

川内原子力発電所1号炉 劣化状況評価
(電気・計装品の絶縁低下)

補足説明資料

2023年10月10日
九州電力株式会社

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

目次

1. 概要	1
2. 基本方針	1
3. 評価対象と評価手法	4
3.1 評価対象	4
3.2 評価手法	5
4. 代表機器の技術評価	7
4.1 低圧ケーブル（難燃PHケーブル）の技術評価	7
4.1.1 健全性評価	7
4.1.2 現状保全	13
4.1.3 総合評価	13
4.1.4 高経年化への対応	13
4.2 電気ペネトレーション（ピッグテイル型電線貫通部）の技術評価	14
4.2.1 健全性評価	14
4.2.2 現状保全	23
4.2.3 総合評価	23
4.2.4 高経年化への対応	23

5. 代表機器以外の技術評価	24
6. まとめ	30
6.1 審査ガイド適合性	30
6.2 長期施設管理方針として策定する事項	33
7. 添付資料	34
別紙1. 電気ペネトレーション（三重同軸型電線貫通部）の評価について	1-1
別紙2. 弁電動装置の評価について	2-1
別紙3. 低圧ケーブル（難燃PHケーブル以外）の評価について	3-1
別紙4. 同軸ケーブルの評価について	4-1
別紙5. ケーブル接続部の評価について	5-1
別紙6. 計測制御設備の評価について	6-1
別紙7. 電気・計装品の評価（共通項目）について	7-1
別紙8. 屋外ケーブルの水トリーに対する現状保全内容について	8-1
別紙9. 通電による温度上昇、余裕について	9-1
別紙10. I S L O C A環境下における機器への影響について	10-1
別紙11. 電気ペネトレーションのうち設計基準事故時環境において絶縁機能を要求される機器に給電している電気ペネトレーションの種類、外部リードの種類及び給電している事故時機能要求機器の整理について	11-1
別紙12. 事故時環境下において、機能要求のある電気・計装品の環境調査の実施方針他について	12-1
別紙13. NRA技術報告「重大事故環境下におけるケーブルの絶縁特性の分析」（NTEC-2019-1002）に示された知見を反映した評価について	13-1
別紙14. 電気ペネトレーション（ピッグテイル型電線貫通部）の外部リーダー1-1の試験条件の設定根拠について	14-1
別紙15. 電気ペネトレーションの製造メーカーによる構造等の同等性について	15-1
別紙16. 蓄電池セルの取替周期の設定について	16-1
別紙17. 経年劣化傾向の評価について	17-1
別紙18. ケーブルのACAガイドによる健全性評価（重大事故等時）について	18-1
別紙19. 蒸気暴露試験中における課電及び通電の実施状況について	19-1

1. 概要

本資料は、「実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則」第 113 条の規定に基づき実施した劣化状況評価のうち、電気・計装品の絶縁低下の評価結果について、補足説明するものである。

2. 基本方針

電気・計装品の絶縁低下に対する評価の基本方針は、対象機器について絶縁低下に対する技術評価を行い、運転開始後 60 年時点までの期間において「実用発電用原子炉の運転の期間の延長の審査基準」、「実用発電用原子炉の運転期間延長認可申請に係る運用ガイド」、「実用発電用原子炉施設における高経年化対策審査ガイド」及び「実用発電用原子炉施設における高経年化対策実施ガイド」の要求事項を満たすことを確認することである。

電気・計装品の絶縁低下についての要求事項を表 2.1 に整理する。

表2.1 (1/2) 電気・計装品の絶縁低下についての要求事項

審査基準、ガイド	要求事項
<p>実用発電用原子炉の 運転の期間の延長の 審査基準</p>	<p>2. 実用炉規則第113条第2項第2号に掲げる原子炉その他の設備の劣化の状況に関する技術的な評価の結果、延長しようとする期間において、同評価の対象となる機器・構造物が下表に掲げる要求事項（以下「要求事項」という。）に適合すること、又は同評価の結果、要求事項に適合しない場合には同項第3号に掲げる延長しようとする期間における原子炉その他の設備に係る施設管理方針の実施を考慮した上で、延長しようとする期間において、要求事項に適合すること。</p> <p>○点検検査結果による健全性評価の結果、評価対象の電気・計装設備に有意な絶縁低下が生じないこと。</p> <p>○環境認定試験による健全性評価の結果、設計基準事故環境下で機能が要求される電気・計装設備及び重大事故等環境下で機能が要求される電気・計装設備に有意な絶縁低下が生じないこと。</p>
<p>実用発電用原子炉の 運転期間延長認可申請に係る運用ガイド</p>	<p>3. 2 (1) 「延長しようとする期間における運転に伴い生ずる原子炉その他の設備の劣化の状況に関する技術的な評価」（以下「劣化状況評価」という。）の記載内容について評価の対象とする機器・構造物及び評価手法は、実用炉規則第82条第2項に規定する運転開始後40年を迎える発電用原子炉に係る発電用原子炉施設についての経年劣化に関する技術的な評価におけるものと同様とする。特に運転期間延長認可申請に伴うものとして評価を行い、その結果の記載が求められる事項は次のとおり。</p> <p>④実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則（平成25年原子力規制委員会規則第6号。以下「技術基準規則」という。）（運転開始以後40年を経過する日において適用されているものに限る。）に定める基準に照らした評価。</p> <p>3. 3 (1) 「延長しようとする期間における原子炉その他の設備に係る施設管理方針」（以下「施設管理方針」という。）の策定に係る手法は、実用炉規則第82条第2項に規定する運転開始後40年を迎える発電用原子炉に係る発電用原子炉施設についての施設管理に関する方針の策定と同様とする。特に運転期間延長認可申請に伴い策定するものとして記載が求められる事項は次のとおり。</p> <p>①上記3. 2の劣化状況評価を踏まえた施設管理方針。</p>

表2.1 (2/2) 電気・計装品の絶縁低下についての要求事項

審査基準、ガイド	要求事項
<p>実用発電用原子炉施設における高経年化対策審査ガイド</p>	<p>3. 高経年化技術評価等の審査の視点・着眼点</p> <p>(1) 高経年化技術評価の審査</p> <p>⑫健全性の評価 実施ガイド3. 1⑤に規定する期間の満了日までの期間について、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の発生又は進展に係る健全性を評価していることを審査する。</p> <p>⑬現状保全の評価 健全性評価結果から現状の保全策の妥当性が評価されていることを審査する。</p> <p>⑭追加保全策の抽出 現状保全の評価結果から、現状保全に追加する必要がある新たな保全策が抽出されていることを審査する。</p> <p>(2) 長期施設管理方針の審査</p> <p>①長期施設管理方針の策定 すべての追加保全策について長期保守管理方針として策定されているかを審査する。</p>
<p>実用発電用原子炉施設における高経年化対策実施ガイド</p>	<p>3. 1 高経年化技術評価の実施及び見直し 高経年化技術評価の実施及び見直しに当たっては、以下の要求事項を満たすこと。</p> <p>⑤抽出された高経年化対策上着目すべき経年劣化事象について、以下に規定する期間の満了日までの期間について機器・構造物の健全性評価を行うとともに、必要に応じ現状の施設管理に追加すべき保全策（以下「追加保全策」という。）を抽出すること。</p> <p>ロ 実用炉規則第82条第2項又は第3項の規定に基づく高経年化技術評価 プラントの運転を開始した日から40年間に同条第2項又は第3項に規定する延長する期間を加えた期間</p> <p>3. 2 長期施設管理方針の策定及び変更 長期施設管理方針の策定及び変更に当たっては、以下の要求事項を満たすこと。</p> <p>①高経年化技術評価の結果抽出された全ての追加保全策（発電用原子炉の運転を断続的に行うことを前提として抽出されたもの及び冷温停止状態が維持されることを前提として抽出されたものの全て。）について、発電用原子炉ごとに、施設管理の項目及び当該項目ごとの実施時期を規定した長期施設管理方針を策定すること。</p> <p>なお、高経年化技術評価の結果抽出された追加保全策について、発電用原子炉の運転を断続的に行うことを前提とした評価から抽出されたものと冷温停止状態が維持されることを前提とした評価から抽出されたもの間で、その対象の経年劣化事象及び機器・構造物の部位が重複するものについては、双方の追加保全策を踏まえた保守的な長期施設管理方針を策定すること。</p>

3. 評価対象と評価手法

3.1 評価対象

電気・計装品に要求される機能を維持するため、通電部位と大地間、あるいは通電部位と他の通電部位間の電氣的独立性（絶縁性）を確保することが必要であり、それらの介在物として、種々の部位にゴム、プラスチック等の高分子材料が使用されている。

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

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

評価対象として抽出した機器・部位を表3.1に示す。

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

3.2 評価手法

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

- ① IEEE Std. 275-1966 「IEEE Recommended Practice for Thermal Evaluation of Insulation Systems for AC Electric Machinery Employing Form-Wound Pre-Insulated Stator Coils、 Machines Rated 6900 V and Below」
- ② IEEE Std. 117-1956 「IEEE Standard Test Procedure for Evaluation of Systems of Insulating Materials for Random-Wound Electric Machinery」
- ③ IEEE Std. 323-1974 「IEEE Standard for Qualifying Class 1E Equipment for Nuclear Power Generating Stations」 （以下「IEEE Std. 323-1974」という。）
- ④ IEEE Std. 383-1974 「IEEE Standard for Type Test of Class 1E Electric Cables、 Field Splices、 and Connections for Nuclear Power Generating Stations」 （以下、「IEEE Std. 383-1974」という。）
- ⑤ IEEE Std. 317-1983 「IEEE Standard for Electric Penetration Assemblies in Containment Structures for Nuclear Power Generating Stations」 （以下「IEEE Std. 317-1983」という。）
- ⑥ IEEE Std. 382-1996 「IEEE Standard for Qualification of Actuators for Power-Operated Valve Assemblies With Safety-Related Functions for Nuclear Power Plants」 （以下「IEEE Std. 382-1996」という。）
- ⑦ 電気学会技術報告Ⅱ部第139号「原子力発電所用電線・ケーブルの環境試験方法並びに耐延焼性試験方法に関する推奨案*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及びIEEE Std. 383-1974の規格を根幹にした、ケーブルの加速劣化方法を含む試験条件、試験手順、並びに判定方法が述べられている。

表3.1 絶縁低下の評価対象機器・部位

機種	評価対象機器	評価対象部位	環境条件が著しく悪化する環境においても機能要求のある機器	
			設計基準事故時*1	重大事故等時*2
ポンプ用電動機	高圧ポンプ用電動機	固定子コイル、口出線・接続部品	—	—
	低圧ポンプ用電動機	固定子コイル、口出線	—	—
容器	電気ペネトレーション	ポッティング材、外部リード	○	○
弁	電動装置	固定子コイル、口出線・接続部品他	○	—*3
ケーブル	高圧ケーブル	絶縁体	—	—
	低圧ケーブル	絶縁体	○	○
	同軸ケーブル	絶縁体、内部シース	○	○
	ケーブル接続部	絶縁物他	○	○
電気設備	メタルクラッド開閉装置（メタクラ）	ばね蓄勢用モータ他	—	—
	動力変圧器	コイル	—	—
	パワーセンタ	保護リレー他	—	—
計測制御設備	プロセス計測制御設備	測温抵抗体他	○*4	○*4
	制御設備	計器用変流器他	—	—
空調設備	電動機	固定子コイル、口出線他	—	—
機械設備	制御用空気圧縮装置	固定子コイル、口出線・接続部品	—	—
	燃料取扱設備（クレーン関係）	電動機の固定子コイル他	—	—
	燃料移送装置	変圧器	—	—
電源設備	ディーゼル発電機	固定子コイル、口出線・接続部品他	—	—
	非常用ディーゼル発電機 機関本体付属設備（ポンプ）	電動機の固定子コイル、口出線	—	—
	直流電源設備	変圧器、計器用変圧器	—	—
	計器用電源設備	変圧器	—	—
	制御棒駆動装置用電源設備	ばね蓄勢用モータ	—	—
	大容量空冷式発電機	固定子巻線、回転子巻線等	—	—

- *1：実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則第十二条（安全施設）第3項の要求を踏まえ選定
- *2：実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則第四十三条（重大事故等対処設備）第1項の要求を踏まえ選定（常設設備）
- *3：重大事故等時の環境条件は、設計基準事故時の劣化条件に包絡しているため“—”と表記
- *4：定期取替品のため高経年化対策実施ガイドに基づき高経年化対策技術評価の対象外（定期取替品の取替周期内において、設計基準事故又は重大事故等時においても健全性が維持できることを評価するため抽出した（別紙6参照））

4. 代表機器の技術評価

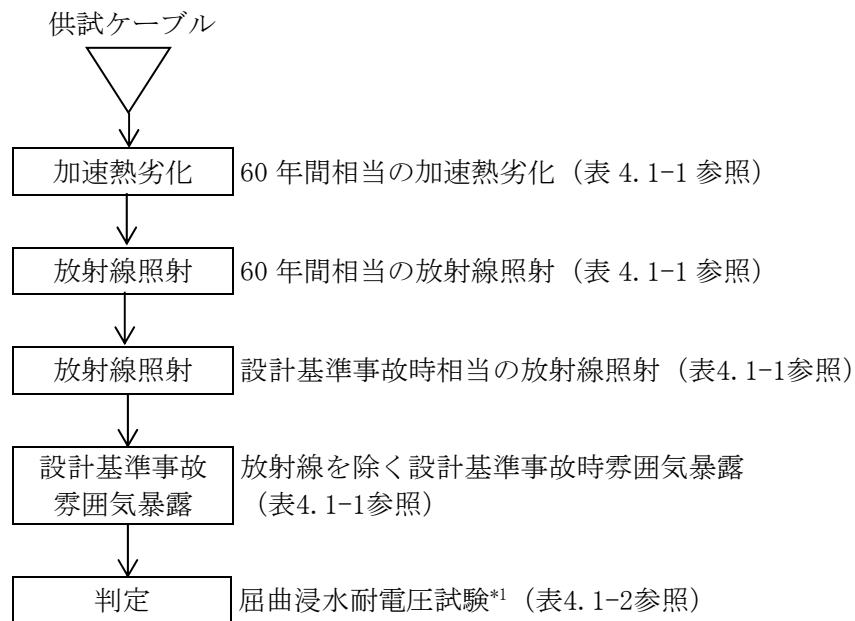
4.1 低圧ケーブル（難燃PHケーブル）の技術評価

4.1.1 健全性評価

4.1.1.1 電気学会推奨案による健全性評価（設計基準事故時）

a. 評価手順

設計基準事故時雰囲気内で機能要求がある難燃PHケーブルは、電気学会推奨案に基づく実機同等品による長期健全性試験により評価した。試験手順を図4.1-1に示す。



*1：屈曲浸水耐電圧試験の試験手順は以下のとおりである

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

図4.1-1 難燃PHケーブルの長期健全性試験手順

b. 試験条件

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

表4.1-1 難燃PHケーブルの長期健全性試験条件（設計基準事故）*1

		試験条件	60年間の通常運転時の使用条件【添付-2) 参照】に基づく劣化条件【添付-3) 参照】又は設計基準事故時の環境条件【添付-4) 参照】
通常運転相当	温度	140℃-9日	117℃-9日 (=60℃*2-60年)
	放射線 (集積線量)	500kGy (7.3kGy/h)	185kGy*3
設計基準事故相当	放射線 (集積線量)	1,500kGy (7.3kGy/h)	602kGy
	温度	最高温度： 190℃	最高温度：約127℃
	圧力	最高圧力： 0.41MPa[gage]	最高圧力：約0.245MPa[gage]

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

*2：通常運転時の原子炉格納容器内難燃PHケーブル布設エリア（通電による温度上昇を考慮するケーブルトレイ部）の周囲温度実測値（複数の実測値の平均値のうち最大のもの）に余裕を加えた温度（約42℃）に通電による温度上昇と余裕を加えた温度

*3：通常運転時の原子炉格納容器内難燃PHケーブル布設エリアの周囲線量率実測値（複数の実測値の平均値のうち最大のもの）に余裕を加えた線量率から算出した集積線量
 $(0.35[\text{Gy/h}] \times (24 \times 365.25) [\text{h/y}] \times 60 [\text{y}] = 185\text{kGy})$

[出典（試験条件）：九州電力研究データ]

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、川内1号炉の難燃PHケーブルは、運転開始後60年時点においても絶縁機能を維持できると判断する。

表4.1-2 難燃PHケーブルの長期健全性試験結果

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

[出典：九州電力研究データ]

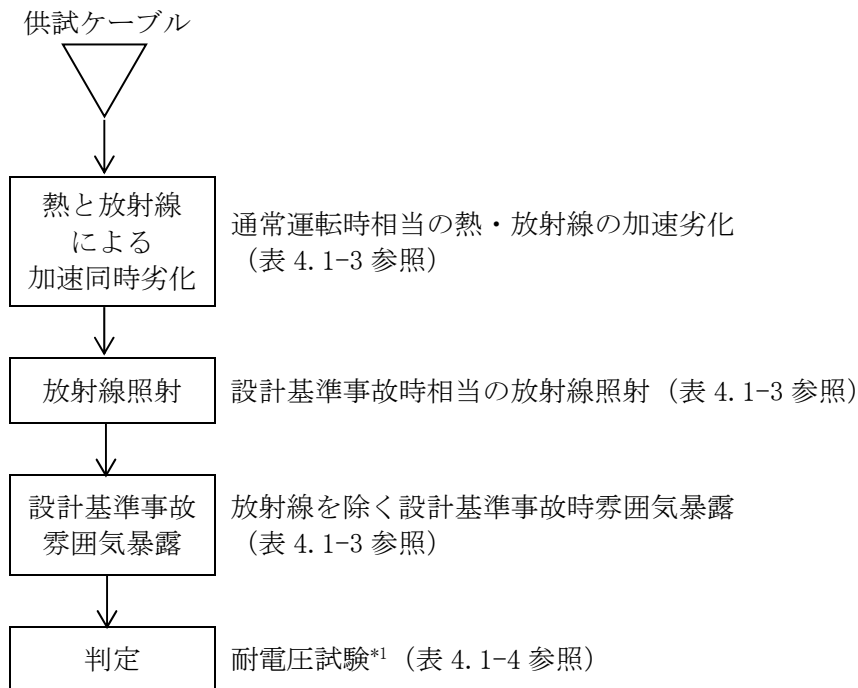
4.1.1.2 A C Aガイドによる健全性評価（設計基準事故時）

a. 評価手順

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

評価にあたっては、A C Aの試験結果を用いた。

難燃P HケーブルのA C Aガイドに基づく試験手順を図4.1-2に示す。



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

図4.1-2 難燃P HケーブルのA C Aガイドに基づく試験手順

b. 試験条件

難燃P Hケーブルの長期健全性試験条件を表4.1-3に示す。試験条件は、川内1号炉の実機環境に基づいて通常運転及び設計基準事故を想定した劣化条件を絡している。

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。評価結果及び更新実績から、川内1号炉の難燃PHケーブルは、運転開始後60年時点においても絶縁機能を維持できると判断する。

表4.1-3 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°C-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°C
	圧力	最高圧力：0.41MPa[gage]

[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4.1-4 難燃PHケーブルのACA試験結果

項目	試験条件	判定
耐電圧試験	課電電圧：1,500V/1分間	良

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

表4.1-5 ACAガイドに基づく実布設環境での長期健全性評価結果

布設区分	実布設環境条件 【添付-2）参照】		評価期間 [年]*1	備考
	温度 [°C]	放射線量率 [Gy/h]		
ループ室	45	0.35	45*2	更新*4を踏まえた評価期間79年～81年（更新時期：第23回～第25回定期検査時（2018年～2020年））
加圧器上部	50	0.005	91*2	
通路部	45	0.005	129*2	
通路部ケーブル トレイ内	60*3	0.005	47*2	更新*4を踏まえた評価期間74年～76年（更新時期：第21回定期検査時（2011年～2013年））
主蒸気管室	45	—	147*2	

*1：稼働率100%での評価期間

*2：時間依存データの重ね合わせ手法により評価

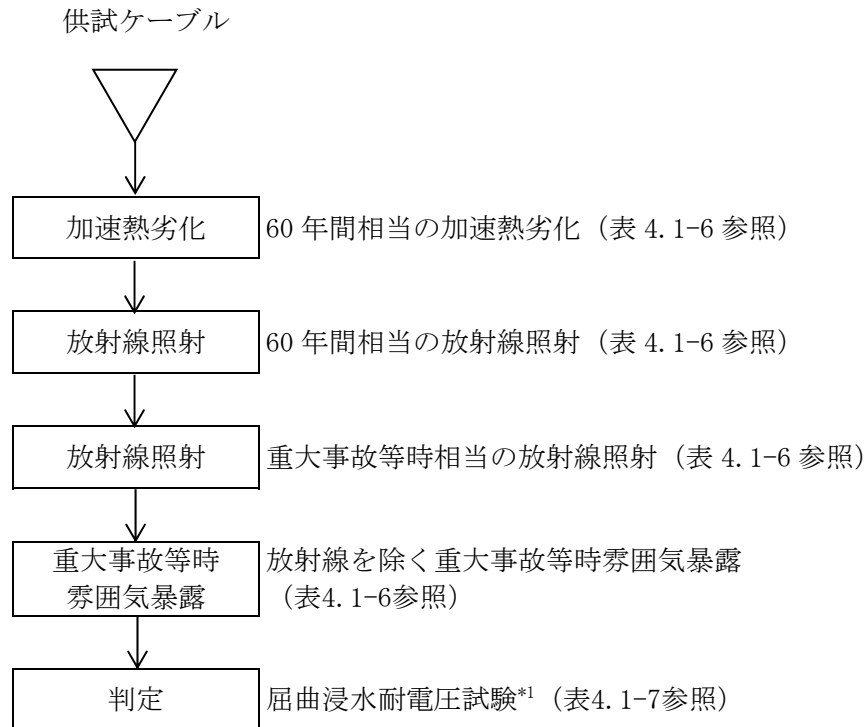
*3：通常運転時の原子炉格納容器内難燃PHケーブル布設エリア（ケーブルトレイ部）の周囲温度実測値（複数の実測値の平均値のうち最大のもの）に余裕を加えた温度（約42°C）に通電による温度上昇と余裕を加えた温度

*4：ACA研究報告（2009年）及びACAガイド（2014年）を踏まえた評価を基に取替を実施

4.1.1.3 電気学会推奨案による健全性評価（重大事故等時）

a. 評価手順

重大事故等時雰囲気内で機能要求がある難燃PHケーブルについては、重大事故等時雰囲気内での健全性をあわせて評価した。難燃PHケーブルの試験手順を図4.1-3に示す。



*1：屈曲浸水耐電圧試験の試験手順は以下のとおりである。

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

図4.1-3 難燃PHケーブルの長期健全性試験手順

b. 試験条件

難燃PHケーブルの長期健全性試験条件を表4.1-6に示す。試験条件は、川内1号炉の実機環境に基づいて60年間の運転期間を想定した劣化条件を包絡している。

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。評価の結果、川内1号炉の難燃PHケーブルは、運転開始後60年時点においても絶縁機能を維持できると判断する。

表4.1-6 難燃PHケーブルの長期健全性試験条件（重大事故等）

		試験条件	60年間の通常運転時の使用条件【添付-2) 参照】に基づく劣化条件【添付-5) 参照】又は重大事故等時の環境条件【添付-6) 参照】
通常運転相当	温度	140℃-9日	117℃-9日 (=60℃*1-60年)
	放射線 (集積線量)	500kGy (7.3kGy/h)	185kGy*2
重大事故等相当	放射線 (集積線量)	1,500kGy (7.3kGy/h)	500kGy
	温度	最高温度： 190℃	最高温度：約138℃
	圧力	最高圧力： 0.41MPa[gage]	最高圧力：約0.350MPa[gage]

*1：通常運転時の原子炉格納容器内難燃PHケーブル布設エリア（通電による温度上昇を考慮するケーブルトレイ部）の周囲温度実測値（複数の実測値の平均値のうち最大のもの）に余裕を加えた温度（約42℃）に通電による温度上昇と余裕を加えた温度

*2：通常運転時の原子炉格納容器内難燃PHケーブル布設エリアの周囲線量率実測値（複数の実測値の平均値のうち最大のもの）に余裕を加えた線量率から算出した集積線量
 $(0.35[\text{Gy/h}] \times (24 \times 365.25) [\text{h/y}] \times 60 [\text{y}]) = 185\text{kGy}$

[出典（試験条件）：九州電力研究データ]

表4.1-7 難燃PHケーブルの長期健全性試験結果

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

[出典：九州電力研究データ]

4.1.2 現状保全

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

制御・計装用ケーブルについては、定期的な計測制御系統設備の機能検査等により、系統機器の動作又は計器の指示値等に異常のないことを確認し、絶縁低下による機能低下のないことを確認している。

4.1.3 総合評価

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

4.1.4 高経年化への対応

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

4.2 電気ペネトレーション（ピッグテイル型電線貫通部）の技術評価

4.2.1 健全性評価

設計基準事故及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の気密性低下による絶縁低下については、IEEE Std. 323-1974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、外部リードの絶縁低下については、電気学会推奨案又はACAガイドに従って実機同等品による長期健全性を実施しており、これらの組み合わせで健全性評価を行う。

なお、外部リードは、製造メーカの違いにより、「外部リード-1-1」及び「外部リード-1-2」の2種類があるが、環境条件が著しく悪化する環境において電気絶縁性維持の機能要求がある「外部リード-1-1」について評価を行う。

4.2.1.1 ピッグテイル型電線貫通部の健全性評価

a. 評価手順

図4.2-1にピッグテイル型電線貫通部の長期健全性試験の手順を示す。

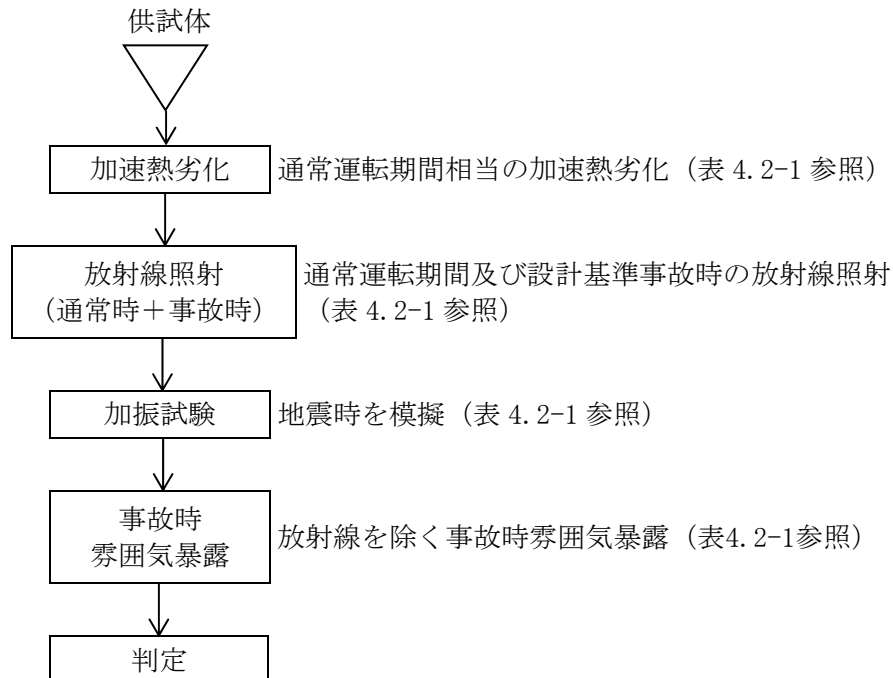


図 4.2-1 ピッグテイル型電線貫通部の長期健全性試験の手順

b. 試験条件

表4.2-1及び表4.2-2にピッグテイル型電線貫通部の長期健全性試験条件を示す。ポッティング材について、これらの条件は、川内1号炉の60年間の運転及び設計基準事故、並びに60年間の運転及び重大事故等時を想定した熱及び放射線による劣化条件を包絡している。

表 4.2-1 ピッグテイル型電線貫通部 長期健全性試験の条件（設計基準事故）

	試験条件	説明
加速熱劣化	条件：125℃－10日間	試験条件は、通常運転時の原子炉格納容器内電気ペネトレーション設置エリアの周囲温度実測値（複数の実測値の平均値のうち最大のもの）に余裕を加えた温度（約40℃）にケーブルの通電による温度上昇も考慮した温度（約44℃）【添付-7参照】で60年間の運転期間に相当する条件（91℃－10日間）を包絡している。【添付-8参照】
放射線照射	平常時における集積線量と事故時の放射線量を照射した。 条件：500kGy（平常時） +1,500kGy（事故時） （10kGy/h以下）	川内1号炉の60年間の運転に予想される集積線量(*)に設計基準事故時線量（602kGy）を加えた線量を包絡している。
加振試験	実機プラントにS ₁ 地震動を想定して求めた最大加速度1.8Gで加振した。	川内1号炉に想定される最大加速度（0.73G）を包絡している。
事故時 雰囲気暴露	最高温度：190℃ 最高圧力：0.414MPa[gage] 時間：～15日間	川内1号炉の設計基準事故時の最大温度（約127℃）、最大圧力（約0.245MPa[gage]）を包絡している。【添付-9参照】

*（平常時線量）

通常運転時の原子炉格納容器内電気ペネトレーション設置エリアの周囲線量率実測値（複数の実測値の平均値のうち最大のもの）に余裕を加えた線量率から算出した集積線量（ 5×10^{-3} [Gy/h] \times (24 \times 365.25) [h/y] \times 60 [y] = 2.7kGy）

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

表 4.2-2 ピッグテイル型電線貫通部 長期健全性試験の条件（重大事故等）

	試験条件	説明
加速熱劣化	条件：125℃－10日間	試験条件は、通常運転時の原子炉格納容器内電気ペネトレーション設置エリアの周囲温度実測値（複数の実測値の平均値のうち最大のもの）に余裕を加えた温度（約40℃）にケーブルの通電による温度上昇も考慮した温度（約44℃）【添付-7参照】で60年間の運転期間に相当する条件（91℃－10日間）を包絡している。【添付-8参照】
放射線照射	平常時における集積線量と事故時の放射線量を照射した。 条件： 500kGy（平常時） +1,500kGy（事故時） （10kGy/h以下）	川内1号炉の60年間の運転に予想される集積線量(*)に重大事故等時の線量（500kGy）を加えた線量を包絡している。
加振試験	実機プラントにS ₁ 地震動を想定して求めた最大加速度1.8Gで加振した。	川内1号炉に想定される最大加速度（0.73G）を包絡している。
事故時 雰囲気暴露	最高温度：190℃ 最高圧力：0.414MPa[gage] 時間：～15日間	川内1号炉の重大事故等時の最大温度（約138℃）、最大圧力（約0.350MPa[gage]）を包絡している。【添付-9参照】

*（平常時線量）

通常運転時の原子炉格納容器内電気ペネトレーション設置エリアの周囲線量率実測値（複数の実測値の平均値のうち最大のもの）に余裕を加えた線量率から算出した集積線量（ $5 \times 10^{-3} [\text{Gy/h}] \times (24 \times 365.25) [\text{h/y}] \times 60 [\text{y}] = 2.7 \text{kGy}$ ）

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

c. 評価結果

表4.2-3にピッグテイル型電線貫通部の長期健全性試験結果を示す。結果は判定基準を満足している。

表 4.2-3 ピッグテイル型電線貫通部 長期健全性試験結果

	試験後	判定基準	判定
絶縁抵抗	$6.0 \times 10^{10} \Omega$	$1.0 \times 10^8 \Omega$ 以上	良

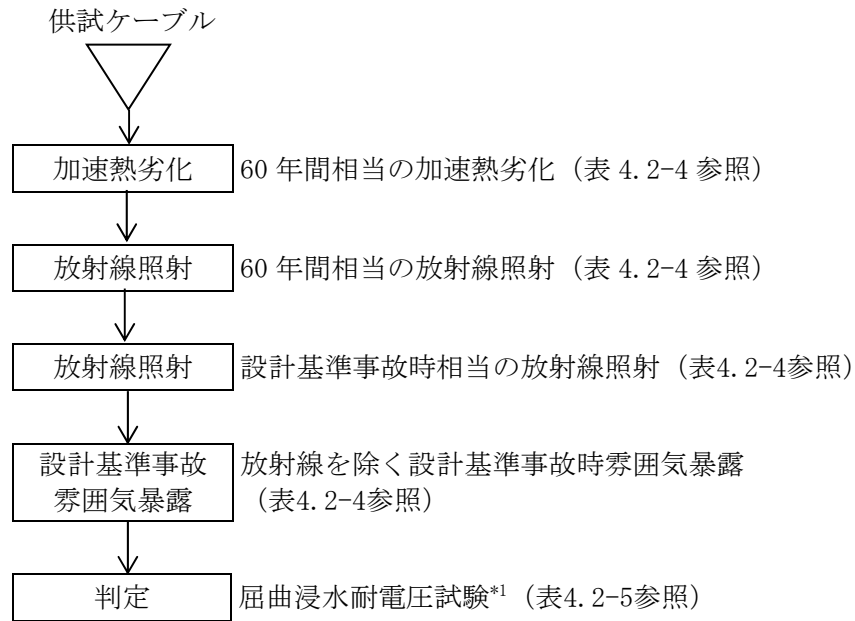
[出典：電力共通研究「電気・計装機器の耐環境実証試験に関する研究(Step-3)」1983年度]

4.2.1.2 外部リードの健全性評価

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

a. 評価手順

設計基準事故時雰囲気内で機能要求がある外部リード－１－１は、電気学会推奨案に基づく実機同等品による長期健全性試験により評価した。図4.2-2に外部リード－１－１の長期健全性試験の手順を示す。



*1：屈曲浸水耐電圧試験の試験手順は以下のとおりである

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

図4.2-2 外部リード－１－１の長期健全性試験手順

b. 試験条件

表4.2-4に外部リード-1-1の長期健全性試験条件を示す。試験条件は、川内1号炉の60年間の運転及び設計基準事故を想定した熱及び放射線による劣化条件を包絡している。

表4.2-4 外部リード-1-1の長期健全性試験条件（設計基準事故）

		試験条件	60年間の通常運転時の使用条件【添付-7)参照】に基づく劣化条件【添付-10)参照】又は設計基準事故時の環境条件【添付-11)参照】
通常運転相当	温度	121℃-7日	105℃-7日 (=46℃*1-60年)
	放射線 (集積線量)	500kGy (10kGy/h以下)	2.7kGy*2
設計基準事故相当	放射線 (集積線量)	1,500kGy (10kGy/h以下)	602kGy
	温度	最高温度：190℃	最高温度：約127℃
	圧力	最高圧力：0.41MPa[gage]	最高圧力：約0.245MPa[gage]

*1：通常運転時の原子炉格納容器内電気ペネトレーション設置エリアの周囲温度実測値（複数の実測値の平均値のうち最大のもの）に余裕を加えた温度（約40℃）に通電による温度上昇を加えた温度

*2：通常運転時の原子炉格納容器内電気ペネトレーション設置エリアの周囲線量率実測値（複数の実測値の平均値のうち最大のもの）に余裕を加えた線量率から算出した集積線量（ 5×10^{-3} [Gy/h] \times (24 \times 365.25) [h/y] \times 60 [y]）=2.7kGy

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

c. 評価結果

表4.2-5に外部リード-1-1の長期健全性試験結果を示す。結果は判定基準を満足している。

表4.2-5 外部リード-1-1の長期健全性試験結果

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

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

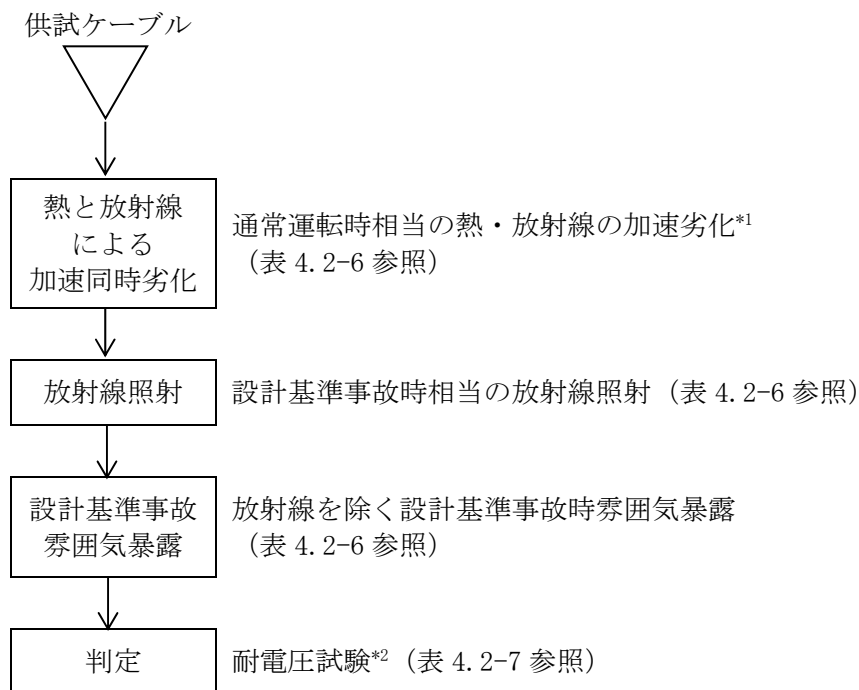
4.2.1.2.2 外部リードのACAガイドによる健全性評価（設計基準事故時）

a. 評価手順

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

評価にあたっては、ACAの試験結果を用いた。

図4.2-3に外部リード-1-1のACAガイドに基づく長期健全性試験の手順を示す。



*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

*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

図4.2-3 外部リード-1-1のACAガイドに基づく試験手順

b. 試験条件

外部リード-1-1の長期健全性試験条件を表4.2-6に示す。試験条件は、川内1号炉の通常運転及び設計基準事故を想定した熱及び放射線による劣化条件を包絡している。

表4.2-6 外部リード-1-1の長期健全性試験条件（ACA評価）

		試験条件*1	60年間の通常運転時の使用条件【添付-7)参照】に基づく劣化条件【添付-12)参照】又は設計基準事故時の環境条件【添付-13)参照】
通常運転相当	温度	47°C-21.3年 (=46°C-22年) 175°C-109日 (=46°C-38年)	46°C*2-60年
	放射線 (集積線量)	—	2.7kGy*3
設計基準事故相当	放射線 (集積線量)	1,500kGy (10kGy/h以下)	602kGy
	温度	最高温度：190°C	最高温度：約127°C
	圧力	最高圧力：0.41MPa[gage]	最高圧力：約0.245MPa[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、47.0°C-0.2mGy/hの布設環境で21.3年間使用したケーブルを供試体とし、追加で劣化させた条件を示す

*2：通常運転時の原子炉格納容器内電気ペネトレーション設置エリアの周囲温度実測値（複数の実測値の平均値のうち最大のもの）に余裕を加えた温度（約40°C）に通電による温度上昇を加えた温度

*3：通常運転時の原子炉格納容器内電気ペネトレーション設置エリアの周囲線量率実測値（複数の実測値の平均値のうち最大のもの）に余裕を加えた線量率から算出した集積線量（ 5×10^{-3} [Gy/h] \times (24 \times 365.25) [h/y] \times 60 [y] = 2.7kGy)

[出典（試験条件）：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」]

c. 評価結果

表4.2-7にACA長期健全性試験結果を示す。結果は判定基準を満足している。

表4.2-7 外部リード-1-1の長期健全性試験結果

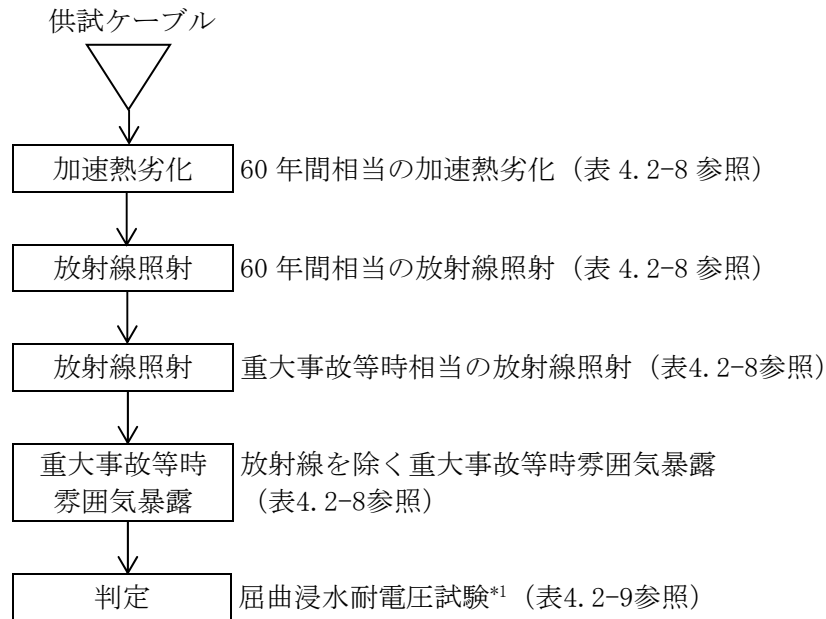
項目	試験条件	判定
耐電圧試験	課電電圧：1,500V/1分間	良

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

4.2.1.2.3 外部リードの電気学会推奨案による健全性評価（重大事故等時）

a. 評価手順

重大事故等時雰囲気内で機能要求がある外部リード－１－１については、重大事故等時雰囲気内での健全性をあわせて評価した。外部リード－１－１の試験手順を図4.2-4に示す。



*1：屈曲浸水耐電圧試験の試験手順は以下のとおりである

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

図4.2-4 外部リード－１－１の長期健全性試験手順

b. 試験条件

外部リード-1-1の長期健全性試験条件を表4.2-8に示す。試験条件は、川内1号炉の60年間の運転及び重大事故等時を想定した熱及び放射線による劣化条件を包絡している。

表4.2-8 外部リード-1-1の長期健全性試験条件（重大事故等）

		試験条件	60年間の通常運転時の使用条件【添付-7)参照】に基づく劣化条件【添付-10)参照】又は重大事故等時の環境条件【添付-14)参照】
通常運転相当	温度	121℃-7日	105℃-7日 (=46℃*1-60年)
	放射線 (集積線量)	500kGy (10kGy/h以下)	2.7kGy*2
重大事故等相当	放射線 (集積線量)	1,500kGy (10kGy/h以下)	500kGy
	温度	最高温度：190℃	最高温度：約138℃
	圧力	最高圧力：0.41MPa[gage]	最高圧力：約0.350MPa[gage]

*1：通常運転時の原子炉格納容器内電気ペネトレーション設置エリアの周囲温度実測値（複数の実測値の平均値のうち最大のもの）に余裕を加えた温度（約40℃）に通電による温度上昇を加えた温度として設定

*2：通常運転時の原子炉格納容器内電気ペネトレーション設置エリアの周囲線量率実測値（複数の実測値の平均値のうち最大のもの）に余裕を加えた線量率から算出した集積線量（ 5×10^{-3} [Gy/h] \times (24 \times 365.25) [h/y] \times 60 [y] = 2.7kGy)

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

c. 評価結果

外部リード-1-1の長期健全性試験結果を表4.2-9に示す。結果は判定基準を満足している。

表4.2-9 外部リード-1-1の長期健全性試験結果

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

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

4.2.2 現状保全

ポットイング材の気密性低下による絶縁低下及び外部リードの絶縁低下に対しては、定期的にケーブル及び機器を含め絶縁抵抗測定又は機器の動作確認を実施し、有意な絶縁低下がないことを確認している。

4.2.3 総合評価

健全性評価結果から判断して、ポットイング材の気密性低下による絶縁低下及び外部リードの絶縁低下により機器の健全性に影響を与える可能性はないと考える。

ポットイング材の気密性低下による絶縁低下及び外部リードの絶縁低下は、絶縁抵抗測定又は機器の動作確認で検知可能であり、点検手法として適切である。

4.2.4 高経年化への対応

ポットイング材の気密性低下による絶縁低下及び外部リードの絶縁低下については、現状保全項目に高経年化対策の観点から追加すべきものはないと判断する。

なお、より実機条件に即した電気・計装設備の長期健全性評価手法に関する検討が国プロジェクト「電気・計装設備の健全性評価技術調査研究」で実施されており、今後その成果の反映を検討していく。

5. 代表機器以外の技術評価

代表機器以外の評価対象及び技術評価の概要を表 5.1 に示す。

表 5.1 代表機器以外の評価対象及び技術評価の概要 (1/6)

評価対象設備	評価対象機器	部位	健全性評価	現状保全	総合評価	高経年化への対応
高圧ポンプ用電動機	<ul style="list-style-type: none"> 海水ポンプ用電動機 充てん/高圧注入ポンプ用電動機 格納容器スプレイポンプ用電動機 余熱除去ポンプ用電動機 原子炉補機冷却水ポンプ用電動機 電動補助給水ポンプ用電動機 	固定子コイル、 口出線・接続部品	ヒートサイクル方法により評価した絶縁寿命と、経年機の運転年数とコイル破壊電圧との関係による評価結果から、固定子コイル等の運転に必要な絶縁耐力を保有する期間は、運転年数で 18.5 年と判断。	絶縁抵抗測定、絶縁診断を実施。 点検結果に基づき、必要により洗浄、乾燥、絶縁補修処理もしくは取替えを実施する。	絶縁低下は、18.5 年以降において発生の可能性は否定できないが、絶縁低下は絶縁抵抗測定、絶縁診断で検知可能であり、点検手法として適切。	絶縁抵抗測定、絶縁診断を実施していくとともに、運転年数及び点検結果に基づき、必要により洗浄、乾燥、絶縁補修処理もしくは取替えを実施していく。
低圧ポンプ用電動機	<ul style="list-style-type: none"> ほう酸ポンプ用電動機 燃料取替用水ポンプ用電動機 常設電動注入ポンプ用電動機 緊急時対策用発電機車用給油ポンプ用電動機 	固定子コイル、 口出線	ヒートサイクル方法により評価した絶縁寿命と、経年機の設置経過年数とコイル破壊電圧との関係による評価結果から、固定子コイル等の運転に必要な絶縁耐力を保有する期間は 16 年と判断。	絶縁抵抗測定を実施。 絶縁抵抗測定の結果に基づき、必要により洗浄、乾燥、絶縁補修処理もしくは取替えを行う。	絶縁低下は、16 年以降において発生の可能性は否定できないが、絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切。	絶縁抵抗測定を実施していくとともに、点検結果に基づき必要により洗浄、乾燥、絶縁補修処理もしくは取替えを実施していく。
電気ペネトレーション	<ul style="list-style-type: none"> ビッグテイル型電線貫通部 	外部リード-1-2	長期健全性試験の結果、60 年間の通常運転後においても絶縁機能を維持できると判断。	系統機器の動作確認又は絶縁抵抗測定を実施。	絶縁低下により機器の健全性に影響を与える可能性はない。 絶縁低下は系統機器の動作確認又は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切。	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"> 三重同軸型電線貫通部 	ポッティング材、 外部リード	長期健全性試験の結果、運転開始後 60 年間の通常運転とその後の設計基準事故又は重大事故等時においても絶縁機能を維持できると判断。	絶縁抵抗測定を実施。	絶縁低下により機器の健全性に影響を与える可能性はない。 絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切。	現状保全項目に高経年化対策の観点から追加すべきものはないと判断。
弁電動装置	<ul style="list-style-type: none"> RHR S 入口隔離弁電動装置 	固定子コイル、口出線・接続部品	長期健全性試験の結果、60 年間の通常運転後においても絶縁機能を維持できると判断。	絶縁抵抗測定を実施。	絶縁低下により機器の健全性に影響を与える可能性はない。 絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切。	現状保全項目に高経年化対策の観点から追加すべきものはないと判断。
	<ul style="list-style-type: none"> T/D AFWP 蒸気元弁電動装置 	主極コイル、補極コイル、電機子コイル、電磁ブレーキ、 口出線・接続部品	長期健全性試験の結果、60 年間の通常運転後においても絶縁機能を維持できると判断。	絶縁抵抗測定を実施。	絶縁低下により機器の健全性に影響を与える可能性はない。 絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切。	現状保全項目に高経年化対策の観点から追加すべきものはないと判断。
高圧ケーブル	<ul style="list-style-type: none"> 難燃高圧 CSHV ケーブル 	絶縁体（水トリー劣化を除く）	長期健全性試験の結果、60 年間の通常運転後においても絶縁機能を維持できると判断。	絶縁抵抗測定、ケーブル絶縁診断を実施。	絶縁低下により機器の健全性に影響を与える可能性はない。絶縁低下は絶縁抵抗測定及びケーブル絶縁診断で検知可能であり、点検手法として適切。	現状保全項目に高経年化対策の観点から追加すべきものはないと判断。
	<ul style="list-style-type: none"> 難燃高圧 CSHV ケーブル（屋外布設） 	絶縁体（水トリー劣化）	トレンチ内部の溜まり水による多湿度環境を考慮すると、水トリー劣化による絶縁低下の可能性は否定できない。	絶縁抵抗測定、ケーブル絶縁診断及びトレンチ内の目視確認を実施。	絶縁低下の可能性は否定できないが、水トリーによる絶縁低下は絶縁抵抗測定及びケーブル絶縁診断で、浸水状態は目視確認で検知可能であり、点検手法として適切。	絶縁抵抗測定及びケーブル絶縁診断を実施していくとともに、点検結果に基づき必要により取替等を実施していく。また、トレンチ内の目視確認を実施していく。

表 5.1 代表機器以外の評価対象及び技術評価の概要 (2/6)

評価対象設備	評価対象機器	部位	健全性評価	現状保全	総合評価	高経年化への対応
低圧ケーブル	<ul style="list-style-type: none"> ・KKケーブル ・難燃SHVVケーブル 	絶縁体	実機同等品による電気学会推奨案に基づく長期健全性試験結果により評価した結果、運転開始後 60 年時点においても絶縁機能を維持できると判断。また、KKケーブルについて、ACAガイドに従った長期健全性試験結果により評価した結果、運転開始後 60 年時点においても絶縁機能を維持できると判断。	電力用ケーブルについては、絶縁抵抗測定を実施。制御・計装用ケーブルについては、系統機器の動作確認又は計器の指示値確認等を実施。	絶縁低下により機器の健全性に影響を与える可能性はない。絶縁低下は絶縁抵抗測定、系統機器の動作確認又は計器の指示値確認等で検知可能であり、点検手法として適切。	現状保全項目に高経年化対策の観点から追加すべきものはないと判断。
	<ul style="list-style-type: none"> ・FPETケーブル ・FPP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、又は絶縁体種類及びシース種類も同じPTFケーブル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、運転開始後 60 年時点においても絶縁機能を維持できると判断。	系統機器の動作確認又は計器の指示値確認等を実施。	絶縁低下により機器の健全性に影響を与える可能性は小さい。絶縁低下は系統機器の動作確認又は計器の指示値確認等で検知可能であり、点検手法として適切。	系統機器の動作確認又は指示値確認等を実施していく。
	<ul style="list-style-type: none"> ・PTFケーブル 				絶縁低下により機器の健全性に影響を与える可能性はない。絶縁低下は系統機器の動作確認又は計器の指示値確認等で検知可能であり、点検手法として適切。	現状保全項目に高経年化対策の観点から追加すべきものはないと判断。
	<ul style="list-style-type: none"> ・難燃SHVVケーブル（製造メーカーが異なるケーブル） 	絶縁体	絶縁体材料が同一である類似品を用いて電気学会推奨案に基づく長期健全性試験結果により評価した結果、60年間の運転期間後においても絶縁低下の可能性は小さい。	系統機器の動作確認又は計器の指示値確認等を実施。	絶縁低下の可能性は小さい。絶縁低下は系統機器の動作確認又は計器の指示値確認等で検知可能であり、点検手法として適切。	系統機器の動作確認又は指示値確認等を実施していく。
同軸ケーブル	<ul style="list-style-type: none"> ・難燃三重同軸ケーブル 1 	絶縁体、内部シース	電気学会推奨案に基づく長期健全性試験結果により評価した結果、運転開始後 60 年時点においても絶縁機能を維持できると判断。また、ACAガイドに従った長期健全性試験結果により評価した結果、運転開始後 60 年時点においても絶縁機能を維持できると判断。	絶縁抵抗測定を実施。	絶縁低下により機器の健全性に影響を与える可能性はない。絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切。	現状保全項目に高経年化対策の観点から追加すべきものはないと判断。
	<ul style="list-style-type: none"> ・難燃三重同軸ケーブル 2 	絶縁体、内部シース	電気学会推奨案に基づく長期健全性試験を行った結果、運転開始後 60 年時点においても絶縁低下の可能性はない。	絶縁抵抗測定を実施。	絶縁低下により機器の健全性に影響を与える可能性はない。絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切。	現状保全項目に高経年化対策の観点から追加すべきものはないと判断。
ケーブル接続部	<ul style="list-style-type: none"> ・気密端子箱接続 	Oリング、LCモールド	実機同等品による長期健全性試験結果により評価した結果、運転開始後 60 年時点においても絶縁機能を維持できると判断。	電力用ケーブル接続部については、絶縁抵抗測定を実施。制御・計装用ケーブル接続部については、系統機器の動作確認又は計器の指示値確認等を実施。	絶縁低下により機器の健全性に影響を与える可能性はない。絶縁低下は絶縁抵抗測定、系統機器の動作確認又は計器の指示値確認等で検知可能であり、点検手法として適切。	現状保全項目に高経年化対策の観点から追加すべきものはないと判断。
	<ul style="list-style-type: none"> ・直ジョイント 	熱収縮チューブ				
	<ul style="list-style-type: none"> ・電動弁コネクタ接続 1 	絶縁物、Oリング、シーリングブッシュ、ゴムブッシュ				
	<ul style="list-style-type: none"> ・三重同軸コネクタ接続 	絶縁物、Oリング				
	<ul style="list-style-type: none"> ・一般端子接続 ・端子台接続 ・高圧コネクタ接続 ・電動弁コネクタ接続 2 ・複合同軸コネクタ接続 ・三重同軸コネクタ接続（製造メーカーが異なる三重同軸コネクタ接続） 	絶縁物等	長期健全性試験を実施していないため、絶縁低下の可能性は否定できない。	系統機器の動作確認又は絶縁抵抗測定を実施。	絶縁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又は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切。	系統機器の動作確認又は絶縁抵抗測定を実施していく。

表 5.1 代表機器以外の評価対象及び技術評価の概要 (3/6)

評価対象設備	評価対象機器	部位	健全性評価	現状保全	総合評価	高経年化への対応
メタルクラッド 開閉装置 (メタクラ)	<ul style="list-style-type: none"> メタクラ (安全系) 緊急時対策棟メタルクラッド開閉装置 	ばね蓄勢用モータ (低圧モータ)	使用温度に比べて十分余裕のある絶縁種を使用していることから、絶縁低下の可能性は小さいと考えるが、絶縁低下が生じる可能性は否定できない。	絶縁抵抗測定を実施。	絶縁低下の可能性は否定できないが、絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切。	絶縁抵抗測定を実施していく。
		計器用変流器 (巻線形)	長期健全性試験の結果、60年間の通常運転後においても絶縁機能を維持できると判断。	絶縁抵抗測定を実施。	絶縁低下により機器の健全性に影響を与える可能性はない。 絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切。	現状保全項目に高経年化対策の観点から追加すべきものはないと判断。
		計器用変圧器		絶縁抵抗測定を実施。	絶縁低下により機器の健全性に影響を与える可能性はない。 絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切。	現状保全項目に高経年化対策の観点から追加すべきものはないと判断。
	<ul style="list-style-type: none"> 重大事故等対処用変圧器受電盤 	ばね蓄勢用モータ (低圧モータ)	使用温度に比べて十分余裕のある絶縁種を使用していることから、絶縁低下の可能性は小さいと考えるが、絶縁低下が生じる可能性は否定できない。	絶縁抵抗測定を実施。	絶縁低下の可能性は否定できないが、絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切。	絶縁抵抗測定を実施していく。
		計器用変流器 (巻線形)	長期健全性試験の結果、60年間の通常運転後においても絶縁機能を維持できると判断。	絶縁抵抗測定を実施。	絶縁低下により機器の健全性に影響を与える可能性はない。 絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切。	現状保全項目に高経年化対策の観点から追加すべきものはないと判断。
動力変圧器	<ul style="list-style-type: none"> 動力変圧器 (安全系) 	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、絶縁低下の可能性は否定できない。	絶縁抵抗測定を実施。	絶縁低下の可能性は否定できないが、絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切。	絶縁抵抗測定を実施していく。
	<ul style="list-style-type: none"> 重大事故等対処用変圧器盤 緊急時対策棟動力変圧器 	コイル	コイルの絶縁物は熱劣化特性の優れた絶縁物であり、急激な絶縁低下の可能性は小さい。	絶縁抵抗測定を実施。	絶縁低下の可能性は否定できないが、絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切。	絶縁抵抗測定を実施していく。
パワーセンタ	<ul style="list-style-type: none"> パワーセンタ (安全系) 緊急時対策棟パワーセンタ 	保護リレー	同種の保護リレーの絶縁低下に対する健全性試験による評価の結果、急激な絶縁低下の可能性は小さいと考えるが、絶縁低下の可能性は否定できない。	絶縁抵抗測定を実施。絶縁抵抗測定結果に基づき、必要により取替えを実施する。	健全性評価結果及び取替実績から、絶縁低下により機器の健全性に影響を与える可能性はない。 絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切。	絶縁抵抗測定を実施していくとともに、絶縁抵抗測定結果に基づき必要により取替えを実施していく。
		ばね蓄勢用モータ (低圧モータ)	使用温度に比べて十分余裕のある絶縁種を使用していることから、絶縁低下の可能性は小さいと考えるが、絶縁低下の可能性は否定できない。	絶縁抵抗測定を実施。	絶縁低下の可能性は否定できないが、絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切。	絶縁抵抗測定を実施していく。
		計器用変圧器	急激な絶縁低下の可能性は小さいと考えるが、絶縁低下の可能性は否定できない。	絶縁抵抗測定を実施。	絶縁低下の可能性は否定できないが、絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切。	絶縁抵抗測定を実施していく。

表 5.1 代表機器以外の評価対象及び技術評価の概要 (4/6)

評価対象設備	評価対象機器	部位	健全性評価	現状保全	総合評価	高経年化への対応
制御設備	・ディーゼル発電機盤	計器用変流器、計器用変圧器	長期健全性試験の結果、60年間の通常運転後においても絶縁機能を維持できると判断。	絶縁抵抗測定を実施。	絶縁低下により機器の健全性に影響を与える可能性はない。 絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切。	現状保全項目に高経年化対策の観点から追加すべきものはないと判断。
		励磁装置	過去に実施した精密点検 (tan δ 測定、直流吸収測定) の結果から、熱的、電気的要因により設備の納入後 30 年前後より絶縁抵抗の低下が生じる可能性が考えられる。	絶縁抵抗測定を実施。 適切な頻度で精密点検を実施。	絶縁低下の可能性は否定できないが、絶縁低下は絶縁抵抗測定及び精密点検で検知可能であり、点検手法として適切。	絶縁抵抗測定並びに適切な頻度で精密点検を実施していく。
	・制御用空気除湿装置盤 ・空調用冷凍機制御盤 ・ガスサンプリング圧縮機	変圧器	健全性試験の結果、インパルス破壊電圧の限界値に達するまでの期間は 60 年以上である。	絶縁抵抗測定を実施。	絶縁低下により機器の健全性に影響を与える可能性はない。 絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切。	現状保全項目に高経年化対策の観点から追加すべきものはないと判断。
	・R C P 母線計測盤	保護リレー	同種の保護リレーの絶縁低下に対する健全性試験による評価の結果、急激な絶縁低下の可能性は小さいと考えるが、絶縁低下の可能性は否定できない。	絶縁抵抗測定を実施。 絶縁抵抗測定結果に基づき、必要により取替えを実施する。	絶縁低下の可能性は否定できないが、絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切。	絶縁抵抗測定を実施していくとともに、絶縁抵抗測定結果に基づき必要により取替えを実施していく。
空調設備	・空調用冷凍機用電動機	固定子コイル (高圧)、口出線・接続部品 (高圧)	ヒートサイクル方法により評価した絶縁寿命と、経年機の運転年数とコイル破壊電圧との関係による評価結果から、固定子コイル等の運転に必要な絶縁耐力を保有する期間は、運転年数で 18.5 年と判断。	絶縁抵抗測定、絶縁診断を実施。 点検結果に基づき、必要により洗浄、乾燥、絶縁補修処理もしくは取替えを実施する。	絶縁低下は、18.5 年以降において発生の可能性は否定できないが、絶縁低下は絶縁抵抗測定、絶縁診断で検知可能であり、点検手法として適切。	絶縁抵抗測定、絶縁診断を実施していくとともに、運転年数及び点検結果に基づき、必要により洗浄、乾燥、絶縁補修処理もしくは取替えを実施していく。
	・ディーゼル発電機室給気ファン用電動機	固定子コイル (低圧)、口出線・接続部品 (低圧)	ヒートサイクル方法により評価した絶縁寿命と、経年機の設置経過年数とコイル破壊電圧との関係による評価結果から、固定子コイル等の運転に必要な絶縁耐力を保有する期間は 16.5 年 (B 種絶縁) 及び 16 年 (F 種絶縁) と判断。	絶縁抵抗測定を実施。 絶縁抵抗測定の結果に基づき、必要により洗浄、乾燥、絶縁補修処理もしくは取替えを行う。	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、点検結果に基づき必要により洗浄、乾燥、絶縁補修処理もしくは取替えを実施していく。
	・安全補機室排気ファン用電動機	固定子コイル (低圧)、口出線 (低圧)				
	・中央制御室空調ファン用電動機 ・緊急時対策所非常用空気浄化ファン用電動機	固定子コイル (低圧)、口出線・接続部品 (低圧)				
	・空調用冷水ポンプ用電動機 ・中央制御室循環ファン用電動機 ・アニュラス空気浄化ファン用電動機 ・補助給水ポンプ室給気ファン用電動機 ・補助給水ポンプ室排気ファン用電動機 ・制御用空気圧縮機室給気ファン用電動機 ・制御用空気圧縮機室排気ファン用電動機 ・安全補機閉器室空調ファン用電動機 ・中央制御室非常用循環ファン用電動機 ・安全補機室給気ファン用電動機	固定子コイル (低圧)、口出線 (低圧)	長期間の運転を考慮すると固定子コイル及び口出線等の絶縁低下の可能性は否定できない。	絶縁抵抗測定を実施。 絶縁抵抗測定の結果に基づき、必要により洗浄、乾燥、絶縁補修処理もしくは取替えを行う。	絶縁低下の可能性は否定できないが、絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切。	絶縁抵抗測定を実施していくとともに、点検結果に基づき必要により洗浄、乾燥、絶縁補修処理もしくは取替えを実施していく。

表 5.1 代表機器以外の評価対象及び技術評価の概要 (5/6)

評価対象設備	評価対象機器	部位	健全性評価	現状保全	総合評価	高経年化への対応
空調設備	<ul style="list-style-type: none"> 緊急時対策所非常用空気浄化設備電気加熱コイル入口電動ダンパ 緊急時対策所非常用空気浄化フィルタユニット出口電動ダンパ 緊急時対策棟出入管理エリア給気電動気密ダンパ 	固定子コイル、口出線・接続部品	長期健全性試験の結果、60年間の通常運転後においても絶縁機能を維持できると判断。	絶縁抵抗測定を実施。	絶縁低下により機器の健全性に影響を与える可能性はない。絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切。	現状保全項目に高経年化対策の観点から追加すべきものはないと判断。
空気圧縮装置	<ul style="list-style-type: none"> 制御用空気圧縮機用電動機 制御用空気除湿装置送風機用電動機 ガスサンプリング圧縮装置 	固定子コイル、口出線・接続部品	空調用電動機の評価と同様。	空調用電動機の評価と同様。	空調用電動機の評価と同様。	空調用電動機の評価と同様。
燃料取扱設備	<ul style="list-style-type: none"> 燃料取替クレーン 	電動機の固定子コイル	低圧ポンプ用電動機の健全性評価結果から、固定子コイルの運転に必要な絶縁耐力を保有する期間は16年と判断。しかしながら、低圧ポンプ用電動機と設置場所が異なることから、長期間の運転を想定すると絶縁低下の可能性は否定できない。	絶縁抵抗測定を実施。点検結果に基づき、必要により洗浄、乾燥、絶縁補修処理もしくは取替えを実施する。	絶縁低下の可能性は否定できないが、絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切。	絶縁抵抗測定を実施していくとともに、点検結果に基づき必要により洗浄、乾燥、絶縁補修処理もしくは取替えを実施していく。
		電磁ブレーキ固定鉄心	使用温度に比べて十分余裕のある絶縁種を使用していることから、絶縁低下の可能性は小さいと考えるが、絶縁低下が生じる可能性は否定できない。	絶縁抵抗測定を実施。	絶縁低下の可能性は否定できないが、絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切。	絶縁抵抗測定を実施していく。
		回転数発電機				
	<ul style="list-style-type: none"> 使用済燃料ピットクレーン 	電動機の固定子コイル	低圧ポンプ用電動機の健全性評価結果から、固定子コイルの運転に必要な絶縁耐力を保有する期間は16年と判断。しかしながら、低圧ポンプ用電動機と設置場所が異なることから、長期間の運転を想定すると絶縁低下の可能性は否定できない。	絶縁抵抗測定を実施。点検結果に基づき、必要により洗浄、乾燥、絶縁補修処理もしくは取替えを実施。	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。
		電磁ブレーキ固定鉄心	使用温度に比べて十分余裕のある絶縁種を使用していることから、絶縁低下の可能性は小さいと考えるが、絶縁低下が生じる可能性は否定できない。	絶縁抵抗測定を実施。	絶縁低下の可能性は否定できないが、絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切。	絶縁抵抗測定を実施していく。
		変圧器				
<ul style="list-style-type: none"> 燃料移送装置 	変圧器					
非常用ディーゼル発電設備	<ul style="list-style-type: none"> 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）	高圧ポンプ用電動機の健全性評価結果から、固定子コイルの運転に必要な絶縁耐力を保有する期間は18.5年と判断。	絶縁抵抗測定、絶縁診断を実施。点検結果に基づき、必要により洗浄、乾燥、絶縁補修処理もしくは取替えを実施する。	絶縁低下の可能性は否定できないが、絶縁低下は絶縁抵抗測定、絶縁診断で検知可能であり、点検手法として適切。	絶縁抵抗測定、絶縁診断を実施していくとともに、運転年数及び点検結果に基づき、必要により洗浄、乾燥、絶縁補修処理もしくは取替えを実施していく。
		回転子コイル（低圧）、口出線・接続部品（低圧）	低圧ポンプ用電動機の健全性評価結果から、固定子コイルの運転に必要な絶縁耐力を保有する期間は16年と判断。	絶縁抵抗測定を実施。点検結果に基づき、必要により洗浄、乾燥、絶縁補修処理もしくは取替えを実施。	絶縁低下の可能性は否定できないが、絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切。	絶縁抵抗測定を実施していくとともに、点検結果に基づき必要により洗浄、乾燥、絶縁補修処理もしくは取替えを実施していく。
	<ul style="list-style-type: none"> 温水循環ポンプ用電動機 潤滑油プライミングポンプ用電動機 燃料油移送ポンプ用電動機 燃料弁冷却水ポンプ用電動機 	固定子コイル、口出線	空調用電動機の評価と同様。	空調用電動機の評価と同様。	空調用電動機の評価と同様。	空調用電動機の評価と同様。

表 5.1 代表機器以外の評価対象及び技術評価の概要 (6/6)

評価対象設備	評価対象機器	部位	健全性評価	現状保全	総合評価	高経年化への対応
直流電源設備	・充電器盤 (3系統目蓄電池用)	変圧器、 計器用変圧器	屋内に設置された制御盤筐体内に内蔵されているため、塵埃が付着しにくい環境にあることから急激な絶縁低下の可能性は小さいと考える。	絶縁抵抗測定を実施。	絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切。	絶縁抵抗測定を実施していく。
計器用電源設備	・計装用電源装置 ・計装用電源装置 (3系統目蓄電池用) ・緊急時対策棟計装用電源装置	変圧器	使用温度に比べて十分余裕のある絶縁種を使用していることから、急激な絶縁低下の可能性は小さいと考えるが、絶縁低下の可能性は否定できない。	絶縁抵抗測定を実施。絶縁抵抗測定結果に基づき、必要により取替えを実施する。	絶縁低下の可能性は否定できないが、絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切。	絶縁抵抗測定を実施していくとともに、絶縁抵抗測定結果に基づき必要により取替えを実施していく。
制御棒駆動装置用電源設備	・原子炉トリップ遮断器盤	ばね蓄勢用モータ (低圧モータ)	使用温度に比べて十分余裕のある絶縁種を使用していることから、絶縁低下の可能性は小さいと考えるが、絶縁低下が生じる可能性は否定できない。	絶縁抵抗測定を実施。	絶縁低下の可能性は否定できないが、絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切。	絶縁抵抗測定を実施していく。
大容量空冷式発電機	・大容量空冷式発電機	固定子巻線、主回路端子、主回路端子ケーブル	運転回数は年間数回であるが、長期間の運転を想定すると絶縁低下の可能性は否定できない。	絶縁抵抗測定、絶縁診断を実施。点検結果に基づき、必要により洗浄、乾燥、絶縁補修処理もしくは取替えを実施。	絶縁低下の可能性は否定できないが、絶縁低下は絶縁抵抗測定、絶縁診断で検知可能であり、点検手法として適切。	絶縁抵抗測定、絶縁診断を実施していくとともに、点検結果に基づき、必要により洗浄、乾燥、絶縁補修処理もしくは取替えを実施していく。
		回転子巻線、励磁機固定子巻線、励磁機回転子巻線、固定子コイル、口出線	運転回数は年間数回であるが、長期間の運転を想定すると絶縁低下の可能性は否定できない。	絶縁抵抗測定を実施。点検結果に基づき、必要により洗浄、乾燥、絶縁補修処理もしくは取替えを実施。	絶縁低下の可能性は否定できないが、絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切。	絶縁抵抗測定を実施していくとともに、点検結果に基づき、必要により洗浄、乾燥、絶縁補修処理もしくは取替えを実施していく。

6. まとめ

6.1 審査ガイド適合性

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

表 6.1 (1/4) 電気・計装品の絶縁低下についての要求事項との対比

審査基準、ガイド	要求事項	技術評価結果
実用発電用原子炉の運転の期間の延長の審査基準	<p>2. 実用炉規則第113条第2項第2号に掲げる原子炉その他の設備の劣化の状況に関する技術的な評価の結果、延長しようとする期間において、同評価の対象となる機器・構造物が下表に掲げる要求事項（以下「要求事項」という。）に適合すること、又は同評価の結果、要求事項に適合しない場合には同項第3号に掲げる延長しようとする期間における原子炉その他の設備に係る施設管理方針の実施を考慮した上で、延長しようとする期間において、要求事項に適合すること。</p> <p>○点検検査結果による健全性評価の結果、評価対象の電気・計装設備に有意な絶縁低下が生じないこと。</p>	<p>4.1.1、4.2.1及び5. に示す通り、健全性評価結果に応じ絶縁抵抗測定等の現状保全を継続することで、延長しようとする期間において、評価対象の電気・計装設備に有意な絶縁低下が生じないことを確認した。</p>
	<p>○環境認定試験による健全性評価の結果、設計基準事故環境下で機能が要求される電気・計装設備及び重大事故等環境下で機能が要求される電気・計装設備に有意な絶縁低下が生じないこと。</p>	<p>4.1.1、4.2.1及び5. に示す通り、設計基準事故環境下で機能が要求される電気・計装設備及び重大事故等環境下で機能が要求される電気・計装設備については、IEEE Std. 323やACAガイド等に準じた環境認定試験による健全性評価を考慮した上で、延長しようとする期間において、有意な絶縁低下が生じないことを確認した。</p>

表 6.1 (2/4) 電気・計装品の絶縁低下についての要求事項との対比

審査基準、ガイド	要求事項	技術評価結果
<p>実用発電用原子炉の運転期間延長認可申請に係る運用ガイド</p>	<p>3. 2 (1) 「延長しようとする期間における運転に伴い生ずる原子炉その他の設備の劣化の状況に関する技術的な評価」（以下「劣化状況評価」という。）の記載内容について評価の対象とする機器・構造物及び評価手法は、実用炉規則第82条第2項に規定する運転開始後40年を迎える発電用原子炉に係る発電用原子炉施設についての経年劣化に関する技術的な評価におけるものと同様とする。特に運転期間延長認可申請に伴うものとして評価を行い、その結果の記載が求められる事項は次のとおり。</p> <p>④実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則（平成25年原子力規制委員会規則第6号。以下「技術基準規則」という。）（運転開始以後40年を経過する日において適用されているものに限る。）に定める基準に照らした評価。</p>	<p>4.1.1、4.2.1及び5. に示す通り、健全性評価結果に応じ絶縁抵抗測定等の現状保全を継続することで、延長しようとする期間において、評価対象の電気・計装設備に有意な絶縁低下が生じないことを確認した。</p> <p>また、4.1.1、4.2.1及び5. に示す通り、設計基準事故環境下で機能が要求される電気・計装設備及び重大事故等環境下で機能が要求される電気・計装設備については、IEEE Std. 323やACAガイド等に準じた環境認定試験による健全性評価を考慮した上で、延長しようとする期間において、有意な絶縁低下が生じないことを確認した。</p>
	<p>3. 3 (1) 「延長しようとする期間における原子炉その他の設備に係る施設管理方針」（以下「施設管理方針」という。）の策定に係る手法は、実用炉規則第82条第2項に規定する運転開始後40年を迎える発電用原子炉に係る発電用原子炉施設についての施設管理に関する方針の策定と同様とする。特に運転期間延長認可申請に伴い策定するものとして記載が求められる事項は次のとおり。</p> <p>①上記3. 2の劣化状況評価を踏まえた施設管理方針。</p>	<p>「高経年化への対応」に示すとおり、現状保全項目に高経年化への観点から追加すべきものはなく、施設管理方針として策定する事項はなかった。</p>

表 6.1 (3/4) 電気・計装品の絶縁低下についての要求事項との対比

審査基準、ガイド	要求事項	技術評価結果
<p>実用発電用原子炉施設における高経年化対策審査ガイド</p>	<p>3. 高経年化技術評価等の審査の視点・着眼点 (1) 高経年化技術評価の審査</p> <p>⑫健全性の評価 実施ガイド3. 1⑤に規定する期間の満了日までの期間について、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の発生又は進展に係る健全性を評価していることを審査する。</p>	<p>4.1.1、4.2.1及び5. の「健全性評価」に示すとおり、各電気・計装品に応じた健全性評価を実施した。</p>
	<p>⑬現状保全の評価 健全性評価結果から現状の保全策の妥当性が評価されていることを審査する。</p>	<p>4.1.2、4.1.3、4.2.2、4.2.3及び5. の「現状保全」及び「総合評価」に示すとおり、現状の保全策が妥当であることを確認した。</p>
	<p>⑭追加保全策の抽出 現状保全の評価結果から、現状保全に追加する必要がある新たな保全策が抽出されていることを審査する。</p>	<p>4.1.4、4.2.4及び5. の「高経年化への対応」に示すとおり、現状保全項目に高経年化対策の観点から追加すべきものはないと判断した。</p>
	<p>(2) 長期施設管理方針の審査 ①長期施設管理方針の策定 すべての追加保全策について長期保守管理方針として策定されているかを審査する。</p>	

表 6.1 (4/4) 電気・計装品の絶縁低下についての要求事項との対比

審査基準、ガイド	要求事項	技術評価結果
<p>実用発電用原子炉施設における高経年化対策実施ガイド</p>	<p>3.1 高経年化技術評価の実施及び見直し 高経年化技術評価の実施及び見直しに当たっては、以下の要求事項を満たすこと。</p> <p>⑤抽出された高経年化対策上着目すべき経年劣化事象について、以下に規定する期間の満了日までの期間について機器・構造物の健全性評価を行うとともに、必要に応じ現状の施設管理に追加すべき保全策（以下「追加保全策」という。）を抽出すること。</p> <p>ロ 実用炉規則第82条第2項又は第3項の規定に基づく高経年化技術評価 プラントの運転を開始した日から40年間に同条第2項又は第3項に規定する延長する期間を加えた期間</p> <hr/> <p>3.2 長期施設管理方針の策定及び変更 長期施設管理方針の策定及び変更に当たっては、以下の要求事項を満たすこと。</p> <p>①高経年化技術評価の結果抽出された全ての追加保全策（発電用原子炉の運転を断続的に行うことを前提として抽出されたもの及び冷温停止状態が維持されることを前提として抽出されたものの全て。）について、発電用原子炉ごとに、施設管理の項目及び当該項目ごとの実施時期を規定した長期施設管理方針を策定すること。</p> <p>なお、高経年化技術評価の結果抽出された追加保全策について、発電用原子炉の運転を断続的に行うことを前提とした評価から抽出されたものと冷温停止状態が維持されることを前提とした評価から抽出されたもの間で、その対象の経年劣化事象及び機器・構造物の部位が重複するものについては、双方の追加保全策を踏まえた保守的な長期施設管理方針を策定すること。</p>	<p>4.1.4、4.2.4及び5.の「高経年化への対応」に示すとおり、現状保全項目に高経年化対策の観点から追加すべきものはないと判断した。</p>

6.2 長期施設管理方針として策定する事項

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

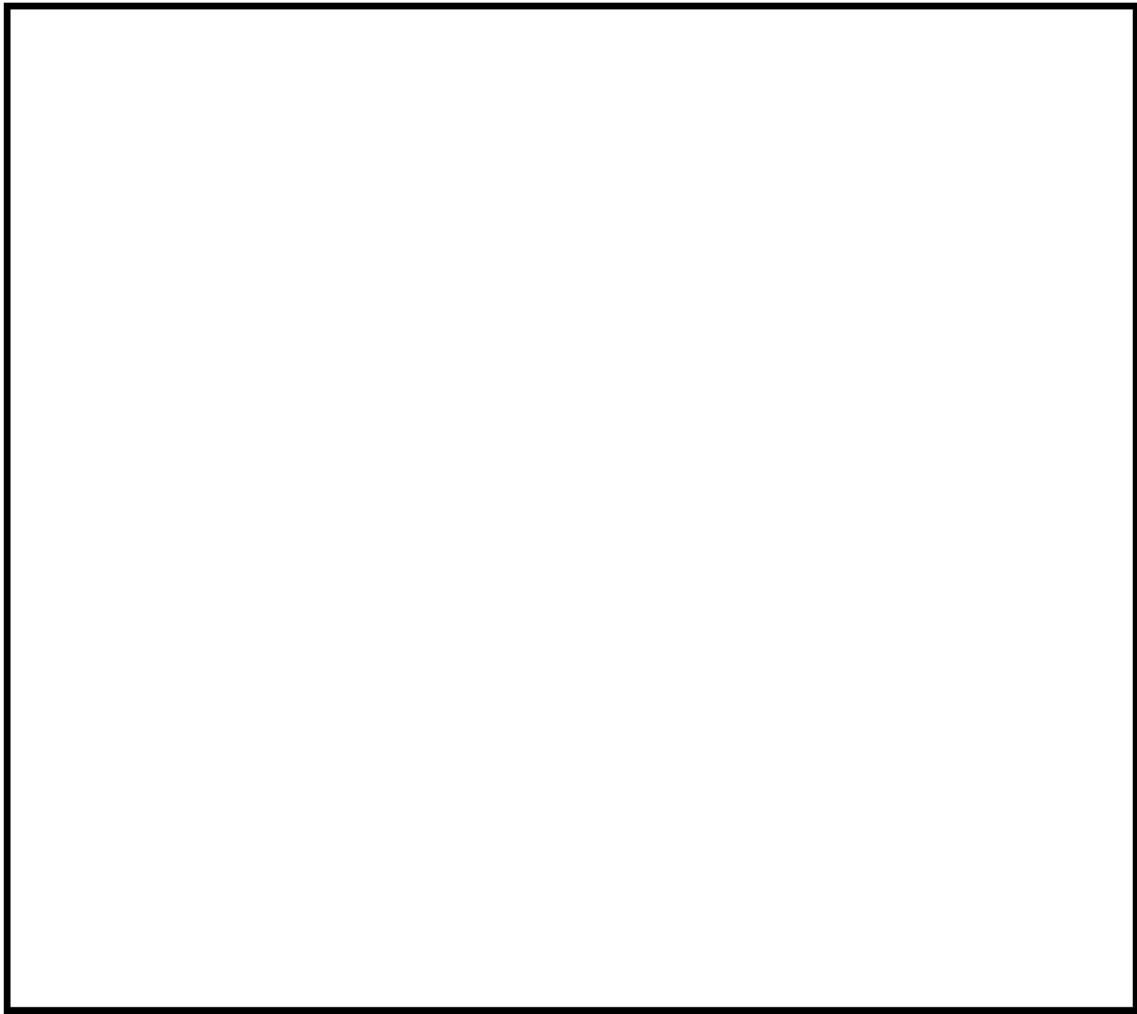
7. 添付資料

- 1) 設計基準事故及び重大事故等時に環境が著しく悪化する電気・計装品の環境条件について
- 2) 原子炉格納容器内の難燃PHケーブルの環境条件について
- 3) 難燃PHケーブルの長期健全性試験（設計基準事故）における評価期間について
- 4) 難燃PHケーブルの長期健全性試験条件の事故時条件（設計基準事故）の包絡性について
- 5) 難燃PHケーブルの長期健全性試験（重大事故等時）における評価期間について
- 6) 難燃PHケーブルの長期健全性試験条件の事故時条件（重大事故等時）の包絡性について
- 7) 原子炉格納容器内のピッグテイル型電線貫通部の環境条件について
- 8) ピッグテイル型電線貫通部のポッティング材の長期健全性試験における評価期間について
- 9) ピッグテイル型電線貫通部のポッティング材の長期健全性試験条件の事故時条件の包絡性について
- 10) ピッグテイル型電線貫通部の外部リードの長期健全性試験（設計基準事故又は重大事故等）における評価期間について
- 11) ピッグテイル型電線貫通部の外部リードの長期健全性試験条件（設計基準事故）の事故時条件の包絡性について
- 12) ピッグテイル型電線貫通部の外部リードのACAガイドによる長期健全性試験（設計基準事故）における評価期間について
- 13) ピッグテイル型電線貫通部の外部リードのACAガイドによる長期健全性試験条件（設計基準事故）の事故時条件の包絡性について
- 14) ピッグテイル型電線貫通部の外部リードの長期健全性試験条件（重大事故等時）の事故時条件の包絡性について
- 15) 外部リード-1-1（ACA評価）の通常運転相当の試験条件について
- 16) ピッグテイル型電線貫通部の外部リードの長期健全性試験（通常運転時相当）における評価期間について

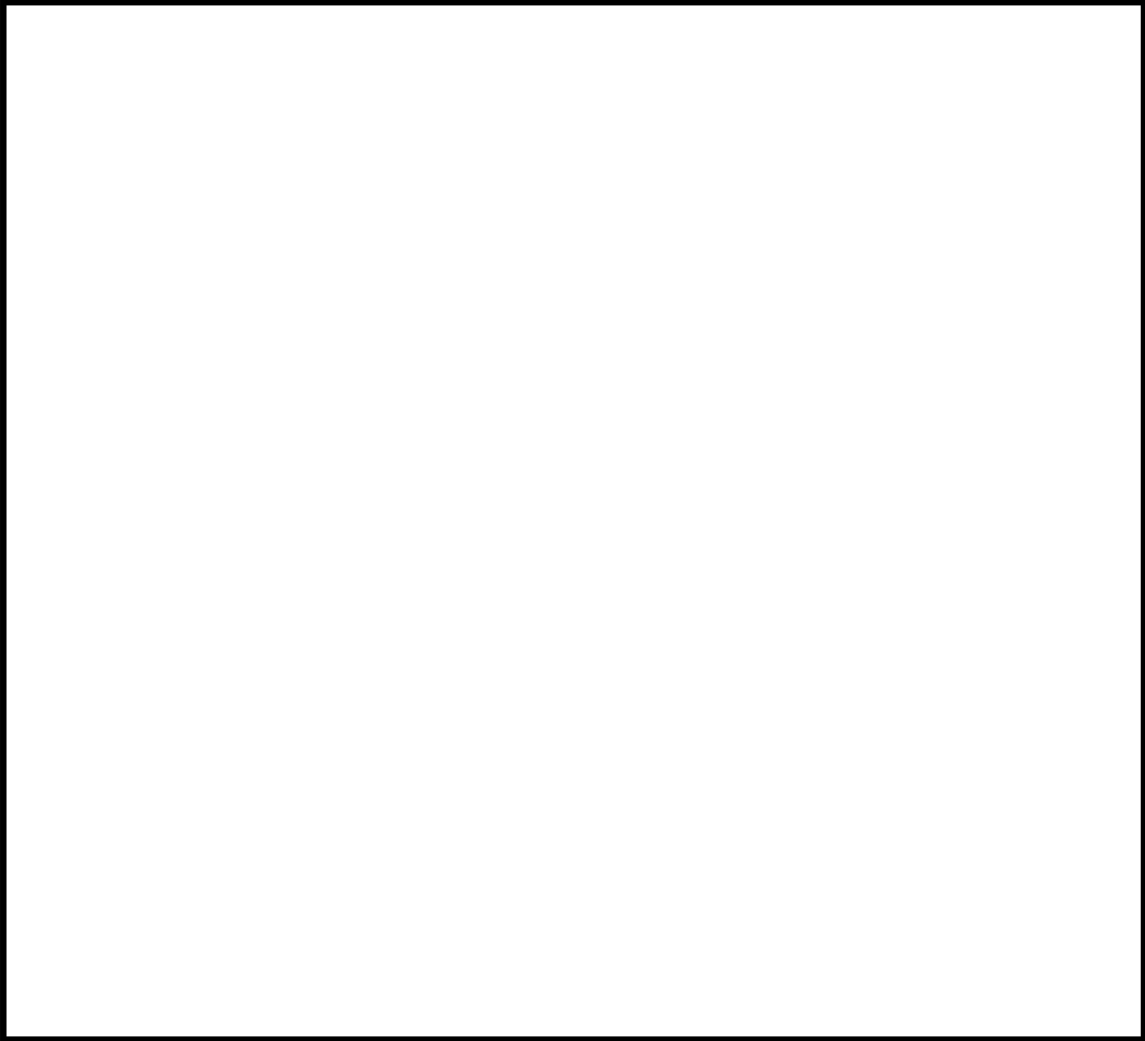
タイトル	設計基準事故及び重大事故等時に環境が著しく悪化する電気・計装品の環境条件について
概要	設計基準事故及び重大事故等時に環境が著しく悪化する電気・計装品の評価期間を算定するために用いた環境条件の設定方法について、以下に示す。
説明	<p>環境条件が著しく悪化する環境において機能要求のある電気・計装品の評価期間を算定するために用いる環境条件は、ループ室や加圧器上部などの区画で大別し、電気・計装品が設置されている箇所温度、線量が高いと考えられる箇所を測定した結果の最大値に余裕を加えた値にて設定している（添付-1)-2～10参照）。</p> <p>設定に当たっては、至近で実施した川内1号炉のプラント運転中の環境調査結果（2018年6月3日～2019年7月27日（第23回定期検査並列～第24回定期検査解列）に実施）、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（プラント運転中（2007年7月12日～2008年8月7日（第18回定期検査並列～第19回定期検査解列））に実施）及び川内2号炉の調査結果も踏まえて設定している。</p>



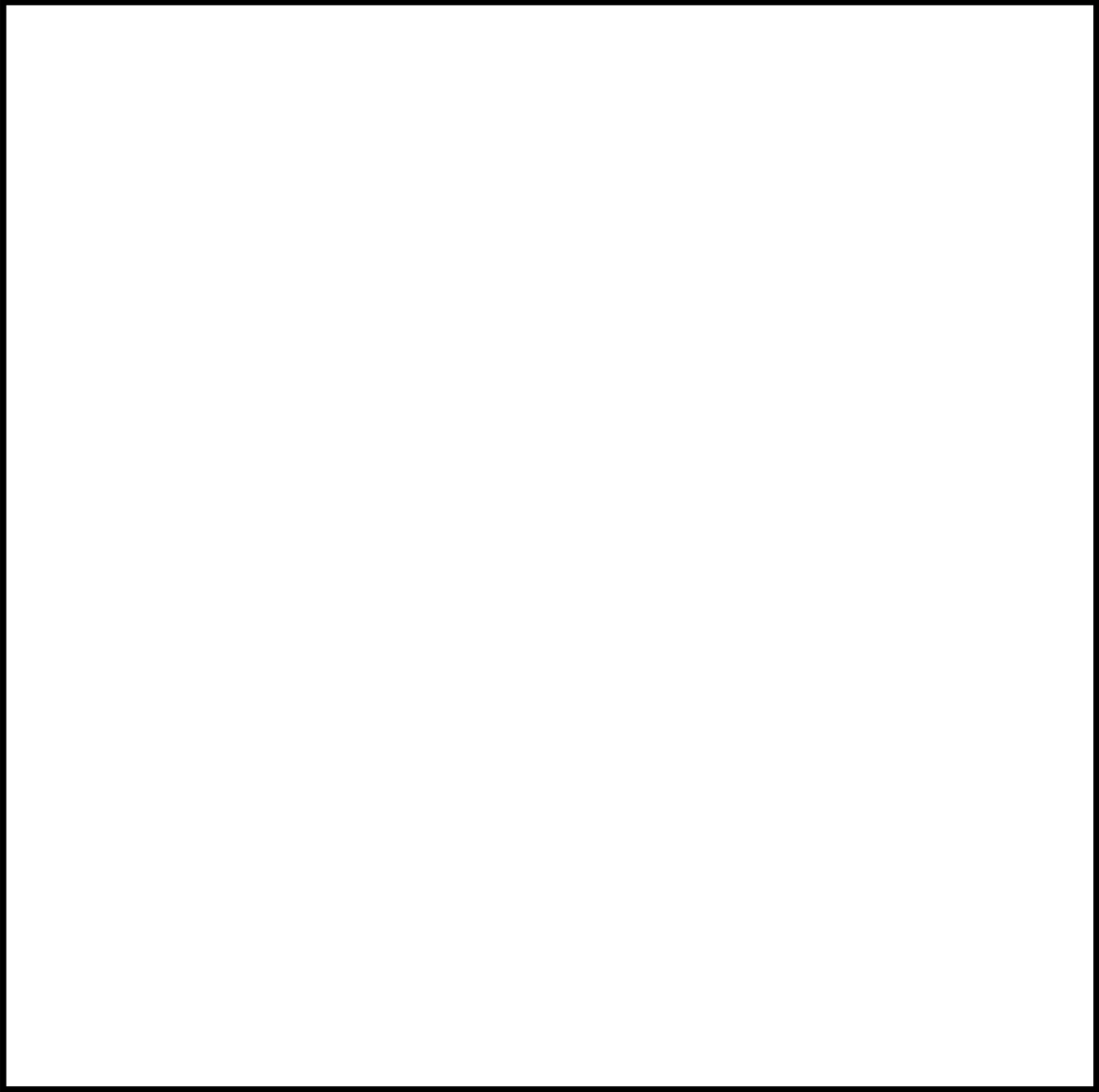
川内 1 号炉 原子炉格納容器 E/L20.3m



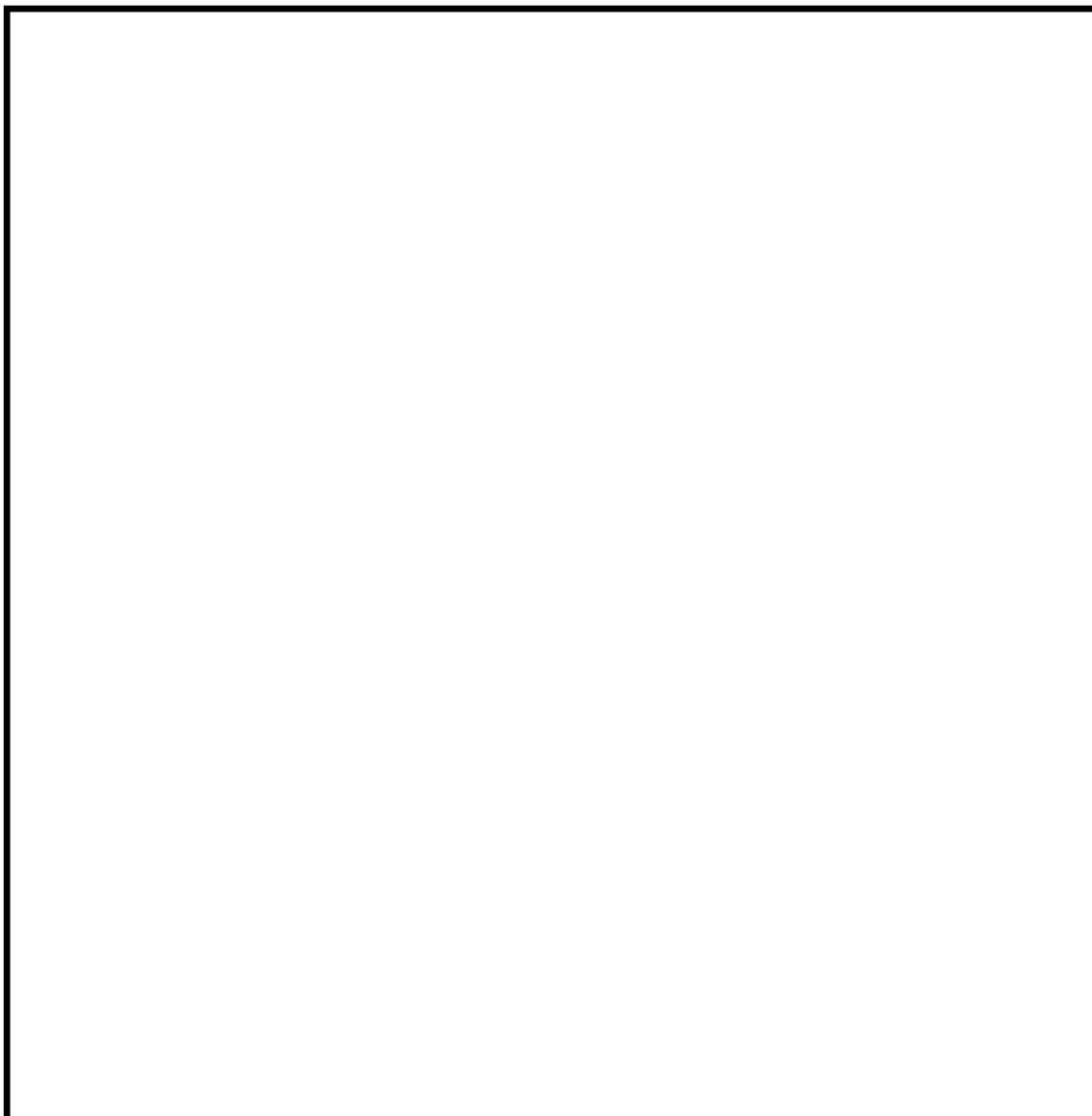
川内 1 号炉 原子炉格納容器 E/L13.3m



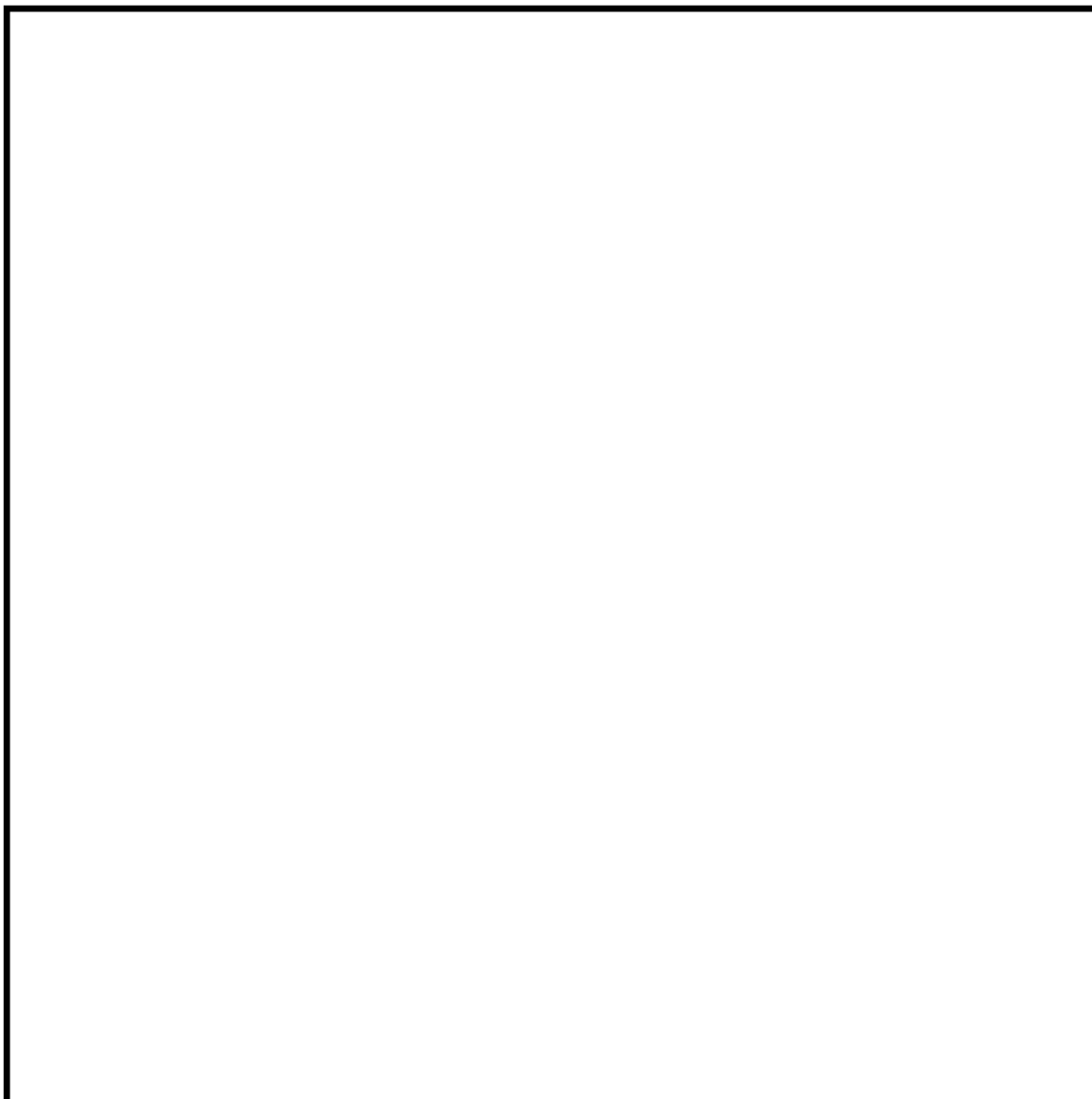
川内 1 号炉 原子炉格納容器 E/L5.0m (中間床)



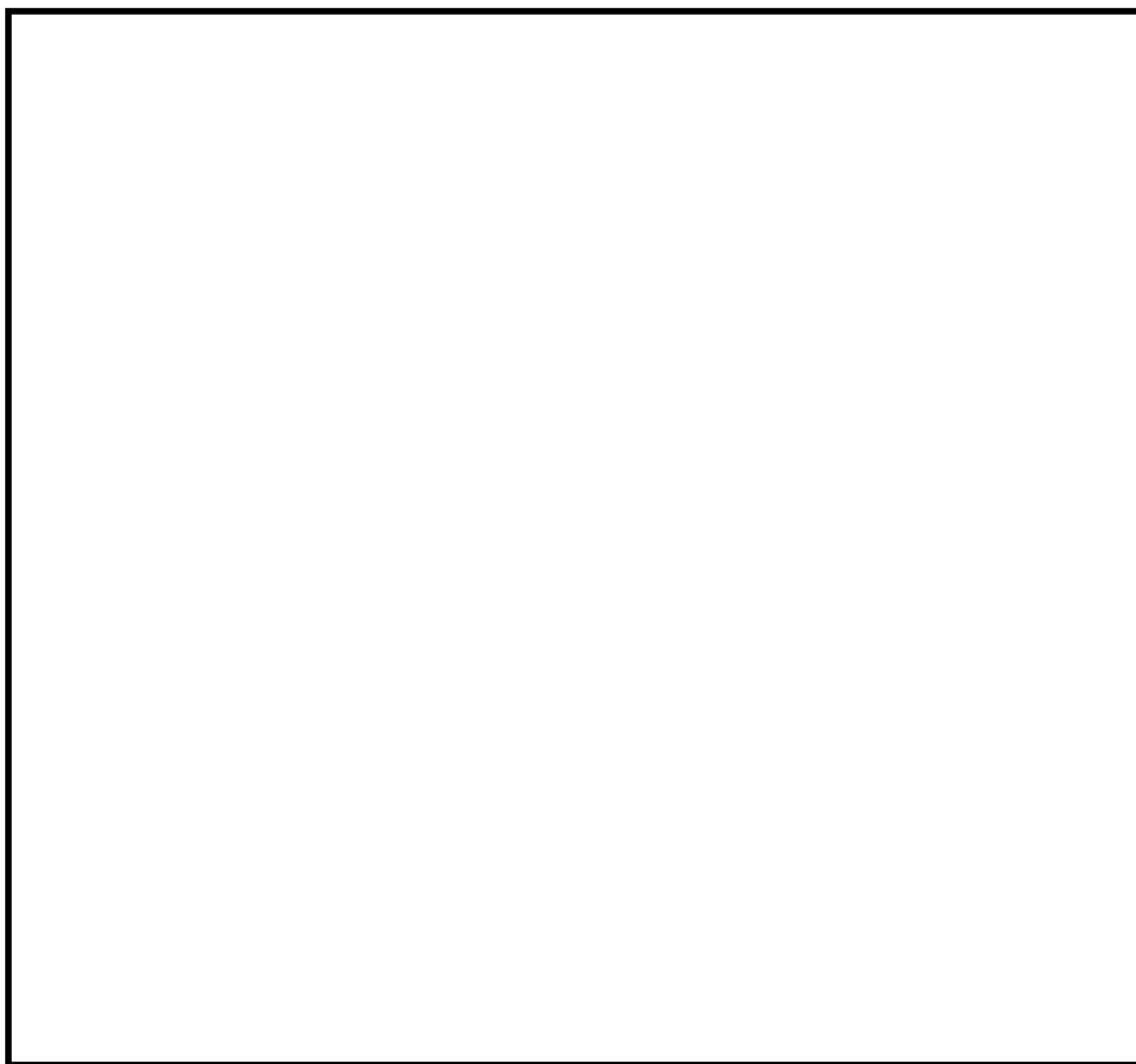
川内 1 号炉 原子炉格納容器 E/L5.0m



川内 1 号炉 原子炉格納容器 E/L-2.0m



川内 1 号炉 原子炉格納容器 E/L-9.0m



川内 1 号炉 燃料取扱建屋 E/L13.3m

事故時環境が著しく悪化するエリアの環境調査結果と評価書上の設定値(1/2)

No.	エリア	測定箇所	温度 (°C)	線量率 (mGy/h)	評価書の使用条件	
1	CV	ループ室	CV A ループ①	32.4	43.3	気密端子箱、直ジョイント、 低圧ケーブル他： 45°C、350mGy/h (No. 1~4、6~17 を包絡した条件) 弁電動装置： 45°C、150mGy/h (No. 6、7、12、 16 を包絡した条 件) 1次冷却材温度： 55°C、400mGy/h (No. 5 を包絡した 条件)
2			CV A ループ②	30.3	152.7	
3			CV A ループ③	32.8	53.1	
4			CV A ループ④	34.3	37.5	
5			CV A ループ⑤	33.0	140.7	
6			CV A ループ⑥	41.5	34.5	
7			CV A ループ⑦	35.1	66.8	
8			CV A ループ⑧	39.4	103.0	
9			CV B ループ①	34.0	193.8	
10			CV B ループ②	30.1	95.4	
11			CV B ループ③	35.0	30.9	
12			CV B ループ④	31.3	20.8	
13			CV B ループ⑤	33.9	196.1	
14			CV C ループ①	30.4	95.4	
15			CV C ループ②	30.4	57.5	
16			CV C ループ③	30.6	43.0	
17			CV C ループ④	35.5	77.5	
18	加圧器 上部	CV 加圧器上部①	41.1	1 未満	50°C、5mGy/h	
19		CV 加圧器上部②	39.6	1 未満		
20	加圧器 下部	CV 加圧器下部①	34.8	1.7	45°C、5mGy/h	
21		CV 加圧器下部②	36.9	1.1		
22		CV 加圧器下部③	37.9	1.1		
23	原子炉 容器 上部	CV 原子炉容器上部①	40.6	1 未満	50°C、15mGy/h	
24		CV 原子炉容器上部②	40.3	1 未満		
25		CV 原子炉容器上部③	40.6	1 未満		
26		CV 原子炉容器上部④	44.3	2.7		
27		CV 原子炉容器上部⑤	43.1	2.6		

事故時環境が著しく悪化するエリアの環境調査結果と評価書上の設定値(2/2)

No.	エリア	測定箇所	温度 (°C)	線量率 (mGy/h)	評価書の使用条件	
28	CV	通路部	CV 通路部①	32.5	1 未満	伝送器： 45°C、1mGy/h (No. 28～35 を包 絡した条件) ケーブルトレイ (低圧電力)： 42°C、5mGy/h (No. 38 を包絡し た条件) その他： 45°C、5mGy/h (No. 28～37 を包 絡した条件)
29			CV 通路部②	29.9	1 未満	
30			CV 通路部③	34.9	1 未満	
31			CV 通路部④	34.1	1 未満	
32			CV 通路部⑤	35.5	1 未満	
33			CV 通路部⑥	38.1	1 未満	
34			CV 通路部⑦	40.6	1 未満	
35			CV 通路部⑧	39.8	1 未満	
36			CV 通路部⑨	30.4	1 未満	
37			CV 通路部⑩	36.6	1 未満	
38			CV 通路部⑪	38.5	1 未満	
39			CV 通路部⑫	37.8	—	
40	CV	通路部 (電気ペネ 端子箱)	CV 通路部⑬	35.0	1 未満	40°C、5mGy/h
41			CV 通路部⑭	34.4	—	
42			CV 通路部⑮	37.3	—	
43			CV 通路部⑯	38.4	—	
44			CV 通路部⑰	37.6	—	
45	MS 室	主蒸気管室①	主蒸気管室①	35.7	—	45°C
46			主蒸気管室②	41.2	—	
47			主蒸気管室③	37.0	—	
48	FHB	温度／水位近傍①	温度／水位近傍①	25.7	1 未満	30°C、0.55mGy/h [※]
49			温度／水位近傍②	25.6	1 未満	
50			監視カメラ近傍①	25.6	1 未満	
51			監視カメラ近傍②	26.1	1 未満	

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

タイトル	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設定方法について、以下に示す。																		
説明	<p>川内1号炉の原子炉格納容器内の難燃PHケーブルは、添付-1)で示した以下のエリアに設置されており、それぞれのエリアの環境条件で評価を実施している。</p> <table border="1" data-bbox="475 651 1307 931"> <thead> <tr> <th>布設区分</th> <th>温度[°C]</th> <th>線量率[Gy/h]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ループ室</td> <td>45</td> <td>0.35</td> </tr> <tr> <td>加圧器上部</td> <td>50</td> <td>0.005</td> </tr> <tr> <td>通路部(その他)</td> <td>45</td> <td>0.005</td> </tr> <tr> <td>通路部(ケーブルトレイ)</td> <td>60*1</td> <td>0.005</td> </tr> <tr> <td>主蒸気管室</td> <td>45</td> <td>—</td> </tr> </tbody> </table> <p>*1: 原子炉格納容器内でのケーブル布設エリアの温度(約42°C)に通電による温度上昇と余裕を加えた温度として設定した。</p> <p>難燃PHケーブルの長期健全性試験(設計基準事故、重大事故等)の評価期間の算定に当たり、通常運転相当の温度及び放射線条件は、布設エリアで最も厳しい60°C(通路部(ケーブルトレイ))及び0.35Gy/h(ループ室)を用いている。なお、ACAガイドに基づく長期健全性評価の評価期間の算定に当たり、通常運転相当の温度及び放射線は、各布設エリアの環境条件を算定に用いている。</p>	布設区分	温度[°C]	線量率[Gy/h]	ループ室	45	0.35	加圧器上部	50	0.005	通路部(その他)	45	0.005	通路部(ケーブルトレイ)	60*1	0.005	主蒸気管室	45	—
布設区分	温度[°C]	線量率[Gy/h]																	
ループ室	45	0.35																	
加圧器上部	50	0.005																	
通路部(その他)	45	0.005																	
通路部(ケーブルトレイ)	60*1	0.005																	
主蒸気管室	45	—																	

タイトル	難燃PHケーブルの長期健全性試験（設計基準事故）における評価期間について								
概要	試験条件と実機の使用条件に基づく劣化条件との比較に用いた実環境温度及び活性化エネルギー等を以下に示す。								
説明	<p>難燃PHケーブルの60年間の通常運転時の使用条件に基づく劣化条件は、ケーブル絶縁材の活性化エネルギーを用いて、アレニウス則により算出している。</p> <p>長期健全性試験による評価においては、添付-2)で整理した各環境条件を包絡する温度として、60℃で評価する。</p> <p>実機使用条件（60℃-60年）を、長期健全性試験条件（140℃-9日）との比較を容易にするため、加速時間(L2)を試験条件と同じ9日として換算した結果を以下に示す。</p> <table border="1" data-bbox="509 837 1270 931"> <thead> <tr> <th>T2[℃]</th> <th>L2[日]</th> <th>T1[℃]</th> <th>L1[年]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>117</td> <td>9</td> <td>60</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=117℃)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]	117	9	60	60
T2[℃]	L2[日]	T1[℃]	L1[年]						
117	9	60	60						

タイトル	難燃PHケーブルの長期健全性試験条件の事故時条件（設計基準事故）の包絡性について																									
概要	試験条件の事故時条件が、実機に想定される設計基準事故時条件を包絡していることを以下に示す。																									
説明	<p>添付-4)-2 に設計基準事故（1次冷却材管の破断による原子炉冷却材喪失）の安全解析結果、添付-4)-3 に事故時雰囲気暴露の試験条件を添付する。 また、添付-4)-3 に設計基準事故（主蒸気管破断）条件を添付する。 以下に示すように、事故時雰囲気暴露の試験条件は、実機の設計基準事故時条件を包絡している。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>条件（温度－時間）</th> <th>75℃換算*2</th> <th>合計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">事故時 雰囲気 暴露 試験</td> <td rowspan="2"></td> <td>*1 28,357 時間 (1,182 日)</td> <td rowspan="2">214,777 時間 (8,949 日)</td> </tr> <tr> <td>186,420 時間 (7,767 日)</td> </tr> <tr> <td rowspan="5">設計基準 事故*3</td> <td rowspan="5"></td> <td>5,950 時間 (248 日)</td> <td rowspan="5">7,394 時間 (308 日)</td> </tr> <tr> <td>1,264 時間 (53 日)</td> </tr> <tr> <td>72 時間 (3 日)</td> </tr> <tr> <td>56 時間 (2 日)</td> </tr> <tr> <td>52 時間 (2 日)</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">設計基準 事故*4</td> <td rowspan="3"></td> <td>57,351 時間</td> <td rowspan="3">57,359 時間 (2,390 日)</td> </tr> <tr> <td>1 時間</td> </tr> <tr> <td>7 時間</td> </tr> </tbody> </table> <p>*1：試験初期は [] °C であるが、安全側に [] °C で見積もった。 *2：活性化エネルギー [] [kcal/mol] での換算値 *3：1次冷却材管の破断による原子炉冷却材喪失事故包絡条件 *4：主蒸気管破断事故包絡条件</p>				条件（温度－時間）	75℃換算*2	合計	事故時 雰囲気 暴露 試験		*1 28,357 時間 (1,182 日)	214,777 時間 (8,949 日)	186,420 時間 (7,767 日)	設計基準 事故*3		5,950 時間 (248 日)	7,394 時間 (308 日)	1,264 時間 (53 日)	72 時間 (3 日)	56 時間 (2 日)	52 時間 (2 日)	設計基準 事故*4		57,351 時間	57,359 時間 (2,390 日)	1 時間	7 時間
	条件（温度－時間）	75℃換算*2	合計																							
事故時 雰囲気 暴露 試験		*1 28,357 時間 (1,182 日)	214,777 時間 (8,949 日)																							
		186,420 時間 (7,767 日)																								
設計基準 事故*3		5,950 時間 (248 日)	7,394 時間 (308 日)																							
		1,264 時間 (53 日)																								
		72 時間 (3 日)																								
		56 時間 (2 日)																								
		52 時間 (2 日)																								
設計基準 事故*4		57,351 時間	57,359 時間 (2,390 日)																							
		1 時間																								
		7 時間																								

説 明

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

説 明	
	<p>難燃PHケーブル 設計基準事故時雰囲気暴露試験条件</p>
	<p>川内1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）</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及び活性化エネルギー等を以下に示す。								
説明	<p>難燃PHケーブルの60年間の通常運転時の使用条件に基づく劣化条件は、ケーブル絶縁材の活性化エネルギーを用いて、アレニウス則により算出している。</p> <p>長期健全性試験による評価においては、添付-2)で整理した各環境条件を包絡する温度として、60℃で評価する。</p> <p>実機使用条件（60℃-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="512 790 1270 887"> <thead> <tr> <th>T2[℃]</th> <th>L2[日]</th> <th>T1[℃]</th> <th>L1[年]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>117</td> <td>9</td> <td>60</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=117℃）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]	117	9	60	60
T2[℃]	L2[日]	T1[℃]	L1[年]						
117	9	60	60						

タイトル	難燃PHケーブルの長期健全性試験条件の事故時条件（重大事故等時）の包絡性について																																																												
概要	試験条件の事故時条件が、実機に想定される重大事故等時条件を包絡していることを以下に示す。																																																												
説明	<p>添付-6)-2 に、健全性評価上、最も厳しい条件となる重大事故等時（格納容器過温破損）の安全解析結果（事故後 7 日間までの解析を実施）を添付する。また、事故時雰囲気暴露の試験条件は添付-4)-3 を参照のこと。</p> <p>以下に示すように、事故時雰囲気暴露の試験条件は、実機の重大事故等時条件を包絡している。</p> <table border="1" data-bbox="418 723 1351 1765"> <thead> <tr> <th></th> <th>条件（温度－時間）</th> <th>75℃換算*1</th> <th>合計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">事故時 雰囲気 暴露 試験</td> <td></td> <td>61,807 時間</td> <td rowspan="3">275,797 時間 (11,492 日)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>27,569 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>186,420 時間</td> </tr> <tr> <td rowspan="16">重大事故 等時*2</td> <td></td> <td>1 時間</td> <td rowspan="16">269,329 時間 (11,222 日)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>4 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>32 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>820 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>3,935 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>3,966 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>5,903 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>7,933 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>9,834 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>10,940 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>33,452 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>24,615 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>17,209 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>24,295 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>19,832 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>16,018 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>14,368 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>15,743 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>15,388 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>18,374 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>17,473 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>9,194 時間</td> </tr> </tbody> </table> <p>*1：活性化エネルギー [kcal/mol] での換算値 *2：格納容器過温破損事故包絡条件</p>				条件（温度－時間）	75℃換算*1	合計	事故時 雰囲気 暴露 試験		61,807 時間	275,797 時間 (11,492 日)		27,569 時間		186,420 時間	重大事故 等時*2		1 時間	269,329 時間 (11,222 日)		4 時間		32 時間		820 時間		3,935 時間		3,966 時間		5,903 時間		7,933 時間		9,834 時間		10,940 時間		33,452 時間		24,615 時間		17,209 時間		24,295 時間		19,832 時間		16,018 時間		14,368 時間		15,743 時間		15,388 時間		18,374 時間		17,473 時間		9,194 時間
	条件（温度－時間）	75℃換算*1	合計																																																										
事故時 雰囲気 暴露 試験		61,807 時間	275,797 時間 (11,492 日)																																																										
		27,569 時間																																																											
		186,420 時間																																																											
重大事故 等時*2		1 時間	269,329 時間 (11,222 日)																																																										
		4 時間																																																											
		32 時間																																																											
		820 時間																																																											
		3,935 時間																																																											
		3,966 時間																																																											
		5,903 時間																																																											
		7,933 時間																																																											
		9,834 時間																																																											
		10,940 時間																																																											
		33,452 時間																																																											
		24,615 時間																																																											
		17,209 時間																																																											
		24,295 時間																																																											
		19,832 時間																																																											
		16,018 時間																																																											
	14,368 時間																																																												
	15,743 時間																																																												
	15,388 時間																																																												
	18,374 時間																																																												
	17,473 時間																																																												
	9,194 時間																																																												

説 明	<p data-bbox="507 1048 1302 1084">重大事故等時（格納容器過温破損）の安全解析結果と包絡条件</p> <p data-bbox="419 1122 1366 1263">上記重大事故等時環境解析の入力条件としては、川内1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 主要解析条件（雰囲気圧力・温度による静的負荷（格納容器過温破損）（1/3～3/3）通りとし、事故発生後7日間までの解析をした環境条件としている。</p>
-----	--


タイトル	原子炉格納容器内のピッグテイル型電線貫通部の環境条件について
概要	ピッグテイル型電線貫通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>川内1号炉の電気ペネトレーションは、添付-1)で示したエリア（通路部（電気ペネ端子箱））の環境条件（40℃、5mGy/h）で評価を実施している。</p> <p>ピッグテイル型電線貫通部の各部位の環境条件は、上記の使用条件の温度40℃に、ケーブルの通電による温度上昇も考慮した温度としている。</p> <ul style="list-style-type: none">・ポッティング材：44℃・外部リード：46℃

タイトル	ピッグテイル型電線貫通部のポッティング材の長期健全性試験における評価期間について								
概要	試験条件と実機の使用条件に基づく劣化条件との比較に用いた実環境温度及び活性化エネルギー等を以下に示す。								
説明	<p>ピッグテイル型電線貫通部の60年間の通常運転時の使用条件に基づく劣化条件は、ポッティング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>ピッグテイル型電線貫通部のポッティング材の実機使用条件（44℃-60年）を、長期健全性試験条件（125℃-10日）との比較を容易にするため、加速時間(L2)を試験条件と同じ日数として換算した結果を以下に示す。</p> <table border="1" data-bbox="528 763 1251 887"> <thead> <tr> <th>T2[℃]</th> <th>L2 [日]</th> <th>T1[℃]</th> <th>L1[年]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>91</td> <td>10</td> <td>44</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=91℃)は、長期健全性試験条件の温度（125℃）に包絡される。</p>	T2[℃]	L2 [日]	T1[℃]	L1[年]	91	10	44	60
T2[℃]	L2 [日]	T1[℃]	L1[年]						
91	10	44	60						

タイトル	ピッグテイル型電線貫通部のポッティング材の長期健全性試験条件の事故時条件の包絡性について																				
概要	試験条件の事故時条件が、実機に想定される設計基準事故及び重大事故等時条件を包絡していることを以下に示す。																				
説明	<p>添付-9)-3 にピッグテイル型電線貫通部の事故時雰囲気暴露の試験条件を添付する。</p> <p>以下に示すように、事故時雰囲気暴露の試験条件は、実機の設計基準事故時条件及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-4)-2 を、重大事故等時の安全解析結果（事故後 7 日間までの解析を実施）は添付-6)-2 を参照のこと。</p> <p>ポッティング材：シリコーンゴム（設計基準事故）</p> <table border="1" data-bbox="421 763 1350 1413"> <thead> <tr> <th></th> <th>条件（温度－時間）</th> <th>75℃換算*1</th> <th>合計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">事故時雰囲気暴露試験</td> <td rowspan="3">[Redacted]</td> <td>126,777 時間 (5,282 日)</td> <td rowspan="3">437,517 時間 (18,229 日)</td> </tr> <tr> <td>46,041 時間 (1,918 日)</td> </tr> <tr> <td>264,699 時間 (11,029 日)</td> </tr> <tr> <td rowspan="5">設計基準事故*2</td> <td rowspan="5">[Redacted]</td> <td>9,104 時間 (379 日)</td> <td rowspan="5">10,854 時間 (452 日)</td> </tr> <tr> <td>1,590 時間 (66 日)</td> </tr> <tr> <td>72 時間 (3 日)</td> </tr> <tr> <td>49 時間 (2 日)</td> </tr> <tr> <td>39 時間 (2 日)</td> </tr> </tbody> </table> <p>*1：活性化エネルギー：[Redacted] [kcal/mol]（メーカーデータ）での換算値 *2：1次冷却材管の破断による原子炉冷却材喪失事故包絡条件</p>				条件（温度－時間）	75℃換算*1	合計	事故時雰囲気暴露試験	[Redacted]	126,777 時間 (5,282 日)	437,517 時間 (18,229 日)	46,041 時間 (1,918 日)	264,699 時間 (11,029 日)	設計基準事故*2	[Redacted]	9,104 時間 (379 日)	10,854 時間 (452 日)	1,590 時間 (66 日)	72 時間 (3 日)	49 時間 (2 日)	39 時間 (2 日)
	条件（温度－時間）	75℃換算*1	合計																		
事故時雰囲気暴露試験	[Redacted]	126,777 時間 (5,282 日)	437,517 時間 (18,229 日)																		
		46,041 時間 (1,918 日)																			
		264,699 時間 (11,029 日)																			
設計基準事故*2	[Redacted]	9,104 時間 (379 日)	10,854 時間 (452 日)																		
		1,590 時間 (66 日)																			
		72 時間 (3 日)																			
		49 時間 (2 日)																			
		39 時間 (2 日)																			

説 明	ポッティング材：シリコーンゴム（重大事故等時）			
		条件（温度－時間）	75℃換算*1	合計
事故時 雰囲気 暴露 試験			126,777 時間	437,517 時間 (18,229 日)
			46,041 時間	
			264,699 時間	
重大事 故等時*2			1 時間	410,171 時間 (17,090 日)
			5 時間	
			39 時間	
			1,104 時間	
			5,660 時間	
			6,069 時間	
			8,490 時間	
			12,138 時間	
			15,229 時間	
			17,044 時間	
			52,427 時間	
			38,348 時間	
			26,650 時間	
			37,399 時間	
			30,345 時間	
			24,362 時間	
			21,719 時間	
			23,653 時間	
		22,978 時間		
		27,267 時間		
		25,769 時間		
		13,475 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：格納容器過温破損の包絡条件

<p>説 明</p>	 <p>ピッグテイル型電線貫通部の事故時雰囲気暴露の試験条件</p>
------------	---

タイトル	ピッグテイル型電線貫通部の外部リードの長期健全性試験（設計基準事故又は重大事故等）における評価期間について								
概要	試験条件と実機の使用条件に基づく劣化条件との比較に用いた実環境温度及び活性化エネルギー等を以下に示す。								
説明	<p>ピッグテイル型電線貫通部の外部リードの60年間の通常運転時の使用条件に基づく劣化条件は、外部リードの絶縁材の活性化エネルギーを用いて、アレニウス則により算出している。</p> <p>ピッグテイル型電線貫通部の外部リード-1-1の実機使用条件（46℃-60年）を、長期健全性試験条件（121℃-7日）との比較を容易にするため、加速時間（L2）を試験条件と同じ日数として換算した結果を以下に示す。</p> <table border="1" data-bbox="509 696 1270 819"> <thead> <tr> <th>T2[℃]</th> <th>L2[日]</th> <th>T1[℃]</th> <th>L1[年]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>105</td> <td>7</td> <td>46</td> <td>60</td> </tr> </tbody> </table> <p>活性化エネルギー： <input type="text" 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=105℃）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]	105	7	46	60
T2[℃]	L2[日]	T1[℃]	L1[年]						
105	7	46	60						

タイトル	ピッグテイル型電線貫通部の外部リードの長期健全性試験条件（設計基準事故）の事故時条件の包絡性について																						
概要	試験条件の事故時条件が、実機に想定される設計基準事故時条件を包絡していることを以下に示す。																						
説明	<p>外部リード-1-1の事故時雰囲気暴露試験条件を下記に示す。 以下に示すように、事故時雰囲気暴露の試験条件は、実機の設計基準事故時条件を包絡している。 なお、設計基準事故の安全解析結果は添付-4)-2を参照のこと。 外部リード-1-1：シリコーンゴム（設計基準事故）</p> <table border="1" data-bbox="421 622 1351 1149"> <thead> <tr> <th></th> <th>条件（温度－時間）</th> <th>75℃換算*2</th> <th>合計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">事故時雰囲気暴露試験</td> <td rowspan="2">[Redacted]</td> <td>13,481 時間 (562 日)</td> <td rowspan="2">125,610 時間 (5,234 日)</td> </tr> <tr> <td>112,129 時間 (4,672 日)</td> </tr> <tr> <td rowspan="4">設計基準事故*3</td> <td rowspan="4">[Redacted]</td> <td>3,211 時間 (134 日)</td> <td rowspan="4">4,335 時間 (181 日)</td> </tr> <tr> <td>906 時間 (38 日)</td> </tr> <tr> <td>72 時間 (3 日)</td> </tr> <tr> <td>68 時間 (3 日)</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>78 時間 (3 日)</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>*1：試験初期は [Redacted] °Cであるが、安全側に [Redacted] °Cで見積もった。 *2：活性化エネルギー [Redacted] [kcal/mol]（メーカーデータ）での換算値 *3：1次冷却材管の破断による原子炉冷却材喪失事故包絡条件</p> <div data-bbox="416 1263 1366 1944" style="border: 2px solid black; height: 300px; margin-top: 10px;"></div> <p style="text-align: center; margin-top: 10px;">外部リード-1-1 事故時雰囲気暴露試験条件</p>				条件（温度－時間）	75℃換算*2	合計	事故時雰囲気暴露試験	[Redacted]	13,481 時間 (562 日)	125,610 時間 (5,234 日)	112,129 時間 (4,672 日)	設計基準事故*3	[Redacted]	3,211 時間 (134 日)	4,335 時間 (181 日)	906 時間 (38 日)	72 時間 (3 日)	68 時間 (3 日)			78 時間 (3 日)	
	条件（温度－時間）	75℃換算*2	合計																				
事故時雰囲気暴露試験	[Redacted]	13,481 時間 (562 日)	125,610 時間 (5,234 日)																				
		112,129 時間 (4,672 日)																					
設計基準事故*3	[Redacted]	3,211 時間 (134 日)	4,335 時間 (181 日)																				
		906 時間 (38 日)																					
		72 時間 (3 日)																					
		68 時間 (3 日)																					
		78 時間 (3 日)																					

タイトル	ピッグテイル型電線貫通部の外部リードのACAガイドによる長期健全性試験（設計基準事故）における評価期間について												
概要	試験条件と実機の使用条件に基づく劣化条件との比較に用いた実環境温度及び活性化エネルギー等を以下に示す。												
説明	<p>ピッグテイル型電線貫通部の外部リードの60年間の通常運転時の使用条件に基づく劣化条件は、外部リードの絶縁材の活性化エネルギーを用いて、アレニウス則により算出している。</p> <p>ピッグテイル型電線貫通部の外部リード-1-1の試験条件（サンプリングケーブル（47℃-21.3年））を用いて（175℃-109日）を実機使用条件（46℃）で換算した結果を以下に示す。</p> <table border="1" data-bbox="509 696 1270 875"> <thead> <tr> <th>T2[℃]</th> <th>L2</th> <th>T1[℃]</th> <th>L1[年]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>47</td> <td>21.3年</td> <td>46</td> <td>22</td> </tr> <tr> <td>175</td> <td>109日</td> <td>46</td> <td>38</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>試験条件及び実機布設環境条件を換算した結果は $38+22=60$ 年となる。</p>	T2[℃]	L2	T1[℃]	L1[年]	47	21.3年	46	22	175	109日	46	38
T2[℃]	L2	T1[℃]	L1[年]										
47	21.3年	46	22										
175	109日	46	38										

タイトル	ピッグテイル型電線貫通部の外部リードのACAガイドによる長期健全性試験条件（設計基準事故）の事故時条件の包絡性について																					
概要	試験条件の事故時条件が、実機に想定される設計基準事故時条件を包絡していることを以下に示す。																					
説明	<p>外部リード-1-1の事故時雰囲気暴露試験条件を下記に示す。 以下に示すように、事故時雰囲気暴露の試験条件は、実機の設計基準事故時条件を包絡している。 なお、設計基準事故の安全解析結果は添付-4)-2を参照のこと。</p> <p>外部リード-1-1：シリコンゴム（設計基準事故）</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>条件（温度－時間）</th> <th>75℃換算*1</th> <th>合計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4">事故時雰囲気暴露試験</td> <td rowspan="4">[REDACTED]</td> <td>5 時間</td> <td rowspan="4">2,463 時間 (93 日)</td> </tr> <tr> <td>43 時間</td> </tr> <tr> <td>213 時間</td> </tr> <tr> <td>2,202 時間</td> </tr> <tr> <td rowspan="5">設計基準事故*2</td> <td rowspan="5">[REDACTED]</td> <td>25 時間</td> <td rowspan="5">2,429 時間 (89 日)</td> </tr> <tr> <td>66 時間</td> </tr> <tr> <td>72 時間</td> </tr> <tr> <td>300 時間</td> </tr> <tr> <td>1,966 時間</td> </tr> </tbody> </table> <p>*1：活性化エネルギー [REDACTED] (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> <div style="border: 2px solid black; height: 300px; width: 100%; margin-top: 10px;"></div> <p style="text-align: center;">外部リード-1-1 事故時雰囲気暴露試験条件</p>				条件（温度－時間）	75℃換算*1	合計	事故時雰囲気暴露試験	[REDACTED]	5 時間	2,463 時間 (93 日)	43 時間	213 時間	2,202 時間	設計基準事故*2	[REDACTED]	25 時間	2,429 時間 (89 日)	66 時間	72 時間	300 時間	1,966 時間
	条件（温度－時間）	75℃換算*1	合計																			
事故時雰囲気暴露試験	[REDACTED]	5 時間	2,463 時間 (93 日)																			
		43 時間																				
		213 時間																				
		2,202 時間																				
設計基準事故*2	[REDACTED]	25 時間	2,429 時間 (89 日)																			
		66 時間																				
		72 時間																				
		300 時間																				
		1,966 時間																				

タイトル	ピッグテイル型電線貫通部の外部リードの長期健全性試験（重大事故等時）の事故時条件の包絡性について																																																												
概要	試験条件の事故時条件が、実機に想定される重大事故等時条件を包絡していることを以下に示す。																																																												
説明	<p>外部リード-1-1の事故時雰囲気暴露の試験条件は添付-11)を参照のこと。以下に示すように、外部リード-1-1の事故時雰囲気暴露の試験条件は、実機の重大事故等時条件を包絡している。なお、重大事故等時の安全解析結果（事故後7日間までの解析を実施）は添付-6)-2を参照のこと。</p> <p>外部リード-1-1：シリコンゴム（重大事故等時）</p> <table border="1" data-bbox="419 696 1353 1727"> <thead> <tr> <th></th> <th>条件（温度-時間）</th> <th>75℃換算*2</th> <th>合計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">事故時 雰囲気 暴露 試験</td> <td></td> <td>95,113 時間</td> <td rowspan="3">362,679 時間 (15,112 日)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>37,502 時間</td> </tr> <tr> <td></td> <td>230,064 時間</td> </tr> <tr> <td rowspan="16">重大事 故等時*3</td> <td></td> <td>1 時間</td> <td rowspan="16">346,624 時間 (14,443 日)</td> </tr> <tr><td></td><td>4 時間</td></tr> <tr><td></td><td>36 時間</td></tr> <tr><td></td><td>980 時間</td></tr> <tr><td></td><td>4,894 時間</td></tr> <tr><td></td><td>5,119 時間</td></tr> <tr><td></td><td>7,341 時間</td></tr> <tr><td></td><td>10,239 時間</td></tr> <tr><td></td><td>12,785 時間</td></tr> <tr><td></td><td>14,274 時間</td></tr> <tr><td></td><td>43,803 時間</td></tr> <tr><td></td><td>32,116 時間</td></tr> <tr><td></td><td>22,373 時間</td></tr> <tr><td></td><td>31,472 時間</td></tr> <tr><td></td><td>25,597 時間</td></tr> <tr><td></td><td>20,600 時間</td></tr> <tr><td></td><td>18,410 時間</td></tr> <tr><td></td><td>20,098 時間</td></tr> <tr><td></td><td>19,573 時間</td></tr> <tr><td></td><td>23,284 時間</td></tr> <tr><td></td><td>22,060 時間</td></tr> <tr><td></td><td>11,565 時間</td></tr> </tbody> </table> <p>*1：活性化エネルギー：<input type="text"/> [kcal/mol]（メーカーデータ）での換算値 *2：格納容器過温破損の包絡条件</p>				条件（温度-時間）	75℃換算*2	合計	事故時 雰囲気 暴露 試験		95,113 時間	362,679 時間 (15,112 日)		37,502 時間		230,064 時間	重大事 故等時*3		1 時間	346,624 時間 (14,443 日)		4 時間		36 時間		980 時間		4,894 時間		5,119 時間		7,341 時間		10,239 時間		12,785 時間		14,274 時間		43,803 時間		32,116 時間		22,373 時間		31,472 時間		25,597 時間		20,600 時間		18,410 時間		20,098 時間		19,573 時間		23,284 時間		22,060 時間		11,565 時間
	条件（温度-時間）	75℃換算*2	合計																																																										
事故時 雰囲気 暴露 試験		95,113 時間	362,679 時間 (15,112 日)																																																										
		37,502 時間																																																											
		230,064 時間																																																											
重大事 故等時*3		1 時間	346,624 時間 (14,443 日)																																																										
		4 時間																																																											
		36 時間																																																											
		980 時間																																																											
		4,894 時間																																																											
		5,119 時間																																																											
		7,341 時間																																																											
		10,239 時間																																																											
		12,785 時間																																																											
		14,274 時間																																																											
		43,803 時間																																																											
		32,116 時間																																																											
		22,373 時間																																																											
		31,472 時間																																																											
		25,597 時間																																																											
		20,600 時間																																																											
	18,410 時間																																																												
	20,098 時間																																																												
	19,573 時間																																																												
	23,284 時間																																																												
	22,060 時間																																																												
	11,565 時間																																																												

タイトル	外部リード-1-1 (ACA評価) の通常運転相当の試験条件について
概要	外部リード-1-1 (ACA評価) のうち、通常運転相当の試験条件が「原子力発電所のケーブル経年劣化評価ガイド(JNES-RE-2013-2049) (ACAガイド) に準拠していることを以下に示す。
説明	<p>外部リード-1-1 の通常運転相当の試験条件は、ACAガイドに準拠して設定している。</p> <p>ACAガイドの記載内容と、外部リード-1-1 の通常運転相当の試験条件の設定の考え方を次頁以降に示す。</p>

<p>「原子力発電所のケーブル経年劣化評価ガイド(JNES-RE-2013-2049)」 (ACA ガイド) の 6.4 項劣化処理の記載内容</p>	<p>外部リード- 1 - 1 の試験条件</p>
<p>劣化処理では、供試ケーブルに設定した検証寿命相当の経年劣化を付与する。劣化処理は、熱と放射線による加速同時劣化によって供試ケーブルに付与し、その試験条件は、想定する通常運転条件と検証寿命に基づき、時間依存データの重ね合わせ手法、等価損傷線量データの重ね合わせ手法又は等加速倍率手法によって設定する。ただし、絶縁体がシリコンゴムの場合は、等価損傷線量データの重ね合わせ手法又は等加速倍率手法によって試験条件を設定する。また、絶縁体が架橋ポリエチレン、難燃架橋ポリエチレン、エチレンプロピレンゴム、難燃エチレンプロピレンゴム、シリコンゴム、特殊耐熱ビニルの場合は、等価損傷線量データの重ね合わせ手法の簡易手法によって試験条件を設定することができる。(解説-13)</p> <p>(解説-13) 劣化処理における試験条件の設定方法 (前略)</p> <p>なお、通常運転時の劣化が有意ではないことが示される場合には、劣化処理を省略することができる。例えば、通常運転時の放射線による劣化が有意ではないことが示される場合には、熱劣化試験のみとすることができる。この場合、熱劣化試験の試験条件の設定は、アレニウス法又はその他の妥当性が確認された方法による。</p>	<p>外部リードの設置環境は線量率が低く、熱による劣化が支配的であることから、熱劣化のみを実施している。 (「実機環境の線量率が低く、熱による劣化が支配的な領域」であることの根拠は添付-15)-4 に示す)</p> <p>試験条件は、アレニウス法により設定している。</p>

「原子力発電所のケーブル経年劣化評価ガイド(JNES-RE-2013-2049)」 (ACA ガイド) の 6.4 項劣化処理の記載内容	外部リーダー 1-1 の試験条件
<p>劣化処理における試験条件の温度と照射線量率の上限は、それらを組み合わせた条件で絶縁体内部まで劣化が進行することが確認された値とする。(解説-14)</p> <p>(解説-14) 劣化処理における試験条件の温度と線量率の上限 架橋ポリエチレン、難燃架橋ポリエチレン、エチレンプロピレンゴム、難燃エチレンプロピレンゴム、シリコンゴム、特殊耐熱ビニルについて、熱劣化のみで絶縁体内部まで劣化が進行することが確認された値として、120℃（シリコンゴムのみ175℃）が、また、熱と放射線を組み合わせた劣化条件で絶縁体内部まで劣化が進行することが確認された値として、100℃-100Gy/h が、「原子力プラントのケーブル健全性評価技術調査研究 最終報告書」(JNES-SS-0903) に示されている。(後略)</p>	<p>絶縁体材料がシリコンゴムであることから、試験温度は175℃とした。</p>
<p>劣化処理において試験条件を設定する際に用いる活性化エネルギーは、当該ケーブルの絶縁体の熱劣化試験によって算出されたものとするが、その活性化エネルギーを熱劣化試験温度以下に外挿することはできず、実機にケーブルが布設されている区域の通常運転温度領域の活性化エネルギーも考慮して試験条件を設定する。なお、熱劣化試験温度以下の実機温度領域の活性化エネルギーを算定できない場合には、41.9kJ/mol（シリコンゴム絶縁体）、62.8kJ/mol（シリコンゴム以外の絶縁体）を用いることができる。(解説-15)</p>	<p>外部リーダー 1-1 の熱劣化試験によって算出された活性化エネルギーは、<input type="text"/> kcal/mol である。熱劣化試験は135℃以上で実施しているが、ACA ガイドの記載事項に、熱劣化試験によって算出された活性化エネルギーを熱劣化試験温度以下に外挿することはできないとあることから、135℃未満の活性化エネルギーは ACA ガイド記載の10kcal/mol (≒41.9kJ/mol) とした。</p> <p>以上より、試験条件は、<input type="text"/> kcal/mol (135℃以上)、10kcal/mol (135℃未満) により設定した。</p>

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

「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）」の各ケーブル供試体の同時劣化特性では、各ケーブルとも概ね 0.01 ～ 0.1Gy/h 以下においては、放射線による劣化寄与が無視でき、熱による劣化が支配的になる結果が得られている。（3.3 項（p220））

当該ケーブルの実機環境における線量率は、5mGy/h であるため、熱による劣化が支配的な領域としている。

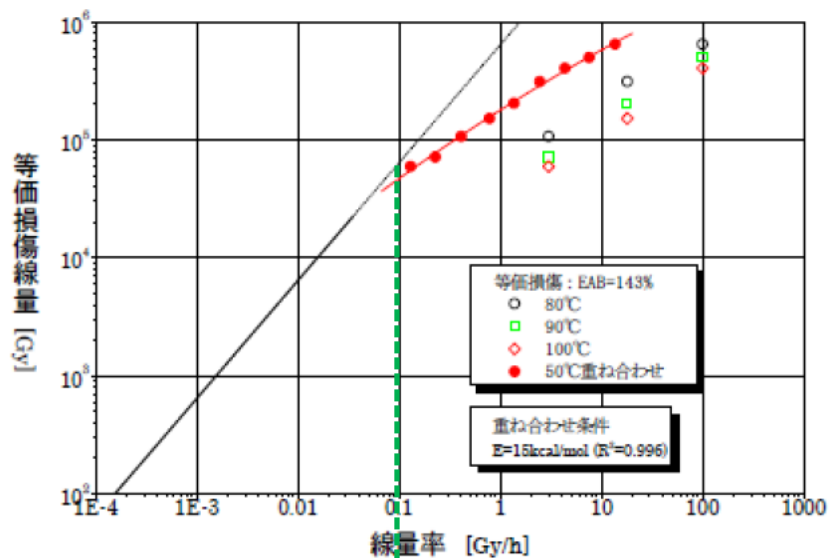


図 3.3-21 C 社難燃 EP ゴム絶縁体(白芯)
等価損傷線量データの重ね合わせ

等価損傷：EAB=143%、評価温度：50°C

熱劣化が支配的な領域

「実機環境の線量率が低く、熱による劣化が支配的な領域」のイメージ

タイトル	ピッグテイル型電線貫通部の外部リードの長期健全性試験（通常運転時相当）における評価期間について								
概要	試験条件と実機の使用条件に基づく劣化条件との比較に用いた実環境温度及び活性化エネルギー等を以下に示す。								
説明	<p>ピッグテイル型電線貫通部の外部リードの60年間の通常運転時の使用条件に基づく劣化条件は、外部リードの絶縁材の活性化エネルギーを用いて、アレニウス則により算出している。</p> <p>ピッグテイル型電線貫通部の外部リード-1-2の実機使用条件（40℃-60年）を、長期健全性試験条件（110℃-16日）との比較を容易にするため、加速時間（L2）を試験条件と同じ日数として換算した結果を以下に示す。</p> <table border="1" data-bbox="509 696 1270 817"> <thead> <tr> <th>T2[℃]</th> <th>L2[日]</th> <th>T1[℃]</th> <th>L1[年]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>84</td> <td>16</td> <td>40</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=84℃）は、長期健全性試験条件の温度（110℃）に包絡される。</p>	T2[℃]	L2[日]	T1[℃]	L1[年]	84	16	40	60
T2[℃]	L2[日]	T1[℃]	L1[年]						
84	16	40	60						

別紙 1. 電気ペネトレーション（三重同軸型電線貫通部）の評価について

1. 健全性評価

三重同軸型電線貫通部のポッティング材の気密性低下による絶縁低下については、実機同等品を用い、IEEE Std. 323-1974 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、外部リードの絶縁低下については、電気学会推奨案又はACAガイドに従って実機同等品による長期健全性試験を実施しており、これらの組み合わせで健全性評価を行った。

1.1 三重同軸型電線貫通部の健全性評価

a. 評価手順

川内 1 号炉の三重同軸型電線貫通部については、IEEE Std. 323-1974 に準拠して実施した実機同等品の長期健全性試験により健全性評価を行った。

図1.1に長期健全性試験手順を示す。

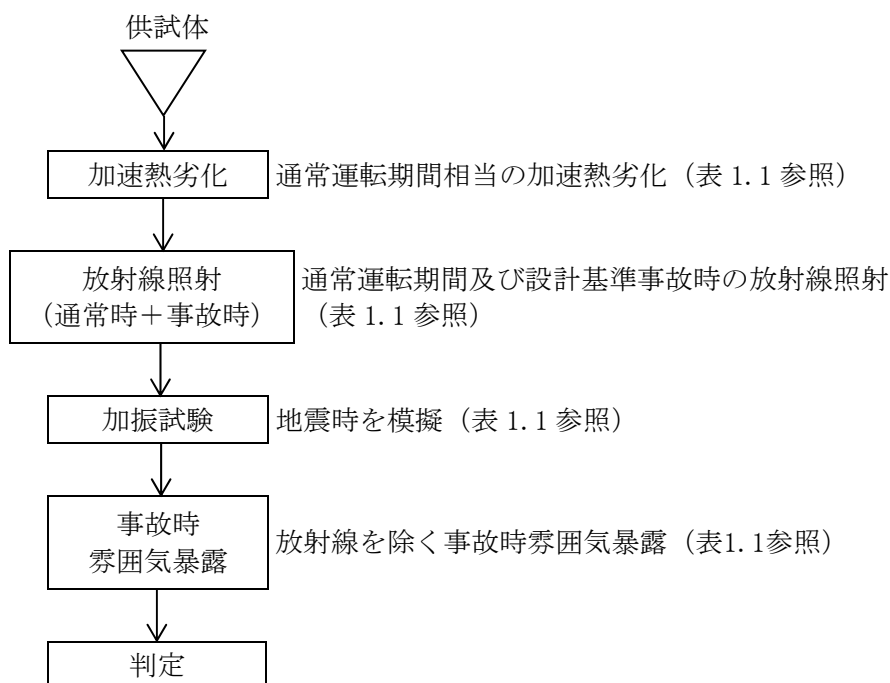


図1.1 三重同軸型電線貫通部の長期健全性試験の手順

b. 試験条件

表1.1及び表1.2に長期健全性試験条件を示す。試験条件は、川内1号炉の60年間の運転及び設計基準事故、並びに60年間の運転及び重大事故等時を想定した熱及び放射線による劣化条件を包絡している。

表 1.1 三重同軸型電線貫通部 長期健全性試験の条件（設計基準事故）

	試験条件	説明
加速熱劣化	条件：105℃－7日間	試験条件は、通常運転時の原子炉格納容器内電気ペネトレーション設置エリアの周囲温度実測値(複数の実測値の平均値のうち最大のもの)に余裕を加えた温度(約40℃)【別紙1. 添付-1)参照】で60年間の運転期間に相当する条件(88℃－7日間)を包絡している。【別紙1. 添付-2)参照】
放射線照射	平常時における集積線量と事故時の放射線量を照射した。 条件： 500kGy(平常時) +1,500kGy(事故時) (10kGy/h以下)	川内1号炉の60年間の運転に予想される集積線量(*)に設計基準事故時線量(602kGy)を加えた線量を包絡している。
加振試験	実機プラントにS ₁ 地震動を想定して求めた最大加速度1.8Gで加振した。	川内1号炉に想定される最大加速度(0.73G)を包絡している。
事故時 雰囲気暴露	最高温度：190℃ 最高圧力：0.414MPa[gage] 時間：～15日間	川内1号炉の設計基準事故時の最高温度(約127℃)、最高圧力(約0.245MPa[gage])を包絡している。【別紙1. 添付-3)参照】

* (平常時線量)

通常運転時の原子炉格納容器内電気ペネトレーション設置エリアの周囲線量率実測値(複数の実測値の平均値のうち最大のもの)に余裕を加えた線量率から算出した集積線量(5×10⁻³[Gy/h]×(24×365.25)[h/y]×60[y]=2.7kGy)

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

表 1.2 三重同軸型電線貫通部 長期健全性試験の条件（重大事故等）

	試験条件	説明
加速熱劣化	条件：105℃－7日間	試験条件は、通常運転時の原子炉格納容器内電気ペネトレーション設置エリアの周囲温度実測値（複数の実測値の平均値のうち最大のもの）に余裕を加えた温度（約40℃）【別紙1．添付-1）参照】で60年間の運転に相当する条件（88℃－7日間）を包絡している。【別紙1．添付-2）参照】
放射線照射	平常時における集積線量と事故時の放射線量を照射した。 条件：500kGy（平常時） +1,500kGy（事故時） （10kGy/h以下）	川内1号炉の60年間の運転に予想される集積線量(*)に重大事故当時線量（500kGy）を加えた線量を包絡している。
加振試験	実機プラントにS ₁ 地震動を想定して求めた最大加速度1.8Gで加振した。	川内1号炉に想定される最大加速度(0.73G)を包絡している。
事故時 雰囲気暴露	最高温度：190℃ 最高圧力：0.414MPa[gage] 時間：～15日間	川内1号炉の重大事故等時の最大温度（約138℃）、最大圧力（約0.350MPa[gage]）を包絡している。【別紙1．添付-3）参照】

*（平常時線量）

通常運転時の原子炉格納容器内電気ペネトレーション設置エリアの周囲線量率実測値（複数の実測値の平均値のうち最大のもの）に余裕を加えた線量率から算出した集積線量（ $5 \times 10^{-3} [\text{Gy/h}] \times (24 \times 365.25) [\text{h/y}] \times 60 [\text{y}] = 2.7 \text{kGy}$ ）

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

c. 評価結果

表1.3に三重同軸型電線貫通部の長期健全性試験結果を示す。結果は判定基準を満足している。

表1.3 三重同軸型電線貫通部 長期健全性試験結果

	試験後	判定基準	判定
絶縁抵抗	$1.1 \times 10^{12} \Omega$	$1.0 \times 10^{11} \Omega$ 以上	良

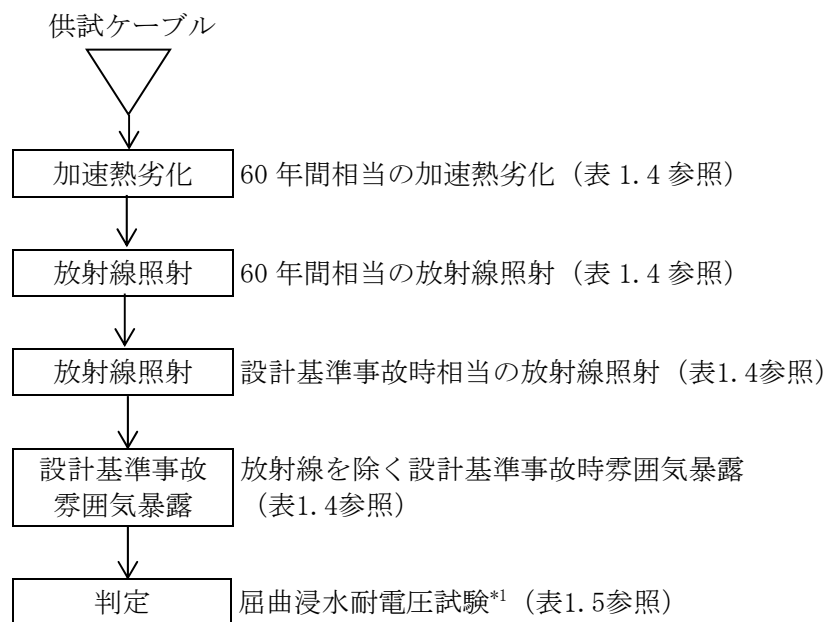
[出典（試験条件）：電力共通研究「電気・計装機器の耐環境実証試験に関する研究(Step-3)」1983年度]

1.2 外部リードの健全性評価

1.2.1 外部リードの電気学会推奨案による健全性評価（設計基準事故時）

a. 評価手順

設計基準事故時雰囲気内で機能要求がある外部リードは、電気学会推奨案に基づく実機同等品による長期健全性試験により評価した。図1.2に外部リードの長期健全性試験の手順を示す。



*1：屈曲浸水耐電圧試験の試験手順は以下のとおりである

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

図1.2 外部リードの長期健全性試験手順

b. 試験条件

表1.4に外部リードの長期健全性試験条件を示す。試験条件は、川内1号炉の60年間の運転及び設計基準事故を想定した熱及び放射線による劣化条件を包絡している。

表 1.4 外部リードの長期健全性試験条件（設計基準事故）

		試験条件	60年間の通常運転時の使用条件【別紙1. 添付-1) 参照】に基づく劣化条件【別紙1. 添付-4) 参照】又は設計基準事故時の環境条件【別紙1. 添付-5) 参照】
通常運転相当	温度	121℃-7日	91℃-7日 (=40℃*1-60年)
	放射線 (集積線量)	500kGy (10kGy/h以下)	2.7kGy*2
設計基準事故相当	放射線 (集積線量)	1,500kGy (10kGy/h以下)	602kGy
	温度	最高温度：190℃	最高温度：約127℃
	圧力	最高圧力： 0.41MPa[gage]	最高圧力：約0.245MPa[gage]

*1：通常運転時の原子炉格納容器内電気ペネトレーション設置エリアの周囲温度実測値（複数の実測値の平均値のうち最大のもの）に余裕を加えた温度

*2：通常運転時の原子炉格納容器内電気ペネトレーション設置エリアの周囲線量率実測値（複数の実測値の平均値のうち最大のもの）に余裕を加えた線量率から算出した集積線量 $(5 \times 10^{-3} [\text{Gy/h}] \times (24 \times 365.25) [\text{h/y}] \times 60 [\text{y}]) = 2.7 \text{kGy}$

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

c. 評価結果

表1.5に外部リードの長期健全性試験結果を示す。結果は判定基準を満足している。

表1.5 外部リードの長期健全性試験結果

項目	試験条件	判定
屈曲浸水 耐電圧試験	供試体外径：13.2mm マンドレル径：供試体外径の約40倍 絶縁厚さ：2.9mm 課電電圧：9.5kV/5分間	良

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

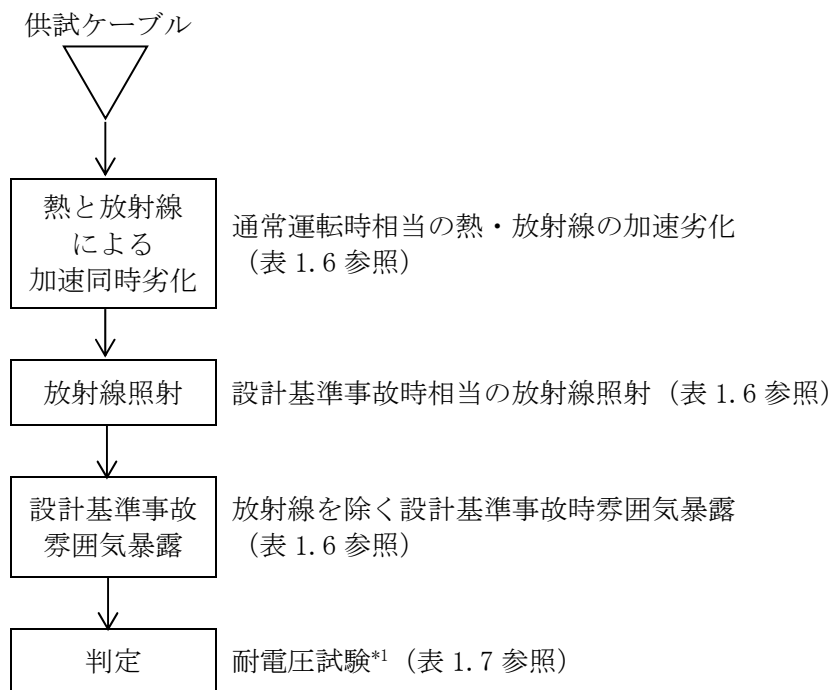
1.2.2 外部リードのACAガイドによる健全性評価（設計基準事故時）

a. 評価手順

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

評価にあたっては、ACAの試験結果を用いた。

図1.3に外部リードのACAガイドに基づく長期健全性試験の手順を示す。



*1：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

図1.3 外部リードのACAガイドに基づく試験手順

b. 試験条件

外部リードのACA試験条件を表1.6に示す。試験条件は、川内1号炉の60年間の運転及び設計基準事故を想定した熱及び放射線による劣化条件を包絡している。

表1.6 外部リードのACA試験条件

		試験条件*1	60年間の通常運転時の使用条件【別紙1.添付-1)参照】に基づく劣化条件【別紙1.添付-6)参照】又は設計基準事故時の環境条件【別紙1.添付-7)参照】
通常運転相当	温度 放射線	49°C-18.9年 (=40°C-39年) 110°C-326日 (=40°C-87年)	40°C-60年*2
	放射線 (集積線量)	—	2.7kGy*3
設計基準事故相当	放射線 (集積線量)	1,500kGy (10kGy/h以下)	602kGy
	温度	最高温度：190°C	最高温度：約127°C
	圧力	最高圧力：0.41MPa[gage]	最高圧力：約0.245MPa[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、49.7°C-2.2mGy/hの布設環境で18.9年間使用したケーブルを供試体とし、追加で劣化させた条件を示す

*2：通常運転時の原子炉格納容器内電気ペネトレーション設置エリアの周囲温度実測値（複数の実測値の平均値のうち最大のもの）に余裕を加えた温度

*3：通常運転時の原子炉格納容器内電気ペネトレーション設置エリアの周囲線量率実測値（複数の実測値の平均値のうち最大のもの）に余裕を加えた線量率から算出した集積線量（ $5 \times 10^{-3} [\text{Gy/h}] \times (24 \times 365.25) [\text{h/y}] \times 60 [\text{y}] = 2.7 \text{kGy}$ ）

[出典（試験条件）：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」]

c. 評価結果

外部リードのACA試験結果を表1.7に示す。結果は判定基準を満足している。

表1.7 外部リードのACA試験結果

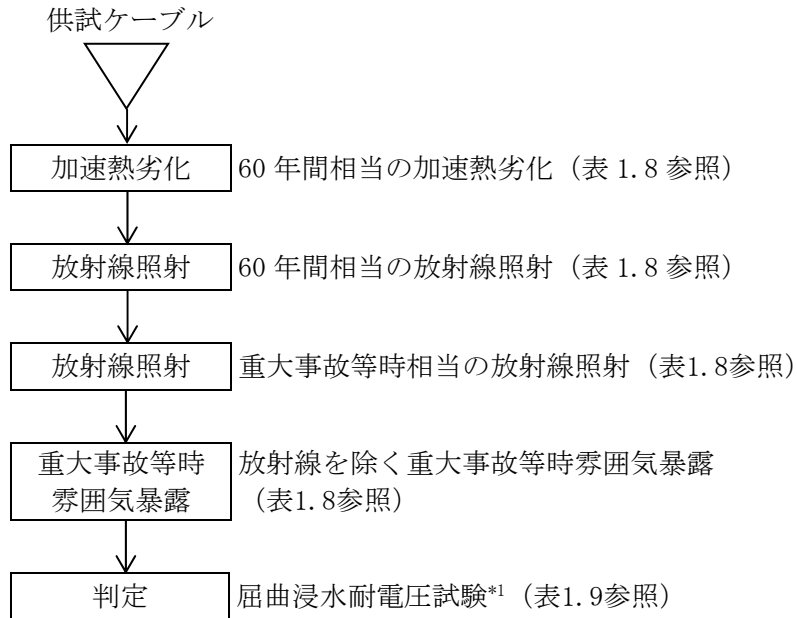
項目	試験条件	判定
耐電圧試験	課電電圧： C-1S間 AC10kV/1分間 1S-2S間 AC2.0kV/1分間	良

[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」]

1.2.3 外部リードの電気学会推奨案による健全性評価（重大事故等時）

a. 評価手順

重大事故等時雰囲気内で機能要求がある外部リードについては、重大事故等時雰囲気内での健全性をあわせて評価した。外部リードの試験手順を図1.4に示す。



*1：屈曲浸水耐電圧試験の試験手順は以下のとおりである

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

図1.4 外部リードの長期健全性試験手順

b. 試験条件

外部リードの長期健全性試験条件を表1.8に示す。試験条件は、川内1号炉の60年間の運転及び重大事故等時を想定した熱及び放射線による劣化条件を包絡している。

表1.8 外部リードの長期健全性試験条件（重大事故等）

		試験条件	60年間の通常運転時の使用条件【別紙1. 添付-1) 参照】に基づく劣化条件【別紙1. 添付-4) 参照】又は重大事故等時の環境条件【別紙1. 添付-8) 参照】
通常運転相当	温度	121℃-7日	91℃-7日 (=40℃*1-60年)
	放射線 (集積線量)	500kGy (10kGy/h以下)	2.7kGy*2
重大事故等相当	放射線 (集積線量)	1,500kGy (10kGy/h以下)	500kGy
	温度	最高温度：190℃	最高温度：約138℃
	圧力	最高圧力： 0.41MPa[gage]	最高圧力：約0.35MPa[gage]

*1：通常運転時の原子炉格納容器内電気ペネトレーション設置エリアの周囲温度実測値（複数の実測値の平均値のうち最大のもの）に余裕を加えた温度

*2：通常運転時の原子炉格納容器内電気ペネトレーション設置エリアの周囲線量率実測値（複数の実測値の平均値のうち最大のもの）に余裕を加えた線量率から算出した集積線量（ 5×10^{-3} [Gy/h] \times (24 \times 365.25) [h/y] \times 60 [y] = 2.7kGy）

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

c. 評価結果

外部リードの長期健全性試験結果を表1.9に示す。結果は判定基準を満足している。

表1.9 外部リードの長期健全性試験結果

項目	試験条件	判定
屈曲浸水 耐電圧試験	供試体外径：13.2mm マンドレル径：供試体外径の約40倍 絶縁厚さ：2.9mm 課電電圧：9.5kV/5分間	良

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

2. 現状保全

ポッティング材の気密性低下による絶縁低下及び外部リードの絶縁低下に対しては、定期的に絶縁抵抗測定を実施し、有意な絶縁低下がないことを確認している。

3. 総合評価

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

ポッティング材の気密性低下による絶縁低下及び外部リードの絶縁低下は、絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切である。

4. 高経年化への対応

ポッティング材の気密性低下による絶縁低下及び外部リードの絶縁低下については、現状保全項目に高経年化対策の観点から追加すべきものはないと判断する。

5. 添付資料

- 1) 三重同軸型電線貫通部の環境条件について
- 2) 三重同軸型電線貫通部の長期健全性試験における評価期間について
- 3) 三重同軸型電線貫通部の長期健全性試験条件の事故時条件の包絡性について
- 4) 三重同軸型電線貫通部の外部リードの長期健全性試験（設計基準事故又は重大事故等）における評価期間について
- 5) 三重同軸型電線貫通部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
- 6) 三重同軸型電線貫通部の外部リードのACAガイドによる長期健全性試験（設計基準事故）における評価期間について
- 7) 三重同軸型電線貫通部の外部リードのACAガイドによる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
- 8) 三重同軸型電線貫通部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	三重同軸型電線貫通部の環境条件について
概要	三重同軸型電線貫通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	川内1号炉の電気ペネトレーションは、添付-1)で示した通路部（電気ペネ端子箱）の設置区分の環境条件（40℃、5mGy/h）でポッティング材及び外部リードの評価を実施し、評価結果に応じた保全を実施している。

タイトル	三重同軸型電線貫通部の長期健全性試験における評価期間について													
概要	試験条件と実機の使用条件に基づく劣化条件との比較に用いた実環境温度及び活性化エネルギー等を以下に示す。													
説明	<p>三重同軸型電線貫通部の60年間の通常運転時の使用条件に基づく劣化条件は、ポッティング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>三重同軸型電線貫通部の実機使用条件(40℃-60年)を、長期健全性試験条件(105℃-7日)との比較を容易にするため、加速時間(L2)を試験条件と同じ日数として換算した結果を以下に示す。</p> <table border="1" data-bbox="432 763 1350 887"> <thead> <tr> <th>部位</th> <th>T2[℃]</th> <th>L2 [日]</th> <th>T1[℃]</th> <th>L1[年]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ポッティング材</td> <td>88</td> <td>7</td> <td>40</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=88℃)は、長期健全性試験条件の温度(105℃)に包絡される。</p>				部位	T2[℃]	L2 [日]	T1[℃]	L1[年]	ポッティング材	88	7	40	60
部位	T2[℃]	L2 [日]	T1[℃]	L1[年]										
ポッティング材	88	7	40	60										

タイトル	三重同軸型電線貫通部の長期健全性試験条件の事故時条件の包絡性について			
概要	試験条件の事故時条件が、実機に想定される設計基準事故時条件及び重大事故等時条件を包絡していることを以下に示す。			
説明	別紙1. 添付-3)-3 に三重同軸型電線貫通部の事故時雰囲気暴露の試験条件を添付する。			
	以下に示すように、事故時雰囲気暴露の試験条件は、実機の設計基準事故時条件及び重大事故等時条件を包絡している。			
	なお、設計基準事故の安全解析結果は添付-4)-2、重大事故等時の安全解析結果（事故後7日間までの解析を実施）は添付-6)-2を参照のこと。			
	ポッティング材：シリコンゴム（設計基準事故）			
	事故時雰囲気暴露試験	条件（温度－時間）	75℃換算*1	合計
	設計基準事故*2			
*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	ポッティング材：シリコーンゴム（重大事故等時）		
	条件（温度－時間）	75℃換算*1	合計
事故時 雰囲気 暴露 試験		126,777 時間	437,517 時間 (18,229 日)
		46,041 時間	
		264,699 時間	
重大事 故等時*2		1 時間	410,171 時間 (17,090 日)
		5 時間	
		39 時間	
		1,104 時間	
		5,660 時間	
		6,069 時間	
		8,490 時間	
		12,138 時間	
		15,229 時間	
		17,044 時間	
		52,427 時間	
		38,348 時間	
		26,650 時間	
		37,399 時間	
		30,345 時間	
		24,362 時間	
		21,719 時間	
	23,653 時間		
	22,978 時間		
	27,267 時間		
	25,769 時間		
	13,475 時間		

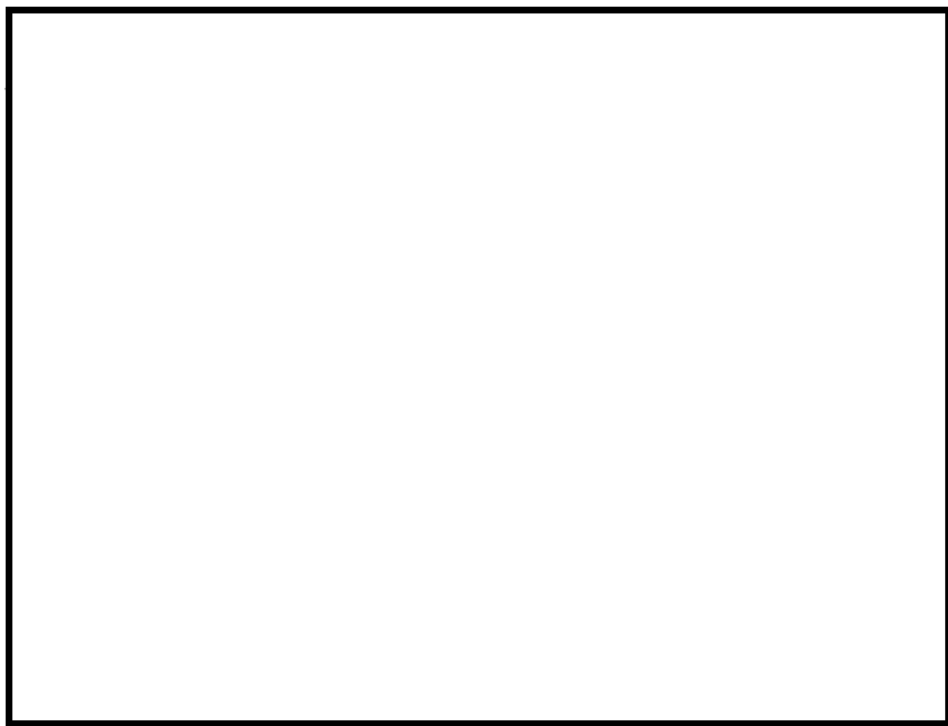
*1：活性化エネルギー： [kcal/mol]（メーカーデータ）での換算値
 *2：格納容器過温破損の包絡条件

<p>説 明</p>	<div data-bbox="416 333 1358 1016" style="border: 2px solid black; height: 305px; width: 590px;"></div> <p data-bbox="555 1061 1230 1099">三重同軸型電線貫通部の事故時雰囲気暴露の試験条件</p>
------------	--

タイトル	三重同軸型電線貫通部の外部リードの長期健全性試験（設計基準事故又は重大事故等）における評価期間について								
概要	試験条件と実機の使用条件に基づく劣化条件との比較に用いた実環境温度および活性化エネルギー等を以下に示す。								
説明	<p>三重同軸型電線貫通部の60年間の通常運転時の使用条件に基づく劣化条件は、外部リードの絶縁材の活性化エネルギーを用いて、アレニウス則により算出している。</p> <p>三重同軸型電線貫通部の外部リードの実機使用条件（40℃-60年）を、長期健全性試験条件（121℃-7日）との比較を容易にするため、加速時間（L2）を試験条件と同じ7日として換算した結果を以下に示す。</p> <table border="1" data-bbox="509 763 1272 896"> <thead> <tr> <th>T2[℃]</th> <th>L2[日]</th> <th>T1[℃]</th> <th>L1[年]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>91</td> <td>7日</td> <td>40</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=91℃）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]	91	7日	40	60
T2[℃]	L2[日]	T1[℃]	L1[年]						
91	7日	40	60						

タイトル	三重同軸型電線貫通部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>外部リードの事故時雰囲気暴露試験条件を別紙 1. 添付-5)-2 に示す。 以下に示すように、事故時雰囲気暴露の試験条件は、実機の設計基準事故時条件を包絡している。 なお、設計基準事故の安全解析結果は添付-4)-2 を参照のこと。</p> <p>三重同軸型電線貫通部の外部リード（設計基準事故）</p> <table border="1" data-bbox="419 712 1351 1182"> <thead> <tr> <th data-bbox="419 712 587 757"></th> <th data-bbox="587 712 868 757">条件（温度－時間）</th> <th data-bbox="868 712 1118 757">75℃換算*1</th> <th data-bbox="1118 712 1351 757">合計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="419 757 587 913" rowspan="3">事故時雰囲気暴露試験</td> <td data-bbox="587 757 868 813"></td> <td data-bbox="868 757 1118 813">66,411 時間</td> <td data-bbox="1118 757 1351 913" rowspan="3">288,503 時間 (12,020 日)</td> </tr> <tr> <td data-bbox="587 813 868 869"></td> <td data-bbox="868 813 1118 869">29,020 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="587 869 868 913"></td> <td data-bbox="868 869 1118 913">193,072 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="419 913 587 1182" rowspan="5">設計基準事故*2</td> <td data-bbox="587 913 868 969"></td> <td data-bbox="868 913 1118 969">6,208 時間</td> <td data-bbox="1118 913 1351 1182" rowspan="5">7,679 時間 (320 日)</td> </tr> <tr> <td data-bbox="587 969 868 1025"></td> <td data-bbox="868 969 1118 1025">1,293 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="587 1025 868 1081"></td> <td data-bbox="868 1025 1118 1081">72 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="587 1081 868 1137"></td> <td data-bbox="868 1081 1118 1137">56 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="587 1137 868 1182"></td> <td data-bbox="868 1137 1118 1182">50 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）	75℃換算*1	合計	事故時雰囲気暴露試験		66,411 時間	288,503 時間 (12,020 日)		29,020 時間		193,072 時間	設計基準事故*2		6,208 時間	7,679 時間 (320 日)		1,293 時間		72 時間		56 時間		50 時間
	条件（温度－時間）	75℃換算*1	合計																								
事故時雰囲気暴露試験		66,411 時間	288,503 時間 (12,020 日)																								
		29,020 時間																									
		193,072 時間																									
設計基準事故*2		6,208 時間	7,679 時間 (320 日)																								
		1,293 時間																									
		72 時間																									
		56 時間																									
		50 時間																									

説 明



三重同軸型電線貫通部（外部リード）事故時雰囲気暴露試験条件

タイトル	三重同軸型電線貫通部の外部リードのACAガイドによる長期健全性試験（設計基準事故）における評価期間について												
概要	試験条件と実機の使用条件に基づく劣化条件との比較に用いた実環境温度および活性化エネルギー等を以下に示す。												
説明	<p>三重同軸型電線貫通部の外部リードの60年間の通常運転時の使用条件に基づく劣化条件は、外部リードの絶縁材の活性化エネルギーを用いて、アレニウス則により算出している。</p> <p>三重同軸型電線貫通部の外部リードの試験条件（サンプリングケーブル（49.7℃-18.9年））を用いて（110℃-326日）を実機使用条件（40℃）で換算した結果を以下に示す。</p> <table border="1" data-bbox="509 763 1272 943"> <thead> <tr> <th>T2[℃]</th> <th>L2</th> <th>T1[℃]</th> <th>L1[年]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>49.7</td> <td>18.9年</td> <td>40</td> <td>39</td> </tr> <tr> <td>110</td> <td>326日</td> <td>40</td> <td>87</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>試験条件及び実機布設環境条件を換算した結果は $39+87=126$ 年となる。</p>	T2[℃]	L2	T1[℃]	L1[年]	49.7	18.9年	40	39	110	326日	40	87
T2[℃]	L2	T1[℃]	L1[年]										
49.7	18.9年	40	39										
110	326日	40	87										

タイトル	三重同軸型電線貫通部の外部リードのACAガイドによる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>外部リードの事故時雰囲気暴露試験条件を別紙 1. 添付-7)-2 に示す。 以下に示すように、事故時雰囲気暴露の試験条件は、実機の設計基準事故時条件を包絡している。 なお、設計基準事故の安全解析結果は添付-4)-2 を参照のこと。</p> <p>三重同軸型電線貫通部の外部リード（設計基準事故）</p> <table border="1" data-bbox="419 712 1351 1182"> <thead> <tr> <th></th> <th>条件（温度－時間）</th> <th>75℃換算*1</th> <th>合計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">事故時雰囲気暴露試験</td> <td rowspan="3">[Redacted]</td> <td>68 時間</td> <td rowspan="3">7,695 時間 (320 日)</td> </tr> <tr> <td>303 時間</td> </tr> <tr> <td>7,324 時間</td> </tr> <tr> <td rowspan="5">設計基準事故*2</td> <td rowspan="5">[Redacted]</td> <td>130 時間</td> <td rowspan="5">1,517 時間 (63 日)</td> </tr> <tr> <td>128 時間</td> </tr> <tr> <td>72 時間</td> </tr> <tr> <td>217 時間</td> </tr> <tr> <td>969 時間</td> </tr> </tbody> </table> <p>*1：活性化エネルギー [Redacted] [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）	75℃換算*1	合計	事故時雰囲気暴露試験	[Redacted]	68 時間	7,695 時間 (320 日)	303 時間	7,324 時間	設計基準事故*2	[Redacted]	130 時間	1,517 時間 (63 日)	128 時間	72 時間	217 時間	969 時間
	条件（温度－時間）	75℃換算*1	合計																		
事故時雰囲気暴露試験	[Redacted]	68 時間	7,695 時間 (320 日)																		
		303 時間																			
		7,324 時間																			
設計基準事故*2	[Redacted]	130 時間	1,517 時間 (63 日)																		
		128 時間																			
		72 時間																			
		217 時間																			
		969 時間																			

説 明



三重同軸型電線貫通部（外部リード）事故時雰囲気暴露試験条件

タイトル	三重同軸型電線貫通部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）は添付-6)-2、外部リードの事故時雰囲気暴露試験条件は別紙1. 添付-5)-2を参照のこと。</p> <p>以下に示すように、事故時雰囲気暴露の試験条件は、実機の重大事故等時条件を包絡している。</p> <table border="1" data-bbox="419 712 1351 1742"> <thead> <tr> <th data-bbox="419 712 564 757"></th> <th data-bbox="564 712 874 757">条件（温度－時間）</th> <th data-bbox="874 712 1121 757">75℃換算*1</th> <th data-bbox="1121 712 1351 757">合計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="419 757 564 913" rowspan="3">事故時 雰囲気 暴露 試験</td> <td data-bbox="564 757 874 813"></td> <td data-bbox="874 757 1121 813">66,411 時間</td> <td data-bbox="1121 757 1351 913" rowspan="3">288,503 時間 (12,020 日)</td> </tr> <tr> <td data-bbox="564 813 874 869"></td> <td data-bbox="874 813 1121 869">29,020 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="564 869 874 913"></td> <td data-bbox="874 869 1121 913">193,072 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="419 913 564 1742" rowspan="17">重大事故 等時*2</td> <td data-bbox="564 913 874 947"></td> <td data-bbox="874 913 1121 947">1 時間</td> <td data-bbox="1121 913 1351 1742" rowspan="17">280,891 時間 (11,704 日)</td> </tr> <tr> <td data-bbox="564 947 874 981"></td> <td data-bbox="874 947 1121 981">4 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="564 981 874 1014"></td> <td data-bbox="874 981 1121 1014">32 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="564 1014 874 1048"></td> <td data-bbox="874 1014 1121 1048">844 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="564 1048 874 1081"></td> <td data-bbox="874 1048 1121 1081">4,081 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="564 1081 874 1115"></td> <td data-bbox="874 1081 1121 1115">4,139 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="564 1115 874 1149"></td> <td data-bbox="874 1115 1121 1149">6,122 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="564 1149 874 1182"></td> <td data-bbox="874 1149 1121 1182">8,277 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="564 1182 874 1216"></td> <td data-bbox="874 1182 1121 1216">10,273 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="564 1216 874 1249"></td> <td data-bbox="874 1216 1121 1249">11,436 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="564 1249 874 1283"></td> <td data-bbox="874 1249 1121 1283">34,990 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="564 1283 874 1317"></td> <td data-bbox="874 1283 1121 1317">25,731 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="564 1317 874 1350"></td> <td data-bbox="874 1317 1121 1350">17,978 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="564 1350 874 1384"></td> <td data-bbox="874 1350 1121 1384">25,366 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="564 1384 874 1417"></td> <td data-bbox="874 1384 1121 1417">20,693 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="564 1417 874 1451"></td> <td data-bbox="874 1417 1121 1451">16,704 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="564 1451 874 1485"></td> <td data-bbox="874 1451 1121 1485">14,974 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="564 1485 874 1518"></td> <td data-bbox="874 1485 1121 1518">16,397 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="564 1518 874 1552"></td> <td data-bbox="874 1518 1121 1552">16,018 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="564 1552 874 1585"></td> <td data-bbox="874 1552 1121 1585">19,114 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="564 1585 874 1619"></td> <td data-bbox="874 1585 1121 1619">18,165 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="564 1619 874 1653"></td> <td data-bbox="874 1619 1121 1653">9,552 時間</td> </tr> </tbody> </table> <p data-bbox="419 1749 1351 1783">*1：活性化エネルギー [kcal/mol]（メーカーデータ）での換算値</p> <p data-bbox="419 1787 842 1821">*2：格納容器過温破損の包絡条件</p>				条件（温度－時間）	75℃換算*1	合計	事故時 雰囲気 暴露 試験		66,411 時間	288,503 時間 (12,020 日)		29,020 時間		193,072 時間	重大事故 等時*2		1 時間	280,891 時間 (11,704 日)		4 時間		32 時間		844 時間		4,081 時間		4,139 時間		6,122 時間		8,277 時間		10,273 時間		11,436 時間		34,990 時間		25,731 時間		17,978 時間		25,366 時間		20,693 時間		16,704 時間		14,974 時間		16,397 時間		16,018 時間		19,114 時間		18,165 時間		9,552 時間
	条件（温度－時間）	75℃換算*1	合計																																																										
事故時 雰囲気 暴露 試験		66,411 時間	288,503 時間 (12,020 日)																																																										
		29,020 時間																																																											
		193,072 時間																																																											
重大事故 等時*2		1 時間	280,891 時間 (11,704 日)																																																										
		4 時間																																																											
		32 時間																																																											
		844 時間																																																											
		4,081 時間																																																											
		4,139 時間																																																											
		6,122 時間																																																											
		8,277 時間																																																											
		10,273 時間																																																											
		11,436 時間																																																											
		34,990 時間																																																											
		25,731 時間																																																											
		17,978 時間																																																											
		25,366 時間																																																											
		20,693 時間																																																											
		16,704 時間																																																											
		14,974 時間																																																											
	16,397 時間																																																												
	16,018 時間																																																												
	19,114 時間																																																												
	18,165 時間																																																												
	9,552 時間																																																												

別紙 2. 弁電動装置の評価について

1. 健全性評価

a. 評価手順

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については、絶縁物の温度、放射線、機械的及び設計基準事故時雰囲気による劣化を考慮した評価を、実機同等品による長期健全性試験【別紙 2. 添付-3) 参照】において、判定基準を除き、IEEE Std. 382-1996の規格に準じて実施しており、この結果に基づき長期間の健全性を評価した。

図1. 1に長期健全性試験手順を示す。

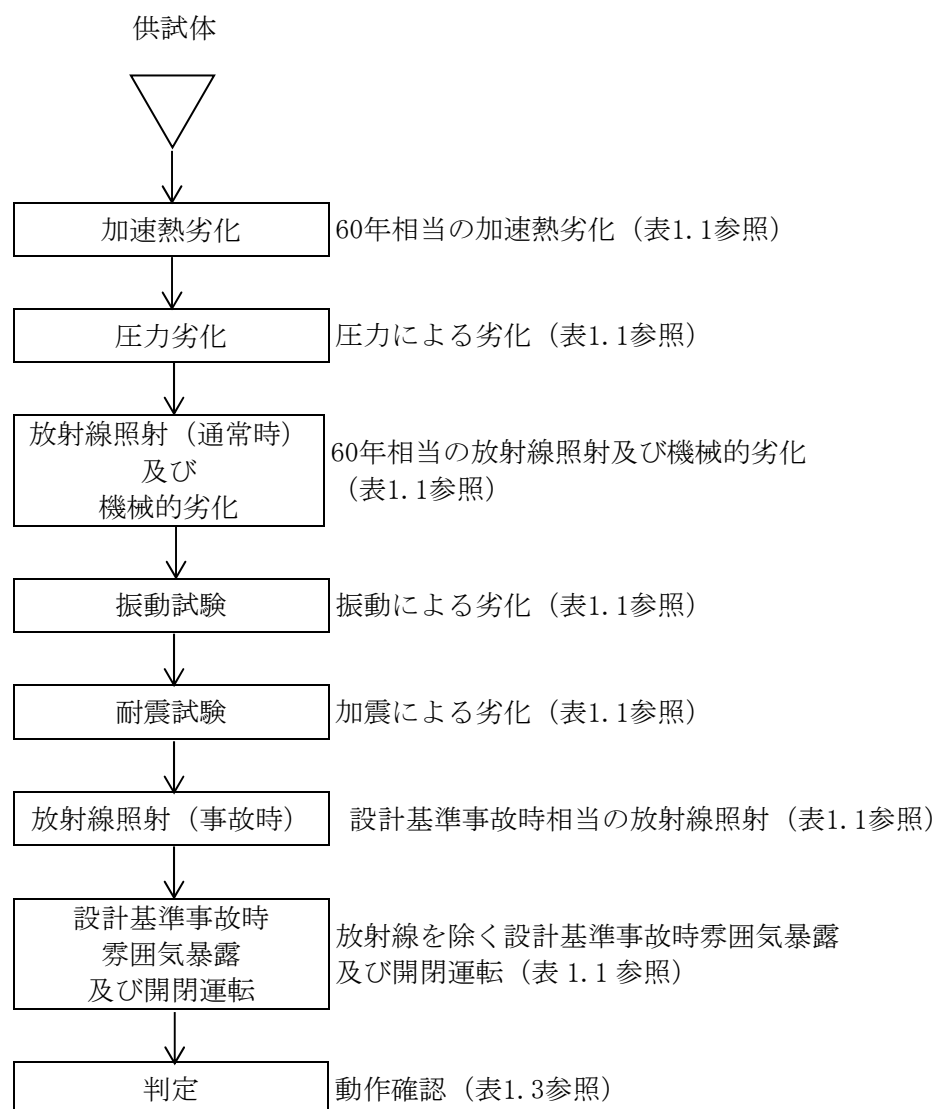


図1. 1 原子炉格納容器内で耐環境性能を要求される弁電動装置の電動機の長期健全性試験手順

また、原子炉格納容器外で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、機械的及び設計基準事故時雰囲気による劣化を考慮した評価を、実機同等品による長期健全性試験【別紙 2. 添付-8)参照】において、判定基準を除き、IEEE Std. 382-1996の規格に準じて実施しており、この結果に基づき長期間の健全性を評価した。

図1. 2に長期健全性試験手順を示す。

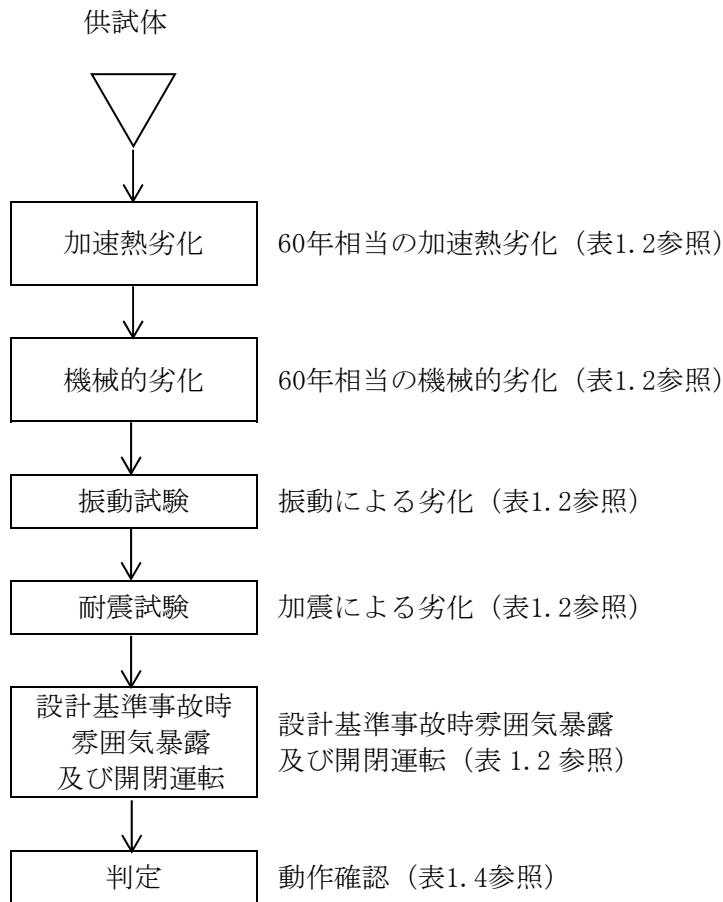


図1. 2 原子炉格納容器外で耐環境性能を要求される弁電動装置の電動機の長期健全性試験手順

b. 試験条件

表1.1及び表1.2に長期健全性試験条件を示す。試験条件は、川内1号炉の実機環境に基づいて60年間の運転期間を想定した劣化条件を包絡している。

表 1.1 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電動機の絶縁低下に関する長期健全性試験条件*1

	試験条件	説明
加速熱劣化	130℃×475 時間*2 及び 115℃×139 時間*3	通常運転時の原子炉格納容器内電動装置設置エリアのうちループ室の周囲温度実測値(複数の実測値の平均値のうち最大のもの)に余裕を加えた温度(約45℃)に余裕をみた温度(50℃)【別紙2. 添付-2)参照】で、60年間運転を包絡している。【別紙2. 添付-3)参照】
圧力劣化	0.45MPa×3分×23回	川内1号炉の60年間運転を包絡している。【別紙2. 添付-4)参照】
放射線照射(通常時)及び機械的劣化	放射線照射量: 500kGy (10kGy/h以下) 機械劣化: 3,000回開閉操作	川内1号炉の60年間の通常時線量約79kGy*4を包絡している。 川内1号炉の60年間の動作回数(約1,400回)を包絡している。【別紙2. 添付-5)参照】
振動試験	加速度: 0.75G 周波数: 5~100~5Hz 時間: 135分	IEEE Std. 382-1996に基づく
耐震試験	加振波形: 正弦波 加速度: 水平方向 6G 鉛直方向 6G	「日本電気協会 原子力発電所耐震設計技術指針追補版 (JEAG 4601-1991)」に基づく
放射線照射(事故時)	放射線照射量: 1,500kGy (10kGy/h以下)	川内1号炉の設計基準事故時線量約602kGyを包絡している。
設計基準事故時雰囲気暴露及び開閉運転	温度: 最高温度 190℃ 圧力: 最高圧力 0.41MPa 時間: 360時間 開閉往復運動回数: 13回	川内1号炉の設計基準事故時の最高圧力(約0.245MPa)、最高温度(約127℃)を包絡している。 【別紙2. 添付-6)参照】 IEEE Std. 382-1996に基づく

*1: 電磁ブレーキ付き交流モータの電動装置で実施

*2: モータ単体での加速熱劣化試験条件

*3: モータ等を組み込んだ弁電動装置一式での加速熱劣化試験条件

*4: 通常運転時の原子炉格納容器内電動装置設置エリアのうちループ室の周囲線量率実測値(複数の実測値の平均値のうち最大のもの)に余裕を加えた線量率から算出した集積線量 $(0.15[\text{Gy/h}] \times (24 \times 365.25) [\text{h/y}] \times 60 [\text{y}] = 79\text{kGy})$

表 1.2 原子炉格納容器外で耐環境性能を要求される弁電動装置の電動機の絶縁低下に関する長期健全性試験条件*1

	試験条件	説明
加速熱劣化	110℃×100 時間*2 及び 110℃×575 時間*3	通常運転時の主蒸気配管室内電動装置設置エリアの周囲温度実測値（複数の実測値の平均値のうち最大のもの）に余裕を加えた温度（約 45℃）で、60 年間運転を包絡している。【別紙 2. 添付-8)参照】
機械的劣化	機械劣化：3,000 回開閉操作	川内 1 号炉の 60 年間の動作回数（約 1,500 回）を包絡している。【別紙 2. 添付-9)参照】
振動試験	加速度：0.75G 周波数：5～100～5Hz 時間：135分	IEEE Std. 382-1996 に基づく。
耐震試験	加振波形：正弦波 加速度：水平方向 6G 鉛直方向 6G	「日本電気協会 原子力発電所耐震設計技術指針追補版（JEAG 4601-1991）」に基づく。
設計基準事故時 雰囲気暴露 及び 開閉運転	温度：最高温度 175℃ 圧力：最高圧力 0.2MPa 時間：24 時間 開閉往復運動回数：6 回	川内 1 号炉の設計基準事故時の最高圧力（約 0.108MPa）、最高温度（約 165℃）を包絡している。【別紙 2. 添付-10)参照】 IEEE Std. 382-1996 に基づく。

*1：電磁ブレーキ付き直流モータの電動装置で実施

*2：モータ単体での加速熱劣化試験条件

*3：部品を組み込んだ弁駆動装置一式での加速熱劣化試験条件

c. 評価結果

試験結果は、表1.3及び表1.4に示す通り判定基準を満足しており、60年間の通常運転後においても、絶縁機能を維持できると判断する。

表1.3 原子炉格納容器内で耐環境性能を要求される弁電動装置の電動機の長期健全性試験結果

項目	判定*1
動作確認	良

*1：メーカー基準

表1.4 原子炉格納容器外で耐環境性能を要求される弁電動装置の電動機の長期健全性試験結果

項目	判定*1
動作確認	良

*1：メーカー基準

2. 現状保全

固定子コイル、主極コイル、補極コイル、電機子コイル、電磁ブレーキ及び口出線・接

続部品の絶縁低下に対しては、定期的な絶縁抵抗測定により、許容値以上であることの確認を行っている。

3. 総合評価

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

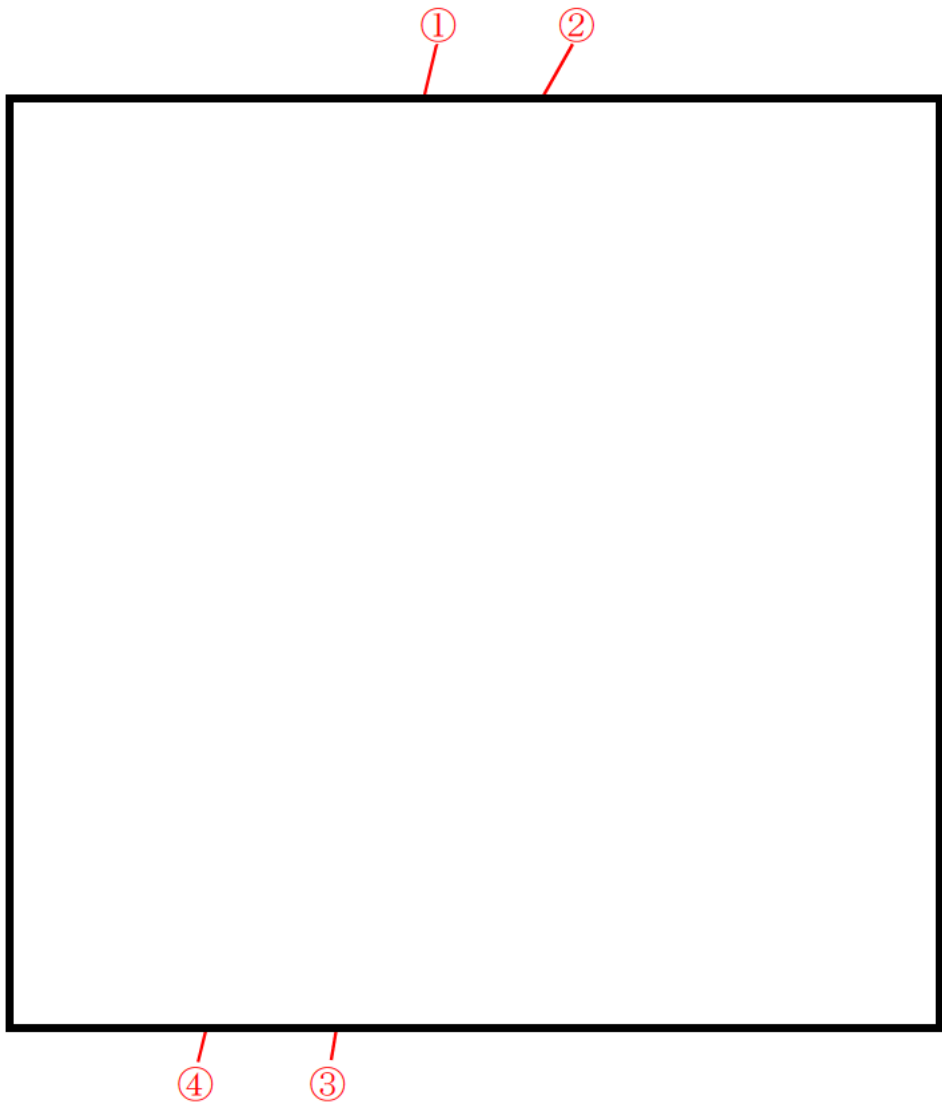
4. 高経年化への対応

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

5. 添付資料

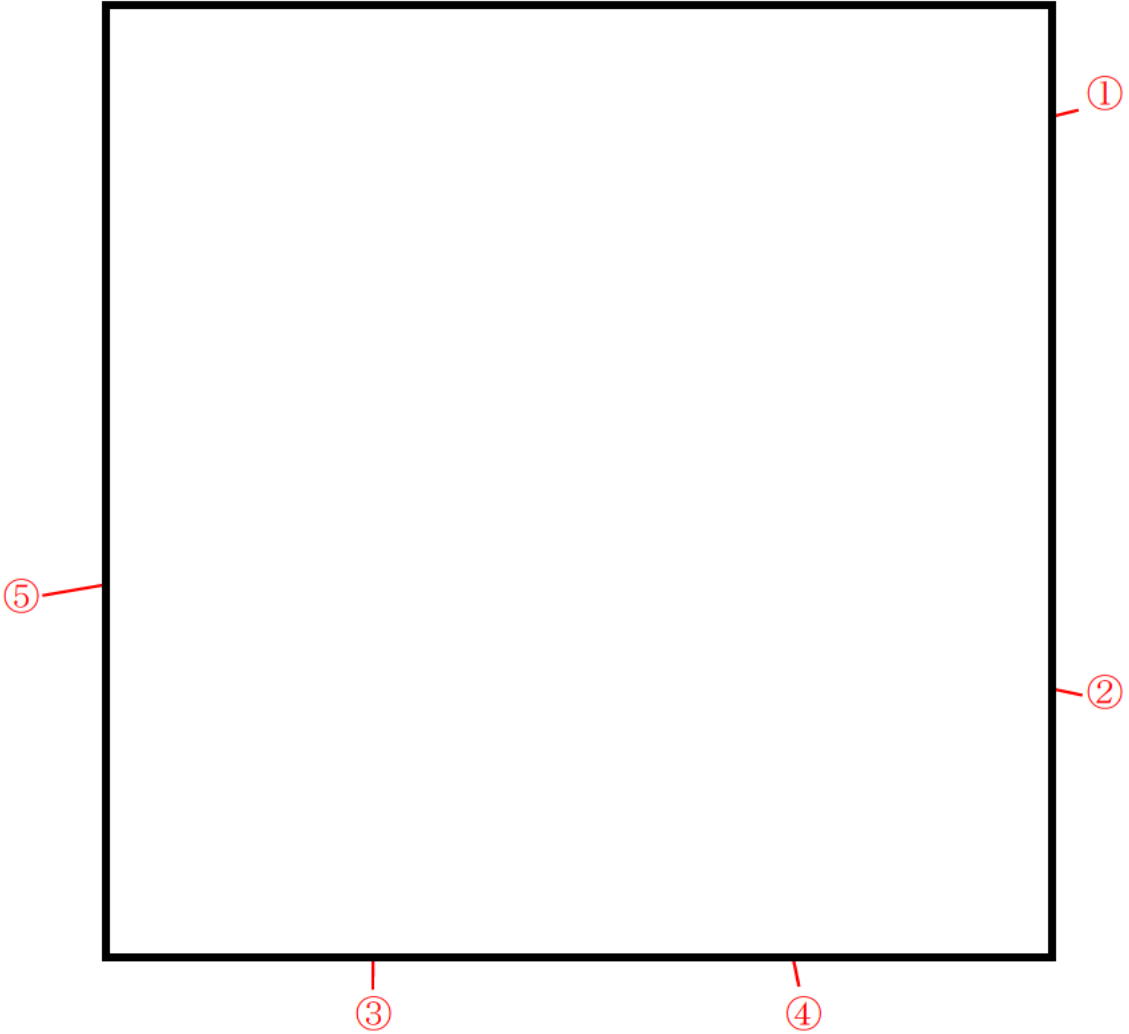
- 1) 原子炉格納容器内で耐環境性能を要求される弁電動装置及び長期健全性試験で用いた供試体の型式について
- 2) 原子炉格納容器内で耐環境性能を要求される弁電動装置の環境条件について
- 3) 原子炉格納容器内で耐環境性能を要求される弁電動装置の長期健全性試験における評価期間について
- 4) 原子炉格納容器内で耐環境性能を要求される弁電動装置の長期健全性試験における圧力劣化試験条件の妥当性について
- 5) 原子炉格納容器内で耐環境性能を要求される弁電動装置の長期健全性試験における機械的劣化試験条件の妥当性について
- 6) 原子炉格納容器内で耐環境性能を要求される弁電動装置の長期健全性試験条件の事故時条件（設計基準事故及び重大事故等時）の包絡性について
- 7) 原子炉格納容器外で耐環境性能を要求される弁電動装置及び長期健全性試験で用いた供試体の型式について
- 8) 原子炉格納容器外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
- 9) 原子炉格納容器外で耐環境性能を要求される弁電動装置の長期健全性試験における機械的劣化試験条件の妥当性について
- 10) 原子炉格納容器外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（設計基準事故及び重大事故等時）の包絡性について
- 11) 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及び長期健全性試験で用いた供試体の型式について																																			
概要	原子炉格納容器内で耐環境性能を要求される弁電動装置及び長期健全性試験で用いた供試体の型式について、以下に示す。																																			
説明	<p>原子炉格納容器内で耐環境性能を要求される弁電動装置の弁名称、台数及び型式を以下に示す。絶縁物の絶縁種別は全て「H種絶縁」、電源は全て交流である。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>弁名称</th> <th>台数</th> <th>型式</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>加圧器逃がし弁元弁</td> <td>2</td> <td>SB-0D</td> </tr> <tr> <td>R C P 封水戻りライン第 1 隔離弁</td> <td>1</td> <td>SB-00D</td> </tr> <tr> <td>R C P 冷却水第 1 出口弁 (内隔離弁)</td> <td>1</td> <td>SB-1D</td> </tr> <tr> <td>ループ高温側サンプル弁 (内隔離弁)</td> <td>2</td> <td>SMB-000</td> </tr> <tr> <td>C/V 雰囲気サンプル取出弁 (内隔離弁)</td> <td>2</td> <td>SMB-000</td> </tr> <tr> <td>C/V 圧力逃がし装置第 1 隔離弁 (内隔離弁)</td> <td>2</td> <td>SMB-000-2</td> </tr> <tr> <td>蓄圧タンク出口弁</td> <td>3</td> <td>SB-4D</td> </tr> <tr> <td>R H R S 入口弁 (内隔離弁)</td> <td>2</td> <td>SB-3D</td> </tr> <tr> <td>R H R S 入口隔離弁</td> <td>2</td> <td>SMB-3</td> </tr> <tr> <td>I A S 格納容器隔離弁</td> <td>2</td> <td>SMB-00</td> </tr> </tbody> </table> <p>長期健全性試験で用いた供試体の弁電動装置の型式・絶縁仕様・電源は SMB-000、H種絶縁、交流であり、一部の実機と大きさや外観は異なるものの、シール部の構造やモータの構造、絶縁物の使用材料は同様であることから、耐環境性の観点で差異はなく、上記耐環境性能を要求される弁電動装置全てについて、代表性があると考えます。</p> <p>なお、原子炉格納容器内で耐環境性能を要求される弁電動装置の設置箇所を別紙 2. 添付-1)-2~5 の配置図に示す。</p>			弁名称	台数	型式	加圧器逃がし弁元弁	2	SB-0D	R C P 封水戻りライン第 1 隔離弁	1	SB-00D	R C P 冷却水第 1 出口弁 (内隔離弁)	1	SB-1D	ループ高温側サンプル弁 (内隔離弁)	2	SMB-000	C/V 雰囲気サンプル取出弁 (内隔離弁)	2	SMB-000	C/V 圧力逃がし装置第 1 隔離弁 (内隔離弁)	2	SMB-000-2	蓄圧タンク出口弁	3	SB-4D	R H R S 入口弁 (内隔離弁)	2	SB-3D	R H R S 入口隔離弁	2	SMB-3	I A S 格納容器隔離弁	2	SMB-00
弁名称	台数	型式																																		
加圧器逃がし弁元弁	2	SB-0D																																		
R C P 封水戻りライン第 1 隔離弁	1	SB-00D																																		
R C P 冷却水第 1 出口弁 (内隔離弁)	1	SB-1D																																		
ループ高温側サンプル弁 (内隔離弁)	2	SMB-000																																		
C/V 雰囲気サンプル取出弁 (内隔離弁)	2	SMB-000																																		
C/V 圧力逃がし装置第 1 隔離弁 (内隔離弁)	2	SMB-000-2																																		
蓄圧タンク出口弁	3	SB-4D																																		
R H R S 入口弁 (内隔離弁)	2	SB-3D																																		
R H R S 入口隔離弁	2	SMB-3																																		
I A S 格納容器隔離弁	2	SMB-00																																		



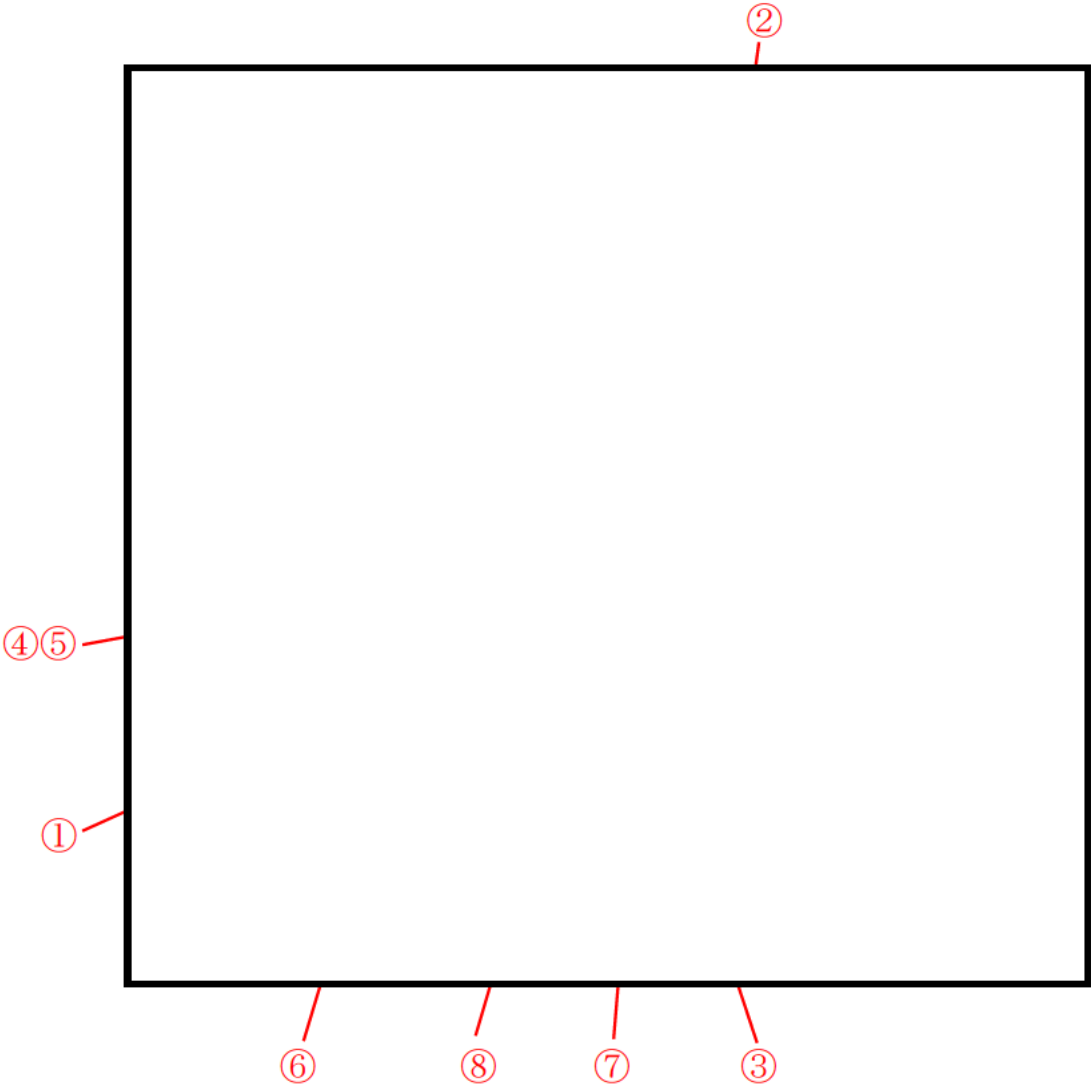
原子炉格納容器 E/L 13.3m

No.	弁番号	弁名称
①	1V-RC-054A	加圧器A逃がし弁元弁
②	1V-RC-054B	加圧器B逃がし弁元弁
③	1V-SS-675A	A-C/V 雰囲気サンプル取出弁 (内隔離弁)
④	1V-SS-675B	B-C/V 雰囲気サンプル取出弁 (内隔離弁)



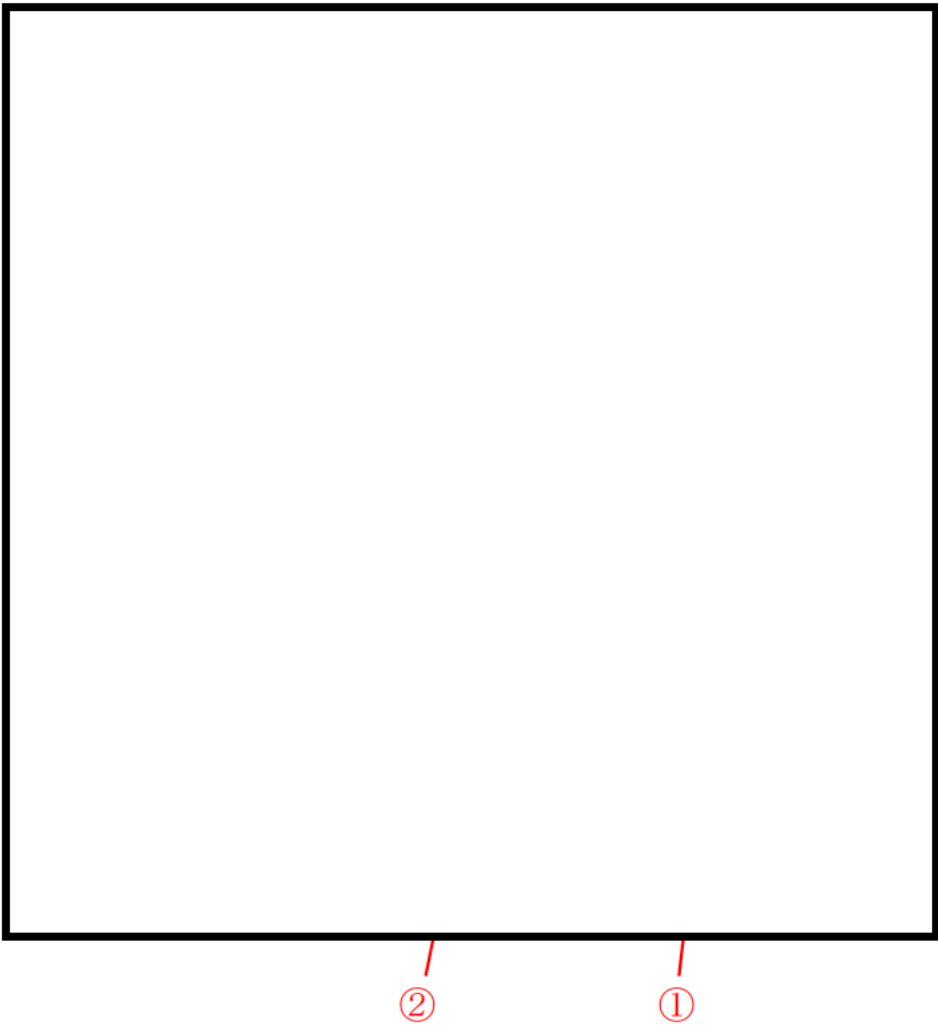
原子炉格納容器 E/L 5.0m

No.	弁番号	弁名称
①	1V-SI-132A	A 蓄圧タンク出口弁
②	1V-SI-132B	B 蓄圧タンク出口弁
③	1V-SI-132C	C 蓄圧タンク出口弁
④	1V-CC-544	RCP 冷却水第 1 出口弁 (内隔離弁)
⑤	1V-IA-510B	B-IAS 格納容器隔離弁



原子炉格納容器 E/L -2.0m

No.	弁番号	弁名称
①	1V-CS-308	RCP 封水戻りライン第1 隔離弁
②	1V-RH-001A	A RHRS 入口隔離弁
③	1V-RH-001B	B RHRS 入口隔離弁
④	1V-SS-561	B ループ高温側サンプル弁 (内隔離弁)
⑤	1V-SS-564	C ループ高温側サンプル弁 (内隔離弁)
⑥	1V-IA-510A	A-IAS 格納容器隔離弁
⑦	1V-DP-001A	A C/V 圧力逃がし装置第1 隔離弁 (内隔離弁)
⑧	1V-DP-001B	B C/V 圧力逃がし装置第1 隔離弁 (内隔離弁)



原子炉格納容器 E/L -9.0m

No.	弁番号	弁名称
①	1V-RH-003A	A RHRS 入口弁 (内隔離弁)
②	1V-RH-003B	B RHRS 入口弁 (内隔離弁)

タイトル	原子炉格納容器内で耐環境性能を要求される弁電動装置の環境条件について												
概要	原子炉格納容器内で耐環境性能を要求される弁電動装置の評価期間を算定するために用いた環境条件の根拠について、以下に示す。												
説明	<p>川内1号炉の原子炉格納容器内で耐環境性能を要求される弁電動装置は、添付-1)で示した各エリアの環境条件のうち、別紙2. 添付-1)に示す下記の設置場所の使用条件を包絡する条件(50℃、0.15Gy/h)で評価を実施している。</p> <p>弁電動装置の技術評価書において、代表機器(RHRS入口隔離弁電動装置:2台)の通常運転時の使用条件として、2台の設置エリア(ループ室(弁電動装置))の環境条件である50℃-0.15Gy/hを記載している。</p> <table border="1" data-bbox="512 804 1270 985"> <thead> <tr> <th>設置場所</th> <th>温度[℃]</th> <th>線量率[Gy/h]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ループ室(弁電動装置)</td> <td>50^{*1}</td> <td>0.15</td> </tr> <tr> <td>加圧器上部</td> <td>50</td> <td>0.005</td> </tr> <tr> <td>通路部(その他)</td> <td>45</td> <td>0.005</td> </tr> </tbody> </table> <p>*1: 格納容器内での設置エリアの温度(約45℃)に余裕をみた温度として設定した。</p>	設置場所	温度[℃]	線量率[Gy/h]	ループ室(弁電動装置)	50 ^{*1}	0.15	加圧器上部	50	0.005	通路部(その他)	45	0.005
設置場所	温度[℃]	線量率[Gy/h]											
ループ室(弁電動装置)	50 ^{*1}	0.15											
加圧器上部	50	0.005											
通路部(その他)	45	0.005											

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及び活性化エネルギー等を以下に示す。																								
説明	<p>原子炉格納容器内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）、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（50℃）に換算した結果を運転時間（60 年）と比較した結果を以下に示す。</p> <table border="1" data-bbox="419 763 1350 1066"> <thead> <tr> <th>絶縁材</th> <th>試験条件 (T2-L2)</th> <th>T1[℃]</th> <th>L1[年]</th> <th>合計</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>50</td> <td>4,755</td> <td rowspan="2">100 年以上</td> </tr> <tr> <td>115℃-139 時間*2</td> <td>50</td> <td>235</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">シリコーン ゴム</td> <td>130℃-475 時間*1</td> <td>50</td> <td>1,453,015</td> <td rowspan="2">100 年以上</td> </tr> <tr> <td>115℃-139 時間*2</td> <td>50</td> <td>29,451</td> </tr> </tbody> </table> <p>*1：駆動装置一式で加熱する前に予め当該部位に加えた熱劣化条件 *2：駆動装置一式に加えた熱劣化条件 活性化エネルギー <input type="text"/> (ポリイミド/ポリアミドイミド)、<input type="text"/> (シリコーンゴム) [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>固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁材について、試験条件を実環境温度（50℃）で換算した実環境年数は、運転期間 60 年を包絡する。</p>				絶縁材	試験条件 (T2-L2)	T1[℃]	L1[年]	合計	ポリイミド/ ポリアミド イミド	130℃-475 時間*1	50	4,755	100 年以上	115℃-139 時間*2	50	235	シリコーン ゴム	130℃-475 時間*1	50	1,453,015	100 年以上	115℃-139 時間*2	50	29,451
絶縁材	試験条件 (T2-L2)	T1[℃]	L1[年]	合計																					
ポリイミド/ ポリアミド イミド	130℃-475 時間*1	50	4,755	100 年以上																					
	115℃-139 時間*2	50	235																						
シリコーン ゴム	130℃-475 時間*1	50	1,453,015	100 年以上																					
	115℃-139 時間*2	50	29,451																						

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 川内1号炉の設計基準事故時の原子炉格納容器圧力の最高値は、約0.245MPa(設計基準事故の安全解析結果)であり、上記の圧力条件に包絡されている。</p> <p>②3分：IEEE Std. 382-1996 より設定</p> <p>③23回：下記参照 IEEE Std. 382-1996 Part III 3.3に記載の15回を40年相当とし、60年に換算した回数23回としている。</p> <p>なお、原子炉格納容器全体漏えい試験は、使用前検査にて1回、1992年(第7回定検)までは毎定検実施(合計7回)し、1993年以降は3定検に1回実施しており、1回/3定検となった1993～2020年までの27年間で7回実施している。</p> <p>2021年から60年目となる2044年までには約23.6年あり、定検頻度を462日(13か月+67日(標準定検日数))とすると、60年目までに7回実施(8620/462/3=6.2回)されることになり、以上を合計すると22回(1+7+7+7=22)となる。</p>

タイトル	原子炉格納容器内で耐環境性能を要求される弁電動装置の長期健全性試験における機械的劣化試験条件の妥当性について																		
概要	実機使用条件との比較により、機械的劣化試験条件の妥当性について以下に説明する。																		
説明	<p>・機械劣化試験条件：3,000回開閉操作</p> <p>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代表機器であるRHRS入口隔離弁の動作回数は、プラント起動・停止に伴う開閉、1次系の漏えい試験に伴う開閉、停止中の余熱除去系保守隔離に伴う開閉並びに弁の動作確認に伴う開閉等の設計想定を60年で1,400回としている。 具体的には下記の通り。</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 80%;">・プラント起動・停止に伴う開閉</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">□</td> <td style="width: 10%;">回</td> </tr> <tr> <td>・燃料交換に伴う開閉</td> <td style="text-align: center;">□</td> <td>回</td> </tr> <tr> <td>・1次系の漏えい試験に伴う開閉</td> <td style="text-align: center;">□</td> <td>回</td> </tr> <tr> <td>・停止中の余熱除去系保守隔離に伴う開閉</td> <td style="text-align: center;">□</td> <td>回</td> </tr> <tr> <td>・弁の動作確認に伴う開閉</td> <td style="text-align: center;">□</td> <td>回</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">合計</td> <td style="text-align: center;">□</td> <td>回 (約 1,400回)</td> </tr> </table>	・プラント起動・停止に伴う開閉	□	回	・燃料交換に伴う開閉	□	回	・1次系の漏えい試験に伴う開閉	□	回	・停止中の余熱除去系保守隔離に伴う開閉	□	回	・弁の動作確認に伴う開閉	□	回	合計	□	回 (約 1,400回)
・プラント起動・停止に伴う開閉	□	回																	
・燃料交換に伴う開閉	□	回																	
・1次系の漏えい試験に伴う開閉	□	回																	
・停止中の余熱除去系保守隔離に伴う開閉	□	回																	
・弁の動作確認に伴う開閉	□	回																	
合計	□	回 (約 1,400回)																	

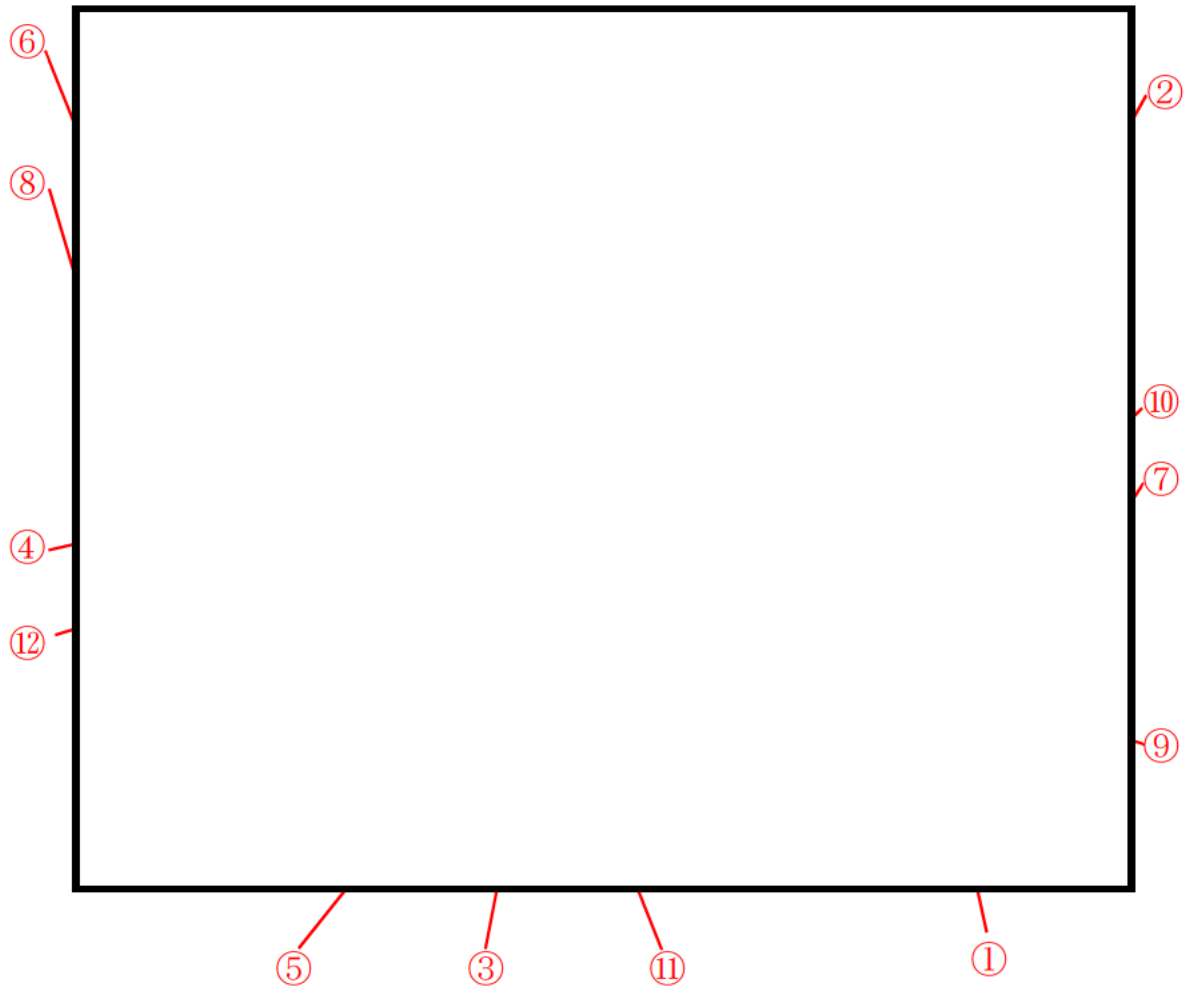
タイトル	原子炉格納容器内で耐環境性能を要求される弁電動装置の長期健全性試験条件の事故時条件（設計基準事故及び重大事故等時）の包絡性について			
概要	試験条件の事故時条件が、実機に想定される設計基準事故時条件及び重大事故等時条件を包絡していることを以下に示す。			
説明	<p>別紙2. 添付-6)-2 に弁電動装置の事故時雰囲気暴露の試験条件を添付する。</p> <p>以下に示すように、事故時雰囲気暴露の試験条件は、実機の設計基準事故時条件を包絡している。</p> <p>なお、設計基準事故（1次冷却材管の破断による原子炉冷却材喪失）の安全解析結果は添付-4)-2を参照のこと。</p> <p>(1) 固定子コイル</p>			
		条件（温度－時間）	75℃換算*2	合計
	事故時雰囲気暴露試験	[]*1	37,597 時間 (1,567 日)	263,663 時間 (10,986 日)
			226,066 時間 (9,419 日)	
	設計基準事故*3	[]	7,518 時間 (313 日)	9,120 時間 (380 日)
			1,434 時間 (60 日)	
			72 時間 (3 日)	
			52 時間 (2 日)	
			44 時間 (2 日)	
	重大事故等時*4	138℃－ 9 時間	[]	
*1：試験初期は []℃であるが、安全側に []℃で見積もった。				
*2：活性化エネルギー [] [kcal/mol]（メーカーデータ）での換算値				
*3：1次冷却材管の破断による原子炉冷却材喪失事故包絡条件				
*4：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内の環境条件を包絡する条件（別紙2. 添付-11）参照				

説明	2) 口出線・接続部品 (シリコンゴム)		
	条件 (温度-時間)	75°C換算*2	合計
事故時雰囲気暴露試験	[]	*1 4,318,305 時間 (179,929 日)	10,107,687 時間 (421,153 日)
		5,789,382 時間 (241,224 日)	
設計基準事故*3	[]	384,413 時間 (16,017 日)	396,492 時間 (16,521 日)
		11,988 時間 (499 日)	
		72 時間 (3 日)	
		16 時間 (1 日)	
重大事故等時*4	138°C - 9 時間	[]	

*1: 試験初期は [] °Cであるが、安全側に [] °Cで見積もった。
 *2: 活性化エネルギー [] [kcal/mol] (メーカーデータ) での換算値
 *3: 1次冷却材管の破断による原子炉冷却材喪失事故包絡条件
 *4: 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内の環境条件を包絡する条件 (別紙2. 添付-11) 参照

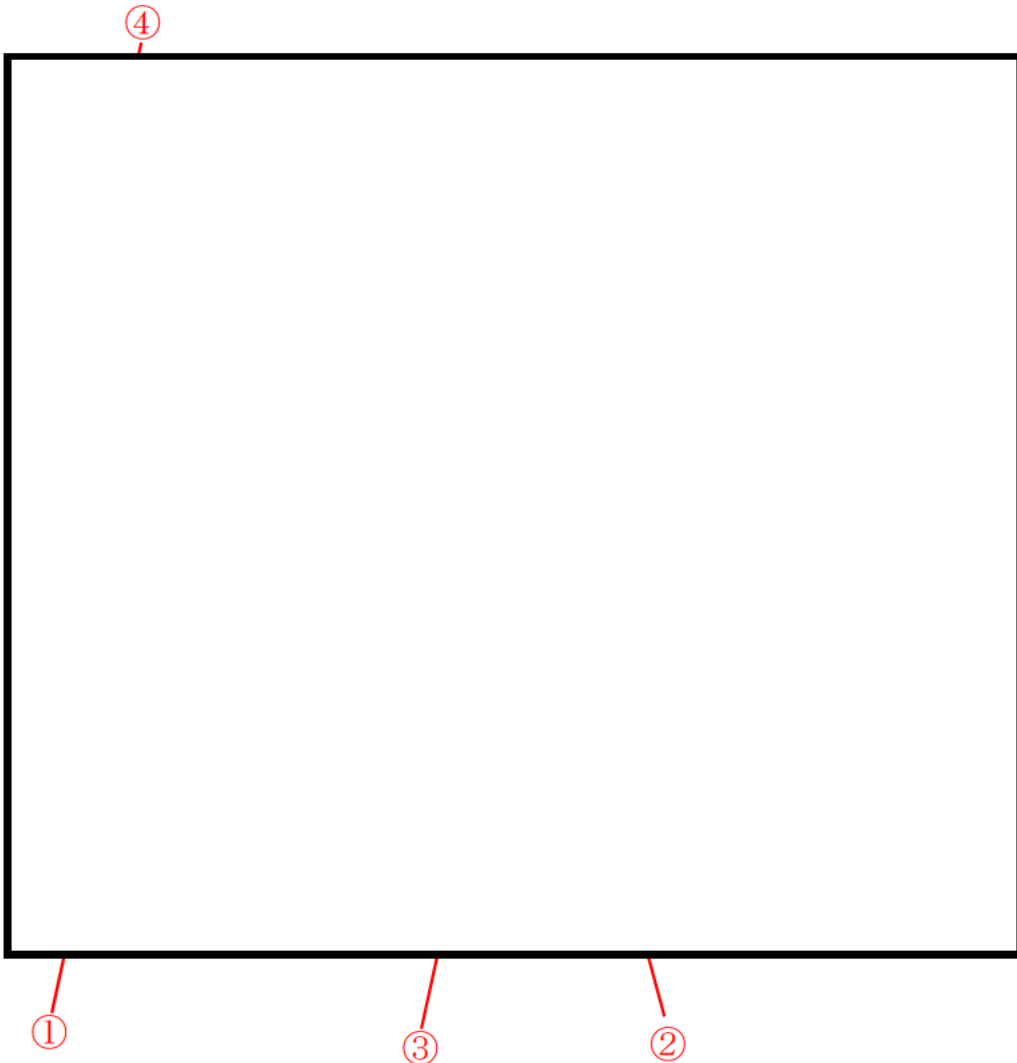
弁電動装置 事故時雰囲気暴露試験条件

タイトル	原子炉格納容器外で耐環境性能を要求される弁電動装置及び長期健全性試験で用いた供試体の型式について																												
概要	原子炉格納容器外で耐環境性能を要求される弁電動装置及び長期健全性試験で用いた供試体の型式について、以下に示す。																												
説明	<p>原子炉格納容器外で耐環境性能を要求される弁電動装置の弁名称、台数、型式及び電源を以下に示す。絶縁物の絶縁種別は全て「H種絶縁」である。</p> <p>原子炉格納容器外で耐環境性能を要求される弁電動装置の設置箇所を別紙 2. 添付-7)-2, -3 の配置図に示す。</p> <table border="1" data-bbox="445 692 1334 1010"> <thead> <tr> <th>弁名称</th> <th>台数</th> <th>型式</th> <th>電源</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>T/D AFWP-蒸気元弁</td> <td>2</td> <td>SB-2D</td> <td>直流</td> </tr> <tr> <td>補助給水隔離弁（外隔離弁）</td> <td>3</td> <td>SB-0D</td> <td>直流</td> </tr> <tr> <td>C/V 出口主蒸気管ドレン元弁（外隔離弁）</td> <td>2</td> <td>SMB-000</td> <td>交流</td> </tr> <tr> <td>主蒸気隔離弁上流ドレン元弁（外隔離弁）</td> <td>3</td> <td>SMB-000</td> <td>交流</td> </tr> <tr> <td>主蒸気逃がし弁元弁</td> <td>3</td> <td>SB-0D</td> <td>交流</td> </tr> <tr> <td>主給水隔離弁（外隔離弁）</td> <td>3</td> <td>SB-4D</td> <td>交流</td> </tr> </tbody> </table> <p>長期健全性試験で用いた供試体の弁電動装置の型式・絶縁仕様・電源は SMB-000、H種絶縁、直流であり、実機と絶縁種や材料が同一で、構造的には交流モータより複雑な直流モータであることから、耐環境性の観点で差異はなく、上記の交流モータを使用している弁電動装置についても、代表性があると考えられる。</p>	弁名称	台数	型式	電源	T/D AFWP-蒸気元弁	2	SB-2D	直流	補助給水隔離弁（外隔離弁）	3	SB-0D	直流	C/V 出口主蒸気管ドレン元弁（外隔離弁）	2	SMB-000	交流	主蒸気隔離弁上流ドレン元弁（外隔離弁）	3	SMB-000	交流	主蒸気逃がし弁元弁	3	SB-0D	交流	主給水隔離弁（外隔離弁）	3	SB-4D	交流
弁名称	台数	型式	電源																										
T/D AFWP-蒸気元弁	2	SB-2D	直流																										
補助給水隔離弁（外隔離弁）	3	SB-0D	直流																										
C/V 出口主蒸気管ドレン元弁（外隔離弁）	2	SMB-000	交流																										
主蒸気隔離弁上流ドレン元弁（外隔離弁）	3	SMB-000	交流																										
主蒸気逃がし弁元弁	3	SB-0D	交流																										
主給水隔離弁（外隔離弁）	3	SB-4D	交流																										



E/L 5.0M (中間床)

No.	弁番号	弁名称
①	1V-MS-575A	T/D AFWP-A 蒸気元弁
②	1V-FW-574A	A 補助給水隔離弁 (外隔離弁)
③	1V-FW-574B	B 補助給水隔離弁 (外隔離弁)
④	1V-FW-574C	C 補助給水隔離弁 (外隔離弁)
⑤	1V-MS-584A	A-C/V 出口主蒸気管ドレン元弁 (外隔離弁)
⑥	1V-MS-584B	B-C/V 出口主蒸気管ドレン元弁 (外隔離弁)
⑦	1V-MS-588A	A 主蒸気隔離弁上流ドレン元弁 (外隔離弁)
⑧	1V-MS-588C	C 主蒸気隔離弁上流ドレン元弁 (外隔離弁)
⑨	1V-MS-523A	A 主蒸気逃がし弁元弁
⑩	1V-FW-520A	A 主給水隔離弁 (外隔離弁)
⑪	1V-FW-520B	B 主給水隔離弁 (外隔離弁)
⑫	1V-FW-520C	C 主給水隔離弁 (外隔離弁)



E/L 13.3M

No.	弁番号	弁名称
①	1V-MS-575B	T/D AFWP-B 蒸気元弁
②	1V-MS-588B	B 主蒸気隔離弁上流ドレン元弁 (外隔離弁)
③	1V-MS-523B	B 主蒸気逃がし弁元弁
④	1V-MS-523C	C 主蒸気逃がし弁元弁

タイトル	原子炉格納容器外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及び活性化エネルギー等を以下に示す。																
説明	<p>原子炉格納容器外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、コイル、口出線・接続部品及び電磁ブレーキ（ポリアミドイミド）の絶縁材の活性化エネルギーを用いて、アレニウス則により算出している。</p> <p>長期健全性試験の条件を、添付-1)で示した MS 室の環境条件 45℃に換算した結果を運転時間（60 年）と比較した結果を以下に示す。</p> <table border="1" data-bbox="421 763 1350 943"> <thead> <tr> <th data-bbox="421 763 608 824">絶縁材</th> <th data-bbox="608 763 892 824">試験条件 (T2-L2)</th> <th data-bbox="892 763 1027 824">T1[°C]</th> <th data-bbox="1027 763 1163 824">L1[年]</th> <th data-bbox="1163 763 1350 824">合計[年]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="421 824 608 943" rowspan="2">ポリアミドイミド</td> <td data-bbox="608 824 892 884">110℃-100 時間*1</td> <td data-bbox="892 824 1027 884">45</td> <td data-bbox="1027 824 1163 884">1,466</td> <td data-bbox="1163 824 1350 943" rowspan="2">100 年以上</td> </tr> <tr> <td data-bbox="608 884 892 943">110℃-575 時間*2</td> <td data-bbox="892 884 1027 943">45</td> <td data-bbox="1027 884 1163 943">8,433</td> </tr> </tbody> </table> <p>*1：駆動装置一式で加熱する前に予め当該部位に加えた熱劣化条件 *2：駆動装置一式に加えた熱劣化条件 活性化エネルギー： (ポリアミドイミド) [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) コイル、口出線・接続部品及び電磁ブレーキの絶縁材について、試験条件を実環境温度 (45℃) で換算した実環境年数は、運転期間 60 年を包絡する。</p>				絶縁材	試験条件 (T2-L2)	T1[°C]	L1[年]	合計[年]	ポリアミドイミド	110℃-100 時間*1	45	1,466	100 年以上	110℃-575 時間*2	45	8,433
絶縁材	試験条件 (T2-L2)	T1[°C]	L1[年]	合計[年]													
ポリアミドイミド	110℃-100 時間*1	45	1,466	100 年以上													
	110℃-575 時間*2	45	8,433														

タイトル	原子炉格納容器外で耐環境性能を要求される弁電動装置の長期健全性試験における機械的劣化試験条件の妥当性について												
概要	実機使用条件との比較により、機械的劣化試験条件の妥当性について以下に説明する。												
説明	<p>・機械劣化試験条件：3,000回開閉操作</p> <p>原子炉格納容器外で耐環境性能を要求される弁電動装置の代表機器であるT/D AFWP蒸気元弁の動作回数は、試験に伴う開閉、定期事業者検査時の動作確認（試運転、運転性能検査等）に伴う開閉に若干の余裕を考慮し、60年で1,500回としている。 具体的には下記の通り。</p> <table style="margin-left: 40px;"> <tr> <td>・試験に伴う開閉</td> <td style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></td> <td>回/年</td> </tr> <tr> <td>・定期事業者検査時の動作確認に伴う開閉</td> <td style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></td> <td>回/年</td> </tr> <tr> <td>・若干の余裕を考慮</td> <td style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></td> <td>回/年</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">合計</td> <td></td> <td>25回/年</td> </tr> </table> <p>上記の動作回数を60年で換算し、25回/年×60年=1,500回としている。</p>	・試験に伴う開閉		回/年	・定期事業者検査時の動作確認に伴う開閉		回/年	・若干の余裕を考慮		回/年	合計		25回/年
・試験に伴う開閉		回/年											
・定期事業者検査時の動作確認に伴う開閉		回/年											
・若干の余裕を考慮		回/年											
合計		25回/年											

タイトル	原子炉格納容器外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（設計基準事故及び重大事故等時）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時条件及び重大事故等時条件を包絡していることを以下に示す。																					
説明	<p>別紙2. 添付-10)-2 に弁電動装置の事故時雰囲気暴露の試験条件を添付する。</p> <p>以下に示すように、事故時雰囲気暴露の試験条件は、実機の設計基準事故時条件を包絡している。</p> <p>なお、設計基準事故（主蒸気管破断）条件は添付-4)-3 を参照のこと。</p> <p>コイル、口出線・接続部品、電磁ブレーキ（ポリアミドイミド）</p> <table border="1" data-bbox="421 750 1353 1276"> <thead> <tr> <th></th> <th>条件（温度－時間）</th> <th>50℃換算*1</th> <th>合計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">事故時 雰囲気 暴露 試験</td> <td rowspan="2">[Redacted]</td> <td>744, 329, 540 時間 (31, 013, 731 日)</td> <td rowspan="2">744, 333, 408 時間 (31, 013, 892 日)</td> </tr> <tr> <td>3, 868 時間 (161 日)</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">設計 基準 事故*2</td> <td rowspan="2">[Redacted]</td> <td>85, 723, 144 時間 (3, 571, 798 日)</td> <td rowspan="2">85, 723, 343 時間 (3, 571, 806 日)</td> </tr> <tr> <td>1 時間 (0 日)</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">重大事 故等時*3</td> <td rowspan="2">[Redacted]</td> <td>198 時間 (8 日)</td> <td rowspan="2">168 時間 (7 日)</td> </tr> <tr> <td>168 時間 (7 日)</td> </tr> </tbody> </table> <p>*1：活性化エネルギー [Redacted] [kcal/mol]（メーカーデータ）での換算値</p> <p>*2：主蒸気管破断事故包絡条件</p> <p>*3：格納容器バイパス（蒸気発生器伝熱管破損＋破損蒸気発生器隔離失敗）事故包絡条件</p>				条件（温度－時間）	50℃換算*1	合計	事故時 雰囲気 暴露 試験	[Redacted]	744, 329, 540 時間 (31, 013, 731 日)	744, 333, 408 時間 (31, 013, 892 日)	3, 868 時間 (161 日)	設計 基準 事故*2	[Redacted]	85, 723, 144 時間 (3, 571, 798 日)	85, 723, 343 時間 (3, 571, 806 日)	1 時間 (0 日)	重大事 故等時*3	[Redacted]	198 時間 (8 日)	168 時間 (7 日)	168 時間 (7 日)
	条件（温度－時間）	50℃換算*1	合計																			
事故時 雰囲気 暴露 試験	[Redacted]	744, 329, 540 時間 (31, 013, 731 日)	744, 333, 408 時間 (31, 013, 892 日)																			
		3, 868 時間 (161 日)																				
設計 基準 事故*2	[Redacted]	85, 723, 144 時間 (3, 571, 798 日)	85, 723, 343 時間 (3, 571, 806 日)																			
		1 時間 (0 日)																				
重大事 故等時*3	[Redacted]	198 時間 (8 日)	168 時間 (7 日)																			
		168 時間 (7 日)																				

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

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及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、高圧注入機能及び格納容器スプレイ注入機能が喪失する事故	
	③	原子炉格納容器の除熱機能喪失	中破断 LOCA 時に格納容器スプレイ注入機能が喪失する事故	
	また、①～③の各重大事故等時に耐環境性能を要求される弁電動装置はそれぞれ下表のとおりである。			
	弁名称	①	②	③
	1 A 蓄圧タンク出口弁	○	○	—
	1 B 蓄圧タンク出口弁	○	○	—
	1 C 蓄圧タンク出口弁	○	○	—
	1 A-C/V 雰囲気サンプル取出弁（内隔離弁）	○	○	—
	1 A-C/V 上部区画雰囲気サンプル元弁	○	○	—
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9時間*1である。この最長使命期間内の環境条件を包絡する条件（138℃*2-9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考える。				
*1：格納容器過温破損における蓄圧タンク出口弁の使命期間を基に算出				
*2：重大事故等時の最高温度（格納容器過温破損）の安全解析結果は添付-6)-2を参照のこと				

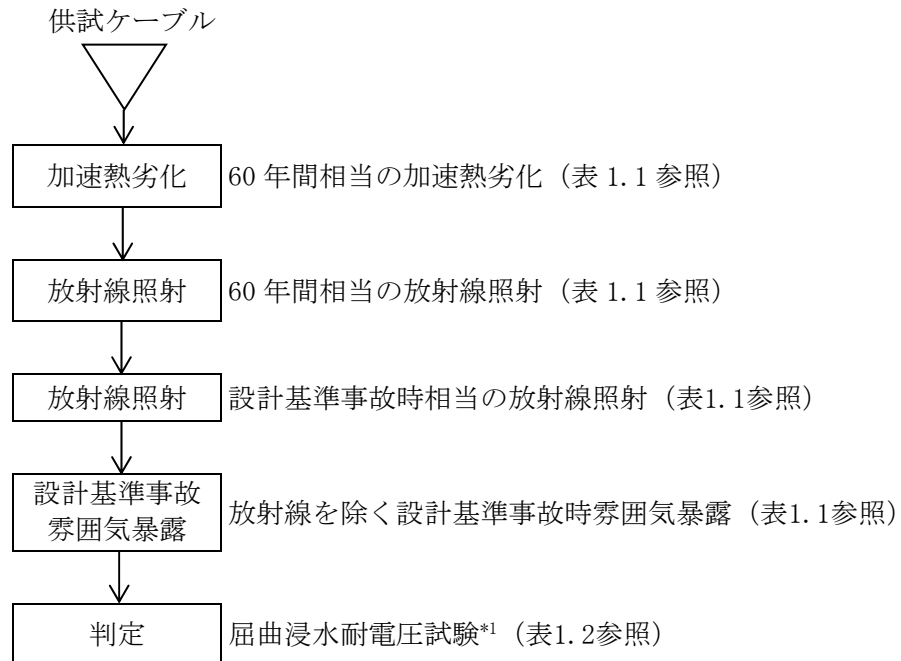
別紙 3. 低圧ケーブル（難燃 PH ケーブル以外）の評価について

1. 健全性評価

1.1 電気学会推奨案による健全性評価（設計基準事故時）

a. 評価手順

設計基準事故時雰囲気内で機能要求がある K K ケーブルは、電気学会推奨案に基づく実機同等品による長期健全性試験により評価した。試験手順を図 1.1 に示す。



*1：屈曲浸水耐電圧試験の試験手順は以下のとおりである

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

図 1.1 K K ケーブルの長期健全性試験手順

b. 試験条件

KKケーブルの長期健全性試験条件を表1.1に示す。試験条件は、川内1号炉の実機環境に基づいて60年間の運転期間を想定した劣化条件を包絡している。

表 1.1 KKケーブルの長期健全性試験条件（設計基準事故）

		試験条件	60年間の通常運転時の使用条件【別紙3. 添付-1) 参照】に基づく劣化条件【別紙3. 添付-2) 参照】又は設計基準事故時の環境条件【別紙3. 添付-3) 参照】
通常運転相当	温度	110℃-16日	91℃-16日 (=45℃*1-60年)
	放射線 (集積線量)	500kGy (8.36kGy/h)	2.7kGy*2
設計基準事故相当	放射線 (集積線量)	1,500kGy (9.01kGy/h)	602kGy
	温度	最高温度：190℃	最高温度：約127℃
	圧力	最高圧力： 0.27MPa[gage]	最高圧力：約0.245MPa[gage]

*1：通常運転時の原子炉格納容器内KKケーブル布設エリアの周囲温度実測値(複数の実測値の平均値のうち最大のもの)に余裕を加えた温度

*2：通常運転時の原子炉格納容器内KKケーブル布設エリアの周囲線量率実測値(複数の実測値の平均値のうち最大のもの)に余裕を加えた線量率から算出した集積線量
 $(5 \times 10^{-3} [\text{Gy/h}] \times (24 \times 365.25) [\text{h/y}] \times 60 [\text{y}]) = 2.7 \text{kGy}$

[出典(試験条件)：九州電力研究データ]

c. 評価結果

KKケーブルの長期健全性試験結果を表1.2に示す。電気学会推奨案に基づく評価の結果、川内1号炉のKKケーブルは、運転開始後60年時点においても絶縁機能を維持できると判断する。

表1.2 KKケーブルの長期健全性試験結果

項目	試験条件	判定
屈曲浸水 耐電圧試験	供試体外径：13.5mm マンドレル径：500mm 絶縁厚さ：0.76mm 課電電圧：2.5kV/5分間	良

[出典：九州電力研究データ]

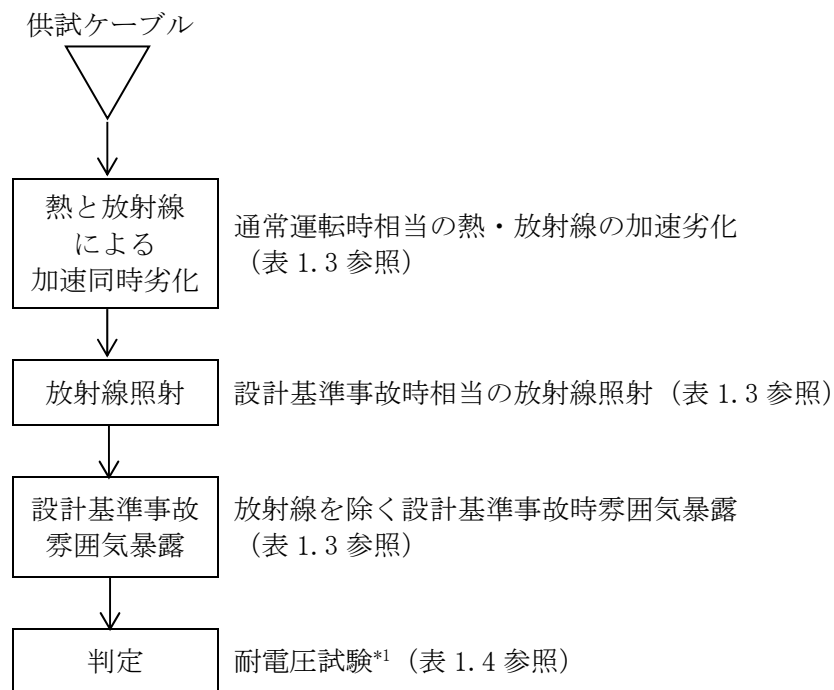
1.2 A C Aガイドによる健全性評価（設計基準事故時）

a. 評価手順

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

評価にあたっては、A C Aの試験結果を用いた。

K KケーブルのA C Aガイドに基づく試験手順を図1.2に示す。



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

図1.2 K KケーブルのA C Aガイドに基づく試験手順

b. 試験条件

K Kケーブルの長期健全性試験条件を表1.3に示す。試験条件は、川内1号炉の実機環境に基づいて通常運転及び設計基準事故を想定した劣化条件を包絡している。

c. 評価結果

KKケーブルの長期健全性試験結果を表1.4に示す。ACAに基づく評価の結果を表1.5に示す。評価結果から、川内1号炉のKKケーブルは、運転開始後60年時点においても絶縁機能を維持できると判断する。

表1.3 KK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°C - 99.9Gy/h - 5,549h
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°C
	圧力	最高圧力：0.41MPa [gage]

[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1.4 KKケーブルのACA試験結果

項目	試験条件	判定
耐電圧試験	課電電圧：1,500V / 1分間	良

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

表1.5 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3. 添付-1) 参照】		評価期間 [年]*1	備考
	温度[°C]	放射線量率[Gy/h]		
通路部	45	0.005	495*2	

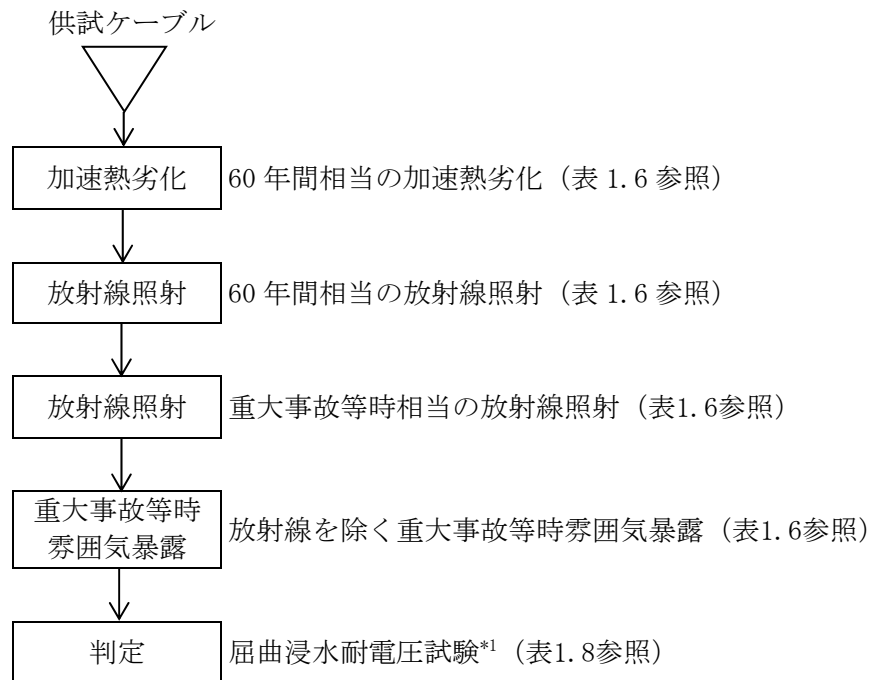
*1：稼働率100%での評価期間

*2：等価損傷線量データの重ね合わせ手法により評価

1.3 電気学会推奨案による健全性評価（重大事故等時）

a. 評価手順

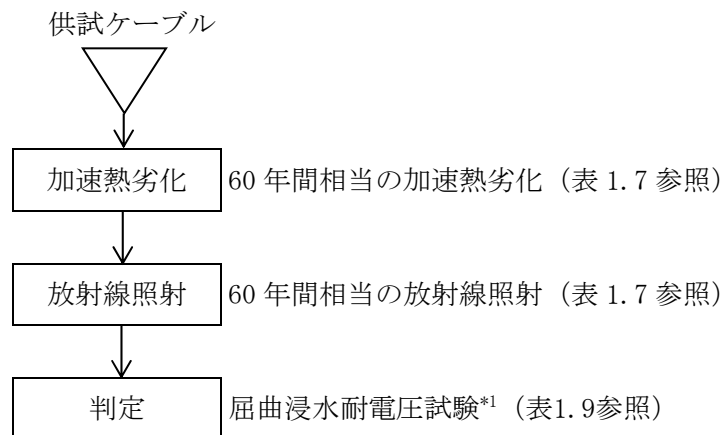
重大事故等時雰囲気内で機能要求があるKKケーブル及び難燃SHVVケーブルについては、重大事故等時雰囲気内での健全性をあわせて評価した。KKケーブル及び難燃SHVVケーブルの試験手順を図1.3及び図1.4に示す。



*1： 屈曲浸水耐電圧試験の試験手順は以下のとおりである

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

図1.3 KKケーブルの長期健全性試験手順



*1： 屈曲浸水耐電圧試験の試験手順は以下のとおりである

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

図1.4 難燃SHVVケーブルの長期健全性試験の手順

b. 試験条件

KKケーブル及び難燃SHVVケーブルの長期健全性試験条件を表1.6及び表1.7に示す。試験条件は、川内1号炉の実機環境に基づいて60年間の運転期間を想定した劣化条件を包絡している。

表 1.6 K Kケーブルの長期健全性試験条件*1（重大事故等）

		試験条件	60年間の通常運転時の使用条件【別紙3. 添付-1) 参照】に基づく劣化条件【別紙3. 添付-4) 参照】又は重大事故等時の環境条件【別紙3. 添付-5) 参照】
通常運転相当	温度	121℃-7日	97℃-7日 (=45℃*2-60年)
	放射線 (集積線量)	500kGy (10kGy/h以下)	2.7kGy*3
重大事故等相当	放射線 (集積線量)	1,500kGy (10kGy/h以下)	500kGy
	温度	最高温度：190℃	最高温度：約138℃
	圧力	最高圧力： 0.41MPa[gage]	最高圧力：約0.350MPa[gage]

*1：長期健全性試験は、絶縁体種類が同一でシース種類が異なる難燃K Kケーブルにて実施

*2：通常運転時の原子炉格納容器内K Kケーブル布設エリアの周囲温度実測値(複数の実測値の平均値のうち最大のもの)に余裕を加えた温度

*3：通常運転時の原子炉格納容器内K Kケーブル布設エリアの周囲線量率実測値(複数の実測値の平均値のうち最大のもの)に余裕を加えた線量率から算出した集積線量
 $(5 \times 10^{-3} [\text{Gy/h}] \times (24 \times 365.25) [\text{h/y}] \times 60 [\text{y}] = 2.7 \text{kGy})$

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

表 1.7 難燃SHVVケーブルの長期健全性試験条件（重大事故等）

	試験条件	60年間の通常運転時の使用条件*1に基づく劣化条件又は重大事故等時の環境条件【別紙3. 添付-6) 参照】
温度	135℃-14日	96℃-14日 (30℃*1-60年)(通常時) (100℃*2-7日)(事故時)
放射線 (集積線量)	500kGy (9.51kGy/h)	0.30kGy 0.29kGy*3(通常時) 0.03Gy*4(事故時)

*1：使用済燃料ピット周辺のケーブル布設エリアの周囲温度実測値(複数の実測値の平均値のうち最大のもの)に余裕を加えた温度(約30℃)

*2：重大事故等時の使用済燃料ピット周辺における温度(約100℃)として設定

*3：通常運転時の原子炉格納容器外の実測値(複数の実測値のうち最大のもの)から算出した集積線量
 $(0.55 \times 10^{-3} [\text{Gy/h}] \times (24 \times 365.25) [\text{h/y}] \times 60 [\text{y}] = 0.29 \text{kGy})$

*4：重大事故等時の使用済燃料ピット周辺での放射線量
 $0.15 \times 10^{-3} [\text{Gy/h}] \times 24 [\text{h/d}] \times 7 [\text{d}] = 0.03 \text{Gy}$

[出典(試験条件)：メーカーデータ]

c. 評価結果

KKケーブル及び難燃SHVVケーブルの長期健全性試験結果を表1.8及び表1.9に示す。電気学会推奨案に基づく評価の結果、川内1号炉のKKケーブル及び難燃SHVVケーブルは、運転開始後60年時点においても絶縁機能を維持できると判断する。

表1.8 KKケーブルの長期健全性試験結果

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

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

表1.9 難燃SHVVケーブルの長期健全性試験結果

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

[出典：メーカーデータ]

2. 現状保全

絶縁体の絶縁低下に対しては、定期的に計測制御系統設備の機能検査等により、系統機器の動作又は計器の指示値等に異常のないことを確認し、絶縁低下による機能低下のないことを確認している。

3. 総合評価

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

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

4. 高経年化への対応

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

5. 添付資料

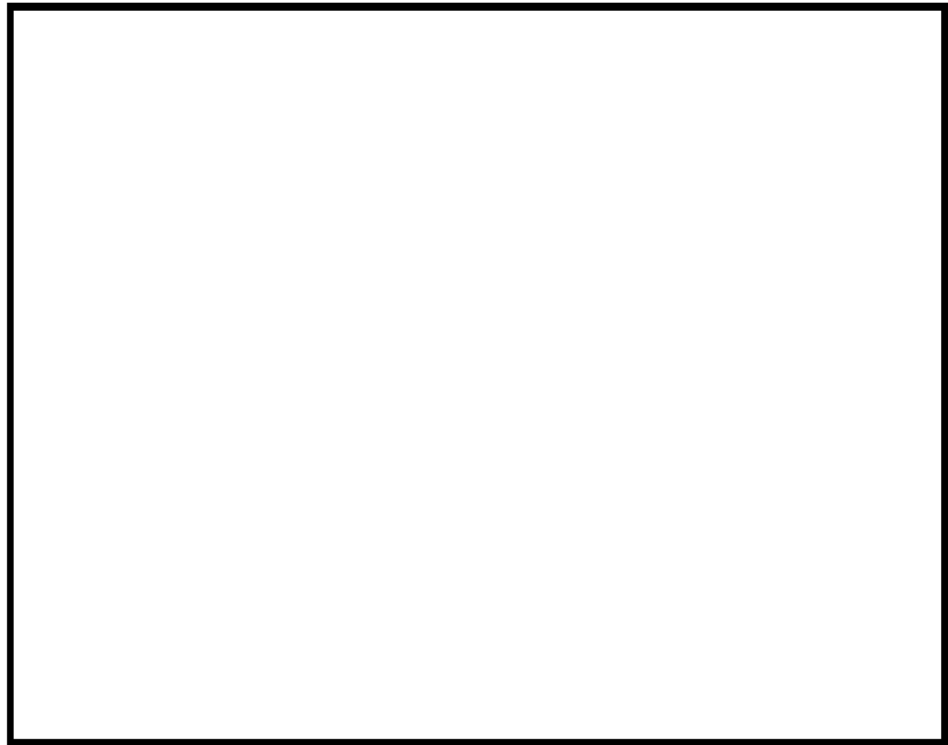
- 1) 原子炉格納容器内のKKケーブルの環境条件について
- 2) KKケーブルの長期健全性試験（設計基準事故）における評価期間について
- 3) KKケーブルの長期健全性試験条件の事故時条件（設計基準事故）の包絡性について
- 4) KKケーブルの長期健全性試験（重大事故等時）における評価期間について
- 5) KKケーブルの長期健全性試験条件の事故時条件（重大事故等時）の包絡性について
- 6) 難燃SHVVケーブルの電気学会推奨案に基づく長期健全性試験（重大事故等時）における評価期間及び事故時条件の包絡性について

タイトル	原子炉格納容器内のKKケーブルの環境条件について
概要	KKケーブルの評価期間を算定するために用いた環境条件の根拠について、以下に示す。
説明	低圧ケーブルの技術評価書において、KKケーブルについては、添付-1)で示したエリア（通路部（その他））の設置区分の環境条件（45℃、5mGy/h）で評価を実施している。

タイトル	KK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>KKケーブルの60年間の通常運転時の使用条件に基づく劣化条件は、ケーブル絶縁材の活性化エネルギーを用いて、アレニウス則により算出している。</p> <p>実機使用条件（45℃－60年）を、長期健全性試験条件（110℃－16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16日として換算した結果を以下に示す。</p> <table border="1" data-bbox="509 763 1272 857"> <thead> <tr> <th>T2[℃]</th> <th>L2[日]</th> <th>T1[℃]</th> <th>L1[年]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>91</td> <td>16</td> <td>45</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=91℃）は、長期健全性試験条件の温度（110℃）に包絡される。</p>	T2[℃]	L2[日]	T1[℃]	L1[年]	91	16	45	60
T2[℃]	L2[日]	T1[℃]	L1[年]						
91	16	45	60						

タイトル	KK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>別紙3. 添付-3)-2に事故時雰囲気暴露の試験条件を添付する。 設計基準事故（1次冷却材管の破断による原子炉冷却材喪失）の安全解析結果は、添付-4)-2を参照のこと。</p> <p>以下に示すように、事故時雰囲気暴露の試験条件は、実機の設計基準事故時条件を包絡している。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>条件（温度－時間）</th> <th>75℃換算*2</th> <th>合計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">事故時 雰囲気 暴露 試験</td> <td rowspan="2">*1</td> <td>13,860 時間 (577 日)</td> <td rowspan="2">232,138 時間 (9,672 日)</td> </tr> <tr> <td>218,278 時間 (9,095 日)</td> </tr> <tr> <td rowspan="4">設計基準 事故*3</td> <td rowspan="4"></td> <td>7,205 時間 (300 日)</td> <td rowspan="4">8,777 時間 (365 日)</td> </tr> <tr> <td>1,401 時間 (58 日)</td> </tr> <tr> <td>72 時間 (3 日)</td> </tr> <tr> <td>53 時間 (2 日)</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>46 時間 (2 日)</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>*1：試験初期は [] °Cであるが、安全側に [] °Cで見積もった。 *2：活性化エネルギー [] [kcal/mol]での換算値 *3：1次冷却材管の破断による原子炉冷却材喪失事故包絡条件</p>				条件（温度－時間）	75℃換算*2	合計	事故時 雰囲気 暴露 試験	*1	13,860 時間 (577 日)	232,138 時間 (9,672 日)	218,278 時間 (9,095 日)	設計基準 事故*3		7,205 時間 (300 日)	8,777 時間 (365 日)	1,401 時間 (58 日)	72 時間 (3 日)	53 時間 (2 日)			46 時間 (2 日)	
	条件（温度－時間）	75℃換算*2	合計																				
事故時 雰囲気 暴露 試験	*1	13,860 時間 (577 日)	232,138 時間 (9,672 日)																				
		218,278 時間 (9,095 日)																					
設計基準 事故*3		7,205 時間 (300 日)	8,777 時間 (365 日)																				
		1,401 時間 (58 日)																					
		72 時間 (3 日)																					
		53 時間 (2 日)																					
		46 時間 (2 日)																					

説 明



KKケーブル 事故時雰囲気暴露試験条件

タイトル	KK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>KKケーブルの60年間の通常運転時の使用条件に基づく劣化条件は、ケーブル絶縁材の活性化エネルギーを用いて、アレニウス則により算出している。</p> <p>実機使用条件（45℃－60年）を、長期健全性試験条件（121℃－7日）との比較を容易にするため、加速時間（L2）を試験条件と同じ7日として換算した結果を以下に示す。</p> <table border="1" data-bbox="509 763 1272 857"> <thead> <tr> <th>T2[℃]</th> <th>L2[日]</th> <th>T1[℃]</th> <th>L1[年]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>97</td> <td>7</td> <td>45</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=97℃）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]	97	7	45	60
T2[℃]	L2[日]	T1[℃]	L1[年]						
97	7	45	60						

タイトル	KK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>別紙3. 添付-5)-2に事故時雰囲気暴露の試験条件を添付する。 以下に示すように、事故時雰囲気暴露の試験条件は、実機の重大事故等時条件を包絡している。 なお、重大事故等時の安全解析結果（事故後7日間までの解析を実施）は添付-6)-2を参照のこと。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>条件（温度－時間）</th> <th>75℃換算*2</th> <th>合計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">事故時 雰囲気 暴露 試験</td> <td rowspan="3"></td> <td>95,113 時間</td> <td rowspan="3">362,679 時間 (15,111 日)</td> </tr> <tr> <td>37,502 時間</td> </tr> <tr> <td>230,064 時間</td> </tr> <tr> <td rowspan="17">重大事故 等時*2</td> <td rowspan="17"></td> <td>1 時間</td> <td rowspan="17">346,624 時間 (14,443 日)</td> </tr> <tr><td>4 時間</td></tr> <tr><td>36 時間</td></tr> <tr><td>980 時間</td></tr> <tr><td>4,894 時間</td></tr> <tr><td>5,119 時間</td></tr> <tr><td>7,341 時間</td></tr> <tr><td>10,239 時間</td></tr> <tr><td>12,784 時間</td></tr> <tr><td>14,274 時間</td></tr> <tr><td>43,803 時間</td></tr> <tr><td>32,116 時間</td></tr> <tr><td>22,373 時間</td></tr> <tr><td>31,472 時間</td></tr> <tr><td>25,597 時間</td></tr> <tr><td>20,600 時間</td></tr> <tr><td>18,410 時間</td></tr> <tr><td>20,098 時間</td></tr> <tr><td>19,573 時間</td></tr> <tr><td>23,284 時間</td></tr> <tr><td>22,060 時間</td></tr> <tr><td>11,564 時間</td></tr> </tbody> </table> <p>*1：活性化エネルギー [kcal/mol] での換算値 *2：格納容器過温破損事故包絡条件</p>				条件（温度－時間）	75℃換算*2	合計	事故時 雰囲気 暴露 試験		95,113 時間	362,679 時間 (15,111 日)	37,502 時間	230,064 時間	重大事故 等時*2		1 時間	346,624 時間 (14,443 日)	4 時間	36 時間	980 時間	4,894 時間	5,119 時間	7,341 時間	10,239 時間	12,784 時間	14,274 時間	43,803 時間	32,116 時間	22,373 時間	31,472 時間	25,597 時間	20,600 時間	18,410 時間	20,098 時間	19,573 時間	23,284 時間	22,060 時間	11,564 時間
	条件（温度－時間）	75℃換算*2	合計																																			
事故時 雰囲気 暴露 試験		95,113 時間	362,679 時間 (15,111 日)																																			
		37,502 時間																																				
		230,064 時間																																				
重大事故 等時*2		1 時間	346,624 時間 (14,443 日)																																			
		4 時間																																				
		36 時間																																				
		980 時間																																				
		4,894 時間																																				
		5,119 時間																																				
		7,341 時間																																				
		10,239 時間																																				
		12,784 時間																																				
		14,274 時間																																				
		43,803 時間																																				
		32,116 時間																																				
		22,373 時間																																				
		31,472 時間																																				
		25,597 時間																																				
		20,600 時間																																				
		18,410 時間																																				
20,098 時間																																						
19,573 時間																																						
23,284 時間																																						
22,060 時間																																						
11,564 時間																																						

<p>説 明</p>	<div data-bbox="416 315 1358 1032" style="border: 2px solid black; height: 320px; width: 590px;"></div> <p data-bbox="608 1077 1198 1111" style="text-align: center;">難燃KKケーブル 事故時雰囲気暴露試験条件</p>
------------	---

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

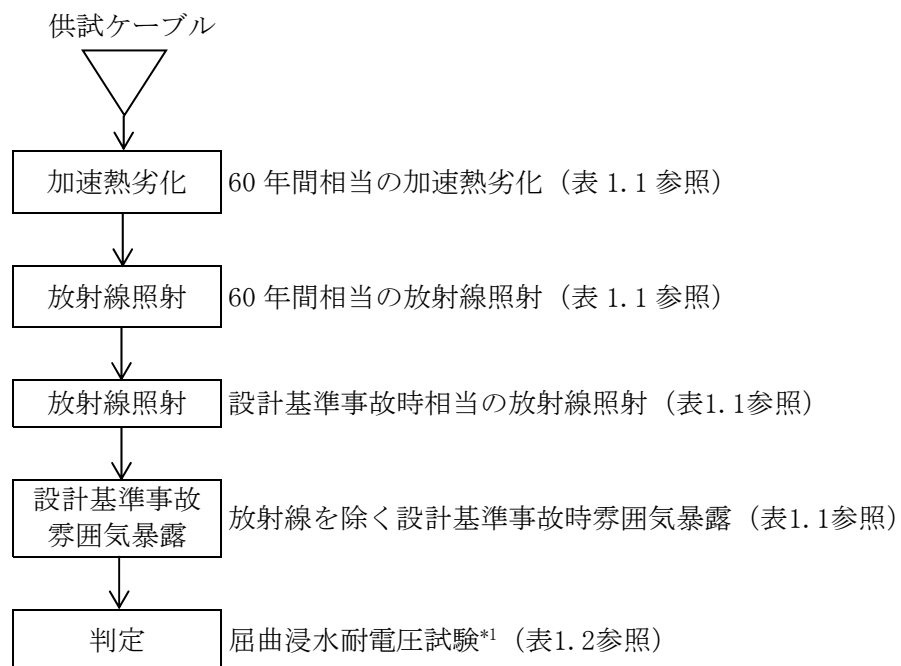
別紙 4. 同軸ケーブルの評価について

1. 健全性評価

1.1 電気学会推奨案による健全性評価（設計基準事故時）

a. 評価手順

設計基準事故時雰囲気内で機能要求がある難燃三重同軸ケーブル 1 は、電気学会推奨案に基づく実機同等品による長期健全性試験により評価した。試験手順を図1.1に示す。



*1： 屈曲浸水耐電圧試験の試験手順は以下のとおりである

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

図1.1 難燃三重同軸ケーブル 1 の長期健全性試験手順

b. 試験条件

難燃三重同軸ケーブル1の長期健全性試験条件を表1.1に示す。試験条件は、川内1号炉の実機環境に基づいて60年間の運転期間及び設計基準事故時を想定した劣化条件を包絡している。

表1.1 難燃三重同軸ケーブル1の長期健全性試験条件（設計基準事故）

		試験条件	60年間の通常運転時の使用条件【別紙4. 添付-1) 参照】に基づく劣化条件【別紙4. 添付-2) 参照】又は設計基準事故時の環境条件【別紙4. 添付-3) 参照】
通常運転相当	温度	121℃-7日	82℃-7日 (=45℃*1-60年)
	放射線 (集積線量)	500kGy (7.49kGy/h以下)	2.7kGy*2
設計基準事故相当	放射線 (集積線量)	1,500kGy (7.49kGy/h以下)	602kGy
	温度	最高温度：190℃	最高温度：約127℃
	圧力	最高圧力： 0.41MPa[gage]	最高圧力：約0.245MPa[gage]

*1：通常運転時の原子炉格納容器内難燃三重同軸ケーブル1布設エリアの周囲温度実測値（複数の実測値の平均値のうち最大のもの）に余裕を加えた温度

*2：通常運転時の原子炉格納容器内難燃三重同軸ケーブル1布設エリアの周囲線量率実測値（複数の実測値の平均値のうち最大のもの）に余裕を加えた線量率から算出した集積線量 $(5 \times 10^{-3} [\text{Gy/h}] \times (24 \times 365.25) [\text{h/y}] \times 60 [\text{y}] = 2.7 \text{kGy})$

[出典（試験条件）：メーカーデータ]

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、川内1号炉の難燃三重同軸ケーブル1は、運転開始後60年時点においても絶縁機能を維持できると判断する。

表1.2 難燃三重同軸ケーブル1の長期健全性試験結果

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

[出典：メーカーデータ]

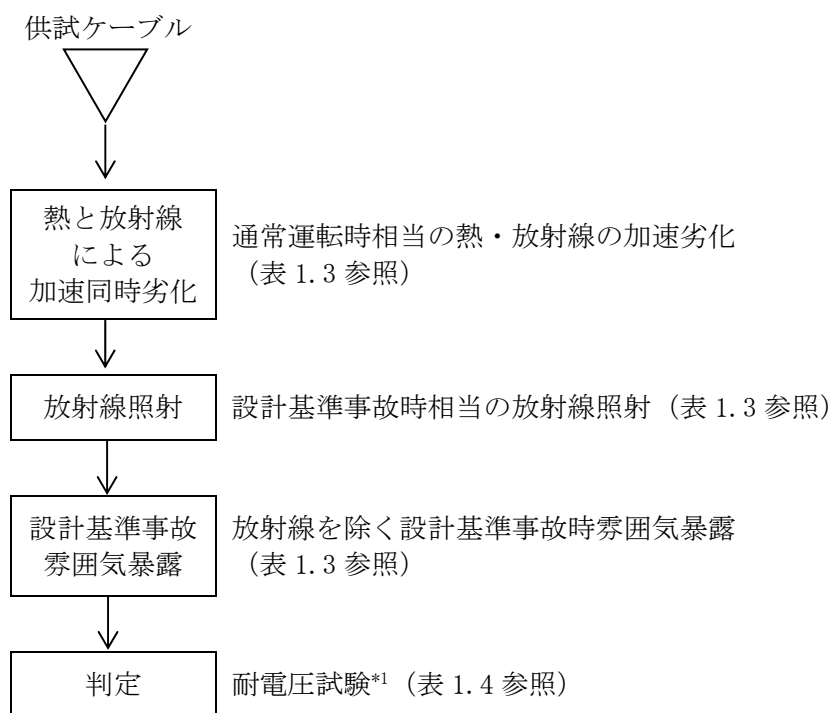
1.2 A C Aガイドによる健全性評価（設計基準事故時）

a. 評価手順

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

評価にあたっては、A C Aの試験結果を用いた。

難燃三重同軸ケーブル 1 の A C Aガイドに基づく試験手順を図1.2に示す。



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

図1.2 難燃三重同軸ケーブル 1 の A C Aガイドに基づく試験手順

b. 試験条件

難燃三重同軸ケーブル 1 の長期健全性試験条件を表1.3に示す。試験条件は、川内 1 号炉の実機環境に基づいて通常運転及び設計基準事故を想定した劣化条件を包絡している。

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。ACAに基づく評価の結果を表1.5に示す。評価結果から、川内1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°C-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°C
	圧力	最高圧力：0.41MPa[gage]

[出典：原子カプランド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1.4 難燃三重同軸ケーブル1のACA試験結果

項目	試験条件	判定
耐電圧試験	課電電圧：AC10kV/1分間 (C-1S) AC 2kV/1分間 (1S-2S)	良

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

表1.5 ACAガイドに基づく実布設環境での長期健全性評価結果

布設区分	実布設環境条件【別紙4.添付-1)参照】		評価期間 [年]*1	備考
	温度[°C]	放射線量率[Gy/h]		
通路部	45	0.005	154*2	

*1：稼働率100%での評価期間

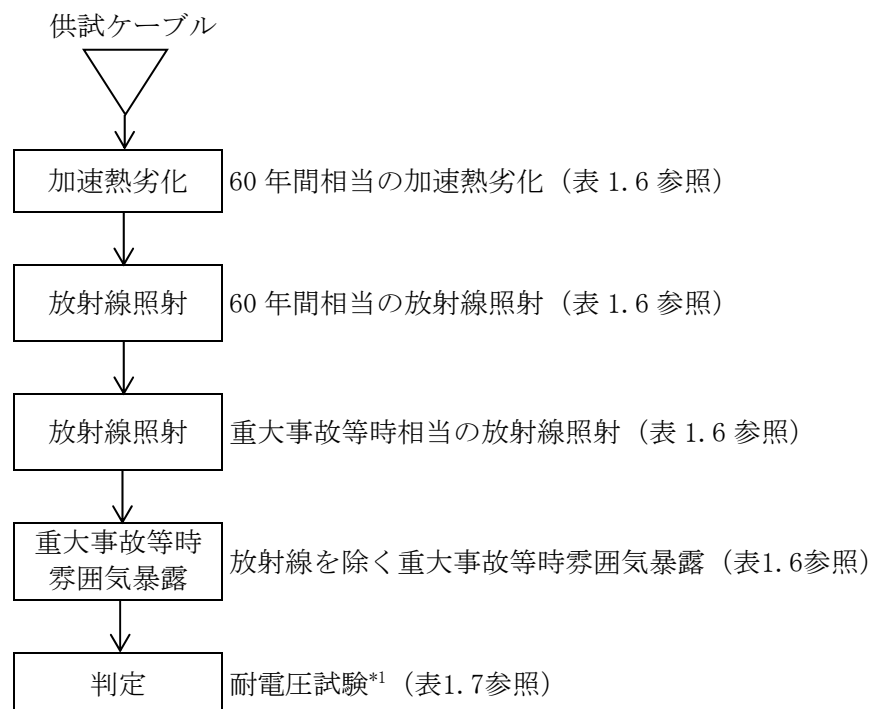
*2：時間依存データの重ね合わせ手法により評価

1.3 電気学会推奨案による健全性評価（重大事故等時）

a. 評価手順

重大事故等時雰囲気中で機能要求がある難燃三重同軸ケーブル1については、重大事故等時雰囲気内での健全性を電気学会推奨案に準じて評価した。難燃三重同軸ケーブル1の試験手順を図1.3に示す。

本試験は三重同軸コネクタ接続と一体の供試体で実施しており、判定試験として、三重同軸コネクタ接続の判定試験（耐電圧試験）を実施した。電気学会推奨案では、屈曲浸水耐電圧試験を実施することとしているが、合わせて「絶縁体やシースに用いられるゴム、プラスチック材料は、熱、放射線、水蒸気などの影響による劣化を受けるが、本来ならこの状態で電気特性を維持できれば、実用上問題ないといえる。」と記載されており、実機の使用電圧（DC1,000V）を大きく上回る電圧（DC3,000V）で耐電圧試験を実施していれば、健全性評価の観点から十分保守的であり、判定試験として妥当であると考え。なお、耐電圧試験（気中）は、最新知見であるACAガイドでも採用されている。



*1：耐電圧試験：規定電圧を規定時間印加し、絶縁破壊を生じるか否かを調べる

図1.3 難燃三重同軸ケーブル1の長期健全性試験手順

b. 試験条件

難燃三重同軸ケーブル1の長期健全性試験条件を表1.6に示す。試験条件は、川内1号炉の実機環境に基づいて60年間の運転期間を想定した劣化条件を包絡している。

表 1.6 難燃三重同軸ケーブル 1 の長期健全性試験条件*1 (重大事故等)

		試験条件	60年間の通常運転時の使用条件【別紙4. 添付-1) 参照】に基づく劣化条件【別紙4. 添付-4) 参照】又は重大事故等時の環境条件【別紙4. 添付-5) 参照】
通常運転相当	温度	113°C-255h	80°C-255h (=45°C*2-60年)
	放射線 (集積線量)	750kGy (10kGy/h以下)	2.7kGy*3
重大事故等相当	放射線 (集積線量)	500kGy (10kGy/h以下)	500kGy
	温度	最高温度：150°C	最高温度：約138°C
	圧力	最高圧力： 0.5MPa[gage]	最高圧力：約0.350MPa[gage]

*1：長期健全性試験は、絶縁体種類が同一でシース種類が異なる難燃三重同軸ケーブルにて実施した

*2：通常運転時の原子炉格納容器内難燃三重同軸ケーブル1布設エリアの周囲温度実測値(複数の実測値の平均値のうち最大のもの)に余裕を加えた温度

*3：通常運転時の原子炉格納容器内難燃三重同軸ケーブル1布設エリアの周囲線量率実測値(複数の実測値の平均値のうち最大のもの)に余裕を加えた線量率から算出した集積線量 $(5 \times 10^{-3} [\text{Gy/h}] \times (24 \times 365.25) [\text{h/y}] \times 60 [\text{y}] = 2.7 \text{kGy})$

[出典(試験条件)：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」]

c. 評価結果

難燃三重同軸ケーブル1の長期健全性試験結果を表1.7に示す。評価の結果、川内1号炉の難燃三重同軸ケーブル1は、運転開始後60年時点においても絶縁機能を維持できると判断する。

表1.7 難燃三重同軸ケーブル1の長期健全性試験結果

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

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

2. 現状保全

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

3. 総合評価

電気学会推奨案及びA C Aガイドに基づく健全性評価結果から判断して、絶縁体の絶縁低下により機器の健全性に影響を与える可能性はないと考える。

絶縁低下は、絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切である。

4. 高経年化への対応

絶縁体及び内部シースの絶縁低下については、現状保全項目に高経年化対策の観点から追加すべきものはないと判断する。

5. 添付資料

- 1) 原子炉格納容器内の難燃三重同軸ケーブル1の環境条件について
- 2) 難燃三重同軸ケーブル1の長期健全性試験（設計基準事故）における評価期間について
- 3) 難燃三重同軸ケーブル1の長期健全性試験条件の事故時条件（設計基準事故）の包絡性について
- 4) 難燃三重同軸ケーブル1の長期健全性試験（重大事故等時）における評価期間について
- 5) 難燃三重同軸ケーブル1の長期健全性試験条件の事故時条件（重大事故等時）の包絡性について

タイトル	原子炉格納容器内の難燃三重同軸ケーブル1の環境条件について
概要	難燃三重同軸ケーブル1の評価期間を算定するために用いた環境条件の根拠について、以下に示す。
説明	同軸ケーブルの技術評価書において、難燃三重同軸ケーブル1については、添付-1)で示したエリア(通路部(その他))の環境条件(45℃、5mGy/h)で評価を実施している。

タイトル	難燃三重同軸ケーブル 1 の長期健全性試験 (設計基準事故) における評価期間について								
概要	試験条件と実機の使用条件に基づく劣化条件との比較に用いた実環境温度および活性化エネルギー等を以下に示す。								
説明	<p>難燃三重同軸ケーブル 1 の 60 年間の通常運転時の使用条件に基づく劣化条件は、ケーブル絶縁材の活性化エネルギーを用いて、アレニウス則により算出している。</p> <p>実機使用条件 (45℃-60 年) を、長期健全性試験条件 (121℃-7 日) との比較を容易にするため、加速時間 (L2) を試験条件と同じ 7 日として換算した結果を以下に示す。</p> <table border="1" data-bbox="509 748 1272 842"> <thead> <tr> <th>T2[℃]</th> <th>L2[日]</th> <th>T1[℃]</th> <th>L1[年]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>82</td> <td>7</td> <td>45</td> <td>60</td> </tr> </tbody> </table> <p>活性化エネルギー： [kcal/mol] (メーカーデータ) での換算値 (L1:実環境年数、L2:加速時間、T1:実環境温度、T2:加速温度)</p> <p>実機使用条件を換算した加速温度 (T2=82℃) は、長期健全性試験条件の温度 (121℃) に包絡される。</p>	T2[℃]	L2[日]	T1[℃]	L1[年]	82	7	45	60
T2[℃]	L2[日]	T1[℃]	L1[年]						
82	7	45	60						

タイトル	難燃三重同軸ケーブル1の長期健全性試験条件の事故時条件（設計基準事故）の包絡性について																				
概要	試験条件の事故時条件が、実機に想定される設計基準事故時条件を包絡していることを以下に示す。																				
説明	<p>別紙4. 添付-3)-2に事故時雰囲気暴露の試験条件を添付する。 設計基準事故（1次冷却材管の破断による原子炉冷却材喪失）の安全解析結果（事故後27時間までの解析を実施）は、添付-4)-2を参照のこと。</p> <p>以下に示すように、事故時雰囲気暴露の試験条件は、実機の設計基準事故時条件を包絡している。</p> <table border="1" data-bbox="421 748 1350 1344"> <thead> <tr> <th data-bbox="421 748 552 797"></th> <th data-bbox="552 748 871 797">条件（温度－時間）</th> <th data-bbox="871 748 1118 797">75℃換算*3</th> <th data-bbox="1118 748 1350 797">合計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="421 797 552 965" rowspan="2">事故時 雰囲気 暴露 試験</td> <td data-bbox="552 797 871 869">□℃*1-□</td> <td data-bbox="871 797 1118 869">1,195,106時間 (49,796日)</td> <td data-bbox="1118 797 1350 965" rowspan="2">3,115,082時間 (129,795日)</td> </tr> <tr> <td data-bbox="552 869 871 965">□℃*2-□</td> <td data-bbox="871 869 1118 965">1,919,976時間 (79,999日)</td> </tr> <tr> <td data-bbox="421 965 552 1344" rowspan="5">設計基 準事故*4</td> <td data-bbox="552 965 871 1037" rowspan="5">□</td> <td data-bbox="871 965 1118 1037">100,672時間 (4,195日)</td> <td data-bbox="1118 965 1350 1344" rowspan="5">106,593時間 (4,442日)</td> </tr> <tr> <td data-bbox="871 1037 1118 1108">5,817時間 (242日)</td> </tr> <tr> <td data-bbox="871 1108 1118 1180">72時間 (3日)</td> </tr> <tr> <td data-bbox="871 1180 1118 1252">24時間 (1日)</td> </tr> <tr> <td data-bbox="871 1252 1118 1344">8時間 (1日)</td> </tr> </tbody> </table> <p>*1：試験初期は□℃であるが、安全側に□℃で見積もった。 *2：試験途中は□℃であるが、安全側に□℃で見積もった。 *3：活性化エネルギー□ [kcal/mol]での換算値 *4：1次冷却材管の破断による原子炉冷却材喪失事故包絡条件</p>				条件（温度－時間）	75℃換算*3	合計	事故時 雰囲気 暴露 試験	□℃*1-□	1,195,106時間 (49,796日)	3,115,082時間 (129,795日)	□℃*2-□	1,919,976時間 (79,999日)	設計基 準事故*4	□	100,672時間 (4,195日)	106,593時間 (4,442日)	5,817時間 (242日)	72時間 (3日)	24時間 (1日)	8時間 (1日)
	条件（温度－時間）	75℃換算*3	合計																		
事故時 雰囲気 暴露 試験	□℃*1-□	1,195,106時間 (49,796日)	3,115,082時間 (129,795日)																		
	□℃*2-□	1,919,976時間 (79,999日)																			
設計基 準事故*4	□	100,672時間 (4,195日)	106,593時間 (4,442日)																		
		5,817時間 (242日)																			
		72時間 (3日)																			
		24時間 (1日)																			
		8時間 (1日)																			

説 明	<div data-bbox="405 277 1366 927" style="border: 2px solid black; height: 290px;"></div> <p data-bbox="564 994 1241 1025">難燃三重同軸ケーブル1 事故時雰囲気暴露試験条件</p>
-----	--

タイトル	難燃三重同軸ケーブル1の長期健全性試験(重大事故等時)における評価期間について								
概要	試験条件と実機の使用条件に基づく劣化条件との比較に用いた実環境温度および活性化エネルギー等を以下に示す。								
説明	<p>難燃三重同軸ケーブル1の60年間の通常運転時の使用条件に基づく劣化条件は、ケーブル絶縁材の活性化エネルギーを用いて、アレニウス則により算出している。</p> <p>実機使用条件(45℃-60年)を、長期健全性試験条件(113℃-255時間)との比較を容易にするため、加速時間(L2)を試験条件と同じ255時間として換算した結果を以下に示す。</p> <table border="1" data-bbox="509 748 1270 840"> <thead> <tr> <th>T2[℃]</th> <th>L2[h]</th> <th>T1[℃]</th> <th>L1[年]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>80</td> <td>255</td> <td>45</td> <td>60</td> </tr> </tbody> </table> <p>活性化エネルギー：<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=80℃)は、長期健全性試験条件の温度(113℃)に包絡される。</p>	T2[℃]	L2[h]	T1[℃]	L1[年]	80	255	45	60
T2[℃]	L2[h]	T1[℃]	L1[年]						
80	255	45	60						

タイトル	難燃三重同軸ケーブル 1 の長期健全性試験条件の事故時条件（重大事故等時）の包絡性について					
概要	試験条件の事故時条件が、実機に想定される重大事故等時条件を包絡していることを以下に示す。					
説明	<p>別紙 4. 添付-5)-2 に事故時雰囲気暴露の試験条件を添付する。</p> <p>以下に示すように、事故時雰囲気暴露の試験条件は、実機の重大事故等時条件を包絡している。</p> <p>なお、重大事故等時の安全解析結果（事故後 7 日間までの解析を実施）は添付-6)-2 を参照のこと。</p> <table border="1" data-bbox="523 712 1259 913"> <thead> <tr> <th data-bbox="523 712 879 763"></th> <th data-bbox="879 712 1259 763">条件（温度－時間）</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="523 763 879 837">事故時雰囲気暴露試験</td> <td data-bbox="879 763 1259 913" rowspan="2"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="523 837 879 913">重大事故等時*1</td> </tr> </tbody> </table> <p>*1：格納容器過温破損事故包絡条件</p>		条件（温度－時間）	事故時雰囲気暴露試験		重大事故等時*1
	条件（温度－時間）					
事故時雰囲気暴露試験						
重大事故等時*1						

説 明



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

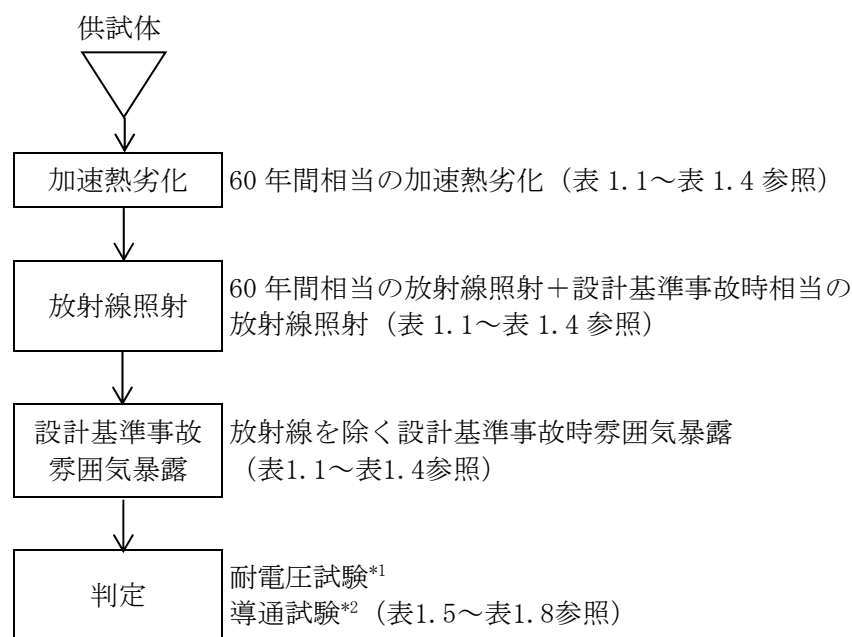
別紙 5. ケーブル接続部の評価について

1. 健全性評価

1.1 設計基準事故時雰囲気内で機能要求があるケーブル接続部の健全性評価

a. 評価手順

設計基準事故時雰囲気内で機能要求がある気密端子箱接続、直ジョイント、電動弁コネクタ接続 1 及び三重同軸コネクタ接続は、IEEE Std. 323-1974及びIEEE Std. 383-1974の規格に準拠して、実機同等品により長期健全性試験を実施しており、この結果に基づき健全性評価を行った。試験手順を図1.1に示す。



*1：耐電圧試験：規定電圧を規定時間印加し、絶縁破壊を生じるか否かを調べる

- ・気密端子箱接続
- ・直ジョイント
- ・三重同軸コネクタ接続

*2：導通試験：試験後導通不良がないか調べる

- ・電動弁コネクタ接続 1

図1.1 ケーブル接続部の長期健全性試験手順

b. 試験条件

ケーブル接続部の長期健全性試験条件を表1.1～表1.4に示す。試験条件は、川内 1 号炉の実機環境に基づいて60年間の運転期間を想定した劣化条件を包絡している。

表 1.1 気密端子箱接続の長期健全性試験条件（設計基準事故）*1

		試験条件	60年間の通常運転時の使用条件【別紙5. 添付-1) 参照】に基づく劣化条件【別紙5. 添付-2) 参照】又は設計基準事故時の環境条件【別紙5. 添付-3) 参照】
通常運転相当	温度	121°C-7日	103°C-7日 (=50°C*2-60年)
	放射線 (集積線量)	500kGy (10kGy/h)	185kGy*3
設計基準事故相当	放射線 (集積線量)	1,500kGy (10kGy/h)	602kGy
	温度	最高温度：190°C	最高温度：約127°C
	圧力	最高圧力： 0.41MPa[gage]	最高圧力：約0.245MPa[gage]

*1：設計基準事故時における環境条件が厳しい原子炉格納容器内気密端子箱接続の使用条件を代表として記載

*2：通常運転時の原子炉格納容器内気密端子箱接続設置エリアの周囲温度実測値(複数の実測値の平均値のうち最大のもの)に余裕を加えた温度

*3：通常運転時の原子炉格納容器内気密端子箱接続設置エリアの周囲線量率実測値(複数の実測値の平均値のうち最大のもの)に余裕を加えた線量率から算出した集積線量
 $(0.35[\text{Gy/h}] \times (24 \times 365.25) [\text{h/y}] \times 60 [\text{y}]) = 185\text{kGy}$

[出典(試験条件)：メーカーデータ]

表 1.2 直ジョイントの長期健全性試験条件（設計基準事故）*1

		試験条件	60年間の通常運転時の使用条件【別紙5. 添付-1) 参照】に基づく劣化条件【別紙5. 添付-2) 参照】又は設計基準事故時の環境条件【別紙5. 添付-3) 参照】
通常運転相当	温度	121°C-7日	103°C-7日*3 (=50°C*2-60年) 110°C-7日*4 (=50°C*2-60年)
	放射線 (集積線量)	500kGy (10kGy/h以下)	185kGy*5
設計基準事故相当	放射線 (集積線量)	1,500kGy (10kGy/h以下)	602kGy
	温度	最高温度：190°C	最高温度：約127°C
	圧力	最高圧力： 0.41MPa[gage]	最高圧力：約0.245MPa[gage]

*1：設計基準事故時における環境条件が厳しい原子炉格納容器内直ジョイントの使用条件を代表として記載

*2：通常運転時の原子炉格納容器内直ジョイント設置エリアの周囲温度実測値(複数の実測値の平均値のうち最大のもの)に余裕を加えた温度

*3：熱収縮チューブ材料(シリコーンゴム)の60年間の通常運転時の劣化条件を試験条件と比較するための7日間換算値

*4：熱収縮チューブ材料(難燃架橋ポリエチレン)の60年間の通常運転時の劣化条件を試験条件と比較するための7日間換算値

*5：通常運転時の原子炉格納容器内直ジョイント設置エリアの周囲線量率実測値(複数の実測値の平均値のうち最大のもの)に余裕を加えた線量率から算出した集積線量
 $(0.35[\text{Gy/h}] \times (24 \times 365.25) [\text{h/y}] \times 60 [\text{y}]) = 185\text{kGy}$

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

表 1.3 電動弁コネクタ接続 1 の長期健全性試験条件（設計基準事故）

		試験条件	60年間の通常運転時の使用条件【別紙5. 添付-1) 参照】に基づく劣化条件【別紙5. 添付-2) 参照】又は設計基準事故時の環境条件【別紙5. 添付-3) 参照】
通常運転相当	温度	138℃－12.5日	92℃－12.5日 ^{*2} (=45℃ ^{*1} －60年) 123℃－12.5日 ^{*3} (=45℃ ^{*1} －60年)
	放射線 (集積線量)	700kGy (10kGy/h)	－
設計基準事故相当	放射線 (集積線量)	1,500kGy (10kGy/h)	0.27kGy ^{*4}
	温度	最高温度：215℃	最高温度：約165℃
	圧力	最高圧力： 0.496MPa[gage]	最高圧力：約0.108MPa[gage]

- *1：通常運転時の主蒸気配管室内電動弁コネクタ接続1設置エリアの周囲温度実測値(複数の実測値の平均値のうち最大のもの)に余裕を加えた温度
 *2：リング等の気密材料の60年間の通常運転時の劣化条件を試験条件と比較するための12.5日間換算値
 *3：絶縁材料の60年間の通常運転時の劣化条件を試験条件と比較するための12.5日間換算値
 *4： $0.03[\text{Gy/h}] \times (24 \times 365.25) [\text{h/y}] = 0.27\text{kGy}$

[出典（試験条件）：メーカーデータ]

表 1.4 三重同軸コネクタ接続の長期健全性試験条件（設計基準事故）^{*1}

		試験条件	60年間の通常運転時の使用条件【別紙5. 添付-1) 参照】に基づく劣化条件【別紙5. 添付-2) 参照】又は設計基準事故時の環境条件【別紙5. 添付-3) 参照】
通常運転相当	温度	121℃－7日	96℃－7日 ^{*3} (=45℃ ^{*2} －60年) 65℃－7日 ^{*4} (=45℃ ^{*2} －60年)
	放射線 (集積線量)	500kGy (10kGy/h以下)	2.7kGy ^{*5}
設計基準事故相当	放射線 (集積線量)	1,500kGy (10kGy/h以下)	602kGy
	温度	最高温度：190℃	最高温度：約127℃
	圧力	最高圧力： 0.41MPa[gage]	最高圧力：約0.245MPa[gage]

- *1：設計基準事故時における環境条件が厳しい原子炉格納容器内三重同軸コネクタ接続の使用条件を代表として記載
 *2：通常運転時の原子炉格納容器内三重同軸コネクタ接続設置エリアの周囲温度実測値(複数の実測値の平均値のうち最大のもの)に余裕を加えた温度
 *3：リング等の気密材料の60年間の通常運転時の劣化条件を試験条件と比較するための7日間換算値
 *4：絶縁材料の60年間の通常運転時の劣化条件を試験条件と比較するための7日間換算値
 *5：通常運転時の原子炉格納容器内三重同軸コネクタ接続設置エリアの周囲線量率実測値(複数の実測値の平均値のうち最大のもの)に余裕を加えた線量率から算出した集積線量 $(5 \times 10^{-3}[\text{Gy/h}] \times (24 \times 365.25) [\text{h/y}] \times 60 [\text{y}] = 2.7\text{kGy})$

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

c. 評価結果

長期健全性試験結果を表1.5～表1.8に示す。評価の結果、川内1号炉の気密端子箱接続、直ジョイント、電動弁コネクタ接続1および三重同軸コネクタ接続は、運転開始後60年時点においても絶縁機能を維持できると判断する。

表1.5 気密端子箱接続の長期健全性試験結果

項目	試験条件	判定
耐電圧試験	AC 2.0kV 1分	良

[出典：メーカーデータ]

表1.6 直ジョイントの長期健全性試験結果

項目	試験条件	判定
耐電圧試験	AC 2.6kV 5分	良

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

表1.7 電動弁コネクタ接続1の長期健全性試験結果

項目	試験条件	判定
導通試験	通電が可能なこと	良

[出典：メーカーデータ]

表1.8 三重同軸コネクタ接続の長期健全性試験結果

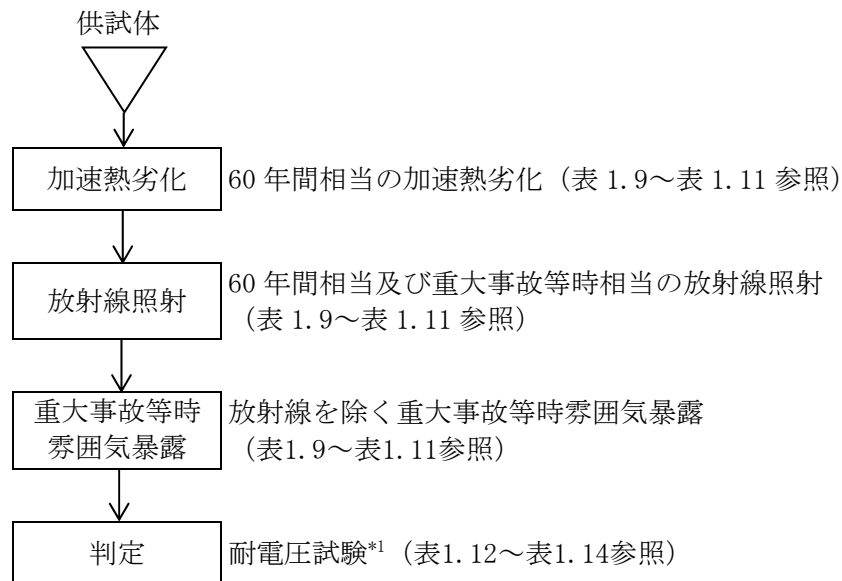
項目	試験条件*1	判定
耐電圧試験	DC 3.0kV 1分	良

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

1.2 重大事故等時雰囲気内で機能要求があるケーブル接続部の健全性評価

a. 評価手順

重大事故等時雰囲気内で機能要求がある気密端子箱接続、直ジョイント及び三重同軸コネクタ接続は、IEEE Std. 323-1974およびIEEE Std. 383-1974の規格に準拠して、実機同等品による長期健全性試験を実施しており、この結果に基づき健全性評価を行った。試験手順を図1.2に示す。



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

図1.2 ケーブル接続部の長期健全性試験手順

b. 試験条件

ケーブル接続部の長期健全性試験条件を表1.9～表1.11に示す。試験条件は、川内1号炉の実機環境に基づいて60年間の運転期間及び重大事故等を想定した劣化条件を包絡している。

表 1.9 気密端子箱接続の長期健全性試験条件（重大事故等）*1

		試験条件	60年間の通常運転時の使用条件【別紙5. 添付-1) 参照】に基づく劣化条件【別紙5. 添付-4) 参照】又は重大事故等時の環境条件【別紙5. 添付-5) 参照】
通常運転相当	温度	140℃-8h	128℃-8h (=50℃*2-60年)
	放射線 (集積線量)	500kGy (10kGy/h以下)	185kGy*3
重大事故等相当	放射線 (集積線量)	500kGy (10kGy/h以下)	500kGy
	温度	最高温度：150℃	最高温度：約138℃
	圧力	最高圧力： 0.5MPa[gage]	最高圧力：約0.350MPa[gage]

*1：重大事故等時における環境条件が厳しい原子炉格納容器内気密端子箱接続の使用条件を代表として記載

*2：通常運転時の原子炉格納容器内気密端子箱接続設置エリアの周囲温度実測値(複数の実測値の平均値のうち最大のもの)に余裕を加えた温度

*3：通常運転時の原子炉格納容器内気密端子箱接続設置エリアの周囲線量率実測値(複数の実測値の平均値のうち最大のもの)に余裕を加えた線量率から算出した集積線量
 $(0.35[\text{Gy/h}] \times (24 \times 365.25) [\text{h/y}] \times 60 [\text{y}]) = 185\text{kGy}$

[出典(試験条件)：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 1.10 直ジョイントの長期健全性試験条件（重大事故等）*1

		試験条件	60年間の通常運転時の使用条件【別紙5. 添付-1) 参照】に基づく劣化条件【別紙5. 添付-4) 参照】又は重大事故等時の環境条件【別紙5. 添付-5) 参照】
通常運転相当	温度	140℃-8h 140℃-21h	128℃-8h*3 (=50℃*2-60年) 129℃-21h*4 (=50℃*2-60年)
	放射線 (集積線量)	500kGy (10kGy/h以下)	185kGy*5
重大事故等相当	放射線 (集積線量)	500kGy (10kGy/h以下)	500kGy
	温度	最高温度：150℃	最高温度：約138℃
	圧力	最高圧力： 0.5MPa[gage]	最高圧力：約0.350MPa[gage]

*1：重大事故等時における環境条件が厳しい原子炉格納容器内直ジョイントの使用条件を代表として記載

*2：通常運転時の原子炉格納容器内直ジョイント設置エリアの周囲温度実測値(複数の実測値の平均値のうち最大のもの)に余裕を加えた温度

*3：熱収縮チューブ材料(シリコンゴム)の60年間の通常運転時の劣化条件を試験条件と比較するための8時間換算値

*4：熱収縮チューブ材料(難燃架橋ポリエチレン)の60年間の通常運転時の劣化条件を試験条件と比較するための21時間換算値

*5：通常運転時の原子炉格納容器内直ジョイント設置エリアの周囲線量率実測値(複数の実測値の平均値のうち最大のもの)に余裕を加えた線量率から算出した集積線量
 $(0.35[\text{Gy/h}] \times (24 \times 365.25) [\text{h/y}] \times 60 [\text{y}]) = 185\text{kGy}$

[出典(試験条件)：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 三重同軸コネクタ接続の長期健全性試験条件（重大事故等）*1

		試験条件	60年間の通常運転時の使用条件【別紙5. 添付-1) 参照】に基づく劣化条件【別紙5. 添付-4) 参照】又は設計基準事故時の環境条件【別紙5. 添付-5) 参照】
通常運転相当	温度	113°C - 255h	93°C - 255h*3 (=45°C*2 - 60年) 64°C - 255h*4 (=45°C*2 - 60年)
	放射線 (集積線量)	750kGy (10kGy/h 以下)	2.7kGy*5
重大事故等相当	放射線 (集積線量)	500kGy (10kGy/h 以下)	500kGy
	温度	最高温度：150°C	最高温度：約 138°C
	圧力	最高圧力： 0.5MPa[gage]	最高圧力：約 0.350MPa[gage]

- *1：重大事故等時における環境条件が厳しい原子炉格納容器内三重同軸コネクタ接続の使用条件を代表として記載
- *2：通常運転時の原子炉格納容器内三重同軸コネクタ接続設置エリアの周囲温度実測値（複数の実測値の平均値のうち最大のもの）に余裕を加えた温度
- *3：Oリング等の気密材料の60年間の通常運転時の劣化条件を試験条件と比較するための255時間換算値
- *4：絶縁材料の60年間の通常運転時の劣化条件を試験条件と比較するための255時間換算値
- *5：通常運転時の原子炉格納容器内三重同軸コネクタ接続設置エリアの周囲線量率実測値（複数の実測値の平均値のうち最大のもの）に余裕を加えた線量率から算出した集積線量 $(5 \times 10^{-3} [\text{Gy/h}] \times (24 \times 365.25) [\text{h/y}] \times 60 [\text{y}]) = 2.7 \text{kGy}$
 [出典（試験条件）：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」]

c. 評価結果

長期健全性試験結果を表1.12～表1.14に示す。評価の結果、川内1号炉の気密端子箱接続、直ジョイント及び三重同軸コネクタ接続は、運転開始後60年時点においても絶縁機能を維持できると判断する。

表1.12 気密端子箱接続の長期健全性試験結果

項目	試験条件	判定
耐電圧試験	AC 1.5kV 1分	良

[出典：電力共同委託「SA時の計装品の耐環境性能評価委託2014年度」]

表1.13 直ジョイントの長期健全性試験結果

項目	試験条件	判定
耐電圧試験	AC 1.5kV 1分	良

[出典：電力共同委託「SA時の計装品の耐環境性能評価委託2014年度」]

表1.14 三重同軸コネクタ接続の長期健全性試験結果

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

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

2. 現状保全

絶縁物等の絶縁低下に対して、電力用ケーブル接続部については、定期的に絶縁抵抗測定により、許容値以上であることを確認している。

制御・計装用ケーブル接続部については、定期的に計測制御系統設備の機能検査等により、系統機器の動作又は計器の指示等に異常のないことを確認し、絶縁低下による機能低下のないことを確認している。

3. 総合評価

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

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

4. 高経年化への対応

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

5. 添付資料

- 1) 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>ケーブル接続部評価書において、気密端子箱接続、直ジョイント、電動弁コネクタ接続1及び三重同軸コネクタ接続については、添付-1)で示したエリアの環境条件の中から以下の条件を選定して評価を実施している。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>対象機器</th> <th>布設区分</th> <th>温度[°C]</th> <th>線量率[Gy/h]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">気密端子箱接続</td> <td>ループ室</td> <td>45</td> <td>0.350</td> </tr> <tr> <td>加圧器上部</td> <td>50</td> <td>0.005</td> </tr> <tr> <td>MS室</td> <td>45</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td rowspan="4">直ジョイント</td> <td>ループ室</td> <td>45</td> <td>0.350</td> </tr> <tr> <td>加圧器上部</td> <td>50</td> <td>0.005</td> </tr> <tr> <td>通路部</td> <td>45</td> <td>0.005</td> </tr> <tr> <td>MS室</td> <td>45</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>電動弁コネクタ接続1</td> <td>MS室</td> <td>45</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>三重同軸コネクタ接続</td> <td>通路部</td> <td>45</td> <td>0.005</td> </tr> </tbody> </table>			対象機器	布設区分	温度[°C]	線量率[Gy/h]	気密端子箱接続	ループ室	45	0.350	加圧器上部	50	0.005	MS室	45	—	直ジョイント	ループ室	45	0.350	加圧器上部	50	0.005	通路部	45	0.005	MS室	45	—	電動弁コネクタ接続1	MS室	45	—	三重同軸コネクタ接続	通路部	45	0.005
対象機器	布設区分	温度[°C]	線量率[Gy/h]																																			
気密端子箱接続	ループ室	45	0.350																																			
	加圧器上部	50	0.005																																			
	MS室	45	—																																			
直ジョイント	ループ室	45	0.350																																			
	加圧器上部	50	0.005																																			
	通路部	45	0.005																																			
	MS室	45	—																																			
電動弁コネクタ接続1	MS室	45	—																																			
三重同軸コネクタ接続	通路部	45	0.005																																			

タイトル	ケーブル接続部の長期健全性試験（設計基準事故）における評価期間について																																																	
概要	試験条件と実機の使用条件に基づく劣化条件との比較に用いた実環境温度および活性化エネルギー等を以下に示す。																																																	
説明	<p>ケーブル接続部の 60 年間の通常運転時の使用条件に基づく劣化条件は、ケーブル接続部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>長期健全性試験による評価においては、別紙 5. 添付-1) で整理した各環境条件で評価する。</p> <p>実機使用条件 (T1℃-60 年) を、長期健全性試験条件 (気密端子箱接続、直ジョイント及び三重同軸コネクタ接続 : 121℃-7 日、電動弁コネクタ接続 1 : 138℃-12.5 日) との比較を容易にするため、加速時間 (L2) を試験条件と同じ 7 日又は 12.5 日として換算した結果を以下に示す。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>機器</th> <th>絶縁物</th> <th>T2[℃]</th> <th>L2[日]</th> <th>T1[℃]</th> <th>L1[年]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>①</td> <td>エチレンプロピレンゴム</td> <td>103</td> <td>7</td> <td>50</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">②</td> <td>シリコンゴム</td> <td>103</td> <td>7</td> <td>50</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td>難燃架橋ポリエチレン</td> <td>110</td> <td>7</td> <td>50</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">③</td> <td>エチレンプロピレンゴム</td> <td>92</td> <td>12.5</td> <td>45</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td>ジアリルフタレート樹脂</td> <td>123</td> <td>12.5</td> <td>45</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">④</td> <td>エチレンプロピレンゴム</td> <td>96</td> <td>7</td> <td>45</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td>架橋ポリスチレン</td> <td>65</td> <td>7</td> <td>45</td> <td>60</td> </tr> </tbody> </table> <p>注：表中の①～④は、それぞれ①→気密端子箱接続、②→直ジョイント、③→電動弁コネクタ接続 1、④→三重同軸コネクタ接続を示す。</p> <p>活性化エネルギー： エチレンプロピレンゴム：[] [kcal/mol] (メーカーデータ)、 シリコンゴム：[] [kcal/mol] (メーカーデータ)、 難燃架橋ポリエチレン：[] [kcal/mol] (メーカーデータ)、 ジアリルフタレート樹脂：[] [kcal/mol] (EPRI※1) 架橋ポリスチレン：[] [kcal/mol] (メーカーデータ)</p> <p>での換算値 (L1:実環境年数、L2:加速時間、T1:実環境温度、T2:加速温度) ※1 : EPRI NP-1588 「A Review of Equipment Aging Theory and Technology」</p> <p>実機使用条件を換算した加速温度は、長期健全性試験条件の温度 (121℃又は 138℃) に包絡される。</p>					機器	絶縁物	T2[℃]	L2[日]	T1[℃]	L1[年]	①	エチレンプロピレンゴム	103	7	50	60	②	シリコンゴム	103	7	50	60	難燃架橋ポリエチレン	110	7	50	60	③	エチレンプロピレンゴム	92	12.5	45	60	ジアリルフタレート樹脂	123	12.5	45	60	④	エチレンプロピレンゴム	96	7	45	60	架橋ポリスチレン	65	7	45	60
機器	絶縁物	T2[℃]	L2[日]	T1[℃]	L1[年]																																													
①	エチレンプロピレンゴム	103	7	50	60																																													
②	シリコンゴム	103	7	50	60																																													
	難燃架橋ポリエチレン	110	7	50	60																																													
③	エチレンプロピレンゴム	92	12.5	45	60																																													
	ジアリルフタレート樹脂	123	12.5	45	60																																													
④	エチレンプロピレンゴム	96	7	45	60																																													
	架橋ポリスチレン	65	7	45	60																																													

タイトル	ケーブル接続部の長期健全性試験条件の事故時条件（設計基準事故）の包絡性について																								
概要	試験条件の事故時条件が、実機に想定される設計基準事故時条件を包絡していることを以下に示す。																								
説明	<p>①気密端子箱接続</p> <p>別紙5. 添付-3)-2に事故時雰囲気暴露の試験条件を添付する。</p> <p>設計基準事故（1次冷却材管の破断による原子炉冷却材喪失）の安全解析結果は、添付-4)-2を、設計基準事故（主蒸気管破断）条件は添付-4)-3を参照のこと。</p> <p>以下に示すように、事故時雰囲気暴露の試験条件は、実機の設計基準事故時条件を包絡している。</p> <table border="1" data-bbox="418 797 1351 1603"> <thead> <tr> <th></th> <th>条件（温度－時間）</th> <th>75℃換算*2</th> <th>合計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">事故時 雰囲気 暴露 試験</td> <td rowspan="2">*1</td> <td>38,574 時間 (1,607 日)</td> <td rowspan="2">268,638 時間 (11,193 日)</td> </tr> <tr> <td>230,064 時間 (9,586 日)</td> </tr> <tr> <td rowspan="4">設計基 準事故*3</td> <td rowspan="4"></td> <td>7,679 時間 (320 日)</td> <td rowspan="4">9,298 時間 (387 日)</td> </tr> <tr> <td>1,451 時間 (60 日)</td> </tr> <tr> <td>72 時間 (3 日)</td> </tr> <tr> <td>52 時間 (2 日)</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">設計基 準事故*4</td> <td rowspan="3"></td> <td>81,923 時間 (3,413 日)</td> <td rowspan="3">81,930 時間 (3,414 日)</td> </tr> <tr> <td>1 時間 (0 日)</td> </tr> <tr> <td>6 時間 (1 日)</td> </tr> </tbody> </table> <p>*1：試験初期は [] °Cであるが、安全側に [] °Cで見積もった。</p> <p>*2：活性化エネルギー [] [kcal/mol]での換算値</p> <p>*3：1次冷却材管の破断による原子炉冷却材喪失事故包絡条件</p> <p>*4：主蒸気管破断事故包絡条件</p>				条件（温度－時間）	75℃換算*2	合計	事故時 雰囲気 暴露 試験	*1	38,574 時間 (1,607 日)	268,638 時間 (11,193 日)	230,064 時間 (9,586 日)	設計基 準事故*3		7,679 時間 (320 日)	9,298 時間 (387 日)	1,451 時間 (60 日)	72 時間 (3 日)	52 時間 (2 日)	設計基 準事故*4		81,923 時間 (3,413 日)	81,930 時間 (3,414 日)	1 時間 (0 日)	6 時間 (1 日)
	条件（温度－時間）	75℃換算*2	合計																						
事故時 雰囲気 暴露 試験	*1	38,574 時間 (1,607 日)	268,638 時間 (11,193 日)																						
		230,064 時間 (9,586 日)																							
設計基 準事故*3		7,679 時間 (320 日)	9,298 時間 (387 日)																						
		1,451 時間 (60 日)																							
		72 時間 (3 日)																							
		52 時間 (2 日)																							
設計基 準事故*4		81,923 時間 (3,413 日)	81,930 時間 (3,414 日)																						
		1 時間 (0 日)																							
		6 時間 (1 日)																							

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

説 明

②直ジョイント

事故時雰囲気暴露の試験条件を別紙 5. 添付-3)-4 に添付する。

また、設計基準事故（1次冷却材管の破断による原子炉冷却材喪失）の安全解析結果は添付-4)-2 を、設計基準事故（主蒸気管破断）条件は添付-4)-3 を参照のこと。

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

シリコーンゴム

	条件（温度－時間）	75℃換算*2	合計
事故時 雰囲気 暴露 試験	*1	38,574 時間 (1,607 日)	268,638 時間 (11,193 日)
		230,064 時間 (9,586 日)	
設計基 準事故*3		7,679 時間 (320 日)	9,298 時間 (387 日)
		1,451 時間 (60 日)	
		72 時間 (3 日)	
		52 時間 (2 日)	
設計基 準事故*4		81,923 時間 (3,413 日)	81,930 時間 (3,414 日)
		1 時間 (0 日)	
		6 時間 (1 日)	

*1：試験初期は °C であるが、安全側に °C で見積もった。

*2：活性化エネルギー [kcal/mol] での換算値

*3：1次冷却材管の破断による原子炉冷却材喪失事故包絡条件

*4：主蒸気管破断事故包絡条件

説 明	難燃架橋ポリエチレン			
	条件 (温度-時間)	75℃換算*2	合計	
事故時 雰囲気 暴露 試験		*1	15,325 時間 (639 日)	137,725 時間 (5,739 日)
			122,400 時間 (5,100 日)	
設計基 準事故*3			3,571 時間 (149 日)	4,742 時間 (198 日)
			960 時間 (40 日)	
			72 時間 (3 日)	
			66 時間 (3 日)	
設計基 準事故*4			73 時間 (3 日)	28,119 時間 (1,172 日)
			28,106 時間 (1,171 日)	
			1 時間 (0 日)	
			12 時間 (1 日)	

*1: 試験初期は [] °Cであるが、安全側に [] °Cで見積もった。
 *2: 活性化エネルギー [] [kcal/mol]での換算値
 *3: 1次冷却材管の破断による原子炉冷却材喪失事故包絡条件
 *4: 主蒸気管破断事故包絡条件

直ジョイント 事故時雰囲気暴露試験条件

説 明	<p>③電動弁コネクタ接続 1</p> <p>事故時雰囲気暴露の試験条件を別紙 5. 添付-3)-6 に添付する。 また、設計基準事故（主蒸気管破断）条件は添付-4)-3 を参照のこと。 以下に示すように、事故時雰囲気暴露の試験条件は、実機の設計基準事故時条件を包絡している。</p> <p>ジアリルフタレート樹脂</p>																															
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;"></th> <th style="width: 40%;">条件（温度－時間）</th> <th style="width: 20%;">75℃換算*2</th> <th style="width: 25%;">合計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2" style="text-align: center;">事故時 雰囲気 暴露 試験</td> <td rowspan="2" style="text-align: center;">*1</td> <td style="text-align: center;">255 時間 (11 日)</td> <td rowspan="2" style="text-align: center;">17,480 時間 (728 日)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">17,225 時間 (718 日)</td> </tr> <tr> <td rowspan="3" style="text-align: center;">設計基 準事故*3</td> <td rowspan="3" style="text-align: center;">*1</td> <td style="text-align: center;">1,773 時間 (74 日)</td> <td rowspan="3" style="text-align: center;">1,849 時間 (77 日)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1 時間 (0 日)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">75 時間 (3 日)</td> </tr> </tbody> </table> <p>*1：試験初期は [] °C であるが、安全側に [] °C で見積もった。 *2：活性化エネルギー [] [kcal/mol] での換算値 *3：主蒸気管破断事故包絡条件</p> <p>エチレンプロピレンゴム</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;"></th> <th style="width: 40%;">条件（温度－時間）</th> <th style="width: 20%;">75℃換算*2</th> <th style="width: 25%;">合計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2" style="text-align: center;">事故時 雰囲気 暴露 試験</td> <td rowspan="2" style="text-align: center;">*1</td> <td style="text-align: center;">6,721 時間 (280 日)</td> <td rowspan="2" style="text-align: center;">158,803 時間 (6,617 日)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">152,082 時間 (6,337 日)</td> </tr> <tr> <td rowspan="3" style="text-align: center;">設計基 準事故*3</td> <td rowspan="3" style="text-align: center;">*1</td> <td style="text-align: center;">81,923 時間 (3,413 日)</td> <td rowspan="3" style="text-align: center;">81,930 時間 (3,414 日)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1 時間 (0 日)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">6 時間 (1 日)</td> </tr> </tbody> </table> <p>*1：試験初期は [] °C であるが、安全側に [] °C で見積もった。 *2：活性化エネルギー [] [kcal/mol] での換算値 *3：主蒸気管破断事故包絡条件</p>				条件（温度－時間）	75℃換算*2	合計	事故時 雰囲気 暴露 試験	*1	255 時間 (11 日)	17,480 時間 (728 日)	17,225 時間 (718 日)	設計基 準事故*3	*1	1,773 時間 (74 日)	1,849 時間 (77 日)	1 時間 (0 日)	75 時間 (3 日)		条件（温度－時間）	75℃換算*2	合計	事故時 雰囲気 暴露 試験	*1	6,721 時間 (280 日)	158,803 時間 (6,617 日)	152,082 時間 (6,337 日)	設計基 準事故*3	*1	81,923 時間 (3,413 日)	81,930 時間 (3,414 日)	1 時間 (0 日)
	条件（温度－時間）	75℃換算*2	合計																													
事故時 雰囲気 暴露 試験	*1	255 時間 (11 日)	17,480 時間 (728 日)																													
		17,225 時間 (718 日)																														
設計基 準事故*3	*1	1,773 時間 (74 日)	1,849 時間 (77 日)																													
		1 時間 (0 日)																														
		75 時間 (3 日)																														
	条件（温度－時間）	75℃換算*2	合計																													
事故時 雰囲気 暴露 試験	*1	6,721 時間 (280 日)	158,803 時間 (6,617 日)																													
		152,082 時間 (6,337 日)																														
設計基 準事故*3	*1	81,923 時間 (3,413 日)	81,930 時間 (3,414 日)																													
		1 時間 (0 日)																														
		6 時間 (1 日)																														

<p>説 明</p>	<p>電動弁コネクタ接続 1 事故時雰囲気暴露試験条件</p>
------------	---------------------------------

説 明	④三重同軸コネクタ接続 事故時雰囲気暴露の試験条件を別紙 5. 添付-3)-8 に添付する。 また、設計基準事故（1次冷却材管の破断による原子炉冷却材喪失）の安全解析結果は添付-4)-2 を参照のこと。 以下に示すように、事故時雰囲気暴露の試験条件は、実機の設計基準事故時条件を包絡している。 エチレンプロピレンゴム																							
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;"></th> <th style="width: 40%;">条件（温度－時間）</th> <th style="width: 15%;">75℃換算*3</th> <th style="width: 30%;">合計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2" style="text-align: center; vertical-align: middle;">事故時 雰囲気 暴露 試験</td> <td rowspan="2" style="text-align: center; vertical-align: middle;">*</td> <td style="text-align: center;">*1 48,520 時間 (2,022 日)</td> <td rowspan="2" style="text-align: center; vertical-align: middle;">278,732 時間 (11,614 日)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">*2 230,212 時間 (9,592 日)</td> </tr> <tr> <td rowspan="5" style="text-align: center; vertical-align: middle;">設計基 準事故*4</td> <td></td> <td style="text-align: center;">7,679 時間 (320 日)</td> <td rowspan="5" style="text-align: center; vertical-align: middle;">9,298 時間 (387 日)</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">1,451 時間 (60 日)</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">72 時間 (3 日)</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">52 時間 (2 日)</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">44 時間 (2 日)</td> </tr> </tbody> </table>					条件（温度－時間）	75℃換算*3	合計	事故時 雰囲気 暴露 試験	*	*1 48,520 時間 (2,022 日)	278,732 時間 (11,614 日)	*2 230,212 時間 (9,592 日)	設計基 準事故*4		7,679 時間 (320 日)	9,298 時間 (387 日)		1,451 時間 (60 日)		72 時間 (3 日)		52 時間 (2 日)	
	条件（温度－時間）	75℃換算*3	合計																					
事故時 雰囲気 暴露 試験	*	*1 48,520 時間 (2,022 日)	278,732 時間 (11,614 日)																					
		*2 230,212 時間 (9,592 日)																						
設計基 準事故*4		7,679 時間 (320 日)	9,298 時間 (387 日)																					
		1,451 時間 (60 日)																						
		72 時間 (3 日)																						
		52 時間 (2 日)																						
		44 時間 (2 日)																						
*1：試験初期は [] °C であるが、安全側に [] °C で見積もった。 *2：試験途中は [] °C であるが、安全側に [] °C で見積もった。 *3：活性化エネルギー [] [kcal/mol] での換算値 *4：1次冷却材管の破断による原子炉冷却材喪失事故包絡条件																								

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

*1: 試験初期は [] °Cであるが、安全側に [] °Cで見積もった。
 *2: 試験途中は [] °Cであるが、安全側に [] °Cで見積もった。
 *3: 活性化エネルギー [] [kcal/mol]での換算値
 *4: 1次冷却材管の破断による原子炉冷却材喪失事故包絡条件

三重同軸コネクタ接続 事故時雰囲気暴露試験条件

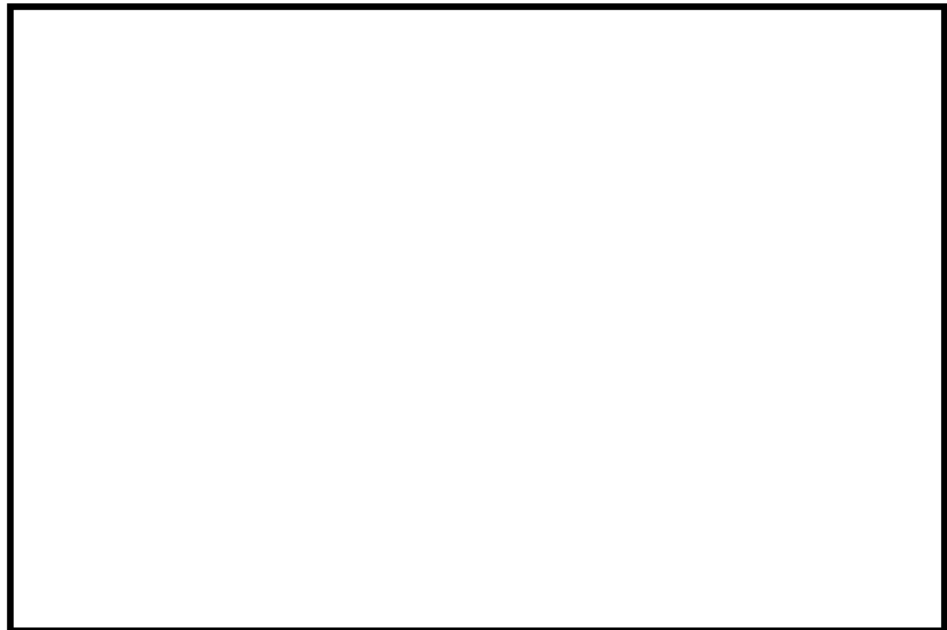
タイトル	ケーブル接続部の長期健全性試験（重大事故等時）における評価期間について																																						
概要	試験条件と実機の使用条件に基づく劣化条件との比較に用いた実環境温度および活性化エネルギー等を以下に示す。																																						
説明	<p>ケーブル接続部の 60 年間の通常運転時の使用条件に基づく劣化条件は、ケーブル絶縁材の活性化エネルギーを用いて、アレニウス則により算出している。</p> <p>長期健全性試験による評価においては、別紙 5. 添付-1)で整理した各環境条件で評価する。</p> <p>実機使用条件 (T1°C-60 年) を、長期健全性試験条件 (気密端子箱接続 : 140°C-8h、直ジョイント : 140°C-8h (シリコンゴム) 及び 140°C-21h (難燃架橋ポリエチレン)、三重同軸コネクタ接続 : 113°C-255h) との比較を容易にするため、加速時間 (L2) を試験条件と同じ時間として換算した結果を以下に示す。</p> <table border="1" data-bbox="421 875 1361 1155"> <thead> <tr> <th>機器</th> <th>絶縁物</th> <th>T2[°C]</th> <th>L2[h]</th> <th>T1[°C]</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>128</td> <td>8</td> <td>50</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">②</td> <td>シリコンゴム</td> <td>128</td> <td>8</td> <td>50</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td>難燃架橋ポリエチレン</td> <td>129</td> <td>21</td> <td>50</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">③</td> <td>エチレンプロピレンゴム</td> <td>93</td> <td>255</td> <td>45</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td>架橋ポリスチレン</td> <td>64</td> <td>255</td> <td>45</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を示す。</p> <p>活性化エネルギー： エチレンプロピレンゴム：[] [kcal/mol] (メーカーデータ)、 シリコンゴム：[] [kcal/mol] (メーカーデータ)、 難燃架橋ポリエチレン：[] [kcal/mol] (メーカーデータ)、 架橋ポリスチレン：[] [kcal/mol] (メーカーデータ)</p> <p>での換算値 (L1:実環境年数、L2:加速時間、T1:実環境温度、T2:加速温度)</p> <p>実機使用条件を換算した加速温度は、長期健全性試験条件の温度 (140°C 又は 113°C) に包絡される。</p>					機器	絶縁物	T2[°C]	L2[h]	T1[°C]	L1[年]	①	エチレンプロピレンゴム	128	8	50	60	②	シリコンゴム	128	8	50	60	難燃架橋ポリエチレン	129	21	50	60	③	エチレンプロピレンゴム	93	255	45	60	架橋ポリスチレン	64	255	45	60
機器	絶縁物	T2[°C]	L2[h]	T1[°C]	L1[年]																																		
①	エチレンプロピレンゴム	128	8	50	60																																		
②	シリコンゴム	128	8	50	60																																		
	難燃架橋ポリエチレン	129	21	50	60																																		
③	エチレンプロピレンゴム	93	255	45	60																																		
	架橋ポリスチレン	64	255	45	60																																		

タイトル	ケーブル接続部の長期健全性試験条件の事故時条件（重大事故等時）の包絡性について					
概要	試験条件の事故時条件が、実機に想定される重大事故等時条件を包絡していることを以下に示す。					
説明	<p>別紙 5. 添付-5)-2 に事故時雰囲気暴露の試験条件を添付する。</p> <p>以下に示すように、事故時雰囲気暴露の試験条件は、実機の重大事故等時条件を包絡している。</p> <p>なお、重大事故等時の安全解析結果（事故後 7 日間までの解析を実施）は添付-6)-2 を参照のこと。</p> <table border="1" data-bbox="520 725 1259 931"> <thead> <tr> <th data-bbox="520 725 877 779"></th> <th data-bbox="877 725 1259 779">条件（温度－時間）</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="520 779 877 853">事故時雰囲気暴露試験</td> <td data-bbox="877 779 1259 931" rowspan="2"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="520 853 877 931">重大事故等時*1</td> </tr> </tbody> </table> <p>*1：格納容器過温破損事故包絡条件</p>		条件（温度－時間）	事故時雰囲気暴露試験		重大事故等時*1
	条件（温度－時間）					
事故時雰囲気暴露試験						
重大事故等時*1						

説 明



重大事故等時（格納容器過温破損、格納容器過圧破損）
事故時雰囲気暴露の試験条件（気密端子箱接続及び直ジョイント）



重大事故等時（格納容器過温破損、格納容器過圧破損）
事故時雰囲気暴露の試験条件（三重同軸コネクタ接続）

別紙 6. 計測制御設備の評価について

1. 耐環境性能を要求されるプロセス計測制御設備について

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

表 1.1 計測制御設備の事故時環境下における機能要求分類

計測対象	対象機器	機器名称	重要度	設置場所*1	事故時環境下において機能要求のある機器	
					設計基準事故	重大事故等時
圧力	伝送器 (ダイヤフラム)	1次冷却材圧力	MS-2, 重	①	○	○
		加圧器圧力	MS-1	①	○	—
流量		主蒸気流量	MS-1	①	○	—
水位		加圧器水位	MS-1, 重	①	○	○
		蒸気発生器狭域水位	MS-1, 重	①	○	○
		蒸気発生器広域水位	MS-2, 重	①	○	○
		格納容器再循環サンブ狭域水位	MS-2, 重	①	○	○
		格納容器再循環サンブ広域水位	MS-2, 重	①	○	○
		原子炉容器水位	重	①	—	○
		伝送器 (電波式)	使用済燃料ピット水位 (S A)	重	②	—
	電極式 水位計*2	原子炉下部キャビティ水位	重	①	—	○
原子炉格納容器水位		重	①	—	○	
温度	測温 抵抗体	1次冷却材高温側温度 (広域)	MS-2, 重	①	○	○
		1次冷却材低温側温度 (広域)	MS-2, 重	①	○	○
		1次冷却材高温側温度 (狭域)	MS-1	①	○	—
		1次冷却材低温側温度 (狭域)	MS-1	①	○	—
		格納容器内温度	MS-2, 重	①	○	○
		使用済燃料ピット温度 (S A)	重	②	—	○
	熱電対	静的触媒式水素再結合装置動作監視装置	重	①	—	○
		電気式水素燃焼装置動作監視装置	重	①	—	○
放射線	放射線検出器*2	格納容器内高レンジエリアモニタ	MS-2, 重	①	○	○
制御設備	映像信号ケーブル	使用済燃料ピット状態監視カメラ用映像信号ケーブル	重	②	—	○

*1：設置場所 ①：原子炉格納容器内、②：使用済燃料ピットエリア

*2：無機物で構成されており、熱や放射線による劣化は想定されない。

2. 定期取替品の取替周期の妥当性について

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

2.1 伝送器（1次冷却材圧力等）

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

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

機器名称	エリア	温度 [°C]	線量率 [Gy/h]	事故時環境下において機能要求のある機器	
				設計基準事故	重大事故等時
1次冷却材圧力	CV 通路部	45	0.001	○	○
加圧器圧力				○	—
主蒸気流量				○	—
加圧器水位				○	○
蒸気発生器狭域水位				○	○
蒸気発生器広域水位				○	○
格納容器再循環サンプル狭域水位				○	○
格納容器再循環サンプル広域水位				○	○
原子炉容器水位				—	○

表 2.1.2 伝送器（1次冷却材圧力等）の事故時環境条件

事故の種類	温度	放射線	圧力
設計基準事故*1	約 127°C (最高温度)	602kGy (最大集積線量)	約 0.245MPa [gage] (最高圧力)
重大事故等時*2	約 138°C (最高温度)	500kGy (最大集積線量)	約 0.350MPa [gage] (最高圧力)

*1：1次冷却材管の破断による原子炉冷却材喪失

*2：健全性評価上、最も厳しい重大事故等時（格納容器過温破損）における使用条件

設計基準事故又は重大事故等時に耐環境性能を要求される伝送器（1次冷却材圧力等）の取替周期及び根拠を表2.1.3に、事故時雰囲気暴露試験の包絡性を表2.1.4及び表2.1.5に、事故時雰囲気暴露試験後の健全性試験結果を表2.1.6に示す。

表 2.1.3 伝送器（1次冷却材圧力等）の取替周期及び根拠

取替周期	対象	根拠
□年 以内	設計基準事故	伝送器の耐環境性評価研究（H17 電共研） <加速熱劣化> ・90℃×2,085時間のエージング →アレニウス換算 □ [eV] ^{*1} （EPRI）、通常運転時 45℃で □ 年相当と評価 <放射線照射> ・積算線量 150Gy+500kGy（10kGy/h） →想定される通常運転時 □ Gy ^{*2} +伝送器周囲の設計基準事故時積算線量約 268 k Gy ^{*3} 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 45℃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 ^{*2} +重大事故等時積算線量約 300 k Gy ^{*4} 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： $0.001[\text{Gy/h}] \times (24 \times 365.25) [\text{h/y}] \times \square [\text{y}] = \square \text{Gy}$

*3：602kGy（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 268kGy である。

*4：500kGy（最大集積線量）は原子炉格納容器内での重大事故等時集積線量の解析値を包絡するように設定した設計値であるが、実際の解析値は約 300kGy であることが確認されている。

表 2.1.4 伝送器（1次冷却材圧力等）の事故時雰囲気暴露試験（設計基準事故）の包絡性

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

*1：試験初期は [] °C であるが、安全側に [] °C で見積もった

*2：活性化エネルギー： [] [eV] (EPRI) での換算値

*3：1次冷却材管の破断による原子炉冷却材喪失事故包絡条件

表 2.1.5 伝送器（1次冷却材圧力等）の事故時雰囲気暴露試験（重大事故等時）の包絡性

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

*1：国内 PWR 3 ループプラントの原子炉格納容器内重大事故等時の安全解析結果包絡条件

表 2.1.6 伝送器（1次冷却材圧力等）の長期健全性試験結果

項目	判定
性能試験	良

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

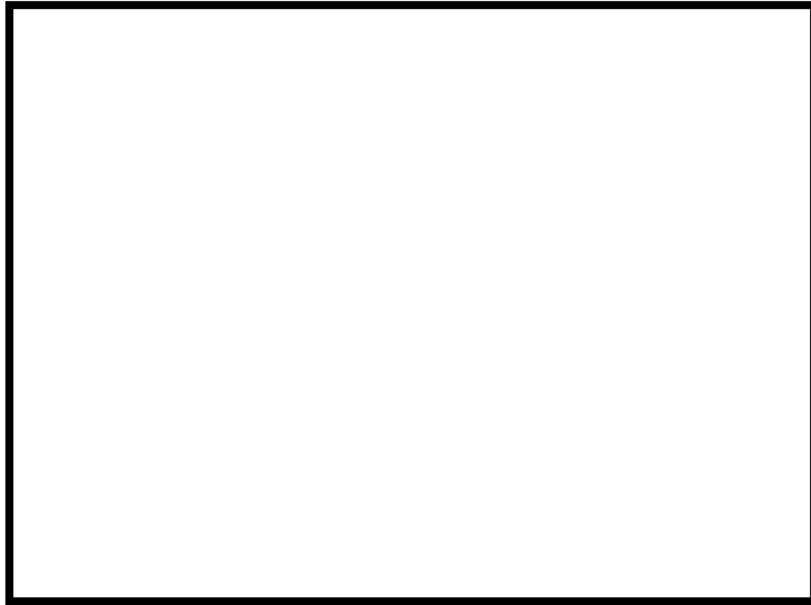


図 2.1.1 伝送器（1次冷却材圧力等） 設計基準事故時雰囲気暴露試験条件

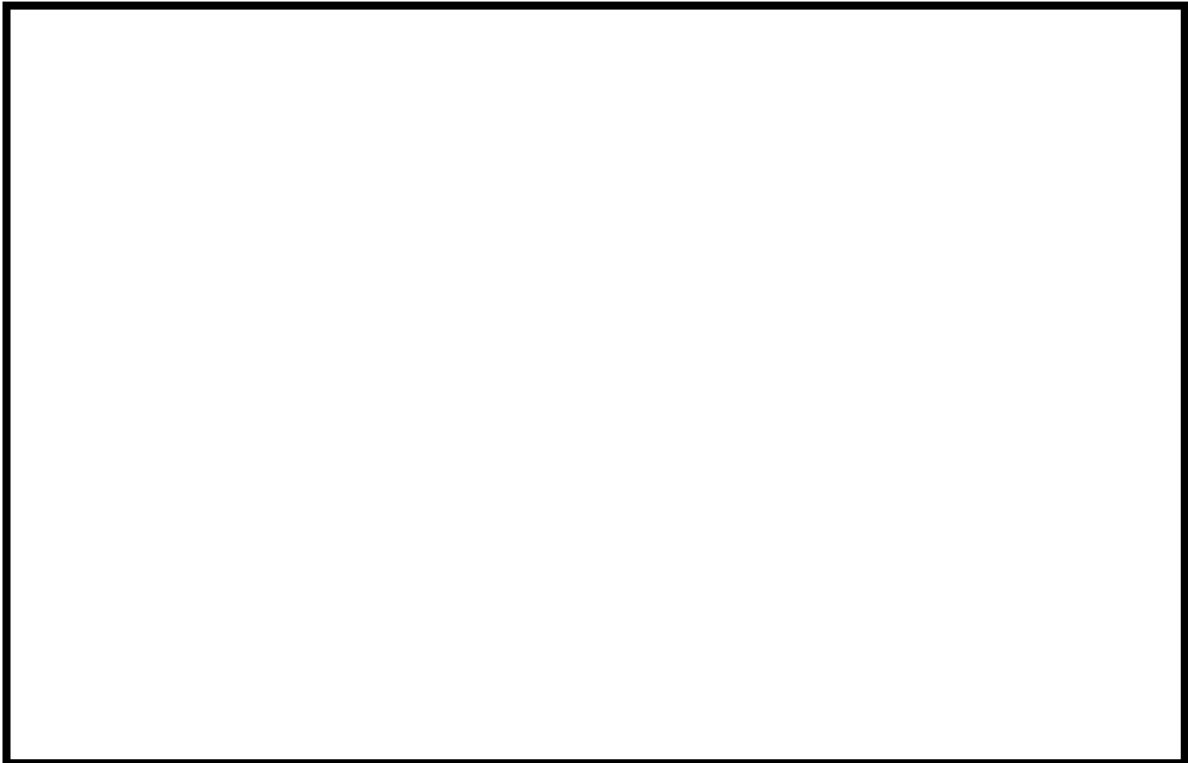


図 2.1.2 伝送器（1次冷却材圧力等） PWR 3ループプラントの原子炉格納容器内重大事故等時の安全解析結果包絡条件及び事故時雰囲気暴露の試験条件

2.2 伝送器（使用済燃料ピット水位（S A））

伝送器（使用済燃料ピット水位（S A））に適用される使用環境条件を表2.2.1に示す。

表 2.2.1 伝送器（使用済燃料ピット水位（S A））の使用環境条件

	周囲温度	線量率
通常運転時	約 30°C*2	$0.55 \times 10^{-3} \text{Gy/h}^{*2}$
重大事故等時*1	約 100°C*3	$0.15 \times 10^{-3} \text{Gy/h}^{*3}$

*1：使用済燃料ピットにおける重大事故に至るおそれがある事故

*2：通常運転時の原子炉格納容器外におけるケーブル布設エリアでの最大計測値

*3：重大事故等時の使用済燃料ピット周辺における温度および放射線量

重大事故等時に耐環境性能を要求される伝送器（使用済燃料ピット水位（S A））の取替周期及び根拠を表2.2.2に、事故時雰囲気暴露試験の包絡性を表2.2.3に、事故時雰囲気暴露試験後の健全性試験結果を表2.2.4に示す。

表 2.2.2 伝送器（使用済燃料ピット水位（S A））の取替周期及び根拠

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

*1： $0.55 [\text{mGy/h}] \times (24 \times 365.25) [\text{h/y}] \times \square [\text{y}] = \square \text{Gy}$

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

表 2.2.3 伝送器（使用済燃料ピット水位（S A））の事故時雰囲気暴露試験（重大事故等時）の包絡性

	条件（温度－時間）
事故時雰囲気暴露試験	□
重大事故等時*1	

*1：使用済燃料ピットにおける重大事故に至るおそれがある事故包絡条件

表2.2.4 伝送器（使用済燃料ピット水位（S A））の長期健全性試験結果

項目	判定
性能試験	良

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

2.3 測温抵抗体（1次冷却材高温側温度（広域）等）

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

表 2.3.1 測温抵抗体に適用される通常運転時の環境条件及び機能要求分類

機器名称	エリア	温度 [°C]	線量率 [Gy/h]	事故時環境下において 機能要求のある機器	
				設計基 準事故	重大事 故等時
1次冷却材高温側温度（広域）	CV ループ室	55	0.4	○	○
1次冷却材低温側温度（広域）				○	○
1次冷却材高温側温度（狭域）				○	—
1次冷却材低温側温度（狭域）				○	—
格納容器内温度	CV 通路部	45	0.005	○	○

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 127°C (最高温度)	602kGy (最大集積線量)	約 0.245MPa[gage] (最高圧力)
重大事故等時*2	約 138°C (最高温度)	500kGy (最大集積線量)	約 0.350MPa[gage] (最高圧力)

*1：1次冷却材管の破断による原子炉冷却材喪失

*2：健全性評価上、最も厳しい重大事故等における使用条件

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

表2.3.3 測温抵抗体の取替周期及び根拠

取替周期	対象	根拠
<p>□年 以内</p>	<p>設計基準事故 又は 重大事故等時</p>	<p>電力共同研究「PWRにおける過酷事故用電気計装品に関する経年劣化評価研究 Phase II（ケーブル以外）令和元年度」 <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 □ [kcal/mol] (EPRI) □ で □ [kcal/mol] (ACA)、通常運転時 55℃で、□年相当と評価 →積算線量 750 kGy*1 <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 602 kGy 又は重大事故等時積算線量 500 kGy を包絡</p>

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

*2 : $0.4 [\text{Gy/h}] \times (24 \times 365.25) [\text{h/y}] \times \square [\text{y}] = \square \text{ kGy}$

表 2.3.4 測温抵抗体の事故時雰囲気暴露試験の包絡性

	条件 (温度-時間)	100℃換算*1	合計
事故時雰囲気暴露試験 【図 2.3.1 参照】		1,378 時間	3,806 時間
		652 時間	
		551 時間	
		464 時間	
		414 時間	
		347 時間	
		30 時間	
設計基準事故*3 【添付-4)-2 参照】		30 時間	162 時間
		10 時間	
		23 時間	
		69 時間	
		1 時間	
重大事故等時*4 【添付-6)-2 参照】		1 時間	1,458 時間
		1 時間	
		1 時間	
		11 時間	
		33 時間	
		20 時間	
		49 時間	
		40 時間	
		46 時間	
		48 時間	
		141 時間	
		109 時間	
		80 時間	
		118 時間	
		101 時間	
		86 時間	
		81 時間	
		93 時間	
		95 時間	
		119 時間	
	119 時間		
	66 時間		

*1 : 活性化エネルギー [kcal/mol] (EPRI) での換算値

*2

*3 : 1 次冷却材管の破断による原子炉冷却材喪失事故包絡条件

*4 : 格納容器過温破損事故包絡条件

表2.3.5 測温抵抗体の長期健全性試験結果

項目	判定
性能試験	良

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



図 2.3.1 測温抵抗体 事故時雰囲気暴露試験条件

2.4 測温抵抗体（使用済燃料ピット温度（S A））

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

表 2.4.1 測温抵抗体（使用済燃料ピット温度（S A））の使用環境条件

	周囲温度	線量率
通常運転時	約 30°C*2	$0.55 \times 10^{-3} \text{Gy/h}^{*2}$
重大事故等時*1	約 100°C*3	$0.15 \times 10^{-3} \text{Gy/h}^{*3}$

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

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

表 2.4.2 測温抵抗体（使用済燃料ピット温度（S A））の使用環境条件

取替周期	根拠
□ 年 以内	電力共同研究「PWRにおける過酷事故用電気計装品に関する経年劣化評価研究 Phase II（ケーブル以外）令和元年度」 <加速熱劣化> ・90°C×146日のエージング →アレニウス換算（□[kcal/mol]（ACA）、通常運転時 30°Cで□年相当と評価 <放射線照射> ・積算線量 100Gy（10Gy/h） →想定される通常運転時□Gy*1+重大事故等時積算線量約 0.03 Gy*2を包絡

*1： $0.55 \times 10^{-3} [\text{Gy/h}] \times (24 \times 365.25) [\text{h/y}] \times \square [\text{y}] = \square \text{Gy}$

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

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

	条件（温度－時間）
事故時雰囲気暴露試験	□
重大事故等時*1	

*1：使用済燃料ピットにおける重大事故に至るおそれがある事故包絡条件

表2.4.4 測温抵抗体（使用済燃料ピット温度（S A））の長期健全性試験結果

項目	判定
性能試験	良

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

2.5 熱電対（静的触媒式水素再結合装置動作監視装置等）

重大事故等時に耐環境性能を要求される静的触媒式水素再結合装置動作監視装置及び電気式水素燃焼装置動作監視装置の熱電対に適用される環境条件を表2.5.1、表2.5.2に示す。

表 2.5.1 熱電対（静的触媒式水素再結合装置動作監視装置等）の使用環境条件

機器名称	エリア	温度[℃]	線量率[Gy/h]
静的触媒式水素再結合装置動作監視装置	CV 通路部	45	0.005
電気式水素燃焼装置動作監視装置	CV 通路部	45	0.005
	CV ループ室	45	0.35

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 138℃ (最高温度)	500kGy (最大集積線量)	約 0.35MPa [gage] (最高圧力)

*1：健全性評価上、最も厳しい重大事故等における使用条件

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

表2.5.3 熱電対の取替周期及び根拠

取替周期	根拠
□年 以内	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 □ [kcal/mol] (EPRI)、□ [kcal/mol] (ACA)、通常運転時 45℃で、□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*1 + 重大事故等時積算線量約 300 kGy*2 を包絡

*1：0.35[Gy/h] × (24 × 365.25) [h/y] × □ [y] = □ kGy

*2：500kGy（最大集積線量）は原子炉格納容器内での重大事故等時集積線量の解析値を包絡するように設定した設計値であるが、実際の解析値は約 300kGy であることが確認されている。

表 2.5.4 熱電対の事故時雰囲気暴露試験（重大事故等時）の包絡性

	条件（温度－時間）	100℃換算*1	合計
事故時雰囲気暴露試験 【図 2.5.1 参照】		*2 1,378 時間	3,806 時間
		652 時間	
		551 時間	
		464 時間	
		414 時間	
		347 時間	
重大事故等時*3 【添付-6)-2 参照】		1 時間	1,458 時間
		1 時間	
		1 時間	
		11 時間	
		33 時間	
		20 時間	
		49 時間	
		40 時間	
		46 時間	
		48 時間	
		141 時間	
		109 時間	
		80 時間	
		118 時間	
		101 時間	
		86 時間	
		81 時間	
	93 時間		
	95 時間		
	119 時間		
	119 時間		
	66 時間		

*1：活性化エネルギー [kcal/mol] (EPRI) での換算値

*2：

*3：格納容器過温破損事故包絡条件

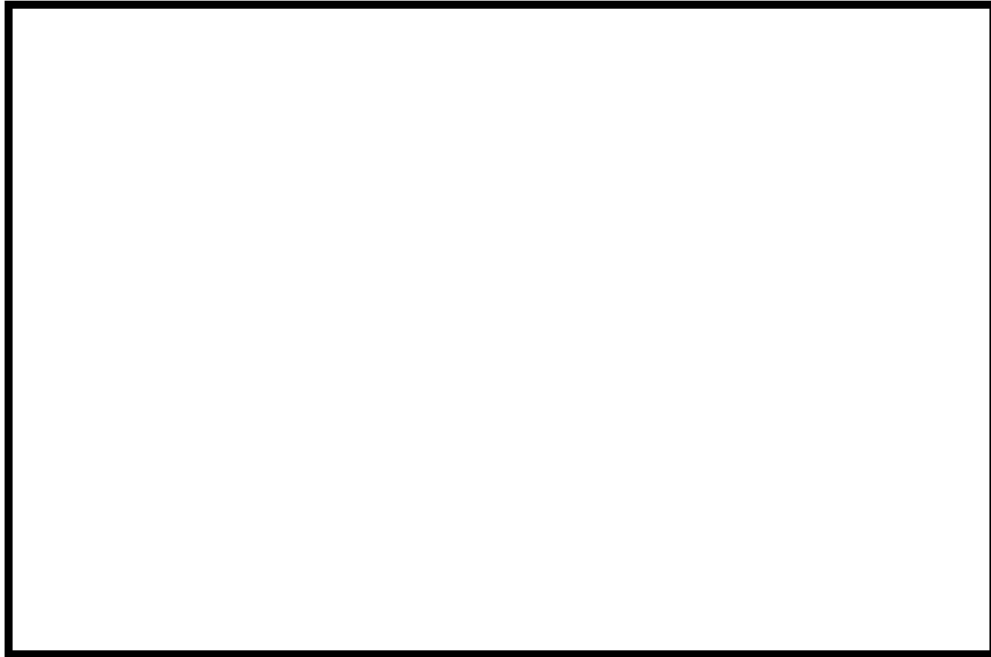


図 2.5.1 熱電対 事故時雰囲気暴露試験条件（重大事故等時）

表2.5.5 熱電対の長期健全性試験結果

項目	判定
性能試験	良

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

2.6 使用済燃料ピット状態監視カメラ用映像信号ケーブル

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

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

	周囲温度	線量率
通常運転時	約 30°C*2	$0.55 \times 10^{-3} \text{Gy/h}^{*2}$
重大事故等時*1	約 100°C*3	$0.15 \times 10^{-3} \text{Gy/h}^{*3}$

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

重大事故等時に耐環境性能を要求される使用済燃料ピット状態監視カメラ用映像信号ケーブルの取替周期及び根拠を表 2.6.2 に、事故時雰囲気暴露試験の包絡性を表 2.6.3 に、事故時雰囲気暴露試験後の健全性試験結果を表 2.6.4 に示す。

表 2.6.2 使用済燃料ピット状態監視カメラ用映像信号ケーブルの使用環境条件

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

*1 : $0.55 \times 10^{-3} [\text{Gy/h}] \times (24 \times 365.25) [\text{h/y}] \times \square [\text{y}] = \square \text{Gy}$

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

表 2.6.3 使用済燃料ピット状態監視カメラ用映像信号ケーブルの事故時雰囲気暴露試験 (重大事故等時) の包絡性

	条件 (温度-時間)
事故時雰囲気暴露試験	
重大事故等時*1	

*1：使用済燃料ピットにおける重大事故に至るおそれがある事故包絡条件

表 2.6.4 使用済燃料ピット状態監視カメラ用映像信号ケーブルの長期健全性試験結果

項目	判定
性能試験	良

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

タイトル	電気・計装品の評価（共通項目）について
概要	電気・計装品の評価（共通項目）について以下に示す。
説明	添付-1) 電気設備評価対象機器の製造メーカー、型式等について 添付-2) 評価対象機器の保全内容及び保全実績等について 添付-3) JEAG4623-2018で要求される試験項目の実施の有無について 添付-4) 電気計装設備のEQ管理に対する対応について

タイトル	電気設備評価対象機器の製造メーカ、型式等について			
概要	電気設備の主な技術評価対象機器の代表機器の製造メーカ、型式等を以下に示す。			
説明	評価設備	代表機器	型式	製造メーカ
	高圧ポンプ用電動機	海水ポンプ用電動機	全閉屋外形三相誘導電動機	
		充てん／高圧注入ポンプ用電動機	全閉屋内形三相誘導電動機	
		電動補助給水ポンプ用電動機	開放屋内形三相誘導電動機	
	低圧ポンプ用電動機	ほう酸ポンプ用電動機	全閉屋内形三相誘導電動機	
	電気ペネトレーション	ピッグテイル型	同左	
	弁電動装置	RHRS入口隔離弁電動装置	SMB-3	
	高圧ケーブル	難燃高圧C S HVケーブル	高圧架橋ポリエチレン絶縁難燃低塩酸特殊耐熱ビニルシース	
	低圧ケーブル	難燃PHケーブル	難燃エチレンプロピレンゴム絶縁難燃クロロスルホン化ポリエチレンシース	
	同軸ケーブル	難燃三重同軸ケーブル	架橋ポリエチレン絶縁架橋ポリエチレン内部シース・難燃架橋ポリエチレン外部シース	
	ケーブル接続部	気密端子箱接続	タイプD型	
		直ジョイント	LC-N	
三重同軸コネクタ接続		TRC-3SJ/TRC-3SP		

タイトル	評価対象機器の保全内容及び保全実績等について
概要	絶縁低下に関連する主な保全内容及び保全実績について以下に示す。
説明	<p>(1) 代表機器の保全内容</p> <p>技術評価を実施した代表機器の機器名、評価対象部位、保全項目、判定基準及び点検頻度を別紙 7. 添付-2)-1に示す。</p> <p>(2) 主な保全実績</p> <p>技術評価を実施した機器の主な補修・取替実績、実施時期及び取替理由を別紙 7. 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、判定基準及び点検頻度(1/4)

評価対象設備	グループ内代表機器	評価対象部位	保全項目	判定基準	点検頻度	備考
高圧ポンプ用電動機	海水ポンプ用電動機 充てん/高圧注入ポンプ用電動機 電動補助給水ポンプ用電動機	固定子コイル、口出線・接続部品	絶縁抵抗測定			
			直流吸収試験			
			tan δ 試験			
			部分放電試験			
低圧ポンプ用電動機	ほう酸ポンプ用電動機	固定子コイル、口出線	絶縁抵抗測定			
電気ペネトレーション	ピッグテイル型	ポッティング材、外部リード	絶縁抵抗測定又は機器の動作確認			
弁電動装置	RHRS 入口隔離弁電動装置	固定子コイル、口出線・接続部品	絶縁抵抗測定			
	T/D AFWP 蒸気元弁電動装置	主極コイル、補極コイル、電機子コイル、口出線・接続部品、電磁ブレーキ	絶縁抵抗測定			
高圧ケーブル	難燃高圧 CSHV ケーブル	絶縁体	絶縁抵抗測定			
			シース絶縁抵抗測定			
			遮蔽軟銅テープ抵抗測定			
			直流漏れ電流試験			
低圧ケーブル	KKケーブル 難燃PHケーブル 難燃SHVVケーブル FPE Tケーブル	絶縁体	絶縁抵抗測定又は系統機器の動作確認等			
同軸ケーブル	難燃三重同軸ケーブル 1	絶縁体、内部シース	絶縁抵抗測定			

代表機器の機器名、評価対象部位、保全項目、判定基準及び点検頻度 (2/4)

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

代表機器の機器名、評価対象部位、保全項目、判定基準及び点検頻度(3/4)

評価対象設備	グループ内代表機器	評価対象部位	保全項目	判定基準	点検頻度	備考
制御設備	ディーゼル発電機盤	励磁装置	絶縁抵抗測定 (絶縁試験)			
			tan δ 試験			
			直流吸収試験			
空調電動機	空調用冷凍機用電動機	固定子コイル (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 試験			
			部分放電試験			
空調電動機	ディーゼル発電機室給気ファン用電動機	固定子コイル (低圧)、口出線・接続部品 (低圧)	絶縁抵抗測定			
	安全補機室排気ファン用電動機	固定子コイル (低圧)、口出線	絶縁抵抗測定			
ダンパ	緊急時対策所非常用空気浄化設備電気加熱コイル入口電動ダンパ	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	制御用空気圧縮機用電動機	固定子コイル、口出線	絶縁抵抗測定			
	制御用空気除湿装置送風機用電動機	固定子コイル、口出線・接続部品				
燃料取扱設備 (クレーン関係)	燃料取替クレーン	電動機の固定子コイル	絶縁抵抗測定			
		電磁ブレーキの固定鉄心	絶縁抵抗測定			
		回転数発電機	絶縁抵抗測定			
		変圧器	絶縁抵抗測定			
	燃料移送装置	変圧器	絶縁抵抗測定			

代表機器の機器名、評価対象部位、保全項目、判定基準及び点検頻度(4/4)

評価対象設備	グループ内代表機器	評価対象部位	保全項目	判定基準	点検頻度	備考
ディーゼル発電設備	ディーゼル発電機	固定子コイル(高圧)、固定子口出線・接続部品(高圧)	絶縁抵抗測定			
			直流吸収試験			
			tan δ 試験			
			部分放電試験			
		回転子コイル(低圧)、回転子口出線・接続部品(低圧)	絶縁抵抗測定			
ディーゼル機関係属設備	温水循環ポンプ用電動機 潤滑油プライミングポンプ用電動機 燃料油移送ポンプ用電動機	固定子コイル、口出線	絶縁抵抗測定			
無停電電源	計装用電源装置	変圧器	絶縁抵抗測定			
制御棒駆動装置用電源設備	原子炉トリップ遮断器盤	ばね蓄勢用モータ(低圧モータ)	絶縁抵抗測定			
大容量空冷式発電機	大容量空冷式発電機	固定子巻線、主回路端子ケーブル、主回路端子	絶縁抵抗測定			
			直流吸収試験			
		回転子巻線、励磁機固定子巻線、励磁機回転子巻線	絶縁抵抗測定			
	大容量空冷式発電機用給油ポンプ電動機	固定子コイル、口出線	絶縁抵抗測定			

技術評価を実施した機器の主な補修・取替実績、実施時期及び取替理由

評価対象設備	機器名	補修・取替実績	実施時期	取替理由
高圧ポンプ用電動機	海水ポンプ用電動機	絶縁更新 (1台/4台)	第18回定期検査時 (2007年度)	予防保全
		絶縁更新 (2台/4台)	第19回定期検査時 (2008年度)	予防保全
		絶縁更新 (1台/4台)	第20回定期検査時 (2009年度～2010年度)	予防保全
	充てん/高圧注入ポンプ用電動機	絶縁更新 (1台/3台)	第18回定期検査時 (2007年度)	予防保全
		絶縁更新 (2台/3台)	第19回定期検査時 (2008年度)	予防保全
	電動補助給水ポンプ用電動機	絶縁更新 (1台/2台)	第26回定期検査時 (2021年度)	予防保全
低圧ポンプ用電動機	ほう酸ポンプ用電動機	本体取替 (2台/2台)	第21回定期検査時 (2011年度～2015年度)	予防保全
高圧ケーブル	難燃高圧 CSHV ケーブル (空調用冷凍機用、海水ポンプ用)	ケーブル更新	第21回定期検査時 (2011年度～2015年度) 第23回定期検査時 (2017年度～2018年度) 第25回定期検査時 (2020年度)	予防保全
低圧ケーブル	難燃 PH ケーブル (ループ室内)	ケーブル更新	第23回～第25回定期検査時 (2018年度～2020年度)	予防保全
	難燃 PH ケーブル (通路部ケーブルトレイ内)	ケーブル更新	第21回定期検査時 (2011年度～2015年度)	予防保全
メタルクラッド開閉装置	計器用変流器及び計器用変圧器	本体取替 (C系: 15台/18台)	第23回定期検査時 (2017年度～2018年度)	予防保全
		本体取替 (C系: 2台/18台) (D系: 17台/18台)	第25回定期検査時 (2020年度)	予防保全
パワーセンタ	保護リレー (静止形)	遮断器取替 (C系: 9台/18台)	第15回定期検査時 (2003年度)	予防保全
		遮断器取替 (C系: 7台/18台)	第16回定期検査時 (2004年度)	予防保全
		遮断器取替 (D系: 15台/17台)	第19回定期検査時 (2008年度)	予防保全
	計器用変圧器	本体取替 (C系: 1台/1台)	第23回定期検査時 (2017年度～2018年度)	予防保全
		本体取替 (D系: 1台/1台)	第25回定期検査時 (2020年度)	予防保全
	制御設備	ディーゼル発電機盤	本体取替 (2台/2台)	第15回定期検査時 (2003年度)
ディーゼル発電機盤 (計器用変圧器)		計器用変圧器 (4台/4台)	第24回定期検査時 (2019年度)	予防保全
電動機	ディーゼル発電機室給気ファン用電動機	本体取替 (2台/4台)	第26回定期検査時 (2021年度)	予防保全
ディーゼル発電機	ディーゼル発電機	絶縁更新 (1台/2台)	第23回定期検査時 (2017年度～2018年度)	予防保全
		絶縁更新 (1台/2台)	第25回定期検査時 (2020年度)	予防保全
無停電電源	計装用電源装置	本体取替 (4台/4台)	第20回定期検査時 (2009年度～2010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及び弁電動装置駆動部の長期健全性試験について、JEAG4623-2018 で要求される試験項目の実施有無について以下に示す。
説明	<p>1) 電気ペネトレーション</p> <p>電気ペネトレーションの長期健全性試験は、JEAG4623-2018（日本電気協会 原子力発電所の安全系電気・計装品の耐環境性能の検証に関する指針）（以下、「JEAG4623」という。）で呼び込んでいる IEEE Std. 317-2013 に準拠した手順で実施している（別紙 7. 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 7. 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研の実施有無(1/4)

No	IEEE Std. 317-2013 要求事項		S58 年電共研 実施有無	IEEE Std. 317-2013 の要求に対して、 電共研で実施していない場合の理由等
	試験項目	試験内容		
1	6.3.1 初期特性試験	各供試体は製造試験に合格していること。	○ (実施) 以降同じ	—
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。	× (未実施)	本試験は、輸送中の温度や振動に対する検証と考えられる。輸送・保管中の温度はほぼ常温と考えられ、厳しい環境条件に曝されることはないため、劣化への影響は非常に小さいと考えられる。また、輸送中の振動に対しても、梱包をしており、劣化への影響は非常に小さいと考えられる。
3	6.3.2 2) 運転熱サイク ルの模擬	供試体は、供用期間中の運転サイクルを模擬した熱サイクル試験を行うこと。	×	本試験は、温度変化による熱応力に対する検証と考えられる。温度変化は、定検中の C/V 内最低温度と運転中の最高温度が定検毎に 1 回あるとして、約 10℃～約 60℃で 60 サイクル程度である。電気ペネトレーションを常温(20℃)で製作、20℃→60℃の温度変化に対して、ポッティング材の熱応力、シュラウド、導体との接着面のせん断応力を求めた。その結果、熱応力は [] MPa 程度で、引張強度 約 [] MPa に対して非常に小さい。また、接着面のせん断応力も [] MPa 程度で引張せん断接着強さ [] MPa に対して非常に小さく、ポッティング材の割れや剥がれに対して問題ないレベルと考えられる。また、サイクル数も 60 回程度と少ないことから、熱応力による劣化への影響は非常に小さいと考えられる。
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。 	○	—

IEEE Std. 317-2013 の長期健全性試験に関する要求事項と電共研の実施有無(2/4)

No	IEEE Std. 317-2013 要求事項		S58 年電共研 実施有無	IEEE Std. 317-2013 の要求に対して、 電共研で実施していない場合の理由等
	試験項目	試験内容		
5	6.3.2 4) 放射線照射の 模擬	設計通常使用環境の放射線を設置寿命期間中模擬した放射線を供試体に照射するものとする。設計基準事象による最大累積放射線量をこの時点で含めても良い。	○	—
		6.3.2 1)～4)の事前処理後、供試体は、漏えい試験及び電気試験(導通、絶縁抵抗試験、耐電圧試験)に合格するものとする。	○	—
6	6.3.3 (1) 短絡電流及び 短絡熱容量試 験	短絡電流及び短絡熱容量試験を行うこと。 ・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。	×	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。 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 XXXXXXXXXX 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。 ・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。
		・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。		
7	6.3.3 (2) 耐震試験	・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。 ・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。	○	—

IEEE Std. 317-2013 の長期健全性試験に関する要求事項と電共研の実施有無(3/4)

No	IEEE Std. 317-2013 要求事項		S58 年電共研 実施有無	IEEE Std. 317-2013 の要求に対して、 電共研で実施していない場合の理由等
	試験項目	試験内容		
8	6.3.3 (3) 最過酷 DBE 環 境条件の模擬 試験	<ul style="list-style-type: none"> 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及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ないと考えられる。</p> <p>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短時間許容温度及び絶縁体の熱劣化に対して影響はないと考えられる。</p>

IEEE Std. 317-2013 の長期健全性試験に関する要求事項と電共研の実施有無(4/4)

No	IEEE Std. 317-2013 要求事項		S58 年電共研 実施有無	IEEE Std. 317-2013 の要求に対して、 電共研で実施していない場合の理由等
	試験項目	試験内容		
10	6.3.3 (5) 最過酷 DBE 環境条件での定格短絡電流試験	<ul style="list-style-type: none"> 最も厳しい DBE 環境条件時の定格連続電流通電時に、供試体の 1 回路が定格短絡電流を通电できるものとする。 電流値及び継続時間は、短絡電流試験は、定格短絡電流以上で、継続時間は 0.033 秒以上とする。 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 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电させる。 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 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	・必要に応じて初期機能試験と同様の検査を行うこと。	○	—
9	6.3.2i) 通常加圧サイ クル試験	・外部加圧の代表的な回数 (e. g. 15回) を駆動部の最大格納容器圧力に曝す (e. g. 448 kPag (65psig))。 ・圧力は最大格納容器圧力までゆっくりと高め、一定時間 (e. g. 3~5 分) 安定を保ち、その後各圧力サイクルについてゆっくりと減圧する。	○	—
10	6.3.2j) 通常加圧サイ クル試験後の 中間検査	・必要に応じて初期機能試験と同様の検査を行うこと。	○	—
11	6.3.2k) 振動劣化試験	・0.75G又は両振幅で0.025を超えない低周波数で必要な加速度に駆動部を曝し、その周波数を2 オクターブ/分の速度で、5Hzから100Hzへ、100Hzから5Hzへ掃引させ正弦運動を印加するものとする事。 ・各直交軸に沿って90分の振動を印加するものとする事。 ・15分毎に模擬負荷を掛けた状態で運転を行うこと。	○	—
12	6.3.2l) 振動劣化試験 後の中間検査	・必要に応じて初期機能試験と同様の検査を行うこと。	×	事故時の健全性確認が目的であり、中間・終了後の機能試験は必ずしも必要ではないため。
13	6.3.2m) 地震模擬試験	・単周波数試験及び多周波数試験の両方の実施を推奨する。	○	—

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

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

タイトル	電気計装設備の EQ 管理に対する対応について
概要	川内 1 号炉の EQ 管理について以下に示す。
説明	<p>設計基準事故対処設備の EQ 管理については、ケーブル、ケーブル接続部、電気ペネなど、機器それぞれの設置環境と健全性試験結果を基に寿命評価結果等を網羅的にまとめた EQ 管理リストの整備が完了しており、EQ 機器個々の評価寿命を確認する目的でリスト管理を実施している状況である。</p> <p>また、重大事故等対処設備の EQ 管理については、現在、設計基準事故対処設備の EQ 機器と同様の EQ 管理リストを整備中であるが、設置環境に対して余裕を持った条件での寿命評価は実施している。</p> <p>なお、設計基準事故対処設備及び重大事故等対処設備の EQ 機器のうち、定期取替品としている電気・計装品の取替管理については、別途社内規定にて定める取替周期に従って実施しており、設定周期が上記の機器個別の評価寿命を超過していないことは確認している。</p>

タイトル	屋外ケーブルの水トリーに対する保全内容について
概要	屋外ケーブルの水トリーに対する保全内容について、以下に示す。
説明	<p>屋外に敷設している高圧ケーブルについては、トレンチ内の水溜まりの有無を定期的に見視確認することとしている。見視確認の実施頻度・確認項目は以下の通り。</p> <p>実施頻度：□</p> <p>確認項目：トレンチ内に有意な水溜りのないこと等</p> <p>また、水が溜まった際に自動的に排水する排水ポンプを設置しており、排水ポンプの保全内容については以下の通り。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 1次系海水管トレンチ排水ポンプ 点検頻度：事後保全 排水ピットの水位上昇は検出器により検知でき（警報発信）、排水ポンプに不具合が発生した際は確認可能で、故障時は待機側のポンプで排水する。 <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□実施する見視確認と同様としている。</p> <p>なお、点検時にトレンチ内ケーブルが水没していた事例はない。</p>

タイトル	通電による温度上昇、余裕について
概要	通電による温度上昇、余裕について、以下に示す。
説明	添付-1) 難燃PHケーブルの健全性評価で設定した温度について 添付-2) ピッグテイル型電線貫通部の健全性評価で設定した温度について 添付-3) 難燃SHVVケーブルの健全性評価で設定した温度について 添付-4) FPETケーブルの健全性評価で設定した温度について 添付-5) 難燃高圧CSHVケーブルの健全性評価で設定した温度について

タイトル	難燃PHケーブルの健全性評価で設定した温度について
概要	難燃PHケーブルの健全性評価で設定した温度 (60℃) の根拠について、以下に示す。
説明	<p>補足説明資料P.8 表4.1-1、P.10 表4.1-5、P.12 表4.1-6 「ケーブル布設エリアの温度 (約42℃) に通電による温度上昇と余裕を加えた温度として設定」の「通電による温度上昇」と「余裕」の考え方は以下の通り。</p> <ul style="list-style-type: none">・温度上昇：約13℃ 電力用ケーブルトレイに布設されるケーブルの通電電流による温度上昇として、通常運転時に使用されるモータ等の運転状況やケーブルの布設状況を考慮し、別紙 9. 添付-1)-1のように算出した。・余裕：5℃ 通電による温度上昇値に余裕を見込み設定した。

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*1によると、トレイの中に布設されている各ケーブルを一つの塊として捉えると、この中に含まれるケーブル導体、絶縁体、シースは同一の温度のものに晒されると考えられている。

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

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

3. 計算結果について

計算には、一般的なモデルトレイ形状、実機相当のケーブル布設本数を想定した上で、実機の通常運転時の負荷状況を想定して算出する。

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

まず、周囲温度については、添付-1)で示した以下のエリアに設置されているため、42℃を用いる。

布設区分	温度[℃]
通路部 (ケーブルトレイ)	42

次に、ケーブルの絶縁体温度については、「表1 原子炉格納容器内低圧電力トレイ (モデルトレイ) の発熱量」に示すモデルトレイにて算出する。本表に示す通り、ケーブルの発熱量は [watt/m] であり、余裕を加えた [watt/m] として計算を行い、絶縁体温度は ℃ となったことから、温度上昇値は 12.67℃ となる。

なお寿命評価においては、さらに若干の余裕を見込み温度上昇値を 18℃ として計算を行っている。

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

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

W : 単位長さ当りのトレイの中での総発熱量 [watt/cm] ⇒

h : トレイの総括対流伝熱係数 [watt/cm²・℃] ⇒

T_a : 周囲温度 [℃] ⇒ 42

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] ⇒

より、

T_c : ケーブル総体の平均表面温度 [℃] ⇒

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

ΔT_c : ケーブル総体の中での温度降下 [℃] ⇒

より、

T_m : ケーブルの絶縁体の最高温度 [℃] ⇒

なお、

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

ρ : ケーブル総体の中での熱抵抗 [℃・cm/watt] ⇒ 400

d : ケーブル総体深さ [cm] ⇒

w : ケーブル総体の幅 (トレイの幅) [cm] ⇒

表 1 原子炉格納容器内低圧電力トレイ（モデルトレイ）の発熱量

実機プラントケーブル本数*	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	
	122.5	○				1A 格納容器再循環ファン
	122.5	○				1A 格納容器再循環ファン
	122.5	○				1B 格納容器再循環ファン
	122.5	○				1B 格納容器再循環ファン
	120	○				1A 原子炉容器室冷却ファン
	39				○	1A 蓄圧タンク出口弁
	25.5				○	1A 格納容器空気浄化ファン
	19				○	1A RHRS 入口弁（内隔離弁）
	13				○	1A RHRS 入口隔離弁
	4				○	1号加圧器 A 逃がし元弁
	1.05				○	1A IAS 格納容器内供給元弁
	0.64				○	1A C/V 圧力逃し装置 A 第 1 隔離弁（内隔離弁）
	0.64				○	1C ループ高温側サンプル弁（内隔離弁）
	0.64				○	1A C/V 雰囲気サンプル取出弁（内隔離弁）
	1.4				○	1A C/V 上部区画雰囲気サンプル元弁
	1.4				○	1A S/G ループ室内上部 A サンプル元弁
	1.4				○	1B S/G ループ室内上部 A サンプル元弁
	1.4				○	1C S/G ループ室内上部 A サンプル元弁

タイトル	ピッグテイル型電線貫通部の健全性評価で設定した温度について
概要	ピッグテイル型電線貫通部の健全性評価で設定した温度の根拠について、以下に示す。
説明	<p>補足説明資料P. 53「ピッグテイル型電線貫通部の各部位の環境条件は、上記の使用条件の温度40℃に、ケーブルの通電による温度上昇も考慮した温度としている。」の「温度上昇」の考え方は、以下の通り。</p> <p>温度上昇（下記算出方法による）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ポットイング材：約4℃ ・外部リード：約6℃（低圧電力用のみ考慮） <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、各ピッグテイル型電線貫通部の通常運転時の通電電流値や導体断面積等から温度上昇値が最大となるものを求めた結果、下記の温度上昇値であった。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・供試体の単位長さあたりの総発熱量：[] [W/mm] ・供試体（ポットイング材）の温度上昇値：[] [℃] ・供試体（外部リード）の温度上昇値：[] [℃] ・実機の単位長さあたりの総発熱量：[] [W/mm] <p>ポットイング材の温度上昇値 $= [] [℃] \times [] [W/mm] \div [] [W/mm] = [] [℃]$ 外部リードの温度上昇値 $= [] [℃] \times [] [W/mm] \div [] [W/mm] = [] [℃]$</p> <p>以上により、ポットイング材の温度上昇値を約4℃、外部リードの温度上昇値を約6℃とした。</p> <p>また、ピッグテイル型電線貫通部の各種外部リードの健全性評価で適用する温度については、用途として「低圧電力」に使用していれば、その種類の外部リードは一律で通電による温度上昇値を考慮した温度を評価に適用することとしている。また、制御及び計装にのみ使用している場合には、通電電流が小さいことから、通電による温度上昇は考慮していない。</p> <p>ピッグテイル型電線貫通部の各外部リードの種類および通電による温度上昇の考慮についての対応関係を下表に示す。</p>

機器名称		外部リード 種類	周囲温度	通電による 温度上昇値
型式	用途			
ピッグテ イル型	<ul style="list-style-type: none"> ・ 低圧電力トレン ・ 低圧電力ノントレン ・ 制御トレン ・ 制御ノントレン ・ 計装チャンネル 	外部リード - 1 - 1	40℃	約6℃
	<ul style="list-style-type: none"> ・ 計装ノントレン 	外部リード - 1 - 2	40℃	-

タイトル	難燃SHVVケーブルの健全性評価で設定した温度について
概要	難燃SHVVケーブルの健全性評価で設定した温度の余裕の考え方について、以下に示す。
説明	<p>技術評価書（低圧ケーブル） P. 19 表2. 3-5の「原子炉格納容器外の内、環境条件が厳しいケーブル布設エリアの温度（約40℃）に通電による温度上昇と余裕を加えた温度として設定」の「通電による温度上昇」と「余裕」の考え方は以下の通り。</p> <ul style="list-style-type: none">・温度上昇：約18℃ 電力用ケーブルトレイに布設されるケーブルの通電電流による温度上昇として、通常運転時に使用されるモータ等の運転状況やケーブルの布設状況を考慮し、別紙 9. 添付-3)-1のように算出した。・余裕：2℃ 通電による温度上昇値に余裕を見込み設定した。

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

2. 温度上昇計算について

IEEEのサマーミーティングにてストーピー氏により発表された論文*1によると、トレイの中に布設されている各ケーブルを一つの塊として捉えると、この中に含まれるケーブル導体、絶縁体、シースは同一の温度のものに晒されると考えられている。

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

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

3. 計算結果について

計算には、一般的なモデルトレイ形状、実機相当のケーブル布設本数を想定した上で、実機の通常運転時の負荷状況を想定して算出する。

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

まず、周囲温度については、原子炉格納容器外の設計平均温度40℃を用いる。

布設区分	温度[℃]
原子炉格納容器外	40

次に、ケーブルの絶縁体温度については、「表1 原子炉格納容器外低圧電力トレイ(モデルトレイ)の発熱量」に示すモデルトレイにて算出する。本表に示す通り、ケーブルの発熱量は□[watt/m]であり、余裕を加えた □[watt/m]として計算を行い、絶縁体温度は□℃となったことから、温度上昇値は17.60℃となる。

なお寿命評価においては、さらに若干の余裕を見込み温度上昇値を18℃として計算を行っている。

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

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

W : 単位長さ当りのトレイの中での総発熱量 [watt/cm] ⇒ □

h : トレイの総括対流伝熱係数 [watt/cm²・℃] ⇒ □

T_a : 周囲温度[℃] ⇒ 40

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] ⇒ □

より、

T_c : ケーブル総体の平均表面温度[℃] ⇒ □

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

ΔT_c : ケーブル総体の中での温度降下[℃] ⇒ □

より、

T_m : ケーブルの絶縁体の最高温度[℃] ⇒ □

なお、

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

ρ : ケーブル総体の中での熱抵抗 [℃・cm/watt] ⇒ 400

d : ケーブル総体深さ [cm] ⇒ □

w : ケーブル総体の幅(トレイの幅) [cm] ⇒ □

表 1 原子炉格納容器外低圧電力トレイ（モデルトレイ）の発熱量

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

表 2 原子炉格納容器外低圧電力ケーブルの通電状況(1/5)

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	
	266.7	○				1C1 原子炉コントロールセンタ
	266.7	○				1C1 原子炉コントロールセンタ
	266.7	○				1C1 原子炉コントロールセンタ
	266.7	○				1C2 原子炉コントロールセンタ
	266.7	○				1C2 原子炉コントロールセンタ
	266.7	○				1C2 原子炉コントロールセンタ
	299.7	○				1A 使用済燃料ピット排気フィルタヒータ
	299.7	○				1B 使用済燃料ピット排気フィルタヒータ
	99.1	○				1A ディーゼル発電機コントロールセンタ
	291.6	○				1A ヒートトレース用電源
	122.5	○				1A 格納容器再循環ファン
	122.5	○				1A 格納容器再循環ファン
	122.5	○				1B 格納容器再循環ファン
	122.5	○				1B 格納容器再循環ファン
	90	○				1A 使用済燃料ピットポンプ
	90	○				1A 使用済燃料ピットポンプ
	90	○				1C1 使用済燃料ピットポンプ
	90	○				1C1 使用済燃料ピットポンプ
	103	○				1A 使用済燃料ピット排気ファン
	103	○				1A 使用済燃料ピット排気ファン
	194.4	○				1A 制御用空気圧縮機
	120	○				1A 原子炉容器室冷却ファン
	91.9	○				1K 計装用電源装置(主系)
	194.4			○		1A 安全補機室排気フィルタヒータ
	121.5				○	1A 格納容器水素再結合器
	131.2	○				1EF 計装用電源装置(従系)
	81				○	事故後サンプリング A コントロールセンタ
	119				○	1A 安全補機室排気ファン
	85.3	○				1A 充電器盤
	23.6				○	1AC 計装用後備電源装置

表 2 原子炉格納容器外低圧電力ケーブルの通電状況 (2/5)

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	
	115	○				1A 中央制御室空調ファン
	59				○	1A 後備充電器盤
	64.8				○	1A アンユラス空気浄化フィルタヒータ
	61	○				1A 安全補機室給気ファン
	59			○		1 号蓄圧タンク充てんポンプ
	39				○	1A 蓄圧タンク出口弁
	39.4				○	1 号 A/B A 運転保安照明変圧器 (LT-13)
	48			○		1A 湧水サンポンプ
	25.5				○	1A 格納容器空気浄化ファン
	37.5				○	1A アンユラス空気浄化ファン
	52	○				1A 安全補機閉器室空調ファン
	52	○				1A 中央制御室循環ファン
	39				○	1A 主給水隔離弁 (外隔離弁)
	39.4			○		1A 制御用空気除湿装置
	48	○				1A 空調用冷水ポンプ
	48				○	1B 空調用冷水ポンプ
	1.3				○	1 号 AM 設備電源盤 (1AMPC)
	23.6	○				1A 計装用電源装置
	19				○	1A 低温側低圧注入弁 (外隔離弁)
	19				○	1A 余熱除去ポンプ入口供給弁
	19				○	1A RHRS-C/V 再循環弁 (外隔離弁)
	19				○	1A RHRS 入口弁 (内隔離弁)
	20.5	○				1A 蓄電池室給気ファン
	33.5			○		1A 中央制御室非常用循環ファン
	23.6	○				1C 計装用電源装置
	9				○	1 号 SFP 冷却器冷却水供給 A ヘッド隔離弁
	9				○	1 号 SFP 冷却器冷却水戻り B ヘッド隔離弁
	24.5			○		1A 1 次系補給水ポンプ
	31			○		1A 燃料取替用水ポンプ
	6.5	○				4-1C メタクラモータスペースヒータ電源
	9.25			○		1A ほう酸ポンプ
	9.25			○		1A ほう酸ポンプ
	13				○	1A RHRS 入口隔離弁
	12.5				○	1A スプレイクーラ出口弁 (外隔離弁)

表 2 原子炉格納容器外低圧電力ケーブルの通電状況 (3/5)

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	
	15.7				○	1 号補助建屋排気筒サンプルパッケージ
	15.7				○	1 号格納容器排気筒サンプルパッケージ
	4.4	○				1A 充てん/高圧注入ポンプ補助油ポンプ
	4.4				○	1B1 充てん/高圧注入ポンプ補助油ポンプ
	8.2			○		1A ほう酸注入タンクヒーター
	4				○	1 号加圧器 A 逃がし弁
	4.6				○	1 号充てんライン第 1 隔離弁
	13.1			○		1A1 ほう酸タンクヒーター
	13.1			○		1B1 ほう酸タンクヒーター
	4.6				○	1 号体積制御タンク第 1 出口弁
	6				○	1 号 CH/SI ポンプ A 非常用補給弁
	6				○	1B 1C CH/SI ポンプ入口ヘッダ第 1 弁
	6				○	1A 1B CH/SI ポンプ入口ヘッダ第 2 弁
	9				○	1B 1C CH/SI ポンプ出口ヘッダ第 1 弁
	9				○	1A 1B CH/SI ポンプ出口ヘッダ第 2 弁
	2.85				○	1A RCP 封水注入ライン第 1 隔離弁
	3.7				○	1A CH/SI ポンプミニマムフロー隔離弁
	3.7				○	1B CH/SI ポンプミニマムフロー隔離弁
	3.7				○	1C CH/SI ポンプミニマムフロー隔離弁
	3.4				○	1 号 RCP 封水戻りライン第 2 隔離弁
	4.6				○	1 号ほう酸注入タンク A 入口弁
	4.6				○	1 号ほう酸注入タンク A 出口弁 (外隔離弁)
	4.6				○	1 号低温側高圧補助注入弁 (外隔離弁)
	3.4				○	1 号高温側高圧補助注入弁 (外隔離弁)
	2.1				○	1 号低温側高圧補助注入弁 (外隔離弁) 前弁
	2.1				○	1 号高温側高圧補助注入弁 (外隔離弁) 前弁
	14				○	1A RHR ポンプミニマムフロー弁
	12.5				○	1A RHRS-CH/SI ポンプ連絡弁
	16				○	1A RHR クーラ出口連絡弁
	4.5			○		1A 制御用空気圧縮機室排気ファン
	7.6			○		1A 制御用空気圧縮機室給気ファン

表 2 原子炉格納容器外低圧電力ケーブルの通電状況(4/5)

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	
	4.8			○		1A 補助給水ポンプ室排気ファン
	10			○		1A 補助給水ポンプ室給気ファン
	7.6			○		1C 補助給水ポンプ室排気ファン
	10			○		1C 補助給水ポンプ室給気ファン
	10	○				1A 蓄電池室排気ファン
	15.7				○	1 号復水器排気ガスモニタサンブラパッケージ
	51.2				○	1A 放射線監視設備試料採取装置用分電盤
	0.74				○	1A T/DAFWP 蒸気管ドレントラップバイパス弁
	1.4				○	1 号 C/V 出口主蒸気管 A ドレントラップバイパス弁
	1.4				○	1B 主蒸気隔離弁上流ドレントラップバイパス弁
	4.6				○	1A 主蒸気逃がし弁元弁(外隔離弁)
	0.3				○	1A 電動補助給水ポンプ純水入口弁
	1.8				○	1A よう素除去薬注弁
	9				○	1A スプレイポンプ供給弁
	9				○	1A CSS-C/V 再循環弁(外隔離弁)
	1.1				○	1A 1B 主蒸気管主給水管貫通孔冷却水入口弁
	4				○	1C 1D C/V 再循環ユニット冷却水入口弁(外隔離弁)
	4				○	1A C/V 再循環ユニット冷却水出口隔離弁
	4				○	1B C/V 再循環ユニット冷却水出口隔離弁
	3.4				○	1A 余熱除去冷却器冷却水出口弁
	3.4				○	1A スプレイ冷却器冷却水第 2 出口弁
	3.4				○	1 号 CRDM 冷却水入口弁(外隔離弁)
	7.4				○	1 号補機冷却水戻り C ヘッダ止弁
	5.5				○	1 号 RCP 冷却水第 1 入口弁
	5.5				○	1 号 RCP 冷却水第 2 出口弁(外隔離弁)
	8.1	○				1A 空調用冷凍機制御盤
	8.1				○	1B 空調用冷凍機制御盤

表 2 原子炉格納容器外低圧電力ケーブルの通電状況 (5/5)

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	
	1.2				○	1B C/V 出口蒸気管ドレン元弁(外隔離弁)
	1.2				○	1B 主蒸気隔離弁上流ドレン元弁(外隔離弁)
	1.2				○	1C 主蒸気隔離弁上流ドレン元弁(外隔離弁)
	1.8				○	1A 補機冷却クーラ海水出口第 2 弁
	1.8				○	1B 補機冷却クーラ海水出口第 2 弁
	1.1				○	1 号 IAS ヘッド連絡管 1A ヘッド隔離弁
	1.1				○	1A IAS 主蒸気逃し弁等供給元弁
	1.1				○	1A IAS 格納容器隔離弁(外隔離弁)
	1.05				○	1A IAS 格納容器内供給元弁
	3.4				○	1 号消火用水格納容器入口弁(外隔離弁)
	0.64				○	1A C/V 圧力逃し装置 A 第 1 隔離弁(内隔離弁)
	0.64				○	1C ループ高温側サンプル弁(内隔離弁)
	0.64				○	1A C/V 雰囲気サンプル取出弁(内隔離弁)
	1.4				○	1A C/V 上部区画雰囲気サンプル元弁
	1.4				○	1A S/G ループ室内上部 A サンプル元弁
	1.4				○	1B S/G ループ室内上部 A サンプル元弁
	1.4				○	1C S/G ループ室内上部 A サンプル元弁

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. 20 表2. 3-7の「原子炉格納容器外でのケーブル布設エリアの温度（約26℃）に余裕を加えた温度として設定」の「余裕」の考え方は以下の通り。</p> <ul style="list-style-type: none">・余裕：4℃ <p>設計平均温度に余裕を見込み設定した。</p>

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 (70℃) の根拠について、以下に示す。
説明	<p>技術評価書 (高圧ケーブル) P. 10 表2. 3-1 「原子炉格納容器外でのケーブル布設エリアの温度 (約40℃) に通電による温度上昇と余裕を加えた温度として設定」の「通電による温度上昇」と「余裕」の考え方は以下の通り。</p> <ul style="list-style-type: none">・温度上昇：約27℃ ケーブルの通電電流による温度上昇として、通常運転時の通電状況を考慮し、別紙 9. 添付-5)-1のように算出した。・余裕：3℃ 通電による温度上昇値に余裕を見込み設定した。

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 [$^{\circ}C \cdot cm/W$]

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 [$^{\circ}C \cdot cm/W$]	電流低減値
		難燃高圧 CSHV ケーブル	
	2.17×10^{-6}	95.8	0.75*1
	1.44×10^{-6}	86.1	
	8.90×10^{-7}	74.8	

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

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

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

表 2 安全系高圧電力ケーブルの通電状況

ケーブルサイズ [sq]	負荷電流 [A]	通常時の運転の負荷状況				負荷名称
		連続	切替	間欠	停止	
	298.0				○	1A ディーゼル発電機
	298.0				○	1A ディーゼル発電機
	201.2	○				3-C1 動力変圧器
	74.0				○	1A 格納容器スプレイポンプ
	32.0	○				1A 原子炉補機冷却水ポンプ
	32.0	○				1B 原子炉補機冷却水ポンプ
	42.0	○				1A 海水ポンプ
	42.0	○				1B 海水ポンプ
	81.0	○				1A 充てん／高圧注入ポンプ
	81.0				○	1B1 充てん／高圧注入ポンプ
	26.0				○	1A 余熱除去ポンプ
	43.2				○	1A 電動補助給水ポンプ
	19.4	○				1A 空調用冷凍機
	19.4	○				1B 空調用冷凍機

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

○3-C1 動力変圧器

$$T_1 - T_0 = \frac{3 \times 1.44 \times 10^{-6} \times 86.1 \times 201.2^2}{0.75^2} = 26.8 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

以上により、ケーブルの温度上昇値は約 27 [°C] とする。

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

タイトル	I S L O C A環境下における機器への影響について
概要	I S L O C A環境下における機器の経年劣化評価への影響について以下に示す
説明	<p>川内1号炉のI S L O C A環境下で使用する電気・計装品には、ほう酸注入ライン流量、余熱除去ループ流量、格納容器圧力、蒸気ライン圧力、補助給水流量、充てん／高圧注入ポンプ用電動機及びこれらの機器のケーブルがある。</p> <p>これらの機器がI S L O C A環境下にさらされた場合の健全性確認は、許認可等で審査いただいている通りとなっている。（添付-1）参照）</p> <p>許認可等で評価している川内1号炉のI S L O C A環境下において機能要求のある機器の設置環境におけるI S L O C Aプロファイルを次項に示す。同プロファイルでは、最高温度約112℃まで上昇するが、事象発生から□時間後には約□℃まで低下する。</p> <p>なお、同プロファイルは余熱除去ポンプ入口弁の閉操作を考慮していないものとなっているが、事故時の操作としては、3時間後に当該弁の閉操作が完了（漏えい停止）することとしている。</p> <p>このプロファイルの解析期間におけるI S L O C A時の機器の劣化量は次頁に記載の通り、通常時環境（原子炉格納容器外の設計平均温度である40℃）での劣化量に換算*1すると、約7.6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。</p> <p>なお、このプロファイルの解析期間以降については、プロファイル最終時点の環境温度は約□℃であり、対象機器の中で最も耐熱性が低い伝送器を考慮しても、メーカー設計仕様の最高温度（125℃）以下になっており、対象機器の機能要求のある期間（SA 7日間）の健全性に影響を与えるレベルではないと考える。</p> <p>*1：対象機器に使用されている有機物の活性化エネルギーを□kcal/molとする。</p>



図 川内1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5.7日
		約1.7日
		約0.2日
		合計：約7.6日

タイトル	I S L O C A環境下で使用する電気・計装品の健全性確認に関する許認可等での説明資料の抜粋について
概要	I S L O C A環境下で使用する電気・計装品の健全性確認及び説明資料の該当部を以下に示す。
説明	<p>(1) 健全性確認 I S L O C A環境下で使用する電気・計装品の設置場所、環境条件及び機器仕様について、許認可等での説明資料の記載を踏まえた健全性確認結果を別紙10. 添付-1)-1に示す。</p> <p>(2) 許認可等での説明資料の該当部 健全性に関する許認可等での説明資料の該当部の抜粋を以下に示す。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・別紙10. 添付-1)-2 : 新規制基準への適合性確認のための原子炉設置許可申請書 「実用発電用原子炉に係る発電用原子炉設置者の重大事故の発生及び拡大の防止に必要な措置を実施するために必要な技術的能力に係る審査基準」に係る適合状況説明資料 (川内原子力発電所1号、2号炉審査資料 SA-082改70 平成26年9月8日) ・別紙10. 添付-1)-3 : 新規制基準への適合性確認のための工事計画認可申請書 添付資料6 「安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」 (川内原子力発電所1号、2号炉審査資料 KO-127 平成27年3月16日)

I S L O C A 環境下で使用する電気・計装品の健全性確認について

機器	設置場所	環境条件			機器仕様		
		温度	圧力	放射線	最高使用温度	最高使用圧力	耐放射線
ほう酸注入ライン流量	安全補機室外	100℃	大気圧	≦100Gy/7日	125℃ ～ 100℃	大気圧	100Gy
余熱除去ループ流量	安全補機室外	100℃	大気圧	≦100Gy/7日	125℃ ～ 100℃	大気圧	100Gy
格納容器圧力	安全補機室外	100℃	大気圧	≦100Gy/7日	125℃ ～ 100℃	大気圧	100Gy
蒸気ライン圧力	安全補機室外	100℃	大気圧	≦100Gy/7日	125℃ ～ 100℃	大気圧	100Gy
補助給水流量	安全補機室外	100℃	大気圧	≦100Gy/7日	125℃ ～ 100℃	大気圧	100Gy
充てん／高圧注入ポンプ	安全補機室内	112℃	大気圧	≦1000mGy/h	150℃	18.8MPa	10 ³ Gy

2. 温度評価結果

評価した結果、ユニハンドラ弁が設置された原子炉補助建屋EL. -15.0mの区画及び1ノード評価の雰囲気温度は図2～図7のとおりとなった。

(1) ユニハンドラ弁及びユニハンドラ装置への影響

図2～図7に示すとおり、ISLOCA発生初期には、高温の水及び蒸気の漏えいにともないユニハンドラ弁が設置されたEL. -15.0mの区画の雰囲気温度は約112℃（川内1号炉）、約108℃（川内2号炉）まで上昇するが、補助建屋給・排気系の運転開始後、急速に低下する。なお、ユニハンドラ弁は金属部品で構成されており、高温の水及び漏えい蒸気における動作への影響を受けないと考えられる。（別添一1参照）

また、原子炉補助建屋EL. 5.0mのユニハンドラ弁操作場所は、漏えい対象となる機器がない区画であり、アクセスルートにおいても溢水はないことから、その操作は可能である。

(2) 充てん／高圧注入ポンプへの影響

充てん／高圧注入ポンプの設置されている区画には漏えい対象となる機器はない。安全補機室内における漏えい蒸気の混合を考慮すると、図4及び図7に示すとおり、雰囲気温度は約112℃（川内1号炉）、約108℃（川内2号炉）まで上昇するが、補助建屋給・排気系の運転開始後低下する。また、充てん／高圧注入ポンプ電動機及び関連計装品が、雰囲気温度に対し機能維持されることを確認している。

なお、充てん／高圧注入ポンプについては原子炉補機冷却水が通水されるためポンプ本体も機能維持される。

(3) 補助給水ポンプ及び主蒸気逃がし弁への影響

補助給水ポンプ及び主蒸気逃がし弁は非管理区域に設置されているため、漏えいによる影響が無いことから、雰囲気温度が上昇することはなく補助給水ポンプ及

新規基準への適合性確認のための原子炉設置許可申請書

「実用発電用原子炉に係る発電用原子炉設置者の重大事故の発生及び拡大の防止に必要な措置を実施するために必要な技術的能力に係る審査基準」に係る適合状況説明資料【抜粋】

（川内原子力発電所1号、2号炉審査資料 SA-082改70 平成26年9月8日）

2.3 環境条件等

安全施設及び重大事故等対処設備は、想定される環境条件において、その機能を発揮できる設計とする。

～中略～

a. 環境圧力

原子炉格納容器外の機器については、事故時に想定される環境圧力が大気圧であり、大気圧 (0MPa[gage]) にて機能を損なわない設計とする。

原子炉格納容器内の機器については、使用時に想定される環境圧力が加わっても、機能を損なわない設計とする。

～中略～

b. 環境温度及び湿度による影響

～中略～

「格納容器バイパス (インターフェイスシステム LOCA)」時に使用する重大事故等対処設備は、安全補機室内における該当設備のあるエリアの最高温度として約 112℃、湿度 100%を設定する。

～中略～

安全補機室内、主蒸気配管室内及び使用済燃料ピット周辺以外の原子炉補助建屋内及び燃料取扱建屋内の重大事故等対処設備に対しては、空調設備を考慮せず原則約 60℃に設定し、100%までの湿度を設定する。

新規制基準への適合性確認のための工事計画認可申請書 添付資料 6

「安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における

健全性に関する説明書」 (1 / 2) 【抜粋】

(川内原子力発電所 1 号、2 号炉審査資料 KO-1 2 7 平成27年3月16日)

～中略～

環境温度及び湿度以上の最高使用温度等を設定できない機器については、その設備の機能が求められる事故に応じて、サポート系による設備の冷却や、熱源からの距離等を考慮して環境温度及び湿度を設定する。

～中略～

c. 放射線による影響

～中略～

安全補機室内の重大事故等対処設備に対しては、当該区画に放射性物質が漏えいする事象として「格納容器バイパス（インターフェイスシステム LOCA）」での安全補機室内での最大放射線量を包絡する線量として 1,000mGy/h 以下を設定する。

～中略～

確認の方法としては、環境放射線を再現した試験環境下において機器が機能することを確認する実証試験等により得られた機器等の機能が維持される積算線量を機器の放射線に対する耐性値とし、環境放射線条件と比較することとする。耐性値に有意な照射速度依存性がある場合には、

新規制基準への適合性確認のための工事計画認可申請書 添付資料 6

「安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における

健全性に関する説明書」（2/2）【抜粋】

（川内原子力発電所 1 号、2 号炉審査資料 KO-1 2 7 平成27年3月16日）

タイトル	電気ペネトレーションのうち設計基準事故時環境において絶縁機能を要求される機器に給電している電気ペネトレーションの種類、外部リードの種類及び給電している事故時機能要求機器の整理について																					
概要	電気ペネトレーションのうち設計基準事故時環境において絶縁機能を要求される機器に給電している電気ペネトレーションの種類、外部リードの種類及び給電している事故時機能要求機器の整理について以下に示す。																					
説明	<p>川内1号炉の電気ペネトレーションのうち設計基準事故時環境において絶縁機能を要求される機器に給電している電気ペネトレーションの種類、外部リードの種類及び給電している事故時機能要求機器(例)について、下表に整理する。</p> <table border="1" data-bbox="461 719 1318 1048"> <thead> <tr> <th data-bbox="461 719 576 786">用途</th> <th data-bbox="576 719 767 786">電気ペネトレーション種類</th> <th data-bbox="767 719 922 786">外部リード種類</th> <th data-bbox="922 719 1318 786">設計基準事故時環境下において機能要求のある機器(例)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="461 786 576 853">低圧動力</td> <td data-bbox="576 786 767 853">ピッグテイル型</td> <td data-bbox="767 786 922 853">1-1</td> <td data-bbox="922 786 1318 853">加圧器逃がし弁元弁 蓄圧タンク出口弁 等</td> </tr> <tr> <td data-bbox="461 853 576 920">制御</td> <td data-bbox="576 853 767 920">ピッグテイル型</td> <td data-bbox="767 853 922 920">1-1</td> <td data-bbox="922 853 1318 920">加圧器逃がし弁 加圧器水位第1制御弁 等</td> </tr> <tr> <td data-bbox="461 920 576 1048" rowspan="2">計装</td> <td data-bbox="576 920 767 987">ピッグテイル型</td> <td data-bbox="767 920 922 987">1-1</td> <td data-bbox="922 920 1318 987">1次冷却材高温側温度(狭域) 加圧器圧力 等</td> </tr> <tr> <td data-bbox="576 987 767 1048">三重同軸型</td> <td data-bbox="767 987 922 1048">— (1種類のみ)</td> <td data-bbox="922 987 1318 1048">格納容器内高レンジエリアモニタ</td> </tr> </tbody> </table>			用途	電気ペネトレーション種類	外部リード種類	設計基準事故時環境下において機能要求のある機器(例)	低圧動力	ピッグテイル型	1-1	加圧器逃がし弁元弁 蓄圧タンク出口弁 等	制御	ピッグテイル型	1-1	加圧器逃がし弁 加圧器水位第1制御弁 等	計装	ピッグテイル型	1-1	1次冷却材高温側温度(狭域) 加圧器圧力 等	三重同軸型	— (1種類のみ)	格納容器内高レンジエリアモニタ
用途	電気ペネトレーション種類	外部リード種類	設計基準事故時環境下において機能要求のある機器(例)																			
低圧動力	ピッグテイル型	1-1	加圧器逃がし弁元弁 蓄圧タンク出口弁 等																			
制御	ピッグテイル型	1-1	加圧器逃がし弁 加圧器水位第1制御弁 等																			
計装	ピッグテイル型	1-1	1次冷却材高温側温度(狭域) 加圧器圧力 等																			
	三重同軸型	— (1種類のみ)	格納容器内高レンジエリアモニタ																			

タイトル	事故時環境下において、機能要求のある電気・計装品の環境調査の実施方針他について
概要	事故時環境下において、機能要求のある電気・計装品の環境調査の実施方針他について、以下に示す。
説明	<p>事故時環境下において機能要求のある電気・計装設備（以下「EQ機器」という。）の管理のために、設置環境が変化することによる評価寿命への影響を確認することを目的として、環境条件の調査を実施することとしている。</p> <p>調査範囲：EQ機器が設置されている原子炉格納容器内、主蒸気配管室及び使用済燃料ピットエリアを対象に調査を実施。</p> <p>頻度：1回／10年程度としており、30年目以降においても環境調査を実施している。また、以下のようなEQ機器の設置環境が著しく変化するような改造工事等を行った場合は必要に応じ測定を実施。</p> <p>方法：格納容器内をループ室、加圧器室上部／下部、通路部等の各区画に大別し、各区画内のEQ機器が設置されている箇所、線量、温度が高いと考えられる箇所を測定。</p> <p>実績：【30年目の評価】 川内1号炉第18定検後～第19定検前（2007年7月～2008年8月）1サイクルの測定結果より設定。</p> <p>【40年目の評価】 川内1号炉第23回定検後～24回定検前（2018年6月～2019年7月）1サイクルの測定結果より設定。</p>

タイトル	N R A 技術報告「重大事故環境下におけるケーブルの絶縁特性の分析」(NTEC-2019-1002) に示された知見を反映した評価について												
概要	N R A 技術報告「重大事故環境下におけるケーブルの絶縁特性の分析」(NTEC-2019-1002) に示された知見を反映した評価について、以下に示す。												
説明	<p>N R A 技術報告「重大事故環境下におけるケーブルの絶縁特性の分析」(NTEC-2019-1002) (以下、「N R A 技術報告」という。) では、蒸気暴露中においては、温度上昇及び蒸気による吸湿により、ケーブルの絶縁が低下することが分かっており、重大事故時の蒸気環境下に暴露されて計装ケーブルの絶縁抵抗が低下すると、検出器の種類や回路構成等により、重大事故時に監視するパラメータの測定結果に含まれる誤差が大きくなる可能性があるとの知見が示されている。本知見の対応について、下記に示す。</p> <p>川内 1 号炉では、原子炉格納容器内の重大事故時環境下で機能要求のあるケーブルとして、K K ケーブル、難燃 P H ケーブル、難燃三重同軸ケーブル 1 がある。</p> <p>K K ケーブル、難燃 P H ケーブルについては、N R A 技術報告により重大事故環境で試験が実施されており、重大事故環境を模擬した蒸気暴露時の絶縁抵抗値が $1 \times 10^8 \Omega \text{m}$ 以上 (N R A 技術報告 図 3. 3) であることが示されている。また、難燃三重同軸ケーブル 1 については、重大事故環境を模擬した蒸気暴露時において絶縁抵抗値が $2. 0 \times 10^{10} \Omega \text{m}$ 以上^{*1}であることを確認している。</p> <p>川内 1 号炉で使用されている、K K ケーブル、難燃 P H ケーブル、難燃三重同軸ケーブル 1 の最長ケーブル長およびそのケーブル長での重大事故環境を模擬した蒸気暴露試験における絶縁抵抗値は、下表のとおりである。</p> <table border="1" data-bbox="480 1599 1302 1794"> <thead> <tr> <th>機器名称</th> <th>最大ケーブル長</th> <th>重大事故環境を模擬した蒸気暴露時の絶縁抵抗値</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>K K ケーブル</td> <td>約 77m</td> <td>$1. 2 \times 10^6 \Omega$ 以上</td> </tr> <tr> <td>難燃 P H ケーブル</td> <td>約 129m</td> <td>$7. 7 \times 10^5 \Omega$ 以上</td> </tr> <tr> <td>難燃三重同軸ケーブル 1</td> <td>約 79m</td> <td>$2. 5 \times 10^8 \Omega$ 以上</td> </tr> </tbody> </table> <p>川内 1 号炉の K K ケーブル、難燃 P H ケーブルの絶縁抵抗値は $7. 7 \times 10^5 \Omega$ 以上であり、第 3 回経年劣化管理に係る ATENA との実務レベルの技術的意見交換会 (2020 年 5 月 22 日) の『原子力規制庁技術報告「重大事故環境下</p>	機器名称	最大ケーブル長	重大事故環境を模擬した蒸気暴露時の絶縁抵抗値	K K ケーブル	約 77m	$1. 2 \times 10^6 \Omega$ 以上	難燃 P H ケーブル	約 129m	$7. 7 \times 10^5 \Omega$ 以上	難燃三重同軸ケーブル 1	約 79m	$2. 5 \times 10^8 \Omega$ 以上
機器名称	最大ケーブル長	重大事故環境を模擬した蒸気暴露時の絶縁抵抗値											
K K ケーブル	約 77m	$1. 2 \times 10^6 \Omega$ 以上											
難燃 P H ケーブル	約 129m	$7. 7 \times 10^5 \Omega$ 以上											
難燃三重同軸ケーブル 1	約 79m	$2. 5 \times 10^8 \Omega$ 以上											

におけるケーブルの絶縁特性の分析」に対する電気事業者の対応状況』
(以下、「ATENA資料」という。)での報告にある計器誤差の懸念の目安
である $1 \times 10^5 \Omega$ を上回っていることより、重大事故時に監視するパラメ
ータの測定結果への影響は非常に小さいと考える。

また、難燃三重同軸ケーブル1の絶縁抵抗値は $2.5 \times 10^8 \Omega$ 以上であり、
同報告にある難燃三重同軸ケーブル1を使用している放射線監視モニタの
計器誤差の懸念の目安である $1 \times 10^6 \Omega$ を上回っていることにより、重大事
故時に監視するパラメータの測定結果への影響は非常に小さいと考える。

*1：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」の試験結果

<p>タイトル</p>	<p>NRA技術報告に示された知見を反映した評価のうち、難燃三重同軸ケーブル1の評価結果の根拠（試験手順、試験条件、蒸気暴露試験中の絶縁抵抗測定結果、重大事故時に監視するパラメータの測定結果への影響）について</p>
<p>概要</p>	<p>NRA技術報告に示された知見を反映した評価のうち、難燃三重同軸ケーブル1の評価結果の根拠（試験手順、試験条件、蒸気暴露試験中の絶縁抵抗測定結果、重大事故時に監視するパラメータの測定結果への影響）について、以下に示す。</p>
<p>説明</p>	<p>NRA技術報告に示された知見を反映した評価のうち、KKケーブル、難燃PHケーブルについては、同報告書の中にその根拠（試験手順、試験条件、蒸気暴露試験中の絶縁抵抗測定結果、重大事故時に監視するパラメータの測定結果への影響）が記されているが、難燃三重同軸ケーブル1の試験条件等については、事業者及びメーカーにて研究を実施した結果（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」）を基に評価を実施しているため、その根拠を以下に示す。</p> <p>【試験手順】</p> <p>試験手順は、「図1 難燃三重同軸ケーブル1の長期健全性試験手順」のとおりである。</p> <div data-bbox="491 1294 1136 1854" data-label="Diagram"> <pre> graph TD A[供試ケーブル] --> B[加速熱劣化] B --- B1[60年間相当の加速熱劣化] B --> C[放射線照射] C --- C1[60年間相当の放射線照射] C --> D[放射線照射] D --- D1[重大事故等時相当の放射線照射] D --> E[重大事故等時 雰囲気暴露*1] E --- E1[放射線を除く重大事故等時雰囲気暴露] E --> F[判定] F --- F1[耐電圧試験] </pre> </div> <p>*1：蒸気暴露試験中に絶縁抵抗測定を実施</p> <p>図1 難燃三重同軸ケーブル1の長期健全性試験手順</p>

【試験条件】

試験条件は、「表1 難燃三重同軸ケーブル1の長期健全性試験条件」及び「表2 難燃三重同軸ケーブル1の重大事故等時雰囲気暴露試験条件」のとおりである。川内1号炉の60年間の通常運転時の使用条件に基づく劣化条件及び重大事故等時の環境条件を包絡している。

表1 難燃三重同軸ケーブル1の長期健全性試験条件

		試験条件	60年間の通常運転時の 使用条件に基づく劣化条件 又は 重大事故等時の環境条件
通常運 転相当	温度	113℃-255h	80℃-255h (=45℃*1-60年)
	放射線 (集積線量)	750kGy (10kGy/h以下)	2.7kGy*2
重大事故 等相当	放射線 (集積線量)	500kGy (10kGy/h以下)	500kGy
	温度	最高温度：150℃	最高温度：約138℃
	圧力	最高圧力： 0.5MPa[gage]	最高圧力： 約0.350MPa[gage]

[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」]

- *1：通常運転時の原子炉格納容器内難燃三重同軸ケーブル1布設エリアの周囲温度実測値（複数の実測値の平均値のうち最大のもの）に余裕を加えた温度
- *2：通常運転時の原子炉格納容器内難燃三重同軸ケーブル1布設エリアの周囲線量率実測値（複数の実測値の平均値のうち最大のもの）に余裕を加えた線量率から算出した集積線量 $(5 \times 10^{-3} [\text{Gy/h}] \times (24 \times 365.25) [\text{h/y}] \times 60 [\text{y}] = 2.7 \text{kGy})$

表2 難燃三重同軸ケーブル1の重大事故等時雰囲気暴露試験条件

	条件 (温度-時間)
事故時雰囲気暴露試験	150℃-7日
重大事故等時*1	138℃ (最高温度) -7日

*1 : 格納容器過温破損事故包絡条件



[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」]

図2 重大事故等時 (格納容器過温破損、格納容器過圧破損) 事故時雰囲気暴露の試験条件

【蒸気暴露試験中の絶縁抵抗測定結果】

蒸気暴露試験中の難燃三重同軸ケーブル1の絶縁抵抗測定結果は、「表3 蒸気暴露試験中の難燃三重同軸ケーブル1の絶縁抵抗測定結果」のとおりである。1日1回の絶縁抵抗測定を実施^{*1}した結果、絶縁抵抗値は $2.0 \times 10^{10} \Omega m$ 以上であることを確認している。

表3 蒸気暴露試験中の難燃三重同軸ケーブル1の絶縁抵抗^{*2}測定結果

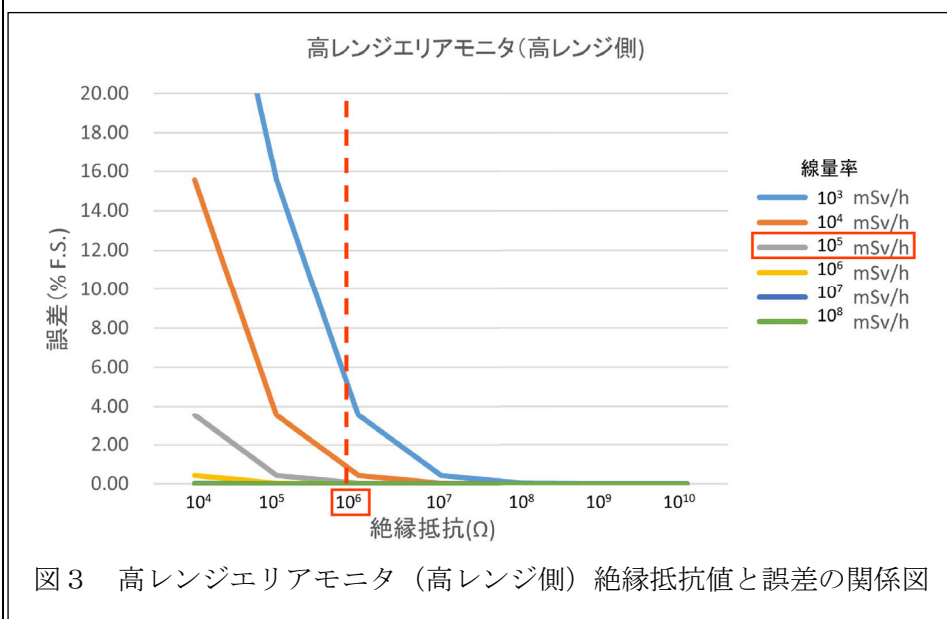
	試験前	1日目	2日目	3日目	4日目	5日目	6日目	7日目	試験後
絶縁抵抗値 (Ωm) ^{*3}	1.7×10^{13}	6.2×10^{11}	4.5×10^{10}	4.0×10^{10}	3.0×10^{10}	2.8×10^{10}	2.6×10^{10}	$\frac{2.4 \times 10^{10}}{10^{10}}$	9.5×10^{11}

[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」]

- *1：試験中の温度・圧力は安定しており、絶縁抵抗が急激に変化することはない（NRA殿試験結果でも同様の傾向）ため、1日1回の測定が適切と考えられる。
- *2：蒸気暴露試験中に、中心導体-内部シールドに課電し回路の健全性を確認。絶縁抵抗測定結果には、電離箱検出器及び三重同軸コネクタの絶縁抵抗も含まれるが、本評価では、保守的に、絶縁抵抗測定結果をケーブルでの絶縁抵抗と想定し、供試ケーブル長（約1m）で換算している。
- *3：蒸気暴露試験1日目に絶縁抵抗が低下しているのは、高温、高湿環境によるものと考えられる。
その後、絶縁抵抗値が徐々に低下しているが、高温、高湿環境にケーブルがさらされることにより徐々に湿分が内部に侵入したことが一因と考えられる。

【重大事故時に監視するパラメータの測定結果への影響】

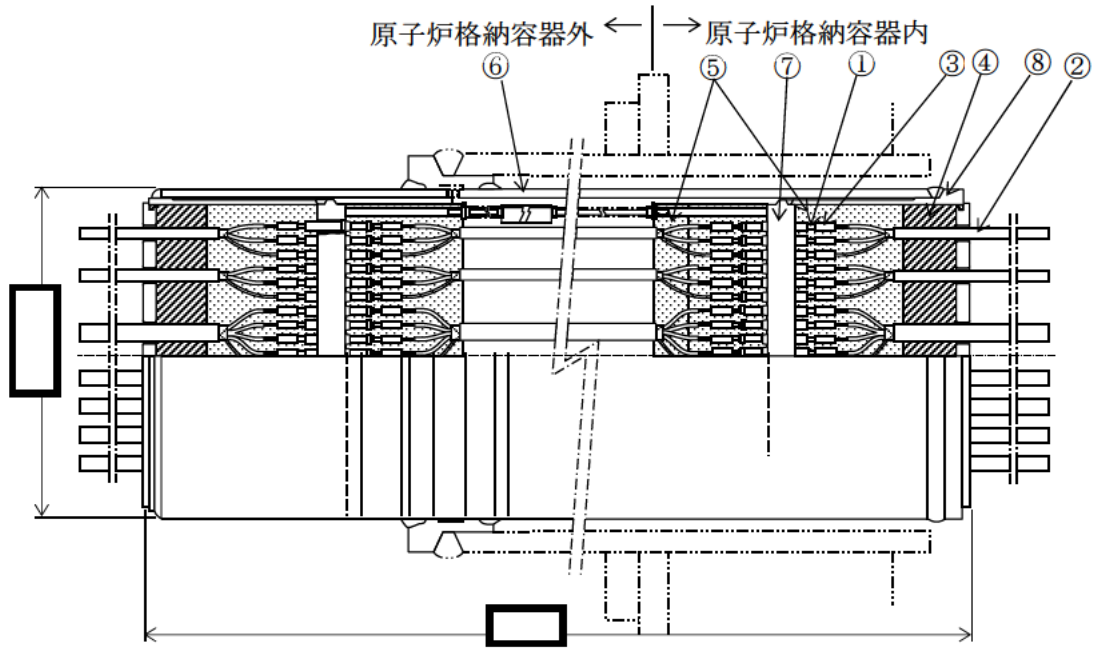
SA環境を模擬した蒸気暴露試験において、試験中に実測した絶縁抵抗値は $2.0 \times 10^{10} \Omega$ m以上あることを確認した。川内1号炉の最大ケーブル長は約79mであり、 $2.5 \times 10^8 \Omega$ 以上となる。難燃三重同軸ケーブル1を使用している放射線監視モニタについては、SA時に必要なレンジは下図の通り 1×10^5 mSv/h付近であり、絶縁抵抗と測定誤差の関係より、 $1 \times 10^6 \Omega$ オーダーまでは計器誤差への影響は非常に小さい。



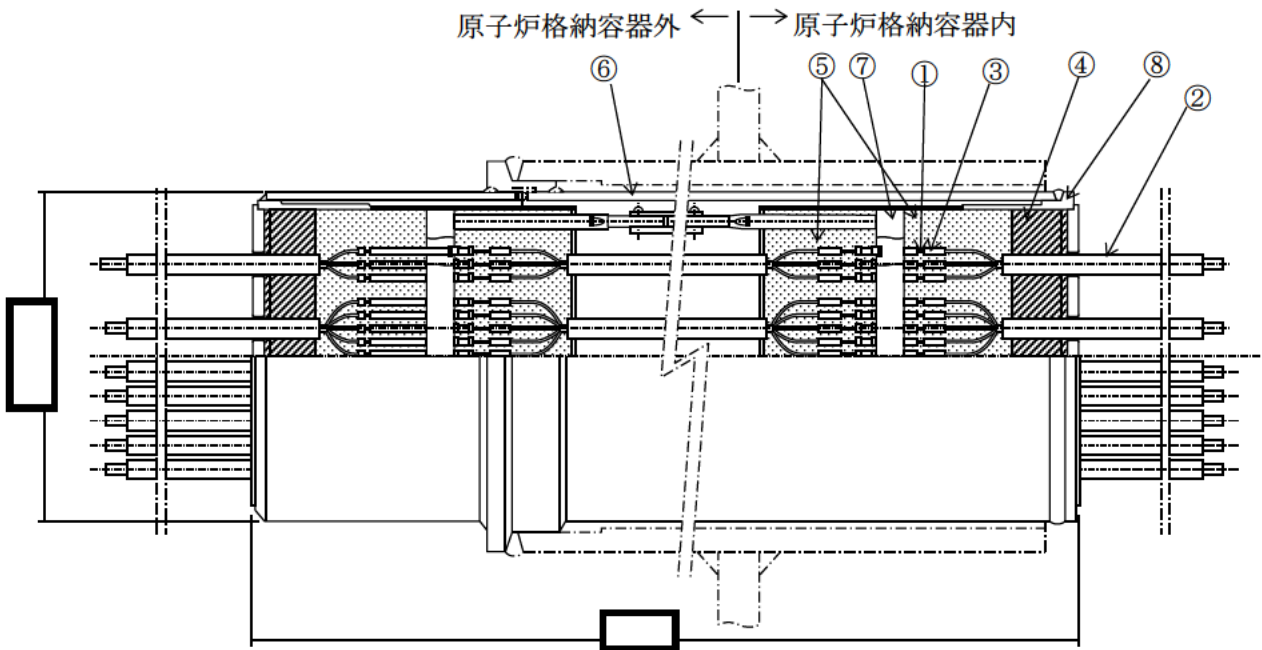
[出典：メーカーデータ]

タイトル	電気ペネトレーション（ピッグテイル型電線貫通部）の外部リード－１－１の試験条件の設定根拠について																					
概要	電気ペネトレーション（ピッグテイル型電線貫通部）の外部リード－１－１の試験条件の設定根拠について以下に示す。																					
説明	<p>川内1号炉の電気ペネトレーション（ピッグテイル型電線貫通部）の外部リード－１－１のＡＣＡガイドに基づく健全性評価のための試験において、供試ケーブルは他電力において実際に使用されていたケーブルを使用している。</p> <p>供試ケーブルの布設環境温度47℃は、ケーブルが設置されていたエリアの代表温度ではなく、ケーブル近傍でプラント運転中（1サイクル（並列～解列））に実測した値である。（供試ケーブルは計装ケーブルであり、通電電流は微弱であるため、通電による温度上昇は考慮していない）</p> <p>なお、ケーブルの温度は、プラント運転中は高く、停止中は低いことを踏まえ、今回の評価では、プラント停止期間を考慮せず、60年間の連続運転に相当する評価を行っており、保守的な評価となっている。</p> <div style="text-align: center;"> <p>川内原子力発電所の実機環境における60年間の連続運転に相当する評価 46℃－60年</p> <p>供試ケーブルの使用実績 47℃－21.3年^{※1} (=46℃－22年^{※2})</p> <p>追加の加速劣化期間 175℃－109日 (=46℃－38年^{※2})</p> <p><small>※1 実機試験期間（約7年）のうち、運転期間のみ ※2 川内原子力発電所の実機環境46℃に換算した場合の年数</small></p> </div> <p>図 供試ケーブルを用いた評価のイメージ</p> <p>【参考】 川内1号炉 外部リード－１－１の長期健全性試験条件（ＡＣＡ評価）</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2"></th> <th>試験条件^{*1}</th> <th>60年間の通常運転時の使用条件に基づく劣化条件 又は 設計基準事故時の環境条件</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">通常運転相当</td> <td>温度</td> <td>47℃－21.3年 (=46℃－22年) 175℃－109日 (=46℃－38年)</td> <td>46℃^{*2}－60年</td> </tr> <tr> <td>放射線 (集積線量)</td> <td>—</td> <td>2.7kGy^{*3}</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">設計基準 事故等相当</td> <td>放射線 (集積線量)</td> <td>1,500kGy (10kGy/h以下)</td> <td>602kGy</td> </tr> <tr> <td>温度</td> <td>最高温度：190℃</td> <td>最高温度：約127℃</td> </tr> <tr> <td>圧力</td> <td>最高圧力：0.41MPa[gage]</td> <td>最高圧力：約0.245MPa[gage]</td> </tr> </tbody> </table> <p>^{*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、47.0℃－0.2mGy/hの布設環境で21.3年間使用したケーブルを供試体とし、追加で劣化させた条件を示す ^{*2}：電気ペネトレーション設置エリアの周囲温度（約40℃）に通電による温度上昇を加えた温度として設定 ^{*3}：5×10⁻³[Gy/h]×(24×365.25)[h/y]×60[y]=2.7kGy</p>			試験条件 ^{*1}	60年間の通常運転時の使用条件に基づく劣化条件 又は 設計基準事故時の環境条件	通常運転相当	温度	47℃－21.3年 (=46℃－22年) 175℃－109日 (=46℃－38年)	46℃ ^{*2} －60年	放射線 (集積線量)	—	2.7kGy ^{*3}	設計基準 事故等相当	放射線 (集積線量)	1,500kGy (10kGy/h以下)	602kGy	温度	最高温度：190℃	最高温度：約127℃	圧力	最高圧力：0.41MPa[gage]	最高圧力：約0.245MPa[gage]
		試験条件 ^{*1}	60年間の通常運転時の使用条件に基づく劣化条件 又は 設計基準事故時の環境条件																			
通常運転相当	温度	47℃－21.3年 (=46℃－22年) 175℃－109日 (=46℃－38年)	46℃ ^{*2} －60年																			
	放射線 (集積線量)	—	2.7kGy ^{*3}																			
設計基準 事故等相当	放射線 (集積線量)	1,500kGy (10kGy/h以下)	602kGy																			
	温度	最高温度：190℃	最高温度：約127℃																			
	圧力	最高圧力：0.41MPa[gage]	最高圧力：約0.245MPa[gage]																			

タイトル	電気ペネトレーションの製造メーカーによる構造等の相違について
概要	電気ペネトレーションの製造メーカーによる構造等の相違について、以下に示す。
説明	<p>川内1号炉には、製と製のピッグテイル型電線貫通部が使用されているが、双方ともプラントメーカーが設計した同一の仕様で調達・製造されており、2つの製造メーカーの電気ペネトレーションに設計上及び構造上（寸法含む）の相違はない。</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、シリコーン樹脂及びエポキシ樹脂を使用している。</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>



ピッグテイル型電線貫通部構造図 () 製



ピッグテイル型電線貫通部構造図 () 製

No.	部 位	No.	部 位
①	銅 棒	⑤	ポッティング材(シリコン樹脂)
②	外部リード	⑥	本 体
③	接続金具	⑦	端 板
④	ポッティング材(エポキシ樹脂)	⑧	シュラウド

タイトル	蓄電池セルの取替周期の設定について
概要	蓄電池セルの取替周期の設定の考え方について、以下に示す。
説明	定期取替品である蓄電池セルは、JEM1431に基づき、想定される寿命年数（メーカー取替推奨）の60%程度以降に実施する容量試験の結果を踏まえて、取替時期を設定している。

別紙 17. 経年劣化傾向の評価について

30年目の評価以降、40年目の評価として、新たに実施した実機環境調査結果に基づく温度と放射線量を踏まえた評価*1を実施し、事故時雰囲気内で機能要求があるケーブルについては、実機と同等のケーブルで長期健全性試験を実施し、60年間の健全性について確認することができた。また、事故時雰囲気内で機能要求がないケーブルについては、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、今後も現状保全を継続することとしている。

これらのケーブルについて、制御・計装用ケーブルは定期的に系統機器の動作に異常のないことを確認し、また、電力用ケーブルは定期的に絶縁抵抗測定を行い有意な絶縁低下のないことを確認できており、30年目で実施した評価内容及びそれ以降の保全が有効であったと考える。

また、ケーブル以外の事故時雰囲気内で機能要求がある電気・計装品（電気ペネトレーション、弁電動装置、プロセス設備）について、いずれも再評価による60年間の健全性確認や、評価で確認された期間内に取り替えることとしており、30年目以降も適切な対応がなされたと考える。

なお、事故時雰囲気内で機能要求がある機器の管理については、設置環境と健全性結果を基にリスト化する等、整備を進めており、定期取替品としている電気・計装品の取替管理については、取替周期を定め、機器個別の評価寿命を超過しない期間内で取替を実施している。

【30年目の評価以降の取替実績（1号炉及び2号炉（例））】

難燃PHケーブル（CV内の一部（1，2号炉））、加圧器圧力（伝送器（1，2号炉））、1次冷却材高温側温度（狭域）（検出器（1，2号炉））等

*1：1号炉については、40年目の評価において、30年目の評価の申請以降に発行されたACAガイドに基づく評価を新たに実施した。

別紙 18. ケーブルの A C A ガイドによる健全性評価（重大事故等時）について

重大事故等時雰囲気内で機能要求があるケーブルは下記に示す通り。

- ① 難燃 P H ケーブル
- ② K K ケーブル
- ③ 難燃三重同軸ケーブル 1
- ④ 難燃 S H V V ケーブル

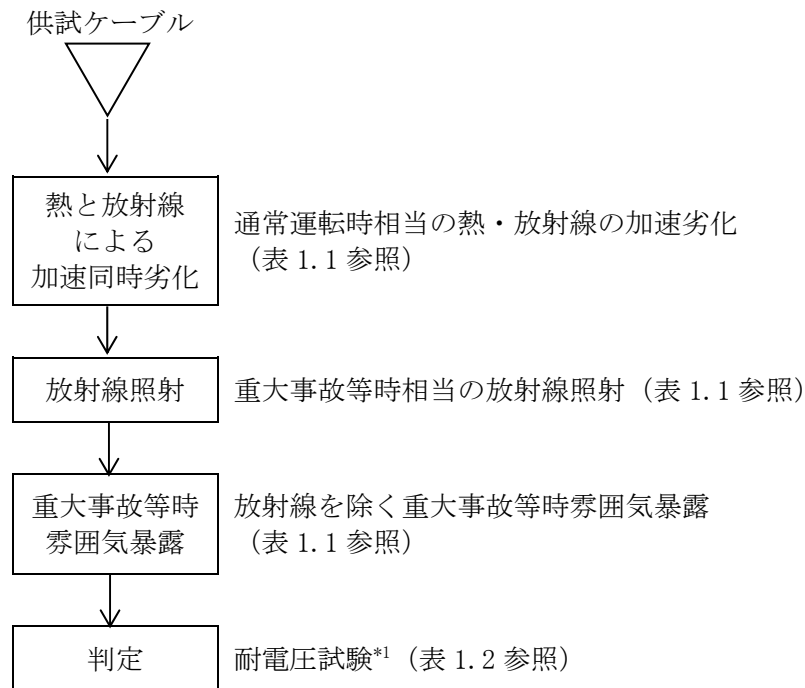
これらのケーブルについて、以下の通り、A C A ガイドに従った長期健全性を評価した。

1. 健全性評価

1.1 難燃PHケーブル、KKケーブル及び難燃三重同軸ケーブル1のACAガイドによる健全性評価（重大事故等時）

a. 評価手順

難燃PHケーブル、KKケーブル及び難燃三重同軸ケーブル1のACAガイドに基づく試験手順を図1.1に示す。



*1：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

図1.1 難燃PHケーブル、KKケーブル及び難燃三重同軸ケーブル1のACAガイドに基づく試験手順

b. 試験条件

難燃PHケーブル、KKケーブル及び難燃三重同軸ケーブル1のACA試験条件を表1.1に示す。

表1.1 難燃PHケーブル、KKケーブル及び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°C-94.8Gy/h-4,003h ^{*1}
		100°C-99.9Gy/h-5,549h ^{*2}
		100°C-98.9Gy/h-5,686h ^{*3}
重大事故等時相当 【別紙18.添付-1)参照】	放射線 (集積線量)	1,500kGy (10kGy/h以下)
	温度	最高温度：190°C
	圧力	最高圧力：0.41MPa[gage]

*1：難燃PHケーブルの試験条件

*2：KKケーブルの試験条件

*3：難燃三重同軸ケーブル1の試験条件

[出典（試験条件）：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）]

c. 評価結果

難燃PHケーブル、KKケーブル及び難燃三重同軸ケーブル1のACA試験結果を表1.2に示す。ACAガイドに基づく評価の結果を表1.3に示す。評価結果から、川内1号炉の難燃PHケーブル、KKケーブル及び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PHケーブル、KKケーブル及び難燃三重同軸ケーブル1のACA試験結果

項目	使用ケーブル	試験条件	判定
耐電圧試験	難燃PHケーブル KKケーブル	課電電圧：1,500V/1分間	良
	難燃三重同軸ケーブル1	課電電圧：AC10kV/1分間（C-1S） AC2kV/1分間（1S-2S）	良

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

表 1.3 A C Aガイドに基づく実布設環境での長期健全性評価結果

布設区分	実布設環境条件 【添付-2)、別紙 3. 添付-1) 及び別紙 4. 添付-1) 参照】		使用ケーブル	評価 期間 [年] ^{*1}	備考
	温度 [°C]	放射線量率 [Gy/h]			
ループ室	45	0.35	難燃 P Hケーブル	45 ^{*2}	更新を踏まえた評価 期間 79 年～81 年 (更新時期：第 23 回 ～第 25 回定期検査時 (2018 年～2020 年))
加圧器 上部	50	0.005	難燃 P Hケーブル	91 ^{*2}	
通路部	45	0.005	KKケーブル	495 ^{*3}	
			難燃 P Hケーブル	129 ^{*2}	
			難燃三重同軸ケーブル 1	154 ^{*2}	
通路部 ケーブル トレイ内	60 ^{*4}	0.005	難燃 P Hケーブル	47 ^{*2}	更新を踏まえた評価 期間 74 年～76 年 (更新時期：第 21 回 定期検査時(2011 年 ～2013 年))

*1：稼働率 100%での評価期間

*2：時間依存データの重ね合わせ手法により評価

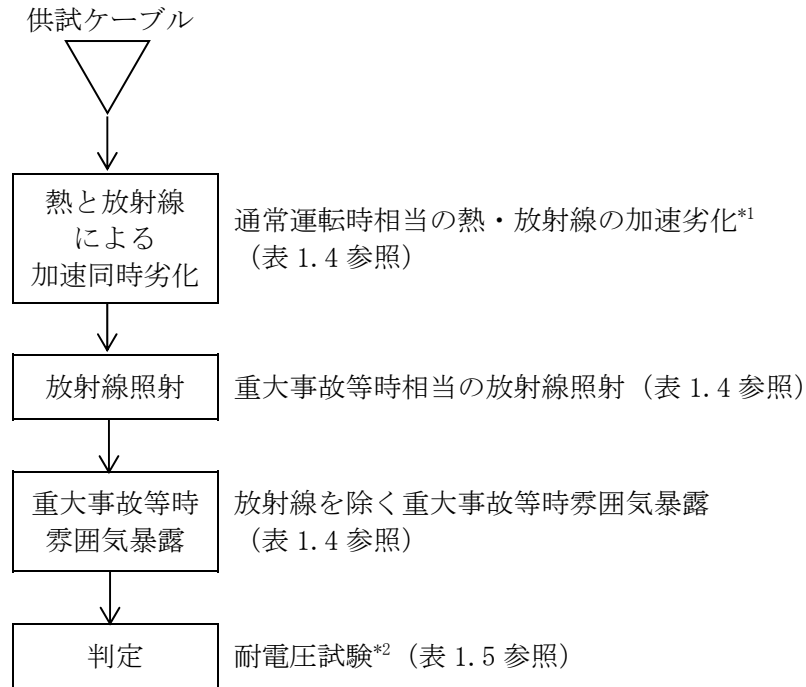
*3：等価損傷線量データの重ね合わせ手法により評価

*4：通常運転時の原子炉格納容器内難燃 P Hケーブル布設エリア（ケーブルトレイ部）の周囲温度実測値（複数の実測値の平均値のうち最大のもの）に余裕を加えた温度（約42°C）に通電による温度上昇と余裕を加えた温度

1.2 難燃SHVVケーブルのACAガイドによる健全性評価（重大事故等時）

a. 評価手順

難燃SHVVケーブルのACAガイドに基づく試験手順を図1.2に示す。



*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

*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

図1.2 難燃SHVVケーブルのACAガイドに基づく試験手順

b. 試験条件

難燃SHVVケーブルの長期健全性試験条件を表1.4に示す。試験条件は、川内1号炉の60年間の運転及び重大事故等時を想定した熱及び放射線による劣化条件を包絡している。

表1.4 難燃SHVVケーブルの長期健全性試験条件（ACA評価）

		試験条件*1	60年間の通常運転時の使用条件*2に基づく劣化条件【別紙18. 添付-2】 又は重大事故等時の環境条件【別紙18. 添付-3) 参照】
通常運転 相当	温度	120℃-58日	112℃-58日 (=30℃*2-60年)
	放射線 (集積線量)	—	0.29kGy*3
重大事故 等相当	放射線 (集積線量)	400Gy (10kGy/h以下)	0.03Gy*4
	温度	最高温度：131℃	最高温度：約100℃
	圧力	大気圧	大気圧

*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。

*2：使用済燃料ピット周辺のケーブル布設エリアの周囲温度実測値（複数の実測値の平均値のうち最大のもの）に余裕を加えた温度（約30℃）

*3：通常運転時の原子炉格納容器外の実測値（複数の実測値のうち最大のもの）から算出した集積線量 $(0.55 \times 10^{-3} [\text{Gy/h}] \times (24 \times 365.25) [\text{h/y}] \times 60 [\text{y}] = 0.29 \text{kGy})$

*4：重大事故等時の使用済燃料ピット周辺での放射線量
 $0.15 \times 10^{-3} [\text{Gy/h}] \times 24 [\text{h/d}] \times 7 [\text{d}] = 0.03 \text{Gy}$

[出典（試験条件）：PWRにおける過酷事故用電気計装品に関する経年劣化評価研究
Phase II（ケーブル）令和3年度]

c. 評価結果

難燃SHVVケーブルのACA試験結果を表1.5に示す。ACAガイドに基づく評価の結果、川内1号炉の難燃SHVVケーブルは、運転開始後60年時点においても絶縁機能を維持できると判断する。

表1.5 難燃SHVV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：PWRにおける過酷事故用電気計装品に関する経年劣化評価研究Phase II（ケーブル）令和3年度]

2. 添付資料

- 1) 難燃PHケーブル、KKケーブル及び難燃三重同軸ケーブル1のACAガイドによる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
- 2) 難燃SHVVケーブルのACAガイドによる長期健全性試験（重大事故等時）における評価期間について
- 3) 難燃SHVVケーブルのACAガイドによる長期健全性試験の事故時条件（重大事故等時）の包絡性について
- 4) 難燃SHVVケーブルの長期健全性試験条件における、「実機環境の線量率が低く、熱による劣化が支配的な領域」であることの根拠について

タイトル	難燃PHケーブル、KKケーブル及び難燃三重同軸ケーブル1のACAガイドによる長期健全性試験条件の事故時条件（重大事故等時）の包絡性について																																																												
概要	試験条件の事故時条件が、実機に想定される重大事故等時条件を包絡していることを以下に示す。																																																												
説明	<p>別紙18. 添付-1)-4に事故時雰囲気暴露の試験条件を添付する。 以下に示すように、事故時雰囲気暴露の試験条件は、実機の重大事故等時条件を包絡している。 なお、重大事故等時の安全解析結果（事故後7日間までの解析を実施）は添付-6)-2を参照のこと。</p> <p>難燃PHケーブル</p> <table border="1" data-bbox="419 792 1353 1832"> <thead> <tr> <th data-bbox="419 792 584 842"></th> <th data-bbox="584 792 943 842">条件（温度－時間）</th> <th data-bbox="943 792 1139 842">75℃換算*1</th> <th data-bbox="1139 792 1353 842">合計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="419 842 584 1003" rowspan="3">事故時 雰囲気 暴露 試験</td> <td data-bbox="584 842 943 898"></td> <td data-bbox="943 842 1139 898">18 時間</td> <td data-bbox="1139 842 1353 1003" rowspan="3">5,105 時間 (213 日)</td> </tr> <tr> <td data-bbox="584 898 943 954"></td> <td data-bbox="943 898 1139 954">137 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="584 954 943 1003"></td> <td data-bbox="943 954 1139 1003">4,950 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="419 1003 584 1832" rowspan="16">重大事故 等時*2</td> <td data-bbox="584 1003 943 1037"></td> <td data-bbox="943 1003 1139 1037">1 時間</td> <td data-bbox="1139 1003 1353 1832" rowspan="16">3,598 時間 (150 日)</td> </tr> <tr> <td data-bbox="584 1037 943 1070"></td> <td data-bbox="943 1037 1139 1070">2 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="584 1070 943 1104"></td> <td data-bbox="943 1070 1139 1104">4 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="584 1104 943 1137"></td> <td data-bbox="943 1104 1139 1137">37 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="584 1137 943 1171"></td> <td data-bbox="943 1137 1139 1171">92 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="584 1171 943 1205"></td> <td data-bbox="943 1171 1139 1205">49 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="584 1205 943 1238"></td> <td data-bbox="943 1205 1139 1238">137 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="584 1238 943 1272"></td> <td data-bbox="943 1238 1139 1272">97 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="584 1272 943 1305"></td> <td data-bbox="943 1272 1139 1305">106 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="584 1305 943 1339"></td> <td data-bbox="943 1305 1139 1339">111 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="584 1339 943 1373"></td> <td data-bbox="943 1339 1139 1373">320 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="584 1373 943 1406"></td> <td data-bbox="943 1373 1139 1406">250 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="584 1406 943 1440"></td> <td data-bbox="943 1406 1139 1440">186 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="584 1440 943 1473"></td> <td data-bbox="943 1440 1139 1473">280 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="584 1473 943 1507"></td> <td data-bbox="943 1473 1139 1507">243 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="584 1507 943 1541"></td> <td data-bbox="943 1507 1139 1541">209 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="584 1541 943 1574"></td> <td data-bbox="943 1541 1139 1574">200 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="584 1574 943 1608"></td> <td data-bbox="943 1574 1139 1608">233 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="584 1608 943 1641"></td> <td data-bbox="943 1608 1139 1641">243 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="584 1641 943 1675"></td> <td data-bbox="943 1641 1139 1675">309 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="584 1675 943 1709"></td> <td data-bbox="943 1675 1139 1709">313 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="584 1709 943 1742"></td> <td data-bbox="943 1709 1139 1742">176 時間</td> </tr> </tbody> </table> <p data-bbox="419 1832 1353 1865">*1：活性化エネルギー [kcal/mol]（ACA）での換算値</p> <p data-bbox="419 1865 1353 1899">*2：格納容器過温破損事故包絡条件</p>				条件（温度－時間）	75℃換算*1	合計	事故時 雰囲気 暴露 試験		18 時間	5,105 時間 (213 日)		137 時間		4,950 時間	重大事故 等時*2		1 時間	3,598 時間 (150 日)		2 時間		4 時間		37 時間		92 時間		49 時間		137 時間		97 時間		106 時間		111 時間		320 時間		250 時間		186 時間		280 時間		243 時間		209 時間		200 時間		233 時間		243 時間		309 時間		313 時間		176 時間
	条件（温度－時間）	75℃換算*1	合計																																																										
事故時 雰囲気 暴露 試験		18 時間	5,105 時間 (213 日)																																																										
		137 時間																																																											
		4,950 時間																																																											
重大事故 等時*2		1 時間	3,598 時間 (150 日)																																																										
		2 時間																																																											
		4 時間																																																											
		37 時間																																																											
		92 時間																																																											
		49 時間																																																											
		137 時間																																																											
		97 時間																																																											
		106 時間																																																											
		111 時間																																																											
		320 時間																																																											
		250 時間																																																											
		186 時間																																																											
		280 時間																																																											
		243 時間																																																											
		209 時間																																																											
	200 時間																																																												
	233 時間																																																												
	243 時間																																																												
	309 時間																																																												
	313 時間																																																												
	176 時間																																																												

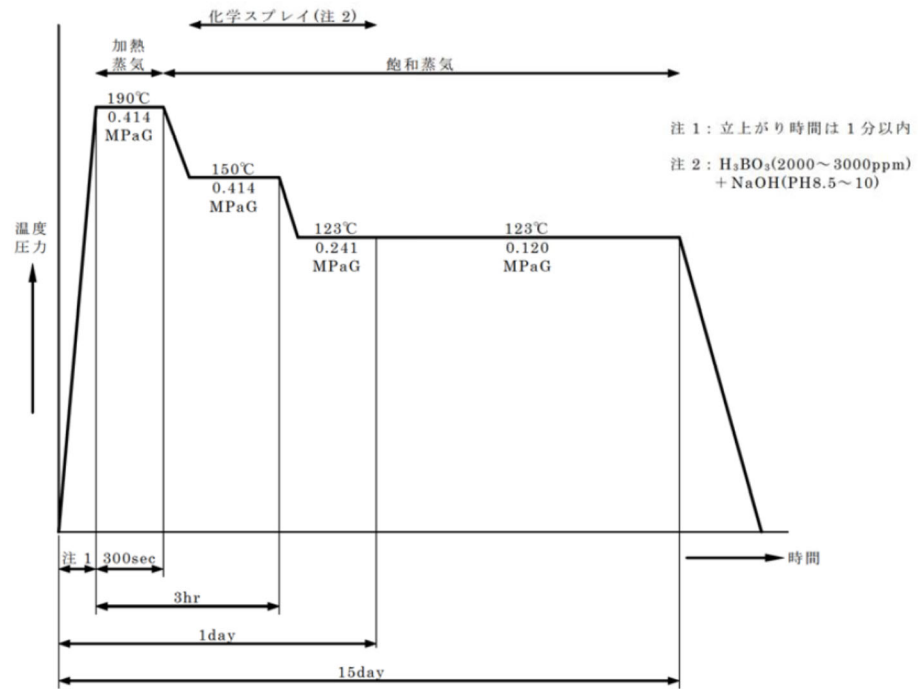
説 明	KKケーブル		
	条件 (温度-時間)	75℃換算*1	合計
事故時 雰囲気 暴露 試験		6 時間	2,995 時間 (125 日)
		63 時間	
2,926 時間			
重大事故 等時*2		1 時間	1,938 時間 (81 日)
		2 時間	
		3 時間	
		24 時間	
		53 時間	
		26 時間	
		80 時間	
		51 時間	
		55 時間	
		57 時間	
		163 時間	
		129 時間	
		97 時間	
		146 時間	
		128 時間	
		111 時間	
		107 時間	
127 時間			
133 時間			
171 時間			
175 時間			
99 時間			

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

説 明	難燃三重同軸ケーブル 1		
	条件 (温度-時間)	75°C換算*1	合計
事故時 雰囲気 暴露 試験		18 時間	5,105 時間 (213 日)
		137 時間	
		4,950 時間	
重大事故 等時*2		1 時間	3,598 時間 (150 日)
		2 時間	
		4 時間	
		37 時間	
		92 時間	
		49 時間	
		137 時間	
		97 時間	
		106 時間	
		111 時間	
		320 時間	
		250 時間	
		186 時間	
		280 時間	
		243 時間	
		209 時間	
		200 時間	
233 時間			
243 時間			
309 時間			
313 時間			
176 時間			

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

説 明



難燃PHケーブル、KKケーブル及び難燃三重同軸ケーブル1
事故時雰囲気暴露試験条件

タイトル	難燃SHVVケーブルのACAガイドによる長期健全性試験（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SHVVケーブルの60年間の通常運転時の使用条件に基づく劣化条件は、ケーブル絶縁材の活性化エネルギーを用いて、アレニウス則により算出している。</p> <p>実機使用条件（30℃－60年）を、長期健全性試験条件（120℃－58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58日として換算した結果を以下に示す。</p> <table border="1" data-bbox="509 763 1270 857"> <thead> <tr> <th>T2[℃]</th> <th>L2[日]</th> <th>T1[℃]</th> <th>L1[年]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>112</td> <td>58</td> <td>30</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=112℃）は、長期健全性試験条件の温度（120℃）に包絡される。</p>	T2[℃]	L2[日]	T1[℃]	L1[年]	112	58	30	60
T2[℃]	L2[日]	T1[℃]	L1[年]						
112	58	30	60						

タイトル	難燃SHVVケーブルのACAガイドによる長期健全性試験の事故時条件(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 data-bbox="416 510 1050 539">以下に事故時雰囲気暴露の試験条件を添付する。</p> <p data-bbox="416 584 1358 651">事故時雰囲気暴露の試験条件は、実機の重大事故等時条件(100℃-7日)を包絡している。</p> <div data-bbox="416 734 1358 1429" style="border: 2px solid black; height: 310px; width: 590px; margin: 10px auto;"></div> <p data-bbox="580 1496 1230 1525" style="text-align: center;">難燃SHVVケーブル 事故時雰囲気暴露試験条件</p>

<p>タイトル</p>	<p>難燃SHVVケーブルの長期健全性試験条件における、「実機環境の線量率が低く、熱による劣化が支配的な領域」であることの根拠について</p>
<p>概要</p>	<p>「実機環境の線量率が低く、熱による劣化が支配的な領域」であることの根拠について、以下に示す。</p>
<p>説明</p>	<p>「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）」の各ケーブル供試体の同時劣化特性では、各ケーブルとも概ね0.01～0.1Gy/h以下においては、放射線による劣化寄与が無視でき、熱による劣化が支配的になる結果が得られている。（3.3項（p220））</p> <p>当該ケーブルの実機環境における線量率は、0.55mGy/h（燃料取扱建屋）であるため、熱による劣化が支配的な領域としている。</p> <div data-bbox="446 896 1276 1456" data-label="Figure"> </div> <p>図 3.3-21 C社難燃EPゴム絶縁体(白芯) 等価損傷線量データの重ね合わせ 等価損傷：EAB=143%、評価温度：50℃ 熱劣化が支配的な領域</p> <p>「実機環境の線量率が低く、熱による劣化が支配的な領域」のイメージ</p>

タイトル	蒸気暴露試験中における課電及び通電の実施状況について
概要	蒸気暴露試験中における課電及び通電の実施状況について、以下に示す。
説明	<p>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ならびに耐延焼性試験方法に関する推奨案」（以下、「電気学会推奨案」という。）において、蒸気暴露試験中には、課電及び通電を行うことが定められている。課電及び通電は、「蒸気暴露試験期間中ケーブルがその機能を果たしていること」を確認する目的で要求されており、以下の通り定められている。</p> <ul style="list-style-type: none"> ○課電：定格電圧 ○通電：原則として許容電流。但し、制御・計装ケーブルは以下の通り。 （制御ケーブル）3 A、使用電流、又は当事者間による協議 （計装ケーブル）通電不要 <p><課電の電圧について></p> <p>電圧については、定格電圧が推奨されているが、課電の目的は蒸気暴露試験中のケーブルの機能（絶縁機能）を確認することであり、実機の使用電圧以上で課電していれば、実機の使用条件におけるケーブルの絶縁機能の維持が確認できていると考える。</p> <p><課電の方法について></p> <p>「課電」は、電気学会推奨案において試験中の絶縁機能を確認する手段として規定されており、課電を連続で実施すれば、試験中どの時点で絶縁機能を喪失したかが判定できる。一方、耐電圧試験や絶縁抵抗測定による断続的な課電であっても、適切な時点で絶縁機能の確認をすれば、ケーブルの絶縁機能の低下傾向は把握できており、電気学会推奨案における課電に相当すると考える。</p> <p>したがって、断続的な課電を適切に実施していれば、ケーブルの絶縁機能の維持が確認できていると考える。</p> <p>なお、絶縁機能の確認は、これまでの試験実績を踏まえ、以下に示す絶縁機能の変化が想定されるポイントを重点的に実施している。</p> <ul style="list-style-type: none"> ○試験条件（温度、圧力）が最大るとき、または変化させるとき ○格納容器スプレイを模擬した化学スプレイの実施中 <p>また、試験後半の温度・圧力条件が一定の期間においては、絶縁機能が急激に変化する可能性は低いと考えられることから、1日～数日毎に実施している。</p> <p>電気学会推奨案による評価対象機器の課電及び通電の実施状況の詳細を別紙19．添付-1)に示す。</p>

電気学会推奨案に基づく蒸気暴露試験中*1の課電及び通電の実施状況

対象機器		用途	事故事象	実施状況		出典
				課電	通電	
低圧 ケーブル	難燃PHケーブル	電力 制御 計装	設計基準事故 ／重大事故等	最高使用電圧：AC440V 課電電圧：定格電圧（AC600V）	31A （許容電流*2）	九州電力研究データ
	KKケーブル	計装	設計基準事故	最高使用電圧：DC24V 課電電圧：定格電圧（AC600V）	—	九州電力研究データ
			重大事故等	最高使用電圧：DC24V 課電電圧：DC500V（絶縁抵抗測定*3）	—	電力共通研究「電気・計装機器の耐環境実証試験に関する研究（Step-3）」1983年度
同軸 ケーブル	難燃三重 同軸ケーブル1	計装	設計基準事故	—*4 〔 重大事故等時の評価に用いた試験にて実施 最高使用電圧：DC1,000V 課電電圧：DC1,000V（絶縁抵抗測定*5） 〕	—	メーカーデータ
			重大事故等	最高使用電圧：DC1,000V 課電電圧：DC1,000V（絶縁抵抗測定*5）	—	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」

-19-2-

*1：各試験では、劣化の進行が速いと考えられる「絶縁体厚さが概ね最小のケーブル」を供試体として試験を実施している。

*2：許容電流は、絶縁体に対する熱的影響を考慮してケーブルサイズ毎に定められているため、ケーブルサイズに関わらず通電による温度上昇は同等であり、どのケーブルサイズを供試体に用いても問題はないと考える。

*3：15日間の試験において、計14回（1日目に7回、2,3,5,7,9,12日目に各1回、15日経過後に1回実施）

*4：評価書に記載の重大事故等時の試験にて実施しており、当該試験結果は設計基準事故時の評価においても適用可能であることを確認している。
詳細は【別紙19. 添付-2】参照

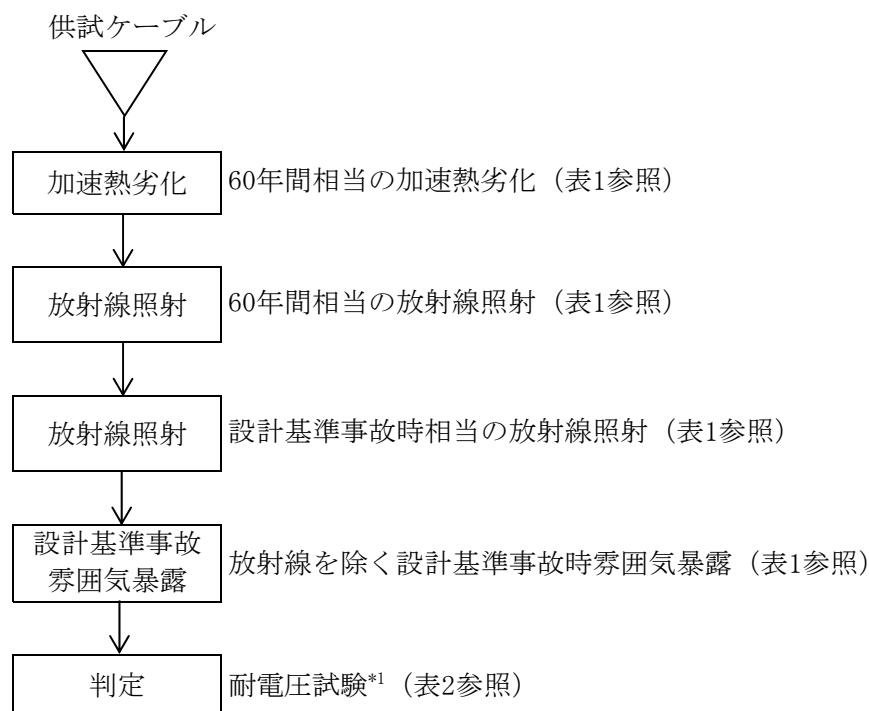
*5：7日間の試験において、1日1回及び7日経過後に1回実施

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三重同軸ケーブル1については、電気学会推奨案に準じて実機同等品による長期健全性試験により評価した。難燃三重同軸ケーブル1の試験手順を図1に示す。

本試験は三重同軸コネクタ接続と一体の供試体で実施しており、判定試験として、三重同軸コネクタ接続の判定試験（耐電圧試験）を実施した。電気学会推奨案では、屈曲浸水耐電圧試験を実施することとしているが、合わせて「絶縁体やシースに用いられるゴム、プラスチック材料は、熱、放射線、水蒸気などの影響による劣化を受けるが、本来ならこの状態で電気特性を維持できれば、実用上問題ないといえる。」と記載されており、実機の使用電圧（DC1,000V）を大きく上回る電圧（DC3,000V）で耐電圧試験を実施していれば、健全性評価の観点から十分保守的であり、判定試験として妥当であると考ええる。なお、耐電圧試験（気中）は、最新知見であるACAガイドでも採用されている。



*1：耐電圧試験：規定電圧を規定時間印加し、絶縁破壊を生じるか否かを調べる

図1 難燃三重同軸ケーブル1の長期健全性試験手順

b. 試験条件

難燃三重同軸ケーブル1の長期健全性試験条件を表1に示す。試験条件は、川内1号炉の実機環境に基づいて60年間の運転期間を想定した劣化条件を包絡している。

表1 難燃三重同軸ケーブル1の長期健全性試験条件*1（設計基準事故時）

		試験条件	60年間の通常運転時の使用条件に基づく劣化条件【別紙19.添付-3)参照】又は設計基準事故時の環境条件【別紙19.添付-4)参照】
通常運転相当	温度	113°C-255h	80°C-255h (=45°C*2-60年)
	放射線 (集積線量)	750kGy (10kGy/h以下)	2.7kGy*3
設計基準事故相当	放射線 (集積線量)	500kGy*4 (10kGy/h以下)	602kGy
	温度	最高温度：150°C	最高温度：約127°C
	圧力	最高圧力： 0.5MPa[gage]	最高圧力：約0.245MPa[gage]

*1：長期健全性試験は、絶縁体種類が同一でシース種類が異なる難燃三重同軸ケーブルにて実施した

*2：通常運転時の原子炉格納容器内難燃三重同軸ケーブル1布設エリアの周囲温度実測値（複数の実測値の平均値のうち最大のもの）に余裕を加えた温度

*3：通常運転時の原子炉格納容器内難燃三重同軸ケーブル1布設エリアの周囲線量率実測値（複数の実測値の平均値のうち最大のもの）に余裕を加えた線量率から算出した集積線量（ $5 \times 10^{-3} [\text{Gy/h}] \times (24 \times 365.25) [\text{h/y}] \times 60 [\text{y}] = 2.7 \text{kGy}$ ）

*4：試験条件の放射線（集積線量）の総和（750kGy+500kGy=1250kGy）は、実機環境条件における放射線（集積線量）の総和（2.7kGy+602kGy=604.7kGy）を包絡している

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

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2に示す。評価の結果、川内1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
耐電圧試験	C-I間 DC3,000V 1分 I-O間 DC 500V 1分	良

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

タイトル	難燃三重同軸ケーブル1の長期健全性試験（設計基準事故時）における評価期間について								
概要	試験条件と実機の使用条件に基づく劣化条件との比較に用いた実環境温度および活性化エネルギー等を以下に示す。								
説明	<p>難燃三重同軸ケーブル1の60年間の通常運転時の使用条件に基づく劣化条件は、ケーブル絶縁材の活性化エネルギーを用いて、アレニウス則により算出している。</p> <p>実機使用条件（45℃-60年）を、長期健全性試験条件（113℃-255時間）との比較を容易にするため、加速時間(L2)を試験条件と同じ255時間として換算した結果を以下に示す。</p> <table border="1" data-bbox="497 728 1259 822"> <thead> <tr> <th>T2[℃]</th> <th>L2[h]</th> <th>T1[℃]</th> <th>L1[年]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>80</td> <td>255</td> <td>45</td> <td>60</td> </tr> </tbody> </table> <p>活性化エネルギー：<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=80℃）は、長期健全性試験条件の温度（113℃）に包絡される。</p>	T2[℃]	L2[h]	T1[℃]	L1[年]	80	255	45	60
T2[℃]	L2[h]	T1[℃]	L1[年]						
80	255	45	60						

タイトル	難燃三重同軸ケーブル1の長期健全性試験条件の事故時条件（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19. 添付-5)に事故時雰囲気暴露の試験条件を添付する。 設計基準事故（1次冷却材管の破断による原子炉冷却材喪失）の安全解析結果（事故後27時間までの解析を実施）は、添付-4)-2を参照のこと。</p> <p>以下に示すように、事故時雰囲気暴露の試験条件は、実機の設計基準事故時条件を包絡している。</p> <table border="1" data-bbox="411 779 1342 1346"> <thead> <tr> <th></th> <th>条件（温度－時間）</th> <th>75℃換算*1</th> <th>合計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>事故時 雰囲気 暴露 試験</td> <td style="text-align: center;">□</td> <td>48,076,753時間 (2,003,198日)</td> <td>48,076,753時間 (2,003,198日)</td> </tr> <tr> <td rowspan="5">設計基 準事故*2</td> <td rowspan="5" style="text-align: center;">□</td> <td>100,672時間 (4,195日)</td> <td rowspan="5">106,593時間 (4,442日)</td> </tr> <tr> <td>5,817時間 (242日)</td> </tr> <tr> <td>72時間 (3日)</td> </tr> <tr> <td>24時間 (1日)</td> </tr> <tr> <td>8時間 (1日)</td> </tr> </tbody> </table> <p>*1：活性化エネルギー□ [kcal/mol]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）	75℃換算*1	合計	事故時 雰囲気 暴露 試験	□	48,076,753時間 (2,003,198日)	48,076,753時間 (2,003,198日)	設計基 準事故*2	□	100,672時間 (4,195日)	106,593時間 (4,442日)	5,817時間 (242日)	72時間 (3日)	24時間 (1日)	8時間 (1日)
	条件（温度－時間）	75℃換算*1	合計																
事故時 雰囲気 暴露 試験	□	48,076,753時間 (2,003,198日)	48,076,753時間 (2,003,198日)																
設計基 準事故*2	□	100,672時間 (4,195日)	106,593時間 (4,442日)																
		5,817時間 (242日)																	
		72時間 (3日)																	
		24時間 (1日)																	
		8時間 (1日)																	

	<div data-bbox="402 295 1347 940" style="border: 2px solid black; height: 288px; width: 592px; margin: 10px auto;"></div> <p data-bbox="539 1012 1216 1048" style="text-align: center;">難燃三重同軸ケーブル1 事故時雰囲気暴露試験条件</p>
--	--