

伊方発電所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>

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12月15日	評価書	2	屋外に布設した光ファイバケーブルの製造メーカ、型式名称、構造仕様(コード外皮・シースの厚さ、心線の外径等を含む)、製造メーカの指定する想定使用条件(温度、水環境に関する条件等)、布設状況(恒長、布設ルート)を示すこと。	ケーブルの基本仕様(製造メーカ、型式名称、構造仕様、使用条件)および布設状況について、回答資料 伊方3号炉-絶縁低下-1に記載する。	2月21日	
2	2023年12月15日	評価書	5	「光ファイバ心線(コア、クラッド)に水素や水分が混入した場合、伝送光量が減少する」とあるが、どの程度の水素濃度、水分量により伝送光量が低下し、どの程度の濃度により信号伝達に支障がでるのか定量的に示すこと。	水素や水分による伝送光量や信号伝達への影響について、回答資料 伊方3号炉-絶縁低下-2に記載する。	2月21日	
3	2023年12月15日	評価書	8	「水素や水分を透過し難いシース構造であること、かつ自ら水素を発生することのないケーブル構成材料が使用されていることから、室内の空調環境下に布設されているケーブルについては外部からの水分混入は考え難い」とあるが、どのようにして透過しがたく、かつ水素を発生しないことを確認したか説明すること。	ケーブル仕様により、シースに防水、防湿機能をもつアルミラミネートテープを使用した構造であること、またコア部は水素原子を含まない石英ガラス、コア周辺部には水素発生量が少ないプラスチック材料を使用していることを確認している。 上記について、回答資料 伊方3号炉-絶縁低下-3に記載する。	2月21日	
4	2023年12月15日	評価書	8	「埋設管路内に水が溜まった場合は、恒設の排水ポンプで自動的に排水することが可能となっていることから、水素や水分の混入によるシース劣化の可能性は小さいと判断する」とあるが、埋設管路内は通常水は溜まっているのか、乾燥状態にあるのか説明すること。	恒設の排水ポンプで埋設管路内の水を排水することとしているため、埋設管路内の水はほぼ排水される。一部の溜まり水は、自然蒸発するまで残っており、ケーブルの一部が水に浸かる状態にあるが、当該ケーブルは水素や水分を透過し難いシース構造であることおよび定期的な光量測定で劣化傾向を把握することから、現状の状態・保全で問題ないと考えます。	2月21日	
5	2023年12月15日	評価書	8	「屋外に布設している難燃光ファイバケーブル-2の水素や水分が混入によるシース劣化に対しては、定期的な光量測定を行い、管理範囲に収まっていることの確認を行うとともに傾向管理を行っており、点検結果の傾向に基づき取替等を行うこととしている。」とあるが、管理範囲はどの程度の尤度を持たせているのか、光量が管理範囲から外れた際、どの程度の期間で取替を実施することを想定しているのか、取り変えるための予備の難燃光ファイバケーブルを予備品をどのように管理しているのか説明すること。	光量測定の管理範囲は、ケーブルからの信号を電気信号に変換する変換器の性能保証値を考慮した値に尤度を持たせた管理値として設定している。管理値および取替に必要な期間については、回答資料 伊方3号炉-絶縁低下-5に記載する。	2月21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
6	2023年12月15日	評価書 補足説明資料	-	重大事故等対処設備に属し、重大事故等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。	伊方3号炉で重大事故等時環境下において機能要求のあるケーブル(難燃PHケーブルおよび難燃三重同軸ケーブル-1)の重大事故環境を模擬した蒸気暴露試験をNRA技術評価書に示された知見に基づき評価した結果、絶縁抵抗値は、計器指示値に影響が出る可能性がある目安値を上回っていることから、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小さいと考える。 上記について、補足説明資料 別紙10に記載する。	2月21日	
7	2023年12月15日	補足説明資料	-	電気学会推奨案では、(蒸気暴露試験を行っている間)「試料には課電および通電を行うものとする」、「計装ケーブルは通電を行わなくてもよい」といった規定がある。事故時機能要求があり、電気学会推奨案に従った試験により評価を行っているケーブルについて、蒸気暴露試験中における①課電、通電の実施の有無、②課電、通電を実施している場合その条件、③課電、通電を行っていない場合その妥当性の説明、を補足説明資料に追加すること。	電気学会推奨案に従った試験により評価を行ったケーブルに対して、蒸気暴露試験中における課電、通電の実施状況を補足説明資料 別紙11に記載する。	2月21日	
8	2023年12月15日	評価書 補足説明資料	13,14 13~15	モジュラー型電気ペネトレーションはIEEE Std 317-2013に準拠した試験をしたとされているが、評価書図2.3-2、表2.3-1において、モジュラー型電気ペネトレーションの長期健全性試験項目が示されているが、熱サイクル試験についての記載はないように見受けられる(補足説明資料のp.13~15においても同様)。一方、補足説明資料別紙5添付-3)-1(1/4)(5-10ページ)では、IEEE規格に従った熱サイクル試験を行っていることとされていることから、その内容及び条件設定の根拠を補足説明資料に記載すること。また、参照しているIEEE Std 317-2013の規定(Thermal operating cycle simulation: The test specimen shall be subjected to not less than 120 cycles of temperature changes in the specimen of not less than 55 °C for each cycle)との関係も踏まえ、条件設定の妥当性を説明すること。	評価に用いたモジュラー型電気ペネトレーションの長期健全性試験項目である熱サイクル試験は、プラントの起動停止に伴う温度差(45°C)および回数(60回)を模擬した条件を設定し、実施している。 上記について、補足説明資料 本文添付8に記載する。	2月21日	
9	2023年12月15日	評価書	13,14	以下について説明すること。 ①評価書表2.3-2「モジュラー型電気ペネトレーション 長期健全性試験結果」において、通課電試験、絶縁耐圧試験の判定基準、試験結果が示されているが、これらは図2.3-2「モジュラー型電気ペネトレーション 長期健全性試験の手順」のどの項目に該当するのか(いつ行った試験なのか) ②「表2.3-2に長期健全性試験での絶縁抵抗の変化を示す。」との記載がある一方、同表には絶縁抵抗の情報は記載されていないが、その理由。	①通課電試験は図2.3-2の「事故時雰囲気暴露」、絶縁耐圧試験は図2.3-2の「判定」の項目でそれぞれ実施している。また、表2.3-2は判定に係る試験項目を記載しているため、通課電試験については表2.3-2から記載を削除するように修正する。 ②絶縁抵抗の変化ではなく、絶縁耐圧試験の結果であることから下記のとおり、記載を修正する。 「表2.3-2に長期健全性試験での絶縁耐圧試験の結果を示す。」 上記については、評価書の記載内容を適切な時期に補正する。	2月21日	

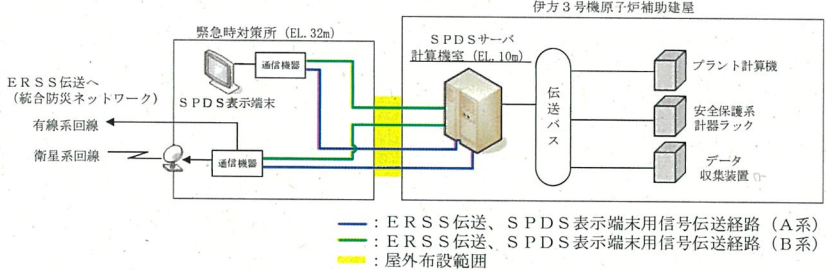
No	日付	資料名	該当ページ	コメント内容	コメント対応	回答日	完了日
10	2023年12月15日	評価書 補足説明資料	18 56	評価書の表2.3-9では、通常運転時相当の温度の試験条件の換算は、「119°C-115日(=46°C-60年)」とある一方、補足説明資料添付-12では119°Cで115日は46°Cで54.9年とあり、整合しない記載となっている。試験条件の換算と、実機使用環境での相当年数の加算は分けて記載することが説明上妥当と考えるが、「*2:電気ペネトレーションの周囲温度(約38°C)に通電による温度上昇と若干の余裕を加えた温度とし、実機での劣化分も加味して換算した。」の意味とその記載の妥当性を説明すること。同様の状況は、外部リード-2の設計基準事故及び重大事故等時の評価についても言えるので同様に説明すること。	評価書の表2.3-9の*2の前半部は「46°C」の算定根拠を説明し、後半部は「60年」は試験条件の換算値(54.9年)に供試体の実機使用環境での相当年数を伊方3号炉の実機環境に換算した値(約5.1年)を加味していることを示している。 ご指摘を踏まえ、試験条件の換算と、実機使用環境での相当年数の加算は分けて記載する。具体的には実機環境の使用期間(60年)から供試体の実機使用環境での相当年数に換算した値を差し引いた期間が、温度の試験条件を包絡していることを補足説明資料 本文に記載する。上記については、評価書の記載内容を適切な時期に補正する。	2月21日	
11	2023年12月15日	評価書 補足説明資料	13,14 23,24	以下について説明すること。 ①評価書図2.3-2において、放射線照射については、「放射線照射(事故時)」という項目となっている一方、表2.3-1では、放射線照射として通常運転時相当も加味した記載となっている理由を説明すること。 ②同様の状況は、モジュラー型電気ペネトレーションの気密性低下に係る評価書図2.3-4と表2.3-15にもあるが、同様に説明すること。 ③モジュラー型電気ペネトレーションの気密性低下は、設計基準事故と重大事故等を対象とした評価を行っているが、図2.3-4において、設計基準事故時のみが評価対象となっているかのような記載をする理由を説明すること。	①実機の設置環境では、格納容器内通路部の放射線量は低く、放射線の影響が無視できる環境にあるため、通常運転相当の放射線照射は実施していない。一方、通常運転相当の放射線劣化を、評価においては保守的に加味している。 ②①と同じ。 ③図2.3-4においては評価に用いた長期健全性試験(設計基準事故時を想定した試験)の手順を示しており、図2.3-4では重大事故等については記載していない。	2月21日	
12	2023年12月15日	評価書	17	難燃同軸ケーブルの評価は、絶縁体種類が同一で構造が異なる難燃性信号ケーブルの試験データで評価されているが、難燃同軸ケーブルと難燃性信号ケーブルの同等性(又はこのような評価を行うことにより保守的な評価となっていること)を説明すること。	難燃同軸ケーブルと難燃性信号ケーブルの同等性の根拠および試験結果を適用できることの根拠について、補足説明資料 別紙2 添付-8に記載する。	2月21日	
13	2023年12月15日	補足説明資料	-	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に記載すること。	環境条件(熱及び放射線)の調査の実施方針、方法、測定実績および今後の計画について補足説明資料 本文添付-1) -1に記載する。 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。	2月21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
14	2023年12月15日	補足説明資料	5	表3.1 絶縁低下の評価対象機器・部位の「弁」について、重大事故等時に「○」を記載していない理由を追記すること。	重大事故等時における弁電動装置の使命期間を確認した結果、使命期間を考慮した場合の重大事故時等の環境条件が、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ることから、重大事故等時の欄に「○」を記載していない。 「○」を記載していない意図を明確にするため、補足説明資料 本文表3.1に下記のとおり注記する。 「*3: 重大事故等時環境下で機能要求のある弁電動装置の使命期間内の環境条件は、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いる。」	2月21日	
15	2023年12月15日	補足説明資料	35,41	電気・計装品の環境条件の設定に用いた、伊方3号炉の布設状況調査の実施時期について説明すること。	伊方3号炉の布設状況調査の実施時期を以下に示す。 ・原子炉格納容器内ケーブル布設環境の調査(平成22年) ・事故時に機能要求がある電気・計装品の調査(平成28年～平成30年)	2月21日	
16	2024年1月18日	審査会合資料	27	屋外に布設している光ファイバケーブルの用途・設置時期について説明すること。 シースについて、水分等を透過し難い構造であることを説明すること。	回答資料 伊方3号炉一絶縁低下-1および回答資料 伊方3号炉一絶縁低下-3のとおり	2月21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。

四国電力株式会社
絶縁低下

伊方3号炉—絶縁低下—1

<p>タイトル</p>	<p>屋外に布設した光ファイバケーブルの製造メーカ、型式名称、構造仕様（コード外皮・シースの厚さ、心線の外径等を含む）、製造メーカの指定する想定使用条件（温度、水環境に関する条件等）、布設状況（恒長、布設ルート）を示すこと。</p>
<p>説明</p>	<p>使用用途、設置時期、製造メーカ、型式名称、構造仕様（コード外皮・シースの厚さ、心線の外径等を含む）、製造メーカの指定する想定使用条件（温度、水環境に関する条件等）、布設状況（恒長、布設ルート）を以下に示す。</p> <p>1. 使用用途： 安全パラメータ表示システム*の建屋間の伝送に使用している。 ※：プラント状態、モニタリングポストの測定値等を緊急時対策所、緊急時対策支援システム（ERSS）へ伝送するためのシステム</p>  <p>図1 安全パラメータ表示システム概略系統図</p> <p>2. 設置時期：2015年2月</p> <p>3. 製造メーカ：<input type="text"/></p> <p>4. 型式名称：細径単心コード集合型難燃光ファイバケーブル</p> <p>5. 使用条件： ・使用温度範囲（-30～70℃） ・耐水特性あり（雨水等の影響が考えられる場所での使用可）</p>

6. 構造仕様 :

- 心線の外径 (a) 約 mm
コード外被厚さ (b) 約 mm
シース厚さ (c) 約 mm (アルミラミネートテープ含む)
(図2参照)

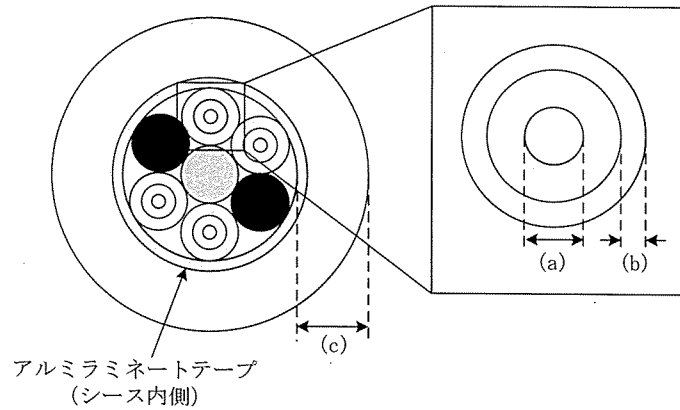


図2 各種寸法概要図

7. 布設状況 :

- ・ 恒長 (約 600m~800m、4本 : A系 2本およびB系 2本)
- ・ 布設ルート (原子炉補助建屋 EL. 10m~屋外 EL. 32m~緊急時対策所)

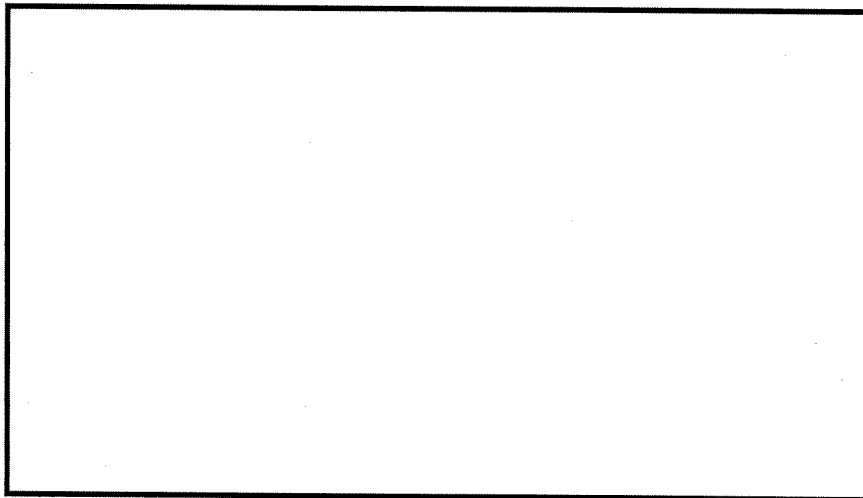


図3 布設ルート概要図

以上

伊方3号炉—絶縁低下—2

<p>タイトル</p>	<p>「光ファイバ心線（コア、クラッド）に水素や水分が混入した場合、伝送光量が減少する」とあるが、どの程度の水素濃度、水分量により伝送光量が低下し、どの程度の濃度により信号伝達に支障がでるのか定量的に示すこと。</p>
<p>説明</p>	<p>水素や水分による伝送光量や信号伝達への影響について以下に示す。</p> <p>1. 伝送光量低下</p> <p>1980年代初期に、布設状態の光ファイバケーブルの伝送損失が水素によって経時的に増加する現象が見いだされ、研究開発の結果、水素による損失発生メカニズムは以下のように整理されている。（日本産業規格「光ファイバケーブル通則」（JIS C6850）を参照に記載）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・可逆性の影響（H₂損失）は、石英ガラスファイバ中への水素分子の拡散に関係し、その拡散は水素の分圧に比例する。また、その影響はすべての種類の光ファイバ（マルチモードおよびシングルモード）において差異はない。 ・永久な化学的影響（OH損失）は、拡散した水素分子と石英ガラスファイバ中の欠陥とが化学的に結合することによる水酸化物の生成に依存する。また、シングルモード光ファイバは、マルチモード光ファイバと比較して、水素による永久な化学的影響に対して感度が低い。 <p>石英ガラスファイバ（シングルモード、マルチモード光ファイバ）に対して、水素に起因する損失増加量の時間、温度および水素分圧依存性を求め、それを定式化することにより、20年間水素雰囲気中に置かれた光ファイバの損失増加量を推定した。シングルモード光ファイバで主に使用される波長1.3 μmにおける光ファイバの損失増加量推定結果を図1に示す。</p> <p>屋外に布設されている光ファイバケーブルはシングルモード（図1にてSMと表記）であり、図1より、40℃、水素分圧1atmの条件下で、H₂損失：0.37 dB/km（20年）、OH損失：0.06 dB/km（20年）程度の損失が発生すると推定される。</p> <p>また、日本産業規格「石英系シングルモード光ファイバ素線」（JIS C6835）において光ファイバ素線の評価として水素試験^{※1}が規定されており、屋外に布設されているケーブルについてもJIS規格に沿った水素試験に合格する性能を有する光ファイバを使用している。</p> <p>※1：室温、水素分圧0.01気圧の条件で一定期間、水素雰囲気暴露後、14日以上大気に放置し、波長約1.38μmに対する損失測定を行い、基準値以下（0.40dB/km）であることを確認する。</p>

2. 信号伝達への影響について

光ファイバケーブルからの光信号を電気信号に変換する変換器で、許容損失を超える損失が生じる場合、変換器において光信号を電気信号に変換できず、伝送機能に支障が生じる可能性がある。

しかしながら、変換器の許容損失は、上記1の知見やJIS規格で規定される光ファイバにかかる光損失と比べて十分大きいことから、水素や水分によりケーブルに光量低下が生じても信号伝達に支障が生じることはないと考えられる。

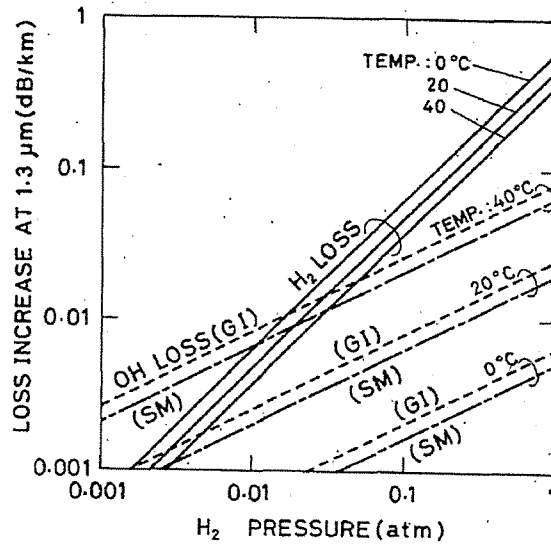


図1 波長1.3μmにおける光ファイバの
20年経過後の損失増加量推定値

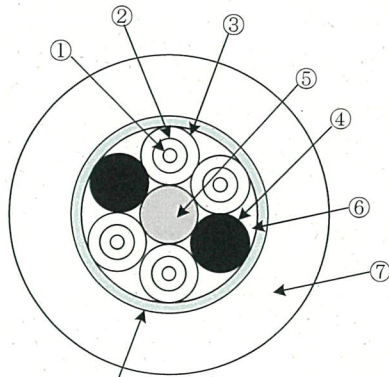
「Copyright(C) 2020 IEICE, Fig. 8」

出典:「水素の影響による光ファイバ損失増加と光ファイバケーブルの長期損失安定性」

(電子通信学会論文誌 1985/7 Vol. J68-B No. 7)

以上

伊方3号炉-絶縁低下-3

<p>タイトル</p>	<p>「水素や水分を透過し難いシース構造であること、かつ自ら水素を発生することのないケーブル構成材料が使用されていることから、室内の空調環境下に布設されているケーブルについては外部からの水分混入は考え難い」とあるが、どのようにして透過しがたく、かつ水素を発生しないことを確認したか説明すること。</p>																
<p>説明</p>	<p>1. シースの耐透湿性について ケーブル仕様により、以下を確認している。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・シースの材料には、難燃性ポリエチレンとその内側に防湿、防水機能を持つアルミニウム製のアルミラミネートテープを使用した構造となっている。また、アルミニウムは金属であり、高温高压の環境下を除く一般環境下においては水分子の透過を防止することから、アルミラミネートシースは防水性を有している。 <div style="text-align: center;">  <table border="1" data-bbox="981 1012 1222 1310" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>No.</th> <th>部位</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>①</td> <td>光ファイバ心線</td> </tr> <tr> <td>②</td> <td>補強繊維</td> </tr> <tr> <td>③</td> <td>コード外被</td> </tr> <tr> <td>④</td> <td>介在紐</td> </tr> <tr> <td>⑤</td> <td>テンションメンバ</td> </tr> <tr> <td>⑥</td> <td>緩衝層</td> </tr> <tr> <td>⑦</td> <td>シース</td> </tr> </tbody> </table> <p style="margin-left: 100px;">アルミラミネートテープ (シース内側)</p> </div> <p>2. 自ら水素を発生しないことについて ケーブル仕様により、以下を確認している。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・コア部は、水素原子を含まない材料である石英ガラス (SiO₂) を使用している。 ・コア周辺部の被覆は、シリコンゴムと比較して水素発生量が1桁程度少ない*紫外線硬化型プラスチック材料 (アクリレート樹脂) を使用している。 <p style="text-align: center;">※出典「光ファイバの水素劣化とそのメカニズム」(NEW GLASS Vol.1.4 No.1 1989 Table2) より引用</p> <p style="text-align: right;">以 上</p>	No.	部位	①	光ファイバ心線	②	補強繊維	③	コード外被	④	介在紐	⑤	テンションメンバ	⑥	緩衝層	⑦	シース
No.	部位																
①	光ファイバ心線																
②	補強繊維																
③	コード外被																
④	介在紐																
⑤	テンションメンバ																
⑥	緩衝層																
⑦	シース																

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。

四国電力株式会社
絶縁低下

伊方3号炉-絶縁低下-5

タイトル	「屋外に布設している難燃光ファイバケーブル-2の水素や水分が混入によるシース劣化に対しては、定期的な光量測定を行い、管理範囲に収まっていることの確認を行うとともに傾向管理を行っており、点検結果の傾向に基づき取替等を行うこととしている。」とあるが、管理範囲はどの程度の尤度を持たせているのか、光量が管理範囲から外れた際、どの程度の期間で取替を実施することを想定しているのか、取り変えるための予備の難燃光ファイバケーブルを予備品をどのように管理しているのか説明すること。
説明	<p>光量測定の管理範囲および取替に必要な期間について以下に示す。</p> <p>1. 光量測定の管理範囲</p> <p>システム間の光伝送は、光ファイバケーブルと光信号と電気信号を変換する変換器（コネクタ部含む）で構成される。システム間の伝送光量が小さくなり、変換器で許容される損失を超える損失が生じた場合、変換器において光信号を電気信号に変換できず、伝送機能に支障が生じる可能性がある。</p> <p>このため、光量測定の管理範囲としては、発電所設備の保全実績等を踏まえて、変換器の性能保証値に の裕度を持った値を設定している。</p> <p>2. 取替期間</p> <p>ケーブル手配に約3カ月程度、取替に約20日程度を想定している。なお、予備品は保有していない。</p> <p style="text-align: right;">以上</p>