

| | |
|--------------|-----------------|
| 大飯発電所4号炉審査資料 | |
| 資料番号 | KON4-PLM30-絶縁低下 |
| 提出年月日 | 令和3年12月3日 |

大飯発電所4号炉 高経年化技術評価
(電気・計装品の絶縁低下)

補足説明資料

令和3年12月3日
関西電力株式会社

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

目次

| | |
|------------------------------------|----|
| 1. 概要 | 1 |
| 2. 基本方針 | 1 |
| 3. 評価対象と評価手法 | 3 |
| 3.1 評価対象 | 3 |
| 3.2 評価手法 | 4 |
| 4. 代表機器の技術評価 | 6 |
| 4.1 低圧ケーブル（難燃 PH ケーブル）の技術評価 | 6 |
| 4.1.1 健全性評価 | 6 |
| 4.1.1.1 電気学会推奨案による健全性評価（設計基準事故時） | 6 |
| 4.1.1.2 ACA ガイドによる健全性評価（設計基準事故時） | 8 |
| 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） | 10 |
| 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 |
| 4.2.1.1 モジュラー型電気ペネトレーションの健全性評価 | 13 |
| 4.2.1.2 外部リーダー 1-1 の健全性評価（設計基準事故時） | 16 |
| 4.2.1.3 外部リーダー 1-2 の健全性評価（設計基準事故時） | 17 |
| 4.2.1.4 外部リーダー 2 の健全性評価（設計基準事故時） | 19 |
| 4.2.1.5 外部リーダー 1-1 の健全性評価（重大事故等時） | 21 |
| 4.2.1.6 外部リーダー 1-2 の健全性評価（重大事故等時） | 22 |
| 4.2.1.7 外部リーダー 2 の健全性評価（重大事故等時） | 24 |
| 4.2.2 現状保全 | 25 |
| 4.2.3 総合評価 | 25 |
| 4.2.4 高経年化への対応 | 25 |

| | |
|-------------------------------------|------|
| 5. 代表機器以外の技術評価 | 26 |
| 6. まとめ | 31 |
| 6.1 審査ガイド適合性 | 31 |
| 6.2 長期施設管理方針として策定する事項 | 32 |
| 7. 添付資料 | 33 |
| | |
| 別紙1. 弁電動装置の評価について | 1-1 |
| 別紙2. 同軸ケーブルの評価について | 2-1 |
| 別紙3. ケーブル接続部の評価について | 3-1 |
| 別紙4. 計測制御設備の評価について | 4-1 |
| 別紙5. 電気・計装品の評価（共通項目）について | 5-1 |
| 別紙6. 屋外ケーブルの水トリーに対する現状保全内容について | 6-1 |
| 別紙7. 電気ペネトレーションの製造メーカーによる構造等の差異について | 7-1 |
| 別紙8. 通電による温度上昇、余裕について | 8-1 |
| 別紙9. I S L O C A環境下における機器への影響について | 9-1 |
| 別紙10. 大飯3号炉の高経年化技術評価との相違点について | 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」および「実用発電用原子炉施設における高経年化対策実施ガイド」の要求事項を満たすことを確認することである。

電気・計装品の絶縁低下についての要求事項を表 2.1 に整理する。

表2.1 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. 1⑤に規定する期間の満了日までの期間について、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の発生又は進展に係る健全性を評価していることを審査する。</p> <p>⑬現状保全の評価 健全性評価結果から現状の保全策の妥当性が評価されていることを審査する。</p> <p>⑭追加保全策の抽出 現状保全の評価結果から、現状保全に追加する必要がある新たな保全策が抽出されていることを審査する。</p> <p>(2) 長期施設管理方針の審査</p> <p>①長期施設管理方針の策定 すべての追加保全策について長期保守管理方針として策定されているかを審査する。</p> |
| <p>実用発電用原子炉施設における高経年化対策実施ガイド</p> | <p>3. 1 高経年化技術評価の実施及び見直し 高経年化技術評価の実施及び見直しに当たっては、以下の要求事項を満たすこと。</p> <p>⑤抽出された高経年化対策上着目すべき経年劣化事象について、以下に規定する期間の満了日までの期間について機器・構造物の健全性評価を行うとともに、必要に応じ現状の施設管理に追加すべき保全策（以下「追加保全策」という。）を抽出すること。</p> <p>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、電気的および環境的な要因で劣化することにより電気抵抗が低下し、絶縁性が維持できなくなる劣化事象である。

電気・計装品の絶縁低下が想定される機器は多数存在するため、高経年化技術評価の補足説明資料では、評価対象となる機器の中から代表機器を選定して評価の詳細について説明する。

評価対象として抽出した機器・部位を表3.1に示す。

これらの機器のうち、設計基準事故および重大事故等時に環境条件が著しく悪化する環境において機能要求のある機器の中から、低圧ケーブル（難燃PHケーブル）および電気ペネトレーションを代表機器とし、具体的な評価を「4. 代表機器の技術評価」に、その他の評価対象については、「5. 代表機器以外の技術評価」にて評価を実施する。

3.2 評価手法

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

- ① IEEE Std. 275-1981 「IEEE Recommended Practice for Thermal Evaluation of Insulation Systems for AC Electric Machinery Employing Form-Wound Pre-Insulated Stator Coils、 Machines Rated 6900 V and Below」
- ② IEEE Std. 117-1956 「IEEE Standard Test Procedure for Evaluation of Systems of Insulating Materials for Random-Wound Electric Machinery」
- ③ IEEE Std. 323-1974 「IEEE Standard for Qualifying Class 1E Equipment for Nuclear Power Generating Stations」 （以下「IEEE Std. 323-1974」という。）
- ④ IEEE Std. 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. 317-2013」という。）
- ⑥ IEEE Std. 382-1996 「IEEE Standard for Qualification of Actuators for Power-Operated Valve Assemblies With Safety-Related Functions for Nuclear Power Plants」 （以下「IEEE Std. 382-1996」という。）
- ⑦ 電気学会技術報告Ⅱ部第139号「原子力発電所用電線・ケーブルの環境試験方法並びに耐延焼性試験方法に関する推奨案*1」（以下、「電気学会推奨案」という。）
- 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 「IEEE Standard for Qualifying Class 1E Equipment for Nuclear Power Generating Stations」 および IEEE Std. 383-1974 「IEEE Standard for Type Test of Class 1E Electric Cables、 Field Splices、 and Connections for Nuclear Power Generating Stations」 の規格を根幹にした、ケーブルの加速劣化方法を含む試験条件、試験手順、並びに判定方法が述べられている。

表3.1 絶縁低下の評価対象機器・部位

| 機種 | 評価対象機器 | 評価対象部位 | 環境条件が著しく悪化する環境においても機能要求のある機器 | |
|--------|-------------------|------------------|------------------------------|----------|
| | | | 設計基準事故時*1 | 重大事故等時*2 |
| ポンプモータ | 高圧ポンプモータ | 固定子コイル、口出線・接続部品 | | |
| | 低圧ポンプモータ | 固定子コイル、口出線他 | | |
| 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 | ばね蓄勢用モータ他 | | |
| 計測制御設備 | 制御設備 | 計器用変流器他 | | ○ |
| 空調設備 | モータ | 固定子コイル、口出線他 | | |
| 機械設備 | 制御用空気圧縮機モータ | 固定子コイル他 | | |
| | 燃料取替クレーン | 固定子コイル他 | | |
| | 燃料移送装置 | 固定子コイル他 | | |
| 電源設備 | ディーゼル発電機 | 固定子コイル、口出線・接続部品他 | | |
| | ディーゼル機関付属設備(ポンプ) | 固定子コイル他 | | |
| | 計装用電源盤 | 変圧器 | | |
| | 原子炉トリップ遮断器盤 | ばね蓄勢用モータ | | |

- *1：実用発電用原子炉及びその付属施設の位置、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付属施設の位置、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で機能要求がある難燃PHケーブルは、電気学会推奨案に基づく長期健全性試験により評価する。試験手順および判定方法を図4.1-1に示す。

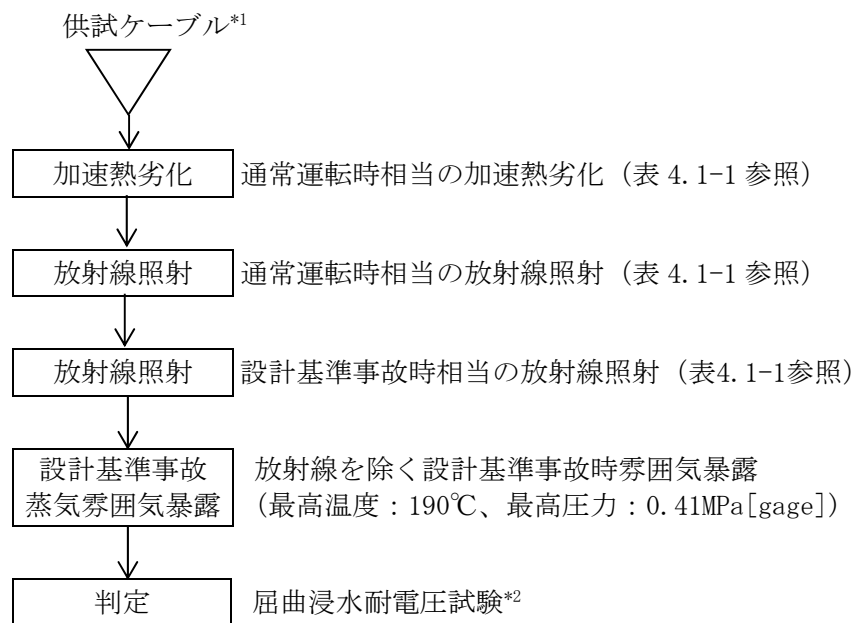


図4.1-1 難燃PHケーブルの長期健全性試験手順および判定方法

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

*2：屈曲浸水耐電圧試験の試験手順は以下のとおりである。

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

b. 試験条件

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

表4.1-1 難燃PHケーブルの長期健全性試験条件（電気学会推奨案）

| | | 試験条件 | 60年間の通常運転時の使用条件【添付-1）参照】に基づく劣化条件【添付-2）参照】または設計基準事故時の環境条件【添付-3）参照】 |
|----------|---------------|--------------------------|---|
| 通常運転相当 | 温度 | 140℃-9日 | 111℃-9日 (=56℃* ¹ -60年) |
| | 放射線 (集積線量) | 500kGy (7.3kGy/h以下) | 146kGy* ² |
| 設計基準事故相当 | 放射線 (集積線量) | 1,500kGy (7.3kGy/h以下) | 824kGy (最大集積線量) |
| | 温度 | 最高温度： 190℃ | 約132℃ (最高温度) |
| | 圧力 | 最高圧力： 0.41MPa[gage] | 約0.31MPa[gage] (最高圧力) |

*1：設計基準事故を考慮する原子炉格納容器内難燃PHケーブル布設箇所周囲の平均温度に、通電による温度上昇等を考慮した各布設エリアの温度を包絡する温度として設定した。【別紙8.添付-5）参照】

*2： $0.2774[\text{Gy}/\text{h}] \times (24 \times 365.25) [\text{h}/\text{y}] \times 60 [\text{y}] = 146\text{kGy}$

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、大飯4号炉の難燃PHケーブルは、運転開始後60年時点においても絶縁機能を維持できると判断する。

表4.1-2 難燃PHケーブルの長期健全性試験結果

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

[出典：関西電力研究データ]

4.1.1.2 ACAガイドによる健全性評価（設計基準事故時）

a. 評価手順

設計基準事故時雰囲気で機能要求がある難燃PHケーブルは、ACAガイドに従った長期健全性についても評価する。評価にあたっては、ACAの試験結果を用いている。難燃PHケーブルのACAガイドに基づく試験手順および判定方法を図4.1-2に示す。

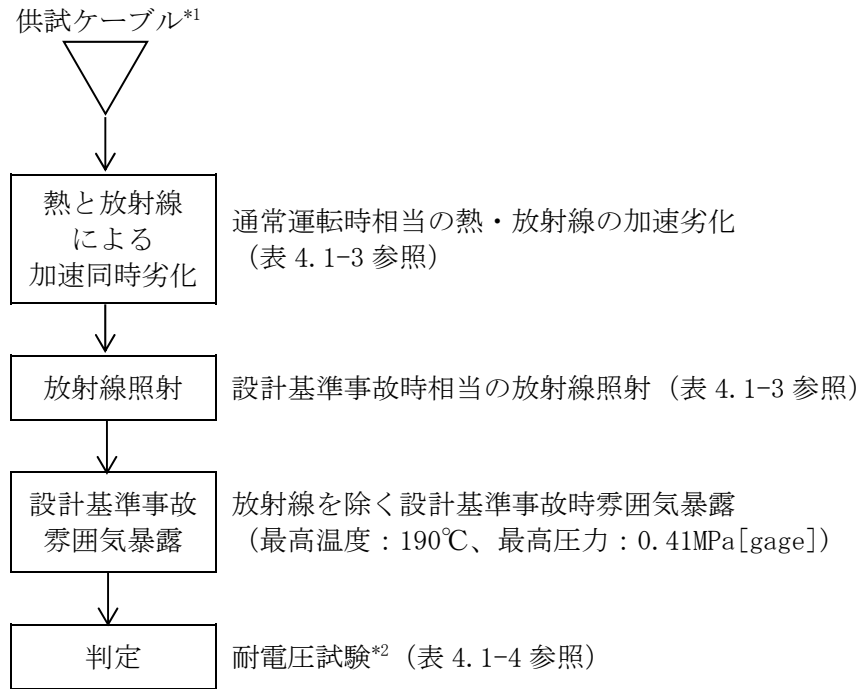


図4.1-2 難燃PHケーブルのACAガイドに基づく試験手順

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

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

b. 試験条件

難燃PHケーブルの長期健全性試験条件を表4.1-3に示す。試験条件は、大飯4号炉の実機環境に基づいて60年間の運転期間および設計基準事故を想定した劣化条件を包絡している。

c. 評価結果

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

表4.1-3 難燃PHケーブルのACA試験条件

| | | 試験条件 |
|----------|---------------|-------------------------|
| 通常運転相当 | 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] |

表4.1-4 難燃PHケーブルのACA試験結果

| 項目 | 試験条件 | 判定 |
|-------|-----------------|----|
| 耐電圧試験 | 課電電圧：1,500V／1分間 | 良 |

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

表4.1-5 実布設環境での長期健全性評価結果

| 布設区分 | 実布設環境条件【添付-1）参照】 | | 評価期間 [年]*1,2 |
|--------|------------------|-------------|-----------------|
| | 温度[℃] | 放射線量率[Gy/h] | |
| ループ室 | 36 | 0.2774 | 73 |
| | 44 | 0.1704 | 64 |
| 加圧器室上部 | 36 | 0.0016 | 266 |
| 通路部 | 56*3 | 0.0010 | 64 |
| | 39 | 0.0016 | 213 |
| MS区画*4 | 50*5 | 0.00001 | 101 |

*1：時間稼働率100%での評価期間。

*2：時間依存データの重ね合わせ手法により評価。

*3：原子炉格納容器内でのケーブルの周囲温度（約38℃）に通電による温度上昇と若干の余裕を加えた温度として設定した。【別紙8．添付-1）、添付-5）参照】

*4：主蒸気・主給水管室。

*5：主蒸気・主給水管室の設計平均温度。

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では機能要求がある難燃PHケーブルは、電気学会推奨案に基づく長期健全性試験により評価する。難燃PHケーブルの電気学会推奨案に基づく試験手順および判定方法を図4.1-3に示す。

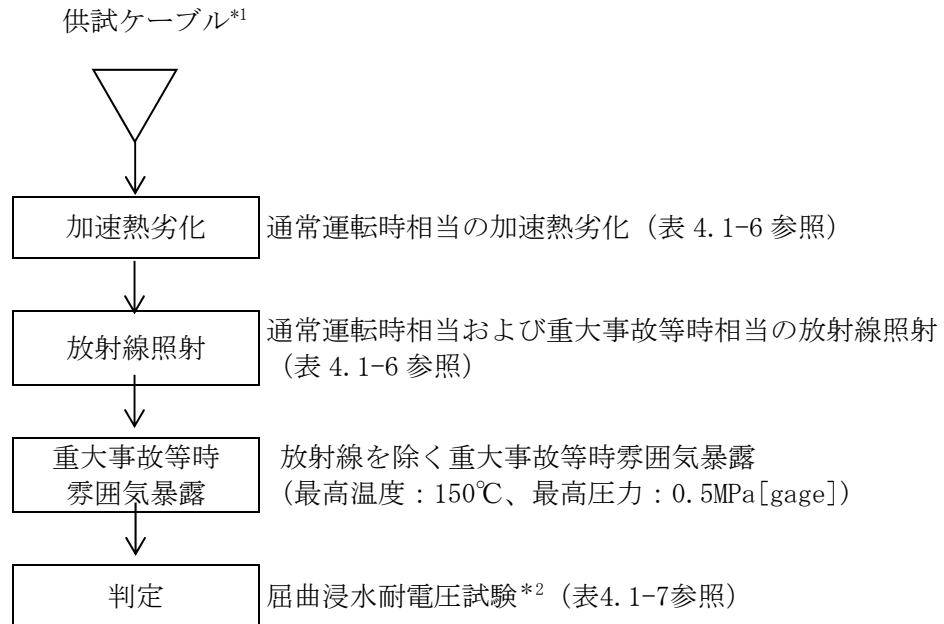


図4.1-3 難燃PHケーブルの長期健全性試験手順および判定方法

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

*2：屈曲浸水耐電圧試験の試験手順は以下のとおりである。

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

b. 試験条件

難燃PHケーブルの長期健全性試験条件を表4.1-6に示す。試験条件は、大飯4号炉の実機環境に基づいて60年間の運転期間および重大事故等時を想定した劣化条件を包絡している。

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、大飯4号炉の難燃PHケーブルは、運転開始後60年時点においても絶縁機能を維持できると判断する。

表4.1-6 難燃PHケーブルの長期健全性試験条件（電気学会推奨案）

| | | 試験条件 | 60年間の通常運転時の使用条件【添付-1) 参照】に基づく劣化条件【添付-4) 参照】または重大事故等時の環境条件【添付-5) 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) | 146kGy* ² |
| 重大事故等時相当 | 放射線 (集積線量) | 500kGy (10kGy/h以下) | 500kGy |
| | 温度 | 150℃ (最高温度) | 約143℃ (最高温度) |
| | 圧力 | 0.5MPa[gage] (最高圧力) | 約0.43MPa[gage] (最高圧力) |

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

*2： $0.2774[\text{Gy/h}] \times (24 \times 365.25) [\text{h/y}] \times 60 [\text{y}] = 146\text{kGy}$

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 耐電圧試験 | 供試体外径：11.5mm マンドレル径：供試体外径の約40倍 絶縁厚さ：0.8mm 課電電圧：2.6kV/5分間 | 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」]

4.1.2 現状保全

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

電力用ケーブルについては、定期的に絶縁抵抗測定を行い、管理値以上であることの確認を行っている。【別紙5参照】

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

設計基準事故および重大事故等時雰囲気で機能要求のある電気ペネトレーションのポッティング材およびOリングの気密性低下による絶縁低下ならびにポッティング材およびOリングの原子炉格納容器バウンダリ機能に係る気密性低下については、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、電気学会推奨案または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、これらの試験結果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」および「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」という。）の3種類があるため、それぞれについて評価を行う。

4.2.1.1 モジュラー型電気ペネトレーションの健全性評価

a. 評価手順

モジュラー型電気ペネトレーションのIEEE Std. 317-2013に基づく試験手順および判定方法を図4.2-1に示す。

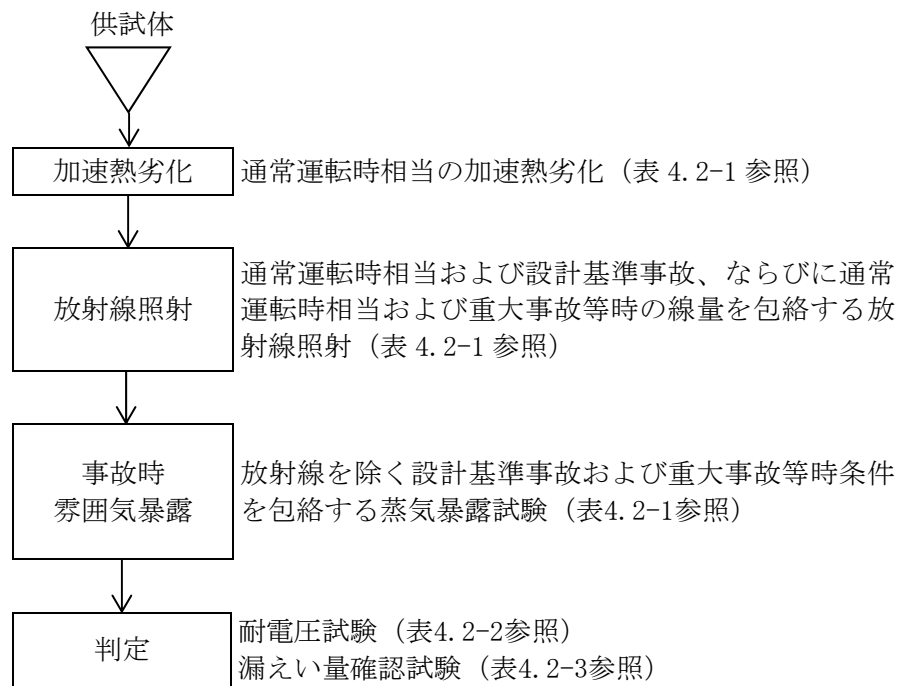


図 4. 2-1 モジュール型電気ペネトレーション 長期健全性試験の手順

b. 試験条件

モジュール型電気ペネトレーションの長期健全性試験条件を表4. 2-1に示す。試験条件は、大飯 4 号炉の実機環境に基づいて60年間の運転期間および設計基準事故、ならびに60年間の運転期間および重大事故等時を想定した劣化条件を包絡している。

表 4.2-1 モジュール型電気ペネトレーション 長期健全性試験の条件

| | | |
|----------|--|---|
| | 試験条件 | 60年間の通常運転時の使用条件【添付-6参照】に基づく劣化条件、設計基準事故および重大事故等時の環境条件 |
| 加速熱劣化 | 熱劣化： 110℃-218日間*1 熱サイクル： 71~107℃-20日間 | 40℃*2-60年【添付-7参照】 |
| 放射線照射 | 1,500kGy (10kGy/h以下) | 通常運転相当：0.84kGy*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132℃(最高温度) ：約0.31MPa[gage](最高圧力) 重大事故等時：約143℃(最高温度) ：約0.43MPa[gage](最高圧力) 【添付-8参照】 |

- *1：熱サイクル試験による劣化（71~107℃-20日間）に、使用条件40℃-60年に相当する熱劣化となるよう、通常の熱劣化（110℃-218日間）を加えた。
 *2：電気ペネトレーションの周囲温度（約34℃）に通電による温度上昇と若干の余裕を加えた温度。
 *3：原子炉格納容器内電気ペネトレーション近傍で最も放射線レベルが高い区域の空間線量率は1.6mGy/hであり、この値より60年間の平常時の集積線量を評価すると、
 $1.6 \text{ [mGy/h]} \times (24 \times 365.25) \text{ [h/y]} \times 60 \text{ [y]} = 0.84 \text{ kGy}$ となる。

c. 評価結果

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

表 4.2-2 モジュール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 モジュール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-1-1の健全性評価（設計基準事故時）

a. 評価手順

LV型モジュールの外部リード-1-1の絶縁体は難燃EPゴムであり、絶縁体の製造メーカーおよび絶縁材料が同等の難燃PHケーブルを供試体とした長期健全性試験結果を用いて評価する。外部リード-1-1の電気学会推奨案に基づく長期健全性試験手順および判定方法については、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）を参照のこと。

b. 試験条件

外部リード-1-1の長期健全性試験条件を表4.2-3に示す。試験条件は、大飯4号炉の実機環境に基づいて60年間の運転期間および設計基準事故を想定した劣化条件を包絡している。

表4.2-3 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-6)参照】に基づく劣化条件【添付-9)参照】または設計基準事故時の環境条件【添付-10)参照】 |
|--------------------------------------|---------------|-------------------------|--|
| 通常 運相 転当 | 温度 | 140℃-9日 | 92℃-9日 (=42℃*1-60年) |
| | 放射線 (集積線量) | 500kGy (7.3kGy/h以下) | 0.84kGy*2 |
| 設 計 基 事 準 故 相 当 | 放射線 (集積線量) | 1500kGy (7.3kGy/h以下) | 824kGy |
| | 温度 | 最高温度：190℃ | 最高温度：約132℃ |
| | 圧力 | 最高圧力：0.41MPa[gage] | 最高圧力：約0.31MPa[gage] |

*1：電気ペネトレーションの周囲温度（約34℃）に通電による温度上昇と若干の余裕を加えた温度【別紙8. 添付-2) ②参照】

*2：1.6 [mGy/h] × (24×365.25) h/y × 60 [y] = 0.84kGy

c. 評価結果

外部リード-1-1の長期健全性試験結果は、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）を参照のこと。電気学会推奨案に基づく評価の結果、大飯4号炉の外部リード-1-1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。

4.2.1.3 外部リード－1－2の健全性評価（設計基準事故時）

a. 評価手順

LV型モジュールの外部リード－1－2の絶縁体は難燃EPゴムであり、絶縁体の製造メーカーおよび絶縁材料が同等の難燃PHケーブルを供試体とした長期健全性試験結果を用いて評価する。外部リード－1－2の電気学会推奨案に基づく長期健全性試験手順および判定方法については、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）を参照のこと。

b. 試験条件

外部リード－1－2の長期健全性試験条件を表4.2-4に示す。試験条件は、大飯4号炉の実機環境に基づいて60年間の運転期間および設計基準事故を想定した劣化条件を包絡している。

表4.2-4 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-6参照】に基づく劣化条件【添付-9参照】または設計基準事故時の環境条件【添付-10参照】 |
|----------|---------------|------------------------|---|
| 通常運転相当 | 温度 | 140℃－9日 | 92℃－9日 (=42℃*1－60年) |
| | 放射線 (集積線量) | 500kGy (10kGy/h以下) | 0.84kGy*2 |
| 設計基準事故相当 | 放射線 (集積線量) | 1500kGy (10kGy/h以下) | 824kGy |
| | 温度 | 最高温度：190℃ | 最高温度：約132℃ |
| | 圧力 | 最高圧力：0.41MPa[gage] | 最高圧力：約0.31MPa[gage] |

*1：電気ペネトレーションの周囲温度（約34℃）に通電による温度上昇と若干の余裕を加えた温度【別紙8．添付-2）③参照】

*2：1.6 [mGy/h] × (24×365.25) h/y × 60 [y] = 0.84kGy

c. 評価結果

外部リードー 1 - 2 の長期健全性試験結果の長期健全性試験結果を表4.2-5に示す。

電気学会推奨案に基づく評価の結果、大飯 4 号炉の外部リードー 1 - 2 は、運転開始後60年時点においても絶縁機能を維持できると判断する。

表4.2-5 外部リードー 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 : 11.5mm マンドレル径 : 供試体外径の約40倍 絶縁厚さ : 0.8mm 課電電圧 : 2.56kV/5分間 | 良 |

[出典：メーカーデータ]

4.2.1.4 外部リード-2の健全性評価（設計基準事故時）

a. 評価手順

L V型モジュールの外部リード-2の絶縁体は架橋ポリエチレンであり、絶縁体の製造メーカーおよび絶縁材料が同等の難燃三重同軸ケーブルを供試体とした長期健全性試験結果を用いて評価する。外部リード-2のACAガイドに基づく試験手順および判定方法は「別紙2. 同軸ケーブルの評価について」1. 健全性評価 1.2 ACAガイドによる健全性評価（設計基準事故時）を参照のこと。

b. 試験条件

外部リード-2の長期健全性試験条件を表4.2-6に示す。試験条件は、大飯4号炉の実機環境に基づいて60年間の運転期間および設計基準事故を想定した劣化条件を包絡している。

表4.2-6 外部リード-2の長期健全性試験条件（設計基準事故）

| | | 試験条件*1 | 60年間の通常運転時の使用条件 【添付-6参照】に基づく劣化条件 【添付-9参照】または設計基準事故時の環境条件【添付-10参照】 |
|----------|---------------|-------------------------|---|
| 通常運転相当 | 温度 | 110℃-154日 | 96℃-154日 (=36℃-60年)*2 |
| | 放射線 | — | 0.84kGy*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132℃ |
| | 圧力 | 最高圧力：0.41MPa[gage] | 最高圧力：約0.31MPa[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、45.1℃-2.2mGy/hの布設環境で18.9年間（稼働率を考慮した年数）使用したケーブルを供試体とし、追加で劣化させた条件を示す。

*2：電気ペネトレーションの周囲温度（約34℃）に若干の余裕を加えた温度とし、実機での劣化分も加味して換算した。【別紙8. 添付-2）④参照】

*3： $1.6 \text{ [mGy/h]} \times (24 \times 365.25) \text{ h/y} \times 60 \text{ [y]} = 0.84 \text{ kGy}$

c. 評価結果

外部リード-2の長期健全性試験結果を表4.2-7に示す。ACAガイドに基づく評価の結果、大飯4号炉の外部リード-2は、運転開始後60年時点においても絶縁機能を維持できると判断する。

表4.2-7 外部リード-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： C-1S間 10kV/1分間 1S-2S間 2kV/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」]

4.2.1.5 外部リード-1-1の健全性評価（重大事故等時）

a. 評価手順

LV型モジュールの外部リード-1-1の絶縁体は難燃EPゴムであり、絶縁体の製造メーカーおよび絶縁材料が同等の難燃PHケーブルを供試体とした長期健全性試験結果を用いて評価する。外部リード-1-1の電気学会推奨案に基づく長期健全性試験手順および判定方法については、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 4.1.1.3 電気学会推奨案による健全性評価（重大事故等時）を参照のこと。

b. 試験条件

外部リード-1-1の長期健全性試験条件を表4.2-8に示す。試験条件は、大飯4号炉の実機環境に基づいて60年間の運転期間および重大事故等時を想定した劣化条件を包絡している。

表4.2-8 外部リード-1-1の長期健全性試験条件（重大事故等時）

| | | 試験条件 | 60年間の通常運転時の使用条件【添付-6)参照】に基づく劣化条件【添付-11)参照】または重大事故等時の環境条件【添付-12)参照】 |
|----------|---------------|-----------------------|--|
| 通常運転相当 | 温度 | 140°C-11h | 107°C-11h (=36°C*1-60年) |
| | 放射線 (集積線量) | 500kGy (10kGy/h以下) | 0.84kGy*2 |
| 重大事故等時相当 | 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143°C |
| | 圧力 | 最高圧力：0.5MPa[gage] | 最高圧力：約0.43MPa[gage] |

*1：電気ペネトレーションの周囲温度（約34°C）に若干の余裕を加えた温度

*2：1.6 [mGy/h] × (24×365.25) h/y×60 [y] =0.84kGy

c. 評価結果

外部リード-1-1の長期健全性試験結果は、4.1低圧ケーブル（難燃PHケーブル）の技術評価 4.1.1健全性評価を参照のこと。電気学会推奨案に基づく評価の結果、大飯4号炉の外部リード-1-1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。

4.2.1.6 外部リード-1-2の健全性評価（重大事故等時）

a. 評価手順

LV型モジュールの外部リード-1-2の絶縁体は難燃EPゴムであり、絶縁体の製造メーカーおよび絶縁材料が同等の難燃PHケーブルを供試体としたACAガイドに基づく長期健全性試験手順および判定方法を図4.2-2に示す。

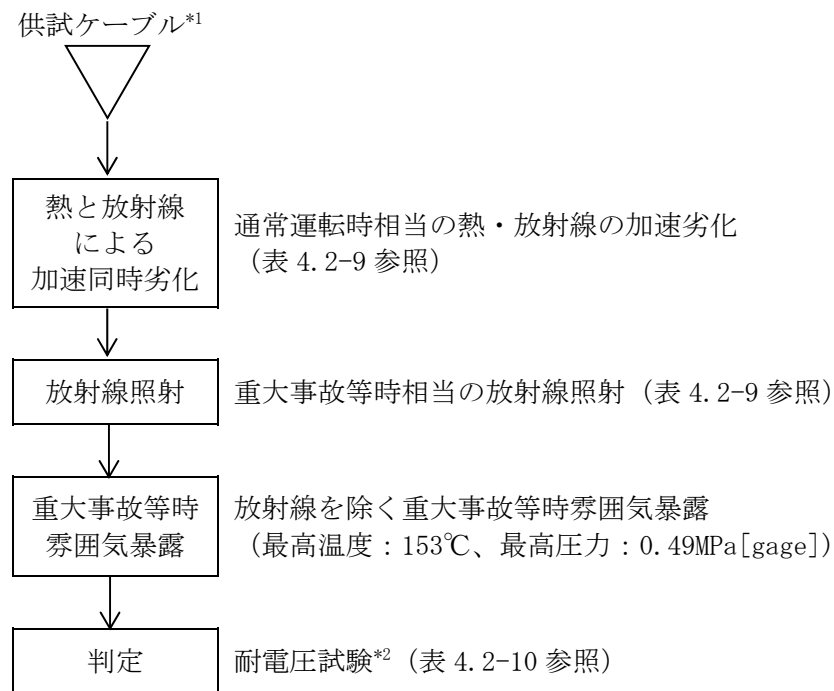


図4.2-2 難燃PHケーブルのACAガイドに基づく試験手順

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

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

b. 試験条件

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、大飯4号炉の実機環境に基づいて60年間の運転期間および重大事故等時を想定した劣化条件を包絡している。

表4.2-9 外部リード-1-2の長期健全性試験条件（重大事故等時）

| | | 試験条件*1 | 60年間の通常運転時の使用条件【添付-6)参照】に基づく劣化条件【添付-11)参照】または重大事故等時の環境条件【添付-12)参照】 |
|----------|---------------|-----------------------|--|
| 通常運転相当 | 温度 | 120℃-115日 | 114℃-115日 (=42℃-60年) *2 |
| | 放射線 (集積線量) | — | 0.84kGy*3 |
| 重大事故等時相当 | 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143℃ |
| | 圧力 | 最高圧力：0.45MPa[gage] | 最高圧力：約0.43MPa[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%*4）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の周囲温度（約34℃）に通電による温度上昇と若干の余裕を加えた温度とし、実機での劣化分も加味して換算した。

*3： $1.6 \text{ [mGy/h]} \times (24 \times 365.25) \text{ h/y} \times 60 \text{ [y]} = 0.84\text{kGy}$

*4：サンプルを採取した大飯4号炉の稼働率

c. 評価結果

外部リード-1-2のACA試験結果を表4.2-10に示す。

ACAガイドに基づく評価の結果、大飯4号炉の外部リード-1-2は、運転開始後60年時点においても絶縁機能を維持できると判断する。

表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 |
|-------|-----------------|----|
| 耐電圧試験 | 課電電圧：1,500V/1分間 | 良 |

[出典：メーカーデータ]

4.2.1.7 外部リード-2の健全性評価（重大事故等時）

a. 評価手順

LV型モジュールの外部リード-2の絶縁体は架橋ポリエチレンであり、絶縁体の製造メーカーおよび絶縁材料が同等の難燃三重同軸ケーブルを供試体とした長期健全性試験結果を用いて評価する。外部リード-2のACAガイドに基づく長期健全性試験手順および判定方法は外部リード-1-2と同様であり、4.2.1.6 外部リード-1-2の健全性評価（重大事故等時）を参照のこと。

b. 試験条件

外部リード-2の長期健全性試験条件を表4.2-11に示す。試験条件は、大飯4号炉の実機環境に基づいて60年間の運転期間および重大事故等時を想定した劣化条件を包絡している。

表4.2-11 外部リード-2の長期健全性試験条件（重大事故等時）

| | | 試験条件*1 | 60年間の通常運転時の使用条件【添付-6)参照】に基づく劣化条件【添付-11)参照】または重大事故等時の環境条件【添付-12)参照】 |
|--------------------------|---------------|-----------------------|--|
| 相当 通常 運転 | 温度 | 110°C - 450日 | 92°C - 450日 (=36°C - 60年) *2 |
| | 放射線 (集積線量) | — | 0.84kGy*3 |
| 時 相当 重大 事故 等 | 放射線 (集積線量) | 500kGy (10kGy/h以下) | 500kGy |
| | 温度 | 最高温度：153°C | 最高温度：約143°C |
| | 圧力 | 最高圧力：0.45MPa[gage] | 最高圧力：約0.43MPa[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、25.7°Cの布設環境で27年間（稼働率70%*4）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の周囲温度（約34°C）に若干の余裕を加えた温度とし、実機での劣化分も加味して換算した。

*3： $1.6 \text{ [mGy/h]} \times (24 \times 365.25) \text{ h/y} \times 60 \text{ [y]} = 0.84\text{kGy}$

*4：サンプルを採取した大飯1号炉の稼働率

c. 評価結果

外部リード-2のACA試験結果を表4.2-12に示す。

ACAガイドに基づく評価の結果、大飯4号炉の外部リード-2は、運転開始後60年時点においても絶縁機能を維持できると判断する。

表4.2-12 外部リード-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： C-1S間 10kV/1分間 1S-2S間 2kV/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）2019年度」]

4.2.2 現状保全

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

また、ポッティング材およびOリングの原子炉格納容器バウンダリ機能に係る気密性低下に対しては、定期的に原子炉格納容器漏えい率試験および電気ペネトレーションに封入しているN₂ガスの圧力確認を実施し、機器の健全性を確認している。【別紙5参照】

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ならびにポッティング材およびOリングの気密性低下による絶縁低下、またはポッティング材およびOリングの原子炉格納容器バウンダリ機能に係る気密性低下に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およびOリングの気密性低下による絶縁低下は、絶縁抵抗測定または系統機器の動作確認で、ポッティング材およびOリングの原子炉格納容器バウンダリ機能に係る気密性低下は、原子炉格納容器漏えい率試験および電気ペネトレーションに封入しているN₂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ならびにポッティング材および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、ポッティング材およびOリングの原子炉格納容器バウンダリ機能に係る気密性低下については、現状保全項目に、高経年化対策の観点から追加すべきものはないと判断する。

5. 代表機器以外の技術評価

代表機器以外の評価対象および技術評価の概要を表 5.1 に示す。

表 5.1 (1/5) 代表機器以外の評価対象および技術評価の概要

| 評価対象設備 | 評価対象機器 | 部位 | 健全性評価 | 現状保全 | 総合評価 | 高経年化への対応 |
|----------|---|-------------------------------|---|--|--|---|
| 高圧ポンプモータ | <ul style="list-style-type: none"> 海水ポンプモータ 電動補助給水ポンプモータ 高圧注入ポンプモータ 格納容器スプレイポンプモータ 充てんポンプモータ 余熱除去ポンプモータ 原子炉補機冷却水ポンプモータ | 固定子コイル、 口出線・接続部品 | ヒートサイクル試験により評価した絶縁寿命と、経年機の設置経過年数とコイル絶縁破壊値との関係による評価結果から、固定子コイル等の耐用期間（管理強化の目安）は、運転年数で 18.5 年と判断。 | 絶縁診断を実施。 機器の運転年数に基づき、絶縁診断の周期を短縮し、点検結果に基づき取替を検討する。 | 絶縁低下は、18.5 年以降において発生の可能性は否定できないが、絶縁低下は絶縁診断で検知可能であり、点検手法として適切。 | 絶縁診断を実施していくとともに、機器の運転年数および絶縁診断結果に基づいた取替を実施していく。 |
| 低圧ポンプモータ | <ul style="list-style-type: none"> 充てんポンプモータ ほう酸ポンプモータ 燃料取替用水ポンプモータ 恒設代替低圧注水ポンプモータ | 固定子コイル、 励磁コイル、 口出線・接続部品 | ヒートサイクル試験により評価した絶縁寿命と、経年機の設置経過年数とコイル絶縁破壊値との関係による評価結果から、固定子コイル等の運転に必要な絶縁耐力を保有する期間は B 種絶縁で 16.5 年、F 種絶縁で 16 年と判断。 | 絶縁抵抗測定を実施。また、絶縁抵抗測定の結果に基づき、監視強化としての絶縁抵抗測定の実施頻度の見直しおよび必要により洗浄、乾燥、絶縁補修処理もしくは取替を行う。 | 絶縁低下は、16～16.5 年以降において発生の可能性は否定できないが、絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切。 | 絶縁抵抗測定を実施していくとともに、点検結果に基づき、監視強化としての絶縁抵抗測定の実施頻度の見直しおよび必要に応じて洗浄、乾燥、絶縁補修処理もしくは取替を実施していく。 |
| 弁電動装置 | <ul style="list-style-type: none"> 余熱除去ポンプループ高温側入口止め弁電動装置 | 固定子コイル、 口出線・接続部品 | 長期健全性試験の結果、60 年間の通常運転とその後の設計基準事故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。 | 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"> 海水供給母管連絡弁電動装置 | 固定子コイル、 口出線・接続部品 | 使用温度に比べて十分余裕のある絶縁種を使用していることから、絶縁低下の可能性は小さいと考えるが、60 年間の供用を想定すると絶縁低下が生じる可能性は否定できない。 | 絶縁抵抗測定を実施。 | 絶縁低下の可能性は否定できないが、絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切。 | 絶縁抵抗測定を実施していく。 |
| 高圧ケーブル | <ul style="list-style-type: none"> 難燃高圧 CSHV ケーブル | 絶縁体 | 電気学会推奨案に従って実施した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。 | 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。 | 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"> 難燃高圧 CSHV ケーブル（屋外布設） | 絶縁体 | トレンチ内部の溜まり水によって高湿度環境となることを考慮すると、水トリー劣化による絶縁低下の可能性は否定できない。 | 絶縁診断およびトレンチ内の水の溜まりの有無の目視確認を実施。 | 絶縁低下の可能性は否定できないが、水トリーによる絶縁低下は絶縁診断で、浸水状態は目視確認で検知可能であり、点検手法として適切。 | 屋外布設のケーブルについては、絶縁診断を実施していくとともに、点検結果の傾向に基づき取替等を検討していく。さらに、トレンチ内の目視確認を実施していく。 |

表 5.1 (2/5) 代表機器以外の評価対象および技術評価の概要

| 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 PH ケーブル 1 (代表の難燃 PH ケーブルと製造メーカーが異なる難燃 PH ケーブル) | 絶縁体 | 実機同等品による電気学会推奨案に基づく長期健全性試験結果により評価した結果、60 年間の運転期間および設計基準事故後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、約 50 年間の運転期間および設計基準事故後においても絶縁機能を維持できると判断。 | 系統機器の動作確認または絶縁抵抗測定を実施。 | 絶縁低下の可能性は否定できないが、絶縁低下は系統機器の動作確認または絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切。 | 系統機器の動作確認または絶縁抵抗測定を実施していく。 |
| | ・難燃 PSHV ケーブル | 絶縁体 | 絶縁体種類が同一でシース種類が異なる難燃 PH ケーブル 1 の評価結果から、電気学会推奨案に基づく長期健全性試験結果により評価した結果、60 年間の運転期間および設計基準事故後においても絶縁機能を維持できると判断。 また、ACA ガイドに従った長期健全性試験結果により評価した結果、約 50 年間の運転期間および設計基準事故後においても絶縁機能を維持できると判断。 | 系統機器の動作確認または絶縁抵抗測定を実施。 | 絶縁低下の可能性は否定できないが、絶縁低下は系統機器の動作確認または絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切。 | 系統機器の動作確認または絶縁抵抗測定を実施していく。 |
| | ・FPET ケーブル ・FPP ケーブル ・FPTF ケーブル | 絶縁体 | 構造および絶縁体材料が類似している実機相当品での電気学会推奨案に基づく長期健全性試験結果により評価した結果、約 46 年間の運転期間において絶縁機能を維持できると確認できたものの、60 年間の供用を想定すると絶縁低下が生じる可能性は否定できない。 | 系統機器の動作確認または絶縁抵抗測定を実施。 | 絶縁低下の可能性は否定できないが、絶縁低下は系統機器の動作確認または絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切。 | 系統機器の動作確認または絶縁抵抗測定を実施していく。 |
| 同軸ケーブル | ・難燃三重同軸ケーブル 1 | 絶縁体、 内部シース | 実機同等品による電気学会推奨案に基づく長期健全性試験結果により評価した結果、60 年間の運転期間および設計基準事故、または 60 年間の運転期間および重大事故等時においても絶縁機能を維持できると判断。 また、ACA ガイドに従った長期健全性試験結果により評価した結果、60 年間の運転期間および設計基準事故後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。 | 現状保全項目に、高経年化対策の観点から追加すべきものはないと判断。 |
| | ・難燃三重同軸ケーブル 2 | 絶縁体、 内部シース | 構造および絶縁体材料が類似している実機相当品での電気学会推奨案に基づく長期健全性試験結果により評価した結果、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。 |
| | ・難燃性耐熱高周波同軸ケーブル | 絶縁体 | 電気学会推奨案に基づく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が、通電による温度上昇はごく僅かであり、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。 |

表 5.1 (3/5) 代表機器以外の評価対象および技術評価の概要

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

表 5.1 (4/5) 代表機器以外の評価対象および技術評価の概要

| 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 |
|----------------|------------------|-----------------|---|--|---|--|
| パワーセンタ | ・パワーセンタ (安全系) | ばね蓄勢用モータ (遮断器) | 使用温度に比べて十分余裕のある絶縁種を使用していることから、絶縁低下の可能性は小さいと考えるが、60年間の供用を想定すると絶縁低下が生じる可能性は否定できない。 | 絶縁抵抗測定を実施。 | 絶縁低下の可能性は否定できないが、絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切。 | 絶縁抵抗測定を実施していく。 |
| | | 計器用変圧器 | 急激な絶縁低下の可能性は小さいと考えるが、60年間の供用を想定すると絶縁低下の可能性は否定できない。 | 絶縁抵抗測定を実施。 | 絶縁低下の可能性は否定できないが、絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切。 | 絶縁抵抗測定を実施していく。 |
| 制御設備 | ・ディーゼル発電機制御盤 | 計器用変流器 | 実機同等品による60年相当の健全性調査の結果、絶縁性能に問題のないことを確認している。 | 絶縁抵抗測定を実施。 | 絶縁低下により機器の健全性に影響を与える可能性はない。 | 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、機械式) | 同種保護リレーのサンプリング*調査結果、47年の健全性は確認できたが、60年間の供用を想定すると絶縁低下の可能性は否定できない。 *静止形および機械式のサンプル | 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。 |
| | | 励磁装置 | 急激な絶縁低下の可能性は小さいと考えるが、60年間の供用を想定すると絶縁低下の可能性は否定できない。 | 絶縁抵抗測定を実施。 15サイクル経過後適切な頻度で励磁装置の絶縁抵抗測定および精密点検としてtan δ測定、直流吸収比測定およびコイルの目視点検を実施。 | 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としてtan δ測定、直流吸収比測定およびコイルの目視点検を実施していく。 |
| | ・充てんポンプ速度制御盤・補助盤 | 変圧器 | 急激な絶縁低下の可能性は小さいと考えるが、60年間の供用を想定すると絶縁低下の可能性は否定できない。 | 絶縁抵抗測定を実施。 | 絶縁低下の可能性は否定できないが、絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切。 | 絶縁抵抗測定を実施していく。 |
| ・空冷式非常用発電装置制御盤 | 励磁装置、計器用変圧器 | | | | | |

表 5.1 (5/5) 代表機器以外の評価対象および技術評価の概要

| 評価対象設備 | 評価対象機器 | 部位 | 健全性評価 | 現状保全 | 総合評価 | 高経年化への対応 |
|--------------|--|---|--|--|---|---|
| 空調モータ | <ul style="list-style-type: none"> 安全補機開閉器室空調ファンモータ ディーゼル発電機室給気ファンモータ 空調用冷水ポンプモータ アニュラス空気浄化ファンモータ 中央制御室空調ファンモータ 電動補助給水ポンプ室給気ファンモータ 中央制御室非常用循環ファンモータ 中央制御室循環ファンモータ 制御用空気圧縮機室給気ファンモータ 安全補機室冷却ファンモータ 空調用冷凍機モータ | 固定子コイル、 口出線・接続部品 | ヒートサイクル試験により評価した絶縁寿命と、経年機の設置経過年数とコイル絶縁破壊値との関係による評価結果から、固定子コイル等の運転に必要な絶縁耐力を保有する期間はB種絶縁で16.5年、F種絶縁で16年と判断。 | 絶縁抵抗測定を実施。また、絶縁抵抗測定の結果に基づき、監視強化としての絶縁抵抗測定の実施頻度の見直しおよび必要により洗浄、乾燥、絶縁補修処理もしくは取替を行う。 | 絶縁低下は、16～16.5年以降において発生の可能性は否定できないが、絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切。 | 絶縁抵抗測定を実施していくとともに、点検結果に基づき、監視強化としての絶縁抵抗測定の実施頻度の見直しおよび必要に応じて洗浄、乾燥、絶縁補修処理もしくは取替を実施していく。 |
| 空気圧縮装置 | <ul style="list-style-type: none"> 制御用空気圧縮機モータ | 固定子コイル、 口出線 | 低压ポンプモータの評価と同様 | 低压ポンプモータの評価と同様 | 低压ポンプモータの評価と同様 | 低压ポンプモータの評価と同様 |
| 燃料取扱設備 | <ul style="list-style-type: none"> ①燃料取替クレーン ②使用済燃料ピットクレーン ③補助建屋クレーン ④燃料移送装置 | モータ（低圧）の 固定子コイル ①～④ | 低压ポンプモータ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。 | 低压ポンプモータの評価と同様 | 低压ポンプモータの評価と同様 | 低压ポンプモータの評価と同様 |
| | | 電磁ブレーキ固定 鉄心①～④、 変圧器①～④、 指速発電機①、③ | 使用温度に比べて十分余裕のある絶縁種を使用していることから、絶縁低下の可能性は小さいと考えるが、60年間の供用を想定すると絶縁低下が生じる可能性は否定できない。 | 絶縁抵抗測定を実施。 | 絶縁低下の可能性は否定できないが、絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切。 | 絶縁抵抗測定を実施していく。 |
| ディーゼル発電設備 | <ul style="list-style-type: none"> ディーゼル発電機 空冷式非常用発電装置（発電機） | 固定子コイル（高圧）、 口出線・接続部品（高圧） | 高圧ポンプモータの評価と同様 | 高圧ポンプモータの評価と同様 | 高圧ポンプモータの評価と同様 | 高圧ポンプモータの評価と同様 |
| | | 回転子コイル（低圧）、 口出線・接続部品（低圧） | 低压ポンプモータの評価と同様 | 低压ポンプモータの評価と同様 | 低压ポンプモータの評価と同様 | 低压ポンプモータの評価と同様 |
| | <ul style="list-style-type: none"> ディーゼル機関付属設備ポンプ用モータ | 固定子コイル、 口出線 | 低压ポンプモータの評価と同様 | 低压ポンプモータの評価と同様 | 低压ポンプモータの評価と同様 | 低压ポンプモータの評価と同様 |
| 計器用電源設備 | <ul style="list-style-type: none"> 計装用電源盤 | 変圧器 | 使用温度に比べて十分余裕のある絶縁種を使用していることから、絶縁低下の可能性は小さいと考えるが、60年間の供用を想定すると絶縁低下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。 |
| 制御棒駆動装置用電源設備 | <ul style="list-style-type: none"> 原子炉トリップ遮断器盤 | ばね蓄勢用モータ （遮断器） | 使用温度に比べて十分余裕のある絶縁種を使用していることから、絶縁低下の可能性は小さいと考えるが、60年間の供用を想定すると絶縁低下が生じる可能性は否定できない。 | 絶縁抵抗測定を実施。 | 絶縁低下の可能性は否定できないが、絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切。 | 絶縁抵抗測定を実施していく。 |

6. まとめ

6.1 審査ガイド適合性

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

表 6.1 (1/2) 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および5.の「健全性評価」に示すとおり、各電気・計装品に応じた健全性評価を実施した。 |
| | ⑬現状保全の評価 健全性評価結果から現状の保全策の妥当性が評価されていることを審査する。 | 4.1.2、4.2.2および5.の「現状保全」に示すとおり、現状保全の評価結果から、現状の保全策が妥当であることを確認した。 |
| | ⑭追加保全策の抽出 現状保全の評価結果から、現状保全に追加する必要がある新たな保全策が抽出されていることを審査する。 | 4.1.4、4.2.4および5.の「高経年化への対応」に示すとおり、現状保全項目に高経年化対策の観点から追加すべきものはないと判断した。 |
| | (2) 長期施設管理方針の審査 ①長期施設管理方針の策定 すべての追加保全策について長期保守管理方針として策定されているかを審査する。 | |

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あたっては、以下の要求事項を満たすこと。</p> <p>①高経年化技術評価の結果抽出された全ての追加保全策（発電用原子炉の運転を断続的に行うことを前提として抽出されたもの及び冷温停止状態が維持されることを前提として抽出されたものの全て。）について、発電用原子炉ごとに、施設管理の項目及び当該項目ごとの実施時期を規定した長期施設管理方針を策定すること。</p> <p>なお、高経年化技術評価の結果抽出された追加保全策について、発電用原子炉の運転を断続的に行うことを前提とした評価から抽出されたものと冷温停止状態が維持されることを前提とした評価から抽出されたもの間で、その対象の経年劣化事象及び機器・構造物の部位が重複するものについては、双方の追加保全策を踏まえた保守的な長期施設管理方針を策定すること。</p> | <p>4.1.4、4.2.4および5.の「高経年化への対応」に示すとおり、現状保全項目に高経年化対策の観点から追加すべきものはないと判断した。</p> |

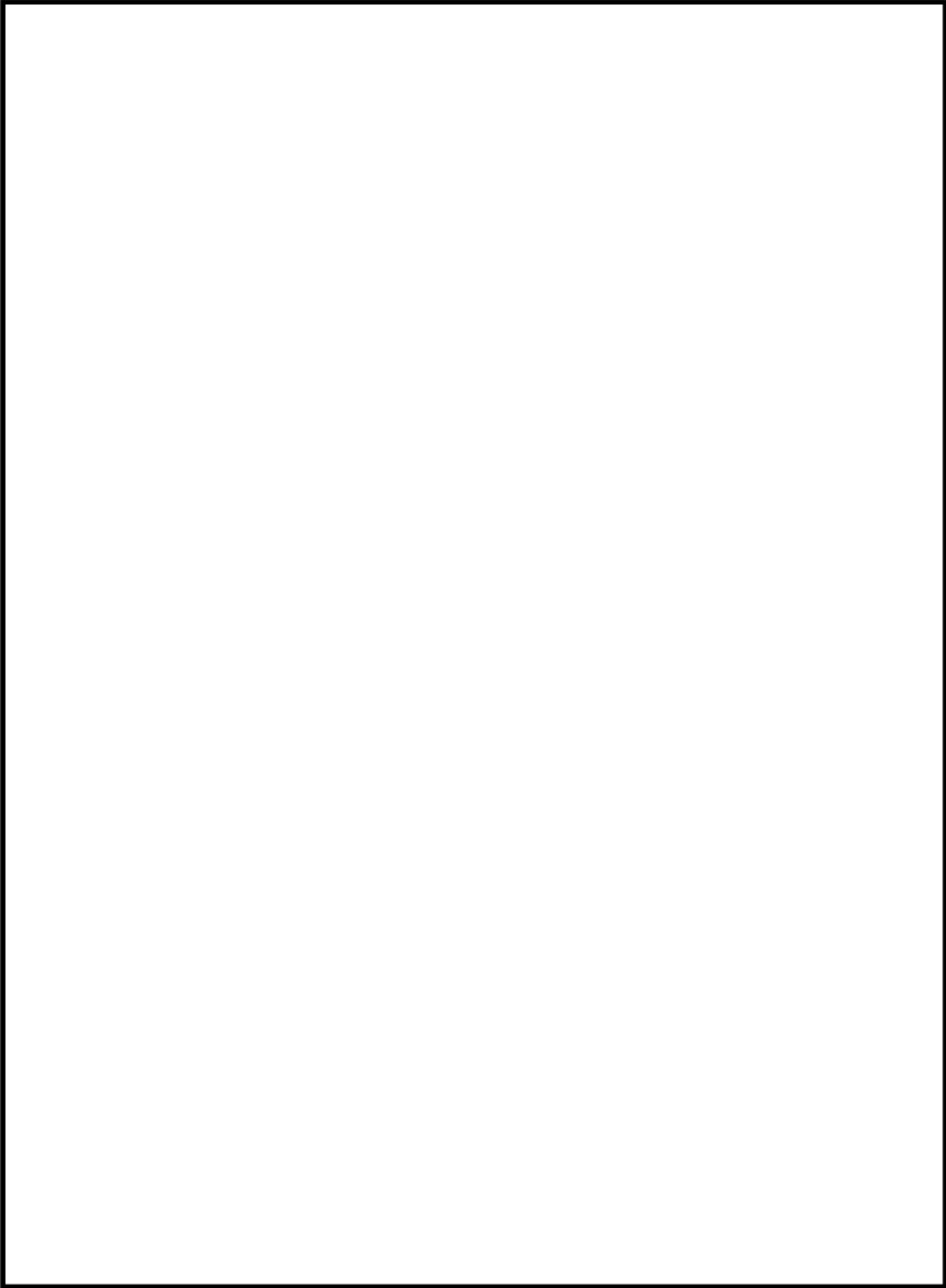
6.2 長期施設管理方針として策定する事項

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

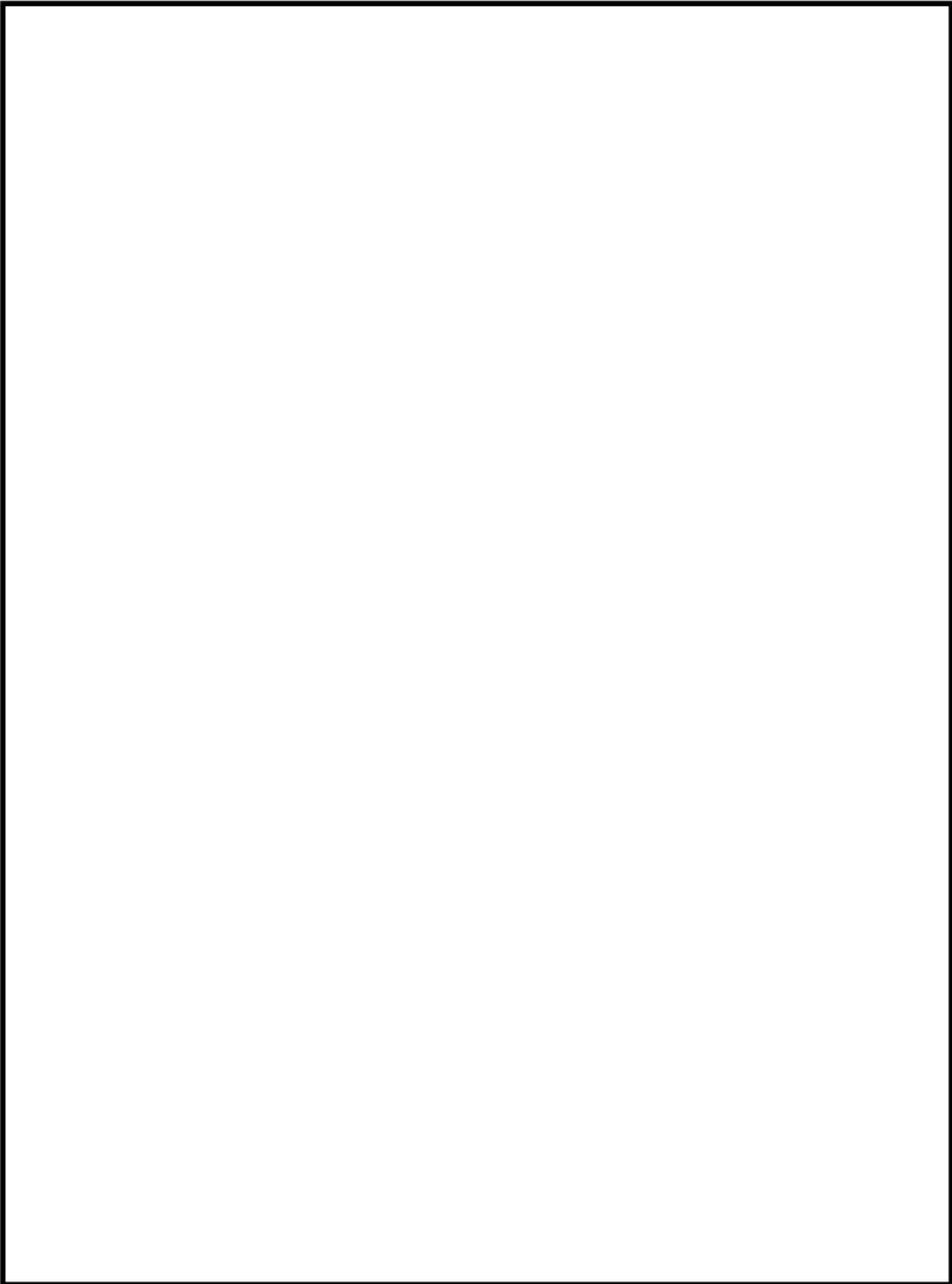
7. 添付資料

- 1) 原子炉格納容器内の難燃 PH ケーブルの環境条件について
- 2) 難燃 PH ケーブルの長期健全性試験（設計基準事故）における評価期間について
- 3) 難燃 PH ケーブルの長期健全性試験条件の事故時条件（設計基準事故）の包絡性について
- 4) 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
- 5) 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
- 6) 原子炉格納容器内のモジュラー型電気ペネトレーションの環境条件について
- 7) モジュラー型電気ペネトレーションのポッティング材およびOリングの長期健全性試験における評価期間について
- 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およびOリングの長期健全性試験条件の事故時条件（設計基準事故および重大事故等時）の包絡性について
- 9) モジュラー型電気ペネトレーションの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
- 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条件の事故時条件（設計基準事故）の包絡性について
- 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（重大事故等時）における評価期間について
- 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

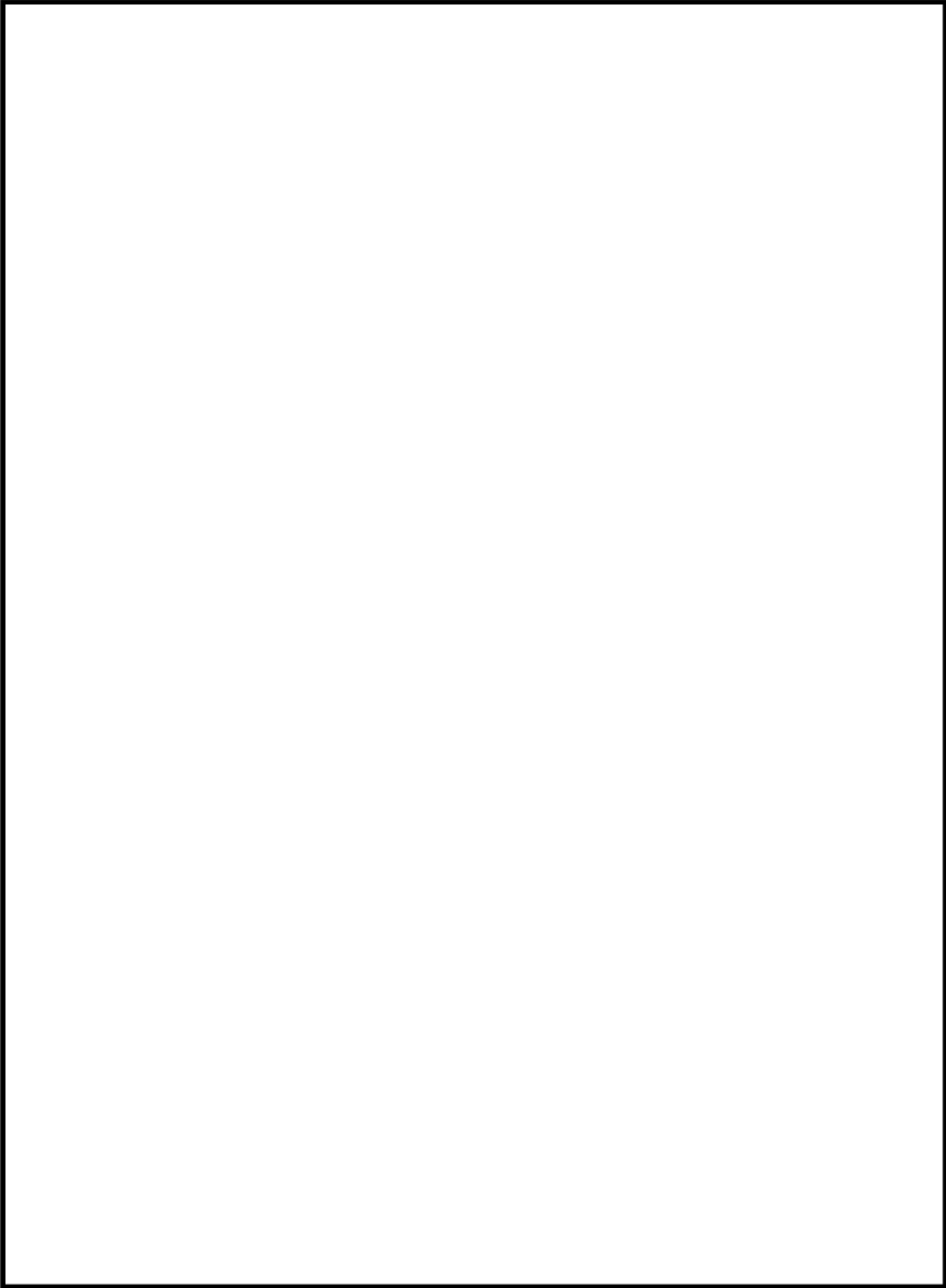
| | |
|------|--|
| タイトル | 原子炉格納容器内の難燃 PH ケーブルの環境条件について |
| 概要 | 難燃 PH ケーブルの評価期間を算定するために用いた環境条件の根拠について、以下に示す。 |
| 説明 | <p>環境条件が著しく悪化する環境において機能要求のある機器の評価期間を算定するために用いる環境条件は、設置環境（温度・放射線線量率）の観点で区分されたエリア（具体的には、区画壁面等で区分されたエリア）内での温度、放射線線量率の測定結果や設計値から設定している（添付-1)-2～6参照）。</p> <p>測定結果には、原子力安全・保安院指示文書「原子炉格納容器内の安全機能を有するケーブルの布設環境等の調査実施について（平成 19・07・30 原院第 5 号 平成 19 年 10 月 30 日 NISA-167b-07-1）」に基づき実施した原子炉格納容器内のケーブル布設環境（温度・放射線線量率）の調査結果も含めている。</p> |



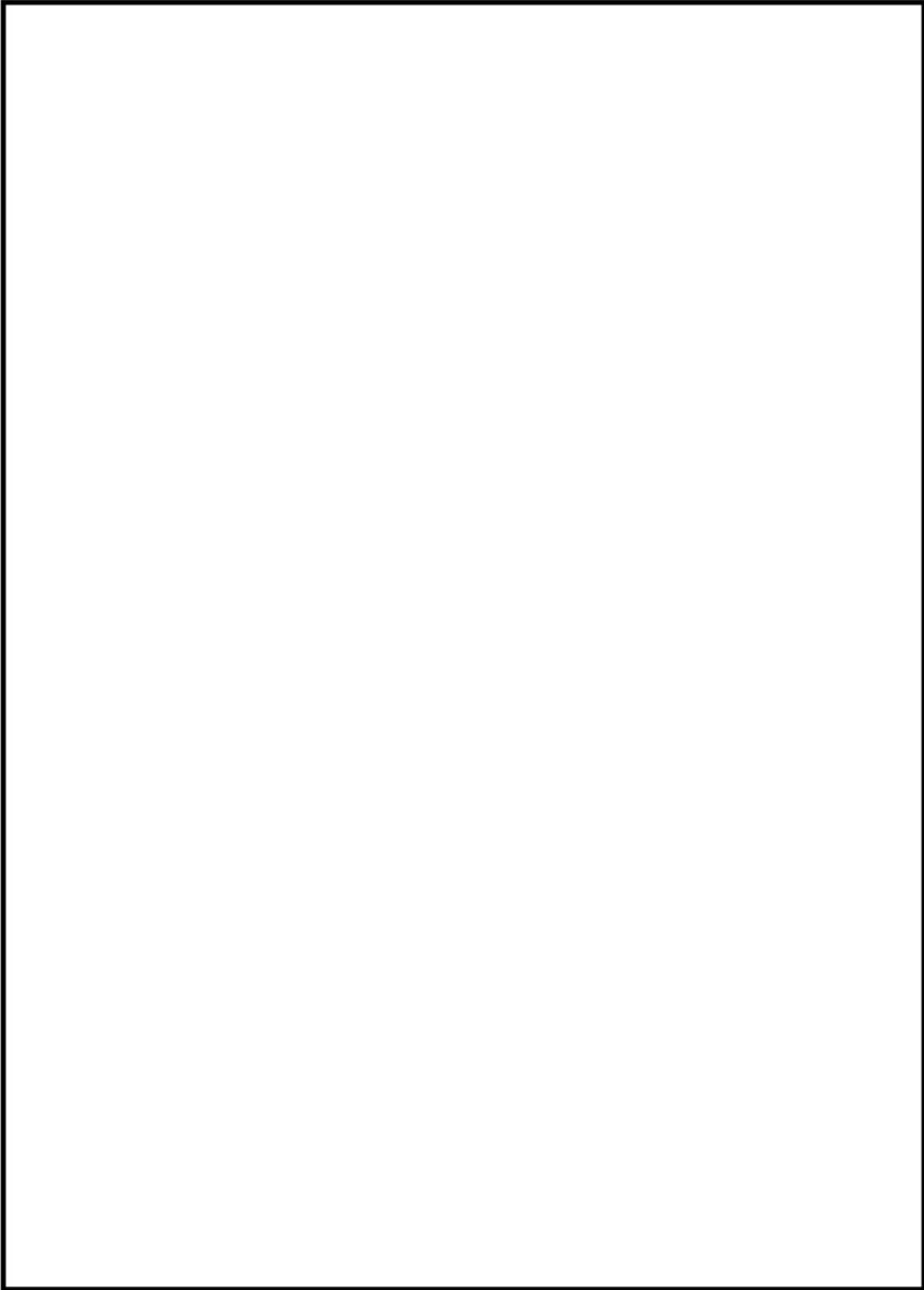
大飯 4 号炉 原子炉格納容器 E/L17.0m



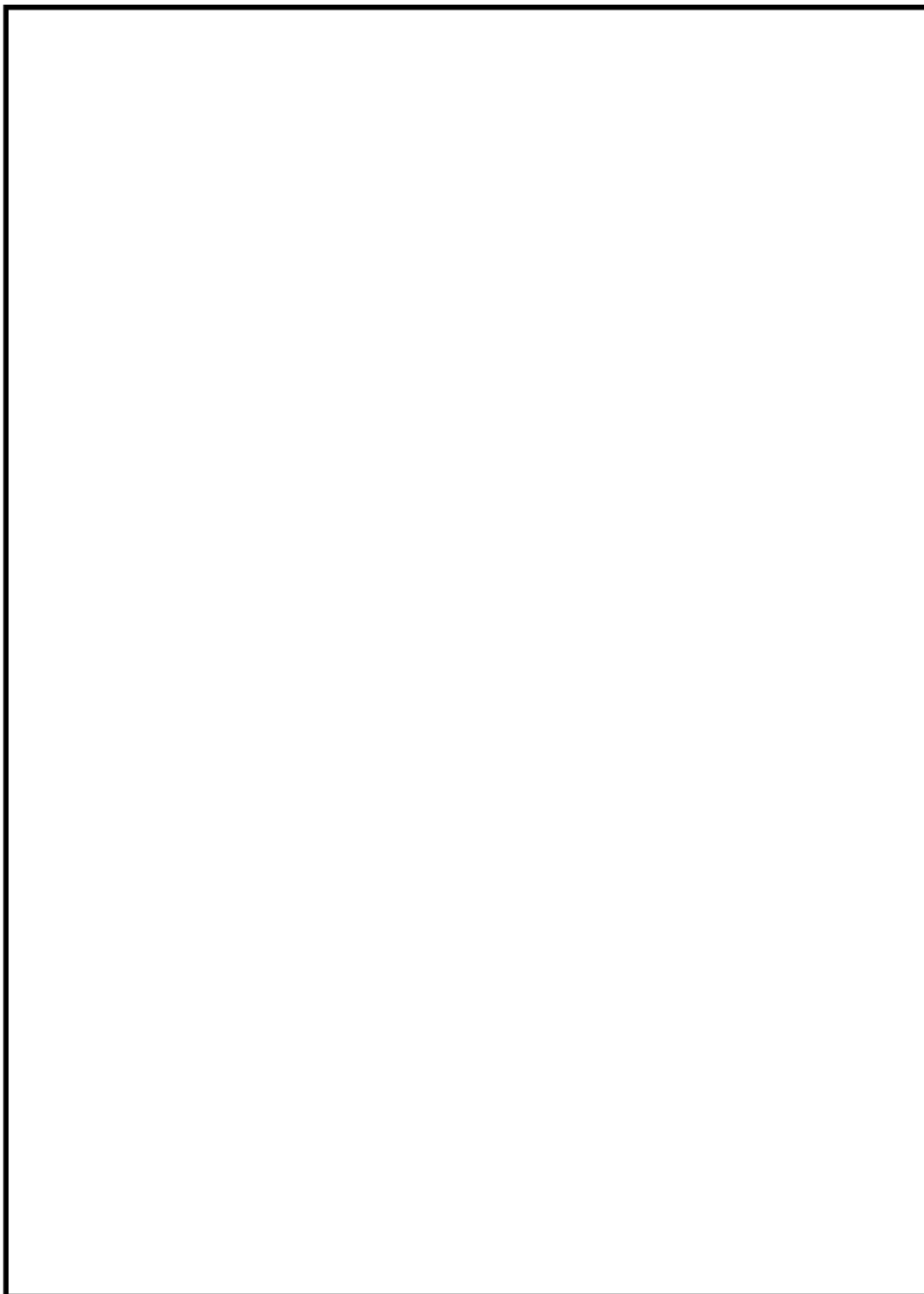
大飯 4 号炉 原子炉格納容器 E/L22.0m



大飯 4 号炉 原子炉格納容器 E/L26.0m



大飯 4 号炉 原子炉格納容器 E/L33.0m



大飯 4 号炉 原子炉格納容器 E/L42.0m

| | | | |
|---------|--|--------------|------------------|
| 説 明 | <p>ケーブルについては、1本のケーブルが複数のエリアに布設されているが、それぞれのエリアの環境条件のうち、最も厳しい環境条件で当該ケーブルの評価を実施し、評価結果に応じた保全を実施している。</p> <p>低圧ケーブルの技術評価書において、難燃 PH ケーブルについては、安全機能を有する難燃 PH ケーブル布設箇所環境条件 (添付-1)-8) を代表するように、以下の条件を選定して評価している。</p> | | |
| | 測定場所 | 温度*3 [°C] | 線量率*3 [Gy/h] |
| ループ室 | 36 | 0.2774 | ループ室最高線量率 |
| | 44 | 0.1704 | ループ室最高温度 |
| 加圧器室上部 | 36 | 0.0016 | ループ室以外の高温度高線量率箇所 |
| 通路部 | 38*1 | 0.0010 | 通電による温度上昇を考慮 |
| | 39 | 0.0016 | 通路部最高温度・線量率 |
| MS 区画*2 | 50 | 0.00001 | MS 区画の設計平均温度 |

*1：原子炉格納容器内でのケーブルの周囲温度（約 38°C）に通電による温度上昇と若干の余裕を加えた温度（56°C）として設定した。

*2：主蒸気・主給水管室

*3：太線は通常運転時の使用条件として記載した温度、線量率

環境条件が著しく悪化する環境において機能要求のある難燃 PH ケーブル布設エリア

| 測定場所 | エリア | 温度 [°C] | 温度 上昇*1 | 線量率 [Gy/h] | 選定理由 |
|--------|---------------|------------|------------|---------------|------------------|
| ループ室 | A-2 | 30 | — | 0.0435 | |
| | A-3, 4 | 33 | — | 0.0442 | |
| | B-1 | 39 | — | 0.1352 | |
| | B-2 | 36 | — | 0.2774 | ループ室最高線量率 |
| | B-3 | 32 | — | 0.1657 | |
| | B-4 | 44 | — | 0.1704 | ループ室最高温度 |
| | C-1 | 40 | — | 0.0284 | |
| | C-2 | 35 | — | 0.2774 | |
| | C-3 | 42 | — | 0.1657 | |
| | C-4 | 35 | — | 0.1704 | |
| 加圧器室上部 | E-1 | 36 | — | 0.0016 | ループ室以外の高温度高線量率箇所 |
| 通路部 | A-6 | 29 | — | 0.0009 | |
| | A-7 | 30 | — | 0.0001 | |
| | A-8 | 30 | ○ | 0.0009 | |
| | A-9 | 28 | — | 0.0009 | |
| | A-10 | 26 | — | 0.0009 | |
| | A-11, 12 | 30 | — | 0.0009 | |
| | B-6, 8, 9, 11 | 30 | ○ | 0.0014 | |
| | B-7, 10 | 26 | ○ | 0.0014 | |
| | B-12 | 28 | ○ | 0.0014 | |
| | C-6, 16 | 34 | — | 0.0016 | |
| | C-7, 10 | 29 | ○ | 0.0016 | |
| | C-8 | 28 | ○ | 0.0012 | |
| | C-11 | 34 | ○ | 0.0016 | |
| | C-9, 12 | 30 | ○ | 0.0011 | |
| | C-13 | 31 | — | 0.0016 | |
| | C-14 | 29 | — | 0.0010 | |
| | D-6, 8 | 31 | — | 0.0010 | |
| | D-9 | 38 | — | 0.0010 | |
| | D-10 | 28 | ○ | 0.0010 | |
| | D-11 | 38 | ○ | 0.0010 | 通電による温度上昇（最高温度） |
| D-12 | 37 | — | 0.0009 | | |
| E-2 | 39 | — | 0.0016 | 通路部最高温度・線量率 | |
| MS 区画 | — | 50 | — | 0.00001 | MS 区画の設計平均温度 |

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

| タイトル | 難燃 PH ケーブルの長期健全性試験（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 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-1)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 1272 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-3)-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（事故後 27 時間までの解析を実施）を、添付-3)-3 に事故時雰囲気曝露の試験条件を添付する。</p> <p>また、添付-3)-3 に設計基準事故（主蒸気管破断）条件を添付する。</p> <p>以下に示すように、事故時雰囲気曝露の試験条件は、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="418 712 1350 1308"> <thead> <tr> <th></th> <th>条件（温度－時間）</th> <th>65℃換算*1</th> <th>合計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">事故時 雰囲気 曝露 試験</td> <td rowspan="3">[]</td> <td>284719 時間</td> <td rowspan="3">1270470 時間 (100 年以上)</td> </tr> <tr> <td>127000 時間</td> </tr> <tr> <td>858751 時間</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">設計基準 事故*2</td> <td rowspan="3">[]</td> <td>19779 時間</td> <td rowspan="3">31594 時間 (約 3.6 年)</td> </tr> <tr> <td>3079 時間</td> </tr> <tr> <td>8736 時間</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">設計基準 事故*3</td> <td rowspan="3">[]</td> <td>808106 時間</td> <td rowspan="3">808141 時間 (約 92.2 年)</td> </tr> <tr> <td>1 時間</td> </tr> <tr> <td>34 時間</td> </tr> </tbody> </table> <p>*1：活性化エネルギー [] [kcal/mol]（メーカーデータ）での換算値 *2：1次冷却材管の破断による原子炉冷却材喪失事故包絡条件 *3：主蒸気管破断事故包絡条件</p> | | | | 条件（温度－時間） | 65℃換算*1 | 合計 | 事故時 雰囲気 曝露 試験 | [] | 284719 時間 | 1270470 時間 (100 年以上) | 127000 時間 | 858751 時間 | 設計基準 事故*2 | [] | 19779 時間 | 31594 時間 (約 3.6 年) | 3079 時間 | 8736 時間 | 設計基準 事故*3 | [] | 808106 時間 | 808141 時間 (約 92.2 年) | 1 時間 | 34 時間 |
| | 条件（温度－時間） | 65℃換算*1 | 合計 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 事故時 雰囲気 曝露 試験 | [] | 284719 時間 | 1270470 時間 (100 年以上) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 127000 時間 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 858751 時間 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 設計基準 事故*2 | [] | 19779 時間 | 31594 時間 (約 3.6 年) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 3079 時間 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 8736 時間 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 設計基準 事故*3 | [] | 808106 時間 | 808141 時間 (約 92.2 年) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 1 時間 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 34 時間 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | |
|------------|--|
| <p>説 明</p> | |
| | |
| | <p>大飯 4 号炉 格納容器内設計基準事故（1 次冷却材管の破断による原子炉冷却材喪失）の圧力温度解析結果</p> |

| | |
|------------------------------------|-----------------------------|
| 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 |
| | |
| 大飯 4 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) | |

説 明

また、代表機器の難燃 PH ケーブル以外の低圧ケーブルで、耐環境性能を要求されるケーブルとして難燃 PH ケーブル-1（代表機器と製造メーカーが異なる難燃 PH ケーブル）および難燃 PSHV ケーブルがあり、難燃 PH ケーブル-1 について代表機器と同様に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を用いて評価した結果、以下に示すように、60 年間の運転期間および設計基準事故後においても絶縁機能を維持できると判断する。

①試験条件と実機の使用条件に基づく劣化条件との比較

難燃 PH ケーブル-1 が耐環境性能を要求される MS 区画の実機使用条件（50℃-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 日として換算した加速温度(T2=103℃)は、長期健全性試験条件の温度（140℃）に包絡される。

| T2[℃] | L2[日] | T1[℃] | L1[年] |
|-------|-------|-------|-------|
| 103 | 9 | 50 | 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)

②試験条件と実機に想定される設計基準事故時条件との比較

添付-3)-5 に事故時雰囲気曝露の試験条件を添付する。また、設計基準事故（主蒸気管破断）条件は添付-3)-3 を参照のこと。

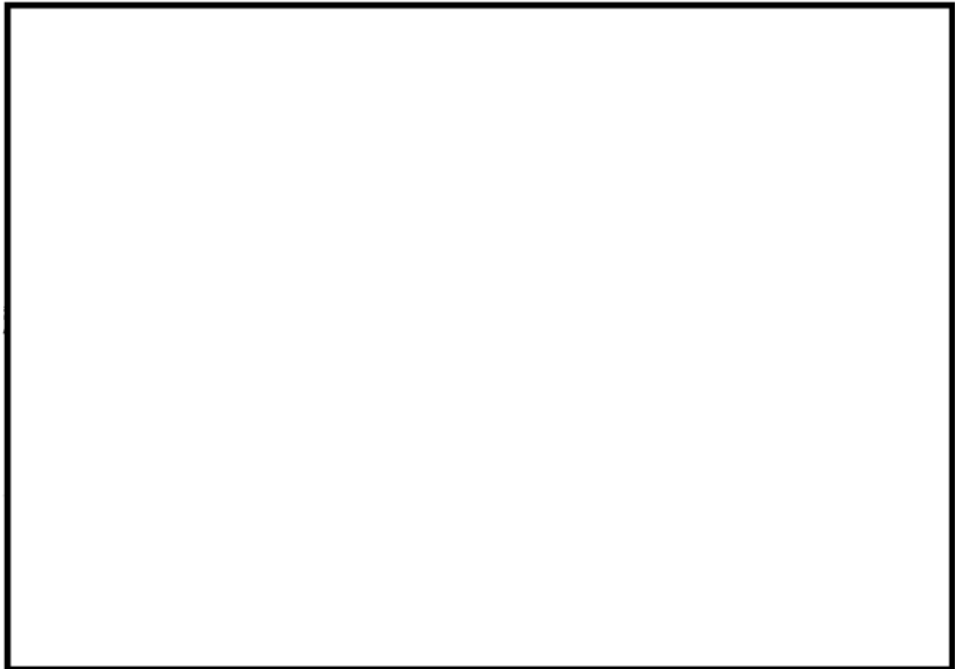
以下に示すように、事故時雰囲気曝露の試験条件は、実機の設計基準事故時条件を包絡している。

| | 条件（温度－時間） | 65℃換算*1 | 合計 |
|------------------------|----------------------|-----------|-------------------------|
| 事故時 雰囲気 曝露 試験 | <input type="text"/> | 296397 時間 | 1304939 時間 (100 年以上) |
| | | 130857 時間 | |
| | | 877685 時間 | |
| 設計基準 事故*2 | <input type="text"/> | 836049 時間 | 34837 時間 (約 95.4 年) |
| | | 1 時間 | |
| | | 33 時間 | |

*1：活性化エネルギー [kcal/mol]（メーカーデータ）での換算値

*2：主蒸気管破断事故包絡条件

説 明



難燃 PH ケーブル-1 設計基準事故時雰囲気暴露試験条件
(電気学会推奨案)

なお、耐環境性能を要求される難燃 PSHV ケーブルの構造および絶縁体材料は難燃 PH ケーブル-1 と類似しており、使用条件も同じであることから、60 年間の運転期間および設計基準事故後においても絶縁機能を維持できると判断する。

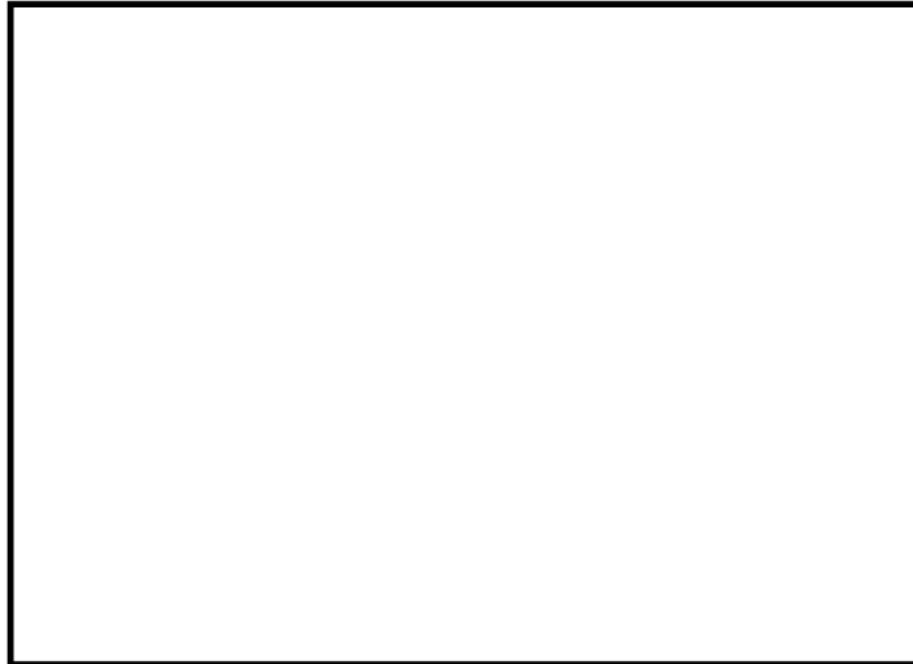
| | | | | |
|--|--|------------|-----------------------|-------------------|
| 説 明 | <p>また、設計基準事故時雰囲気内で機能要求がある難燃 PH ケーブル 1 については、代表機器と同様、ACA ガイドに従った長期健全性試験を用いて評価した結果、以下に示すように、50 年間の運転期間および設計基準事故後においても絶縁機能を維持できることが確認できた。</p> | | | |
| | <p>①難燃 PH ケーブル 1 の試験条件</p> | | | |
| | | 試験条件 | 通常運転時の使用条件に基づく評価期間*1 | 備考 |
| | 通常運転相当 | 120℃-2544h | 50℃-約 50 年 | 実機環境下にて使用していたもの*2 |
| | <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>*2：36.6℃-1.6mGy/h 環境にて 19.7 年間 (稼働率を考慮した年数) 布設</p> | | | |
| | <p>②試験条件と実機に想定される設計基準事故時条件との比較</p> | | | |
| | <p>添付-3)-7 に事故時雰囲気曝露の試験条件を添付する。また、設計基準事故 (主蒸気管破断) 条件は添付-3)-3 を参照のこと。</p> | | | |
| | <p>以下に示すように、事故時雰囲気曝露の試験条件は、実機の設計基準事故時条件を包絡している。</p> | | | |
| | | 条件 (温度-時間) | 65℃換算*1 | 合計 |
| 事故時 雰囲気 曝露 試験 | | 368 時間 | 24993 時間 (約 2.8 年) | |
| | | 1224 時間 | | |
| | | 23401 時間 | | |
| 設計基準 事故*2 | | 4622 時間 | 5470 時間 (約 0.7 年) | |
| | | 1 時間 | | |
| | | 847 時間 | | |
| <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：主蒸気管破断事故包絡条件</p> | | | | |
| <p>なお、耐環境性能を要求される難燃 PSHV ケーブルの構造および絶縁体材料は難燃 PH ケーブル 1 と類似しており、使用条件も同じであることから、50 年間の運転期間および設計基準事故後においても絶縁機能を維持できると判断する。</p> | | | | |

| | |
|------------|--|
| <p>説 明</p> | <p>難燃 PH ケーブル-1 設計基準事故時雰囲気暴露試験条件 (ACA)</p> |
|------------|--|

| 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および活性化エネルギー等を以下に示す。 | | | | | | | | |
| 説明 | <p>難燃 PH ケーブルの 60 年間の通常運転時の使用条件に基づく劣化条件は、ケーブル絶縁材の活性化エネルギーを用いて、アレニウス則により算出している。</p> <p>長期健全性試験による評価においては、添付-1)で整理した各環境条件および使用済燃料ピットエリアの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℃-11 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 11 時間として換算した結果を以下に示す。</p> <table border="1" data-bbox="512 875 1270 969"> <thead> <tr> <th>T2[℃]</th> <th>L2[時間]</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： [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[時間] | T1[℃] | L1[年] | 137 | 11 | 56 | 60 |
| T2[℃] | L2[時間] | 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-5)-2 に、健全性評価上、最も厳しい条件となる重大事故等時（格納容器過圧破損）の安全解析結果（事故後 7 日間までの解析を実施）および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 1259 1003"> <thead> <tr> <th data-bbox="523 725 876 779"></th> <th data-bbox="876 725 1259 779">条件（温度－時間）</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="523 779 876 853">事故時雰囲気曝露試験</td> <td data-bbox="876 779 1259 1003" rowspan="3"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="523 853 876 927">重大事故等時*1</td> </tr> <tr> <td data-bbox="523 927 876 1003">重大事故等時*2</td> </tr> </tbody> </table> <p>*1：格納容器過圧破損事故包絡条件 *2：使用済燃料ピットにおける重大事故に至るおそれがある事故包絡条件</p> | | 条件（温度－時間） | 事故時雰囲気曝露試験 | | 重大事故等時*1 | 重大事故等時*2 |
| | 条件（温度－時間） | | | | | | |
| 事故時雰囲気曝露試験 | | | | | | | |
| 重大事故等時*1 | | | | | | | |
| 重大事故等時*2 | | | | | | | |

説 明



大飯 4 号炉 重大事故等時（格納容器過圧破損）の安全解析結果

上記重大事故等時環境解析の入力条件としては、大飯 4 号炉 原子炉設置許可申請書の添付書類十の第 7.2.1.1.2 表「雰囲気圧力・温度による静的負荷（格納容器過圧破損）」の主要解析条件（大破断 LOCA 時に高圧注入機能、低圧注入機能および格納容器スプレイ注入機能が喪失する事故）（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>大飯4号炉のモジュラー型電気ペネトレーションは、添付-1)で示した以下のエリアに設置されており、それぞれのエリアの環境条件で評価を実施し、評価結果に応じた保全を実施している。</p> <table border="1" data-bbox="652 651 1126 918"> <thead> <tr> <th>エリア</th> <th>温度 [°C]</th> <th>線量率 [Gy/h]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>C-8</td> <td>28</td> <td>0.0012</td> </tr> <tr> <td>C-9</td> <td>30</td> <td>0.0011</td> </tr> <tr> <td>C-11</td> <td>34</td> <td>0.0016</td> </tr> <tr> <td>C-12</td> <td>30</td> <td>0.0011</td> </tr> <tr> <td>C-14</td> <td>29</td> <td>0.0010</td> </tr> </tbody> </table> <p>電気ペネトレーションの技術評価書では、上記条件のうち、設置箇所の環境条件を代表するように、最も厳しい条件（C-11 エリア）を通常運転時の使用条件として記載している。</p> <p>更に、モジュラー型電気ペネトレーションの各部位の環境条件は、上記の使用条件の温度 34°Cに、通常運転時の電流値から算出した発熱による温度上昇および裕度を加えた以下の温度としている。【別紙8. 添付-2) ①参照】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ポッティング材およびOリング：40°C ・外部リード-1-1、外部リード1-2 ：42°C（温度上昇の考慮が不要な場合は36°C） ・外部リード-2：36°C（温度上昇の考慮が不要） | エリア | 温度 [°C] | 線量率 [Gy/h] | C-8 | 28 | 0.0012 | C-9 | 30 | 0.0011 | C-11 | 34 | 0.0016 | C-12 | 30 | 0.0011 | C-14 | 29 | 0.0010 |
| エリア | 温度 [°C] | 線量率 [Gy/h] | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| C-8 | 28 | 0.0012 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| C-9 | 30 | 0.0011 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| C-11 | 34 | 0.0016 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| C-12 | 30 | 0.0011 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| C-14 | 29 | 0.0010 | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| 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および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および活性化エネルギー等を以下に示す。 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 説明 | <p>モジュラー型電気ペネトレーションの60年間の通常運転時の使用条件に基づく劣化条件は、外部リードに使用されている難燃EPゴム絶縁ケーブルの活性化エネルギー^{※1}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およびOリングの実機使用条件を、長期健全性試験条件との比較を容易にするため、加速時間(L2)を試験条件と同じ日数として換算した結果を以下に示す。</p> <p>※1：平成22年度 電気・計装設備の健全性評価技術調査研究に関する報告書（原子力安全基盤機構）の成果の一部を参考に設定している。</p> <table border="1" data-bbox="421 875 1348 987"> <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>ポッティング材、</td> <td>110°C-218日^{※2}</td> <td>110</td> <td>218日</td> <td>40</td> <td>58.4</td> </tr> <tr> <td>Oリング</td> <td>71~107°C-20日^{※2}</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>40</td> <td>1.8</td> </tr> </tbody> </table> <p>※2:熱サイクル試験による劣化(71~107°C-20日間)に、使用条件40°C-60年に相当する熱劣化となるよう、通常の熱劣化(110°C-218日間)を加えた。熱サイクル試験の試験条件および実環境温度に換算した結果を添付-7)-2に示す。</p> <p>活性化エネルギー： [kcal/mol] (ACA)での換算値</p> <p>(L1:実環境年数、L2:加速時間、T1:実環境温度、T2:加速温度)</p> <p>ポッティング材およびOリングにおいて、実環境温度(T1)→60年を換算した加速温度(T2)は、長期健全性試験条件の温度に包絡される。</p> | 部位 | 試験条件 | T2[°C] | L2 | T1[°C] | L1[年] | ポッティング材、 | 110°C-218日 ^{※2} | 110 | 218日 | 40 | 58.4 | Oリング | 71~107°C-20日 ^{※2} | — | — | 40 | 1.8 |
| 部位 | 試験条件 | T2[°C] | L2 | T1[°C] | L1[年] | | | | | | | | | | | | | | |
| ポッティング材、 | 110°C-218日 ^{※2} | 110 | 218日 | 40 | 58.4 | | | | | | | | | | | | | | |
| Oリング | 71~107°C-20日 ^{※2} | — | — | 40 | 1.8 | | | | | | | | | | | | | | |

説 明

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

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


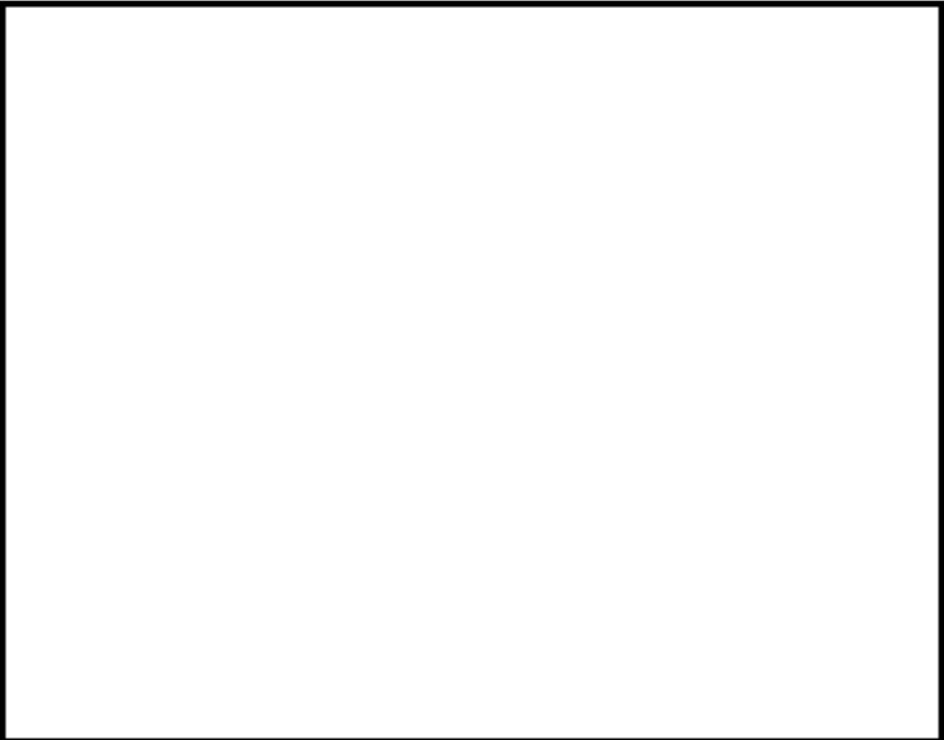
熱サイクル試験条件（1サイクル分）

| タイトル | モジュラー型電気ペネトレーションのポッティング材およびOリングの長期健全性試験条件の事故時条件（設計基準事故および重大事故等時）の包絡性について | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------|--|----------|---------|--|-----------|----------|----|------------------------|----|---------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------------|--|-------|---------|-------|---------|--------------|--|-------|---------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|
| 概要 | 試験条件の事故時条件が、実機に想定される設計基準事故および重大事故等時条件を包絡していることを以下に示す。 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 説明 | <p>添付-8)-2 にモジュラー型電気ペネトレーションの事故時雰囲気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、実機の設計基準事故時条件および重大事故等時条件を包絡している。</p> <p>なお、設計基準事故の安全解析結果は添付-3)-2 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-5)-2 を参照のこと。</p> <p>(ポッティング材、Oリング)</p> <table border="1" data-bbox="421 790 1353 1783"> <thead> <tr> <th></th> <th>条件（温度－時間）</th> <th>100℃換算*1</th> <th>合計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="6">事故時 雰囲気 曝露 試験</td> <td rowspan="6">*2</td> <td>1378 時間</td> <td rowspan="6">3806 時間</td> </tr> <tr><td>652 時間</td></tr> <tr><td>551 時間</td></tr> <tr><td>464 時間</td></tr> <tr><td>414 時間</td></tr> <tr><td>347 時間</td></tr> <tr> <td rowspan="3">設計基準 事故*3</td> <td rowspan="3"></td> <td>25 時間</td> <td rowspan="3">1120 時間</td> </tr> <tr><td>21 時間</td></tr> <tr><td>1074 時間</td></tr> <tr> <td rowspan="14">重大事故 等時*4</td> <td rowspan="14"></td> <td>96 時間</td> <td rowspan="14">1330 時間</td> </tr> <tr><td>261 時間</td></tr> <tr><td>81 時間</td></tr> <tr><td>61 時間</td></tr> <tr><td>68 時間</td></tr> <tr><td>61 時間</td></tr> <tr><td>54 時間</td></tr> <tr><td>48 時間</td></tr> <tr><td>59 時間</td></tr> <tr><td>75 時間</td></tr> <tr><td>72 時間</td></tr> <tr><td>87 時間</td></tr> <tr><td>77 時間</td></tr> <tr><td>85 時間</td></tr> <tr><td>107 時間</td></tr> <tr><td>38 時間</td></tr> </tbody> </table> <p>*1：活性化エネルギー：<input type="text"/> [kcal/mol] (ACA)での換算値</p> <p>*2：<input type="text"/></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：格納容器過圧破損事故包絡条件</p> | | | | 条件（温度－時間） | 100℃換算*1 | 合計 | 事故時 雰囲気 曝露 試験 | *2 | 1378 時間 | 3806 時間 | 652 時間 | 551 時間 | 464 時間 | 414 時間 | 347 時間 | 設計基準 事故*3 | | 25 時間 | 1120 時間 | 21 時間 | 1074 時間 | 重大事故 等時*4 | | 96 時間 | 1330 時間 | 261 時間 | 81 時間 | 61 時間 | 68 時間 | 61 時間 | 54 時間 | 48 時間 | 59 時間 | 75 時間 | 72 時間 | 87 時間 | 77 時間 | 85 時間 | 107 時間 | 38 時間 |
| | 条件（温度－時間） | 100℃換算*1 | 合計 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 事故時 雰囲気 曝露 試験 | *2 | 1378 時間 | 3806 時間 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 652 時間 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 551 時間 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 464 時間 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 414 時間 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 347 時間 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 設計基準 事故*3 | | 25 時間 | 1120 時間 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 21 時間 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 1074 時間 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 重大事故 等時*4 | | 96 時間 | 1330 時間 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 261 時間 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 81 時間 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 61 時間 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 68 時間 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 61 時間 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 54 時間 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 48 時間 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 59 時間 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 75 時間 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 72 時間 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 87 時間 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 77 時間 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 85 時間 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 107 時間 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 38 時間 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | |
|-----|---------------------------------------|
| 説 明 | |
| | <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および活性化エネルギー等を以下に示す。 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 説明 | <p>モジュラー型電気ペネトレーションの60年間の通常運転時の使用条件に基づく劣化条件は、外部リード-1-1、外部リード-1-2および外部リード-2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各外部リードの実機使用条件を、長期健全性試験条件との比較を容易にするため、加速時間(L2)を試験条件と同じ日数として換算した結果を以下に示す。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>部位</th> <th>試験条件</th> <th>T2 [°C]</th> <th>L2 [日]</th> <th>T1 [°C]</th> <th>L1 [年]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>外部リード-1-1</td> <td>140°C-9日</td> <td>92</td> <td>9</td> <td>42</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td>外部リード-1-2</td> <td>140°C-9日</td> <td>92</td> <td>9</td> <td>42</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td>外部リード-2</td> <td>110°C-154日^{*1}</td> <td>96</td> <td>154</td> <td>36</td> <td>22</td> </tr> </tbody> </table> <p>^{*1}:45.1°C-2.2mGy/hの布設環境で18.9年間（稼働率を考慮した年数）使用したケーブル（45.1°C-18.9年は実環境温度36°Cで約38.0年の劣化に相当）を供試体とし、追加で劣化させた条件を示す。</p> <p>活性化エネルギー：</p> <p>外部リード-1-1： <input type="text"/> [kcal/mol]（メーカーデータ）、 外部リード-1-2： <input type="text"/> [kcal/mol]（メーカーデータ）、 外部リード-2： <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>いずれの外部リードにおいても、実環境温度（T1）-60年を換算した加速温度（T2）は、長期健全性試験条件の温度に包絡される。</p> <p>なお、設計基準事故時環境において、電力・制御・計装信号伝達の機能が要求されるモジュラー型電気ペネトレーションの外部リードの絶縁体、製造メーカーおよび用途は以下の通り。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>外部リード</th> <th>絶縁体</th> <th>製造メーカー</th> <th>用途</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>外部リード-1-1</td> <td>難燃EPゴム</td> <td rowspan="3"><input type="text"/></td> <td>低圧電力/制御</td> </tr> <tr> <td>外部リード-1-2</td> <td>難燃EPゴム</td> <td>低圧電力/計装</td> </tr> <tr> <td>外部リード-2</td> <td>架橋ポリエチレン</td> <td>計装</td> </tr> </tbody> </table> | | | | | 部位 | 試験条件 | T2 [°C] | L2 [日] | T1 [°C] | L1 [年] | 外部リード-1-1 | 140°C-9日 | 92 | 9 | 42 | 60 | 外部リード-1-2 | 140°C-9日 | 92 | 9 | 42 | 60 | 外部リード-2 | 110°C-154日 ^{*1} | 96 | 154 | 36 | 22 | 外部リード | 絶縁体 | 製造メーカー | 用途 | 外部リード-1-1 | 難燃EPゴム | <input type="text"/> | 低圧電力/制御 | 外部リード-1-2 | 難燃EPゴム | 低圧電力/計装 | 外部リード-2 | 架橋ポリエチレン | 計装 |
| 部位 | 試験条件 | T2 [°C] | L2 [日] | T1 [°C] | L1 [年] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 外部リード-1-1 | 140°C-9日 | 92 | 9 | 42 | 60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 外部リード-1-2 | 140°C-9日 | 92 | 9 | 42 | 60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 外部リード-2 | 110°C-154日 ^{*1} | 96 | 154 | 36 | 22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 外部リード | 絶縁体 | 製造メーカー | 用途 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 外部リード-1-1 | 難燃EPゴム | <input type="text"/> | 低圧電力/制御 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 外部リード-1-2 | 難燃EPゴム | | 低圧電力/計装 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 外部リード-2 | 架橋ポリエチレン | | 計装 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| 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-10)-2 に外部リード-1-2 および外部リード-2 の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、実機の設計基準事故時条件を包絡している。</p> <p>なお、外部リード-1-1 については、難燃 PH ケーブルと同様であり、添付-3)-1~3 を参照のこと。</p> <p>また、設計基準事故の安全解析結果は添付-3)-2 を参照のこと。</p> <p>(外部リード-1-2 : 難燃 EP ゴム)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>条件 (温度-時間)</th> <th>65°C換算*1</th> <th>合計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">事故時 雰囲気 曝露 試験</td> <td rowspan="3"></td> <td>296397 時間</td> <td rowspan="3">1304191 時間 (100 年以上)</td> </tr> <tr> <td>130109 時間</td> </tr> <tr> <td>877685 時間</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">設計基準 事故*2</td> <td rowspan="3"></td> <td>20272 時間</td> <td rowspan="3">32130 間 (約 3.7 年)</td> </tr> <tr> <td>3122 時間</td> </tr> <tr> <td>8736 時間</td> </tr> </tbody> </table> <p>*1 : 活性化エネルギー [kcal/mol] (メーカーデータ) での換算値 *2 : 1 次冷却材管の破断による原子炉冷却材喪失事故包絡条件</p> <p>(外部リード-2 : 架橋ポリエチレン)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>条件 (温度-時間)</th> <th>65°C換算*1</th> <th>合計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">事故時 雰囲気 曝露 試験</td> <td rowspan="3"></td> <td>35 時間</td> <td rowspan="3">9698 時間</td> </tr> <tr> <td>259 時間</td> </tr> <tr> <td>9404 時間</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">設計基準 事故*2</td> <td rowspan="3"></td> <td>121 時間</td> <td rowspan="3">9028 時間</td> </tr> <tr> <td>171 時間</td> </tr> <tr> <td>8736 時間</td> </tr> </tbody> </table> <p>*1 : 活性化エネルギー [kcal/mol] (ACA) での換算値 *2 : 1 次冷却材管の破断による原子炉冷却材喪失事故包絡条件</p> | | | | 条件 (温度-時間) | 65°C換算*1 | 合計 | 事故時 雰囲気 曝露 試験 | | 296397 時間 | 1304191 時間 (100 年以上) | 130109 時間 | 877685 時間 | 設計基準 事故*2 | | 20272 時間 | 32130 間 (約 3.7 年) | 3122 時間 | 8736 時間 | | 条件 (温度-時間) | 65°C換算*1 | 合計 | 事故時 雰囲気 曝露 試験 | | 35 時間 | 9698 時間 | 259 時間 | 9404 時間 | 設計基準 事故*2 | | 121 時間 | 9028 時間 | 171 時間 | 8736 時間 |
| | 条件 (温度-時間) | 65°C換算*1 | 合計 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 事故時 雰囲気 曝露 試験 | | 296397 時間 | 1304191 時間 (100 年以上) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 130109 時間 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 877685 時間 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 設計基準 事故*2 | | 20272 時間 | 32130 間 (約 3.7 年) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 3122 時間 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 8736 時間 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 条件 (温度-時間) | 65°C換算*1 | 合計 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 事故時 雰囲気 曝露 試験 | | 35 時間 | 9698 時間 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 259 時間 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 9404 時間 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 設計基準 事故*2 | | 121 時間 | 9028 時間 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 171 時間 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 8736 時間 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | |
|------------|--|
| <p>説 明</p> |  |
| | <p>モジュラー型電気ペネトレーション (外部リード-1-2) 事故時雰囲気暴露試験条件</p> |
| |  |
| | <p>モジュラー型電気ペネトレーション (外部リード-2) 事故時雰囲気暴露試験条件</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（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>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-1-1、外部リード-1-2および外部リード-2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各外部リードの実機使用条件を、長期健全性試験条件との比較を容易にするため、加速時間(L2)を試験条件と同じ日数として換算した結果を以下に示す。</p> <table border="1" data-bbox="421 797 1347 949"> <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>外部リード-1-1</td> <td>140°C-11時間</td> <td>107</td> <td>11時間</td> <td>36</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td>外部リード-1-2</td> <td>120°C-115日*1</td> <td>114</td> <td>115日</td> <td>42</td> <td>53.5</td> </tr> <tr> <td>外部リード-2</td> <td>110°C-450日*2</td> <td>92</td> <td>450日</td> <td>36</td> <td>52.2</td> </tr> </tbody> </table> <p>*1:33.4°Cの布設環境で15.6年間（稼働率86%（大飯4号炉））使用したケーブル（実環境温度42°Cで約6.8年の劣化に相当）を供試体とし、追加で劣化させた条件を示す。 *2:25.7°Cの布設環境で27年間（稼働率70%（大飯1号炉））使用したケーブル（実環境温度36°Cで約8.1年の劣化に相当）を供試体とし、追加で劣化させた条件を示す。</p> <p>活性化エネルギー： 外部リード-1-1： [] [kcal/mol]（メーカーデータ）、 外部リード-1-2： [] [kcal/mol]（メーカーデータ）、 外部リード-2： [] [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>いずれの外部リードにおいても、実環境温度（T1）-60年を換算した加速温度（T2）は、長期健全性試験条件の温度に包絡される。</p> <p>なお、重大事故等時環境において、電力・制御・計装信号伝達の機能が要求されるモジュラー型電気ペネトレーションの外部リードの絶縁体、製造メーカーおよび用途は以下の通り。</p> <table border="1" data-bbox="437 1523 1347 1675"> <thead> <tr> <th>外部リード</th> <th>絶縁体</th> <th>製造メーカー</th> <th>用途</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>外部リード-1-1</td> <td>難燃EPゴム</td> <td rowspan="3">[]</td> <td>計装</td> </tr> <tr> <td>外部リード-1-2</td> <td>難燃EPゴム</td> <td>低圧電力/計装</td> </tr> <tr> <td>外部リード-2</td> <td>架橋ポリエチレン</td> <td>計装</td> </tr> </tbody> </table> | 部位 | 試験条件 | T2[°C] | L2 | T1[°C] | L1[年] | 外部リード-1-1 | 140°C-11時間 | 107 | 11時間 | 36 | 60 | 外部リード-1-2 | 120°C-115日*1 | 114 | 115日 | 42 | 53.5 | 外部リード-2 | 110°C-450日*2 | 92 | 450日 | 36 | 52.2 | 外部リード | 絶縁体 | 製造メーカー | 用途 | 外部リード-1-1 | 難燃EPゴム | [] | 計装 | 外部リード-1-2 | 難燃EPゴム | 低圧電力/計装 | 外部リード-2 | 架橋ポリエチレン | 計装 |
| 部位 | 試験条件 | T2[°C] | L2 | T1[°C] | L1[年] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 外部リード-1-1 | 140°C-11時間 | 107 | 11時間 | 36 | 60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 外部リード-1-2 | 120°C-115日*1 | 114 | 115日 | 42 | 53.5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 外部リード-2 | 110°C-450日*2 | 92 | 450日 | 36 | 52.2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 外部リード | 絶縁体 | 製造メーカー | 用途 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 外部リード-1-1 | 難燃EPゴム | [] | 計装 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 外部リード-1-2 | 難燃EPゴム | | 低圧電力/計装 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 外部リード-2 | 架橋ポリエチレン | | 計装 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| 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>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）および外部リード-1-1の事故時雰囲気曝露の試験条件は添付-5)-2を、外部リード-1-2、外部リード-2の事故時雰囲気曝露の試験条件は添付-12)-3を参照のこと。</p> <p>外部リード-1-1については添付-5)-1、外部リード-1-2および外部リード-2については、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>(外部リード-1-2)</p> <table border="1" data-bbox="421 837 1353 1711"> <thead> <tr> <th></th> <th>条件（温度-時間）</th> <th>100℃換算*1</th> <th>合計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="6">事故時 雰囲気 曝露 試験</td> <td></td> <td>2239 時間</td> <td rowspan="6">6002 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>1050 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>866 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>712 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>624 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>511 時間</td> </tr> <tr> <td rowspan="14">重大事故 等時*2</td> <td></td> <td>139 時間</td> <td rowspan="14">1834 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>387 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>122 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>91 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>100 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>87 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>76 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>66 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>80 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>100 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>95 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>112 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>97 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>106 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>130 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>46 時間</td> </tr> </tbody> </table> <p>*1：活性化エネルギー [kcal/mol]（メーカーデータ）での換算値 *2：格納容器過圧破損事故包絡条件</p> | | | | 条件（温度-時間） | 100℃換算*1 | 合計 | 事故時 雰囲気 曝露 試験 | | 2239 時間 | 6002 時間 | | 1050 時間 | | 866 時間 | | 712 時間 | | 624 時間 | | 511 時間 | 重大事故 等時*2 | | 139 時間 | 1834 時間 | | 387 時間 | | 122 時間 | | 91 時間 | | 100 時間 | | 87 時間 | | 76 時間 | | 66 時間 | | 80 時間 | | 100 時間 | | 95 時間 | | 112 時間 | | 97 時間 | | 106 時間 | | 130 時間 | | 46 時間 |
| | 条件（温度-時間） | 100℃換算*1 | 合計 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 事故時 雰囲気 曝露 試験 | | 2239 時間 | 6002 時間 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 1050 時間 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 866 時間 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 712 時間 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 624 時間 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 511 時間 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 重大事故 等時*2 | | 139 時間 | 1834 時間 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 387 時間 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 122 時間 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 91 時間 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 100 時間 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 87 時間 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 76 時間 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 66 時間 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 80 時間 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 100 時間 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 95 時間 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 112 時間 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 97 時間 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 106 時間 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 130 時間 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 46 時間 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| 説 明 | (外部リード-2) | | |
|------------------------|------------|----------|---------|
| | 条件 (温度-時間) | 100℃換算*1 | 合計 |
| 事故時 雰囲気 曝露 試験 | | 595 時間 | 1735 時間 |
| | | 286 時間 | |
| | | 252 時間 | |
| | | 221 時間 | |
| | | 203 時間 | |
| | | 178 時間 | |
| 重大事故 等時*2 | | 50 時間 | 773 時間 |
| | | 132 時間 | |
| | | 41 時間 | |
| | | 31 時間 | |
| | | 35 時間 | |
| | | 32 時間 | |
| | | 30 時間 | |
| | | 27 時間 | |
| | | 35 時間 | |
| | | 45 時間 | |
| | | 45 時間 | |
| | | 56 時間 | |
| | | 51 時間 | |
| | | 59 時間 | |
| 76 時間 | | | |
| 28 時間 | | | |

*1：活性化エネルギー [kcal/mol] (ACA) での換算値
*2：格納容器過圧破損事故包絡条件

| | |
|------------|--|
| <p>説 明</p> | <div data-bbox="411 331 1359 994" style="border: 2px solid black; height: 296px; width: 594px;"></div> <p data-bbox="507 1016 1273 1093" style="text-align: center;">外部リード-1-2および外部リード-2の重大事故等時の 事故時雰囲気曝露の試験条件</p> |
|------------|--|

別紙

- 別紙 1. 弁電動装置の評価について
- 別紙 2. 同軸ケーブルの評価について
- 別紙 3. ケーブル接続部の評価について
- 別紙 4. 計測制御設備の評価について
- 別紙 5. 電気・計装品の評価（共通項目）について
- 別紙 6. 屋外ケーブルの水トリーに対する現状保全内容について
- 別紙 7. 電気ペネトレーションの製造メーカーによる構造等の差異について
- 別紙 8. 通電による温度上昇、余裕について
- 別紙 9. I S L O C A 環境下における機器への影響について
- 別紙 10. 大飯 3 号炉の高経年化技術評価との相違点について

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

耐環境性能を要求される弁電動装置については、絶縁物の温度、放射線、機械的および設計基準事故時雰囲気による劣化を考慮した評価を、実機同等品による長期健全性試験【別紙 1. 添付-1)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。

図1. 1に長期健全性試験手順を示す。

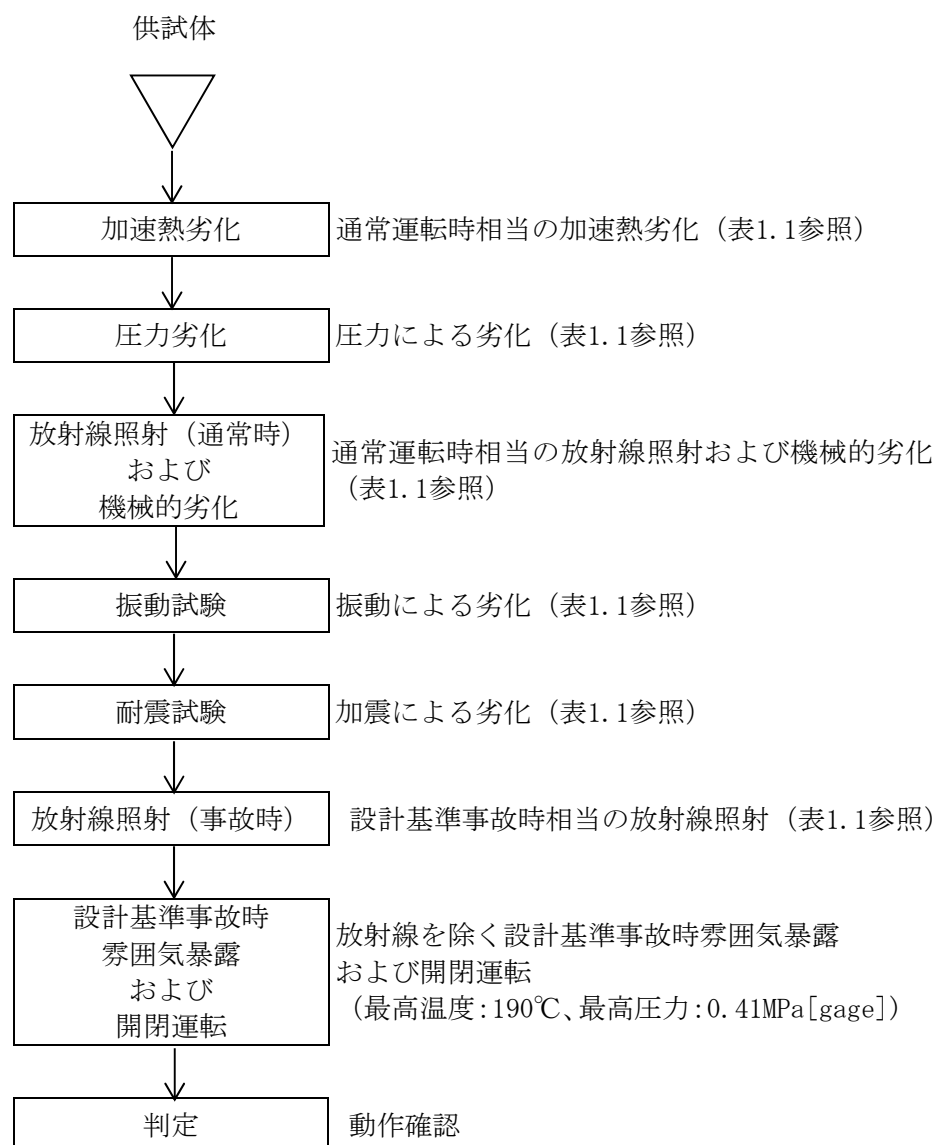


図1. 1 耐環境性能を要求される弁電動装置の長期健全性試験手順

b. 試験条件

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

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

| | 試験条件 | 妥当性説明 |
|---------------------------------|---|--|
| 加速熱劣化 | 130℃×475時間*3 および 115℃×139時間*4 | 大飯4号炉の原子炉格納容器内の環境条件に余裕をみた温度(75℃)【別紙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 | 大飯4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) および 機械的劣化 | 放射線照射量：500kGy (10kGy/h以下) 機械劣化：3,000回開閉操作 | 大飯4号炉の60年間の通常時線量24kGy*2を包絡している。 大飯4号炉の60年間の動作回数(約1,000回)を包絡している。 【別紙1.添付-5)参照】 |
| 振動試験 | 0.75G-5~100~5Hz×135分 | IEEE Std. 382-1996に基づく。 |
| 耐震試験 | 加振波形：正弦波 加速度：水平方向 6G 鉛直方向 6G | 「日本電気協会 原子力発電所耐震設計技術指針追補版 (JEAG 4601-1991)」に基づく。 |
| 放射線照射 (事故時) | 放射線照射量：1,500kGy (10kGy/h以下) | 大飯4号炉の設計基準事故時線量824kGyを包絡している。 |
| 設計基準事故時 雰囲気暴露 および 開閉運転 | 温度：最高温度 190℃ 圧力：最高圧力 0.41MPa 時間：360時間 開閉往復運動回数：13回*5 | 大飯4号炉の設計基準事故時の最高圧力、最高温度を包絡している。 【別紙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：原子炉格納容器内の空間線量率 0.0442Gy/h×(24h×365.25日×60年)=24kGy

*3：モータ単体での加速熱劣化試験条件

*4：モータ等を組み込んだ弁電動装置一式での加速熱劣化試験条件

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

c. 評価結果

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

表1.2 耐環境性能を要求される弁電動装置の長期健全性試験結果

| 項目 | 判定 (メーカー基準) |
|------|-------------|
| 動作確認 | 良 |

2. 現状保全

固定子コイルおよび口出線・接続部品の絶縁低下に対しては、定期的な絶縁抵抗測定により、管理値以上であることの確認を行っている。【別紙5参照】

3. 総合評価

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

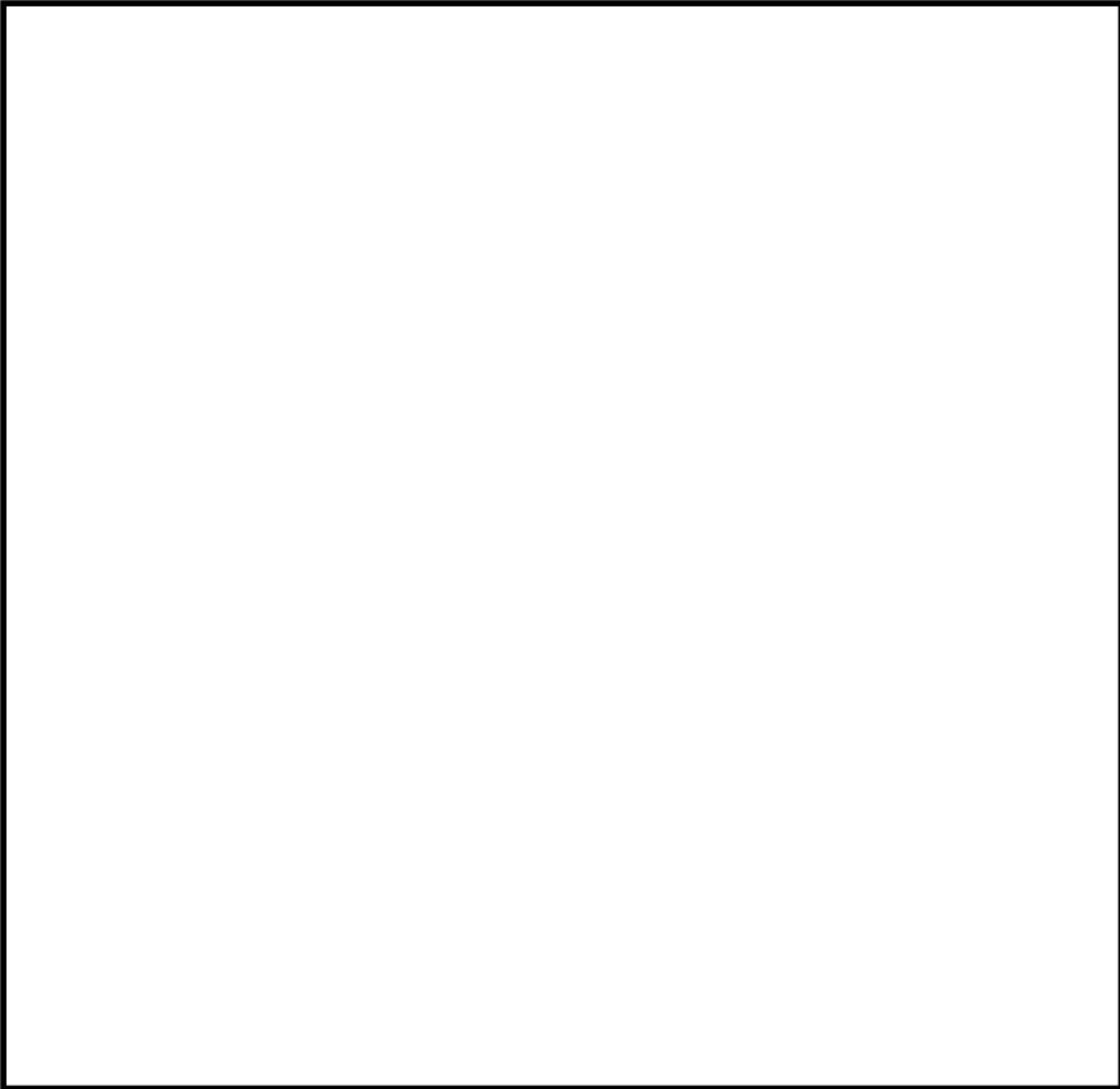
4. 高経年化への対応

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

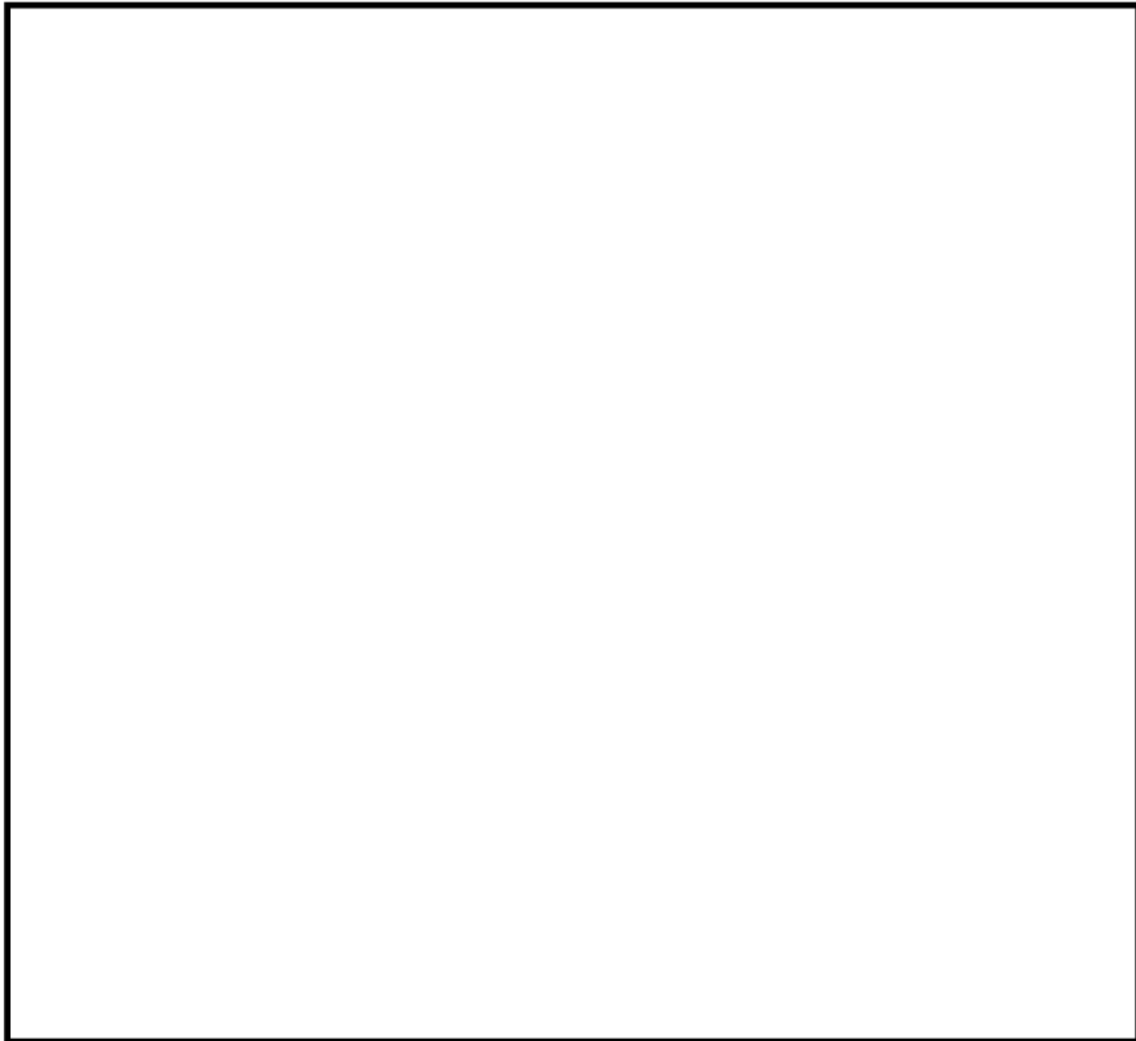
5. 添付資料

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

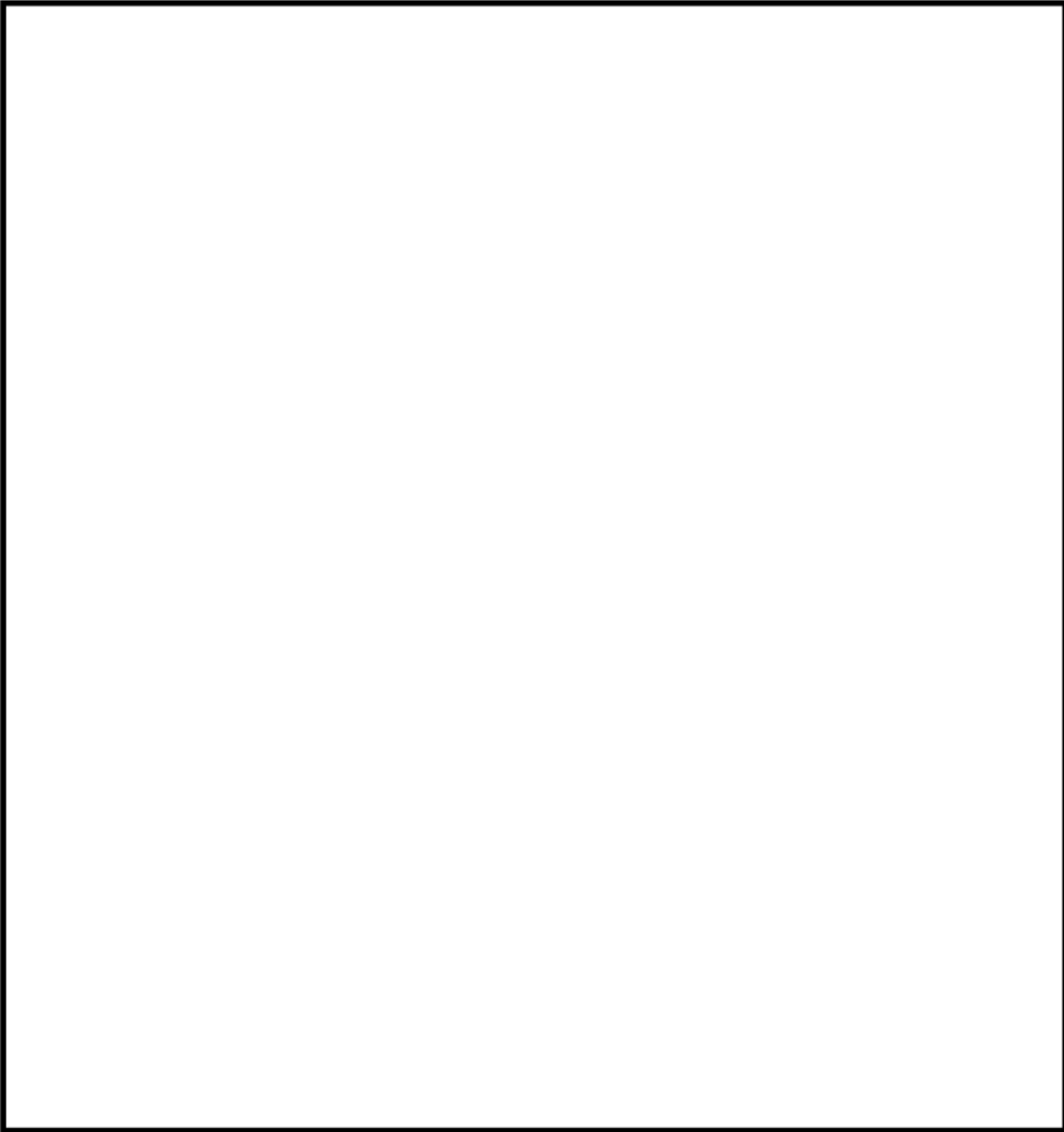
| タイトル | 原子炉格納容器内で耐環境性能を要求される弁電動装置および長期健全性試験で用いた供試体の型式について | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------|--|---------|--|-----|----|----|--------------------|---|-------|------------------|---|-------|--------------|---|-------|------------------|---|-------|-----------|---|-------|--------------|---|-------|--------------------|---|-------|------------------------|---|--------|--------------------------|---|---------|------------------------|---|---------|-------------------------|---|---------|-------------------------|---|---------|------------------------|---|---------|----------|---|-------|---------------------------|---|-------|
| 概要 | 原子炉格納容器内で耐環境性能を要求される弁電動装置および長期健全性試験で用いた供試体の型式について、以下に示す。 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 説明 | <p>原子炉格納容器内で耐環境性能を要求される弁電動装置の弁名称、台数および型式を以下に示す。絶縁物の絶縁種別は全て「H種絶縁」、電源は全て交流である。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>弁名称</th> <th>台数</th> <th>型式</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>余熱除去ポンプループ高温側入口止め弁</td> <td>2</td> <td>SMB-3</td> </tr> <tr> <td>余熱除去ポンプ入口格納容器隔離弁</td> <td>2</td> <td>SMB-3</td> </tr> <tr> <td>余熱除去冷却器出口連絡弁</td> <td>2</td> <td>SMB-3</td> </tr> <tr> <td>ループ高温側低圧注入ライン止め弁</td> <td>2</td> <td>SMB-2</td> </tr> <tr> <td>加圧器逃がし弁前弁</td> <td>2</td> <td>SMB-1</td> </tr> <tr> <td>高圧注入ポンプ出口連絡弁</td> <td>2</td> <td>SMB-1</td> </tr> <tr> <td>高圧注入ポンプ高温側注入ライン止め弁</td> <td>2</td> <td>SMB-0</td> </tr> <tr> <td>ループ高温側試料採取ライン格納容器第1隔離弁</td> <td>2</td> <td>SMB-00</td> </tr> <tr> <td>1次冷却材ポンプ封水戻りライン格納容器第1隔離弁</td> <td>1</td> <td>SMB-000</td> </tr> <tr> <td>格納容器減圧装置排気ライン格納容器第1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格納容器第1隔離弁</td> <td>2</td> <td>SMB-000</td> </tr> <tr> <td>格納容器内耐震Bクラス制御用空気母管供給止め弁</td> <td>2</td> <td>SMB-000</td> </tr> <tr> <td>格納容器サンプル取出ライン格納容器第1隔離弁</td> <td>1</td> <td>SMB-000</td> </tr> <tr> <td>蓄圧タンク出口弁</td> <td>4</td> <td>SB-4D</td> </tr> <tr> <td>1次冷却材ポンプ冷却水戻りライン格納容器第1隔離弁</td> <td>1</td> <td>SB-0D</td> </tr> </tbody> </table> <p>長期健全性試験で用いた供試体の弁電動装置の型式・絶縁仕様・電源はSMB-000、H種絶縁、交流であり、一部の実機と大きさや外観は異なるものの、シール部の構造やモータの構造、絶縁物の使用材料は同様であることから、耐環境性の観点で差異はなく、上記耐環境性能を要求される弁電動装置全てについて、代表性があると考えます。</p> <p>なお、原子炉格納容器内で耐環境性能を要求される弁電動装置の設置箇所を別紙 1. 添付-1)-2~5 の配置図に示す。</p> | | | 弁名称 | 台数 | 型式 | 余熱除去ポンプループ高温側入口止め弁 | 2 | SMB-3 | 余熱除去ポンプ入口格納容器隔離弁 | 2 | SMB-3 | 余熱除去冷却器出口連絡弁 | 2 | SMB-3 | ループ高温側低圧注入ライン止め弁 | 2 | SMB-2 | 加圧器逃がし弁前弁 | 2 | SMB-1 | 高圧注入ポンプ出口連絡弁 | 2 | SMB-1 | 高圧注入ポンプ高温側注入ライン止め弁 | 2 | SMB-0 | ループ高温側試料採取ライン格納容器第1隔離弁 | 2 | SMB-00 | 1次冷却材ポンプ封水戻りライン格納容器第1隔離弁 | 1 | SMB-000 | 格納容器減圧装置排気ライン格納容器第1隔離弁 | 2 | SMB-000 | 格納容器水素パージ給気ライン格納容器第1隔離弁 | 2 | SMB-000 | 格納容器内耐震Bクラス制御用空気母管供給止め弁 | 2 | SMB-000 | 格納容器サンプル取出ライン格納容器第1隔離弁 | 1 | SMB-000 | 蓄圧タンク出口弁 | 4 | SB-4D | 1次冷却材ポンプ冷却水戻りライン格納容器第1隔離弁 | 1 | SB-0D |
| 弁名称 | 台数 | 型式 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 余熱除去ポンプループ高温側入口止め弁 | 2 | SMB-3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 余熱除去ポンプ入口格納容器隔離弁 | 2 | SMB-3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 余熱除去冷却器出口連絡弁 | 2 | SMB-3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ループ高温側低圧注入ライン止め弁 | 2 | SMB-2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 加圧器逃がし弁前弁 | 2 | SMB-1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 高圧注入ポンプ出口連絡弁 | 2 | SMB-1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 高圧注入ポンプ高温側注入ライン止め弁 | 2 | SMB-0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ループ高温側試料採取ライン格納容器第1隔離弁 | 2 | SMB-00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1次冷却材ポンプ封水戻りライン格納容器第1隔離弁 | 1 | SMB-000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 格納容器減圧装置排気ライン格納容器第1隔離弁 | 2 | SMB-000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 格納容器水素パージ給気ライン格納容器第1隔離弁 | 2 | SMB-000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 格納容器内耐震Bクラス制御用空気母管供給止め弁 | 2 | SMB-000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 格納容器サンプル取出ライン格納容器第1隔離弁 | 1 | SMB-000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 蓄圧タンク出口弁 | 4 | SB-4D | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1次冷却材ポンプ冷却水戻りライン格納容器第1隔離弁 | 1 | SB-0D | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



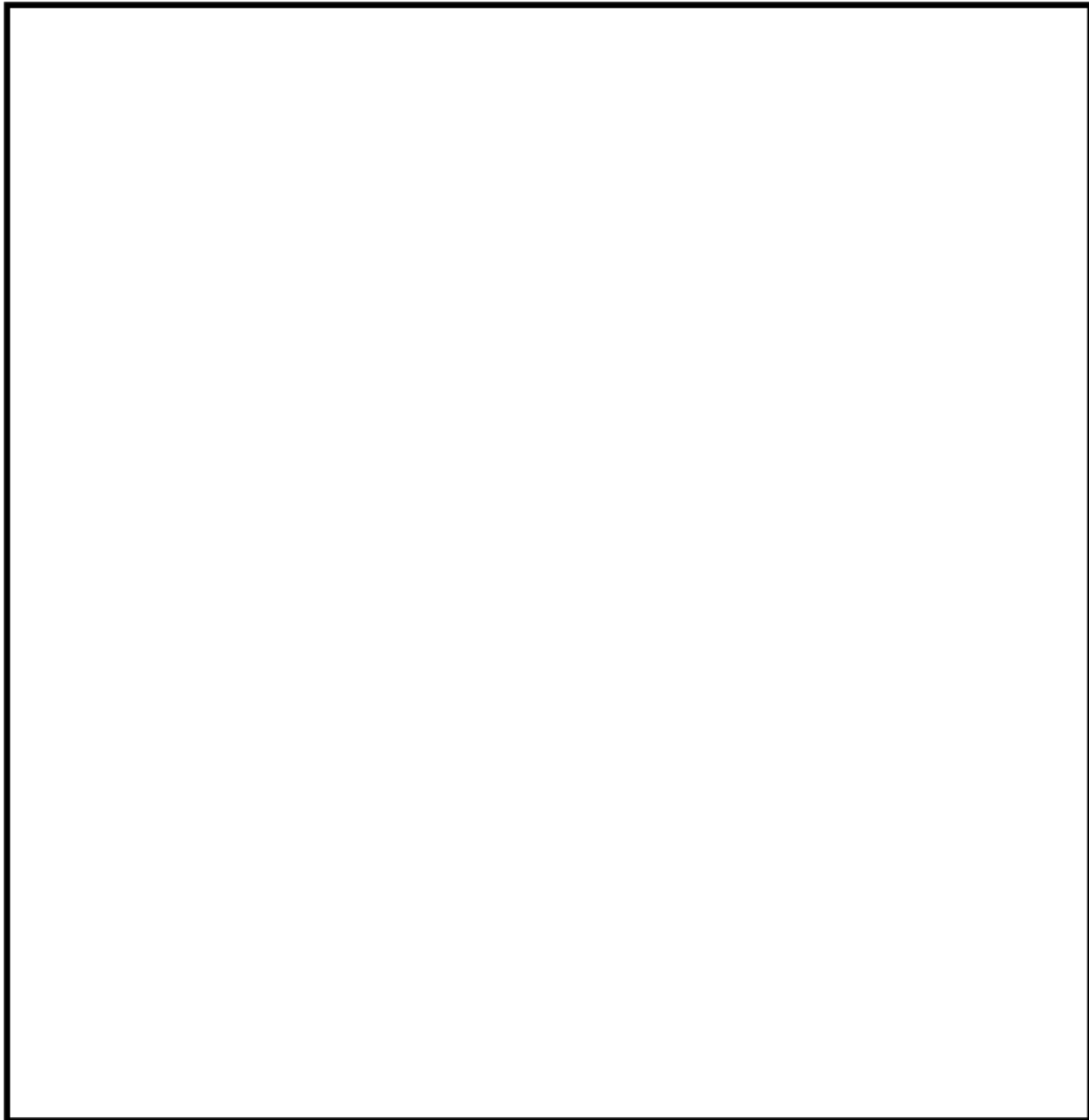
| 弁番号 | 名称 |
|----------|-----------------------|
| 4PCV-420 | A-余熱除去ポンプBループ高温側入口止め弁 |
| 4PCV-430 | B-余熱除去ポンプCループ高温側入口止め弁 |
| 4RH-002A | A-余熱除去ポンプ入口格納容器隔離弁 |
| 4RH-002B | B-余熱除去ポンプ入口格納容器隔離弁 |
| 4SI-132A | A-蓄圧タンク出口弁 |
| 4SI-132B | B-蓄圧タンク出口弁 |
| 4SI-132C | C-蓄圧タンク出口弁 |
| 4SI-132D | D-蓄圧タンク出口弁 |



| 弁番号 | 名称 |
|----------|---------------------------|
| 4RH-047A | A－余熱除去冷却器出口連絡弁用駆動装置 |
| 4RH-047B | B－余熱除去冷却器出口連絡弁用駆動装置 |
| 4RH-048A | B－ループ高温側低圧注入ライン止め弁 |
| 4RH-048B | C－ループ高温側低圧注入ライン止め弁 |
| 4SI-066A | A－高圧注入ポンプ出口連絡弁 |
| 4SI-066B | B－高圧注入ポンプ出口連絡弁 |
| 4SI-067A | A－高圧注入ポンプ高温側注入ライン止め弁 |
| 4SI-067B | B－高圧注入ポンプ高温側注入ライン止め弁 |
| 4SS-522 | B－ループ高温側試料採取ライン格納容器第1隔離弁 |
| 4SS-525 | D－ループ高温側試料採取ライン格納容器第1隔離弁 |
| 4CS-310 | 1次冷却材ポンプ封水戻りライン格納容器第1隔離弁 |
| 4DP-001A | A－格納容器減圧装置排気ライン格納容器第1隔離弁 |
| 4DP-001B | B－格納容器減圧装置排気ライン格納容器第1隔離弁 |
| 4HC-305A | A－格納容器水素パージ給気ライン格納容器第1隔離弁 |
| 4HC-305B | B－格納容器水素パージ給気ライン格納容器第1隔離弁 |
| 4IA-510A | A－格納容器内耐震Bクラス制御用空気母管供給止め弁 |
| 4IA-510B | B－格納容器内耐震Bクラス制御用空気母管供給止め弁 |
| 4CC-427 | 1次冷却材ポンプ冷却水戻りライン格納容器第1隔離弁 |



| 弁番号 | 名称 |
|---------|--------------------------|
| 4RM-001 | 格納容器サンプル取出ライン格納容器第 1 隔離弁 |



| 弁番号 | 名称 |
|----------|-------------|
| 4RC-054A | A-加圧器逃がし弁前弁 |
| 4RC-054B | B-加圧器逃がし弁前弁 |

| タイトル | 原子炉格納容器内で耐環境性能を要求される弁電動装置の環境条件について | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------|--|-------|-----------|------|-----|-------|-----------|------|-----|----|--------|-----|----|--------|-----|-----|----|--------|------|----|--------|---------------|----|--------|---------|----|--------|------|----|--------|-----|----|--------|--------|-----|----|--------|
| 概要 | 原子炉格納容器内で耐環境性能を要求される弁電動装置の評価期間を算定するために用いた環境条件の根拠について、以下に示す。 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 説明 | <p>大飯 4 号炉の原子炉格納容器内で耐環境性能を要求される弁電動装置は、添付-1)で示した以下のエリアに設置されており、それぞれのエリアの環境条件で評価を実施し、評価結果に応じた保全を実施している。</p> <p>弁電動装置の技術評価書において、代表機器（余熱除去ポンプルーブ高温側入口止め弁電動装置：2 台）の通常運転時の使用条件として、2 台の設置エリア（A-2、A-3）の最大の環境条件である 33℃-0.0442Gy/h を記載している。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>設置場所</th> <th>エリア</th> <th>温度[℃]</th> <th>線量率[Gy/h]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">ルーブ室</td> <td>A-2</td> <td>30</td> <td>0.0435</td> </tr> <tr> <td>A-3</td> <td>33</td> <td>0.0442</td> </tr> <tr> <td rowspan="6">通路部</td> <td>A-7</td> <td>30</td> <td>0.0001</td> </tr> <tr> <td>A-10</td> <td>26</td> <td>0.0009</td> </tr> <tr> <td>B-6, 8, 9, 11</td> <td>30</td> <td>0.0014</td> </tr> <tr> <td>B-7, 10</td> <td>26</td> <td>0.0014</td> </tr> <tr> <td>B-12</td> <td>28</td> <td>0.0014</td> </tr> <tr> <td>C-8</td> <td>28</td> <td>0.0012</td> </tr> <tr> <td>加圧器室上部</td> <td>E-1</td> <td>36</td> <td>0.0016</td> </tr> </tbody> </table> | | | 設置場所 | エリア | 温度[℃] | 線量率[Gy/h] | ルーブ室 | A-2 | 30 | 0.0435 | A-3 | 33 | 0.0442 | 通路部 | A-7 | 30 | 0.0001 | A-10 | 26 | 0.0009 | B-6, 8, 9, 11 | 30 | 0.0014 | B-7, 10 | 26 | 0.0014 | B-12 | 28 | 0.0014 | C-8 | 28 | 0.0012 | 加圧器室上部 | E-1 | 36 | 0.0016 |
| 設置場所 | エリア | 温度[℃] | 線量率[Gy/h] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ルーブ室 | A-2 | 30 | 0.0435 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | A-3 | 33 | 0.0442 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 通路部 | A-7 | 30 | 0.0001 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | A-10 | 26 | 0.0009 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | B-6, 8, 9, 11 | 30 | 0.0014 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | B-7, 10 | 26 | 0.0014 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | B-12 | 28 | 0.0014 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | C-8 | 28 | 0.0012 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 加圧器室上部 | E-1 | 36 | 0.0016 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| タイトル | 原子炉格納容器内で耐環境性能を要求される弁電動装置の長期健全性試験における評価期間について | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------|--|-------|-------|--------|-----|--------------|-------|-------|-------|--------------------|--------------|----|------|------|--------------|----|-----|--------|--------------|----|------|------|--------------|----|-----|---------|--------------|----|------|--------|--------------|----|------|
| 概要 | 試験条件と実機の使用条件に基づく劣化条件との比較に用いた実環境温度および活性化エネルギー等を以下に示す。 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 説明 | <p>原子炉格納容器内で耐環境性能を要求される弁電動装置の60年間の通常運転時の使用条件に基づく劣化条件は、固定子コイル（ポリイミド/ポリアミドイミドおよびエポキシ樹脂）、口出線・接続部品（シリコーンゴム）の絶縁材の活性化エネルギーを用いて、アレニウス則により算出している。</p> <p>長期健全性試験の条件を、実環境温度（36℃）に余裕をみた75℃に換算した結果を運転時間（60年）と比較した結果を以下に示す。</p> <table border="1" data-bbox="418 763 1350 1187"> <thead> <tr> <th>絶縁材</th> <th>試験条件 (T2-L2)</th> <th>T1[℃]</th> <th>L1[年]</th> <th>合計[年]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">ポリイミド/ ポリアミドイミド</td> <td>130℃-475時間*1</td> <td>75</td> <td>77.3</td> <td rowspan="2">81.1</td> </tr> <tr> <td>115℃-139時間*2</td> <td>75</td> <td>3.8</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">エポキシ樹脂</td> <td>130℃-475時間*1</td> <td>75</td> <td>57.5</td> <td rowspan="2">60.5</td> </tr> <tr> <td>115℃-139時間*2</td> <td>75</td> <td>3.0</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">シリコーンゴム</td> <td>130℃-475時間*1</td> <td>75</td> <td>2978</td> <td rowspan="2">100年以上</td> </tr> <tr> <td>115℃-139時間*2</td> <td>75</td> <td>60.3</td> </tr> </tbody> </table> <p>*1：駆動装置一式で加熱する前に予め当該部位に加えた熱劣化条件 *2：駆動装置一式に加えた熱劣化条件 活性化エネルギー <input type="text"/> (ポリイミド/ポリアミドイミド)、<input type="text"/> (エポキシ樹脂)、<input type="text"/> (シリコーンゴム) [kcal/mol] (いずれもメーカーデータ)での換算値。(L1:実環境年数、L2:加速時間、T1:実環境温度、T2:加速温度) なお、ポリアミドイミドの活性化エネルギーは <input type="text"/> [kcal/mol] (メーカーデータ)であり、より保守的なポリイミドの活性化エネルギーで評価する。</p> <p>固定子コイルおよび口出線・接続部品の絶縁材について、試験条件を実環境温度（75℃）で換算した実環境年数は、運転期間60年を包絡する。</p> | | | | 絶縁材 | 試験条件 (T2-L2) | T1[℃] | L1[年] | 合計[年] | ポリイミド/ ポリアミドイミド | 130℃-475時間*1 | 75 | 77.3 | 81.1 | 115℃-139時間*2 | 75 | 3.8 | エポキシ樹脂 | 130℃-475時間*1 | 75 | 57.5 | 60.5 | 115℃-139時間*2 | 75 | 3.0 | シリコーンゴム | 130℃-475時間*1 | 75 | 2978 | 100年以上 | 115℃-139時間*2 | 75 | 60.3 |
| 絶縁材 | 試験条件 (T2-L2) | T1[℃] | L1[年] | 合計[年] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ポリイミド/ ポリアミドイミド | 130℃-475時間*1 | 75 | 77.3 | 81.1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 115℃-139時間*2 | 75 | 3.8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| エポキシ樹脂 | 130℃-475時間*1 | 75 | 57.5 | 60.5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 115℃-139時間*2 | 75 | 3.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| シリコーンゴム | 130℃-475時間*1 | 75 | 2978 | 100年以上 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 115℃-139時間*2 | 75 | 60.3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | |
|------|--|
| タイトル | 弁電動装置の長期健全性試験における圧力劣化試験条件の妥当性について |
| 概要 | 実機使用条件との比較により、圧力劣化試験条件の妥当性について以下に説明する。 |
| 説明 | <p>・圧力劣化試験条件：①0.45MPa×②3分×③23回</p> <p>①0.45MPa：国内PWRプラントの包絡条件 大飯4号炉の設計基準事故時の原子炉格納容器圧力の最高値は、約0.31MPa(設計基準事故の安全解析結果)であり、上記の圧力条件に包絡されている。</p> <p>②3分：IEEE Std. 382-1996より設定</p> <p>③23回：下記参照 IEEE Std. 382-1996 Part III 3.3に記載の15回(40年相当)を60年に換算した回数として23回と設定している。 大飯4号炉の事故時雰囲気機能要求のある電動弁駆動装置が外部加圧に曝露される格納容器全体漏洩試験は、使用前検査にて1回、以降原則3定検に1回の頻度で実施していることから、第17回定期検査時までに合計7回の実績がある。 また、今後、運転開始後60年となる2053年まで同じ頻度で漏洩試験を実施した場合、2021年～2053年(33年間=28サイクル^{※1})の間に10回実施されることとなり、上記実績と合わせて計17回で、試験条件(23回)に包絡される。</p> <p>※1：プラント稼働率を90%と仮定</p> |

| | |
|------|--|
| タイトル | 弁電動装置の長期健全性試験における機械的劣化試験条件の妥当性について |
| 概要 | 実機使用条件との比較により、機械的劣化試験条件の妥当性について以下に説明する。 |
| 説明 | <p>・機械劣化試験条件：3,000 回開閉操作</p> <p>余熱除去ポンプループ高温側入口止め弁電動装置の第 11 回定期検査解列日（2007.5）から第 14 回定期検査解列日前日（2011.7）までの 3 保全サイクル^{※1}における開閉回数の平均値は約 12.0 回／保全サイクルであり、これまでと同じ頻度で定期検査を実施すると仮定すると、下記の計算により、60 年間の開閉回数は約 550 回となる。</p> <p>よって、保守的に想定動作回数を約 1,000 回と設定していることは妥当である。</p> $12.0(\text{回}/\text{保全サイクル}) \times \{(13(\text{保全サイクル})/17(\text{年})^{\text{※2}}) \times 60(\text{年})\}$ <p>=約 550(回)</p> <p>※1：定期検査解列日から次回定期検査解列日前日までの期間 ※2：第 1 回定期検査解列日から第 14 回定期検査解列日前日までの大飯 4 号炉の運転年数</p> |

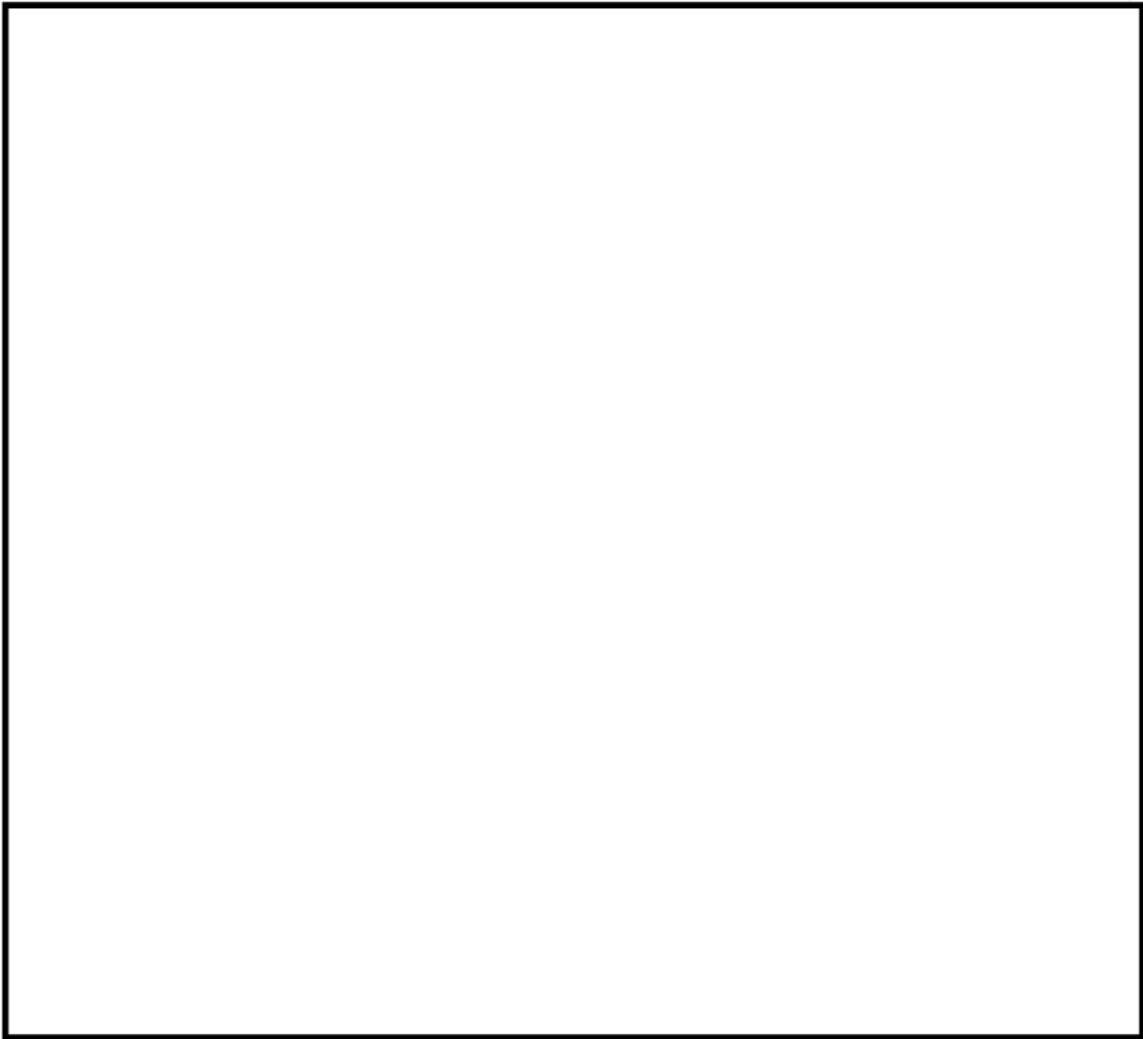
| | | | | | |
|--------------------------------------|--|------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|
| タイトル | 原子炉格納容器内で耐環境性能を要求される弁電動装置の長期健全性試験条件の事故時条件（設計基準事故）の包絡性について | | | | |
| 概要 | 試験条件の事故時条件が、実機に想定される設計基準事故時条件を包絡していることを以下に示す。 | | | | |
| 説明 | <p>別紙1. 添付-6)-3に弁電動装置の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、実機の設計基準事故時条件を包絡している。</p> <p>なお、設計基準事故（1次冷却材管の破断による原子炉冷却材喪失）の安全解析結果は添付-3)-2を参照のこと。</p> | | | | |
| | (1) 固定子コイル（ポリイミド） | | | | |
| | 事故時 雰囲気 曝露 試験 | 条件（温度－時間） | 65℃換算*1 | 合計 | |
| | | | 221527 時間 | 1489590 時間 (100 年以上) | |
| | | | 176497 時間 | | |
| | | | 1091566 時間 | | |
| | | 設計 基準 事故*2 | | 25934 時間 | 38260 時間 (約 4.4 年) |
| | | | | 3590 時間 | |
| | | | 8736 時間 | | |
| | *1：活性化エネルギー [kcal/mol]（メーカーデータ）での換算値 | | | | |
| *2：1次冷却材管の破断による原子炉冷却材喪失事故包絡条件 | | | | | |
| (2) 固定子コイル（エポキシ樹脂） | | | | | |
| 事故時 雰囲気 曝露 試験 | 条件（温度－時間） | 65℃換算*1 | 合計 | | |
| | | 121214 時間 | 1020903 時間 (100 年以上) | | |
| | | 112674 時間 | | | |
| | | 787015 時間 | | | |
| | 設計 基準 事故*2 | | 17922 時間 | 29570 時間 (約 3.4 年) | |
| | | | 2912 時間 | | |
| | | 8736 時間 | | | |
| *1：活性化エネルギー [kcal/mol]（メーカーデータ）での換算値 | | | | | |
| *2：1次冷却材管の破断による原子炉冷却材喪失事故包絡条件 | | | | | |

| 説明 | (3) 口出線・接続部品 (シリコーンゴム) | | |
|------------------------|------------------------|--------------|---------------------------|
| | 条件 (温度-時間) | 65℃換算*1 | 合計 |
| 事故時 雰囲気 曝露 試験 | | 375999983 時間 | 482425787 時間 (100 年以上) |
| | | 44736170 時間 | |
| | | 61689634 時間 | |
| 設計 基準 事故*2 | | 2471367 時間 | 2527713 時間 (100 年以上) |
| | | 47610 時間 | |
| | | 8736 時間 | |

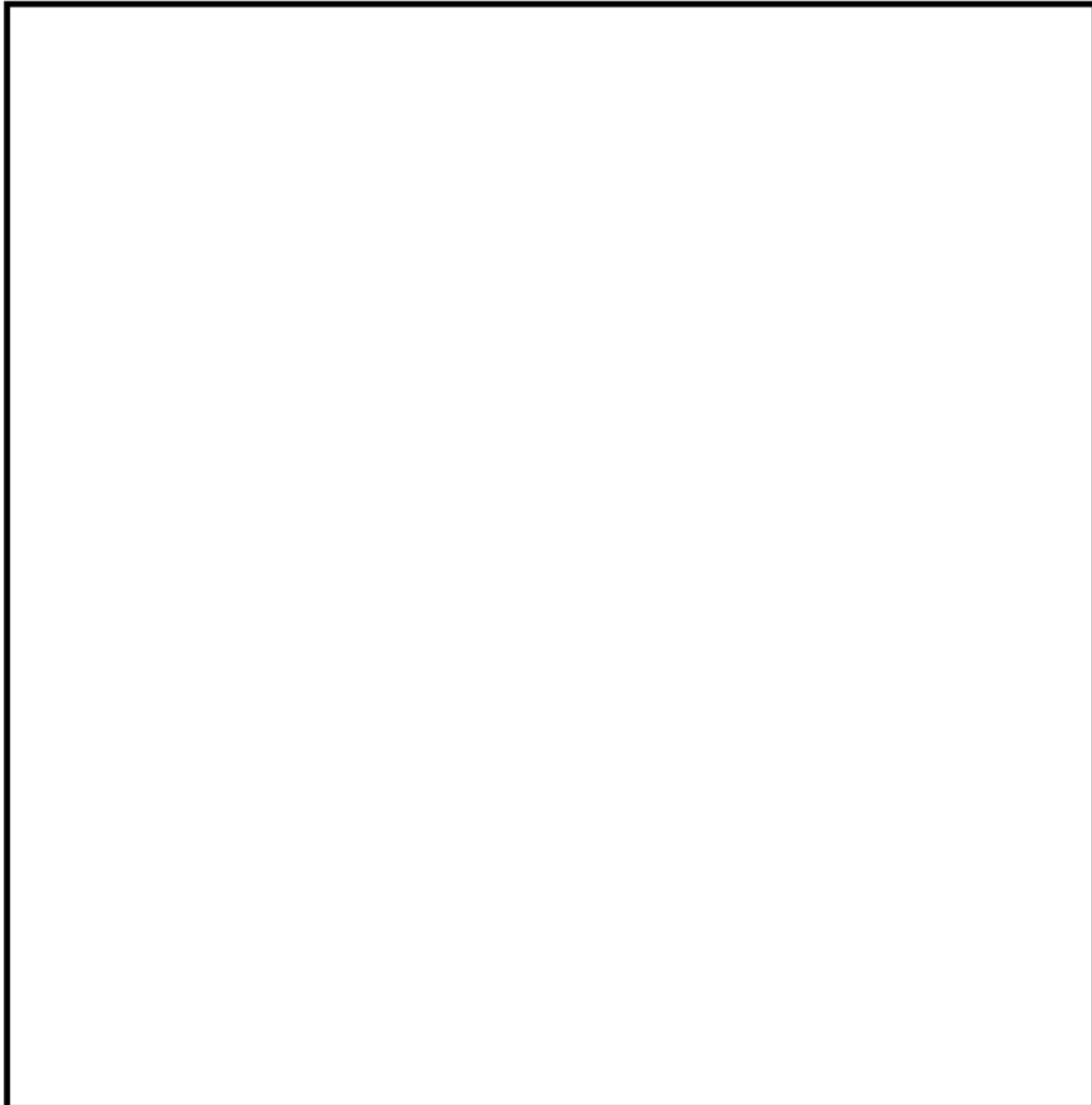
*1: 活性化エネルギー [kcal/mol] (メーカーデータ) での換算値
*2: 1次冷却材管の破断による原子炉冷却材喪失事故包絡条件

| | |
|-----|--------------------|
| 説 明 | |
| | 弁電動装置 事故時雰囲気暴露試験条件 |

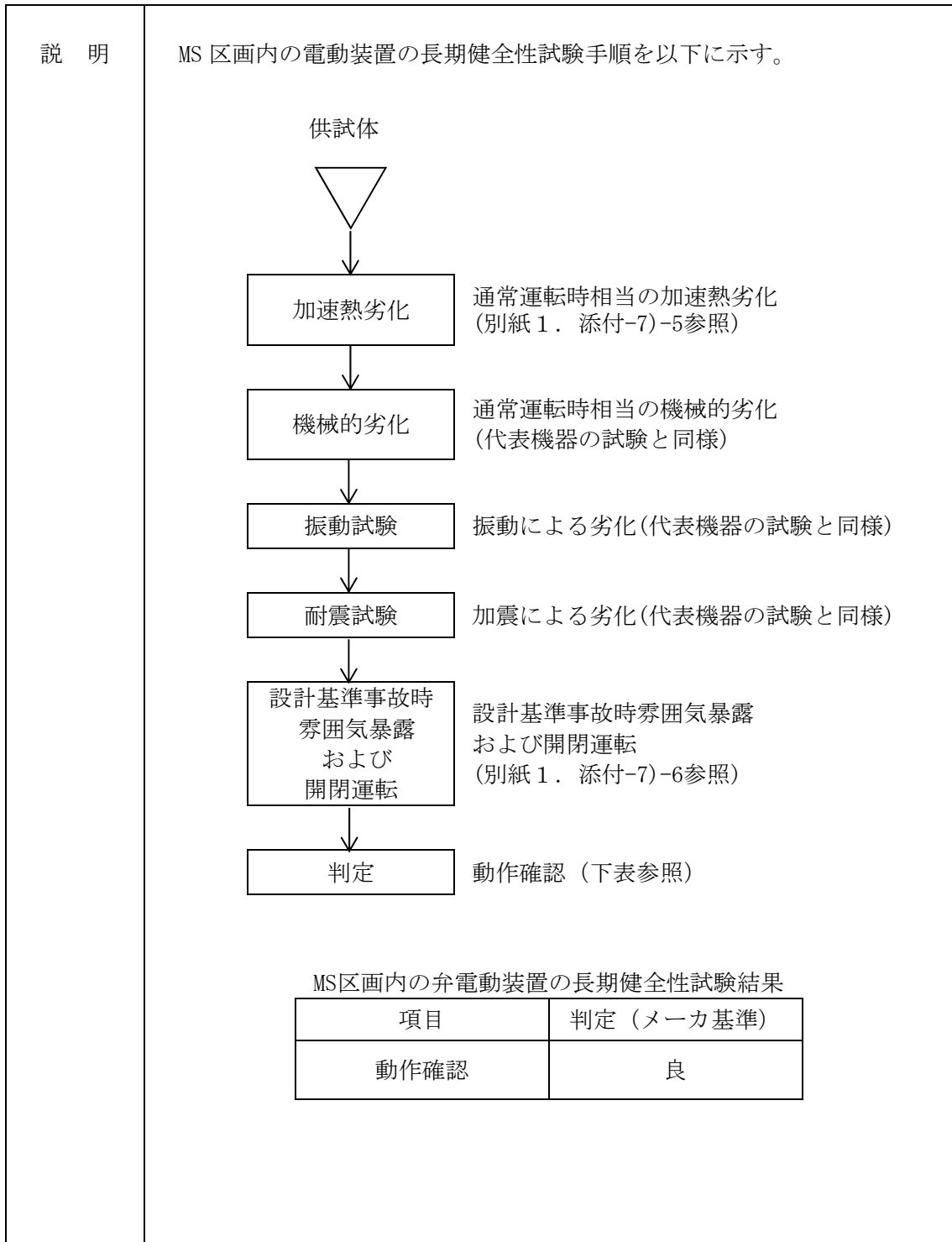
| タイトル | MS 区画（主蒸気・主給水管室）内で耐環境性能を要求される弁電動装置の長期健全性試験による評価について | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|---|--------|----|----|----|-----------------|---|-------|----|-----------------------------|---|-------|----|---------|---|-------|----|-----------|---|-------|----|-------------------|---|--------|----|--------|---|-------|----|
| 概要 | MS 区画内で耐環境性能を要求される弁電動装置と、その評価に用いた長期健全性試験の内容および実機使用条件の包絡性について、以下に示す。 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 説明 | <p>MS 区画内で耐環境性能を要求される弁電動装置の弁名称、台数、型式および電源を以下に示す。絶縁物の絶縁種別は全て「H種絶縁」である。</p> <p>MS 区画（主蒸気・主給水管室）内で耐環境性能を要求される弁電動装置の設置箇所を別紙 1. 添付-7)-2, -3 の配置図に示す。</p> <table border="1" data-bbox="443 692 1337 1032"> <thead> <tr> <th>弁名称</th> <th>台数</th> <th>型式</th> <th>電源</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>タービン動補助給水ポンプ起動弁</td> <td>2</td> <td>SMB-1</td> <td>直流</td> </tr> <tr> <td>タービン動補助給水ポンプ駆動蒸気主蒸気供給ライン止め弁</td> <td>2</td> <td>SMB-1</td> <td>直流</td> </tr> <tr> <td>補助給水隔離弁</td> <td>4</td> <td>SMB-0</td> <td>交流</td> </tr> <tr> <td>主蒸気逃がし弁元弁</td> <td>4</td> <td>SMB-0</td> <td>交流</td> </tr> <tr> <td>主蒸気隔離弁上流ドレンライン止め弁</td> <td>4</td> <td>SMB-00</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> </tbody> </table> <p>事故時雰囲気内で機能要求がある弁電動装置については、判定基準を除き、IEEE Std. 382-1996 の規格に準じて長期健全性試験を実施しており、その内容について別紙 1. 添付-7)-4～7 に示す。</p> <p>なお、長期健全性試験で用いた供試体の弁電動装置の型式・絶縁仕様・電源は SMB-000、H種絶縁、直流であり、実機と絶縁種や材料が同一で、構造的には交流モータより複雑な直流モータであることから、耐環境性の観点で差異はなく、上記の交流モータを使用している弁電動装置についても、代表性があると考ええる。</p> <p>弁電動装置の駆動モータの部位であるベアリング、オイルシールは定期取替対象としている。駆動モータは交流モータと直流モータがあり、交流モータは同部位の定期取替を実施しているが、直流モータは現地での分解、部品交換作業が品質管理上困難なことから、モーター式を取替対象として定期取替を実施している。</p> <p>直流モータ（当該の弁電動装置駆動モータ）の定期取替周期は 定検であるが、一方で、絶縁低下に係る長期健全性試験では、実機環境条件で 60 年以上の期間においてその後の設計基準事故時雰囲気暴露を考慮しても健全性を維持できることを確認していることから、定期取替周期内で、絶縁低下により直流モータの健全性に影響を与える可能性はないと考える。</p> | 弁名称 | 台数 | 型式 | 電源 | タービン動補助給水ポンプ起動弁 | 2 | SMB-1 | 直流 | タービン動補助給水ポンプ駆動蒸気主蒸気供給ライン止め弁 | 2 | SMB-1 | 直流 | 補助給水隔離弁 | 4 | SMB-0 | 交流 | 主蒸気逃がし弁元弁 | 4 | SMB-0 | 交流 | 主蒸気隔離弁上流ドレンライン止め弁 | 4 | SMB-00 | 交流 | 主給水隔離弁 | 4 | SB-4D | 交流 |
| 弁名称 | 台数 | 型式 | 電源 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| タービン動補助給水ポンプ起動弁 | 2 | SMB-1 | 直流 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| タービン動補助給水ポンプ駆動蒸気主蒸気供給ライン止め弁 | 2 | SMB-1 | 直流 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 補助給水隔離弁 | 4 | SMB-0 | 交流 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 主蒸気逃がし弁元弁 | 4 | SMB-0 | 交流 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 主蒸気隔離弁上流ドレンライン止め弁 | 4 | SMB-00 | 交流 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 主給水隔離弁 | 4 | SB-4D | 交流 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



| 弁番号 | 名称 |
|----------|-------------|
| 4FW-574A | A - 補助給水隔離弁 |
| 4FW-574B | B - 補助給水隔離弁 |
| 4FW-574C | C - 補助給水隔離弁 |
| 4FW-574D | D - 補助給水隔離弁 |
| 4FW-520A | A - 主給水隔離弁 |
| 4FW-520B | B - 主給水隔離弁 |
| 4FW-520C | C - 主給水隔離弁 |
| 4FW-520D | D - 主給水隔離弁 |



| 弁番号 | 名称 |
|----------|--------------------------------|
| 4MS-570A | タービン動補助給水ポンプ起動弁 A |
| 4MS-570B | タービン動補助給水ポンプ起動弁 B |
| 4MS-575A | タービン動補助給水ポンプ駆動蒸気 B 主蒸気供給ライン止め弁 |
| 4MS-575B | タービン動補助給水ポンプ駆動蒸気 D 主蒸気供給ライン止め弁 |
| 4MS-523A | A - 主蒸気逃がし弁元弁 |
| 4MS-523B | B - 主蒸気逃がし弁元弁 |
| 4MS-523C | C - 主蒸気逃がし弁元弁 |
| 4MS-523D | D - 主蒸気逃がし弁元弁 |
| 4MS-585A | A - 主蒸気隔離弁上流ドレンライン止め弁 |
| 4MS-585B | B - 主蒸気隔離弁上流ドレンライン止め弁 |
| 4MS-585C | C - 主蒸気隔離弁上流ドレンライン止め弁 |
| 4MS-585D | D - 主蒸気隔離弁上流ドレンライン止め弁 |



| 説 明 | <p>MS 区画内で耐環境性能を要求される弁電動装置の 60 年間の通常運転時の使用条件に基づく劣化条件は、固定子コイル（ポリアミドイミド）、口出線・接続部品（シリコンゴム）の絶縁材の活性化エネルギーを用いて、アレニウス則により算出している。</p> <p>長期健全性試験の条件を、MS 区画内の設計平均温度（50℃）に余裕をみた 60℃に換算した結果を運転時間（60 年）と比較した結果を以下に示す。</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|-------|-------|---------|-----|--------------|-------|-------|-------|----------|---------------|----|----|---------|---------------|----|-----|--------|---------------|----|-----|---------|---------------|----|
| | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">絶縁材</th> <th style="width: 20%;">試験条件 (T2-L2)</th> <th style="width: 10%;">T1[℃]</th> <th style="width: 15%;">L1[年]</th> <th style="width: 40%;">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>60</td> <td>64</td> <td rowspan="2">100 年以上</td> </tr> <tr> <td>110℃-575 時間*2</td> <td>60</td> <td>371</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">シリコンゴム</td> <td>110℃-100 時間*1</td> <td>60</td> <td>624</td> <td rowspan="2">100 年以上</td> </tr> <tr> <td>110℃-575 時間*2</td> <td>60</td> <td>3592</td> </tr> </tbody> </table> | | | | 絶縁材 | 試験条件 (T2-L2) | T1[℃] | L1[年] | 合計[年] | ポリアミドイミド | 110℃-100 時間*1 | 60 | 64 | 100 年以上 | 110℃-575 時間*2 | 60 | 371 | シリコンゴム | 110℃-100 時間*1 | 60 | 624 | 100 年以上 | 110℃-575 時間*2 | 60 |
| 絶縁材 | 試験条件 (T2-L2) | T1[℃] | L1[年] | 合計[年] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ポリアミドイミド | 110℃-100 時間*1 | 60 | 64 | 100 年以上 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 110℃-575 時間*2 | 60 | 371 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| シリコンゴム | 110℃-100 時間*1 | 60 | 624 | 100 年以上 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 110℃-575 時間*2 | 60 | 3592 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>*1：駆動装置一式で加熱する前に予め当該部位に加えた熱劣化条件 *2：駆動装置一式に加えた熱劣化条件 活性化エネルギー (ポリアミドイミド)、 (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） 固定子コイルおよび口出線・接続部品の絶縁材について、試験条件を実環境温度（60℃）で換算した実環境年数は、運転期間 60 年を包絡する。</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| 説 明 | <p>別紙 1. 添付-7)-7 に弁電動装置の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、実機的设计基準事故時条件を包絡している。</p> <p>なお、设计基準事故（主蒸気管破断）条件は添付-3)-3 を参照のこと。</p> <p>(1) 固定子コイル（ポリアミドイミド）</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>条件（温度－時間）</th> <th>65℃換算*1</th> <th>合計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">事故時 雰囲気 曝露 試験</td> <td rowspan="2"></td> <td>36011542 時間</td> <td rowspan="2">36011729 時間 (100 年以上)</td> </tr> <tr> <td>187 時間</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">設計 基準 事故*2</td> <td rowspan="3"></td> <td>12686124 時間</td> <td rowspan="3">12686135 時間 (100 年以上)</td> </tr> <tr> <td>1 時間</td> </tr> <tr> <td>10 時間</td> </tr> </tbody> </table> <p>*1：活性化エネルギー [kcal/mol]（メーカーデータ）での換算値 *2：主蒸気管破断事故包絡条件</p> <p>(2) 口出線・接続部品（シリコンゴム）</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>条件（温度－時間）</th> <th>65℃換算*1</th> <th>合計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">事故時 雰囲気 曝露 試験</td> <td rowspan="2"></td> <td>2411925355 時間</td> <td rowspan="2">2411925692 時間 (100 年以上)</td> </tr> <tr> <td>337 時間</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">設計 基準 事故*2</td> <td rowspan="3"></td> <td>632639239 時間</td> <td rowspan="3">632639242 時間 (100 年以上)</td> </tr> <tr> <td>1 時間</td> </tr> <tr> <td>2 時間</td> </tr> </tbody> </table> <p>*1：活性化エネルギー [kcal/mol]（メーカーデータ）での換算値 *2：主蒸気管破断事故包絡条件</p> | | | | 条件（温度－時間） | 65℃換算*1 | 合計 | 事故時 雰囲気 曝露 試験 | | 36011542 時間 | 36011729 時間 (100 年以上) | 187 時間 | 設計 基準 事故*2 | | 12686124 時間 | 12686135 時間 (100 年以上) | 1 時間 | 10 時間 | | 条件（温度－時間） | 65℃換算*1 | 合計 | 事故時 雰囲気 曝露 試験 | | 2411925355 時間 | 2411925692 時間 (100 年以上) | 337 時間 | 設計 基準 事故*2 | | 632639239 時間 | 632639242 時間 (100 年以上) | 1 時間 | 2 時間 |
|------------------------|---|---------------|----------------------------|----|-----------|---------|----|------------------------|--|-------------|--------------------------|--------|------------------|--|-------------|--------------------------|------|-------|--|-----------|---------|----|------------------------|--|---------------|----------------------------|--------|------------------|--|--------------|---------------------------|------|------|
| | | 条件（温度－時間） | 65℃換算*1 | 合計 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 事故時 雰囲気 曝露 試験 | | 36011542 時間 | 36011729 時間 (100 年以上) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 187 時間 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 設計 基準 事故*2 | | 12686124 時間 | 12686135 時間 (100 年以上) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 1 時間 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 10 時間 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 条件（温度－時間） | 65℃換算*1 | 合計 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 事故時 雰囲気 曝露 試験 | | 2411925355 時間 | 2411925692 時間 (100 年以上) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 337 時間 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 設計 基準 事故*2 | | 632639239 時間 | 632639242 時間 (100 年以上) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 1 時間 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 2 時間 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

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

| | | | | |
|--|--|------------|--|---|
| タイトル | 原子炉格納容器内で耐環境性能（重大事故等時）を要求される弁電動装置について | | | |
| 概要 | 原子炉格納容器内で耐環境性能（重大事故等時）を要求される弁電動装置の重大事故等時における使命期間および使命期間内の健全性について以下に示す。 | | | |
| 説明 | 原子炉格納容器内で設計基準事故を超える過酷な重大事故等時環境となる事故シーケンスは下表のとおりである。 | | | |
| | | 過酷な重大事故等 | 事故シーケンス等 | |
| | ① | 格納容器過温破損 | 外部電源喪失時に非常用所内交流電源が喪失し、補助給水機能が喪失する事故 | |
| | ② | 格納容器過圧破損 | 大破断 LOCA 時に低圧注入機能、高圧注入機能および格納容器スプレイ注入機能が喪失する事故 | |
| | ③ | 格納容器除熱機能喪失 | 大破断 LOCA 時に低圧再循環機能および格納容器スプレイ機能が喪失する事故 | |
| | また、①～③の各重大事故等時に耐環境性能を要求される弁電動装置はそれぞれ下表のとおりである。 | | | |
| 弁名称 | | ① | ② | ③ |
| 1次冷却材ポンプ封水戻りライン格納容器第1隔離弁 | | ○ | ○ | ○ |
| 1次冷却材ポンプ冷却水戻りライン格納容器第1隔離弁 | | ○ | ○ | ○ |
| 格納容器減圧装置排気ライン格納容器第1隔離弁 | | ○ | ○ | ○ |
| ループ高温側試料採取ライン格納容器第1隔離弁 | | ○ | ○ | ○ |
| 格納容器サンプル取り出しライン格納容器第1隔離弁 | | ○ | ○ | ○ |
| 格納容器内耐震Bクラス制御用空気母管供給止め弁 | | ○ | | |
| 上記の過酷な重大事故等時環境下で耐環境性能を要求される弁電動装置の使命期間（事故発生から動作要求に至るまでの時間で、その後の機能は不要）は最長約4時間である。この最長使命期間内の環境条件を包絡する条件（143℃-4時間）は、設計基準事故を想定した事故時雰囲気暴露試験条件に包絡されており、代表機器と同様、耐環境仕様の弁電動装置を使用していることから、健全性について問題ないとする。 | | | | |

別紙 2. 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では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長期健全性試験により評価する。難燃三重同軸ケーブル 1 の電気学会推奨案に基づく試験手順および判定方法を図1.1に示す。

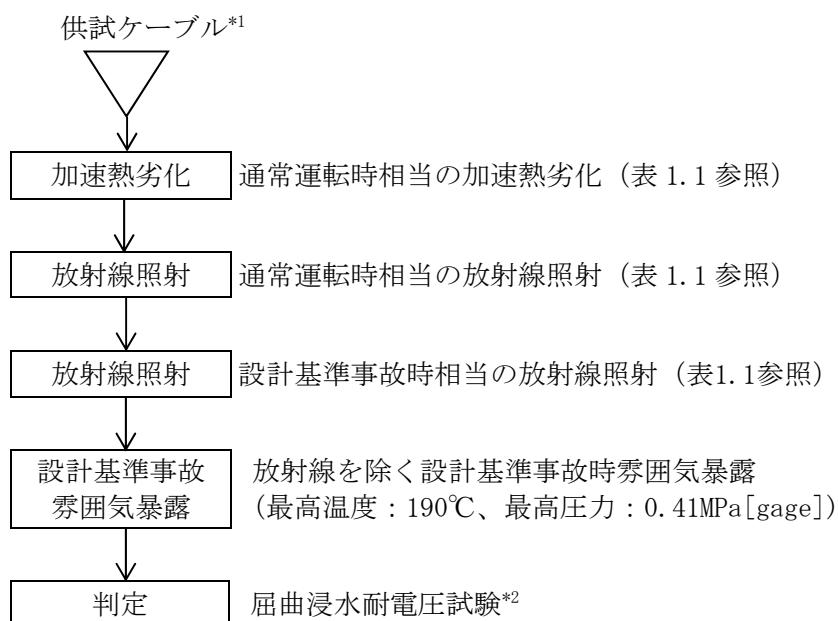


図1.1 難燃三重同軸ケーブル 1 の長期健全性試験手順および判定方法

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

*2：屈曲浸水耐電圧試験の試験手順は以下のとおりである。

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

b. 試験条件

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

表1.1 難燃三重同軸ケーブル1の長期健全性試験条件（電気学会推奨案）

| | | 試験条件 | 60年間の通常運転時の使用条件【別紙2. 添付-1) 参照】に基づく劣化条件【別紙2. 添付-2) 参照】または設計基準事故時の環境条件【別紙2. 添付-3) 参照】 |
|--------------------------------------|---------------|-------------------------|---|
| 通常 運 転 相 当 | 温度 | 121℃－7日 | 79℃－7日 (=42℃－60年) |
| | 放射線 (集積線量) | 500kGy (10kGy/h以下) | 146kGy*1 |
| 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℃ | 約132℃ (最高温度) |
| | 圧力 | 最高圧力： 0.41MPa [gage] | 約0.31MPa [gage] (最高圧力) |

*1 : $0.2774[\text{Gy/h}] \times (24 \times 365.25) [\text{h/y}] \times 60 [\text{y}] = 146\text{kGy}$

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、大飯4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 : 11.5mm マンドレル径 : 500mm 絶縁厚さ : 2.9mm 課電電圧 : 9.7kV/5分間 | 良 |

[出典：メーカーデータ]

1.2 ACAガイドによる健全性評価（設計基準事故時）

a. 評価手順

設計基準事故時雰囲気で機能要求がある難燃三重同軸ケーブル 1 は、ACAガイドに従った長期健全性についても評価する。評価にあたっては、ACAの試験結果を用いている。難燃三重同軸ケーブル 1 のACAガイドに基づく試験手順および判定方法を図 1.2 に示す。

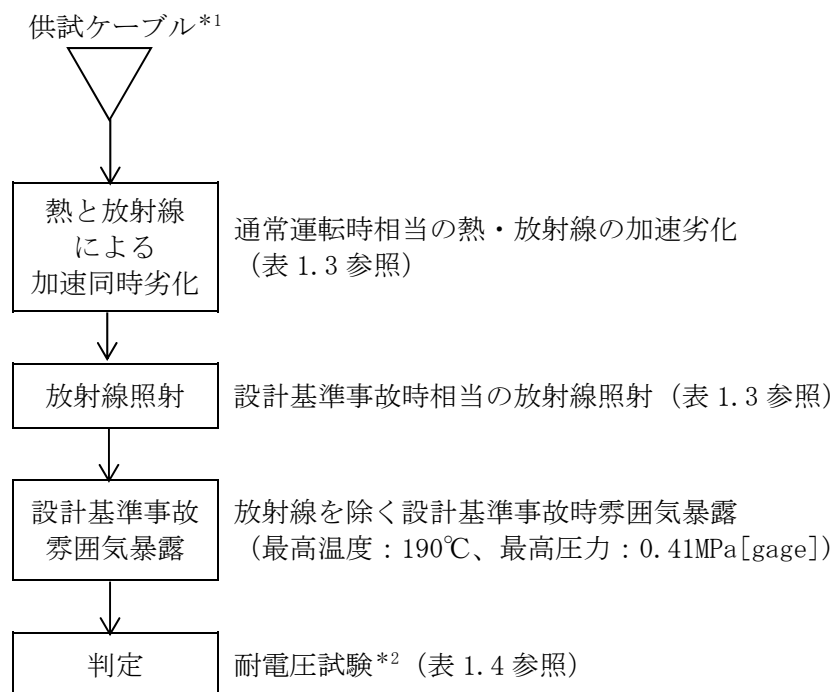


図1.2 難燃三重同軸ケーブル 1 のACAガイドに基づく試験手順

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

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

b. 試験条件

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

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1.4に示す。また、ACAガイドに基づく評価の結果を表1.5に示す。評価結果から、大飯 4 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 1.3 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] |

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： C-1S 間 10kV/1 分間 1S-2S 間 2kV/1 分間 | 良 |

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

表 1.5 実布設環境での長期健全性評価結果

| 布設区分 | 実布設環境条件【別紙 2. 添付-1) 参照】 | | 評価期間[年] *1,2 |
|------|-------------------------|-------------|--------------|
| | 温度[℃] | 放射線量率[Gy/h] | |
| ループ室 | 42 | 0.1657 | 123 |
| | 35 | 0.2774 | 134 |
| 通路部 | 34 | 0.0016 | 364 |

*1：時間稼働率 100%での評価期間。

*2：時間依存データの重ね合わせ手法により評価。

1.3 電気学会推奨案による健全性評価（重大事故等時）

a. 評価手順

重大事故等時雰囲気での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長期健全性試験により評価する。難燃三重同軸ケーブル 1 の電気学会推奨案に基づく試験手順および判定方法を図1.3に示す。

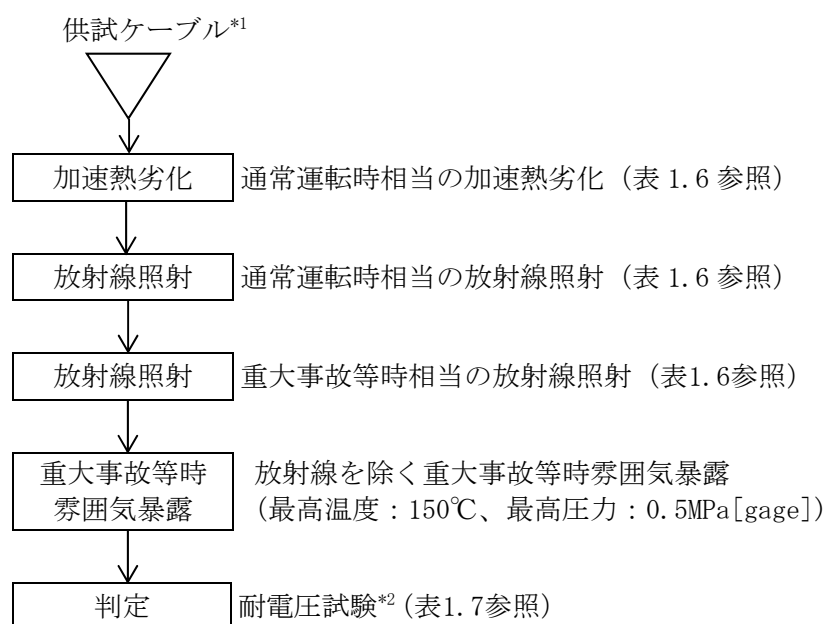


図1.3 難燃三重同軸ケーブル 1 の長期健全性試験手順および判定方法

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

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

b. 試験条件

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、大飯 4 号炉の実機環境に基づいて60年間の運転期間および重大事故等時を想定した劣化条件を包絡している。

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。電気学会推奨案に基づく評価の結果、大飯 4 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1.6 難燃三重同軸ケーブルー1の長期健全性試験条件（電気学会推奨案）

| | | | |
|----------------------|---------------|-----------------------|---|
| | | 試験条件 | 60年間の通常運転時の使用条件【別紙2．添付-1) 参照】に基づく劣化条件【別紙2．添付-4) 参照】または重大事故等時の環境条件【別紙2．添付-5) 参照】 |
| 通常 運転 相当 | 温度 | 113°C-255h | 77°C-255h (=42°C-60年) |
| | 放射線 (集積線量) | 750kGy (10kGy/h以下) | 146kGy*1 |
| 重大 事故 等時 相当 | 放射線 (集積線量) | 500kGy (10kGy/h以下) | 500kGy |
| | 温度 | 最高温度： 150°C | 約143°C（最高温度） |
| | 圧力 | 最高圧力： 0.5MPa[gage] | 約0.43MPa[gage]（最高圧力） |

*1 : $0.2774[\text{Gy/h}] \times (24 \times 365.25) [\text{h/y}] \times 60 [\text{y}] = 146\text{kGy}$

表1.7 難燃三重同軸ケーブルー1の長期健全性試験結果

| 項目 | 試験条件 | 測定値 |
|-------|---------------------------------------|-----|
| 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」]

4.1.2 現状保全

絶縁体および内部シースの絶縁低下に対しては、定期的に絶縁抵抗測定を行い、管理値以上であることの確認を行っている。【別紙5参照】

4.1.3 総合評価

健全性評価結果から判断して、難燃三重同軸ケーブルー1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

難燃三重同軸ケーブルー1の絶縁体の絶縁低下については、現状保全項目に高経年化対策の観点から追加すべきものはないと判断する。

5. 添付資料

- 1) 原子炉格納容器内の難燃三重同軸ケーブルー1の環境条件について
- 2) 難燃三重同軸ケーブルー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ー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ー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ー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>ケーブルについては、1本のケーブルが複数のエリアに布設されているが、それぞれのエリアの環境条件のうち、最も厳しい環境条件で当該ケーブルの評価を実施し、評価結果に応じた保全を実施している。</p> <p>同軸ケーブルの技術評価書において、難燃三重同軸ケーブル-1については、安全機能を有する難燃三重同軸ケーブル-1布設箇所の環境条件（下表のエリア）を代表するように、以下の条件を選定して評価書に記載している。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>エリア</th> <th>測定場所</th> <th>温度*1 [°C]</th> <th>線量率*1 [Gy/h]</th> <th>ACA 評価選定理由</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>C-2</td> <td rowspan="5">ループ室</td> <td>35</td> <td>0.2774</td> <td>最高線量率</td> </tr> <tr> <td>C-3</td> <td>42</td> <td>0.1657</td> <td>最高温度</td> </tr> <tr> <td>C-4</td> <td>35</td> <td>0.1704</td> <td></td> </tr> <tr> <td>D-2</td> <td>37</td> <td>0.0019</td> <td></td> </tr> <tr> <td>D-3</td> <td>39</td> <td>0.1657</td> <td></td> </tr> <tr> <td>B-11</td> <td rowspan="3">通路部</td> <td>30</td> <td>0.0014</td> <td></td> </tr> <tr> <td>C-8</td> <td>28</td> <td>0.0012</td> <td></td> </tr> <tr> <td>C-11</td> <td>34</td> <td>0.0016</td> <td>通路部の最高温度、線量率</td> </tr> </tbody> </table> <p>*1：太線は通常運転時の使用条件として記載した温度、線量率</p> | | | | エリア | 測定場所 | 温度*1 [°C] | 線量率*1 [Gy/h] | ACA 評価選定理由 | C-2 | ループ室 | 35 | 0.2774 | 最高線量率 | C-3 | 42 | 0.1657 | 最高温度 | C-4 | 35 | 0.1704 | | D-2 | 37 | 0.0019 | | D-3 | 39 | 0.1657 | | B-11 | 通路部 | 30 | 0.0014 | | C-8 | 28 | 0.0012 | | C-11 | 34 | 0.0016 | 通路部の最高温度、線量率 |
| エリア | 測定場所 | 温度*1 [°C] | 線量率*1 [Gy/h] | ACA 評価選定理由 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| C-2 | ループ室 | 35 | 0.2774 | 最高線量率 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| C-3 | | 42 | 0.1657 | 最高温度 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| C-4 | | 35 | 0.1704 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| D-2 | | 37 | 0.0019 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| D-3 | | 39 | 0.1657 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| B-11 | 通路部 | 30 | 0.0014 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| C-8 | | 28 | 0.0012 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| C-11 | | 34 | 0.0016 | 通路部の最高温度、線量率 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| 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>長期健全性試験による評価においては、別紙 2. 添付-1) で整理した各環境条件を包絡する温度として、42℃で評価する。</p> <p>実機使用条件 (42℃-60 年) を、長期健全性試験条件 (121℃-7 日) との比較を容易にするため、加速時間 (L2) を試験条件と同じ 7 日として換算した結果を以下に示す。</p> <table border="1" data-bbox="509 837 1270 931"> <thead> <tr> <th>T2[℃]</th> <th>L2[日]</th> <th>T1[℃]</th> <th>L1[年]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>79</td> <td>7</td> <td>42</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=79℃) 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] | 79 | 7 | 42 | 60 |
| T2[℃] | L2[日] | T1[℃] | L1[年] | | | | | | |
| 79 | 7 | 42 | 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 2. 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-3)-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 1353 1234"> <thead> <tr> <th></th> <th>条件（温度－時間）</th> <th>65℃換算*1</th> <th>合計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4">事故時 雰囲気 曝露 試験</td> <td rowspan="4"></td> <td>197181847 時間</td> <td rowspan="4">229664096 時間 (100 年以上)</td> </tr> <tr> <td>8777701 時間</td> </tr> <tr> <td>9008484 時間</td> </tr> <tr> <td>14696064 時間</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">設計基準 事故*2</td> <td rowspan="3"></td> <td>523580 時間</td> <td rowspan="3">552060 時間 (約 63 年)</td> </tr> <tr> <td>19744 時間</td> </tr> <tr> <td>8736 時間</td> </tr> </tbody> </table> <p>*1：活性化エネルギー [kcal/mol]（メーカーデータ）での換算値 *2：1次冷却材管の破断による原子炉冷却材喪失事故包絡条件</p> | | | | 条件（温度－時間） | 65℃換算*1 | 合計 | 事故時 雰囲気 曝露 試験 | | 197181847 時間 | 229664096 時間 (100 年以上) | 8777701 時間 | 9008484 時間 | 14696064 時間 | 設計基準 事故*2 | | 523580 時間 | 552060 時間 (約 63 年) | 19744 時間 | 8736 時間 |
| | 条件（温度－時間） | 65℃換算*1 | 合計 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 事故時 雰囲気 曝露 試験 | | 197181847 時間 | 229664096 時間 (100 年以上) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 8777701 時間 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 9008484 時間 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 14696064 時間 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 設計基準 事故*2 | | 523580 時間 | 552060 時間 (約 63 年) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 19744 時間 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 8736 時間 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

説 明



難燃三重同軸ケーブルー 1 事故時雰囲気暴露試験条件

| 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、計算式、実環境温度および活性化エネルギー等を以下に示す。 | | | | | | | | |
| 説明 | <p>難燃三重同軸ケーブル 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>長期健全性試験による評価においては、別紙 2. 添付-1) で整理した各環境条件を包絡する温度として、42℃で評価する。</p> <p>実機使用条件 (42℃-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="509 837 1272 931"> <thead> <tr> <th>T2[℃]</th> <th>L2[時間]</th> <th>T1[℃]</th> <th>L1[年]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>77</td> <td>255</td> <td>42</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=77℃) は、長期健全性試験条件の温度 (113℃) に包絡される。</p> | T2[℃] | L2[時間] | T1[℃] | L1[年] | 77 | 255 | 42 | 60 |
| T2[℃] | L2[時間] | T1[℃] | L1[年] | | | | | | |
| 77 | 255 | 42 | 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>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）および難燃三重同軸ケーブル 1 の事故時雰囲気曝露の試験条件は添付-5)-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、実機の重大事故等時条件を包絡している。</p> <table border="1" data-bbox="520 763 1259 965"> <thead> <tr> <th data-bbox="520 763 876 815"></th> <th data-bbox="876 763 1259 815">条件（温度－時間）</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="520 815 876 891">事故時雰囲気曝露試験</td> <td data-bbox="876 815 1259 965" rowspan="2"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="520 891 876 965">重大事故等時*1</td> </tr> </tbody> </table> <p>*1：格納容器過圧破損事故包絡条件</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 | | | | | | |

別紙 3. 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で機能要求があるケーブル接続部（気密端子箱接続、直ジョイントおよび三重同軸コネクタ-1 接続）については、絶縁物の温度、放射線および設計基準事故時雰囲気による劣化を考慮した評価を、実機同等品による長期健全性試験において、IEEE Std. 323-1974およびIEEE Std. 383-1974の規格に準拠して実施しており、この結果に基づき長期間の健全性を評価した。試験手順および判定方法を図1.1 に示す。

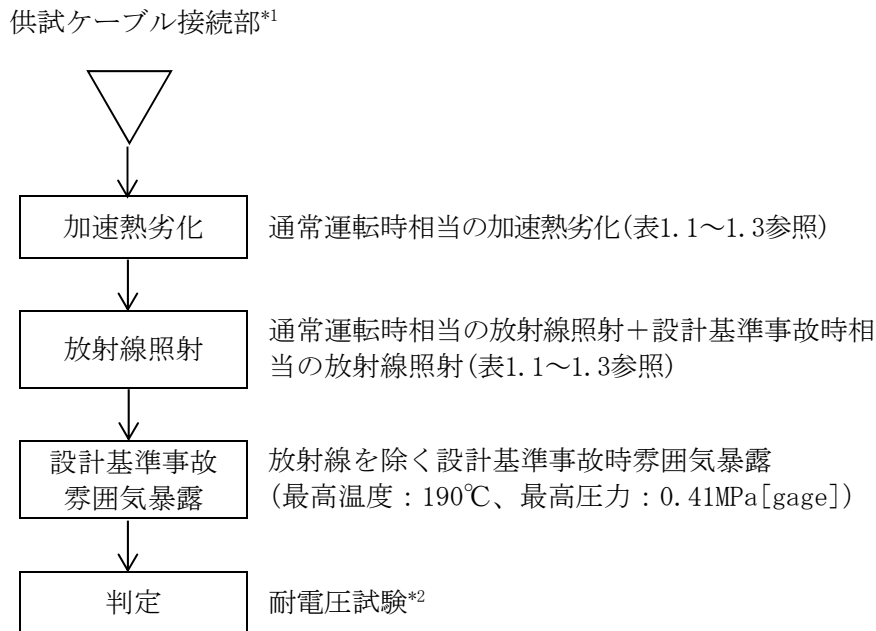


図1.1 ケーブル接続部の長期健全性試験手順および判定方法

*1: 大飯 4 号炉で使用しているケーブル接続部と製造メーカーおよび絶縁材料が同等のケーブル接続部を供試接続部としている。

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

b. 試験条件

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

表1.1 気密端子箱接続の長期健全性試験条件*1

| | | 試験条件 | 60年間の通常運転時の使用条件【別紙3. 添付-1) 参照】に基づく劣化条件【別紙3. 添付-2) 参照】または設計基準事故時の環境条件【別紙3. 添付-3) 参照】 |
|----------------------|---------------|------------------------|---|
| 通常 運相 転当 | 温度 | 121℃－7日 | 95℃－7日 (=44℃*2－60年) |
| | 放射線 (集積線量) | 500kGy (10kGy/h) | 146kGy*3 |
| 設計 基準 事故 相当 | 放射線 (集積線量) | 1,500kGy (10kGy/h) | 824kGy (最大集積線量) |
| | 温度 | 最高温度： 190℃ | 約132℃ (最高温度) |
| | 圧力 | 最高圧力： 0.41MPa[gage] | 約0.31MPa [gage] (最高圧力) |

*1：環境条件が厳しい原子炉格納容器内気密端子箱接続の使用条件を代表として記載。

*2：通常運転時の原子炉格納容器内気密端子箱接続周囲の平均温度の最大実測値。

*3： $0.2774[\text{Gy/h}] \times 24 \times 365.25 [\text{h/y}] \times 60 [\text{y}] = 146\text{kGy}$

*4：通常運転時の原子炉格納容器内気密端子箱接続周囲の平均線量率の最大実測値。

表1.2 直ジョイントの長期健全性試験条件*1

| | | 試験条件 | 60年間の通常運転時の使用条件【別紙3. 添付-1) 参照】に基づく劣化条件【別紙3. 添付-2) 参照】または設計基準事故時の環境条件【別紙3. 添付-3) 参照】 |
|----------------------|---------------|-------------------------|---|
| 通常 運相 転当 | 温度 | 121℃－7日 | 101℃－7日 (=44℃*2－60年) |
| | 放射線 (集積線量) | 500kGy (10kGy/h以下) | 146kGy*3 |
| 設計 基準 事故 相当 | 放射線 (集積線量) | 1,500kGy (10kGy/h以下) | 824kGy (最大集積線量) |
| | 温度 | 最高温度： 190℃ | 約132℃ (最高温度) |
| | 圧力 | 最高圧力： 0.41MPa[gage] | 約0.31MPa [gage] (最高圧力) |

*1：環境条件が厳しい原子炉格納容器内直ジョイントの使用条件を代表として記載。

*2：通常運転時の原子炉格納容器内直ジョイント周囲の平均温度の最大実測値。

*3： $0.2774[\text{Gy/h}] \times 24 \times 365.25 [\text{h/y}] \times 60 [\text{y}] = 146\text{kGy}$

*4：通常運転時の原子炉格納容器内直ジョイント周囲の平均線量率の最大実測値。

表1.3 三重同軸コネクタ接続－1の長期健全性試験条件*1

| | | 試験条件 | 60年間の通常運転時の使用条件【別紙3. 添付-1) 参照】に基づく劣化条件【別紙3. 添付-2) 参照】または設計基準事故時の環境条件【別紙3. 添付-3) 参照】 |
|----------------------|---------------|-------------------------|---|
| 通常 運相 転当 | 温度 | 121℃－7日 | 88℃-7日*3 (=39℃*2-60年) 58℃-7日*4 (=39℃*2-60年) |
| | 放射線 (集積線量) | 500kGy (10kGy/h以下) | 88kGy*5 |
| 設計 基事 準故 相当 | 放射線 (集積線量) | 1,500kGy (10kGy/h以下) | 824kGy (最大集積線量) |
| | 温度 | 最高温度： 190℃ | 約132℃ (最高温度) |
| | 圧力 | 最高圧力： 0.41MPa[gage] | 約0.31MPa [gage] (最高圧力) |

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

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

*3：Oリングの気密材料に対する試験条件

*4：絶縁物に対する試験条件

*5： $0.1657[\text{Gy/h}] \times (24 \times 365.25) [\text{h/y}] \times 60 [\text{y}] = 88\text{kGy}$

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

c. 評価結果

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

表1.4 気密端子箱接続の長期健全性試験結果

| 項目 | 試験条件 | 判定 |
|-------|--------------|----|
| 耐電圧試験 | AC 2,000V 1分 | 良 |

[出典：メーカーデータ]

表1.5 直ジョイントの長期健全性試験結果

| 項目 | 試験条件 | 判定 |
|-------|--------------|----|
| 耐電圧試験 | AC 2,600V 5分 | 良 |

[出典：メーカーデータ]

表1.6 三重同軸コネクタ接続-1の長期健全性試験結果

| 項目 | 試験条件 | 判定 |
|-------|--------------|----|
| 耐電圧試験 | DC 3,000V 1分 | 良 |

[出典：メーカーデータ]

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

図1.2に長期健全性試験手順を示す。

供試ケーブル接続部

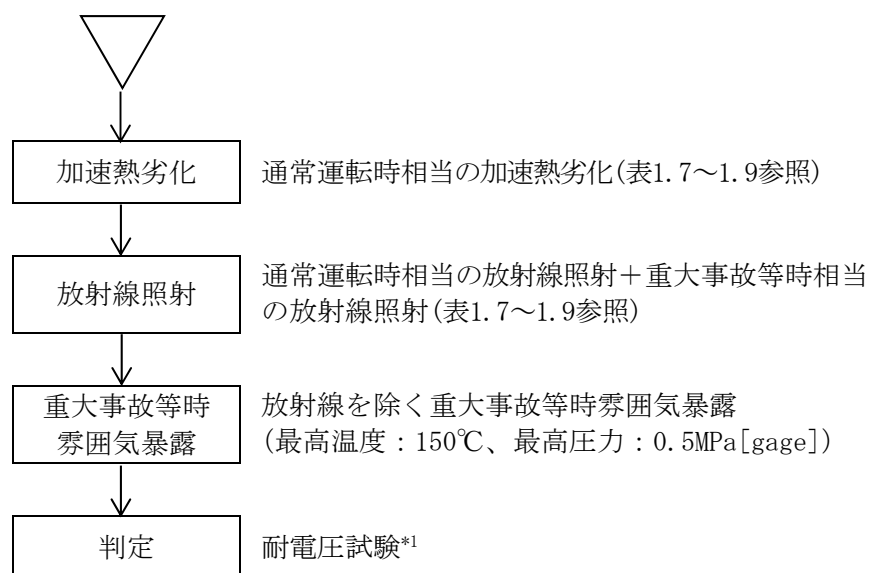


図1.2 ケーブル接続部の長期健全性試験手順および判定方法

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

b. 試験条件

表1.7~1.9に長期健全性試験条件を示す。試験条件は、大飯4号炉の実機環境に基づいて60年間の運転期間および重大事故等時を想定した劣化条件を包絡している。

表1.7 気密端子箱接続の長期健全性試験条件*1

| | | 試験条件 | 60年間の通常運転時の使用条件【別紙3. 添付-1) 参照】に基づく劣化条件【別紙3. 添付-4) 参照】または重大事故等時の環境条件【別紙3. 添付-5) 参照】 |
|--------------------------------------|---------------|-----------------------|--|
| 通常 運相 転当 | 温度 | 140℃-8h | 119℃-8h (=44℃*2-60年) |
| | 放射線 (集積線量) | 500kGy (10kGy/h以下) | 146kGy*3 |
| 重 大 事 故 等 時 相 当 | 放射線 (集積線量) | 500kGy (10kGy/h以下) | 500kGy (最大集積線量) |
| | 温度 | 最高温度： 150℃ | 約143℃ (最高温度) |
| | 圧力 | 最高圧力： 0.5MPa[gage] | 約0.43MPa [gage] (最高圧力) |

*1：環境条件が厳しい原子炉格納容器内気密端子箱接続の使用条件を代表として記載。

*2：通常運転時の原子炉格納容器内気密端子箱接続周囲の平均温度の最大実測値。

*3： $0.2774[\text{Gy/h}]^*4 \times (24 \times 365.25) [\text{h/y}] \times 60 [\text{y}] = 146\text{kGy}$

*4：通常運転時の原子炉格納容器内気密端子箱接続周囲の平均線量率の最大実測値。

表1.8 直ジョイントの長期健全性試験条件*1

| | | 試験条件 | 60年間の通常運転時の使用条件【別紙3. 添付-1) 参照】に基づく劣化条件【別紙3. 添付-4) 参照】または重大事故等時の環境条件【別紙3. 添付-5) 参照】 |
|--------------------------------------|---------------|-----------------------|--|
| 通常 運相 転当 | 温度 | 140℃-21h | 120℃-21h (=44℃*2-60年) |
| | 放射線 (集積線量) | 500kGy (10kGy/h以下) | 146kGy*3 |
| 重 大 事 故 等 時 相 当 | 放射線 (集積線量) | 500kGy (10kGy/h以下) | 500kGy (最大集積線量) |
| | 温度 | 最高温度： 150℃ | 約143℃ (最高温度) |
| | 圧力 | 最高圧力： 0.5MPa[gage] | 約0.43MPa [gage] (最高圧力) |

*1：環境条件が厳しい原子炉格納容器内直ジョイントの使用条件を代表として記載。

*2：通常運転時の原子炉格納容器内直ジョイント周囲の平均温度の最大実測値。

*3： $0.2774[\text{Gy/h}]^*4 \times (24 \times 365.25) [\text{h/y}] \times 60 [\text{y}] = 146\text{kGy}$

*4：通常運転時の原子炉格納容器内直ジョイント周囲の平均線量率の最大実測値。

表1.9 三重同軸コネクタ接続-1の長期健全性試験条件*1

| | | | |
|--------------------------------------|---------------|-----------------------|--|
| | | 試験条件 | 60年間の通常運転時の使用条件【別紙3. 添付-1) 参照】に基づく劣化条件【別紙3. 添付-4) 参照】または重大事故等時の環境条件【別紙3. 添付-5) 参照】 |
| 通常 運相 転当 | 温度 | 113℃-255h | 85℃-255h *3 (=39℃*2-60年) 57℃-255h *4 (=39℃*2-60年) |
| | 放射線 (集積線量) | 750kGy (10kGy/h以下) | 88kGy*5 |
| 重 大 事 故 等 時 相 当 | 放射線 (集積線量) | 500kGy (10kGy/h以下) | 500kGy (最大集積線量) |
| | 温度 | 最高温度： 150℃ | 約143℃ (最高温度) |
| | 圧力 | 最高圧力： 0.5MPa[gage] | 約0.43MPa [gage] (最高圧力) |

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

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

*3：Oリングの気密材料に対する試験条件

*4：絶縁物に対する試験条件

*5： $0.1657[\text{Gy/h}] *6 \times (24 \times 365.25) [\text{h/y}] \times 60 [\text{y}] = 88\text{kGy}$

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

c. 評価結果

長期健全性試験結果を表1.10～1.12に示す。評価の結果、大飯4号炉の気密端子箱接続、直ジョイントおよび三重同軸コネクタ-1接続は、運転開始後60年時点においても絶縁機能を維持できると判断する。

表1.10 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 1,500V 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1.11 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 1,500V 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1.12 三重同軸コネクタ接続-1の長期健全性試験結果

| 項目 | 試験条件 | 判定 |
|-------|---------------------------------------|----|
| 耐電圧試験 | 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

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

電力用ケーブル接続部については、定期的に絶縁抵抗測定を行い、管理値以上であることの確認を行っている。【別紙5参照】

3. 総合評価

健全性評価結果から判断して、気密端子箱接続、直ジョイントおよび三重同軸コネクタ-1接続については、絶縁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. 高経年化への対応

気密端子箱接続、直ジョイントおよび三重同軸コネクタ-1接続の絶縁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) 耐環境性能を要求されるケーブル接続部の環境条件について
- 2) ケーブル接続部の長期健全性試験（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 | 耐環境性能を要求されるケーブル接続部の環境条件について | | | | | | | | | | | | | |
|----------------|---|-----------|--|------|--------|-----------|----------------|----|--------|----|--------|--------------|----|--------|
| 概要 | ケーブル接続部の評価期間を算定するために用いた環境条件の根拠について、以下に示す。 | | | | | | | | | | | | | |
| 説明 | <p>ケーブル接続部については、それぞれ設置されているエリアの環境条件で評価を実施し、評価結果に応じた保全を実施している。</p> <p>ケーブル接続部評価書において、安全機能を有するケーブル接続部設置箇所の環境条件（別紙 3. 添付-1)-2）を代表するように、以下の条件の中から太線の温度、線量率を通常運転時の使用条件として評価書に記載している。</p> <table border="1" data-bbox="421 763 1254 958"> <thead> <tr> <th data-bbox="421 763 815 813">対象機器</th> <th data-bbox="815 763 1026 813">温度[°C]</th> <th data-bbox="1026 763 1254 813">線量率[Gy/h]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="421 813 815 862" rowspan="2">気密端子箱接続、直ジョイント</td> <td data-bbox="815 813 1026 862">36</td> <td data-bbox="1026 813 1254 862">0.2774</td> </tr> <tr> <td data-bbox="815 862 1026 911">44</td> <td data-bbox="1026 862 1254 911">0.1704</td> </tr> <tr> <td data-bbox="421 911 815 958">三重同軸コネクタ接続-1</td> <td data-bbox="815 911 1026 958">39</td> <td data-bbox="1026 911 1254 958">0.1657</td> </tr> </tbody> </table> | | | 対象機器 | 温度[°C] | 線量率[Gy/h] | 気密端子箱接続、直ジョイント | 36 | 0.2774 | 44 | 0.1704 | 三重同軸コネクタ接続-1 | 39 | 0.1657 |
| 対象機器 | 温度[°C] | 線量率[Gy/h] | | | | | | | | | | | | |
| 気密端子箱接続、直ジョイント | 36 | 0.2774 | | | | | | | | | | | | |
| | 44 | 0.1704 | | | | | | | | | | | | |
| 三重同軸コネクタ接続-1 | 39 | 0.1657 | | | | | | | | | | | | |

安全機能を有するケーブル接続部設置エリア

| 測定場所 | エリア | 温度 [°C] | 線量率 [Gy/h] | ① | ② | ③ | 選定 |
|---------|------|------------|---------------|---|---|---|----|
| ループ室 | A-2 | 30 | 0.0435 | ○ | ○ | | |
| | A-3 | 33 | 0.0442 | ○ | ○ | | |
| | B-1 | 39 | 0.1352 | ○ | ○ | | |
| | B-2 | 36 | 0.2774 | ○ | ○ | | ①② |
| | B-3 | 32 | 0.1657 | ○ | ○ | | |
| | B-4 | 44 | 0.1704 | ○ | ○ | | ①② |
| | C-3 | 42 | 0.1657 | ○ | ○ | | |
| | C-4 | 35 | 0.1704 | ○ | ○ | | |
| | D-2 | 37 | 0.0019 | | | ○ | |
| | D-3 | 39 | 0.1657 | | | ○ | ③ |
| 加圧器室上部 | E-1 | 36 | 0.0016 | ○ | ○ | | |
| 通路部 | A-6 | 29 | 0.0009 | ○ | ○ | | |
| | A-7 | 30 | 0.0001 | ○ | ○ | | |
| | A-8 | 30 | 0.0009 | ○ | ○ | | |
| | A-9 | 28 | 0.0009 | ○ | ○ | | |
| | A-10 | 26 | 0.0009 | ○ | ○ | | |
| | A-11 | 30 | 0.0009 | ○ | ○ | | |
| | A-12 | 30 | 0.0009 | ○ | ○ | | |
| | B-6 | 30 | 0.0014 | ○ | ○ | | |
| | B-7 | 26 | 0.0014 | ○ | ○ | | |
| | B-8 | 30 | 0.0014 | ○ | ○ | | |
| | B-9 | 30 | 0.0014 | ○ | ○ | | |
| | B-10 | 26 | 0.0014 | ○ | ○ | | |
| | B-11 | 30 | 0.0014 | ○ | ○ | | |
| | B-12 | 28 | 0.0014 | ○ | ○ | | |
| | C-7 | 29 | 0.0016 | ○ | ○ | | |
| | C-8 | 28 | 0.0012 | ○ | ○ | ○ | |
| | C-9 | 30 | 0.0011 | | ○ | | |
| | C-10 | 29 | 0.0016 | ○ | ○ | | |
| | C-11 | 34 | 0.0016 | | ○ | ○ | |
| | C-13 | 31 | 0.0016 | ○ | ○ | | |
| | C-16 | 34 | 0.0016 | ○ | ○ | | |
| D-6 | 31 | 0.0010 | ○ | ○ | | | |
| D-8 | 31 | 0.0010 | ○ | ○ | | | |
| D-9 | 38 | 0.0010 | ○ | ○ | | | |
| D-12 | 37 | 0.0009 | ○ | ○ | | | |
| MS 区画*1 | — | 50 | 0.00001 | ○ | ○ | | |

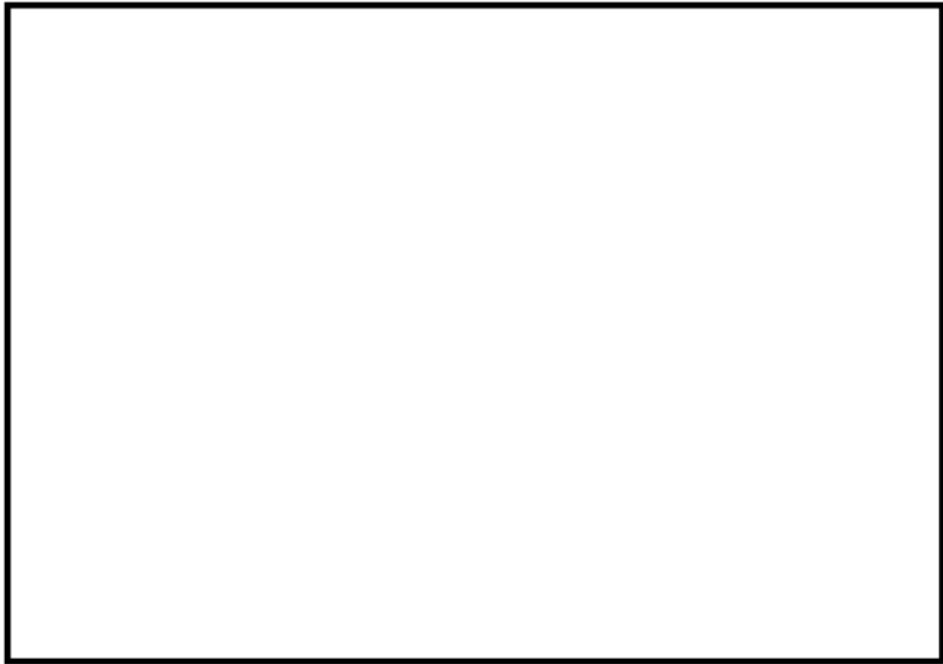
*1：主蒸気・主給水管室

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

| タイトル | ケーブル接続部の長期健全性試験（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、計算式、実環境温度および活性化エネルギー等を以下に示す。 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 説明 | <p>ケーブル接続部の 60 年間の通常運転時の使用条件に基づく劣化条件は、ケーブル絶縁材の活性化エネルギーを用いて、アレニウス則により算出している。</p> <p>長期健全性試験による評価においては、別紙 3. 添付-1)で整理した各環境条件を包絡する温度として、44℃および 39℃で評価する。</p> <p>実機使用条件（44℃-60 年および 39℃-60 年）を、長期健全性試験条件（121℃-7 日）との比較を容易にするため、加速時間(L2)を試験条件と同じ 7 日として換算した結果を以下に示す。</p> <table border="1" data-bbox="419 835 1369 1070"> <thead> <tr> <th>機器</th> <th>絶縁物</th> <th>T2[℃]</th> <th>L2[日]</th> <th>T1[℃]</th> <th>L1[年]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>①</td> <td>エチレンプロピレンゴム</td> <td>95</td> <td>7</td> <td>44</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td>②</td> <td>難燃架橋ポリエチレン</td> <td>101</td> <td>7</td> <td>44</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">③</td> <td>エチレンプロピレンゴム</td> <td>88</td> <td>7</td> <td>39</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td>架橋ポリスチレン</td> <td>58</td> <td>7</td> <td>39</td> <td>60</td> </tr> </tbody> </table> <p>注：表中の①～③は、それぞれ①→気密端子箱接続、②→直ジョイント、③→三重同軸コネクタ接続-1を示す。</p> <p>活性化エネルギー： エチレンプロピレンゴム：[] [kcal/mol]（メーカーデータ）、 難燃架橋ポリエチレン：[] [kcal/mol]（メーカーデータ）、 架橋ポリスチレン：[] [kcal/mol]（メーカーカタログ値） での換算値（L1:実環境年数、L2:加速時間、T1:実環境温度、T2:加速温度）</p> <p>実機使用条件を換算した加速温度(T2)は、長期健全性試験条件の温度(121℃)に包絡される。</p> | | | | | 機器 | 絶縁物 | T2[℃] | L2[日] | T1[℃] | L1[年] | ① | エチレンプロピレンゴム | 95 | 7 | 44 | 60 | ② | 難燃架橋ポリエチレン | 101 | 7 | 44 | 60 | ③ | エチレンプロピレンゴム | 88 | 7 | 39 | 60 | 架橋ポリスチレン | 58 | 7 | 39 | 60 |
| 機器 | 絶縁物 | T2[℃] | L2[日] | T1[℃] | L1[年] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ① | エチレンプロピレンゴム | 95 | 7 | 44 | 60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ② | 難燃架橋ポリエチレン | 101 | 7 | 44 | 60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ③ | エチレンプロピレンゴム | 88 | 7 | 39 | 60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 架橋ポリスチレン | 58 | 7 | 39 | 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 事故時雰囲気曝露の試験条件を別紙 3. 添付-3)-2 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（事故後 27 時間までの解析を実施）は添付-3)-2 を、設計基準事故（主蒸気管破断）条件は添付-3)-3 を参照のこと。 以下に示すように、事故時雰囲気曝露の試験条件は、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="421 801 1353 1393"> <thead> <tr> <th></th> <th>条件（温度－時間）</th> <th>65°C換算*1</th> <th>合計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">事故時 雰囲気 曝露 試験</td> <td rowspan="3">[]</td> <td>461226 時間</td> <td rowspan="3">1758717 時間 (100 年以上)</td> </tr> <tr> <td>181858 時間</td> </tr> <tr> <td>1115633 時間</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">設計基準 事故*2</td> <td rowspan="3">[]</td> <td>26581 時間</td> <td rowspan="3">38958 時間 (約 4.4 年)</td> </tr> <tr> <td>3641 時間</td> </tr> <tr> <td>8736 時間</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">設計基準 事故*3</td> <td rowspan="3">[]</td> <td>1215158 時間</td> <td rowspan="3">1215187 時間 (100 年以上)</td> </tr> <tr> <td>1 時間</td> </tr> <tr> <td>28 時間</td> </tr> </tbody> </table> <p>*1：活性化エネルギー [] [kcal/mol]（メーカーデータ）での換算値 *2：1次冷却材管の破断による原子炉冷却材喪失事故包絡条件 *3：主蒸気管破断事故包絡条件</p> | | | | 条件（温度－時間） | 65°C換算*1 | 合計 | 事故時 雰囲気 曝露 試験 | [] | 461226 時間 | 1758717 時間 (100 年以上) | 181858 時間 | 1115633 時間 | 設計基準 事故*2 | [] | 26581 時間 | 38958 時間 (約 4.4 年) | 3641 時間 | 8736 時間 | 設計基準 事故*3 | [] | 1215158 時間 | 1215187 時間 (100 年以上) | 1 時間 | 28 時間 |
| | 条件（温度－時間） | 65°C換算*1 | 合計 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 事故時 雰囲気 曝露 試験 | [] | 461226 時間 | 1758717 時間 (100 年以上) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 181858 時間 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 1115633 時間 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 設計基準 事故*2 | [] | 26581 時間 | 38958 時間 (約 4.4 年) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 3641 時間 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 8736 時間 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 設計基準 事故*3 | [] | 1215158 時間 | 1215187 時間 (100 年以上) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 1 時間 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 28 時間 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

説 明



気密端子箱接続 設計基準事故時雰囲気暴露試験条件

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 3. 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（事故後 27 時間までの解析を実施）は添付-3)-2 を、設計基準事故（主蒸気管破断）条件は添付-3)-3 を参照のこと。

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

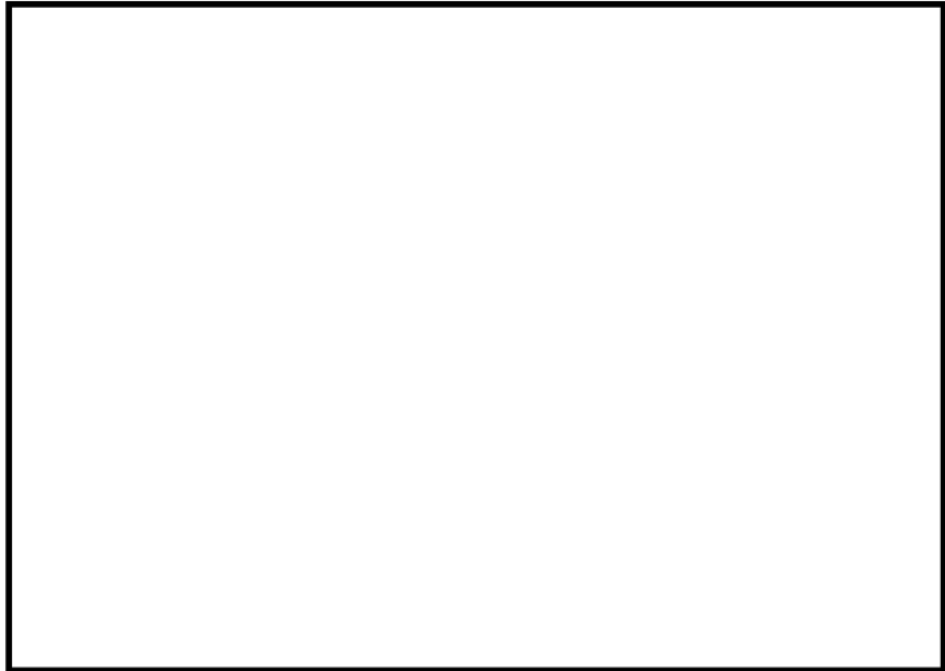
| | 条件（温度－時間） | 65℃換算*1 | 合計 |
|------------------------|-----------|-----------|-----------------------|
| 事故時 雰囲気 曝露 試験 | | 108498 時間 | 679249 時間 (約 77 年) |
| | | 61936 時間 | |
| | | 508815 時間 | |
| 設計基準 事故*2 | | 10951 時間 | 21889 時間 (約 2.5 年) |
| | | 2202 時間 | |
| | | 8736 時間 | |
| 設計基準 事故*3 | | 357387 時間 | 357437 時間 (約 41 年) |
| | | 1 時間 | |
| | | 49 時間 | |

*1：活性化エネルギー [kcal/mol]（メーカーデータ）での換算値

*2：1次冷却材管の破断による原子炉冷却材喪失事故包絡条件

*3：主蒸気管破断事故包絡条件

説 明



直ジョイント 設計基準事故時雰囲気暴露試験条件

説 明

③三重同軸コネクタ接続-1

事故時雰囲気曝露の試験条件を別紙 3. 添付-3)-6 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（事故後 27 時間までの解析を実施）は添付-3)-2 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。

エチレンプロピレンゴム（Oリング）

| | 条件（温度－時間） | 65℃換算*1 | 合計 |
|------------------------|-----------|---------|-----------------------|
| 事故時 雰囲気 曝露 試験 | | 64059 日 | 131959 日 (100 年以上) |
| | | 8848 日 | |
| | | 15302 日 | |
| | | 43750 日 | |
| 設計基準 事故*2 | | 1108 日 | 1624 日 (約 4.4 年) |
| | | 152 日 | |
| | | 364 日 | |

*1：活性化エネルギー [kcal/mol]（メーカーデータ）での換算値

*2：1次冷却材管の破断による原子炉冷却材喪失事故包絡条件

架橋ポリスチレン（絶縁物）

| | 条件（温度－時間） | 65℃換算*1 | 合計 |
|------------------------|-----------|------------------|-------------------------------|
| 事故時 雰囲気 曝露 試験 | | 38729524699227 日 | 38787565229352 日 (100 年以上) |
| | | 46338473365 日 | |
| | | 9161272850 日 | |
| | | 2540783910 日 | |
| 設計基準 事故*2 | | 266247335 日 | 266418741 日 (100 年以上) |
| | | 171042 日 | |
| | | 364 日 | |

*1：活性化エネルギー [kcal/mol]（メーカーカタログ値）での換算値

*2：1次冷却材管の破断による原子炉冷却材喪失事故包絡条件

説 明



三重同軸コネクタ接続-1 設計基準事故時雰囲気暴露試験条件

| 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、計算式、実環境温度および活性化エネルギー等を以下に示す。 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 説明 | <p>ケーブル接続部の 60 年間の通常運転時の使用条件に基づく劣化条件は、ケーブル絶縁材の活性化エネルギーを用いて、アレニウス則により算出している。</p> <p>長期健全性試験による評価においては、別紙 3. 添付-1)で整理した各環境条件を包絡する温度として、44℃および 39℃で評価する。</p> <p>実機使用条件（44℃-60 年および 39℃-60 年）を、長期健全性試験条件（気密端子箱接続：140℃-8 時間、直ジョイント：140℃-21 時間、三重同軸コネクタ接続-1：113℃-255 時間）との比較を容易にするため、加速時間（L2）を試験条件と同じ時間として換算した結果を以下に示す。</p> <table border="1" data-bbox="421 875 1358 1137"> <thead> <tr> <th data-bbox="421 875 552 949">機器</th> <th data-bbox="552 875 911 949">絶縁物 長期健全性試験条件</th> <th data-bbox="911 875 1027 949">T2[℃]</th> <th data-bbox="1027 875 1137 949">L2[時間]</th> <th data-bbox="1137 875 1254 949">T1[℃]</th> <th data-bbox="1254 875 1358 949">L1[年]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="421 949 552 994">①</td> <td data-bbox="552 949 911 994">エチレンプロピレンゴム</td> <td data-bbox="911 949 1027 994">119</td> <td data-bbox="1027 949 1137 994">8</td> <td data-bbox="1137 949 1254 994">44</td> <td data-bbox="1254 949 1358 994">60</td> </tr> <tr> <td data-bbox="421 994 552 1039">②</td> <td data-bbox="552 994 911 1039">難燃架橋ポリエチレン</td> <td data-bbox="911 994 1027 1039">120</td> <td data-bbox="1027 994 1137 1039">21</td> <td data-bbox="1137 994 1254 1039">44</td> <td data-bbox="1254 994 1358 1039">60</td> </tr> <tr> <td data-bbox="421 1039 552 1137" rowspan="2">③</td> <td data-bbox="552 1039 911 1084">エチレンプロピレンゴム</td> <td data-bbox="911 1039 1027 1084">85</td> <td data-bbox="1027 1039 1137 1084">255</td> <td data-bbox="1137 1039 1254 1084">39</td> <td data-bbox="1254 1039 1358 1084">60</td> </tr> <tr> <td data-bbox="552 1084 911 1137">架橋ポリスチレン</td> <td data-bbox="911 1084 1027 1137">57</td> <td data-bbox="1027 1084 1137 1137">255</td> <td data-bbox="1137 1084 1254 1137">39</td> <td data-bbox="1254 1084 1358 1137">60</td> </tr> </tbody> </table> <p>注：表中の①～③は、それぞれ①→気密端子箱接続、②→直ジョイント、③→三重同軸コネクタ接続-1を示す。</p> <p>活性化エネルギー： エチレンプロピレンゴム： <input type="text"/> [kcal/mol]（メーカーデータ）、 難燃架橋ポリエチレン： <input type="text"/> [kcal/mol]（メーカーデータ）、 架橋ポリスチレン： <input type="text"/> [kcal/mol]（メーカーカタログ値） での換算値（L1:実環境年数、L2:加速時間、T1:実環境温度、T2:加速温度）</p> <p>実機使用条件を換算した加速温度（T2）は、長期健全性試験条件の温度にそれぞれ包絡される。</p> | | | | | 機器 | 絶縁物 長期健全性試験条件 | T2[℃] | L2[時間] | T1[℃] | L1[年] | ① | エチレンプロピレンゴム | 119 | 8 | 44 | 60 | ② | 難燃架橋ポリエチレン | 120 | 21 | 44 | 60 | ③ | エチレンプロピレンゴム | 85 | 255 | 39 | 60 | 架橋ポリスチレン | 57 | 255 | 39 | 60 |
| 機器 | 絶縁物 長期健全性試験条件 | T2[℃] | L2[時間] | T1[℃] | L1[年] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ① | エチレンプロピレンゴム | 119 | 8 | 44 | 60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ② | 難燃架橋ポリエチレン | 120 | 21 | 44 | 60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ③ | エチレンプロピレンゴム | 85 | 255 | 39 | 60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 架橋ポリスチレン | 57 | 255 | 39 | 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>健全性評価上、最も厳しい条件となる重大事故等時（格納容器過圧破損）の安全解析結果（事故後7日間までの解析を実施）および事故時雰囲気曝露の試験条件は、添付-5)-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、実機の重大事故等時条件を包絡している。</p> <table border="1" data-bbox="520 725 1259 931"> <thead> <tr> <th data-bbox="520 725 879 779"></th> <th data-bbox="879 725 1259 779">条件（温度－時間）</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="520 779 879 853">事故時雰囲気曝露試験</td> <td data-bbox="879 779 1259 931" rowspan="2"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="520 853 879 931">重大事故等時*1</td> </tr> </tbody> </table> <p>*1：格納容器過圧破損事故包絡条件</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 | | | | | | |

別紙 4. 計測制御設備の評価について

1. 耐環境性能を要求されるプロセス計測制御設備について

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

表 1.1 計測制御設備の事故時環境下における機能要求分類

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

*1: 設置場所 ①: 原子炉格納容器内、②: 使用済燃料ピットエリア

*2: 無機物で構成されており、熱や放射線による劣化は想定されない。

2. 定期取替品の取替周期の妥当性について

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

2.1 伝送器（ダイヤフラム）

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

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

| 機器名称 | エリア | 温度 [°C] | 線量率 [Gy/h] | 事故時環境下において機能要求のある機器 | |
|--------------------------|------|------------|---------------|---------------------|--------|
| | | | | 設計基準事故 | 重大事故等時 |
| 1次冷却材圧力 | C-7 | 29 | 0.0016 | ○ | ○ |
| | C-10 | 29 | 0.0016 | | |
| 加圧器圧力 | D-12 | 37 | 0.0009 | ○ | — |
| 加圧器水位 | C-13 | 31 | 0.0016 | ○ | ○ |
| 格納容器再循環サンプル水位 (広域・狭域) | B-6 | 30 | 0.0014 | ○ | ○ |
| | B-11 | 30 | 0.0014 | | |
| 蒸気発生器（狭域）水位 | C-7 | 29 | 0.0016 | ○ | ○ |
| | C-10 | 29 | 0.0016 | | |
| 蒸気発生器（広域）水位 | B-7 | 26 | 0.0014 | ○ | ○ |
| | B-10 | 26 | 0.0014 | | |
| 原子炉水位 | C-11 | 34 | 0.0016 | — | ○ |

表 2.1.2 事故時環境条件

| 事故の種類 | 温度 | 放射線 | 圧力 |
|----------|-------------------|--------------------|---------------------------|
| 設計基準事故*1 | 約 132°C (最高温度) | 824kGy (最大集積線量) | 約 0.31MPa[gage] (最高圧力) |
| 重大事故等時*2 | 約 143°C (最高温度) | 500kGy (最大集積線量) | 約 0.43MPa[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

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

表 2.1.3 伝送器（ダイヤフラム）の取替周期および根拠

| 取替周期 | 対象 | 根拠 |
|------|--------|--|
| □年 | 設計基準事故 | 伝送器の耐環境性評価研究（H17 電共研） <加速熱劣化> ・90℃×2,085時間のエージング →アレニウス換算 □ [eV] *1（EPRI）、通常運転時 47.7℃*2 で □年相当と評価 <放射線照射> ・積算線量 150Gy+500kGy（10kGy/h以下） →想定される通常運転時 □ Gy*3+伝送器周囲の設計基準事故時積算線量約 367 kGy*4を包絡 |
| | 重大事故等時 | 電力共同委託「SA時の計装品の耐環境性能評価委託 2014年度」 <加速熱劣化> ・128℃×4.5日 □のエージング →アレニウス換算 □ [eV] *1（EPRI）、通常運転時 47.7℃*2 で □年相当と評価 <放射線照射> ・積算線量 150Gy+500kGy（10kGy/h以下） →想定される通常運転時 □ Gy*3+重大事故等時積算線量約 400 kGy*5を包絡 |

*1：伝送器構成品のうち、活性化エネルギーの最小値

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

*3： $0.0016[\text{Gy}/\text{h}] \times (24 \times 365.25) [\text{h}/\text{y}] \times \square [\text{y}] = \square \text{Gy}$

*4：824kGy（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。

*5：500kGy（最大集積線量）は原子炉格納容器内での重大事故等時集積線量の解析値を包絡するように設定した設計値であるが、実際の解析値は 400kGy 以下であることが確認されている【別紙5. 添付-5)参照】。

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

| | 条件（温度－時間） | 65℃換算*1 | 合計 |
|----------------------------|-----------|----------|------------------------|
| 事故時雰囲気暴露試験 【図 2.1.1 参照】 | | 2129 時間 | 44645 時間 (約 1860 日) |
| | | 3572 時間 | |
| | | 10562 時間 | |
| | | 28382 時間 | |
| 設計基準事故*2 【添付-3)-2 参照】 | | 985 時間 | 10282 時間 (約 428 日) |
| | | 561 時間 | |
| | | 8736 時間 | |

*1：活性化エネルギー： [eV] (EPRI) での換算値

*2：1次冷却材管の破断による原子炉冷却材喪失事故包絡条件

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

| | 条件（温度－時間） |
|----------------------------|-----------|
| 事故時雰囲気暴露試験 【図 2.1.2 参照】 | |
| 重大事故等時*1 【図 2.1.2 参照】 | |

*1：格納容器過圧破損事故包絡条件

表 2.1.6 伝送器（ダイヤフラム）の長期健全性試験結果

| 項目 | 判定 |
|------|----|
| 性能試験 | 良 |

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



図 2.1.1 伝送器（ダイヤフラム） 設計基準事故時雰囲気暴露試験条件

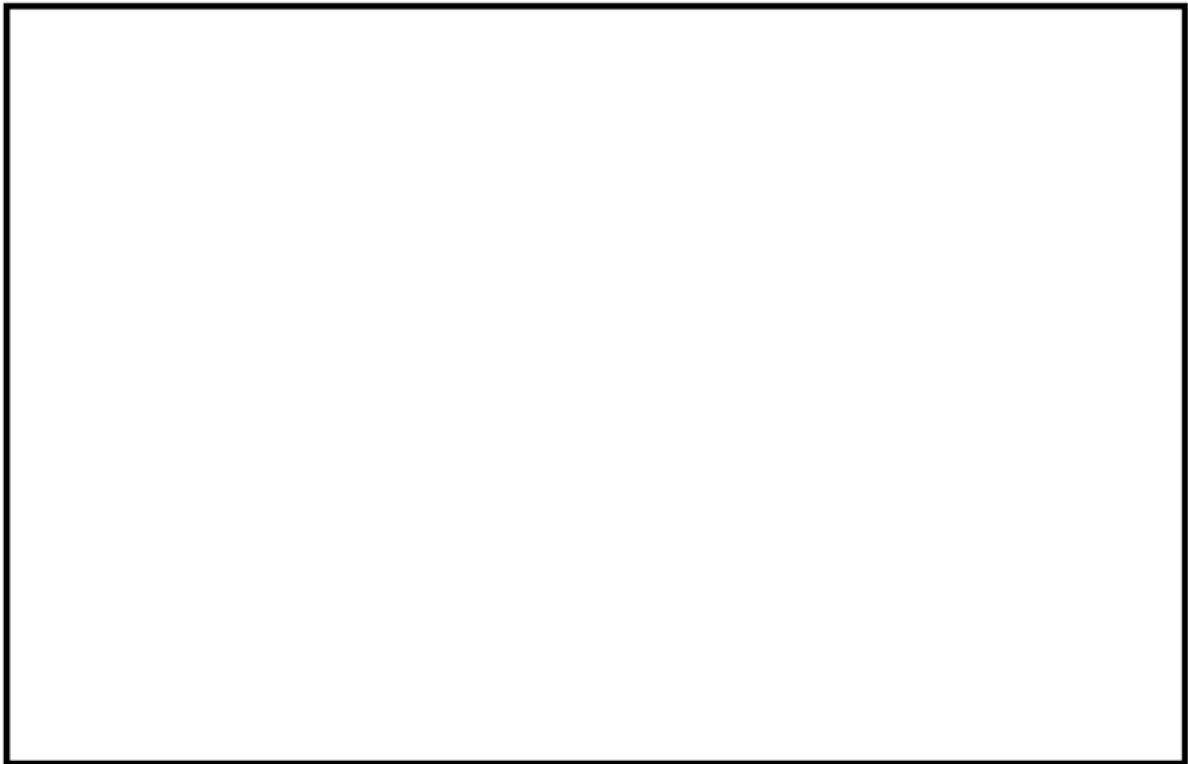


図 2.1.2 伝送器（ダイヤフラム） 重大事故等時（格納容器過圧破損）の
安全解析結果および事故時雰囲気暴露の試験条件

2.2 伝送器（電波式）

伝送器（電波式）に適用される使用環境条件を表2.2.1に示す。

表 2.2.1 伝送器（電波式）の使用環境条件

| | 周囲温度 | 線量率 |
|----------|--------------|----------------|
| 通常運転時 | 約 29℃（平均温度） | 0.15mGy/h 以下*2 |
| 重大事故等時*1 | 約 100℃（最高温度） | |

*1：使用済燃料ピットにおける重大事故に至るおそれがある事故

*2：原子炉周辺建屋の遮蔽設計基準値

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

表 2.2.2 伝送器（電波式）の取替周期および根拠

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

*1：0.15[mGy/h] × (24×365.25) [h/y] × □[y] = □ Gy

*2：0.15[mGy/h] × 24[h/d] × 7 [d] = 0.03 Gy

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

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

*1：使用済燃料ピットにおける重大事故に至るおそれがある事故包絡条件

表2.2.4 伝送器（電波式）の長期健全性試験結果

| 項目 | 判定 |
|------|----|
| 性能試験 | 良 |

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

2.3 測温抵抗体（1次冷却材高温側温度等）

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

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

| 機器名称 | エリア | 温度 [°C] | 線量率 [Gy/h] | 事故時環境下において機能要求のある機器 | |
|----------------------------------|-----|------------|---------------|---------------------|--------|
| | | | | 設計基準事故 | 重大事故等時 |
| 1次冷却材高温側温度（広域） | B-1 | 39 | 0.1352 | ○ | ○ |
| | B-2 | 36 | 0.2774 | ○ | ○ |
| | B-3 | 32 | 0.1657 | ○ | ○ |
| | B-4 | 44 | 0.1704 | ○ | ○ |
| 1次冷却材低温側温度（広域） | B-1 | 39 | 0.1352 | ○ | ○ |
| | B-2 | 36 | 0.2774 | ○ | ○ |
| | B-3 | 32 | 0.1657 | ○ | ○ |
| | B-4 | 44 | 0.1704 | ○ | ○ |
| 1次冷却材高温側温度（狭域） 1次冷却材低温側温度（狭域） | B-1 | 39 | 0.1352 | ○ | — |
| | B-2 | 36 | 0.2774 | ○ | — |
| | B-3 | 32 | 0.1657 | ○ | — |
| | B-4 | 44 | 0.1704 | ○ | — |
| 格納容器内温度 | D-8 | 31 | 0.0010 | ○ | ○ |
| | D-9 | 38 | 0.0010 | ○ | ○ |

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 132°C (最高温度) | 824kGy (最大集積線量) | 約 0.31MPa[gage] (最高圧力) |
| 重大事故等時*2 | 約 143°C (最高温度) | 500kGy (最大集積線量) | 約 0.43MPa[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

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

表2.3.3 測温抵抗体の取替周期および根拠

| 取替周期 | 対象 | 根拠 |
|------|-----------------|---|
| □年 | 設計基準事故または重大事故等時 | <p>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」 <熱・放射線同時劣化> ・107℃-145.4Gy/h-215日間のエージング →アレニウス換算 □ [eV] (EPRI)、□ [kcal/mol] (ACA)、実機温度を包絡する温度として45℃の温度領域で、稼働率を考慮して□年相当と評価 →積算線量 750 kGy^{*1}</p> <p><事故時放射線照射> ・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 または重大事故等時積算線量 500 kGy を包絡</p> |

*1 : 145.4[Gy/h] × (215[d] × 24[h/d]) = 750 kGy

*2 : 0.2774[Gy/h] × (24 × 365.25) [h/y] × □ [y] = □ 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} | 1826 時間 | 4957 時間 |
| | | 860 時間 | |
| | | 716 時間 | |
| | | 595 時間 | |
| | | 525 時間 | |
| 設計基準事故 ^{*3} 【添付-3)-2 参照】 | □ | 30 時間 | 1119 時間 |
| | | 666 時間 | |
| 重大事故等時 ^{*4} 【添付-5)-2 参照】 | □ | 423 時間 | 1601 時間 |
| | | 119 時間 | |
| | | 328 時間 | |
| | | 103 時間 | |
| | | 77 時間 | |
| | | 85 時間 | |
| | | 75 時間 | |
| | | 66 時間 | |
| | | 57 時間 | |
| | | 70 時間 | |
| | | 88 時間 | |
| | | 85 時間 | |
| | | 101 時間 | |
| 88 時間 | | | |
| 97 時間 | | | |
| 120 時間 | | | |
| 42 時間 | | | |

*1 : 活性化エネルギー □ [eV] (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 : 格納容器過圧破損事故包絡条件

表2.3.5 測温抵抗体の長期健全性試験結果

| 項目 | 判定 |
|------|----|
| 性能試験 | 良 |

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

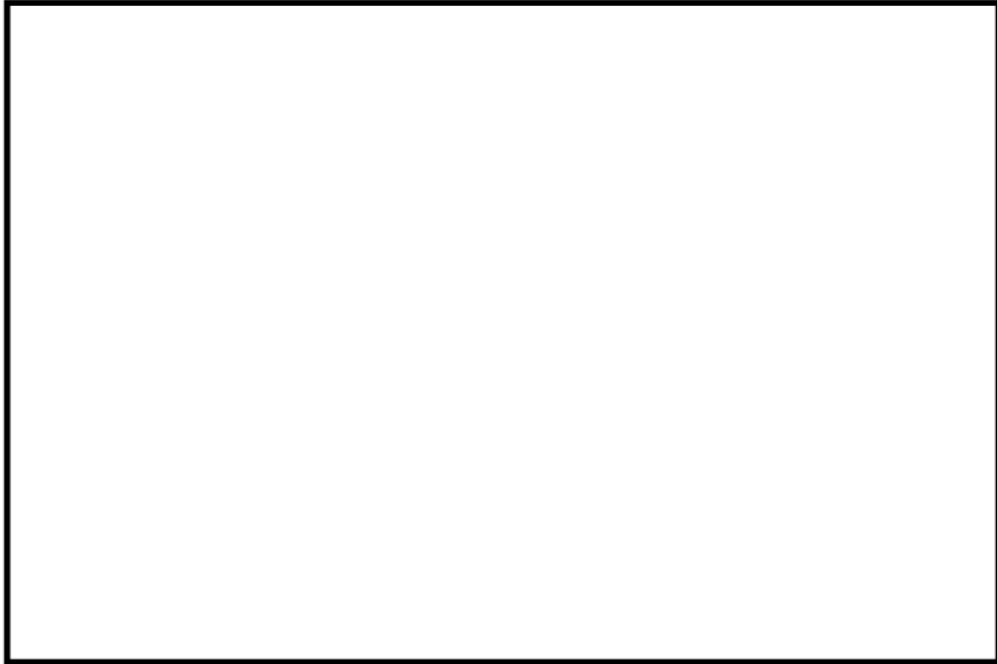


図 2.3.1 測温抵抗体 事故時雰囲気暴露試験条件

2.4 測温抵抗体（使用済燃料ピット温度）

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

表 2.4.1 測温抵抗体（使用済燃料ピット温度）の使用環境条件

| | 周囲温度 | 線量率 |
|----------|--------------|----------------|
| 通常運転時 | 約 29℃（平均温度） | 0.15mGy/h 以下*2 |
| 重大事故等時*1 | 約 100℃（最高温度） | |

*1：使用済燃料ピットにおける重大事故に至るおそれがある事故

*2：原子炉周辺建屋の遮蔽設計基準値

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

表 2.4.2 測温抵抗体（使用済燃料ピット温度）の使用環境条件

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

*1：0.15[mGy/h]×(24×365.25)[h/y]×□[y]=□Gy

*2：0.15[mGy/h]×24[h/d]×7[d]=0.03 Gy

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

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

*1：使用済燃料ピットにおける重大事故に至るおそれがある事故包絡条件

表2.4.4 測温抵抗体（使用済燃料ピット温度）の長期健全性試験結果

| 項目 | 判定 |
|------|----|
| 性能試験 | 良 |

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

2.5 熱電対（静的触媒式水素再結合装置等）

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

表 2.5.1 熱電対（静的触媒式水素再結合装置等）の使用環境条件

| 機器名称 | エリア | 温度[°C] | 線量率[Gy/h] |
|---------------------|-------------|--------|-----------|
| 静的触媒式 水素再結合装置温度 | C-9 | 30 | 0.0011 |
| | E-2 | 39 | 0.0016 |
| | E-3, 4 | — | — |
| 原子炉格納容器 水素燃焼装置温度 | A-6 | 29 | 0.0009 |
| | A-8, 11, 12 | 30 | 0.0009 |
| | A-9 | 28 | 0.0009 |
| | C-1 | 40 | 0.0284 |
| | C-2 | 35 | 0.2774 |
| | C-3 | 42 | 0.1657 |
| | C-4 | 35 | 0.1704 |
| | C-12 | 30 | 0.0011 |
| | E-1 | 36 | 0.0016 |
| | E-2 | 39 | 0.0016 |
| | E-3 | — | — |

注：「—」は測定実績なし

表 2.5.2 事故時環境条件

| 事故の種類 | 温度 | 放射線 | 圧力 |
|----------------------|-------------------|--------------------|---------------------------|
| 重大事故等時 ^{*1} | 約 143°C (最高温度) | 500kGy (最大集積線量) | 約 0.43MPa[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および根拠を表2.5.3に、事故時雰囲気暴露試験の包絡性を表2.5.4に、事故時雰囲気暴露試験後の健全性試験結果を表2.5.5に示す。

表2.5.3 熱電対の取替周期および根拠

| 取替周期 | 根拠 |
|------|---|
| □年 | 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> ・120℃×101日 のエージング →アレニウス換算 □ [eV] (EPRI)、□ [kcal/mol] (ACA)、通常運転時 45℃ ^{*1} で、稼働率を考慮して □ 年相当と評価 <放射線照射> ・積算線量 1,200kGy (10kGy/h) →想定される通常運転時 □ kGy ^{*2} +重大事故等時積算線量約 400 kGy ^{*3} を包絡 |

*1：熱電対周囲の最大実測値 40℃に余裕を見た温度として設定

*2： $0.2774[\text{Gy/h}] \times (24 \times 365.25) [\text{h/y}] \times \square [\text{y}] = \square \text{ kGy}$

*3：500kGy（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400kGy以下であることが確認されている【別紙5.添付-5参照】。

表 2.5.4 熱電対の事故時雰囲気暴露試験（重大事故等時）の包絡性

| | 条件（温度－時間） | 100℃換算 ^{*1} | 合計 |
|--------------------------------------|-----------|----------------------|---------|
| 事故時雰囲気暴露試験 【図 2.5.1 参照】 | | 1826 時間 | 4957 時間 |
| | | 860 時間 | |
| | | 716 時間 | |
| | | 595 時間 | |
| | | 525 時間 | |
| | | 435 時間 | |
| 重大事故等時 ^{*3} 【添付-5）-2 参照】 | | 119 時間 | 1601 時間 |
| | | 328 時間 | |
| | | 103 時間 | |
| | | 77 時間 | |
| | | 85 時間 | |
| | | 75 時間 | |
| | | 66 時間 | |
| | | 57 時間 | |
| | | 70 時間 | |
| | | 88 時間 | |
| | | 85 時間 | |
| | | 101 時間 | |
| | | 88 時間 | |
| | | 97 時間 | |
| | 120 時間 | | |
| | 42 時間 | | |

*1：活性化エネルギー □ [eV] (EPRI) での換算値

*2：□

*3：格納容器過圧破損事故包絡条件

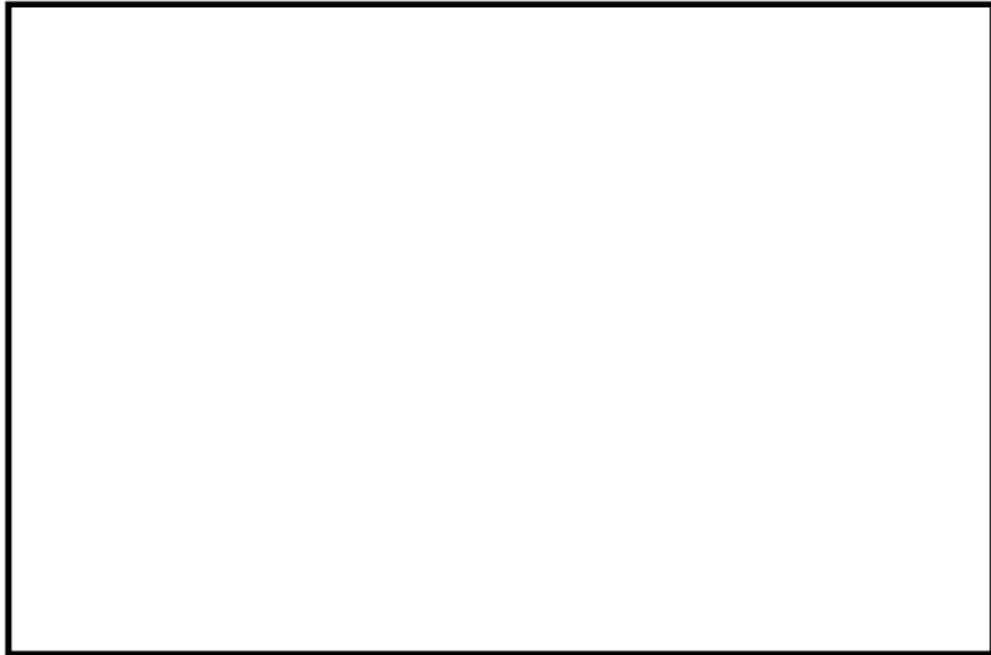


図 2.5.1 熱電対 事故時雰囲気暴露試験条件（重大事故等時）

表2.5.5 熱電対の長期健全性試験結果

| 項目 | 判定 |
|------|----|
| 性能試験 | 良 |

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

2.6 LAN（使用済燃料ピット監視カメラ）

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

表 2.6.1 LAN（使用済燃料ピット監視カメラ）の使用環境条件

| | 周囲温度 | 線量率 |
|----------|--------------|----------------|
| 通常運転時 | 約 29℃（平均温度） | 0.15mGy/h 以下*2 |
| 重大事故等時*1 | 約 100℃（最高温度） | |

*1：使用済燃料ピットにおける重大事故に至るおそれがある事故

*2：原子炉周辺建屋の遮蔽設計基準値

重大事故等時に耐環境性能を要求されるLAN（使用済燃料ピット監視カメラ）の取替周期および根拠を表2.6.2に、事故時雰囲気暴露試験の包絡性を表2.6.3に、事故時雰囲気暴露試験後の健全性試験結果を表2.6.4に示す。

表 2.6.2 LAN（使用済燃料ピット監視カメラ）の使用環境条件

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

*1：0.15[mGy/h]×(24×365.25)[h/y]×□[y]=□Gy

*2：0.15[mGy/h]×24[h/d]×7[d]=0.03 Gy

表 2.6.3 LAN（使用済燃料ピット監視カメラ）の事故時雰囲気暴露試験（重大事故等時）の包絡性

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

*1：使用済燃料ピットにおける重大事故に至るおそれがある事故包絡条件

表2.6.4 LAN（使用済燃料ピット監視カメラ）の長期健全性試験結果

| 項目 | 判定 |
|------|----|
| 性能試験 | 良 |

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

| | |
|------|--|
| タイトル | 電気・計装品の評価（共通項目）について |
| 概要 | 電気・計装品の評価（共通項目）について以下に示す。 |
| 説明 | 添付-1) 電気設備評価対象機器の製造メーカー、型式等について 添付-2) 評価対象機器の保全内容および保全実績等について 添付-3) JEAG4623-2018で要求される試験項目の実施の有無について 添付-4) 電気計装設備のEQ管理に対する対応について 添付-5) 重大事故等対処設備の劣化状況評価における耐環境試験条件（放射線条件）の妥当性および事故後8日以降の放射線に対する評価について |

| | | | | |
|------|--|------------------------|---|--------|
| タイトル | 電気設備評価対象機器の製造メーカー、型式等について | | | |
| 概要 | 電気設備の主な技術評価対象機器の代表機器の製造メーカー、型式等を以下に示す。 | | | |
| 説明 | 評価設備 | 代表機器 | 型式 | 製造メーカー |
| | 高圧ポンプモータ | 海水ポンプモータ | 全閉型三相誘導電動機 | |
| | | 電動補助給水ポンプモータ | 開放型三相誘導電動機 | |
| | | 高圧注入ポンプモータ | 全閉型三相誘導電動機 | |
| | 低圧ポンプモータ | 充てんポンプモータ | 全閉型三相誘導電動機 | |
| | 電気ペネトレーション | LV型モジュール | モジュラー型 | |
| | 弁電動装置 | 余熱除去ポンプルーブ高温側入口止め弁電動装置 | SMB-3 | |
| | 高圧ケーブル | 難燃高圧CSHVケーブル | 高圧架橋ポリエチレン絶縁難燃低塩酸特殊耐熱ビニルシース | |
| | 低圧ケーブル | 難燃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ー 1 | 架橋ポリエチレン絶縁架橋ポリエチレン内部シース・難燃架橋ポリエチレン外部シース | |
| | ケーブル接続部 | 気密端子箱接続 | タイプS型、タイプD型 | |
| | | 直ジョイント | LC-N、LC-S | |
| | | 三重同軸コネクタ接続 | TRC-3SJ/TRC-3SP | |

| | |
|------|--|
| タイトル | 評価対象機器の保全内容および保全実績等について |
| 概要 | 絶縁低下に関連する主な保全内容および保全実績について以下に示す。 |
| 説明 | <p>(1) 代表機器の保全内容</p> <p>技術評価を実施した代表機器の機器名、評価対象部位、保全項目、判定基準および点検頻度を別紙 5. 添付-2)-1に示す。</p> <p>(2) 主な保全実績</p> <p>技術評価を実施した機器の主な補修・取替実績、実施時期および取替理由を別紙 5. 添付-2)-2に示す。</p> |

代表機器の機器名、評価対象部位、保全項目、判定基準および点検頻度(1/4)

| 評価対象設備 | グループ内代表機器 | 評価対象部位 | 保全項目 | 判定基準 | 点検頻度 | 備考 |
|------------|---|------------------------|------------------------|------|------|----|
| 高圧ポンプモータ | ①海水ポンプモータ ②電動補助給水ポンプモータ ③高圧注入ポンプモータ | 固定子コイル、口出線・接続部品 | 絶縁抵抗測定 | | | |
| | | | 直流吸収試験 | | | |
| | | | tan δ | | | |
| | | | 部分放電試験 | | | |
| 低圧ポンプモータ | 充てんポンプモータ | 固定子コイル、励磁コイル、口出線・接続部品 | 絶縁抵抗測定 | | | |
| 電気ペネトレーション | LV型モジュール | ポットイング材、 Oリング、外部リード | 絶縁抵抗測定または 系統機器の動作確認 | | | |
| | | ポットイング材、Oリング | 原子炉格納容器局部 漏えい率試験 | | | |
| | | | N ₂ ガス圧力確認 | | | |
| 弁電動装置 | 余熱除去ポンプループ高温側入口止め弁電動装置 海水供給母管連絡弁電動装置 | 固定子コイル、口出線・接続部品 | 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 | | | |
| | | | 直流漏洩電流試験 | | | |
| | | | tan δ | | | |
| | | | シース絶縁抵抗測定 | | | |
| | | | 遮蔽層抵抗測定 | | | |
| | | | 部分放電試験 | | | |

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

| 評価対象設備 | グループ内代表機器 | 評価対象部位 | 保全項目 | 判定基準 | 点検頻度 | 備考 |
|--------------------|-------------------------|----------------|--------------------|------|------|----|
| 低圧ケーブル | 難燃 PH ケーブル FPET ケーブル | 絶縁体 | 絶縁抵抗測定または系統機器の動作確認 | | | |
| 同軸ケーブル | 難燃三重同軸ケーブル- 1 | 絶縁体、内部シース | 絶縁抵抗測定 | | | |
| ケーブル接続部 | 気密端子箱接続、直ジョイント | 絶縁物等 | 絶縁抵抗測定または系統機器の動作確認 | | | |
| | 三重同軸コネクタ接続- 1 | 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 (遮断器) | 絶縁抵抗測定 | | | |
| | | 計器用変流器、計器用変圧器 | 絶縁抵抗測定 | | | |
| 動力変圧器 | 動力変圧器 (安全系) | コイル | 絶縁抵抗測定 | | | |
| パワーセンタ | パワーセンタ (安全系) | ばね蓄勢用モータ (遮断器) | 絶縁抵抗測定 | | | |
| | | 計器用変圧器 | 絶縁抵抗測定 | | | |
| 制御設備 | ディーゼル発電機制御盤 | 計器用変流器 | 絶縁抵抗測定 | | | |
| | | 保護リレー | 絶縁抵抗測定 | | | |
| | | 励磁装置 | 絶縁抵抗測定 | | | |

代表機器の機器名、評価対象部位、保全項目、判定基準および点検頻度(3/4)

| 評価対象設備 | グループ内代表機器 | 評価対象部位 | 保全項目 | 判定基準 | 点検頻度 | 備考 |
|--------------------|-----------------------------------|-----------------------|------------------|------|------|----|
| 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 | | | |
| | | | 直流吸収試験 | | | |
| | | | 巻線抵抗測定 | | | |
| 空調モータ | ①安全補機開閉器室空調ファンモータ ②空調用冷水ポンプモータ | ①②固定子コイル、口出線 ①接続部品 | 絶縁抵抗測定 | | | |
| | 空調用冷凍機モータ | 固定子コイル、口出線・接続部品 | 絶縁抵抗測定 | | | |
| 空気圧縮装置 | 制御用空気圧縮機モータ | 固定子コイル、口出線・接続部品 | 絶縁抵抗測定 | | | |
| 燃料取扱設備 (クレーン関係) | ①燃料取替クレーン ②燃料移送装置 | ①②モータ(低圧)の固定子コイル | 絶縁抵抗測定 | | | |
| | | ①②電磁ブレーキ固定鉄心 | 絶縁抵抗測定 | | | |
| | | ①指速発電機 | 絶縁抵抗測定 | | | |
| | | ①②変圧器 | 絶縁抵抗測定 | | | |

代表機器の機器名、評価対象部位、保全項目、判定基準および点検頻度(4/4)

| 評価対象設備 | グループ内代表機器 | 評価対象部位 | 保全項目 | 判定基準 | 点検頻度 | 備考 |
|--------------|-----------------------|-------------------------|--------------|------|------|----|
| ディーゼル発電設備 | ディーゼル発電機 | 固定子コイル（高圧）、口出線・接続部品（高圧） | 絶縁抵抗測定 | | | |
| | | | 直流吸収試験 | | | |
| | | | tan δ | | | |
| | | | 部分放電試験 | | | |
| | | 回転子コイル（低圧） | 絶縁抵抗測定 | | | |
| 口出線・接続部品（低圧） | 絶縁抵抗測定 | | | | | |
| ディーゼル機関附属設備 | 燃料弁冷却水ポンプ 燃料油移送ポンプ | モータ固定子コイルおよび口出線 | 絶縁抵抗測定 | | | |
| 計器用電源設備 | 計装用電源盤 | 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（遮断器） | 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、実施時期および取替理由

| 評価対象設備 | 機器名 | 補修・取替実績 | 実施時期 | 取替理由 |
|-----------|-------------|-----------------|-----------------------|------|
| 制御用空気圧縮装置 | 制御用空気圧縮機モータ | 本体取替 (2台/2台) | 第10回定期検査時 (2006年度) | 予防保全 |

| | |
|------|--|
| タイトル | JEAG4623-2018 で要求される試験項目の実施の有無について |
| 概要 | 電気ペネトレーションおよび弁電動装置駆動部の長期健全性試験について、JEAG4623-2018 で要求される試験項目の実施有無について以下に示す。 |
| 説明 | <p>1) 電気ペネトレーション</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 5. 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 5. 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"> 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。 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。 | ○ | — |
| 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) 短絡電流および短絡熱容量試験 | <p>短絡電流および短絡熱容量試験を行うこと。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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。 ・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。 ・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。 ・短絡熱容量試験は短絡電流試験と組み合わせても良い。 <hr/> <ul style="list-style-type: none"> ・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。 | × | <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"> ・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。 ・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。 |
| 7 | 6.3.3 (2) 耐震試験 | <ul style="list-style-type: none"> ・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。 ・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。 <hr/> <ul style="list-style-type: none"> ・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。 | × | <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"> 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。 試験中、導体に定格電圧を連続的に印加するものとする。 <hr/> <ul style="list-style-type: none"> 試験後、漏えい試験に合格するものとする。 | ○ | — |
| 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"> 最も厳しい DBE 環境条件時の定格連続電流通電時に、供試体の 1 回路が定格短時間過負荷電流および継続時間を通電できるものとする。 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。 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。 <hr/> <ul style="list-style-type: none"> 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。 | × | <p>本来の目的は、事故時の温度、圧力が高い状態で、大電流通電による熱に対する検証と考えられる。</p> <p>実際の電源系統では、過負荷・短絡電流等の保護回路により、定格短時間過負荷・短絡電流等の保護回路により、定格短時間過負荷試験電流は影響の少ない時間で遮断されるため、短時間許容温度及び熱劣化に対して影響は無いと考えられる。</p> <hr/> <p>—</p> |

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"> 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。 電流値および継続時間は、短絡電流試験は、定格短絡電流以上で、継続時間は 0.033 秒以上とする。 環境条件は 6.3.3(4) と同じ。 <hr/> <ul style="list-style-type: none"> 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。 | × | <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"> 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。 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。 |
| 11 | 6.3.3 (6) 最過酷 DBE 環境条件での定格短絡熱容量 (I ² t) 試験 | <ul style="list-style-type: none"> 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 (I²t) 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。 環境条件は 6.3.3(4) と同じ。 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 短絡熱容量試験は短絡電流試験と組み合わせても良い。 <hr/> <ul style="list-style-type: none"> 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。 | × | 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"> 次項目に対する試験計画に応じて実施 <ul style="list-style-type: none"> a. 制御装置の設定 b. 留め具の固定具合 c. 原動力の駆動系 d. 試験機器の校正状態 | ○ | — |
| 2 | 6.3.2b) 初期機能試験 | <ul style="list-style-type: none"> 初期データについて採取を行うこと。 | ○ | — |
| 3 | 6.3.2c) 通常熱劣化試験 | <ul style="list-style-type: none"> 駆動部性能特性は熱劣化の前後に測定する。 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。 | ○ | — |
| 4 | 6.3.2d) 通常熱劣化試験後の中間検査 | <ul style="list-style-type: none"> 必要に応じて初期機能試験と同様の検査を行うこと。 | ○ | — |
| 5 | 6.3.2e) 通常放射線劣化試験 | <ul style="list-style-type: none"> 設置寿命中に予想される線量に曝すものとする。 | ○ | — |
| 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"> 必要に応じて初期機能試験と同様の検査を行うこと。 | ○ | — |
| 7 | 6.3.2g) 機械劣化試験 | <ul style="list-style-type: none"> 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。 | ○ | — |

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 | <ul style="list-style-type: none"> 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 | <ul style="list-style-type: none"> 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 | <ul style="list-style-type: none"> 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 | <ul style="list-style-type: none"> 0.75Gまたは両振幅で0.025を超えない低周波数で必要な加速度に駆動部を曝し、その周波数を2 オクターブ/分の速度で、5Hzから100Hzへ、100Hzから5Hzへ掃引させ正弦運動を印加するものとする。 各直交軸に沿って90分の振動を印加するものとする。 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 | <ul style="list-style-type: none"> 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 | <ul style="list-style-type: none"> 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)

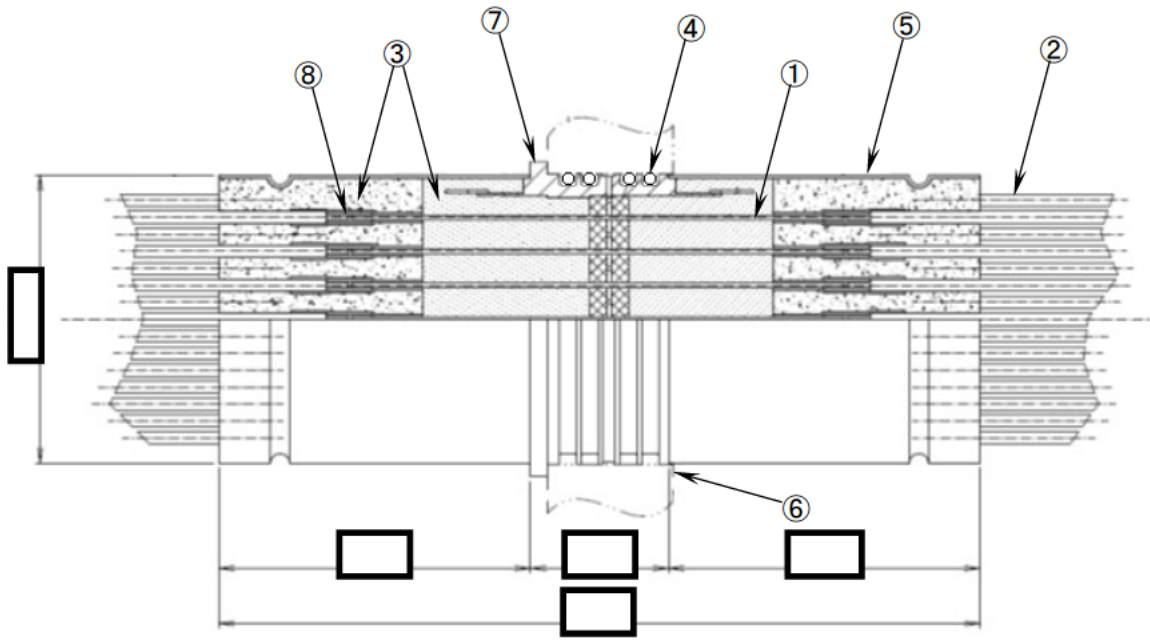
| No | IEEE Std 382-2006 要求事項 | | H19年度電共研 実施有無 | IEEE Std 382-2006 の要求に対して、 電共研で実施していない場合の理由等 |
|----|--|--|------------------|---|
| | 試験項目 | 試験内容 | | |
| 14 | 6.3.2n) 地震模擬試験 後の中間検査 | <ul style="list-style-type: none"> 必要に応じて初期機能試験と同様の検査を行うこと。 | ○ | - |
| 15 | 6.3.2o) 設計基準事象 放射線曝露試験 | <ul style="list-style-type: none"> 駆動部を、設計基準事象中及び設計基準事象以降、安全関連機能を果たす必要がなくなる時までに駆動部が受けると予想される線量に曝すものとする。 | ○ | - |
| 16 | 6.3.2p) 設計基準事象 放射線曝露試験 後の中間検査 | <ul style="list-style-type: none"> 必要に応じて初期機能試験と同様の検査を行うこと。 | ○ | - |
| 17 | 6.3.2q) 設計基準事象 環境試験 | <ul style="list-style-type: none"> 設計基準事象環境の温度、圧力、湿度、またはスプレー環境において運転させることとする。 駆動部を定格負荷条件で運転させることとする。 | ○ | - |
| 18 | 6.3.2r) 設計基準事象 環境試験後の 中間検査 | <ul style="list-style-type: none"> 必要に応じて初期機能試験と同様の検査を行うこと。 | ○ | - |

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

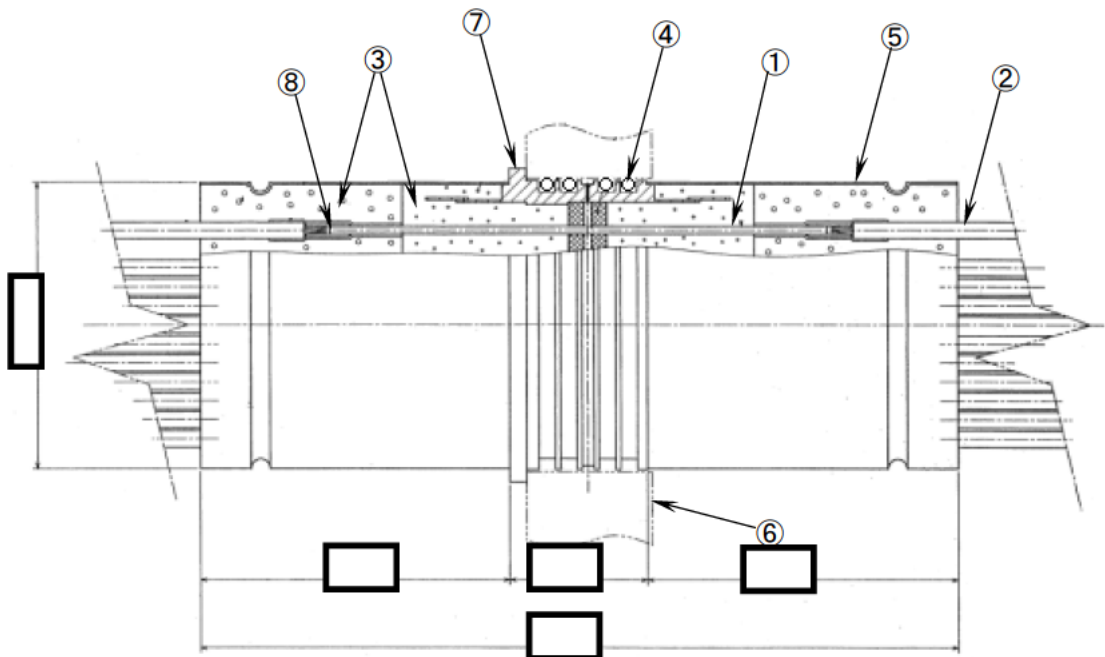
| | |
|------|---|
| タイトル | 重大事故等対処設備の劣化状況評価における耐環境試験条件（放射線条件）の妥当性および事故後 8 日以降の放射線に対する評価について |
| 概要 | 重大事故等時の条件として設定した 7 日間の集積線量 (500kGy) の妥当性および重大事故等発生から 8 日以降の考え方について以下に示す。 |
| 説明 | <p>重大事故等対処設備の耐環境試験条件（500kGy（最大集積線量））は、重大事故等発生後 7 日間の集積線量の解析結果（400kGy 以下）を包絡する線量であり、工事計画にて設定している設計条件である。</p> <p>重大事故等時の条件として設定した 7 日間の集積線量の妥当性および重大事故等発生から 8 日以降の考え方については、『大飯発電所 3 号機 安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書に係る補足説明資料 「工事計画に係る説明資料（安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書）について」のうち添付-10【重大事故等対処設備の事故後 8 日以降の放射線に対する評価について】』に示すとおりである。</p> <p>なお、一部の計器等について、耐環境試験で照射した放射線の積算線量が、最大集積線量 500kGy に通常運転時の積算線量を加えた線量を僅かに包絡していないが、実際の重大事故等時集積線量の解析値（400kGy 以下）に対して十分余裕があることから、実用上の問題がないと判断した。</p> |

| | |
|------|--|
| タイトル | 屋外ケーブルの水トリーに対する現状保全内容について |
| 概要 | 屋外ケーブルの水トリーに対する現状保全内容について、以下に示す。 |
| 説明 | <p>屋外に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を目視確認することとしている。目視確認の実施頻度・確認項目は以下の通り。</p> <p>実施頻度：[] (プラント運転中) 確認項目：高圧ケーブルが浸水状態にないこと等</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"> ・海水ポンプ室雨水排水ポンプ 点検項目：運転状態確認（異音、振動確認） 点検頻度：[] ・海水管トレンチ内雨水排水ポンプ 点検頻度：事後保全 排水ピットの水位上昇は水位計により検知でき（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、故障時は予備のポンプで排水する。 <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[]実施する目視確認と同様としている。 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> <p>*点検基準：1時間雨量20mm以上かつ総雨量50mm以上、あるいは3時間雨量40mm以上</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示す。 |
| 説明 | <p>大飯4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> |



大飯 4 号炉 LV型モジュール構造図 (三菱電線製)



大飯 4 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 | 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 | <p>添付-1) 難燃PHケーブルの健全性評価で設定した温度について</p> <p>添付-2) モジュラー型電気ペネトレーションの健全性評価で設定した温度について</p> <p>添付-3) FPETケーブルの健全性評価で設定した温度について</p> <p>添付-4) 難燃高圧CSHVケーブルの健全性評価で設定した温度について</p> <p>添付-5) ケーブルの健全性評価で設定した温度について</p> |

| | |
|------|--|
| タイトル | 難燃PHケーブルの健全性評価で設定した温度について |
| 概要 | 難燃PHケーブルの健全性評価で設定した温度 (56℃) の根拠について、以下に示す。 |
| 説明 | <p>補足説明資料P.9 表4.1-5</p> <p>「*3：原子炉格納容器内でのケーブルの周囲温度（約38℃）に通電による温度上昇と若干の余裕を加えた温度として設定した。」の「通電による温度上昇」と「若干の余裕」の考え方は以下の通り。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・温度上昇：約14℃ 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8. 添付-1)-1のように算出した。 ・若干の余裕：4℃ 実機での周囲温度の計測誤差を含む余裕として設定した。 |

低圧ケーブルの通電電流による温度上昇計算について

1. 検討対象とするケーブルについて

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

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

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

2. 温度上昇計算について

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

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

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

3. 計算結果について

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

以上を踏まえ、周辺温度を38℃、発熱量を [] [watt/m] に余裕を加えた [] [watt/m] として計算を行い、ケーブル表面温度は [] °C、絶縁体温度は [] °C となったことから、温度上昇値は13.46℃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 を求める。

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

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/cm²・°C] = []

T_c : ケーブル総体の平均表面温度 [°C] = []

T_a : 周囲温度 [°C] ⇒ 38

δ : ステファン・ボルツマン定数 [watt/cm²・K⁴] ⇒ 5.67×10^{-12}

ϵ : 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 [cm²] = []

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

T_m : ケーブルの絶縁体の最高温度 [°C] = []

ΔT_c : ケーブル総体の中での温度降下 [°C] = []

なお、

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

ρ : ケーブル総体の中での熱抵抗 [°C・cm/watt] ⇒ 400

d : ケーブル総体深さ [cm] = []

w : ケーブル総体の幅 (トレイの幅) [cm] = []

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

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

表 1 原子炉格納容器内低圧電力トレイ（モデルトレイ）の発熱量

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

表 2 原子炉格納容器内低圧電力ケーブルの通電状況

| ケーブル サイズ [sq] | 負荷 電流 [A] | 通常時の運転の負荷状況 | | | | 負荷名称 |
|---------------------|-----------------|-------------|----|----|----|------------------------------|
| | | 連続 | 切替 | 間欠 | 停止 | |
| | 127 | ○ | | | | 4A 蒸気発生器室給気ファン |
| | 127 | ○ | | | | 4D 蒸気発生器室給気ファン |
| | 115 | ○ | | | | 4A 原子炉容器室冷却ファン |
| | 39 | | | | ○ | 4A 蓄圧タンク出口弁 |
| | 39 | | | | ○ | 4B 蓄圧タンク出口弁 |
| | 19 | ○ | | | | 4A ドーム部給気ファン |
| | 31 | ○ | | | | 4A 加圧器室給気ファン |
| | 31 | | | | ○ | 4A 余熱除去ポンプ入口格納容器隔離弁 |
| | 13 | | | | ○ | 4A 余熱除去冷却器出口連絡弁 |
| | 15.5 | | | | ○ | 4A 余熱除去ポンプ B ループ高温側入口止め弁 |
| | 13 | | | | ○ | 4B ループ高温側低圧注入ライン止め弁 |
| | 8.5 | | | | ○ | 4A 高圧注入ポンプ出口連絡弁 |
| | 5.8 | | | | ○ | 4A 高圧注入ポンプ高温側注入ライン止め弁 |
| | 1.4 | | | | ○ | 1 次冷却材ポンプ封水戻りライン格納容器第 1 隔離弁 |
| | 2 | | | | ○ | 4B ループ高温側試料採取ライン格納容器第 1 隔離弁 |
| | 5.8 | | | | ○ | 4A 加圧器逃がし弁前弁 |
| | 1.4 | | | | ○ | 格納容器サンプル取り出しライン格納容器第 1 隔離弁 |
| | 1.4 | | | | ○ | 4A 格納容器内耐震 B クラス制御用空気母管供給止め弁 |
| | 6 | | | | ○ | 1 次冷却材ポンプ冷却水戻りライン格納容器第 1 隔離弁 |
| | 0.64 | | | | ○ | 4A 格納容器減圧装置排気ライン格納容器第 1 隔離弁 |
| | 0.64 | | | | ○ | 4A 格納容器水素パージ給気ライン格納容器第 1 隔離弁 |

| | |
|------|--|
| タイトル | モジュラー型電気ペネトレーションの健全性評価で設定した温度について |
| 概要 | モジュラー型電気ペネトレーションの健全性評価で設定した温度の根拠について、以下に示す。 |
| 説明 | <p>①補足説明資料P.53「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34℃に、通常運転時の電流値から算出した発熱による温度上昇および裕度を加えた以下の温度としている。」の「温度上昇」と「裕度」の考え方は、以下の通り。</p> <p>温度上昇（下記算出方法による）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ポッティング材およびOリング：約4℃ ・外部リード：約6℃（低圧電力用のみ考慮） <p>裕度：2℃ 実機での周囲温度の計測誤差を含む余裕として設定した。</p> <p><温度上昇値の算出方法></p> <p>供試体を用いた通電試験時の温度測定値から、単位長さあたりの総発熱量と温度上昇値との相関関係を得て、各モジュール型式の通常運転時の通電電流値や導体断面積等から温度上昇値が最大となるものを求めた結果、実機の電気ペネトレーションの型式のうち、200LP型の温度上昇値が最大で、下記の温度上昇値であった。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・供試体の単位長さあたりの総発熱量： <input type="text"/> [W/mm] ・供試体（ポッティング材、Oリング）の温度上昇値： <input type="text"/> [℃] ・供試体（外部リード）の温度上昇値 <input type="text"/> [℃] ・200LP型の単位長さあたりの総発熱量： <input type="text"/> [W/mm] <p>ポッティング材、Oリングの温度上昇値 = <input type="text"/> [℃] × <input type="text"/> [W/mm] ÷ <input type="text"/> [W/mm] = <input type="text"/> [℃]</p> <p>外部リードの温度上昇値 = <input type="text"/> [℃] × <input type="text"/> [W/mm] ÷ <input type="text"/> [W/mm] = <input type="text"/> [℃]</p> <p>以上により、ポッティング材およびOリングの温度上昇値を約4℃、外部リードの温度上昇値を約6℃とした。</p> |

| | |
|------------|---|
| <p>説 明</p> | <p>②補足説明資料P.16 表4.2-3 「*1：電気ペネトレーションの周囲温度（約34℃）に通電による温度上昇と若干の余裕を加えた温度」の「通電による温度上昇」と「若干の余裕」の考え方は以下の通り。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・温度上昇：約6℃（算出方法は①と同じ。） ・若干の余裕：2℃ <p>実機での周囲温度の計測誤差を含む余裕として設定した。</p> <p>③補足説明資料P.17 表4.2-4 「*1：電気ペネトレーションの周囲温度（約34℃）に通電による温度上昇と若干の余裕を加えた温度」の「通電による温度上昇」と「若干の余裕」の考え方は②と同じ。</p> <p>④補足説明資料P.19 表4.2-6 「*2：電気ペネトレーションの周囲温度（約34℃）に若干の余裕を加えた温度とし、実機での劣化分も加味して換算した。」の「若干の余裕」と「実機での劣化分も加味して換算」の考え方は以下の通り。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・若干の余裕：2℃ <p>実機での周囲温度の計測誤差を含む余裕として設定した。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・実機での劣化分も加味して換算 <p>補足説明資料添付-9)に記載の通り、45.1℃-2.2mGy/hの布設環境で18.9年間（稼働率を考慮した年数）使用したケーブルを供試体としており、45.1℃-18.9年は実環境温度36℃で約38.0年の劣化に相当するため、60年から38年を引いた36℃-22年を換算して96℃-154日とした。</p> |
|------------|---|

| | |
|------|--|
| タイトル | FPETケーブルの健全性評価で設定した温度について |
| 概要 | FPETケーブルの健全性評価で設定した温度の若干の余裕の考え方について、以下に示す。 |
| 説明 | <p>技術評価書（低圧ケーブル） P. 14 表2. 3-3の「*1：原子炉格納容器外でのケーブル周囲温度（約26℃または約35℃）に若干の余裕を加えた温度として設定した。」の「若干の余裕」の考え方は以下の通り。</p> <ul style="list-style-type: none">• 若干の余裕：4～5℃ 他のケーブル評価に用いる余裕に合わせて設定した。 |

| | |
|------|--|
| 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 (57℃) の根拠について、以下に示す。 |
| 説明 | <p>技術評価書 (高圧ケーブル) P.9 表2.3-1</p> <p>「*1：原子炉格納容器外でのケーブル周囲温度 (約40℃) に通電による温度上昇と若干の余裕を加えた温度として設定した。」の「通電による温度上昇」と「若干の余裕」の考え方は以下の通り。</p> <ul style="list-style-type: none">・温度上昇：約15℃ 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 8. 添付-4)-1のように算出した。・若干の余裕：2℃ 実機での周囲温度の計測誤差を含む余裕として設定した。 |

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

γ : 導体抵抗 [Ω/cm]

R_{th} : ケーブル全熱抵抗 [°C・cm/W]

η : 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 ²] | 導体抵抗 [Ω/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 | |
| | 1.44×10^{-6} | 189.3 | 0.75 ^{*1} |
| | 1.09×10^{-6} | 172.2 | |
| | 8.87×10^{-7} | 161.4 | |

*1 : 日本電線工業会規格 JCS 第 168 号 (2004 年) では、2 本密着布設で 0.85、3 本密着布設で 0.80、6 本以上の密着布設で 0.7 と規定されており、これより実機のケーブル布設状態 (数本のケーブルが若干の間隔を持って布設) を考慮して 0.75 とした。

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

表 2 安全系高圧電力ケーブルの通電状況

| ケーブルサイズ [sq] | 負荷電流 [A] | 通常時の運転の負荷状況 | | | | 負荷名称 |
|--------------|----------|-------------|----|----|----|----------------|
| | | 連続 | 切替 | 間欠 | 停止 | |
| | 388.2 | | | | ○ | 4A ディーゼル発電機 |
| | 388.2 | | | | ○ | 4A ディーゼル発電機 |
| | 201.2 | ○ | | | | 3-4A1 動力変圧器 |
| | 70.2 | | | | ○ | 4A 電動補助給水ポンプ |
| | 175 | ○ | | | | 3-4A2 動力変圧器 |
| | 39 | ○ | | | | 4A 原子炉補機冷却水ポンプ |
| | 39 | ○ | | | | 4B 原子炉補機冷却水ポンプ |
| | 95 | | | | ○ | 4A 格納容器スプレイポンプ |
| | 42 | | | | ○ | 4A 余熱除去ポンプ |
| | 145 | | | | ○ | 4A 高圧注入ポンプ |
| | 58 | ○ | | | | 4A 充てんポンプ |
| | 105 | ○ | | | | 4A 海水ポンプ |

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

①3-4A1 動力変圧器

$$T_1 - T_0 = \frac{1 \times 1.09 \times 10^{-6} \times 172.2 \times 201.2^2}{0.75^2} = 13.6 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

②3-4A2 動力変圧器

$$T_1 - T_0 = \frac{1 \times 1.44 \times 10^{-6} \times 189.3 \times 175^2}{0.75^2} = 14.9 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

以上により、ケーブルの温度上昇値は約 15 [°C] とする。

| | |
|------|--|
| タイトル | ケーブルの健全性評価で設定した温度について |
| 概要 | 通電による温度上昇等の考え方について、以下に示す。 |
| 説明 | <p>補足説明資料P.7 表4.1-1の「*1:設計基準事故を考慮する原子炉格納容器内難燃PHケーブル布設箇所周囲の平均温度に、通電による温度上昇等を考慮した各布設エリアの温度を包絡する温度として設定した。」の「通電による温度上昇等を考慮した各布設エリアの温度を包絡する温度」の考え方の詳細は補足説明資料添付-1)に記載の通りで、概要を以下に示す。</p> <p>環境条件が著しく悪化する環境において機能要求のある難燃PHケーブルは、補足説明資料P.41添付-1)-8の表に示すエリアに布設されており、そのうち、通電による温度上昇を考慮する必要があるものは、「*1:安全系ケーブルトレイ布設ケーブルの通電による温度上昇を考慮するエリア」で示している。</p> <p>表に示すエリアのうち、温度上昇を考慮するエリアでの最高温度は38℃のエリアであり、38℃に通電による温度上昇等(温度上昇約14℃、余裕4℃)を考慮した56℃は、環境条件が著しく悪化する環境において機能要求のある難燃PHケーブルの各布設エリアの温度を包絡する温度として設定することは妥当であると考えます。</p> <p>なお、通路部最高温度である39℃のエリア等の温度上昇欄が「-」となっているエリアについては、制御または計装用ケーブルのみが布設されているため、通電による発熱量はごく僅かであり、温度上昇の考慮が不要である。</p> |

| | |
|------|--|
| タイトル | 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>大飯4号炉のI S L O C A環境下で使用する電気計装品には、余熱除去流量計、高圧注入流量計、余熱除去ポンプモータ、高圧注入ポンプモータがある。</p> <p>設計段階における、これらの機器が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大飯4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。同事故時プロファイルでは、最高温度89℃で、かつ1時間後に余熱除去ポンプ入口弁の閉操作が完了した後は、事象収束に至ることとなり（<input type="text"/>時間後には約<input type="text"/>℃、<input type="text"/>時間後に約<input type="text"/>℃まで低下する）、原子炉格納容器内の設計基準事故および重大事故等に比べると非常にマイルドな環境である。</p> <p>このプロファイルの解析期間における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（設計温度の40℃と想定）での劣化量に換算[*]すると、約3.5日分の劣化量に相当することになる。</p> <p>この劣化量については、点検間隔（法定13ヵ月）からすると考慮を要する劣化量ではなく、通常の点検間隔での現状保全により機器の健全性の維持は可能であると考ええる。</p> <p>なお、このプロファイルの解析期間以降については、プロファイル最終時点の環境温度が<input type="text"/>℃まで低下しており、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（85℃）以下になっており、対象機器の機能要求のある期間（S A 7日間）の健全性に影響を与えるレベルではないと考える。</p> <p>※：対象機器に使用されている有機物の活性化エネルギーを15kcal/molとする。</p> |

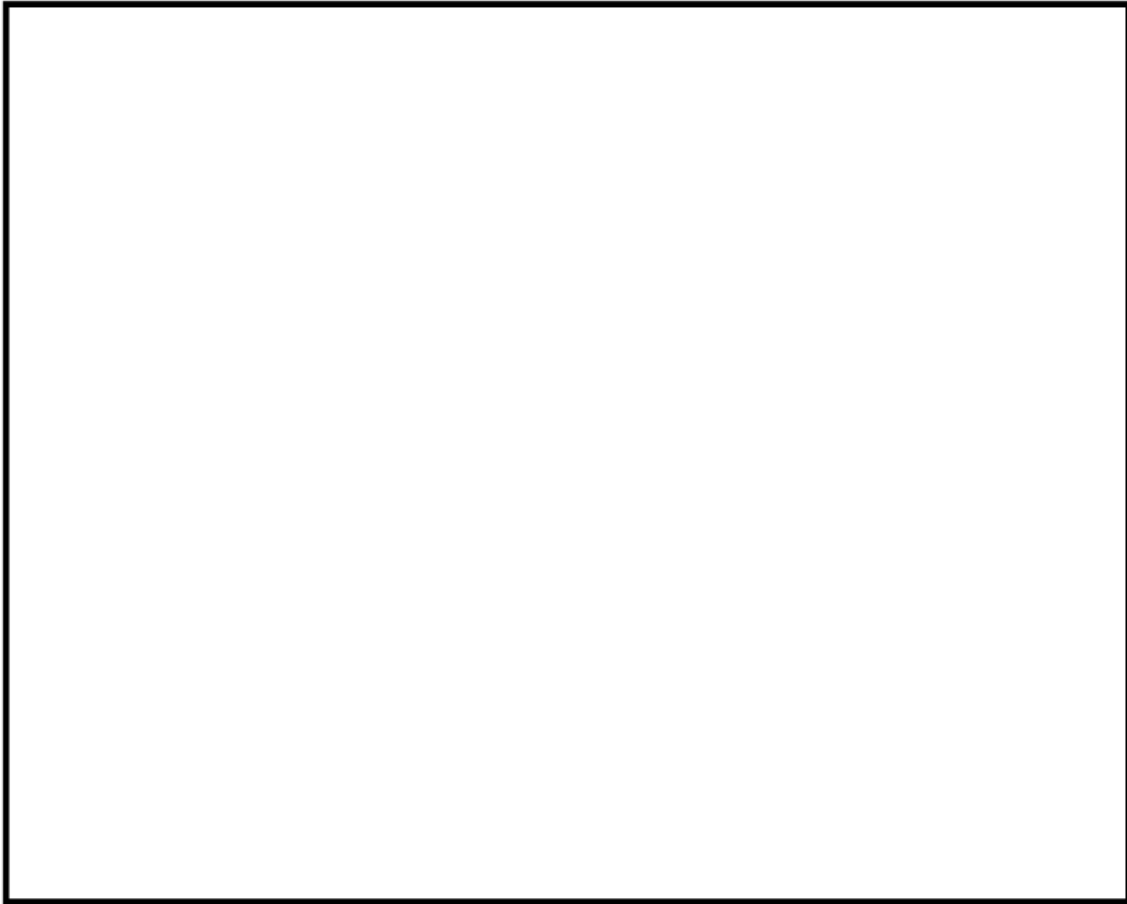


図 大飯3号炉 ISLOCA時の各機器の設置区画における雰囲気温度の推移

| 蒸気暴露時間 | 温度 | 通常環境温度への換算時間 |
|--------|----|---------------|
| | | 約2.3日 |
| | | 約0.7日 |
| | | 約0.5日 |
| | | Total : 約3.5日 |

| | |
|------|--|
| タイトル | 大飯3号炉の高経年化技術評価との相違点について |
| 概要 | 大飯3号炉の高経年化技術評価（絶縁低下）との相違点について以下に示す。 |
| 説明 | <p>大飯3号炉と大飯4号炉の高経年化技術評価（絶縁低下）において、差異を以下に記す。</p> <p>1. 評価対象設備の差</p> <p>① 対象設備の差</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 3・4号共用設備については3号炉側で評価を実施している。 ・ 4号炉には運転開始後30年を経過する日までの増設設備がある。 <p>⇒補足説明資料（共通事項）別紙9「大飯3号炉との評価対象設備の差異について」参照</p> <p>② 設備仕様の差</p> <p>3・4号炉の同じ設備で、設備仕様に差があるもの。</p> <p>⇒ドロップ（直流電源設備）の仕様（使用条件）が3・4号炉で異なるが、それによって評価結果に差が生じるものではない。</p> <p>2. 評価手法の差</p> <p>なし</p> <p>3. 評価条件の差</p> <p>① 通常運転時の使用条件（温度、放射線）</p> <p>加速熱劣化を伴う長期健全性試験結果を用いた評価では、試験条件が実機での通常運転時の使用条件を包絡していることを説明しているが、実機での通常運転時の使用条件（温度、放射線）は、3号炉と4号炉でそれぞれ実施している機器設置環境測定結果を用いていることから、その数値に差異がある。</p> <p>⇒通常運転時の使用条件の差によって総合評価、高経年化への対応に差の生じるものはない。</p> <p>4. 評価結果の差</p> <p>なし（設備仕様の差、評価条件の差によって、総合評価、高経年化への対応に差の生じるものはない。）</p> <p style="text-align: right;">以上</p> |