

玄海原子力発電所3号炉 高経年化技術評価に係るヒアリング
コメント反映整理表<絶縁低下>

2023年7月25日 九州電力㈱

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、予防保全のため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	後日回答		
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、定期取替とすにあたっての寿命設定・取替頻度の考え方を示すこと。	後日回答		
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(オープンレッセンス)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。	後日回答		
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。	後日回答		
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OSHV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

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
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。)モジュラー型電気ベネト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
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ベネトレーションは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に対応関係を説明し、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はないか。)	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

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。

玄海3号炉－絶縁低下－5

タイトル	<p>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）は定期取替品 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。</p>
説明	<p>各機器に設置された保護リレーについて、型式及び想定される経年劣化事象を整理した結果について、メタクラの保護リレーの取替周期の考え方も合わせて次頁に示す。</p> <p>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リレー（機械式）については、健全性評価により約40年の寿命評価が得られており、また、定期的な絶縁抵抗測定により健全性も確認している。</p> <p>なお、当該部品については調達が困難となっていることから、今後取替える場合は、デジタル保護リレーへの更新となる。</p>

機器名	保護リレー 型式	想定される 経年劣化事象	備考
メタルクラッド 開閉装置 (メタクラ)	(デジタル) 静止形	— (消耗品・ 定期取替品)	メーカ推奨取替頻度 10 年にて、保 護リレーの取替周期を設定
パワーセンタ (安全系)	(デジタル) 静止形	— (消耗品・ 定期取替品)	
	(アナログ) 静止形	絶縁低下 特性変化	保護リレー内部に使用されている 有機物の絶縁低下について、技術 評価を実施
ディーゼル発電機 制御盤	(アナログ) 機械式	絶縁低下 特性変化	
	(アナログ) 静止形	絶縁低下 特性変化	
直流コントロール センタ	(アナログ) 機械式	絶縁低下 特性変化	
	(アナログ) 静止形	特性変化	保護リレー内部に有機物を使用し ていないため、特性変化のみ技術 評価を実施

玄海3号炉—絶縁低下— 8

タイトル	難燃高圧C SHV 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について								
概要	難燃高圧C SHV 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について以下に示す。								
説明	<p>難燃高圧C SHV 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（60℃-60年）を、長期健全性試験条件（120℃-18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18日として換算した結果を以下に示す。</p> <table border="1" data-bbox="509 792 1270 887"> <thead> <tr> <th>T2[℃]</th> <th>L2[日]</th> <th>T1[℃]</th> <th>L1[年]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>96</td> <td>18</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=96℃)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]	96	18	60	60
T2[℃]	L2[日]	T1[℃]	L1[年]						
96	18	60	60						

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。

玄海3号炉—絶縁低下—10

別紙12

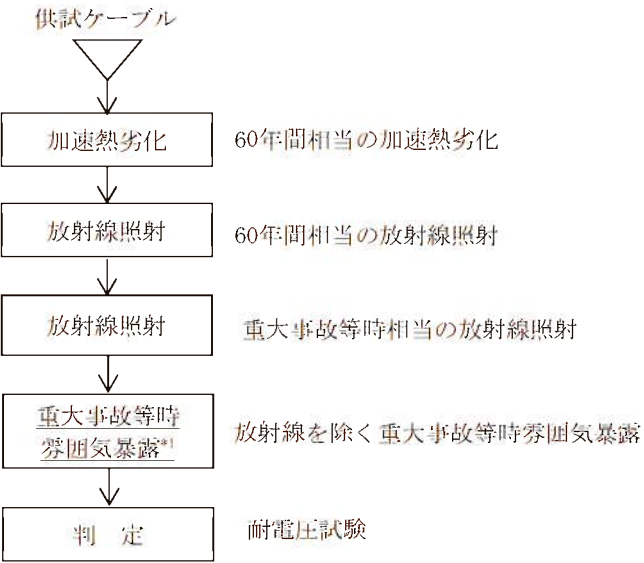
タイトル	N R A技術報告「重大事故環境下におけるケーブルの絶縁特性の分析」(NTEC-2019-1002) に示された知見を反映した評価について									
概要	N R A技術報告「重大事故環境下におけるケーブルの絶縁特性の分析」(NTEC-2019-1002) に示された知見を反映した評価について、以下に示す。									
説明	<p>N R A技術報告「重大事故環境下におけるケーブルの絶縁特性の分析」(NTEC-2019-1002)（以下、「N R A技術報告」という。）では、蒸気暴露中においては、温度上昇及び蒸気による吸湿により、ケーブルの絶縁が低下することが分かっており、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>玄海3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、難燃PHケーブル、難燃三重同軸ケーブル1がある。</p> <p>難燃PH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。</p> <p>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>玄海3号炉で使用されている難燃PH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 1496 1302 1659"> <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>難燃PHケーブル</td> <td>約151m</td> <td>$6.6 \times 10^5 \Omega$以上</td> </tr> <tr> <td>難燃三重同軸ケーブル1</td> <td>約53m</td> <td>$3.7 \times 10^8 \Omega$以上</td> </tr> </tbody> </table> <p>玄海3号炉の難燃PHケーブルの絶縁抵抗値は$6.6 \times 10^5 \Omega$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</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	難燃PHケーブル	約151m	$6.6 \times 10^5 \Omega$ 以上	難燃三重同軸ケーブル1	約53m	$3.7 \times 10^8 \Omega$ 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								
難燃PHケーブル	約151m	$6.6 \times 10^5 \Omega$ 以上								
難燃三重同軸ケーブル1	約53m	$3.7 \times 10^8 \Omega$ 以上								

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 $3.7 \times 10^8 \Omega$ 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

なお、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）について別紙12. 添付-1)に示す。

<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、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>  <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> <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。玄海3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

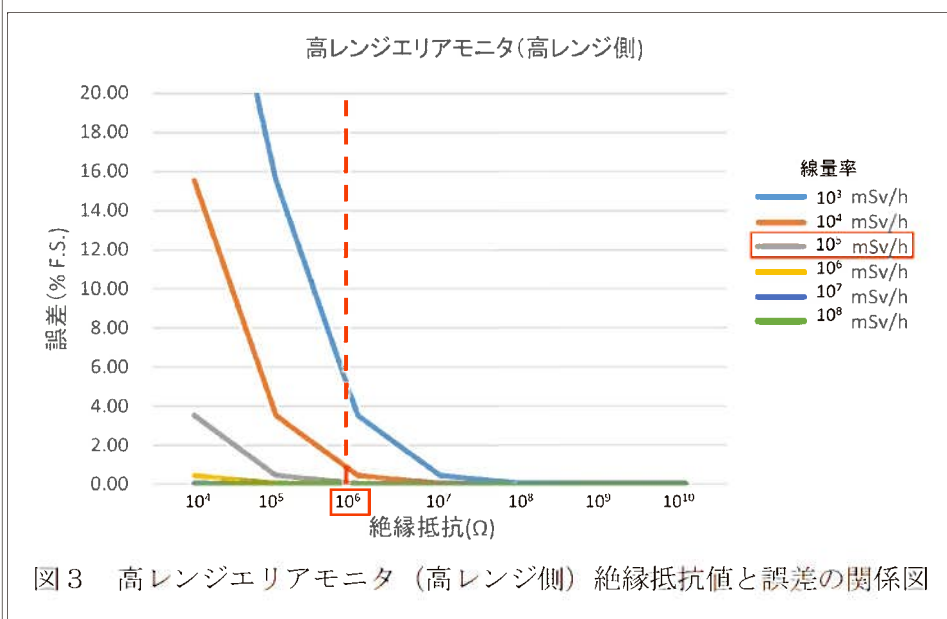
	試験前	1日目	2日目	3日目	4日目	5日目	6日目	7日目	試験後
絶縁抵抗値 (Ωm) ^{*3}	1.7×10^{11}	6.2×10^{11}	4.5×10^{10}	4.0×10^{10}	3.0×10^{10}	2.8×10^{10}	2.6×10^{10}	2.4×10^{10}	9.5×10^{11}

【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。玄海3号炉の最大ケーブル長は約53mであり、 $3.7 \times 10^8 \Omega$ 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]

玄海3号炉－絶縁低下－12

添付-8)-1

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</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^{※2}</td> <td>110</td> <td>218日</td> <td>38</td> <td>68.2</td> </tr> <tr> <td>71~107°C-20日^{※2}</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>38</td> <td>1.9</td> </tr> </tbody> </table> <p>※2：熱サイクル試験による劣化（71~107°C-20日間）に、40°C-60年に相当する熱劣化となるよう、通常の熱劣化（110°C-218日間）を加えた。熱サイクル試験の試験条件及び実環境温度に換算した結果を添付-8)-2に示す。</p> <p>活性化エネルギー： [kcal/mol] (ACA) での換算値 (L1:実環境年数、L2:加速時間、T1:実環境温度、T2:加速温度)</p> <p>ポッティング材及びOリングにおいて、試験条件を換算した結果は68.2+1.9=70.1年となり、実機使用条件を包絡している。</p>	部位	試験条件	T2[°C]	L2	T1[°C]	L1[年]	ポッティング材、 Oリング	110°C-218日 ^{※2}	110	218日	38	68.2	71~107°C-20日 ^{※2}	—	—	38	1.9
部位	試験条件	T2[°C]	L2	T1[°C]	L1[年]													
ポッティング材、 Oリング	110°C-218日 ^{※2}	110	218日	38	68.2													
	71~107°C-20日 ^{※2}	—	—	38	1.9													

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。

説明

プラントの起動停止を模擬した熱サイクル試験は、下記の試験条件（1 サイクル）を、1回/1年の頻度で60年間分として、60サイクル実施した。ポッティング材及びOリングの熱サイクル試験条件、実環境温度（38℃）に換算した結果は以下のとおり約1.9年となる。

試験条件（1 サイクル）		換算結果 ^{※3}		
【℃】	【時間】	【℃】	【時間】	合計
		38	28.2	285.9 時間×60 サイクル =約 714 日 =約 1.9 年
		38	15.6	
		38	8.4	
		38	5.6	
		38	4.3	
		38	3.6	
		38	3.4	
		38	3.1	
		38	2.8	
		38	6.5	
		38	15.6	
		38	26.2	
		38	32.6	
		38	40.3	
		38	43.3	
38	46.4			
合計（1 サイクル）		38	285.9	

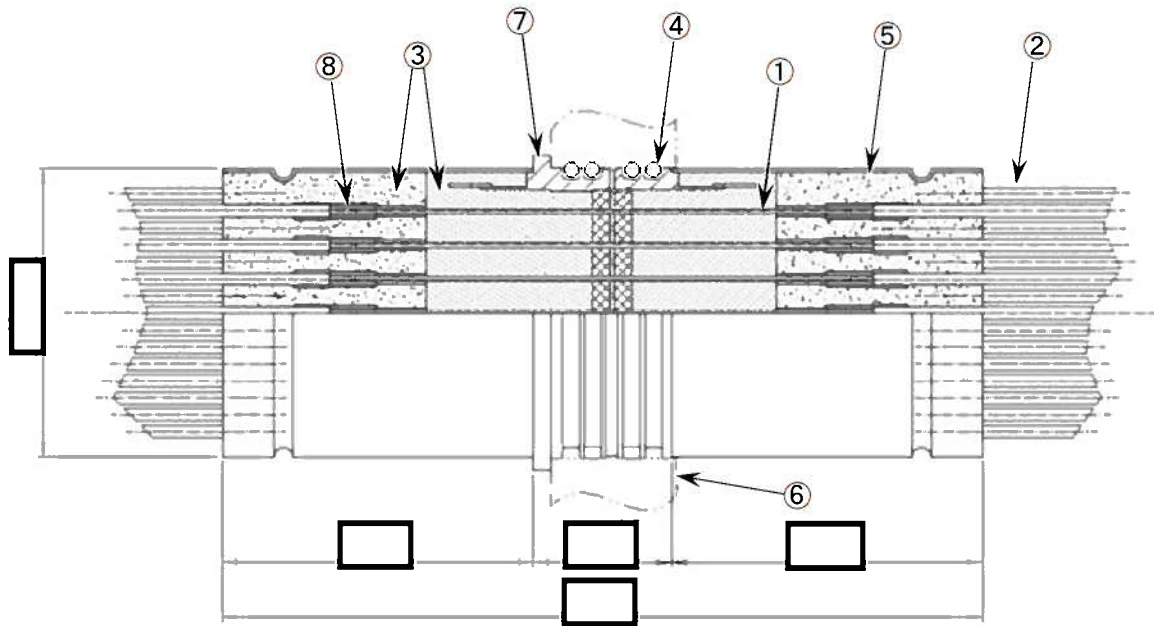
※3: 試験条件 92～99℃の換算に関しては、保守的に 100～110℃と同じ換算方法で算出。

熱サイクル試験条件（1 サイクル分）

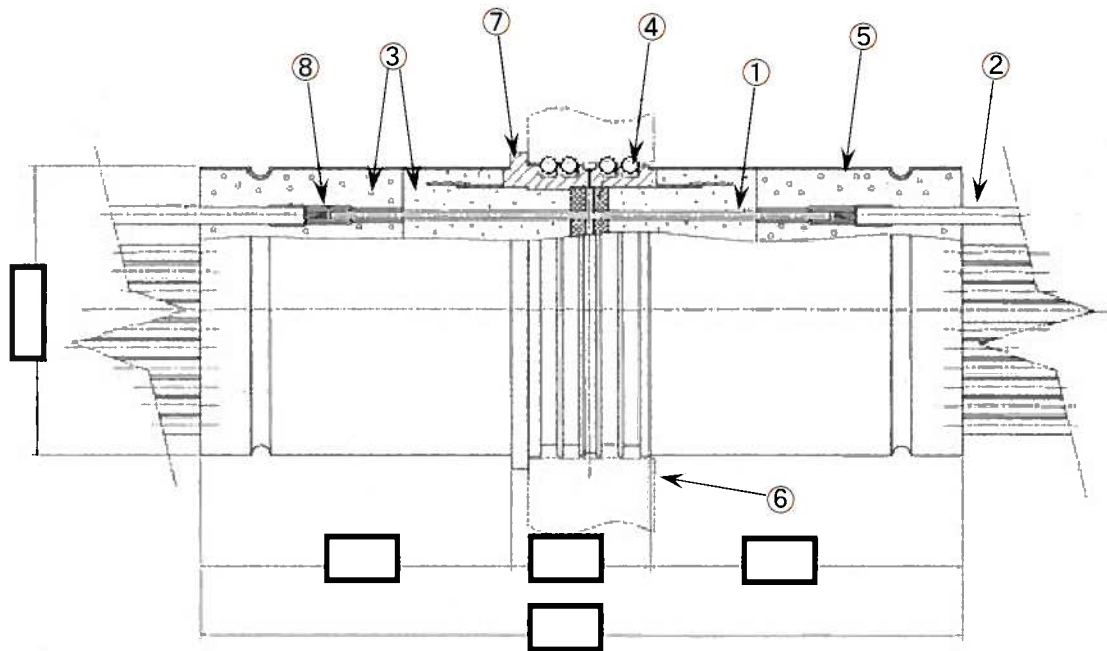
本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項ですので公開することはできません。

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）の相違は無い。</p> <p>また、各構成部材についても相違なく、ポッティング材にはエポキシ樹脂、OリングにはEPゴムを使用している。</p> <p>なお、電気ペネトレーションの外部リードは、絶縁体材料と製造メーカーの違いにより4種類に分類される。モジュール本体と外部リードの種類の対応関係を以下の表に整理する。</p> <table border="1" data-bbox="421 1077 1359 1491"> <thead> <tr> <th data-bbox="421 1077 603 1144">LV型 モジュール</th> <th colspan="3" data-bbox="603 1077 1359 1144">外部リード</th> </tr> <tr> <th data-bbox="421 1144 603 1211">製造メーカー</th> <th data-bbox="603 1144 868 1211">種類</th> <th data-bbox="868 1144 1062 1211">製造メーカー</th> <th data-bbox="1062 1144 1359 1211">絶縁体材料</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="421 1211 603 1352" rowspan="2">三菱電線製</td> <td data-bbox="603 1211 868 1279">外部リード-1-1</td> <td data-bbox="868 1211 1062 1491" rowspan="4" style="border: 2px solid black;"></td> <td data-bbox="1062 1211 1359 1279">難燃EPゴム</td> </tr> <tr> <td data-bbox="603 1279 868 1352">外部リード-2-1</td> <td data-bbox="1062 1279 1359 1352">架橋ポリエチレン</td> </tr> <tr> <td data-bbox="421 1352 603 1491" rowspan="2">住友電工製</td> <td data-bbox="603 1352 868 1420">外部リード-1-2</td> <td data-bbox="1062 1352 1359 1420">難燃EPゴム</td> </tr> <tr> <td data-bbox="603 1420 868 1491">外部リード-2-2</td> <td data-bbox="1062 1420 1359 1491">架橋ポリエチレン</td> </tr> </tbody> </table> <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>			LV型 モジュール	外部リード			製造メーカー	種類	製造メーカー	絶縁体材料	三菱電線製	外部リード-1-1		難燃EPゴム	外部リード-2-1	架橋ポリエチレン	住友電工製	外部リード-1-2	難燃EPゴム	外部リード-2-2	架橋ポリエチレン
LV型 モジュール	外部リード																					
製造メーカー	種類	製造メーカー	絶縁体材料																			
三菱電線製	外部リード-1-1		難燃EPゴム																			
	外部リード-2-1		架橋ポリエチレン																			
住友電工製	外部リード-1-2		難燃EPゴム																			
	外部リード-2-2		架橋ポリエチレン																			

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。



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

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。

玄海3号炉－絶縁低下－18

添付-12)

タイトル	モジュラー型電気ペネトレーションの外部リードのACAガイドによる長期健全性試験（設計基準事故）における評価期間について												
概要	試験条件と実機の使用条件に基づく劣化条件との比較に用いた実環境温度及び活性化エネルギー等を以下に示す。												
説明	<p>モジュラー型電気ペネトレーションの外部リード－1－2の60年間の通常運転時の使用条件に基づく劣化条件は、外部リードの絶縁材の活性化エネルギーを用いて、アレニウス則により算出している。</p> <p>モジュラー型電気ペネトレーションの外部リード－1－2の試験条件（サンプリングケーブルの使用条件（36.6℃－19.7年（実布設期間23.2年に稼働率85%を考慮））及び追加で劣化させた条件（120℃－106日））を実機使用条件（41℃）で換算した結果を以下に示す。</p> <table border="1" data-bbox="507 770 1270 954"> <thead> <tr> <th>T2[℃]</th> <th>L2</th> <th>T1[℃]</th> <th>L1[年]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>36.6</td> <td>19.7年</td> <td>41</td> <td>13</td> </tr> <tr> <td>120</td> <td>106日</td> <td>41</td> <td>83</td> </tr> </tbody> </table> <p>活性化エネルギー： [] [kcal/mol]（メーカーデータ）、 [] [kcal/mol]（ACA）での換算値 （L1:実環境年数、L2:加速時間、T1:実環境温度、T2:加速温度）</p> <p>試験条件及び実機布設環境条件を換算した結果は13+83=96年となる。</p>	T2[℃]	L2	T1[℃]	L1[年]	36.6	19.7年	41	13	120	106日	41	83
T2[℃]	L2	T1[℃]	L1[年]										
36.6	19.7年	41	13										
120	106日	41	83										

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外部リードの長期健全性試験（重大事故等時）における評価期間について																				
概要	試験条件と実機の使用条件に基づく劣化条件との比較に用いた実環境温度及び活性化エネルギー等を以下に示す。																				
説明	<p>モジュラー型電気ペネトレーションの外部リードの60年間の通常運転時の使用条件に基づく劣化条件は、外部リードの絶縁材の活性化エネルギーを用いて、アレニウス則により算出している。</p> <p>1) 外部リード-1-2 モジュラー型電気ペネトレーションの外部リード-1-2の試験条件（サンプリングケーブルの使用条件（33℃-13.4年（実布設期間15.6年に稼働率86%を考慮））及び追加で劣化させた条件（120℃-115日））を実機使用条件（41℃）で換算した結果を以下に示す。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>T2[°C]</th> <th>L2</th> <th>T1[°C]</th> <th>L1[年]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>33.4</td> <td>13.4年</td> <td>41</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>120</td> <td>115日</td> <td>41</td> <td>91</td> </tr> </tbody> </table> <p>活性化エネルギー： <input type="text"/> [kcal/mol]（メーカーデータ）、 <input type="text"/> [kcal/mol]（ACA）での換算値 （L1:実環境年数、L2:加速時間、T1:実環境温度、T2:加速温度）</p> <p>試験条件及び実機布設環境条件を換算した結果は7+91=98年となる。</p> <p>2) 外部リード-2-1 実機使用条件（32℃-60年）を、長期健全性試験条件（113℃-255時間）との比較を容易にするため、加速時間(L2)を試験条件と同じ255時間として換算した結果を以下に示す。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>T2[°C]</th> <th>L2[h]</th> <th>T1[°C]</th> <th>L1[年]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>64</td> <td>255</td> <td>32</td> <td>60</td> </tr> </tbody> </table> <p>活性化エネルギー： <input type="text"/> [kcal/mol]（メーカーデータ）での換算値 （L1:実環境年数、L2:加速時間、T1:実環境温度、T2:加速温度）</p> <p>実機使用条件を換算した加速温度（T2=64℃）は、長期健全性試験条件の温度（113℃）に包絡される。</p>	T2[°C]	L2	T1[°C]	L1[年]	33.4	13.4年	41	7	120	115日	41	91	T2[°C]	L2[h]	T1[°C]	L1[年]	64	255	32	60
T2[°C]	L2	T1[°C]	L1[年]																		
33.4	13.4年	41	7																		
120	115日	41	91																		
T2[°C]	L2[h]	T1[°C]	L1[年]																		
64	255	32	60																		

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。