

No	日付	資料名	該当ページ	コメント内容	コメント対応	回答日	完了日
1	2023年6月19日	高経年化技術評価書別冊 (ポンプ用電動機)	28	高圧電動機の絶縁低下については、18、5年以降において発生の可能性は否定できないとして、予防安全のため3A原子炉補機冷却水ポンプ用電動機を第16回定期検査時(2021年度~2022年度)に絶縁更新を行っている。しかし、16、5年以降において発生の可能性が否定できない低圧電動機については絶縁更新等の実績はない。低圧電動機の保全活動について説明すること。	低圧電動機の絶縁低下に対する保全活動について、定期的な絶縁抵抗測定を行い、許容値以上であることを確認しているが、絶縁抵抗測定の結果から必要に応じ絶縁更新等を計画することとしている。 なお、ポンプ用電動機(低圧電動機)について、現時点において絶縁更新等の実績はない。	7月25日	7月25日
2	2023年6月19日	補足説明資料 (絶縁低下)	-	代表機器及び代表機器以外の補修・取替の実績を示すこと。また、頻度が高いものがあれば示すこと。	代表機器における補修・取替の実績は、高経年化技術評価(電気・計装品の絶縁低下)補足説明資料の別紙6、添付-2)-2)に示すとおり。 また、代表機器以外については、高圧ポンプ用電動機のうち3A原子炉補機冷却水ポンプ用電動機を第16回定期検査時(2022年度)に更新を行っている。 なお、補修・取替において頻度が高い機器はない。	7月25日	7月25日
3	2023年6月19日	補足説明資料 (絶縁低下)	-	代表機器について、機器名、評価対象部位、保全項目、判定基準及び点検頻度を、判定基準の設定根拠、点検頻度の設定の考え方を含めて示すこと	玄海3号炉-絶縁低下-3にて回答。	8月15日	8月15日
4	2023年6月19日	高経年化技術評価書別冊 (計測制御設備)	47	「1次冷却材圧力、加圧器水位の伝送器、測温抵抗体、中性子束検出器、放射線検出器、水素濃度検出器、電源装置(ただし、水平方向加速度及びアニュラス水素濃度は電源装置内の電解コンデンサ)、ヒューズ及び表示器については定期取替品である。」としている。伝送器、測温抵抗体、中性子束検出器、放射線検出器、水素濃度検出器、電源装置について、定期取替とするにあたっての寿命設定・取替頻度の考え方を示すこと。	伝送器、測温抵抗体については、事故時雰囲気暴露試験を含めた長期健全性試験を実施し、得られた評価寿命(補足説明資料 別紙5)よりも短い周期にて取替周期を設定し、計画的に取替えを実施している。 その他機器(中性子束検出器、放射線検出器、水素濃度検出器、電源装置)については、メーカー推奨の取替頻度より取替周期を設定し、計画的に取替えを実施している。	8月15日	8月15日
5	2023年6月19日	高経年化技術評価書別冊 (電気設備) (計測制御設備) (電源設備)	15,16 21 15	保護継電器の保全について、メタクラの保護継電器(静止型)は定期取換品 パワーセンタ、ディーゼル発電機制御盤の保護継電器は、絶縁低下に○、特性変化に△ 直流コントロールセンタの保護継電器は、静止型は絶縁低下に記載は無く、特性変化に△ としている。この考え方について説明すること。 また、メタクラの保護継電器の取替周期の考え方を示すこと。 さらに、ディーゼル発電機制御盤、直流コントロールセンタの保護継電器(機械式)について、旧式化(オブソレッセンス)の見地から調達管理・保全計画について説明すること。	玄海3号炉-絶縁低下-5にて回答。	7月25日	7月25日
6	2023年6月19日	高経年化技術評価書別冊 (電源設備)	13	蓄電池セルを定期取替品としている。取替周期設定の考え方を示すこと。 また、CS型とSNS型での充電方法、保全で違いがあるかを説明すること。	玄海3号炉-絶縁低下-6にて回答。	8月15日	8月15日
7	2023年6月19日	補足説明資料 (絶縁低下)	43	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・計装設備の環境条件(熱及び放射線)の調査の実施方針(いつ行うこととしているのか)、方法(使用機器概要、測定期間、測定値から環境条件の決定方法(測定期間中の平均値を取る等))、環境測定実施方針・方法等で参照した又は参考としている海外の規格・報告書等(NISA文書以外にあれば)、測定実績(実施時期)及び今後の計画について補足説明資料(添付-1)-1)に記載すること。	回答資料「玄海3号炉 補足説明資料(絶縁低下)添付1)-1)のとおり。 なお、環境測定実施方針・方法等で参照した又は参考としている海外の規格・報告書等について、NISA文書以外には無い。	8月15日	8月15日
8	2023年6月19日	補足説明資料 (絶縁低下)	-	評価書p.10の難燃高圧CSHVケーブルの長期健全性試験条件の温度条件の設定の根拠(活性化エネルギー等)を補足説明資料に追記すること。	回答資料「玄海3号炉 補足説明資料(絶縁低下)別紙11)のとおり。	7月25日	7月25日
9	2023年6月19日	補足説明資料 (絶縁低下)	8	補足説明資料p.8において、「試験条件は、玄海3号炉の実機環境に基づいて通常運転及び設計基準事故を想定した劣化条件を包絡している。」とある。設計基準事故については、p.7にも示されている玄海3号の事故条件を包含していることは理解する一方、通常運転時相当劣化については、ACA研究の試験条件を実機条件に時間依存データの重ね合わせ手法を用いて換算して評価しているのであって、包含関係を議論しているのではないと理解するが、上記p.8の記載の意味を説明すること。	当該箇所は、設計基準事故条件の包絡性のみを説明すべき箇所となるため、通常運転に関する記載を削除し、以下の記載とする。 「試験条件は、玄海3号炉の設計基準事故を想定した条件を包絡している。」	7月25日	7月25日
10	2023年6月19日	高経年化技術評価書別冊 (ケーブル) 補足説明資料 (絶縁低下)	-	重大事故等対処設備に属し、重大事故時環境下で機能要求のあるケーブルの健全性評価において、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を行い、技術評価書(又は補足説明資料)に記載すること。	回答資料「玄海3号炉 補足説明資料(絶縁低下)別紙12)のとおり。	7月25日	7月25日
11	2023年6月19日	補足説明資料 (絶縁低下)	11,32	補足説明資料p.11表4.1-6で、重大事故等相当の試験条件のうち、温度について「最高温度:150℃」とあるが、添付6)-2で示された温度条件(図中で「150℃以上」と記載)との整合性を説明すること。(図より、重大事故模擬試験では、試験温度が150℃以上になるように設定して試験が行われたのではないかと推定するが、これが正しい場合、上記記載は、「最高温度」ではなく、むしろ意味としては「最低温度」などではないか?もしくは、「最高温度」の記載は不要ではないか?圧力についても同様。)モジュラー型電気ヘネレーション外部リード-2-1の評価(補足説明資料p.32)についても同様。	ご理解の通り、試験条件として150℃となるよう、実際の試験の際は150℃を超える温度で実施しているため、試験上は最低温度に相当する意味合いになる。 本記載は、表中の隣の欄に記載している環境条件としての最高温度と対比する形でこのように記載しており、最高圧力や他の試験についても同様の考えで記載している。	7月25日	7月25日

No	日付	資料名	該当ページ	コメント内容	コメント対応	回答日	完了日
12	2023年6月19日	補足説明資料 (絶縁低下)	65	補足説明資料p.65添付-8)-2)における熱サイクル試験条件の実機条件への換算方法について、詳細を説明すること。(試験条件92℃から99℃の換算結果がこちらでの計算と合わないため確認。)	試験条件92℃から99℃の換算に関しては、保守的に100～110℃と同じ換算方法で算出しているため、その旨を注記にて記載する。 (回答資料「玄海3号炉 補足説明資料(絶縁低下) 添付-8)-2)」のとおり。)	7月25日	7月25日
13	2023年6月19日	補足説明資料 (絶縁低下)	66	補足説明資料p.66添付-9)-1)2)において、事故条件の75℃換算の詳細を説明すること。(※1では110℃までに適用できる活性化エネルギーが示されているが、110℃以上の換算はどのように行っているのか。)	110℃以上の換算についても、実際に熱劣化試験によって取得した100～110℃の活性化エネルギー [kcal/mol] を用いて算出していることから、以下の記載に修正する。 『*1 活性化エネルギー [kcal/mol] (ACA)での換算値』	7月25日	7月25日
14	2023年6月19日	補足説明資料 (絶縁低下)	8-1	補足説明資料 別紙8では、LV型モジュラー型電気ヘネトレーションは2つの製造メーカーがあるとされている。また、評価書p.12では、外部リードは絶縁体と製造メーカーの違いにより、4種類あるとされている。モジュール本体のメーカーと外部リードの種類の対応関係を説明し、補足説明資料に追記すること。	回答資料「玄海3号炉 補足説明資料(絶縁低下) 別紙8)」のとおり。	7月25日	7月25日
15	2023年6月19日	補足説明資料 (絶縁低下)	71	補足説明資料p.71添付-11)-2)の外部リード1-2)の設計基準事故条件の75℃換算の合計時間が1200時間(50日)とあるが、「75℃換算」の欄の数値の合計と異なる理由を説明すること。	75℃換算値は、各条件(温度-時間)毎に端数処理を行っている。 また、合計値については、75℃換算値(端数処理前)の総和に対して端数処理を行っているため数値が異なっている。	7月25日	7月25日
16	2023年6月19日	補足説明資料 (絶縁低下)	23	補足説明資料 p.23において、外部リード1-2)のACAガイドによる健全性評価について、「評価にあたっては、ACAの試験結果を用いた」とある。p.24の表4.2-11に記載のデータは「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)」に示されたデータではなく、サンプリングケーブルを用いた独自の試験と思われるが、上記のように記載する理由を説明すること。また、表4.2-11、表4.2-12の表題を、上記JNES報告書に記載の試験データと誤解されないように、適切に記載すること。	当該試験は、サンプリングケーブルを用いた独自の試験であることから、「評価にあたっては、ACAの試験結果を用いた」の記載を削除する。 また、表4.2-11、表4.2-12の表題については、JNES報告書に記載の試験データと誤解されないよう、以下の記載に修正する。 『表4.2-11 外部リード1-2)の長期健全性試験条件(ACA評価)』 『表4.2-12 外部リード1-2)の長期健全性試験結果』	7月25日	7月25日
17	2023年6月19日	補足説明資料 (絶縁低下)	25	補足説明資料p.25に記載の外部リード1-2)の健全性評価(重大事故等時)の準拠規格を補足説明資料中に記載すること。(図4.2-6より、ACAガイドに準じて実施されたことと理解している。)	補足説明資料の該当部にACAガイドに準じて実施している旨の記載を追記する。	7月25日	7月25日
18	2023年6月19日	補足説明資料 (絶縁低下)	73,75	外部リード1-2)の「ACAガイドによる健全性評価(設計基準事故時)」及び「健全性評価(重大事故等時)」においてはサンプリングケーブルが健全性評価で使用されているが、それぞれの評価において稼働率がどのように考慮されているのか説明し、必要な情報を補足説明資料に追記すること。(補足説明資料p.75添付-14)では、稼働率86%との記載があるが、p.73添付-12)においては、稼働率に係る記載がない。補足説明資料p.75添付-14)の、33℃—15.6年(稼働率86%)とは、33℃で15.6年×0.86=13.416年使用されたとして評価で考慮するということでよいか。)	サンプリングケーブルの実布設期間と稼働率の関係は以下のとおり。 <ACAガイドに従った健全性評価> 実布設期間 × 稼働率 = 運転中の使用期間 23.2年 × 85% = 19.7年 <重大事故等の健全性評価> 実布設期間 × 稼働率 = 運転中の使用期間 15.6年 × 86% = 13.4年 稼働率を考慮した運転中の使用期間を補足説明資料に追記する。 回答資料「玄海3号炉 補足説明資料(絶縁低下) 本文 添付-12.14)」のとおり。	7月25日	7月25日
19	2023年9月25日	補足説明資料 (絶縁低下)	8-1	以下についての説明を補足説明資料に追加すること※。 ①評価書p.2の表1-1に記載の機器名称 ②試験に供試したヘネトレーションモジュールがどの組み合わせ(製造メーカー、外部リード)に該当するか ③事故時機能要求の有無 ④②の試験に代表として供試したヘネトレーションモジュールの組み合わせが、「ポッティング材及びオリングの気密性低下による絶縁低下)において、他の組み合わせの評価にも適用できることの考え方。 ※①②③については、審査に当たり、38台設置しているとしているLVモジュールについて、どの製造メーカーのどの仕様のモジュールがどのような用途に使われていて、どのモジュールが設計基準事故時又は重大事故等時において電気的な機能要求があり、この評価のために代表としてどの仕様のヘネが試験に供試されたのか確認したい。補足説明資料の表を拡充しての説明が難しければその他の資料の提示でも差し支えない。	回答資料「玄海3号炉 補足説明資料(絶縁低下) 別紙8)」のとおり。	10月11日	10月11日
19-1	2023年10月11日	補足説明資料 (絶縁低下)	—	ポッティング材と外部リードの接着性の根拠について、記載を充実すること。	回答資料「玄海3号炉—絶縁低下—19-1)」のとおり。 『玄海3号炉 補足説明資料(絶縁低下) 別紙8』に記載した。		
20	2023年9月25日	補足説明資料 (絶縁低下)	8-1	説明において製造メーカー名が書かれており、マスキングがないが、問題ないか。	製造メーカー名は原則非公開であるが、当該部については先行プラントにて公開されており、同様の対応としている。	10月11日	10月11日

No	日付	資料名	該当ページ	コメント内容	コメント対応	回答日	完了日
21	2023年9月25日	高経年化技術評価書別冊 (容器)	—	ポットング材については、「ポットング材として使用しているエポキシ樹脂は有機物であり、熱及び放射線により経年劣化が進行し、接着力の低下により気密性が低下した場合、湿気が電気ベネトレーション内部に侵入し、絶縁性能の低下を起す可能性がある。」とされている。他方で、p.4の図2.1-1より、ポットング材は、1次ポットング部においては、銅棒間の絶縁機能を直接担っており、ポットング材が熱及び放射線により経年劣化が進行した場合に絶縁性能の低下が起す可能性があると考え、(接着力の観点のみに着目)このことが評価書に記載されていない理由を説明すること。仮にこのことが評価において考慮されている場合は、それが分かるように評価書に記載すること。	ポットング材の経年劣化による銅棒間等の絶縁機能低下は、評価上考慮しているため、評価書p.6の記載を以下のとおり修正する。また、他頁の該当部についても同様に修正する。 『(1)外部リード、ポットング材及びオリングの経年劣化による絶縁低下 (中略)ポットング材として使用しているエポキシ樹脂は有機物であり、熱及び放射線により経年劣化が進行した場合、絶縁性能の低下を起す可能性がある。また、同様に経年劣化が進行し、接着力の低下により気密性が低下した場合、湿気が電気ベネトレーション内部に侵入し、絶縁性能の低下を起す可能性があることから、経年劣化に対する評価が必要である。』	10月11日	10月11日
22	2023年10月11日	審査会合資料 (絶縁低下)	3	先行プラントを参考に、電気・計装品の評価対象の全体リストを追記すること。	左記内容について、審査会合コメント回答資料に反映した。 [審査会合コメント回答資料 p.5, 6]		
23	2023年10月11日	審査会合資料 (絶縁低下)	14	電気ベネトレーションの外部リードの評価内容を記載すること。	左記内容について、審査会合コメント回答資料に反映した。 [審査会合コメント回答資料 p.17, 20, 21, 22]		
24	2023年10月11日	審査会合資料 (絶縁低下)	15	電気ベネトレーションの熱サイクル試験条件の根拠について、補足説明資料に追加すること。	回答資料 玄海3号炉—絶縁低下—24のとおり。 [玄海3号炉 補足説明資料(絶縁低下) 添付8]-1]に記載した。		
25	2023年10月11日	審査会合資料 (絶縁低下)	12	絶縁低下の現状保全のうち、「絶縁低下を確認した場合には、必要に応じて保全を実施する。」ことを評価書にも記載すべきを検討すること。	左記内容について、評価書(別冊)の冒頭部分に記載している。 (以下、評価書(別冊)の記載) 点検等で確認した結果、異常が認められた場合、速やかに対策を施すこととしており、異常が認められた場合に、対策を実施する旨の記載は省略している。		
26	2023年10月11日	補足説明資料 (絶縁低下)	2-1	難燃SHVVケーブルの健全性評価(重大事故等時)について、事故時の環境条件を考慮していることを追記すること。	回答資料 玄海3号炉—絶縁低下—26のとおり。 [玄海3号炉 補足説明資料(絶縁低下) 別紙2]に記載した。		
27	2023年10月11日	補足説明資料 (絶縁低下)	—	先行プラントの反映として、以下の内容の資料を補足説明資料に追加すること。 ・電気学会推奨案に対する課電通電について ・ACA(SA)の評価結果	回答資料 玄海3号炉—絶縁低下—27のとおり。 [玄海3号炉 補足説明資料(絶縁低下) 別紙15] [玄海3号炉 補足説明資料(絶縁低下) 別紙16]に記載した。		
28	2023年10月11日	補足説明資料 (絶縁低下)	6-2	電気ベネの製造メーカーについて、コメント回答資料No.20と整合させること。	回答資料 玄海3号炉—絶縁低下—28のとおり。 [玄海3号炉 補足説明資料(絶縁低下) 別紙6]に記載した。		
29	2023年10月11日	補足説明資料 (絶縁低下)	4-19	ケーブル接続部の使用材料(シリコーンゴム)について、記載を見直すこと。	回答資料 玄海3号炉—絶縁低下—29のとおり。 [玄海3号炉 補足説明資料(絶縁低下) 別紙4]に記載した。		

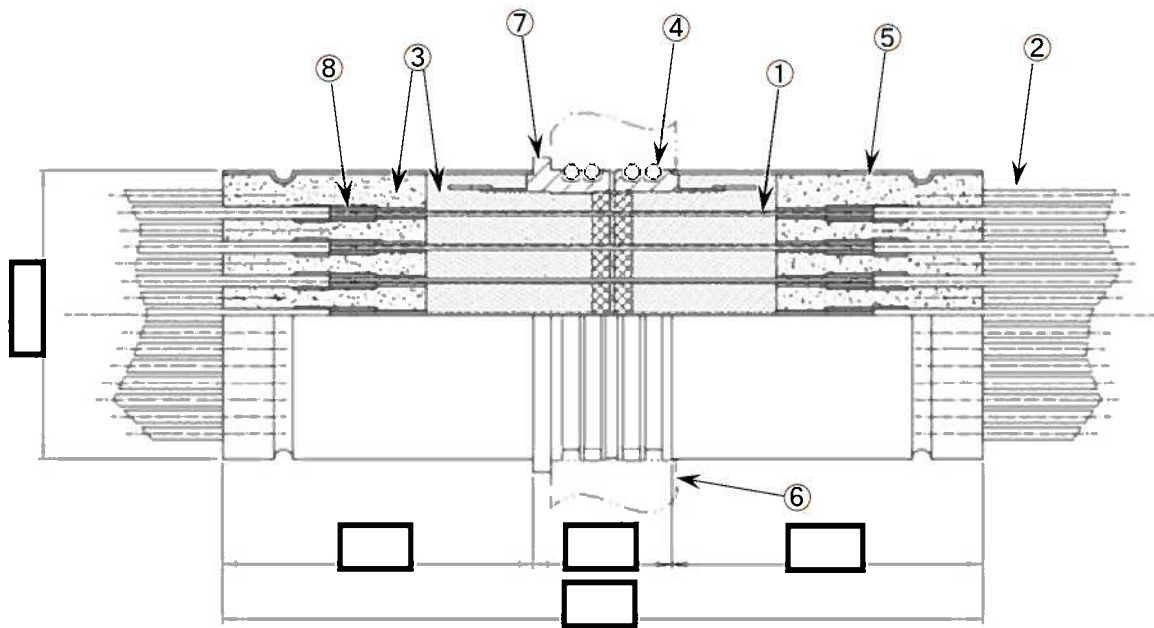
玄海原子力発電所3号炉
高経年化技術評価
(電気・計装品の絶縁低下)

補足説明資料

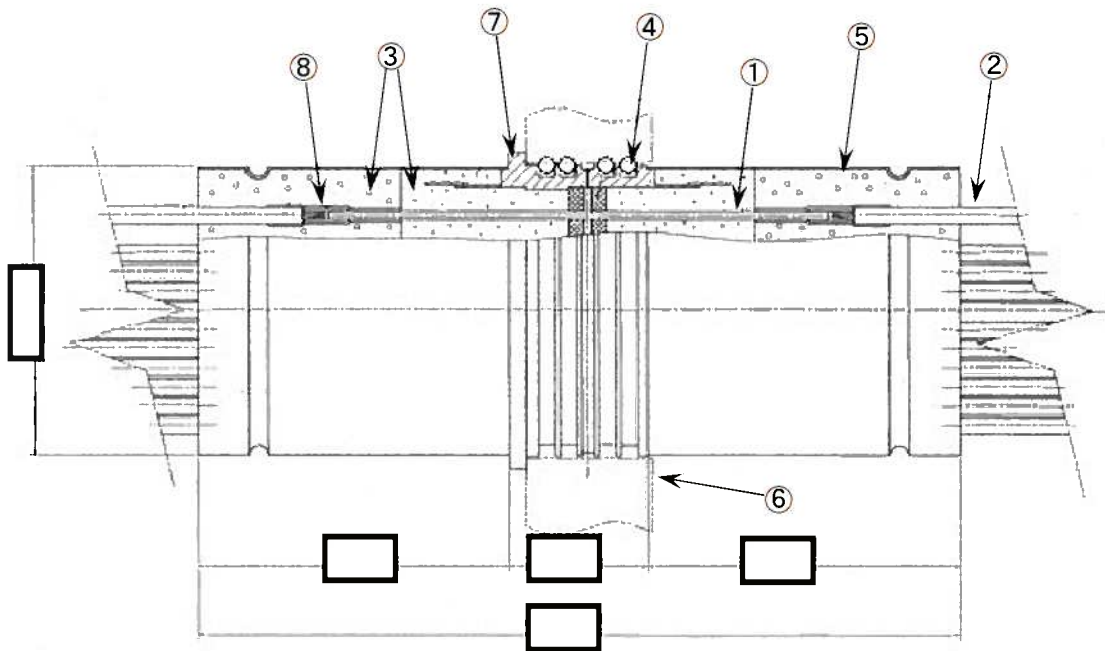
2023年10月23日
九州電力株式会社

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。

タイトル	電気ペネトレーションの製造メーカーによる構造等の相違について
概要	電気ペネトレーションの製造メーカーによる構造等の相違について以下に示す。
説明	<p>玄海3号炉には、三菱電線製と住友電工製のモジュラー型電気ペネトレーションが使用されているが、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。構造図を別紙8．添付-1)に示す。</p> <p>また、各構成部材についても相違なく、ポッティング材にはエポキシ樹脂、OリングにはEPゴムを使用している。</p> <p>外部リードについては、製造メーカーと絶縁体材料の違いにより4種類に分類される。</p> <p>モジュール本体と外部リードの組み合わせについて、ポッティング材と外部リードは熱変形（膨張）により接着されるため、ポッティング材が同一であり、外部リードの線膨張係数が全て同じであることから、接着性は同等であり気密性の相違はない。</p> <p>モジュール本体と外部リードの対応関係を別紙8．添付-2)に整理する。</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 添付-2) 玄海3号炉 電気ペネトレーションのモジュール本体と外部リードの対応関係</p>



玄海3号炉 LV型モジュール構造図 (三菱電線製)



玄海3号炉 LV型モジュール構造図 (住友電工製)

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

玄海 3 号炉 電気ペネトレーションのモジュール本体と外部リードの対応関係

モジュール本体		外部リード				用途	事故時機能要求		試験の 供試体
種類	製造メーカ	種類	製造メーカ	絶縁体材料	外部シース材料 (線膨張係数)		設計基準事故時	重大事故等時	
LV型 モジュール	三菱電線	外部リード-1-1	[Redacted]	難燃EPゴム	難燃クロロスルホン化 ポリエチレン ($1.8 \times 10^{-4}/^{\circ}\text{C}$)	制御トレン	○	-	-
						制御ノントレン	-	-	-
						低圧電力トレン	-	-	-
						低圧電力ノントレン	-	-	-
	住友電工	外部リード-2-1		架橋ポリエチレン	難燃架橋ポリエチレン ($1.8 \times 10^{-4}/^{\circ}\text{C}$)	計装チャンネル	○	○	○*1
						計装チャンネル	○	○	-
	外部リード-1-2	難燃EPゴム		難燃クロロスルホン化 ポリエチレン ($1.8 \times 10^{-4}/^{\circ}\text{C}$)	計装ノントレン	-	○	-	
					低圧電力トレン	○	-	-	
					低圧電力ノントレン	-	○	-	
					計装チャンネル	-	-	-	
外部リード-2-2	架橋ポリエチレン	難燃架橋ポリエチレン ($1.8 \times 10^{-4}/^{\circ}\text{C}$)	計装ノントレン	-	-	-			
			計装チャンネル	-	-	-			

*1：製造メーカ等による相違がないことから、事故時機能要求の有無を踏まえて供試体として選定。

玄海原子力発電所3号炉
高経年化技術評価
(電気・計装品の絶縁低下)

補足説明資料

2023年10月23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。

タイトル	モジュラー型電気ペネトレーションのポッティング材及びOリングの長期健全性試験における評価期間について																	
概要	試験条件と実機の使用条件に基づく劣化条件との比較に用いた実環境温度及び活性化エネルギー等を以下に示す。																	
説明	<p>モジュラー型電気ペネトレーションの60年間の通常運転時の使用条件に基づく劣化条件は、外部リードに使用されている難燃EPゴム絶縁ケーブルの活性化エネルギー^{*1}を用いて、アレニウス則により算出している。</p> <p>モジュラー型電気ペネトレーションのポッティング材及びOリングの長期健全性試験条件を実機使用条件に換算した結果を以下に示す。</p> <p>*1:平成22年度 電気・計装設備の健全性評価技術調査研究に関する報告書（原子力安全基盤機構）の成果の一部を参考に設定している。</p> <table border="1" data-bbox="421 837 1362 981"> <thead> <tr> <th>部位</th> <th>試験条件^{*2}</th> <th>T2[°C]</th> <th>L2</th> <th>T1[°C]</th> <th>L1[年]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">ポッティング材、 Oリング</td> <td>110°C-218日</td> <td>110</td> <td>218日</td> <td>38</td> <td>68.2</td> </tr> <tr> <td>71~107°C-20日^{*3}</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>38</td> <td>1.9</td> </tr> </tbody> </table> <p>*2:熱サイクル試験による劣化（71~107°C-20日間）に、40°C-60年に相当する熱劣化となるよう、通常の熱劣化（110°C-218日間）を加えた。熱サイクル試験の試験条件及び実環境温度に換算した結果を添付-8)-2に示す。</p> <p>*3:熱サイクル試験の試験条件について、温度差は、国内PWRプラントにおける格納容器内の温度差（30°C）に余裕（5°C）を加え、この温度差（35°C）以上となるように熱サイクル試験を実施した。試験時間については、1サイクルを8時間とし、60サイクル分に相当する期間（20日）で実施した。</p> <p>活性化エネルギー：<input type="text" value=""/> [kcal/mol] (ACA)での換算値 (L1:実環境年数、L2:加速時間、T1:実環境温度、T2:加速温度)</p> <p>ポッティング材及びOリングにおいて、試験条件を換算した結果は68.2+1.9=70.1年となり、実機使用条件を包絡している。</p>	部位	試験条件 ^{*2}	T2[°C]	L2	T1[°C]	L1[年]	ポッティング材、 Oリング	110°C-218日	110	218日	38	68.2	71~107°C-20日 ^{*3}	—	—	38	1.9
部位	試験条件 ^{*2}	T2[°C]	L2	T1[°C]	L1[年]													
ポッティング材、 Oリング	110°C-218日	110	218日	38	68.2													
	71~107°C-20日 ^{*3}	—	—	38	1.9													

玄海原子力発電所3号炉
高経年化技術評価
(電気・計装品の絶縁低下)

補足説明資料

2023年10月23日
九州電力株式会社

別紙 2. 低圧ケーブル（難燃 PH ケーブル以外）の評価について

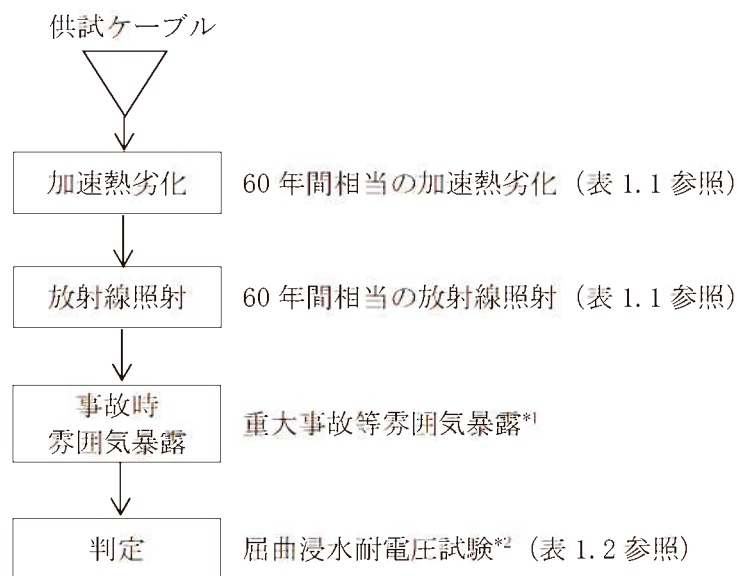
1. 健全性評価

1.1 電気学会推奨案による健全性評価（重大事故等時）

a. 評価手順

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

難燃 SHVV ケーブルの長期健全性試験手順を図 1.1 に示す。



*1：本ケーブルは使用済燃料ピットで使用されていることから、事故時環境における熱及び放射線の影響は、前段の加速熱劣化及び放射線照射にて考慮する。なお、蒸気については、事故時に使用済燃料ピット水が沸騰した場合であっても、本ケーブルは電線管に内装されており、蒸気に直接暴露されることはないため、影響はないと考える。

*2：屈曲浸水耐電圧試験の試験手順は以下のとおりである

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

図1.1 難燃 SHVV ケーブルの長期健全性試験の手順

玄海原子力発電所3号炉
高経年化技術評価
(電気・計装品の絶縁低下)

補足説明資料

2023年10月23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。

別紙 15. 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

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PHケーブル
- ② 難燃三重同軸ケーブル1
- ③ 難燃SHVVケーブル

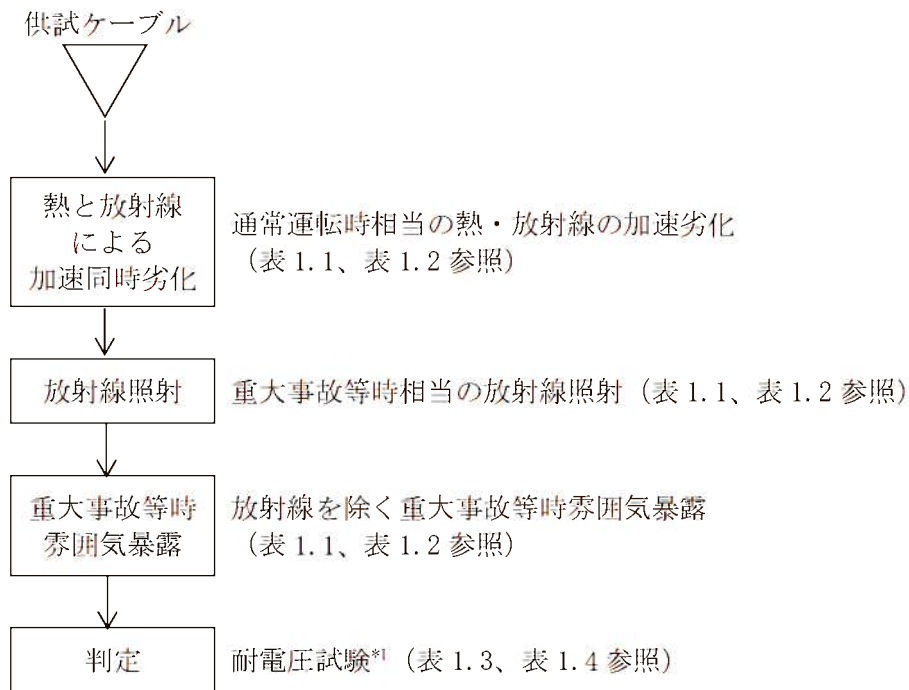
これらのケーブルについて、以下の通り、ACAガイドに従った長期健全性を評価した。

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

図1.1 難燃PH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ケーブル及び難燃三重同軸ケーブル1のACA試験条件を表1.1及び表1.2に示す。

表1.1 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 - 100Gy/h - 4,003h
重大事故等時相当 【別紙15.添付-1)参照】	放射線 (集積線量)	1,000kGy (10kGy/h)
	温度	最高温度：155°C
	圧力	最高圧力：0.44MPa[gage]

[出典(試験条件)：NRA技術報告NTEC-2019-1002「重大事故環境下におけるケーブルの絶縁特性の分析」]

表1.2 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 - 84.2Gy/h - 4,128h
重大事故等時相当 【別紙15.添付-1)参照】	放射線 (集積線量)	500kGy (10kGy/h以下)
	温度	最高温度：153°C
	圧力	最高圧力：0.45MPa[gage]

[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PH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1.3及び表1.4に示す。ACAガイドに基づく評価の結果を表1.5に示す。評価結果から、玄海3号炉の難燃PH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1.3 難燃PHケーブルの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	課電電圧：1,500V/1分間	良

[出典：NRA技術報告NTEC-2019-1002「重大事故環境下におけるケーブルの絶縁特性の分析」]

表1.4 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：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]

表1.3 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）及び別紙3. 添付-1）参照】		使用ケーブル	評価期間 [年]*1,*2
	温度 [°C]	放射線量率 [Gy/h]		
ループ室	45	0.3	難燃PHケーブル	48
加圧器上部	45	5×10^{-3}	難燃PHケーブル	129
			難燃三重同軸ケーブル1	99
通路部	45	5×10^{-3}	難燃PHケーブル	129
			難燃三重同軸ケーブル1	99
通路部ケーブル トレイ内	56*3	1×10^{-3}	難燃PHケーブル	64

*1：稼働率100%での評価期間

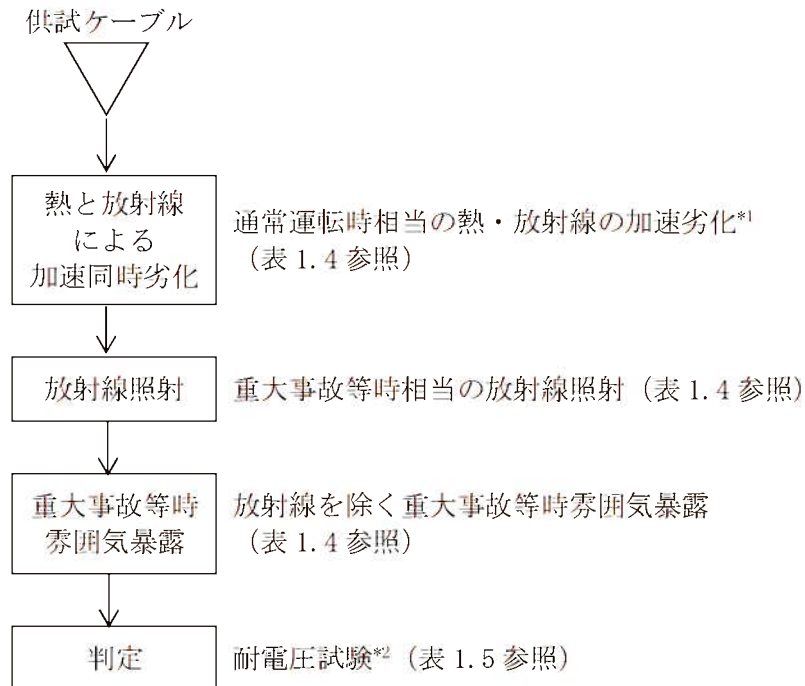
*2：時間依存データの重ね合わせ手法により評価

*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38°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、日本産業規格「ゴム・プラスチック絶縁電線試験方法」(JIS C 3005:2000) の試験

図1.2 難燃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、玄海3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15. 添付-2】 又は重大事故等時の環境条件【別紙15. 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)	—	37.9Gy*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 $(0.072 \times 10^{-3} [\text{Gy/h}] \times (24 \times 365.25) [\text{h/y}] \times 60 [\text{y}] = 37.9 \text{Gy})$

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

[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、玄海3号炉の難燃SHVVケーブルは、運転開始後60年時点においても絶縁機能を維持できると判断する。

表1.5 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15. 添付-1)-3に難燃三重同軸ケーブル1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> <p>難燃PHケーブル</p> <table border="1" data-bbox="419 833 1350 1789"> <thead> <tr> <th data-bbox="419 833 564 884"></th> <th data-bbox="564 833 951 884">条件（温度－時間）</th> <th data-bbox="951 833 1139 884">75℃換算*1</th> <th data-bbox="1139 833 1350 884">合計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="419 884 564 994">事故時雰囲気暴露試験</td> <td data-bbox="564 884 951 994">155℃－336時間</td> <td data-bbox="951 884 1139 994">19,376時間</td> <td data-bbox="1139 884 1350 994">19,376時間 (807日)</td> </tr> <tr> <td data-bbox="419 994 564 1789" rowspan="13">重大事故等時*2</td> <td data-bbox="564 994 951 1046" rowspan="13" style="border: 2px solid black;"></td> <td data-bbox="951 994 1139 1046">76時間</td> <td data-bbox="1139 994 1350 1789" rowspan="13">3,159時間 (132日)</td> </tr> <tr> <td data-bbox="951 1046 1139 1097">182時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="951 1097 1139 1149">151時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="951 1149 1139 1200">133時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="951 1200 1139 1252">232時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="951 1252 1139 1303">122時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="951 1303 1139 1355">139時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="951 1355 1139 1406">127時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="951 1406 1139 1458">139時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="951 1458 1139 1509">148時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="951 1509 1139 1561">193時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="951 1561 1139 1612">334時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="951 1612 1139 1664">416時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="951 1664 1139 1715">437時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="951 1715 1139 1789">330時間</td> </tr> </tbody> </table> <p>*1：活性化エネルギー [kcal/mol]（ACA）での換算値</p> <p>*2：格納容器過温破損事故包絡条件</p>				条件（温度－時間）	75℃換算*1	合計	事故時雰囲気暴露試験	155℃－336時間	19,376時間	19,376時間 (807日)	重大事故等時*2		76時間	3,159時間 (132日)	182時間	151時間	133時間	232時間	122時間	139時間	127時間	139時間	148時間	193時間	334時間	416時間	437時間	330時間
	条件（温度－時間）	75℃換算*1	合計																										
事故時雰囲気暴露試験	155℃－336時間	19,376時間	19,376時間 (807日)																										
重大事故等時*2		76時間	3,159時間 (132日)																										
		182時間																											
		151時間																											
		133時間																											
		232時間																											
		122時間																											
		139時間																											
		127時間																											
		139時間																											
		148時間																											
		193時間																											
		334時間																											
		416時間																											
437時間																													
330時間																													

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		2,548 時間	7,426 時間 (309 日)
		1,222 時間	
		1,077 時間	
		948 時間	
		869 時間	
		762 時間	
重大事故 等時*2		76 時間	3,159 時間 (132 日)
		182 時間	
		151 時間	
		133 時間	
		232 時間	
		122 時間	
		139 時間	
		127 時間	
		139 時間	
		148 時間	
		193 時間	
		334 時間	
		416 時間	
		437 時間	
330 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 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="509 797 1270 891"> <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>以下に事故時雰囲気暴露の試験条件を添付する。</p> <p>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="416 770 1358 1464" style="border: 2px solid black; height: 310px; margin: 10px 0;"></div> <p 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>「原子カ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、0.072mGy/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°C 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）が最大するとき ○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><通電について></p> <p>通電については、原則として許容電流が推奨されているが、通電の目的は主に通電による温度上昇の影響（熱劣化）を確認することであることを踏まえ、使用電流が微弱な計装ケーブルは通電不要とされている。同様に、電力・制御ケーブルにおいても、接続する機器の使用電流とこれによる温度上昇が十分小さい場合は、通電による影響（熱劣化）は有意ではないと考えられ、その温度上昇が蒸気暴露試験温度の余裕に十分包絡される場合は、通電をしなくても評価の保守性を担保できていると考える。</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16. 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	事件事象	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	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
			重大事故等	最高使用電圧：AC120V 課電電圧：定格電圧（AC600V）		
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）		

*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：使用電流による温度上昇は1℃未満であり、この温度上昇は蒸気暴露試験に見込んでいる温度の余裕（8℃）を十分下回っているため、通電の有無による影響（熱劣化）はないと評価している。詳細は、【別紙16. 添付-2】参照

*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16. 添付-3】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

難燃PHケーブルの通電による温度上昇評価

温度上昇の計算式

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

T_1 : 導体温度 (°C)

n : ケーブル線心数 : 2

r : 導体抵抗 (Ω/cm) : 5.35×10^{-5}

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

I : 使用電流 (A) : 5A

使用電流が最も大きいイグナイタの電源回路にて算出

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

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

$$\Delta T = T_1 - T_0$$

ΔT : ケーブルの温度上昇値 (°C)

ケーブルの温度上昇値

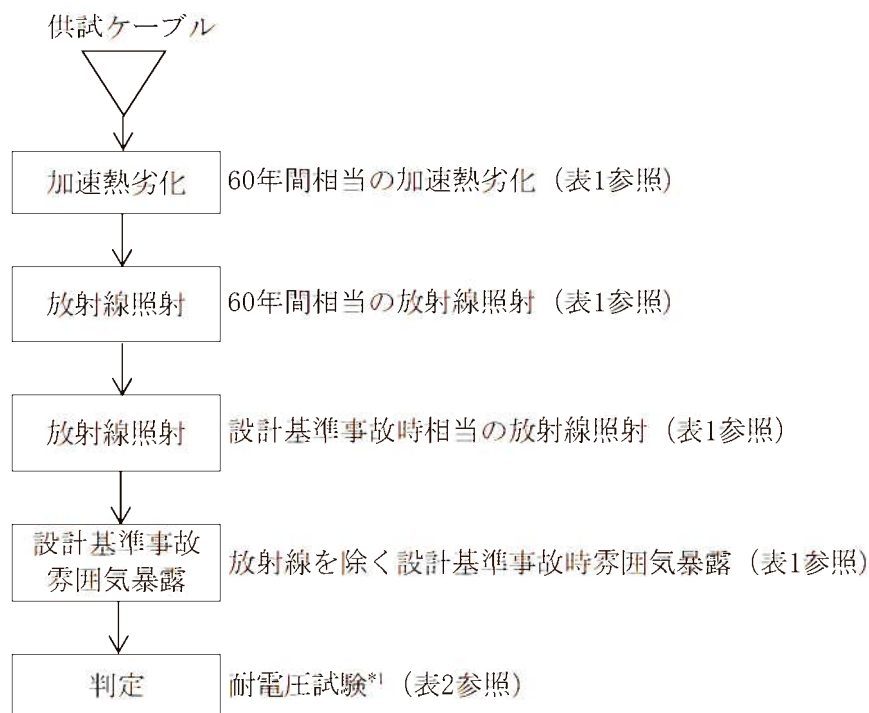
$$\Delta T = 0.57^{\circ}\text{C}$$

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。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、玄海3号炉の実機環境に基づいて60年間の運転期間を想定した劣化条件を包絡している。

表1 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16.添付-4参照】又は設計基準事故時の環境条件【別紙16.添付-5参照】
通常運転相当	温度	113℃-255h	80℃-255h (=45℃*2-60年)
	放射線 (集積線量)	750kGy (10kGy/h以下)	158kGy*3
設計基準事故相当	放射線 (集積線量)	500kGy*1 (10kGy/h以下)	824kGy
	温度	最高温度：150℃	最高温度：約144℃
	圧力	最高圧力： 0.5MPa[gage]	最高圧力：約0.392MPa[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(0.3[Gy/h]×(24×365.25)[h/y]×60[y])=158kGy)
- *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(158kGy+824kGy=982kGy)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、玄海3号炉の難燃三重同軸ケーブル1は、運転開始後60年時点においても絶縁機能を維持できると判断する。

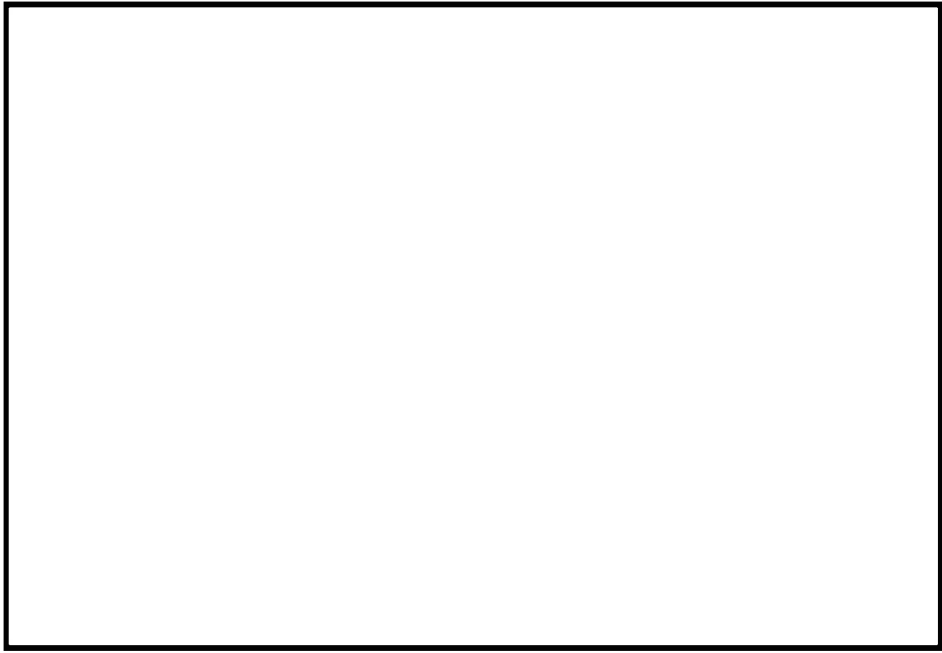
表2 難燃三重同軸ケーブル1の長期健全性試験結果

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 1257 819"> <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16. 添付-6)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="408 779 1340 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="border: 2px solid black;">[]</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="border: 2px solid black;">[]</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)																	



難燃三重同軸ケーブル1 事故時雰囲気暴露試験条件

玄海原子力発電所3号炉
高経年化技術評価
(電気・計装品の絶縁低下)

補足説明資料

2023年10月23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。

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				
	高圧ポンプ用電動機	海水ポンプ用電動機	全閉屋外形三相誘導電動機	
		高圧注入ポンプ用電動機	全閉屋内形三相誘導電動機	
		電動補助給水ポンプ用電動機	開放屋内形三相誘導電動機	
	低圧ポンプ用電動機	ほう酸ポンプ用電動機	全閉屋内形三相誘導電動機	
	電気ペネトレーション	LV型モジュール	モジュラー型	三菱電機 住友電工
	弁電動装置	余熱除去ラインループ高温側出口弁電動装置	SB-3D	
	高圧ケーブル	難燃高圧C SHV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		

玄海原子力発電所3号炉
高経年化技術評価
(電気・計装品の絶縁低下)

補足説明資料

2023年10月23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。

タイトル	ケーブル接続部の長期健全性試験（重大事故等時）における評価期間について																																	
概要	試験条件と実機の使用条件に基づく劣化条件との比較に用いた実環境温度および活性化エネルギー等を以下に示す。																																	
説明	<p>ケーブル接続部の60年間の通常運転時の使用条件に基づく劣化条件は、ケーブル絶縁材の活性化エネルギーを用いて、アレニウス則により算出している。</p> <p>長期健全性試験による評価においては、別紙4. 添付-1)で整理した各環境条件で評価する。</p> <p>実機使用条件（T1℃-60年）を、長期健全性試験条件（気密端子箱接続：140℃-8h、直ジョイント：140℃-21h、三重同軸コネクタ接続：113℃-255h）との比較を容易にするため、加速時間（L2）を試験条件と同じ時間として換算した結果を以下に示す。</p> <table border="1" data-bbox="421 875 1362 1106"> <thead> <tr> <th>機器</th> <th>絶縁物</th> <th>T2[℃]</th> <th>L2[h]</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>128</td> <td>8</td> <td>50</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td>②</td> <td>難燃架橋ポリエチレン</td> <td>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）、 難燃架橋ポリエチレン：[] [kcal/mol]（メーカーデータ）、 架橋ポリスチレン：[] [kcal/mol]（メーカーデータ） での換算値（L1:実環境年数、L2:加速時間、T1:実環境温度、T2:加速温度）</p> <p>実機使用条件を換算した加速温度は、長期健全性試験条件の温度（140℃又は113℃）に包絡される。</p>					機器	絶縁物	T2[℃]	L2[h]	T1[℃]	L1[年]	①	エチレンプロピレンゴム	128	8	50	60	②	難燃架橋ポリエチレン	129	21	50	60	③	エチレンプロピレンゴム	93	255	45	60	架橋ポリスチレン	64	255	45	60
機器	絶縁物	T2[℃]	L2[h]	T1[℃]	L1[年]																													
①	エチレンプロピレンゴム	128	8	50	60																													
②	難燃架橋ポリエチレン	129	21	50	60																													
③	エチレンプロピレンゴム	93	255	45	60																													
	架橋ポリスチレン	64	255	45	60																													