

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



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

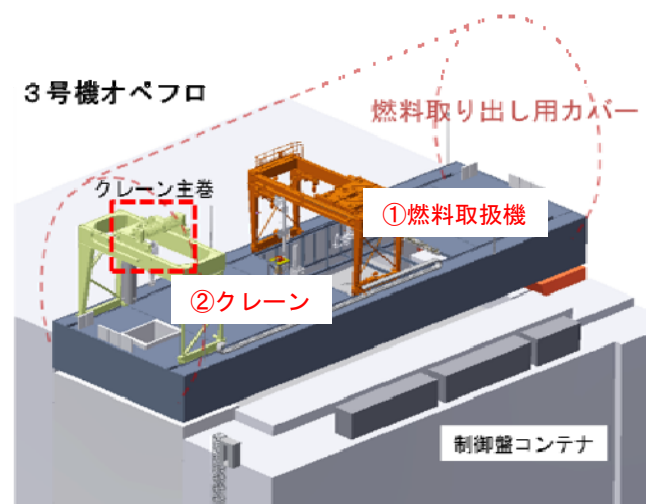
燃料を装填した構内輸送容器の蓋の締め付けと使用済燃料プールから地上階への移送を行います。



クレーンツール類
(吊具)



クレーンツール類
(構内輸送容器締め装置)



※ 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

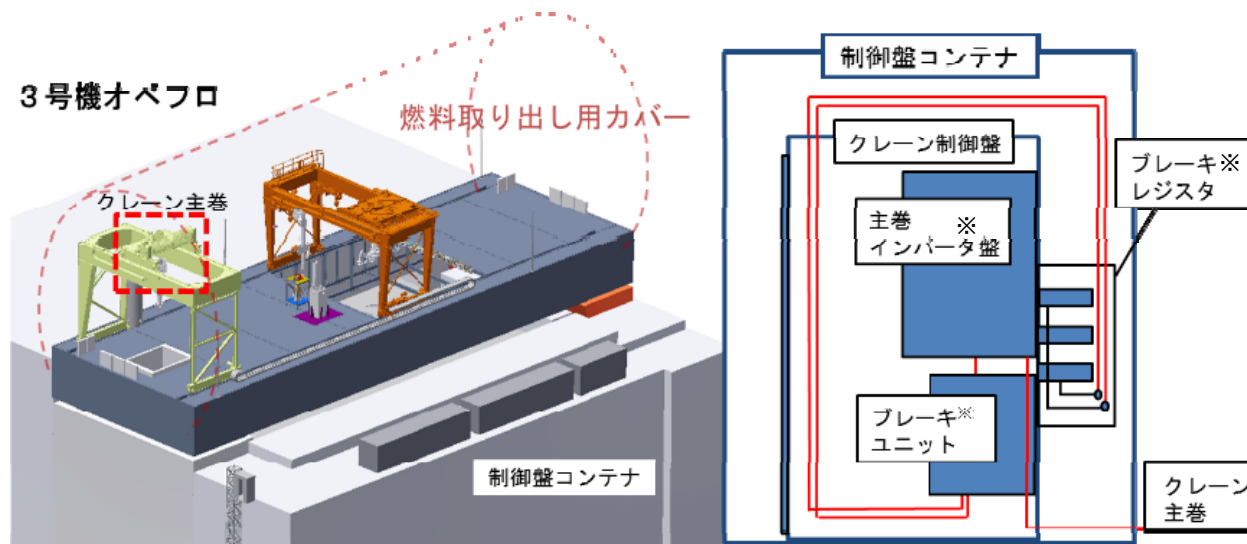
主なトラブルと対応状況 ①

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

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

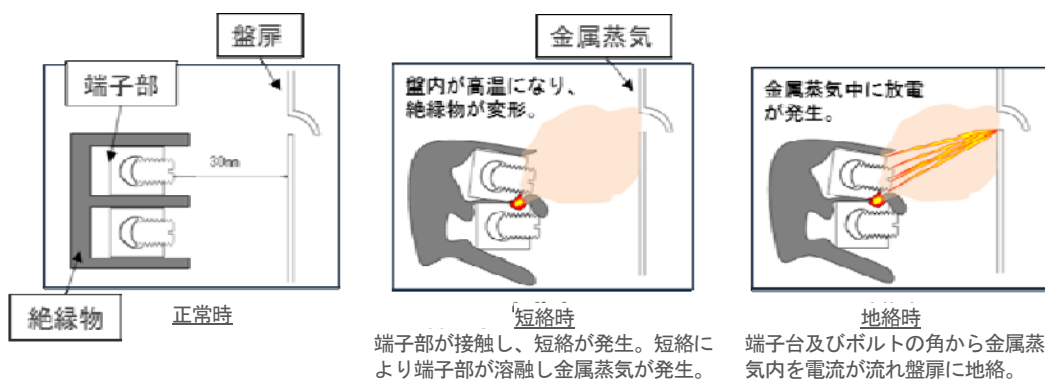
主なトラブルと対応状況 ①

▶ 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、端子台の絶縁物の変形し、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、インバータ損傷したものと推定されます。

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）

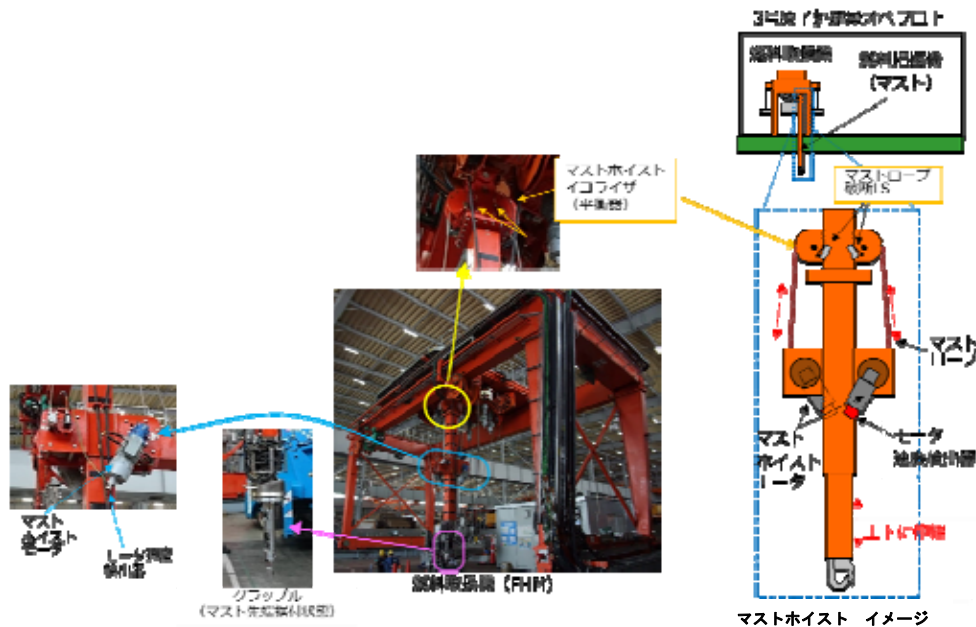
2018年3月15日の試運転開始以降8月までに発生した不具合

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

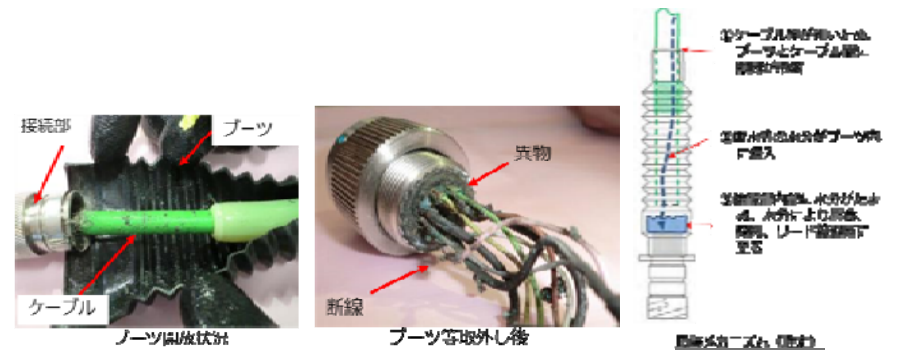
2018年8月8日、燃料取扱機において、原子力規制委員会による使用前検査を行っていたところ、燃料取扱機マストホイス[※]の制御に係る異常の警報が発生。動作不能となりました。



※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。

▶ 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速度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。

※グロメット：ブーツとケーブルの間に挿入する管

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（50.0 t）を超過（約50.9 t）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



テストウェイト

▶ 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ェイトを合わせて定格荷重以内で吊れると思い込み、テストウェ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、テストウェ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、2018年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。

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

項目	機器名	種別	主な実施事項	9月	10月	11月	12月	状況
動作確認	機器単品	クレーン	本体	<ul style="list-style-type: none"> 基本動作確認 電源断時のインターロック確認 水中での動作確認 ブレーキ動作確認 等 		■	現在	完了
		クレーン	ツール			■		完了
		燃料取扱機	本体			■		完了
			テンシルトラス			■		未実施分は発生 事象の対策後実施
	組合せ	クレーン/燃料取扱機	—			■		未実施分は発生 事象の対策後実施
			—				■	
設備点検	クレーン/燃料取扱機	—	構内輸送容器と模擬燃料を使用した実機相当の確認			■		
	クレーン/燃料取扱機	—	外観確認等			■		

安全点検（動作確認）中に発生した不具合

No.	発生日	機器名	種別	発生事象	状況
①	2018/9/29	燃料取扱機	テンシルトラス	テンシルトラス ホイスト3ドラム回転異常	部品納入待
②	2018/10/10 11/5	クレーン	本体	クレーンでのエラーメッセージ発生（クレーンインバータ異常）	原因調査中
③	2018/10/12	燃料取扱機	テンシルトラス	駆動源喪失時のマニピュレータの挙動	原因調査中
④	2018/10/17	燃料取扱機	ツール	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	部品納入待
⑤	2018/10/19	クレーン	ツール	垂直吊具の水圧供給用カプラのガスケット損傷	対応済
⑥	2018/10/19, 22 11/1, 3	クレーン	本体	クレーン動作時に動作異常の警報発生	対策検討中
⑦	2018/10/22	燃料取扱機	テンシルトラス	マニピュレータ関連動作不良事象	原因調査中
⑧	2018/10/23	燃料取扱機	本体	燃料健全性確認用治具の状態表示不良	修理準備中
⑨	2018/10/30	燃料取扱機	ツール	マニピュレータ関連ツール交換不良事象	原因調査中
⑩	2018/11/5	燃料取扱機	—	テンシルトラス ホイスト6巻取り異常の警報発生	原因調査中
⑪	2018/11/5	燃料取扱機	—	クレーンの移送モードにおける動作不良	対策検討中
⑫	2018/11/11	燃料取扱機	—	模擬燃料移動時の燃料取扱機の自動停止	対策実施中

※ 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

※ 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
 ※ ガスケット：気密性、液密性を持たせるために用いる固定用シール材

※ カプラ：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

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のセンサーの異常と判断しました。

今後、センサーの交換を行う予定です。



※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

燃料取扱機トロリ上部

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（クレーンインバータ異常）

▶ 発生事象

2018年10月10日、テストウェイト（49.244t）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

▶ 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。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。

現在、発生メカニズム検証・対策を検討中です。

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

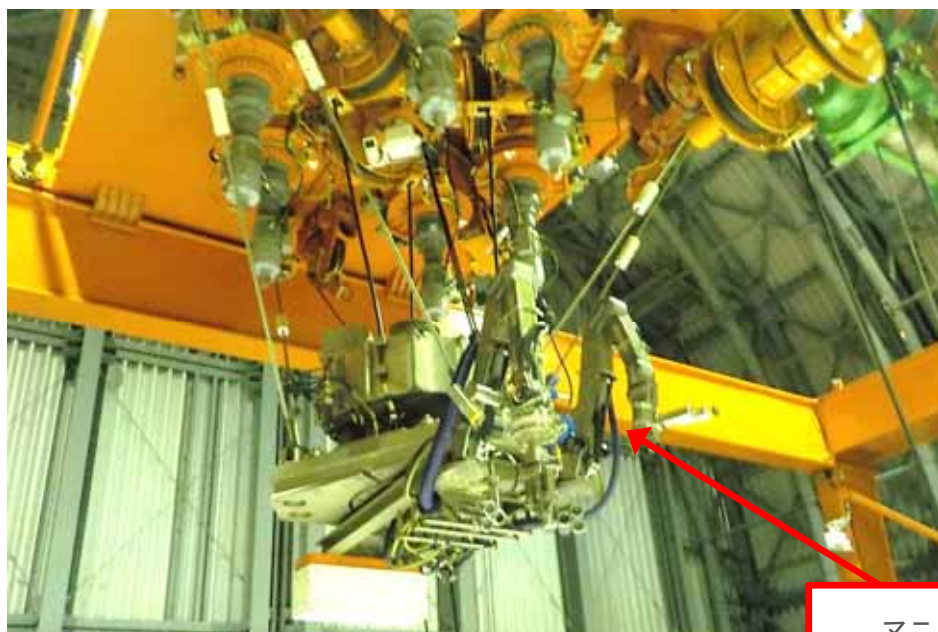
2018年10月12日、小がれき等の撤去を行うマニピュレータの駆動源を意図的に喪失させ、姿勢を維持するか動作確認を実施しました。

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。

▶ 対応状況

再度動作確認を行い、姿勢が維持されないことが確認できたことから、現在、原因究明を実施中です。

なお、駆動源がある状況では本事象は発生しないため、小がれき等の撤去作業に影響はないと判断しています。



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 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へ繋がるケーブルでも地絡を確認しました。

▶ 対応状況

吸引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。吸引装置の水中ポンプを分解点検したところ、内部のケーブルに水分らしきものが付着していることを確認しました。このことから、水中ポンプの軸封部が浸入ルートである可能性が高いと想定しています。圧力センサーについては交換を予定しています。



吸引装置設置状況

安全点検中に発生した不具合

発生した不具合事象 ⑤

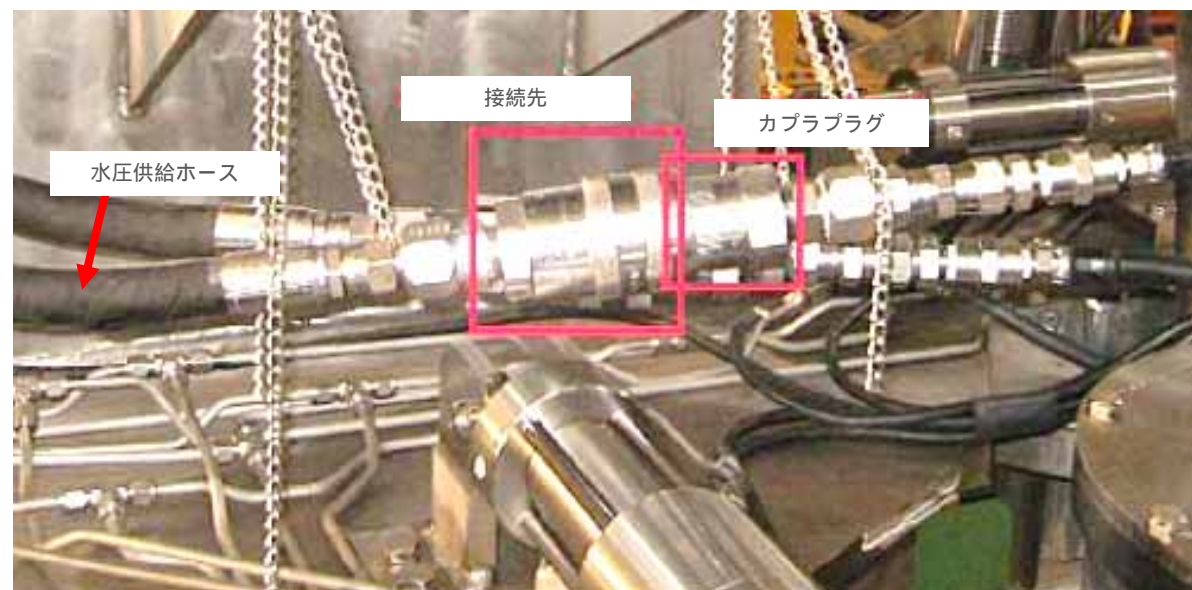
クレーンの垂直吊具の水圧供給用カプラのガスケット損傷

▶ 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。



水圧供給用ホース接続イメージ

安全点検中に発生した不具合

発生した不具合事象 ⑥

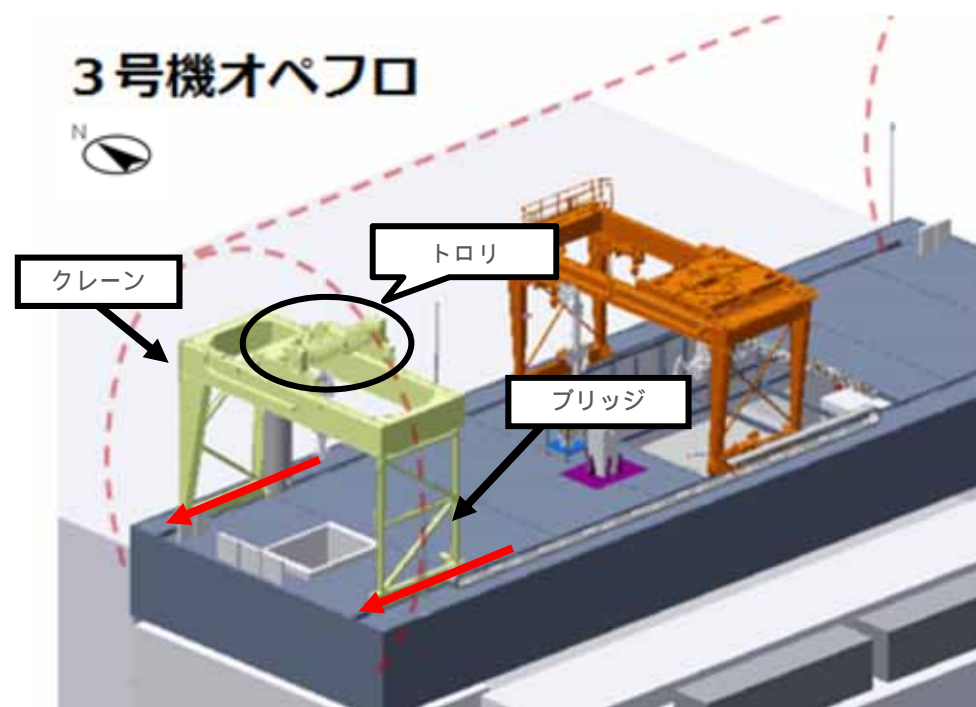
クレーン動作時に動作異常の警報発生

▶ 発生事象

2018年10月19・22日、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。

▶ 対応状況

異常検出の時間設定と実動作時の制動距離のずれが原因である可能性があることがわかりました。今後、異常検出の時間設定を変更予定です。設定時間については現在検討中です。
なお、本事象は11月1日、3日にも再発しています。



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

現在、原因を調査中です。

現場



遠隔操作室操作卓



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

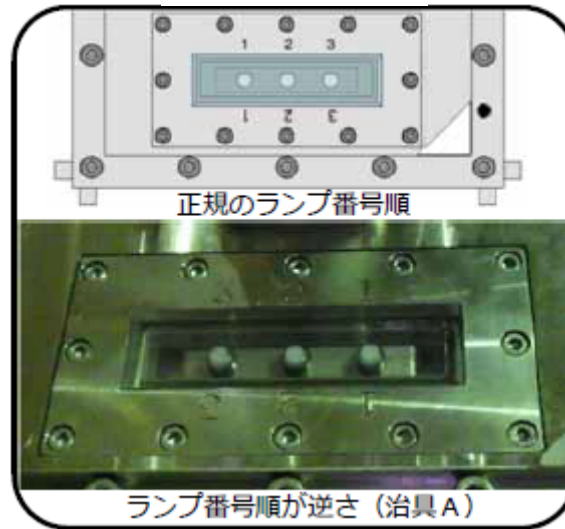
治具Aは、表示プレートに刻印されたランプ番号が逆さになっており、2018年7月に実施した点検時に、表示プレートを逆さに取り付けたと推定されます。そこで、表示プレートの取付を修正予定です。

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、LEDランプの点灯不良、もしくは装置内ケーブル不良と考えられます。そこで、LED交換もしくは装置内ケーブルの取替を実施予定です。



燃料健全性確認用治具

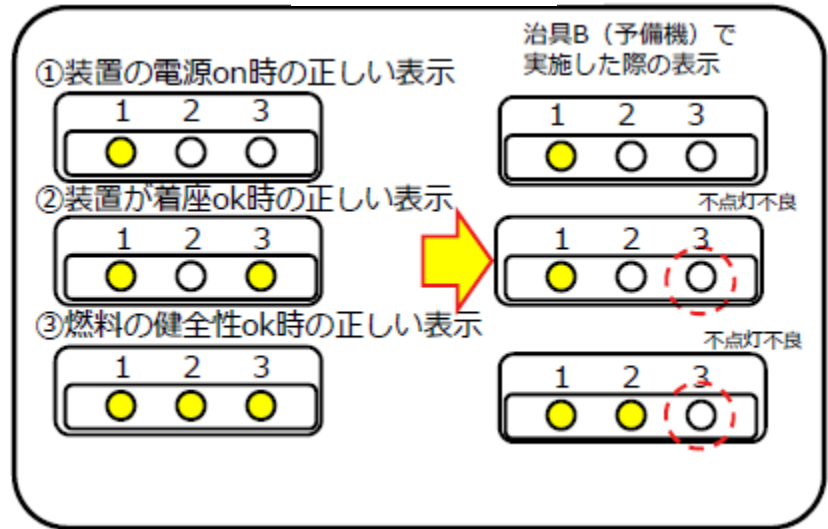
治具Aの状況



正規のランプ番号順

ランプ番号順が逆さ（治具A）

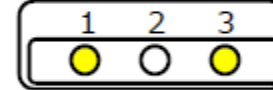
治具B（予備機）の状況



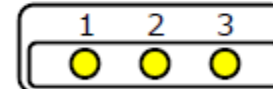
①装置の電源on時の正しい表示



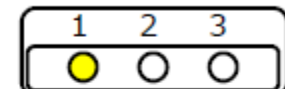
②装置が着座ok時の正しい表示



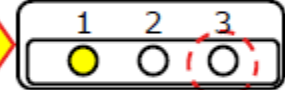
③燃料の健全性ok時の正しい表示



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



安全点検中に発生した不具合

発生した不具合事象 ⑨

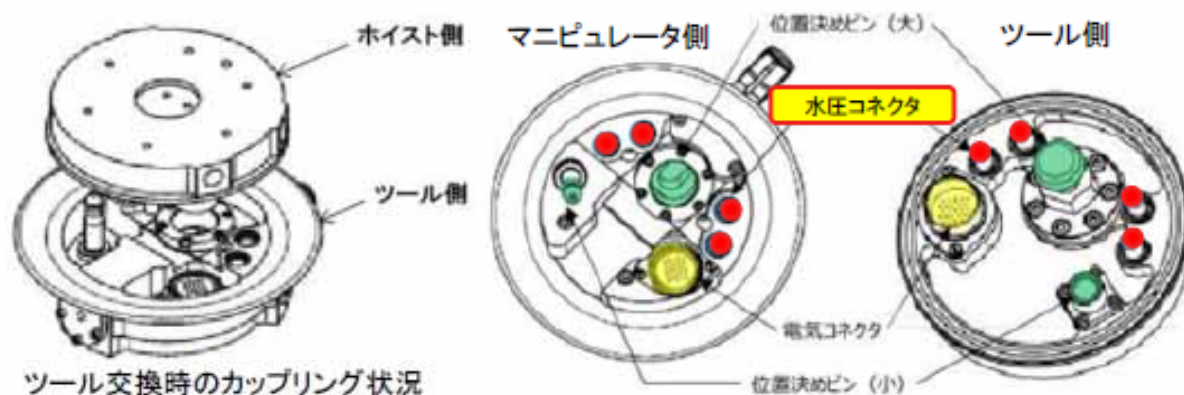
燃料取扱機のマニピュレータ関連ツール交換不良事象

▶ 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

現在、調査中ですが、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、所定の位置まで挿入できない状態を確認しました。水圧コネクタが所定の位置まで挿入できない原因については、内部にある電磁弁動作不良の可能性も踏まえ調査を継続して実施しています。



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

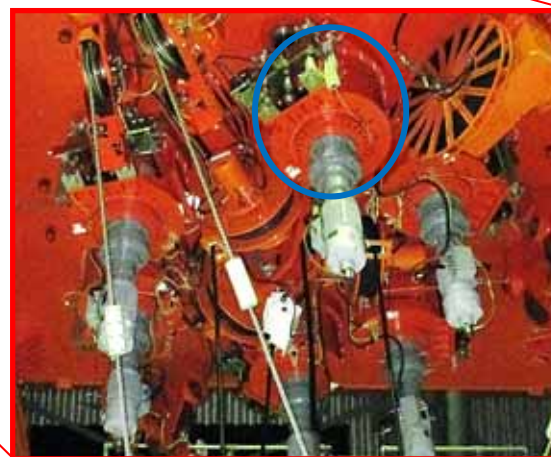
2018年11月5日、燃料取扱機テンシルトラスの吊り上げ、動作確認時、ワイヤの巻き取り取り異常を示す警報が発報し、テンシルトラスが停止しました。

▶ 対応状況

ワイヤ巻取り状態異常を検出するセンサーの検出位置調整不良又はセンサー故障が原因と推定していますが、詳細は調査中です。今後センサーの測定位置調整もしくはセンサーの交換を行う予定です。



テンシルトラス



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 ①

クレーンの移送モードにおける動作不良

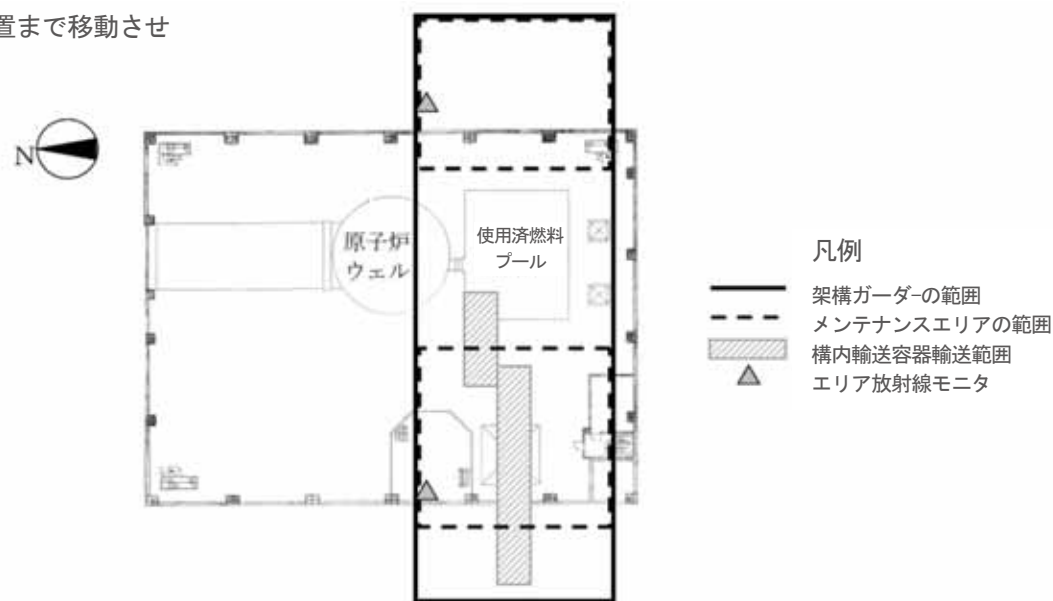
▶ 発生事象

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. 3号機オペレーティングフロアへクレーンで構内輸送容器を吊上げる際に、動作制限が掛かりクレーンが動作しませんでした。なお、作業は、手動に切り替え、吊り上げ操作を実施しました。
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、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、動作不良発生の原因と判断しました。現在、対策を検討中です。



※ 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

模擬燃料移動時の燃料取扱機の自動停止

▶ 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動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。

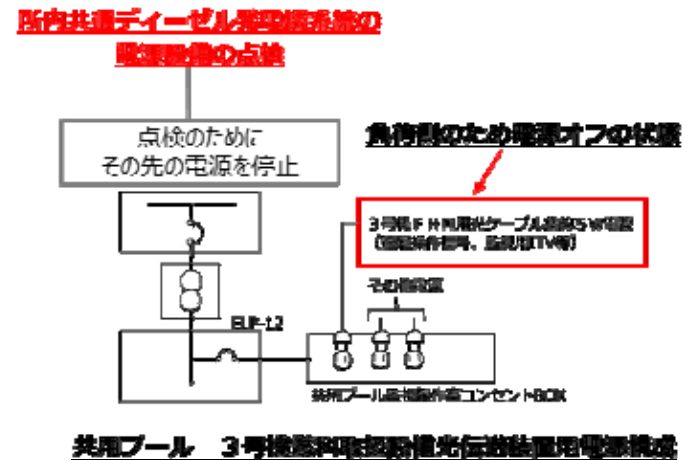
▶ 対応状況

遠隔操作室（事務本館）と燃料取扱設備をつなぐ光伝送装置の電源が切になっていることを確認したため、安全を確認した上で電源を入れて復旧しました。停止時に吊り下げた状態になっていた模擬燃料は元のラックに戻し入れました。

なお、燃料取扱機が電源を喪失しても、燃料をつかんだままで維持し落下させない機能を有しています。

▶ 原因

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。燃料取扱設備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伝わらず、光伝送装置の電源も切りとなってしまいました。



▶ 再発防止対策

設備状況を設備図書に速やかに登録・改訂し、電源停止や切り替えなどを行う際は、設備担当箇所と調整を実施することとします。