

玄海原子力発電所 3 号炉 審査資料	
資料番号	QGN3-PLM30-絶縁低下
提出年月日	2023 年 4 月 20 日

玄海原子力発電所 3 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

2023 年 4 月 20 日  
九州電力株式会社

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	12
4.1.3 総合評価	12
4.1.4 高経年化への対応	12
4.2 電気ペネトレーションの技術評価	13
4.2.1 健全性評価	13
4.2.2 現状保全	33
4.2.3 総合評価	33
4.2.4 高経年化への対応	33

5. 代表機器以外の技術評価	34
6. まとめ	40
6.1 審査ガイド適合性	40
6.2 長期施設管理方針として策定する事項	41
7. 添付資料	42
別紙1. 弁電動装置の評価について	1-1
別紙2. 低圧ケーブル（難燃PHケーブル以外）の評価について	2-1
別紙3. 同軸ケーブルの評価について	3-1
別紙4. ケーブル接続部の評価について	4-1
別紙5. 計測制御設備の評価について	5-1
別紙6. 電気・計装品の評価（共通項目）	6-1
別紙7. 屋外ケーブルの水トリーに対する保全内容について	7-1
別紙8. 電気ペネトレーションの製造メーカーによる構造等の相違について	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. I S L O C A環境下における機器への影響について	10-1

## 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 1 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、対象機器について絶縁低下に対する技術評価を行い、運転開始後 60 年時点までの期間において「実用発電用原子炉施設における高経年化対策審査ガイド」及び「実用発電用原子炉施設における高経年化対策実施ガイド」の要求事項を満たすことを確認することである。

電気・計装品の絶縁低下についての要求事項を表 2.1 に整理する。

表2.1 電気・計装品の絶縁低下についての要求事項

ガイド	要求事項
<p>実用発電用原子炉施設における高経年化対策審査ガイド</p>	<p>3. 高経年化技術評価等の審査の視点・着眼点</p> <p>(1) 高経年化技術評価の審査</p> <p>⑫健全性の評価 実施ガイド3. 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。</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>イ 実用炉規則第82条第1項の規定に基づく高経年化技術評価プラントの運転を開始した日から60年間（ただし、⑧ただし書の規定に該当する場合にはプラントの運転を開始した日から40年間とする。）</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、電氣的及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、設計基準事故及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）及び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及び評価手法を以下に示す。

- ① IEEE Std. 275-1966 「IEEE Recommended Practice for Thermal Evaluation of Insulation Systems for AC Electric Machinery Employing Form-Wound Pre-Insulated Stator Coils, Machines Rated 6900 V and Below」
- ② IEEE Std. 117-1956 「IEEE Standard Test Procedure for Evaluation of Systems of Insulating Materials for Random-Wound Electric Machinery」
- ③ IEEE Std. 323-1974 「IEEE Standard for Qualifying Class 1E Equipment for Nuclear Power Generating Stations」 （以下「IEEE Std. 323-1974」という。）
- ④ IEEE Std. 383-1974 「IEEE Standard for Type Test of Class 1E Electric Cables, Field Splices, and Connections for Nuclear Power Generating Stations」 （以下、「IEEE Std. 383-1974」という。）
- ⑤ IEEE Std. 317-2013 「IEEE Standard for Electric Penetration Assemblies in Containment Structures for Nuclear Power Generating Stations」 （以下「IEEE Std. 317-1983」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 電気学会技術報告Ⅱ部第139号「原子力発電所用電線・ケーブルの環境試験方法並びに耐延焼性試験方法に関する推奨案<sup>\*1</sup>」（以下、「電気学会推奨案」という。）
- ⑧ 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。）
- ⑨ 原子力プラントのケーブル経年変化評価技術調査研究に関する最終報告書（JNES-SS-0903）（以下、「ACA」という。）

\*1：IEEE Std. 323-1974及びIEEE Std. 383-1974の規格を根幹にした、ケーブルの加速劣化方法を含む試験条件、試験手順、並びに判定方法が述べられている。



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
ポンプ用電動機	高圧ポンプ用電動機	固定子コイル、口出線・接続部品	—	—
	低圧ポンプ用電動機	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	○	—
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	保護リレー他	—	—
計測制御設備	制御設備	計器用変流器他	—	—
空調設備	電動機	固定子コイル、口出線他	—	—
機械設備	制御用空気圧縮装置	固定子コイル、口出線・接続部品	—	—
	燃料取扱設備（クレーン関係）	電動機の固定子コイル他	—	—
	燃料移送装置	変圧器	—	—
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	—	—
	非常用ディーゼル発電機 機関本体付属設備（ポンプ）	電動機の固定子コイル、口出線	—	—
	直流電源設備	保護リレー（機械式）、変圧器、 計器用変圧器	—	—
	計器用電源設備	変圧器	—	—
	制御棒駆動装置用電源設備	ばね蓄勢用モータ	—	—
	大容量空冷式発電機	固定子巻線、回転子巻線等	—	—

\*1：実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則第十二条（安全施設）第3項の要求を踏まえ選定

\*2：実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則第四十三条（重大事故等対処設備）の要求を踏まえ選定（常設設備）

#### 4. 代表機器の技術評価

##### 4.1 低圧ケーブル（難燃PHケーブル）の技術評価

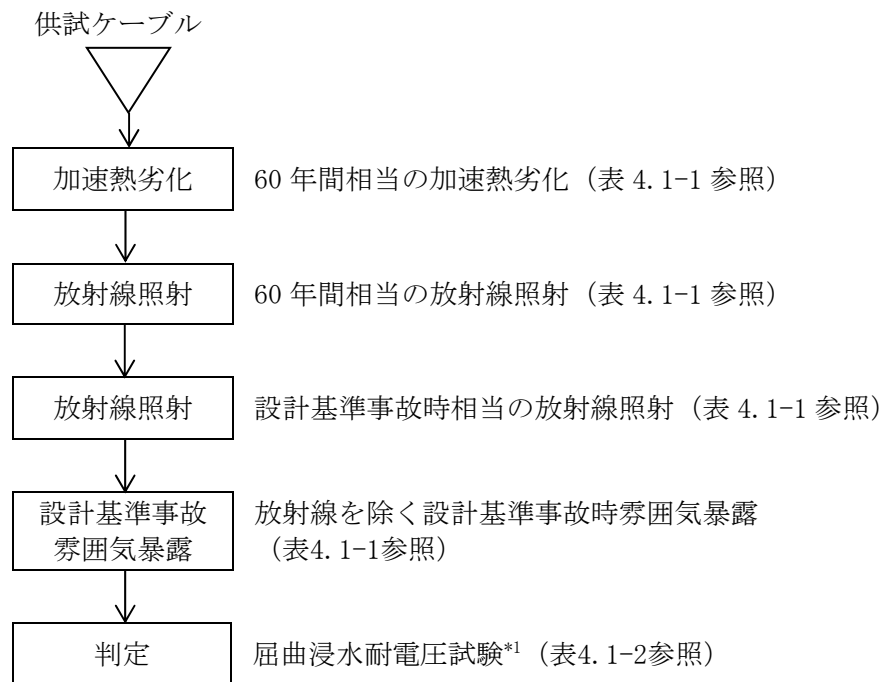
###### 4.1.1 健全性評価

###### 4.1.1.1 電気学会推奨案による健全性評価（設計基準事故時）

###### a. 評価手順

設計基準事故時雰囲気内で機能要求がある難燃PHケーブルは、電気学会推奨案に基づく実機同等品による長期健全性試験により評価した。

難燃PHケーブルの長期健全性試験手順を図4.1-1に示す。



\*1：屈曲浸水耐電圧試験の試験手順は以下のとおりである

- ① 直線状に試料を伸ばした後、試料外径の約40倍のマンドレルに巻付ける
- ② ①の両端部以外を常温の水中に浸し1時間以上放置する
- ③ ②の状態、公称絶縁体厚さに対し交流電圧3.2kV/mmを5分間印加し、絶縁破壊が生じるか否かを調べる

図4.1-1 難燃PHケーブルの長期健全性試験手順

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、玄海3号炉の実機環境に基づいて60年間の運転期間及び設計基準事故を想定した劣化条件を包絡している。

表4.1-1 難燃PHケーブルの長期健全性試験条件（設計基準事故）\*1

		試験条件	60年間の通常運転時の使用条件【添付-2）参照】に基づく劣化条件【添付-3）参照】又は設計基準事故時の環境条件【添付-4）参照】
通常運転相当	温度	140℃-9日	111℃-9日 (=56℃*2-60年)
	放射線 (集積線量)	500kGy (7.3kGy/h)	158kGy*3
設計基準事故相当	放射線 (集積線量)	1,500kGy (7.3kGy/h)	824kGy
	温度	最高温度： 190℃	最高温度：約144℃
	圧力	最高圧力： 0.41MPa[gage]	最高圧力：約0.392MPa[gage]

\*1：設計基準事故時における環境条件が厳しい原子炉格納容器内ケーブルの条件を代表として記載

\*2：原子炉格納容器内でのケーブル布設エリアの温度（約38℃）に通電による温度上昇を加えた温度として設定

\*3： $0.3[\text{Gy/h}] \times (24 \times 365.25) [\text{h/y}] \times 60 [\text{y}] = 158\text{kGy}$

c. 評価結果

難燃PHケーブルの長期健全性試験結果を表4.1-2に示す。

電気学会推奨案に基づく評価の結果、玄海3号炉の難燃PHケーブルは、運転開始後60年時点においても絶縁機能を維持できると判断する。

表4.1-2 難燃PHケーブルの長期健全性試験結果

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

[出典：九州電力研究データ]

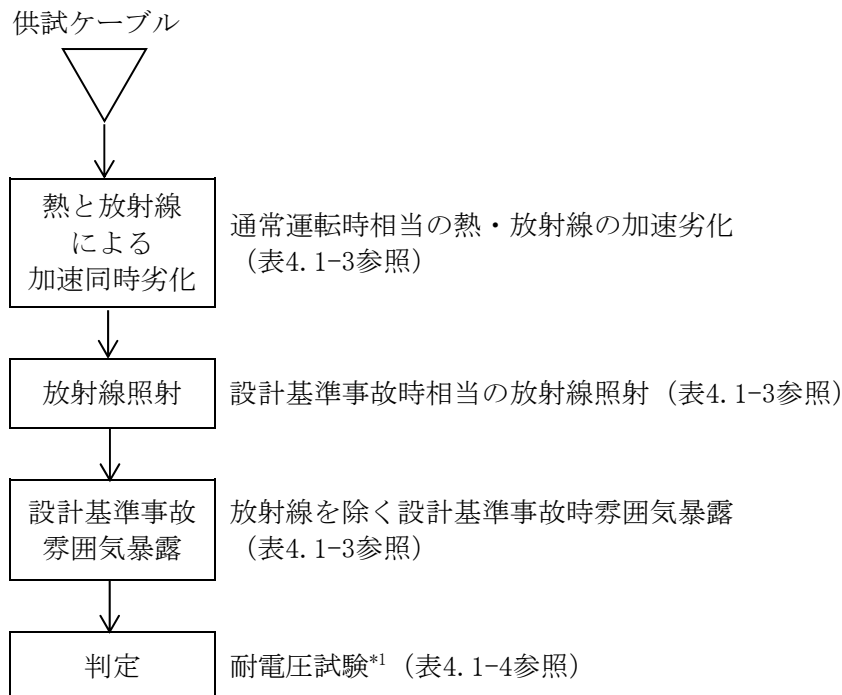
#### 4.1.1.2 A C Aガイドによる健全性評価（設計基準事故時）

##### a. 評価手順

設計基準事故時雰囲気内で機能要求があるケーブルについては、独立行政法人原子力安全基盤機構により原子力プラントでの使用条件に即したケーブルの経年劣化評価手法が検討され、その結果がA C Aガイドに取りまとめられている。このため、設計基準事故時雰囲気内で機能要求がある難燃P Hケーブルについては、A C Aガイドに従った長期健全性も評価した。

評価にあたっては、A C Aの試験結果を用いた。

難燃P HケーブルのA C Aガイドに基づく試験手順を図4. 1-2に示す。



\*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

図4. 1-2 難燃P HケーブルのA C Aガイドに基づく試験手順

##### b. 試験条件

難燃P HケーブルのA C A試験条件を表4. 1-3に示す。

試験条件は、玄海3号炉の実機環境に基づいて通常運転及び設計基準事故を想定した劣化条件を包絡している。

表4.1-3 難燃PHケーブルのACA試験条件

		試験条件
通常運転相当	温度 放射線	100℃－94.8Gy/h－4,003h
設計基準事故相当	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]

c. 評価結果

難燃PHケーブルのACA試験結果を表4.1-4に示す。ACAガイドに基づく実布設環境での長期健全性評価結果を表4.1-5に示す。

評価結果から、玄海3号炉のループ室内以外に布設されている難燃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。また、ループ室内に布設されている難燃PHケーブルについては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が、評価期間に至る前に取替等の措置を講じることで、絶縁体の絶縁低下により、機器の健全性に影響を与えるものは無いと考える。

表4.1-4 難燃PHケーブルのACA試験結果

項目	試験条件	判定
耐電圧試験	課電電圧：1,500V/1分間	良

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

表4.1-5 ACAガイドに基づく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-2) 参照】		評価期間 [年]*1	備考
	温度[℃]	放射線量率[Gy/h]		
ループ室	45	0.3	48*2	
加圧器上部	45	5×10 <sup>-3</sup>	129*2	
通路部	45	5×10 <sup>-3</sup>	129*2	
通路部ケーブル トレイ内	56*3	1×10 <sup>-3</sup>	64*2	
主蒸気管室	50	—	102*2	

\*1：稼働率100%での評価期間

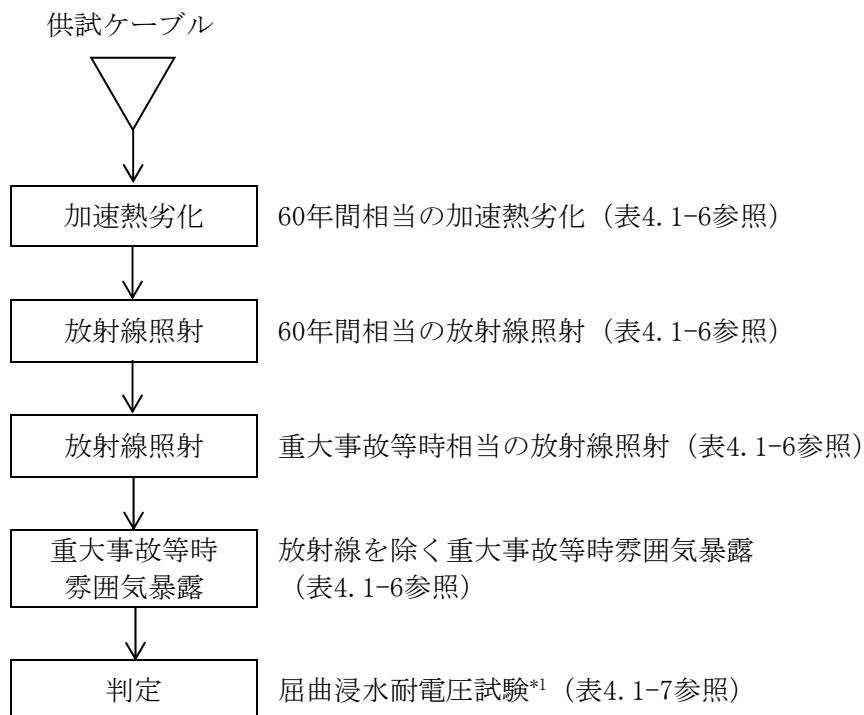
\*2：時間依存データの重ね合わせ手法により評価

\*3：ケーブル布設エリアの温度（約38℃）に通電時の温度上昇を加えた温度として評価

#### 4.1.1.3 電気学会推奨案による健全性評価（重大事故等時）

##### a. 評価手順

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、重大事故等時雰囲気内での健全性をあわせて評価した。難燃PHケーブルの長期健全性試験手順を図4.1-3に示す。



\*1：屈曲浸水耐電圧試験の試験手順は以下のとおりである。

- ① 直線状に試料を伸ばした後、試料外径の約40倍のマンドレルに巻付ける。
- ② ①の両端部以外を常温の水中に浸し1時間以上放置する。
- ③ ②の状態、公称絶縁体厚さに対し交流電圧3.2kV/mmを5分間印加し、絶縁破壊を生じるか否かを調べる。

図4.1-3 難燃PHケーブルの長期健全性試験手順

b. 試験条件

難燃PHケーブルの長期健全性試験条件を表4.1-6に示す。

試験条件は、玄海3号炉の実機環境に基づいて60年間の運転期間及び重大事故等時を想定した劣化条件を包絡している。

表4.1-6 難燃PHケーブルの長期健全性試験条件（重大事故等）

		試験条件	60年間の通常運転時の使用条件【添付-2）参照】に基づく劣化条件【添付-5）参照】又は重大事故等時の環境条件【添付-6）参照】
通常運転相当	温度	140℃-11h	137℃-11h (=56℃*1-60年)
	放射線 (集積線量)	500kGy (10kGy/h以下)	158kGy*2
重大事故等相当	放射線 (集積線量)	500kGy (10kGy/h以下)	500kGy
	温度	最高温度： 150℃	最高温度：約144℃
	圧力	最高圧力： 0.5MPa[gage]	最高圧力：約0.444MPa[gage]

\*1：原子炉格納容器内でのケーブル布設エリアの温度（約38℃）に通電による温度上昇を加えた温度として設定

\*2： $0.30[\text{Gy/h}] \times (24 \times 365.25)[\text{h/y}] \times 60[\text{y}] = 158\text{kGy}$

c. 評価結果

難燃PHケーブルの長期健全性試験結果を表4.1-7に示す。

電気学会推奨案に基づく評価の結果、玄海3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4.1-7 難燃PHケーブルの長期健全性試験結果

項目	試験条件	判定
屈曲浸水	供試体外径：11.5mm マンドレル径：供試体外径の約40倍	良
耐電圧試験	絶縁厚さ：0.8mm 課電電圧：2.6kV/5分間	

[出典：電力共同委託「SA時の計装品の耐環境性能評価委託2014年度」]

#### 4.1.2 現状保全

絶縁体の絶縁低下に対しては、電力用ケーブルについては、定期的な絶縁抵抗測定により、許容値以上であることの確認を行っている。

制御・計装用ケーブルについては、定期的な計測制御系統設備の機能検査等により、系統機器の動作又は計器の指示値等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。

#### 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。

#### 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 電気ペネトレーションの技術評価

### 4.2.1 健全性評価

ポッティング材及びOリングの気密性低下による絶縁低下並びにポッティング材及び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、LV型モジュール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。

また、外部リードの絶縁性能については、電気学会推奨案又はACAガイドに従って実機同等品による長期健全性試験を実施しており、これらの組み合わせで健全性評価を行う。

なお、外部リードは、絶縁体の種類と製造メーカーの違いにより、難燃EPゴム（以下「外部リード-1-1」及び「外部リード-1-2」という。）と架橋ポリエチレン（以下「外部リード-2-1」及び「外部リード-2-2」という。）の4種類があるため、それぞれについて健全性評価を行う。

#### 4.2.1.1 モジュール型電気ペネトレーションの健全性評価

##### a. 評価手順

モジュール型電気ペネトレーションのIEEE Std. 317-2013に基づく長期健全性試験の手順を図4.2-1に示す。

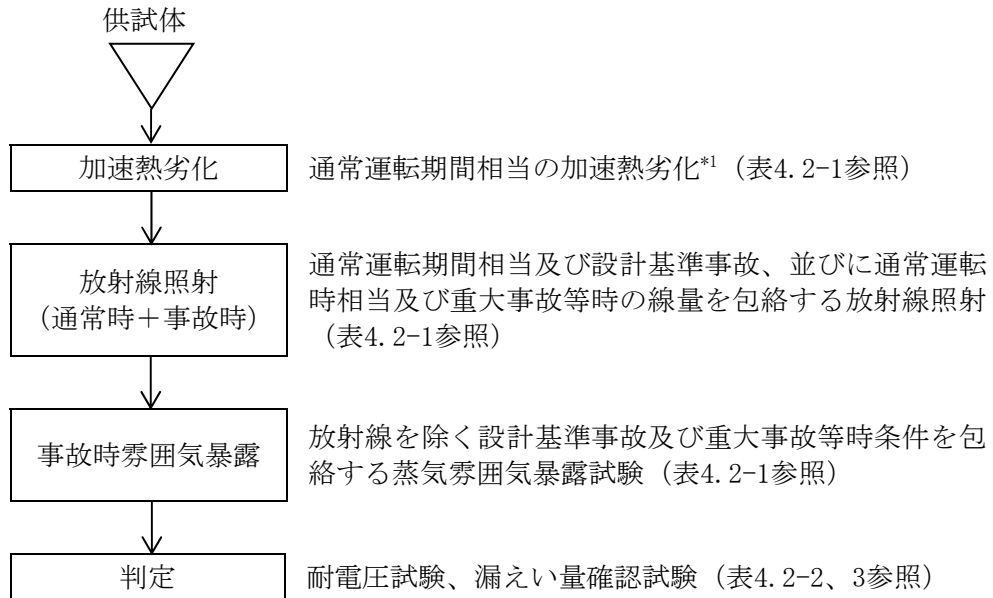


図 4.2-1 モジュール型電気ペネトレーションの長期健全性試験の手順

\*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

モジュラー型電気ペネトレーションの長期健全性試験条件を表4.2-1に示す。

試験条件は、玄海3号炉の実機環境に基づいて60年間の運転期間及び設計基準事故、並びに60年間の運転期間及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-7)参照】に基づく劣化条件、設計基準事故又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	38℃*2-60年【添付-8)参照】
放射線照射	1,500kGy (10kGy/h以下)	通常運転相当：0.6kGy*3 設計基準事故時線量：824kGy 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144℃(最高温度) ：約0.392MPa[gage](最高圧力) 重大事故等時：約144℃(最高温度) ：約0.444MPa[gage](最高圧力) 【添付-9)参照】

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

\*2：原子炉格納容器内の通常雰囲気温度にケーブルの通電による温度上昇も考慮した温度

\*3： $1 \times 10^{-3}$  [Gy/h]  $\times$  (24 $\times$ 365.25) [h/y]  $\times$  60 [y] = 0.6kGy

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及び表4.2-3に示す。

結果は判定基準を満足している。

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]

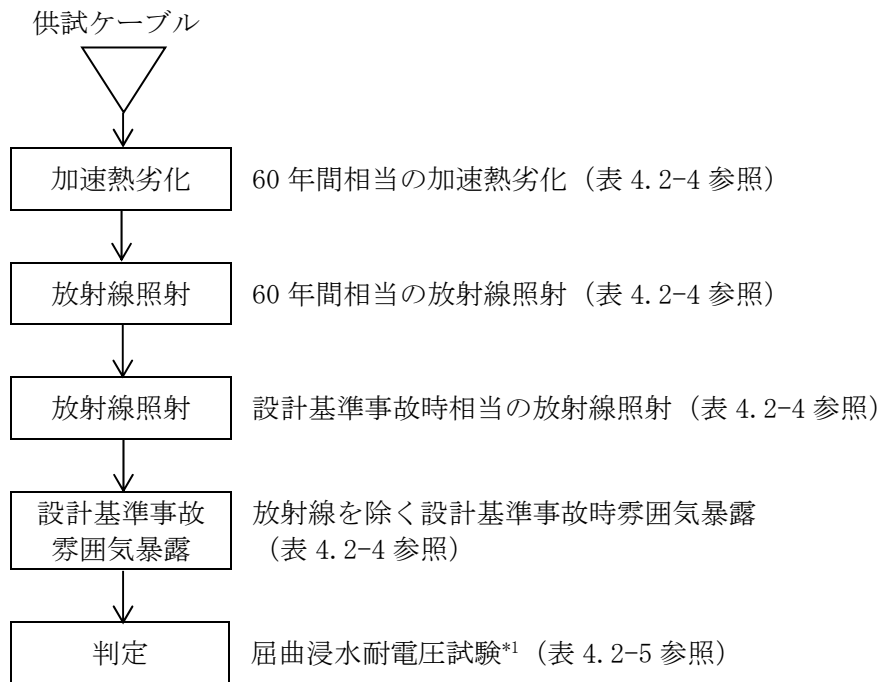
#### 4.2.1.2 外部リードの健全性評価

##### 4.2.1.2.1 外部リード－１－１の電気学会推奨案による健全性評価（設計基準事故時）

###### a. 評価手順

設計基準事故時雰囲気内で機能要求がある外部リード－１－１は、電気学会推奨案に基づく実機同等品による長期健全性試験により評価した。

外部リード－１－１の長期健全性試験手順を図4.2-2に示す。



\*1：屈曲浸水耐電圧試験の試験手順は以下のとおりである

- ① 直線状に試料を伸ばした後、試料外径の約40倍のマンドレルに巻付ける
- ② ①の両端部以外を常温の水中に浸し1時間以上放置する
- ③ ②の状態、公称絶縁体厚さに対し交流電圧3.2kV/mmを5分間印加し、絶縁破壊が生じるか否かを調べる

図4.2-2 外部リード－１－１の長期健全性試験手順

b. 試験条件

外部リード－１－１の長期健全性試験条件を表4.2-4に示す。

試験条件は、玄海3号炉の実機環境に基づいて60年間の運転期間及び設計基準事故を想定した劣化条件を包絡している。

表4.2-4 外部リード－１－１の長期健全性試験条件（設計基準事故）

		試験条件	60年間の通常運転時の使用条件【添付-7)参照】に基づく劣化条件【添付-10)参照】又は設計基準事故時の環境条件【添付-11)参照】
通常 運転 相当	温度	140℃－9日	91℃－9日 (=41℃*1－60年)
	放射線 (集積線量)	500kGy (7.3kGy/h)	0.6kGy*2
設計 基準 事故 相当	放射線 (集積線量)	1,500kGy (7.3kGy/h)	824kGy
	温度	最高温度：190℃	最高温度：約144℃
	圧力	最高圧力： 0.41MPa[gage]	最高圧力：約0.392MPa[gage]

\*1：電気ペネトレーション設置エリアの周囲温度（約32℃）に通電による温度上昇を加えた温度として設定

\*2： $1 \times 10^{-3}$  [Gy/h]  $\times$  (24  $\times$  365.25) [h/y]  $\times$  60 [y] = 0.6kGy

c. 評価結果

外部リード－１－１の長期健全性試験結果を表4.2-5に示す。

結果は判定基準を満足している。

表4.2-5 外部リード－１－１の長期健全性試験結果

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

[出典：九州電力研究データ]

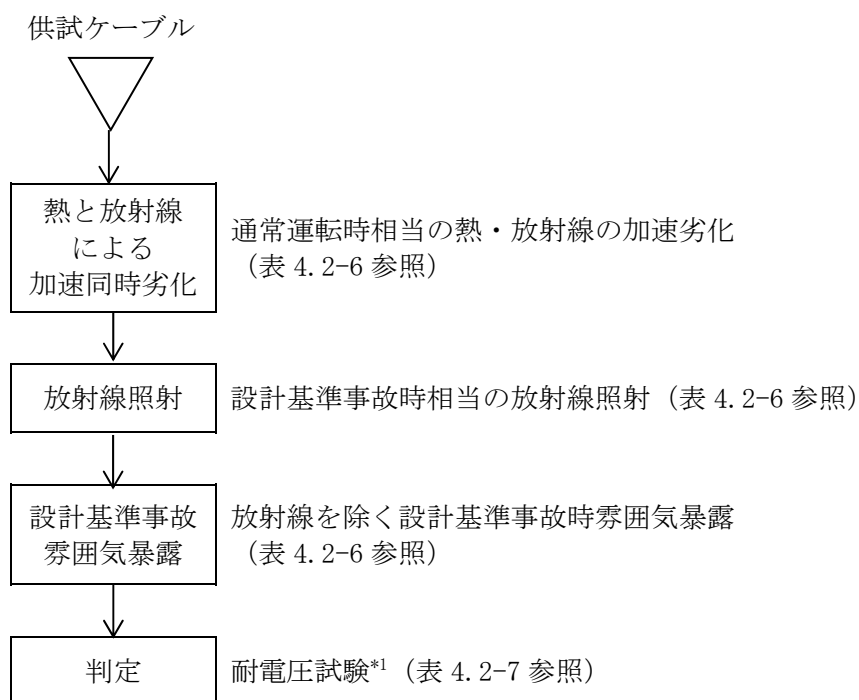
#### 4.2.1.2.2 外部リード-1-1のACAガイドによる健全性評価（設計基準事故時）

##### a. 評価手順

設計基準事故時雰囲気内で機能要求があるケーブルについては、独立行政法人原子力安全基盤機構により原子力プラントでの使用条件に即したケーブルの経年劣化評価手法が検討され、その結果がACAガイドに取りまとめられている。このため、設計基準事故時雰囲気内で機能要求がある外部リード-1-1については、ACAガイドに従った長期健全性も評価した。

評価にあたっては、ACAの試験結果を用いた。

外部リード-1-1のACAガイドに基づく試験手順を図4.2-3に示す。



\*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

図4.2-3 外部リード-1-1のACAガイドに基づく試験手順

b. 試験条件

外部リード-1-1のACA試験条件を表4.2-6に示す。

試験条件は、玄海3号炉の実機環境に基づいて通常運転及び設計基準事故を想定した劣化条件を包絡している。

表4.2-6 外部リード-1-1のACA試験条件

		試験条件
通常運転相当	温度 放射線	100℃-94.8Gy/h-4,003h
設計基準事故相当	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]

c. 評価結果

外部リード-1-1のACA試験結果を表4.2-7に示す。ACAガイドに基づく実布設環境での長期健全性評価結果を表4.2-8に示す。

結果は判定基準を満足している。

表4.2-7 外部リード-1-1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4.2-8 ACAガイドに基づく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
	温度 [℃]	放射線量率 [Gy/h]	
通路部	41*3	1×10 <sup>-3</sup>	188*2

\*1：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：電気ペネトレーション設置エリアの周囲温度（約32℃）に通電による温度上昇を加えた温度として設定

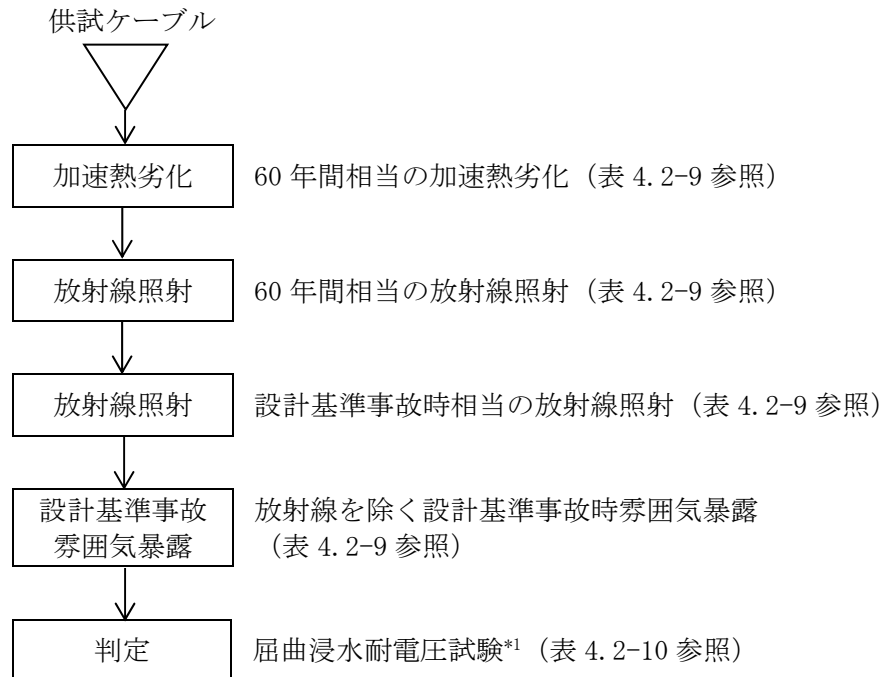


4.2.1.2.3 外部リード-1-2の電気学会推奨案による健全性評価（設計基準事故時）

a. 評価手順

設計基準事故時雰囲気内で機能要求がある外部リード-1-2は、電気学会推奨案に基づく実機同等品による長期健全性試験により評価した。

外部リード-1-2の長期健全性試験手順を図4.2-4に示す。



\*1：屈曲浸水耐電圧試験の試験手順は以下のとおりである

- ① 直線状に試料を伸ばした後、試料外径の約40倍のマンドレルに巻付ける
- ② ①の両端部以外を常温の水中に浸し1時間以上放置する
- ③ ②の状態、公称絶縁体厚さに対し交流電圧3.2kV/mmを5分間印加し、絶縁破壊が生じるか否かを調べる

図4.2-4 外部リード-1-2の長期健全性試験手順

b. 試験条件

外部リード－１－２の長期健全性試験条件を表4.2-9に示す。

試験条件は、玄海3号炉の実機環境に基づいて60年間の運転期間及び設計基準事故を想定した劣化条件を包絡している。

表4.2-9 外部リード－１－２の長期健全性試験条件（設計基準事故）

		試験条件	60年間の通常運転時の使用条件【添付-7) 参照】に基づく劣化条件【添付-10) 参照】又は設計基準事故時の環境条件【添付-11) 参照】
通常 運転 相当	温度	140℃－9日	126℃－9日 (=41℃*1－60年)
	放射線 (集積線量)	500kGy (10kGy/h以下)	0.6kGy*2
設計 基準 事故 相当	放射線 (集積線量)	1,500kGy (10kGy/h以下)	824kGy
	温度	最高温度：190℃	最高温度：約144℃
	圧力	最高圧力： 0.41MPa[gage]	最高圧力：約0.392MPa[gage]

\*1：電気ペネトレーション設置エリアの周囲温度（約32℃）に通電による温度上昇を加えた温度として設定

\*2： $1 \times 10^{-3}$  [Gy/h] × (24 × 365.25) [h/y] × 60 [y] = 0.6kGy

c. 評価結果

外部リード－１－２の長期健全性試験結果を表4.2-10に示す。

結果は判定基準を満足している。

表4.2-10 外部リード－１－２の長期健全性試験結果

項目	試験条件	判定
屈曲浸水 耐電圧試験	供試体外径：12.5mm マンドレル径：供試体外径の約40倍 絶縁厚さ：0.8mm 課電電圧：2.6kV/5分間	良

[出典：メーカーデータ]

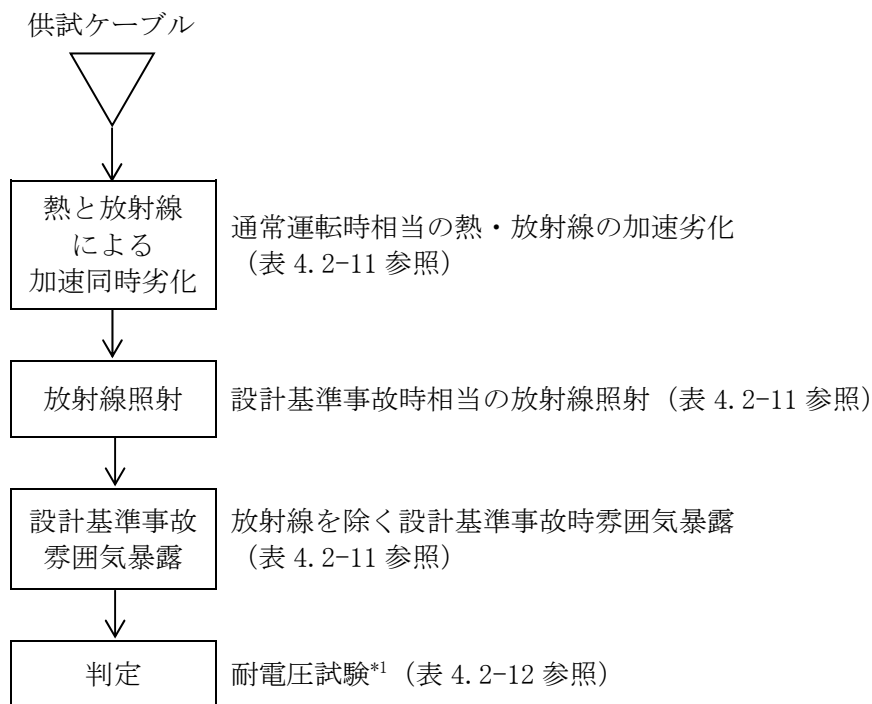
#### 4.2.1.2.4 外部リード-1-2のACAガイドによる健全性評価（設計基準事故時）

##### a. 評価手順

設計基準事故時雰囲気内で機能要求があるケーブルについては、独立行政法人原子力安全基盤機構により原子力プラントでの使用条件に即したケーブルの経年劣化評価手法が検討され、その結果がACAガイドに取りまとめられている。このため、設計基準事故時雰囲気内で機能要求がある外部リード-1-2については、ACAガイドに従った長期健全性も評価した。

評価にあたっては、ACAの試験結果を用いた。

外部リード-1-2のACAガイドに基づく試験手順を図4.2-5に示す。



\*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

図4.2-5 外部リード-1-2のACAガイドに基づく試験手順

b. 試験条件

外部リード－１－２のＡＣＡ試験条件を表4.2-11に示す。

試験条件は、玄海３号炉の実機環境に基づいて60年間の運転期間及び設計基準事故を想定した熱及び放射線による劣化条件を包絡している。

表4.2-11 外部リード－１－２のＡＣＡ試験条件

		試験条件*1	60年間の通常運転時の使用条件【添付-7)参照】に基づく劣化条件【添付-12)参照】又は設計基準事故時の環境条件【添付-13)参照】
通常運転相当	温度	36.6℃－19.7年 (=41℃－13年) 120℃－106日 (=41℃－83年)	41℃*2－60年
	放射線 (集積線量)	－	0.6kGy*3
設計基準事故相当	放射線 (集積線量)	1,500kGy (10kGy/h以下)	824kGy
	温度	最高温度：190℃	最高温度：約144℃
	圧力	最高圧力： 0.41MPa[gage]	最高圧力：約0.392MPa[gage]

\*1：実機環境の線量率が低く、熱による劣化が支配的な領域のため、熱加速劣化のみとした。また、36.6℃－1.6mGy/hの布設環境で19.7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：電気ペネトレーション設置エリアの周囲温度（約32℃）に通電による温度上昇を加えた温度として設定

\*3： $1 \times 10^{-3}$  [Gy/h]  $\times$  (24 $\times$ 365.25) [h/y]  $\times$  60 [y] = 0.6kGy

c. 評価結果

ＡＣＡ試験結果を表4.2-12に示す。結果は判定基準を満足している。

表4.2-12 外部リード－１－２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

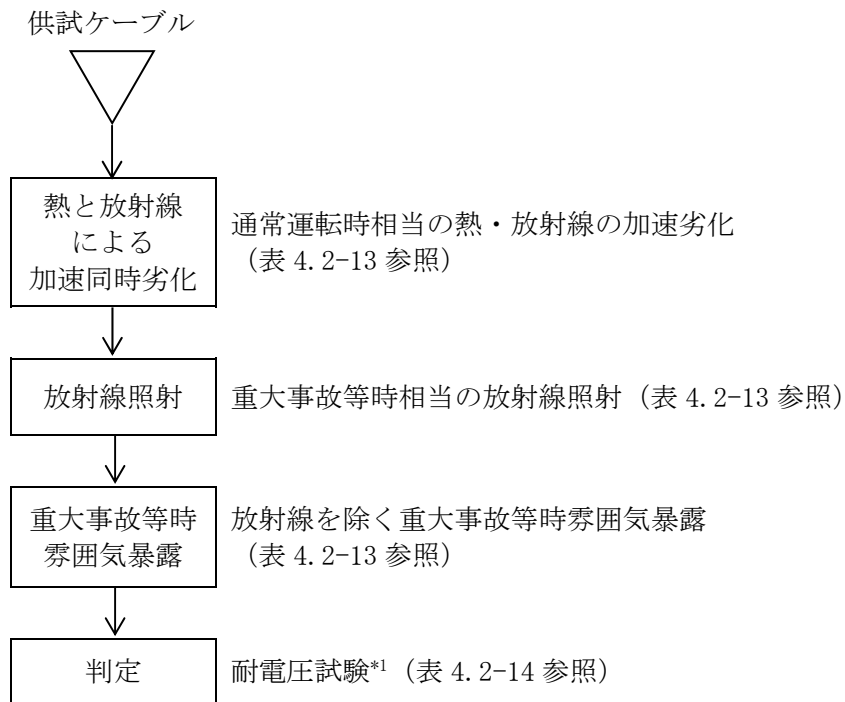
[出典：電力共同研究「ケーブル加速劣化試験データの整備に関する研究（ＡＣＡ評価ケーブル以外）2014年度」]

#### 4.2.1.2.5 外部リード－１－２の健全性評価（重大事故等時）

##### a. 評価手順

重大事故等時雰囲気内で機能要求がある外部リード－１－２は、重大事故等時雰囲気内での健全性をあわせて評価した。

外部リード－１－２の長期健全性試験手順を図4.2-6に示す。



\*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

図4.2-6 外部リード－１－２の長期健全性試験手順

b. 試験条件

外部リード－１－２の試験条件を表4.2-13に示す。

試験条件は、玄海３号炉の実機環境に基づいて60年間の運転期間及び重大事故等時を想定した劣化条件を包絡している。

表4.2-13 外部リード－１－２の長期健全性試験条件（重大事故等）

		試験条件*1	60年間の通常運転時の使用条件【添付-7)参照】に基づく劣化条件【添付-14)参照】又は重大事故等時の環境条件【添付-15)参照】
通常運転相当	温度	33.4℃－13.4年 (=41℃－7年) 120℃－115日 (=41℃－91年)	41℃*2－60年
	放射線 (集積線量)	—	0.6kGy*3
重大事故等相当	放射線 (集積線量)	500kGy (10kGy/h以下)	500kGy
	温度	最高温度： 153℃	最高温度：約144℃
	圧力	最高圧力： 0.45MPa[gage]	最高圧力：約0.444MPa[gage]

\*1：実機環境の線量率が低く、熱による劣化が支配的な領域のため、熱加速劣化のみとした。また、33.4℃の布設環境で15.6年間（稼働率86%）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：電気ペネトレーション設置エリアの周囲温度（約32℃）に通電による温度上昇を加えた温度として設定

\*3： $1 \times 10^{-3}$  [Gy/h]  $\times$  (24 $\times$ 365.25) [h/y]  $\times$  60 [y] = 0.6kGy

c. 評価結果

外部リード－１－２の長期健全性試験結果を表4.2-14に示す。

結果は判定基準を満足している。

表4.2-14 外部リード－１－２の長期健全性試験結果

項目	試験条件	判定
耐電圧試験	課電電圧：1,500V/1分間	良

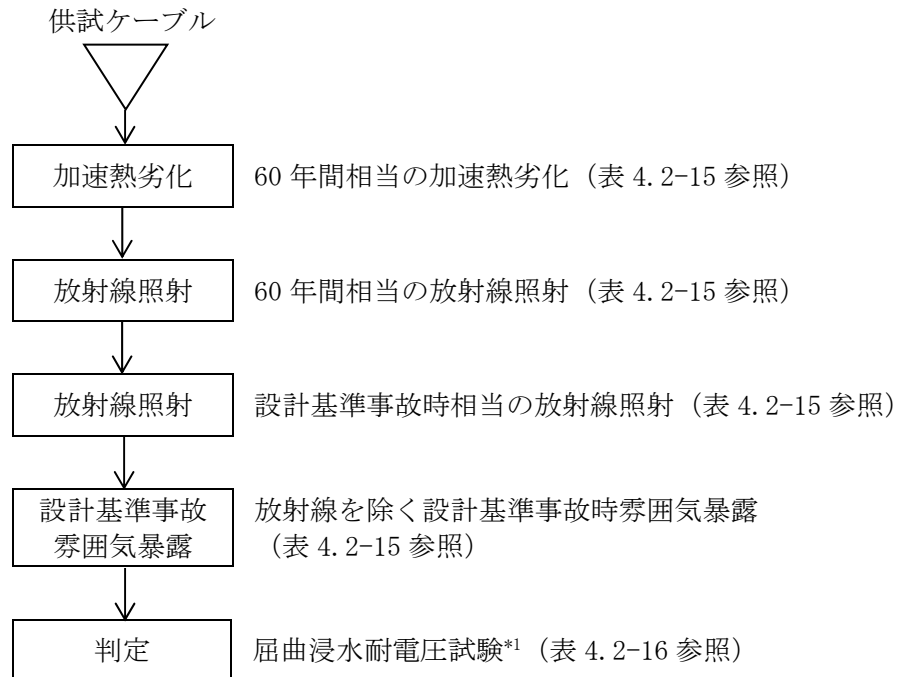
[出典：電力共通研究「PWRにおける過酷事故用電気計装品に関する経年劣化評価研究Phase II（ケーブル）2021年度」]

4.2.1.2.6 外部リード-2-1の電気学会推奨案による健全性評価（設計基準事故時）

a. 評価手順

設計基準事故時雰囲気内で機能要求がある外部リード-2-1は、電気学会推奨案に基づく実機同等品による長期健全性試験により評価した。

外部リード-2-1の長期健全性試験手順を図4.2-7に示す。



\*1：屈曲浸水耐電圧試験の試験手順は以下のとおりである

- ① 直線状に試料を伸ばした後、試料外径の約40倍のマンドレルに巻付ける
- ② ①の両端部以外を常温の水中に浸し1時間以上放置する
- ③ ②の状態、公称絶縁体厚さに対し交流電圧3.2kV/mmを5分間印加し、絶縁破壊が生じるか否かを調べる

図4.2-7 外部リード-2-1の長期健全性試験手順

b. 試験条件

外部リード－２－１の長期健全性試験条件を表4.2-15に示す。

試験条件は、玄海３号炉の実機環境に基づいて60年間の運転期間及び設計基準事故を想定した劣化条件を包絡している。

表4.2-15 外部リード－２－１の長期健全性試験条件（設計基準事故）

		試験条件	60年間の通常運転時の使用条件【添付-7) 参照】に基づく劣化条件【添付-10) 参照】又は設計基準事故時の環境条件【添付-11) 参照】
通常 運転 相当	温度	121℃－7日	66℃－7日 (=32℃*1－60年)
	放射線 (集積線量)	500kGy (7.49kGy/h以下)	0.6kGy*2
設計 基準 事故 相当	放射線 (集積線量)	1,500kGy (7.49kGy/h以下)	824kGy
	温度	最高温度：190℃	最高温度：約144℃
	圧力	最高圧力： 0.41MPa[gage]	最高圧力：約0.392MPa[gage]

\*1：電気ペネトレーション設置エリアの周囲温度（約32℃）として設定

\*2： $1 \times 10^{-3}$  [Gy/h]  $\times$  (24 $\times$ 365.25) [h/y]  $\times$  60 [y] = 0.6kGy

c. 評価結果

外部リード－２－１の長期健全性試験結果を表4.2-16に示す。

結果は判定基準を満足している。

表4.2-16 外部リード－２－１の長期健全性試験結果

項目	試験条件	判定
屈曲浸水	供試体外径：11.7mm マンドレル径：500mm	良
耐電圧試験	絶縁厚さ：2.9mm 課電電圧：9.7kV/5分間	

[出典：メーカーデータ]



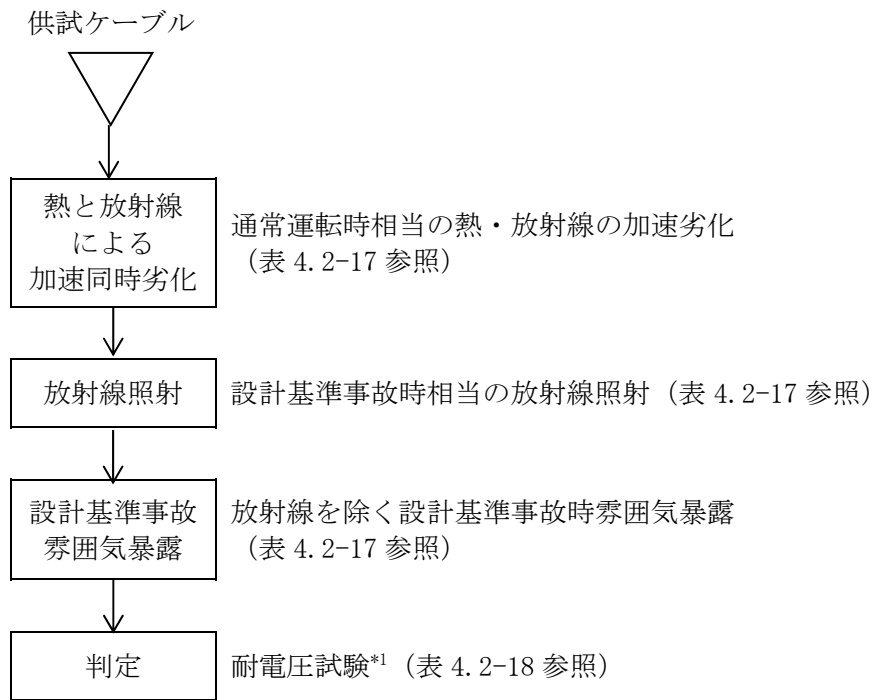
4.2.1.2.7 外部リード-2-1のACAガイドによる健全性評価（設計基準事故時）

a. 評価手順

設計基準事故時雰囲気内で機能要求があるケーブルについては、独立行政法人原子力安全基盤機構により原子力プラントでの使用条件に即したケーブルの経年劣化評価手法が検討され、その結果がACAガイドに取りまとめられている。このため、設計基準事故時雰囲気内で機能要求がある外部リード-2-1については、ACAガイドに従った長期健全性も評価した。

評価にあたっては、ACAの試験結果を用いた。

外部リード-2-1のACAガイドに基づく試験手順を図4.2-8に示す。



\*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

図4.2-8 外部リード-2-1のACAガイドに基づく試験手順

b. 試験条件

外部リード-2-1のACA試験条件を表4.2-17に示す。

試験条件は、玄海3号炉の実機環境に基づいて通常運転及び設計基準事故を想定した劣化条件を包絡している。

表4.2-17 外部リード-2-1のACA試験条件

		試験条件
通常運転相当	温度 放射線	100℃-98.9Gy/h-5,686h
設計基準事故相当	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]

c. 評価結果

外部リード-2-1のACA試験結果を表4.2-18に示す。ACAガイドに基づく実布設環境での長期健全性評価結果を表4.2-19に示す。

結果は判定基準を満足している。

表4.2-18 外部リード-2-1のACA試験結果

項目	試験条件	判定
耐電圧試験	課電電圧：AC10kV/1分間 (C-1S) AC 2kV/1分間 (1S-2S)	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4.2-19 ACAガイドに基づく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
	温度 [℃]	放射線量率 [Gy/h]	
通路部	32*3	1×10 <sup>-3</sup>	430*2

\*1：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

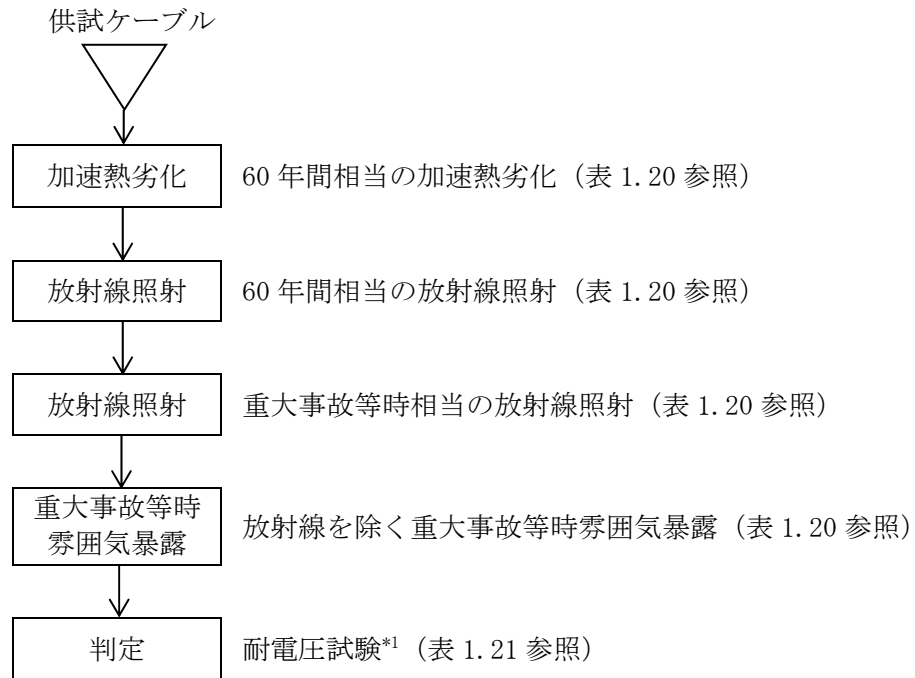
\*3：電気ペネトレーション設置エリアの周囲温度（約32℃）として設定

#### 4.2.1.2.8 外部リード-2-1の健全性評価（重大事故等時）

##### a. 評価手順

重大事故等時雰囲気内で機能要求がある外部リード-2-1は、重大事故等時雰囲気内での健全性をあわせて評価した。

外部リード-2-1の長期健全性試験手順を図4.2-9に示す。



\*1：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

図4.2-9 外部リード-2-1の長期健全性試験手順

b. 試験条件

外部リード－２－１の長期健全性試験条件を表4.2-20に示す。

試験条件は、玄海３号炉の実機環境に基づいて60年間の運転期間及び重大事故等時を想定した劣化条件を包絡している。

表4.2-20 外部リード－２－１の長期健全性試験条件（重大事故等）

		試験条件	60年間の通常運転時の使用条件【添付-7)参照】に基づく劣化条件【添付-14)参照】又は重大事故等時の環境条件【添付-15)参照】
通常運転相当	温度	113℃－255h	64℃－255h (=32℃*1－60年)
	放射線 (集積線量)	750kGy (10kGy/h以下)	0.6kGy*2
重大事故等相当	放射線 (集積線量)	500kGy (10kGy/h以下)	500kGy
	温度	最高温度： 150℃	最高温度：約144℃
	圧力	最高圧力： 0.5MPa[gage]	最高圧力：約0.444MPa[gage]

\*1：電気ペネトレーション設置エリアの周囲温度（約32℃）として設定

\*2： $1 \times 10^{-3} \text{ [Gy/h]} \times (24 \times 365.25) \text{ [h/y]} \times 60 \text{ [y]} = 0.6 \text{ kGy}$

c. 評価結果

外部リード－２－１の長期健全性試験結果を表4.2-21に示す。

結果は判定基準を満足している。

表4.2-21 外部リード－２－１の長期健全性試験結果

項目	試験条件	判定
耐電圧試験	C-I 間 DC3,000V 1分 I-O 間 DC 500V 1分	良

[出典：電力共同委託「高レンジエリアモニタ及び三重同軸ケーブル・コネクタに関わる耐環境性能評価委託2014年度」]

#### 4.2.2 現状保全

外部リードの絶縁低下並びにポッティング材及びOリングの気密性低下による絶縁低下に対しては、定期的にケーブル及び機器を含めた絶縁抵抗測定又は機器の動作確認を実施し、有意な絶縁低下がないことを確認している。

また、ポッティング材及び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検査及び電気ペネトレーションに封入している窒素ガスの圧力確認を実施し、機器の健全性を確認することとしている。

#### 4.2.3 総合評価

健全性評価結果から判断して、外部リードの絶縁低下並びにポッティング材及びOリングの気密性低下による絶縁低下、又はポッティング材及び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、外部リードの絶縁低下ならびにポッティング材及びOリングの気密性低下による絶縁低下は、絶縁抵抗測定又は機器の動作確認で、ポッティング材及び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検査及び電気ペネトレーションに封入している窒素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

外部リードの絶縁低下並びにポッティング材及び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、ポッティング材及び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及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及び技術評価の概要 (1/6)

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
高圧ポンプ用電動機	<ul style="list-style-type: none"> <li>海水ポンプ用電動機</li> <li>高圧注入ポンプ用電動機</li> <li>充てんポンプ用電動機</li> <li>格納容器スプレイポンプ用電動機</li> <li>余熱除去ポンプ用電動機</li> <li>原子炉補機冷却水ポンプ用電動機</li> <li>電動補助給水ポンプ用電動機</li> </ul>	固定子コイル、口出線・接続部品	ヒートサイクル方法により評価した絶縁寿命と、経年機の運転年数とコイル破壊電圧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、運転年数で 18.5 年と判断。	絶縁抵抗測定、絶縁診断を実施。 点検結果に基づき、必要により洗浄、乾燥、絶縁補修処理もしくは取替えを実施する。	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、絶縁低下は絶縁抵抗測定、絶縁診断で検知可能であり、点検手法として適切。	絶縁抵抗測定、絶縁診断を実施していくとともに、運転年数及び点検結果に基づき、必要により洗浄、乾燥、絶縁補修処理もしくは取替えを実施していく。
低圧ポンプ用電動機	<ul style="list-style-type: none"> <li>ほう酸ポンプ用電動機</li> <li>燃料取替用水ポンプ用電動機</li> <li>常設電動注入ポンプ用電動機</li> </ul>	固定子コイル、口出線	ヒートサイクル方法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破壊電圧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 (B 種絶縁) 及び 16 年 (F 種絶縁) と判断。	絶縁抵抗測定を実施。 絶縁抵抗測定の結果に基づき、必要により洗浄、乾燥、絶縁補修処理もしくは取替えを実施する。	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、点検結果に基づき必要により洗浄、乾燥、絶縁補修処理もしくは取替えを実施していく。
電気ペネトレーション	<ul style="list-style-type: none"> <li>MV 型モジュール</li> </ul>	ポットイング材及び O リング	ポットイング材及び O リングが実機と同等である LV 型モジュールでの劣化を考慮した長期健全性試験の結果、60 年間の運転及び設計基準事故、並びに 60 年間の運転及び重大事故等時においても機器の健全性を維持できると判断。	原子炉格納容器漏えい率検査及び電気ペネトレーションに封入している窒素ガスの圧力確認を実施。	原子炉格納容器バウンダリ機能に係る気密性低下の可能性はない。	現状保全項目に、高経年化対策の観点から追加すべきものはないと判断。
弁電動装置	<ul style="list-style-type: none"> <li>余熱除去ラインループ高温側出口弁電動装置</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。
	<ul style="list-style-type: none"> <li>T/D AFWP 駆動蒸気入口弁電動装置</li> </ul>	主極コイル、補極コイル、電機子コイル、電磁ブレーキ、口出線・接続部品	長期健全性試験の結果、60 年間の通常運転後においても絶縁機能を維持できると判断。	絶縁抵抗測定を実施。	絶縁低下により機器の健全性に影響を与える可能性はない。 絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切。	現状保全項目に高経年化対策の観点から追加すべきものはないと判断。
高圧ケーブル	<ul style="list-style-type: none"> <li>難燃高圧 CSHV ケーブル</li> </ul>	絶縁体 (水トリー劣化を除く)	長期健全性試験の結果、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。	絶縁抵抗測定を実施。	絶縁低下により機器の健全性に影響を与える可能性はない。絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切。	現状保全項目に高経年化対策の観点から追加すべきものはないと判断。
	<ul style="list-style-type: none"> <li>難燃高圧 CSHV ケーブル (屋外布設)</li> </ul>	絶縁体 (水トリー劣化)	トレンチ内部の溜まり水による多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。	絶縁抵抗測定、ケーブル絶縁診断及びトレンチ内の目視確認を実施。	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抵抗測定及びケーブル絶縁診断で、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。	絶縁抵抗測定及びケーブル絶縁診断を実施していくとともに、点検結果に基づき必要により取替等を実施していく。また、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及び技術評価の概要 (2/6)

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SHVVケーブル	絶縁体	実機同等品による電気学会推奨案に基づく長期健全性試験結果により評価した結果、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。	電力用ケーブルについては、絶縁抵抗測定を実施。制御・計装用ケーブルについては、系統機器の動作又は計器の指示値確認等を実施。	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、系統機器の動作確認又は計器の指示値確認等で検知可能であり、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。
	・FPTFケーブル	絶縁体	実機同等品による電気学会推奨案に基づく長期健全性試験結果により評価した結果、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。	系統機器の動作又は計器の指示値確認等を実施。	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又は計器の指示値確認等で検知可能であり、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SHVVケーブル（製造メーカーが異なるケーブル）	絶縁体	構造及び絶縁体材料が類似している実機同等品を用い、電気学会推奨案に基づく長期健全性試験結果により評価した結果、60 年間の運転期間後においても絶縁低下の可能性は小さい。	系統機器の動作又は計器の指示値確認等を実施。	絶縁低下の可能性は小さい。絶縁低下は系統機器の動作確認又は計器の指示値確認等で検知可能であり、点検手法として適切。	系統機器の動作確認又は指示値確認等を実施していく。
同軸ケーブル	・難燃三重同軸ケーブル1 ・難燃三重同軸ケーブル2	絶縁体、内部シース	電気学会推奨案に基づく長期健全性試験結果により評価した結果、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。また、ACAガイドに従った長期健全性試験結果により評価した結果、運転開始後 60 年時点においても絶縁機能を維持できると判断。	絶縁抵抗測定を実施。	絶縁低下により機器の健全性に影響を与える可能性はない。絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切。	現状保全項目に高経年化対策の観点から追加すべきものはないと判断。
ケーブル接続部	・気密端子箱接続	O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、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。	電力用ケーブル接続部については、絶縁抵抗測定を実施。制御・計装用ケーブル接続部については、系統機器の動作又は計器の指示値確認等を実施。	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、系統機器の動作確認又は計器の指示値確認等で検知可能であり、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				
・電動弁コネクタ接続1	絶縁物、Oリング、シーリングブッシュ、ゴムブッシュ					
・三重同軸コネクタ接続	絶縁物、Oリング					
	・一般端子接続 ・端子台接続 ・高圧コネクタ接続 ・電動弁コネクタ接続2 ・加圧器ヒータコネクタ接続 ・複合同軸コネクタ接続 ・三重同軸コネクタ接続（製造メーカーが異なる三重同軸コネクタ接続）	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又は絶縁抵抗測定を実施。	絶縁物等の絶縁低下は系統機器の動作確認又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又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及び技術評価の概要 (3/6)

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)	・メタクラ (安全系)	ばね蓄勢用モータ (低圧モータ)	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、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 (巻線形)	長期健全性試験の結果、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。	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。
		計器用変圧器				
	・重大事故等対処用変圧器受電盤	ばね蓄勢用モータ (低圧モータ)	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、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 (巻線形)		長期健全性試験の結果、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。	絶縁抵抗測定を実施。	絶縁低下により機器の健全性に影響を与える可能性はない。 絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切。	現状保全項目に高経年化対策の観点から追加すべきものはないと判断。	
動力変圧器	・動力変圧器 (安全系)	コイル	玄海3号炉の動力変圧器(安全系)のコイルは、試験で用いた変圧器コイルの2重ガラス平角銅線に比べ熟劣化特性で優れているポリアミド紙平角銅線を使用していることから、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。
	・重大事故等対処用変圧器盤	コイル	コイルの絶縁物は熟劣化特性の優れた絶縁物であり、急激な絶縁低下の可能性は小さい。	絶縁抵抗測定を実施。	コイルの絶縁低下に対しては、絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切。	絶縁抵抗測定を実施していく。
パワーセンタ	・パワーセンタ (安全系)	保護リレー (静止形)	同種の保護リレーの絶縁低下に対する健全性試験による評価の結果、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。絶縁抵抗測定結果に基づき、必要により取替えを実施する。	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、絶縁抵抗測定結果に基づき必要により取替えを実施していく。
		ばね蓄勢用モータ (低圧モータ)	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、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。
		計器用変圧器	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。



表 5.1 代表機器以外の評価対象及び技術評価の概要 (4/6)

評価対象設備	評価対象機器	部位	健全性評価	現状保全	総合評価	高経年化への対応
制御設備	・ディーゼル発電機制御盤	計器用変流器、計器用変圧器	長期健全性試験の結果、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。	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。
		保護リレー（静止形）、保護リレー（機械式）	同種の保護リレーの絶縁低下に対する健全性試験による評価の結果、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。絶縁抵抗測定結果に基づき、必要により取替えを実施する。	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、絶縁抵抗測定結果に基づき必要により取替えを実施していく。
		励磁装置	過去に実施した精密点検（tan δ測定、直流吸収比測定）の結果から、熱的、電氣的要因により設備の納入後30年前後より絶縁抵抗の低下が生じる可能性が考えられる。	絶縁抵抗測定を実施。適切な頻度で精密点検を実施。	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及び精密点検で検知可能であり、点検手法として適切。	絶縁抵抗測定並びに適切な頻度で精密点検を実施していく。
	・制御用空気除湿装置制御盤 ・空調用冷凍機制御盤	変圧器	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。
空調用電動機	・空調用冷凍機用電動機 ・中間補機棟空調ファン用電動機 ・安全補機閉気室空調ファン用電動機	固定子コイル（低圧）、口出線・接続部品（低圧）	ヒートサイクル方法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破壊電圧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（B種絶縁）及び16年（F種絶縁）と判断。	絶縁抵抗測定を実施。絶縁抵抗測定の結果に基づき、必要により洗浄、乾燥、絶縁補修処理もしくは取替えを実施する。	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、点検結果に基づき必要により洗浄、乾燥、絶縁補修処理もしくは取替えを実施していく。
	・アニュラス空気浄化ファン用電動機 ・安全補機室空気浄化ファン用電動機 ・安全補機室冷却ファン用電動機 ・ディーゼル発電機室給気ファン用電動機 ・ほう酸ポンプ室空調ファン用電動機 ・中央制御室循環ファン用電動機 ・中央制御室空調ファン用電動機 ・中央制御室非常用循環ファン用電動機 ・空調用冷水ポンプ用電動機	固定子コイル（低圧）、口出線（低圧）	長期間の運転を考慮すると固定子コイル及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。絶縁抵抗測定の結果に基づき、必要により洗浄、乾燥、絶縁補修処理もしくは取替えを実施する。	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、点検結果に基づき必要により洗浄、乾燥、絶縁補修処理もしくは取替えを実施していく。

表 5.1 代表機器以外の評価対象及び技術評価の概要 (5/6)

評価対象設備	評価対象機器	部位	健全性評価	現状保全	総合評価	高経年化への対応
空気圧縮装置	<ul style="list-style-type: none"> <li>制御用空気圧縮機用電動機</li> <li>制御用空気除湿装置送風機用電動機</li> </ul>	固定子コイル、 口出線・接続部品	低圧ポンプ用電動機の評価と同様。	低圧ポンプ用電動機の評価と同様。	低圧ポンプ用電動機の評価と同様。	低圧ポンプ用電動機の評価と同様。
燃料取扱設備	<ul style="list-style-type: none"> <li>燃料取替クレーン</li> <li>使用済燃料ピットクレーン</li> </ul>	電動機の固定子コイル	絶縁仕様が低圧ポンプ用電動機に比べて同等以上であるため、低圧ポンプ用電動機の健全性評価結果から、固定子コイル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。しかしながら、低圧ポンプ用電動機と設置場所が異なることから、長期間の運転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。点検結果に基づき、必要により洗浄、乾燥、絶縁補修処理もしくは取替えを実施する。	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、点検結果に基づき必要により洗浄、乾燥、絶縁補修処理もしくは取替えを実施していく。
		電磁ブレーキ固定鉄心	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、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。
		回転数発電機				
	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、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。	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>燃料移送装置</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、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。
非常用ディーゼル発電設備	<ul style="list-style-type: none"> <li>ディーゼル発電機</li> </ul>	固定子コイル（高圧）、口出線・接続部品（高圧）	高圧ポンプ用電動機の健全性評価結果から、固定子コイルの運転に必要な絶縁耐力を保有する期間は18.5年と判断。	絶縁抵抗測定、絶縁診断を実施。点検結果に基づき、必要により洗浄、乾燥、絶縁補修処理もしくは取替えを実施する。	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、絶縁診断で検知可能であり、点検手法として適切。	絶縁抵抗測定、絶縁診断を実施していくとともに、運転年数及び点検結果に基づき、必要により洗浄、乾燥、絶縁補修処理もしくは取替えを実施していく。
		回転子コイル（低圧）、口出線・接続部品（低圧）	低圧ポンプ用電動機の健全性評価結果から、固定子コイル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。点検結果に基づき、必要により洗浄、乾燥、絶縁補修処理もしくは取替えを実施する。	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、点検結果に基づき必要により洗浄、乾燥、絶縁補修処理もしくは取替えを実施していく。
		回転計発電機	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、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。
	<ul style="list-style-type: none"> <li>温水循環ポンプ用電動機</li> <li>潤滑油プライミングポンプ用電動機</li> <li>燃料油移送ポンプ用電動機</li> <li>燃料弁冷却水ポンプ用電動機</li> </ul>	固定子コイル、 口出線	低圧ポンプ用電動機の評価と同様。	低圧ポンプ用電動機の評価と同様。	低圧ポンプ用電動機の評価と同様。	低圧ポンプ用電動機の評価と同様。

表 5.1 代表機器以外の評価対象及び技術評価の概要 (6/6)

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
直流電源設備	・直流コントロールセンタ	保護リレー (機械式)	同種の保護リレーの絶縁低下に対する健全性試験による評価の結果、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。 絶縁抵抗測定結果に基づき、必要により取替えを実施する。	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、絶縁抵抗測定結果に基づき必要により取替えを実施していく。
	・充電器盤 (3系統目蓄電池用)	変圧器、計器用変圧器	変圧器及び計器用変圧器は筐体内に設置されているため、環境変化の程度は小さく、塵埃の付着により絶縁性能の低下を起こす可能性は小さい。	絶縁抵抗測定を実施。	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	・計装電源盤 ・計装電源盤 (3系統目蓄電池用)	変圧器	使用温度に比べて十分余裕のある絶縁種を使用していることから、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。絶縁抵抗測定結果に基づき、必要により取替えを実施する。	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、絶縁抵抗測定結果に基づき必要により取替えを実施していく。
制御棒駆動装置用電源設備	・原子炉トリップ遮断器盤	ばね蓄勢用モータ (低圧モータ)	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、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。
大容量空冷式発電機	・大容量空冷式発電機	固定子巻線、主回路端子、主回路端子ケーブル	運転回数は年間数回であるが、長期間の運転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、絶縁診断を実施。点検結果に基づき、必要により洗浄、乾燥、絶縁補修処理もしくは取替えを実施する。	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、絶縁診断で検知可能であり、点検手法として適切。	絶縁抵抗測定、絶縁診断を実施していくとともに、点検結果に基づき、必要により洗浄、乾燥、絶縁補修処理もしくは取替えを実施していく。
		回転子巻線、励磁機固定子巻線、励磁機回転子巻線、固定子コイル、口出線	運転回数は年間数回であるが、長期間の運転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。点検結果に基づき、必要により洗浄、乾燥、絶縁補修処理もしくは取替えを実施する。	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、必要により洗浄、乾燥、絶縁補修処理もしくは取替えを実施していく。

6. まとめ

6.1 審査ガイド適合性

「2. 基本方針」で示した要求事項について技術評価を行った結果、全ての要求事項を満足していることを確認した。絶縁低下についての要求事項との対比を表 6.1 に示す。

表 6.1 (1/2) 電気・計装品の絶縁低下についての要求事項との対比

ガイド	要求事項	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. 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。	4.1.1、4.2.1及び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及び5. の「現状保全」及び「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及び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。	

表 6.1 (2/2) 電気・計装品の絶縁低下についての要求事項との対比

ガイド	要求事項	技術評価結果
<p>実用発電用原子炉施設における高経年化対策実施ガイド</p>	<p>3.1 高経年化技術評価の実施及び見直し 高経年化技術評価の実施及び見直しに当たっては、以下の要求事項を満たすこと。</p> <p>⑤抽出された高経年化対策上着目すべき経年劣化事象について、以下に規定する期間の満了日までの期間について機器・構造物の健全性評価を行うとともに、必要に応じ現状の施設管理に追加すべき保全策（以下「追加保全策」という。）を抽出すること。</p> <p>イ 実用炉規則第82条第1項の規定に基づく高経年化技術評価プラントの運転を開始した日から60年間（ただし、⑧ただし書の規定に該当する場合にはプラントの運転を開始した日から40年間とする。）</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及び5.の「高経年化への対応」に示すとおり、現状保全項目に高経年化対策の観点から追加すべきものはないと判断した。</p>

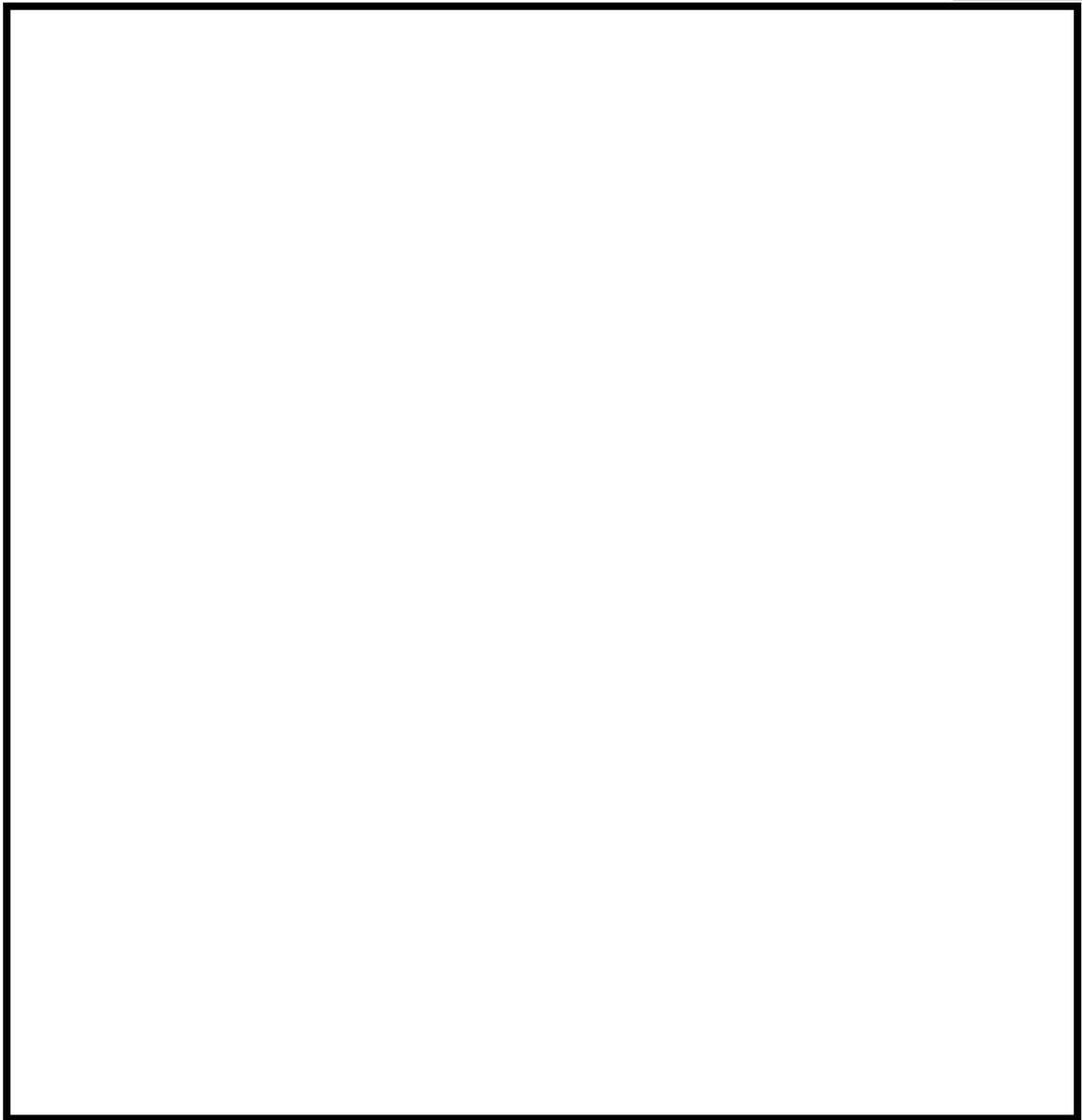
## 6.2 長期施設管理方針として策定する事項

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

## 7. 添付資料

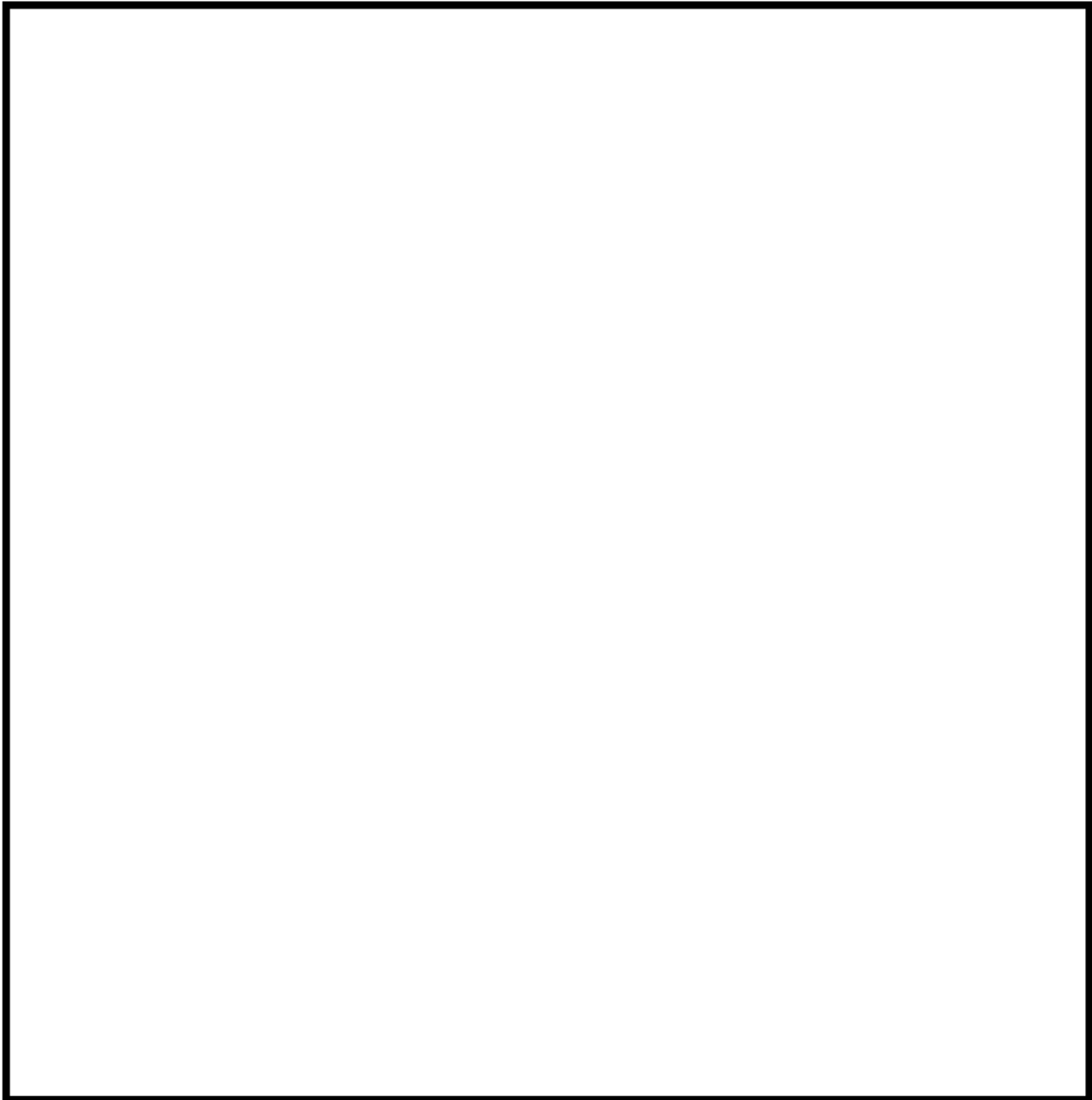
- 1) 設計基準事故及び重大事故等時に環境が著しく悪化する電気・計装品の環境条件について
- 2) 原子炉格納容器内の難燃PHケーブルの環境条件について
- 3) 難燃PHケーブルの長期健全性試験（設計基準事故）における評価期間について
- 4) 難燃PHケーブルの長期健全性試験条件の事故時条件（設計基準事故）の包絡性について
- 5) 難燃PHケーブルの長期健全性試験（重大事故等時）における評価期間について
- 6) 難燃PHケーブルの長期健全性試験条件の事故時条件（重大事故等時）の包絡性について
- 7) 原子炉格納容器内のモジュラー型電気ペネトレーションの環境条件について
- 8) モジュラー型電気ペネトレーションのポッティング材及びOリングの長期健全性試験における評価期間について
- 9) モジュラー型電気ペネトレーションのポッティング材及びOリングの長期健全性試験条件の事故時条件の包絡性について
- 10) モジュラー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（設計基準事故）における評価期間について
- 11) モジュラー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（設計基準事故）の事故時条件の包絡性について
- 12) モジュラー型電気ペネトレーションの外部リードのACAガイドによる長期健全性試験（設計基準事故）における評価期間について
- 13) モジュラー型電気ペネトレーションの外部リードのACAガイドによる長期健全性試験条件（設計基準事故）の事故時条件の包絡性について
- 14) モジュラー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（重大事故等時）における評価期間について
- 15) モジュラー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（重大事故等時）の事故時条件の包絡性について

タイトル	設計基準事故及び重大事故等時に環境が著しく悪化する電気・計装品の環境条件について
概要	設計基準事故及び重大事故等時に環境が著しく悪化する電気・計装品の評価期間を算定するために用いた環境条件の設定方法について、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電気・計装品の評価期間を算定するために用いる環境条件は、ループ室や加圧器上部などの区画で大別し、電気・計装品が設置されている箇所温度、線量が高いと考えられる箇所を測定した結果の最大値に余裕を加えた値にて設定している（添付-1)-2～12参照）。</p> <p>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）の調査結果及び玄海 4 号炉の調査結果も踏まえて設定している。</p>

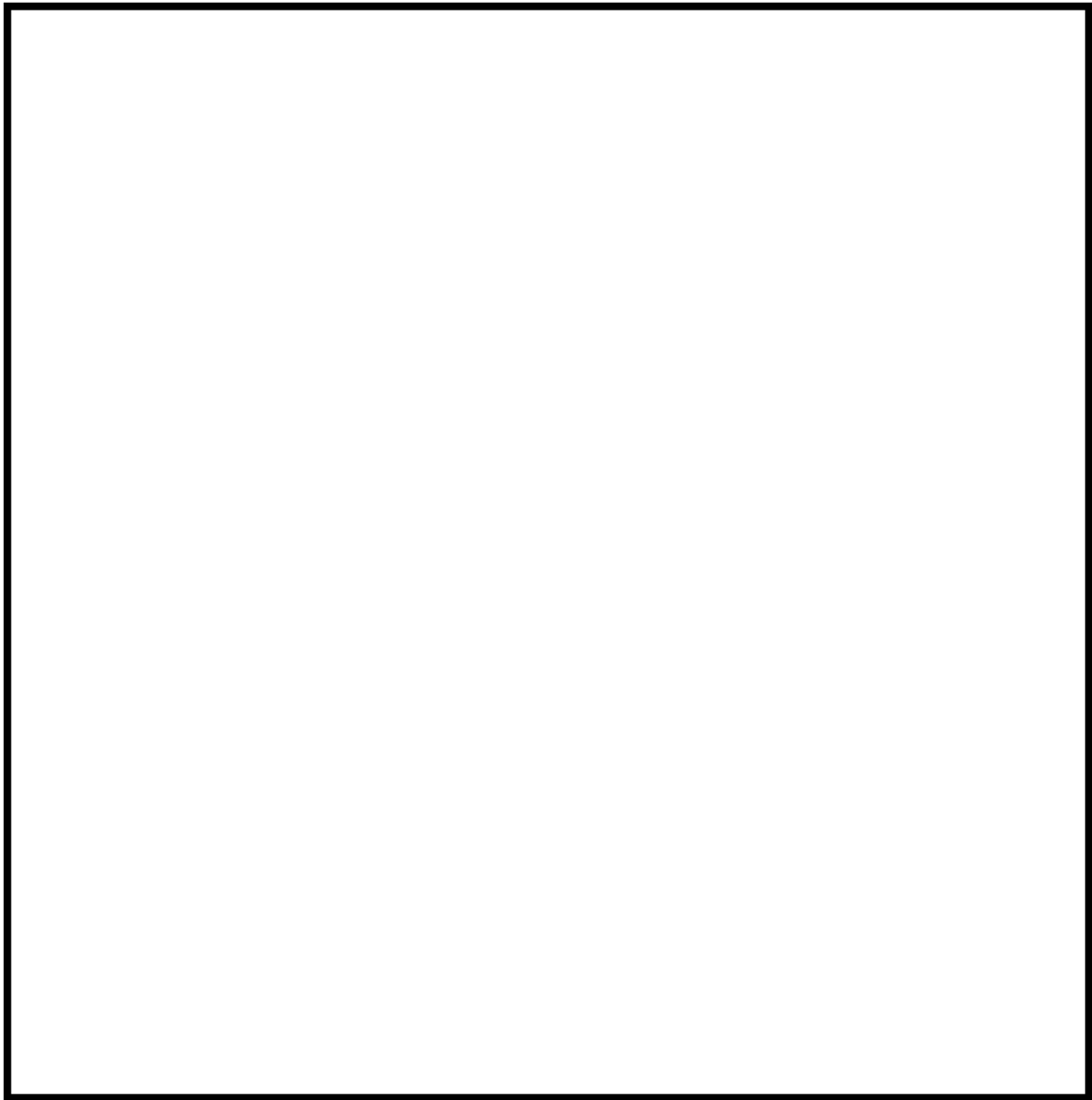


玄海 3 号炉 原子炉格納容器 E/L-5.2m

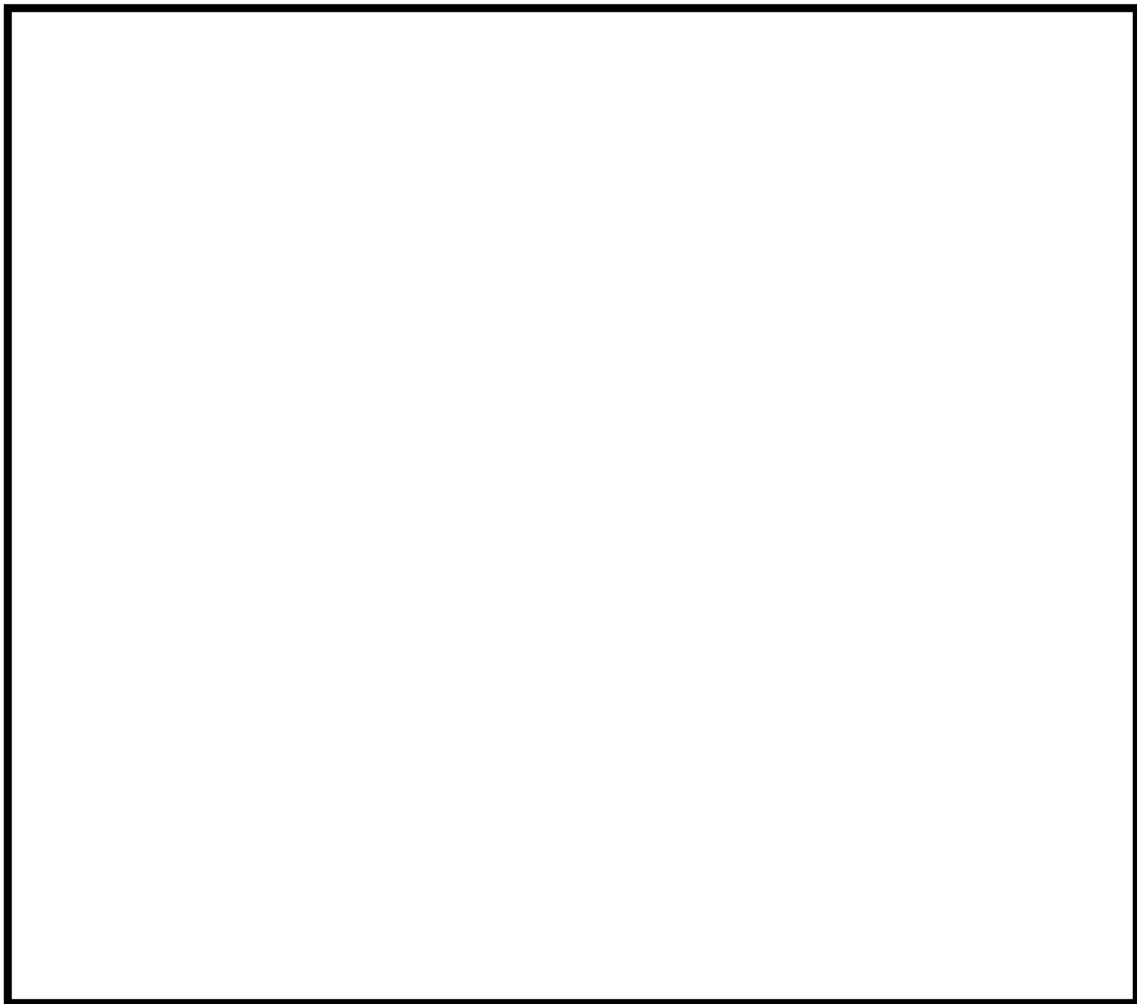




玄海 3 号炉 原子炉格納容器 E/L-1.2m



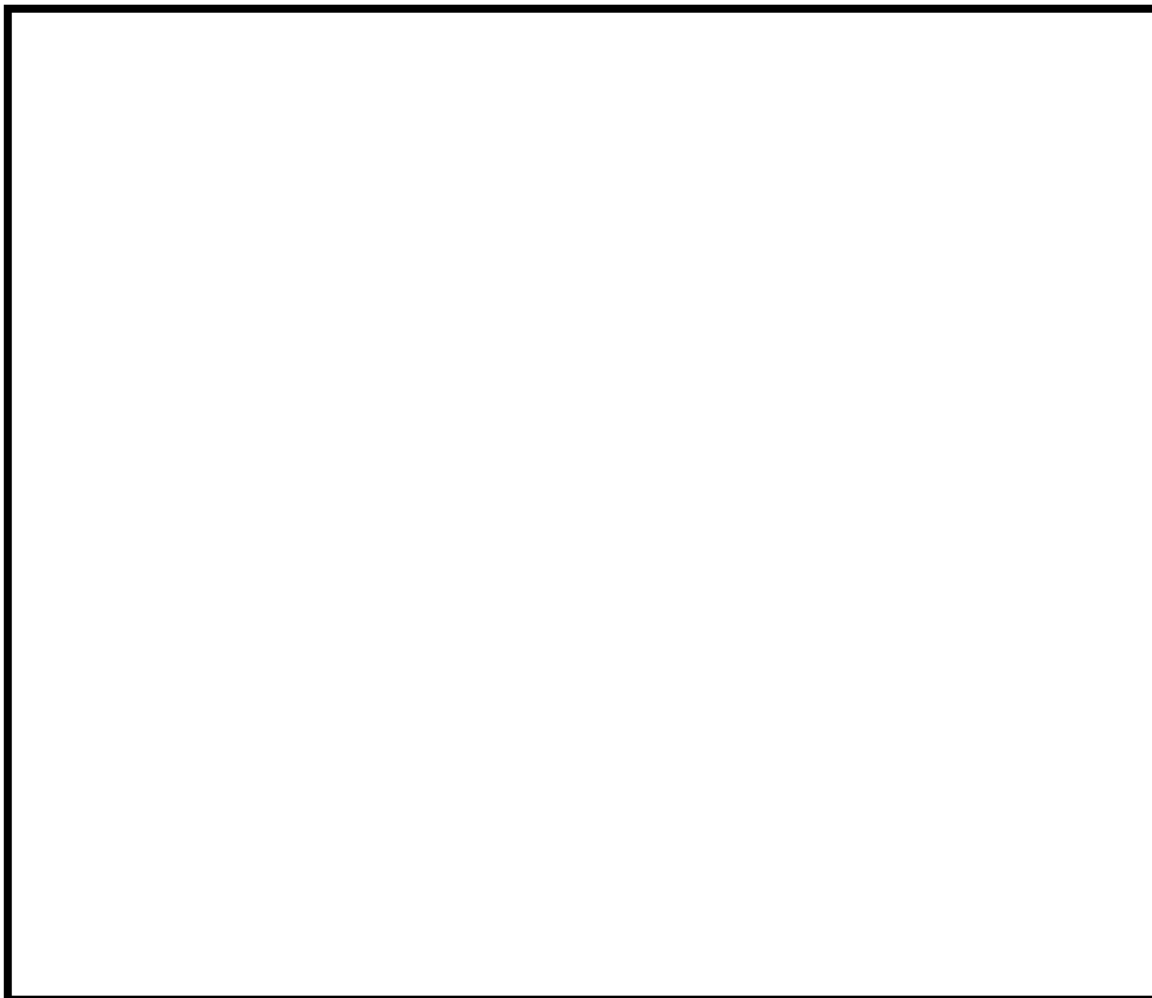
玄海3号炉 原子炉格納容器 E/L3.7m



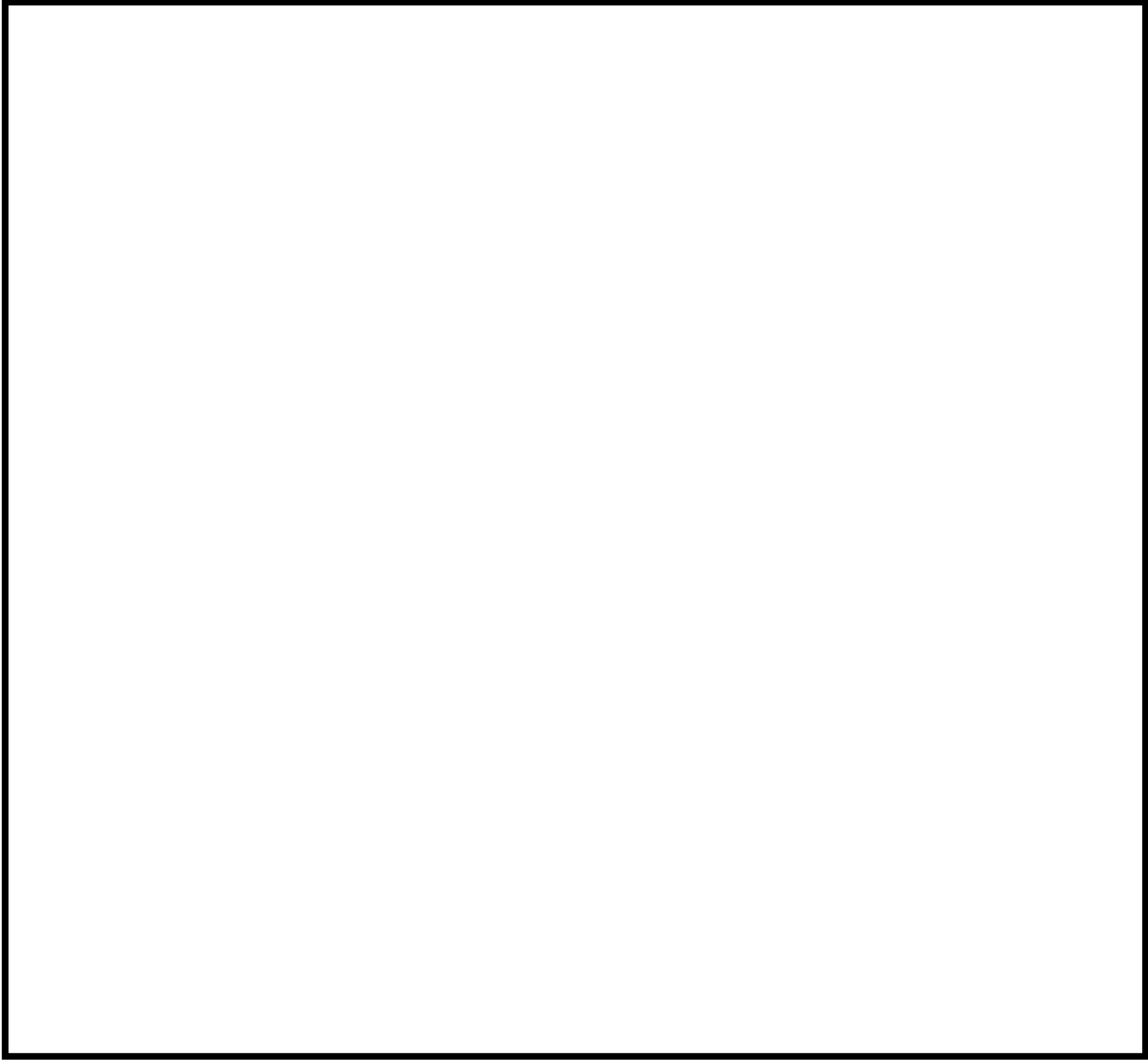
玄海3号炉 原子炉格納容器 E/L11.3m



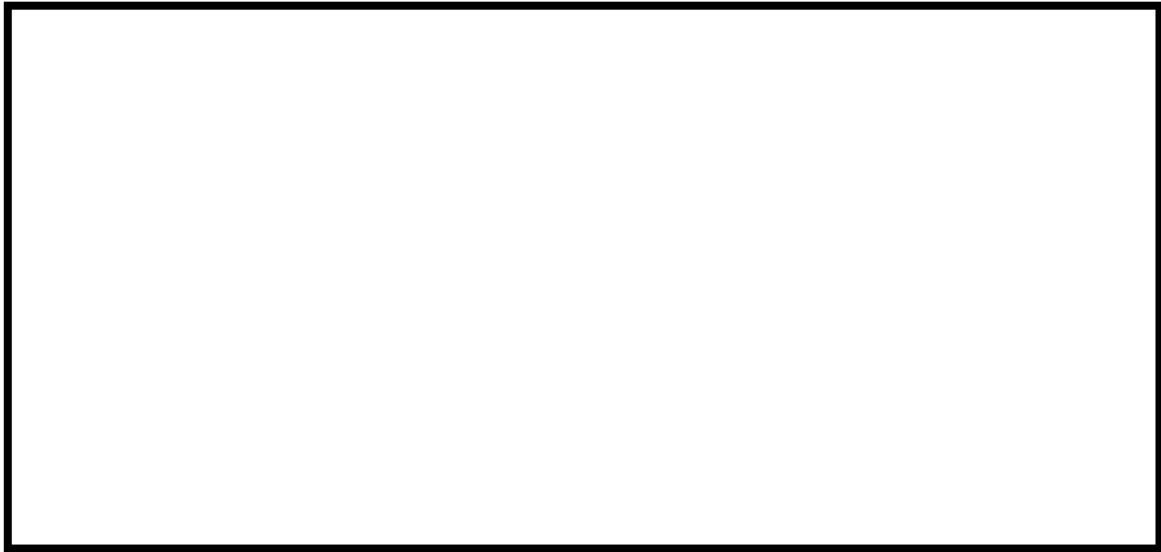
玄海3号炉 原子炉格納容器 E/L16.4m



玄海 3 号炉 原子炉格納容器 E/L22.4m



玄海 3 号炉 原子炉格納容器 E/L26.25m



玄海3号炉 主蒸気管室 E/L11.3m



玄海3号炉 燃料取扱建屋 E/L11.3m

事故時環境が悪化するエリアの環境調査結果と評価書上の設定値(1/3)

No.	エリア	測定箇所	温度 (°C)	線量率 (mGy/h)	評価書の使用条件	
1	CV	ループ 室	CV A ループ①	29.6	193.1	1次冷却材温度： 50°C、300mGy/h (No. 4、5を包絡 した条件)  気密端子箱、 直ジョイント、 低圧ケーブル他： 45°C、300mGy/h (No. 1～3、6～23 を包絡した条件)  弁電動装置： 35°C、200mGy/h (No. 10、16、 17、22を包絡した 条件)
2			CV A ループ②	30.5	168.7	
3			CV A ループ③	33.9	24.7	
4			CV A ループ④	43.6	268.9	
5			CV A ループ⑤	41.1	176.9	
6			CV B ループ①	32.3	285.8	
7			CV B ループ②	33.1	222.1	
8			CV B ループ③	31.6	134.0	
9			CV B ループ④	29.8	9.9	
10			CV B ループ⑤	30.7	143.6	
11			CV B ループ⑥	33.1	112.4	
12			CV C ループ①	32.3	244.5	
13			CV C ループ②	32.4	60.0	
14			CV C ループ③	37.0	188.6	
15			CV C ループ④	29.7	9.8	
16			CV C ループ⑤	34.5	153.9	
17			CV C ループ⑥	30.2	39.0	
18			CV C ループ⑦	31.6	167.2	
19			CV D ループ①	30.3	152.8	
20			CV D ループ②	32.6	74.3	
21			CV D ループ③	30.7	79.9	
22			CV D ループ④	29.7	45.6	
23			CV D ループ⑤	29.5	176.1	
24	加圧器 上部	CV 加圧器上部①	38.6	1未満	45°C、5mGy/h	
25		CV 加圧器上部②	39.3	1未満		
26	加圧器 下部	CV 加圧器下部①	45.2	1未満	50°C、5mGy/h	
27		CV 加圧器下部②	43.2	1未満		
28		CV 加圧器下部③	44.8	1未満		



事故時環境が悪化するエリアの環境調査結果と評価書上の設定値(2/3)

No.	エリア	測定箇所	温度 (°C)	線量率 (mGy/h)	評価書の使用条件	
29		CV 原子炉容器上部①	38.7	1 未満	45°C、10mGy/h	
30		CV 原子炉容器上部②	40.0	1 未満		
31		CV 原子炉容器上部③	37.8	1 未満		
32		CV 原子炉容器上部④	38.1	2.7		
33		CV 原子炉容器上部⑤	39.6	2.1		
34	CV	CV 通路部①	30.3	1 未満	伝送器： 40°C、1mGy/h (No. 34～39 を包 絡した条件)	
35		CV 通路部②	28.4	1 未満		
36		CV 通路部③	30.4	1 未満		
37		CV 通路部④	27.9	1 未満		
38		CV 通路部⑤	32.7	1 未満		
39		通路部	CV 通路部⑥	28.7	1 未満	ケーブルトレイ (低圧電力)： 38°C、1mGy/h (No. 45 を包絡し た条件)
40			CV 通路部⑦	39.6	1 未満	
41			CV 通路部⑧	35.7	1 未満	
42			CV 通路部⑨	38.4	1 未満	
43			CV 通路部⑩	28.8	1 未満	
44			CV 通路部⑪	41.1	1 未満	
45			CV 通路部⑫	32.2	1 未満	
46	CV	CV 通路部⑭	28.8	1 未満	32°C、1mGy/h	
47		CV 通路部⑮	29.7	1 未満		
48		CV 通路部⑯	27.8	1 未満		
49		CV 通路部⑰	28.4	1 未満		
50	アニュラス	アニュラス部①	32.1	1 未満	35°C、1mGy/h	
51		アニュラス部②	31.8	1 未満		
52	MS 室	主蒸気管室①	47.2	—	50°C	
53		主蒸気管室②	45.7	—		
54		主蒸気管室③	45.6	—		
55		主蒸気管室④	38.9	—		

## 事故時環境が悪化するエリアの環境調査結果と評価書上の設定値(3/3)

No.	エリア	測定箇所	温度 (°C)	線量率 (mGy/h)	評価書の使用条件
56	FHB	温度／水位近傍①	25.1	1 未満	30°C、 0.072mGy/h <sup>※</sup>
57		温度／水位近傍②	24.9	1 未満	
58		監視カメラ近傍①	25.7	1 未満	
59		監視カメラ近傍②	25.3	1 未満	

※：社内基準に基づき測定した CV 外の管理区域うち機器が設置される高線量エリアの線量当量率を採用

タイトル	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設定方法について、以下に示す。																		
説明	<p>玄海3号炉の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、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ている。</p> <table border="1" data-bbox="475 651 1305 931"> <thead> <tr> <th>布設区分</th> <th>温度[°C]</th> <th>線量率[Gy/h]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ループ室</td> <td>45</td> <td>0.3</td> </tr> <tr> <td>加圧器上部</td> <td>45</td> <td><math>5 \times 10^{-3}</math></td> </tr> <tr> <td>通路部 (その他)</td> <td>45</td> <td><math>5 \times 10^{-3}</math></td> </tr> <tr> <td>通路部 (ケーブルトレイ)</td> <td>56*1</td> <td><math>1 \times 10^{-3}</math></td> </tr> <tr> <td>主蒸気管室</td> <td>50</td> <td>—</td> </tr> </tbody> </table> <p>*1：原子炉格納容器内でのケーブル布設エリアの温度（約38°C）に通電による温度上昇を加えた温度として設定した。</p> <p>難燃PHケーブルの長期健全性試験（設計基準事故、重大事故等）の評価期間の算定に当たり、通常運転相当の温度及び放射線条件は、布設エリアで最も厳しい56°C（通路部（ケーブルトレイ））及び0.3Gy/h（ループ室）を用いている。なお、ACAガイドに基づく長期健全性評価の評価期間の算定に当たり、通常運転相当の温度及び放射線は、各布設エリアの環境条件を算定に用いている。</p>	布設区分	温度[°C]	線量率[Gy/h]	ループ室	45	0.3	加圧器上部	45	$5 \times 10^{-3}$	通路部 (その他)	45	$5 \times 10^{-3}$	通路部 (ケーブルトレイ)	56*1	$1 \times 10^{-3}$	主蒸気管室	50	—
布設区分	温度[°C]	線量率[Gy/h]																	
ループ室	45	0.3																	
加圧器上部	45	$5 \times 10^{-3}$																	
通路部 (その他)	45	$5 \times 10^{-3}$																	
通路部 (ケーブルトレイ)	56*1	$1 \times 10^{-3}$																	
主蒸気管室	50	—																	

タイトル	難燃PHケーブルの長期健全性試験（設計基準事故）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及び活性化エネルギー等を以下に示す。								
説明	<p>難燃PHケーブルの60年間の通常運転時の使用条件に基づく劣化条件は、ケーブル絶縁材の活性化エネルギーを用いて、アレニウス則により算出している。</p> <p>長期健全性試験による評価においては、添付-2)で整理した各環境条件を包絡する温度として、56℃で評価する。</p> <p>実機使用条件（56℃-60年）を、長期健全性試験条件（140℃-9日）との比較を容易にするため、加速時間(L2)を試験条件と同じ9日として換算した結果を以下に示す。</p> <table border="1" data-bbox="509 837 1270 931"> <thead> <tr> <th>T2[℃]</th> <th>L2[日]</th> <th>T1[℃]</th> <th>L1[年]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>111</td> <td>9</td> <td>56</td> <td>60</td> </tr> </tbody> </table> <p>活性化エネルギー： <input type="text" value=""/> [kcal/mol]（メーカーデータ）での換算値 （L1:実環境年数、L2:加速時間、T1:実環境温度、T2:加速温度）</p> <p>実機使用条件を換算した加速温度(T2=111℃)は、長期健全性試験条件の温度（140℃）に包絡される。</p>	T2[℃]	L2[日]	T1[℃]	L1[年]	111	9	56	60
T2[℃]	L2[日]	T1[℃]	L1[年]						
111	9	56	60						

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（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>添付-4)-2 に設計基準事故（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、添付-4)-3 に事故時雰囲気曝露の試験条件を添付する。  また、添付-4)-3 に設計基準事故（主蒸気管破断）条件を添付する。  以下に示すように、事故時雰囲気曝露の試験条件は、実機の設計基準事故時条件を包絡している。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>条件（温度－時間）</th> <th>75℃換算*2</th> <th>合計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">事故時 雰囲気 曝露 試験</td> <td rowspan="2"></td> <td>*1 28,357 時間 (1,182 日)</td> <td rowspan="2">214,777 時間 (8,949 日)</td> </tr> <tr> <td>186,420 時間 (7,767 日)</td> </tr> <tr> <td rowspan="5">設計基準 事故*3</td> <td rowspan="5"></td> <td>5,950 時間 (248 日)</td> <td rowspan="5">7,394 時間 (308 日)</td> </tr> <tr> <td>1,264 時間 (53 日)</td> </tr> <tr> <td>72 時間 (3 日)</td> </tr> <tr> <td>56 時間 (2 日)</td> </tr> <tr> <td>52 時間 (2 日)</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">設計基準 事故*4</td> <td rowspan="3"></td> <td>175,426 時間 (7,309 日)</td> <td rowspan="3">175,434 時間 (7,310 日)</td> </tr> <tr> <td>1 時間 (0 日)</td> </tr> <tr> <td>7 時間 (1 日)</td> </tr> </tbody> </table> <p>*1：試験初期は [ ] °C であるが、安全側に [ ] °C で見積もった。  *2：活性化エネルギー [ ] [kcal/mol] での換算値  *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  *4：主蒸気管破断事故包絡条件</p>				条件（温度－時間）	75℃換算*2	合計	事故時 雰囲気 曝露 試験		*1 28,357 時間 (1,182 日)	214,777 時間 (8,949 日)	186,420 時間 (7,767 日)	設計基準 事故*3		5,950 時間 (248 日)	7,394 時間 (308 日)	1,264 時間 (53 日)	72 時間 (3 日)	56 時間 (2 日)	52 時間 (2 日)	設計基準 事故*4		175,426 時間 (7,309 日)	175,434 時間 (7,310 日)	1 時間 (0 日)	7 時間 (1 日)
	条件（温度－時間）	75℃換算*2	合計																							
事故時 雰囲気 曝露 試験		*1 28,357 時間 (1,182 日)	214,777 時間 (8,949 日)																							
		186,420 時間 (7,767 日)																								
設計基準 事故*3		5,950 時間 (248 日)	7,394 時間 (308 日)																							
		1,264 時間 (53 日)																								
		72 時間 (3 日)																								
		56 時間 (2 日)																								
		52 時間 (2 日)																								
設計基準 事故*4		175,426 時間 (7,309 日)	175,434 時間 (7,310 日)																							
		1 時間 (0 日)																								
		7 時間 (1 日)																								

説 明

玄海3号炉 格納容器内設計基準事故（1次冷却材管の破断による原子炉冷却材喪失）の圧力温度解析結果

説 明



難燃PHケーブル 設計基準事故時雰囲気暴露試験条件



玄海3号炉 主蒸気管室における設計基準事故条件（主蒸気管破断）

タイトル	難燃PHケーブルの長期健全性試験（重大事故等時）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及び活性化エネルギー等を以下に示す。								
説明	<p>難燃PHケーブルの60年間の通常運転時の使用条件に基づく劣化条件は、ケーブル絶縁材の活性化エネルギーを用いて、アレニウス則により算出している。</p> <p>長期健全性試験による評価においては、添付-2)で整理した各環境条件を包絡する温度として、56℃で評価する。</p> <p>実機使用条件（56℃-60年）を、長期健全性試験条件（140℃-11h）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11hとして換算した結果を以下に示す。</p> <table border="1" data-bbox="512 790 1270 887"> <thead> <tr> <th>T2[℃]</th> <th>L2[h]</th> <th>T1[℃]</th> <th>L1[年]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>137</td> <td>11</td> <td>56</td> <td>60</td> </tr> </tbody> </table> <p>活性化エネルギー： <span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 40px; height: 15px; vertical-align: middle;"></span> [kcal/mol]（メーカーデータ）での換算値  （L1:実環境年数、L2:加速時間、T1:実環境温度、T2:加速温度）</p> <p>実機使用条件を換算した加速温度（T2=137℃）は、長期健全性試験条件の温度（140℃）に包絡される。</p>	T2[℃]	L2[h]	T1[℃]	L1[年]	137	11	56	60
T2[℃]	L2[h]	T1[℃]	L1[年]						
137	11	56	60						



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（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、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）及び事故時雰囲気曝露の試験条件を添付する。</p> <p>以下に示すように、事故時雰囲気曝露の試験条件は、実機の重大事故等時条件を包絡している。</p> <table border="1" data-bbox="523 725 1262 931"> <thead> <tr> <th data-bbox="523 725 874 779"></th> <th data-bbox="874 725 1262 779">条件（温度－時間）</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="523 779 874 853">事故時雰囲気曝露試験</td> <td data-bbox="874 779 1262 931" rowspan="2"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="523 853 874 931">重大事故等時*1</td> </tr> </tbody> </table> <p>*1：格納容器過温破損事故包絡条件</p>		条件（温度－時間）	事故時雰囲気曝露試験		重大事故等時*1
	条件（温度－時間）					
事故時雰囲気曝露試験						
重大事故等時*1						

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、玄海3号炉 原子炉設置許可申請書の添付書類十の第7.2.1.2.2表 主要解析条件（雰囲気圧力・温度による静的負荷（格納容器過温破損）（1/3～3/3）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。

重大事故等時（格納容器過温破損、格納容器過圧破損）  
事故時雰囲気曝露の試験条件

タイトル	原子炉格納容器内のモジュラー型電気ペネトレーションの環境条件について
概要	モジュラー型電気ペネトレーションの評価期間を算定するために用いた環境条件の根拠について、以下に示す。
説明	<p>玄海3号炉の電気ペネトレーションは、添付-1)で示したエリア（通路部（電気ペネ端子箱））の環境条件（32℃、1mGy/h）で評価を実施している。</p> <p>モジュラー型電気ペネトレーションの各部位の環境条件は、上記の使用条件の温度 32℃に、ケーブルの通電による温度上昇も考慮した温度としている。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ポッティング材及びOリング：38℃</li> <li>・外部リード：41℃（温度上昇を考慮）、32℃（温度上昇の考慮不要）</li> </ul>

タイトル	モジュラー型電気ペネトレーションのポッティング材及びOリング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及び活性化エネルギー等を以下に示す。																					
説明	<p>モジュラー型電気ペネトレーションの60年間の通常運転時の使用条件に基づく劣化条件は、外部リードに使用されている難燃EPゴム絶縁ケーブルの活性化エネルギー<sup>※1</sup>を用いて、アレニウス則により算出している。</p> <p>モジュラー型電気ペネトレーションのポッティング材及びOリングの長期健全性試験条件を実機使用条件に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="421 837 1362 981"> <thead> <tr> <th>部位</th> <th>試験条件</th> <th>T2[°C]</th> <th>L2</th> <th>T1[°C]</th> <th>L1[年]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">ポッティング材、 Oリング</td> <td>110°C-218日<sup>※2</sup></td> <td>110</td> <td>218日</td> <td>38</td> <td>68.2</td> </tr> <tr> <td>71~107°C-20日<sup>※2</sup></td> <td>—</td> <td>—</td> <td>38</td> <td>1.9</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、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及び実環境温度に換算した結果を添付-8)-2に示す。</p> <p>活性化エネルギー：<input data-bbox="663 1115 1099 1167" type="text"/> [kcal/mol]（ACA）での換算値 （L1:実環境年数、L2:加速時間、T1:実環境温度、T2:加速温度）</p> <p>ポッティング材及びOリングにおいて、試験条件を換算した結果は68.2+1.9=70.1年となり、実機使用条件を包絡している。</p>					部位	試験条件	T2[°C]	L2	T1[°C]	L1[年]	ポッティング材、 Oリング	110°C-218日 <sup>※2</sup>	110	218日	38	68.2	71~107°C-20日 <sup>※2</sup>	—	—	38	1.9
部位	試験条件	T2[°C]	L2	T1[°C]	L1[年]																	
ポッティング材、 Oリング	110°C-218日 <sup>※2</sup>	110	218日	38	68.2																	
	71~107°C-20日 <sup>※2</sup>	—	—	38	1.9																	

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。  
 ポッティング材及びOリングの熱サイクル試験条件、実環境温度（38℃）に換算した結果は以下のとおり約1.9年となる。

試験条件 (1 サイクル)		換算結果		
[℃]	[時間]	[℃]	[時間]	合計
		38	28.2	285.9 時間×60 サイクル =約 714 日 =約 1.9 年
		38	15.6	
		38	8.4	
		38	5.6	
		38	4.3	
		38	3.6	
		38	3.4	
		38	3.1	
		38	2.8	
		38	6.5	
		38	15.6	
		38	26.2	
		38	32.6	
		38	40.3	
		38	43.3	
		38	46.4	
合計 (1 サイクル)		38	285.9	

熱サイクル試験条件（1 サイクル分）

タイトル	モジュラー型電気ペネトレーションのポッティング材及びOリング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及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	添付-9)-2 にモジュラー型電気ペネトレーションの事故時雰囲気曝露の試験条件を添付する。				
	以下に示すように、事故時雰囲気曝露の試験条件は、実機の設計基準事故時条件及び重大事故等時条件を包絡している。				
	なお、設計基準事故の安全解析結果は添付-4)-2 を、重大事故等時の安全解析結果（事故後 7 日間までの解析を実施）は添付-6)-2 を参照のこと。 (ポッティング材及びOリング)				
		条件 (温度-時間)	75°C換算*1	合計	
	事故時 雰囲気 曝露 試験		*2	5,898 時間	16,290 時間 (678 日)
				2,790 時間	
				2,357 時間	
				1,987 時間	
				1,771 時間	
				1,487 時間	
	設計基準 事故*3			130 時間	1,516 時間 (63 日)
				128 時間	
				72 時間	
				217 時間	
				969 時間	
	重大事故 等時*4			108 時間	5,288 時間 (220 日)
				305 時間	
				313 時間	
				244 時間	
				460 時間	
			234 時間		
			259 時間		
			230 時間		
			245 時間		
			253 時間		
			319 時間		
			535 時間		
			646 時間		
	656 時間				
	481 時間				

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

タイトル	モジュラー型電気ペネトレーションの外部リードの長期健全性試験（設計基準事故）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及び活性化エネルギー等を以下に示す。																
説明	<p>モジュラー型電気ペネトレーションの外部リードの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>1) 外部リード-1-1          モジュラー型電気ペネトレーションの外部リード-1-1の実機使用条件（41℃-60年）を、長期健全性試験条件（140℃-9日）との比較を容易にするため、加速時間(L2)を試験条件と同じ日数として換算した結果を以下に示す。</p> <table border="1" data-bbox="592 846 1187 965"> <thead> <tr> <th>T2[℃]</th> <th>L2[日]</th> <th>T1[℃]</th> <th>L1[年]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>91</td> <td>9</td> <td>41</td> <td>60</td> </tr> </tbody> </table> <p>活性化エネルギー：<input type="text"/> [kcal/mol]（メーカーデータ）での換算値          （L1:実環境年数、L2:加速時間、T1:実環境温度、T2:加速温度）</p> <p>実機使用条件を換算した加速温度(T2=91℃)は、長期健全性試験条件の温度（140℃）に包絡される。</p> <p>2) 外部リード-1-2          モジュラー型電気ペネトレーションの外部リード-1-2の実機使用条件（41℃-60年）を、長期健全性試験条件（140℃-9日）との比較を容易にするため、加速時間(L2)を試験条件と同じ日数として換算した結果を以下に示す。</p> <table border="1" data-bbox="592 1413 1187 1532"> <thead> <tr> <th>T2[℃]</th> <th>L2[日]</th> <th>T1[℃]</th> <th>L1[年]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>126</td> <td>9</td> <td>41</td> <td>60</td> </tr> </tbody> </table> <p>活性化エネルギー：<input type="text"/> [kcal/mol]（メーカーデータ）での換算値          （L1:実環境年数、L2:加速時間、T1:実環境温度、T2:加速温度）</p> <p>実機使用条件を換算した加速温度(T2=126℃)は、長期健全性試験条件の温度（140℃）に包絡される。</p>	T2[℃]	L2[日]	T1[℃]	L1[年]	91	9	41	60	T2[℃]	L2[日]	T1[℃]	L1[年]	126	9	41	60
T2[℃]	L2[日]	T1[℃]	L1[年]														
91	9	41	60														
T2[℃]	L2[日]	T1[℃]	L1[年]														
126	9	41	60														



## 説 明

## 3) 外部リード-2-1

モジュラー型電気ペネトレーションの外部リード-2-1の実機使用条件(32°C-60年)を、長期健全性試験条件(121°C-7日)との比較を容易にするため、加速時間(L2)を試験条件と同じ日数として換算した結果を以下に示す。

T2[°C]	L2[日]	T1[°C]	L1[年]
66	7	32	60

活性化エネルギー： [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)

実機使用条件を換算した加速温度(T2=66°C)は、長期健全性試験条件の温度(121°C)に包絡される。

タイトル	モジュラー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（設計基準事故）の事故時条件の包絡性について																						
概要	試験条件の事故時条件が、実機に想定される設計基準事故時条件を包絡していることを以下に示す。																						
説明	<p>1) 外部リード-1-1  外部リード-1-1の事故時雰囲気曝露試験条件を下記に示す。  以下に示すように、事故時雰囲気曝露の試験条件は、実機の設計基準事故時条件を包絡している。  なお、設計基準事故の安全解析結果は添付-4)-2を参照のこと。  外部リード-1-1：難燃EPゴム（設計基準事故）</p> <table border="1" data-bbox="421 645 1350 1169"> <thead> <tr> <th></th> <th>条件（温度-時間）</th> <th>75℃換算*2</th> <th>合計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">事故時 雰囲気 曝露 試験</td> <td rowspan="2">[Redacted]</td> <td>*1 28,357 時間 (1,182 日)</td> <td rowspan="2">214,777 時間 (8,949 日)</td> </tr> <tr> <td>186,420 時間 (7,767 日)</td> </tr> <tr> <td rowspan="4">設計基準 事故*3</td> <td rowspan="4">[Redacted]</td> <td>5,950 時間 (248 日)</td> <td rowspan="4">7,394 時間 (308 日)</td> </tr> <tr> <td>1,264 時間 (53 日)</td> </tr> <tr> <td>72 時間 (3 日)</td> </tr> <tr> <td>56 時間 (2 日)</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>52 時間 (2 日)</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>*1：試験初期は [Redacted] °Cであるが、安全側に [Redacted] °Cで見積もった。  *2：活性化エネルギー [Redacted] [kcal/mol]での換算値  *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> <div data-bbox="421 1285 1362 1935" style="border: 2px solid black; height: 290px; margin-top: 10px;"></div> <p style="text-align: center; margin-top: 10px;">外部リード-1-1 事故時雰囲気曝露試験条件</p>				条件（温度-時間）	75℃換算*2	合計	事故時 雰囲気 曝露 試験	[Redacted]	*1 28,357 時間 (1,182 日)	214,777 時間 (8,949 日)	186,420 時間 (7,767 日)	設計基準 事故*3	[Redacted]	5,950 時間 (248 日)	7,394 時間 (308 日)	1,264 時間 (53 日)	72 時間 (3 日)	56 時間 (2 日)			52 時間 (2 日)	
	条件（温度-時間）	75℃換算*2	合計																				
事故時 雰囲気 曝露 試験	[Redacted]	*1 28,357 時間 (1,182 日)	214,777 時間 (8,949 日)																				
		186,420 時間 (7,767 日)																					
設計基準 事故*3	[Redacted]	5,950 時間 (248 日)	7,394 時間 (308 日)																				
		1,264 時間 (53 日)																					
		72 時間 (3 日)																					
		56 時間 (2 日)																					
		52 時間 (2 日)																					

説 明	<p>2) 外部リード-1-2                  外部リード-1-2の事故時雰囲気暴露試験条件を下記に示す。                  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。                  なお、設計基準事故の安全解析結果は添付-4)-2を参照のこと。</p> <p>外部リード-1-2：難燃EPゴム（設計基準事故）</p>																								
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;"></th> <th style="width: 35%;">条件（温度－時間）</th> <th style="width: 20%;">75℃換算*2</th> <th style="width: 30%;">合計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2" style="text-align: center; vertical-align: middle;">事故時雰囲気暴露試験</td> <td rowspan="2" style="text-align: center; vertical-align: middle;">*1</td> <td style="text-align: center;">1,062 時間 (44 日)</td> <td rowspan="2" style="text-align: center; vertical-align: middle;">20,799 時間 (866 日)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">19,737 時間 (822 日)</td> </tr> <tr> <td rowspan="4" style="text-align: center; vertical-align: middle;">設計基準事故*3</td> <td></td> <td style="text-align: center;">390 時間 (16 日)</td> <td rowspan="4" style="text-align: center; vertical-align: middle;">1,200 時間 (50 日)</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">291 時間 (12 日)</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">72 時間 (3 日)</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">130 時間 (5 日)</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">318 時間 (13 日)</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				条件（温度－時間）	75℃換算*2	合計	事故時雰囲気暴露試験	*1	1,062 時間 (44 日)	20,799 時間 (866 日)	19,737 時間 (822 日)	設計基準事故*3		390 時間 (16 日)	1,200 時間 (50 日)		291 時間 (12 日)		72 時間 (3 日)		130 時間 (5 日)			318 時間 (13 日)
	条件（温度－時間）	75℃換算*2	合計																						
事故時雰囲気暴露試験	*1	1,062 時間 (44 日)	20,799 時間 (866 日)																						
		19,737 時間 (822 日)																							
設計基準事故*3		390 時間 (16 日)	1,200 時間 (50 日)																						
		291 時間 (12 日)																							
		72 時間 (3 日)																							
		130 時間 (5 日)																							
		318 時間 (13 日)																							
<p>*1：試験初期は [ ] °Cであるが、安全側に [ ] °Cで見積もった。                  *2：活性化エネルギー： [ ] [kcal/mol]（メーカーデータ）での換算値                  *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>																									
<div style="border: 2px solid black; height: 150px; width: 100%;"></div>																									
<p>外部リード-1-2 事故時雰囲気暴露の試験条件</p>																									

説 明	<p>3) 外部リード-2-1                  外部リード-2-1の事故時雰囲気暴露試験条件を下記に示す。                  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。                  なお、設計基準事故の安全解析結果は添付-4)-2を参照のこと。</p> <p>外部リード-2-1：架橋ポリエチレン（設計基準事故）</p>																			
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;"></th> <th style="width: 35%;">条件（温度-時間）</th> <th style="width: 25%;">75℃換算*3</th> <th style="width: 25%;">合計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2" style="text-align: center; vertical-align: middle;">事故時 雰囲気 暴露 試験</td> <td style="text-align: center;">□℃*1-□</td> <td style="text-align: center;">1,195,106 時間 (49,796 日)</td> <td rowspan="2" style="text-align: center; vertical-align: middle;">3,115,082 時間 (129,795 日)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">□℃*2-□</td> <td style="text-align: center;">1,919,976 時間 (79,999 日)</td> </tr> <tr> <td rowspan="5" style="text-align: center; vertical-align: middle;">設計基 準事故*4</td> <td rowspan="5" style="text-align: center; vertical-align: middle;">□</td> <td style="text-align: center;">100,672 時間 (4,195 日)</td> <td rowspan="5" style="text-align: center; vertical-align: middle;">106,593 時間 (4,442 日)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">5,817 時間 (242 日)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">72 時間 (3 日)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">24 時間 (1 日)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">8 時間 (1 日)</td> </tr> </tbody> </table>				条件（温度-時間）	75℃換算*3	合計	事故時 雰囲気 暴露 試験	□℃*1-□	1,195,106 時間 (49,796 日)	3,115,082 時間 (129,795 日)	□℃*2-□	1,919,976 時間 (79,999 日)	設計基 準事故*4	□	100,672 時間 (4,195 日)	106,593 時間 (4,442 日)	5,817 時間 (242 日)	72 時間 (3 日)	24 時間 (1 日)
	条件（温度-時間）	75℃換算*3	合計																	
事故時 雰囲気 暴露 試験	□℃*1-□	1,195,106 時間 (49,796 日)	3,115,082 時間 (129,795 日)																	
	□℃*2-□	1,919,976 時間 (79,999 日)																		
設計基 準事故*4	□	100,672 時間 (4,195 日)	106,593 時間 (4,442 日)																	
		5,817 時間 (242 日)																		
		72 時間 (3 日)																		
		24 時間 (1 日)																		
		8 時間 (1 日)																		
<p>*1：試験初期は□℃であるが、安全側に□℃で見積もった。                  *2：試験途中は□℃であるが、安全側に□℃で見積もった。                  *3：活性化エネルギー□ [kcal/mol]での換算値                  *4：1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>外部リード-2-1 事故時雰囲気暴露の試験条件</p>																				

タイトル	モジュラー型電気ペネトレーションの外部リードのACAガイドによる長期健全性試験（設計基準事故）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及び活性化エネルギー等を以下に示す。												
説明	<p>モジュラー型電気ペネトレーションの外部リードー1-2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>モジュラー型電気ペネトレーションの外部リードー1-2の試験条件（サンプリングケーブル（36.6℃-19.7年））を用いて（120℃-106日）を実機使用条件（41℃）で換算した結果を以下に示す。</p> <table border="1" data-bbox="509 732 1270 916"> <thead> <tr> <th>T2[℃]</th> <th>L2</th> <th>T1[℃]</th> <th>L1[年]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>36.6</td> <td>19.7年</td> <td>41</td> <td>13</td> </tr> <tr> <td>120</td> <td>106日</td> <td>41</td> <td>83</td> </tr> </tbody> </table> <p>活性化エネルギー： <input type="text"/> [kcal/mol]（メーカーデータ）、  <input type="text"/> [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>試験条件及び実機布設環境条件を換算した結果は13+83=96年となる。</p>	T2[℃]	L2	T1[℃]	L1[年]	36.6	19.7年	41	13	120	106日	41	83
T2[℃]	L2	T1[℃]	L1[年]										
36.6	19.7年	41	13										
120	106日	41	83										

タイトル	モジュラー型電気ペネトレーションの外部リードのACAガイドによる長期健全性試験条件（設計基準事故）の事故時条件の包絡性について																				
概要	試験条件の事故時条件が、実機に想定される設計基準事故時条件を包絡していることを以下に示す。																				
説明	<p>外部リード-1-2の事故時雰囲気暴露試験条件を下記に示す。  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。  なお、設計基準事故の安全解析結果は添付-4)-2を参照のこと。</p> <p>外部リード-1-2：難燃EPゴム（設計基準事故）</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>条件（温度-時間）</th> <th>75°C換算*1</th> <th>合計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">事故時雰囲気暴露試験</td> <td rowspan="3"></td> <td>194 時間</td> <td rowspan="3">13,155 時間 (548 日)</td> </tr> <tr> <td>644 時間</td> </tr> <tr> <td>12,317 時間</td> </tr> <tr> <td rowspan="5">設計基準事故*2</td> <td rowspan="5"></td> <td>244 時間</td> <td rowspan="5">1,683 時間 (70 日)</td> </tr> <tr> <td>181 時間</td> </tr> <tr> <td>72 時間</td> </tr> <tr> <td>217 時間</td> </tr> <tr> <td>969 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）、  [kcal/mol]（ACA）での換算値</p> <p>*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）	75°C換算*1	合計	事故時雰囲気暴露試験		194 時間	13,155 時間 (548 日)	644 時間	12,317 時間	設計基準事故*2		244 時間	1,683 時間 (70 日)	181 時間	72 時間	217 時間	969 時間
	条件（温度-時間）	75°C換算*1	合計																		
事故時雰囲気暴露試験		194 時間	13,155 時間 (548 日)																		
		644 時間																			
		12,317 時間																			
設計基準事故*2		244 時間	1,683 時間 (70 日)																		
		181 時間																			
		72 時間																			
		217 時間																			
		969 時間																			
外部リード-1-2 事故時雰囲気暴露試験条件																					

タイトル	モジュラー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（重大事故等時）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及び活性化エネルギー等を以下に示す。																				
説明	<p>モジュラー型電気ペネトレーションの外部リードの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>1) 外部リード-1-2 モジュラー型電気ペネトレーションの外部リード-1-2の試験条件（サンプリングケーブル（33℃-15.6年（稼働率86%）））を用いて（120℃-115日）を実機使用条件（41℃）で換算した結果を以下に示す。</p> <table border="1" data-bbox="483 808 1297 1003"> <thead> <tr> <th>T2[℃]</th> <th>L2</th> <th>T1[℃]</th> <th>L1[年]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>33.4</td> <td>15.6年 (稼働率86%)</td> <td>41</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>120</td> <td>115日</td> <td>41</td> <td>91</td> </tr> </tbody> </table> <p>活性化エネルギー： <input type="text"/> [kcal/mol]（メーカーデータ）、 <input type="text"/> [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>試験条件及び実機布設環境条件を換算した結果は7+91=98年となる。</p> <p>2) 外部リード-2-1 実機使用条件（32℃-60年）を、長期健全性試験条件（113℃-255時間）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255時間として換算した結果を以下に示す。</p> <table border="1" data-bbox="509 1415 1272 1507"> <thead> <tr> <th>T2[℃]</th> <th>L2[h]</th> <th>T1[℃]</th> <th>L1[年]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>64</td> <td>255</td> <td>32</td> <td>60</td> </tr> </tbody> </table> <p>活性化エネルギー： <input type="text"/> [kcal/mol]（メーカーデータ）での換算値 （L1:実環境年数、L2:加速時間、T1:実環境温度、T2:加速温度）</p> <p>実機使用条件を換算した加速温度（T2=64℃）は、長期健全性試験条件の温度（113℃）に包絡される。</p>	T2[℃]	L2	T1[℃]	L1[年]	33.4	15.6年 (稼働率86%)	41	7	120	115日	41	91	T2[℃]	L2[h]	T1[℃]	L1[年]	64	255	32	60
T2[℃]	L2	T1[℃]	L1[年]																		
33.4	15.6年 (稼働率86%)	41	7																		
120	115日	41	91																		
T2[℃]	L2[h]	T1[℃]	L1[年]																		
64	255	32	60																		

タイトル	モジュラー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（重大事故等時）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を包絡していることを以下に示す。																																																				
説明	<p>1) 外部リード-1-2 添付-15)-2 に外部リード-1-2 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、外部リード-1-2 の事故時雰囲気暴露の試験条件は、実機の重大事故等時条件を包絡している。なお、重大事故等時の安全解析結果（事故後7日間までの解析を実施）は添付-6)-2 を参照のこと。</p> <p>外部リード-1-2：難燃EPゴム（重大事故等時）</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>条件（温度-時間）</th> <th>75℃換算*1</th> <th>合計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="6">事故時 雰囲気 暴露 試験</td> <td></td> <td>12,846 時間</td> <td rowspan="6">34,450 時間 (1,435 日)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>6,027 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>4,971 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>4,088 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>3,583 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>2,933 時間</td> </tr> <tr> <td rowspan="14">重大事 故等時*2</td> <td></td> <td>179 時間</td> <td rowspan="14">9,601 時間 (400 日)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>552 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>638 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>466 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>915 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>457 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>499 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>435 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>454 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>461 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>572 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>942 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>1,116 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>1,114 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>801 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）、 [kcal/mol]（ACA）での換算値</p> <p>*2：格納容器過温破損事故包絡条件</p>				条件（温度-時間）	75℃換算*1	合計	事故時 雰囲気 暴露 試験		12,846 時間	34,450 時間 (1,435 日)		6,027 時間		4,971 時間		4,088 時間		3,583 時間		2,933 時間	重大事 故等時*2		179 時間	9,601 時間 (400 日)		552 時間		638 時間		466 時間		915 時間		457 時間		499 時間		435 時間		454 時間		461 時間		572 時間		942 時間		1,116 時間		1,114 時間		801 時間
	条件（温度-時間）	75℃換算*1	合計																																																		
事故時 雰囲気 暴露 試験		12,846 時間	34,450 時間 (1,435 日)																																																		
		6,027 時間																																																			
		4,971 時間																																																			
		4,088 時間																																																			
		3,583 時間																																																			
		2,933 時間																																																			
重大事 故等時*2		179 時間	9,601 時間 (400 日)																																																		
		552 時間																																																			
		638 時間																																																			
		466 時間																																																			
		915 時間																																																			
		457 時間																																																			
		499 時間																																																			
		435 時間																																																			
		454 時間																																																			
		461 時間																																																			
		572 時間																																																			
		942 時間																																																			
		1,116 時間																																																			
		1,114 時間																																																			
	801 時間																																																				



<p>説 明</p>	<div data-bbox="416 277 1356 963" style="border: 2px solid black; height: 306px; width: 589px;"></div> <p data-bbox="651 987 1129 1055" style="text-align: center;">外部リード-1-2の重大事故等時の 事故時雰囲気曝露の試験条件</p>
------------	---

説 明

2) 外部リード-2-1

下記に外部リード-2-1の事故時雰囲気曝露の試験条件を示す。

以下に示すように、外部リード-2-1の事故時雰囲気曝露の試験条件は、実機の重大事故等時条件を包絡している。なお、重大事故等時の安全解析結果（事故後7日間までの解析を実施）は添付-6)-2を参照のこと。

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

\*1：格納容器過温破損事故包絡条件



重大事故等時（格納容器過温破損、格納容器過圧破損）  
事故時雰囲気曝露の試験条件

## 別紙 1. 弁電動装置の評価について

## 1. 健全性評価

## a. 評価手順

原子炉格納容器内の事故時雰囲気内で機能要求がある弁電動装置は、絶縁物の温度、放射線、機械的及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【別紙 1. 添付-3) 参照】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。

長期健全性試験手順を図1. 1に示す。

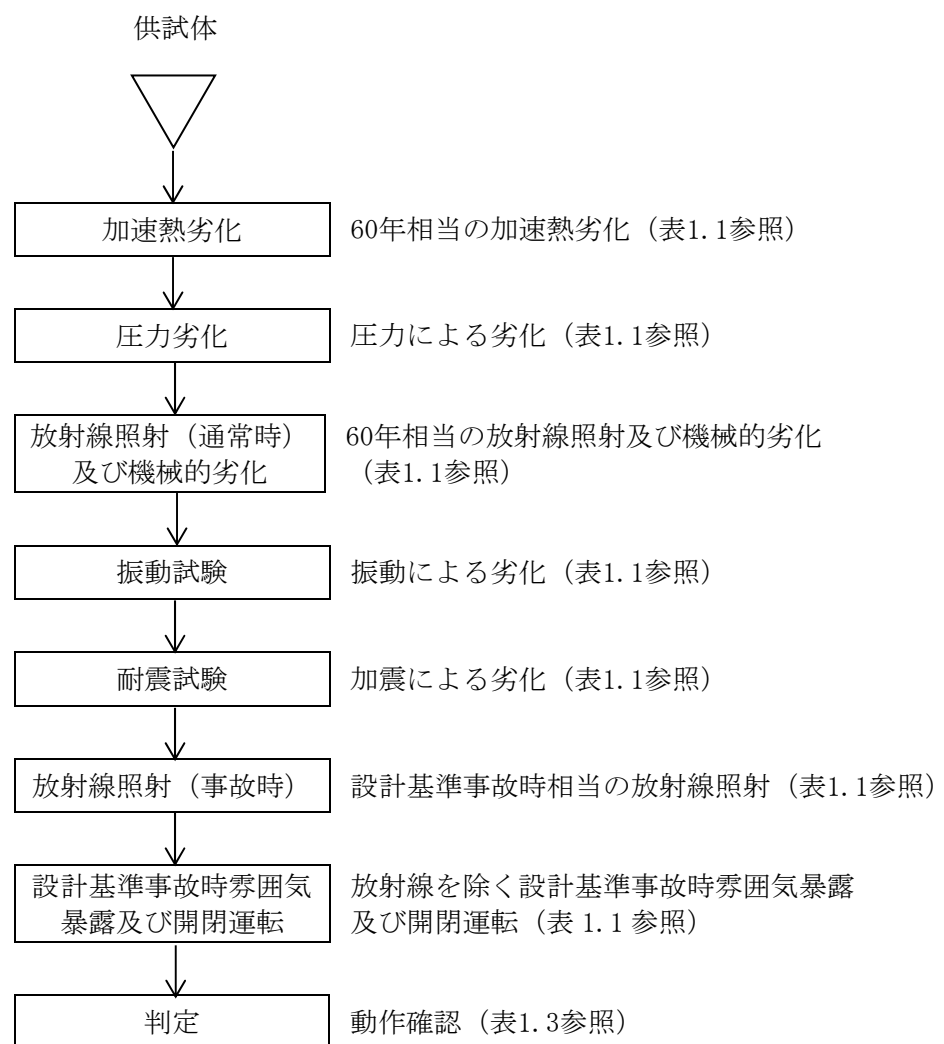


図1.1 原子炉格納容器内の事故時雰囲気内で機能要求がある弁電動装置の電動機の長期健全性試験手順

また、原子炉格納容器外の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、絶縁物の温度、機械的及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【別紙1. 添付-8参照】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。

長期健全性試験手順を図1.2に示す。

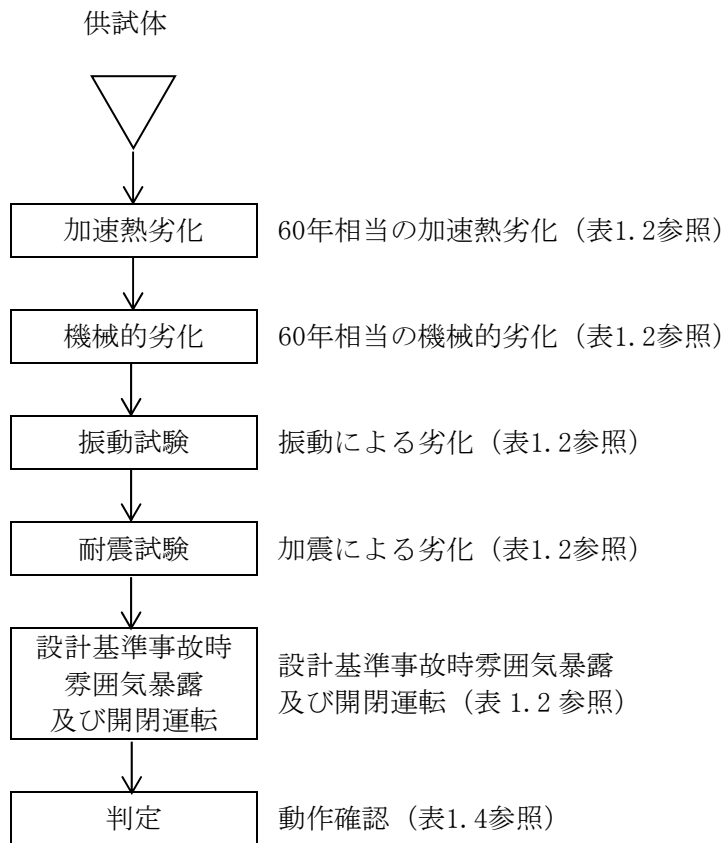


図1.2 原子炉格納容器外の事故時雰囲気内で機能要求がある弁電動装置の電動機の長期健全性試験手順

b. 試験条件

長期健全性試験条件を表1.1及び表1.2に示す。

試験条件は、玄海3号炉の実機環境に基づいて60年間の運転期間及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 原子炉格納容器内の事故時雰囲気内で機能要求がある弁電動装置の電動機の絶縁低下に関する長期健全性試験条件\*1

	試験条件	説明
加速熱劣化	130℃×475 時間*2 及び 115℃×139 時間*3	玄海3号炉の原子炉格納容器内の環境条件(約45℃*4)【別紙1. 添付-2)参照】で、60年間運転を包絡している。【別紙1. 添付-3)参照】
圧力劣化	0.45MPa×3分×23回	玄海3号炉の60年間運転を包絡している。【別紙1. 添付-4)参照】
放射線照射(通常時)及び機械的劣化	放射線照射量: 500kGy(10kGy/h以下) 機械劣化: 3,000回開閉操作	玄海3号炉の60年間の通常時線量約106kGy*5を包絡している。 玄海3号炉の60年間の動作回数(約1,400回)を包絡している。【別紙1. 添付-5)参照】
振動試験	加速度: 0.75G 周波数: 5~100~5Hz 時間: 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)	玄海3号炉の設計基準事故時線量約824kGyを包絡している。
設計基準事故時雰囲気暴露及び開閉運転	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	玄海3号炉の設計基準事故時の最高圧力(約0.392MPa)、最高温度(約144℃)を包絡している。【別紙1. 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: モータ単体での加速熱劣化試験条件

\*3: 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

\*4: 原子炉格納容器内の他の電動装置の環境条件を包絡した温度として設定(余熱除去ラインループ高温側出口弁電動装置の環境条件は35℃)

\*5:  $0.2[\text{Gy/h}] \times (24 \times 365.25) [\text{h/y}] \times 60 [\text{y}] = 106\text{kGy}$

表 1.2 原子炉格納容器外の事故時雰囲気内で機能要求がある弁電動装置の電動機の絶縁低下に関する長期健全性試験条件\*1

	試験条件	説明
加速熱劣化	110℃×100 時間*2 及び 110℃×575 時間*3	玄海 3 号炉の主蒸気配管室内の環境条件（約 50℃）で、60 年間運転を包絡している。【別紙 1. 添付-8）参照】
機械的劣化	機械劣化：3,000 回開閉操作	玄海 3 号炉の 60 年間の動作回数（約 1,500 回）を包絡している。【別紙 1. 添付-9）参照】
振動試験	加速度：0.75G 周波数：5～100～5Hz 時間：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。
設計基準事故時 雰囲気暴露 及び 開閉運転	温度：最高温度 175℃ 圧力：最高圧力 0.2MPa 時間：24 時間 開閉往復運動回数：6 回	玄海 3 号炉の設計基準事故時の最高圧力（約 0.0196MPa）、最高温度（約 165℃）を包絡している。【別紙 1. 添付-10）参照】 IEEE Std. 382-1996 に基づく。

\*1：電磁ブレーキ付き直流モータの電動装置で実施

\*2：モータ単体での加速熱劣化試験条件

\*3：部品を組み込んだ弁駆動装置一式での加速熱劣化試験条件

### c. 評価結果

試験結果は、表1.3及び表1.4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1.3 原子炉格納容器内の事故時雰囲気内で機能要求がある弁電動装置の電動機の長期健全性試験結果

項目	判定*1
動作確認	良

\*1：メーカー基準

表1.4 原子炉格納容器外の事故時雰囲気内で機能要求がある弁電動装置の電動機の長期健全性試験結果

項目	判定*1
動作確認	良

\*1：メーカー基準

## 2. 現状保全

固定子コイル、主極コイル、補極コイル、電機子コイル、電磁ブレーキ及び口出線・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、許容値以上であることの確認を行っている。

### 3. 総合評価

健全性評価結果から判断して、事故時雰囲気内で機能要求がある弁電動装置の固定子コイル、主極コイル、補極コイル、電機子コイル、電磁ブレーキ及び口出線・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。

### 4. 高経年化への対応

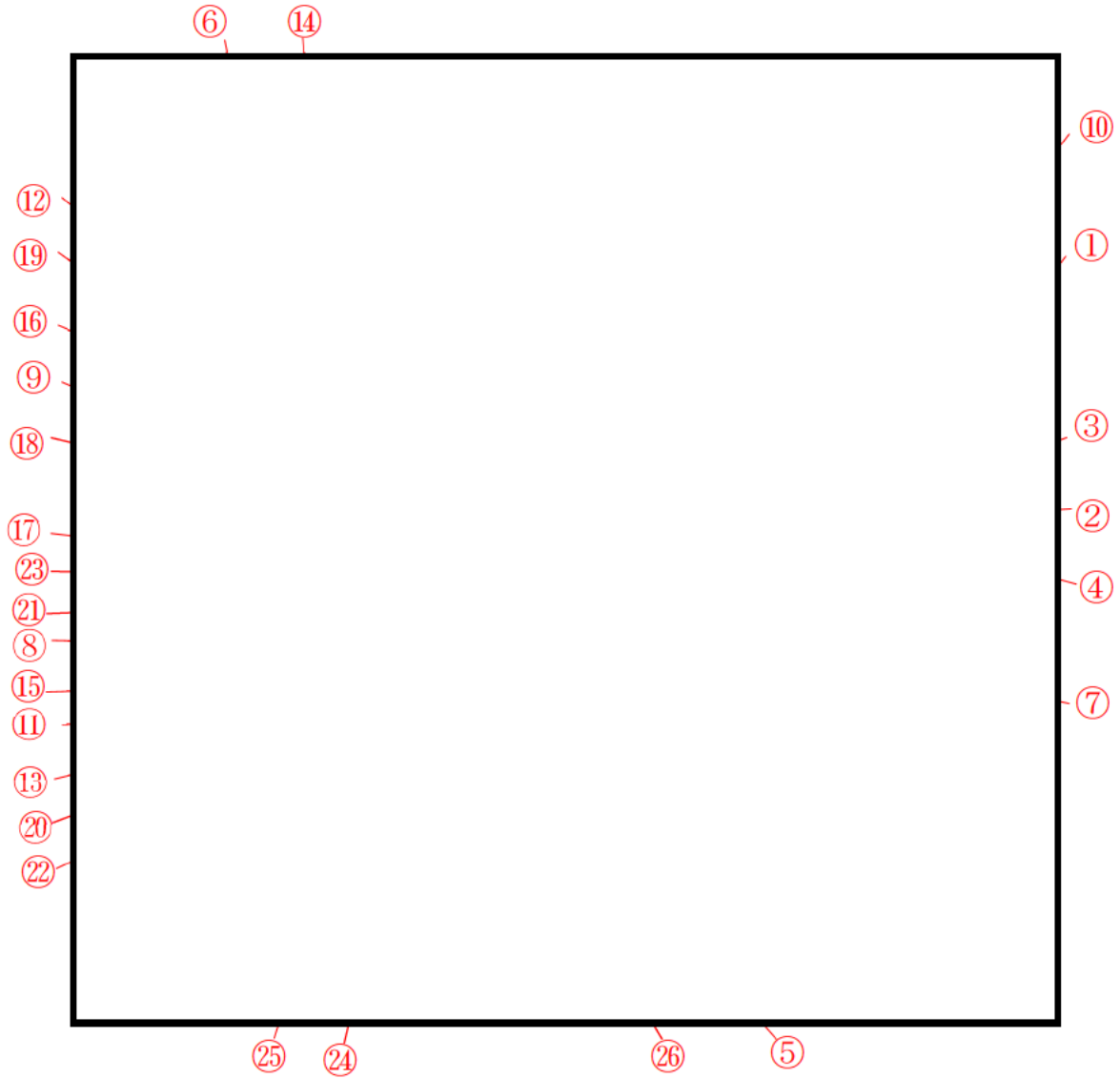
事故時雰囲気内で機能要求がある弁電動装置の固定子コイル、主極コイル、補極コイル、電機子コイル、電磁ブレーキ及び口出線・接続部品の絶縁低下については、現状保全項目に、高経年化対策の観点から追加すべきものはないと判断する。

### 5. 添付資料

- 1) 原子炉格納容器内の事故時雰囲気内で機能要求がある弁電動装置及び長期健全性試験で用いた供試体の型式について
- 2) 原子炉格納容器内の事故時雰囲気内で機能要求がある弁電動装置の環境条件について
- 3) 原子炉格納容器内の事故時雰囲気内で機能要求があ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) 原子炉格納容器内の事故時雰囲気内で機能要求がある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) 原子炉格納容器内の事故時雰囲気内で機能要求があ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) 原子炉格納容器内の事故時雰囲気内で機能要求があ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) 原子炉格納容器外の事故時雰囲気内で機能要求がある弁電動装置及び長期健全性試験で用いた供試体の型式について
- 8) 原子炉格納容器外の事故時雰囲気内で機能要求があ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
- 9) 原子炉格納容器外の事故時雰囲気内で機能要求があ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
- 10) 原子炉格納容器外の事故時雰囲気内で機能要求があ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

タイトル	原子炉格納容器内の事故時雰囲気内で機能要求がある弁電動装置及び長期健全性試験で用いた供試体の型式について																																																		
概要	原子炉格納容器内の事故時雰囲気内で機能要求がある弁電動装置及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>原子炉格納容器内の事故時雰囲気内で機能要求がある弁電動装置の弁名称、台数及び型式を以下に示す。絶縁物の絶縁種別は全て「H種絶縁」、電源は全て交流である。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>弁名称</th> <th>台数</th> <th>型式</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>余熱除去ラインループ高温側出口弁</td> <td>2</td> <td>SB-3D</td> </tr> <tr> <td>加圧器逃がし弁元弁</td> <td>2</td> <td>SB-0D</td> </tr> <tr> <td>AB 高圧注入ポンプ出口連絡弁</td> <td>2</td> <td>SB-0D</td> </tr> <tr> <td>ループ高温側高圧注入ライン止弁</td> <td>2</td> <td>SB-0D</td> </tr> <tr> <td>RCP, 余剰抽出冷却器 CCW 出口ライン内隔離弁</td> <td>1</td> <td>SB-1D</td> </tr> <tr> <td>余熱除去ポンプ入口内隔離弁</td> <td>2</td> <td>SB-3D</td> </tr> <tr> <td>AB 余熱除去冷却器出口連絡弁</td> <td>2</td> <td>SB-3D</td> </tr> <tr> <td>余熱除去ラインループ高温側入口弁</td> <td>2</td> <td>SB-3D</td> </tr> <tr> <td>蓄圧タンク出口弁</td> <td>4</td> <td>SB-4D</td> </tr> <tr> <td>RCP 封水戻りライン内隔離弁</td> <td>1</td> <td>SMB-000</td> </tr> <tr> <td>ループサンプルライン内隔離弁</td> <td>2</td> <td>SMB-000</td> </tr> <tr> <td>格納容器空気サンプル取出ライン内隔離弁</td> <td>1</td> <td>SMB-000</td> </tr> <tr> <td>格納容器減圧ライン内隔離弁</td> <td>2</td> <td>SMB-000</td> </tr> <tr> <td>格納容器水素パージ給気ライン内隔離弁</td> <td>2</td> <td>SMB-000</td> </tr> <tr> <td>制御用空気格納容器内供給元弁</td> <td>2</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、上記の事故時雰囲気内で機能要求があ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、原子炉格納容器内の事故時雰囲気内で機能要求がある弁電動装置の設置箇所を別紙 1. 添付-1)-2~4 の配置図に示す。</p>			弁名称	台数	型式	余熱除去ラインループ高温側出口弁	2	SB-3D	加圧器逃がし弁元弁	2	SB-0D	AB 高圧注入ポンプ出口連絡弁	2	SB-0D	ループ高温側高圧注入ライン止弁	2	SB-0D	RCP, 余剰抽出冷却器 CCW 出口ライン内隔離弁	1	SB-1D	余熱除去ポンプ入口内隔離弁	2	SB-3D	AB 余熱除去冷却器出口連絡弁	2	SB-3D	余熱除去ラインループ高温側入口弁	2	SB-3D	蓄圧タンク出口弁	4	SB-4D	RCP 封水戻りライン内隔離弁	1	SMB-000	ループサンプルライン内隔離弁	2	SMB-000	格納容器空気サンプル取出ライン内隔離弁	1	SMB-000	格納容器減圧ライン内隔離弁	2	SMB-000	格納容器水素パージ給気ライン内隔離弁	2	SMB-000	制御用空気格納容器内供給元弁	2	SMB-000
弁名称	台数	型式																																																	
余熱除去ラインループ高温側出口弁	2	SB-3D																																																	
加圧器逃がし弁元弁	2	SB-0D																																																	
AB 高圧注入ポンプ出口連絡弁	2	SB-0D																																																	
ループ高温側高圧注入ライン止弁	2	SB-0D																																																	
RCP, 余剰抽出冷却器 CCW 出口ライン内隔離弁	1	SB-1D																																																	
余熱除去ポンプ入口内隔離弁	2	SB-3D																																																	
AB 余熱除去冷却器出口連絡弁	2	SB-3D																																																	
余熱除去ラインループ高温側入口弁	2	SB-3D																																																	
蓄圧タンク出口弁	4	SB-4D																																																	
RCP 封水戻りライン内隔離弁	1	SMB-000																																																	
ループサンプルライン内隔離弁	2	SMB-000																																																	
格納容器空気サンプル取出ライン内隔離弁	1	SMB-000																																																	
格納容器減圧ライン内隔離弁	2	SMB-000																																																	
格納容器水素パージ給気ライン内隔離弁	2	SMB-000																																																	
制御用空気格納容器内供給元弁	2	SMB-000																																																	

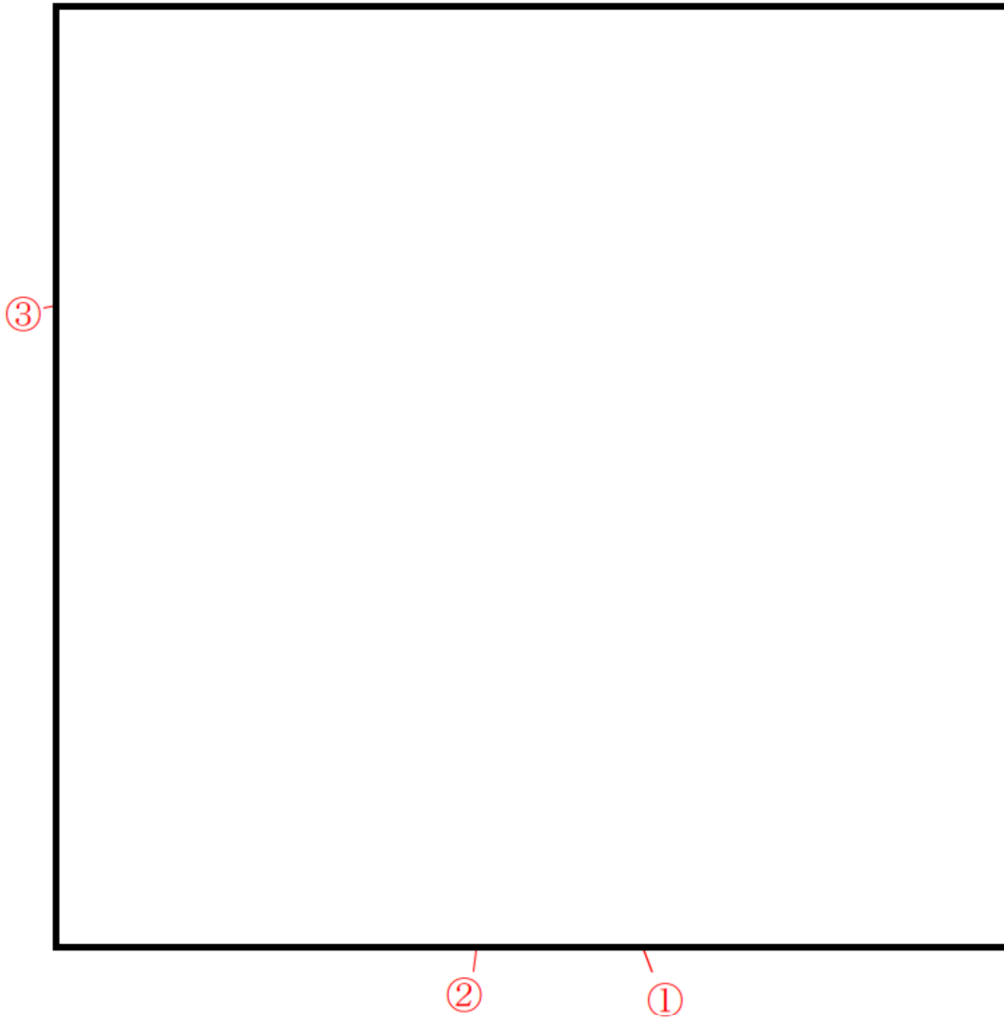




原子炉格納容器 E/L -4.7m

No.	弁番号	弁名称
①	3V-HC-307A	格納容器水素パージ給気ライン内隔離弁 A
②	3V-HC-307B	格納容器水素パージ給気ライン内隔離弁 B
③	3V-DP-311A	格納容器減圧ライン内隔離弁 A
④	3V-DP-311B	格納容器減圧ライン内隔離弁 B
⑤	3V-IA-510A	A 制御用空気格納容器内供給元弁
⑥	3V-IA-510B	B 制御用空気格納容器内供給元弁
⑦	3V-SI-132A	A 蓄圧タンク出口弁
⑧	3V-SI-132B	B 蓄圧タンク出口弁
⑨	3V-SI-132C	C 蓄圧タンク出口弁
⑩	3V-SI-132D	D 蓄圧タンク出口弁

No.	弁番号	弁名称
⑪	3V-RH-047A	AB 余熱除去冷却器出口連絡弁 A
⑫	3V-RH-047B	AB 余熱除去冷却器出口連絡弁 B
⑬	3V-RH-048A	A 余熱除去ライン B ループ高温側入口弁
⑭	3V-RH-048B	B 余熱除去ライン C ループ高温側入口弁
⑮	3V-RH-002A	A 余熱除去ポンプ入口内隔離弁
⑯	3V-RH-002B	B 余熱除去ポンプ入口内隔離弁
⑰	3-PCV-420	A 余熱除去ライン B ループ高温側出口弁
⑱	3-PCV-430	B 余熱除去ライン C ループ高温側出口弁
⑲	3V-CS-310	RCP 封水戻りライン内隔離弁
⑳	3V-SI-066A	AB 高圧注入ポンプ出口連絡弁 A
㉑	3V-SI-066B	AB 高圧注入ポンプ出口連絡弁 B
㉒	3V-SI-067A	AB ループ高温側高圧注入ライン止弁
㉓	3V-SI-067B	CD ループ高温側高圧注入ライン止弁
㉔	3V-SS-543A	A ループサンプルライン内隔離弁
㉕	3V-SS-543B	B ループサンプルライン内隔離弁
㉖	3V-CC-427	RCP, 余剰抽出冷却器 CCW 出口ライン内隔離弁



原子炉格納容器 E/L 11.3m

No.	弁番号	弁名称
①	3V-RC-054A	加圧器逃がし弁 A 元弁
②	3V-RC-054B	加圧器逃がし弁 B 元弁
③	3V-RM-001	格納容器空気サンプル取出ライン内隔離弁

タイトル	原子炉格納容器内の事故時雰囲気内で機能要求がある弁電動装置の環境条件について												
概要	原子炉格納容器内の事故時雰囲気内で機能要求があ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>玄海 3 号炉の原子炉格納容器内の事故時雰囲気内で機能要求がある弁電動装置は、添付-1) で示した各エリアの環境条件のうち、添付-1) に示す下記の設置場所の使用条件を包絡する条件（加圧器上部及び通路部（その他）の温度 45℃、ループ室（弁電動装置）の線量率 0.2Gy/h）で評価を実施している。</p> <p>なお、弁電動装置の技術評価書において、代表機器（余熱除去ラインループ高温側出口弁電動装置：2 台）の通常運転時の使用条件として、2 台の設置エリア（ループ室（弁電動装置））の環境条件である 35℃、0.2Gy/h を記載している。</p> <table border="1" data-bbox="512 880 1270 1059"> <thead> <tr> <th>設置場所</th> <th>温度[℃]</th> <th>線量率[Gy/h]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ループ室（弁電動装置）</td> <td>35</td> <td>0.2</td> </tr> <tr> <td>加圧器上部</td> <td>45</td> <td>0.005</td> </tr> <tr> <td>通路部（その他）</td> <td>45</td> <td>0.005</td> </tr> </tbody> </table>	設置場所	温度[℃]	線量率[Gy/h]	ループ室（弁電動装置）	35	0.2	加圧器上部	45	0.005	通路部（その他）	45	0.005
設置場所	温度[℃]	線量率[Gy/h]											
ループ室（弁電動装置）	35	0.2											
加圧器上部	45	0.005											
通路部（その他）	45	0.005											

タイトル	原子炉格納容器内の事故時雰囲気内で機能要求があ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及び活性化エネルギー等を以下に示す。																								
説明	<p>原子炉格納容器内の事故時雰囲気内で機能要求がある弁電動装置の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)、口出線・接続部品(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>長期健全性試験の条件を、実環境温度(45℃)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 1350 1066"> <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</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>45</td> <td>11,714</td> <td rowspan="2">100年以上</td> </tr> <tr> <td>115℃-139時間*2</td> <td>45</td> <td>580</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">シリコン ゴム</td> <td>130℃-475時間*1</td> <td>45</td> <td>5,631,732</td> <td rowspan="2">100年以上</td> </tr> <tr> <td>115℃-139時間*2</td> <td>45</td> <td>114,149</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 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"/> (シリコンゴム) [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>固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁材について、試験条件を実環境温度(45℃)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	ポリイミド/ ポリアミド イミド	130℃-475時間*1	45	11,714	100年以上	115℃-139時間*2	45	580	シリコン ゴム	130℃-475時間*1	45	5,631,732	100年以上	115℃-139時間*2	45	114,149
絶縁材	試験条件 (T2-L2)	T1[℃]	L1[年]	合計																					
ポリイミド/ ポリアミド イミド	130℃-475時間*1	45	11,714	100年以上																					
	115℃-139時間*2	45	580																						
シリコン ゴム	130℃-475時間*1	45	5,631,732	100年以上																					
	115℃-139時間*2	45	114,149																						

タイトル	原子炉格納容器内の事故時雰囲気内で機能要求がある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      玄海3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0.392MPa(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回を40年相当とし、60年に換算した回数23回としている。</p> <p>なお、原子炉格納容器全体漏えい試験は、使用前検査にて2回、2022年(第16回定検)までは3定検に1回実施(合計7回)している。</p> <p>2023年から60年目となる2054年までには約31.2年あり、定検頻度を462日(13か月+67日(標準定検日数))とすると、60年目までに9回実施(11396/462/3=8.3回)されることになり、以上を合計すると18回(2+7+9=18)となる。</p>

タイトル	原子炉格納容器内の事故時雰囲気内で機能要求があ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>原子炉格納容器内の事故時雰囲気内で機能要求がある弁電動装置の代表機器である余熱除去ラインループ高温側出口弁の動作回数は、プラント起動・停止に伴う開閉、1 次系の漏えい試験に伴う開閉、停止中の余熱除去系保守隔離に伴う開閉並びに弁の動作確認に伴う開閉等の設計想定を 60 年で 1,400 回としている。</p> <p>具体的には下記の通り。</p> <table border="0" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 80%;">・プラント起動・停止に伴う開閉</td> <td style="width: 5%;"></td> <td style="width: 15%; text-align: right;">回</td> </tr> <tr> <td>・燃料交換に伴う開閉</td> <td></td> <td style="text-align: right;">回</td> </tr> <tr> <td>・1 次系の漏えい試験に伴う開閉</td> <td></td> <td style="text-align: right;">回</td> </tr> <tr> <td>・停止中の余熱除去系保守隔離に伴う開閉</td> <td></td> <td style="text-align: right;">回</td> </tr> <tr> <td>・弁の動作確認に伴う開閉</td> <td></td> <td style="text-align: right;">回</td> </tr> <tr> <td style="border-top: 1px solid black;">合計</td> <td style="border-top: 1px solid black;"></td> <td style="border-top: 1px solid black; text-align: right;">回 (約 1,400 回)</td> </tr> </table>	・プラント起動・停止に伴う開閉		回	・燃料交換に伴う開閉		回	・1 次系の漏えい試験に伴う開閉		回	・停止中の余熱除去系保守隔離に伴う開閉		回	・弁の動作確認に伴う開閉		回	合計		回 (約 1,400 回)
・プラント起動・停止に伴う開閉		回																	
・燃料交換に伴う開閉		回																	
・1 次系の漏えい試験に伴う開閉		回																	
・停止中の余熱除去系保守隔離に伴う開閉		回																	
・弁の動作確認に伴う開閉		回																	
合計		回 (約 1,400 回)																	

タイトル	原子炉格納容器内の事故時雰囲気内で機能要求があ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 1 . 添付-6)-2 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-4)-2 を参照のこと。</p> <p>(1) 固定子コイル</p>																						
	<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="421 779 592 824"></th> <th data-bbox="592 779 874 824">条件（温度－時間）</th> <th data-bbox="874 779 1123 824">75℃換算*2</th> <th data-bbox="1123 779 1350 824">合計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="421 824 592 972" rowspan="2">事故時雰囲気暴露試験</td> <td data-bbox="592 824 874 898">*1</td> <td data-bbox="874 824 1123 898">37,597 時間 (1,567 日)</td> <td data-bbox="1123 824 1350 972" rowspan="2">263,663 時間 (10,986 日)</td> </tr> <tr> <td data-bbox="592 898 874 972"></td> <td data-bbox="874 898 1123 972">226,066 時間 (9,419 日)</td> </tr> <tr> <td data-bbox="421 972 592 1352" rowspan="4">設計基準事故*3</td> <td data-bbox="592 972 874 1046"></td> <td data-bbox="874 972 1123 1046">7,518 時間 (313 日)</td> <td data-bbox="1123 972 1350 1352" rowspan="4">9,120 時間 (380 日)</td> </tr> <tr> <td data-bbox="592 1046 874 1120"></td> <td data-bbox="874 1046 1123 1120">1,434 時間 (60 日)</td> </tr> <tr> <td data-bbox="592 1120 874 1193"></td> <td data-bbox="874 1120 1123 1193">72 時間 (3 日)</td> </tr> <tr> <td data-bbox="592 1193 874 1267"></td> <td data-bbox="874 1193 1123 1267">52 時間 (2 日)</td> </tr> <tr> <td data-bbox="592 1267 874 1352"></td> <td data-bbox="874 1267 1123 1352">44 時間 (2 日)</td> <td data-bbox="1123 1267 1350 1352"></td> </tr> </tbody> </table>		条件（温度－時間）	75℃換算*2	合計	事故時雰囲気暴露試験	*1	37,597 時間 (1,567 日)	263,663 時間 (10,986 日)		226,066 時間 (9,419 日)	設計基準事故*3		7,518 時間 (313 日)	9,120 時間 (380 日)		1,434 時間 (60 日)		72 時間 (3 日)		52 時間 (2 日)		44 時間 (2 日)
	条件（温度－時間）	75℃換算*2	合計																				
事故時雰囲気暴露試験	*1	37,597 時間 (1,567 日)	263,663 時間 (10,986 日)																				
		226,066 時間 (9,419 日)																					
設計基準事故*3		7,518 時間 (313 日)	9,120 時間 (380 日)																				
		1,434 時間 (60 日)																					
		72 時間 (3 日)																					
		52 時間 (2 日)																					
	44 時間 (2 日)																						
<p>*1：試験初期は [ ] °C であるが、安全側に [ ] °C で見積もった。</p> <p>*2：活性化エネルギー [ ] [kcal/mol]（メーカーデータ）での換算値</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>																							

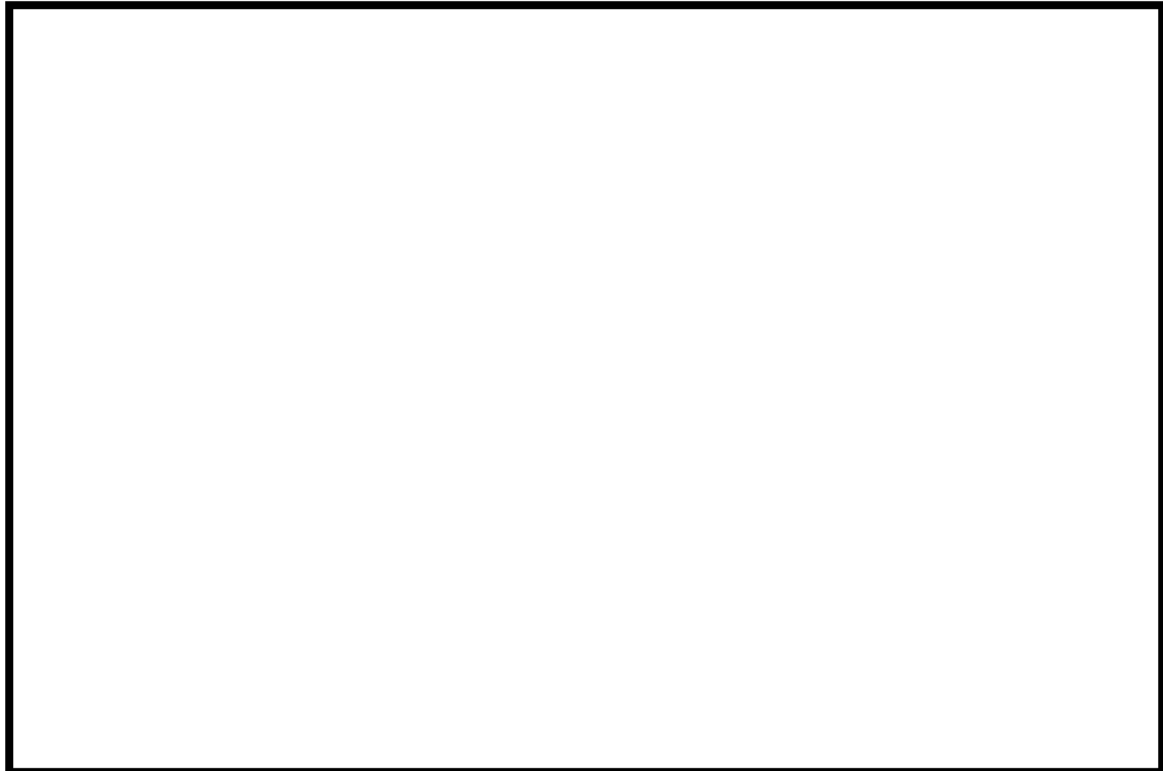


説 明	2) 口出線・接続部品 (シリコンゴム)		
	条件 (温度-時間)	75℃換算*2	合計
事故時雰 囲気暴露 試験	[ ]	*1 4,318,305 時間 (179,929 日)	10,107,687 時間 (421,153 日)
		5,789,382 時間 (241,224 日)	
設計基準 事故*3	[ ]	384,413 時間 (16,017 日)	396,492 時間 (16,521 日)
		11,988 時間 (499 日)	
		72 時間 (3 日)	
		16 時間 (1 日)	
		3 時間 (1 日)	

\*1 : 試験初期は [ ] °C であるが、安全側に [ ] °C で見積もった。  
 \*2 : 活性化エネルギー [ ] [kcal/mol] (メーカーデータ) での換算値  
 \*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

弁電動装置 事故時雰囲気暴露試験条件

タイトル	原子炉格納容器外の事故時雰囲気内で機能要求がある弁電動装置及び長期健全性試験で用いた供試体の型式について																												
概要	原子炉格納容器外の事故時雰囲気内で機能要求がある弁電動装置及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>原子炉格納容器外の事故時雰囲気内で機能要求がある弁電動装置の弁名称、台数、型式及び電源を以下に示す。絶縁物の絶縁種別は全て「H種絶縁」である。</p> <p>原子炉格納容器外の事故時雰囲気内で機能要求がある弁電動装置の設置箇所を別紙 1. 添付-7)-2, -3, -4 の配置図に示す。</p> <table border="1" data-bbox="445 730 1334 1048"> <thead> <tr> <th>弁名称</th> <th>台数</th> <th>型式</th> <th>電源</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>T/D AFWP 駆動蒸気入口弁</td> <td>2</td> <td>SB-2D</td> <td>直流</td> </tr> <tr> <td>主蒸気逃がし弁元弁</td> <td>4</td> <td>SB-0D</td> <td>交流</td> </tr> <tr> <td>補助給水隔離弁</td> <td>4</td> <td>SB-0D</td> <td>交流</td> </tr> <tr> <td>主給水隔離弁</td> <td>4</td> <td>SB-4D</td> <td>交流</td> </tr> <tr> <td>主蒸気隔離弁上流ドレン元弁</td> <td>4</td> <td>SMB-000</td> <td>交流</td> </tr> <tr> <td>T/D AFWP 駆動蒸気元弁</td> <td>2</td> <td>SB-0D</td> <td>直流</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、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える。</p>	弁名称	台数	型式	電源	T/D AFWP 駆動蒸気入口弁	2	SB-2D	直流	主蒸気逃がし弁元弁	4	SB-0D	交流	補助給水隔離弁	4	SB-0D	交流	主給水隔離弁	4	SB-4D	交流	主蒸気隔離弁上流ドレン元弁	4	SMB-000	交流	T/D AFWP 駆動蒸気元弁	2	SB-0D	直流
弁名称	台数	型式	電源																										
T/D AFWP 駆動蒸気入口弁	2	SB-2D	直流																										
主蒸気逃がし弁元弁	4	SB-0D	交流																										
補助給水隔離弁	4	SB-0D	交流																										
主給水隔離弁	4	SB-4D	交流																										
主蒸気隔離弁上流ドレン元弁	4	SMB-000	交流																										
T/D AFWP 駆動蒸気元弁	2	SB-0D	直流																										



③ ⑦ ⑥ ② ① ⑤ ⑧ ④

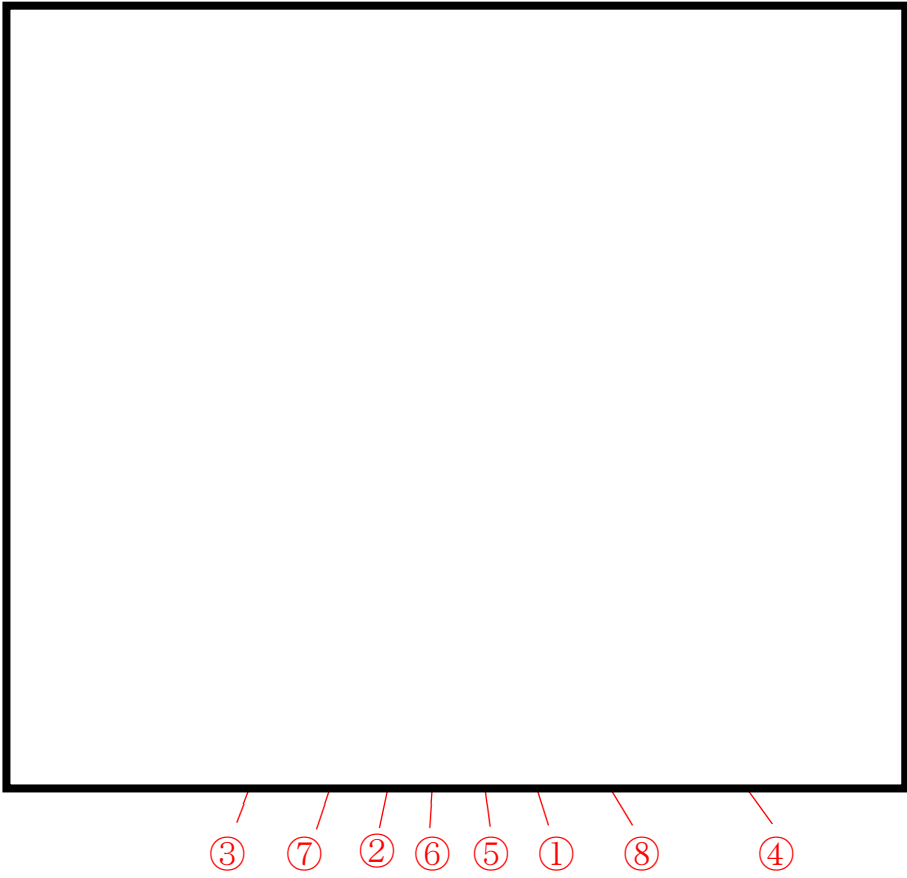
原子炉周辺建屋 E/L 3.7m

No.	弁番号	弁名称
①	3V-FW-520A	A 主給水隔離弁
②	3V-FW-520B	B 主給水隔離弁
③	3V-FW-520C	C 主給水隔離弁
④	3V-FW-520D	D 主給水隔離弁
⑤	3V-FW-574A	A 補助給水隔離弁
⑥	3V-FW-574B	B 補助給水隔離弁
⑦	3V-FW-574C	C 補助給水隔離弁
⑧	3V-FW-574D	D 補助給水隔離弁



原子炉周辺建屋 E/L 11.3m

No.	弁番号	弁名称
①	3V-MS-570A	T/D AFWP 駆動蒸気入口弁 A
②	3V-MS-570B	T/D AFWP 駆動蒸気入口弁 B
③	3V-MS-575A	T/D AFWP 駆動蒸気元弁 A
④	3V-MS-575B	T/D AFWP 駆動蒸気元弁 B



原子炉周辺建屋 E/L 11.3m

No.	弁番号	弁名称
①	3V-MS-523A	A 主蒸気逃がし弁元弁
②	3V-MS-523B	B 主蒸気逃がし弁元弁
③	3V-MS-523C	C 主蒸気逃がし弁元弁
④	3V-MS-523D	D 主蒸気逃がし弁元弁
⑤	3V-MS-585A	A 主蒸気隔離弁上流ドレン元弁
⑥	3V-MS-585B	B 主蒸気隔離弁上流ドレン元弁
⑦	3V-MS-585C	C 主蒸気隔離弁上流ドレン元弁
⑧	3V-MS-585D	D 主蒸気隔離弁上流ドレン元弁

タイトル	原子炉格納容器外の事故時雰囲気内で機能要求があ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及び活性化エネルギー等を以下に示す。																								
説明	<p>原子炉格納容器外の事故時雰囲気内で機能要求がある弁電動装置の 60 年間の通常運転時の使用条件に基づく劣化条件は、コイル及び電磁ブレーキ（ポリアミドイミド）、口出線・接続部品（シリコーンゴム）の絶縁材の活性化エネルギーを用いて、アレニウス則により算出している。</p> <p>長期健全性試験の条件を、添付-1)で示した MS 室の環境条件 50℃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="419 763 1350 1066"> <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">ポリアミドイミド</td> <td>110℃-100 時間*1</td> <td>50</td> <td>501</td> <td rowspan="2">100 年以上</td> </tr> <tr> <td>110℃-575 時間*2</td> <td>50</td> <td>2,883</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">シリコーンゴム</td> <td>110℃-100 時間*1</td> <td>50</td> <td>8,306</td> <td rowspan="2">100 年以上</td> </tr> <tr> <td>110℃-575 時間*2</td> <td>50</td> <td>47,762</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  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)</p> <p>コイル、口出線・接続部品及び電磁ブレーキの絶縁材について、試験条件を実環境温度 (50℃) 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]	ポリアミドイミド	110℃-100 時間*1	50	501	100 年以上	110℃-575 時間*2	50	2,883	シリコーンゴム	110℃-100 時間*1	50	8,306	100 年以上	110℃-575 時間*2	50	47,762
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	50	501	100 年以上																					
	110℃-575 時間*2	50	2,883																						
シリコーンゴム	110℃-100 時間*1	50	8,306	100 年以上																					
	110℃-575 時間*2	50	47,762																						

タイトル	原子炉格納容器外の事故時雰囲気内で機能要求があ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>原子炉格納容器外の事故時雰囲気内で機能要求がある弁電動装置の代表機器である T/D AFWP 駆動蒸気入口弁の動作回数は、試験に伴う開閉、定期事業者検査時の動作確認（試運転、運転性能検査等）に伴う開閉に若干の余裕を考慮し、60 年で 1,500 回としている。  具体的には下記の通り。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・試験に伴う開閉 <span style="border: 1px solid black; padding: 2px 10px;">  </span> 回/年</li> <li>・定期事業者検査時の動作確認に伴う開閉 <span style="border: 1px solid black; padding: 2px 10px;">  </span> 回/年</li> <li>・若干の余裕を考慮 <span style="border: 1px solid black; padding: 2px 10px;">  </span> 回/年</li> </ul> <p style="text-align: right;">合計 <span style="border: 1px solid black; padding: 2px 10px;">  </span> 25 回/年</p> <p>上記の動作回数を 60 年で換算し、25 回/年×60 年=1,500 回としている。</p>

タイトル	原子炉格納容器外の事故時雰囲気内で機能要求があ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 1 . 添付-10)-2 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（主蒸気管破断）条件は添付-4)-3 を参照のこと。</p> <p>コイル、電磁ブレーキ（ポリアミドイミド）</p> <table border="1" data-bbox="419 750 1353 1205"> <thead> <tr> <th></th> <th>条件（温度－時間）</th> <th>50℃換算*1</th> <th>合計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">事故時 雰囲気 暴露 試験</td> <td rowspan="2">[Redacted]</td> <td>744, 329, 540 時間 (31, 013, 731 日)</td> <td rowspan="2">744, 333, 408 時間 (31, 013, 892 日)</td> </tr> <tr> <td>3, 868 時間 (161 日)</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">設計 基準 事故*2</td> <td rowspan="3">[Redacted]</td> <td>262, 211, 969 時間 (10, 925, 499 日)</td> <td rowspan="3">262, 212, 167 時間 (10, 925, 507 日)</td> </tr> <tr> <td>1 時間 (0 日)</td> </tr> <tr> <td>197 時間 (8 日)</td> </tr> </tbody> </table> <p>*1：活性化エネルギー [Redacted] [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> <p>口出線・接続部品（シリコンゴム）</p> <table border="1" data-bbox="419 1348 1353 1803"> <thead> <tr> <th></th> <th>条件（温度－時間）</th> <th>50℃換算*1</th> <th>合計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">事故時 雰囲気 暴露 試験</td> <td rowspan="2">[Redacted]</td> <td>110, 416, 735, 294 時間 (4, 600, 697, 304 日)</td> <td rowspan="2">110, 416, 750, 702 時間 (4, 600, 697, 946 日)</td> </tr> <tr> <td>15, 408 時間 (642 日)</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">設計 基準 事故*2</td> <td rowspan="3">[Redacted]</td> <td>28, 961, 907, 648 時間 (1, 206, 746, 152 日)</td> <td rowspan="3">28, 961, 907, 722 時間 (1, 206, 746, 155 日)</td> </tr> <tr> <td>1 時間 (0 日)</td> </tr> <tr> <td>73 時間 (3 日)</td> </tr> </tbody> </table> <p>*1：活性化エネルギー [Redacted] [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>				条件（温度－時間）	50℃換算*1	合計	事故時 雰囲気 暴露 試験	[Redacted]	744, 329, 540 時間 (31, 013, 731 日)	744, 333, 408 時間 (31, 013, 892 日)	3, 868 時間 (161 日)	設計 基準 事故*2	[Redacted]	262, 211, 969 時間 (10, 925, 499 日)	262, 212, 167 時間 (10, 925, 507 日)	1 時間 (0 日)	197 時間 (8 日)		条件（温度－時間）	50℃換算*1	合計	事故時 雰囲気 暴露 試験	[Redacted]	110, 416, 735, 294 時間 (4, 600, 697, 304 日)	110, 416, 750, 702 時間 (4, 600, 697, 946 日)	15, 408 時間 (642 日)	設計 基準 事故*2	[Redacted]	28, 961, 907, 648 時間 (1, 206, 746, 152 日)	28, 961, 907, 722 時間 (1, 206, 746, 155 日)	1 時間 (0 日)	73 時間 (3 日)
	条件（温度－時間）	50℃換算*1	合計																														
事故時 雰囲気 暴露 試験	[Redacted]	744, 329, 540 時間 (31, 013, 731 日)	744, 333, 408 時間 (31, 013, 892 日)																														
		3, 868 時間 (161 日)																															
設計 基準 事故*2	[Redacted]	262, 211, 969 時間 (10, 925, 499 日)	262, 212, 167 時間 (10, 925, 507 日)																														
		1 時間 (0 日)																															
		197 時間 (8 日)																															
	条件（温度－時間）	50℃換算*1	合計																														
事故時 雰囲気 暴露 試験	[Redacted]	110, 416, 735, 294 時間 (4, 600, 697, 304 日)	110, 416, 750, 702 時間 (4, 600, 697, 946 日)																														
		15, 408 時間 (642 日)																															
設計 基準 事故*2	[Redacted]	28, 961, 907, 648 時間 (1, 206, 746, 152 日)	28, 961, 907, 722 時間 (1, 206, 746, 155 日)																														
		1 時間 (0 日)																															
		73 時間 (3 日)																															



<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>

## 別紙 2. 低圧ケーブル（難燃 PH ケーブル以外）の評価について

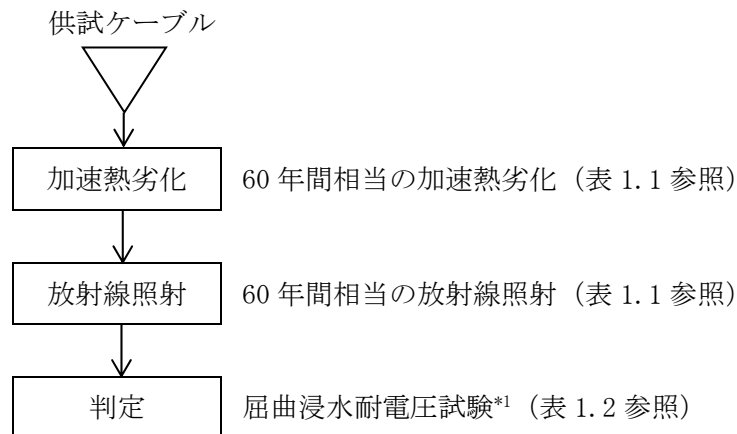
## 1. 健全性評価

## 1.1 電気学会推奨案による健全性評価（重大事故等時）

## a. 評価手順

重大事故等時雰囲気内で機能要求がある難燃 SHVV ケーブルは、電気学会推奨案に基づく実機同等品による長期健全性試験により評価した。

難燃 SHVV ケーブルの長期健全性試験手順を図 1.1 に示す。



\*1： 屈曲浸水耐電圧試験の試験手順は以下のとおりである

- ① 直線状に試料を伸ばした後、試料外径の約20倍のマンドレルに巻き付ける
- ② ①の両端部以外を常温の水中に浸し1時間以上放置する
- ③ ②の状態、公称絶縁体厚さに対し交流電圧 3.2kV/mm を 5 分間印加し、絶縁破壊が生じるか否かを調べる

図1.1 難燃 SHVV ケーブルの長期健全性試験の手順

b. 試験条件

難燃SHVVケーブルの長期健全性試験条件を表1.1に示す。

試験条件は、玄海3号炉の実機環境に基づいて60年間の運転期間及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SHVVケーブルの長期健全性試験条件（重大事故等）

	試験条件	60年間の通常運転時の使用条件に基づく劣化条件及び重大事故等時の環境条件【別紙3. 添付-1) 参照】
温度	135℃-14日	96℃-14日 (30℃*1-60年) (通常時) (100℃*2-7日) (事故時)
放射線 (集積線量)	500kGy (9.51kGy/h)	37.93Gy 37.9Gy*3 (通常時) 0.03Gy*4 (事故時)

- \*1：使用済燃料ピット周辺のケーブル布設エリアの温度（約30℃）として設定  
 \*2：重大事故等時の使用済燃料ピット周辺における温度（約100℃）として設定  
 \*3： $0.072 \times 10^{-3} [\text{Gy/h}] \times (24 \times 365.25) [\text{h/y}] \times 60 [\text{y}] = 37.9\text{Gy}$   
 \*4：重大事故等時の使用済燃料ピット周辺での放射線量  
 $0.15 \times 10^{-3} [\text{Gy/h}] \times 24 [\text{h/d}] \times 7 [\text{d}] = 0.03\text{Gy}$

c. 評価結果

難燃SHVVケーブルの長期健全性試験結果を表1.2に示す。

電気学会推奨案に基づく評価の結果、玄海3号炉の難燃SHVV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SHVVケーブルの長期健全性試験結果

項目	試験条件	判定
屈曲浸水 耐電圧試験	供試体外径 : 15.0mm マンドレル径 : 300mm 絶縁厚さ : 1.0mm 課電電圧 : 3.2kV/5分間	良

[出典：メーカーデータ]

## 2. 現状保全

絶縁体の絶縁低下に対しては、定期的に計測制御系統設備の機能検査等により、系統機器の動作又は計器の指示値等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。

## 3. 総合評価

健全性評価結果から判断して、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又は計器の指示値確認等で検知可能であり、点検手法として適切である。

## 4. 高経年化への対応

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) 難燃SHVVケーブルの電気学会推奨案に基づく長期健全性試験（重大事故等時）における評価期間及び事故時条件の包絡性について

タイトル	難燃SHVVケーブルの電気学会推奨案に基づく長期健全性試験（重大事故等時）における評価期間及び事故時条件の包絡性について															
概要	試験条件が実機の使用条件に基づく劣化条件及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>難燃SHVVケーブルの60年間の通常運転時の使用条件に基づく劣化条件及び重大事故等時条件は、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>難燃SHVVケーブルの実機使用条件（30℃-60年）及び重大事故等時条件（100℃-7日）を、長期健全性試験条件（135℃-14日）との比較を容易にするため、加速時間(L2)を試験条件と同じ時間（14日（=336時間））として換算した結果を以下に示す。</p> <table border="1" data-bbox="443 801 1337 1003"> <thead> <tr> <th>条件</th> <th>T2[℃]</th> <th>L2 [時間]</th> <th>T1[℃]</th> <th>L1</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>60年間の通常運転時の使用条件</td> <td>96</td> <td>48</td> <td>30</td> <td>60年</td> </tr> <tr> <td>重大事故等時条件</td> <td>96</td> <td>288</td> <td>100</td> <td>7日</td> </tr> </tbody> </table> <p>活性化エネルギー： <span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 50px; height: 15px; vertical-align: middle;"></span> [kcal/mol]（メーカーデータ）での換算値（L1:実環境年数、L2:加速時間、T1:実環境温度、T2:加速温度）</p> <p>実機使用条件を換算した加速温度(T2=96℃)は、長期健全性試験条件の温度（140℃）に包絡される。</p>	条件	T2[℃]	L2 [時間]	T1[℃]	L1	60年間の通常運転時の使用条件	96	48	30	60年	重大事故等時条件	96	288	100	7日
条件	T2[℃]	L2 [時間]	T1[℃]	L1												
60年間の通常運転時の使用条件	96	48	30	60年												
重大事故等時条件	96	288	100	7日												

## 別紙 3. 同軸ケーブルの評価について

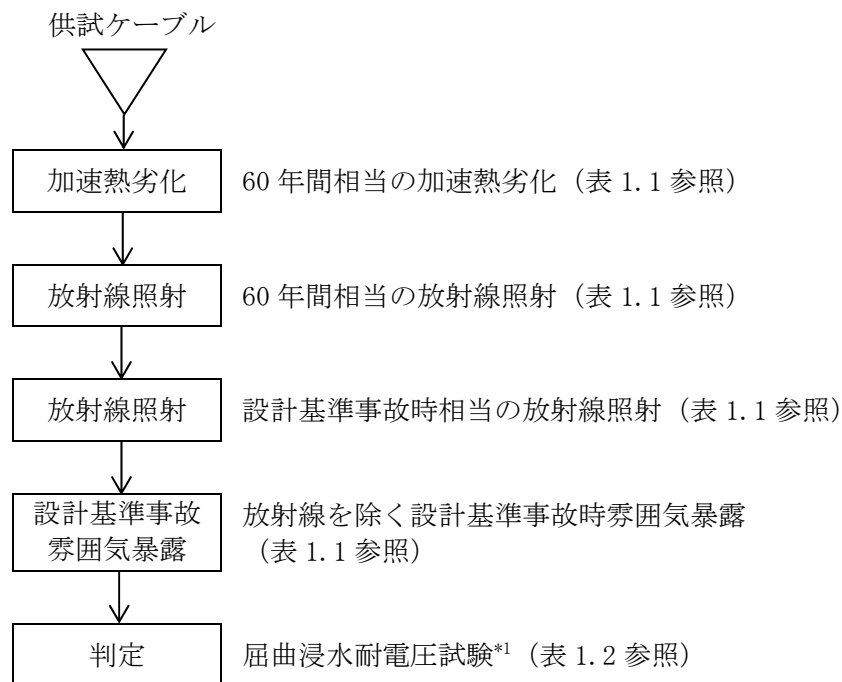
## 1. 健全性評価

## 1.1 電気学会推奨案による健全性評価（設計基準事故時）

## a. 評価手順

設計基準事故時雰囲気内で機能要求がある難燃三重同軸ケーブル 1 は、電気学会推奨案に基づく実機同等品による長期健全性試験により評価した。

難燃三重同軸ケーブル 1 の長期健全性試験手順を図 1.1 に示す。



\*1： 屈曲浸水耐電圧試験の試験手順は以下のとおりである

- ① 直線状に試料を伸ばした後、試料外径の約40倍のマンドレルに巻き付ける
- ② ①の両端部以外を常温の水中に浸し1時間以上放置する
- ③ ②の状態、公称絶縁体厚さに対し交流電圧 3.2kV/mm を 5 分間印加し、絶縁破壊が生じるか否かを調べる

図1.1 難燃三重同軸ケーブル 1 の長期健全性試験手順

b. 試験条件

難燃三重同軸ケーブル1の長期健全性試験条件を表1.1に示す。

試験条件は、玄海3号炉の実機環境に基づいて60年間の運転期間及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 難燃三重同軸ケーブル1の長期健全性試験条件（設計基準事故）

		試験条件	60年間の通常運転時の使用条件【別紙3. 添付-1) 参照】に基づく劣化条件【別紙3. 添付-2) 参照】又は設計基準事故時の環境条件【別紙3. 添付-3) 参照】
通常運転相当	温度	121℃-7日	82℃-7日 (=45℃*1-60年)
	放射線 (集積線量)	500kGy (7.49kGy/h以下)	158kGy*2
設計基準事故相当	放射線 (集積線量)	1,500kGy (7.49kGy/h以下)	824kGy
	温度	最高温度：190℃	最高温度：約144℃
	圧力	最高圧力： 0.41MPa[gage]	最高圧力：約0.392MPa[gage]

\*1：原子炉格納容器内でのケーブル布設エリアの温度（約45℃）として設定

\*2： $0.3[\text{Gy/h}] \times (24 \times 365.25) [\text{h/y}] \times 60 [\text{y}] = 158\text{kGy}$

c. 評価結果

難燃三重同軸ケーブル1の長期健全性試験結果を表1.2に示す。

電気学会推奨案に基づく評価の結果、玄海3号炉の難燃三重同軸ケーブル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 難燃三重同軸ケーブル1の長期健全性試験結果

項目	試験条件	判定
屈曲浸水 耐電圧試験	供試体外径：11.7mm マンドレル径：500mm 絶縁厚さ：2.9mm 課電電圧：9.7kV/5分間	良

[出典：メーカーデータ]

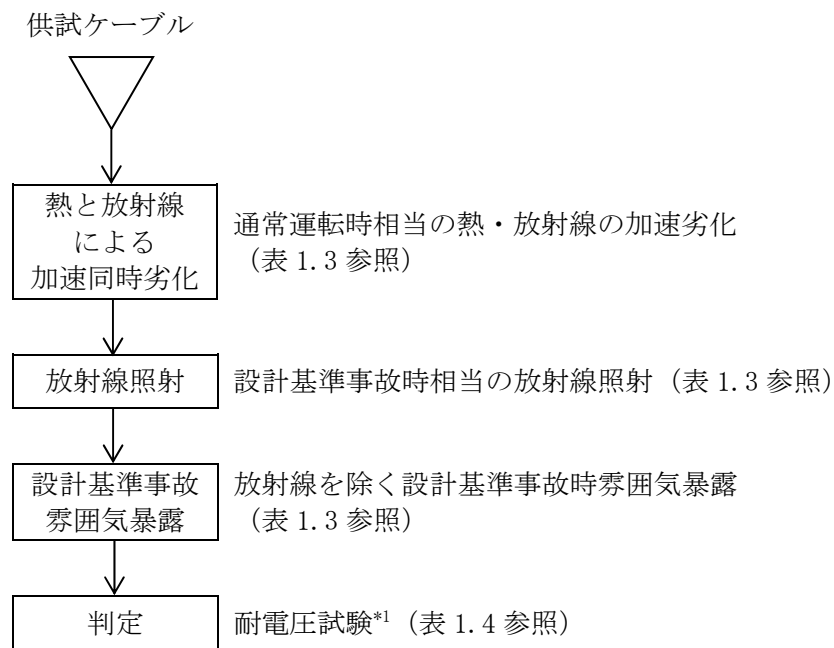
## 1.2 A C Aガイドによる健全性評価（設計基準事故時）

### a. 評価手順

設計基準事故時雰囲気内で機能要求があるケーブルについては、独立行政法人原子力安全基盤機構により原子力プラントでの使用条件に即したケーブルの経年劣化評価手法が検討され、その結果がA C Aガイドに取りまとめられている。このため、設計基準事故時雰囲気内で機能要求がある難燃三重同軸ケーブル1については、A C Aガイドに従った長期健全性も評価した。

評価にあたっては、A C Aの試験結果を用いた。

難燃三重同軸ケーブル1のA C Aガイドに基づく試験手順を図1.2に示す。



\*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

図1.2 難燃三重同軸ケーブル1のA C Aガイドに基づく試験手順

### b. 試験条件

難燃三重同軸ケーブル1のA C A試験条件を表1.3に示す。

試験条件は、玄海3号炉の実機環境に基づいて通常運転及び設計基準事故を想定した劣化条件を包絡している。



表1.3 難燃三重同軸ケーブル1のACA試験条件

		試験条件
通常運転相当	温度 放射線	100℃-98.9Gy/h-5,686h
設計基準事故相当	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]

c. 評価結果

難燃三重同軸ケーブル1のACA試験結果を表1.4に示す。ACAガイドに基づく実布設環境での長期健全性評価結果を表1.5に示す。

評価結果から、玄海3号炉の難燃三重同軸ケーブル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1.4 難燃三重同軸ケーブル1のACA試験結果

項目	試験条件	判定
耐電圧試験	課電電圧：AC10kV/1分間 (C-1S) AC 2kV/1分間 (1S-2S)	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1.5 ACAガイドに基づく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*1【別紙3.添付-1)参照】		評価期間 [年]*2	備考
	温度[℃]	放射線量率[Gy/h]		
加圧器上部	45	$5 \times 10^{-3}$	154*3	
通路部	45	$5 \times 10^{-3}$	154*3	

\*1：事故時機能要求のあるケーブルの実布設環境条件

\*2：稼働率100%での評価期間

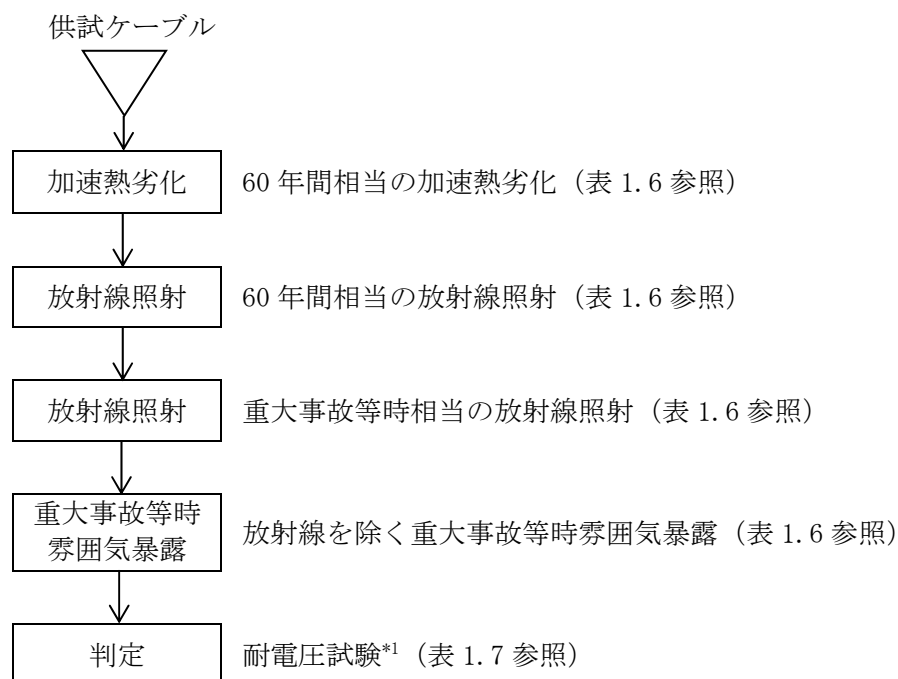
\*3：時間依存データの重ね合わせ手法により評価

### 1.3 電気学会推奨案による健全性評価（重大事故等時）

#### a. 評価手順

重大事故等時雰囲気中で機能要求がある難燃三重同軸ケーブル1については、重大事故等時雰囲気内での健全性をあわせて評価した。

難燃三重同軸ケーブル1の長期健全性試験手順を図1.3に示す。



\*1：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

図1.3 難燃三重同軸ケーブル1の長期健全性試験手順

#### b. 試験条件

難燃三重同軸ケーブル1の長期健全性試験条件を表1.6に示す。

試験条件は、玄海3号炉の実機環境に基づいて60年間の運転期間及び重大事故等時を想定した劣化条件を包絡している。

表 1.6 難燃三重同軸ケーブル 1 の長期健全性試験条件（重大事故等）

		試験条件	60年間の通常運転時の使用条件【別紙3. 添付-1) 参照】に基づく劣化条件【別紙3. 添付-4) 参照】又は重大事故等時の環境条件【別紙3. 添付-5) 参照】
通常運転相当	温度	113°C-255h	80°C-255h (=45°C*1-60年)
	放射線 (集積線量)	750kGy (10kGy/h以下)	158kGy*2
重大事故等相当	放射線 (集積線量)	500kGy (10kGy/h以下)	500kGy
	温度	最高温度： 150°C	最高温度：約144°C
	圧力	最高圧力： 0.5MPa[gage]	最高圧力：約0.444MPa[gage]

\*1：原子炉格納容器内でのケーブル布設エリアの温度（約45°C）として設定

\*2： $0.3[\text{Gy/h}] \times (24 \times 365.25) [\text{h/y}] \times 60 [\text{y}] = 158\text{kGy}$

c. 評価結果

難燃三重同軸ケーブル 1 の長期健全性試験結果を表1.7に示す。

評価の結果、玄海3号炉の難燃三重同軸ケーブル 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1.7 難燃三重同軸ケーブル 1 の長期健全性試験結果

項目	試験条件	判定
耐電圧試験	C-I 間 DC3,000V 1分 I-O 間 DC 500V 1分	良

[出典：電力共同委託「高レンジエリアモニタ及び三重同軸ケーブル・コネクタに関する耐環境性能評価委託2014年度」]

## 2. 現状保全

絶縁体及び内部シースの絶縁低下に対しては、定期的な絶縁抵抗測定により、許容値以上であることの確認を行っている。

## 3. 総合評価

電気学会推奨案及びA C Aガイドに基づく健全性評価結果から判断して、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

絶縁体及び内部シース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1の環境条件について
- 2) 難燃三重同軸ケーブル1の長期健全性試験（設計基準事故）における評価期間について
- 3) 難燃三重同軸ケーブル1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
- 4) 難燃三重同軸ケーブル1の長期健全性試験（重大事故等時）における評価期間について
- 5) 難燃三重同軸ケーブル1の長期健全性試験条件の事故時条件（重大事故等時）の包絡性について

タイトル	原子炉格納容器内の難燃三重同軸ケーブル 1 の環境条件について
概要	難燃三重同軸ケーブル 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>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 1 については、添付-1) で示したエリアの環境条件 (電気学会推奨案による健全性評価: ループ室、通路部 (その他) 及び加圧器上部を包絡する条件 (45°C、0.3Gy/h)*、ACA ガイドによる健全性評価: 通路部 (その他) 及び加圧器上部を包絡する条件 (45°C、5mGy/h)) で評価を実施している。</p> <p>* : 電気学会推奨案による健全性評価の環境条件は、事故時雰囲気内で機能要求のないケーブルの 60 年間の通常運転時の評価も合わせて実施したため、その条件も考慮している。</p>

タイトル	難燃三重同軸ケーブル 1 の長期健全性試験 (設計基準事故) における評価期間について								
概要	試験条件と実機の使用条件に基づく劣化条件との比較に用いた実環境温度および活性化エネルギー等を以下に示す。								
説明	<p>難燃三重同軸ケーブル 1 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>実機使用条件 (45℃-60 年) を、長期健全性試験条件 (121℃-7 日) との比較を容易にするため、加速時間 (L2) を試験条件と同じ 7 日として換算した結果を以下に示す。</p> <table border="1" data-bbox="509 763 1272 857"> <thead> <tr> <th>T2[℃]</th> <th>L2[日]</th> <th>T1[℃]</th> <th>L1[年]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>82</td> <td>7</td> <td>45</td> <td>60</td> </tr> </tbody> </table> <p>活性化エネルギー： <span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 50px; height: 15px; vertical-align: middle;"></span> [kcal/mol] (メーカーデータ) での換算値 (L1: 実環境年数、L2: 加速時間、T1: 実環境温度、T2: 加速温度)</p> <p>実機使用条件を換算した加速温度 (T2=82℃) は、長期健全性試験条件の温度 (121℃) に包絡される。</p>	T2[℃]	L2[日]	T1[℃]	L1[年]	82	7	45	60
T2[℃]	L2[日]	T1[℃]	L1[年]						
82	7	45	60						

タイトル	難燃三重同軸ケーブル1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3. 添付-3)-2に事故時雰囲気曝露の試験条件を添付する。          設計基準事故（1次冷却材管の破断による原子炉冷却材喪失）の安全解析結果（事故後27時間までの解析を実施）は、添付-4)-2を参照のこと。</p> <p>以下に示すように、事故時雰囲気曝露の試験条件は、実機の設計基準事故時条件を包絡している。</p> <table border="1" data-bbox="421 763 1350 1357"> <thead> <tr> <th></th> <th>条件（温度－時間）</th> <th>75℃換算*3</th> <th>合計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">事故時 雰囲気 曝露 試験</td> <td>□℃*1－□</td> <td>1,195,106時間 (49,796日)</td> <td rowspan="2">3,115,082時間 (129,795日)</td> </tr> <tr> <td>□℃*2－□</td> <td>1,919,976時間 (79,999日)</td> </tr> <tr> <td rowspan="5">設計基 準事故*4</td> <td rowspan="5">□</td> <td>100,672時間 (4,195日)</td> <td rowspan="5">106,593時間 (4,442日)</td> </tr> <tr> <td>5,817時間 (242日)</td> </tr> <tr> <td>72時間 (3日)</td> </tr> <tr> <td>24時間 (1日)</td> </tr> <tr> <td>8時間 (1日)</td> </tr> </tbody> </table> <p>*1：試験初期は□℃であるが、安全側に□℃で見積もった。          *2：試験途中は□℃であるが、安全側に□℃で見積もった。          *3：活性化エネルギー□ [kcal/mol]での換算値          *4：1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）	75℃換算*3	合計	事故時 雰囲気 曝露 試験	□℃*1－□	1,195,106時間 (49,796日)	3,115,082時間 (129,795日)	□℃*2－□	1,919,976時間 (79,999日)	設計基 準事故*4	□	100,672時間 (4,195日)	106,593時間 (4,442日)	5,817時間 (242日)	72時間 (3日)	24時間 (1日)	8時間 (1日)
	条件（温度－時間）	75℃換算*3	合計																		
事故時 雰囲気 曝露 試験	□℃*1－□	1,195,106時間 (49,796日)	3,115,082時間 (129,795日)																		
	□℃*2－□	1,919,976時間 (79,999日)																			
設計基 準事故*4	□	100,672時間 (4,195日)	106,593時間 (4,442日)																		
		5,817時間 (242日)																			
		72時間 (3日)																			
		24時間 (1日)																			
		8時間 (1日)																			

<p>説 明</p>	<p>難燃三重同軸ケーブル1 事故時雰囲気暴露試験条件</p>
------------	---------------------------------



タイトル	難燃三重同軸ケーブル 1 の長期健全性試験 (重大事故等時) における評価期間について								
概要	試験条件と実機の使用条件に基づく劣化条件との比較に用いた実環境温度および活性化エネルギー等を以下に示す。								
説明	<p>難燃三重同軸ケーブル 1 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>実機使用条件 (45℃-60 年) を、長期健全性試験条件 (113℃-255 時間) 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 255 時間として換算した結果を以下に示す。</p> <table border="1" data-bbox="509 763 1272 857"> <thead> <tr> <th>T2[℃]</th> <th>L2[h]</th> <th>T1[℃]</th> <th>L1[年]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>80</td> <td>255</td> <td>45</td> <td>60</td> </tr> </tbody> </table> <p>活性化エネルギー： <span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 40px; height: 15px; vertical-align: middle;"></span> [kcal/mol] (メーカーデータ) での換算値 (L1: 実環境年数、L2: 加速時間、T1: 実環境温度、T2: 加速温度)</p> <p>実機使用条件を換算した加速温度 (T2=80℃) は、長期健全性試験条件の温度 (113℃) に包絡される。</p>	T2[℃]	L2[h]	T1[℃]	L1[年]	80	255	45	60
T2[℃]	L2[h]	T1[℃]	L1[年]						
80	255	45	60						

タイトル	難燃三重同軸ケーブル 1 の長期健全性試験条件の事故時条件（重大事故等時）の包絡性について					
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を包絡していることを以下に示す。					
説明	<p>下記に事故時雰囲気曝露の試験条件を示す。</p> <p>以下に示すように、事故時雰囲気曝露の試験条件は、実機の重大事故等時条件を包絡している。</p> <p>なお、重大事故等時の安全解析結果（事故後 7 日間までの解析を実施）は添付-6)-2 を参照のこと。</p> <table border="1" data-bbox="523 725 1259 927"> <thead> <tr> <th data-bbox="523 725 879 779"></th> <th data-bbox="879 725 1259 779">条件（温度－時間）</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="523 779 879 853">事故時雰囲気曝露試験</td> <td data-bbox="879 779 1259 927" rowspan="2"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="523 853 879 927">重大事故等時*1</td> </tr> </tbody> </table> <p>*1：格納容器過温破損事故包絡条件</p> <div data-bbox="411 1016 1353 1659" style="border: 1px solid black; height: 287px; margin: 10px 0;"></div> <p style="text-align: center;">重大事故等時（格納容器過温破損、格納容器過圧破損） 事故時雰囲気曝露の試験条件</p>		条件（温度－時間）	事故時雰囲気曝露試験		重大事故等時*1
	条件（温度－時間）					
事故時雰囲気曝露試験						
重大事故等時*1						

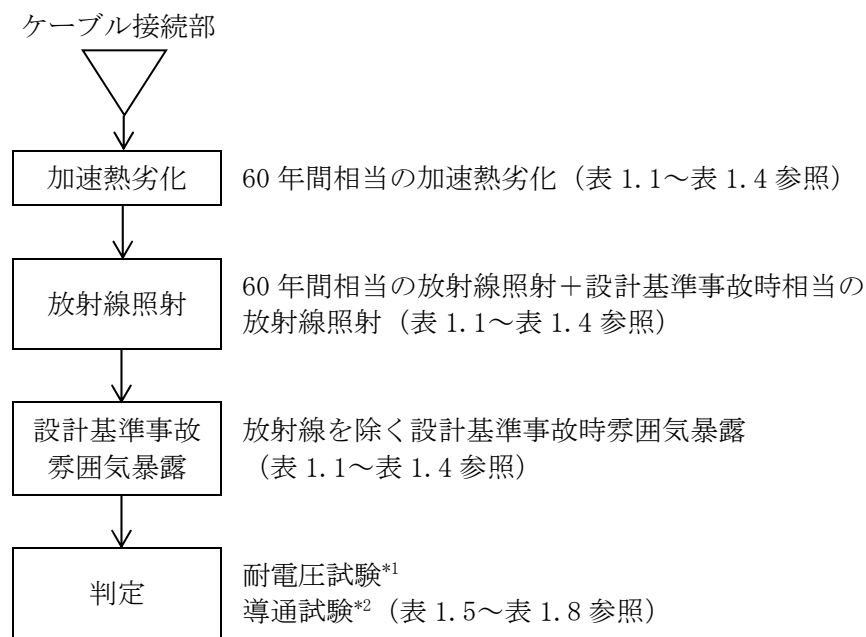
## 別紙 4. ケーブル接続部の評価について

## 1. 健全性評価

## 1.1 設計基準事故時雰囲気内で機能要求がある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で機能要求がある気密端子箱接続、直ジョイント、電動弁コネクタ接続 1 及び三重同軸コネクタ接続は、IEEE Std. 323-1974及びIEEE Std. 383-1974の規格に準拠して、実機同等品により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。ケーブル接続部の長期健全性試験の手順を図 1.1 に示す。



\*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

- ・気密端子箱接続
- ・直ジョイント
- ・三重同軸コネクタ接続

\*2：導通試験：試験後導通不良がないか調べる

- ・電動弁コネクタ接続 1

図1.1 ケーブル接続部の長期健全性試験手順

## b. 試験条件

ケーブル接続部の長期健全性試験条件を表 1.1～表 1.4 に示す。

試験条件は、玄海 3 号炉の実機環境に基づいて 60 年間の運転期間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（設計基準事故）\*1

		試験条件	60年間の通常運転時の使用条件【別紙4. 添付-1) 参照】に基づく劣化条件【別紙4. 添付-2) 参照】又は設計基準事故時の環境条件【別紙4. 添付-3) 参照】
通常運転相当	温度	121°C-7日	103°C-7日 (=50°C*2-60年)
	放射線 (集積線量)	500kGy (10kGy/h)	158kGy*3
設計基準事故相当	放射線 (集積線量)	1,500kGy (10kGy/h)	824kGy
	温度	最高温度：190°C	最高温度：約144°C
	圧力	最高圧力： 0.41MPa[gage]	最高圧力：約0.392MPa[gage]

\*1：設計基準事故時における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：原子炉格納容器内外のケーブル接続部の環境条件を包絡した温度として設定（原子炉格納容器内の環境条件は約45°C）

\*3： $0.3[\text{Gy/h}] \times (24 \times 365.25) [\text{h/y}] \times 60 [\text{y}] = 158\text{kGy}$

表 1.2 直ジョイントの長期健全性試験条件（設計基準事故）\*1

		試験条件	60年間の通常運転時の使用条件【別紙4. 添付-1) 参照】に基づく劣化条件【別紙4. 添付-2) 参照】又は設計基準事故時の環境条件【別紙4. 添付-3) 参照】
通常運転相当	温度	121°C-7日	110°C-7日 (=50°C*2-60年)
	放射線 (集積線量)	500kGy (10kGy/h以下)	158kGy*3
設計基準事故相当	放射線 (集積線量)	1,500kGy (10kGy/h以下)	824kGy
	温度	最高温度：190°C	最高温度：約144°C
	圧力	最高圧力： 0.41MPa[gage]	最高圧力：約0.392MPa[gage]

\*1：設計基準事故時における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：原子炉格納容器内外のケーブル接続部の環境条件を包絡した温度として設定（原子炉格納容器内の環境条件は約45°C）

\*3： $0.3[\text{Gy/h}] \times (24 \times 365.25) [\text{h/y}] \times 60 [\text{y}] = 158\text{kGy}$

表 1.3 電動弁コネクタ接続 1 の長期健全性試験条件（設計基準事故）\*1

		試験条件	60年間の通常運転時の使用条件【別紙4. 添付-1) 参照】に基づく劣化条件【別紙4. 添付-2) 参照】又は設計基準事故時の環境条件【別紙4. 添付-3) 参照】
通常運転相当	温度	138℃-12.5日	99℃-12.5日*3 (=50℃*2-60年) 131℃-12.5日*4 (=50℃*2-60年)
	放射線 (集積線量)	700kGy (10kGy/h)	106kGy*5
設計基準事故相当	放射線 (集積線量)	1,500kGy (10kGy/h)	824kGy
	温度	最高温度：215℃	最高温度：約144℃
	圧力	最高圧力： 0.496MPa[gage]	最高圧力：約0.392MPa[gage]

- \*1：設計基準事故時における環境条件が厳しい原子炉格納容器内電動弁コネクタ接続1の使用条件を代表として記載  
 \*2：原子炉格納容器内外のケーブル接続部の環境条件を包絡した温度として設定（原子炉格納容器内の環境条件は約45℃）  
 \*3：Oリング等の気密材料の60年間の通常運転時の劣化条件を試験条件と比較するための12.5日間換算値  
 \*4：絶縁材料の60年間の通常運転時の劣化条件を試験条件と比較するための12.5日間換算値  
 \*5： $0.2[\text{Gy/h}] \times (24 \times 365.25) [\text{h/y}] \times 60 [\text{y}] = 106\text{kGy}$

表 1.4 三重同軸コネクタ接続の長期健全性試験条件（設計基準事故）\*1

		試験条件	60年間の通常運転時の使用条件【別紙4. 添付-1) 参照】に基づく劣化条件【別紙4. 添付-2) 参照】又は設計基準事故時の環境条件【別紙4. 添付-3) 参照】
通常運転相当	温度	121℃-7日	96℃-7日*3 (=45℃*2-60年) 65℃-7日*4 (=45℃*2-60年)
	放射線 (集積線量)	500kGy (10kGy/h以下)	2.7kGy*5
設計基準事故相当	放射線 (集積線量)	1,500kGy (10kGy/h以下)	824kGy
	温度	最高温度：190℃	最高温度：約144℃
	圧力	最高圧力： 0.41MPa[gage]	最高圧力：約0.392MPa[gage]

- \*1：設計基準事故時における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の使用条件を代表として記載  
 \*2：原子炉格納容器内でのケーブル接続部の周囲温度（約45℃）として設定  
 \*3：Oリング等の気密材料の60年間の通常運転時の劣化条件を試験条件と比較するための7日間換算値  
 \*4：絶縁材料の60年間の通常運転時の劣化条件を試験条件と比較するための7日間換算値  
 \*5： $5 \times 10^{-3} [\text{Gy/h}] \times (24 \times 365.25) [\text{h/y}] \times 60 [\text{y}] = 2.7\text{kGy}$

c. 評価結果

長期健全性試験結果を表1.5～表1.8に示す。

評価の結果、玄海3号炉の気密端子箱接続、直ジョイント、電動弁コネクタ接続1および三重同軸コネクタ接続は、運転開始後60年時点においても絶縁機能を維持できると判断する。

表1.5 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 2.0kV 1分	良

[出典：メーカーデータ]

表1.6 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 2.6kV 5分	良

[出典：メーカーデータ]

表1.7 電動弁コネクタ接続1の長期健全性試験結果

項目	試験条件	判定
導通試験	通電が可能なこと	良

[出典：メーカーデータ]

表1.8 三重同軸コネクタ接続の長期健全性試験結果

項目	試験条件*1	判定
耐電圧試験	DC 3.0kV 1分	良

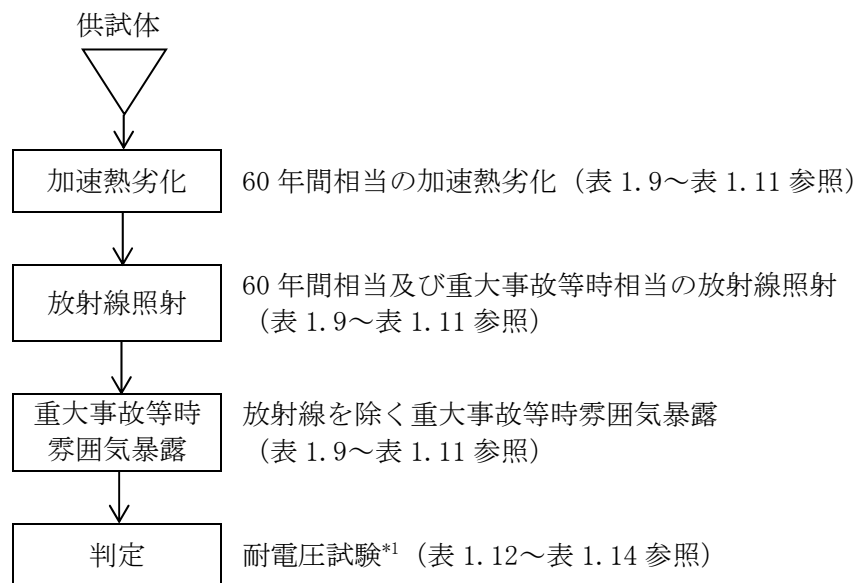
[出典：電力共通研究「電気・計装機器の耐環境実証試験に関する研究 (Step-3)」1983年度]

## 1.2 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の健全性評価

### a. 評価手順

重大事故等時雰囲気内で機能要求がある気密端子箱接続、直ジョイント及び三重同軸コネクタ接続は、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。

ケーブル接続部の長期健全性試験の手順を図1.2に示す。



\*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。

図1.2 ケーブル接続部の長期健全性試験手順

### b. 試験条件

ケーブル接続部の長期健全性試験条件を表1.9～表1.11に示す。

試験条件は、玄海3号炉の実機環境に基づいて60年間の運転期間及び重大事故等を想定した劣化条件を包絡している。

表 1.9 気密端子箱接続の長期健全性試験条件（重大事故等）\*1

		試験条件	60年間の通常運転時の使用条件【別紙4. 添付-1) 参照】に基づく劣化条件【別紙4. 添付-4) 参照】又は重大事故等時の環境条件【別紙4. 添付-5) 参照】
通常運転相当	温度	140℃-8h	128℃-8h (=50℃*2-60年)
	放射線 (集積線量)	500kGy (10kGy/h以下)	158kGy*3
重大事故等相当	放射線 (集積線量)	500kGy (10kGy/h以下)	500kGy
	温度	最高温度：150℃	最高温度：約144℃
	圧力	最高圧力： 0.5MPa[gage]	最高圧力：約0.444MPa[gage]

\*1：重大事故等時における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：原子炉格納容器内外のケーブル接続部の環境条件を包絡した温度として設定（原子炉格納容器内の環境条件は約45℃）

\*3： $0.3[\text{Gy/h}] \times (24 \times 365.25) [\text{h/y}] \times 60 [\text{y}] = 158\text{kGy}$

表 1.10 直ジョイントの長期健全性試験条件（重大事故等）\*1

		試験条件	60年間の通常運転時の使用条件【別紙4. 添付-1) 参照】に基づく劣化条件【別紙4. 添付-4) 参照】又は重大事故等時の環境条件【別紙4. 添付-5) 参照】
通常運転相当	温度	140℃-21h	129℃-21h (=50℃*2-60年)
	放射線 (集積線量)	500kGy (10kGy/h以下)	158kGy*3
重大事故等相当	放射線 (集積線量)	500kGy (10kGy/h以下)	500kGy
	温度	最高温度：150℃	最高温度：約144℃
	圧力	最高圧力： 0.5MPa[gage]	最高圧力：約0.444MPa[gage]

\*1：重大事故等時における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：原子炉格納容器内外のケーブル接続部の環境条件を包絡した温度として設定（原子炉格納容器内の環境条件は約45℃）

\*3： $0.3[\text{Gy/h}] \times (24 \times 365.25) [\text{h/y}] \times 60 [\text{y}] = 158\text{kGy}$



表 1.11 三重同軸コネクタ接続の長期健全性試験条件（重大事故等）\*1

		試験条件	60年間の通常運転時の使用条件【別紙4. 添付-1) 参照】に基づく劣化条件【別紙4. 添付-4) 参照】又は設計基準事故時の環境条件【別紙4. 添付-5) 参照】
通常運転相当	温度	113°C-255h	93°C-255h*3 (=45°C*2-60年) 64°C-255h*4 (=45°C*2-60年)
	放射線 (集積線量)	750kGy (10kGy/h以下)	2.7kGy*5
重大事故等相当	放射線 (集積線量)	500kGy (10kGy/h以下)	500kGy
	温度	最高温度：150°C	最高温度：約144°C
	圧力	最高圧力： 0.5MPa[gage]	最高圧力：約0.444MPa[gage]

\*1：重大事故等時における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の使用条件を代表として記載

\*2：原子炉格納容器内でのケーブル接続部の周囲温度（約45°C）として設定

\*3：リング等の気密材料の60年間の通常運転時の劣化条件を試験条件と比較するための255時間換算値

\*4：絶縁材料の60年間の通常運転時の劣化条件を試験条件と比較するための255時間換算値

\*5： $5 \times 10^{-3} [\text{Gy/h}] \times (24 \times 365.25) [\text{h/y}] \times 60 [\text{y}] = 2.7 \text{kGy}$

c. 評価結果

表1.12～表1.14に長期健全性試験結果を示す。評価の結果、玄海3号炉の気密端子箱接続、直ジョイント及び三重同軸コネクタ接続は、運転開始後60年時点においても絶縁機能を維持できると判断する。

表1.12 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 1.5kV 1分	良

[出典：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」]

表1.13 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 1.5kV 1分	良

[出典：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」]

表1.14 三重同軸コネクタ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	C-I 間 DC3,000V 1分 I-O 間 DC 500V 1分	良

[出典：電力共同委託「高レンジエリアモニタ及び三重同軸ケーブル・コネクタに関わる耐環境性能評価委託2014年度」]

## 2. 現状保全

絶縁物等の絶縁低下に対して、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により、許容値以上であることを確認している。

制御・計装用ケーブル接続部については、定期的に計測制御系統設備の機能検査等により、系統機器の動作又は計器の指示等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。

## 3. 総合評価

健全性評価結果から判断して、絶縁機能を維持できると考える。

絶縁低下は、絶縁抵抗測定、系統機器の動作確認又は計器の指示値確認等で検知可能であり、点検手法として適切である。

## 4. 高経年化への対応

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) 事故時雰囲気内で機能要求があ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（設計基準事故）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（設計基準事故）の包絡性について
- 4) ケーブル接続部の長期健全性試験（重大事故等時）における評価期間について
- 5) ケーブル接続部の長期健全性試験条件の事故時条件（重大事故等時）の包絡性について

タイトル	事故時雰囲気内で機能要求があ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>玄海3号炉の事故時雰囲気内で機能要求があるケーブル接続部は、添付-1)に示す下記の設置場所の使用条件を包絡する以下の条件で評価を実施している。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・気密端子箱接続、直ジョイント 温度：50℃（MS室）、線量率：0.3Gy/h（ループ室（弁電動装置））</li> <li>・電動弁コネクタ接続1 温度：50℃（MS室）、線量率：0.2Gy/h（ループ室（弁電動装置））</li> </ul> <p>なお、ケーブル接続部の技術評価書において、代表機器の通常運転時の使用条件として、原子炉格納容器内の最も厳しい環境条件を記載している。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>対象機器</th> <th>布設区分</th> <th>温度[℃]</th> <th>線量率[Gy/h]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4">気密端子箱接続</td> <td>ループ室</td> <td>45</td> <td>0.3</td> </tr> <tr> <td>加圧器上部</td> <td>45</td> <td>0.005</td> </tr> <tr> <td>通路部</td> <td>45</td> <td>0.005</td> </tr> <tr> <td>MS室</td> <td>50</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td rowspan="4">直ジョイント</td> <td>ループ室</td> <td>45</td> <td>0.3</td> </tr> <tr> <td>加圧器上部</td> <td>45</td> <td>0.005</td> </tr> <tr> <td>通路部</td> <td>45</td> <td>0.005</td> </tr> <tr> <td>MS室</td> <td>50</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td rowspan="4">電動弁コネクタ接続1</td> <td>ループ室</td> <td>35</td> <td>0.2</td> </tr> <tr> <td>加圧器上部</td> <td>45</td> <td>0.005</td> </tr> <tr> <td>通路部</td> <td>45</td> <td>0.005</td> </tr> <tr> <td>MS室</td> <td>50</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>三重同軸コネクタ接続</td> <td>通路部</td> <td>45</td> <td>0.005</td> </tr> </tbody> </table>			対象機器	布設区分	温度[℃]	線量率[Gy/h]	気密端子箱接続	ループ室	45	0.3	加圧器上部	45	0.005	通路部	45	0.005	MS室	50	—	直ジョイント	ループ室	45	0.3	加圧器上部	45	0.005	通路部	45	0.005	MS室	50	—	電動弁コネクタ接続1	ループ室	35	0.2	加圧器上部	45	0.005	通路部	45	0.005	MS室	50	—	三重同軸コネクタ接続	通路部	45	0.005
対象機器	布設区分	温度[℃]	線量率[Gy/h]																																															
気密端子箱接続	ループ室	45	0.3																																															
	加圧器上部	45	0.005																																															
	通路部	45	0.005																																															
	MS室	50	—																																															
直ジョイント	ループ室	45	0.3																																															
	加圧器上部	45	0.005																																															
	通路部	45	0.005																																															
	MS室	50	—																																															
電動弁コネクタ接続1	ループ室	35	0.2																																															
	加圧器上部	45	0.005																																															
	通路部	45	0.005																																															
	MS室	50	—																																															
三重同軸コネクタ接続	通路部	45	0.005																																															

タイトル	ケーブル接続部の長期健全性試験（設計基準事故）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>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 4. 添付-1) で整理した各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 (気密端子箱接続、直ジョイント及び三重同軸コネクタ接続 : 121℃-7 日、電動弁コネクタ接続 1 : 138℃-12.5 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 日又は 12.5 日として換算した結果を以下に示す。</p> <table border="1" data-bbox="421 837 1362 1162"> <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>103</td> <td>7</td> <td>50</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td>②</td> <td>難燃架橋ポリエチレン</td> <td>110</td> <td>7</td> <td>50</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>99</td> <td>12.5</td> <td>50</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td>ジアリルフタレート樹脂</td> <td>131</td> <td>12.5</td> <td>50</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">④</td> <td>エチレンプロピレンゴム</td> <td>96</td> <td>7</td> <td>45</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td>架橋ポリスチレン</td> <td>65</td> <td>7</td> <td>45</td> <td>60</td> </tr> </tbody> </table> <p>注：表中の①～④は、それぞれ①→気密端子箱接続、②→直ジョイント、③→電動弁コネクタ接続 1、④→三重同軸コネクタ接続を示す。</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)、  ジアリルフタレート樹脂：[ ] [kcal/mol] (EPRI※1)、  架橋ポリスチレン：[ ] [kcal/mol] (メーカーデータ)</p> <p>での換算値 (L1:実環境年数、L2:加速時間、T1:実環境温度、T2:加速温度)  ※1 : EPRI NP-1588 「A Review of Equipment Aging Theory and Technology」</p> <p>実機使用条件を換算した加速温度は、長期健全性試験条件の温度 (121℃又は 138℃) 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	103	7	50	60	②	難燃架橋ポリエチレン	110	7	50	60	③	エチレンプロピレンゴム	99	12.5	50	60	ジアリルフタレート樹脂	131	12.5	50	60	④	エチレンプロピレンゴム	96	7	45	60	架橋ポリスチレン	65	7	45	60
機器	絶縁物	T2[℃]	L2[日]	T1[℃]	L1[年]																																								
①	エチレンプロピレンゴム	103	7	50	60																																								
②	難燃架橋ポリエチレン	110	7	50	60																																								
③	エチレンプロピレンゴム	99	12.5	50	60																																								
	ジアリルフタレート樹脂	131	12.5	50	60																																								
④	エチレンプロピレンゴム	96	7	45	60																																								
	架橋ポリスチレン	65	7	45	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（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>①気密端子箱接続</p> <p>別紙4. 添付-3)-2に事故時雰囲気曝露の試験条件を添付する。</p> <p>設計基準事故（1次冷却材管の破断による原子炉冷却材喪失）の安全解析結果は、添付-4)-2を、設計基準事故（主蒸気管破断）条件は添付-4)-3を参照のこと。</p> <p>以下に示すように、事故時雰囲気曝露の試験条件は、実機の設計基準事故時条件を包絡している。</p> <table border="1" data-bbox="418 797 1351 1603"> <thead> <tr> <th></th> <th>条件（温度－時間）</th> <th>75℃換算*2</th> <th>合計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">事故時 雰囲気 曝露 試験</td> <td rowspan="2">*1</td> <td>38,574 時間 (1,607 日)</td> <td rowspan="2">268,638 時間 (11,193 日)</td> </tr> <tr> <td>230,064 時間 (9,586 日)</td> </tr> <tr> <td rowspan="4">設計基 準事故*3</td> <td rowspan="4"></td> <td>7,679 時間 (320 日)</td> <td rowspan="4">9,298 時間 (387 日)</td> </tr> <tr> <td>1,451 時間 (60 日)</td> </tr> <tr> <td>72 時間 (3 日)</td> </tr> <tr> <td>52 時間 (2 日)</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">設計基 準事故*4</td> <td rowspan="3"></td> <td>250,588 時間 (10,441 日)</td> <td rowspan="3">250,595 時間 (10,442 日)</td> </tr> <tr> <td>1 時間 (0 日)</td> </tr> <tr> <td>6 時間 (1 日)</td> </tr> </tbody> </table> <p>*1：試験初期は [ ] °Cであるが、安全側に [ ] °Cで見積もった。</p> <p>*2：活性化エネルギー [ ] [kcal/mol]での換算値</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：主蒸気管破断事故包絡条件</p>				条件（温度－時間）	75℃換算*2	合計	事故時 雰囲気 曝露 試験	*1	38,574 時間 (1,607 日)	268,638 時間 (11,193 日)	230,064 時間 (9,586 日)	設計基 準事故*3		7,679 時間 (320 日)	9,298 時間 (387 日)	1,451 時間 (60 日)	72 時間 (3 日)	52 時間 (2 日)	設計基 準事故*4		250,588 時間 (10,441 日)	250,595 時間 (10,442 日)	1 時間 (0 日)	6 時間 (1 日)
	条件（温度－時間）	75℃換算*2	合計																						
事故時 雰囲気 曝露 試験	*1	38,574 時間 (1,607 日)	268,638 時間 (11,193 日)																						
		230,064 時間 (9,586 日)																							
設計基 準事故*3		7,679 時間 (320 日)	9,298 時間 (387 日)																						
		1,451 時間 (60 日)																							
		72 時間 (3 日)																							
		52 時間 (2 日)																							
設計基 準事故*4		250,588 時間 (10,441 日)	250,595 時間 (10,442 日)																						
		1 時間 (0 日)																							
		6 時間 (1 日)																							

<p>説 明</p>	
	<p>気密端子箱接続 事故時雰囲気暴露試験条件</p>

説 明

②直ジョイント

事故時雰囲気曝露の試験条件を別紙 4. 添付-3)-4 に添付する。

また、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-4)-2 を、設計基準事故（主蒸気管破断）条件は添付-4)-3 を参照のこと。

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

	条件（温度－時間）	75℃換算*2	合計
事故時 雰囲気 曝露 試験		*1 15,325 時間 (639 日)	137,725 時間 (5,739 日)
		122,400 時間 (5,100 日)	
設計基 準事故*3		3,571 時間 (149 日)	4,742 時間 (198 日)
		960 時間 (40 日)	
		72 時間 (3 日)	
		66 時間 (3 日)	
設計基 準事故*4		85,973 時間 (3,582 日)	85,986 時間 (3,583 日)
		1 時間 (0 日)	
		12 時間 (1 日)	

\*1：試験初期は [ ] °C であるが、安全側に [ ] °C で見積もった。

\*2：活性化エネルギー [ ] [kcal/mol] での換算値

\*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

\*4：主蒸気管破断事故包絡条件

説 明	
	直ジョイント 事故時雰囲気暴露試験条件



説 明	<p>③電動弁コネクタ接続 1</p> <p>事故時雰囲気曝露の試験条件を別紙 4. 添付-3)-6 に添付する。</p> <p>また、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-4)-2 を、設計基準事故（主蒸気管破断）条件は添付-4)-3 を参照のこと。</p> <p>以下に示すように、事故時雰囲気曝露の試験条件は、実機の設計基準事故時条件を包絡している。</p> <p style="text-align: center;">ジアリルフタレート樹脂</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;"></th> <th style="width: 40%;">条件（温度－時間）</th> <th style="width: 20%;">75℃換算*2</th> <th style="width: 25%;">合計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2" style="text-align: center;">事故時 雰囲気 曝露 試験</td> <td rowspan="2" style="text-align: center;">[ ]</td> <td style="text-align: center;">*1 255 時間 (11 日)</td> <td rowspan="2" style="text-align: center;">17,480 時間 (728 日)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">17,225 時間 (718 日)</td> </tr> <tr> <td rowspan="4" style="text-align: center;">設計基 準事故*3</td> <td rowspan="4" style="text-align: center;">[ ]</td> <td style="text-align: center;">494 時間 (21 日)</td> <td rowspan="4" style="text-align: center;">1,288 時間 (54 日)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">330 時間 (14 日)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">72 時間 (3 日)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">121 時間 (5 日)</td> </tr> <tr> <td rowspan="3" style="text-align: center;">設計基 準事故*4</td> <td rowspan="3" style="text-align: center;">[ ]</td> <td style="text-align: center;">5,422 時間 (226 日)</td> <td rowspan="3" style="text-align: center;">5,498 時間 (229 日)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1 時間 (0 日)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">75 時間 (3 日)</td> </tr> </tbody> </table> <p>*1：試験初期は [ ] °Cであるが、安全側に [ ] °Cで見積もった。</p> <p>*2：活性化エネルギー [ ] [kcal/mol]での換算値</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：主蒸気管破断事故包絡条件</p>				条件（温度－時間）	75℃換算*2	合計	事故時 雰囲気 曝露 試験	[ ]	*1 255 時間 (11 日)	17,480 時間 (728 日)	17,225 時間 (718 日)	設計基 準事故*3	[ ]	494 時間 (21 日)	1,288 時間 (54 日)	330 時間 (14 日)	72 時間 (3 日)	121 時間 (5 日)	設計基 準事故*4	[ ]	5,422 時間 (226 日)	5,498 時間 (229 日)	1 時間 (0 日)	75 時間 (3 日)
	条件（温度－時間）	75℃換算*2	合計																						
事故時 雰囲気 曝露 試験	[ ]	*1 255 時間 (11 日)	17,480 時間 (728 日)																						
		17,225 時間 (718 日)																							
設計基 準事故*3	[ ]	494 時間 (21 日)	1,288 時間 (54 日)																						
		330 時間 (14 日)																							
		72 時間 (3 日)																							
		121 時間 (5 日)																							
設計基 準事故*4	[ ]	5,422 時間 (226 日)	5,498 時間 (229 日)																						
		1 時間 (0 日)																							
		75 時間 (3 日)																							

説 明	エチレンプロピレンゴム		
	条件 (温度-時間)	75℃換算*2	合計
事故時 雰囲気 曝露 試験		*1 6,721 時間 (280 日)	158,803 時間 (6,617 日)
		152,082 時間 (6,337 日)	
設計基 準事故*3		7,679 時間 (320 日)	9,298 時間 (387 日)
		1,451 時間 (60 日)	
		72 時間 (3 日)	
		52 時間 (2 日)	
設計基 準事故*4		44 時間 (2 日)	250,595 時間 (10,442 日)
		250,588 時間 (10,441 日)	
		1 時間 (0 日)	
		6 時間 (1 日)	

\*1: 試験初期は [ ] °C であるが、安全側に [ ] °C で見積もった。  
 \*2: 活性化エネルギー [ ] [kcal/mol] での換算値  
 \*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  
 \*4: 主蒸気管破断事故包絡条件

電動弁コネクタ接続 1 事故時雰囲気曝露試験条件

<p>説 明</p>	<p>④三重同軸コネクタ接続</p> <p>事故時雰囲気曝露の試験条件を別紙 4. 添付-3)-8 に添付する。</p> <p>また、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-4)-2 を参照のこと。</p> <p>以下に示すように、事故時雰囲気曝露の試験条件は、実機の設計基準事故時条件を包絡している。</p> <p>エチレンプロピレンゴム</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;"></th> <th style="width: 40%;">条件（温度－時間）</th> <th style="width: 10%;"></th> <th style="width: 20%;">75℃換算*3</th> <th style="width: 19%;">合計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2" style="text-align: center; vertical-align: middle;">事故時 雰囲気 曝露 試験</td> <td rowspan="2" style="border: 2px solid black;"></td> <td style="text-align: right;">*1</td> <td style="text-align: center;">48,520 時間 (2,022 日)</td> <td rowspan="2" style="text-align: center; vertical-align: middle;">278,732 時間 (11,614 日)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">*2</td> <td style="text-align: center;">230,212 時間 (9,592 日)</td> </tr> <tr> <td rowspan="5" style="text-align: center; vertical-align: middle;">設計基 準事故*4</td> <td rowspan="5" style="border: 2px solid black;"></td> <td></td> <td style="text-align: center;">7,679 時間 (320 日)</td> <td rowspan="5" style="text-align: center; vertical-align: middle;">9,298 時間 (387 日)</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">1,451 時間 (60 日)</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">72 時間 (3 日)</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">52 時間 (2 日)</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">44 時間 (2 日)</td> </tr> </tbody> </table> <p>*1：試験初期は <input type="text"/> °C であるが、安全側に <input type="text"/> °C で見積もった。</p> <p>*2：試験途中は <input type="text"/> °C であるが、安全側に <input type="text"/> °C で見積もった。</p> <p>*3：活性化エネルギー <input type="text"/> [kcal/mol] での換算値</p> <p>*4：1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）		75℃換算*3	合計	事故時 雰囲気 曝露 試験		*1	48,520 時間 (2,022 日)	278,732 時間 (11,614 日)	*2	230,212 時間 (9,592 日)	設計基 準事故*4			7,679 時間 (320 日)	9,298 時間 (387 日)		1,451 時間 (60 日)		72 時間 (3 日)		52 時間 (2 日)		44 時間 (2 日)
	条件（温度－時間）		75℃換算*3	合計																									
事故時 雰囲気 曝露 試験		*1	48,520 時間 (2,022 日)	278,732 時間 (11,614 日)																									
		*2	230,212 時間 (9,592 日)																										
設計基 準事故*4			7,679 時間 (320 日)	9,298 時間 (387 日)																									
			1,451 時間 (60 日)																										
			72 時間 (3 日)																										
			52 時間 (2 日)																										
			44 時間 (2 日)																										

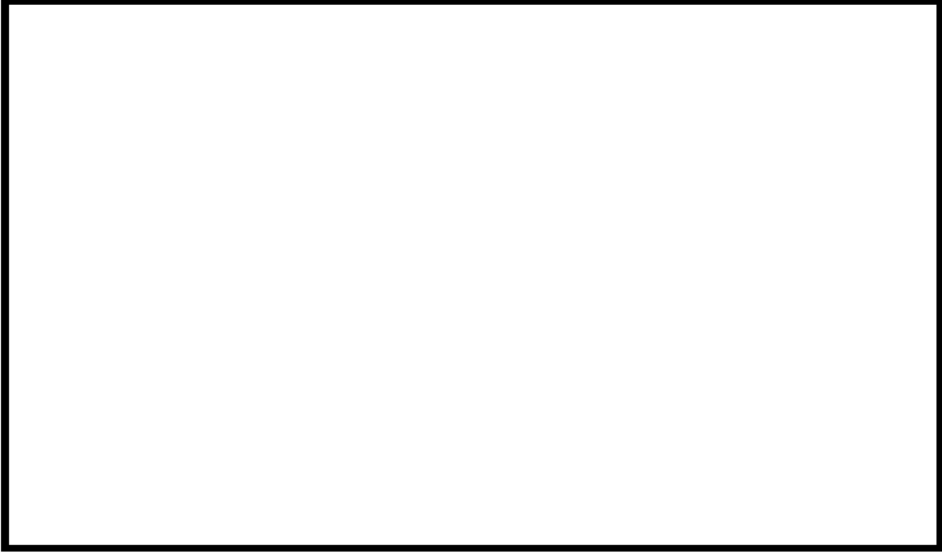

説 明	架橋ポリスチレン			
	条件 (温度-時間)		75°C換算*3	合計
事故時 雰囲気 暴露 試験		*1	29,535,860,000 時間 (1,230,660,833 日)	31,089,836,745 時間 (1,295,409,864 日)
		*2	1,553,976,745 時間 (64,749,031 日)	
設計基 準事故*4			339,765,767 時間 (14,156,907 日)	340,232,344 時間 (14,176,348 日)
			466,502 時間 (19,438 日)	
			72 時間 (3 日)	
			2 時間 (0 日)	
			1 時間 (0 日)	

\*1: 試験初期は [ ] °Cであるが、安全側に [ ] °Cで見積もった。  
 \*2: 試験途中は [ ] °Cであるが、安全側に [ ] °Cで見積もった。  
 \*3: 活性化エネルギー [ ] [kcal/mol]での換算値  
 \*4: 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

三重同軸コネクタ接続 事故時雰囲気暴露試験条件

タイトル	ケーブル接続部の長期健全性試験（重大事故等時）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>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4. 添付-1)で整理した各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（気密端子箱接続：140℃-8h、直ジョイント：140℃-8h（シリコンゴム）及び140℃-21h（難燃架橋ポリエチレン）、三重同軸コネクタ接続：113℃-255h）との比較を容易にするため、加速時間（L2）を試験条件と同じ時間として換算した結果を以下に示す。</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin: 10px 0;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">機器</th> <th style="width: 30%;">絶縁物</th> <th style="width: 10%;">T2[℃]</th> <th style="width: 10%;">L2[h]</th> <th style="width: 10%;">T1[℃]</th> <th style="width: 10%;">L1[年]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">①</td> <td>エチレンプロピレンゴム</td> <td style="text-align: center;">128</td> <td style="text-align: center;">8</td> <td style="text-align: center;">50</td> <td style="text-align: center;">60</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">②</td> <td>難燃架橋ポリエチレン</td> <td style="text-align: center;">129</td> <td style="text-align: center;">21</td> <td style="text-align: center;">50</td> <td style="text-align: center;">60</td> </tr> <tr> <td rowspan="2" style="text-align: center;">③</td> <td>エチレンプロピレンゴム</td> <td style="text-align: center;">93</td> <td style="text-align: center;">255</td> <td style="text-align: center;">45</td> <td style="text-align: center;">60</td> </tr> <tr> <td>架橋ポリスチレン</td> <td style="text-align: center;">64</td> <td style="text-align: center;">255</td> <td style="text-align: center;">45</td> <td style="text-align: center;">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]（メーカーデータ）            での換算値（L1:実環境年数、L2:加速時間、T1:実環境温度、T2:加速温度）</p> <p>実機使用条件を換算した加速温度は、長期健全性試験条件の温度（140℃又は113℃）に包絡される。</p>	機器	絶縁物	T2[℃]	L2[h]	T1[℃]	L1[年]	①	エチレンプロピレンゴム	128	8	50	60	②	難燃架橋ポリエチレン	129	21	50	60	③	エチレンプロピレンゴム	93	255	45	60	架橋ポリスチレン	64	255	45	60
機器	絶縁物	T2[℃]	L2[h]	T1[℃]	L1[年]																									
①	エチレンプロピレンゴム	128	8	50	60																									
②	難燃架橋ポリエチレン	129	21	50	60																									
③	エチレンプロピレンゴム	93	255	45	60																									
	架橋ポリスチレン	64	255	45	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（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、実機に想定される重大事故等時条件を包絡していることを以下に示す。					
説明	<p>別紙 4. 添付-5)-2 に事故時雰囲気曝露の試験条件を添付する。</p> <p>以下に示すように、事故時雰囲気曝露の試験条件は、実機の重大事故等時条件を包絡している。</p> <p>なお、重大事故等時の安全解析結果（事故後 7 日間までの解析を実施）は添付-6)-2 を参照のこと。</p> <table border="1" data-bbox="523 725 1259 929"> <thead> <tr> <th data-bbox="523 725 879 779"></th> <th data-bbox="879 725 1259 779">条件（温度－時間）</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="523 779 879 853">事故時雰囲気曝露試験</td> <td data-bbox="879 779 1259 929" rowspan="2"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="523 853 879 929">重大事故等時*1</td> </tr> </tbody> </table> <p>*1：格納容器過温破損事故包絡条件</p>		条件（温度－時間）	事故時雰囲気曝露試験		重大事故等時*1
	条件（温度－時間）					
事故時雰囲気曝露試験						
重大事故等時*1						

<p>説 明</p>	
	<p>重大事故等時（格納容器過温破損、格納容器過圧破損） 事故時雰囲気曝露の試験条件（気密端子箱接続及び直ジョイント）</p>  <p>重大事故等時（格納容器過温破損、格納容器過圧破損） 事故時雰囲気曝露の試験条件（三重同軸コネクタ接続）</p>

## 別紙 5. 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

設計基準事故又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		1次冷却材圧力	MS-2, 重	①	○	○
		加圧器圧力	MS-1	①	○	—
水位	伝送器 (ダイヤフラム)	加圧器水位	MS-1, 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	○	○
		格納容器再循環サンプ水位 (狭域)	MS-2, 重	①	○	○
		格納容器再循環サンプ水位 (広域)	MS-2, 重	①	○	○
		原子炉容器水位	重	①	—	○
		伝送器 (電波式)	使用済燃料ピット水位 (SA)	重	②	—
	電極式 水位計*2	原子炉下部キャビティ水位	重	①	—	○
		原子炉格納容器水位	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	○	—
		格納容器内温度	MS-2, 重	①	○	○
		使用済燃料ピット温度 (SA)	重	②	—	○
	熱電対	静的触媒式水素再結合装置動作監視装置	重	①	—	○
		電気式水素燃焼装置動作監視装置	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	映像信号 ケーブル	使用済燃料ピット状態監視カメラ用 映像信号ケーブル	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、設計基準事故又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（1次冷却材圧力等）

伝送器（1次冷却材圧力等）に適用される環境条件を表2.1.1及び表2.1.2に示す。

表 2.1.1 伝送器（1次冷却材圧力等）に適用される通常運転時の環境条件及び機能要求分類

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	CV 通路部	40	$1 \times 10^{-3}$	○	○
加圧器圧力				○	—
加圧器水位				○	○
蒸気発生器狭域水位				○	○
蒸気発生器広域水位				○	○
格納容器再循環サンプル水位（狭域）				○	○
格納容器再循環サンプル水位（広域）				○	○
原子炉容器水位				—	○

表 2.1.2 伝送器（1次冷却材圧力等）の事故時環境条件

事故の種類	温度	放射線	圧力
設計基準事故*1	約 144°C (最高温度)	824kGy (最大集積線量)	約 0.392MPa[gage] (最高圧力)
重大事故等時*2	約 144°C (最高温度)	500kGy (最大集積線量)	約 0.444MPa[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

\*2：健全性評価上、最も厳しい重大事故等時における使用条件

設計基準事故又は重大事故等時に耐環境性能を要求される伝送器（1次冷却材圧力等）の取替周期及び根拠を表2.1.3に、事故時雰囲気暴露試験の包絡性を表2.1.4及び表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（1次冷却材圧力等）の取替周期及び根拠

取替周期	対象	根拠
□年 以内	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] <sup>*1</sup> （EPRI）、通常運転時40℃で□年相当と評価 <放射線照射> ・積算線量150Gy+500kGy（10kGy/h） →想定される通常運転時 □ Gy <sup>*2</sup> +伝送器周囲の設計基準事故時積算線量約367kGy <sup>*3</sup> 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] <sup>*1</sup> （EPRI）、通常運転時40℃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 <sup>*2</sup> +重大事故等時積算線量約300kGy <sup>*4</sup> 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： $1 \times 10^{-3}$  [Gy/h] × (24 × 365.25) [h/y] × □ [y] = □ Gy

\*3：824kGy（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367kGyである。

\*4：500kGy（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300kGyであることが確認されている。

表 2.1.4 伝送器（1次冷却材圧力等）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）	75℃換算*2	合計
事故時雰囲気暴露試験 【図 2.1.1 参照】	[ ]	*1 1,417 時間 (59 日)	15,596 時間 (約 649 日)
		3,843 時間 (160 日)	
		10,336 時間 (430 日)	
設計基準事故*3 【添付-4)-2 参照】	[ ]	444 時間 (19 日)	1,244 時間 (約 52 日)
		312 時間 (13 日)	
		72 時間 (3 日)	
		125 時間 (5 日)	
		291 時間 (12 日)	

\*1：試験初期は [ ] °C であるが、安全側に [ ] °C で見積もった

\*2：活性化エネルギー： [ ] [eV] (EPRI) での換算値

\*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

表 2.1.5 伝送器（1次冷却材圧力等）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*1 【図 2.1.2 参照】	

\*1：国内 PWR 4 ループプラントの原子炉格納容器内重大事故等時の安全解析結果包絡条件

表 2.1.6 伝送器（1次冷却材圧力等）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又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（1次冷却材圧力等） 設計基準事故時雰囲気暴露試験条件



図 2.1.2 伝送器（1次冷却材圧力等） PWR 4 ループプラントの原子炉格納容器内重大事故等時の安全解析結果包絡条件及び事故時雰囲気暴露の試験条件

## 2.2 伝送器（使用済燃料ピット水位（S A））

伝送器（使用済燃料ピット水位（S A））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（使用済燃料ピット水位（S A））の使用環境条件

	周囲温度	線量率
通常運転時	約 30°C*2	$0.072 \times 10^{-3} \text{Gy/h}^{*2}$
重大事故等時*1	約 100°C*3	$0.15 \times 10^{-3} \text{Gy/h}^{*3}$

\*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：通常運転時の原子炉格納容器外におけるケーブル布設エリアでの最大計測値

\*3：重大事故等時の使用済燃料ピット周辺における温度および放射線量

重大事故等時に耐環境性能を要求される伝送器（使用済燃料ピット水位（S A））の取替周期及び根拠を表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（使用済燃料ピット水位（S A））の取替周期及び根拠

取替周期	根拠
□年 以内	メーカー試験 <加速熱劣化> ・ 75°C×90日 のエージング →アレニウス換算 (□ [kcal/mol] (EPRI))、通常運転時 30°Cで□年 相当と評価 <放射線照射> ・ 積算線量 100Gy (10Gy/h) →想定される通常運転時 □ Gy*1 + 重大事故等時積算線量約 0.03 Gy*2 を 包絡

\*1： $0.072 \times 10^{-3} [\text{Gy/h}] \times (24 \times 365.25) [\text{h/y}] \times \square [\text{y}] = \square \text{ Gy}$

\*2： $0.15 \times 10^{-3} [\text{Gy/h}] \times 24 [\text{h/d}] \times 7 [\text{d}] = 0.03 \text{ Gy}$

表 2.2.3 伝送器（使用済燃料ピット水位（S A））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（使用済燃料ピット水位（S A））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（広域）等）

1次冷却材高温側温度（広域）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及び機能要求分類

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）	CV ループ室	50	0.3	○	○
1次冷却材低温側温度（広域）					
1次冷却材高温側温度（狭域）				○	—
1次冷却材低温側温度（狭域）					
格納容器内温度	CV 通路部	45	$5 \times 10^{-3}$	○	○

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 144°C (最高温度)	824kGy (最大集積線量)	約 0.392MPa[gage] (最高圧力)
重大事故等時*2	約 144°C (最高温度)	500kGy (最大集積線量)	約 0.444MPa[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

\*2：健全性評価上、最も厳しい重大事故等における使用条件

設計基準事故又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及び根拠を表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及び根拠

取替周期	対象	根拠
□年 以内	設計基準事故 又は 重大事故等時	<p>電力共同研究「PWRにおける過酷事故用電気計装品に関する経年劣化評価研究 Phase II（ケーブル以外）令和元年度」          &lt;熱・放射線同時劣化&gt;          ・107℃-145.4Gy/h-215日間のエージング          →アレニウス換算 □ [kcal/mol] (EPRI) □          で □ [kcal/mol] (ACA)、通常運転時 50℃で、□年相当と評価          →積算線量 750 kGy*1</p> <p>&lt;事故時放射線照射&gt;          ・積算線量 500 kGy (10kGy/h)          →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*2 + 設計基準事故時積算線量 824 kGy 又は重大事故等時積算線量 500 kGy を包絡</p>

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

\*2 :  $0.3 [\text{Gy/h}] \times (24 \times 365.25) [\text{h/y}] \times \square [\text{y}] = \square \text{ kGy}$

表 2.3.4 測温抵抗体の事故時雰囲気暴露試験の包絡性

	条件 (温度-時間)	100℃換算*1	合計
事故時雰囲気暴露試験 【図 2.3.1 参照】		*2 1,378 時間	3,806 時間
		652 時間	
		551 時間	
		464 時間	
		414 時間	
		347 時間	
		30 時間	
設計基準事故*3 【添付-4)-2 参照】		30 時間	162 時間
		10 時間	
		23 時間	
		69 時間	
		25 時間	
重大事故等時*4 【添付-6)-2 参照】		71 時間	1,235 時間
		73 時間	
		57 時間	
		107 時間	
		55 時間	
		61 時間	
		54 時間	
		57 時間	
		59 時間	
		75 時間	
		125 時間	
		151 時間	
		153 時間	
112 時間			

\*1: 活性化エネルギー [kcal/mol] (EPRI) での換算値

\*2:

\*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

\*4: 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、実機的设计基準事故又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（S A））

測温抵抗体（使用済燃料ピット温度（S A））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（S A））の使用環境条件

	周囲温度	線量率
通常運転時	約 30°C*2	$0.072 \times 10^{-3} \text{Gy/h}^{*2}$
重大事故等時*1	約 100°C*3	$0.15 \times 10^{-3} \text{Gy/h}^{*3}$

- \*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：通常運転時の原子炉格納容器外におけるケーブル布設エリアでの最大計測値
- \*3：重大事故等時の使用済燃料ピット周辺における温度および放射線量

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（S A））の取替周期及び根拠を表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（S A））の使用環境条件

取替周期	根拠
<div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; display: inline-block; vertical-align: middle;"></div> 年以内	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°C×146日のエージング →アレニウス換算（ <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 15px; display: inline-block; vertical-align: middle;"></div> [kcal/mol]（ACA））、通常運転時 30°Cで <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 15px; display: inline-block; vertical-align: middle;"></div> 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 <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 15px; display: inline-block; vertical-align: middle;"></div> Gy*1 + 重大事故等時積算線量約 0.03 Gy*2 を包絡

\*1： $0.072 \times 10^{-3} [\text{Gy/h}] \times (24 \times 365.25) [\text{h/y}] \times \text{} [\text{y}] = \text{} \text{Gy}$

\*2： $0.15 \times 10^{-3} [\text{Gy/h}] \times 24 [\text{h/d}] \times 7 [\text{d}] = 0.03 \text{ Gy}$

表 2.4.3 測温抵抗体（使用済燃料ピット温度（S A））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（S A））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動作監視装置等）

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動作監視装置及び電気式水素燃焼装置動作監視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動作監視装置等）の使用環境条件

機器名称	エリア	温度[℃]	線量率[Gy/h]
静的触媒式水素再結合装置動作監視装置	CV 通路部	45	$5 \times 10^{-3}$
電気式水素燃焼装置動作監視装置	CV 通路部	45	$5 \times 10^{-3}$
	CV ループ室	45	0.3

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*1	約 144℃ (最高温度)	500kGy (最大集積線量)	約 0.444MPa[gage] (最高圧力)

\*1：健全性評価上、最も厳しい重大事故等における使用条件

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及び根拠を表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 熱電対の取替周期及び根拠

取替周期	根拠
□年 以内	<p>電力共同研究「PWRにおける過酷事故用電気計装品に関する経年劣化評価研究 Phase II（ケーブル以外）令和元年度」 &lt;加速熱劣化&gt; ・120℃×101日 のエージング →アレニウス換算 □ [kcal/mol] (EPRI)、□ [kcal/mol] (ACA)、通常運転時 45℃で、□年相当と評価</p> <p>&lt;放射線照射&gt; ・積算線量 1,200kGy (10kGy/h) →想定される通常運転時 □ kGy*1 + 重大事故等時積算線量約 300 kGy*2 を包絡</p>

\*1： $0.3 \text{ [Gy/h]} \times (24 \times 365.25) \text{ [h/y]} \times \square \text{ [y]} = \square \text{ kGy}$

\*2：500kGy（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300kGyであることが確認されている。

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°C換算*1	合計
事故時雰囲気暴露試験 【図 2.5.1 参照】		1,378 時間	3,806 時間
		652 時間	
		551 時間	
		464 時間	
		414 時間	
		347 時間	
重大事故等時*3 【添付-6)-2 参照】		25 時間	1,235 時間
		71 時間	
		73 時間	
		57 時間	
		107 時間	
		55 時間	
		61 時間	
		54 時間	
		57 時間	
		59 時間	
		75 時間	
		125 時間	
		151 時間	
	153 時間		
	112 時間		

\*1：活性化エネルギー [kcal/mol] (EPRI) での換算値

\*2：

\*3：格納容器過温破損事故包絡条件

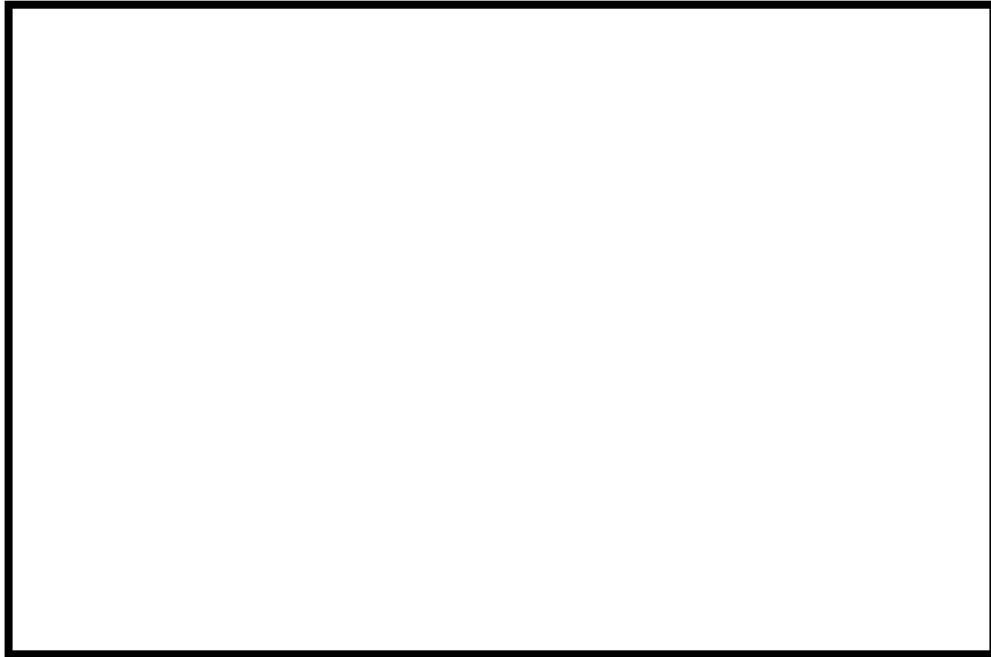


図 2.5.1 熱電対 事故時雰囲気暴露試験条件（重大事故等時）

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 使用済燃料ピット状態監視カメラ用映像信号ケーブル

使用済燃料ピット状態監視カメラ用映像信号ケーブルに適用される環境条件を表2.6.1に示す。

表 2.6.1 使用済燃料ピット状態監視カメラ用映像信号ケーブルの使用環境条件

	周囲温度	線量率
通常運転時	約 30°C*2	$0.072 \times 10^{-3} \text{Gy/h}^{*2}$
重大事故等時*1	約 100°C*3	$0.15 \times 10^{-3} \text{Gy/h}^{*3}$

- \*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：通常運転時の原子炉格納容器外におけるケーブル布設エリアでの最大計測値
- \*3：重大事故等時の使用済燃料ピット周辺における温度および放射線量

重大事故等時に耐環境性能を要求される使用済燃料ピット状態監視カメラ用映像信号ケーブルの取替周期及び根拠を表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 使用済燃料ピット状態監視カメラ用映像信号ケーブルの使用環境条件

取替周期	根拠
□年以内	電力共同研究「PWRにおける過酷事故用電気計装品に関する経年劣化評価研究 Phase II（ケーブル）令和3年度」 <加速熱劣化> ・90°C×119日のエージング →アレニウス換算（□[kcal/mol]（ACA）、通常運転時30°Cで□年に相当すると評価 <放射線照射> ・積算線量 300 Gy（10kGy/h以下） →想定される通常運転時□Gy*1+重大事故等時積算線量約 0.03 Gy*2を包絡

\*1： $0.072 \times 10^{-3} [\text{Gy/h}] \times (24 \times 365.25) [\text{h/y}] \times \square [\text{y}] = \square \text{Gy}$

\*2： $0.15 \times 10^{-3} [\text{Gy/h}] \times 24 [\text{h/d}] \times 7 [\text{d}] = 0.03 \text{Gy}$

表 2.6.3 使用済燃料ピット状態監視カメラ用映像信号ケーブル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 使用済燃料ピット状態監視カメラ用映像信号ケーブル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及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

タイトル	電気設備評価対象機器の製造メーカ、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、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
	高圧ポンプ用電動機	海水ポンプ用電動機	全閉屋外形三相誘導電動機	
		高圧注入ポンプ用電動機	全閉屋内形三相誘導電動機	
		電動補助給水ポンプ用電動機	開放屋内形三相誘導電動機	
	低圧ポンプ用電動機	ほう酸ポンプ用電動機	全閉屋内形三相誘導電動機	
	電気ペネトレーション	LV型モジュール	モジュラー型	
	弁電動装置	余熱除去ラインループ高温側出口弁電動装置	SB-3D	
	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D型	
直ジョイント		LC-N		
三重同軸コネクタ接続		TRC-3SJ/TRC-3SP		

タイトル	評価対象機器の保全内容及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及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、判定基準及び点検頻度を別紙 6. 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、実施時期及び取替理由を別紙 6. 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」及び「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）」』及び『「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種試験並びにB種試験及び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 6. 添付-2)-3に示す。</p> <p>A種試験並びにB種試験及びC種試験は、別紙 6. 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、判定基準及び点検頻度(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
高圧ポンプ用電動機	海水ポンプ用電動機 高圧注入ポンプ用電動機 電動補助給水ポンプ用電動機	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 試験			
			部分放電試験			
低圧ポンプ用電動機	ほう酸ポンプ用電動機	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	LV型モジュール	ポットティング材、Oリング、外部リード	絶縁抵抗測定又は機器の動作確認			
		ポットティング材、Oリング	原子炉格納容器局部漏えい率試験			
			N <sub>2</sub> ガス圧力確認			
弁電動装置	余熱除去ラインループ高温側出口弁電動装置	固定子コイル、口出線・接続部品	絶縁抵抗測定			
	T/D AFWP 蒸気入口弁電動装置	主極コイル、補極コイル、電機子コイル、口出線・接続部品、電磁ブレーキ	絶縁抵抗測定			
高圧ケーブル	難燃高圧 CSHV ケーブル	絶縁体	絶縁抵抗測定			
			シース絶縁抵抗測定			
			遮蔽軟銅テープ抵抗測定			
			直流漏れ電流試験			
低圧ケーブル	難燃PHケーブル 難燃SHVVケーブル FPTFケーブル	絶縁体	絶縁抵抗測定又は系統機器の動作確認等			
同軸ケーブル	難燃三重同軸ケーブル1	絶縁体、内部シース	絶縁抵抗測定			

代表機器の機器名、評価対象部位、保全項目、判定基準及び点検頻度 (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
ケーブル接続部	気密端子箱接続	LC モールド等	系統機器の動作確認			
	直ジョイント	熱収縮チューブ	絶縁抵抗測定又は系統機器の動作確認			
	高圧コネクタ接続	絶縁筒、保護層	絶縁抵抗測定			
	電動弁コネクタ接続 1	オス絶縁物等	絶縁抵抗測定又は系統機器の動作確認			
	三重同軸コネクタ接続	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 (低圧モータ)	絶縁抵抗測定			
		計器用変流器 (巻線形)、計器用変圧器	絶縁抵抗測定			
動力変圧器	動力変圧器 (安全系)	コイル	絶縁抵抗測定			
パワーセンタ	パワーセンタ (安全系)	保護リレー (静止形)	絶縁抵抗測定			
		ばね蓄勢用モータ (低圧モータ)	絶縁抵抗測定			
		計器用変圧器	絶縁抵抗測定			
制御設備	ディーゼル発電機制御盤	計器用変流器、計器用変圧器	絶縁抵抗測定			
		励磁装置	絶縁抵抗測定			
		保護リレー (静止形)	絶縁抵抗測定			

代表機器の機器名、評価対象部位、保全項目、判定基準及び点検頻度(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
制御設備	ディーゼル発電機制御盤	励磁装置	絶縁抵抗測定 (絶縁試験)			
			tan δ 試験			
			直流吸収試験			
空調電動機	空調用冷凍機用電動機	固定子コイル、口出線・接続 部品	絶縁抵抗測定			
	中間補機棟空調ファン用電動機					
	安全補機開閉器室空調ファン用 電動機					
空気圧縮装置	制御用空気圧縮機用電動機	固定子コイル、口出線	絶縁抵抗測定			
	制御用空気除湿装置送風機用電 動機	固定子コイル、口出線・接続 部品				
燃料取扱設備 (クレーン関 係)	燃料取替クレーン	電動機の固定子コイル	絶縁抵抗測定			
		電磁ブレーキの固定鉄心	絶縁抵抗測定			
		回転数発電機	絶縁抵抗測定			
		変圧器	絶縁抵抗測定			
	燃料移送装置	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、判定基準及び点検頻度(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
ディーゼル発電設備	ディーゼル発電機	固定子コイル（高圧）、固定子口出線・接続部品（高圧）	絶縁抵抗測定			
			直流吸収試験			
			tan δ 試験			
			部分放電試験			
		回転子コイル（低圧）、回転子口出線・接続部品（低圧）	絶縁抵抗測定			
回転計発電機						
ディーゼル機関付属設備	温水循環ポンプ用電動機 潤滑油プライミングポンプ用電動機 燃料油移送ポンプ用電動機	固定子コイル、口出線	絶縁抵抗測定			
直流電源設備	直流コントロールセンタ	保護リレー（静止形）	絶縁抵抗測定			
無停電電源	計装電源盤	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（低圧モータ）	絶縁抵抗測定			
大容量空冷式発電機	大容量空冷式発電機	固定子巻線、主回路端子ケーブル、主回路端子	絶縁抵抗測定			
			直流吸収試験			
	回転子巻線、励磁機固定子巻線、励磁機回転子巻線	絶縁抵抗測定				
	大容量空冷式発電機用給油ポンプ電動機	固定子コイル、口出線	絶縁抵抗測定			

## 技術評価を実施した機器の主な補修・取替実績、実施時期及び取替理由

評価対象設備	機器名	補修・取替実績	実施時期	取替理由
高圧ポンプ用電動機	海水ポンプ用電動機	絶縁更新 (1台/4台)	第16回定期検査時 (2022年度)	予防保全
低圧ケーブル	難燃 PH ケーブル (ループ室内)	ケーブル更新	第13回定期検査時 (2011年度)	予防保全
	難燃 PH ケーブル (通路 部ケーブルトレイ内)	ケーブル更新	第13回定期検査時 (2011年度)	予防保全
メタルクラッド 開閉装置	計器用変圧器	本体取替 (12台/12台)	第14回定期検査時 (2019年度)	予防保全
パワーセンタ	計器用変圧器	本体取替 (24台/24台)	第14回定期検査時 (2019年度)	予防保全



表 A 種試験並びに B 種試験及び 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>A 種試験は、プラントの定期事業者検査ごとに行う必要があるが、A 種試験並びに B 種試験及び 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 種試験及び 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 種試験及び 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 種試験並びに B 種試験及び 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 種及び 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 種及び 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 種及び 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及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並びに設計及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 $L_{p0}$ ( $0.08\%/day^{*1}$ ) 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 $L_{l0}$ ( $0.04\%/day^{*1}$ ) 以下	B 種及び 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 $L_{p0}$ ( $0.08\%/day^{*1}$ ) 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 種及び 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：玄海 3 号炉の判定基準

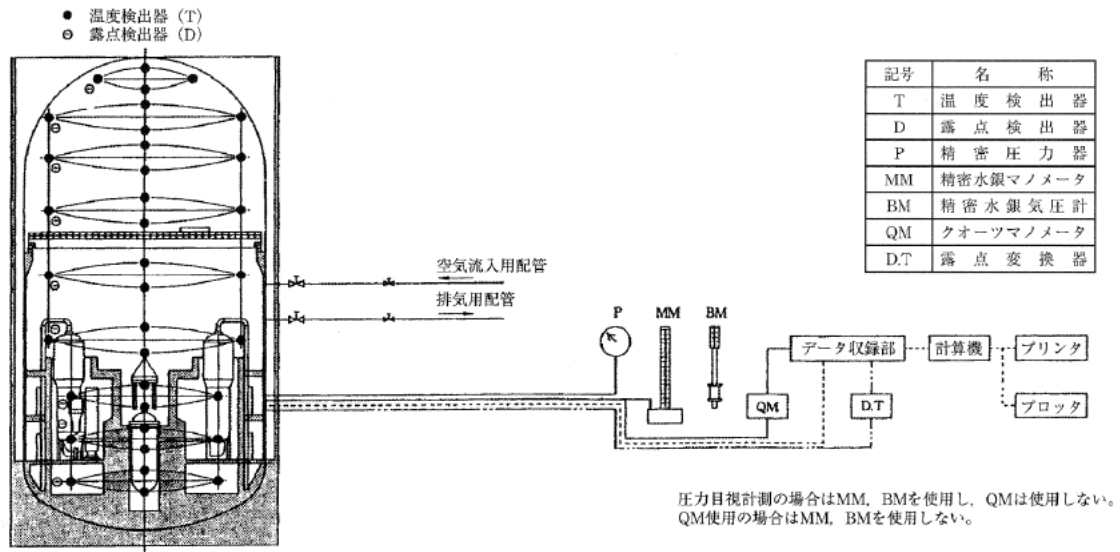


図 A 種試験 概念図<sup>[1]</sup>

モジュールタイプ (例)

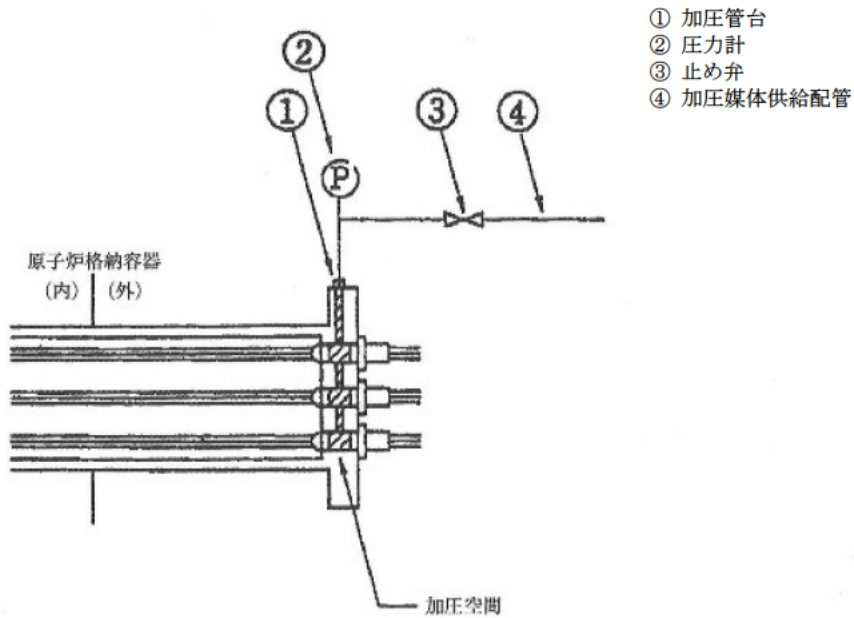


図 B 種試験 (電気配線用貫通部) 概念図<sup>[1]</sup>

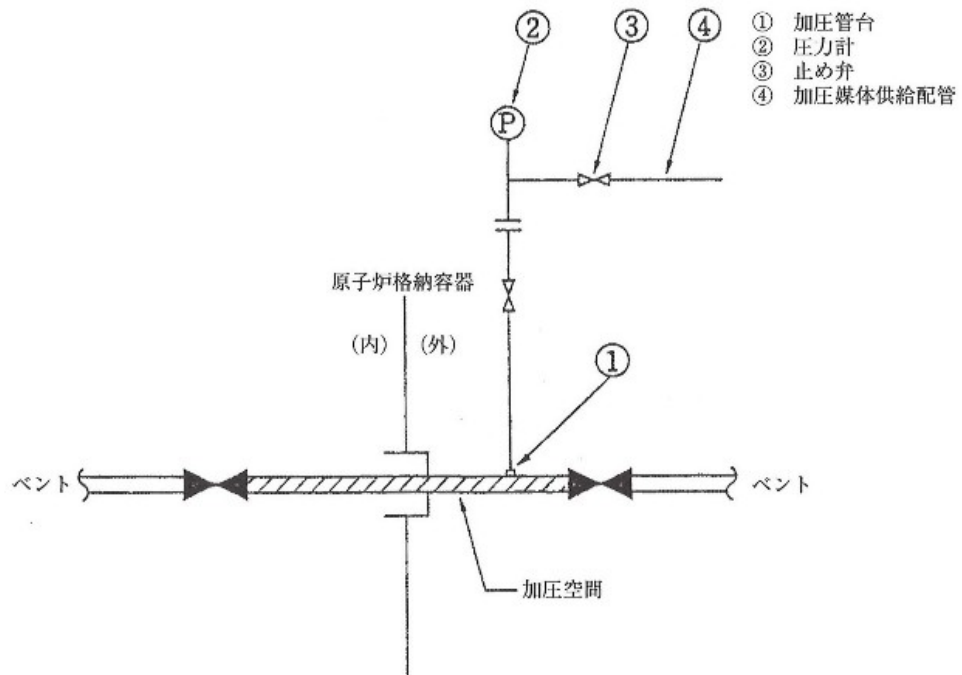


図 C 種試験 概念図<sup>[1]</sup>

[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及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</p> <p>電気ペネトレーションの長期健全性試験は、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 に準拠した手順で実施している（別紙 6. 添付-3)-1）。</p> <p>2) 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 6. 添付-3)-2）。</p>

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。	×	PWR プラントでの輸送・保管時は厳しい条件に曝されることはないため、実施しない。 温度変化による熱膨張の影響は熱サイクル試験で評価可能である。熱サイクル試験の温度差は55℃であるが、PWRの輸送・保管時に55℃を超過する温度差は発生しないものと考えられるためである。
3	6.3.2 2) 運転熱サイク ルの模擬	供試体は、供用期間中の運転サイクルを模擬した熱サイクル試験を行うこと。	○	—
4	6.3.2 3) 熱劣化の模擬	<ul style="list-style-type: none"> <li>供試体は、設置寿命期間中の設計通常使用温度での運転を模擬するために熱劣化処理を受けるものとする。</li> <li>加速劣化時間及び温度はアレニウスのデータから算出するか、正当化することができる他の方法を用いても良い。</li> </ul>	○	—
5	6.3.2 4) 放射線照射の 模擬	<p>設計通常使用環境の放射線を設置寿命期間中模擬した放射線を供試体に照射するものとする。設計基準事象による最大累積放射線量をこの時点で含めても良い。</p> <hr/> <p>6.3.2 1)～4)の事前処理後、供試体は、漏えい試験及び電気試験（導通、絶縁抵抗試験、耐電圧試験）に合格するものとする。</p>	○	—

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) 短絡電流及び 短絡熱容量試験	<p>短絡電流及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>

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及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、定格短絡時間過負荷・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>

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>電流値及び継続時間は、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、ポット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、ポットティング材内のケーブル間で吸引、反発力が働き、ポット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、ポット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



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>	○	—

## 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又は両振幅で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。	○	—

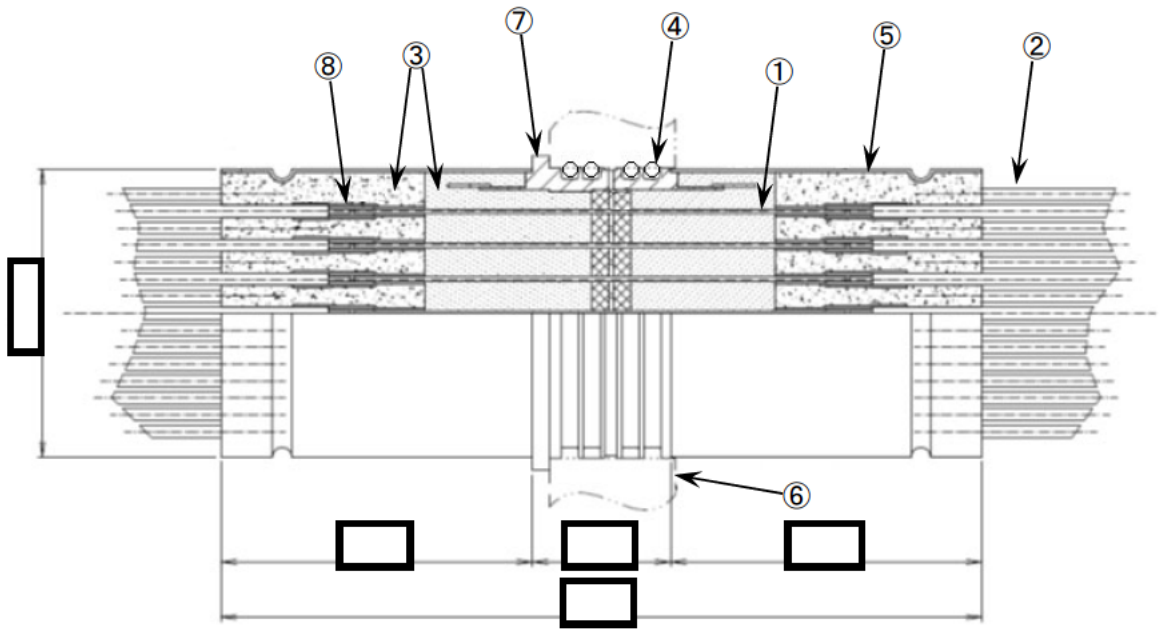
IEEE Std. 382-2006 の長期健全性試験に関する要求事項と電共研の実施有無(3/3)

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	<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>	○	-
15	6.3.2o) 設計基準事象 放射線暴露試験	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 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。</li> </ul>	○	-
16	6.3.2p) 設計基準事象 放射線暴露試験 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>	○	-
17	6.3.2q) 設計基準事象 環境試験	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 設計基準事象環境の温度、圧力、湿度、又はスプレー環境において運転させることとする。</li> <li>• 駆動部を定格負荷条件で運転させることとする。</li> </ul>	○	-
18	6.3.2r) 設計基準事象 環境試験後の 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>	○	-

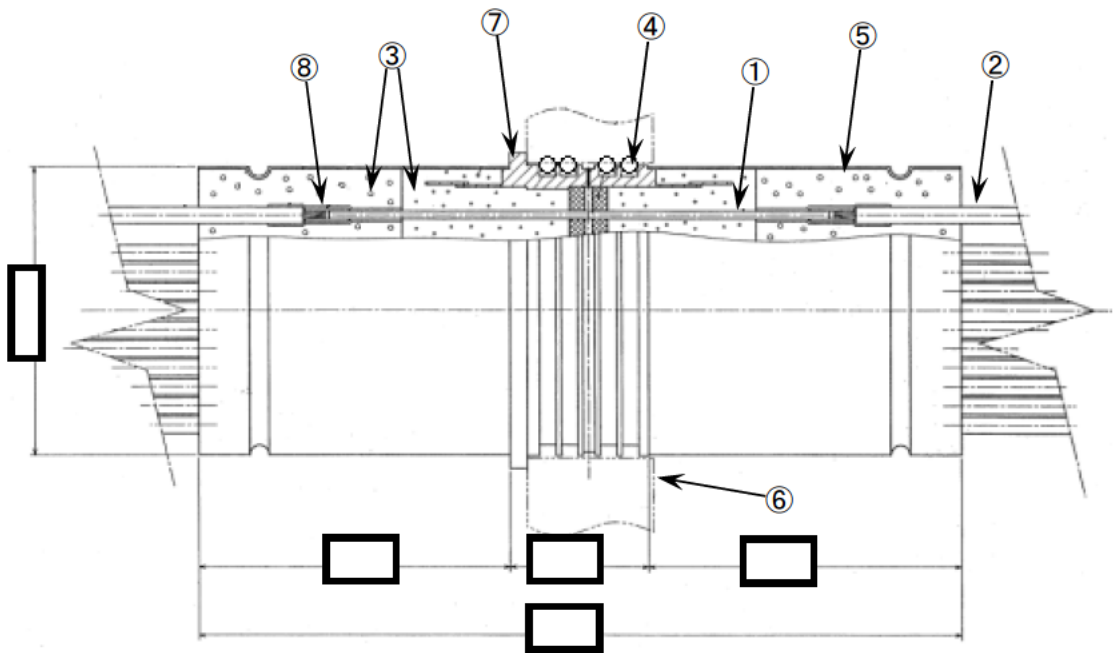
タイトル	電気計装設備の EQ 管理に対する対応について
概要	玄海 3 号炉の EQ 管理について以下に示す。
説明	<p>設計基準事故対処設備の EQ 管理については、ケーブル、ケーブル接続部、電気ペネなど、機器それぞれの設置環境と健全性試験結果を基に寿命評価結果等を網羅的にまとめた EQ 管理リストの整備が完了しており、EQ 機器個々の評価寿命を確認する目的でリスト管理を実施している状況である。</p> <p>また、重大事故等対処設備の EQ 管理については、現在、設計基準事故対処設備の EQ 機器と同様の EQ 管理リストを整備中であるが、設置環境に対して余裕を持った条件での寿命評価は実施している。</p> <p>なお、設計基準事故対処設備及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電気・計装品の取替管理については、別途規定文書にて定める取替周期に従って実施しており、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	屋外ケーブルの水トリーに対する保全内容について
概要	屋外ケーブルの水トリーに対する保全内容について、以下に示す。
説明	<p>屋外に敷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に見視確認することとしている。見視確認の実施頻度・確認項目は以下の通り。</p> <p>実施頻度：<input type="text"/></p> <p>確認項目：トレンチ内に有意な水溜りのないこと等</p> <p>また、水が溜まった際に自動的に排水する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通り。</p> <ul style="list-style-type: none"><li>・ 1次系海水管トレンチ排水ポンプ 点検頻度：事後保全 排水ピットの水位上昇は検出器により検知でき（警報発信）、排水ポンプに不具合が発生した際は確認可能で、故障時は待機側のポンプで排水する。</li></ul> <p>台風などによる大雨時には、大雨が通過後に点検を実施することとしており、点検内容は<input type="text"/>実施する見視確認と同様としている。</p> <p>なお、点検時にトレンチ内ケーブルが水没していた事例はない。</p>

タイトル	電気ペネトレーションの製造メーカーによる構造等の相違について
概要	電気ペネトレーションの製造メーカーによる構造等の相違について以下に示す。
説明	<p>玄海3号炉には、三菱電線製と住友電工製のモジュラー型電気ペネトレーションが使用されている。2つの製造メーカーの電気ペネトレーションに構造上（寸法含む）の相違は無い。</p> <p>また、各構成部材についても相違なく、ポッティング材にはエポキシ樹脂、OリングにはEPゴムを使用している。</p> <p>添付-1) 2つの製造メーカーの電気ペネトレーションの構造図</p>



玄海3号炉 LV型モジュール構造図（三菱電線製）



玄海3号炉 LV型モジュール構造図（住友電工製）

No.	部位	No.	部位
①	銅棒	⑤	本体
②	外部リード	⑥	端板
③	ポッティング材	⑦	ヘッダー
④	Oリング	⑧	接続金具

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	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 添付-2) モジュラー型電線貫通部の健全性評価で設定した温度について 添付-3) 難燃SHVVケーブルの健全性評価で設定した温度について 添付-4) FPTFケーブルの健全性評価で設定した温度について 添付-5) 難燃高圧CSHVケーブルの健全性評価で設定した温度について



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 (56℃) 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. 1-1、P. 9 表4. 1-5、P. 11 表4. 1-6 「ケーブル布設エリアの温度 (約38℃) に通電による温度上昇を加えた温度として設定」の「通電による温度上昇」の考え方は以下の通り。</p> <ul style="list-style-type: none"><li>・温度上昇：約18℃ 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></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<sup>\*1</sup>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、安全系A,Bトレンの両ケーブルが同じトレイに敷設されることがないこと、各トレン間で負荷数・通常時の運転の負荷状況が大きく異なることはないことからAトレンを代表として評価を行った。

\*1 : 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。

低圧ケーブルの通電電流による温度上昇は、周囲温度とケーブル絶縁体温度の差により求める。

まず、周囲温度については、添付-1)で示した以下のエリアに設置されているため、38℃を用いる。

布設区分	温度[℃]
通路部 (ケーブルトレイ)	38

次に、ケーブルの絶縁体温度については、「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」に示すモデルトレイにて算出する。本表に示す通り、ケーブルの発熱量は [ ] [watt/m] であり、余裕を加えた [ ] [watt/m] として計算を行い、絶縁体温度は [ ] ℃ となったことから、温度上昇値は 17.43℃ 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 18℃ 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  $T_m$  を求めている。

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

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

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

$T_a$  : 周囲温度 [℃] ⇒ 38

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

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

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

より、

$T_c$  : ケーブル総体の平均表面温度 [℃] ⇒ [ ]

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

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

より、

$T_m$  : ケーブルの絶縁体の最高温度 [℃] ⇒ [ ]

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 [℃・cm/watt] ⇒ 400

$d$  : ケーブル総体深さ [cm] ⇒ [ ]

$w$  : ケーブル総体の幅 (トレイの幅) [cm] ⇒ [ ]

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 <sup>*1</sup>	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	
	225	○				3A 格納容器再循環ファン
	225	○				3B 格納容器再循環ファン
	190	○				3A 制御棒駆動装置冷却ファン
	190	○				3A 制御棒駆動装置冷却ファン
	115			○		3A 原子炉容器室冷却ファン
	60			○		3A 蒸気発生器室給気ファン
	60			○		3C 蒸気発生器室給気ファン
	60			○		3E 蒸気発生器室給気ファン
	60			○		3G 蒸気発生器室給気ファン
	31.5			○		3A 加圧器室給気ファン
	39				○	3A 蓄圧タンク出口弁
	39				○	3B 蓄圧タンク出口弁
	25			○		3A ドーム部給気ファン
	19				○	3A 余熱除去ポンプ入口隔離弁
	13				○	3号余熱除去ラインBループ高温側出口弁
	1.4				○	3号Aループサンプルライン内隔離弁
	1.05				○	3号C/V空気サンプル取出ライン内隔離弁
	0.64				○	3号C/V減圧ライン内隔離弁A
	0.64				○	3号C/V水素パージ給気ライン内隔離弁A
	1.4				○	3号RCP封水戻りライン内隔離弁
	4				○	3号ABループ高温側高圧注入ライン止め弁
	4				○	3号加圧器逃がし弁A元弁
	4				○	3AB高圧注入ポンプ出口連絡弁A
	1.05				○	3A制御用空気格納容器内供給元弁
	10				○	3A余熱除去ラインBループ高温側入口弁
	10				○	3AB余熱除去冷却器出口連絡弁A

タイトル	モジュラー型電線貫通部の健全性評価で設定した温度について
概要	モジュラー型電線貫通部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. 63「モジュラー型電気ペネトレーションの各部位の環境条件は、上記の使用条件の温度32℃に、ケーブルの通電による温度上昇も考慮した温度としている。」の「温度上昇」の考え方は、以下の通り。</p> <p>温度上昇（下記算出方法による）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ポッティング材：約 6℃</li> <li>・外部リード：約 9℃（低圧電力用のみ考慮）</li> </ul> <p>&lt;温度上昇値の算出方法&gt;</p> <p>供試体を用いた通電試験時の温度測定値から、単位長さあたりの総発熱量と温度上昇値との相関関係を得て、各モジュラー型電線貫通部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、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： <input type="text"/> [W/mm]</li> <li>・供試体（ポッティング材）の温度上昇値：<input type="text"/> [℃]</li> <li>・供試体（外部リード）の温度上昇値：<input type="text"/> [℃]</li> <li>・実機の単位長さあたりの総発熱量：<input type="text"/> [W/mm]</li> </ul> <p>ポッティング材の温度上昇値  <math>= \text{<input type="text"/> [℃]} \times \text{<input type="text"/> [W/mm]} \div \text{<input type="text"/> [W/mm]} = \text{<input type="text"/> [℃]}</math></p> <p>外部リードの温度上昇値  <math>= \text{<input type="text"/> [℃]} \times \text{<input type="text"/> [W/mm]} \div \text{<input type="text"/> [W/mm]} = \text{<input type="text"/> [℃]}</math></p> <p>以上により、ポッティング材の温度上昇値を約 6℃、外部リードの温度上昇値を約 9℃とした。</p>

タイトル	難燃SHVV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SHVVケーブルの健全性評価で設定した温度の余裕の考え方について、以下に示す。
説明	<p>技術評価書（低圧ケーブル）P. 16 表2. 3-3の「原子炉格納容器外の内、環境条件が厳しいケーブル布設エリアの温度（約40℃）に通電による温度上昇と余裕を加えた温度として設定」の「通電による温度上昇」と「余裕」の考え方は以下の通り。</p> <ul style="list-style-type: none"><li>・温度上昇：約21℃ 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-3)-1のように算出した。</li><li>・余裕：4℃ 通電による温度上昇値に余裕を見込み設定した。</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、原子炉格納容器外の通路部の一部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<sup>\*1</sup>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、安全系A,Bトレンの両ケーブルが同じトレイに敷設されることがないこと、各トレン間で負荷数・通常時の運転の負荷状況が大きく異なることはないことからAトレンを代表として評価を行った。

\*1 : 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。

低圧ケーブルの通電電流による温度上昇は、周囲温度とケーブル絶縁体温度の差により求める。

まず、周囲温度については、原子炉格納容器外の設計平均温度40℃を用いる。

布設区分	温度[℃]
原子炉格納容器外	40

次に、ケーブルの絶縁体温度については、「表1 原子炉格納容器外低圧電力トレイ（モデルトレイ）の発熱量」に示すモデルトレイにて算出する。本表に示す通り、ケーブルの発熱量は [ ] [watt/m] であり、余裕を加えた [ ] [watt/m] として計算を行い、絶縁体温度は [ ]℃となったことから、温度上昇値は20.69℃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25℃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 $T_m$ を求めている。

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

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

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

$T_a$  : 周囲温度[℃] ⇒ 40

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

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

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

より、

$T_c$  : ケーブル総体の平均表面温度[℃] ⇒ [ ]

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

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

より、

$T_m$  : ケーブルの絶縁体の最高温度[℃] ⇒ [ ]

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 [℃・cm/watt] ⇒ 400

$d$  : ケーブル総体深さ [cm] ⇒ [ ]

$w$  : ケーブル総体の幅（トレイの幅）[cm] ⇒ [ ]



表1 原子炉格納容器外低圧電力トレイ（モデルトレイ）の発熱量

実機プラントケーブル本数 <sup>*1</sup>	モデルトレイ（600mm×150mm）ケーブル状況、発熱量

表 2 原子炉格納容器外低圧電力ケーブルの通電状況(1/4)

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	
	280	○				3A 使用済燃料ピットポンプ
	266.8	○				3C1 原子炉コントロールセンタ
	266.8	○				3C1 原子炉コントロールセンタ
	266.8	○				3C1 原子炉コントロールセンタ
	266.8	○				3C2 原子炉コントロールセンタ
	266.8	○				3C2 原子炉コントロールセンタ
	266.8	○				3C2 原子炉コントロールセンタ
	266.8	○				3C3 原子炉コントロールセンタ
	266.8	○				3C3 原子炉コントロールセンタ
	266.8	○				3C3 原子炉コントロールセンタ
	266.8	○				3C4 原子炉コントロールセンタ
	266.8	○				3C4 原子炉コントロールセンタ
	266.8	○				3C4 原子炉コントロールセンタ
	225	○				3A 格納容器再循環ファン
	225	○				3B 格納容器再循環ファン
	80	○				3A 後備充電器盤
	94.5	○				3A 充電器盤
	190	○				3A 制御棒駆動装置冷却ファン
	190	○				3A 制御棒駆動装置冷却ファン
	243	○				3A 制御用空気圧縮機
	118	○				3A ディーゼル発電機コントロールセンタ
	118	○				3A ディーゼル発電機コントロールセンタ
	175	○				3A 安全補機開閉器室空調ファン
	178.2	○				3A 空調用冷凍機
	178.2	○				3A 空調用冷凍機
	178.2	○				3B 空調用冷凍機
	178.2	○				3B 空調用冷凍機
	65.6	○				3A ヒートトレーシング変圧器盤
	150			○		3A 中間補機棟空調ファン
	115			○		3A 原子炉容器室冷却ファン
	55.1	○				3A 制御用空気除湿装置制御盤
	115			○		3A 燃料取扱棟給気ファン

表 2 原子炉格納容器外低圧電力ケーブルの通電状況 (2/4)

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	
	71			○		3A 空調用冷水ポンプ
	71			○		3B 空調用冷水ポンプ
	60			○		3A 蒸気発生器室給気ファン
	60			○		3C 蒸気発生器室給気ファン
	60			○		3E 蒸気発生器室給気ファン
	60			○		3G 蒸気発生器室給気ファン
	19.7	○				3A 計装電源盤 (3号 AC 計装用電源切替盤)
	48	○				3C 計装電源盤 (3号 AC 計装用電源切替盤)
	25.5			○		A 試料採取室排気ファン
	13.1	○				3C M/C 補機電動機スペースヒータ電源
	6.6	○				3C1, 3C2 P/C 補機電動機スペースヒータ電源
	31.5			○		3A 加圧器室給気ファン
	39				○	3A 主給水隔離弁
	39				○	3B 主給水隔離弁
	39				○	3A 蓄圧タンク出口弁
	39				○	3B 蓄圧タンク出口弁
	24.3				○	3A アンユラス空気浄化フィルタユニット電気加熱コイル
	25			○		3A ドーム部給気ファン
	40.5			○		3A ほう酸ポンプ室給気加熱コイル
	26			○		A 試料採取室給気ファン
	32			○		3A 中央制御室空調ファン
	30			○		3A 燃料取替用水ポンプ
	16				○	3A C/V スプレイライン外隔離弁
	18.5				○	3A アンユラス空気浄化ファン
	25			○		3A 中央制御室循環ファン
	27.5				○	3号中央制御室非常用循環フィルタユニットA電気加熱コイル
	16				○	3A C/V 再循環サンプ外隔離弁
	17.5			○		3A ほう酸ポンプ
	19				○	3A 余熱除去ポンプ入口内隔離弁
	13				○	3号余熱除去ラインBループ高温側出口弁
	16				○	3A 余熱除去冷却器出口外隔離弁
	1.4				○	3号Aループサンプライン内隔離弁
	9				○	3A C/V スプレイラインRWST側入口弁
	5				○	3A C/V スプレイ冷却器CCW第二出口弁
	1.05				○	3号C/V空気サンプ取出ライン内隔離弁
	0.64				○	3号C/V減圧ライン内隔離弁A
	3.5				○	3A C/V再循環ユニットCCW出口ライン外隔離弁
	3.5				○	3B C/V再循環ユニットCCW出口ライン外隔離弁
	6				○	3CD C/V再循環ユニットCCW出口ライン外隔離弁
	0.64				○	3号C/V水素パージ給気ライン内隔離弁A
	7.4				○	3A CCWP 出口弁
	7.4				○	3B CCWP 出口弁

表 2 原子炉格納容器外低圧電力ケーブルの通電状況(3/4)

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	
	10				○	3C CCW 戻り母管止弁
	3.5				○	3A CCW 冷却器海水第二出口止弁
	6				○	3号 CHP 非常用補給弁 A
	2.85				○	3A M/D AFWP2 次系純水タンク側入口弁
	4				○	3A M/D AFWP 出口流量設定弁 A
	4				○	3B M/D AFWP 出口流量設定弁 A
	7.4				○	3号 RCP 余剰抽出冷却器 CCW 出口ライン外隔離弁
	7.4				○	3号 RCP 余剰抽出冷却器 CCW 入口ライン止弁
	2				○	3A RCP 封水注入ライン外隔離弁
	2				○	3B RCP 封水注入ライン外隔離弁
	1.4				○	3号 RCP 封水戻りライン内隔離弁
	5				○	3A RHR 冷却器 CCW 第二出口弁
	2.75				○	3A SFP 冷却器 CCW 第二出口弁
	3.7				○	3号 VCT 第一出口弁
	9.6			○		3A ほう酸ポンプ室空調ファン
	2.75				○	3A よう素除去薬品注入弁
	2.75				○	3A よう素除去薬品注入弁後弁
	4				○	3号 AB ループ高温側高圧注入ライン止弁
	9				○	3A 安全注入系ポンプ RWST 側入口弁
	12.5				○	3A 安全補機室空気浄化ファン
	14.6				○	3A 安全補機室空気浄化フィルタユニット A 電気加熱コイル
	14.5			○		3A 安全補機室冷却ファン
	4				○	3号加圧器逃がし弁 A 元弁
	1.9				○	3号海水供給母管連絡弁 A
	6.5	○				3号格納容器減圧排気フィルタユニット A 電気加熱コイル
	2.6	○				3A 空調用冷凍機制御盤
	2.6	○				3B 空調用冷凍機制御盤
	1.9				○	3A 高圧注入ポンプ封水注入ライン止弁
	4				○	3AB 高圧注入ポンプ出口連絡弁 A
	1.9				○	3A 高圧注入ポンプ第一ミニフロー弁
	1.9				○	3B 高圧注入ポンプ第一ミニフロー弁

表 2 原子炉格納容器外低圧電力ケーブルの通電状況(4/4)

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	
	2.8	○				3A 高圧注入ポンプ補助油ポンプ
	6				○	3A 高圧注入ライン外隔離弁
	1.05				○	3A 主蒸気隔離弁上流ドレン元弁
	1.05				○	3B 主蒸気隔離弁上流ドレン元弁
	4				○	3A 主蒸気逃がし弁元弁
	4				○	3B 主蒸気逃がし弁元弁
	4			○		3A 充てんポンプ補助油ポンプ
	4			○		3B 充てんポンプ補助油ポンプ
	6				○	3号充てんライン外隔離弁
	1.05				○	3A 制御用空気格納容器内供給元弁
	1.05				○	3A 制御用空気供給ライン外隔離弁
	1.55				○	3A 制御用空気供給母管連絡弁
	0.74				○	3A 制御用空気主蒸気逃がし弁等供給元弁
	1.8			○		3A 蓄電池室(安全系)排気ファン
	13				○	3A 中央制御室非常用循環ファン
	2				○	3号復水タンク M/D AFWP 側止弁
	4				○	3C 補助給水隔離弁
	4				○	3D 補助給水隔離弁
	6.6	○				3A 放射線監視設備分電盤
	12.5			○		A1 湧水サンプポンプ
	12.5			○		B1 湧水サンプポンプ
	10				○	3A 余熱除去ポンプ RWST 側入口弁
	1.4				○	3A 余熱除去ポンプミニフロー弁
	10				○	3A 余熱除去ライン B ループ高温側入口弁
	10				○	3AB 余熱除去冷却器出口連絡弁 A
	5				○	3A 冷水供給弁
	3.5				○	3号 C 冷水供給弁
	5				○	3A 冷水戻り弁

タイトル	FPTFケーブルの健全性評価で設定した温度について
概要	FPTFケーブルの健全性評価で設定した温度の若干の余裕の考え方について、以下に示す。
説明	<p>技術評価書（低圧ケーブル）P. 17 表2. 3-5の「原子炉格納容器外でのケーブル布設エリアの温度（約24℃）に余裕を加えた温度として設定」の「余裕」の考え方は以下の通り。</p> <ul style="list-style-type: none"><li>・余裕：6℃ 設計平均温度に余裕を見込み設定した。</li></ul>

タイトル	難燃高圧CSHVケーブルの健全性評価で設定した温度について
概要	難燃高圧CSHVケーブルの健全性評価で設定した温度 (60℃) の根拠について、以下に示す。
説明	<p>技術評価書 (高圧ケーブル) P. 10 表2. 3-1 「原子炉格納容器外でのケーブル布設エリアの温度 (約40℃) に通電による温度上昇と余裕を加えた温度として設定」の「通電による温度上昇」と「余裕」の考え方は以下の通り。</p> <ul style="list-style-type: none"><li>・温度上昇：約19℃ ケーブルの通電電流による温度上昇として、通常運転時の通電状況を考慮し、別紙 9. 添付-5)-1のように算出した。</li><li>・余裕：1℃ 通電による温度上昇値に余裕を見込み設定した。</li></ul>

## 高圧ケーブルの通電電流による温度上昇計算について

一般に、通電電流と導体温度との間には以下の関係がある。

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

ここで、

$T_1$  : 導体温度 [°C]

$T_0$  : 周囲温度 [°C]

$I$  : 通電電流 [A]

$n$  : ケーブル線芯数

$\gamma$  : 導体抵抗 [ $\Omega/cm$ ]

$R_{th}$  : ケーブル全熱抵抗 [°C・cm/W]

$\eta$  : 多条布設の場合の電流低減値

である。

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

ここで、高圧ケーブルの諸定数は表 1 に示す通りである。

表 1 高圧ケーブル諸定数

導体サイズ [mm <sup>2</sup> ]	導体抵抗 [ $\Omega/cm$ at 60°C]	全熱抵抗 [°C・cm/W]	電流低減値
		難燃高圧 CSHV ケーブル	
	$1.44 \times 10^{-6}$	86.1	0.75 <sup>*1</sup>
	$1.09 \times 10^{-6}$	79.4	
	$6.90 \times 10^{-7}$	69.4	

\*1 : 日本電線工業会規格 JCS 第 168 号 (2016 年) では、2 本密着布設で 0.85、3 本密着布設で 0.80、6 本以上の密着布設で 0.70 と規定されており、これより実機のケーブル布設状態 (数本のケーブルが若干の間隔を持って布設) を考慮して 0.75 とした。

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

なお、A トレン、B トレンの高圧電力ケーブル間において負荷数・通電時の運転の負荷状況に大きな差がないことから A トレンの負荷を代表として評価する。



表 2 安全系高圧電力ケーブルの通電状況

ケーブルサイズ [sq]	負荷電流 [A]	通常時の運転の負荷状況				負荷名称
		連続	切替	間欠	停止	
	371.5				○	3A ディーゼル発電機
	371.5				○	3A ディーゼル発電機
	201.2	○				3-3C1 動力変圧器
	201.2	○				3-3C2 動力変圧器
	60	○				3A 海水ポンプ
	95				○	3A 格納容器スプレイポンプ
	40	○				3A 原子炉補機冷却水ポンプ
	145				○	3A 高圧注入ポンプ
	58	○				3A 充てんポンプ
	70.2				○	3A 電動補助給水ポンプ
	42				○	3A 余熱除去ポンプ
	60	○				3B 海水ポンプ
	40	○				3B 原子炉補機冷却水ポンプ

表 2 に示す高圧ケーブルのうち、通常運転時の温度上昇が最大であると考えられる以下のケーブルについて、導体温度と周囲温度の差 (= 温度上昇値) を求める。\*1

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

以上により、ケーブルの温度上昇値は約 19 [°C] とする。

\*1: 負荷電流が最も大きい負荷は 3A ディーゼル発電機であるが、通常時は停止しており、負荷電流による発熱がないことから、通常時の運転の負荷状況が連続である負荷の内、最も負荷電流が大きい負荷である 3-3C1, C2 動力変圧器を選定した。

タイトル	I S L O C A環境下における機器への影響について
概要	I S L O C A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>玄海3号炉のI S L O C A環境下で使用する電気・計装品には、高圧注入ポンプ流量、余熱除去流量、高圧注入ポンプ用電動機、余熱除去ポンプ用電動機、充てんポンプ用電動機及びこれらの機器のケーブルがある。</p> <p>これらの機器がI S L O C A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玄海3号炉のI S L O C A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I S L O C Aプロファイルを次項に示す。同プロファイルでは、最高温度約100℃まで上昇するが、事象発生から□時間後には約□℃まで低下する。</p> <p>なお、同プロファイルは余熱除去ポンプ入口弁の閉操作を考慮していないものとなっているが、事故時の操作としては、7時間後に当該弁の閉操作が完了（漏えい停止）することとしている。</p> <p>このプロファイルの解析期間におけるI S L O C A時の機器の劣化量は次頁に記載の通り、通常時環境（原子炉格納容器外の設計平均温度である40℃）での劣化量に換算*1すると、約5.4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は約□℃であり、対象機器の中で最も耐熱性が低い伝送器を考慮しても、メーカー設計仕様の最高温度（125℃）以下になっており、対象機器の機能要求のある期間（SA 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>*1：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□kcal/molとする。</p>



図 玄海 3 号炉 I S L O C A 時の各機器の設置区画における雰囲気温度の推移

蒸気暴露時間	温度	通常環境温度への換算時間
		約3.0日
		約1.0日
		約1.4日
		合計：約5.4日