

高浜発電所 4 号炉 審査資料	
資料番号	KTN4-PLM40-絶縁低下 改 <u>6</u>
提出年月日	令和6年2月15日

高浜発電所 4 号炉 劣化状況評価  
(電気・計装品の絶縁低下)

補足説明資料

令和6年2月15日  
関西電力株式会社

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る  
事項ですので公開することはできません。

# 目次

1. 概要	1
2. 基本方針	1
3. 評価対象と評価手法	4
3.1 評価対象	4
3.2 評価手法	5
4. 代表機器の技術評価	7
4.1 低圧ケーブル（難燃 PH ケーブル）の技術評価	7
4.1.1 健全性評価	7
4.1.1.1 電気学会推奨案による健全性評価	7
4.1.1.2 ACA ガイドによる健全性評価	9
4.1.2 現状保全	11
4.1.3 総合評価	11
4.1.4 高経年化への対応	11
4.2 モジュラー型電気ペネトレーションの技術評価	12
4.2.1 健全性評価	12
4.2.2 現状保全	14
4.2.3 総合評価	14
4.2.4 高経年化への対応	14

5. 代表機器以外の技術評価	15
6. まとめ	20
6.1 審査ガイド適合性	20
6.2 長期施設管理方針として策定する事項	23
7. 添付資料	24
別紙1. ピッグテイル型電気ペネトレーションの評価について	1-1
別紙2. 弁電動装置の評価について	2-1
別紙3. 低圧ケーブル（難燃 PH ケーブル以外）の評価について	3-1
別紙4. 同軸ケーブルの評価について	4-1
別紙5. ケーブル接続部の評価について	5-1
別紙6. 計測制御設備の評価について	6-1
別紙7. 電気・計装品の評価（共通項目）について	7-1
別紙8. 屋外ケーブルの水トリーに対する現状保全内容について	8-1
別紙9. 通電による温度上昇、余裕について	9-1
別紙10. ISLOCA 環境下における機器への影響について	10-1
別紙11. 蓄電池セル（電源設備）の定期取替周期の考え方について	11-1
別紙12. モジュラー型電気ペネトレーションの気密性低下に係る長期健全性試験について	12-1
別紙13. 高浜3号炉の高経年化技術評価との相違点について	13-1

## 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 113 条の規定に基づき実施した劣化状況評価のうち、電気・計装品の絶縁低下の評価結果について、補足説明するものである。

## 2. 基本方針

電気・計装品の絶縁低下に対する評価の基本方針は、対象機器について絶縁低下に対する技術評価を行い、運転開始後 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」、「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」、「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」および「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」の要求事項を満たすことを確認することである。

電気・計装品の絶縁低下についての要求事項を表 2.1 に整理する。

表2.1 (1/2) 電気・計装品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>実用発電用原子炉の 運転の期間の延長の 審査基準</p>	<p>2. 実用炉規則第113条第2項第2号に掲げる原子炉その他の設備の劣化の状況に関する技術的な評価の結果、延長しようとする期間において、同評価の対象となる機器・構造物が下表に掲げる要求事項（以下「要求事項」という。）に適合すること、又は同評価の結果、要求事項に適合しない場合には同項第3号に掲げる延長しようとする期間における原子炉その他の設備に係る施設管理方針の実施を考慮した上で、延長しようとする期間において、要求事項に適合すること。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○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。</li> <li>○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。</li> </ul>
<p>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>	<p>3. 2 (1) 「延長しようとする期間における運転に伴い生ずる原子炉その他の設備の劣化の状況に関する技術的な評価」（以下「劣化状況評価」という。）の記載内容について評価の対象とする機器・構造物及び評価手法は、実用炉規則第82条第2項に規定する運転開始後40年を迎える発電用原子炉に係る発電用原子炉施設についての経年劣化に関する技術的な評価におけるものと同様とする。特に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>④実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則（平成25年原子力規制委員会規則第6号。以下「技術基準規則」という。）（運転開始以後40年を経過する日において適用されているものに限る。）に定める基準に照らした評価。</p> <p>3. 3 (1) 「延長しようとする期間における原子炉その他の設備に係る施設管理方針」（以下「施設管理方針」という。）の策定に係る手法は、実用炉規則第82条第2項に規定する運転開始後40年を迎える発電用原子炉に係る発電用原子炉施設についての施設管理に関する方針の策定と同様とする。特に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上記3. 2の劣化状況評価を踏まえた施設管理方針。</p>

表2.1 (2/2) 電気・計装品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>3. 高経年化技術評価等の審査の視点・着眼点</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>(2) 長期施設管理方針の審査</p> <p>①長期施設管理方針の策定 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>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>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、必要に応じ現状の施設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>ロ 実用炉規則第82条第2項又は第3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40年間に同条第2項又は第3項に規定する延長する期間を加えた期間</p> <p>3. 2 長期施設管理方針の策定及び変更 長期施設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断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、施設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施設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施設管理方針を策定すること。</p>

### 3. 評価対象と評価手法

#### 3.1 評価対象

電気・計装品に要求される機能を維持するため、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）を確保することが必要であり、それらの介在物として、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。

絶縁低下は、これら高分子材料が、機械的、熱的、電気的および環境的な要因で劣化することにより電気抵抗が低下し、絶縁性が維持できなくなる劣化事象である。

電気・計装品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。

評価対象として抽出した機器・部位を表3.1に示す。

これらの機器のうち、設計基準事故および重大事故等時に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、低圧ケーブル（難燃PHケーブル）および電気ペネトレーション（モジュラー型電気ペネトレーション）を代表機器とし、具体的な評価を「4. 代表機器の技術評価」に、その他の評価対象については、「5. 代表機器以外の技術評価」にて評価を実施する。

### 3.2 評価手法

評価対象機器（電気・計装品）の絶縁低下の評価に用いた規格および評価手法を以下に示す。

- ① IEEE Std. 275-1981 「IEEE Recommended Practice for Thermal Evaluation of Insulation Systems for AC Electric Machinery Employing Form-Wound Pre-Insulated Stator Coils, Machines Rated 6900 V and Below」
- ② IEEE Std. 117-1956 「IEEE Standard Test Procedure for Evaluation of Systems of Insulating Materials for Random-Wound Electric Machinery」
- ③ 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。）
- ④ IEEE Std. 323-1983 「IEEE Standard for Qualifying Class 1E Equipment for Nuclear Power Generating Stations」 （以下「IEEE Std. 323-1983」という。）
- ⑤ 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。）
- ⑥ IEEE Std. 317-1983 「IEEE Standard for Electric Penetration Assemblies in Containment Structures for Nuclear Power Generating Stations」 （以下「IEEE Std. 317-1983」という。）
- ⑦ IEEE Std. 317-2013 「IEEE Standard for Electric Penetration Assemblies in Containment Structures for Nuclear Power Generating Stations」 （以下「IEEE Std. 317-2013」という。）
- ⑧ IEEE Std. 382-1996 「IEEE Standard for Qualification of Actuators for Power-Operated Valve Assemblies With Safety-Related Functions for Nuclear Power Plants」 （以下「IEEE Std. 382-1996」という。）
- ⑨ 電気学会技術報告Ⅱ部第139号「原子力発電所用電線・ケーブルの環境試験方法並びに耐延焼性試験方法に関する推奨案\*1」（以下、「電気学会推奨案」という。）
- ⑩ 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。）
- ⑪ 原子力プラントのケーブル経年変化評価技術調査研究に関する最終報告書（JNES-SS-0903）（以下、「ACA」という。）

\*1 : IEEE Std. 323-1974および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。

表3.1 絶縁低下の評価対象機器・部位

機種	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	—	—
容器	電気ペネトレーション	ポッティング材、外部リード他	○	○
弁	電動装置	固定子コイル、口出線・接続部品他	○	—*3
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、内部シース	○	○
	ケーブル接続部	絶縁物他	○	○
電気設備	メタルクラッド開閉装置（メタクラ）	ばね蓄勢用モータ他	—	—
	動力変圧器	コイル	—	—
	パワーセンタ	ばね蓄勢用モータ他	—	—
計測制御設備	制御設備	計器用変流器他	—	—
空調設備	モータ	固定子コイル、口出線他	—	—
機械設備	空気圧縮機モータ	固定子コイル他	—	—
	燃料取替クレーン	固定子コイル他	—	—
	燃料移送装置	固定子コイル他	—	—
電源設備	ディーゼル発電機	固定子コイル、口出線・接続部品他	—	—
	ディーゼル機関付属設備（ポンプ）	固定子コイル他	—	—
	直流電源設備	変圧器	—	—
	無停電電源	変圧器	—	—
	制御棒駆動装置用電源設備	ばね蓄勢用モータ	—	—

\*1：実用発電用原子炉およびその付属施設の位置、構造およ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：実用発電用原子炉およびその付属施設の位置、構造およ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）

\*3：重大事故等時環境下で機能要求のある弁電動装置の使命期間内の環境条件は、設計基準事故を想定した事故時雰囲気暴露試験条件に包絡されているため”—”と表記

#### 4. 代表機器の技術評価

##### 4.1 低圧ケーブル（難燃PHケーブル）の技術評価

###### 4.1.1 健全性評価

###### 4.1.1.1 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または重大事故等時雰囲気で機能要求がある難燃PHケーブルは、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。

試験手順および判定方法を図4.1-1に示す。

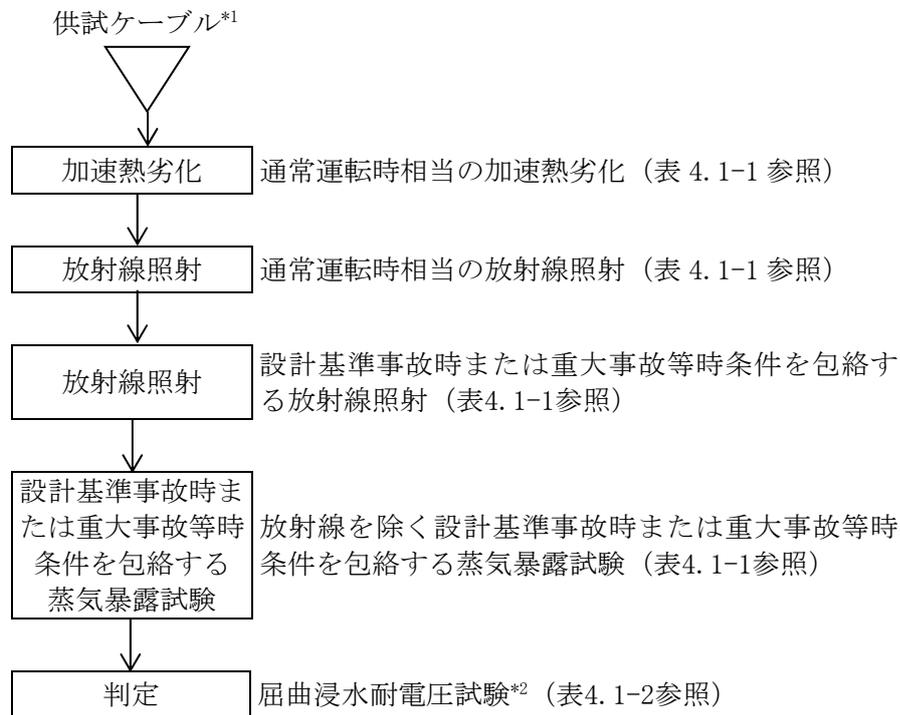


図4.1-1 難燃PHケーブルの長期健全性試験手順および判定方法

\*1：高浜4号炉で使用している難燃PHケーブルと製造メーカーおよび絶縁材料が同等の難燃PHケーブルを供試ケーブルとしている。

\*2：屈曲浸水耐電圧試験の試験手順は以下のとおりである。

- 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付ける。
- 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3.2kV/mmを5分間印加し、絶縁破壊を生じるか否かを調べる。

b. 試験条件

難燃PHケーブルの長期健全性試験条件を表4.1-1に示す。試験条件は、高浜4号炉の実機環境に基づいて60年間の運転期間および設計基準事故、または60年間の運転期間および重大事故等時を想定した劣化条件を包絡している。

表4.1-1 難燃PH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	60年間の通常運転時の使用条件【添付-1）参照】に基づく劣化条件【添付-2）参照】、設計基準事故時または重大事故等時の環境条件【添付-3）参照】
通常運転時相当	温度	140℃－9日	105℃－9日 (=51℃*1－60年)
	放射線 (集積線量)	500kGy (7.3kGy/h以下)	90kGy*2
事故時蒸気暴露試験	放射線 (集積線量)	1,500kGy (7.3kGy/h以下)	設計基準事故時：675kGy 重大事故等時：500kGy
	温度	190℃ (最高温度)	設計基準事故時：約125℃(最高温度) 重大事故等時：約138℃(最高温度)
	圧力	0.41MPa[gage] (最高圧力)	設計基準事故時：約0.25MPa[gage](最高圧力) 重大事故等時：約0.35MPa[gage](最高圧力)

\*1：設計基準事故または重大事故等を考慮する原子炉格納容器内難燃PHケーブル布設箇所周囲の平均温度に、通電による温度上昇等を考慮した各布設エリアの温度を包絡する温度として設定した。

\*2： $0.1696[\text{Gy/h}] \times (24 \times 365.25)[\text{h/y}] \times 60[\text{y}] = 90\text{kGy}$

c. 評価結果

難燃PHケーブルの長期健全性試験結果を表4.1-2に示す。電気学会推奨案に基づく評価の結果、高浜4号炉の難燃PHケーブルは、運転開始後60年時点においても絶縁機能を維持できると判断する。

表4.1-2 難燃PHケーブルの長期健全性試験結果

項目	試験条件	判定
屈曲浸水	供試体外径：11.5mm マンドレル径：400mm	良
耐電圧試験	絶縁厚さ：0.8mm 課電電圧：2.6kV/5分間	

[出典：関西電力研究データ]

#### 4.1.1.2 ACAガイドによる健全性評価

##### a. 評価手順

設計基準事故時雰囲気または重大事故等時雰囲気で機能要求がある難燃PHケーブルは、ACAガイドに従った長期健全性についても評価する。評価にあたっては、ACAの試験結果を用いている。

難燃PHケーブルのACAガイドに基づく試験手順および判定方法を図4.1-2に示す。

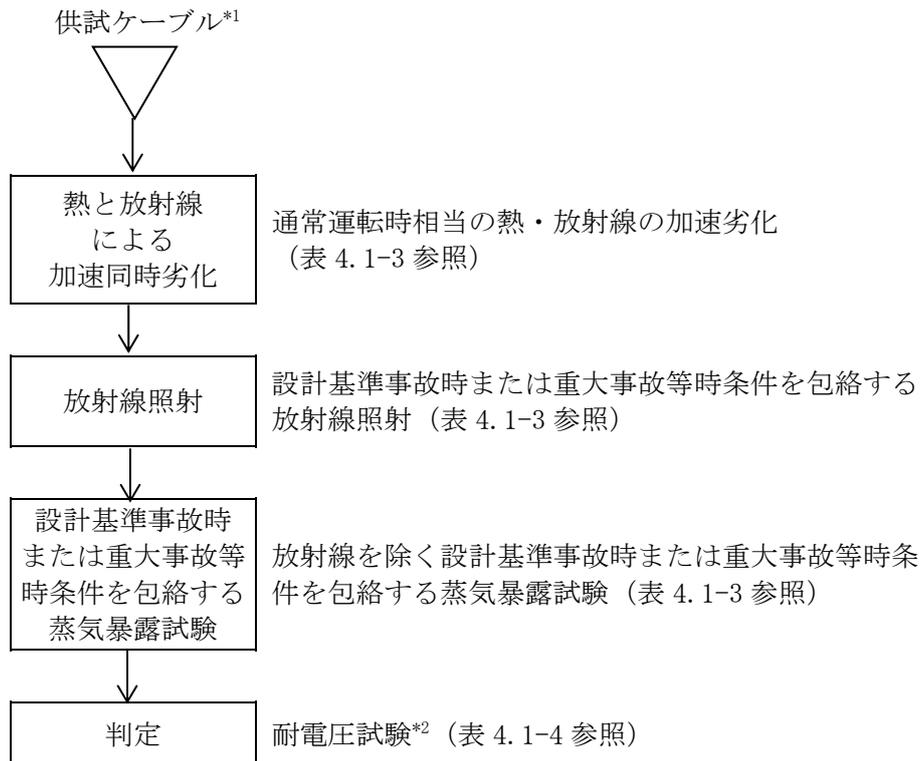


図4.1-2 難燃PHケーブルのACAガイドに基づく試験手順

\*1：高浜4号炉で使用している難燃PHケーブルと製造メーカーおよび絶縁材料が同等の難燃PHケーブルを供試ケーブルとしている。

\*2：耐電圧試験は、日本産業規格「ゴム・プラスチック絶縁電線試験方法」(JIS C 3005:2000)の試験

##### b. 試験条件

難燃PHケーブルの長期健全性試験条件を表4.1-3に示す。試験条件は、高浜4号炉の実機環境に基づいた通常の運転期間および設計基準事故、または通常の運転期間および重大事故等時を想定した劣化条件を包絡している。

c. 評価結果

難燃PHケーブルの長期健全性試験結果を表4.1-4に示す。ACAに基づく評価の結果を表4.1-5に示す。評価結果から、高浜4号炉の難燃PHケーブルは、運転開始後60年時点においても絶縁機能を維持できると判断する。

表4.1-3 難燃PHケーブルのACA試験条件

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

表4.1-4 難燃PHケーブルのACA試験結果

項目	試験条件	判定
耐電圧試験	課電電圧：1,500V／1分間	良

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

表4.1-5 実布設環境での長期健全性評価結果

布設区分	実布設環境条件【添付-1) 参照】		評価期間 [年]*1,2	備考
	温度[℃]	放射線量率[Gy/h]		
ループ室	43	0.0940	83	
	36	0.1696	92	
加圧器室上部	44	0.0013	149	
通路部	41	0.0005	92*3	51℃で評価
	36	0.0181	194	
MS 区画	28	0.00001	559	

\*1：時間稼働率100%での評価期間

\*2：時間依存データの重ね合わせ手法により評価

\*3：ケーブルトレイの温度上昇値（10℃【別紙9. 添付-1) 参照】）を考慮して評価している。

#### 4.1.2 現状保全

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

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

#### 4.1.3 総合評価

健全性評価結果から判断して、難燃PHケーブルについては、絶縁体の絶縁低下により機器の健全性に影響を与える可能性はないと考える。

絶縁低下は系統機器の動作確認または絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切である。

#### 4.1.4 高経年化への対応

難燃PHケーブルの絶縁体の絶縁低下については、現状保全項目に高経年化対策の観点から追加すべきものはないと判断する。

## 4.2 モジュラー型電気ペネトレーションの技術評価

### 4.2.1 健全性評価

設計基準事故または重大事故等時雰囲気中で機能要求があるモジュラー型電気ペネトレーションのポッティング材および外部リードの絶縁低下ならびにOリングの気密性低下による絶縁低下、ポッティング材およびOリングの原子炉格納容器バウンダリ機能に係る気密性低下については、実機同等品によりIEEE Std. 317-2013に準拠した長期健全性試験を実施しており、この結果に基づき健全性評価を行う。

図4.2-1に長期健全性試験手順を示す。

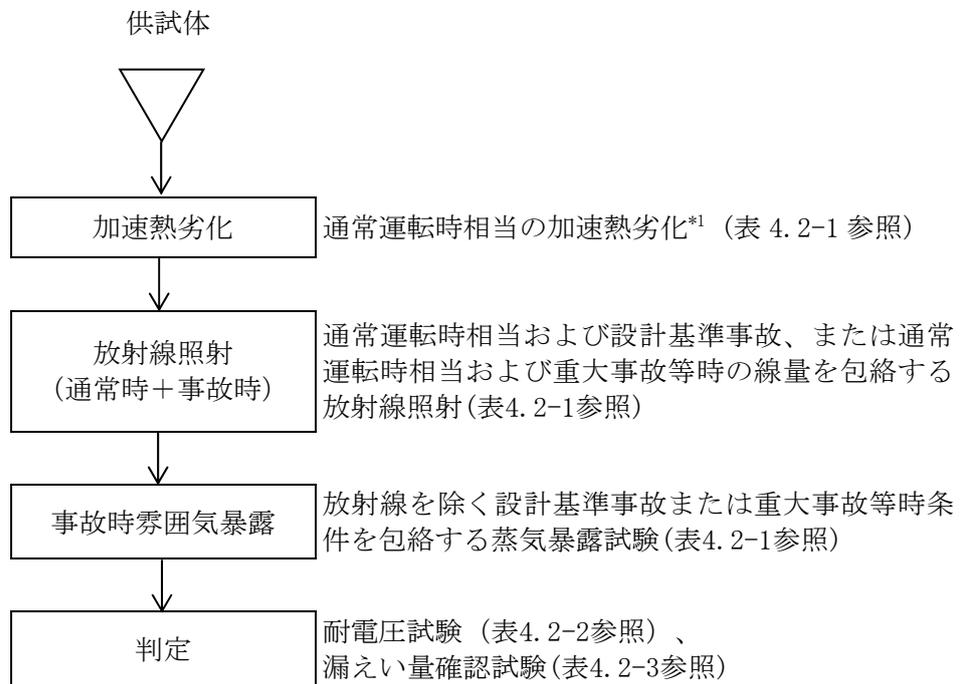


図 4.2-1 モジュラー型電気ペネトレーション 長期健全性試験の手順および判定方法

\*1：プラントの起動停止を模擬した熱サイクル試験を含む。

#### b. 試験条件

表4.2-1に長期健全性試験条件を示す。試験条件は、高浜4号炉の実機環境に基づいて60年間の運転期間および設計基準事故、または60年間の運転および重大事故等時を想定した劣化条件を包絡している。

表 4.2-1 モジュラー型電気ペネトレーション 長期健全性試験の条件

	試験条件	60年間の通常運転時の使用条件【添付-6)参照】に基づく劣化条件、設計基準事故または重大事故等時の環境条件
加速熱劣化	熱劣化： 110℃-218日間*1 熱サイクル： 71~107℃-20日間	40℃*2-60年【添付-7)参照】
放射線照射	1,500kGy (10kGy/h以下)	通常運転相当：0.368kGy*3 設計基準事故時線量：675kGy 重大事故等時線量：500kGy
事故時雰囲気暴露	最高温度：190℃ 最高圧力：0.45MPa[gage] 試験時間：7日間	設計基準事故時：約125℃(最高温度) ：約0.25MPa[gage](最高圧力) 重大事故等時：約138℃(最高温度) ：約0.35MPa[gage](最高圧力) 【添付-8)参照】

\*1：熱サイクル試験による劣化(71~107℃-20日間)に、使用条件40℃-60年に相当する熱劣化となるよう、通常の熱劣化(110℃-218日間)を加えた。

\*2：電気ペネトレーションの周囲温度(約36℃)に若干の余裕を加えた温度。

\*3：原子炉格納容器内電気ペネトレーション近傍で最も放射線レベルが高い区域の空間線量率は0.7mGy/hであり、この値より60年間の平常時の集積線量を評価すると、 $0.7 \text{ [mGy/h]} \times (24 \times 365.25) \text{ [h/y]} \times 60 \text{ [y]} = 0.368 \text{ kGy}$ となる。

c. 評価結果

モジュラー型電気ペネトレーションの長期健全性試験結果を表4.2-2および表4.2-3に示す。IEEE Std. 317-2013に基づく評価の結果、高浜4号炉のモジュラー型電気ペネトレーションは、運転開始後60年時点においても絶縁機能および原子炉格納容器バウンダリ機能を維持できると判断する。

表 4.2-2 モジュラー型電気ペネトレーション 長期健全性試験結果(耐電圧試験)

項目	試験条件	判定
耐電圧試験	課電電圧： C-1S間 1,500V/1分間 1S-2S間 500V/1分間	良

[出典：電力共同委託「過酷事故環境条件を考慮した電気ペネトレーションの長期健全性評価」2019年度]

表 4.2-3 モジュラー型電気ペネトレーション 長期健全性試験結果（漏えい量確認試験）

項目	判定基準	測定値	判定
漏えい量 確認試験	$1 \times 10^{-3} \text{cm}^3/\text{sec}$ 以下	$0.67 \times 10^{-3} \text{cm}^3/\text{sec}$	良

[出典：電力共同委託「過酷事故環境条件を考慮した電気ペネトレーションの長期健全性評価」2019年度]

#### 4.2.2 現状保全

ポットティング材および外部リードの絶縁低下ならびにOリングの気密性低下による絶縁低下に対しては、定期的に系統機器の動作確認またはケーブルおよび機器を含めた絶縁抵抗測定を実施し、有意な絶縁低下のないことを確認している。

また、ポットティング材およびOリングの原子炉格納容器バウンダリ機能に係る気密性低下に対しては、定期的に原子炉格納容器漏えい率試験および電気ペネトレーションに封入しているN<sub>2</sub>ガスの圧力確認を実施し、機器の健全性を確認している。

#### 4.2.3 総合評価

健全性評価結果から判断して、ポットティング材および外部リードの絶縁低下ならびにOリングの気密性低下による絶縁低下、またはポットティング材およびOリングの原子炉格納容器バウンダリ機能に係る気密性低下により機器の健全性に影響を与える可能性はないと考える。

また、ポットティング材および外部リードの絶縁低下ならびにOリングの気密性低下による絶縁低下は、系統機器の動作確認または絶縁抵抗測定で、ポットティング材およびOリングの原子炉格納容器バウンダリ機能に係る気密性低下は原子炉格納容器漏えい率試験および電気ペネトレーションに封入しているN<sub>2</sub>ガスの圧力確認で検知可能であり、点検手法として適切である。

#### 4.2.4 高経年化への対応

ポットティング材および外部リードの絶縁低下ならびにOリングの気密性低下による絶縁低下については、現状保全項目に、高経年化対策の観点から追加すべきものはないと判断する。

また、ポットティング材およびOリングの原子炉格納容器バウンダリ機能に係る気密性低下については、現状保全項目に、高経年化対策の観点から追加すべきものはないと判断する。

## 5. 代表機器以外の技術評価

代表機器以外の評価対象および技術評価の概要を表 5.1 に示す。

表 5.1 代表機器以外の評価対象および技術評価の概要 (1/5)

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
高圧ポンプモータ	<ul style="list-style-type: none"> <li>海水ポンプモータ</li> <li>電動補助給水ポンプモータ</li> <li>充てん/高圧注入ポンプモータ</li> <li>格納容器スプレイポンプモータ</li> <li>原子炉補機冷却水ポンプモータ</li> <li>余熱除去ポンプモータ</li> </ul>	固定子コイル、 口出線・接続部品	ヒートサイクル試験により評価した絶縁寿命と、経年機の設置経過年数とコイル絶縁破壊値との関係による評価結果から、固定子コイル等の耐用期間（管理強化の目安）は、運転年数で 18.5 年と判断。	絶縁診断を実施。 機器の運転年数に基づき、絶縁診断の周期を短縮し、点検結果に基づき取替を検討する。	絶縁低下は、18.5 年以降において発生の可能性は否定できないが、絶縁低下は絶縁診断で検知可能であり、点検手法として適切。	絶縁診断を実施していくとともに、機器の運転年数および絶縁診断結果に基づいた取替を実施していく。
低圧ポンプモータ	<ul style="list-style-type: none"> <li>ほう酸ポンプモータ</li> <li>燃料取替用水ポンプモータ</li> <li>恒設代替低圧注水ポンプモータ</li> <li>燃料取替用水タンク補給用移送ポンプモータ</li> </ul>	固定子コイル、 口出線	ヒートサイクル試験により評価した絶縁寿命と、経年機の設置経過年数とコイル絶縁破壊値との関係による評価結果から、固定子コイル等の運転に必要な絶縁耐力を保有する期間は B 種絶縁で 16.5 年、F 種絶縁で 16 年と判断。	絶縁抵抗測定を実施。また、絶縁抵抗測定の結果に基づき、監視強化としての絶縁抵抗測定の実施頻度の見直しおよび必要により洗浄、乾燥、絶縁補修処理もしくは取替を行う。	絶縁低下は、16～16.5 年以降において発生の可能性は否定できないが、絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切。	絶縁抵抗測定を実施していくとともに、点検結果に基づき、監視強化としての絶縁抵抗測定の実施頻度の見直しおよび必要に応じて洗浄、乾燥、絶縁補修処理もしくは取替を実施していく。
電気ペネトレーション	<ul style="list-style-type: none"> <li>キャニスター型電気ペネトレーション</li> </ul>	ポッティング材、 外部リード	長期健全性試験の結果、60 年間の通常運転とその後設計基準事故後、または 60 年間の通常運転および重大事故等時においても絶縁機能を維持できると判断。	系統機器の動作確認または絶縁抵抗測定を実施。	絶縁低下により機器の健全性に影響を与える可能性はない。 絶縁低下は系統機器の動作確認または絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切。	現状保全項目に高経年化対策の観点から追加すべきものはないと判断。
弁電動装置	<ul style="list-style-type: none"> <li>余熱除去ポンプ C ループ側入口第 1 隔離弁電動装置等</li> </ul>	固定子コイル、 口出線・接続部品	長期健全性試験の結果、60 年間の通常運転とその後設計基準事故後においても絶縁機能を維持できると判断。	絶縁抵抗測定を実施。	絶縁低下により機器の健全性に影響を与える可能性はない。 絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切。	現状保全項目に高経年化対策の観点から追加すべきものはないと判断。
高圧ケーブル	<ul style="list-style-type: none"> <li>難燃高圧 CSHV ケーブル- 1</li> <li>難燃高圧 CSHV ケーブル- 2</li> </ul>	絶縁体	電気学会推奨案に従って実施した長期健全性試験結果により評価した結果、運転開始後 60 年時点においても絶縁機能を維持できると判断。	絶縁抵抗測定を実施。	絶縁低下により機器の健全性に影響を与える可能性はない。 絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切。	現状保全項目に高経年化対策の観点から追加すべきものはないと判断。
	<ul style="list-style-type: none"> <li>難燃高圧 CSHV ケーブル- 3</li> </ul>	絶縁体	実機同等品での長期健全性試験を実施していないため、絶縁低下の可能性は否定できない。	絶縁抵抗測定を実施。	絶縁低下の可能性は否定できないが、絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切。	絶縁抵抗測定を実施していく。
	<ul style="list-style-type: none"> <li>難燃高圧 CSHV ケーブル（屋外布設）</li> </ul>	絶縁体	トレンチ底部の溜まり水による高湿度環境を考慮すると、水トリー劣化による絶縁低下の可能性は否定できない。	絶縁診断およびトレンチ内の水溜まりの有無の目視確認を実施。	絶縁低下の可能性は否定できないが、水トリーによる絶縁低下は絶縁診断で、浸水状態は目視確認で検知可能であり、点検手法として適切。	屋外布設のケーブルについては、絶縁診断を実施していくとともに、点検結果の傾向に基づき取替等を検討していく。さらに、トレンチ内の目視確認を実施していく。

表 5.1 代表機器以外の評価対象および技術評価の概要 (2/5)

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	・難燃 KK ケーブル	絶縁体	実機同等品による電気学会推奨案に基づく長期健全性試験結果により評価した結果、60年間の運転期間および設計基準事故後、または60年間の運転期間および重大事故等時後においても絶縁機能を維持できると判断。また、ACAガイドに従った長期健全性試験結果により評価した結果、60年間の運転期間および設計基準事故後、または60年間の運転期間および重大事故等時後においても絶縁機能を維持できると判断。	系統機器の動作確認または絶縁抵抗測定を実施。	絶縁低下により機器の健全性に影響を与える可能性はない。 絶縁低下は系統機器の動作確認または絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切。	現状保全項目に高経年化対策の観点から追加すべきものはないと判断。
	・難燃 PSHV ケーブル-1 ・難燃 PSHV ケーブル-2	絶縁体	絶縁体種類が同一でシース種類が異なる難燃PHケーブルの評価結果から、電気学会推奨案に基づく長期健全性試験結果により評価した結果、60年間の運転期間および設計基準事故後においても絶縁機能を維持できると判断。また、ACAガイドに従った長期健全性試験結果により評価した結果、60年間の運転期間および設計基準事故後においても絶縁機能を維持できると判断。	系統機器の動作確認または絶縁抵抗測定を実施。	絶縁低下により機器の健全性に影響を与える可能性はない。 絶縁低下は系統機器の動作確認または絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切。	現状保全項目に高経年化対策の観点から追加すべきものはないと判断。
	・難燃 PSHV ケーブル ・FPET ケーブル ・FPP ケーブル ・FPTF ケーブル ・TFEPP ケーブル ・難燃 KK ケーブル-1 ・難燃 PH ケーブル-1	絶縁体	構造および絶縁体材料が類似している実機相当品での電気学会推奨案に基づく長期健全性試験結果により評価した結果、60年間の運転期間において絶縁機能を維持できることが確認できたものの、実機同等品での長期健全性試験を実施していないことから、絶縁低下の可能性は否定できない。	系統機器の動作確認または絶縁抵抗測定を実施。	絶縁低下の可能性は否定できないが、絶縁低下は系統機器の動作確認または絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切。	系統機器の動作確認または絶縁抵抗測定を実施していく。
同軸ケーブル	・難燃三重同軸ケーブル	絶縁体、 内部シース	実機同等品による電気学会推奨案に基づく長期健全性試験結果により評価した結果、60年間の運転期間および設計基準事故、または60年間の運転期間および重大事故等時においても絶縁機能を維持できると判断。また、ACAガイドに従った長期健全性試験結果により評価した結果、60年間の運転期間および設計基準事故後、または60年間の運転期間および重大事故等時後においても絶縁機能を維持できると判断。	絶縁抵抗測定を実施。	絶縁低下により機器の健全性に影響を与える可能性はない。 絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切。	現状保全項目に、高経年化対策の観点から追加すべきものはないと判断。
	・難燃同軸ケーブル	絶縁体	絶縁体種類が同一で構造が異なる難燃性信号対ケーブルのACAガイドに基づく長期健全性試験結果を用いて重大事故等時雰囲気内での健全性を評価した結果、60年間の運転期間および重大事故等時においても絶縁機能を維持できると判断。	絶縁抵抗測定を実施。	絶縁低下により機器の健全性に影響を与える可能性はない。 絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切。	現状保全項目に、高経年化対策の観点から追加すべきものはないと判断。
	・難燃三重同軸ケーブル-1	絶縁体、 内部シース	実機同等品での長期健全性試験を実施していないため、絶縁低下の可能性は否定できない。	絶縁抵抗測定を実施。	絶縁低下の可能性は否定できないが、絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切。	絶縁抵抗測定を実施していく。

表 5.1 代表機器以外の評価対象および技術評価の概要 (3/5)

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
ケーブル接続部	・気密端子箱接続	0リング、 LC モールド	実機同等品による長期健全性試験結果により評価した結果、60年間の運転期間および設計基準事故、または60年間の運転期間および重大事故等時においても絶縁機能を維持できると判断。	系統機器の動作確認または絶縁抵抗測定を実施。	絶縁低下により機器の健全性に影響を与える可能性はない。 絶縁低下は系統機器の動作確認または絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切。	現状保全項目に、高経年化対策の観点から追加すべきものはないと判断。
	・直ジョイント	熱収縮チューブ				
	・三重同軸コネクタ接続-1	絶縁物、0リング				
	・一般端子接続 ・端子台接続 ・三重同軸コネクタ接続-2 ・複合同軸コネクタ接続 ・高圧コネクタ接続	絶縁物等	長期健全性試験を実施していないため、絶縁低下の可能性は否定できない。	系統機器の動作確認または絶縁抵抗測定を実施。	絶縁低下の可能性は否定できないが、絶縁低下は系統機器の動作確認または絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切。	系統機器の動作確認または絶縁抵抗測定を実施していく。
メタルクラッド開閉装置 (メタクラ)	・メタクラ (安全系) ・空冷式非常用発電装置 (遮断器盤)	ばね蓄勢用モータ	使用温度に比べて十分余裕のある絶縁種を使用していることから、絶縁低下の可能性は小さいと考えるが、60年間の供用を想定すると絶縁低下が生じる可能性は否定できない。	絶縁抵抗測定を実施。	絶縁低下の可能性は否定できないが、絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切。	絶縁抵抗測定を実施していく。
		計器用変流器、 計器用変圧器	実機同等品による60年相当の健全性調査の結果、絶縁性能に問題のないことを確認している。	絶縁抵抗測定を実施。	絶縁低下により機器の健全性に影響を与える可能性はない。 絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切。	現状保全項目に、高経年化対策の観点から追加すべきものはないと判断。
動力変圧器	・動力変圧器 (安全系) ・代替所内電気設備変圧器	コイル	実機コイルのポリアミド紙平角銅線は、60年相当の絶縁性能を長期特性試験で確認した変圧器コイルの2重ガラス平角銅線に比べ、熟劣化特性で優れていることから、急激な絶縁低下の可能性は小さいと考えるが、絶縁低下の可能性は否定できない。	絶縁抵抗測定を実施。	絶縁低下の可能性は否定できないが、絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切。	絶縁抵抗測定を実施していく。
パワーセンタ	・パワーセンタ (安全系)	ばね蓄勢用モータ	使用温度に比べて十分余裕のある絶縁種を使用していることから、絶縁低下の可能性は小さいと考えるが、60年間の供用を想定すると絶縁低下が生じる可能性は否定できない。	絶縁抵抗測定を実施。	絶縁低下の可能性は否定できないが、絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切。	絶縁抵抗測定を実施していく。
		計器用変圧器	急激な絶縁低下の可能性は小さいと考えるが、60年間の供用を想定すると絶縁低下の可能性は否定できない。	絶縁抵抗測定を実施。	絶縁低下の可能性は否定できないが、絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切。	絶縁抵抗測定を実施していく。

表 5.1 代表機器以外の評価対象および技術評価の概要 (4/5)

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
制御設備	・ディーゼル発電機制御盤	計器用変流器	実機同等品による 60 年相当の健全性調査の結果、絶縁性能に問題のないことを確認している。	絶縁抵抗測定を実施。	絶縁低下により機器の健全性に影響を与える可能性はない。 絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切。	現状保全項目に、高経年化対策の観点から追加すべきものはないと判断。
		励磁装置	急激な絶縁低下の可能性は小さいと考えるが、60 年間の供用を想定すると絶縁低下の可能性は否定できない。	絶縁抵抗測定を実施。 20 年経過後適切な頻度で励磁装置の絶縁抵抗測定および精密点検として tan δ 測定および直流吸収比測定を実施。	絶縁低下の可能性は否定できないが、絶縁低下は絶縁抵抗測定および精密点検で検知可能であり、点検手法として適切。	絶縁抵抗測定ならびに適切な頻度で精密点検として tan δ 測定および直流吸収比測定を実施していく。
	・制御用空気圧縮機盤	変圧器	屋内に設置された制御盤筐体内に内蔵されているため、塵埃が付着しにくい環境にあることから急激な絶縁低下の可能性は小さい。	絶縁抵抗測定を実施。	絶縁低下の可能性は否定できないが、絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切。	絶縁抵抗測定を実施していく。
	・1 次冷却材ポンプ母線計測盤 ・空冷式非常用発電装置制御盤	計器用変圧器				
	・空冷式非常用発電装置制御盤	励磁装置				
空調モータ	・安全補機開閉器室空調ファンモータ	固定子コイル、 口出線・接続部品	ヒートサイクル試験により評価した絶縁寿命と、経年機の設置経過年数とコイル絶縁破壊値との関係による評価結果から、固定子コイル等の運転に必要な絶縁耐力を保有する期間は 16 年と判断。	絶縁抵抗測定を実施。また、絶縁抵抗測定の結果に基づき、監視強化としての絶縁抵抗測定の実施頻度の見直しおよび必要により洗浄、乾燥、絶縁補修処理もしくは取替を行う。	絶縁低下は、16 年以降において発生の可能性は否定できないが、絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切。	絶縁抵抗測定を実施していくとともに、点検結果に基づき監視強化としての絶縁抵抗測定の実施頻度の見直しおよび必要により洗浄、乾燥、絶縁補修処理もしくは取替を実施していく。
	・チラーユニット用圧縮機モータ	固定子コイル、 口出線・接続部品	ヒートサイクル試験により評価した絶縁寿命と、経年機の設置経過年数とコイル絶縁破壊値との関係による評価結果から、固定子コイル等の耐用期間（管理強化の目安）は、運転年数で 18.5 年と判断。	絶縁診断を実施。 機器の運転年数に基づき、絶縁診断の周期を短縮し、点検結果に基づき取替を検討する。	絶縁低下は、18.5 年以降において発生の可能性は否定できないが、絶縁低下は絶縁診断で検知可能であり、点検手法として適切。	絶縁診断を実施していくとともに、機器の運転年数および絶縁診断結果に基づいた取替を実施していく。
	・安全補機開閉器室循環ファンモータ ・ディーゼル発電機室給気ファンモータ ・中間建屋給気ファンモータ	固定子コイル、 口出線・接続部品	長期間の運転を考慮すると固定子コイルおよび口出線等の絶縁低下の可能性は否定できない。	絶縁抵抗測定を実施。また、絶縁抵抗測定の結果に基づき、監視強化としての絶縁抵抗測定の実施頻度の見直しおよび必要により洗浄、乾燥、絶縁補修処理もしくは取替を行う。	絶縁低下の可能性は否定できないが、絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切。	絶縁抵抗測定を実施していくとともに、点検結果に基づき、監視強化としての絶縁抵抗測定の実施頻度の見直しおよび必要に応じて洗浄、乾燥、絶縁補修処理もしくは取替を実施していく。
	・安全補機室空気浄化ファンモータ ・アニュラス空気浄化ファンモータ ・中間建屋排気ファンモータ ・余熱除去ポンプ室冷却ファンモータ ・格納容器スプレイポンプ室冷却ファンモータ ・充てん/高圧注入ポンプ室冷却ファンモータ ・配管貫通部冷却ファンモータ ・中央制御室循環ファンモータ ・中央制御室空調ファンモータ ・中央制御室非常用循環ファンモータ ・空調用冷水ポンプモータ	固定子コイル（低圧）、口出線（低圧）				

表 5.1 代表機器以外の評価対象および技術評価の概要 (5/5)

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
空気圧縮装置	・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	低圧ポンプモータの評価と同様	低圧ポンプモータの評価と同様	低圧ポンプモータの評価と同様
燃料取扱設備	①燃料取替クレーン ②使用済燃料ピットクレーン ③燃料取扱建屋クレーン ④燃料移送装置	モータ（低圧）の固定 子コイル①～④	低圧ポンプモータの評価と同様。	低圧ポンプモータの評価と同様	低圧ポンプモータの評価と同様	低圧ポンプモータの評価と同様
		電磁ブレーキ固定鉄心 ①～④	使用温度に比べて十分余裕のある絶縁種 を使用していることから、絶縁低下の可 能性は小さいと考えるが、60年間の供用 を想定すると絶縁低下が生じる可能性は 否定できない。	絶縁抵抗測定を実施。	絶縁低下の可能性は否定できな いが、絶縁低下は絶縁抵抗測定 で検知可能であり、点検手法と して適切。	絶縁抵抗測定を実施していく。
		指速発電機①～③				
		変圧器①～④				
非常用ディー ゼル発電設備	・ディーゼル発電機 ・空冷式非常用発電装置（発電機）	固定子コイル（高 圧）、口出線・接続部 品（高圧）	高圧ポンプモータの評価と同様	高圧ポンプモータの評価と同様	高圧ポンプモータの評価と同様	高圧ポンプモータの評価と同様
		回転子コイル（低 圧）、口出線・接続部 品（低圧）	低圧ポンプモータの評価と同様	低圧ポンプモータの評価と同様	低圧ポンプモータの評価と同様	低圧ポンプモータの評価と同様
	・ディーゼル機関付属設備ポンプモータ	固定子コイル、 口出線	低圧ポンプモータの評価と同様	低圧ポンプモータの評価と同様	低圧ポンプモータの評価と同様	低圧ポンプモータの評価と同様
直流電源設備	・充電器（3系統目蓄電池用）	変圧器	使用温度に比べて十分余裕のある絶縁種 を使用していることから、絶縁低下の可 能性は小さいと考えるが、60年間の供用 を想定すると絶縁低下の可能性は否定で きない。	絶縁抵抗測定を実施。	絶縁低下の可能性は否定できな いが、絶縁低下は絶縁抵抗測定 で検知可能であり、点検手法と して適切。	絶縁抵抗測定を実施していく。
計器用電源設 備	・安全系インバータ	変圧器	使用温度に比べて十分余裕のある絶縁種 を使用していることから、絶縁低下の可 能性は小さいと考えるが、60年間の供用 を想定すると絶縁低下の可能性は否定で きない。	絶縁抵抗測定を実施。	絶縁低下の可能性は否定できな いが、絶縁低下は絶縁抵抗測定 で検知可能であり、点検手法と して適切。	絶縁抵抗測定を実施していく。
制御棒駆動装 置用電源設備	・原子炉トリップ遮断器盤	ばね蓄勢用モータ	使用温度に比べて十分余裕のある絶縁種 を使用していることから、絶縁低下の可 能性は小さいと考えるが、60年間の供用 を想定すると絶縁低下が生じる可能性は 否定できない。	絶縁抵抗測定を実施。	絶縁低下の可能性は否定できな いが、絶縁低下は絶縁抵抗測定 で検知可能であり、点検手法と して適切。	絶縁抵抗測定を実施していく。

## 6. まとめ

### 6.1 審査ガイド適合性

「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、全ての要求事項を満足していることを確認した。絶縁低下についての要求事項との対比を表 6.1 に示す。

表 6.1 (1/4) 電気・計装品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
実用発電用原子炉の運転の期間の延長の審査基準	<p>2. 実用炉規則第113条第2項第2号に掲げる原子炉その他の設備の劣化の状況に関する技術的な評価の結果、延長しようとする期間において、同評価の対象となる機器・構造物が下表に掲げる要求事項（以下「要求事項」という。）に適合すること、又は同評価の結果、要求事項に適合しない場合には同項第3号に掲げる延長しようとする期間における原子炉その他の設備に係る施設管理方針の実施を考慮した上で、延長しようとする期間において、要求事項に適合すること。</p> <p>○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。</p>	<p>4.1.1、4.2.1および5. に示す通り、健全性評価結果に応じ絶縁抵抗測定等の現状保全を継続することで、延長しようとする期間において、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。</p>
	<p>○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。</p>	<p>4.1.1、4.2.1および5. に示す通り、設計基準事故環境下で機能が要求される電気・計装設備およ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。</p>

表 6.1 (2/4) 電気・計装品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>実用発電用原子炉の運転期間延長認可申請に係る運用ガイド</p>	<p>3. 2 (1) 「延長しようとする期間における運転に伴い生ずる原子炉その他の設備の劣化の状況に関する技術的な評価」(以下「劣化状況評価」という。)の記載内容について評価の対象とする機器・構造物及び評価手法は、実用炉規則第82条第2項に規定する運転開始後40年を迎える発電用原子炉に係る発電用原子炉施設についての経年劣化に関する技術的な評価におけるものと同様とする。特に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>④実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則(平成25年原子力規制委員会規則第6号。以下「技術基準規則」という。)(運転開始以後40年を経過する日において適用されているものに限る。)に定める基準に照らした評価。</p>	<p>4.1.1、4.2.1および5. に示す通り、健全性評価結果に応じ絶縁抵抗測定等の現状保全を継続することで、延長しようとする期間において、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。</p> <p>また、4.1.1、4.2.1および5. に示す通り、設計基準事故環境下で機能が要求される電気・計装設備およ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。</p>
	<p>3. 3 (1) 「延長しようとする期間における原子炉その他の設備に係る施設管理方針」(以下「施設管理方針」という。)の策定に係る手法は、実用炉規則第82条第2項に規定する運転開始後40年を迎える発電用原子炉に係る発電用原子炉施設についての施設管理に関する方針の策定と同様とする。特に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上記3. 2の劣化状況評価を踏まえた施設管理方針。</p>	<p>「高経年化への対応」に示すとおり、現状保全項目に高経年化への観点から追加すべきものはなく、施設管理方針として策定する事項はなかった。</p>

表 6.1 (3/4) 電気・計装品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審査ガイド</p>	<p>3. 高経年化技術評価等の審査の視点・着眼点            (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>4.1.1、4.2.1および5. の「健全性評価」に示すとおり、各電気・計装品に応じた健全性評価を実施した。</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>4.1.2、4.1.3、4.2.2、4.2.3および5. の「現状保全」および「総合評価」に示すとおり、現状の保全策が妥当であることを確認した。</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>4.1.4、4.2.4および5. の「高経年化への対応」に示すとおり、現状保全項目に高経年化対策の観点から追加すべきものはないと判断した。</p>
	<p>(2) 長期施設管理方針の審査            ①長期施設管理方針の策定            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 6.1 (4/4) 電気・計装品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>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、必要に応じ現状の施設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>ロ 実用炉規則第82条第2項又は第3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40年間に同条第2項又は第3項に規定する延長する期間を加えた期間</p> <hr/> <p>3.2 長期施設管理方針の策定及び変更 長期施設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断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、施設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施設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施設管理方針を策定すること。</p>	<p>4.1.4、4.2.4および5.の「高経年化への対応」に示すとおり、現状保全項目に高経年化対策の観点から追加すべきものはないと判断した。</p>

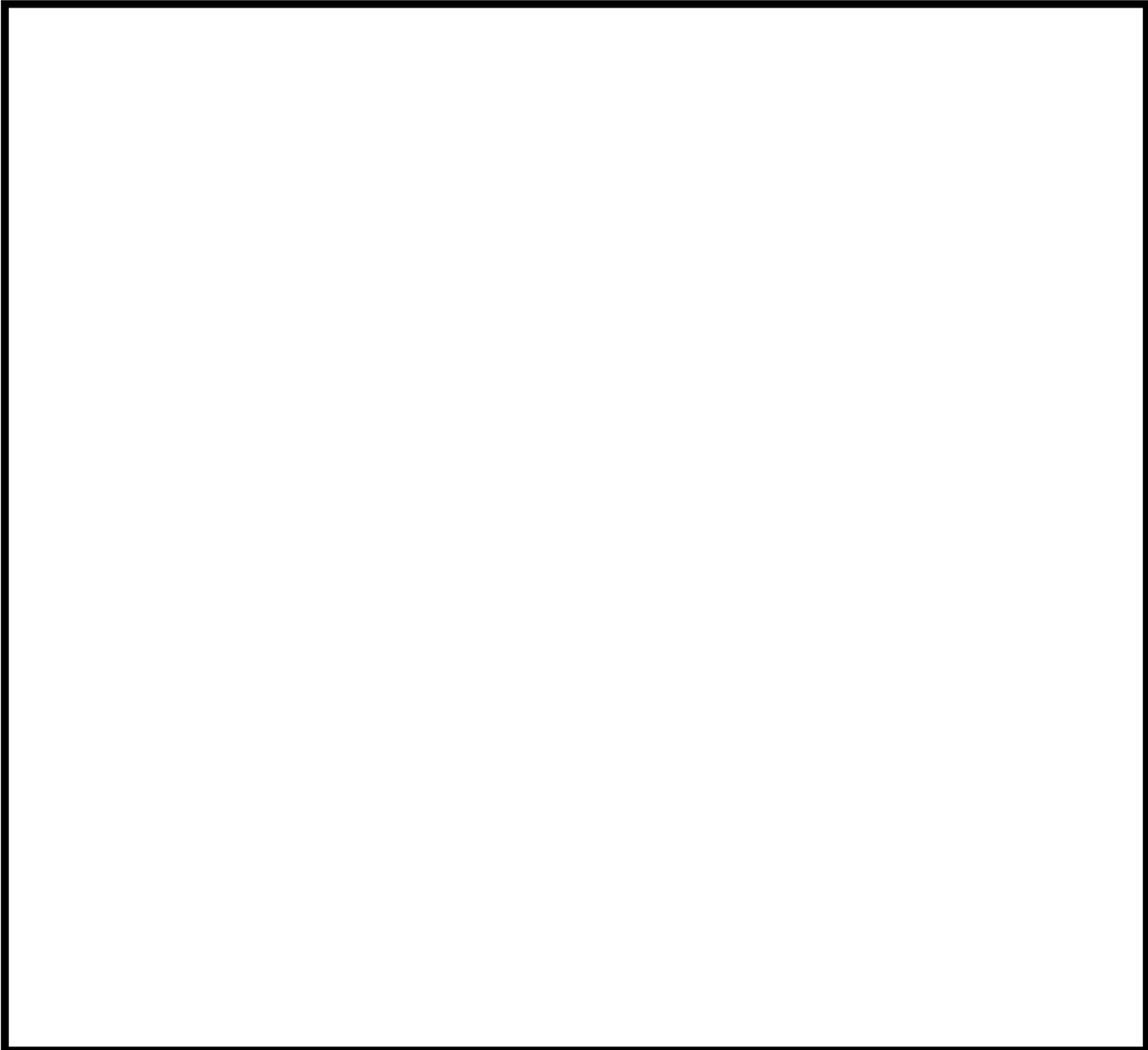
## 6.2 長期施設管理方針として策定する事項

電気・計装品の絶縁低下に関する評価について、施設管理に関する方針は抽出されなかった。

## 7. 添付資料

- 1) 原子炉格納容器内の難燃 PH ケーブルの環境条件について
- 2) 難燃 PH ケーブルの長期健全性試験（電気学会推奨案）における評価期間について
- 3) 難燃 PH ケーブルの長期健全性試験（電気学会推奨案）条件の事故時条件の包絡性について
- 4) 難燃 PH ケーブルの長期健全性試験（A C A）における評価期間について
- 5) 難燃 PH ケーブルの長期健全性試験（A C A）条件の事故時条件の包絡性について
- 6) 原子炉格納容器内のモジュラー型電気ペネトレーションの環境条件について
- 7) モジュラー型電気ペネトレーションのポッティング材、Oリングおよび外部リードの長期健全性試験における評価期間について
- 8) モジュラー型電気ペネトレーションのポッティング材、Oリングおよび外部リードの長期健全性試験条件の事故時条件（設計基準事故および重大事故等時）の包絡性について
- 9) モジュラー型電気ペネトレーションのポッティング材、Oリングおよび外部リードの絶縁低下について
- 10) モジュラー型電気ペネトレーションの長期健全性試験における熱サイクルの設定根拠について

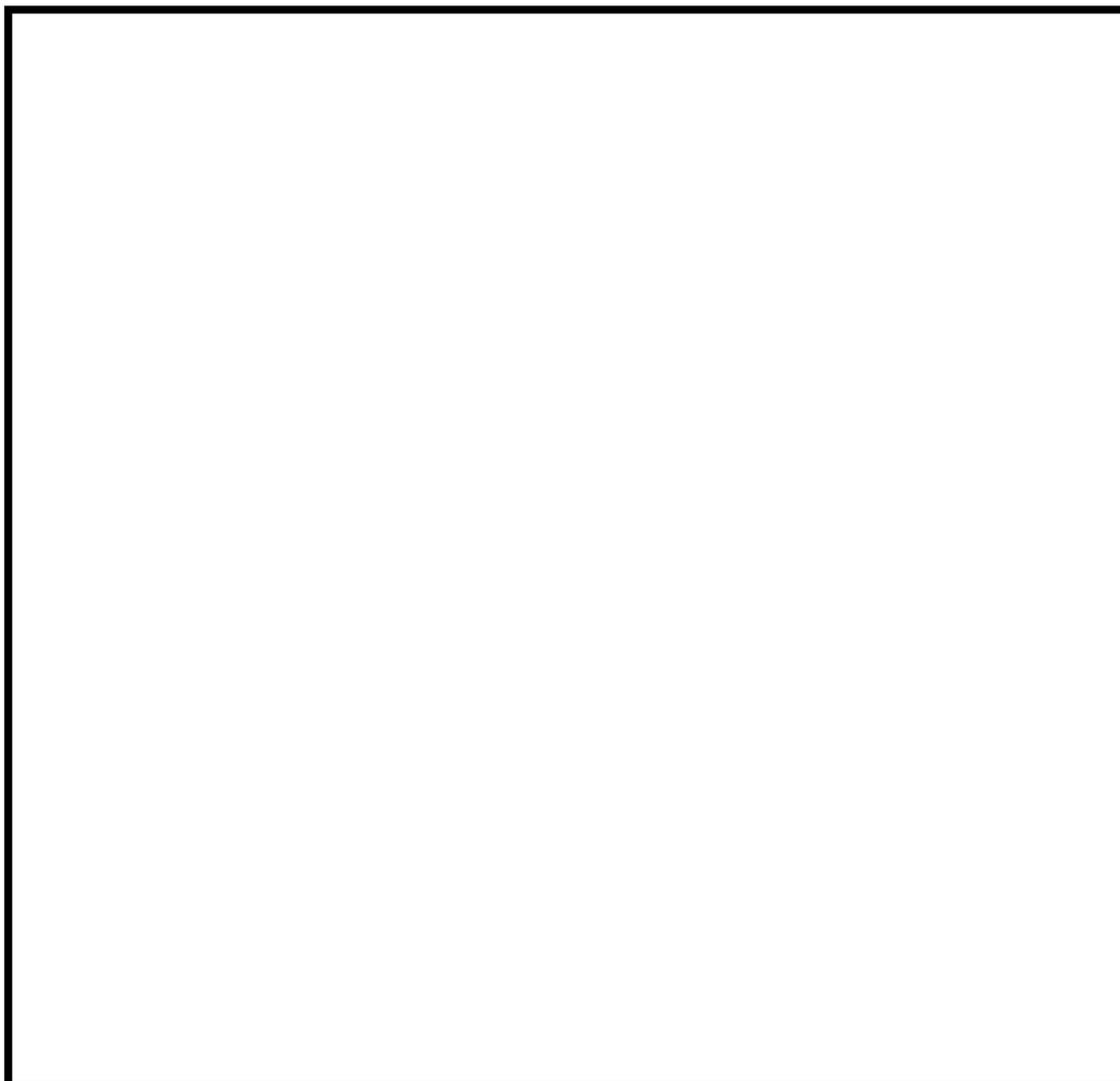
タイトル	原子炉格納容器内の難燃 PH ケーブルの環境条件について
概要	難燃 PH ケーブルの評価期間を算定するために用いた環境条件の根拠について、以下に示す。
説明	<p>環境条件が著しく悪化する環境において機能要求のある機器の評価期間を算定するために用いる環境条件は、設置環境（温度・放射線線量率）の観点で区分されたエリア（具体的には、区画壁面等で区分されたエリア）内での温度、放射線線量率の測定結果から設定している（添付-1)-2～6参照）。</p> <p>設定値は、原子力安全・保安院指示文書「原子炉格納容器内の安全機能を有するケーブルの布設環境等の調査実施について（平成 19・07・30 原院第 5 号 平成 19 年 10 月 30 日 NISA-167b-07-1）」に基づき実施した原子炉格納容器内のケーブル布設環境（温度・放射線線量率）の調査結果およびその後の環境再測定（期間：2018 年 9 月～2019 年 9 月）結果を考慮している。</p> <p>なお、事故時環境下において、機能要求のある電気・計装品の環境調査の実施方針他について、以下に示す。</p> <p>事故時環境下において機能要求のある電気・計装設備（以下「EQ 機器」という。）の管理のために、設置環境が変化することによる評価寿命への影響を確認することを目的として、環境条件の調査を実施することとしている。</p> <p>調査範囲：EQ 機器が設置されている原子炉格納容器内、MS 区画および使用済燃料ピットエリアを対象に調査を実施。</p> <p>頻度：原則として 1 回／10 年程度としており、30 年目以降においても環境調査を実施している。また、EQ 機器の設置環境が著しく変化するような改造工事等を行った場合は必要に応じ測定を実施。</p> <p>方法：格納容器内をループ室、加圧器室上部／下部、通路部等の各区画に大別し、各区画内の EQ 機器が設置されている箇所、線量、温度が高いと考えられる箇所を測定。</p> <p>実績：【30 年目の評価】 2004 年 10 月～2005 年 11 月 2007 年 7 月～2008 年 8 月 2010 年 5 月～2011 年 7 月 【40 年目の評価】 2018 年 9 月～2019 年 9 月</p>



エリア	温度 (°C)	線量率 (Gy/h)	エリア	温度 (°C)	線量率 (Gy/h)
A-1	32	0.0011	A-11*	—	—
A-2	32	0.0011	A-12	31	0.0011
A-3*	—	—	A-13	31	0.0011
A-4*	—	—	A-14	30	0.0011
A-5	33	0.0011	A-15	31	0.0001
A-6	33	0.0011	A-16	31	0.0011
A-7	32	0.0011	A-17	31	0.0011
A-8	33	0.0005			
A-9	31	0.0011			
A-10	30	0.0011			

\* : 管理対象機器未設置エリア

高浜4号炉 原子炉格納容器 E/L10.5m



エリア	温度 (°C)	線量率 (Gy/h)	エリア	温度 (°C)	線量率 (Gy/h)
B-1	38	0.1222	B-12	36	0.0011
B-2	36	0.1696	B-13	34	0.0011
B-3	36	0.1696	B-14	36	0.0007
B-4	35	0.1281	B-15	36	0.0005
B-5*	—	—	B-16	35	0.0005
B-6*	—	—	B-17	36	0.0181
B-7	40	0.1275	B-18	35	0.0005
B-8*	—	—	B-19	37	0.0011
B-9*	—	—	B-20	36	0.0004
B-10*	—	—	B-21	35	0.0011
B-11	37	0.0011	B-22	37	0.0002

\* : 管理対象機器未設置エリア

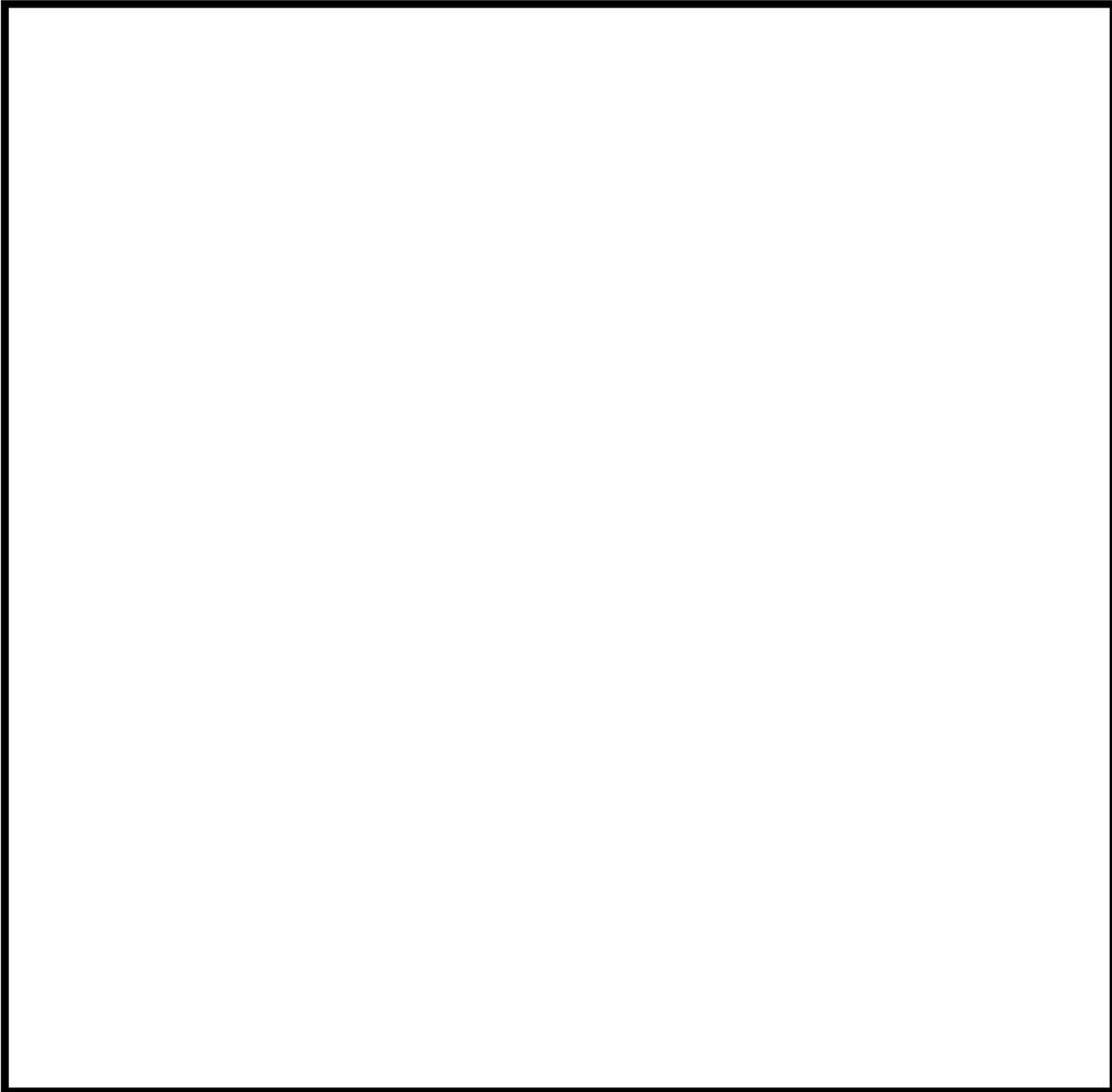
高浜4号炉 原子炉格納容器 E/L17.5m



エリア	温度 (°C)	線量率 (Gy/h)
C-1	39	0.4239
C-2	40	0.5512
C-3	39	0.4428
C-4	39	0.5860
C-5	46	0.4699
C-6	46	0.5686
C-7*	—	—

\* : 管理対象機器未設置エリア

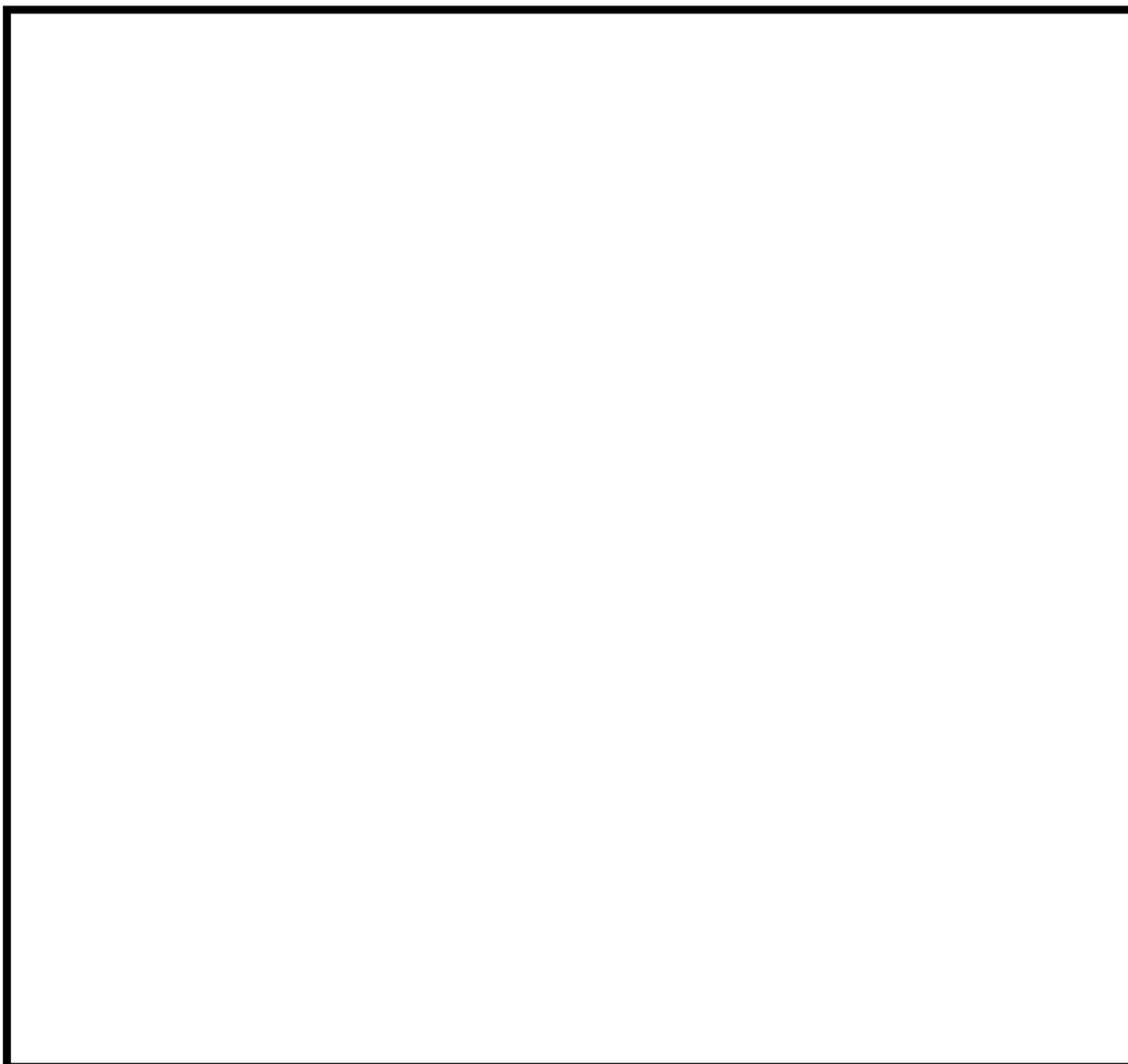
高浜 4 号炉 原子炉格納容器 E/L20.3m



エリア	温度 (°C)	線量率 (Gy/h)	エリア	温度 (°C)	線量率 (Gy/h)
D-1*	—	—	D-11	41	0.0011
D-2	40	0.1111	D-12	41	0.0011
D-3	40	0.0929	D-13	41	0.0004
D-4	38	0.1093	D-14	41	0.0005
D-5	43	0.0748	D-15	41	0.0005
D-6	43	0.0940	D-16	41	0.0005
D-7	33	0.0021	D-17	42	0.0011
D-8	40	0.0010	D-18	42	0.0006
D-9	40	0.0004	D-19	38	0.0004
D-10	42	0.0005	D-20	41	0.0002

\* : 管理対象機器未設置エリア

高浜 4 号炉 原子炉格納容器 E/L24.5m



エリア	温度 (°C)	線量率 (Gy/h)	エリア	温度 (°C)	線量率 (Gy/h)
E-1*	—	—	E-11	42	0.0011
E-2*	—	—	E-12	41	0.0002
E-3	43	0.0011	E-13	44	0.0013
E-4	44	0.0011	E-14	44	0.0011
E-5	44	0.0011	E-15	43	0.2537
E-6	44	0.0011	E-16*	—	—
E-7	43	0.0011	E-17*	—	—
E-8	44	0.0011			
E-9	44	0.0011			
E-10	43	0.0011			

\* : 管理対象機器未設置エリア

高浜 4 号炉 原子炉格納容器 E/L32.8m

説 明	<p>ケーブルについては、1本のケーブルが複数のエリアに布設されているが、それぞれのエリアの環境条件のうち、最も厳しい環境条件で当該ケーブルの評価を実施し、評価結果に応じた保全を実施している。</p> <p>低圧ケーブルの技術評価書において、難燃 PH ケーブルについては、安全機能を有する難燃 PH ケーブル布設箇所環境条件 (添付-1)-8) を代表するように、以下の条件を選定して評価している。</p>		
	測定場所	温度*2 [°C]	線量率*2 [Gy/h]
ループ室	43	0.0940	ループ室最高温度
	36	0.1696	ループ室最高線量率
加圧器室上部	44	0.0013	ループ室以外的高温箇所
通路部	41*1	0.0005	通電による温度上昇を考慮
	36	0.0181	通路部最高線量率

\*1：ケーブル布設エリアの温度に通電時の温度上昇を加えた温度 (51°C) として設定した。

\*2：太線は通常運転時の使用条件として記載した温度、線量率

なお、評価書の表 2.3-9 (実布設環境での長期健全性評価結果) において、通路部の温度 41°C、放射線線量率 0.0005Gy/h における評価期間 92 年は、通路部の温度 41°Cに通電による温度上昇 10°Cを考慮した 51°Cとして評価しており、同表においてその旨明確に記載する。

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難燃 PH ケーブル布設エリア

測定場所	エリア	温度 [°C]	温度 上昇*1	線量率 [Gy/h]	選定理由
ループ室	B-1	38		0.1222	
	B-2, 3	36	—	0.1696	ループ室最高線量率
	B-4	35	—	0.1281	
	D-5	43		0.0748	
	D-6	43	—	0.0940	ループ室最高温度
加圧器室上部	D-7	33	—	0.0021	
	E-12	41	—	0.0002	
	E-13	44	—	0.0013	ループ室以外の高温度箇所
通路部	A-13	31	—	0.0011	
	A-14	30		0.0011	
	A-15	31	—	0.0001	
	B-11, 19	37	—	0.0011	
	B-12	36	—	0.0011	
	B-13	34	—	0.0011	
	B-14	36	○	0.0007	
	B-15	36	○	0.0005	
	B-16, 18	35	—	0.0005	
	B-17	36	—	0.0181	通路部最高線量率
	B-20	36	—	0.0004	
	B-21	35	—	0.0011	
	B-22	37	—	0.0002	
	D-8	40	—	0.0010	
	D-9	40	—	0.0004	
	D-10	42	—	0.0005	
	D-11, 12	41	—	0.0011	
	D-13	41	○	0.0004	
	D-14, 15, 16	41	○	0.0005	通電による温度上昇（最高温度）
	D-17, E-11	42	—	0.0011	
	D-18	42	—	0.0006	
D-19	38	—	0.0004		
D-20	41	—	0.0002		
E-3, 10	43	—	0.0011		
E-4, 9	44	—	0.0011		
MS 区画	—	28	—	0.00001	

\*1：安全系ケーブルトレイ布設ケーブルの通電による温度上昇を考慮するエリア。

タイトル	難燃 PH ケーブルの長期健全性試験（電気学会推奨案）における評価期間について								
概要	試験条件と実機の使用条件に基づく劣化条件との比較に用いた実環境温度および活性化エネルギー等を以下に示す。								
説明	<p>難燃 PH ケーブルの 60 年間の通常運転時の使用条件に基づく劣化条件は、ケーブル絶縁材の活性化エネルギーを用いて、アレニウス則により算出している。</p> <p>長期健全性試験（電気学会推奨案）による評価においては、添付-1)で整理した各環境条件を包絡する温度として、51℃で評価する。</p> <p>実機使用条件（51℃-60 年）を、長期健全性試験条件（140℃-9 日）との比較を容易にするため、加速時間(L2)を試験条件と同じ 9 日として換算した結果を以下に示す。</p> <table border="1" data-bbox="509 837 1270 931"> <thead> <tr> <th>T2[℃]</th> <th>L2[日]</th> <th>T1[℃]</th> <th>L1[年]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>105</td> <td>9</td> <td>51</td> <td>60</td> </tr> </tbody> </table> <p>活性化エネルギー： <input type="text"/> [kcal/mol]（メーカーデータ）での換算値 （L1:実環境年数、L2:加速時間、T1:実環境温度、T2:加速温度）</p> <p>実機使用条件を換算した加速温度(T2=105℃)は、長期健全性試験条件の温度（140℃）に包絡される。</p>	T2[℃]	L2[日]	T1[℃]	L1[年]	105	9	51	60
T2[℃]	L2[日]	T1[℃]	L1[年]						
105	9	51	60						

タイトル	難燃 PH ケーブルの長期健全性試験（電気学会推奨案）条件の事故時条件の包絡性について			
概要	試験条件の事故時条件が、実機に想定される設計基準事故時条件および重大事故等時条件を包絡していることを以下に示す。			
説明	<p>添付-3)-2 に健全性評価上、最も厳しい条件となる設計基準事故（1次冷却材管の破断による原子炉冷却材喪失）の安全解析結果（事故後 30 日間までの解析を実施）、添付-3)-3 に健全性評価上、最も厳しい条件となる重大事故等時（格納容器過温破損）の安全解析結果（事故後 7 日間までの解析を実施）、添付-3)-4 に設計基準事故（主蒸気管破断）条件および事故時雰囲気暴露の試験条件を添付する。</p> <p>以下に示すように、事故時雰囲気暴露の試験条件は、実機の設計基準事故時条件および重大事故等時条件を包絡している。</p>			
		条件（温度-時間）	65℃換算*1	合計
事故時雰囲気暴露試験			284,719 時間	1,269,744 時間 (100 年以上)
			126,274 時間	
			858,751 時間	
設計基準事故*2			19,779 時間	23,554 時間 (約 2.7 年)
			3,079 時間	
			492 時間	
			23 時間	
			15 時間	
設計基準事故*3			166 時間	264,223 時間 (約 30 年)
			264,188 時間	
			1 時間	
重大事故等時*4			34 時間	1,240,671 時間 (100 年以上)
			1 時間	
			19 時間	
			147 時間	
			3,776 時間	
			18,129 時間	
			18,271 時間	
			27,193 時間	
			36,542 時間	
			45,299 時間	
			50,396 時間	
			154,101 時間	
			113,390 時間	
			79,273 時間	
			111,915 時間	
			91,356 時間	
			73,788 時間	
		66,186 時間		
		72,521 時間		
		70,886 時間		
		84,640 時間		
		80,490 時間		
		42,353 時間		
	*1：活性化エネルギー [kcal/mol]（メーカーデータ）での換算値			
	*2：1次冷却材管の破断による原子炉冷却材喪失事故包絡条件			
	*3：主蒸気管破断			
	*4：格納容器過温破損の包絡条件			

説 明

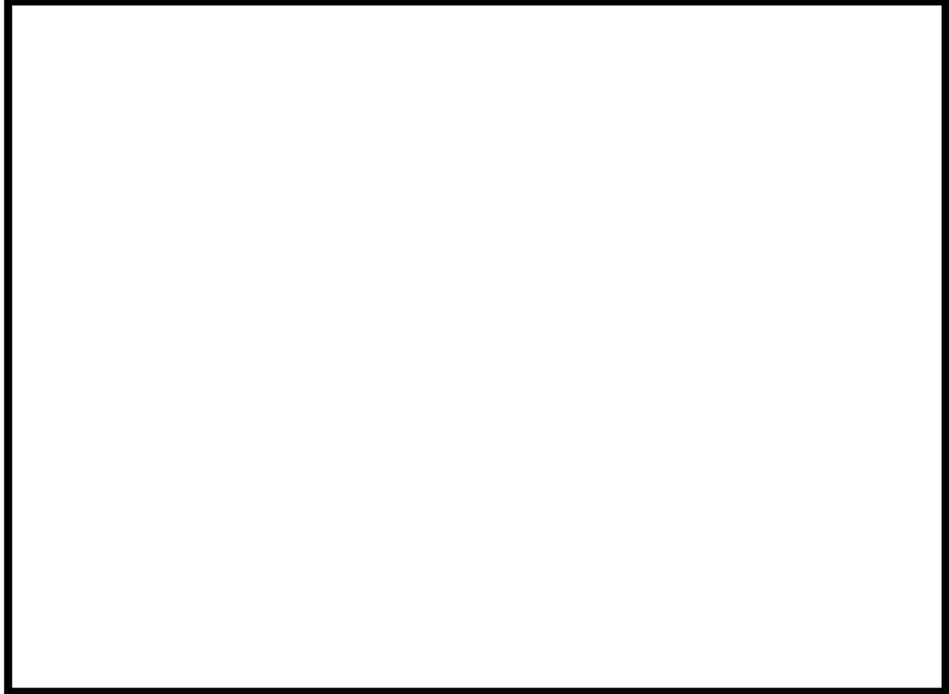
高浜 4 号炉 格納容器内設計基準事故（1 次冷却材管の破断による原子  
炉冷却材喪失）の圧力温度解析結果

説 明

## 重大事故等時（格納容器過温破損）の安全解析結果と包絡条件

上記重大事故等時環境解析の入力条件としては、高浜3、4号炉 原子炉設置許可申請書の添付書類10の第7.2.1.2.2表「雰囲気圧力・温度による静的負荷（格納容器過温破損）」の主要解析条件（外部電源喪失時に非常用所内交流電源が喪失し、補助給水機能が喪失する事故）（1/3～3/3）の通りとし、事故発生後7日間までの解析をした環境条件としている。

説 明



MS 区画における設計基準事故条件



難燃 PH ケーブル 設計基準事故時雰囲気暴露試験条件

タイトル	難燃 PH ケーブルの長期健全性試験 (ACA) における評価期間について																																						
概要	試験条件と実機の使用条件に基づく劣化条件との比較に用いた実環境温度および活性化エネルギー等を以下に示す。																																						
説明	<p>難燃 PH ケーブルの 60 年間の通常運転時の使用条件に基づく劣化条件は、時間依存データの重ね合わせ手法を用いて算出している。</p> <p>長期健全性試験 (ACA) による評価においては、添付-1)-7 で整理した各環境条件を代表する実布設環境条件で評価する。</p> <p>長期健全性試験条件 (100℃-94.8Gy/h-4,003h) をそれぞれの実布設環境条件で換算した結果を以下に示す。</p> <p>難燃 PH ケーブルの実布設環境での長期健全性評価結果</p> <table border="1" data-bbox="421 801 1348 1283"> <thead> <tr> <th rowspan="2">布設区分</th> <th colspan="2">実布設環境条件</th> <th rowspan="2">評価期間 [年] *1, 2, 3</th> <th rowspan="2">備考</th> </tr> <tr> <th>温度 [℃]</th> <th>放射線量率 [Gy/h]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">ループ室</td> <td>43</td> <td>0.0940</td> <td>83</td> <td></td> </tr> <tr> <td>36</td> <td>0.1696</td> <td>92</td> <td></td> </tr> <tr> <td>加圧器室上部</td> <td>44</td> <td>0.0013</td> <td>154</td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="2">通路部</td> <td>41</td> <td>0.0005</td> <td>92*4</td> <td></td> </tr> <tr> <td>36</td> <td>0.0181</td> <td>194</td> <td></td> </tr> <tr> <td>MS 区画</td> <td>28</td> <td>0.00001</td> <td>559</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>*1: 時間稼働率 100% での評価期間。                  *2: 時間依存データの重ね合わせ手法により評価。                  *3: 活性化エネルギー <span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 20px; height: 10px; vertical-align: middle;"></span> [kcal/mol] (ACA) での換算値                  *4: ケーブルトレイの温度上昇値 (10℃) を考慮して評価している。</p>				布設区分	実布設環境条件		評価期間 [年] *1, 2, 3	備考	温度 [℃]	放射線量率 [Gy/h]	ループ室	43	0.0940	83		36	0.1696	92		加圧器室上部	44	0.0013	154		通路部	41	0.0005	92*4		36	0.0181	194		MS 区画	28	0.00001	559	
布設区分	実布設環境条件		評価期間 [年] *1, 2, 3	備考																																			
	温度 [℃]	放射線量率 [Gy/h]																																					
ループ室	43	0.0940	83																																				
	36	0.1696	92																																				
加圧器室上部	44	0.0013	154																																				
通路部	41	0.0005	92*4																																				
	36	0.0181	194																																				
MS 区画	28	0.00001	559																																				

タイトル	難燃 PH ケーブルの長期健全性試験（A C A）条件の事故時条件の包絡性について																																																																																		
概要	試験条件の事故時条件が、実機に想定される設計基準事故時条件および重大事故等時条件を包絡していることを以下に示す。																																																																																		
説明	<p>添付-5)-2 に事故時雰囲気暴露の試験条件を添付する。          設計基準事故の安全解析結果は添付-3)-2、重大事故等時の安全解析結果は添付-3)-3、設計基準事故（主蒸気管破断）条件は添付-3)-4 を参照のこと。          以下に示すように、事故時雰囲気暴露の試験条件は、実機の設計基準事故時条件および重大事故等時条件を包絡している。</p> <table border="1" data-bbox="419 725 1353 1912"> <thead> <tr> <th></th> <th>条件（温度－時間）</th> <th>65℃換算*1</th> <th>合計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">事故時雰囲気暴露試験</td> <td></td> <td>35 時間</td> <td rowspan="3">9,699 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>259 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>9,405 時間</td> </tr> <tr> <td rowspan="7">設計基準事故*2</td> <td></td> <td>121 時間</td> <td rowspan="7">2,281 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>171 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>241 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>79 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>95 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>1,574 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>232 時間</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">設計基準事故*3</td> <td></td> <td>1 時間</td> <td rowspan="3">1,080 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>847 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>1 時間</td> </tr> <tr> <td rowspan="20">重大事故等時*4</td> <td></td> <td>3 時間</td> <td rowspan="20">6,834 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>8 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>71 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>174 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>92 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>261 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>185 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>202 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>211 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>608 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>475 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>354 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>531 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>462 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>397 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>379 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>443 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>461 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>587 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>595 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>334 時間</td> </tr> </tbody> </table>				条件（温度－時間）	65℃換算*1	合計	事故時雰囲気暴露試験		35 時間	9,699 時間		259 時間		9,405 時間	設計基準事故*2		121 時間	2,281 時間		171 時間		241 時間		79 時間		95 時間		1,574 時間		232 時間	設計基準事故*3		1 時間	1,080 時間		847 時間		1 時間	重大事故等時*4		3 時間	6,834 時間		8 時間		71 時間		174 時間		92 時間		261 時間		185 時間		202 時間		211 時間		608 時間		475 時間		354 時間		531 時間		462 時間		397 時間		379 時間		443 時間		461 時間		587 時間		595 時間		334 時間
	条件（温度－時間）	65℃換算*1	合計																																																																																
事故時雰囲気暴露試験		35 時間	9,699 時間																																																																																
		259 時間																																																																																	
		9,405 時間																																																																																	
設計基準事故*2		121 時間	2,281 時間																																																																																
		171 時間																																																																																	
		241 時間																																																																																	
		79 時間																																																																																	
		95 時間																																																																																	
		1,574 時間																																																																																	
		232 時間																																																																																	
設計基準事故*3		1 時間	1,080 時間																																																																																
		847 時間																																																																																	
		1 時間																																																																																	
重大事故等時*4		3 時間	6,834 時間																																																																																
		8 時間																																																																																	
		71 時間																																																																																	
		174 時間																																																																																	
		92 時間																																																																																	
		261 時間																																																																																	
		185 時間																																																																																	
		202 時間																																																																																	
		211 時間																																																																																	
		608 時間																																																																																	
		475 時間																																																																																	
		354 時間																																																																																	
		531 時間																																																																																	
		462 時間																																																																																	
		397 時間																																																																																	
		379 時間																																																																																	
		443 時間																																																																																	
		461 時間																																																																																	
		587 時間																																																																																	
		595 時間																																																																																	
	334 時間																																																																																		

説 明	<p>*1：活性化エネルギー <input type="text"/> [kcal/mol] (ACA) での換算値 *2：1次冷却材管の破断による原子炉冷却材喪失事故包絡条件 *3：主蒸気管破断 *4：格納容器過温破損の包絡条件</p> <div data-bbox="411 539 1359 1272" style="border: 2px solid black; height: 327px; width: 594px; margin: 10px auto;"></div> <p style="text-align: center;">難燃 PH ケーブルの事故時雰囲気暴露の試験条件</p>
-----	--

タイトル	原子炉格納容器内のモジュラー型電気ペネトレーションの環境条件について									
概要	モジュラー型電気ペネトレーションの評価期間を算定するために用いた環境条件の根拠について、以下に示す。									
説明	<p>高浜4号炉のモジュラー型電気ペネトレーションは、添付-1)で示した以下のエリアに設置されており、それぞれのエリアの環境条件で評価を実施し、評価結果に応じた保全を実施している。</p> <table border="1" data-bbox="655 651 1126 804"> <thead> <tr> <th>エリア</th> <th>温度 [°C]</th> <th>線量率 [Gy/h]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>B-14</td> <td>36</td> <td>0.0007</td> </tr> <tr> <td>B-18</td> <td>35</td> <td>0.0005</td> </tr> </tbody> </table> <p>電気ペネトレーションの技術評価書では、上記条件のうち、設置箇所の環境条件を代表するように、最も厳しい条件（B-14 エリア）を通常運転時の使用条件として記載している。</p> <p>更に、モジュラー型電気ペネトレーションの各部位の環境条件は、上記の使用条件の温度36°Cに裕度を加えた以下の温度としている。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ポッティング材、Oリングおよび外部リード：40°C</li> </ul>	エリア	温度 [°C]	線量率 [Gy/h]	B-14	36	0.0007	B-18	35	0.0005
エリア	温度 [°C]	線量率 [Gy/h]								
B-14	36	0.0007								
B-18	35	0.0005								

タイトル	モジュラー型電気ペネトレーションのポッティング材、Oリングおよび外部リードの長期健全性試験における評価期間について																	
概要	試験条件と実機の使用条件に基づく劣化条件との比較に用いた実環境温度および活性化エネルギー等を以下に示す。																	
説明	<p>モジュラー型電気ペネトレーションの60年間の通常運転時の使用条件に基づく劣化条件は、外部リードに使用されている難燃EPゴム絶縁ケーブルの活性化エネルギー<sup>※1</sup>を用いて、アレニウス則により算出している。</p> <p>モジュラー型電気ペネトレーションのポッティング材、Oリングおよび外部リードの実機使用条件を、長期健全性試験条件との比較を容易にするため、加速時間(L2)を試験条件と同じ日数として換算した結果を以下に示す。</p> <p>※1：平成22年度 電気・計装設備の健全性評価技術調査研究に関する報告書（原子力安全基盤機構）の成果の一部を参考に設定している。</p> <table border="1" data-bbox="421 913 1350 1093"> <thead> <tr> <th>部位</th> <th>試験条件</th> <th>T2[°C]</th> <th>L2</th> <th>T1[°C]</th> <th>L1[年]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">ポッティング材、 Oリングおよび 外部リード</td> <td>110°C-218日<sup>※2</sup></td> <td>110</td> <td>218日</td> <td>40</td> <td>58.4</td> </tr> <tr> <td>71~107°C-20日<sup>※2</sup></td> <td>—</td> <td>—</td> <td>40</td> <td>1.8</td> </tr> </tbody> </table> <p>※2:熱サイクル試験による劣化(71~107°C-20日間)に、使用条件40°C-60年に相当する熱劣化となるよう、通常の熱劣化(110°C-218日間)を加えた。熱サイクル試験の試験条件および実環境温度に換算した結果を添付-7)-2に示す。</p> <p>活性化エネルギー：<span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 150px; height: 1.2em; vertical-align: middle;"></span> [kcal/mol] (ACA)での換算値 (L1:実環境年数、L2:加速時間、T1:実環境温度、T2:加速温度)</p> <p>ポッティング材、Oリングおよび外部リードにおいて、実環境温度(T1) - 60年を換算した加速温度(T2)は、長期健全性試験条件の温度に包絡される。</p>	部位	試験条件	T2[°C]	L2	T1[°C]	L1[年]	ポッティング材、 Oリングおよび 外部リード	110°C-218日 <sup>※2</sup>	110	218日	40	58.4	71~107°C-20日 <sup>※2</sup>	—	—	40	1.8
部位	試験条件	T2[°C]	L2	T1[°C]	L1[年]													
ポッティング材、 Oリングおよび 外部リード	110°C-218日 <sup>※2</sup>	110	218日	40	58.4													
	71~107°C-20日 <sup>※2</sup>	—	—	40	1.8													

## 説 明

プラントの起動停止を模擬した熱サイクル試験は、下記の試験条件（1 サイクル）を、1 回/1 年の頻度で 60 年間分として、60 サイクル実施した。ポッティング材およびリングの熱サイクル試験条件、実環境温度（40℃）に換算した結果は以下のとおり約 1.8 年となる。

試験条件 (1 サイクル)		換算結果		
[℃]	[時間]	[℃]	[時間]	合計
		40	24.2	268.1 時間×60 サイクル =約 670 日 =約 1.8 年
		40	15.5	
		40	9.8	
		40	7.2	
		40	6.0	
		40	5.3	
		40	5.0	
		40	4.7	
		40	4.4	
		40	8.2	
		40	15.5	
		40	22.9	
		40	27.9	
		40	34.6	
		40	37.1	
		40	39.8	
合計 (1 サイクル)		40	268.1	

熱サイクル試験条件（1 サイクル分）

タイトル	モジュラー型電気ペネトレーションのポッティング材、Oリングおよび外部リードの長期健全性試験条件の事故時条件（設計基準事故および重大事故等時）の包絡性について																																																																																
概要	試験条件の事故時条件が、実機に想定される設計基準事故および重大事故等時条件を包絡していることを以下に示す。																																																																																
説明	<p>添付-8)-2 にモジュラー型電気ペネトレーションの事故時雰囲気暴露の試験条件を添付する。</p> <p>以下に示すように、事故時雰囲気暴露の試験条件は、実機の設計基準事故時条件および重大事故等時条件を包絡している。</p> <p>なお、設計基準事故の安全解析結果は添付-3)-2、重大事故等時の安全解析結果は添付-3)-3 を参照のこと。</p> <table border="1" data-bbox="419 712 1350 1899"> <thead> <tr> <th data-bbox="419 712 571 741"></th> <th data-bbox="571 712 810 741">条件（温度－時間）</th> <th data-bbox="810 712 1121 741">100℃換算*1</th> <th data-bbox="1121 712 1350 741">合計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="419 741 571 949" rowspan="6">事故時 雰囲気 暴露 試験</td> <td data-bbox="571 741 810 779">*2</td> <td data-bbox="810 741 1121 779">1,378 時間</td> <td data-bbox="1121 741 1350 949" rowspan="6">3,806 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>652 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>551 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>464 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>414 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>347 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="419 949 571 1151" rowspan="5">設計基準 事故*3</td> <td></td> <td>25 時間</td> <td data-bbox="1121 949 1350 1151" rowspan="5">291 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>21 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>30 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>10 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>12 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="419 1151 571 1899" rowspan="18">重大事故 等時*4</td> <td></td> <td>193 時間</td> <td data-bbox="1121 1151 1350 1899" rowspan="18">1,459 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>1 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>1 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>1 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>11 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>33 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>20 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>49 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>40 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>46 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>48 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>142 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>109 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>80 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>118 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>101 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>86 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>81 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>93 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>95 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>119 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>119 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>66 時間</td> </tr> </tbody> </table>				条件（温度－時間）	100℃換算*1	合計	事故時 雰囲気 暴露 試験	*2	1,378 時間	3,806 時間		652 時間		551 時間		464 時間		414 時間		347 時間	設計基準 事故*3		25 時間	291 時間		21 時間		30 時間		10 時間		12 時間	重大事故 等時*4		193 時間	1,459 時間		1 時間		1 時間		1 時間		11 時間		33 時間		20 時間		49 時間		40 時間		46 時間		48 時間		142 時間		109 時間		80 時間		118 時間		101 時間		86 時間		81 時間		93 時間		95 時間		119 時間		119 時間		66 時間
	条件（温度－時間）	100℃換算*1	合計																																																																														
事故時 雰囲気 暴露 試験	*2	1,378 時間	3,806 時間																																																																														
		652 時間																																																																															
		551 時間																																																																															
		464 時間																																																																															
		414 時間																																																																															
		347 時間																																																																															
設計基準 事故*3		25 時間	291 時間																																																																														
		21 時間																																																																															
		30 時間																																																																															
		10 時間																																																																															
		12 時間																																																																															
重大事故 等時*4		193 時間	1,459 時間																																																																														
		1 時間																																																																															
		1 時間																																																																															
		1 時間																																																																															
		11 時間																																																																															
		33 時間																																																																															
		20 時間																																																																															
		49 時間																																																																															
		40 時間																																																																															
		46 時間																																																																															
		48 時間																																																																															
		142 時間																																																																															
		109 時間																																																																															
		80 時間																																																																															
		118 時間																																																																															
		101 時間																																																																															
		86 時間																																																																															
		81 時間																																																																															
	93 時間																																																																																
	95 時間																																																																																
	119 時間																																																																																
	119 時間																																																																																
	66 時間																																																																																

説 明	<p>*1：活性化エネルギー [kcal/mol] (ACA) での換算値</p> <p>*2：</p> <p>*3：1次冷却材管の破断による原子炉冷却材喪失事故包絡条件</p> <p>*4：格納容器過温破損事故包絡条件</p> <p>モジュラー型電気ペネトレーションの事故時雰囲気暴露の試験条件</p>
-----	--

タイトル	モジュラー型電気ペネトレーションのポッティング材、Oリングおよび外部リードの絶縁低下について
概要	モジュラー型電気ペネトレーションのポッティング材、Oリングおよび外部リードの絶縁低下について以下に示す。
説明	<p>ポッティング材、Oリングおよび外部リードの絶縁低下という表現については、以下の①～③を意図するものである。</p> <p>①ポッティング材として使用しているエポキシ樹脂は有機物であり、熱および放射線により経年劣化が進行し、接着力が低下する可能性があり、接着力が低下した場合、湿気が電気ペネトレーション内部に浸入することによる絶縁性能の低下。</p> <p>②Oリングとして使用しているEPゴムは有機物であり、熱および放射線により経年劣化が進行し、気密性が低下した場合、湿気が電気ペネトレーション内部に浸入することによる絶縁性能の低下。</p> <p>③外部リードの絶縁体は有機物であり、熱的、電氣的、環境的要因で経年劣化が進行することによる絶縁性能の低下</p> <p>しかしながら、Oリングの絶縁性能が低下するように読めるため、Oリングの気密性低下（気密性が低下した場合、電気ペネトレーション内部への湿気の浸入）による絶縁性能の低下であることを明確にすべく、評価書の当該記載を適正化する。</p>

タイトル	モジュラー型電気ペネトレーションの長期健全性試験における熱サイクルの設定根拠について
概要	モジュラー型電気ペネトレーションの長期健全性試験における熱サイクルの設定根拠について以下に示す。
説明	<p>モジュラー型電気ペネトレーションの長期健全性試験における熱サイクルの条件は、以下の考え方により設定している。</p> <p>(1) 温度差  試験条件：71～107℃(ΔT=36℃)  条件設定の考え方：  通常運転時に想定される電気ペネトレーションの環境温度は10℃から40℃であり、温度差30℃に余裕を見込んだ値としてΔT=36℃としている。  最低温度の10℃は原子炉格納容器内温度の設計最低温度であり、最高温度の40℃はプラント運転中の電気ペネトレーションの周囲温度(約36℃)に若干の余裕を加えた温度である。  なお、実機の環境温度(10～40℃)に対してやや高い温度域(71～107℃)で試験を実施しているが、熱サイクルは温度差による熱応力に起因する機械的ストレスを模擬することが目的であるため、試験条件としては妥当である。また、熱サイクルは熱劣化中に実施し、温度を下げることにより必要な温度差を与えていることから、熱劣化の温度条件110℃から温度を下げた71～107℃の温度域を熱サイクルの条件としている。</p> <p>(2) 期間  試験条件：20日間  条件設定の考え方：  熱サイクルは1回あたり8時間で降温・昇温を実施している。また、本試験では60年の使用を想定しており、熱サイクルの頻度は1回/年とし、合計60回の熱サイクルを与えている。  よって、熱サイクルの期間としては8時間×60回=20日間となる。</p>

## 説 明

## (3) IEEE317に規定された試験条件との比較

IEEE317に規定された熱サイクルの試験条件とその根拠を以下に示す。

項目	試験条件	根拠※
温度差	55℃	格納容器の最低温度を0℃、プラント運転時の最高温度を55℃と想定し、その差である55℃を熱サイクルの温度差としている。
熱サイクル回数	120回	1年当り3回の起動停止を想定し、40年に相当する120回を熱サイクル回数としている。

※ 根拠についてはIEEE317に記載がないため、IEEEのワーキンググループの関係者に問い合わせた。

長期健全性試験における試験条件は、IEEE317と比較して値は異なるものの、設備の設置された環境条件やプラントの運転条件を考慮しており、試験条件の設定の考え方はIEEE317と同様に妥当性があるものとする。

## (4) 熱サイクルの温度域と実機環境温度の違いによる影響

熱サイクルの温度域は71～107℃（温度差：36℃）であり、実機環境条件である10～40℃（温度差：30℃）よりも高い温度条件で試験を実施している。

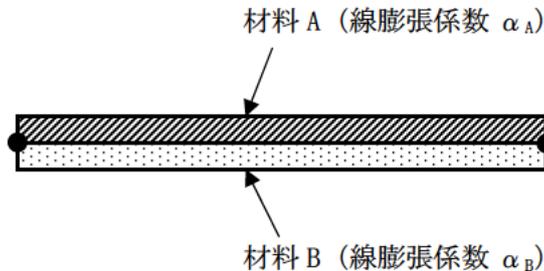
温度域の違いは、電気ペネトレーションを構成する部位の線膨張係数（熱膨張率）の違いにより発生する熱応力に影響を与える可能性があるが、以下の通り、熱サイクルにより発生する熱応力は実機環境条件で発生する熱応力よりも大きいと考えられ、保守性のある試験条件であると考える。

熱応力は一般に線膨張係数の異なる材料が、互いに機械的に拘束された状態において、温度変化が生じたときに発生する。

電気ペネトレーションを構成する部位のうち、機械的に拘束される範囲が大きく、熱応力に留意すべき箇所は銅棒（Cu）とポッティング材（エポキシ樹脂）の接合部分、及びシュラウド（SUS304）とポッティング材（エポキシ樹脂）の結合部分である。

## 説明

熱応力を簡易的に考察するため、以下のような両端が固定された並列接続モデルを考える。



このモデルに温度差  $\Delta T$  を与えたとき、各材料に発生する熱応力  $\sigma$  は以下の関係を満たす。

$$\sigma \propto (\alpha_A - \alpha_B) \Delta T$$

なお、熱応力の算出には各材料のヤング率及び断面積を考慮する必要があるが、ここでは温度域の違いによる影響を考察するため、熱応力が線膨張係数の差  $(\alpha_A - \alpha_B)$  と温度差  $\Delta T$  の積に比例することに着目する。

上式から、熱応力  $\sigma$  は基本的に温度差  $\Delta T$  に依存し、温度域の違いは影響しないと考えることができる。試験条件である熱サイクルの温度差は、実機環境条件の温度差  $30^\circ\text{C}$  に  $6^\circ\text{C}$  の余裕を加えた  $36^\circ\text{C}$  としており、試験条件としては  $20\%$  の余裕（試験条件に見込む温度余裕  $6^\circ\text{C}$  / 実機環境において想定される温度差  $30^\circ\text{C} = 20\%$ ）を見込んだ保守性のある試験条件であると言える。

参考に電気ペネトレーションを構成する各部位の線膨張係数を示す。

部位	材料	線膨張係数*
銅棒	Cu	$16.7 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$
シュラウド	SUS304	$15.3 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$
ポッティング材	エポキシ樹脂	$48.0 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$

※ いずれもメーカー値

なお、厳密には線膨張係数にわずかな温度依存性があるが、室温から  $100^\circ\text{C}$  程度の範囲であれば線膨張係数の値に大きな変化はなく、熱応力については影響が支配的な温度差  $\Delta T$  を考慮しておけば良いと考える。

## 別紙 1. ピッグテイル型電気ペネトレーションの評価について

## 1. 健全性評価

## 1.1 ピッグテイル型電気ペネトレーション本体の健全性評価

## a. 評価手順

ピッグテイル型電気ペネトレーション本体については、IEEE Std. 323-1983に準拠して、実機同等品の供試体により長期健全性試験を実施した。

図1.1に長期健全性試験の手順を示す。

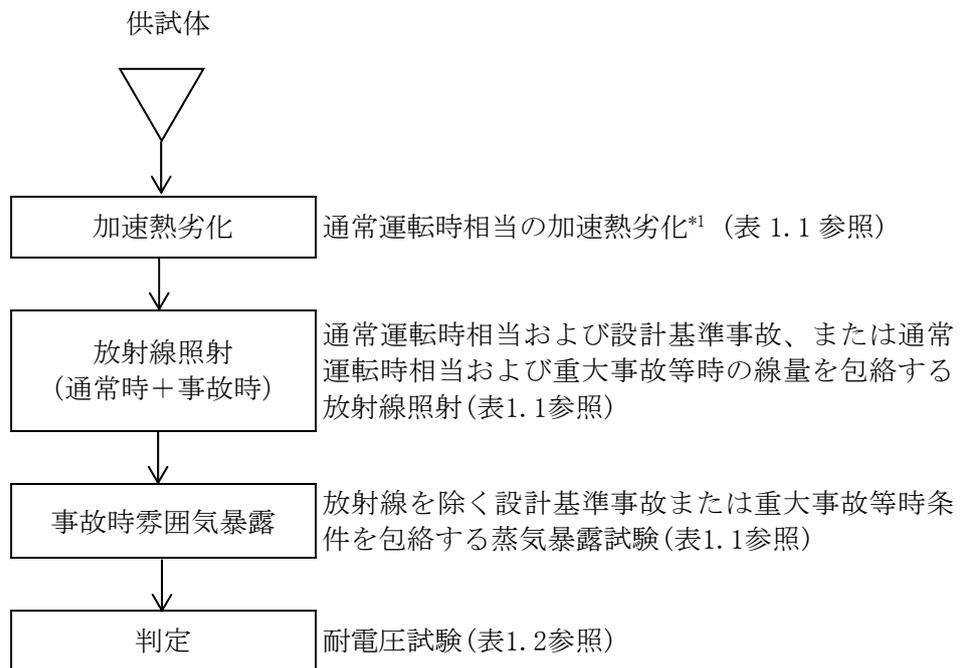


図1.1 ピッグテイル型電気ペネトレーションの長期健全性試験の手順

\*1：プラントの起動停止を模擬した熱サイクル試験を含む。

## b. 試験条件

表1.1に長期健全性試験条件を示す。試験条件は、高浜4号炉の実機環境に基づいて60年間の運転期間および設計基準事故、または60年間の運転および重大事故等時を想定した劣化条件を包絡している。

表 1.1 ピッグテイ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	60年間の通常運転時の使用条件【別紙1. 添付-1) 参照】に基づく劣化条件【別紙1. 添付-2) 参照】、設計基準事故または重大事故等時の環境条件【別紙1. 添付-3) 参照】
加速 熱劣化	熱劣化： 140℃-724日間*1 熱サイクル： 95℃-47.5日間	50℃*2-60年
放射線 照射	1,500kGy (10kGy/h以下)	通常運転時相当：9.52kGy*3 設計基準事故時線量：675kGy 重大事故等時線量：500kGy
事故時 雰囲気 暴露	最高温度：190℃ 最高圧力：0.41MPa[gage] 試験時間：15日間	設計基準事故時：約125℃(最高温度) ：約0.25MPa[gage](最高圧力) 重大事故等時：約138℃(最高温度) ：約0.35MPa[gage](最高圧力)

\*1：熱サイクル試験による劣化（95℃-47.5日間）に、使用条件50℃-60年に相当する熱劣化となるよう、通常の熱劣化（140℃-724日間）を加えた。

\*2：環境条件が著しく悪化する環境において電気絶縁性維持の機能要求があるピッグテイル型電気ペネトレーションの周囲温度（約35~42℃）に通電による温度上昇と若干の余裕を加えた温度を包絡する温度。

\*3：環境条件が著しく悪化する環境において電気絶縁性維持の機能要求があるピッグテイル型電気ペネトレーション近傍で最も放射線レベルが高い区域の空間線量率は約18.1mGy/hであり、この値より60年間の平常時の集積線量を評価すると、  
 $18.1 \text{ [mGy/h]} \times (24 \times 365.25) \text{ [h/y]} \times 60 \text{ [y]} = 9.52 \text{ kGy}$  となる。

[出典（試験条件）：電力共同委託「電気ペネトレーションの耐環境性評価に関する研究のうちキャニスタ型の評価研究」2012年度]

c. 評価結果

表1.2に長期健全性試験での耐電圧試験の結果を示す。結果は判定基準を満足している。

表 1.2 ピッグテイル型電気ペネトレーションの長期健全性試験結果

項目	試験条件	判定
耐電圧試験	課電電圧：AC600V/1分間	良

[出典（試験条件）：電力共同委託「電気ペネトレーションの耐環境性評価に関する研究のうちキャニスタ型の評価研究」2012年度]

## 1.2 外部リードの健全性評価

### a. 評価手順

外部リード（シリコンゴム）の長期健全性試験手順については、4.1低圧ケーブルの技術評価 4.1.1健全性評価を参照し、外部リード（EPゴム）については、4.1低圧ケーブルの技術評価 4.1.1健全性評価に準じた長期健全性試験手順にて評価を実施した。

外部リード（EPゴム）の長期健全性試験手順および判定方法を図1.2に示す。

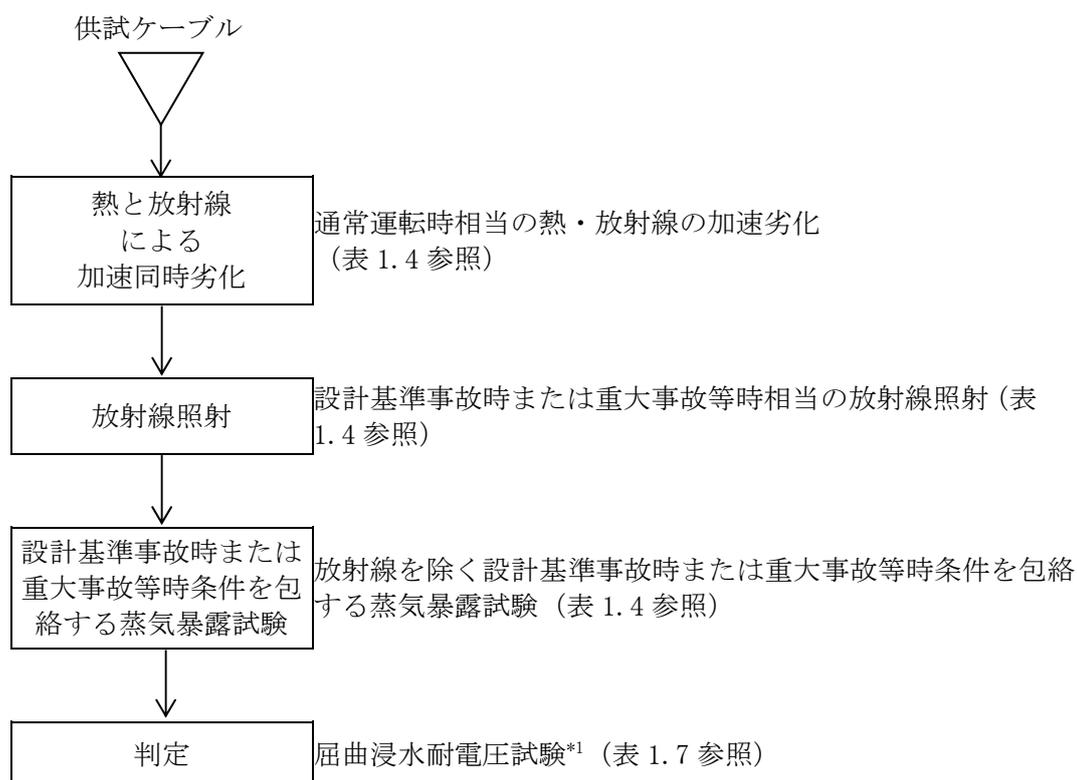


図 1.2 外部リード（EP ゴム）の試験手順

\*1：屈曲浸水耐電圧試験の試験手順は以下のとおりである。

- 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付ける。
- 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3.2kV/mmを5分間印加し、絶縁破壊を生じるか否かを調べる。

外部リード（シリコンゴム）については、絶縁体の製造メーカおよび絶縁材料が同等のケーブルを供試体とした長期健全性試験結果を用いて評価する。

b. 試験条件

外部リード(シリコンゴム)の長期健全性試験条件を表1.3に、外部リード(EPゴム)の長期健全性試験条件を表1.4に示す。試験条件は、高浜4号炉の60年間の運転および設計基準事故、または60年間の運転および重大事故等時を想定した熱および放射線による劣化条件を包絡している。

表1.3 外部リード(シリコンゴム)の長期健全性試験条件

		試験条件*1
通常運転時相当	温度	175°C - 109 日
設計基準事故時相当 重大事故等時相当 【別紙1. 添付-5) 参照】	放射線 (集積線量)	1,500kGy*2 (10kGy/h 以下)
	温度	最高温度 : 190°C
	圧力	最高圧力 : 0.41MPa [gage]

\*1 : 通常運転時相当の熱・放射線の加速劣化については、実機環境の線量率が低く、熱による劣化が支配的な領域のため、熱加速劣化のみとした。また、47°C - 0.2mGy/h の布設環境で 21.3 年間使用したケーブルを供試体とし、追加で劣化させた条件を示す。

\*2 : 60 年間の平常時の集積線量は 9.52kGy\*3 であり、設計基準事故時線量 (675kGy) または重大事故等時線量 (500kGy) を加えた線量を包絡する。

\*3 : 表 1.1 の\*3 による。

表1.4 外部リード(EPゴム)の長期健全性試験条件

		試験条件
通常運転時相当	温度 放射線	100°C - 105.0Gy/h - 206.7 日
設計基準事故時相当 重大事故等時相当 【別紙1. 添付-5) 参照】	放射線 (集積線量)	1,500kGy (10kGy/h 以下)
	温度	最高温度 : 190°C
	圧力	最高圧力 : 0.41MPa [gage]

c. 評価結果

外部リード（シリコンゴム）の長期健全性試験結果および実布設環境での長期健全性評価結果を表1.5および表1.6に示す。

また、外部リード（EPゴム）の長期健全性試験結果および実布設環境での長期健全性評価結果を表1.7および表1.8に示す。

評価の結果、高浜4号炉の外部リード（シリコンゴム）および外部リード（EPゴム）は、運転開始後60年時点においても絶縁機能を維持できると判断する。

表1.5 外部リード（シリコンゴム）の長期健全性試験結果

項目	試験条件	判定
耐電圧試験*1	課電電圧：1,500V/1分間	良

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

[出典：電力共同研究「ケーブル加速劣化試験データの整備に関する研究（ACA評価ケーブル以外）」2014年度]

表1.6 外部リード（シリコンゴム）の実布設環境での長期健全性評価結果

実布設環境条件*2 【別紙1. 添付-1) 参照】		評価期間[年]*1 【別紙1. 添付-4) 参照】	備考
温度[℃]	放射線量率[Gy/h]		
36	0.0181	101	

\*1：時間稼働率100%での評価期間。

\*2：環境条件が著しく悪化する環境において電気絶縁性維持の機能要求があるピッグテイル型電気ペネトレーション近傍の平均温度および平均線量率の最大実測値。

表1.7 外部リード（EPゴム）の長期健全性試験結果

項目	試験条件	判定
屈曲浸水 耐電圧試験	供試体外径：13.5mm マンドレル径：供試体外径の約40倍 絶縁厚さ：1.0mm 課電電圧：3.2kV/5分間	良

[出典：電力共同研究「ケーブルの加速劣化条件の妥当性評価研究（2001年度）」]

表1.8 外部リード（EPゴム）の実布設環境での長期健全性評価結果

実布設環境条件*2 【別紙1. 添付-1) 参照】		評価期間[年]*1 【別紙1. 添付-4) 参照】	備考
温度[°C]	放射線量率[Gy/h]		
41	0.0011	132*3,4	

\*1：時間稼働率 100%での評価期間。

\*2：環境条件が著しく悪化する環境において電気絶縁性維持の機能要求があるピッグテイル型電気ペネトレーション近傍の平均温度および平均線量率の最大実測値。

\*3：電気ペネトレーションの温度上昇値を考慮して評価している。

\*4：時間依存データの重ね合わせ手法により評価。

## 2. 現状保全

ポッティング材および外部リードの絶縁低下に対しては、定期的に系統機器の動作確認またはケーブルおよび機器を含めた絶縁抵抗測定を実施し、有意な絶縁低下のないことを確認している。

## 3. 総合評価

健全性評価結果から判断して、ポッティング材および外部リードの絶縁低下により機器の健全性に影響を与える可能性はないと考える。

また、ポッティング材および外部リードの絶縁低下は、系統機器の動作確認または絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切である。

## 4. 高経年化への対応

ポッティング材および外部リードの絶縁低下については、現状保全項目に、高経年化対策の観点から追加すべきものはないと判断する。

## 5. 添付資料

- 1) 原子炉格納容器内のピッグテイル型電気ペネトレーションの環境条件について
- 2) ピッグテイル型電気ペネトレーションのポッティング材の長期健全性試験における評価期間について
- 3) ピッグテイル型電気ペネトレーションのポッティング材の長期健全性試験条件の事故時条件の包絡性について
- 4) ピッグテイル型電気ペネトレーションの外部リードの長期健全性試験における評価期間について
- 5) ピッグテイル型電気ペネトレーションの外部リードの長期健全性試験条件の事故時条件の包絡性について
- 6) ピッグテイル型電気ペネトレーションの外部リードの長期健全性試験における試験条件等について
- 7) ピッグテイル型電気ペネトレーションの製造メーカーによる構造等の相違等について

タイトル	原子炉格納容器内のピッグテイル型電気ペネトレーションの環境条件について																																																													
概要	ピッグテイル型電気ペネトレーションの評価期間を算定するために用いた環境条件の根拠について、以下に示す。																																																													
説明	<p>高浜 4 号炉の環境条件が著しく悪化する環境において電気絶縁性維持の機能要求がある電気ペネトレーションは、添付-1)で示した以下のエリアに設置されており、それぞれのエリアの環境条件で評価を実施し、評価結果に応じた保全を実施している。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">エリア</th> <th rowspan="2">温度 [°C]</th> <th rowspan="2">線量率 [Gy/h]</th> <th colspan="3">用途</th> </tr> <tr> <th>電力*1</th> <th>制御</th> <th>計装</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>B-12</td> <td>36</td> <td>0.0011</td> <td></td> <td></td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>B-14</td> <td>36</td> <td>0.0007</td> <td></td> <td></td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>B-15</td> <td>36</td> <td>0.0005</td> <td>○</td> <td>○</td> <td></td> </tr> <tr> <td>B-16</td> <td>35</td> <td>0.0005</td> <td></td> <td></td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>B-17</td> <td>36</td> <td>0.0181</td> <td></td> <td></td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>B-18</td> <td>35</td> <td>0.0005</td> <td>○*2</td> <td></td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>D-16</td> <td>41</td> <td>0.0005</td> <td>○</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>D-17</td> <td>42</td> <td>0.0011</td> <td></td> <td>○</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>*1：通電による温度上昇を考慮する *2：周囲温度に通電による温度上昇を考慮すると最高温度となる</p> <p>電気ペネトレーションの技術評価書では、上記条件のうち、設置箇所の環境条件を代表するように、最も厳しい条件（温度：D-17、線量率：B-17）を通常運転時の使用条件として記載している。</p> <p>さらに、ピッグテイル型電気ペネトレーションの各部位の環境条件は、上記の使用条件の温度に、通常運転時の電流値から算出した発熱による温度上昇および裕度を加えた温度を包絡する温度として以下の温度としている。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ポットティング材：50°C</li> <li>・外部リード：46°C（温度上昇を考慮する）</li> </ul> <p>（温度上昇の考慮が不要な場合、制御用：42°C、計装用：36°C）</p>					エリア	温度 [°C]	線量率 [Gy/h]	用途			電力*1	制御	計装	B-12	36	0.0011			○	B-14	36	0.0007			○	B-15	36	0.0005	○	○		B-16	35	0.0005			○	B-17	36	0.0181			○	B-18	35	0.0005	○*2		○	D-16	41	0.0005	○			D-17	42	0.0011		○	
エリア	温度 [°C]	線量率 [Gy/h]	用途																																																											
			電力*1	制御	計装																																																									
B-12	36	0.0011			○																																																									
B-14	36	0.0007			○																																																									
B-15	36	0.0005	○	○																																																										
B-16	35	0.0005			○																																																									
B-17	36	0.0181			○																																																									
B-18	35	0.0005	○*2		○																																																									
D-16	41	0.0005	○																																																											
D-17	42	0.0011		○																																																										

タイトル	ピッグテイル型電気ペネトレーションのポッティング材の長期健全性試験における評価期間について																		
概要	試験条件と実機の使用条件に基づく劣化条件との比較に用いた実環境温度および活性化エネルギー等を以下に示す。																		
説明	<p>ピッグテイル型電気ペネトレーションの 60 年間の通常運転時の使用条件に基づく劣化条件は、ポッティング材（シリコーン樹脂）の活性化エネルギーを用いて、アレニウス則により算出している。</p> <p>熱劣化試験条件（140℃－724 日）および熱サイクル試験条件（95℃－47.5 日）をそれぞれ実機使用条件（50℃）で換算した結果を以下に示す。</p> <table border="1" data-bbox="435 725 1347 907"> <thead> <tr> <th></th> <th>T2[℃]</th> <th>L2 [日]</th> <th>T1[℃]</th> <th>L1[年]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>熱劣化</td> <td>140</td> <td>724</td> <td>50</td> <td>59.1</td> </tr> <tr> <td>熱サイクル</td> <td>95</td> <td>47.5</td> <td>50</td> <td>0.9</td> </tr> </tbody> </table> <p>活性化エネルギー：<input type="text" value=""/> [kcal/mol]（ACA）での換算値  （L1:実環境年数、L2:加速時間、T1:実環境温度、T2:加速温度）</p> <p>熱劣化試験条件および熱サイクル試験条件を換算した結果は <math>59.1+0.9=60</math> 年となる。</p>					T2[℃]	L2 [日]	T1[℃]	L1[年]	熱劣化	140	724	50	59.1	熱サイクル	95	47.5	50	0.9
	T2[℃]	L2 [日]	T1[℃]	L1[年]															
熱劣化	140	724	50	59.1															
熱サイクル	95	47.5	50	0.9															

タイトル	ピッグテイル型電気ペネトレーションのポッティング材の長期健全性試験条件の事故時条件の包絡性について																																																																												
概要	試験条件の事故時条件が、実機に想定される設計基準事故および重大事故等時条件を包絡していることを以下に示す。																																																																												
説明	<p>別紙 1. 添付-3)-2 にピッグテイル型電気ペネトレーションの事故時雰囲気暴露の試験条件を添付する。</p> <p>設計基準事故の安全解析結果は添付-3)-2、重大事故等時の安全解析結果は添付-3)-3 を参照のこと。</p> <p>以下に示すように、事故時雰囲気暴露の試験条件は、実機の設計基準事故時条件および重大事故等時条件を包絡している。</p> <p>ポッティング材（シリコーン樹脂）</p> <table border="1" data-bbox="421 719 1353 1839"> <thead> <tr> <th data-bbox="421 719 587 752"></th> <th data-bbox="587 719 868 752">条件（温度－時間）</th> <th data-bbox="868 719 1121 752">65℃換算*1</th> <th data-bbox="1121 719 1353 752">合計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="421 752 587 891" rowspan="4">事故時 雰囲気 暴露試験</td> <td data-bbox="587 752 868 786"></td> <td data-bbox="868 752 1121 786">5 時間</td> <td data-bbox="1121 752 1353 891" rowspan="4">4, 029 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="587 786 868 819"></td> <td data-bbox="868 786 1121 819">76 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="587 819 868 853"></td> <td data-bbox="868 819 1121 853">352 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="587 853 868 891"></td> <td data-bbox="868 853 1121 891">3, 596 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="421 891 587 1093" rowspan="5">設計基準 事故*2</td> <td data-bbox="587 891 868 925"></td> <td data-bbox="868 891 1121 925">35 時間</td> <td data-bbox="1121 891 1353 1093" rowspan="5">3, 288 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="587 925 868 958"></td> <td data-bbox="868 925 1121 958">85 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="587 958 868 992"></td> <td data-bbox="868 958 1121 992">203 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="587 992 868 1025"></td> <td data-bbox="868 992 1121 1025">106 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="587 1025 868 1059"></td> <td data-bbox="868 1025 1121 1059">148 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="421 1093 587 1839" rowspan="15">重大事故 等時*3</td> <td data-bbox="587 1093 868 1126"></td> <td data-bbox="868 1093 1121 1126">2, 711 時間</td> <td data-bbox="1121 1093 1353 1839" rowspan="15">1, 972 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="587 1126 868 1160"></td> <td data-bbox="868 1126 1121 1160">1 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="587 1160 868 1193"></td> <td data-bbox="868 1160 1121 1193">2 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="587 1193 868 1227"></td> <td data-bbox="868 1193 1121 1227">4 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="587 1227 868 1261"></td> <td data-bbox="868 1227 1121 1261">27 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="587 1261 868 1294"></td> <td data-bbox="868 1261 1121 1294">57 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="587 1294 868 1328"></td> <td data-bbox="868 1294 1121 1328">26 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="587 1328 868 1361"></td> <td data-bbox="868 1328 1121 1361">85 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="587 1361 868 1395"></td> <td data-bbox="868 1361 1121 1395">51 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="587 1395 868 1429"></td> <td data-bbox="868 1395 1121 1429">55 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="587 1429 868 1462"></td> <td data-bbox="868 1429 1121 1462">56 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="587 1462 868 1496"></td> <td data-bbox="868 1462 1121 1496">160 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="587 1496 868 1529"></td> <td data-bbox="868 1496 1121 1529">127 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="587 1529 868 1563"></td> <td data-bbox="868 1529 1121 1563">96 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="587 1563 868 1597"></td> <td data-bbox="868 1563 1121 1597">146 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="587 1597 868 1630"></td> <td data-bbox="868 1597 1121 1630">129 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="587 1630 868 1664"></td> <td data-bbox="868 1630 1121 1664">112 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="587 1664 868 1697"></td> <td data-bbox="868 1664 1121 1697">109 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="587 1697 868 1731"></td> <td data-bbox="868 1697 1121 1731">129 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="587 1731 868 1765"></td> <td data-bbox="868 1731 1121 1765">137 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="587 1765 868 1798"></td> <td data-bbox="868 1765 1121 1798">177 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="587 1798 868 1832"></td> <td data-bbox="868 1798 1121 1832">182 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="587 1832 868 1839"></td> <td data-bbox="868 1832 1121 1839">104 時間</td> </tr> </tbody> </table> <p>*1：活性化エネルギー：<input type="text"/> [kcal/mol] (ACA) での換算値          *2：1次冷却材管の破断による原子炉冷却材喪失事故包絡条件          *3：格納容器過温破損の包絡条件</p>				条件（温度－時間）	65℃換算*1	合計	事故時 雰囲気 暴露試験		5 時間	4, 029 時間		76 時間		352 時間		3, 596 時間	設計基準 事故*2		35 時間	3, 288 時間		85 時間		203 時間		106 時間		148 時間	重大事故 等時*3		2, 711 時間	1, 972 時間		1 時間		2 時間		4 時間		27 時間		57 時間		26 時間		85 時間		51 時間		55 時間		56 時間		160 時間		127 時間		96 時間		146 時間		129 時間		112 時間		109 時間		129 時間		137 時間		177 時間		182 時間		104 時間
	条件（温度－時間）	65℃換算*1	合計																																																																										
事故時 雰囲気 暴露試験		5 時間	4, 029 時間																																																																										
		76 時間																																																																											
		352 時間																																																																											
		3, 596 時間																																																																											
設計基準 事故*2		35 時間	3, 288 時間																																																																										
		85 時間																																																																											
		203 時間																																																																											
		106 時間																																																																											
		148 時間																																																																											
重大事故 等時*3		2, 711 時間	1, 972 時間																																																																										
		1 時間																																																																											
		2 時間																																																																											
		4 時間																																																																											
		27 時間																																																																											
		57 時間																																																																											
		26 時間																																																																											
		85 時間																																																																											
		51 時間																																																																											
		55 時間																																																																											
		56 時間																																																																											
		160 時間																																																																											
		127 時間																																																																											
		96 時間																																																																											
		146 時間																																																																											
	129 時間																																																																												
	112 時間																																																																												
	109 時間																																																																												
	129 時間																																																																												
	137 時間																																																																												
	177 時間																																																																												
	182 時間																																																																												
	104 時間																																																																												

<p>説 明</p>	<div data-bbox="411 300 1366 1182" style="border: 2px solid black; height: 394px;"></div> <p data-bbox="454 1205 1329 1240">ピッグテイル型電気ペネトレーションの事故時雰囲気暴露の試験条件</p>
------------	---

タイトル	ピッグテイル型電気ペネトレーションの外部リードの長期健全性試験における評価期間について												
概要	試験条件と実機の使用条件に基づく劣化条件との比較に用いた実環境温度および活性化エネルギー等を以下に示す。												
説明	<p>ピッグテイル型電気ペネトレーションの外部リード（シリコンゴム）の60年間の通常運転時の使用条件に基づく劣化条件は、外部リード（シリコンゴム）の絶縁材の活性化エネルギーを用いて、アレニウス則により算出している。</p> <p>試験条件（175℃－109日）および実機布設環境条件（47℃－21.3年）をそれぞれ実機使用条件（36℃）で換算した結果を以下に示す。</p> <p>なお、外部リード（シリコンゴム）は用途が計装用のみであり、温度上昇の考慮は不要である。</p> <table border="1" data-bbox="507 875 1267 1014"> <thead> <tr> <th>T2[℃]</th> <th>L2</th> <th>T1[℃]</th> <th>L1[年]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>175</td> <td>109日</td> <td>36</td> <td>64.3</td> </tr> <tr> <td>47</td> <td>21.3年</td> <td>36</td> <td>37.2</td> </tr> </tbody> </table> <p>活性化エネルギー： <span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 150px; height: 15px;"></span> [kcal/mol]                      （メーカーデータ）での換算値                      （L1:実環境年数、L2:加速時間、T1:実環境温度、T2:加速温度）</p> <p>試験条件および実機布設環境条件を換算した結果は <math>64.3+37.2=101.5</math> 年となる。</p> <p>また、外部リード（EPゴム）は電力用のものを含むため、温度上昇を考慮した60年間の通常運転時の使用条件（46℃）を外部リード（EPゴム）の時間依存データの重ね合わせ手法により換算した結果、132年と評価された。</p>	T2[℃]	L2	T1[℃]	L1[年]	175	109日	36	64.3	47	21.3年	36	37.2
T2[℃]	L2	T1[℃]	L1[年]										
175	109日	36	64.3										
47	21.3年	36	37.2										

タイトル	ピッグテイル型電気ペネトレーションの外部リードの長期健全性試験条件の事故時条件の包絡性について																																																																												
概要	試験条件の事故時条件が、実機に想定される設計基準事故時および重大事故等時条件を包絡していることを以下に示す。																																																																												
説明	<p>別紙1. 添付-5)-3 に外部リード(シリコンゴム) および外部リード(EPゴム) の事故時雰囲気暴露の試験条件を添付する。</p> <p>設計基準事故の安全解析結果は添付-3)-2、重大事故等時の安全解析結果は添付-3)-3 を参照のこと。</p> <p>以下に示すように、事故時雰囲気暴露の試験条件は、実機の設計基準事故時条件および重大事故等時条件を包絡している。</p> <p>外部リード(シリコンゴム)</p> <table border="1" data-bbox="419 674 1350 1794"> <thead> <tr> <th></th> <th>条件(温度-時間)</th> <th>65°C換算*1</th> <th>合計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4">事故時 雰囲気 暴露試験</td> <td></td> <td>7 時間</td> <td rowspan="4">3,447 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>76 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>292 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>3,072 時間</td> </tr> <tr> <td rowspan="5">設計基準 事故*2</td> <td></td> <td>35 時間</td> <td rowspan="5">3,288 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>85 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>203 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>106 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>148 時間</td> </tr> <tr> <td rowspan="17">重大事故 等時*2</td> <td></td> <td>2,711 時間</td> <td rowspan="17">1,984 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>1 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>2 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>4 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>27 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>56 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>26 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>85 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>51 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>56 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>58 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>165 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>130 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>97 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>147 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>129 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>112 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>109 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>129 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>137 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>177 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>182 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>104 時間</td> </tr> </tbody> </table> <p>*1: 活性化エネルギー [ ] (メーカーデータ) での換算値          *2: 1次冷却材管の破断による原子炉冷却材喪失事故包絡条件          *3: 格納容器過温破損の包絡条件</p>				条件(温度-時間)	65°C換算*1	合計	事故時 雰囲気 暴露試験		7 時間	3,447 時間		76 時間		292 時間		3,072 時間	設計基準 事故*2		35 時間	3,288 時間		85 時間		203 時間		106 時間		148 時間	重大事故 等時*2		2,711 時間	1,984 時間		1 時間		2 時間		4 時間		27 時間		56 時間		26 時間		85 時間		51 時間		56 時間		58 時間		165 時間		130 時間		97 時間		147 時間		129 時間		112 時間		109 時間		129 時間		137 時間		177 時間		182 時間		104 時間
	条件(温度-時間)	65°C換算*1	合計																																																																										
事故時 雰囲気 暴露試験		7 時間	3,447 時間																																																																										
		76 時間																																																																											
		292 時間																																																																											
		3,072 時間																																																																											
設計基準 事故*2		35 時間	3,288 時間																																																																										
		85 時間																																																																											
		203 時間																																																																											
		106 時間																																																																											
		148 時間																																																																											
重大事故 等時*2		2,711 時間	1,984 時間																																																																										
		1 時間																																																																											
		2 時間																																																																											
		4 時間																																																																											
		27 時間																																																																											
		56 時間																																																																											
		26 時間																																																																											
		85 時間																																																																											
		51 時間																																																																											
		56 時間																																																																											
		58 時間																																																																											
		165 時間																																																																											
		130 時間																																																																											
		97 時間																																																																											
		147 時間																																																																											
		129 時間																																																																											
		112 時間																																																																											
	109 時間																																																																												
	129 時間																																																																												
	137 時間																																																																												
	177 時間																																																																												
	182 時間																																																																												
	104 時間																																																																												

説 明	外部リード (EP ゴム)			
		条件 (温度-時間)	100℃換算*1	合計
事故時 雰囲気 暴露試験			26 時間	1,695 時間
			62 時間	
			1,607 時間	
設計基準 事故*2			23 時間	290 時間
			21 時間	
			30 時間	
			10 時間	
			12 時間	
			194 時間	
重大事故 等時*3			1 時間	1,337 時間
			1 時間	
			1 時間	
			11 時間	
			31 時間	
			18 時間	
			46 時間	
			37 時間	
			41 時間	
			44 時間	
			128 時間	
			99 時間	
			73 時間	
			108 時間	
			92 時間	
			78 時間	
			74 時間	
			85 時間	
			88 時間	
			110 時間	
		110 時間		
		61 時間		

\*1: 活性化エネルギー [ ] (メーカーデータ) での換算値  
 \*2: 1次冷却材管の破断による原子炉冷却材喪失事故包絡条件  
 \*3: 格納容器過温破損の包絡条件

説 明	
	<p>外部リード（シリコンゴム）の事故時雰囲気暴露試験条件</p>
<p>外部リード（EP ゴム）の事故時雰囲気暴露試験条件</p>	

タイトル	ピッグテイル型電気ペネトレーションの外部リードの長期健全性試験における試験条件等について
概要	ピッグテイル型電気ペネトレーションの外部リードの長期健全性試験における試験条件等を以下に示す。
説明	<p>ピッグテイル型電気ペネトレーションの外部リード（シリコンゴム）の試験条件については、ACA ガイドを参照した長期健全性試験手順にて評価を実施している。本試験手順においては、JNES-SS-0903 において、各ケーブル供試体の同時劣化特性では、各ケーブルとも概ね 0.01~0.1Gy/h 以下においては、放射線による劣化寄与が無視でき、熱による劣化が支配的になる結果が得られており、当該ケーブルの実施環境における線量率は 0.0181Gy/h であり、熱による劣化が支配的な領域であるため、熱加速劣化のみとしている。「実機環境の線量率が低く、熱による劣化が支配的な領域」であることの根拠を別紙 1. 添付-6)-2 に示す。</p> <p>なお、「通常運転時相当の熱・放射線の加速劣化については、実機環境の線量率が低く、熱による劣化が支配的な領域のため熱加速劣化のみとした」旨の記載を評価書に追記する。</p> <p>ピッグテイル型電気ペネトレーションの外部リード（シリコンゴム）の ACA ガイドに基づく評価における①および②について説明する。</p> <p>①試験供試体とされた 47.0℃布設環境で 21.3 年間使用したケーブルとピッグテイル型電気ペネトレーションの外部リード（シリコンゴム）の同等性について。</p> <p>外部リード（シリコンゴム）と供試ケーブルは、絶縁材料、製造メーカーおよびケーブルサイズが同じであり、同等である。</p> <p>②47.0℃布設環境で 21.3 年間使用したケーブルを評価に用いることについて、使用条件の観点から保守的であることについて。</p> <p>実機ケーブルの布設環境温度を 47℃としているが、その設定方法については、プラント運転中（1 サイクル（並列～解列））の実機ケーブル近傍の温度測定結果（47.0℃）にて設定している（実機ケーブルは計装ケーブルであり、通電電流は微弱であるため、布設環境温度に通電による温度上昇は考慮していない）。また、実機ケーブルの実布設期間である 38.7 年のうち、プラント運転中の期間である 21.3 年（=47℃-21.3 年（=36℃-37 年））のみを考慮して追加の加速劣化試験条件 175℃-109 日（=36℃-64 年）を設定し、通常運転時相当の評価を実施している。実際には、評価上考慮していない停止期間中（17.4 年）も使用実績があることから、保守的な設定となっている。</p>

説明

「実機環境の線量率が低く、熱による劣化が支配的な領域」であることの根拠について、以下に示す。

「原子力プラントのケーブル経年変化技術調査研究に関する最終報告書 (JNES-SS-0903)」の各ケーブル供試体の同時劣化特性では、各ケーブルとも概ね 0.01~0.1Gy/h 以下においては、放射線による劣化寄与が無視でき、熱による劣化が支配的になる結果が得られている (3. 3 項 (P220))。

当該ケーブルの実機環境における線量率は、0.0181Gy/h であるため、熱による劣化が支配的な領域としている。

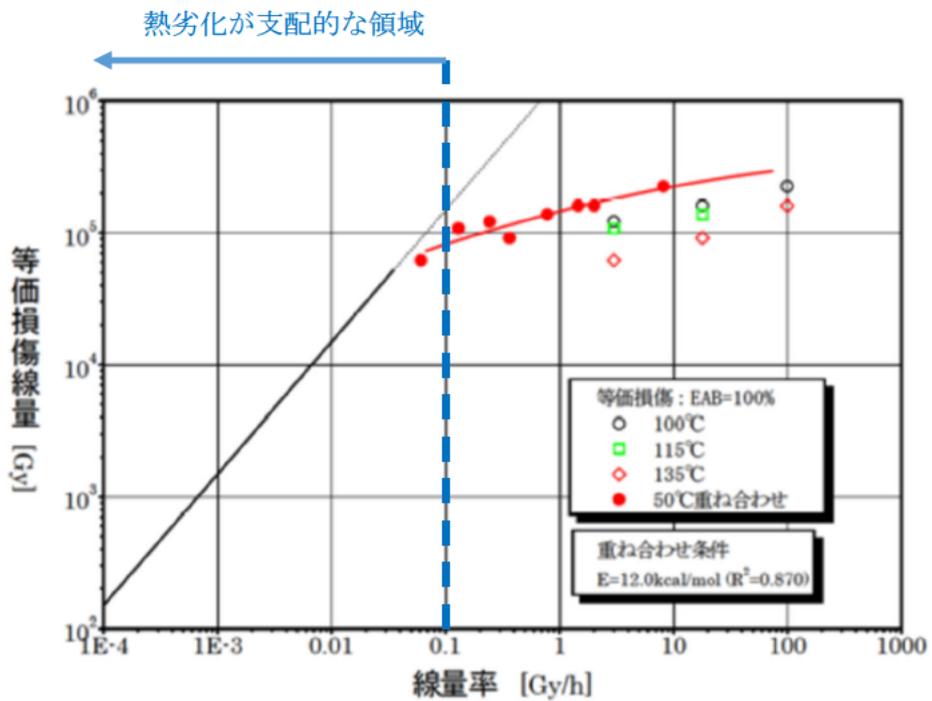
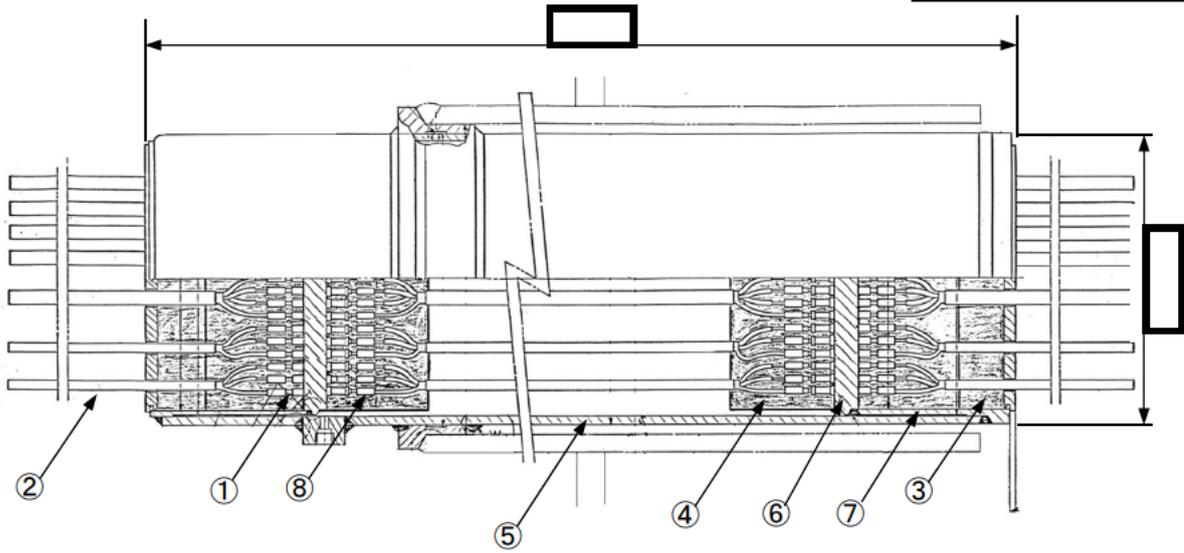


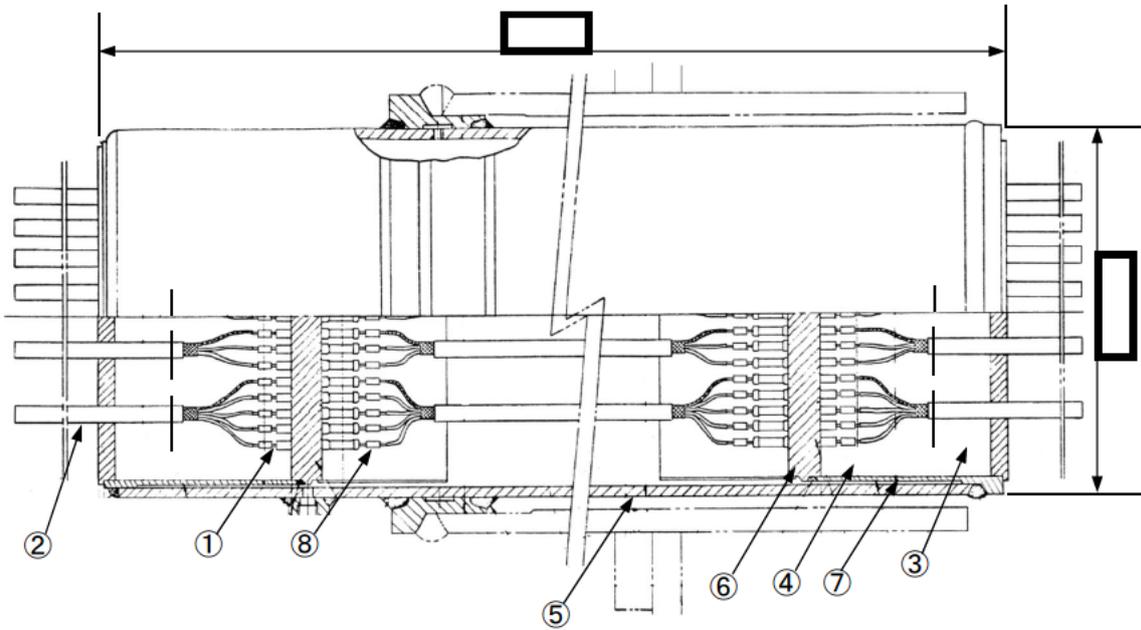
図 3.3-27 C 社シリコンゴム絶縁体  
等価損傷線量データの重ね合わせ  
等価損傷 : EAB=100%、評価温度 : 50°C

「実機環境の線量率が低く、熱による劣化が支配的な領域」のイメージ

タイトル	ピッグテイル型電気ペネトレーションの製造メーカーによる構造等の相違等について
概要	ピッグテイル型電気ペネトレーションの製造メーカーによる構造等の相違、電気ペネトレーション名称と製造メーカーの対応等について以下に示す。
説明	<p>① 2つの製造メーカーのペネトレーション本体の同等性の根拠（構造、材料）について  高浜 4 号炉には、<span style="border: 1px solid black; padding: 0 5px;"> </span>製と<span style="border: 1px solid black; padding: 0 5px;"> </span>製のピッグテイル型電気ペネトレーションが使用されており、環境条件が著しく悪化する環境において電気絶縁性維持の機能要求がある<span style="border: 1px solid black; padding: 0 5px;"> </span>製ピッグテイル型電気ペネトレーションの長期健全性試験を実施している。</p> <p>なお、2つの製造メーカーの電気ペネトレーションに設計上および構造上（寸法含む）の相違は無く、各構成部材であるポッティング材には、シリコン樹脂およびエポキシ樹脂を使用している。</p> <p>別紙 1. 添付-7)-2 2つの製造メーカーの電気ペネトレーションの構造図</p> <p>② 長期健全性試験で用いた供試体の製造メーカー（外部リードも含む）について  電力共同委託「電気ペネトレーションの耐環境性評価に関する研究のうちキャニスタ型の評価研究」2012 年度] で用いた供試体は以下の通り。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 本体：<span style="border: 1px solid black; padding: 0 5px;"> </span>製</li> <li>・ 外部リード：<span style="border: 1px solid black; padding: 0 5px;"> </span>製シリコンゴム絶縁ケーブル</li> </ul> <p>③ ピッグテイル型電気ペネトレーションの実機の製造メーカー、外部リードの種類および評価書表 1-1 の電気ペネトレーション名称との関係について</p> <p>評価書表 1-1 の電気ペネトレーション名称に対応する製造メーカー、外部リードの種類、環境条件が著しく悪化する環境において電気絶縁性維持の機能要求有無の関係について、別紙 1. 添付-7)-3 に示す。</p> <p>なお、PLM30 時に評価対象としていた難燃 EP ゴムの外部リードについては、EQ 対象機器の整理の結果、別紙 1. 添付-7)-3 に示す通り、環境条件が著しく悪化する環境において電気絶縁性維持の機能要求がないことが確認できたため、事故時環境における評価は不要と判断した。</p>



ピッグテイル型電気ペネトレーション構造図 [ ] 製



ピッグテイル型電気ペネトレーション構造図 [ ] 製

No.	部位	No.	部位
①	銅棒	⑤	本体
②	外部リード	⑥	端板
③	ポッティング材 (エポキシ樹脂)	⑦	シュラウド
④	ポッティング材 (シリコーン樹脂)	⑧	スプライス

電気ペネトレーション名称 (台数)	外部リード絶縁体	製造メーカー*1	機能要求有無*2
安全保護系電気ペネトレーション (4)	シリコーンゴム		○
加圧器ヒータ電気ペネトレーション (3)	難燃 EP ゴム		—
格納容器リークレート用電気ペネトレーション (1)	シリコーンゴム		—
計装用電気ペネトレーション (8)	シリコーンゴム		—
			○
小型補機制御用電気ペネトレーション (8)	難燃 EP ゴム		—
	EP ゴム		○
小型補機電源電気ペネトレーション (4)	EP ゴム		○
制御棒駆動装置電気ペネトレーション (4)	EP ゴム		—
炉内計装ケーブル駆動制御用電気ペネトレーション (1)	難燃 EP ゴム		—
炉内温度計測用電気ペネトレーション (1)	シリコーンゴム	—	

\*1：電気ペネトレーション本体、外部リードの製造メーカーを示す。

\*2：環境条件が著しく悪化する環境において電気絶縁性維持の機能要求がある電気ペネトレーション

別紙 2. 弁電動装置の評価について

1. 健全性評価

a. 評価手順

耐環境性能を要求される弁電動装置【別紙 2. 添付-1) 参照】については、絶縁物の温度、放射線、機械的および設計基準事故時雰囲気による劣化を考慮した評価を、実機同等品による長期健全性試験において、判定基準を除き、IEEE Std. 382-1996の規格に準じて実施しており、この結果に基づき長期間の健全性を評価した。

図1. 1に長期健全性試験手順を示す。

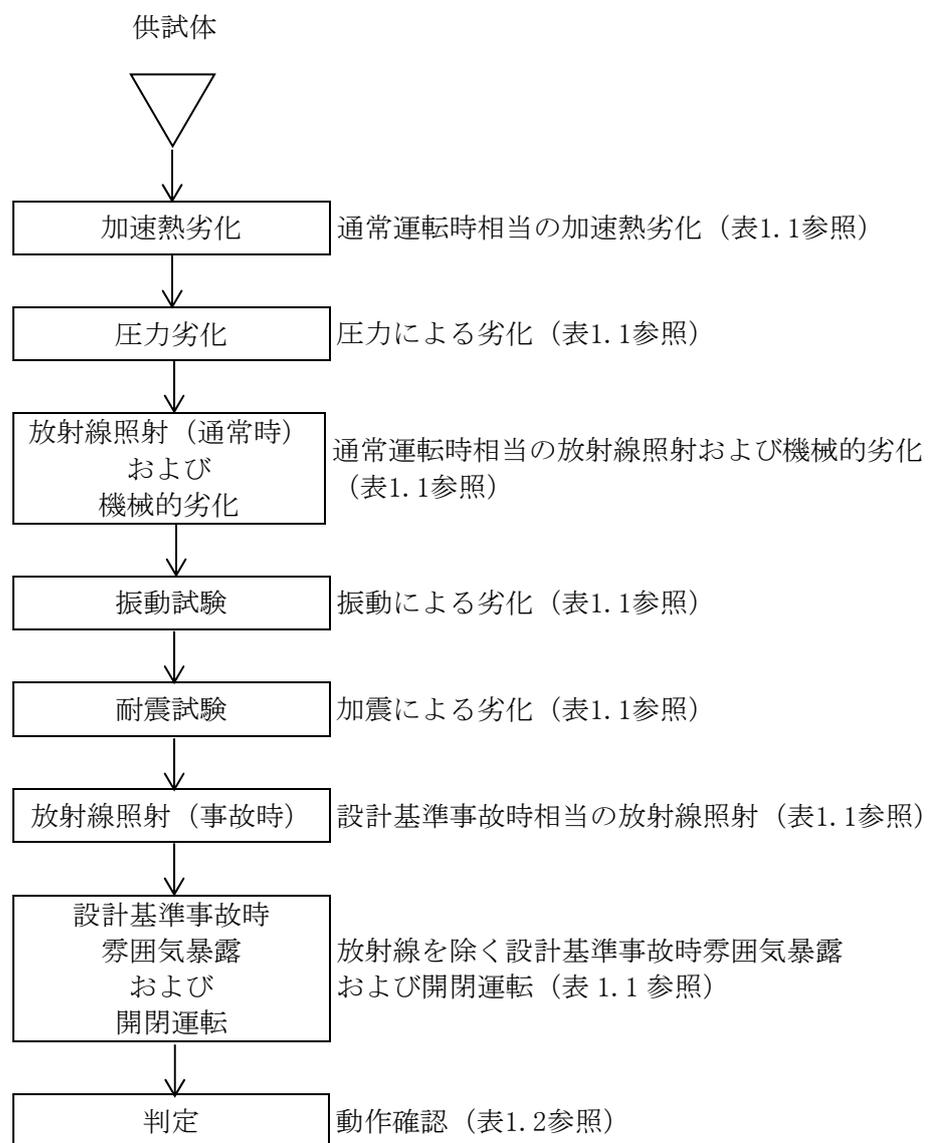


図1. 1 耐環境性能を要求される弁電動装置の長期健全性試験手順

b. 試験条件

表1.1に長期健全性試験条件を示す。試験条件は、高浜4号炉の実機環境に基づいて60年間の運転期間および設計基準事故を想定した劣化条件を包絡している。

表 1.1 耐環境性能を要求される弁電動装置の絶縁低下に関する長期健全性試験条件\*1

	試験条件	妥当性説明
加速熱劣化	130℃×475 時間*3 および 115℃×139 時間*4	高浜4号炉の原子炉格納容器内の環境条件に余裕をみた温度(75℃)【別紙2. 添付-2)参照】で、60年間運転を包絡している。【別紙2. 添付-3)参照】
圧力劣化	0.45MPa×3分×23回	高浜4号炉の60年間運転を包絡している。【別紙2. 添付-4)参照】
放射線照射 (通常時) および 機械的劣化	放射線照射量：500kGy (10kGy/h以下)  機械劣化：3,000回開閉操作	高浜4号炉の60年間の通常時線量約90kGy*2を包絡している。  高浜4号炉の60年間の動作回数(約1,000回)を包絡している。【別紙2. 添付-5)参照】
振動試験	0.75G-5~100~5Hz×135分	IEEE Std. 382-1996に基づく。
耐震試験	加振波形：正弦波 加速度：水平方向 6G 鉛直方向 6G	「日本電気協会 原子力発電所耐震設計技術指針追補版 (JEAG 4601-1991)」に基づく。
放射線照射 (事故時)	放射線照射量：1,500kGy (10kGy/h以下)	高浜4号炉の設計基準事故時線量約675kGyを包絡している。
設計基準事故時 雰囲気暴露 および 開閉運転	温度：最高温度 190℃ 圧力：最高圧力 0.41MPa 時間：360時間 開閉往復運動回数：13回*5	高浜4号炉の設計基準事故時の最高圧力、最高温度を包絡している。【別紙2. 添付-6)参照】 IEEE Std. 382-1996に基づく。

\*1：電磁ブレーキ付き交流モータの電動装置で実施

\*2：原子炉格納容器内の空間線量率 0.1696Gy/h×(24h×365.25日×60年)=90kGy

\*3：モータ単体での加速熱劣化試験条件

\*4：モータ等を組み込んだ弁電動装置一式での加速熱劣化試験条件

\*5：IEEE Std. 382-1996 要求(最高・最低温度条件時各1回、化学薬品噴霧中1回の計3回)を含む実施ポイントを自主的に設定

c. 評価結果

試験結果は、表1.2に示す通り判定基準を満足しており、60年間の通常運転後においても、絶縁機能を維持できると判断する。

表1.2 耐環境性能を要求される弁電動装置の長期健全性試験結果

項目	判定(メーカー基準)
動作確認	良

## 2. 現状保全

固定子コイルおよび口出線・接続部品の絶縁低下に対しては、定期的な絶縁抵抗測定により、管理値以上であることの確認を行っている。【別紙7参照】

## 3. 総合評価

健全性評価結果から判断して、耐環境性能を要求される弁電動装置の固定子コイルおよび口出線・接続部品の絶縁低下により機器の健全性に影響を与える可能性はないと考える。

絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切である。

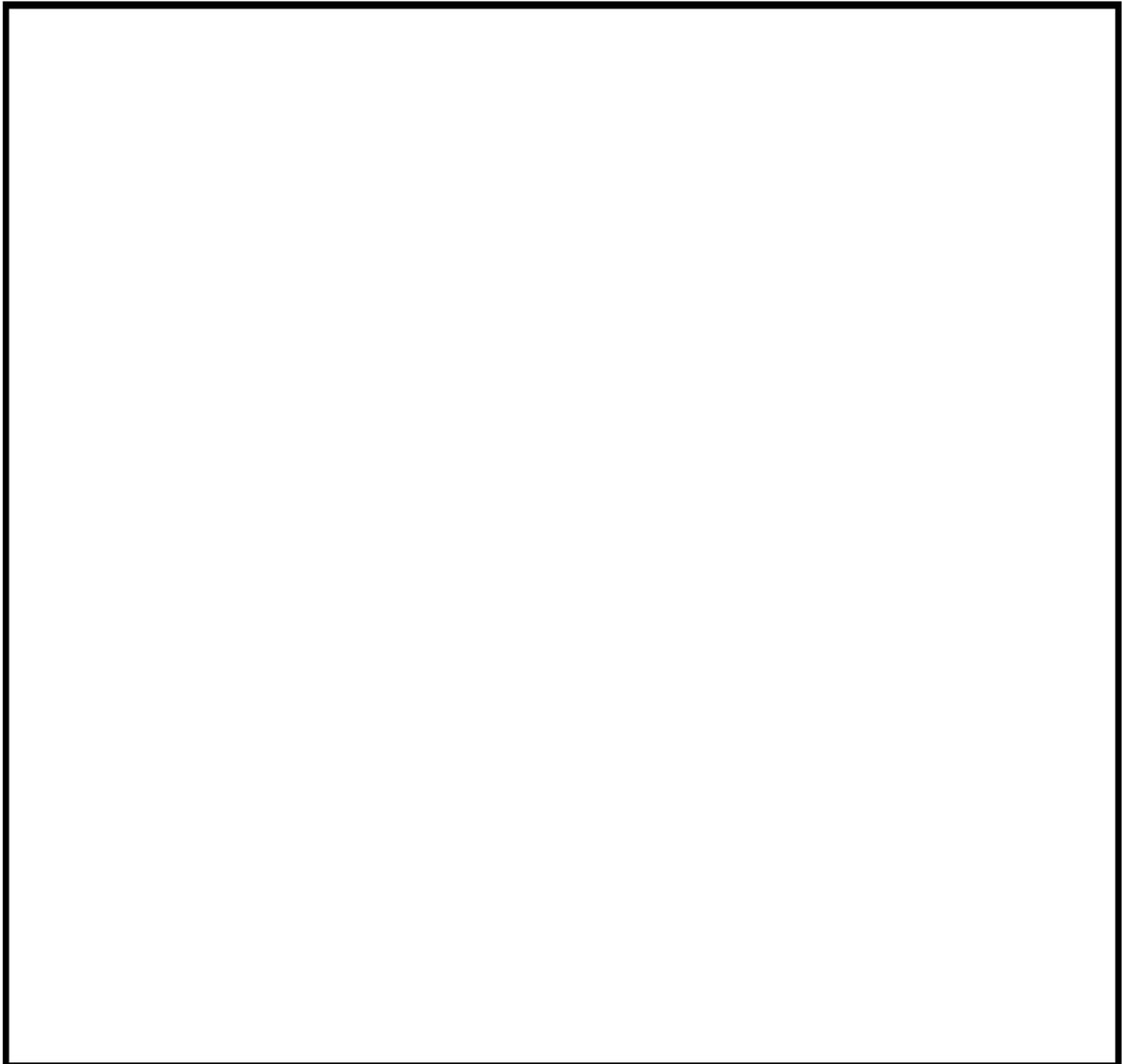
## 4. 高経年化への対応

耐環境性能を要求される弁電動装置の固定子コイルおよび口出線・接続部品の絶縁低下については、現状保全項目に、高経年化対策の観点から追加すべきものはないと判断する。

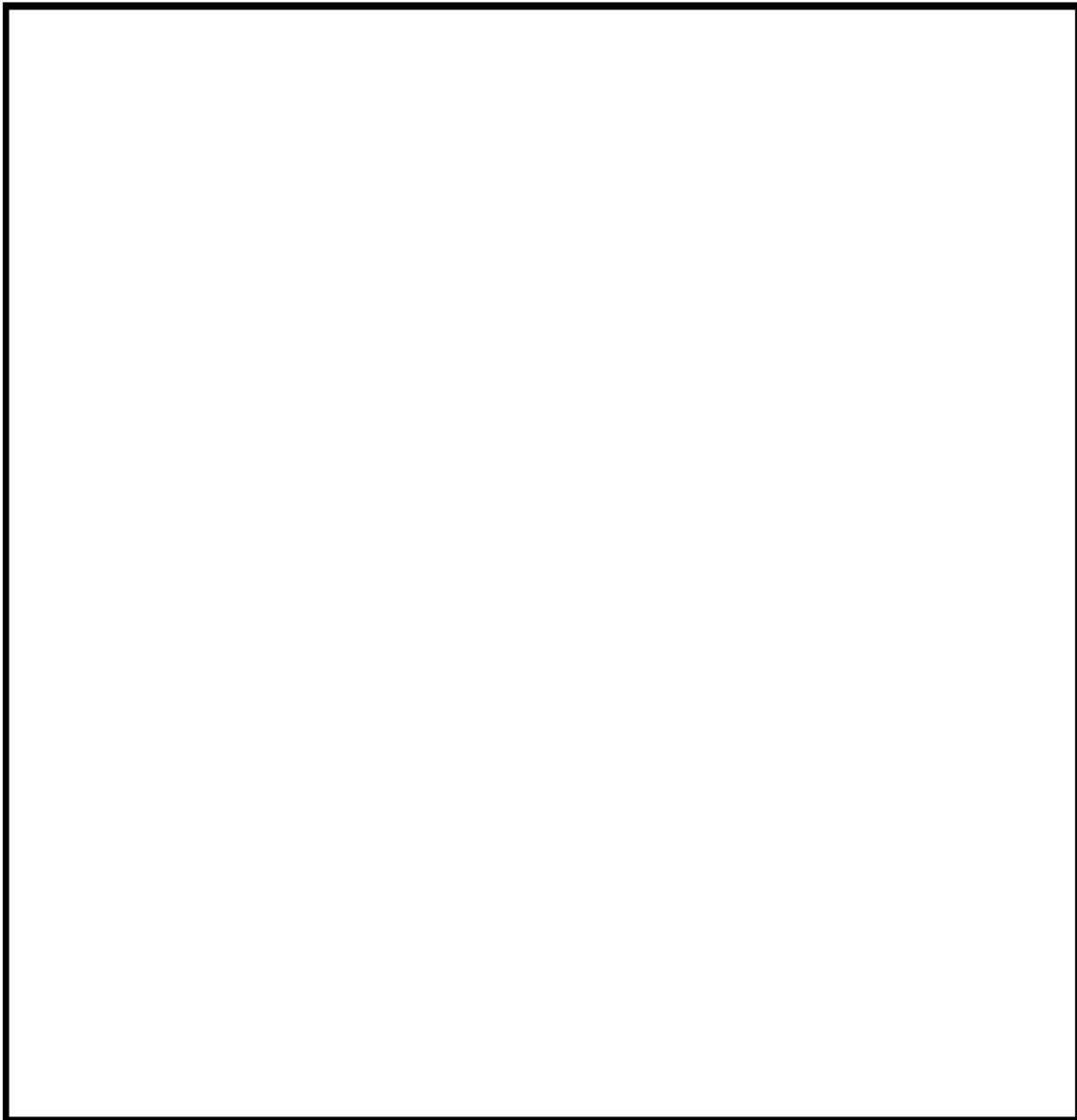
## 5. 添付資料

- 1) 原子炉格納容器内で耐環境性能を要求される弁電動装置および長期健全性試験で用いた供試体の型式について
- 2) 原子炉格納容器内で耐環境性能を要求される弁電動装置の環境条件について
- 3) 原子炉格納容器内で耐環境性能を要求される弁電動装置の長期健全性試験における評価期間について
- 4) 弁電動装置の長期健全性試験における圧力劣化試験条件の妥当性について
- 5) 原子炉格納容器内で耐環境性能を要求される弁電動装置の長期健全性試験における機械的劣化試験条件の妥当性について
- 6) 原子炉格納容器内で耐環境性能を要求される弁電動装置の長期健全性試験条件の事故時条件（設計基準事故）の包絡性について
- 7) MS区画（主蒸気・主給水管室）内で耐環境性能を要求される弁電動装置の長期健全性試験による評価について
- 8) 原子炉格納容器内で耐環境性能（重大事故等時）を要求される弁電動装置について

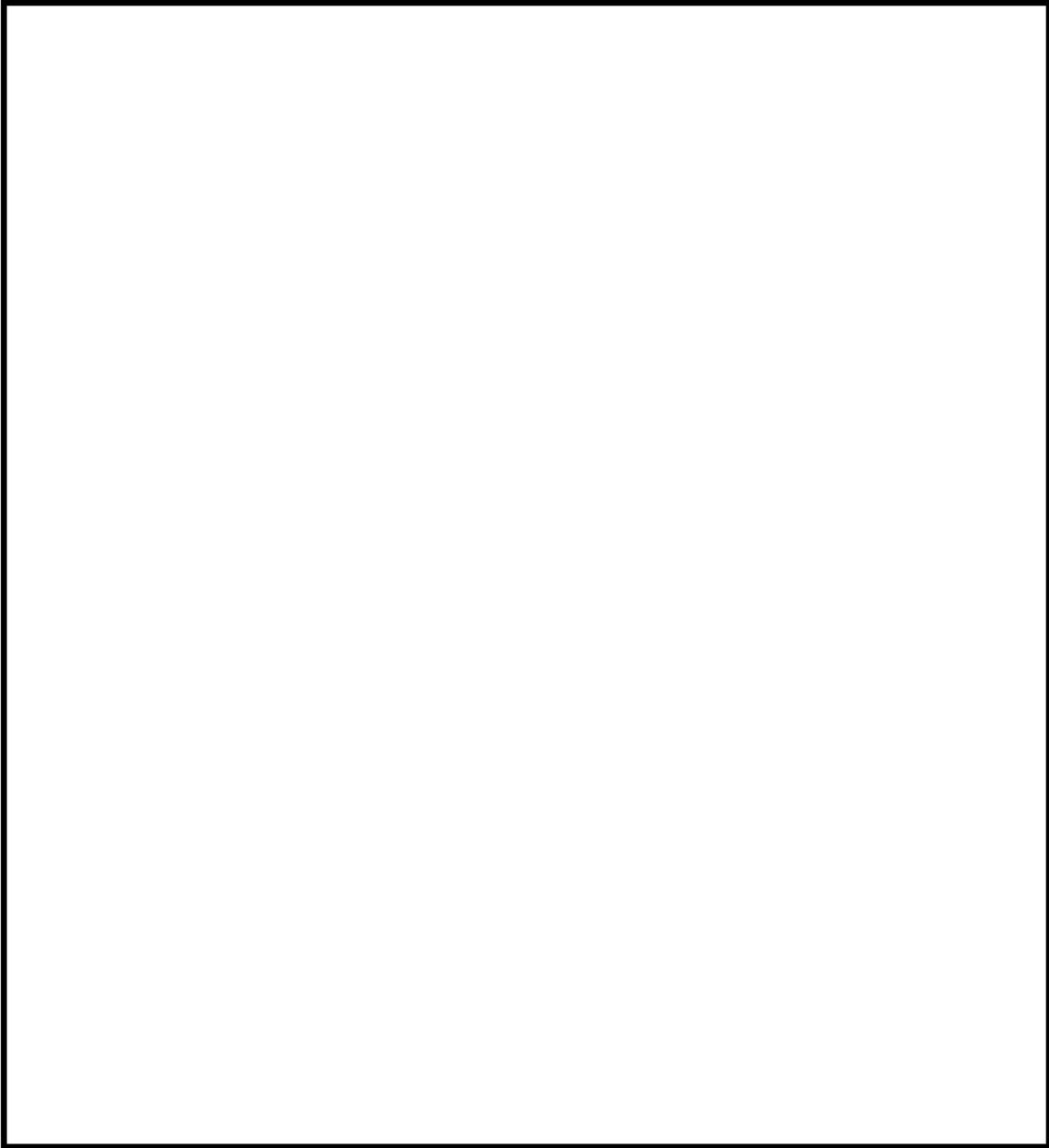
タイトル	原子炉格納容器内で耐環境性能を要求される弁電動装置および長期健全性試験で用いた供試体の型式について																																			
概要	原子炉格納容器内で耐環境性能を要求される弁電動装置および長期健全性試験で用いた供試体の型式について、以下に示す。																																			
説明	<p>原子炉格納容器内で耐環境性能を要求される弁電動装置の弁名称、台数および型式を以下に示す。絶縁物の絶縁種別は全て「H種絶縁」、電源は全て交流である。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>弁名称</th> <th>台数</th> <th>型式</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>余熱除去ポンプCループ入口隔離弁</td> <td>2</td> <td>SMB-3</td> </tr> <tr> <td>余熱除去ポンプBループ入口隔離弁</td> <td>2</td> <td>SMB-3</td> </tr> <tr> <td>加圧器逃がし弁元弁</td> <td>3</td> <td>SMB-1</td> </tr> <tr> <td>格納容器内制御用空気戻り第1隔離弁</td> <td>1</td> <td>SMB-00</td> </tr> <tr> <td>ループ高温側サンプリング第1隔離弁</td> <td>2</td> <td>SMB-00</td> </tr> <tr> <td>格納容器ガスサンプリング第1隔離弁</td> <td>2</td> <td>SMB-000</td> </tr> <tr> <td>1次冷却材ポンプ封水戻り第1隔離弁</td> <td>1</td> <td>SMB-000</td> </tr> <tr> <td>格納容器減圧装置第1隔離弁</td> <td>2</td> <td>SMB-000</td> </tr> <tr> <td>蓄圧タンク出口弁</td> <td>3</td> <td>SB-4D</td> </tr> <tr> <td>1次冷却材ポンプ冷却水出口第1隔離弁</td> <td>1</td> <td>SB-0D</td> </tr> </tbody> </table> <p>長期健全性試験で用いた供試体の弁電動装置の型式・絶縁仕様・電源はSMB-000、H種絶縁、交流であり、一部の実機と大きさや外観は異なるものの、シール部の構造やモータの構造、絶縁物の使用材料は同様であることから、耐環境性の観点で差異はなく、上記耐環境性能を要求される弁電動装置全てについて、代表性があると考えます。</p> <p>なお、原子炉格納容器内で耐環境性能を要求される弁電動装置の設置箇所を別紙 2. 添付-1)-2～5 の配置図に示す。</p>			弁名称	台数	型式	余熱除去ポンプCループ入口隔離弁	2	SMB-3	余熱除去ポンプBループ入口隔離弁	2	SMB-3	加圧器逃がし弁元弁	3	SMB-1	格納容器内制御用空気戻り第1隔離弁	1	SMB-00	ループ高温側サンプリング第1隔離弁	2	SMB-00	格納容器ガスサンプリング第1隔離弁	2	SMB-000	1次冷却材ポンプ封水戻り第1隔離弁	1	SMB-000	格納容器減圧装置第1隔離弁	2	SMB-000	蓄圧タンク出口弁	3	SB-4D	1次冷却材ポンプ冷却水出口第1隔離弁	1	SB-0D
弁名称	台数	型式																																		
余熱除去ポンプCループ入口隔離弁	2	SMB-3																																		
余熱除去ポンプBループ入口隔離弁	2	SMB-3																																		
加圧器逃がし弁元弁	3	SMB-1																																		
格納容器内制御用空気戻り第1隔離弁	1	SMB-00																																		
ループ高温側サンプリング第1隔離弁	2	SMB-00																																		
格納容器ガスサンプリング第1隔離弁	2	SMB-000																																		
1次冷却材ポンプ封水戻り第1隔離弁	1	SMB-000																																		
格納容器減圧装置第1隔離弁	2	SMB-000																																		
蓄圧タンク出口弁	3	SB-4D																																		
1次冷却材ポンプ冷却水出口第1隔離弁	1	SB-0D																																		



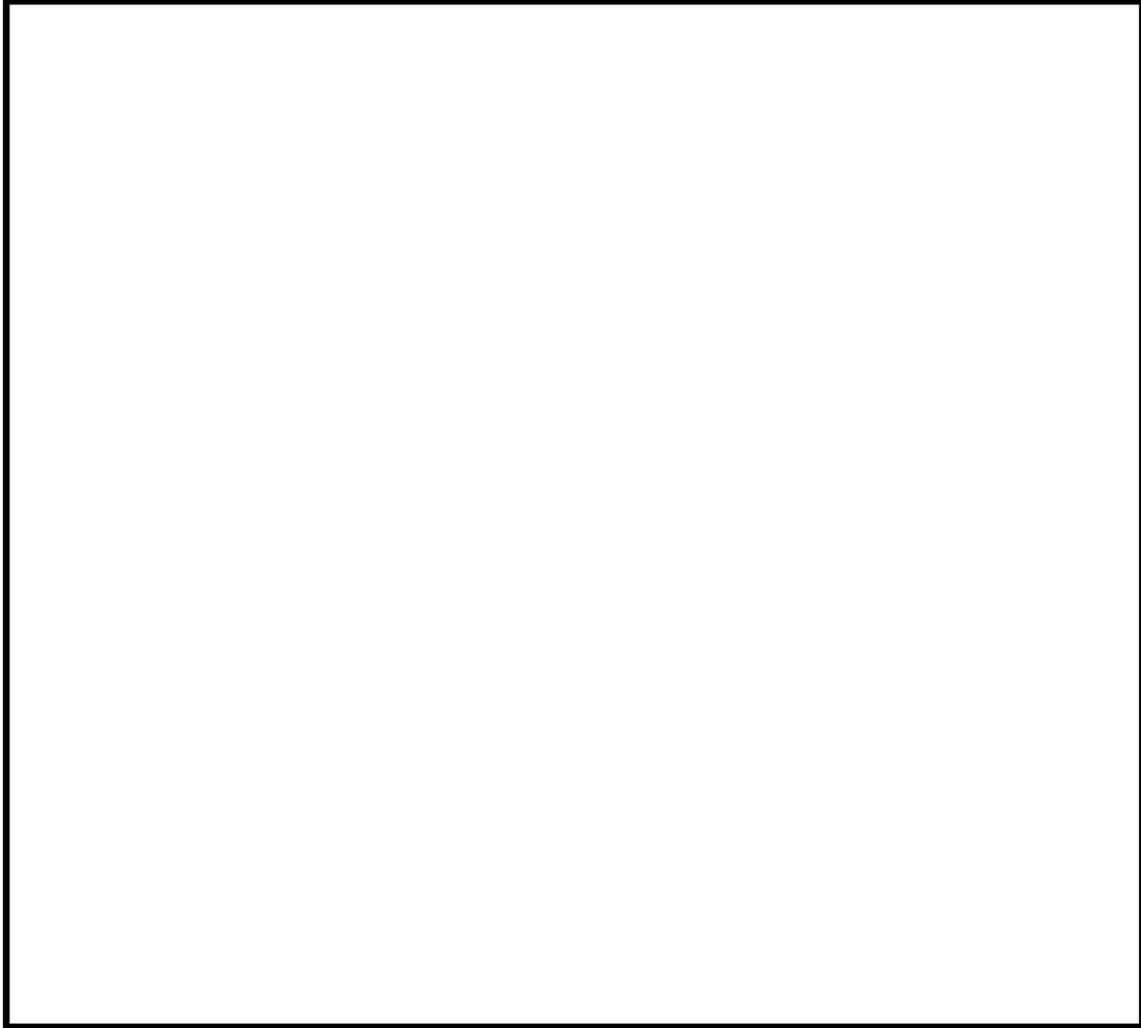
No.	弁番号	弁名称
①	4V-RH-003A	A-余熱除去ポンプCループ側入口第2隔離弁
②	4V-RH-003B	B-余熱除去ポンプBループ側入口第2隔離弁



No.	弁番号	弁名称
①	4V-IA-527	格納容器内制御用空気戻り第1隔離弁
②	4V-CS-308	1次冷却材ポンプ封水戻り第1隔離弁
③	4V-PCV-430	B-余熱除去ポンプBループ側入口第1隔離弁
④	4V-SS-533B	B-ループ高温側サンプリング第1隔離弁
⑤	4V-SS-533A	A-ループ高温側サンプリング第1隔離弁
⑥	4V-PCV-420	A-余熱除去ポンプCループ側入口第1隔離弁



No.	弁番号	弁名称
①	4V-SI-132A	A-蓄圧タンク出口弁
②	4V-SI-132B	B-蓄圧タンク出口弁
③	4V-SI-132C	C-蓄圧タンク出口弁
④	4V-CC-544	1次系冷却材ポンプ冷却水出口第1隔離弁



No.	弁番号	弁名称
①	4V-RC-054A	A-加圧器逃がし弁元弁
②	4V-RC-054C	C-加圧器逃がし弁元弁
③	4V-DP-001A	A-格納容器減圧装置第1隔離弁
④	4V-DP-001B	B-格納容器減圧装置第1隔離弁
⑤	4V-RC-054B	B-加圧器逃がし弁元弁
⑥	4V-SS-675B	B-格納容器ガスサンプリング第1隔離弁
⑦	4V-SS-675A	A-格納容器ガスサンプリング第1隔離弁

タイトル	原子炉格納容器内で耐環境性能を要求される弁電動装置の環境条件について																																													
概要	原子炉格納容器内で耐環境性能を要求される弁電動装置の評価期間を算定するために用いた環境条件の根拠について、以下に示す。																																													
説明	<p>高浜4号炉の原子炉格納容器内で耐環境性能を要求される弁電動装置は、添付-1)で示した以下のエリアに設置されており、それぞれのエリアの環境条件で評価を実施し、評価結果に応じた保全を実施している。</p> <p>弁電動装置の技術評価書において、代表機器（余熱除去ポンプC（B）ループ側入口第1隔離弁電動装置：2台）の通常運転時の使用条件として、2台の設置エリア（B-2、B-4）の最大の環境条件である36℃-0.1696Gy/hを記載している。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>設置場所</th> <th>エリア</th> <th>温度[℃]</th> <th>線量率[Gy/h]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">ループ室</td> <td>B-2</td> <td>36</td> <td>0.1696</td> </tr> <tr> <td>B-4</td> <td>35</td> <td>0.1281</td> </tr> <tr> <td rowspan="8">通路部</td> <td>A-14</td> <td>30</td> <td>0.0011</td> </tr> <tr> <td>A-15</td> <td>31</td> <td>0.0001</td> </tr> <tr> <td>B-11</td> <td>37</td> <td>0.0011</td> </tr> <tr> <td>D-8</td> <td>40</td> <td>0.0010</td> </tr> <tr> <td>D-12</td> <td>41</td> <td>0.0011</td> </tr> <tr> <td>D-14、16</td> <td>41</td> <td>0.0005</td> </tr> <tr> <td>E-10</td> <td>43</td> <td>0.0011</td> </tr> <tr> <td>E-11</td> <td>42</td> <td>0.0011</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">加圧器室上部</td> <td>E-12</td> <td>41</td> <td>0.0002</td> </tr> <tr> <td>E-13</td> <td>44</td> <td>0.0013</td> </tr> </tbody> </table>			設置場所	エリア	温度[℃]	線量率[Gy/h]	ループ室	B-2	36	0.1696	B-4	35	0.1281	通路部	A-14	30	0.0011	A-15	31	0.0001	B-11	37	0.0011	D-8	40	0.0010	D-12	41	0.0011	D-14、16	41	0.0005	E-10	43	0.0011	E-11	42	0.0011	加圧器室上部	E-12	41	0.0002	E-13	44	0.0013
設置場所	エリア	温度[℃]	線量率[Gy/h]																																											
ループ室	B-2	36	0.1696																																											
	B-4	35	0.1281																																											
通路部	A-14	30	0.0011																																											
	A-15	31	0.0001																																											
	B-11	37	0.0011																																											
	D-8	40	0.0010																																											
	D-12	41	0.0011																																											
	D-14、16	41	0.0005																																											
	E-10	43	0.0011																																											
	E-11	42	0.0011																																											
加圧器室上部	E-12	41	0.0002																																											
	E-13	44	0.0013																																											

タイトル	原子炉格納容器内で耐環境性能を要求される弁電動装置の長期健全性試験における評価期間について																																
概要	試験条件と実機の使用条件に基づく劣化条件との比較に用いた実環境温度および活性化エネルギー等を以下に示す。																																
説明	<p>原子炉格納容器内で耐環境性能を要求される弁電動装置の60年間の通常運転時の使用条件に基づく劣化条件は、固定子コイル（ポリイミド/ポリアミドイミドおよびエポキシ樹脂）、口出線・接続部品（シリコーンゴム）の絶縁材の活性化エネルギーを用いて、アレニウス則により算出している。</p> <p>長期健全性試験の条件を、実環境温度（36℃）に余裕をみた75℃に換算した結果を運転時間（60年）と比較した結果を以下に示す。</p> <table border="1" data-bbox="416 763 1366 1187"> <thead> <tr> <th>絶縁材</th> <th>試験条件 (T2-L2)</th> <th>T1[℃]</th> <th>L1[年]</th> <th>合計[年]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">ポリイミド/ ポリアミドイミド</td> <td>130℃-475時間*1</td> <td>75</td> <td>77.3</td> <td rowspan="2">81.1</td> </tr> <tr> <td>115℃-139時間*2</td> <td>75</td> <td>3.8</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">エポキシ樹脂</td> <td>130℃-475時間*1</td> <td>75</td> <td>57.5</td> <td rowspan="2">60.5</td> </tr> <tr> <td>115℃-139時間*2</td> <td>75</td> <td>3.0</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">シリコーンゴム</td> <td>130℃-475時間*1</td> <td>75</td> <td>2978</td> <td rowspan="2">100年以上</td> </tr> <tr> <td>115℃-139時間*2</td> <td>75</td> <td>60.3</td> </tr> </tbody> </table> <p>*1：駆動装置一式で加熱する前に予め当該部位に加えた熱劣化条件 *2：駆動装置一式に加えた熱劣化条件</p> <p>活性化エネルギー [ ] (ポリイミド/ポリアミドイミド)、 [ ] (エポキシ樹脂)、 [ ] (シリコーンゴム) [kcal/mol] (いずれもメーカーデータ)での換算値。(L1:実環境年数、L2:加速時間、T1:実環境温度、T2:加速温度)なお、ポリアミドイミドの活性化エネルギーは [ ] [kcal/mol] (メーカーデータ)であり、より保守的なポリイミドの活性化エネルギーで評価する。</p> <p>固定子コイルおよび口出線・接続部品の絶縁材について、試験条件を実環境温度（75℃）で換算した実環境年数は、運転期間60年を包絡する。</p>				絶縁材	試験条件 (T2-L2)	T1[℃]	L1[年]	合計[年]	ポリイミド/ ポリアミドイミド	130℃-475時間*1	75	77.3	81.1	115℃-139時間*2	75	3.8	エポキシ樹脂	130℃-475時間*1	75	57.5	60.5	115℃-139時間*2	75	3.0	シリコーンゴム	130℃-475時間*1	75	2978	100年以上	115℃-139時間*2	75	60.3
絶縁材	試験条件 (T2-L2)	T1[℃]	L1[年]	合計[年]																													
ポリイミド/ ポリアミドイミド	130℃-475時間*1	75	77.3	81.1																													
	115℃-139時間*2	75	3.8																														
エポキシ樹脂	130℃-475時間*1	75	57.5	60.5																													
	115℃-139時間*2	75	3.0																														
シリコーンゴム	130℃-475時間*1	75	2978	100年以上																													
	115℃-139時間*2	75	60.3																														

タイトル	弁電動装置の長期健全性試験における圧力劣化試験条件の妥当性について
概要	実機使用条件との比較により、圧力劣化試験条件の妥当性について以下に説明する。
説明	<p>・圧力劣化試験条件：①0.45MPa×②3分×③23回</p> <p>①0.45MPa：国内PWRプラントの包絡条件 高浜4号炉の設計基準事故時の原子炉格納容器圧力の最高値は、約0.25MPa(設計基準事故の安全解析結果)であり、上記の圧力条件に包絡されている。</p> <p>②3分：IEEE Std. 382-1996より設定</p> <p>③23回：下記参照 IEEE Std. 382-1996 Part III 3.3に記載の15回(40年相当)を60年に換算した回数として23回と設定している。 高浜4号炉の事故時雰囲気機能要求のある電動弁駆動装置が外部加圧に暴露される格納容器全体漏洩試験は、使用前検査にて1回、以降原則3定検に1回の頻度で実施していることから、第19回定期検査時まで合計12回の実績がある。 また、今後、運転開始後60年となる2045年まで同じ頻度で漏洩試験を実施した場合、2015年～2045年=(30年間=26サイクル<sup>※1</sup>)の間に9回実施されることとなり、上記実績と合わせて計21回で、試験条件(23回)に包絡される。</p> <p>※1：プラント稼働率を90%と仮定</p>

タイトル	原子炉格納容器内で耐環境性能を要求される弁電動装置の長期健全性試験における機械的劣化試験条件の妥当性について
概要	実機使用条件との比較により、機械的劣化試験条件の妥当性について以下に説明する。
説明	<p>・機械劣化試験条件：3,000 回開閉操作</p> <p>余熱除去ポンプCループ側入口第1 隔離弁電動装置の第17 回定期検査解列日（2007.4）から第20 回定期検査解列日前日（2011.7）までの3 保全サイクル<sup>※1</sup>における開閉回数の平均値は約15.0 回／保全サイクルであり、これまでと同じ頻度で定期検査を実施すると仮定すると、下記の計算により、60 年間の開閉回数は約700 回となる。</p> <p>よって、保守的に想定動作回数を約1,000 回と設定していることは妥当である。</p> $15.0 \text{ (回／保全サイクル)} \times \{ (19 \text{ (保全サイクル)} / 25 \text{ (年)}^{※2}) \times 60 \text{ (年)} \}$ $= \text{約 } 700 \text{ (回)}$ <p>※1：定期検査解列日から次回定期検査解列日前日までの期間  ※2：第1 回定期検査解列日から第20 回定期検査解列日前日までの高浜4 号炉の運転年数</p>

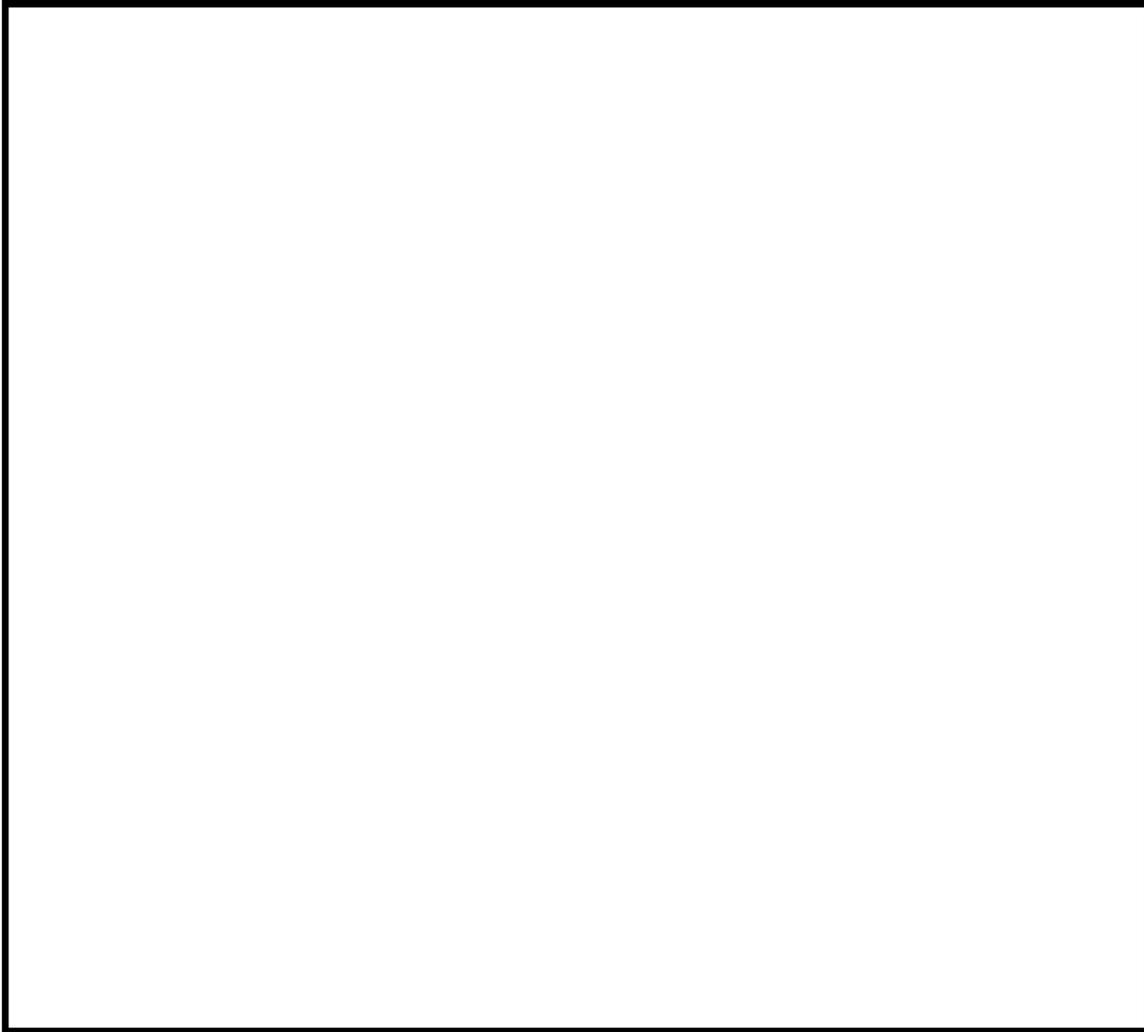
タイトル	原子炉格納容器内で耐環境性能を要求される弁電動装置の長期健全性試験条件の事故時条件（設計基準事故）の包絡性について																																														
概要	試験条件の事故時条件が、実機に想定される設計基準事故時条件を包絡していることを以下に示す。																																														
説明	<p>別紙2. 添付-6)-3に弁電動装置の事故時雰囲気暴露の試験条件を添付する。</p> <p>以下に示すように、事故時雰囲気暴露の試験条件は、実機の設計基準事故時条件を包絡している。</p> <p>なお、設計基準事故（1次冷却材管の破断による原子炉冷却材喪失）の安全解析結果は添付-3)-2を参照のこと。</p> <p>(1) 固定子コイル（ポリイミド）</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>条件（温度－時間）</th> <th>65℃換算*1</th> <th>合計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">事故時 雰囲気 暴露 試験</td> <td rowspan="3"></td> <td>221,527 時間</td> <td rowspan="3">1,488,582 時間 (100年以上)</td> </tr> <tr> <td>175,489 時間</td> </tr> <tr> <td>1,091,566 時間</td> </tr> <tr> <td rowspan="5">設計 基準 事故*2</td> <td rowspan="5"></td> <td>25,934 時間</td> <td rowspan="5">30,218 時間 (約3.5年)</td> </tr> <tr> <td>3,591 時間</td> </tr> <tr> <td>511 時間</td> </tr> <tr> <td>21 時間</td> </tr> <tr> <td>14 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>147 時間</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>*1：活性化エネルギー [kcal/mol]（メーカーデータ）での換算値 *2：1次冷却材管の破断による原子炉冷却材喪失事故包絡条件</p> <p>(2) 固定子コイル（エポキシ樹脂）</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>条件（温度－時間）</th> <th>65℃換算*1</th> <th>合計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">事故時 雰囲気 暴露 試験</td> <td rowspan="3"></td> <td>121,214 時間</td> <td rowspan="3">1,020,260 時間 (100年以上)</td> </tr> <tr> <td>112,031 時間</td> </tr> <tr> <td>787,015 時間</td> </tr> <tr> <td rowspan="5">設計 基準 事故*2</td> <td rowspan="5"></td> <td>17,923 時間</td> <td rowspan="5">21,532 時間 (約2.5年)</td> </tr> <tr> <td>2,912 時間</td> </tr> <tr> <td>485 時間</td> </tr> <tr> <td>23 時間</td> </tr> <tr> <td>16 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>173 時間</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>*1：活性化エネルギー [kcal/mol]（メーカーデータ）での換算値 *2：1次冷却材管の破断による原子炉冷却材喪失事故包絡条件</p>				条件（温度－時間）	65℃換算*1	合計	事故時 雰囲気 暴露 試験		221,527 時間	1,488,582 時間 (100年以上)	175,489 時間	1,091,566 時間	設計 基準 事故*2		25,934 時間	30,218 時間 (約3.5年)	3,591 時間	511 時間	21 時間	14 時間			147 時間			条件（温度－時間）	65℃換算*1	合計	事故時 雰囲気 暴露 試験		121,214 時間	1,020,260 時間 (100年以上)	112,031 時間	787,015 時間	設計 基準 事故*2		17,923 時間	21,532 時間 (約2.5年)	2,912 時間	485 時間	23 時間	16 時間			173 時間	
		条件（温度－時間）	65℃換算*1	合計																																											
	事故時 雰囲気 暴露 試験		221,527 時間	1,488,582 時間 (100年以上)																																											
			175,489 時間																																												
			1,091,566 時間																																												
	設計 基準 事故*2		25,934 時間	30,218 時間 (約3.5年)																																											
			3,591 時間																																												
			511 時間																																												
			21 時間																																												
			14 時間																																												
		147 時間																																													
	条件（温度－時間）	65℃換算*1	合計																																												
事故時 雰囲気 暴露 試験		121,214 時間	1,020,260 時間 (100年以上)																																												
		112,031 時間																																													
		787,015 時間																																													
設計 基準 事故*2		17,923 時間	21,532 時間 (約2.5年)																																												
		2,912 時間																																													
		485 時間																																													
		23 時間																																													
		16 時間																																													
		173 時間																																													

説明	(3) 口出線・接続部品 (シリコンゴム)		
	条件 (温度-時間)	65℃換算*1	合計
事故時 雰囲気 暴露 試験		375,999,983 時間	482,170,152 時間 (100年以上)
		44,480,535 時間	
		61,689,634 時間	
設計 基準 事故*2		2,471,367 時間	2,519,973 時間 (100年以上)
		47,610 時間	
		966 時間	
	7 時間		
	3 時間		
		20 時間	

\*1: 活性化エネルギー [kcal/mol] (メーカーデータ) での換算値  
 \*2: 1次冷却材管の破断による原子炉冷却材喪失事故包絡条件

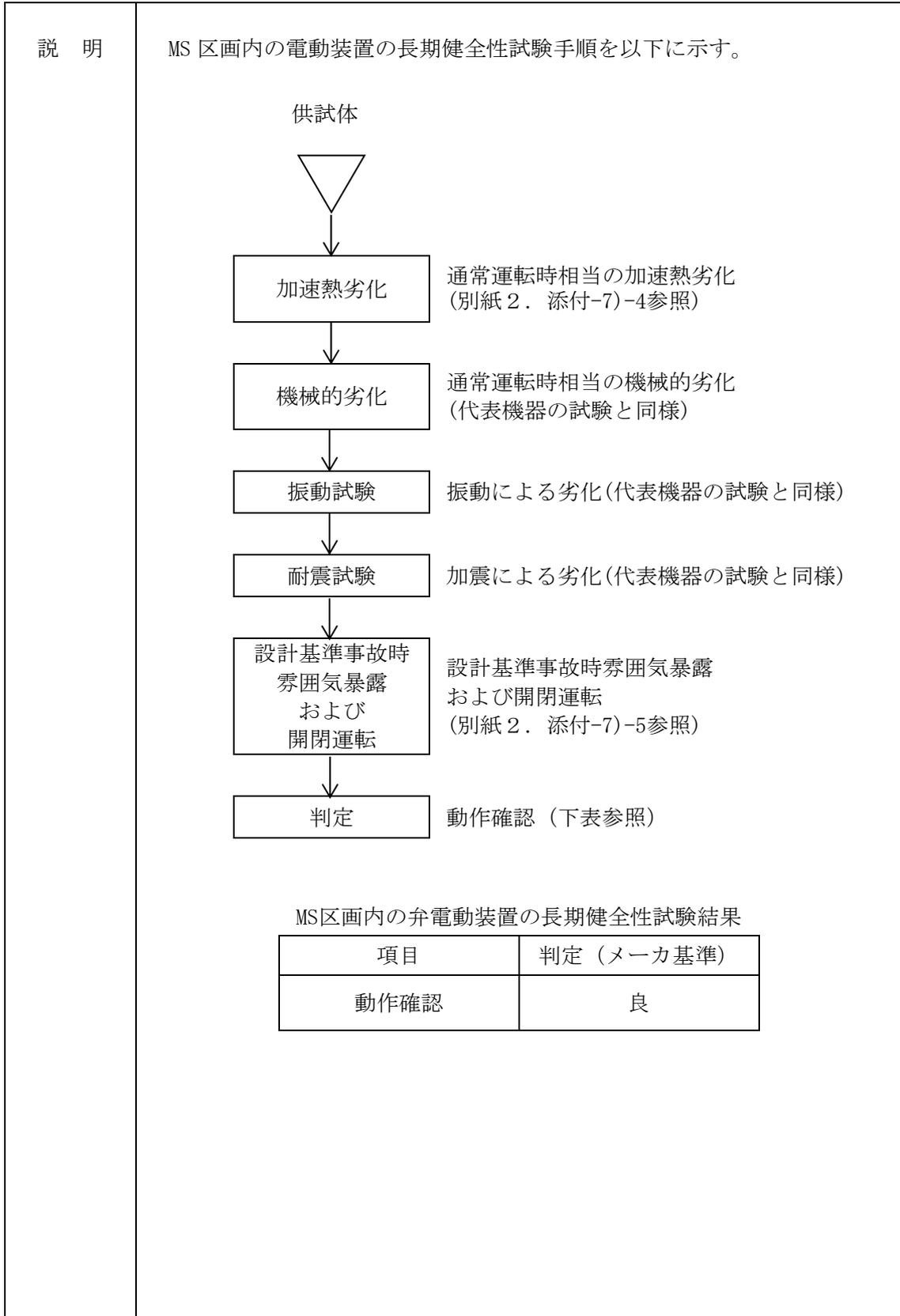
<p>説 明</p>	
	<p>弁電動装置 事故時雰囲気暴露試験条件</p>

タイトル	MS 区画（主蒸気・主給水管室）内で耐環境性能を要求される弁電動装置の長期健全性試験による評価について																								
概要	MS 区画内で耐環境性能を要求される弁電動装置と、その評価に用いた長期健全性試験の内容および実機使用条件の包絡性について、以下に示す。																								
説明	<p>MS 区画内で耐環境性能を要求される弁電動装置の弁名称、台数、型式および電源を以下に示す。絶縁物の絶縁種別は全て「H種絶縁」である。</p> <p>MS 区画（主蒸気・主給水管室）内で耐環境性能を要求される弁電動装置の設置箇所を別紙 2. 添付-7)-2 の配置図に示す。</p> <table border="1" data-bbox="421 692 1362 965"> <thead> <tr> <th>弁名称</th> <th>台数</th> <th>型式</th> <th>電源</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>タービン動補助給水ポンプ主蒸気管側蒸気元弁</td> <td>2</td> <td>SB-2D</td> <td>直流</td> </tr> <tr> <td>補助給水隔離弁</td> <td>3</td> <td>SMB-00</td> <td>交流</td> </tr> <tr> <td>主蒸気逃がし弁元弁</td> <td>3</td> <td>SMB-0</td> <td>交流</td> </tr> <tr> <td>主蒸気ドレントラップ止め弁</td> <td>3</td> <td>SMB-00</td> <td>交流</td> </tr> <tr> <td>主給水隔離弁</td> <td>3</td> <td>SB-4D</td> <td>交流</td> </tr> </tbody> </table> <p>事故時雰囲気内で機能要求がある弁電動装置については、判定基準を除き、IEEE Std. 382-1996 の規格に準じて長期健全性試験を実施しており、その内容について別紙 2. 添付-7)-3～6 に示す。</p> <p>なお、長期健全性試験で用いた供試体の弁電動装置の型式・絶縁仕様・電源は SMB-000、H種絶縁、直流であり、実機と絶縁種や材料が同一で、構造的には交流モータより複雑な直流モータであることから、耐環境性の観点で差異はなく、上記の交流モータを使用している弁電動装置についても、代表性があると考えられる。</p> <p>弁電動装置の駆動モータの部位であるベアリング、オイルシールは定期取替対象としている。駆動モータは交流モータと直流モータがあり、交流モータは同部位の定期取替を実施しているが、直流モータは現地での分解、部品交換作業が品質管理上困難なことから、モータ一式を取替対象として定期取替を実施している。</p> <p>直流モータ（当該の弁電動装置駆動モータ）の定期取替周期は <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">        </span> 定検であるが、一方で、絶縁低下に係る長期健全性試験では、実機環境条件で 60 年以上の期間においてその後の設計基準事故時雰囲気暴露を考慮しても健全性を維持できることを確認していることから、定期取替周期内で、絶縁低下により直流モータの健全性に影響を与える可能性はないと考える。</p>	弁名称	台数	型式	電源	タービン動補助給水ポンプ主蒸気管側蒸気元弁	2	SB-2D	直流	補助給水隔離弁	3	SMB-00	交流	主蒸気逃がし弁元弁	3	SMB-0	交流	主蒸気ドレントラップ止め弁	3	SMB-00	交流	主給水隔離弁	3	SB-4D	交流
弁名称	台数	型式	電源																						
タービン動補助給水ポンプ主蒸気管側蒸気元弁	2	SB-2D	直流																						
補助給水隔離弁	3	SMB-00	交流																						
主蒸気逃がし弁元弁	3	SMB-0	交流																						
主蒸気ドレントラップ止め弁	3	SMB-00	交流																						
主給水隔離弁	3	SB-4D	交流																						



原子炉周辺建屋 E/L24.5M

No.	弁番号	名称
①	4MS-575A	タービン動補助給水ポンプA主蒸気管側蒸気元弁
②	4MS-575B	タービン動補助給水ポンプB主蒸気管側蒸気元弁
③	4FW-574A	A補助給水隔離弁
④	4FW-574B	B補助給水隔離弁
⑤	4FW-574C	C補助給水隔離弁
⑥	4MS-523A	A主蒸気逃がし弁元弁
⑦	4MS-523B	B主蒸気逃がし弁元弁
⑧	4MS-523C	C主蒸気逃がし弁元弁
⑨	4MS-585A	A主蒸気ドレントラップ止め弁
⑩	4MS-585B	B主蒸気ドレントラップ止め弁
⑪	4MS-585C	C主蒸気ドレントラップ止め弁
⑫	4FW-520A	A主給水隔離弁
⑬	4FW-520B	B主給水隔離弁
⑭	4FW-520C	C主給水隔離弁



説 明	<p>MS 区画内で耐環境性能を要求される弁電動装置の 60 年間の通常運転時の使用条件に基づく劣化条件は、固定子コイル（ポリアミドイミド）、口出線・接続部品（シリコーンゴム）の絶縁材の活性化エネルギーを用いて、アレニウス則により算出している。</p> <p>長期健全性試験の条件を、MS 区画の環境条件（28℃）に余裕をみた 60℃ に換算した結果を運転時間（60 年）と比較した結果を以下に示す。</p>																								
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 20%;">絶縁材</th> <th style="width: 20%;">試験条件 (T2-L2)</th> <th style="width: 10%;">T1[℃]</th> <th style="width: 10%;">L1[年]</th> <th style="width: 40%;">合計[年]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2" style="text-align: center;">ポリアミドイミド</td> <td style="text-align: center;">110℃-100 時間*1</td> <td style="text-align: center;">60</td> <td style="text-align: center;">64</td> <td rowspan="2" style="text-align: center;">100 年以上</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">110℃-575 時間*2</td> <td style="text-align: center;">60</td> <td style="text-align: center;">371</td> </tr> <tr> <td rowspan="2" style="text-align: center;">シリコーンゴム</td> <td style="text-align: center;">110℃-100 時間*1</td> <td style="text-align: center;">60</td> <td style="text-align: center;">624</td> <td rowspan="2" style="text-align: center;">100 年以上</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">110℃-575 時間*2</td> <td style="text-align: center;">60</td> <td style="text-align: center;">3592</td> </tr> </tbody> </table>					絶縁材	試験条件 (T2-L2)	T1[℃]	L1[年]	合計[年]	ポリアミドイミド	110℃-100 時間*1	60	64	100 年以上	110℃-575 時間*2	60	371	シリコーンゴム	110℃-100 時間*1	60	624	100 年以上	110℃-575 時間*2	60
絶縁材	試験条件 (T2-L2)	T1[℃]	L1[年]	合計[年]																					
ポリアミドイミド	110℃-100 時間*1	60	64	100 年以上																					
	110℃-575 時間*2	60	371																						
シリコーンゴム	110℃-100 時間*1	60	624	100 年以上																					
	110℃-575 時間*2	60	3592																						
<p>*1：駆動装置一式で加熱する前に予め当該部位に加えた熱劣化条件                  *2：駆動装置一式に加えた熱劣化条件                  活性化エネルギー <span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 40px; height: 15px; vertical-align: middle;"></span> (ポリアミドイミド)、<span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 40px; height: 15px; vertical-align: middle;"></span> (シリコーンゴム) [kcal/mol] (いずれもメーカーデータ) での換算値。(L1:実環境年数、L2:加速時間、T1:実環境温度、T2:加速温度)</p> <p>固定子コイルおよび口出線・接続部品の絶縁材について、試験条件を実環境温度（60℃）で換算した実環境年数は、運転期間 60 年を包絡する。</p>																									

## 説 明

別紙 2. 添付-7)-6 に弁電動装置の事故時雰囲気暴露の試験条件を添付する。

設計基準事故（主蒸気管破断）条件は添付-3)-4 を参照のこと。

以下に示すように、事故時雰囲気暴露の試験条件は、実機の設計基準事故時条件を包絡している。

## (1) 固定子コイル（ポリアミドイミド）

	条件（温度－時間）	65℃換算*1	合計
事故時 雰囲気 暴露 試験		36,011,542 時間	36,011,729 時間 (100 年以上)
		187 時間	
設計 基準 事故*2		4,147,387 時間	4,147,398 時間 (100 年以上)
		1 時間	
		10 時間	

\*1：活性化エネルギー [kcal/mol]（メーカーデータ）での換算値

\*2：主蒸気管破断事故包絡条件

## (2) 口出線・接続部品（シリコンゴム）

	条件（温度－時間）	65℃換算*1	合計
事故時 雰囲気 暴露 試験		2,411,925,355 時間	2,411,925,692 時間 (100 年以上)
		337 時間	
設計 基準 事故*2		206,824,367 時間	206,824,370 時間 (100 年以上)
		1 時間	
		2 時間	

\*1：活性化エネルギー [kcal/mol]（メーカーデータ）での換算値

\*2：主蒸気管破断事故包絡条件

<p>説 明</p>	
	<p>弁電動装置 事故時雰囲気暴露試験条件 (主蒸気管破断)</p>

タイトル	原子炉格納容器内で耐環境性能（重大事故等時）を要求される弁電動装置について		
概要	原子炉格納容器内で耐環境性能（重大事故等時）を要求される弁電動装置の重大事故等時における使命期間および使命期間内の健全性について以下に示す。		
説明	原子炉格納容器内で設計基準事故を超える過酷な重大事故等時環境となる事故シーケンスは下表のとおりである。		
	過酷な重大事故等	事故シーケンス等	
	① 格納容器過温破損	外部電源喪失時に非常用所内交流電源が喪失し、補助給水機能が喪失する事故	
	② 格納容器過圧破損	大破断 LOCA 時に低圧注入機能、高圧注入機能および格納容器スプレイ注入機能が喪失する事故	
	③ 格納容器除熱機能喪失	中破断 LOCA 時に格納容器スプレイ注入機能が喪失する事故	
また、①～③の各重大事故等時に耐環境性能を要求される弁電動装置はそれぞれ下表のとおりである。			
弁名称			
1次冷却材ポンプ封水戻り第1隔離弁	①	②	③
1次系冷却材ポンプ冷却水出口第1隔離弁	○	○	○
ループ高温側サンプリング第1隔離弁	○	○	○
A格納容器ガスサンプリング第1隔離弁	○	○	○
格納容器減圧装置第1隔離弁	○	○	○
蒸気発生器室Aガスサンプリング弁	○	○	○
格納容器上部区画Aガスサンプリング弁	○	○	○
格納容器内制御用空気戻り第1隔離弁	○	○	○
上記の過酷な重大事故等時環境下で耐環境性能を要求される弁電動装置の使命期間（事故発生から動作要求に至るまでの時間で、その後の機能は不要）は最長約4時間である。			
弁電動装置の事故時雰囲気暴露の試験条件は別紙2. 添付-6)-3を参照のこと。また、重大事故等時の安全解析結果は添付-3)-3を参照のこと。			
以下に示すように、この最長使命期間内の環境条件を包絡する条件（138℃-4時間）は、設計基準事故を想定した事故時雰囲気暴露試験条件に包絡されており、代表機器と同様、耐環境仕様の弁電動装置を使用していることから、健全性について問題ないとする。			

説 明	(1) 固定子コイル (ポリイミド)			
		条件 (温度-時間)	65°C換算*1	合計
	事故時 雰囲気 暴露 試験		221,527 時間	1,488,582 時間 (100年以上)
			175,489 時間	
			1,091,566 時間	
	重大事 故等時	138°C-4 時間		
	*1: 活性化エネルギー <input type="text"/> [kcal/mol] (メーカーデータ) での換算値			
	(2) 固定子コイル (エポキシ樹脂)			
		条件 (温度-時間)	65°C換算*1	合計
	事故時 雰囲気 暴露 試験		121,214 時間	1,020,260 時間 (100年以上)
			112,031 時間	
			787,015 時間	
	重大事 故等時	138°C-4 時間		
	*1: 活性化エネルギー <input type="text"/> [kcal/mol] (メーカーデータ) での換算値			
	(3) 口出線・接続部品 (シリコンゴム)			
	条件 (温度-時間)	65°C換算*1	合計	
事故時 雰囲気 暴露 試験		375,999,983 時間	482,170,152 時間 (100年以上)	
		44,480,535 時間		
		61,689,634 時間		
重大事 故等時	138°C-4 時間			
*1: 活性化エネルギー <input type="text"/> [kcal/mol] (メーカーデータ) での換算値				

## 別紙 3. 低圧ケーブル（難燃 PH ケーブル以外）の評価について

## 1. 健全性評価

## 1.1 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または重大事故等時雰囲気で機能要求がある難燃KKケーブル、難燃PSHVケーブルー 1 および難燃PSHVケーブルー 2 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。

難燃KKケーブル、または難燃PSHVケーブルー 1、難燃PSHVケーブルー 2 とそれぞれ絶縁体種類が同一でシース種類が異なる難燃PHケーブルの電気学会推奨案に基づく試験手順および判定方法を図1.1に示す。

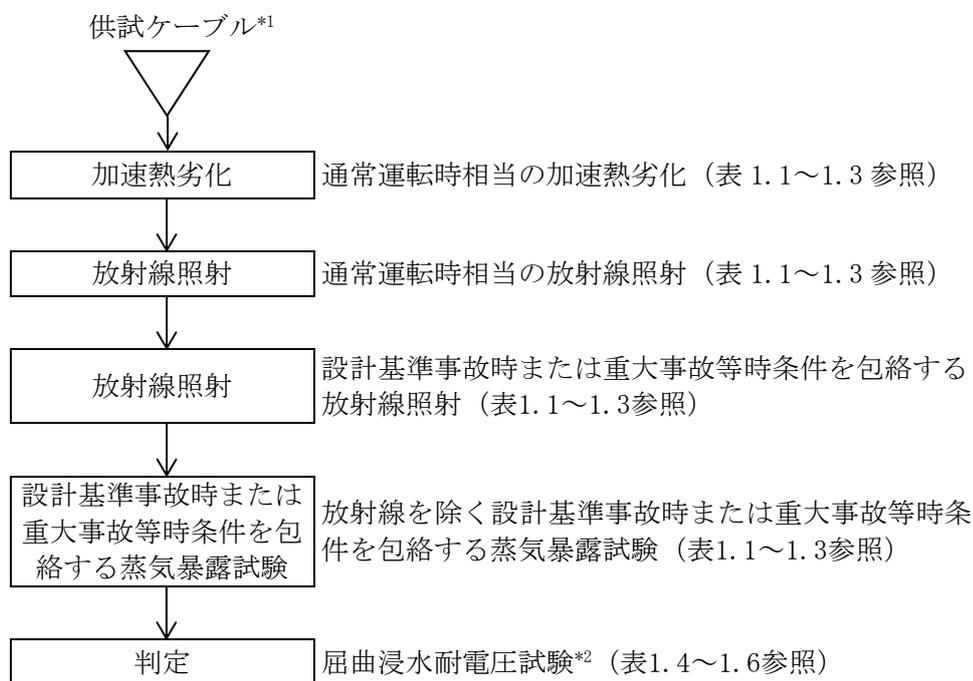


図1.1 難燃KKケーブル、または難燃PSHVケーブルー 1、難燃PSHVケーブルー 2 とそれぞれ絶縁体種類が同一でシース種類が異なる難燃PHケーブルの長期健全性試験手順および判定方法

\*1：高浜 4 号炉で使用している難燃KKケーブルと製造メーカーおよび絶縁材料が同等の難燃KKケーブルを供試ケーブルとしている。また、難燃PSHVケーブルー 1 および難燃PSHVケーブルー 2 とそれぞれ絶縁体種類が同一でシース種類が異なる難燃PHケーブルを供試ケーブルとしている。

\*2：屈曲浸水耐電圧試験の試験手順は以下のとおりである。

- 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付ける。
- 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3.2kV/mmを5分間印加し、絶縁破壊を生じるか否かを調べる。

b. 試験条件

表1.1～1.3に長期健全性試験条件を示す。試験条件は、高浜4号炉の実機環境に基づいて60年間の運転期間および設計基準事故、または60年間の運転期間および重大事故時を想定した劣化条件を包絡している。

表1.1 難燃KK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	60年間の通常運転時の使用条件【別紙3. 添付-1) 参照】に基づく劣化条件【別紙3. 添付-2) 参照】、設計基準事故時または重大事故等時の環境条件【別紙3. 添付-3) 参照】
通常運転時相当	温度	121℃－7日	98℃－7日 (=46℃*1－60年)
	放射線 (集積線量)	500kGy (10kGy/h以下)	309kGy*2
事故時蒸気暴露試験	放射線 (集積線量)	1,500kGy (10kGy/h以下)	設計基準事故時：675kGy 重大事故等時：500kGy
	温度	190℃ (最高温度)	設計基準事故時：約125℃(最高温度) 重大事故等時：約138℃(最高温度)
	圧力	0.41MPa[gage] (最高圧力)	設計基準事故時：約0.25MPa[gage](最高圧力) 重大事故等時：約0.35MPa[gage](最高圧力)

\*1：設計基準事故または重大事故等を考慮する原子炉格納容器内難燃KKケーブル布設箇所周囲の平均温度として設定した。

\*2： $0.5860[\text{Gy/h}] \times (24 \times 365.25)[\text{h/y}] \times 60[\text{y}] = 309\text{kGy}$

表1.2 難燃PSHVケーブルー1と絶縁体種類が同一でシース種類が異なる難燃PHケーブルの長期健全性試験条件（電気学会推奨案）

		試験条件	60年間の通常運転時の使用条件に基づく劣化条件【別紙3. 添付-4) 参照】、設計基準事故時または重大事故等時の環境条件【別紙3. 添付-5) 参照】
通常運転時相当		140℃－9日	74℃－9日 (=28℃*1－60年) 66℃－9日 (=22℃*2－60年)
事故時蒸気暴露試験		190℃ (最高温度)	設計基準事故時：約165℃(最高温度) 重大事故等時：約100℃(最高温度)

\*1：設計基準事故を考慮するMS区画（主蒸気・主給水管室）の難燃PSHVケーブルー1布設箇所周囲の平均温度として設定した。

\*2：重大事故等を考慮する使用済燃料ピットエリア内難燃PSHVケーブルー1布設箇所周囲の平均温度として設定した。

表 1.3 難燃 PSHV ケーブル 2 と絶縁体種類が同一でシース種類が異なる難燃 PH ケーブルの長期健全性試験条件（電気学会推奨案）

	試験条件	60年間の通常運転時の使用条件に基づく劣化条件【別紙 3. 添付-6) 参照】または設計基準事故時の環境条件【別紙 3. 添付-7) 参照】
通常運転時相当	140℃-9日	74℃-9日 (=28℃*1-60年)
事故時蒸気暴露試験	190℃ (最高温度)	設計基準事故時：約 165℃ (最高温度)

\*1：設計基準事故を考慮するMS区画（主蒸気・主給水管室）の難燃PSHVケーブル 2 布設箇所周囲の平均温度として設定した。

c. 評価結果

難燃KKケーブル、または難燃PSHVケーブル 1、難燃PSHVケーブル 2 と絶縁体種類が同一でシース種類が異なる難燃PHケーブルの長期健全性試験結果を表1.4～1.6に示す。

電気学会推奨案に基づく評価の結果、高浜 4 号炉の難燃KKケーブル、難燃PSHVケーブル 1 および難燃PSHVケーブル 2 は、運転開始後60年時点においても絶縁機能を維持できると判断する。

表1.4 難燃KKケーブルの長期健全性試験結果

項目	試験条件	判定
屈曲浸水 耐電圧試験	供試体外径：11.5mm マンドレル径：供試体外径の約40倍 絶縁厚さ：0.76mm 課電電圧：2.6kV/5分間	良

[出典：電力共通研究「電気・計装機器の耐環境実証試験に関する研究(Step-3)」1983年度]

表1.5 難燃PSHVケーブル 1 と絶縁体種類が同一でシース種類が異なる難燃PHケーブルの長期健全性試験結果（電気学会推奨案）

項目	試験条件	判定
屈曲浸水 耐電圧試験	供試体外径：11.5mm マンドレル径：400mm 絶縁厚さ：0.8mm 課電電圧：2.6kV/5分間	良

[出典：関西電力研究データ]

表1.6 難燃PSHVケーブルー2と絶縁体種類が同一でシース種類が異なる  
難燃PHケーブルの長期健全性試験結果（電気学会推奨案）

項目	試験条件	判定
屈曲浸水 耐電圧試験	供試体外径 : 11.5mm マンドレル径 : 供試体外径の約40倍 絶縁厚さ : 0.8mm 課電電圧 : 2.56kV/5分間	良

[出典：メーカーデータ]

## 1.2 ACAガイドによる健全性評価

### a. 評価手順

設計基準事故時雰囲気または重大事故等時雰囲気で機能要求がある難燃KKケーブル、難燃PSHVケーブルー1および難燃PSHVケーブルー2は、ACAガイドに従った長期健全性についても評価する。評価にあたっては、ACAの試験結果を用いている。

難燃KKケーブル、または難燃PSHVケーブルー1、難燃PSHVケーブルー2とそれぞれ絶縁体種類が同一でシース種類が異なる難燃PHケーブルのACAガイドに基づく試験手順および判定方法を図1.2に示す。

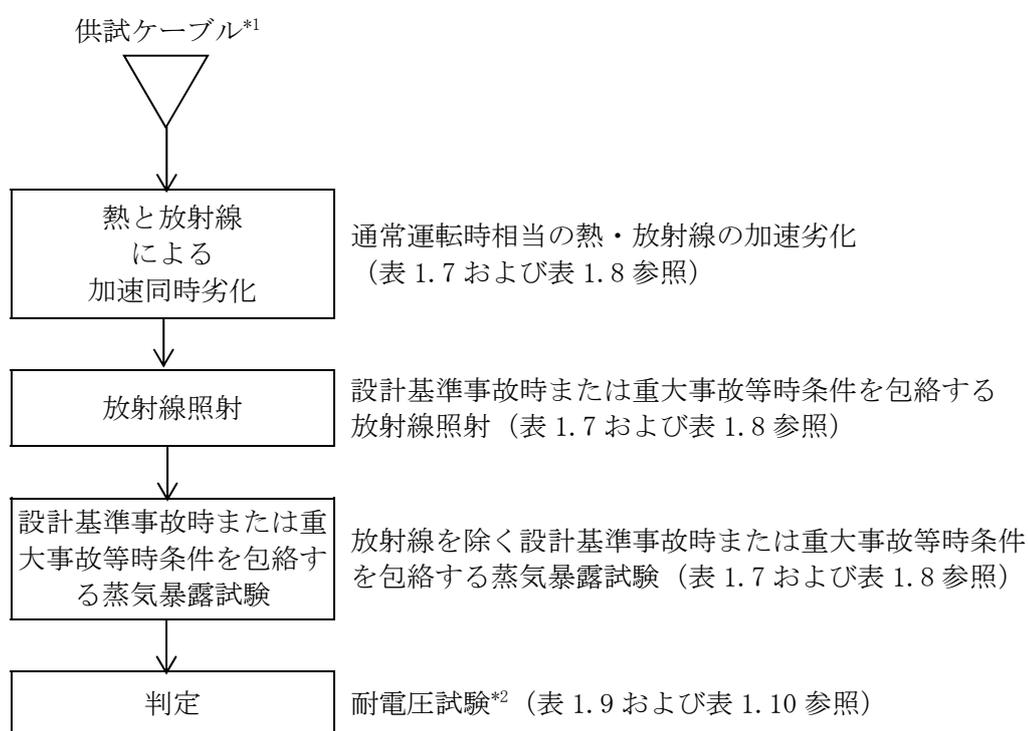


図1.2 難燃KKケーブル、または難燃PSHVケーブルー1、難燃PSHVケーブルー2と絶縁体種類が同一でシース種類が異なる難燃PHケーブルのACAガイドに基づく試験手順

\*1：高浜4号炉で使用している難燃KKケーブルと製造メーカーおよび絶縁材料が同等の難燃KKケーブルを供試ケーブルとしている。また、難燃PSHVケーブルー1および難燃PSHVケーブルー2とそれぞれ絶縁体種類が同一でシース種類が異なる難燃PHケーブルを供試ケーブルとしている。

\*2：耐電圧試験は、日本産業規格「ゴム・プラスチック絶縁電線試験方法」(JIS C 3005:2000)の試験

b. 試験条件

表1.7および表1.8に長期健全性試験条件を示す。試験条件は、高浜4号炉の実機環境に基づいた通常の運転期間および設計基準事故、または通常の運転期間および重大事故等時を想定した劣化条件を包絡している。

表 1.7 難燃 KK ケーブルおよび難燃 PSHV ケーブル-1 と絶縁体種類が同一でシース種類が異なる難燃 PH ケーブルの ACA 試験条件

		試験条件
通常運転時相当 【別紙3. 添付-8) 参照】 【別紙3. 添付-10) 参照】	温度 放射線	難燃 KK ケーブル : 100°C - 99.9Gy/h - 5,549h 難燃 PH ケーブル : 100°C - 94.8Gy/h - 4,003h
設計基準事故時相当 重大事故等時相当 【別紙3. 添付-9) 参照】 【別紙3. 添付-11) 参照】	放射線 (集積線量)	1,500kGy (10kGy/h 以下)
	温度	最高温度 : 190°C
	圧力	最高圧力 : 0.41MPa [gage]

表 1.8 難燃 PSHV ケーブル-2 と絶縁体種類が同一でシース種類が異なる難燃 PH ケーブルの ACA 試験条件

		試験条件*1
通常運転時相当 【別紙3. 添付-12) 参照】	温度	120°C - 2,544h
設計基準事故時相当 重大事故等時相当 【別紙3. 添付-13) 参照】	放射線 (集積線量)	1,500kGy (10kGy/h 以下)
	温度	最高温度 : 190°C
	圧力	最高圧力 : 0.41MPa [gage]

\*1 : 36.6°Cの布設環境で19.7年間（稼働率を考慮した年数）使用したケーブルを供試体とし、追加で劣化させた条件を示す。

c. 評価結果

難燃KKケーブル、または難燃PSHVケーブルー 1、難燃PSHVケーブルー 2 とそれぞれ絶縁体種類が同一でシース種類が異なる難燃PHケーブルの長期健全性試験結果を表 1.9 および表 1.10 に示す。また、ACAガイドに基づく評価の結果を表 1.11 に示す。評価結果から、高浜 4 号炉の難燃KKケーブル、難燃PSHVケーブルー 1 および難燃PSHVケーブルー 2 は、運転開始後60年時点においても絶縁機能を維持できると判断する。

表1.9 難燃KKケーブルおよび難燃PSHVケーブルー 1 と絶縁体種類が同一でシース種類が異なる難燃PHケーブルのACA試験結果

項目	試験条件	判定
耐電圧試験	課電電圧：1,500V／1 分間	良

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

表1.10 難燃PSHVケーブルー 2 と絶縁体種類が同一でシース種類が異なる難燃PHケーブルのACA試験結果

項目	試験条件	判定
耐電圧試験	課電電圧：1,500V／1 分間	良

[出典：ケーブル加速劣化試験データの整備に関する研究報告書 (H26 年度)]

表1.11 実布設環境での長期健全性評価結果

布設区分	実布設環境条件		使用ケーブル	評価期間 [年]*1	備考
	温度 [°C]	放射線量率 [Gy/h]			
ループ室	46	0.4699	難燃 KK ケーブル	84*2	
	39	0.5860	難燃 KK ケーブル	78*2	
MS 区画	28	0.00001	難燃 PSHV ケーブルー 1	559*3	
	28	0.00001	難燃 PSHV ケーブルー 2	276	

\*1：時間稼働率 100%での評価期間。

\*2：等価損傷線量データの重ね合わせ手法により評価。

\*3：時間依存データの重ね合わせ手法により評価。

#### 4.1.2 現状保全

絶縁体の絶縁低下に対しては、定期的に系統機器の動作に異常のないことを確認し、絶縁低下による機能低下のないことを確認している。【別紙7参照】

#### 4.1.3 総合評価

健全性評価結果から判断して、難燃KKケーブル、難燃PSHVケーブルー1および難燃PSHVケーブルー2については、絶縁体の絶縁低下により機器の健全性に影響を与える可能性はないと考える。

絶縁低下は系統機器の動作確認で検知可能であり、点検手法として適切である。

#### 4.1.4 高経年化への対応

難燃KKケーブル、難燃PSHVケーブルー1および難燃PSHVケーブルー2の絶縁体の絶縁低下については、現状保全項目に高経年化対策の観点から追加すべきものはないと判断する。

## 5. 添付資料

- 1) 原子炉格納容器内の難燃KKケーブルの環境条件について
- 2) 難燃KKケーブルの長期健全性試験（電気学会推奨案）における評価期間について
- 3) 難燃KKケーブルの長期健全性試験（電気学会推奨案）条件の事故時条件の包絡性について
- 4) 難燃PSHVケーブルー 1 の環境条件および長期健全性試験（電気学会推奨案）における評価期間について
- 5) 難燃PSHVケーブルー 1 の長期健全性試験（電気学会推奨案）条件の事故時条件の包絡性について
- 6) 難燃PSHVケーブルー 2 の環境条件および長期健全性試験（電気学会推奨案）における評価期間について
- 7) 難燃PSHVケーブルー 2 の長期健全性試験（電気学会推奨案）条件の事故時条件の包絡性について
- 8) 難燃KKケーブルの長期健全性試験（A C A）における評価期間について
- 9) 難燃KKケーブルの長期健全性試験（A C A）条件の事故時条件の包絡性について
- 10) 難燃PSHVケーブルー 1 の長期健全性試験（A C A）における評価期間について
- 11) 難燃PSHVケーブルー 1 の長期健全性試験（A C A）条件の事故時条件の包絡性について
- 12) 難燃PSHVケーブルー 2 の長期健全性試験（A C A）における評価期間について
- 13) 難燃PSHVケーブルー 2 の長期健全性試験（A C A）の事故時条件の包絡性について

タイトル	原子炉格納容器内の難燃 KK ケーブルの環境条件について																																																																																																																																																											
概要	難燃 KK ケーブルの評価期間を算定するために用いた環境条件の根拠について、以下に示す。																																																																																																																																																											
説明	<p>ケーブルについては、1本のケーブルが複数のエリアに布設されているが、それぞれのエリアの環境条件のうち、最も厳しい環境条件で当該ケーブルの評価を実施し、評価結果に応じた保全を実施している。</p> <p>低圧ケーブルの技術評価書において、難燃 KK ケーブルについては、安全機能を有する難燃 KK ケーブル布設箇所環境条件（下表のエリア）を代表するように、以下の条件を選定して評価書に記載している。</p>																																																																																																																																																											
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>エリア</th> <th>測定場所</th> <th>温度*1 [°C]</th> <th>線量率*1 [Gy/h]</th> <th>ACA 評価 選定理由</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>A-1, 2, 7</td><td rowspan="15">ループ室</td><td>32</td><td>0.0011</td><td></td></tr> <tr><td>A-5, 6</td><td>33</td><td>0.0011</td><td></td></tr> <tr><td>A-8</td><td>33</td><td>0.0005</td><td></td></tr> <tr><td>B-1</td><td>38</td><td>0.1222</td><td></td></tr> <tr><td>B-2</td><td>36</td><td>0.1696</td><td></td></tr> <tr><td>B-4</td><td>35</td><td>0.1281</td><td></td></tr> <tr><td>B-7</td><td>40</td><td>0.1275</td><td></td></tr> <tr><td>C-2</td><td>40</td><td>0.5512</td><td></td></tr> <tr><td>C-3</td><td>39</td><td>0.4428</td><td></td></tr> <tr><td>C-4</td><td>39</td><td>0.5860</td><td>最高線量率</td></tr> <tr><td>C-5</td><td>46</td><td>0.4699</td><td>最高温度</td></tr> <tr><td>D-2</td><td>40</td><td>0.1111</td><td></td></tr> <tr><td>D-3</td><td>40</td><td>0.0929</td><td></td></tr> <tr><td>D-4</td><td>38</td><td>0.1093</td><td></td></tr> <tr><td>D-5</td><td>43</td><td>0.0748</td><td></td></tr> <tr><td>D-6</td><td>43</td><td>0.0940</td><td></td></tr> <tr><td>A-9, 12, 13, 16, 17</td><td rowspan="17">通路部</td><td>31</td><td>0.0011</td><td></td></tr> <tr><td>A-10</td><td>30</td><td>0.0011</td><td></td></tr> <tr><td>B-12</td><td>36</td><td>0.0011</td><td></td></tr> <tr><td>B-13</td><td>34</td><td>0.0011</td><td></td></tr> <tr><td>B-14</td><td>36</td><td>0.0007</td><td></td></tr> <tr><td>B-15</td><td>36</td><td>0.0005</td><td></td></tr> <tr><td>B-16, 18</td><td>35</td><td>0.0005</td><td></td></tr> <tr><td>B-17</td><td>36</td><td>0.0181</td><td></td></tr> <tr><td>B-19</td><td>37</td><td>0.0011</td><td></td></tr> <tr><td>B-20</td><td>36</td><td>0.0004</td><td></td></tr> <tr><td>B-21</td><td>35</td><td>0.0011</td><td></td></tr> <tr><td>B-22</td><td>37</td><td>0.0002</td><td></td></tr> <tr><td>D-9</td><td>40</td><td>0.0004</td><td></td></tr> <tr><td>D-10</td><td>42</td><td>0.0005</td><td></td></tr> <tr><td>D-11, 12</td><td>41</td><td>0.0011</td><td></td></tr> <tr><td>D-13</td><td>41</td><td>0.0004</td><td></td></tr> <tr><td>D-14, 15</td><td>41</td><td>0.0005</td><td></td></tr> <tr><td>D-18</td><td>42</td><td>0.0006</td><td></td></tr> <tr><td>D-20</td><td>41</td><td>0.0002</td><td></td></tr> <tr><td>E-4, 5, 8,</td><td>44</td><td>0.0011</td><td></td></tr> <tr><td>E-7, 10</td><td>43</td><td>0.0011</td><td></td></tr> </tbody> </table>	エリア	測定場所	温度*1 [°C]	線量率*1 [Gy/h]	ACA 評価 選定理由	A-1, 2, 7	ループ室	32	0.0011		A-5, 6	33	0.0011		A-8	33	0.0005		B-1	38	0.1222		B-2	36	0.1696		B-4	35	0.1281		B-7	40	0.1275		C-2	40	0.5512		C-3	39	0.4428		C-4	39	0.5860	最高線量率	C-5	46	0.4699	最高温度	D-2	40	0.1111		D-3	40	0.0929		D-4	38	0.1093		D-5	43	0.0748		D-6	43	0.0940		A-9, 12, 13, 16, 17	通路部	31	0.0011		A-10	30	0.0011		B-12	36	0.0011		B-13	34	0.0011		B-14	36	0.0007		B-15	36	0.0005		B-16, 18	35	0.0005		B-17	36	0.0181		B-19	37	0.0011		B-20	36	0.0004		B-21	35	0.0011		B-22	37	0.0002		D-9	40	0.0004		D-10	42	0.0005		D-11, 12	41	0.0011		D-13	41	0.0004		D-14, 15	41	0.0005		D-18	42	0.0006		D-20	41	0.0002		E-4, 5, 8,	44	0.0011		E-7, 10	43	0.0011	
エリア	測定場所	温度*1 [°C]	線量率*1 [Gy/h]	ACA 評価 選定理由																																																																																																																																																								
A-1, 2, 7	ループ室	32	0.0011																																																																																																																																																									
A-5, 6		33	0.0011																																																																																																																																																									
A-8		33	0.0005																																																																																																																																																									
B-1		38	0.1222																																																																																																																																																									
B-2		36	0.1696																																																																																																																																																									
B-4		35	0.1281																																																																																																																																																									
B-7		40	0.1275																																																																																																																																																									
C-2		40	0.5512																																																																																																																																																									
C-3		39	0.4428																																																																																																																																																									
C-4		39	0.5860	最高線量率																																																																																																																																																								
C-5		46	0.4699	最高温度																																																																																																																																																								
D-2		40	0.1111																																																																																																																																																									
D-3		40	0.0929																																																																																																																																																									
D-4		38	0.1093																																																																																																																																																									
D-5		43	0.0748																																																																																																																																																									
D-6	43	0.0940																																																																																																																																																										
A-9, 12, 13, 16, 17	通路部	31	0.0011																																																																																																																																																									
A-10		30	0.0011																																																																																																																																																									
B-12		36	0.0011																																																																																																																																																									
B-13		34	0.0011																																																																																																																																																									
B-14		36	0.0007																																																																																																																																																									
B-15		36	0.0005																																																																																																																																																									
B-16, 18		35	0.0005																																																																																																																																																									
B-17		36	0.0181																																																																																																																																																									
B-19		37	0.0011																																																																																																																																																									
B-20		36	0.0004																																																																																																																																																									
B-21		35	0.0011																																																																																																																																																									
B-22		37	0.0002																																																																																																																																																									
D-9		40	0.0004																																																																																																																																																									
D-10		42	0.0005																																																																																																																																																									
D-11, 12		41	0.0011																																																																																																																																																									
D-13		41	0.0004																																																																																																																																																									
D-14, 15		41	0.0005																																																																																																																																																									
D-18	42	0.0006																																																																																																																																																										
D-20	41	0.0002																																																																																																																																																										
E-4, 5, 8,	44	0.0011																																																																																																																																																										
E-7, 10	43	0.0011																																																																																																																																																										
	*1：太線は通常運転時の使用条件として記載した温度、線量率																																																																																																																																																											

タイトル	難燃 KK ケーブルの長期健全性試験（電気学会推奨案）における評価期間について								
概要	試験条件と実機の使用条件に基づく劣化条件との比較に用いた実環境温度および活性化エネルギー等を以下に示す。								
説明	<p>難燃 KK ケーブルの 60 年間の通常運転時の使用条件に基づく劣化条件は、ケーブル絶縁材の活性化エネルギーを用いて、アレニウス則により算出している。</p> <p>長期健全性試験（電気学会推奨案）による評価においては、別紙 3. 添付-1) で整理した各環境条件を包絡する温度として、46℃で評価する。</p> <p>実機使用条件（46℃-60 年）を、長期健全性試験条件（121℃-7 日）との比較を容易にするため、加速時間(L2)を試験条件と同じ 7 日として換算した結果を以下に示す。</p> <table border="1" data-bbox="509 837 1272 931"> <thead> <tr> <th>T2[℃]</th> <th>L2[日]</th> <th>T1[℃]</th> <th>L1[年]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>98</td> <td>7</td> <td>46</td> <td>60</td> </tr> </tbody> </table> <p>活性化エネルギー： <input type="text"/> [kcal/mol]（メーカーデータ）での換算値 （L1:実環境年数、L2:加速時間、T1:実環境温度、T2:加速温度）</p> <p>実機使用条件を換算した加速温度(T2=98℃)は、長期健全性試験条件の温度（121℃）に包絡される。</p>	T2[℃]	L2[日]	T1[℃]	L1[年]	98	7	46	60
T2[℃]	L2[日]	T1[℃]	L1[年]						
98	7	46	60						

タイトル	難燃 KK ケーブルの長期健全性試験（電気学会推奨案）条件の事故時条件の包絡性について																																																																										
概要	試験条件の事故時条件が、実機に想定される設計基準事故時および重大事故等時条件を包絡していることを以下に示す。																																																																										
説明	<p>別紙3. 添付-3)-2 に事故時雰囲気暴露の試験条件を添付する。  設計基準事故（1次冷却材管の破断による原子炉冷却材喪失）の安全解析結果は添付-3)-2、重大事故等時の安全解析結果は添付-3)-3 を参照のこと。  以下に示すように、事故時雰囲気暴露の試験条件は、実機の設計基準事故時条件および重大事故等時条件を包絡している。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>条件（温度－時間）</th> <th>65℃換算*1</th> <th>合計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">事故時雰囲気暴露試験</td> <td></td> <td>461,226 時間</td> <td rowspan="3">1,758,717 時間 (100 年以上)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>181,858 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>1,115,633 時間</td> </tr> <tr> <td rowspan="5">設計基準事故*2</td> <td></td> <td>26,581 時間</td> <td rowspan="5">30,916 時間 (約 3.6 年)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>3,641 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>513 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>21 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>14 時間</td> </tr> <tr> <td rowspan="15">重大事故等時*3</td> <td></td> <td>146 時間</td> <td rowspan="15">1,680,868 時間 (100 年以上)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>1 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>22 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>173 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>4,753 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>23,733 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>24,826 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>35,599 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>49,651 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>61,995 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>69,218 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>212,412 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>155,740 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>108,491 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>152,614 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>124,128 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>99,895 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>89,276 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>97,462 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>94,914 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>112,911 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>106,975 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>56,079 時間</td> </tr> </tbody> </table> <p>*1：活性化エネルギー [kcal/mol]（メーカーデータ）での換算値  *2：1次冷却材管の破断による原子炉冷却材喪失事故包絡条件  *3：格納容器過温破損の包絡条件</p>				条件（温度－時間）	65℃換算*1	合計	事故時雰囲気暴露試験		461,226 時間	1,758,717 時間 (100 年以上)		181,858 時間		1,115,633 時間	設計基準事故*2		26,581 時間	30,916 時間 (約 3.6 年)		3,641 時間		513 時間		21 時間		14 時間	重大事故等時*3		146 時間	1,680,868 時間 (100 年以上)		1 時間		22 時間		173 時間		4,753 時間		23,733 時間		24,826 時間		35,599 時間		49,651 時間		61,995 時間		69,218 時間		212,412 時間		155,740 時間		108,491 時間		152,614 時間		124,128 時間		99,895 時間		89,276 時間		97,462 時間		94,914 時間		112,911 時間		106,975 時間		56,079 時間
	条件（温度－時間）	65℃換算*1	合計																																																																								
事故時雰囲気暴露試験		461,226 時間	1,758,717 時間 (100 年以上)																																																																								
		181,858 時間																																																																									
		1,115,633 時間																																																																									
設計基準事故*2		26,581 時間	30,916 時間 (約 3.6 年)																																																																								
		3,641 時間																																																																									
		513 時間																																																																									
		21 時間																																																																									
		14 時間																																																																									
重大事故等時*3		146 時間	1,680,868 時間 (100 年以上)																																																																								
		1 時間																																																																									
		22 時間																																																																									
		173 時間																																																																									
		4,753 時間																																																																									
		23,733 時間																																																																									
		24,826 時間																																																																									
		35,599 時間																																																																									
		49,651 時間																																																																									
		61,995 時間																																																																									
		69,218 時間																																																																									
		212,412 時間																																																																									
		155,740 時間																																																																									
		108,491 時間																																																																									
		152,614 時間																																																																									
	124,128 時間																																																																										
	99,895 時間																																																																										
	89,276 時間																																																																										
	97,462 時間																																																																										
	94,914 時間																																																																										
	112,911 時間																																																																										
	106,975 時間																																																																										
	56,079 時間																																																																										

説 明	
	難燃 KK ケーブル 事故時雰囲気暴露試験条件

タイトル	難燃 PSHV ケーブル 1 の環境条件および長期健全性試験(電気学会推奨案)における評価期間について																
概要	難燃 PSHV ケーブル 1 の評価期間を算定するために用いた環境条件の根拠および試験条件と実機の使用条件に基づく劣化条件との比較に用いた実環境温度および活性化エネルギー等について、以下に示す。																
説明	<p>MS 区画での設計基準事故時雰囲気内で機能要求がある難燃 PSHV ケーブル 1 については、MS 区画の環境条件 (28℃) で評価を実施し、評価結果に応じた保全を実施している。</p> <p>実機使用条件 (28℃-60 年) を、難燃 PSHV ケーブル 1 と絶縁体種類が同一でシース種類が異なる難燃 PH ケーブルの長期健全性試験条件 (140℃-9 日) との比較を容易にするため、加速時間 (L2) を試験条件と同じ 9 日として換算した結果を以下に示す。</p> <table border="1" data-bbox="509 837 1270 931"> <thead> <tr> <th>T2[℃]</th> <th>L2[日]</th> <th>T1[℃]</th> <th>L1[年]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>74</td> <td>9</td> <td>28</td> <td>60</td> </tr> </tbody> </table> <p>活性化エネルギー： <input type="text"/> [kcal/mol] (メーカーデータ) での換算値 (L1:実環境年数、L2:加速時間、T1:実環境温度、T2:加速温度)</p> <p>実機使用条件を換算した加速温度 (T2=74℃) は、長期健全性試験条件の温度 (140℃) に包絡される。</p> <p>また、使用済燃料ピットでの重大事故等時雰囲気内で機能要求がある難燃 PSHV ケーブル 1 については、使用済燃料ピットエリアの環境条件 (22℃) で評価を実施し、評価結果に応じた保全を実施している。</p> <p>実機使用条件 (22℃-60 年) を、難燃 PSHV ケーブル 1 と絶縁体種類が同一でシース種類が異なる難燃 PH ケーブルの長期健全性試験条件 (140℃-9 日) との比較を容易にするため、加速時間 (L2) を試験条件と同じ 9 日として換算した結果を以下に示す。</p> <table border="1" data-bbox="509 1489 1270 1583"> <thead> <tr> <th>T2[℃]</th> <th>L2[日]</th> <th>T1[℃]</th> <th>L1[年]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>66</td> <td>9</td> <td>22</td> <td>60</td> </tr> </tbody> </table> <p>活性化エネルギー： <input type="text"/> [kcal/mol] (メーカーデータ) での換算値 (L1:実環境年数、L2:加速時間、T1:実環境温度、T2:加速温度)</p> <p>実機使用条件を換算した加速温度 (T2=66℃) は、長期健全性試験条件の温度 (140℃) に包絡される。</p>	T2[℃]	L2[日]	T1[℃]	L1[年]	74	9	28	60	T2[℃]	L2[日]	T1[℃]	L1[年]	66	9	22	60
T2[℃]	L2[日]	T1[℃]	L1[年]														
74	9	28	60														
T2[℃]	L2[日]	T1[℃]	L1[年]														
66	9	22	60														

タイトル	難燃 PSHV ケーブル-1 の長期健全性試験（電気学会推奨案）条件の事故時条件の包絡性について																						
概要	試験条件の事故時条件が、実機に想定される設計基準事故時条件および重大事故等時条件を包絡していることを以下に示す。																						
説明	<p>別紙 3. 添付-5)-2 に事故時雰囲気暴露の試験条件を添付する。 設計基準事故（主蒸気管破断）条件は添付-3)-4 を参照のこと。</p> <p>以下に示すように、事故時雰囲気暴露の試験条件は、実機の設計基準事故時条件および重大事故等時条件を包絡している。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>条件（温度－時間）</th> <th>65°C換算*1</th> <th>合計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">事故時 雰囲気 暴露 試験</td> <td rowspan="3"></td> <td>284, 719 時間</td> <td rowspan="3">1, 269, 744 時間 (100 年以上)</td> </tr> <tr> <td>126, 274 時間</td> </tr> <tr> <td>858, 751 時間</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">設計基 準事故*2</td> <td rowspan="3"></td> <td>264, 188 時間</td> <td rowspan="3">264, 223 時間 (約 30 年)</td> </tr> <tr> <td>1 時間</td> </tr> <tr> <td>34 時間</td> </tr> <tr> <td>重大事 故等時*3</td> <td></td> <td>24, 632 時間</td> <td>24, 632 時間 (約 2.8 年)</td> </tr> </tbody> </table> <p>*1：活性化エネルギー <input type="text"/> [kcal/mol]（メーカーデータ）での換算値 *2：主蒸気管破断 *3：使用済燃料ピットにおける重大事故に至るおそれがある事故</p>				条件（温度－時間）	65°C換算*1	合計	事故時 雰囲気 暴露 試験		284, 719 時間	1, 269, 744 時間 (100 年以上)	126, 274 時間	858, 751 時間	設計基 準事故*2		264, 188 時間	264, 223 時間 (約 30 年)	1 時間	34 時間	重大事 故等時*3		24, 632 時間	24, 632 時間 (約 2.8 年)
	条件（温度－時間）	65°C換算*1	合計																				
事故時 雰囲気 暴露 試験		284, 719 時間	1, 269, 744 時間 (100 年以上)																				
		126, 274 時間																					
		858, 751 時間																					
設計基 準事故*2		264, 188 時間	264, 223 時間 (約 30 年)																				
		1 時間																					
		34 時間																					
重大事 故等時*3		24, 632 時間	24, 632 時間 (約 2.8 年)																				

<p>説 明</p>	
	<p>難燃 PSHV ケーブル- 1 と絶縁体種類が同一でシース種類が異なる難燃 PH ケーブルの事故時雰囲気暴露試験条件</p>

タイトル	難燃 PSHV ケーブル 2 の環境条件および長期健全性試験(電気学会推奨案)における評価期間について								
概要	難燃 PSHV ケーブル 2 の評価期間を算定するために用いた環境条件の根拠および試験条件と実機の使用条件に基づく劣化条件との比較に用いた実環境温度および活性化エネルギー等について、以下に示す。								
説明	<p>MS 区画での設計基準事故時雰囲気内で機能要求がある難燃 PSHV ケーブル 2 については、MS 区画の環境条件 (28℃) で評価を実施し、評価結果に応じた保全を実施している。</p> <p>実機使用条件 (28℃-60 年) を、難燃 PSHV ケーブル 2 と絶縁体種類が同一でシース種類が異なる難燃 PH ケーブルの長期健全性試験条件 (140℃-9 日) との比較を容易にするため、加速時間 (L2) を試験条件と同じ 9 日として換算した結果を以下に示す。</p> <table border="1" data-bbox="509 837 1272 931"> <thead> <tr> <th>T2[℃]</th> <th>L2[日]</th> <th>T1[℃]</th> <th>L1[年]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>74</td> <td>9</td> <td>28</td> <td>60</td> </tr> </tbody> </table> <p>活性化エネルギー： <input type="text" value=""/> [kcal/mol] (メーカーデータ) での換算値 (L1:実環境年数、L2:加速時間、T1:実環境温度、T2:加速温度)</p> <p>実機使用条件を換算した加速温度 (T2=74℃) は、長期健全性試験条件の温度 (140℃) に包絡される。</p>	T2[℃]	L2[日]	T1[℃]	L1[年]	74	9	28	60
T2[℃]	L2[日]	T1[℃]	L1[年]						
74	9	28	60						

タイトル	難燃 PSHV ケーブル-2 の長期健全性試験（電気学会推奨案）条件の事故時条件の包絡性について																		
概要	試験条件の事故時条件が、実機に想定される設計基準事故時条件を包絡していることを以下に示す。																		
説明	<p>別紙3. 添付-7)-2 に事故時雰囲気暴露の試験条件を添付する。 設計基準事故（主蒸気管破断）条件は添付-3)-4 を参照のこと。</p> <p>以下に示すように、事故時雰囲気暴露の試験条件は、実機の設計基準事故時条件を包絡している。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>条件（温度－時間）</th> <th>65℃換算*1</th> <th>合計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">事故時 雰囲気 暴露 試験</td> <td rowspan="3"></td> <td>296, 397 時間</td> <td rowspan="3">1, 304, 191 時間 (100 年以上)</td> </tr> <tr> <td>130, 109 時間</td> </tr> <tr> <td>8, 777, 685 時間</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">設計基 準事故*2</td> <td rowspan="3"></td> <td>273, 323 時間</td> <td rowspan="3">273, 358 時間 (約 31 年)</td> </tr> <tr> <td>1 時間</td> </tr> <tr> <td>34 時間</td> </tr> </tbody> </table> <p>*1：活性化エネルギー <input type="text"/> [kcal/mol]（メーカーデータ）での換算値 *2：主蒸気管破断</p>				条件（温度－時間）	65℃換算*1	合計	事故時 雰囲気 暴露 試験		296, 397 時間	1, 304, 191 時間 (100 年以上)	130, 109 時間	8, 777, 685 時間	設計基 準事故*2		273, 323 時間	273, 358 時間 (約 31 年)	1 時間	34 時間
	条件（温度－時間）	65℃換算*1	合計																
事故時 雰囲気 暴露 試験		296, 397 時間	1, 304, 191 時間 (100 年以上)																
		130, 109 時間																	
		8, 777, 685 時間																	
設計基 準事故*2		273, 323 時間	273, 358 時間 (約 31 年)																
		1 時間																	
		34 時間																	

<p>説 明</p>	
	<p>難燃 PSHV ケーブル 2 と絶縁体種類が同一でシース種類が異なる難燃 PH ケーブルの事故時雰囲気暴露試験条件</p>

タイトル	難燃 KK ケーブルの長期健全性試験 (ACA) における評価期間について																			
概要	試験条件と実機の使用条件に基づく劣化条件との比較に用いた実環境温度および活性化エネルギー等を以下に示す。																			
説明	<p>難燃 KK ケーブルの劣化条件は、等価損傷線量データの重ね合わせ手法を用いて算出している。</p> <p>長期健全性試験 (ACA) による評価においては、別紙3. 添付-1) で整理した各環境条件を代表する実布設環境条件で評価する。</p> <p>長期健全性試験条件 (100℃-99.9Gy/h-5,549h) をそれぞれの実布設環境条件で換算した結果を以下に示す。</p> <p>難燃 KK ケーブルの実布設環境での長期健全性評価結果</p> <table border="1" data-bbox="419 797 1347 1086"> <thead> <tr> <th rowspan="2">布設区分</th> <th colspan="2">実布設環境条件</th> <th rowspan="2">評価期間 [年] *1,2,3</th> <th rowspan="2">備考</th> </tr> <tr> <th>温度 [℃]</th> <th>放射線量率 [Gy/h]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">ループ室</td> <td>46</td> <td>0.4699</td> <td>84</td> <td></td> </tr> <tr> <td>39</td> <td>0.5860</td> <td>78</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>*1：時間稼働率 100% での評価期間。                  *2：等価損傷線量データの重ね合わせ手法により評価。                  *3：活性化エネルギー <span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 40px; height: 15px; vertical-align: middle;"></span> [kcal/mol] (ACA) での換算値</p>				布設区分	実布設環境条件		評価期間 [年] *1,2,3	備考	温度 [℃]	放射線量率 [Gy/h]	ループ室	46	0.4699	84		39	0.5860	78	
布設区分	実布設環境条件		評価期間 [年] *1,2,3	備考																
	温度 [℃]	放射線量率 [Gy/h]																		
ループ室	46	0.4699	84																	
	39	0.5860	78																	

タイトル	難燃 KK ケーブルの長期健全性試験 (ACA) 条件の事故時条件の包絡性について																																														
概要	試験条件の事故時条件が、実機に想定される設計基準事故時条件および重大事故等時条件を包絡していることを以下に示す。																																														
説明	<p>別紙 3. 添付-9)-2 に事故時雰囲気暴露の試験条件を添付する。  設計基準事故の安全解析結果は添付-3)-2、重大事故等時の安全解析結果は添付-3)-3 を参照のこと。  以下に示すように、事故時雰囲気暴露の試験条件は、実機の設計基準事故時条件および重大事故等時条件を包絡している。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>条件 (温度-時間)</th> <th>65℃換算*1</th> <th>合計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">事故時 雰囲気 暴露試験</td> <td rowspan="3"></td> <td>10 時間</td> <td rowspan="3">5,005 時間</td> </tr> <tr> <td>106 時間</td> </tr> <tr> <td>4,889 時間</td> </tr> <tr> <td rowspan="6">設計基準 事故*2</td> <td rowspan="6"></td> <td>58 時間</td> <td rowspan="6">2,787 時間</td> </tr> <tr> <td>112 時間</td> </tr> <tr> <td>218 時間</td> </tr> <tr> <td>94 時間</td> </tr> <tr> <td>124 時間</td> </tr> <tr> <td>2,181 時間</td> </tr> <tr> <td rowspan="16">重大事故 等時*3</td> <td rowspan="16"></td> <td>1 時間</td> <td rowspan="16">3,237 時間</td> </tr> <tr> <td>3 時間</td> </tr> <tr> <td>5 時間</td> </tr> <tr> <td>40 時間</td> </tr> <tr> <td>89 時間</td> </tr> <tr> <td>43 時間</td> </tr> <tr> <td>133 時間</td> </tr> <tr> <td>86 時間</td> </tr> <tr> <td>92 時間</td> </tr> <tr> <td>96 時間</td> </tr> <tr> <td>272 時間</td> </tr> <tr> <td>215 時間</td> </tr> <tr> <td>161 時間</td> </tr> <tr> <td>245 時間</td> </tr> <tr> <td>214 時間</td> </tr> <tr> <td>186 時間</td> </tr> <tr> <td>179 時間</td> </tr> <tr> <td>211 時間</td> </tr> <tr> <td>222 時間</td> </tr> <tr> <td>286 時間</td> </tr> <tr> <td>292 時間</td> </tr> <tr> <td>166 時間</td> </tr> </tbody> </table> <p>*1: 活性化エネルギー [kcal/mol] (ACA) での換算値  *2: 1次冷却材管の破断による原子炉冷却材喪失事故包絡条件  *3: 格納容器過温破損の包絡条件</p>				条件 (温度-時間)	65℃換算*1	合計	事故時 雰囲気 暴露試験		10 時間	5,005 時間	106 時間	4,889 時間	設計基準 事故*2		58 時間	2,787 時間	112 時間	218 時間	94 時間	124 時間	2,181 時間	重大事故 等時*3		1 時間	3,237 時間	3 時間	5 時間	40 時間	89 時間	43 時間	133 時間	86 時間	92 時間	96 時間	272 時間	215 時間	161 時間	245 時間	214 時間	186 時間	179 時間	211 時間	222 時間	286 時間	292 時間	166 時間
	条件 (温度-時間)	65℃換算*1	合計																																												
事故時 雰囲気 暴露試験		10 時間	5,005 時間																																												
		106 時間																																													
		4,889 時間																																													
設計基準 事故*2		58 時間	2,787 時間																																												
		112 時間																																													
		218 時間																																													
		94 時間																																													
		124 時間																																													
		2,181 時間																																													
重大事故 等時*3		1 時間	3,237 時間																																												
		3 時間																																													
		5 時間																																													
		40 時間																																													
		89 時間																																													
		43 時間																																													
		133 時間																																													
		86 時間																																													
		92 時間																																													
		96 時間																																													
		272 時間																																													
		215 時間																																													
		161 時間																																													
		245 時間																																													
		214 時間																																													
		186 時間																																													
179 時間																																															
211 時間																																															
222 時間																																															
286 時間																																															
292 時間																																															
166 時間																																															

説 明

難燃 KK ケーブルの事故時雰囲気暴露の試験条件

タイトル	難燃 PSHV ケーブル-1 の長期健全性試験 (A C A) における評価期間について																
概要	試験条件と実機の使用条件に基づく劣化条件との比較に用いた実環境温度および活性化エネルギー等を以下に示す。																
説明	<p>MS 区画での設計基準事故時雰囲気内で機能要求がある難燃 PSHV ケーブル-1 については、MS 区画の環境条件 (28℃) で評価を実施し、評価結果に応じた保全を実施している。</p> <p>また、使用済燃料ピットでの重大事故等時雰囲気内で機能要求がある難燃 PSHV ケーブル-1 については、使用済燃料ピットエリアの環境条件 (22℃) で評価を実施し、評価結果に応じた保全を実施している。</p> <p>難燃 PSHV ケーブル-1 の劣化条件は、難燃 PSHV ケーブル-1 と絶縁体種類が同一でシース種類が異なる難燃 PH ケーブルの時間依存データの重ね合わせ手法を用いて算出している。</p> <p>長期健全性試験条件 (100℃-94.8Gy/h-4,003h) をそれぞれの実布設環境条件で換算した結果を以下に示す。</p> <p>難燃 PSHV ケーブル-1 の実布設環境での長期健全性評価結果</p> <table border="1" data-bbox="421 987 1331 1238"> <thead> <tr> <th rowspan="2">布設区分</th> <th colspan="2">実布設環境条件</th> <th rowspan="2">評価期間 [年] *1, 2, 3</th> </tr> <tr> <th>温度[℃]</th> <th>放射線量率[Gy/h]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MS 区画</td> <td>28</td> <td>0.00001</td> <td>559</td> </tr> <tr> <td>使用済燃料 ピットエリア</td> <td>22</td> <td>0.0001</td> <td>904</td> </tr> </tbody> </table> <p>*1: 時間稼働率 100% での評価期間。  *2: 時間依存データの重ね合わせ手法により評価。  *3: 活性化エネルギー <span style="border: 1px solid black; padding: 0 5px;"> </span> [kcal/mol] (A C A) での換算値</p>			布設区分	実布設環境条件		評価期間 [年] *1, 2, 3	温度[℃]	放射線量率[Gy/h]	MS 区画	28	0.00001	559	使用済燃料 ピットエリア	22	0.0001	904
布設区分	実布設環境条件		評価期間 [年] *1, 2, 3														
	温度[℃]	放射線量率[Gy/h]															
MS 区画	28	0.00001	559														
使用済燃料 ピットエリア	22	0.0001	904														

タイトル	難燃 PSHV ケーブル-1 の長期健全性試験 (ACA) 条件の事故時条件の包絡性について																						
概要	試験条件の事故時条件が、実機に想定される設計基準事故時条件および重大事故等時条件を包絡していることを以下に示す。																						
説明	<p>別紙3. 添付-11)-2 に事故時雰囲気暴露の試験条件を添付する。          設計基準事故 (主蒸気管破断) 条件は添付-3)-4 を参照のこと。          以下に示すように、事故時雰囲気暴露の試験条件は、実機の設計基準事故時条件および重大事故等時条件を包絡している。</p> <table border="1" data-bbox="421 651 1350 1218"> <thead> <tr> <th data-bbox="421 651 564 689"></th> <th data-bbox="564 651 948 689">条件 (温度-時間)</th> <th data-bbox="948 651 1139 689">65°C換算*1</th> <th data-bbox="1139 651 1350 689">合計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="421 689 564 913" rowspan="3">事故時雰囲気暴露試験</td> <td data-bbox="564 689 948 763" rowspan="3"></td> <td data-bbox="948 689 1139 763">35 時間</td> <td data-bbox="1139 689 1350 913" rowspan="3">9,699 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="948 763 1139 837">259 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="948 837 1139 913">9,405 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="421 913 564 1137" rowspan="3">設計基準事故*2</td> <td data-bbox="564 913 948 1137" rowspan="3"></td> <td data-bbox="948 913 1139 987">232 時間</td> <td data-bbox="1139 913 1350 1137" rowspan="3">1,080 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="948 987 1139 1061">1 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="948 1061 1139 1137">847 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="421 1137 564 1218">重大事故等時*3</td> <td data-bbox="564 1137 948 1218"></td> <td data-bbox="948 1137 1139 1218">1,366 時間</td> <td data-bbox="1139 1137 1350 1218">1,366 時間</td> </tr> </tbody> </table> <p>*1: 活性化エネルギー <input type="text"/> [kcal/mol] (ACA) での換算値          *2: 主蒸気管破断          *3: 使用済燃料ピットにおける重大事故に至るおそれがある事故</p>				条件 (温度-時間)	65°C換算*1	合計	事故時雰囲気暴露試験		35 時間	9,699 時間	259 時間	9,405 時間	設計基準事故*2		232 時間	1,080 時間	1 時間	847 時間	重大事故等時*3		1,366 時間	1,366 時間
	条件 (温度-時間)	65°C換算*1	合計																				
事故時雰囲気暴露試験		35 時間	9,699 時間																				
		259 時間																					
		9,405 時間																					
設計基準事故*2		232 時間	1,080 時間																				
		1 時間																					
		847 時間																					
重大事故等時*3		1,366 時間	1,366 時間																				

説 明

難燃 PSHV ケーブル- 1 と絶縁体種類が同一でシース種類が異なる  
難燃 PH ケーブルの事故時雰囲気暴露の試験条件

タイトル	難燃 PSHV ケーブル 2 の長期健全性試験 (A C A) における評価期間について												
概要	難燃 PSHV ケーブル 2 の評価期間を算定するために用いた環境条件の根拠および試験条件と実機の使用条件に基づく劣化条件との比較に用いた実環境温度および活性化エネルギー等について、以下に示す。												
説明	<p>MS 区画での設計基準事故時雰囲気内で機能要求がある難燃 PSHV ケーブル 2 については、MS 区画の環境条件 (28℃) で評価を実施し、評価結果に応じた保全を実施している。</p> <p>試験条件 (120℃-2,544 時間) および実機布設環境条件 (36.6℃-19.7 年) をそれぞれ実機使用条件 (28℃) で換算した結果を以下に示す。</p> <table border="1" data-bbox="509 763 1270 902"> <thead> <tr> <th>T2[℃]</th> <th>L2</th> <th>T1[℃]</th> <th>L1[年]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>120</td> <td>2,544 時間</td> <td>28</td> <td>237</td> </tr> <tr> <td>36.6</td> <td>19.7 年</td> <td>28</td> <td>39</td> </tr> </tbody> </table> <p>活性化エネルギー : <span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 150px; height: 15px; vertical-align: middle;"></span> [kcal/mol]  (メーカーデータ) での換算値  (L1:実環境年数、L2:加速時間、T1:実環境温度、T2:加速温度)</p> <p>試験条件および実機布設環境条件を換算した結果は 237+39=276 年となる。</p>	T2[℃]	L2	T1[℃]	L1[年]	120	2,544 時間	28	237	36.6	19.7 年	28	39
T2[℃]	L2	T1[℃]	L1[年]										
120	2,544 時間	28	237										
36.6	19.7 年	28	39										

タイトル	難燃 PSHV ケーブル-2 の長期健全性試験 (ACA) の事故時条件の包絡性について																		
概要	試験条件の事故時条件が、実機に想定される設計基準事故時条件を包絡していることを以下に示す。																		
説明	<p>以下に事故時雰囲気暴露の試験条件を添付する。  設計基準事故（主蒸気管破断）条件は添付-3)-4 を参照のこと。  以下に示すように、事故時雰囲気暴露の試験条件は、実機の設計基準事故時条件を包絡している。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>条件（温度－時間）</th> <th>65℃換算*1</th> <th>合計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">事故時 雰囲気 暴露 試験</td> <td rowspan="3"></td> <td>368 時間</td> <td rowspan="3">24,993 時間 (約 2.8 年)</td> </tr> <tr> <td>1,224 時間</td> </tr> <tr> <td>23,401 時間</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">設計基 準事故*2</td> <td rowspan="3"></td> <td>1,511 時間</td> <td rowspan="3">2,359 時間 (約 0.3 年)</td> </tr> <tr> <td>1 時間</td> </tr> <tr> <td>847 時間</td> </tr> </tbody> </table> <p>*1：活性化エネルギー： [kcal/mol]  （メーカーデータ）での換算値  *2：主蒸気管破断</p>				条件（温度－時間）	65℃換算*1	合計	事故時 雰囲気 暴露 試験		368 時間	24,993 時間 (約 2.8 年)	1,224 時間	23,401 時間	設計基 準事故*2		1,511 時間	2,359 時間 (約 0.3 年)	1 時間	847 時間
	条件（温度－時間）	65℃換算*1	合計																
事故時 雰囲気 暴露 試験		368 時間	24,993 時間 (約 2.8 年)																
		1,224 時間																	
		23,401 時間																	
設計基 準事故*2		1,511 時間	2,359 時間 (約 0.3 年)																
		1 時間																	
		847 時間																	
	難燃 PSHV ケーブル-2 と絶縁体種類が同一でシース種類が異なる難燃 PH ケーブルの事故時雰囲気暴露試験条件 (ACA 試験条件)																		

## 別紙 4. 同軸ケーブルの評価について

## 1. 健全性評価

## 1.1 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または重大事故等時雰囲気で機能要求がある難燃三重同軸ケーブルは、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。

難燃三重同軸ケーブルの電気学会推奨案に基づく試験手順および判定方法を図1.1に示す。

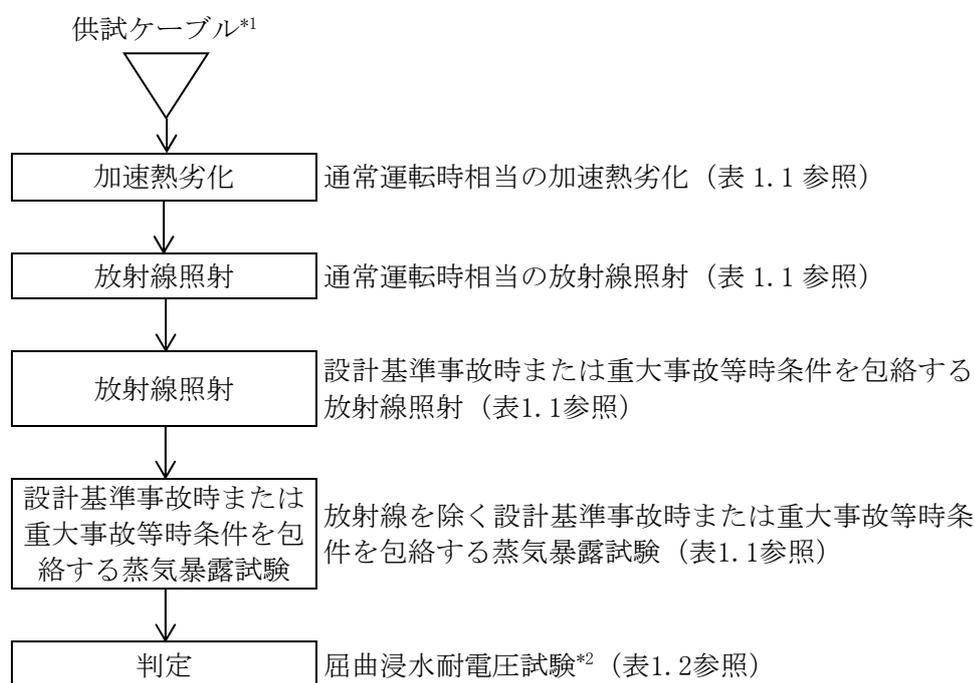


図1.1 難燃三重同軸ケーブルの長期健全性試験手順および判定方法

\*1：高浜4号炉で使用している難燃三重同軸ケーブルと製造メーカーおよび絶縁材料が同等の難燃三重同軸ケーブルを供試ケーブルとしている。

\*2：屈曲浸水耐電圧試験の試験手順は以下のとおりである。

- 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付ける。
- 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3.2kV/mmを5分間印加し、絶縁破壊を生じるか否かを調べる。

b. 試験条件

表1.1に長期健全性試験条件を示す。試験条件は、高浜4号炉の実機環境に基づいて60年間の運転期間および設計基準事故、または60年間の運転期間および重大事故等時を想定した劣化条件を包絡している。

表1.1 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	60年間の通常運転時の使用条件【別紙4. 添付-1) 参照】に基づく劣化条件【別紙4. 添付-2) 参照】、設計基準事故時または重大事故等時の環境条件【別紙4. 添付-3) 参照】
通常運転時相当	温度	121℃－7日	81℃－7日 (=44℃*1－60年)
	放射線 (集積線量)	500kGy (10kGy/h以下)	134kGy*2
事故時蒸気暴露試験	放射線 (集積線量)	1,500kGy (10kGy/h以下)	設計基準事故時：675kGy 重大事故等時：500kGy
	温度	190℃ (最高温度)	設計基準事故時：約125℃(最高温度) 重大事故等時：約138℃(最高温度)
	圧力	0.41MPa[gage] (最高圧力)	設計基準事故時：約0.25MPa[gage](最高圧力) 重大事故等時：約0.35MPa[gage](最高圧力)

\*1：設計基準事故または重大事故等を考慮する原子炉格納容器内難燃三重同軸ケーブル布設箇所周囲の平均温度として設定した。

\*2： $0.2537[\text{Gy/h}] \times (24 \times 365.25)[\text{h/y}] \times 60[\text{y}] = 134\text{kGy}$

c. 評価結果

難燃三重同軸ケーブルの長期健全性試験結果を表1.2に示す。電気学会推奨案に基づく評価の結果、高浜4号炉の難燃三重同軸ケーブルは、運転開始後60年時点においても絶縁機能を維持できると判断する。

表1.2 難燃三重同軸ケーブルの長期健全性試験結果

項目	試験条件	判定
屈曲浸水 耐電圧試験	供試体外径：11.5mm マンドレル径：500mm 絶縁厚さ：2.9mm 課電電圧：9.7kV/5分間	良

[出典：メーカーデータ]

## 1.2 ACAガイドによる健全性評価

### a. 評価手順

設計基準事故時雰囲気または重大事故等時雰囲気で機能要求がある難燃三重同軸ケーブルは、ACAガイドに従った長期健全性についても評価する。また、使用済燃料ピット内の重大事故等時雰囲気内で機能要求がある難燃同軸ケーブルについては、絶縁体種類が同一で構造が異なる難燃性信号対ケーブルのACAガイドに基づく長期健全性試験結果を用いて重大事故等時雰囲気内での健全性を評価した。評価にあたっては、ACAの試験結果を用いている。

難燃三重同軸ケーブルのACAガイドに基づく試験手順および判定方法を図1.2に示す。

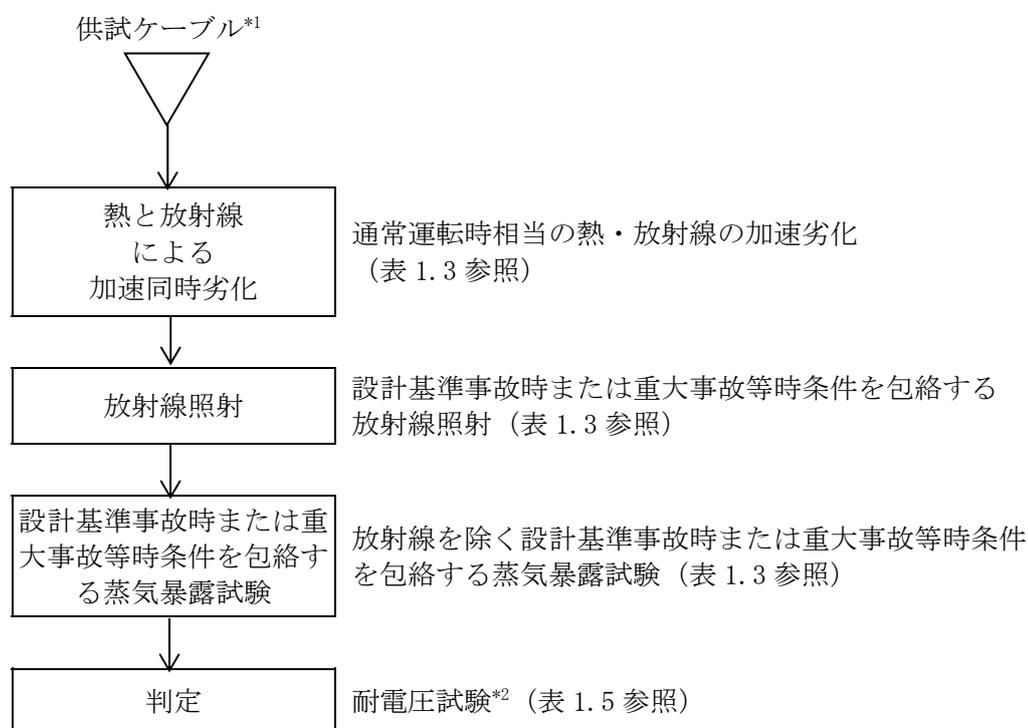


図1.2 難燃三重同軸ケーブルのACAガイドに基づく試験手順および判定方法

\*1：高浜4号炉で使用している難燃三重同軸ケーブルと製造メーカーおよび絶縁材料が同等の難燃三重同軸ケーブルを供試ケーブルとしている。

\*2：耐電圧試験は、日本産業規格「ゴム・プラスチック絶縁電線試験方法」(JIS C 3005:2000)の試験

また、難燃同軸ケーブルと絶縁体種類が同一で構造が異なる難燃性信号対ケーブルのACAガイドに基づく試験手順および判定方法を図1.3に示す。

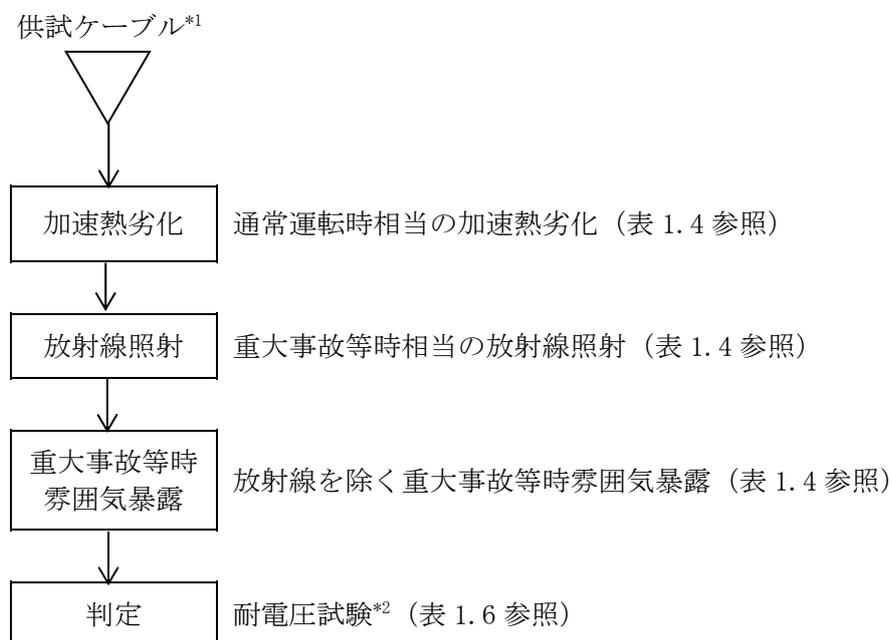


図1.3 難燃同軸ケーブルと絶縁体種類が同一で構造が異なる難燃性信号対ケーブルのACAガイドに基づく試験手順および判定方法

\*1：高浜4号炉で使用している難燃同軸ケーブルと絶縁体種類が同一で構造が異なる難燃性信号対ケーブルを供試ケーブルとしている。

\*2：耐電圧試験は、日本産業規格「ゴム・プラスチック絶縁電線試験方法」(JIS C 3005:2000)の試験

b. 試験条件

表1.3および表1.4に長期健全性試験条件を示す。試験条件は、高浜4号炉の実機環境に基づいた通常の運転期間および設計基準事故、または通常の運転期間および重大事故等時を想定した劣化条件を包絡している。

表 1.3 難燃三重同軸ケーブルの ACA 試験条件

		試験条件
通常運転時相当 【別紙4. 添付-4) 参照】	温度 放射線	100°C-98.9Gy/h-5,686h
設計基準事故時相当 重大事故等時相当 【別紙4. 添付-5) 参照】	放射線 (集積線量)	1,500kGy (10kGy/h 以下)
	温度	最高温度：190°C
	圧力	最高圧力：0.41MPa[gage]

表 1.4 難燃性信号対ケーブルの ACA 試験条件

		試験条件
通常運転時相当 【別紙4. 添付-6) 参照】	温度	110°C-3,600h
重大事故等時相当 【別紙4. 添付-7) 参照】	放射線 (集積線量)	300Gy(10kGy/h 以下)*1
	温度	最高温度：100°C*1

\*1：高浜4号炉の使用済燃料ピットにおける重大事故に至るおそれがある事故時の環境は放射線：0.15mGy/h 以下（最大集積線量 25.2mGy 以下）、最高温度：約 100°Cである。

c. 評価結果

長期健全性試験結果を表1.5および表1.6に示す。また、ACAガイドに基づく評価の結果を表1.7および表1.8に示す。評価結果から、高浜4号炉の難燃三重同軸ケーブルおよび難燃同軸ケーブルは、運転開始後60年時点においても絶縁機能を維持できると判断する。

表 1.5 難燃三重同軸ケーブルの ACA 試験結果

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

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

表 1.6 難燃性信号対ケーブルの ACA 試験結果

項目	試験条件	判定
耐電圧試験	課電電圧：350V/1 分間	良

[出典：電力共同研究「PWRにおける過酷事故用電気計装品に関する経年劣化評価研究Phase II（ケーブル）令和元年度」]

表 1.7 難燃三重同軸ケーブルの実布設環境での長期健全性評価結果

布設区分	実布設環境条件		評価期間 [年] <sup>*1,2</sup>	備考
	温度 [°C]	放射線量率 [Gy/h]		
ループ室	43	0.2537	100	
加圧器室上部	44	0.0013	169	
通路部	44	0.0011	169	

\*1：時間稼働率 100%での評価期間。

\*2：時間依存データの重ね合わせ手法により評価。

表 1.8 難燃性信号対ケーブルの実布設環境での長期健全性評価結果

布設区分	実布設環境条件	評価期間[年] <sup>*1</sup>	備考
	温度[°C]		
使用済燃料ピット エリア	22	175	

\*1：時間稼働率 100%での評価期間。

#### 4.1.2 現状保全

絶縁体および内部シースの絶縁低下に対しては、定期的に絶縁抵抗測定を行い、管理値以上であることの確認を行っている。【別紙7参照】

#### 4.1.3 総合評価

健全性評価結果から判断して、難燃三重同軸ケーブルおよび難燃同軸ケーブルについては、絶縁体の絶縁低下により機器の健全性に影響を与える可能性はないと考える。

絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切である。

#### 4.1.4 高経年化への対応

難燃三重同軸ケーブルおよび難燃同軸ケーブルの絶縁体の絶縁低下については、現状保全項目に高経年化対策の観点から追加すべきものはないと判断する。

### 5. 添付資料

- 1) 原子炉格納容器内の難燃三重同軸ケーブルの環境条件について
- 2) 難燃三重同軸ケーブルの長期健全性試験（電気学会推奨案）における評価期間について
- 3) 難燃三重同軸ケーブルの長期健全性試験（電気学会推奨案）条件の事故時条件の包絡性について
- 4) 難燃三重同軸ケーブルの長期健全性試験（ACA）における評価期間について
- 5) 難燃三重同軸ケーブルの長期健全性試験（ACA）条件の事故時条件の包絡性について
- 6) 難燃同軸ケーブルの長期健全性試験（ACA）における評価期間について
- 7) 難燃同軸ケーブルの長期健全性試験（ACA）条件の事故時条件の包絡性について
- 8) 難燃同軸ケーブルと難燃性信号対ケーブルの同等性等について

タイトル	原子炉格納容器内の難燃三重同軸ケーブルの環境条件について																																																														
概要	難燃三重同軸ケーブルの評価期間を算定するために用いた環境条件の根拠について、以下に示す。																																																														
説明	<p>ケーブルについては、1本のケーブルが複数のエリアに布設されているが、それぞれのエリアの環境条件のうち、最も厳しい環境条件で当該ケーブルの評価を実施し、評価結果に応じた保全を実施している。</p> <p>同軸ケーブルの技術評価書において、難燃三重同軸ケーブルについては、安全機能を有する難燃三重同軸ケーブル布設箇所の環境条件（下表のエリア）を代表するように、以下の条件を選定して評価書に記載している。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>エリア</th> <th>測定場所</th> <th>温度*1 [°C]</th> <th>線量率*1 [Gy/h]</th> <th>ACA 評価選定理由</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>D-2</td> <td rowspan="4">ループ室</td> <td>40</td> <td>0.1111</td> <td></td> </tr> <tr> <td>D-7</td> <td>33</td> <td>0.0021</td> <td></td> </tr> <tr> <td>E-13</td> <td>44</td> <td>0.0013</td> <td>加圧器室上部</td> </tr> <tr> <td>E-15</td> <td>43</td> <td>0.2537</td> <td>最高線量率</td> </tr> <tr> <td>B-12</td> <td rowspan="10">通路部</td> <td>36</td> <td>0.0011</td> <td></td> </tr> <tr> <td>B-13</td> <td>34</td> <td>0.0011</td> <td></td> </tr> <tr> <td>B-14</td> <td>36</td> <td>0.0007</td> <td></td> </tr> <tr> <td>B-18</td> <td>35</td> <td>0.0005</td> <td></td> </tr> <tr> <td>B-19</td> <td>37</td> <td>0.0011</td> <td></td> </tr> <tr> <td>B-20</td> <td>36</td> <td>0.0004</td> <td></td> </tr> <tr> <td>D-10</td> <td>42</td> <td>0.0005</td> <td></td> </tr> <tr> <td>D-18</td> <td>42</td> <td>0.0006</td> <td></td> </tr> <tr> <td>E-14</td> <td>44</td> <td>0.0011</td> <td>最高温度</td> </tr> </tbody> </table> <p>*1：太線は通常運転時の使用条件として記載した温度、線量率</p>				エリア	測定場所	温度*1 [°C]	線量率*1 [Gy/h]	ACA 評価選定理由	D-2	ループ室	40	0.1111		D-7	33	0.0021		E-13	44	0.0013	加圧器室上部	E-15	43	0.2537	最高線量率	B-12	通路部	36	0.0011		B-13	34	0.0011		B-14	36	0.0007		B-18	35	0.0005		B-19	37	0.0011		B-20	36	0.0004		D-10	42	0.0005		D-18	42	0.0006		E-14	44	0.0011	最高温度
エリア	測定場所	温度*1 [°C]	線量率*1 [Gy/h]	ACA 評価選定理由																																																											
D-2	ループ室	40	0.1111																																																												
D-7		33	0.0021																																																												
E-13		44	0.0013	加圧器室上部																																																											
E-15		43	0.2537	最高線量率																																																											
B-12	通路部	36	0.0011																																																												
B-13		34	0.0011																																																												
B-14		36	0.0007																																																												
B-18		35	0.0005																																																												
B-19		37	0.0011																																																												
B-20		36	0.0004																																																												
D-10		42	0.0005																																																												
D-18		42	0.0006																																																												
E-14		44	0.0011	最高温度																																																											

タイトル	難燃三重同軸ケーブルの長期健全性試験（電気学会推奨案）における評価期間について								
概要	試験条件と実機の使用条件に基づく劣化条件との比較に用いた実環境温度および活性化エネルギー等を以下に示す。								
説明	<p>難燃三重同軸ケーブルの 60 年間の通常運転時の使用条件に基づく劣化条件は、ケーブル絶縁材の活性化エネルギーを用いて、アレニウス則により算出している。</p> <p>長期健全性試験（電気学会推奨案）による評価においては、別紙 4. 添付-1) で整理した各環境条件を包絡する温度として、44℃で評価する。</p> <p>実機使用条件（44℃-60 年）を、長期健全性試験条件（121℃-7 日）との比較を容易にするため、加速時間(L2)を試験条件と同じ 7 日として換算した結果を以下に示す。</p> <table border="1" data-bbox="509 837 1272 931"> <thead> <tr> <th>T2[℃]</th> <th>L2[日]</th> <th>T1[℃]</th> <th>L1[年]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>81</td> <td>7</td> <td>44</td> <td>60</td> </tr> </tbody> </table> <p>活性化エネルギー：<input type="text"/> [kcal/mol]（メーカーデータ）での換算値  (L1:実環境年数、L2:加速時間、T1:実環境温度、T2:加速温度)</p> <p>実機使用条件を換算した加速温度(T2=81℃)は、長期健全性試験条件の温度（121℃）に包絡される。</p>	T2[℃]	L2[日]	T1[℃]	L1[年]	81	7	44	60
T2[℃]	L2[日]	T1[℃]	L1[年]						
81	7	44	60						

タイトル	難燃三重同軸ケーブルの長期健全性試験（電気学会推奨案）条件の事故時条件の包絡性について																																																																												
概要	試験条件の事故時条件が、実機に想定される設計基準事故時および重大事故等時条件を包絡していることを以下に示す。																																																																												
説明	<p>別紙 4. 添付-3)-2 に事故時雰囲気暴露の試験条件を添付する。  設計基準事故（1次冷却材管の破断による原子炉冷却材喪失）の安全解析結果は添付-3)-2、重大事故等時の安全解析結果は添付-3)-3 を参照のこと。  以下に示すように、事故時雰囲気暴露の試験条件は、実機の設計基準事故時条件および重大事故等時条件を包絡している。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>条件（温度－時間）</th> <th>65℃換算*1</th> <th>合計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4">事故時 雰囲気 暴露 試験</td> <td></td> <td>197,181,847 時間</td> <td rowspan="4">229,664,096 時間 (100年以上)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>8,777,701 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>9,008,484 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>14696064 時間</td> </tr> <tr> <td rowspan="5">設計基準事 故*2</td> <td></td> <td>523,581 時間</td> <td rowspan="5">544,157 時間 (約 62 年)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>19,744 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>778 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>10 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>5 時間</td> </tr> <tr> <td rowspan="16">重大事故等 時*3</td> <td></td> <td>39 時間</td> <td rowspan="16">36,316,285 時間 (100年以上)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>1 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>59 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>940 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>48,450 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>358,854 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>546,177 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>538,281 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>1,092,354 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>1,466,933 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>1,698,112 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>5,401,900 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>3,820,752 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>2,567,133 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>3,482,380 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>2,730,886 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>2,118,609 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>1,824,895 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>1,919,795 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>1,801,308 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>2,064,174 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>1,883,509 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>950,783 時間</td> </tr> </tbody> </table> <p>*1：活性化エネルギー [kcal/mol]（メーカーデータ）での換算値  *2：1次冷却材管の破断による原子炉冷却材喪失事故包絡条件  *3：格納容器過温破損の包絡条件</p>				条件（温度－時間）	65℃換算*1	合計	事故時 雰囲気 暴露 試験		197,181,847 時間	229,664,096 時間 (100年以上)		8,777,701 時間		9,008,484 時間		14696064 時間	設計基準事 故*2		523,581 時間	544,157 時間 (約 62 年)		19,744 時間		778 時間		10 時間		5 時間	重大事故等 時*3		39 時間	36,316,285 時間 (100年以上)		1 時間		59 時間		940 時間		48,450 時間		358,854 時間		546,177 時間		538,281 時間		1,092,354 時間		1,466,933 時間		1,698,112 時間		5,401,900 時間		3,820,752 時間		2,567,133 時間		3,482,380 時間		2,730,886 時間		2,118,609 時間		1,824,895 時間		1,919,795 時間		1,801,308 時間		2,064,174 時間		1,883,509 時間		950,783 時間
	条件（温度－時間）	65℃換算*1	合計																																																																										
事故時 雰囲気 暴露 試験		197,181,847 時間	229,664,096 時間 (100年以上)																																																																										
		8,777,701 時間																																																																											
		9,008,484 時間																																																																											
		14696064 時間																																																																											
設計基準事 故*2		523,581 時間	544,157 時間 (約 62 年)																																																																										
		19,744 時間																																																																											
		778 時間																																																																											
		10 時間																																																																											
		5 時間																																																																											
重大事故等 時*3		39 時間	36,316,285 時間 (100年以上)																																																																										
		1 時間																																																																											
		59 時間																																																																											
		940 時間																																																																											
		48,450 時間																																																																											
		358,854 時間																																																																											
		546,177 時間																																																																											
		538,281 時間																																																																											
		1,092,354 時間																																																																											
		1,466,933 時間																																																																											
		1,698,112 時間																																																																											
		5,401,900 時間																																																																											
		3,820,752 時間																																																																											
		2,567,133 時間																																																																											
		3,482,380 時間																																																																											
		2,730,886 時間																																																																											
	2,118,609 時間																																																																												
	1,824,895 時間																																																																												
	1,919,795 時間																																																																												
	1,801,308 時間																																																																												
	2,064,174 時間																																																																												
	1,883,509 時間																																																																												
	950,783 時間																																																																												

<p>説 明</p>	<div data-bbox="416 371 1361 972" style="border: 2px solid black; height: 268px; width: 592px;"></div> <p data-bbox="580 1010 1230 1043">難燃三重同軸ケーブル 事故時雰囲気暴露試験条件</p>
------------	--

タイトル	難燃三重同軸ケーブルの長期健全性試験（ACA）における評価期間について																				
概要	試験条件と実機の使用条件に基づく劣化条件との比較に用いた、計算式、実環境温度および活性化エネルギー等を以下に示す。																				
説明	<p>難燃三重同軸ケーブルの劣化条件は、時間依存データの重ね合わせ手法を用いて算出している。</p> <p>長期健全性試験（ACA）による評価においては、別紙4. 添付-1)で整理した各環境条件を代表する実布設環境条件で評価する。</p> <p>長期健全性試験条件（100℃-98.9Gy/h-5,686h）をそれぞれの実布設環境条件で換算した結果を以下に示す。</p> <p>難燃三重同軸ケーブルの実布設環境での長期健全性評価結果</p> <table border="1" data-bbox="421 801 1348 1126"> <thead> <tr> <th rowspan="2">布設区分</th> <th colspan="2">実布設環境条件</th> <th rowspan="2">評価期間 [年] *1, 2, 3</th> </tr> <tr> <th>温度[℃]</th> <th>放射線量率[Gy/h]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ループ室</td> <td>43</td> <td>0.2537</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>加圧器室上部</td> <td>44</td> <td>0.0013</td> <td>169</td> </tr> <tr> <td>通路部</td> <td>44</td> <td>0.0011</td> <td>169</td> </tr> </tbody> </table> <p>*1：時間稼働率 100%での評価期間。                  *2：時間依存データの重ね合わせ手法により評価。                  *3：活性化エネルギー <input type="text"/> [kcal/mol]（ACA）での換算値</p>			布設区分	実布設環境条件		評価期間 [年] *1, 2, 3	温度[℃]	放射線量率[Gy/h]	ループ室	43	0.2537	100	加圧器室上部	44	0.0013	169	通路部	44	0.0011	169
布設区分	実布設環境条件		評価期間 [年] *1, 2, 3																		
	温度[℃]	放射線量率[Gy/h]																			
ループ室	43	0.2537	100																		
加圧器室上部	44	0.0013	169																		
通路部	44	0.0011	169																		

タイトル	難燃三重同軸ケーブルの長期健全性試験 (A C A) 条件の事故時条件の包絡性について																																																																								
概要	試験条件の事故時条件が、実機に想定される重大事故等時条件および重大事故等時条件を包絡していることを以下に示す。																																																																								
説明	<p>別紙 4. 添付-5)-2 に事故時雰囲気暴露の試験条件を添付する。          設計基準事故の安全解析結果は添付-3)-2、重大事故等時の安全解析結果は添付-3)-3 を参照のこと。          以下に示すように、事故時雰囲気暴露の試験条件は、実機の設計基準事故時条件および重大事故等時条件を包絡している。</p> <table border="1" data-bbox="421 658 1350 1742"> <thead> <tr> <th data-bbox="421 658 564 689"></th> <th data-bbox="564 658 948 689">条件 (温度-時間)</th> <th data-bbox="948 658 1139 689">65°C換算*1</th> <th data-bbox="1139 658 1350 689">合計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="421 689 564 792" rowspan="3">事故時 雰囲気 暴露試験</td> <td data-bbox="564 689 948 721"></td> <td data-bbox="948 689 1139 721">35 時間</td> <td data-bbox="1139 689 1350 792" rowspan="3">9, 699 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="564 721 948 752"></td> <td data-bbox="948 721 1139 752">259 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="564 752 948 792"></td> <td data-bbox="948 752 1139 792">9, 405 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="421 792 564 999" rowspan="5">設計基準 事故*2</td> <td data-bbox="564 792 948 824"></td> <td data-bbox="948 792 1139 824">121 時間</td> <td data-bbox="1139 792 1350 999" rowspan="5">2, 281 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="564 824 948 855"></td> <td data-bbox="948 824 1139 855">171 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="564 855 948 887"></td> <td data-bbox="948 855 1139 887">241 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="564 887 948 918"></td> <td data-bbox="948 887 1139 918">79 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="564 918 948 999"></td> <td data-bbox="948 918 1139 999">95 時間 1, 574 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="421 999 564 1742" rowspan="17">重大事故 等時*3</td> <td data-bbox="564 999 948 1030"></td> <td data-bbox="948 999 1139 1030">1 時間</td> <td data-bbox="1139 999 1350 1742" rowspan="17">6, 834 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="564 1030 948 1061"></td> <td data-bbox="948 1030 1139 1061">3 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="564 1061 948 1093"></td> <td data-bbox="948 1061 1139 1093">8 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="564 1093 948 1124"></td> <td data-bbox="948 1093 1139 1124">71 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="564 1124 948 1155"></td> <td data-bbox="948 1124 1139 1155">174 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="564 1155 948 1187"></td> <td data-bbox="948 1155 1139 1187">92 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="564 1187 948 1218"></td> <td data-bbox="948 1187 1139 1218">261 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="564 1218 948 1249"></td> <td data-bbox="948 1218 1139 1249">185 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="564 1249 948 1281"></td> <td data-bbox="948 1249 1139 1281">202 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="564 1281 948 1312"></td> <td data-bbox="948 1281 1139 1312">211 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="564 1312 948 1344"></td> <td data-bbox="948 1312 1139 1344">608 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="564 1344 948 1375"></td> <td data-bbox="948 1344 1139 1375">475 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="564 1375 948 1406"></td> <td data-bbox="948 1375 1139 1406">354 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="564 1406 948 1438"></td> <td data-bbox="948 1406 1139 1438">531 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="564 1438 948 1469"></td> <td data-bbox="948 1438 1139 1469">462 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="564 1469 948 1500"></td> <td data-bbox="948 1469 1139 1500">397 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="564 1500 948 1532"></td> <td data-bbox="948 1500 1139 1532">379 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="564 1532 948 1563"></td> <td data-bbox="948 1532 1139 1563">443 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="564 1563 948 1594"></td> <td data-bbox="948 1563 1139 1594">461 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="564 1594 948 1626"></td> <td data-bbox="948 1594 1139 1626">587 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="564 1626 948 1657"></td> <td data-bbox="948 1626 1139 1657">595 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="564 1657 948 1688"></td> <td data-bbox="948 1657 1139 1688">334 時間</td> </tr> </tbody> </table> <p data-bbox="421 1751 1350 1868">           *1 : 活性化エネルギー [kcal/mol] (A C A) での換算値            *2 : 1 次冷却材管の破断による原子炉冷却材喪失事故包絡条件            *3 : 格納容器過温破損の包絡条件         </p>				条件 (温度-時間)	65°C換算*1	合計	事故時 雰囲気 暴露試験		35 時間	9, 699 時間		259 時間		9, 405 時間	設計基準 事故*2		121 時間	2, 281 時間		171 時間		241 時間		79 時間		95 時間 1, 574 時間	重大事故 等時*3		1 時間	6, 834 時間		3 時間		8 時間		71 時間		174 時間		92 時間		261 時間		185 時間		202 時間		211 時間		608 時間		475 時間		354 時間		531 時間		462 時間		397 時間		379 時間		443 時間		461 時間		587 時間		595 時間		334 時間
	条件 (温度-時間)	65°C換算*1	合計																																																																						
事故時 雰囲気 暴露試験		35 時間	9, 699 時間																																																																						
		259 時間																																																																							
		9, 405 時間																																																																							
設計基準 事故*2		121 時間	2, 281 時間																																																																						
		171 時間																																																																							
		241 時間																																																																							
		79 時間																																																																							
		95 時間 1, 574 時間																																																																							
重大事故 等時*3		1 時間	6, 834 時間																																																																						
		3 時間																																																																							
		8 時間																																																																							
		71 時間																																																																							
		174 時間																																																																							
		92 時間																																																																							
		261 時間																																																																							
		185 時間																																																																							
		202 時間																																																																							
		211 時間																																																																							
		608 時間																																																																							
		475 時間																																																																							
		354 時間																																																																							
		531 時間																																																																							
		462 時間																																																																							
		397 時間																																																																							
		379 時間																																																																							
	443 時間																																																																								
	461 時間																																																																								
	587 時間																																																																								
	595 時間																																																																								
	334 時間																																																																								

説 明

難燃三重同軸ケーブルの事故時雰囲気暴露の試験条件

タイトル	難燃同軸ケーブルの長期健全性試験（ACA）における評価期間について								
概要	難燃同軸ケーブルの評価期間を算定するために用いた環境条件の根拠および試験条件と実機の使用条件に基づく劣化条件との比較に用いた実環境温度および活性化エネルギー等を以下に示す。								
説明	<p>使用済燃料ピットでの重大事故等時雰囲気内で機能要求がある難燃同軸ケーブルについては、使用済燃料ピットエリアの環境条件（22℃）で評価を実施し、評価結果に応じた保全を実施している。</p> <p>試験条件（110℃－3,600 時間）を実機使用条件（22℃）で換算した結果を以下に示す。</p> <table border="1" data-bbox="509 763 1272 857"> <thead> <tr> <th>T2[℃]</th> <th>L2</th> <th>T1[℃]</th> <th>L1[年]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>110</td> <td>3,600 時間</td> <td>22</td> <td>175</td> </tr> </tbody> </table> <p>活性化エネルギー： <span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 200px; height: 15px;"></span> [kcal/mol]  （メーカーデータ）での換算値  （L1:実環境年数、L2:加速時間、T1:実環境温度、T2:加速温度）</p>	T2[℃]	L2	T1[℃]	L1[年]	110	3,600 時間	22	175
T2[℃]	L2	T1[℃]	L1[年]						
110	3,600 時間	22	175						

タイトル	難燃同軸ケーブルの長期健全性試験 (A C A) 条件の事故時条件の包絡性について					
概要	難燃同軸ケーブルの試験条件の事故時条件が、実機に想定される重大事故等時条件を包絡していることについて、以下に示す。					
説明	<p data-bbox="419 506 1362 575">以下に示すように、事故時雰囲気暴露の試験条件は、実機の重大事故等時条件を包絡している。</p> <table border="1" data-bbox="521 613 1259 819"> <thead> <tr> <th data-bbox="521 613 879 667"></th> <th data-bbox="879 613 1259 667">条件 (温度-時間)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="521 667 879 745">事故時雰囲気暴露試験</td> <td data-bbox="879 667 1259 819" rowspan="2"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="521 745 879 819">重大事故等時*1</td> </tr> </tbody> </table> <p data-bbox="517 824 1273 893">*1：使用済燃料ピットにおける重大事故に至るおそれがある事故包絡条件</p>		条件 (温度-時間)	事故時雰囲気暴露試験		重大事故等時*1
	条件 (温度-時間)					
事故時雰囲気暴露試験						
重大事故等時*1						

タイトル	難燃同軸ケーブルと難燃性信号対ケーブルの同等性等について
概要	難燃同軸ケーブルと難燃同軸ケーブルの評価に用いた長期健全性試験（ACA）の供試ケーブルである難燃性信号対ケーブルの同等性等について以下に示す。
説明	<p>使用済燃料ピット内の重大事故等時雰囲気内で機能要求がある難燃同軸ケーブルについては、絶縁体種類が同一で構造が異なる難燃性信号対ケーブルの ACA ガイドに基づく評価をしており、難燃同軸ケーブルと難燃性信号対ケーブルの同等性等を以下に示す。</p> <p>①難燃同軸ケーブルと難燃性信号対ケーブルの同等性の根拠  難燃同軸ケーブルと難燃性信号対ケーブルは、構造、用途は異なるが、絶縁体材料（ポリエチレン）および製造メーカー <span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 150px; height: 1em; vertical-align: middle;"></span> <span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 80px; height: 1em; vertical-align: middle;"></span> が同じであり、同等性があると考え。なお、ケーブルサイズ（絶縁体厚さ）についても、難燃同軸ケーブルの絶縁体厚さが 2.05mm であるのに対し、供試ケーブルである難燃性信号対ケーブルの絶縁体厚は 0.3mm であり、ACA ガイド（解説-10）に記載されているとおり、絶縁体厚さが小さいケーブルを供試体として選定している。</p> <p>②難燃性信号対ケーブルに対する耐電圧試験結果を難燃同軸ケーブルの評価に適用できることの根拠  供試ケーブルである難燃性信号対ケーブルの耐電圧試験は、日本産業規格「ゴム・プラスチック絶縁電線試験方法」（JIS C 3005:2000）に従い、課電電圧：AC350V/1 分間の試験を実施している。一方、難燃同軸ケーブルのケーブル仕様の耐電圧値は AC1000V/1 分であり JIS 規格に沿った耐電圧試験に合格する性能を有するものである。そのことから、実際に使用する難燃同軸ケーブルの電圧値が DC12V±10%程度であることを考慮すると耐電圧値に比べ十分小さく、使用電圧が同じであれば①のとおり絶縁体厚さが小さいほうが厳しい試験になると考えられることから、難燃性信号対ケーブルの評価結果を適用できると考える。</p>

別紙 5. ケーブル接続部の評価について

1. 健全性評価

1.1 ケーブル接続部の健全性評価

a. 評価手順

設計基準事故時雰囲気または重大事故等時雰囲気で機能要求があるケーブル接続部（気密端子箱接続、直ジョイントおよび三重同軸コネクタ－1 接続）については、絶縁物の温度、放射線および設計基準事故時雰囲気による劣化を考慮した評価を、実機同等品による長期健全性試験において、IEEE Std. 323-1974およびIEEE Std. 383-1974の規格に準拠して実施しており、この結果に基づき長期間の健全性を評価した。試験手順および判定方法を図1. 1に示す。

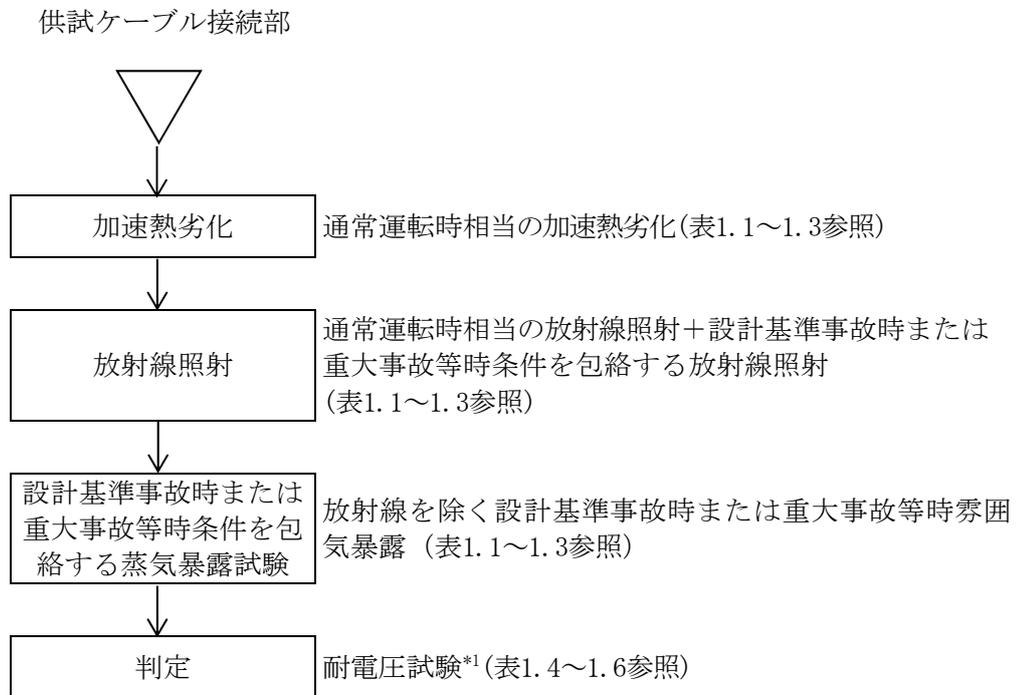


図1.1 ケーブル接続部の長期健全性試験手順および判定方法

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

b. 試験条件

表1.1～1.3に長期健全性試験条件を示す。試験条件は、高浜4号炉の実機環境に基づいて60年間の運転期間および設計基準事故、または60年間の運転期間および重大事故等時を想定した劣化条件を包絡している。

表1.1 気密端子箱接続の長期健全性試験条件\*1

		試験条件	60年間の通常運転時の使用条件【別紙5. 添付-1) 参照】に基づく劣化条件【別紙5. 添付-2) 参照】、設計基準事故時または重大事故等時の環境条件【別紙5. 添付-3) 参照】
通常運転時相当	温度	121℃-7日	95℃-7日 (=44℃*2-60年)
	放射線 (集積線量)	500kGy (10kGy/h以下)	290kGy*3
事故時蒸気暴露試験	放射線 (集積線量)	1,500kGy (10kGy/h以下)	設計基準事故時：675kGy 重大事故等時：500kGy
	温度	190℃ (最高温度)	設計基準事故時：約125℃(最高温度) 重大事故等時：約138℃(最高温度)
	圧力	0.41MPa[gage] (最高圧力)	設計基準事故時：約0.25MPa[gage](最高圧力) 重大事故等時：約0.35MPa[gage](最高圧力)

- \*1：環境条件が厳しい原子炉格納容器内気密端子箱接続の使用条件を代表として記載。
- \*2：通常運転時の原子炉格納容器内気密端子箱接続周囲の平均温度の最大実測値。
- \*3： $0.5512[\text{Gy/h}]^{*4} \times (24 \times 365.25) [\text{h/y}] \times 60 [\text{y}] = 290\text{kGy}$
- \*4：通常運転時の原子炉格納容器内気密端子箱接続周囲の平均線量率の最大実測値。

表1.2 直ジョイントの長期健全性試験条件\*1

		試験条件	60年間の通常運転時の使用条件【別紙5. 添付-1) 参照】に基づく劣化条件【別紙5. 添付-2) 参照】、設計基準事故時または重大事故等時の環境条件【別紙5. 添付-3) 参照】
通常運転時相当	温度	121℃-7日	95℃-7日*3 (=44℃*2-60年) 101℃-7日*4 (=44℃*2-60年)
	放射線 (集積線量)	500kGy (10kGy/h以下)	309kGy*5
事故時蒸気暴露試験	放射線 (集積線量)	1,500kGy (10kGy/h以下)	設計基準事故時：675kGy 重大事故等時：500kGy
	温度	190℃ (最高温度)	設計基準事故時：約125℃(最高温度) 重大事故等時：約138℃(最高温度)
	圧力	0.41MPa[gage] (最高圧力)	設計基準事故時：約0.25MPa[gage](最高圧力) 重大事故等時：約0.35MPa[gage](最高圧力)

- \*1：環境条件が厳しい原子炉格納容器内直ジョイントの使用条件を代表として記載。
- \*2：通常運転時の原子炉格納容器内直ジョイント周囲の平均温度の最大実測値。
- \*3：熱収縮チューブ材料（シリコーンゴム）に対する試験条件
- \*4：熱収縮チューブ材料（難燃架橋ポリエチレン）に対する試験条件
- \*5： $0.5860[\text{Gy/h}]^{*4} \times (24 \times 365.25) [\text{h/y}] \times 60 [\text{y}] = 309\text{kGy}$
- \*6：通常運転時の原子炉格納容器内直ジョイント周囲の平均線量率の最大実測値。

表1.3 三重同軸コネクタ接続-1の長期健全性試験条件\*1

		試験条件	60年間の通常運転時の使用条件【別紙5. 添付-1) 参照】に基づく劣化条件【別紙5. 添付-2) 参照】、設計基準事故時または重大事故等時の環境条件【別紙5. 添付-3) 参照】
通常運転時相当	温度	121℃-7日	95℃-7日*3(=44℃*2-60年) 64℃-7日*4(=44℃*2-60年)
	放射線 (集積線量)	500kGy (10kGy/h以下)	0.7kGy*5
事故時蒸気暴露試験	放射線 (集積線量)	1,500kGy (10kGy/h以下)	設計基準事故時：675kGy 重大事故等時：500kGy
	温度	190℃ (最高温度)	設計基準事故時：約125℃(最高温度) 重大事故等時：約138℃(最高温度)
	圧力	0.41MPa[gage] (最高圧力)	設計基準事故時：約0.25MPa[gage](最高圧力) 重大事故等時：約0.35MPa[gage](最高圧力)

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

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

\*3：Oリング（エチレンプロピレンゴム）の気密材料に対する試験条件

\*4：絶縁物（架橋ポリスチレン）に対する試験条件

\*5： $0.0013[\text{Gy/h}]^{*6} \times (24 \times 365.25) [\text{h/y}] \times 60 [\text{y}] = 0.7\text{kGy}$

\*6：通常運転時の原子炉格納容器内三重同軸コネクタ接続-1周囲の平均線量率の最大実測値。

c. 評価結果

長期健全性試験結果を表1.4～1.6に示す。評価の結果、高浜4号炉の気密端子箱接続、直ジョイントおよび三重同軸コネクタ-1接続は、運転開始後60年時点においても絶縁機能を維持できると判断する。

表1.4 気密端子箱接続の長期健全性試験結果

項目	試験条件	判定
耐電圧試験	AC 2,000V 1分	良

[出典：メーカーデータ]

表1.5 直ジョイントの長期健全性試験結果

項目	試験条件	判定
耐電圧試験	AC 2,600V 5分	良

[出典：メーカーデータ]

表1.6 三重同軸コネクタ接続-1の長期健全性試験結果

項目	試験条件	判定
耐電圧試験	DC 3,000V 1分	良

[出典：メーカーデータ]

## 2. 現状保全

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

電力用ケーブル接続部については、定期的に絶縁抵抗測定を行い、管理値以上であることの確認を行っている。【別紙7参照】

## 3. 総合評価

健全性評価結果から判断して、気密端子箱接続、直ジョイントおよび三重同軸コネクタ-1接続については、絶縁物等の絶縁低下により機器の健全性に影響を与える可能性はないと考える。

絶縁低下は系統機器の動作確認または絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切である。

## 4. 高経年化への対応

気密端子箱接続、直ジョイントおよび三重同軸コネクタ-1接続の絶縁物等の絶縁低下については、現状保全項目に高経年化対策の観点から追加すべきものはないと判断する。

## 5. 添付資料

- 1) 耐環境性能を要求されるケーブル接続部の環境条件について
- 2) ケーブル接続部の長期健全性試験における評価期間について
- 3) ケーブル接続部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	耐環境性能を要求されるケーブル接続部の環境条件について												
概要	ケーブル接続部の評価期間を算定するために用いた環境条件の根拠について、以下に示す。												
説明	<p>ケーブル接続部については、それぞれ設置されているエリアの環境条件で評価を実施し、評価結果に応じた保全を実施している。</p> <p>ケーブル接続部評価書において、安全機能を有するケーブル接続部設置箇所の環境条件（別紙 5. 添付-1)-2）を代表するように、以下の温度、線量率を通常運転時の使用条件として評価書に記載している。</p> <table border="1" data-bbox="421 725 1254 913"> <thead> <tr> <th>対象機器</th> <th>温度[°C]</th> <th>線量率[Gy/h]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>気密端子箱接続</td> <td>44</td> <td>0.5512</td> </tr> <tr> <td>直ジョイント</td> <td>44</td> <td>0.5860</td> </tr> <tr> <td>三重同軸コネクタ接続-1</td> <td>44</td> <td>0.0013</td> </tr> </tbody> </table>	対象機器	温度[°C]	線量率[Gy/h]	気密端子箱接続	44	0.5512	直ジョイント	44	0.5860	三重同軸コネクタ接続-1	44	0.0013
対象機器	温度[°C]	線量率[Gy/h]											
気密端子箱接続	44	0.5512											
直ジョイント	44	0.5860											
三重同軸コネクタ接続-1	44	0.0013											

## 安全機能を有するケーブル接続部設置エリア

測定場所	エリア	温度 [°C]	線量率 [Gy/h]	①	②	③	選定
ループ室	A-7	32	0.0011	○	○		
	B-1	38	0.1222	○	○		
	B-2	36	0.1696	○	○		
	B-4	35	0.1281	○	○		
	B-7	40	0.1275	○	○		
	C-2	40	0.5512	○	○		①
	C-3	39	0.4428	○			
	C-4	39	0.5860		○		②
	D-2	40	0.1111	○	○		
	D-3	40	0.0929	○	○		
	D-4	38	0.1093	○	○		
	D-6	43	0.0940	○	○		
加圧器室上部	E-12	41	0.0002	○	○		
	E-13	44	0.0013	○	○	○	①②③
通路部	A-14	30	0.0011	○	○		
	A-15	31	0.0001	○	○		
	B-11, 19	37	0.0011	○	○		
	B-12	36	0.0011	○	○		
	B-14	36	0.0007	○	○	○	
	B-15	36	0.0005		○		
	B-16	35	0.0005	○	○		
	B-17	36	0.0181		○		
	B-18	35	0.0005		○	○	
	B-20	36	0.0004	○	○		
	B-21	35	0.0011	○	○		
	B-22	37	0.0002	○	○		
	D-8	40	0.0010	○	○		
	D-12	41	0.0011	○	○		
	D-14, 16	41	0.0005	○	○		
	D-17	42	0.0011		○		
	D-20	41	0.0002	○	○		
	E-4, 5, 8	44	0.0011	○	○		
	E-7, 10	43	0.0011	○	○		
	E-11	42	0.0011	○	○		
E-14	44	0.0011			○		
MS 区画*1	—	28	0.00001	○	○		

\*1：主蒸気・主給水管室

注：表中の①～③は、それぞれ①→気密端子箱接続、②→直ジョイント、③→三重同軸コネクタ接続-1を示す。

タイトル	ケーブル接続部の長期健全性試験における評価期間について																																						
概要	試験条件と実機の使用条件に基づく劣化条件との比較に用いた、計算式、実環境温度および活性化エネルギー等を以下に示す。																																						
説明	<p>ケーブル接続部の 60 年間の通常運転時の使用条件に基づく劣化条件は、ケーブル絶縁材の活性化エネルギーを用いて、アレニウス則により算出している。</p> <p>長期健全性試験による評価においては、別紙 5. 添付-1) で整理した各環境条件を包絡する温度として、44℃で評価する。</p> <p>実機使用条件 (44℃-60 年) を、長期健全性試験条件 (121℃-7 日) との比較を容易にするため、加速時間 (L2) を試験条件と同じ 7 日として換算した結果を以下に示す。</p> <table border="1" data-bbox="419 835 1369 1115"> <thead> <tr> <th>機器</th> <th>絶縁物</th> <th>T2[℃]</th> <th>L2[日]</th> <th>T1[℃]</th> <th>L1[年]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>①</td> <td>エチレンプロピレンゴム</td> <td>95</td> <td>7</td> <td>44</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">②</td> <td>シリコンゴム</td> <td>95</td> <td>7</td> <td>44</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td>難燃架橋ポリエチレン</td> <td>101</td> <td>7</td> <td>44</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">③</td> <td>エチレンプロピレンゴム</td> <td>95</td> <td>7</td> <td>44</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td>架橋ポリスチレン</td> <td>64</td> <td>7</td> <td>44</td> <td>60</td> </tr> </tbody> </table> <p>注：表中の①～③は、それぞれ①→気密端子箱接続、②→直ジョイント、③→三重同軸コネクタ接続-1を示す。</p> <p>活性化エネルギー：  エチレンプロピレンゴム：[ ] [kcal/mol] (メーカーデータ)、  シリコンゴム：[ ] [kcal/mol] (メーカーデータ)、  難燃架橋ポリエチレン：[ ] [kcal/mol] (メーカーデータ)、  架橋ポリスチレン：[ ] [kcal/mol] (メーカーカタログ値)</p> <p>での換算値 (L1:実環境年数、L2:加速時間、T1:実環境温度、T2:加速温度)</p> <p>実機使用条件を換算した加速温度 (T2) は、長期健全性試験条件の温度 (121℃) に包絡される。</p>					機器	絶縁物	T2[℃]	L2[日]	T1[℃]	L1[年]	①	エチレンプロピレンゴム	95	7	44	60	②	シリコンゴム	95	7	44	60	難燃架橋ポリエチレン	101	7	44	60	③	エチレンプロピレンゴム	95	7	44	60	架橋ポリスチレン	64	7	44	60
機器	絶縁物	T2[℃]	L2[日]	T1[℃]	L1[年]																																		
①	エチレンプロピレンゴム	95	7	44	60																																		
②	シリコンゴム	95	7	44	60																																		
	難燃架橋ポリエチレン	101	7	44	60																																		
③	エチレンプロピレンゴム	95	7	44	60																																		
	架橋ポリスチレン	64	7	44	60																																		

タイトル	ケーブル接続部の長期健全性試験条件の事故時条件の包絡性について																																																																																		
概要	試験条件の事故時条件が、実機に想定される設計基準事故時および重大事故等時条件を包絡していることを以下に示す。																																																																																		
説明	<p>①気密端子箱接続            事故時雰囲気暴露の試験条件を別紙 5. 添付-3)-2 に添付する。            設計基準事故（1次冷却材管の破断による原子炉冷却材喪失）の安全解析結果は添付-3)-2、重大事故等時の安全解析結果は添付-3)-3、設計基準事故（主蒸気管破断）条件は添付-3)-4 を参照のこと。            以下に示すように、事故時雰囲気暴露の試験条件は、実機の設計基準事故時条件および重大事故等時条件を包絡している。</p> <table border="1" data-bbox="419 725 1353 1912"> <thead> <tr> <th></th> <th>条件（温度－時間）</th> <th>65℃換算<sup>*1</sup></th> <th>合計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">事故時 雰囲気 暴露試験</td> <td></td> <td>461,226 時間</td> <td rowspan="3">1,758,717 時間 (100 年以上)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>181,858 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>1,115,633 時間</td> </tr> <tr> <td rowspan="5">設計基準 事故<sup>*2</sup></td> <td></td> <td>26,581 時間</td> <td rowspan="5">30,916 時間 (約 3.6 年)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>3,641 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>513 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>21 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>14 時間</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">設計基準 事故<sup>*3</sup></td> <td></td> <td>146 時間</td> <td rowspan="3">397,292 時間 (約 45.3 年)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>397,263 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>1 時間</td> </tr> <tr> <td rowspan="17">重大事故 等時<sup>*4</sup></td> <td></td> <td>28 時間</td> <td rowspan="17">1,680,868 時間 (100 年以上)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>1 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>22 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>173 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>4,753 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>23,733 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>24,826 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>35,599 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>49,651 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>61,995 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>69,218 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>212,412 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>155,740 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>108,491 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>152,614 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>124,128 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>99,895 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>89,276 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>97,462 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>94,914 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>112,911 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>106,975 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>56,079 時間</td> </tr> </tbody> </table>				条件（温度－時間）	65℃換算 <sup>*1</sup>	合計	事故時 雰囲気 暴露試験		461,226 時間	1,758,717 時間 (100 年以上)		181,858 時間		1,115,633 時間	設計基準 事故 <sup>*2</sup>		26,581 時間	30,916 時間 (約 3.6 年)		3,641 時間		513 時間		21 時間		14 時間	設計基準 事故 <sup>*3</sup>		146 時間	397,292 時間 (約 45.3 年)		397,263 時間		1 時間	重大事故 等時 <sup>*4</sup>		28 時間	1,680,868 時間 (100 年以上)		1 時間		22 時間		173 時間		4,753 時間		23,733 時間		24,826 時間		35,599 時間		49,651 時間		61,995 時間		69,218 時間		212,412 時間		155,740 時間		108,491 時間		152,614 時間		124,128 時間		99,895 時間		89,276 時間		97,462 時間		94,914 時間		112,911 時間		106,975 時間		56,079 時間
	条件（温度－時間）	65℃換算 <sup>*1</sup>	合計																																																																																
事故時 雰囲気 暴露試験		461,226 時間	1,758,717 時間 (100 年以上)																																																																																
		181,858 時間																																																																																	
		1,115,633 時間																																																																																	
設計基準 事故 <sup>*2</sup>		26,581 時間	30,916 時間 (約 3.6 年)																																																																																
		3,641 時間																																																																																	
		513 時間																																																																																	
		21 時間																																																																																	
		14 時間																																																																																	
設計基準 事故 <sup>*3</sup>		146 時間	397,292 時間 (約 45.3 年)																																																																																
		397,263 時間																																																																																	
		1 時間																																																																																	
重大事故 等時 <sup>*4</sup>		28 時間	1,680,868 時間 (100 年以上)																																																																																
		1 時間																																																																																	
		22 時間																																																																																	
		173 時間																																																																																	
		4,753 時間																																																																																	
		23,733 時間																																																																																	
		24,826 時間																																																																																	
		35,599 時間																																																																																	
		49,651 時間																																																																																	
		61,995 時間																																																																																	
		69,218 時間																																																																																	
		212,412 時間																																																																																	
		155,740 時間																																																																																	
		108,491 時間																																																																																	
		152,614 時間																																																																																	
		124,128 時間																																																																																	
		99,895 時間																																																																																	
	89,276 時間																																																																																		
	97,462 時間																																																																																		
	94,914 時間																																																																																		
	112,911 時間																																																																																		
	106,975 時間																																																																																		
	56,079 時間																																																																																		

<p>説 明</p>	<p>*1 : 活性化エネルギー <input type="text"/> [kcal/mol] (メーカーデータ) での換算値 *2 : 1次冷却材管の破断による原子炉冷却材喪失事故包絡条件 *3 : 主蒸気管破断事故包絡条件 *4 : 格納容器過温破損の包絡条件</p> <div data-bbox="419 506 1361 1160" style="border: 2px solid black; height: 292px; width: 590px; margin: 10px auto;"></div> <p style="text-align: center;">気密端子箱接続 設計基準事故時雰囲気暴露試験条件</p>
------------	--

説 明	②直ジョイント			
	<p>事故時雰囲気暴露の試験条件を別紙 5. 添付-3)-5 に添付する。</p> <p>設計基準事故（1次冷却材管の破断による原子炉冷却材喪失）の安全解析結果は添付-3)-2、重大事故等時の安全解析結果は添付-3)-3、設計基準事故（主蒸気管破断）条件は添付-3)-4 を参照のこと。</p> <p>以下に示すように、事故時雰囲気暴露の試験条件は、実機の設計基準事故時条件および重大事故等時条件を包絡している。</p>			
	(難燃架橋ポリエチレン)			
		条件 (温度-時間)	65°C換算*1	合計
	事故時 雰囲気 暴露試験		108,498 時間	679,249 時間 (約 77 年)
			61,936 時間	
			508,815 時間	
	設計基準事 故*2		10,951 時間	13,866 時間 (約 1.6 年)
			2,202 時間	
			453 時間	
			26 時間	
			19 時間	
	設計基準事 故*3		116,838 時間	116,888 時間 (約 13 年)
			1 時間	
			49 時間	
	重大事故等 時*4		1 時間	676,362 時間 (約 77 年)
			16 時間	
			105 時間	
			2,382 時間	
			10,578 時間	
9,897 時間				
15,867 時間				
19,794 時間				
24,185 時間				
26,714 時間				
81,106 時間				
60,107 時間				
42,324 時間				
60,183 時間				
49,484 時間				
40,261 時間				
36,378 時間				
40,153 時間				
39,539 時間				
47,562 時間				
45,568 時間				
24,158 時間				
*1：活性化エネルギー [kcal/mol] (メーカーデータ) での換算値				
*2：1次冷却材管の破断による原子炉冷却材喪失事故包絡条件				
*3：主蒸気管破断事故包絡条件				
*4：格納容器過温破損の包絡条件				

説 明	(シリコンゴム)		
	条件 (温度-時間)	65°C換算*1	合計
事故時雰 囲気暴露 試験		461, 226 時間	1, 758, 717 時間 (100 年以上)
		181, 858 時間	
		1, 115, 633 時間	
設計基準 事故*2		26, 581 時間	30, 916 時間 (約 3.6 年)
		3, 641 時間	
		513 時間	
		21 時間	
		14 時間	
設計基準 事故*3		397, 263 時間	397, 292 時間 (約 45.3 年)
		1 時間	
		28 時間	
重大事故 等時*4		1 時間	1, 680, 868 時間 (100 年以上)
		22 時間	
		173 時間	
		4, 753 時間	
		23, 733 時間	
		24, 826 時間	
		35, 599 時間	
		49, 651 時間	
		61, 995 時間	
		69, 218 時間	
		212, 412 時間	
		155, 740 時間	
		108, 491 時間	
		152, 614 時間	
		124, 128 時間	
		99, 895 時間	
		89, 276 時間	
97, 462 時間			
94, 914 時間			
112, 911 時間			
106, 975 時間			
56, 079 時間			

\*1: 活性化エネルギー [kcal/mol] (メーカーデータ) での換算値  
 \*2: 1次冷却材管の破断による原子炉冷却材喪失事故包絡条件  
 \*3: 主蒸気管破断事故包絡条件  
 \*4: 格納容器過温破損の包絡条件

説 明



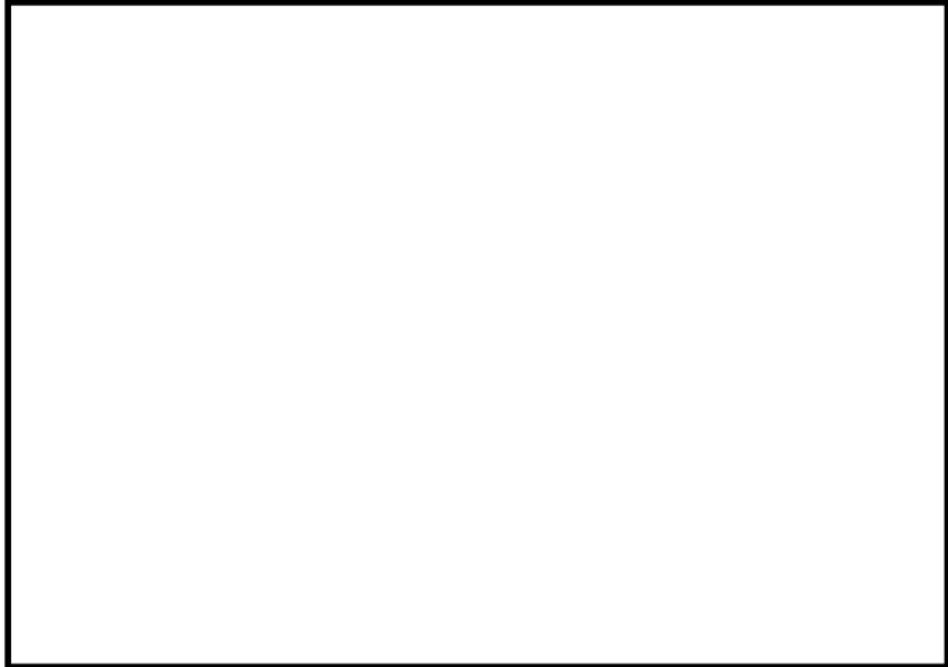
直ジョイント 設計基準事故時雰囲気暴露試験条件

説 明	③三重同軸コネクタ接続- 1			
	<p>事故時雰囲気暴露の試験条件を別紙 5. 添付-3)-8 に添付する。                  設計基準事故 (1 次冷却材管の破断による原子炉冷却材喪失) の安全解析結果は添付-3)-2、重大事故等時の安全解析結果は添付-3)-3 を参照のこと。                  以下に示すように、事故時雰囲気暴露の試験条件は、実機の設計基準事故時条件および重大事故等時条件を包絡している。</p>			
	エチレンプロピレンゴム (Oリング)			
		条件 (温度-時間)	65℃換算*1	合計
	事故時 雰囲気 暴露試験		1, 537, 421 時間	3, 167, 020 時間 (100 年以上)
			212, 353 時間	
			367, 239 時間	
			1, 050, 007 時間	
	設計基準 事故*2		26, 581 時間	30, 916 時間 (約 3. 6 年)
			3, 641 時間	
			513 時間	
			21 時間	
			14 時間	
	重大事故 等時*3		146 時間	1, 680, 868 時間 (100 年以上)
			1 時間	
			22 時間	
			173 時間	
			4, 753 時間	
			23, 733 時間	
			24, 826 時間	
			35, 599 時間	
			49, 651 時間	
			61, 995 時間	
			69, 218 時間	
			212, 412 時間	
155, 740 時間				
108, 491 時間				
152, 614 時間				
124, 128 時間				
99, 895 時間				
89, 276 時間				
97, 462 時間				
94, 914 時間				
112, 911 時間				
106, 975 時間				
56, 079 時間				
*1 : 活性化エネルギー [kcal/mol] (メーカーデータ) での換算値				
*2 : 1 次冷却材管の破断による原子炉冷却材喪失事故包絡条件				
*3 : 格納容器過温破損の包絡条件				

説 明	架橋ポリスチレン (絶縁物)		
	条件 (温度-時間)	65°C換算*1	合計
事故時雰 囲気暴露 試験		106,035,659,683年	106,194,565,994年 (100年以上)
		126,867,826年	
		25,082,198年	
		6,956,287年	
設計 基準 事故*2		728,945年	729,417年 (100年以上)
		468年	
		1年	
		1年	
		1年	
重大事故 等時*3		1年	75,536,773年 (100年以上)
		1年	
		22年	
		8,428年	
		216,792年	
		1,078,028年	
		325,189年	
		2,156,056年	
		3,643,602年	
		4,727,535年	
		16,846,985年	
		10,636,953年	
		6,376,303年	
		7,712,705年	
		5,390,139年	
		3,724,494年	
		2,855,792年	
2,672,800年			
2,229,826年			
2,270,636年			
1,840,060年			
824,426年			

\*1: 活性化エネルギー [kcal/mol] (メーカーカタログ値) での換算値  
 \*2: 1次冷却材管の破断による原子炉冷却材喪失事故包絡条件  
 \*3: 格納容器過温破損の包絡条件

説 明



三重同軸コネクタ接続-1 設計基準事故時雰囲気暴露試験条件

## 別紙 6. 計測制御設備の評価について

## 1. 耐環境性能を要求されるプロセス計測制御設備について

設計基準事故または重大事故等時に耐環境性能を要求される計測制御設備の機能要求分類を表 1.1 に示す。

表 1.1 計測制御設備の事故時環境下における機能要求分類

計測対象	対象機器	機器名称	重要度	設置場所*1	事故時環境下において機能要求のある機器		
					設計基準事故	重大事故等時	
圧力	伝送器 (ダイヤフラム)	1次冷却材圧力	MS-1, 重	①	○	○	
		加圧器圧力	MS-1	①	○	—	
流量		主蒸気流量	MS-1	①	○	—	
		加圧器水位	MS-1, 重	①	○	○	
水位		格納容器再循環サンプル水位 (広域・狭域)	MS-2, 重	①	○	○	
		蒸気発生器狭域水位	MS-1, 重	①	○	○	
		蒸気発生器広域水位	MS-2, 重	①	○	○	
		原子炉水位	重	①	—	○	
		伝送器 (電波式)	使用済燃料ピット水位	重	②	—	○
		電極式 水位計*2	原子炉格納容器水位	重	①	—	○
	原子炉下部キャビティ水位		重	①	—	○	
温度	測温 抵抗体	1次冷却材高温側温度 (広域)	MS-2, 重	①	○	○	
		1次冷却材低温側温度 (広域)	MS-2, 重	①	○	○	
		1次冷却材高温側温度 (狭域)	MS-1	①	○	—	
		1次冷却材低温側温度 (狭域)	MS-1	①	○	—	
		格納容器温度	MS-2, 重	①	○	○	
		使用済燃料ピット温度	重	②	—	○	
	熱電対	静的触媒式水素再結合装置温度	重	①	—	○	
		原子炉格納容器水素燃焼装置温度	重	①	—	○	
放射線	放射線 検出器*2	格納容器内高レンジエリアモニタ	MS-2, 重	①	○	○	

\*1：設置場所 ①：原子炉格納容器内、②：使用済燃料ピットエリア

\*2：無機物で構成されており、熱や放射線による劣化は想定されない。

2. 定期取替品の取替周期の妥当性について

表 1.1 で示した各機器のうち、定期取替品の取替周期と、その期間内において、設計基準事故または重大事故等時においても健全性が維持できることの根拠を以下に示す。

2.1 伝送器（ダイヤフラム）

伝送器（ダイヤフラム）に適用される環境条件を表2.1.1、表2.1.2に示す。

表 2.1.1 伝送器（ダイヤフラム）に適用される通常運転時の環境条件および機能要求分類

機器名称	エリア	温度 [°C]	線量率 [Gy/h]	事故時環境下において機能要求のある機器	
				設計基準事故	重大事故等時
1次冷却材圧力	B-12	36	0.0011	○	○
	B-16	35	0.0005		
加圧器圧力	D-20	41	0.0002	○	—
主蒸気流量	E-4	44	0.0011	○	—
	E-7	43	0.0011		
	E-8	44	0.0011		
	E-10	43	0.0011		
加圧器水位	B-21	35	0.0011	○	○
	B-22	37	0.0002		
格納容器再循環サンプ水位 (広域・狭域)	A-7	32	0.0011	○	○
蒸気発生器狭域水位	B-12	36	0.0011	○	○
	B-16	35	0.0005		
	B-21	35	0.0011		
蒸気発生器広域水位	B-12	36	0.0011	○	○
	B-16	35	0.0005		
	B-21	35	0.0011		
原子炉水位	B-14	36	0.0007	—	○

表 2.1.2 事故時環境条件

事故の種類	温度	放射線	圧力
設計基準事故*1	約 125°C (最高温度)	675kGy (最大集積線量)	約 0.25MPa[gage] (最高圧力)
重大事故等時	約 138°C (最高温度)	500kGy (最大集積線量)	約 0.35MPa[gage] (最高圧力)

\*1：1次冷却材管の破断による原子炉冷却材喪失

設計基準事故または重大事故等時に耐環境性能を要求される伝送器（ダイヤフラム）の取替周期および根拠を表2.1.3に、事故時雰囲気暴露試験の包絡性を表2.1.4および表2.1.5に、事故時雰囲気暴露試験後の健全性試験結果を表2.1.6に示す。

表 2.1.3 伝送器（ダイヤフラム）の取替周期および根拠

取替周期	対象	根拠
□年	設計基準事故	伝送器の耐環境性評価研究（H17 電共研） <加速熱劣化> ・90℃×2,085時間のエージング →アレニウス換算 □ [eV] *1（EPRI）、通常運転時 47.7℃*2 で □年相当と評価 <放射線照射> ・積算線量 150Gy+500kGy（10kGy/h以下） →想定される通常運転時 □ Gy*3+伝送器周囲の設計基準事故時積算 線量約 301 kGy*4を包絡
	重大事故等時	電力共同委託「SA時の計装品の耐環境性能評価委託2014年度」 <加速熱劣化> ・128℃×4.5日 □のエージング →アレニウス換算 □ [eV] *1（EPRI）、通常運転時 47.7℃*2 で □年相当と評価 <放射線照射> ・積算線量 150Gy+500kGy（10kGy/h以下） →想定される通常運転時 □ Gy*3+重大事故等時積算線量約 0.3MGy*5 を包絡

\*1：伝送器構成品のうち、活性化エネルギーの最小値

\*2：当社プラントを対象として、原子炉格納容器内に設置された電気・計装品の環境温度調査にて実測した通路部（伝送器が設置される）の最大平均温度

\*3： $0.0011[\text{Gy/h}] \times (24 \times 365.25) [\text{h/y}] \times \square [\text{y}] = \square \text{Gy}$

\*4：675kGy（最大集積線量）は遮蔽を考慮していない原子炉格納容器内中心部における設計基準事故時の集積線量であり、原子炉格納容器内のコンクリート壁等の遮蔽により放射線は減衰し、伝送器が設置されている通路部では、実際の設計基準事故時の集積線量は約301kGyである。

\*5：500kGy（最大集積線量）は原子炉格納容器内での重大事故等時集積線量の解析値を包絡するように設定した設計値であるが、実際の解析値は約0.3MGyであることが確認されている【別紙7.添付-5参照】。

表 2.1.4 伝送器（ダイヤフラム）の事故時雰囲気暴露試験（設計基準事故）の包絡性

	条件（温度－時間）	65℃換算*1	合計
事故時雰囲気暴露試験 【図 2.1.1 参照】		2,129 時間	44,861 時間 (約 1,869 日)
		3,788 時間	
		10,562 時間	
		28,382 時間	
設計基準事故*2 【添付-3)-2 参照】		985 時間	2,585 時間 (約 108 日)
		562 時間	
		323 時間	
		47 時間	
		45 時間	
		623 時間	

\*1：活性化エネルギー： [ ] [eV] (EPRI) での換算値

\*2：1次冷却材管の破断による原子炉冷却材喪失事故包絡条件

表 2.1.5 伝送器（ダイヤフラム）の事故時雰囲気暴露試験（重大事故等時）の包絡性

	条件（温度－時間）
事故時雰囲気暴露試験 【図 2.1.2 参照】	
重大事故等時 【添付-3)-3 参照】	

表 2.1.6 伝送器（ダイヤフラム）の長期健全性試験結果

項目	判定
性能試験	良

以上の通り、事故時雰囲気暴露試験の試験条件は、実機の設計基準事故または重大事故等時条件を包絡し、事故時雰囲気暴露試験後の長期健全性試験結果も判定基準を満足していることから、事故時環境下で健全性を維持できると判断する。



図 2.1.1 伝送器（ダイヤフラム） 設計基準事故時雰囲気暴露試験条件

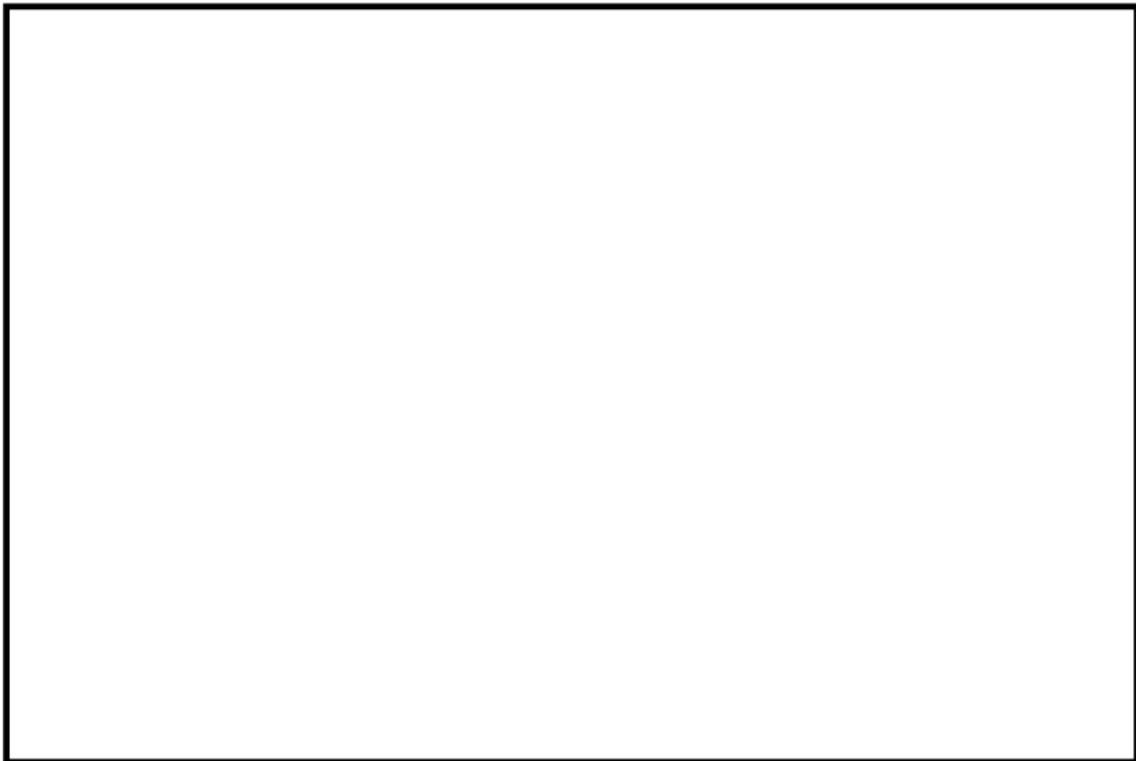


図 2.1.2 伝送器（ダイヤフラム） 重大事故等時（格納容器過温破損）の  
安全解析結果および事故時雰囲気暴露の試験条件

## 2.2 伝送器（電波式）

伝送器（電波式）に適用される使用環境条件を表2.2.1に示す。

表 2.2.1 伝送器（電波式）の使用環境条件

	周囲温度	線量率
通常運転時	約 22℃（平均温度）	0.1mGy/h
重大事故等時 <sup>*1</sup>	約 100℃（最高温度）	0.15mGy/h 以下 <sup>*2</sup>

\*1：使用済燃料ピットにおける重大事故に至るおそれがある事故

\*2：燃料取扱建屋の遮蔽設計基準値

重大事故等時に耐環境性能を要求される伝送器（電波式）の取替周期および根拠を表2.2.2に、事故時雰囲気暴露試験の包絡性を表2.2.3に、事故時雰囲気暴露試験後の健全性試験結果を表2.2.4に示す。

表 2.2.2 伝送器（電波式）の取替周期および根拠

取替周期	根拠
□年	メーカー試験 <加速熱劣化> ・ 75℃×90日 のエージング →アレニウス換算（□[eV]（EPRI）、通常運転時 22℃を包絡する 29℃で□年相当と評価 <放射線照射> ・ 積算線量 100Gy（10Gy/h） →想定される通常運転時□Gy <sup>*1</sup> +伝送器周囲の重大事故等時積算線量約 0.03 Gy <sup>*2</sup> を包絡

\*1：0.1[mGy/h]×(24×365.25)[h/y]×□[y]=□Gy

\*2：0.15[mGy/h]×24[h/d]×7[d]=0.03 Gy

表 2.2.3 伝送器（電波式）の事故時雰囲気暴露試験（重大事故等時）の包絡性

	条件（温度－時間）
事故時雰囲気暴露試験	□
重大事故等時 <sup>*1</sup>	

\*1：使用済燃料ピットにおける重大事故に至るおそれがある事故包絡条件

表2.2.4 伝送器（電波式）の長期健全性試験結果

項目	判定
性能試験	良

以上の通り、事故時雰囲気暴露試験の試験条件は、実機の重大事故等時条件を包絡し、事故時雰囲気暴露試験後の長期健全性試験結果も判定基準を満足していることから、事故時環境下で健全性を維持できると判断する。

### 2.3 測温抵抗体（1次冷却材高温側温度等）

1次冷却材高温側温度等の原子炉格納容器内に設置されている測温抵抗体に適用される環境条件を表2.3.1、表2.3.2に示す。

表 2.3.1 測温抵抗体に適用される通常運転時の環境条件および機能要求分類

機器名称	エリア	温度 [°C]	線量率 [Gy/h]	事故時環境下において機能要求のある機器	
				設計基準事故	重大事故等時
1次冷却材高温側温度（広域）	C-2	40	0.5512	○	○
	C-4	39	0.5860	○	○
	C-6	46	0.5686	○	○
1次冷却材低温側温度（広域）	C-1	39	0.4239	○	○
	C-3	39	0.4428	○	○
	C-5	46	0.4699	○	○
1次冷却材高温側温度（狭域）	C-2	40	0.5512	○	—
	C-4	39	0.5860	○	—
	C-6	46	0.5686	○	—
1次冷却材低温側温度（狭域）	C-1	39	0.4239	○	—
	C-3	39	0.4428	○	—
	C-5	46	0.4699	○	—
	D-3	40	0.0929	○	—
格納容器温度	E-5	44	0.0011	○	○
	E-10	43	0.0011	○	○

表 2.3.2 事故時環境条件

事故の種類	温度	放射線	圧力
設計基準事故*1	約 125°C (最高温度)	675kGy (最大集積線量)	約 0.25MPa[gage] (最高圧力)
重大事故等時	約 138°C (最高温度)	500kGy (最大集積線量)	約 0.35MPa[gage] (最高圧力)

\*1：1次冷却材管の破断による原子炉冷却材喪失

設計基準事故または重大事故等時に耐環境性能を要求される測温抵抗体の取替周期および根拠を表2.3.3に、事故時雰囲気暴露試験の包絡性を表2.3.4に、事故時雰囲気暴露試験後の健全性試験結果を表2.3.5に示す。

表2.3.3 測温抵抗体の取替周期および根拠

取替周期	対象	根拠
<p>□年</p>	<p>設計基準事故または重大事故等時</p>	<p>メーカー試験                      &lt;加速熱劣化&gt;                      ・160℃×48hのエージング                      →アレニウス換算 (□ [eV] (EPRI))、実機温度を包絡する温度として46℃の温度領域で、稼働率を考慮して□年相当と評価</p> <p>&lt;放射線照射&gt;                      ・積算線量 1200 kGy (10kGy/h)                      →積算線量 1200 kGy は、想定される通常運転時 183 kGy*2 + 設計基準事故時積算線量 675 kGy または重大事故等時積算線量 500 kGy を包絡</p>

\*1 :  $145.4[\text{Gy/h}] \times (215[\text{d}] \times 24[\text{h/d}]) = 750 \text{ kGy}$

\*2 :  $0.5860[\text{Gy/h}] \times (24 \times 365.25) [\text{h/y}] \times \square [\text{y}] = \square \text{ kGy}$

表 2.3.4 測温抵抗体の事故時雰囲気暴露試験の包絡性

	条件 (温度-時間)	100℃換算*1	合計
事故時雰囲気 暴露試験 【図 2.3.1 参照】		49 時間	2,093 時間
		92 時間	
		1,952 時間	
設計基準事故*2 【添付-3)-2 参照】		30 時間	109 時間
		21 時間	
		15 時間	
		3 時間	
		3 時間	
		37 時間	
重大事故等時*3 【添付-5)-2 参照】		1 時間	1,756 時間
		1 時間	
		1 時間	
		12 時間	
		38 時間	
		25 時間	
		56 時間	
		49 時間	
		56 時間	
		60 時間	
		175 時間	
		134 時間	
		98 時間	
		144 時間	
		123 時間	
		104 時間	
		97 時間	
	111 時間		
	113 時間		
	141 時間		
	140 時間		
	77 時間		

\*1：活性化エネルギー [eV] (EPRI) での換算値

\*2：1次冷却材管の破断による原子炉冷却材喪失事故包絡条件

\*3：格納容器過温破損事故包絡条件

表2.3.5 測温抵抗体の長期健全性試験結果

項目	判定
性能試験	良

以上の通り、事故時雰囲気暴露試験の試験条件は、実機の設計基準事故または重大事故等時条件を包絡し、事故時雰囲気暴露試験後の長期健全性試験結果も判定基準を満足していることから、事故時環境下で健全性を維持できると判断する。

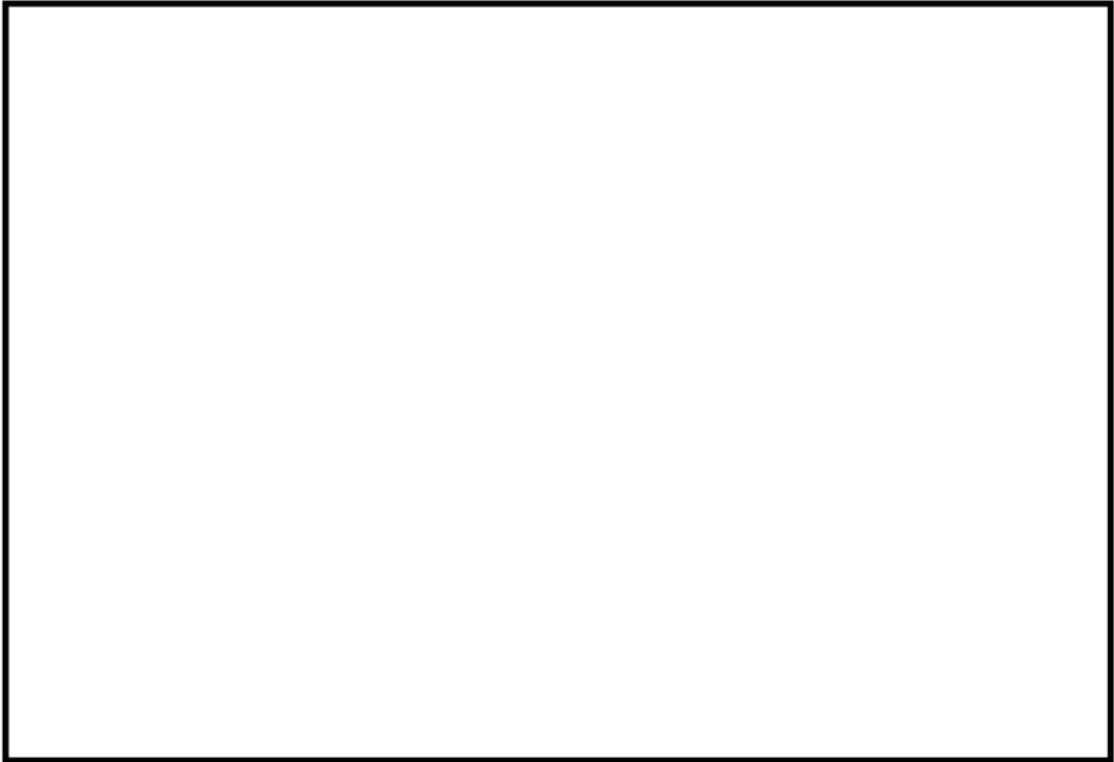


图 2.3.1 测温抵抗体 事故時雰囲気暴露試験条件

2.4 測温抵抗体（使用済燃料ピット温度）

測温抵抗体（使用済燃料ピット温度）に適用される環境条件を表2.4.1に示す。

表 2.4.1 測温抵抗体（使用済燃料ピット温度）の使用環境条件

	周囲温度	線量率
通常運転時	約 22℃（平均温度）	0.1mGy/h
重大事故等時*1	約 100℃（最高温度）	0.15mGy/h 以下*2

\*1：使用済燃料ピットにおける重大事故に至るおそれがある事故

\*2：燃料取扱建屋の遮蔽設計基準値

重大事故等時に耐環境性能を要求される測温抵抗体（使用済燃料ピット温度）の取替周期および根拠を表2.4.2に、事故時雰囲気暴露試験の包絡性を表2.4.3に、事故時雰囲気暴露試験後の健全性試験結果を表2.4.4に示す。

表 2.4.2 測温抵抗体（使用済燃料ピット温度）の使用環境条件

取替周期	根拠
□年	電力共同研究「PWRにおける過酷事故用電気計装品に関する経年劣化評価研究 Phase II（ケーブル以外）令和元年度」 <加速熱劣化> ・90℃×146日のエージング →アレニウス換算（□[kcal/mol]（ACA）、通常運転時22℃を包絡する29℃で□年相当と評価 <放射線照射> ・積算線量100Gy（10Gy/h） →想定される通常運転時□Gy*1+伝送器周囲の重大事故等時積算線量約0.03 Gy*2を包絡

\*1：0.1[mGy/h]×(24×365.25)[h/y]×□[y]=□Gy

\*2：0.15[mGy/h]×24[h/d]×7[d]=0.03 Gy

表 2.4.3 測温抵抗体（使用済燃料ピット温度）の事故時雰囲気暴露試験（重大事故等時）の包絡性

	条件（温度－時間）
事故時雰囲気暴露試験	□
重大事故等時*1	

\*1：使用済燃料ピットにおける重大事故に至るおそれがある事故包絡条件

表2.4.4 測温抵抗体（使用済燃料ピット温度）の長期健全性試験結果

項目	判定
性能試験	良

以上の通り、事故時雰囲気暴露試験の試験条件は、実機の重大事故等時条件を包絡し、事故時雰囲気暴露試験後の長期健全性試験結果も判定基準を満足していることから、事故時環境下で健全性を維持できると判断する。

## 2.5 熱電対（静的触媒式水素再結合装置等）

重大事故等時に耐環境性能を要求される静的触媒式水素再結合装置および原子炉格納容器水素燃焼装置の熱電対に適用される環境条件を表2.5.1、表2.5.2に示す。

表 2.5.1 熱電対（静的触媒式水素再結合装置等）の使用環境条件

機器名称	エリア	温度[°C]	線量率[Gy/h]
静的触媒式 水素再結合装置温度	D-10	42	0.0005
	E-15	43	0.2537
	E-16, 17	—	—
原子炉格納容器 水素燃焼装置温度	A-1, 2, 7	32	0.0011
	A-3	—	—
	A-8	33	0.0005
	B-14	36	0.0007
	D-1	—	—
	D-2	40	0.1111
	D-3	40	0.0929
	D-4	38	0.1093
	D-5	43	0.0748
	D-6	43	0.0940
	E-10	43	0.0011
	E-13	44	0.0013

注：「—」は測定実績なし

表 2.5.2 事故時環境条件

事故の種類	温度	放射線	圧力
重大事故等時	約 138°C (最高温度)	500kGy (最大集積線量)	約 0.35MPa[gage] (最高圧力)

重大事故等時に耐環境性能を要求される熱電対の取替周期および根拠を表2.5.3に、事故時雰囲気暴露試験の包絡性を表2.5.4に、事故時雰囲気暴露試験後の健全性試験結果を表2.5.5に示す。

表2.5.3 熱電対の取替周期および根拠

取替周期	根拠
<p>□年</p>	<p>電力共同研究「PWRにおける過酷事故用電気計装品に関する経年劣化評価研究 Phase II（ケーブル以外）令和元年度」          &lt;加速熱劣化&gt;          ・120°C×101日のエージング          →アレニウス換算 □ [eV] (EPRI)、□ [kcal/mol] (ACA)、通常運転時 45 °C*1で、稼働率を考慮して□年相当と評価          &lt;放射線照射&gt;          ・積算線量 1,200kGy (10kGy/h)          →想定される通常運転時 □ kGy*2+重大事故等時積算線量約 500 k Gy*3を包絡</p>

\*1：熱電対周囲の最大実測値 44°Cを包絡する温度として設定

\*2：0.2537 [Gy/h] × (24×365.25) [h/y] × □ [y] = □ kGy

表 2.5.4 熱電対の事故時雰囲気暴露試験（重大事故等時）の包絡性

	条件（温度－時間）	100℃換算*1	合計
事故時雰囲気暴露試験 【図 2.5.1 参照】		<sup>2</sup> 1,826 時間	4,957 時間
		860 時間	
		716 時間	
		595 時間	
		525 時間	
		435 時間	
重大事故等時*3 【添付-5)-2 参照】		1 時間	1,756 時間
		1 時間	
		1 時間	
		12 時間	
		38 時間	
		25 時間	
		56 時間	
		49 時間	
		56 時間	
		60 時間	
		175 時間	
		134 時間	
		98 時間	
		144 時間	
		123 時間	
		104 時間	
		97 時間	
		111 時間	
		113 時間	
		141 時間	
140 時間			
77 時間			

\*1：活性化エネルギー [eV] (EPRI) での換算値

\*2： [ ]

\*3：格納容器過温破損事故包絡条件



図 2.5.1 熱電対 事故時雰囲気暴露試験条件（重大事故等時）

表2.5.5 熱電対の長期健全性試験結果

項目	判定
性能試験	良

以上の通り、事故時雰囲気暴露試験の試験条件は、実機の重大事故等時条件を包絡し、事故時雰囲気暴露試験後の長期健全性試験結果も判定基準を満足していることから、事故時環境下で健全性を維持できると判断する。

タイトル	電気・計装品の評価（共通項目）について
概要	電気・計装品の評価（共通項目）について以下に示す。
説明	添付-1) 電気設備評価対象機器の製造メーカー、型式等について 添付-2) 評価対象機器の保全内容および保全実績等について 添付-3) JEAG4623-2018で要求される試験項目の実施の有無について 添付-4) 電気計装設備のEQ管理に対する対応について 添付-5) 劣化状況評価における設計基準事故時および重大事故等時の環境条件（放射線条件）の妥当性について 添付-6) NRA技術報告（NTEC-2019-1002）の知見を反映した評価について 添付-7) 蒸気暴露試験中における課電及び通電の実施状況について 添付-8) ケーブルの長期健全性試験における供試体の代表性について

タイトル	電気設備評価対象機器の製造メーカー、型式等について			
概要	電気設備の主な技術評価対象機器の代表機器の製造メーカー、型式等を以下に示す。			
説明	評価設備	代表機器	型式	製造メーカー
	高圧ポンプモータ	海水ポンプモータ	全閉型三相誘導電動機	
		電動補助給水ポンプモータ	開放型三相誘導電動機	
		充てん/高圧注入ポンプモータ	全閉型三相誘導電動機	
	低圧ポンプモータ	ほう酸ポンプモータ	全閉型三相誘導電動機	
	電気ペネトレーション	ピッグテイル型	キャニスター型	
		LV型モジュール	モジュラー型	
	弁電動装置	余熱除去ポンプCループ側入口第1隔離弁電動装置	SMB-3	
	高圧ケーブル	難燃高圧CSHVケーブル-1	高圧架橋ポリエチレン絶縁難燃低塩酸特殊耐熱ビニルシース	
		難燃高圧CSHVケーブル-2		
		難燃高圧CSHVケーブル-3		
	低圧ケーブル	難燃KKケーブル	シリコンゴム絶縁難燃シリコンゴムシース	
		難燃PHケーブル	難燃エチレンプロピレンゴム絶縁難燃クロロスルホン化ポリエチレンシース	
	同軸ケーブル	難燃三重同軸ケーブル	架橋ポリエチレン絶縁架橋ポリエチレン内部シース・難燃架橋ポリエチレン外部シース	
		難燃同軸ケーブル	ポリエチレン絶縁難燃低塩酸特殊耐熱ビニルシース	
	ケーブル接続部	気密端子箱接続	タイプS型、タイプD型	
		直ジョイント	LC-N、LC-S	
		三重同軸コネクタ接続	TRC-3SJ/TRC-3SP	

タイトル	評価対象機器の保全内容および保全実績等について
概要	絶縁低下に関連する主な保全内容および保全実績について以下に示す。
説明	<p>(1) 代表機器の保全内容</p> <p>技術評価を実施した代表機器の機器名、評価対象部位、保全項目、判定基準および点検頻度を別紙 7. 添付-2)-1に示す。</p> <p>(2) 主な保全実績</p> <p>技術評価を実施した機器の主な補修・取替実績、実施時期および取替理由を別紙 7. 添付-2)-2に示す。</p> <p>(3) 保全項目のうち原子炉格納容器の漏えい率試験の試験内容</p> <p>格納容器全体漏えい率試験（以下、「A種試験」という。）と局部漏えい率試験（以下、「B種試験」および「C種試験」という。）については、『日本電気協会「原子炉格納容器の漏えい率試験規程（JEAC4203-2017）」』および『「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈」の「日本電気協会「原子炉格納容器の漏えい率試験規程」の適用に当たって（別記－8）」』に基づき実施している。</p> <p>A種試験ならびにB種試験およびC種試験の試験内容（条件・方法・判定基準の考え方・概念図）を別紙 7. 添付-2)-3に示す。</p> <p>A種試験ならびにB種試験およびC種試験は、別紙 7. 添付-2)-3に示すとおり、試験圧力における漏えい率を算出し、判定基準内であることを確認している。</p>

代表機器の機器名、評価対象部位、保全項目、判定基準および点検頻度 (1/4)

評価対象設備	グループ内代表機器	評価対象部位	保全項目	判定基準	点検頻度	備考
高圧ポンプモータ	①海水ポンプモータ ②電動補助給水ポンプモータ ③充てん/高圧注入ポンプモータ	固定子コイル、口出線・接続部品	絶縁抵抗測定			
			直流吸収試験			
			tan δ			
			部分放電試験			
低圧ポンプモータ	ほう酸ポンプモータ	固定子コイル、口出線	絶縁抵抗測定			
電気ペネトレーション	ピッグテイル型	ポッティング材、外部リード	絶縁抵抗測定または系統機器の動作確認			
	LV型モジュール*1	ポッティング材、Oリング、外部リード	絶縁抵抗測定または系統機器の動作確認			
		ポッティング材、Oリング	原子炉格納容器局部漏えい率試験			
			N <sub>2</sub> ガス漏えい確認			
弁電動装置	余熱除去ポンプCループ側入口第1隔離弁電動装置	固定子コイル、口出線・接続部品	絶縁抵抗測定			

代表機器の機器名、評価対象部位、保全項目、判定基準および点検頻度 (2/4)

評価対象設備	グループ内代表機器	評価対象部位	保全項目	判定基準	点検頻度	備考
高圧ケーブル	難燃高圧 CSHV ケーブル	絶縁体	絶縁抵抗測定			
			直流漏洩電流試験			
			tan δ			
			シース絶縁抵抗測定			
			遮蔽層抵抗測定			
			部分放電試験			
低圧ケーブル	難燃 KK ケーブル 難燃 PH ケーブル FPET ケーブル TFEFP ケーブル	絶縁体	絶縁抵抗測定または系統機器の動作確認			
同軸ケーブル	難燃三重同軸ケーブル	絶縁体、内部シース	絶縁抵抗測定			
	難燃同軸ケーブル	絶縁体	系統機器の動作確認			
ケーブル接続部	気密端子箱接続、直ジョイント	絶縁物等	絶縁抵抗測定または系統機器の動作確認			
	三重同軸コネクタ接続-1	絶縁物等	絶縁抵抗測定			
	高圧コネクタ接続	絶縁物等	絶縁抵抗測定			
メタルクラッド開閉装置 (メタクラ)	メタクラ (安全系)	ばね蓄勢用モータ	絶縁抵抗測定			
		計器用変流器、計器用変圧器	絶縁抵抗測定			
動力変圧器	動力変圧器 (安全系)	コイル	絶縁抵抗測定			

代表機器の機器名、評価対象部位、保全項目、判定基準および点検頻度(3/4)

評価対象設備	グループ内代表機器	評価対象部位	保全項目	判定基準	点検頻度	備考
パワーセンタ	パワーセンタ (安全系)	ばね蓄勢用モータ	絶縁抵抗測定			
		計器用変圧器	絶縁抵抗測定			
制御設備	ディーゼル発電機制御盤	計器用変流器	絶縁抵抗測定			
			絶縁抵抗測定 (絶縁試験)			
		励磁装置	tan δ			
			直流吸収試験			
空調モータ	安全補機開閉器室空調ファンモータ	固定子コイル、口出線・接続部品	絶縁抵抗測定			
	チラーユニット用圧縮機モータ	固定子コイル、口出線・接続部品	絶縁抵抗測定			
			直流吸収試験			
			tan δ			
			部分放電試験			

代表機器の機器名、評価対象部位、保全項目、判定基準および点検頻度(4/4)

評価対象設備	グループ内代表機器	評価対象部位	保全項目	判定基準	点検頻度	備考
空気圧縮装置	格納容器外制御用空気圧縮機モータ	固定子コイル、口出線・接続部品	絶縁抵抗測定			
燃料取扱設備 (クレーン関係)	①燃料取替クレーン ②燃料移送装置	①②モータ(低圧)の固定子コイル	絶縁抵抗測定			
		①②電磁ブレーキ固定鉄心	絶縁抵抗測定			
		①指速発電機	絶縁抵抗測定			
		①②変圧器	絶縁抵抗測定			
ディーゼル発電設備	ディーゼル発電機	固定子コイル(高圧)、口出線・接続部品(高圧)	絶縁抵抗測定			
			絶縁抵抗測定(絶縁試験)			
			直流吸収試験			
			tan δ			
			部分放電試験			
		回転子コイル(低圧)、口出線・接続部品(低圧)	絶縁抵抗測定			
ディーゼル機関係属設備	燃料弁冷却水ポンプ 燃料油移送ポンプ	モータ固定子コイルおよび口出線	絶縁抵抗測定			
計器用電源設備	安全系インバータ	変圧器	絶縁抵抗測定			
制御棒駆動装置用電源設備	原子炉トリップ遮断器盤	ばね蓄勢用モータ	絶縁抵抗測定			

\*: 判定基準は目標値(目安値等)含む。

## 技術評価を実施した機器の主な補修・取替実績、実施時期および取替理由

評価対象設備	機器名	補修・取替実績	実施時期	取替理由
高圧ポンプモータ	海水ポンプモータ	固定子更新 (1台/3台)	第23回定期検査時(2018年度)	予防保全
	原子炉補機冷却水ポンプモータ	固定子修理 (1台/5台)	第23回定期検査時(2018年度)	予防保全
	原子炉補機冷却水ポンプモータ	固定子修理 (1台/5台)	第24回定期検査時(2019~2020年度)	予防保全
電気ペネトレーション	三重同軸型電気ペネトレーション	モジュラー型に取替(2台/5台)	第25回定期検査時予定	予防保全

表 A 種試験ならびに B 種試験および C 種試験の試験内容の概要<sup>[1]</sup>

		A 種試験	B 種試験	C 種試験																																								
試験対象		原子炉格納容器バウンダリ全体	原子炉格納容器バウンダリを構成するシール部と貫通部	原子炉格納容器隔離弁																																								
試験頻度		<p>プラントの定期事業者検査ごとに行う必要があるが、A 種試験ならびに B 種試験および C 種試験の漏えい率に相関が認められた場合は、A 種試験から B 種試験および C 種試験に移行してもよい。この場合、3 回の定期事業者検査のうち、少なくとも 1 回は A 種試験とし、A 種試験を実施しない残りの定期事業者検査については B 種試験および C 種試験を実施する。</p> <p>また、A 種試験は設計圧力試験の圧力で実施しなければならないが、低圧試験の保守性が確認できた場合には低圧試験を実施してもよい。ただし、この場合であっても 10 年に 1 回は設計圧力試験を実施しなければならない。</p> <p>以下に A 種試験ならびに B 種試験および C 種試験のスケジュール例を示す。</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">定期事業者検査 の回数</th> <th>第 n 回</th> <th>第 n+1 回</th> <th>第 n+2 回</th> <th>第 n+3 回</th> <th>第 n+4 回</th> <th>第 n+5 回</th> <th>第 n+6 回</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">試験種別</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">A 種試験 (設計圧)</td> <td style="text-align: center;">○</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">○</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">A 種試験 (低圧)</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">○</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">-</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">B 種および C 種試験</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">○</td> <td style="text-align: center;">○</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">○</td> <td style="text-align: center;">○</td> <td style="text-align: center;">-</td> </tr> </tbody> </table>			定期事業者検査 の回数	第 n 回	第 n+1 回	第 n+2 回	第 n+3 回	第 n+4 回	第 n+5 回	第 n+6 回	試験種別								A 種試験 (設計圧)	○	-	-	-	-	-	○	A 種試験 (低圧)	-	-	-	○	-	-	-	B 種および C 種試験	-	○	○	-	○	○	-
定期事業者検査 の回数	第 n 回	第 n+1 回	第 n+2 回	第 n+3 回	第 n+4 回	第 n+5 回	第 n+6 回																																					
試験種別																																												
A 種試験 (設計圧)	○	-	-	-	-	-	○																																					
A 種試験 (低圧)	-	-	-	○	-	-	-																																					
B 種および C 種試験	-	○	○	-	○	○	-																																					
試験方法		絶対圧力法（試験圧力まで加圧し、原子炉格納容器内空気圧力および温度から漏えい率を算出する。）	圧力降下法（試験圧力まで加圧し、圧力降下値から漏えい率を算出する。）	圧力降下法（試験圧力まで加圧し、圧力降下値から漏えい率を算出する。）																																								
試験条件	試験圧力	設計圧力試験：原子炉設置許可申請書ならびに設計および工事計画認可申請書に記載されている原子炉格納容器の最高使用圧力の 0.9 倍の圧力  低圧試験：設計圧力試験の圧力の 50%以上の圧力	設計圧力試験の圧力以上の圧力	水、窒素等の流体によるシール系をもたない原子炉格納容器隔離弁：気体で設計圧力試験の圧力以上の圧力 流体によるシール系を備えた原子炉格納容器隔離弁：その流体で設計圧力試験の圧力の 1.1 倍以上の圧力																																								
	試験温度	常温	常温	常温																																								
	使用加圧流体	空気または窒素	空気または窒素	水、窒素等の流体によるシール系をもたない原子炉格納容器隔離弁：空気または窒素 流体によるシール系を備えた原子炉格納容器隔離弁：その流体																																								
	試験時間	24 時間以上	エアロック：60 分以上 エアロック以外：30 分以上	15 分以上																																								
判定基準		設計圧力試験：平均漏えい率の 95%信頼限界（上の限界）が、漏えい増加を考慮した許容漏えい率 $L_{p0}$ (0.08%/day <sup>*1</sup> ) 以下  低圧試験：平均漏えい率の 95%信頼限界（上の限界）が、漏えい増加を考慮した許容漏えい率 $L_{l0}$ (0.04%/day <sup>*1</sup> ) 以下	B 種および C 種試験の総合漏えい率は、設計圧力試験の許容漏えい率 $L_{p0}$ (0.08%/day <sup>*1</sup> ) の 50%を超えてはならない。 ただし、プラント運転中にエアロックの試験を実施する場合には $0.1L_{p0}$ を管理値とする。なお、運転中にエアロックの試験を実施する場合であって、直近の定期漏えい率試験として B 種および C 種試験を採用している場合には、直近の定期漏えい率試験における当該エアロックの漏えい率の値をそのプラント運転中の試験の結果に置き換えて得られる総合漏えい率が $0.5L_{p0}$ を超えていないことを確認しなければならない。																																									

\*1：高浜 4 号炉の判定基準

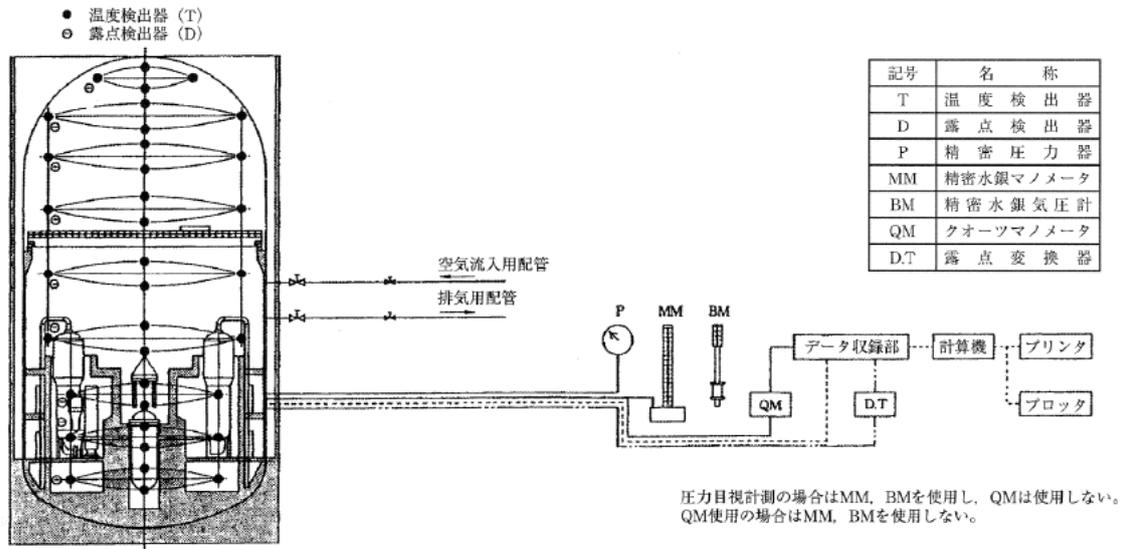


図 A 種試験 概念図<sup>[1]</sup>

モジュールタイプ (例)

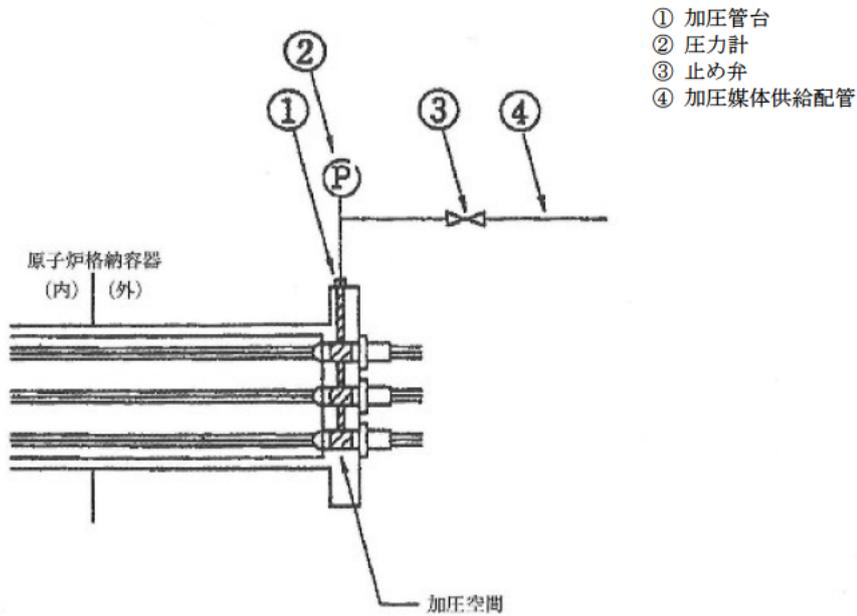


図 B 種試験 (電気配線用貫通部) 概念図<sup>[1]</sup>

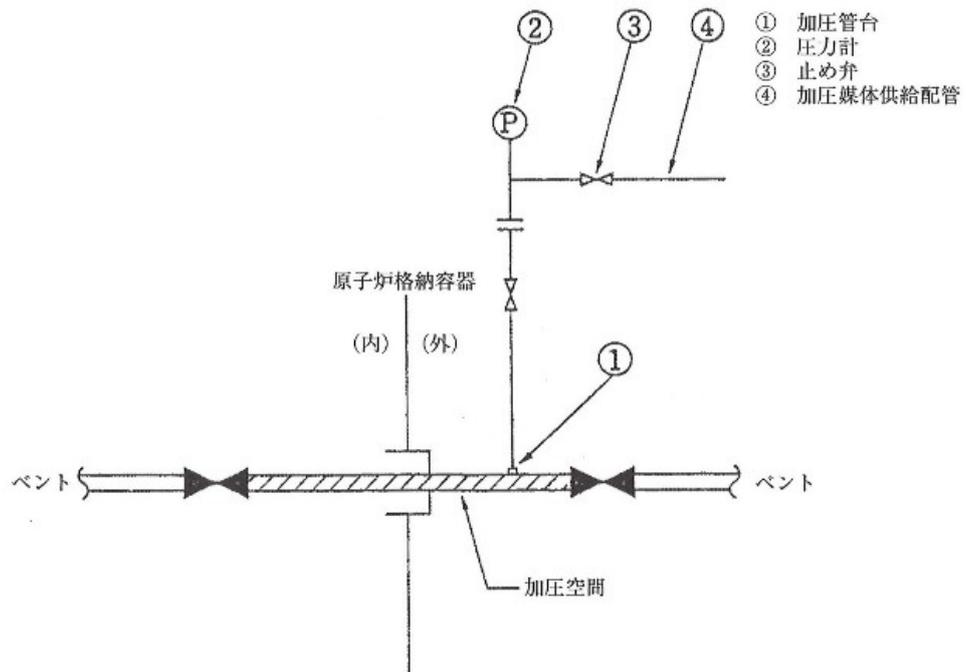


図 C 種試験 概念図<sup>[1]</sup>

[1] 日本電気協会「原子炉格納容器の漏えい率試験規程 (JEAC4203-2017)」

タイトル	JEAG4623-2018 で要求される試験項目の実施の有無について
概要	電気ペネトレーションおよび弁電動装置駆動部の長期健全性試験について、JEAG4623-2018 で要求される試験項目の実施有無について以下に示す。
説明	<p>1) 電気ペネトレーション (ピッグテイル型)</p> <p>電気ペネトレーション (ピッグテイル型) の長期健全性試験は、IEEE Std. 317-1983 に準拠した手順で実施している。JEAG4623-2018 (日本電気協会 原子力発電所の安全系電気・計装品の耐環境性能の検証に関する指針) (以下、「JEAG4623」という。) で呼び込んでいる IEEE Std. 317-2013 の要求事項の実施の有無について確認し、実施していない場合はその理由を整理した (別紙 7. 添付-3)-1.)。</p> <p>2) 電気ペネトレーション (LV型モジュール)</p> <p>電気ペネトレーション (LV型モジュール) の長期健全性試験は、JEAG4623で呼び込んでいる IEEE Std. 317-2013に準拠した手順で実施している (別紙 7. 添付-3)-2.)。</p> <p>3) 弁電動装置</p> <p>弁電動装置の長期健全性試験は、IEEE Std. 382-1996 に準拠した手順で実施している。JEAG4623 で呼び込んでいる IEEE Std. 382-2006 の要求事項の実施の有無について確認し、実施していない場合はその理由を整理した (別紙 7. 添付-3)-3.)。</p>

電気ペネトレーション（ピッグテイル型） IEEE Std. 317-2013 の長期健全性試験に関する要求事項と電共研の実施有無(1/4)

No	IEEE Std. 317-2013 要求事項		2012 年度 電共研 実施有無	IEEE Std. 317-2013 の要求に対して、 電共研で実施していない場合の理由等
	試験項目	試験内容		
1	6.3.1 初期特性試験	各供試体は製造試験に合格していること。	○	—
2	6.3.2 1) 輸送・保管の 模擬	供試体は輸送・保管の最も厳しい環境条件に曝すものとする。	×	本試験は、輸送中の温度や振動に対する検証と考えられる。輸送・保管中の温度はほぼ常温と考えられ、厳しい環境条件に曝されることはないため、劣化への影響は非常に小さいと考えられる。また、輸送中の振動に対しても、梱包をしており、劣化への影響は非常に小さいと考えられる。
3	6.3.2 2) 運転熱サイク ルの模擬	供試体は、供用期間中の運転サイクルを模擬した熱サイクル試験を行うこと。	○	—
4	6.3.2 3) 熱劣化の模擬	<ul style="list-style-type: none"> <li>供試体は、設置寿命期間中の設計通常使用温度での運転を模擬するために熱劣化処理を受けるものとする。</li> <li>加速劣化時間及び温度はアレニウスのデータから算出するか、正当化することができる他の方法を用いても良い。</li> </ul>	○	—
5	6.3.2 4) 放射線照射の 模擬	設計通常使用環境の放射線を設置寿命期間中模擬した放射線を供試体に照射するものとする。設計基準事象による最大累積放射線量をこの時点で含めても良い。	○	—
		6.3.2 1)～4)の事前処理後、供試体は、漏えい試験及び電気試験（導通、絶縁抵抗試験、耐電圧試験）に合格するものとする。	○	—

## 電気ペネトレーション (ピッグテイル型) IEEE Std. 317-2013 の長期健全性試験に関する要求事項と電共研の実施有無 (2/4)

No	IEEE Std. 317-2013 要求事項		2012年度 電共研 実施有無	IEEE Std. 317-2013 の要求に対して、 電共研で実施していない場合の理由等
	試験項目	試験内容		
6	6.3.3 (1) 短絡電流および短絡熱容量試験	<p>短絡電流および短絡熱容量試験を行うこと。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>設置状態を模擬し、短絡状態時に応力を受けるすべての構成部品を含むものとする。</li> <li>試験は室温で実施してよいが、試験開始時の導体温度は、定格連続電流試験時の最高温度以上とすること。</li> <li>短絡電流試験は、定格短絡電流以上で、継続時間は0.033秒以上とする。短絡熱容量試験は、定格短絡熱容量と同様の電流の二乗×時間(秒)とする。</li> <li>短絡熱容量試験は短絡電流試験と組み合わせても良い。</li> </ul> <p>-----</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>試験後、漏えい試験及び電気試験(導通、耐電圧試験)に合格するものとする。</li> </ul>	×	<p>本試験の目的は、大電流通電による熱と電磁力に対する検証と考えられる。</p> <p>実際の電源系統では、過負荷短絡電流等の保護回路により、短絡電流等は瞬時遮断[0.02秒程度]されるため、短時間許容温度及び熱劣化に対して影響は無いと考えられる。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>熱に対する影響は、電流の継続時間が非常に短く、ポッティング材やケーブルの絶縁体の短時間許容温度及び熱劣化に対して影響は無いと考えられる。</li> <li>電磁力に対しては、ポッティング材内のケーブル間で吸引、反発力が働き、ポッティング材に力が加わるが、電流の継続時間が非常に短く、ポッティング材の健全性に対して影響は無いと考えられる。</li> </ul>
7	6.3.3 (2) 耐震試験	<ul style="list-style-type: none"> <li>供試体は、設計使用条件に裕度を加えた条件の入力振動スペクトルで ANSI/IEEE Std 344-1975(1980年改訂)に準じて耐震試験を行う。</li> <li>試験中、供試体の全ての導体は、連続性を維持し、定格電圧に裕度を加えたものに耐えるものとする。</li> </ul> <p>-----</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>試験後、漏えい試験及び電気試験(耐電圧試験)に合格するものとする。</li> </ul>	×	<p>JEAG4623には耐震試験の要求はなく、また、電気ペネトレーションは原子炉格納容器の貫通スリーブに直接溶接で取り付けられており、剛構造である。両側にケーブルが接続されているが、電気ペネトレーションが取り付けられている原子炉格納容器とケーブルが接続されている他の建屋との間に地震動により相対変位が生じてもケーブルは柔軟であるため、電気ペネトレーションには反力は作用しない。従って、電気ペネトレーションに作用する荷重は原子炉格納器内の圧力と電気ペネトレーションの自重に起因する荷重のみであり、有意な応力は発生しないため、耐震性に問題はない。</p> <p>したがって、耐震試験を実施しなくても問題ないと判断する。</p>

## 電気ペネトレーション（ピッグテイル型） IEEE Std. 317-2013 の長期健全性試験に関する要求事項と電共研の実施有無(3/4)

No	IEEE Std. 317-2013 要求事項		2012 年度 電共研 実施有無	IEEE Std. 317-2013 の要求に対して、 電共研で実施していない場合の理由等
	試験項目	試験内容		
8	6.3.3 (3) 最過酷 DBE 環 境条件の模擬 試験	<ul style="list-style-type: none"> <li>設計最大想定事故時の環境条件（圧力、温度、湿度、放射線（放射線照射の模擬に含まれない場合）化学スプレー）に対する健全性を実証すること。</li> <li>試験中、導体に定格電圧を連続的に印加するものとする。</li> </ul>	○	—
		<ul style="list-style-type: none"> <li>試験後、漏えい試験に合格するものとする。</li> </ul>	○	—
9	6.3.3 (4) 最過酷 DBE 環 境条件での定 格短時間過負 荷電流試験	<ul style="list-style-type: none"> <li>最も厳しい DBE 環境条件時の定格連続電流通電時に、供試体の 1 回路が定格短時間過負荷電流および継続時間を通電できるものとする。</li> <li>定格短時間過負荷電流とは最高通常環境温度で定格電流を通電している状態で、1 つの回路が、導体温度が短時間過負荷設計温度限度を超過せずに、規程の時間通電することができる過負荷電流で、定格連続電流の 7 倍以上で継続時間は 10 秒以上とする。</li> <li>環境条件で、温度は 6.3.3(3)の試験中の最高温度以上、圧力は設計圧力以上（二重導体シールの場合は内側を加圧してもよい。）化学スプレー、蒸気は必要はない。</li> </ul>	○	—
		<ul style="list-style-type: none"> <li>試験後、定格電圧に耐えること。漏えい試験に合格するものとする。</li> </ul>	○	—

電気ペネトレーション (ピッグテイル型) IEEE Std. 317-2013 の長期健全性試験に関する要求事項と電共研の実施有無(4/4)

No	IEEE Std. 317-2013 要求事項		2012 年度 電共研 実施有無	IEEE Std. 317-2013 の要求に対して、 電共研で実施していない場合の理由等
	試験項目	試験内容		
10	6.3.3 (5) 最過酷 DBE 環境条件での定格短絡電流試験	<ul style="list-style-type: none"> <li>最も厳しい DBE 環境条件時の定格連続電流通電時に、供試体の 1 回路が定格短絡電流を通电できるものとする。</li> <li>電流値および継続時間は、短絡電流試験は、定格短絡電流以上で、継続時間は 0.033 秒以上とする。</li> <li>環境条件は 6.3.3(4) と同じ。</li> </ul> <hr/> <ul style="list-style-type: none"> <li>試験後、定格電圧に耐えること。漏えい試験に合格するものとする。</li> </ul>	×	<p>本試験の目的は、事故時の温度、圧力が高い状態で、大電流通電による熱と電磁力に対する検証と考えられる。</p> <p>実際の電源系統では、過負荷短絡電流等の保護回路により、短絡電流等は瞬時遮断[0.02 秒程度]されるため、短時間許容温度及び熱劣化に対して影響は無いと考えられる。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>熱に対する影響は、電流の継続時間が非常に短く、ポッティング材やケーブルの絶縁体の短時間許容温度及び熱劣化に対して影響は無いと考えられる。</li> <li>電磁力に対しては、ポッティング材内のケーブル間で吸引、反発力が働き、ポッティング材に力が加わるが、電流の継続時間が非常に短く、ポッティング材の健全性に対して影響は無いと考えられる。</li> </ul>
11	6.3.3 (6) 最過酷 DBE 環境条件での定格短絡熱容量 (I <sup>2</sup> t) 試験	<ul style="list-style-type: none"> <li>最も厳しい DBE 環境条件時の定格連続電流通電時に、定格短絡熱容量 (I<sup>2</sup>t) と同等の電流 (A) の二乗×時間 (秒) を発生させる短絡電流を通电させる。</li> <li>環境条件は 6.3.3(4) と同じ。</li> <li>6.3.3(5) で試験された導体は 6.3.3(6) の試験を受ける必要はなく、別々の供試体で実施する</li> <li>短絡熱容量試験は短絡電流試験と組み合わせても良い。</li> </ul> <hr/> <ul style="list-style-type: none"> <li>試験後、定格電圧に耐えること。漏えい試験に合格するものとする。</li> </ul>	×	同上

電気ペネトレーション (LV型モジュール) IEEE Std. 317-2013 の長期健全性試験に関する要求事項と電共委の実施有無(1/4)

No	IEEE Std. 317-2013 要求事項		2019年度 電共委 実施有無	IEEE Std. 317-2013の要求に対して、 電共委で実施していない場合の理由等
	試験項目	試験内容		
1	6.3.1 初期特性試験	各供試体は製造試験に合格していること。	○	
2	6.3.2 1) 輸送・保管の 模擬	供試体は輸送・保管の最も厳しい環境条件に曝すものとする。	×	本試験は、輸送中の温度や振動に対する検証と考えられる。輸送・保管中の温度はほぼ常温と考えられ、厳しい環境条件に曝されることはないため、劣化への影響は非常に小さいと考えられる。また、輸送中の振動に対しても、梱包をしており、劣化への影響は非常に小さいと考えられる。
3	6.3.2 2) 運転熱サイク ルの模擬	供試体は、供用期間中の運転サイクルを模擬した熱サイクル試験を行うこと。	○	—
4	6.3.2 3) 熱劣化の模擬	<ul style="list-style-type: none"> <li>供試体は、設置寿命期間中の設計通常使用温度での運転を模擬するために熱劣化処理を受けるものとする。</li> <li>加速劣化時間及び温度はアレニウスのデータから算出するか、正当化することができる他の方法を用いても良い。</li> </ul>	○	—
5	6.3.2 4) 放射線照射の 模擬	<p>設計通常使用環境の放射線を設置寿命期間中模擬した放射線を供試体に照射するものとする。設計基準事象による最大累積放射線量をこの時点で含めても良い。</p> <hr/> <p>6.3.2 1)～4)の事前処理後、供試体は、漏えい試験及び電気試験（導通、絶縁抵抗試験、耐電圧試験）に合格するものとする。</p>	○	—

## 電気ペネトレーション (LV型モジュール) IEEE Std. 317-2013 の長期健全性試験に関する要求事項と電共委の実施有無(2/4)

No	IEEE Std. 317-2013 要求事項		2019年度 電共委 実施有無	IEEE Std. 317-2013 の要求に対して、 電共委で実施していない場合の理由等
	試験項目	試験内容		
6	6.3.3 (1) 短絡電流および短絡熱容量試験	<p>短絡電流および短絡熱容量試験を行うこと。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>設置状態を模擬し、短絡状態時に応力を受けるすべての構成部品を含むものとする。</li> <li>試験は室温で実施してよいが、試験開始時の導体温度は、定格連続電流試験時の最高温度以上とすること。</li> <li>短絡電流試験は、定格短絡電流以上で、継続時間は0.033秒以上とする。短絡熱容量試験は、定格短絡熱容量と同様の電流の二乗×時間(秒)とする。</li> <li>短絡熱容量試験は短絡電流試験と組み合わせても良い。</li> </ul> <p>-----</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>試験後、漏えい試験及び電気試験(導通、耐電圧試験)に合格するものとする。</li> </ul>	×	<p>本試験の目的は、大電流通電による熱と電磁力に対する検証と考えられる。</p> <p>実際の電源系統では、過負荷短絡電流等の保護回路により、短絡電流等は瞬時遮断[0.02秒程度]されるため、短時間許容温度及び熱劣化に対して影響は無いと考えられる。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>熱に対する影響は、電流の継続時間が非常に短く、ポッティング材やケーブルの絶縁体の短時間許容温度及び熱劣化に対して影響は無いと考えられる。</li> <li>電磁力に対しては、ポッティング材内のケーブル間で吸引、反発力が働き、ポッティング材に力が加わるが、電流の継続時間が非常に短く、ポッティング材の健全性に対して影響は無いと考えられる。</li> </ul>
7	6.3.3 (2) 耐震試験	<ul style="list-style-type: none"> <li>供試体は、設計使用条件に裕度を加えた条件の入力振動スペクトルで ANSI/IEEE Std 344-1975(1980年改訂)に準じて耐震試験を行う。</li> <li>試験中、供試体の全ての導体は、連続性を維持し、定格電圧に裕度を加えたものに耐えるものとする。</li> </ul> <p>-----</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>試験後、漏えい試験及び電気試験(耐電圧試験)に合格するものとする。</li> </ul>	×	<p>JEAG4623には耐震試験の要求はなく、また、電気ペネトレーションは原子炉格納容器の貫通スリーブに直接溶接で取付けられており、剛構造である。両側にケーブルが接続されているが、電気ペネトレーションが取付けられている原子炉格納容器とケーブルが接続されている他の建屋との間に地震動により相対変位が生じてもケーブルは柔軟であるため、電気ペネトレーションには反力は作用しない。従って、電気ペネトレーションに作用する荷重は原子炉格納器内の圧力と電気ペネトレーションの自重に起因する荷重のみであり、有意な応力は発生しないため、耐震性に問題はない。</p> <p>したがって、耐震試験を実施しなくても問題ないと判断する。</p>

## 電気ペネトレーション (LV型モジュール) IEEE Std. 317-2013 の長期健全性試験に関する要求事項と電共委の実施有無(3/4)

No	IEEE Std. 317-2013 要求事項		2019年度 電共委 実施有無	IEEE Std. 317-2013 の要求に対して、 電共委で実施していない場合の理由等
	試験項目	試験内容		
8	6.3.3 (3) 最過酷 DBE 環境条件の模擬試験	<ul style="list-style-type: none"> <li>設計最大想定事故時の環境条件 (圧力、温度、湿度、放射線 (放射線照射の模擬に含まれない場合) 化学スプレー) に対する健全性を実証すること。</li> <li>試験中、導体に定格電圧を連続的に印加するものとする。</li> </ul> <hr/> <ul style="list-style-type: none"> <li>試験後、漏えい試験に合格するものとする。</li> </ul>	○	—
9	6.3.3 (4) 最過酷 DBE 環境条件での定格短時間過負荷電流試験	<ul style="list-style-type: none"> <li>最も厳しい DBE 環境条件時の定格連続電流通電時に、供試体の 1 回路が定格短時間過負荷電流および継続時間を通電できるものとする。</li> <li>定格短時間過負荷電流とは最高通常環境温度で定格電流を通電している状態で、1 つの回路が、導体温度が短時間過負荷設計温度限度を超過せずに、規程の時間通電することができる過負荷電流で、定格連続電流の 7 倍以上で継続時間は 10 秒以上とする。</li> <li>環境条件で、温度は 6.3.3(3) の試験中の最高温度以上、圧力は設計圧力以上 (二重導体シールの場合は内側を加圧してもよい。) 化学スプレー、蒸気は必要はない。</li> </ul> <hr/> <ul style="list-style-type: none"> <li>試験後、定格電圧に耐えること。漏えい試験に合格するものとする。</li> </ul>	×	<p>本来の目的は、事故時の温度、圧力が高い状態で、大電流通電による熱に対する検証と考えられる。</p> <p>実際の電源系統では、過負荷・短絡電流等の保護回路により、定格短時間過負荷・短絡電流等の保護回路により、定格短時間過負荷試験電流は影響の少ない時間で遮断されるため、短時間許容温度及び熱劣化に対して影響は無いと考えられる。</p> <hr/> <p>—</p>

## 電気ペネトレーション (LV型モジュール) IEEE Std. 317-2013 の長期健全性試験に関する要求事項と電共委の実施有無(4/4)

No	IEEE Std. 317-2013 要求事項		2019年度 電共委 実施有無	IEEE Std. 317-2013 の要求に対して、 電共委で実施していない場合の理由等
	試験項目	試験内容		
10	6.3.3 (5) 最過酷 DBE 環境条件での定格短絡電流試験	<ul style="list-style-type: none"> <li>最も厳しい DBE 環境条件時の定格連続電流通電時に、供試体の 1 回路が定格短絡電流を通电できるものとする。</li> <li>電流値および継続時間は、短絡電流試験は、定格短絡電流以上で、継続時間は 0.033 秒以上とする。</li> <li>環境条件は 6.3.3(4) と同じ。</li> </ul> <hr/> <ul style="list-style-type: none"> <li>試験後、定格電圧に耐えること。漏えい試験に合格するものとする。</li> </ul>	×	<p>本試験の目的は、事故時の温度、圧力が高い状態で、大電流通電による熱と電磁力に対する検証と考えられる。</p> <p>実際の電源系統では、過負荷短絡電流等の保護回路により、短絡電流等は瞬時遮断[0.02 秒程度]されるため、短時間許容温度及び熱劣化に対して影響は無いと考えられる。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>熱に対する影響は、電流の継続時間が非常に短く、ポッティング材やケーブルの絶縁体の短時間許容温度及び熱劣化に対して影響は無いと考えられる。</li> <li>電磁力に対しては、ポッティング材内のケーブル間で吸引、反発力が働き、ポッティング材に力が加わるが、電流の継続時間が非常に短く、ポッティング材の健全性に対して影響は無いと考えられる。</li> </ul>
11	6.3.3 (6) 最過酷 DBE 環境条件での定格短絡熱容量 ( $I^2t$ ) 試験	<ul style="list-style-type: none"> <li>最も厳しい DBE 環境条件時の定格連続電流通電時に、定格短絡熱容量 (<math>I^2t</math>) と同等の電流 (A) の二乗×時間 (秒) を発生させる短絡電流を通电させる。</li> <li>環境条件は 6.3.3(4) と同じ。</li> <li>6.3.3(5) で試験された導体は 6.3.3(6) の試験を受ける必要はなく、別々の供試体で実施する</li> <li>短絡熱容量試験は短絡電流試験と組み合わせても良い。</li> </ul> <hr/> <ul style="list-style-type: none"> <li>試験後、定格電圧に耐えること。漏えい試験に合格するものとする。</li> </ul>	×	同上

## 弁電動装置 IEEE Std. 382-2006 の長期健全性試験に関する要求事項と電共研の実施有無(1/3)

No	IEEE Std 382-2006 要求事項		H19年度電共研 実施有無	IEEE Std 382-2006 の要求に対して、 電共研で実施していない場合の理由等
	試験項目	試験内容		
1	6.3.2a) 試験前の検査	<ul style="list-style-type: none"> <li>次項目に対する試験計画に応じて実施</li> <li>a. 制御装置の設定</li> <li>b. 留め具の固定具合</li> <li>c. 原動力の駆動系</li> <li>d. 試験機器の校正状態</li> </ul>	○	—
2	6.3.2b) 初期機能試験	<ul style="list-style-type: none"> <li>初期データについて採取を行うこと。</li> </ul>	○	—
3	6.3.2c) 通常熱劣化試験	<ul style="list-style-type: none"> <li>駆動部性能特性は熱劣化の前後に測定する。</li> <li>熱劣化分析を行うことにより、劣化時間と温度の試験パラメータを決定する。IEEE規格323-2003、IEEE規格1205-2000、及びIEEE規格101-1987を指針として参照する。</li> </ul>	○	—
4	6.3.2d) 通常熱劣化試験後の中間検査	<ul style="list-style-type: none"> <li>必要に応じて初期機能試験と同様の検査を行うこと。</li> </ul>	○	—
5	6.3.2e) 通常放射線劣化試験	<ul style="list-style-type: none"> <li>設置寿命中に予想される線量に曝すものとする。</li> </ul>	○	—
6	6.3.2f) 通常放射線劣化試験後の中間検査	<ul style="list-style-type: none"> <li>必要に応じて初期機能試験と同様の検査を行うこと。</li> </ul>	○	—
7	6.3.2g) 機械劣化試験	<ul style="list-style-type: none"> <li>アクチュエータは当該の用途に向けての代表的なサイクル数だけ繰り返す。</li> </ul>	○	—

## 弁電動装置 IEEE Std. 382-2006 の長期健全性試験に関する要求事項と電共研の実施有無(2/3)

No	IEEE Std 382-2006 要求事項		H19 年度電共研 実施有無	IEEE Std 382-2006 の要求に対して、 電共研で実施していない場合の理由等
	試験項目	試験内容		
8	6.3.2h) 機械劣化試験 後の中間検査	・必要に応じて初期機能試験と同様の検査を行うこと。	○	—
9	6.3.2i) 通常加圧サイ クル試験	・外部加圧の代表的な回数 (e. g. 15回) を駆動部の最大格納容器圧力に曝す (e. g. 448 kPag (65psig))。 ・圧力は最大格納容器圧力までゆっくりと高め、一定時間 (e. g. 3~5 分) 安定を保ち、その後各圧力サイクルについてゆっくりと減圧する。	○	—
10	6.3.2j) 通常加圧サイ クル試験後の 中間検査	・必要に応じて初期機能試験と同様の検査を行うこと。	○	—
11	6.3.2k) 振動劣化試験	・0.75Gまたは両振幅で0.025を超えない低周波数で必要な加速度に駆動部を曝し、その周波数を2 オクターブ/分の速度で、5Hzから100Hzへ、100Hzから5Hzへ掃引させ正弦運動を印加するものとする事。 ・各直交軸に沿って90分の振動を印加するものとする事。 ・15分毎に模擬負荷を掛けた状態で運転を行うこと。	○	—
12	6.3.2l) 振動劣化試験 後の中間検査	・必要に応じて初期機能試験と同様の検査を行うこと。	×	事故時の健全性確認が目的であり、中間・終了後の機能試験は必ずしも必要ではないため。
13	6.3.2m) 地震模擬試験	・単周波数試験及び多周波数試験の両方の実施を推奨する。	○	—

## 弁電動装置 IEEE Std. 382-2006 の長期健全性試験に関する要求事項と電共研の実施有無 (3/3)

No	IEEE Std 382-2006 要求事項		H19年度電共研 実施有無	IEEE Std 382-2006 の要求に対して、 電共研で実施していない場合の理由等
	試験項目	試験内容		
14	6.3.2n) 地震模擬試験 後の中間検査	・必要に応じて初期機能試験と同様の検査を行うこと。	○	—
15	6.3.2o) 設計基準事象 放射線暴露試験	・駆動部を、設計基準事象中及び設計基準事象以降、安全関連機能を果たす必要がなくなる時までに駆動部が受けると予想される線量に曝すものとする。	○	—
16	6.3.2p) 設計基準事象 放射線暴露試験 後の中間検査	・必要に応じて初期機能試験と同様の検査を行うこと。	○	—
17	6.3.2q) 設計基準事象 環境試験	・設計基準事象環境の温度、圧力、湿度、またはスプレー環境において運転させることとする。 ・駆動部を定格負荷条件で運転させることとする。	○	—
18	6.3.2r) 設計基準事象 環境試験後の 中間検査	・必要に応じて初期機能試験と同様の検査を行うこと。	○	—

タイトル	電気計装設備の EQ 管理に対する対応について
概要	高浜 4 号炉の EQ 管理について以下に示す。
説明	<p>設計基準事故対処設備の EQ 機器については、対象機器、ケーブル、接続部、電気ペネも含めて、それぞれの設置環境と健全性試験結果を基に寿命評価結果等を網羅的にまとめた EQ 管理リストの整備が完了しており、EQ 機器個々の評価寿命を確認する目的でリスト管理を実施している状況である。</p> <p>また、重大事故等対処設備の EQ 機器については、現在、設計基準事故対処設備の EQ 機器と同様の EQ 管理リストを整備中であるが、実機環境に対して余裕を持った条件での寿命評価は実施している。</p> <p>なお、設計基準事故対処設備および重大事故等対処設備の EQ 機器のうち、定期取替品としている計装品本体の取替管理については、別途定める保全指針にて定める取替周期に従って取替管理を実施しており、設定周期が上記の機器個別の評価寿命を超過していないことは確認している。</p>

タイトル	劣化状況評価における設計基準事故時および重大事故等時の環境条件（放射線条件）の妥当性について
概要	設計基準事故時および重大事故等時の条件として設定した集積線量 675kGy および 500kGy の妥当性について以下に示す。
説明	<p>劣化状況評価において考慮した設計基準事故時および重大事故等時の放射線量は、平成 27 年 10 月 9 日付（原規規発第 1510091 号）で認可を受けた工事計画認可申請の添付資料「資料 6 安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」（以下、「資料 6」という。）における環境条件設定のための線量評価結果を踏まえて設定している。</p> <p>設計基準事故時の環境条件（675kGy（最大集積線量））は、資料 6 に示す 1 年間の集積線量の評価結果（約 0.4MGy）を包絡する線量として、電力共同研究で保守的に算出した 675kGy を設定している。</p> <p>また、重大事故等時の環境条件（500kGy（最大集積線量））は、資料 6 に示す重大事故等発生後 7 日間の集積線量の評価結果（約 0.3MGy）を包絡する線量として 500kGy を設定している。</p>

タイトル	NRA 技術報告 (NTEC-2019-1002) の知見を反映した評価について
概要	NRA 技術報告「重大事故環境下におけるケーブルの絶縁特性の分析」(NTEC-2019-1002) の知見を反映した評価について、以下に示す。
説明	<p>NRA 技術報告「重大事故環境下におけるケーブルの絶縁特性の分析」(NTEC-2019-1002) の知見である重大事故環境 (以下、SA 環境という) を模擬した蒸気暴露試験中のケーブルの絶縁低下に対しては、経年劣化管理に係る ATENA との実務レベルの技術的意見交換会 (公開会合 (令和 2 年 5 月 22 日及び 6 月 1 日)) において、その絶縁低下が計器誤差に与える影響について、各プラントの布設状況を踏まえて PWR 電力共通の評価結果を報告している。報告の概要は以下の通り。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・難燃エチレンプロピレンゴム絶縁およびシリコンゴム絶縁ならびに架橋ポリエチレン絶縁のケーブルについて、SA 環境を模擬した蒸気暴露試験中におけるケーブルの絶縁抵抗値の低下の程度は、ケーブル長を約 200 m (当該ケーブルの PWR プラント実機で最長のものとして提示) と想定した場合でも、SA 環境下で機能要求のある計装機器の計測誤差への影響は非常に小さく、操作判断や検知等の支障にはならない。</li> </ul> <p>なお、高浜 4 号炉の SA 環境下で機能要求のあるケーブルは、①難燃エチレンプロピレンゴム絶縁の難燃 PH ケーブルおよび②シリコンゴム絶縁の難燃 KK ケーブルならびに③架橋ポリエチレン絶縁の難燃三重同軸ケーブルのみであり、また、各ケーブルのケーブル長 (SA 環境下で機能要求のあるものに限る) の最長のもは、それぞれ①95m、②132mおよび③75mであり、上記の評価に用いた約 200mよりも短いことを確認している。</p>

タイトル	蒸気暴露試験中における課電及び通電の実施状況について
概要	電気学会推奨案に基づく蒸気暴露試験期間中における課電及び通電の実施状況を以下に示す。
説明	<p>高浜 4 号炉を含む当社 7 プラントの高経年化技術評価に用いている電気学会推奨案に基づくケーブルの試験一覧（蒸気暴露試験期間中における課電及び通電の実施状況）を別紙 7. 添付-7)-2 に示す。</p> <p>電気学会推奨案における蒸気暴露試験期間中の課電及び通電の要求は、「蒸気暴露試験期間中にケーブルがその機能を果たしているのを確認すること」が目的である旨の記載がある。</p> <p>課電は、主に絶縁機能を確認することが目的であると考えられる。このため、電気学会推奨案ではケーブルに定格電圧を印加するとされているが、断続的に絶縁抵抗測定や耐電圧試験を行い使用電圧以上の電圧を印加することでも目的を達成することができることから、これらは電気学会推奨案における課電に相当すると考える。</p> <p>通電は、主に通電による温度上昇の影響（熱劣化）を確認することが目的である。電気学会推奨案では原則として許容電流を通電するとされているが、使用電流が微弱な計装ケーブル及び同軸ケーブルは「通電をしなくてもよい」とされている。なお、電力・制御ケーブルにおいても、接続する機器の負荷電流とこれによる温度上昇が十分小さい場合は、通電による影響（熱劣化）は有意ではないと評価できる。また、その温度上昇が蒸気暴露試験温度のマージンに十分包絡される場合は、通電をしなくても評価の保守性を担保することができると思う。</p> <p>別紙 7. 添付-7)-2 の電気学会推奨案に基づくケーブルの試験一覧において、上記目的に鑑みれば、いずれも電気学会推奨案で規定される必要な課電及び通電は実施できていると考える。</p> <p>なお、別紙 7. 添付-7)-2 に示す試験のうち、高浜 4 号炉の高経年化技術評価に用いているものは、No. 1, 2, 5 である。</p> <p style="text-align: right;">以上</p>

電気学会推奨案に基づくケーブルの試験一覧（蒸気暴露試験期間中の課電及び通電の実施状況）

No.	分類	名称	絶縁体	用途	対象プラント	対象事故事象	課電		通電		出典
1	低圧	難燃 KK ケーブル	シリコンゴム	計装	高浜 1, 2 号炉 高浜 3, 4 号炉 美浜 3 号炉	設計基準事故 /重大事故等	○※1	最高使用電圧：DC24V 課電電圧：DC500V（絶縁抵抗測定）	—	—	電力共通研究「電気・計装機器の耐環境実証試験に関する研究（Step-3）1983 年度」
2		難燃 PH ケーブル	難燃 EP ゴム	電力・制御・計装	高浜 1, 2 号炉 高浜 3, 4 号炉 美浜 3 号炉	設計基準事故 /重大事故等	○	最高使用電圧：AC440V 課電電圧：定格電圧（AC600V）	○	通電電流：31A※2	関西電力研究データ
3				電力・制御・計装	大飯 3, 4 号炉	重大事故等	○※3	最高使用電圧：AC120V 課電電圧：定格電圧（AC600V）	—※4	—	電力共同委託「SA 時の計装品の耐環境性能評価委託 2014 年度」
4				制御	高浜 3 号炉 大飯 3, 4 号炉	設計基準事故 /重大事故等 設計基準事故	○	最高使用電圧：AC440V 課電電圧：定格電圧（AC600V）	○	通電電流：31A※2	メーカーデータ
5	同軸	難燃 三重同軸ケーブル	架橋ポリエチレン	計装	高浜 1, 2 号炉 高浜 3, 4 号炉 大飯 3, 4 号炉	設計基準事故 /重大事故等 設計基準事故	○※5	最高使用電圧：DC1000V 課電電圧：DC3000V（耐電圧試験）※5	—	—	メーカーデータ
6				計装	美浜 3 号炉	設計基準事故 /重大事故等	○※6	最高使用電圧：DC1000V 課電電圧：DC3000V（耐電圧試験）	—	—	電力共通研究「電気・計装機器の耐環境実証試験に関する研究（Step-3）1983 年度」
7				計装	大飯 3, 4 号炉	重大事故等	○※7	最高使用電圧：DC1000V 課電電圧：DC1000V（絶縁抵抗測定）	—	—	電力共同委託「高レンジエリアモニタ及び三重同軸ケーブル・コネクタに関する耐環境性能評価委託 2014 年度」

※1 絶縁抵抗測定において断続的に課電を実施している。実施頻度※8は 15 日間の試験において計 14 回（1 日目に 7 回、以降 2, 3, 5, 7, 9, 12, 15 日経過時点に実施）である。

※2 ケーブルの許容電流値である。（別紙 7. 添付-7)-3 参照）

※3 断続的に課電を実施している。実施頻度※8は 7 日間の試験において計 12 回（1 日目に 6 回、以降 2, 3, 4, 5, 6, 7 日経過時点に実施）である。

※4 使用電流による温度上昇は 1℃未満であり、この温度上昇は蒸気暴露試験に見込んでいる温度マージン（8℃）を十分下回っているため、通電の有無による影響（熱劣化）はないと評価している。（別紙 7. 添付-7)-4 参照）

※5 評価書に記載の試験（メーカーデータ）と同等のケーブル及び試験条件で実施した試験（No. 6 に示す試験）で課電を実施し、絶縁性能に問題がないことを確認している。（別紙 7. 添付-7)-5 参照）

※6 耐電圧試験において断続的に課電を実施している。実施頻度※8は 15 日間の試験において計 16 回（1 日目に 6 回、以降 2, 4, 5, 6, 7, 8, 12, 13, 14, 15 日経過時点に実施）である。

※7 絶縁抵抗測定において断続的に課電を実施している。実施頻度※8は 7 日間の試験において計 8 回（1 日目に 2 回、以降 2, 3, 4, 5, 6, 7 日経過時点に実施）である。

※8 断続的な課電の実施頻度は、絶縁機能の変化が想定される以下のポイントで重点的に実施している。

- ・蒸気暴露試験の条件（温度、圧力）が最大るとき、または変化させるとき
- ・格納容器スプレイを模擬した化学スプレイを実施するとき

なお、蒸気暴露試験後半の温度・圧力が一定の期間においては、絶縁機能が急激に変化する可能性は低いと考えられることから、1～4 日に 1 回の頻度で実施している。

### 通電電流の代表性について

通電電流 31A の代表性（ケーブルサイズによって通電電流（許容電流）は異なるが、本試験で代表できている根拠）について以下に示す。

通電電流は電気学会推奨案に基づき、ケーブルの許容電流としている。

ケーブルの許容電流は、通電によるケーブルの温度上昇が絶縁体の許容温度となる場合の電流値として定められているため、ケーブルサイズによって許容電流は異なるものの、許容電流を通電した場合の絶縁体に対する熱影響は同等である。

よって、当該試験における通電電流 31A は、他のケーブルサイズも考慮した代表性のある試験条件であると考えられる。

## 難燃 PH ケーブルの通電による温度上昇評価

温度上昇の計算式

$$T_1 = n \times r \times R_{th} \times I^2 + T_0$$

$T_1$  : 導体温度 (°C)

$T_0$  : 周囲温度 (°C) : 150°C (当該試験の事故時プロファイルの最高温度)

$I$  : 通電電流 (A) : 5A

通電電流が最も大きいイグナイタの電源回路にて算出

使用電圧 AC120V、定格容量 556W →  $556W/120V=4.6A$  を保守的に設定

$n$  : ケーブル線心数 : 2

$r$  : 導体抵抗 ( $\Omega/cm$ ) :  $5.35 \times 10^{-5}$

$R_{th}$  : ケーブル全熱抵抗 ( $^{\circ}C \cdot cm/W$ ) : 209.6

$$\Delta T = T_1 - T_0$$

$\Delta T$  : ケーブルの温度上昇値 (°C)

ケーブルの温度上昇値

$$\Delta T = 0.57^{\circ}C$$

電気学会推奨案に基づき実施した No. 5 の試験（メーカーデータ）と No. 6 の試験（電力共通研究「電気・計装機器の耐環境実証試験に関する研究(Step-3) 1983 年度」）について

高浜 4 号炉で使用している難燃三重同軸ケーブルについては、電気学会推奨案に基づき実施した試験（メーカーデータ）により長期健全性評価を実施しているが、蒸気暴露試験期間中の課電については、同等のケーブル及び試験条件で実施した以下の試験（出典：電力共通研究「電気・計装機器の耐環境実証試験に関する研究(Step-3) 1983 年度」）（以下「当該試験」という。）により絶縁性能に問題のないことを確認している。

#### 1. ケーブル仕様の同等性

高浜 4 号炉で使用している難燃三重同軸ケーブルと当該試験の供試体ケーブルについては、製造メーカーが同一で、仕様の違いは外部シースの材料のみである。

	外部シース材料
メーカーデータ	難燃架橋ポリエチレン
当該試験	四フッ化エチレン・エチレン共重合樹脂

難燃三重同軸ケーブルは、内部導体、絶縁体、外部導体、内部シース、遮蔽体および外部シースで構成されており、絶縁性能は絶縁体および内部シースにより保たれている。外部シースについては、ケーブルを外的な力から保護する部位であることから、外部シースの材料の違いは絶縁性能には影響しないため、蒸気暴露試験期間中に課電を実施した当該試験の結果に基づき高浜 4 号炉で使用している難燃三重同軸ケーブルの絶縁性能を判断することは妥当であると考えられる。

#### 2. 試験条件の同等性（包絡性）

当該試験の実施内容を別紙 7. 添付-7)-6 に示す。

別紙 4 と別紙 7. 添付-7)-6 との比較から試験手順および試験条件については相違はなく、屈曲浸水耐電圧試験の電圧に違いがあるが、いずれも電気学会推奨案に規定される電圧（絶縁体厚さに対して  $3.2\text{kV/mm}$ ）を超える電圧で試験を実施しているから、試験条件の同等性は確保されている。

## 当該試験の実施内容について

## 1. 評価手順

難燃三重同軸ケーブルの長期健全性試験手順および判定方法を下図に示す。

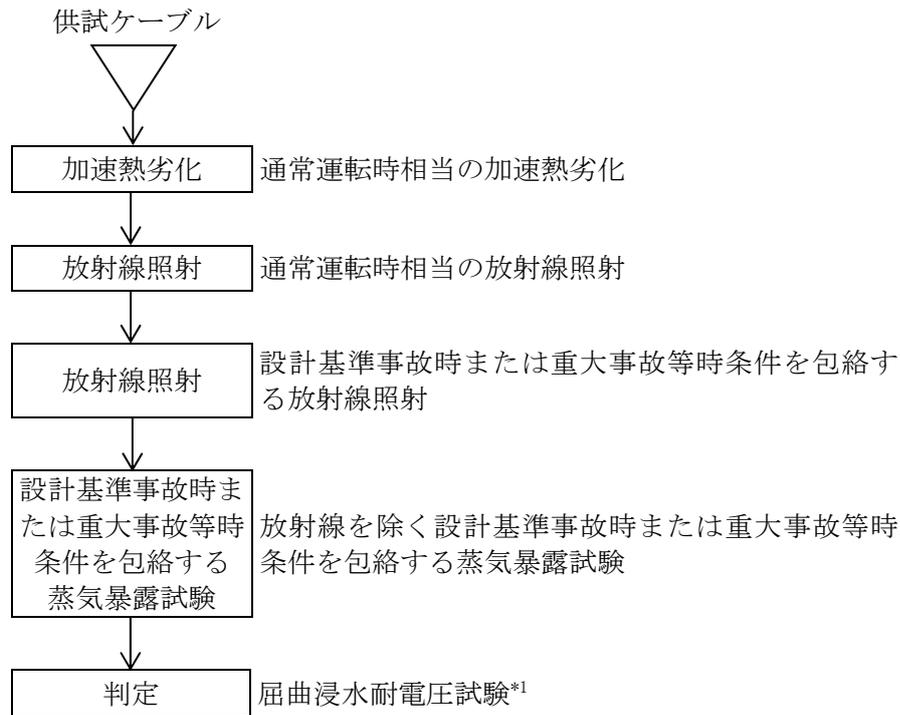


図 難燃三重同軸ケーブルの長期健全性試験手順および判定方法

\*1：屈曲浸水耐電圧試験の試験手順は以下のとおりである。

- 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付ける。
- 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3.2kV/mmを5分間印加し、絶縁破壊を生じるか否かを調べる。

## 2. 試験条件

難燃三重同軸ケーブルの長期健全性試験条件を下表および下図に示す。

表 難燃三重同軸ケーブルの長期健全性試験条件

		試験条件
通常運転時相当	温度	121℃-7日
	放射線 (集積線量)	500kGy (10kGy/h以下)
事故時蒸気暴露試験	放射線 (集積線量)	1,500kGy (10kGy/h以下)
	温度	190℃ (最高温度)
	圧力	0.41MPa[gage] (最高圧力)

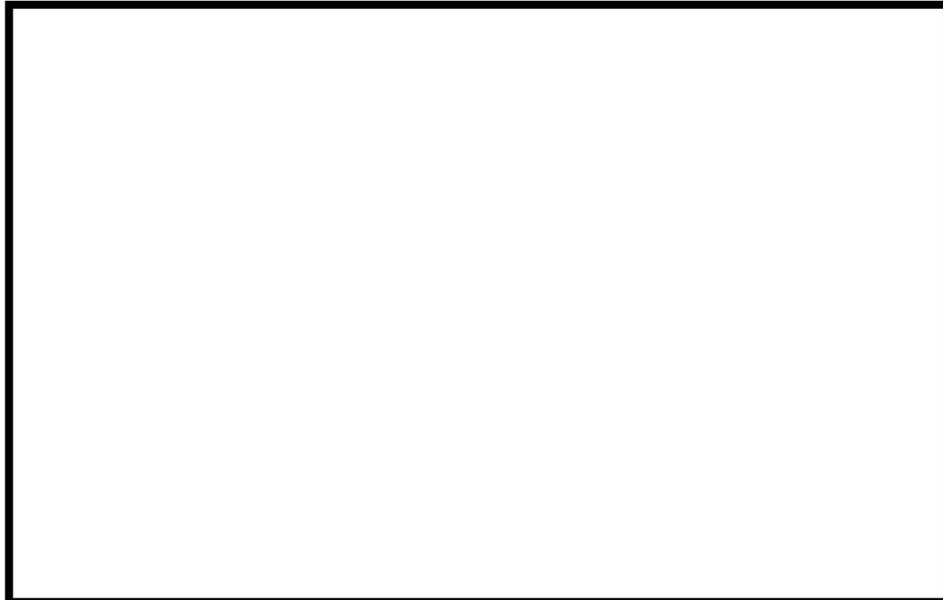


図 難燃三重同軸ケーブル 事故時蒸気暴露試験条件

## 3. 評価結果

難燃三重同軸ケーブルの長期健全性試験結果を下表に示す。

表 難燃三重同軸ケーブルの長期健全性試験結果

項目	試験条件	判定
屈曲浸水	供試体外径 : 11.7mm マンドレル径 : 供試体外径の 約40倍	良
耐電圧試験	絶縁厚さ : 2.9mm 課電電圧 : 9.5kV/5分間	

タイトル	ケーブルの長期健全性試験における供試体の代表性について
概要	ケーブルの長期健全性試験における供試体の代表性（同じケーブル種類でも複数のサイズがあるが、供試体で代表できている根拠）について以下に示す。
説明	<p>ケーブルは一般に、絶縁材や構造等の仕様が同一であっても、複数のケーブルサイズが製造されており、ケーブルサイズによって絶縁体厚さが異なっている。ケーブルの長期健全性評価においては、絶縁体厚さを除く仕様が同じケーブルについて、特定のケーブルサイズを供試体とした試験により評価を実施しているが、供試体の代表性については以下の通り妥当であると判断している。</p> <p>供試体のケーブルサイズに係る近年の知見として、ACA ガイド（原子力発電所のケーブル経年劣化評価ガイド（JNES-RE-2013-2049））においては、絶縁体厚さの小さいケーブルの劣化の進行が速いこと、絶縁体内部まで劣化が進行しても同じ電圧の耐電圧試験においては絶縁体厚さが小さい方が厳しい試験になることを根拠に、絶縁体厚さを除く仕様が同じケーブルの場合は絶縁体厚さが最小のケーブルを供試体とすることが要求されている。</p> <p>高経年化技術評価における事故時環境下において機能要求のあるケーブルの評価は、ACA ガイドに基づくものと、電気学会推奨案に基づくものに分類される。</p> <p>このうち前者については、ACA ガイドに基づく評価であるため、ACA ガイドに従って絶縁体厚さが最小のケーブルを供試体に選定している。</p> <p>後者については、電気学会推奨案においては供試体の選定に関し同様の要求はないが、蒸気暴露試験後に実施する屈曲浸水耐電圧試験がケーブルサイズを考慮したもの（ケーブルの外径に応じた屈曲半径および絶縁体厚さに応じた耐電圧試験を実施）となっており、供試体の代表性は考慮できていると考えるが、概ね絶縁体厚さが小さいケーブルを供試体に選定している状況にある。なお、当社 7 プラントの高経年化技術評価に用いている電気学会推奨案に基づく試験においては、別紙 7. 添付-8)-2 に示す通り、絶縁体厚さが最小のケーブルを供試体に選定していることを確認している。</p>

電気学会推奨案に基づくケーブルの試験一覧（供試体のケーブルサイズ）

No.	分類	名称	絶縁体	用途	対象プラント	対象事故事象	実機で使用されているケーブルの絶縁体厚さ[mm] (ケーブルサイズ[mm <sup>2</sup> ])	供試体		出典
								絶縁体厚さ[mm] (ケーブルサイズ[mm <sup>2</sup> ])	代表性	
1	低圧	難燃 KK ケーブル	シリコンゴム	計装	高浜 1, 2 号炉 高浜 3, 4 号炉 美浜 3 号炉	設計基準事故 /重大事故等	0.76mm (1.25mm <sup>2</sup> )	0.76mm (1.25mm <sup>2</sup> )	供試体は実機で使用されているケーブルと同じケーブルサイズである。	電力共通研究「電気・計装機器の耐環境実証試験に関する研究 (Step-3) 1983年度」
2		難燃 PH ケーブル	難燃 EP ゴム	電力・制御・計装	高浜 1, 2 号炉 高浜 3, 4 号炉 美浜 3 号炉	設計基準事故 /重大事故等	0.8mm 以上 (1.25mm <sup>2</sup> 以上)	0.8mm (3.5 mm <sup>2</sup> )	実機で使用されているケーブルサイズは複数あるが、ケーブルサイズ 1.25mm <sup>2</sup> 及び 3.5mm <sup>2</sup> の絶縁体厚さはいずれも 0.8mm であるため、絶縁体厚さが最小のケーブルを供試体に選定している。	大飯 3/4 号機型式試験
3				電力・制御・計装	大飯 3, 4 号炉	重大事故等		0.8mm (1.25 mm <sup>2</sup> )		電力共同委託「SA 時の計装品の耐環境性能評価委託 2014 年度」
4				制御	高浜 3 号炉 大飯 3, 4 号炉	設計基準事故 /重大事故等 設計基準事故		0.8mm (3.5 mm <sup>2</sup> )		メーカーデータ
5	同軸	難燃 三重同軸ケーブル	架橋ポリエチレン	計装	高浜 1, 2 号炉 高浜 3, 4 号炉 大飯 3, 4 号炉	設計基準事故 /重大事故等 設計基準事故		特定用途（高レンジエリアモニタ用）であり、供試体は実機で使用されているケーブルと同一仕様である。		
6				計装	美浜 3 号炉	設計基準事故 /重大事故等	電力共通研究「電気・計装機器の耐環境実証試験に関する研究 (Step-3) 1983年度」			
7				計装	大飯 3, 4 号炉	重大事故等	電力共同委託「高レンジエリアモニタ及び三重同軸ケーブル・コネクタに関する耐環境性能評価委託 2014 年度」			

※：ケーブルサイズは導体断面積を記載

タイトル	屋外ケーブルの水トリーに対する現状保全内容について
概要	屋外ケーブルの水トリーに対する現状保全内容について、以下に示す。
説明	<p>屋外に布設している高圧ケーブルについては、トレンチ内の水溜まりの有無を定期的を目視確認することとしている。目視確認の実施頻度・確認項目は以下の通り。</p> <p>実施頻度：[ ] (プラント運転中)  確認項目：ケーブルトレンチ内に浸水がないこと</p> <p>また、当該トレンチと繋がっている排水ピットには、水位を感知して自動起動する恒設の排水ポンプを2台設置しており、排水ポンプの保全内容については以下のとおり。</p> <p>海水ポンプウェル雨水排水ポンプ  点検項目：絶縁抵抗測定  外観・据付点検  運転状態確認 (異音、振動確認、起動・停止レベル確認)  点検頻度：[ ]</p> <p>なお、ケーブルトレイはコンクリート製のトレンチ内の高所に布設されており、さらに、自動起動する恒設の排水ポンプを設置していることから、ケーブルが浸水する状況になることは考え難いが、台風などによる大雨時に排水ピットが水位高となった場合は、警報が中央制御室および現地盤に発信し、現場確認することとしている。</p>

タイトル	通電による温度上昇、余裕について
概要	通電による温度上昇、余裕について、以下に示す。
説明	<p>添付-1) 難燃PHケーブルの健全性評価で設定した温度について</p> <p>添付-2) ピッグテイル型電気ペネトレーションの健全性評価で設定した温度について</p> <p>添付-3) FPETケーブルの健全性評価で設定した温度について</p> <p>添付-4) 難燃高圧CSHVケーブルの健全性評価で設定した温度について</p> <p>添付-5) ケーブルの健全性評価で設定した温度について</p>

タイトル	難燃PHケーブルの健全性評価で設定した温度について
概要	難燃PHケーブルの健全性評価で設定した温度の根拠について、以下に示す。
説明	<p>補足説明資料P. 10 表4. 1-5</p> <p>「*3：ケーブルトレイの温度上昇値（10℃）を考慮して評価している。」の「ケーブルトレイの温度上昇値（10℃）」は、以下の「温度上昇」に「若干の余裕」を加えた温度として設定している。</p> <ul style="list-style-type: none"><li>・温度上昇：約5℃ 電力用ケーブルトレイに布設されるケーブルの通電電流による温度上昇として、通常運転時に使用されるモータ等の運転状況やケーブルの布設状況を考慮し、別紙9. 添付-1)-1のように算出した。</li><li>・若干の余裕：5℃ 実機での周囲温度の計測誤差を含む余裕として設定した。</li></ul>

## 低圧ケーブルの通電電流による温度上昇計算について

## 1. 検討対象とするケーブルについて

事故時機能要求のあるケーブル（以下、「EQケーブル」という）には、電力・制御・計装の3種類の用途のケーブルがある。これらのうち、制御・計装ケーブルについては通電電流値が小さく、通電による温度上昇は極めて小さいと考えられる。

また、電力ケーブルについては、通電電流による温度上昇が想定されるが、事故時機能要求のある電力ケーブルは、電動弁の駆動モータのみであり、運転期間の動作時間はごく僅かであり、通常運転期間中における劣化を考慮する際には影響は無視できると考えられる。

しかしながら、原子炉格納容器内の通路部の一部EQケーブルについては、ケーブルトレイ（以下、「トレイ」という）内に布設しているため、EQケーブル以外の周辺ケーブルの通電による温度影響を考慮する必要があると考える。なお、トレイは、制御用、計装用、電力用に分かれていることから、通電時の電流が大きい電力用トレイに関して、通電による温度上昇を考慮する。

## 2. 温度上昇計算について

IEEEのサマーミーティングにてストーピー氏により発表された論文\*によると、トレイの中に布設されている各ケーブルを一つの塊として捉えると、この中に含まれるケーブル導体、絶縁体、シースは同一の温度のものに晒されると考えられている。

上記の考え方に基づき、トレイの周囲温度と絶縁体の許容温度及びケーブルの布設形態（ケーブル占積率）から許容できる総発生熱量を求め、これから単位断面積当たりの許容熱発生強度を算出し、この値を基にサイズごとの許容電流を導き出し、実験による値と差がないことが確認されている。したがって、トレイの周囲温度とトレイの中の総発生熱量およびケーブルの布設形態から、トレイ中の最高温度（絶縁体の最高使用温度）を求めることが可能と考え、温度上昇値の計算を行った。なお、トレイはAトレイとBトレイに分けて施工されているが、ケーブル1本あたりの発熱量が大きい設備である原子炉容器室冷却ファン等の台数は同じであることから、Aトレイを代表として評価を行った。

※ : J. Stolpe Southern California Edison Co. (1970). Ampacities for Cables in Randomly Filled Trays: IEEE 70 TP 557 - PWR

## 3. 計算結果について

計算には、一般的なモデルトレイ形状、実機相当のケーブル布設本数を想定した上で、実機の通常運転時の負荷状況を想定して算出する。なお、ケーブルはランダムに布設されるものとして発熱量を算出するが、温度上昇計算には、その発熱量から余裕を加えた値を使用する。

以上を踏まえ、周辺温度を41℃、発熱量を [ ] [watt/m] に余裕を加えた [ ] [watt/m] として計算を行い、ケーブル表面温度は [ ] °C、絶縁体温度は [ ] °C となったことから、温度上昇値は4.04℃となる。

なお寿命評価においては、さらに若干の余裕を見込み温度上昇値を10℃として計算を行っている。

具体的には、(1)式より、周囲温度 $T_a$ と総発熱量 $W$ からケーブル総体の平均表面温度 $T_c$ を求め、そこから(2)式より、絶縁体温度 $T_m$ を求める。

$$W = hA_s(T_c - T_a) + \delta A_s \varepsilon [(T_c + 273)^4 - (T_a + 273)^4] \quad \dots (1)$$

$W$  : 単位長さ当りのトレイの中での総発熱量 [watt/cm] ⇒ [ ]

$h$  : トレイの総括対流伝熱係数 [watt/cm<sup>2</sup>・°C] = [ ]

$T_c$  : ケーブル総体の平均表面温度 [°C] = [ ]

$T_a$  : 周囲温度 [°C] ⇒ 41

$\delta$  : ステファン・ボルツマン定数 [watt/cm<sup>2</sup>・K<sup>4</sup>] ⇒  $5.67 \times 10^{-12}$

$\varepsilon$  : ケーブル総体とトレイ表面の熱放射 (輻射率) = [ ]

$A_s$  : トレイ単位長さ当たりのケーブル表面積 [cm<sup>2</sup>] = [ ]

$$T_m = T_c + \Delta T_c \quad \dots (2)$$

$T_m$  : ケーブルの絶縁体の最高温度 [°C] = [ ]

$\Delta T_c$  : ケーブル総体の中での温度降下 [°C] = [ ]

なお、

$$\Delta T_c = W \rho d / 8w \quad \dots (3)$$

$\rho$  : ケーブル総体の中での熱抵抗 [°C・cm/watt] ⇒ 400

$d$  : ケーブル総体深さ [cm] = [ ]

$w$  : ケーブル総体の幅 (トレイの幅) [cm] = [ ]

計算には、一般的なモデルトレイ形状、実機相当のケーブル布設本数を想定し、実機の通常運転時の負荷電流が流れていると想定して算出する。

発熱量の計算においては、ケーブルはランダムにトレイに布設されているものとして扱い、平均的な通電電流値を求めた上で、トレイ内の発熱量を計算する。そこから求めた発熱量 [ ] [watt/m] に余裕を加えた [ ] [watt/m] を計算上のトレイ発熱量として設定している (表1参照)。

表 1 原子炉格納容器内低圧電力トレイ（モデルトレイ）の発熱量

実機プラントケーブル本数*	モデルトレイ（300mm×150mm）ケーブル状況、発熱量

表 2 原子炉格納容器内低圧電力ケーブルの通電状況

ケーブル サイズ [sq]	負荷 電流 [A]	通常時の運転の負荷状況				負荷名称
		連続	切替	間欠	停止	
	43.5	○				4A 原子炉容器室冷却ファン
	43.5	○				4A 原子炉容器室冷却ファン
	31				○	4A 余熱除去ポンプ C ループ側入口第 2 隔離弁
	39				○	4A 蓄圧タンク出口弁
	39				○	4C 蓄圧タンク出口弁
	15.5				○	4A 余熱除去ポンプ C ループ側入口第 1 隔離弁
	0.64				○	4B ループ高温側サンプリング第 1 隔離弁
	0.64				○	4 格納容器上部区画 A ガスサンプリング弁
	2.85				○	4 格納容器内制御用空気戻り第 1 隔離弁
	0.65				○	4A 格納容器減圧装置第 1 隔離弁
	0.64				○	4A 蒸気発生器室 A ガスサンプリング弁
	0.64				○	4B 蒸気発生器室 A ガスサンプリング弁
	0.64				○	4C 蒸気発生器室 A ガスサンプリング弁
	0.64				○	4A 格納容器ガスサンプリング第 1 隔離弁
	5.8				○	4A 加圧器逃がし弁元弁
	5.8				○	4B 加圧器逃がし弁元弁
	1				○	4A 原子炉容器ベント弁
	6				○	4 1 次冷却材ポンプ冷却水出口第 1 隔離弁

タイトル	ピッグテイル型電気ペネトレーションの健全性評価で設定した温度について
概要	ピッグテイル型電気ペネトレーションの健全性評価で設定した温度の根拠について、以下に示す。
説明	<p>補足説明資料別紙 1 添付-1)「ピッグテイル型電気ペネトレーションの各部位の環境条件は、上記の使用条件の温度に、通常運転時の電流値から算出した発熱による温度上昇および裕度を加えた温度を包絡する温度として以下の温度としている。」の「温度上昇」と「裕度」の考え方は、以下の通り。</p> <p>温度上昇（下記算出方法による）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ポッティング材：約6℃</li> <li>・外部リード：約9℃（低圧電力用のみ考慮）</li> </ul> <p>&lt;温度上昇値の算出方法&gt;</p> <p>供試体を用いた通電試験時の温度測定値から、単位長さあたりの総発熱量と温度上昇値との相関関係を得て、各モジュール型式の通常運転時の通電電流値や導体断面積等から温度上昇値が最大となるものを求めた結果、実機の電気ペネトレーションの型式のうち、5.5/38LP型の温度上昇値が最大で、下記の温度上昇値であった。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・供試体の単位長さあたりの総発熱量： [ ] [W/mm]</li> <li>・供試体（ポッティング材）の温度上昇値： [ ] [℃]</li> <li>・供試体（外部リード）の温度上昇値 [ ] [℃]</li> <li>・5.5/38LP型の単位長さあたりの総発熱量： [ ] [W/mm]</li> </ul> <p>ポッティング材の温度上昇値  <math display="block">= [ ] [℃] \times [ ] [W/mm] \div [ ] [W/mm] = [ ] [℃]</math> 外部リードの温度上昇値  <math display="block">= [ ] [℃] \times [ ] [W/mm] \div [ ] [W/mm] = [ ] [℃]</math></p> <p>以上により、ポッティング材の温度上昇値を約6℃、外部リードの温度上昇値を約9℃とした。</p> <p>計算した温度上昇値から評価に用いる温度は以下の通りとした。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ポッティング材：42℃+8℃（裕度）=50℃</li> <li>・外部リード：35℃+9℃（温度上昇値）+2℃（裕度）=46℃</li> </ul> <p>（温度上昇の考慮が不要な場合、制御用：42℃、計装用：36℃）</p> <p>ポッティング材については、温度上昇値6℃となる電気ペネの周囲温度が35℃（別紙1 添付-1）参照）であり、温度上昇を考慮しても41℃となるが、周囲温度42℃の電気ペネがあるため、42℃に裕度を考慮した。</p>

タイトル	FPETケーブルの健全性評価で設定した温度について
概要	FPETケーブルの健全性評価で設定した温度の若干の余裕の考え方について、以下に示す。
説明	<p>技術評価書（低圧ケーブル） P. 19 表2. 3-5の「*1：中央制御室およびケーブル処理室でのケーブル周囲温度（約25℃）に若干の余裕を加えた温度として設定した。」の「若干の余裕」の考え方は以下の通り。</p> <ul style="list-style-type: none"><li>・ 若干の余裕：5℃ 他のケーブル評価に用いる余裕と同程度に設定した。</li></ul>

タイトル	難燃高圧CSHVケーブルの健全性評価で設定した温度について
概要	難燃高圧CSHVケーブルの健全性評価で設定した温度 (60℃) の根拠について、以下に示す。
説明	<p>技術評価書 (高圧ケーブル) P.9 表2.3-1および表2.3-3 「*1: 原子炉格納容器外でのケーブル周囲温度 (約40℃) に通電による温度上昇と若干の余裕を加えた温度として設定した。」の「通電による温度上昇」と「若干の余裕」の考え方は以下の通り。</p> <ul style="list-style-type: none"><li>・温度上昇: 約18.7℃ ケーブルの通電電流による温度上昇として、通常運転時の通電状況を考慮し、別紙9. 添付-4)-1のように算出した。</li><li>・若干の余裕: 1.3℃ 実機での周囲温度の計測誤差を含む余裕として設定した。</li></ul>

## 高圧ケーブルの通電電流による温度上昇計算について

一般に、通電電流と導体温度との間には以下の関係がある。

$$T_1 - T_0 = \frac{n \cdot \gamma \cdot R_{th} \cdot I^2}{\eta^2}$$

ここで、

$T_1$  : 導体温度 [°C]

$T_0$  : 周囲温度 [°C]

$I$  : 通電電流 [A]

$n$  : ケーブル線芯数

$\gamma$  : 導体抵抗 [ $\Omega/cm$ ]

$R_{th}$  : ケーブル全熱抵抗 [°C・cm/W]

$\eta$  : 多条布設の場合の電流低減値

である。

導体温度は絶縁体温度と同じであると見なせ、上式により通電電流による絶縁体温度が算出できる。

ここで、高圧ケーブルの諸定数は表 1 に示す通りである。

表 1 高圧ケーブル諸定数

導体サイズ [mm <sup>2</sup> ]	導体抵抗 [ $\Omega/cm$ at 60°C]	全熱抵抗 [°C・cm/W]	電流低減値
		難燃高圧 CSHV ケーブル	
	$2.17 \times 10^{-6}$	95.8	0.75 <sup>*1</sup>
	$1.09 \times 10^{-6}$	79.4	
	$6.90 \times 10^{-7}$	69.4	

\*1 : 日本電線工業会規格 JCS 第 168 号 (2016 年) では、2 本密着布設で 0.85、3 本密着布設で 0.80、6 本以上の密着布設で 0.7 と規定されており、これより実機のケーブル布設状態 (数本のケーブルが若干の間隔を持って布設) を考慮して 0.75 とした。

なお、実機プラントの高圧電力ケーブルの通常運転時における通電状況を表 2 に示す。

表 2 安全系高圧電力ケーブルの通電状況

ケーブルサイズ [sq]	負荷電流 [A]	通常時の運転の負荷状況				負荷名称
		連続	切替	間欠	停止	
	291.6				○	4A ディーゼル発電機
	291.6				○	4A ディーゼル発電機
	201.2	○				3-4A 動力変圧器
	19	○				4A 格納容器再循環ファン
	19	○				4B 格納容器再循環ファン
	49	○				4A 海水ポンプ
	30	○				4A 原子炉補機冷却水ポンプ
	30	○				4B 原子炉補機冷却水ポンプ
	43.2				○	4A 電動補助給水ポンプ
	26				○	4A 余熱除去ポンプ
	74				○	4A 格納容器スプレイポンプ
	81	○				4A 充てん/高圧注入ポンプ
	29	○				4A 空調用冷凍機
	49				○	4B1 海水ポンプ
	81				○	4B1 充てん/高圧注入ポンプ
	30				○	4C1 原子炉補機冷却水ポンプ

表 2 に示す高圧ケーブルのうち、通常運転時の温度上昇が最大であると考えられる以下の 2 つのケーブルについて、導体温度と周囲温度の差 (= 温度上昇値) を求める。

① 3-4A 動力変圧器

$$T_1 - T_0 = \frac{3 \times 1.09 \times 10^{-6} \times 79.4 \times 201.2^2}{0.75^2} = 18.7 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

② 4A 充てん/高圧注入ポンプ

$$T_1 - T_0 = \frac{3 \times 2.17 \times 10^{-6} \times 95.8 \times 81^2}{0.75^2} = 7.3 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

以上により、ケーブルの温度上昇値は 18.7 [°C] とする。

タイトル	ケーブルの健全性評価で設定した温度について
概要	通電による温度上昇等の考え方について、以下に示す。
説明	<p>補足説明資料P.8 表4.1-1の「*1:設計基準事故または重大事故等を考慮する原子炉格納容器内難燃PHケーブル布設箇所周囲の平均温度に、通電による温度上昇等を考慮した各布設エリアの温度を包絡する温度として設定した。」の「通電による温度上昇等を考慮した各布設エリアの温度を包絡する温度」の考え方の詳細は補足説明資料添付-1)に記載の通りで、概要を以下に示す。</p> <p>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難燃PHケーブルは、補足説明資料P.32添付-1)-8の表に示すエリアに布設されており、そのうち、通電による温度上昇を考慮する必要があるものは、「*1:安全系ケーブルトレイ布設ケーブルの通電による温度上昇を考慮するエリア」で示している。</p> <p>表に示すエリアのうち、温度上昇を考慮するエリアでの最高温度は41℃のエリアであり、41℃に通電による温度上昇等（温度上昇約5℃、余裕5℃）を考慮した51℃は、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難燃PHケーブルの各布設エリアの温度を包絡する温度として設定することは妥当であると考えます。</p> <p>なお、通路部最高温度である44℃のエリア等の温度上昇欄が「-」となっているエリアについては、制御または計装用ケーブルのみが布設されているため、通電による発熱量はごく僅かであり、温度上昇の考慮が不要である。</p>

タイトル	ISLOCA環境下における機器への影響について
概要	ISLOCA環境下における機器の経年劣化評価への影響について以下に示す。
説明	<p>高浜4号炉のISLOCA環境下で使用する電気計装品には、充てん/高圧注入ポンプモータがある。</p> <p>設計段階における、これらの機器がISLOCA環境下にさらされた場合の健全性確認は、許認可等で審査いただいている通りとなっている。</p> <p>許認可等で評価している高浜4号炉のISLOCA環境下において機能要求のある機器の設置環境におけるISLOCAプロファイルを次項に示す。同事故時プロファイルでは、最高温度123℃で、かつ1時間後に余熱除去ポンプ入口弁の閉操作が完了した後は、事象収束に至ることとなり、<input type="text"/>時間後に約<input type="text"/>℃まで低下する)、原子炉格納容器内の設計基準事故および重大事故等と比べると非常にマイルドな環境である。</p> <p>このプロファイルの解析期間におけるISLOCA時の機器の劣化量は次頁に記載の通り、通常時環境(設計温度の40℃と想定)での劣化量に換算*すると、約17日分の劣化量に相当することになる。</p> <p>この劣化量については、点検間隔(法定13ヵ月)からすると考慮を要する劣化量ではなく、通常の点検間隔での現状保全により機器の健全性の維持は可能であると考ええる。</p> <p>なお、このプロファイルの解析期間以降については、プロファイル最終時点の環境温度が約<input type="text"/>℃まで低下しており、充てん/高圧注入ポンプモータの健全性確認温度(<input type="text"/>℃)以下になっており、重大事故等対処設備の機能要求のある期間(7日間)の健全性に影響を与えるレベルではないと考える。</p> <p>※: 対象機器に使用されている有機物の活性化エネルギーを<input type="text"/>kcal/molとする。</p>

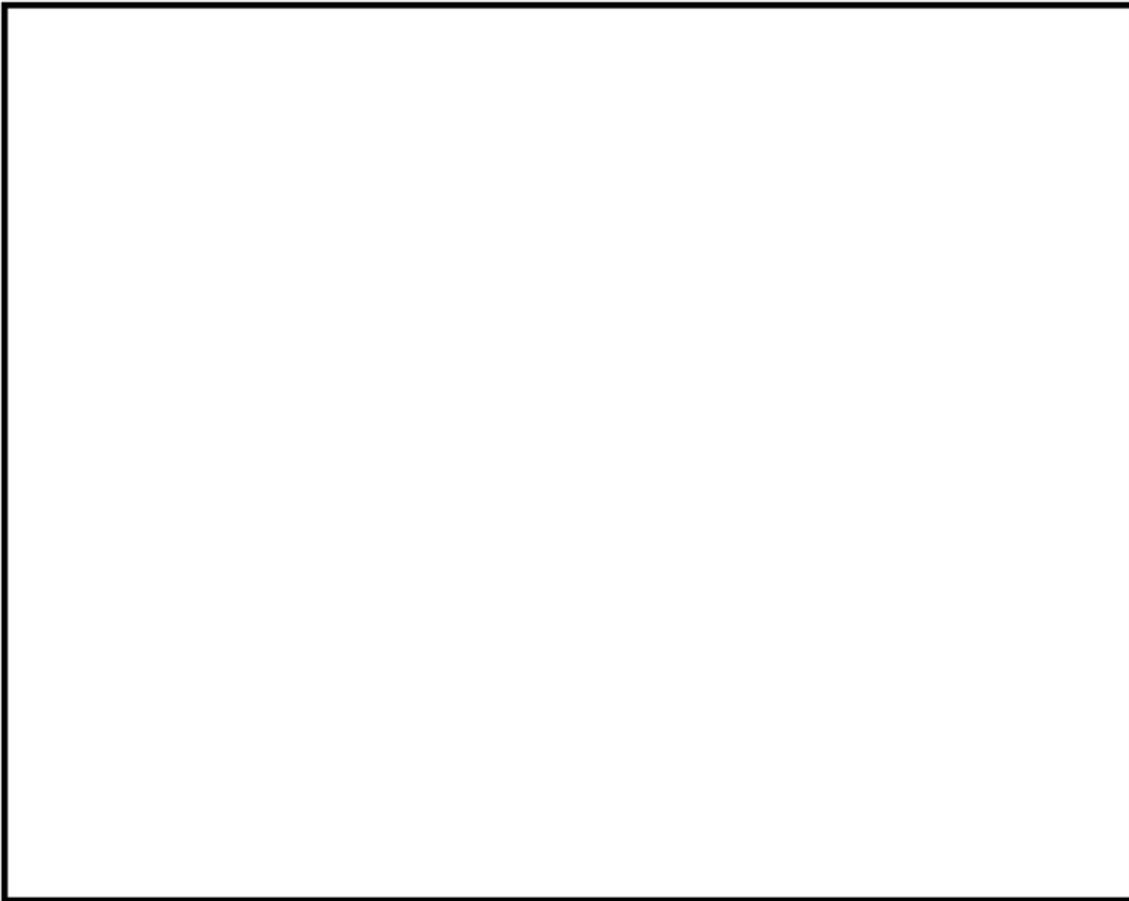
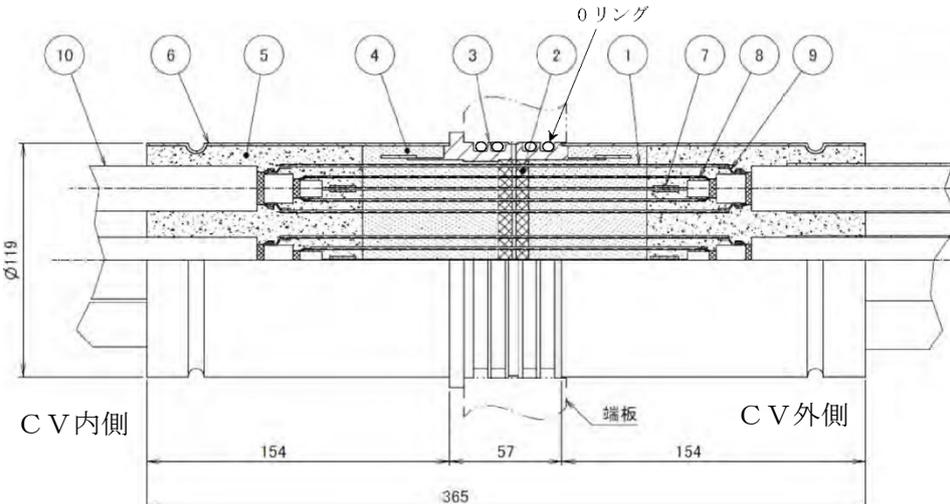


図 高浜4号炉 ISLOCA時の各機器の設置区画における雰囲気温度の推移

蒸気暴露時間	温度	通常環境温度への換算時間
		約7.2日
		約2.8日
		約1.3日
		約1.0日
		約0.8日
		約1.2日
		約0.9日
		約1.0日
		約0.2日
		Total : 約16.4日

タイトル	蓄電池セル（電源設備）の定期取替周期の考え方について
概要	電源設備のうち、直流電源設備で定期取替品としている蓄電池セルについて、定期取替周期の考え方を以下に示す。
説明	<p>定期取替品である蓄電池セルは、均等充電時の充電電流の値※により取替計画を設定することとしており、当社プラントでの取替実績を踏まえて□年を目途としている。</p> <p>※：均等充電時の充電電流の値が□（CA）を超えないこと。 CA = 均等充電中の測定した蓄電池充電電流(A) ÷ 10時間率容量(AH)</p> <p style="text-align: right;">以上</p>

タイトル	モジュラー型電気ペネトレーションの気密性低下に係る長期健全性試験について																																	
説明	<p>1. 供試体のサンプル数：1台</p> <p>2. 供試体の構造については下図の通り。</p>  <table border="1" data-bbox="526 985 1332 1321"> <thead> <tr> <th>品番</th> <th>品名</th> <th>材料</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>導体</td> <td>銅</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>モニタリングディスク</td> <td>樹脂</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>ヘッダー</td> <td>SUS304</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>1次ポッティング</td> <td>エポキシ樹脂</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>2次ポッティング</td> <td>エポキシ樹脂</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>シールド</td> <td>SUS304</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>接続スリーブ(C)</td> <td>銅</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>接続スリーブ(1S)</td> <td>銅</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>接続スリーブ(2S)</td> <td>銅</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>外部リード</td> <td>架橋ポリエチレン、ETFE (外部シース)</td> </tr> </tbody> </table> <p>3. 漏えい量確認試験の判定基準の保守性について</p> <p>気密性低下に係る確認試験として実施している漏えい量確認試験は、IEEE-317の基準である<math>1 \times 10^{-3} \text{cm}^3/\text{sec}</math>以下であることを確認している。</p> <p>一方で高浜4号炉については、工事計画にて原子炉格納容器本体の設計漏えい率について、原子炉格納容器内空気重量の0.1%/day以下と設定しており、この設計漏えい率の単位を漏えい量の体積の観点からIEEE-317の判定基準の単位と合わせると、原子炉格納容器の体積<math>67,400 \text{m}^3</math>であることから、<math>67,400 \times 10^6 (\text{cm}^3) \times 0.1 (\%) / \{24 (\text{時間}) \times 60 (\text{分}) \times 60 (\text{秒})\} \div 781 \text{cm}^3/\text{sec}</math>以下となる。よって、電気ペネトレーションの判定基準(<math>1 \times 10^{-3} \text{cm}^3/\text{sec}</math>以下)は設計漏えい率(<math>781 \text{cm}^3/\text{sec}</math>以下)と比較して、十分保守的であると考えている。</p>	品番	品名	材料	1	導体	銅	2	モニタリングディスク	樹脂	3	ヘッダー	SUS304	4	1次ポッティング	エポキシ樹脂	5	2次ポッティング	エポキシ樹脂	6	シールド	SUS304	7	接続スリーブ(C)	銅	8	接続スリーブ(1S)	銅	9	接続スリーブ(2S)	銅	10	外部リード	架橋ポリエチレン、ETFE (外部シース)
品番	品名	材料																																
1	導体	銅																																
2	モニタリングディスク	樹脂																																
3	ヘッダー	SUS304																																
4	1次ポッティング	エポキシ樹脂																																
5	2次ポッティング	エポキシ樹脂																																
6	シールド	SUS304																																
7	接続スリーブ(C)	銅																																
8	接続スリーブ(1S)	銅																																
9	接続スリーブ(2S)	銅																																
10	外部リード	架橋ポリエチレン、ETFE (外部シース)																																

タイトル	高浜 3 号炉の高経年化技術評価との相違点について
概要	高浜 3 号炉の高経年化技術評価（絶縁低下）との相違点について以下に示す。
説明	<p>高浜 3 号炉と高浜 4 号炉の高経年化技術評価（絶縁低下）において、差異を以下に記す。</p> <p>1. 評価対象設備の差</p> <p>① 対象設備の差</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 3・4 号共用設備については 3・4 号で評価を実施している。</li> </ul> <p>② 設備仕様の差</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>3・4 号炉の同じ設備で、設備仕様に差があるものはない。</li> </ul> <p>2. 評価手法の差</p> <p>なし</p> <p>3. 評価条件の差</p> <p>① 通常運転時の使用条件（温度、放射線）</p> <p>加速熱劣化を伴う長期健全性試験結果を用いた評価では、試験条件が実機での通常運転時の使用条件を包絡していることを説明しているが、実機での通常運転時の使用条件（温度、放射線）は、3 号炉と 4 号炉でそれぞれ実施している機器設置環境測定結果を用いていることから、その数値に差異がある。</p> <p>⇒通常運転時の使用条件の差によって総合評価、高経年化への対応に差の生じるものはない。</p> <p>4. 評価結果の差</p> <p>なし（設備仕様の差、評価条件の差によって、総合評価、高経年化への対応に差の生じるものはない。）</p> <p style="text-align: right;">以上</p>