

東海第二発電所 審査資料	
資料番号	TKK補-Ⅲ-5 改4
提出年月日	平成30年2月22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22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	13
(2) 電気ペネトレーションの評価	14
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	17
3) 総合評価	17
4) 高経年化への対応	17
4. 代表機器以外の技術評価	18
5. まとめ	26
(1) 審査基準適合性	26
(2) 保守管理に関する方針として策定する事項	26
別紙 1. 高圧ポンプモータの評価について	50
別紙 2. 高圧ケーブルの評価について	65
別紙 3. 低圧ケーブルの評価について	74
別紙 4. 同軸ケーブルの評価について	90
別紙 5. 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 6. 電動弁用駆動部の評価について	
別紙 7. 計測制御設備の評価について	118
別紙 8. 電気・計装設備の評価（共通項目）について	130

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中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。

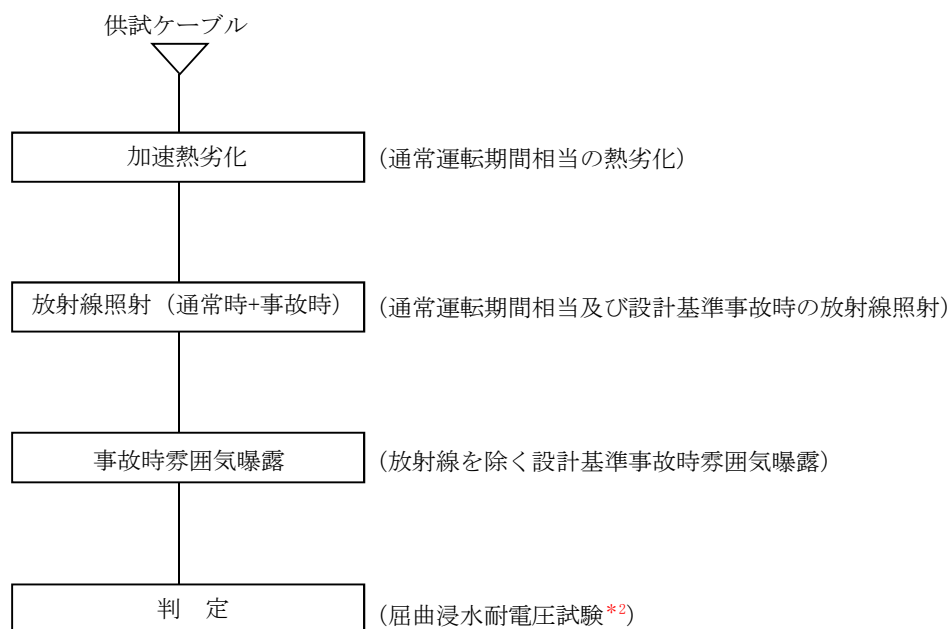


図 1.1 難燃 PN ケーブルの長期健全性試験手順

*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の状態では、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 * ¹ 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階一部エリアを除いた、原子炉格納容器内の環境温度実測値平均温度が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の65.6℃を設定
原子炉格納容器内の通常運転時における原子炉格納容器内の実測放射線量率が
0.12Gy/hであったため、保守的に設計放射線量率の0.25Gy/h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難燃 PN ケーブルと同等で絶縁体厚さの一番薄い難燃 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。

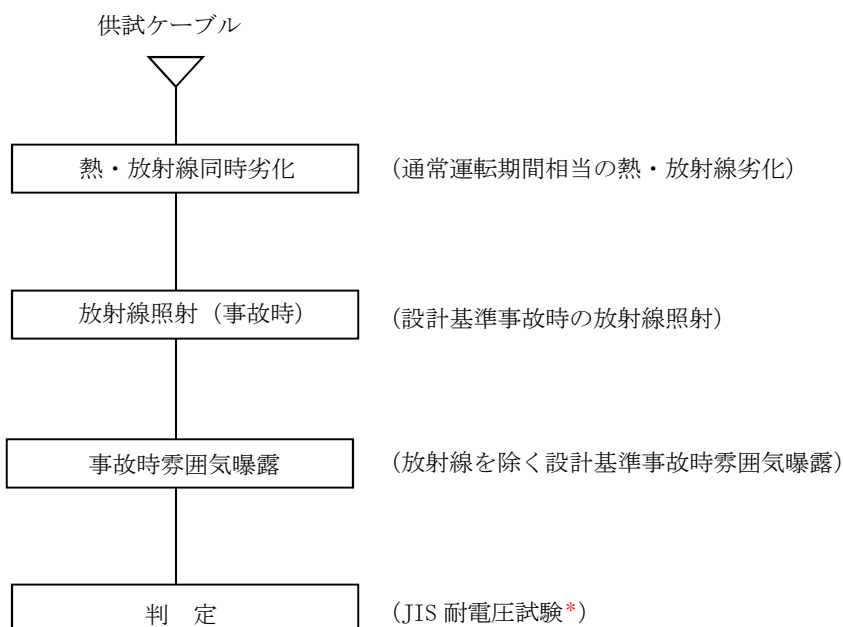


図 1.2 難燃 PN ケーブルの ACA ガイドに基づく試験手順

*: 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階一部エリアを除いた、原子炉格納容器内の環境温度実測値
平均温度が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に設定

【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

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中で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。

東海第二において、重大事故等時雰囲気中で機能要求のある難燃性 PN ケーブルには、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 ケーブルがある。

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、難燃 CPN-SLA ケーブル及び難燃 PN-PSLATX-GR ケーブルを用いた。

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-5) 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。

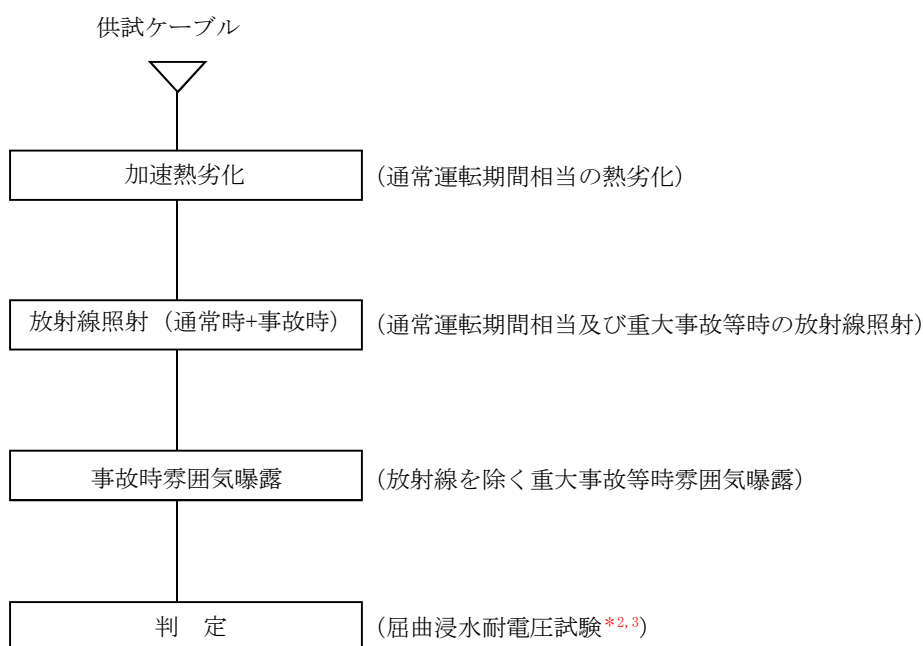


図 1.3 難燃 PN ケーブルの長期健全性試験手順

*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	【難燃 CPN ケーブル】 121℃×126 時間 【難燃 CPN-SLA ケーブル】 【難燃 PN-PSLATX-GR ケーブル】 121℃×251 時間	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-6】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 706 kGy (30 年間の通常運転期間相当の線量 約 66 kGy ^{*1} 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	最高温度：235 ℃ (200 ℃×168 時間, その内 5 分間は 235 ℃) 最高圧力：0.62 MPa 曝露時間：7 日間	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-7】参照】

*1：原子炉格納容器内の4階一部エリアを除いた、原子炉格納容器内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℃に設定
原子炉格納容器内の通常運転時における実測放射線量率が0.12Gy/hであったため、原子炉格納容器内の放射線量率は保守的に設計放射線量率の0.25Gy/hに設定

【添付-4】参照】

*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。【添付-8) 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**長期健全性試験にて確認された同等のケーブル**に取替を行うこととする。

(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条件及び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、電気ペネトレーションの設置されている環境条件及び構造は同じであることから、核計装用モジュール型電気ペネトレーションを代表に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-9) 参照】

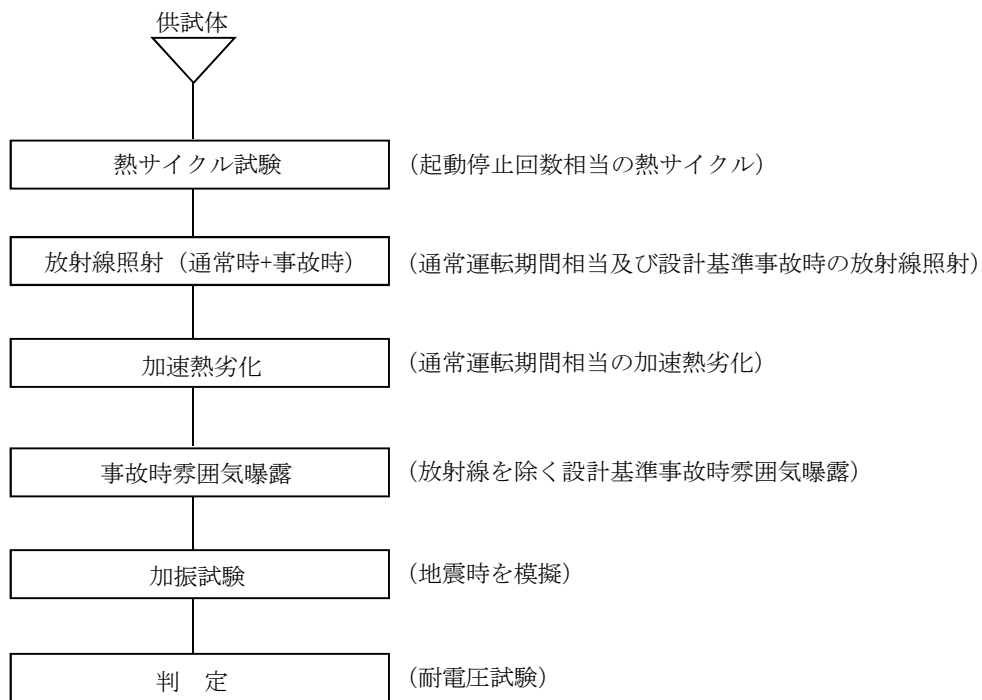


図 2.2 核計装用モジュール型電気ペネトレーションの長期健全性試験手順

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℃⇔66℃/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-10)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 に重大事故等時の最大積算値 640 kGy を加えた線量) を包絡する。
加速熱劣化	121℃×7日間	東海第二に設置されている電気ペネトレーションの通常運転時におけるシール部及び電線部の解析温度 40℃^{*1} に対して60年間の通常運転期間を包絡する。【添付-11)参照】
事故時雰囲気曝露	最高温度：171℃ 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℃^{*2} 、最高圧力 0.31MPa^{*2} 及び重大事故等時の最高温度 約 135℃^{*3} を包絡する。【添付-12)参照】 なお、重大事故時の最高圧力 0.62MPa 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電気ペネトレーションシール部、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気ペネトレーション電線部の温度解析値

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-13）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-14）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*	結果
耐電圧 AC 720 V を 4 秒間印加	絶縁破壊しないこと	良

*: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-15) 参照】

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。


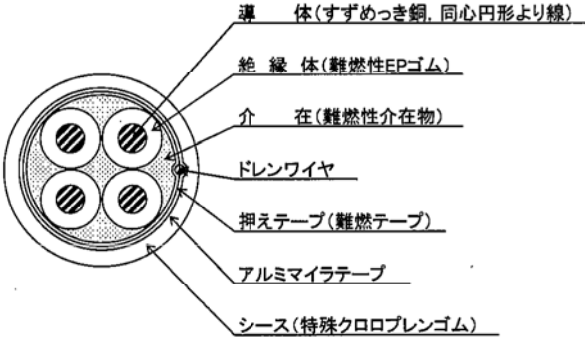
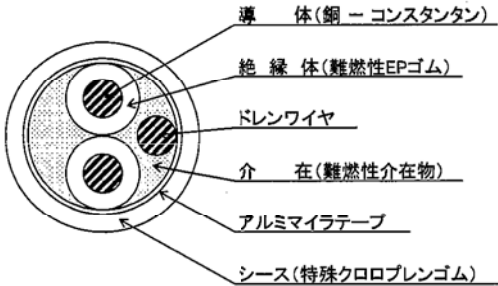
表2 電気・計装設備の保守管理に関する方針

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) 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
- 6) 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
- 7) 難燃 PN ケーブルの重大事故等時の長期健全性試験条件について
- 8) 震災時のプラント停止操作時における原子炉格納容器内温度上昇に伴う設置機器等の評価について
- 9) 電気ペネトレーションの温度解析評価について
- 10) 電気ペネトレーションの熱サイクル試験について
- 11) 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
- 12) 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
- 13) 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
- 14) 電気ペネトレーションの加振評価について
- 15) 電気ペネトレーションの取替実績について

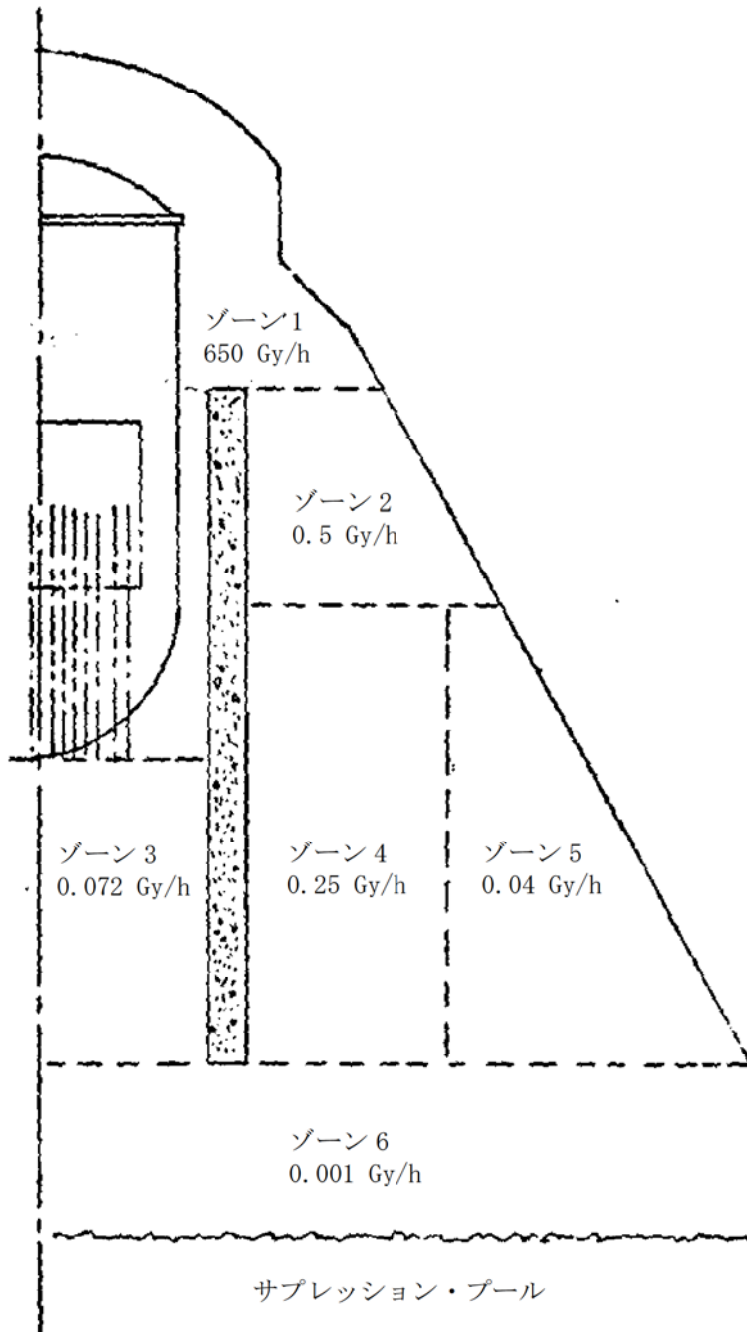
タイトル	難燃 PN ケーブルの種別及び構造について
説明	<p>難燃 PN ケーブルの種別及び構造は以下のとおり。</p> <p>【難燃 PN ケーブル】 難燃性エチレンプロピレンゴム絶縁特殊クロロプレングムシース電力ケーブル</p> <p>【難燃 CPN ケーブル】* 難燃性エチレンプロピレンゴム絶縁特殊クロロプレングムシース制御ケーブル</p>  <p>導 体(すずめっき銅, 同心円形より線) 絶 縁 体(難燃性EPゴム) 介 在(難燃性介在物) 押えテープ(難燃テープ) シース(特殊クロロプレングム)</p> <p>*: 難燃 PN ケーブルと難燃 CPN ケーブルは、ほぼ同一構造であり、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 ケーブル】 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 ケーブル】 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°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 style="width: 80px; height: 20px;" 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>

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="475 882 1331 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>【通常運転時周囲温度】</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℃）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℃）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℃であったため、保守的に設計温度の 65.6℃に設定した。</p> <p>【通常運転時放射線量率】</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^{*1}</th> <th>重大事故等時^{*2}</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>周囲温度</td> <td>65.6℃（最高）</td> <td>171℃（最高）</td> <td>235℃（最高）</td> </tr> <tr> <td>最高圧力</td> <td>0.0138 MPa</td> <td>0.31 MPa</td> <td>0.62 MPa</td> </tr> <tr> <td>放射線</td> <td>0.250 Gy/h （最大）</td> <td>2.6×10² kGy （最大積算値）</td> <td>640 kGy （最大積算値）</td> </tr> </tbody> </table> <p>^{*1}: 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 ^{*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</p> <p style="text-align: right;">以 上</p>		通常運転時	設計基準事故時 ^{*1}	重大事故等時 ^{*2}	周囲温度	65.6℃（最高）	171℃（最高）	235℃（最高）	最高圧力	0.0138 MPa	0.31 MPa	0.62 MPa	放射線	0.250 Gy/h （最大）	2.6×10 ² kGy （最大積算値）	640 kGy （最大積算値）
	通常運転時	設計基準事故時 ^{*1}	重大事故等時 ^{*2}														
周囲温度	65.6℃（最高）	171℃（最高）	235℃（最高）														
最高圧力	0.0138 MPa	0.31 MPa	0.62 MPa														
放射線	0.250 Gy/h （最大）	2.6×10 ² kGy （最大積算値）	640 kGy （最大積算値）														

格納容器内エリア運転時線量率



出典:BWR EQUIPMENT ENVIROMENTAL INTERFACE DATA

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 日までの期間を想定しており、設計基準事故時に比べ事故の想定期間が短いことから、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 耐電圧試験法を用いた。</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: 80px;" type="text"/></p> <p>t2 : 加速時間 : 251 時間</p> <p>T1 : 実環境温度 : 339 [K] (=65.6°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 style="width: 80px;" 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> <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: 80px;" type="text"/></p> <p>t2 : 加速時間 : 126 時間</p> <p>T1 : 実環境温度 : 339 [K] (=65.6°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 style="width: 80px;" 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>

タイトル	難燃 PN ケーブルの重大事故等時の長期健全性試験条件について						
説明	<p>格納容器破損防止対策の有効性評価で想定した重大事故等時条件を全て包絡する重大事故等時プロファイルをもとに長期健全性試験の事故時雰囲気曝露試験条件を設定した。</p> <table border="1" data-bbox="512 837 1254 1084"> <tr> <th colspan="2" data-bbox="512 837 1254 882">難燃 CPN ケーブル</th> </tr> <tr> <td data-bbox="512 882 810 949">原子炉格納容器内</td> <td data-bbox="810 882 1254 949">条件</td> </tr> <tr> <td data-bbox="512 949 810 1084">事故時雰囲気曝露試験条件</td> <td data-bbox="810 949 1254 1084"></td> </tr> </table> <div data-bbox="477 1137 1337 1608" style="border: 1px solid black; height: 210px; width: 539px;"></div> <p data-bbox="772 1608 1018 1641" style="text-align: center;"><u>事故プロファイル</u>*2</p> <p data-bbox="443 1671 1195 1711">*1: 重大事故等時格納容器気相部温度ピーク時 </p> <p data-bbox="443 1720 1043 1753">*2: 大 LOCA+循環冷却 (早期注水ドライウエル)</p> <p data-bbox="1235 1816 1326 1850" 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	震災時のプラント停止操作時における原子炉格納容器内温度上昇に伴う設置機器等の評価について																																																						
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 1099 1350 1637"> <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想定した重大事故等時条件を全て包絡する重大事故等時プロファイルを用いて、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]

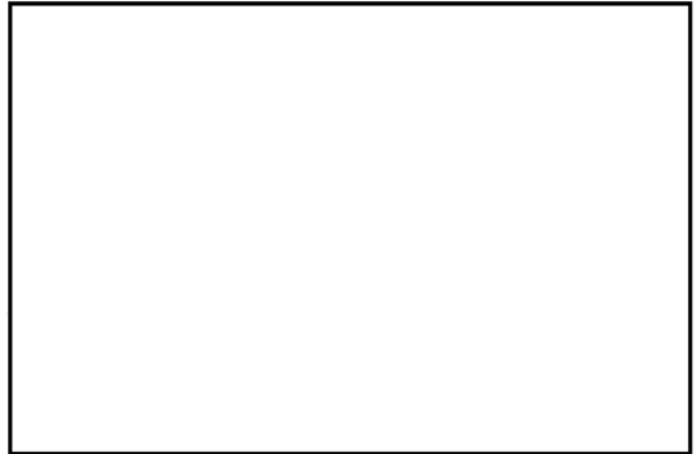
重大事故等時条件[30~60 時間拡大]

【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]



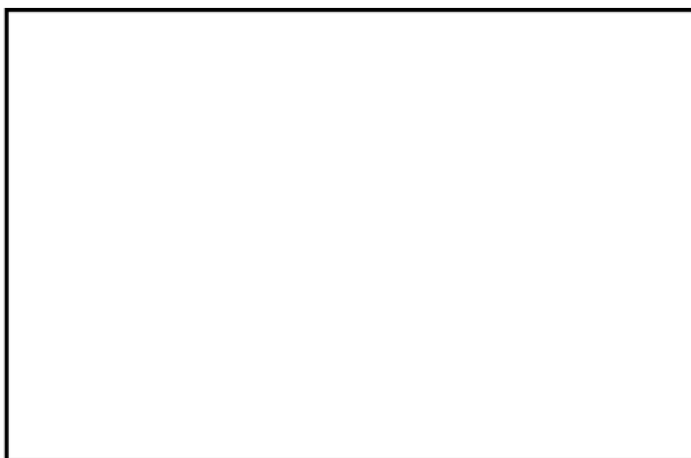
重大事故等時条件[0~0.4 時間拡大]



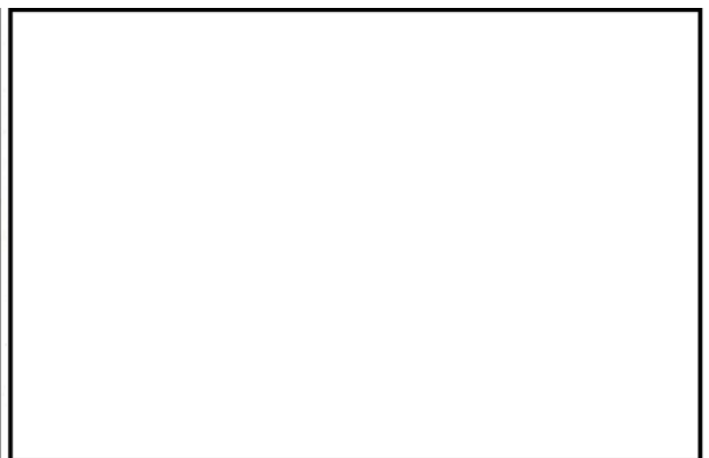
重大事故等時条件[0~1.0 時間拡大]



重大事故等時条件[1.0~31 時間拡大]



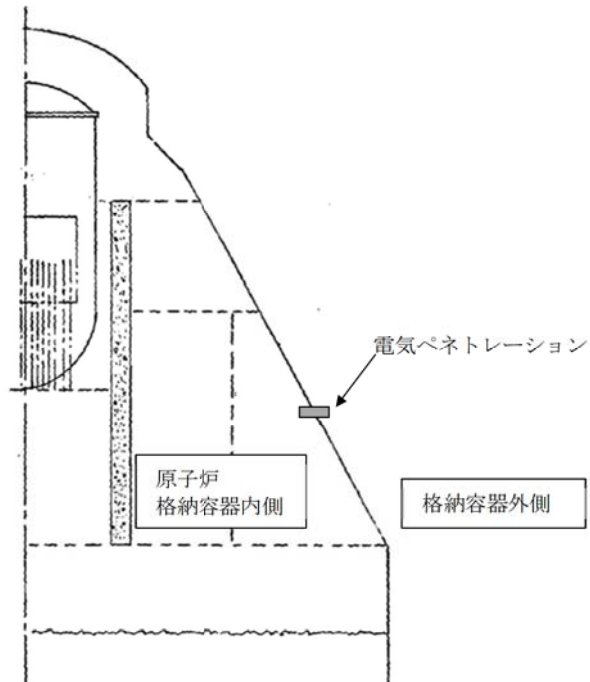
重大事故等時条件[90~110 時間拡大]



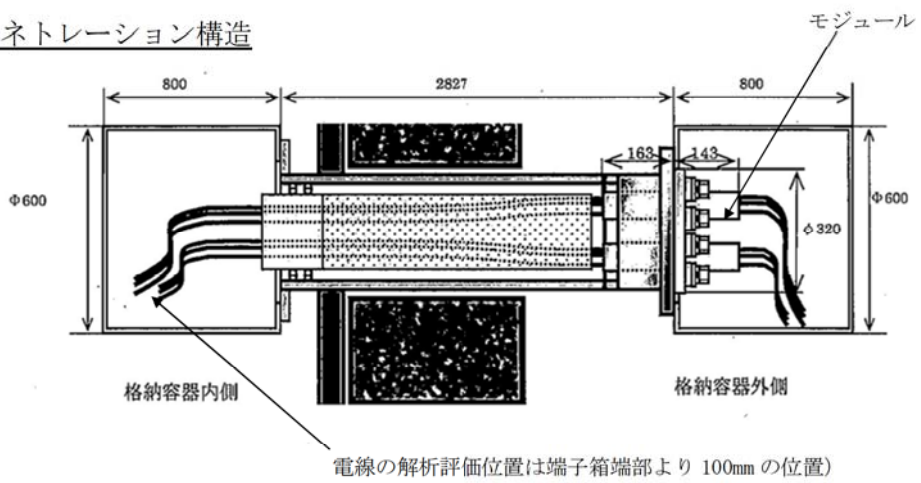
重大事故等時条件[110~130 時間拡大]

電気ペネトレーションの温度解析部分について

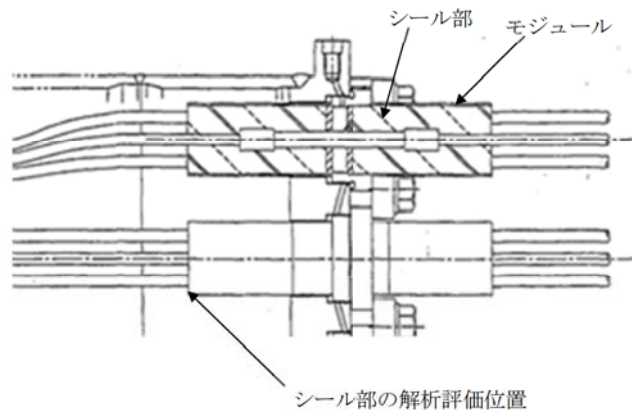
電気ペネトレーション配置



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]	表面放散熱抵抗※1 [°Cm ² /W]
Cu				
PE				
エポキシ				
SUS				
空気				
鉄				
ペークライト				
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各時間帯の解析による最高温度

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年運転までの実績にもとづく過渡回数は65回であり、試験回数の120回に包絡される。</p> <p>60年運転を想定した場合の推定過渡回数は110回であり、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シール部及び電線部の加速熱劣化における実環境年数の算定は、シール部及び電線部の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> <p>東海第二に設置されている低圧電気ペネトレーションは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>【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℃*)</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 type="text"/> [cal/mol] (エポキシ樹脂/メーカー提示値)</p> <p>【電線部】</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℃*)</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 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℃時における各部位の温度解析値</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条件の事故時条件の包絡性について																																
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>【シール部】</p> <p>事故時雰囲気曝露試験条件は、設計基準事故条件及び重大事故等条件1, 2を包絡している。</p> <table border="1" data-bbox="435 763 1331 1697"> <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"></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"></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>重大事故*3条件1</td> <td></td> <td></td> <td>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>重大事故*3条件2</td> <td></td> <td></td> <td>温度、時間とも事故時雰囲気曝露試験条件に包絡</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<input type="text"/>時間にて実施しているが、重大事故等時条件に合わせて<input type="text"/>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電気ペネトレーションシール部の環境条件解析値</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

【電線部】

事故時雰囲気曝露試験条件は，設計基準事故条件及び重大事故等条件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2		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:曝露試験は時間にて実施しているが，重大事故等時条件に合わせ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電気ペネトレーション電線部の環境条件解析値

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 1077"> <thead> <tr> <th rowspan="2">絶縁物</th> <th colspan="3">放射線量</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ゴムであり、エチレンプロピレンゴ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</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ゴム</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:重大事故等時におけるポンプ室の集積線量(解析値) *3:EPRI 1003456「Aging Management Guidelines for Commercial Nuclear Power Plants Electrical and Mechanical Penetrations」 *4:エチレンプロピレンゴ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			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			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ゴム	21 kGy	14 kGy	3.5×10^4 Gy	2.3×10^5 Gy
絶縁物	放射線量			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			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ゴム	21 kGy	14 kGy	3.5×10^4 Gy	2.3×10^5 Gy																							

タイトル	電気ペネトレーションの加振評価について
説明	<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（H24/10/25 日立電線株）」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条件

	試験条件	説明
熱的劣化	155 °C*1×24 日間	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。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】
事故時雰囲気曝露	① 試験温度：100 °C 試験環境：蒸気環境 試験時間：6 時間 ② 試験温度：100 °C 試験環境：蒸気環境 試験時間：6 時間 ③ 試験温度：65 °C 試験環境：90 %湿度 試験時間：5 日間	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-4) 参照】

*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

*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

*2 及び *3 は【添付-5) 参照】

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-6参照】

(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) 高圧ポンプモータの長期健全性試験条件の事故時条件の包絡性について
- 5) 設計基準事故時及び重大事故等時雰囲気機能要求のある高圧電動機の環境条件について
- 6) 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 1369 1115"> <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 1209 1369 1507"> <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）及び口出線の絶縁材（ポリフレックス）の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> <p>各種高圧ポンプモータは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]</p> <p style="text-align: center;">(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	<p>【口出線】</p> <p>t1 : 実環境年数 : <input type="text"/></p> <p>t2 : 加速時間 : 576 時間</p> <p>T1 : 実環境温度 : 368 [K] (=70°C)*1</p> <p>T2 : 加速温度 : 428 [K] (=155°C)*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 type="text"/> [cal/mol]</p> <p>(耐熱性ポリフレックス/メーカー提示値)</p> <p>*1: 周囲環境温度 40 °Cに口出線の温度上昇限度 30°Cを加えた温度</p> <p>*2: 全負荷運転時の固定コイル最高温度 155 °C</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 1331 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 1331 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/メーカー提示値)

*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の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の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="475 788 1329 996"> <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="475 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="475 1299 1329 1507"> <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="475 1554 1329 1762"> <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環境条件設計値 *2: 設計基準事故時における炉心スプレイ系エリアの環境条件設計値 *3: 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</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)																																																														



高圧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>

別紙 2. 高圧ケーブルの評価について

1. 高圧ケーブルの技術評価

(1) 高圧ケーブルの評価

1) 電気学会推奨案による健全性評価

a. 評価手順

設計基準事故時及び重大事故等時雰囲気内で機能要求のある高圧架橋ポリエチレン絶縁難燃性特殊耐熱ビニルシースケーブル（以下「高圧難燃 CV ケーブル」という。）の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。

また、重大事故等時雰囲気における健全性の評価は、重大事故等時条件が**設計基準事故時雰囲気曝露試験条件**に包絡することを確認する。

高圧難燃 CV ケーブル長期健全性試験手順を図 1.1 に示す。

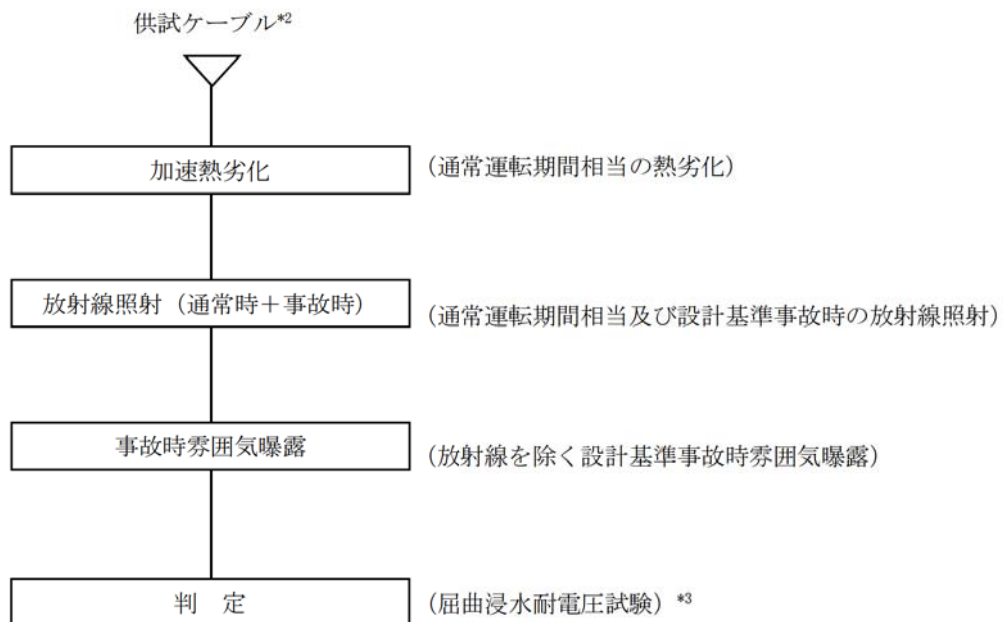


図 1.1 高圧難燃 CV ケーブル長期健全性試験手順

*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：供試ケーブルは、東海第二で使用している高圧ケーブルと同等の高圧難燃CVケーブル。

*3： 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高圧難燃 CV ケーブルの 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を想定した条件を包絡している。

高圧難燃 CV ケーブルの長期健全性試験条件を表 1.1 に示す。

表 1.1 高圧難燃 CV ケーブル長期健全性試験条件

	試験条件	説明
加速熱劣化	121 °C × 168 時間	原子炉建屋の周囲最高温度 40.0 °C*1 では、60 年間の通常運転期間を包絡する。【添付-1) 参照】
放射線照射	放射線照射線量：500 kGy	東海第二で想定される線量 約 0.53 kGy (60 年間の通常運転期間相当の線量 約 0.080 kGy に設計基準事故時の最大積算値 0.45 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 84.7 kGy (60 年間の通常運転期間相当の線量 約 0.080 kGy に重大事故等時の最大積算値 84.6 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 °C 最高圧力：0.427 MPa 曝露時間：25 時間	東海第二で想定される設計基準事故時の最高温度 100 °C*2、最高圧力 0.001744 MPa*2 及び重大事故等時の最高温度 65.6 °C*3、最高圧力 0.0069 MPa*3 を包絡する。【添付-2) 参照】

*1： 通常運転時における原子炉建屋内の高圧難燃 CV ケーブル敷設箇所 (HPCS ポンプ室) の環境条件設計値

*2： 設計基準事故時における原子炉建屋内の高圧難燃 CV ケーブル敷設箇所 (HPCS ポンプ室) の環境条件設計値

*3： 重大事故等時における原子炉建屋内の高圧難燃 CV ケーブル敷設箇所 (HPCS ポンプ室) の環境条件解析値

*1～*3 は 【添付-3) 参照】

c. 試験結果

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、高圧難燃 CV 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。

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 に示す。

表 1.2 高圧難燃 CV ケーブル長期健全性試験結果

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(約 33.0 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

(2) 現状保全

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、傾向管理を行っている。

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。

なお、東海第二に布設されている高圧ケーブルについては、新規制基準の火災防護に係わる対応として、長期停止期間中に非難燃ケーブルより高圧難燃 CV ケーブルへ全数引替え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、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低く、また、絶縁特性低下は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で把握可能と考えられる。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、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行うこととする。

2. 添付資料

- 1) 高圧ケーブルの長期健全性試験における評価期間について
- 2) 設計基準事故時及び重大事故等時雰囲気機能要求のある高圧ケーブルの環境条件について
- 3) 高圧ケーブルの長期健全性試験条件の包絡性について

タイトル	高圧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>高圧難燃 CV 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。高圧難燃 CV 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>t1 : 実環境年数 <input style="width: 50px; height: 15px;" 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 style="width: 50px; height: 15px;" type="text"/> cal/mol]</p> <p style="text-align: center;">(架橋ポリエチレン/メーカー提示値)</p> <p style="text-align: right;">以 上</p>

タイトル	高圧ケーブル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>高圧難燃 CV ケーブルの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>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>a. 残留熱除去系ポンプ (A)</p> <table border="1" data-bbox="475 931 1331 1368"> <thead> <tr> <th colspan="4">高圧難燃 CV ケーブル</th> </tr> <tr> <th>原子炉建屋内</th> <th>条件</th> <th>65.6℃換算時間</th> <th>合計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">事故時雰囲気曝露試験</td> <td rowspan="6">*3</td> <td>49.7年</td> <td rowspan="2">55.6年</td> </tr> <tr> <td>5.9年</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">設計基準^{*1}事故条件</td> <td>0.1年</td> <td rowspan="3">0.3年</td> </tr> <tr> <td>0.0006年</td> </tr> <tr> <td>0.03年</td> </tr> <tr> <td>重大事故等条件^{*2}</td> <td>0.24年</td> <td rowspan="2">0.01年</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0.01年</td> </tr> </tbody> </table> <p>b. 残留熱除去系ポンプ (B) (C)</p> <table border="1" data-bbox="475 1458 1331 1895"> <thead> <tr> <th colspan="4">高圧難燃 CV ケーブル</th> </tr> <tr> <th>原子炉建屋内</th> <th>条件</th> <th>56.0℃換算時間</th> <th>合計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">事故時雰囲気曝露試験</td> <td rowspan="6">*3</td> <td>245.2年</td> <td rowspan="2">274.7年</td> </tr> <tr> <td>29.5年</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">設計基準^{*1}事故条件</td> <td>0.5年</td> <td rowspan="3">1.7年</td> </tr> <tr> <td>0.003年</td> </tr> <tr> <td>0.15年</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">重大事故等条件^{*2}</td> <td>1.1年</td> <td rowspan="2">0.01年</td> </tr> <tr> <td>0.01年</td> </tr> </tbody> </table>	高圧難燃 CV ケーブル				原子炉建屋内	条件	65.6℃換算時間	合計	事故時雰囲気曝露試験	*3	49.7年	55.6年	5.9年	設計基準 ^{*1} 事故条件	0.1年	0.3年	0.0006年	0.03年	重大事故等条件 ^{*2}	0.24年	0.01年		0.01年	高圧難燃 CV ケーブル				原子炉建屋内	条件	56.0℃換算時間	合計	事故時雰囲気曝露試験	*3	245.2年	274.7年	29.5年	設計基準 ^{*1} 事故条件	0.5年	1.7年	0.003年	0.15年	重大事故等条件 ^{*2}	1.1年	0.01年	0.01年
高圧難燃 CV ケーブル																																														
原子炉建屋内	条件	65.6℃換算時間	合計																																											
事故時雰囲気曝露試験	*3	49.7年	55.6年																																											
		5.9年																																												
設計基準 ^{*1} 事故条件		0.1年	0.3年																																											
		0.0006年																																												
		0.03年																																												
重大事故等条件 ^{*2}		0.24年	0.01年																																											
	0.01年																																													
高圧難燃 CV ケーブル																																														
原子炉建屋内	条件	56.0℃換算時間	合計																																											
事故時雰囲気曝露試験	*3	245.2年	274.7年																																											
		29.5年																																												
設計基準 ^{*1} 事故条件		0.5年	1.7年																																											
		0.003年																																												
		0.15年																																												
重大事故等条件 ^{*2}		1.1年	0.01年																																											
	0.01年																																													

説明

c. 高圧炉心スプレイ系ポンプ

高圧難燃 CV ケーブル			
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		848.9年	951.2年
		102.3年	
設計基準 ^{*1} 事故条件		1.8年	2.0年
		0.01年	
		0.2年	
重大事故等条件 ^{*2}		0.3年	0.3年

d. 低圧炉心スプレイ系ポンプ

高圧難燃 CV ケーブル			
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		848.9年	951.2年
		102.3年	
設計基準 ^{*1} 事故条件		1.8年	2.0年
		0.01年	
		0.2年	
重大事故等条件 ^{*2}		0.06年	0.06年

活性化エネルギー: [cal/mol]

(架橋ポリエチレン/メーカ提示値)

*1: 設計基準事故時におけるポンプ室の環境条件設計値

*2: 重大事故等時における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ケーブル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ケーブルの敷設箇所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室</p> <table border="1" data-bbox="475 741 1331 949"> <thead> <tr> <th></th> <th>通常運転時*1</th> <th>設計基準事故時*2</th> <th>重大事故等時</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>周囲温度</td> <td>40 °C (最高)</td> <td>100 °C(最高)</td> <td>65.6 °C*3 (最高)</td> </tr> <tr> <td>最高圧力</td> <td>大気圧</td> <td>0.00174 MPa</td> <td>0.00174 MPa*4</td> </tr> <tr> <td>放射線</td> <td>0.00015 Gy/h (最大)</td> <td>4.5×10² Gy (最大積算値)</td> <td>29×10³ 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室</p> <table border="1" data-bbox="475 999 1331 1207"> <thead> <tr> <th></th> <th>通常運転時*1</th> <th>設計基準事故時*2</th> <th>重大事故等時*3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>周囲温度</td> <td>40 °C (最高)</td> <td>100 °C(最高)</td> <td>56.0 °C (最高)</td> </tr> <tr> <td>最高圧力</td> <td>大気圧</td> <td>0.00174 MPa</td> <td>0.0069 MPa</td> </tr> <tr> <td>放射線</td> <td>0.00015 Gy/h (最大)</td> <td>4.5×10² Gy *2 (最大積算値)</td> <td>29×10³ Gy (最大積算値)</td> </tr> </tbody> </table> <p>③ 残留熱除去系ポンプ(A)室</p> <table border="1" data-bbox="475 1256 1331 1464"> <thead> <tr> <th></th> <th>通常運転時*1</th> <th>設計基準事故時*2</th> <th>重大事故等時</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>周囲温度</td> <td>40 °C (最高)</td> <td>100 °C(最高)</td> <td>65.6 °C*3 (最高)</td> </tr> <tr> <td>最高圧力</td> <td>大気圧</td> <td>0.00174 MPa</td> <td>0.00174 MPa*4</td> </tr> <tr> <td>放射線</td> <td>0.00015 Gy/h (最大)</td> <td>4.5×10² Gy (最大積算値)</td> <td>84.6×10³ Gy*3 (最大積算値)</td> </tr> </tbody> </table> <p>④ 残留熱除去系ポンプ(B), (C)室</p> <table border="1" data-bbox="475 1514 1331 1722"> <thead> <tr> <th></th> <th>通常運転時*1</th> <th>設計基準事故時*2</th> <th>重大事故等時*3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>周囲温度</td> <td>40 °C (最高)</td> <td>100 °C(最高)</td> <td>56.0 °C (最高)</td> </tr> <tr> <td>最高圧力</td> <td>大気圧</td> <td>0.00174 MPa</td> <td>0.0069 MPa</td> </tr> <tr> <td>放射線</td> <td>0.00015 Gy/h (最大)</td> <td>4.5×10² Gy (最大積算値)</td> <td>29×10³ Gy (最大積算値)</td> </tr> </tbody> </table> <p>*1:通常運転時におけるポンプ室の環境条件設計値 *2:設計基準事故時におけるポンプ室の環境条件設計値 *3:重大事故等時におけるポンプ室の環境条件解析値 *4:設計基準事故時におけるポンプ室の設計最高圧力（水密扉にて区画された重大事故等時圧力上昇要因の無いエリア）</p>		通常運転時*1	設計基準事故時*2	重大事故等時	周囲温度	40 °C (最高)	100 °C(最高)	65.6 °C*3 (最高)	最高圧力	大気圧	0.00174 MPa	0.00174 MPa*4	放射線	0.00015 Gy/h (最大)	4.5×10 ² Gy (最大積算値)	29×10 ³ Gy*3 (最大積算値)		通常運転時*1	設計基準事故時*2	重大事故等時*3	周囲温度	40 °C (最高)	100 °C(最高)	56.0 °C (最高)	最高圧力	大気圧	0.00174 MPa	0.0069 MPa	放射線	0.00015 Gy/h (最大)	4.5×10 ² Gy *2 (最大積算値)	29×10 ³ Gy (最大積算値)		通常運転時*1	設計基準事故時*2	重大事故等時	周囲温度	40 °C (最高)	100 °C(最高)	65.6 °C*3 (最高)	最高圧力	大気圧	0.00174 MPa	0.00174 MPa*4	放射線	0.00015 Gy/h (最大)	4.5×10 ² Gy (最大積算値)	84.6×10 ³ Gy*3 (最大積算値)		通常運転時*1	設計基準事故時*2	重大事故等時*3	周囲温度	40 °C (最高)	100 °C(最高)	56.0 °C (最高)	最高圧力	大気圧	0.00174 MPa	0.0069 MPa	放射線	0.00015 Gy/h (最大)	4.5×10 ² Gy (最大積算値)	29×10 ³ Gy (最大積算値)
	通常運転時*1	設計基準事故時*2	重大事故等時																																																														
周囲温度	40 °C (最高)	100 °C(最高)	65.6 °C*3 (最高)																																																														
最高圧力	大気圧	0.00174 MPa	0.00174 MPa*4																																																														
放射線	0.00015 Gy/h (最大)	4.5×10 ² Gy (最大積算値)	29×10 ³ Gy*3 (最大積算値)																																																														
	通常運転時*1	設計基準事故時*2	重大事故等時*3																																																														
周囲温度	40 °C (最高)	100 °C(最高)	56.0 °C (最高)																																																														
最高圧力	大気圧	0.00174 MPa	0.0069 MPa																																																														
放射線	0.00015 Gy/h (最大)	4.5×10 ² Gy *2 (最大積算値)	29×10 ³ Gy (最大積算値)																																																														
	通常運転時*1	設計基準事故時*2	重大事故等時																																																														
周囲温度	40 °C (最高)	100 °C(最高)	65.6 °C*3 (最高)																																																														
最高圧力	大気圧	0.00174 MPa	0.00174 MPa*4																																																														
放射線	0.00015 Gy/h (最大)	4.5×10 ² Gy (最大積算値)	84.6×10 ³ Gy*3 (最大積算値)																																																														
	通常運転時*1	設計基準事故時*2	重大事故等時*3																																																														
周囲温度	40 °C (最高)	100 °C(最高)	56.0 °C (最高)																																																														
最高圧力	大気圧	0.00174 MPa	0.0069 MPa																																																														
放射線	0.00015 Gy/h (最大)	4.5×10 ² Gy (最大積算値)	29×10 ³ Gy (最大積算値)																																																														

別紙 3. 低圧ケーブルの評価について

1. 低圧ケーブルの評価

1) ACA ガイドによる健全性評価（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低圧ケーブルには、以下のケーブルがある。

- ①「架橋ポリエチレン絶縁ビニルシースケーブル」（以下「CV ケーブル」という。）
- ②「難燃架橋ポリエチレン絶縁難燃性特殊耐熱ビニルシースケーブル」（以下「難燃 CV ケーブル」という。）
- ③「シリコーンゴム絶縁ガラスシースケーブル」（以下「KGB 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、「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、CV ケーブル、難燃 CV ケーブル及び KGB ケーブル（原子炉格納容器内）」の供試ケーブルは、東海第二で使用しているケーブルと同等の CV ケーブル、難燃 CV ケーブル及び KGB 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 1.1 に示す。

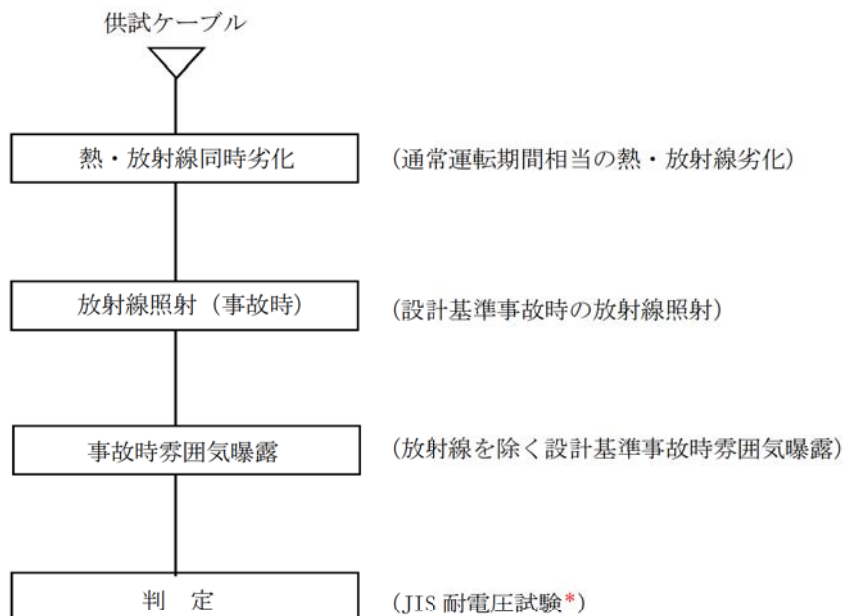


図 1.1 低圧ケーブルの ACA ガイドに基づく試験手順

*: 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、実機架橋条件に基づいて CV ケーブル、難燃 CV ケーブル及び KGB 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。

CV ケーブル、難燃 CV ケーブル及び KGB ケーブルの試験条件を表 1.1、表 1.2 及び表 1.3 に示す。

表 1.1 CV 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—89.3 Gy/h—805 時間	「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 研究」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、原子炉建屋の周囲最高温度 40°C ^{*1} で評価した結果、60 年間の通常運転期間を包絡する。
放射線照射 (事故時)	放射線照射線量 : 260 kGy	東海第二で想定される設計基準事故時の最大積算値約 7.0 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 0.001744 MPa ^{*2} を包絡する。

*1: 通常運転時における CV ケーブル敷設箇所(原子炉建屋)の環境条件設計値

*2: 設計基準事故時における CV ケーブル敷設箇所(原子炉建屋)の環境条件設計値

*1, *2 は【添付-3】参照

表 1.2 難燃 CV 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－99.3 Gy/h－2,500 時間	「ACA 研究」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建屋の周囲最高温度 40°C*1 で評価した結果、60 年間の通常運転期間を包絡する。
放射線照射 (事故時)	放射線照射線量 : 100 kGy	東海第二で想定される設計基準事故時の最大積算値 7.0 kGy を包絡する。
事故時雰囲気曝露	最高温度 : 171 °C (171 °C×1 時間, 121 °C×24 時間) 最高圧力 : 0.427 MPa 曝露時間 : 25 時間	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 0.001744 MPa*2 を包絡する。

*1: 通常運転時における難燃 CV ケーブル敷設箇所 (原子炉建屋) の環境条件設計値

*2: 設計基準事故時における難燃 CV ケーブル敷設箇所 (原子炉建屋) の環境条件設計値

*1, *2 は【添付-3】参照

表 1.3 KGB ケーブル (原子炉格納容器内) 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－99.7 Gy/h－6,241 時間	「ACA 研究」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、60 年間の通常運転期間を包絡する。
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 約 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: 通常運転時における KGB ケーブル敷設箇所 (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 KGB ケーブル敷設箇所 (原子炉格納容器内) の環境条件設計値

*1, *2 は【添付-3】参照

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、東海第二の環境条件に展開し評価した結果、CV ケーブル、難燃 CV ケーブル及び KGB ケーブル(原子炉格納容器内)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。

CV ケーブル、難燃 CV ケーブル及び KGB ケーブルの試験結果を 1.4, 表 1.5 及び表 1.6 に示す。

表 1.2 CV ケーブル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 3605 「600 V ポリエチレンケーブル」

表 1.4 難燃 CV ケーブル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 3605 「600 V ポリエチレンケーブル」

表 1.6 KGB ケーブル (原子炉格納容器内) 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 3323 「600 V けい素ゴム絶縁電線」

(2) 低圧ケーブル (CV ケーブル, 難燃 CV ケーブル及び KGB ケーブル) の評価

1) 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

東海第二において使用されている重大事故等時雰囲気で機能要求がある CV ケーブル及び難燃 CV 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異なる製造メーカーの CV ケーブル、難燃 CV ケーブルは東海第二で使用しているケーブルと同等のケーブルを用いた。

低圧ケーブル長期健全性試験手順を図 2.1 に示す。

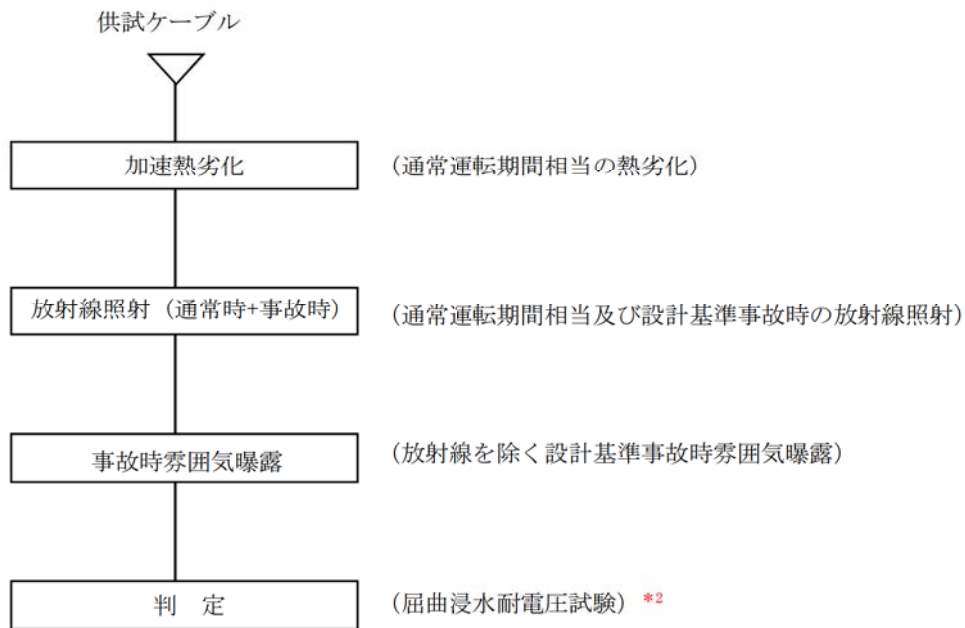


図 2.1 低圧ケーブル長期健全性試験手順 (電気学会推奨案)

*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 CV ケーブル及び難燃 CV ケーブルの 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を想定した条件及び KGB ケーブル(原子炉格納容器内)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。

CV ケーブル、難燃 CV ケーブル及び KGB ケーブル(原子炉格納容器内)の長期健全性試験条件を表 2.1、表 2.2 及び表 2.3 に示す。

表 2.1 CV ケーブル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	135℃×149 時間	原子炉格納容器外の周囲最高温度 40 ℃* ¹ では、60 年間の通常運転期間を包絡する。【添付-1)参照】
放射線照射 (通常時+事故時)	放射線照射線量 : 760 kGy	東海第二で想定される線量 約 7.1 kGy (60 年間の通常運転期間相当の線量 約 80 Gy に設計基準事故時の最大積算値約 7.0 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 116.1 kGy (60 年間の通常運転期間相当の線量 約 80 Gy に重大事故等時の最大積算値約 116.0 kGy を加えた線量) を包絡する。【添付-2)参照】
事故時雰囲気曝露	最高温度 : 171 ℃ (171 ℃×1 時間, 121 ℃×24 時間) 最高圧力 : 0.427 MPa 曝露時間 : 25 時間	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 0.001744 MPa* ² 及び重大事故等時の最高温度 105 ℃* ³ , 最高圧力 0.0069 MPa* ³ を包絡する。【添付-2)参照】

*1:通常運転時における CV ケーブル敷設箇所(原子炉建屋)の環境条件設計値

*2:設計基準事故時における CV ケーブル敷設箇所(原子炉建屋)の環境条件設計値

*3:重大事故等時における CV ケーブル敷設箇所(原子炉建屋)の環境条件解析値

*1~*3 は【添付-3)参照】

表 2.2 難燃 CV ケーブル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 °C×168 時間	原子炉格納容器外の周囲最高温度 40 °C ^{*1} では、60 年間の通常運転期間を包絡する。
放射線照射 (通常時+事故時)	放射線照射線量：500 kGy	東海第二で想定される線量 約 7.1 kGy (60 年間の通常運転期間相当の線量 約 80 Gy に設計基準事故時の最大積算値約 7.0 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 116.1 kGy (60 年間の通常運転期間相当の線量 約 80 Gy に重大事故等時の最大積算値 116.0 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 °C (171 °C×1 時間, 121 °C×24 時間) 最高圧力：0.427 MPa 曝露時間：25 時間	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 0.001744 MPa ^{*2} 及び重大事故等時の最高温度 105 °C ^{*3} , 最高圧力 0.0069 MPa ^{*3} を包絡する。

*1: 通常運転時における難燃 CV ケーブル敷設箇所(原子炉建屋)の環境条件設計値

*2: 設計基準事故時における難燃 CV ケーブル敷設箇所(原子炉建屋)の環境条件設計値

*3: 重大事故等時における難燃 CV ケーブル敷設箇所(原子炉建屋)の環境条件解析値

*1～*3 は【添付-3】参照

表 2.3 KGB ケーブル（原子炉格納容器内）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 °C×168 時間	原子炉格納容器内の周囲最高温度 65.6 °C ^{*1} では、60 年間の通常運転期間を包絡する。
放射線照射 (通常時+事故時)	放射線照射線量：760 kGy	東海第二で想定される線量 約 530 kGy (約 60 年間の通常運転期間相当の線量 約 270 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 °C (171 °C×5 時間 50 分, 160 °C×3 時間, 150 °C×4 時間, 121 °C×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 °C ^{*2} , 最高圧力 0.31 MPa を包絡する。

*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難燃 CV ケーブル敷設箇所(原子炉建屋)の設計値

*1, *2 は【添付-3】参照

c. 試験結果

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、CV ケーブル、難燃 CV ケーブル及び KGB ケーブル(原子炉格納容器内)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。

CV ケーブル、難燃 CV ケーブル及び KGB ケーブル(原子炉格納容器内)の長期健全性試験結果を表 2.4、表 2.5 及び表 2.6 に示す。

表 2.4 CV ケーブル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 (14.5 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 2.5 難燃 CV ケーブル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 (26.7 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 2.6 KGB ケーブル (原子炉格納容器内) 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 (14.0 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

(2) 現状保全

「CV ケーブル」、「難燃 CV ケーブル」及び「KGB ケーブル(原子炉格納容器内)」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

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く、また、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られる。

(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、必要に応じて取替を行うこととする

2. 添付資料

- 1) 低圧ケーブルの長期健全性試験における評価期間について
- 2) 低圧ケーブルの長期健全性試験条件の事故時条件の包絡性について
- 3) 設計基準事故時及び重大事故等時雰囲気機能要求のある低圧ケーブルの環境条件について

タイトル	低圧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。 低圧ケーブルは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 auto; width: fit-content;"> $\ln t_2 - \ln t_1 = \frac{E}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$ <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 CV ケーブル</p> <p>t1 : 実環境年数 : <input style="width: 80px;" type="text"/></p> <p>t2 : 加速時間 : 149 時間</p> <p>T1 : 実環境温度 : 333 [K] (=40°C)</p> <p>T2 : 加速温度 : 408 [K] (=135°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 style="width: 80px;" type="text"/> [cal/mol] (架橋ポリエチレン/メーカー提示値)</p> <p>② 難燃 CV ケーブル</p> <p>t1 : 実環境年数 : <input style="width: 80px;" 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 style="width: 80px;" type="text"/> [cal/mol] (難燃架橋ポリエチレン/メーカー提示値)</p>

説 明

③ KGB ケーブル

t1 : 実環境年数 :

t2 : 加速時間 : 168 時間

T1 : 実環境温度 : 339 [K] (=65.6°C)

T2 : 加速温度 : 394 [K] (=121°C)

R : 気体定数 : 1.987 [cal/mol・K]

E : 活性化エネルギー : [cal/mol]

(シリコンゴム/メーカー提示値)

以 上

タイトル	低圧ケーブル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>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 CV ケーブル</p> <table border="1" data-bbox="475 831 1331 1267"> <thead> <tr> <th colspan="4">CV ケーブル</th> </tr> <tr> <th>原子炉建屋内</th> <th>条件</th> <th>65.6℃換算時間</th> <th>合計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">事故時雰囲気曝露試験</td> <td rowspan="6"></td> <td>9.1年</td> <td rowspan="2">11.2年</td> </tr> <tr> <td>2.1年</td> </tr> <tr> <td>9.2年</td> <td rowspan="3">9.4年</td> </tr> <tr> <td>0.04年</td> </tr> <tr> <td>0.0006年</td> </tr> <tr> <td>設計基準^{*1}事故条件</td> <td>0.2年</td> <td rowspan="2">2.7年</td> </tr> <tr> <td>重大事故等条件^{*2}</td> <td>2.7年</td> </tr> </tbody> </table> <p>活性化エネルギー: <input type="text"/> [cal/mol] (架橋ポリエチレン/メーカ提示値)</p> <p>*1: 設計基準事故時における CV ケーブル敷設箇所(原子炉建屋)の設計値</p> <p>*2: 重大事故等時における CV ケーブル敷設箇所(原子炉建屋)の環境条件解析値</p>	CV ケーブル				原子炉建屋内	条件	65.6℃換算時間	合計	事故時雰囲気曝露試験		9.1年	11.2年	2.1年	9.2年	9.4年	0.04年	0.0006年	設計基準 ^{*1} 事故条件	0.2年	2.7年	重大事故等条件 ^{*2}	2.7年
CV ケーブル																							
原子炉建屋内	条件	65.6℃換算時間	合計																				
事故時雰囲気曝露試験		9.1年	11.2年																				
		2.1年																					
9.2年		9.4年																					
0.04年																							
0.0006年																							
設計基準 ^{*1} 事故条件		0.2年	2.7年																				
重大事故等条件 ^{*2}	2.7年																						

説明

② 難燃 CV ケーブル

難燃 CV ケーブル			
原子炉建屋内	条件	65.6℃換算時間	合計
事故時雰囲気 曝露試験		14.9年	17.8年
		2.9年	
設計基準 ^{*1} 事故条件		15.1年	15.3年
		0.05年	
		0.0006年	
		0.2年	
重大事故等条件 ^{*2}	3.3年	3.3年	

活性化エネルギー: [cal/mol]

(難燃架橋ポリエチレン/メーカ提示値)

*1: 設計基準事故時における難燃 CV ケーブル敷設箇所(原子炉建屋)の設計値

*2: 重大事故等時における難燃 CV ケーブル敷設箇所(原子炉建屋)の環境条件解析値

③ KGB ケーブル

KGB 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		233.8年	536.8年
		233.8年	
		48.0年	
		13.7年	
		7.5年	
設計基準 ^{*1} 事故条件		244.5年	293.1年
		48.0年	
		0.4年	
		0.2年	

活性化エネルギー: [cal/mol]

(シリコンゴム/メーカ提示値)

*1: 設計基準事故時における KGB ケーブル敷設箇所(原子炉格納容器内)の設計値

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の機能要求のある低圧ケーブル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の機能要求のある低圧ケーブルの環境条件は以下のとおり。</p> <p>① CV ケーブルの使用条件</p> <table border="1" data-bbox="453 860 1331 1218"> <thead> <tr> <th></th> <th>通常運転時*1</th> <th>設計基準事故時*2</th> <th>重大事故等時*3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>敷設場所</td> <td colspan="3">原子炉建屋内</td> </tr> <tr> <td>周囲温度</td> <td>40.0 °C (最高)</td> <td>171 °C (最高)</td> <td>105 °C (最高)</td> </tr> <tr> <td>最高圧力</td> <td>大気圧</td> <td>0.001744 MPa</td> <td>0.0069 MPa</td> </tr> <tr> <td>放射線</td> <td>0.00015 Gy/h (最大)</td> <td>7.0 kGy (最大積算値)</td> <td>116.0 kGy (最大積算値)</td> </tr> </tbody> </table> <p>② 難燃 CV ケーブルの使用条件</p> <table border="1" data-bbox="453 1312 1331 1671"> <thead> <tr> <th></th> <th>通常運転時*1</th> <th>設計基準事故時*2</th> <th>重大事故等時*3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>敷設場所</td> <td colspan="3">原子炉建屋内</td> </tr> <tr> <td>周囲温度</td> <td>40.0 °C (最高)</td> <td>171 °C (最高)</td> <td>105 °C (最高)</td> </tr> <tr> <td>最高圧力</td> <td>大気圧</td> <td>0.001744 MPa</td> <td>0.0069 MPa</td> </tr> <tr> <td>放射線</td> <td>0.00015 Gy/h (最大)</td> <td>7.0 kGy (最大積算値)</td> <td>116.0 kGy (最大積算値)</td> </tr> </tbody> </table> <p>*1:通常運転時における CV ケーブル, 難燃 CV ケーブル敷設箇所(原子炉建屋)の環境条件設計値 *2:設計基準事故時における CV ケーブル, 難燃 CV ケーブル敷設箇所(原子炉建屋)の環境条件設計値 *3:重大事故等時における CV ケーブル, 難燃 CV ケーブル敷設箇所(原子炉建屋)の環境条件解析値</p>		通常運転時*1	設計基準事故時*2	重大事故等時*3	敷設場所	原子炉建屋内			周囲温度	40.0 °C (最高)	171 °C (最高)	105 °C (最高)	最高圧力	大気圧	0.001744 MPa	0.0069 MPa	放射線	0.00015 Gy/h (最大)	7.0 kGy (最大積算値)	116.0 kGy (最大積算値)		通常運転時*1	設計基準事故時*2	重大事故等時*3	敷設場所	原子炉建屋内			周囲温度	40.0 °C (最高)	171 °C (最高)	105 °C (最高)	最高圧力	大気圧	0.001744 MPa	0.0069 MPa	放射線	0.00015 Gy/h (最大)	7.0 kGy (最大積算値)	116.0 kGy (最大積算値)
	通常運転時*1	設計基準事故時*2	重大事故等時*3																																						
敷設場所	原子炉建屋内																																								
周囲温度	40.0 °C (最高)	171 °C (最高)	105 °C (最高)																																						
最高圧力	大気圧	0.001744 MPa	0.0069 MPa																																						
放射線	0.00015 Gy/h (最大)	7.0 kGy (最大積算値)	116.0 kGy (最大積算値)																																						
	通常運転時*1	設計基準事故時*2	重大事故等時*3																																						
敷設場所	原子炉建屋内																																								
周囲温度	40.0 °C (最高)	171 °C (最高)	105 °C (最高)																																						
最高圧力	大気圧	0.001744 MPa	0.0069 MPa																																						
放射線	0.00015 Gy/h (最大)	7.0 kGy (最大積算値)	116.0 kGy (最大積算値)																																						

説 明

③ KGB ケーブル（原子炉格納容器内）の使用条件

	通常運転時*1	設計基準事故時*2
設置場所	原子炉格納容器内	
周囲温度	65.6 °C (最高)	171 °C (最高)
最高圧力	0.0138 MPa	0.31 MPa
放射線	0.5 Gy/h (最大)	2.6×10^2 kGy (最大積算値)

*1:通常運転時における KGB ケーブル敷設箇所(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 KGB ケーブル敷設箇所(原子炉格納容器
内)の環境条件設計値

以 上

別紙 4. 同軸ケーブルの評価について

1. 同軸ケーブルの評価

(1) 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）、難燃六重同軸ケーブル、難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリオレフィン）及び難燃三重同軸ケーブル）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「難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリエチレン）」、「難燃六重同軸ケーブル」、「難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリオレフィン）」及び「難燃三重同軸ケーブル」の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。

「難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリエチレン）」の供試ケーブルは同じ絶縁体である架橋ポリエチレンを有する難燃二重同軸ケーブル、「難燃六重同軸ケーブル」の供試ケーブルは類似する絶縁体である架橋ポリエチレンを有する難燃二重同軸ケーブル、「難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリオレフィン）」の供試ケーブルは類似する絶縁体である架橋発泡ポリオレフィンを有する難燃三重同軸ケーブル、及び「難燃三重同軸ケーブル」の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三重同軸ケーブルを用いた。【添付-1）、添付-2）参照】

同軸ケーブル長期健全性試験手順を図 1.1 に示す。

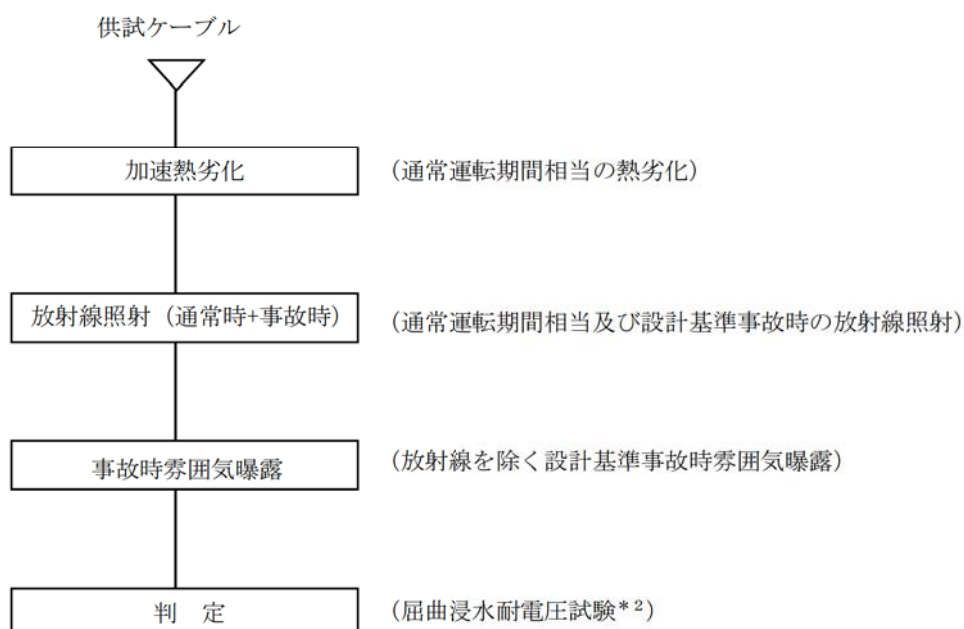


図 1.1 同軸ケーブル長期健全性試験手順（電気学会推奨案）*3

*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：「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）」及び「難燃三重同軸ケーブル」の試験手順は、通常運転期間相当の熱劣化と通常運転期間相当及び設計基準事故時の放射線を同時実施

b. 試験条件

試験条件は、実機環境条件に基づいて「難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリエチレン）」及び「難燃六重同軸ケーブル」の39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。また、「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）」及び「難燃三重同軸ケーブル」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。

「難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリエチレン）」、「難燃六重同軸ケーブル」、「難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリオレフィン）」及び「難燃三重同軸ケーブル」の長期健全性試験条件を表1.1、表1.2、表1.3及び表1.4に示す。

表 1.1 難燃二重同軸ケーブル長期健全性試験条件（電気学会推奨案）

（難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリエチレン）相当品）

	試験条件	説明
加速熱劣化	121 °C×168 時間	原子炉格納容器内の周囲最高温度（65.6 °C）では、難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリエチレン）は 39 年間の運転期間を包絡する。【添付-3）参照】
放射線照射 （通常時+事故時）	放射線照射線量：1,300 kGy	東海第二で想定される照射線量約 5.3×10^2 kGy（60 年間の通常運転期間約 2.7×10^2 kGy に設計基準事故時線量 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：235 °C （200°C×168 時間，当該期間のうち 5 分間は 235 °C） 最高圧力：0.62 MPa 曝露時間：7 日間	東海第二における設計基準事故時の最高温度（171.1 °C），最高圧力（0.31 MPa）を包絡する。【添付-4），添付-5）参照】

表 1.2 難燃二重同軸ケーブル長期健全性試験条件（電気学会推奨案）

（難燃六重同軸ケーブル相当品）

	試験条件	説明
加速熱劣化	121 °C×168 時間	原子炉格納容器内の周囲最高温度（65.6 °C）では、難燃六重同軸ケーブルは 39 年間の運転期間を包絡する。【添付-3）参照】
放射線照射 （通常時+事故時）	放射線照射線量：1,300 kGy	東海第二で想定される照射線量約 5.3×10^2 kGy（60 年間の通常運転期間約 2.7×10^2 kGy に設計基準事故時線量 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：235 °C （200°C×168 時間，当該期間のうち 5 分間は 235 °C） 最高圧力：0.62 MPa 曝露時間：7 日間	東海第二における設計基準事故時の最高温度（171.1 °C），最高圧力（0.31 MPa）を包絡する。【添付-4），添付-5）参照】

表 1.3 難燃三重同軸ケーブル長期健全性試験条件（電気学会推奨案相当）

（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）相当品）

	試験条件	説明
加速熱劣化・放射線照射（通常時＋事故時）同時劣化	120℃×2,000時間 放射線照射線量：220.3 kGy	原子炉格納容器外の周囲最高温度（40.0℃）では、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）は60年間以上の運転期間を包絡する。 【添付-3参照】 東海第二で想定される照射線量約1.8 kGy（60年間の通常運転期間約5.3 Gyに設計基準事故時線量1.7 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℃ 最高圧力：0.43 MPa 曝露時間：約13日間	東海第二における設計基準事故時の最高温度（100℃）、最高圧力（0.001744 MPa）を包絡する。【添付-4）、添付-5）参照】

表 1.4 難燃三重同軸ケーブル長期健全性試験条件（電気学会推奨案相当）

（難燃三重同軸ケーブル同等品）

	試験条件	説明
加速熱劣化・放射線照射（通常時＋事故時）同時劣化	120℃×2,000時間 放射線照射線量：220.3 kGy	原子炉格納容器外の周囲最高温度（40.0℃）では、難燃三重同軸ケーブルは60年間以上の運転期間を包絡する。 【添付-3参照】 東海第二で想定される照射線量約1.8 kGy（60年間の通常運転期間約5.3 Gyに設計基準事故時線量1.7 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℃ 最高圧力：0.43 MPa 曝露時間：約13日間	東海第二における設計基準事故時の最高温度（100℃）、最高圧力（0.001744 MPa）を包絡する。【添付-4）、添付-5）参照】

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、「難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリエチレン）」及び「難燃六重同軸ケーブル」は 39 年時点において、また、「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）」及び「難燃三重同軸ケーブル」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、「難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリエチレン）」は、運転開始後 31 年に取替を実施しており、長期健全性評価で確認がとれている 39 年間を加えると、60 年時点において絶縁機能を維持できると評価できる。

また、「難燃六重同軸ケーブル」は、運転開始後 21 年に取替を実施しており、長期健全性評価で確認がとれている 39 年間を加えると、60 年時点において絶縁機能を維持できると評価できる。

「難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリエチレン）」、「難燃六重同軸ケーブル」、「難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリオレフィン）」及び「難燃三重同軸ケーブル」の長期健全性試験結果を表 1.5、表 1.6、表 1.7 及び表 1.8 に示す。

表 1.5 難燃二重同軸ケーブル長期健全性試験結果（電気学会推奨案）

（難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリエチレン）相当品）

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（6.4 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 1.6 難燃二重同軸ケーブル長期健全性試験結果（電気学会推奨案）

（難燃六重同軸ケーブル相当品）

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（6.4 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 1.7 難燃三重同軸ケーブル長期健全性試験結果（電気学会推奨案）

（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）相当品）

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 1.8 難燃三重同軸ケーブル長期健全性試験結果（電気学会推奨案）

（難燃三重同軸ケーブル同等品）

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

1)-2 ACA ガイドによる健全性評価（設計基準事故時）

a. 試験手順

設計基準事故時雰囲気で機能要求のある「難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリエチレン）」、「難燃六重同軸ケーブル」、「難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリオレフィン）」及び「難燃三重同軸ケーブル」の設計基準事故時雰囲気における健全性の評価は、「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。）に基づく試験結果をもとに、等価簡易損傷手法等を用いて東海第二の原子炉格納容器内外の環境条件に展開して評価する。

「難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリエチレン）」の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一重同軸ケーブル、「難燃六重同軸ケーブル」の供試ケーブルは類似する絶縁体である架橋ポリエチレンを有する難燃一重同軸ケーブル、「難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリオレフィン）」の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一重同軸ケーブル、及び「難燃三重同軸ケーブル」の供試ケーブルは類似する絶縁体である架橋ポリオレフィンを有する難燃一重同軸ケーブルを用いた。【添付-1）、添付-2）参照】

「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。

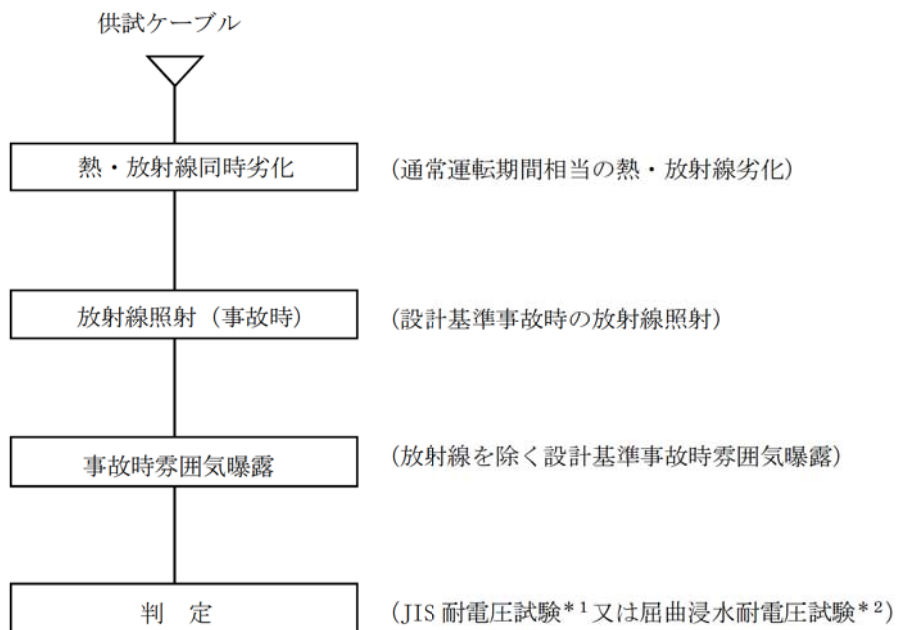


図 1.2 同軸ケーブルの ACA ガイドに基づく試験手順

*1：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。

*2：「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）」及び「難燃三重同軸ケーブル」の供試ケーブルである難燃一重同軸ケーブルは海外規格に基づいて製作されたものであるため、その規格に基づく屈曲浸水耐電圧試験を実施

b. 試験条件

試験条件は、実機環境条件に基づいて「難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリエチレン）」及び「難燃六重同軸ケーブル」の30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。また、「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）」及び「難燃三重同軸ケーブル」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。

「難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリエチレン）」、「難燃六重同軸ケーブル」、「難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリオレフィン）」及び「難燃三重同軸ケーブル」の長期健全性試験条件を表1.9、表1.10、表1.11及び表1.12に示す。

表 1.9 難燃一重同軸ケーブル長期健全性試験条件（ACA ガイド）
 （難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリエチレン）同等品）

	試験条件	説明
熱・放射線同時劣化	100℃-98.1Gy/h-7,024時間	原子炉格納容器内の布設されている区域における設計値（最高温度65.6℃、最大線量率0.500Gy/h）について等価簡易損傷手法により評価した結果、難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリエチレン）は30年間の通常運転期間を包絡する。
放射線照射 （事故時）	放射線照射線量：260kGy	東海第二で想定される事故時線量約 2.6×10^2 kGyを包絡する。
事故時雰囲気曝露	最高温度：171℃ （171℃×9時間、121℃×312時間） 最高圧力：0.427MPa 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（171.1℃）、最高圧力（0.31MPa）を包絡する。【添付-1参照】 なお、実試験における最高温度は、171.1℃以上を保持している。

表 1.10 難燃一重同軸ケーブル長期健全性試験条件 (ACA ガイド)

(難燃六重同軸ケーブル相当品)

	試験条件	説明
熱・放射線同時劣化	100℃-98.1Gy/h-7,024時間	原子炉格納容器内の布設されている区域における設計値(最高温度65.6℃,最大線量率0.500Gy/h)について等価簡易損傷手法により評価した結果,難燃六重同軸ケーブルは30年間の通常運転期間を包絡する。
放射線照射 (事故時)	放射線照射線量 : 260 kGy	東海第二で想定される事故時線量約 2.6×10^2 kGyを包絡する。
事故時雰囲気曝露	最高温度: 171℃ (171℃×9時間, 121℃×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(171.1℃),最高圧力(0.31MPa)を包絡する。 なお,実試験における最高温度は,171.1℃以上を保持している。

表 1.11 難燃一重同軸ケーブル長期健全性試験条件 (ACA ガイド)

(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)同等品)

	試験条件	説明
熱・放射線同時劣化	110℃×2,472時間 放射線照射なし*1	原子炉格納容器外の周囲最高温度(40.0℃)では,23年間の運転期間に相当する。 本評価はACA研究評価内容を踏まえた上で,「型式試験」による健全性評価を実施した。 供試ケーブルは37年間実機環境下にて使用したものであり,長期健全性試験で確認がとれている23年間の通常運転期間を加えると,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)は60年間の運転期間に相当する。
放射線照射 (事故時)	放射線照射線量 : 260 kGy	東海第二で想定される事故時線量約1.7 kGyを包絡する。
事故時雰囲気曝露	最高温度: 171℃ (171℃×1時間, 121℃×24時間) 最高圧力: 0.427 MPa 曝露時間: 25時間	東海第二における設計基準事故時の最高温度(100℃),最高圧力(0.001744MPa)を包絡する。

*1: 原子炉格納容器外は放射線量が低いため,放射線照射試験を省略

表 1.12 難燃一重同軸ケーブル長期健全性試験条件 (ACA ガイド)

(難燃三重同軸ケーブル相当品)

	試験条件	説明
熱・放射線同時劣化	110 °C×2,472 時間 放射線照射なし*1	原子炉格納容器外の周囲最高温度 (40.0 °C) では、23 年間の運転期間に相当する。 本評価は ACA 研究評価内容を踏まえた上で、「型式試験」による健全性評価を実施した。 供試ケーブルは 37 年間実機環境下にて使用したものであり、長期健全性試験で確認がとれている 23 年間の通常運転期間を加えると、難燃三重同軸ケーブルは 60 年間の運転期間に相当する。
放射線照射 (事故時)	放射線照射線量 : 260 kGy	東海第二で想定される事故時線量約 1.7 kGy を包絡する。
事故時雰囲気曝露	最高温度 : 171 °C (171 °C×1 時間, 121°C×24 時間) 最高圧力 : 0.427 MPa 曝露時間 : 25 時間	東海第二における設計基準事故時の最高温度 (100 °C), 最高圧力 (0.001744 MPa) を包絡する。

*1 : 原子炉格納容器外は放射線量が低いため、放射線照射試験を省略

c. 評価結果

ACA 研究報告書の試験結果をもとに、等価簡易損傷手法等を用いて東海第二の原子炉格納容器内外の環境条件に展開し評価した結果、「難燃一重同軸ケーブル (絶縁体材料が架橋ポリエチレン)」及び「難燃六重同軸ケーブル」は 30 年時点において、また、「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)」及び「難燃三重同軸ケーブル」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、「難燃一重同軸ケーブル (絶縁体材料が架橋ポリエチレン)」は、運転開始後 31 年に取替を実施しており、長期健全性評価で確認がとれている 30 年間を加えると、60 年時点において絶縁機能を維持できると評価できる。

また、「難燃六重同軸ケーブル」は、運転開始後 21 年に取替を実施しており、長期健全性評価で確認がとれている 30 年間を加えると、51 年時点において絶縁機能を維持できると評価できる。

「難燃一重同軸ケーブル (絶縁体材料が架橋ポリエチレン)」、「難燃六重同軸ケーブル」、「難燃一重同軸ケーブル (絶縁体材料が架橋ポリオレフィン)」及び「難燃三重同軸ケーブル」の長期健全性試験結果を表 1.13, 表 1.14, 表 1.15 及び表 1.16 に示す。

表 1.13 難燃一重同軸ケーブル長期健全性試験結果 (ACA ガイド)

(難燃一重同軸ケーブル (絶縁体材料が架橋ポリエチレン) 同等品)

項目	試験手順	判定基準	結果
JIS 耐電圧試験	AC 7,000 V-1 分間	絶縁破壊しないこと。	良

表 1.14 難燃一重同軸ケーブル長期健全性試験結果 (ACA ガイド)

(難燃六重同軸ケーブル相当品)

項目	試験手順	判定基準	結果
JIS 耐電圧試験	AC 7,000 V-1 分間	絶縁破壊しないこと。	良

表 1.15 難燃一重同軸ケーブル長期健全性試験結果 (ACA ガイド)

(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) 同等品)

項目	試験手順	判定基準	結果
屈曲浸水耐電圧試験	<ol style="list-style-type: none"> ① 直線状に試料を伸ばした後、試料外径 (2.95 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 1.16 難燃一重同軸ケーブル長期健全性試験結果 (ACA ガイド)

(難燃三重同軸ケーブル相当品)

項目	試験手順	判定基準	結果
屈曲浸水耐電圧試験	<ol style="list-style-type: none"> ① 直線状に試料を伸ばした後、試料外径 (2.95 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

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「難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリエチレン）」、「難燃六重同軸ケーブル」、「難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリオレフィン）」及び「難燃三重同軸ケーブル」の重大事故等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。

「難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリエチレン）」の供試ケーブルは同じ絶縁体である架橋ポリエチレンを有する難燃二重同軸ケーブル、「難燃六重同軸ケーブル」の供試ケーブルは類似する絶縁体である架橋ポリエチレンを有する難燃二重同軸ケーブル、「難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリオレフィン）」の供試ケーブルは類似する絶縁体である架橋発泡ポリオレフィンを有する難燃三重同軸ケーブル、及び「難燃三重同軸ケーブル」の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三重同軸ケーブルを用いた。【添付-1）、添付-2）参照】

同軸ケーブル長期健全性試験手順を図 1.3 に示す。

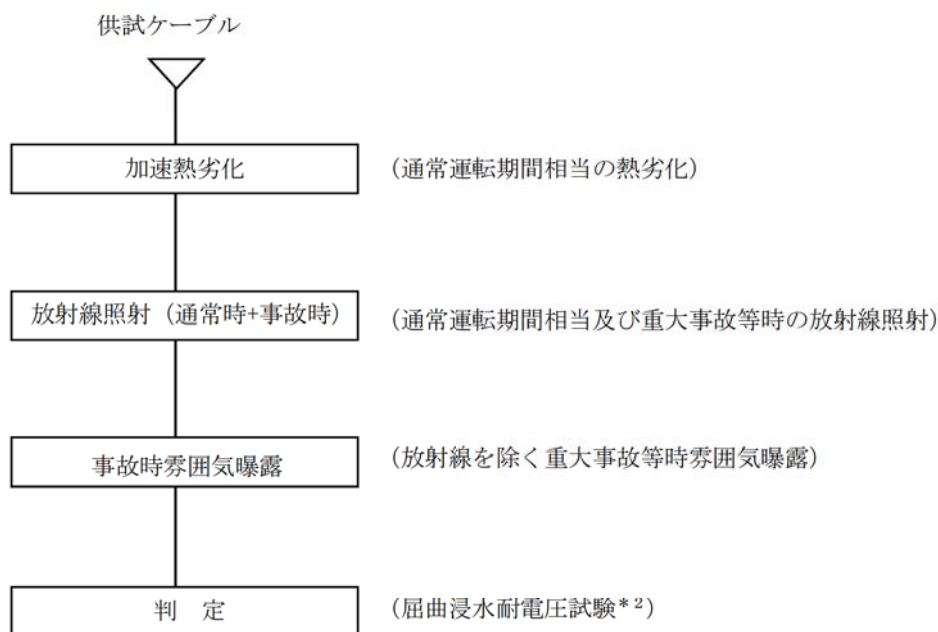


図 1.3 同軸ケーブル長期健全性試験手順（電気学会推奨案）*3

*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の状態では、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： 「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）」及び「難燃三重同軸ケーブル」の試験手順は、通常運転期間相当の熱劣化と通常運転期間相当及び重大事故等時の放射線を同時実施

b. 試験条件

試験条件は、実機環境条件に基づいて「難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリエチレン）」及び「難燃六重同軸ケーブル」の 39 年間の通常運転期間及び重大事故等時を想定した条件を包絡している。また、「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）」及び「難燃三重同軸ケーブル」の 60 年間の通常運転期間及び重大事故等時を想定した条件を包絡している。

「難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリエチレン）」、「難燃六重同軸ケーブル」、「難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリオレフィン）」及び「難燃三重同軸ケーブル」の長期健全性試験条件を表 1.17、表 1.18、表 1.19 及び表 1.20 に示す。

表 1.17 難燃二重同軸ケーブル長期健全性試験条件（電気学会推奨案）
 （難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリエチレン）相当品）

	試験条件	説明
加速熱劣化	121 °C × 168 時間	原子炉格納容器内の周囲最高温度 (65.6 °C) では、難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリエチレン）は 39 年間の運転期間を包絡する。【添付-3）参照】
放射線照射 （通常時+事故時）	放射線照射線量：1,300 kGy	東海第二で想定される照射線量約 910 kGy（60 年間の通常運転期間約 2.7×10^2 kGy に重大事故等時線量 640 kGy を加えた線量）を包絡する。
事故時雰囲気曝露	最高温度：235 °C (200°C × 168 時間、当該期間のうち 5 分間は 235 °C) 最高圧力：0.62 MPa 曝露時間：7 日間	東海第二における重大事故等時の最高温度 (235 °C)、最高圧力 (0.62 MPa) を包絡する。【添付-4）、添付-5）参照】

表 1.18 難燃二重同軸ケーブル長期健全性試験条件（電気学会推奨案）

（難燃六重同軸ケーブル相当品）

	試験条件	説明
加速熱劣化	121 °C×168 時間	原子炉格納容器内の周囲最高温度（65.6 °C）では、難燃六重同軸ケーブルは 39 年間の運転期間を包絡する。【添付-3参照】
放射線照射 （通常時+事故時）	放射線照射線量：1,300 kGy	東海第二で想定される照射線量約 910 kGy（60 年間の通常運転期間約 2.7×10^2 kGy に重大事故等時線量 640 kGy を加えた線量）を包絡する。
事故時雰囲気曝露	最高温度：235 °C （200°C×168 時間，当該期間のうち 5 分間は 235 °C） 最高圧力：0.62 MPa 曝露時間：7 日間	東海第二における重大事故等時の最高温度（235 °C），最高圧力（0.62 MPa）を包絡する。【添付-4），添付-5参照】

表 1.19 難燃三重同軸ケーブル長期健全性試験条件（電気学会推奨案相当）

（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）相当品）

	試験条件	説明
加速熱劣化・放射線照射（通常時+事故時）同時劣化	120 °C×2,000 時間 放射線照射線量：220.3 kGy	原子炉格納容器外の周囲最高温度（40.0 °C）では、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）は 60 年間以上の運転期間を包絡する。 【添付-3参照】 東海第二で想定される照射線量約 1.2 kGy（60 年間の通常運転期間約 5.3 Gy に重大事故等時線量約 1.1 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 °C 最高圧力：0.43 MPa 曝露時間：約 13 日間	東海第二における重大事故等時の最高温度（85 °C），最高圧力（0.015 MPa）を包絡する。【添付-4），添付-5参照】

表 1.20 難燃三重同軸ケーブル長期健全性試験条件（電気学会推奨案相当）

（難燃三重同軸ケーブル同等品）

	試験条件	説明
加速熱劣化・放射線照射（通常時＋事故時）同時劣化	120℃×2,000時間 放射線照射線量：220.3 kGy	原子炉格納容器外の周囲最高温度（40.0℃）では、難燃三重同軸ケーブルは60年間以上の運転期間を包絡する。 【添付-3参照】 東海第二で想定される照射線量約1.2 kGy（60年間の通常運転期間約5.3 Gyに重大事故等時線量約1.1 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℃ 最高圧力：0.43 MPa 曝露時間：約13日間	東海第二における重大事故等時の最高温度（85℃）、最高圧力（0.015 MPa）を包絡する。【添付-4）、添付-5）参照】

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重大事故等時を想定した長期健全性試験の結果、「難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリエチレン）」及び「難燃六重同軸ケーブル」は39年時点において、また、「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）」及び「難燃三重同軸ケーブル」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、「難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリエチレン）」は、運転開始後31年に取替を実施しており、長期健全性評価で確認がとれている39年間を加えると、60年時点において絶縁機能を維持できると評価できる。

また、「難燃六重同軸ケーブル」は、運転開始後21年に取替を実施しており、長期健全性評価で確認がとれている39年間を加えると、60年時点において絶縁機能を維持できると評価できる。

「難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリエチレン）」、「難燃六重同軸ケーブル」、「難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリオレフィン）」及び「難燃三重同軸ケーブル」の長期健全性試験結果を表1.21、表1.22、表1.23及び表1.24に示す。

表 1.21 難燃二重同軸ケーブル長期健全性試験結果（電気学会推奨案）

（難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリエチレン）相当品）

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（6.4 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 1.22 難燃二重同軸ケーブル長期健全性試験結果（電気学会推奨案）

（難燃六重同軸ケーブル相当品）

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（6.4 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 1.23 難燃三重同軸ケーブル長期健全性試験結果（電気学会推奨案）

（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）相当品）

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 1.24 難燃三重同軸ケーブル長期健全性試験結果（電気学会推奨案）

（難燃三重同軸ケーブル同等品）

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

2) 現状保全

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）、難燃六重同軸ケーブル、難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリオレフィン）及び難燃三重同軸ケーブル）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、難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリエチレン）、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）及び難燃三重同軸ケーブルは運転開始後 60 年間の健全性を維持できると評価する。

また、難燃六重同軸ケーブルは ACA ガイドに基づいて得られた評価期間より、運転開始後 51 年間の健全性を維持できると評価する。

健全性評価結果から判断して、絶縁体の有意な絶縁特性低下の可能性は小さく、また、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

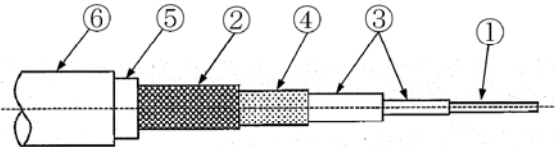
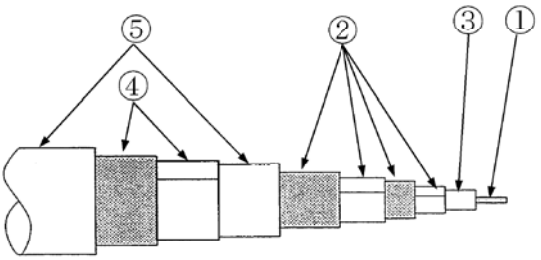
絶縁体の絶縁特性低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に対しては、追加すべき項目はないと考える。

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、必要に応じて取替を行うこととする。

なお、難燃六重同軸ケーブルについては、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行うこととする。

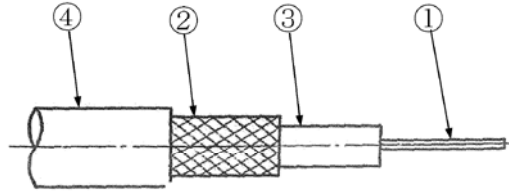
2. 添付資料

- 1) 同軸ケーブルの構造について
- 2) 同軸ケーブルの代替評価について
- 3) 同軸ケーブルの長期健全性試験における評価期間について
- 4) 設計基準事故時及び重大事故等時雰囲気機能要求のある同軸ケーブルの環境条件について
- 5) 同軸ケーブル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>タイトル</p>	<p>同軸ケーブルの構造について</p>																																							
<p>説明</p>	<p>同軸ケーブルの構造は以下のとおり。</p> <p>①難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリエチレン）</p>  <table border="1" data-bbox="470 795 1117 1142"> <thead> <tr> <th></th> <th>部位</th> <th>材料</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>①</td> <td>内部導体</td> <td>すずメッキ軟銅より線</td> </tr> <tr> <td>②</td> <td>外部導体</td> <td>すずメッキ軟銅線編組</td> </tr> <tr> <td>③</td> <td>絶縁体</td> <td>架橋ポリエチレン</td> </tr> <tr> <td>④</td> <td>遮蔽体</td> <td>カーボンブラック</td> </tr> <tr> <td>⑤</td> <td>セパレータ</td> <td>難燃テープ</td> </tr> <tr> <td>⑥</td> <td>シース</td> <td>難燃架橋ポリエチレン</td> </tr> </tbody> </table> <p>②難燃六重同軸ケーブル</p>  <table border="1" data-bbox="470 1523 1117 1915"> <thead> <tr> <th></th> <th>部位</th> <th>材料</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>①</td> <td>内部導体</td> <td>すずメッキ軟銅より線</td> </tr> <tr> <td>②</td> <td>外部導体</td> <td>アルミ箔貼付プラスチックテープ すずメッキ軟銅線編組</td> </tr> <tr> <td>③</td> <td>絶縁体</td> <td>架橋発泡ポリエチレン</td> </tr> <tr> <td>④</td> <td>遮蔽体</td> <td>アルミ箔貼付プラスチックテープ すずメッキ軟銅線編組</td> </tr> <tr> <td>⑤</td> <td>シース</td> <td>難燃架橋ポリエチレン</td> </tr> </tbody> </table>		部位	材料	①	内部導体	すずメッキ軟銅より線	②	外部導体	すずメッキ軟銅線編組	③	絶縁体	架橋ポリエチレン	④	遮蔽体	カーボンブラック	⑤	セパレータ	難燃テープ	⑥	シース	難燃架橋ポリエチレン		部位	材料	①	内部導体	すずメッキ軟銅より線	②	外部導体	アルミ箔貼付プラスチックテープ すずメッキ軟銅線編組	③	絶縁体	架橋発泡ポリエチレン	④	遮蔽体	アルミ箔貼付プラスチックテープ すずメッキ軟銅線編組	⑤	シース	難燃架橋ポリエチレン
	部位	材料																																						
①	内部導体	すずメッキ軟銅より線																																						
②	外部導体	すずメッキ軟銅線編組																																						
③	絶縁体	架橋ポリエチレン																																						
④	遮蔽体	カーボンブラック																																						
⑤	セパレータ	難燃テープ																																						
⑥	シース	難燃架橋ポリエチレン																																						
	部位	材料																																						
①	内部導体	すずメッキ軟銅より線																																						
②	外部導体	アルミ箔貼付プラスチックテープ すずメッキ軟銅線編組																																						
③	絶縁体	架橋発泡ポリエチレン																																						
④	遮蔽体	アルミ箔貼付プラスチックテープ すずメッキ軟銅線編組																																						
⑤	シース	難燃架橋ポリエチレン																																						

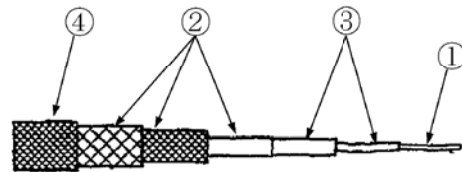
説 明

③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）



	部位	材料
①	内部導体	すずメッキ軟銅より線
②	外部導体	軟銅線編組
③	絶縁体	架橋ポリオレフィン
④	シース	難燃架橋ポリオレフィン

④難燃三重同軸ケーブル



	部位	材料
①	内部導体	すずメッキ軟銅より線
②	外部導体	すずメッキ軟銅線編組
③	絶縁体	架橋発泡ポリオレフィン
④	シース	難燃架橋ポリオレフィン

以 上

タイトル	同軸ケーブルの代替評価について		
説明	1. 電気学会推奨案による健全性評価（設計基準事故時，重大事故等時）		
	評価対象ケーブル	代替評価ケーブル	評価
	難燃一重同軸ケーブル (1) 絶縁体種類； 架橋ポリエチレン	難燃二重同軸ケーブル (1) 絶縁体種類； 架橋ポリエチレン	絶縁体種類が同等であることを考慮し，代替ケーブルを用いた評価にて問題ないと判断する。
	難燃六重同軸ケーブル (1) 絶縁体種類； 架橋発泡ポリエチレン	難燃二重同軸ケーブル (1) 絶縁体種類； 架橋ポリエチレン	架橋発泡ポリエチレンは，電気特性を向上させるため架橋ポリエチレンに発泡剤を添加しているものであり，評価対象材料としての絶縁体材料は架橋ポリエチレンであり，代替ケーブルを用いた評価にて問題ないと判断する。
	難燃一重同軸ケーブル (1) 絶縁体種類； 架橋ポリオレフィン	難燃三重同軸ケーブル (1) 絶縁体種類； 架橋発泡ポリオレフィン	架橋発泡ポリオレフィン，電気特性を向上させるため架橋ポリオレフィンに発泡剤を添加しているものであり，評価対象材料としての絶縁体材料は架橋ポリオレフィンであり，代替ケーブルを用いた評価にて問題ないと判断する。
	難燃三重同軸ケーブル		

説 明	2. ACA ガイドによる健全性評価（設計基準事故時）		
	評価対象ケーブル	代替評価ケーブル	評価
	難燃一重同軸ケーブル (1)絶縁体種類； 架橋ポリエチレン		
	難燃六重同軸ケーブル (1)絶縁体種類； 架橋発泡ポリエチレン	難燃一重同軸ケーブル (1)絶縁体種類； 架橋ポリエチレン	架橋発泡ポリエチレンは、電気特性を向上させるため架橋ポリエチレンに発泡剤を添加しているものであり、評価対象材料としての絶縁体材料は架橋ポリエチレンであり、代替ケーブルを用いた評価にて問題ないと判断する。
	難燃一重同軸ケーブル (1)絶縁体種類； 架橋ポリオレフィン		
難燃三重同軸ケーブル (1)絶縁体種類； 架橋発泡ポリオレフィン	難燃一重同軸ケーブル (1)絶縁体種類； 架橋ポリオレフィン	架橋発泡ポリオレフィンには、電気特性を向上させるため架橋ポリオレフィンに発泡剤を添加しているものであり、評価対象材料としての絶縁体材料は架橋ポリオレフィンであり、代替ケーブルを用いた評価にて問題ないと判断する。	
	以 上		

タイトル	同軸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>同軸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。</p> <p>①難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリエチレン）及び②難燃六重同軸ケーブルの実環境年数は39年の運転を想定した期間を包絡している。</p> <p>また、③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）及び④難燃三重同軸ケーブルの実環境年数は60年間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 難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリエチレン） （供試ケーブルは同じ絶縁体である架橋ポリエチレンを有する難燃二重同軸ケーブル）</p> <p>t1：実環境年数：<input style="width: 80px; height: 20px;" type="text"/></p> <p>t2：加速時間：168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：2 [cal/mol・K]</p> <p>E：活性化エネルギー：<input style="width: 80px; height: 20px;" type="text"/> [cal/mol] （架橋ポリエチレン/メーカー提示値）</p>

説 明	<p>② 難燃六重同軸ケーブル (供試ケーブルは、類似する絶縁体である架橋ポリエチレンを有する難燃二重同軸ケーブル)</p> <p>t1 : 実環境年数 : <input style="width: 80px; height: 20px;" type="text"/></p> <p>t2 : 加速時間 : 168 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 : 2 [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;">(架橋ポリエチレン/メーカー提示値)</p> <p>③ 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) (供試ケーブルは、類似する絶縁体である架橋発泡ポリオレフィンを有する難燃三重同軸ケーブル)</p> <p>t1 : 実環境年数 : <input style="width: 80px; height: 20px;" type="text"/></p> <p>t2 : 加速時間 : 2,000 時間</p> <p>T1 : 実環境温度 : 313 [K] (=40.0℃)</p> <p>T2 : 加速温度 : 393 [K] (=120℃)</p> <p>R : 気体定数 : 2 [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;">(架橋ポリオレフィン/電共研使用値)</p> <p>④ 難燃三重同軸ケーブル (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三重同軸ケーブル)</p> <p>t1 : 実環境年数 : <input style="width: 80px; height: 20px;" type="text"/></p> <p>t2 : 加速時間 : 2000 時間</p> <p>T1 : 実環境温度 : 313 [K] (=40.0℃)</p> <p>T2 : 加速温度 : 393 [K] (=120℃)</p> <p>R : 気体定数 : 2 [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;">(架橋ポリオレフィン/電共研使用値)</p> <p style="text-align: right; margin-top: 20px;">以 上</p>
-----	--

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同軸ケーブル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同軸ケーブルの環境条件は以下のとおり。</p> <p>① 難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリエチレン）及び難燃六重同軸ケーブルの使用条件</p> <table border="1" data-bbox="453 904 1331 1267"> <thead> <tr> <th></th> <th>通常運転時*1</th> <th>設計基準事故時*2</th> <th>重大事故等時*3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>布設場所</td> <td colspan="3">原子炉格納容器内</td> </tr> <tr> <td>周囲温度</td> <td>65.6 °C (最高)</td> <td>171.1 °C (最高)</td> <td>235 °C (最高)</td> </tr> <tr> <td>最高圧力</td> <td>0.0138 MPa</td> <td>0.31 MPa</td> <td>0.62 MPa</td> </tr> <tr> <td>放射線</td> <td>0.500 Gy/h (最大)</td> <td>2.6×10² kGy (最大積算値)</td> <td>640 kGy (最大積算値)</td> </tr> </tbody> </table> <p>*1:通常運転時における布設箇所(原子炉格納容器内)の設計値 *2:設計基準事故時におけるケーブル布設箇所(原子炉格納容器内)の設計値 *3:重大事故等時におけるケーブル布設箇所(原子炉格納容器内)の設計値</p>		通常運転時*1	設計基準事故時*2	重大事故等時*3	布設場所	原子炉格納容器内			周囲温度	65.6 °C (最高)	171.1 °C (最高)	235 °C (最高)	最高圧力	0.0138 MPa	0.31 MPa	0.62 MPa	放射線	0.500 Gy/h (最大)	2.6×10 ² kGy (最大積算値)	640 kGy (最大積算値)
	通常運転時*1	設計基準事故時*2	重大事故等時*3																		
布設場所	原子炉格納容器内																				
周囲温度	65.6 °C (最高)	171.1 °C (最高)	235 °C (最高)																		
最高圧力	0.0138 MPa	0.31 MPa	0.62 MPa																		
放射線	0.500 Gy/h (最大)	2.6×10 ² kGy (最大積算値)	640 kGy (最大積算値)																		

説 明

② 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）及び難燃三重同軸ケーブルの使用条件

	通常運転時*1	設計基準事故時*2	重大事故等時
布設場所	原子炉格納容器外		
周囲温度	40.0 ℃ (最高)	100 ℃ (最高)	85 ℃*3 (最高)
最高圧力	大気圧	0.001744 MPa	0.015 MPa*3
放射線	1×10^{-5} Gy/h (最大)	1.7 kGy (最大積算値)	約 1.1 kGy*4 (最大積算値)

*1: 通常運転時における布設箇所(原子炉格納容器外)の設計値

*2: 設計基準事故時におけるケーブル布設箇所(原子炉格納容器外)の設計値

*3: 重大事故等時におけるケーブル布設箇所(原子炉格納容器外)の設計値

*4: 重大事故等時におけるケーブル布設箇所(原子炉格納容器外)の設計値を基に、重大事故等時動作が要求されるまでの時間に余裕を加えた時間（2時間）におけるケーブル布設箇所(原子炉格納容器外)の積算値

以 上

タイトル	同軸ケーブル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>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 難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリエチレン）及び難燃六重同軸ケーブル</p> <table border="1" data-bbox="472 898 1350 1339"> <thead> <tr> <th data-bbox="472 898 679 976">原子炉格納容器内</th> <th data-bbox="679 898 986 976">条件</th> <th data-bbox="986 898 1177 976">65.6°C 換算時間*1</th> <th data-bbox="1177 898 1350 976">合計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="472 976 679 1066" rowspan="2">事故時雰囲気曝露試験</td> <td data-bbox="679 976 986 1066" rowspan="2"></td> <td data-bbox="986 976 1177 1021">676.7年</td> <td data-bbox="1177 976 1350 1066" rowspan="2">98,044.2年</td> </tr> <tr> <td data-bbox="986 1021 1177 1066">97,367.5年</td> </tr> <tr> <td data-bbox="472 1066 679 1249" rowspan="3">設計基準事故条件*2</td> <td data-bbox="679 1066 986 1249" rowspan="3"></td> <td data-bbox="986 1066 1177 1111">138.3年</td> <td data-bbox="1177 1066 1350 1249" rowspan="3">206.9年</td> </tr> <tr> <td data-bbox="986 1111 1177 1155">47.8年</td> </tr> <tr> <td data-bbox="986 1155 1177 1200">4.3年</td> </tr> <tr> <td data-bbox="472 1249 679 1339" rowspan="2">重大事故等条件*3</td> <td data-bbox="679 1249 986 1339" rowspan="2"></td> <td data-bbox="986 1200 1177 1245">16.5年</td> <td data-bbox="1177 1249 1350 1339" rowspan="2"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="986 1245 1177 1290"></td> </tr> </tbody> </table> <p>*1: 活性化エネルギー <input type="text"/> [cal/mol] にて換算した値 (架橋ポリエチレン/メーカー提示値)</p> <p>*2: 設計基準事故時におけるケーブル布設箇所(原子炉格納容器内)の設計値</p> <p>*3: 重大事故等時におけるケーブル布設箇所(原子炉格納容器外)の設計値</p>			原子炉格納容器内	条件	65.6°C 換算時間*1	合計	事故時雰囲気曝露試験		676.7年	98,044.2年	97,367.5年	設計基準事故条件*2		138.3年	206.9年	47.8年	4.3年	重大事故等条件*3		16.5年		
原子炉格納容器内	条件	65.6°C 換算時間*1	合計																				
事故時雰囲気曝露試験		676.7年	98,044.2年																				
		97,367.5年																					
設計基準事故条件*2		138.3年	206.9年																				
		47.8年																					
		4.3年																					
重大事故等条件*3		16.5年																					

説 明

② 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）及び難燃三重同軸ケーブル

原子炉格納容器外	条件	65.6°C 換算時間*1	合計
事故時雰囲気 曝露試験		411.2 年	485.3 年
		74.1 年	
設計基準 事故条件*2		900 時間	906 時間
		6 時間	
重大事故等 条件*3	95 時間	95 時間	

*1: 活性化エネルギー [cal/mol] にて換算した値
(架橋ポリオレフィン/電共研使用値)

*2: 設計基準事故時におけるケーブル布設箇所(原子炉格納容器外)の設計値

*3: 重大事故等時におけるケーブル布設箇所(原子炉格納容器外)の設計値

以 上

別紙 7. 計測制御設備の評価について

1. 設計基準事故又は重大事故等時の環境条件下で機能要求のある伝送器等の取替周期の妥当性について

(1) 事故時環境下で機能要求のある計測装置について

東海第二で使用している主な計測装置の事故時環境下における機能要求分類を表 1 に示す。

表 1(1/4) 主な計測装置の事故時環境下における機能要求分類

計測対象	検出部型式	主な計測装置名称	重要度	設置場所	事故時環境下において機能要求のある機器		備考
					設計基準事故時	重大事故等時	
圧力	ダイヤフラム式	RHR ポンプ吐出圧力	MS-1, 重	R/B B1F	○	○	
		LPCS ポンプ吐出圧力	MS-1, 重	R/B B1F	○	○	
		原子炉圧力	MS-1	R/B 3F	○	—	
		格納容器圧力	MS-1	R/B 3F	○	—	
		主蒸気管圧力	MS-1	T/B 1F	—	—	
		主復水器真空度	MS-1	T/B 1F	—	—	
		原子炉圧力	MS-2, 重	R/B 3F	○	○	
		格納容器圧力	MS-2	R/B 1F R/B 3F	○	—	(S/C) (D/W)
		原子炉圧力	重	R/B 3F	—	○	
		格納容器圧力	重	R/B 1F R/B 4F	—	○	(S/C) (D/W)
		常設高圧代替注水系ポンプ吐出圧力	重	R/B B1F	—	○	
	代替循環冷却系ポンプ吐出圧力	重	R/B B2F	—	○		
	ベローズ式	D/G 機関冷却水入口圧力	MS-1	D/G 室	—	—	
		D/G 機関潤滑油入口圧力	MS-1	D/G 室	—	—	
シールドピストン式	CV 急速閉検出用圧力	MS-1	T/B 1F ヒーター ルーム	—	—		

表 1(2/4) 主な計測装置の事故時環境下における機能要求分類

計測対象	検出部型式	主な計測装置名称	重要度	設置場所	事故時環境下において機能要求のある機器		備考
					設計基準 事故時	重大事故 等時	
温度	熱電対式	主蒸気管トンネル温度	MS-1	R/B 2F 主蒸気管 トンネル室	○	—	
		FCS 入口ガス温度	MS-1	R/B 3F	○	—	
		原子炉圧力容器温度	重	PCV 内	—	○	
		格納容器内温度	重	PCV 内	—	○	
		使用済燃料プール温度	重	R/B 6F	—	○	
		代替循環冷却系ポンプ入口温度	重	R/B B2F RHR 熱交室	—	○	
	測温抵抗 体式	サプレッション・プール水温度	MS-2	S/P 内	○	—	
		サプレッション・プール水温度	重	S/P 内	—	○	
		使用済燃料プール温度	重	R/B 6F	—	○	
		格納容器下部水温	重	ペDESTAL	—	○	
流量	ダイヤフ ラム式	RCIC 系統流量	MS-1, 重	R/B B2F RCIC ポン プ室	○	○	
		主蒸気管流量	MS-1	R/B 2F	○	—	
		FCS 入口ガス流量	MS-1	R/B 3F	○	—	
		RHR 系統流量	MS-2, 重	R/B B1F	○	○	
		LPCS 系統流量	MS-2, 重	R/B B1F	○	○	
		HPCS 系統流量	MS-2, 重	R/B B1F	○	○	
		低压代替注水系原子炉注水流量	重	R/B 2F R/B 3F	—	○	
		低压代替注水系格納容器スプレイ流量	重	R/B B1F R/B 3F	—	○	
		低压代替注水系格納容器下部注水流量	重	R/B 3F	—	○	

表 1(3/4) 主な計測装置の事故時環境下における機能要求分類

計測対象	検出部型式	主な計測装置名称	重要度	設置場所	事故時環境下において機能要求のある機器		備考
					設計基準 事故時	重大事故 等時	
水位	ダイヤフラム式	原子炉水位	MS-1, 重	R/B 3F	○	○	
		原子炉水位	MS-1	R/B 3F	○	—	
		サプレッション・プール水位	MS-1	R/B B2F RHR ポンプ 室, LPCS ポンプ室	○	—	
		原子炉水位	MS-2, 重	R/B 2F	○	○	
		原子炉水位	MS-2	R/B 3F	○	—	
		サプレッション・プール水位	MS-2	R/B B2F RHR ポンプ 室, LPCS ポンプ室	○	—	
		代替淡水貯槽水位	重	常設低圧代替注水系格納槽	—	—	
	フロート式	スクラム排出容器水位	MS-1	R/B 3F	—	—	
		D/G デイタンク液位	MS-2	D/G 室	—	—	
	ガイドパルス式	使用済燃料プール水位	重	R/B 6F	—	○	
	電極式	格納容器下部水位	重	ペDESTAL	—	○	
	電波式	取水ピット水位	設	屋外	—	—	
		西側淡水貯水設備水位	重	常設代替高圧電源装置置場	—	—	
	圧力式	潮位	設	屋外	—	—	
中性子束	核分裂電離箱式	SRNM	MS-1, 重	原子炉内, R/B 3F	○	○	
		LPRM	MS-1, 重	原子炉内	○	○	

表 1(4/4) 主な計測装置の事故時環境下における機能要求分類

計測対象	検出部型式	主な計測装置名称	重要度	設置場所	事故時環境下において機能要求のある機器		備考
					設計基準 事故時	重大事故 等時	
放射線	イオンチェンバ式	主蒸気管放射線	MS-1	R/B 2F 主蒸気管 トンネル室	—	—	
		格納容器雰囲気放射線	MS-2, 重	R/B 3F, R/B B1F サンドクッ ションエリア	○	○	
		使用済燃料プールエ リア放射線	重	R/B 6F	—	○	
	半導体式	原子炉建屋換気系放 射線	MS-1	R/B 6F	—	—	
振動	倒立振子式	地震加速度	MS-1	R/B B2F R/B 2F	—	—	
濃度	熱伝導式	格納容器内水素濃度	MS-2	R/B 3F R/B 4F	—	—	
		格納容器内水素濃度	重	R/B 3F	—	○	
		原子炉建屋水素濃度	重	R/B B1F R/B 2F	—	○	
	触媒式	原子炉建屋水素濃度	重	R/B 6F	—	○	
	磁気式	格納容器内酸素濃度	MS-2	R/B 3F R/B 4F	—	—	
		格納容器内酸素濃度	重	R/B 3F	—	○	
位置	リミット スイッチ式	MSV 位置	MS-1	T/B 1F ヒーター ルーム	—	—	
回転 速度	電磁ピッ クアップ 式	RCIC タービン回転 速度	MS-1	R/B B2F RCIC ポン プ室	○	—	

(2) 計測装置の取替周期等の妥当性について

設計基準事故又は重大事故等時に機能要求がある機器の取替周期と、その期間内において事故時環境下で健全性が維持できることの根拠を以下に示す。

1) 伝送器

(RHR ポンプ吐出圧力, LPCS ポンプ吐出圧力, 原子炉圧力, 格納容器圧力, 常設高圧代替注水系ポンプ吐出圧力, 代替循環冷却系ポンプ吐出圧力, RCIC 系統流量, 主蒸気管流量, FCS 入口ガス流量, RHR 系統流量, LPCS 系統流量, HPCS 系統流量, 低圧代替注水系原子炉注水流量, 低圧代替注水系格納容器スプレー流量, 低圧代替注水系格納容器下部注水流量, 原子炉水位, サプレッション・プール水位: ダイヤフラム式)

取替周期	根拠
□年以内	電気計装品の経年劣化評価委託「差圧伝送器・圧力伝送器の耐環境試験報告書 (H29)」 ・95 °C×4,800 時間のエージング →アレニウス換算 □eV*1, 平常時 40 °C*2, 定期試験時 65.6 °C*2) で□年以上相当*3 と評価

*1: 出典 EPRI NP-1558 「A Review of Equipment Aging Theory and Technology」
エチレンプロピレン材の活性化エネルギー平均値

*2: 伝送器設置エリアで通常時及び事故時環境が最も厳しくなる原子炉建屋地下 2 階 RHR ポンプ室の設計値

*3: 65.6 °C 環境となる期間を 40 時間/年として算出
 (定期試験 2 時間×12 回, プラント停止時運転約 12 時間×1 回を包絡)
 ・95 °C×4,500 時間は, 40 °C (8,720 時間/年) ×□年に相当
 ・95 °C×300 時間は, 65.6 °C (40 時間/年) ×□年に相当

	条件 (温度×時間)	65°C換算*4	合計
事故時雰囲気 曝露試験		5,459 時間	5,459 時間
設計基準事故 包絡条件		121 時間	2,655 時間
		2,534 時間	
重大事故等時 包絡条件		178 時間	178 時間

*4: 活性化エネルギー □eV (□ kcal/mol) での換算値

以上の通り, 事故時雰囲気曝露試験の試験条件は, 実機の設計基準事故及び重大事故等時包絡条件を包絡しており, 事故時環境下で健全性を維持できると判断する。

2) 温度検出器

(主蒸気管トンネル温度：熱電対式)

取替周期	根拠
□年以内	電気計装品の経年劣化評価のうち計装品健全性評価委託 (H29) ・ 150 °C×1,756 時間のエージング →アレニウス換算 (□eV*1, 60 °C*2) で□年以上相当と評価

*1：出典 EPRI NP-1558 「A Review of Equipment Aging Theory and Technology」
エポキシ材の活性化エネルギー平均値

*2：原子炉建屋 2 階 主蒸気管トンネル室の設計値

	条件 (温度×時間)	65°C換算*3	合計
事故時雰囲気 曝露試験		1,798 時間	8,570 時間
		1,272 時間	
		5,500 時間	
設計基準事故 包絡条件		1,157 時間	3,760 時間
		80 時間	
		2,523 時間	

*3：活性化エネルギー □ eV (□ kcal/mol) での換算値

以上の通り、事故時雰囲気曝露試験の試験条件は、実機の設計基準事故包絡条件を包絡しており、事故時環境下で健全性を維持できると判断する。

3) 温度検出器

(原子炉圧力容器温度, 格納容器内温度: 熱電対式)

(サプレッション・プール水温度, 格納容器下部水温: 測温抵抗体式)

取替周期	根拠
<input type="checkbox"/> 年以内	高経年化技術評価委託のうち新規制基準設備他技術評価 (H29) ・105 °C×1,448 時間のエージング →アレニウス換算 <input type="checkbox"/> kcal/mol ^{*1} , 65.6 °C ^{*2}) で <input type="checkbox"/> 年相当と評価

*1: メーカー提示値

*2: 原子炉格納容器内の設計値

(温度検出器の有機物を含む範囲が施工されるエリアの設計値)

	条件 (温度×時間)	65 °C換算 ^{*3}	合計
事故時 雰囲気 曝露試験		307,531 時間	71,262,716 時間
		70,955,185 時間	
設計 基準事故 包絡条件		129,238 時間	268,594 時間
		54,067 時間	
		10,388 時間	
		74,901 時間	
重大 事故等時 包絡条件		258,297 時間	57,986,447 時間
		57,728,150 時間	

*3: 活性化エネルギー kcal/mol での換算値

以上の通り, 事故時雰囲気曝露試験の試験条件は, 実機の設計基準事故及び重大事故等時包絡条件を包絡しており, 事故時環境下で健全性を維持できると判断する。

4) 前置増幅器
(SRNM)

取替周期	根拠
<input type="checkbox"/> 年以内	電気計装品の経年劣化評価のうち計装品健全性評価委託 (H29) ・ 100 °C×1,104 時間のエージング →アレニウス換算 <input type="checkbox"/> eV*1, 40 °C*2) で <input type="checkbox"/> 年相当と評価

*1: メーカー提示値

*2: 原子炉建屋 3 階の設計値

	条件 (温度×時間)	65 °C換算*3	合計
事故時雰囲気 曝露試験		166 時間	800 時間
		634 時間	
設計基準事故 包絡条件		79 時間	86 時間
		7 時間	
重大事故等時 包絡条件*4	6 時間	6 時間	

*3: 活性化エネルギー eV (kcal/mol) での換算値

*4: 設計基準事故時と同一時間機能要求された場合を算出

以上の通り、事故時雰囲気曝露試験の試験条件は、実機の設計基準事故及び重大事故等時包絡条件を包絡しており、事故時環境下で健全性を維持できると判断する。

5) 水素濃度検出器

(原子炉建屋水素濃度：熱伝導式)

取替周期	根拠
<input type="checkbox"/> 年以内	水素濃度計の事故時耐環境試験について (H27・他社研) ・ 100 °C×380 時間のエージング ・ 102.2 °C×170 時間の蒸気曝露試験 →アレニウス換算 (<input type="checkbox"/> eV*1, 40 °C*2) で <input type="checkbox"/> 年相当と評価

*1：出典 EPRI NP-1558 「A Review of Equipment Aging Theory and Technology」

ネオプレン材の活性化エネルギー

*2：原子炉建屋地下 1 階, 2 階の設計値

	条件 (温度×時間)	60 °C換算*3
事故時雰囲気 曝露試験		熱劣化期間に振り分け
		302 時間
重大事故等時 包絡条件		168 時間

*3：活性化エネルギー eV (kcal/mol) での換算値

以上の通り、事故時雰囲気曝露試験の試験条件は、実機の重大事故等時包絡条件を包絡しており、事故時環境下で健全性を維持できると判断する。

6) 回転速度検出器

(RCIC タービン回転速度)

取替周期	根拠
<input type="checkbox"/> 年以内	電気計装品の経年劣化評価のうち計装品健全性評価委託 (H29) ・ 107 °C×1,200 時間のエージング →アレニウス換算 (<input type="checkbox"/> eV*1, 平常時 40 °C*2, 定期試験時 65.6 °C*2) で <input type="checkbox"/> 年以上相当*3と評価

*1：メーカー提示値

*2：原子炉建屋地下 2 階 RCIC ポンプ室の設計値

*3：65.6 °C環境となる期間を 40 時間/年として算出

(定期試験 2 時間×12 回, プラント起動時運転 7 時間×1 回を包絡)

・ 107 °C×1,120 時間は, 40 °C (8,720 時間/年) ×年に相当

・ 107 °C×80 時間は, 65.6 °C (40 時間/年) ×年に相当

	条件 (温度×時間)
事故時雰囲気 曝露試験	100 °C×6 時間
	65.6 °C×6 時間
設計基準事故 包絡条件	100 °C×6 時間
	65.6 °C×6 時間

以上の通り, 事故時雰囲気曝露試験の試験条件は, 実機の設計基準事故包絡条件を包絡しており, 事故時環境下で健全性を維持できると判断する。

7) 水素濃度検出器, 酸素濃度検出器

(格納容器内水素濃度 (重大事故等時用) : 熱伝導式)

(格納容器内酸素濃度 (重大事故等時用) : 磁気式)

重大事故等時機能要求のある格納容器内水素濃度及び格納容器内酸素濃度の検出器は、機器仕様上、周辺雰囲気温度が□℃まで使用可能であり、機器を設置する原子炉建屋3階の重大事故等時周辺雰囲気温度 56℃ (最大) を包絡している。

また、型式認証試験において、□kGy の放射線負荷試験が実施されており、重大事故等時の耐放射線性能が確認されている。

よって、メーカー推奨の保全を実施することにより、事故時環境下で健全性を維持できると判断する。

別紙 8. 電気・計装設備の評価（共通項目）について

タイトル	電気設備評価代表機器の製造メーカ，型式等について			
説明	電気設備評価代表機器の製造メーカ，型式等は以下のとおり。			
	評価設備	代表機器	型式	製造メーカ
高圧ポンプモータ	残留熱除去海水系ポンプモータ	全閉型三相誘導電動機		
	高圧炉心スプレイ系ポンプモータ	開放型三相誘導電動機		
低圧ポンプモータ	ほう酸水注入系ポンプモータ	全閉型三相誘導電動機		
	非常用ディーゼル発電機冷却系海水ポンプモータ	全閉型三相誘導電動機		
	原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器保持ポンプモータ	水浸型三相誘導電動機		
電気ペネトレーション	低圧ペネトレーション	モジュール型		
	高圧ペネトレーション	モジュール型		
電動弁用駆動部	残留熱除去系シャットダウンライン隔離弁(内側)	SB-4D/#200		
	残留熱除去系注入弁	SB-4D/#200		
	残留熱除去系シャットダウンライン隔離弁(外側)	SB-4D/#200		
高圧ケーブル	難燃 CV ケーブル	架橋ポリエチレン難燃絶縁ビニルシース		
低圧ケーブル	CV ケーブル	架橋ポリエチレン絶縁ビニルシース		
	難燃 CV ケーブル	難燃架橋ポリエチレン絶縁難燃性特殊耐熱ビニルシース		
	KGB ケーブル	シリコン絶縁ガラス編組		
	難燃 PN ケーブル	難燃エチレンプロピレンゴム絶縁特コトクロプレングムシース		
	難燃一重同軸ケーブル(架橋ポリエチレン)	架橋ポリエチレン絶縁難燃架橋ポリエチレンシース		
	難燃一重同軸ケーブル(架橋ポリオレフィン)	架橋ポリオレフィン絶縁難燃架橋ポリオレフィンシース		
	難燃六重同軸ケーブル	架橋発泡ポリエチレン絶縁難燃架橋ポリエチレン		
	難燃三重同軸ケーブル	架橋発泡ポリオレフィン絶縁難燃架橋ポリオレフィン		
ケーブル接続部	端子台接続	PCV 内用		
	電動弁コネクタ	PCV 内用		
	同軸コネクタ(中性子束計測用)	PCV 内用		
	スプライス接続	圧着スリーブ/PCV 内用		

タイトル	電気設備評価対象機器の保全項目，判定基準及び点検頻度について
説明	<p>主な電気設備の保全項目，判定基準及び点検頻度については，添付「電気・設備の保全項目，判定基準及び点検頻度」のとおり。</p> <p style="text-align: right;">以 上</p>

電気設備の保全項目、判定基準及び点検頻度

評価書	代表機器名称	部位	保全項目	判定基準	点検頻度	備考
高圧ポンプモータ	残留熱除去系海水ポンプモータ	固定子コイル 口出線・接続部品	絶縁抵抗測定	[]	1C	
			直流吸収試験			
	高圧炉心スプレイスポンプモータ		交流電流試験		RHR-S:52M HPCS:65M	
			誘電正接試験			
低圧ポンプモータ	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	部分放電試験	[]		
			絶縁抵抗測定			
			原子炉格納容器漏えい率検査		1C	
			原子炉格納容器漏えい率検査		1C	
電気ペネトレーション	高圧ペネトレーション 低圧ペネトレーション	シール部 シール部 シール部, 電線	絶縁抵抗測定, 機器の動作試験	[]	接続機器の点検周期に合わせて実施	絶縁抵抗の判定基準は, 接続機器による
			原子炉格納容器内の電動(交流) 弁用駆動部			
			原子炉格納容器外の電動(交流) 弁用駆動部			
電動弁駆動部	原子炉格納容器外の電動(交流) 弁用駆動部 原子炉格納容器外の電動(直流) 弁用駆動部	固定子コイル 口出線・接続部品 電磁ブレーキコイル	絶縁抵抗測定			
			絶縁抵抗測定			
			漏れ電流試験			
高圧ケーブル	高圧難燃ケーブル	絶縁体	正極指数試験			
			三相不平衡率試験			

電気設備の保全項目、判定基準及び点検頻度

評価書	代表機器名称	部位	保全項目	判定基準	点検頻度	備考
低圧ケーブル	CV ケーブル	絶縁体	絶縁抵抗測定、機器の動作試験	□	接続機器の点検周期に合わせて実施	絶縁抵抗の判定値は、接続機器による
	難燃 CV ケーブル					
	KGB ケーブル					
	難燃 PN ケーブル					
ケーブル接続部	端子台接続	絶縁部	絶縁抵抗測定、機器の動作試験			
	電動弁コネクタ接続					
	同軸コネクタ接続					
高圧閉鎖配電盤	スプライズ接続	主回路導体支持碍子 主回路断路部 真空遮断器の断路部 絶縁フレーム・絶縁支柱 計器用変圧器コイル	絶縁抵抗測定			
	非常用 M/C					
	非常用動力変圧器					
動力変圧器	非常用 P/C	変圧器コイル 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 計器用変圧器コイル	絶縁抵抗測定			
	計測用 P/C					
	支持碍子					
低圧閉鎖配電盤	480 V 非常用 MCC	変圧器コイル 制御用変圧器コイル 計器用変圧器コイル 水平母線・垂直母線サポート 断路部取付台	絶縁抵抗測定			