

東海第二発電所 審査資料	
資料番号	TKK補-III-5 改23
提出年月日	平成30年11月5日

東海第二発電所 劣化状況評価
(電気・計装設備の絶縁低下)

補足説明資料

平成30年11月5日
日本原子力発電株式会社

本資料のうち、枠囲みの内容は、営業秘密
又は防護上の観点から公開できません。

目次

1. 概要	1
2. 基本方針	1
3. 評価対象と評価手法	4
(1) 評価対象	4
(2) 評価手法	4
4. 代表機器の技術評価	7
(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ブレンゴム シース）の評価	7
1)-1 電気学会推奨案による健全性評価（設計基準事故時）	7
1)-2 ACA ガイドによる健全性評価（設計基準事故時）	10
1)-3 電気学会推奨案をもとにした健全性評価（重大事故等時）	13
2) 現状保全	16
3) 総合評価	16
4) 高経年化への対応	17
(2) 電気ペネトレーションの評価	18
1) 核計装用電気ペネトレーションの健全性評価	18
2) 現状保全	21
3) 総合評価	21
4) 高経年化への対応	21
5. 代表機器以外の技術評価	22
6. まとめ	33
(1) 審査基準適合性	33
(2) 保守管理に関する方針として策定する事項	36
7. 添付資料	36
別紙 1. 高圧ポンプモータの評価について	69
別紙 2. 高圧ケーブルの評価について	86
別紙 3. 低圧ケーブルの評価について	95
別紙 4. 同軸ケーブルの評価について	111
別紙 5. ケーブル接続部の評価について	143
別紙 6. 電動弁用駆動部の評価について	167
別紙 7. 計測制御設備の評価について	198
別紙 8. 電気・計装設備の評価（共通項目）について	216

1. 概要

本資料は、「実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則」第114条（発電用原子炉の運転の期間の延長に係る認可の基準）の規定に基づく、劣化状況評価の補足として電気・計装設備の絶縁低下の評価結果を説明するものである。

2. 基本方針

電気・計装設備の絶縁低下に対する評価の基本方針は、対象部位において絶縁低下の発生の可能性について評価し、その可能性が将来にわたって発生することが否定できない場合は、その発生及び進展を前提としても今後60年時点までの期間において実用発電用原子炉の運転の期間の延長の審査基準に適合することを確認することである。

電気・計装設備の絶縁低下についての要求事項を表1に整理する。

表1 (1/3) 電気・計装設備の絶縁低下についての要求事項

審査基準, ガイド	要求事項
実用発電用原子炉の運転の期間の延長の審査基準	<ul style="list-style-type: none">○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低下が生じないこと。○環境認定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低下が生じないこと。
実用発電用原子炉の運転期間延長認可申請に係る運用ガイド	<p>運転期間延長認可申請に伴うものとして評価を行い、その結果の記載が求められる事項は次のとおり。</p> <ul style="list-style-type: none">①特別点検の結果を踏まえた劣化状況評価。 <p>運転期間延長認可申請に伴い策定するものとして記載が求められる事項は次のとおり。</p> <ul style="list-style-type: none">①劣化状況評価を踏まえた保守管理に関する方針。

表 1 (2/3) 電気・計装設備の絶縁低下についての要求事項

審査基準, ガイド	要求事項
<p>実用発電用原子炉施設における高経年化対策審査ガイド</p>	<p>(1) 高経年化技術評価の審査</p> <p>⑫健全性の評価 実施ガイド 3. 1⑤に規定する期間の満了日までの期間について、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の発生又は進展に係る健全性を評価していることを審査する。</p> <p>⑬現状保全の評価 健全性評価結果から現状の保全策の妥当性が評価されていることを審査する。</p> <p>⑭追加保全策の抽出 現状保全の評価結果から、現状保全に追加する必要がある新たな保全策が抽出されていることを審査する。</p> <p>⑮大規模地震等による機器・構造物への直接の影響の考慮 現に発生した大規模地震等について、これによる機器・構造物への影響を踏まえた高経年化技術評価を行っているかを審査する。</p> <p>(2) 長期保守管理方針の審査</p> <p>①長期保守管理方針の策定 すべての追加保全策について長期保守管理方針として策定されているかを審査する。</p>

表 1 (3/3) 電気・計装設備の絶縁低下についての要求事項

審査基準, ガイド	要求事項
<p>実用発電用原子炉施設における高経年化対策実施ガイド</p>	<p>3.1 高経年化技術評価の実施及び見直し</p> <p>高経年化技術評価の実施及び見直しに当たっては、以下の要求事項を満たすこと。</p> <p>③運転開始後 40 年を迎えるプラントの高経年化技術評価には、当該申請に至るまでの間の運転に伴い生じた原子炉その他の設備の劣化の状況の把握のために実施した点検（特別点検）の結果を適切に反映すること。</p> <p>⑤抽出された高経年化対策上着目すべき経年劣化事象について、以下に規定する期間の満了日までの期間について機器・構造物の健全性評価を行うとともに、必要に応じ現状の保守管理に追加すべき保全策（以下「追加保全策」という。）を抽出すること。</p> <p>イ 実用炉規則第 82 条第 1 項の規定に基づく高経年化技術評価プラントの運転を開始した日から 60 年間</p> <p>3.2 長期保守管理方針の策定及び変更</p> <p>長期保守管理方針の策定及び変更にあたっては、以下の要求事項を満たすこと。</p> <p>①高経年化技術評価の結果抽出された全ての追加保全策（発電用原子炉の運転を継続的に行うことを前提として抽出されたもの及び冷温停止状態が維持されることを前提として抽出されたものの全て。）について、発電用原子炉ごとに、保守管理の項目及び当該項目ごとの実施時期を規定した長期保守管理方針を策定すること。</p> <p>なお、高経年化技術評価の結果抽出された追加保全策について、発電用原子炉の運転を断続的に行うことを前提とした評価から抽出されたものと冷温停止状態が維持されることを前提とした評価から抽出されたもの間で、その対象の経年劣化事象及び機器・構造物の部位が重複するものについては、双方の追加保全策を踏まえた保守的な長期保守管理方針を策定すること。</p>

3. 評価対象と評価手法

(1) 評価対象

電気・計装設備の絶縁を維持するために、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による劣化の進展により、絶縁が低下し、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せている高分子材料が、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。

電気・計装設備の絶縁低下に対する評価は、絶縁低下の可能性のある全ての機器を評価対象機器として抽出し、各機器の絶縁低下に影響を及ぼす部位を評価対象部位として健全性について評価する。

電気・計装設備の絶縁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資料では、評価対象となる機器の中から代表機器を選定して評価の詳細について説明する。

抽出した機器を「表2 東海第二発電所 評価対象機器（電気・計装設備）」に示す。

代表機器は、設備の重要度及び絶縁低下への影響が大きいと考えられる環境条件が著しく悪化する環境において機能要求のある機器の中から、電気・計装設備の動作に共通して必要となる電力・信号伝達機能を有した「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「低圧用電気ペネトレーション」を代表に選定する。

(2) 評価手法

評価対象機器（電気・計装設備）の評価にあたっては、IEEE Std. 323-1974「IEEE Standard for Qualifying Class 1E Equipment for Nuclear Power Generating Stations」（以下、「IEEE Std. 323-1974」という）、IEEE Std. 317-1976「IEEE Standard for Electric Penetration Assemblies in Containment Structures for Nuclear Power Generating Stations」（以下、「IEEE Std. 317-1976」という）、IEEE Std. 383-1974「IEEE Standard for Type Test of Class 1E Electric Cables, Field Splices, and Connections for Nuclear Power Generating Stations」（以下、「IEEE Std. 383-1974」という）、電気学会技術報告 第Ⅱ-139号「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」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）」（以下、「ACAガイド」という）等をもとに実施した長期健全性試験の結果及び各機器の点検実績等から健全性について評価する。

なお、代表以外の機器に対する評価は「5. 代表機器以外の技術評価」に示す。

表2 (1/2) 東海第二発電所 評価対象機器 (電気・計装設備)

機器・設備	評価対象機器	評価対象部位	環境条件が著しく悪化する環境 においても機能要求のある機器	
			設計基準事故時*1	重大事故等時*2
ポンプモータ	高圧ポンプモータ	固定子コイル, 口出線・接続部品	○	○
	低圧ポンプモータ	固定子コイル, 口出線・接続部品		
容器	低圧用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	気中遮断器絶縁支持板他		
	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		

表 2 (2/2) 東海第二発電所 評価対象機器 (電気・計装設備)

機器・設備	評価対象設備	評価対象部位	環境条件が著しく悪化する環境 においても機能要求のある機器	
			設計基準事故時*1	重大事故等時*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：実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則第十二
条（安全施設）第3項の要求を踏まえ選定

*2：実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則第四十
三条（重大事故等対処設備）の要求を踏まえ選定（常設設備）

4. 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^{*1}による健全性評価（設計基準事故時）

a. 評価手順

「東海第二発電所」（以下、「東海第二」という）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。

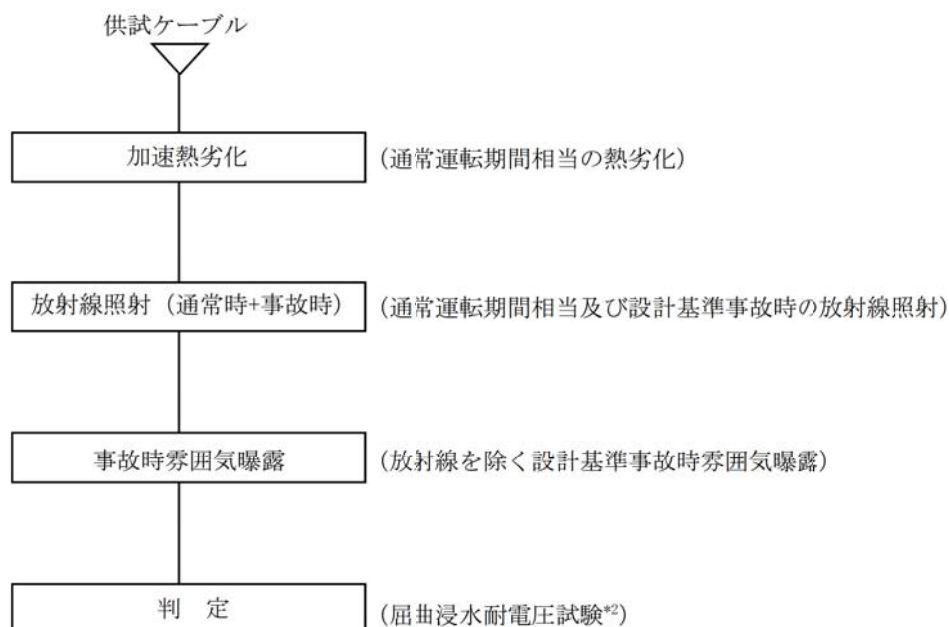


図 1.1 難燃 PN ケーブルの長期健全性試験手順

*1：電気学会技術報告 第Ⅱ-139号「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」の略称。IEEE Std.323-1974 及び IEEE Std.383-1974 の規格を根幹にした、ケーブルの加速劣化方法を含む試験条件、試験手順並びに判定方法が述べられている。

*2：屈曲浸水耐電圧試験の試験手順は以下のとおり

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

b. 試験条件

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

難燃PNケーブルの長期健全性試験条件を表1.1に示す。

表 1.1 難燃PNケーブルの長期健全性試験条件（電気学会推奨案）

	試験条件	説明
加速熱劣化	121℃×532時間	原子炉格納容器内の周囲最高温度65.6℃ ^{*1} では、難燃PNケーブルは60年の通常運転期間を包絡する。【添付-2)参照】
放射線照射 (通常時+事故時)	放射線照射線量：1,010 kGy	東海第二で想定される線量約392 kGy(60年間の通常運転期間相当の線量約132 kGy ^{*1} に設計基準事故時の最大積算値2.6×10 ² kGy ^{*2} 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：0.428 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：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

原子炉格納容器内EL.26.4 mの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0.12 Gy/hであったため、保守的に設計放射線量率の0.25 Gy/hを設定 【添付-4)参照】
通常運転時線量 約132 [kGy]=0.25 [Gy/h]×24 [h]×365.25 [d]×60 [y]

*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を維持できることを確認した。

なお、原子炉格納容器内 EL. 26.4 m 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 年間絶縁を維持できることを確認した。【添付-5)参照】

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	環境温度	評価結果
原子炉格納容器全域	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	60 年
原子炉格納容器内 EL. 26.4 m 一部エリア	難燃 CPN ケーブル	66.3 °C から 76.5 °C	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での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-SS 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が同じ難燃 CPN ケーブルを用いた。

ACA ガイドに基づく試験手順を図 1.2 に示す。

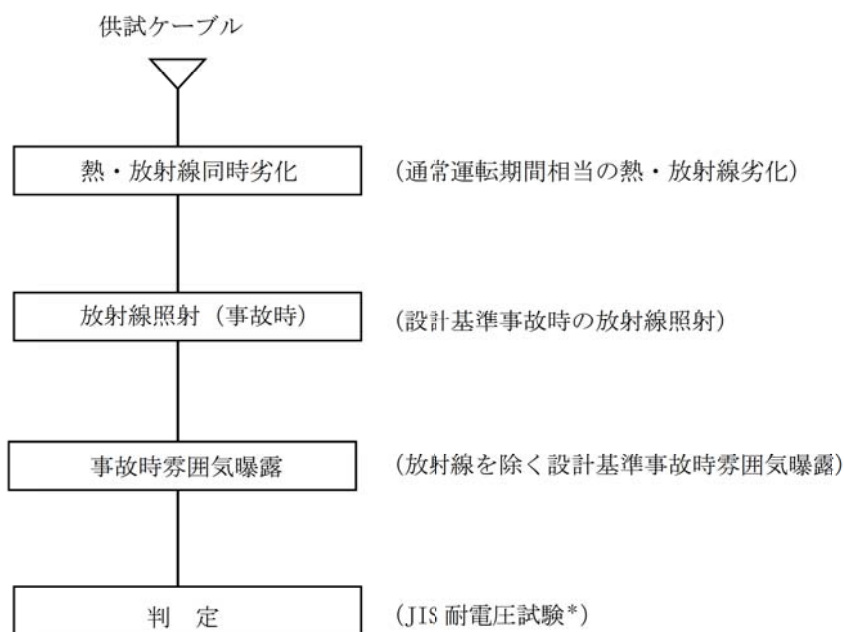


図 1.2 難燃 PN ケーブルの ACA ガイドに基づく試験手順

*：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 50 Hz または 60 Hz 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 ケーブルの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 ^{*2} 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 : 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原子炉格納容器内の環境条件設計値

原子炉格納容器内 EL. 26.4 m の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を維持できることを確認した。

なお、原子炉格納容器内 EL. 26.4 m 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 27 年間絶縁を維持できることを確認した。【添付-5) 参照】

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	環境温度	評価結果
原子炉格納容器全域	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
原子炉格納容器内 EL. 26.4 m 一部エリア	難燃 CPN ケーブル	66.3 °Cから 76.5 °C	17 年から 27 年

1)-3 電気学会推奨案をもとにした健全性評価（重大事故等時）

a. 評価手順

重大事故等時雰囲気での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をもとに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での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-6)参照】

難燃 PN ケーブルの長期健全性試験手順を図 1.3 に示す。

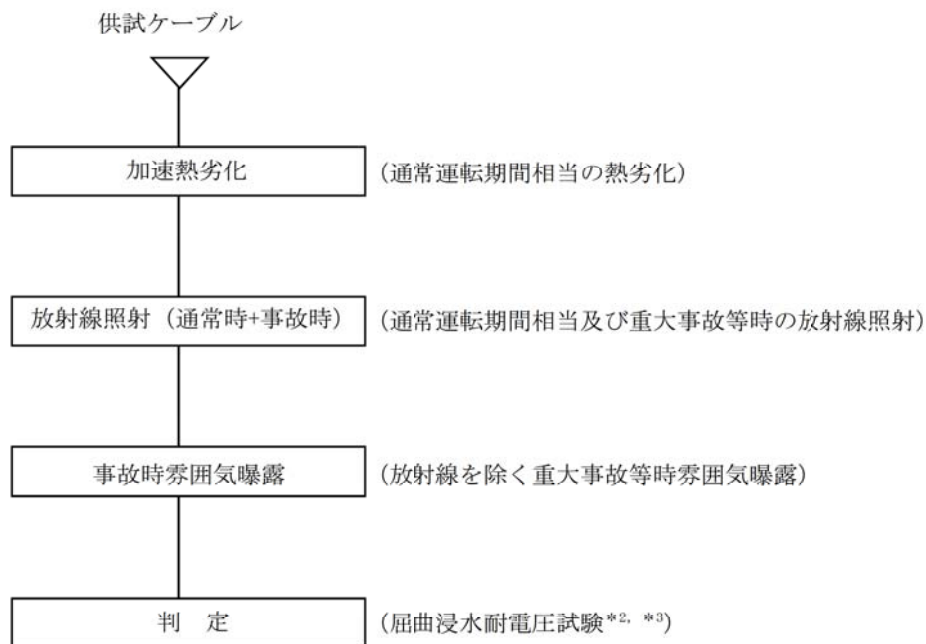


図 1.3 難燃 PN ケーブルの長期健全性試験手順

*1：電気学会技術報告 第Ⅱ-139号「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」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： 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 50 Hz または 60 Hz 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 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 1.7 に示す。

表 1.7 難燃 PN ケーブルの長期健全性試験条件（電気学会推奨案）

	試験条件	説明
加速熱劣化	<p>【難燃 CPN ケーブル】 121 °C × 126 時間</p> <p>【難燃 CPN-SLA ケーブル】 【難燃 PN-PSLATX-GR ケーブル】 121 °C × 251 時間</p>	<p>原子炉格納容器内の周囲最高温度 65.6 °C^{*1} では，制御用難燃 PN ケーブルは 15 年，制御用以外の難燃 PN ケーブルは 30 年の通常運転期間を包絡する。【添付-7）参照】</p>
放射線照射 (通常時+事故時)	<p>【難燃 CPN ケーブル】 放射線照射線量：988 kGy</p> <p>【難燃 CPN-SLA ケーブル】 【難燃 PN-PSLATX-GR ケーブル】 放射線照射線量：1,175 kGy</p>	<p>東海第二で想定される線量 約 673 kGy (15 年間の通常運転期間相当の線量 約 33 kGy^{*1} に重大事故等時の最大積算値 640 kGy^{*2} を加えた線量) を包絡する。</p> <p>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^{*2} を加えた線量) を包絡する。</p>
事故時雰囲気曝露	<p>最高温度：235 °C 最高圧力：0.62 MPa 曝露時間：7 日間</p>	<p>東海第二における重大事故等時の最高温度 235 °C^{*2}，最高圧力 0.62 MPa^{*2} を包絡する。【添付-8）参照】</p>

*1：通常運転時における原子炉格納容器内の環境条件設計値

原子炉格納容器内EL. 26.4 mの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0.12 Gy/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0.25 Gy/hに設定

【添付-4) 参照】

通常運転時線量 約 33 [kGy] = 0.25 [Gy/h] × 24 [h] × 365.25 [d] × 15 [y]

通常運転時線量 約 66 [kGy] = 0.25 [Gy/h] × 24 [h] × 365.25 [d] × 30 [y]

*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を維持できることを確認した。

なお，原子炉格納容器内EL. 26.4 mの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年間絶縁を維持できることを確認した。【添付-5) 参照】

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（7.8 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
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	環境温度	評価結果
原子炉格納容器全域	難燃 PN ケーブル 難燃 CPN ケーブル	65.6 °C	15 年
	難燃 CPN-SLA ケーブル 難燃 PN-PSLATX-GR ケーブル		30 年
原子炉格納容器内 EL. 26.4 m 一部エリア	難燃 CPN ケーブル	66.3 °Cから 76.5 °C	3年から 14 年

2) 現状保全

難燃 PN ケーブルの絶縁低下に対しては、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の健全性を確認している。

さらに、点検で有意な絶縁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、原子炉格納容器全域に敷設されている設計基準事故時雰囲気で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、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。

原子炉格納容器内 EL. 26.4 m の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。

したがって、難燃 PN ケーブルは評価期間を迎える前にケーブルを取替えることで 60 年間の通常運転期間、設計基準事故時及び重大事故等時雰囲気において絶縁機能を維持できると評価する。

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低下が発生する可能性は小さい。絶縁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。

また、東北地方太平洋沖地震発生に伴う発電所停止操作の過程で、原子炉格納容器内通常運転時の設計温度を超えた箇所が確認されたため、評価結果に対する確認を行い影響がないことを確認した。機器の取替周期の設定にあたっては、震災発生後の設計温度超過を考慮し、設計温度における評価年数に超過期間における評価年数を含めて設定する。【添付-9)参照】

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. 323-1974 及び IEEE Std. 317-1976 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。

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を図 2.1 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されることを確認する。【添付-10)参照】【添付-11)参照】

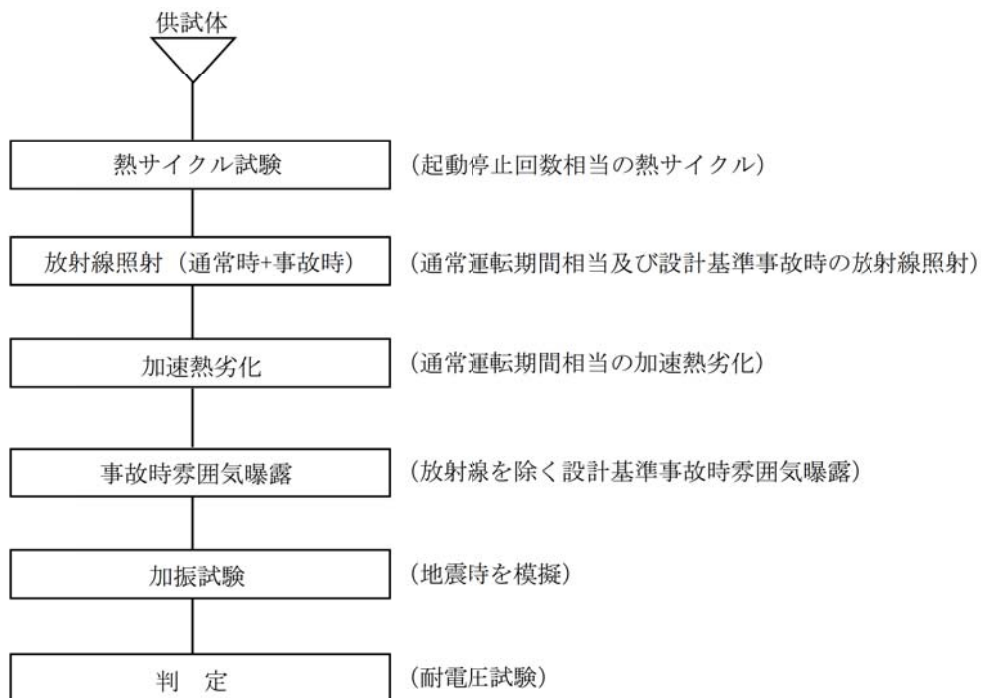


図 2.1 核計装用モジュール型電気ペネトレーションの長期健全性試験手順

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、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重大事故等時を想定した最高圧力、最大加振値を除いて包絡している。

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

表2.1 核計装用モジュール型電気ペネトレーションの長期健全性試験条件

	試験条件	説明
熱サイクル試験	10 °C⇔66 °C/120サイクル	東海第二の60年間の起動停止回数を包絡する。 【添付-12)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*1に設計基準事故時の最大積算値 2.6×10^2 kGy*2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*1に重大事故等時の最大積算値 640 kGy*3を加えた線量) を包絡する。
加速熱劣化	121 °C×7日間	東海第二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 °C*4に対して60年間の通常運転期間を包絡する。【添付-13)参照】
事故時雰囲気曝露	最高温度：171 °C 最高圧力：0.43 MPa 曝露時間：13日間	東海第二における設計基準事故時の最高温度 171 °C*2、最高圧力 0.31 MPa*2及び重大事故等時の最高温度 約135 °C*5を包絡する。【添付-14)参照】 なお、重大事故等時の最高圧力 0.62 MPa*3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	1.36 G	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 9.69 G 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 20 G にて健全性を確認している。

*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

通常運転時線量 約21 [kGy]=0.04 [Gy/h]×24 [h]×365.25 [d]×60 [y]

*2：設計基準事故時における原子炉格納容器内の環境条件設計値

*3：重大事故等時における原子炉格納容器内の環境条件解析値

*4：原子炉格納容器内の実測値をもとに設定した温度におけるシール部、電線部の温度解析値

*5：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絶縁を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、設計基準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（0.79 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は維持できると評価する。【添付-15)参照】

また、東海第二で想定される最大応答加速度 9.69 G 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 20 G 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は維持できると評価する。【添付-16)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部の絶縁低下に対しては、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部に有意な絶縁低下が認められた場合は、補修等を行うこととしている。【添付-17)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部の絶縁低下が発生する可能性は低く、さらに、絶縁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、現状の保全に点検手法として適切であると考える。

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部の絶縁低下に対しては、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。

また、東北地方太平洋沖地震発生に伴う発電所停止操作の過程で、原子炉格納容器内通常運転時の設計温度を超えた箇所が確認されたため、評価結果に対する確認を行い影響がないことを確認した。機器の取替周期の設定にあたっては、震災発生後の設計温度超過を考慮し、設計温度における評価年数に超過期間における評価年数を含めて設定する。【添付-9)参照】

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。

5. 代表機器以外の技術評価

評価対象設備	評価対象機器	部位	健全性評価	現状保全	総合評価	高齢年化への対応
高圧ポンプモーター	<ul style="list-style-type: none"> ・残留熱除去系海水系ポンプモーター ・高圧炉心スプレレイ系ポンプモーター ・低圧炉心スプレレイ系ポンプモーター ・残留熱除去系ポンプモーター ・緊急用海水ポンプモーター 	固定子コイル 口出線・接続 部品	<p>長期健全性試験の結果、固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁物は、60年の通常運転期間、設計基準事故時及び重大事故時等時券閉気において絶縁を維持できると評価。</p> <p>固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁低下要因としては、機械的、熱的、電氣的及び環境的要因により経年的に劣化が進行し、絶縁低下を引き起こす可能性があり、これまでの点検実績から最も絶縁低下に影響を及ぼす要因は点検実績がであり、長期間の使用を考慮すると固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁低下の可能性は否定できなない。</p>	<p>点検時に絶縁抵抗測定及び絶縁診断試験（直流吸収試験、交流電流試験、誘電正接試験及び部分放電試験）を実施し、有意な絶縁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。</p>	<p>固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁低下の可能性は小さく、また、現状保全にて絶縁抵抗測定を把握可能。</p> <p>目視確認、清掃及び絶縁抵抗測定を実施すること、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。</p>	<p>固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁低下に対しては、高齢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。</p> <p>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。</p>
低圧ポンプモーター	<ul style="list-style-type: none"> ・ほう酸水注入系ポンプモーター ・非常用ディーゼル発電機冷却系海水ポンプモーター ・原子炉冷却材浄化系系過飽和蒸気ポンプモーター ・ほう酸水注入系系潤滑油ポンプモーター ・原子炉冷却材浄化系系潤滑油ポンプモーター ・常設低圧代替注水系ポンプモーター ・代替燃料プール冷却系ポンプモーター ・代替燃料プール冷却系ポンプモーター ・格納容器圧力逃がし装置移送ポンプモーター 	固定子コイル 口出線・接続 部品	<p>新品の電動弁モーターを供試体に、長期健全性試験を実施した結果、固定子コイル、口出線・接続部品及び電磁ブレーキコイルの絶縁物は、60年間の通常運転期間、設計基準事故時及び重大事故時等時券閉気において絶縁を維持できると評価。</p> <p>新品の電動弁モーターを供試体に、長期健全性試験を実施した結果、固定子コイル、口出線・接続部品及び電磁ブレーキコイルの絶縁物は、50年間の通常運転期間、設計基準事故時及び重大事故時等時券閉気において絶縁を維持できると評価。</p> <p>38年間使用した実機モーターを供試体に、22年の劣化付与を行い、60年を想定した長期健全性試験を実施した結果、固定子コイル、回転子コイル、口出線、接続部品及び電磁ブレーキコイルの絶縁物は、60年間の通常運転期間、設計基準事故時及び重大事故時等時券閉気において絶縁を維持できると評価。</p>	<p>固定子コイル、回転子コイル、口出線・接続部品及び電磁ブレーキコイルの絶縁低下に対しては、点検時に絶縁抵抗測定及び動作試験を実施し、有意な絶縁低下が認められた場合には、モーターの補修又は取替を実施。</p>	<p>固定子コイル、回転子コイル、口出線・接続部品及び電磁ブレーキコイルの有意な絶縁低下の可能性は小さく、また、現状保全にて絶縁抵抗測定を把握可能。</p> <p>目視確認、清掃及び絶縁抵抗測定を実施すること、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。</p>	<p>固定子コイル、回転子コイル、口出線・接続部品及び電磁ブレーキコイルの絶縁低下に対しては、高齢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。</p> <p>今後も点検時に絶縁抵抗測定、動作試験を実施することにより絶縁低下を監視していくとともに、必要に応じて補修又は取替を実施する。</p>
電動弁用駆動部	<ul style="list-style-type: none"> ・残留熱除去系シャットダウンライン隔離弁（内部）駆動部 ・残留熱除去系注入弁駆動部 	固定子コイル 口出線・接続 部品 電磁ブレーキ コイル	<p>新品の電動弁モーターを供試体に、長期健全性試験を実施した結果、固定子コイル、口出線・接続部品及び電磁ブレーキコイルの絶縁物は、60年間の通常運転期間、設計基準事故時及び重大事故時等時券閉気において絶縁を維持できると評価。</p> <p>新品の電動弁モーターを供試体に、長期健全性試験を実施した結果、固定子コイル、口出線・接続部品及び電磁ブレーキコイルの絶縁物は、50年間の通常運転期間、設計基準事故時及び重大事故時等時券閉気において絶縁を維持できると評価。</p> <p>38年間使用した実機モーターを供試体に、22年の劣化付与を行い、60年を想定した長期健全性試験を実施した結果、固定子コイル、回転子コイル、口出線、接続部品及び電磁ブレーキコイルの絶縁物は、60年間の通常運転期間、設計基準事故時及び重大事故時等時券閉気において絶縁を維持できると評価。</p>	<p>固定子コイル、回転子コイル、口出線・接続部品及び電磁ブレーキコイルの絶縁低下に対しては、点検時に絶縁抵抗測定及び動作試験を実施し、有意な絶縁低下が認められた場合には、モーターの補修又は取替を実施。</p>	<p>固定子コイル、回転子コイル、口出線・接続部品及び電磁ブレーキコイルの有意な絶縁低下の可能性は小さく、また、現状保全にて絶縁抵抗測定を把握可能。</p> <p>目視確認、清掃及び絶縁抵抗測定を実施すること、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。</p>	<p>固定子コイル、回転子コイル、口出線・接続部品及び電磁ブレーキコイルの絶縁低下に対しては、高齢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。</p> <p>今後も点検時に絶縁抵抗測定、動作試験を実施することにより絶縁低下を監視していくとともに、必要に応じて補修又は取替を実施する。</p>
高圧ケーブル	<ul style="list-style-type: none"> ・残留熱除去系シャットダウンライン隔離弁（外部）駆動部 ・高圧燃焼CVケーブル 	絶縁体	<p>電気学会推奨案に基づく長期健全性試験の結果、60年の通常運転期間、設計基準事故時及び重大事故時等時券閉気において絶縁を維持できると評価。</p>	<p>絶縁体の有意な絶縁低下に対しては、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診断試験を行い評価範囲に収まっていることの確認を行うとともに、系統機器の点検時に実施する動作試験においてケーブルの絶縁の健全性を確認し、点検で有意な絶縁低下が認められた場合には、ケーブルの取替を実施。</p>	<p>絶縁体の有意な絶縁低下の可能性は低く、また、現状保全にて絶縁の低下は把握可能。</p> <p>絶縁抵抗測定、絶縁診断試験及び系統機器の動作試験を実施することで、絶縁低下は把握可能であり、現状の保全は点検手法としては適切であると判断。</p>	<p>絶縁体の有意な絶縁低下に対しては、高齢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。</p> <p>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、絶縁低下を監視していくとともに、必要に応じて取替を実施する。</p>
低圧ケーブル	<ul style="list-style-type: none"> ・CVケーブル ・難燃 CV ケーブル 	絶縁体	<p>電気学会推奨案に基づく長期健全性試験の結果、60年の通常運転期間、設計基準事故時及び重大事故時等時券閉気において絶縁を維持できると評価。</p> <p>また、ACAガイドに従った評価を実施し、60年間の通常運転期間及び設計基準事故時等時券閉気において絶縁を維持できると評価。</p>	<p>絶縁体の有意な絶縁低下に対しては、点検時に絶縁抵抗測定及び系統機器の点検時に実施する動作試験においてケーブルの絶縁の健全性を確認し、点検で有意な絶縁低下が認められた場合には、ケーブルの取替を実施。</p>	<p>絶縁体の有意な絶縁低下の可能性は小さく、また、現状保全にて絶縁の低下は把握可能。</p> <p>絶縁抵抗測定及び系統機器の動作試験を実施すること、異常の有無を把握可能であり、点検手法としては適切であると判断。</p>	<p>絶縁体の有意な絶縁低下に対しては、高齢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。</p> <p>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、絶縁低下を監視していくとともに、必要に応じて取替を実施する。</p>

評価対象設備	評価対象機器	部位	健全性評価	現状保全	総合評価	高経年化への対応
低圧ケーブル	<ul style="list-style-type: none"> • RCB ケーブル (原子炉格納容器内) 	絶縁体	電気学会推奨案に基づく長期健全性試験の結果、60年間の通常運転期間及び設計基準事故時期間において絶縁を維持できると評価。また、ACAガイドに従った評価を実施し、60年間の通常運転期間及び設計基準事故時期間において絶縁を維持できると評価。	絶縁体の絶縁低下に対して、点検時に絶縁抵抗測定及び系統機器の点検時に実施する動作試験においてケーブルの絶縁の健全性を確認し、点検で有意な絶縁低下が認められた場合には、ケーブルの取替を実施。	絶縁体の有意な絶縁低下の可能性は小さく、また、現状保全にて絶縁の低下は把握可能。絶縁抵抗測定及び系統機器の動作試験を実施することで、異常の有無は把握可能であり、点検手法としては適切であると判断。	絶縁体の絶縁低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に対して追加すべき項目はない。今後も点検時の絶縁抵抗測定及び系統機器の動作試験を実施することにより、絶縁低下を監視していくとともに、必要に応じて取替を実施する。
同軸ケーブル	<ul style="list-style-type: none"> • 難燃一重同軸ケーブル (絶縁体材料が架橋ポリエチレン) (原子炉格納容器内) 		電気学会推奨案に基づく長期健全性試験の結果、60年間の通常運転期間、設計基準事故時及び重大事故等時常期間において絶縁を維持できると評価。また、ACAガイドに従った評価を実施し、30年間の通常運転とその後の設計基準事故後において絶縁を維持できると評価。	絶縁体の急激な絶縁低下の可能性は小さく、また、現状保全にて絶縁の低下は把握可能。系統機器点検時の絶縁抵抗測定及び系統機器の動作試験を実施することで、異常の有無は把握可能であり、点検手法としては適切であると判断。	絶縁体の絶縁低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に対して追加すべき項目はない。今後も系統機器点検時の絶縁抵抗測定及び系統機器の動作試験を実施し、絶縁低下を監視していくとともに、必要に応じて取替を実施する。	
	<ul style="list-style-type: none"> • 難燃六重同軸ケーブル (原子炉格納容器内) 		電気学会推奨案に基づく長期健全性試験の結果、41年間の通常運転期間、設計基準事故時及び重大事故等時常期間において絶縁を維持できると評価。また、ACAガイドに従った評価を実施し、30年間の通常運転とその後の設計基準事故後において絶縁を維持できると評価。	絶縁体の絶縁低下に対しては、点検時に絶縁抵抗測定及び系統機器の点検時に実施する動作試験においてケーブルの絶縁の健全性を確認し、点検で有意な絶縁低下が認められた場合には、ケーブルの取替を実施	絶縁体の絶縁低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に対して追加すべき項目はない。今後も系統機器点検時の絶縁抵抗測定及び系統機器の動作試験を実施し、絶縁低下を監視していくとともに、必要に応じて取替を実施する。	
	<ul style="list-style-type: none"> • 難燃一重同軸ケーブル (絶縁体材料が架橋ポリリオレフィン) 		電気学会推奨案に基づく長期健全性試験の結果、60年間の通常運転期間、設計基準事故時及び重大事故等時常期間において絶縁を維持できると評価。また、37年間実機環境下で使用した実機同等品によるACAガイドに従った長期健全性試験で、23年間の健全性が確認できていることから運転開始後60年間の通常運転期間、設計基準事故時及び重大事故等時常期間において絶縁を維持できると評価。	難燃六重同軸ケーブルは、運転開始後21年に取替えており、長期健全性試験で確認のとれている30年間の通常運転期間を加えると、運転開始後60年間の通常運転期間及び設計基準事故時常期間において絶縁を維持できると評価。	絶縁体の絶縁低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に対して追加すべき項目はない。今後も系統機器点検時の絶縁抵抗測定及び系統機器の動作試験を行う。なお、難燃六重同軸ケーブル (原子炉格納容器内) については、追加保全項目として、健全性評価から得られた評価期間に至る前に取替を実施する。	
	<ul style="list-style-type: none"> • 難燃三重同軸ケーブル 		電気学会推奨案に基づく長期健全性試験の結果、60年間の通常運転期間、設計基準事故時及び重大事故等時常期間において絶縁を維持できると評価。また、37年間実機環境下で使用した実機同等品 (架橋ポリオレフィンの絶縁体を有する難燃一重同軸ケーブル) によるACAガイドに従った長期健全性試験で、23年間の健全性が確認できていることから運転開始後60年間の通常運転期間、設計基準事故時及び重大事故等時常期間において絶縁を維持できると評価。	絶縁体の絶縁低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に対して追加すべき項目はない。今後も系統機器点検時の絶縁抵抗測定及び系統機器の動作試験を実施し、絶縁低下を監視していくとともに、必要に応じて取替を実施する。	絶縁体の絶縁低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に対して追加すべき項目はない。今後も系統機器点検時の絶縁抵抗測定及び系統機器の動作試験を実施し、絶縁低下を監視していくとともに、必要に応じて取替を実施する。	
	<ul style="list-style-type: none"> • 難燃一重同軸ケーブル (絶縁体材料が架橋ポリリエチレン) (原子炉格納容器外) • 難燃六重同軸ケーブル (原子炉格納容器外) • 難燃二重同軸ケーブル 		電気学会推奨案に基づく長期健全性試験の結果、60年間の通常運転期間、設計基準事故時及び重大事故等時常期間において絶縁を維持できると評価。また、ACAガイドに従った評価を実施し、60年間の通常運転とその後の設計基準事故後において絶縁を維持できると評価。			

評価対象設備	評価対象機器	部位	健全性評価	現状保全	総合評価	高齢化への対応		
ケーブル接続部	端子台接続 (原子炉格納容器内) ・ 端子台接続 (原子炉格納容器内)	絶縁部	端子台接続 (原子炉格納容器内) は、38 年間使用した端子台に設計基準事故時を想定した長期健全性試験を実施した結果、38 年時点において絶縁を維持できると評価。 また、重大事故等時条件は、長期健全性試験条件に包摂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を維持できると評価。	絶縁部の絶縁低下に対しては、点検時に絶縁抵抗測定及び点検時に実施する動作試験において絶縁の健全性を確認し、点検で有意な絶縁低下が認められた場合は、取替を実施。	絶縁部の絶縁低下の可能性は否定できないが、現状保全にて絶縁の低下は把握可能。 点検時に絶縁抵抗測定及び機器の動作試験を実施することで、異常の有無は把握可能であり、点検手法としては適切であると判断。 原子炉格納容器内に設置している事故時動作要求のある端子台接続については、今停止期間中に取替を行う計画としており、長期健全性試験で確認の取れている 38 年間を加えると、60 年間の通常運転期間、設計基準事故時及び重大事故等時雰囲気において絶縁機能を維持できると評価。	端子台接続 (原子炉格納容器内) の絶縁低下に対しては、高齢化対策の観点から現状保全にて絶縁の低下は把握可能。今後、点検時に絶縁抵抗測定及び機器の動作試験を実施することにより絶縁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、事故時動作要求のある端子台接続 (原子炉格納容器内) は、今停止期間中に全数の取替を行う計画としている。		
			長期健全性試験の結果、45 年間の通常運転期間及び設計基準事故時において絶縁を維持できると評価。 電動弁コネクタ接続 (原子炉格納容器内) は、運転開始 18 年目に設置しており、長期健全性試験で確認のとれている 45 年間を加えると、電動弁コネクタ接続 (原子炉格納容器内) は、運転開始後 60 年間の通常運転期間及び設計基準事故等時雰囲気において絶縁を維持できると評価。	絶縁部の絶縁低下の可能性は否定できないが、現状保全にて絶縁の低下は把握可能。 点検時に絶縁抵抗測定及び機器の動作試験を実施することで、異常の有無は把握可能であり、点検手法としては適切であると判断。	絶縁低下に対しては、高齢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、点検時に絶縁抵抗測定及び機器の動作試験を実施することにより絶縁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。			
	ケーブル接続部	同軸コネクタ接続 (中性子束計測用) (原子炉格納容器内)	絶縁部	長期健全性試験の結果、60 年間の通常運転期間、設計基準事故時及び重大事故等時雰囲気において絶縁を維持できると評価。				
				長期健全性試験の結果、60 年間の通常運転期間、設計基準事故時及び重大事故等時雰囲気において絶縁を維持できると評価。				
		スプライン接続 (原子炉格納容器内)	絶縁部	長期健全性試験の結果、60 年間の通常運転期間、設計基準事故時及び重大事故等時雰囲気において絶縁を維持できると評価。				
				長期健全性試験の結果、60 年間の通常運転期間、設計基準事故時及び重大事故等時雰囲気において絶縁を維持できると評価。				
		端子台接続 (原子炉格納容器外)	絶縁部	端子台接続 (原子炉格納容器外) は、12 年間使用した端子台に 48 年分の劣化付与を行い、設計基準事故時を想定した長期健全性試験を実施した結果、60 年時点において絶縁を維持できると評価。				
				長期健全性試験の結果、60 年間の通常運転期間及び設計基準事故時において絶縁を維持できると評価。				
		電動弁コネクタ接続 (原子炉格納容器外)	絶縁部	長期健全性試験の結果、60 年間の通常運転期間及び設計基準事故時において絶縁を維持できると評価。				
				長期健全性試験の結果、60 年間の通常運転期間及び設計基準事故時において絶縁を維持できると評価。				

評価対象設備	評価対象機器	部位	健全性評価	現状保全	総合評価	高齢年化への対応
ケーブル接続部	・同軸コネクタ接続(放射線計測用)(原子炉格納容器外)	絶縁部	長期健全性試験の結果、6年間の通常運転期間、設計基準事故時及び重大事故等時ににおいて絶縁を維持できると評価。	絶縁部の絶縁低下に対しては、点検時に絶縁抵抗測定及び点検時に実施する動作試験において絶縁の健全性を確認し、点検で有意な絶縁低下が認められた場合は、取替を実施。	絶縁部の絶縁低下の可能性は否定できないが、現状保全にて絶縁の低下は把握可能。点検時に絶縁抵抗測定及び機器の動作試験を実施することで、異常の有無は把握可能であり、点検手法としては適切であると判断。	今後も、点検時に絶縁抵抗測定及び機器の動作試験を実施することにより絶縁低下を監視していくこととするとともに、必要に応じて取替を行うこととする。なお、追加保全項目として、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行うことを継続していくこととする。
	・同軸コネクタ接続(中性子束計測用)(原子炉格納容器内)		長期健全性試験の結果、60年間の通常運転期間、設計基準事故時及び重大事故等時ににおいて絶縁を維持できると評価。	絶縁部の絶縁低下の可能性は否定できないが、現状保全にて絶縁の低下は把握可能。点検時に絶縁抵抗測定及び機器の動作試験を実施することで、異常の有無は把握可能であり、点検手法としては適切であると判断。	絶縁低下に対しては、高齢年化対策の観点から現状の保全内容に追加すべき項目はない。今後も、点検時に絶縁抵抗測定及び機器の動作試験を実施することにより絶縁低下を監視していくこととするとともに、必要に応じて取替を行うこととする。	
	・同軸コネクタ接続(中性子束計測用)(原子炉格納容器外)					
	・スプライン接続(原子炉格納容器外)					

評価対象設備	評価対象機器	部位	健全性評価	現状保全	総合評価	高齢化への対応
電源設備	<ul style="list-style-type: none"> ・非常用M/C ・原子炉再稼働ポンプ遮断器 ・原子炉再稼働ポンプ低速度用電源装置遮断器 ・常設代替高圧電源装置遮断器 ・緊急用M/C ・緊急時対策用M/C 	主回路断絶支持母線、主回路断絶路部及び真空遮断器の断路部・絶縁フレーム・絶縁支柱の絶縁低下要因としては、通電による熱的劣化、絶縁物内空隙での放電による電氣的劣化及び絶縁物表面に埃が付着・吸湿して沿面絶縁を低下させる環境的劣化があるが、これまでの点検実績から最も絶縁低下に影響を及ぼす要因は熱的劣化であることから、長期間の使用を考慮すると絶縁低下が起こる可能性は否定できない。	計器用変圧器コイルの絶縁低下に対しては、点検時に絶縁物の変色有無や塵埃付着の有無等の目視確認、清掃及び絶縁抵抗測定を行い、熱的劣化による有意な劣化の無いことを確認し、点検で有意な劣化の無い場合は、補修又は取替を実施。	主回路断絶支持母線、主回路断絶路部及び真空遮断器の断路部・絶縁フレーム・絶縁支柱の絶縁低下の可能性は否定できないが、現状保全にて絶縁の低下は把握可能。点検時に目視確認、清掃及び絶縁抵抗測定を実施すること、異常の有無の確認は可能であり、現状の保全は点検手法として適切であると判断。	主回路断絶支持母線、主回路断絶路部及び真空遮断器の断路部・絶縁フレーム・絶縁支柱の絶縁低下に対しては、高齢化対策の観点から現状の保全内容に追加すべき項目はない。今後も点検時に目視確認、清掃及び絶縁抵抗測定を実施し、絶縁低下を監視していくとともに、必要に応じて補修又は取替を実施する。	
		変圧器コイル ①～④	変圧器コイルの絶縁低下要因としては、コイルの通電電流による熱的劣化、絶縁物内空隙での放電による電氣的劣化及び絶縁物表面に埃が付着・吸湿して沿面絶縁を低下させる環境的劣化があるが、これまでの点検実績から最も絶縁低下に影響を及ぼす要因は熱的劣化であることから、長期間の使用を考慮すると絶縁低下が起こる可能性は否定できない。	変圧器コイルの絶縁低下に対しては、点検時に絶縁物の変色有無や塵埃付着の有無等の目視確認、清掃及び絶縁抵抗測定を行い、熱的劣化による有意な劣化の無いことを確認し、点検で有意な劣化の無い場合は、補修又は取替を実施。	変圧器コイルの絶縁低下の可能性は否定できないが、現状保全にて絶縁の低下は把握可能。点検時に目視確認、清掃及び絶縁抵抗測定を実施すること、異常の有無の確認は可能であり、現状の保全は点検手法として適切であると判断。	変圧器コイルの絶縁低下に対しては、高齢化対策の観点から現状の保全内容に追加すべき項目はない。今後も点検時に目視確認、清掃及び絶縁抵抗測定を実施することにより、絶縁低下を監視していくとともに、必要に応じて補修又は取替を実施する。
		固定子コイル 口出線・接続部品①	低圧ポンプモータの評価と同様。	同左	同左	同左
	<ul style="list-style-type: none"> ①非常用動力変圧器 (2C, 2D) ②非常用動力変圧器 (UVCS) ③緊急用動力変圧器 ④緊急時対策用動力変圧器 	気中遮断器絶縁支持板、主回路断絶路部及び支持母線の絶縁低下要因としては、通電による熱的劣化、絶縁物表面に埃が付着・吸湿して沿面絶縁を低下させる環境的劣化があるが、これまでの点検実績から最も絶縁低下に影響を及ぼす要因は熱的劣化であることから、長期間の使用を考慮すると絶縁低下が起こる可能性は否定できない。	気中遮断器絶縁支持板、主回路断絶路部及び支持母線の絶縁低下に対しては、点検時に絶縁物の変色有無や塵埃付着の有無等の目視確認、清掃及び絶縁抵抗測定を行い、熱的劣化による有意な劣化の無いことを確認し、点検で有意な劣化の無い場合は、補修又は取替を実施。	気中遮断器絶縁支持板、主回路断絶路部及び支持母線の絶縁低下の可能性は否定できないが、現状保全にて絶縁の低下は把握可能。点検時に目視確認、清掃及び絶縁抵抗測定を実施すること、異常の有無の確認は可能であり、現状の保全は点検手法として適切であると判断。	気中遮断器絶縁支持板、主回路断絶路部及び支持母線の絶縁低下に対しては、高齢化対策の観点から現状の保全内容に追加すべき項目はない。今後も点検時に目視確認、清掃及び絶縁抵抗測定を実施することにより、絶縁低下を監視していくとともに、必要に応じて補修又は取替を実施する。	
	<ul style="list-style-type: none"> ①125 V 直流 P/C ②緊急時対策用 P/C ③計測用 P/C ④125 V 直流 P/C ⑤緊急時対策用直流 125V 主母線 ⑥計測用 P/C 	計器用変圧器コイルの絶縁低下要因としては、点検時に絶縁物の変色有無や塵埃付着の有無等の目視確認、清掃及び絶縁抵抗測定を行い、熱的劣化による有意な劣化の無いことを確認し、点検で有意な劣化の無い場合は、補修又は取替を実施。	計器用変圧器コイルの絶縁低下の可能性は否定できないが、現状保全にて絶縁の低下は把握可能。点検時に目視確認、清掃及び絶縁抵抗測定を実施すること、異常の有無の確認は可能であり、現状の保全は点検手法として適切であると判断。	計器用変圧器コイルの絶縁低下に対しては、高齢化対策の観点から現状の保全内容に追加すべき項目はない。今後も点検時に目視確認、清掃及び絶縁抵抗測定を実施することにより、絶縁低下を監視していくとともに、必要に応じて補修又は取替を実施する。		

評価対象設備	評価対象機器	部位	健全性評価	現状保全	総合評価	高経年化への対応
電源設備	①非常用ディーゼル発電設備 ②高圧分心スプレイレイ系ディーゼル発電設備 ③常設代替高圧直電装置 ④緊急時対策用発電設備	変圧器コイル ①～③ 制御用変圧器コイル①～③ 計器用変圧器コイル①	変圧器コイル、制御用変圧器コイル及び計器用変圧器コイルの絶縁低下要因としては、コイルの通電電流による熱的劣化、絶縁物表面に埃が付着・吸湿して沿面絶縁を低下させる環境的劣化があるが、これまでの点検実績から最も絶縁低下に影響を及ぼす要因は熱的劣化であることから、長期間の使用を考慮すると絶縁低下が起こる可能性は否定できない。	変圧器コイル、制御用変圧器コイル及び計器用変圧器コイルの絶縁低下に対しては、点検時に絶縁物の変色有無や塵埃付着の有無等の目視確認、清掃及び絶縁抵抗測定を行い、熱的劣化による有意な絶縁低下がないことを確認し、点検後又は取替を実施。	変圧器コイル、制御用変圧器コイル及び計器用変圧器コイルの絶縁低下の可能性は否定できないが、現状保全にて絶縁の低下は把握可能。点検時に目視確認、清掃及び絶縁抵抗測定を実施することにより、異常の有無の確認は可能であり、現状の保全は点検手法として適切であると判断。	変圧器コイル、制御用変圧器コイル及び計器用変圧器コイルの絶縁低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に追加すべき項目はない。今後も点検時に目視確認、清掃及び絶縁抵抗測定を実施することにより、絶縁低下を監視していくとともに、必要に応じて補修又は取替を実施する。
		水平母線・垂直母線サポート及び断路器取付台 ①～⑤ 断路器取付台①～③	水平母線・垂直母線サポート及び断路器取付台の絶縁低下要因としては、通電による熱的劣化、絶縁物表面に埃が付着・吸湿して沿面絶縁を低下させる環境的劣化があるが、これまでの点検実績から最も絶縁低下に影響を及ぼす要因は熱的劣化であることから、長期間の使用を考慮すると絶縁低下が起こる可能性は否定できない。	水平母線・垂直母線サポート及び断路器取付台の絶縁低下の可能性は否定できないが、現状保全にて絶縁の低下は把握可能。点検時に目視確認、清掃及び絶縁抵抗測定を行い、熱的劣化による有意な絶縁低下がないことを確認し、点検後又は取替を実施。	水平母線・垂直母線サポート及び断路器取付台の絶縁低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に追加すべき項目はない。今後も点検時に目視確認、清掃及び絶縁抵抗測定を実施することにより、絶縁低下を監視していくとともに、必要に応じて補修又は取替を実施する。	水平母線・垂直母線サポート及び断路器取付台の絶縁低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に追加すべき項目はない。今後も点検時に目視確認、清掃及び絶縁抵抗測定を実施することにより、絶縁低下を監視していくとともに、必要に応じて補修又は取替を実施する。
電源設備	①非常用ディーゼル発電設備 ②高圧分心スプレイレイ系ディーゼル発電設備 ③常設代替高圧直電装置 ④緊急時対策用発電設備	固定子コイル ①～④ 計器用変圧器コイル①～④	高圧ポンプモータの評価と同様。	同左	同左	同左
		回転子コイル ①～④	回転子コイルの絶縁低下要因としては、運転時の振動によるコイル絶縁部の緩み等による機械的劣化、コイルの通電電流による熱的劣化及び絶縁物表面に埃が付着・吸湿して沿面絶縁を低下させる環境的劣化があるが、これまでの点検実績から最も絶縁低下に影響を及ぼす要因は環境的劣化であることから、長期間の使用を考慮すると絶縁低下が起こる可能性は否定できない。	回転子コイルの絶縁低下に対しては、点検時に絶縁物の変色有無や塵埃付着の有無、絶縁物の緩み有無等の目視確認、清掃及び絶縁抵抗測定を行い、環境的劣化による有意な絶縁低下がないことを確認し、点検後又は取替を実施。	回転子コイルの絶縁低下の可能性は否定できないが、絶縁の低下は把握可能。点検時に目視確認、清掃及び絶縁抵抗測定を実施することにより、異常の有無の確認は可能であり、現状の保全は点検手法として適切であると判断。	回転子コイルの絶縁低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に追加すべき項目はない。今後も点検時に目視確認、清掃及び絶縁抵抗測定を実施することにより、絶縁低下を監視していくとともに、必要に応じて補修又は取替を実施する。
電源設備	①非常用ディーゼル発電設備 ②高圧分心スプレイレイ系ディーゼル発電設備 ③常設代替高圧直電装置 ④緊急時対策用発電設備	可飽和変流器コイル①、② 整流器用変圧器コイル①、② リアクトルコイル②	可飽和変流器コイル、整流器用変圧器コイル及びリアクトルコイルの絶縁低下要因としては、点検時に絶縁物の変色有無や塵埃付着の有無等の目視確認、清掃及び絶縁抵抗測定を行い、熱的劣化による有意な絶縁低下がないことを確認し、点検後又は取替を実施。	可飽和変流器コイル、整流器用変圧器コイル及びリアクトルコイルの絶縁低下の可能性は否定できないが、現状保全にて絶縁の低下は把握可能。点検時に目視確認、清掃及び絶縁抵抗測定を実施することにより、異常の有無の確認は可能であり、現状の保全は点検手法として適切であると判断。	可飽和変流器コイル、整流器用変圧器コイル及びリアクトルコイルの絶縁低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に追加すべき項目はない。今後も点検時に目視確認、清掃及び絶縁抵抗測定を実施することにより、絶縁低下を監視していくとともに、必要に応じて補修又は取替を実施する。	

評価対象設備	評価対象機器	部位	健全性評価	現状保全	総合評価	高経年化への対応
		駆動モータの固定子コイル 口出線・接続部品	低圧ポンプモータの評価と同様。	同左	同左	同左
電源設備		発電機電機子コイル 発電機界磁コイル 発電機界磁コイル 励磁機電機子コイル 励磁機界磁コイル 発電機、励磁機 の口出線・接続部品	発電機電機子コイル、発電機界磁コイル、励磁機電機子コイル、励磁機界磁コイル及び発電機、励磁機の口出線・接続部品の絶縁低下要因としては、機械的、熱的、電氣的及び環境的要因により経年的に劣化が進行し、絶縁低下を起す可能性があるが、これまでの点検実績から最も絶縁低下に影響を及ぼす要因は熱的劣化であることから、長期間の使用を考慮すると発電機電機子コイル、発電機界磁コイル及び発電機、励磁機電機子コイル、励磁機界磁コイルにおける絶縁低下の可能性は否定できない。	発電機電機子コイル、発電機界磁コイル、励磁機電機子コイル、励磁機界磁コイル及び発電機、励磁機の口出線・接続部品の絶縁低下に対する点検時には、点検時に目視確認、清掃及び絶縁抵抗測定を行い、熱的劣化による有意な劣化が認められれば、点検で有意な劣化が認められた場合は、点検で有意な劣化が認められた場合は、補修又は取替を実施。	発電機電機子コイル、発電機界磁コイル、励磁機電機子コイル、励磁機界磁コイル及び発電機、励磁機の口出線・接続部品の絶縁低下に対する点検時には、点検時に目視確認、清掃及び絶縁抵抗測定を行い、熱的劣化による有意な劣化が認められれば、点検で有意な劣化が認められた場合は、点検で有意な劣化が認められた場合は、補修又は取替を実施。	発電機電機子コイル、発電機界磁コイル、励磁機電機子コイル、励磁機界磁コイル及び発電機、励磁機の口出線・接続部品の絶縁低下に対する点検時には、点検時に目視確認、清掃及び絶縁抵抗測定を行い、熱的劣化による有意な劣化が認められれば、点検で有意な劣化が認められた場合は、点検で有意な劣化が認められた場合は、補修又は取替を実施。
	<ul style="list-style-type: none"> 原子炉保護系 MG セット 	計器用変圧器コイル	計器用変圧器コイルの絶縁低下要因としては、コイルの通電電流による熱的劣化、絶縁物表面に埃が付着・吸湿して片面絶縁を低下させる環境的劣化があるが、これまでの点検実績から最も絶縁低下に影響を及ぼす要因は熱的劣化であることから、長期間の使用を考慮すると絶縁低下が起こる可能性は否定できない。	計器用変圧器コイルの絶縁低下に対しては、点検時に絶縁物の変色有無や塵埃付着の有無等の目視確認、清掃及び絶縁抵抗測定を行い、熱的劣化による有意な劣化が認められれば、点検で有意な劣化が認められた場合は、補修又は取替を実施。	計器用変圧器コイルの絶縁低下の可能性は否定できないが、現状保全にて絶縁の低下は把握可能。	計器用変圧器コイルの絶縁低下に対しては、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。
	<ul style="list-style-type: none"> バイタル電源用無停電電源装置 緊急用無停電電源装置 非常用無停電電源装置 緊急時対策用無停電電源装置 	変圧器コイル	変圧器コイルの絶縁低下要因としては、コイルの通電電流による熱的劣化、絶縁物表面に埃が付着・吸湿して片面絶縁を低下させる環境的劣化があるが、これまでの点検実績から最も絶縁低下に影響を及ぼす要因は熱的劣化であることから、長期間の使用を考慮すると絶縁低下が起こる可能性は否定できない。	変圧器コイルの絶縁低下に対しては、点検時に絶縁物の変色有無や塵埃付着の有無等の目視確認、清掃及び絶縁抵抗測定を行い、熱的劣化による有意な劣化が認められれば、点検で有意な劣化が認められた場合は、補修又は取替を実施。	変圧器コイルの絶縁低下の可能性は否定できないが、現状保全にて絶縁の低下は把握可能。	変圧器コイルの絶縁低下に対しては、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。
	<ul style="list-style-type: none"> 125 V 充電器盤 2A 125 V 充電器盤 2B 125 V 充電器盤 予備 125 V 充電器盤 HPCS 緊急用 125 V 充電器盤 緊急時対策用 125 V 充電器盤 ±24 V 充電器盤 2A, 2B 緊急時対策用直流 24 V 充電器盤 	変圧器コイル	変圧器コイルの絶縁低下要因としては、コイルの通電電流による熱的劣化、絶縁物表面に埃が付着・吸湿して片面絶縁を低下させる環境的劣化があるが、これまでの点検実績から最も絶縁低下に影響を及ぼす要因は熱的劣化であることから、長期間の使用を考慮すると絶縁低下が起こる可能性は否定できない。	変圧器コイルの絶縁低下に対しては、点検時に絶縁物の変色有無や塵埃付着の有無等の目視確認、清掃及び絶縁抵抗測定を行い、熱的劣化による有意な劣化が認められれば、点検で有意な劣化が認められた場合は、補修又は取替を実施。	変圧器コイルの絶縁低下の可能性は否定できないが、現状保全にて絶縁の低下は把握可能。	変圧器コイルの絶縁低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に追加すべき項目はない。

評価対象設備	評価対象機器	部位	健全性評価	現状保全	総合評価	高経年化への対応
電源設備	①交流計測用分電盤 A系、B系 ②交流計測用分電盤 HPCS系 ③直流分電盤 ④バイタル分電盤 ⑤中性子モータ用分電盤 ⑥緊急用計装交流主停線盤 ⑦緊急用直流分電盤 ⑧緊急用無停電計装分電盤 ⑨非常用無停電計装分電盤 ⑩緊急時対策用分電盤 ⑪緊急時対策用直流分電盤 ⑫可搬型代替低圧電源車接続盤 ⑬可搬型代替低圧電源車接続盤	主回路導体支持板の絶縁低下要因としては、通電による熱的劣化、絶縁物表面に埃が付着・吸湿して沿面絶縁を低下させる環境的劣化があるが、これまでの点検実績から最も絶縁低下に影響を及ぼす要因は熱的劣化であることから、長期間の使用を考慮すると絶縁低下が起こる可能性は否定できない。	主回路導体支持板の絶縁低下に対しては、点検時に絶縁物の変色有無や塵埃付着の有無等の目視確認、清掃及び絶縁抵抗測定を行い、熱的劣化による有意な劣化がないことを確認し、点検で有意な劣化が認められた場合は、補修又は取替を実施。	主回路導体支持板の絶縁低下の可能性は否定できないが、現状保全にて絶縁の低下は把握可能。今後も点検時に目視確認、清掃及び絶縁抵抗測定を実施することで、異常の有無の確認は可能であり、現状の保全は点検手法として適切であると判断。	主回路導体支持板の絶縁低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に追加すべき項目はない。 今後も点検時に目視確認、清掃及び絶縁抵抗測定を実施することにより、絶縁低下を監視していくとともに、必要に応じて補修又は取替を実施する。	
		変圧器コイル ⑫	変圧器コイルの絶縁低下要因としては、絶縁物であるため、熱的、電氣的及び環境的要因による劣化の低下が想定される。	可搬型代替低圧電源車接続盤（変圧器コイル）は、新たに設置されることから、今後、点検時に目視確認、清掃及び絶縁抵抗測定を行うとともに、必要に応じて補修又は取替を実施することと健全性は維持できると判断する。	可搬型代替低圧電源車接続盤（変圧器コイル）は、新たに設置されることから、今後、点検時に目視確認、清掃及び絶縁抵抗測定を行うとともに、必要に応じて補修又は取替を実施することと健全性は維持できると判断する。	可搬型代替低圧電源車接続盤（変圧器コイル）は、新たに設置されることから、今後、点検時に目視確認、清掃及び絶縁抵抗測定を行うとともに、必要に応じて補修又は取替を実施することと健全性は維持できると判断する。
電源設備	・計測用変圧器 ・原子炉保護系 MG セットバイパス変圧器 ・緊急用計測用変圧器	ケーブル接続部 ⑬	ケーブル接続部の絶縁低下要因としては、絶縁物は、有機物であるため、熱的、電氣的及び環境的要因による劣化の低下が想定される。	ケーブル接続部の絶縁低下の可能性は否定できないが、点検時に目視確認、清掃及び絶縁抵抗測定を行うとともに、必要に応じて補修又は取替を実施することと健全性は維持できると判断する。	ケーブル接続部の絶縁低下の可能性は否定できないが、点検時に目視確認、清掃及び絶縁抵抗測定を行うとともに、必要に応じて補修又は取替を実施することと健全性は維持できると判断する。	ケーブル接続部の絶縁低下に対しては、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。
		変圧器コイル	変圧器コイルの絶縁低下要因としては、コイルの通電による熱的劣化、絶縁物表面に埃が付着・吸湿して沿面絶縁を低下させる環境的劣化があるが、これまでの点検実績から最も絶縁低下に影響を及ぼす要因は熱的劣化であることから、長期間の使用を考慮すると絶縁低下が起こる可能性は否定できない。	変圧器コイルの絶縁低下に対しては、点検時に絶縁物の変色有無や塵埃付着の有無等の目視確認、清掃及び絶縁抵抗測定を行い、熱的劣化による有意な劣化が認められた場合は、補修又は取替を実施。	変圧器コイルの絶縁低下の可能性は否定できないが、現状保全にて絶縁の低下は把握可能。今後も点検時に目視確認、清掃及び絶縁抵抗測定を実施することで、異常の有無の確認は可能であり、現状の保全は点検手法として適切であると判断。	変圧器コイルの絶縁低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に追加すべき項目はない。 今後も点検時に目視確認、清掃及び絶縁抵抗測定を実施することにより、絶縁低下を監視していくとともに、必要に応じて補修又は取替を実施する。

評価対象設備	評価対象機器	部位	健全性評価	現状保全	総合評価	高齢化への対応
計測制御設備	<ul style="list-style-type: none"> 格納容器内水素濃度計測装置サンプリングポンプモータ 格納容器内酸素濃度計測装置サンプリングポンプモータ 濃度計測装置サンプリングポンプモータ 	固定子コイル 口出線・接続 部品	低圧ポンプモータの評価と同様。	同左	同左	同左
	タービン設備	<ul style="list-style-type: none"> タービン高圧制御油ポンプモータ 原子炉隔離時冷却系真空ポンプモータ 原子炉隔離時冷却系復水ポンプモータ 常設高圧代替注水系真空ポンプモータ 常設高圧代替注水系復水ポンプモータ 	固定子コイル 口出線・接続 部品	低圧ポンプモータの評価と同様。	同左	同左
空調設備	<ul style="list-style-type: none"> 非常用ガス再循環系排風機モータ 緊急時対策用非常用送風機モータ 中央制御室排気ファンモータ ダイーゼル室換気システムファンモータ 非常用ガス処理系排風機モータ 中央制御室ブースターファンモータ 	固定子コイル 口出線・接続 部品	低圧ポンプモータの評価と同様。	同左	同左	同左
	<ul style="list-style-type: none"> 残留熱除去系ポンプ室空調機モータ 中央制御室エアハンドリングユニットファンモータ 高圧炉心スプレイ系ポンプ室空調機モータ 低圧炉心スプレイ系ポンプ室空調機モータ 					
コンクリート構造 物及び鉄骨構造物	<ul style="list-style-type: none"> 中央制御室ラレーユニット冷水ポンプモータ 中央制御室ラレーユニット圧縮機モータ 放水路ゲート駆動用モータ フロアウオウトパネル閉止装置駆動用モータ 	固定子コイル 口出線・接続部 品	低圧ポンプモータの評価と同様。	同左	同左	同左

評価対象設備	評価対象機器	部位	健全性評価	現状保全	総合評価	高経年化への対応	
機械設備	<ul style="list-style-type: none"> ・非常用ディーゼル機関 (2C、2D 号機) 燃料油系燃料移送ポンプモーター ・高圧炉心スプレイ系ディーゼル機関燃料油系燃料移送ポンプモーター ・常設代替高圧電源装置 (ディーゼル機関燃料油系燃料移送ポンプモーター) ・緊急時対策用発電機ディーゼル機関燃料油系給油ポンプモーター 	固定子コイル 口出線・接続 部品	低圧ポンプモーターの評価と同様。	同左	同左	同左	
		固定子コイル 口出線・接続 部品	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 (外側) 駆動部の評価と同様。	同左	同左	同左	
	<ul style="list-style-type: none"> ・可燃性ガス濃度制御系再結合表置プロロモータ 	固定子コイル 口出線・接続 部品	加熱器エレメントは、配管の腐食やシール部の劣化により外気中の水分がヒーター内部に浸入することによってヒーターの絶縁低下を発生させる可能性は否定できない。	加熱器エレメントの絶縁低下に対しては、ヒーターの外観点検及び絶縁抵抗測定を行い、外観上の異常及び絶縁に変化のないことを確認しており、有意な絶縁低下が認められた場合は、取替を実施。	同左	同左	同左
		加熱器エレメント	加熱器エレメントは、配管の腐食やシール部の劣化により外気中の水分がヒーター内部に浸入することによってヒーターの絶縁低下を発生させる可能性は否定できない。	加熱器エレメントの絶縁低下に対しては、ヒーターの外観点検及び絶縁抵抗測定を行い、外観上の異常及び絶縁に変化のないことを確認しており、有意な絶縁低下が認められた場合は、取替を実施。	同左	同左	同左
	<ul style="list-style-type: none"> ・可燃性ガス濃度制御系再結合表置加熱器 	<ul style="list-style-type: none"> ・主ホイスト用ブレーキ ・マスト旋回用ブレーキ ・ブリッジ走行用ブレーキ ・トロリ横行用ブレーキ 	電磁コイル	電磁コイル、回転子コイル及び口出線・接続部品の劣化的要因及び電気的起因及び環境的要因により経年的に劣化が進行し、外表面、内部等から絶縁低下が発生する可能性があり、最も絶縁低下に影響を及ぼす要因は腐蝕的劣化であるが、環境的要因は清掃を実施することにより健全性の維持は可能。	電磁コイル、回転子コイル、固定子コイル及び口出線・接続部品の劣化的要因及び電気的起因及び環境的要因により経年的に劣化が進行し、外表面、内部等から絶縁低下が発生する可能性があり、最も絶縁低下に影響を及ぼす要因は腐蝕的劣化であるが、環境的要因は清掃を実施することにより健全性の維持は可能。	同左	同左
			燃料 取替 機	回転子コイル 固定子コイル 口出線・接続 部品	点検時に目視点検、清掃及び絶縁抵抗測定を実施し、これまでの点検結果において、有意な絶縁低下は確認されておらず、今後も有意な絶縁低下が起る可能性は小さいと考えられるが、絶縁が変化する可能性は否定できない。	電磁コイル、回転子コイル、固定子コイル及び口出線・接続部品の劣化的要因及び電気的起因及び環境的要因により経年的に劣化が進行し、外表面、内部等から絶縁低下が発生する可能性があり、最も絶縁低下に影響を及ぼす要因は腐蝕的劣化であるが、環境的要因は清掃を実施することにより健全性の維持は可能。	同左
	<ul style="list-style-type: none"> ・マスト旋回用 	<ul style="list-style-type: none"> ・マスト旋回用 	固定子コイル 口出線・接続 部品	低圧ポンプモーターの評価と同様。	同左	同左	同左
			固定子コイル 口出線・接続 部品	同左	同左	同左	同左

評価対象設備	評価対象機器	部位	健全性評価	現状保全	総合評価	高経年化への対応
	<ul style="list-style-type: none"> 原子炉建屋6階天井走行クレーンモータ DC建屋天井クレーンモータ 	回転子コイル 固定子コイル 口出線・接続 部品	回転子コイル、固定子コイル及び口出線・接続部品については、機械的、熱的、電氣的及び環境的要因により経年的に劣化が進行し、外表面、内部等から絶縁低下を起す可能性があり、最も絶縁低下に影響を及ぼす要因は環境的劣化要因であるが、環境的要因は清掃を実施することにより健全性の維持は可能。 点検時に目視点検、清掃及び絶縁抵抗測定を実施し、これまでの点検結果において有意な絶縁低下は確認されておらず、今後も有意な絶縁低下が発生する可能性は小さいと考えられるが、絶縁が変化する場合に留意する。	回転子コイル、固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁抵抗測定を行い、有意な絶縁低下がないことを確認。 点検で有意な絶縁低下が確認された場合には、洗浄・乾燥及び絶縁補修（絶縁物にワニスを注入）または、固定子コイル及び口出線・接続部品もしくはモータの取替を実施。	回転子コイル、固定子コイル及び口出線・接続部品の有意な絶縁低下が発生する可能性は小さく、また現状保全にて絶縁の低下は把握可能。目視点検、清掃及び絶縁抵抗測定により異常の有無の確認は可能であり、現状の保全は点検手法として適切であると考えられる。	モータ及び速度検出器の回転子コイル、固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に追加すべき項目はない。
	<ul style="list-style-type: none"> DC建屋天井クレーン速度検出器 					
機械設備	<ul style="list-style-type: none"> 原子炉建屋6階天井走行クレーン（主巻125ton）ブレイキ 原子炉建屋6階天井走行クレーン（補巻5ton）ブレイキ 原子炉建屋6階天井走行クレーン（補巻1ton）ブレイキ 原子炉建屋6階天井走行クレーンブレイキ（起用、横行用） DC建屋天井クレーンブレイキ（巻上げ、走行用、横行用） 	電磁コイル	ブレイキ電磁コイルについては、長期間の使用を想定した設計となっており、動作時間が短いことから、機械的、熱的及び電氣的要因による劣化は発生し難く、また、構造的に埃等の異物が混入し難く、振動等による機械的劣化、通電電流による電氣的劣化及び埃等の異物・吸塵による環境的劣化が生じる可能性は否定できない。	ブレイキ電磁コイルの絶縁低下に対しては、点検時に絶縁物の変色や塵埃付着の有無等の目視点検、清掃及び絶縁抵抗測定を行い、有意な絶縁低下がないことを確認。 点検で有意な絶縁低下が認められた場合は、取替を実施。	ブレイキ電磁コイルの有意な絶縁低下が発生する可能性は小さい。絶縁低下は点検時における目視点検、清掃及び絶縁抵抗測定を実施することとで、異常の有無の確認は把握可能であり、現状の保全は点検手法としては適切であると判断。	ブレイキ電磁コイルの絶縁低下に対しては、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。
	<ul style="list-style-type: none"> 原子炉建屋6階天井走行クレーン計器用変圧器 DC建屋天井クレーン計器用変圧器 	変圧器コイル	計器用変圧器については、長期間の使用を想定した設計となっており、動作時間が短いことから、機械的、熱的及び電氣的要因による劣化は発生し難く、また、構造的に埃等の異物が混入し難く、振動等による機械的劣化、通電電流による電氣的劣化、絶縁物中のボイド等での放電等による電氣的劣化及び埃等の異物・吸塵による環境的劣化が生じる可能性は否定できない。	計器用変圧器の絶縁低下に対しては、点検時に絶縁物の変色や塵埃付着の有無等の目視点検、清掃及び絶縁抵抗測定を行い、有意な絶縁低下がないことを確認。 点検で有意な絶縁低下が認められた場合は、取替を実施。	計器用変圧器の有意な絶縁低下が発生する可能性は小さい。絶縁低下は点検時における目視点検、清掃及び絶縁抵抗測定を実施することとで、異常の有無の確認は把握可能であり、現状の保全は点検手法としては適切であると判断。	計器用変圧器の絶縁低下に対しては、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。
	<ul style="list-style-type: none"> 制御用空気圧縮機モータ 	固定子コイル 口出線・接続 部品	低圧ポンプモータの評価と同様。	同左	同左	同左
	<ul style="list-style-type: none"> 蒸発固化乾燥機 	加熱ヒータ	加熱ヒータについては、機械的、熱的及び電氣的要因及び環境的要因により経年的に劣化が進行し、外表面、内部等から絶縁低下が発生する可能性があり、最も絶縁低下に影響を及ぼす要因は環境的劣化であるが、環境的要因は清掃を実施することにより健全性の維持は可能。 当該機器は現在長期停止中であり、運転を再開する前に、外観点検、絶縁抵抗測定及び機器の動作確認を実施することとしている。 これらのことから、今後も急激な絶縁低下が起る可能性は小さいと考えられるが、絶縁が変化する場合に留意する。	加熱ヒータは、運転開始後の累計運転時間が約60時間と短く、設備停止時は100℃未満の温度で保管している。 また、当該機器は現在長期停止中であり、運転を再開する前に外観点検、絶縁抵抗測定及び機器の動作確認を行うこととしている。	加熱ヒータの急激な絶縁低下の可能性は低い。絶縁低下は、点検時における外観点検、絶縁抵抗測定及び試運転にて把握可能と考えられ、これまで絶縁低下による異常は発生していない。 外観点検、絶縁抵抗測定及び試運転を実施することで異常の有無は把握可能であり、現状の保全は点検手法としては適切であると判断する。	加熱ヒータの絶縁低下に対しては、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。

6. まとめ

(1) 審査基準適合性

「2. 基本方針」で示した要求事項について技術評価を行った結果、全ての要求を満足しており、審査基準に適合していることを確認した。電気・計装設備の絶縁低下についての要求事項との対比を表3に示す。

表3 (1/3) 電気・計装設備の絶縁低下についての要求事項との対比

審査基準, ガイド	要求事項	技術評価結果
	○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低下が生じないこと。	「4. (1) 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) 1)-2 ACAガイドによる健全性評価 (設計基準事故時)」、 「4. (1) 1)-3 電気学会推奨案をもとにした健全性評価 (重大事故等時)」、 「4. (2) 1) 核計装用電気ペネトレーションの健全性評価」及び「5. 代表機器以外の技術評価」に示すとおり、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することで、評価対象の電気・計装設備に有意な絶縁低下が生じないことを確認した。
実用発電用原子炉の運転の期間の延長の審査基準	○環境認定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低下が生じないこと。	「4. (1) 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) 1)-2 ACAガイドによる健全性評価 (設計基準事故時)」、 「4. (1) 1)-3 電気学会推奨案による健全性評価 (重大事故等時)」、 「4. (2) 1) 核計装用電気ペネトレーションの健全性評価」及び「5. 代表機器以外の技術評価」に示すとおり、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、有意な絶縁低下が生じないことを確認した。
実用発電用原子炉の運転期間延長認可申請に係る運用ガイド	<p>運転期間延長認可申請に伴うものとして評価を行い、その結果の記載が求められる事項は次のとおり。</p> <p>①特別点検の結果を踏まえた劣化状況評価。</p> <p>運転期間延長認可申請に伴い策定するものとして記載が求められる事項は次のとおり。</p> <p>①劣化状況評価を踏まえた保守管理に関する方針。</p>	<p>電気・計装設備の絶縁低下に関して、特別点検によって確認する事項はない。</p> <p>「4. (1) 4) 高経年化への対応」、 「5. 代表機器以外の技術評価」に示すとおり、保守管理に関する方針 (長期保守管理方針) に、長期健全性評価結果から得られた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及び同軸コネクタ接続について取替を行うことを記載した。</p>

表 3 (2/3) 電気・計装設備の絶縁低下についての要求事項との対比

審査基準, ガイド	要求事項	技術評価結果
<p>实用発電用原子炉施設における高経年化対策審査ガイド</p>	<p>(1) 高経年化技術評価の審査</p> <p>⑫健全性の評価 実施ガイド3.1⑤に規定する期間の満了日までの期間について、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の発生又は進展に係る健全性を評価していることを審査する。</p> <p>⑬現状保全の評価 健全性評価結果から現状の保全策の妥当性が評価されていることを審査する。</p> <p>⑭追加保全策の抽出 現状保全の評価結果から、現状保全に追加する必要がある新たな保全策が抽出されていることを審査する。</p> <p>⑯大規模地震等による機器・構造物への直接の影響の考慮 現に発生した大規模地震等について、これによる機器・構造物への影響を踏まえた高経年化技術評価を行っているかを審査する。</p> <p>(2) 長期保守管理方針の審査</p> <p>⑰長期保守管理方針の策定 すべての追加保全策について長期保守管理方針として策定されているかを審査する。</p>	<p>「4. (1) 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) 1)-2 ACAガイドによる健全性評価 (設計基準事故時)」, 「4. (1) 1)-3 電気学会推奨案による健全性評価 (重大事故等時)」, 「4. (2) 1) 核計装用電気ペネトレーションの健全性評価」及び「5. 代表機器以外の技術評価」に示すとおり、各電気・計装設備に応じた健全性評価を実施した。</p> <p>「4. (1) 2) 現状保全」, 「4. (2) 2) 現状保全」及び「5. 代表機器以外の技術評価」に示すとおり、現状保全の評価結果から、現状の保全策が妥当であることを確認した。</p> <p>現状保全の評価結果から、追加する新たな保全策はなかった。</p> <p>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の温度上昇が原子炉格納容器内設置機器の高経年化評価に影響しないことを確認し、「4. (1) 4) 高経年化への対応」及び「4. (2) 4) 高経年化への対応」に記載した。</p> <p>「4. (1) 4) 高経年化への対応」及び「5. 代表機器以外の技術評価」に示すとおり、保守管理に関する方針 (長期保守管理方針) に、長期健全性評価結果から得られた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を記載した。</p>

表 3 (3/3) 電気・計装設備の絶縁低下についての要求事項との対比

審査基準, ガイド	要求事項	技術評価結果
<p>実用発電用原子炉施設における高経年化対策実施ガイド</p>	<p>3.1 高経年化技術評価の実施及び見直し 高経年化技術評価の実施及び見直しに当たっては、以下の要求事項を満たすこと。</p> <p>③運転開始後 40 年を迎えるプラントの高経年化技術評価には、当該申請に至るまでの間の運転に伴い生じた原子炉その他の設備の劣化の状況の把握のために実施した点検（特別点検）の結果を適切に反映すること。</p> <p>⑤抽出された高経年化対策上着目すべき経年劣化事象について、以下に規定する期間の満了日までの期間について機器・構造物の健全性評価を行うとともに、必要に応じ現状の保守管理に追加すべき保全策（以下「追加保全策」という。）を抽出すること。</p> <p>イ 実用炉規則第 82 条第 1 項の規定に基づく高経年化技術評価 プラントの運転を開始した日から 60 年間</p> <p>3.2 長期保守管理方針の策定及び変更 長期保守管理方針の策定及び変更に当たっては、以下の要求事項を満たすこと。</p> <p>①高経年化技術評価の結果抽出された全ての追加保全策（発電用原子炉の運転を継続的に行うことを前提として抽出されたもの及び冷温停止状態が維持されることを前提として抽出されたものの全て。）について、発電用原子炉ごとに、保守管理の項目及び当該項目ごとの実施時期を規定した長期保守管理方針を策定すること。</p> <p>なお、高経年化技術評価の結果抽出された追加保全策について、発電用原子炉の運転を断続的に行うことを前提とした評価から抽出されたものと冷温停止状態が維持されることを前提とした評価から抽出されたもの間で、その対象の経年劣化事象及び機器・構造物の部位が重複するものについては、双方の追加保全策を踏まえた保守的な長期保守管理方針を策定すること。</p>	<p>電気・計装設備の絶縁低下に関して、特別点検によって確認する事項はない。</p> <p>「4. (1) 4)高経年化への対応」, 「4. (2) 4)高経年化への対応」及び「5. 代表機器以外の技術評価」に示すとおり、高経年化技術評価の結果、抽出された追加保全策はなかった。</p> <p>「4. (1) 4)高経年化への対応」, 「4. (2) 4)高経年化への対応」及び「5. 代表機器以外の技術評価」に示すとおり、高経年化技術評価の結果、抽出された追加保全策はなかった。</p>

(2) 保守管理に関する方針として策定する事項

保守管理に関する方針を以下のとおり定め、運転期間延長認可申請書の添付資料三「保守管理に関する方針」にて記載するとともに、当該方針を長期保守管理方針として「東海第二発電所原子炉施設保安規定」に定め、確実に実施していく。

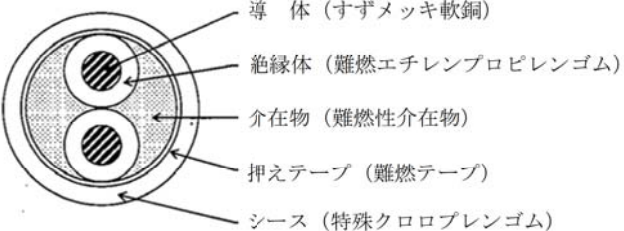
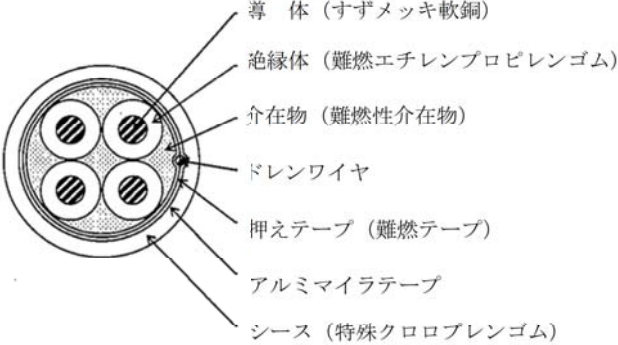
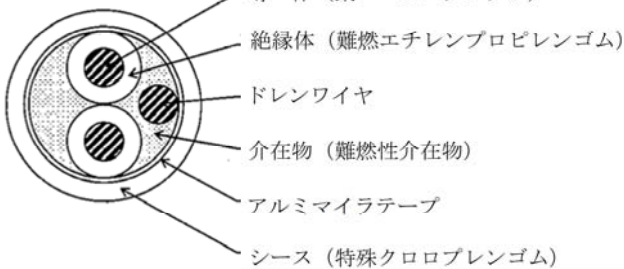
表4 電気・計装設備の保守管理に関する方針

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。	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。

7. 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) 原子炉格納容器内の難燃PNケーブルの環境条件について
- 5) 原子炉格納容器内の設計温度を超過したエリアに敷設されているケーブルの評価について
- 6) 電気学会推奨案をもとにした長期健全性試験の判定方法について
- 7) 難燃PNケーブルの長期健全性試験における評価期間について
- 8) 難燃PNケーブルの重大事故等時の長期健全性試験条件について
- 9) 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の評価年数について
- 10) 電気ペネトレーションの温度解析評価について
- 11) 電気ペネトレーション温度解析の妥当性について
- 12) 電気ペネトレーションの熱サイクル試験について
- 13) 低圧用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
- 14) 低圧用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
- 15) 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
- 16) 電気ペネトレーションの加振評価について
- 17) 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 (すずメッキ軟銅) 絶縁体 (難燃エチレンプロピレンゴム) 介在物 (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 (すずメッキ軟銅) 絶縁体 (難燃エチレンプロピレンゴム) 介在物 (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-コンスタンタン) 絶縁体 (難燃エチレンプロピレンゴム) ドレンワイヤ 介在物 (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>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 : 66.6 年 (584,108 時間) t2 : 加速時間 : 532 時間 T1 : 実環境温度 : 338.6 [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] (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時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、設計基準事故時条件を包絡している。</p> <table border="1" data-bbox="472 882 1347 1413"> <thead> <tr> <th colspan="4">難燃 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 °C換算時間*2</th> <th>合計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="5">事故時雰囲気曝露試験条件</td> <td rowspan="5"></td> <td>9,180 時間</td> <td rowspan="5">31,422 時間 (3.5 年)</td> </tr> <tr> <td>9,180 時間</td> </tr> <tr> <td>3,599 時間</td> </tr> <tr> <td>1,911 時間</td> </tr> <tr> <td>7,552 時間</td> </tr> <tr> <td rowspan="4">設計基準事故時条件*1</td> <td rowspan="4"></td> <td>9,446 時間</td> <td rowspan="4">15,885 時間 (1.9 年)</td> </tr> <tr> <td>3,600 時間</td> </tr> <tr> <td>463 時間</td> </tr> <tr> <td>2,376 時間</td> </tr> </tbody> </table> <p>活性化エネルギー: <input type="text"/> [cal/mol]</p> <p>(難燃エチレンプロピレンゴム/メーカー提示値)</p> <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</p> <p>*2: 換算時間の端数処理については、記載した値の下のところでは、保守的に事故時雰囲気曝露試験は切り捨て、事故時条件は切り上げ（以下、事故時条件の包絡性については同様）</p>	難燃 PN ケーブル				原子炉格納容器内	条件	93.3 °C換算時間*2	合計	事故時雰囲気曝露試験条件		9,180 時間	31,422 時間 (3.5 年)	9,180 時間	3,599 時間	1,911 時間	7,552 時間	設計基準事故時条件*1		9,446 時間	15,885 時間 (1.9 年)	3,600 時間	463 時間	2,376 時間
難燃 PN ケーブル																								
原子炉格納容器内	条件	93.3 °C換算時間*2	合計																					
事故時雰囲気曝露試験条件		9,180 時間	31,422 時間 (3.5 年)																					
		9,180 時間																						
		3,599 時間																						
		1,911 時間																						
		7,552 時間																						
設計基準事故時条件*1		9,446 時間	15,885 時間 (1.9 年)																					
		3,600 時間																						
		463 時間																						
		2,376 時間																						

タイトル	原子炉格納容器内の難燃 PN ケーブルの環境条件について																
説明	<p>原子炉格納容器内の難燃 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 °C）を上回る箇所を除き、その中から平均温度の一番高い箇所は、原子炉格納容器内 EL. 26.4 m (No. 62/65.42 °C) であった。</p> <p>原子炉格納容器内の運転時における設計温度との差が約 0.2 °C であったため、保守的に設計温度の 65.6 °C に設定した。</p> <p>【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、原子炉格納容器内 EL. 26.4 m (No. 73/0.1267 Gy/h) であった。</p> <p>原子炉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 0.5 Gy/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原子炉格納容器 2, 3 階の設計最大線量率である 0.25 Gy/h (ゾーン 4) を原子炉格納容器内の線量率に設定した。</p> <table border="1" data-bbox="432 1570 1329 1821"> <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 °C (最高)</td> <td>171 °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>0.250 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>		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 °C (最高)	171 °C (最高)	235 °C (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 °C (最高)	171 °C (最高)	235 °C (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)														

説 明

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温度調査に用いた温度検出器の仕様は下記のとおり。

1. 温度検出器外観



検出器タイプ 1



検出器タイプ 2

2. 温度検出器の仕様

	仕様	
	検出器タイプ 1	検出器タイプ 2
チャンネル数	1 チャンネル	1 チャンネル
センサータイプ	NTC サーミスタ	IC 温度センサー
寸法	直径 18 mm×長さ 127 mm	直径 約 17 mm×厚さ 約 6 mm
材質	アルミニウム	金属製
動作環境	+10 °C～+135 °C(防水)	0 °C ～ +123 °C(日常防水)
センサー精度	±0.5 °C/25 °C	±0.8 °C/20 °C～75 °C
設置数	30 箇所	70 箇所

3. 温度検出器のセンサー

① 検出器タイプ 1

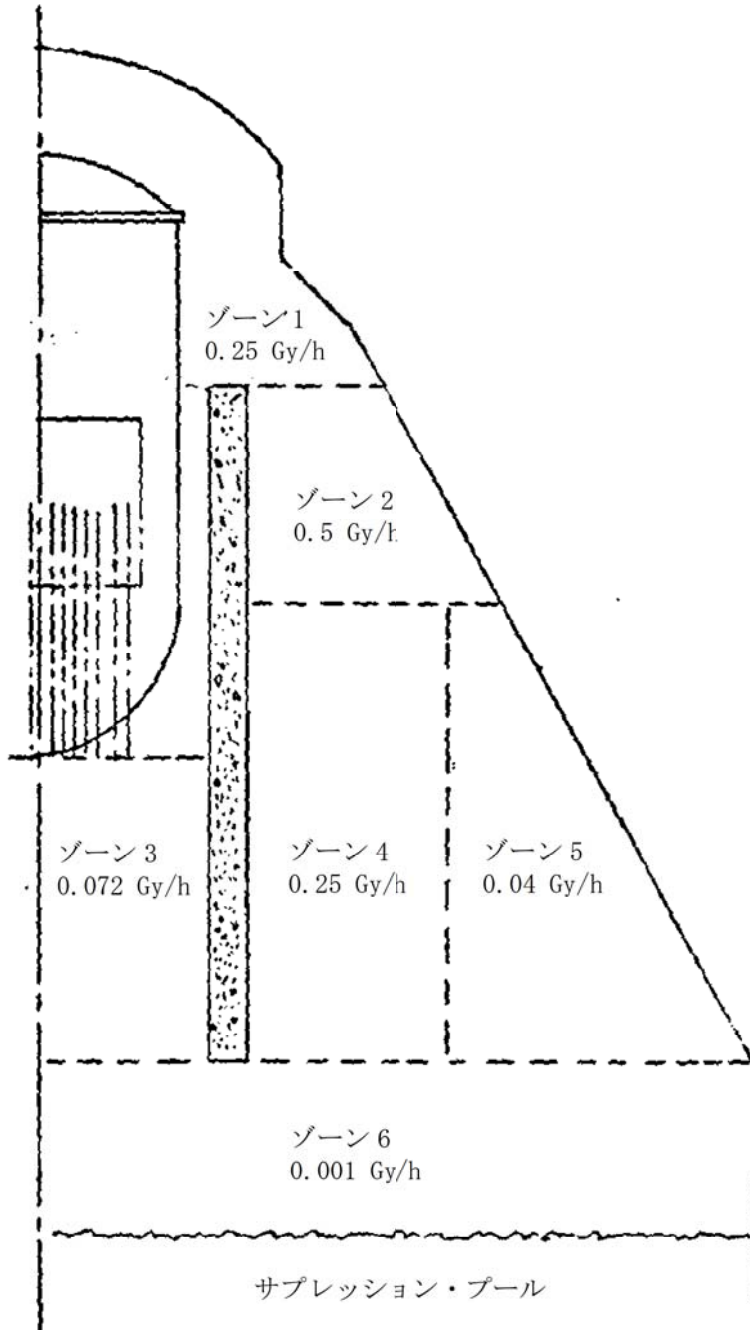
温度検出器のセンサー部に使用している NTC サーミスタ (Negative Temperature Coefficient Thermistor) は、温度が上がると抵抗値が下がる特性をもつ電子部品である。NTC サーミスタの材料は、マンガン(Mn)、ニッケル(Ni)、コバルト(Co)などを成分とする酸化物を焼成したセラミックスである。このセラミックスに電極が取付けられており、抵抗の変化を検出している。

② 検出器タイプ 2

IC 温度センサーは、温度に対応した電圧を出力し、温度センサーの特性も直線となっていることから変換等の回路を要しないセンサーである。

以 上

原子炉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	原子炉格納容器内の設計温度を超過したエリアに敷設されているケーブルの評価について																																																																																																																								
説明	<p>原子炉格納容器内の設計温度を超過したエリア (EL. 26.4 m) に敷設されているケーブルの評価結果を下記に示す。</p> <p style="text-align: right;">DBA : 設計基準事故時 SA : 重大事故等時</p> <table border="1" data-bbox="427 645 1359 1798"> <thead> <tr> <th rowspan="3">ケーブル番号</th> <th rowspan="3">ケーブル種類</th> <th rowspan="3">接続負荷</th> <th rowspan="3">重要度</th> <th rowspan="3">測定温度 [°C]^{*1}</th> <th colspan="3">評価年数^{*2}</th> </tr> <tr> <th colspan="2">DBA</th> <th>SA</th> </tr> <tr> <th>電気学会推奨案</th> <th>ACAガイド</th> <th>電気学会推奨案</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>C21069M-S1</td> <td rowspan="20">難燃 CPN</td> <td rowspan="3">B22-F013H</td> <td rowspan="3">MS-1, 重</td> <td rowspan="3">69.5</td> <td rowspan="3">37.8年</td> <td rowspan="3">24.0年</td> <td rowspan="3">8.9年</td> </tr> <tr> <td>C21066M-S1</td> </tr> <tr> <td>C21072M-S2</td> </tr> <tr> <td>C21070H-S1</td> <td rowspan="3">B22-F013K</td> <td rowspan="3">MS-1, 重</td> <td rowspan="3">76.5</td> <td rowspan="3">14.1年</td> <td rowspan="3">17.3年</td> <td rowspan="3">3.3年</td> </tr> <tr> <td>C21067E-S1</td> </tr> <tr> <td>C21073E-S2</td> </tr> <tr> <td>C21069H-S1</td> <td rowspan="3">B22-F013F</td> <td rowspan="3">MS-1, 重</td> <td rowspan="3">69.6</td> <td rowspan="3">37.2年</td> <td rowspan="3">23.9年</td> <td rowspan="3">8.8年</td> </tr> <tr> <td>C21066K-S1</td> </tr> <tr> <td>C21072K-S2</td> </tr> <tr> <td>C21074L-S1</td> <td>B22-F013R</td> <td>MS-1, 重</td> <td>66.3</td> <td>60.1年</td> <td>27.9年</td> <td>14.2年</td> </tr> <tr> <td>C21068F-S1</td> <td>B22-F013A</td> <td>MS-1</td> <td>72.2</td> <td>25.7年</td> <td>21.1年</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>C21072H-S2</td> <td rowspan="2">B22-F013C</td> <td rowspan="2">MS-1, 重</td> <td rowspan="2">72.8</td> <td rowspan="2">23.6年</td> <td rowspan="2">20.0年</td> <td rowspan="2">5.6年</td> </tr> <tr> <td>C21073J-S2</td> </tr> <tr> <td>C21403C-S2</td> <td>E12-F041B</td> <td>MS-1, 重</td> <td rowspan="2">69.4</td> <td rowspan="2">38.3年</td> <td rowspan="2">24.1年</td> <td>9.0年</td> </tr> <tr> <td>C21404C-S2</td> <td>E12-F041C</td> <td>MS-1, 重</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>C21355C-S1</td> <td>E12-F050A</td> <td>MS-1, 重</td> <td rowspan="2">68.5</td> <td rowspan="2">43.6年</td> <td rowspan="2">25.1年</td> <td>10.3年</td> </tr> <tr> <td>C21070H-S1</td> <td>B22-F013K</td> <td>MS-1, 重</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>C21068M-S1</td> <td>B22-F013D</td> <td>MS-1</td> <td rowspan="3">68.5</td> <td rowspan="3">43.6年</td> <td rowspan="3">25.1年</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>C21072F-S2</td> <td rowspan="2">B22-F013B</td> <td rowspan="2">MS-1, 重</td> </tr> <tr> <td>C21068H-S1</td> </tr> <tr> <td>C21072M-S2</td> <td>B22-F013H</td> <td>MS-1, 重</td> <td rowspan="2">68.5</td> <td rowspan="2">43.6年</td> <td rowspan="2">25.1年</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>C21069K-S1</td> <td>B22-F013G</td> <td>MS-1</td> </tr> <tr> <td>C21068M-S1</td> <td>B22-F013D</td> <td>MS-1</td> <td>68.5</td> <td>43.6年</td> <td>25.1年</td> <td>—</td> </tr> </tbody> </table> <p>*1 : 通常運転期間中(2010年3月30日~2011年3月11日)の平均温度 *2 : 各長期健全性試験条件より算出した評価年数 ケーブル毎に算出した評価期間をケーブルの取替周期に設定する。 以上</p>							ケーブル番号	ケーブル種類	接続負荷	重要度	測定温度 [°C] ^{*1}	評価年数 ^{*2}			DBA		SA	電気学会推奨案	ACAガイド	電気学会推奨案	C21069M-S1	難燃 CPN	B22-F013H	MS-1, 重	69.5	37.8年	24.0年	8.9年	C21066M-S1	C21072M-S2	C21070H-S1	B22-F013K	MS-1, 重	76.5	14.1年	17.3年	3.3年	C21067E-S1	C21073E-S2	C21069H-S1	B22-F013F	MS-1, 重	69.6	37.2年	23.9年	8.8年	C21066K-S1	C21072K-S2	C21074L-S1	B22-F013R	MS-1, 重	66.3	60.1年	27.9年	14.2年	C21068F-S1	B22-F013A	MS-1	72.2	25.7年	21.1年	—	C21072H-S2	B22-F013C	MS-1, 重	72.8	23.6年	20.0年	5.6年	C21073J-S2	C21403C-S2	E12-F041B	MS-1, 重	69.4	38.3年	24.1年	9.0年	C21404C-S2	E12-F041C	MS-1, 重	—	C21355C-S1	E12-F050A	MS-1, 重	68.5	43.6年	25.1年	10.3年	C21070H-S1	B22-F013K	MS-1, 重	—	C21068M-S1	B22-F013D	MS-1	68.5	43.6年	25.1年	—	C21072F-S2	B22-F013B	MS-1, 重	C21068H-S1	C21072M-S2	B22-F013H	MS-1, 重	68.5	43.6年	25.1年	—	C21069K-S1	B22-F013G	MS-1	C21068M-S1	B22-F013D	MS-1	68.5	43.6年	25.1年	—
ケーブル番号	ケーブル種類	接続負荷	重要度	測定温度 [°C] ^{*1}	評価年数 ^{*2}																																																																																																																				
					DBA		SA																																																																																																																		
					電気学会推奨案	ACAガイド	電気学会推奨案																																																																																																																		
C21069M-S1	難燃 CPN	B22-F013H	MS-1, 重	69.5	37.8年	24.0年	8.9年																																																																																																																		
C21066M-S1																																																																																																																									
C21072M-S2																																																																																																																									
C21070H-S1		B22-F013K	MS-1, 重	76.5	14.1年	17.3年	3.3年																																																																																																																		
C21067E-S1																																																																																																																									
C21073E-S2																																																																																																																									
C21069H-S1		B22-F013F	MS-1, 重	69.6	37.2年	23.9年	8.8年																																																																																																																		
C21066K-S1																																																																																																																									
C21072K-S2																																																																																																																									
C21074L-S1		B22-F013R	MS-1, 重	66.3	60.1年	27.9年	14.2年																																																																																																																		
C21068F-S1		B22-F013A	MS-1	72.2	25.7年	21.1年	—																																																																																																																		
C21072H-S2		B22-F013C	MS-1, 重	72.8	23.6年	20.0年	5.6年																																																																																																																		
C21073J-S2																																																																																																																									
C21403C-S2		E12-F041B	MS-1, 重	69.4	38.3年	24.1年	9.0年																																																																																																																		
C21404C-S2		E12-F041C	MS-1, 重				—																																																																																																																		
C21355C-S1		E12-F050A	MS-1, 重	68.5	43.6年	25.1年	10.3年																																																																																																																		
C21070H-S1		B22-F013K	MS-1, 重				—																																																																																																																		
C21068M-S1		B22-F013D	MS-1	68.5	43.6年	25.1年	—																																																																																																																		
C21072F-S2		B22-F013B	MS-1, 重																																																																																																																						
C21068H-S1																																																																																																																									
C21072M-S2	B22-F013H	MS-1, 重	68.5	43.6年	25.1年	—																																																																																																																			
C21069K-S1	B22-F013G	MS-1																																																																																																																							
C21068M-S1	B22-F013D	MS-1	68.5	43.6年	25.1年	—																																																																																																																			

タイトル	電気学会推奨案をもとにした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 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 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 : 31.4 年 (275,585 時間) t2 : 加速時間 : 251 時間 T1 : 実環境温度 : 338.6 [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] (難燃エチレンプロピレンゴム/メーカ提示値)</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 : 15.7 年 (138,341 時間) t2 : 加速時間 : 126 時間 T1 : 実環境温度 : 338.6 [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] (難燃エチレンプロピレンゴム/メーカ提示値)</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>原子炉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="512 835 1251 1088"> <thead> <tr> <th colspan="2" data-bbox="512 835 1251 882">難燃 CPN ケーブル</th> </tr> <tr> <th data-bbox="512 882 810 947">原子炉格納容器内</th> <th data-bbox="810 882 1251 947">条件</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="512 947 810 1088">事故時雰囲気曝露試験条件</td> <td data-bbox="810 947 1251 1088"></td> </tr> </tbody> </table> <div data-bbox="416 1133 1275 1603" style="border: 1px solid black; height: 210px; width: 538px;"></div> <p style="text-align: center;">事故プロファイル^{*2}</p> <p>*1：重大事故等時の原子炉格納容器気相部温度 °C/2.4分</p> <p>*2：大 LOCA+循環冷却（早期注水ドライウエル）</p> <p style="text-align: right;">以 上</p>	難燃 CPN ケーブル		原子炉格納容器内	条件	事故時雰囲気曝露試験条件	
難燃 CPN ケーブル							
原子炉格納容器内	条件						
事故時雰囲気曝露試験条件							

<p>タイトル</p>	<p>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の評価年数について</p>
<p>説明</p>	<p>東北地方太平洋沖地震発生に伴う発電所停止操作の過程で、原子炉格納容器内の一部ケーブル敷設箇所に設計温度を超えた箇所が確認された。</p> <p>原子炉格納容器内に設置されている設計基準事故時及び重大事故等時雰囲気中で機能要求のある機器について、評価機器設置エリアの超過期間、平均温度をもとに評価を行った。</p> <p>機器の取替周期の設定にあたっては、超過期間における評価年数を設計温度の評価年数より引いた年数で設定する。</p> <p>設計温度における評価年数：原子炉格納容器内の設計温度 65.6 °C（電気ペネトレーションは解析値 40 °C）における各機器の評価年数を算出</p> <p>超過期間における評価年数：震災発生後の停止操作において、原子炉格納容器内の設計温度を超過した時間と温度をもとに算出</p>

原子炉格納容器内設計温度超過期間中の評価年数

評価機器	評価エリア	超過時間 [時間]	超過期間中 の平均温度 [°C]	評価に用いた 活性化 エネルギー [kcal/mol]	超過期間 における 評価年数 [年]*4	設計温度 における 評価年数 [年]*4
難燃 PN ケーブル	PCV EL. 23.3 m~EL. 36.0 m*1	36	83.1		0.01	28.8
KGB ケーブル	PCV EL. 23.3 m~EL. 36.0 m*1	36	83.1		0.01	73.9
電動弁モータ	PCV EL. 23.7 m	32	73.8		0.02	60.1
端子台接続	PCV EL. 23.7 m	32	73.8		0.01	38.0*5
電動弁コネクタ接続	PCV EL. 23.3 m*2	32	73.8		0.01	45.04
電気ペネトレーション	PCV EL. 17.0 m*3, EL. 23.3 m*2	32	73.8		1.2*6	100年以上*6
スプライス接続	PCV EL. 17.0 m*3, EL. 23.3 m*2	32	73.8		0.02	100年以上
同軸コネクタ接続	PCV EL. 14.0 m*3~EL. 23.3 m*2	32	73.8		0.01	86.1
難燃一重同軸ケーブル	PCV EL. 14.0 m*3~EL. 23.3 m*2	32	73.8		0.02	41.9
難燃六重同軸ケーブル	PCV EL. 14.0 m*3~EL. 23.3 m*2	32	73.8		0.02	41.9

*1：難燃 PN ケーブル及び KGB ケーブルは、ケーブルの布設環境等の調査結果から、超過期間における評価年数が一番長くなった EL. 36.0 m に敷設

されているケーブルの温度、時間 (83.1 °C/36h) を代表とした

*2：EL. 23.3 m 付近に設置されている機器は、ケーブルの布設環境等の調査結果から、超過期間における評価年数が一番長くなった EL. 23.7 m に敷設

されているケーブルの温度、時間 (73.8 °C/32h) を代表とした

*3：EL. 14.0 m, EL. 17.0 m エリア及びペデスタル内の温度は、停止操作時において原子炉格納容器内設計温度の超過は確認されなかった

*4：難燃 PN ケーブル及び KGB ケーブルは、時間依存データの重ね合わせ手法にて算出し、それ以外の評価機器はアレニウス則にて算出した

*5：実機使用の端子台接続の実使用年限を示す

*6：電気ペネトレーションの評価年数の算出は、解析温度の 40 °C、その他評価機器は設計温度の 65.6 °C にて算出

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>原子炉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

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

時間[h]	
原子炉格納容器内温度[°C]	

原子炉格納容器外は, [] 時間の間 [] °C

--	--

重大事故等時条件 1 [0~168 時間]

重大事故等時条件 1 [0~0.4 時間拡大]

--	--

重大事故等時条件 1 [0.4~1.0 時間拡大]

重大事故等時条件 1 [1~31 時間拡大]

--

重大事故等時条件 1 [30~60 時間拡大]

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

時間[h]	
原子炉格納容器内温度[°C]	

原子炉格納容器外は、時間の間°C

--	--

重大事故等時条件 2[0~168 時間]

重大事故等時条件 2[0~0.4 時間拡大]

--	--

重大事故等時条件 2[0.4~1.0 時間拡大]

重大事故等時条件 2[1.0~31 時間拡大]

--	--

重大事故等時条件 2[90~110 時間拡大]

重大事故等時条件 2[110~130 時間拡大]

【重大事故等時(原子炉格納容器内) + 主蒸気管破断事故時(原子炉格納容器外)条件 1】

時間[h]	
原子炉格納容器内温度[°C]	

原子炉格納容器外は, □時間から□時間は□°C, □時間から□時間は□°C

重大事故等時 + 主蒸気管破断事故時条件 1 [0~168 時間]

重大事故等時 + 主蒸気管破断事故時条件 1 [2~12 時間拡大]

【重大事故等時(原子炉格納容器内) + 主蒸気管破断事故時(原子炉格納容器外) 条件 2】

[大 LOCA + ベント]

時間[h]	
原子炉格納容器内温度[°C]	

原子炉格納容器外は, □時間から□時間は□°C, □時間から□時間は□°C

--	--

重大事故等時 + 主蒸気管破断事故時条件 2 [0 ~ 168 時間]

--	--

重大事故等時 + 主蒸気管破断事故時条件 2 [0 ~ 2 時間拡大]

--	--

重大事故等時 + 主蒸気管破断事故時条件 2 [2 ~ 18 時間] 拡大

--	--

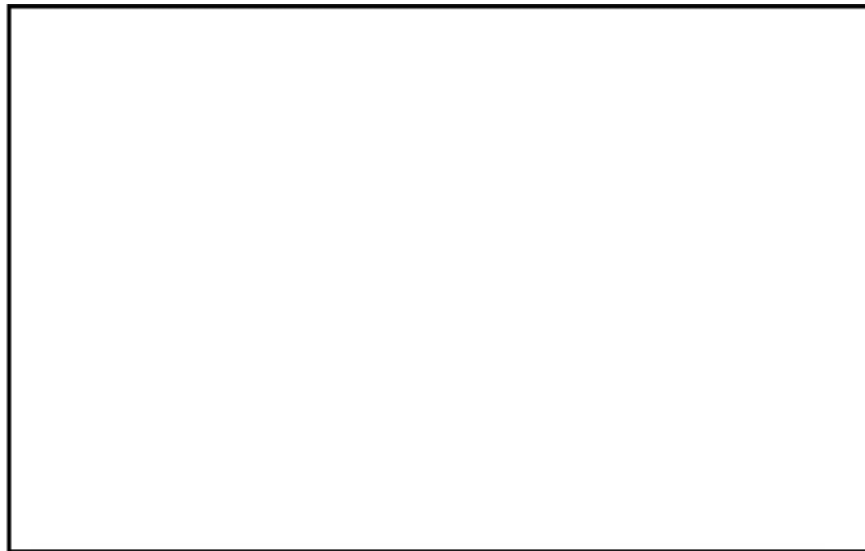
重大事故等時 + 主蒸気管破断事故時条件 2 [20 ~ 90 時間] 拡大

【重大事故等時(原子炉格納容器内) + 主蒸気管破断事故時(原子炉格納容器外)条件 3】

[大 LOCA + 循環冷却 (DW, SC)]

時間[h]	
原子炉格納容器内温度[°C]	

原子炉格納容器外は, □時間から□時間は□ °C, □時間から □時間は□ °C



重大事故等時 + 主蒸気管破断事故時条件 3 [0~168 時間]



重大事故等時 + 主蒸気管破断事故時条件 3 [0~2 時間] 拡大

【重大事故等時(原子炉格納容器内) + 主蒸気管破断事故時(原子炉格納容器外)条件 4】

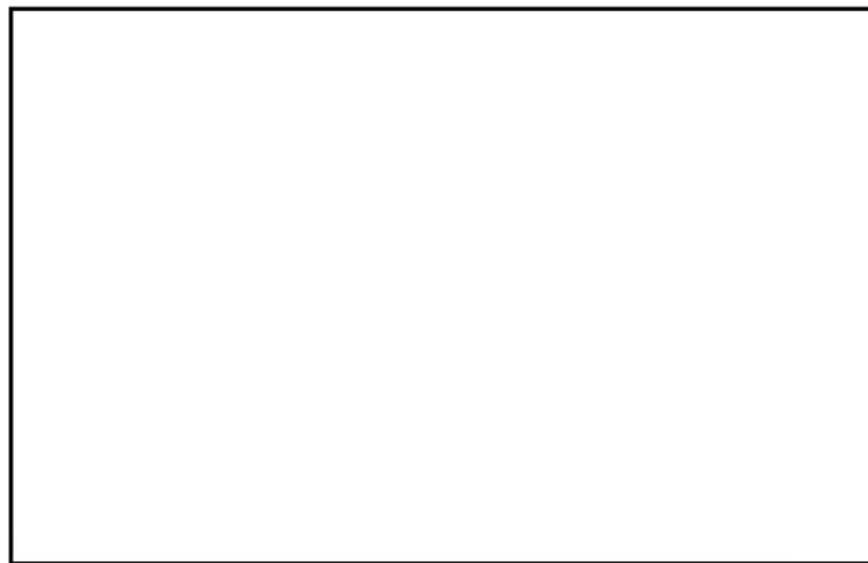
[大 LOCA + 循環冷却 (早期注水)]

時間[h]	
原子炉格納容器内温度[°C]	

原子炉格納容器外は, □時間から□時間は□°C, □時間から□時間は□°C



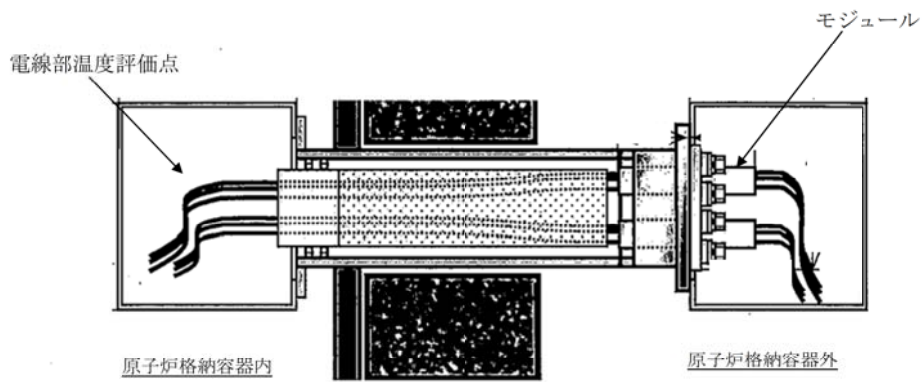
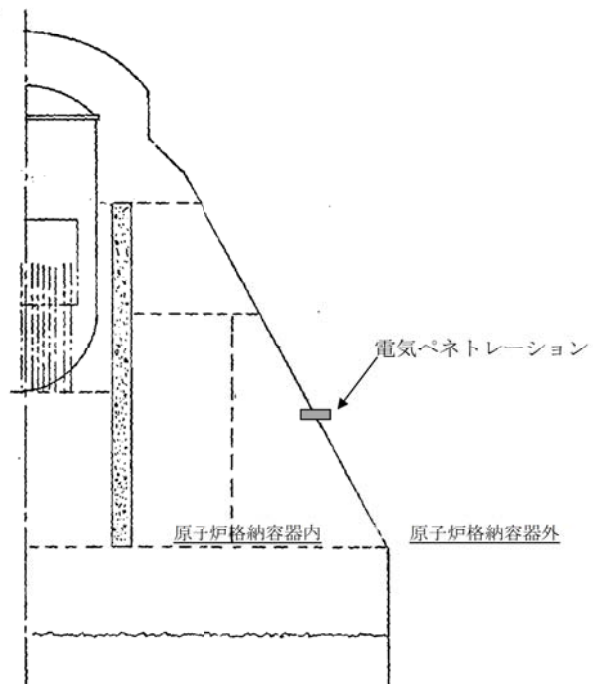
重大事故等時 + 主蒸気管破断事故時条件 4[0~168 時間]



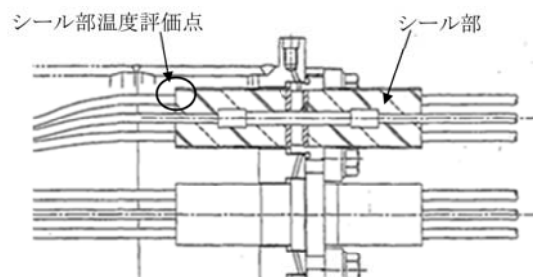
重大事故等時 + 主蒸気管破断事故時条件 4[0~2 時間]拡大

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



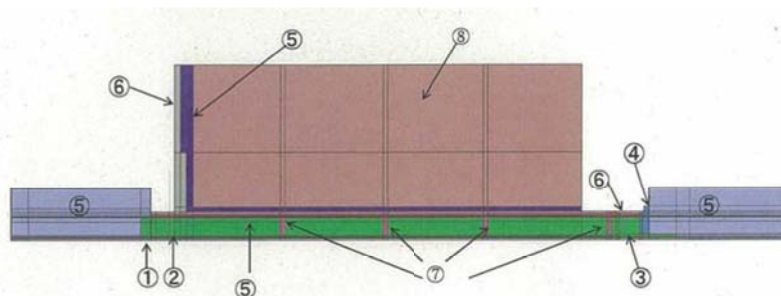
電気ペネトレーション構造



モジュール部拡大図

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、低圧用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用いて、重大事故等時の解析入力条件に対する評価部位の温度を解析により算出し、評価部位の解析温度が設計基準事故時雰囲気蒸気曝露試験条件に包絡されることを確認する。



低圧用電気ペネトレーション解析モデル

解析に用いる物理特性値

番号	項目	熱伝導率 [W/mK] ^{*1*2}	比熱 ^{*2} [J/kgK]	密度 ^{*2} [kg/m ³]	表面放散熱抵抗 [°Cm ² /W] ^{*1}
①	Cu	381	419	8930	—
②	PE ^{*3}				
③	エポキシ	0.5	1100	1850	—
④	SUS	16.5	519	7860	1300
⑤	空気	0.03	1011	1.3	—
⑥	鉄	48.5	480	7860	1300
⑦	ペーカライト	0.2	1340	1400	—
⑧	コンクリート	1	840	2400	1000

*1: 日本電線工業会規格
*2: 理科年表
*3: メーカーデータ値

設計基準事故時雰囲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。

重大事故等時条件は、設計基準事故時雰囲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-14】参照)

設計基準事故時雰囲気曝露試験条件と評価部位解析温度

時間[h]		0～3	3～6	6～10	10～168
設計基準事故時雰囲気曝露試験条件*1	電線部/シール部				
重大事故等時条件 1*2	電線部				
	シール部				
重大事故等時条件 2*3	電線部				
	シール部				
重大事故等時(原子炉格納容器内) + 主蒸気管破断事故時(原子炉格納容器外)条件 1*4	電線部				
	シール部				
重大事故等時(原子炉格納容器内) + 主蒸気管破断事故時(原子炉格納容器外)条件 2*5	電線部				
	シール部				
重大事故等時(原子炉格納容器内) + 主蒸気管破断事故時(原子炉格納容器外)条件 3*6	電線部				
	シール部				
重大事故等時(原子炉格納容器内) + 主蒸気管破断事故時(原子炉格納容器外)条件 4*7	電線部				
	シール部				

*1：設計基準事故時の蒸気曝露試験時の試験装置内測定温度

*2：重大事故等時（大 LOCA + 循環冷却 (DW, SC) 及び大 LOCA + 循環冷却 (早期注水)）における評価部位の解析温度（最高温度）

*3：重大事故等時（大 LOCA + 循環冷却 (DW, SC) 及び大 LOCA + ベント (DW, SC)）における評価部位の解析温度（最高温度）

*4：重大事故等時（RPV 破損 原子炉注水復旧なし他） + 主蒸気管破断事故時における評価部位の解析温度（最高温度）

*5：重大事故等時（大 LOCA + ベント） + 主蒸気管破断事故時における評価部位の解析温度（最高温度）

*6：重大事故等時（大 LOCA + 循環冷却 (DW, SC)） + 主蒸気管破断事故時における評価部位の解析温度（最高温度）

*7：重大事故等時（大 LOCA + 循環冷却 (早期注水)） + 主蒸気管破断事故時における評価部位の解析温度（最高温度）

<p>タイトル</p>	<p>電気ペネトレーション温度解析の妥当性について</p>
<p>説明</p>	<p>電気ペネトレーションの温度解析の妥当性については、実機のペネトレーションを使用した温度上昇試験結果と温度解析結果を比較することで、温度解析結果の妥当性について確認した。確認の結果、コンクリート内ペネトレーション部の温度に着目すると、ほぼ一致していることから温度解析モデルは妥当であると考える。</p> <div data-bbox="443 768 1326 1099" data-label="Figure"> </div> <p style="text-align: center;">電気ペネトレーション温度上昇試験結果</p> <p>出典：「電共研 格納容器電気ペネトレーションの特性確認試験」昭和 63 年 3 月</p> <div data-bbox="448 1256 1321 1771" data-label="Figure"> </div> <p style="text-align: center;">電気ペネトレーション 温度解析結果</p>

以上

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	低圧用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>低圧用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用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 : 100年以上 (76, 124, 758 時間) t2 : 加速時間 : 168 時間 T1 : 実環境温度 : 313 [K] (=40 °C^{*1}) 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] (エポキシ樹脂/メーカー提示値^{*2})</p> <p>【電線部】</p> <p>t1 : 実環境年数 : 100年以上 (32, 230, 946 時間) t2 : 加速時間 : 168 時間 T1 : 実環境温度 : 313 [K] (=40 °C^{*1}) 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] (架橋ポリエチレン/メーカー提示値)</p> <p>*1 : 原子炉格納容器内通常時設計最高温度 65.6 °C時における各部位の温度解析値 *2 : 高圧ポンプモータの固定子絶縁システム (銅, マイカ, エポキシ樹脂) の活性化エネルギー値</p> <p style="text-align: right;">以 上</p>

タイトル	低圧用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設計基準事故時雰囲気曝露試験条件と事故時条件の比較した結果を示す。</p> <p>設計基準事故時雰囲気曝露試験条件は、設計基準事故時条件、重大事故等時条件 1, 2 及び重大事故等時(原子炉格納容器内)+主蒸気管破断事故時(原子炉格納容器外)条件を包絡している。</p>

説明	【シール部】		
	低圧用電気ペネトレーション		
	条件	93.3℃換算時間	合計
設計基準事故時 雰囲気曝露試験条件		43,140 時間	77,862 時間 (8.8 年)
		13,944 時間	
		5,666 時間	
		15,112 時間	
設計基準 事故時条件*3		39,021 時間	54,765 時間 (6.3 年)
		12,548 時間	
		820 時間	
		2,376 時間	
重大事故等時 条件 1*4			温度、時間とも 設計基準事故時 雰囲気曝露試験 条件に包絡
重大事故等時 条件 2*5			温度、時間とも 設計基準事故時 雰囲気曝露試験 条件に包絡
重大事故等時(原子炉 格納容器内)+主蒸気 管破断事故時(原子炉 格納容器外)条件 1*6			温度、時間とも 設計基準事故時 雰囲気曝露試験 条件に包絡
重大事故等時(原子炉 格納容器内)+主蒸気 管破断事故時(原子炉 格納容器外)条件 2*7			温度、時間とも 設計基準事故時 雰囲気曝露試験 条件に包絡
重大事故等時(原子炉 格納容器内)+主蒸気 管破断事故時(原子炉 格納容器外)条件 3*8			温度、時間とも 設計基準事故時 雰囲気曝露試験 条件に包絡
重大事故等時(原子炉 格納容器内)+主蒸気 管破断事故時(原子炉 格納容器外)条件 4*9			温度、時間とも 設計基準事故時 雰囲気曝露試験 条件に包絡
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)			

説明	【電線部】				
	低圧用電気ペネトレーション				
	条件	93.3℃換算時間	合計		
設計基準事故時 雰囲気曝露試験条件		22,935 時間	45,616 時間 (5.2年)		
		7,987 時間			
		3,510 時間			
		11,184 時間			
		設計基準 事故時条件*3		20,884 時間	31,136 時間 (3.6年)
				7,238 時間	
				638 時間	
				2,376 時間	
		重大事故等時 条件 1*4			温度，時間とも 設計基準事故時 雰囲気曝露試験 条件に包絡
		重大事故等時 条件 2*5		65 時間	28,215 時間 (3.3年)
				65 時間	
				357 時間	
27,728 時間					
重大事故等時(原子炉 格納容器内)+主蒸気 管破断事故時(原子炉 格納容器外)条件 1*6			温度，時間とも 設計基準事故時 雰囲気曝露試験 条件に包絡		
重大事故等時(原子炉 格納容器内)+主蒸気 管破断事故時(原子炉 格納容器外)条件 2*7		74 時間	35,197 時間 (4.1年)		
		74 時間			
		448 時間			
		34,601 時間			
重大事故等時(原子炉 格納容器内)+主蒸気 管破断事故時(原子炉 格納容器外)条件 3*8			温度，時間とも 設計基準事故時 雰囲気曝露試験 条件に包絡		
重大事故等時(原子炉 格納容器内)+主蒸気 管破断事故時(原子炉 格納容器外)条件 4*9			温度，時間とも 設計基準事故時 雰囲気曝露試験 条件に包絡		

活性化エネルギー: [cal/mol]

(架橋ポリエチレン/メーカ提示値)

説 明	<ul style="list-style-type: none">*1:設計基準事故時の蒸気曝露試験時の試験装置内測定温度*2: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 [] 時間にて評価*3: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*4:重大事故等時（大 LOCA+循環冷却(DW, SC)及び大 LOCA+循環冷却（早期注水））における評価部位の解析温度（最高温度）*5:重大事故等時（大 LOCA+循環冷却(DW, SC)及び大 LOCA+ベント（DW, SC））における評価部位の解析温度（最高温度）*6:重大事故等時における評価部位の解析温度（最高温度）*7:重大事故等時（大 LOCA+ベント）+主蒸気管破断事故時における評価部位の解析温度（最高温度）*8:重大事故等時（大 LOCA+循環冷却(DW, SC)）+主蒸気管破断事故時における評価部位の解析温度（最高温度）*9:重大事故等時（大 LOCA+循環冷却(早期注水)）+主蒸気管破断事故時における評価部位の解析温度（最高温度） <p style="text-align: right;">以 上</p>
-----	---

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/74.5 °C)を上回る値にて低圧用電気ペネトレーションは、0.79 MPa (200 °C)、高圧用電気ペネトレーションは 0.77 MPa (200 °C)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="453 857 1310 1061"> <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*3</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>3.5×10⁴ Gy</td> <td>2×10⁶ 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="453 1252 1310 1464"> <thead> <tr> <th rowspan="2">絶縁物</th> <th colspan="3">放射線量</th> <th rowspan="2">半値線量*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>エチレンプロピレンゴム</td> <td>21 kGy</td> <td>14 kGy</td> <td>3.5×10⁴ Gy</td> <td>2.3×10⁵ Gy</td> </tr> </tbody> </table> <p>*1：通常運転時における原子炉格納容器内の 60 年間の集積線量（設計値） *2：重大事故等時における電気ペネトレーションの集積線量（解析値） *3：EPRI 1003456 「Aging Management Guideline 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*3	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*4	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*3																							
	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*4																							
	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 1.36 G は、新規制基準適合性評価において設定した基準地震動 9.69 G 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㈱)」にて加振値 20 G 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-15】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>[高圧用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：原子炉格納容器外側ケーブル接続端子損傷対応 <p>[低圧用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回施設定期検査）・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. 評価手順

設計基準事故時雰囲気で機能要求のある高圧ポンプモータの評価は、実機同等品を供試体に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長期健全性試験条件に包絡されることを確認する。

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。【別紙 1. 添付-1) 参照】

高圧ポンプモータの長期健全性試験手順を図 1 に示す。



*：供試体は、東海第二で使用している「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」と同等の高圧ポンプモータ

【別紙 1. 添付-2) 参照】

図 1 高圧ポンプモータの長期健全性試験手順

b. 試験条件

試験条件は、高圧ポンプモータの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。

また、試験条件は、高圧ポンプモータの重大事故等時を想定した条件も包絡している。

高圧ポンプモータの長期健全性試験条件を表1に示す。

表1 高圧ポンプモータの長期健全性試験条件

	試験条件	説明
熱的劣化	155℃*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℃*2に定格出力時のコイル温度上昇55℃(試験データ)を加えた95℃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。【別紙1. 添付-3)参照】
事故時雰囲気暴露	①試験温度：100℃ 試験環境：蒸気環境 試験時間：6時間 ②試験温度：100℃ 試験環境：蒸気環境 試験時間：6時間 ③試験温度：65℃ 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及び重大事故等時の最高温度100℃*3*4を包絡する。【別紙1. 添付-4)参照】

*1：周囲温度100℃に定格出力時のコイル温度上昇55℃を加えた値

*2：通常運転時におけるHPCS, LPCS及びRHR機器エリアの環境条件設計値

*3：設計基準事故時におけるHPCS, LPCS及びRHR機器エリアの環境条件設計値

*4：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

*2～*4は【別紙1. 添付-5)参照】

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及び設計基準事故時において高圧ポンプモータの絶縁を維持できることを確認した。

また、重大事故等時条件は、長期健全性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を維持できることを確認した。

高圧ポンプモータの長期健全性試験結果を表2に示す。

表2 高圧ポンプモータの長期健全性試験結果

試験手順	判定基準*	結果	判定
事故時雰囲気曝露試験終了後、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。【別紙1.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低下が発生する可能性は小さく，また，現状保全にて絶縁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ポンプモータ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>高圧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="419 869 1369 1088"> <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 1184 1369 1482"> <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>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>100 kGy</td> <td>101×10^3 Gy</td> <td rowspan="2">2×10^6 Gy</td> </tr> <tr> <td>RHR-A</td> <td>100 kGy</td> <td>101×10^3 Gy</td> </tr> </tbody> </table> <p>*1：通常運転時における HPCS, LPCS 及び RHR 機器エリアの 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 及び RHR 機器エリアの集積線量（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 Guideline 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			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	100 kGy	101×10^3 Gy	2×10^6 Gy	RHR-A	100 kGy	101×10^3 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			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	100 kGy	101×10^3 Gy	2×10^6 Gy																																	
RHR-A			100 kGy	101×10^3 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>

高圧ポンプモーター試験機及び評価対象高圧ポンプモーター仕様比較

	供試体モーター	高圧炉心スプレイ系 ポンプモーター	低圧炉心スプレイ系 ポンプモーター	残留熱除去系ポンプモーター
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 : 100 年以上 (1, 098, 833 時間) t2 : 加速時間 : 576 時間 T1 : 実環境温度 : 368 [K] (=95 °C)*1 T2 : 加速温度 : 428 [K] (=155 °C)*2 R : 気体定数 : 1.987 [cal/mol・K] E : 活性化エネルギー: [cal/mol] (エポキシ樹脂/メーカー提示値)</p> <p>*1 : 周囲環境温度 40 °C に全負荷運転時の温度上昇 55 °C を加えた温度 *2 : 全負荷運転時の固定子コイル最高温度 155 °C</p>

説 明	<p>【口出線】</p> <p>t1 : 実環境年数 : 100 年以上 (31, 148, 612 時間)</p> <p>t2 : 加速時間 : 576 時間</p> <p>T1 : 実環境温度 : 343 [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子コイル最高温度 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時条件及び重大事故等時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、設計基準事故時条件及び重大事故等時条件を包絡している。</p> <p>[固定子コイル]</p> <p>① 高圧炉心スプレイ系ポンプモータ</p> <table border="1" data-bbox="453 712 1329 1167"> <thead> <tr> <th data-bbox="453 712 639 763"></th> <th data-bbox="639 712 911 763">条件</th> <th data-bbox="911 712 1139 763">48.9℃換算時間</th> <th data-bbox="1139 712 1329 763">合計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="453 763 639 913" rowspan="3">事故時雰囲気曝露試験条件</td> <td data-bbox="639 763 911 815"></td> <td data-bbox="911 763 1139 815">27,742 時間</td> <td data-bbox="1139 763 1329 913" rowspan="3">57,740 時間 (6.5 年)</td> </tr> <tr> <td data-bbox="639 815 911 866"></td> <td data-bbox="911 815 1139 866">27,742 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="639 866 911 913"></td> <td data-bbox="911 866 1139 913">2,256 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="453 913 639 1064" rowspan="3">設計基準事故時条件*1</td> <td data-bbox="639 913 911 965"></td> <td data-bbox="911 913 1139 965">27,743 時間</td> <td data-bbox="1139 913 1329 1064" rowspan="3">30,257 時間 (3.5 年)</td> </tr> <tr> <td data-bbox="639 965 911 1016"></td> <td data-bbox="911 965 1139 1016">126 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="639 1016 911 1064"></td> <td data-bbox="911 1016 1139 1064">2,388 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="453 1064 639 1167" rowspan="2">重大事故等時条件*2</td> <td data-bbox="639 1064 911 1115"></td> <td data-bbox="911 1064 1139 1115">9,248 時間</td> <td data-bbox="1139 1064 1329 1167" rowspan="2">12,712 時間 (1.5 年)</td> </tr> <tr> <td data-bbox="639 1115 911 1167"></td> <td data-bbox="911 1115 1139 1167">3,464 時間</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 1256 1329 1720"> <thead> <tr> <th data-bbox="453 1256 639 1308"></th> <th data-bbox="639 1256 911 1308">条件</th> <th data-bbox="911 1256 1139 1308">48.9℃換算時間</th> <th data-bbox="1139 1256 1329 1308">合計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="453 1308 639 1458" rowspan="3">事故時雰囲気曝露試験条件</td> <td data-bbox="639 1308 911 1359"></td> <td data-bbox="911 1308 1139 1359">27,742 時間</td> <td data-bbox="1139 1308 1329 1458" rowspan="3">57,740 時間 (6.5 年)</td> </tr> <tr> <td data-bbox="639 1359 911 1411"></td> <td data-bbox="911 1359 1139 1411">27,742 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="639 1411 911 1458"></td> <td data-bbox="911 1411 1139 1458">2,256 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="453 1458 639 1608" rowspan="3">設計基準事故時条件*1</td> <td data-bbox="639 1458 911 1509"></td> <td data-bbox="911 1458 1139 1509">27,743 時間</td> <td data-bbox="1139 1458 1329 1608" rowspan="3">30,257 時間 (3.5 年)</td> </tr> <tr> <td data-bbox="639 1509 911 1561"></td> <td data-bbox="911 1509 1139 1561">126 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="639 1561 911 1608"></td> <td data-bbox="911 1561 1139 1608">2,388 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="453 1608 639 1720" rowspan="2">重大事故等時条件*2</td> <td data-bbox="639 1608 911 1659"></td> <td data-bbox="911 1608 1139 1659">9,248 時間</td> <td data-bbox="1139 1608 1329 1720" rowspan="2">12,712 時間 (1.5 年)</td> </tr> <tr> <td data-bbox="639 1659 911 1720"></td> <td data-bbox="911 1659 1139 1720">3,464 時間</td> </tr> </tbody> </table>				条件	48.9℃換算時間	合計	事故時雰囲気曝露試験条件		27,742 時間	57,740 時間 (6.5 年)		27,742 時間		2,256 時間	設計基準事故時条件*1		27,743 時間	30,257 時間 (3.5 年)		126 時間		2,388 時間	重大事故等時条件*2		9,248 時間	12,712 時間 (1.5 年)		3,464 時間		条件	48.9℃換算時間	合計	事故時雰囲気曝露試験条件		27,742 時間	57,740 時間 (6.5 年)		27,742 時間		2,256 時間	設計基準事故時条件*1		27,743 時間	30,257 時間 (3.5 年)		126 時間		2,388 時間	重大事故等時条件*2		9,248 時間	12,712 時間 (1.5 年)		3,464 時間
	条件	48.9℃換算時間	合計																																																				
事故時雰囲気曝露試験条件		27,742 時間	57,740 時間 (6.5 年)																																																				
		27,742 時間																																																					
		2,256 時間																																																					
設計基準事故時条件*1		27,743 時間	30,257 時間 (3.5 年)																																																				
		126 時間																																																					
		2,388 時間																																																					
重大事故等時条件*2		9,248 時間	12,712 時間 (1.5 年)																																																				
		3,464 時間																																																					
	条件	48.9℃換算時間	合計																																																				
事故時雰囲気曝露試験条件		27,742 時間	57,740 時間 (6.5 年)																																																				
		27,742 時間																																																					
		2,256 時間																																																					
設計基準事故時条件*1		27,743 時間	30,257 時間 (3.5 年)																																																				
		126 時間																																																					
		2,388 時間																																																					
重大事故等時条件*2		9,248 時間	12,712 時間 (1.5 年)																																																				
		3,464 時間																																																					

説明

③ 残留熱除去系ポンプモータ (A)

	条件	50℃換算時間	合計
事故時雰囲気 曝露試験条件		22,492 時間	46,813 時間 (5.3 年)
		22,492 時間	
		1,829 時間	
設計基準 事故時条件*1		22,493 時間	29,377 時間 (3.4 年)
		102 時間	
		4,670 時間	
		2,112 時間	
重大 事故等時条件*2		7,498 時間	10,307 時間 (1.2 年)
		2,809 時間	

④ 残留熱除去系ポンプモータ (B), (C)

	条件	50℃換算時間	合計
事故時雰囲気 曝露試験条件		22,492 時間	46,813 時間 (5.3 年)
		22,492 時間	
		1,829 時間	
設計基準 事故時条件*1		22,493 時間	29,377 時間 (3.4 年)
		102 時間	
		4,670 時間	
		2,112 時間	
重大 事故等時条件*2		7,498 時間	10,307 時間 (1.2 年)
		2,809 時間	

活性化エネルギー: [cal/mol] (エポキシ樹脂/メーカ提示値)

*1: 設計基準事故時における HPCS, LPCS 及び RHR 機器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

説明

[口出線]

① 高圧炉心スプレイ系ポンプモータ

	条件	48.9℃換算時間	合計
事故時雰囲気 曝露試験条件		18,075 時間	38,094 時間 (4.3 年)
		18,075 時間	
		1,944 時間	
設計基準 事故時条件*1		18,076 時間	20,572 時間 (2.4 年)
		108 時間	
		2,388 時間	
重大 事故等時条件*2		6,026 時間	8,995 時間 (1.1 年)
		2,969 時間	

② 低圧炉心スプレイ系ポンプモータ

	条件	48.9℃換算時間	合計
事故時雰囲気 曝露試験条件		18,075 時間	38,094 時間 (4.3 年)
		18,075 時間	
		1,944 時間	
設計基準 事故時条件*1		18,076 時間	20,572 時間 (2.4 年)
		108 時間	
		2,388 時間	
重大 事故等時条件*2		6,026 時間	8,995 時間 (1.1 年)
		2,969 時間	

説明

③ 残留熱除去系ポンプモータ (A)

	条件	50 °C換算時間	合計
事故時雰囲気 曝露試験条件		14,812 時間	31,217 時間 (3.5 年)
		14,812 時間	
		1,593 時間	
設計基準 事故時条件*1		14,813 時間	21,058 時間 (2.5 年)
		88 時間	
		4,045 時間	
		2,112 時間	
重大 事故等時条件*2		4,938 時間	7,371 時間 (0.9 年)
		2,433 時間	

④ 残留熱除去系ポンプモータ (B), (C)

	条件	50 °C換算時間	合計
事故時雰囲気 曝露試験条件		14,812 時間	31,217 時間 (3.5 年)
		14,812 時間	
		1,593 時間	
設計基準 事故時条件*1		14,813 時間	21,058 時間 (2.5 年)
		88 時間	
		4,045 時間	
		2,112 時間	
重大 事故等時条件*2		4,938 時間	7,371 時間 (0.9 年)
		2,433 時間	

活性化エネルギー [] [cal/mol]

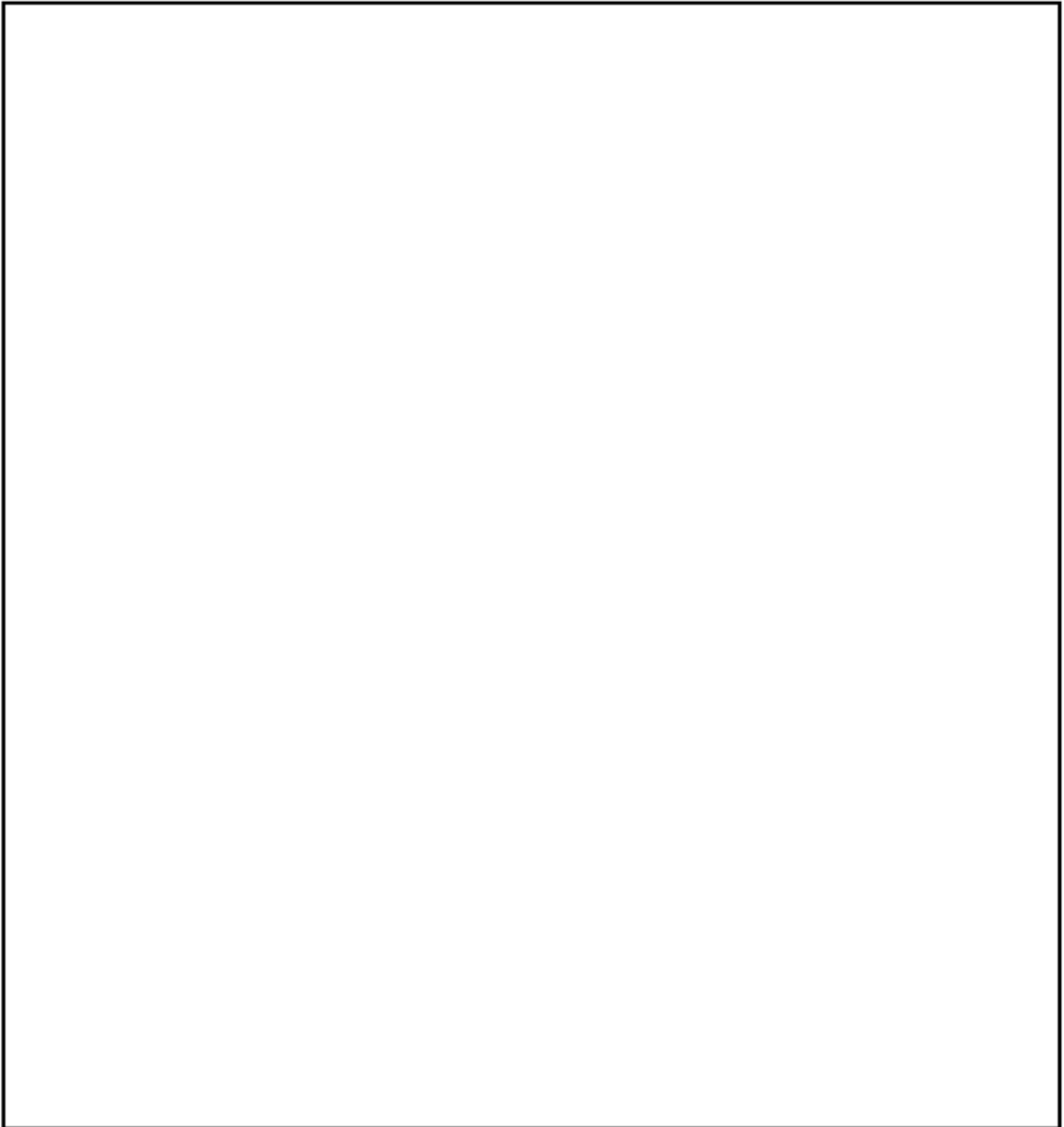
(耐熱性ポリフレックス/メーカー提示値)

*1 : 設計基準事故時における HPCS, LPCS 及び RHR 機器エリアの環境条件
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

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ポンプモータ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ポンプモータの環境条件は下記のとおり。</p> <p>① 高圧炉心スプレイ系ポンプモータ</p> <table border="1" data-bbox="472 712 1329 920"> <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>100 °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 Gr/h (最大)</td> <td>4.5×10^2 Gy (最大積算値)</td> <td>100×10^3 Gy (最大積算値)</td> </tr> </tbody> </table> <p>② 低圧炉心スプレイ系ポンプモータ</p> <table border="1" data-bbox="472 969 1329 1178"> <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>100 °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 Gr/h (最大)</td> <td>4.5×10^2 Gy (最大積算値)</td> <td>100×10^3 Gy (最大積算値)</td> </tr> </tbody> </table> <p>③ 残留熱除去系ポンプモータ (A)</p> <table border="1" data-bbox="472 1227 1329 1435"> <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>100 °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 Gr/h (最大)</td> <td>4.5×10^2 Gy (最大積算値)</td> <td>100×10^3 Gy (最大積算値)</td> </tr> </tbody> </table> <p>④ 残留熱除去系ポンプモータ (B), (C)</p> <table border="1" data-bbox="472 1485 1329 1693"> <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>100 °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 Gr/h (最大)</td> <td>4.5×10^2 Gy (最大積算値)</td> <td>100×10^3 Gy (最大積算値)</td> </tr> </tbody> </table> <p>*1 : 通常運転時における HPCS, LPCS 及び RHR 機器エリアの環境条件設計値 *2 : 設計基準事故時における HPCS, LPCS 及び RHR 機器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*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)	100 °C (最高)	最高圧力	大気圧	0.001744 MPa	0.0069 MPa	放射線	0.00015 Gr/h (最大)	4.5×10^2 Gy (最大積算値)	100×10^3 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*3	周囲温度	40 °C (最高)	100 °C (最高)	100 °C (最高)	最高圧力	大気圧	0.001744 MPa	0.0069 MPa	放射線	0.00015 Gr/h (最大)	4.5×10^2 Gy (最大積算値)	100×10^3 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*3	周囲温度	40 °C (最高)	100 °C (最高)	100 °C (最高)	最高圧力	大気圧	0.001744 MPa	0.0069 MPa	放射線	0.00015 Gr/h (最大)	4.5×10^2 Gy (最大積算値)	100×10^3 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*3	周囲温度	40 °C (最高)	100 °C (最高)	100 °C (最高)	最高圧力	大気圧	0.001744 MPa	0.0069 MPa	放射線	0.00015 Gr/h (最大)	4.5×10^2 Gy (最大積算値)	100×10^3 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*3																																																														
周囲温度	40 °C (最高)	100 °C (最高)	100 °C (最高)																																																														
最高圧力	大気圧	0.001744 MPa	0.0069 MPa																																																														
放射線	0.00015 Gr/h (最大)	4.5×10^2 Gy (最大積算値)	100×10^3 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*3																																																														
周囲温度	40 °C (最高)	100 °C (最高)	100 °C (最高)																																																														
最高圧力	大気圧	0.001744 MPa	0.0069 MPa																																																														
放射線	0.00015 Gr/h (最大)	4.5×10^2 Gy (最大積算値)	100×10^3 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*3																																																														
周囲温度	40 °C (最高)	100 °C (最高)	100 °C (最高)																																																														
最高圧力	大気圧	0.001744 MPa	0.0069 MPa																																																														
放射線	0.00015 Gr/h (最大)	4.5×10^2 Gy (最大積算値)	100×10^3 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*3																																																														
周囲温度	40 °C (最高)	100 °C (最高)	100 °C (最高)																																																														
最高圧力	大気圧	0.001744 MPa	0.0069 MPa																																																														
放射線	0.00015 Gr/h (最大)	4.5×10^2 Gy (最大積算値)	100×10^3 Gy (最大積算値)																																																														



高压ポンプモータ配置図 (原子炉建屋地下 2 階)

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

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長期健全性試験条件に包絡されることを確認する。

高圧難燃 CV ケーブルの長期健全性試験手順を図 1 に示す。

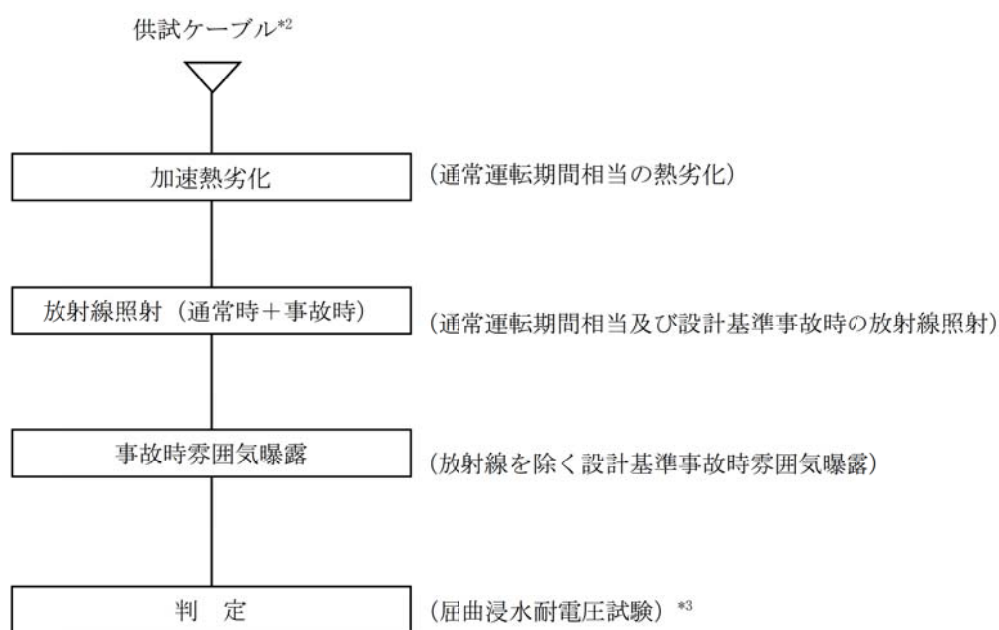


図 1 高圧難燃 CV ケーブルの長期健全性試験手順

*1：電気学会技術報告 第Ⅱ-139号「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」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、高圧難燃 CV 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。

また、試験条件は、高圧難燃 CV ケーブルの重大事故等時を想定した条件も包絡している。

高圧難燃 CV ケーブルの長期健全性試験条件を表 1 に示す。

表 1 高圧難燃 CV ケーブルの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。 【別紙 2. 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 ^{*1} に設計基準事故時の最大積算値 0.45 kGy ^{*2} 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 101 kGy (60 年間の通常運転期間相当の線量 約 0.080 kGy ^{*1} に重大事故等時の最大積算値 100 kGy ^{*3} 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 100 °C ^{*3} 、最高圧力 0.0069 MPa ^{*3} を包絡する。 【別紙 2. 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, LPCS 及び RHR 機器エリア) の環境条件設計値

通常運転時線量 約 0.08 [kGy] = 0.00015 [Gy/h] × 24 [h] × 365.25 [d] × 60 [y]

*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, LPCS 及び RHR 機器エリア) 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

*1～*3 は【別紙 2. 添付-3) 参照】

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及び設計基準事故時において、高圧難燃 CV ケーブルの絶縁を維持できることを確認した。

また、重大事故等時条件は、長期健全性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を維持できることを確認した。

高圧難燃 CV ケーブルの長期健全性試験結果を表 2 に示す。

表 2 高圧難燃 CV ケーブルの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低下が発生する可能性は低く、また、絶縁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、東海第二に敷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、今停止期間中に非難燃ケーブルより高圧難燃 CV ケーブルへ全数取替を行う計画としている。

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) 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
- 3) 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

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 : 100 年以上 (32, 230, 946 時間) t2 : 加速時間 : 168 時間 T1 : 実環境温度 : 313 [K] (=40 °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] (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時条件及び重大事故等時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、設計基準事故時条件及び重大事故等時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="472 721 1327 1207"> <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>50 °C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条件</td> <td rowspan="2"></td> <td>6,113,641 時間</td> <td rowspan="2">6,850,849 時間 (100 年以上)</td> </tr> <tr> <td>737,208 時間</td> </tr> <tr> <td rowspan="4">設計基準事故時条件*1</td> <td rowspan="4"></td> <td>13,068 時間</td> <td rowspan="4">19,140 時間 (2.2 年)</td> </tr> <tr> <td>85 時間</td> </tr> <tr> <td>3,875 時間</td> </tr> <tr> <td>2,112 時間</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">重大事故等時条件*2</td> <td rowspan="2"></td> <td>4,356 時間</td> <td rowspan="2">6,687 時間 (0.8 年)</td> </tr> <tr> <td>2,331 時間</td> </tr> </tbody> </table> <p>b. 残留熱除去系ポンプ (B) (C)</p> <table border="1" data-bbox="472 1303 1327 1776"> <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>50 °C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条件</td> <td rowspan="2"></td> <td>6,113,641 時間</td> <td rowspan="2">6,850,849 時間 (100 年以上)</td> </tr> <tr> <td>737,208 時間</td> </tr> <tr> <td rowspan="4">設計基準事故時条件*1</td> <td rowspan="4"></td> <td>13,068 時間</td> <td rowspan="4">19,140 時間 (2.2 年)</td> </tr> <tr> <td>85 時間</td> </tr> <tr> <td>3,875 時間</td> </tr> <tr> <td>2,112 時間</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">重大事故等時条件*2</td> <td rowspan="2"></td> <td>4,356 時間</td> <td rowspan="2">6,687 時間 (0.8 年)</td> </tr> <tr> <td>2,331 時間</td> </tr> </tbody> </table>	高圧難燃 CV ケーブル				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		6,113,641 時間	6,850,849 時間 (100 年以上)	737,208 時間	設計基準事故時条件*1		13,068 時間	19,140 時間 (2.2 年)	85 時間	3,875 時間	2,112 時間	重大事故等時条件*2		4,356 時間	6,687 時間 (0.8 年)	2,331 時間	高圧難燃 CV ケーブル				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		6,113,641 時間	6,850,849 時間 (100 年以上)	737,208 時間	設計基準事故時条件*1		13,068 時間	19,140 時間 (2.2 年)	85 時間	3,875 時間	2,112 時間	重大事故等時条件*2		4,356 時間	6,687 時間 (0.8 年)	2,331 時間
高圧難燃 CV ケーブル																																																			
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		6,113,641 時間	6,850,849 時間 (100 年以上)																																																
		737,208 時間																																																	
設計基準事故時条件*1		13,068 時間	19,140 時間 (2.2 年)																																																
		85 時間																																																	
		3,875 時間																																																	
		2,112 時間																																																	
重大事故等時条件*2		4,356 時間	6,687 時間 (0.8 年)																																																
		2,331 時間																																																	
高圧難燃 CV ケーブル																																																			
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		6,113,641 時間	6,850,849 時間 (100 年以上)																																																
		737,208 時間																																																	
設計基準事故時条件*1		13,068 時間	19,140 時間 (2.2 年)																																																
		85 時間																																																	
		3,875 時間																																																	
		2,112 時間																																																	
重大事故等時条件*2		4,356 時間	6,687 時間 (0.8 年)																																																
		2,331 時間																																																	

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 °C換算時間	合計
事故時雰囲気 曝露試験条件		7,436,946 時間	8,333,724 時間 (100 年以上)
		896,778 時間	
設計基準 事故時条件*1		15,897 時間	18,388 時間 (2.1 年)
		103 時間	
		2,388 時間	
重大 事故等時条件*2		5,299 時間	8,134 時間 (1.0 年)
	2,835 時間		

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 °C換算時間	合計
事故時雰囲気 曝露試験条件		7,436,946 時間	8,333,724 時間 (100 年以上)
		896,778 時間	
設計基準 事故時条件*1		15,897 時間	18,388 時間 (2.1 年)
		103 時間	
		2,388 時間	
重大 事故等時条件*2		5,299 時間	8,134 時間 (1.0 年)
	2,835 時間		

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原子炉建屋内の高圧難燃 CV ケーブル敷設箇所 (HPCS, LPCS 及び RHR 機器エリア) 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ブプレッション・チェンバ (ポンプ水源) の温度

以 上

タイトル	設計基準事故時及び重大事故等時雰囲気で機能要求のある高圧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="472 629 1329 835"> <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 ℃ (最高)</td> <td>100 ℃(最高)</td> <td>100 ℃ (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 Gr/h (最大)</td> <td>4.5×10^2 Gy (最大積算値)</td> <td>100×10^3 Gy (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="472 887 1329 1093"> <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 ℃ (最高)</td> <td>100 ℃(最高)</td> <td>100 ℃ (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 Gr/h (最大)</td> <td>4.5×10^2 Gy (最大積算値)</td> <td>100×10^3 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="472 1144 1329 1350"> <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 ℃ (最高)</td> <td>100 ℃(最高)</td> <td>100 ℃ (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 Gr/h (最大)</td> <td>4.5×10^2 Gy (最大積算値)</td> <td>100×10^3 Gy (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="472 1402 1329 1608"> <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 ℃ (最高)</td> <td>100 ℃(最高)</td> <td>100 ℃ (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 Gr/h (最大)</td> <td>4.5×10^2 Gy (最大積算値)</td> <td>100×10^3 Gy (最大積算値)</td> </tr> </tbody> </table> <p>*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, LPCS 及び RHR 機器エリア) 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, LPCS 及び RHR 機器エリア) 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*1	設計基準事故時*2	重大事故等時*3	周囲温度	40 ℃ (最高)	100 ℃(最高)	100 ℃ (最高)	最高圧力	大気圧	0.001744 MPa	0.0069 MPa	放射線	0.00015 Gr/h (最大)	4.5×10^2 Gy (最大積算値)	100×10^3 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*3	周囲温度	40 ℃ (最高)	100 ℃(最高)	100 ℃ (最高)	最高圧力	大気圧	0.001744 MPa	0.0069 MPa	放射線	0.00015 Gr/h (最大)	4.5×10^2 Gy (最大積算値)	100×10^3 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*3	周囲温度	40 ℃ (最高)	100 ℃(最高)	100 ℃ (最高)	最高圧力	大気圧	0.001744 MPa	0.0069 MPa	放射線	0.00015 Gr/h (最大)	4.5×10^2 Gy (最大積算値)	100×10^3 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*3	周囲温度	40 ℃ (最高)	100 ℃(最高)	100 ℃ (最高)	最高圧力	大気圧	0.001744 MPa	0.0069 MPa	放射線	0.00015 Gr/h (最大)	4.5×10^2 Gy (最大積算値)	100×10^3 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*3																																																														
周囲温度	40 ℃ (最高)	100 ℃(最高)	100 ℃ (最高)																																																														
最高圧力	大気圧	0.001744 MPa	0.0069 MPa																																																														
放射線	0.00015 Gr/h (最大)	4.5×10^2 Gy (最大積算値)	100×10^3 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*3																																																														
周囲温度	40 ℃ (最高)	100 ℃(最高)	100 ℃ (最高)																																																														
最高圧力	大気圧	0.001744 MPa	0.0069 MPa																																																														
放射線	0.00015 Gr/h (最大)	4.5×10^2 Gy (最大積算値)	100×10^3 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*3																																																														
周囲温度	40 ℃ (最高)	100 ℃(最高)	100 ℃ (最高)																																																														
最高圧力	大気圧	0.001744 MPa	0.0069 MPa																																																														
放射線	0.00015 Gr/h (最大)	4.5×10^2 Gy (最大積算値)	100×10^3 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*3																																																														
周囲温度	40 ℃ (最高)	100 ℃(最高)	100 ℃ (最高)																																																														
最高圧力	大気圧	0.001744 MPa	0.0069 MPa																																																														
放射線	0.00015 Gr/h (最大)	4.5×10^2 Gy (最大積算値)	100×10^3 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) 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) 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中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-SS レポート (JNES-SS-0903)」(以下、「ACA 研究報告書」という)をもとに、CV ケーブル及び難燃 CV ケーブルは時間依存データの重ね合わせ手法、KGB ケーブル(原子炉格納容器内)は等価損傷線量データの重ね合わせ手法を用いて、東海第二の原子炉格納容器内の環境条件に展開して評価する。

供試ケーブルは、東海第二で使用しているケーブルと同等の 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。

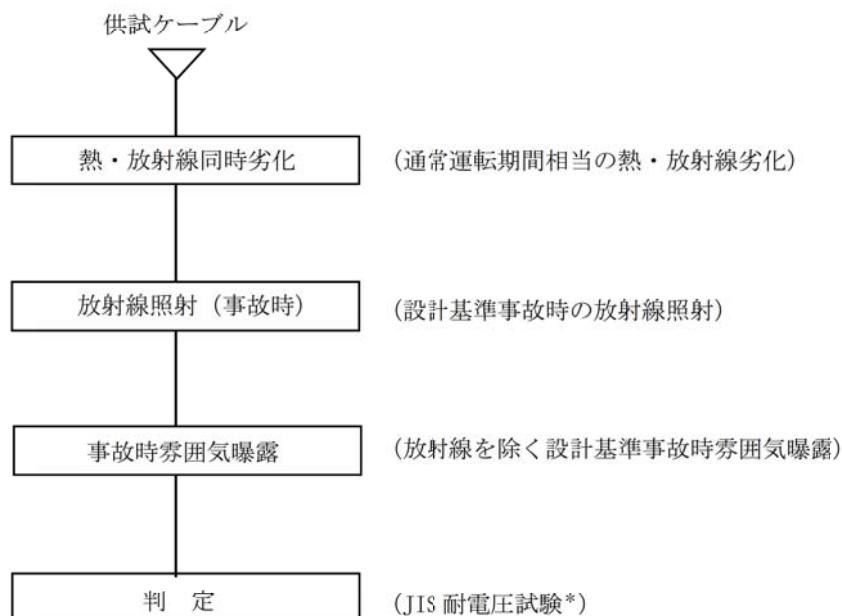


図 1.1 低圧ケーブルの ACA ガイドに基づく試験手順

*：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 50 Hz または 60 Hz 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 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 ケーブルの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	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*2 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 : 13 日間	東海第二における設計基準事故時の最高温度 100 °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【別紙 3. 添付-1) 参照】

表 1.2 難燃 CV ケーブルの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 ^{*2} を包絡する。
事故時雰囲気曝露	最高温度 : 171 °C 最高圧力 : 0.177 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 ^{*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【別紙 3. 添付-1) 参照】

表 1.3 KGB ケーブル (原子炉格納容器内) の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 研究報告書の試験結果をもとに等価損傷線量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 ^{*2} 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 : 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【別紙 3. 添付-1) 参照】

c. 評価結果

ACA 研究報告書の試験結果をもとに、CV ケーブル及び難燃 CV ケーブルは時間依存データの重ね合わせ手法、KGB ケーブル(原子炉格納容器内)は等価損傷線量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、60 年時点において絶縁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表 1.4、表 1.5 及び表 1.6 に示す。

表 1.4 CV 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 3605 「600 V ポリエチレンケーブル」

表 1.5 難燃 CV 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 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) 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 3323 「600 V けい素ゴム絶縁電線」

2) 電気学会推奨案による健全性評価（設計基準事故時及び重大事故等時）

a. 評価手順

設計基準事故時雰囲気で機能要求のある CV ケーブル、難燃 CV ケーブル及び KGB 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。

また、重大事故等時雰囲気で機能要求のある CV ケーブル及び難燃 CV ケーブルの健全性の評価は、重大事故等時条件が長期健全性試験条件に包絡されることを確認する。

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 ケーブル及び KGB 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。

低圧ケーブルの長期健全性試験手順を図 2.1 に示す。

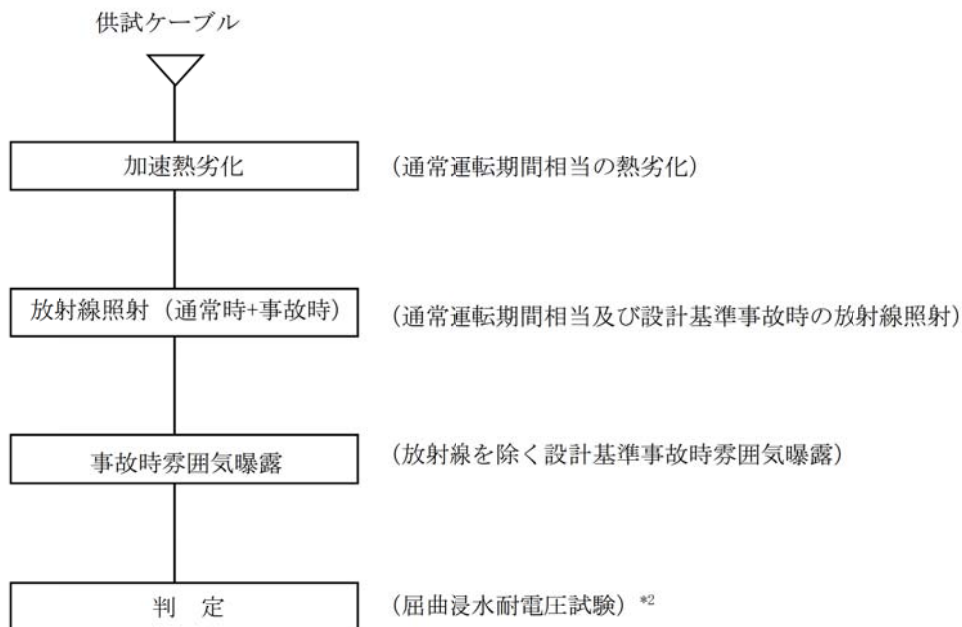


図 2.1 低圧ケーブルの長期健全性試験手順（電気学会推奨案）

*1：電気学会技術報告 第Ⅱ-139号「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」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、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。

また、試験条件は、CVケーブル及び難燃CVケーブルの重大事故等時を想定した条件も包絡している。

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	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。【別紙3.添付-2)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* ¹ に設計基準事故時の最大積算値約 7.0 kGy* ² 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 101 kGy (60年間の通常運転期間相当の線量 約 80 Gy* ¹ に重大事故等時の最大積算値約 100 kGy* ³ 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 : 0.427 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℃* ² 、最高圧力 0.001744 MPa* ² 及び重大事故等時の最高温度 100℃* ³ 、最高圧力 0.0069 MPa* ³ を包絡する。 【別紙3.添付-3)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

通常運転時線量 約 80 [Gy] = 0.00015 [Gy/h] × 24 [h] × 365.25 [d] × 60 [y]

*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【別紙3.添付-1)参照】

表 2.2 難燃 CV 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 °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。【別紙 3. 添付-2) 参照】
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* ¹ に設計基準事故時の最大積算値約 7.0 kGy* ² 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 101 kGy (60 年間の通常運転期間相当の線量 約 80 Gy* ¹ に重大事故等時の最大積算値 100 kGy* ³ 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	東海第二におけ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 100 °C* ³ 、最高圧力 0.0069 MPa* ³ を包絡する。【別紙 3. 添付-3) 参照】

*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

通常運転時線量 約 80 [Gy]=0.00015 [Gy/h]×24 [h]×365.25 [d]×60 [y]

*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【別紙 3. 添付-1) 参照】

表 2.3 KGB ケーブル（原子炉格納容器内）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 °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。【別紙 3. 添付-2) 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 530 kGy (約 60 年間の通常運転期間相当の線量 約 270 kGy* ¹ に設計基準事故時の最大積算値 2.6×10 ² kGy* ² 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：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。【別紙 3. 添付-3) 参照】

*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

通常運転時線量 約 270 [kGy]=0.5 [Gy/h]×24 [h]×365.25 [d]×60 [y]

*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）の設計値

*1, *2 は【別紙 3. 添付-1) 参照】

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及び設計基準事故時において、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を維持できることを確認した。

また、重大事故等時条件は、長期健全性試験条件に包絡されていることからCVケーブル及び難燃CVケーブルは、重大事故等時雰囲気においても絶縁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 (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 (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

表 2.6 KGB ケーブル (原子炉格納容器内) 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 (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の健全性を確認している。

さらに、点検で有意な絶縁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低下が発生する可能性は小さく、また、絶縁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、原子炉格納容器外のうち、通常運転時における設計最高温度が 60 ℃となる主蒸気トンネル室内の設計基準事故時に動作要求の有る機器に接続されている CV ケーブルについては、今停止期間中に長期健全性試験にて健全性の確認されている KGB ケーブルに取替を行う計画としている。

2. 添付資料

- 1) 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
- 2) 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
- 3) 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

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="453 835 1329 1193"> <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>100 °C (最高)</td> <td>100 °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>100 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 1290 1329 1648"> <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>100 °C (最高)</td> <td>100 °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>100 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</p> <p>*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</p> <p>*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)	100 °C (最高)	100 °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)	100 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)	100 °C (最高)	100 °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)	100 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)	100 °C (最高)	100 °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)	100 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)	100 °C (最高)	100 °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)	100 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
敷設場所	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)	2.6×10^3 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

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。</p> <p>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 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 CV ケーブル</p> <p>t1 : 実環境年数 : 100 年以上 (23, 779, 000 時間) t2 : 加速時間 : 149 時間 T1 : 実環境温度 : 313 [K] (=40 °C) T2 : 加速温度 : 408 [K] (=135 °C) R : 気体定数 : 1.987 [cal/mol・K] 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 : 100 年以上 (10, 475, 461 時間) t2 : 加速時間 : 168 時間 T1 : 実環境温度 : 313 [K] (=40 °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: <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	<p>③ KGB ケーブル</p> <p>t1 : 実環境年数 : 100 年以上 (20, 327, 013 時間)</p> <p>t2 : 加速時間 : 168 時間</p> <p>T1 : 実環境温度 : 338.6 [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 type="text"/> [cal/mol]</p> <p>(シリコーンゴム/メーカー提示値)</p> <p style="text-align: right;">以 上</p>
-----	--

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時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時条件を包絡している。</p> <p>① CV ケーブル</p> <table border="1" data-bbox="472 831 1329 1272"> <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 °C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条件</td> <td rowspan="2"></td> <td>80,075 時間</td> <td rowspan="2">99,334 時間 (11.3 年)</td> </tr> <tr> <td>19,259 時間</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">設計基準事故時条件*1</td> <td rowspan="3"></td> <td>483 時間</td> <td rowspan="3">2,877 時間 (0.4 年)</td> </tr> <tr> <td>6 時間</td> </tr> <tr> <td>2,388 時間</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">重大事故等時条件*2</td> <td rowspan="2"></td> <td>161 時間</td> <td rowspan="2">327 時間 (0.1 年)</td> </tr> <tr> <td>166 時間</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/メーカー提示値)</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/RHR 系統)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 °C換算時間	合計	事故時雰囲気曝露試験条件		80,075 時間	99,334 時間 (11.3 年)	19,259 時間	設計基準事故時条件*1		483 時間	2,877 時間 (0.4 年)	6 時間	2,388 時間	重大事故等時条件*2		161 時間	327 時間 (0.1 年)	166 時間
CV ケーブル																									
原子炉建屋内	条件	65.6 °C換算時間	合計																						
事故時雰囲気曝露試験条件		80,075 時間	99,334 時間 (11.3 年)																						
		19,259 時間																							
設計基準事故時条件*1		483 時間	2,877 時間 (0.4 年)																						
		6 時間																							
		2,388 時間																							
重大事故等時条件*2		161 時間	327 時間 (0.1 年)																						
		166 時間																							

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 °C換算時間	合計
事故時雰囲気 曝露試験条件		131,227 時間	157,032 時間 (17.9 年)
		25,805 時間	
585 時間		2,979 時間 (0.4 年)	
6 時間			
2,388 時間			
設計基準 事故時条件*1			194 時間
	166 時間		

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/RHR 系統)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 °C換算時間	合計	
事故時雰囲気 曝露試験条件		2,052,793 時間	4,713,543 時間 (100 年以上)	
		2,052,793 時間		
		421,076 時間		
		120,514 時間		
		66,367 時間		
設計基準 事故時条件*1			2,111,927 時間	2,539,476 時間 (100 年以上)
			421,077 時間	
			4,096 時間	
			2,376 時間	

活性化エネルギー: [cal/mol]

(シリコーンゴム/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

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。

供試ケーブルは東海第二で使用している同軸ケーブルと同等の同軸ケーブルを用いた。【別紙 4. 添付-1）、別紙 4. 添付-2）参照】

同軸ケーブルの長期健全性試験手順を図 1.1 に示す。

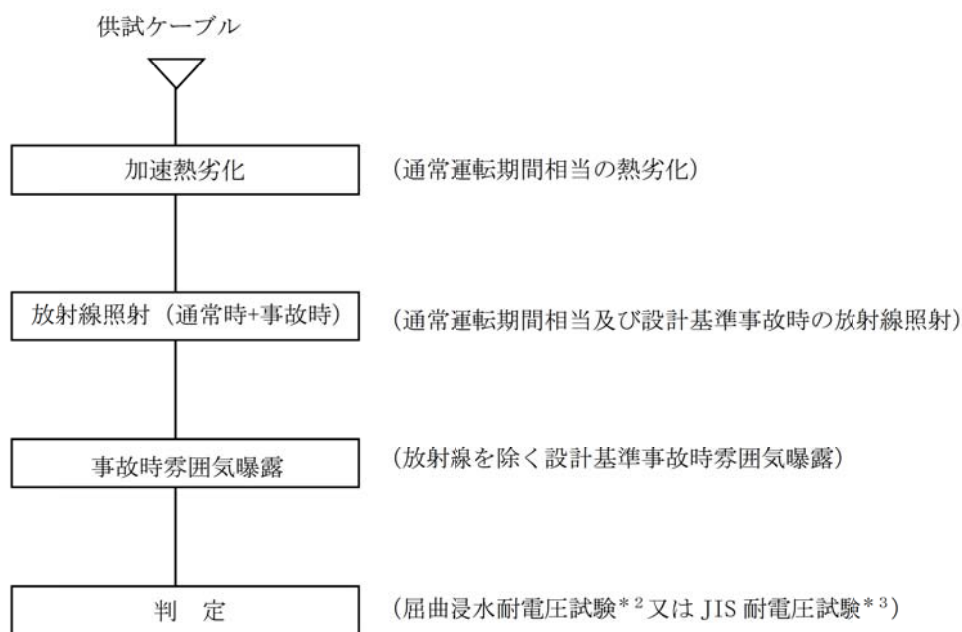


図 1.1 同軸ケーブルの長期健全性試験手順（電気学会推奨案）

*1：電気学会技術報告 第Ⅱ-139号「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」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：難燃六重同軸ケーブルは JIS 耐電圧試験を実施

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 50 Hz または 60 Hz 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」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。また、「難燃六重同軸ケーブル」の 41 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 難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリエチレン）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 °C×270 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 60 年間以上の運転期間を包絡する。 【別紙 4. 添付-3）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。 【別紙 4. 添付-4）参照】
事故時雰囲気曝露	最高温度：171 °C 最高圧力：0.428 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）、最高圧力（0.31 MPa）を包絡する。 【別紙 4. 添付-4）、別紙 4. 添付-5）参照】

表 1.2 難燃六重同軸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 °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 41 年間の運転期間を包絡する。 【別紙 4. 添付-3）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。 【別紙 4. 添付-4）参照】
事故時雰囲気曝露	最高温度：171 °C 最高圧力：0.686 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）、最高圧力（0.31 MPa）を包絡する。 【別紙 4. 添付-4）、別紙 4. 添付-5）参照】

表 1.3 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）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	110 °C×2,472 時間	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。 【別紙 4. 添付-3）参照】
放射線照射 （通常時+事故時）	放射線照射線量：260 kGy	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。【別紙 4. 添付-4）参照】
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。 【別紙 4. 添付-4）、別紙 4. 添付-5）参照】

表 1.4 難燃三重同軸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	100 °C×120 時間	原子炉格納容器外の周囲最高温度（40.0 °C）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。 【別紙 4. 添付-3）参照】
放射線照射 （通常時+事故時）	放射線照射線量：2,000 kGy	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。【別紙 4. 添付-4）参照】
事故時雰囲気曝露	最高温度：171 °C 最高圧力：0.717 MPa 曝露時間：108 日間	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。 【別紙 4. 添付-4）、別紙 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）」、「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、また、「難燃六重同軸ケーブル」は41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 難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリエチレン）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（6.15 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 難燃六重同軸ケーブルの長期健全性試験結果（JIS耐電圧試験）

項目	試験手順	判定基準	結果
JIS耐電圧試験	AC 5,000 V-1分間	絶縁破壊しないこと。	良

表 1.7 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
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（3.02 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の状態を，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-SS 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。【別紙 4. 添付-1), 別紙 4. 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。

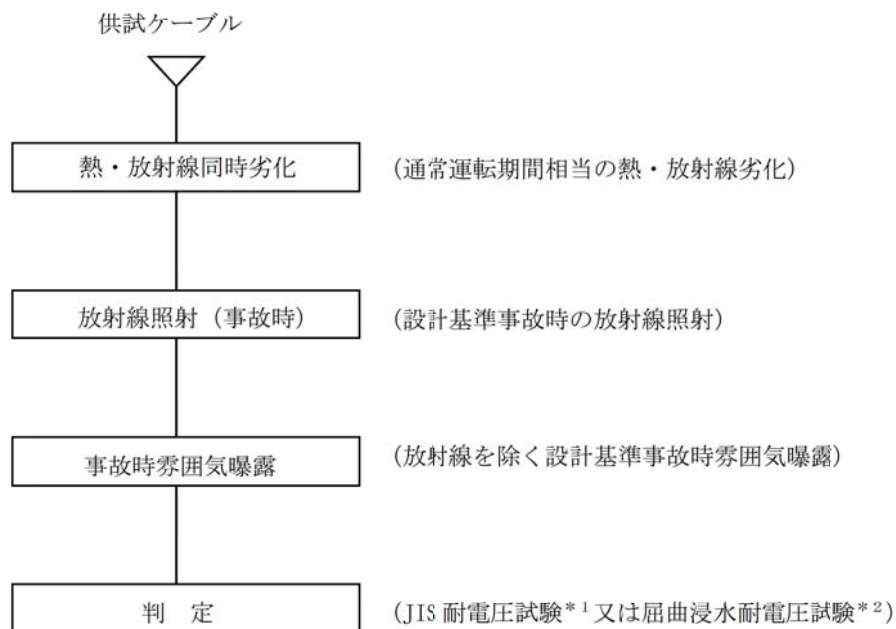


図 1.2 同軸ケーブルの ACA ガイドに基づく試験手順

*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、単心の場合に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50 Hz または 60 Hz 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
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（絶縁体材料が架橋ポリエチレン）の
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－98.1 Gy/h－7,024 時間	原子炉格納容器内の敷設されている区域における設計値（最高温度 65.6 °C，最大線量率 0.500 Gy/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：500 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。 【別紙 4. 添付-4）参照】
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：321 時間	東海第二における設計基準事故時の最高温度（171 °C），最高圧力（0.31 MPa）を包絡する。 【別紙 4. 添付-4）参照】

表 1.10 難燃一重同軸ケーブルの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 °C－98.1 Gy/h－7,024 時間	原子炉格納容器内の敷設されている区域における設計値（最高温度 65.6 °C，最大線量率 0.500 Gy/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：500 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。 【別紙 4. 添付-4）参照】
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：321 時間	東海第二における設計基準事故時の最高温度（171 °C），最高圧力（0.31 MPa）を包絡する。 【別紙 4. 添付-4）参照】

表 1.11 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

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	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。 【別紙 4. 添付-4) 参照】
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。 【別紙 4. 添付-4) 参照】

*1：評価対象ケーブルが敷設されている原子炉格納容器外の通常運転時の周囲最高温度 40.0 °C、放射線 1×10^{-5} Gy/h 環境では熱劣化が支配的であり、放射線の寄与は無視できることから、放射線照射試験を省略している

表 1.12 難燃一重同軸ケーブルの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。 供試ケーブルは評価対象ケーブルと同じ敷設箇所にて 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。 【別紙 4. 添付-4) 参照】
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。 【別紙 4. 添付-4) 参照】

*1 : 評価対象ケーブルが敷設されている原子炉格納容器外の通常運転時の周囲最高温度 40.0 °C, 放射線 1×10^{-5} Gy/h 環境では熱劣化が支配的であり、放射線の寄与は無視できることから、放射線照射試験を省略している

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を維持できることを確認した。

「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（絶縁体材料が架橋ポリエチレン）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 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の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（絶縁体材料が架橋ポリオレフィン）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
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（3.02 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の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	① 直線状に試料を伸ばした後、試料外径（3.02 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中で機能要求がある「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。

供試ケーブルは東海第二で使用している同軸ケーブルと同等の同軸ケーブルを用いた。【別紙 4. 添付-1），別紙 4. 添付-2）参照】

同軸ケーブルの長期健全性試験手順を図 1.3 に示す。

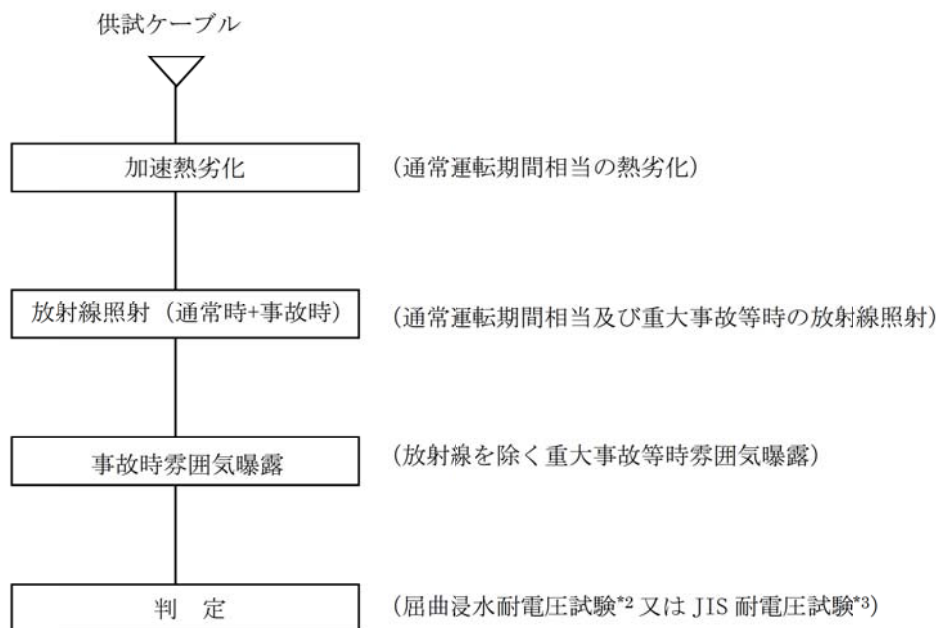


図 1.3 同軸ケーブルの長期健全性試験手順（電気学会推奨案）

*1：電気学会技術報告 第Ⅱ-139号「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」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：難燃六重同軸ケーブルは JIS 耐電圧試験を実施

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，単心の場合に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 50 Hz または 60 Hz 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」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。また，「難燃六重同軸ケーブル」の 41 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 難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリエチレン）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 °C×270 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 60 年間以上の運転期間を包絡する。 【別紙 4. 添付-3）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照射線量約 296 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 26 kGy を加えた線量）を包絡する。 【別紙 4. 添付-4）参照】
事故時雰囲気曝露	最高温度：171 °C 最高圧力：0.428 MPa 曝露時間：13 日間	東海第二における重大事故等時の最高温度約 115 °C，最高圧力 0.20 MPa を包絡する。 【別紙 4. 添付-4），別紙 4. 添付-5）参照】

表 1.18 難燃六重同軸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 °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 41 年間の運転期間を包絡する。 【別紙 4. 添付-3) 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照射線量約 296 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 26 kGy を加えた線量）を包絡する。 【別紙 4. 添付-4) 参照】
事故時雰囲気曝露	最高温度：171 °C 最高圧力：0.686 MPa 曝露時間：13 日間	東海第二における重大事故等時の最高温度約 115 °C，最高圧力 0.20 MPa を包絡する。 【別紙 4. 添付-4)，別紙 4. 添付-5) 参照】

表 1.19 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
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	110 °C×2,472 時間	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。 【別紙 4. 添付-3) 参照】
放射線照射 (通常時+事故時)	放射線照射線量：260 kGy	東海第二で想定される照射線量約 101 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 100 kGy を加えた線量）を包絡する。【別紙 4. 添付-4) 参照】
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	東海第二における重大事故等時の最高温度（100 °C），最高圧力（0.0069 MPa）を包絡する。 【別紙 4. 添付-4)，別紙 4. 添付-5) 参照】

表 1.20 難燃三重同軸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	100 ℃×120 時間	原子炉格納容器々の周囲最高温度（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。 【別紙 4. 添付-3) 参照】
放射線照射 (通常時+事故時)	放射線照射線量：2,000 kGy	東海第二で想定される照射線量約 101 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100 kGy を加えた線量) を包絡する。【別紙 4. 添付-4) 参照】
事故時雰囲気曝露	最高温度：171 ℃ 最高圧力：0.717 MPa 曝露時間：108 日間	東海第二における重大事故等時の最高温度（100 ℃）、最高圧力（0.0069 MPa）を包絡する。 【別紙 4. 添付-4）、別紙 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）」、「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、また、「難燃六重同軸ケーブル」は41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 難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリエチレン）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（6.15 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 難燃六重同軸ケーブルの長期健全性試験結果（JIS 耐電圧試験）

項目	試験手順	判定基準	結果
JIS 耐電圧試験	AC 5,000 V-1 分間	絶縁破壊しないこと。	良

表 1.23 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
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（3.02 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

(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の健全性を確認している。

さらに、点検で有意な絶縁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。

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、電気学会推奨案による健全性評価（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 60 年間の健全性を、また、ACA ガイドによる健全性評価（設計基準事故時）結果から 30 年間の健全性を維持できると評価する。難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリエチレン）は、平成 21 年（運転開始後 31 年）にケーブルの取替を実施しており、ACA ガイドによる健全性評価で確認がとれている 30 年間を加えると運転開始後 60 年間の健全性を維持できると評価する。

難燃六重同軸ケーブルは、電気学会推奨案による健全性評価（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 41 年間の健全性を、また、ACA ガイドによる健全性評価（設計基準事故時）結果から 30 年間の健全性を維持できると評価する。難燃六重同軸ケーブルは、平成 11 年（運転開始後 21 年）にケーブルの取替を実施しており、電気学会推奨案による健全性評価で確認がとれている 41 年間を加えると運転開始後 60 年間、また、ACA ガイドによる健全性評価で確認がとれている 30 年間を加えると運転開始後 51 年間の健全性を維持できると評価する。

難燃六重同軸ケーブルは、評価期間を迎える前にケーブルを取替えることで 60 年間の通常運転期間、設計基準事故時及び重大事故等時雰囲気において絶縁機能を維持できると評価する。

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

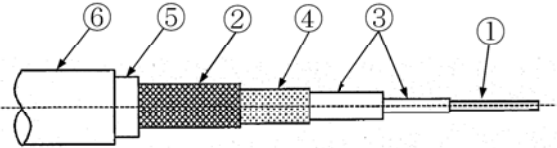
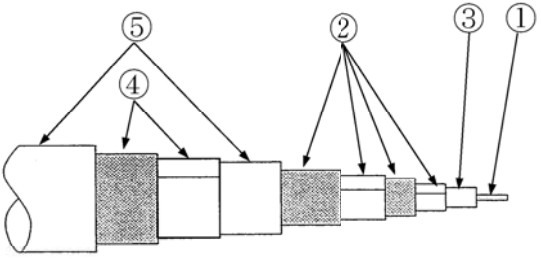
絶縁体の絶縁低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に対しては、追加すべき項目はないと考える。

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。

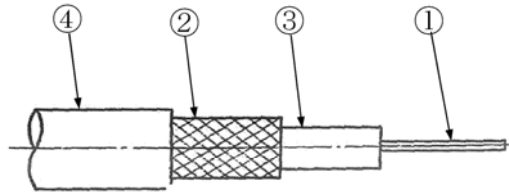
2. 添付資料

- 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="470 772 1125 1120"> <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 1500 1125 1904"> <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																																						

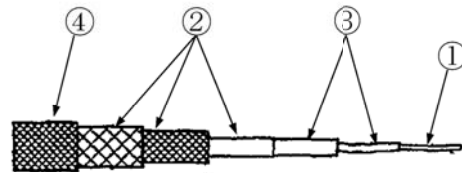
説 明

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	<p>1. 電気学会推奨案による健全性評価（設計基準事故時）</p> <table border="1" data-bbox="419 539 1358 1357"> <thead> <tr> <th data-bbox="419 539 732 584">評価対象ケーブル</th> <th data-bbox="732 539 1045 584">代替評価ケーブル</th> <th data-bbox="1045 539 1358 584">評価</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="419 584 732 779"> 難燃一重同軸ケーブル (1) 絶縁体種類； 架橋ポリエチレン (2) 製造メーカー； <input type="text"/> </td> <td data-bbox="732 584 1045 779">(同等ケーブルにて評価)</td> <td data-bbox="1045 584 1358 779" style="text-align: center;">/</td> </tr> <tr> <td data-bbox="419 779 732 974"> 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 (2) 製造メーカー； <input type="text"/> </td> <td data-bbox="732 779 1045 974">(同等ケーブルにて評価)</td> <td data-bbox="1045 779 1358 974" style="text-align: center;">/</td> </tr> <tr> <td data-bbox="419 974 732 1169"> 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 (2) 製造メーカー； <input type="text"/> </td> <td data-bbox="732 974 1045 1169">(同等ケーブルにて評価)</td> <td data-bbox="1045 974 1358 1169" style="text-align: center;">/</td> </tr> <tr> <td data-bbox="419 1169 732 1357"> 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 (2) 製造メーカー； <input type="text"/> </td> <td data-bbox="732 1169 1045 1357">(同等ケーブルにて評価)</td> <td data-bbox="1045 1169 1358 1357" style="text-align: center;">/</td> </tr> </tbody> </table>			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 (2) 製造メーカー； <input type="text"/>	(同等ケーブルにて評価)	/	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 (2) 製造メーカー； <input type="text"/>	(同等ケーブルにて評価)	/	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 (2) 製造メーカー； <input type="text"/>	(同等ケーブルにて評価)	/	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 (2) 製造メーカー； <input type="text"/>	(同等ケーブルにて評価)	/
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 (2) 製造メーカー； <input type="text"/>	(同等ケーブルにて評価)	/																
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 (2) 製造メーカー； <input type="text"/>	(同等ケーブルにて評価)	/																
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 (2) 製造メーカー； <input type="text"/>	(同等ケーブルにて評価)	/																
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 (2) 製造メーカー； <input type="text"/>	(同等ケーブルにて評価)	/																

説 明	2. 電気学会推奨案による健全性評価（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 (2) 製造メーカー； <input style="width: 50px; height: 15px;" type="text"/>	(同等ケーブルにて評価)	/
	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 (2) 製造メーカー； <input style="width: 50px; height: 15px;" type="text"/>	(同等ケーブルにて評価)	/
	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 (2) 製造メーカー； <input style="width: 50px; height: 15px;" type="text"/>	(同等ケーブルにて評価)	/
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 (2) 製造メーカー； <input style="width: 50px; height: 15px;" type="text"/>	(同等ケーブルにて評価)	/	

説 明	3. 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 (2) 製造メーカー； <input type="text"/>	(同等ケーブルにて評価)	/
	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 (2) 製造メーカー； <input type="text"/>	難燃一重同軸ケーブル (1) 絶縁体種類； 架橋ポリエチレン (2) 製造メーカー； <input type="text"/>	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 (2) 製造メーカー； <input type="text"/>	(同等ケーブルにて評価)	/
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 (2) 製造メーカー； <input type="text"/>	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 (2) 製造メーカー； <input type="text"/>	架橋発泡ポリオレフィンは、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）、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> <p>また、②難燃六重同軸ケーブルの実環境年数は41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 難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリエチレン）</p> <p>t1 : 実環境年数 : 67年 (590,834時間) t2 : 加速時間 : 270時間 T1 : 実環境温度 : 339 [K] (=65.6℃) T2 : 加速温度 : 394 [K] (=121℃) R : 気体定数 : 1.987 [cal/mol・K] E : 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)</p>

説 明

② 難燃六重同軸ケーブル

t1 : 実環境年数 : 41 年 (367, 630 時間)

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]

(架橋発泡ポリエチレン/メーカー提示値)

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)

t1 : 実環境年数 : 100 年以上 (1.23×10^8 時間)

t2 : 加速時間 : 2,472 時間

T1 : 実環境温度 : 313 [K] (=40.0 °C)

T2 : 加速温度 : 383 [K] (=110 °C)

R : 気体定数 : 1.987 [cal/mol・K]

E : 活性化エネルギー: [cal/mol]

(架橋ポリオレフィン/電共研使用値)

④ 難燃三重同軸ケーブル

t1 : 実環境年数 : 100 年以上 (1, 632, 330 時間)

t2 : 加速時間 : 120 時間

T1 : 実環境温度 : 313 [K] (=40.0 °C)

T2 : 加速温度 : 373 [K] (=100 °C)

R : 気体定数 : 1.987 [cal/mol・K]

E : 活性化エネルギー: [cal/mol]

(架橋発泡ポリオレフィン/電共研使用値)

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="454 884 1329 1240"> <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">原子炉格納容器内</td> </tr> <tr> <td>周囲温度</td> <td>65.6 ℃ (最高)</td> <td>171 ℃ (最高)</td> <td>115 ℃*4 (最高)</td> </tr> <tr> <td>最高圧力</td> <td>0.0138 MPa</td> <td>0.31 MPa</td> <td>0.20 MPa*4</td> </tr> <tr> <td>放射線</td> <td>0.500 Gy/h (最大)</td> <td>2.6×10^2 kGy (最大積算値)</td> <td>2f kGy*5 (最大積算値)</td> </tr> </tbody> </table> <p>*1：通常運転時における敷設箇所(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敷設箇所(原子炉格納容器内)の設計値 *3：重大事故等時条件のうち、当該同軸ケーブル（中性子束計測系）の要求機能である未臨界達成確認までに、最も厳しい環境条件となる原子炉停止機能喪失事象を想定 *4：重大事故等時（原子炉停止機能喪失事象）における原子炉格納容器内の環境条件解析値 *5：重大事故等時（原子炉停止機能喪失事象）における原子炉格納容器内同軸ケーブル設置箇所の放射線量は設計基準事故時の放射線量を超える範囲にないが、保守的に設計基準事故時における設計値（13 kGy/h）を基に、原子炉停止機能喪失事象時に未臨界達成確認に要する時間（概ね1時間）に余裕を加えた時間（2時間）における積算値とした</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	原子炉格納容器内			周囲温度	65.6 ℃ (最高)	171 ℃ (最高)	115 ℃*4 (最高)	最高圧力	0.0138 MPa	0.31 MPa	0.20 MPa*4	放射線	0.500 Gy/h (最大)	2.6×10^2 kGy (最大積算値)	2f kGy*5 (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	原子炉格納容器内																				
周囲温度	65.6 ℃ (最高)	171 ℃ (最高)	115 ℃*4 (最高)																		
最高圧力	0.0138 MPa	0.31 MPa	0.20 MPa*4																		
放射線	0.500 Gy/h (最大)	2.6×10^2 kGy (最大積算値)	2f kGy*5 (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*3
敷設場所	原子炉格納容器外		
周囲温度	40.0 ℃ (最高)	100 ℃ (最高)	130 ℃ (最高)
最高圧力	大気圧	0.001744 MPa	0.0069 MPa
放射線	1×10^{-5} Gy/h (最大)	1.7 kGy (最大積算値)	100 kGy (最大積算値)

*1：通常運転時における敷設箇所(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敷設箇所(原子炉格納容器外)の設計値

*3：重大事故等時条件のうち、当該同軸ケーブル（中性子束計測系）の要求機能である未臨界達成確認までに、最も厳しい環境条件となる主蒸気管破断事故（MSLBA）を想定

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時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時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）</p> <table border="1" data-bbox="472 826 1347 1406"> <thead> <tr> <th data-bbox="472 826 683 902">原子炉格納容器内</th> <th data-bbox="683 826 946 902">条件</th> <th data-bbox="946 826 1158 902">93.3℃ 換算時間*1</th> <th data-bbox="1158 826 1347 902">合計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="472 902 683 1137" rowspan="5">事故時雰囲気曝露試験条件</td> <td data-bbox="683 902 946 1137" rowspan="5"></td> <td data-bbox="946 902 1158 949">20,298 時間</td> <td data-bbox="1158 902 1347 1137" rowspan="5">61,730 時間 (7.0 年)</td> </tr> <tr> <td data-bbox="946 949 1158 996">20,298 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="946 996 1158 1043">7,237 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="946 1043 1158 1090">3,510 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="946 1090 1158 1137">10,387 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="472 1137 683 1317" rowspan="4">設計基準事故時条件*2</td> <td data-bbox="683 1137 946 1317" rowspan="4"></td> <td data-bbox="946 1137 1158 1184">20,884 時間</td> <td data-bbox="1158 1137 1347 1317" rowspan="4">31,136 時間 (3.6 年)</td> </tr> <tr> <td data-bbox="946 1184 1158 1232">7,238 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="946 1232 1158 1279">638 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="946 1279 1158 1317">2,376 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="472 1317 683 1406">重大事故等時条件*3</td> <td data-bbox="683 1317 946 1406"></td> <td data-bbox="946 1317 1158 1406">34 時間</td> <td data-bbox="1158 1317 1347 1406">34 時間 (0.1 年)</td> </tr> </tbody> </table> <p>*1：活性化エネルギー <input type="text" value=""/> [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敷設箇所(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敷設箇所(原子炉格納容器内)の設計値であり、原子炉停止機能喪失事象時における未臨界達成確認に要する時間（概ね1時間）に余裕を加えた時間（2時間）とした。</p>	原子炉格納容器内	条件	93.3℃ 換算時間*1	合計	事故時雰囲気曝露試験条件		20,298 時間	61,730 時間 (7.0 年)	20,298 時間	7,237 時間	3,510 時間	10,387 時間	設計基準事故時条件*2		20,884 時間	31,136 時間 (3.6 年)	7,238 時間	638 時間	2,376 時間	重大事故等時条件*3		34 時間	34 時間 (0.1 年)
原子炉格納容器内	条件	93.3℃ 換算時間*1	合計																					
事故時雰囲気曝露試験条件		20,298 時間	61,730 時間 (7.0 年)																					
		20,298 時間																						
		7,237 時間																						
		3,510 時間																						
		10,387 時間																						
設計基準事故時条件*2		20,884 時間	31,136 時間 (3.6 年)																					
		7,238 時間																						
		638 時間																						
		2,376 時間																						
重大事故等時条件*3		34 時間	34 時間 (0.1 年)																					

説明

② 難燃六重同軸ケーブル

原子炉格納容器内	条件	93.3 °C 換算時間*1	合計
事故時雰囲気 曝露試験条件		62,650 時間	73,247 時間 (8.3 年)
		10,597 時間	
設計基準 事故時条件*2		20,884 時間	31,136 時間 (3.6 年)
		7,238 時間	
	638 時間		
2,376 時間			
重大 事故等時条件*3		34 時間	34 時間 (0.1 年)

*1：活性化エネルギー [cal/mol]にて換算した値
(架橋ポリエチレン/メーカー提示値)

*2：設計基準事故時におけるケーブル敷設箇所(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敷設箇所(原子炉格納容器内)の設計値であり，原子炉停止機能喪失事象時における未臨界達成確認に要する時間（概ね1時間）に余裕を加えた時間（2時間）とした。

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）

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 曝露試験条件		435,534 時間	488,052 時間 (55.7 年)
		52,518 時間	
設計基準 事故時条件*2		931 時間	937 時間 (0.1 年)
		6 時間	
重大 事故等時条件*3	311 時間	477 時間 (0.1 年)	
	166 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敷設箇所(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敷設箇所(原子炉格納容器外)の設計値

説 明

④ 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 曝露試験条件		1,705,554 時間	2,663,862 時間 (100 年以上)
		452,830 時間	
		178,402 時間	
		177,250 時間	
		149,826 時間	
設計基準 事故時条件*2		931 時間	937 時間 (0.1 年)
		6 時間	
重大 事故等時条件*3		311 時間	477 時間 (0.1 年)
		166 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敷設箇所(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敷設箇所(原子炉格納容器外)の
設計値

以 上