

3号機 燃料取扱設備不具合に対する対応と今後の取組について

2019/1/31

TEPCO

東京電力ホールディングス株式会社

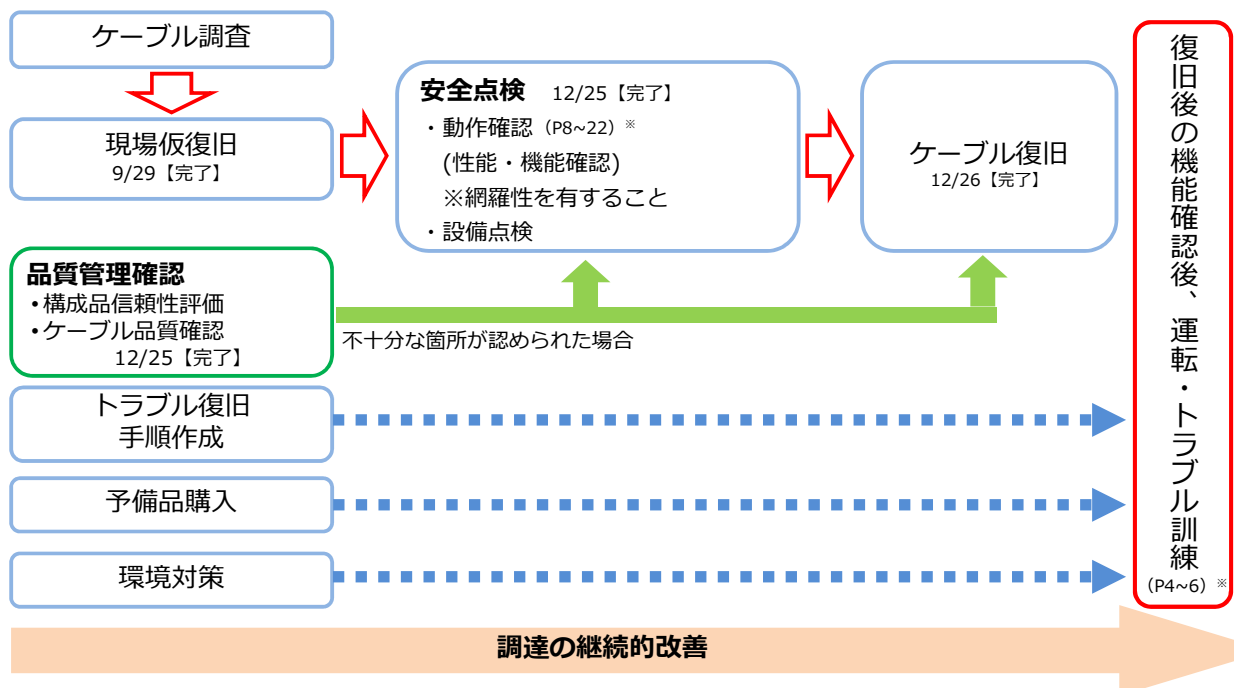
©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved.

無断複製・転載禁止 東京電力ホールディングス株式会社

1. 燃料取扱設備不具合に対する対応

TEPCO

- 燃料取扱設備について、燃料取り出し開始までに設備の信頼性を万全にするため、安全点検及び品質管理確認を実施するとともに、トラブル発生に備えた予備品の購入、復旧手順を策定
- さらに、一連の不具合を踏まえた反省点・教訓をもとに、調達の継続的改善に取り組んでいる



CDOを補佐し、調達改善を含む廃炉推進カンパニー品質全般の監督・助言・指揮者の配置

©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved.

無断複製・転載禁止 東京電力ホールディングス株式会社

※ () 内は関連するページを示す。 1

2. 安全点検における発生事象の対応状況

No.	発生事象	原因（概要）	対策（概要）	状況	完了 予定時期
①	デンシルトラス ホイスト3ドラム回転異常	ホイスト3ドラム回転検知用センサーの単体異常。 センサー内蔵の電子素子故障と判断した。	センサー交換 （予備品の準備）	対応済	完了
②	クレーンでのエラーメッセージ発生	インバータで定義されている動作方向に対してBE2 チェック時の動作方向の不整合。	ソフト改造（動作方向整合）	対応済	完了
③	駆動源喪失時のマニピュレータの挙動	エアイベント不足若しくは逆止弁のリークにより姿勢 が維持できなかった。	エア抜き・逆止弁交換、追設 （予備品の準備）	対応済	完了
④	水中ポンプ動力ケーブル及び圧力検知用 センサーケーブルの絶縁低下	シール部から水が流入したため、絶縁抵抗が低下し た。（他に浸入の痕跡がないこと、シールは消耗品であり、使用 に伴い摩耗することから、シール部の劣化と判断した。）	水中ポンプ・センサー交換 予備品の準備	対応済	完了
⑤	垂直吊具の水圧供給用カブラの ガスケット損傷	—	カブラプラグ交換	対応済	完了
⑥	クレーン動作時に動作異常の警報発生	異常検出の時間設定と実動作時の制動距離がミス マッチ。	ソフト改造（時間設定変更）	対応済	完了
⑦	マニピュレータ関連動作不良事象	駆動水圧供給弁を“開”から“閉”操作時の圧力変動。	作業手順反映	対応済	完了
⑧	燃料健全性確認用治具の状態表示不良	A:点検時にプレート逆さに取付けた。 B:着座センサーの不良。 輸送の際の衝撃で故障と判断した。	A：表示プレート修正 B：センサー交換	対応済	完了
⑨	マニピュレータ関連ツール交換不良事象	電磁弁のリーク（電磁弁のシート部のあたり不良と 判断）により、接続コネクタへの圧力のこもり。	電磁弁交換 （予備品の準備）	対応済	完了
⑩	デンシルトラス ホイスト6巻取り異常警報発生	ワイヤ巻取状態異常を検知するセンサーの検出位置 調整不良。	センサー検出位置調整	対応済	完了
⑪	クレーンの移送モードにおける動作不良	モード移行条件が成立していない状態で、モード移 行を実施したことによる動作不良。	作業手順反映 ソフト改造（設定値変更）	対応済	完了
⑫	燃料取扱設備の安全点検中のFHM停止 について	単線結線図に未反映であったため、電源停止範囲検 討時に認識されなかった。	単線結線図に反映	対応済	完了
⑬	キャスク垂直吊具と水中カメラの接触に ついて	垂直吊具アームの降下作業と水中カメラの操作の連 携が作業手順書に未記載。	作業手順反映 水中カメラ交換	対応済	完了
⑭	FHMデンシルトラス巻き下げ操作時の動 作不良	ログ確認した結果、制御信号の一時的な伝送不良発 生およびリセット後操作不能については手順の不足	ケーブル交換、回路健全確認 作業手順反映(初期化)	対応済	完了

3. ケーブル復旧後の機能確認

■ 目的

- ケーブル復旧後に燃料取扱設備に要求される機能が健全であることを確認する。

■ ケーブル復旧後の機能確認内容

- 電源復旧後の復元確認【完了】
電源復旧後に燃料取扱設備を動作させ、ケーブル復旧後も正常に動作することを確認する。
- 警報作動確認【実施中】
警報が正常に作動することを模擬信号及び実動作にて確認する。
- クレーン動作確認（ブリッジ・トロリ・主巻・補巻）【実施中】
基本動作及び設定可能な操作モードが正常に作動することを確認する。
- FHM動作確認(マスト・デンシルトラス・マニピュレータ・東西補巻)【実施中】
基本動作及び設定可能な操作モードが正常に作動することを確認する。
- クレーン・FHM組合せ動作確認【実施中】
クレーン及びFHMで使用する各種ツールを組合せた動作が正常に作動することを確認する。

■ 不具合対策及び検証等の実施

- 警報作動試験と併せて安全点検時に確認された14件の不具合対策を行う。
（進捗状況はP2参照）
- 不具合対策完了後、燃料取扱設備の動作確認に合せ、安全点検時に実施できな
かった箇所※の健全性も併せて確認する。【今後実施】

※安全点検未実施内容：ツール交換装置動作確認、掴み具、カッター等動作確認、吸引装置動作確認

4. 燃料取り出し訓練

- 作業員の技能向上のため、燃料取り出し開始前に、燃料取扱設備・構内用輸送容器を用いた燃料取り出し訓練を行う

訓練内容

①	燃料取扱設備訓練	燃料取扱設備（燃料取扱機、クレーン）の動作方法等を確認する
②	輸送容器訓練	遠隔操作での輸送容器の蓋締め、密封確認装置の操作、1階への吊り降ろし等の訓練を行う
③	燃料移動訓練	模擬燃料を用いてラック～輸送容器間の燃料移動の訓練を行う

- 上記の訓練を行い、輸送容器1基目の燃料取り出し作業を行った後、一旦作業の振り返りを行い、必要に応じて手順を改善し、さらなる作業員の訓練を実施し、2基目以降の燃料取り出し作業を行う
- 燃料取り出し訓練及び燃料取り出し作業の実施体制は以下の通り

	訓練 (1基目前)	燃料取り出し (1基目)	訓練 (1基目後)	燃料取り出し (2基目～)
燃料移動操作班 (6班)	③2班	2班で作業	③4班	6班で作業
輸送容器取扱操作班 (6班)	①2班 ②2班	2班で作業	①4班 ②4班	6班で作業

5. 燃料取り出し開始前後における関連作業

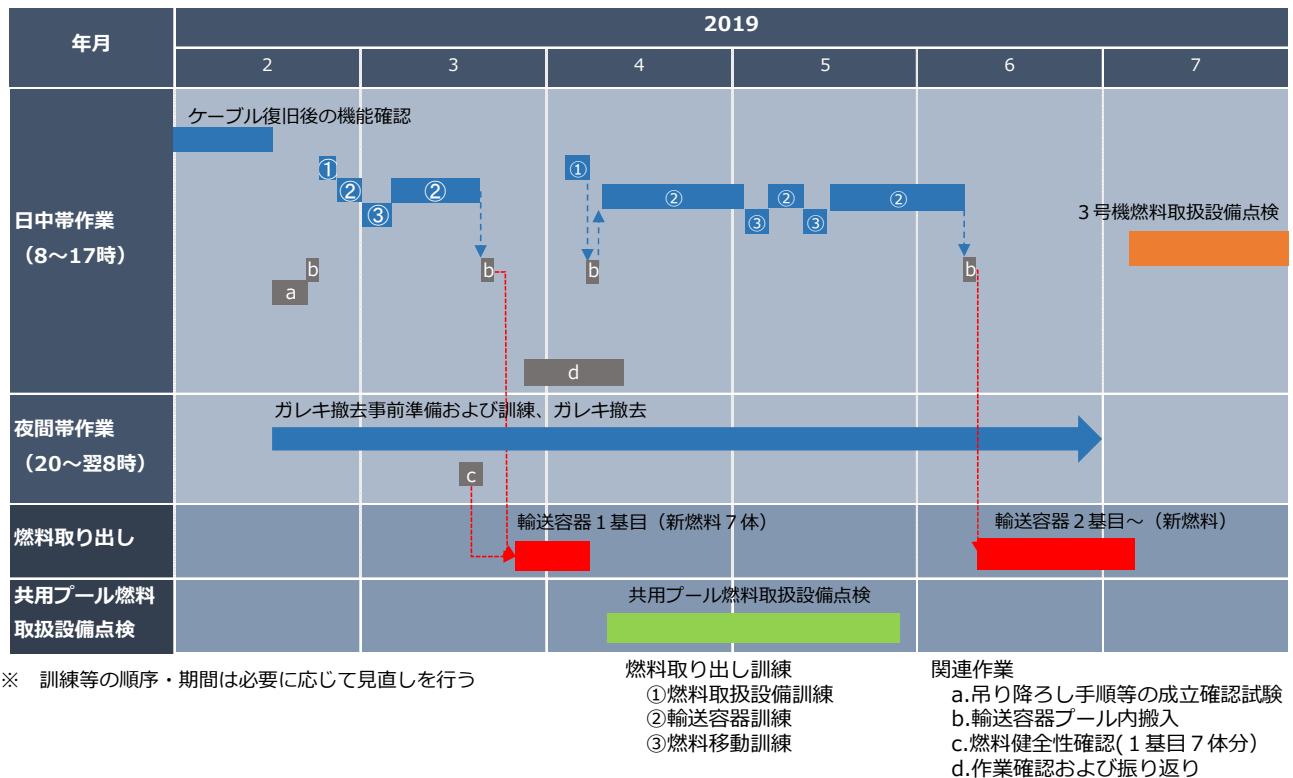
- 燃料取り出し訓練の他、以下の関連作業を燃料取り出し開始前後に行う

関連作業

a.	手動吊り降ろし手順等の成立確認試験	燃料または輸送容器を取扱い中にモータ等が故障した場合に備え、手動操作による吊り降ろし手順等の成立確認の試験を行う
b.	輸送容器プール内搬入	輸送容器を1階からオペレーティングフロア上に吊り上げ、プール内に搬入する
c.	燃料健全性確認	燃料上部のガレキ撤去後、燃料上部に治具を被せハンドルの沈み込み、傾きが無いか確認する
d.	作業確認および振り返り	1基目の燃料取り出しの作業確認および振り返りを行い、必要に応じて手順を改善する

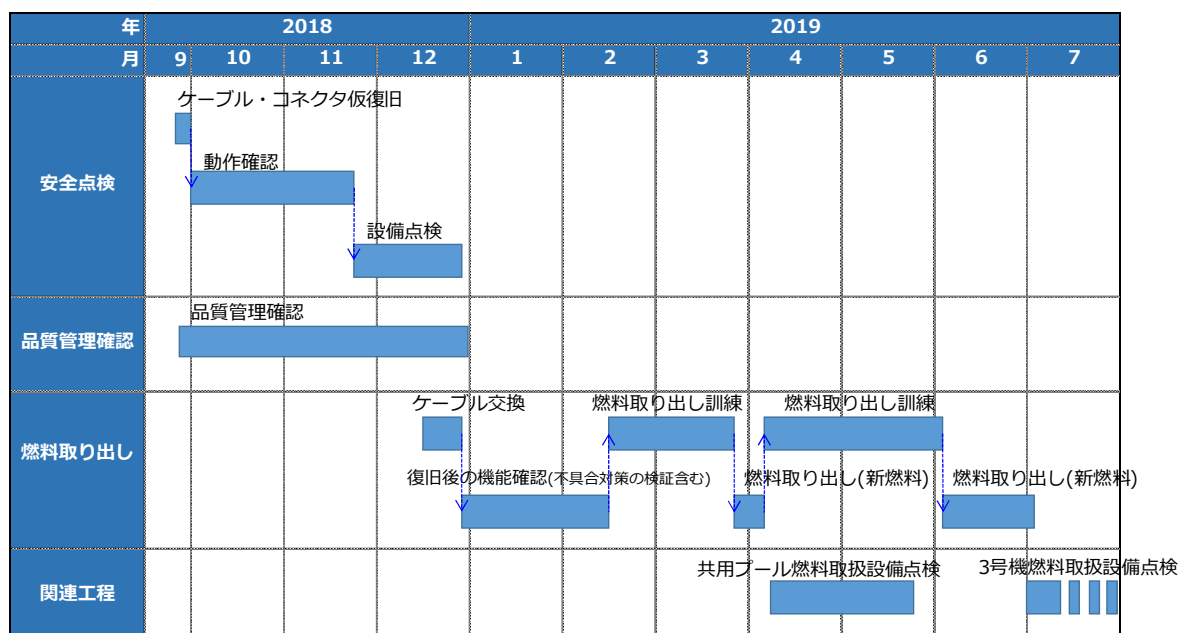
6. 燃料取り出し訓練工程

- 燃料取り出し開始までに行う燃料取り出し訓練等の工程を示す。



7. 今後の予定

- 燃料取扱設備は、不具合発生時も燃料・輸送容器等を落下させないなど安全上の対策を施しているが、万が一燃料取り出し作業中に不具合が発生した場合でも、速やかに復旧出来るよう、手順の策定や訓練、予備品の対策等を進め、万全の体制を整える。
- 燃料取り出しは、工程ありきでなく、安全を最優先に3月末の開始を目標に「復旧後の機能確認」「燃料取り出し訓練」を確実に実施していく。



【事象①】

テンシルトラスの動作確認時、「テンシルトラス ホイスト3ドラム回転異常」*警報が発生し、テンシルトラスホイストが停止した。

*FHMトロリ上部に設置したセンサーでワイヤ巻取時の乱巻きを防止する機構の回転状態を監視。異常があった場合、警報を発報する。

【原因】

警報の発生したホイスト3と正常動作しているホイスト2のセンサーのケーブルをJBOX内で入替え原因調査を実施した結果、ホイスト2側に異常が発生したため、ホイスト3のセンサーの異常と判断した。

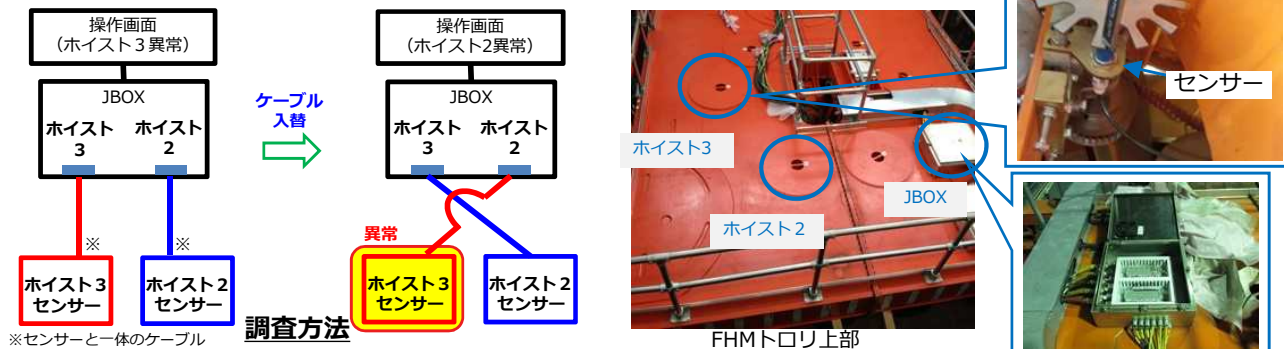
その後の原因調査で、センサー内蔵の電子素子故障と判断した。

【対応】

✓ センサーを交換し、動作確認を実施済

【仮に燃料取り出し中に発生した場合の影響】

✓ 燃料取り出し作業中のガレキ等落下につながる事象ではない。



【事象②】

クレーンの動作確認時、テストウェイト（約49ton）を吊り上げた際にエラーメッセージ「BE2」*が発生しクレーンが停止した。

*主巻巻き上げ操作時、設定時間以内に吊り荷重量相当のトルク電流をインバータが発生させていることを確認する機能。（インバータ電流が規定値以上発生しない等の状態と判断された場合エラーとなる）

類似事象：8月15日 燃料取扱設備試運転中に、エラーメッセージ「BE2」が発生しクレーンが停止した。

【原因】

吊り荷重量とBE2チェック時の巻下げ方向トルクが重畳したことにより、一時的にブレーキ性能を超過した荷重がかかり、クレーンが停止したことが確認できたことから、インバータで定義された動作方向（巻上、巻下）に対してBE2チェック時の動作方向が整合していない。（本来、巻上方向のところ巻下方向でチェック）

【対応】

✓ ソフトの修正、及び修正後の検証を実施済

【仮に燃料取り出し中に発生した場合の影響】

✓ 燃料取り出し作業中のキャスク落下等につながる事象ではない。



ブレーキドラム

【事象③】

マニピュレータの動作確認時、非常時を想定して駆動源を意図的に喪失させ、姿勢が維持されるかを確認した結果、僅かながら姿勢が維持できない※ことを確認した。 ※A：マニピュレータの関節より先が下がる。

なお、通常使用時の駆動源がある状況では本事象は発生しない。 B：マニピュレータの先端部の把持部が徐々に開く。

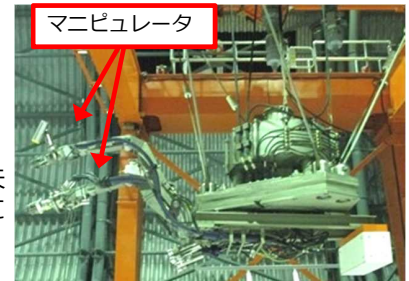
【原因】

駆動部のエアイベント不足若しくはマニピュレータ内に設置されている逆止弁等のリークにて、駆動源喪失時に姿勢が維持できなかった。

【対応】

- ✓ マニピュレータのエアイベントを実施。右腕については逆止弁の交換、左腕についてはマニピュレーター式交換実施済。
- ・ 把持部が徐々に開く事象は解消した。
- ・ 関節（エルボ、手首）より先が下がる事象は、関節（手首）より先が下がる事象に緩和した。万が一ガレキを把持した状態で駆動源が喪失すると、燃料ハンドル部に接触する可能性はあるが、燃料の健全性に影響を与えず、放射線安全上のリスクも無い。

〔確認した最大のコンクリート小ガレキを把持した状態で、マニピュレータ(約100kg)が下がり、万が一燃料に接触したとしても影響がないことを確認している。〕



【今後の対応（信頼性向上策）】

- ✓ 今後の燃料取り出し工程に影響を与えない観点で、電源の信頼性向上（A、B）を検討中。
- ✓ マニピュレーター式を予備品として手配（A）準備中。

【仮に燃料取り出し中に発生した場合の影響】

- ✓ マニピュレータの把持部が徐々に開くため、ガレキ等を落下させる可能性があるが、仮にガレキが落下しても燃料の健全性に影響を与えるものではないため放射線安全上のリスクは無い。

〔使用済燃料に対する影響
確認した最大のコンクリート小ガレキ（450mm×300mm×100mm）を、万が一落下させても使用済燃料に影響がないことを確認している。
・使用済燃料プールライナーに対する影響
模擬燃料集合体（310kg）の気中落下試験の結果、ライニングの凹みによる減肉量は最大0.7mm、割れ等の有害な亀裂は無いとの結果があり、万が一小ガレキを落下させてもプールライナーに影響がないことを確認している。〕

【参考】動作確認で抽出された事象

④水中ポンプ動力ケーブル及び圧力検知用センサーケーブルの絶縁低下

【事象④】

ガレキ撤去装置（吸引装置）を使用済燃料プールに設置後、水中ポンプ動力ケーブルの絶縁抵抗測定を実施した結果、絶縁抵抗が低下していることを確認した。（気中での絶縁抵抗測定時は異常なし）

また、水中ポンプの圧力センサのケーブルでも地絡を確認した。

【原因】

吸引装置を水中から引き揚げ詳細調査を実施し、水中ポンプの分解調査を実施した。

- ・ 外観点検の結果：異常なし
- ・ 分解調査結果 ケーブル側：異常なし
モータ巻き線：絶縁抵抗値低下
内部確認：水分流入の痕跡あり

⇒ シール部からの流入

（他に浸入の痕跡がないこと、シールは消耗品であり、使用に伴い摩耗することから、シール部の劣化と判断した）

【対応】

- ✓ 水中ポンプ及び圧力センサーを予備品と交換
- ✓ 水中ポンプ及び圧力センサー交換し、動作確認を実施済

【仮に燃料取り出し中に発生した場合の影響】

- ✓ 水中ポンプ起動中に電源断等の影響により、ポンプが停止した場合、ホース内にある吸引途中のガレキ（～約φ25mm）が落下する可能性があるが、万が一ガレキが落下したとしても、燃料の健全性に影響を与えないことを確認しており、放射線安全上のリスクはない。



【事象⑤】垂直吊具の水圧供給用カブラのガスケット損傷【図1】

クレーンへの垂直吊具取付作業時、垂直吊具の水圧供給用ホースカブラを接続する際、真っ直ぐ接続出来ず、カブラプラグのガスケットが損傷した。

【対応】

- ✓ 予備のカブラプラグに交換済

【仮に燃料取り出し中に発生した場合の影響】

- ✓ 既に部品を交換し、不具合は解消している。

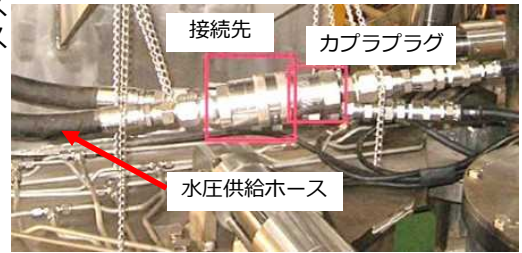


図1 水圧供給用ホース接続イメージ

【事象⑥】

クレーンの動作確認時、ブリッジを西方向（図2→方向）に操作したところ、「トリ動作異常」が発生しクレーンが停止した。（警報はクリア済）

【原因】

当該警報は、操作指令がない状態で一定時間機器位置が変化した場合に発生するもの。

異常検出の時間設定と実動作時の制動距離のミスマッチが原因。

【対応】

- ✓ 異常検出の時間設定の変更、及び検証を実施済。

【仮に燃料取り出し中に発生した場合の影響】

- ✓ 燃料取り出し作業中のカスク落下等につながる事象ではない。

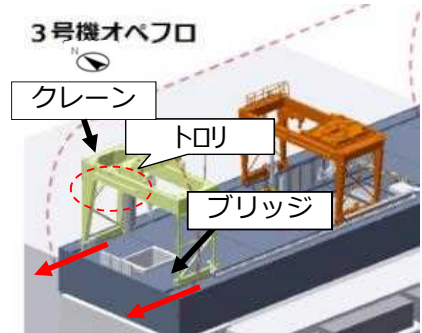


図2 クレーン概要

【事象⑦】

マニピュレータの動作確認時、遠隔操作室の操作卓によりマニピュレータをFRZ（フリーズ）状態※にしたところ、マニピュレータ左腕が50mmほど右に移動した。

※FRZ（フリーズ）：マニピュレータコントローラを操作しても現場のマニピュレータが動かないようにする設定。

【原因】

マニピュレータ内に設置されている駆動水圧供給弁を“開”から“閉”操作時※の圧力変動。

※FRZ操作を実施すると弁が動作するため

【対応】

- ✓ FRZ機能は、可動範囲調整及び細かい作業を実施する際に使用する機能である。周囲に接触の可能性がない状況で使用することで危険を回避可能であるため、当該機能を使用する際には、接触の可能性がない状況で使用する運用とし、手順書に反映した。

【仮に燃料取り出し中に発生した場合の影響】

- ✓ ガレキ撤去作業中のガレキ落下等につながる事象ではない。



現場

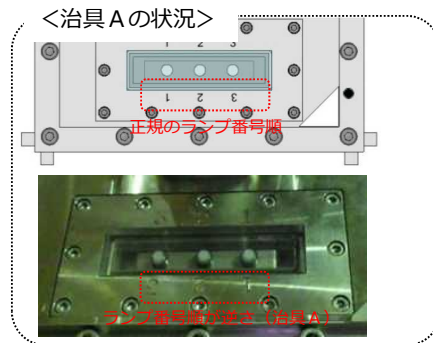


【事象⑧】

燃料健全性確認用治具とは、燃料上部に当てて（垂らす）ハンドル部の状態を確認する装置。
当該治具の健全性を確認した際、燃料ハンドル部の状態等を表示するランプが2台ある治具のうち1台（治具A）は番号順が逆になっていること、1台（治具B・予備機）は不点灯があることを確認した。

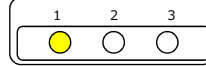


燃料健全性確認用治具

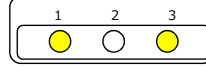


＜治具B（予備機）の状況＞

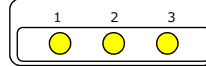
①装置の電源on時の正しい表示



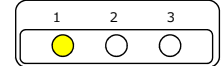
②装置が着座ok時の正しい表示



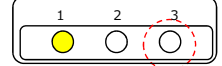
③燃料の健全性ok時の正しい表示



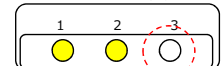
治具B（予備機）で実施した際の表示



不点灯不良



不点灯不良



【原因】

- ・ 治具A：表示プレートに刻印されたランプ番号が逆さになっている。
（2018年7月の点検時に、表示プレートを逆さに取り付けたと推定。）
- ・ 治具B：表示パターンが正しい表示と比較すると不点灯箇所があり、着座センサーの不良。
（共用プールで使用した際は、健全であったため、3号機へ輸送する際の衝撃によりセンサが故障したと判断した。）

【対応】

- ✓ 治具A：表示プレート修正済
- ✓ 治具B（予備）：センサー交換実施済

【仮に燃料取り出し中に発生した場合の影響】

- ✓ 燃料取り出し前に燃料集合体把持部の健全性を確認する治具の不具合であるため影響はない。

©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved.

無断複製・転載禁止 東京電力ホールディングス株式会社

14

【事象⑨】

マニピュレータの動作確認時、右腕のツール交換が遠隔操作にて実施出来ない事象を確認した。

【原因】

ツール側：接続部及びマニピュレータの外観に異常のないことを確認済

マニピュレータ側：接続部及びツールとの外観に異常のないことを確認済

水圧コネクタ（下図●部）が、所定の位置まで挿入できない状態を確認した。

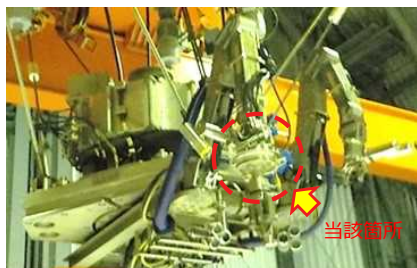
水圧コネクタが所定の位置まで挿入できない原因は、電磁弁のリークの影響により、コネクタ内に圧力がこもり、ツールが交換できない。

【対応】

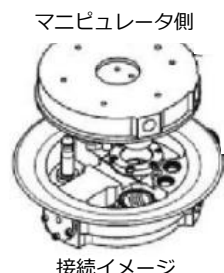
- ✓ 電磁弁を交換し、動作確認を実施済
水圧供給ラインにはフィルターが設置されているため、電磁弁のシート部のあたり不良と判断した。

【仮に燃料取り出し中に発生した場合の影響】

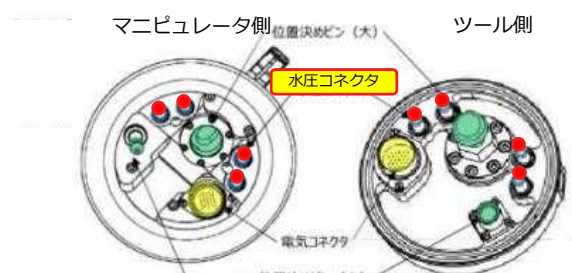
- ✓ 燃料取り出し時ではなく、気中で実施するツール交換時の不具合であるため影響はない。



当該箇所



接続イメージ



【参考】動作確認で抽出された事象

⑩テンシルトラス ホイスト6巻取り異常警報発生

【事象⑩】

テンシルトラスの動作確認時、「テンシルトラス ホイスト6巻取り異常」*警報が発生し、テンシルトラスホイストが停止した。

*ワイヤを収納するドラムの状態を監視しており、ワイヤ巻取状態に異常があった場合に警報を発報する。

【原因】

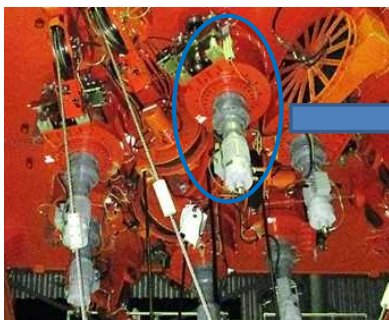
- ✓ ワイヤ巻取状態異常を検出するセンサー（リミットスイッチ）の検出位置調整不良。

【対応】

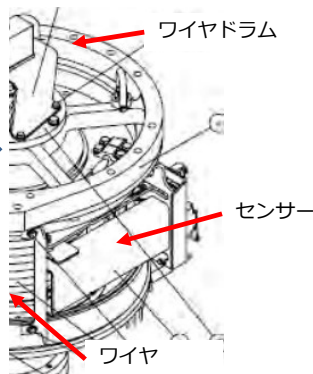
- ✓ センサーの検出定位置調整を実施済

【仮に燃料取り出し中に発生した場合の影響】

- ✓ 燃料取り出し作業中のガレキ等落下につながる事象ではない。



FHMトロリ下部



テンシルトラス吊り上げ状態

©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved.

無断複製・転載禁止 東京電力ホールディングス株式会社

【参考】動作確認で抽出された事象

⑪クレーンの移送モードにおける動作不良

【事象⑪】

中型移送容器移送中に、以下2件の事象が確認された。

- ・移送モードで中型移送容器（キャスク）の吊り上げ、吊り下げを実施した際に動作制限が掛かり、動作できなかった。
- ・移送モードで中型移送容器（キャスク）を使用済燃料プール脇まで移動させた際に、設定されている位置で停止しなかった。

（なお、手動にて停止を行い、中型移送容器キャスク輸送範囲からの逸脱はなかった。）

中型移送容器については、手動操作にて所定の位置（移送容器支持架台上）に着座済み

※移送モード：中型移送容器（キャスク）をクレーンの主巻で吊り上げた状態で、使用済燃料の上部を通過しないように可動範囲制限を掛けるモード

【原因】

- ✓ クレーン運転モード移行条件が成立していない状態※で、モード移行を実施したため、動作不良が発生

※モード移行条件：主巻・補巻きが待機位置にあること。

【対応】

- ✓ クレーン補巻きが待機位置であることを確認後、モード移行を実施する手順に見直し。手順書に反映済。
- ✓ 移送モードのゾーン（吊り上げ・吊り下げ）設定値の変更（主巻の待機位置変更）を実施済。



【仮に燃料取り出し中に発生した場合の影響】

- ✓ 燃料取り出し作業中のキャスク落下等につながる事象ではない。

©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved.

無断複製・転載禁止 東京電力ホールディングス株式会社

【事象⑫】

ラック内のダミー燃料を把持しキャスクへ移動する操作を行っている最中、複数の警報が発生し機器が自動停止した。また、ITVの映像も映らなくなり、監視不能状態となった。

なお、ダミー燃料は直下に実際の燃料が無い場所を移動する計画としており、さらには、FHM（マスト）は燃料を把持した状態を維持する構造となっている。

【原因】

所内共通ディーゼル発電機(B)系統の電源設備点検に伴い電源停止を実施したところ、下流側の「3号機FHM用光ケーブル集約SW電源」も停止。これに伴い、遠隔操作信号、監視用ITV信号等について制御盤と遠隔操作室間の伝送が停止したため、自動停止した。

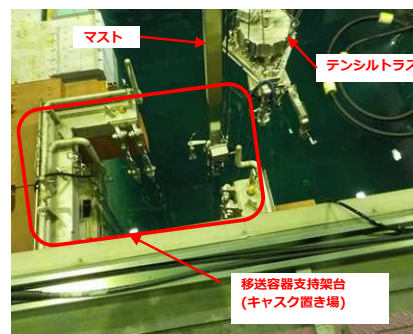
「3号機FHM用光ケーブル集約SW電源」の情報が設備図書である単線結線図に未反映であったため、電源停止範囲の検討にあたり3号機FHM用光ケーブル集約SWが停止負荷との認識に至らず、関係各所と未調整のまま電源停止に至った。

【対応】

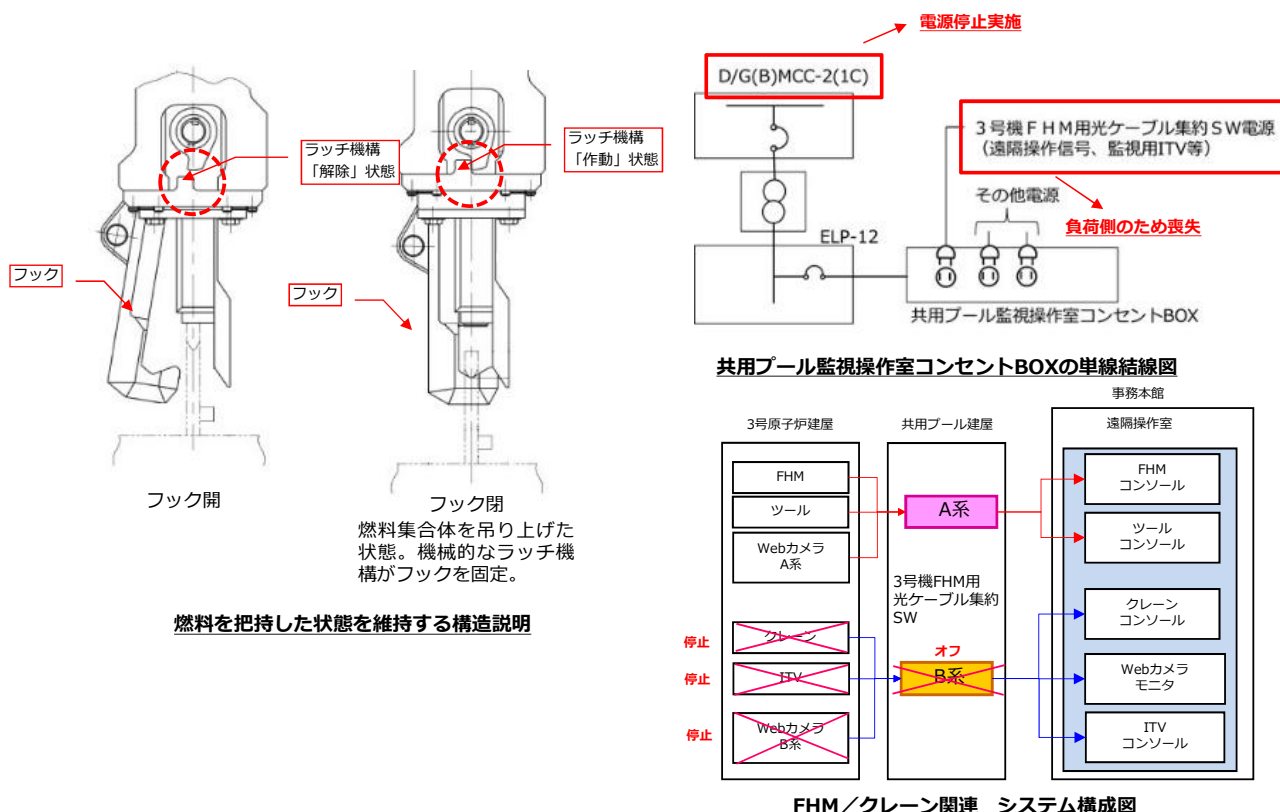
- ✓ 当該負荷の情報を至急単線結線図に反映し、情報を共有する。（実施済み）
- ✓ 再発防止策として、新たに電源を使用する際の設備図書への反映期限等のルールをガイドにて明確にする。

【仮に燃料取り出し中に発生した場合の影響】

- ✓ 燃料を吊った状態においては、FHMマストのフックはラッチ機構により機械的に固定され開かない構造。FHMが自動停止したとしてもフックが外れて燃料が落下することは無い（次紙参照）



自動停止後におけるマスト(燃料取扱機)の状態



【事象⑬】

垂直吊具で中型移送容器（キャスク）を把持するため、使用済燃料プール内キャスクプールピットに垂直吊具を下降させていたところ、垂直吊具主アームと水中カメラが接触した。
接触の影響確認として、水中カメラ健全性を確認した結果、上下首振り動作ができないことを確認した。

【原因】

垂直吊具アームの降下作業と水中カメラの操作の連携が手順書に記載されていなかったため、垂直吊具アームと水中カメラが接触した。

【今後の対応】

- ✓ 燃料取り出し作業手順書に以下の内容を反映した。
 - ⇒垂直吊具上昇・下降操作時に接触する可能性のある箇所について具体的な高さを明記。
 - ⇒垂直吊具が通過する高さの前に水中カメラを接触しない位置に移動する。
- ✓ 水中カメラの交換を実施済。

【仮に燃料取り出し中に発生した場合の影響】

複数の監視用 I T V があることから、作業は継続可能。



【事象⑭】

FHMテンシルトラスに使用しているボルトの締結状況を確認するために、巻き下げ操作を実施したところ警報が発生し、巻き下げ・巻き上げが出来ない事象を確認した。

【推定原因】

速度検出器、コネクタ（ケーブル）、変換器等について調査を実施。
エラーログから、テンシルトラス 5 / 6 の速度検出器に関するエラーコードが確認されたため、テンシルトラス 5 / 6 に関連する箇所に不具合要因があるものと推定した。
エラーログを確認した結果、変換器～速度検出器間信号の一時的な伝送不良が前日に発生し、そのエラーがリセットされなかったため巻き上げ下げ操作が不能となったことが確認された（操作卓リセットだけではなく電源再起動(初期化)が必要であったことが判明）。
速度検出器単体および信号ケーブルには電気特性異常は確認されなかった。
機外コネクタ排除のための機外ケーブル交換修理後、同信号ケーブル電気特性に異常はなく、機器動作試験を行っても事象再発はない。

【対応】

一時的な信号異常の場合は、初期化を行うことで復旧が可能であるため手順書に反映した。なお、再起動ができない場合は、エラーログ解析により関連する変換器等を予備品と交換することで対応する。

【仮に燃料取り出し中に発生した場合の影響】

ガレキ撤去作業中のガレキ落下等につながる事象ではない。

