

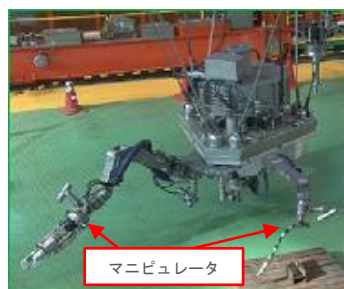
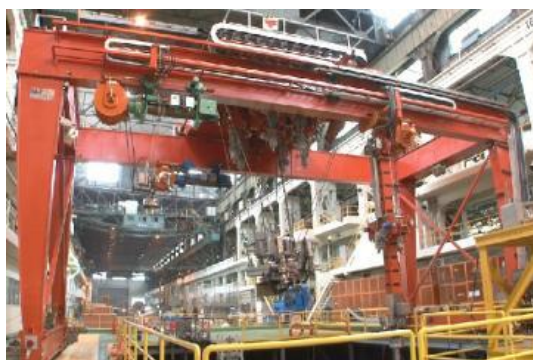
3号機燃料取扱設備の不具合について

燃料取扱設備（燃料取扱機およびクレーン）の概要

燃料取扱機およびクレーンの概要

① 燃料取扱機

テンシルトラス※に設置された2本のマニピュレータ※と補助ホイストに各種ツールを接続してがれきの撤去を行います。また、燃料把握機で燃料集合体のハンドル部をつかみラックから引き抜き、使用済燃料プール内に置いた構内輸送容器に装填する作業も行います。



テンシルトラス



補助ホイスト



燃料取扱機ツール類
(つかみ具)



燃料取扱機ツール類
(カッター)



燃料把握機

② クレーン

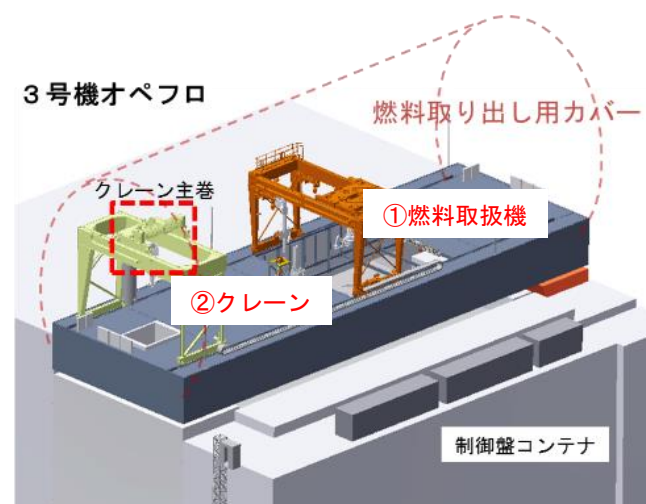
燃料を装填した構内輸送容器の蓋の締め付けと使用済燃料プールから地上階への移送を行います。



クレーンツール類
(吊具)



クレーンツール類
(構内輸送容器締付装置)



※ テンシルトラス：マニピュレータの位置を動かしてプール内の小がれきを撤去するための装置

※ マニピュレータ：人間の腕や手先と同様の運動機能を持つ装置

2018年3月15日の試運転開始以降8月までに発生した不具合

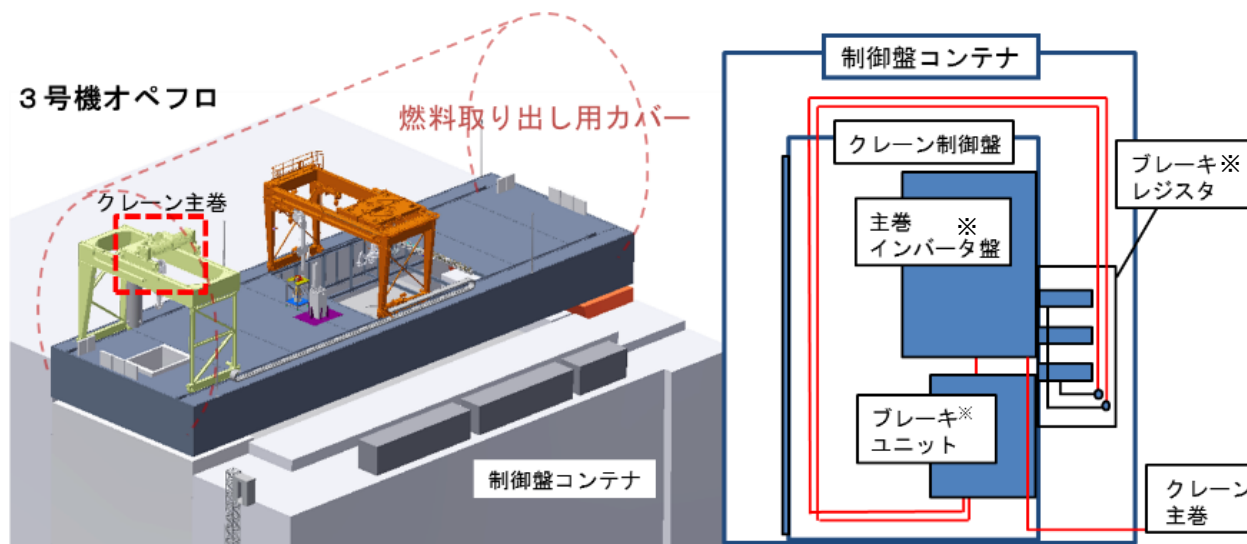
主なトラブルと対応状況 ①

クレーンの不具合の発生

▶ 発生事象

2018年5月11日、クレーン試運転において、主巻の巻下げ停止操作をしていたところ、原子炉建屋オペレーティングフロアに設置してある制御盤コンテナ内から異音が発生し、クレーンが停止。異音の発生したクレーン主巻インバータ※の内部を確認したところ、内部にすすが付着していました（消防署より「非火災」との判断）。

翌日、調査を行ったところ、クレーン制御盤背面のブレーキレジスタ※において、端子台の絶縁物が溶けていることとボルトの頭部が溶融していることを確認しました。



主巻インバータ内部のすす（5月11日）



ブレーキレジスタ内部写真



ブレーキレジスタ内の損傷（5月12日）

※ インバータ：電動機の電源周波数を自在に変えることで電動機の回転数を制御する装置

※ ブレーキレジスタ：ブレーキユニット（※）から回生電流（※）を受けて熱に変換し、インバータの電圧上昇を抑える素子

※ ブレーキユニット：クレーン主巻動作により発生する回生電流が一定値を超えたとき、ブレーキレジスタ側へ逃がす回路

※ 回生電流：モータが発電機として動作したときにモータから逆流する電力。

2018年3月15日の試運転開始以降8月までに発生した不具合

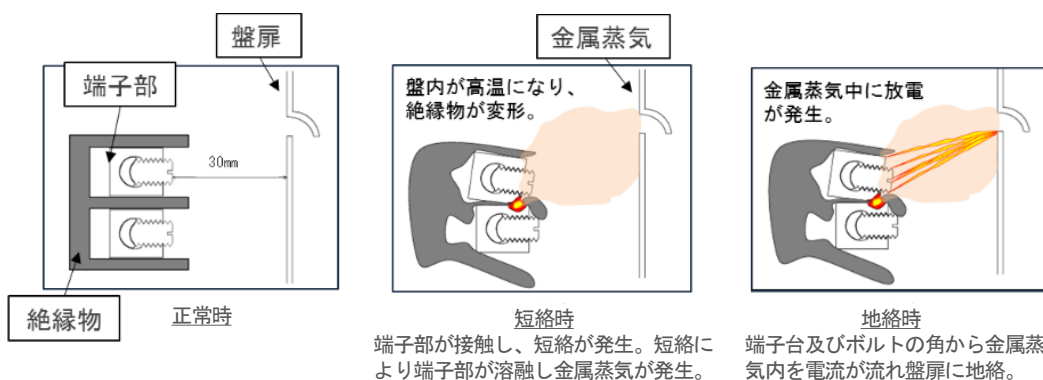
主なトラブルと対応状況 ①

▶ 調査により推定される原因

調査の結果、ブレーキユニットのパラメータ設定が、米国出荷時の低い設定（米国での電源電圧380Vに合わせた設定）のままとなっていたことが判明しました。

そのため、ブレーキレジスタ※に連続して電流が流れる状態となっており、ブレーキレジスタ盤内が高温となり、端子台の絶縁物に変形し、端子台で短絡が発生。短絡時の放電により、ブレーキレジスタ盤扉と端子台間で地絡が発生し、ブレーキレジスタから主巻インバータ※へ短絡・地絡電流が流れ、インバータが損傷したと推定されます。

端子台を横から見たイメージ



▶ 対策を実施し、試運転を再開

不具合原因調査を経て、以下の対策を実施し、クレーンの試運転を2018年7月14日再開しました。

- 発電所の電源電圧（480V）に合わせたブレーキユニットのパラメータ設定に変更
- 損傷した部品の交換
- ブレーキレジスタ端子台接続部の改良（端子間距離を離す。絶縁物を耐熱仕様に変更等）

※ ブレーキレジスタ：ブレーキユニットから回生電流を受けて熱に変換し、インバータの電圧上昇を抑える素子

※ インバータ：電動機の電源周波数を自在に変えることで電動機の回転数を制御する装置

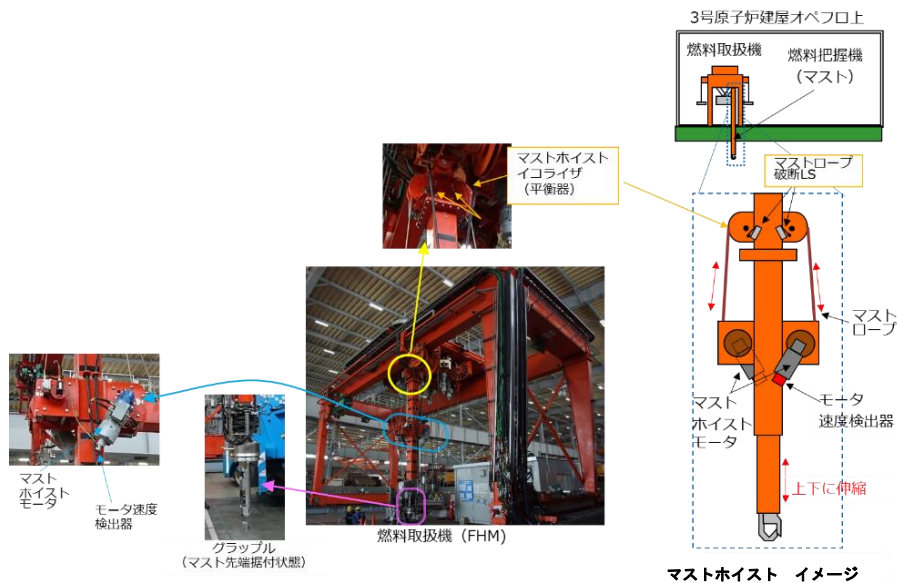
2018年3月15日の試運転開始以降8月までに発生した不具合

主なトラブルと対応状況 ②

燃料取扱機の不具合の発生

▶ 発生事象

2018年8月8日、燃料取扱機において、原子力規制委員会による使用前検査を行っていたところ、燃料取扱機マストホイス※の制御に係る異常の警報が発生。動作不能となりました。

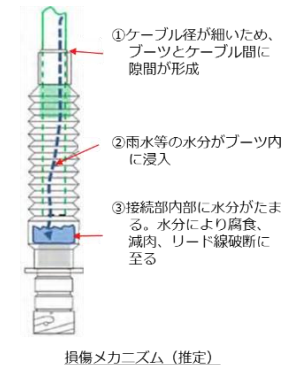
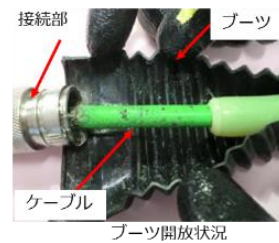


※マストホイス：プール内の燃料を把持し、持ち上げ運搬する装置。マストホイスモーターで マストロープを出し入れすることで上下に伸縮する。マストロープは2本あり、万が一、片方のロープが破断したとしても、もう片方のロープで燃料等の保持は可能。片方のロープが破断したときには、マストホイスイコライザ（平衡器）が傾き、破断を検知することができる。

※グロメット：ブーツとケーブルの間に挿入する管

▶ 調査結果

- 外観確認、動作確認の結果、ロープの破断、制御系機器に損傷は確認されませんでした。
- マストホイスモーター速度検出器につながるケーブルに断線、地絡傾向、短絡傾向を確認しました。
- 分解調査の結果、接続部内部に断線を確認しました。
- 雨水浸入防止等のためのブーツの内部が湿っていることを確認しました。



制御ケーブルの断線は、ブーツの隙間から接続部内部に雨水等が浸入したため、水分により腐食し、破断（断線）に至ったと推定されます。燃料取扱機の停止は、制御装置が、制御ケーブルの断線を検知したことにより制御系の異常と判断し、停止に至ったと考えられます。これらの調査結果を受けて、類似箇所76ラインについて、調査した結果、11ラインに抵抗値の異常を確認しました。その他防塵対策用グロメット※が組み込まれていないものを確認しました。

▶ 対策

接続部内部への浸水リスクを排除できないことから、異常の確認された11ラインに加え燃料取り出し用カバー外へつながるケーブル112ラインについてケーブルの交換を実施しました。

2018年3月15日の試運転開始以降8月までに発生した不具合

主なトラブルと対応状況 ③

クレーンの不具合の発生

▶ 発生事象

2018年8月15日、クレーンを用いて資機材を片付けていたところ、制御系の異常を示す警報が発生。クレーンが停止しました。

8月16日、吊り上げた資機材が定格荷重(50.0t)を超過(約50.9t)していたことが判明しました。なお、クレーンは定格荷重の125%での落成検査に合格しています。

警報は、荷重制限に関するものではなく、主巻のブレーキ状態を示すものであり、外観上は、異常など特段の問題は確認されていません。



クレーン全景



テストウエイト

▶ 調査結果

○ 制御系異常について

- ・ 無負荷の状態での動作確認では異常はない状況であり、現在、原因調査中です。
- ・ 但し、過荷重により、警報が発生したわけではないことは確認できております。(再現性あり)

○ 超過荷重の取扱いについて

- ・ 調査の結果、模擬燃料取扱箇所の当社監理員は、模擬燃料とテストウエイトを合わせて定格荷重以内で吊れると思い込み、テストウエイト取扱箇所の当社監理員へ連絡しなかったため、定格荷重の超過について、テストウエイト取扱箇所の当社監理員は事前に労働基準監督署に確認しなかったことが原因でした。
この調査結果を受け、作業でクレーンを使用する場合、定格荷重以内であること等をしっかり確認することを徹底するとともに、やむを得ず定格荷重を超過して吊り上げる場合、事前に労働基準監督署へ確認することを徹底し、所内及び協力企業へ周知・水平展開していくという再発防止策を実施していきます。
この事象については、2018年9月5日、富岡労働基準監督署から「指導票」により改善を指導され、9月28日発生原因及び再発防止対策について報告しました。

▶ 原因

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。

▶ 対策

ソフトの修正、および修正後の検証を実施済。

※ インバータ：電動機の電源周波数を自在に変えることで電動機の回転数を制御する装置

※ BE2：ブレーキがかかった状態でモータに規定のトルク相当の電流が設定時間以内に到達しない場合、異常とみなす制御盤の表示。

安全点検中に発生した不具合

安全点検の状況と点検中に発生した不具合

安全点検の状況

No.	発生事象	原因（概要）	対策（概要）	状況	完了予定時期
①	燃料取扱機テンシルトラスのホイスト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。	センサー交換	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	燃料取扱機の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	対応済	完了
④	燃料取扱機の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	ポンプシール部からの流入により、絶縁抵抗が低下した。	水中ポンプ・センサー交換	対応済	完了
⑤	クレーンの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	燃料取扱機の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:点検時にプレートを逆さに取付けた。 B:着座センサーの不良。	A:表示プレート修正 B:センサー交換	対応済	完了
⑨	燃料取扱機のマニピュレータ関連ツール交換不良事象	電磁弁のリークにより、接続コネクタへの圧力のこもり。	電磁弁交換	対応済	完了
⑩	燃料取扱機テンシルトラスのホイスト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燃料取扱機の停止について	設備情報が配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。	配線図に反映	対応済	完了
⑬	構内輸送容器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	燃料取扱機テンシルトラス巻き下げ操作時の動作不良	エラーログから、テンシルトラス5/6に共通する箇所の不具合要因があるものと推定。	ケーブル交換、回路健全性確認	対応済	完了

※ テンシルトラス：マニピュレータの位置を動かしてプール内の小がれきを撤去するための装置

※ インバータ：電動機の電源周波数を自在に変えることで電動機の回転数を制御する装置

※ インターロック：誤操作や誤動作による事故を防止するための仕組み。電子レンジで、扉が開まらないと調理が開始されない仕組みなど。

※ ツール：つかみ具、吊具など

※ ドラム：円筒形の部品

※ マニピュレータ：人間の腕や手先と同様の運動機能を持つ装置

※ ガasket：気密性、液密性を持たせるために用いる固定用シール材

※ エアイベント、エア抜き：配管や機器内部の空気を抜くこと

※ リーク：漏えい

※ シール部：密封部

※ プラグ：結合するための部品

※ カブラ：クレーン側水圧ホースと駆動源側の水圧ホースを接続するための部品

※ ホイスト：荷の巻き上げ、巻き下げを行う機械

※ コネクタ：接続部品

※ センサー：検出器

安全点検中に発生した不具合

発生した不具合事象 ①

燃料取扱機テンシルトラスのホイスト3ドラム回転異常

▶ 発生事象

2018年9月29日、テンシルトラス※を500～1000mm降下させた際に「テンシルトラスホイスト※3ドラム回転異常」の警報が発生し、停止しました。

テンシルトラスホイスト3ドラム回転異常とは、燃料取扱機トロリ※上部にあるセンサーでホイスト3ドラムの回転状態を確認しており、回転状態に異常があった場合に発報する警報です。

▶ 対応状況

警報の発生したホイスト3のセンサー※につながっているケーブルと、正常動作しているホイスト2のセンサーのケーブルを入れ替えたところ、ホイスト2側に異常が発生し、ホイスト3側の異常がないことを確認。これより、ホイスト3のセンサーの異常が原因であることを確認しました。対策としてセンサーの交換と動作確認を行いました。



燃料取扱機トロリ上部

※ テンシルトラス：マニピュレータの位置を動かしてプール内の小がれきを撤去するための装置

※ テンシルトラスホイスト：テンシルトラスを巻き上げ、巻き下げする装置

※ トロリ：台車

※ センサー：検出器

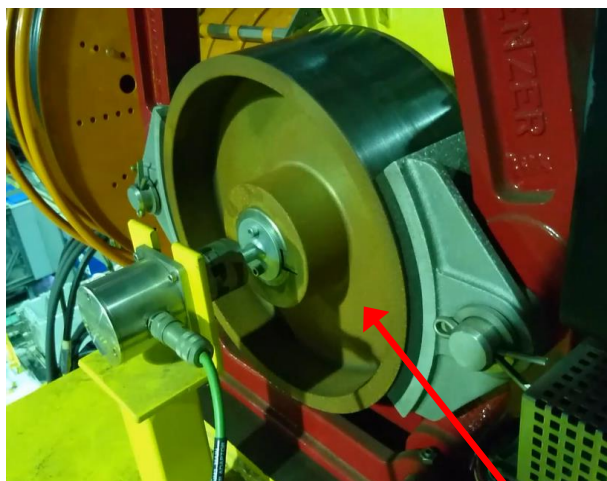
安全点検中に発生した不具合

発生した不具合事象 ②

クレーンでのエラーメッセージ発生

▶ 発生事象

2018年10月10日、テストウェイト（約49トン）を用いたクレーンの動作確認の際、テストウェイトの吊上げ時にエラーメッセージが発生し、クレーンが停止しました。このエラーメッセージは、8月15日の資機材片付け中に発生したエラーメッセージと同一のものであり、クレーンを動作させる際、ブレーキの動作に異常があることを示すものでした。



ブレーキドラム

ブレーキドラム

▶ 対応状況

ブレーキドラム※の動きを確認した結果、重量物を吊った状態でブレーキドラムが0.5回転程度回転し、その後エラーメッセージが発生、クレーンが停止したことを確認しました。2018年8月15日も同事象が発生したと推定されます。

事象発生以降、速度検出器・ケーブル・ブレーキ等のハード面点検に加え、海外メーカーに対するソフト面調査を行いました。

インバータ※で定義された動作報告に対して、チェック時の動作方向が整合していないことが原因と判明しました。

対策として、ソフトの修正（動作方向整合）及び修正後の検証を実施しました。

※ ドラム：円筒形の部品

※ インバータ：電動機の電源周波数を自在に変えることで電動機の回転数を制御する装置

安全点検中に発生した不具合

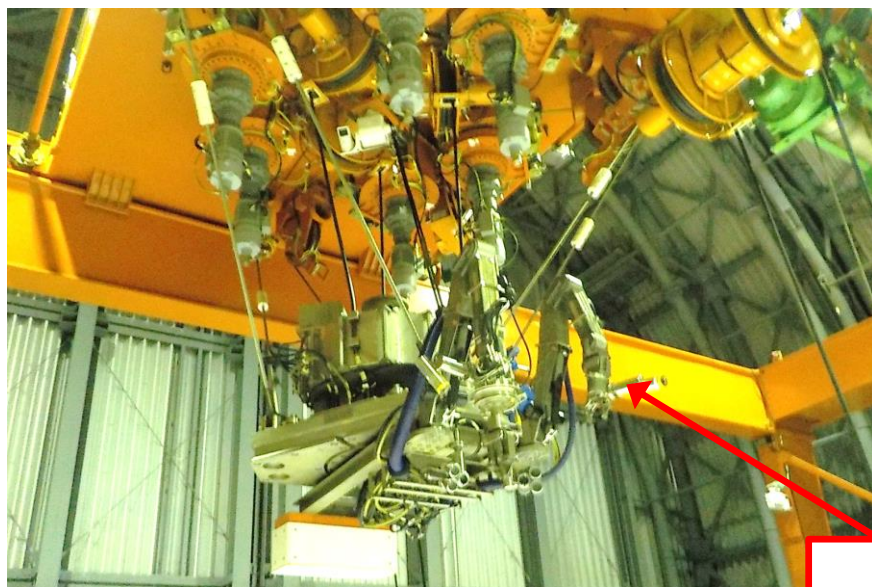
発生した不具合事象 ③

燃料取扱機の駆動源喪失時のマニピュレータの挙動

▶ 発生事象

2018年10月12日、小がれき等の撤去を行うマニピュレータ※の駆動源を意図的に喪失させ、姿勢を維持するか動作確認を実施しました。

その結果、マニピュレータの先端部の関節が徐々に下がる状況や、つかみ具が徐々に開くという、僅かながら姿勢を維持できないことを確認しました。



燃料取扱機

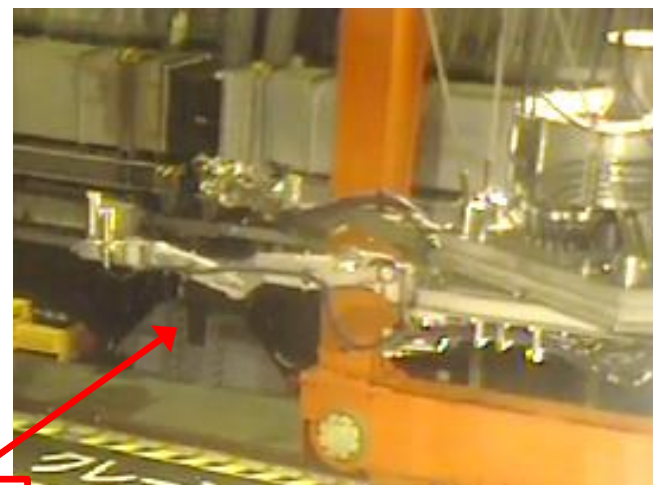
マニピュレータ

▶ 対応状況

調査の結果、駆動部のエアイベント※不足、も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、駆動電源喪失時に駆動圧力が保てず、姿勢が維持できなかったことが原因であることを確認しました。

対策として、マニピュレータのエアイベントを実施し、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を交換しました。これにより、把持部が徐々に開く事象は解消しました。

なお、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ました。万一がれきを把持した状態で駆動電源が喪失すると、燃料ハンドル部に接触する可能性もあるが、燃料の健全性に影響を与えず、放射線安全上のリスクはないことを確認しています。



- ※ マニピュレータ：人間の腕や手先と同様の運動機能を持つ装置
- ※ エアイベント、エア抜き：配管や機器内部の空気を抜くこと
- ※ リーク：漏えい

安全点検中に発生した不具合

発生した不具合事象④

燃料取扱機の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

▶ 発生事象

2018年10月17日、がれき撤去装置（水中ポンプを用いた吸引装置）を使用済燃料プールへ設置後に、水中ポンプへ繋がるケーブルの絶縁抵抗測定を実施した結果、当該ポンプ側の絶縁低下を確認しました。また、水中ポンプに付属している圧力センサー※へ繋がるケーブルでも地絡を確認しました。

▶ 対応状況

がれき撤去装置を水中から引き揚げ、外観点検を実施し、傷等ないことを確認しました。水中ポンプを分解点検したところ、ケーブル側は異常がなかったものの、モータ巻き線は絶縁抵抗値が低下しており、内部確認の結果水分が流入した可能性が高いことから、シール部※から水分が流入したと想定しています。

対策として水中ポンプ及び圧力センサーを予備品と交換しました。交換後の動作確認試験を2019年1月27日に完了しました。



がれき撤去装置

※ センサー：検出器
※ シール部：密封部

安全点検中に発生した不具合

発生した不具合事象 ⑤

クレーンの垂直吊具の水圧供給用カプラのガスケット損傷

▶ 発生事象

2018年10月19日、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のカプラを接続しようとしたところ、真っ直ぐに接続出来ず、カプラプラグ※のガスケットを損傷しました。

▶ 対応状況

損傷したカプラプラグは、予備のカプラプラグに交換を実施しました。交換し、不具合が解消していることから、燃料取り出し作業に影響はありません。



水圧供給用ホース接続イメージ

※ カプラプラグ：ホースの接続具

安全点検中に発生した不具合

発生した不具合事象 ⑥

クレーン動作時に動作異常の警報発生

▶ 発生事象

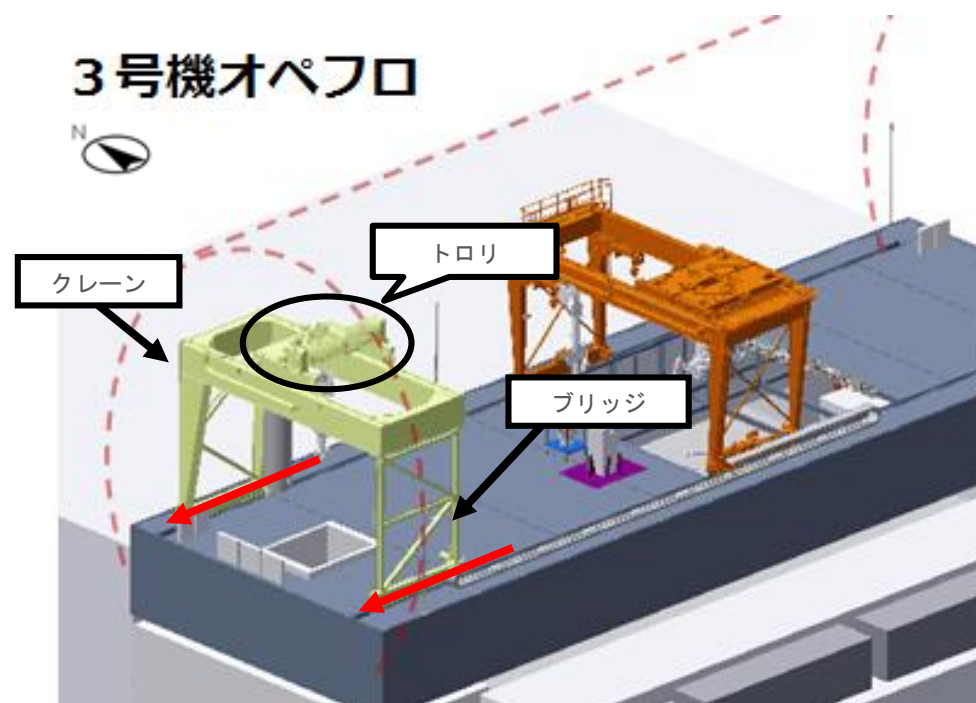
2018年10月19・22日、11月1・3日、クレーンブリッジを西方向（←の方向）に操作をしていたところ、操作していないトロリ※の動作異常を示す警報が発生し、クレーンが停止しました。警報は、操作指令がない状態で一定時間機器位置が変化した場合に発生するものです。

※トロリ：台車

▶ 対応状況

異常検出の時間設定と実動作時の制動距離の不整合が原因であると確認しました。

対策として、異常検出の時間設定を変更し、検証を実施しました。



クレーン概要

安全点検中に発生した不具合

発生した不具合事象 ⑦

燃料取扱機のマニピュレータ関連動作不良事象

▶ 発生事象

2018年10月22日、マニピュレータ※の動作確認時に、遠隔操作室の操作卓によりマニピュレータをフリーズ状態（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）にしたところ、マニピュレータ左腕が50mmほど右に移動しました。

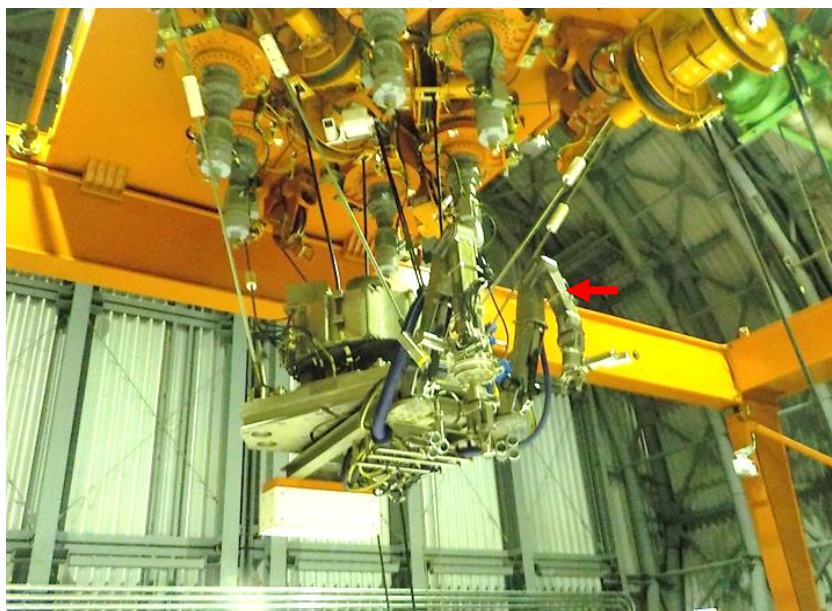
▶ 対応状況

調査の結果、フリーズ操作を実施すると弁が動作するため、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”操作時の圧力変動によりマニピュレータに力が加わることが原因であると確認しました。

フリーズ機能は、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り、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、手順書に反映しました。

※ マニピュレータ：人間の腕や手先と同様の運動機能を持つ装置

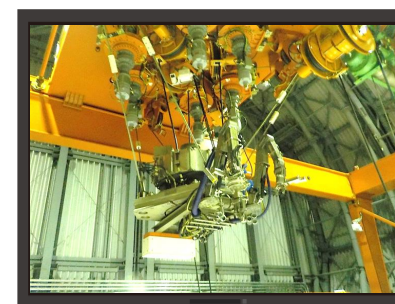
現場



遠隔操作



遠隔操作室操作卓



マニピュレータ
コントローラ

安全点検中に発生した不具合

発生した不具合事象 ⑧

燃料健全性確認用治具の状態表示不良

▶ 発生事象

2018年10月23日、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である、燃料健全性確認用治具の健全性を確認したところ、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）は番号順が逆さになっていること、1台（治具B・予備機）は不点灯があることを確認しました。

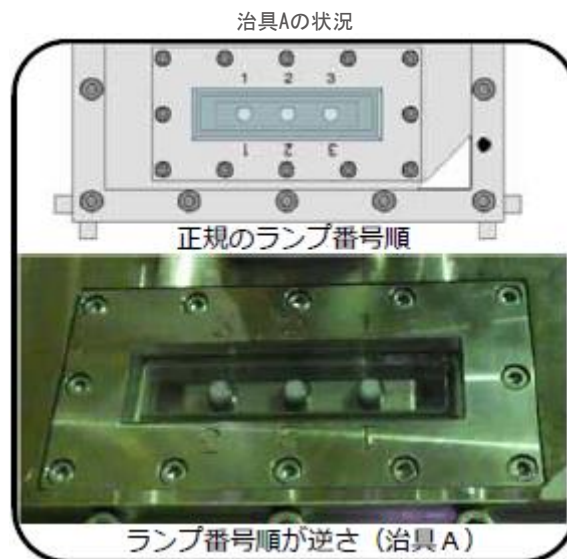
▶ 対応状況

治具Aは、表示プレートに刻印されたランプ番号が逆さになっており、2018年7月に実施した点検時に、表示プレートを逆さに取り付けたと推定されます。そこで、表示プレートの取付を修正しました。
治具Bは、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、センサー※の不良であることが確認されたため、センサーの交換を実施しました。

※ センサー：検出器



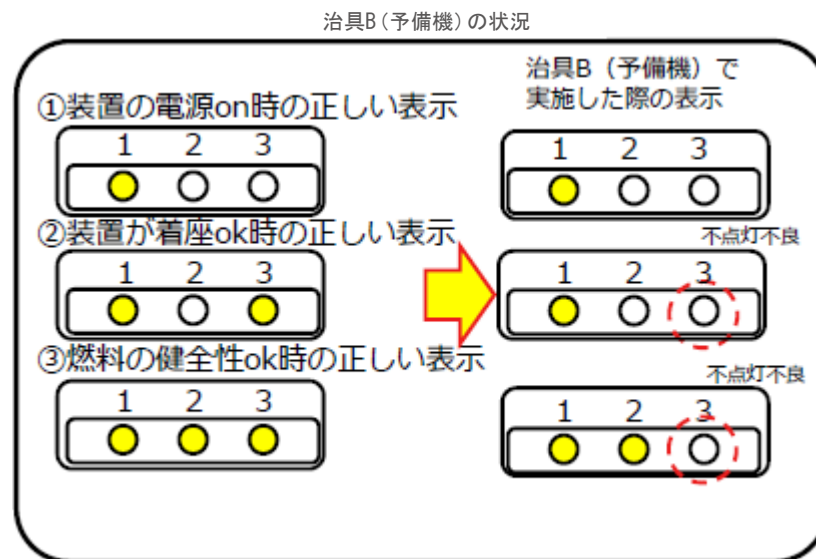
燃料健全性確認用治具



治具Aの状況

正規のランプ番号順

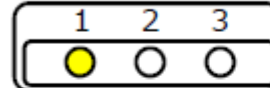
ランプ番号順が逆さ（治具A）



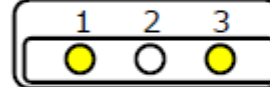
治具B（予備機）の状況

治具B（予備機）で実施した際の表示

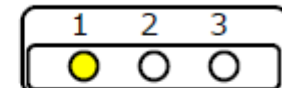
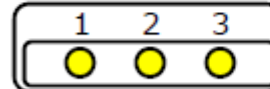
①装置の電源on時の正しい表示



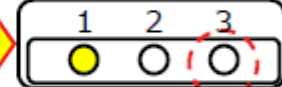
②装置が着座ok時の正しい表示



③燃料の健全性ok時の正しい表示



不点灯不良



不点灯不良



安全点検中に発生した不具合

発生した不具合事象 ⑨

燃料取扱機のマニピュレータ関連ツール交換不良事象

▶ 発生事象

2018年10月30日、燃料取扱機のマニピュレータ※の動作確認時に、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ました。

▶ 対応状況

調査の結果、ツール側は、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しました。マニピュレータ側は、接続部及びツールとの外観に異常のないことを確認しました。その中で、水圧コネクタ※が、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、所定の位置まで挿入できない状態を確認しました。

対策として電磁弁を交換し、動作確認を実施しました。

※ マニピュレータ：人間の腕や手先と同様の運動機能を持つ装置

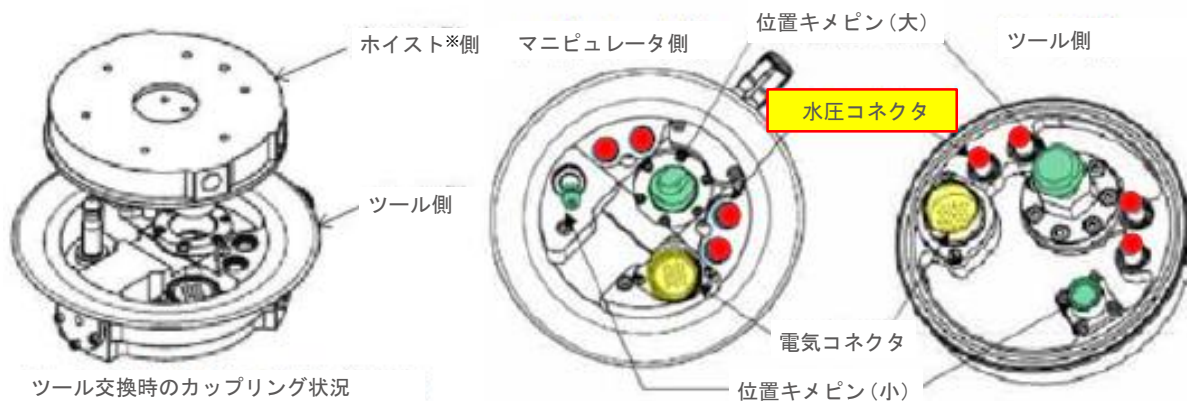
※ ツール：つかみ具、吊具など

※ コネクタ：接続部品

※ ホイスト：荷の巻き上げ、巻き下げを行う機械



燃料取扱機マニピュレータ



安全点検中に発生した不具合

発生した不具合事象 ⑩

燃料取扱機テンシルトラスのホイスト※6巻き取り異常警報発生

▶ 発生事象

2018年11月5日、燃料取扱機テンシルトラス※の吊り上げ動作確認時、ワイヤの巻き取り異常を示す警報が発報し、テンシルトラスが停止しました。

▶ 対応状況

調査の結果、ワイヤ巻き取り状態異常を検出するセンサーの検出位置調整不良であることを確認しました。

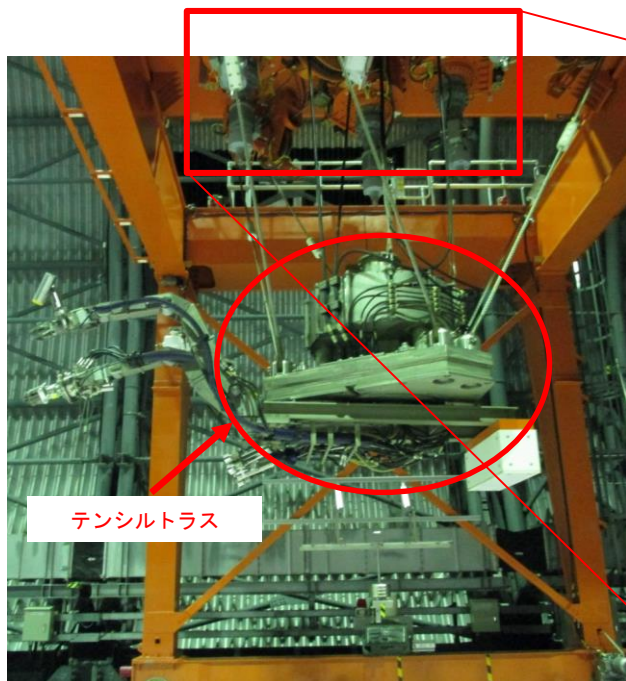
対策として、センサー※の検出位置調整を実施しました。

※ ホイスト：荷の巻き上げ、巻き下げを行う機械

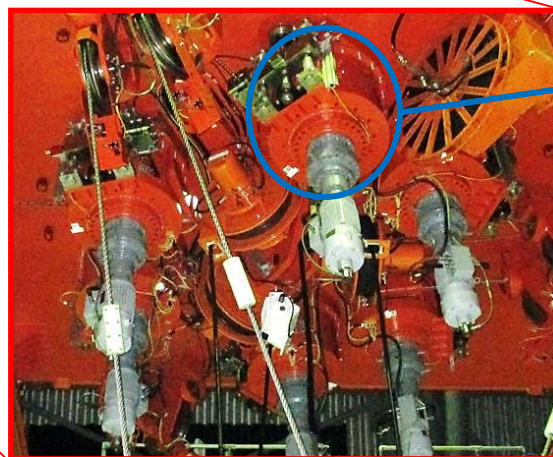
※ テンシルトラス：マニピュレータの位置を動かしてプール内の小がれきを撤去するための装置

※ センサー：検出器

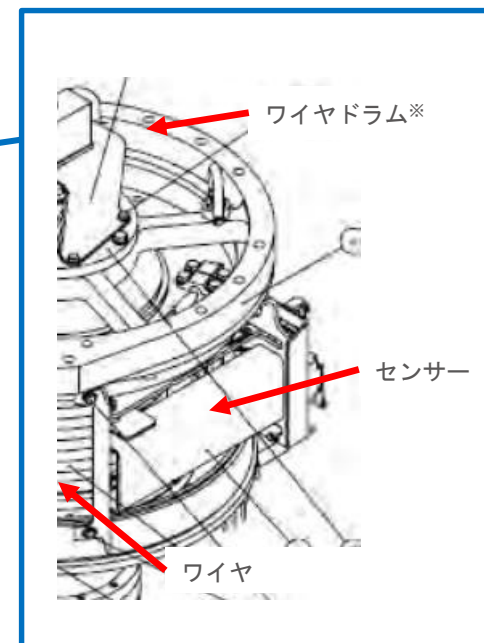
※ ワイヤドラム：ワイヤを収納する円筒形の部品



燃料取扱機



ワイヤを収納するドラム部



安全点検中に発生した不具合

発生した不具合事象 ⑪

クレーンの移送モードにおける動作不良

▶ 発生事象

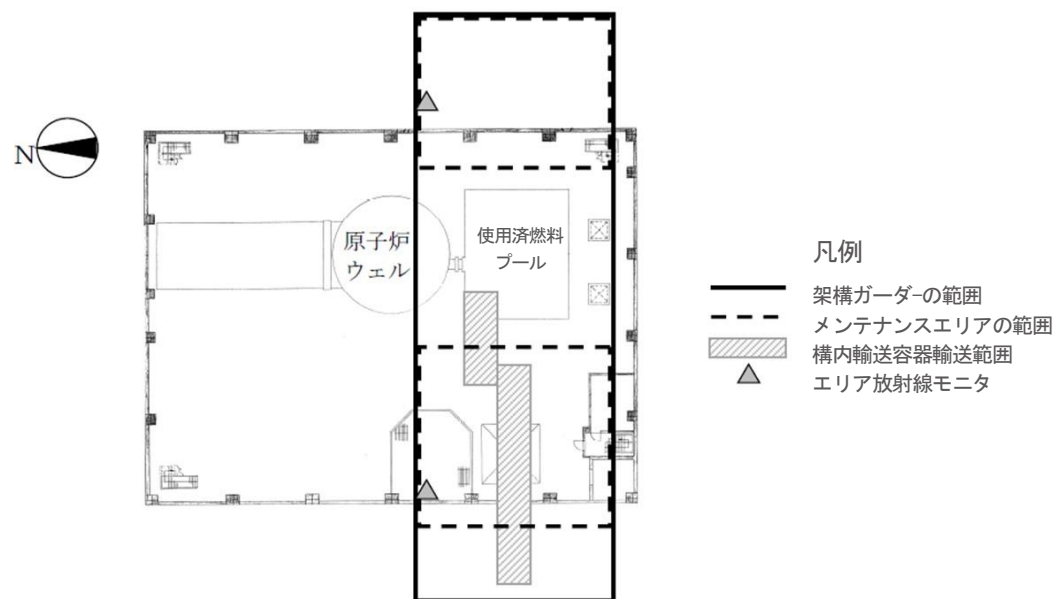
2018年11月5日、「移送モード」※にしてクレーンによる構内輸送容器の移送中に、2件の動作不良を確認しました。

1. 構内輸送容器の吊上げ、吊下げを実施した際に動作制限が掛かり、動作できませんでした。
2. その後、構内輸送容器を使用済燃料プール脇まで移動させた際に、図中の「構内輸送容器輸送範囲」と設定されている位置でクレーンが停止しませんでした。そのため、クレーンを手動にて停止させ、構内輸送容器は使用済燃料プール内の所定の位置まで移動させ、吊り降ろしました。

▶ 対応状況

クレーン運転モード移行条件が成立していない状態で、モード移行を行ったことが、動作不良発生が原因であることを確認しました。
対策として、クレーン補巻が待機位置であることを確認後、モード移行を実施するよう、操作手順書に反映しました。
また、移送モードのゾーン（吊上げ、吊下げ）設定値の変更（主巻の待機位置変更）を実施しました。

※ 移送モード：構内輸送容器をクレーンの主巻で吊り上げた状態で使用燃料の上部を通過しないように、可動範囲の制限を掛けるモード。



安全点検中に発生した不具合

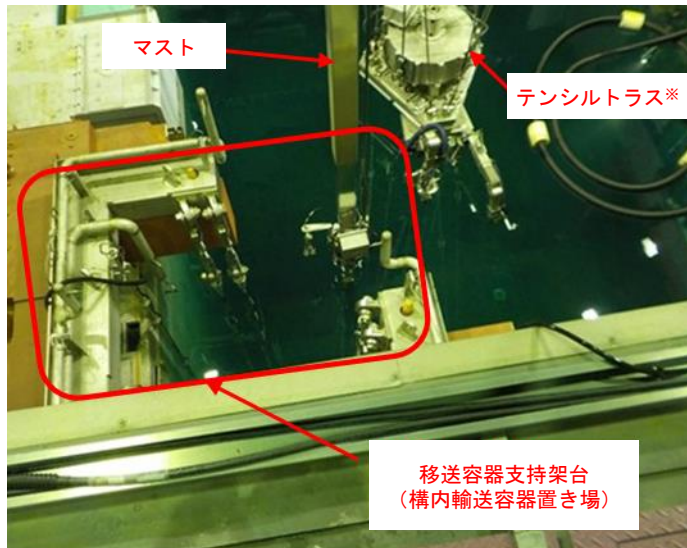
発生した不具合事象 ⑫

燃料取扱設備の安全点検中の燃料取扱機の停止

▶ 発生事象

2018年11月11日、燃料取扱機にて模擬燃料を構内輸送容器へ移動する操作確認を実施していたところ、複数の警報が発報し、燃料取扱機が自動で停止しました。監視カメラも映らない状態となりました。

なお、模擬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、燃料取扱機は燃料を把持した状態を維持する構造となっています。



自動停止後におけるマスト(燃料取扱機)の状態

▶ 対応状況

所内共用ディーゼル発電機系統の電源設備の点検のため電源を落としました。燃料取扱機への光伝送装置の電源もそこに接続されていましたが、その内容が配線図に反映されていなかったため、事前に電源を停止することが燃料取扱設備の担当箇所に伝わらず、光伝送装置の電源も切りとなくなってしまいました。

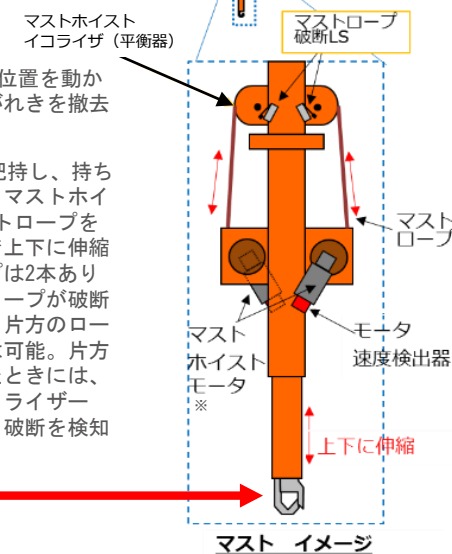
そのため、当該負荷の情報を至急配線図に反映し、関係各所へ情報を共有しました。再発防止策として、新たに電源を使用する際の設備図書への反映期限等のルールをガイドにて明確にしました。



※ テンシルトラス：マニピュレータの位置を動かしてプール内の小がれきを撤去するための装置

※ マストホイス：プール内の燃料を把持し、持ち上げ運搬する装置。マストホイスモータでマストロープを出し入れすることで上下に伸縮する。マストロープは2本あり、万が一、片方のロープが破断したとしても、もう片方のロープで燃料等の保持は可能。片方のロープが破断したときには、マストホイスイコライザ(平衡器)が傾き、破断を検知することができる。

※ ラッチ機構：掛け金のしくみ



安全点検中に発生した不具合

発生した不具合事象 ⑬

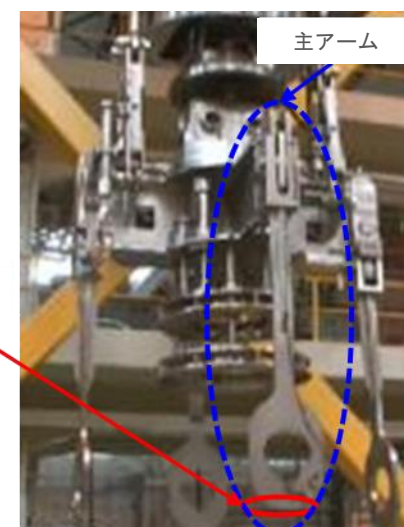
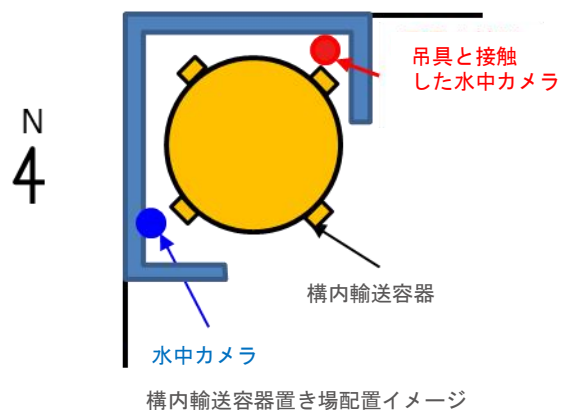
構内輸送容器垂直吊具と水中カメラの接触について

▶ 発生事象

2018年11月20日、垂直吊具で構内輸送容器を把持するため、使用済燃料プール内の構内輸送容器置き場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ました。
水中カメラを確認した結果、上下の首ふり動作ができないことを確認しました。

▶ 対応状況

調査の結果、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ことを確認しました。
対策として、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することと、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ことを、燃料取出し作業手順書に反映するとともに、水中カメラを交換しました。



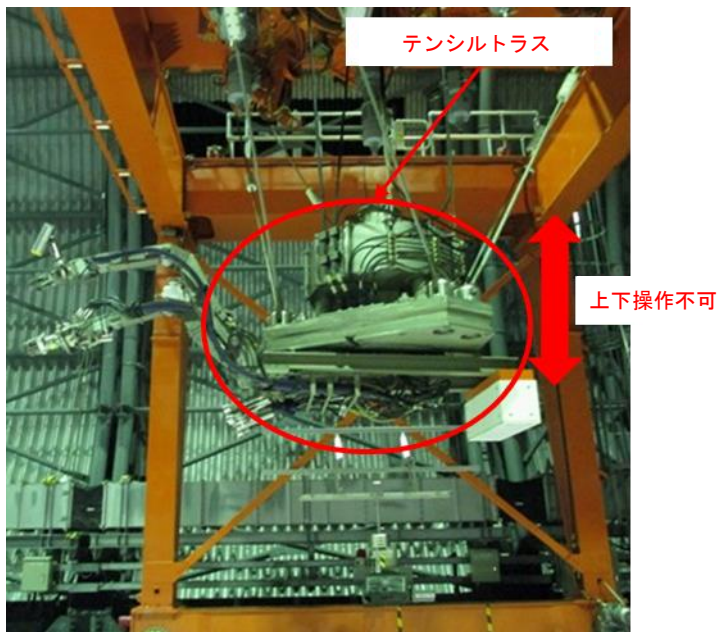
安全点検中に発生した不具合

発生した不具合事象 ⑭

燃料取扱機テンシルトラス巻き下げ操作時の動作不良

▶ 発生事象

2018年11月30日、燃料取扱機テンシルトラス※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ました。



燃料取扱機

▶ 対応状況

速度検出器、コネクタ（ケーブル）※、変換器等の調査を実施しました。エラーの記録から、テンシルトラス5/6の速度検出器に関するエラーであることが確認されたため、テンシルトラス5/6に共通する箇所の不具合要因があるものと推定しました。エラーの記録を確認した結果、変換器と速度検出器間信号の一時的な伝送不良が前日に発生し、そのエラーをリセットしなかったため、巻き上げ・巻き下げ操作が不能となったことが確認されました。速度検出器単体及び信号ケーブルには電気特性異常は確認されませんでした。ケーブル交換修理後、信号ケーブルの電気特性に異常はなく、機器動作試験を行っても再発はないことを確認しました。そのため、テンシルトラス5/6に共通する箇所のコネクタ（ケーブル）変換器等について交換・修理を実施しました。

※ テンシルトラス：マニピュレータの位置を動かしてプール内の小がれきを撤去するための装置

※ コネクタ：接続部品

品質向上の取り組み

完了した作業

品質向上の取り組み

品質管理に関しては、3号機燃料取扱装置の一連の不具合を踏まえた反省点・教訓を業務に活かすべく、2019年4月に、廃炉・汚染水対策最高責任者を補佐し調達改善を含む廃炉推進カンパニー品質全般を監督・助言・指揮する者としてバイスプレジデントを配置し、継続的改善に取り組んでいます。

反省点・教訓	クレーン・燃料取扱機個別対策 (品質管理確認)	継続的改善 (廃炉推進カンパニー調達改善)
一般産業品を使用する際に注意	<ul style="list-style-type: none"> ● クレーン・燃料取扱機構成品の信頼性評価 <ul style="list-style-type: none"> ・ 全構成品を、原子力品・一般産業品に分類し、各構成品の信頼性を評価 	<ul style="list-style-type: none"> ● 原子力品／一般産業品の使用基準の策定 ● 一般産業品の要求仕様について、工業規格での提示
海外メーカーを活用する際の更なる注意	<ul style="list-style-type: none"> ● クレーン・燃料取扱機構成品の信頼性評価 <ul style="list-style-type: none"> ・ 全構成品を、東芝グループ内調達品・海外調達品に分類し、各構成品の信頼性を評価 	<ul style="list-style-type: none"> ● 型式品の国産化検討
一次調達先以下に対する当社の関与	<ul style="list-style-type: none"> ● 新たに調達するケーブルの品質確認 <ul style="list-style-type: none"> ・ 使用する工業規格の確認 ・ 工業規格を満たす構造であることを図面にて確認 ・ 製造過程及び製品における性能確認（立会にて抜き取り検査） 	<ul style="list-style-type: none"> ● 海外製品、初めて参入するメーカーの製品を対象に、一次調達先以下に対しても製造過程で当社が品質を確認する仕組みの構築

燃料取り出しに向けた訓練中に確認された不具合

訓練中に確認された不具合事象と対応状況

訓練中に確認された事象

燃料取り出しに向けて、2019年2月14日から燃料取り出し訓練と関連作業、3月15日からがれき撤去訓練を実施しました。その訓練中に以下の7件の不具合事象を確認し、それぞれ対策を行いました。

なお、今回発生した7事象は、使用・作業に伴い発生した事象であり、安全点検（動作確認・設備点検）及び品質管理確認において確認することを目的としていた、設計や調達上の品質に起因するものではありません。今後は、手順書への反映、点検項目の追加等によって対応していきます。

No.	発生事象	概要	対応	対応状況
①	無停電装置内バッテリー容量低下に伴う警報発生	バッテリー交換時期が近づいていることを告知する警報が発生した。	バッテリーの交換	済
②	監視カメラ画像の乱れ	中継器のフリーズ（再起動で対応可能）により監視カメラ画像の乱れが発生した。復旧の手順が無かった。	再起動 操作方法を手順書へ反映	済
③	垂直吊具用ケーブルコネクタ浸水事象	ケーブルコネクタの養生状態の確認が足りないまま、使用済燃料プールにコネクタを水没させた。	コネクタ交換 使用済燃料取扱機着水時の注意喚起表示を掲示	済
④	ケーブルベアによるケーブル巻き込み事象	ケーブルとケーブルベアの干渉具合について確認が不足したことにより、ケーブルベアに巻き込まれたケーブルが損傷した。	ケーブル交換 干渉防止板の設置	済
⑤	駆動水圧供給系駆動用流体の漏えい事象	機器の使用に伴い継手部に回転力等が生じ、ゆるみが発生したことにより、駆動用流体が漏えいした。	増締め及び合マークを実施 日常点検表に確認項目の追加	済
⑥	テンシルトラス上昇操作時の警報発生	テンシルトラス上昇操作中に警報が発報し停止。テンシルトラスホイスト1モータ電源ケーブルコネクタで絶縁不良を確認。コネクタ内表面に異物等が存在し、課電による発熱で地絡・短絡に発展した。モータ駆動装置が電圧異常を検知して動作を停止させたため、警報発生したものの。	当該ケーブル・コネクタの交換 モータ駆動装置健全性を確認 耐電圧試験による他動力ケーブル・コネクタの健全性確認	済
⑦	クレーンバルブボックスの漏えい事象	機器の操作に伴う振動の影響により閉止プラグ部のゆるみが発生し駆動用流体が漏えいした。	電磁弁等の交換 当該プラグの点検・再締結及び合マークを実施し月例点検で合マークを確認 更なる信頼性向上対策として、ゆるみ防止剤の塗布を検討中	済

※ テンシルトラス：マニピュレータの位置を動かしてプール内の小がれきを撤去するための装置
 ※ プラグ：結合するための部品
 ※ 無停電装置：停電することなく電気を供給するための装置

※ コネクタ：接続部品
 ※ ホイスト：荷の巻き上げ、巻き下げを行う機械

※ ケーブルベア：可動部に接続されたケーブルやチューブ等を保護・案内するための部品
 ※ クレーンバルブボックス：クレーントロリ上部から駆動用流体

燃料取り出しに向けた訓練中に確認された不具合

確認された不具合事象 ①

無停電装置内バッテリー容量低下に伴う警報発生

▶ 発生事象概要

訓練実施中、無停電装置※において、重故障「操作室キャビネット異常」と軽故障「操作室UPS異常」が発生しました。

ただし、本警報はバッテリー交換時期が近づいていることを告知する警報であり、警報が発生しても、燃料取扱設備の停止は無く、操作にも影響を与えることはありません。

なお、無停電装置は、遠隔操作室の伝送装置や入出力基板の瞬停対策として設置しています。

※ 無停電装置：停電することなく電気を供給するための装置

▶ 原因

無停電装置内バッテリーの容量低下が原因と判断しました。

▶ 対応

バッテリーを交換しました。（3月16日完了）

燃料取り出しに向けた訓練中に確認された不具合

確認された不具合事象 ②

監視カメラ画像の乱れ

▶ 発生事象概要

訓練実施中、マンピュレータ※左手 (SAM2) の肩にある監視カメラ (ITV104) の画像の乱れを確認しました。また、監視カメラからモニター間に設置されている中継器のフリーズも確認しました。

なお、監視カメラの画像の乱れであり、マンピュレータの動作には影響を与えないため、がれき撤去作業に影響はありません。



画像の乱れ状況

▶ 原因

中継器のフリーズによる画像の乱れが原因と判断しました。

▶ 対応

フリーズを解消するために再起動を行い、フリーズが解消し中継器が健全に動作していること監視カメラ (ITV104) 表示が正常に動作していることを確認しました。(2月19日完了)

また、手順書に事象発生時の再起動の手順が無かったため、反映しました。(3月5日完了)

※ マンピュレータ：人間の腕や手先と同様の運動機能を持つ装置

燃料取り出しに向けた訓練中に確認された不具合

確認された不具合事象 ③

垂直吊具用ケーブルコネクタ浸水事象

▶ 発生事象概要

クレーン主巻に設置されている垂直吊具用ケーブルコネクタ※は、垂直吊具を取り外した際に水密性のない養生を実施し、主巻に固縛していました。しかし、監視カメラインターロック※試験において、十分な処置を実施せず、水密性のない養生のまま主巻を使用済燃料プールに浸水させ、コネクタを水没させました。

なお、燃料取り出し期間中は、垂直吊具を取り外さないため、また、取り外した状態で容器を取り扱うことはないため、輸送容器落下等につながる事象ではありません。

※ コネクタ：接続部品

※ インターロック：誤操作や誤動作による事故を防止するための仕組み。
電子レンジで、扉が閉まらないと調理が開始されない仕組みなど。

▶ 原因

垂直吊具用ケーブルコネクタの養生状態の確認を怠り、十分な処置を実施せず主巻を使用済燃料プール内に浸水させたことが原因と判断しました。

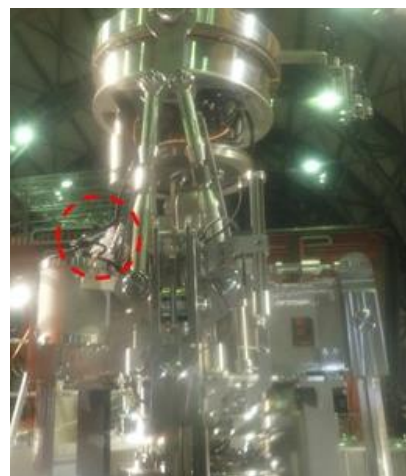
▶ 対応

浸水したケーブルコネクタを交換し、抵抗測定・動作確認を行い、健全性を確認しました。(3月17日完了)

クレーン操作者が誰でも認識可能とするために、遠隔操作室の操作卓へ「垂直吊具未装着状態で、クレーン主巻を使用済燃料プールに着水させないこと」の注意喚起表示を掲示しました。(3月13日完了)



垂直吊具



コネクタ養生状態



養生状態イメージ



注意喚起表示

燃料取り出しに向けた訓練中に確認された不具合

確認された不具合事象 ④

ケーブルベア※によるケーブル巻き込み事象

▶ 発生事象概要

訓練実施中、垂直吊具の補アームの跳ね下げ操作が出来なことを確認しました。

なお、垂直吊具のアームの操作が出来なくなった場合でも、輸送容器の把持状態は維持されるため、燃料取り出し作業中の輸送容器落下等につながる事象ではありません。

- ※ ケーブルベア：可動部に接続されたケーブルやチューブ等を保護・案内するための部品
- ※ 垂直吊具の補アームの跳ね下げ：キャスク吊り上げ時にアームが干渉しないために、アームが開いた後、水平に円を描く形で振り上がる、垂直吊具の補アームの動き。

▶ 原因

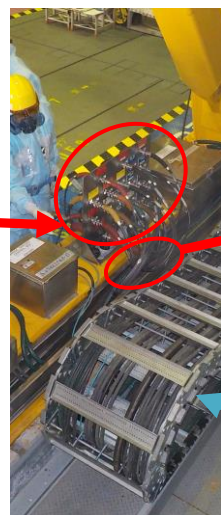
調査の結果、垂直吊具制御ケーブルの損傷を確認しました。また、ケーブルベア可動域及びベアを構成する部品にケーブル被覆の一部と考えられる破片の付着を確認したため、ケーブルがベアに巻き込まれ損傷したと判断しました。そのことから、ケーブルとベアの干渉確認が不足していたことが原因と判断しました。

▶ 対応

ケーブルを交換し、干渉防止板を設置。抵抗測定・動作確認を行い、健全性を確認しました。（3月14日完了）



クレーン脚部



ケーブルベア



損傷箇所



干渉防止板

ケーブルベア

干渉防止板設置状況

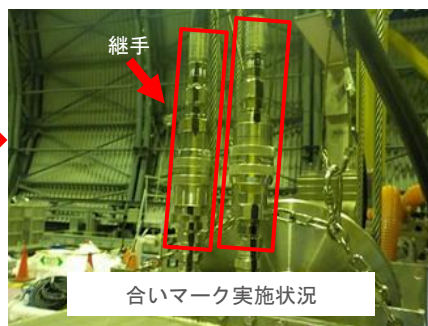
燃料取り出しに向けた訓練中に確認された不具合

確認された不具合事象 ⑤

駆動水圧供給系駆動用流体の漏えい事象

▶ 発生事象概要

使用済燃料プール水浄化装置設置のため、当該装置を運搬中に、浄化装置上部が駆動用水圧供給系の駆動用流体で濡れていることを監視カメラで確認しました。クレーン補巻を確認したところ、駆動用水圧供給系ホース継手部から駆動用流体が漏えいしていることを確認しました（1滴/1秒）。
なお、駆動水圧を喪失した場合でも、吊り荷の状態は維持されるため、吊り荷の落下等につながる事象ではありません。



▶ 原因

駆動用水圧系ホース継手部に、補巻操作による引っ張り力、回転力の影響が生じたことで発生したゆるみが原因と判断しました。

▶ 対応

増締めを実施し、運転圧にて漏えいのないことを確認しました。
（2月26日完了）

当該継手の監視カメラ監視可能位置に合いマークを付し、今後はゆるみが生じていないことを事前に確認することで未然に漏えいを防ぎます。

この事前確認について、日常点検で使用しているチェックシートに反映しました。

また、類似箇所についても、同様の対策を実施済です。
（3月15日完了）

燃料取り出しに向けた訓練中に確認された不具合

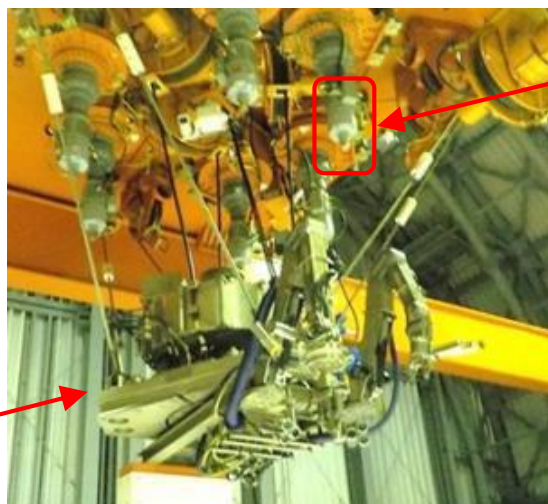
確認された不具合事象 ⑥

テンシルトラス上昇操作時の警報発生

▶ 発生事象概要

移送容器へフランジプロテクタ※を設置後、テンシルトラス※を使用済燃料プールから移動するために上昇操作を実施していたところ、警報が発報し、停止しました。

また、原因調査のため、警報解除後に再度上昇させた際に、地絡に起因する警報が発生しました。



テンシルトラス
ホイストモータ

テンシルトラス

※ フランジプロテクタ：移送容器フランジ部の保護部材

※ テンシルトラス：マニピュレータの位置を動かしてプール内の小がれきを撤去するための装置

※ コネクタ：接続部品

※ テンシルトラスホイスト：テンシルトラスを巻き上げ、巻き下げする装置

▶ 原因

調査の結果、テンシルトラスホイスト※1モータの電源ケーブルについて、燃料取扱機制御盤側ケーブルのコネクタ※部に絶縁抵抗不良があることを確認しました。

絶縁抵抗不良は、コネクタ内グロメット内表面に異物等が存在し、課電による発熱で炭化が進み、地絡・短絡に発展したことが原因と判断しました。

そして、コネクタ内の異物等の炭化で絶縁低下したことにより異常電流が流れ、モータを駆動する装置が異常を検知して動作を停止させたため、警報が発生しました。

▶ 対応

テンシルトラスホイスト1のモータを制御する装置の交換を実施しました。(3月1日完了)

燃料取扱機制御盤～燃料取扱機足元間のケーブル・コネクタの交換を実施しました。(3月8日完了)

取り外したテンシルトラスホイスト1のモータ駆動装置の健全性を確認しました。(3月19日完了)

他動力ケーブル・コネクタは耐電圧試験等にて健全性の確認を実施し、問題のあるコネクタは交換等の対策を行いました。(4月5日完了)

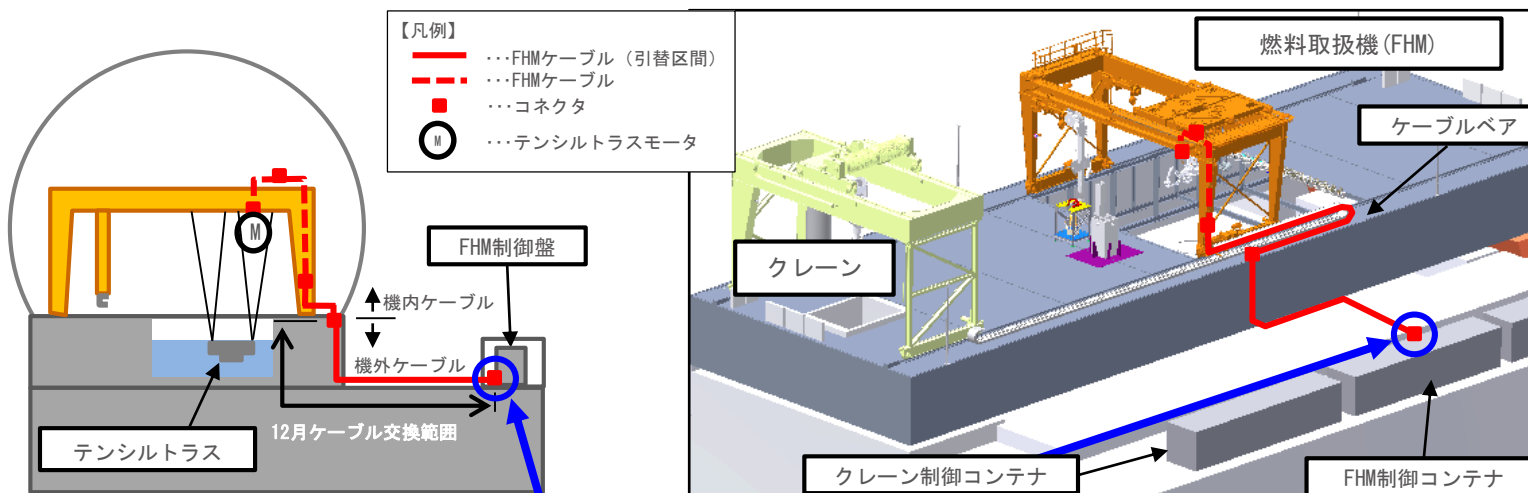
燃料取り出しに向けた訓練中に確認された不具合

確認された不具合事象 ⑥

テンシルトラス※上昇操作時の警報発生

▶ 【参考】テンシルトラスホイス※#1ケーブルコネクタ※故障箇所について

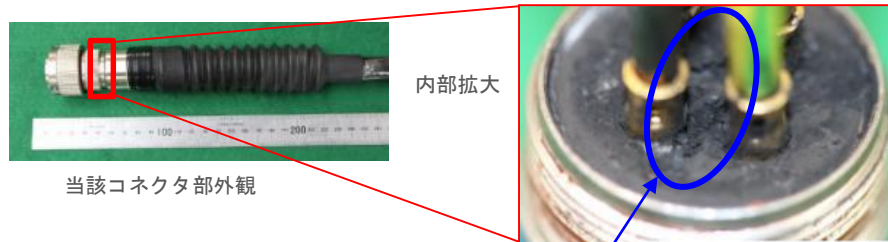
燃料取扱機テンシルトラスホイスモーターケーブルルート概要および不具合箇所



調査の結果、コンテナ内燃料取扱機制御盤に接続されているケーブルコネクタ部に絶縁抵抗不良があることが判明。

【内部確認結果】

- ▶ グロメット※内表面に黒い粒子が付着。
- ▶ ブーツ内に水分、異物は無かった。
- ▶ 黒い粒子を洗浄すると絶縁抵抗が回復。
- ▶ 元素分析の結果、黒い粒子はコネクタ内パーツのグロメットの主成分でもある炭素や添加剤の主成分でもあるシリコンが支配的であることを確認。明らかな異物の混入を示す結果は得られなかった。
- ▶ 検証試験により、コネクタ内に異物が存在した場合、課電による発熱で炭化が進み地絡・短絡に発展することを確認した。



- ※ テンシルトラス：マニピュレータの位置を動かしてプール内の小がれきを撤去するための装置
- ※ テンシルトラスホイス：テンシルトラスを巻き上げ、巻き下げする装置
- ※ コネクタ：接続部品
- ※ ケーブルベア：可動部に接続されたケーブルやチューブ等を保護・案内するための部品
- ※ グロメット：ブーツとケーブルの間に挿入する管

燃料取り出しに向けた訓練中に確認された不具合

確認された不具合事象 ⑦

クレーンバルブボックス※の漏えい事象

▶ 発生事象概要

クレーン主巻にてエアリフト（がれき吸引装置）運搬作業中にクレーントロリ※上部から駆動用流体の漏えいを確認しました。また、仕切弁（電磁弁）等が駆動用流体に水没していることも確認しました。

なお、駆動水圧を喪失しても吊り荷の把持状態は維持されるため、燃料取り出し作業中の輸送容器落下等につながる事象ではない。



バルブボックス設置状況
クレーントロリ上部



漏えい箇所特定状況

▶ 原因

クレーントロリ上にあるクレーン主巻及び補巻の水圧系統に駆動用流体を供給する仕切弁（電磁弁）。その仕切弁を格納しているバルブボックス内の閉止プラグ部において、水圧供給弁の“開”操作に伴う振動の影響で発生したゆるみが原因と判断しました。

▶ 対応

電磁弁・減圧弁の交換、水没したケーブル部の切断・再接続、閉止プラグの外観点検・再締結の実施後の合いマークを実施しました。そして、漏えい確認、作動確認を行い異常がないことを確認した。

（3月6日完了）

また、類似箇所についても、同様の対策を実施済みです。

（3月15日完了）

さらに、更なる信頼性向上対策として、ゆるみ防止剤の塗布を検討中です。

※ クレーンバルブボックス：クレーントロリ上部から駆動用流体

※ トロリ：台車

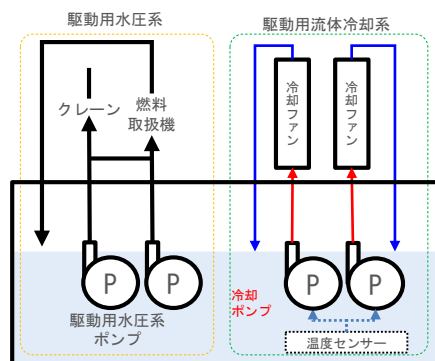
その他の事象

確認された事象と対応

駆動用水圧系冷却ポンプの動作不良について

▶ 発生事象概要

3号機燃料取扱設備の駆動用水圧系には、駆動用流体が稼働して熱を持った時に冷却するため、冷却ポンプを2台設置しています。通常は1台で運転していますが、燃料取り出し開始を万全に期すため、2台目のポンプの電源を投入したところ、制御信号系に動作不良が確認されました。



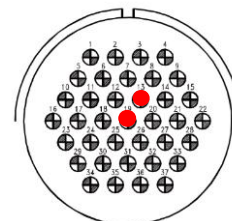
駆動用水圧系系統概要図



駆動用水圧系ポンプユニット

▶ 原因

当該制御信号系のケーブルの絶縁抵抗測定を実施したところ、No. 13とNo. 19の端子間で混触※をしていることを確認しました。13-19端子の状況を確認したところ、金属物らしき異物が確認され、これが混触の原因であると判断しました。



コネクタ形状
(13、19端子は○箇所)



金属物らしき異物
大きさ 1.5mm 程度

▶ 対応

異物を除去し、再組立後に絶縁抵抗を再測定した結果、13-19端子間を含むピン間の絶縁抵抗が判定基準（2メガオーム）以上であることを確認しました。なお、本ケーブルは現地布設後に混触が確認されたものであり、同時期に工場製作した制御ケーブルは布設後の絶縁抵抗測定が未実施であったことから、絶縁抵抗測定を行いました。その結果、2ラインに絶縁抵抗低下が確認されたため、補修を行い、健全な状態となったことを確認しました。

※ 混触：異なる回路のふたつ以上の電線が意図せず通電すること