

高浜発電所2号機の定期検査状況について (制御棒クラスタ動作検査時の制御棒動作不良の原因と対策)

このことについて、関西電力株式会社から下記のとおり連絡を受けた。

記

高浜発電所2号機（加圧水型軽水炉；定格電気出力 82.6万kW）は、定期検査中の10月1日に実施した制御棒クラスタ動作検査で、制御棒48本のうち1本が動作不良のためほぼ全引き抜き位置にあることが確認された。

その後、当該制御棒について手動にて挿入および引き抜き操作を繰り返して、制御棒を全挿入位置まで挿入した。

原因調査として、原子炉容器上部ふたを取り外した後、当該制御棒クラスタおよび制御棒クラスタが挿入されていた燃料集合体、制御棒クラスタをガイドする案内管、制御棒駆動軸と駆動装置について、カメラによる目視点検等を行った結果、制御棒クラスタ案内管下部のCチューブ（断面がC型形状のガイド管）とそのCチューブにガイドされている制御棒クラスタの表面に筋状模様が、制御棒駆動軸表面にこすれ痕が認められた。

なお、この事象による周辺環境への放射能の影響はない。

[平成19年10月2日、10月10日、10月26日記者発表済]

筋状模様の発生原因や制御棒動作不良との関係等を調査するため、当該制御棒クラスタおよび制御棒クラスタが挿入されていた燃料集合体、制御棒クラスタ案内管の詳細点検を行うとともに、他の燃料集合体と制御棒クラスタ案内管および原子炉容器内についても点検を行った。

1 当該機器の詳細点検結果

(1) 筋状模様等の調査

- ・ Cチューブと制御棒クラスタ表面の筋状模様を詳細観察した結果、筋状模様は金属光沢を呈するこすれ痕であった。
- ・ 制御棒駆動軸表面のこすれ痕は、制御棒駆動装置が正常に動作した際、制御棒が拘束された状態となり、制御棒駆動軸と制御棒駆動装置のラッチ爪とのかみ合いが通常的位置からずれたことにより生じたものと推定された。

(2) 設備変形等の調査

- ・ 制御棒クラスタ、燃料集合体、制御棒クラスタ案内管を詳細観察した結果、制御棒の動作不良を起こすような変形等の異常は認められなかった。

(3) 異物発見と制御棒動作不良との関係の調査

- ・ 制御棒クラスタ案内管の詳細点検中に、Cチューブ周辺から微小な金

属片3個（うち1個は表面に金属光沢を呈するこすれ痕あり）と粉末状および薄片状の異物が発見された。

- ・成分分析の結果、これらの異物は鉄材、コンクリート、塗料と推定され、放射線量が低いことから、今定期検査中に混入したものと考えられた。
- ・異物と制御棒動作不良との関係を調査するため、実機を模擬した試験装置で再現試験を行った結果、Cチューブと制御棒クラスタの隙間に金属片がはさまると、制御棒の動きを拘束することや、制御棒の挿入と引抜き操作の繰り返しにより、Cチューブ内に金属片が引き込まれ、Cチューブと制御棒クラスタの表面に筋状のこすれ痕を生じさせることが確認された。
- ・この他、当該燃料集合体の制御棒案内シングル底部から繊維状の異物が回収されたが、今回の動作不良と関係しないものと判断された。

2 原子炉容器内等の点検結果

- ・他の燃料集合体（156体）と制御棒クラスタ案内管（51体）を点検した結果、今回見られたような顕著なこすれ痕や異物は認められなかった。
- ・原子炉容器内を点検した結果、燃料集合体が着座する下部炉心板上に半割れの座金、原子炉容器底部に粒子状の異物が認められた。
- ・座金には燃料集合体がのっていた変色跡が見られたことや、粒子状の異物はフッ素樹脂で柔らかく粒径が小さい（粒径1mm程度）ことから、これらの異物は今回の動作不良と関係しないものと判断された。

3 異物発生源の調査

(1) Cチューブ周辺で発見された異物

- ・今定期検査で実施した1次系機器の作業や、使用済燃料ピットエリアでの作業を対象に、鉄材、コンクリート、塗料が発生し、系統内に混入する可能性がある作業を調査したところ、原子炉キャビティ^{*1}近傍で行われた原子炉容器上部遮へい設置工事^{*2}が推定された。

*1：原子炉容器の上部に設置されたプールで、燃料取替え時にほう酸水を満たす。

*2：原子炉運転中に機器の点検で立ち入る原子炉格納容器周辺建屋屋上の放射線量を低減させるため、原子炉容器の上部に遮へい体を追加設置する工事

- ・この工事では、原子炉キャビティに水が張られていない時期に、遮へい体追加設置の際に干渉するアンカーボルト（コンクリート壁への埋込みボルト）30本の切断撤去が行われており、この作業は、切粉（鉄材、コンクリート、塗料が混在したもの）が発生し、飛散する可能性がある作業であった。
- ・作業状況を確認したところ、作業中は原子炉キャビティへの異物混入防止のため、手すりをステンレス板で塞ぐなどの措置をとっていたものの、切粉が飛散することへの対応は特に考慮していなかった。

(2) その他の異物

- ・発生源の特定には至らなかったものの、過去に原子炉キャビティ廻りで行われた作業で発生した可能性があると考えられた。

4 原因

- ・今定期検査で実施した原子炉容器上部遮へい設置工事において発生した切粉が作業中に飛散し、原子炉キャビティ内に落下した。

- ・原子炉キャビティへの水張り前にキャビティ床面の清掃は行っていることから、切粉は、キャビティ壁面にある突起物（照明等の設置用）上や原子炉容器の上部ふたに留まっていたと推定された。
- ・この状態で、原子炉容器上部ふたの移動や原子炉キャビティへの水張り・水抜きが行われ、その際、突起物等にあった切粉がキャビティ水中に落ち、水の流れ等によって当該制御棒クラスタ案内管内のCチューブ上面に移動した。また、制御棒クラスタ動作検査前に行った一次冷却材ポンプ運転時に、水流によってCチューブ上面に移動した。
- ・その後、制御棒クラスタ動作検査時に制御棒を引き抜いた際に、制御棒クラスタとCチューブの隙間に切粉がはさまり、制御棒挿入操作時にCチューブ内に引き込まれ動作不良を起こしたものと推定された。

5 対策

(1) 当該機器への対策

- ・当該制御棒クラスタ案内管を、現在使用していない案内管と交換する。
- ・当該制御棒クラスタおよび制御棒駆動軸を新品に交換する。
- ・交換完了後、当該制御棒の動作試験を行い、正常に動作することを確認する。

(2) 異物混入防止対策

- ・原子炉キャビティ近傍で異物飛散の可能性がある作業を行う場合には、グリーンハウスを設置するなど、作業箇所を覆って異物の飛散を防止する措置をとるとともに、原子炉キャビティ内に異物が落下し残留する可能性のある箇所（壁面の突起物等）や、原子炉容器上部ふたおよび遮へい体について、シート養生を行い異物の付着を防止する。
- ・水張り前に行う原子炉キャビティ内の清掃にあたっては、これまで実施してきた床面以外に、異物が残留する可能性のある箇所（突起物等）についても清掃を行う。
- ・原子炉キャビティ上を運搬する原子炉容器上部ふた等の機器や資材については、運搬前に異物の付着がないことを確認する。なお、複雑な形状等のために、十分な確認ができない場合には、当該物をシートで包んで異物が落下しないようにする。
- ・燃料装荷前の水中カメラを用いた下部炉心板上の点検を入念に行う。

当該機器への対策を完了した後、原子炉を起動し調整運転を開始するが、調整運転開始前に、すべての制御棒について挿入操作を行い、正常に動作することを確認する。

なお、今後の工程については、蒸気発生器入口管台溶接部の傷の原因調査結果を踏まえて決定されることから、現時点では未定である。

(経済産業省による I N E S の暫定評価尺度)

基準 1	基準 2	基準 3	評価レベル
—	—	0 +	0 +

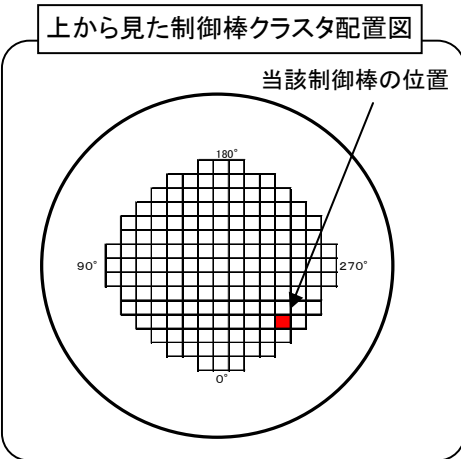
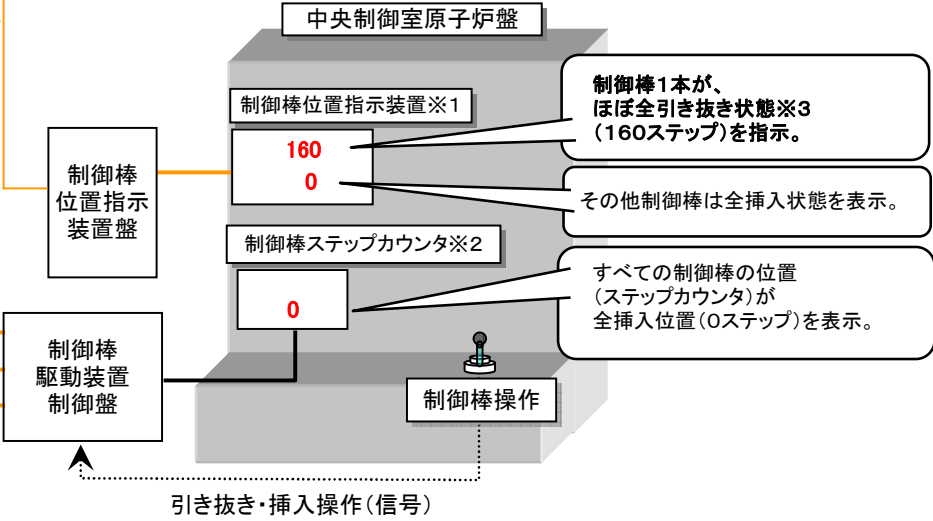
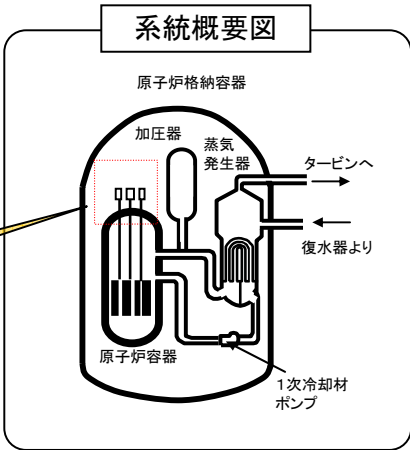
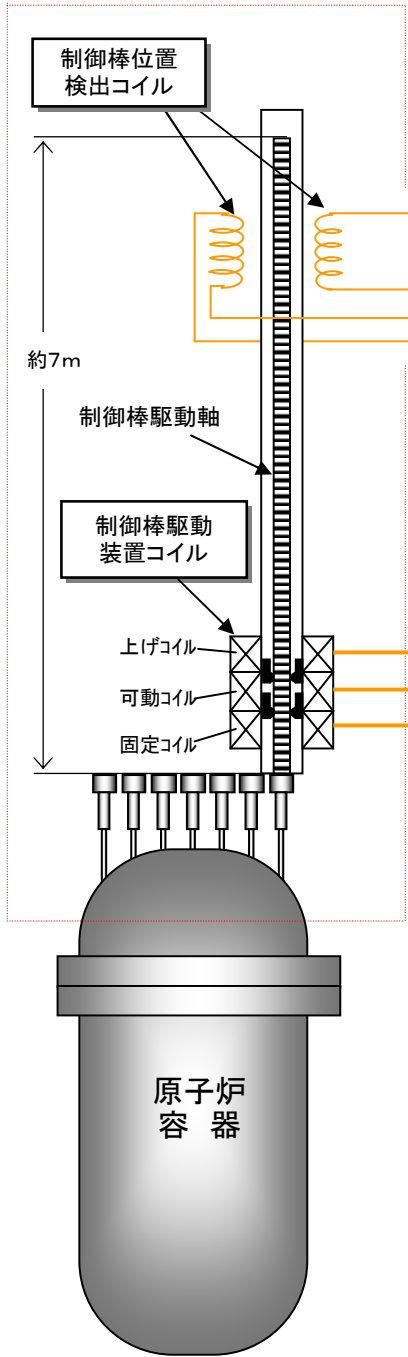
I N E S : 国際原子力評価尺度

問い合わせ先(担当:伊藤)
内線2354・直通0776(20)0314

高浜発電所2号機の定期検査状況について (制御棒クラスタ動作検査時の制御棒動作不良の原因と対策)

事象発生時の概要

制御棒駆動および制御棒位置検出概要図



- [制御棒のグループ]
- 停止グループA(8本)
 - 停止グループB(8本)
 - 制御グループA(8本)
 - 制御グループB(8本)
 - 制御グループC(8本)***
 - 制御グループD(8本)
 - 計48本
- * 当該制御棒の属するグループ

※1: 制御棒位置指示装置
検出コイルで制御棒位置指示を検出し、指示計とプラントコンピュータに信号を伝送し、制御棒位置を表示するもの。

※2: 制御棒ステップカウンタ
制御棒駆動装置制御盤からの制御棒引き抜き・挿入操作信号をカウントして表示するもの。

※3:
当該制御棒の位置は、冷却材の温度が低い影響で通常より低く表示(160ステップ)されるが、実際は、ほぼ全引き抜き状態にあると推定される。

点検結果

制御棒駆動軸の点検結果

こすれ痕の例

制御棒駆動装置ラッチ(爪)

こすれ痕

通常、ラッチがかみ合う範囲

制御棒駆動装置ラッチ(爪)

こすれ痕

通常、ラッチがかみ合う範囲

燃料集合体案内管内で確認された付着物

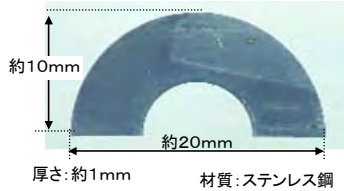
繊維



約4mm

下部炉心構造物(下部炉心板)上で確認された回収物

半割れの座金



約10mm

約20mm

厚さ:約1mm

材質:ステンレス鋼

原子炉容器底部で確認された異物

粒状-フッ素樹脂

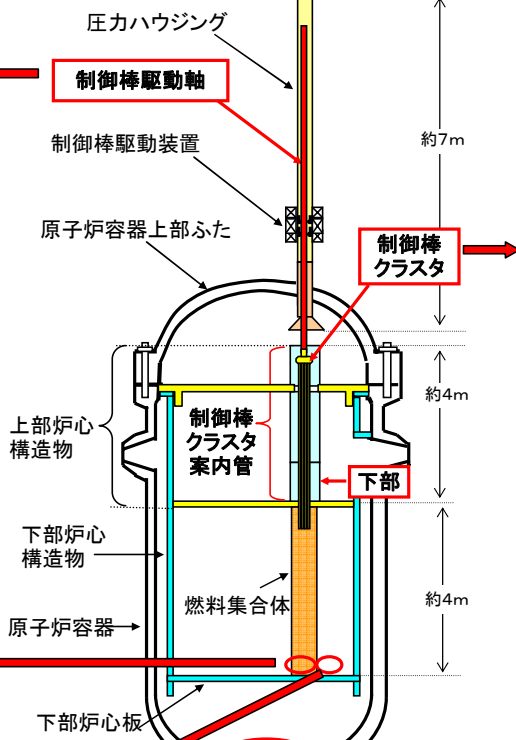


拡大



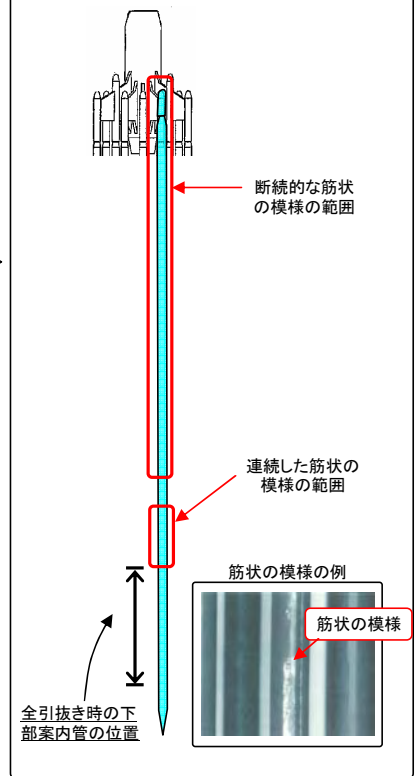
約1mm

全引抜きの状態



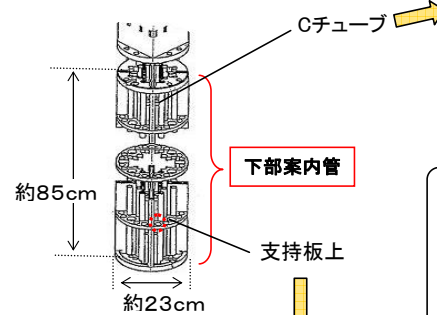
制御棒クラスタの点検結果

制御棒クラスタ概要図



制御棒クラスタ下部案内管の点検結果

制御棒クラスタ下部案内管の概要図



支持板上で確認された異物

黒色・粉末状-鉄、コンクリート



【筋状の模様が認められたCチューブ】



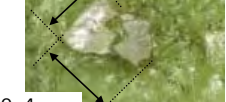
Cチューブ内面で確認された付着物

黒色・粉末状-鉄、コンクリート



白色・薄片状-塗料

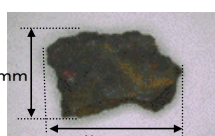
約0.3mm



約0.4mm

制御棒クラスタ下部案内管を仮置きしていた容器内で確認された異物

黒褐色-鉄

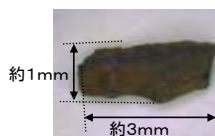


約2mm

約3mm

厚さ:約0.7mm

黒褐色-鉄



約1mm

約3mm

厚さ:約0.8mm

黒褐色/片面に金属光沢-亜鉛メッキ鉄



金属光沢

約1mm

約3mm

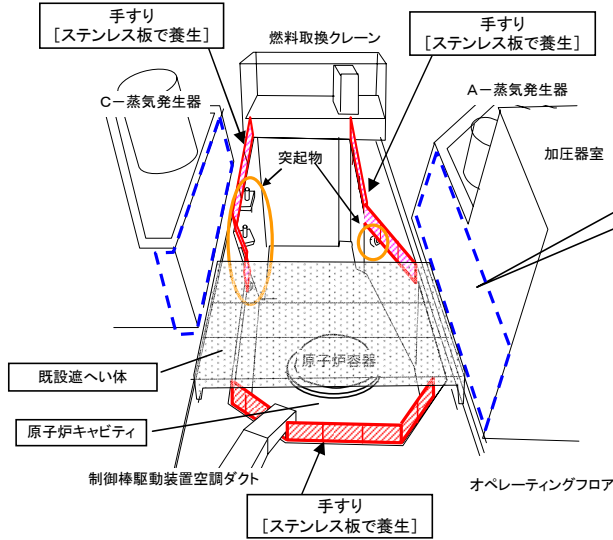
厚さ:約0.3mm

原子炉容器上部遮へい設置工事における状況

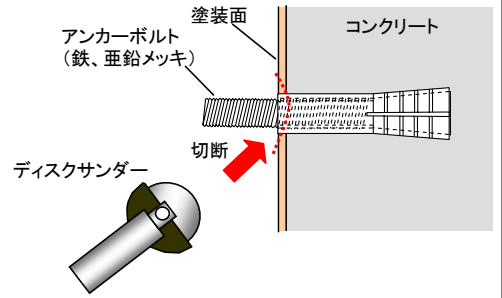
既設アンカーボルト撤去等の作業範囲

燃料取出し前に行った作業の状況

養生範囲



アンカーボルト撤去作業の概要



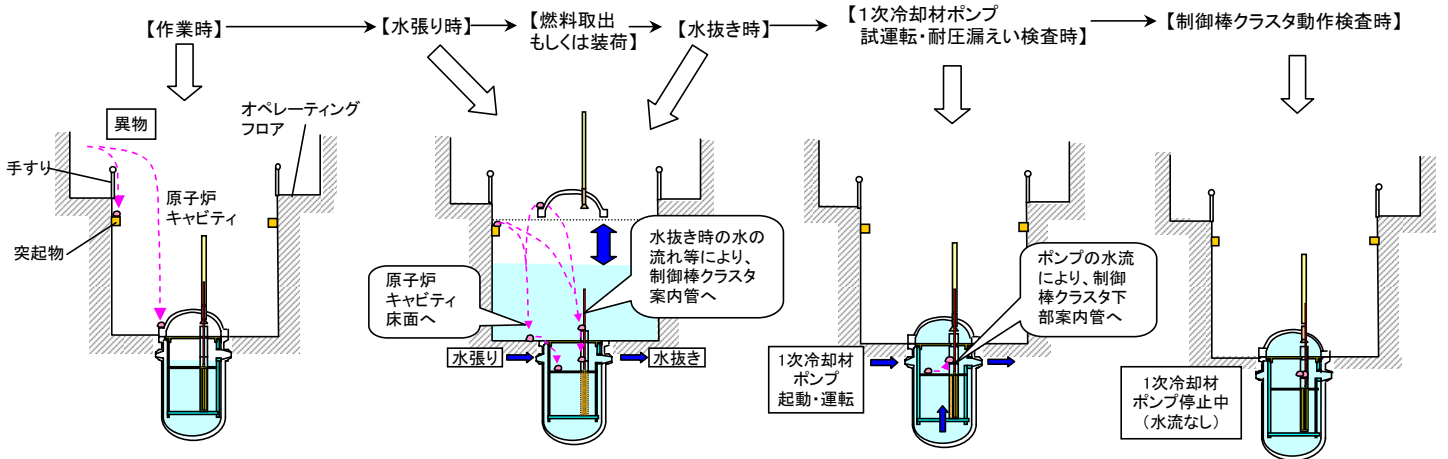
<原子炉容器上部遮へい設置工事の概要>

原子炉格納容器周辺建屋屋上における、原子炉運転中の放射線量を低減させるため、既設遮へい体の両脇に遮へい体(2体)を追加設置する。

異物飛散防止措置として、手すり等を養生をしていたが、アンカーボルトの撤去作業により発生した切粉(鉄材、コンクリート、塗料が混在したもの)が原子炉キャビティ内の壁突起物等へ飛散し、異物となった可能性が考えられる。

推定原因

異物の混入経路の推定



制御棒動作不良の推定原因

