

高浜発電所 1 号炉 審査資料	
資料番号	KTN1-PLM50-絶縁低下 <u>改 1</u>
提出年月日	令和6年1月24日

高浜発電所 1 号炉 高経年化技術評価  
(電気・計装品の絶縁低下)

補足説明資料

令和6年1月24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	3
3.1 評価対象	3
3.2 評価手法	4
4. 代表機器の技術評価	6
4.1 低圧ケーブル（難燃 PH ケーブル）の技術評価	6
4.1.1 健全性評価	6
4.1.2 現状保全	8
4.1.3 総合評価	8
4.1.4 高経年化への対応	8
4.2 三重同軸型電気ペネトレーションの技術評価	9
4.2.1 健全性評価	9
4.2.2 現状保全	11
4.2.3 総合評価	11
4.2.4 高経年化への対応	11
5. 代表機器以外の技術評価	12
6. まとめ	17
6.1 審査ガイド等に対する確認結果	17
6.2 長期施設管理方針として策定する事項	18
7. 添付資料	19
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

## 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 82 条第 3 項の規定に基づき実施した高経年化技術評価のうち、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、「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」の記載事項（以下、「審査ガイド等記載事項」という。）を踏まえ、対象機器について運転開始後 60 年時点までの期間における絶縁低下に対して、高経年化に対する技術評価を適切に実施し、その結果に基づき長期施設管理方針を適切に策定している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審査ガイド等記載事項を表 2.1 に整理する。

表2.1 電気・計装品の絶縁低下についての要求事項

ガイド	記載事項
<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8 2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、電氣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、高経年化技術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（三重同軸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. 323-1983 「IEEE Standard for Qualifying Class 1E Equipment for Nuclear Power Generating Stations」 （以下「IEEE Std. 323-1983」という。）
- ④ 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。）
- ⑤ 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。）
- ⑥ 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。）
- ⑦ 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。）
- ⑧ 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。）



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

###### a. 評価手順

設計基準事故時雰囲気内または重大事故等時雰囲気内で機能要求がある難燃PHケーブルは、ACAガイドに従った長期健全性について評価する。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4.1-1に示す。

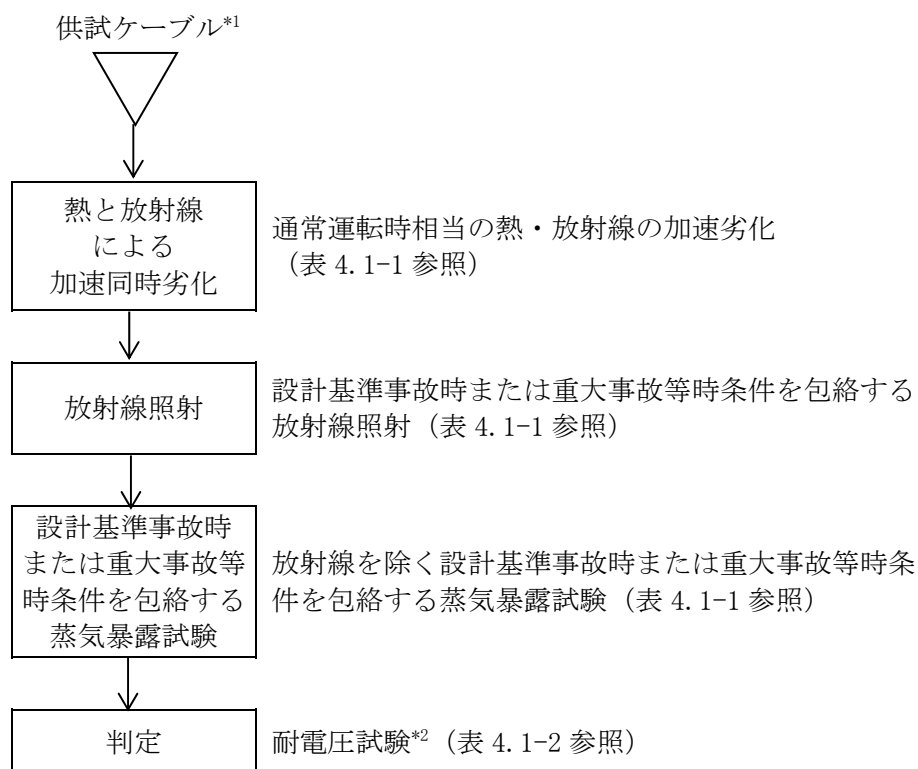


図4.1-1 難燃PHケーブルのACAガイドに基づく試験手順

\*1：高浜1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4.1-1に示す。試験条件は、高浜1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4.1-2に示す。ACAに基づく評価の結果を表4.1-3に示す。評価結果から、高浜1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4.1-1 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-2）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-3）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4.1-2 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4.1-3 実布設環境での長期健全性評価結果

布設区分	実布設環境条件 【添付-1）参照】		評価期間 [年] <sup>*1,2</sup>	備考 <sup>*4,5</sup>	設置・更新 を踏まえた 評価期間 [年]
	温度 [℃]	放射線量率 [Gy/h]			
ループ室	46	0.2897	47	第26回定期検査時（2009年度）	約82
	42	0.3747	49	2023年度	約98
加圧器 室上部	46	0.0006	132		—
通路部	47	0.0013	52 <sup>*3</sup>	・2023年度 ・59℃で評価	約101

\*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（12℃【別紙9．添付-1）参照】）を考慮して評価している。

\*4：評価期間が60年を下回る場合に設置・更新時期を記載。

\*5：設置・更新時期は、実際に設置・更新した定検回またはケーブル製造年月以降の至近定検回を記載。

#### 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 三重同軸型電気ペネトレーションの技術評価

### 4.2.1 健全性評価

#### a. 評価手順

設計基準事故または重大事故等時雰囲気で機能要求がある三重同軸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、三重同軸型電気ペネトレーションと同等のモジュラー型電気ペネトレーションにより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。

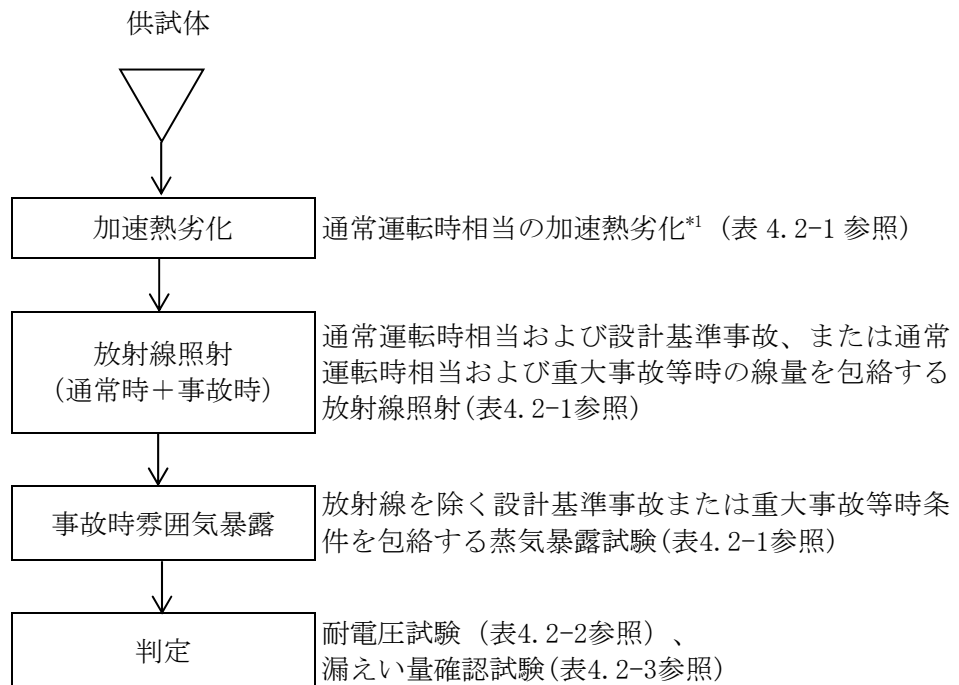


図 4.2-1 モジュラー型電気ペネトレーション 長期健全性試験手順

\*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4.2-1に長期健全性試験条件を示す。試験条件は、高浜1号炉の実機環境に基づいて60年間の運転期間および設計基準事故、または60年間の運転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-4参照】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	43℃*2-47.8年*3【添付-5参照】
放射線照射	1,500kGy (10kGy/h以下)	通常運転相当：0.684kGy*4 設計基準事故時線量：607kGy 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122℃(最高温度) ：約0.26MPa[gage](最高圧力) 重大事故等時：約138℃(最高温度) ：約0.305MPa[gage](最高圧力) 【添付-6参照】

- \*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（43℃-47.8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。  
 \*2：三重同軸型電気ペネトレーション周囲の平均温度の最大実測値。  
 \*3：2023年度に更新しており、更新を踏まえた評価期間は、約96年となる。  
 \*4：三重同軸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1.3mGy/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、  
 $1.3 \text{ [mGy/h]} \times (24 \times 365.25) \text{ [h/y]} \times 60 \text{ [y]} = 0.684 \text{ kGy}$  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1号炉の三重同軸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>余熱除去ポンプモータ</li> <li>内部スプレポンプモータ</li> <li>充てん/高圧注入ポンプモータ</li> <li>1次系冷却水ポンプモータ</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> </ul>	固定子コイル、 口出線	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16.5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。
	<ul style="list-style-type: none"> <li>恒設代替低圧注水ポンプモータ</li> <li>原子炉下部キャビティ注水ポンプモータ</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16年と判断。			
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>	ポットینگ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の設計基準事故後、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>ループ余熱除去系第1入口弁電動装置等</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の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>高圧 CA ケーブル</li> <li>難燃高圧 CSHV ケーブル</li> </ul>	絶縁体	ACA ガイドに基づいた長期健全性試験による評価を実施していないため、60年間の供用を想定すると絶縁低下の可能性は否定できない。	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	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	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 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。
	・ PA ケーブル ・ KK ケーブル ・ SHVV ケーブル ・ SHVA ケーブル ・ HVV ケーブル ・ VV ケーブル ・ VA ケーブル ・ 難燃 KK ケーブル- 1 ・ 難燃 PH ケーブル- 1 ・ 難燃 PSHV ケーブル- 2	絶縁体	ACA ガイドに基づいた長期健全性試験による評価を実施していないため、60 年間の供用を想定すると絶縁低下の可能性は否定できない。	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	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。
	・ 三重同軸ケーブル	絶縁体、 内部シース	ACA ガイドに基づいた長期健全性試験による評価を実施していないため、60 年間の供用を想定すると絶縁低下の可能性は否定できない。	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。
	・ 難燃性耐熱高周波同軸ケーブル	絶縁体				
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 ・ 原子炉格納容器外電動弁コネクタ接続 ・ 三重同軸コネクタ接続- 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。

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
メタルクラッド 開閉装置 (メタクラ)	<ul style="list-style-type: none"> <li>メタクラ (安全系)</li> <li>空冷式非常用発電装置 (遮断器盤)</li> <li>代替所内電気設備 高压ケーブル分岐盤</li> </ul>	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	<ul style="list-style-type: none"> <li>動力変圧器 (安全系)</li> <li>代替所内電気設備 変圧器</li> </ul>	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	<ul style="list-style-type: none"> <li>パワーセンタ (安全系)</li> <li>代替所内電気設備 分電盤</li> </ul>	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。
制御設備	<ul style="list-style-type: none"> <li>非常用ディーゼル発電機制御盤</li> </ul>	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 $\tan \delta$ 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 $\tan \delta$ 測定および直流吸収比測定を実施していく。
	<ul style="list-style-type: none"> <li>計器用空気圧縮機盤</li> </ul>	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。
	<ul style="list-style-type: none"> <li>空冷式非常用発電装置制御盤</li> </ul>	励磁装置、 計器用変圧器				

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
空調モータ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・制御建屋送気ファンモータ</li> <li>・制御建屋循環ファンモータ</li> </ul>	低圧モータの固定子 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 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。
	<ul style="list-style-type: none"> <li>・チラーユニット用圧縮機モータ</li> </ul>	高圧モータの固定子 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。
	<ul style="list-style-type: none"> <li>・中央制御室非常用循環ファンモーター 2</li> </ul>	低圧モータの固定子 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。
	<ul style="list-style-type: none"> <li>・中央制御室非常用循環ファンモーター 1</li> <li>・アニュラス循環排気ファンモータ</li> <li>・補助建屋よう素除去排気ファンモータ</li> <li>・冷水ポンプモータ</li> <li>・スプレ熱除去ポンプ室冷却ファンモータ</li> <li>・1 次系冷却水ポンプ室冷却ファンモータ</li> <li>・補助建屋排気ファンモータ</li> <li>・充てんポンプ室冷却ファンモータ</li> <li>・非常用ディーゼル発電機室冷却ファンモータ</li> </ul>	低圧モータの固定子 コイル、口出線				
空気圧縮装置	<ul style="list-style-type: none"> <li>・空気圧縮機モータ</li> </ul>	固定子コイル、 口出線・接続部品	ファンモータの評価と同様	ファンモータの評価と同様	ファンモータの評価と同様	ファンモータの評価と同様
燃料取扱設備	①燃料取換クレーン ②燃料ビットクレーン ③使用済燃料ビットクレーン ④補助建屋クレーン ⑤燃料取扱建屋クレーン ⑥燃料移送装置	モータ（低圧）の固定子コイル①～⑥	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①～⑥	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①③⑤				
		変圧器①～⑥				

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
非常用ディーゼル発電設備	<ul style="list-style-type: none"> <li>・非常用ディーゼル発電機</li> <li>・空冷式非常用発電装置 (発電機)</li> </ul>	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
	・非常用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	<ul style="list-style-type: none"> <li>・充電器 (3系統目蓄電池用)</li> </ul>	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	<ul style="list-style-type: none"> <li>・安全系インバータ</li> <li>・SA監視計器用電源</li> </ul>	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	<ul style="list-style-type: none"> <li>・原子炉トリップ遮断器盤</li> </ul>	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 審査ガイド等に対する確認結果

「2. 基本方針」で示す審査ガイド等記載事項に対して、高経年化に関する技術評価を適切に実施していることを確認した。絶縁低下についての審査ガイド等記載事項との対比を表 6.1 に示す。

表 6.1 (1/2) 電気・計装品の絶縁低下についての審査ガイド等記載事項との対比

ガイド	記載事項	技術評価結果
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	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  ⑫健全性の評価 実施ガイド 3. 1 ⑤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。	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。
	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。	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。
	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。	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。
	(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。	6. 2に示すとおり、長期施設管理方針として策定する事項は抽出されなかった。

表 6.1 (2/2) 電気・計装品の絶縁低下についての審査ガイド等記載事項との対比

ガイド	記載事項	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> <p>6.2に示すとおり、長期施設管理方針として策定する事項は抽出されなかった。</p>

## 6.2 長期施設管理方針として策定する事項

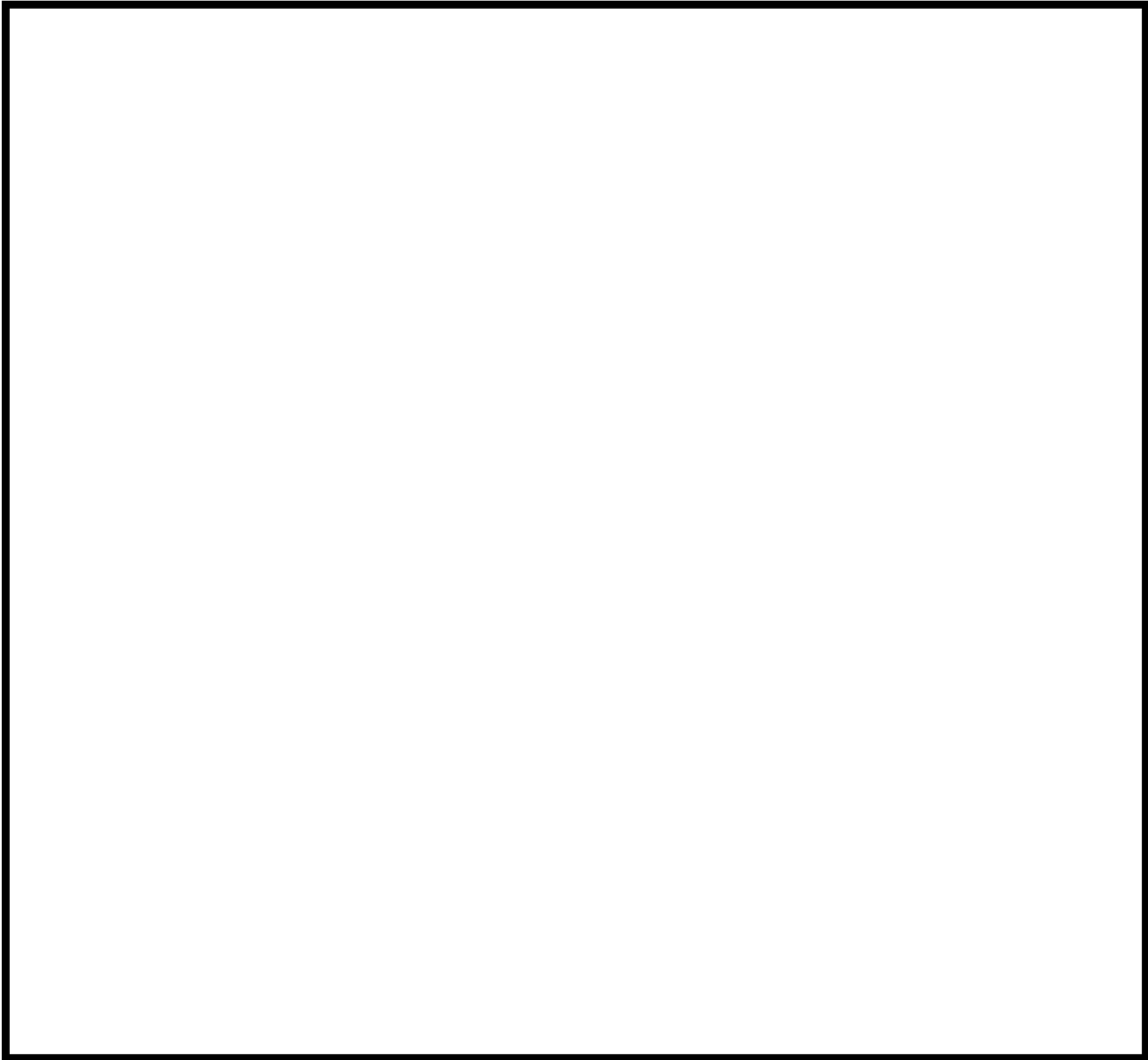
電気・計装品の絶縁低下に関する評価について、施設管理に関する方針は抽出されなかった。

## 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条件の事故時条件の包絡性について
- 4) 原子炉格納容器内の三重同軸型電気ペネトレーションの環境条件について
- 5) 三重同軸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
- 6) 三重同軸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

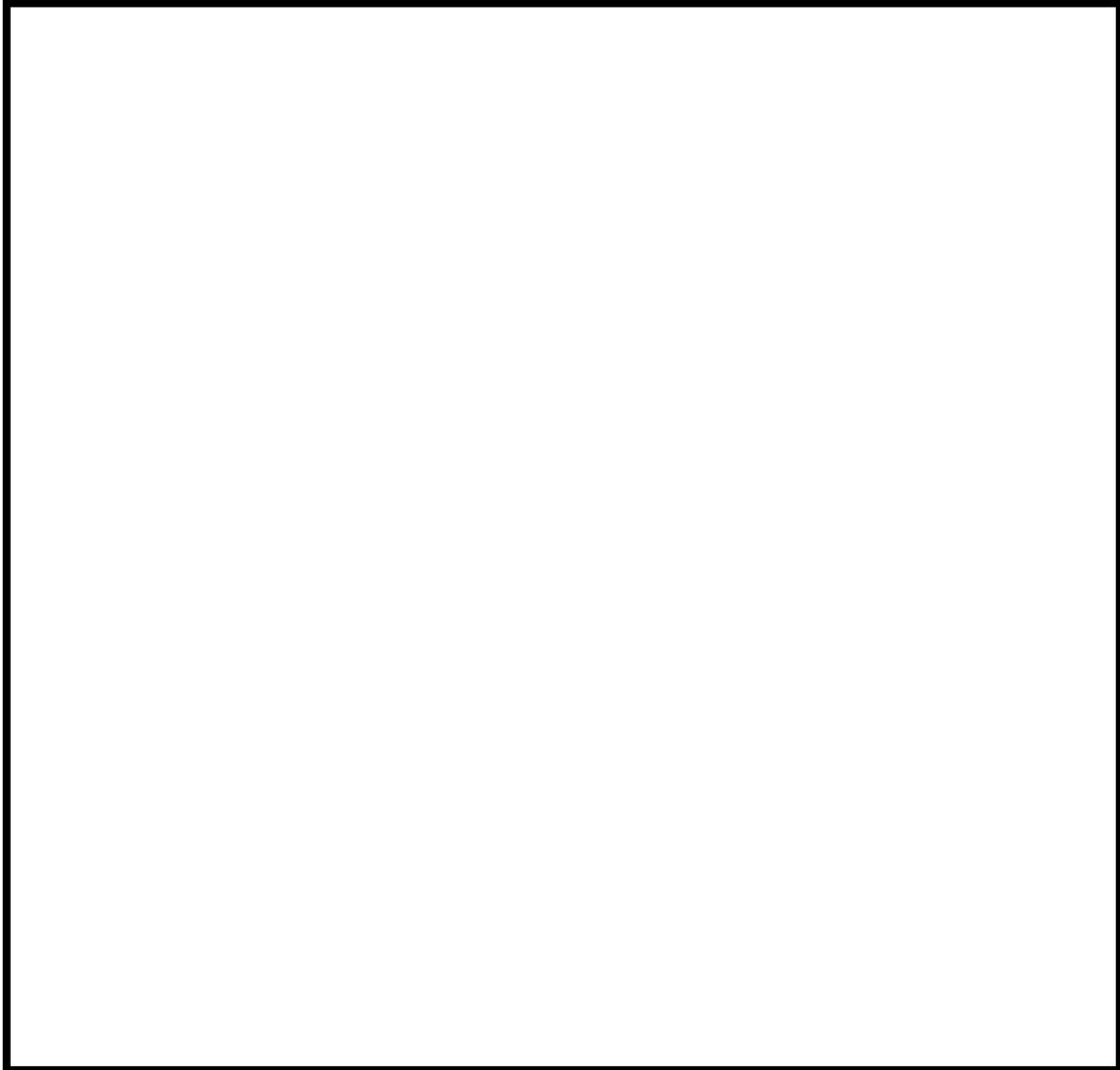
タイトル	原子炉格納容器内の難燃 PH ケーブルの環境条件について
概要	難燃 PH ケーブルの評価期間を算定するために用いた環境条件の根拠について、以下に示す。
説明	<p>環境条件が著しく悪化する環境において機能要求のある機器の評価期間を算定するために用いる環境条件は、設置環境（温度・放射線線量率）の観点で区分されたエリア（具体的には、区画壁面等で区分されたエリア）内での温度、放射線線量率の測定結果から設定している（添付-1)-2～6参照）。</p> <p>設定値は、原子力安全・保安院指示文書「原子炉格納容器内の安全機能を有するケーブルの布設環境等の調査実施について（平成 19・07・30 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：2007 年 2 月～2008 年 3 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：【40 年目の評価】  2001 年 9 月～2002 年 11 月  2005 年 9 月～2006 年 11 月  2007 年 2 月～2008 年 3 月  2008 年 7 月～2009 年 9 月  2009 年 11 月～2011 年 1 月</p> <p>予定：第 28 保全サイクルで実施予定</p>





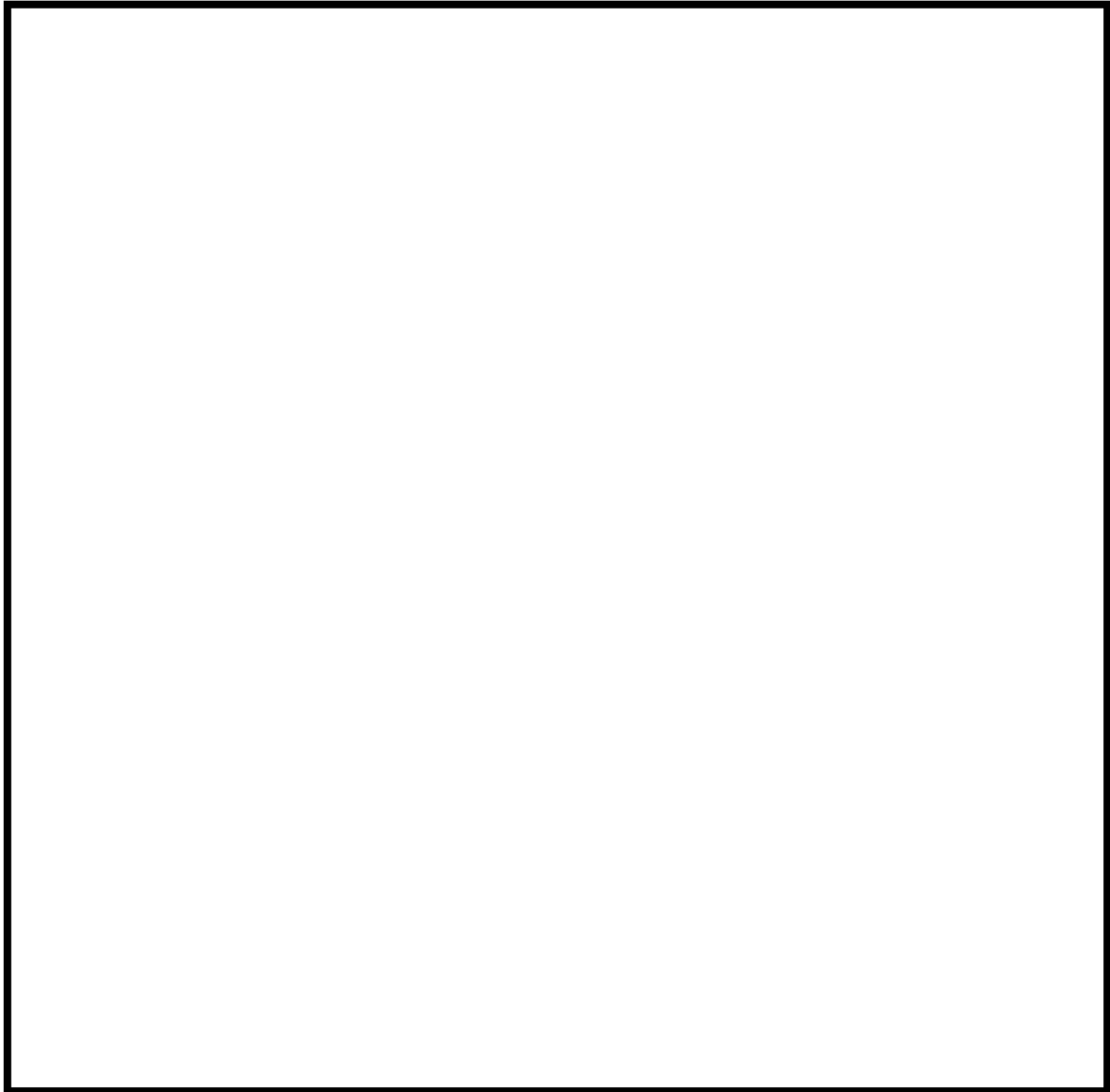
エリア	温度 (°C)	線量率 (Gy/h)	エリア	温度 (°C)	線量率 (Gy/h)
A-1	29	0.0012	A-7	29	0.0012
A-2	29	0.0012	A-8	29	0.0012
A-3	29	0.0012	A-9	29	0.0012
A-4	29	0.0012	A-10	29	0.0012
A-5	29	0.0012	A-11	29	0.0012
A-6	28	0.0012			

高浜 1 号炉 原子炉格納容器 E/L9.7m



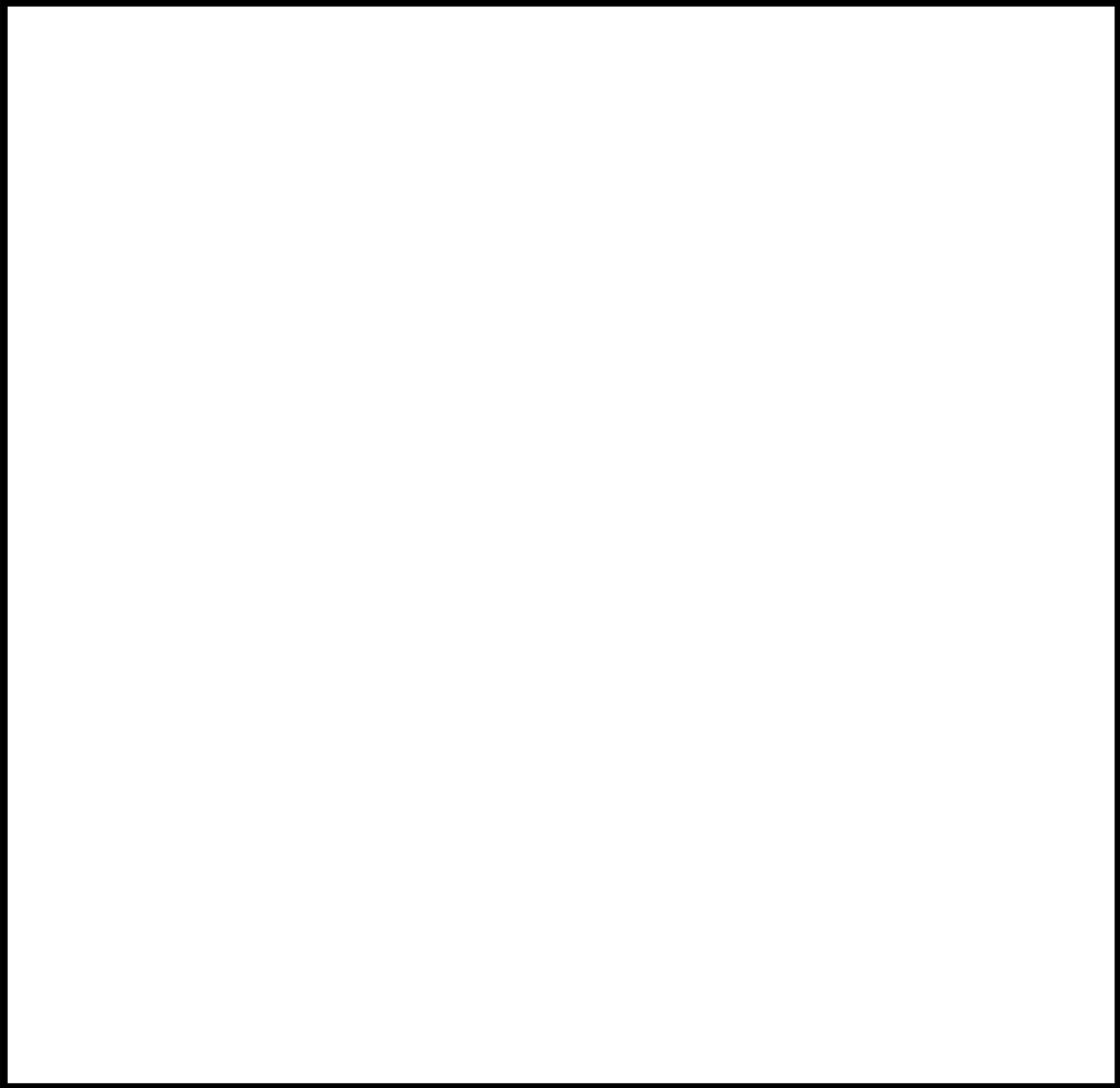
エリア	温度 (°C)	線量率 (Gy/h)	エリア	温度 (°C)	線量率 (Gy/h)
B-1	31	0.0130	B-10	41	0.0006
B-2	46	0.0686	B-11	41	0.0003
B-3	30	0.0378	B-12	43	0.0013
B-4	30	0.0286	B-13	43	0.0014
B-5	36	0.0788	B-14	36	0.00001
B-6	42	0.3526	B-15	35	0.00001
B-7	32	0.0636	B-16	35	0.0014
B-8	46	0.0686	B-17	30	0.0014
B-9	38	0.0014	B-18	30	0.0014

高浜 1 号炉 原子炉格納容器 E/L17.0m



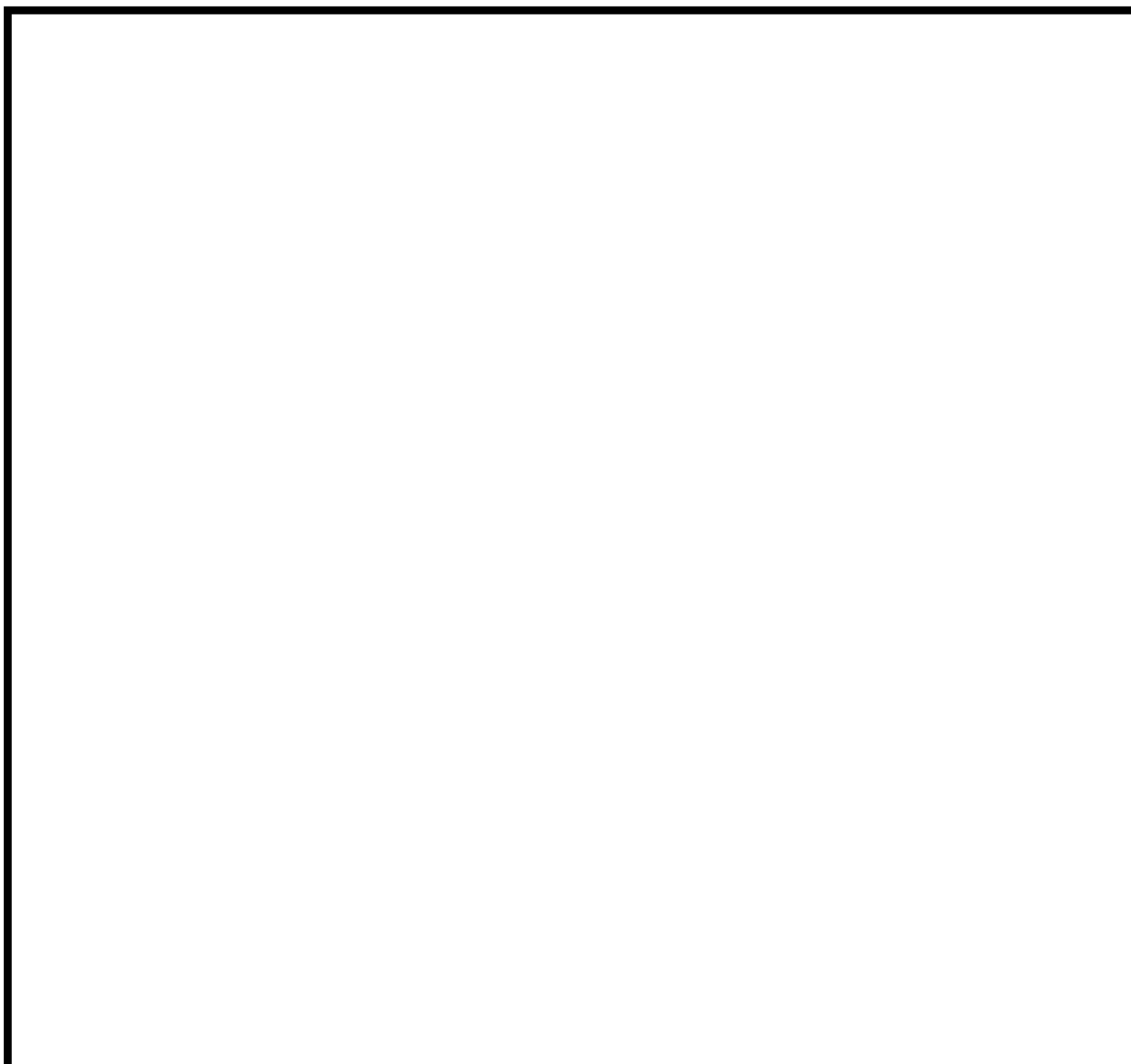
エリア	温度 (°C)	線量率 (Gy/h)
C-1	46	0.2897
C-2	32	0.2936
C-3	32	0.3747
C-4	35	0.0788
C-5	32	0.3526
C-6	33	0.1949
C-7	46	0.0130
C-8	46	0.0130

高浜 1 号炉 原子炉格納容器 E/L21.0m



エリア	温度 (°C)	線量率 (Gy/h)	エリア	温度 (°C)	線量率 (Gy/h)
D-1	41	0.00001	D-9	46	0.0130
D-2	43	0.0001	D-10	46	0.0130
D-3(上)	47	0.00001	D-11	42	0.0372
D-3(下)	43	0.0002	D-12	32	0.2936
D-4	44	0.0002	D-13	42	0.3747
D-5	42	0.0013	D-14	36	0.0365
D-6	47	0.0013	D-15	34	0.0974
D-7	42	0.0013	D-16	48	0.0090
D-8	38	0.00001			

高浜 1 号炉 原子炉格納容器 E/L24.0m



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-9	43	0.0013
E-2*	—	—	E-10	46	0.0006
E-3	43	0.0013	E-11	46	0.0005
E-4	43	0.0013	E-12	43	0.2897
E-5	37	0.0013	E-13	41	0.3747
E-6*	—	—	E-14	42	0.3526
E-7	40	0.0013	E-15	43	0.00001
E-8	40	0.0013			

\* : 管理対象機器未設置エリア

高浜 1 号炉 原子炉格納容器 E/L32.3m

## 説 明

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。

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 ケーブル布設箇所の環境条件 (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。

測定場所	温度*2 [°C]	線量率*2 [Gy/h]	評価選定理由
ループ室	46	0.2897	ループ室最高温度
	42	0.3747	ループ室最高線量率
加圧器室上部	46	0.0006	ループ室以外的高温箇所
通路部	47*1	0.0013	通路部最高温度

\*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 (59°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

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	A-1, 2, 4, 5	29	—	0.0012	
	B-1	31	—	0.0130	
	B-2	46	—	0.0686	
	B-3	30	—	0.0378	
	B-4	30	—	0.0286	
	B-5	36	—	0.0788	
	B-6, E-14	42	—	0.3526	
	B-7	32	—	0.0636	
	B-8	46	—	0.0686	
	C-1	46	—	0.2897	ループ室最高温度
	C-2, D-12	32	—	0.2936	
	C-3	32	—	0.3747	
	C-4	35	—	0.0788	
	C-5	32	—	0.3526	
	C-6	33	—	0.1949	
	D-11	42	—	0.0372	
	D-13	42	—	0.3747	ループ室最高線量率
	D-14	36	—	0.0365	
	D-15	34	—	0.0974	
E-12	43	—	0.2897		
E-13	41	—	0.3747		
加圧器室 上部	E-10	46	—	0.0006	ループ室以外の高圧箇所
	E-11	46	—	0.0005	
通路部	A-3, 7~10	29	—	0.0012	
	A-6	28	—	0.0012	
	B-9	38	—	0.0014	
	B-10	41	○	0.0006	
	B-11	41	○	0.0003	
	B-12	43	○	0.0013	
	B-13	43	—	0.0014	
	B-14	36	—	0.00001	
	B-15	35	—	0.00001	
	B-16	35	—	0.0014	
	B-17, 18	30	—	0.0014	
	D-1	41	○	0.00001	
	D-2	43	○	0.0001	
	D-3(上)	47	○	0.00001	
	D-3(下)	43	○	0.0002	
	D-4	44	○	0.0002	
	D-5, 7	42	○	0.0013	
	D-6	47	○	0.0013	通電による温度上昇 (最高温度)
	D-8	38	○	0.00001	
E-4, 9	43	—	0.0013		
E-15	43	—	0.00001		
MS 区画	—	40	—	0.0009	

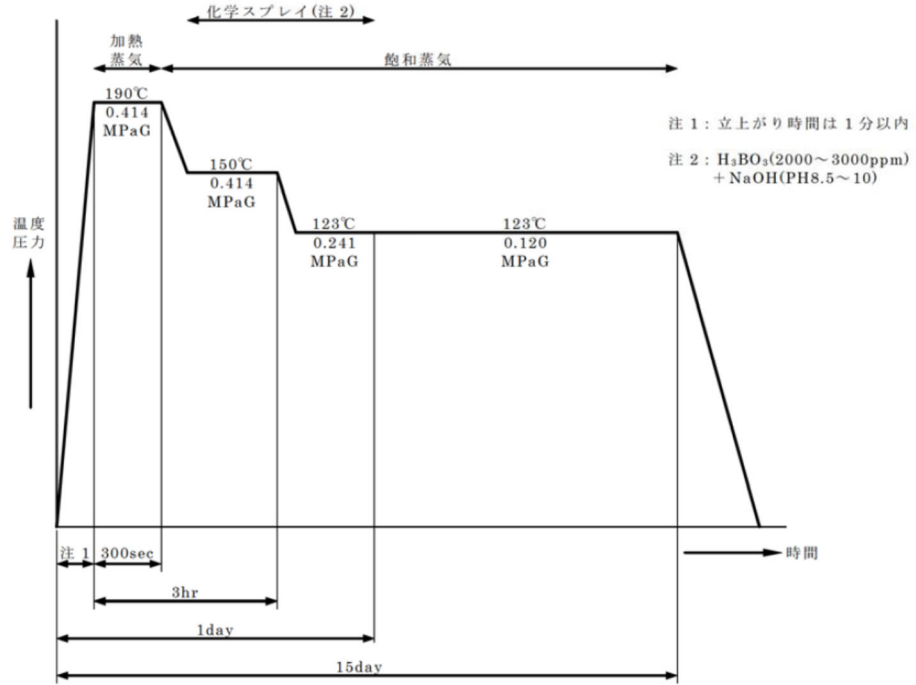
\*1：安全系ケーブルトレイ布設ケーブルの通電による温度上昇を考慮するエリア。

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>なお、一部のケーブルは評価期間が 60 年未満であるが、更新を踏まえた評価期間は 60 年以上であることから、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。</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"> <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*5,6</th> <th rowspan="2">設置・更新を 踏まえた評価 期間[年]</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>0.2897</td> <td>47</td> <td>第 26 回定期検査 時 (2009 年度)</td> <td>約 82</td> </tr> <tr> <td>42</td> <td>0.3747</td> <td>49</td> <td>2023 年度</td> <td>約 98</td> </tr> <tr> <td>加圧器室 上部</td> <td>46</td> <td>0.0006</td> <td>132</td> <td></td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>通路部</td> <td>47</td> <td>0.0013</td> <td>52*4</td> <td>2023 年度</td> <td>約 101</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  *4：ケーブルトレイの温度上昇値 (12℃) を考慮して評価している。  *5：評価期間が 60 年を下回る場合に設置・更新時期を記載。  *6：設置・更新時期は、実際に設置・更新した定検回またはケーブル製造年月以降の至近定検回を記載。</p>					布設区分	実布設環境条件		評価期間 [年] *1,2,3	備考*5,6	設置・更新を 踏まえた評価 期間[年]	温度 [℃]	放射線量率 [Gy/h]	ループ室	46	0.2897	47	第 26 回定期検査 時 (2009 年度)	約 82	42	0.3747	49	2023 年度	約 98	加圧器室 上部	46	0.0006	132		—	通路部	47	0.0013	52*4	2023 年度	約 101
布設区分	実布設環境条件		評価期間 [年] *1,2,3	備考*5,6	設置・更新を 踏まえた評価 期間[年]																															
	温度 [℃]	放射線量率 [Gy/h]																																		
ループ室	46	0.2897	47	第 26 回定期検査 時 (2009 年度)	約 82																															
	42	0.3747	49	2023 年度	約 98																															
加圧器室 上部	46	0.0006	132		—																															
通路部	47	0.0013	52*4	2023 年度	約 101																															



タイトル	難燃 PH ケーブルの長期健全性試験条件の事故時条件の包絡性について			
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 に事故時雰囲気暴露の試験条件を添付する。</p> <p>添付-3)-3 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)-4 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）および設計基準事故（主蒸気管破断）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			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	
設計基準事故*3			1,574 時間	1,080 時間
			232 時間	
			1 時間	
重大事故等時*4			847 時間	4,520 時間
			1 時間	
			66 時間	
			8 時間	
			160 時間	
			346 時間	
			182 時間	
			926 時間	
			367 時間	
			368 時間	
			334 時間	
			359 時間	
			226 時間	
			205 時間	
			206 時間	
	206 時間			
	186 時間			
	153 時間			
	221 時間			
*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：主蒸気管破断				
*4：格納容器過温破損の包絡条件				

説明



難燃 PH ケーブルの事故時雰囲気暴露の試験条件

<p>説 明</p>	<p>高浜 1 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</p>
------------	--

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1、2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）（1/4～4/4）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。

タイトル	原子炉格納容器内の三重同軸型電気ペネトレーションの環境条件について												
概要	三重同軸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1号炉の三重同軸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="652 651 1128 837"> <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-10</td> <td>41</td> <td>0.0006</td> </tr> <tr> <td>B-11</td> <td>41</td> <td>0.0003</td> </tr> <tr> <td>B-12</td> <td>43</td> <td>0.0013</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-12 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>また、三重同軸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>・ポッティング材、Oリングおよび外部リード：43°C</li> </ul>	エリア	温度 [°C]	線量率 [Gy/h]	B-10	41	0.0006	B-11	41	0.0003	B-12	43	0.0013
エリア	温度 [°C]	線量率 [Gy/h]											
B-10	41	0.0006											
B-11	41	0.0003											
B-12	43	0.0013											

タイトル	三重同軸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>三重同軸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>三重同軸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="421 875 1350 1070"> <thead> <tr> <th>試験条件</th> <th>T2 [°C]</th> <th>L2 [日]</th> <th>T1 [°C]</th> <th>L1 [年]</th> <th>合計 [年]</th> <th>更新を踏まえた 評価期間[年]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>110°C-218日<sup>※2</sup></td> <td>110</td> <td>218</td> <td>43</td> <td>46.4</td> <td rowspan="2">47.8</td> <td rowspan="2">約96年</td> </tr> <tr> <td>71~107°C-20日<sup>※2</sup></td> <td>-</td> <td>-</td> <td>43</td> <td>1.4</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-5)-2に示す。</p> <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>なお、評価期間は47.8年であるが、更新（2023年度）を踏まえた評価期間は約96年であり、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。</p>						試験条件	T2 [°C]	L2 [日]	T1 [°C]	L1 [年]	合計 [年]	更新を踏まえた 評価期間[年]	110°C-218日 <sup>※2</sup>	110	218	43	46.4	47.8	約96年	71~107°C-20日 <sup>※2</sup>	-	-	43	1.4
試験条件	T2 [°C]	L2 [日]	T1 [°C]	L1 [年]	合計 [年]	更新を踏まえた 評価期間[年]																			
110°C-218日 <sup>※2</sup>	110	218	43	46.4	47.8	約96年																			
71~107°C-20日 <sup>※2</sup>	-	-	43	1.4																					

## 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（43℃）に換算した結果は以下のとおり約 1.4 年となる。

試験条件（1 サイクル）		換算結果		
〔℃〕	〔時間〕	〔℃〕	〔時間〕	合計
		43	19.2	213.3 時間×60 サイクル =約 533 日 =約 1.4 年
		43	12.3	
		43	7.8	
		43	5.8	
		43	4.8	
		43	4.2	
		43	4.0	
		43	3.7	
		43	3.5	
		43	6.5	
		43	12.4	
		43	18.2	
		43	22.2	
		43	27.5	
		43	29.5	
		43	31.7	
合計（1 サイクル）		43	213.3	

熱サイクル試験条件（1 サイクル分）

タイトル	三重同軸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-6)-2 に三重同軸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)-3、重大事故等時の安全解析結果は添付-3)-4 を参照のこと。</p> <table border="1" data-bbox="421 674 1350 1720"> <thead> <tr> <th></th> <th>条件（温度－時間）</th> <th>100℃換算*1</th> <th>合計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="5">事故時 雰囲気 暴露 試験</td> <td>[Redacted]</td> <td>1,378 時間</td> <td rowspan="5">3,806 時間</td> </tr> <tr> <td>[Redacted]</td> <td>652 時間</td> </tr> <tr> <td>[Redacted]</td> <td>551 時間</td> </tr> <tr> <td>[Redacted]</td> <td>464 時間</td> </tr> <tr> <td>[Redacted]</td> <td>414 時間</td> </tr> <tr> <td rowspan="5">設計基準 事故*3</td> <td>[Redacted]</td> <td>25 時間</td> <td rowspan="5">291 時間</td> </tr> <tr> <td>[Redacted]</td> <td>21 時間</td> </tr> <tr> <td>[Redacted]</td> <td>30 時間</td> </tr> <tr> <td>[Redacted]</td> <td>10 時間</td> </tr> <tr> <td>[Redacted]</td> <td>12 時間</td> </tr> <tr> <td rowspan="13">重大事故 等時*4</td> <td>[Redacted]</td> <td>193 時間</td> <td rowspan="13">852 時間</td> </tr> <tr> <td>[Redacted]</td> <td>1 時間</td> </tr> <tr> <td>[Redacted]</td> <td>8 時間</td> </tr> <tr> <td>[Redacted]</td> <td>1 時間</td> </tr> <tr> <td>[Redacted]</td> <td>26 時間</td> </tr> <tr> <td>[Redacted]</td> <td>82 時間</td> </tr> <tr> <td>[Redacted]</td> <td>35 時間</td> </tr> <tr> <td>[Redacted]</td> <td>194 時間</td> </tr> <tr> <td>[Redacted]</td> <td>75 時間</td> </tr> <tr> <td>[Redacted]</td> <td>72 時間</td> </tr> <tr> <td>[Redacted]</td> <td>64 時間</td> </tr> <tr> <td>[Redacted]</td> <td>66 時間</td> </tr> <tr> <td>[Redacted]</td> <td>40 時間</td> </tr> <tr> <td>[Redacted]</td> <td>36 時間</td> </tr> <tr> <td>[Redacted]</td> <td>35 時間</td> </tr> <tr> <td>[Redacted]</td> <td>33 時間</td> </tr> <tr> <td>[Redacted]</td> <td>29 時間</td> </tr> <tr> <td>[Redacted]</td> <td>23 時間</td> </tr> <tr> <td>[Redacted]</td> <td>32 時間</td> </tr> </tbody> </table> <p>*1：活性化エネルギー [Redacted] [kcal/mol] (ACA) での換算値</p> <p>*2： [Redacted]</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>				条件（温度－時間）	100℃換算*1	合計	事故時 雰囲気 暴露 試験	[Redacted]	1,378 時間	3,806 時間	[Redacted]	652 時間	[Redacted]	551 時間	[Redacted]	464 時間	[Redacted]	414 時間	設計基準 事故*3	[Redacted]	25 時間	291 時間	[Redacted]	21 時間	[Redacted]	30 時間	[Redacted]	10 時間	[Redacted]	12 時間	重大事故 等時*4	[Redacted]	193 時間	852 時間	[Redacted]	1 時間	[Redacted]	8 時間	[Redacted]	1 時間	[Redacted]	26 時間	[Redacted]	82 時間	[Redacted]	35 時間	[Redacted]	194 時間	[Redacted]	75 時間	[Redacted]	72 時間	[Redacted]	64 時間	[Redacted]	66 時間	[Redacted]	40 時間	[Redacted]	36 時間	[Redacted]	35 時間	[Redacted]	33 時間	[Redacted]	29 時間	[Redacted]	23 時間	[Redacted]	32 時間
	条件（温度－時間）	100℃換算*1	合計																																																																				
事故時 雰囲気 暴露 試験	[Redacted]	1,378 時間	3,806 時間																																																																				
	[Redacted]	652 時間																																																																					
	[Redacted]	551 時間																																																																					
	[Redacted]	464 時間																																																																					
	[Redacted]	414 時間																																																																					
設計基準 事故*3	[Redacted]	25 時間	291 時間																																																																				
	[Redacted]	21 時間																																																																					
	[Redacted]	30 時間																																																																					
	[Redacted]	10 時間																																																																					
	[Redacted]	12 時間																																																																					
重大事故 等時*4	[Redacted]	193 時間	852 時間																																																																				
	[Redacted]	1 時間																																																																					
	[Redacted]	8 時間																																																																					
	[Redacted]	1 時間																																																																					
	[Redacted]	26 時間																																																																					
	[Redacted]	82 時間																																																																					
	[Redacted]	35 時間																																																																					
	[Redacted]	194 時間																																																																					
	[Redacted]	75 時間																																																																					
	[Redacted]	72 時間																																																																					
	[Redacted]	64 時間																																																																					
	[Redacted]	66 時間																																																																					
	[Redacted]	40 時間																																																																					
[Redacted]	36 時間																																																																						
[Redacted]	35 時間																																																																						
[Redacted]	33 時間																																																																						
[Redacted]	29 時間																																																																						
[Redacted]	23 時間																																																																						
[Redacted]	32 時間																																																																						



説 明



三重同軸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

## 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。

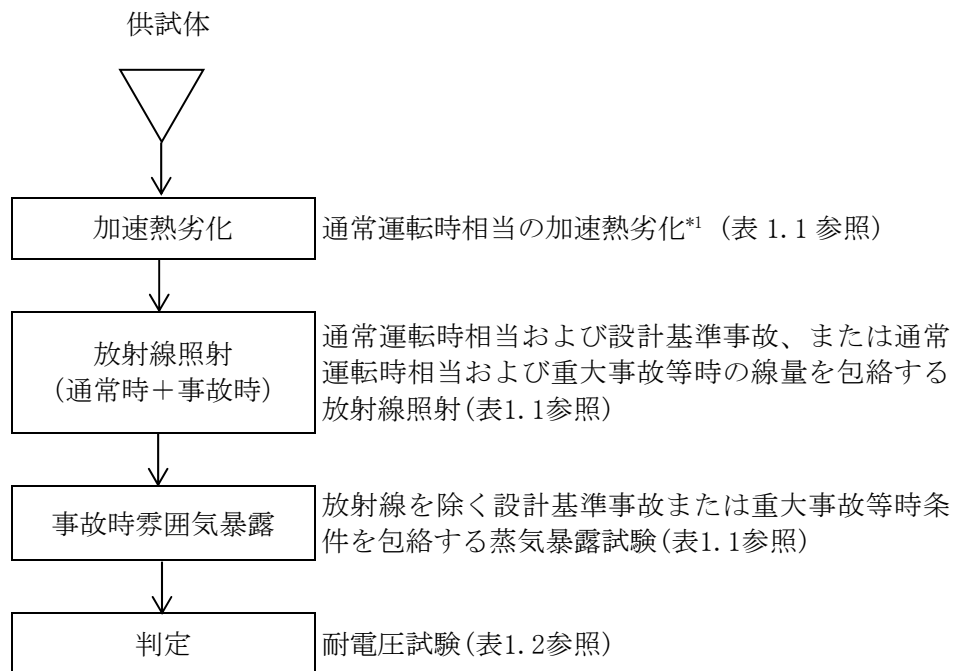


図1.1 ピッグテイル型電気ペネトレーションの長期健全性試験の手順

\*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1号炉の実機環境に基づいて60年間の運転期間および設計基準事故、または60年間の運転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：0.737kGy*3 設計基準事故時線量：607kGy 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 122℃ (最高温度) ：約 0.26MPa[gage] (最高圧力) 重大事故等時：約 138℃ (最高温度) ：約 0.305MPa[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38~43℃）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1.4mGy/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、  
 $1.4 \text{ [mGy/h]} \times (24 \times 365.25) \text{ [h/y]} \times 60 \text{ [y]} = 0.737 \text{ kGy}$  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 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

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外部リードは、ACAガイドに従った長期健全性について評価する。

外部リードの長期健全性試験手順については、「ケーブルの技術評価書」低圧ケーブルの絶縁物の絶縁低下 b. 技術評価 ①健全性評価を参照のこと。

### b. 試験条件

外部リードの長期健全性試験条件を表1.3に示す。試験条件は、高浜1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（【別紙1. 添付-6) 参照】）。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0.737kGy\*3であり、設計基準事故時線量（607kGy）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。

### c. 評価結果

外部リード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1.4および表1.5に示す。

評価の結果、高浜1号炉の外部リードは、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 外部リード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1.5 外部リードの実布設環境での長期健全性評価結果

実布設環境条件 【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]		
46*2	0.0014*3	61	

\*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グテイル型電気ペネトレーションの周囲温度（約38～43°C）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グテイル型電気ペネトレーション近傍の平均線量率の最大実測値。

## 2. 現状保全

ポットینگ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、ポットینگ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、ポットینگ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

ポットینگ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

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 1 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</th> <th>制御</th> <th>計装</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>B-9</td> <td>38</td> <td>0.0014</td> <td>○<sup>*1,2</sup></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>B-10</td> <td>41</td> <td>0.0006</td> <td></td> <td></td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>B-11</td> <td>41</td> <td>0.0003</td> <td></td> <td></td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>B-12</td> <td>43</td> <td>0.0013</td> <td></td> <td></td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>D-3(下)</td> <td>43</td> <td>0.0002</td> <td>○<sup>*3</sup></td> <td>○</td> <td></td> </tr> <tr> <td>D-5</td> <td>42</td> <td>0.0013</td> <td>○<sup>*3</sup></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  *3：電力用であるが、通常運転時の通電電流値が極めて小さく、通電による温度上昇の考慮が不要である</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-3(下)、線量率：B-9)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>・ポットイング材：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：43°C、計装用：43°C）</p>					エリア	温度 [°C]	線量率 [Gy/h]	用途			電力	制御	計装	B-9	38	0.0014	○ <sup>*1,2</sup>			B-10	41	0.0006			○	B-11	41	0.0003			○	B-12	43	0.0013			○	D-3(下)	43	0.0002	○ <sup>*3</sup>	○		D-5	42	0.0013	○ <sup>*3</sup>	○	○
エリア	温度 [°C]	線量率 [Gy/h]	用途																																															
			電力	制御	計装																																													
B-9	38	0.0014	○ <sup>*1,2</sup>																																															
B-10	41	0.0006			○																																													
B-11	41	0.0003			○																																													
B-12	43	0.0013			○																																													
D-3(下)	43	0.0002	○ <sup>*3</sup>	○																																														
D-5	42	0.0013	○ <sup>*3</sup>	○	○																																													

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 59.1+0.9＝60 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。          設計基準事故の安全解析結果は添付-3)-3、重大事故等時の安全解析結果は添付-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> <p>ポッティング材（シリコーン樹脂）</p> <table border="1" data-bbox="421 719 1353 1816"> <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>5 時間</td> <td rowspan="4">4, 029 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>76 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>352 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>3, 596 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>2, 711 時間</td> </tr> <tr> <td rowspan="15">重大事故 等時*3</td> <td></td> <td>1 時間</td> <td rowspan="15">1, 507 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>44 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>4 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>61 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>90 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>59 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>270 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>110 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>114 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>107 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>119 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>77 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>72 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>75 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>78 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>72 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>62 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>92 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		2, 711 時間	重大事故 等時*3		1 時間	1, 507 時間		44 時間		4 時間		61 時間		90 時間		59 時間		270 時間		110 時間		114 時間		107 時間		119 時間		77 時間		72 時間		75 時間		78 時間		72 時間		62 時間		92 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																																																																	
		2, 711 時間																																																																	
重大事故 等時*3		1 時間	1, 507 時間																																																																
		44 時間																																																																	
		4 時間																																																																	
		61 時間																																																																	
		90 時間																																																																	
		59 時間																																																																	
		270 時間																																																																	
		110 時間																																																																	
		114 時間																																																																	
		107 時間																																																																	
		119 時間																																																																	
		77 時間																																																																	
		72 時間																																																																	
		75 時間																																																																	
		78 時間																																																																	
	72 時間																																																																		
	62 時間																																																																		
	92 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（46℃）で換算した結果を以下に示す。</p> <table border="1" data-bbox="507 801 1267 943"> <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>46</td> <td>38.6</td> </tr> <tr> <td>47</td> <td>21.3年</td> <td>46</td> <td>22.4</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> <p>試験条件および実機布設環境条件を換算した結果は 38.6+22.4=61年となる。</p>	T2[℃]	L2	T1[℃]	L1[年]	175	109日	46	38.6	47	21.3年	46	22.4
T2[℃]	L2	T1[℃]	L1[年]										
175	109日	46	38.6										
47	21.3年	46	22.4										

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)-2に外部リード（シリコンゴム）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)-3、重大事故等時の安全解析結果は添付-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> <p>外部リード（シリコンゴム）</p> <table border="1" data-bbox="419 725 1350 1709"> <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>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="6">設計基準 事故*2</td> <td></td> <td>35 時間</td> <td rowspan="6">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></td> <td>2, 711 時間</td> </tr> <tr> <td rowspan="16">重大事故 等時*2</td> <td></td> <td>1 時間</td> <td rowspan="16">1, 511 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>44 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>4 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>61 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>94 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>59 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>270 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>110 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>114 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>107 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>119 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>77 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>72 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>75 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>78 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>72 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>62 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>92 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℃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		2, 711 時間	重大事故 等時*2		1 時間	1, 511 時間		44 時間		4 時間		61 時間		94 時間		59 時間		270 時間		110 時間		114 時間		107 時間		119 時間		77 時間		72 時間		75 時間		78 時間		72 時間		62 時間		92 時間
	条件（温度－時間）	65℃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																																																																			
		2, 711 時間																																																																			
重大事故 等時*2		1 時間	1, 511 時間																																																																		
		44 時間																																																																			
		4 時間																																																																			
		61 時間																																																																			
		94 時間																																																																			
		59 時間																																																																			
		270 時間																																																																			
		110 時間																																																																			
		114 時間																																																																			
		107 時間																																																																			
		119 時間																																																																			
		77 時間																																																																			
		72 時間																																																																			
		75 時間																																																																			
		78 時間																																																																			
		72 時間																																																																			
	62 時間																																																																				
	92 時間																																																																				

説 明

外部リード（シリコンゴム）の事故時雰囲気暴露試験条件

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（シリコーンゴム）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 0.0014Gy/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>ピッグテイル型電気ペネトレーションの外部リード（シリコーンゴム）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（シリコーンゴム）の同等性について。</p> <p>外部リード（シリコーンゴム）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（＝46℃－22.4 年））のみを考慮して追加の加速劣化試験条件 175℃－109 日（＝46℃－38.6 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、0.0014Gy/h であるため、熱による劣化が支配的な領域としている。

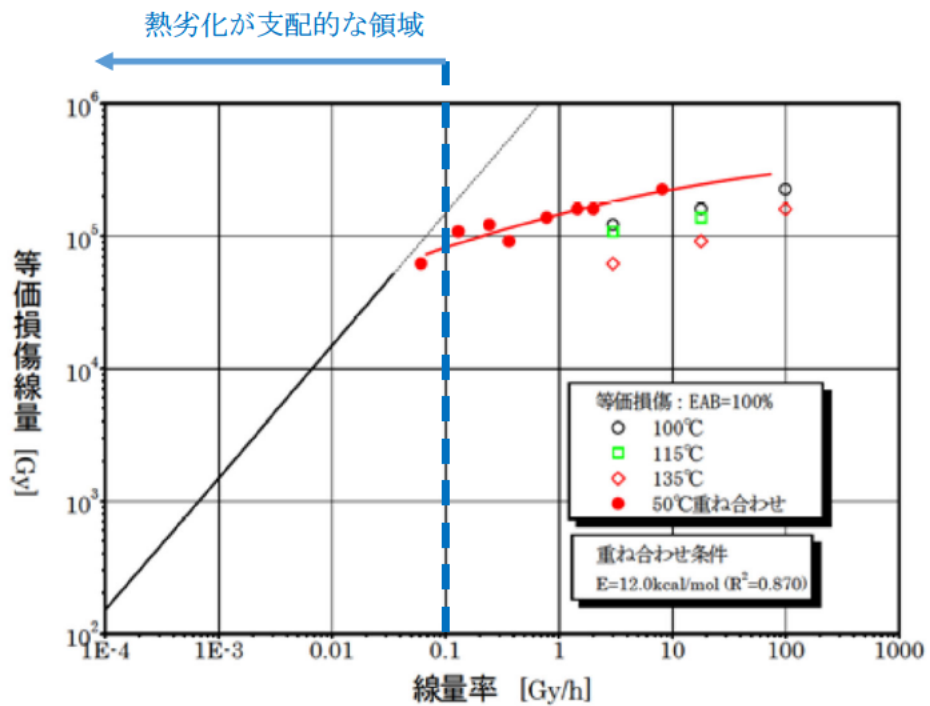


図 3.3-27 C 社シリコンゴム絶縁体  
等価損傷線量データの重ね合わせ  
等価損傷 : EAB=100%、評価温度 : 50°C

「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

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。

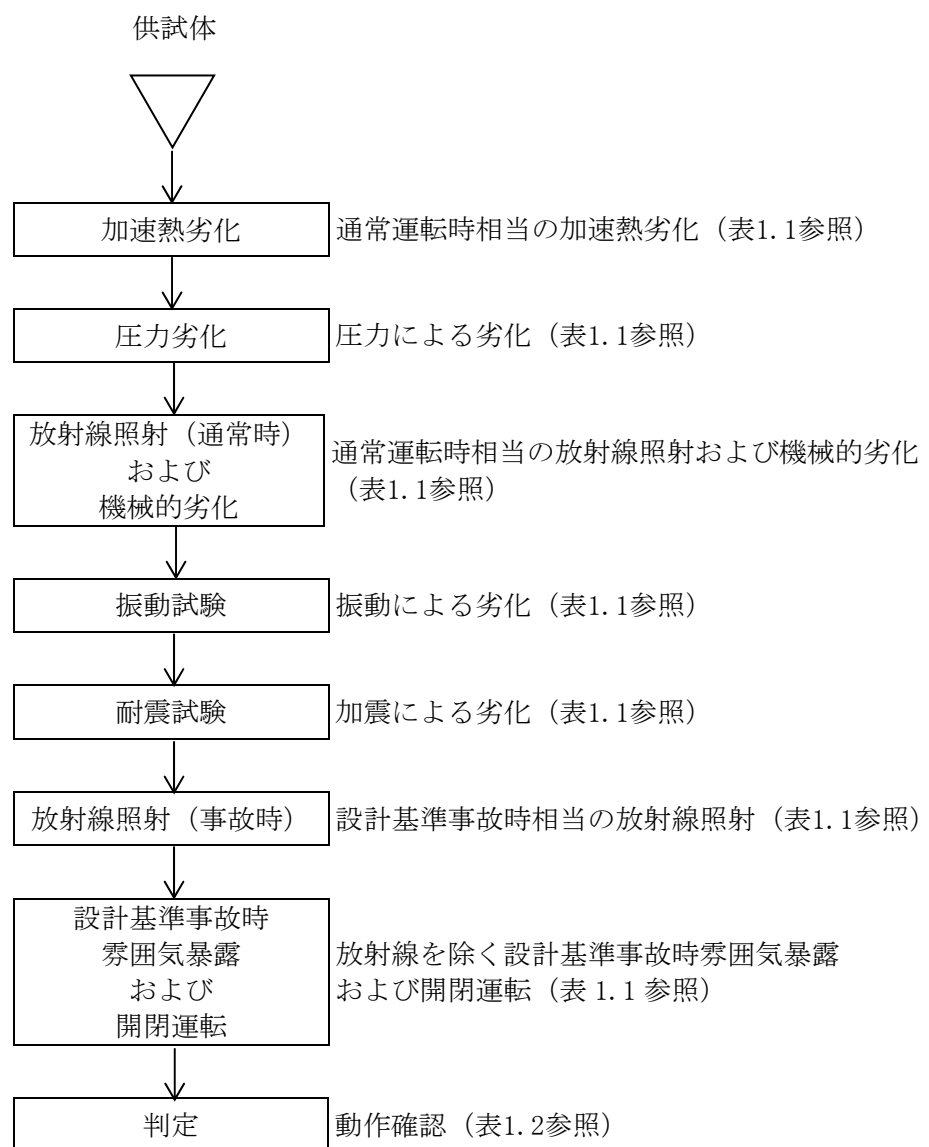


図1. 1 耐環境性能を要求される弁電動装置の長期健全性試験手順



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1号炉の実機環境に基づいて60年間の運転期間および設計基準事故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1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1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1号炉の60年間の通常時線量約16kGy*2を包絡している。  高浜1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1号炉の設計基準事故時線量約607kGy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1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 0.0286Gy/h×(24h×365.25日×60年)=16kGy

\*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。

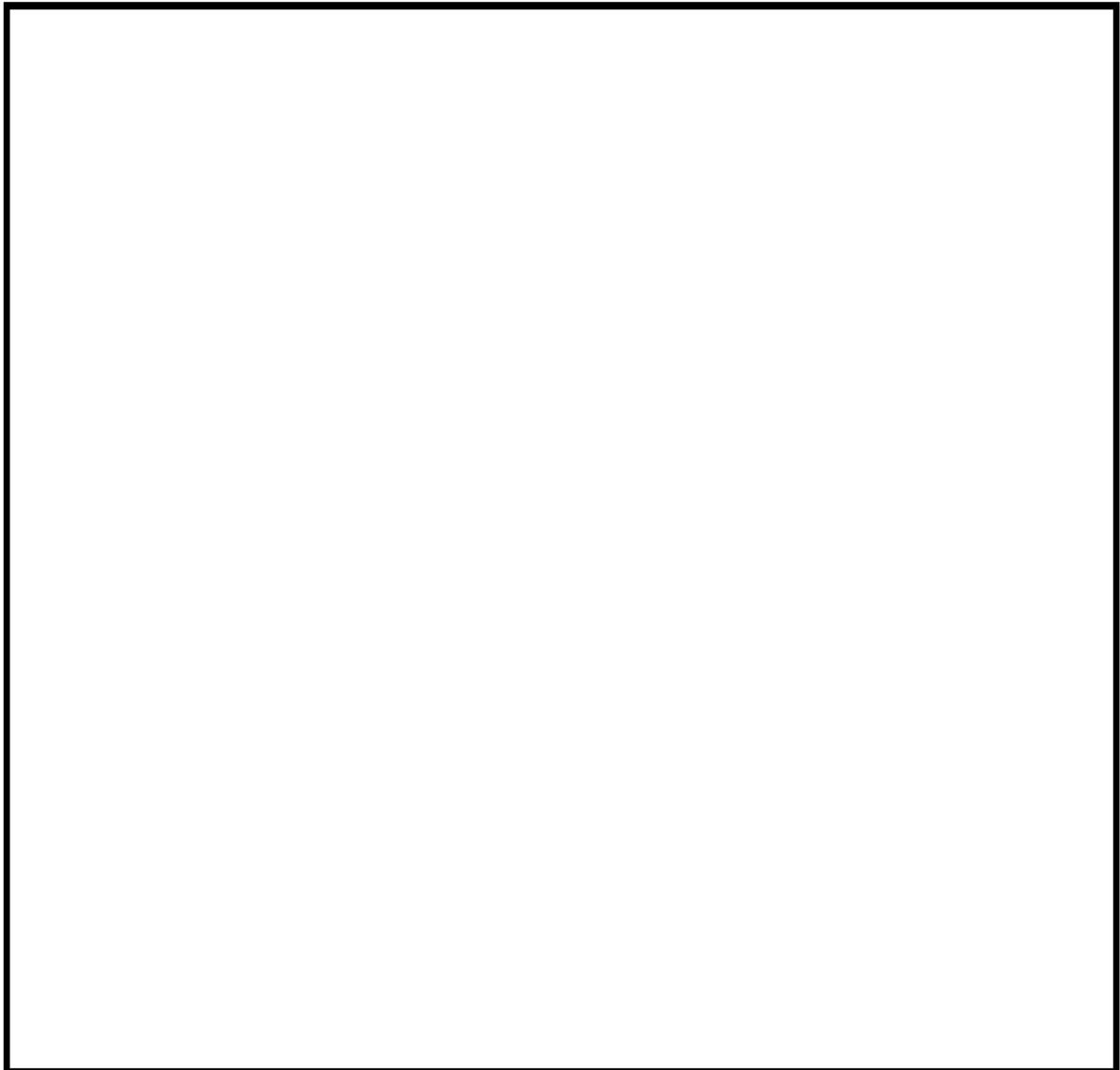
## 4. 高経年化への対応

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。

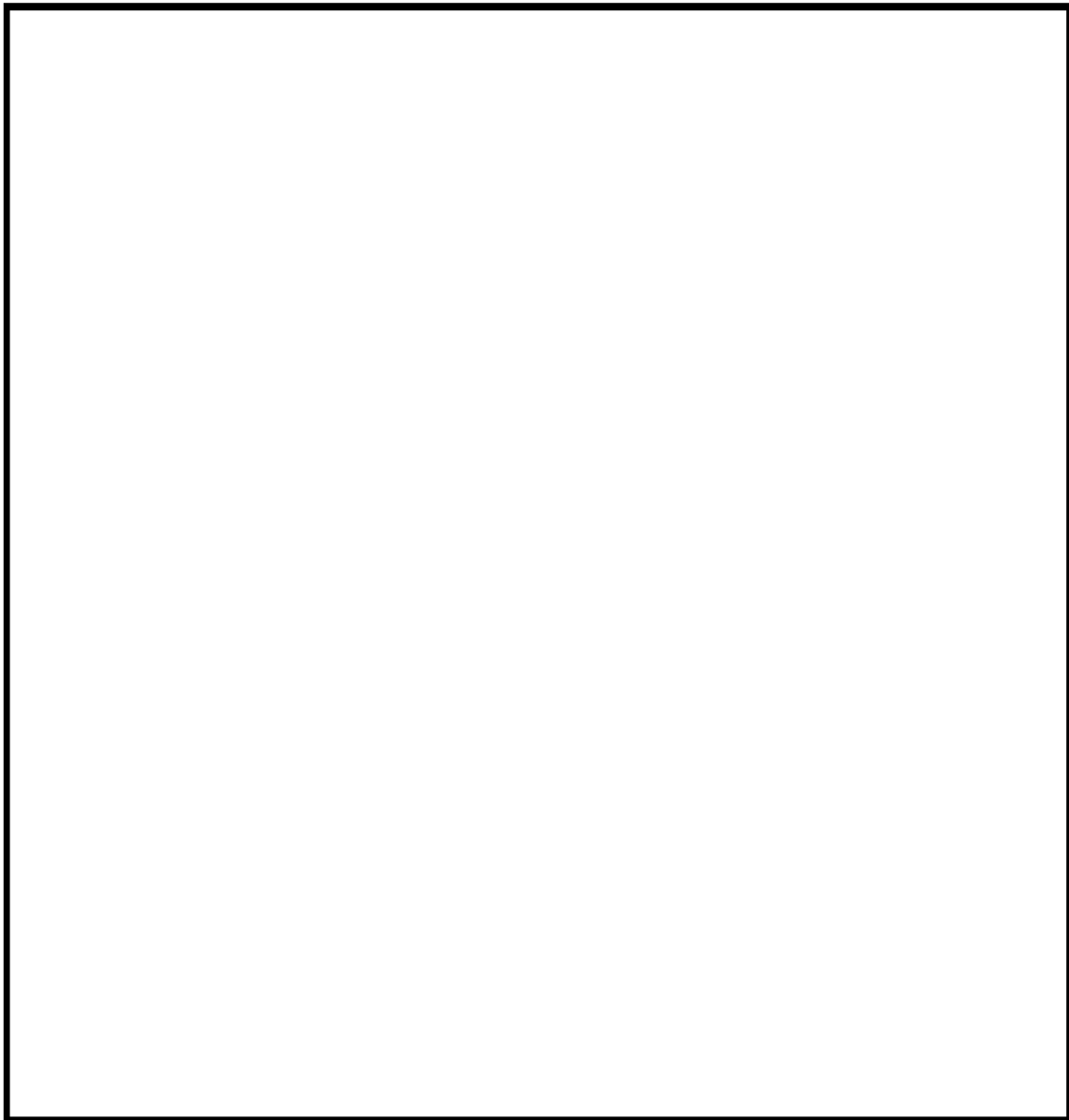
## 5. 添付資料

- 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

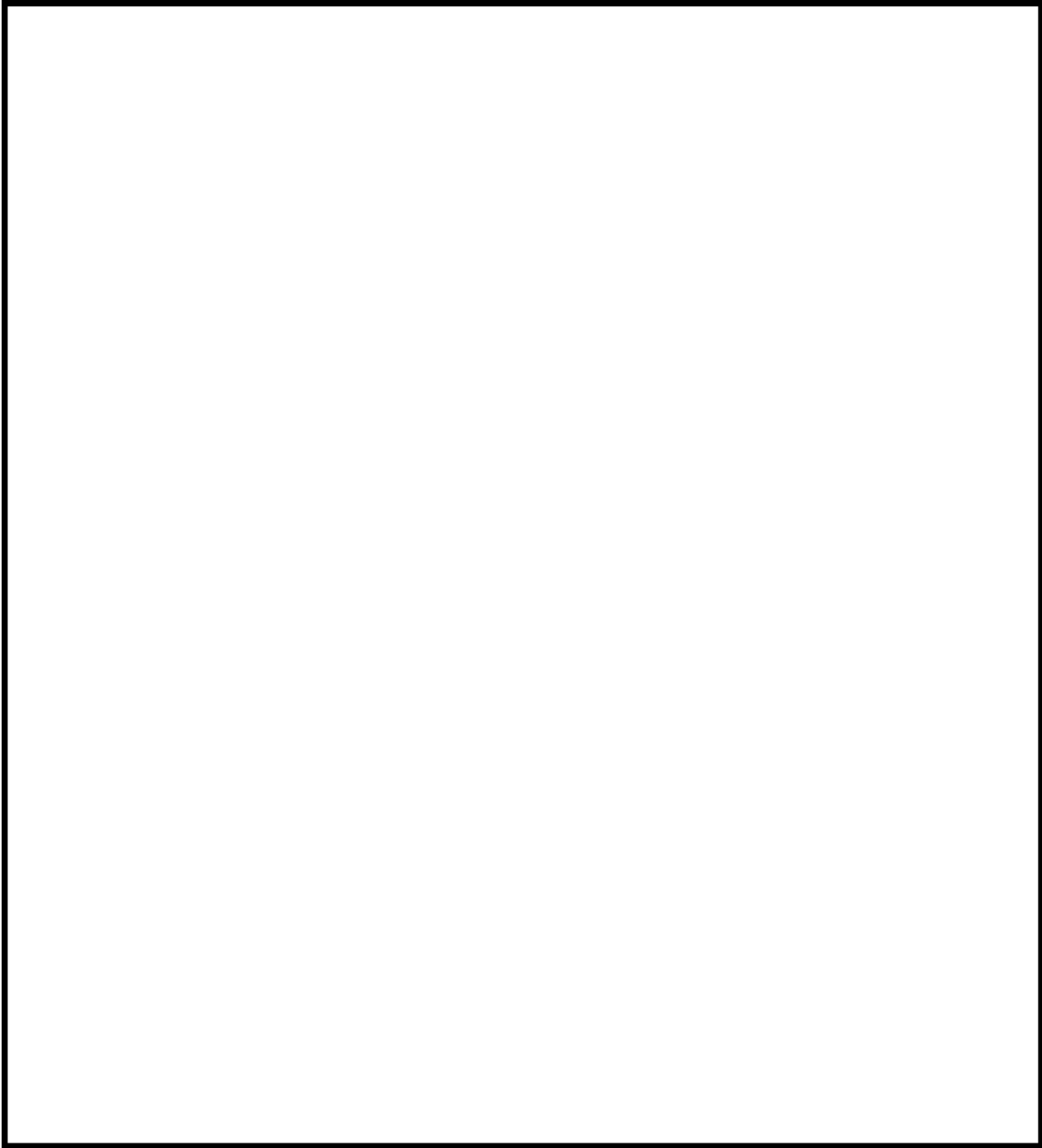
タイトル	原子炉格納容器内で耐環境性能を要求される弁電動装置および長期健全性試験で用いた供試体の型式について																																
概要	原子炉格納容器内で耐環境性能を要求される弁電動装置および長期健全性試験で用いた供試体の型式について、以下に示す。																																
説明	<p>原子炉格納容器内で耐環境性能を要求される弁電動装置の弁名称、台数および型式を以下に示す。絶縁物の絶縁種別は全て「H種絶縁」、電源は全て交流である。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>弁名称</th> <th>台数</th> <th>型式</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ループ余熱除去系第1入口弁</td> <td>2</td> <td>SMB-3</td> </tr> <tr> <td>ループ余熱除去系第2入口弁</td> <td>2</td> <td>SMB-3</td> </tr> <tr> <td>加圧器逃がし弁元弁</td> <td>2</td> <td>SMB-00</td> </tr> <tr> <td>アキュームレータ出口弁</td> <td>3</td> <td>SMB-3</td> </tr> <tr> <td>RCPサーマルバリア冷却水出口第1隔離弁</td> <td>1</td> <td>SMB-0</td> </tr> <tr> <td>RCP軸受冷却水出口第1隔離弁</td> <td>1</td> <td>SMB-00</td> </tr> <tr> <td>封水戻りラインC/V第1隔離弁</td> <td>1</td> <td>SMB-00</td> </tr> <tr> <td>Aループ高温側サンプル第1隔離弁</td> <td>1</td> <td>SMB-000</td> </tr> <tr> <td>R-11/12入口ライン格納容器隔離弁</td> <td>1</td> <td>SMB-000</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)-2~4 の配置図に示す。</p>			弁名称	台数	型式	ループ余熱除去系第1入口弁	2	SMB-3	ループ余熱除去系第2入口弁	2	SMB-3	加圧器逃がし弁元弁	2	SMB-00	アキュームレータ出口弁	3	SMB-3	RCPサーマルバリア冷却水出口第1隔離弁	1	SMB-0	RCP軸受冷却水出口第1隔離弁	1	SMB-00	封水戻りラインC/V第1隔離弁	1	SMB-00	Aループ高温側サンプル第1隔離弁	1	SMB-000	R-11/12入口ライン格納容器隔離弁	1	SMB-000
弁名称	台数	型式																															
ループ余熱除去系第1入口弁	2	SMB-3																															
ループ余熱除去系第2入口弁	2	SMB-3																															
加圧器逃がし弁元弁	2	SMB-00																															
アキュームレータ出口弁	3	SMB-3																															
RCPサーマルバリア冷却水出口第1隔離弁	1	SMB-0																															
RCP軸受冷却水出口第1隔離弁	1	SMB-00																															
封水戻りラインC/V第1隔離弁	1	SMB-00																															
Aループ高温側サンプル第1隔離弁	1	SMB-000																															
R-11/12入口ライン格納容器隔離弁	1	SMB-000																															



No.	弁番号	名 称
①	1MOV-8702A	Aループ余熱除去系第1入口弁
②	1MOV-8702B	Bループ余熱除去系第1入口弁
③	1MOV-8701A	Aループ余熱除去系第2入口弁
④	1MOV-8701B	Bループ余熱除去系第2入口弁
⑤	1MOV-8112	封水戻りラインC/V第1隔離弁



No.	弁番号	名 称
①	1MOV-8808A	A-アキュムレータ出口弁
②	1MOV-8808B	B-アキュムレータ出口弁
③	1MOV-8808C	C-アキュムレータ出口弁
④	1MOV-5299	RCPサーマルバリア冷却水出口第1隔離弁
⑤	1MOV-5298	RCP軸受冷却水出口第1隔離弁
⑥	1MOV-5004A	Aループ高温側サンプル第1隔離弁



No.	弁番号	名 称
①	1MOV-8000A	A-加圧器逃がし弁元弁
②	1MOV-8000B	B-加圧器逃がし弁元弁
③	1MOV-16661	R-11/12入口ライン格納容器隔離弁

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 1 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（ループ余熱除去系第 1 入口弁電動装置：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-1、B-4）の最大の環境条件である 31℃-0.0286Gy/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-1</td> <td>31</td> <td>0.0130</td> </tr> <tr> <td>B-4</td> <td>30</td> <td>0.0286</td> </tr> <tr> <td rowspan="10">通路部</td> <td>B-9</td> <td>38</td> <td>0.0014</td> </tr> <tr> <td>B-10</td> <td>41</td> <td>0.0006</td> </tr> <tr> <td>B-13</td> <td>43</td> <td>0.0014</td> </tr> <tr> <td>D-2</td> <td>43</td> <td>0.0001</td> </tr> <tr> <td>D-3(下)</td> <td>43</td> <td>0.0002</td> </tr> <tr> <td>D-4</td> <td>44</td> <td>0.0002</td> </tr> <tr> <td>D-5</td> <td>42</td> <td>0.0013</td> </tr> <tr> <td>D-6</td> <td>47</td> <td>0.0013</td> </tr> <tr> <td>D-8</td> <td>38</td> <td>0.00001</td> </tr> <tr> <td>E-9</td> <td>43</td> <td>0.0013</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">加圧器室上部</td> <td>E-10</td> <td>46</td> <td>0.0006</td> </tr> <tr> <td>E-11</td> <td>46</td> <td>0.0005</td> </tr> </tbody> </table>			設置場所	エリア	温度[℃]	線量率[Gy/h]	ループ室	B-1	31	0.0130	B-4	30	0.0286	通路部	B-9	38	0.0014	B-10	41	0.0006	B-13	43	0.0014	D-2	43	0.0001	D-3(下)	43	0.0002	D-4	44	0.0002	D-5	42	0.0013	D-6	47	0.0013	D-8	38	0.00001	E-9	43	0.0013	加圧器室上部	E-10	46	0.0006	E-11	46	0.0005
設置場所	エリア	温度[℃]	線量率[Gy/h]																																																	
ループ室	B-1	31	0.0130																																																	
	B-4	30	0.0286																																																	
通路部	B-9	38	0.0014																																																	
	B-10	41	0.0006																																																	
	B-13	43	0.0014																																																	
	D-2	43	0.0001																																																	
	D-3(下)	43	0.0002																																																	
	D-4	44	0.0002																																																	
	D-5	42	0.0013																																																	
	D-6	47	0.0013																																																	
	D-8	38	0.00001																																																	
	E-9	43	0.0013																																																	
加圧器室上部	E-10	46	0.0006																																																	
	E-11	46	0.0005																																																	

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（31℃）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="418 763 1366 1184"> <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>2,978</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 <input type="text"/> (ポリイミド/ポリアミドイミド)、<input type="text"/> (エポキシ樹脂)、<input type="text"/> (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<input type="text"/> [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	2,978	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	2,978	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1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0.26MPa(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1号炉の事故時雰囲気機能要求のある弁電動装置は全て第12回定期検査以降取替え実績があることから、それ以降の期間において、外部加圧に暴露される格納容器全体漏洩試験は、第13回定期検査時までは毎定検実施し、それ以降原則3定検に1回の頻度で実施していることから、第26回定期検査時まで合計6回の実績がある。 また、今後、運転開始後60年となる2034年まで同じ頻度で漏洩試験を実施した場合、2016年～2034年=(18年間=16サイクル<sup>※1</sup>)の間に6回実施されることとなり、上記実績と合わせて計12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>ループ余熱除去系第 1 入口弁電動装置の第 24 回定期検査解列日（2006.11）から第 27 回定期検査解列日前日（2011.1）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 19 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 820 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> $19 \text{ (回/保全サイクル)} \times \{ (26 \text{ (保全サイクル)} / 36 \text{ (年)}^{※2}) \times 60 \text{ (年)} \}$ $= 823 \text{ (回)} < 1000 \text{ (回)}$ <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 27 回定期検査解列日前日までの高浜 1 号炉の運転年数</p>

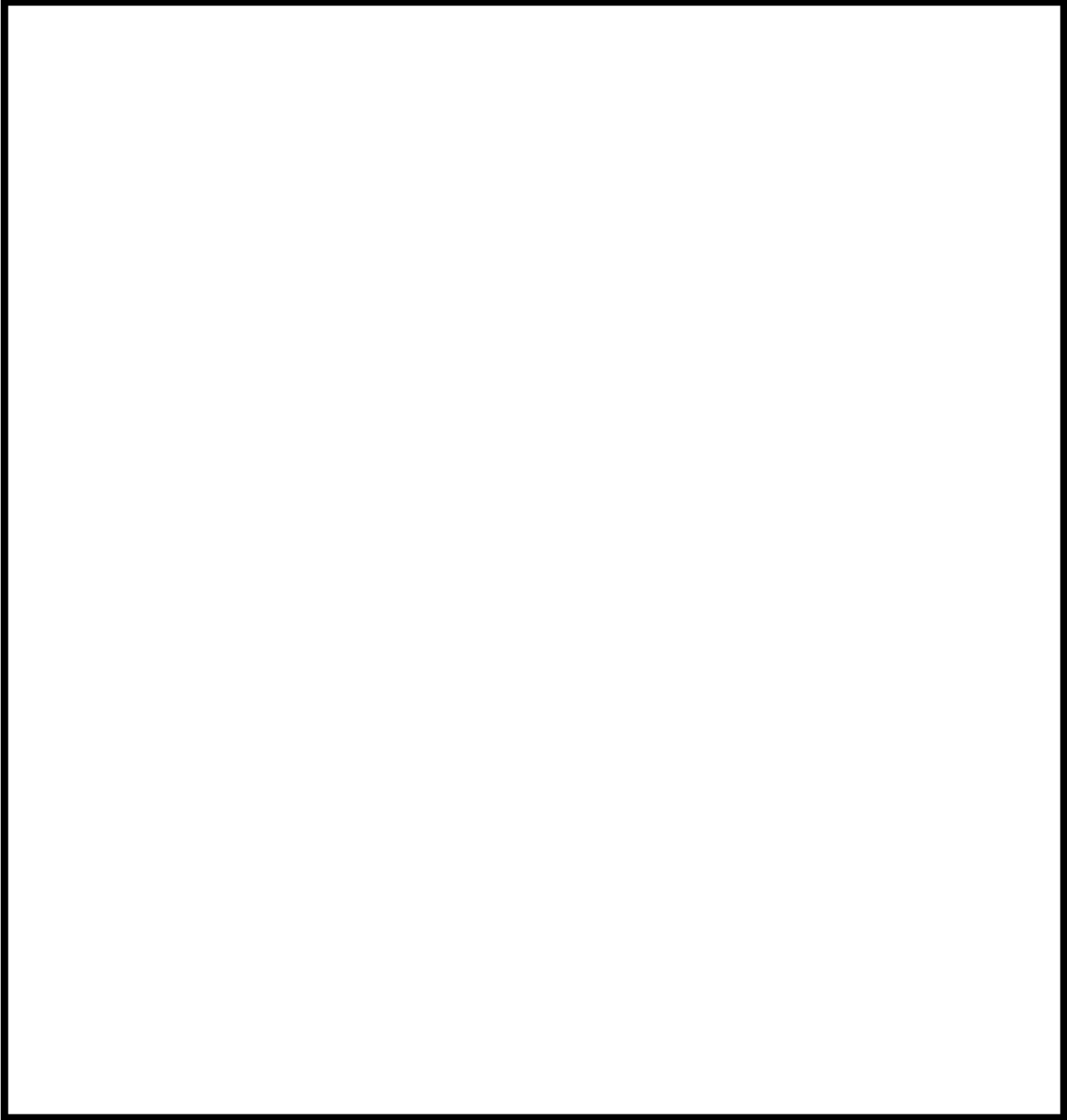
タイトル	原子炉格納容器内で耐環境性能を要求される弁電動装置の長期健全性試験条件の事故時条件（設計基準事故）の包絡性について																																														
概要	試験条件の事故時条件が、実機に想定される設計基準事故時条件を包絡していることを以下に示す。																																														
説明	<p>別紙 2 . 添付-6)-3 に弁電動装置の事故時雰囲気暴露の試験条件を添付する。</p> <p>以下に示すように、事故時雰囲気暴露の試験条件は、実機の設計基準事故時条件を包絡している。</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)-3 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>147 時間</td> <td></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>173 時間</td> <td></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	

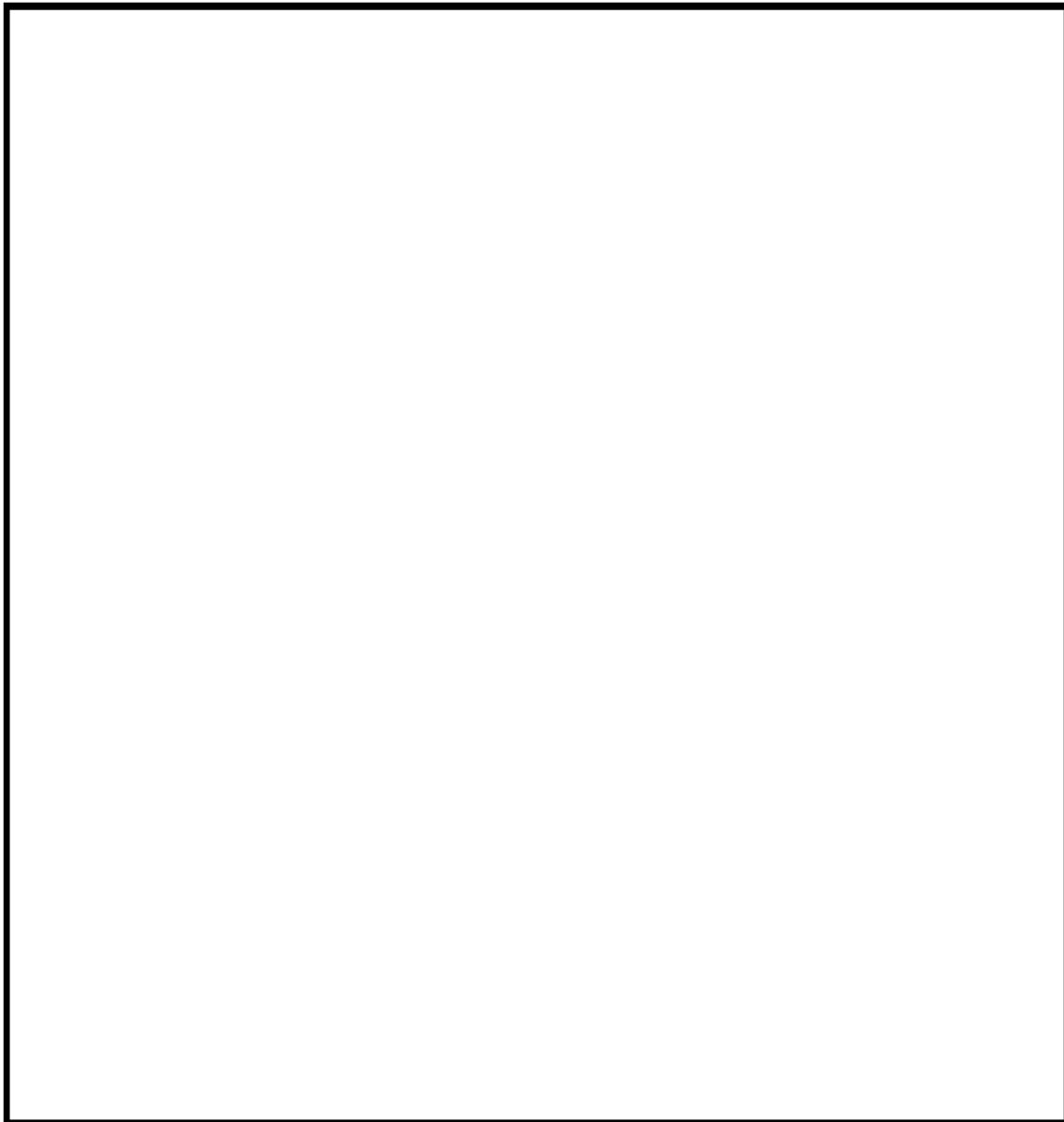
\*1: 活性化エネルギー [kcal/mol] (メーカーデータ) での換算値  
 \*2: 1次冷却材管の破断による原子炉冷却材喪失事故包絡条件

<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」、電源は全て交流である。</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 および-3 の配置図に示す。</p> <table border="1" data-bbox="421 730 1370 1021"> <thead> <tr> <th data-bbox="421 730 1099 779">弁名称</th> <th data-bbox="1099 730 1198 779">台数</th> <th data-bbox="1198 730 1370 779">型式</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="421 779 1099 824">ほう酸注入タンク出口弁</td> <td data-bbox="1099 779 1198 824">2</td> <td data-bbox="1198 779 1370 824">SMB-00</td> </tr> <tr> <td data-bbox="421 824 1099 869">冷却材ポンプサーマルバリア冷却水出口第 2 隔離弁</td> <td data-bbox="1099 824 1198 869">1</td> <td data-bbox="1198 824 1370 869">SMB-0</td> </tr> <tr> <td data-bbox="421 869 1099 913">冷却材ポンプモータ軸受冷却水出口第 2 隔離弁</td> <td data-bbox="1099 869 1198 913">1</td> <td data-bbox="1198 869 1370 913">SMB-00</td> </tr> <tr> <td data-bbox="421 913 1099 958">冷却材ポンプ冷却水入口第 2 隔離弁</td> <td data-bbox="1099 913 1198 958">1</td> <td data-bbox="1198 913 1370 958">SMB-00</td> </tr> <tr> <td data-bbox="421 958 1099 1021">計器用空気ヘッド格納容器隔離弁</td> <td data-bbox="1099 958 1198 1021">2</td> <td data-bbox="1198 958 1370 1021">SMB-000</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)-4~7 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ます。</p>	弁名称	台数	型式	ほう酸注入タンク出口弁	2	SMB-00	冷却材ポンプサーマルバリア冷却水出口第 2 隔離弁	1	SMB-0	冷却材ポンプモータ軸受冷却水出口第 2 隔離弁	1	SMB-00	冷却材ポンプ冷却水入口第 2 隔離弁	1	SMB-00	計器用空気ヘッド格納容器隔離弁	2	SMB-000
弁名称	台数	型式																	
ほう酸注入タンク出口弁	2	SMB-00																	
冷却材ポンプサーマルバリア冷却水出口第 2 隔離弁	1	SMB-0																	
冷却材ポンプモータ軸受冷却水出口第 2 隔離弁	1	SMB-00																	
冷却材ポンプ冷却水入口第 2 隔離弁	1	SMB-00																	
計器用空気ヘッド格納容器隔離弁	2	SMB-000																	



弁番号	名 称
1MOV-8801A	ほう酸注入タンク A 出口弁
1MOV-8801B	ほう酸注入タンク B 出口弁



弁番号	名 称
1FCV-1241	冷却材ポンプサーマルバリア冷却水出口第2隔離弁
1MOV-5155	冷却材ポンプモータ軸受冷却水出口第2隔離弁
1MOV-5141B	冷却材ポンプ冷却水入口第2隔離弁
1MOV-6202	計器用空気Aヘッダ格納容器隔離弁
1MOV-6203	計器用空気Bヘッダ格納容器隔離弁



<p>説 明</p>	<p>MS 区画内の電動装置の長期健全性試験手順を以下に示す。</p> <div style="text-align: center;"> <pre> graph TD     A[供試体] --&gt; B[加速熱劣化]     B --&gt; C[機械的劣化]     C --&gt; D[振動試験]     D --&gt; E[耐震試験]     E --&gt; F[設計基準事故時 雰囲気暴露 および 開閉運転]     F --&gt; G[判定]             </pre> </div> <p>MS区画内の弁電動装置の長期健全性試験結果</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>判定 (メーカー基準)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>動作確認</td> <td>良</td> </tr> </tbody> </table>	項目	判定 (メーカー基準)	動作確認	良
項目	判定 (メーカー基準)				
動作確認	良				

## 説 明

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。

長期健全性試験の条件を、MS 区画の環境条件（40℃）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。

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	3,592	

\*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  (ポリアミドイミド)、 (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)

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。

説 明

別紙 2. 添付-7)-7 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	②	③
封水戻りライン格納容器第 1 隔離弁	○	○	—
冷却材ポンプモータ軸受冷却水出口第 1 隔離弁	○	○	—
冷却材ポンプサーマルバリア冷却水出口第 1 隔離弁	○	○	—
A ループ高温側サンプル第 1 隔離弁	○	○	—
R-11/12 入口ライン格納容器隔離弁	○	○	—
CRDM 空調装置冷却水入口弁・出口弁	○	○	○
格納容器循環空調装置冷却水入口弁・出口弁	○	○	○
計器用空気ヘッダ格納容器内しゃ断弁	○	—	—
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 24 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)-4 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℃-24 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-24 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) 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-24 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				
(3) 口出線・接続部品 (シリコーンゴム)				
	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-24 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				

## 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

## a. 評価手順

設計基準事故時雰囲気内または重大事故等時雰囲気内で機能要求がある難燃KKケーブルおよび難燃PSHVケーブル-1は、ACAガイドに従った長期健全性について評価する。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-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ガイドに基づく試験手順および判定方法を図1.1に示す。

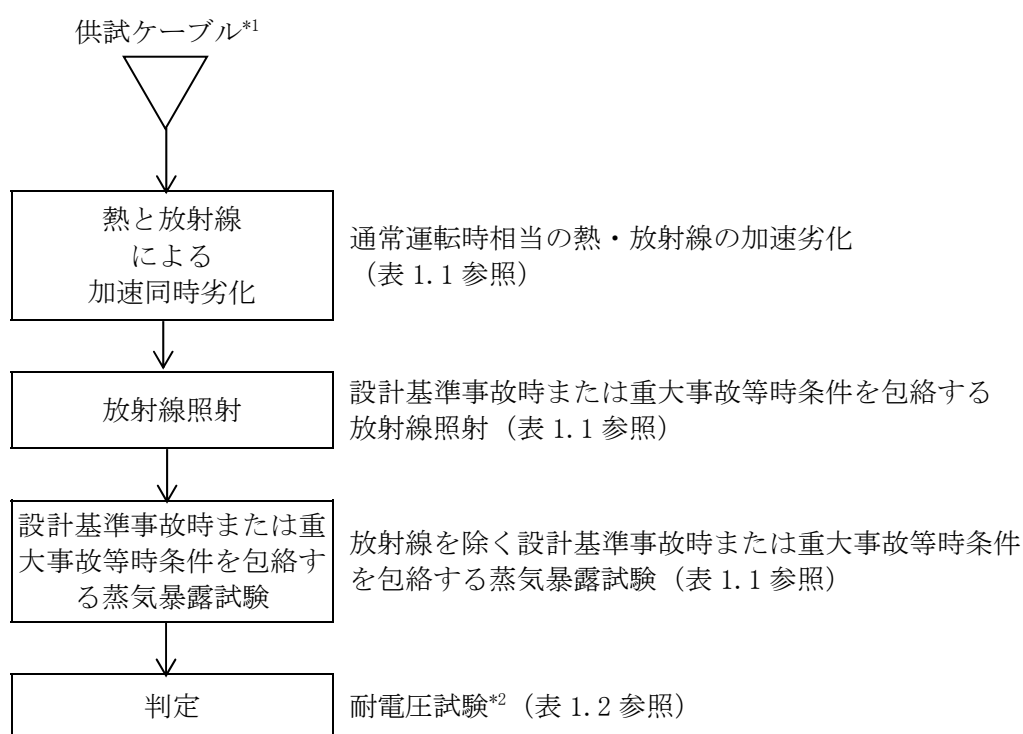


図1.1 難燃KKケーブル、または難燃PSHVケーブル-1と絶縁体種類が同一でシース種類が異なる難燃PHケーブルのACAガイドに基づく試験手順

\*1：高浜1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-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1.1に長期健全性試験条件を示す。試験条件は、高浜1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 1.1 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-2) 参照】 【別紙3. 添付-5) 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-3) 参照】 【別紙3. 添付-6) 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

難燃KKケーブル、または難燃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ケーブルの長期健全性試験結果を表1.2に示す。また、ACAガイドに基づく評価の結果を表1.3に示す。評価結果から、高浜1号炉の難燃KKケーブルおよび難燃PSHVケーブル-1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1.3 実布設環境での長期健全性評価結果

布設区分	実布設環境条件		使用ケーブル	評価期間 [年] <sup>*1</sup>	備考
	温度 [°C]	放射線量率 [Gy/h]			
ループ室	46	0.2897	難燃 KK ケーブル	120 <sup>*2</sup>	
	42	0.3747	難燃 KK ケーブル	106 <sup>*2</sup>	
通路部	43	0.0014	難燃 KK ケーブル	571 <sup>*2</sup>	
MS 区画	40	0.0009	難燃 PSHV ケーブル- 1	203 <sup>*3</sup>	
使用済燃料 ピットエリア	40	0.0001	難燃 PSHV ケーブル- 1	212 <sup>*3</sup>	

\*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。

## 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】

## 3. 総合評価

健全性評価結果から判断して、難燃KKケーブルおよび難燃PSHV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

難燃KKケーブルおよび難燃PSHV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

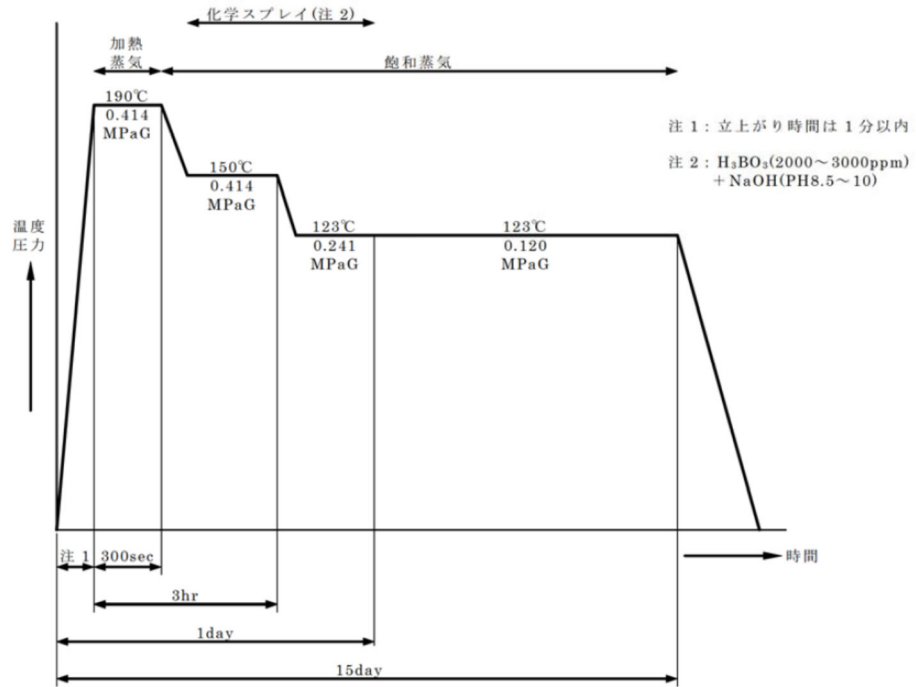
- 1) 原子炉格納容器内の難燃KKケーブルの環境条件について
- 2) 難燃KKケーブルの長期健全性試験における評価期間について
- 3) 難燃KKケーブルの長期健全性試験条件の事故時条件の包絡性について
- 4) 難燃PSHVケーブルー 1 の環境条件について
- 5) 難燃PSHVケーブルー 1 の長期健全性試験における評価期間について
- 6) 難燃PSHVケーブルー 1 の長期健全性試験条件の事故時条件の包絡性について

タイトル	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している。</p>																																																																																																																				
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>測定場所</th> <th>温度*1 [°C]</th> <th>線量率*1 [Gy/h]</th> <th>評価選定理由</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">ループ室</td> <td>46</td> <td>0.2897</td> <td>最高温度</td> </tr> <tr> <td>42</td> <td>0.3747</td> <td>最高線量率</td> </tr> <tr> <td>通路部</td> <td>43</td> <td>0.0014</td> <td>通路部最高温度、線量率</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> <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 KK ケーブル布設エリア</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>測定場所</th> <th>エリア</th> <th>温度 [°C]</th> <th>線量率 [Gy/h]</th> <th>選定理由</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="13">ループ室</td> <td>A-5</td> <td>29</td> <td>0.0012</td> <td></td> </tr> <tr> <td>B-2</td> <td>46</td> <td>0.0686</td> <td></td> </tr> <tr> <td>B-3</td> <td>30</td> <td>0.0378</td> <td></td> </tr> <tr> <td>B-4</td> <td>30</td> <td>0.0286</td> <td></td> </tr> <tr> <td>B-7</td> <td>32</td> <td>0.0636</td> <td></td> </tr> <tr> <td>C-1</td> <td>46</td> <td>0.2897</td> <td>最高温度</td> </tr> <tr> <td>C-2</td> <td>32</td> <td>0.2936</td> <td></td> </tr> <tr> <td>C-3</td> <td>32</td> <td>0.3747</td> <td></td> </tr> <tr> <td>C-5</td> <td>32</td> <td>0.3526</td> <td></td> </tr> <tr> <td>C-6</td> <td>33</td> <td>0.1949</td> <td></td> </tr> <tr> <td>D-11</td> <td>42</td> <td>0.0372</td> <td></td> </tr> <tr> <td>D-13</td> <td>42</td> <td>0.3747</td> <td>最高線量率</td> </tr> <tr> <td>D-15</td> <td>34</td> <td>0.0974</td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="9">通路部</td> <td>A-6</td> <td>28</td> <td>0.0012</td> <td></td> </tr> <tr> <td>B-9</td> <td>38</td> <td>0.0014</td> <td></td> </tr> <tr> <td>B-10</td> <td>41</td> <td>0.0006</td> <td></td> </tr> <tr> <td>B-11</td> <td>41</td> <td>0.0003</td> <td></td> </tr> <tr> <td>B-12</td> <td>43</td> <td>0.0013</td> <td></td> </tr> <tr> <td>B-13</td> <td>43</td> <td>0.0014</td> <td>通路部最高温度、線量率</td> </tr> <tr> <td>B-14</td> <td>36</td> <td>0.00001</td> <td></td> </tr> <tr> <td>B-15</td> <td>35</td> <td>0.00001</td> <td></td> </tr> <tr> <td>B-16</td> <td>35</td> <td>0.0014</td> <td></td> </tr> <tr> <td>B-17, 18</td> <td>30</td> <td>0.0014</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				測定場所	温度*1 [°C]	線量率*1 [Gy/h]	評価選定理由	ループ室	46	0.2897	最高温度	42	0.3747	最高線量率	通路部	43	0.0014	通路部最高温度、線量率	測定場所	エリア	温度 [°C]	線量率 [Gy/h]	選定理由	ループ室	A-5	29	0.0012		B-2	46	0.0686		B-3	30	0.0378		B-4	30	0.0286		B-7	32	0.0636		C-1	46	0.2897	最高温度	C-2	32	0.2936		C-3	32	0.3747		C-5	32	0.3526		C-6	33	0.1949		D-11	42	0.0372		D-13	42	0.3747	最高線量率	D-15	34	0.0974		通路部	A-6	28	0.0012		B-9	38	0.0014		B-10	41	0.0006		B-11	41	0.0003		B-12	43	0.0013		B-13	43	0.0014	通路部最高温度、線量率	B-14	36	0.00001		B-15	35	0.00001		B-16	35	0.0014		B-17, 18	30	0.0014
測定場所	温度*1 [°C]	線量率*1 [Gy/h]	評価選定理由																																																																																																																		
ループ室	46	0.2897	最高温度																																																																																																																		
	42	0.3747	最高線量率																																																																																																																		
通路部	43	0.0014	通路部最高温度、線量率																																																																																																																		
測定場所	エリア	温度 [°C]	線量率 [Gy/h]	選定理由																																																																																																																	
ループ室	A-5	29	0.0012																																																																																																																		
	B-2	46	0.0686																																																																																																																		
	B-3	30	0.0378																																																																																																																		
	B-4	30	0.0286																																																																																																																		
	B-7	32	0.0636																																																																																																																		
	C-1	46	0.2897	最高温度																																																																																																																	
	C-2	32	0.2936																																																																																																																		
	C-3	32	0.3747																																																																																																																		
	C-5	32	0.3526																																																																																																																		
	C-6	33	0.1949																																																																																																																		
	D-11	42	0.0372																																																																																																																		
	D-13	42	0.3747	最高線量率																																																																																																																	
	D-15	34	0.0974																																																																																																																		
通路部	A-6	28	0.0012																																																																																																																		
	B-9	38	0.0014																																																																																																																		
	B-10	41	0.0006																																																																																																																		
	B-11	41	0.0003																																																																																																																		
	B-12	43	0.0013																																																																																																																		
	B-13	43	0.0014	通路部最高温度、線量率																																																																																																																	
	B-14	36	0.00001																																																																																																																		
	B-15	35	0.00001																																																																																																																		
	B-16	35	0.0014																																																																																																																		
B-17, 18	30	0.0014																																																																																																																			

タイトル	難燃 KK ケーブル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>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"> <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>0.2897</td> <td>120</td> <td></td> </tr> <tr> <td>42</td> <td>0.3747</td> <td>106</td> <td></td> </tr> <tr> <td>通路部</td> <td>43</td> <td>0.0014</td> <td>571</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 <input type="text"/> [kcal/mol] (ACA) での換算値</p> <p>評価結果から、高浜 1 号炉の難燃 KK 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。</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	0.2897	120		42	0.3747	106		通路部	43	0.0014	571	
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	0.2897	120																						
	42	0.3747	106																						
通路部	43	0.0014	571																						

タイトル	難燃 KK ケーブルの長期健全性試験条件の事故時条件の包絡性について																																																																		
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-3)-2 に事故時雰囲気暴露の試験条件を添付する。  設計基準事故の安全解析結果は添付-3)-3、重大事故等時の安全解析結果は添付-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"> <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>10 時間</td> <td rowspan="3">5,005 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>106 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>4,889 時間</td> </tr> <tr> <td rowspan="6">設計基準 事故*2</td> <td></td> <td>58 時間</td> <td rowspan="6">2,787 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>112 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>218 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>94 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>124 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>2,181 時間</td> </tr> <tr> <td rowspan="15">重大事故 等時*3</td> <td></td> <td>1 時間</td> <td rowspan="15">2,332 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>52 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>5 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>90 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>154 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>92 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>442 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>178 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>182 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>169 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>185 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>119 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>110 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>113 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>114 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>106 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>89 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>131 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	2,332 時間		52 時間		5 時間		90 時間		154 時間		92 時間		442 時間		178 時間		182 時間		169 時間		185 時間		119 時間		110 時間		113 時間		114 時間		106 時間		89 時間		131 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	2,332 時間																																																																
		52 時間																																																																	
		5 時間																																																																	
		90 時間																																																																	
		154 時間																																																																	
		92 時間																																																																	
		442 時間																																																																	
		178 時間																																																																	
		182 時間																																																																	
		169 時間																																																																	
		185 時間																																																																	
		119 時間																																																																	
		110 時間																																																																	
		113 時間																																																																	
		114 時間																																																																	
	106 時間																																																																		
	89 時間																																																																		
	131 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

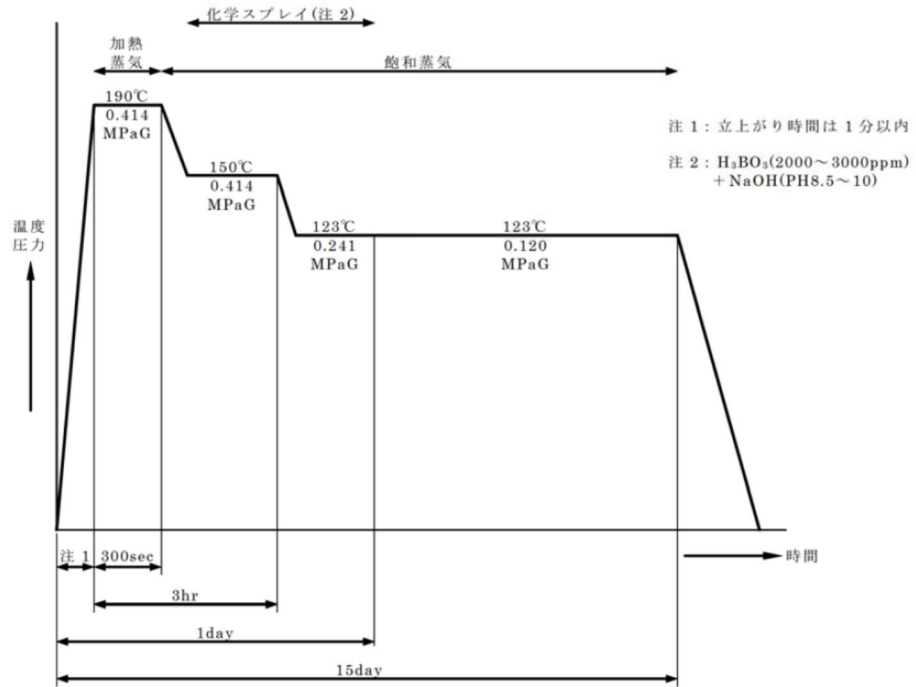
タイトル	難燃 PSHV ケーブル- 1 の環境条件について										
概要	難燃 PSHV ケーブル- 1 の評価期間を算定するために用いた環境条件の根拠について、以下に示す。										
説明	<p>ケーブルについては、1本のケーブルが複数のエリアに布設されているが、それぞれのエリアの環境条件のうち、最も厳しい環境条件で当該ケーブルの評価を実施し、評価結果に応じた保全を実施している。</p> <p>低圧ケーブルの技術評価書において、難燃 PSHV ケーブル- 1 については、安全機能を有する難燃 PSHV ケーブル- 1 布設箇所の環境条件として下表のエリアを選定している。</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 PSHV ケーブル- 1 布設エリア</p> <table border="1" data-bbox="529 837 1251 1070"> <thead> <tr> <th data-bbox="529 837 890 913">布設区分</th> <th data-bbox="890 837 1061 913">温度 [°C]</th> <th data-bbox="1061 837 1251 913">線量率 [Gy/h]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="529 913 890 990">MS 区画</td> <td data-bbox="890 913 1061 990">40</td> <td data-bbox="1061 913 1251 990">0.0009</td> </tr> <tr> <td data-bbox="529 990 890 1070">使用済燃料ピットエリア</td> <td data-bbox="890 990 1061 1070">40</td> <td data-bbox="1061 990 1251 1070">0.00015</td> </tr> </tbody> </table>		布設区分	温度 [°C]	線量率 [Gy/h]	MS 区画	40	0.0009	使用済燃料ピットエリア	40	0.00015
布設区分	温度 [°C]	線量率 [Gy/h]									
MS 区画	40	0.0009									
使用済燃料ピットエリア	40	0.00015									

タイトル	難燃 PSHV ケーブル-1 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>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="421 763 1331 1014"> <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>40</td> <td>0.0009</td> <td>203</td> </tr> <tr> <td>使用済燃料 ピットエリア</td> <td>40</td> <td>0.00015</td> <td>212</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] (ACA) での換算値</p> <p>評価結果から、高浜 1 号炉の難燃 PSHV ケーブル-1 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。</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	40	0.0009	203	使用済燃料 ピットエリア	40	0.00015	212
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	40	0.0009	203														
使用済燃料 ピットエリア	40	0.00015	212														



タイトル	難燃 PSHV ケーブル-1 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-6)-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="421 689 1350 1294"> <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>35 時間</td> <td rowspan="3">9,699 時間</td> </tr> <tr> <td>259 時間</td> </tr> <tr> <td>9,405 時間</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">設計基準事故*2</td> <td rowspan="3"></td> <td>232 時間</td> <td rowspan="3">1,080 時間</td> </tr> <tr> <td>1 時間</td> </tr> <tr> <td>847 時間</td> </tr> <tr> <td>重大事故等時*3</td> <td></td> <td>1,366 時間</td> <td>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℃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℃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

## 別紙 4. 同軸ケーブルの評価について

## 1. 健全性評価

## a. 評価手順

設計基準事故時雰囲気内または重大事故等時雰囲気内で機能要求がある難燃三重同軸ケーブルは、ACAガイドに従った長期健全性について評価する。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1.1に示す。

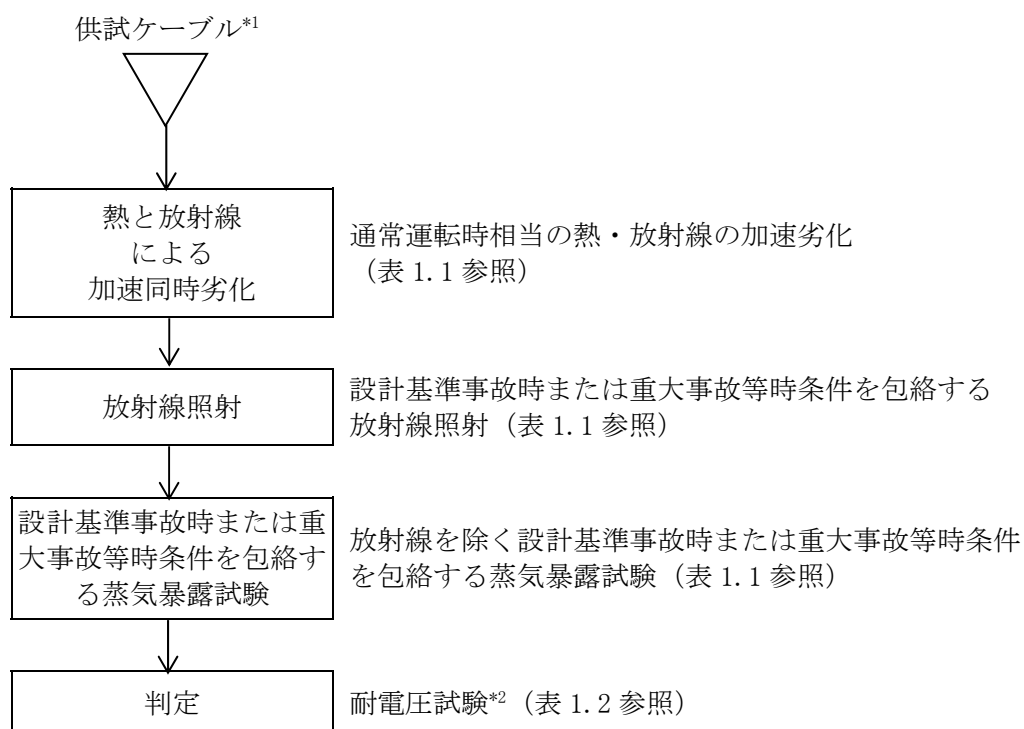


図1.1 難燃三重同軸ケーブルのACAガイドに基づく試験手順

\*1：高浜1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

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1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 1.1 難燃三重同軸ケーブルの ACA 試験条件

		試験条件
通常運転時相当 【別紙4. 添付-2) 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-3) 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

長期健全性試験結果を表1.2に示す。また、ACAガイドに基づく評価の結果を表1.3に示す。評価結果から、高浜1号炉の難燃三重同軸ケーブルは、運転開始後60年時点においても絶縁機能を維持できると判断する。

表 1.2 難燃三重同軸ケーブルの ACA 試験結果

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

[出典：原子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 1.3 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]*1,2	備考
	温度 [°C]	放射線量率 [Gy/h]		
通路部	47	0.00001	136	
	40	0.0013	229	

\*1：時間稼働率 100%での評価期間。

\*2：時間依存データの重ね合わせ手法により評価。

## 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】

## 3. 総合評価

健全性評価結果から判断して、難燃三重同軸ケーブルについては、絶縁体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

難燃三重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条件の事故時条件の包絡性について

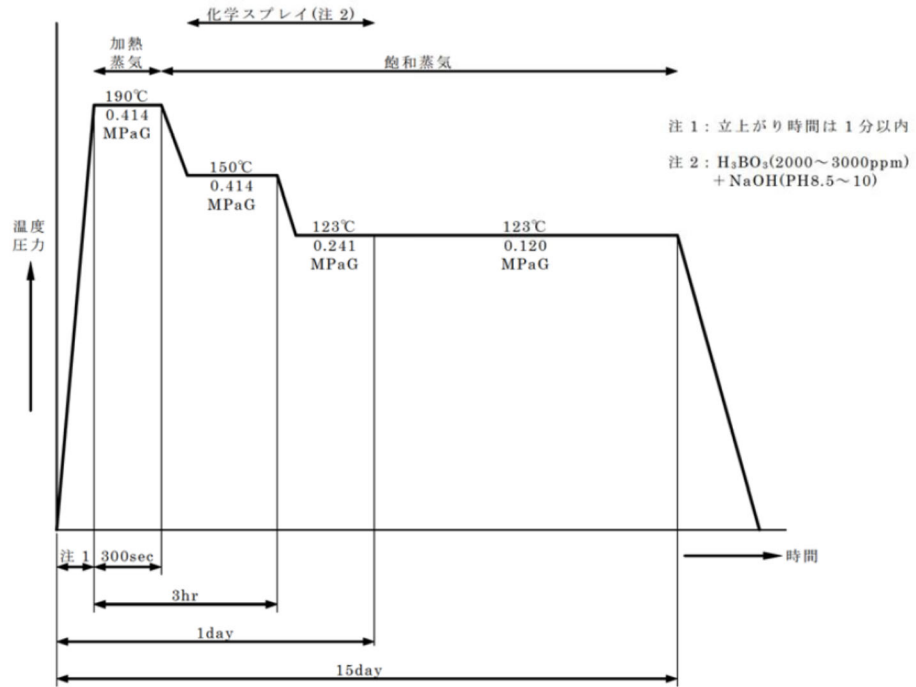
タイトル	原子炉格納容器内の難燃三重同軸ケーブルの環境条件について																																		
概要	難燃三重同軸ケーブルの評価期間を算定するために用いた環境条件の根拠について、以下に示す。																																		
説明	<p>ケーブルについては、1本のケーブルが複数のエリアに布設されているが、それぞれのエリアの環境条件のうち、最も厳しい環境条件で当該ケーブルの評価を実施し、評価結果に応じた保全を実施している。</p> <p>同軸ケーブルの技術評価書において、難燃三重同軸ケーブルについては、安全機能を有する難燃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いる。</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三重同軸ケーブル布設エリア</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>測定場所</th> <th>エリア</th> <th>温度*1 [°C]</th> <th>線量率*1 [Gy/h]</th> <th>選定理由</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ループ室</td> <td>E-15</td> <td>43</td> <td>0.00001</td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="5">通路部</td> <td>B-10</td> <td>41</td> <td>0.0006</td> <td></td> </tr> <tr> <td>B-11</td> <td>41</td> <td>0.0003</td> <td></td> </tr> <tr> <td>D-3(上)</td> <td>47</td> <td>0.00001</td> <td>最高温度</td> </tr> <tr> <td>D-4</td> <td>44</td> <td>0.0002</td> <td></td> </tr> <tr> <td>E-7</td> <td>40</td> <td>0.0013</td> <td>最高線量率</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>				測定場所	エリア	温度*1 [°C]	線量率*1 [Gy/h]	選定理由	ループ室	E-15	43	0.00001		通路部	B-10	41	0.0006		B-11	41	0.0003		D-3(上)	47	0.00001	最高温度	D-4	44	0.0002		E-7	40	0.0013	最高線量率
測定場所	エリア	温度*1 [°C]	線量率*1 [Gy/h]	選定理由																															
ループ室	E-15	43	0.00001																																
通路部	B-10	41	0.0006																																
	B-11	41	0.0003																																
	D-3(上)	47	0.00001	最高温度																															
	D-4	44	0.0002																																
	E-7	40	0.0013	最高線量率																															

タイトル	難燃三重同軸ケーブルの長期健全性試験における評価期間について															
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 1350 1048"> <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 rowspan="2">通路部</td> <td>47</td> <td>0.00001</td> <td>136</td> </tr> <tr> <td>40</td> <td>0.0013</td> <td>229</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] (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]	通路部	47	0.00001	136	40	0.0013	229
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]														
通路部	47	0.00001	136													
	40	0.0013	229													

タイトル	難燃三重同軸ケーブルの長期健全性試験条件の事故時条件の包絡性について																																									
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-3)-2に事故時雰囲気暴露の試験条件を添付する。  設計基準事故の安全解析結果は添付-3)-3、重大事故等時の安全解析結果は添付-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"> <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>35 時間</td> <td rowspan="3">9,699 時間</td> </tr> <tr> <td>259 時間</td> </tr> <tr> <td>9,405 時間</td> </tr> <tr> <td rowspan="5">設計基準事故*2</td> <td rowspan="5"></td> <td>121 時間</td> <td rowspan="5">2,281 時間</td> </tr> <tr> <td>171 時間</td> </tr> <tr> <td>241 時間</td> </tr> <tr> <td>79 時間</td> </tr> <tr> <td>95 時間</td> </tr> <tr> <td rowspan="15">重大事故等時*3</td> <td rowspan="15"></td> <td>1 時間</td> <td rowspan="15">4,520 時間</td> </tr> <tr> <td>66 時間</td> </tr> <tr> <td>8 時間</td> </tr> <tr> <td>160 時間</td> </tr> <tr> <td>346 時間</td> </tr> <tr> <td>182 時間</td> </tr> <tr> <td>926 時間</td> </tr> <tr> <td>367 時間</td> </tr> <tr> <td>368 時間</td> </tr> <tr> <td>334 時間</td> </tr> <tr> <td>359 時間</td> </tr> <tr> <td>226 時間</td> </tr> <tr> <td>205 時間</td> </tr> <tr> <td>206 時間</td> </tr> <tr> <td>206 時間</td> </tr> <tr> <td>186 時間</td> </tr> <tr> <td>153 時間</td> </tr> <tr> <td>221 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		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	重大事故等時*3		1 時間	4,520 時間	66 時間	8 時間	160 時間	346 時間	182 時間	926 時間	367 時間	368 時間	334 時間	359 時間	226 時間	205 時間	206 時間	206 時間	186 時間	153 時間	221 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																																								
重大事故等時*3		1 時間	4,520 時間																																							
		66 時間																																								
		8 時間																																								
		160 時間																																								
		346 時間																																								
		182 時間																																								
		926 時間																																								
		367 時間																																								
		368 時間																																								
		334 時間																																								
		359 時間																																								
		226 時間																																								
		205 時間																																								
		206 時間																																								
		206 時間																																								
186 時間																																										
153 時間																																										
221 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

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内または重大事故等時雰囲気内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接続－1）については、IEEE Std. 323-1974およびIEEE Std. 383-1974の規格に準拠して、実機同等品による長期健全性試験を実施しており、この結果に基づき健全性評価を行った。

IEEE Std. 323-1974およびIEEE Std. 383-1974に基づく試験手順および判定方法を図 1.1 に示す。

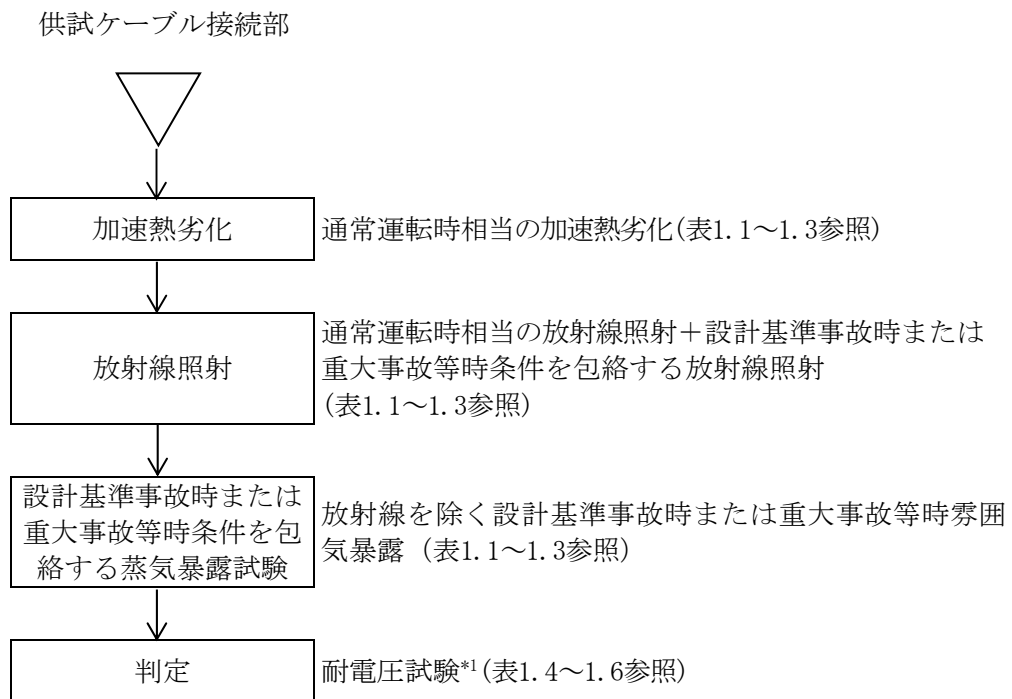


図1.1 ケーブル接続部の長期健全性試験手順および判定方法

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

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	94℃-7日 (=43℃*2-60年)
	放射線 (集積線量)	500kGy (10kGy/h以下)	198kGy*3
事故時蒸気暴露試験	放射線 (集積線量)	1,500kGy (10kGy/h以下)	設計基準事故時：607kGy 重大事故等時：500kGy
	温度	190℃ (最高温度)	設計基準事故時：約122℃(最高温度) 重大事故等時：約138℃(最高温度)
	圧力	0.41MPa[gage] (最高圧力)	設計基準事故時：約0.26MPa[gage](最高圧力) 重大事故等時：約0.305MPa[gage](最高圧力)

- \*1：環境条件が厳しい原子炉格納容器内気密端子箱接続の使用条件を代表として記載。
- \*2：通常運転時の原子炉格納容器内気密端子箱接続周囲の平均温度の最大実測値。
- \*3： $0.3747[\text{Gy/h}]^{*4} \times (24 \times 365.25) [\text{h/y}] \times 60 [\text{y}] = 198\text{kGy}$
- \*4：通常運転時の原子炉格納容器内気密端子箱接続周囲の平均線量率の最大実測値。

表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	106℃-7日 (=47℃*2-60年)
	放射線 (集積線量)	500kGy (10kGy/h以下)	198kGy*3
事故時蒸気暴露試験	放射線 (集積線量)	1,500kGy (10kGy/h以下)	設計基準事故時：607kGy 重大事故等時：500kGy
	温度	190℃ (最高温度)	設計基準事故時：約122℃(最高温度) 重大事故等時：約138℃(最高温度)
	圧力	0.41MPa[gage] (最高圧力)	設計基準事故時：約0.26MPa[gage](最高圧力) 重大事故等時：約0.305MPa[gage](最高圧力)

- \*1：環境条件が厳しい原子炉格納容器内直ジョイントの使用条件を代表として記載。
- \*2：通常運転時の原子炉格納容器内直ジョイント周囲の平均温度の最大実測値。
- \*3： $0.3747[\text{Gy/h}]^{*4} \times (24 \times 365.25) [\text{h/y}] \times 60 [\text{y}] = 198\text{kGy}$
- \*4：通常運転時の原子炉格納容器内直ジョイント周囲の平均線量率の最大実測値。

表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	94℃-7日*3(=43℃*2-60年) 63℃-7日*4(=43℃*2-60年)
	放射線 (集積線量)	500kGy (10kGy/h以下)	0.4kGy*5
事故時蒸気暴露試験	放射線 (集積線量)	1,500kGy (10kGy/h以下)	設計基準事故時：607kGy 重大事故等時：500kGy
	温度	190℃ (最高温度)	設計基準事故時：約122℃(最高温度) 重大事故等時：約138℃(最高温度)
	圧力	0.41MPa[gage] (最高圧力)	設計基準事故時：約0.26MPa[gage](最高圧力) 重大事故等時：約0.305MPa[gage](最高圧力)

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

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

\*3：Oリング(エチレンプロピレンゴム)の気密材料に対する試験条件

\*4：絶縁物(架橋ポリスチレン)に対する試験条件

\*5： $0.0006[\text{Gy/h}]^{*6} \times (24 \times 365.25) [\text{h/y}] \times 60 [\text{y}] = 0.4\text{kGy}$

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

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1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接続-1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

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

電力用ケーブル接続部については、定期的に絶縁抵抗測定を行い、管理値以上であることの確認を行っている。【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接続－1については、絶縁物等の絶縁低下により機器の健全性に影響を与える可能性はないと考える。

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

## 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接続－1の絶縁物等の絶縁低下については、現状保全項目に高経年化対策の観点から追加すべきものはないと判断する。

## 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 data-bbox="421 725 815 775">対象機器</th> <th data-bbox="815 725 1026 775">温度[°C]</th> <th data-bbox="1026 725 1254 775">線量率[Gy/h]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="421 775 815 819">気密端子箱接続</td> <td data-bbox="815 775 1026 819">43</td> <td data-bbox="1026 775 1254 819">0.3747</td> </tr> <tr> <td data-bbox="421 819 815 864">直ジョイント</td> <td data-bbox="815 819 1026 864">47</td> <td data-bbox="1026 819 1254 864">0.3747</td> </tr> <tr> <td data-bbox="421 864 815 913">三重同軸コネクタ接続- 1</td> <td data-bbox="815 864 1026 913">43</td> <td data-bbox="1026 864 1254 913">0.0006</td> </tr> </tbody> </table>			対象機器	温度[°C]	線量率[Gy/h]	気密端子箱接続	43	0.3747	直ジョイント	47	0.3747	三重同軸コネクタ接続- 1	43	0.0006
対象機器	温度[°C]	線量率[Gy/h]													
気密端子箱接続	43	0.3747													
直ジョイント	47	0.3747													
三重同軸コネクタ接続- 1	43	0.0006													

## 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-1, 5	29	0.0012		○		
	A-4	29	0.0012	○	○		
	B-1	31	0.0130		○		
	B-4	30	0.0286	○	○		
	B-7	32	0.0636	○	○		
	C-5	32	0.3526	○	○		
	D-11	42	0.0372	○	○		
	D-12	32	0.2936	○	○		
	D-13	42	0.3747	○	○		①②
	D-14	36	0.0365	○	○		
	D-15	34	0.0974	○	○		
	E-12	43	0.2897		○		
	E-13	41	0.3747		○		
	E-14	42	0.3526		○		
	E-15	43	0.00001	○		○	③
加圧器室上部	E-10	46	0.0006		○		
	E-11	46	0.0005		○		
通路部	A-3, 8	29	0.0012		○		
	B-9	38	0.0014		○		
	B-10	41	0.0006		○	○	③
	B-11	41	0.0003		○	○	
	B-12	43	0.0013		○		
	B-13	43	0.0014		○		
	B-14	36	0.00001		○		
	B-16	35	0.0014		○		
	B-18	30	0.0014		○		
	D-1	41	0.00001		○		
	D-2	43	0.0001		○		
	D-3(下)	43	0.0002		○		
	D-4	44	0.0002		○		
	D-5	42	0.0013		○		
	D-6	47	0.0013		○		②
	D-7	42	0.0013		○		
	D-8	38	0.00001		○		
	E-8	40	0.0013		○		
E-9	43	0.0013	○	○		①	
MS 区画*1	—	40	0.00001		○		

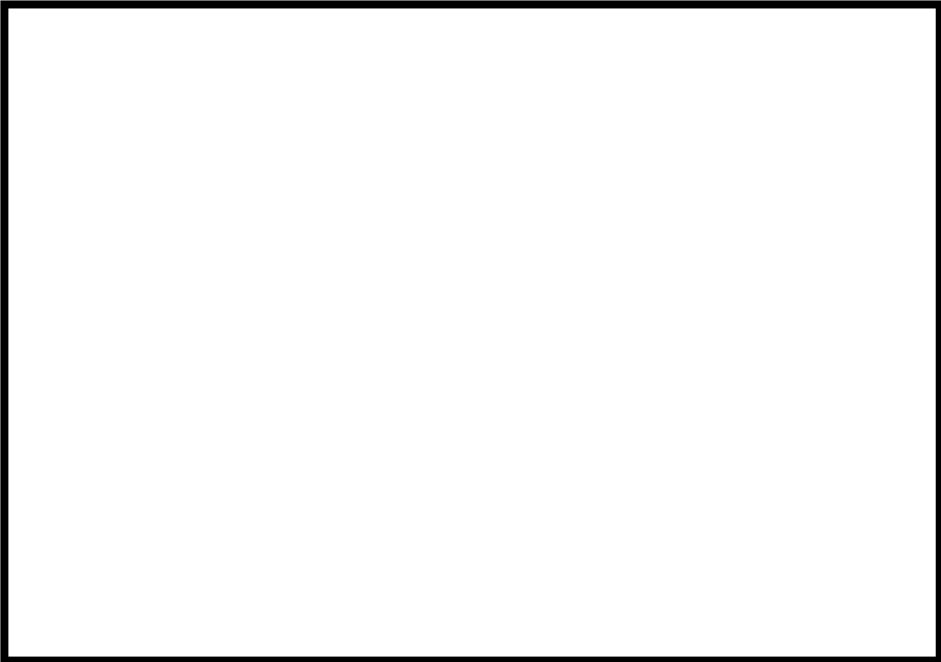
\*1：主蒸気・主給水管室

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代表する実機環境条件で評価する。</p> <p>実機使用条件 (T1℃-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 1070"> <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>94</td> <td>7</td> <td>43</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td>②</td> <td>難燃架橋ポリエチレン</td> <td>106</td> <td>7</td> <td>47</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>94</td> <td>7</td> <td>43</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td>架橋ポリスチレン</td> <td>63</td> <td>7</td> <td>43</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)、  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)  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	94	7	43	60	②	難燃架橋ポリエチレン	106	7	47	60	③	エチレンプロピレンゴム	94	7	43	60	架橋ポリスチレン	63	7	43	60
機器	絶縁物	T2[℃]	L2[日]	T1[℃]	L1[年]																													
①	エチレンプロピレンゴム	94	7	43	60																													
②	難燃架橋ポリエチレン	106	7	47	60																													
③	エチレンプロピレンゴム	94	7	43	60																													
	架橋ポリスチレン	63	7	43	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)-3 および重大事故等時の安全解析結果は添付-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 1675"> <thead> <tr> <th data-bbox="419 725 564 763"></th> <th data-bbox="564 725 890 763">条件（温度－時間）</th> <th data-bbox="890 725 1118 763">65℃換算*1</th> <th data-bbox="1118 725 1353 763">合計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="419 763 564 864" rowspan="3">事故時 雰囲気 暴露試験</td> <td data-bbox="564 763 890 801"></td> <td data-bbox="890 763 1118 801">461,226 時間</td> <td data-bbox="1118 763 1353 864" rowspan="3">1,758,717 時間 (100 年以上)</td> </tr> <tr> <td data-bbox="564 801 890 840"></td> <td data-bbox="890 801 1118 840">181,858 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="564 840 890 864"></td> <td data-bbox="890 840 1118 864">1,115,633 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="419 864 564 1066" rowspan="5">設計基準 事故*2</td> <td data-bbox="564 864 890 902"></td> <td data-bbox="890 864 1118 902">26,581 時間</td> <td data-bbox="1118 864 1353 1066" rowspan="5">30,916 時間 (約 3.5 年)</td> </tr> <tr> <td data-bbox="564 902 890 940"></td> <td data-bbox="890 902 1118 940">3,641 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="564 940 890 978"></td> <td data-bbox="890 940 1118 978">513 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="564 978 890 1016"></td> <td data-bbox="890 978 1118 1016">21 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="564 1016 890 1066"></td> <td data-bbox="890 1016 1118 1066">14 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="419 1066 564 1675" rowspan="13">重大事故 等時*3</td> <td data-bbox="564 1066 890 1104"></td> <td data-bbox="890 1066 1118 1104">1 時間</td> <td data-bbox="1118 1066 1353 1675" rowspan="13">704,334 時間 (約 80.3 年)</td> </tr> <tr> <td data-bbox="564 1104 890 1142"></td> <td data-bbox="890 1104 1118 1142">409 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="564 1142 890 1180"></td> <td data-bbox="890 1142 1118 1180">173 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="564 1180 890 1218"></td> <td data-bbox="890 1180 1118 1218">10,695 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="564 1218 890 1256"></td> <td data-bbox="890 1218 1118 1256">129,222 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="564 1256 890 1294"></td> <td data-bbox="890 1256 1118 1294">26,677 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="564 1294 890 1332"></td> <td data-bbox="890 1294 1118 1332">203,784 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="564 1332 890 1370"></td> <td data-bbox="890 1332 1118 1370">70,569 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="564 1370 890 1408"></td> <td data-bbox="890 1370 1118 1408">61,687 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="564 1408 890 1447"></td> <td data-bbox="890 1408 1118 1447">48,908 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="564 1447 890 1485"></td> <td data-bbox="890 1447 1118 1485">45,719 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="564 1485 890 1523"></td> <td data-bbox="890 1485 1118 1523">24,977 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="564 1523 890 1561"></td> <td data-bbox="890 1523 1118 1561">19,662 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="564 1561 890 1599"></td> <td data-bbox="890 1561 1118 1599">17,156 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="564 1599 890 1637"></td> <td data-bbox="890 1599 1118 1637">14,782 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="564 1637 890 1675"></td> <td data-bbox="890 1637 1118 1675">11,551 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="564 1675 890 1713"></td> <td data-bbox="890 1675 1118 1713">8,184 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="564 1713 890 1751"></td> <td data-bbox="890 1713 1118 1751">10,178 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 3.5 年)		3,641 時間		513 時間		21 時間		14 時間	重大事故 等時*3		1 時間	704,334 時間 (約 80.3 年)		409 時間		173 時間		10,695 時間		129,222 時間		26,677 時間		203,784 時間		70,569 時間		61,687 時間		48,908 時間		45,719 時間		24,977 時間		19,662 時間		17,156 時間		14,782 時間		11,551 時間		8,184 時間		10,178 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 3.5 年)																																																														
		3,641 時間																																																															
		513 時間																																																															
		21 時間																																																															
		14 時間																																																															
重大事故 等時*3		1 時間	704,334 時間 (約 80.3 年)																																																														
		409 時間																																																															
		173 時間																																																															
		10,695 時間																																																															
		129,222 時間																																																															
		26,677 時間																																																															
		203,784 時間																																																															
		70,569 時間																																																															
		61,687 時間																																																															
		48,908 時間																																																															
		45,719 時間																																																															
		24,977 時間																																																															
		19,662 時間																																																															
	17,156 時間																																																																
	14,782 時間																																																																
	11,551 時間																																																																
	8,184 時間																																																																
	10,178 時間																																																																

<p>説 明</p>	<div data-bbox="418 353 1362 1012" data-label="Image"></div> <p data-bbox="564 1048 1246 1079">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

事故時雰囲気暴露の試験条件を別紙 5. 添付-3)-4 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)-3、重大事故等時の安全解析結果および設計基準事故（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。

	条件（温度－時間）	65℃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	300,726 時間 (約 34 年)
		303 時間	
		105 時間	
		5,360 時間	
		48,819 時間	
		11,755 時間	
		83,957 時間	
		29,726 時間	
		26,574 時間	
		21,551 時間	
		20,613 時間	
		11,524 時間	
		9,286 時間	
		8,296 時間	
7,321 時間			
5,859 時間			
4,254 時間			
5,422 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)-7 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)-3、重大事故等時の安全解析結果は添付-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>			
	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. 5 年)
			3, 641 時間	
			513 時間	
			21 時間	
			14 時間	
	重大事故 等時*3		146 時間	704, 334 時間 (約 80. 3 年)
			1 時間	
			409 時間	
			173 時間	
			10, 695 時間	
			129, 222 時間	
			26, 677 時間	
			203, 784 時間	
			70, 569 時間	
			61, 687 時間	
			48, 908 時間	
			45, 719 時間	
24, 977 時間				
19, 662 時間				
17, 156 時間				
14, 782 時間				
11, 551 時間				
8, 184 時間				
10, 178 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	21,327,761年 (100年以上)
		3年	
		22年	
		18,964年	
		11,892,974年	
		285,800年	
		5,588,582年	
		1,419,148年	
		906,869年	
		523,967年	
		355,806年	
		140,746年	
		79,962年	
		50,185年	
		30,999年	
17,304年			
8,728年			
7,701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 (広域)	MS-1, 重	①	○	○	
		加圧器圧力	MS-1	①	○	—	
流量		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	○	○	
制御設備	LAN	使用済燃料ピット監視カメラ LAN	重	②	—	○	

\*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-11	41	0.0003	○	○
	B-14	36	0.00001		
加圧器圧力	A-5	29	0.0012	○	—
蒸気流量	D-2	43	0.0001	○	—
	D-5	42	0.0013		
	D-7	42	0.0013		
加圧器水位	B-9	38	0.0014	○	○
格納容器再循環サンプ水位 (広域・狭域)	A-5	29	0.0012	○	○
蒸気発生器狭域水位	D-2	43	0.0001	○	○
	D-5	42	0.0013		
	D-7	42	0.0013		
	B-10	41	0.0006		
	B-12	43	0.0013		
	B-18	30	0.0014		
蒸気発生器広域水位	D-1	41	0.00001	○	○
	D-5	42	0.0013		
	D-7	42	0.0013		
原子炉水位	B-16	35	0.0014	—	○

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 122°C (最高温度)	607kGy (最大集積線量)	約 0.26MPa[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 0.305MPa[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 270kGy*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： $0.0014 \text{ [Gy/h]} \times (24 \times 365.25) \text{ [h/y]} \times \square \text{ [y]} = \square \text{ Gy}$

\*4：607kGy（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 270kGy 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)-3 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)-4 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。

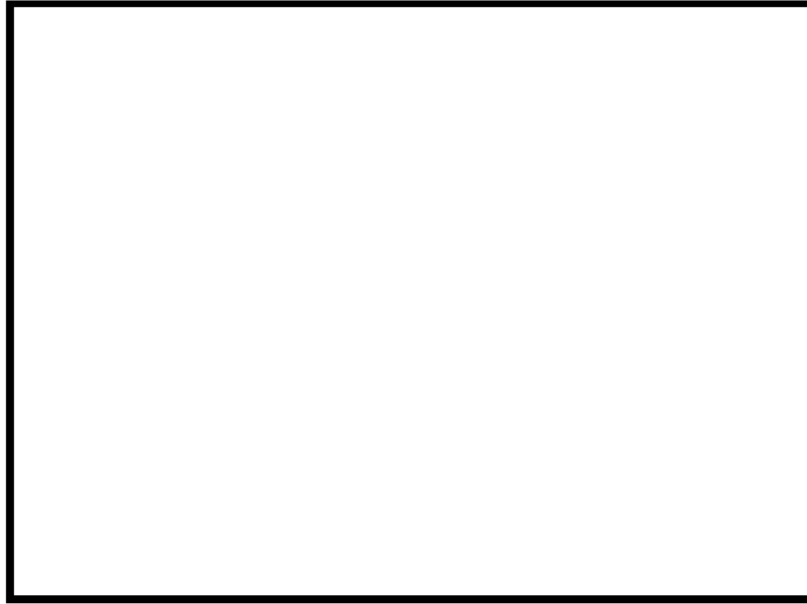


図 2.1.1 伝送器（ダイヤフラム） 設計基準事故時雰囲気暴露試験条件

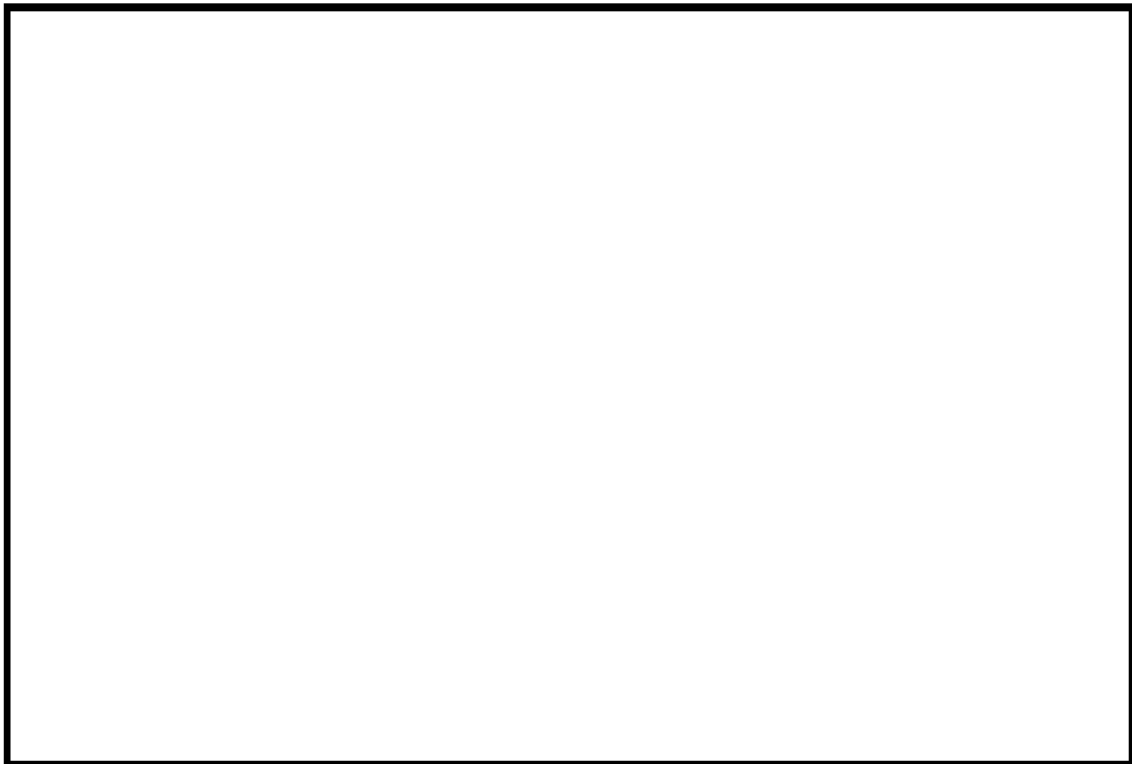


図 2.1.2 伝送器（ダイヤフラム） 重大事故等時（格納容器過温破損）の  
安全解析結果および事故時雰囲気暴露の試験条件

## 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 40℃（平均温度）*2	0.15mGy/h 以下*3
重大事故等時*1	約 100℃（最高温度）	

\*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：原子炉格納容器外の設計平均温度

\*3：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 29℃*1 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*2 + 伝送器周囲の重大事故等時積算線量約 0.03 Gy*3 を包絡

\*1：高浜1号炉においては当該エリアの環境温度の測定実績はなく、通常運転時の周囲温度は約40℃としている。一方で、通常運転時は空調環境下であり、高浜3，4号炉および大飯3，4号炉の測定実績の最大値23.9℃に5℃の余裕を加えた29℃に包絡されると考えられるため、29℃の環境条件で評価を実施した。なお、今後実機の環境測定を実施する計画であり、29℃の環境条件を超過する場合には、必要に応じて評価を見直すこととしている。

\*2： $0.15[\text{mGy/h}] \times (24 \times 365.25) [\text{h/y}] \times \square [\text{y}] = \square \text{Gy}$

\*3： $0.15[\text{mGy/h}] \times 24[\text{h/d}] \times 7 [\text{d}] = 0.03 \text{Gy}$

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*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2.2.4 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-1	46	0.2897	○	○
	C-3, D-14	36	0.3747	○	○
	C-5, D-15	34	0.3526	○	○
1次冷却材低温側温度 (広域)	C-2	32	0.2936	○	○
	C-4, D-14	36	0.0788	○	○
	C-6, D-16	48	0.1949	○	○
1次冷却材高温側温度 (狭域)	C-1	46	0.2897	○	—
	C-3, D-13	42	0.3747	○	—
	C-5, D-15	34	0.3526	○	—
1次冷却材低温側温度 (狭域)	C-2, D-11	42	0.2936	○	—
	C-3, D-13	42	0.3747	○	—
	C-5, D-15	34	0.3526	○	—
格納容器温度	E-9	43	0.0013	○	○
	E-15	43	0.00001	○	○

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 122°C (最高温度)	607kGy (最大集積線量)	約 0.26MPa[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 0.305MPa[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
□年	設計基準事故 または 重大事故等時	<p>メーカー試験 &lt;加速熱劣化&gt; ・160°C×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 48°C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□kGy*1+設計基準事故時積算線量 607 kGy または重大事故等時積算線量 500 kGy を包絡</p>

\*1 :  $0.3747 [\text{Gy/h}] \times (24 \times 365.25) [\text{h/y}] \times \square [\text{y}] = \square \text{ kGy}$

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°C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)-3 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-3)-4 参照】	□	1 時間	985 時間
		6 時間	
		1 時間	
		28 時間	
		102 時間	
		40 時間	
		232 時間	
		88 時間	
		85 時間	
		74 時間	
		76 時間	
		46 時間	
		40 時間	
		38 時間	
37 時間			
32 時間			
25 時間			
34 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。

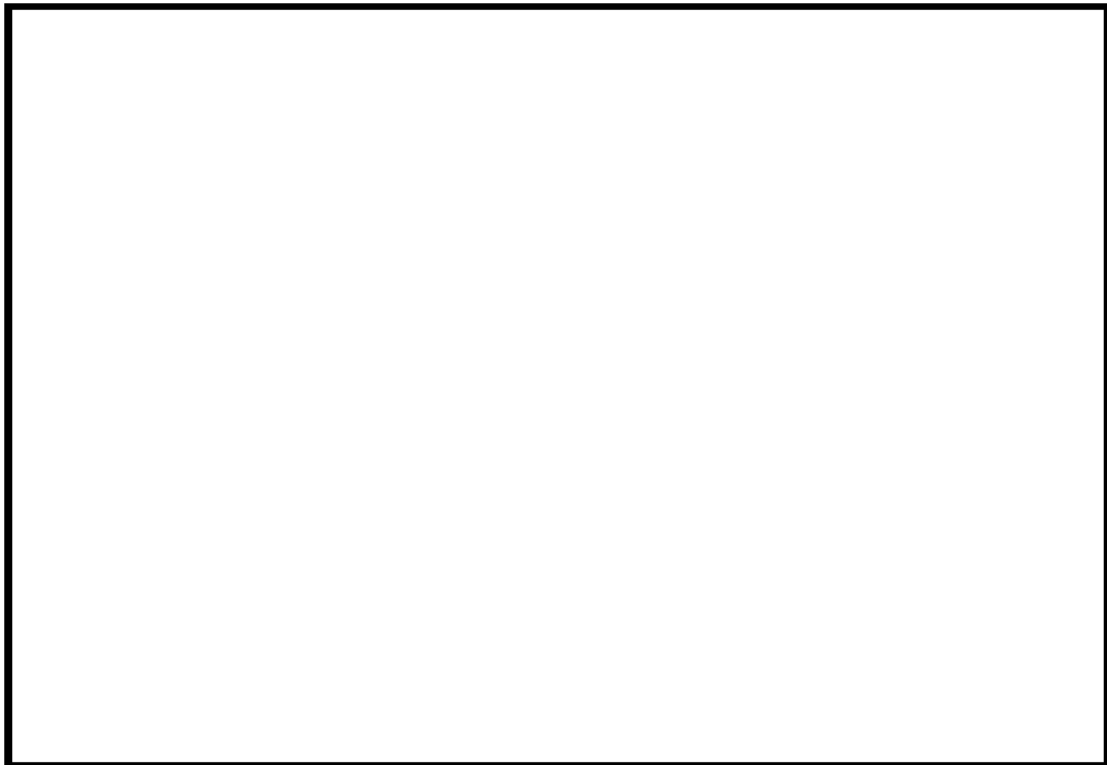


図 2.3.1 測温抵抗体 事故時雰囲気暴露試験条件

## 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 40℃（平均温度）*2	0.15mGy/h 以下*3
重大事故等時*1	約 100℃（最高温度）	

\*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：原子炉格納容器外の設計平均温度

\*3：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*3	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29℃*1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*2+伝送器周囲の重大事故等時積算線量約0.03 Gy*3を包絡

\*1：高浜1号炉においては当該エリアの環境温度の測定実績はなく、通常運転時の周囲温度は約40℃としている。一方で、通常運転時は空調環境下であり、高浜3、4号炉および大飯3、4号炉の測定実績の最大値23.9℃に5℃の余裕を加えた29℃に包絡されることが考えられるため、29℃の環境条件で評価を実施した。なお、今後実機の環境測定を実施する計画であり、29℃の環境条件を超過する場合には、必要に応じて評価を見直すこととしている。

\*2： $0.15[\text{mGy/h}] \times (24 \times 365.25) [\text{h/y}] \times \square [\text{y}] = \square \text{Gy}$

\*3： $0.15[\text{mGy/h}] \times 24[\text{h/d}] \times 7 [\text{d}] = 0.03 \text{Gy}$

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-7	42	0.0013
	E-12	43	0.2897
	E-13	41	0.3747
	E-14	42	0.3526
原子炉格納容器 水素燃焼装置温度	A-1, 3~5, 8	29	0.0012
	D-6	47	0.0013
	D-11	42	0.0372
	D-13	42	0.3747
	D-15	34	0.0974
	E-11	46	0.0005
	E-12	43	0.2897

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 0.305MPa [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
□年	<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」</p> <p>&lt;熱・放射線同時劣化&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・107℃-145.4Gy/h-215日間のエージング</li> <li>→アレニウス換算 □ [eV] (EPRI)、□ [kcal/mol] (ACA)、通常運転時 47℃*1で、稼働率を考慮して □ 年相当と評価</li> <li>→積算線量 750 kGy*2</li> </ul> <p>&lt;事故時放射線照射&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・積算線量 500kGy (10kGy/h)</li> <li>→積算線量 500 kGy に熱・放射線同時劣化による線量 750 kGy を加えた線量は、想定される通常運転時 □ kGy*3 + 重大事故等時積算線量約 500 kGy を包絡</li> </ul>

\*1：熱電対周囲の最大実測値

\*2：145.4[Gy/h] × (215[d] × 24[h/d]) = 750 kGy

\*3：0.3747 [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】		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-3）-4 参照】		1 時間	985 時間
		6 時間	
		1 時間	
		28 時間	
		102 時間	
		40 時間	
		232 時間	
		88 時間	
		85 時間	
		74 時間	
		76 時間	
		46 時間	
		40 時間	
		38 時間	
		37 時間	
	32 時間		
	25 時間		
	34 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

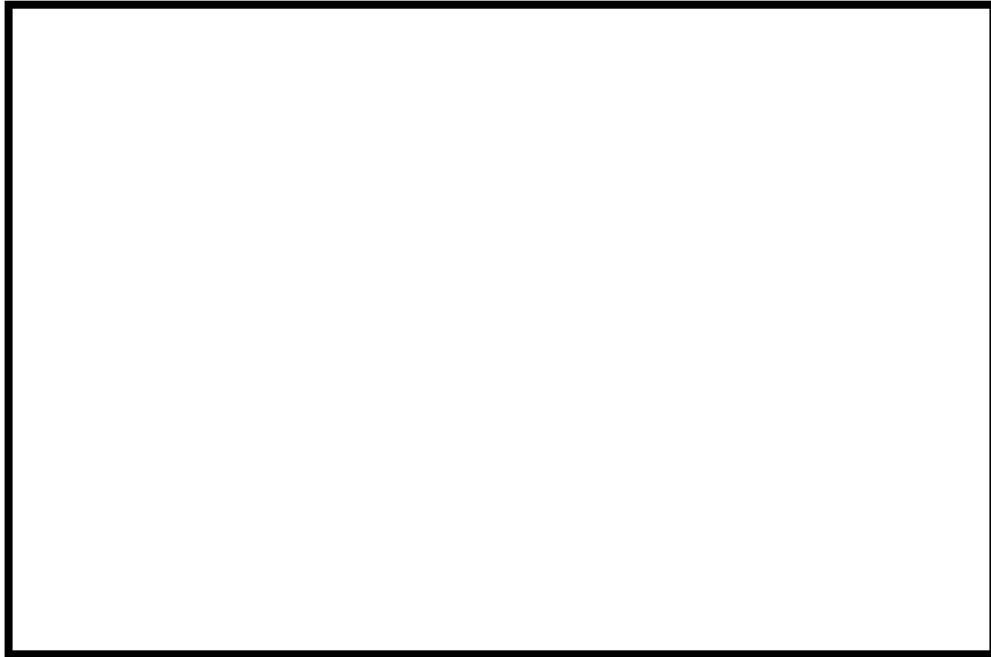


図 2.5.1 熱電対 事故時雰囲気暴露試験条件（重大事故等時）

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。

2.6 LAN（使用済燃料ピット監視カメラ）

LAN（使用済燃料ピット監視カメラ）に適用される環境条件を表2.6.1に示す。

表 2.6.1 LAN（使用済燃料ピット監視カメラ）の使用環境条件

	周囲温度	線量率
通常運転時	約 40℃（平均温度）*2	0.15mGy/h 以下*3
重大事故等時*1	約 100℃（最高温度）	

\*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：原子炉格納容器外の設計平均温度

\*3：原子炉周辺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LAN（使用済燃料ピット監視カメラ）の取替周期および根拠を表2.6.2に、事故時雰囲気暴露試験の包絡性を表2.6.3に、事故時雰囲気暴露試験後の健全性試験結果を表2.6.4に示す。

表 2.6.2 LAN（使用済燃料ピット監視カメラ）の使用環境条件

取替周期	根拠
□年*3	<p>&lt;加速熱劣化&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・100℃×912時間のエージング</li> <li>→アレニウス換算（□[kcal/mol]（ACA）、通常運転時 29℃*1で □年に相当すると評価</li> </ul> <p>&lt;放射線照射&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・積算線量 912Gy（1.0Gy/h）+2.0kGy（500Gy/h）</li> <li>→想定される通常運転時 □Gy*2+伝送器周囲の重大事故等時積算線量約 0.03 Gy*3を包絡</li> </ul>

\*1：高浜1号炉においては当該エリアの環境温度の測定実績はなく、通常運転時の周囲温度は約40℃としている。一方で、通常運転時は空調環境下であり、高浜3、4号炉および大飯3、4号炉の測定実績の最大値23.9℃に5℃の余裕を加えた29℃に包絡され则认为られるため、29℃の環境条件で評価を実施した。なお、今後実機の環境測定を実施する計画であり、29℃の環境条件を超過する場合には、必要に応じて評価を見直すこととしている。

\*2： $0.15[\text{mGy/h}] \times (24 \times 365.25) [\text{h/y}] \times \square [\text{y}] = \square \text{ Gy}$

\*3： $0.15[\text{mGy/h}] \times 24[\text{h/d}] \times 7 [\text{d}] = 0.03 \text{ Gy}$

表 2.6.3 LAN（使用済燃料ピット監視カメラ）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2.6.4 LAN（使用済燃料ピット監視カメラ）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) 高経年化技術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

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	開放型三相誘導電動機	
		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	
		三重同軸型	モジュラー型	
	弁電動装置	ループ余熱除去第1入口弁電動装置	SMB-3	
	高圧ケーブル	難燃高圧CSHVケーブル	高圧架橋ポリエチレン絶縁難燃低塩酸特殊耐熱ビニルシース	
	低圧ケーブル	難燃KKケーブル	シリコーンゴム絶縁難燃シリコーンゴムシース	
		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	
	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-1		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			
	三重同軸型	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	ループ余熱除去側第1入口弁電動装置	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	PA ケーブル 難燃 KK ケーブル 難燃 PH ケーブル SHVV ケーブル VV 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	三重同軸ケーブル 難燃三重同軸ケーブル	絶縁体、内部シース	絶縁抵抗測定			
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			
	原子炉格納容器外電動弁コネクタ接続	絶縁物等	絶縁抵抗測定			
	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			

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
動力変圧器	動力変圧器 (安全系)	コイル	絶縁抵抗測定			
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	非常用ディーゼル発電機制御盤	計器用変流器	絶縁抵抗測定			
		励磁装置	絶縁抵抗測定			
			絶縁抵抗測定 (絶縁試験)			
			tan δ			
			直流吸収試験			
空調モータ	制御建屋送気ファンモータ 制御建屋循環ファンモータ	固定子コイル、口出線	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	計器用空気圧縮装置 空気圧縮機モータ	固定子コイル、口出線・接続部品	絶縁抵抗測定			
燃料取扱設備 (クレーン関係)	①燃料取換クレーン 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	非常用ディーゼル発電機	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/4台)	第19回定期検査時 (2000年度)	予防保全
	海水ポンプモータ	固定子更新 (1台/4台)	第20回定期検査時 (2001年度)	予防保全
	海水ポンプモータ	固定子更新 (1台/4台)	第21回定期検査時 (2002年度)	予防保全
	海水ポンプモータ	固定子更新 (1台/4台)	第22回定期検査時 (2004年度)	予防保全
	電動補助給水ポンプ モータ	固定子更新 (1台/2台)	第21回定期検査時 (2002年度)	予防保全
	電動補助給水ポンプ モータ	固定子更新 (1台/2台)	第27回定期検査時 (2010~2023年度)	予防保全
	充てん/高圧注入 ポンプモータ	一式更新 (3台/3台)	第17回定期検査時 (1997年度)	予防保全
	1次系冷却水ポンプ モータ	一式更新 (2台/4台)	第16回定期検査時 (1995~1996年度)	予防保全
	1次系冷却水ポンプ モータ	一式更新 (2台/4台)	第17回定期検査時 (1997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 (6台/6台)	第27回定期検査時 (2010~2023年度)	予防保全
低圧ケーブル	難燃 PH ケーブル	一式更新 (4本)	第27回定期検査時 (2010~2023年度)	予防保全
ディーゼル発 電機	非常用ディーゼル発 電機	固定子更新 (2台/2台)	第12回定期検査時 (1990~1991年度)	予防保全
無停電電源	安全系インバータ	一式更新 (4台/4台)	第27回定期検査時 (2010~2023年度)	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 試験種別</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>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> <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>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>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 試験種別	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	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 試験種別	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																													
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 1 号炉の判定基準

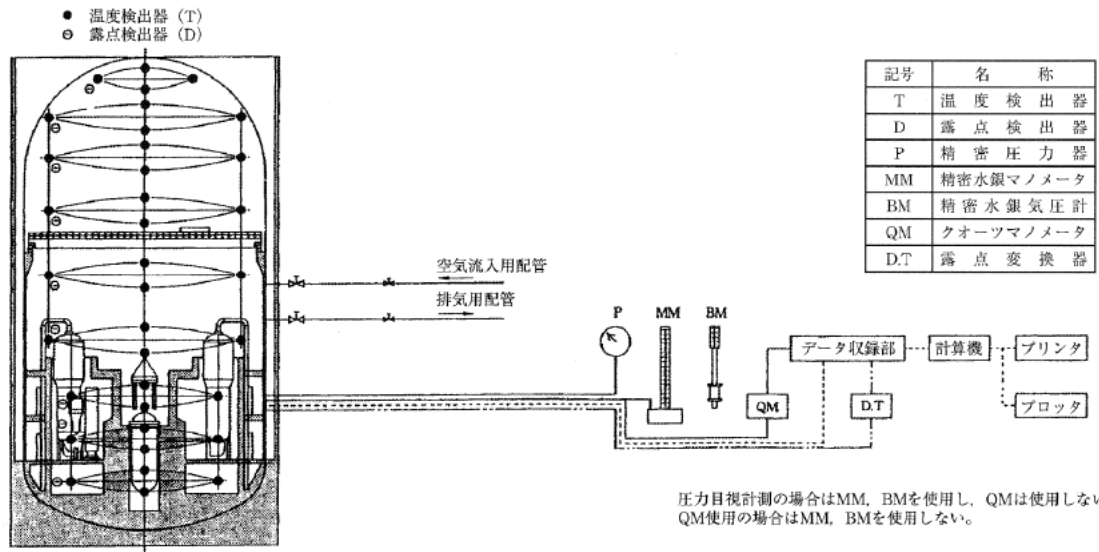


図 A 種試験 概念図<sup>[1]</sup>

モジュールタイプ (例)

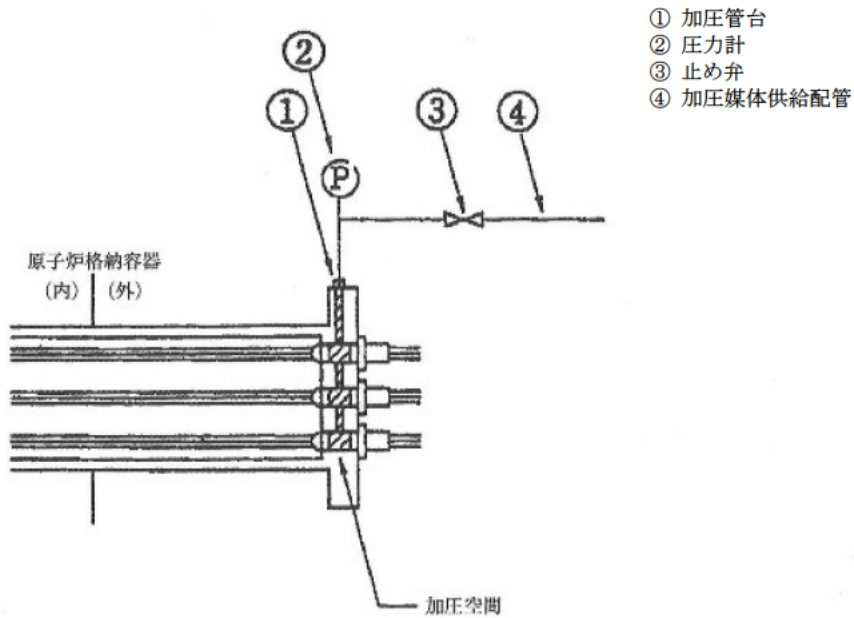


図 B 種試験 (電気配線用貫通部) 概念図<sup>[1]</sup>

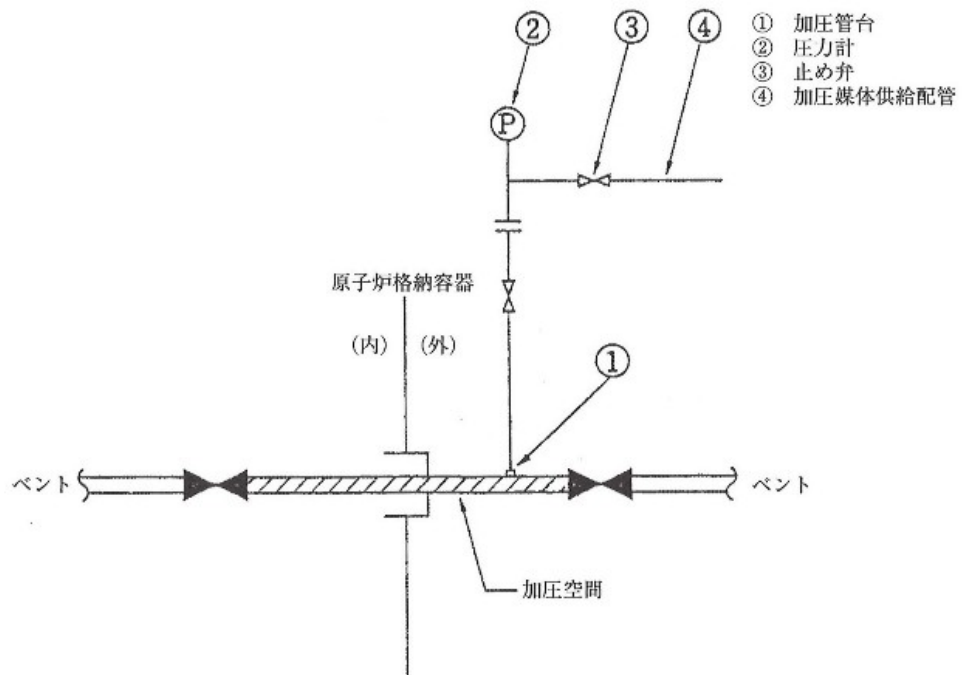


図 C 種試験 概念図<sup>[1]</sup>

[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 (三重同軸型)</p> <p>電気ペネトレーション (三重同軸型) 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。JEAG4623 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)-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（三重同軸型） 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> <p>-----</p> <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（三重同軸型） 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（三重同軸型） 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 (三重同軸型) 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電できるものとする。</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電させる。</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 1 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	高経年化技術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 607kGy および 500kGy の妥当性について以下に示す。
説明	<p>高経年化技術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 28 年 6 月 10 日付（原規規発第 1606104 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（607kGy（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 607kGy 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 1 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) の最長のは、それぞれ①186m、②50mおよび③100m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	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>ケーブルトレンチ排水ポンプ  点検項目：絶縁抵抗測定  外観点検  運転状態確認 (電流測定)  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、台風等による大雨が予想される場合、恒設の排水ポンプによりサンプの水位を下げたり、排水ポンプの運転確認、排水先の確認、仮設ポンプの設置を行い、ケーブルが浸水する状況にならないように備えることとしている。</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) 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.7 表4.1-3 「*3：ケーブルトレイの温度上昇値（12℃）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（12℃）」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10℃ 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：2℃ 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加圧器ヒータ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47℃、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 9.16 °C 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12℃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]  $\Rightarrow$  [ ]

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

$T_c$  : ケーブル総体の平均表面温度 [°C]  $\Rightarrow$  [ ]

$T_a$  : 周囲温度 [°C]  $\Rightarrow 47$

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

$\varepsilon$  : 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]  $\Rightarrow$  [ ]

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

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]  $\Rightarrow 400$

$d$  : ケーブル総体深さ [cm]  $\Rightarrow$  [ ]

$w$  : 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	
	218.7				○	1A 加圧器ヒータ（バックアップ用）
	218.7				○	1A 加圧器ヒータ（バックアップ用）
	218.7				○	1A 加圧器ヒータ（バックアップ用）
	175.0	○				1号加圧器ヒータ（制御用）
	175.0	○				1号加圧器ヒータ（制御用）
	175.0	○				1号加圧器ヒータ（制御用）
	134.1	○				1A 格納容器循環ファン
	134.1	○				1A 格納容器循環ファン
	134.1	○				1C 格納容器循環ファン
	134.1	○				1C 格納容器循環ファン
	77.6	○				1A 制御棒駆動装置冷却ファン
	77.6	○				1A 制御棒駆動装置冷却ファン
	77.6	○				1C 制御棒駆動装置冷却ファン
	77.6	○				1C 制御棒駆動装置冷却ファン
	13.1	○				1号格納容器動力盤
	0.0				○	格納容器内作業環境対策設備
	79.9	○				1A 原子炉しゃへい冷却ファン
	0.0				○	定検用 C/V 作業用電源
	16.0				○	1A ループ余熱除去系第1入口弁
	16.0				○	1A ループ余熱除去系第2入口弁
	26.3				○	1B アクムレータ出口弁
	19.6				○	1A アクムレータ出口弁
	13.1				○	1A 冷却ポンプ油ポンプ
	13.1				○	1C 冷却ポンプ油ポンプ
	18.0				○	1 キャビティ排気ファン
	14.7				○	1A 格納容器浄化ファン
	8.0				○	1A 冷却材ドレンポンプ
	7.6				○	1A 加圧器逃しライン元弁
	5.6				○	1 キャビティ送気ファン
	2.2				○	1A 格納容器サンプポンプ
	1.1				○	A ループ高温側サンプル第1隔離弁
	0.6				○	1ACRDM 空調装置冷却水出口弁
	0.6				○	1ACRDM 空調装置冷却水入口弁
	0.6				○	1A 格納容器循環空調装置冷却水出口弁
	0.6				○	1A 格納容器循環空調装置冷却水入口弁



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>・ポットティング材：約5℃</li> <li>・外部リード：約8℃（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、60LP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（ポットティング材）の温度上昇値： [ ] [℃]</li> <li>・供試体（外部リード）の温度上昇値 [ ] [℃]</li> <li>・60LP型の単位長さあたりの総発熱量 [ ] [W/mm]</li> </ul> <p>ポット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、ポットティング材の温度上昇値を約5℃、外部リードの温度上昇値を約8℃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>・ポットティング材：43℃+7℃（裕度）=50℃</li> <li>・外部リード：38℃+8℃（温度上昇値）=46℃</li> </ul> <p>（温度上昇の考慮が不要な場合、制御用、計装用：43℃）</p> <p>ポットティング材については、温度上昇値5℃となる電気ペネの周囲温度が38℃（別紙1 添付-1）参照）で、温度上昇を考慮しても43℃であり、周囲温度43℃の電気ペネトレーションと同じであるため、43℃に裕度を考慮した。また、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力用電気ペネトレーションは上記を除いて2台あるが、いずれも通常運転時の通電電流値が極めて小さく、通電による温度上昇の考慮が不要である。</p>

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.7 表4.1-3の「*3:ケーブルトレイの温度上昇値(12℃)」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.27 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47℃のエリアであり、47℃に通電による温度上昇等(温度上昇約10℃、余裕2℃)を考慮した59℃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>

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1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、1次冷却材系統コールドレグ行き安全注入系統ヘッド流量計および余熱除去ポンプ入口弁（電動弁）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1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プロファイルを別紙10.添付-1)および添付-2)に示す。同事故時プロファイルでは、充てん/高圧注入ポンプおよび1次冷却材系統コールドレグ行き安全注入系統ヘッド流量計の設置区画の最高温度約74℃、余熱除去ポンプ入口弁の設置区画の最高温度約102℃で、かつ30分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っており、<input type="text"/>時間後にそれぞれ約<input type="text"/>℃、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に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別紙10.添付-1)および添付-2)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、多くても約1.4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"/>℃、約<input type="text"/>℃まで低下しており、対象機器の健全性確認温度（最も低い流量計で<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>

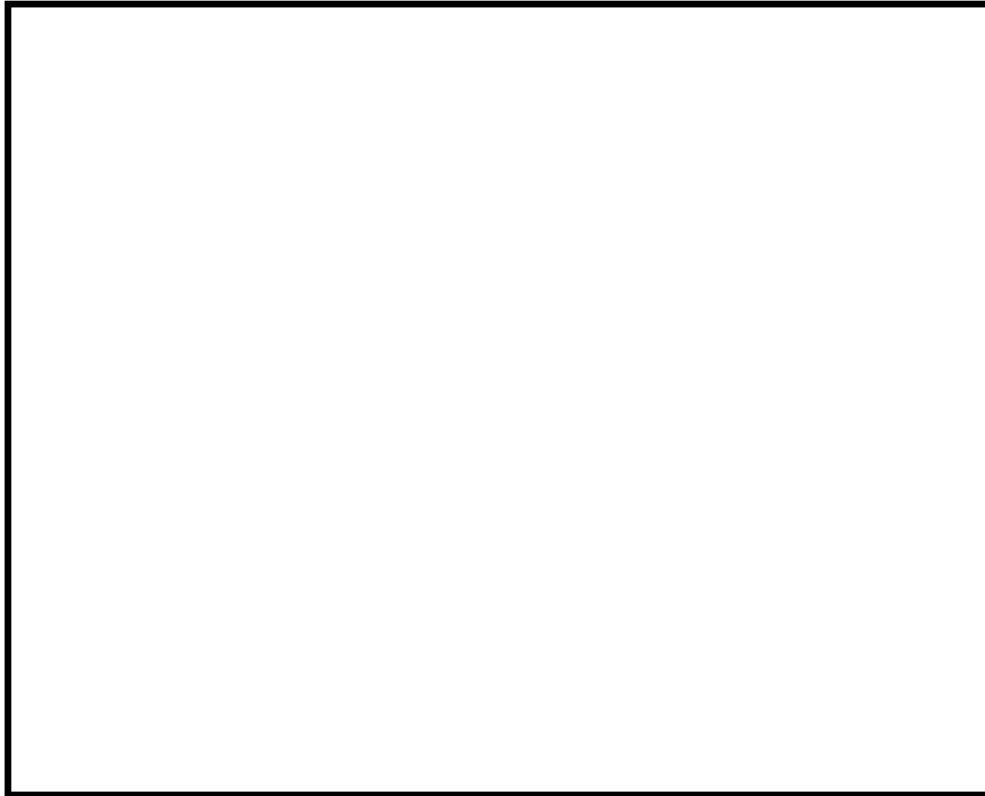


図1 高浜1号炉 ISLOCA時の充てん／高圧注入ポンプおよび1次冷却材系統コードドレグ行き安全注入系統ヘッド流量計設置区画における雰囲気温度の推移

蒸気暴露時間	温度	通常環境温度への換算時間
		約0.5日
		約0.2日
		約0.1日
		Total : 約0.8日

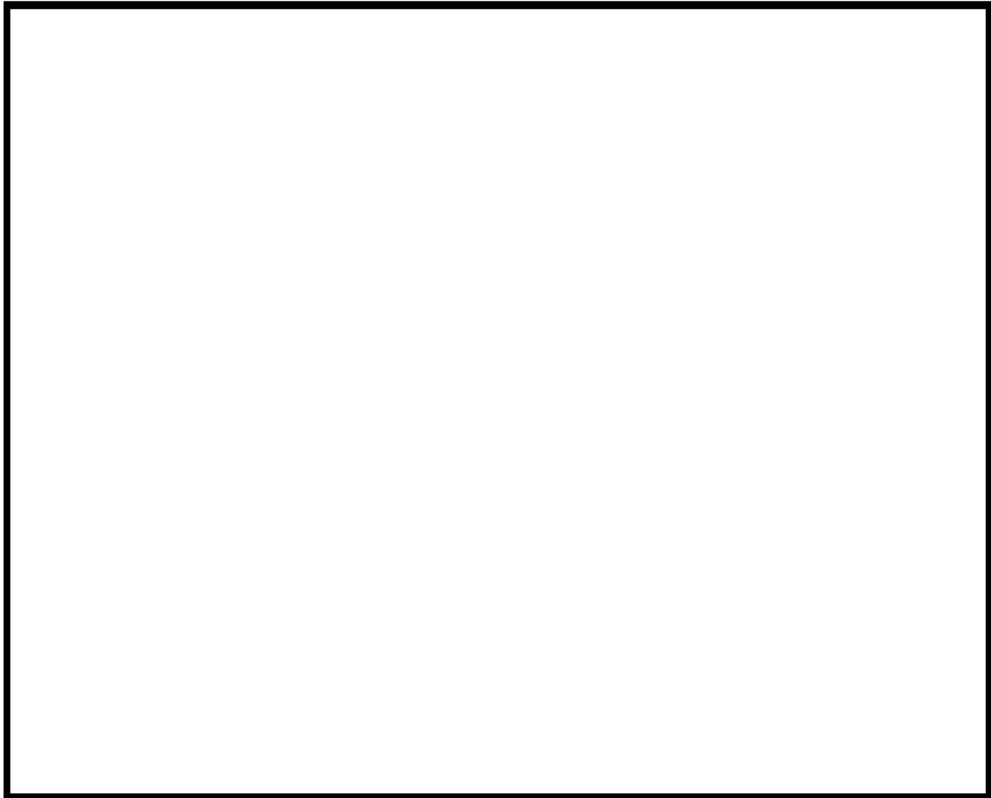
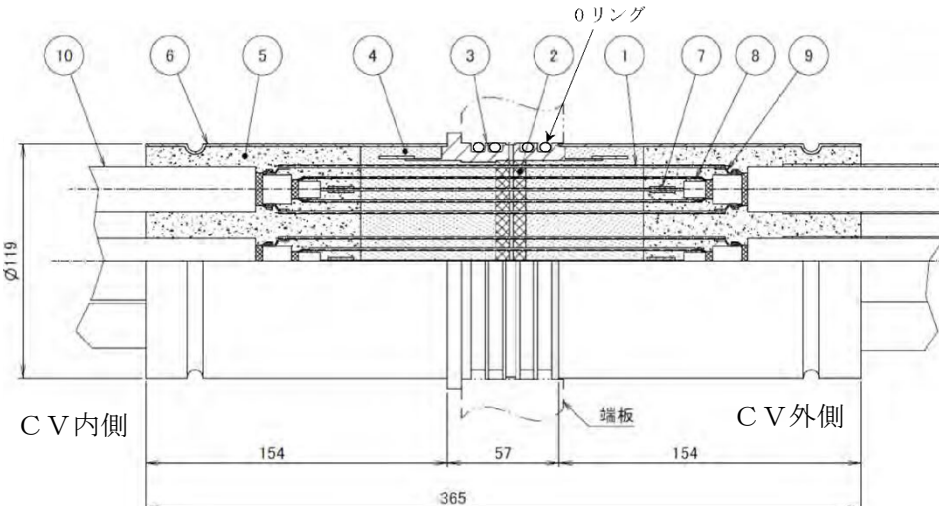


図2 高浜1号炉 ISLOCA時の電動弁設置区画における雰囲気温度の推移

蒸気暴露時間	温度	通常環境温度への換算時間
		約1.4日
		Total : 約1.4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1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>69,500 \text{m}^3</math>であることから、<math>69,500 \times 10^6 (\text{cm}^3) \times 0.1 (\%) / \{24 (\text{時間}) \times 60 (\text{分}) \times 60 (\text{秒})\} \approx 804 \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>804 \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)																																