

原子力施設等における事故トラブル 事象への対応に関する公開会合 第12回議事録

令和2年3月26日（木）

原子力規制委員会

（注：この議事録の発言内容については、発言者のチェックを受けたものではありません。）

原子力施設等における事故トラブル事象への対応に関する公開会合
第12回
議事録

1. 日 時：令和2年3月26日（木）10:00～12:05

2. 場 所：原子力規制委員会 13階会議室B, C

3. 出席者

(1) 原子力規制委員会

武山 松次	実用炉監視部門	安全規制管理官（実用炉監視担当）
吉野 昌治	実用炉監視部門	企画調査官
小野 達也	実用炉監視部門	上級原子炉解析専門官
吉田 実	実用炉監視部門	主任監視指導官
比企 教雄	実用炉監視部門	主任監視指導官
東 侑記	原子力規制専門	原子力規制専門員
渡邊 健一	検査監督総括課	課長補佐
片岡 一芳	原子力規制企画・技術基盤課	専門職

(2) 事業者

四国電力株式会社

渡辺 浩	原子力部	発電管理部長
森田 英司	原子力部	設備保全グループリーダー
中川 和重	原子力部	設備保全グループ 副リーダー
堀家 格	原子力部	安全対策検討グループ 副リーダー
青木 保弘	原子力部	副部長兼燃料技術グループリーダー
白形 俊浩	伊方発電所	安全管理部 安全技術課 副長
大政 安彦	原子力部	核物質防護・工事グループリーダー
立石 真一	原子力部	核物質防護・工事グループ 副リーダー
織田 智	東京支社	技術課 担当

4. 議 事

(1) 伊方発電所3号機 原子炉容器上部炉心構造物吊り上げ時の制御棒クラスタ引き上がりについて

(2) その他

5. 配布資料

- 資料 1 - 1 伊方発電所第 3 号機 原子炉容器上部炉心構造物吊り上げ時の制御棒クラスタ引き上がりについて（概要版）
- 資料 1 - 2 伊方発電所第 3 号機 原子炉容器上部炉心構造物吊り上げ時の制御棒クラスタ引き上がりについて
- 参考資料 1 - 1 伊方発電所第 3 号機 燃料集合体点検時の落下信号発信について（概要版）
- 参考資料 1 - 2 伊方発電所第 3 号機 燃料集合体点検時の落下信号発信について
- 参考資料 2 - 1 伊方発電所における所内電源の一時的喪失について（概要版）
- 参考資料 2 - 2 伊方発電所における所内電源の一時的喪失について

6. 議事録

○武山安全規制管理官 定刻になりましたので、第12回原子力施設等における事故トラブル事象への対応に関する公開会合を開催します。

司会進行を務めます、実用炉監視部門の安全規制管理官をしています武山です。

本日は、本年2月12日の第11回事故トラブル公開会合において、四国電力から、「伊方発電所3号機原子炉容器上部炉心構造物吊り上げ時の制御棒クラスタ引き上がりについて」に係る法令報告事象、その他2件の事象について、原因調査に関する中間報告をいただいたところでございますが、3月17日付けで法令報告事象に関する原因と対策についての報告書の提出があり、併せてその他2件についても報告があったことから、これらについて本日説明をいただくことにしております。

本日の配付資料については、議事次第に記載のとおりでございます。

まず、議題1として、「伊方発電所3号機の原子炉容器上部炉心構造物吊り上げ時の制御棒クラスタ引き上がりについて」に関して、四国電力のほうから、理由と対策について御説明をお願いいたします。

○渡辺発電管理部長 四国電力、渡辺です。

経過報告から少し時間がたちまして、1カ月以上たってしまいましたけれども、その分、しっかりとした原因究明と再発防止対策ができたのではないかと考えておりますので、本日は、その辺り丁寧に説明をさせていただきますので、御確認をよろしくお願いいたします。

それでは、担当のほうから説明させていただきます。

○森田設備保全グループリーダー 四国電力、森田です。

まず、資料について、法令による国への報告対象である制御棒引き上がり事象についての資料は1-1、1-2です。また、燃料集合体点検時の落下信号発信についての資料は参考資料1-1、1-2及び所内電源の一時的喪失についての資料は参考2-1、2-2です。

では、資料1-1の概要版を用いて、「伊方3号機原子炉容器上部構造物吊り上げ時の制御棒クラスタ引き上がりについて」御説明いたします。

1ページ、事象概要を簡単に御説明いたします。

伊方発電所3号機は定期検査中、燃料取り出しの準備作業のため、制御棒クラスタと駆動軸の切り離し作業を行った後、原子炉容器の上部炉心構造物を吊り上げていたところ、1月12日13時20分、制御棒クラスタ1体が上部炉心構造物とともに引き上げられていることを確認しました。

次ページをお願いします。2ページ、切り離し作業のポイントを簡単に示します。

右の図は、制御棒クラスタと駆動軸の切り離し作業の概要図です。切り離し作業は、燃料取替クレーンの作業員が吊り下げられた制御棒取り外し工具を操作することにより、制御棒クラスタと駆動軸の切り離し作業を行います。

右の写真は、駆動軸の先端のものです。両側の凸凹した接手により、制御棒クラスタの

頭部と結合しています。中心にある位置決めナットが下端まで下がったこの状態では、接手が内側にたわむことができないので、制御棒クラスタとの結合が解除されることはありません。切り離しの際は、中心にある位置決めナットを上を引き上げることにより、接手が内側にたわむことができるので、結合を切り離すことができる構造となっています。

次ページをお願いします。3ページでは、事象発生後の状況を説明しています。

まず、事象発生後、上部炉心構造物を下ろして、表の確認を実施しました。上部炉心構造物を下ろした時点で、制御棒クラスタと駆動軸は結合されていないことや、正常に結合、切り離し作業ができることなどを確認しています。その後、再度、上部炉心構造物を吊り上げた際には、制御棒クラスタは引き上がることはありませんでした。

以上のことから、事象発生時の結合状態は通常とは異なる状態、不完全な結合状態であった可能性があります。

次ページをお願いします。4ページでは、原因調査の結果の概要を示しています。

前回の経過報告からの変更点や主要なポイントは下線を引き、調査項目ごとの詳細については右列に記載しています。詳細は、各項目にて御説明いたします。

次ページをお願いします。5ページでは、作業体制・手順などについての調査結果を示します。

前回御説明のとおり、これまでの状況から、切り離し操作自体を行っていないといったような、重要な手順の抜けなどの根本的な作業ミスはないと考えています。ただし、今回の作業手順書は、重量確認と寸法確認で確実に制御棒クラスタと駆動軸が切り離されていることを確認できる手順書ではありませんでしたが、切り離し確認以降に意図せず通常とは異なる不完全な結合状態に至った場合には、制御棒クラスタの引き上がりが生じる可能性があることが分かりました。

次ページをお願いします。6ページでは、制御棒クラスタ及び駆動軸の接触痕の調査結果についてまとめています。

まず、接手外面直線部にある接触痕①～④についてです。この接触痕は金属光沢を有しており、比較対象に金属光沢はないことから、今回生じたものと考えます。また、当該接触痕は、比較対象のものとは比べて有意に深かったことが分かっています。この接触痕は、図に示すとおり、接手とスパイダの曲率半径の違いから、線接触ではなく点接触であり、スパイダ頭部の内面と4点で取り合う箇所に対応し、通常、着座状態とは異なる位置で生じた可能性があると考えています。

次に、⑤です。接手外面テーパ部に確認された周方向の接触痕は、比較対象でも同様に金属光沢はありませんでした。これは切り離し操作後の駆動軸着座状態にてスパイダ頭部の内面と線状に取り合う箇所に相当し、通常の着座状態で生じたと考えられることから、今回の事象とは直接関係ないものと考えています。

次ページをお願いします。7ページです。

接手内面の接触痕⑥についてです。接手内面直線部に確認された線状の接触痕は金属光

沢を有しており、比較対象にないことから、今回生じた可能性があるものと考えています。また、接触痕は、位置決めナット、ロックボタンが摺動する部位に相当します。

次に、位置決めナットにある接触痕、⑦についてです。位置決めナット直線部に確認された線状の接触痕は、比較対象にないことから、今回生じた可能性があるものと考えています。

次ページをお願いします。8ページです。

接手内面の接触痕⑥と、位置決めナットの接触痕⑦についてです。位置関係及び型取りを重ねた結果からも、接触痕は接手内面直線部と位置決めナット直線部が接触する部分に相当し、位置決めナットの上昇、下降時に生じた可能性があります。また、この位置での接触痕発生には介在物が関与した可能性が高く、その介在物は約1mm程度の大きさであった可能性があると考えています。

次に、制御棒クラスタのスパイダ頭部の接触痕、⑧についてです。スパイダ頭部の円環部上面には、接触痕または色調の変化が確認されました。当該制御棒クラスタのほうが広がったものの、比較対象(M-12)でも確認されたことから、今回の事象とは直接関係ないものと考えています。また、スパイダ頭部の内面テーパ面に接触痕または色調の変化が確認されましたが、通常の作業でも接触する部位であり、比較対象でも同程度であったことから、今回の事象とは直接関係ないものと考えています。

次ページをお願いします。9ページ、制御棒クラスタのスパイダ頭部内の堆積物についてです。

制御棒クラスタのスパイダ頭部内に確認された堆積物について、水中カメラでの観察の結果、堆積物はスパイダ頭部の上から3山目より下の領域に堆積しており、20cc程度の量と推定されます。なお、スパイダ頭部内に堆積物があったとしても、駆動軸と制御棒クラスタを結合する際には、駆動軸接手周りに隙間があり、駆動軸がスパイダ頭部内の堆積物を押しのけてスパイダ頭部に挿入されることを確認しています。また、駆動軸と制御棒クラスタの結合作業に当たっては、駆動軸取り外し工具の指示管（インジケータロッド）が完全に下降していることを確認した上で、重量確認と位置確認を実施しており、これまでの結合作業においても確実に結合していることを確認しています。

次ページをお願いします。10ページ、堆積物の観察結果です。

堆積物を回収して実体顕微鏡で確認したところ、粒子状及び薄膜状の形状のものが観察されました。当該のスパイダ頭部内から回収した堆積物は、黒色の粒子状及び薄膜状の形状であり、薄膜状の堆積物は数mm程度の大きさで厚さは0.1mm程度であり、サイズと形状については比較対象のM-4及びM-12で有意な差は見られませんでした。

次ページをお願いいたします。11ページ、堆積物の分析結果です。

SEM観察の結果、薄膜状のものは一体構造であるが、ひび割れが認められることからろい物質であると推定され、また、粒子状のものは数十から数百 μm の粒子が集まって形成されていることが確認されました。

組成分析、X線回折の結果、堆積物は硬くてもろい性質であるマグネタイト (Fe_3O_4) であり、1次冷却材中に一般的に存在する鉄の酸化物の一種であることが分かりました。

スパイダ頭部に堆積した堆積物、以後スラッジと呼びますが、駆動軸内表面や1次冷却系統内で生成したマグネタイトが剥離し堆積したものと推定されます。

次ページをお願いします。12ページ、スパイダ頭部に堆積したスラッジについての考察です。

スパイダ頭部にスラッジが堆積する現象には、次の二つのケースが考えられます。①駆動軸内表面で生成したマグネタイトが剥離、落下、堆積したもの。②1次冷却系統内で生成したマグネタイトが当該部に侵入、堆積したもの。

まず①について、プラント起動初期段階において、制御棒クラスタ駆動装置の圧力ハウジング内は、1次冷却系統水張時の空気が残留しているため、昇温昇圧後は残留した空気が加圧され、溶存酸素が高くなる期間が存在します。このため、全引抜状態にある駆動軸内側は全長にわたり高溶存酸素、高温環境となり、駆動軸内表面で鉄酸化物が生成し、運転時間の経過に伴ってマグネタイトに変態します。

プラント運転中においては、鉄イオンを含む1次冷却材は、駆動軸の保護筒下端と制御棒クラスタのスパイダの頭部の隙間から駆動軸内部に流入しますが、運転中の駆動軸下端と上端では温度差があるため、駆動軸内部では温度差（密度差）を駆動源とする1次冷却材の自然循環流が発生します。このため、駆動軸内部を循環する過程の温度変化に伴って溶解度が変化し、溶解していた鉄成分が駆動軸内表面でマグネタイトを形成すると考えられます。

次に、②についてですが、駆動軸外部で生成したマグネタイトが、駆動軸保護筒下端の隙間からスパイダ頭部に侵入し堆積したものと考えられますが、隙間が狭いことから、今回、スパイダ頭部内で確認された堆積物は、ケース①で生成したマグネタイトが堆積したもののほうが比較的多いと考えています。

次ページをお願いします。13ページ、類似事例調査です。

制御棒クラスタ引き上がり事象の類似事例を調査した結果、国内の加圧水型軽水炉において類似事例は確認されませんでした。海外の類似事例として以下の事象が確認されました。これら類似事例の推定原因等を踏まえても、当社の制御棒クラスタと駆動軸の切り離し操作に問題となる点はありませんでした。

次ページをお願いします。14ページ、制御棒クラスタ引き上がり事象以外の駆動軸に関するトラブルの調査結果です。

国内事例は表のとおりで、これらの事例が制御棒クラスタ引き上がりに発展する可能性を考慮しても、伊方3号機における今回の事象の発生原因となる可能性はありませんでした。なお、クラッドによる制御棒の位置ずれ事象が、下から三つ目の伊方2号機及び一番下の大飯2号機の2件確認されましたが、事象が発生したプラントの対策を伊方3号機においても実施しており、これまで動作不良は発生しておらず、問題ありません。

詳細について、記載は参考8、39ページをお願いいたします。39ページ、制御棒クラスタ駆動装置動作不良への対策です。

制御棒位置ずれ事象への対応として、伊方3号機において以下の対策を実施しています。プラント停止時の脱ガス運転時及び起動時の高温停止状態において浄化流量を最大とし、クラッド低減に努めています。プラント起動時の低温停止及び高温停止の制御棒の全挿入・全引抜き操作の回数を従来よりも増やすことにより、クラッド排出を促進しています。

なお、制御棒クラスタ駆動装置の駆動機構に関連する点検としては、表の点検を実施しており、これまで動作不良は発生していません。

14ページにお戻りください。14ページです。

報告書では7点記載しておりますが、一番下の1件の記載が漏れておりました。訂正いたします。申し訳ありません。

次ページをお願いいたします。15ページです。海外の事例調査結果です。

こちらも国内と同様に、これらの事例が制御棒クラスタ引き上げりに発展する可能性を考慮しても、伊方3号機における今回の事象の発生原因となる可能性はありませんでした。

なお、海外においても、クラッドによる制御棒位置ずれ事象が一番上の1件確認されましたが、伊方3号機で実施している対策で対応可能と考えております。

次ページをお願いします。16ページ、原因調査のまとめです。

今回の制御棒クラスタと駆動軸の切り離し作業では、定められた手順どおりに重量確認と寸法確認を実施し、制御棒クラスタと駆動軸の切り離しが確実に行われていることを確認しています。

今回の作業手順書は、重量確認と寸法確認で確実に制御棒クラスタと駆動軸が切り離されていることを確認できる手順書ではありましたが、切り離し確認以降に通常とは異なる不完全な結合状態に意図せず至った場合は、制御棒クラスタの引き上げりが生じる可能性があることが分かりました。

制御棒クラスタ及び駆動軸の外観確認で確認された一部の接触痕は、金属光沢を有しており比較対象にないことから、今回生じたものであると考えられます。

接手内面と位置決めナットの接触痕には介在物が関与した可能性が高く、1mm程度の介在物が存在していた可能性があります。

制御棒クラスタのスパイダ頭部内に確認された堆積物は、組成分析、X線回折の結果、硬くてもろい性質であるマグネタイトであり、1次冷却材中に一般的に存在する鉄の酸化物の一種であることが確認されました。

堆積物は駆動軸内表面や1次冷却系統内で生成したマグネタイトが剥離、堆積したものと推定されます。

次ページをお願いいたします。17ページ、事象発生時の不完全結合状態のケース検討です。

本事象発生後、制御棒クラスタと駆動軸の切り離し操作を行うことなく制御棒クラスタ

が切り離されていることから、通常の結合状態ではなく、不完全な結合状態であったと考えられます。このため、不完全結合の状態として考えられる以下の7ケースについて、この結合状態が起こり得るか否か検討を実施しました。

ケース1は、切り離し後の通常の着座状態で不完全結合する状態。ケース2は、スパイダ頭部の1山目まで不完全結合する状態。ケース3は、同様に2山目で不結合する状態。ケース4は、同様に3山目で不完全結合する状態。ケース5、完全結合位置ではあるが、中の位置決めナットがボタンアップされた位置で不完全結合する状態。ケース6、スパイダ頭部外側で不完全結合する状態。ケース7、スパイダ頭部外側で位置決めナットがボタンアップされた位置で不完全結合する状態。

次ページをお願いします。18ページ、ケース検討の結果です。

前項の7ケースについて、幾何学的な整合、外観確認結果との整合及び手順との整合の観点で検討しました。

まず、幾何学的検討では、ケース1～5は起こり得るため整合します。ケース6、7については、製作公差、組立公差、駆動軸の傾き、測定結果などを重畳させても起こり得ないため不整合となります。

外観確認結果との整合との観点からは、全ての接触痕が発生するケースはなかったものの、全てのケースにおいて、いずれかの接触痕が発生する可能性が確認されました。

手順との整合との観点からは、ケース1、6は、駆動軸切り離し後に位置決めナットが所定の位置まで下降しているため整合します。また、ケース2～4は、位置決めナットが所定位置まで下降しないという条件付きの場合において整合し、ケース5、7においては、位置決めナットがボタンアップ位置にとどまっており整合しません。

以上より、ケース1～7のうち三つの観点、幾何学的整合、外観確認結果との整合及び手順との整合、全ての観点において整合するケース1～4については、その不完全結合状態が起こり得ることが分かりました。このため、部分モデルにより引き上がり状態の実証試験を行い、当該不完全結合状態で実際に制御棒クラスタを引き上げ得るか確認いたしました。

次ページをお願いいたします。19ページ、部分モデルによる実証試験についてです。

前項で検討し、可能性のあるケース1～4を想定し、駆動軸と制御棒クラスタの取り合い部分を模擬した供試体を用いて、制御棒クラスタの引き上がり状態の実証試験を実施しました。この際、駆動軸と制御棒クラスタの取り合いの状態だけでなく、押し付け力や15サイクル使用した駆動軸及び制御棒クラスタの状態なども考慮し、試験を実施しています。

なお、ケース3、4を代表し、引き上げ力が比較的小さいと想定されるケース3にて実施しています。

次ページをお願いします。20ページ、実証試験結果です。

ケース1では、引き上げ荷重は発生せず、引き上げることはできませんでした。ケース3では、試験機の計測範囲を超える1,000kg重以上の引き上げ荷重が発生したことから、切り離しにも大きな力が必要となる結果となり、引き上がり後に操作を行うことなく自然に

切り離されていた今回の事象とは整合しない結果となりました。

ケース2については、実機表面性状よりも静止摩擦係数が小さい状態で41～61kg重、実機表面性状よりも静止摩擦係数が大きい状態で114～147kg重の引き上げ荷重が発生することが確認され、制御棒クラスタの水中重量及び接触痕の発生状況から、ケース2の状態では本事象が発生した可能性が高いと考えられます。

次ページをお願いします。21ページ、発生メカニズムの推定です。

これまでの調査結果や実証試験結果などから、発生メカニズムを推定しました。

①駆動軸結合状態において、駆動軸内を含む1次冷却系統内で発生したスラッジ、図ではピンク色で示していますが、スパイダ頭部内及びロックボタン周りに堆積していた。

②接手部拘束解放のため、ロックボタン周りにスラッジが堆積したまま取り外し軸が上昇した。また、このとき接手と位置決めナットの間にもスラッジが堆積していたため、1mm程度のスラッジを介して両者が摺動し、接手部内面と位置決めナット直線部に接触痕が発生した。

③駆動軸切り離し時にはロックボタン周りのスラッジはそのまま堆積した状態で駆動軸が上昇した。また、スラッジは磁性体であることから、運転中に磁化された接手内面テーパ部及び先端部にもピンク色のスラッジが付着した状態となっています。

なお、24ページに接手へのスラッジ付着について補足を記載しています。

次ページをお願いします。22ページです。

④駆動軸と制御棒クラスタの切り離しができたので、取り外し軸を下降させるステップですが、このとき接手内側やロックボタン周りのスラッジにより取り外し軸が途中でスタック、詰まったと想定しています。このステップでは、取り外し軸が完全に下降したことを確認する手順はありませんでした。

⑤駆動軸着座の際、接手先端のスラッジがスパイダ頭部との間に挟まり、スラッジを介した不安定な支持状態で制御棒クラスタに駆動軸が着座した。

⑥工具切り離しに伴う振動により、不安定な状態であった位置決めナットと接手の間及び接手先端とスパイダ頭部の間のスラッジが脱落し、駆動軸がスパイダ頭部に沈み込むことで、スパイダ頭部の1段目と接手外面直線部が接触し、制御棒クラスタと駆動軸が不完全に結合し、接手外面直線部の接触箇所に接触痕が発生したものと推定しています。

なお、このときの挙動については、24ページに補足しています。

次ページをお願いいたします。23ページです。

⑦上部炉心構造物とともに駆動軸が引き上げられる際に、不完全結合している制御棒クラスタも引き上がった。

⑧上部炉心構造物を下降した際、吊り込み時の振動や着底時の衝撃等により制御棒クラスタと駆動軸の不完全な結合がはずれ、このことにより駆動軸取り外し軸が正規の位置まで下降し、この状態で駆動軸がスパイダ頭部に着座した。

⑨正規の位置で駆動軸がスパイダ頭部に着座した⑧の状態から駆動軸を吊り上げたため

制御棒クラスタは引き上がり、事象は再現しなかった。

次、24ページをお願いします。24ページです。推定メカニズムについて補足します。

左の列は、運転中に磁化された駆動軸(接手)にマグネタイトであるスラッジが付着する事象について説明しています。

真ん中の列は、不完全結合状態での位置関係の説明と、ベースプレート高さの計測誤差や接手先端部に付着したスラッジ厚さの影響について評価したものです。

次の列は、駆動軸が着座状態から不完全結合状態に沈み込む際の挙動について、機構解析により評価したもので、いずれも推定メカニズムを補強するものと考えています。

次、お願いします。25ページ、推定原因です。

駆動軸取り外し軸下降時、ロックボタン周りに付着したスラッジが位置決めナットと接手の間に挟まり、駆動軸取り外し軸がスタックした。

その状態で制御棒クラスタに駆動軸を着座させた際、駆動軸が制御棒クラスタのスパイダ頭部内で沈み込み、駆動軸接手外面直線部と制御棒クラスタのスパイダ頭部1山目が接触して不完全結合状態となった。

上部炉心構造物吊り上げ時、上部炉心構造物とともに駆動軸が引き上げられる際に、不完全結合している制御棒クラスタも引き上がった。

今回の手順書には、駆動軸着座前に駆動軸取り外し軸が正規の位置まで下降したことを確認する手順がなく、制御棒取り外し軸のスタックを確認することができなかったということがございます。

次ページ、お願いいたします。26ページ、再発防止対策です。

一つ目、駆動軸取り外し軸が下降時にスタックしていないことを、駆動軸取り外し軸の押し下げ動作状況により確かめるため、駆動軸取り外し工具の指示管(インジケータロッド)のマーキング位置を確認する手順を追加いたします。これにより、駆動軸取り外し軸のスタック要因にかかわらず、スタックを起因とした事象の再発防止は可能となります。

二つ目、上記一つ目の対策により、今回の事象の再発防止は可能と考えています。さらに、これをより確実なものとするため、駆動軸着座後の再度の重量確認及び位置計測(ベースプレート高さ)を確認する手順を追加いたします。

なお、この二つの対策を追加した一連の作業手順を40ページからの参考9に示しています。

40ページをお願いいたします。40ページ、再発防止対策を反映した切り離し作業手順です。

40ページには変更ありませんので、41ページをお願いいたします。

41ページ、⑨駆動軸ボタンダウン確認のステップにおいて、確実に取り外し軸が下降したことを確認するため、インジケータロッドのマーキング位置を確認する手順を追加いたします。

次、42ページをお願いします。

切り離し着座後の⑩、⑪ステップの後、工具を切り離す前に再度吊り上げての重量確認及び位置確認を行うステップ⑫、⑬、⑭を新たに追加します。

手順の追加は以上です。

27ページ、お願いいたします。27ページです。

手順の見直しにより、本事象への再発防止対策は可能であるが、制御棒クラスタのスパイダ頭部内には、プラント運転中などに発生したスラッジが堆積する可能性があることから、定期検査ごとに使用済燃料ピット内にて制御棒クラスタ（次サイクルで使用するもの）についてスパイダ頭部内の状況を確認し、堆積物が確認された場合は除去することといたします。

再発防止対策は以上ですが、最後に設備健全性について御説明します。

一番最後のページ、44をお願いします。44ページ、今回の事象が発生した設備の健全性についてです。

駆動軸、制御棒クラスタ及び燃料集合体について、外観点検などにより、いずれも健全性に問題がないことを確認しています。

なお、本項目のうち制御棒クラスタ及び燃料集合体の外観確認結果については、報告書には未記載のため、反映し提出いたします。

以上で伊方発電所3号機原子炉容器上部炉心構造物吊り上げ時の制御棒クラスタ引き上がりについての説明を終わります。

以上です。

○武山安全規制管理官 ありがとうございます。

それでは、質問、確認があれば、お願いいたします。

じゃあ、東さん、どうぞ。

○東原子力規制専門員 原子力規制庁の東です。

2点、ちょっと確認したいことがあるんですけど、まず、パワーポイントの資料の19、20ページで、制御棒クラスタの引き上がりについての部分モデルによる実証試験を実施していると思うんですけど、これの前提となる位置決めナットと接手の間に堆積物が挟まって、駆動軸取り外し軸がスタックして下まで下がらなかったということと、あと、その状態で制御棒クラスタのスパイダ頭部に駆動軸が沈み込んで不完全な結合状態になったこと、この2点について、実証実験とか、そういうのをされていますでしょうか。

○堀家安全対策検討グループ副リーダー 四国電力の堀家です。

スタックしたことに関する実証試験については、今回の実証試験では確認しておりません。今回、この実証試験、19ページで確認しておりますのは、あくまでも引き上がった状態を模擬して、そのときに引き上がりが起こり得る荷重が出たかどうかというのを確認したというものになっています。

○東原子力規制専門員 規制庁の東です。

その前提となる条件になるということは、要は、実際、こういう条件でやったらなると

というのは、確認できないということなんですか。それとも、それは今回の傷の位置とか、そういうところを鑑みて、こういうふうに絶対なるだろうということで、こういう前提条件を定めて、実際の引き上がりの実証実験をしたということでしょうか。

○堀家安全対策検討グループ副リーダー 四国電力の堀家です。

引き上がり、この19ページのケースにつきましては、まずケース1につきましては、先ほどおっしゃっていただいたように、接手の先端に周方向の傷があったということから、この位置でスパイダ頭部と接手先端が接触している可能性があるため、このケース1をまず行っております。ケース2、ケース3につきましては、接手先端の4点で大きな接触痕があったため、これがつくということは、スパイダ頭部と接触するということを鑑みて、この位置での組み合わせを考えて実施をしておりますので、接触痕とも整合するという観点で、このモデルで実証試験をしているというところですよ。

○東原子力規制専門員 規制庁の東です。

であれば、傷の位置の部分で、もうそれはこうなるという前提のもとで、実証試験としては、引き上がりの部分で確認して、こういう事象が起こるだろうということで推定されたということでしょうか。

○堀家安全対策検討グループ副リーダー そのとおりです。

もう少し補足しますと、18ページのほうで、接触痕の傷だけではなくて、もともとの幾何学的な整合でも起こり得るかどうか、先ほど申しましたとおり、外観確認の接触痕の位置と整合するかどうか、あと手順との整合もあるかどうかという観点から、先ほどのケースを選択しまして実証試験をしているというところでございます。

○東原子力規制専門員 規制庁の東です。

ありがとうございます。

あと、もう1点、27ページの対策のところなんですけど、こちら、スラッジがスパイダ頭部にたまっている場合は回収するということなんですけど、これは実際奥側にスラッジがたまる可能性があるんで、その可能性、リスクを下げるために、念のため、こういう対策をしましょうということですよ。

○中川設備保全グループ副リーダー 四国電力の中川です。

御認識のとおりで、先ほどの手順の対策で、今回のような事象の対策はできると考えているんですが、このスパイダ頭部内のスラッジが今回スタックの要因となったということをお推定しておりますので、そのリスクを可能な限り下げるという観点でも、ここの部分は除去するということが今回対策に挙げております。

以上です。

○東原子力規制専門員 規制庁の東です。

ありがとうございます。

○武山安全規制管理官 ほかに。

小野さん、どうぞ。

○小野上級原子炉解析専門官 規制庁の小野です。

スライドの12ページをお願いします。一番左の①-1で、プラント起動時の初期段階の御説明の記載がありますが、まず、上二つのポツで、CRDMの圧力ハウジング内の加圧の説明をされて、3番目のポツで、駆動軸内側の環境の御説明をされていますけども、この時点で駆動軸内側に隙間から入ってきたという説明ですかね。この隙間から入らなければ、駆動軸の内側には流入はないのではないかと思うんですけど、この時点では。

○堀家安全対策検討グループ副リーダー 四国電力の堀家です。

この時点では、駆動軸自体が完全に密閉されているようなものではございませんので、基本的にCRDM内の高溶存酸素である1次冷却水は、駆動軸の中にも入りますと。その後、プラントのほうを起動していきますと、全体的に高温環境になるというところで、その高溶存酸素で高温状態というのが駆動軸内部で起こり得ますので、その状態では、駆動軸内部の鉄が鉄酸化物に変態するというふうなことを書いております。

○小野上級原子炉解析専門官 規制庁、小野です。

承知いたしました。

○武山安全規制管理官 ほかに。

吉野さん、お願いします。

○吉野企画調査官 実用炉監視部門の吉野です。

原因のところちょっと確認させていただきたいですけど、今回、16ページの原因調査の結果ということで、矢羽根の4番目には、介在物が介入して、1mm程度の介在物があったという形が記載されてございます。それで、22ページの⑤のところですけど、一応、この1mm程度の介在物が位置決めナットと接手の内側に入って、それが着座した後に、⑥という形で、中に入り込むという形になりますと、介在物が何らかの状況で壊れて中に入ったということなんですけれど、これの介在物がどのぐらいの力で壊れるかどうかというのは、どういう形でここは推定されていますでしょうか。

○中川設備保全グループ副リーダー 四国電力の中川です。

このスラッジ、調査の結果、マグネタイトということになるんですが、定量的にどのぐらいの力というのは、なかなか算出するのは困難なんですけど、一般的にマグネタイトというのは硬くてもろいというような性質がございまして、それほど大きな力がかからずとも、こういう不安定な状態で噛み込んだ状態であれば、こういう操作のときに発生するような振動等で脱落するというふうに推定しております。

○吉野企画調査官 ちなみに、あれ、着座させるときの速度というか、そういうのというのは、何か手順上決められていて、ゆっくりなのか、速くなのか、よく分かりませんが、クラスタに着座すると、どのぐらいの反発力があるかどうかというのは、何か推定はされていますでしょうか。

○中川設備保全グループ副リーダー この駆動軸を下ろす速度というのは、これはクレーン操作になりますので、クレーンの下降操作ということになりますので、数mm/secという

ような、それほど速い速度ではないと。

○吉野企画調査官 一応、それは手順書上、中に一応決められているという形ですか。

○中川設備保全グループ副リーダー クレーン操作ということで決められていますので、そのクレーンの速度に決まります。

○吉野企画調査官 分かりました。ありがとうございます。

あと、ちょっと2点ほどあるんですけど、次にインジケータロッドについては、ちゃんと着座した状況かどうかを確認するということですけど、これは燃取クレーンの中でちょっと確認する形になるかと思うんですけど、2ページ目の図でいきますと、通常は荷重計、ロードセルとか、この辺りは見やすい位置にあるのかと思うんですけど、このインジケータロッドの確認というのは、図はこんな形ですから、非常に下のほうで確認するとか、ちょっと位置を上げるのか、ちょっとその辺りを御説明いただけますでしょうか。

○中川設備保全グループ副リーダー 四国電力の中川です。

2ページの右に工具のイメージ図がありますが、ここの工具を、まさに工具の操作員が持って操作していますので、まさにその目の前といいますか、その位置で確認できるで、それほど確認が困難な場所ということではございません。

○吉野企画調査官 分かりました。

ロードセルのところは目の位置かなとは思いますが、この図でいきますと、ちょっとインジケータロッドって下のほうなので、見やすいのかどうか、ちょっとよく分からなかったんですけど、それは何か改善策はとられるんですか。

○森田設備保全グループリーダー 四国電力の森田です。

2ページの図ですと、荷重計、ロードセルのほう为上のほうにありまして、ちょうど指示管だとか、工具の指示管だとかベースプレートが自分の目の前にありますので、現在でも十分確認できる状態です。

○吉野企画調査官 分かりました。ありがとうございます。

すみません、ちょっと最後に1点確認ですけど、42ページのところの対策後の件ですけど、⑩、⑪、左側にありまして、これではちゃんと着座している。ですから、位置決めナットが下の状態に入って、確認をして、⑫で一旦上げますけれど、このときに位置決めナットが上のほうになっていますけれど、これは位置決めナットが下の状態で上げないと効果がないかと思うんですけど、これは何か、どういうふうな操作でしょうか。

○中川設備保全グループ副リーダー 四国電力の中川です。

申し訳ございません。この⑫番の位置決めナットは、これは左の⑩、⑪から、特にボタン操作はしませんので、下に下がったままです。ちょっと図が間違えておりますので、修正したいと思います。

○吉野企画調査官 分かりました。じゃあ、この修正はお願いいたします。

以上でございます。

○武山安全規制管理官 ほかに。

比企さん、お願いします。

○比企主任監視指導官 原子力規制庁の比企です。

スライドの26ページの対策のところなんですけれども、手順の見直しのところなんですけれども、マーキングの位置を確認するというところなんですけれども、このマーキングの位置がずれていた場合の対応手順というところは、手順の見直しには含まれるんでしょうか。もし含まれているのであれば、それがずれているときにどういった対応をするかというところを、説明をお願いします。

○森田設備保全グループリーダー 四国電力、森田です。

スラッジが詰まったとか、そういった状態では、インジケータロッドが下に下がらないことが考えられますけれども、そういうことがなければ、きちっと下がるものと考えております。

御質問は、それでも下がっていないような状態はどうするのかということだと思いますが、その場合は、インジケータロッドの上昇下降等を繰り返して、スタックしていない状態になるまで同じようなことをやって、取り外し軸が下に下りたことを確認したことをもって次のステップに進むということでございます。

○比企主任監視指導官 規制庁の比企です。

それは手順に定めてあるということですか。それとも、そういうふうにするということなんですか。

○中川設備保全グループ副リーダー 四国電力の中川ですが、このスタックしたことによってインジケータロッドが上のほうにあるかどうかという確認が、今、現状の手順にはございませんので、その手順を追加するというのが今回の対策になります。今後、その対策をした上で、インジケータロッドが正規の位置にない場合は、先ほどの途中の位置にとまっているということと考えられますので、先ほどの操作を繰り返すということでございます。今後やることになります。

○渡辺発電管理部長 四国電力、渡辺です。

マーキングの位置がずれるということはあまり考えられないんですけども、26ページでいきますと、マーキングの位置の確認だけではなくて、着座後の重量確認とベースプレートの位置確認という、こういうことも追加してやるようにしておりますので、マーキングの位置のずれを想定して、こういったダブルの確認をするわけではございませんけれども、ダブルで確認しておりますので、そういった事象も防げるものというふうに考えております。

○比企主任監視指導官 原子力規制庁の比企です。

分かりました。ありがとうございました。

○武山安全規制管理官 ほかに何かありますか。

片岡さん、お願いします。

○片岡専門職 ありがとうございます。規制企画課並びに技術基盤課を併任しております

片岡と申します。

私、運転経験反映活動にかかわっております、このような国内の事象につきましては、IAEAに報告する係をしております。その上で、根本原因や教訓等を知りたいので、この会議に参加させていただいています。

それで、質問ですけども、今、既に幾つかありましたけども、位置ですね、位置決めナットが一番下までちゃんと刺さっているかどうかということは今まではどのように確認されていたのでしょうか。今回、位置決めマーキングをするということで、チェックできるようになるようですけども、今まではどのように確認されていたのでしょうか。

○中川設備保全グループ 四国電力の中川です。

これまではボタン操作、下降操作という操作をすることは手順書に定めていたのですが、ここの操作の結果として、位置決めナットが下がったことをインジケータロッドで確認すると。その行為が手順書にはないという状態でありました。

先ほどマーキングの話がありましたが、マーキングは、これまでもついておりまして、切り離し作業のときにも、制御棒クラスタを切り離すときに、ボタンアップするときに、アップしたことを確認する手順は、インジケータロッドで確認する手順はあったんですが、今回、メカニズムで言うておりますスタックが起こったと推定している箇所で、ボタンダウンが下ということを確認するという、そちらがなかったということでございます。

以上です。

○片岡専門職 片岡です。

ありがとうございます。

ちょっと邪推なんですけれども、例えば手順が示されたページがあると思うんですけれども、29ページとか30ページに切り離しの作業の手順が示されていますけれども、一番最初の作業を始める前の段階のときに、非常に粗い邪推なんですけれども、位置決めナットがもともと一番下にくっついていなかったんじゃないかと、まだ行っていなかったんじゃないかと考えると、全部説明ができちゃうような気がするんですけども、いかがでしょうか。それ（伊方3号機）にも発生するという事は、他のプラントでも、海外でも、同様な機構はあると思うんですけども、発生していてもおかしくないなと思うんですが、あまり聞いたことがないということとすると、何か特別な理由があったんじゃないかなと思うんですが、その辺はいかがでしょうか。

○渡辺発電管理部長 四国電力、渡辺です。

国内では、おっしゃるとおり、同様の事象はこれまで報告されてございません。海外でいきますと、割かし原因不明というようなところも多いのは事実でございます。今回のこのようなスタックが、当社、今回の制御棒以外でも起こる可能性は確かにあるということになるかと思えますけれども、ここで対策として出しておりますのは、そういった何らかの原因でスタックしても大丈夫なようにするというのが対策となっております。

先ほどの中棒は、ばねで下に押し当てられるような構造になっておりますので、どちらかといいますと、我々は操作を引き上げるほうばかり注目しておって、引き上げを解けば下に下がるだろうというようなところが、今回のそもそもの原因であるというふうに思っておりますので、そういったところで手順を見直したというのが対策になってございます。以上です。

○片岡専門職 ありがとうございます。よく分かりました。

○武山安全規制管理官 ほかに何かありますか。

吉野さん、お願いします。

○吉野企画調査官 実用炉監視部門の吉野です。

今回の対策ですけれど、これはたまたま伊方発電所で起こった事象ですけれど、対策は他の発電所でも共通して使えるかなと思うんですが、今回の対策を他の発電所へどういうふうに水平展開するのかどうか。何かそれは四国電力として何か対応は考えられていますでしょうか。

○森田設備保全グループリーダー 四国電力、森田です。

今回の事象については、ニューシアに登録してございます。ニューシアの水平展開の要否を判断するのは、我々、事業者ではないんですけれども、当社としても今回の事象を重く受け止めておまして、ニューシアにはグレードの高いT情報及びM情報として登録しております。ですので、過去の例を見ると、これらTとかMの情報については、水平展開要として整理される傾向があります。

また、ATENAのワーキング等においても、運用面とか設備面とか、そういった情報、双方のほうから、適宜、事象の発生の状況だとか原因、対策の情報共有をタイムリーに行っていますので、今後、各電力において水平展開を検討していくことになるかと考えております。

以上です。

○吉野企画調査官 実用炉監視部門の吉野です。

ありがとうございます。

こういう情報というのは、いい対応になるものですから、しっかりと各社さんともやるような形で、四国電力としても対応いただければと思いますので、よろしく願いいたします。

○森田設備保全グループリーダー 四国電力、森田です。

拝承いたしました。

○武山安全規制管理官 ほかに何かありますか。

ちょっと私から、じゃあ、質問なんですけれども、1-1の12ページのところでちょっと確認したいんですけれども、駆動軸の中に、一番右側の図で言うように、下に要するに水が入って行って、駆動軸とスパイダとの結合部のところに隙間があるから、そこに水が入ってくるということですよ、これね。それで入って行って、それが上昇して行ってとい

うのが一番真ん中の図にあって、それがまた下に落ちてくるということなんですけど、この図自体は、別に片側から入って片側から出るというわけじゃなくて、全体として、まず下から入って行って、温度の違いでもって、下にまた、どういう形か分かりませんが、同じ道というか、同じように、全体的にざあっと下がってくるという、そういうような循環をしているということだと思いますよね。

○堀家安全対策検討グループ副リーダー 四国電力の堀家です。

はい、その御理解で。

○武山安全規制管理官 ということですね。

○堀家安全対策検討グループ副リーダー はい。

○武山安全規制管理官 そういう微妙なところがあるということですね。分かりました。

あと、すみません、ちょっと細かい話なんですけど、以前、資料1-2の細かいほうの資料で、ちょっと分からなかったのがあって、49ページに、49ページ以外にも同じフローがあったと思うんですけども、49ページで作業フロー図というのがありまして、この中で、⑤番とか⑧番とかに書いてある、取り外し工具（75mm）というのがあるんですけど、この75mmというのは何を指しているのかなというのが、ちょっとよく分からなかったんですけど、どういう意味ですかね。

○中川設備保全グループ副リーダー 四国電力の中川です。

これは駆動軸の取り外し工具を引き上げる高さになります。要は工具と駆動軸、制御棒クラスタを、⑤番であれば工具に駆動軸がくっついて、それにクラスタがくっついている状態で、75mmの高さまで引き上げる。

○武山安全規制管理官 75mmの高さまでというのは、例えばベースプレートの高さか何かなんですか。分からないんですけど。どの高さのこと。ベースプレートを、あるところから75mm。

○中川設備保全グループ副リーダー 引き上げる、上に行くということですね。切り離れた後も75mm引き上げて。

○武山安全規制管理官 75mmというのは位置の問題で、移動量じゃないんですかね。移動量だと、これ、7cmぐらいしか移動しないことになるので、そんなものなんですかというのがちょっと。

○中川設備保全グループ副リーダー 移動量です。

○武山安全規制管理官 移動量なんですか。

○中川設備保全グループ副リーダー はい。

○武山安全規制管理官 7cm5mmぐらいしか上に上げたり下げたりしないんですか。

○中川設備保全グループ副リーダー はい。

○武山安全規制管理官 あー、そんなものなんです。

○中川設備保全グループ副リーダー ほとんど、ここのスパイダの頭部の深さといいますか。

○武山安全規制管理官 先っちょの問題だけだからということなんですか。

○中川設備保全グループ副リーダー それよりも上に引き上げる。

○武山安全規制管理官 そういうことなんですね。分かりました。確かに、そうか、そのぐらいですかね。分かりました。そういうのが書いてあるということ。了解しました。

あと、今の中で、東さんからもお話があったと思うんですけど、実証試験の話で、まさに真ん中の駆動軸取り外し軸のところのスタックについて、何でしないのかという話もあったと思うんですけども、恐らく、私が考えるには、他のプラント、これは起きていないんですけども、だから、仮にこのメカニズムだとすると、結構、まれなことなのかもしれないなと思っていて、本来であれば、駆動軸取り外し軸も動かしたりしているので、スラッジが挟まらないで下のほうに行っちゃうとかというのはあるのかもしれないと、なかなか、だから、今回、これが、スラッジが挟まってこうだというのは、ある意味、推定になっていて、なかなか100%これだというのも、なかなか難しいところはあるかもしれませんが。ただ、可能性として考えられる話としては、あるかもしれないというふうに思いますし、あと、先ほどこれを含めた対策ですね、対策も、だから、そういうことを考えると、ちゃんとまずインジケータロッドの位置というのを今まで確認していなかったの、それを確認するというのと、最後にもう一回重量確認しますということなので、こういうふうに、また引き上がるというか、要するに引き上がる時に一応水中カメラで見ているけれども、そのままあわせて多分今後もやっていくはずだと思うんですけど、それ以外の手前として、こういうことをやることによって、同じようなことが起きないようにできるということは何となく理解はできるなと思っています。

ほかに何かありますか。特に大丈夫ですかね。

じゃあ、本件、これで今日は説明を終わるということでお願ひします。

じゃあ、次の議題、次の話で、その他ということで、法令ではないんですけども、一応、直近に起きたものということですので、まず、燃料集合体のほうの説明についてお願ひいたします。

○青木副部長兼燃料技術グループリーダー 四国電力の青木でございます。

「伊方発電所3号機における燃料集合体点検時の落下信号発信について」御説明させていただきます。

資料は、参考資料1-1のパワーポイントの資料に基づいて御説明させていただきます。

本件につきましては、2月12日に開催いただきました公開会合におきまして、事象の概要やその時点での調査状況等について御説明させていただいております。その時点から内容に変更のない部分については、一部説明を簡略化させていただきたいと思っておりますので、御了承いただければと思います。

では、次のスライドをお願いします。まずは事象の概要でございます。こちらは前回御説明のとおりでございます。

概要をかいつまんで御説明いたしますと、伊方発電所3号機の使用済燃料ピットにおき

まして、燃料集合体の点検のために、燃料集合体を移動させていた際に、下記にありますように、燃料集合体が点検装置のラックの上に乗りに上げたために、使用済燃料ピットクレーンの吊り上げ荷重が減少して、燃料集合体落下信号が発信したものでございます。

次のスライドをお願いします。続きまして、燃料集合体点検作業の概要です。

こちらにも前回御説明のとおりでございます。

概要を御説明いたしますと、左側の図に示します点検装置、この真ん中付近にあります点検装置ラック、こちらに燃料集合体を挿入いたしまして、その状態でファイバースコープを用いて燃料集合体内部の点検を行う作業でございます。

点検作業は、右側の図に示しますような流れで行います。図の3番に示しますように、ラック上で燃料集合体の位置合わせを行いまして、その後、4番のとおり、ラックに燃料集合体を挿入して点検を行います。その後、5番のとおり1面を確認するごとに燃料を吊り上げまして、90°回転させた後に再度位置合わせを行い、6番のとおり再挿入をして点検を行い、これを繰り返すという流れとなっております。

次のスライドをお願いします。続いて調査結果でございます。

まずは点検装置についての調査結果でございますが、こちらは前回御説明のとおりでございます。

ポイントといたしましては、左側の図にありますように、ラックの開口部の寸法、こちらが使用済燃料ラックに比べて点検装置ラックが小さく設定されていたということと、もう一つは、右側の写真にありますように、使用済燃料ピットの常設の水中照明によりまして、点検装置ラックに影ができると。それによって点検装置ラックの開口部が使用済燃料ラックに比べて見えにくい状況であったということでございます。

次のスライドをお願いします。次に、作業状況の調査結果でございます。作業要領書や作業体制等は過去2回の点検から変更はなく、問題はございませんでした。

また、事象発生直前の作業状況でございますが、ラックへの乗り上げが発生する直前、こちらC面の確認をしておりましたが、その点検時に、右下の図に示しますように、燃料集合体とラックが接触をいたしまして、クレーンのインターロックにより燃料集合体の下降が自動停止してございます。その後、再装荷を行いまして、燃料集合体を点検装置ラックに再挿入いたしまして、C面の点検を行いまして、続くD面の点検時に、右下の図に示しますように、燃料集合体が点検装置ラックに乗りに上げて、燃料集合体落下信号が発信してございます。

これらの点検作業を通じまして、燃料集合体のセンタリングおよび点検装置ラックへの挿入状況の最終的な確認は、燃料集合体の真上から確認する必要がございますので、右上の図にございますように、作業員の配置を示してございますが、これらの確認は、クレーン上で操作している操作員のみが実施しており、使用済燃料ピットの脇で作業全体を監視している作業責任者は、これらのセンタリング等を直接確認できない状況となつてございました。

また、作業員へ聞き取り調査を行いました結果、点検装置ラックの開口寸法が小さいこと、また、水中照明で発生する影によって点検装置ラックの視認性に問題があるといったことによりまして、これらの作業、燃料集合体のセンタリングおよび点検装置ラックへの挿入状況の確認が難しい、こういった意見が出てございます。

次のスライドをお願いします。こちらは追加調査結果でございます。こちらは前回の御説明以降の新たな内容となっております。

先ほど、スライドの最後に申し上げましたとおり、作業員への聞き取り調査の結果、点検装置ラックの開口寸法が小さいこと、水中照明で発生する影による点検装置ラックの視認性の問題、これによりまして燃料集合体のセンタリングおよび点検装置ラックへの挿入状況の確認が難しいとの意見がありましたことを踏まえまして、これまでの点検作業状況について、さらに調査を行ってございます。

まず、初回点検作業時の開始前の状況でございますが、当社をはじめとした関係者は、当該点検装置が燃料取扱装置等の納入実績のあるプラントメーカーが設計した装置であり、操作性の観点から十分検討したものであるというふうに思い込んでおりましたことなどから、点検装置ラック開口寸法および視認性が操作のしやすさの観点から十分に配慮されたものではないということ、また、本作業が作業員にとって難度の高い作業であるといったことに気付いておりませんでした。

また、これまでの点検作業実施の状況についてでございます。過去、本点検は2回の定検で実施してございますが、その過去実施した点検作業でも、先ほどと同様でございまして、操作自体は問題なく実施できていたことなどから、作業員への問いかけや、点検装置改善の検討、要領書への荷重急変減少警報発信時の具体的な操作手順の追記等の対応をしてこなかったということでございます。

また、本事象発生直前の状況でございます。C面の観察時の状況でございます。C面の観察時に荷重急変減少警報が発信してクレーンが自動停止してございますが、当該警報自体は通常の使用済燃料ラックへの燃料挿入時にも発信しうるものであること。

また、通常の使用済燃料ラックへの燃料挿入時であれば、こういった荷重変動が発生しても特段の問題なく、その後の対応作業を実施できていたことから、注意喚起をするなどの積極的な対応は取れておりませんでした。

次のスライドをお願いします。調査結果の4番でございますが、燃料集合体の健全性の確認結果でございます。

ラックに乗り上げた燃料集合体の健全性に問題がないことについては確認してございますが、こちらの内容につきましては、前回御説明時から変更はございませんので、詳しい説明については割愛させていただきます。

次のスライドをお願いします。これらの調査結果を踏まえまして、今回の事象の推定原因として、以下の5点を挙げてございます。

まず一つ目、点検装置ラックの開口寸法が小さかったため、使用済燃料ラックへの燃料

集合体挿入作業に比べて難度が高い作業となっていたこと。

二つ目、常設の水中照明によって点検装置ラックにできる影により、点検装置ラック開口部の視認性が低下していたことから、使用済燃料ラックへの燃料集合体挿入作業に比べて難しい状況となっていたこと。

三つ目、燃料集合体のセンタリングおよび点検装置ラックへの挿入状況の確認作業は難度の高い作業ではございましたが、これらの確認は操作員のみで実施しており、作業責任者による確認が行われていなかったこと。

四つ目、C面観察時に荷重変動が発生した際、続く作業を確実に進めるため、一度作業の手を止め、作業員全体で次の対応についての認識を共有し合うなど、通常の燃料取扱作業時とは異なる対応が必要でございましたが、それが実施できていなかったということ。

五つ目、本作業は難度が高い状況とはなってございましたが、関係者はその状況に気づくことができず、操作員への問いかけや、点検装置改善の検討、要領書への荷重急変減少警報発信時の具体的な操作手順の追記等、こちらの対応ができていなかったこと。

こちらの5点を挙げてございます。この推定原因を踏まえまして、今回の事象の再発防止のため、次のスライドに示す対策を講じることといたします。

次のスライドをお願いします。こちら対策でございます。対策として、以下の5点を実施いたします。

まず、(1)でございます。点検装置ラックの開口寸法、こちらを右上の図に示しますように拡大をいたしまして、使用済燃料ラックと同等の開口寸法として作業性の改善を図ります。

(2)です。本点検作業時には、右下の図に示しますように、水中テレビカメラと水中照明、こちらを設置いたしまして、作業中の視認性の向上を図ることといたします。

(3)です。本作業に当たりましては、操作員に加えまして、作業責任者が、水中テレビカメラの映像によるダブルチェックを行うという対策を取ることといたします。

(4)作業要領書に荷重急変減少警報発信時の操作手順を追記いたします。それとともに作業時の注意事項を以下のとおり追記いたしまして、作業開始前の読み合わせにおいて作業員全体に周知することといたします。

まず一つ目ですが、荷重急変減少警報が発信した場合は、一度作業を中断いたしまして、当社社員並びに作業責任者、操作員におきまして、次に実施する操作手順あるいは追加措置が必要か否か、そういった必要性等について、作業員全体で共に確認をして認識共有を行ったうえで、作業を再開するというふうにいたします。

二つ目ですが、燃料集合体が点検装置ラックへ乗り上げた場合には、今回の事象と同じように、燃料集合体の落下を示す信号が発信する可能性があるため、そういったことに留意して作業するように周知することといたします。

(5)です。本点検作業以外の燃料集合体を取り扱う作業のうち、本事象と同様に難度が高く、接触や干渉等の可能性がある作業につきまして、作業員への聞き取り等によりまし

て、作業要領書の作業手順が適切であることや、記載漏れがないこと等の確認をしております。また、今後につきましては、作業の難度を考慮いたしまして、作業員への聞き取り等に基づき、適切な作業手順・作業環境にするということが作業要領書に反映されるように、社内の文書にその旨を反映いたしまして、改正内容を関係者に周知することといたします。

これらの対策を確実に実施することにより、本事象が再発することのないよう、さらに気を引き締めてまいりたいと思います。

説明は以上でございます。

○武山安全規制管理官 ありがとうございます。

それでは、御質問、確認、お願いします。

どうぞ。

○吉田主任監視指導官 原子力規制庁、吉田です。

最後のページになりますけども、対策のところを確認させてください。(4)のところ、荷重が急変した場合、操作手順に追記するとあるんですが、警報自体はこれ以外にも存在するのでしょうか。存在するのであれば、それらは既に手順書のほうに対応手順が反映されているかどうか。あとは、警報以外でも想定される異常が起きた場合の対応手順というものは手順書には反映されているのかをちょっとお聞かせください。

○白形安全技術課副長 四国電力、白形です。

荷重急変に関する警報というのはもうこれだけでございますので、反映済みということになります。

それから、あと、それ以外で異常があったときの手順というのは、作業ごとに、やはり接触があるとか、そういう可能性があるところについては適切に注意事項等に記載されているということはもう確認しております。

以上です。

○吉田主任監視指導官 分かりました。以上です。

○武山安全規制管理官 ほかにありますか。

小野さん、どうぞ。

○小野上級原子炉解析専門官 規制庁、小野です。

集合体の落下信号の検知ですけど、現場の作業員の方は、クレーンの自動停止で確認するんですか。それとも、あとは中央制御室からの連絡ということになりますか。

○白形安全技術課副長 四国電力、白形です。

現場においても信号を検知すると、クレーン上で信号が発信したことが分かるようになっておりますし、信号が発信しますと、燃料落下した場合に必要なファン等の起動等の動作がありますので、現場で確認することができます。

以上です。

○小野上級原子炉解析専門官 承知しました。

あと、もう一点ですけど、8ページの対策の(4)の二つ目のポツですけど、今回の事象については、その落下信号が発信したことが本来問題だったというわけではなくて、やっぱり集合体はそのラックとか、そういうところに接触させたことが問題ですので、そのことに留意した対策等を考えていただきたいというふうに思います。

以上です。

○武山安全規制管理官 ほかにありますでしょうか。

比企さん、お願いします。

○比企主任監視指導官 原子力規制庁の比企です。

今回の作業につきまして、難度が高いというふうに評価されているんですけども、今回、そのラックの開口部の寸法を変えるとか、水中照明をつけることによって難度というのは下がったといいますか、それはどうですか、難度が高いという評価なんですけども、これをやったことによって、その難度というのはどういうふうに評価をしているのでしょうか。

○白形安全技術課副長 四国電力、白形です。

まず、ラックの開口寸法なんですけども、これは通常の使用済燃料ラックと同じ開口寸法にするということで、ほかの取扱作業と同じにするということでございます。

それから、あともう一つ、影ができるということもございますけども、これは当該点検装置ラックが約20cmぐらい突き出た格好で影ができていますので、その突き出ているのを解消することはできないので、照明を設けるということで通常の燃料ラック並みに視認性を同じにするということで、ある意味、難度というか、難しさを同じにする、要するに難度を下げるということとしております。

以上です。

○比企主任監視指導官 原子力規制庁の比企です。

ありがとうございます。そうすると、その対策が、8ページの対策のところの(5)のところで、一番上のほうで、本事象と同様に難度が高い作業という記載があるんですけども、それは作業要領書や手順書は適切であることを確認したということなんですけれども、そういった、こういった作業が分かりませんが、そういったほかにも難度が高い作業があるということに対して、それを今回のように難度を下げるというか、そういう対策というのはされないんでしょうか。ここでは作業要領書の手順書は適切であることを確認したということが終わっているかと思うんですけども、その辺はいかがでしょう。

○白形安全技術課副長 四国電力、白形です。

そのほかの作業についても、そういう難度が高いという観点で点検をいたしましたけども、今回の当該事象のように特別の対策までは必要ないというふうに判断しておりまして、手順書の手順の記載内容を充実させるとか、そういうところで対応しております。

以上です。

○比企主任監視指導官 原子力規制庁の比企です。

分かりました。ありがとうございました。

○武山安全規制管理官 ほかにありますか。

では、渡邊さん、お願いします。

○渡邊課長補佐 規制庁の渡邊です。

すみません、先ほどのちょっと照明の関係で私からもお聞きしたいんですが、過去2回やったときには特に問題はなく実施できて、今回はちょっと乗り上げたということなんですけど、過去と今回の何か照明等の違いは特に何かあったんでしょうか。

○白形安全技術課副長 四国電力、白形です。

スライドの3枚目、ここに照明と燃料の絵がありますけども、水中照明自体は恒設の水中照明となっておりますので、過去2回と同じ状況だったと考えております。過去2回は運よく問題なくできたんですけども、やはり難度が高いという状況は同じであったと考えております。

以上です。

○渡邊課長補佐 そうすると、その状況は変わらなかったけど、過去2回はたまたまうまくいってましたと。それというのは、どっちかという、実際の点検を行った作業員とかの力量の問題にはならないんですか。

○白形安全技術課副長 当社としては、そういうラックが狭い状況、なおかつ見えづらい状況を放置して作業をさせてしまったということで、やはり当社に問題があったというふうに考えております。

以上です。

○渡邊課長補佐 すみません、これに関連してですけど、それで今回、テレビカメラをつけられたり、別途、照明をつけられるということで、大分見やすくなったということなんでしょうか。

○白形安全技術課副長 最終的には、まだこれは計画であって、現場で作業を開始する前に水中テレビカメラ装置を設置して、その状況を見ながら微調整をして最適化を図った上で作業を開始したいと思っております。

以上です。

○武山安全規制管理官 どうぞ。

○吉野企画調査官 実用炉監視部門の吉野です。

今回の事象というのは、これが起きてから作業員に確認をしたところ、視認性が悪かったとかいう一応問い合わせがあって、その反省を踏まえて、8ページ目の対策をとられてるんですけど、この対策なんですけれど、作業員への聞き取りというふうに書いてありますけれど、逆に作業員の方からちゃんと意見が出せるような状況になっているのかどうか。ですから、何かないですかって聞いても、ちゃんと意見を言えるような状況になってないと言いつらいというところがありますけれど、それについて、何か四国電力として、こういう対応をとって言いやすいような環境にしてるんだとか、何かそういう対策はござ

いますでしょうか。

○渡辺発電管理部長 四国電力、渡辺です。

これまでも作業のたびに最後に反省会というんですか、報告会で要望等は聞いておったんですけれども、そういったのをやっぱりきっちり回さないといけないということで、4月1日以降、新検査制度の下でCAPというような活動もやっていくようになっておりますので、これからはそういった仕組みを使って、きっちり要望を全て吸い上げて、ちゃんとそのシステム上でどういった対応を我々はしたんだというのを、要望を出した側にもちゃんと回答しながら、出しっ放しで、あの要望はどうなったんだとかというようなことがないように、きっちり回していきたいというふうに思っております。

以上です。

○吉野企画調査官 分かりました。実用炉監視部門の吉野です。

じゃあ、せっかくですので、そのCAPは協力会社、まさに作業員の方が自ら、そのCAPの情報を入れるようなことができるようにとか、また、担当部署でその内容を、まあチェックをしないような形、要はCAPで上がった情報については社としてちゃんと対応するように、スクリーンをかけないような対応をとっていただければと思いますので、よろしくお願いいたします。

○渡辺発電管理部長 四国電力、渡辺です。

了解しました。

○武山安全規制管理官 ほかに何かありますか。特にないですか。はい。

本件、やっぱり作業員のほうで作業がしづらかったということなので、それについて作業がしやすいように改善をするということで、これは非常にほかの、多分ほかにも同じようなことがあるかもしれません。これは、だからこれから継続的にいろいろ改善をやっていただくということが大事だというふうに思います。

じゃあ、本件、これで終わりということ。

じゃあ、次の所内電源の一時喪失について御説明をお願いします。

○立石核物質防護・工事G副L 四国電力、立石でございます。

「伊方発電所における所内電源の一時的喪失について」御説明させていただきます。

資料は、参考資料2-1と2-2がございます。御説明は参考資料2-1でさせていただきます、補足説明になります参考資料2-2につきましては適宜使用させていただきます。

それでは、参考資料2-1につきまして御説明いたします。

1ページをお願いします。前回の公開会合での説明概要です。

事象の発生状況といたしましては、1月25日、伊方発電所において、187kVブスタイ保護リレーの取替え終了後の試験準備として断路器を操作しようとしたところ、母線保護リレーが動作し、187kV送電線4回線の受電が停止しました。

このため、1、2号機は66kVの予備系統から受電し、3号機は非常用ディーゼル発電機から受電した後、500kVの送電線からの受電に切り替えました。

事象発生箇所の特定作業を行ったところ、伊方南幹線1号線乙母線断路器の一部に設備故障があることを確認しました。

次ページをお願いします。現地にて断路器内部を確認した結果、ユニット内に分解ガスによるフッ素化合物が堆積していたことや、V相-W相間絶縁操作軸に黒色の炭化痕跡を確認したことから、V相-W相間において相間短絡が発生したと推定しました。

以上が前回の御説明概要でございます。

次ページをお願いします。断路器内部において相間短絡の発生が推定されたことから、当該断路器の製造、点検履歴等の調査を行いました。

当該断路器は、ガスを封入したユニット内に密閉され、外部雰囲気の影響を遮断しているために長期間劣化せず、耐環境性に優れていることから信頼性の高い装置となっております。

このため、これら断路器ユニットの点検については、定期的に関閉試験等を実施しており、断路器ユニット内部については、長期的に劣化が無いことから開放点検、部分放電等の設備診断についてはこれまで実施しておりません。

調査の結果、当該断路器の製造履歴、点検履歴および運転履歴において異常は見られませんでした。

次ページ、お願いします。至近の運転履歴を示しております。1月22日～23日にかけて、当該断路器を投入しており、その際は問題はございませんでした。

25日当日は、15時42分に「投入」操作を実施し、その2分後に事故が発生しております。

次ページをお願いします。本事象を踏まえ、当該断路器の調査および他の断路器の内部確認を実施しました。また、試験用系統構成、手順等の評価を実施しました。

詳細は次ページ以降に示します。

次ページをお願いします。当該断路器の詳細調査の結果、左下①及び②の写真に示すように、V相-W相間絶縁操作軸の上部埋金について、可動接触子と嵌合する上側6mmについて損耗していることを確認しました。

また、③の写真を拡大しているA及びBの写真に示すように、可動接触子についても同様の損耗が発生していることを確認しました。

また、埋金と可動接触子ともに山頂部付近に機械的な衝撃で発生する擦過痕を確認しており、次ページに示す結果も踏まえて、異物の付着により相間短絡が発生したものと推定しました。

次ページをお願いします。相間短絡が発生したV相-W相間絶縁操作軸と健全なW相-U相間絶縁操作軸の表面汚損分析をした結果、V相-W相間絶縁操作軸において、絶縁操作軸の上部埋金及び可動接触子の金属成分であるアルミと銅ならびにSF₆ガスの分解によって発生するフッ素を顕著に検出しました。

また、断路器ユニット内部より採取した異物を確認した結果、放電に伴い発生する溶融金属以外の箔状の金属を採取し、成分分析した結果、アルミ合金と銅の金属成分を検出し

ました。

これらのことから、嵌合部損耗により発生した異物の付着が要因となって相间短絡が発生した可能性があるかと推定しました。

次ページをお願いします。次に、嵌合部損耗の要因分析のための詳細調査を実施しました。

表5のとおり、絶縁操作軸の上部埋金は機械的に損傷しない谷間も含めて均一に損耗しており、山径、谷径ともに健全部より小さくなっていることを確認しました。

また、SEMにて上部埋金の損耗部の金属表面を確認した結果、熱影響により表面が溶融していることを確認しました。

Cの写真のとおり、健全部は機械加工面となっているのに対して、Aの写真のとおり損耗部は溶融した痕跡がありました。これは右下の参考写真に示した放電加工の金属表面と類似しております。

また、可動接触子の表面観察結果においても、同様に熱溶融による痕跡を確認したため、嵌合部におけるギャップ放電の発熱により損耗が発生した可能性があるかと推定し、次ページ以降の詳細調査を行いました。

次ページをお願いします。ギャップ放電が発生するためには、絶縁操作軸と可動接触子の嵌合部の非接触状態が継続する必要があることから、接触状態の可能性の有無について検討しました。

今回、事故が発生した断路器は、絶縁操作軸が垂直形の断路器ですが、絶縁操作軸の上部埋金と可動接触子の嵌合部は、Aのとおり投入状態においては、固定接触子からの反力によって常時接触状態となります。

一方、Cのとおり開放状態においては、構造上のクリアランスによって非接触状態となる可能性があります。

なお、B、Dに示した絶縁操作軸の下部埋金や、E、Fに示した絶縁操作軸水平形の断路器については、嵌合部で絶縁操作軸の荷重を支えることから、投入・開放状態にかかわらず常に接触状態となることを確認しております。

次ページをお願いします。絶縁操作軸と可動接触子間が非接触状態となり、隙間で放電現象が発生する可能性について、実動作試験によって検証しました。

非接触の有無を確認するための試験結果の一例を図3に示しておりますが、①～⑤が各嵌合部の接触状態を測定しているものであり、非接触状態になると下側に振れます。

①③については、動作開始直後と動作停止直前において、瞬間的な非接触状態が発生していることが分かります。

また、導体と可動接触子間の摩擦力を変えて試験を実施したところ、右側2段目グラフのように、瞬時的な非接触状態が多数回発生し、動作停止後において非接触状態が継続する可能性があることを確認しました。

操作装置による通常開放操作では継続的な非接触状態を確認できませんでしたが、手動

で微調整によって、継続的な非接触状態が再現することを確認しました。

次ページをお願いします。嵌合部で非接触状態が継続する可能性を確認したことから、絶縁操作軸の上部埋金と可動接触子を手動により非接触状態とし、電圧を印加した結果、部分放電が発生することを確認しました。

また、課電した状態で部分放電が継続することを確認し、放電後の嵌合部状態を観察した結果、一部白色化していることを確認しました。

可動接触子と絶縁操作軸の埋金の嵌合部に放電が継続した場合に、本事象と同等の損耗にかかる時間を算出した結果、200日程度であることを確認しております。

以上のことから、短絡の要因となった嵌合部の損耗についてはギャップ放電が原因と推定しました。

また、これらの検証結果から、ギャップ放電については通常の使用状態においても部分放電診断をすることで状態監視可能であること、また、断路器開放点検時にフッ素化合物の有無を目視確認することで状態監視可能であることを確認しました。

次ページをお願いします。要因分析の結果を踏まえ、系統状態を変えずに点検可能な断路器3台について、現地にて開放点検を実施し、内部確認をしました。

嵌合部に放電痕跡、損耗はなく、V相-W相間絶縁操作軸の上部埋金とV相可動接触子とは接触状態であることを確認しております。

また、導体表面やユニット底部等にフッ素化合物やその他異物の存在はなく、異常がないことを確認しております。

次ページをお願いします。次に、今回の試験系統の構成や手順等を評価しました。

今回の方向試験の計画にあたっては、原子力安全に係るリスクを最小化するため、万が一のトラブルを想定し、外部電源、非常用電源の電源確保対策など、リスクを緩和するための必要な措置を講じておりました。

しかし、今回の事象を踏まえ、更なるリスク低減に係る検討を行っており、その結果を下に示しております。

14ページに3号機の所内負荷の切替時期の評価結果を示しておりますが、切替時期にかかわらず、試験用負荷として模擬負荷等を使用し、3号機の所内負荷を試験系統から切り離しておれば、1、2、3号機の所内電源が同時に停電することはありませんでした。

次、15ページをお願いします。試験用系統構成や手順等について、さらなるリスク評価をした結果、以下のとおりの対応を行うこととします。

まず、本事象において、1～3号機の所内電源が数秒間同時停電したことを踏まえ、今回の187kVブスタイ保護リレーの試験再開にあたっては、模擬負荷を使用し、3号機の所内負荷を接続しない試験系統構成にて実施します。

また、保護リレーの方向試験を実施する場合、最適な系統構成、負荷の状況は、各プラント状態に大きく依存することから、過去の方向試験の状況と必ずしも同じとは限りません。

したがって、過去の実績にとらわれることなく、試験の都度、原子力安全に係るリスクについて、分析評価することが重要であることから、今後実施する保護リレーの方向試験においては、試験の都度、今回の再分析・評価を踏まえた幅広い観点から検討を実施します。また、必要に応じ、確率論的リスク評価等のリスク情報を活用するとともに、関係する主任技術者も含めた意思決定を行います。

なお、現在当社では、発電所のマネジメントに対し、今回の事例のようにリスク情報を活用した意思決定を導入するための活動を推進しております。

次ページをお願いします。以上の調査結果及び評価から本事象に至った相間短絡を発生させる要因分析を実施した結果、以下のメカニズムにより本事象に至ったものと推定しました。

まず、断路器の開放位置において、絶縁操作軸の埋金と可動接触子の嵌合部が非接触となる状態が継続し放電が発生しました。それが数カ月以上継続することによって、放電溶融によって嵌合部が損耗し、嵌合部の隙間が拡大しました。

次に、嵌合厚さが薄くなったことから動作時に嵌合部が擦れ金属くずが発生しました。

そして、発生した金属くずが絶縁操作軸または導体表面に付着し、最後に、金属くずを起点にV相-W相間で短絡が発生したものと推定しました。

次ページをお願いします。推定原因を踏まえて、伊方南幹線1号線乙母線断路器の相間短絡事象に対する再発防止対策およびほかの断路器に対する対策を以下のとおり実施します。

当該断路器の損傷した部品については、新品に取り替えます。

なお、187kVガス絶縁開閉装置のすべての断路器については、ギャップ放電の発熱による溶融が進展していないことを、内部ガス分析、部分放電診断および内部異物診断により確認しております。

さらに、構造が異なる3号機のガス絶縁開閉装置の断路器についても、部分放電診断および内部異物診断を行い、異常がないことを確認しております。

次に、本事象を踏まえて、同一構造および使用状態が同じ断路器13台について計画的に断路器ユニットの内部開放点検を行い異常がないことを確認します。

当該断路器ならびに同一構造および使用状態が同じ断路器について、今後も引き続き部分放電診断、内部異物診断を定期的実施し状態監視を強化します。断路器については、恒常的な対策について検討します。

また、1～3号機の所内負荷が数秒間同時に停電したことから、今回の187kVブスタイ保護リレーの試験再開にあたっては、3号機の所内負荷を接続せず模擬負荷を使用して実施します。

さらに、今後実施する保護リレーの方向試験においては、リスク低減に係る取り組みを実施します。

次ページをお願いします。具体的な対策内容を示しております。

対策対象範囲としては、187kVガス絶縁開閉装置のうち、当該断路器と同一構造等であるものを対象として抽出しました。

対象の断路器について、計画的に断路器の内部開放点検を行い、嵌合部の外観およびフッ素化合物の有無を確認することによって、これまでに損耗していないことを確認します。

そして、今後、継続的に部分放電診断を行うことによって放電の有無を確認し、状態監視の強化を図ります。

頻度としては、内部開放点検終了までは週に1回実施し、点検終了後は点検結果を踏まえて策定します。

さらに、内部異物診断を行うことによって、嵌合部の損耗に伴い発生する内部異物の有無を確認することとします。

次ページをお願いします。今回の187kVブスタイ保護リレーの試験再開時の試験系統を示しております。試験にあたっては、模擬負荷を1号機に接続して必要な負荷を確保することにより、3号機の所内負荷を接続せずに試験を実施します。

以上で御説明を終了いたします。

○武山安全規制管理官 ありがとうございます。

それでは、質問、確認をお願いいたします。

吉田さん、お願いします。

○吉田主任監視指導官 規制庁、吉田です。

18ページ目の具体的な対策内容のところでは質問いたします。状態監視強化のところでは、内部開放点検終了後については点検結果により策定とありますが、内部点検した後、断路器操作した場合には、嵌合部の状態がまた変わってくるんじゃないのかということが思われますけれども、それは点検経過にどのように反映されていくんでしょうということところです。

○大政核物質防護・工事GL 四国電力の大政でございます。

内部開放点検終了後におきましては、御指摘のとおり、頻度を例えば一定頻度にするというよりは、操作したときに見るとか、そういったところが効果的かとも考えていますので、まず現状で問題ないことの確認ができましたら、そういったことを決定していきたいと思っておりますので、そういう決め方を考えております。

○吉田主任監視指導官 分かりました。

あと、もう一点、15ページ目のところなんですけど、4ポツ目のところで、保護リレー方向試験においては云々というところで、最後、関係する主任技術者も含めた意思決定を行うということではありますが、これはその方向試験に限った話なのか、それともそのリスクの程度に応じて幅広い人たちの意見を聞いて意思決定していくということなのか、その辺をお聞かせください。

○大政核物質防護・工事GL 四国電力の大政でございます。

まず、今回の保護リレーの方向試験におきましては、特に定例的な作業でもございましたので、主任技術者等、広く意見を求めるようなことができておりませんでした。そうい

った反省もありますので、まずはこの方向試験等におきましてリスクを評価した際に、炉主任だとか、電気主任だとか、そういったところの御意見もいただくようなことは、ちょっと必要に応じてというところが入っておりますけれども、考えていきたいというところでございます。

あと、一般的に今、確率論的なリスク評価だとか、そういったリスク情報を活用した意思決定に取り組んでおりますので、そういった中にも当然、炉主任等含めた主任技術者の意見を賜るといのは必要なプロセスだとは考えておりますというところだと思っております。

○吉田主任監視指導官 分かりました。

以上です。

○武山安全規制管理官 ありがとうございます。

東さん、お願いします。

○東原子力規制専門員 原子力規制庁の東です。

1点、ちょっと確認させてください。17ページ目の丸の一つ目の三つ目のところですね、断路器については恒常的な対策について検討していくというふうに記載されておりますが、現時点で四国電力のほうを考えられている対策とかありましたら教えていただければと思います。

○大政核物質防護・工事GL 四国電力の大政です。

今回、やはり根本的に断路器の構造に関わるころだと思っておりますので、なかなかこれを、ちょっと根本的に変えるかどうかというのはメーカーとも相談をしていく必要があるかという認識です。一方で、今回の事象に関しましては、ギャップが生じることが外部からの状態監視で確認できるということもありますので、ここでの恒常的な対策の一つとしては、そういう監視手段といったところも恒常的な対策になり得るのではないかとといったところで今検討を進めておるところでございます。

○東原子力規制専門員 規制庁の東です。

一応、監視強化をする上でこれが分かるという対策になってるんですけど、実際、機器のほうで、その不具合が発生する可能性がある状態が残っているものになりますので、その機器の不具合の修繕、改修ですね、その辺りはやはり積極的に検討していただければと思いますが、いかがでしょうか。

○大政核物質防護・工事GL 取り組んでいかないというわけではないんですが、何分、やっぱり根本的な構造の変更になるということもありますので、ちょっとそこはやっぱり時間がかかる話なんじゃないかというふうに思っております。実際それが完全に可能になるかどうかもちょっと、なかなかメーカー側との設計開発の話にもなりますので、そういったところに期待するよりは、まずは現状で今回、内部を開放して放電がないこと等の異常がないことが確認できましたら、あとはその監視するという設備診断、そちらのほうを重点的にユーザーとしてやれる恒常的な対策に重点を置きたいというふうには考えておりま

す。

○東原子力規制専門員 規制庁の東です。

分かりました。

○武山安全規制管理官 ほかに。

片岡さん、お願いします。

○片岡専門職 ありがとうございます。規制企画課技術基盤課併任の片岡です。

この資料を初めて見たので理解が足りないのかもしれませんが、ちょっとはっきり言ってしまうと何が書いてあるのかが分からないんですけども、まず、この件の問題は何かとお考えなんでしょうか。タイトルを見ますと、伊方発電所における所内電源の一時的喪失とありますが、書いてある内容は断路器の故障の話ばかり書いてありまして、それは原因といいますか、最初の起因のような気がしますけれども。それから、リスクの話が突然出てきますが、リスクは具体的に何を指しているのでしょうか。

最後のほうに、3号機の負荷を模擬負荷に変えるというのが提言として上がっていますが、これも最初の話からは全然出てこない話が突然出てきて、何を説明されているのかなというのが分からないんですが、ちょっとすみません、勉強不足なので少し教えていただけますか。

○大政核物質防護・工事GL すみません、四国電力の大政でございます。

今回のちょっと御説明、概要版の説明資料において御指摘のところの事象の詳細とか、所内電源が一時喪失してどういう影響があったかとかといったところ、実は前回の会合で御説明をしております。今回の資料におきましては、直接的な原因は先ほどから説明しておりますような断路器が故障したことによって、その外部電源が失われたということでございます。そのことについての今回、調査結果と、あと実際、所内電源が一時的になくなったときの状態としまして、まず、ブスタイリレーと言われるものの試験を行うための試験系統構成をつくっておる最中にこの断路器の故障が起きて電源が停止したと、そういった事象でございましたので、まず、前回におきましては、まず電源が喪失したことによるプラント側への影響、どういった電源確保の状況であったか、ディーゼルがあるかだとか、ほかの外部電源があるかだとか、そういったことの御説明をしておりますし、あと、使用済燃料のピットのほうに燃料を冷却保管しておりましたので、その冷却がいかなるものであったかといったような、そういったところの説明をさせていただいております。今回におきましては、そういったことを踏まえて、まずはその直接的な原因の断路器故障の原因調査結果、それから対策といったところ、それからもう一つは、ブスタイリレーの方向試験という、その試験のやり方自体に関して問題がなかったかと、そういうところの評価をして、それらを踏まえた対策を今回御説明したということになってございます。

○片岡専門職 すみません、ありがとうございます。ちょっとごめんなさい、例えばですよ、私が今日の資料を見て思うのは、一番問題だったのは、1～3号機の三つとも所内電源が数秒間同時停電したことだと思うんですけども、それに当たって、その原因として、

起因としては断路器の故障があるんですけども、そもそもこの系統構成が間違ってたのか、間違っていないのかとか、それからリスク評価を、元々リスクと言ってましたけど、その3台同時停電するというようなことのリスク評価を元々してたのか、してないのかとか、そういう情報がないので、何かちょっと不思議に思った次第です。大体分かりましたので、ありがとうございます。

○大政核物質防護・工事GL 四国電力の大政でございます。

ちょっと、恐らく今回お持ちした資料では参考資料の2の詳細のほうに、前回もちょっと説明したんですが、その辺りの試験の、なぜそういった試験系統構成になっていたかとか、で、いかなるプラント状態になったかとか、そういったところは実は報告書のほうにも記載しておりますし、ちょっと説明もさせていただいたというものでございますので、つけ加えておきます。

○片岡専門職 すみません、もう一件だけ。安全上の重要度ということに関しては、どのような見解を持って、この事象に対する安全上の重要度はどれぐらいと、感覚的なもので結構なんですけども、どれぐらいという見解なんでしょうか。

○大政核物質防護・工事GL 四国電力の大政でございます。

安全上の重要度と申しますのは、どう言ったらいいんでしょう、その、まあ今回、実際、燃料自体は使用済のほうに取り出されておまして、ちょっと若干の温度が上がりはしたんですが、全然その管理値内のもので収まっておりますので、安全上に影響を及ぼしたというものではないというふうにはちょっと捉えております。ただ、大変御迷惑をおかけしたというところは認識しております。

○渡辺発電管理部長 四国電力、渡辺です。

少し補足させていただきます。今回、故障が起こったのは外部電源系ということで、原子力の設備のランクでいくと、非安全系というんですか、そういった形になります。一方、停電が起こった後、ちゃんと非常用ディーゼル発電機のほうは起動して、そこから受電できているというところがございますので、原子力安全という目で見ただけには問題はなかったということになりますけれども、所内電源が一時的にも喪失したのは事実ですので、先ほど、大政が言いましたように、しっかりと対応していくという位置付けのものでございます。

○片岡専門職 分かりました。ありがとうございます。

○武山安全規制管理官 吉野さん、お願いします。

○吉野企画調査官 実用炉監視部門の吉野です。

対策のところについて確認させていただきたいと思います。まず、18ページのところですけれど、今回、遮断器で対策対象遮断器が14台、対策不要遮断器というのが一応書いてあって、まず、この違いについて説明していただけますでしょうか。

○立石核物質防護・工事G副L 四国電力、立石です。

参考資料2-1の9ページで御説明しておりますけれども、今回、この嵌合部の隙間が発生

する可能性があるというのが、まず、その絶縁操作軸が垂直形、この表の上側に示したような断路器だけで、これが絶縁操作軸が水平形、下側のようなものについては自重絶縁操作軸の嵌合部の荷重を可動接触子が支えますので常時接触状態になります。だから、今回のような、まず非接触状態にならないので、このような水平形の断路器については同様の事象が発生しないものと考えております。

また、上にも示して、先ほど投入状態、この表のAで示したように、今回、投入状態では非接触状態は発生しません。一方、開放状態、Cの状態では非接触状態が発生しますので、断路器が開放状態でここに電圧がかかるような断路器については放電が発生する可能性があるとして対策対象にしています。だから、このCの状態、開放状態で電圧がかからないものに対しては対策が不要と考えておまして、先ほどの18ページで白色で対策不要としている断路器については水平の断路器または開放状態で電圧がかからないものとなっております。

○吉野企画調査官 ありがとうございます。じゃあ、そうしますと、それぞれ水平のものと垂直のものが混在していますけれど、これはどういう理由によるのでしょうか。

○立石核物質防護・工事G副L 物として水平のものと垂直のものが混在している理由ということでしょうか。

○吉野企画調査官 そういうことです。

○立石核物質防護・工事G副L ここのもう配置上の問題です。設備として垂直のほうが配置しやすかったもの。今回のような母線のところの接続部については垂直にするとスペースとか、そういった問題で入らないようなものについて今回のような垂直用の断路器になっております。

以上です。

○吉野企画調査官 そうしますと、ですから、今回の対策用というのは垂直のもので、垂直というのはスペース上の問題で垂直にしているけれど、スペースがある程度確保できれば、恒常的な対策としては水平に対策をとることもできるということになるのでしょうか。そこは、ですから、17ページの断路器の恒常的な対策についてであれば、設備面の話もありますし、構造を変えてしまう。要は、既にあるんだけど、スペースの問題で垂直のものを配置しているところについて水平も考えられるということかと思いますが、そういう理解でよろしいでしょうか。

○大政核物質防護・工事GL 四国電力の大政です。

御理解はそのとおりでいいと思うんですけど、実際、我々も確かに垂直のものを水平にするというふうなこともちょっと議論はしたんですが、なかなか送電線を何回か止めていくような作業を長期間にやるようなことにもなるので、そういったことがいかどうかは、先ほども言ったようなリスクとのバランスかと思っていますので、そういった議論はしております。

○吉野企画調査官 分かりました。ありがとうございます。

ちょっと最後、先ほどリスクの話がありましたけど、17ページの最後のところで、「今後実施する保護リレーの方向試験においては、リスク低減に係る取り組みを実施する」と。これは上の部分にいろいろと対策を取られていますけど、さらに何かここで記載されているということは、何かお考えがあれば御説明いただけますでしょうか。

○大政核物質防護・工事GL 四国電力の大政です。

今取り組める対策として、やはり模擬負荷というところが我々としても有効な手段だというふうなところもありましたので、本来、この方向試験というのは、ちょっと我々の既成概念としてはプラントの設備の実系統を使ってやるという固定観念があったんですが、1、2号ももう廃止しているようなプラントになりますので、模擬負荷というのを利用できるなら、そういったことを選択肢もあるかなというふうには、具体的なところはそういうふうに思っております。ただ、今後、いろんなプラント状態がやっぱり変わってくると思っていますので、その時々でやはり今回いろいろ評価したような内容でのリスク低減効果、ちょっと具体的には今何があるかという話はないんですが、そういったことを検討していきたいというところかと思っています。

○吉野企画調査官 実用炉監視部門の吉野です。

ありがとうございました。

○武山安全規制管理官 ほかにありますか。

じゃあ、私から、すみません、確認したいんですけど、17ページの対策のところ、先ほど吉野さんから説明を聞いたと思うんですけども、構造が異なるというところが真ん中にあります。特に500kVの系統ですね、3号機のほうですね。これについての構造が異なるというのは、先ほど水平だったりとか、電圧がかからないとかあったんですけど、それはどういうふうな構造になっているんですかね。

○大政核物質防護・工事GL 四国電力の大政でございます。

500kVでありましたら、そもそもセレーションというような構造を使っておりませんで、ねじで実際止めているというような、ねじ止めしているような構造になっておりまして、もうギャップが元々生じないような構造になっているといった、そういうふうになっています。

○武山安全規制管理官 分かりました。全然構造が違うわけですね。了解しました。

あと、対策の前だったかな、13ページですね、この試験用の系統構成のところの評価で、ちょっとこの下のほうの四角のほうで、要するに系統構成を事前にやるか、どうするかということについては一長一短でどちらが有用とは言えないというのがあるんですけども、聞いていると、本件、だから、そのギャップがあって放電を繰り返して溶けて下に落ちているという話なんですけれども、そうは言っても今回、操作をした後に起きているということを考えると、やはり操作をした後に起きているので、基本的には操作してから3号機をつけるというほうがいいのかというふうに普通は思うんですけども、そこら辺はどうなんですかね。

○大政核物質防護・工事GL 四国電力の大政でございます。

例えば14ページを見ていただきたいんですが、概要説明資料の。確かに細かい故障の状態というのをいろいろ模擬して、今、御指摘いただいたような話としての認識もございません。ただ一方で、もう少し大きく事故故障をいろんな外部電源に対してランダムに起こるといったようなことをちょっと仮定をしてみても検討したのがこの表なんです、この表でも示してますとおり、手のマークでついているところが一番、確かに1、2、3号が全て停電するような故障モードになるというところは認識はしておるんですが、例えば後で切り替えたという場合にしても、右側で一番下の、例えば枠囲みで、切り替える前に50万で停電している場合、そちらのほうのやっぱりGISの故障、仮にこれを仮定すると、やはり3号側も止まってしまうとか、そういったところもございまして影響度合いを、やっぱりある程度こういったケース検討しながらきちんと評価しないといけないといったところの趣旨として、先ほどのちょっと表現を使わせていただいているのが事実でございます。

○武山安全規制管理官 今の14ページのこの表で右側の下というのは、だから接続後に切り替えるんだけど、でも、500kVの母線の事故が起きたらバツになりますよねと、そういうことですよ。まあまあ、確かにそうなんですけど、それを言っちゃうと、いろんなものも全部だめな場合という話になっちゃうので、それはあまりどうかなという感じはしたなと思います。いずれにしても今回、模擬負荷を使って、あまり3号機をつけないでやるというほうがいいとは思いますが、やっぱり、すみません、もともとね、前回もあつたんですけど、もともとこの方向試験をやる際に、もうちょっと、何といふかな、合理的なやり方というんですかね、もっと省力的なやり方というか、そういうのはできないものなんですか。

○大政核物質防護・工事GL 四国電力の大政でございます。

省力化できるというか、実系統を使わないような、ちょっと特殊な試験回路を組むようなことも物理的に可能だったりもするんですが、やはりその試験操作ミスというか、そういったところの兼ね合いとも思っていますので、やはりどうしても我々、その実設備で通常やっているような操作で試験系統をつくるという、どうしてもその固定観念というか、そういったものがあつたというところでございますので、結果論からすると、いろんなやり方があつたのだらうとは思っているんですけども、今回、事象が起きる前はそういう考えに至ってなかったというところかと思っています。

○武山安全規制管理官 結局、その実系統で遮断器のところに大電流を流さないといけない、それを誘導させてやらなきゃいけないという、そこがあるので、もうどうしてもそれはそうになっちゃうということなんですかね。要するに負荷をどうしても同じ、だから実負荷で今回やりましたけれども、今度、模擬負荷になれば、でも、同じぐらいの大きさの負荷を投入しなきゃいけないというところは、そこは変わらないということなんですかね。

○大政核物質防護・工事GL それはそのとおりでございます。

○武山安全規制管理官 ほかは、何かありますか。

渡邊さん、お願いします。

○渡邊課長補佐 18ページの具体的な対策内容の箇所なんですけど、そこに内部異物診断ということで右下のところに写真がついていて、イメージとしては示していただいているんですが、すみません、具体的にこれは振動センサー、検出器がついているので振動を何かはかるのかなとは推測はするんですけど、これは具体的にどういったタイミングで、何を監視していて診断をするということなんでしょうか。

○立石核物質防護・工事G副L 四国電力、立石です。

内部異物診断は、内部に金属くずがもう発生してしまっているような状態、そういうときは金属くずが高電界の中で動く、電界の変化によって、跳びはねるような形になりますので、それがタンクに当たって振動を発生します。その振動をこの振動センサーで検出することによって内部にそういった異物があるかどうかを判断するための装置になっております。

以上です。

○渡邊課長補佐 そうすると、基本的にはセンサーは常時設置しているというイメージなんでしょうか。

○立石核物質防護・工事G副L これは今、可搬型で、その場所場所で取り付けを変えていくような形になります。

以上です。

○武山安全規制管理官 武山ですけど、ちょっと今の話だと、監視という観点からすると、何か、それは監視と言えるのかどうか。要するに、時期を特定することになるわけですかね。

○大政核物質防護・工事GL 四国電力の大政です。

先ほど、ちょっと異物の話ではあったんですけど、もともと今回、まずやるべき監視は部分放電が起きているかどうかだと思っております。それに関しては、一番最も起こりやすいのは、開放操作したようなときでございまして、そういったときに部分放電が起きないことというのを部分放電側の診断装置、この図でいくと、左側のブルーのポータブルな装置なんですけど、これでまず押さえにいきますということです。仮にこういった部分放電の診断をすることによって、あと、今回と同様にねじ山というか、セレーション部が摩耗して行って、最後、削りくずが出るようなことになると、このピンク側の異物のほうでひっかかるかなとは思いますが、それはちょっと後段の話だと思っておりますので、まずはその状態が変わるようなときに、いかに部分放電を捉えられるか、そこに注力していきたい。それにおいては、事象がすぐに進展するようなものでもございませぬし、先ほど申したように開放状態にしたような状態が変わるようなときに確認するといったところが非常に有効かなとはちょっと今のところ思っておりますので、そういった監視できちんと再発を図りたいというふうには思っております。

○武山安全規制管理官 そうすると、この装置をつけるタイミングとしては、操作をする

ときにつけるとということなんですかね。

○大政核物質防護・工事GL 基本的にはまだ今ちょっと決定はしていない感じですけども、操作したときに測りにいくということは有効だと考えています。あと先ほども、今回ちょっと我々の計算、メーカー等の計算になりますので、ありますけど、推測しますと約200日程度で今回の事象に至ったというような、摩耗状況になったというふうに推測しています、例えば一日、二日程度であればタイムラグがあっても全然問題ないものと判断しておりますので、操作があったことに対して測りにいくとか、ある程度定期的にそれを頻度として決めてやるかというのは、いずれか有効なやり方をやっていきたいなと思っています。

○武山安全規制管理官 分かりました。先ほど言われたとおり、187kVの系統ですので、でも、そうは言っても3号機の一応、もう一個の系統ということになってますので、ここは、だからきちっとやっぱりやらなきゃいけないと思いますし、今回、使用済燃料プールに全部燃料を移した後にやっている、それはそういうことだと思いますし、こういうことをやるんだからなおさらそうだろうと思うんですけども、ということなんですけど、やはりできるだけリスクは下げる。つまり使用済燃料プール、十分な冷却ができていますけれども、できるだけリスクを下げるという意味では、先ほど言った模擬負荷をつけてやるということはよろしいのかなというふうに思います。

何かありますか、ほかに。

どうぞ。

○吉野企画調査官 実用炉監視部門の吉野です。

今回の断路器というのは、四国電力だけではなく、ほかの電力会社も全く同じようなものを使われているんじゃないか、縦型を使われているんじゃないかと思いますので、こちらのほうに情報提供するとか、ニューシアで情報提供するんじゃないかと思うんですけど、それに合わせて必要な水平展開のほうはやっていただければと思いますので、よろしくお願いたします。

○大政核物質防護・工事GL 四国電力の大政です。

先ほど、森田からも説明があったようにニューシア情報の、こちらのほうはM情報ということで保全品質情報になりまして、そういったところでの対応になるかと思っていますので、しっかりやっていきたいと思っています。

○武山安全規制管理官 以上、ほかに何かありますでしょうかね、本件について。

では、ないようですので、じゃあ、本件、今日、三つの事象について御説明いただきまして、我々としては大体理解ができたところでございます。したがって、また公開会合を開いて、また再度何か確認するということは必要ないかなというふうに思っています。我々としては、先ほどの法令報告、一番最初の法令報告の伊方の発電所の3号機の制御棒クラスト引き上げですね、これがメインですけども、これについてはINES評価も含めて、報告の内容と我々の評価を含めて原子力規制委員会のほうに報告をして審議をしていただ

きたいなと思いますし、併せてほかの2件、燃料集合体の話と外部電源の話、これについても併せて報告をさせていただきたいなと思っています。ということでございます。

四国電力のほうから何か御質問はありますか、最後ですけれども。

○渡辺発電管理部長 四国電力、渡辺です。

特に質問はございませんけれども、今回、作成した対策をしっかりやっていきたいと思っております。

以上です。

○武山安全規制管理官 分かりました。

じゃあ、以上をもちまして、第12回の事故トラブル事象の対応に関する公開会合を終了したいと思います。どうもありがとうございました。