

3号機 燃料取扱設備における安全・品質の確保 及び今後の取り組みについて

2019年1月21日

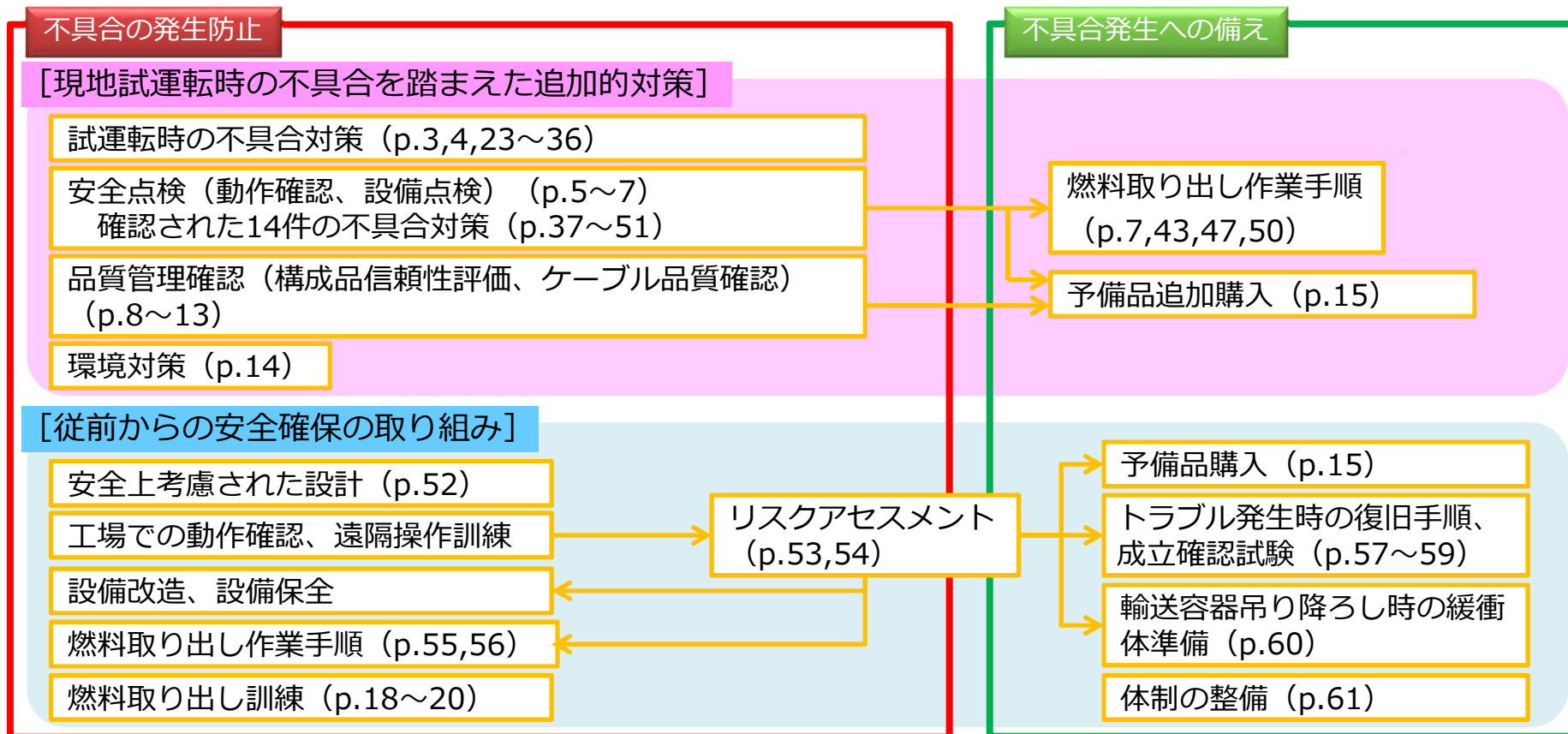


東京電力ホールディングス株式会社

燃料取扱設備における安全・品質確保の取り組み（全体像）



- 燃料取扱設備について、燃料取り出し開始に際し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、調達継続的改善に取り組んでいる

水平展開

調達の継続的改善・品質向上の取り組み (p.62~69)
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 (p.62)

I. 現地試運転時の不具合を踏まえた追加的対策

II. 今後の予定

1.1 現地試運転時の不具合対策（クレーン主巻インバータ）

■ 発生状況

2018年5月11日 クレーンの試運転において、主巻の巻き下げ停止操作をしていたところ、R/Bオペフロに設置してある制御盤コンテナ内のクレーン主巻インバータから異音が発生し、クレーンが停止した。クレーン主巻インバータの内部を確認した結果内部にすすが付着していた。（消防署より非火災と判断）

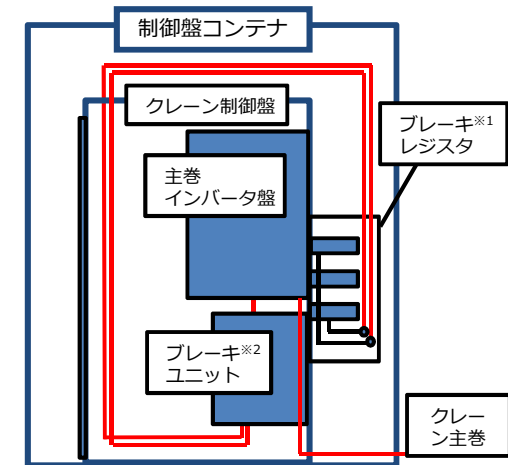
■ 発生原因

- ✓ 米国出荷時において、電源電圧の違いをインバータのパラメータ設定に反映していたが、ブレーキユニットの設定は低いままとなっていた。そのため、電源投入時よりブレーキレジスタに連続して電流が流れる状態となった。（米国工場：380V、国内工場420V、発電所480V）
- ✓ ブレーキレジスタ盤内が高温になり、端子台の絶縁物が変形し、端子部で短絡が発生した。
- ✓ 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た。
- ✓ 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。

■ 対策

- ✓ 損傷した部品の交換。
- ✓ 発電所の電源電圧をブレーキユニットの設定に反映。
- ✓ ブレーキレジスタ端子台の接続部の改良。

※1 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
※2 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に逃がす回路



主巻インバータ内部の煤



ブレーキレジスタ内の損傷



ブレーキユニット表蓋を外した状態

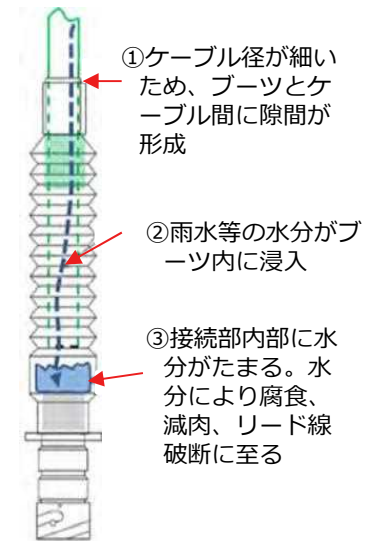
1.2 燃料取扱機（FHM）の不具合について

■ 発生状況

2018年8月8日 原子力規制委員会による使用前検査中、機能検査のために燃料取扱機（以下、FHMという）の燃料把握機（マスト）を使用済燃料プールに降下させていたところ、制御系に関する異常を示す警報が発報し、FHMが停止した。そのため、使用前検査を中断した。

■ 発生原因

- ✓ 不具合が確認されたケーブルの接続部を分解し内部を確認した結果、ブーツ用滑り止め※にずれや、ブーツに熱収縮の痕跡が少ないこと、ブーツ内部が湿っていること、リード線が断線していることを確認。
- ✓ 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、リード線が破断したと推定。
- ✓ 制御装置がリード線（制御ケーブル）の断線を検知したことで制御系の異常と判断しFHMが停止に至った。



■ 対策

ケーブルの取替を実施

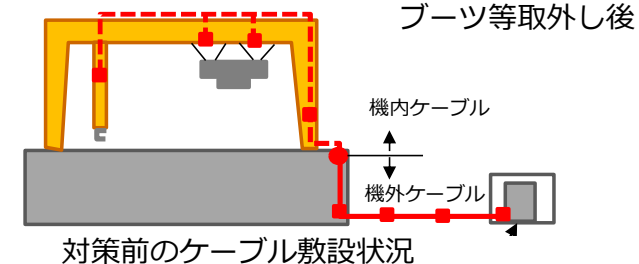
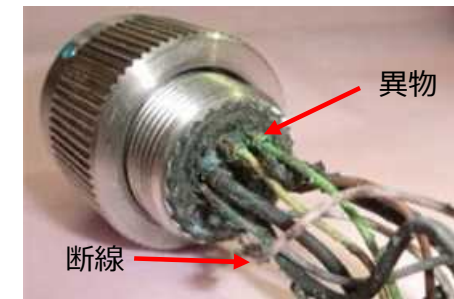
(1) 機外ケーブル（2017年手配）

ケーブル取替によって屋外のコネクタを全てなくし、水浸入リスクを排除する。

(2) 機内ケーブル（2013年手配）

電気特性試験の結果、不良と判断されたもの3ラインのコネクタ交換を実施。また機器付きコネクタは構造上防塵対策パーツがないため、類似箇所の絶縁シール強化補修(11ライン)を実施する。

※ブーツ用滑り止め：ケーブル径が小さいためブーツに合わせるための治具



2.1 安全点検の実施内容

安全点検は、試運転と燃料取り出し作業時との条件の違いによる設備不具合発生リスクの抽出を目的として、機器単品や安全確保のためのインターロック並びに燃料取り出し作業を模擬した組み合わせの動作確認、及び設備設置環境の影響による経年劣化を確認するため、設備点検も併せて実施する。

対象設備：燃料取扱機(FHM)、クレーン、ITV(カメラ)、ツール類(吊具、移送容器蓋締付装置 等)

● 動作確認

- ▶ ケーブル交換前に燃料取り出し作業時と同等な気中及び水中での動作確認（ダミー燃料入りキャスクを使用した動作確認含む）、並びに燃料取り出し作業時に想定されるあらゆる操作を想定した動作確認を実施し、不具合発生リスクを抽出・対策を実施することで設備不具合の発生を防止する。

● 設備点検

- ▶ 対象設備の外観確認※1／対象設備のケーブルの外観確認※1

※1：設備設置環境の影響や異常（発錆、劣化、変形、き裂等の確認）の有無を確認する。

- ▶ 各ケーブル接続箱及び制御盤内部の外観確認※2、リミットスイッチ及びブレーカー類の動作確認、各設備LED点灯状態確認、計測器データ採取、絶縁抵抗測定

※2：設備設置環境の影響や異常（コネクタ類及び端子台のゆるみ、盤内配線の傷等の確認）の有無を確認する。

- ▶ 対象設備の潤滑油・機器作動系内部流体の補給

なお、劣化傾向が見られた機器・部品は手入れ・補修・交換等の処置を実施。

2.2 安全点検の実施結果

安全点検は9/29から動作確認、11/20から設備点検を実施し、12/25に完了した。

■ 動作確認結果

- ▶ 燃料取扱設備の機能・性能に影響を及ぼす事象（14件）を確認した。
発生事象対策を1月中に対策を実施し、燃料取り出しに万全を期す。
(P7：安全点検における発生事象の状況参照)

■ 設備点検結果

- ▶ 対象設備の外観確認の結果、消耗品及び一部設備に発錆及び塗装のはがれ等を確認。
消耗品の交換、手入れ・補修塗装を実施済。
- ▶ 上記点検に合せ、潤滑油・機器作動系内部流体の補給を実施済。
- ▶ 対象設備ケーブル、接続箱及び制御盤内部の外観確認の結果、異常なし。

設備点検では、燃料取扱設備の機能・性能に影響を及ぼす経年劣化は無かった。

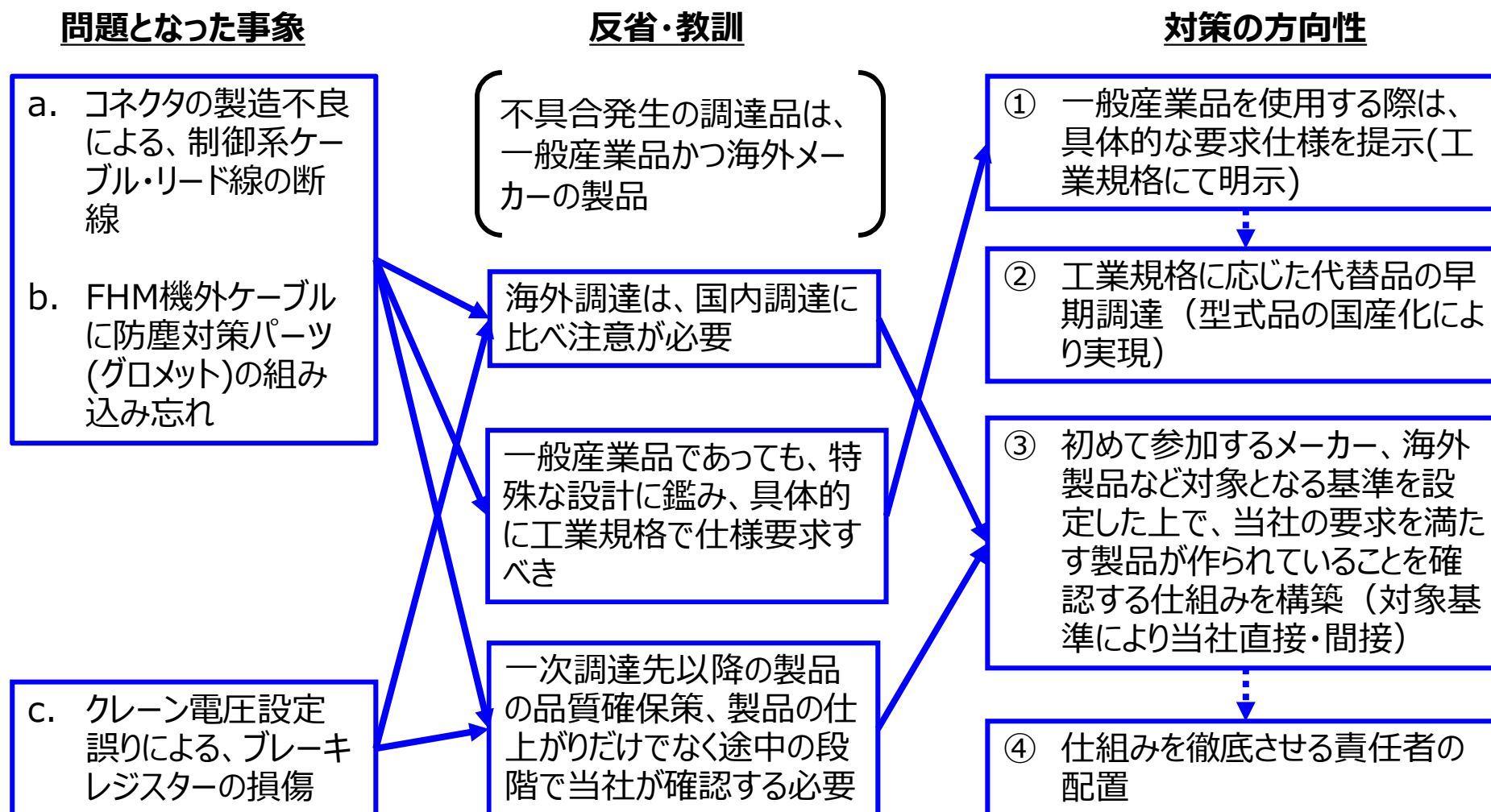
項目	機器名	種別	主な実施事項	2018年9月	2018年10月	2018年11月	2018年12月	
動作確認	機器単品	クレーン	本体		▼② ▼⑥			
		ツール	・基本動作確認 ・電源断時のインターロック確認		▼⑤			
		FHM	本体	・水中での動作確認		▼⑧		
		デンシルトラス	・ブレーキ動作確認等	▼① ▼③ ▼⑦			未実施分※は発生事象の対策後に実施	
		ツール		▼④ ▼⑨			未実施分※は発生事象の対策後に実施	
	ワンスルー	クレーン/FHM	－	キャスクとダミー燃料を使用した実機相当の確認		▼⑩⑪		
点検	設備点検	－	外観確認等					
その他	－	－	－			▼⑫ ▼⑬ ▼⑭		

※ 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

2.3 安全点検における発生事象の状況

No.	発生事象	原因（概要）	対策（概要）	状況	完了 予定時期
①	テンシルトラス 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	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	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	対応中	1月下旬
⑤	垂直吊具の水圧供給用カブラの ガasket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	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	テンシルトラス 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に共通する箇所に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

■ 3号機燃料取扱設備の一連の不具合による、教訓と対策は以下の通り



3.2 品質管理確認と調達改善（全体像）

- 一連の不具合を踏まえた反省点・教訓をもとに、クレーン・FHMの個別対策として、品質管理確認を実施（12月25日完了）するとともに、継続的改善として、廃炉推進カンパニーの調達改善に取り組んでいる

一連の不具合を踏まえた反省点・教訓と品質管理面の当社の取り組み

反省点・教訓	クレーン・FHM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・FHM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・FHM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

CDOを補佐し、調達改善を含む廃炉推進カンパニーの**品質全般を監督・助言・指揮**する者を配置

3.3 品質管理確認（1 / 4）

■ クレーン・FHM構成品の信頼性評価

- ▶ 今回調達した、クレーン・FHMの全構成品（79機器）を、原子力品（品質管理区分D）・一般産業品（品質管理区分G）、東芝グループ内調達品・海外調達品に分類。調達方法の差異を考慮し、記録確認や追加試験等により信頼性を確認

クレーン・FHM構成品の79機器の調達方法による分類

	東芝グループ内調達	海外調達
一般産業品	47	27
原子力品	1	4

クレーン・FHM構成品 機器と分類（抜粋）

No.	機器	調達先	品質管理区分
1	燃料取扱機	海外一次	D
・	・	・	・
20	燃料取扱機・クレーン監視用固定カメラ	東芝グループ内	G
21	作業用ITV	海外一次	G
・	・	・	・
71	ケーブル/ホース（燃料取扱機/クレーン用）	海外一次	G
72	ケーブル（ユーティリティ設備制御用）	東芝グループ内	G
・	・	・	・
79	燃料健全性確認治具	東芝グループ内	G

■ クレーン・FHM構成品の信頼性評価

➤ 実施方法

- 設計要求と調達要求の整合がとれていることを発注仕様・記録等にて確認
- 製造品の品質が要求を満足していることを記録等にて確認
- 当社は、東芝ESS事業所に出向き、記録の直接確認及びヒアリングを実施。この過程にて不足の情報があれば、東芝ESSは海外一次調達先にヒアリングにて補足

⇒ 記録等にて確認できない場合は、安全点検（動作確認・設備点検）にて確認を行い、信頼性を評価

➤ 実施結果

- 信頼性評価を踏まえ、以下のような安全点検での確認や不適合発生時のリスク低減策を実施
 - ✓ 工場等での試験条件（電源電圧や水深）が1Fと異なる場合や、記録等により耐環境性（耐水性、耐放性、耐腐食性等）が確認できなかった場合は、1Fで実施する安全点検での動作確認・設備点検にて確認（安全点検工程内で実施）
 - ✓ 耐放射線性において、供用期間中の劣化リスクが考えられる機器は、予備品を保有
 - ✓ 温度・湿度要求において、制御盤付の空調機器の故障リスクを考慮し、対応手順を整備

3.3 品質管理確認（3 / 4）

信頼性評価を踏まえた対応

	総数	信頼性評価を踏まえた対応（機器数）			
		安全点検での確認		不適合発生時への対応	
		動作確認	設備点検	予備品の手配	手順の整備
原子力品 かつ 海外調達品	4	4	4	1 (マニピュレータ)	-
一般産業品 かつ 海外調達品	27	9	13	2 (ITV類)	4 (制御盤類)
東芝ESS調達品 (原子力品・一般産業品)	48	4	1	3 (webカメラ等)	-
総計	79	17	18	6	4

【具体的対応の一例】

- 燃料取扱機、燃料つかみ具（原子力品かつ海外調達品）
 - ✓ 東芝ESSの工場での操作訓練では1Fサイトの実運用（水深）を模擬できていないため、水中使用について動作確認を実施。また、浸水部位について、材質がミルシート等にて確認できず腐食の可能性を否定できないため、発錆等異常の有無を設備点検にて確認
- マニピュレータ（原子力品かつ海外調達品）、作業用ITV（一般産業品かつ海外調達品）
 - ✓ 燃料付近等高線量エリアにアクセスして使用するなど、使用状況によっては積算線量が想定より高くなる可能性があり、劣化リスクが考えられるため予備品を準備
- 燃料取扱機制御盤、ITV制御盤・操作卓（一般産業品かつ海外調達品）
 - ✓ 盤付のエアコンが故障した場合、リカバリー策として盤の扉を開放し、盤が収納されているコンテナのエアコンで冷却除湿する手順を整備
- 移送容器支持架台（東芝ESS調達品）
 - ✓ 東芝ESSの工場では移送容器を支持する試験を行っていないため、動作確認にて移送容器支持架台が移送容器を支持できることを確認

3.3 品質管理確認（4 / 4）

■ 新たに調達・施工するケーブルの品質確認

- 復旧にあたって、新たに調達・施工するケーブルについて、当社にて製品の品質を確認済
 - 改修対象の112ライン※について、コネクタ部の構造ならびに防水性能が十分であることを、当社が直接確認
 - 東芝ESS作成の施工要領書・組立チェックシートを当社・東芝で確認。正しく製造されれば、既設コネクタの防水性能がIP×7（水面下1mで30分間に水の浸入のないレベル）を満足することを水密試験にて確認
 - 製造作業中の品質管理が、施工要領書・組立チェックシートにもとづき行われているかを立会にて確認

※ 機外ケーブル：112ライン全て（全114ラインのうち、2ラインはLANケーブルのため対象外）
機内ケーブル：電気特性不良が確認された3ライン、機器付きコネクタ11ライン

水密試験立会



組立手順・チェックシート確認



図1-3 機外ケーブルの組立手順

図1-4 機外ケーブルの接続部

品番	規格	単位	数量
112-112	112-112	個	1
112-113	112-113	個	1
112-114	112-114	個	1
112-115	112-115	個	1
112-116	112-116	個	1
112-117	112-117	個	1
112-118	112-118	個	1
112-119	112-119	個	1
112-120	112-120	個	1
112-121	112-121	個	1
112-122	112-122	個	1
112-123	112-123	個	1
112-124	112-124	個	1
112-125	112-125	個	1
112-126	112-126	個	1
112-127	112-127	個	1
112-128	112-128	個	1
112-129	112-129	個	1
112-130	112-130	個	1
112-131	112-131	個	1
112-132	112-132	個	1
112-133	112-133	個	1
112-134	112-134	個	1
112-135	112-135	個	1
112-136	112-136	個	1
112-137	112-137	個	1
112-138	112-138	個	1
112-139	112-139	個	1
112-140	112-140	個	1

4. 環境対策について

▶ トロリ上機器の雨養生

- ✓ドーム屋根から強雨時において数カ所で少量ながら雨漏りしている状況である事から、FHM・クレーンのトロリ上の動力・信号関係のコネクタについて、雨水等の影響を軽減するために、屋根かけ・養生等を実施し、コネクタ浸水リスクを排除した。また、ドーム内の電気品収納箱扉にパッキンの追加および除湿剤の設置を実施した。



▶ ケーブルトレイ養生

- ✓ケーブルトレイの隙間からの雨水浸入を防止するため、隙間の養生を実施する。



5. 予備品の手配について

- ▶ 設備の不具合が発生した際に、迅速に対応できるよう、リスクアセスメントに基づき、FHM、クレーン等の予備品の準備を進めていた(発注済)。
 - ✓ 機械品として、Oリングやテンシルトラスの水圧ユニット用制御弁等が納入済
 - ✓ 今後、電気品、ブリッジモータ等が納入予定
- ▶ 安全点検等での発生事象 ※ を受け、当該不具合部品及び類似した部品、更に発生事象が多い電気品について劣化事象を考慮した予備品についても手配予定。

※不具合や試運転での発生事象を含む
- ▶ 品質管理確認における信頼性評価を踏まえ、必要な予備品についても手配予定。

代表的な予備品の例（発注済及び手配準備中の予備品）

機器名	リスクアセスメントに基づき準備する予備品（発注済）	安全点検等を受けて準備する予備品	品質管理確認を踏まえて準備する予備品
燃料取扱機	ベアリング、モータ	制御盤電気部品(インバータ含む)	－
クレーン	ブリッジモータ、主巻ギア式LS	制御盤電気部品(インバータ含む)	－
吸引装置	水中ポンプ、フィルタ、電源ケーブル、センサーケーブル	－	－
ツール類	移送容器蓋締付装置用トルクモータ、Oリング 水圧ホース、制御弁、制御ケーブル、ITV※	制御盤電気部品	マニピュレータ部品、ITV(※発注済)、Webカメラ
水圧ユニット	制御弁、圧力センサー	水圧ホース、水圧ホース治具	－
遠隔監視装置	光集約ケーブルスイッチ	データ伝送PC、ヒューズ	－

I. 現地試運転時の不具合を踏まえた追加的対策

II. 今後の予定

6. 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【実施中】

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）【今後実施】

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・テンシルトラス・マニピュレータ・東西補巻）【今後実施】

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【今後実施】

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P7参照）

- 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健全性も併せて確認する。【今後実施】

7. 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

7. 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

7. 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。



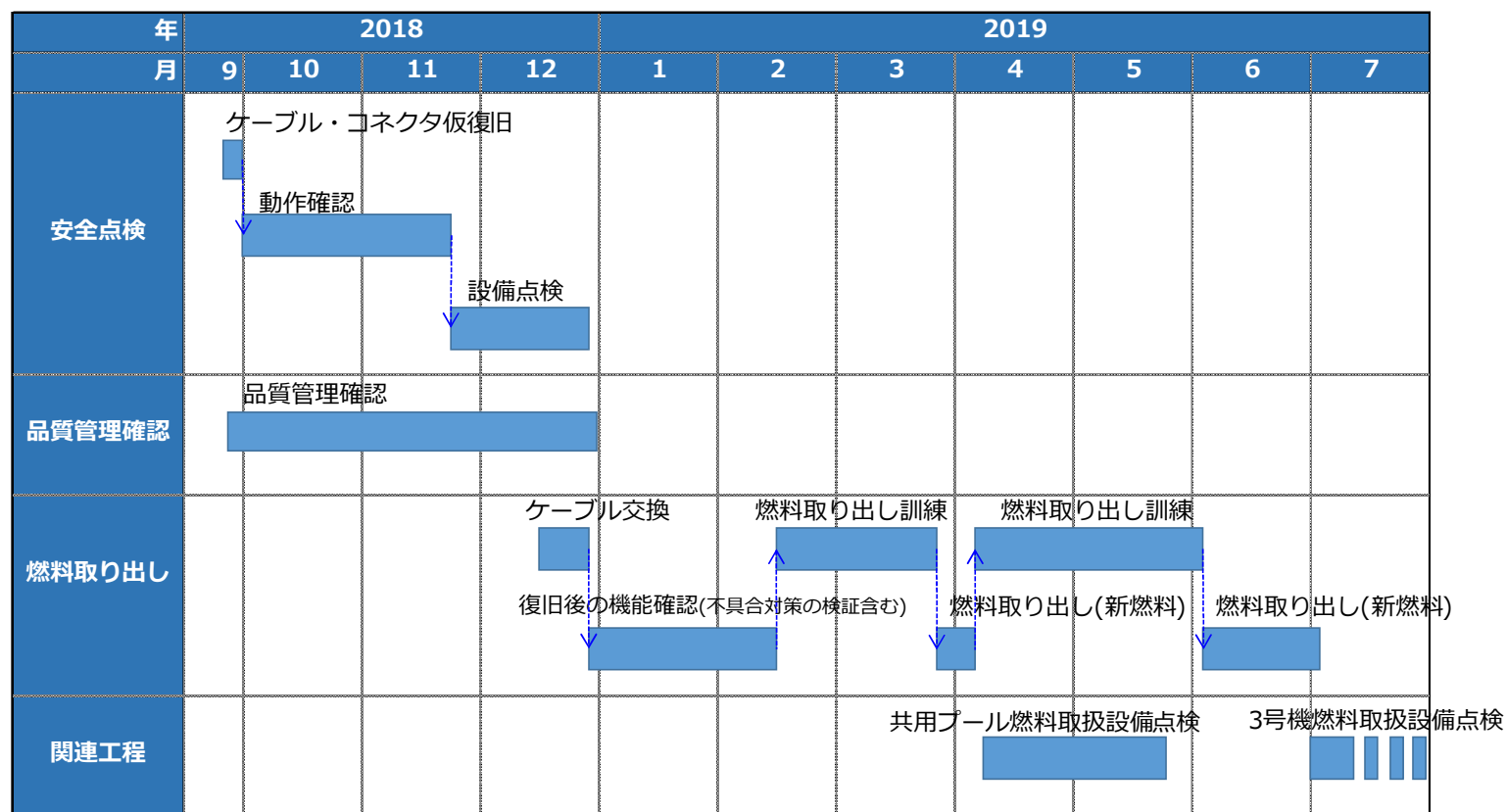
※ 訓練等の順序・期間は必要に応じて見直しを行う

- 燃料取り出し訓練
- ①燃料取扱設備訓練
 - ②輸送容器訓練
 - ③燃料移動訓練

- 関連作業
- a.吊り降ろし手順等の成立確認試験
 - b.輸送容器プール内搬入
 - c.燃料健全性確認(1基目7体分)
 - d.作業確認および振り返り

8. 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、一部不確実な要素（不具合対策の検証）があるものの、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「不具合対策の検証」「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。



参考資料

1.1 クレーン主巻インバータ不具合（発生事象）

- 試運転中にクレーンの不具合が発生。

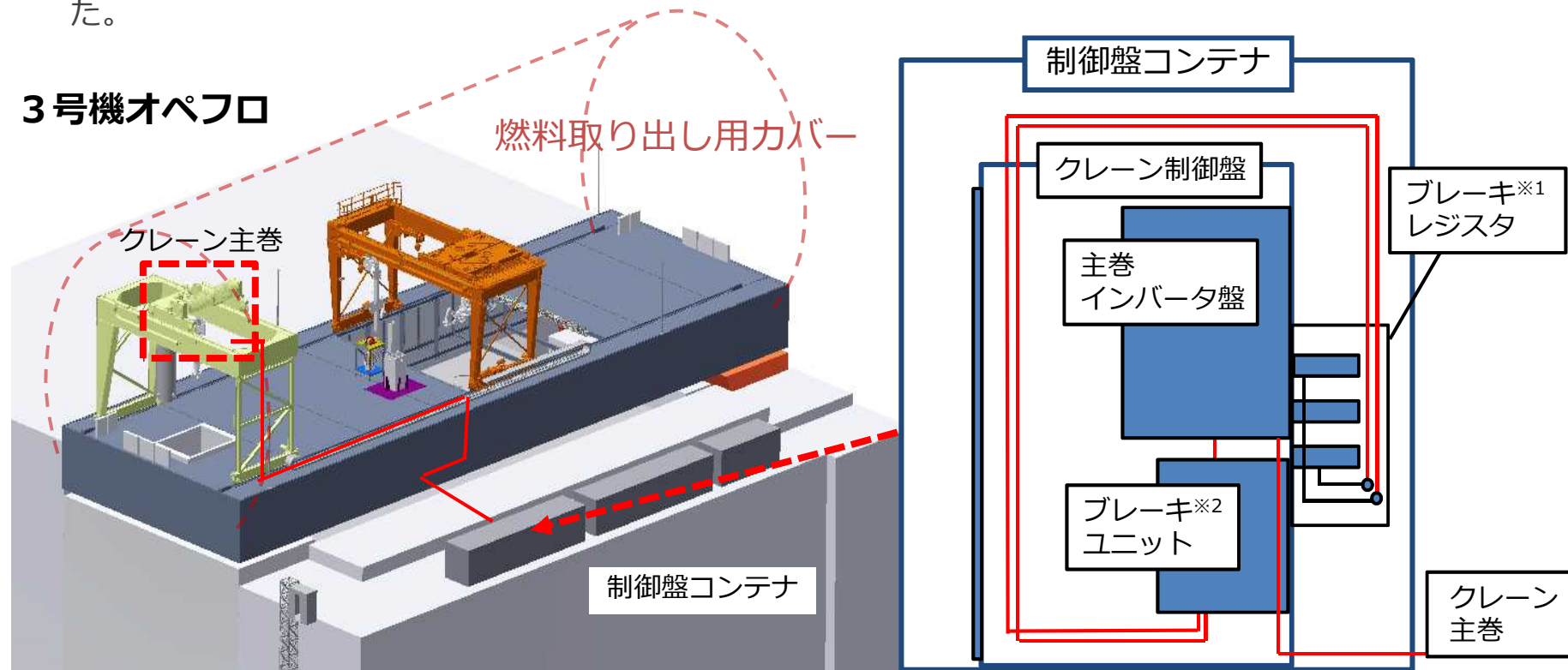
- **発生事象**

2018年5月11日 クレーンの試運転において、主巻の巻き下げ停止操作をしていたところ、R/Bオペフロに設置してある制御盤コンテナ内のクレーン主巻インバータから異音が発生し、クレーンが停止した。クレーン主巻インバータの内部を確認した結果内部にすすが付着していた。（消防署より非火災と判断）

- **調査状況**

2018年5月12日 クレーン主巻インバータ異常の調査の為、R/Bオペフロに設置してある制御盤コンテナ内機器の外観確認を行っていたところ、クレーン制御盤背面にあるブレーキレジスタ^{※1}に損傷を確認した。

3号機オペフロ



※1 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

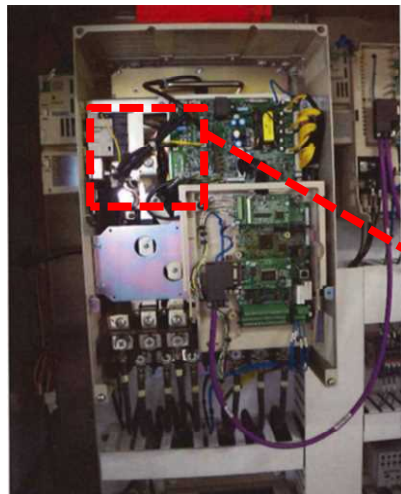
※2 ブレーキユニット：クレーン主巻動作により発生する回生電流が一定値を超えたとき、ブレーキレジスタ側に逃がす回路

1.1 クレーン主巻インバータ不具合（発生事象）

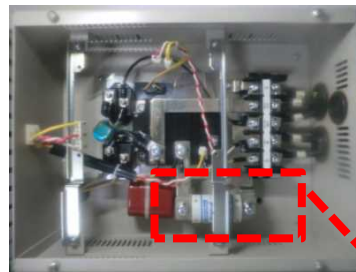
■ クレーン不具合（主巻インバータ異常）発生状況は以下の通り。

- 3月16日：電源投入。主巻インバータ異常の他、複数の警報を確認。
- 3月28日：通信異常やケーブルの一部断線の復旧を実施したが主巻インバータ異常の警報のみクリアせず。
- 4月 5日：インバータ内整流器の損傷を確認。
- 4月21日：主巻インバータ異常は機器単体の故障と考え、主巻インバータの交換を実施。
動作確認の中で主巻の巻き下げ速度を上昇させた際、主巻インバータ異常の警報を確認。
- 4月25日：ブレーキユニットのヒューズに損傷を確認。
- 5月11日：ブレーキユニットの交換を実施し、動作確認の中で主巻の巻き下げ停止操作をした際、主巻インバータ異常の警報を確認。インバータ内部に煤を確認。
- 5月12日：ブレーキユニットに付随のブレーキレジスタに損傷があることを確認。

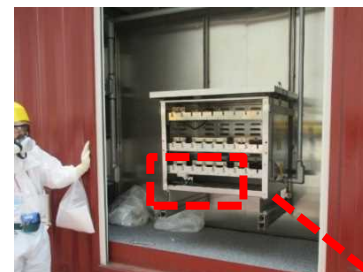
クレーン制御盤 (3号機南側構台上)



主巻インバータ内部写真



ブレーキユニット内部写真



ブレーキレジスタ内部写真



主巻インバータ内部の煤
(5月11日)



損傷の確認された整流器
(4月5日)



損傷の確認されたヒューズ
(4月25日)



ブレーキレジスタ内の損傷
(5月12日)

1.1 クレーン主巻インバータ不具合 (原因調査)

■ 事実関係整理

- 動作確認を行った工場と発電所では電源電圧が異なっている。
(米国工場：380V、国内工場420V、発電所480V)
- 米国出荷時において、電源電圧の違いをインバータのパラメータ設定に反映していたが、ブレーキユニットの設定は低いままとなっていた。

■ 現場調査

- 制御盤内及び電源ケーブルについて外観確認を実施し、接続に問題のないこと、ボルトに緩みのないこと、地絡発生の痕跡がないことを確認。
- 制御盤内の絶縁抵抗測定を実施し、絶縁が保たれていることを確認。

⇒制御盤内の機器及び電源ケーブルに短絡・地絡の発生がないことを確認。



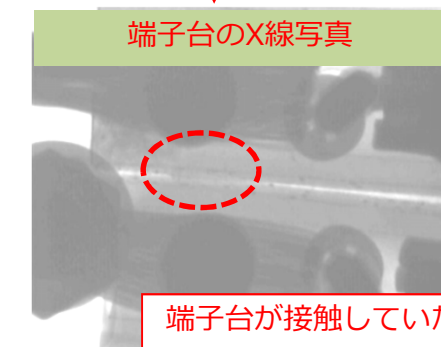
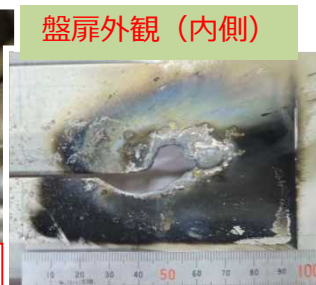
現場調査実施項目
【外観確認】
・電源ケーブル (20本)
・制御盤内機器 (37種類)
【絶縁抵抗測定】
・制御盤内 (11箇所)
【導通確認】 ※
・電源ケーブル(20本)
・制御盤内機器 (2種類)
※機器の健全性確認の為実施

1.1 クレーン主巻インバータ不具合（原因調査）

■ 機器調査

- ブレーキレジスタの外観確認において、端子台の絶縁物が溶けていること、ボルト頭部も溶融していることを確認。盤扉の溶融と盤内配線の被覆が溶けている状況を確認。
- ブレーキレジスタの分解調査を実施し、端子台、盤扉以外に地絡の痕跡がないことを確認。レジスタ本体（抵抗器）の外観、抵抗値に異常の無いことを確認。端子台と盤扉の機械的な接触が無いことを確認。
- 端子台をX線撮影で確認した結果、端子が接近していることを確認。

⇒絶縁物の溶融により端子部が接触したことで短絡が発生。端子台と盤扉の機械的な接触が無いことから、短絡時の放電によって盤扉と端子台間で地絡が発生したと考えられる。



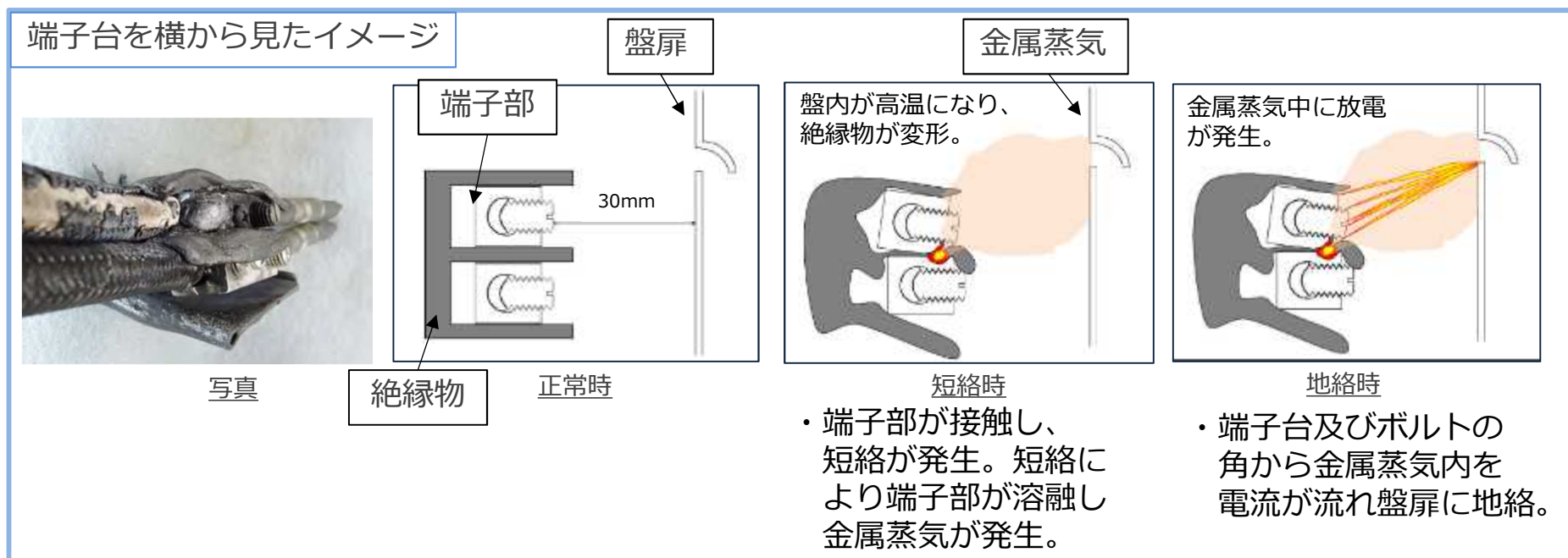
機器調査実施項目

- 【目視確認】
 - ・ケーブル、盤、扉、抵抗器
 - 端子台
- 【抵抗測定】
 - ・抵抗器
- 【導通確認】
 - ・端子台
- 【材料調査】
 - ・ケーブル、盤、扉、端子台

1.1 クレーン主巻インバータ不具合（原因）

- 調査結果より不具合原因を以下と推定。
 - 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のままとなっていたことから、電源投入時よりブレーキレジスタに連続して電流が流れる状態となった。
 - ブレーキレジスタ盤内が高温になり、端子台の絶縁物の変形し、端子部で短絡が発生。
 - 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。
 - 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。

※回生電流が発生して直流電圧が高くなった場合に、ブレーキレジスタに電流を流す設定

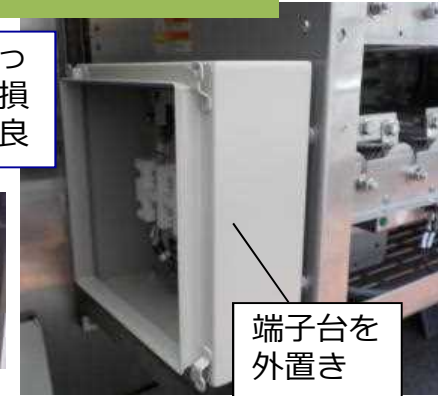


1.1 クレーン主巻インバータ不具合（対策）

- 要求仕様と異なる条件で工場試験を実施していたことに気付かなかったことから、以下を確認・要求する
 - 試験条件と要求仕様の差異を明確にし、その差異による影響について問題ないことを確認
 - 設定の変更を必要とするものについては、図書（取扱説明書等）に設定変更方法を記載
 - 工場試験と発電所で設定の変更を必要とするものについて、納入時に設定記録を提出
- 発電所の電源電圧をブレーキユニットの設定に反映しなかったことにより損傷に至ったことから、以下の対策を実施
 - 損傷した部品の交換。
 - 発電所の電源電圧をブレーキユニットの設定に反映。
 - ブレーキレジスタ端子台の接続部の改良。

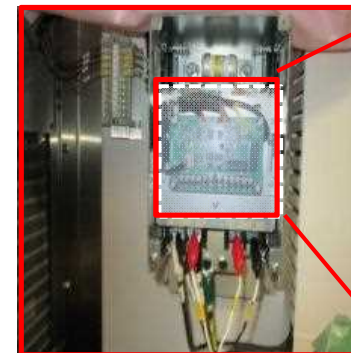
端子台の接続部の改良

盤内が高温になった際、端子台が損傷しないよう改良

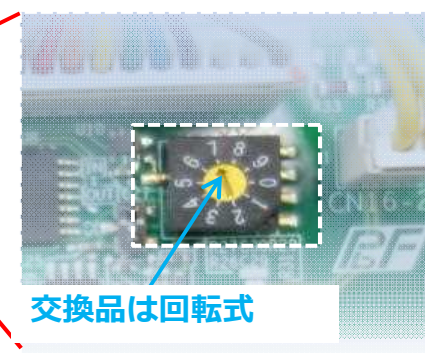


端子台を外置き

発電所の電源電圧をブレーキユニットの設定に反映



ブレーキユニット表蓋を外した状態

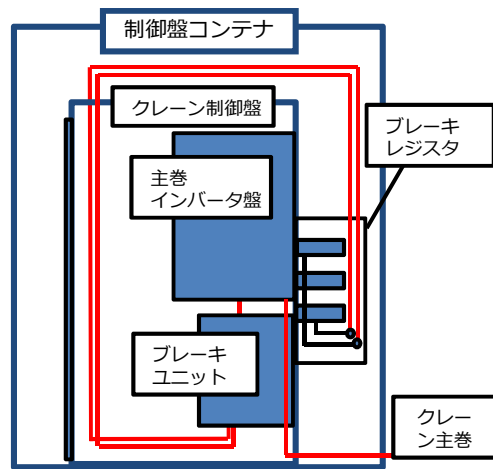


交換品は回転式

損傷した部品の交換

部品	処置内容
クレーン主巻インバータ	新品へ交換 (部品廃番のため、同仕様の部品に交換)
ブレーキユニット	新品へ交換 (部品廃番のため、同仕様の部品に交換)
ブレーキレジスタ	新品へ交換 端子台の改良

1.1 クレーンブレーキユニット警告文及び電圧設定スイッチ



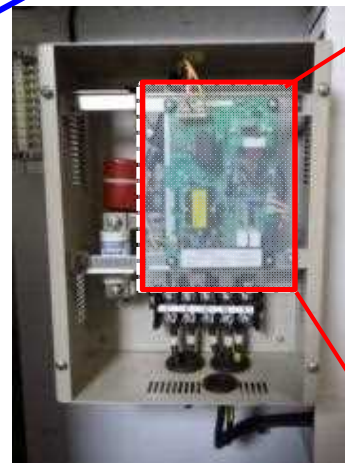
Do not attempt to service unit without understanding service manual and circuitry.

(保守マニュアルと回路を理解していない状態で保守をしないでください。)

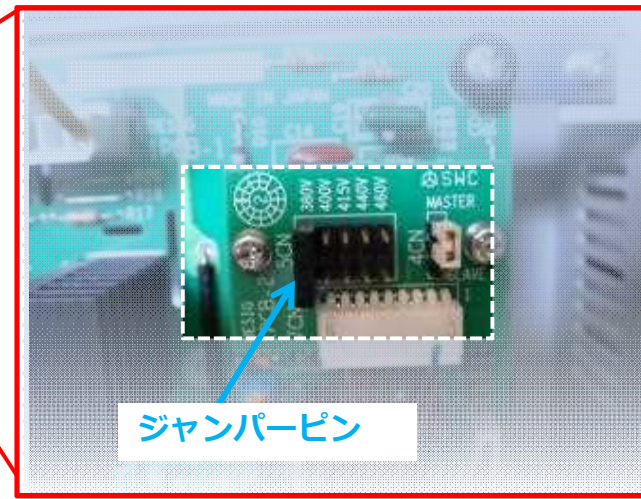
制御盤コンテナ内構成



ブレーキユニットの外観 (交換後)



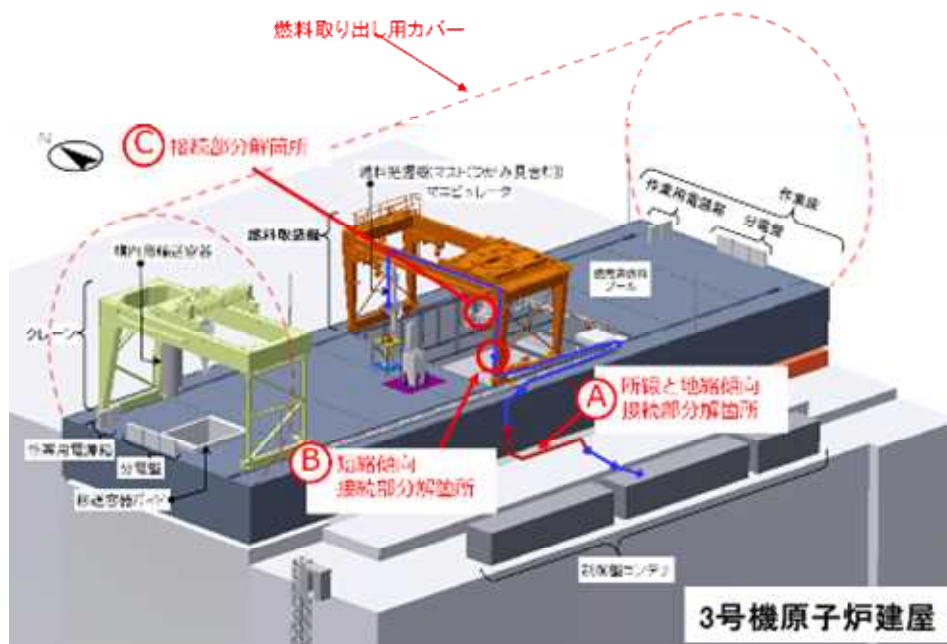
ブレーキユニット表蓋を外した状態 (交換前)



1.2 燃料取扱機（FHM）の不具合（原因調査）

■ 不具合箇所特定のため以下の実施

- 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なかった。
- ケーブル入替試験、抵抗測定の結果、マストホイストモータ速度検出器（1）につながるケーブルに断線、地絡傾向、短絡傾向を確認。
- 分解調査の結果、接続部内部にリード線の断線を1箇所確認。



調査項目、調査対象

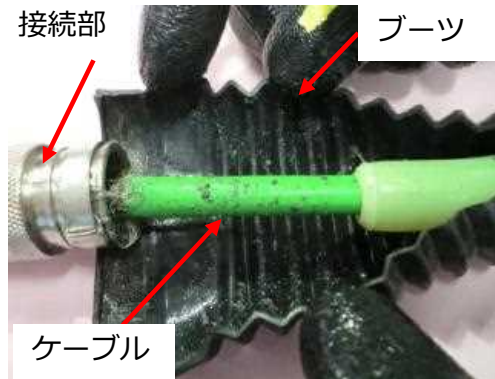
項目	対象	箇所数
外観確認、動作確認	<ul style="list-style-type: none"> ●マストホイストイコライザ ●ロープ ●LSレバー周辺 ●マストロープ破断LS 	<ul style="list-style-type: none"> ●1箇所 ●2本 ●2箇所 ●2箇所
ケーブル入替試験、抵抗測定	<ul style="list-style-type: none"> ●マストホイストモータ速度検出器につながるケーブル 	<ul style="list-style-type: none"> ●1ライン（6本繋ぎ）
分解調査	<ul style="list-style-type: none"> ●抵抗測定の結果、短絡・地絡が確認されたケーブルのコネクタ ●上記短絡・地絡が確認されたコネクタのうち、コネクタに付着していた異物（成分分析） 	<ul style="list-style-type: none"> ●3箇所 ●1箇所（オス側）

1.2 燃料取扱機（FHM）の不具合（原因）

- 不具合が確認されたケーブルの接続部を分解し内部を確認した結果、ブーツ用滑り止め※にずれやブーツに熱収縮の痕跡が少ないこと、内部が湿っていることを確認。
 - リード線の断線は、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、破断に至ったと推定。
- ⇒ FHMの停止は、制御装置がリード線（制御ケーブル）の断線を検知したことで制御系の異常と判断した（「マストホイストsimotion異常」）ため停止に至った。



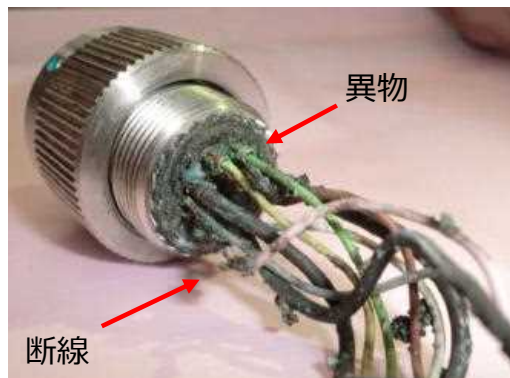
①ブーツ用滑り止めのずれ



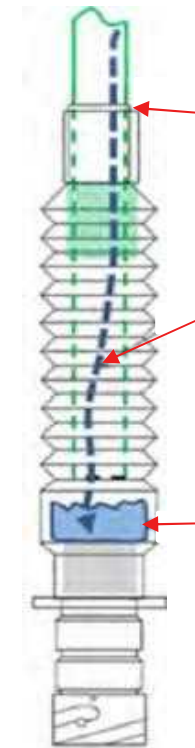
③ブーツ開放状況



②ブーツの熱収縮状況



④ブーツ等取外し後

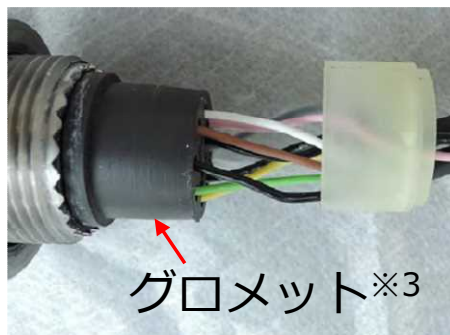
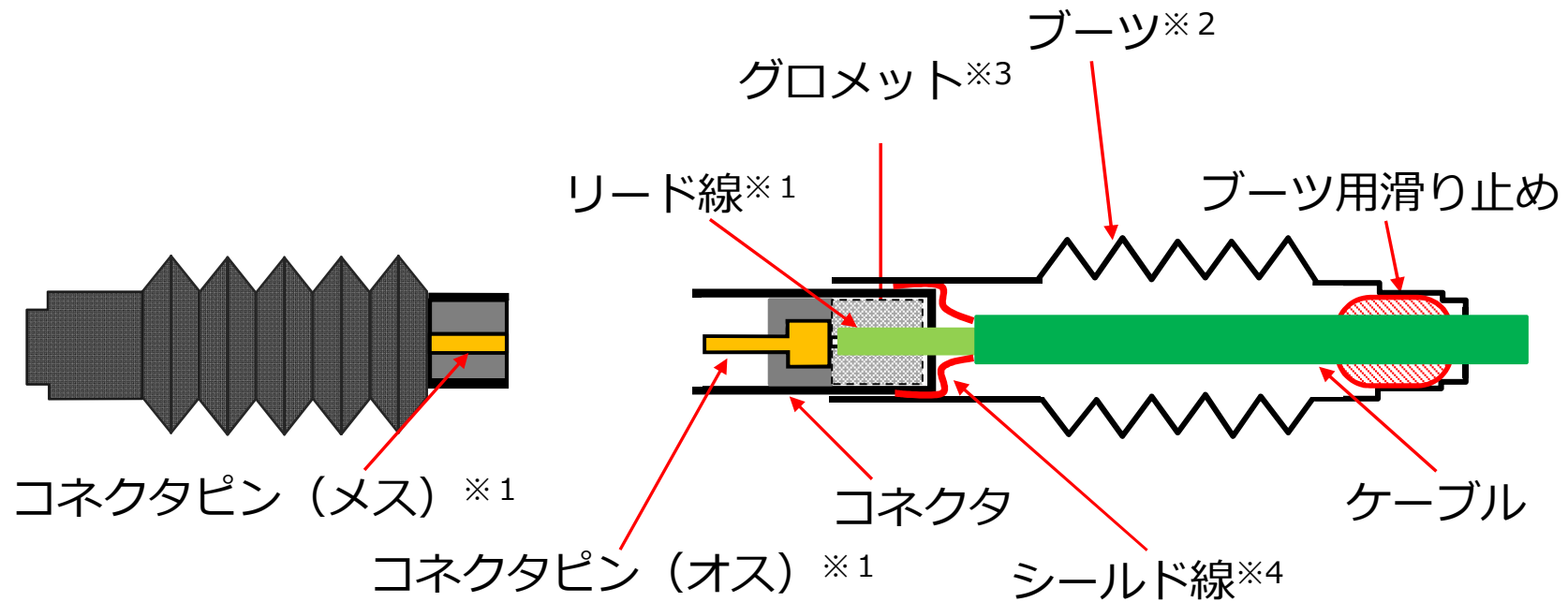


- ①ケーブル径が細いため、ブーツとケーブル間に隙間が形成
- ②雨水等の水分がブーツ内に浸入
- ③接続部内部に水分がたまる。水分により腐食、減肉、リード線破断に至る

損傷メカニズム（推定）

※※ブーツ用滑り止め：ケーブル径が小さいためブーツに合わせるための治具

1.2 接続部の概略図



※1：コネクタピン、リード線については、ケーブル仕様によって、本数（個数）が異なる。

※2：ブーツはコネクタからケーブルの抜け防止及び雨水浸入防止のため。

※3：グロメットは、防塵対策のため。

※4：シールド線は外部からのノイズ防止のためのアース線であり金属コネクタと電氣的に接続されている。

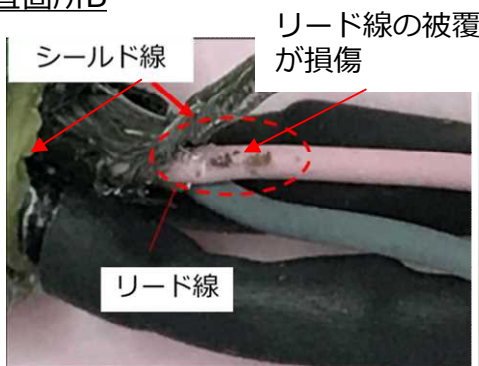
1.2 燃料取扱機（FHM）の不具合 （その他の不具合（短絡・地絡傾向）の要因について）

- 接続部を分解し内部を確認した結果、シールド線に一部短いものを確認。（分解調査箇所A・B）
⇒ シールド線が折損し、折損したシールド線が接続部内部に脱落することにより、リード線間で短絡及び地絡が発生する可能性がある。
- 断線が確認されたケーブルの接続部に、シールド線の混入を防止する防塵対策パーツ（グロメット）が組み込まれていないことを確認。
⇒ 一部のFHMケーブルは、防塵対策パーツが組み込まれていない可能性があるため、シールド線が折損した場合、接続部内で地絡及び短絡が発生する可能性がある。
- 分解調査箇所Bの追加調査箇所では、ハンダによるリード線の被覆損傷を確認し、被覆損傷部にシールド線が接触することにより短絡発生の可能性を確認。

分解調査箇所A



分解調査箇所B



分解調査箇所C



1.2 燃料取扱機（FHM）の不具合（類似箇所調査）

■ 類似箇所調査

- FHM、クレーンの制御系ケーブル76ライン（断線ラインを除く）及び電源ケーブル37ラインに対し、制御盤～機器間での抵抗測定（絶縁抵抗／導体抵抗）を実施。
- ケーブルメーカーへの聞き取り調査の結果、一部のFHMケーブルに防塵対策パーツ（グロメット）の組み込み漏れの可能性を確認したため、1F敷設ケーブルのコネクタ総数約1500個のうち、サンプルとして1F敷設ケーブルから20個（分解調査した3個を除く）、予備ケーブルから8個のコネクタ（計28個）を分解調査。

■ 類似箇所調査結果

- 類似箇所調査の結果、制御系ケーブル**11ラインに抵抗値の異常を確認**。尚、電源ケーブルは健全性を評価し問題ないことを確認した。
- FHMケーブルの接続部に、シールド線の混入を防止する防塵対策パーツ（グロメット）が組み込まれていないコネクタがあることを確認。防塵対策パーツ（グロメット）がなかったコネクタは、追加ケーブル（2017年手配）の一部に確認された。
- コネクタ内部にシールド線の折損・混入を1箇所確認（分解調査箇所C）
- ブーツ取付不良及びリード線に断線が確認されたコネクタは、追加ケーブル（2017年手配）の1本のみであった。

コネクタ総数（個）	コネクタ分解調査状況				
	グロメット有無		ブーツ取付状態*		リード線腐食状況
	有り	無し	健全	不良	
約1500	17/28	11/28	28/28	0/28	1本腐食有り

* 分解の他に108箇所の取付状態を目視で確認し取り付け状態に問題はなかった。

1.2 燃料取扱機 (FHM) の不具合 (対策: ケーブル取替作業の概要) TEPCO

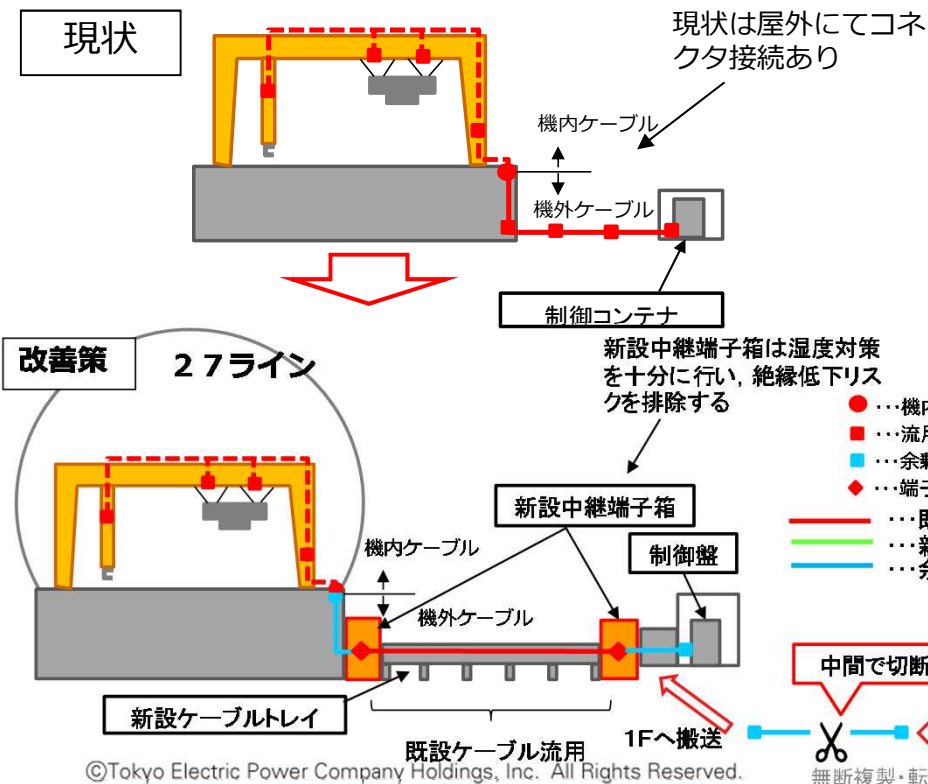
(1) 機外ケーブル: 2017年手配

【状況】

- ・ブーツ製造不良により水浸水により断線発生
- ・サンプリング調査、及び海外コネクタ製作メーカへのヒアリング調査の結果、一部グロメット組込み忘れ不具合の可能性
- ・ブーツの製造品質を担保できる記録が確認できず
→屋外のコネクタに対する水浸入リスクを排除できない。

【方針】

機外側 1 1 2 ラインについて、屋外のコネクタを全てなくし、水浸入リスクを排除する。



(2) 機内ケーブル: 2013年手配

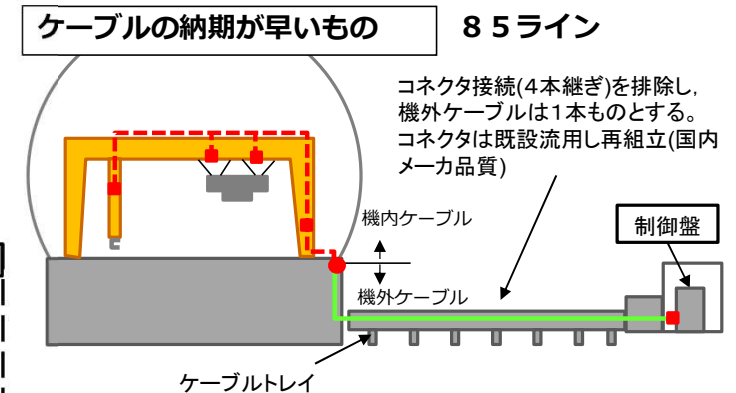
【状況】

- ・海外コネクタ製作メーカへのヒアリング調査にて、グロメット出荷状況、製造時に要領書通り製作していることを確認
- ・サンプリング調査でも全数グロメット有を確認
- ・屋内であるためブーツの水浸入リスクは低く、ブーツ外観、電気試験、触診でリスク排除可能

【方針】

- ・電気特性試験の結果、不良と判断されたもの3ラインのコネクタ交換を実施。また機器付きコネクタは構造上グロメットがないため、類似箇所の絶縁シール強化補修(11ライン)を実施する。

※グロメット…防塵対策のためのコネクタ内部に取り付けるパーツ



2. 動作確認で抽出された事象

①テンシルトラス ホイスト3ドラム回転異常

【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トオ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】

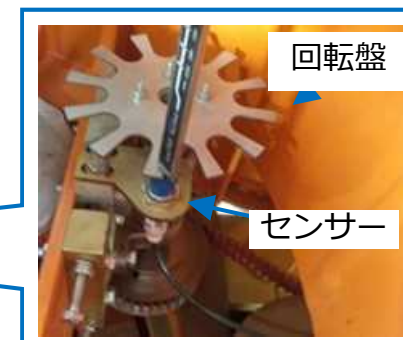
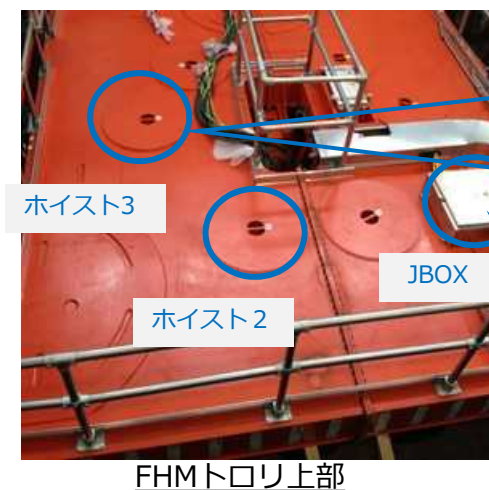
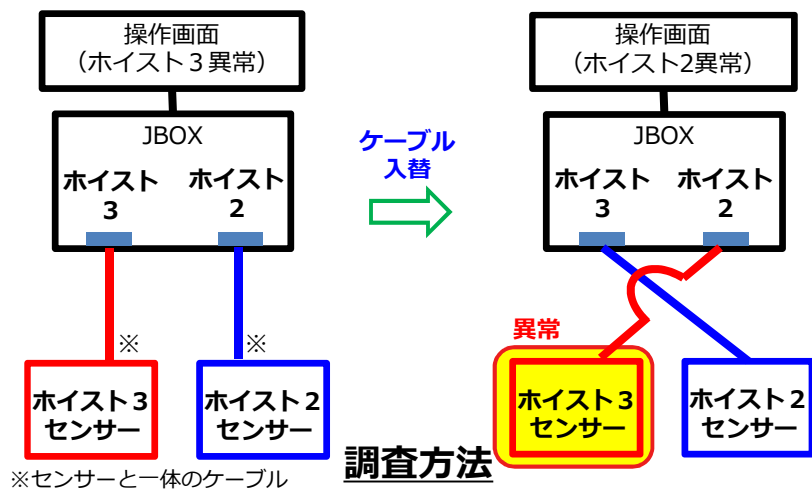
警報の発生したホイスト3と正常動作しているホイスト2のセンサーのケーブルをJBOX内で入替え原因調査を実施した結果、ホイスト2側に異常が発生したため、ホイスト3のセンサーの異常と判断。

【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。



2. 動作確認で抽出された事象 ②クレーンでのエラーメッセージ発生

【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。

*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。

【原因】

吊り荷荷重と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

2. 動作確認で抽出された事象 ③駆動源喪失時のマニピュレータの挙動

【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。

※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。

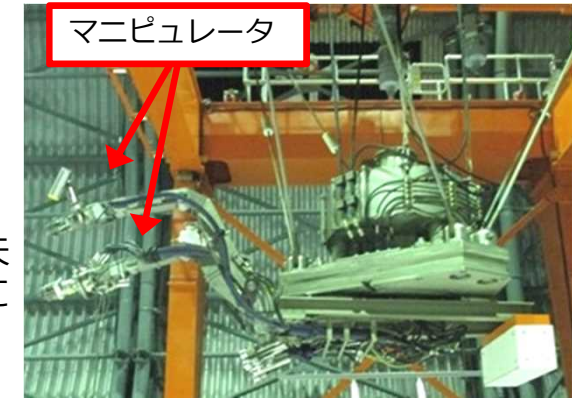
【原因】

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。
 - 把持部が徐々に開く事象は解消。
 - 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。

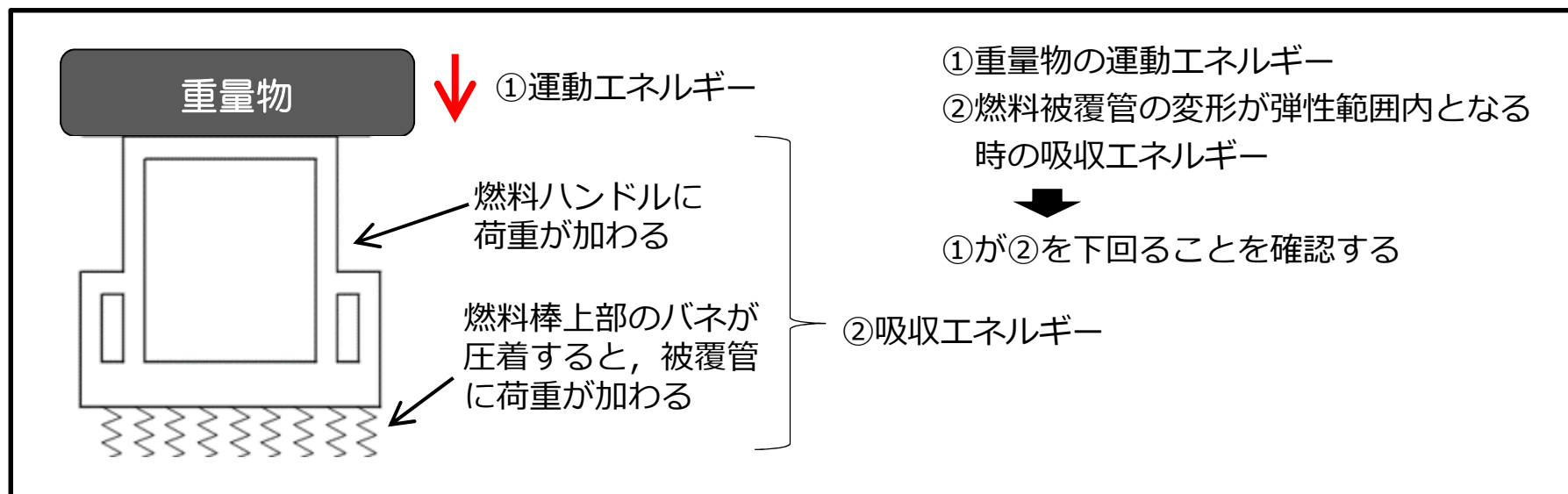
（

- 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。

）

2. 動作確認で抽出された事象 ③駆動源喪失時のマニピュレータの挙動 (マニピュレータが関節部を軸に降下した場合の燃料への影響について)

- 重量物が燃料のハンドルに衝突すると、ハンドル及び燃料棒の上部に取り付けられているバネに荷重が加わり、バネが圧着すると、燃料被覆管に荷重が加わる。
- 荷重により生じる燃料被覆管の変形量が弾性範囲内となる時の燃料被覆管等に吸収されるエネルギー（以下、「吸収エネルギー」）よりも、重量物の運動エネルギーが小さければ、燃料被覆管の変形は弾性範囲内にとどまる。
- 駆動源喪失時にマニピュレータ（約100kg）が、確認した最大のコンクリート小ガレキ（約450mm×約300mm×約100mm,約31kg）を把持した状態で、関節部を軸に降下し、燃料ハンドルに接触した場合の運動エネルギーを評価した結果、吸収エネルギーを下回ることから、燃料への影響はないと考えられる。



2. 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。（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。

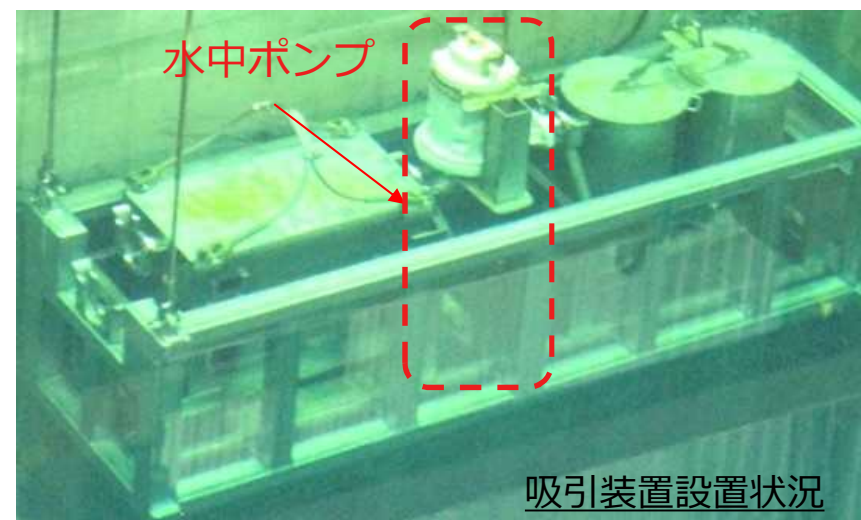
【原因】

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。

- ・ 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

【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、交換後の動作確認試験を1月下旬に実施予定



【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。

2. 動作確認で抽出された事象 ⑤垂直吊具の水圧供給用カプラのガスケット損傷 ⑥クレーン動作時に動作異常の警報発生

【事象⑤】 垂直吊具の水圧供給用カプ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プラを接続する際、真っ直ぐ接続出来ず、カプラプラグのガスケットが損傷。

【対応】

- ✓ 予備のカプラプラグに交換済

【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。

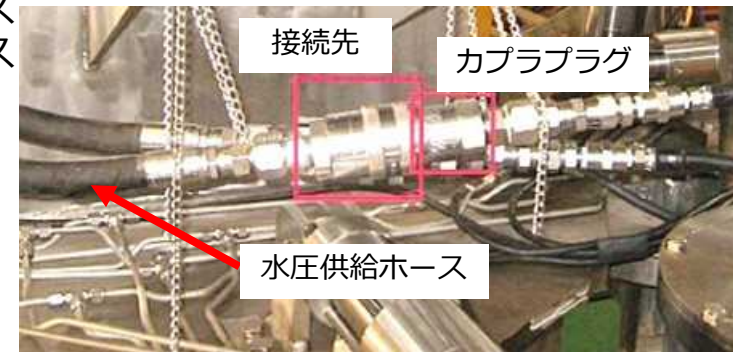


図1 水圧供給用ホース接続イメージ

【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キャスク落下等につながる事象ではない。

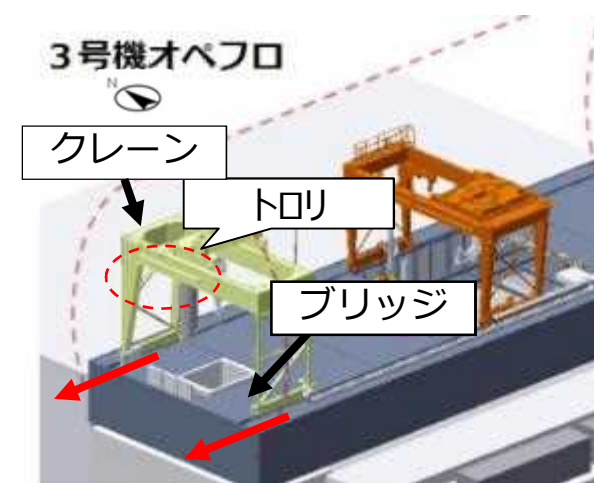


図2 クレーン概要

2. 動作確認で抽出された事象 ⑦マニピュレータ関連動作不良事象

【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。

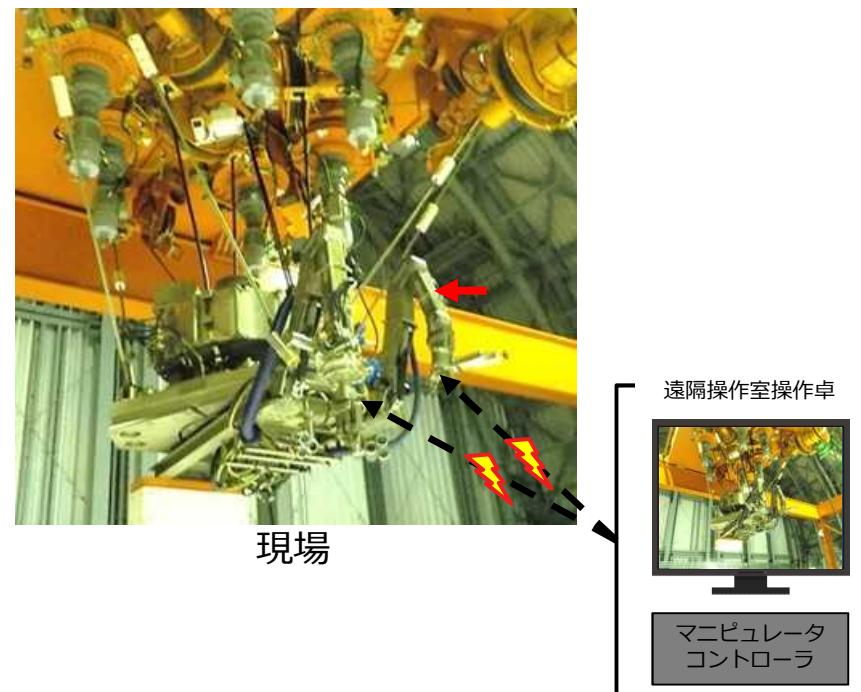
※FRZ操作を実施すると弁が動作するため

【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。



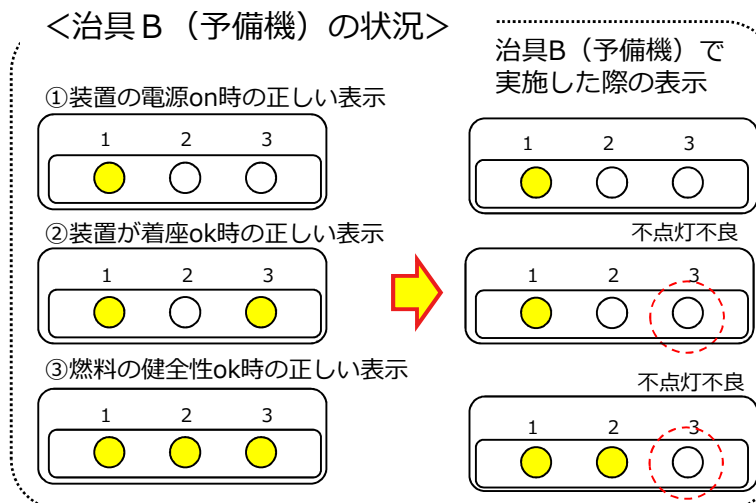
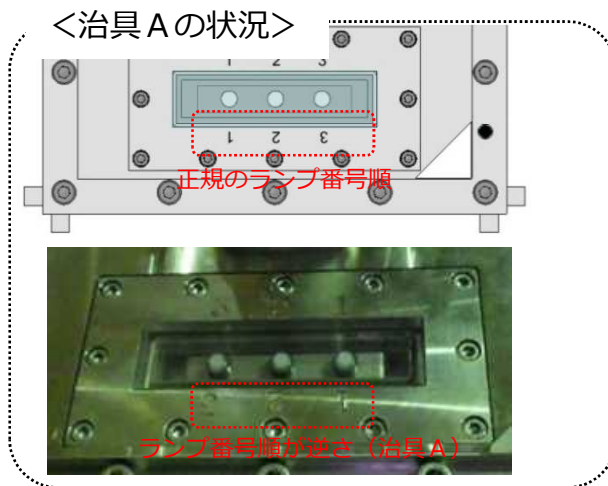
2. 動作確認で抽出された事象 ⑧燃料健全性確認用治具の状態表示不良

【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。



燃料健全性確認用治具



【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。

【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。

2. 動作確認で抽出された事象 ⑨マニピュレータ関連ツール交換不良事象

【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。

【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

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】

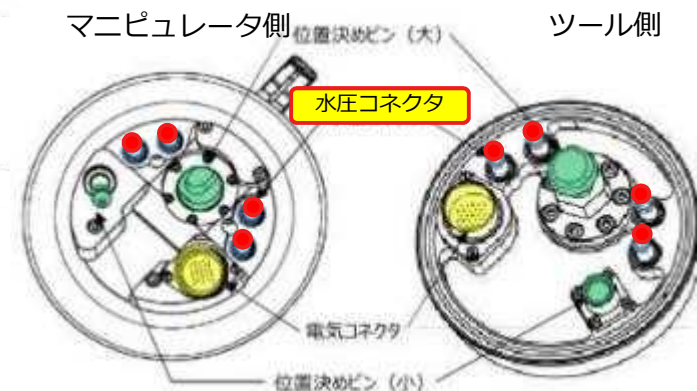
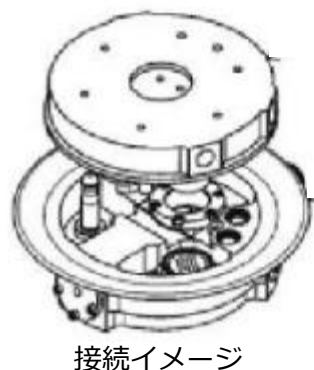
- ✓ 電磁弁を交換し、動作確認を実施済

【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。



マニピュレータ側



2. 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】

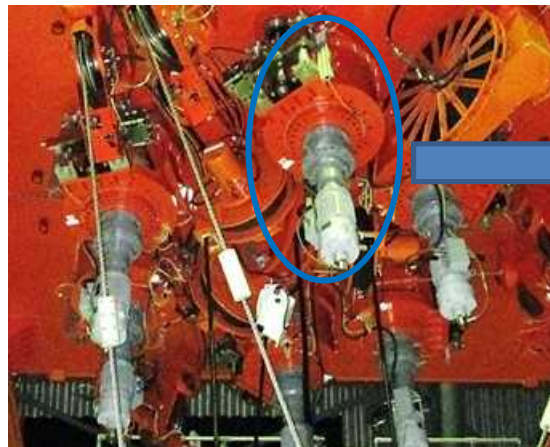
- ✓ ワイヤ巻取状態異常を検出するセンサー（リミットスイッチ）の検出位置調整不良。

【対応】

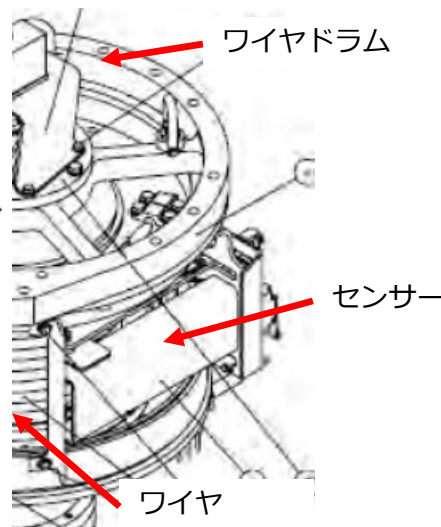
- ✓ センサーの検出定位置調整を実施済

【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

2. 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

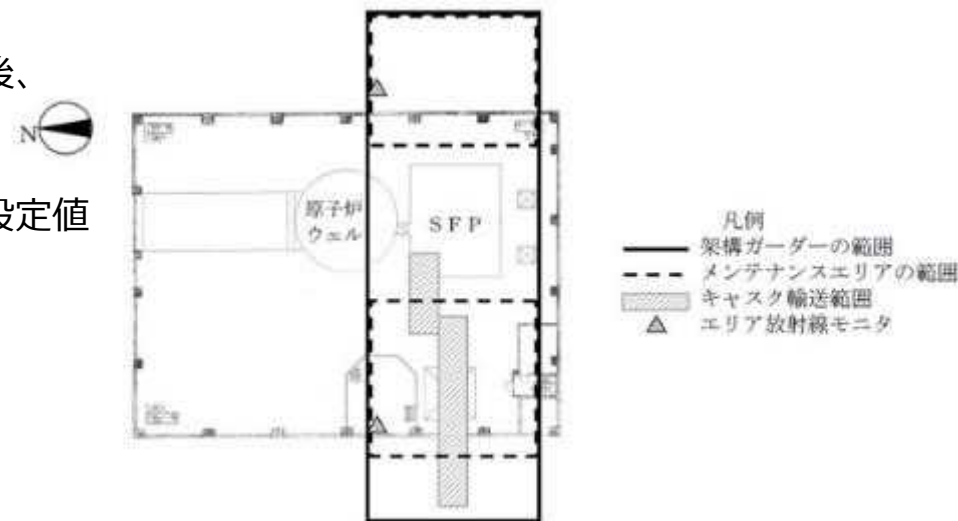
※モード移行条件：主巻・補巻きが待機位置にあること。

【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。



2. 動作確認で抽出された事象

⑫ 3号機 燃料取扱設備の安全点検中のFHM停止について（1 / 2）

【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。

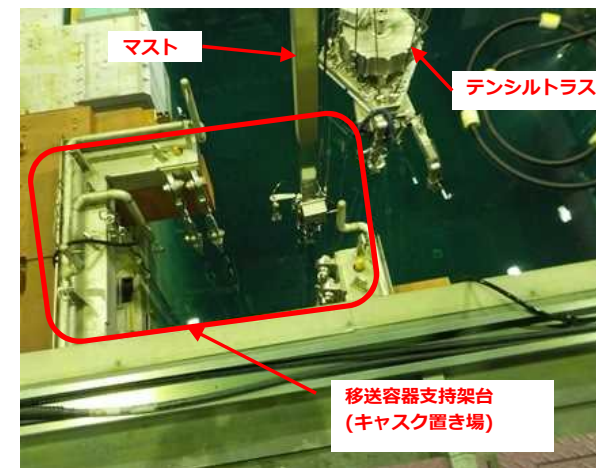
「3号機FHM用光ケーブル集約SW電源」の情報が設備図書である単線結線図に未反映であったため、電源停止範囲の検討にあたり3号機FHM用光ケーブル集約SWが停止負荷との認識に至らず、関係各所と未調整のまま電源停止に至った。

【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】

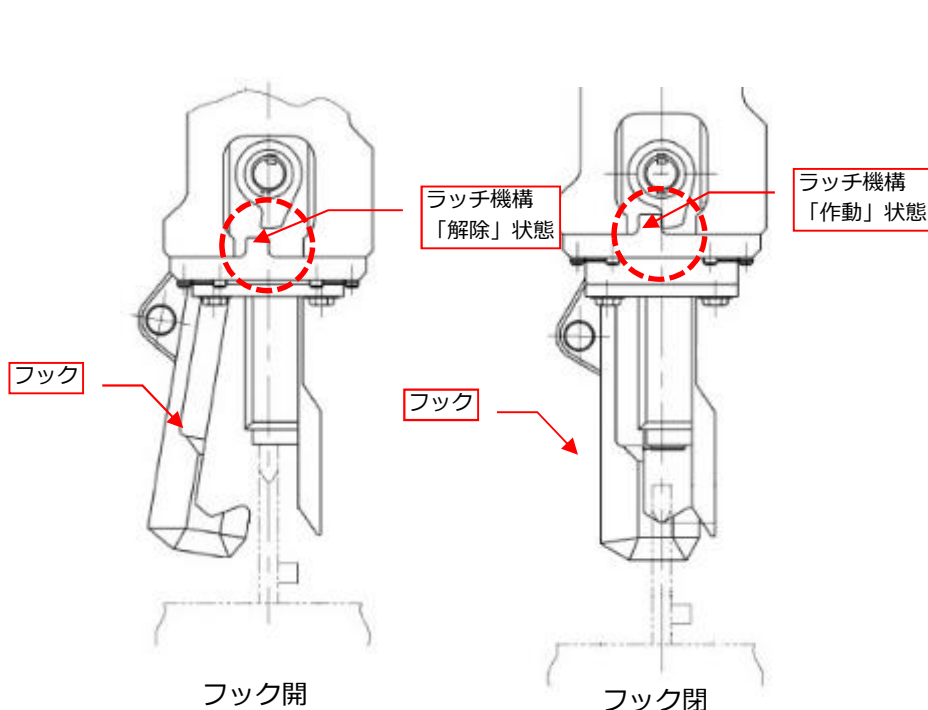
- ✓ 燃料を吊った状態においては、FHMマストのフックはラッチ機構により機械的に固定され開かない構造。FHMが自動停止したとしてもフックが外れて燃料が落下することは無い（次紙参照）



自動停止後におけるマスト(燃料取扱機)の状態

2. 動作確認で抽出された事象

⑫ 3号機 燃料取扱設備の安全点検中のFHM停止について (2 / 2)

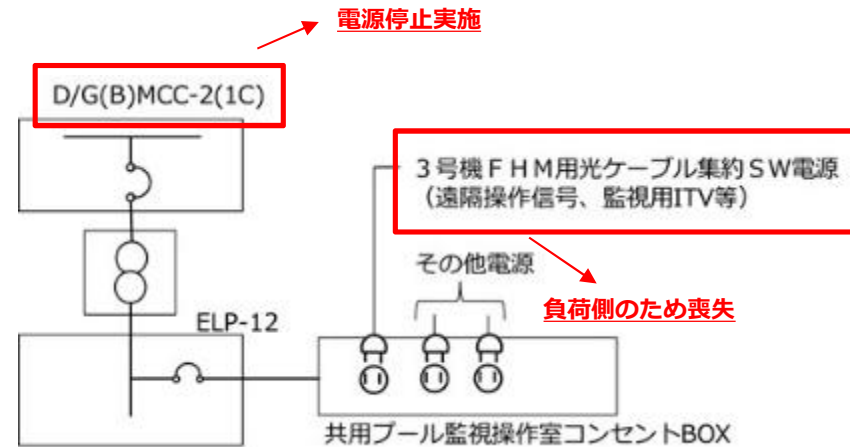


フック開

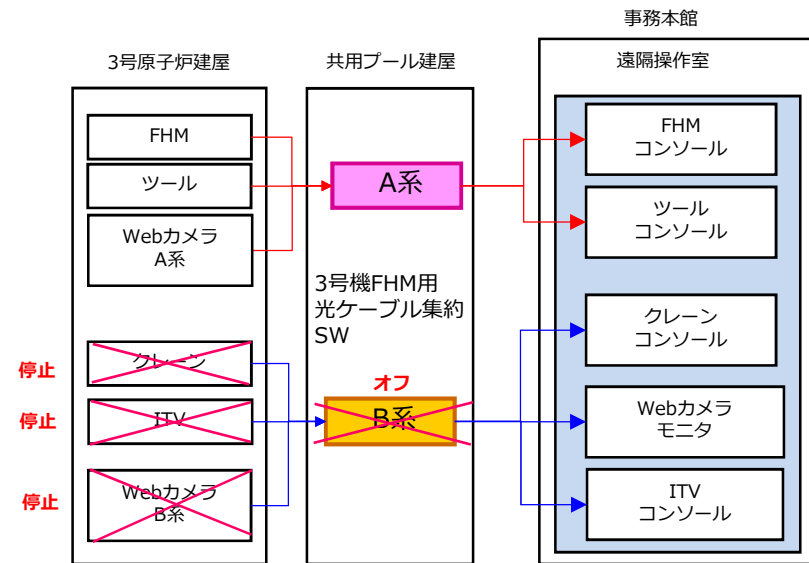
フック閉

燃料集合体を吊り上げた状態。機械的なラッチ機構がフックを固定。

燃料を把持した状態を維持する構造説明



共用プール監視操作室コンセントBOXの単線結線図



FHM/クレーン関連 システム構成図

2. 動作確認で抽出された事象

⑬キヤスク垂直吊具と水中カメラの接触について

【事象⑬】

垂直吊具で中型移送容器（キヤスク）を把持するため、使用済燃料プール内キヤ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】

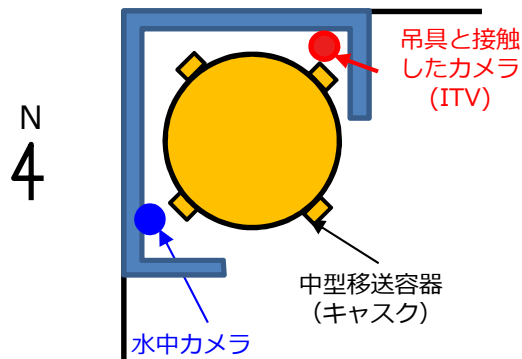
垂直吊具アームの降下作業と水中カメラの操作の連携が手順書に記載されていないため、垂直吊具アームと水中カメラが接触した。

【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。
- ✓ 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】

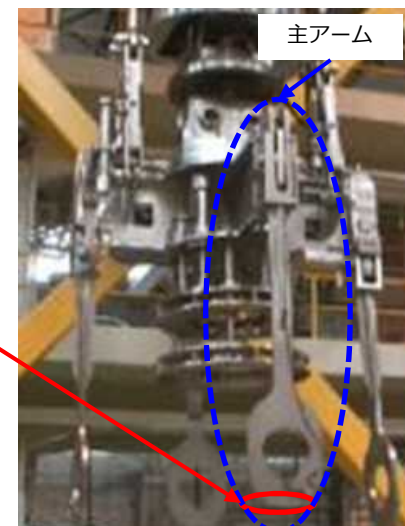
複数の監視用 I T V があることから、作業は継続可能。



<キヤスクプールピット配置イメージ>



<水中カメラの接触箇所>



<垂直吊具主アーム>

2. 設備点検で抽出された事象

⑭3号機 FHMテンシルトラス巻き下げ操作時の動作不良

【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に関連する箇所の不具合要因があるものと推定。

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。

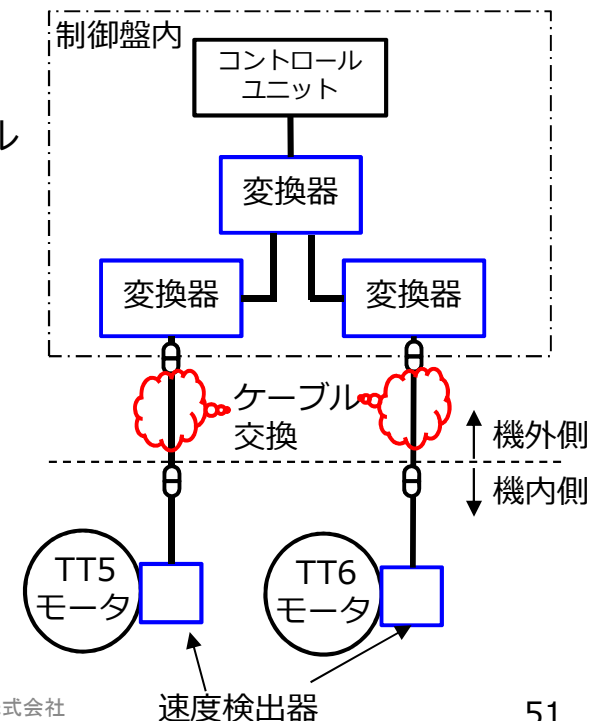
機外コネクタ排除のための機外ケーブル交換修理後、同信号ケーブル電気特性に異常はなく、機器動作試験を行っても事象再発はない。

【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り、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】

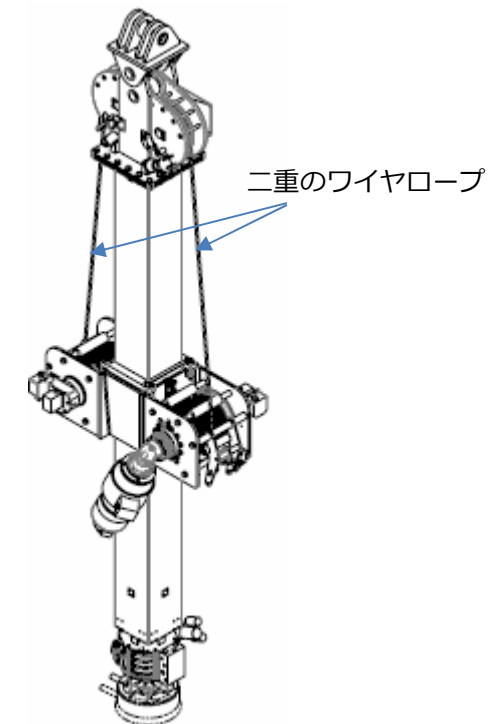
ガレキ撤去作業中のガレキ落下等につながる事象ではない。



● 燃料取扱設備（燃料取扱機／クレーン）に対する安全上の考慮

- ▶ 燃料取り出し作業において、不具合発生時も燃料・輸送容器を落下させないための以下の対策を実施済

	落下対策の内容
燃料取扱機 (FHM)	<ul style="list-style-type: none"> ・燃料把握機は水圧源喪失時にフックが開かない構造 ・ホイストは電源断時に電磁ブレーキで保持する構造 ・燃料把握機の機械的インターロック ・燃料把握機の過荷重時に上昇を阻止するインターロック ・燃料把握機は二重のワイヤロープで保持する構造
クレーン	<ul style="list-style-type: none"> ・巻上装置は電源遮断時にブレーキで保持する構造 ・クレーン吊りワイヤー及び吊具の二重化 ・フックは外れ止め装置を有する構造 ・重量物を吊ったクレーンが燃料ラック上を通過しないインターロック



燃料把握機

4. 燃料取り出し作業に対するリスクアセスメント（1 / 2）

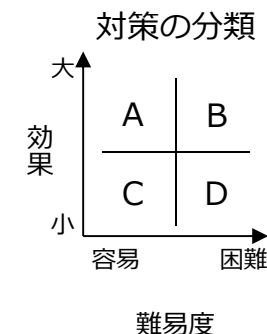
- 工場での動作確認や遠隔操作訓練の中で発生した不具合や訓練操作員からの要望事項を踏まえてリスクアセスメントを実施

＜リスクアセスメントの実施内容＞

- リスク評価
 - ✓ 「共通作業」「ガレキ取扱作業」「燃料取扱作業」「容器取扱作業」の各作業の全作業項目についてリスクを抽出し、各リスクを発生頻度、影響度、復旧難易度からリスクランクⅠ～Ⅳ【発生頻度×影響度×難易度】を評価
- リスク対策案の立案
 - ✓ リスクランクの評価結果を踏まえて、予防的対策（設備改善、運用改善、設備保全）を立案
 - ✓ 立案した予防的対策実施後もリスクランクが高い場合は緩和的対策(予備品の手配、トラブル発生時の復旧手順の整備)を立案
 - ✓ 立案した対策案については、効果と難易度により分類し、合理的に対策を実施

リスクランク評価表

発生頻度		影響度		復旧難易度		リスクランク		
ランク	頻度	ランク	程度	ランク	程度	ランク	数値	程度
1	低い	1	低い	1	容易	Ⅰ	1～4	低い
2	普通	2	普通	2	普通	Ⅱ	5～12	普通
3	やや多い	3	大きい	3	高い	Ⅲ	13～36	高い
4	多い	4	非常に大きい	4	非常に高い	Ⅳ	37～64	非常に高い



リスクアセスメント例

リスク項目	影響	予防的対策実施前	発生度	影響度	難易度	合計	ランク	予防的対策方法	分類
マストが燃料移動中に停止	作業中断	予防的対策実施前	2	4	3	24	Ⅲ	・復旧に必要な治具の準備 ・原因調査、復旧方法を定める	A
		予防的対策実施後	発生度	影響度	難易度	評価	ランク	緩和的対策	分類
			2	4	1	8	Ⅱ	・予備品準備 ・手動吊り降ろし等手順の成立性確認の実施	A

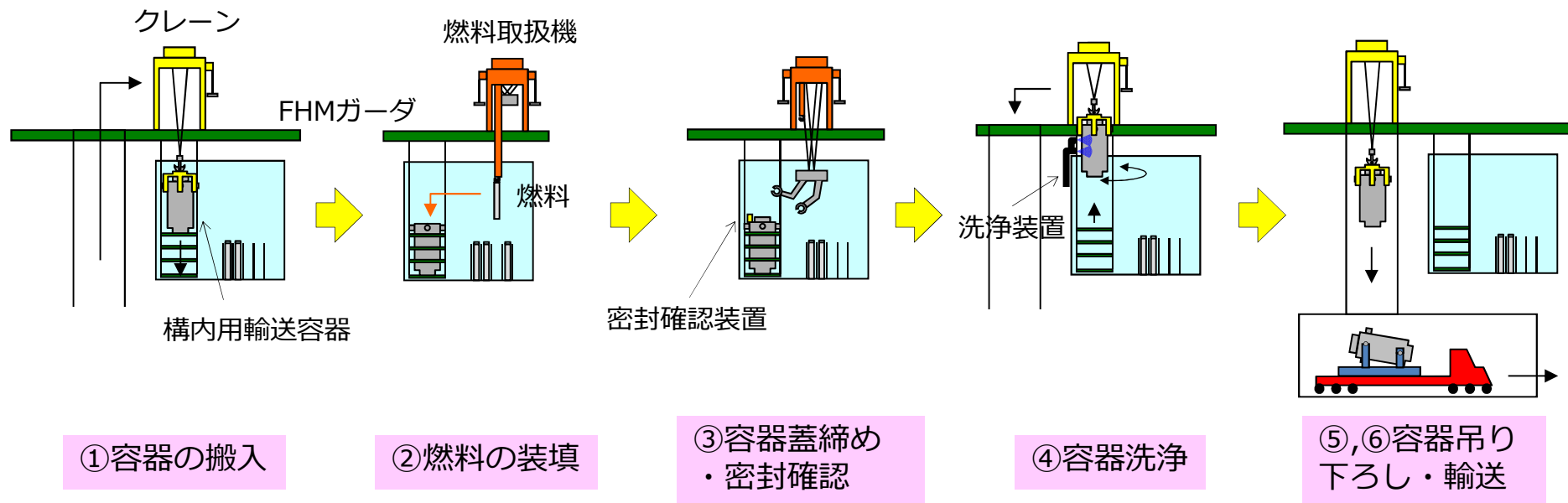
- リスクアセスメントに基づくリスク対策の実施状況
 - リスクアセスメントの結果に基づき、リスク対策として設備改造、操作手順書への反映、設備点検・手入等を実施
 - また、トラブル発生時の手順の整備、予備品の手配、点検計画の立案を進めていた

- 今回の一連の不具合を受けて
 - リスクアセスメントは、品質に係る問題から生じるリスクについての観点が不足していたことから以下を実施
 - ✓ 品質管理確認にて設備の信頼性を評価
 - ✓ 信頼性の確認が取れない場合は、要求事項に基づく是正や安全点検の項目追加等を検討し、確認
 - また、リスクアセスメントは遠隔操作訓練で用いた手順書に基づいて実施。このため、現地と工場の条件の違い（機器配置、カメラの視認性等）に起因するリスクについては全て洗い出せていなかったことから以下を実施
 - ✓ 現地と工場の条件の違いに起因するリスクについて、安全点検（機器単品の動作確認、設備点検及び燃料取り出し作業を実際に模擬したワンスルー試験）を実施することで確認
 - ✓ 発生した不具合について対策及び予備品の追加等を実施

5. 燃料取り出し作業手順の概要

燃料取り出しは、以下の手順で実施する。

- ① 構内用輸送容器をクレーンで吊り上げ使用済燃料プールに搬入する
- ② 燃料を1体ずつ燃料取扱機でつかみ、構内用輸送容器に装填する
- ③ 構内用輸送容器の一次蓋を設置し密封を確認する
- ④ 構内用輸送容器の表面を洗浄・水切りする
- ⑤ 構内用輸送容器をクレーンで地上階まで吊り降ろす
- ⑥ 構内用輸送容器の二次蓋を設置後、輸送車両に積載し共用プールへ輸送する



6. ガレキ撤去作業手順の概要

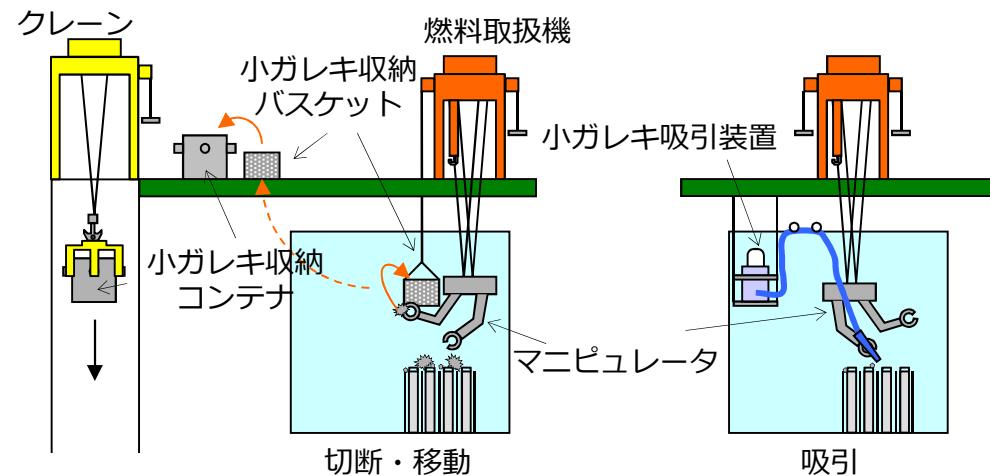
ガレキ撤去は、以下の手順で実施する。

直径約100mmより大きなガレキ：

- ① 燃料取扱機の補巻でガレキ収納バスケットを吊り降ろす
- ② ガレキつかみ具、バケットでガレキを把持し、バスケットに入れる。バスケットより大きいガレキはカッターで切断する、または空き燃料ラックの上に置く
- ③ バスケットはコンテナに入れて、クレーンで地上階へ吊り降ろす

直径約100mm以下のガレキ：

- ① マニピュレータの小型つかみ具で吸引装置の吸引部を把持する
- ② ガレキを吸引する



ガレキ撤去作業のイメージ



つかみ具



バケット



鉄筋カッター



ケーブルカッター

● 警報発生時の対応準備について

- 警報発生時に円滑な初動対応を行えるよう、遠隔操作室でのカメラ確認箇所等の手順、現場での外観確認箇所等を明確にした手順を定める。
- 警報の発生ロジック等を容易に確認できるよう、インターロックブロック線図や検出器と警報との関連付けを行う。
- 燃料取扱機、クレーン等の警報を分類分けし、重要度を定め対応を準備。
 - ✓ 燃料と輸送容器の操作に影響し、異常の有無の確認と応急措置が必要な警報
 - ✓ 燃料の操作に直接影響しない設備の異常の有無の確認が必要な警報
 - ✓ 操作上の影響や設備の異常は無いが、操作上の注意を喚起するための警報 等

● 設備故障時の吊り荷※の手動吊り降ろし手順等の作成及び試験

（※ 吊り荷：使用済燃料、輸送容器、ガレキ収納バスケット等）

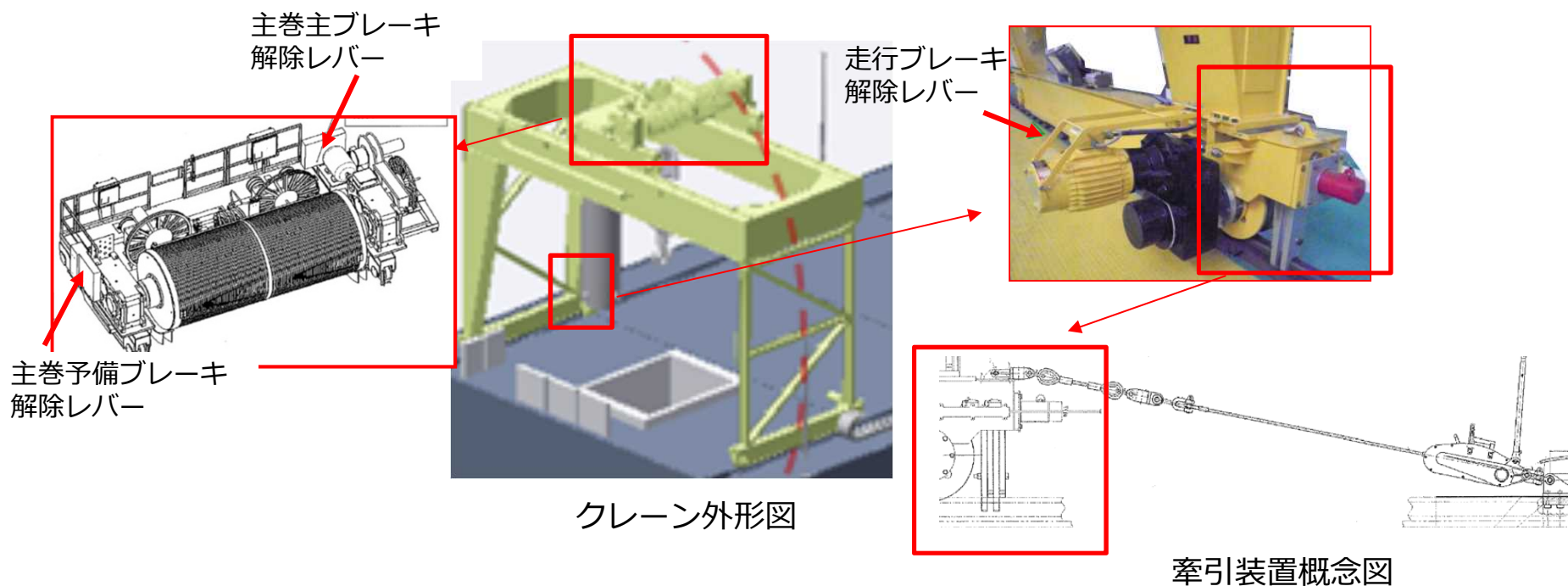
- クレーン/FHMのモータ等が故障する場合に備え、装置の牽引やブレーキの手動解除により手動操作にて燃料や輸送容器を吊り降ろす手順を作成する。
- また、設備に支障や影響を与えない範囲で、燃料取り出し前に手順の成立を確認する試験を行う。

7. トラブル発生時の復旧手順 (2 / 3) クレーンの主巻等モータ故障時対応手順

■ 輸送容器吊り上げ中にクレーンの主巻モータが故障し昇降不能となった場合、手動でブレーキを解除し吊り降ろす

1. 梯子または高所作業車によりクレーン上へアクセスし、主巻予備ブレーキを解除
2. 主巻主ブレーキを手動で徐々に解除し、燃料プール内の移送容器支持架台または地上に輸送容器を徐々に下降させる

■ クレーンブリッジ走行モータが故障し走行不能となった場合、手動でブレーキを解除し、牽引装置で移動。横行モータが故障し走行不能となった場合、手動でブレーキを解除し、牽引装置で移動



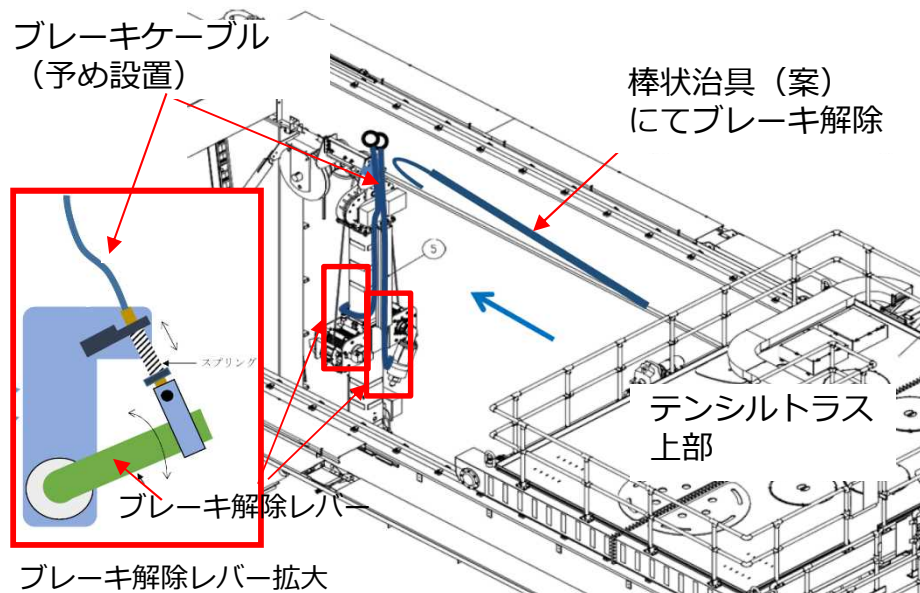
7. トラブル発生時の復旧手順 (3 / 3)
FHMマスト昇降等モータ故障時の対応手順

■ **FHMマスト昇降モータは2台存在。燃料吊り上げ操作中に2台とも故障し動作不能となった場合、手動で両方のモータのブレーキを解除し吊り降ろす**

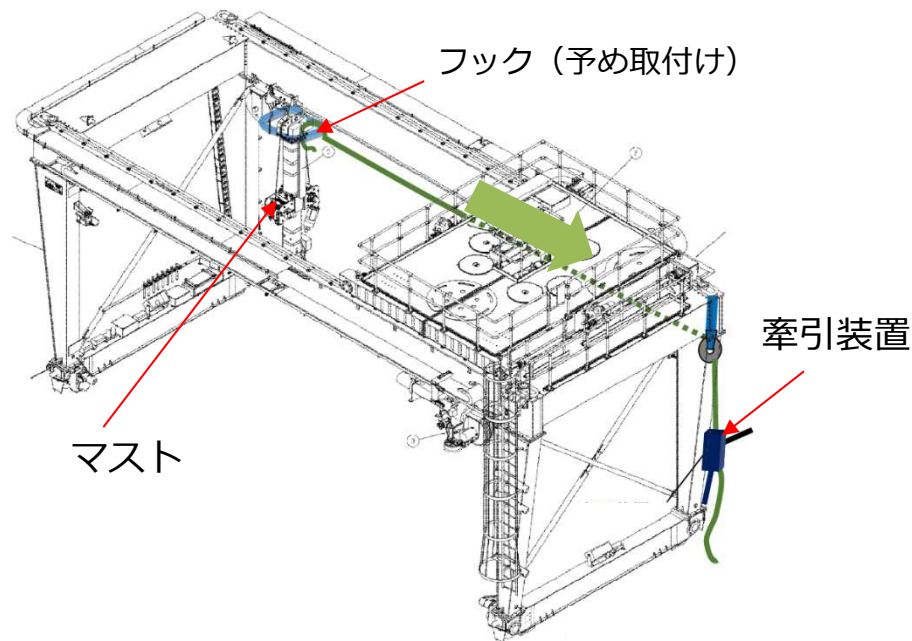
1. 予めマスト昇降モータのブレーキ解除レバーにブレーキケーブルを設置し、マスト上部に伸ばす
2. テンシルトラス上部足場よりマスト近傍に作業員がアクセス。ブレーキケーブルを棒状治具でインチャング操作し、燃料を徐々に下降させる

■ **燃料移動中にFHMマスト横行モータが故障し横行不能となった場合、制御盤から電源を接続してブレーキを解除し牽引装置で移動。FHM走行モータが故障し走行不能となった場合、手動でブレーキを解除し、牽引装置で移動 (クレーンと同様)**

1. マスト上部に、予め牽引用のフックをひっかけられる場所を設ける
2. 制御盤から電源を接続し、ブレーキを解除。テンシルトラス上よりマスト上部に接近し、フックにワイヤーをかけて、牽引装置で移動



マスト昇降モータ2台故障時の対応手順概念図



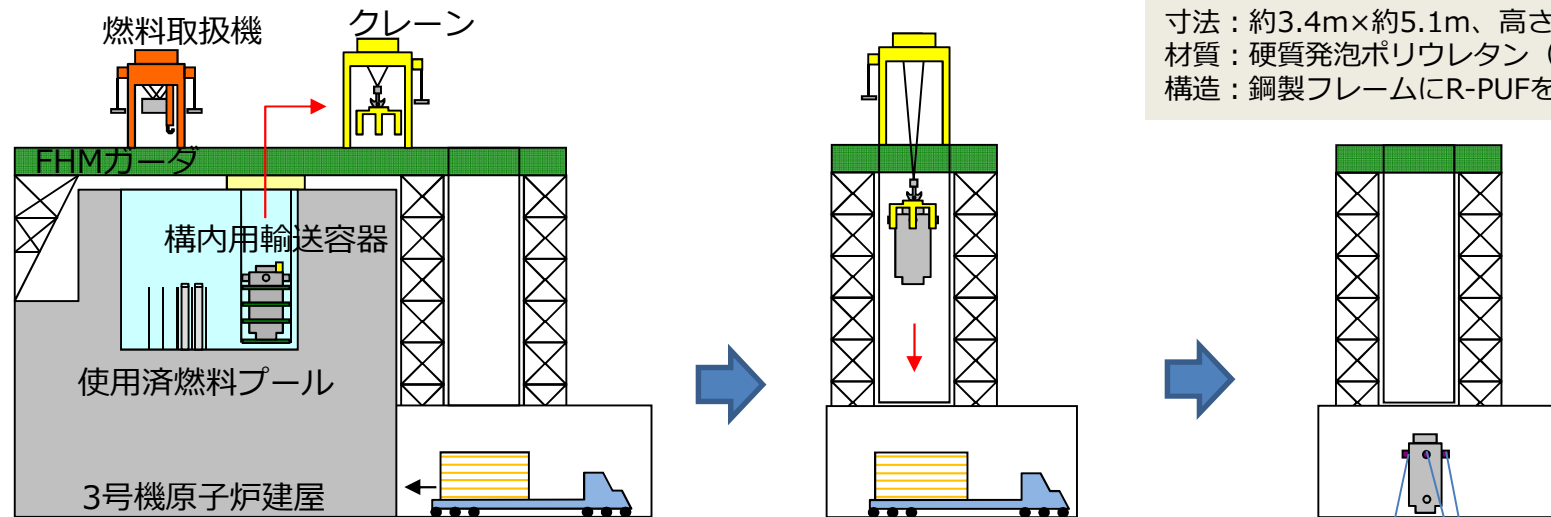
マスト横行対応手順概念図

8. 構内用輸送容器の落下に対する備え

- 万一の備えとして、構内用輸送容器落下時に密封機能を確保するため、落下時の衝撃を吸収する緩衝体を準備。燃料を装填した構内用輸送容器を地上階へ吊り降ろす際、緩衝体を載せたトレーラを事前に地上階に配置する運用。



寸法：約3.4m×約5.1m、高さ約5m（車両込）
 材質：硬質発泡ポリウレタン（R-PUF）
 構造：鋼製フレームにR-PUFを充填



- ① 緩衝体搬入・設置
- ② 構内用輸送容器をSFPから吊り上げ・移送

- ③ 構内用輸送容器を地上階へ吊り降ろし（緩衝体上方へ下降）

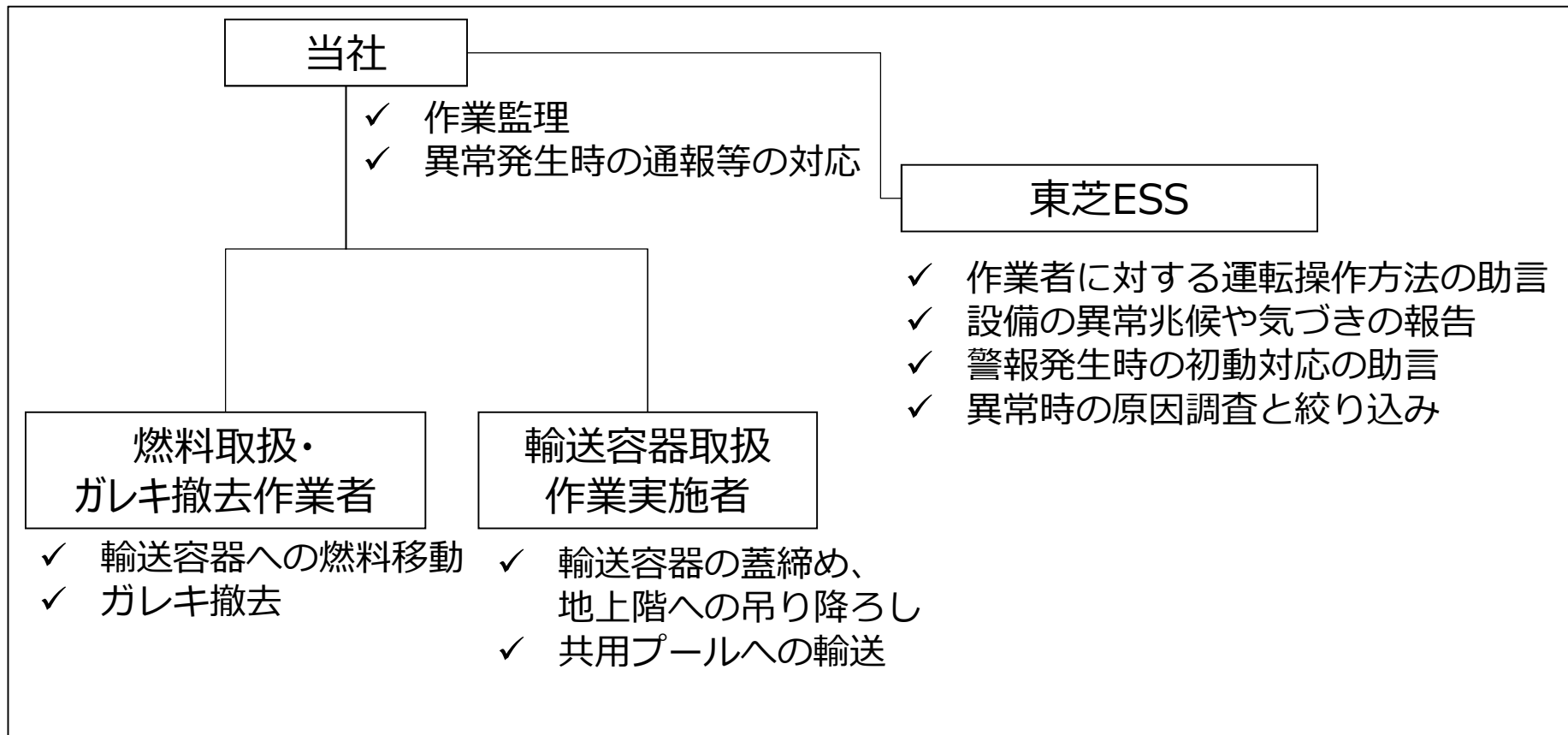
- ④ ワイヤを張り転倒防止
- ⑤ 二次蓋取付け後、輸送車両に積載して輸送

構内用輸送容器の地上階への吊り降ろし作業概要

9. 燃料取り出し時（異常発生時）の体制

- 燃料取り出し・ガレキ撤去作業中の設備不具合等に備え、燃料取り出し開始初期※は東芝ESSの技術者を遠隔操作室に配置する体制を構築

燃料取り出し作業の体制



※1年程度。燃料取り出し期間中全て常駐する体制とするかは今後状況を踏まえ判断

10. 品質管理確認と調達改善（全体像）

- 一連の不具合を踏まえた反省点・教訓をもとに、クレーン・FHMの個別対策として、品質管理確認を実施（12月25日完了）するとともに、継続的改善として、廃炉推進カンパニーの調達改善に取り組んでいる

一連の不具合を踏まえた反省点・教訓と品質管理面の当社の取り組み

反省点・教訓	クレーン・FHM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・FHM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・FHM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

CDOを補佐し、調達改善を含む廃炉推進カンパニーの**品質全般を監督・助言・指揮**する者を配置

10. 調達改善の取り組み（1 / 4）

■ 調達改善の対象となる物品・優先順位を定め、計画的かつ継続的に検討

- 原子力品／一般産業品の使用基準の策定、工業規格での要求提示、型式品の国産化
 - 当社グループ専門分野・他部門の協力を得て、原子力と一般産業品の仕様差を確認し、標準的な要求仕様や設計レビュー事項を纏めた「1F標準仕様」をケーブル、電源、空調の3設備から策定中。他設備についても展開していく
 - ケーブル、電源、空調の3設備の「1F標準仕様」検討等をもとに、1F調達活動における工業規格での要求提示を開始する。あわせて型式品の国産化をすすめていく

実施項目		2018年			2019年		
		10月	11月	12月	1月	2月	3月以降
原子力品／ 一般産業品の 使用基準策定	STEP1 ・ 原子力と一般仕様差の確認						
	STEP2 ・ 1Fにおける標準的な仕様要求、 設計レビュー事項を検討						
	・ 3設備(ケーブル、電源、空調)の 仕様基準「1F標準仕様」を策 定、調達活動への反映検討						
	STEP3 ・ 他設備への検討展開						継続的な改善
継続的な調達方法の改善（工業規格での要求提示)型式品の国産化							継続的な改善

■ 調達品の品質確保の仕組みの検討

- **他社の良好事例も参考**に、発注者・受注者の役割の明確化、社外第三者の活用、重要度に応じた対応、**運用の実効性**などの観点から検討を進める

他社の事例

【調達品（海外調達）の品質確保に関する他社良好事例のポイント】

- 海外の製造（一般産業品）に係る文化を踏まえ、ロット内に一定の不良品が存在する、記録を開示しないということ等をふまえ、顧客への製品品質を確保・維持するためには、相応の対応を講じることが前提となる（=そういう認識を持つべき）
- 品質・機能に影響がある重要度の高い部品を見抜き、その部品の特性に応じた検査等、特に手厚い対策をとる
- 3H（+設計変更による影響）を見抜けるような、技量・仕組みを作っておく
 - ✓ ある会社では、受注者の選定、部品・コンポーネントの選定、設計前、製造前、試験前のレビューの仕組みが組み込まれている
- 仕様を明確化し、品質保証を盛り込んだ契約を行うこと（ルールを作り、守らせること）
- 発注前に合意事項を明文化すること
- ベンダーの製造信頼性（経営能力、部品調達能力等も含む）に係る強固な監査（関与）が有効
- 海外の情報開示は制限もあり、海外の品質保証（確認）会社を活用することが有効
- 取引実績のないもの、製品の調達及び出荷時に確認できない品質については、納入者責務によらず、積極的に品質確認に関わるべき

10. 調達改善の取り組み（3 / 4）

■ 調達品の品質確保の仕組みの検討

➤ 発注者（当社）・受注者の役割

- 発注者は、必要とする調達品を入手する際、仕様書にて要求を具体化すること
- 受注者は、仕様書に基づき、発注者の求める品質の調達品を提供すること
 - ✓ 仕様書における課題：「当社は、仕様をいかに具体化できるか」、「受注者の管理状況をいかに確認できるか」

⇒ 仕様の具体化は、経験を蓄積している調達品、その類似の調達品については詳細にできるものの、**知見の乏しい調達品について不十分**

➤ 対象の絞り込み

- 受注者の管理状況の確認は、調達品一律ではなく、安全への影響の大きさに軽重をつけ、重要な調達物にリソースを集中すべき → 重要調達品の選定

⇒ 取引先リストの提出や当社による立会内容・記録確認の要求度合いは、現状、請求箇所のお考えによるため、**バラツキ**がある



請求箇所設計者の能力も左右

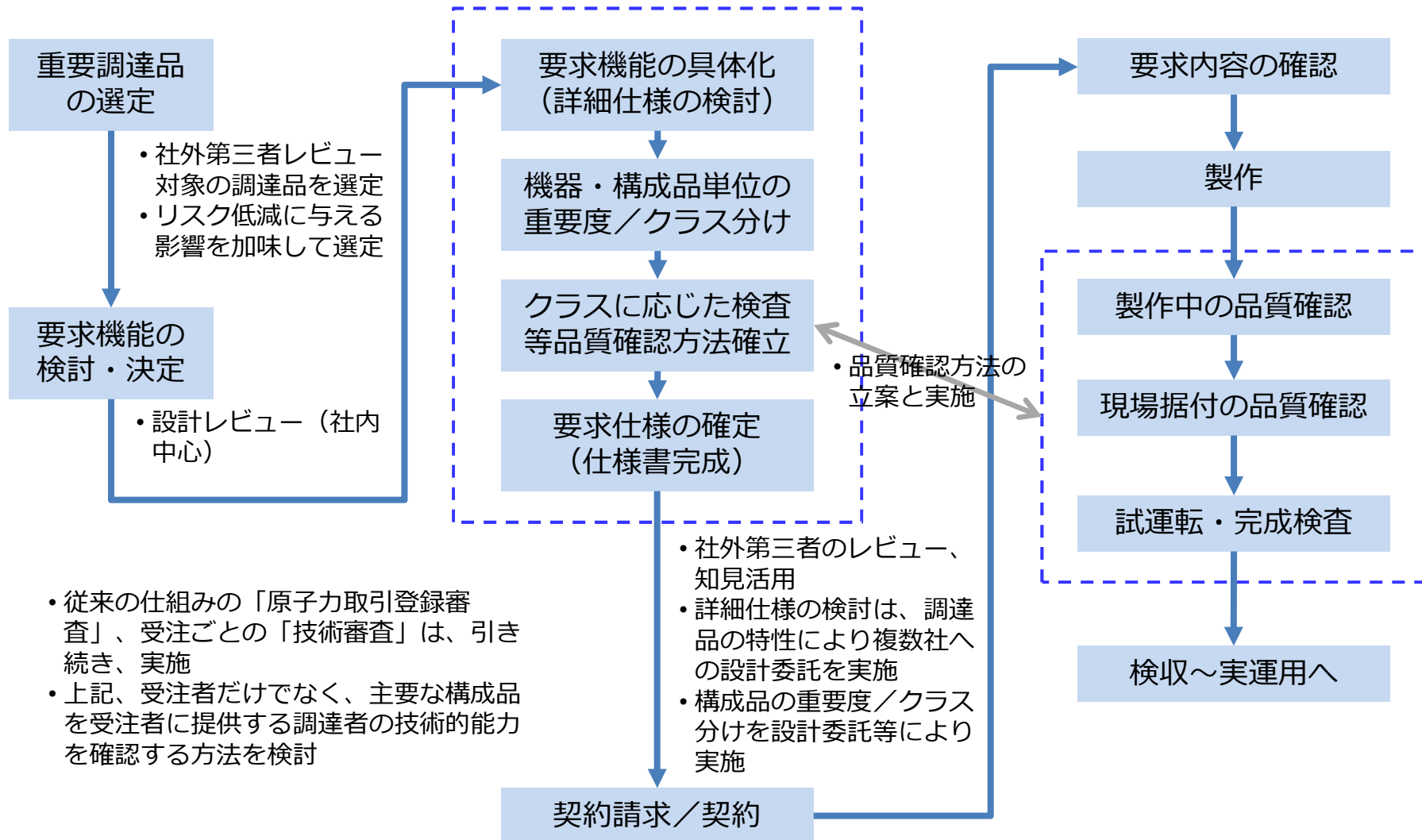
社外第三者による仕様書レビューが有効（レビュー対象の調達品、レビュー者、レビュー時期などを検討し仕組みとして整備していく）



レビューで得た知見・経験を組織的に蓄積し、当社のノウハウとしていく

10. 調達改善の取り組み（4 / 4）

■ 調達品の品質確保の仕組み・業務フローの方向性（検討中）



■ 品質向上の取り組み

▶ FHM・クレーンの一連の不具合において露呈された背景事象

- 福島原子力事故（以下、事故という）以前にはできていたことが、事故以降スピード優先で対応せざるを得なかったために、リスク抽出や品質管理面での対応に不十分や配慮不足あり
- トラブルの都度、パッチを当てていく方法では限界



今後、同様の不具合が起こらぬよう、**調達改善**とともに、**現状の設備品質・業務品質レベルの確認と確認結果に基づく対策**を実施し、1Fのリスク低減に努めていく

- 設備品質・業務品質レベルの確認作業例（具体的進め方を検討中）
 - ✓ 現在稼働中の設備の製造・据付、保守に関する品質グレード確認
 - ✓ 計画、設計から検収、運転・保守に至るまでの各プロセスにおいて、事故前後の業務運営（文書化の有無など）を比較

11. 品質向上の取り組み（2 / 2）

■ 3号FHM・クレーンと同様の要因を抱えているものの確認と対応

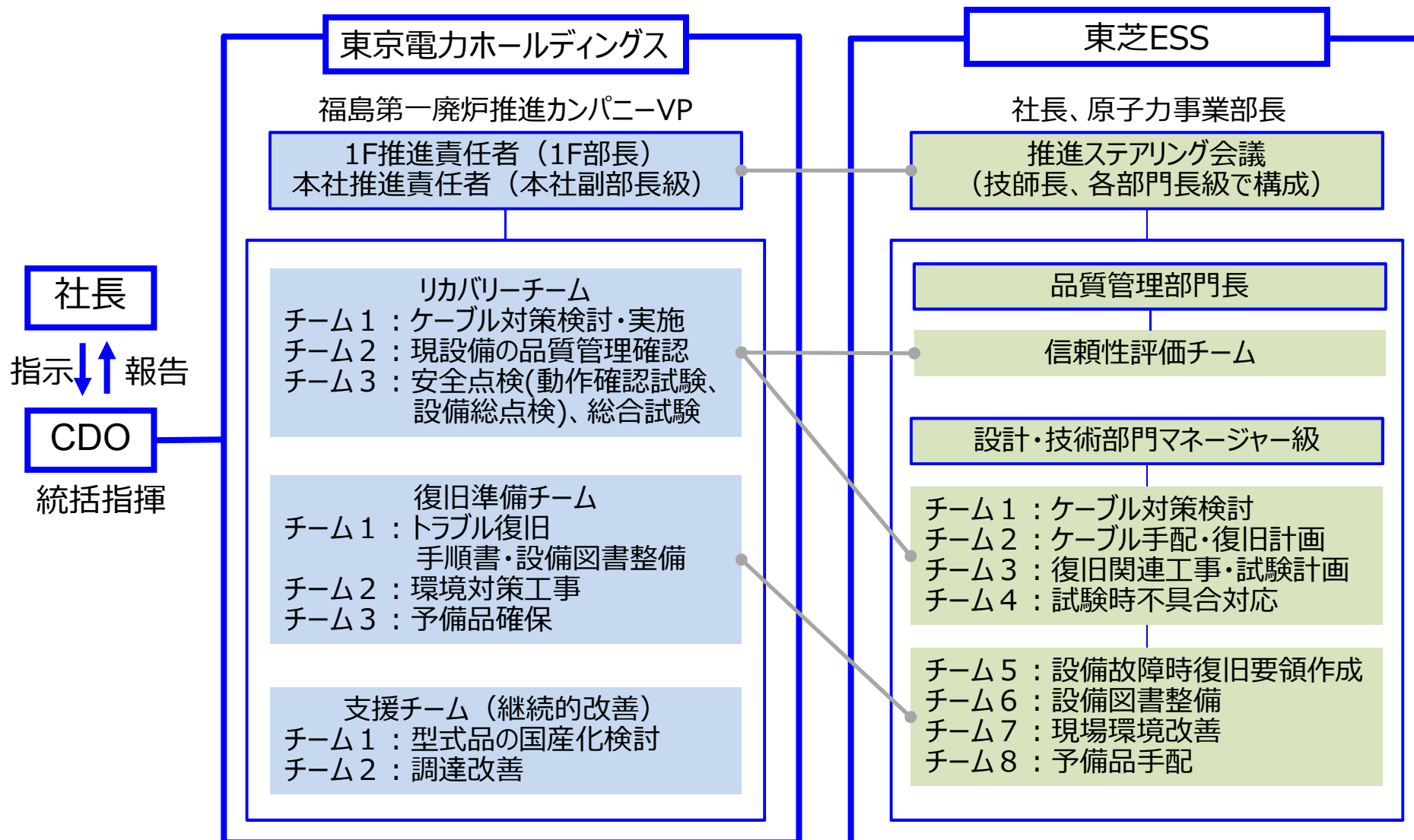
- ▶ 対象となるリスク案件・設備の抽出
 - 1F中期的リスクの低減目標マップ（平成30年3月版・原子力規制委員会）に示されているリスク案件のうち、**主要構成部品が海外調達や新規調達先である設備**を抽出
- ▶ 抽出した設備について、供用の状態に応じ、設備ごとに対策を実施
 - 既に**供用に入っている設備**については、前述、品質向上の取り組みに基づき、設備を安全に運転
 - 供用前だが、既に**製作済の設備**については、操作中トラブル発生時の対応策の検討と実証試験での検証を実施
 - **今後、設計・製作を行う設備**については、現在、検討を進めている、調達品の品質確保の仕組み（調達改善）を適用

3号FHM・クレーンの不具合と同様の要因を抱えている主な設備

リスク案件	設備	供用の状態
地下水建屋内流入の抑制	サブドレン浄化設備	供用中
建屋内の滞留水処理	セシウム吸着装置、多核種除去装置	供用中
ALPSスリ-安定化処理設備設置	フィルタープレス	供用前（試験製作中）
1・2号機排気筒の上部解体	排気筒遠隔解体装置	供用前（製作済）
除染装置のスラッジの移送	スラッジ抜取装置、保管容器等一式	供用前（製作前）

12. 燃料取扱設備復旧推進体制

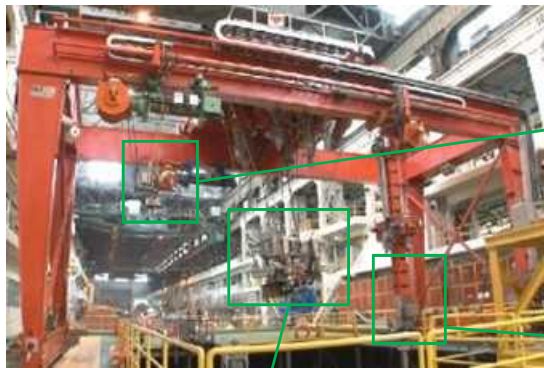
- 今回の一連の不具合は、福島第一廃炉推進カンパニー内約70名の他、当社グループ専門分野の協力を得て、東芝ESS（約120名体制）に指示・報告を受ける体制で対応



13. 燃料取扱機およびクレーンの概要

■燃料取扱機 (FHM)

- ・ 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ガレキを撤去する
- ・ 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用輸送容器に装填する



補助ホイスト先端にフック形状のツールを接続し、バスケットを吊り下げて、マニピュレータでつかんだガレキを回収

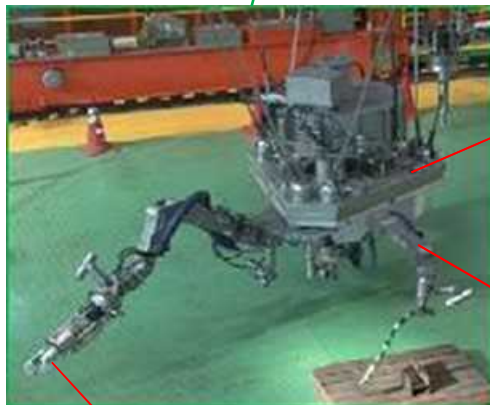
燃料集合体のハンドル部をつかんで移送する燃料把握機。確認されている曲がったハンドルもつかめる

■クレーン

- ・ 燃料装填した構内用輸送容器の蓋の締め付け、使用済燃料プールから地上階への移送を行う



■FHMテンシルトラス



テンシルトラスには、2本のマニピュレータが設置され、ガレキのつかみ・切断作業が可能
各関節は駆動水圧を喪失した場合でも、保持する構造

マニピュレータで、プール内のガレキの撤去や、燃料取り出しをサポートする

■FHMツール類

マニピュレータ先端に接続するツールは遠隔で交換可能。つかみ用・切断用のツールを準備



つかみ具

カッター

■クレーンツール類



主巻フックに取り付けた吊具で構内用輸送容器を吊り上げる



補巻先端に接続した構内用輸送容器蓋締付装置で蓋を締める