

東海第二発電所 審査資料	
資料番号	TKK 補-Ⅲ-5 改 3
提出年月日	平成 30 年 2 月 15 日

東海第二発電所 劣化状況評価
(電気・計装品の絶縁特性低下)

補足説明資料

平成 30 年 2 月 15 日

日本原子力発電株式会社

本資料のうち、枠囲みの範囲は、商業機密
あるいは防護上の観点から公開できません。

目次

1. はじめに	1
2. 代表機器の選定	1
3. 代表機器の技術評価	4
(1) 低圧ケーブル（難燃性エチレンプロピレンゴム絶縁特殊クロロレンゴム シース）の評価	4
1)-1 電気学会推奨案による健全性評価（設計基準事故時）	4
1)-2 ACA ガイドによる健全性評価（設計基準事故時）	7
1)-3 電気学会推奨案による健全性評価（重大事故等時）	10
2) 現状保全	13
3) 総合評価	13
4) 高経年化への対応	14
(2) 電気ペネトレーションの評価	15
1) 核計装用電気ペネトレーションの健全性評価	14
2) 現状保全	18
3) 総合評価	18
4) 高経年化への対応	18
4. 代表機器以外の技術評価	19
5. まとめ	27
(1) 審査基準適合性	27
(2) 保守管理に関する方針として策定する事項	27
別紙 1. 高圧ポンプモータの評価について	52
別紙 2. 低圧ポンプモータの評価について	
別紙 3. 高圧ケーブルの評価について	68
別紙 4. 低圧ケーブルの評価について	76
別紙 5. 同軸ケーブルの評価について	91
別紙 6. ケーブル接続部（端子台，電動弁コネクタ，同軸コネクタ，スプライス接続）の 評価について	
別紙 7. 電気ペネトレーションの評価について	
別紙 8. 電動弁用駆動部の評価について	
別紙 9. 電源設備の評価について	
別紙 10. 計測制御設備（計測装置，補助継電器盤，操作制御盤）の評価について	
別紙 11. タービン設備，空調設備，機械設備の評価について	
別紙 12. 電気・計装設備の評価（共通項目）について	119

1. はじめに

本資料は、電気・計装品の絶縁特性低下の劣化状況評価の補足として、低圧ケーブル（難燃 PN ケーブル）及び電気ペネトレーションの評価例を代表機器として、代表機器以外の評価結果については、一覧表として示すと共に、評価内容の補足資料をとりまとめたものである。なお、機種毎の劣化状況評価については劣化状況評価書に取りまとめている。

電気・計装品には、その諸機能を達成するために、種々の部位にゴム、プラスチック等の高分子材料及びプロセス油等の有機化合物材料が使用されている。

これら材料は、環境的（熱・放射線等）、電氣的及び機械的な要因で劣化するため、絶縁特性が低下し、電気・計装設備の機能が維持できなくなる可能性がある。

絶縁特性低下は、通電部位と大地間、あるいは通電部位と他の通電部位間の電氣的独立性（絶縁性）を確保するため介在されている高分子絶縁材料が、環境的（熱・放射線等）、電氣的及び機械的な要因で劣化するため、電気抵抗が低下し、絶縁性を確保できなくなる現象である。

2. 代表機器の選定

電気・計装品の絶縁特性低下が想定される機器は多数存在するため、劣化状況評価の補足説明では、評価対象となる機器の中から代表機器を選定して評価を行う。

補足説明の代表機器選定にあたり、電気・計装設備の機能維持に必要な絶縁性能を考慮すべき設備を評価対象として抽出する。抽出した機器を「表 2.1 評価対象設備（電気・計装設備）」に示す。

絶縁特性低下の評価において、設備の重要度及び絶縁特性低下への影響が大きいと考えられる設置環境（熱・放射線、事故時環境）を考慮し、抽出した評価対象の中から、格納容器内に設置されている「低圧ケーブル（難燃性エチレンプロピレンゴム絶縁特殊クロロプレンゴムシースケーブル）」及び「電気ペネトレーション」を代表に具体的な評価内容を説明する。

なお、「低圧ケーブル（難燃 PN ケーブル）」及び「電気ペネトレーション」以外の評価結果は「4. 代表機器以外の技術評価」に示す。

表 2.1 東海第二発電所 評価対象設備（電気・計装設備）

機器・構造物	評価対象機器	評価対象部位	過酷な事故時環境においても 機能要求のある設備	
			設計基準事故*1	重大事故等*2
ポンプモータ	高圧モータ	固定子コイル, 口出線・接続部品	○	○
	低圧モータ	固定子コイル, 口出線・接続部品		
容器	電気ペネトレーション	シール部, 電線	○	○
弁	電動弁用駆動部	固定子コイル他	○	○
ケーブル	高圧ケーブル	絶縁体	○	○
	低圧ケーブル	絶縁体	○	○
	同軸ケーブル	絶縁体	○	○
	ケーブル接続部	絶縁物	○	○
電源設備	高圧閉鎖配電盤	主回路導体支持碍子他		
	動力用変圧器	変圧器コイル他		
	低圧閉鎖配電盤	気中遮断機絶縁支持板他		
	コントロールセンタ	変圧器コイル他		
	ディーゼル発電設備	固定子コイル他		
	MG セット	固定子コイル他		
	無停電電源装置	変圧器コイル		
	直流電源設備	変圧器コイル		
	計測用分電盤	主回路導体支持板		
計測用変圧器	変圧器コイル			
計測制御設備	計測装置	固定子コイル, 口出線・接続部品	○	○
タービン設備	制御装置及び保安装置	固定子コイル, 口出線・接続部品		
	非常用系タービン設備	固定子コイル, 口出線・接続部品		

機器・構造物	評価対象設備	評価対象部位	過酷な事故時環境においても 機能要求のある設備	
			設計基準事故*1	重大事故等*2
空調設備	ファン	固定子コイル, 口出線・接続部品		
	空調機	固定子コイル, 口出線・接続部品		
	冷凍機	固定子コイル, 口出線・接続部品		
機械設備	ディーゼル機関付属設備	固定子コイル, 口出線・接続部品		
	可燃性ガス濃度制御系 再結合装置	固定子コイル, 口出線・接続部品		
	燃料取替機	ブレーキ電磁コイル		
		固定子コイル, 口出線・接続部品		
	燃料取扱クレーン	固定子コイル, 口出線・接続部品他		
	制御用圧縮空気系設備	固定子コイル, 口出線・接続部品		
	廃棄物処理設備	加熱ヒータ		

*1：JEAG4623-2008「原子力発電所の安全系電気・計装品の耐環境性能の検証に関する指針」に基づき、適用範囲(対象設備)を検討

3. 代表機器の技術評価

(1) 低圧ケーブル（難燃性エチレンプロピレンゴム絶縁特殊クロロprenゴムシース）の 評価

1)-1 電気学会推奨案による健全性評価（設計基準事故時）

a. 評価手順

東海第二において使用されている，設計基準事故時雰囲気で機能要求がある難燃性エチレンプロピレンゴム絶縁特殊クロロprenゴムシースケーブルには，4種類のケーブルがある。

- ①「難燃性エチレンプロピレンゴム絶縁特殊クロロprenゴムシース電力ケーブル」（以下「難燃 PN ケーブル」という。）
- ②「難燃性エチレンプロピレンゴム絶縁特殊クロロprenゴムシース制御ケーブル」（以下「難燃 CPN ケーブル」という。）
- ③「静電遮蔽付難燃性エチレンプロピレンゴム絶縁特殊クロロprenゴムシース計測ケーブル」（以下「難燃 CPN-SLA ケーブル」という。）
- ④「静電遮蔽付難燃性エチレンプロピレンゴム絶縁特殊クロロprenゴムシース TX 補償導線」（以下「難燃 PN-PSLATX-GR ケーブル」という。）

設計基準事故時雰囲気における健全性の評価は電気学会推奨案^{*1}に基づく長期健全性試験により評価する。

供試ケーブルは，東海第二で使用しているケーブルと同等の4種類の難燃 PN ケーブルの中から代表して難燃 CPN ケーブルを用いた。【添付-1)参照】

難燃 PN ケーブルの長期健全性試験手順を図 1.1 に示す。

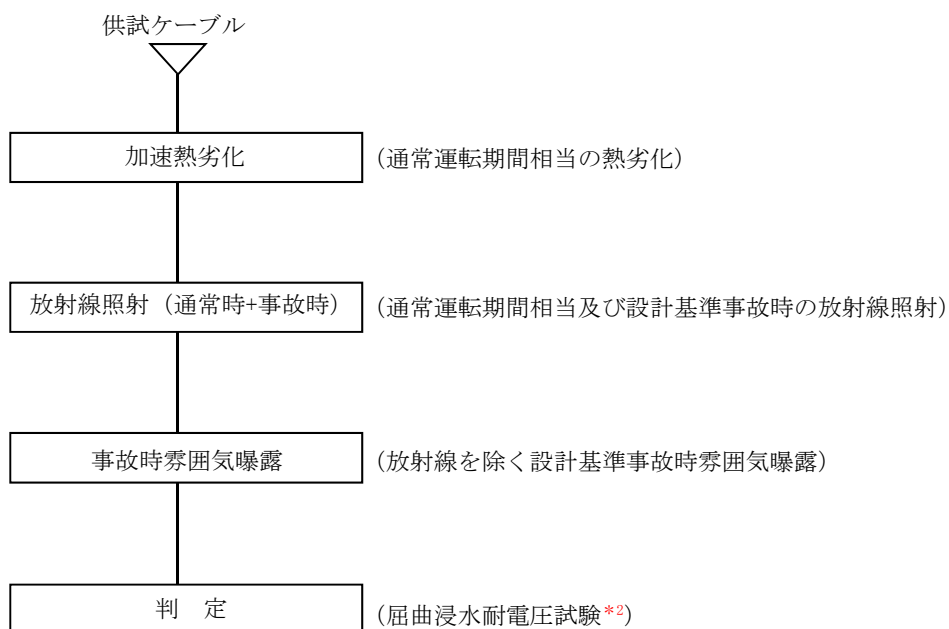


図 1.1 難燃 PN ケーブルの長期健全性試験手順

*1：電気学会技術報告Ⅱ部第139号「原子力発電所用電線・ケーブルの環境試験方法並びに耐延焼性試験方法に関する推奨案」の略称。IEEE Std. 323-1974 及び IEEE Std. 383-1974 の規格を根幹にした、ケーブルの加速劣化方法を含む試験条件、試験手順並びに判定方法が述べられている。

*2：屈曲浸水耐電圧試験の試験手順は以下のとおり

- ① 直線状に試料を伸ばした後、試料外径の約40倍のマンドレルに巻きつける。
- ② ①の両端部以外を常温の水中に浸し1時間以上放置する。
- ③ ②の状態、公称絶縁体厚さに対し交流電圧3.2 kV/mmを5分間印加する。

b. 試験条件

試験条件は、実機環境条件に基づいて難燃PNケーブルの60年間の通常運転期間及び設計基準事故時を想定した条件を包絡している。

難燃PNケーブルの長期健全性試験条件を表1.1に示す。

表 1.1 難燃PNケーブルの長期健全性試験条件（電気学会推奨案）

	試験条件	説明
加速熱劣化	121℃×532時間	原子炉格納容器内の周囲最高温度65.6℃* ¹ では、難燃PNケーブルは60年の通常運転期間を包絡する。【添付-2)参照】
放射線照射 (通常時+事故時)	放射線照射線量：1,010 kGy	東海第二で想定される線量約392 kGy (60年間の通常運転期間相当の線量約132 kGyに設計基準事故時の最大積算値 2.6×10^2 kGyを加えた線量)を包絡する。
事故時雰囲気曝露	最高温度：171℃ (171℃×3時間, 160℃×3時間, 150℃×4時間, 121℃×297時間) 最高圧力：0.427 MPa 曝露時間：13日間	東海第二における設計基準事故時の最高温度171℃* ² , 最高圧力0.31 MPa* ² を包絡する。【添付-3)参照】

*1：原子炉格納容器内の4階エリアを除いた、その他エリアの環境温度実測値平均温度(65.4℃)であったため、周囲最高温度は保守的に設計最高温度(65.6℃)を設定【添付-4)参照】

*2：設計基準事故時における原子炉格納容器内の環境条件設計値

c. 評価結果

電気学会推奨案による 60 年間の運転期間及び設計基準事故時を想定した長期健全性試験の結果、難燃 PN ケーブルは 60 年時点において絶縁機能を維持できることを確認した。

なお、原子炉格納容器 4 階エリアに敷設されている一部の難燃 CPN ケーブルについては、「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の実施について（平成 19 年 10 月 30 日付け，平成 19・07・30 原院第 5 号）」に基づいて実施した布設環境等の調査の結果，設計温度を上回る値が確認されたため，難燃 PN ケーブルの長期健全性試験結果をもとに環境調査結果で得られた温度を用いて評価した結果，14 年から 60 年間絶縁機能を維持できることを確認した。

難燃 PN ケーブルの長期健全性試験結果及び長期健全性評価結果を表 1.2 及び表 1.3 に示す。

表 1.2 難燃 PN ケーブルの長期健全性試験結果（電気学会推奨案）

項目	試験手順	判定基準	結果
屈曲浸水耐電圧試験	① 直線状に試料を伸ばした後，試料外径（10.5 mm）の約 40 倍のマンドレルに巻きつける。 ② ①の両端部以外を常温の水中に浸し 1 時間以上放置する。 ③ ②の状態，公称絶縁体厚さに対し交流電圧 3.2 kV/mm を 5 分間印加する。	絶縁破壊しないこと	良

表 1.3 原子炉格納容器に敷設の難燃 PN ケーブルの長期健全性評価結果

敷設エリア	対象ケーブル	周囲最高温度	評価結果
格納容器全域	難燃 PN ケーブル 難燃 CPN ケーブル 難燃 CPN-SLA ケーブル 難燃 PN-PSLATX-GR ケーブル	65.6℃	60 年
格納容器 4 階一部エリア	難燃 CPN ケーブル	65.8℃から 76.5℃	14 年から 60 年

1)-2 ACA ガイドによる健全性評価（設計基準事故時）

a. 評価手順

設計基準事故時雰囲気中で機能要求がある難燃 PN ケーブルの健全性の評価は、「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 レポート (JNES-SS-0903)」(以下「ACA 研究報告書」という。)の試験結果をもとに、時間依存データの重ね合わせ手法を用いて東海第二の原子炉格納容器内の環境条件に展開して評価する。

供試ケーブルは、東海第二で使用しているケーブルと同等の 4 種類の難燃 PN ケーブルの中から代表して難燃 CPN ケーブルを用いた。

「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。)に基づく試験手順を図 1.2 に示す。

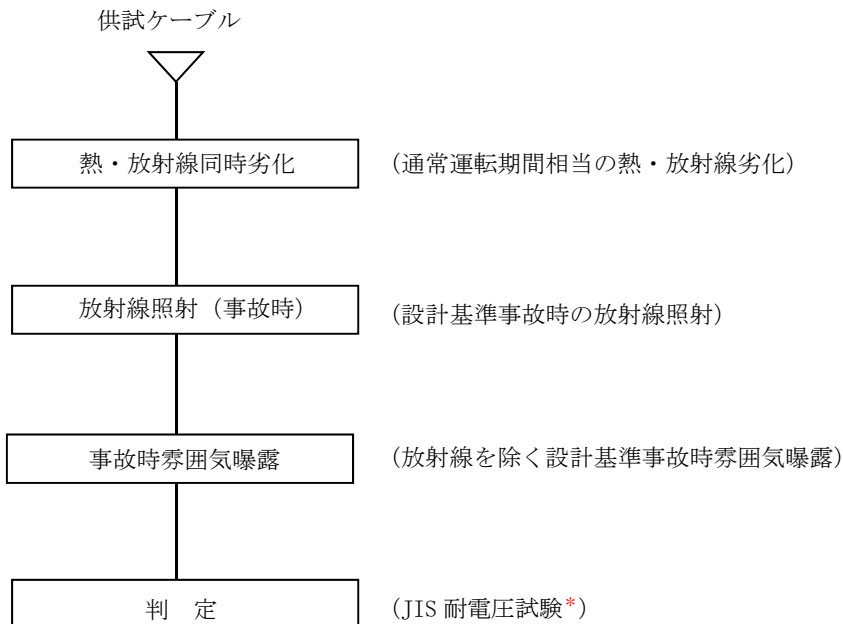


図 1.2 難燃 PN ケーブルの ACA ガイドに基づく試験手順

*: JIS 耐電圧試験 (日本工業規格 (JIS C 3005-2000) 「ゴム・プラスチック絶縁電線試験方法」) の試験手順は以下のとおり

- ① あらかじめ設置された清水中に電線を 1 時間以上浸した状態で、単心の場合は導体と清水の間に、多心の場合は導体相互間及び導体と清水の間に周波数 50Hz または 60Hz の正弦波に近い波形をもった規定の交流電圧を加え、規定時間これに耐えるかどうかを調べる。

b. 試験条件

試験条件は、実機環境条件に基づいて難燃 PN ケーブルの 60 年間の通常運転期間及び設計基準事故時を想定した条件を包絡している。

難燃 PN ケーブルの長期健全性試験条件を表 1.4 に示す。

表 1.4 難燃 PN ケーブル長期健全性試験条件 (ACA ガイド)

	試験条件	説明
熱・放射線同時劣化	100 °C-94.7 Gy/h-6,990 時間	「ACA 研究報告書」の試験結果をもとに時間依存データの重ね合わせ手法を用いて、原子炉格納容器内の周囲最高温度 65.6°C*1 で評価した結果、28 年間の通常運転期間相当の試験条件となる。
放射線照射 (事故時)	放射線照射線量 : 500 kGy	東海第二で想定される設計基準事故時の最大積算値 2.6×10^2 kGy を包絡する。
事故時雰囲気曝露	最高温度 : 171 °C (171 °C×9 時間, 121 °C×312 時間) 最高圧力 : 0.427 MPa 曝露時間 : 13 日間	東海第二における設計基準事故時の最高温度 171 °C*2, 最高圧力 0.31 MPa*2 を包絡する。

*1 : 原子炉格納容器内の 4 階エリアを除いた、その他エリアの環境温度実測値平均温度 (65.4°C) であったため、周囲最高温度は保守的に設計最高温度 (65.6°C) を設定

*2 : 設計基準事故時における原子炉格納容器内の環境条件設計値

c. 評価結果

ACA 研究報告書の試験結果をもとに、時間依存データの重ね合わせ手法を用いて東海第二の原子炉格納容器内の環境条件に展開し評価した結果、28 年時点において絶縁機能を維持できることを確認した。

なお、原子炉格納容器 4 階エリアに敷設されている一部の難燃 CPN ケーブルについては、「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の実施について (平成 19 年 10 月 30 日付け, 平成 19・07・30 原院第 5 号)」に基づいて実施した敷設環境等の調査の結果、設計温度を上回る値が確認されたため、難燃 PN ケーブルの長期健全性試験結果をもとに環境調査結果で得られた温度を用いて評価した結果、17 年から 28 年間絶縁機能を維持できることを確認した。

難燃 PN ケーブルの長期健全性試験結果及び長期健全性評価結果を表 1.5 及び表 1.6 に示す。

表 1.5 難燃 PN ケーブルの長期健全性試験結果 (ACA ガイド)

項目	試験手順	判定基準	結果
JIS 耐電圧試験	AC 1,500 V* -1 分間	絶縁破壊しないこと。	良

* : JIS C 3621 「600 V EPゴム絶縁ケーブル」

表 1.6 原子炉格納容器に敷設の難燃 PN ケーブルの長期健全性評価結果

敷設エリア	対象ケーブル	周囲最高温度	評価結果
格納容器全域	難燃 PN ケーブル 難燃 CPN ケーブル 難燃 CPN-SLA ケーブル 難燃 PN-PSLATX-GR ケーブル	65.6°C	28 年
格納容器 4 階 一部エリア	難燃 CPN ケーブル	65.8°Cから 76.5°C	17 年から 28 年

1)-3 電気学会推奨案による健全性評価（重大事故等時）

a. 評価手順

重大事故等時雰囲気では機能要求がある難燃 PN ケーブルの健全性の評価は、電気学会推奨案*1に基づく長期健全性試験により評価する。

供試ケーブルは、東海第二で使用しているケーブルと同等の難燃 CPN ケーブルにジャケットを被せたものとジャケットを被せない難燃 CPN-SLA ケーブル及び難燃 PN-PSLATX-GR ケーブルを用いる。【添付-5】参照】

難燃 PN ケーブルは、難燃 CPN ケーブルと同構造のため難燃 CPN ケーブルに含めて評価する。

耐電圧試験については、難燃 PN-PSLATX-GR ケーブルは、電気学会推奨案の屈曲浸水耐電圧試験、難燃 CPN ケーブル及び難燃 CPN-SLA ケーブルは、JIS 耐電圧試験にて実施した。【添付-6】参照】

難燃 PN ケーブルの長期健全性試験手順を図 1.3 に示す。

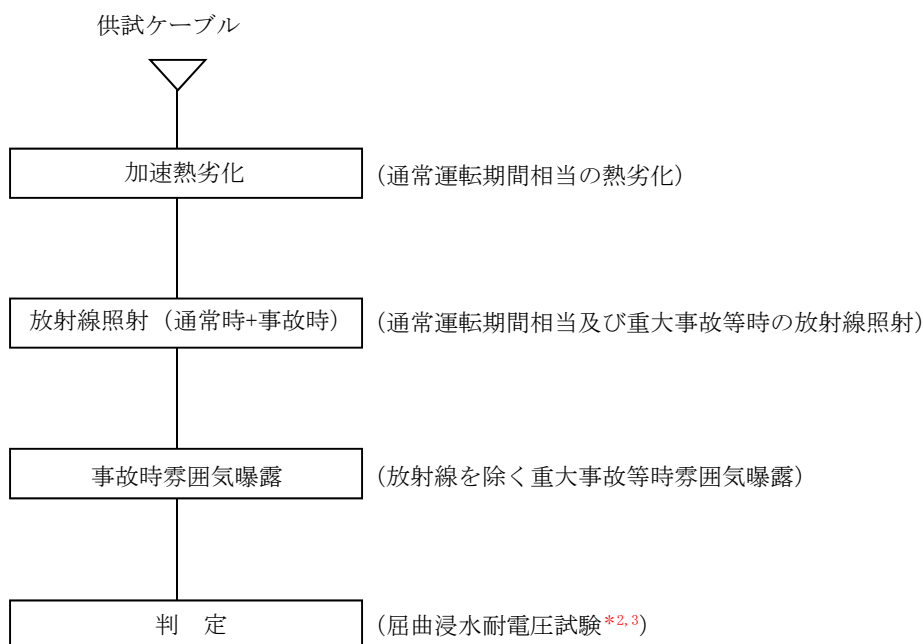


図 1.3 難燃 PN ケーブルの長期健全性試験手順

*1：電気学会技術報告Ⅱ部第 139 号「原子力発電所用電線・ケーブルの環境試験方法並びに耐延焼性試験方法に関する推奨案」の略称。IEEE Std. 323-1974 及び IEEE Std. 383-1974 の規格を根幹にした、ケーブルの加速劣化方法を含む試験条件、試験手順並びに判定方法が述べられている。

*2：屈曲浸水耐電圧試験の試験手順は以下のとおり

- ① 直線状に試料を伸ばした後、試料外径の約 40 倍のマンドレルに巻きつける。
- ② ①の両端部以外を常温の水中に浸し 1 時間以上放置する。
- ③ ②の状態、公称絶縁体厚さに対し交流電圧 3.2 kV/mm を 5 分間印加する。

*3：JIS 耐電圧試験（日本工業規格(JIS C 3005-2000)「ゴム・プラスチック絶縁電線試験方法」）の試験手順は以下のとおり

- ① あらかじめ設置された清水中に電線を 1 時間以上浸した状態で、単心の場合は導体と清水の間に、多心の場合は導体相互間及び導体と清水の間に周波数 50Hz または 60Hz の正弦波に近い波形をもった規定の交流電圧を加え、規定時間これに耐えるかどうかを調べる。

b. 試験条件

試験条件は、実機環境に基づいて、難燃 CPN ケーブルは 15 年、難燃 CPN-SLA ケーブル及び難燃 PN-PSLATX-GR ケーブルは 30 年の通常運転期間及び重大事故等を想定した条件を包絡している。

難燃 PN ケーブルの長期健全性試験条件を表 1.7 に示す。

表 1.7 難燃 PN ケーブルの長期健全性試験条件（電気学会推奨案）

	試験条件	説明
加速熱劣化	<p>【難燃 CPN ケーブル】 121℃×126 時間</p> <p>【難燃 CPN-SLA ケーブル】 【難燃 PN-PSLATX-GR ケーブル】 121℃×251 時間</p>	原子炉格納容器内の周囲最高温度 65.6 ℃*1 では、制御用難燃 PN ケーブルは 15 年、制御用以外の難燃 PN ケーブルは 30 年の通常運転期間を包絡する。【添付-7 参照】
放射線照射 (通常時+事故時)	放射線照射線量：1,175 kGy	東海第二で想定される線量 約 326 kGy (30 年間の通常運転期間相当の線量 約 66 kGy に設計基準事故時の最大積算値 2.6×10 ² kGy を加えた線量) を包絡する。 また、東海第二で想定される線量 約 706 kGy (30 年間の通常運転期間相当の線量 約 66 kGy に重大事故等時の最大積算値 640 kGy を加えた線量) を包絡する。
事故時雰囲気曝露	<p>最高温度：235 ℃ (200 ℃×168 時間、その内 5 分間は 235 ℃)</p> <p>最高圧力：0.62 MPa</p> <p>曝露時間：7 日間</p>	東海第二における重大事故等時の最高温度 235 ℃*2、最高圧力 0.62 MPa*2 を包絡する。【添付-8 参照】

*1：原子炉格納容器内の4階エリアを除いた、その他エリアの環境温度実測値平均温度(65.4℃)であったため、周囲最高温度は保守的に設計最高温度(65.6℃)を設定

*2：重大事故等時における原子炉格納容器内の環境条件解析値

c. 評価結果

電気学会推奨案による 15 年及び 30 年間の運転期間及び重大事故等を想定した長期健全性試験の結果、難燃 CPN ケーブルは 15 年、難燃 CPN-SLA ケーブル及び難燃 PN-PSLATX-GR ケーブルは 30 年時点において絶縁機能を維持できることを確認した。

なお、原子炉格納容器 4 階エリアに敷設されている一部の難燃 CPN ケーブルについては、「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の実施について（平成 19 年 10 月 30 日付け、平成 19・07・30 原院第 5 号）」に基づいて実施した敷設環境等の調査の結果、設計温度を上回る値が確認されたため、難燃 PN ケーブルの長期健全性試験結果をもとに環境調査結果で得られた温度を用いて評価した結果、3 年から 14 年間絶縁機能を維持できることを確認した。

難燃 PN ケーブルの長期健全性試験結果及び長期健全性評価結果を表 1.8 及び表 1.9 に示す。

表 1.8 難燃 PN ケーブルの長期健全性試験結果（電気学会推奨案）

対象ケーブル	項目	試験手順	判定基準	結果
難燃 PN-PSLATX-GR ケーブル	屈曲浸水耐電圧試験	① 直線状に試料を伸ばした後、試料外径（CPN:10.5 mm, CPN-SLA:13.5mm）の約 40 倍のマンドレルに巻きつける。 ② ①の両端部以外を常温の水中に浸し 1 時間以上放置する。 ③ ②の状態、公称絶縁体厚さに対し交流電圧 3.2 kV/mm を 5 分間印加する。	絶縁破壊しないこと	良
難燃 CPN ケーブル 難燃 CPN-SLA ケーブル	JIS 耐電圧試験	① ケーブル両端部以外を常温の水中に浸し 1 時間以上放置した後、AC 2,000 V*/1 分間印加する。	絶縁破壊しないこと	良

*：JIS C 3401 「制御用ケーブル」の耐電圧値にて実施（メーカー基準）

表 1.9 原子炉格納容器に敷設の難燃 PN ケーブルの長期健全性評価結果

敷設エリア	対象ケーブル	周囲最高温度	評価結果
格納容器全域	難燃 PN ケーブル 難燃 CPN ケーブル	65.6℃	15 年
	難燃 CPN-SLA ケーブル 難燃 PN-PSLATX-GR ケーブル		30 年
格納容器 4 階一部エリア	難燃 CPN ケーブル	65.8℃から 76.5℃	3 年から 14 年

2) 現状保全

難燃 PN ケーブルの絶縁特性低下に対しては、系統機器の点検時に絶縁抵抗測定を実施している。

また、系統機器の点検時に実施する動作試験においてもケーブルの絶縁機能の健全性を確認している。

さらに、点検で有意な絶縁特性低下が認められた場合には、ケーブルの取替を行うこととしている。

3) 総合評価

電気学会推奨案による健全性評価（設計基準事故時）、ACA ガイドによる健全性評価（設計基準事故時）及び電気学会推奨案による健全性評価（重大事故等時）結果から、格納容器全域に敷設されている設計基準事故時雰囲気機能要求のある難燃 PN ケーブル、難燃 CPN ケーブル、難燃 CPN-SLA ケーブル及び難燃 PN-PSLATX-GR ケーブルは、ACA ガイドに基づいて得られた評価期間の 28 年、重大事故等時雰囲気において機能要求のある難燃 PN ケーブル及び難燃 CPN ケーブルは、ケーブルにジャケットを被せた状態で電気学会推奨案に基づいて得られた評価期間の 15 年、健全性は維持できると評価する。

格納容器 4 階一部エリアに敷設されている難燃 CPN ケーブルは、原子炉格納容器内のケーブル布設環境調査により、設計温度を上回る値が確認されたため、難燃 PN ケーブルの長期健全性試験結果をもとに環境調査結果で得られた温度を用いて評価した結果、3 年から 14 年間、健全性は維持できると評価する。

また、東北地方太平洋沖地震発生にともなう発電所停止操作の過程で、原子炉格納容器内の一部に通常運転時に確認されている温度を上回る箇所が確認されたため、温度上昇に対する影響について評価した結果、温度上昇した期間は短く、ケーブルの評価期間に与える影響が小さいことを確認した。【添付-9) 参照】

健全性評価結果から判断して、評価期間内に絶縁体の有意な絶縁特性低下が発生する可能性は小さい。

絶縁特性低下は点検時の絶縁抵抗測定及び系統機器の動作試験で把握可能と考えられる。

今後も、点検時の絶縁抵抗測定及び系統機器の動作試験を実施することにより、異常の有無は把握可能であり、点検手法としては適切であると考ええる。

4) 高経年化への対応

絶縁体の絶縁特性低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に対しては追加すべき項目はないと考える。今後も、点検時の絶縁抵抗測定及び系統機器の動作試験を実施することにより、絶縁特性低下を監視していくとともに、評価期間を迎える前に取替を行うこととする。

取替にあたり、重大事故等時雰囲気機能要求のある難燃 PN ケーブル及び難燃 CPN ケーブルについては、ジャケットを被せたケーブルにて施工する。

(2) 電気ペネトレーションの評価

1) 核計装用電気ペネトレーションの健全性評価

a. 評価手順

設計基準事故時に機能要求のある、核計装用、制御用、計測用、制御棒位置指示用及び低圧動力用モジュール型電気ペネトレーションの設置されている環境及び電気ペネトレーションの構造は同じであることから、接続機器の原子炉保護上の重要度が高い核計装用モジュール型電気ペネトレーションを代表に IEEE Std. 317-1976, IEEE Std. 323-1974 及び IEEE Std. 383-1974 の規格をもとに東海第二に設置されている国産モジュール型電気ペネトレーションと同等の供試体を用いた長期健全性試験により評価する。試験手順を図 2.2 に示す。

重大事故等時雰囲気における健全性の評価は、核計装用モジュール型電気ペネトレーションの健全性評価に対して一番厳しくなる重大事故等時条件をもとに評価部位であるシール部及び電線部の温度を解析により求め、設計基準事故時雰囲気による長期健全性試験条件に包絡することを確認する。【添付-10)参照】

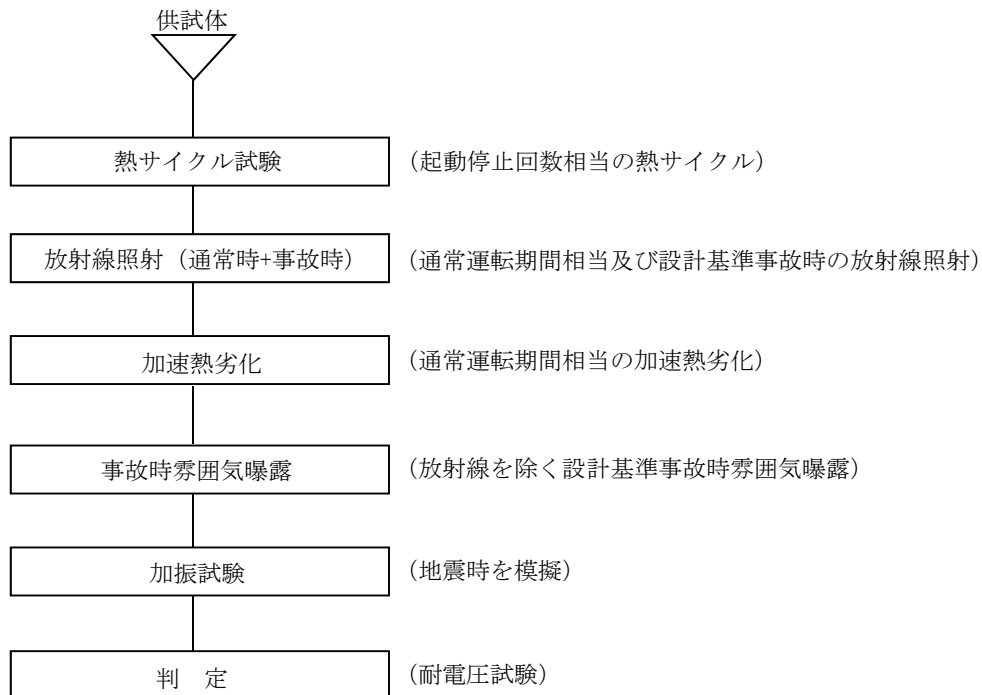


図 2.2 核計装用モジュール型電気ペネトレーションの長期健全性試験手順

b. 試験条件

試験条件は、核計装用モジュール型電気ペネトレーションの 60 年間の通常運転期間における使用条件、設計基準事故時条件及び重大事故等時条件については、重大事故等時の最高圧力、重大事故等時の最大加振値を除いて包絡している。

核計装用モジュール型電気ペネトレーションの長期健全性試験条件を表 2.1 に示す。

表2.1 核計装用モジュール型電気ペネトレーションの長期健全性試験条件

	試験条件	説明
熱サイクル試験	10 °C⇔66 °C/120 サイクル	東海第二の 60 年間の起動停止回数を包絡する。【添付-11) 参照】
放射線照射 (通常時+事故時)	放射線照射線量 800 kGy	東海第二で想定される線量 約 281 kGy (60 年間の通常運転期間相当の線量 約 21 kGy に設計基準事故時の最大積算値 2.6×10^2 kGy を加えた線量) を包絡する。また、東海第二で想定される線量 約 661 kGy (60 年間の通常運転期間相当の線量 約 21 kGy に重大事故等の最大積算値 640 kGy を加えた線量) を包絡する。
加速熱劣化	121 °C×7 日間	東海第二通常運転時の温度 40 °C ^{*1} に対して 60 年間の通常運転期間を包絡する。【添付-12) 参照】
事故時雰囲気曝露	最高温度 : 171 °C 最高圧力 : 0.43 MPa 曝露時間 : 13 日間	東海第二における設計基準事故時の最高温度 171 °C ^{*2} 、最高圧力 0.31 MPa ^{*2} 及び重大事故等時の最高温度 約 135 °C ^{*3} を包絡する。【添付-13) 参照】 なお、重大事故時の最高圧力 0.62 MPa は、同等のモジュール型電気ペネトレーションを用いた特性確認試験にて最高圧力を上回る圧力にて健全性を確認している。
加振試験	最大加振値 : 1,332 Gal	東海第二で想定される電気ペネトレーションの最大応答加速度 9.50×10^3 Gal に対しては、同等のモジュール型電気ペネトレーションを用いた加振試験にて、最大応答加速度を上回る加速度 19.6×10^3 Gal にて健全性を確認している。

*1: 通常運転時におけるシール部、電線部の温度解析値

*2: 設計基準事故時における原子炉格納容器内の環境条件設計値

*3: 重大事故等時における電線部の温度解析値 (重大事故等時条件 1 及び 2 の温度条件時の評価部位における最高温度)

c. 評価結果

長期健全性試験の結果、60年間の通常運転期間、設計基準事故時において核計装用モジュール型電気ペネトレーションの健全性は維持できることを確認した。

重大事故等時における健全性は、重大事故等時条件をもとに評価部位であるシール部及び電線部の温度を解析により求め、設計基準事故時雰囲気曝露試験の条件に包絡していることを確認した。

なお、東海第二で想定される重大事故等時における最高圧力については、事故時雰囲気曝露試験条件に包絡されていないが、東海第二で使用しているモジュール型電気ペネトレーションと同じものを用いた健全性試験において、重大事故等時条件を上回る圧力（0.81 MPa）にて気密に対する健全性が確認されていることから重大事故等時においても絶縁性能は維持できると評価する。【添付-14）参照】

また、東海第二で想定される最大応答加速度 9.50×10^3 Gal については、加振試験条件に包絡されていないが、東海第二で使用しているモジュール型電気ペネトレーションと同じものを用いた加振試験において、東海第二の最大応答加速度を上回る加速度 19.6×10^3 Gal にて健全性が確認されていることから、重大事故等時においても絶縁性能は維持できると評価する。【添付-15）参照】

核計装用モジュール型電気ペネトレーションの長期健全性試験結果を表 2.2 に示す。

表 2.2 核計装用モジュール型電気ペネトレーションの
長期健全性試験の耐電圧試験結果

試験内容	判定基準*1	結果
耐電圧 AC 720 V を 4 秒間印加	絶縁破壊しないこと	良

*1:判定基準は IEEE Std. 317-1976 に基づく

核計装用モジュール型電気ペネトレーションは、60年間の通常運転期間、設計基準事故時及び重大事故等時雰囲気において絶縁性能は維持できると評価する。

2) 現状保全

核計装用モジュール型電気ペネトレーションのシール部及び電線の絶縁特性低下に対しては、点検時に絶縁測定及び機器の動作試験を実施し、有意な絶縁特性の低下がないことを確認している。

さらに、定期検査時の原子炉格納容器漏えい率検査により、気密性が確保されていることを確認しており、有意な湿気の浸入がないことを確認している。

また、核計装用モジュール型電気ペネトレーションのシール部及び電線に有意な絶縁特性低下が認められた場合は、補修等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、**評価期間内に核計装用モジュール型電気ペネトレーションのシール部及び電線の絶縁特性低下が発生する**可能性は低く、さらに、絶縁特性低下は機器点検時に実施する絶縁抵抗測定、機器の動作試験及び原子炉格納容器漏えい率検査により把握は可能と考える。今後も点検時に絶縁抵抗測定を行うことで、異常の有無を把握可能であり、現状の保全は点検手法として適切であると考えられる。

4) 高経年化への対応

核計装用モジュール型電気ペネトレーションのシール部及び電線の絶縁特性低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全に追加すべき項目はない。今後も点検時に絶縁抵抗測定、機器の動作試験及び原子炉格納容器漏えい率検査を実施することにより、絶縁特性低下を監視していくとともに、必要に応じて補修等を行うこととする。

なお、制御棒位置指示用 (X-104C)、制御用 (X-102A, X-106B)、計測用 (X-105C) 及び低圧動力用 (X-105D) モジュール型電気ペネトレーションは、第 24 回、第 25 回定期検査において**長期健全性試験の供試体と同等のモジュール型電気ペネトレーション**に交換を実施している。それ以外の制御用 (X-102B, X-107A)、計測用 (X-103, X-230)、制御棒位置指示用 (X-104A, B, D)、低圧動力用 (X-105A, X-105B) 及び核計装用 (X-100A, B, C, D) モジュール型電気ペネトレーションは、**今停止期間中に同等のモジュール型電気ペネトレーションに更新を行う計画**としている。【添付-16) 参照】

4. 代表機器以外の技術評価

評価対象設備	グループ内 代表機器	部位	グループ内 代表機器の健全性評価	現状保全	総合評価	高経年化への対応
高圧ポンプモータ	<ul style="list-style-type: none"> 高圧炉心スプレー系ポンプモータ 低圧炉心スプレー系ポンプモータ 残留熱除去系海水系ポンプモータ 残留熱除去系ポンプモータ 緊急用海水ポンプモータ 	固定子コイル 口出線・接続部品	実機相当品による長期健全性試験により評価した結果、固定子コイル及び口出線・接続部品絶縁物は60年間の通常運転期間、設計基準事故時及び重大事故等時雰囲気において絶縁性能を維持できると評価。	点検時に絶縁抵抗測定及び絶縁診断試験（直流吸収試験、交流電流試験、誘電正接試験及び部分放電試験）を実施し、有意な絶縁特性の変化が認められた場合は、洗浄、乾燥及び絶縁補修又は固定子コイル及び口出線・接続部品の取替を実施。	固定子コイル及び口出線・接続部品の有意な絶縁特性低下の可能性は小さく、また、現状保全にて絶縁特性低下は把握可能。 絶縁抵抗測定、絶縁診断試験、目視確認及び清掃を実施することで、異常の有無を把握可能であり、現状の保全は点検手法として適切であると判断。	固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に追加すべき項目はない。 今後も点検時に絶縁抵抗測定、絶縁診断試験、目視確認及び清掃を実施していくとともに、必要に応じて洗浄、乾燥及び絶縁補修（絶縁物にワニスを注入）又は固定子コイル及び口出線・接続部品の取替を実施する。
低圧ポンプモータ	<ul style="list-style-type: none"> ほう酸水注入系ポンプモータ 非常用ディーゼル発電機冷却系海水ポンプモータ 原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器保持ポンプモータ 	固定子コイル 口出線・接続部品	固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下要因としては、機械的、熱的、電氣的及び環境的要因により経年的に劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性があるが、これまでの点検実績から最も絶縁特性低下に影響及ぼす要因は熱的劣化であり、長期間の使用を考慮すると固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下の可能性は否定できない。	固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下に対しては、点検時に目視確認、清掃及び絶縁抵抗測定を実施し、熱的劣化による有意な絶縁特性低下のないことを確認。 また、これらの点検で有意な絶縁特性低下による異常が確認された場合は、洗浄・乾燥及び絶縁補修（絶縁物にワニスを注入）又は、固定子コイル及び口出線・接続部品又はモータの取替を実施。	固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下の可能性は小さく、また、現状保全にて絶縁特性の低下は把握可能。 目視確認、清掃及び絶縁抵抗測定を実施することで、異常の有無の確認は可能であり、現状の保全は点検手法として適切であると判断。	固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に追加すべき項目はない。 今後も点検時に目視確認、清掃及び絶縁抵抗測定を実施していくとともに、必要に応じて洗浄、乾燥及び絶縁補修（絶縁物にワニスを注入）又はコイル及び口出線・接続部品の取替を実施する。
電動弁用駆動部	<ul style="list-style-type: none"> 残留熱除去系シャットダウンライン隔離弁（内側）駆動部 残留熱除去系注入弁駆動部 残留熱除去系シャットダウンライン隔離弁（外側）駆動部 	固定子コイル 口出線・接続部品 電磁ブレーキコイル	<p>新品の電動弁モータによる長期健全性試験により評価した結果、固定子コイル、口出線・接続部品及び電磁ブレーキコイルの絶縁物は60年間の通常運転期間、設計基準事故時及び重大事故等時雰囲気において絶縁性能を維持できると評価。</p> <p>38年間使用した実機モータに22年の劣化付与を行い、60年を想定した長期健全性試験により評価した結果、この結果に基づき長期間の健全性を評価した結果、60年間の通常運転期間、設計基準事故時及び重大事故等時雰囲気において絶縁性能を維持できると評価。</p>	固定子コイル、口出線・接続部品及び電磁ブレーキコイルの絶縁特性低下に対しては、点検時に絶縁抵抗測定及び動作試験を実施し、有意な絶縁特性低下が認められた場合には、モータの補修又は取替を実施。	固定子コイル、口出線・接続部品及び電磁ブレーキコイルの有意な絶縁特性低下の可能性は小さく、また、現状保全にて絶縁特性低下は把握可能。 絶縁抵抗測定、動作試験を実施することで、異常の有無を把握可能であり、現状の保全は点検手法としては適切であると判断。	固定子コイル、口出線・接続部品及び電磁ブレーキコイルの絶縁特性低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に対して追加すべき項目はない。 今後も点検時に絶縁抵抗測定、動作試験を実施することにより絶縁特性低下を監視していくとともに、必要に応じて補修又は取替を実施する。
高圧ケーブル	<ul style="list-style-type: none"> 高圧難燃 CV ケーブル 	絶縁体	実機相当品による長期健全性試験により評価した結果、高圧ケーブルの絶縁体は60年間の通常運転期間、設計基準事故時及び重大事故等時雰囲気において絶縁性能を維持できると評価。	絶縁体の絶縁特性低下に対して、電動機用ケーブルについては点検時に絶縁抵抗測定及び絶縁診断試験、その他負荷用ケーブルについては絶縁抵抗測定を行い許容範囲に収まっていることの確認を行うとともに、系統機器の点検時に実施する動作試験においてケーブルの健全性を確認し、点検で有意な絶縁特性低下が認められた場合には、ケーブルの取替を実施。	絶縁体の有意な絶縁特性低下の可能性は低く、また、現状保全にて絶縁特性の低下は把握可能。 絶縁抵抗測定、絶縁診断試験及び系統機器の動作試験を実施することで、絶縁特性低下は把握可能であり、現状の保全は点検手法としては適切であると判断。	絶縁体の絶縁特性低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に対して追加すべき項目はない。 今後も点検時の絶縁抵抗測定、絶縁診断試験及び系統機器の動作試験を実施することにより、絶縁特性低下を監視していくとともに、必要に応じて取替を実施する。
低圧ケーブル	<ul style="list-style-type: none"> CV ケーブル 難燃 CV ケーブル KGB ケーブル 	絶縁体	<p>電気学会推奨案に基づく長期健全性試験の結果、60年の通常運転期間、設計基準事故時及び重大事故等時雰囲気において絶縁性能を維持できると評価。</p> <p>また、ACAガイドに従った評価を実施し、60年間の通常運転とその後の設計基準事故後において絶縁性能を維持できると評価。</p> <p>電気学会推奨案に基づく長期健全性試験の結果、60年の通常運転期間、設計基準事故時及び重大事故等時雰囲気において絶縁性能を維持できると評価。</p>	絶縁体の絶縁特性低下に対して、点検時に絶縁抵抗測定及び系統機器の点検時に実施する動作試験においてケーブルの絶縁機能の健全性を確認し、点検で有意な絶縁特性低下が認められた場合には、ケーブルの取替を実施。	絶縁体の有意な絶縁特性低下の可能性は小さく、また、現状保全にて絶縁特性の低下は把握可能。 絶縁抵抗測定及び系統機器の動作試験を実施することで、異常の有無は把握可能であり、点検手法としては適切であると判断。	絶縁体の絶縁特性低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に対して追加すべき項目はない。 今後も点検時の絶縁抵抗測定及び系統機器の動作試験を実施することにより、絶縁特性低下を監視していくとともに、必要に応じて取替を実施する。

評価対象設備	グループ内 代表機器	部位	グループ内 代表機器の健全性評価	現状保全	総合評価	高経年化への対応
同軸ケーブル	・難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリエチレン）（原子炉格納容器内）	絶縁体	電気学会推奨案に基づき実機相当品（架橋ポリエチレンの絶縁体を有する難燃二重同軸ケーブル）による長期健全性試験の結果、39年間の通常運転期間、設計基準事故時及び重大事故等時雰囲気において絶縁性能を維持できると評価。 また、ACAガイドに従った評価を実施し、30年間の通常運転とその後の設計基準事故後において絶縁性能を維持できると評価。	絶縁体の絶縁特性低下に対して、点検時に絶縁抵抗測定及び系統機器の点検時に実施する動作試験においてケーブルの絶縁機能の健全性を確認し、点検で有意な絶縁特性低下が認められた場合には、ケーブルの取替を実施	絶縁体の急激な絶縁特性低下の可能性は小さく、また、現状保全にて絶縁特性の低下は把握可能。 系統機器点検時の絶縁抵抗測定及び系統機器の動作試験を実施することで、異常の有無は把握可能であり、点検手法としては適切であると判断。	絶縁体の絶縁特性低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に対して追加すべき項目はない。 今後も系統機器点検時の絶縁抵抗測定及び系統機器の動作試験を実施し、絶縁特性低下を監視していくとともに、必要に応じて取替を実施する。
	・難燃六重同軸ケーブル（原子炉格納容器内）		電気学会推奨案に基づき実機相当品（架橋ポリエチレンの絶縁体を有する難燃二重同軸ケーブル）による長期健全性試験の結果、51年間の通常運転期間、設計基準事故時及び重大事故等時雰囲気において絶縁性能を維持できると評価。 また、ACAガイドに従った評価を実機相当品（架橋ポリエチレンの絶縁体を有する難燃一重同軸ケーブル）により実施し、30年間の通常運転とその後の設計基準事故後において絶縁性能を維持できると評価。			絶縁体の絶縁特性低下に対しては、今後も系統機器点検時の絶縁抵抗測定及び系統機器の動作試験を実施し、絶縁特性低下を監視していくとともに、必要に応じて取替を行う。 なお、難燃六重同軸ケーブル（原子炉格納容器内）については、追加保全項目として、健全性評価から得られた評価期間に至る前に取替を実施する。
	・難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリオレフィン）		電気学会推奨案に基づき実機相当品（架橋発泡ポリオレフィンの絶縁体を有する難燃三重同軸ケーブル）による長期健全性試験の結果、60年間の通常運転期間、設計基準事故時及び重大事故等時雰囲気において絶縁性能を維持できると評価。 また、37年間実機環境下で使用した実機同等品によるACAガイドに従った長期健全性試験で、23年間の健全性が確認できていることから運転開始後60年間の通常運転期間、設計基準事故時及び重大事故等時雰囲気において絶縁性能を維持できると評価。			絶縁体の絶縁特性低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に対して追加すべき項目はない。 今後も系統機器点検時の絶縁抵抗測定及び系統機器の動作試験を実施し、絶縁特性低下を監視していくとともに、必要に応じて取替を実施する。
	・難燃三重同軸ケーブル（原子炉格納容器外）		電気学会推奨案に基づく長期健全性試験の結果、60年の通常運転期間、設計基準事故時及び重大事故等時雰囲気において絶縁性能を維持できると評価。 また、37年間実機環境下で使用した実機同等品によるACAガイドに従った長期健全性試験で、23年間の健全性が確認できていることから運転開始後60年間の通常運転期間、設計基準事故時及び重大事故等時雰囲気において絶縁性能を維持できると評価。			

評価対象設備	グループ内 代表機器	部位	グループ内 代表機器の健全性評価	現状保全	総合評価	高経年化への対応
ケーブル接続部	・端子台接続	絶縁部	38年間使用した実機端子台に設計基準事故及び重大事故等時雰囲気想定した健全性評価試験を実施し、絶縁性能を維持できると評価。事故時動作要求のある端子台接続（原子炉格納容器内）は、今停止期間中に全数の取替を実施する計画としており、長期健全性試験で確認のとれている38年間を加えると、端子台接続（原子炉格納容器内）は運転開始後60年間の通常運転期間、設計基準事故時及び重大事故等時雰囲気において絶縁性能を維持できると評価。	絶縁部の絶縁特性低下に対して、点検時に絶縁抵抗測定及び点検時に実施する動作試験において絶縁機能の健全性を確認し、点検で有意な絶縁特性低下が認められた場合は、取替を行う。	絶縁部の絶縁特性低下の可能性は否定できないが、現状保全にて絶縁特性の低下は把握可能。点検時に絶縁抵抗測定及び機器の動作試験を実施することで、異常の有無は把握可能であり、点検手法としては適切であると判断。	絶縁部の絶縁特性低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に追加すべき項目はない。今後も点検時に絶縁抵抗測定及び機器の動作試験を実施し、絶縁特性低下を監視していくとともに、必要に応じて取替を実施する。
	・電動弁コネクタ接続		実機相当品による長期健全性試験により評価した結果、絶縁部は43年間の通常運転期間、設計基準事故時及び重大事故等時雰囲気において絶縁性能を維持できると評価。また、当該電動弁コネクタ接続（原子炉格納容器内）は運転開始18年目に設置しており、同等品による長期健全性試験で確認のとれている43年間を加えると、電動弁コネクタ接続（原子炉格納容器内）は運転開始後60年間の通常運転期間及び設計基準事故時雰囲気において絶縁性能を維持できると評価。			
	・同軸コネクタ接続（中性子束計測用）		実機相当品による長期健全性試験により評価した結果、絶縁部は60年間の通常運転期間、設計基準事故時及び重大事故等時雰囲気において絶縁機能を維持できると評価。			
	・スプライス接続		実機相当品による長期健全性試験により評価した結果、60年間の通常運転期間、設計基準事故時及び重大事故等時雰囲気において絶縁性能を維持できると評価。なお、東海第二で想定される放射線量については、放射線照射試験条件に包絡されていないが、熱収縮チューブの材料である架橋ポリオレフィンと同等の有機材料の耐放射線性に対する損傷しきい値と比べて低いことから、放射線による劣化の影響は小さいと考える。また、東海第二で想定される重大事故等時における最高圧力については、事故時雰囲気曝露試験条件に包絡されていないが、スプライス接続（原子炉格納容器内）を用いている箇所は電気ペネトレーションの電気ボックス内であり、直接蒸気圧力が加わる箇所ではないことから、スプライス接続（原子炉格納容器内）の健全性は維持できると評価。			

評価対象設備	グループ内 代表機器	部位	グループ内 代表機器の健全性評価	現状保全	総合評価	高経年化への対応
電源設備	・高圧閉鎖配電盤	主回路導体支持碍子 主回路断路部 真空遮断器断路部 絶縁フレーム 絶縁支柱	主回路導体支持碍子，主回路断路部及び真空遮断器の断路部・絶縁フレーム・絶縁支柱の絶縁特性低下要因としては，通電による熱的劣化，絶縁物内空隙での放電による電氣的劣化及び絶縁物表面に埃が付着・吸湿して沿面絶縁を低下させる環境的劣化があるが，これまでの点検実績から最も絶縁特性低下に影響を及ぼす要因は熱的劣化であることから，長期間の使用を考慮すると絶縁特性低下が起こる可能性は否定できない。	主回路導体支持碍子，主回路断路部及び真空遮断器の断路部・絶縁フレーム・絶縁支柱の絶縁特性低下に対しては，点検時に絶縁物の変色有無や塵埃付着の有無等の目視確認，清掃及び絶縁抵抗測定を行い，熱的劣化による有意な絶縁特性低下のないことを確認し，点検で有意な絶縁特性の低下が確認された場合は，補修又は取替を行う。	主回路導体支持碍子，主回路断路部及び真空遮断器の断路部・絶縁フレーム・絶縁支柱の絶縁特性低下の可能性は否定できないが，現状保全にて絶縁特性の低下は把握可能。 点検時に目視確認，清掃及び絶縁抵抗測定を実施することで，異常の有無の確認は可能であり，点検手法として適切であると判断。	主回路導体支持碍子，主回路断路部及び真空遮断器の断路部・絶縁フレーム・絶縁支柱の絶縁特性低下に対しては，高経年化対策の観点から現状の保全内容に追加すべき項目はない。 今後も点検時に目視確認，清掃及び絶縁抵抗測定を実施し，絶縁特性低下を監視していくとともに，必要に応じ補修又は取替を実施する。
		計器用変圧器コイル	計器用変圧器コイルの絶縁特性低下要因としては，コイルの通電電流による熱的劣化，絶縁物内空隙での放電による電氣的劣化及び絶縁物表面に埃が付着・吸湿して沿面絶縁を低下させる環境的劣化があるが，これまでの点検実績から最も絶縁特性低下に影響を及ぼす要因は熱的劣化であることから，長期間の使用を考慮すると絶縁特性低下が起こる可能性は否定できない。	計器用変圧器コイルの絶縁特性低下に対しては，点検時に絶縁物の変色有無や塵埃付着の有無等の目視確認，清掃及び絶縁抵抗測定を行い，熱的劣化による有意な絶縁特性低下のないことを確認し，点検で有意な絶縁特性の低下が確認された場合は，補修又は取替を行う。	計器用変圧器コイルの絶縁特性低下の可能性は否定できないが，現状保全にて絶縁特性の低下は把握可能。 点検時に目視確認，清掃及び絶縁抵抗測定を実施することで，異常の有無の確認は可能であり，現状の保全は点検手法として適切であると判断。	計器用変圧器コイルの絶縁特性低下に対しては，高経年化対策の観点から現状の保全内容に追加すべき項目はない。 今後も点検時に目視確認，清掃及び絶縁抵抗測定を実施することにより，絶縁特性低下を監視していくとともに，必要に応じ補修又は取替を実施する。
	・動力用変圧器	変圧器コイル	変圧器コイルの絶縁特性低下要因としては，コイルの通電電流による熱的劣化，絶縁物内空隙での放電による電氣的劣化及び絶縁物表面に埃が付着・吸湿して沿面絶縁を低下させる環境的劣化があるが，これまでの点検実績から最も絶縁特性低下に影響を及ぼす要因は熱的劣化であることから，長期間の使用を考慮すると絶縁特性低下が起こる可能性は否定できない。	変圧器コイルの絶縁特性低下に対しては，点検時に絶縁物の変色有無や塵埃付着の有無等の目視確認，清掃及び絶縁抵抗測定を行い，熱的劣化による有意な絶縁特性低下のないことを確認し，点検で有意な絶縁特性の低下が確認された場合は，補修又は取替を行う。	変圧器コイルの絶縁特性低下の可能性は否定できないが，現状保全にて絶縁特性の低下は把握可能。 点検時に目視確認，清掃及び絶縁抵抗測定を実施することで，異常の有無の確認は可能であり，現状の保全は点検手法として適切であると判断。	変圧器コイルの絶縁特性低下に対しては，高経年化対策の観点から現状の保全内容に追加すべき項目はない。 今後も点検時に目視確認，清掃及び絶縁抵抗測定を実施することにより，絶縁特性低下を監視していくとともに，必要に応じ補修又は取替を実施する。
		固定子コイル 口出線・接続部品	低圧ポンプモータの評価と同様。	同左	同左	同左
	・低圧閉鎖配電盤	気中遮断器絶縁支持板 主回路導体絶縁支持板 主回路断路部 支持碍子	気中遮断器絶縁支持板，主回路導体絶縁支持板，主回路断路部及び支持碍子の絶縁特性低下要因としては，通電による熱的劣化，絶縁物表面に埃が付着・吸湿して沿面絶縁を低下させる環境的劣化があるが，これまでの点検実績から最も絶縁特性低下に影響を及ぼす要因は熱的劣化であることから，長期間の使用を考慮すると絶縁特性低下が起こる可能性は否定できない。	気中遮断器絶縁支持板，主回路導体絶縁支持板，主回路断路部及び支持碍子の絶縁特性低下に対しては，点検時に絶縁物の変色有無や塵埃付着の有無等の目視確認，清掃及び絶縁抵抗測定を行い，熱的劣化による有意な絶縁特性の低下が確認された場合は，補修又は取替を行う。	気中遮断器絶縁支持板，主回路導体絶縁支持板，主回路断路部及び支持碍子の絶縁特性低下の可能性は否定できないが，現状保全にて絶縁特性の低下は把握可能。 点検時に目視確認，清掃及び絶縁抵抗測定を実施することで，異常の有無の確認は可能であり，現状の保全は点検手法として適切であると判断。	気中遮断器絶縁支持板，主回路導体絶縁支持板，主回路断路部及び支持碍子の絶縁特性低下に対しては，高経年化対策の観点から現状の保全内容に追加すべき項目はない。 今後も点検時に目視確認，清掃及び絶縁抵抗測定を実施することにより，絶縁特性低下を監視していくとともに，必要に応じ補修又は取替を実施する。
		計器用変圧器コイル	計器用変圧器コイルの絶縁特性低下要因としては，コイルの通電電流による熱的劣化，絶縁物表面に埃が付着・吸湿して沿面絶縁を低下させる環境的劣化があるが，これまでの点検実績から最も絶縁特性低下に影響を及ぼす要因は熱的劣化であることから，長期間の使用を考慮すると絶縁特性低下が起こる可能性は否定できない。	計器用変圧器コイルの絶縁特性低下に対しては，点検時に絶縁物の変色有無や塵埃付着の有無等の目視確認，清掃及び絶縁抵抗測定を行い，熱的劣化による有意な絶縁特性低下のないことを確認し，点検で有意な絶縁特性の低下が確認された場合は，補修又は取替を行う。	計器用変圧器コイルの絶縁特性低下の可能性は否定できないが，現状保全にて絶縁特性の低下は把握可能。 点検時に目視確認，清掃及び絶縁抵抗測定を実施することで，異常の有無の確認は可能であり，現状の保全は点検手法として適切であると判断。	計器用変圧器コイルの絶縁特性低下に対しては，高経年化対策の観点から現状の保全内容に追加すべき項目はない。 今後も点検時に目視確認，清掃及び絶縁抵抗測定を実施することにより，絶縁特性低下を監視していくとともに，必要に応じ補修又は取替を実施する。

評価対象設備	グループ内 代表機器	部位	グループ内 代表機器の健全性評価	現状保全	総合評価	高経年化への対応	
電源設備	・コントロールセンタ	変圧器コイル, 制御用変圧器コイル 計器用変圧器コイル	変圧器コイル、制御用変圧器コイル及び計器用変圧器コイルの絶縁特性低下要因としては、コイルの通電電流による熱的劣化、絶縁物表面に埃が付着・吸湿して沿面絶縁を低下させる環境的劣化があるが、これまでの点検実績から最も絶縁特性低下に影響を及ぼす要因は熱的劣化であることから、長期間の使用を考慮すると絶縁特性低下が起こる可能性は否定できない。	変圧器コイル、制御用変圧器コイル及び計器用変圧器コイルの絶縁特性低下に対しては、点検時に絶縁物の変色有無や塵埃付着の有無等の目視確認、清掃及び絶縁抵抗測定を行い、熱的劣化による有意な絶縁特性低下のないことを確認し、点検で有意な絶縁特性の低下が確認された場合は、補修又は取替を行う。	変圧器コイル、制御用変圧器コイル及び計器用変圧器コイルの絶縁特性低下の可能性は否定できないが、現状保全にて絶縁特性の低下は把握可能。 点検時に目視確認、清掃及び絶縁抵抗測定を実施することで、異常の有無の確認は可能であり、現状の保全は点検手法として適切であると判断。	変圧器コイル、制御用変圧器コイル及び計器用変圧器コイルの絶縁特性低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に追加すべき項目はない。 今後も点検時に目視確認、清掃及び絶縁抵抗測定を実施することにより、絶縁特性低下を監視していくとともに、必要に応じ補修又は取替を実施する。	
		水平母線・垂直母線サポート 断路部取付台	水平母線・垂直母線サポート及び断路部取付台の絶縁特性低下要因としては、通電による熱的劣化、絶縁物表面に埃が付着・吸湿して沿面絶縁を低下させる環境的劣化があるが、これまでの点検実績から最も絶縁特性低下に影響を及ぼす要因は熱的劣化であることから、長期間の使用を考慮すると絶縁特性低下が起こる可能性は否定できない。	水平母線・垂直母線サポート及び断路部取付台の絶縁特性低下に対しては、点検時に絶縁物の変色有無や塵埃付着の有無等の目視確認、清掃及び絶縁抵抗測定を行い、熱的劣化による有意な絶縁特性低下のないことを確認し、点検で有意な絶縁特性の低下が確認された場合は、補修又は取替を行う。	水平母線・垂直母線サポート及び断路部取付台の絶縁特性低下の可能性は否定できないが、現状保全にて絶縁特性の低下は把握可能。 点検時に目視確認、清掃及び絶縁抵抗測定を実施することで、異常の有無の確認は可能であり、現状の保全は点検手法として適切であると判断。	水平母線・垂直母線サポート及び断路部取付台の絶縁特性低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に追加すべき項目はない。 今後も点検時に目視確認、清掃及び絶縁抵抗測定を実施することにより、絶縁特性低下を監視していくとともに、必要に応じ補修又は取替を実施する。	
	・ディーゼル発電設備	固定子コイル 口出線・接続部品	高圧ポンプモータの評価と同様。	同左	同左	同左	同左
		計器用変圧器コイル	高圧閉鎖配電盤の評価と同様。	同左	同左	同左	同左
		回転子コイル	回転子コイルの絶縁特性低下要因としては、運転時の振動によるコイル絶縁部の緩み等による機械的劣化、コイルの通電電流による絶縁物の熱的劣化及び絶縁物表面に埃が付着・吸湿して沿面絶縁を低下させる環境的劣化があるが、これまでの点検実績から最も絶縁特性低下に影響を及ぼす要因は環境的劣化であることから、長期間の使用を考慮すると絶縁特性低下が起こる可能性は否定できない。	回転子コイルの絶縁特性低下に対しては、点検時に絶縁物の変色有無や塵埃付着の有無、絶縁物、コイルの緩みの有無等の目視確認、清掃及び絶縁抵抗測定を行い、環境的劣化による有意な絶縁特性低下がないことを確認し、点検で有意な絶縁特性低下による異常が確認された場合は、洗浄、乾燥及び絶縁補修（絶縁物にワニス注入）又は回転子コイル取替を行う。	回転子コイルの絶縁特性低下の可能性は否定できないが、絶縁特性低下は点検時における目視確認、清掃及び絶縁抵抗測定にて把握可能。 点検時に目視確認、清掃及び絶縁抵抗測定を実施することで、異常の有無の確認は可能であり、現状の保全は点検手法として適切であると判断。	回転子コイルの絶縁特性低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に追加すべき項目はない。 今後も点検時に目視確認、清掃及び絶縁抵抗測定を実施することにより、絶縁特性低下を監視していくとともに、必要に応じ補修又は取替を実施する。	
		可飽和変流器コイル 整流器用変圧器コイル リアクトルコイル	可飽和変流器コイル、整流器用変圧器コイル及びリアクトルコイルの絶縁特性低下要因としては、コイルの通電電流による絶縁物の熱的劣化、絶縁物内空隙での放電による電氣的劣化及び絶縁物表面に埃が付着・吸湿して沿面絶縁を低下させる環境的劣化があるが、これまでの点検実績から最も絶縁特性低下に影響を及ぼす要因は熱的劣化であることから、長期間の使用を考慮すると絶縁特性低下が起こる可能性は否定できない。	可飽和変流器コイル、整流器用変圧器コイル及びリアクトルコイルの絶縁特性低下に対しては、点検時に絶縁物の変色有無や塵埃付着の有無等の目視確認、清掃及び絶縁抵抗測定を行い、熱的劣化による有意な絶縁特性低下のないことを確認し、点検で有意な絶縁特性の低下が確認された場合は、洗浄、乾燥及び絶縁補修又は取替を行う。	可飽和変流器コイル、整流器用変圧器コイル及びリアクトルコイルの絶縁特性低下の可能性は否定できないが、現状保全にて絶縁特性の低下は把握可能。 点検時に目視確認、清掃及び絶縁抵抗測定を実施することで、異常の有無の確認は可能であり、現状の保全は点検手法として適切であると判断。	可飽和変流器コイル、整流器用変圧器コイル及びリアクトルコイルの絶縁特性低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に追加すべき項目はない。 今後も点検時に目視確認、清掃及び絶縁抵抗測定を実施することにより、絶縁特性低下を監視していくとともに、必要に応じ補修又は取替を実施する。	

評価対象設備	グループ内 代表機器	部位	グループ内 代表機器の健全性評価	現状保全	総合評価	高経年化への対応
電源設備	・MGセット	固定子コイル 口出線・接続部品	低圧ポンプモータの評価と同様。	同左	同左	同左
		発電機電機子コイル 発電機界磁コイル 励磁機電機子コイル 励磁機界磁コイル 口出線・接続部品	発電機電機子コイル、発電機界磁コイル、励磁機電機子コイル、励磁機界磁コイル及び発電機、励磁機の口出線・接続部品の絶縁特性低下要因としては、機械的、熱的、電氣的及び環境的要因により経年的に劣化が進行し、絶縁特性低下を起す可能性があるが、これまでの点検実績から最も絶縁特性低下に影響を及ぼす要因は熱的劣化であることから、長期間の使用を考慮すると発電機電機子コイル、発電機界磁コイル、励磁機電機子コイル、励磁機界磁コイル及び発電機、励磁機の口出線・接続部品における絶縁特性低下の可能性は否定できない。	発電機電機子コイル、発電機界磁コイル、励磁機電機子コイル、励磁機界磁コイル及び発電機、励磁機の口出線・接続部品の絶縁特性低下に対しては、点検時に目視確認、清掃及び絶縁抵抗測定を行い、熱的劣化による有意な絶縁特性低下のないことを確認し、点検で有意な絶縁特性低下による異常が確認された場合は、洗浄・乾燥及び絶縁補修（絶縁物にワニスを注入）又は発電機、励磁機コイル及び口出線・接続部品の取替を行う。	健全性評価及び現状保全の結果から判断して、発電機電機子コイル、発電機界磁コイル、励磁機電機子コイル、励磁機界磁コイル及び発電機、励磁機の口出線・接続部品における絶縁特性低下の可能性は小さく、また、現状保全にて絶縁特性低下の把握は可能。 点検時に目視確認、清掃及び絶縁抵抗測定を実施することで、異常の有無の確認は可能であり、現状の保全は点検手法として適切であると判断。	発電機電機子コイル、発電機界磁コイル、励磁機電機子コイル、励磁機界磁コイル及び発電機、励磁機の口出線・接続部品の絶縁特性低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に追加すべき項目はない。 今後も点検時に目視確認、清掃及び絶縁抵抗測定を実施することにより、絶縁特性低下を監視していくとともに、必要に応じ洗浄・乾燥及び絶縁補修（絶縁物にワニスを注入）又は発電機、励磁機コイル及び口出線・接続部品を取替を実施する。
		計器用変圧器コイル	計器用変圧器コイルの絶縁特性低下要因としては、コイルの通電電流による熱的劣化、絶縁物表面に埃が付着・吸湿して沿面絶縁を低下させる環境的劣化があるが、これまでの点検実績から最も絶縁特性低下に影響を及ぼす要因は熱的劣化であることから、長期間の使用を考慮すると絶縁特性低下が起こる可能性は否定できない。	計器用変圧器コイルの絶縁特性低下に対しては、点検時に絶縁物の変色有無や塵埃付着の有無等の目視確認、清掃及び絶縁抵抗測定を行い、熱的劣化による有意な絶縁特性低下のないことを確認し、点検で有意な絶縁特性の低下が確認された場合は、補修又は取替を行う。	計器用変圧器コイルの絶縁特性低下の可能性は否定できないが、現状保全にて絶縁特性の低下は把握可能。 点検時に目視確認、清掃及び絶縁抵抗測定を実施することで、異常の有無の確認は可能であり、現状の保全は点検手法として適切であると判断。	計器用変圧器コイルの絶縁特性低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に追加すべき項目はない。 今後も点検時に目視確認、清掃及び絶縁抵抗測定を実施することにより、絶縁特性低下を監視していくとともに、必要に応じ補修又は取替を実施する。
	・無停電電源装置	変圧器コイル	変圧器コイルの絶縁特性低下要因としては、コイルの通電電流による熱的劣化、絶縁物表面に埃が付着・吸湿して沿面絶縁を低下させる環境的劣化があるが、これまでの点検実績から最も絶縁特性低下に影響を及ぼす要因は熱的劣化であることから、長期間の使用を考慮すると絶縁特性低下が起こる可能性は否定できない。	変圧器コイルの絶縁特性低下に対しては、点検時に絶縁物の変色有無や塵埃付着の有無等の目視確認、清掃及び絶縁抵抗測定を行い、熱的劣化による有意な絶縁特性低下のないことを確認し、点検で有意な絶縁特性の低下が確認された場合は、補修又は取替を行う。	変圧器コイルの絶縁特性低下の可能性は否定できないが、現状保全にて絶縁特性の低下は把握可能。 点検時に目視確認、清掃及び絶縁抵抗測定を実施することで、異常の有無の確認は可能であり、現状の保全は点検手法として適切であると判断。	変圧器コイルの絶縁特性低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に追加すべき項目はない。 今後も点検時に目視確認、清掃及び絶縁抵抗測定を実施することにより、絶縁特性低下を監視していくとともに、必要に応じ補修又は取替を実施する。
	・直流電源設備	変圧器コイル	変圧器コイルの絶縁特性低下要因としては、コイルの通電電流による熱的劣化、絶縁物表面に埃が付着・吸湿して沿面絶縁を低下させる環境的劣化があるが、これまでの点検実績から最も絶縁特性低下に影響を及ぼす要因は熱的劣化であることから、長期間の使用を考慮すると絶縁特性低下が起こる可能性は否定できない。	変圧器コイルの絶縁特性低下に対しては、点検時に絶縁物の変色有無や塵埃付着の有無等の目視確認、清掃及び絶縁抵抗測定を行い、熱的劣化による有意な絶縁特性低下のないことを確認し、点検で有意な絶縁特性の低下が認められた場合は、補修又は取替を行う。	変圧器コイルの絶縁特性低下の可能性は否定できないが、現状保全にて絶縁特性の低下は把握可能。 点検時に目視確認、清掃及び絶縁抵抗測定を実施することで、異常の有無の確認は可能であり、現状の保全は点検手法として適切であると判断。	変圧器コイルの絶縁特性低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に追加すべき項目はない。 今後も点検時に目視確認、清掃及び絶縁抵抗測定を実施することにより、絶縁特性低下を監視していくとともに、必要に応じ補修又は取替を実施する。
	・計測用分電盤	主回路導体支持板	主回路導体支持板の絶縁特性低下要因としては、通電による熱的劣化、絶縁物表面に埃が付着・吸湿して沿面絶縁を低下させる環境的劣化があるが、これまでの点検実績から最も絶縁特性低下に影響を及ぼす要因は熱的劣化であることから、長期間の使用を考慮すると絶縁特性低下が起こる可能性は否定できない。	主回路導体支持板の絶縁特性低下に対しては、点検時に絶縁物の変色有無や塵埃付着の有無等の目視確認、清掃及び絶縁抵抗測定を行い、熱的劣化による有意な絶縁特性低下のないことを確認し、点検で有意な絶縁特性の低下が認められた場合は、補修又は取替を行う。	主回路導体支持板の絶縁特性低下の可能性は否定できないが、現状保全にて絶縁特性の低下は把握可能。 今後も点検時に目視確認、清掃及び絶縁抵抗測定を実施することで、異常の有無の確認は可能であり、現状の保全は点検手法として適切であると判断。	主回路導体支持板の絶縁特性低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に追加すべき項目はない。 今後も点検時に目視確認、清掃及び絶縁抵抗測定を実施することにより、絶縁特性低下を監視していくとともに、必要に応じ補修又は取替を実施する。
	・計測用変圧器	変圧器コイル	変圧器コイルの絶縁特性低下要因としては、コイルの通電電流による熱的劣化、絶縁物表面に埃が付着・吸湿して沿面絶縁を低下させる環境的劣化があるが、これまでの点検実績から最も絶縁特性低下に影響を及ぼす要因は熱的劣化であることから、長期間の使用を考慮すると絶縁特性低下が起こる可能性は否定できない。	変圧器コイルの絶縁特性低下に対しては、点検時に絶縁物の変色有無や塵埃付着の有無等の目視確認、清掃及び絶縁抵抗測定を行い、熱的劣化による有意な絶縁特性低下のないことを確認し、点検で有意な絶縁特性の低下が認められた場合は、補修又は取替を行う。	変圧器コイルの絶縁特性低下の可能性は否定できないが、現状保全にて絶縁特性の低下は把握可能。 点検時に目視確認、清掃及び絶縁抵抗測定を実施することで、異常の有無の確認は可能であり、現状の保全は点検手法として適切であると判断。	変圧器コイルの絶縁特性低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に追加すべき項目はない。 今後も点検時に目視確認、清掃及び絶縁抵抗測定を実施することにより、絶縁特性低下を監視していくとともに、必要に応じ補修又は取替を実施する。

評価対象設備	グループ内 代表機器	部位	グループ内 代表機器の健全性評価	現状保全	総合評価	高経年化への対応	
計測制御設備	・計測装置	固定子コイル 口出線・接続部品	低圧ポンプモータの評価と同様。	同左	同左	同左	
タービン設備	・制御装置及び保安装置	固定子コイル 口出線・接続部品	低圧ポンプモータの評価と同様。	同左	同左	同左	
	・非常用タービン設備						
空調設備 (ファン, 空調機, 冷凍機)	・非常用ガス再循環系排風機 ・緊急時対策所非常用送風機 ・中央制御室排気ファン ・ディーゼル室換気系ルーフベントファン	固定子コイル 口出線・接続部品	低圧ポンプモータの評価と同様。	同左	同左	同左	
	・残留熱除去系ポンプ室空調機 ・中央制御室エアハンドリングユニットファン						
	・中央制御室チラーユニット						
機械設備	・非常用ディーゼル機関 (2C, 2D 号機) 付属設備	固定子コイル 口出線・接続部品	固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下に対する評価は、「ポンプモータの技術評価書」の低圧ポンプモータと同一であることから、当該評価書を参照。	同左	同左	同左	
	・可燃性ガス濃度制御系再結合装置						
	燃料 取替機	・低圧, 直流, 全閉型モータ (主ホイスト用, ・マスト旋回用, ブリッジ走行用, トロリ横行用)	ブレーキ電磁コイル 回転子コイル 固定子コイル 口出線・接続部品	電磁コイル, 回転子コイル, 固定子コイル及び口出線・接続部品については, 機械的, 熱的及び電氣的要因及び環境的要因により経年的に劣化が進行し, 外表面, 内部等から絶縁特性低下が発生する可能性があり, 最も絶縁特性低下に影響を及ぼす要因は環境的劣化であるが, 環境的要因は清掃を実施することにより健全性の維持は可能。 点検時に目視点検, 清掃及び絶縁抵抗測定を実施し, これまでの点検結果において, 有意な絶縁特性低下は確認されておらず, 今後も急激な絶縁特性低下が起こる可能性は小さいと考えられるが, 絶縁特性が変化する可能性は否定できない。	電磁コイル, 回転子コイル, 固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下に対しては, 点検時に目視点検, 清掃及び絶縁抵抗測定を行い, 有意な絶縁特性低下がないことを確認。 点検で有意な絶縁特性低下が認められた場合には, 洗浄・乾燥及び絶縁補修 (絶縁物にワニス注入) または, 固定子コイル及び口出線・接続部品もしくはモータの取替を行う。	電磁コイル, 回転子コイル, 固定子コイル及び口出線・接続部品の急激な絶縁特性低下の可能性は小さく, 点検時における目視点検, 清掃及び絶縁抵抗測定にて把握可能。 目視点検, 清掃及び絶縁抵抗測定を実施することで異常の有無は把握可能であり, 現状の保全是点検手法として適切であると判断。	電磁コイル, 回転子コイル, 固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下に対しては, 高経年化対策の観点から現状の保全内容に対し追加すべき項目はない。
		・低圧, 交流, 全閉型モータ (マスト旋回用)	固定子コイル 口出線・接続部品	低圧ポンプモータの評価と同様。	同左	同左	同左
・燃料取扱クレーン	回転子コイル 固定子コイル 口出線・接続部品	回転子コイル, 固定子コイル及び口出線・接続部品については, 機械的, 熱的, 電氣的及び環境的要因により経年的に劣化が進行し, 外表面, 内部等から絶縁特性低下を起こす可能性があり, 最も絶縁特性低下に影響を及ぼす要因は環境的劣化要因であるが, 環境的要因は清掃を実施することにより健全性の維持は可能。 点検時に目視点検, 清掃及び絶縁抵抗測定を実施し, これまでの点検結果において有意な絶縁特性低下は確認されておらず, 今後も有意な絶縁特性低下が発生する可能性は小さいと考えられるが, 絶縁特性が変化する可能性は否定できない。	回転子コイル, 固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下に対しては, 点検時に目視点検, 清掃及び絶縁抵抗測定を行い, 有意な絶縁特性低下がないことを確認。 点検で有意な絶縁特性低下が確認された場合には, 洗浄・乾燥及び絶縁補修 (絶縁物にワニス注入) または, 固定子コイル及び口出線・接続部品もしくはモータの取替を行う。	健全性評価結果及び現状保全結果から判断して, 回転子コイル, 固定子コイル及び口出線・接続部品の有意な絶縁特性低下が発生する可能性は小さく, また現状保全にて絶縁特性の低下は把握可能。 今後も目視点検, 清掃及び絶縁抵抗測定により異常の有無の確認は可能であり, 現状の保全是点検手法として適切であると考えられる。	モータ及び速度検出器の回転子コイル, 固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下に対しては, 高経年化対策の観点から現状の保全内容に追加すべき項目はない。		

評価対象設備	グループ内 代表機器	部位	グループ内 代表機器の健全性評価	現状保全	総合評価	高経年化への対応
機械設備	・燃料取扱クレーン	ブレーキ電磁コイル	ブレーキ電磁コイルについては、長期間の使用を想定した設計となっており、動作時間が短いことから、機械的、熱的及び電気的要因による劣化は発生し難く、また、構造的に埃等の異物が混入し難くなっており環境的劣化の可能性も小さいが、振動等による機械的劣化、通電電流による熱的劣化、絶縁物中のボイド等での放電等による電気的劣化及び埃等の異物・吸湿による環境的劣化が生じる可能性は否定できない。	ブレーキ電磁コイルの絶縁特性低下に対しては、点検時に絶縁物の変色有無や塵埃付着の有無等の目視点検、清掃及び絶縁抵抗測定を行い、有意な絶縁特性低下がないことを確認。点検で有意な絶縁特性低下が認められた場合は、取替えを行う。	健全性評価及び現状保全の結果から判断して、ブレーキ電磁コイルの有意な絶縁特性低下が発生する可能性は小さい。絶縁特性低下は点検時における絶縁抵抗測定にて把握可能。今後も、目視点検、清掃及び絶縁抵抗測定を実施することで、異常の有無の確認は把握可能であり、現状の保全は点検方法としては適切であると判断。	ブレーキ電磁コイルの絶縁特性低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に追加すべき項目はない。
		計器用変圧器	計器用変圧器については、長期間の使用を想定した設計となっており、動作時間が短いことから、機械的、熱的及び電気的要因による劣化は発生し難く、また、構造的に埃等の異物が混入し難くなっており環境的劣化の可能性も小さいが、振動等による機械的劣化、通電電流による熱的劣化、絶縁物中のボイド等での放電等による電気的劣化及び埃等の異物・吸湿による環境的劣化が生じる可能性は否定できない。	計器用変圧器の絶縁特性低下に対しては、点検時に絶縁物の変色有無や塵埃付着の有無等の目視点検、清掃及び絶縁抵抗測定を行い、有意な絶縁特性低下がないことを確認。点検で有意な絶縁特性低下が認められた場合は、取替えを行う。	健全性評価及び現状保全の結果から判断して、計器用変圧器の有意な絶縁特性低下が発生する可能性は小さい。絶縁特性低下は点検時における絶縁抵抗測定にて把握可能。今後も、目視点検、清掃及び絶縁抵抗測定を実施することで、異常の有無の確認は把握可能であり、現状の保全は点検方法としては適切であると判断。	計器用変圧器の絶縁特性低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に追加すべき項目はない。
	・制御用圧縮空気系設備	固定子コイル 口出線・接続部品	低圧ポンプモータの評価と同様。	同左	同左	同左
	・廃棄物処理設備（セメント混練固化系設備）	加熱ヒータ	加熱ヒータについては、機械的、熱的及び電気的要因及び環境的要因により経年的に劣化が進行し、外表面、内部等から絶縁特性低下が発生する可能性があり、最も絶縁特性低下に影響を及ぼす要因は環境的劣化であるが、環境的要因は清掃を実施することにより健全性の維持は可能。当該機器は現在長期停止中であり、運転を再開する前に、外観点検、絶縁抵抗測定及び機器の動作確認を実施することとしている。これらのことから、今後も急激な絶縁特性低下が起こる可能性は小さいと考えられるが、絶縁特性が変化する可能性は否定できない。	加熱ヒータは、運転開始後の累計運転時間が約60時間と短く、設備停止時は100℃未満の温度で保管している。また、当該機器は現在長期停止中であり、運転を再開する前に外観点検、絶縁抵抗測定及び機器の動作確認を行うこととしている。	健全性評価及び現状保全の結果から判断して、加熱ヒータの急激な絶縁特性低下の可能性は低い。絶縁特性低下は、点検時における外観点検、絶縁抵抗測定及び試運転にて把握可能と考えられ、これまでに絶縁特性低下による異常は発生していない。今後も外観点検、絶縁抵抗測定及び試運転を実施することで異常の有無は把握可能であり、現状の保全は点検手法としては適切であると判断する。	加熱ヒータの絶縁特性低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に対し追加すべき項目はない。

5. まとめ

(1) 審査基準適合性

原子力規制委員会「実用発電用原子炉の運転の期間の延長の審査基準」に規定されている延長しようとする期間における要求事項の適合性について下表に示す。

表1 延長しようとする期間における要求事項の適合性

評価対象事象 または 評価事項	要求事項	健全性評価結果
電気・計装設備 の絶縁特性低下	点検検査結果による健全性評価の結果、評価対象の電気・計装設備に有意な絶縁特性低下が生じないこと。	「3. 代表機器の技術評価」, 「4. 代表機器以外の技術評価」ほか劣化状況評価書に示す通り、健全性評価結果に応じ絶縁抵抗測定等の現状保全を継続し、確認した結果に応じて速やかに対策を施すこととしており、評価対象の電気・計装設備に有意な絶縁特性低下が生じないことを確認。
	長期健全性評価試験による健全性評価の結果、設計基準事故環境下で機能が要求される電気・計装設備及び重大事故等環境下で機能が要求される電気・計装設備に有意な絶縁特性低下が生じないこと。	「3. 代表機器の技術評価」, 「4. 代表機器以外の技術評価」ほか劣化状況評価書に示す通り、設計基準事故環境下で機能が要求される電気・計装設備及び重大事故等環境下で機能が要求される電気・計装設備については、IEEE Std. 323 や ACA ガイド等に準じた環境認定試験による健全性評価を考慮した上で、延長しようとする期間において、有意な絶縁特性低下が生じないことを確認。

(2) 保守管理に関する方針として策定する事項

東海第二発電所の延長しようとする期間における、電気・計装設備の保守管理に関する方針を下表に示す。


表2 電気・計装設備の保守管理に関する方針

No.	保守管理に関する方針	実施時期*1
1	低圧ケーブル及び同軸ケーブルの絶縁特性低下については、「原子力発電所電線ケーブルの環境試験方法ならびに耐延焼性試験方法に関する推奨案（電気学会技術報告 第Ⅱ-139号 1982年11月）」及び「原子力発電所のケーブル経年劣化評価ガイド JNES-RE-2013-2049（原子力安全基盤機構）」に従った長期健全性評価結果から得られた評価期間に至る前に取替を実施する。	長期
2	同軸コネクタ接続の絶縁特性低下については、IEEE Std. 323-1974 「IEEE Standard for Qualifying Class 1E Equipment for Nuclear Power Generating Stations」に従った長期健全性評価結果から得られた評価期間に至る前に取替を実施する。	中長期

*1：実施時期については、平成30年11月28日からの5年間を「短期」、平成30年11月28日からの10年間を「中長期」、平成30年11月28日からの20年間を「長期」とする。

6. 添付資料

- 1) 難燃 PN ケーブルの種別及び構造について
- 2) 難燃 PN ケーブルの長期健全性試験における評価期間について
- 3) 難燃 PN ケーブルの長期健全性試験条件の事故時条件（設計基準事故時）の包絡性について
- 4) 格納容器内の難燃 PN ケーブルの環境条件について
- 5) 難燃 PN ケーブルのジャケットについて
- 6) 電気学会推奨案に基づく長期健全性試験の判定方法について
- 7) 難燃 PN ケーブルの長期健全性試験における評価期間について
- 8) 難燃 PN ケーブルの長期健全性試験条件の事故時条件（重大事故等時）の包絡性について
- 9) 震災時の原子炉格納容器内温度上昇に伴う敷設ケーブルの影響評価について
- 10) 電気ペネトレーションの温度解析評価について
- 11) 電気ペネトレーションの熱サイクル試験について
- 12) 低圧電気ペネトレーションの長期健全性試験における評価期間について
- 13) 低圧電気ペネトレーションの長期健全性試験条件の事故時条件の包絡性について
- 14) 電気ペネトレーションの重大事故等時における耐圧評価について
- 15) 電気ペネトレーションの加振評価について
- 16) 電気ペネトレーションの取替実績について

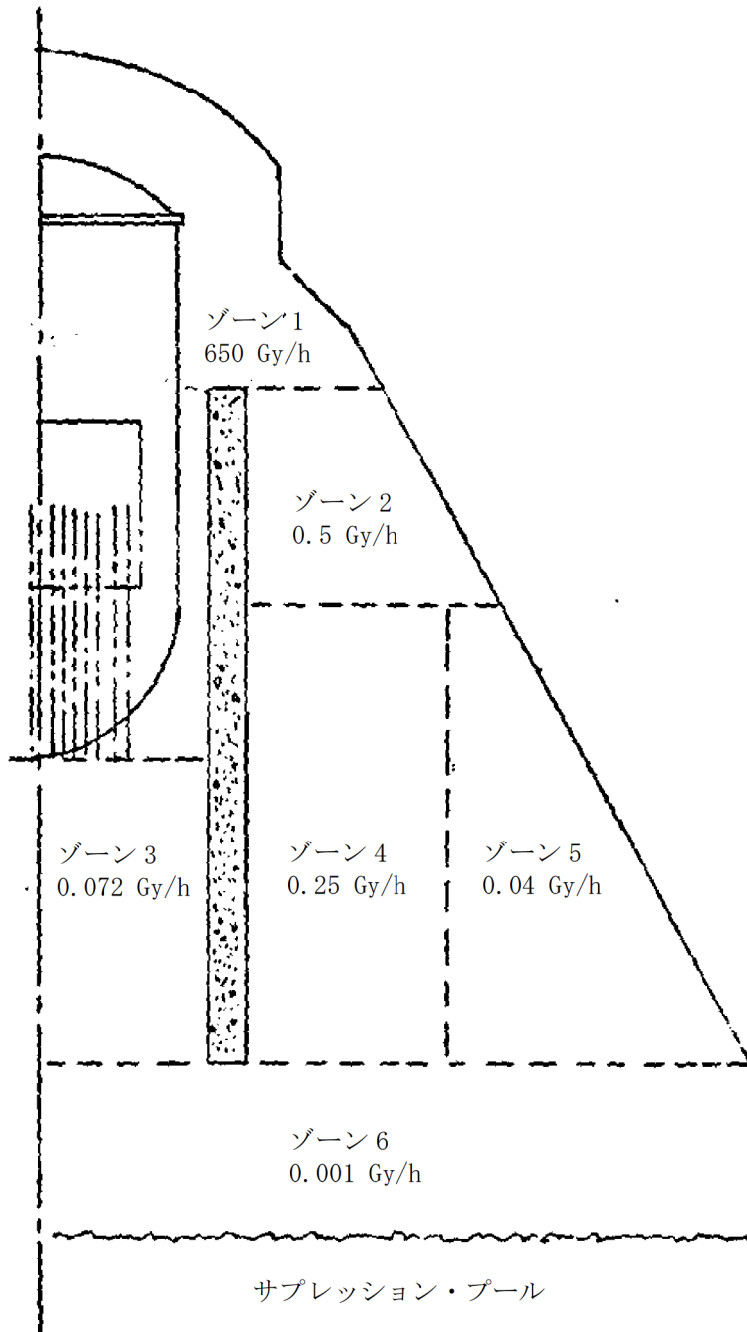
タイトル	難燃 PN ケーブルの種別及び構造について
説明	<p>難燃 PN ケーブルの種別及び構造は以下のとおり。</p> <p>【難燃 PN】 難燃性エチレンプロピレンゴム絶縁特殊クロロプレングムシース電力ケーブル</p> <p>【難燃 CPN】* 難燃性エチレンプロピレンゴム絶縁特殊クロロプレングムシース制御ケーブル</p>  <p>導 体(すずめっき銅, 同心円形より線) 絶 縁 体(難燃性EPゴム) 介 在(難燃性介在物) 押えテープ(難燃テープ) シース(特殊クロロプレングム)</p> <p>*: 難燃 PN ケーブルと難燃 CPN ケーブルは、ほぼ同一構造であり、絶縁体厚さが薄いケーブルが絶縁体厚さの厚いケーブルの劣化進行を包絡すると ACA 研究で報告されていることを考慮し難燃-CPN ケーブルを供試体とした。</p> <p>【難燃 CPN-SLA】 静電遮蔽付難燃性エチレンプロピレンゴム絶縁特殊クロロプレングムシース計測ケーブル</p>  <p>導 体(すずめっき銅, 同心円形より線) 絶 縁 体(難燃性EPゴム) 介 在(難燃性介在物) ドレンワイヤ 押えテープ(難燃テープ) アルミマイラテープ シース(特殊クロロプレングム)</p> <p>【難燃 PN-PSLATX-GR】 静電遮蔽付難燃性エチレンプロピレンゴム絶縁特殊クロロプレングムシース TX 補償導線</p>  <p>導 体(銅 - コンスタタン) 絶 縁 体(難燃性EPゴム) ドレンワイヤ 介 在(難燃性介在物) アルミマイラテープ シース(特殊クロロプレングム)</p>

タイトル	難燃 PN ケーブルの長期健全性試験における評価期間について
説明	<p>低圧難燃 PN ケーブルの加速熱劣化における実環境年数の算定は、ケーブルの絶縁材の活性化エネルギーを用いてアレニウスの式により算出している。難燃 PN ケーブルは 60 年の運転を想定した期間を包絡している。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 10px 0;"> $\ln t_2 - \ln t_1 = \frac{E}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$ <p>t1 : 実環境年数 t2 : 加速時間 T1 : 実環境温度 T2 : 加速温度 R : 気体定数 E : 活性化エネルギー</p> </div> <p>① 難燃 PN ケーブル (MM-CPN)</p> <p>t1 : 実環境年数 : <input style="width: 80px; height: 20px;" type="text"/></p> <p>t2 : 加速時間 : 532 時間</p> <p>T1 : 実環境温度 : 339 [K] (=65.6℃)</p> <p>T2 : 加速温度 : 394 [K] (=121℃)</p> <p>R : 気体定数 : 1.987 [cal/mol・K]</p> <p>E : 活性化エネルギー: <input style="width: 80px; height: 20px;" type="text"/> [cal/mol]</p> <p style="text-align: center;">(難燃エチレンプロピレンゴム/メーカー提示値)</p>


タイトル	難燃 PN ケーブルの長期健全性試験条件の事故時条件（設計基準事故時）の包絡性について																						
説明	<p>長期健全性試験における事故時雰囲気曝露試験条件と設計基準事故条件の比較した結果を示す。</p> <p>事故時雰囲気曝露試験の試験条件は、設計基準事故条件を包絡している。</p> <table border="1" data-bbox="472 882 1329 1368"> <thead> <tr> <th colspan="4">PN ケーブル</th> </tr> <tr> <th>原子炉格納容器内</th> <th>条件</th> <th>93.3℃換算時間</th> <th>合計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4">事故時雰囲気曝露試験</td> <td rowspan="4"></td> <td>1.0 年</td> <td rowspan="4">2.4 年</td> </tr> <tr> <td>0.4 年</td> </tr> <tr> <td>0.2 年</td> </tr> <tr> <td>0.8 年</td> </tr> <tr> <td rowspan="4">設計基準* 事故条件</td> <td rowspan="4"></td> <td>1.0 年</td> <td rowspan="4">1.65 年</td> </tr> <tr> <td>0.4 年</td> </tr> <tr> <td>0.05 年</td> </tr> <tr> <td>0.2 年</td> </tr> </tbody> </table> <p>*:設計基準事故時における原子炉格納容器内の環境条件設計値 活性化エネルギー: <input type="text"/> [cal/mol] (難燃エチレンプロピレンゴム/メーカー提示値)</p>	PN ケーブル				原子炉格納容器内	条件	93.3℃換算時間	合計	事故時雰囲気曝露試験		1.0 年	2.4 年	0.4 年	0.2 年	0.8 年	設計基準* 事故条件		1.0 年	1.65 年	0.4 年	0.05 年	0.2 年
PN ケーブル																							
原子炉格納容器内	条件	93.3℃換算時間	合計																				
事故時雰囲気曝露試験		1.0 年	2.4 年																				
		0.4 年																					
		0.2 年																					
		0.8 年																					
設計基準* 事故条件		1.0 年	1.65 年																				
		0.4 年																					
		0.05 年																					
		0.2 年																					

タイトル	格納容器内の難燃 PN ケーブルの環境条件について																
説明	<p>格納容器内の難燃 PN ケーブルの環境条件は以下のとおり。</p> <p>【温度】</p> <p>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依頼を受けて測定した 100 箇所の中から、原子炉格納容器内の運転時における設計温度（最高温度：65.6 °C）を上回る箇所を除き、その中から平均温度の一番高い箇所は、格納容器 4 階（No. 62/65.42 °C）であった。</p> <p>原子炉格納容器内の運転時における設計温度との差が約 0.2°C であったため、保守的に設計温度の 65.6°C に設定した。</p> <p>【放射線】</p> <p>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依頼を受けて測定した 100 箇所の中で平均線量率の一番高かった箇所は、格納容器 4 階（No. 73/0.1267Gy/h）であった。</p> <p>格納容器内のケーブルが敷設されているエリアの設計最大線量率は 0.5Gy/h（ゾーン 2）となるが、実測値に対して保守的過ぎるため、ケーブルの敷設量の多い格納容器 2, 3 階の設計最大線量率である 0.25Gy/h（ゾーン 4）を格納容器内の線量率に設定した。</p> <table border="1" data-bbox="432 1518 1329 1771"> <thead> <tr> <th></th> <th>通常運転時</th> <th>設計基準事故時</th> <th>重大事故等時</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>周囲温度</td> <td>65.6 °C（最高）*1</td> <td>171 °C（最高）*2</td> <td>235 °C（最高）*3</td> </tr> <tr> <td>最高圧力</td> <td>0.0138 MPa*1</td> <td>0.31 MPa*2</td> <td>0.62 MPa*3</td> </tr> <tr> <td>放射線</td> <td>0.250 Gy/h*1 （最大）</td> <td>2.6×10² kGy*2 （最大積算値）</td> <td>640 kGy*3 （最大積算値）</td> </tr> </tbody> </table> <p>*1: 通常運転時における原子炉格納容器内の環境条件設計値 *2: 設計基準事故時における原子炉格納容器内の環境条件設計値 *3: 重大事故等時における原子炉格納容器内の環境条件解析値</p> <p style="text-align: right;">以 上</p>		通常運転時	設計基準事故時	重大事故等時	周囲温度	65.6 °C（最高）*1	171 °C（最高）*2	235 °C（最高）*3	最高圧力	0.0138 MPa*1	0.31 MPa*2	0.62 MPa*3	放射線	0.250 Gy/h*1 （最大）	2.6×10 ² kGy*2 （最大積算値）	640 kGy*3 （最大積算値）
	通常運転時	設計基準事故時	重大事故等時														
周囲温度	65.6 °C（最高）*1	171 °C（最高）*2	235 °C（最高）*3														
最高圧力	0.0138 MPa*1	0.31 MPa*2	0.62 MPa*3														
放射線	0.250 Gy/h*1 （最大）	2.6×10 ² kGy*2 （最大積算値）	640 kGy*3 （最大積算値）														

格納容器内エリア運転時線量率



出典: BWR EQUIPMENT ENVIRONMENTAL INTERFACE DATA

タイトル	難燃 PN ケーブルのジャケットについて
説明	<p>難燃 CPN ケーブルの長期健全性試験用供試体に被せたジャケットの仕様は以下のとおり。</p> <p>品名：インサルテックチューブ 型番：8403 材質：ガラス繊維 最高使用温度：550℃ 製造者：<input data-bbox="549 983 724 1025" type="text"/></p>  <p style="text-align: right;">以 上</p>

タイトル	電気学会推奨案に基づく長期健全性試験の判定方法について
説明	<p>電気学会推奨案は、事故発生後 100 日までの長期間を考慮した条件のもと、判定に屈曲浸水耐電圧試験法を用いている。</p> <p>重大事故等時条件は、事故発生後 7 日までの期間としており、設計基準事故時に比べ事故の想定期間が短く、期間中に加わる劣化は設計基準事故時に比べ小さいため、重大事故等時雰囲気における長期健全性試験の判定に JIS 耐電圧試験法を採用した。</p> <p style="text-align: right;">以 上</p>

タイトル	難燃 PN ケーブルの長期健全性試験における評価期間について
説明	<p>難燃 PN ケーブルの加速熱劣化における実環境年数の算定は、ケーブルの絶縁材の活性化エネルギーを用いてアレニウスの式により算出している。難燃 PN ケーブルは 15 年、30 年の運転を想定した期間を包絡している。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 10px 0;"> $\ln t_2 - \ln t_1 = \frac{E}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$ <p>t1 : 実環境年数 t2 : 加速時間 T1 : 実環境温度 T2 : 加速温度 R : 気体定数 E : 活性化エネルギー</p> </div> <p>① 難燃 PN ケーブル (難燃 CPN-SLA, 難燃 PN-PSLATX-GR ケーブル)</p> <p>t1 : 実環境年数 : <input style="width: 50px; height: 15px;" type="text"/></p> <p>t2 : 加速時間 : 251 時間</p> <p>T1 : 実環境温度 : 339 [K] (=65.6℃)</p> <p>T2 : 加速温度 : 394 [K] (=121℃)</p> <p>R : 気体定数 : 1.987 [cal/mol・K]</p> <p>E : 活性化エネルギー: <input style="width: 50px; height: 15px;" type="text"/> [cal/mol]</p> <p style="text-align: right;">(難燃エチレンプロピレンゴム/メーカー提示値)</p> <p>② 難燃 PN ケーブル (難燃 CPN ケーブル)</p> <p>t1 : 実環境年数 : <input style="width: 50px; height: 15px;" type="text"/></p> <p>t2 : 加速時間 : 126 時間</p> <p>T1 : 実環境温度 : 339 [K] (=65.6℃)</p> <p>T2 : 加速温度 : 394 [K] (=121℃)</p> <p>R : 気体定数 : 1.987 [cal/mol・K]</p> <p>E : 活性化エネルギー: <input style="width: 50px; height: 15px;" type="text"/> [cal/mol]</p> <p style="text-align: right;">(難燃エチレンプロピレンゴム/メーカー提示値)</p>

<p>タイトル</p>	<p>難燃 PN ケーブルの長期健全性試験条件の事故時条件（重大事故等時）の包絡性について</p>						
<p>説明</p>	<p>長期健全性試験における事故時雰囲気曝露試験条件と設計基準事故条件及び重大事故等条件の比較した結果を示す。</p> <p>難燃 CPN ケーブルの事故時雰囲気曝露試験条件は、重大事故等条件を包絡している。</p> <table border="1" data-bbox="512 882 1254 1133"> <tr> <th colspan="2">難燃 CPN ケーブル</th> </tr> <tr> <th>原子炉格納容器内</th> <th>条件</th> </tr> <tr> <td>事故時雰囲気曝露試験条件</td> <td></td> </tr> </table> <div data-bbox="477 1184 1337 1653" style="border: 1px solid black; height: 200px; margin-top: 20px;"></div> <p style="text-align: center;"><u>事故プロファイル</u>^{*2}</p> <p>*1: 事故時格納容器気相部温度ピーク時 </p> <p>*2: 大 LOCA + 循環冷却（早期注水ドライウエル）</p> <p>本事故プロファイルを包絡する試験条件設定にて、他事故プロファイルも包絡する</p> <p style="text-align: right;">以 上</p>	難燃 CPN ケーブル		原子炉格納容器内	条件	事故時雰囲気曝露試験条件	
難燃 CPN ケーブル							
原子炉格納容器内	条件						
事故時雰囲気曝露試験条件							

タイトル	震災時の原子炉格納容器内温度上昇に伴う敷設ケーブルの影響評価 について																																																						
説明	<p>震災時の原子炉格納容器内温度上昇に伴う敷設ケーブルの影響について評価した。</p> <p>評価対象ケーブルは、「原子炉格納容器内ケーブルの敷設環境調査」にて設計温度（65.6℃）を超過した、下記の測定箇所に敷設されている難燃 CPN ケーブルの評価を行った。</p> <p>震災発生後の停止操作時において、運転時の平均温度を超えた期間、その期間の平均温度を用いてアレニウス則により評価した結果、難燃 PN ケーブルで確認されている評価年数 15.8 年に対して、超過期間における評価年数は最長で 0.05 年であり、ケーブルの評価期間に対して与える影響は小さい。</p> <table border="1" data-bbox="416 1095 1350 1635"> <thead> <tr> <th>測定箇所</th> <th>運転時 平均温度 (℃)</th> <th>運転時平均 温度超過期間</th> <th>超過期間 最高温度 (℃)</th> <th>超過期間 平均温度 (℃)</th> <th>超過期間 評価年数 (年)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>B22-F013H</td> <td>69.5</td> <td>3/11 15:03~3/13 0:03</td> <td>91.1</td> <td>84.4</td> <td>0.05</td> </tr> <tr> <td>B22-F013K</td> <td>76.5</td> <td>3/11 15:41~3/12 13:41</td> <td>80.0</td> <td>79.0</td> <td>0.01</td> </tr> <tr> <td>B22-F013F</td> <td>69.6</td> <td>3/11 15:00~3/12 21:00</td> <td>82.5</td> <td>80.4</td> <td>0.02</td> </tr> <tr> <td>B22-F013R</td> <td>66.3</td> <td>3/11 15:01~3/13 5:31</td> <td>87.4</td> <td>77.8</td> <td>0.02</td> </tr> <tr> <td>B22-F013A</td> <td>72.2</td> <td>3/11 14:49~3/12 23:19</td> <td>85.9</td> <td>79.1</td> <td>0.02</td> </tr> <tr> <td>B22-F013U</td> <td>72.7</td> <td>3/11 15:04~3/12 22:34</td> <td>93.1</td> <td>82.1</td> <td>0.03</td> </tr> <tr> <td>安全弁エリア</td> <td>69.4</td> <td>3/11 15:04~3/12 17:34</td> <td>77.5</td> <td>75.0</td> <td>0.01</td> </tr> <tr> <td>安全弁エリア</td> <td>68.5</td> <td>3/11 15:00~3/12 22:30</td> <td>83.0</td> <td>79.7</td> <td>0.02</td> </tr> </tbody> </table>	測定箇所	運転時 平均温度 (℃)	運転時平均 温度超過期間	超過期間 最高温度 (℃)	超過期間 平均温度 (℃)	超過期間 評価年数 (年)	B22-F013H	69.5	3/11 15:03~3/13 0:03	91.1	84.4	0.05	B22-F013K	76.5	3/11 15:41~3/12 13:41	80.0	79.0	0.01	B22-F013F	69.6	3/11 15:00~3/12 21:00	82.5	80.4	0.02	B22-F013R	66.3	3/11 15:01~3/13 5:31	87.4	77.8	0.02	B22-F013A	72.2	3/11 14:49~3/12 23:19	85.9	79.1	0.02	B22-F013U	72.7	3/11 15:04~3/12 22:34	93.1	82.1	0.03	安全弁エリア	69.4	3/11 15:04~3/12 17:34	77.5	75.0	0.01	安全弁エリア	68.5	3/11 15:00~3/12 22:30	83.0	79.7	0.02
測定箇所	運転時 平均温度 (℃)	運転時平均 温度超過期間	超過期間 最高温度 (℃)	超過期間 平均温度 (℃)	超過期間 評価年数 (年)																																																		
B22-F013H	69.5	3/11 15:03~3/13 0:03	91.1	84.4	0.05																																																		
B22-F013K	76.5	3/11 15:41~3/12 13:41	80.0	79.0	0.01																																																		
B22-F013F	69.6	3/11 15:00~3/12 21:00	82.5	80.4	0.02																																																		
B22-F013R	66.3	3/11 15:01~3/13 5:31	87.4	77.8	0.02																																																		
B22-F013A	72.2	3/11 14:49~3/12 23:19	85.9	79.1	0.02																																																		
B22-F013U	72.7	3/11 15:04~3/12 22:34	93.1	82.1	0.03																																																		
安全弁エリア	69.4	3/11 15:04~3/12 17:34	77.5	75.0	0.01																																																		
安全弁エリア	68.5	3/11 15:00~3/12 22:30	83.0	79.7	0.02																																																		

説 明

$$\ln t_2 - \ln t_1 = \frac{E}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$$

t1 : 実環境年数 t2 : 加速時間
 T1 : 実環境温度 T2 : 加速温度
 R : 気体定数 E : 活性化エネルギー

測定箇所 : B22-F013H 用難燃 CPN ケーブル

t1 : 実環境年数

t2 : 加速時間 : 33 時間

T1 : 実環境温度 : 339 [K] (=65.6°C)

T2 : 加速温度 : 394 [K] (=84.4°C)

R : 気体定数 : 1.987 [cal/mol・K]

E : 活性化エネルギー : [cal/mol]

(難燃エチレンプロピレンゴム/メーカー提示値)

以 上

タイトル	電気ペネトレーションの温度解析評価について
説明	<p>格納容器破損防止対策の有効性評価での重大事故等時の事故条件をもとに、重大事故等時条件の中から温度条件等の厳しい「大 LOCA+循環冷却及び大 LOCA+ベント」条件を用いて、評価部位であるシール部及び電線部の温度を解析により求め、設計基準事故時雰囲気曝露試験の条件に包絡していることを確認した。</p> <p style="text-align: right;">以 上</p>

重大事故等時条件に対する試験条件の設定について

【事故時条件 1】 重大事故等時条件[大 LOCA+循環冷却(DW, SC)及び大 LOCA+循環冷却(早期注水)]

時間[h]	
格納容器内雰囲気温度[°C]	

重大事故等時条件[0~168 時間]

重大事故等時条件[0~0.4 時間拡大]

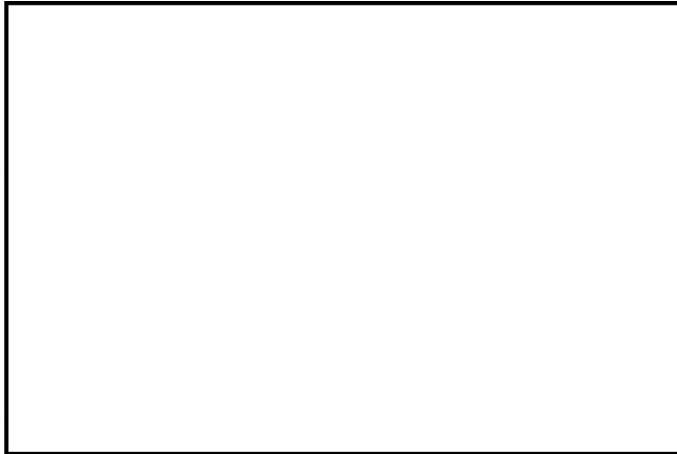
重大事故等時条件[0.4~1.0 時間拡大]

重大事故等時条件[1~31 時間拡大]

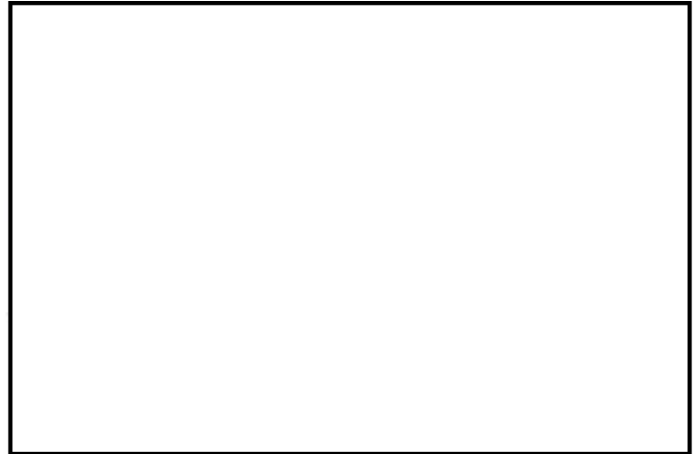
重大事故等時条件[30~60 時間拡大]

【事故時条件 2】 重大事故時条件[大 LOCA+循環冷却 (DW, SC) 及び大 LOCA+ベント (DW, SC)]

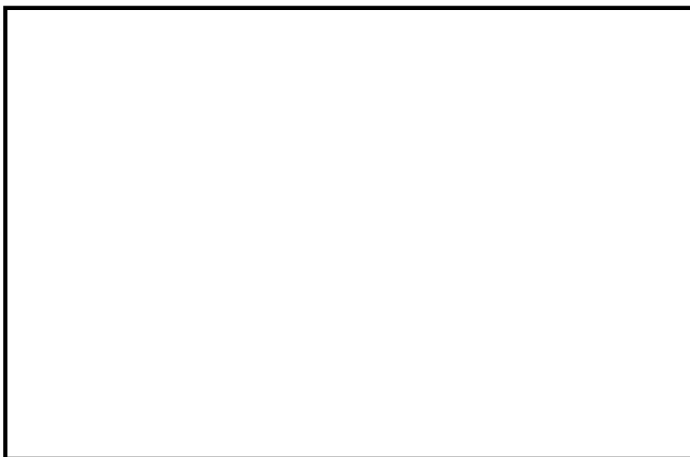
時間[h]	
格納容器内雰囲気温度[°C]	



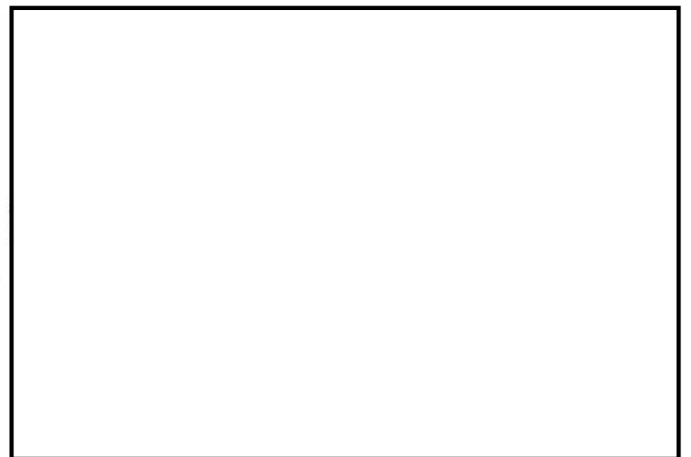
重大事故等時条件[0~168 時間]



重大事故等時条件[0~0.4 時間拡大]



重大事故等時条件[0~1.0 時間拡大]



重大事故等時条件[1.0~31 時間拡大]



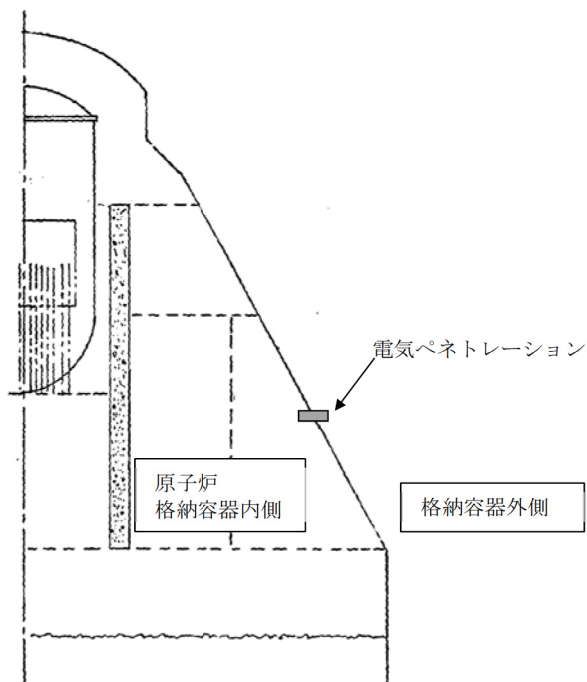
重大事故等時条件[90~110 時間拡大]



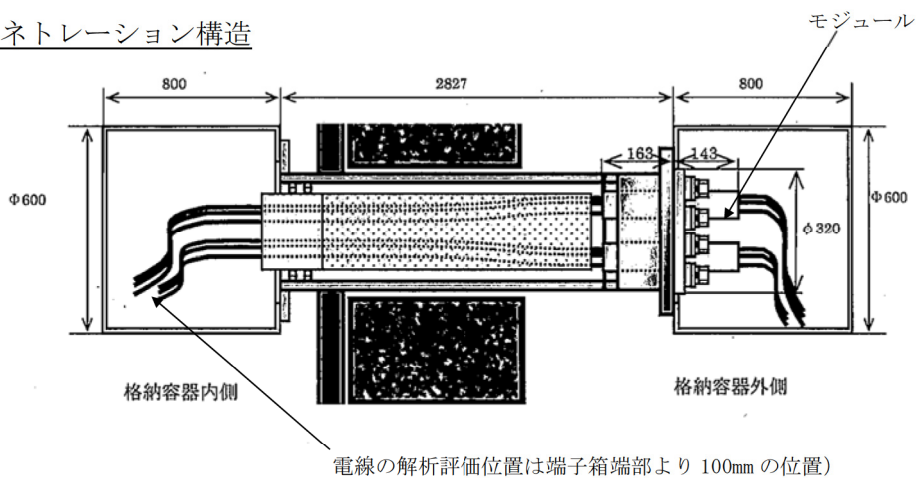
重大事故等時条件[110~130 時間拡大]

電気ペネトレーションの温度解析部分について

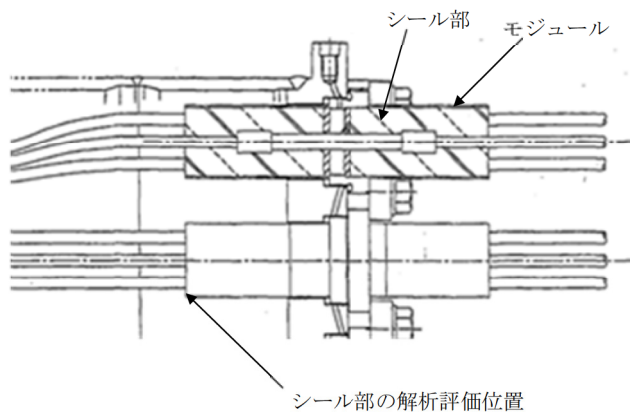
電気ペネトレーション配置



電気ペネトレーション構造



モジュール構造



電気ペネトレーションの温度解析について

解析にあたっては、電気ペネトレーションの構造体の解析モデルを作成し、各部位の物理特性値を条件に各事故プロファイル時における評価部位の温度について解析により算出し、設計基準事故時雰囲気における蒸気曝露試験条件に評価部位の解析温度が包絡することを確認する。

解析に用いる物理特性値

項目	熱伝導率 ※1※2 [W/mK]	比熱※2 [J/kgK]	密度※2 [kg/m ³]	表面放熱抵抗※1 [°Cm ² /W]
Cu				
PE				
エポキシ				
SUS				
空気				
鉄				
ベークライト				
コンクリート				

*1: 日本電線工業会規格

*2: 理科年表

エポキシはメーカーデータ値

蒸気曝露試験条件の各時間帯において、各部位の解析時の最高温度が継続したものとして評価する。

事故時条件 1, 2 とも蒸気曝露試験条件に包絡している。(包絡評価結果については、添付-13 参照)

設計基準事故時蒸気曝露試験条件と評価部位解析温度

	部位	
蒸気曝露試験条件*1	電線/シール部	
事故時条件 1*2	電線	
	シール部	
事故時条件 2*2	電線	
	シール部	

*1: 設計基準事故時の蒸気曝露試験条件

*2: 重大事故等時における評価部位の温度解析値

タイトル	電気ペネトレーションの熱サイクル試験について
説明	<p>電気ペネトレーションの熱サイクル試験回数は、40年相当で120回(3回/年)想定している。</p> <p>東海第二の40年運転までの起動停止回数は49回であり、60年運転までの20年間(3回/年)を考慮しても、試験回数の120回に包絡される。</p> <p style="text-align: right;">以 上</p>

タイトル	低圧電気ペネトレーションの長期健全性試験における評価期間について
説明	<p>低圧電気ペネトレーションの加速熱劣化における実環境年数の算定は、低圧電気ペネトレーションに使用されている有機材料のうち保守的な評価となる活性化エネルギー値を用いてアレニウスの式により算出している。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 10px 0;"> $\ln t_2 - \ln t_1 = \frac{E}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$ <p>t1 : 実環境年数 t2 : 加速時間 T1 : 実環境温度 T2 : 加速温度 R : 気体定数 E : 活性化エネルギー</p> </div> <p>【シール部】</p> <p>t1 : 実環境年数 : <input type="text"/></p> <p>t2 : 加速時間 : 168 時間</p> <p>T1 : 実環境温度 : 313 [K] (=40°C*)</p> <p>T2 : 加速温度 : 394 [K] (=121°C)</p> <p>R : 気体定数 : 1.987 [cal/mol・K]</p> <p>E : 活性化エネルギー : <input type="text"/> [cal/mol] (エポキシ樹脂/メーカー提示値)</p> <p>【電線】</p> <p>t1 : 実環境年数 : <input type="text"/></p> <p>t2 : 加速時間 : 168 時間</p> <p>T1 : 実環境温度 : 313 [K] (=40°C*)</p> <p>T2 : 加速温度 : 394 [K] (=121°C)</p> <p>R : 気体定数 : 1.987 [cal/mol・K]</p> <p>E : 活性化エネルギー : <input type="text"/> [cal/mol] (架橋ポリエチレン/メーカー提示値)</p> <p>* : 原子炉格納容器内通常時設計最高温度 65.6°C時における各部位の温度解析値</p> <p style="text-align: right;">以 上</p>

<p>タイトル</p>	<p>低圧電気ペネトレーションの長期健全性試験条件の事故時条件の包絡性について</p>																																				
<p>説明</p>	<p>長期健全性試験における事故時雰囲気曝露試験条件と設計基準事故条件の比較した結果を示す。</p> <p>【シール部】</p> <p>事故時雰囲気曝露試験条件は，設計基準事故条件並びに重大事故等条件1, 2 を包絡している。</p> <table border="1" data-bbox="435 801 1331 1736"> <thead> <tr> <th colspan="4">低圧電気ペネトレーション</th> </tr> <tr> <th></th> <th>条件</th> <th>44.5℃換算時間</th> <th>合計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4">事故時雰囲気曝露試験条件</td> <td rowspan="4" style="background-color: #cccccc;"></td> <td>18,290年</td> <td rowspan="4">29,877年</td> </tr> <tr> <td>5,881年</td> </tr> <tr> <td>2,377年</td> </tr> <tr> <td>3,329年</td> </tr> <tr> <td rowspan="4">設計基準*2事故条件</td> <td rowspan="4" style="background-color: #cccccc;"></td> <td>18,290年</td> <td rowspan="4">25,668年</td> </tr> <tr> <td>5,881年</td> </tr> <tr> <td>384年</td> </tr> <tr> <td>1,113年</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">重大事故*3条件1</td> <td rowspan="3" style="background-color: #cccccc;"></td> <td style="background-color: #cccccc;"></td> <td rowspan="3">温度、時間とも事故時雰囲気曝露試験条件に包絡</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #cccccc;"></td> </tr> <tr> <td style="background-color: #cccccc;"></td> </tr> <tr> <td rowspan="3">重大事故*3条件2</td> <td rowspan="3" style="background-color: #cccccc;"></td> <td style="background-color: #cccccc;"></td> <td rowspan="3">温度、時間とも事故時雰囲気曝露試験条件に包絡</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #cccccc;"></td> </tr> <tr> <td style="background-color: #cccccc;"></td> </tr> </tbody> </table> <p>活性化エネルギー：<input type="text"/> [cal/mol] (エポキシ樹脂/メーカ提示値)</p> <p>*1: 曝露試験は 121℃×302 時間にて実施しているが、重大事故等時条件に合わせ 158 時間に合わせて評価</p> <p>*2: 設計基準事故時における原子炉格納容器内の環境条件設計値</p> <p>*3: 重大事故等時における原子炉格納容器内の解析値</p>			低圧電気ペネトレーション					条件	44.5℃換算時間	合計	事故時雰囲気曝露試験条件		18,290年	29,877年	5,881年	2,377年	3,329年	設計基準*2事故条件		18,290年	25,668年	5,881年	384年	1,113年	重大事故*3条件1			温度、時間とも事故時雰囲気曝露試験条件に包絡			重大事故*3条件2			温度、時間とも事故時雰囲気曝露試験条件に包絡		
低圧電気ペネトレーション																																					
	条件	44.5℃換算時間	合計																																		
事故時雰囲気曝露試験条件		18,290年	29,877年																																		
		5,881年																																			
		2,377年																																			
		3,329年																																			
設計基準*2事故条件		18,290年	25,668年																																		
		5,881年																																			
		384年																																			
		1,113年																																			
重大事故*3条件1			温度、時間とも事故時雰囲気曝露試験条件に包絡																																		
重大事故*3条件2			温度、時間とも事故時雰囲気曝露試験条件に包絡																																		

説明

【電線】

事故時雰囲気曝露試験条件は、設計基準事故条件並びに重大事故等条件1,2を包絡している。

低圧電気ペネトレーション			
	条件	44.5℃換算時間	合計
事故時雰囲気曝露試験条件		5,563年	9,873年
		1,959年	
		856年	
		1,495年	
設計基準*2 事故条件		5,563年	8,337年
		1,959年	
		172年	
		643年	
重大事故*3 条件1			温度、時間とも事故時雰囲気曝露試験条件に包絡
重大事故*3 条件1		18年	7,731年
		18年	
		190年	
		7,505年	

活性化エネルギー： [cal/mol]

(架橋ポリエチレン/メーカー提示値)

*1:曝露試験は121℃×302時間にて実施しているが、重大事故等時条件に合わせ158時間に合わせて評価

*2:設計基準事故時における原子炉格納容器内の環境条件設計値

*3:重大事故等時における原子炉格納容器内の解析値

以上

タイトル	電気ペネトレーションの重大事故等時における耐圧評価について																										
説明	<p>長期健全性試験において、重大事故等時における圧力 0.62 MPa に対する確認は行われていないが、過去に実施した「共同研究 格納容器電気ペネトレーションの特性確認試験 (S63/3)」にて、重大事故等時の圧力、温度(0.62 MPa/61℃)を上回る値にて低圧電気ペネトレーションは、0.81 MPa (200 ℃)、高圧電気ペネトレーションは 0.79 MPa (200 ℃) にて健全性が維持できることを確認している。</p> <p>放射線に対しては、低圧モジュール型ペネトレーションのシール材はエポキシ樹脂であり、エポキシ樹脂の適用可能な放射線しきい値に対して集積線量は十分低いことから放射線による影響は小さいと判断する。</p> <table border="1" data-bbox="454 880 1310 1079"> <thead> <tr> <th rowspan="2">絶縁物</th> <th colspan="3">放射線量*1</th> <th rowspan="2">放射線線しきい値*4</th> </tr> <tr> <th>通常運転時*1</th> <th>重大事故等時*2</th> <th>合計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>エポキシ樹脂</td> <td>21 kGy</td> <td>14 kGy</td> <td>3.5×10^4 Gy</td> <td>2×10^6 Gy</td> </tr> </tbody> </table> <p>高圧モジュール型ペネトレーションのシール材はエチレンプロピレングムであり、エチレンプロピレングムの放射線劣化で物性値が半分となる線量に対して集積線量は十分低いことから放射線による影響は小さいと判断する。</p> <table border="1" data-bbox="454 1272 1310 1485"> <thead> <tr> <th rowspan="2">絶縁物</th> <th colspan="3">放射線量*1</th> <th rowspan="2">半値線量*5</th> </tr> <tr> <th>通常運転時*1</th> <th>重大事故等時*2</th> <th>合計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>エチレンプロピレングム</td> <td>21 kGy</td> <td>14 kGy</td> <td>3.5×10^4 Gy</td> <td>2.3×10^5 Gy</td> </tr> </tbody> </table> <p>*1:通常運転時におけるポンプ室の 60 年間の集積線量 (設計値) *2:設計基準事故時におけるポンプ室の集積線量 (設計値) *3:重大事故等時におけるポンプ室の集積線量 (解析値) *4:EPRI 1003456 「Aging Management Guidelines for Commercial Nuclear Power Plants Electrical and Mechanical Penetrations」 *5:エチレンプロピレングムの放射線劣化で物性値が半分となる線量</p> <p>以上のことから、放射線によるシール材の劣化は少なく、重大事故等時条件を上回る温度、圧力条件にて健全性が確認されていることから、重大事故等時においても健全性は維持できると判断する。</p> <p style="text-align: right;">以上</p>	絶縁物	放射線量*1			放射線線しきい値*4	通常運転時*1	重大事故等時*2	合計	エポキシ樹脂	21 kGy	14 kGy	3.5×10^4 Gy	2×10^6 Gy	絶縁物	放射線量*1			半値線量*5	通常運転時*1	重大事故等時*2	合計	エチレンプロピレングム	21 kGy	14 kGy	3.5×10^4 Gy	2.3×10^5 Gy
絶縁物	放射線量*1			放射線線しきい値*4																							
	通常運転時*1	重大事故等時*2	合計																								
エポキシ樹脂	21 kGy	14 kGy	3.5×10^4 Gy	2×10^6 Gy																							
絶縁物	放射線量*1			半値線量*5																							
	通常運転時*1	重大事故等時*2	合計																								
エチレンプロピレングム	21 kGy	14 kGy	3.5×10^4 Gy	2.3×10^5 Gy																							

<p>タイトル</p>	<p>電気ペネトレーションの加振評価について</p>
<p>説明</p>	<p>電気ペネトレーションの長期健全性試験条件の加振試験値「1,332Gal」は、新規制基準適合性評価において設定した基準地震動「9.50×10^3 Gal」を包絡していないが、加振試験による健全性の評価は、過去に実施している電気ペネトレーションの「モジュール耐震試験（<input type="text"/>）」にて加振値「19.6×10^3 Gal」にて健全性が確認されている。</p> <p>本試験は、新製モジュールを用いており、60年の温度、放射線による劣化を付与していないが、低圧モジュール型ペネトレーションのシール材のエポキシ樹脂、高圧モジュール型ペネトレーションのシール材のエチレンプロピレンゴムは、熱及び放射線による劣化は少なく、基準地震動を上回る加振値にて健全性が確認されていることから、基準地震動を上回る振動が加わっても健全性は維持できると判断する。（シール材の温度、放射線による劣化の詳細については、添付-14を参照）</p> <p>なお、モジュールに入る外部ケーブルは可とう性があり、シール材を貫通している内部電線部分に大きな力は加わらないため、加振によってシール材にクラックが入る可能性は小さいと考える。</p> <p style="text-align: right;">以上</p>

タイトル	電気ペネトレーションの取替実績について
説明	<p>電気ペネトレーションの取替実績は以下のとおり。</p> <p>〔高圧電気ペネトレーション〕</p> <ul style="list-style-type: none">・対象ペネ：X-101D 高圧動力用・取替時期：1988年（第9回定期検査）・取替理由：格納容器外側ケーブル接続端子損傷対応 <p>〔低圧電気ペネトレーション〕</p> <ul style="list-style-type: none">・対象ペネ：X-104C 制御棒位置指示用・取替時期：2009年（第24回定期検査）・取替理由：保全計画に基づいた設備の機能維持 <ul style="list-style-type: none">・対象ペネ：X-102A, X-106B 制御用 X-105C, X-105D 低圧動力用・取替時期：2013年（第25回定期検査）・取替理由：保全計画に基づいた設備の機能維持 <p style="text-align: right;">以上</p>

別紙 1. 高圧ポンプモータの評価について

1. 高圧ポンプモータの技術評価

(1) 高圧炉心スプレイ系ポンプモータの評価

a. 試験手順

高圧ポンプモータについて、図1の高圧ポンプモータ長期健全性試験手順により、固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下を評価した。

絶縁物の放射線影響については、使用環境、設計基準事故時及び重大事故等雰囲気における放射線量は低いことから、絶縁特性低下に至る可能性は小さいため劣化付与は行っていない。【添付-1)参照】



*：供試体は、東海第二で使用している「高圧炉心スプレイ系モータ」、「低圧炉心スプレイ系モータ」、「残留熱除去系ポンプモータ」と同等の高圧モータ【添付-2)参照】

図1 高圧ポンプモータ長期健全性試験手順

b. 試験条件

本試験条件は、表 1 に示すとおり、固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁物は、60 年間の通常運転期間を想定した熱、機械的及び設計基準事故時雰囲気による劣化条件を包絡している。

表 1 高圧ポンプモータ長期健全性試験後の絶縁抵抗測定結果

	試験条件	説明
熱的劣化	155 °C*1×24 日間	<p>高圧炉心スプレイ系ポンプ室の周囲最高温度 40.0 °C*2 に定格出力時のコイル温度上昇 55 °C (試験データ) を加えた 95 °C に対して、60 年間の通常運転期間を包絡する。</p> <p>口出線については、温度上昇限度はコイルの温度上昇限度よりも低いため、固定子コイルの評価に包含される。【添付-3) 参照】</p> <p>熱的劣化は期間中、モータ全負荷運転並びに期間中に 100 回の起動を確認【添付-4) 参照】</p>
事故時雰囲気曝露及び機械的劣化	<p>①試験温度：100 °C 試験環境：蒸気環境 試験時間：6 時間</p> <p>②試験温度：100 °C 試験環境：蒸気環境 試験時間：6 時間</p> <p>③試験温度：65 °C 試験環境：90 %湿度 試験時間：5 日間</p>	<p>東海第二の設計基準事故時の最高温度 100 °C 及び重大事故等時の最高温度 65.6 °C *3 を包絡する。【添付-5) 参照】【添付-7) 参照】</p>

*1：周囲温度 100 °C に定格出力時のコイル温度上昇 55 °C を加えた値

*2：通常運転時における高圧炉心スプレイポンプ室の環境条件設計値【添付-6) 参照】

*3：重大事故等時における高圧炉心スプレイポンプ室の環境条件解析値

c. 評価結果

本試験結果は表 2 に示すとおり、判定基準を満足しており、熱、機械的及び設計基準事故時雰囲気による劣化に対して、固定子コイル及び口出線・接続部品絶縁物は 60 年間の通常運転期間及び設計基準事故時雰囲気において絶縁性能を維持できると評価できる。

なお、重大事故等対処設備となる高圧炉心スプレイ系ポンプモータの重大事故等時における環境条件は、高圧ポンプモータ長期健全性試験の設計基準事故時曝露試験条件に包絡されていることから重大事故等時雰囲気においても絶縁性能を維持できると評価できる。

表2 高圧ポンプモータ長期健全性試験後の絶縁抵抗測定結果

試験手順	判定基準*	結果	判定
事故時雰囲気曝露及び機械的劣化試験終了後、高圧ポンプモータの絶縁抵抗測定を行う。	絶縁抵抗値：10 MΩ以上	①②の試験後：20 MΩ ③の試験後：60 MΩ	良

*：判定基準はメーカー判定（目安値）

(2) 現状保全

固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下に対しては、点検時に絶縁抵抗測定及び絶縁診断試験（直流吸収試験，交流電流試験，誘電正接試験及び部分放電試験）を行い，絶縁特性に有意な変化がないこと及び固定子コイルの目視確認，清掃を実施し異常がないことを確認しており，これまでの点検結果から有意な劣化は見られていない。

また，これらの点検で有意な絶縁特性の変化が認められた場合は，洗浄，乾燥及び絶縁補修（絶縁物にワニスを注入），又は固定子コイル及び口出線・接続部品を取替えることとしている。

さらに，メーカー推奨の更新時期を参考に適切な更新時期を選定しており，高圧炉心スプレイ系ポンプモータは，第16回定期検査時にコイルの巻替を，残留熱除去海水系ポンプモータ(A)(C)号機は，第13回定期検査時に，(B)(D)号機については，第14回定期検査時にモータの取替を実施している。【添付-7)参照】

(3) 総合評価

健全性評価結果から判断して，**評価期間内に**固定子コイル及び口出線・接続部品の有意な絶縁特性低下**が発生する**可能性は小さく，また，現状保全にて絶縁特性低下は把握可能と考えられる。

今後も，絶縁抵抗測定，絶縁診断試験，目視確認及び清掃を実施することで，異常の有無を把握可能であり，現状の保全は点検手法として適切であると判断する。

(4) 高経年化への対応

固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下に対しては，高経年化対策の観点から現状の保全内容に追加すべき項目はない。

今後も，点検時に絶縁抵抗測定，絶縁診断試験，目視確認及び清掃を実施していくとともに，必要に応じて洗浄，乾燥及び絶縁補修（絶縁物にワニスを注入）又は固定子コイル及び口出線・接続部品の取替を実施する。

2. 添付資料

- 1) 高圧ポンプモータの絶縁物に対する放射線の影響について
- 2) 高圧ポンプモータ長期健全性試験の供試体モータと評価対象高圧ポンプモータの仕様比較について
- 3) 高圧ポンプモータの長期健全性試験における評価期間について
- 4) 高圧ポンプモータ長期健全性試験の機械的劣化試験について
- 5) 高圧ポンプモータの長期健全性試験条件の事故時条件の包絡性について
- 6) 設計基準事故時及び重大事故等時雰囲気での機能要求のある高圧電動機の実環境条件について
- 7) 高圧ポンプモータ修繕，取替実績について

タイトル	高圧ポンプモータの絶縁物に対する放射線の影響について																																					
説明	<p>HPCS, LPCS, RHR-B, C ポンプモータの長期健全性試験では、放射線劣化の付与は行っていないため、放射線に対する影響評価については、文献データを用いて評価を行った。エポキシ樹脂の適用可能な放射線しきい値に対して集積線量は十分低いことから放射線による影響は小さいと判断する。</p> <p><設計基準事故時></p> <table border="1" data-bbox="419 891 1366 1111"> <thead> <tr> <th rowspan="2">電動機名称</th> <th rowspan="2">絶縁物</th> <th colspan="3">放射線量</th> <th rowspan="2">放射線しきい値*4</th> </tr> <tr> <th>通常運転時*1</th> <th>設計基準事故時*2</th> <th>合計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>HPCS, LPCS, RHR-A, B, C</td> <td>エポキシ樹脂</td> <td>80 Gy</td> <td>450 Gy</td> <td>5.3×10^2 Gy</td> <td>2×10^6 Gy</td> </tr> </tbody> </table> <p><重大事故等時></p> <table border="1" data-bbox="419 1207 1366 1505"> <thead> <tr> <th rowspan="2">電動機名称</th> <th rowspan="2">絶縁物</th> <th colspan="3">放射線量*1</th> <th rowspan="2">放射線しきい値*4</th> </tr> <tr> <th>通常運転時*1</th> <th>重大事故等時*3</th> <th>合計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>HPCS, LPCS, RHR-B, C</td> <td rowspan="2">エポキシ樹脂</td> <td rowspan="2">80 Gy</td> <td>1.5 kGy</td> <td>1.6×10^3 Gy</td> <td rowspan="2">2×10^6 Gy</td> </tr> <tr> <td>RHR-A</td> <td>28.5 kGy</td> <td>2.9×10^4 Gy</td> </tr> </tbody> </table> <p>*1:通常運転時における炉心スプレイ系エリアの60年間の集積線量（設計値） *2:設計基準事故時におけるHPCS, LPCS, RHRポンプ室の集積線量（設計値） *3:重大事故等時におけるHPCS, LPCS, RHRポンプ室の集積線量（解析値） *4:EPRI 1003456「Aging Management Guidelines for Commercial Nuclear Power Plants Electrical and Mechanical Penetrations」</p> <p style="text-align: right;">以上</p>					電動機名称	絶縁物	放射線量			放射線しきい値*4	通常運転時*1	設計基準事故時*2	合計	HPCS, LPCS, RHR-A, B, C	エポキシ樹脂	80 Gy	450 Gy	5.3×10^2 Gy	2×10^6 Gy	電動機名称	絶縁物	放射線量*1			放射線しきい値*4	通常運転時*1	重大事故等時*3	合計	HPCS, LPCS, RHR-B, C	エポキシ樹脂	80 Gy	1.5 kGy	1.6×10^3 Gy	2×10^6 Gy	RHR-A	28.5 kGy	2.9×10^4 Gy
電動機名称	絶縁物	放射線量			放射線しきい値*4																																	
		通常運転時*1	設計基準事故時*2	合計																																		
HPCS, LPCS, RHR-A, B, C	エポキシ樹脂	80 Gy	450 Gy	5.3×10^2 Gy	2×10^6 Gy																																	
電動機名称	絶縁物	放射線量*1			放射線しきい値*4																																	
		通常運転時*1	重大事故等時*3	合計																																		
HPCS, LPCS, RHR-B, C	エポキシ樹脂	80 Gy	1.5 kGy	1.6×10^3 Gy	2×10^6 Gy																																	
RHR-A			28.5 kGy	2.9×10^4 Gy																																		

タイトル	高圧ポンプモータ長期健全性試験の供試体モータと評価対象高圧ポンプモータの仕様比較について
説明	<p>高圧ポンプモータ長期健全性試験に使用した供試体モータと評価対象高圧ポンプモータの仕様について比較する。</p> <p>供試体モータの仕様は、設計基準事故時雰囲気において動作要求のある評価対象高圧ポンプモータ（高圧炉心スプレイ系ポンプモータ、低圧炉心スプレイ系ポンプモータ、残留熱除去系ポンプモータ）と出力に違いがあるだけで、同仕様のものである。</p> <p style="text-align: right;">以 上</p>

高圧ポンプモータ試験機及び評価対象高圧ポンプモータ仕様比較

	供試体モータ	高圧炉心スプレイポンプモータ	低圧炉心スプレイポンプモータ	残留熱除去系ポンプモータ
出力	110 kW	2, 280 kW	1, 250 kW	680 kW
電圧	6, 600 V	6, 600 V	6, 600 V	6, 600 V
極数	4P	4P	6P	6P
絶縁階級	F 種	F 種	F 種	B 種(A, C 号機) F 種(B 号機)
絶縁材	エポキシ樹脂	マイカ, エポキシ樹脂	マイカ, エポキシ樹脂	マイカ, エポキシ樹脂
型式	立軸開放防滴カゴ形電動機	立軸開放防滴カゴ形電動機	立軸開放防滴カゴ形電動機	立軸開放防滴カゴ形電動機
軸受方式	上部：メタル (自己潤滑, 水冷却方式) 下部：ころがり軸受 (自己潤滑, 自己冷却方式)	上部：メタル (自己潤滑, 水冷却方式) 下部：メタル (自己潤滑, 水冷却方式)	上部：ころがり軸受 (自己潤滑, 自己冷却方式) 下部：ころがり軸受 (自己潤滑, 自己冷却方式)	上部：ころがり軸受 (自己潤滑, 自己冷却方式) 下部：ころがり軸受 (自己潤滑, 自己冷却方式)
製造者				

タイトル	高圧ポンプモータの長期健全性試験における評価期間について
説明	<p>高圧ポンプモータの固定子コイル及び口出線・接続部品の加速熱劣化における実環境年数の算定は、固定子コイルの絶縁材（エポキシ）の活性化エネルギーを用いてアレニウスの式により算出している。</p> <p>各種高圧ポンプモータとも実環境年数は60年の運転を想定した期間を包絡している。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 10px 0;"> $\ln t_2 - \ln t_1 = \frac{E}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$ <p>t1 : 実環境年数 t2 : 加速時間 T1 : 実環境温度 T2 : 加速温度 R : 気体定数 E : 活性化エネルギー</p> </div> <p>【固定子コイル】</p> <p>t1 : 実環境年数 : <input style="width: 50px; height: 15px;" type="text"/></p> <p>t2 : 加速時間 : 576 時間</p> <p>T1 : 実環境温度 : 368 [K] (=95℃)*1</p> <p>T2 : 加速温度 : 428 [K] (=155℃)*2</p> <p>R : 気体定数 : 1.987 [cal/mol・K]</p> <p>E : 活性化エネルギー: <input style="width: 50px; height: 15px;" type="text"/> [cal/mol] (エポキシ樹脂/メーカー提示値)</p> <p>*1: 周囲環境温度 40℃に全負荷運転時の温度上昇 55℃を加えた温度 *2: 全負荷運転時の固定コイル最高温度 155℃</p>

説明

高圧ポンプモータの口出線・接続部品の絶縁特性低下に対する評価については、口出線に「耐熱性ポリフレックス口出線」が使用されているが、固定子コイルの絶縁材であるエポキシ樹脂にて評価を行っている。

口出線については、設計段階で温度上値が [] となるよう設計しており、固定子巻線の温度上昇 [] と比べると低い値となっており、寿命の10℃半減則を考慮すると固定子巻線を代表として考慮したほうが保守的と考え固定子コイルの絶縁材であるエポキシ樹脂を評価部位としている。

エポキシ樹脂の評価結果から10℃半減則をもとに口出線の活性化エネルギーを算出したところ、「耐熱性ポリフレックス口出線」の活性化エネルギーは []、口出線部の温度を周囲温度+上昇限度の [] とした場合、評価期間は2,166年となり、固定子コイルの評価期間よりも長いことから、固定子コイルのエポキシ樹脂を評価部位とすることは保守的であると考える。

【口出線】

t1 : 実環境年数 : []

t2 : 加速時間 : 576 時間

T1 : 実環境温度 : 368 [K] (=70℃)*1

T2 : 加速温度 : 428 [K] (=155℃)*2

R : 気体定数 : 1.987 [cal/mol・K]

E : 活性化エネルギー: [] [cal/mol]

(耐熱性ポリフレックス/計算値)

*1: 周囲環境温度 40 ℃に全負荷運転時の温度上昇 30 ℃を加えた温度

*2: 全負荷運転時の固定コイル最高温度 155 ℃

以 上

タイトル	高圧ポンプモータ長期健全性試験の機械的劣化試験について
説明	<p>長期健全性の評価に用いたモータ試験は、非常用炉心冷却系ポンプモータの特殊環境状態時における信頼性を実証するために行ったものであり、負荷試験時に実施された、モータの100回起動（1日目:35回、12日目:30回、24日目:35回）も信頼性の確認の一つとして実施されたものと思われる。</p> <p style="text-align: right;">以 上</p>

タイトル	高圧ポンプモータの長期健全性試験条件の事故時条件の包絡性について																																																
説明	<p>長期健全性評価における事故時雰囲気曝露試験条件と設計基準事故条件及び重大事故等条件の比較した結果を示す。</p> <p>事故時雰囲気曝露試験の試験条件は、設計基準事故条件及び重大事故等条件を包絡している。</p> <p>① 高圧炉心スプレイ系ポンプモータ</p> <table border="1" data-bbox="453 882 1329 1368"> <thead> <tr> <th colspan="4">高圧ポンプモータ</th> </tr> <tr> <th>原子炉建屋内</th> <th>条件</th> <th>48.9℃換算時間</th> <th>合計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">事故時雰囲気曝露試験条件</td> <td rowspan="3"></td> <td>3.1年</td> <td rowspan="3">6.4年</td> </tr> <tr> <td>3.1年</td> </tr> <tr> <td>0.2年</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">設計基準^{*1}事故条件</td> <td rowspan="3"></td> <td>3.1年</td> <td rowspan="3">3.3年</td> </tr> <tr> <td>0.01年</td> </tr> <tr> <td>0.2年</td> </tr> <tr> <td>重大事故等条件^{*2}</td> <td></td> <td>0.4年</td> <td>0.4年</td> </tr> </tbody> </table> <p>② 低圧炉心スプレイ系ポンプモータ</p> <table border="1" data-bbox="453 1464 1329 1951"> <thead> <tr> <th colspan="4">高圧ポンプモータ</th> </tr> <tr> <th>原子炉建屋内</th> <th>条件</th> <th>48.9℃換算時間</th> <th>合計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">事故時雰囲気曝露試験条件</td> <td rowspan="3"></td> <td>3.1年</td> <td rowspan="3">6.4年</td> </tr> <tr> <td>3.1年</td> </tr> <tr> <td>0.2年</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">設計基準^{*1}事故条件</td> <td rowspan="3"></td> <td>3.1年</td> <td rowspan="3">3.3年</td> </tr> <tr> <td>0.01年</td> </tr> <tr> <td>0.2年</td> </tr> <tr> <td>重大事故等条件^{*2}</td> <td></td> <td>0.07年</td> <td>0.07年</td> </tr> </tbody> </table>	高圧ポンプモータ				原子炉建屋内	条件	48.9℃換算時間	合計	事故時雰囲気曝露試験条件		3.1年	6.4年	3.1年	0.2年	設計基準 ^{*1} 事故条件		3.1年	3.3年	0.01年	0.2年	重大事故等条件 ^{*2}		0.4年	0.4年	高圧ポンプモータ				原子炉建屋内	条件	48.9℃換算時間	合計	事故時雰囲気曝露試験条件		3.1年	6.4年	3.1年	0.2年	設計基準 ^{*1} 事故条件		3.1年	3.3年	0.01年	0.2年	重大事故等条件 ^{*2}		0.07年	0.07年
高圧ポンプモータ																																																	
原子炉建屋内	条件	48.9℃換算時間	合計																																														
事故時雰囲気曝露試験条件		3.1年	6.4年																																														
		3.1年																																															
		0.2年																																															
設計基準 ^{*1} 事故条件		3.1年	3.3年																																														
		0.01年																																															
		0.2年																																															
重大事故等条件 ^{*2}		0.4年	0.4年																																														
高圧ポンプモータ																																																	
原子炉建屋内	条件	48.9℃換算時間	合計																																														
事故時雰囲気曝露試験条件		3.1年	6.4年																																														
		3.1年																																															
		0.2年																																															
設計基準 ^{*1} 事故条件		3.1年	3.3年																																														
		0.01年																																															
		0.2年																																															
重大事故等条件 ^{*2}		0.07年	0.07年																																														

③ 残留熱除去系ポンプモータ (A)

高圧ポンプ (RHR-A) モータ			
原子炉建屋内	条件	50 °C換算時間	合計
事故時雰囲気 曝露試験条件		2.5 年	5.2 年
		2.5 年	
		0.2 年	
設計基準 ^{*1} 事故条件		2.5 年	3.2 年
		0.01 年	
		0.5 年	
重大 ^{*2} 事故等条件		0.2 年	0.3 年
		0.3 年	

④ 残留熱除去系ポンプモータ (B), (C)

高圧ポンプ (RHR-B, C) モータ			
原子炉建屋内	条件	50 °C換算時間	合計
事故時雰囲気 曝露試験条件		2.5 年	5.2 年
		2.5 年	
		0.2 年	
設計基準 ^{*1} 事故条件		2.5 年	3.2 年
		0.01 年	
		0.5 年	
重大 ^{*2} 事故等条件		0.2 年	0.05 年
		0.05 年	

活性化エネルギー: [cal/mol] (エポキシ樹脂/メーカ提示値)

*1: 設計基準事故時における炉心スプレイ系エリアの環境条件設計値

*2: 重大事故等時における HPCS, LPCS, RHR ポンプ室の環境条件解析値

*3: 原子炉設置許可申請書の添付書類十 内「冷却材喪失事故」の解析から、事故発生後 12 日目以後は、事象収束状態にあるため、その時点におけるポンプ室への主な熱源と成り得るサブプレッション・チェンバ (ポンプ水源) の温度

以 上

タイトル	設計基準事故時及び重大事故等時雰囲気で機能要求のある高圧電動機の環境条件について																																																																
説明	<p>設計基準事故時及び重大事故等時雰囲気で機能要求のある高圧電動機の環境条件は下記のとおり。</p> <p>① 高圧炉心スプレイ系ポンプモータ</p> <table border="1" data-bbox="472 786 1329 994"> <thead> <tr> <th></th> <th>通常運転時</th> <th>設計基準事故時</th> <th>重大事故等時</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>周囲温度</td> <td>40 °C^{*1} (最高)</td> <td>100 °C^{*2} (最高)</td> <td>65.6 °C^{*3} (最高)</td> </tr> <tr> <td>最高圧力</td> <td>大気圧^{*1}</td> <td>0.00174 MPa^{*2}</td> <td>0.00174 MPa^{*3}</td> </tr> <tr> <td>放射線</td> <td>0.00015 Gy/h^{*1} (最大)</td> <td>4.5×10² Gy^{*2} (最大積算値)</td> <td>1.6×10³ Gy^{*3} (最大積算値)</td> </tr> </tbody> </table> <p>② 低圧炉心スプレイ系ポンプモータ</p> <table border="1" data-bbox="472 1043 1329 1252"> <thead> <tr> <th></th> <th>通常運転時</th> <th>設計基準事故時</th> <th>重大事故等時</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>周囲温度</td> <td>40 °C^{*1} (最高)</td> <td>100 °C^{*2} (最高)</td> <td>56.0 °C^{*3} (最高)</td> </tr> <tr> <td>最高圧力</td> <td>大気圧^{*1}</td> <td>0.00174 MPa</td> <td>0.0069 MPa^{*3}</td> </tr> <tr> <td>放射線</td> <td>0.00015 Gy/h^{*1} (最大)</td> <td>4.5×10² Gy^{*2} (最大積算値)</td> <td>1.6×10³ Gy^{*3} (最大積算値)</td> </tr> </tbody> </table> <p>③ 残留熱除去系ポンプモータ(A)</p> <table border="1" data-bbox="472 1301 1329 1509"> <thead> <tr> <th></th> <th>通常運転時</th> <th>設計基準事故時</th> <th>重大事故等時</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>周囲温度</td> <td>40 °C^{*1} (最高)</td> <td>100 °C^{*2} (最高)</td> <td>65.6 °C^{*3} (最高)</td> </tr> <tr> <td>最高圧力</td> <td>大気圧^{*1}</td> <td>0.00174 MPa^{*2}</td> <td>0.00174 MPa^{*3}</td> </tr> <tr> <td>放射線</td> <td>0.00015 Gy/h^{*1} (最大)</td> <td>4.5×10² Gy^{*2} (最大積算値)</td> <td>85×10³ Gy^{*3} (最大積算値)</td> </tr> </tbody> </table> <p>④ 残留熱除去系ポンプモータ(B), (C)</p> <table border="1" data-bbox="472 1559 1329 1767"> <thead> <tr> <th></th> <th>通常運転時</th> <th>設計基準事故時</th> <th>重大事故等時</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>周囲温度</td> <td>40 °C^{*1} (最高)</td> <td>100 °C^{*2} (最高)</td> <td>56.0 °C^{*3} (最高)</td> </tr> <tr> <td>最高圧力</td> <td>大気圧^{*1}</td> <td>0.00174 MPa^{*2}</td> <td>0.0069 MPa^{*3}</td> </tr> <tr> <td>放射線</td> <td>0.00015 Gy/h^{*1} (最大)</td> <td>4.5×10² Gy^{*2} (最大積算値)</td> <td>29×10³ Gy^{*3} (最大積算値)</td> </tr> </tbody> </table> <p>*1: 通常運転時における炉心スプレイ系エリアの設計値 *2: 設計基準事故時における炉心スプレイ系エリアの設計値 *3: 重大事故等時における HPCS, LPCS, RHR ポンプ室の解析値</p> <p style="text-align: right;">以 上</p>		通常運転時	設計基準事故時	重大事故等時	周囲温度	40 °C ^{*1} (最高)	100 °C ^{*2} (最高)	65.6 °C ^{*3} (最高)	最高圧力	大気圧 ^{*1}	0.00174 MPa ^{*2}	0.00174 MPa ^{*3}	放射線	0.00015 Gy/h ^{*1} (最大)	4.5×10 ² Gy ^{*2} (最大積算値)	1.6×10 ³ Gy ^{*3} (最大積算値)		通常運転時	設計基準事故時	重大事故等時	周囲温度	40 °C ^{*1} (最高)	100 °C ^{*2} (最高)	56.0 °C ^{*3} (最高)	最高圧力	大気圧 ^{*1}	0.00174 MPa	0.0069 MPa ^{*3}	放射線	0.00015 Gy/h ^{*1} (最大)	4.5×10 ² Gy ^{*2} (最大積算値)	1.6×10 ³ Gy ^{*3} (最大積算値)		通常運転時	設計基準事故時	重大事故等時	周囲温度	40 °C ^{*1} (最高)	100 °C ^{*2} (最高)	65.6 °C ^{*3} (最高)	最高圧力	大気圧 ^{*1}	0.00174 MPa ^{*2}	0.00174 MPa ^{*3}	放射線	0.00015 Gy/h ^{*1} (最大)	4.5×10 ² Gy ^{*2} (最大積算値)	85×10 ³ Gy ^{*3} (最大積算値)		通常運転時	設計基準事故時	重大事故等時	周囲温度	40 °C ^{*1} (最高)	100 °C ^{*2} (最高)	56.0 °C ^{*3} (最高)	最高圧力	大気圧 ^{*1}	0.00174 MPa ^{*2}	0.0069 MPa ^{*3}	放射線	0.00015 Gy/h ^{*1} (最大)	4.5×10 ² Gy ^{*2} (最大積算値)	29×10 ³ Gy ^{*3} (最大積算値)
	通常運転時	設計基準事故時	重大事故等時																																																														
周囲温度	40 °C ^{*1} (最高)	100 °C ^{*2} (最高)	65.6 °C ^{*3} (最高)																																																														
最高圧力	大気圧 ^{*1}	0.00174 MPa ^{*2}	0.00174 MPa ^{*3}																																																														
放射線	0.00015 Gy/h ^{*1} (最大)	4.5×10 ² Gy ^{*2} (最大積算値)	1.6×10 ³ Gy ^{*3} (最大積算値)																																																														
	通常運転時	設計基準事故時	重大事故等時																																																														
周囲温度	40 °C ^{*1} (最高)	100 °C ^{*2} (最高)	56.0 °C ^{*3} (最高)																																																														
最高圧力	大気圧 ^{*1}	0.00174 MPa	0.0069 MPa ^{*3}																																																														
放射線	0.00015 Gy/h ^{*1} (最大)	4.5×10 ² Gy ^{*2} (最大積算値)	1.6×10 ³ Gy ^{*3} (最大積算値)																																																														
	通常運転時	設計基準事故時	重大事故等時																																																														
周囲温度	40 °C ^{*1} (最高)	100 °C ^{*2} (最高)	65.6 °C ^{*3} (最高)																																																														
最高圧力	大気圧 ^{*1}	0.00174 MPa ^{*2}	0.00174 MPa ^{*3}																																																														
放射線	0.00015 Gy/h ^{*1} (最大)	4.5×10 ² Gy ^{*2} (最大積算値)	85×10 ³ Gy ^{*3} (最大積算値)																																																														
	通常運転時	設計基準事故時	重大事故等時																																																														
周囲温度	40 °C ^{*1} (最高)	100 °C ^{*2} (最高)	56.0 °C ^{*3} (最高)																																																														
最高圧力	大気圧 ^{*1}	0.00174 MPa ^{*2}	0.0069 MPa ^{*3}																																																														
放射線	0.00015 Gy/h ^{*1} (最大)	4.5×10 ² Gy ^{*2} (最大積算値)	29×10 ³ Gy ^{*3} (最大積算値)																																																														



高压ポンプモータ配置図（原子炉建屋地下2階）

タイトル	高圧ポンプモータ修繕，取替実績について
説明	<p>評価対象の高圧ポンプモータ修繕，取替実績は以下のとおり。</p> <p>① 残留熱除去海水系ポンプモータ（4台） 取替理由：予防保全のため 取替時期：第13回定期検査時（1993年度） 2台 第14回定期検査時（1995年度） 2台 取替内容：モーター一式取替</p> <p>② 高圧炉心スプレイ系ポンプモータ（1台） 取替理由：予防保全のため 取替時期：第16回定期検査時（1997年度） 取替内容：固定子巻替</p> <p>③ 低圧炉心スプレイ系ポンプモータ（1台） 取替理由：予防保全のため 取替時期：第17回定期検査時（1999年度） 取替内容：固定子巻替</p> <p>④ 残留熱除去系ポンプモータ（3台） 取替理由：予防保全のため 取替時期：第18回定期検査時（2000年度） 1台（B号機） 取替内容：モーター一式取替</p> <p style="text-align: right;">以 上</p>