示器	—	NFB*2、ヒューズ、変圧器	MS-1		
	チラーユニット制御盤 (2)	—	補助リレー、タイマ	操作スイッチ	表示灯	電磁接触器	NFB*2	MS-1		
	補助給水ポンプ起動盤 (4)	—	補助リレー	操作スイッチ	表示灯	電磁接触器	NFB*2	MS-1		
	1次冷却材ポンプ母線計測盤 (1)	保護リレー (静止形)	補助リレー、タイマ	—	—	—	NFB*2	MS-1		
	空冷式非常用発電装置制御盤 (2)	励磁装置、計器用変圧器	補助リレー、スピードコントローラ、ヒューズ、自動電圧調整器	操作スイッチ	表示灯、指示計、故障表示器	—	NFB*2	重*3		

*1：機能は最上位の機能を示す。

*2：ノーヒューズブレーカ。

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

表3 高浜1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、VDUに伝達する。VDUは、制御設備の監視・操作盤に取り付けられており、信号変換処理部から伝達されてきた電気信号を工学値に変換し、指示または記録する。
制御設備	保護・シーケンス盤、リレーラック	プロセス計測制御設備からの信号および外部操作信号を受け、補助リレー、タイマにより原子炉の保護／制御ロジックを構成し、原子炉トリップ、安全防護設備等へ信号を伝達する。
	監視・操作盤、通信設備	プロセス計測制御設備の一部であるVDU等により、状態監視および操作を行うとともに、操作スイッチによる補機操作および故障表示器・表示灯による状態監視を行う。また、重大事故発生時等の関係各所への連絡・プラント状態の情報共有を行う。
	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・保護継電器・補助リレー等による補機の保護／制御および故障表示器・表示灯による補機の状態監視を行う。

1 プロセス計測制御設備

[計測対象]

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

目次

1. 技術評価対象機器および代表機器の選定	1
1.1 グループ化の考え方および結果	1
1.2 代表機器の選定	1
2. 代表機器の技術評価	9
2.1 構造、材料および使用条件	9
2.2 経年劣化事象の抽出	33
3. 代表機器以外への展開	45
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象	47

1. 技術評価対象機器および代表機器の選定

高浜1号炉で使用されているプロセス計測制御設備の主な仕様を表1-1に示す。

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

1.1 グループ化の考え方および結果

表1-1に示すプロセス計測制御設備を計測対象および信号伝送方式で分類すると7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（広域）、加圧器圧力、主蒸気圧力等が属するが、要求される環境条件が厳しい1次冷却材圧力（広域）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、余熱除去ポンプ出口流量、原子炉冷却材流量、蒸気流量、給水流量等が属するが、主要構成機器の種類が多い余熱除去ポンプ出口流量を代表機器とする。

(3) 計測対象：水位、信号伝送方式：連続

このグループには、加圧器水位、ほう酸タンク水位、格納容器再循環サンプル水位（広域・狭域）等が属するが、要求される環境条件が厳しく、主要構成機器の種類が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）・（狭域）、1次冷却材低温側温度（広域）・（狭域）等が属するが、要求される環境条件が厳しく、主要構成機器の種類が多い1次冷却材高温側温度（広域）を代表機器とする。

(5) 計測対象：地震、信号伝送方式：ON-OFF

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

(6) 計測対象：中性子束、信号伝送方式：連続

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

(7) 計測対象：放射線、信号伝送方式：連続

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

表1-1(1/6) 高浜1号炉 プロセス計測制御設備の主な仕様

分離基準		機器名称 (ループ数)	選定基準				代表機器の選定	
計測対象	信号伝送方式		主要構成機器	重要度*1	使用条件		代表機器	選定理由
				設置場所 (上段:検出器/下段:検出器以外)	温度 (°C)			
圧力	連続	1次冷却材圧力 (広域) (2)	伝送器、信号変換処理部、VDU*3	MS-1、重*2	原子炉格納容器内*4,5	約41	◎	要求される環境条件が厳しいことから選定
					リレー室、中央制御室	約25		
		1次冷却材圧力 (狭域) (2)	伝送器、信号変換処理部、VDU*3	MS-2	原子炉格納容器内	約41		
					リレー室、中央制御室	約25		
		加圧器圧力 (4)	伝送器、信号変換処理部、VDU*3	MS-1	原子炉格納容器内*4	約29		
					リレー室、中央制御室	約25		
		主蒸気圧力 (12)	伝送器、信号変換処理部、VDU*3	MS-1、重*2	中間建屋	約40		
					リレー室、中央制御室	約25		
					中間建屋	約40		
		タービン第1段後圧力 (2)	伝送器、信号変換処理部、VDU*3	MS-1	タービン建屋	約40		
					リレー室、中央制御室	約25		
		タービン動補助給水ポンプタービン入口蒸気・ポンプ出口差圧 (1)	伝送器 (空気式)、制御器 (空気式)	MS-1	タービン建屋	約40		
格納容器圧力 (5)	伝送器、信号変換処理部、VDU*3	MS-1、重*2	原子炉補助建屋	約40				
			リレー室、中央制御室	約25				
計器用空気ヘッダ圧力 (2)	伝送器、信号変換処理部、VDU*3	MS-2	中間建屋	約40				
			リレー室、中央制御室	約25				
海水ヘッダ圧力 (2)	伝送器、信号変換処理部、VDU*3	MS-2	中間建屋	約40				
			リレー室、中央制御室	約25				
アニュラス圧力 (3)	伝送器、信号変換処理部、VDU*3	MS-2	原子炉補助建屋、中間建屋	約40				
			中央制御室	約25				

*1: 機能は最上位の機能を示す。

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

*3: ビジュアルディスプレイユニット (Visual Display Unit)

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

*5: 重大事故等 (格納容器過温破損、格納容器過圧破損) を考慮する。

表1-1(2/6) 高浜1号炉 プロセス計測制御設備の主な仕様

分離基準		機器名称 (ループ数)	選定基準				代表機器の選定	
計測対象	信号伝送方式		主要構成機器	重要度*1	使用条件		代表機器	選定理由
					設置場所(上段:検出器/下段:検出器以外)	温度(°C)		
流量	連続	余熱除去ポンプ出口流量 (2)	オリフィス、伝送器、信号変換処理部、VDU*3	MS-2、重*2	原子炉補助建屋	約40	◎	主要構成機器の種類が多いことから選定
		1次冷却材系統コールドレグ行き安全注入系統ヘッダ流量 (1)	オリフィス、伝送器、信号変換処理部、VDU*3	MS-2、重*2	リレー室、中央制御室	約25		
					原子炉補助建屋	約40		
		1次冷却材系統ホットレグ行き安全注入系統ヘッダ流量 (1)	オリフィス、伝送器、信号変換処理部、VDU*3	MS-2、重*2	リレー室、中央制御室	約25		
					原子炉補助建屋	約40		
		原子炉冷却材流量 (12)	伝送器、信号変換処理部、VDU*3	MS-1	原子炉格納容器内	約43		
					リレー室、中央制御室	約25		
		蒸気流量 (6)	伝送器、信号変換処理部、VDU*3	MS-1	原子炉格納容器内*4	約43		
					リレー室、中央制御室	約25		
		給水流量 (6)	フローノズル、伝送器、信号変換処理部、VDU*3	MS-1	中間建屋	約40		
					リレー室、中央制御室	約25		
補助給水流量 (3)	オリフィス、伝送器、信号変換処理部、VDU*3	MS-2、重*2	中間建屋	約40				
			リレー室、中央制御室	約25				
内部スプレイポンプ出口流量 (1)	オリフィス、伝送器、信号変換処理部、VDU*3	重*2	原子炉補助建屋	約40				
			リレー室、中央制御室	約25				
恒設代替低圧注水ポンプ出口流量 (1)	オリフィス、伝送器、信号変換処理部、VDU*3	重*2	原子炉補助建屋	約40				
			リレー室、中央制御室	約25				
原子炉下部キャビティ注水ポンプ出口流量 (1)	オリフィス、伝送器、信号変換処理部、VDU*3	重*2	原子炉補助建屋	約40				
			リレー室、中央制御室	約25				

*1：機能は最上位の機能を示す。

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

*3：ビジュアルディスプレイユニット (Visual Display Unit)

*4：設計基準事故（1次冷却材管の破断による原子炉冷却材喪失）を考慮する。

表1-1(3/6) 高浜1号炉 プロセス計測制御設備の主な仕様

分離基準		機器名称 (ループ数)	選定基準				代表機器の選定	
計測対象	信号伝送方式		主要構成機器	重要度*1	使用条件		代表機器	選定理由
					設置場所(上段:検出器/下段:検出器以外)	温度(°C)		
水位	連続	加圧器水位 (4)	伝送器、信号変換処理部、VDU*3	MS-1、重*2	原子炉格納容器内*4,5	約38	◎	要求される環境条件が厳しいことおよび主要構成機器の種類が多いことから選定
					リレー室、中央制御室 中間建屋	約25 約40		
		ほう酸タンク水位 (2)	伝送器、信号変換処理部、VDU*3	MS-2、重*2	原子炉補助建屋	約40		
					リレー室、中央制御室	約25		
		格納容器再循環サンプ水位 (広域・狭域) (4)	伝送器、信号変換処理部、VDU*3	MS-2、重*2	原子炉格納容器内*4,5	約29		
					リレー室、中央制御室	約25		
		蒸気発生器狭域水位 (12)	伝送器、信号変換処理部、VDU*3	MS-1、重*2	原子炉格納容器内*4,5	約43		
					リレー室、中央制御室	約25		
		蒸気発生器広域水位 (3)	伝送器、信号変換処理部、VDU*3	MS-2、重*2	原子炉格納容器内*4,5	約42		
					リレー室、中央制御室 中間建屋	約25 約40		
		復水タンク水位 (2)	伝送器、信号変換処理部、VDU*3	MS-2、重*2	屋外	約40		
					リレー室、中央制御室	約25		
1次系冷却水タンク水位 (2)	伝送器、信号変換処理部、VDU*3	MS-2、重*2	原子炉補助建屋	約40				
			リレー室、中央制御室	約25				
燃料取替用水タンク水位 (2)	伝送器、信号変換処理部、VDU*3	MS-1、重*2	屋外	約40				
			リレー室、中央制御室	約25				

*1：機能は最上位の機能を示す。

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

*3：ビジュアルディスプレイユニット (Visual Display Unit)

*4：設計基準事故（1次冷却材管の破断による原子炉冷却材喪失）を考慮する。

*5：重大事故等（格納容器過温破損、格納容器過圧破損）を考慮する。

表1-1(4/6) 高浜1号炉 プロセス計測制御設備の主な仕様

分離基準		機器名称 (ループ数)	選定基準				代表機器の選定	
計測対象	信号伝送方式		主要構成機器	重要度*1	使用条件		代表機器	選定理由
		設置場所(上段:検出器/下段:検出器以外)			温度(°C)			
水位	連続	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、VDU*3	重*2	原子炉格納容器内	約29		
					リレー室、中央制御室	約25		
		原子炉水位(1)	伝送器、信号変換処理部、VDU*3	重*2	原子炉格納容器内*5	約35		
					リレー室、中央制御室	約25		
		使用済燃料ピット水位(1)	伝送器、信号変換処理部、VDU*3	重*2	燃料取扱建屋	約40		
					リレー室、中央制御室	約25		
		原子炉格納容器水位(1)	電極式水位計、信号変換処理部、VDU*3	重*2	原子炉格納容器内	約30		
					リレー室、中央制御室	約25		
		潮位(4)	伝送器、信号変換処理部、指示計	設*4	屋外	約40		
					中間建屋	約40		
中央制御室	約25							

*1：機能は最上位の機能を示す。

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

*3：ビジュアルディスプレイユニット (Visual Display Unit)

*4：設計基準対象施設として評価対象とした機器および構造物であることを示す。

*5：重大事故等（格納容器過温破損、格納容器過圧破損）を考慮する。

表1-1 (5/6) 高浜1号炉 プロセス計測制御設備の主な仕様

分離基準		機器名称 (ループ数)	選定基準				代表機器の選定	
計測対象	信号伝送方式		主要構成機器	重要度*1	使用条件		代表機器	選定理由
					設置場所 (上段:検出器/下段:検出器以外)	温度 (°C)		
温度	連続	1次冷却材高温側温度 (広域) (3)	測温抵抗体、信号変換処理部、VDU*3	MS-2、重*2	原子炉格納容器内*4,5	約343*6	◎	要求される環境条件が厳しいことおよび主要構成機器の種類が多いことから選定
					リレー室、中央制御室	約25		
		1次冷却材低温側温度 (広域) (3)	測温抵抗体、信号変換処理部、VDU*3	MS-2、重*2	原子炉格納容器内*4,5	約343*6		
					リレー室、中央制御室	約25		
		1次冷却材高温側温度 (狭域) (12)	測温抵抗体、信号変換処理部、VDU*3	MS-1	原子炉格納容器内*4	約343*6		
					リレー室、中央制御室	約25		
		1次冷却材低温側温度 (狭域) (4)	測温抵抗体、信号変換処理部、VDU*3	MS-1	原子炉格納容器内*4	約343*6		
					リレー室、中央制御室	約25		
		格納容器温度 (2)	測温抵抗体、信号変換処理部、VDU*3	MS-2、重*2	原子炉格納容器内*4,5	約43		
					中央制御室	約25		
使用済燃料ピット温度 (1)	測温抵抗体、信号変換処理部、VDU*3	重*2	燃料取扱建屋	約40				
			リレー室、中央制御室	約25				
静的触媒式水素再結合装置温度 (5)	熱電対、測温抵抗体、信号変換処理部、VDU*3	重*2	原子炉格納容器内*5	約43				
			リレー室、中央制御室	約25				
原子炉格納容器水素燃焼装置温度 (13)	熱電対、測温抵抗体、信号変換処理部、VDU*3	重*2	原子炉格納容器内*5	約47				
			リレー室、中央制御室	約25				

*1：機能は最上位の機能を示す。

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

*3：ビジュアルディスプレイユニット (Visual Display Unit)

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

*5：重大事故等 (格納容器過温破損、格納容器過圧破損) を考慮する。

*6：最高使用温度。

表1-1(6/6) 高浜1号炉 プロセス計測制御設備の主な仕様

分離基準		機器名称 (ループ数)	選定基準				代表機器の選定	
計測対象	信号伝送方式		主要構成機器	重要度*1	使用条件		代表機器	選定理由
					設置場所 (上段:検出器/下段:検出器以外)	温度(°C)		
地震	ON-OFF	保護用地震計 (水平用) (3)	地震計	MS-1	原子炉補助建屋	約40	◎	
		保護用地震計 (鉛直用) (3)	地震計	MS-1	—	—		
中性子束	連続	中性子束 (出力領域) (4)	中性子束検出器、信号変換処理部	MS-1、重*2	原子炉格納容器内	約46	◎	環境条件が同じであり、ループ数が多いことから選定
					リレー室、中央制御室	約25		
		中性子束 (中間領域) (2)	中性子束検出器、信号変換処理部	MS-1、重*2	原子炉格納容器内	約46		
					リレー室、中央制御室	約25		
		中性子束 (線源領域) (2)	中性子束検出器、前置増幅器、信号変換処理部	MS-1、重*2	原子炉格納容器内	約46		
					原子炉補助建屋	約40		
リレー室、中央制御室	約25							
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、VDU*3	MS-2、重*2	原子炉格納容器内*4,5	約43	◎	
					原子炉補助建屋	約40		
					中央制御室	約25		

*1：機能は最上位の機能を示す。

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

*3：ビジュアルディスプレイユニット (Visual Display Unit)

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

*5：重大事故等 (格納容器過温破損、格納容器過圧破損) を考慮する。

2. 代表機器の技術評価

本章では、1章で代表機器とした以下の7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（広域）
- ② 余熱除去ポンプ出口流量
- ③ 加圧器水位
- ④ 1次冷却材高温側温度（広域）
- ⑤ 保護用地震計（水平用）
- ⑥ 中性子束（出力領域）
- ⑦ 格納容器内高レンジエリアモニタ

2.1 構造、材料および使用条件

2.1.1 1次冷却材圧力（広域）計測制御装置

(1) 構造

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

a. 計装配管（計装用取出配管および計器元弁含む）

計装配管は、1次冷却材の圧力を伝送器へ導く機能を有する。

計器元弁は、伝送器の校正、補修時に系統側との隔離機能を有する。

b. 計器弁

計器弁は、伝送器の校正、補修時に系統側との隔離機能を有する。

c. 伝送器

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

d. 信号変換処理部

信号変換処理部（原子炉保護系計器ラック）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（原子炉保護系計器ラック）は、信号変換処理部への電源供給の機能を有する。

f. VDU

VDUは、信号変換処理部とのデータ通信および圧力値を表示する機能を有する。

g. 支持構造物

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

スタンションは伝送器を支持しており、埋込金物で据付けられている。

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

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

(2) 材料および使用条件

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

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

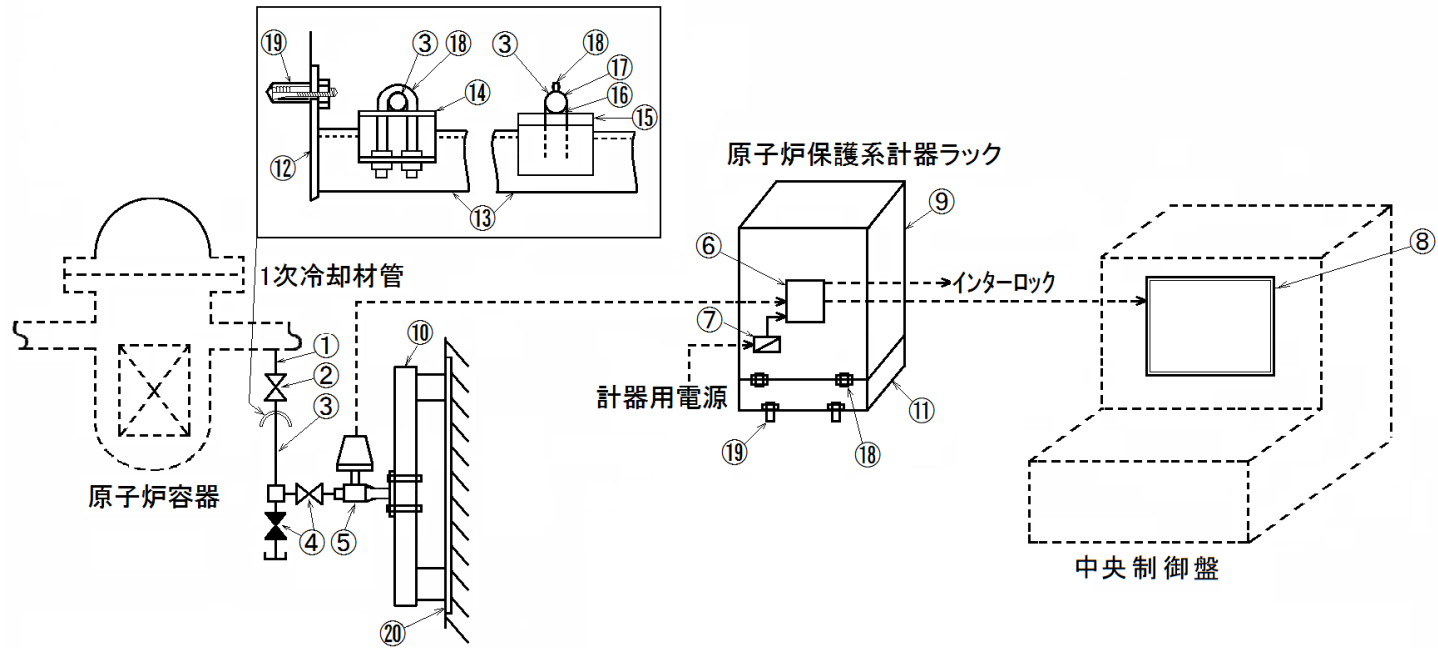


図2.1-1 高浜1号炉 1次冷却材圧力(広域)計測制御装置主要機器構成図

表2.1-1 高浜1号炉 1次冷却材圧力（広域）計測制御装置の主要機器の使用材料

部位		材料	
プロセス値の 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	原子炉保護系計器ラック	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	VDU	半導体	
	ハードディスク、ディスプレイ、電源装置	消耗品・定期取替品	
機器の支持機能構成品	筐体	炭素鋼	
	スタンション	炭素鋼	
	チャンネルベース	炭素鋼	
	ライナー	ステンレス鋼	
	パイプハンガークランプ他	ステンレス鋼、炭素鋼	
	取付ボルト	炭素鋼	
	基礎ボルト	炭素鋼	
	埋込金物	炭素鋼	

表2.1-2 高浜1号炉 1次冷却材圧力（広域）計測制御装置の主要機器の使用条件

	伝送器			信号変換処理部、電源装置、VDU
	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、中央制御室
周囲温度	約41℃*1	約122℃ (最高温度)	約138℃ (最高温度)	約25℃*2
圧力	約0.012MPa [gage]以下	約0.26MPa [gage] (最高圧力)	約0.305MPa [gage] (最高圧力)	—
放射線	0.3mGy/h*3	607kGy (最大集積線量)	500kGy (最大集積線量)	—

*1：通常運転時の伝送器周囲の平均温度の最大実測値。

*2：原子炉格納容器外の設計平均温度。

*3：通常運転時の伝送器周囲の平均線量率の最大実測値。

2.1.2 余熱除去ポンプ出口流量計測制御装置

(1) 構造

高浜1号炉の余熱除去ポンプ出口流量計測制御装置は、オリフィス、計装配管、計器弁、伝送器、信号変換処理部、電源装置、VDUおよび支持構造物で構成されている。

a. 計装配管（計装用取出配管および計器元弁含む）

計装配管は、余熱除去システムの圧力を伝送器へ導く機能を有する。

計器元弁は、伝送器の校正、補修時に系統側との隔離機能を有する。

b. 計器弁

計器弁は、伝送器の校正、補修時に系統側との隔離機能を有する。

c. オリフィス

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

d. 伝送器

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

e. 信号変換処理部

信号変換処理部（原子炉保護系計器ラックおよび原子炉制御系計器ラック）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（原子炉保護系計器ラックおよび原子炉制御系計器ラック）は、信号変換処理部への電源供給の機能を有する。

g. VDU

VDUは、信号変換処理部とのデータ通信および流量値を表示する機能を有する。

h. 支持構造物

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

スタンションは伝送器を支持しており、基礎ボルトで据付けられている。

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

高浜 1 号炉の余熱除去ポンプ出口流量計測制御装置の主要機器構成図を図2. 1-2に示す。

(2) 材料および使用条件

高浜 1 号炉の余熱除去ポンプ出口流量計測制御装置の主要機器の使用材料および使用条件を表2. 1-3および表2. 1-4に示す。

No.	部位
①	オリフィス
②	計装用取出配管
③	計器元弁
④	計装配管
⑤	計器弁
⑥	伝送器
⑦	信号変換処理部
⑧	電源装置
⑨	VDU
⑩	筐体
⑪	スタンション
⑫	チャンネルベース
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	パイプハンガークランプ
⑲	取付ボルト
⑳	基礎ボルト

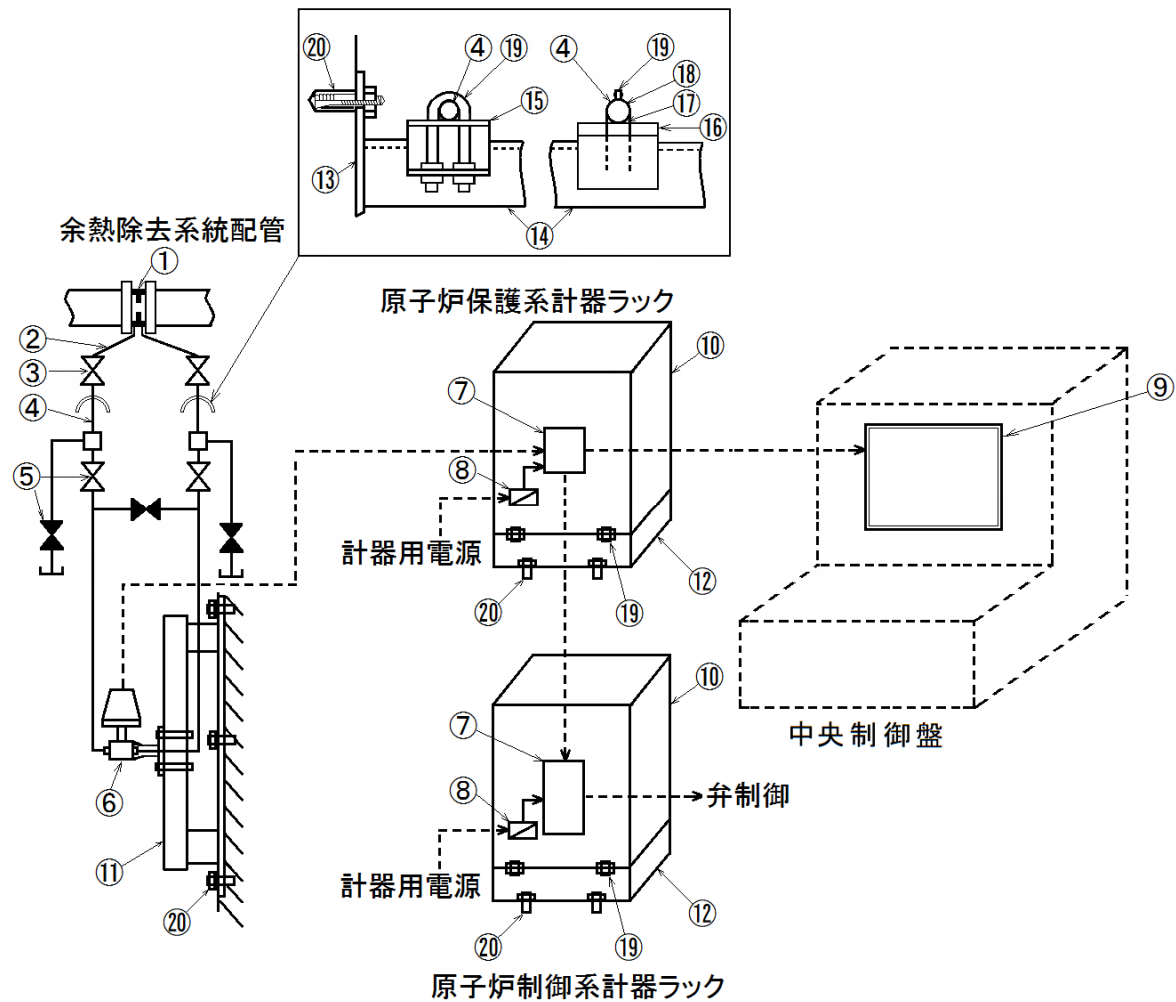


図2.1-2 高浜1号炉 余熱除去ポンプ出口流量計測制御装置主要機器構成図

表2.1-3 高浜1号炉 余熱除去ポンプ出口流量計測制御装置の主要機器の使用材料

部位		材料	
プロセス値の 伝達機能構成品	オリフィス	ステンレス鋼	
	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	アルミニウム合金鋳物、 ステンレス鋼、半導体	
電源供給・信号 変換・演算・制 御機能構成品	原子炉保護系計器ラック 原子炉制御系計器ラック	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	VDU	半導体	
	ハードディスク、 ディスプレイ、電源装置	消耗品・定期取替品	
機器の支持機能 構成品	筐体	炭素鋼	
	スタンション	炭素鋼	
	チャンネルベース	炭素鋼	
	ライナー	ステンレス鋼	
	パイプハンガークランプ他	ステンレス鋼、炭素鋼	
	取付ボルト	炭素鋼	
	基礎ボルト	炭素鋼	

表2.1-4 高浜1号炉 余熱除去ポンプ出口流量計測制御装置の主要機器の使用条件

	伝送器	信号変換処理部、 電源装置、VDU
設置場所	原子炉補助建屋	リレー室、中央制御室
周囲温度	約40℃*1	約25℃*1

*1：原子炉格納容器外の設計平均温度

2.1.3 加圧器水位計測制御装置

(1) 構造

高浜1号炉の加圧器水位計測制御装置は計装配管、計器弁、伝送器、信号変換処理部、電源装置、VDUおよび支持構造物で構成されている。

a. 計装配管（計器元弁含む）

計装配管は、加圧器の圧力を伝送器へ導く機能を有する。

計器元弁は、伝送器の校正、補修時に系統側との隔離機能を有する。

b. 計器弁

計器弁は、伝送器の校正、補修時に系統側との隔離機能を有する。

c. 伝送器

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

d. 信号変換処理部

信号変換処理部（原子炉保護系計器ラックおよび原子炉制御系計器ラック）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（原子炉保護系計器ラックおよび原子炉制御系計器ラック）は、信号変換処理部への電源供給の機能を有する。

f. VDU

VDUは、信号変換処理部とのデータ通信および水位値を表示する機能を有する。

g. 支持構造物

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

スタンションは伝送器を支持しており、基礎ボルトで据付けられている。

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

高浜1号炉の加圧器水位計測制御装置の主要機器構成図を図2.1-3に示す。

(2) 材料および使用条件

高浜1号炉の加圧器水位計測制御装置の主要機器の使用材料および使用条件を表2.1-5および表2.1-6に示す。

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

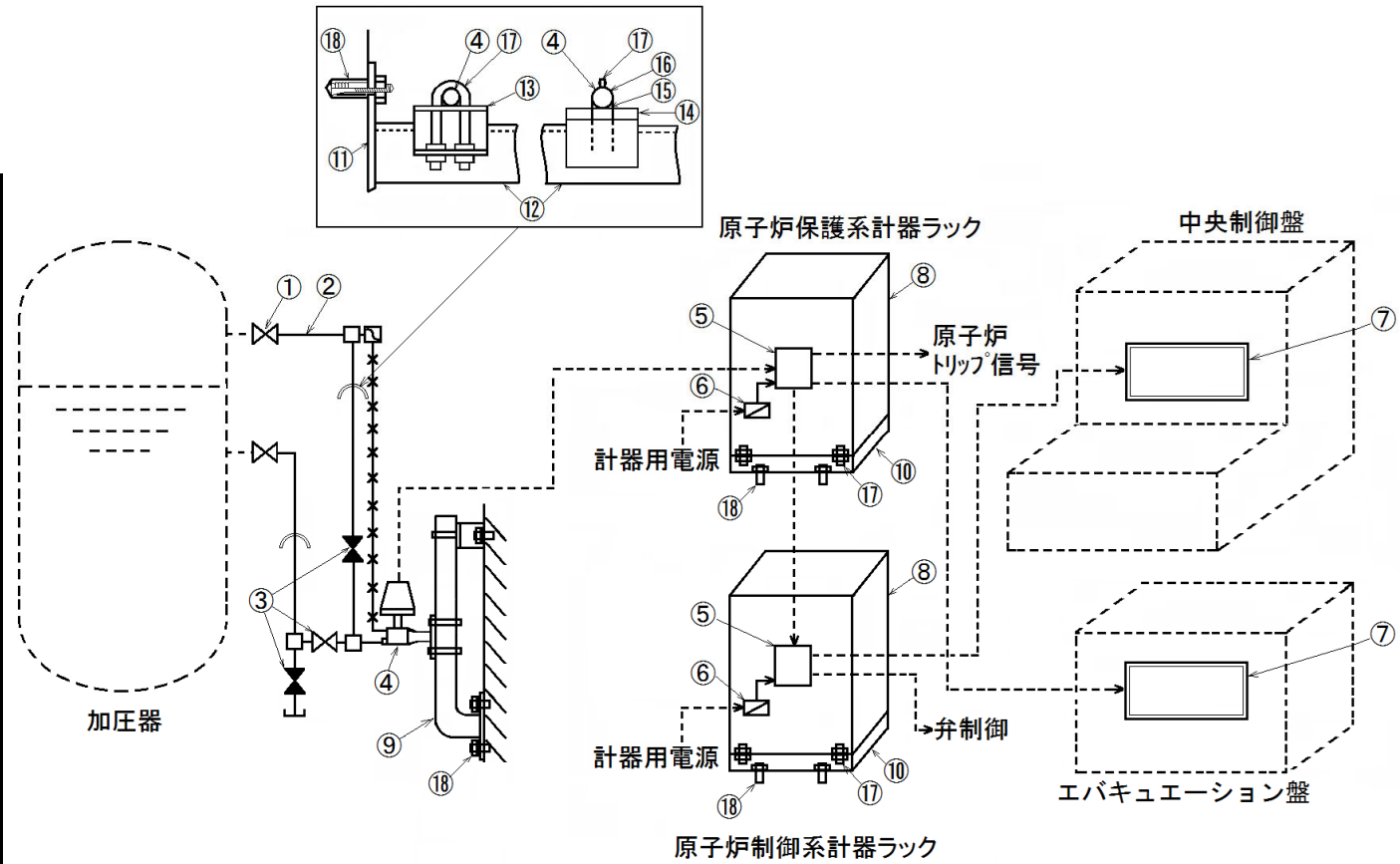


図2.1-3 高浜1号炉 加圧器水位計測制御装置主要機器構成図

表2.1-5 高浜1号炉 加圧器水位計測制御装置の主要機器の使用材料

部位		材料	
プロセス値の 伝達機能構成品	計器元弁	ステンレス鋼	
	計装配管	ステンレス鋼	
	計器弁	ステンレス鋼	
プロセス値の 検出機能構成品	伝送器	消耗品・定期取替品	
電源供給・信号変換・演算・制御機能構成品	原子炉保護系計器ラック 原子炉制御系計器ラック	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	VDU	半導体	
	ハードディスク、 ディスプレイ、電源装置	消耗品・定期取替品	
機器の支持機能 構成品	筐体	炭素鋼	
	スタンション	炭素鋼	
	チャンネルベース	炭素鋼	
	ライナー	ステンレス鋼	
	パイプハンガークランプ他	ステンレス鋼、炭素鋼	
	取付ボルト	炭素鋼	
	基礎ボルト	炭素鋼	

表2.1-6 高浜1号炉 加圧器水位計測制御装置の主要機器の使用条件

	伝送器			信号変換処理部、 電源装置、 VDU	VDU
	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、 中央制御室	中間建屋
周囲温度	約38℃*1	約122℃ (最高温度)	約138℃ (最高温度)	約25℃*2	約40℃*2
圧力	約0.012MPa [gage]以下	約0.26MPa [gage] (最高圧力)	約0.305MPa [gage] (最高圧力)	—	—
放射線	1.4mGy/h*3	607kGy (最大集積線量)	500kGy (最大集積線量)	—	—

*1：通常運転時の伝送器周囲の平均温度の最大実測値。

*2：原子炉格納容器外の設計平均温度。

*3：通常運転時の伝送器周囲の平均線量率の最大実測値。

2.1.4 1次冷却材高温側温度（広域）計測制御装置

(1) 構造

高浜1号炉の1次冷却材高温側温度（広域）計測制御装置は測温抵抗体、信号変換処理部、電源装置、VDUおよび支持構造物で構成されている。

a. 測温抵抗体

測温抵抗体は、1次冷却材の温度を抵抗値に変換し、伝送する機能を有する。

b. 信号変換処理部

信号変換処理部（原子炉保護系計器ラックおよび原子炉制御系計器ラック）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（原子炉保護系計器ラックおよび原子炉制御系計器ラック）は、信号変換処理部への電源供給の機能を有する。

d. VDU

VDUは、信号変換処理部とのデータ通信および温度値を表示する機能を有する。

e. 支持構造物

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

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

(2) 材料および使用条件

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

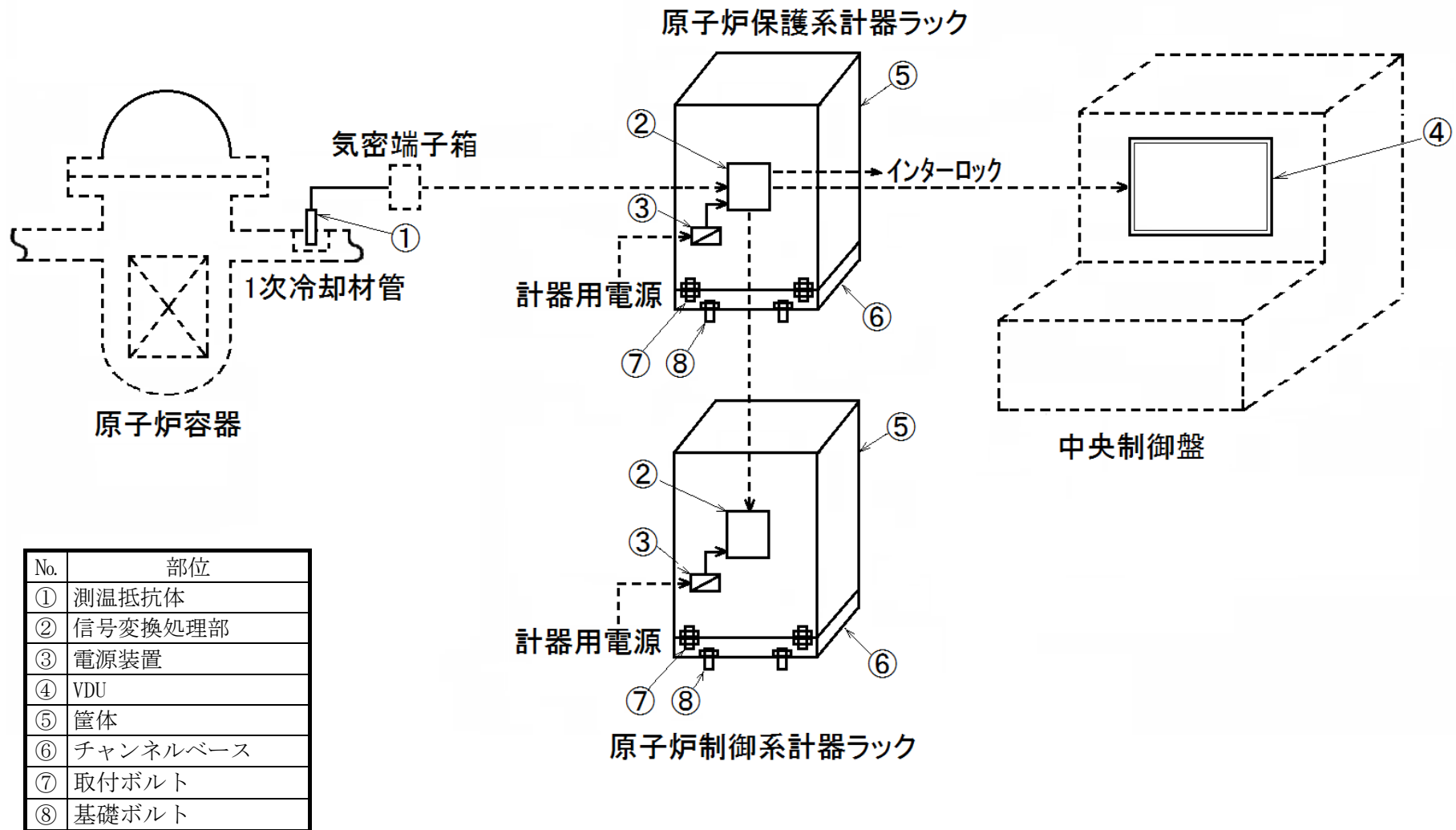


図2.1-4 高浜1号炉 1次冷却材高温側温度(広域)計測制御装置主要機器構成図

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

部位		材料	
プロセス値の 検出機能構成品	測温抵抗体	消耗品・定期取替品	
電源供給・信号変換・演算・制御機能構成品	原子炉保護系計器ラック 原子炉制御系計器ラック	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	VDU	半導体	
	ハードディスク、 ディスプレイ、電源装置	消耗品・定期取替品	
機器の支持機能構成品	筐体	炭素鋼	
	チャンネルベース	炭素鋼	
	取付ボルト	炭素鋼	
	基礎ボルト	炭素鋼	

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

	測温抵抗体			信号変換処理部、 電源装置、VDU
	通常運転時	設計基準事故時	重大事故等時	
設置場所	原子炉格納容器内 (ループ室内)	原子炉 格納容器内	原子炉 格納容器内	リレー室、 中央制御室
周囲温度	約343℃ (最高使用温度)	約122℃ (最高温度)	約138℃ (最高温度)	約25℃*1
圧力	約0.012MPa [gage]以下	約0.26MPa [gage] (最高圧力)	約0.305MPa [gage] (最高圧力)	—
放射線	374.7mGy/h*2	607kGy (最大集積線量)	500kGy (最大集積線量)	—

*1：原子炉格納容器外の設計平均温度。

*2：通常運転時の測温抵抗体周囲の平均線量率の最大実測値。

2.1.5 保護用地震計（水平用）

(1) 構造

高浜1号炉の保護用地震計（水平用）は、加速度検出器、信号変換処理部、出力部が一体となった保護用地震計（水平用）および支持構造物から構成されている。

a. 保護用地震計（水平用）

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

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

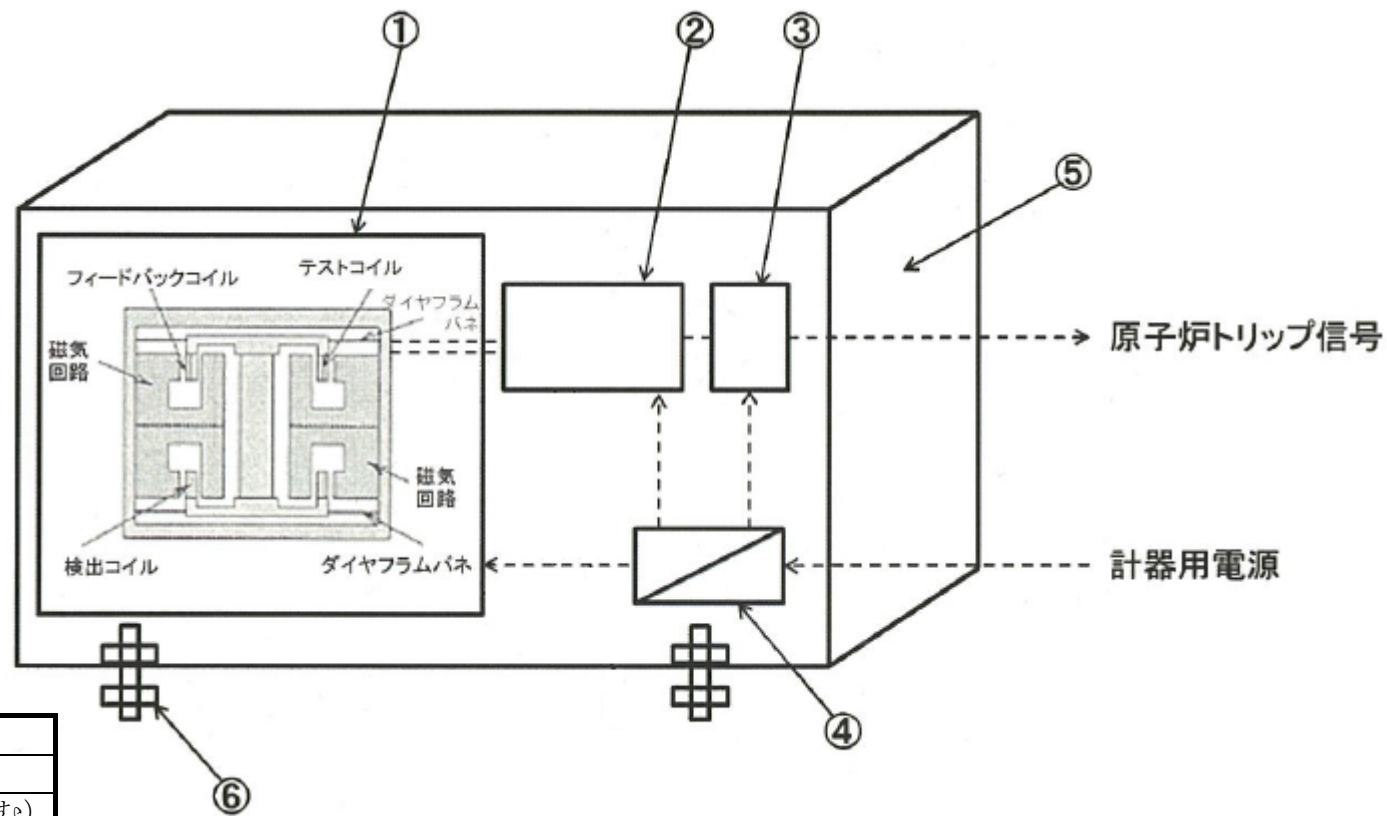
b. 支持構造物

筐体は基礎ボルトで据付けられている。

高浜1号炉の保護用地震計（水平用）の主要機器構成図を図2.1-5に示す。

(2) 材料および使用条件

高浜1号炉の保護用地震計（水平用）の主要機器の使用材料および使用条件を表2.1-9および表2.1-10に示す。



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

図2.1-5 高浜1号炉 保護用地震計 (水平用) 主要機器構成図

表2.1-9 高浜1号炉 保護用地震計（水平用）の主要機器の使用材料

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

表2.1-10 高浜1号炉 保護用地震計（水平用）の主要機器の使用条件

設置場所	原子炉補助建屋
周囲温度	約40°C*1

*1：原子炉格納容器外の設計平均温度。

2.1.6 中性子束（出力領域）計測制御装置

(1) 構造

高浜1号炉の中性子束（出力領域）計測制御装置は、中性子束検出器、信号変換処理部、電源装置およ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（炉外核計装盤、原子炉保護系計器ラックおよび原子炉制御系計器ラック）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（炉外核計装盤、原子炉保護系計器ラックおよび原子炉制御系計器ラック）は、信号変換処理部への電源供給の機能を有する。

d. 支持構造物

炉外核計装盤の筐体は基礎ボルトおよび埋込金物で据付けられている。

原子炉保護系計器ラックおよび原子炉制御系計器ラックの筐体はチャンネルベースに取付ボルトで据付けられており、チャンネルベースは基礎ボルトで据付けられている。

高浜1号炉の中性子束（出力領域）計測制御装置の主要機器構成図を図2.1-6に示す。

(2) 材料および使用条件

高浜1号炉の中性子束（出力領域）計測制御装置の主要機器の使用材料および使用条件を表2.1-11および表2.1-12に示す。

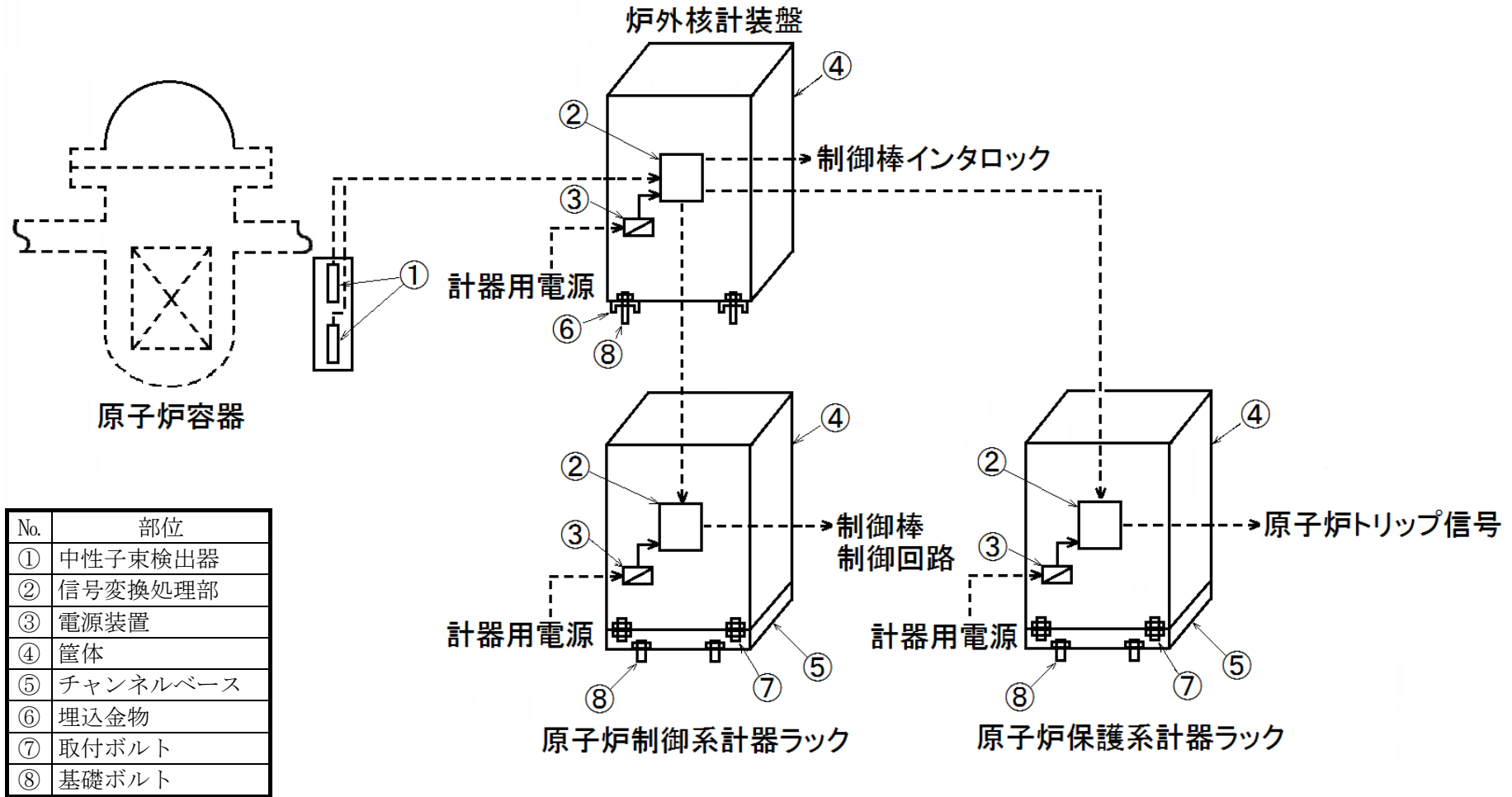


図2.1-6 高浜1号炉 中性子束（出力領域）計測制御装置主要機器構成図

表2.1-11 高浜1号炉 中性子束（出力領域）計測制御装置の主要機器の使用材料

部位		材料	
プロセス値の 検出機能構成品	中性子束検出器	電離箱	消耗品・定期取替品
信号変換機能構 成品	原子炉保護系計器ラック 原子炉制御系計器ラック 炉外核計装盤	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
機器の支持機能 構成品	筐体		炭素鋼
	チャンネルベース		炭素鋼
	取付ボルト		炭素鋼
	埋込金物		炭素鋼
	基礎ボルト		炭素鋼
	基礎ボルト（ケミカルアンカ）		炭素鋼、樹脂

表2.1-12 高浜1号炉 中性子束（出力領域）計測制御装置の主要機器の使用条件

	中性子束検出器	信号変換処理部、電源装置
設置場所	原子炉格納容器内 （中性子束検出器孔）	リレー室、中央制御室
周囲温度	約46℃*1	約25℃*2
圧力	約0.012MPa [gage]以下	—
放射線	68.6mGy/h*3	—

*1：通常運転時の検出器周囲の平均温度の最大実測値。

*2：原子炉格納容器外の設定平均温度。

*3：通常運転時の検出器周囲の平均線量率の最大実測値。

2.1.7 格納容器内高レンジエリアモニタ

(1) 構造

高浜1号炉の格納容器内高レンジエリアモニタは、放射線検出器、前置増幅器、信号変換処理部、電源装置、指示計、記録計、VDUおよび支持構造物で構成されている。

a. 放射線検出器

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

b. 前置増幅器

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

c. 信号変換処理部

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

d. 電源装置

電源装置（放射線監視盤）は、信号変換処理部への電源供給の機能を有する。

e. 指示計

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

f. 記録計

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

g. VDU

VDUは、信号変換処理部とのデータ通信および放射線レベル値を表示する機能を有する。

h. 支持構造物

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

高浜 1 号炉の格納容器内高レンジエリアモニタの主要機器構成図を図2. 1-7に示す。

(2) 材料および使用条件

高浜 1 号炉の格納容器内高レンジエリアモニタの主要機器の使用材料および使用条件を表2. 1-13および表2. 1-14に示す。

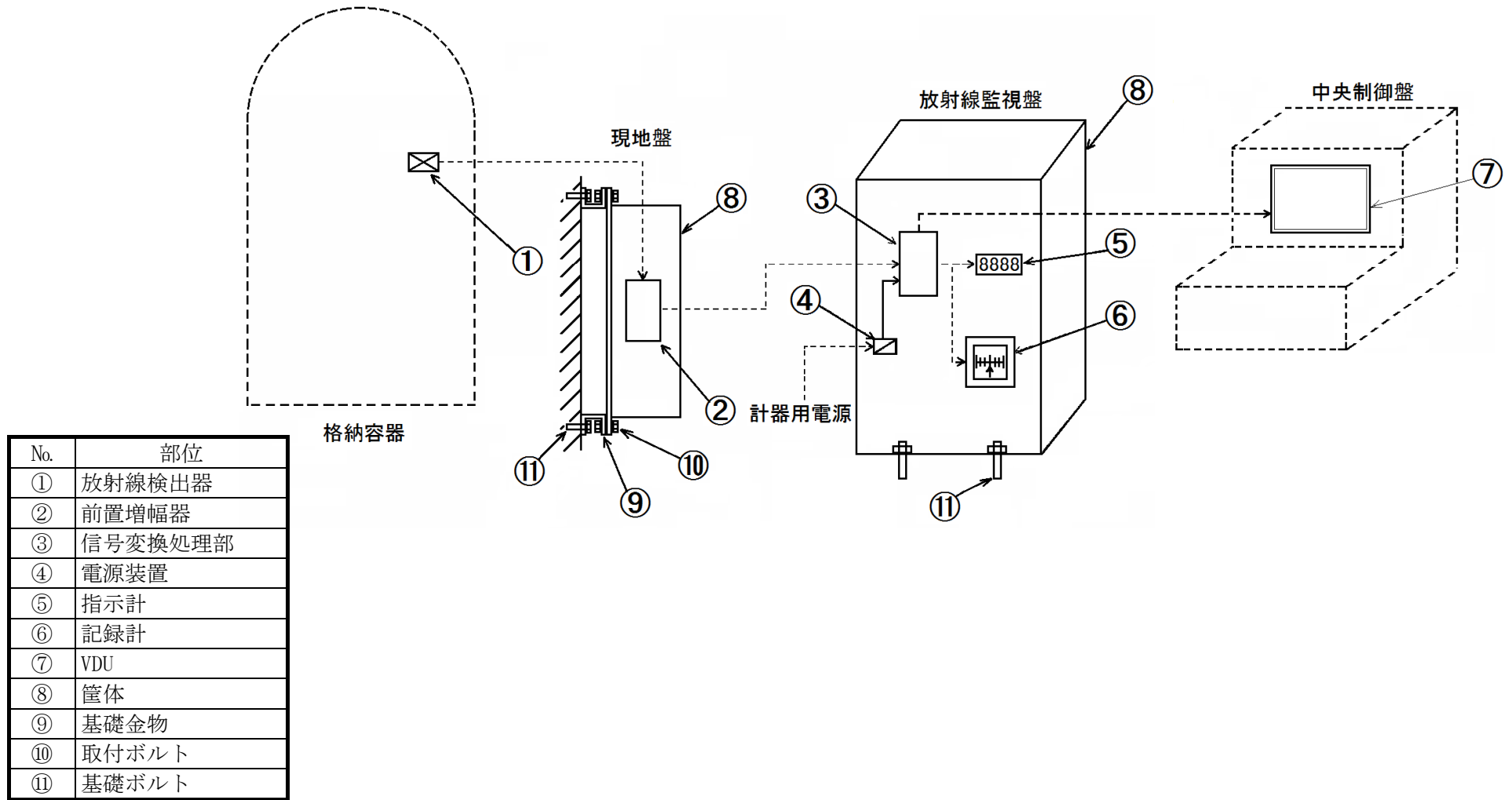


図2.1-7 高浜1号炉 格納容器内高レンジエリアモニタ主要機器構成図

表2.1-13 高浜1号炉 格納容器内高レンジエリアモニタの主要機器の使用材料

部位		材料	
プロセス値の 検出機能構成品	放射線検出器	電離箱	消耗品・定期取替品
信号変換機能 構成品	前置増幅器		半導体
	放射線監視盤	信号変換処理部	半導体
		ヒューズ	消耗品・定期取替品
		電源装置	消耗品・定期取替品
工学値への 変換機能構成品	指示計		半導体、プラスチック
	記録計		半導体
	ヒューズ		消耗品・定期取替品
	VDU		半導体
	ハードディスク、 ディスプレイ、電源装置		消耗品・定期取替品
機器の支持機能 構成品	筐体		炭素鋼
	基礎金物		炭素鋼
	取付ボルト		炭素鋼
	基礎ボルト		炭素鋼

表2.1-14 高浜1号炉 格納容器内高レンジエリアモニタの主要機器の使用条件

	放射線検出器			前置増幅器	信号変換処理部、 電源装置、 指示計、記録計、 VDU
	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 補助建屋	中央制御室
周囲温度	約43℃*1	約122℃ (最高温度)	約138℃ (最高温度)	約40℃*2	約25℃*2
圧力	約0.012MPa [gage] 以下	約0.26MPa [gage] (最高圧力)	約0.305MPa [gage] (最高圧力)	—	—
放射線	0.1mGy/h*3	607kGy (最大 集積線量)	500kGy (最大 集積線量)	—	—

*1：通常運転時の検出器周囲の平均温度の最大実測値。

*2：原子炉格納容器外の設計平均温度。

*3：通常運転時の検出器周囲の平均線量率の最大実測値。

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である信号の検出、変換、支持機能を維持するためには、次の項目が必要である。

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

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

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

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

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

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

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

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

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

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

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

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

- (2) 伝送器〔余熱除去ポンプ出口流量〕、信号変換処理部〔共通〕、加速度検出器、出力部、電源装置〔保護用地震計（水平用）〕、指示計、記録計〔格納容器内高レンジエリアモニタ〕、VDU〔1次冷却材圧力（広域）、余熱除去ポンプ出口流量、加圧器水位、1次冷却材高温側温度（広域）、格納容器内高レンジエリアモニタ〕および前置増幅器〔格納容器内高レンジエリアモニタ〕の特性変化
伝送器、信号変換処理部、加速度検出器、出力部、電源装置、指示計、記録計、VDUおよび前置増幅器は長期間の使用に伴い、検出特性および信号伝達特性が変化し、長期間校正を実施しない場合、実際のプロセス値に対し、測定値および制御値の誤差が大きくなることや、マイグレーションが想定される。

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

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

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

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

- (3) パイプハンガークランプ他、スタンション [1次冷却材圧力 (広域)、余熱除去ポンプ出口流量、加圧器水位]、筐体 [共通]、チャンネルベース [1次冷却材圧力 (広域)、余熱除去ポンプ出口流量、加圧器水位、1次冷却材高温側温度 (広域)、中性子束 (出力領域)]、取付ボルト [保護用地震計 (水平用)を除いて共通] および基礎金物 [格納容器内高レンジエリアモニタ] の腐食 (全面腐食)

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

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

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

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

- (4) 埋込金物 (大気接触部) の腐食 (全面腐食) [1次冷却材圧力 (広域)、中性子束 (出力領域)]

埋込金物は炭素鋼であり、腐食が想定される。

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

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

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

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

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

さらに、巡視点検時等の目視確認により機器の健全性を維持している。

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

- (6) 基礎ボルトの腐食（全面腐食）[共通] および樹脂の劣化 [中性子束（出力領域）]

基礎ボルトは炭素鋼であり腐食が想定される。

また、ケミカルアンカには樹脂を使用しており、劣化が想定される。

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

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

- (7) オリフィスの腐食（流れ加速型腐食）[余熱除去ポンプ出口流量]

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

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

したがって、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(8) オリフィスの応力腐食割れ [余熱除去ポンプ出口流量]

オリフィスはステンレス鋼であり、応力腐食割れが想定される。

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

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

したがって、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(9) 埋込金物（コンクリート埋設部）の腐食（全面腐食） [1次冷却材圧力（広域）、中性子束（出力領域）]

埋込金物は炭素鋼であり、腐食が想定される。

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

2.2.4 消耗品および定期取替品

ヒューズ、電解コンデンサ、電源装置（保護用地震計（水平用）を除く）、中性子束検出器、放射線検出器、伝送器（1次冷却材圧力（広域）および加圧器水位）および測温抵抗体については定期取替品である。いずれも、長期使用はせず取替を前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

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

表2.2-1(1/7) 高浜1号炉 1次冷却材圧力(広域)計測制御装置に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象								備考
				減肉		割れ		絶縁	導通	特性	その他	
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁低下	導通不良	特性変化		
プロセス値の伝達機能の維持	計装用取出配管、計器元弁、計装配管、計器弁		ステンレス鋼				△*1					*1:内面からの応力腐食割れ *2:大気接触部の腐食 *3:コンクリート埋設部の腐食
プロセス値の検出機能の維持	伝送器	◎	—									
電源供給・信号変換・演算・制御機能の維持	信号変換処理部		半導体							△		
	ヒューズ	◎	—									
	電源装置	◎	—									
工学値への変換機能の維持	VDU		半導体							△		
	ハードディスク、ディスプレイ、電源装置	◎	—									
機器の支持	筐体		炭素鋼		△							
	スタンション		炭素鋼		△							
	チャンネルベース		炭素鋼		△							
	ライナー		ステンレス鋼									
	パイプハンガークランプ他		ステンレス鋼、炭素鋼		△							
	取付ボルト		炭素鋼		△							
	基礎ボルト		炭素鋼		△							
	埋込金物		炭素鋼		△*2 ▲*3							

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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

表2.2-1(2/7) 高浜1号炉 余熱除去ポンプ出口流量計測制御装置に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考	
				減肉		割れ		絶縁	導通	特性		その他
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁低下	導通不良	特性変化		
プロセス値の伝達機能の維持	オリフィス 注)		ステンレス鋼		▲*1		▲				*1:流れ加速型腐食 *2:外面からの応力腐食割れ	
	計装用取出配管、計器元弁、計装配管、計器弁		ステンレス鋼				△*2					
プロセス値の検出機能の維持	伝送器		アルミニウム合金鋳物、ステンレス鋼、半導体						△			
電源供給・信号変換・演算・制御機能の維持	信号変換処理部		半導体						△			
	ヒューズ	◎	—									
工学値への変換機能の維持	電源装置	◎	—									
	VDU		半導体						△			
機器の支持	ハードディスク、ディスプレイ、電源装置	◎	—									
	筐体		炭素鋼		△							
	スタンション		炭素鋼		△							
	チャンネルベース		炭素鋼		△							
	ライナー		ステンレス鋼									
	パイプハンガークランプ他		ステンレス鋼、炭素鋼		△							
	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）

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

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

表2.2-1(3/7) 高浜1号炉 加圧器水位計測制御装置に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考	
				減肉		割れ		絶縁	導通	特性		その他
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁低下	導通不良	特性変化		
プロセス値の伝達機能の維持	計器元弁、計装配管、計器弁		ステンレス鋼				△*1				*1:内面からの応力腐食割れ	
プロセス値の検出機能の維持	伝送器	◎	—									
電源供給・信号変換・演算・制御機能の維持	信号変換処理部		半導体						△			
	ヒューズ	◎	—									
	電源装置	◎	—									
工学値への変換機能の維持	VDU		半導体						△			
	ハードディスク、ディスプレイ、電源装置	◎	—									
機器の支持	筐体		炭素鋼		△							
	スタンション		炭素鋼		△							
	チャンネルベース		炭素鋼		△							
	ライナー		ステンレス鋼									
	パイプハンガークランプ他		ステンレス鋼、炭素鋼		△							
	取付ボルト		炭素鋼		△							
	基礎ボルト		炭素鋼		△							

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-1(4/7) 高浜1号炉 1次冷却材高温側温度(広域)計測制御装置に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象								備考	
				減肉		割れ		絶縁	導通	特性	その他		
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁低下	導通不良	特性変化			
プロセス値の検出機能の維持	測温抵抗体	◎	—										
電源供給・信号変換・演算・制御機能の維持	信号変換処理部		半導体									△	
	ヒューズ	◎	—										
	電源装置	◎	—										
工学値への変換機能の維持	VDU		半導体									△	
	ハードディスク、ディスプレイ、電源装置	◎	—										
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2.2-1(5/7) 高浜1号炉 保護用地震計（水平用）に想定される経年劣化事象

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

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-1(6/7) 高浜1号炉 中性子束（出力領域）計測制御装置に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象								備考
				減肉		割れ		絶縁	導通	特性	その他	
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁低下	導通不良	特性変化		
プロセス値の検出機能の維持	中性子束検出器	◎	—									*1: 大気接触部の腐食 *2: コンクリート埋設部の腐食 *3: 樹脂の劣化
信号変換機能の維持	信号変換処理部		半導体							△		
	ヒューズ	◎	—									
	電源装置	◎	—									
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		△							
	埋込金物		炭素鋼		△ ^{*1} ▲ ^{*2}							
	基礎ボルト		炭素鋼		△							
	基礎ボルト（ケミカルアンカ）		炭素鋼、樹脂		△						△ ^{*3}	

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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

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

機能達成に必要な項目	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考	
				減肉		割れ		絶縁	導通	特性		その他
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁低下	導通不良	特性変化		
プロセス値の検出機能の維持	放射線検出器	◎	—									
信号変換機能の維持	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の維持	指示計		半導体、プラスチック								△	
	記録計		半導体								△	
	ヒューズ	◎	—									
	VDU		半導体								△	
	ハードディスク、ディスプレイ、電源装置	◎	—									
機器の支持	筐体		炭素鋼		△							
	基礎金物		炭素鋼		△							
	取付ボルト		炭素鋼		△							
	基礎ボルト		炭素鋼		△							

△：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 1次冷却材圧力（狭域）
- ② 加圧器圧力
- ③ 主蒸気圧力
- ④ タービン第1段後圧力
- ⑤ タービン動補助給水ポンプタービン入口蒸気・ポンプ出口差圧
- ⑥ 格納容器圧力
- ⑦ 計器用空気ヘッド圧力
- ⑧ 海水ヘッド圧力
- ⑨ アンユラス圧力

[流量]

- ① 1次冷却材系統コールドレグ行き安全注入系統ヘッド流量
- ② 1次冷却材系統ホットレグ行き安全注入系統ヘッド流量
- ③ 原子炉冷却材流量
- ④ 蒸気流量
- ⑤ 給水流量
- ⑥ 補助給水流量
- ⑦ 内部スプレイポンプ出口流量
- ⑧ 恒設代替低圧注水ポンプ出口流量
- ⑨ 原子炉下部キャビティ注水ポンプ出口流量

[水位]

- ① ほう酸タンク水位
- ② 格納容器再循環サンプ水位（広域・狭域）
- ③ 蒸気発生器狭域水位
- ④ 蒸気発生器広域水位
- ⑤ 復水タンク水位

- ⑥ 1次系冷却水タンク水位
- ⑦ 燃料取替用水タンク水位
- ⑧ 原子炉下部キャビティ水位
- ⑨ 原子炉水位
- ⑩ 原子炉格納容器水位
- ⑪ 潮位

[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 格納容器温度
- ⑤ 静的触媒式水素再結合装置温度
- ⑥ 原子炉格納容器水素燃焼装置温度

[地震]

- ① 保護用地震計 (鉛直用)

[中性子束]

- ① 中性子束 (中間領域)
- ② 中性子束 (線源領域)

3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

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

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

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

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

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

3.1.2 伝送器等の特性変化〔共通〕

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

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

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

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

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

3.1.3 パイプハンガークランプ他、スタンション、筐体、チャンネルベースおよび取付ボルトの腐食（全面腐食） [パイプハンガークランプ他、スタンション、筐体、チャンネルベースまたは取付ボルトを含む機器共通]

パイプハンガークランプ他、スタンション、筐体およびチャンネルベースは炭素鋼であり、腐食が想定される。

また、炭素鋼の取付ボルトは、腐食が想定される。

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

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

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

3.1.4 計装用取出配管（炭素鋼）の内面からの腐食（全面腐食） [海水ヘッド圧力]

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

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

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

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

3.1.5 計装用取出配管（炭素鋼）の外表面からの腐食（全面腐食） [海水ヘッド圧力]

海水ヘッド圧力の計装用取出配管（炭素鋼）は屋外に設置されており、雨水等による外表面からの腐食が想定される。

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

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

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

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

炭素鋼の埋込金物については、腐食が想定される。

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

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

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

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

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

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

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

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

さらに、巡視点検時等の目視確認により機器の健全性を維持している。

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

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

基礎ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

また、ケミカルアンカには樹脂を使用しており、劣化が想定される。

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

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

- 3.1.9 オリフィスおよびフローノズルの腐食（流れ加速型腐食） [1次冷却材系統コールドレグ行き安全注入系統ヘッド流量、1次冷却材系統ホットレグ行き安全注入系統ヘッド流量、給水流量、補助給水流量、内部スプレイポンプ出口流量、恒設代替低圧注水ポンプ出口流量、原子炉下部キャビティ注水ポンプ出口流量]

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

しかしながら、1次冷却材系統コールドレグ行き安全注入系統ヘッド流量、1次冷却材系統ホットレグ行き安全注入系統ヘッド流量、補助給水流量、内部スプレイポンプ出口流量、恒設代替低圧注水ポンプ出口流量および原子炉下部キャビティ注水ポンプ出口流量のオリフィスについては、通常運転中通水されておらず、流れ加速型腐食が発生する可能性はないと考える。

また、給水流量のフローノズルはステンレス鋼であり、流速を低く設計していることから、流れ加速型腐食が発生する可能性はないと考える。

したがって、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

- 3.1.10 オリフィスの応力腐食割れ [1次冷却材系統コールドレグ行き安全注入系統ヘッド流量、1次冷却材系統ホットレグ行き安全注入系統ヘッド流量]

1次冷却材系統コールドレグ行き安全注入系統ヘッド流量および1次冷却材系統ホットレグ行き安全注入系統ヘッド流量のオリフィスはステンレス鋼であり、1次冷却材環境下において応力腐食割れが想定される。

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

3.1.11 電極式水位計の絶縁低下 [原子炉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。

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

埋込金物は炭素鋼であり、腐食が想定される。

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

2 制御設備

[対象分類]

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

目次

1. 技術評価対象機器および代表機器の選定	1
1.1 グループ化の考え方および結果	1
1.2 代表機器の選定	1
2. 代表機器の技術評価	5
2.1 構造、材料および使用条件	5
2.2 経年劣化事象の抽出	14
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価	22
3. 代表機器以外への展開	27
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象	28
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	28

1. 技術評価対象機器および代表機器の選定

高浜1号炉で使用されている制御設備の主な仕様を表1-1に示す。

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

1.1 グループ化の考え方および結果

表1-1に示す制御設備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) 機能：保護・シーケンス盤、リレーラック

このグループには、原子炉保護系リレーラック、安全防護系シーケンス盤、安全系マルチプレクサ盤、安全系VDUプロセッサ盤およびATWS緩和設備が属するが、重要度が高く、盤面数の多い、安全防護系シーケンス盤を代表機器とする。

(2) 機能：監視・操作盤、通信設備

このグループには、中央制御盤、エバキューエーション盤、使用済燃料ピット監視カメラ、SPDS関連設備、SA監視操作盤、統合原子力防災ネットワーク、衛星電話、緊急時衛星通報システムおよび津波監視カメラが属するが、重要な機器の監視および操作を行う中央制御盤を代表機器とする。

(3) 機能：制御盤

このグループには、非常用ディーゼル発電機制御盤、計器用空気圧縮機盤、チラーユニット制御盤、補助給水ポンプ起動盤、1次冷却材ポンプ母線計測盤および空冷式非常用発電装置制御盤が属するが、重要度が高く、主要構成機器が多い、非常用ディーゼル発電機制御盤を代表機器とする。

表1-1 (1/3) 高浜1号炉 制御設備の主な仕様

分離基準	機器名称 (面数)	選定基準							代表機器の選定	
		主要構成機器							重要度*1	代表機器
機能		検出回路部	ロジック回路部	操作回路部	監視回路部	駆動回路部	電源部			
保護・ シーケンス盤、 リレーラック	原子炉保護系リレーラック (4)	—	補助リレー	操作スイッチ	表示灯	—	NFB*2、 電源装置	MS-1	◎	重要度、 盤面数
	安全防護系シーケンス盤 (31)	—	半導体基板	—	—	—	NFB*2、 電源装置	MS-1		
	安全系マルチプレクサ盤 (4)	—	半導体基板	—	—	—	NFB*2、 電源装置	MS-1		
	安全系VDUプロセッサ盤 (4)	—	半導体基板	—	—	—	NFB*2、 電源装置	MS-1		
	ATWS緩和設備(1)	—	半導体基板、 補助リレー、 タイマ	—	—	—	NFB*2	重*3		

*1：機能は最上位の機能を示す。

*2：ノーヒューズブレーカ。

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

表1-1 (2/3) 高浜1号炉 制御設備の主な仕様

分離基準	機器名称 (面数)	選定基準							代表機器の選定	
		主要構成機器						重要度*1	代表機器	選定理由
機能	検出回路部	ロジック回路部	操作回路部	監視回路部	駆動回路部	電源部				
監視・ 操作盤、 通信設備	中央制御盤 (9)	—	—	操作スイッチ、 VDU*5*6	表示灯、 VDU*5*6	—	NFB*2、 電源装置	MS-1	◎	重要機器 の監視お よび操作 を行う
	エバキューエーション 盤 (4)	—	—	操作スイッチ、 VDU*5*6	VDU*5*6	—	NFB*2、 電源装置	MS-2		
	使用済燃料ピット監視 カメラ (1)	カメラユニ ット	半導体基板	LAN	半導体基板、 表示部 (PC)	—	NFB*2、UPS*4	重*3		
	SPDS関連設備 (1)	—	—	—	半導体基板、 表示部 (PC)	—	NFB*2、UPS*4	重*3		
	SA監視操作盤 (3)	—	半導体基板	VDU*5*6	VDU*5*6	—	NFB*2、 電源装置	重*3		
	統合原子力防災ネッ トワーク (1)	—	—	—	—	—	NFB*2、UPS*4	重*3		
	衛星電話 (25)	—	—	—	—	—	—	重*3		
	緊急時衛星通報シス テム (4)	—	—	—	—	表示部 (PC)	—	重*3		
	津波監視カメラ (2)	カメラユニ ット	半導体基板	—	—	半導体基板、 表示部 (PC)	—	NFB*2、UPS*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：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器および構造物であることを示す。

*4：無停電電源装置。

*5：ビジュアルディスプレイユニット (Visual Display Unit)

*6：VDUはプロセス計測設備で評価。

*7：設計基準対象施設として評価対象とした機器および構造物であることを示す。

表1-1 (3/3) 高浜1号炉 制御設備の主な仕様

分離基準	機器名称 (面数)	選定基準							代表機器の選定	
		主要構成機器						重要度*1	代表機器	選定理由
機能		検出回路部	ロジック回路部	操作回路部	監視回路部	駆動回路部	電源部			
制御盤	非常用ディーゼル発電機制御盤 (12)	励磁装置、保護リレー (静止形)、計器用変流器、電磁ピックアップ	電圧調整装置、回転数検出装置、電圧設定器、補助リレー、タイマ、ヒューズ	操作スイッチ、ロックアウトリレー	表示灯、指示計、故障表示器	電磁接触器、シリコン整流器、ヒートパイプ	NFB*2	MS-1、重*3	◎	重要度、主要構成機器
	計器用空気圧縮機盤 (1)	—	補助リレー、タイマ	操作スイッチ	表示灯、指示計、故障表示器	—	NFB*2、ヒューズ、変圧器	MS-1		
	チラーユニット制御盤 (2)	—	補助リレー、タイマ	操作スイッチ	表示灯	電磁接触器	NFB*2	MS-1		
	補助給水ポンプ起動盤 (4)	—	補助リレー	操作スイッチ	表示灯	電磁接触器	NFB*2	MS-1		
	1次冷却材ポンプ母線計測盤 (1)	保護リレー (静止形)	補助リレー、タイマ	—	—	—	NFB*2	MS-1		
	空冷式非常用発電装置制御盤 (2)	励磁装置、計器用変圧器	補助リレー、スピードコントローラ、ヒューズ、自動電圧調整器	操作スイッチ	表示灯、指示計、故障表示器	—	NFB*2	重*3		

*1：機能は最上位の機能を示す。

*2：ノーヒューズブレーカ。

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

2. 代表機器の技術評価

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

- ① 安全防護系シーケンス盤
- ② 中央制御盤
- ③ 非常用ディーゼル発電機制御盤

2.1 構造、材料および使用条件

2.1.1 安全防護系シーケンス盤

(1) 構造

高浜1号炉の安全防護系シーケンス盤は、現場入出力盤を含めて、Aトレン16面、Bトレン15面設置されており、半導体基板等の主要構成機器および機器を支持するための筐体、チャンネルベース、取付ボルトおよび基礎ボルトから構成されている。

安全防護系シーケンス盤は、原子炉保護系計器ラックおよび操作スイッチ等からの信号を入力とし、演算した結果を各補機に制御信号として出力する装置である。

高浜1号炉の安全防護系シーケンス盤の主要機器構成図を図2.1-1に示す。

(2) 材料および使用条件

高浜1号炉の安全防護系シーケンス盤の使用材料および使用条件を表2.1-1および表2.1-2に示す。

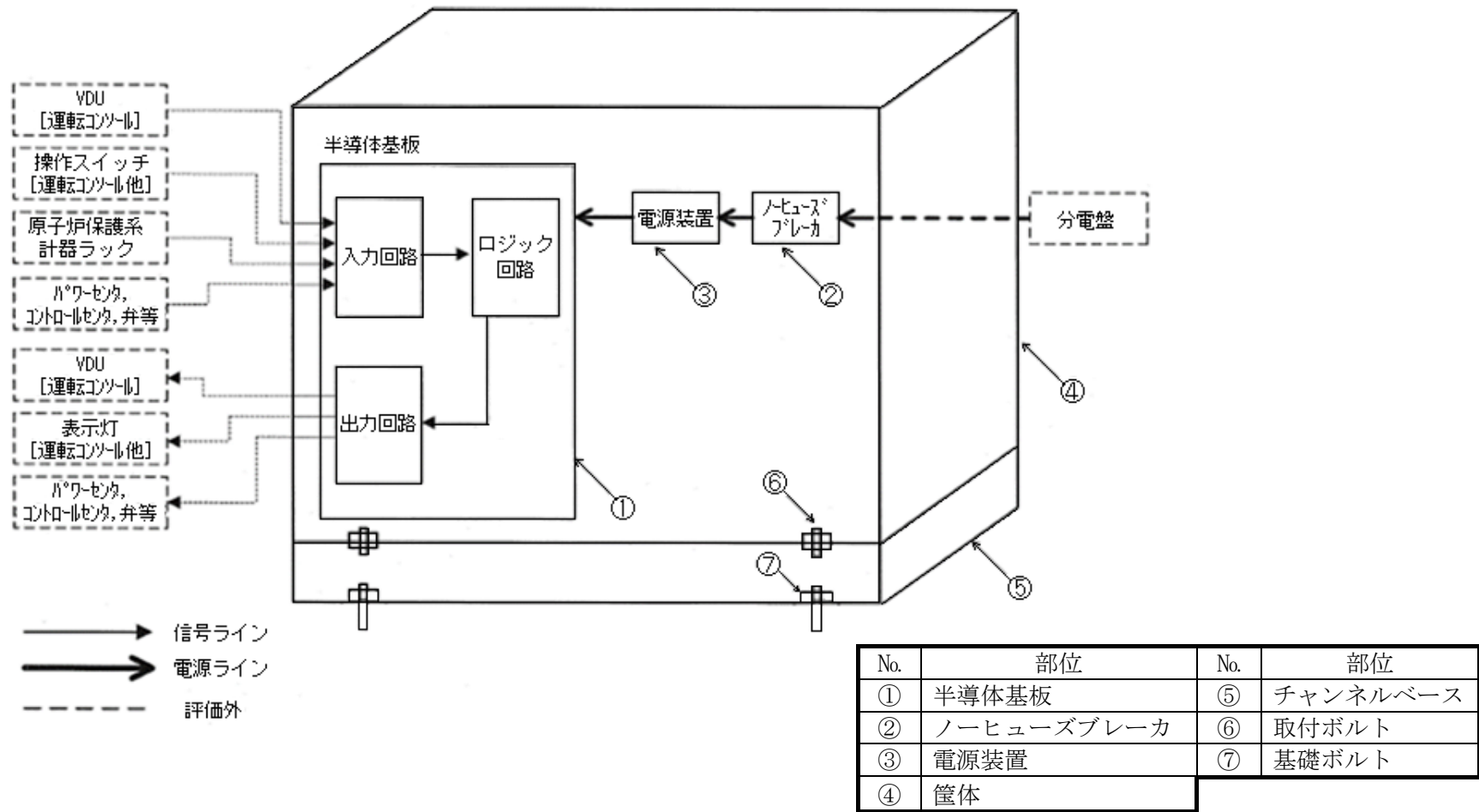


図2.1-1 高浜1号炉 安全防護系シーケンス盤の主要機器構成図

表2.1-1 高浜1号炉 安全防護系シーケンス盤主要部位の使用材料

部位		材料
主要構成機器	半導体基板	半導体
	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
	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 高浜1号炉 安全防護系シーケンス盤の使用条件

使用温度	約25℃*1
設置場所	リレー室
制御電源	DC125V AC115V

*1：原子炉格納容器外の設計平均温度

2.1.2 中央制御盤

(1) 構造

高浜1号炉の中央制御盤は9面構成であり、操作スイッチ等の主要構成機器および機器を支持するための筐体、埋込金物および基礎ボルトから構成されている。

中央制御盤は、プロセスを監視するためのVDU、指示計および表示灯を有しており、VDUおよび操作スイッチにより制御信号を操作する装置である。

高浜1号炉の中央制御盤の主要機器構成図を図2.1-2に示す。

(2) 材料および使用条件

高浜1号炉の中央制御盤の使用材料および使用条件を表2.1-3および表2.1-4に示す。

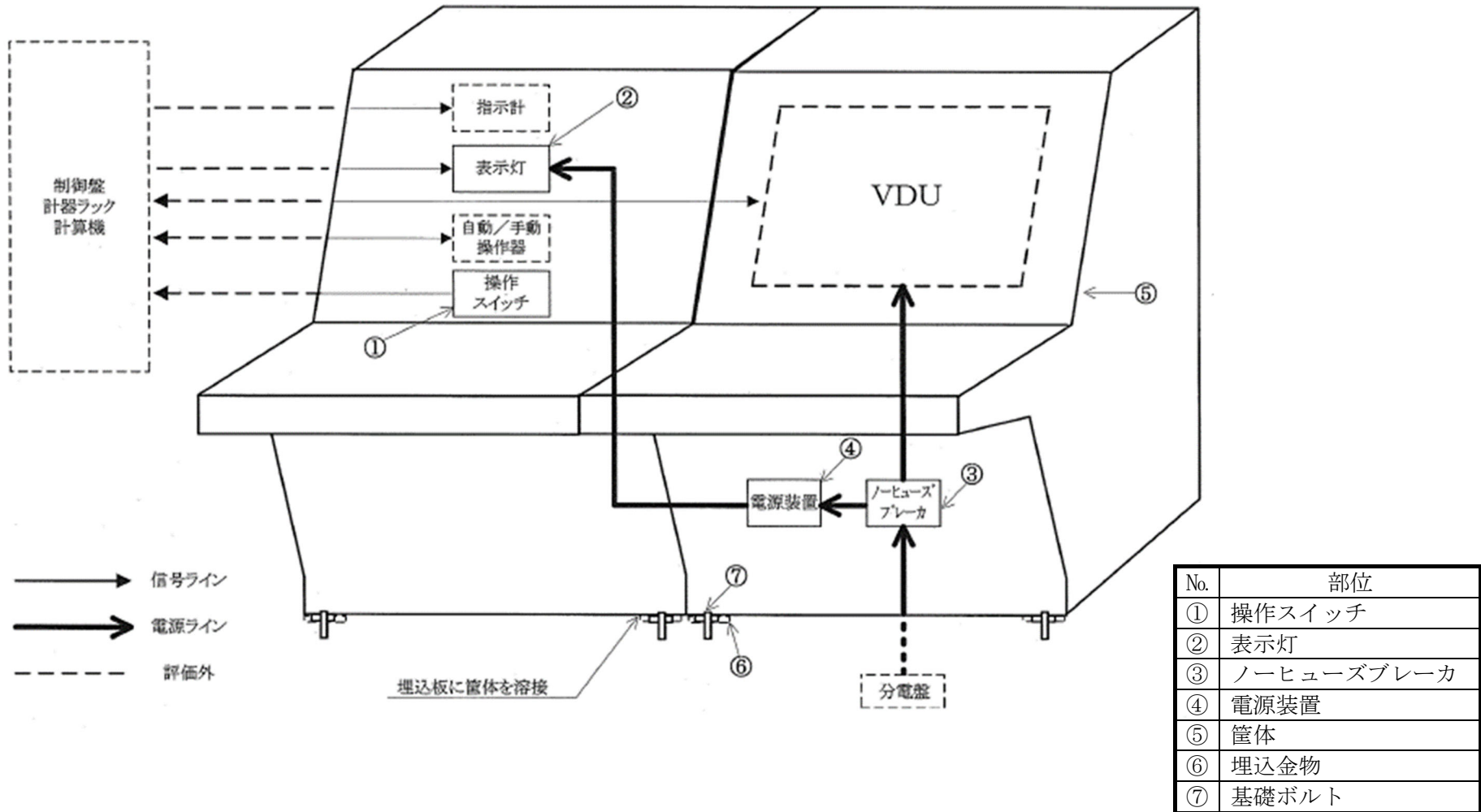


図2.1-2 高浜1号炉 中央制御盤の主要機器構成図

表2.1-3 高浜1号炉 中央制御盤主要部位の使用材料

部位		材料
主要構成機器	操作スイッチ	銅、銀他
	表示灯	消耗品・定期取替品
	ノーヒューズブレーカ	消耗品・定期取替品
	電源装置	消耗品・定期取替品
支持構造物	筐体	炭素鋼
	埋込金物	炭素鋼
	基礎ボルト（ケミカルアンカ）	炭素鋼、樹脂

表2.1-4 高浜1号炉 中央制御盤の使用条件

使用温度	約25℃*1
設置場所	中央制御室
制御電源	AC100V AC115V

*1：原子炉格納容器外の設計平均温度

2.1.3 非常用ディーゼル発電機制御盤

(1) 構造

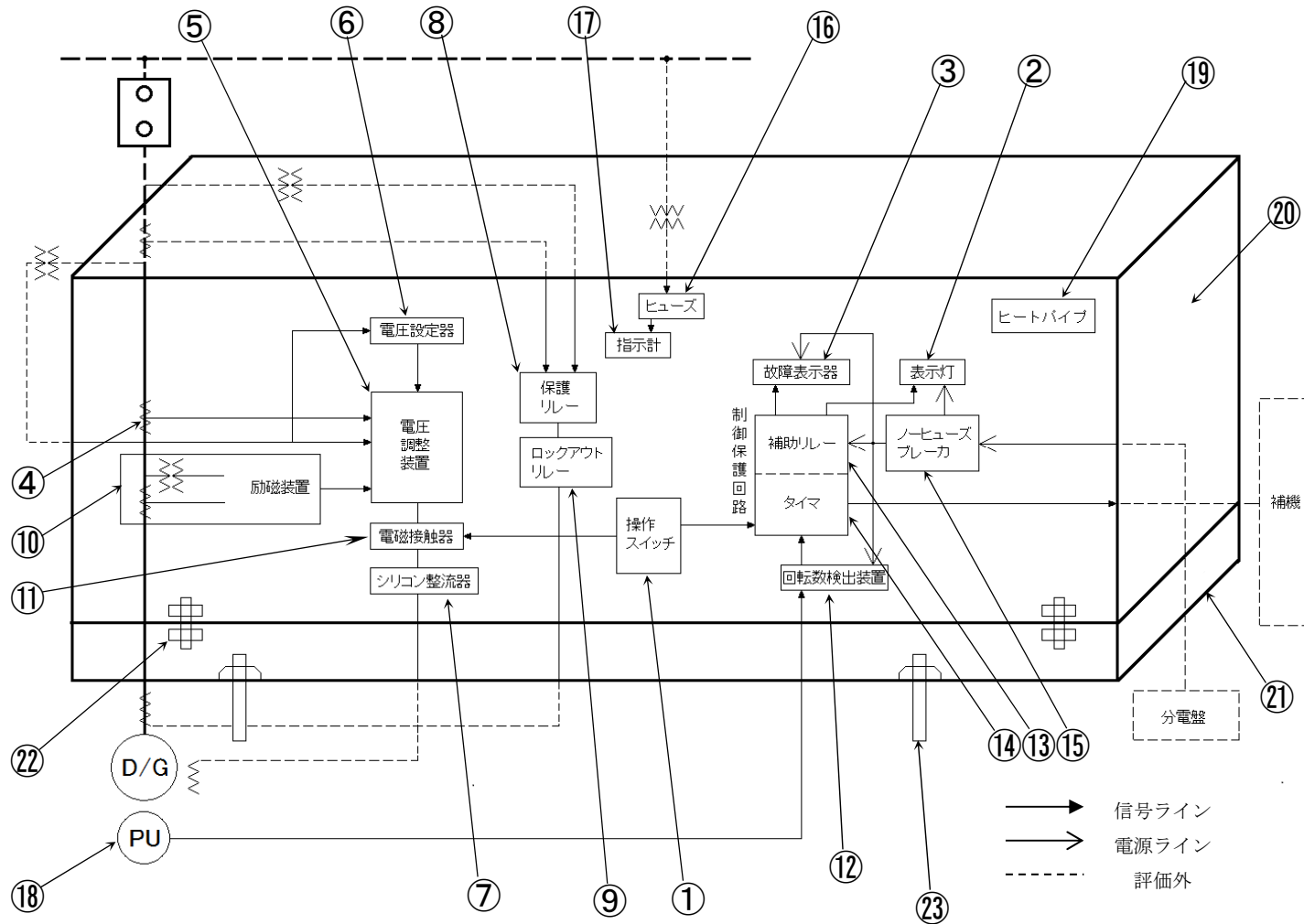
高浜1号炉の非常用ディーゼル発電機制御盤はA、Bトレン各6面設置されており、励磁装置等の主要構成機器および機器を支持するための筐体、チャンネルベース、取付ボルトおよび基礎ボルトから構成されている。

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

高浜1号炉の非常用ディーゼル発電機制御盤の主要機器構成図を図2.1-3に示す。

(2) 材料および使用条件

高浜1号炉の非常用ディーゼル発電機制御盤の使用材料および使用条件を表2.1-5および表2.1-6に示す。



No.	部位
①	操作スイッチ
②	表示灯
③	故障表示器
④	計器用変流器
⑤	電圧調整装置
⑥	電圧設定器
⑦	シリコン整流器
⑧	保護リレー (静止形)
⑨	ロックアウトリレー
⑩	励磁装置
⑪	電磁接触器
⑫	回転数検出装置
⑬	補助リレー
⑭	タイマ
⑮	ノーヒューズブレーカ
⑯	ヒューズ
⑰	指示計
⑱	電磁ピックアップ
⑲	ヒートパイプ
⑳	筐体
㉑	チャンネルベース
㉒	取付ボルト
㉓	基礎ボルト

図2.1-3 高浜1号炉 非常用ディーゼル発電機制御盤の主要機器構成図

表2.1-5 高浜1号炉 非常用ディーゼル発電機制御盤主要部位の使用材料

	部位	材料
主要構成機器	操作スイッチ	銅、銀他
	表示灯	消耗品・定期取替品
	故障表示器	消耗品・定期取替品
	計器用変流器	銅線、ポリオレフィンゴム（A種絶縁）
	電圧調整装置	半導体、可変抵抗器、他
	電圧設定器	小型直流モータ
	シリコン整流器	半導体
	保護リレー（静止形）	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
	励磁装置	銅線、珪素鋼板、アラミド紙（H種絶縁）
	電磁接触器	消耗品・定期取替品
	回転数検出装置	消耗品・定期取替品
	補助リレー	消耗品・定期取替品
	タイマ	消耗品・定期取替品
	ノーヒューズブレーカ	消耗品・定期取替品
	ヒューズ	消耗品・定期取替品
	指示計	消耗品・定期取替品
	電磁ピックアップ	銅線、ステンレス鋼他
ヒートパイプ	銅合金	
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
	基礎ボルト（ケミカルアンカ）	炭素鋼、樹脂

表2.1-6 高浜1号炉 非常用ディーゼル発電機制御盤の使用条件

使用温度	約40℃*1
設置場所	D/G室（D/G本体と同じ部屋）
制御電源	DC125V AC115V

*1：原子炉格納容器外の設計平均温度

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機能達成に必要な項目

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

- ① 機器の制御・保護・監視・操作機能の維持
- ② 機器の支持

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

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

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

(1) 計器用変流器の絶縁低下 [非常用ディーゼル発電機制御盤]

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

(2) 励磁装置の絶縁低下 [非常用ディーゼル発電機制御盤]

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

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

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

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

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

(1) 操作スイッチの導通不良〔中央制御盤、非常用ディーゼル発電機制御盤〕

操作スイッチは、浮遊塵埃の接点部分への付着による導通不良が想定される。

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

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

なお、機器点検時の動作確認により、機器の健全性を確認している。

(2) 半導体基板〔安全防護系シーケンス盤〕、電圧調整装置〔非常用ディーゼル発電機制御盤〕の特性変化

半導体基板および電圧調整装置は長期間の使用に伴い、入出力特性の変化やマイグレーションが想定される。

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

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

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

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目す

べき経年劣化事象ではない。

- (3) 筐体 [共通]、チャンネルベースおよび取付ボルト [安全防护系シーケンス盤、非常用ディーゼル発電機制御盤] の腐食 (全面腐食)

筐体、チャンネルベースおよび取付ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

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

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

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

- (4) 埋込金物 (大気接触部) の腐食 (全面腐食) [中央制御盤]

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、塗膜が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

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

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

- (5) 電圧設定器の特性変化 [非常用ディーゼル発電機制御盤]

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

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

また、機器点検時のブラシの摩耗量測定により、機器の健全性を維持している。

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

(6) シリコン整流器の特性変化 [非常用ディーゼル発電機制御盤]

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

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

また、機器点検時の抵抗測定により、機器の健全性を維持している。

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

(7) 基礎ボルトの腐食（全面腐食） [共通] および樹脂の劣化 [中央制御盤、非常用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。

また、ケミカルアンカには樹脂を使用しており、劣化が想定される。

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

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) ヒートパイプの腐食（全面腐食） [非常用ディーゼル発電機制御盤]

ヒートパイプは銅合金であり、腐食が想定される。

しかしながら、ヒートパイプに使用している銅合金は、化学的に安定した（鏽等の劣化を発生し難い）材料であり、環境劣化による劣化損傷が発生する可能性は小さいことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(9) 埋込金物（コンクリート埋設部）の腐食（全面腐食） [中央制御盤]

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

(10) 電磁ピックアップの絶縁低下 [非常用ディーゼル発電機制御盤]

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

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

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

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

2.2.4 消耗品および定期取替品

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

表2.2-1 (1/3) 高浜1号炉 安全防護系シーケンス盤に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部品	消耗品 ・定期 取替品	材料	経年劣化事象								備考
				減肉		割れ		絶縁	導通	特性	その他	
				摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	絶縁 低下	導通 不良	特性 変化		
機器の制御・ 保護・監視・ 操作機能の維持	半導体基板		半導体								△	
	ノーヒューズブレーカ	◎	—									
	電源装置	◎	—									
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2.2-1 (2/3) 高浜1号炉 中央制御盤に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部品	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象								備考
				減肉		割れ		絶縁	導通	特性	その他	
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁低下	導通不良	特性変化		
機器の制御・保護・監視・操作機能の維持	操作スイッチ		銅、銀他							△		*1: 大気接触部の腐食 *2: コンクリート埋設部の腐食 *3: 樹脂の劣化
	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							
	基礎ボルト (ケミカルアンカ)		炭素鋼、樹脂		△						△*3	

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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

表2.2-1(3/3) 高浜1号炉 非常用ディーゼル発電機制御盤に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部品	消耗品・定期 取替品	材料	経年劣化事象								備考
				減肉		割れ		絶縁	導通	特性	その他	
				摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	絶縁 低下	導通 不良	特性 変化		
機器の制御・ 保護・監視・ 操作機能の維持	操作スイッチ		銅、銀他							△		*1:樹脂の劣化
	表示灯	◎	-									
	故障表示器	◎	-									
	計器用変流器		銅線、ポリオレフィンゴム					○				
	電圧調整装置		半導体、可変抵抗器、他							△		
	電圧設定器		小型直流モータ							△		
	シリコン整流器		半導体							△		
	保護リレー（静止形）	◎	-									
	ロックアウトリレー	◎	-									
	励磁装置		銅線、珪素鋼板、アラミド紙					○				
	電磁接触器	◎	-									
	回転数検出装置	◎	-									
	補助リレー	◎	-									
	タイマ	◎	-									
	ノーヒューズブレーカ	◎	-									
	ヒューズ	◎	-									
	指示計	◎	-									
	電磁ピックアップ			銅線、ステンレス鋼他					▲			
ヒートパイプ			銅合金		▲							
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		△							
	基礎ボルト（ケミカルアンカ）		炭素鋼、樹脂		△						△*1	

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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

2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

2.3.1 計器用変流器の絶縁低下 [非常用ディーゼル発電機制御盤]

a. 事象の説明

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

b. 技術評価

① 健全性評価

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

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

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

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

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

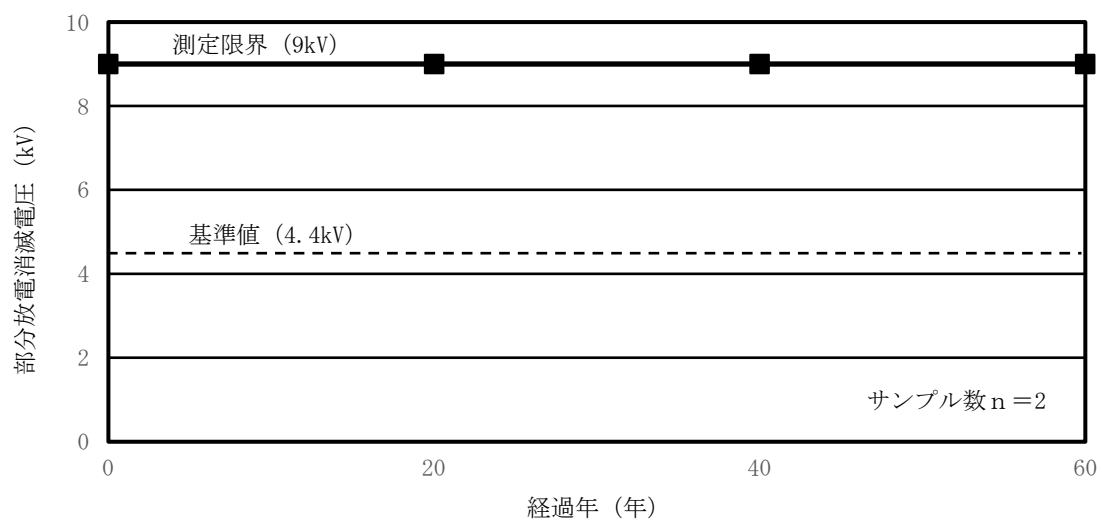


図2.3-1a 計器用変流器の部分放電特性（課電劣化試験による部分放電消滅電圧）
 [出典：電力共通研究「原子力発電所における電気・計装品の健全性評価研究（STEP2）」2001年度]

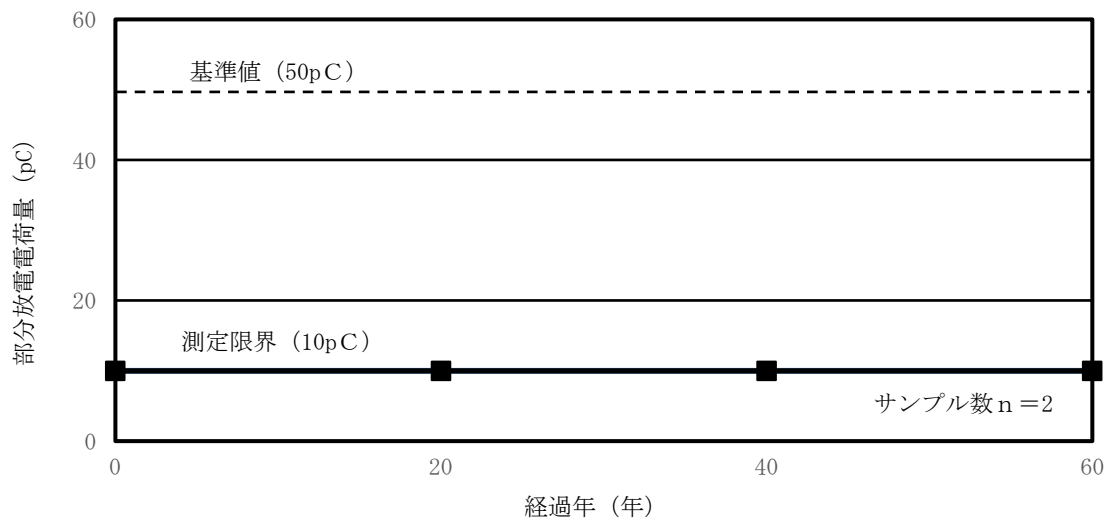


図2.3-1b 計器用変流器の部分放電特性（課電劣化試験による部分放電電荷量）
 [出典：電力共通研究「原子力発電所における電気・計装品の健全性評価研究（STEP2）」2001年度]

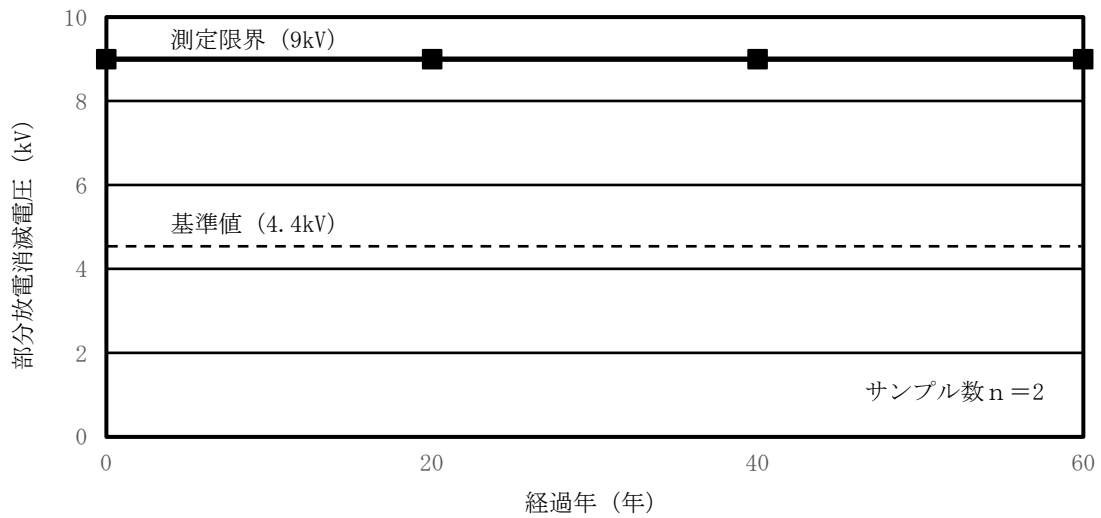


図2.3-1c 計器用変流器の部分放電特性（熱サイクル試験による部分放電消滅電圧）
 [出典：電力共通研究「原子力発電所における電気・計装品の健全性評価研究（STEP2）」2001年度]

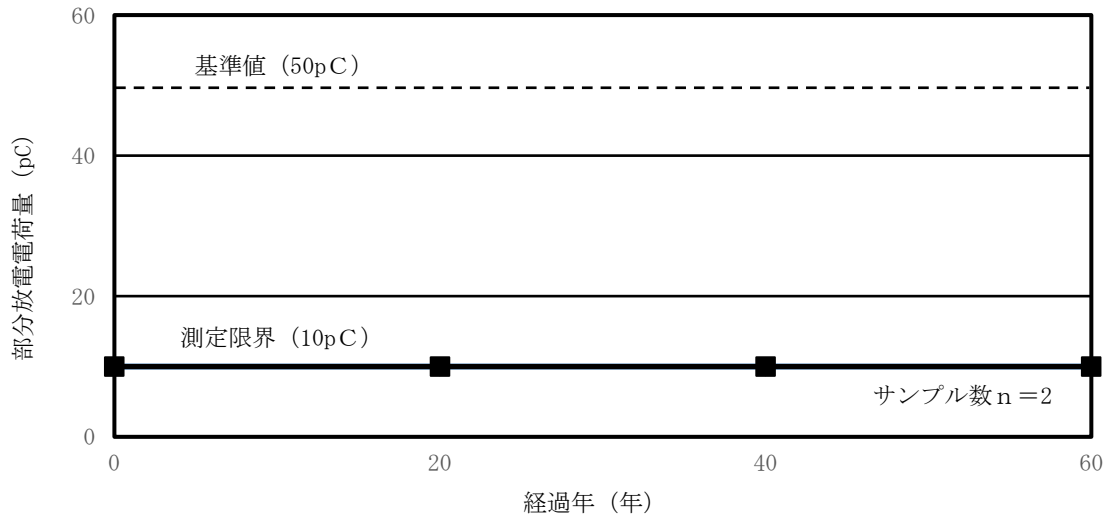


図2.3-1d 計器用変流器の部分放電特性（熱サイクル試験による部分放電電荷量）
 [出典：電力共通研究「原子力発電所における電気・計装品の健全性評価研究（STEP2）」2001年度]

② 現状保全

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

③ 総合評価

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

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

c. 高経年化への対応

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

2.3.2 励磁装置の絶縁低下 [非常用ディーゼル発電機制御盤]

a. 事象の説明

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

b. 技術評価

① 健全性評価

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

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

② 現状保全

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

また、20年経過後適切な頻度で励磁装置の絶縁抵抗測定および精密点検としてtan δ 測定および直流吸収比測定を実施し、異常のないことを確認している。

③ 総合評価

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

c. 高経年化への対応

励磁装置の絶縁低下については、定期的に絶縁抵抗測定ならびに適切な頻度で精密点検としてtan δ 測定および直流吸収比測定を実施していく。

3. 代表機器以外への展開

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

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

- ① 原子炉保護系リレーラック
- ② 安全系マルチプレクサ盤
- ③ 安全系VDUプロセッサ盤
- ④ ATWS緩和設備
- ⑤ エバキューエーション盤
- ⑥ 使用済燃料ピット監視カメラ
- ⑦ SPDS関連設備
- ⑧ SA監視操作盤
- ⑨ 統合原子力防災ネットワーク
- ⑩ 衛星電話
- ⑪ 緊急時衛星通報システム
- ⑫ 津波監視カメラ
- ⑬ 計器用空気圧縮機盤
- ⑭ チラーユニット制御盤
- ⑮ 補助給水ポンプ起動盤
- ⑯ 1次冷却材ポンプ母線計測盤
- ⑰ 空冷式非常用発電装置制御盤

3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

3.1.1 変圧器〔計器用空気圧縮機盤〕、励磁装置および計器用変圧器〔空冷式非常用発電装置制御盤〕の絶縁低下

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

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、励磁装置および計器用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、励磁装置および計器用変圧器の絶縁低下については、定期的に絶縁抵抗測定を実施していく。

3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

3.2.1 半導体基板〔安全系マルチプレクサ盤、安全系VDUプロセッサ盤、ATWS緩和設備、使用済燃料ピット監視カメラ、SPDS関連設備、津波監視カメラ、SA監視操作盤〕、スピードコントローラおよび自動電圧調整器〔空冷式非常用発電装置制御盤〕の特性変化

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

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

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

さらに、機器点検時の動作試験により、機器の健全性を維持している。

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

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

筐体、チャンネルベースおよび取付ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、筐体、チャンネルベースおよび取付ボルトは塗装または亜鉛メッキにより腐食を防止しており、塗膜またはメッキ面が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

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

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

3.2.3 埋込金物の腐食（大気接触部）（全面腐食） [共通]

埋込金物は炭素鋼であり、腐食が想定される。

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

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

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

3.2.4 操作スイッチの導通不良 [原子炉保護系リレーラック、エバキュエーション盤、計器用空気圧縮機盤、チラーユニット制御盤、補助給水ポンプ起動盤、空冷式非常用発電装置制御盤]

操作スイッチは、浮遊塵埃の接点部分への付着による導通不良が想定される。

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

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

なお、機器の動作確認により、機器の健全性を確認している。

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

基礎ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

また、ケミカルアンカには樹脂を使用しており、劣化が想定される。

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

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

3.2.6 埋込金物（コンクリート埋設部）の腐食（全面腐食） [共通]

埋込金物は炭素鋼であり、腐食が想定される。

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

高浜発電所 1 号炉

空調設備の技術評価書

[運転を断続的に行うことを前提とした評価]

関西電力株式会社

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

これらの一覧表を表1に、機能を表2に示す。

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

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

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

さらに、設置してから分解点検等の実績がない場合も、保全計画が定められていれば「確認している」等と表記している。

本評価書では空調設備の型式等を基に、以下の6つに分類している。

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

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

表 1 (1/6) 高浜 1 号炉 ファンの主な仕様

分離基準			機器名称 (台数)	選定基準					代表機器の選定	
型式	駆動方式	設置場所		仕様 容量×静圧 (m ³ /min) × (Pa[gage])	重要度*1	使用条件			代表 機器	選定 理由
						運転 状態	回転数 (rpm)	吸気温度 (°C)		
遠心型	ベルト駆動	屋内	制御建屋送気ファン(2)	約2,638×約 824	MS-1、重*2	連続	695	約40	◎	重要度 容量
			中央制御室非常用循環ファン- 1 (2)	約 425×約1,079	MS-1、重*2	一時	1,420	約40		
			補助建屋よう素除去排気ファン(2)	約 425×約1,991	MS-1	一時	2,930	約40		
			補助建屋排気ファン(3)	約1,640×約1,765	MS-2	連続	885	約40		
	一体型	屋内	アニュラス循環排気ファン(2)	約 113×約2,118	MS-1、重*2	一時	1,770	約40	◎	
	カップリング 駆動	屋内	中央制御室非常用循環ファン- 2 (2)	約 690×約9,087	MS-1、重*2	一時	3,600	約40	◎	
軸流型	一体型	屋内	制御建屋循環ファン(2)	約2,250×約 275	MS-1、重*2	連続	690	約40	◎	重要度
			スプレ余熱除去ポンプ室冷却ファン(2)	約 340×約 441	MS-2	一時	1,770	約40		
			充てんポンプ室冷却ファン(2)	約 850×約 628	MS-2	連続	1,150	約40		
			非常用ディーゼル発電機室冷却ファン(4)	約1,930×約 343	MS-2	一時	1,170	約40		
			1次系冷却水ポンプ室冷却ファン(2)	約 820×約 294	MS-2	連続	1,150	約40		

*1：機能は最上位の機能を示す。

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

表 1 (2/6) 高浜 1 号炉 モータの主な仕様

分離基準			機器名称 (台数)	仕様 (定格出力× 定格回転数) (kW×rpm)	選定基準				代表機器の選定	
電圧 区分	型式	設置 場所			重要度*1	使用条件			代表 機器	選定 理由
						運転 状態	電圧 (V)	周囲温度 (℃)		
低圧	全閉	屋内	制御建屋送気ファンモータ (2)	90×1,180	MS-1、重*2	連続	440	約40	◎	重要度、 運転状態、 出力
			中央制御室非常用循環ファンモーター 1 (2)	15×1,730	MS-1、重*2	一時	440	約40		
			中央制御室非常用循環ファンモーター 2 (2)	185×3,565	MS-1、重*2	一時	440	約40		
			アニュラス循環排気ファンモータ (2)	11×1,750	MS-1、重*2	一時	440	約40		
			補助建屋よう素除去排気ファンモータ (2)	30×1,760	MS-1	一時	440	約40		
			冷水ポンプモータ (2)	22×1,740	MS-1	連続	440	約40		
			スプレ余熱除去ポンプ室冷却ファンモータ (2)	7.5×1,770	MS-2	一時	440	約40		
			1次系冷却水ポンプ室冷却ファンモータ (2)	11×1,150	MS-2	連続	440	約40		
			補助建屋排気ファンモータ (3)	90×1,170	MS-2	連続	440	約40		
	開放	屋内	制御建屋循環ファンモータ (2)	37×690	MS-1、重*2	連続	440	約40	◎	重要度
			充てんポンプ室冷却ファンモータ (2)	18.5×1,150	MS-2	連続	440	約40		
非常用ディーゼル発電機室冷却ファンモータ (4)			37×1,170	MS-2	一時	440	約40			
高圧	密閉	屋内	チラーユニット用圧縮機モータ (2)	238×3,540	MS-1	連続	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および構造物であることを示す。

表 1 (3/6) 高浜 1 号炉 空調ユニットの主な仕様

分離基準 型式	機器名称 (台数)	仕様 容量 (m ³ /min)	選定基準			代表機器の選定	
			重要度*1	運転状態	構成部品	代表 機器	選定理由
エアハンドリング ユニット	制御建屋冷暖房ユニット (2)	約 2,638	MS-1、重*2	連続	冷却コイル、加熱コイル、粗フィルタ	◎	重要度 運転年数
	スプレ余熱除去ポンプ室冷暖房ユニット (2)	約 340	MS-2	一時	冷却コイル、粗フィルタ		
	充てん高圧注入ポンプ室冷暖房ユニット (2)	約 850	MS-2	連続	冷却コイル、粗フィルタ		
	1 次系冷却水ポンプ室冷暖房ユニット (1)	約 820	MS-2	連続	海水冷却コイル、粗フィルタ		
	格納容器循環冷暖房ユニット (3)	約 5,250	重*2	連続	冷却コイル、粗フィルタ		
	制御建屋空調ユニット (2)	約 690	MS-1、重*2	一時	冷却コイル、粗フィルタ		
フィルタユニット	アニュラス循環排気フィルタユニット (2)	約 113	MS-1、重*2	一時	チャコールフィルタ、微粒子フィルタ、粗フィルタ	◎	重要度 構成部品数
	補助建屋よう素除去排気フィルタユニット (1)	約 425	MS-1	一時 (非常時のみ)	チャコールフィルタ、微粒子フィルタ、粗フィルタ		
	中央制御室非常用循環フィルタユニット (2)	約 425	MS-1、重*2	一時 (非常時のみ)	チャコールフィルタ、微粒子フィルタ、粗フィルタ		
	補助建屋排気フィルタユニット (2)	約 1,215	MS-2	連続	微粒子フィルタ、粗フィルタ		

*1：機能は最上位の機能を示す。

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

表 1 (4/6) 高浜 1 号炉 冷凍機の主な仕様

分離基準 型式	機器名称 (台数)	仕様 (容量)	重要度*1	使用条件		
				運転状態		
冷凍機	チラー ユニット (2)	869,400 kcal/h (冷却能力)	MS-1	連続	本体	圧縮機、凝縮器、蒸発器、モータ*2、冷媒配管
					冷水システム	冷水サージタンク、冷水ポンプ、モータ*2、配管

*1：機能は最上位の機能を示す。

*2：モータについては、本評価書のモータにて評価している。

表 1 (5/6) 高浜 1 号炉 ダクトの主な仕様

分離基準	機器名称	仕様容量 (m ³ /min)	選定基準		代表機器の選定	
			重要度*1	運転状態	代表機器	選定理由
排気筒	格納容器排気筒	約1,930	MS-1、重*2	一時	◎	重要度
	補助建屋排気筒	約4,920	MS-2	連続		
ダクト	制御建屋循環系統ダクト	約2,638	MS-1、重*2	連続	◎	重要度 容量
	中央制御室非常用循環系統ダクト	約 425	MS-1、重*2	一時		
	スプレ余熱除去ポンプ室冷却ファンダクト	約 340	MS-2	一時		
	充てんポンプ室冷却ファンダクト	約 850	MS-2	連続		
	非常用ディーゼル発電機室冷却ファンダクト	約1,930	MS-2	一時		
	1次系冷却水ポンプ室冷却ファンダクト	約 820	MS-2	連続		
	補助建屋よう素除去排気ファンダクト	約 425	MS-1	一時		
	補助建屋排気ファンダクト	約 168	MS-2	連続		
	アニュラス循環排気系統ダクト	約 113	MS-1、重*2	一時		
	格納容器循環冷暖房ユニットダクト	約5,250	重*2	連続		

*1：機能は最上位の機能を示す。

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

表 1 (6/6) 高浜 1 号炉 ダンパの主な仕様

分離基準		名称	選定基準	代表機器の選定	
型式	駆動方法 (作動原理)		重要度*1	代表機器	選定理由
ダンパ	空気作動	格納容器排気系統ダンパ	MS-1	◎ 制御建屋循環ファン出口ダンパ	重要度
		中央制御室送気系統ダンパ	MS-1、重*2		
		本館エレベータ横階段エリア送気・排気系統ダンパ	MS-1		
		中央制御室非常用循環系統ダンパ	MS-1、重*2		
		制御建屋循環系統ダンパ	MS-1、重*2		
		出入管理室送気系統ダンパ	MS-1		
		制御建屋送気系統ダンパ	MS-1、重*2		
		制御建屋冷暖房系統ダンパ	MS-1、重*2		
		非常用ディーゼル発電機室冷却系統ダンパ	MS-2		
		非常用ディーゼル発電機室排気系統ダンパ	MS-2		
		補助建屋よう素除去排気系統ダンパ	MS-1		
		S Gブローダウンサンプル室送気系統ダンパ	MS-1		
		中央給湯室 3 階洗面所排気系統ダンパ	MS-1		
		補助建屋排気系統ダンパ	MS-2		
	使用済燃料ピット送気系統ダンパ	MS-2			
逆止	制御建屋冷暖房ユニット系統逆止ダンパ	MS-1、重*2	◎ 制御建屋冷暖房ユニットメタクラ室送気逆止ダンパ	重要度	
防火	補助建屋排気系統防火ダンパ	MS-2	◎ 補助建屋排気止め防火ダンパ		

*1：機能は最上位の機能を示す。

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

表 2 (1/3) 高浜 1 号炉 主要な空調設備の機能

空調設備		機能
ファン・モータ	制御建屋送気ファン	制御建屋に調整した空気を給気する装置。
	中央制御室非常用循環ファン	1 次冷却材喪失事故時に閉回路循環運転となる中央制御室空調装置を浄化するために、循環空気を中央制御室非常用フィルタユニットに給気する装置。
	補助建屋よう素除去排気ファン	1 次冷却材喪失事故時にポンプ室内に漏洩する放射性よう素を浄化し、排気するための装置。
	補助建屋排気ファン	原子炉補助建屋内を換気および浄化するために、原子炉補助建屋内の空気を排気する装置。
	アニュラス循環排気ファン	1 次冷却材喪失事故時にアニュラス内に漏洩する放射性よう素を浄化するためにアニュラスより空気を排気する装置。
	制御建屋循環ファン	制御建屋内を換気および浄化するために、制御建屋内の空気を循環するための装置。
	スプレ余熱除去ポンプ室冷却ファン	スプレ余熱除去ポンプ室を冷却するための装置。
	充てんポンプ室冷却ファン	充てんポンプ室を冷却するための装置。
	非常用ディーゼル発電機室冷却ファン	非常用ディーゼル発電機室を冷却するための装置。
	1 次系冷却水ポンプ室冷却ファン	1 次系冷却水ポンプ室を冷却するための装置。

表 2 (2/3) 高浜 1 号炉 主要な空調設備の機能

空調設備		機能
エアハンドリングユニット	制御建屋冷暖房ユニット	制御建屋内に給排気する空気の浄化*1および温度の調整を行う装置。
	スプレ余熱除去ポンプ室冷暖房ユニット	スプレ余熱除去ポンプ室内に給気する空気の浄化*1および温度の調整を行う装置。
	充てん高圧注入ポンプ室冷暖房ユニット	充てん高圧注入ポンプ室内に給気する空気の浄化*1および温度の調整を行う装置。
	1次系冷却水ポンプ室冷暖房ユニット	1次系冷却水ポンプ室に給気する空気の浄化*1および温度の調整を行う装置。
	格納容器循環冷暖房ユニット	格納容器内の循環空気を冷却する装置。
	制御建屋空調ユニット	制御建屋内に給気する空気の浄化*1および温度の調整を行う装置。
フィルタユニット	アニュラス循環排気フィルタユニット	アニュラス内の排気をフィルタユニット内のフィルタにより浄化*1する装置。
	補助建屋よう素除去排気フィルタユニット	ポンプ室内からの排気をフィルタユニット内のフィルタにより浄化する装置。
	中央制御室非常用循環フィルタユニット	非常時に中央制御室内の給排気をフィルタユニット内のフィルタにより浄化*1する装置。
	補助建屋排気フィルタユニット	原子炉補助建屋内の排気をフィルタユニット内のフィルタにより浄化*1する装置。
冷凍機	チラーユニット	制御建屋換気空調装置のエアハンドリングユニットに冷水を供給する装置。

*1：塵埃除去

表 2 (3/3) 高浜 1 号炉 主要な空調設備の機能

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

1 ファン

[対象機器]

- ① 制御建屋送気ファン
- ② 中央制御室非常用循環ファン－1
- ③ 補助建屋よう素除去排気ファン
- ④ 補助建屋排気ファン
- ⑤ アニュラス循環排気ファン
- ⑥ 中央制御室非常用循環ファン－2
- ⑦ 制御建屋循環ファン
- ⑧ スプレ余熱除去ポンプ室冷却ファン
- ⑨ 充てんポンプ室冷却ファン
- ⑩ 非常用ディーゼル発電機室冷却ファン
- ⑪ 1次系冷却水ポンプ室冷却ファン

目次

1. 技術評価対象機器および代表機器の選定	1
1.1 グループ化の考え方および結果	1
1.2 代表機器の選定	1
2. 代表機器の技術評価	4
2.1 構造、材料および使用条件	4
2.2 経年劣化事象の抽出	16
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ではない事象	24

1. 技術評価対象機器および代表機器の選定

高浜1号炉で使用されているファンの主な仕様を表1-1に示す。

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

1.1 グループ化の考え方および結果

表1-1に示すファンを型式、駆動方式および設置場所の観点から分類すると以下の4つのグループに分類される。

① 遠心型ベルト駆動ファン（屋内設置）

羽根車の遠心力を利用して送風。モータからベルトを介して駆動する。

② 遠心型一体型ファン（屋内設置）

羽根車の遠心力を利用して送風。ファンの軸とモータが一体。

③ 遠心型カップリング駆動ファン（屋内設置）

羽根車の遠心力を利用して送風。ファンの軸とモータが軸継手で接続。

④ 軸流型一体型ファン（屋内設置）

羽根車の翼揚力を利用して軸方向に送風。ファンの軸とモータが一体。

1.2 代表機器の選定

(1) 遠心型ベルト駆動ファン（屋内設置）

このグループには、制御建屋送気ファン、中央制御室非常用循環ファンー1、補助建屋よう素除去排気ファンおよび補助建屋排気ファンが属するが、重要度が高く、容量が大きい制御建屋送気ファンを代表機器とする。

(2) 遠心型一体型ファン（屋内設置）

このグループには、アニュラス循環排気ファンのみが属するため、アニュラス循環排気ファンを代表機器とする。

(3) 遠心型カップリング駆動ファン（屋内設置）

このグループには、中央制御室非常用循環ファンー2のみが属するため、中央制御室非常用循環ファンー2を代表機器とする。

(4) 軸流型一体型ファン（屋内設置）

このグループには、制御建屋循環ファン、スプレ余熱除去ポンプ室冷却ファン、充てんポンプ室冷却ファン、非常用ディーゼル発電機室冷却ファンおよび1次系冷却水ポンプ室冷却ファンが属するが、重要度が高い制御建屋循環ファンを代表機器とする。

表1-1 高浜1号炉 ファンの主な仕様

分離基準			機器名称 (台数)	選定基準					代表機器の選定	
型式	駆動方式	設置場所		仕様 容量×静圧 (m ³ /min)×(Pa[gage])	重要度*1	使用条件			代表 機器	選定 理由
						運転 状態	回転数 (rpm)	吸気温度 (°C)		
遠心型	ベルト駆動	屋内	制御建屋送気ファン(2)	約2,638×約824	MS-1、重*2	連続	695	約40	◎	重要度 容量
			中央制御室非常用循環ファン-1(2)	約425×約1,079	MS-1、重*2	一時	1,420	約40		
			補助建屋よう素除去排気ファン(2)	約425×約1,991	MS-1	一時	2,930	約40		
			補助建屋排気ファン(3)	約1,640×約1,765	MS-2	連続	885	約40		
	一体型	屋内	アニュラス循環排気ファン(2)	約113×約2,118	MS-1、重*2	一時	1,770	約40	◎	
	カップリング 駆動	屋内	中央制御室非常用循環ファン-2(2)	約690×約9,087	MS-1、重*2	一時	3,600	約40	◎	
軸流型	一体型	屋内	制御建屋循環ファン(2)	約2,250×約275	MS-1、重*2	連続	690	約40	◎	重要度
			スプレ余熱除去ポンプ室冷却ファン(2)	約340×約441	MS-2	一時	1,770	約40		
			充てんポンプ室冷却ファン(2)	約850×約628	MS-2	連続	1,150	約40		
			非常用ディーゼル発電機室冷却ファン(4)	約1,930×約343	MS-2	一時	1,170	約40		
			1次系冷却水ポンプ室冷却ファン(2)	約820×約294	MS-2	連続	1,150	約40		

*1：機能は最上位の機能を示す。

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

2. 代表機器の技術評価

本章では1章で代表機器とした以下の4種類のファンについて技術評価を実施する。

- ① 制御建屋送気ファン
- ② アニュラス循環排気ファン
- ③ 中央制御室非常用循環ファンー2
- ④ 制御建屋循環ファン

2.1 構造、材料および使用条件

2.1.1 制御建屋送気ファン

(1) 構造

高浜1号炉の制御建屋送気ファンは、遠心型ベルト駆動ファンであり、2台設置されている。

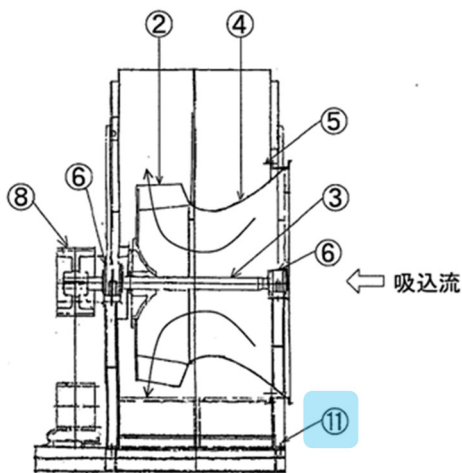
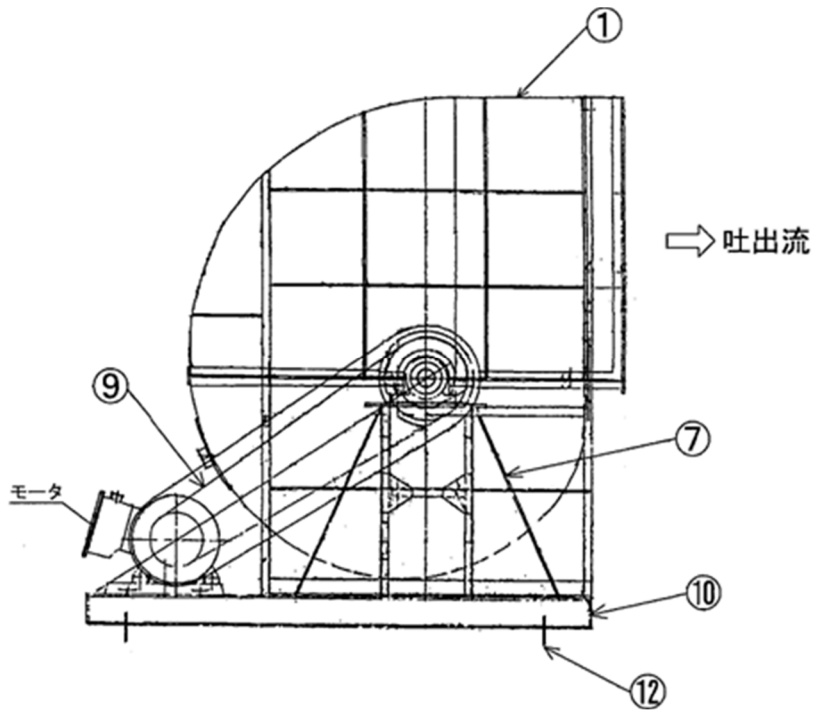
ケーシング、羽根車、主軸等には炭素鋼を使用している。

羽根車軸を支える軸受は両持ち方式で、羽根車はケーシング側面に設置されたモータによりVベルト駆動で回転する。

高浜1号炉の制御建屋送気ファンの構造図を図2.1-1に示す。

(2) 材料および使用条件

高浜1号炉の制御建屋送気ファンの使用材料および使用条件を表2.1-1および表2.1-2に示す。



No.	部位
①	ケーシング
②	羽根車
③	主軸
④	ホッパー
⑤	ホッパー取付ボルト
⑥	軸受 (ころがり)
⑦	軸受台
⑧	Vプーリ
⑨	Vベルト
⑩	台床
⑪	取付ボルト
⑫	基礎ボルト

図2.1-1 高浜1号炉 高浜1号炉 制御建屋送気ファン構造図

表2.1-1 高浜1号炉 制御建屋送気ファン主要部位の使用材料

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

表2.1-2 高浜1号炉 制御建屋送気ファンの使用条件

容量	約2,638m ³ /min
静圧	約824Pa[gage]
回転数	695rpm
設置場所	屋内
吸気温度	約40℃

2.1.2 アニュラス循環排気ファン

(1) 構造

高浜1号炉のアニュラス循環排気ファンは、遠心型一体型ファンであり、2台設置されている。

ケーシング、主軸、羽根車には炭素鋼を使用している。

羽根車はモータの主軸に直接取付けており、モータ軸と一体で駆動し回転する。

高浜1号炉のアニュラス循環排気ファンの構造図を図2.1-2に示す。

(2) 材料および使用条件

高浜1号炉のアニュラス循環排気ファンの使用材料および使用条件を表2.1-3および表2.1-4に示す。

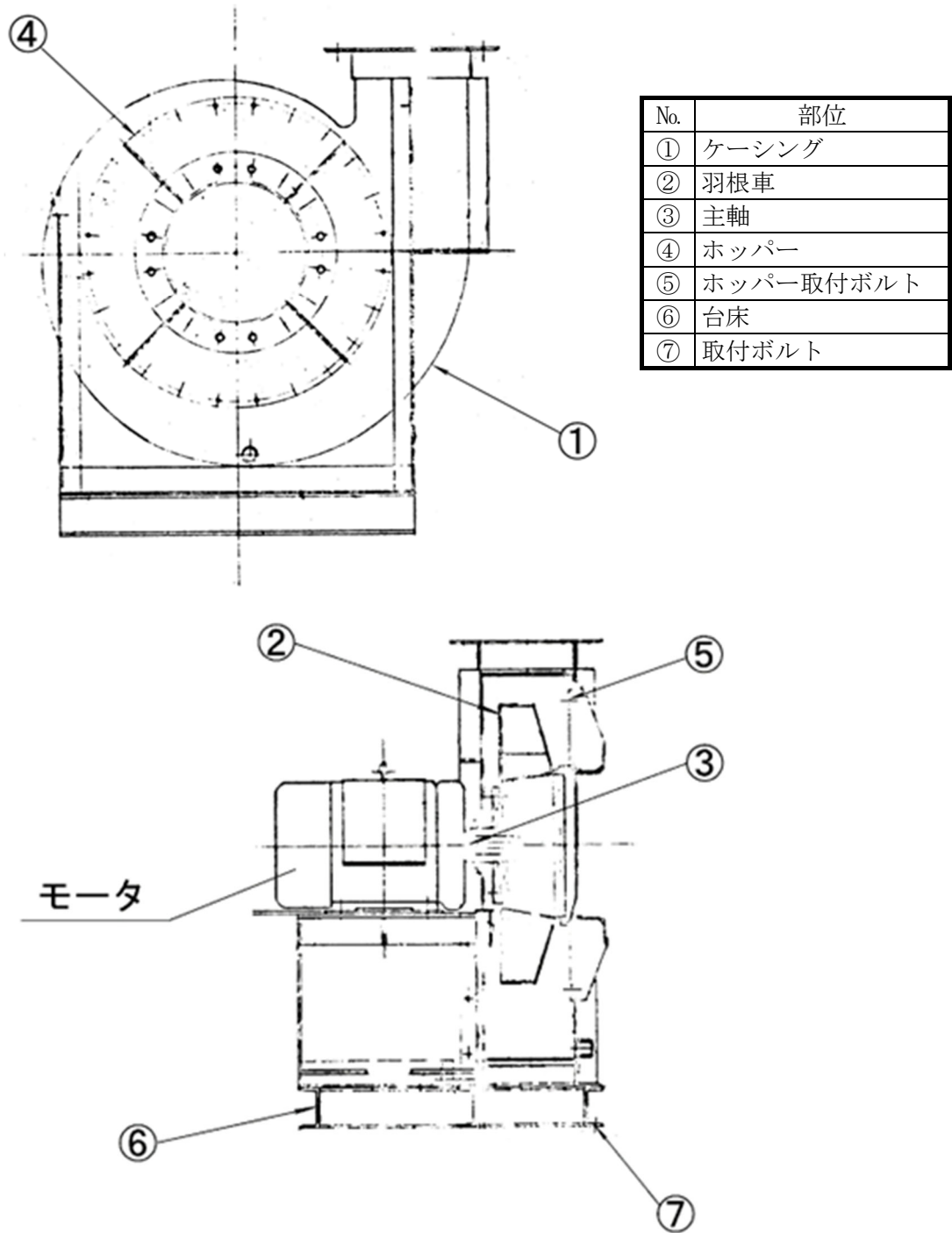


図2.1-2 高浜1号炉 アニュラス循環排気ファン構造図

表2.1-3 高浜1号炉 アニュラス循環排気ファン主要部位の使用材料

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

表2.1-4 高浜1号炉 アニュラス循環排気ファンの使用条件

容量	約113m ³ /min
静圧	約2,118Pa[gage]
回転数	1,770rpm
設置場所	屋内
吸気温度	約40℃

2.1.3 中央制御室非常用循環ファン－2

(1) 構造

高浜1号炉の中央制御室非常用循環ファン－2は、遠心型カップリング駆動ファンであり、2台設置されている。

ケーシング、主軸、羽根車には炭素鋼を使用している。

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

高浜1号炉の中央制御室非常用循環ファン－2の構造図を図2.1-3に示す。

(2) 材料および使用条件

高浜1号炉の中央制御室非常用循環ファン－2の使用材料および使用条件を表2.1-5および表2.1-6に示す。

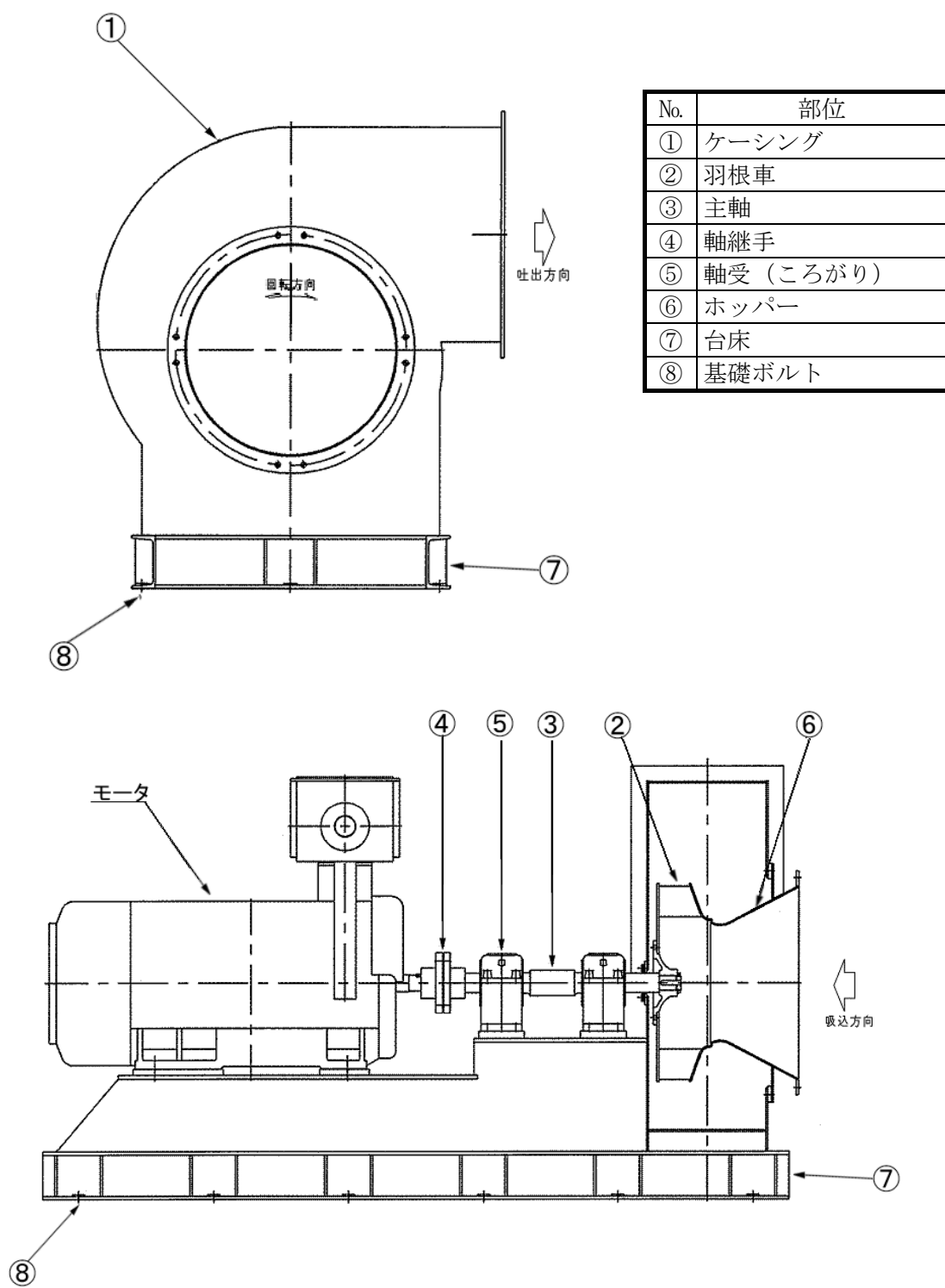


図2.1-3 高浜1号炉 中央制御室非常用循環ファン-2 構造図

表2.1-5 高浜1号炉 中央制御室非常用循環ファン-2 主要部位の使用材料

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

表2.1-6 高浜1号炉 中央制御室非常用循環ファン-2 の使用条件

容量	約690m ³ /min
静圧	約9,087Pa[gage]
回転数	3,600rpm
設置場所	屋内
吸気温度	約40℃

2.1.4 制御建屋循環ファン

(1) 構造

高浜1号炉の制御建屋循環ファンは、軸流型一体型ファンであり、2台設置されている。

ケーシング、主軸、羽根車には炭素鋼を使用している。

羽根車はケーシング内に設置したモータの主軸に直接取付けており、モータ軸と一体で駆動し回転する。

高浜1号炉の制御建屋循環ファンの構造図を図2.1-4に示す。

(2) 材料および使用条件

高浜1号炉の制御建屋循環ファンの使用材料および使用条件を表2.1-7および表2.1-8に示す。

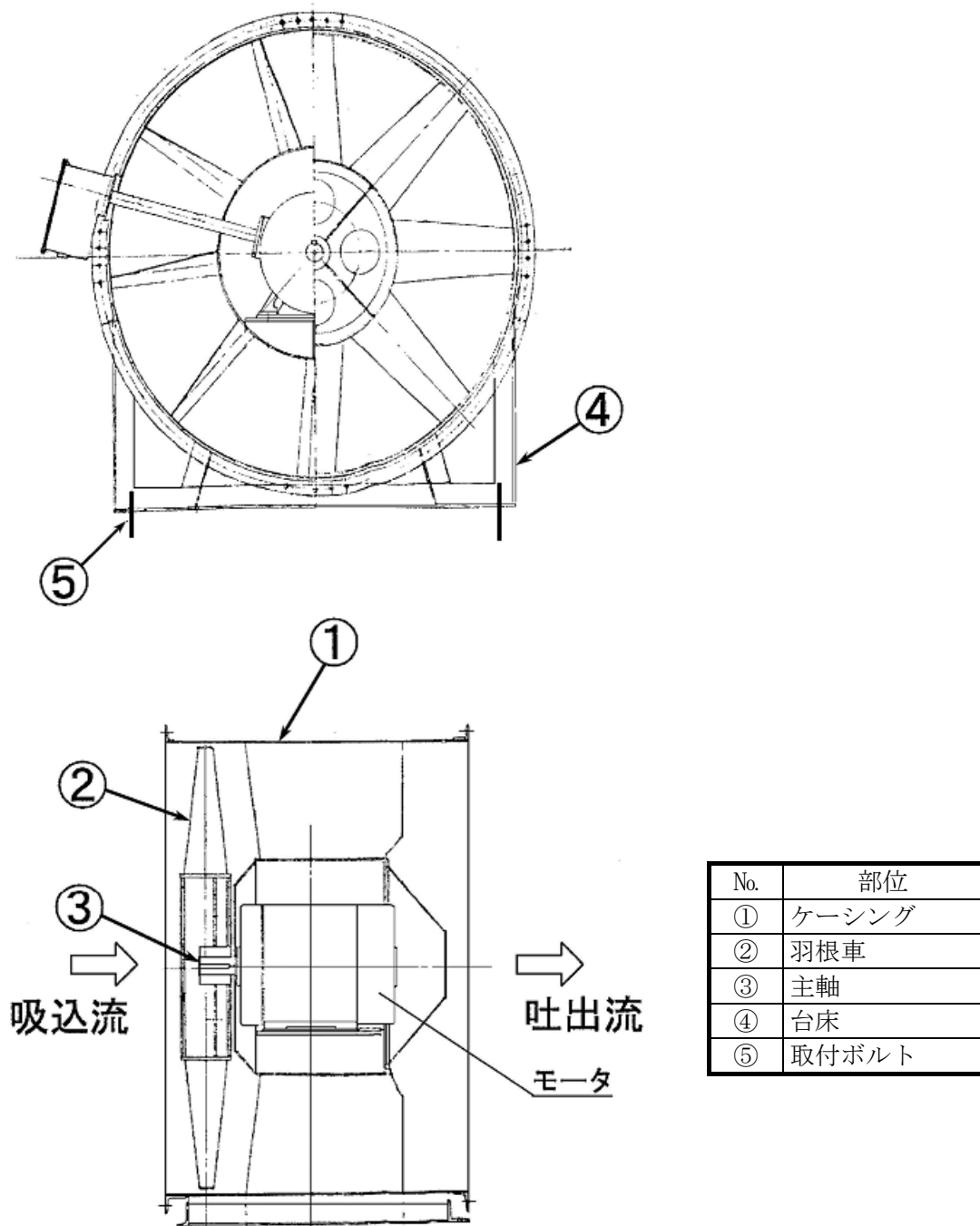


図2.1-4 高浜1号炉 制御建屋循環ファン構造図

表2.1-7 高浜1号 制御建屋循環ファン主要部位の使用材料

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

表2.1-8 高浜1号炉 制御建屋循環ファンの使用条件

容量	約2,250m ³ /min
静圧	約275Pa[gage]
回転数	690rpm
設置場所	屋内
吸気温度	約40℃

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機能達成に必要な項目

ファンの機能である送風機能を維持するためには、次の項目が必要である。

- ① 送風機能の維持
- ② 機器の支持

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

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

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

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

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

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

なお、日常劣化管理事象ではない事象はない。

- (1) ケーシングの腐食（全面腐食）[共通]およびホッパー等の腐食（全面腐食）
[制御建屋送気ファン、アニュラス循環排気ファンおよび中央制御室非常用循環ファン－2]

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

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

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

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

- (2) 羽根車の腐食（全面腐食）[共通]

羽根車は炭素鋼であり、腐食が想定される。

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

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

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

- (3) 主軸の摩耗 [制御建屋送気ファンおよび中央制御室非常用循環ファン－2]

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

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

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

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

なお、分解点検時の目視確認や寸法計測により、機器の健全性を確認している。

- (4) 主軸の腐食（全面腐食）〔共通〕および軸継手の腐食（全面腐食）〔中央制御室非常用循環ファン－２〕

主軸および軸継手は炭素鋼であり、長期使用により腐食が想定される。

しかしながら、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を維持している。

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

- (5) 主軸の高サイクル疲労割れ〔共通〕

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

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

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

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

- (6) Vプーリの摩耗〔制御建屋送気ファン〕

Vプーリは回転により、VベルトとVプーリの接触部で摩耗が想定される。

しかしながら、機器点検時にVベルトの張力管理やVプーリの目視確認および寸法計測により、機器の健全性を維持している。

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

- (7) 台床の腐食（全面腐食）[共通]、軸受台の腐食（全面腐食）[制御建屋送気ファン]および取付ボルト腐食（全面腐食）[制御建屋送気ファン、アニュラス循環排気ファンおよび制御建屋循環ファン]

台板、軸受台および取付ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

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

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

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

- (8) 基礎ボルトの腐食（全面腐食）[制御建屋送気ファン、中央制御室非常用循環ファン-2]

基礎ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

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

2.2.4 消耗品および定期取替品

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

表2.2-1(1/4) 高浜1号炉 制御建屋送気ファンに想定される経年劣化事象

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

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-1(2/4) 高浜1号炉 アニュラス循環排気ファンに想定される経年劣化事象

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

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-1(3/4) 高浜1号炉 中央制御室非常用循環ファン-2に想定される経年劣化事象

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

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-1(4/4) 高浜1号炉 制御建屋循環ファンに想定される経年劣化事象

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

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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 中央制御室非常用循環ファンー 1
- ② 補助建屋よう素除去排気ファン
- ③ 補助建屋排気ファン
- ④ スプレ余熱除去ポンプ室冷却ファン
- ⑤ 充てんポンプ室冷却ファン
- ⑥ 非常用ディーゼル発電機室冷却ファン
- ⑦ 1次系冷却水ポンプ室冷却ファン

3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

なお、日常劣化管理事象ではない事象はない。

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

[中央制御室非常用循環ファンー 1、補助建屋よう素除去排気ファンおよび補助建屋排気ファン]

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

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

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

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

3.1.2 羽根車の腐食（全面腐食）〔共通〕

羽根車は炭素鋼であり、腐食が想定される。

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

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

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

3.1.3 主軸の摩耗〔中央制御室非常用循環ファンー1、補助建屋よう素除去排気ファンおよび補助建屋排気ファン〕

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

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

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

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

なお、分解点検時の目視確認や寸法計測により、機器の健全性を確認している。

3.1.4 主軸の腐食（全面腐食）〔共通〕

主軸は炭素鋼であり、長期使用により腐食が想定される。

しかしながら、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を維持している。

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

3.1.5 主軸の高サイクル疲労割れ [共通]

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

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

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

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

3.1.6 Vプーリの摩耗 [中央制御室非常用循環ファンー1、補助建屋よう素除去排気ファンおよび補助建屋排気ファン]

Vプーリは回転により、VベルトとVプーリの接触部で摩耗が想定される。

しかしながら、機器点検時にVベルトの張力管理やVプーリの目視確認および寸法計測により、機器の健全性を維持している。

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

3.1.7 台床の腐食（全面腐食）[共通]、軸受台の腐食（全面腐食）[中央制御室非常用循環ファンー1、補助建屋よう素除去排気ファンおよび補助建屋排気ファン]および取付ボルト腐食（全面腐食）[中央制御室非常用循環ファンー1、補助建屋排気ファン、スプレ余熱除去ポンプ室冷却ファンおよび非常用ディーゼル発電機室冷却ファン]

台板、軸受台および取付ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

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

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

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

3.1.8 基礎ボルトの腐食（全面腐食）〔補助建屋よう素除去排気ファン、充てんポンプ室冷却ファンおよび1次冷却水ポンプ室冷却ファン〕

基礎ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

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

2 モーター

[対象機器]

- ① 制御建屋送気ファンモーター
- ② 中央制御室非常用循環ファンモーター 1
- ③ 中央制御室非常用循環ファンモーター 2
- ④ アニュラス循環排気ファンモーター
- ⑤ 補助建屋よう素除去排気ファンモーター
- ⑥ 冷水ポンプモーター
- ⑦ スプレ余熱除去ポンプ室冷却ファンモーター
- ⑧ 1次系冷却水ポンプ室冷却ファンモーター
- ⑨ 補助建屋排気ファンモーター
- ⑩ 制御建屋循環ファンモーター
- ⑪ 充てんポンプ室冷却ファンモーター
- ⑫ 非常用ディーゼル発電機室冷却ファンモーター
- ⑬ チラーユニット用圧縮機モーター

目次

1. 技術評価対象機器および代表機器の選定	1
1.1 グループ化の考え方および結果	1
1.2 代表機器の選定	1
2. 代表機器の技術評価	3
2.1 構造、材料および使用条件	3
2.2 経年劣化事象の抽出	12
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価	19
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	32
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. 技術評価対象機器および代表機器の選定

高浜1号炉で使用されているモータの主な仕様を表1-1に示す。

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

1.1 グループ化の考え方および結果

表1-1に示すモータを電圧区分、型式および設置場所で分類すると3つのグループに分類される。

1.2 代表機器の選定

(1) 電圧区分：低圧、型式：全閉形、設置場所：屋内

このグループには、制御建屋送気ファンモータ、中央制御室非常用循環ファンモーター1、中央制御室非常用循環ファンモーター2、アニュラス循環排気ファンモータ、補助建屋よう素除去排気ファンモータ、冷水ポンプモータ、スプレ余熱除去ポンプ室冷却ファンモータ、1次系冷却水ポンプ室冷却ファンモータおよび補助建屋排気ファンモータが属するが、重要度が高く、運転状態が連続であり、出力が大きい制御建屋送気ファンモータを代表機器とする。

(2) 電圧区分：低圧、型式：開放形、設置場所：屋内

このグループには、制御建屋循環ファンモータ、充てんポンプ室冷却ファンモータおよび非常用ディーゼル発電機室冷却ファンモータが属するが、重要度が高い制御建屋循環ファンモータを代表機器とする。

(3) 電圧区分：高圧、型式：密閉形、設置場所：屋内

このグループには、チラーユニット用圧縮機モータのみが属するため、チラーユニット用圧縮機モータを代表機器とする。

表1-1 高浜1号炉 モータの主な仕様

分離基準			機器名称 (台数)	仕様 (定格出力× 定格回転数) (kW×rpm)	選定基準			代表機器の選定		
電圧 区分	型式	設置 場所			重要度*1	使用条件			代表 機器	選定 理由
						運転 状態	電圧 (V)	周囲温度 (°C)		
低圧	全閉	屋内	制御建屋送気ファンモータ (2)	90×1,180	MS-1、重*2	連続	440	約40	◎	重要度、 運転状態、 出力
			中央制御室非常用循環ファンモーター-1 (2)	15×1,730	MS-1、重*2	一時	440	約40		
			中央制御室非常用循環ファンモーター-2 (2)	185×3,565	MS-1、重*2	一時	440	約40		
			アニュラス循環排気ファンモータ (2)	11×1,750	MS-1、重*2	一時	440	約40		
			補助建屋よう素除去排気ファンモータ (2)	30×1,760	MS-1	一時	440	約40		
			冷水ポンプモータ (2)	22×1,740	MS-1	連続	440	約40		
			スプレ余熱除去ポンプ室冷却ファンモータ (2)	7.5×1,770	MS-2	一時	440	約40		
			1次系冷却水ポンプ室冷却ファンモータ (2)	11×1,150	MS-2	連続	440	約40		
			補助建屋排気ファンモータ (3)	90×1,170	MS-2	連続	440	約40		
	開放	屋内	制御建屋循環ファンモータ (2)	37×690	MS-1、重*2	連続	440	約40	◎	重要度
充てんポンプ室冷却ファンモータ (2)			18.5×1,150	MS-2	連続	440	約40			
非常用ディーゼル発電機室冷却ファンモータ (4)			37×1,170	MS-2	一時	440	約40			
高圧	密閉	屋内	チラーユニット用圧縮機モータ (2)	238×3,540	MS-1	連続	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および構造物であることを示す。

2. 代表機器の技術評価

本章では、1章で代表機器とした以下の3種類のモータについて技術評価を実施する。

- ① 制御建屋送気ファンモータ
- ② 制御建屋循環ファンモータ
- ③ チラーユニット用圧縮機モータ

2.1 構造、材料および使用条件

2.1.1 制御建屋送気ファンモータ

(1) 構造

高浜1号炉の制御建屋送気ファンモータは、定格出力90kW、定格回転数1,180rpmの全閉屋内形三相誘導モータであり、2台設置されている。

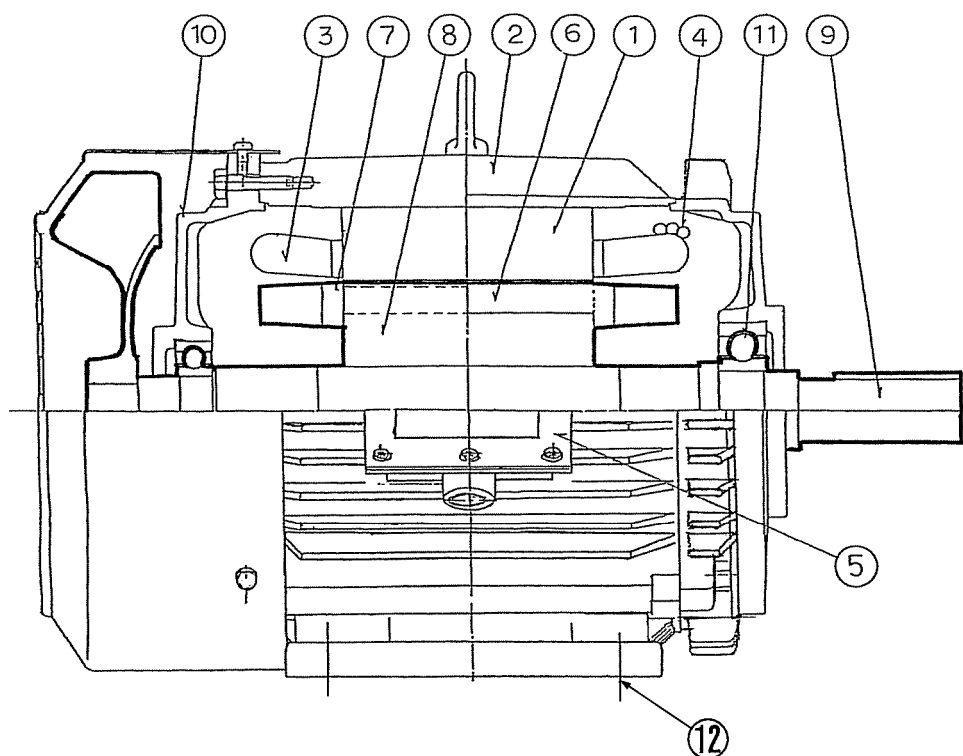
ファンにベルトで連結されている主軸には炭素鋼を使用している。

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

高浜1号炉の制御建屋送気ファンモータの構造図を図2.1-1に示す。

(2) 材料および使用条件

高浜1号炉の制御建屋送気ファンモータの使用材料および使用条件を表2.1-1および表2.1-2に示す。



注：太線部分が回転部を示す。

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

図2.1-1 高浜1号炉 制御建屋送気ファンモータ構造図

表2.1-1 高浜1号炉 制御建屋送気ファンモータ主要部位の使用材料

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

表2.1-2 高浜1号炉 制御建屋送気ファンモータの使用条件

定格出力	90kW
周囲温度	約40℃*1
定格電圧	440V
定格回転数	1,180rpm

*1：原子炉格納容器外の設計平均温度

2.1.2 制御建屋循環ファンモータ

(1) 構造

高浜1号炉の制御建屋循環ファンモータは、定格出力37kW、定格回転数690rpmの開放屋内形三相誘導モータであり、2台設置されている。

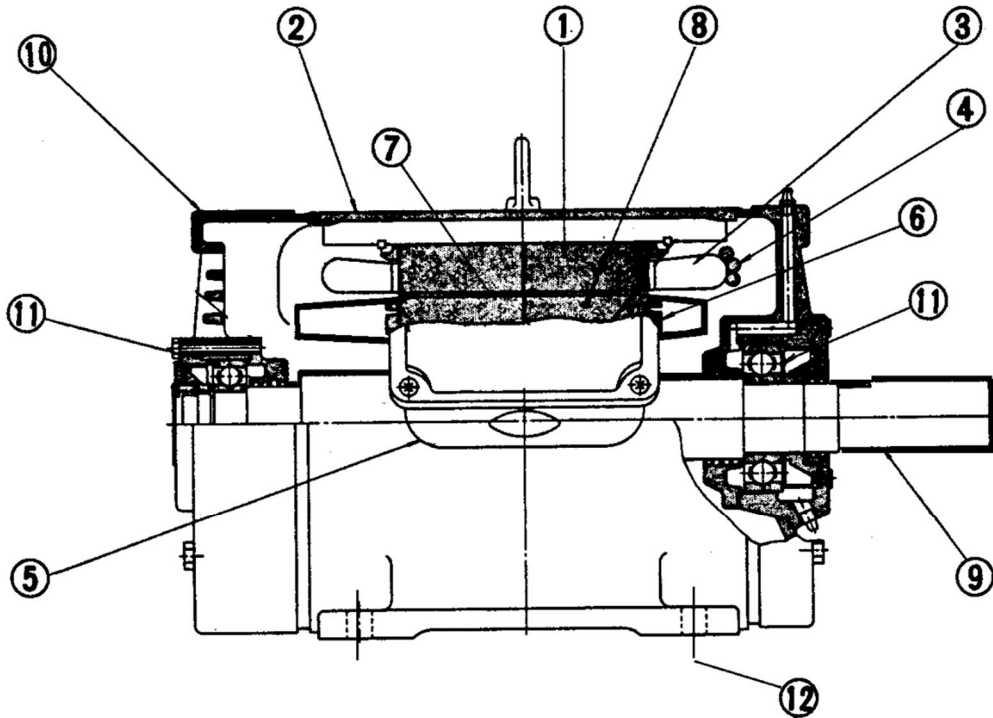
ファンに直結している主軸には炭素鋼を使用している。

負荷側および反負荷側軸受部には、回転体を支えるためのブラケットが取付けられ、内側にはモータ回転子重量を支えるための軸受を備えている。

高浜1号炉の制御建屋循環ファンモータの構造図を図2.1-2に示す。

(2) 材料および使用条件

高浜1号炉の制御建屋循環ファンモータの使用材料および使用条件を表2.1-3および表2.1-4に示す。



注：太線部が回転部を示す。

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

図2.1-2 高浜1号炉 制御建屋循環ファンモータ構造図

表2.1-3 高浜1号炉 制御建屋循環ファンモータ主要部位の使用材料

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

表2.1-4 高浜1号炉 制御建屋循環ファンモータの使用条件

定格出力	37kW
周囲温度	約40℃*1
定格電圧	440V
定格回転数	690rpm

*1：原子炉格納容器外の設計平均温度

2.1.3 チラーユニット用圧縮機モータ

(1) 構造

高浜1号炉のチラーユニット用圧縮機モータは、定格出力238kW、定格回転数3,540rpmの冷媒冷却密閉形三相誘導モータであり、2台設置されている。

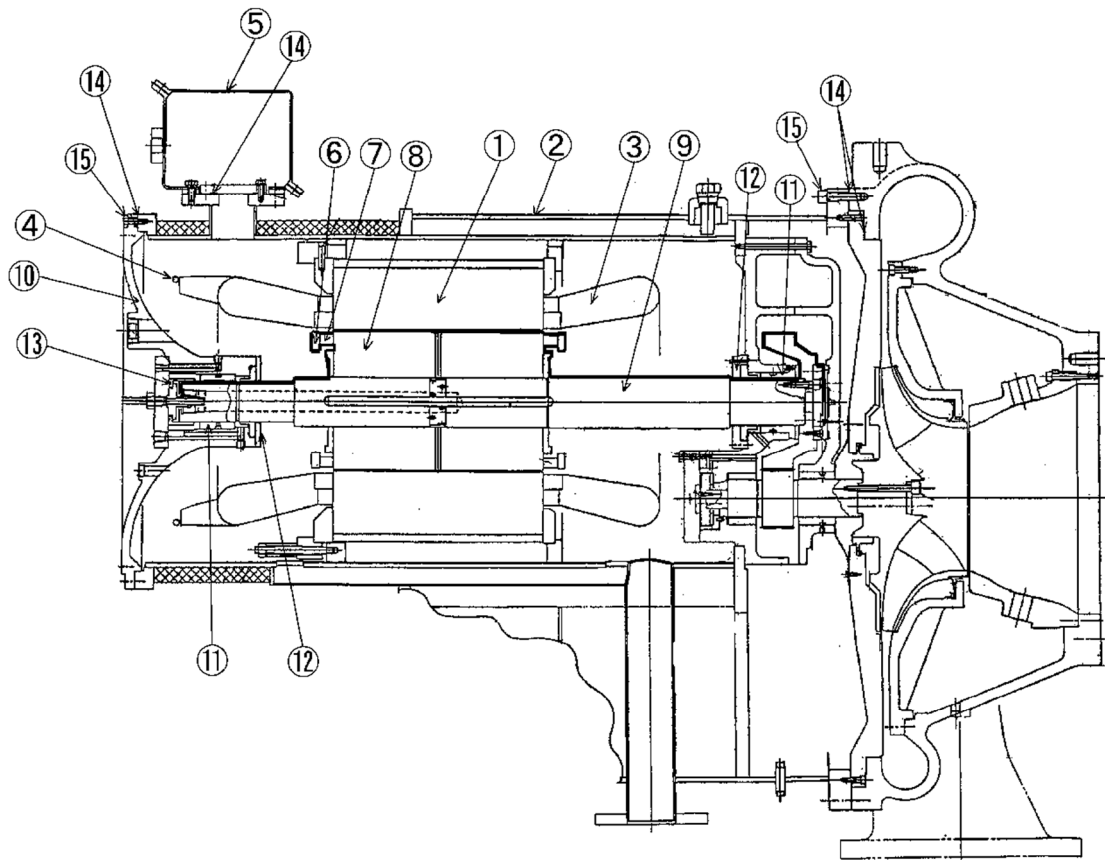
圧縮機に歯車で連結している主軸には低合金鋼を使用している。

負荷側軸受部は歯車室に、反負荷側軸受部はブラケットに軸受が取付けられており、モータ回転子重量を支えている。

高浜1号炉のチラーユニット用圧縮機モータの構造図を図2.1-3に示す。

(2) 材料および使用条件

高浜1号炉のチラーユニット用圧縮機モータの使用材料および使用条件を表2.1-5および表2.1-6に示す。



注:太線部が回転部を示す。

No.	部位
①	固定子コア
②	フレーム
③	固定子コイル
④	口出線・接続部品
⑤	端子箱
⑥	エンドリング
⑦	回転子棒
⑧	回転子コア
⑨	主軸
⑩	ブラケット
⑪	軸受 (すべり)
⑫	シールリング
⑬	Oリング
⑭	ガスケット
⑮	取付ボルト

図2.1-3 高浜1号炉 チラーユニット用圧縮機モータ構造図

表2.1-5 高浜1号炉 チラーユニット用圧縮機モータ主要部位の使用材料

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

表2.1-6 高浜1号炉 チラーユニット用圧縮機モータの使用条件

定格出力	238kW
周囲温度	約40℃*1
定格電圧	6,600V
定格回転数	3,540rpm

*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

制御建屋送気ファンモータ、制御建屋循環ファンモータおよびチラーユニット用圧縮機モータの機能であるファン等の駆動機能を維持するためには、次の項目が必要である。

- ① 駆動機能の確保
- ② 機器の支持

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

制御建屋送気ファンモータ、制御建屋循環ファンモータおよびチラーユニット用圧縮機モータについて機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の構造、材料、使用条件（電圧、温度等）および現在までの運転経験を考慮し、表2.2-1のとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

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

- (1) 低圧モータの固定子コイルおよび口出線の絶縁低下 [制御建屋送気ファンモータ、制御建屋循環ファンモータ]

低圧モータの固定子コイルおよび口出線の絶縁物は有機物であり、機械的、熱的、電氣的、環境的要因で経年劣化が進行し、絶縁性能の低下を起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) 高圧モータの固定子コイルおよび口出線・接続部品の絶縁低下 [チラーユニット用圧縮機モータ]

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

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

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

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

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

(1) 固定子コアおよび回転子コアの腐食（全面腐食） [共通]

固定子コアおよび回転子コアは珪素鋼板であり、腐食が想定される。

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

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

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(2) フレーム、端子箱およびブラケットの腐食（全面腐食） [共通]

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

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

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

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

(3) 回転子棒・エンドリングの疲労割れ [チラーユニット用圧縮機モータ]

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

しかしながら、発生応力は疲労強度より小さい。

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

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(4) 主軸の摩耗 [共通]

制御建屋送気ファンモータおよび制御建屋循環ファンモータはころがり軸受を使用しており、軸受と主軸の接触面で摩耗が想定される。

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

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

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

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

チラーユニット用圧縮機モータはすべり軸受を使用しており、軸受と主軸の接触面で摺動摩耗が想定される。

しかしながら、油潤滑のすべり軸受を使用しており、主軸と軸受間に潤滑油が供給され、膜が形成されるため、摺動摩耗が生じる可能性は小さい。

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

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

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

(5) 主軸の高サイクル疲労割れ [共通]

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

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

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

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

(6) 取付ボルトの腐食（全面腐食） [共通]

取付ボルトは炭素鋼または低合金鋼であり、腐食が想定される。

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

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

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

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) 回転子棒・エンドリングの疲労割れ [制御建屋送気ファンモータ、制御建屋循環ファンモータ]

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

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

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

2.2.4 消耗品および定期取替品

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

表2.2-1 (1/3) 高浜1号炉 制御建屋送気ファンモータに想定される経年劣化事象

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

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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

表2.2-1 (2/3) 高浜1号炉 制御建屋循環ファンモータに想定される経年劣化事象

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

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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

表2.2-1 (3/3) 高浜1号炉 チラーユニット用圧縮機モータに想定される経年劣化事象

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

a. 事象の説明

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

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

絶縁低下を生ずる可能性のある部位を図2.3-1に示す。

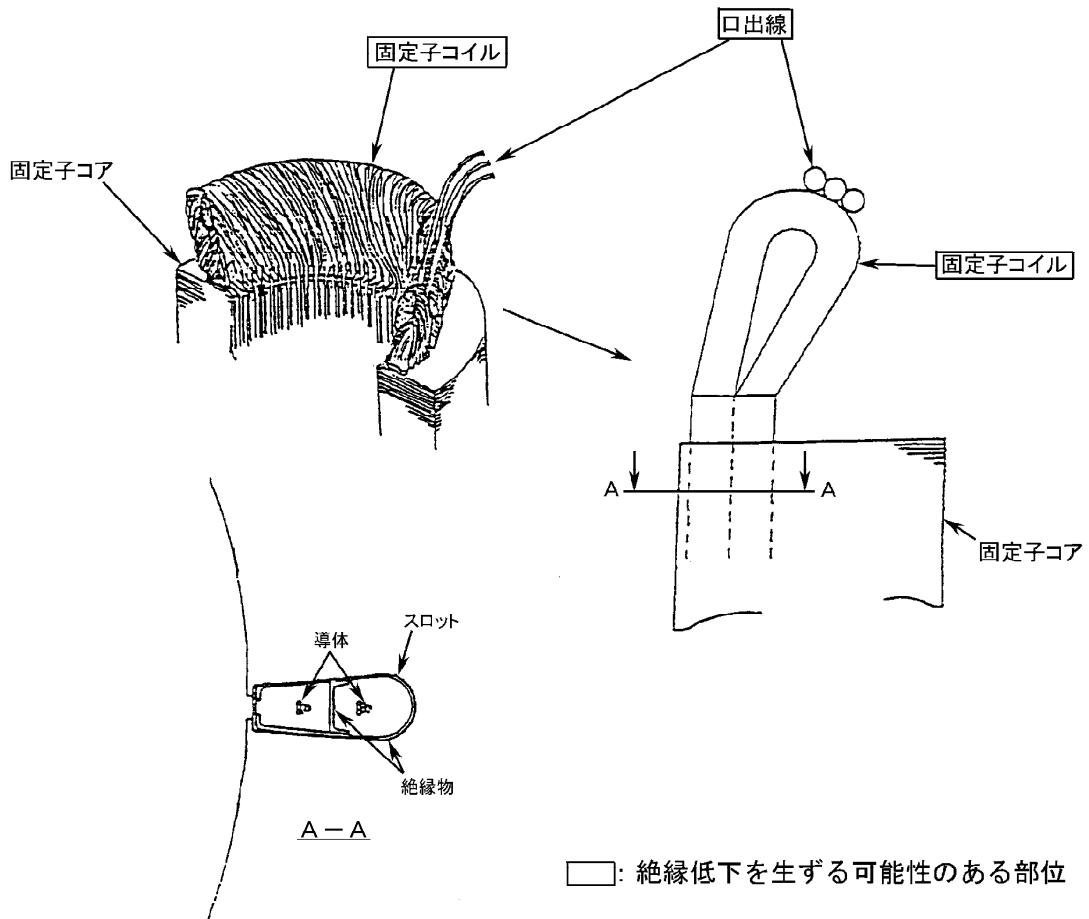


図2.3-1 高浜1号炉 制御建屋送気ファンモータ、制御建屋循環ファンモータ
固定子コイルおよび口出線の絶縁部位

b. 技術評価

① 健全性評価

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

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

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

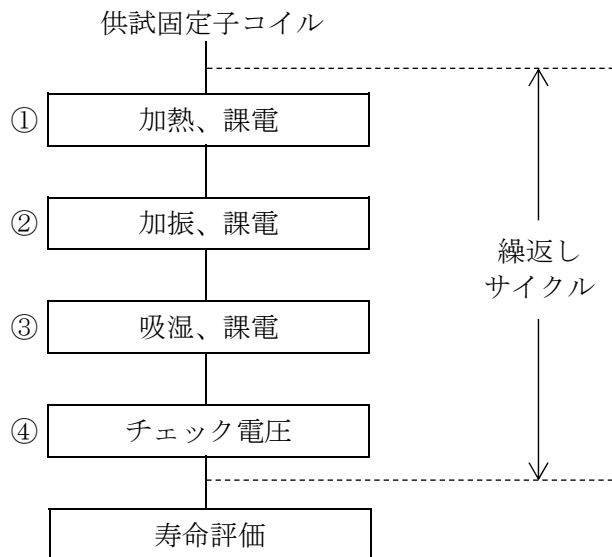


図2.3-2 固定子コイル長期健全性評価手順

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

*1：アレニウス則

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

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

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

*2：運転温度

運転温度は、使用最高温度を用いる。

使用最高温度＝周囲温度＋コイルの温度上昇

＋測定ポイントとホットスポットとの差（マージン）

IEEE Std. 117-1956の規格に基づき実施した評価試験結果より、固定子コイル（F種絶縁）の絶縁寿命は、稼働率80%で16年と判断する。

表2.3-1 固定子コイル長期健全性評価における試験条件

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

RH: relative humidity (相对湿度)

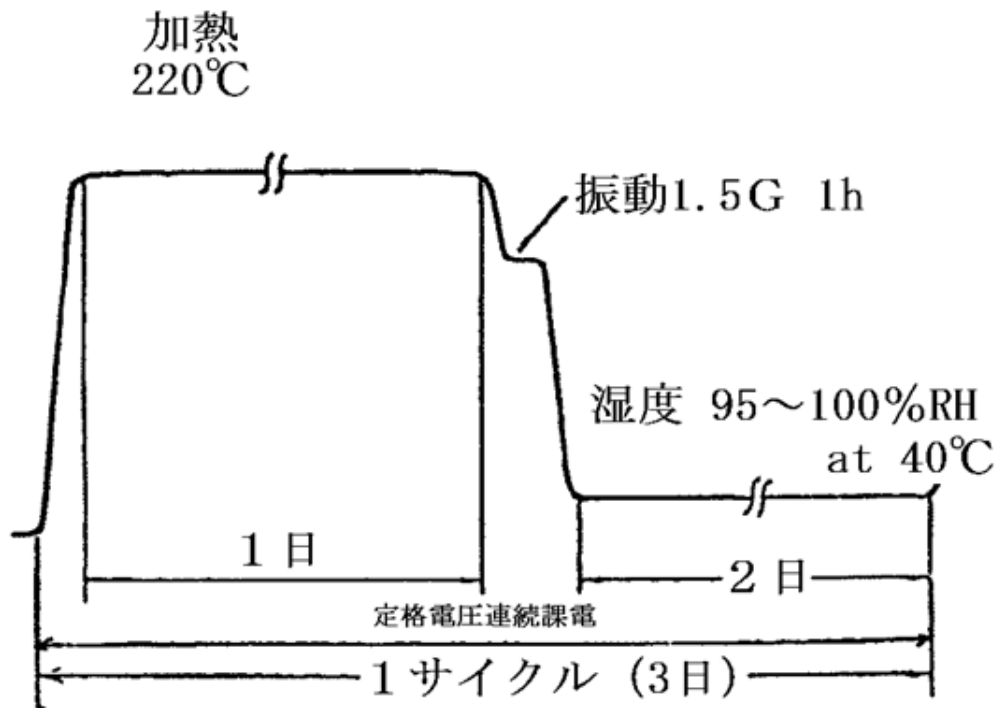


図2.3-3 ヒートサイクル方法例 (試験条件 2)

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

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

以上の検討結果より、固定子コイルの運転に必要な絶縁耐力を保有する期間は、E種絶縁については旧機のコイル破壊電圧による評価結果を採用し16.5年、F種絶縁についてはより厳しい評価結果であるIEEE Std. 117-1956の規格に準じて実施した評価試験結果を採用し、16年と判断する。

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

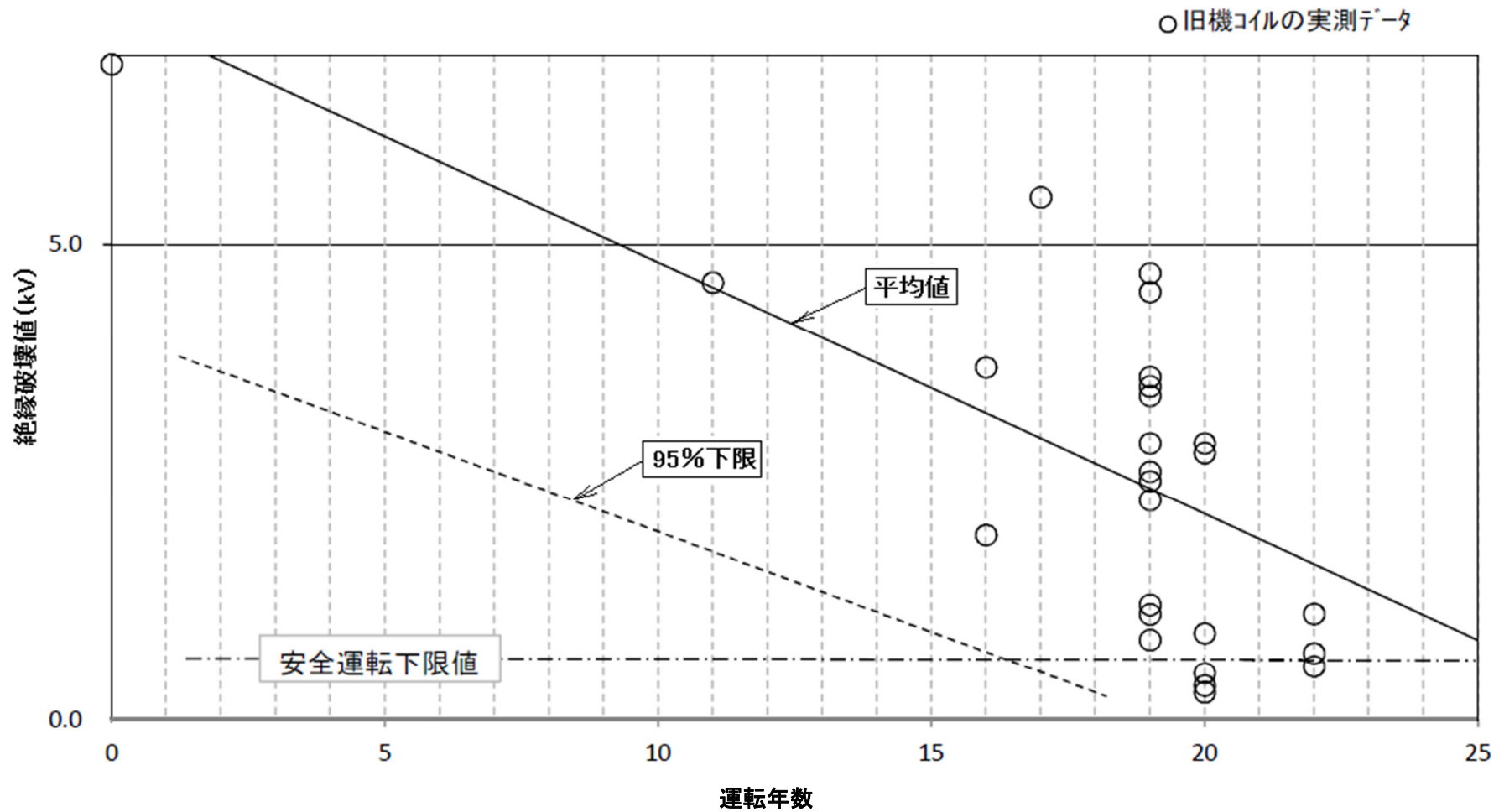


図2.3-4 機器の運転年数と絶縁破壊値の関係
[出典：メーカーデータ]

② 現状保全

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

また、過去の絶縁抵抗測定の結果に基づき、監視強化としての絶縁抵抗測定の実施頻度の見直しを実施するとともに、必要により洗浄、乾燥、絶縁補修処理もしくは取替を行うこととしている。

③ 総合評価

健全性評価結果から判断して、固定子コイルおよび口出線の絶縁低下については、16年以降において発生の可能性は否定できないが、絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切である。

c. 高経年化への対応

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

2.3.2 高圧モータの固定子コイルおよび口出線・接続部品の絶縁低下 [チラーユニット用圧縮機モータ]

a. 事象の説明

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

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

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

絶縁低下を生ずる可能性のある部位を図2.3-5に示す。

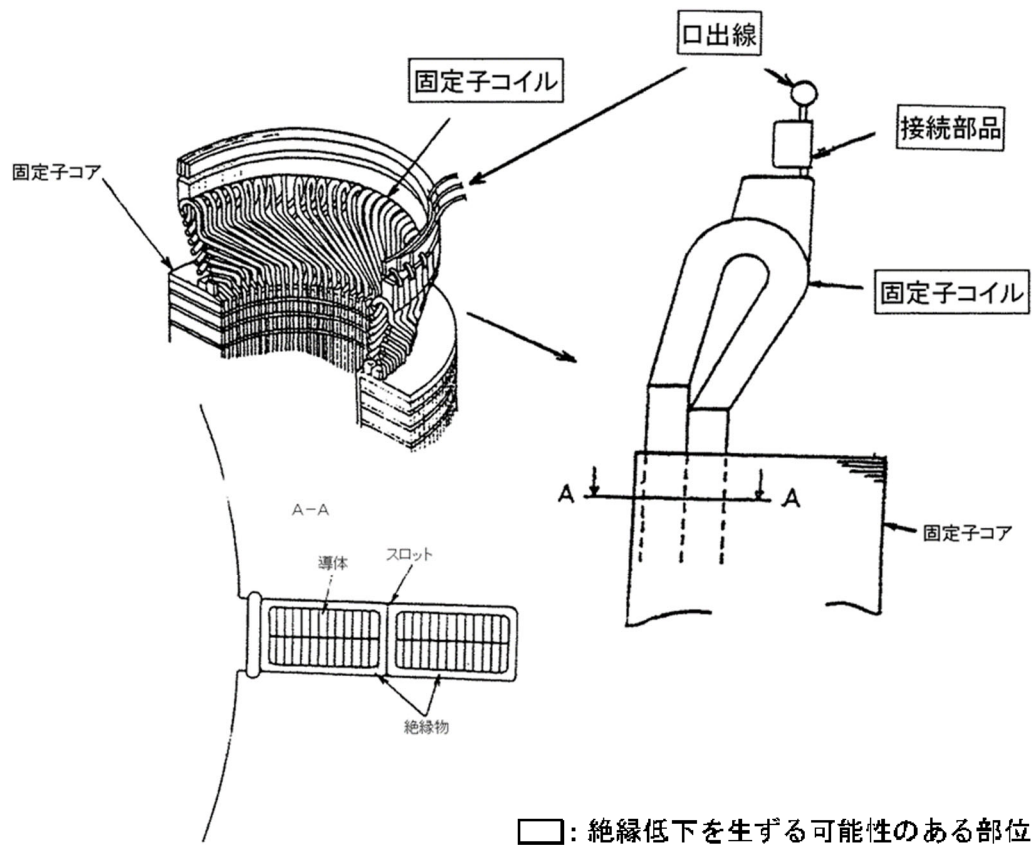


図2.3-5 高浜1号炉 チラーユニット用圧縮機モータ
固定子コイルおよび口出線・接続部品の絶縁部位

b. 技術評価

① 健全性評価

高圧モータの固定子コイルの健全性評価は、同種の一般的な固定子コイルの絶縁低下に対する評価方法を用いる。ここでは、IEEE Std. 275-1981「IEEE Recommended Practice for Thermal Evaluation of Insulation Systems for AC Electric Machinery Employing Form-Wound Pre-Insulated Stator Coils, Machines Rated 6900 V and Below」（以下、「IEEE Std. 275-1981」という。）の規格に基づき実施した評価試験結果および経年機の固定子コイル破壊電圧測定試験に基づき実施した評価試験により固定子コイルの長期健全性を評価した。

IEEE Std. 275-1981では、熱、機械、環境および電気の各劣化要因について個々に試験条件が述べられているが、モータはこれらの劣化要因が複合するため、複合劣化の試験条件で固定子コイルの長期健全性を評価する。

評価手順を図2.3-6に、試験条件を表2.3-2に、ヒートサイクル方法例を図2.3-7に示す。

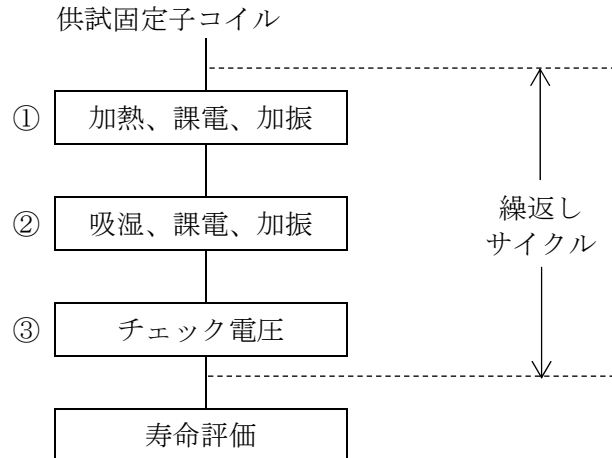


図2.3-6 固定子コイル長期健全性評価手順

図2.3-6の評価手順①（64回程度の繰返し）、②、③を1サイクルとし、コイル絶縁がチェック電圧で破壊するまで繰返し、170℃および190℃での耐熱寿命を基にアレニウス則^{*1}が成り立つと仮定して定数A、Bを求め、耐熱寿命曲線を得る。

*1：アレニウス則

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

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

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

*2：運転温度

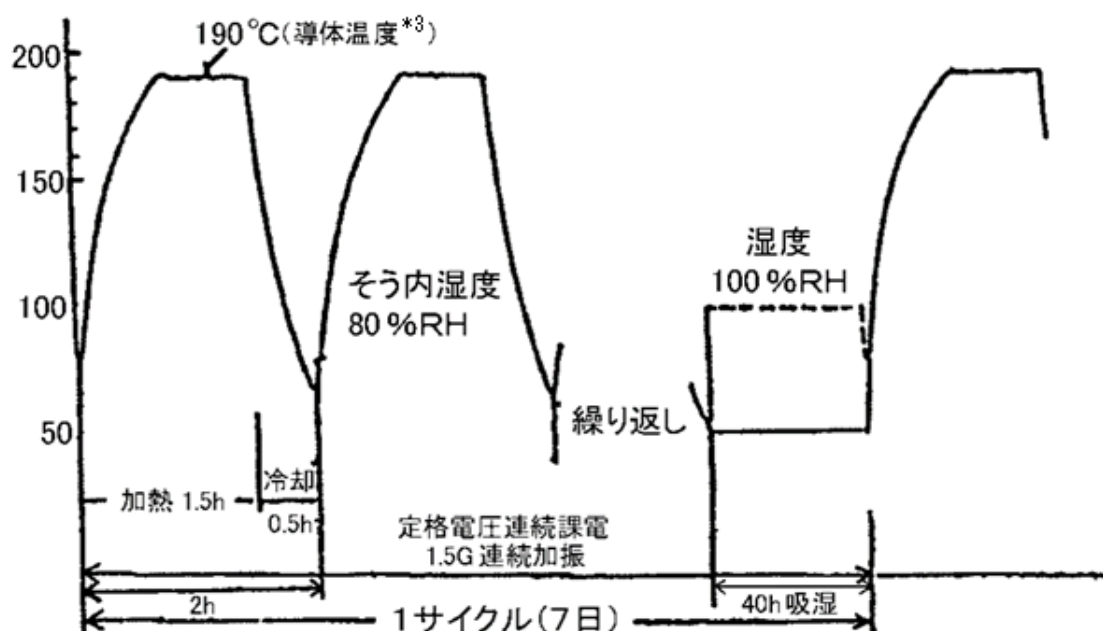
運転温度は、使用最高温度を用いる。
 使用最高温度＝周囲温度＋固定子コイルの温度上昇
 ＋測定ポイントとホットスポットとの差（マージン）

IEEE Std. 275-1981の規格に基づき実施した評価試験結果より、固定子コイルの耐用期間（管理強化の目安）は、約25年（稼働率100%で、24.98年）と判断する。

表2.3-2 固定子コイル長期健全性評価における試験条件

手順	試験項目	試験条件1	試験条件2	実機設計条件
①	温度	170°C×2時間（加熱1.5h、冷却0.5h、at80%RH）	190°C×2時間（加熱1.5h、冷却0.5h、at80%RH）	最大125°C
	電圧	6.6kV－常時印加	6.6kV－常時印加	6.6kV
	振動	1.5G－常時加振	1.5G－常時加振	1G以下
②	湿度	100%RH－40時間 （at 50°C）	100%RH－40時間 （at 50°C）	最大100%RH （at 40°C）
	電圧	6.6kV－常時印加	6.6kV－常時印加	6.6kV
	振動	1.5G－常時加振	1.5G－常時加振	1G以下
③	チェック電圧	対地間 1.5×E=9.9kV-1分間 線間 150V-1分間	対地間 1.5×E=9.9kV-1分間 線間 150V-1分間	——

RH: relative humidity (相対湿度)



*3: 絶縁体に170℃×2時間相当と同等の熱劣化を与える条件として、直流通電により導体温度を最大190℃として試験を実施

図2. 3-7 ヒートサイクル方法例 (試験条件1)

次に、6. 6kV級の経年機で、固定子コイルを更新した旧機のコイル破壊電圧の測定値を評価した結果が、運転年数*4と絶縁破壊値の関係として、図2. 3-8に示すように求められる。

(*4: 稼働率等を考慮に入れた年数=運転時間(年)+休止時間(年)÷休止係数)

この評価からコイル破壊電圧の平均値と95%信頼下限が安全運転下限(「電気学会 電気規格調査会標準規格 回転電気機械一般(JEC-2100-1993)」: $2E+1=2 \times 6.6 \text{ [kV]} + 1 \text{ [kV]} = 14.2 \text{ [kV]}$)に低下するのが18. 5~24年となるため、固定子コイルの耐用期間(管理強化の目安)は、運転年数で18. 5年と判断する。

以上の検討結果より、固定子コイルの耐用期間(管理強化の目安)は、より厳しい評価結果である経年機の固定子コイル絶縁破壊値による評価結果を採用して機器の運転年数で18. 5年と判断する。

また、口出線・接続部品の絶縁物の絶縁種別および耐熱性能は、固定子コイルの絶縁物と同等以上であり、口出線・接続部品の耐用期間(管理強化の目安)は、固定子コイルと同様の年数と判断する。

② 現状保全

固定子コイルおよび口出線・接続部品の絶縁低下に対しては、定期的な絶縁診断として絶縁抵抗測定、直流吸収試験、 $\tan \delta$ 試験および部分放電試験により、管理範囲に収まっていることの確認を行うとともに、傾向管理を行っている。

また、機器の運転年数に基づき（絶縁種別等により約18.5年）、直流吸収試験、 $\tan \delta$ 試験、部分放電試験の周期を短縮し、点検結果に基づき取替を検討するものとしている。

③ 総合評価

健全性評価結果から判断して、固定子コイルおよび口出線・接続部品の絶縁低下については機器の運転年数で18.5年以降において発生の可能性は否定できないが、絶縁低下は絶縁診断で検知可能であり、点検手法として適切である。

c. 高経年化への対応

固定子コイルおよび口出線・接続部品の絶縁低下については、定期的に絶縁診断を実施していくとともに、機器の運転年数および絶縁診断結果に基づいた取替を実施していく。

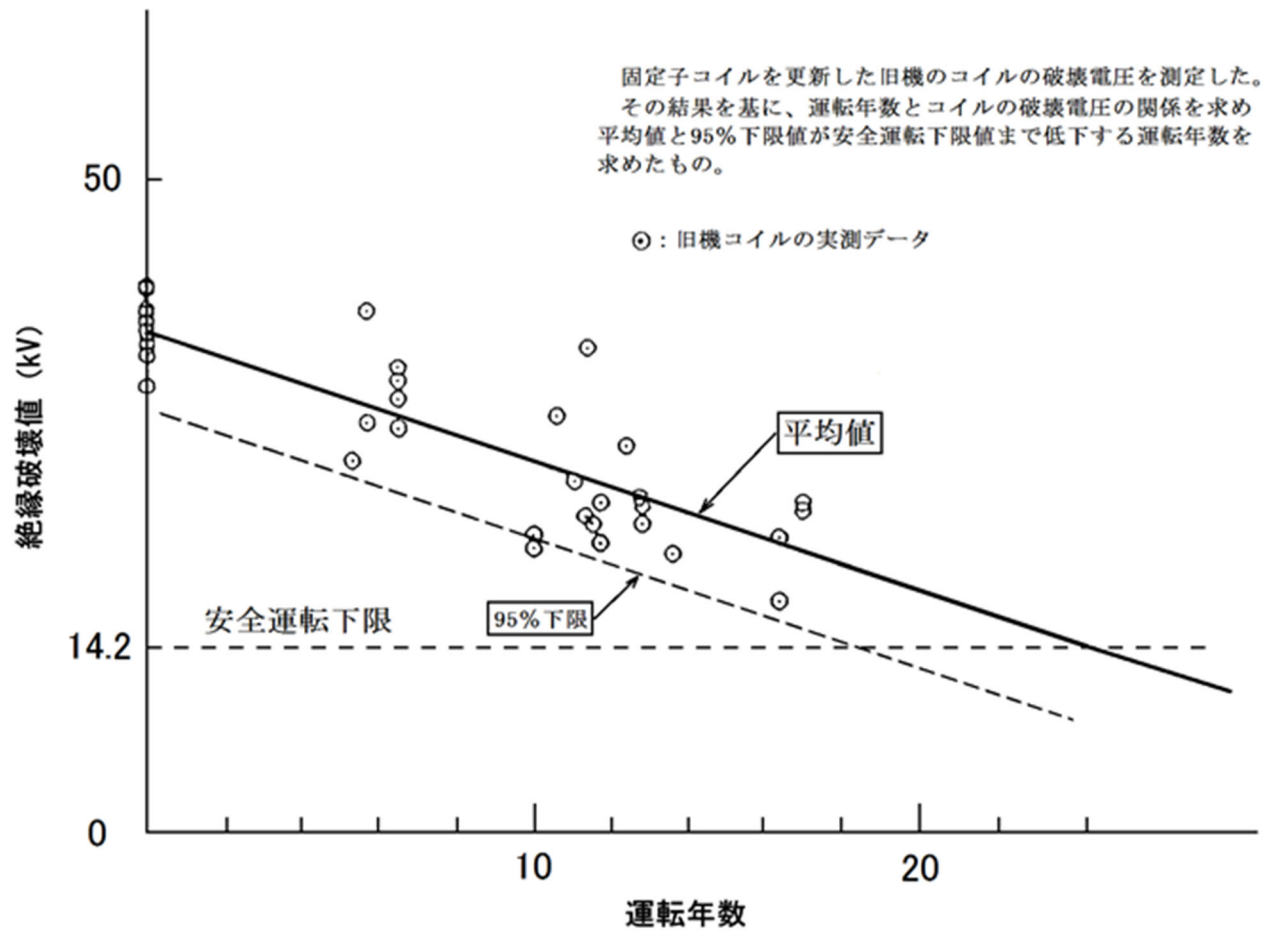


図2.3-8 機器の運転年数と絶縁破壊値の関係

[出典：関西電力・メーカー共研データ]

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 中央制御室非常用循環ファンモーター 1
- ② 中央制御室非常用循環ファンモーター 2
- ③ アニュラス循環排気ファンモーター
- ④ 補助建屋よう素除去排気ファンモーター
- ⑤ 冷水ポンプモーター
- ⑥ スプレ余熱除去ポンプ室冷却ファンモーター
- ⑦ 1次系冷却水ポンプ室冷却ファンモーター
- ⑧ 補助建屋排気ファンモーター
- ⑨ 充てんポンプ室冷却ファンモーター
- ⑩ 非常用ディーゼル発電機室冷却ファンモーター

3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

3.1.1 低圧モーターの固定子コイルおよび口出線の絶縁低下 [共通]

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

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

3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

3.2.1 固定子コアおよび回転子コアの腐食（全面腐食）〔共通〕

固定子コアおよび回転子コアは珪素鋼板であり、腐食が想定される。

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

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

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

3.2.2 フレーム、端子箱およびブラケットの腐食（全面腐食）〔共通〕

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

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

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

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

3.2.3 回転子棒・エンドリングの疲労割れ〔中央制御室非常用循環ファンモーター2〕

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

しかしながら、発生応力は疲労強度より小さい。

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

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

3.2.4 主軸の摩耗 [共通]

いずれのモータもころがり軸受を使用しており、軸受と主軸の接触面で摩耗が想定される。

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

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

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

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

3.2.5 主軸の高サイクル疲労割れ [共通]

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

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

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

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

3.2.6 取付ボルトの腐食（全面腐食）〔共通〕

取付ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

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

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

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

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

3.2.7 回転子棒・エンドリングの疲労割れ〔中央制御室非常用循環ファンモーター2を除いて共通〕

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

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

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

3 空調ユニット

[対象機器]

- ① 制御建屋冷暖房ユニット
- ② スプレ余熱除去ポンプ室冷暖房ユニット
- ③ 充てん高圧注入ポンプ室冷暖房ユニット
- ④ 1次系冷却水ポンプ室冷暖房ユニット
- ⑤ 格納容器循環冷暖房ユニット
- ⑥ 制御建屋空調ユニット
- ⑦ アニュラス循環排気フィルタユニット
- ⑧ 補助建屋よう素除去排気フィルタユニット
- ⑨ 中央制御室非常用循環フィルタユニット
- ⑩ 補助建屋排気フィルタユニット

目次

1. 技術評価対象機器および代表機器の選定	1
1.1 グループ化の考え方および結果	1
1.2 代表機器の選定	1
2. 代表機器の技術評価	3
2.1 構造、材料および使用条件	3
2.2 経年劣化事象の抽出	11
3. 代表機器以外への展開	16
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象	16

1. 技術評価対象機器および代表機器の選定

高浜1号炉で使用されている空調ユニットの主な仕様を表1-1に示す。

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

1.1 グループ化の考え方および結果

表1-1に示す空調ユニットを型式の観点で分類すると、以下の2つのグループに分類される。

① エアハンドリングユニット

フィルタおよび熱交換器等で構成されており、単体で温度調整機能を有する装置である。

② フィルタユニット

フィルタユニットは、ユニットケーシング、ユニット骨組鋼材およびフィルタ等で構成される箱型の構造物であり、可動部は存在せず、空気浄化機能のみを有する装置である。

1.2 代表機器の選定

(1) エアハンドリングユニット

このグループには、制御建屋冷暖房ユニット、スプレ余熱除去ポンプ室冷暖房ユニット、充てん高圧注入ポンプ室冷暖房ユニット、1次系冷却水ポンプ室冷暖房ユニット、格納容器循環冷暖房ユニットおよび制御建屋空調ユニットが属するが、重要度が高く、運転年数が長い制御建屋冷暖房ユニットを代表機器とする。

(2) フィルタユニット

このグループには、アニュラス循環排気フィルタユニット、補助建屋よう素除去排気フィルタユニット、中央制御室非常用循環フィルタユニットおよび補助建屋排気フィルタユニットが属するが、重要度が高く、構成品が多いアニュラス循環排気フィルタユニットを代表機器とする。

表1-1 高浜1号炉 空調ユニットの主な仕様

分離基準 型式	機器名称 (台数)	仕様 容量 (m ³ /min)	選定基準			代表機器の選定	
			重要度*1	運転状態	構成品	代表 機器	選定理由
エアハンドリング ユニット	制御建屋冷暖房ユニット(2)	約2,638	MS-1、重*2	連続	冷却コイル、加熱コイル、粗フィルタ	◎	重要度 運転年数
	スプレ余熱除去ポンプ室冷暖房ユニット(2)	約 340	MS-2	一時	冷却コイル、粗フィルタ		
	充てん高圧注入ポンプ室冷暖房ユニット(2)	約 850	MS-2	連続	冷却コイル、粗フィルタ		
	1次系冷却水ポンプ室冷暖房ユニット(1)	約 820	MS-2	連続	海水冷却コイル、粗フィルタ		
	格納容器循環冷暖房ユニット(3)	約5,250	重*2	連続	冷却コイル、粗フィルタ		
	制御建屋空調ユニット(2)	約 690	MS-1、重*2	一時	冷却コイル、粗フィルタ		
フィルタユニット	アニュラス循環排気フィルタユニット(2)	約 113	MS-1、重*2	一時	チャコールフィルタ、微粒子フィルタ、粗フィルタ	◎	重要度 構成品数
	補助建屋よう素除去排気フィルタユニット(1)	約 425	MS-1	一時 (非常時のみ)	チャコールフィルタ、微粒子フィルタ、粗フィルタ		
	中央制御室非常用循環フィルタユニット(2)	約 425	MS-1、重*2	一時 (非常時のみ)	チャコールフィルタ、微粒子フィルタ、粗フィルタ		
	補助建屋排気フィルタユニット(2)	約1,215	MS-2	連続	微粒子フィルタ、粗フィルタ		

*1：機能は最上位の機能を示す。

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

2. 代表機器の技術評価

本章では1章で代表機器とした以下の2種類の空調ユニットについて技術評価を実施する。

- ① 制御建屋冷暖房ユニット
- ② アニュラス循環排気フィルタユニット

2.1 構造、材料および使用条件

2.1.1 制御建屋冷暖房ユニット

(1) 構造

高浜1号炉の制御建屋冷暖房ユニットは、制御建屋に2台設置されている。

本ユニットは、冷却機能を有する冷却コイル、加熱機能を有する加熱コイルおよび空気浄化機能を有する粗フィルタを内蔵しており、バウンダリを形成するユニット骨組鋼材、ユニットケーシング等で構成されている。

高浜1号炉の制御建屋冷暖房ユニットの構成図および構造図を図2.1-1および図2.1-2に示す。

(2) 材料および使用条件

高浜1号炉の制御建屋冷暖房ユニット主要部位の使用材料および使用条件を表2.1-1および表2.1-2に示す。

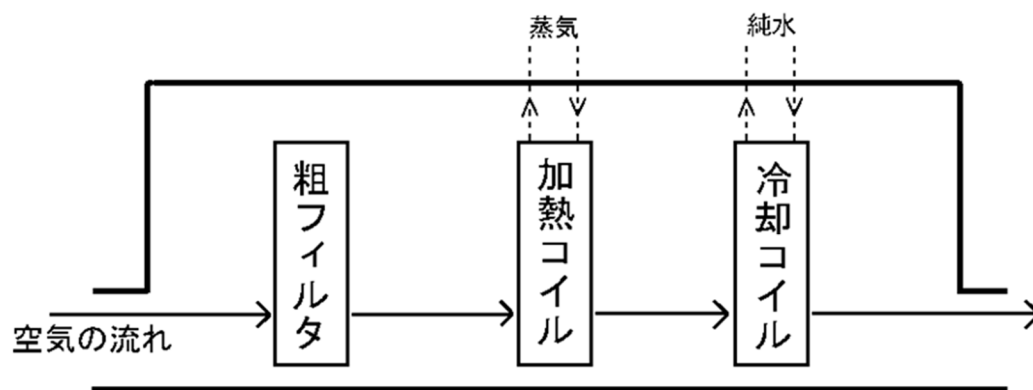
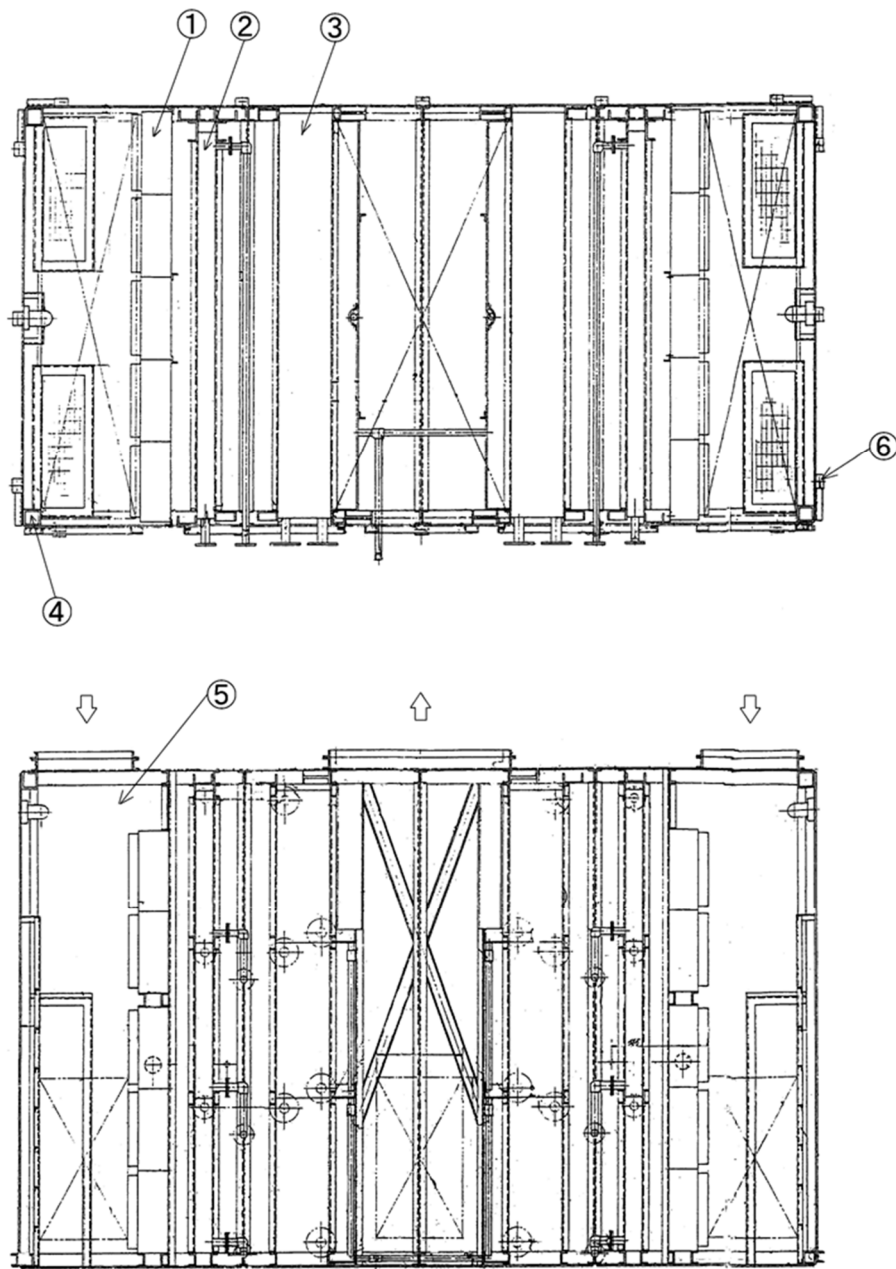


図2.1-1 高浜1号炉 制御建屋冷暖房ユニットの構成図



⇐: 空気の流れ

No.	部位
①	粗フィルタ
②	加熱コイル
③	冷却コイル
④	ユニット骨組鋼材
⑤	ユニットケーシング
⑥	基礎ボルト

図2.1-2 高浜1号炉 制御建屋冷暖房ユニット構造図

表2.1-1 高浜1号炉 制御建屋冷暖房ユニット主要部位の使用材料

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

表2.1-2 高浜1号炉 制御建屋冷暖房ユニットの使用条件

容量	約2,638m ³ /min
設置場所	屋内
周囲温度	約40℃

2.1.2 アニュラス循環排気フィルタユニット

(1) 構造

高浜1号炉のアニュラス循環排気フィルタユニットは、原子炉補助建屋に2台設置されている。

本ユニットは、空気浄化を目的とし、放射性粉塵を捕集する微粒子フィルタ、放射性よう素を除去するチャコールフィルタおよび粗フィルタを内蔵しており、バウンダリを形成するユニット骨組鋼材、ユニットケーシング等で構成されている。

高浜1号炉のアニュラス循環排気フィルタユニットの構成図および構造図を図2.1-3および図2.1-4に示す。

(2) 材料および使用条件

高浜1号炉のアニュラス循環排気フィルタユニットの使用材料および使用条件を表2.1-3および表2.1-4に示す。

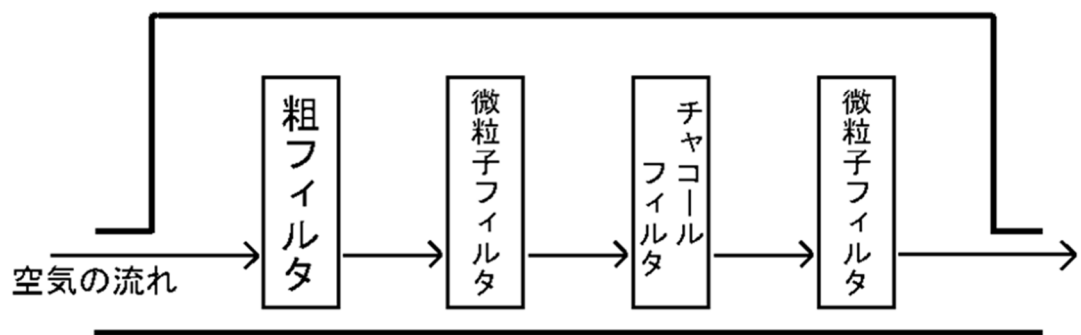
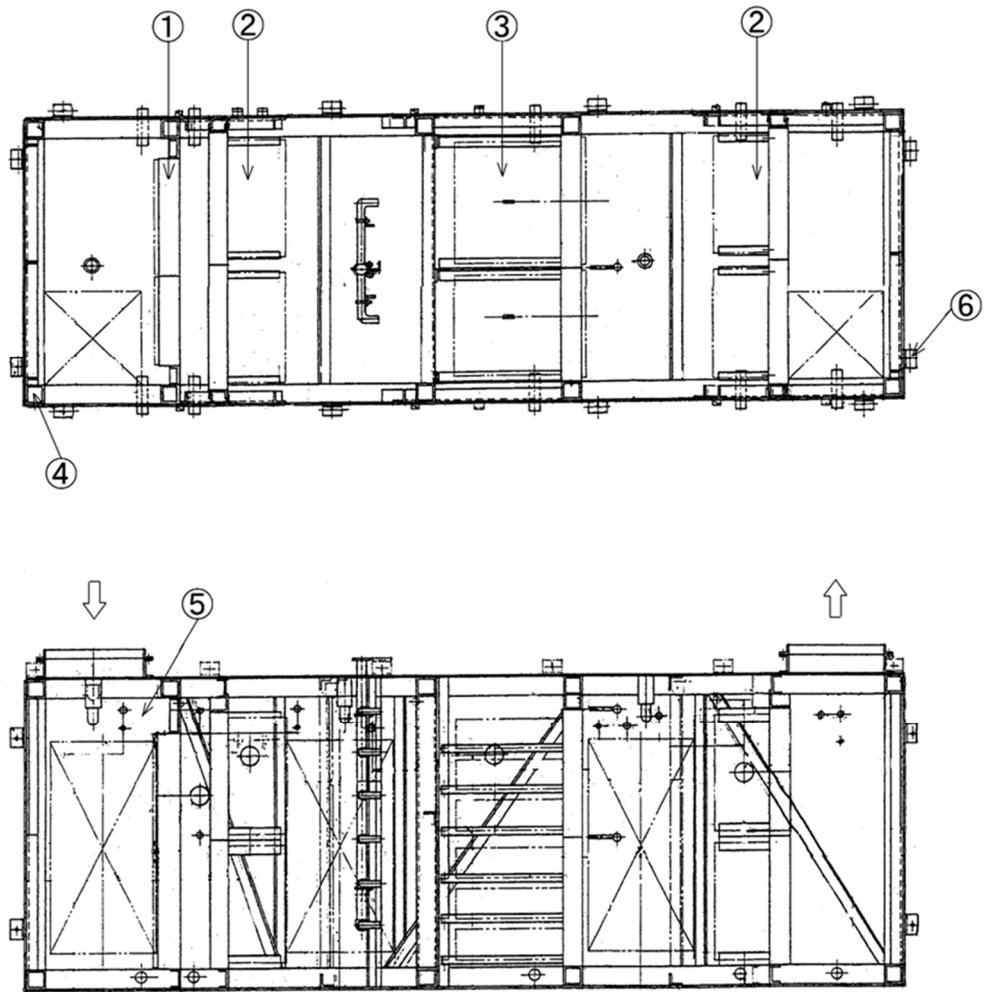


図2.1-3 高浜1号炉 アニュラス循環排気フィルタユニットの構成図



← : 空気の流れ

No.	部位
①	粗フィルタ
②	微粒子フィルタ
③	チャコールフィルタ
④	ユニット骨組鋼材
⑤	ユニットケーシング
⑥	基礎ボルト

図2.1-4 高浜1号炉 アニュラス循環排気フィルタユニット構造図

表2.1-3 高浜1号炉 アニュラス循環排気フィルタユニット主要部位の使用材料

構成機器	部位	材料
ユニット内蔵品	粗フィルタ	消耗品・定期取替品
	微粒子フィルタ	消耗品・定期取替品
	チャコールフィルタ	消耗品・定期取替品
ユニット構造部	ユニット骨組鋼材	炭素鋼
	ユニットケーシング	炭素鋼
	基礎ボルト	炭素鋼

表2.1-4 高浜1号炉 アニュラス循環排気フィルタユニットの使用条件

容量	約113m ³ /min
設置場所	屋内
周囲温度	約40℃

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機能達成に必要な項目

空調ユニットの機能である空調機能を持続するためには、次の項目が必要である。

- ① 加熱・冷却機能の確保
- ② 空気浄化機能の確保
- ③ 機器の支持

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

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

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

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

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

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

なお、日常劣化管理事象ではない事象はない。

(1) 加熱コイルの内面の腐食（流れ加速型腐食）〔制御建屋冷暖房ユニット〕

加熱コイルは銅合金であり、内部流体が蒸気であることから流れ加速型腐食により減肉が想定される。

しかしながら、流速が十分に遅い環境であり、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

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

なお、機能確認（内部点検）時にコイル外観の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(2) 冷却コイルの内面からの腐食（全面腐食）〔制御建屋冷暖房ユニット〕

冷却コイルは銅合金であり、長期の使用により内面からの腐食が想定される。

しかしながら、内部流体は純水であるが耐食性に優れた材料を使用しており、腐食が発生しがたい環境である。

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

なお、機能確認（内部点検）時にコイル外観の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(3) ユニット骨組鋼材およびユニットケーシングの腐食（全面腐食）〔共通〕

ユニット骨組鋼材およびユニットケーシングは炭素鋼であり、腐食が想定される。

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

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

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

(4) 基礎ボルトの腐食（全面腐食）〔共通〕

基礎ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

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

2.2.4 消耗品および定期取替品

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

表2.2-1(1/2) 高浜1号炉 制御建屋冷暖房ユニットに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品 ・定期 取替品	材料	経年劣化事象							備考
				減肉		割れ		材質変化		その他	
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食 割れ	熱時効	劣化		
加熱・冷却機能、空気浄化機能の確保	粗フィルタ	◎	—								*1：流れ加速型腐食
	加熱コイル		銅合金		△*1						
	冷却コイル		銅合金		△(内面)						
	ユニット骨組鋼材		炭素鋼		△						
	ユニットケーシング		炭素鋼		△						
機器の支持	基礎ボルト		炭素鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-1(2/2) 高浜1号炉 アニュラス循環排気フィルタユニットに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品 ・定期 取替品	材料	経年劣化事象							備考
				減肉		割れ		材質変化		その他	
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食 割れ	熱時効	劣化		
加熱・冷却機能、空気浄化機能の確保	粗フィルタ	◎	—								
	微粒子フィルタ	◎	—								
	チャコールフィルタ	◎	—								
	ユニット骨組鋼材		炭素鋼		△						
	ユニットケーシング		炭素鋼		△						
機器の支持	基礎ボルト		炭素鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

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 スプレ余熱除去ポンプ室冷暖房ユニット
- ② 充てん高圧注入ポンプ室冷暖房ユニット
- ③ 1次系冷却水ポンプ室冷暖房ユニット
- ④ 格納容器循環冷暖房ユニット
- ⑤ 制御建屋空調ユニット
- ⑥ 補助建屋よう素除去排気フィルタユニット
- ⑦ 中央制御室非常用循環フィルタユニット
- ⑧ 補助建屋排気フィルタユニット

3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

3.1.1 冷却コイルの内面からの腐食（全面腐食） [スプレ余熱除去ポンプ室冷暖房ユニット、充てん高圧注入ポンプ室冷暖房ユニット、格納容器循環冷暖房ユニットおよび制御建屋空調ユニット]

冷却コイルは銅合金であり、長期の使用により内面からの腐食が想定される。

しかしながら、内部流体はヒドラジン水（防錆剤注入水）であり、腐食が発生しがたい環境である。

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

なお、機能確認（内部点検）時にコイル外観の目視確認により、機器の健全性を確認している。

3.1.2 海水冷却コイルの腐食（流れ加速型腐食）〔1次系冷却水ポンプ室冷暖房ユニット〕

海水冷却コイルは銅合金であり、内部流体による流れ加速型腐食により減肉が想定される。

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

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

しかしながら、機能点検（内部点検）時にコイル外観の目視確認や渦流探傷検査により、機器の健全性を維持している。

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

3.1.3 ユニット骨組鋼材およびユニットケーシングの腐食（全面腐食）〔共通〕

ユニット骨組鋼材およびユニットケーシングは炭素鋼であり、腐食が想定される。

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

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

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

- 3.1.4 埋込金物（コンクリート埋設部以外）の腐食（全面腐食）〔充てん高圧注入ポンプ室冷暖房ユニット〕および取付ボルトの腐食（全面腐食）〔スプレ余熱除去ポンプ室冷暖房ユニット〕

埋込金物（コンクリート埋設部以外）および取付ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

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

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

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

- 3.1.5 基礎ボルトの腐食（全面腐食）〔1次系冷却水ポンプ室冷暖房ユニット、格納容器循環冷暖房ユニット、制御建屋空調ユニット、補助建屋よう素除去排気フィルタユニット、中央制御室非常用循環フィルタユニットおよび補助建屋排気フィルタユニット〕

基礎ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

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

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

- 3.1.6 埋込金物（コンクリート埋設部）の腐食（全面腐食）〔充てん高圧注入ポンプ室冷暖房ユニット〕

埋込金物（コンクリート埋設部）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。

4 冷凍機

[対象機器]

- ① チラーユニット

目次

1. 技術評価対象機器	1
2. チラーユニットの技術評価	2
2.1 構造、材料および使用条件	2
2.2 経年劣化事象の抽出	11

1. 技術評価対象機器

高浜1号炉で使用されている冷凍機的主要仕様を表1-1に示す。

表1-1 高浜1号炉 冷凍機的主要仕様

機器名称 (台数)	仕様 (容量)	重要度*1	使用条件	構成品	
			運転状態		
チラーユニット (2)	869,400kcal/h (冷却能力)	MS-1	連続	本体	圧縮機、凝縮器、蒸発器、モータ*2、冷媒配管
				冷水系統	冷水サージタンク、冷水ポンプ、モータ*2、配管

*1：機能は最上位の機能を示す。

*2：モータについては、本評価書のモータにて評価している。

2. チラーユニットの技術評価

2.1 構造、材料および使用条件

(1) 構造

高浜1号炉のチラーユニットは2台設置されている。

本ユニットは、制御建屋冷暖房ユニット等に冷水（純水）を供給することを目的としており、圧縮機、凝縮器、蒸発器等で構成されている。

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

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

また、冷水系統の配管等には炭素鋼等を使用している。

高浜1号炉のチラーユニットおよび冷水系統の構成図等を図2.1-1～図2.1-6に示す。

(2) 材料および使用条件

高浜1号炉のチラーユニットおよび冷水系統の使用材料および使用条件を表2.1-1および表2.1-2に示す。

制御建屋冷暖房ユニット等

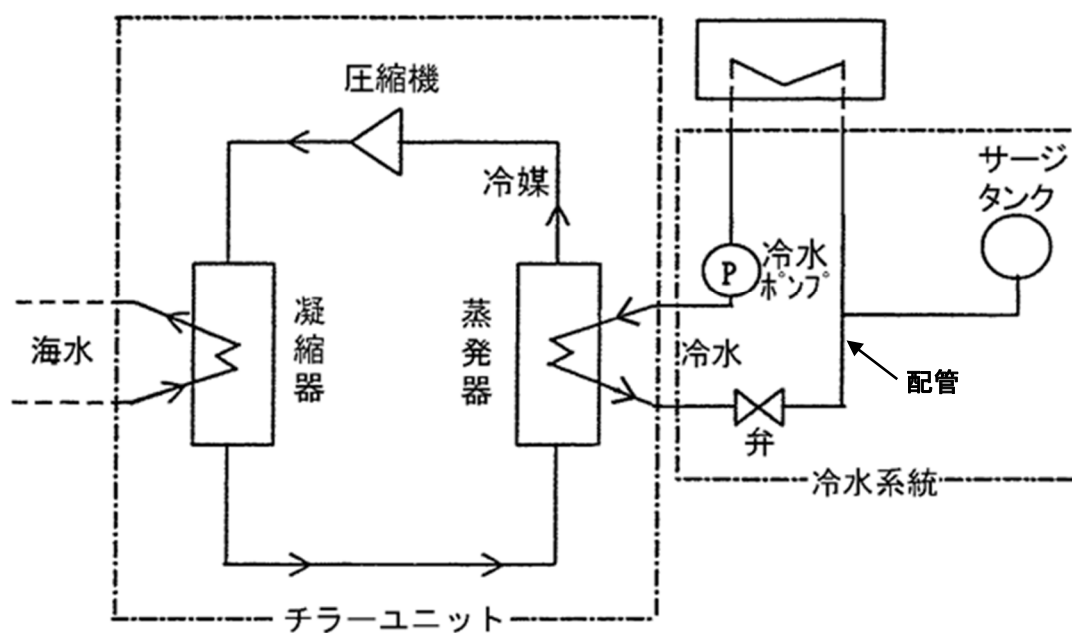
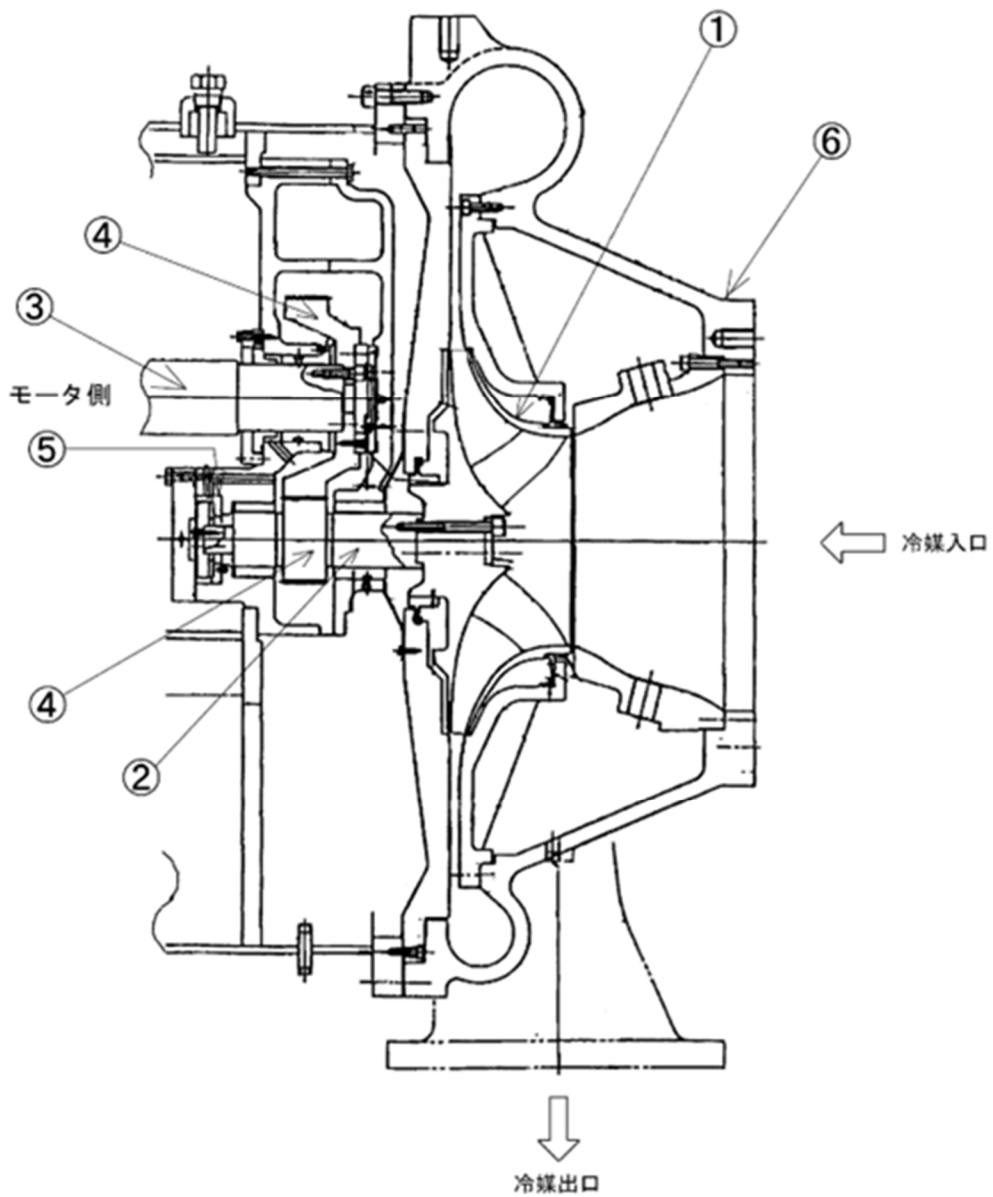
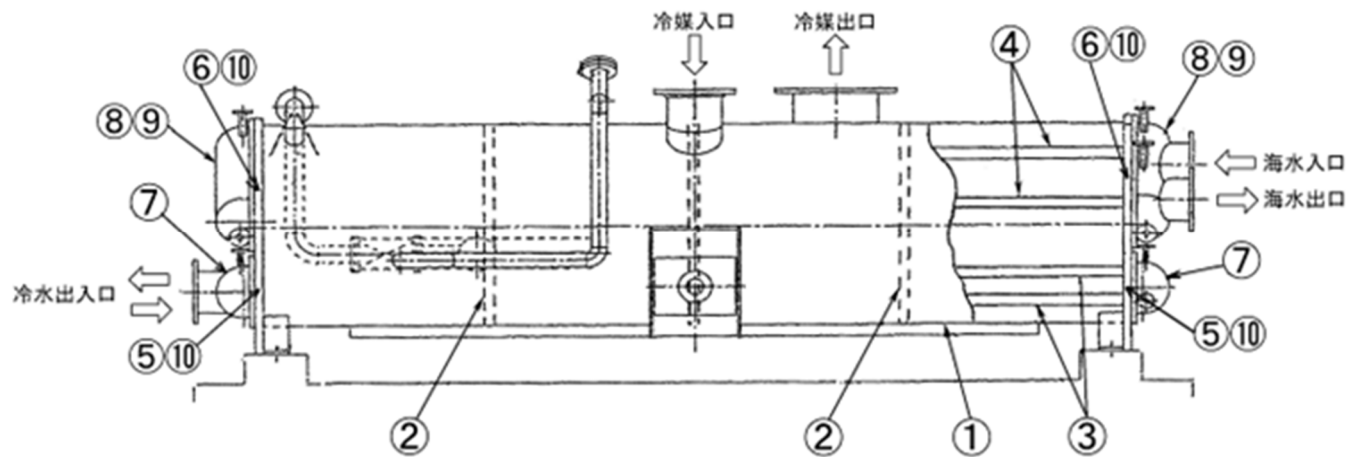


図2.1-1 高浜1号炉 チラーユニットおよび冷水系統構成図



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

図2.1-2 高浜1号炉 チラーユニット 圧縮機構造図



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

図2.1-3 高浜1号炉 チラーユニット 熱交換器構造図

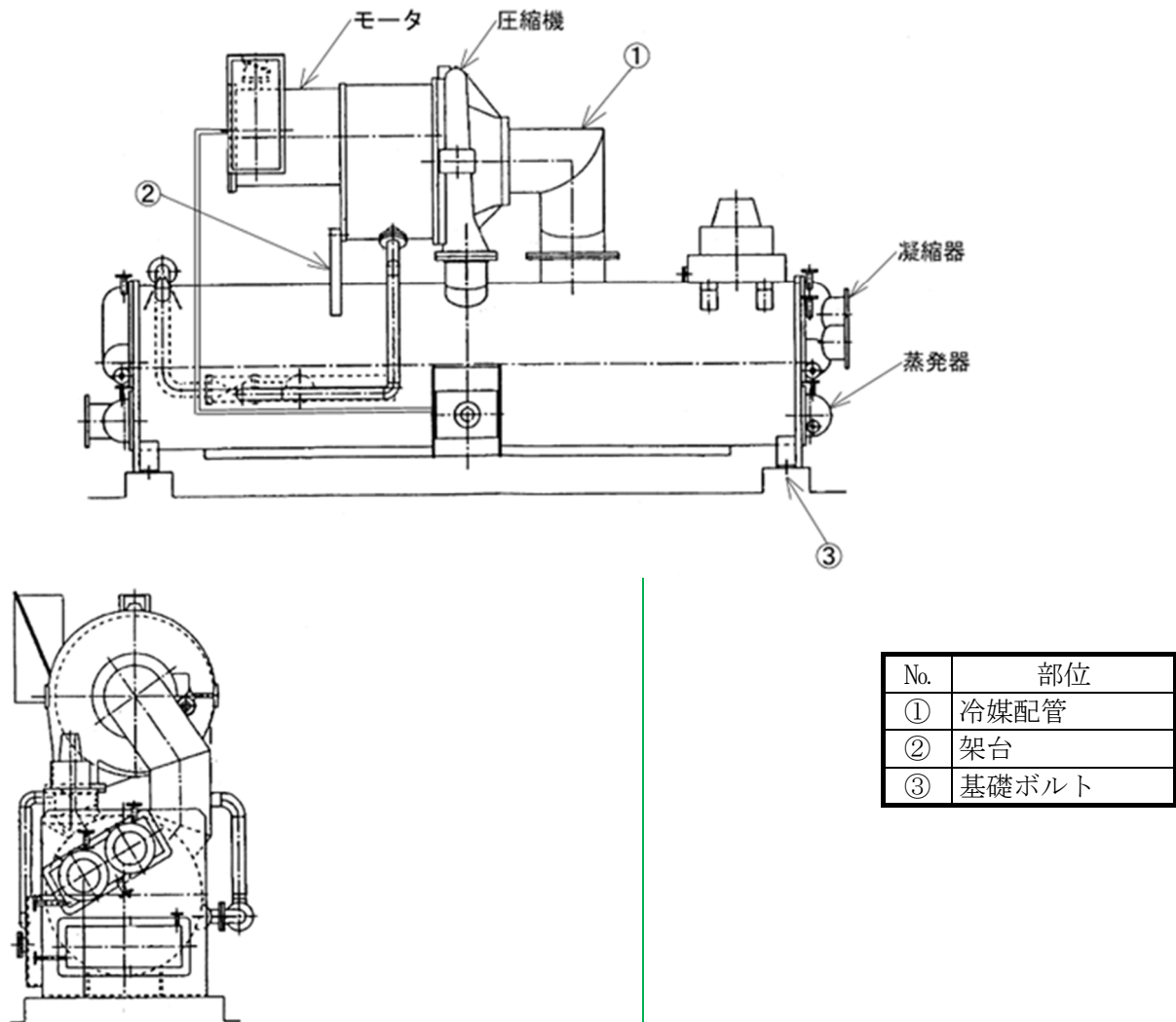
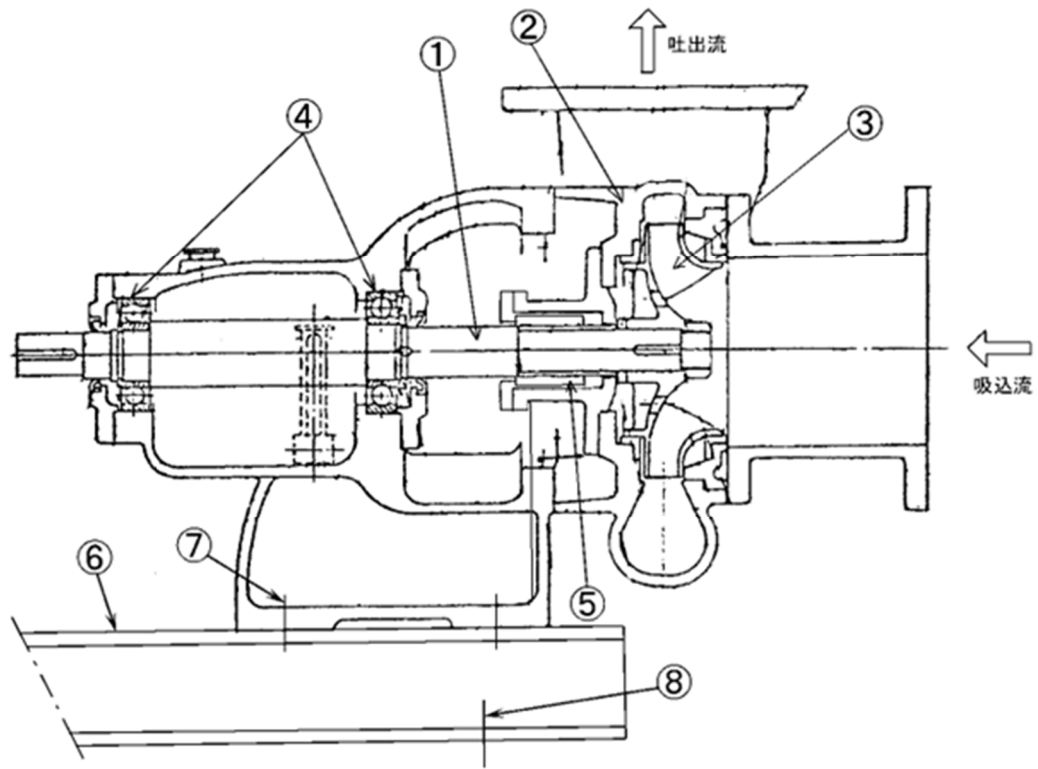
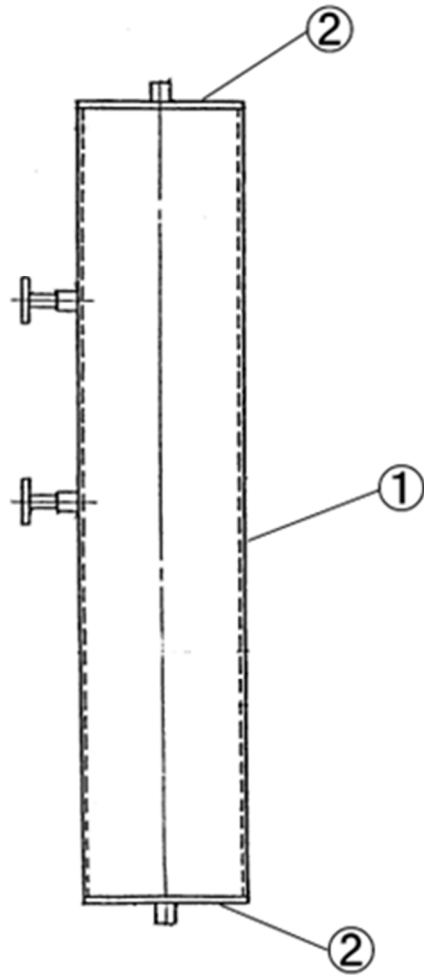


図2.1-4 高浜1号炉 チラーユニット 全体図



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

図2.1-5 高浜1号炉 冷水系統 冷水ポンプ構造図



No.	部位
①	胴板
②	底板、天板

図2.1-6 高浜1号炉 冷水系統 冷水膨張タンク構造図

表2.1-1 高浜1号炉 チラーユニットおよび冷水系統主要部位の使用材料

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

表2.1-2 高浜1号炉 チラーユニットの使用条件

冷媒	フルオロカーボン
冷水	純水
設置場所	屋内
周囲温度	約40℃

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機能達成に必要な項目

チラーユニットの機能である冷凍機能を持続するためには、次の項目が必要である。

- ① 冷水冷却機能の確保
- ② 機器の支持

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

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

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

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

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

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

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

なお、日常劣化管理事象ではない事象はない。

(1) 圧縮機羽根車の腐食（全面腐食）

圧縮機の羽根車はアルミニウム合金鋳物であり、腐食が想定される。

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

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

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(2) 圧縮機主軸（羽根車側、モータ側）および歯車の摩耗

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

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

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

なお、分解点検時の目視確認や寸法計測により、機器の健全性を確認している。

(3) 圧縮機および冷水ポンプ主軸の高サイクル疲労割れ

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

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

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

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

(4) 圧縮機ケーシングおよび冷媒配管の腐食（全面腐食）

圧縮機のケーシングは鋳鉄、冷媒配管は炭素鋼であり、腐食が想定される。

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

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

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

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

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

なお、系統機器分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(5) 熱交換器胴板外面からの腐食（全面腐食）

熱交換器の胴板は炭素鋼であり、外面からの腐食が想定される。

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

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

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

(6) 熱交換器胴板内面および支持板の腐食（全面腐食）

熱交換器の胴板内面および支持板は炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、内部流体は冷媒（フルオロカーボン）であり、腐食の発生しがたい環境である。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、系統機器分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(7) 凝縮器伝熱管の内面腐食（流れ加速型腐食）

凝縮器の伝熱管は銅合金であり、内部流体による流れ加速型腐食により減肉が想定される。

銅合金は腐食電位の高い貴な金属であり、耐食性は良いが、高速の流水中で使用すると、流れ加速型腐食が発生することがある。

凝縮器は管側流体が海水であるため、貝等の異物の付着により局所的に流速が増大し、流れ加速型腐食が発生する可能性があるが、貝等の混入物の大きさ、形態、付着状態は不確定であることから、流速と腐食量について、一律で定量的な評価は困難である。

しかしながら、開放点検時の渦流探傷検査により、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(8) 蒸発器伝熱管の内面腐食（流れ加速型腐食）

蒸発器の伝熱管は銅合金であり、内部流体による流れ加速型腐食により減肉が想定される。

しかしながら、開放点検時の渦流探傷検査により、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(9) 凝縮器および蒸発器伝熱管の外表面からの腐食（全面腐食）

凝縮器および蒸発器の伝熱管は銅合金であり、外表面からの腐食が想定される。

しかしながら、接する流体は冷媒（フルオロカーボン）で腐食が発生しがたい環境であり、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、系統機器分解点検時の目視確認や開放点検時の渦流探傷検査により、機器の健全性を確認している。

- (10) 熱交換器管側耐圧構成品および冷水系統の炭素鋼使用部位の腐食（全面腐食）
熱交換器（管板、水室）および冷水系統（配管、冷水サージタンク胴板、底板、天板）は炭素鋼、冷水系統（冷水ポンプケーシング）は鋳鉄であり、腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部は塗装により腐食を防止しており、塗膜が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、巡視点検等で目視により塗膜の状態を確認し、はく離等が認められた場合は必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

一方、熱交換器管側耐圧構成品および冷水系統の炭素鋼使用部位の内面については内部流体が純水であり（凝縮器内面側を除く）、長期間の使用により腐食が想定される。

しかしながら、酸素含有水中における炭素鋼の腐食挙動が放物線則に従うとして、運転開始後60年の腐食量を評価した結果より、急激な腐食の進行により機器の健全性に影響を与える可能性はない。

また、系統機器分解点検時の目視確認により、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

- (11) 凝縮器水室等の海水による腐食（異種金属接触腐食含む）

凝縮器の管板は炭素鋼（銅合金クラッド）であり、長期間の使用により海水接液部において腐食が想定される。

また、凝縮器水室は炭素鋼であり、海水が接するためライニングを施工しているが、ライニングのはく離等により炭素鋼に海水が接した場合、管板の接液部が銅合金であるため、炭素鋼使用部位に異種金属接触腐食が想定される。

しかしながら、開放点検時の目視確認で腐食やライニングの状況を確認し、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(12) 冷水ポンプ羽根車の腐食（キャビテーション）

ポンプの内部では流速と圧力が場所により大きく変化するが、ある点の圧力がその液温における飽和蒸気圧まで低下すると、その部分の液体が沸騰し、蒸気泡の発生と崩壊が起こることが想定される。

しかしながら、キャビテーションを起こさない条件はポンプおよび機器配置設計段階において考慮しており、この設計上の考慮は経年的に変化するものではない。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(13) 架台、台板および取付ボルトの腐食（全面腐食）

架台、台板および取付ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部は塗装により腐食を防止しており、塗膜が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、巡視点検等で目視により塗膜の状態を確認し、はく離等が認められた場合は必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(14) 基礎ボルトの腐食（全面腐食）

基礎ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

基礎ボルトの健全性評価については各機器で共通であることから、「機械設備の技術評価書」にて評価を実施するものとし、本評価書には含んでいない。

2.2.4 消耗品および定期取替品

軸受（すべり）、軸受（ころがり）、防食亜鉛板、ガスケットおよびメカニカルシールは分解点検時に取替える消耗品であり、長期使用はせず取替を前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

表2.2-1(1/2) 高浜1号炉 チラーユニットに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位		消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象						備考	
					減肉		割れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
冷水冷却機能の確保	圧縮機	羽根車		アルミニウム合金鋳物		△						*1：高サイクル疲労割れ *2：流れ加速型腐食 *3：異種金属接触腐食を含む
		主軸(羽根車側)		低合金鋼	△		△*1					
		主軸(モータ側)		低合金鋼	△		△*1					
		歯車		低合金鋼	△							
		軸受(すべり)	◎	—								
		ケーシング		鋳鉄		△(内面) △(外面)						
	熱交換器	胴板		炭素鋼		△(内面) △(外面)						
		支持板		炭素鋼		△						
		凝縮器伝熱管		銅合金		△(内面)*2 △(外面)						
		蒸発器伝熱管		銅合金		△(内面)*2 △(外面)						
		凝縮器管板		炭素鋼(銅合金クラッド)		△(内面)*3 △(外面)						
		蒸発器管板		炭素鋼		△(内面) △(外面)						
		凝縮器水室		炭素鋼(ライニング)		△(内面)*3 △(外面)						
		蒸発器水室		炭素鋼		△(内面) △(外面)						
		防食亜鉛板	◎	—								
		ガスケット	◎	—								

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-1(2/2) 高浜1号炉 チラーユニットに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位		消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象						備考	
					減肉		割れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
冷水冷却機能の確保	冷媒配管			炭素鋼		△(内面) △(外面)					*1：高サイクル疲労割れ *2：キャビテーション	
	冷水系統	配管		炭素鋼		△(内面) △(外面)						
		冷水ポンプ	主軸		炭素鋼			△*1				
			ケーシング		鋳鉄		△(内面) △(外面)					
			羽根車		鋳鉄		△*2					
			軸受(ころがり)	◎	—							
			メカニカルシール	◎	—							
		冷水サージタンク	胴板		炭素鋼		△(内面) △(外面)					
	底板、天板			炭素鋼		△(内面) △(外面)						
機器の支持	架台			炭素鋼		△						
	基礎ボルト			炭素鋼		△						
	冷水ポンプ	台板		炭素鋼		△						
		取付ボルト		炭素鋼		△						
		基礎ボルト		炭素鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

5 ダクト

[対象機器]

- ① 格納容器排気筒
- ② 補助建屋排気筒
- ③ 制御建屋循環系統ダクト
- ④ 中央制御室非常用循環系統ダクト
- ⑤ スプレ余熱除去ポンプ室冷却ファンダクト
- ⑥ 充てんポンプ室冷却ファンダクト
- ⑦ 非常用ディーゼル発電機室冷却ファンダクト
- ⑧ 1次系冷却水ポンプ室冷却ファンダクト
- ⑨ 補助建屋よう素除去排気ファンダクト
- ⑩ 補助建屋排気ファンダクト
- ⑪ アニュラス循環排気系統ダクト
- ⑫ 格納容器循環冷暖房ユニットダクト

目次

1. 技術評価対象機器および代表機器の選定	1
1.1 グループ化の考え方および結果	1
1.2 代表機器の選定	1
2. 代表機器の技術評価	3
2.1 構造、材料および使用条件	3
2.2 経年劣化事象の抽出	9
3. 代表機器以外への展開	14
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象	14

1. 技術評価対象機器および代表機器の選定

高浜1号炉で使用されているダクトの主な仕様を表1-1に示す。

これらのダクトを型式の観点からグループ化し、それぞれのグループより以下のとおり代表機器を選定した。

1.1 グループ化の考え方および結果

表1-1に示すダクトを型式の観点から分類すると以下の2つのグループに分類される。

- ① 排気筒
- ② ダクト

1.2 代表機器の選定

(1) 排気筒

このグループには格納容器排気筒および補助建屋排気筒が属するが、重要度が高い格納容器排気筒を代表機器とする。

(2) ダクト

このグループには制御建屋循環系統ダクト、中央制御室非常用循環系統ダクト、スプレ余熱除去ポンプ室冷却ファンダクト、充てんポンプ室冷却ファンダクト、非常用ディーゼル発電機室冷却ファンダクト、1次系冷却水ポンプ室冷却ダクト、補助建屋よう素除去排気ファンダクト、補助建屋排気ファンダクト、アニュラス循環排気系統ダクトおよび格納容器循環冷暖房ユニットダクトが属するが、構造は同様であり、重要度が高く、容量が大きい制御建屋循環系統ダクトを代表機器とする。

表1-1 高浜1号炉 ダクトの主な仕様

分離基準 型式	機器名称	仕様 容量 (m ³ /min)	選定基準		代表機器の選定	
			重要度*1	運転状態	代表機器	選定理由
排気筒	格納容器排気筒	約1,930	MS-1、重*2	一時	◎	重要度
	補助建屋排気筒	約4,920	MS-2	連続		
ダクト	制御建屋循環系統ダクト	約2,638	MS-1、重*2	連続	◎	重要度 容量
	中央制御室非常用循環系統ダクト	約 425	MS-1、重*2	一時		
	スプレ余熱除去ポンプ室冷却ファンダクト	約 340	MS-2	一時		
	充てんポンプ室冷却ファンダクト	約 850	MS-2	連続		
	非常用ディーゼル発電機室冷却ファンダクト	約1,930	MS-2	一時		
	1次系冷却水ポンプ室冷却ファンダクト	約 820	MS-2	連続		
	補助建屋よう素除去排気ファンダクト	約 425	MS-1	一時		
	補助建屋排気ファンダクト	約 168	MS-2	連続		
	アニュラス循環排気系統ダクト	約 113	MS-1、重*2	一時		
	格納容器循環冷暖房ユニットダクト	約5,250	重*2	連続		

*1：機能は最上位の機能を示す。

*2：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器および構造物であることを示す。

2. 代表機器の技術評価

本章では、1章で代表機器とした以下の2種類のダクトについて技術評価を実施する。

- ① 格納容器排気筒
- ② 制御建屋循環系統ダクト

2.1 構造、材料および使用条件

2.1.1 格納容器排気筒

(1) 構造

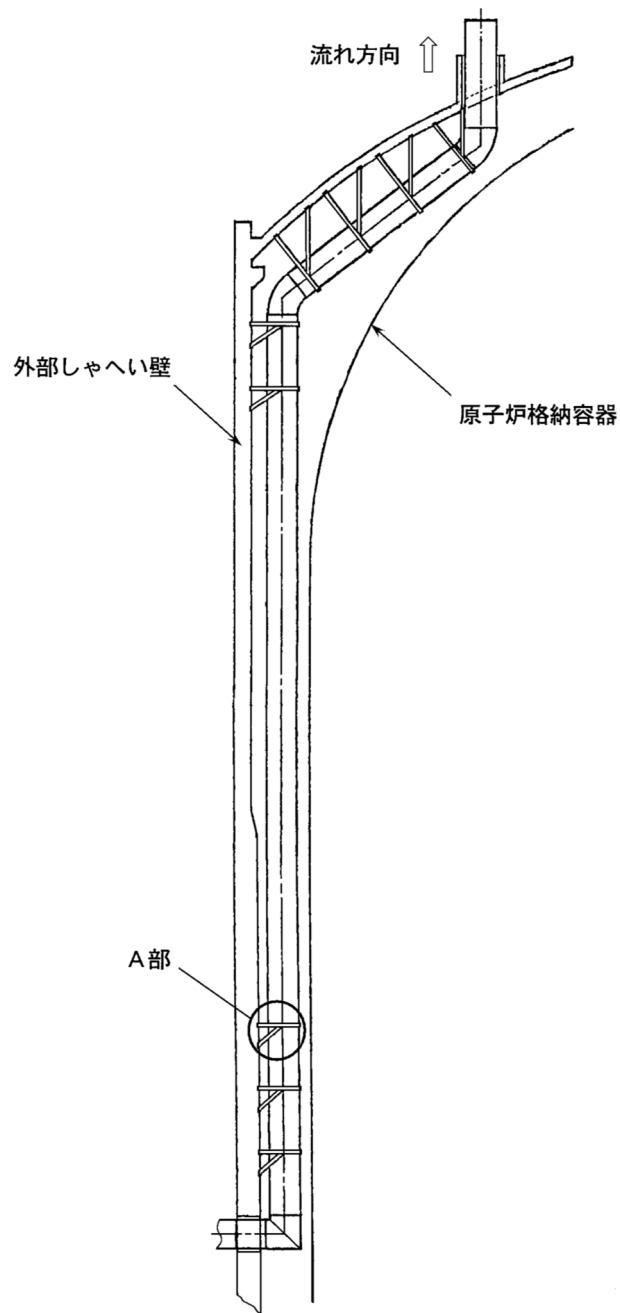
高浜1号炉の格納容器排気筒は、外板、接続鋼材、補強鋼材等で構成されている。

外板にはステンレス鋼を使用し、接続鋼材、補強鋼材等には炭素鋼を使用している。

高浜1号炉の格納容器排気筒の構造図を図2.1-1に示す。

(2) 材料および使用条件

高浜1号炉の格納容器排気筒の使用材料および使用条件を表2.1-1および表2.1-2に示す。



No.	部位
①	外板
②	接続鋼材
③	補強鋼材
④	接続ボルト
⑤	サポート鋼材
⑥	埋込金物

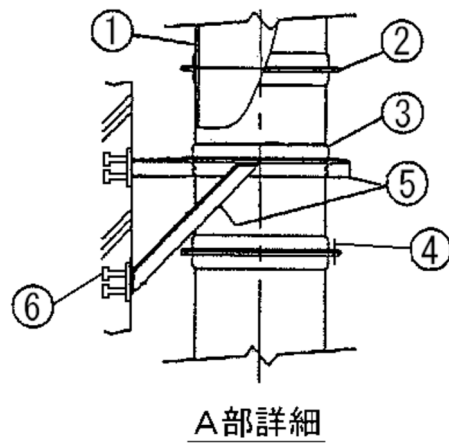


図2.1-1 高浜1号炉 格納容器排気筒構造図

表2.1-1 高浜1号炉 格納容器排気筒主要部位の使用材料

部位	材料
外板	ステンレス鋼
接続鋼材	炭素鋼
補強鋼材	炭素鋼
接続ボルト	炭素鋼
サポート鋼材	炭素鋼
埋込金物	炭素鋼

表2.1-2 高浜1号炉 格納容器排気筒の使用条件

設置場所	屋内（一部屋外）
容量	約1,930m ³ /min

2.1.2 制御建屋循環系統ダクト

(1) 構造

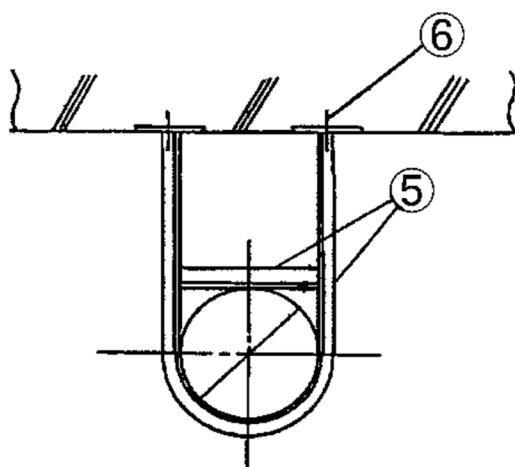
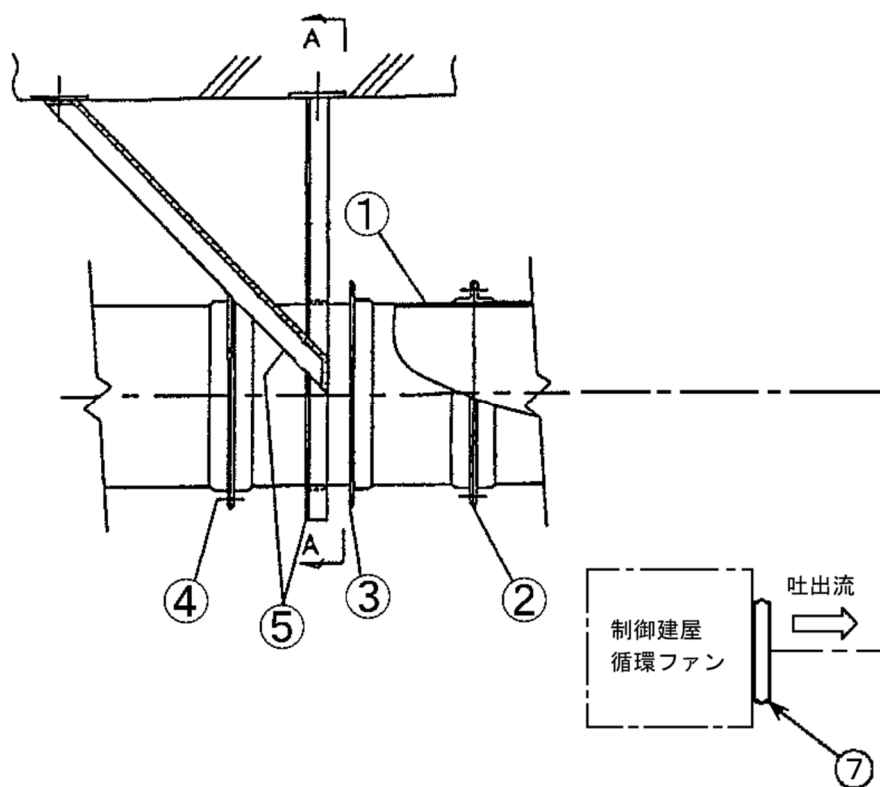
高浜1号炉の制御建屋循環系統ダクトは、外板、接続鋼材、補強鋼材等で構成されている。

外板、接続鋼材、補強鋼材等には炭素鋼を使用しており、ファン出口にはゴム製の伸縮継手を設置している。

高浜1号炉の制御建屋循環系統ダクトの構造図を図2.1-2に示す。

(2) 材料および使用条件

高浜1号炉の制御建屋循環系統ダクトの使用材料および使用条件を表2.1-3および表2.1-4に示す。



断面 A - A

No.	部位
①	外板
②	接続鋼材
③	補強鋼材
④	接続ボルト
⑤	サポート鋼材
⑥	埋込金物
⑦	伸縮継手

図2.1-2 制御建屋循環系統ダクト構造図

表2.1-3 制御建屋循環系統ダクト主要部位の使用材料

部位	材料
外板	炭素鋼
接続鋼材	炭素鋼
補強鋼材	炭素鋼
接続ボルト	炭素鋼
サポート鋼材	炭素鋼
埋込金物	炭素鋼
伸縮継手	ゴム

表2.1-4 制御建屋循環系統ダクトの使用条件

設置場所	屋内
容量	約2,638m ³ /min

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機能達成に必要な項目

ダクトの機能である通風機能を維持するためには、次の項目が必要である。

- ① 流路の確保
- ② 機器の支持

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

ダクト個々について、機能達成に必要な項目を考慮して、主要な部位に展開した上で、個々の部位の構造、材料、使用条件および現在までの運転経験を考慮し、代表機器毎に表2.2-1のとおり想定される経年劣化事象を抽出した結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象はない。

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

以下の事象（表2.2-1で△または▲となっているもの）については、想定される経年劣化事象であるが、

- 1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考えがたい経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの
- 2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象

に該当するものについては、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

上記の1)または2)に該当する事象であるが、保全によりその傾向が維持できていることを確認している事象（日常劣化管理事象）を以下に示す。

(1) 外板の応力腐食割れ [格納容器排気筒]

外板はステンレス鋼であり、外表面に大気中の海塩粒子等の塩分が付着した場合、塩化物イオンによる応力腐食割れが想定される。

しかしながら、外面については塗装により腐食を防止しており、塗膜が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、空調設備点検時等で目視により塗膜の状態を確認し、はく離等が認められた場合は必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(2) 外板の腐食（全面腐食）〔制御建屋循環系統ダクト〕

外板は炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部は塗装または亜鉛メッキにより腐食を防止しており、塗膜またはメッキ面が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、巡視点検等で目視により塗膜またはメッキ面の状態を確認し、はく離等が認められた場合は必要に応じて補修することにより、さらに防水措置（保温）が設置されている場合は防水措置（保温）の状態を確認することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(3) 接続鋼材および補強鋼材等の腐食（全面腐食）〔共通〕

接続鋼材、補強鋼材、サポート鋼材、接続ボルトおよび埋込金物（コンクリート埋設部以外）は炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部は塗装により腐食を防止しており、塗膜が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、巡視点検等で目視により塗膜の状態を確認し、はく離等が認められた場合は必要に応じて補修することにより、さらに防水措置（保温）が設置されている場合は防水措置（保温）の状態を確認することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(4) 伸縮継手の劣化〔制御建屋循環系統ダクト〕

伸縮継手はゴム製であることから環境的要因により劣化が想定される。

しかしながら、周囲温度は使用条件範囲内であり、これまでに有意な劣化は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、巡視点検等による可視範囲の目視確認により、機器の健全性を確認している。

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。

(5) 埋込金物（コンクリート埋設部）の腐食（全面腐食）〔共通〕

埋込金物は炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、コンクリート埋設部ではコンクリートの大気接触部表面からの中性化の進行により腐食環境となるが、コンクリートが中性化に至り、埋込金物に有意な腐食が発生するまで長期間を要することから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

表2.2-1(1/2) 高浜1号炉 格納容器排気筒に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象						備考	
				減肉		割れ		材質変化			その他
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
流路の確保	外板		ステンレス鋼				△*1			*1：外面からの 応力腐食割れ *2：コンクリート 埋設部以外 *3：コンクリート 埋設部	
	接続鋼材		炭素鋼		△						
	補強鋼材		炭素鋼		△						
機器の支持	接続ボルト		炭素鋼		△						
	サポート鋼材		炭素鋼		△						
	埋込金物		炭素鋼		△*2 ▲*3						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表2.2-1(2/2) 高浜1号炉 制御建屋循環系統ダクトに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象						備考	
				減肉		割れ		材質変化			その他
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
流路の確保	外板		炭素鋼		△					*1：コンクリート埋設部以外 *2：コンクリート埋設部	
	接続鋼材		炭素鋼		△						
	補強鋼材		炭素鋼		△						
	伸縮継手		ゴム					△			
機器の支持	接続ボルト		炭素鋼		△						
	サポート鋼材		炭素鋼		△						
	埋込金物		炭素鋼		△ ^{*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 補助建屋排気筒
- ② 中央制御室非常用循環系統ダクト
- ③ スプレ余熱除去ポンプ室冷却ファンダクト
- ④ 充てんポンプ室冷却ファンダクト
- ⑤ 非常用ディーゼル発電機室冷却ファンダクト
- ⑥ 1次系冷却水ポンプ室冷却ファンダクト
- ⑦ 補助建屋よう素除去排気ファンダクト
- ⑧ 補助建屋排気ファンダクト
- ⑨ アニユラス循環排気系統ダクト
- ⑩ 格納容器循環冷暖房ユニットダクト

3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

2.2.3の1)または2)に該当する事象であるが、保全によりその傾向が維持できていることを確認している事象（日常劣化管理事象）を以下に示す。

3.1.1 外板の応力腐食割れ [補助建屋排気筒]

外板はステンレス鋼であり、外表面に大気中の海塩粒子等の塩分が付着した場合、塩化物イオンによる応力腐食割れが想定される。

しかしながら、外面については塗装により腐食を防止しており、塗膜が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、空調設備点検時等で目視により塗膜の状態を確認し、はく離等が認められた場合は必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

3.1.2 外板の腐食（全面腐食）〔補助建屋排気筒を除く共通〕

外板は炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部は塗装または亜鉛メッキにより腐食を防止しており、塗膜またはメッキ面が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、巡視点検等で目視により塗膜またはメッキ面の状態を確認し、はく離等が認められた場合は必要に応じて補修することにより、さらに防水措置（保温）が設置されている場合は防水措置（保温）の状態を確認することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

3.1.3 外板内面の海塩粒子等付着による腐食（腐食孔）〔中央制御室非常用循環系統ダクト〕

外気取入部の外板内面に海塩粒子等が付着することによる腐食（腐食孔）が想定される。

2016年12月、島根発電所2号炉において、中央制御室空調換気系の外気取入ダクトから再循環ライン合流部において海塩粒子等の付着による腐食（腐食孔）が発生している。

しかしながら、高浜1号炉については外気取入口に常時通気のフィルタを設置し、海塩粒子等の侵入を考慮した設計となっており、この設計上の考慮は経年的に変化するものではない。

また、当該系統の外気取入部から再循環ライン合流部について内面の目視確認をした結果、有意な腐食（腐食孔）は認められなかったことを確認している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、空調設備点検時の内面目視確認により、機器の健全性を確認している。

3.1.4 接続鋼材および補強鋼材等の腐食（全面腐食） [共通]

接続鋼材、補強鋼材、サポート鋼材、接続ボルトおよび埋込金物（コンクリート埋設部以外）は炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部は塗装により腐食を防止しており、塗膜が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、巡視点検等で目視により塗膜の状態を確認し、はく離等が認められた場合は必要に応じて補修することにより、さらに防水措置（保温）が設置されている場合は防水措置（保温）の状態を確認することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

3.1.5 伸縮継手の劣化 [補助建屋排気筒を除く共通]

伸縮継手はゴム製であることから環境的要因により劣化が想定される。

しかしながら、屋内に設置されており、紫外線による影響はなく、周囲温度も使用条件範囲内でこれまでに有意な劣化は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、巡視点検等による可視範囲の目視確認により、機器の健全性を確認している。

2.2.3の2)に該当する事象のうち、日常劣化管理事象を除く事象（日常劣化管理事象ではない事象）を以下に示す。

3.1.6 埋込金物（コンクリート埋設部）の腐食（全面腐食） [共通]

埋込金物は炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、コンクリート埋設部ではコンクリートの大気接触部表面からの中性化の進行により腐食環境となるが、コンクリートが中性化に至り、埋込金物に有意な腐食が発生するまで長期間を要することから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

6 ダンパ

[対象機器]

- ① 換気空調系統 空気作動ダンパ
- ② 換気空調系統 逆止ダンパ
- ③ 換気空調系統 防火ダンパ

目次

1. 技術評価対象機器および代表機器の選定	1
1.1 グループ化の考え方および結果	1
1.2 代表機器の選定	1
2. 代表機器の技術評価	3
2.1 構造、材料および使用条件	3
2.2 経年劣化事象の抽出	12
3. 代表機器以外への展開	18
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象	18

1. 技術評価対象機器および代表機器の選定

高浜1号炉で使用されているダンパの主な仕様を表1-1に示す。

これらのダンパを駆動方法の観点からグループ化し、それぞれのグループより以下のとおり代表機器を選定した。

1.1 グループ化の考え方および結果

表1-1に示すダンパを駆動方法の観点で分類すると以下の3つのグループに分類される。

- ① 空気作動ダンパ
- ② 逆止ダンパ
- ③ 防火ダンパ

1.2 代表機器の選定

(1) 空気作動ダンパ

重要度が高い制御建屋循環ファン出口ダンパを代表機器とする。

(2) 逆止ダンパ

重要度が高い制御建屋冷暖房ユニットメタクラ室送気逆止ダンパを代表機器とする。

(2) 防火ダンパ

このグループには、補助建屋排気止め防火ダンパのみだけが属するため、補助建屋排気止めダンパを代表機器とする。

表1-1 高浜1号炉 ダンパの主な仕様

分離基準		名称	選定基準	代表機器の選定	
型式	駆動方法 (作動原理)		重要度*1	代表機器	選定理由
ダンパ	空気作動	格納容器排気系統ダンパ	MS-1	◎ 制御建屋循環ファン出口ダンパ	重要度
		中央制御室送気系統ダンパ	MS-1、重*2		
		本館エレベータ横階段エリア送気・排気系統ダンパ	MS-1		
		中央制御室非常用循環系統ダンパ	MS-1、重*2		
		制御建屋循環系統ダンパ	MS-1、重*2		
		出入管理室送気系統ダンパ	MS-1		
		制御建屋送気系統ダンパ	MS-1、重*2		
		制御建屋冷暖房系統ダンパ	MS-1、重*2		
		非常用ディーゼル発電機室冷却系統ダンパ	MS-2		
		非常用ディーゼル発電機室排気系統ダンパ	MS-2		
		補助建屋よう素除去排気系統ダンパ	MS-1		
		S Gブローダウンサンプル室送気系統ダンパ	MS-1		
		中央給湯室3階洗面所排気系統ダンパ	MS-1		
		補助建屋排気系統ダンパ	MS-2		
		使用済燃料ピット送気系統ダンパ	MS-2		
逆止	制御建屋冷暖房ユニット系統逆止ダンパ	MS-1、重*2	◎ 制御建屋冷暖房ユニットメタクラ室送気逆止ダンパ	重要度	
防火	補助建屋排気系統防火ダンパ	MS-2	◎ 補助建屋排気止め防火ダンパ		

*1：機能は最上位の機能を示す。

*2：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器および構造物であることを示す。

2. 代表機器の技術評価

本章では、1章で代表機器とした以下の3種類のダンパについて技術評価を実施する。

- ① 制御建屋循環ファン出口ダンパ
- ② 制御建屋冷暖房ユニットメタクラ室送気逆止ダンパ
- ③ 補助建屋排気止め防火ダンパ

2.1 構造、材料および使用条件

2.1.1 制御建屋循環ファン出口ダンパ

(1) 構造

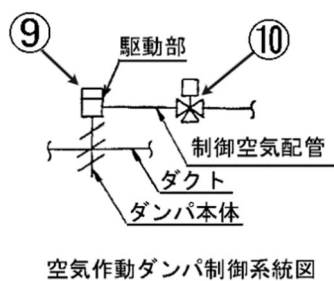
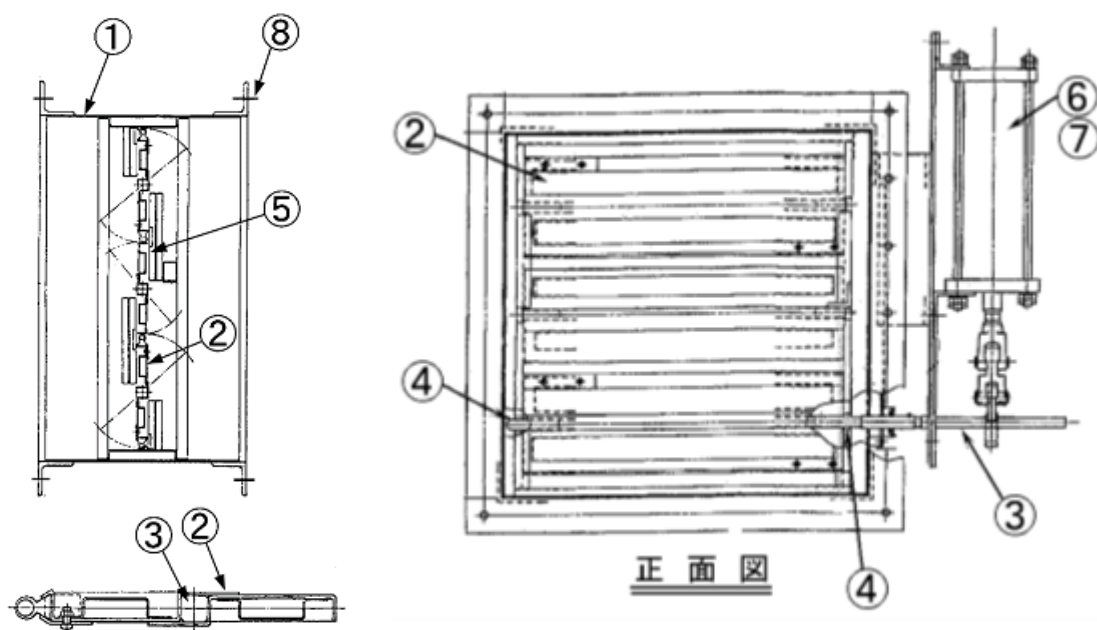
高浜1号炉の制御建屋循環ファン出口ダンパは、流路を構成するケーシング、流路を仕切るダンパ羽根、ダンパ羽根を作動させるダンパシャフトおよび駆動装置（ハウジング、ばね）等で構成されている。

ケーシング、ダンパ羽根およびダンパシャフトには炭素鋼を使用している。

高浜1号炉の制御建屋循環ファン出口ダンパの構造図を図2.1-1に示す。

(2) 材料および使用条件

高浜1号炉の制御建屋循環ファン出口ダンパの使用材料および使用条件を表2.1-1および表2.1-2に示す。



No.	部位
①	ケーシング
②	ダンパ羽根
③	ダンパシャフト
④	軸受 (すべり)
⑤	シール
⑥	ハウジング
⑦	ばね
⑧	接続ボルト
⑨	ポジションスイッチ
⑩	電磁弁

図2.1-1 高浜1号炉 制御建屋循環ファン出口ダンパ構造図

表2.1-1 高浜1号炉 制御建屋循環ファン出口ダンパ主要部位の使用材料

部位	材料
ケーシング	炭素鋼
ダンパ羽根	炭素鋼
ダンパシャフト	炭素鋼
軸受 (すべり)	ステンレス鋼
シール	消耗品・定期取替品
ハウジング	炭素鋼
ばね	ばね鋼
接続ボルト	炭素鋼
ポジションスイッチ	消耗品・定期取替品
電磁弁	消耗品・定期取替品

表2.1-2 高浜1号炉 制御建屋循環ファン出口ダンパの使用条件

サイズ	2,130×2,130 (mm)
使用温度	約40℃
設置場所	屋内

2.1.2 制御建屋冷暖房ユニットメタクラ室送気逆止ダンパ

(1) 構造

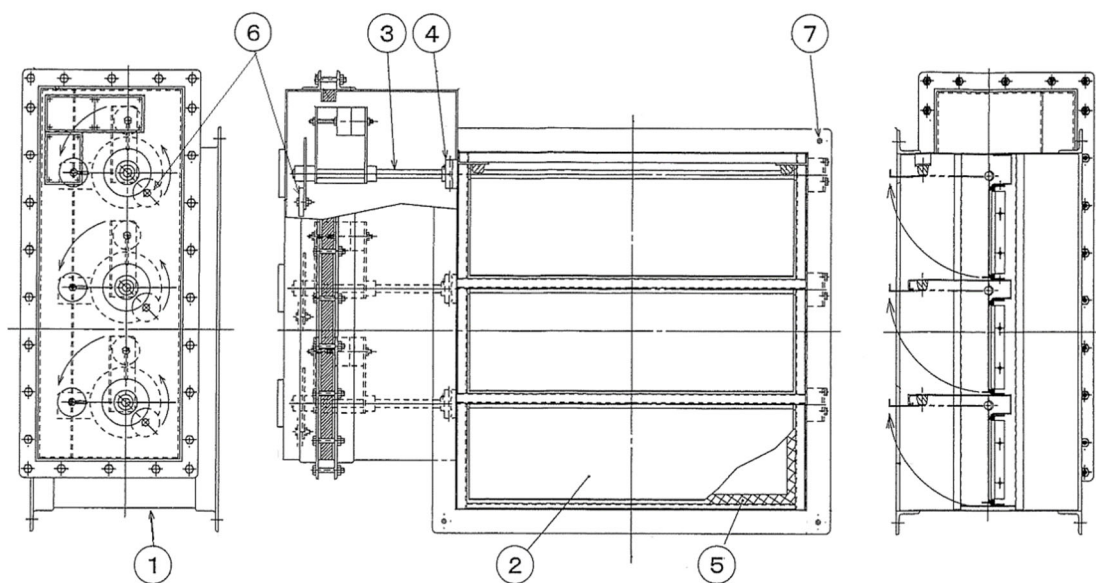
高浜1号炉の制御建屋冷暖房ユニットメタクラ室送気逆止ダンパは、流路を構成するケーシング、流路を仕切るダンパ羽根、ダンパ羽根を作動させるダンパシャフトおよび閉鎖ウエイト等で構成されている。

ケーシング、ダンパ羽根およびダンパシャフトには炭素鋼を使用している。

高浜1号炉の制御建屋冷暖房ユニットメタクラ室送気逆止ダンパの構造図を図2.1-2に示す。

(2) 材料および使用条件

高浜1号炉の制御建屋冷暖房ユニットメタクラ室送気逆止ダンパの使用材料および使用条件を表2.1-3および表2.1-4に示す。



No.	部位
①	ケーシング
②	ダンパ羽根
③	ダンパシャフト
④	軸受 (ころがり)
⑤	シール
⑥	閉鎖ウエイト
⑦	接続ボルト

図2.1-2 高浜1号炉 制御建屋冷暖房ユニットメタクラ室送気逆止ダンパ構造図

表2.1-3 高浜1号炉 制御建屋冷暖房ユニットメタクラ室送気逆止ダンパ
主要部位の使用材料

部位	材料
ケーシング	炭素鋼
ダンパ羽根	炭素鋼
ダンパシャフト	炭素鋼
軸受（ころがり）	消耗品・定期取替品
シール	消耗品・定期取替品
閉鎖ウエイト	炭素鋼
接続ボルト	炭素鋼

表2.1-4 高浜1号炉 制御建屋冷暖房ユニットメタクラ室送気逆止ダンパ
の使用条件

サイズ	608×608 (mm)
使用温度	約40℃
設置場所	屋内

2.1.3 補助建屋排気止め防火ダンパ

(1) 構造

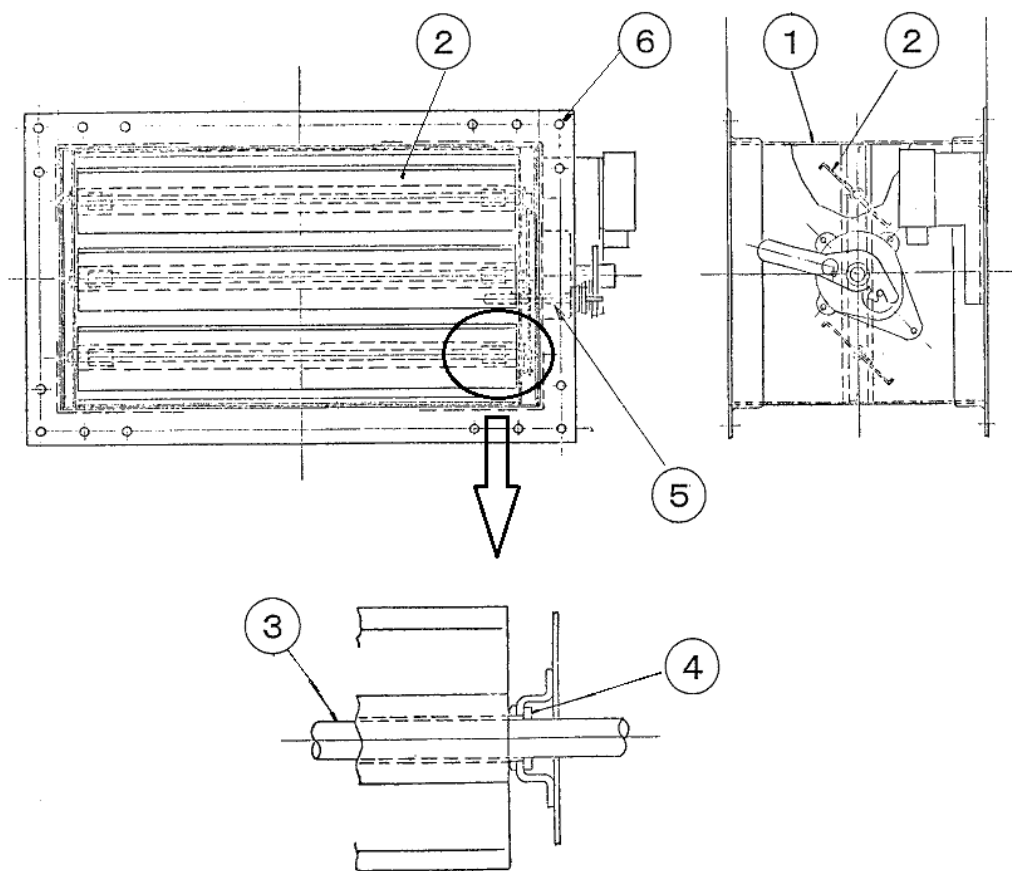
高浜1号炉の補助建屋排気止め防火ダンパは、流路を構成するケーシング、流路を仕切るダンパ羽根およびダンパ羽根を作動させるダンパシャフト等で構成されている。

ケーシング、ダンパ羽根およびダンパシャフトには炭素鋼を使用している。

高浜1号炉の補助建屋排気止め防火ダンパの構造図を図2.1-3に示す。

(2) 材料および使用条件

高浜1号炉の補助建屋排気止め防火ダンパの使用材料および使用条件を表2.1-5および表2.1-6に示す。



No.	部位
①	ケーシング
②	ダンパ羽根
③	ダンパシャフト
④	軸受 (すべり)
⑤	ヒューズ
⑥	接続ボルト

図2.1-3 高浜1号炉 補助建屋排気止め防火ダンパ構造図

表2.1-5 高浜1号炉 補助建屋排気止め防火ダンパ主要部位の使用材料

部位	材料
ケーシング	炭素鋼
ダンパ羽根	炭素鋼
ダンパシャフト	炭素鋼
軸受 (すべり)	ステンレス鋼
ヒューズ	消耗品・定期取替品
接続ボルト	炭素鋼

表2.1-6 高浜1号炉 補助建屋排気止め防火ダンパの使用条件

サイズ	503×503 (mm)
使用温度	約40℃
設置場所	屋内

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機能達成に必要な項目

ダンパの機能である風量調整機能および系統隔離機能を維持するためには、次の項目が必要である。

- ① バウンダリの維持
- ② 開閉機能の維持
- ③ 機器の支持

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

ダンパ個々について機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の構造、材料および現在までの運転経験を考慮し、代表機器毎に表2.2-1に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象はない。

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

以下の事象（表2.2-1で△となっているもの）については、想定される経年劣化事象であるが、

- 1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考えがたい経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの
- 2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象

に該当するものについては、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

上記の1)または2)に該当する事象であるが、保全によりその傾向が維持できていることを確認している事象（日常劣化管理事象）を以下に示す。

なお、日常劣化管理事象ではない事象はない。

- (1) ケーシング、ダンパ羽根の腐食（全面腐食）〔共通〕、ハウジングの腐食（全面腐食）〔制御建屋循環ファン出口ダンパ〕および閉鎖ウエイトの腐食（全面腐食）〔制御建屋冷暖房ユニットメタクラ室送気逆止ダンパ〕

ケーシング、ダンパ羽根、ハウジングおよび閉鎖ウエイトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部は塗装または亜鉛メッキにより腐食を防止しており、塗膜またはメッキ面が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、巡視点検等で目視により塗膜またはメッキ面の状態を確認し、はく離等が認められた場合は必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

- (2) ダンパシャフトの固着〔共通〕

ダンパシャフトは炭素鋼であり、潤滑油が不足した場合、長期間の使用による腐食により固着することが想定される。

しかしながら、ダンパシャフトの表面は亜鉛メッキを施し腐食を防止しており、腐食による固着の可能性は小さい。

また、ダンパ作動確認時の目視確認により、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) ばねの変形（応力緩和）〔制御建屋循環ファン出口ダンパ〕

ばねは応力状態にて長期間保持されることにより、変形（応力緩和）が想定される。

しかしながら、ばねに発生する応力は弾性範囲であり、日本ばね工業会にて実施したばね材料と使用環境温度の実態調査結果と比べて、当該ばねは同等か余裕のある環境で使用している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、ダンパ作動確認により、機器の健全性を確認している。

(4) 接続ボルトの腐食（全面腐食） [共通]

接続ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部は塗装により腐食を防止しており、塗膜が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、巡視点検等で目視により塗膜の状態を確認し、はく離等が認められた場合は必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

2.2.4 消耗品および定期取替品

シールおよび軸受（ころがり）は分解点検時に取替える消耗品であり、ポジションスイッチ、電磁弁およびヒューズは定期取替品である。いずれも、長期使用はせず取替を前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

表2.2-1(1/3) 高浜1号炉 制御建屋循環ファン出口ダンパに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象								備考
				減肉		割れ		絶縁	導通	特性	その他	
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁低下	導通不良	特性変化		
バウンダリの維持	ケーシング		炭素鋼		△							*1：固着 *2：変形 (応力緩和)
開閉機能の維持	ダンパ羽根		炭素鋼		△							
	ダンパシャフト		炭素鋼								△*1	
	軸受(すべり)		ステンレス鋼									
	シール	◎	—									
	ハウジング		炭素鋼		△							
	ばね		ばね鋼								△*2	
	ポジションスイッチ	◎	—									
	電磁弁	◎	—									
機器の支持	接続ボルト		炭素鋼		△							

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2. 2-1(2/3) 高浜1号炉 制御建屋冷暖房ユニットメタクラ室送気逆止ダンパに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象								備考
				減肉		割れ		絶縁	導通	特性	その他	
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁低下	導通不良	特性変化		
バウンダリの維持	ケーシング		炭素鋼		△							*1：固着
開閉機能の維持	ダンパ羽根		炭素鋼		△							
	ダンパシャフト		炭素鋼								△*1	
	軸受(ころがり)	◎	—									
	シール	◎										
	閉鎖ウエイト		炭素鋼		△							
機器の支持	接続ボルト		炭素鋼		△							

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-1(3/3) 高浜1号炉 補助建屋排気止め防火ダンパに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象								備考
				減肉		割れ		絶縁	導通	特性	その他	
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁低下	導通不良	特性変化		
バウンダリの維持	ケーシング		炭素鋼		△							*1：固着
開閉機能の維持	ダンパ羽根		炭素鋼		△							
	ダンパシャフト		炭素鋼								△*1	
	軸受(すべり)		ステンレス鋼									
	ヒューズ	◎	—									
機器の支持	接続ボルト		炭素鋼		△							

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

3. 代表機器以外への展開

本章では、2章で実施した代表機器の技術評価結果について、1章で代表機器となっていない機器への展開について検討した。

なお、経年劣化事象の抽出にあたっては、2章の代表機器における経年劣化事象の抽出と同様に、水平展開機器各々の構造、材料、使用条件等の特殊性を考慮して選定している。

- ① 換気空調系統 空気作動ダンパ（代表機器以外）
- ② 換気空調系統 逆止ダンパ（代表機器以外）

3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

2.2.3の1)または2)に該当する事象であるが、保全によりその傾向が維持できていることを確認している事象（日常劣化管理事象）を以下に示す。

なお、日常劣化管理事象ではない事象はない。

3.1.1 ケーシング、ダンパ羽根の腐食（全面腐食）〔共通〕、ハウジングの腐食（全面腐食）〔空気作動ダンパ共通〕および閉鎖ウエイトの腐食（全面腐食）〔逆止ダンパ共通〕

ケーシング、ダンパ羽根、ハウジングおよび閉鎖ウエイトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部は塗装または亜鉛メッキにより腐食を防止しており、塗膜またはメッキ面が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、巡視点検等で目視により塗膜またはメッキ面の状態を確認し、はく離等が認められた場合は必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

3.1.2 ダンパシャフトの固着〔共通〕（空気作動ダンパのシャフト材料がステンレス鋼のものを除く）

ダンパシャフトは炭素鋼であり、潤滑油が不足した場合、長期間の使用による腐食により固着することが想定される。

しかしながら、ダンパシャフトの表面は亜鉛メッキを施し腐食を防止しており、腐食による固着の可能性は小さい。

また、ダンパ作動確認時の目視確認により、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

3.1.3 ばねの変形（応力緩和） [空気作動ダンパ共通]

ばねは応力状態にて長期間保持されることにより、変形（応力緩和）が想定される。

しかしながら、ばねに発生する応力は弾性範囲であり、日本ばね工業会にて実施したばね材料と使用環境温度の実態調査結果と比べて、当該ばねは同等か余裕のある環境で使用している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、ダンパ作動確認により、機器の健全性を確認している。

3.1.4 接続ボルトの腐食（全面腐食） [共通]

接続ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部は塗装により腐食を防止しており、塗膜が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、巡視点検等で目視により塗膜の状態を確認し、はく離等が認められた場合は必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。