

伊方発電所の通報連絡事象について

令和2年3月24日

四国電力株式会社

- 伊方発電所において、本年1月6日以降、4件のトラブルが連続して発生し、愛媛県や伊方町をはじめとした地域の皆さまにご心配をおかけする事態となりました。この事態を当社としては重く受け止め、確実に定期検査が行える状況になるまでは定期検査の作業を中断し、原子力本部長が伊方発電所に常駐して陣頭指揮にあたり、社長がトップマネジメントとして各トラブルの徹底した原因究明と再発防止策の策定に取り組んでまいりました。
- また、短期間にトラブルが続いたことに関する背景について、組織体制面、技術面、意識面など、様々な観点から深掘りを行い、それを踏まえた改善策も取りまとめましたのでご報告いたします。
- なお、各トラブルの原因と対策の報告書については、3月17日に愛媛県および伊方町に提出いたしました。

目次

1. 4事象の原因と再発防止策
 - 事象Ⅰ. 3号機中央制御室非常用循環系の点検に伴う運転上の制限の逸脱
 - 事象Ⅱ. 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
 - 事象Ⅲ. 3号機燃料集合体点検時の落下信号発信
 - 事象Ⅳ. 所内電源の一時的喪失

2. 4事象の直接原因と背後要因を踏まえた調査と改善策

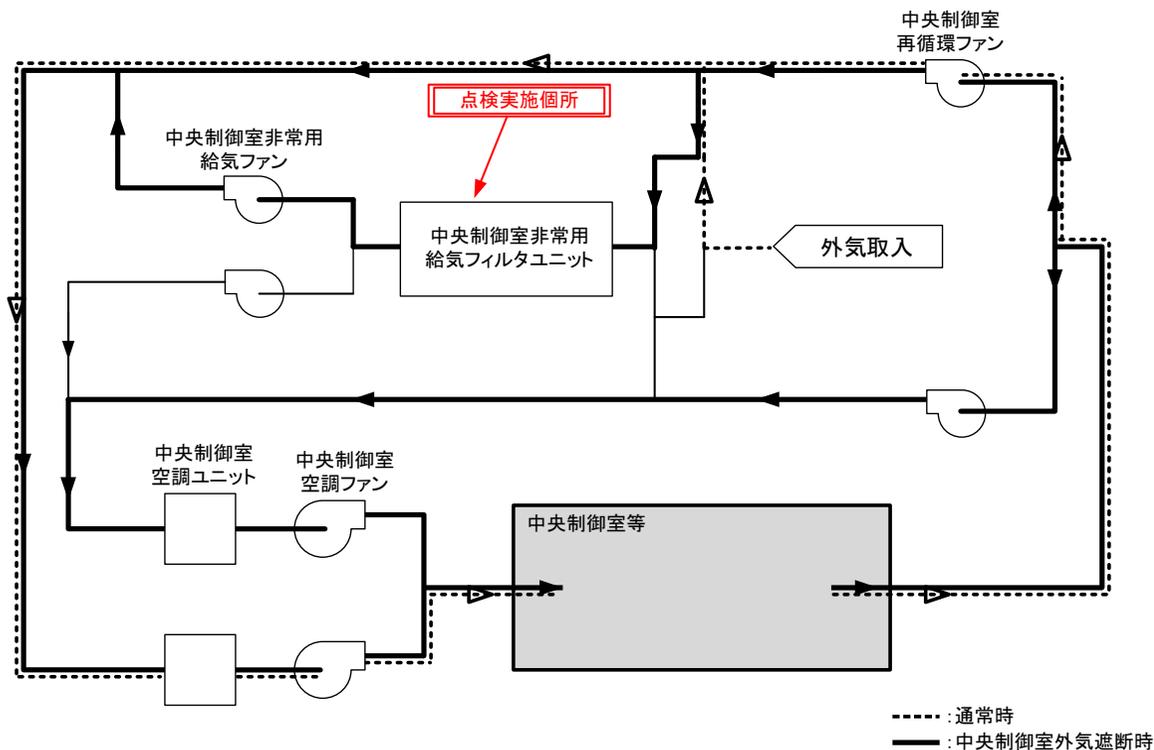
3. まとめ

1. 4 事象の原因と再発防止策

事象 I . 3 号機中央制御室非常用循環系の点検に伴う運転上の制限の逸脱 [1/2]

【概要】

- ・伊方発電所 3 号機第 15 回定期検査中、中央制御室非常用循環系※¹の点検作業のために社内手続きを実施していたところ、1 月 6 日 16 時 30 分、前回の第 14 回定期検査で実施した中央制御室非常用循環系の点検作業（平成 29 年 10 月）が、保安規定で定める点検可能時期※²以外で実施されていたことから、保安規定に定める運転上の制限を満足していなかったことを判断しました。
- ・このため、過去の定期検査および実施中の定期検査において、同様の誤りがないことを確認しました。



※¹ 放射性物質が放出されるような重大事故が発生した場合に、放射性物質が中央制御室へ流入することを防止するため、外気を遮断し、中央制御室内の空気をフィルタ経由で循環させる空調装置。

※² 保安規定では、中央制御室非常用循環系の点検作業が実施できる期間を、燃料取り出し後の燃料を移動していない時期として定めているが、前回の第 14 回定期検査では燃料取り出し前の燃料を移動していない時期に点検作業を行っていた。

伊方発電所 3 号機 中央制御室非常用循環系概略図

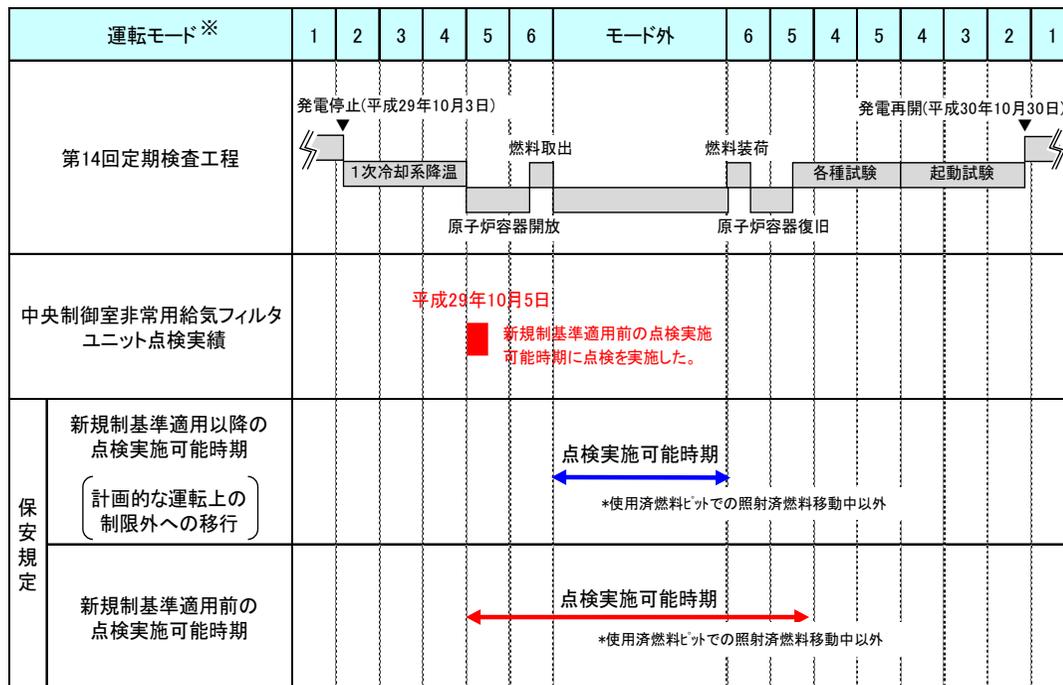
事象 I . 3号機中央制御室非常用循環系の点検に伴う運転上の制限の逸脱 [2/2]

【原因】

- ・ 担当者は、保安規定記載事項の一部について誤った解釈をした状態であったこと、また、十分な確認を行わなかったことから、当該作業を実施してはいけない時期に計画していました。
- ・ 作業許可にあたり、各承認者が当該作業の実施可能時期かどうかを確実にチェックできる仕組みが構築できていませんでした。
- ・ 「問いかける姿勢」が欠けていたことから、組織としてのチェック機能も働かなかったものと推定しました。

【再発防止策】

- ・ 作業計画の妥当性を確認するチェックシートを作成し、承認を受ける運用を開始しました。
- ・ 保安規定が改定された場合には、周知に加えて改定内容に係る教育を実施します。
- ・ 定期的に実施している、原子力安全に対して組織や個人が持つべき習慣等に関する教育に、今回の事象を反映することで、「問いかける姿勢」が定着するよう繰り返し意識付けを行います。



※ 保安規定で定めているプラントの運転状態に応じた区分。

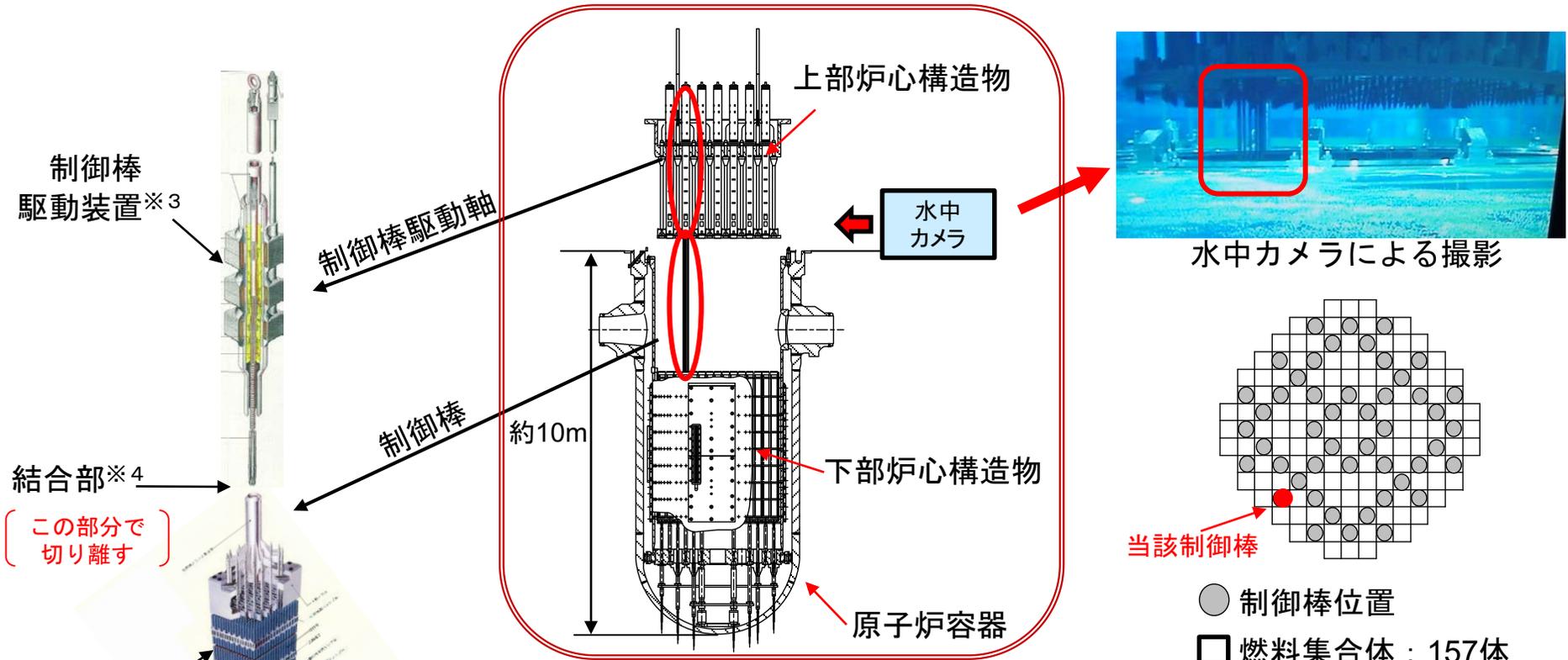
第14回定期検査における点検工程

1. 4事象の原因と再発防止策

事象Ⅱ. 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 [1/5]

【概要】

・伊方発電所3号機第15回定期検査中、燃料取出の準備作業として、原子炉容器の上部炉心構造物^{※1}を吊り上げていたところ、1月12日13時20分、本来切り離されているべき制御棒^{※2}48体のうち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、保修員が確認しました。



- ※1 原子炉容器内上部から燃料を支える構造物。
- ※2 原子炉内で起こっている核分裂連鎖反応を中性子吸収にて調節して制御し、原子炉の起動、出力変更、停止などの運転を行う棒状の装置。
- ※3 制御棒の保持および引き抜き、挿入を行う装置、原子炉自動停止時は、電源が切となることで制御棒の保持ができなくなり、制御棒は自重で落下する。
- ※4 運転中は機械的に結合されている。定期検査時の燃料取出作業のため、この部分の切り離しが必要。

事象Ⅱ. 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 [2/5]

【概要】

- ・ 今回の事象が発生した時期には、燃料取出作業に備えて、あらかじめ原子炉容器内の1次冷却材のほう素濃度を高めていることから、制御棒の有無にかかわらず未臨界は維持されていました。
- ・ 制御棒が引き上げられていたことを確認後、直ちに上部炉心構造部の吊り上げ作業を中断し、制御棒の位置関係を確認し、制御棒約3.75mのうち、約25cmが燃料に挿入された状態であることを確認しました。
- ・ その後、上部炉心構造物を下ろして当該制御棒の切り離し操作を実施した後、再度上部炉心構造物を吊り上げて、制御棒が引き上がらないことを確認し、1月13日10時34分、上部炉心構造物の取り外し作業を完了しました。



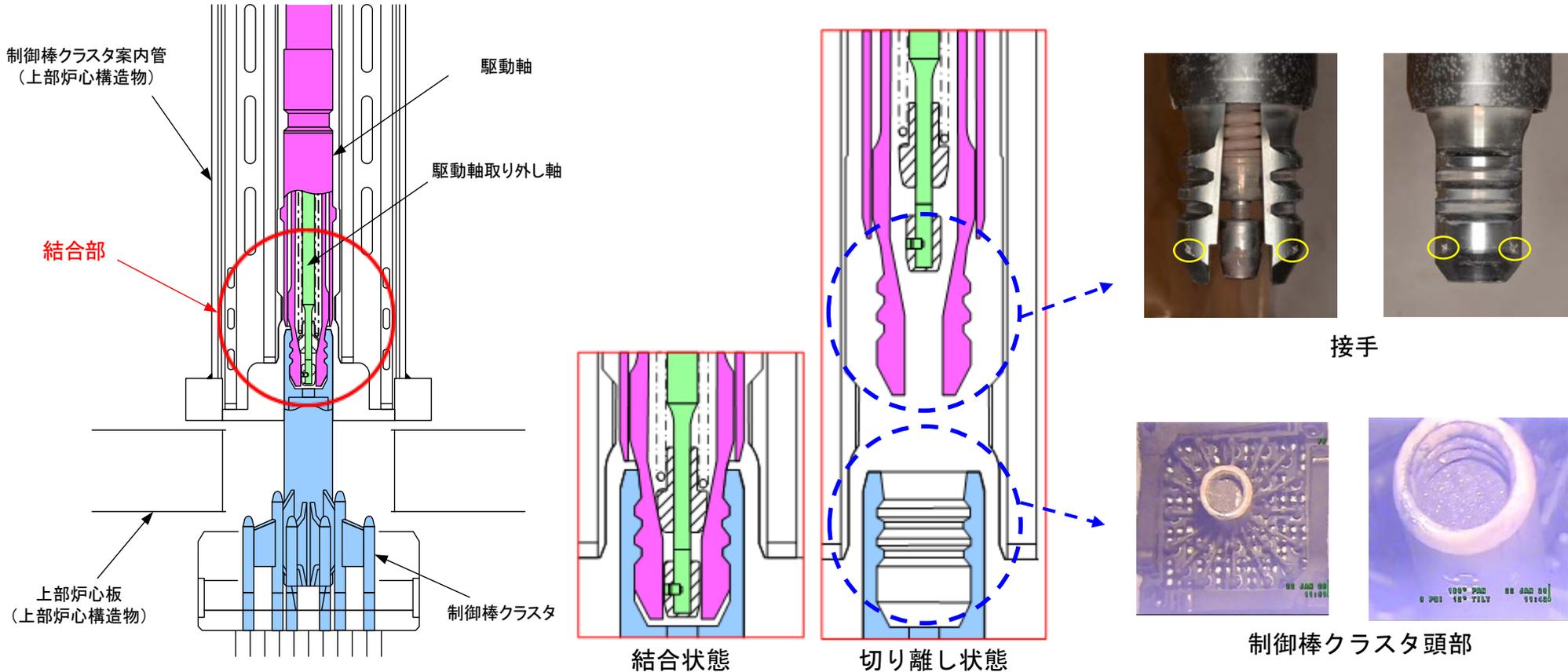
再吊り上げ時の状況（1月13日）

事象Ⅱ. 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 [3/5]

【概要】

- 原因調査の一環として、駆動軸と制御棒クラスタの結合部を調査した結果、駆動軸先端部の接手部分に金属光沢を有する接触痕（黄色枠）を確認しました。
また、制御棒クラスタ頭部の円筒部分に堆積物（スラッジ※）を確認しました。

※ 駆動軸内表面や1次冷却系統内で生成された鉄の酸化物。



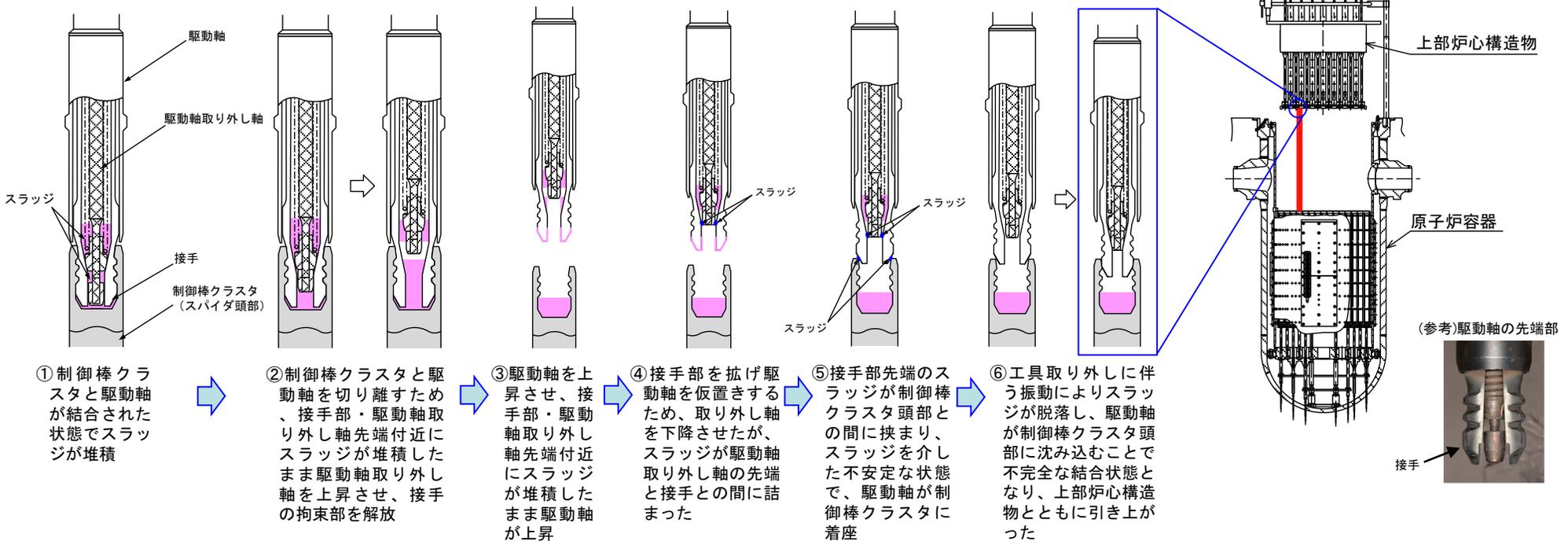
上部炉心構造物と制御棒の位置関係 概略図

1. 4事象の原因と再発防止策

事象Ⅱ. 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 [4/5]

【原因】

- ・ 制御棒クラスタ頭部の堆積物（スラッジ※）が駆動軸取り外し軸の先端と接手との間に詰まったことから、駆動軸を制御棒クラスタへ着座させた後、駆動軸先端が制御棒クラスタに沈み込み、不完全な結合状態となり、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たものと推定しました。
- ・ 切り離し操作後に意図せず再結合する事象は、これまで経験したことがない事象であったため、再結合となった状態を確認する手順がありませんでした。



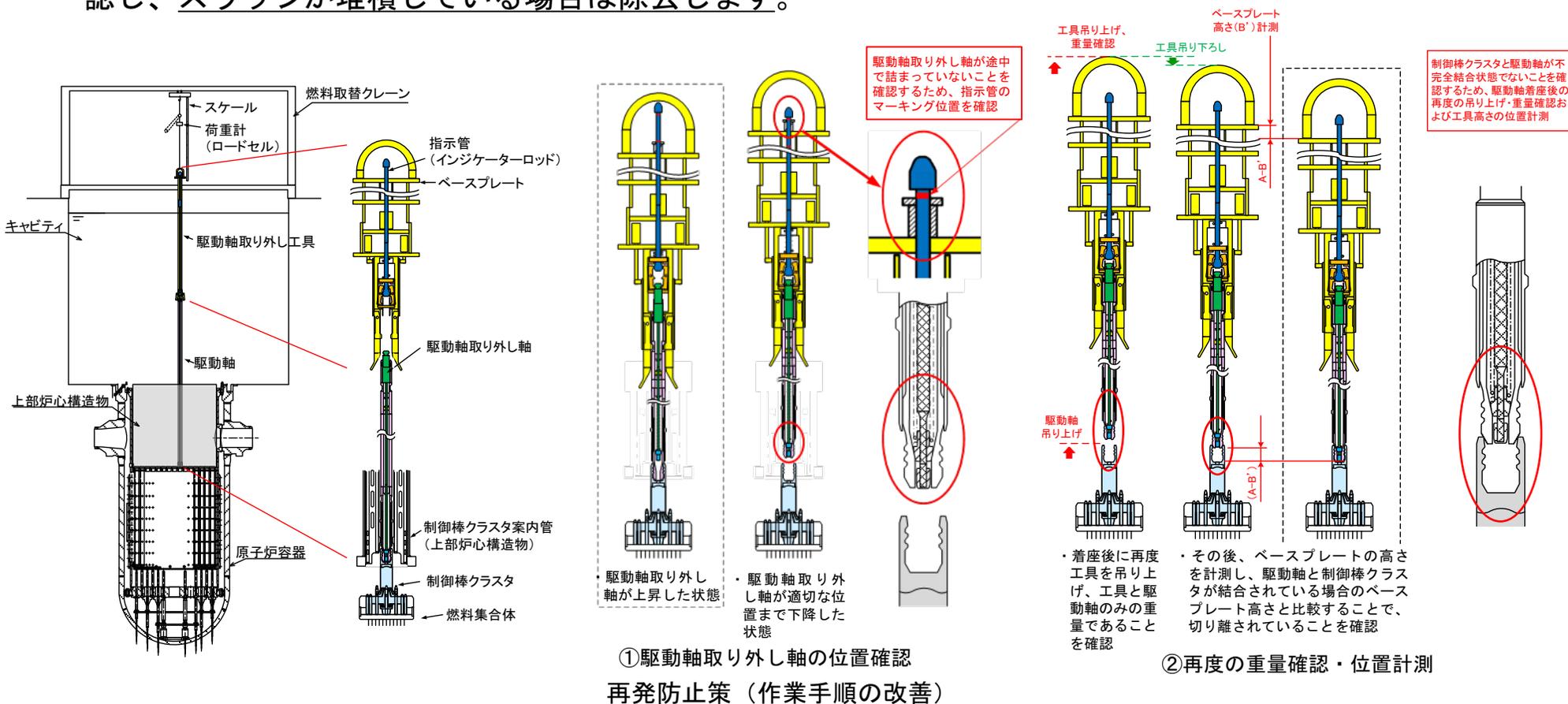
推定原因

1. 4事象の原因と再発防止策

事象Ⅱ. 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 [5/5]

【再発防止策】

- ・ 駆動軸が確実に切り離されていることを確認するため、駆動軸取り外し軸の位置を確認する手順を追加することにより、再結合を防止します (①)。
- ・ 駆動軸切り離し時に加え、駆動軸を制御棒クラスタへ着座させた後に再度重量確認や位置計測を行うことにより、再結合していないことを確実に確認する手順を追加します (②)。
- ・ 制御棒クラスタ頭部のスラッジを可能な限り減らすため、定期検査毎に制御棒クラスタ頭部の状況を確認し、スラッジが堆積している場合は除去します。



1. 4事象の原因と再発防止策

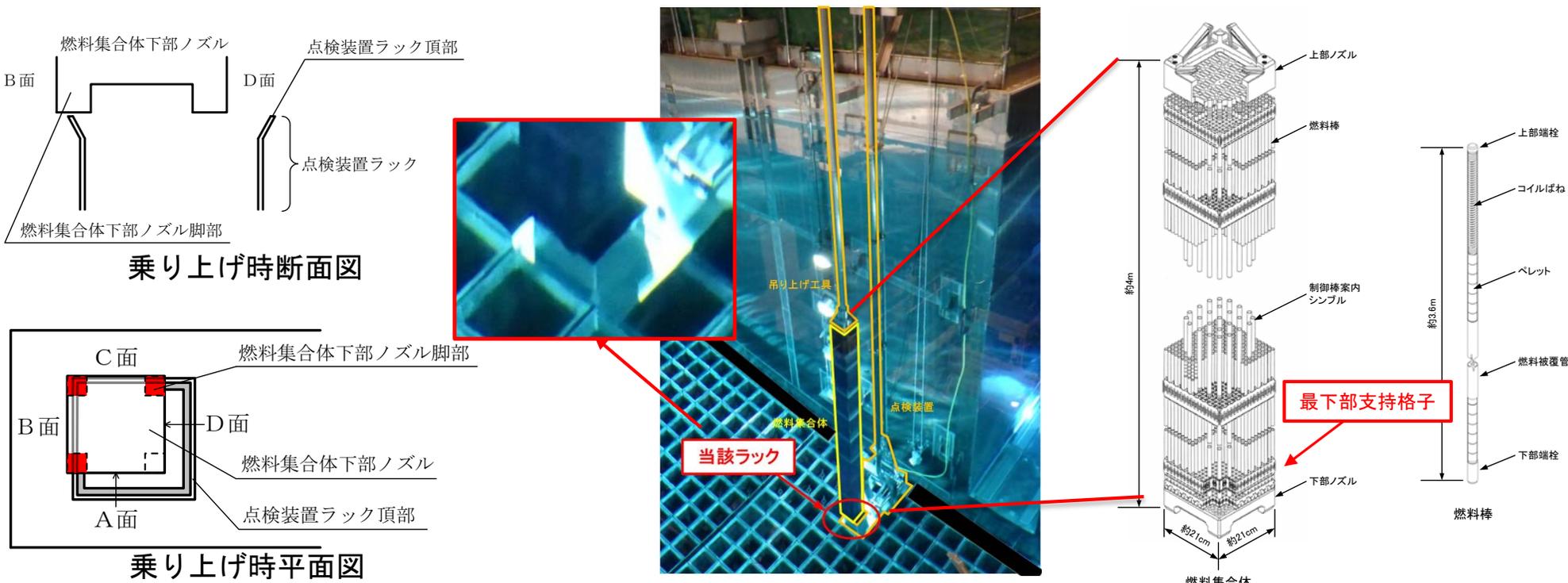
事象Ⅲ. 3号機燃料集合体点検時の落下信号発信 [1/3]

【概要】

- ・伊方発電所3号機第15回定期検査中、使用済燃料ピット内で、燃料集合体※1を点検※2するため、クレーンを用いて点検装置ラックに挿入していたところ、1月20日14時18分、燃料集合体の落下を示す信号が発信しました。
- ・確認の結果、燃料集合体は落下しておらず、信号の発信は、燃料集合体を点検装置のラックに挿入する際に、燃料集合体の下部ノズルが当該ラックの枠に乗り上がったことで、クレーンの吊り上げ荷重が減少したため、信号が発信したものと判断しました。
- ・その後、水中カメラにより当該燃料集合体の外観を確認した結果、1月21日に異常が無いことを確認しました。なお、当該燃料集合体はウラン燃料であり、MOX燃料ではありません。

※1 燃料棒264本を束ねたもの。(約680kg/体、長さ約4m)

※2 燃料集合体の最下部支持格子内の燃料棒の支持部と燃料棒の間に隙間がないことをファイバースコープで確認する点検



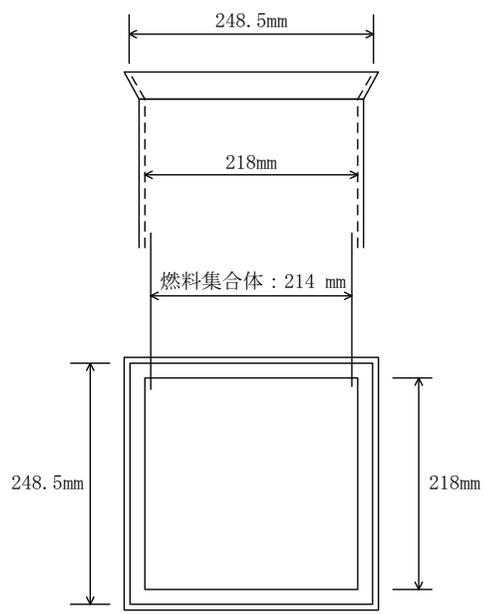
乗り上げ時断面図

乗り上げ時平面図

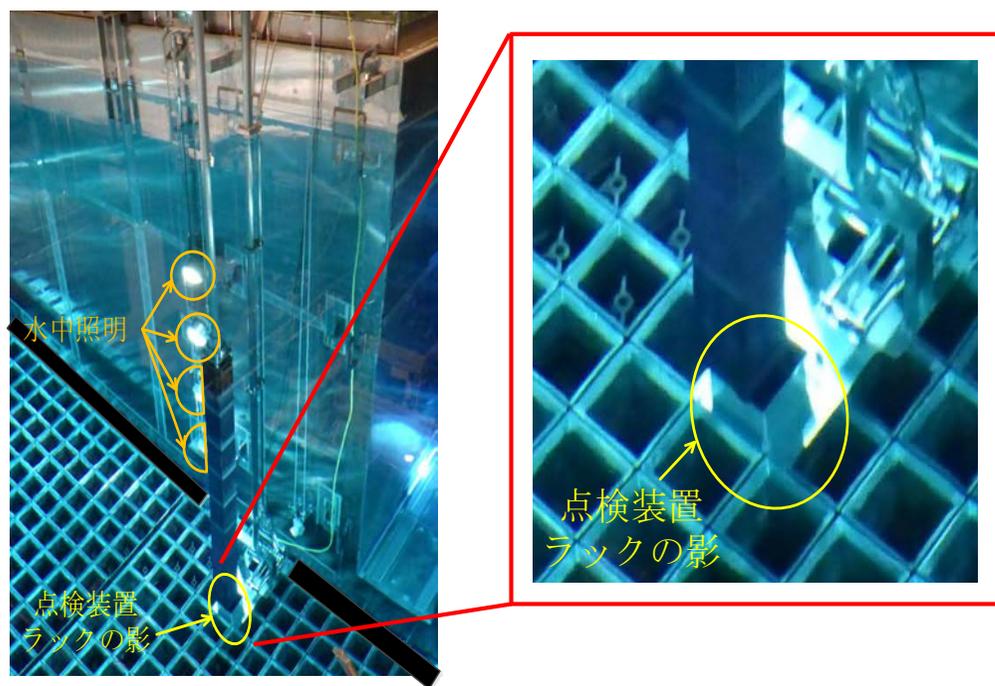
事象Ⅲ. 3号機燃料集合体点検時の落下信号発信 [1/3]

【原因】

- ・ 点検装置ラックの開口部が小さく、難度が高い作業となっていました。
- ・ 水中照明により点検装置ラックに影ができ、開口部の視認性が低下していました。
- ・ 燃料集合体が点検装置ラックと接触すること等により荷重変動が生じた際の対応が明確ではありませんでした。
- ・ この作業の困難さを操作員のみが認識し、作業員全員で共有できておらず、改善につながっていませんでした。



現状の点検装置ラック開口寸法



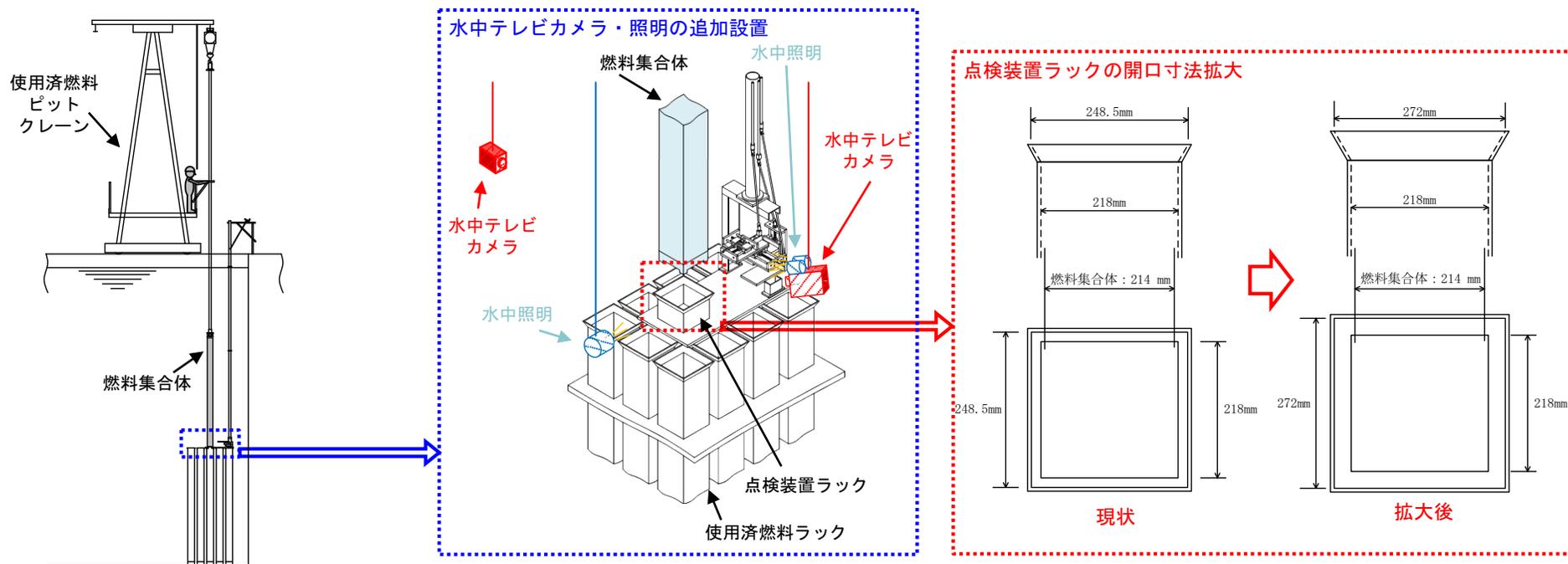
点検装置ラックの視認性

1. 4事象の原因と再発防止策

事象Ⅲ. 3号機燃料集合体点検時の落下信号発信 [3/3]

【再発防止策】

- ・ 点検装置ラックの開口部を拡大します。
- ・ 本点検作業時には、状況を確認するための水中テレビカメラ、作業中の視認性向上のための水中照明を追加で設置します。
- ・ 燃料集合体の点検装置ラックへの挿入状況について、操作員に加えて作業責任者がダブルチェックを行います。
- ・ 燃料集合体を点検装置ラックに挿入する際の注意事項として、点検装置ラックへの接触等により荷重変動が生じた際には作業を中断し、追加措置の必要性等を確認することを作業要領書に追記します。
- ・ 今後、作業の難度を考慮し、作業員への聞き取り等に基づき適切な作業手順・作業環境とすることが作業要領書に反映されるよう、社内規定を見直します。



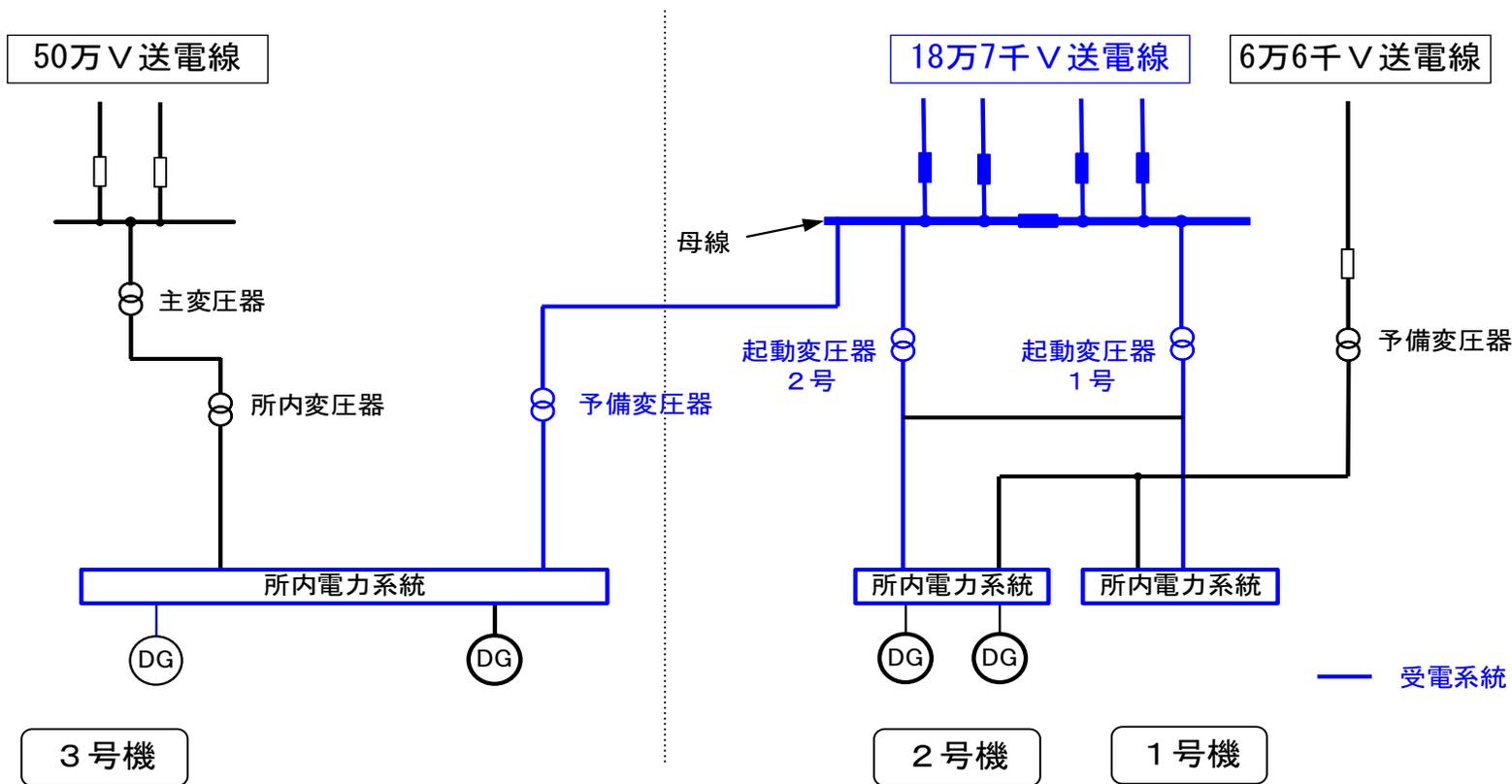
再発防止策（点検装置に関する改善）

事象IV. 所内電源の一時的喪失 [1/9]

【概要】

- ・ 伊方発電所 1、2号機の 18万7千V母線の保護リレー※試験のため、1、2、3号機の電源を 18万7千V送電線 4回線から受電していたところ、1月25日15時44分、18万7千V母線保護リレーが動作し、18万7千V送電線 4回線からの受電が停止したことから、自動的に予備電源に切り替わりました。

※ 電力系統で発生した地絡や短絡などの電気事故を検出し、事故が発生した箇所を切り離す信号を発信する装置。

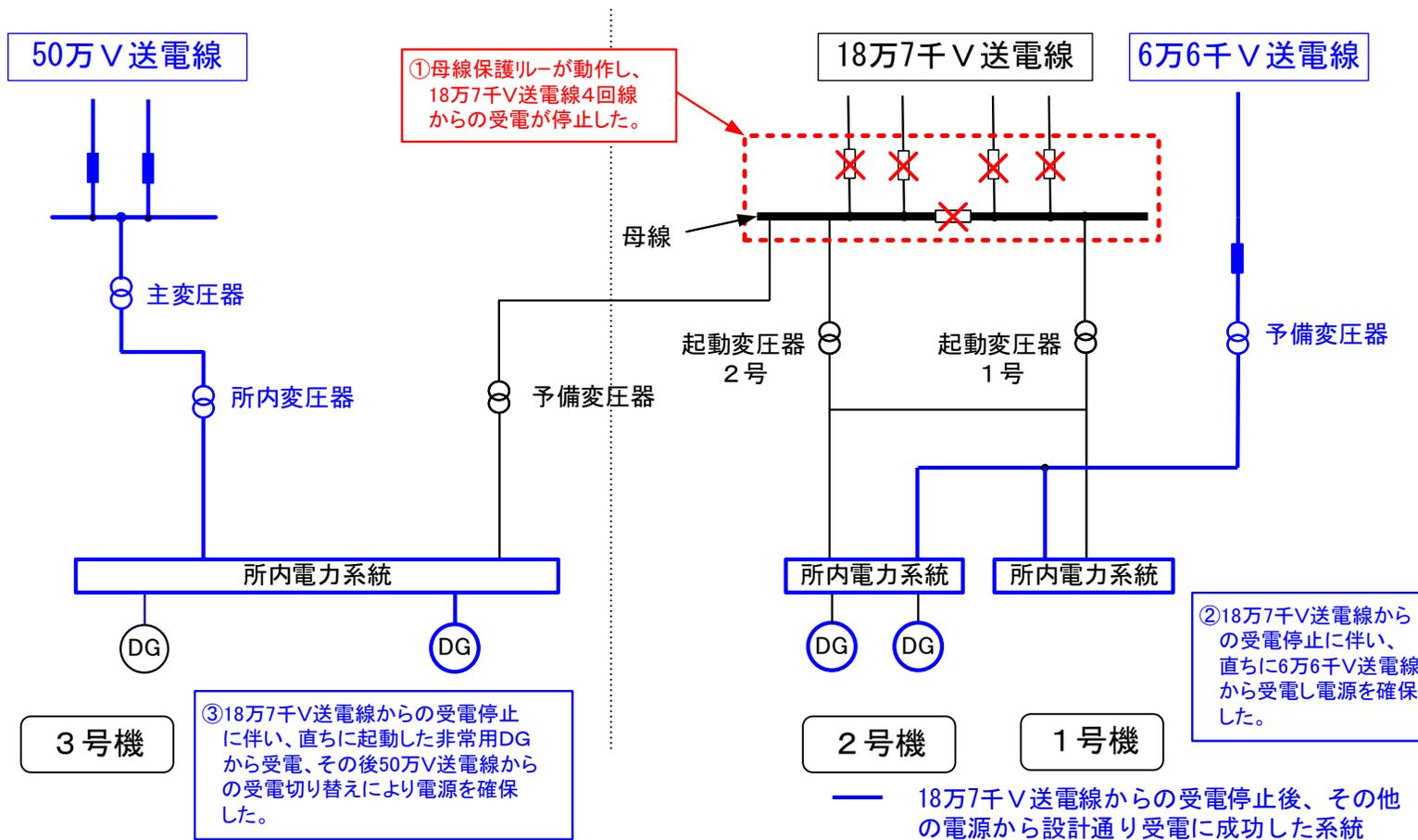


事象発生前の伊方発電所内電力系統図

事象IV. 所内電源の一時的喪失 [2/9]

【概要】

- ・ 1、2号機は、直ちに6万6千V送電線からの受電に切り替わり、3号機は、直ちに起動した非常用ディーゼル発電機から受電し、その後、50万V送電線からの受電に切り替えました。



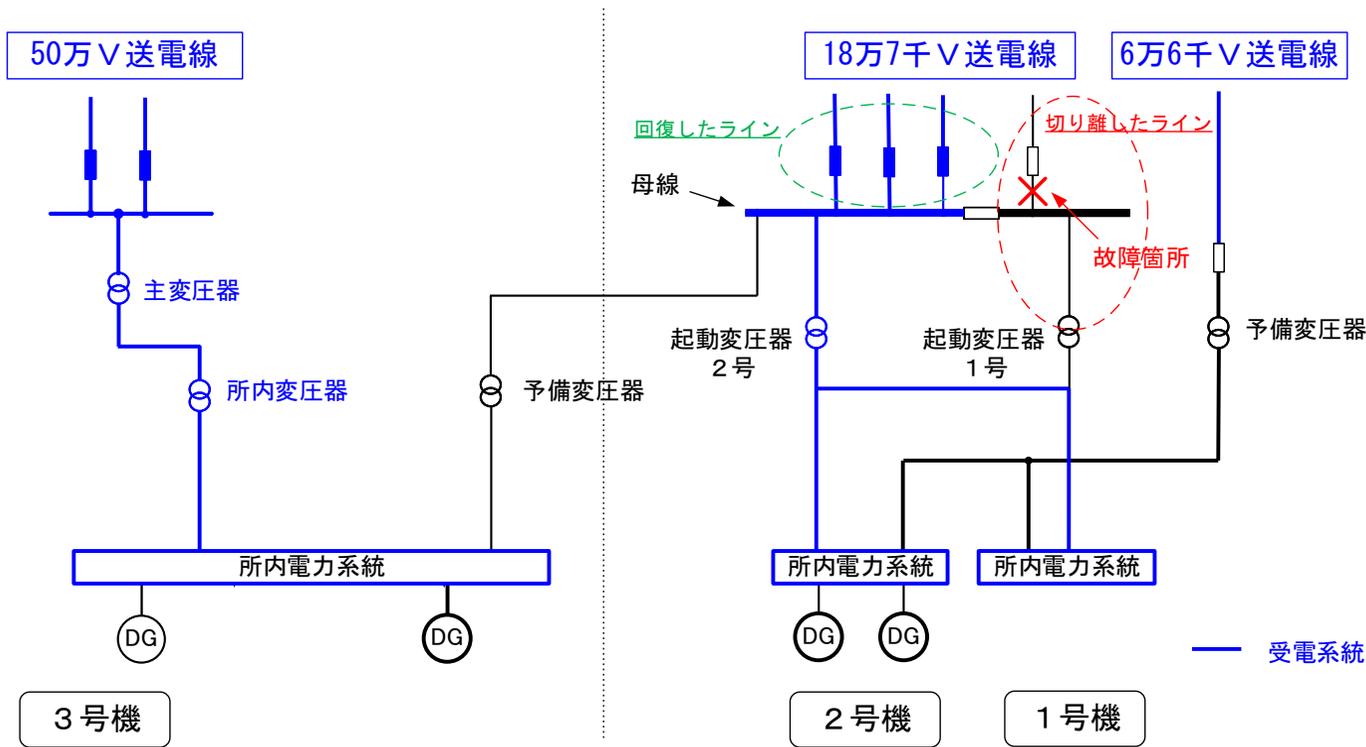
事象発生後の伊方発電所内電力系統図

事象IV. 所内電源の一時的喪失 [3/9]

【概要】

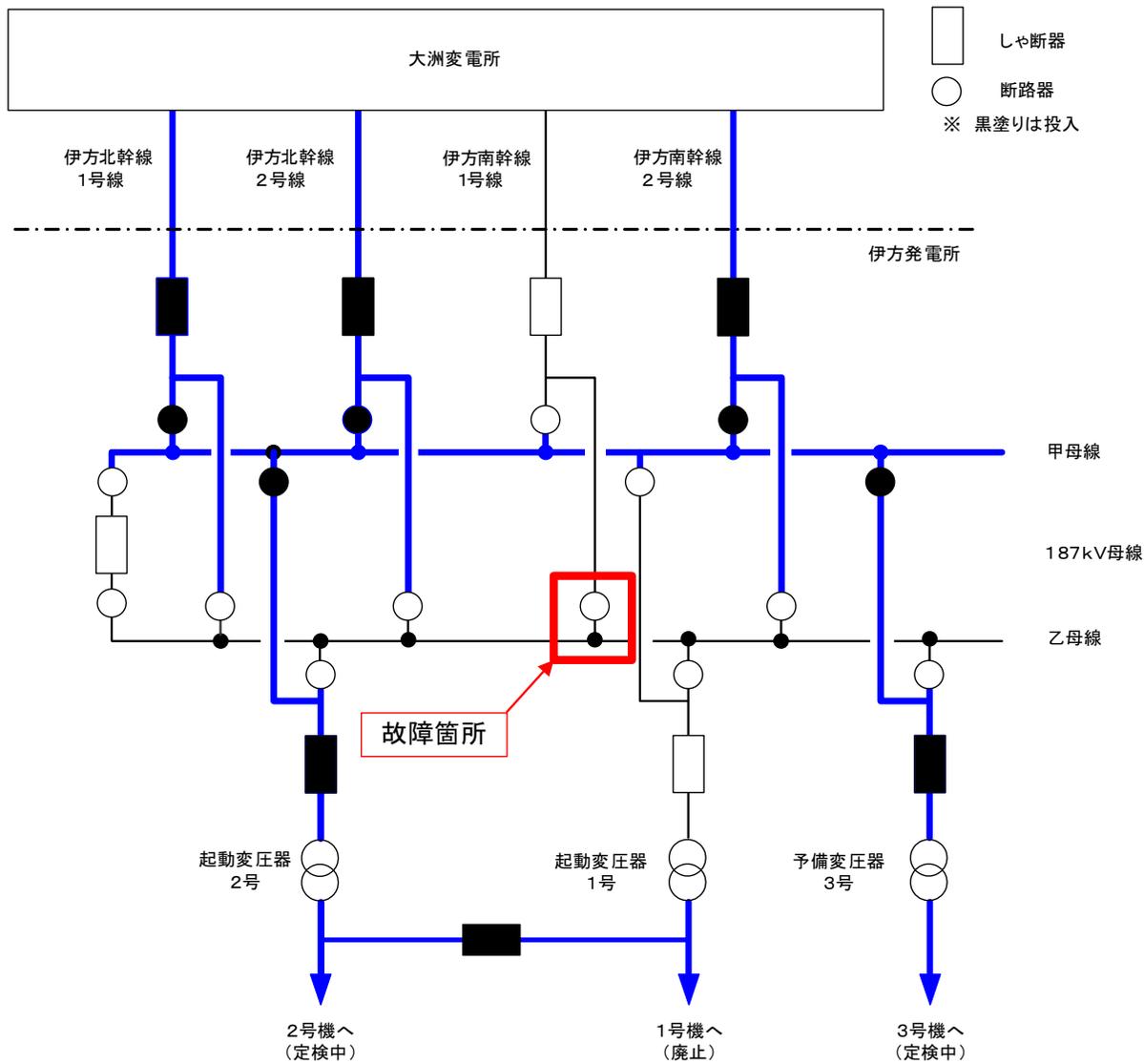
- ・ 調査の結果、18万7千V送電線4回線のうち、1回線の送電線が母線に接続される部分に設置している断路器※の故障を確認しました。
- ・ このため、当該1回線の切り離しを実施し、1月27日17時13分、残りの3回線から受電しました。
- ・ これにより、今回の事象発生時に受電できなくなった18万7千V送電線からの所内電源を確保しました。

※ 回路を選択・区分するための装置。



送電線復旧後の伊方発電所内電力系統図

事象IV. 所内電源の一時的喪失 [4/9]



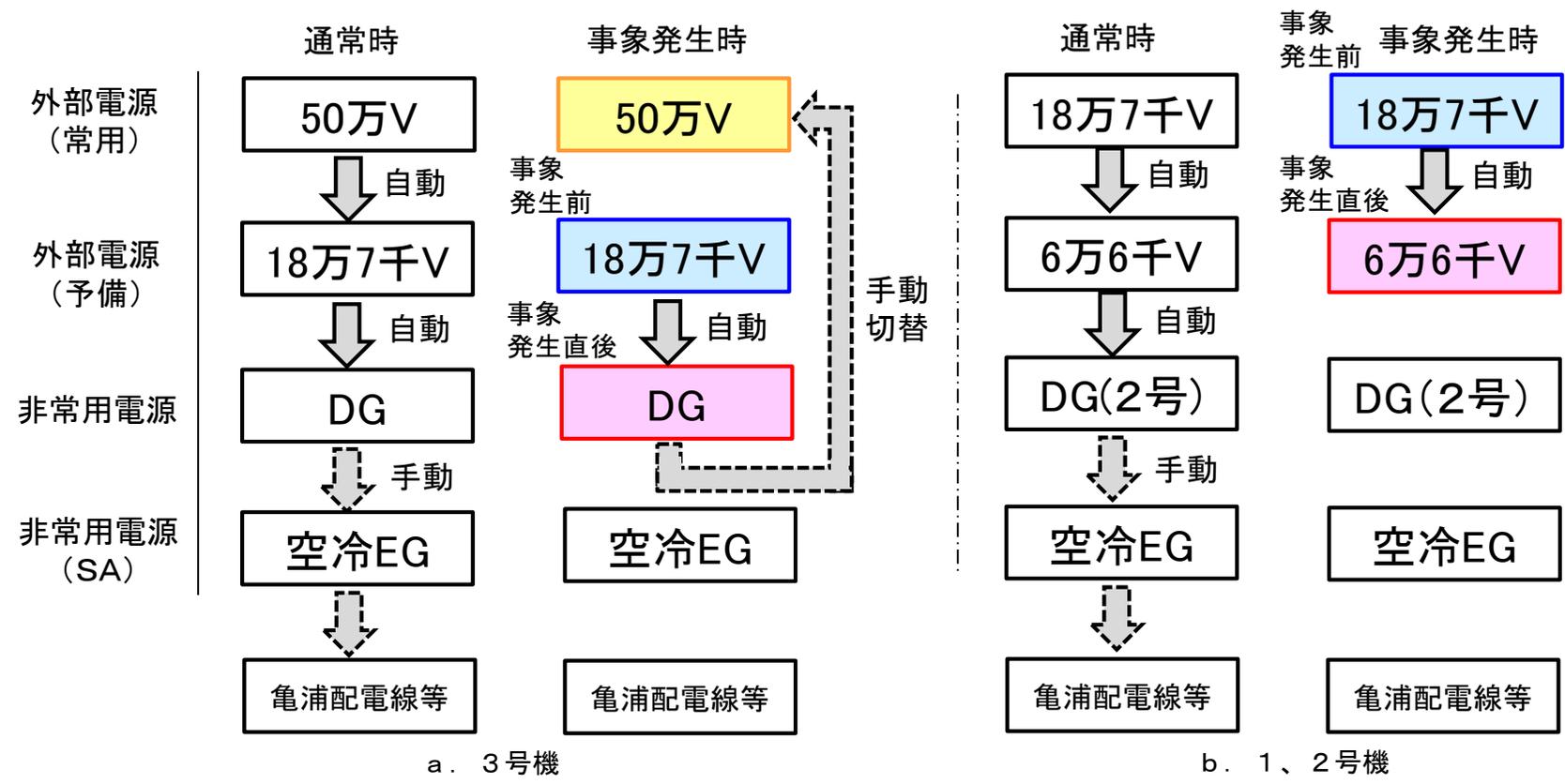
伊方発電所 18万7千V回路概略図 (送電線復旧後)

事象IV. 所内電源の一時的喪失 [5/9]

【事象発生時の原子炉施設への影響】

事象発生時における1号機、2号機および3号機の電源確保状況について、適切に外部電源および非常用電源が確保※されており問題ありませんでした。

※ 常用の外部電源が喪失した場合は、自動で予備の外部電源に切り替わり、予備の外部電源が使用できない場合は、非常用ディーゼル発電機から自動で受電するよう設計している。
今回、3号機については、試験のため18万7千Vから受電していたことから、事象発生に伴いDGから自動で受電した。50万Vは待機状態としていたことから、その後速やかに50万Vに手動で切り替えを行った。



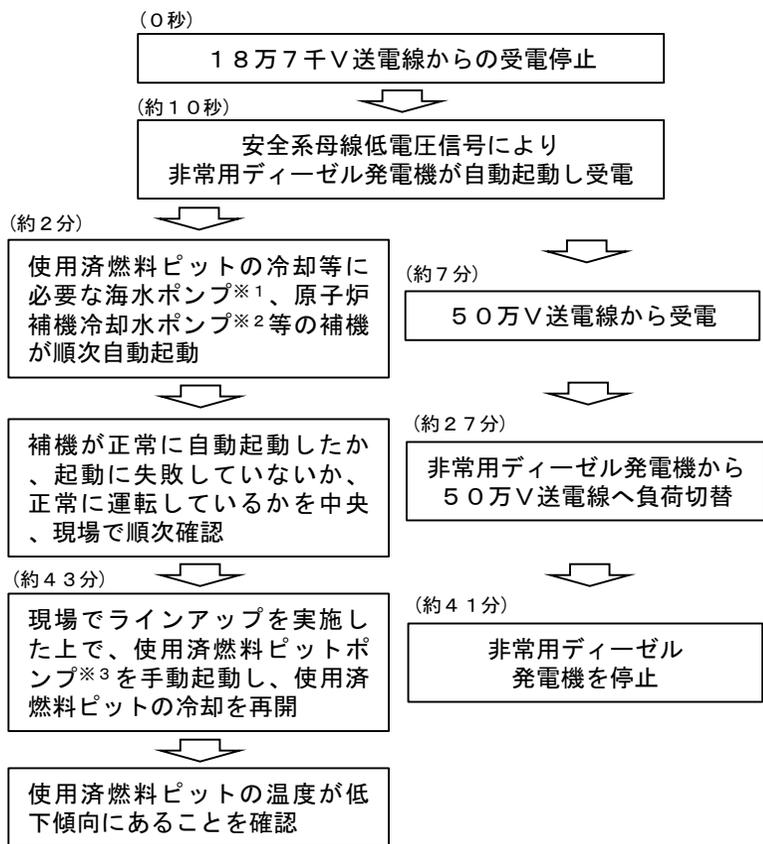
事象発生時の所内電源系統状況

1. 4 事象の原因と再発防止策

事象IV. 所内電源の一時的喪失 [6/9]

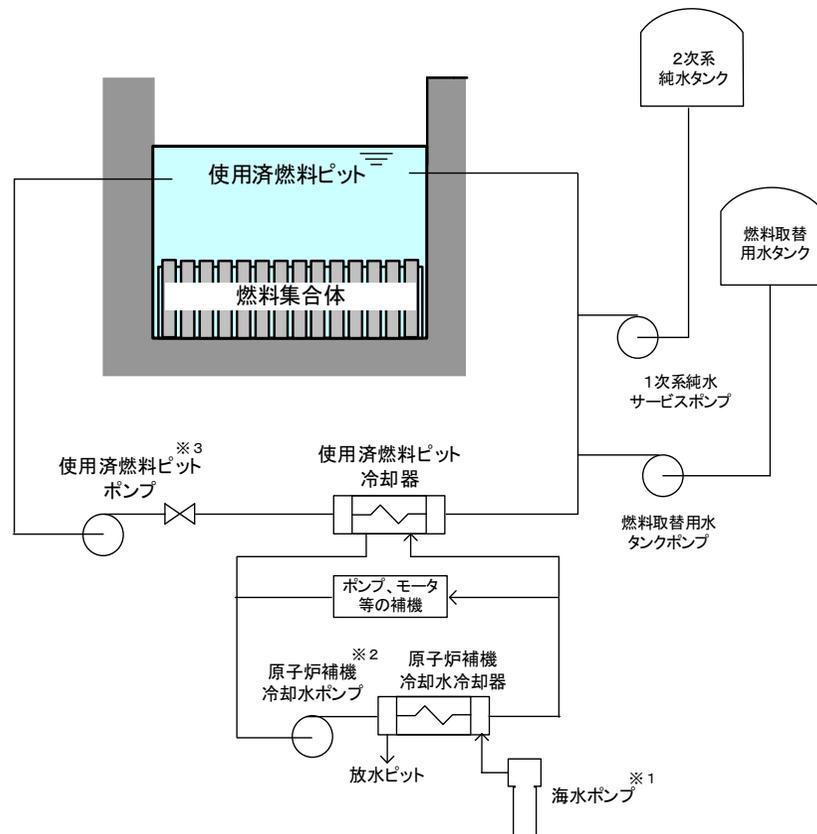
【事象発生時の原子炉施設への影響】

3号機の使用済燃料冷却再開までの対応については、事象発生後、非常用ディーゼル発電機の自動起動、受電、使用済燃料ピット冷却に必要な補機の自動起動など、設計通り動作していることを確認した後に、現場で使用済燃料ピットポンプを起動することにより使用済燃料ピットの冷却を再開しており、手順通りの対応を実施しました。



事象発生から使用済燃料ピット冷却再開までの対応

連続して使用済燃料ピットの水位、温度推移を監視



使用済燃料ピット水浄化冷却系等

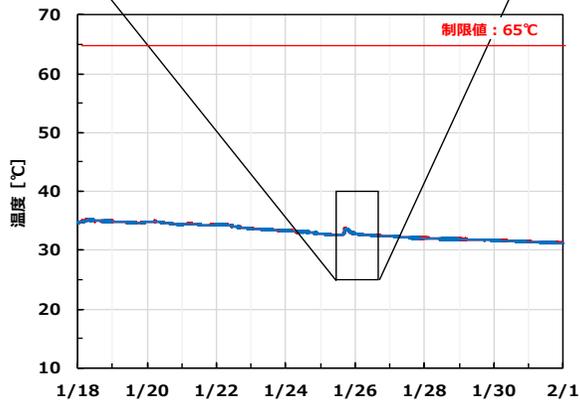
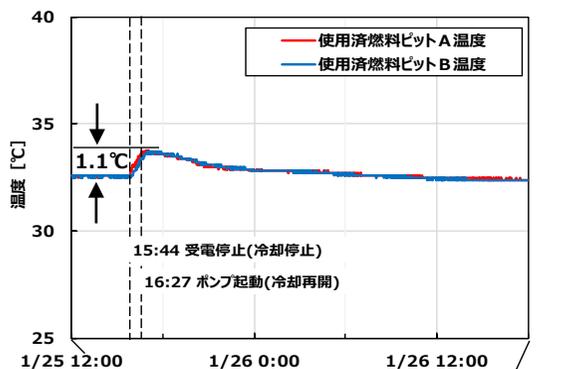
1. 4 事象の原因と再発防止策

事象IV. 所内電源の一時的喪失 [7/9]

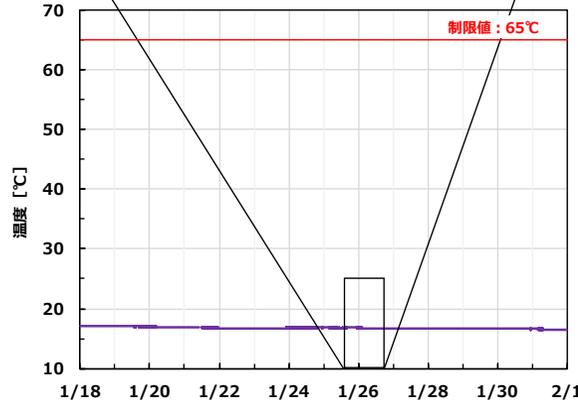
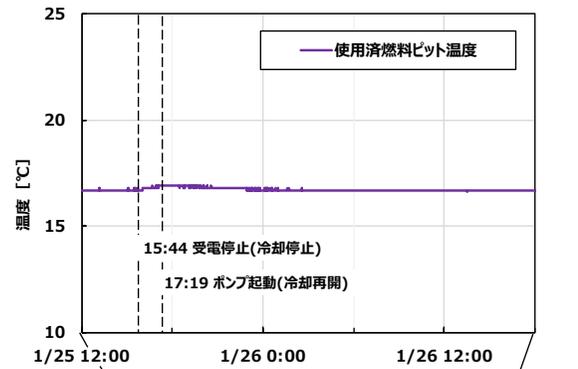
【事象発生時の原子炉施設への影響】

- ・ 使用済燃料ピットの冷却状況については、非常用高圧母線の停電から使用済燃料ピットの冷却を再開するまでの温度上昇は最大 1.1℃であり、通常運転における温度変化の範囲でした。
- ・ また保安規定に定める使用済燃料ピットの温度に係る制限値 65℃に対して十分な余裕※があり、使用済燃料の冷却状態に問題はなかった。また、2、3号機とも S F P の水位に有意な変動はありませんでした。

※ 評価上 65℃までの到達時間は、約 20 時間。



a. 3号機



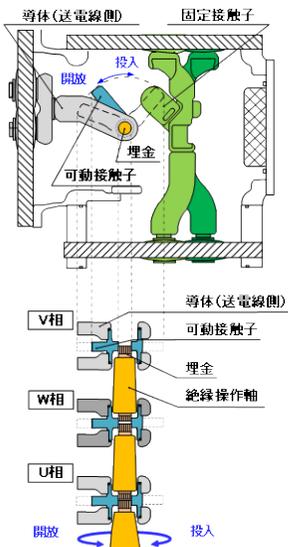
b. 2号機

使用済燃料ピット温度

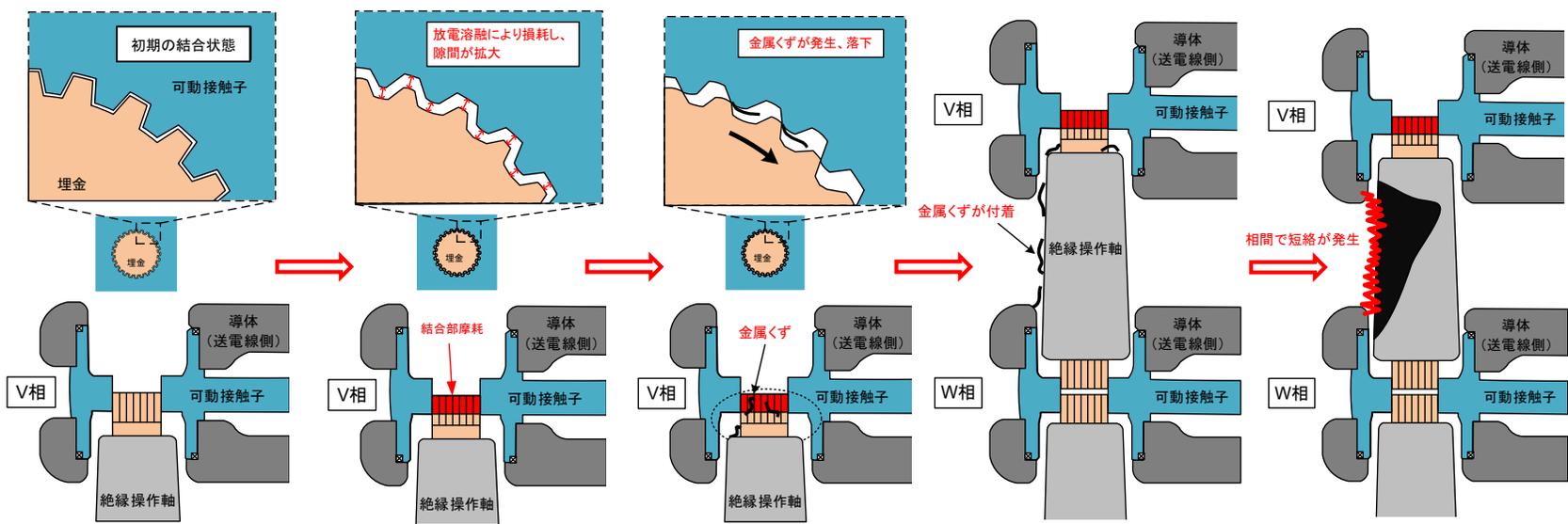
事象IV. 所内電源の一時的喪失 [8/9]

【原因】

- ・ 断路器の設備故障が直接的な原因でした。
- ・ 断路器の開閉を行う内部部品の結合部分に、ごく稀に隙間が生じる構造となっていたため放電が発生し、放電に伴う発熱により結合部が損耗し、隙間が拡大しました。
- ・ その後、断路器開閉時に結合部の擦れが生じることで金属片が落下し、相间短絡（ショート）が発生し、保護装置が動作したものと推定しました。



断路器の動作概要

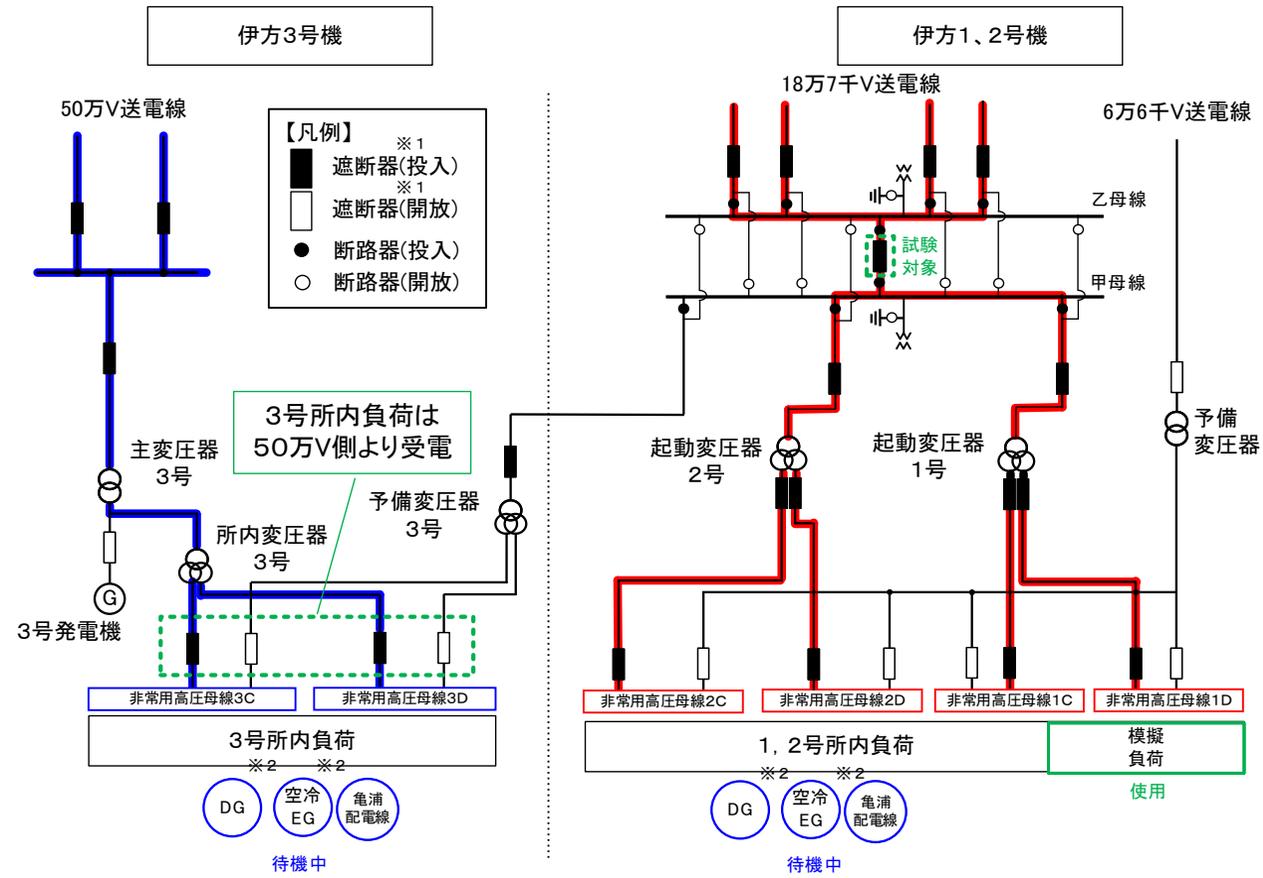


推定原因

事象IV. 所内電源の一時的喪失 [9/9]

【再発防止策】

- 故障した当該断路器の部品を新品に交換します。
- その他断路器については、内部異常診断等により異常がないことを確認した。さらに、構造が異なる3号機の断路器についても、同診断により異常がないことを確認しました。
- 今後計画的に同一構造および使用状態が同じ断路器ユニット13台の内部開放点検を行います。
- 当該断路器を加えた断路器14台について、恒常的な対策を検討していくとともに、内部異常診断による監視を強化します。
- 今回の保護リレー試験の再開に際しては、一定の負荷を接続する必要があるが、1～3号機の同時停電を防止する観点から、3号機の所内負荷を接続しない系統構成（模擬負荷使用）とします。



※1 電力系統で地絡や短絡などの電気事故が発生した場合に電流を遮断する装置であり、投入は通電状態を、開放は通電停止状態を示す。

※2 DGは非常用ディーゼル発電機、空冷EGは空冷式非常用発電装置を示す。

2. 4事象の直接原因と背後要因を踏まえた調査と改善策 [1/3]

□ 4事象の直接原因と背後要因を踏まえた調査項目の設定

4事象の原因と再発防止策の策定結果をもとに、4事象それぞれの原因（直接原因）に関する視点、さらに踏み込んだ分析を行うために、4事象の背後に存在する要因（背後要因）や社外からのご意見を踏まえた視点など、あらゆる観点から幅広く調査します。

○ 背後要因

- ・ 確認・承認プロセスの問題
- ・ 業務改善プロセスの問題
- ・ 安全文化の問題
- ・ 人的リソース不足
- ・ リスク確認不足



具体的な調査項目

4事象の直接原因などを踏まえた調査項目

- ① 4事象の対策の他作業などへの水平展開に係る調査
- ② 定期検査プロセスの妥当性調査

4事象の背後要因などを踏まえた調査項目

- ③ 包括的な改善活動の仕組みの調査
- ④ 安全文化・モチベーションの調査
- ⑤ 技術力の調査
- ⑥ 組織体制の在り方の調査
- ⑦ リスクマネジメント活動の調査
- ⑧ 保守管理プロセスの妥当性調査
- ⑨ 職場環境の調査
- ⑩ 外部組織等によるレビューの調査



次頁へ

2. 4 事象の直接原因と背後要因を踏まえた調査と改善策 [2/3]

□ 4 事象の直接原因と背後要因を踏まえた調査結果と改善策

10項目を調査した結果、以下の5つについて、改善の余地や不十分な点が確認されました。

調査結果

作業要領書の改善余地

- ・ 4 事象の対策において実施する作業要領書の見直し（記載内容の充実等）について、幅広く他の作業にも水平展開することで、不具合発生リスクを低減できる可能性があることを確認した。

作業計画の妥当性確認が不十分

- ・ 作業計画段階に点検時期を誤り、事象 I（3号機中央制御室非常用循環系の点検に伴う運転上の制限の逸脱）が発生したことから、定期検査における作業計画の妥当性確認が不十分であった。

軽微な気づきなどの収集・反映が不十分

- ・ 従来システムでは、軽微な気づきや改善提案を活用できておらず、協力会社、外部機関等を含む多くの関係者からも同様の情報収集ができていなかった。

双方向コミュニケーションの改善余地

- ・ 最近の原子力を取り巻く社会環境や発電所の状況変化はあったものの、今回実施した幹部と発電所員、関係会社等との意見交換では、モチベーションの低下は見られず、安全意識も高く維持されていることを確認した。その一方で、運転差し止め仮処分決定や原子力の将来に対する不安などの意見も出された。
- ・ 今回実施した双方向のコミュニケーションは、不安払拭や安全意識の共有に有効であることから、継続実施していく。

ノウハウなどの技術継承の改善余地

- ・ 発電所員および協力会社作業員の技術力レベルは維持されているものの、一基運転となったことによる作業機会の減少やベテラン社員・作業員の定年退職等により、これまで蓄積されてきたノウハウの維持が難しくなる懸念がある。

- ・ 組織体制については、事象 I で作業計画の妥当性に対するチェック不足が一因として挙げられており、人的リソースの不足が想定されたが、人的リソースの規模という観点からは、応援体制の構築や大規模工事等の進捗にあわせて組織体制の見直しを行うなど、効果的に人的リソースを配置してきており、適切な組織体制が維持されている。



次頁へ

2. 4 事象の直接原因と背後要因を踏まえた調査と改善策 [3/3]

改善策

作業要領書の充実

- ・ 作業要領書に改善余地があることから、3号機第15回定期検査の全作業要領書（約1,100件）を総点検し、144件の要領書を対象に426箇所の見直し（記載内容の充実等）を実施。
- ・ 新たに制定する作業要領書についても、同様の充実を図る。

作業計画段階におけるレビューの強化（新チームの設置）

- ・ 作業計画の妥当性確認が不十分であったことから、新チームを設置し、独立した立場から作業担当部門が策定した作業計画の妥当性を確認し、継続的な改善を図る。

包括的な改善活動の推進

- ・ 軽微な気づきなどの収集・反映が不十分であったことから、これらを幅広く収集するとともに是正処置プログラム（CAP※）に入力し、この仕組みを確実に実施することで、包括的な改善活動を強力に推進する。

安全意識共有の充実

- ・ 双方向のコミュニケーションは安全意識の共有に有効であることから、今後とも幹部と発電所員、関係会社等との意見交換で実施するなど、充実していく。

技術力・現場力の維持・向上

- ・ ノウハウなどの技術継承に改善余地があることから、教育訓練の機会を増やすとともに、ベテラン社員・作業員の経験や視点を踏まえ、作業要領書の記載内容を充実させていくことで、確実な技術継承を図り、技術力・現場力の維持・向上に取り組んでいく。

※：本年4月から本格運用を開始する様々な課題を吸い上げ改善につなげる仕組み

3. まとめ

- 今回、一連のトラブルの原因究明と再発防止策の策定およびこれらトラブルの背景の考察といった観点も含めて、網羅的に調査を行った結果、リスク情報の活用推進といったこれまでの活動を評価するとともに、作業計画段階におけるレビューの強化など、更なる改善策についても抽出しました。改善策については既に完了しているものもありますが、今後、スピード感を持って着実に実施してまいります。
- また、発電所で働く一人ひとりが基本ルールの徹底という原点に立ち返り、一つひとつの作業を慎重かつ確実に実施することは勿論のこと、日々の業務に励む中で、
 - ・これまで通りに業務を実施していれば大丈夫だろうと思考停止に陥いることなく、プラントに対する思いや心配りで、どうすれば「より良く」できるのかを追求すること
 - ・自分自身あるいは組織の「物差し」が社会の皆さまの感覚とかけ離れていないかを常に意識することを発電所の全所員が共有するとともに、安全意識の共有・向上を図ることで、これまで以上に伊方発電所の安全性を高めていきたいと考えています。
- これらに加えて、愛媛県や伊方町との「信頼関係の礎」である「えひめ方式」による通報連絡を迅速・的確に行うことを徹底し、社長がトップマネジメントとして、地域の皆さまの不安感払拭と信頼回復に懸命に取り組んでまいります。