

3号機 燃料取扱設備の安全点検・品質管理確認の 進捗状況および今後の対応

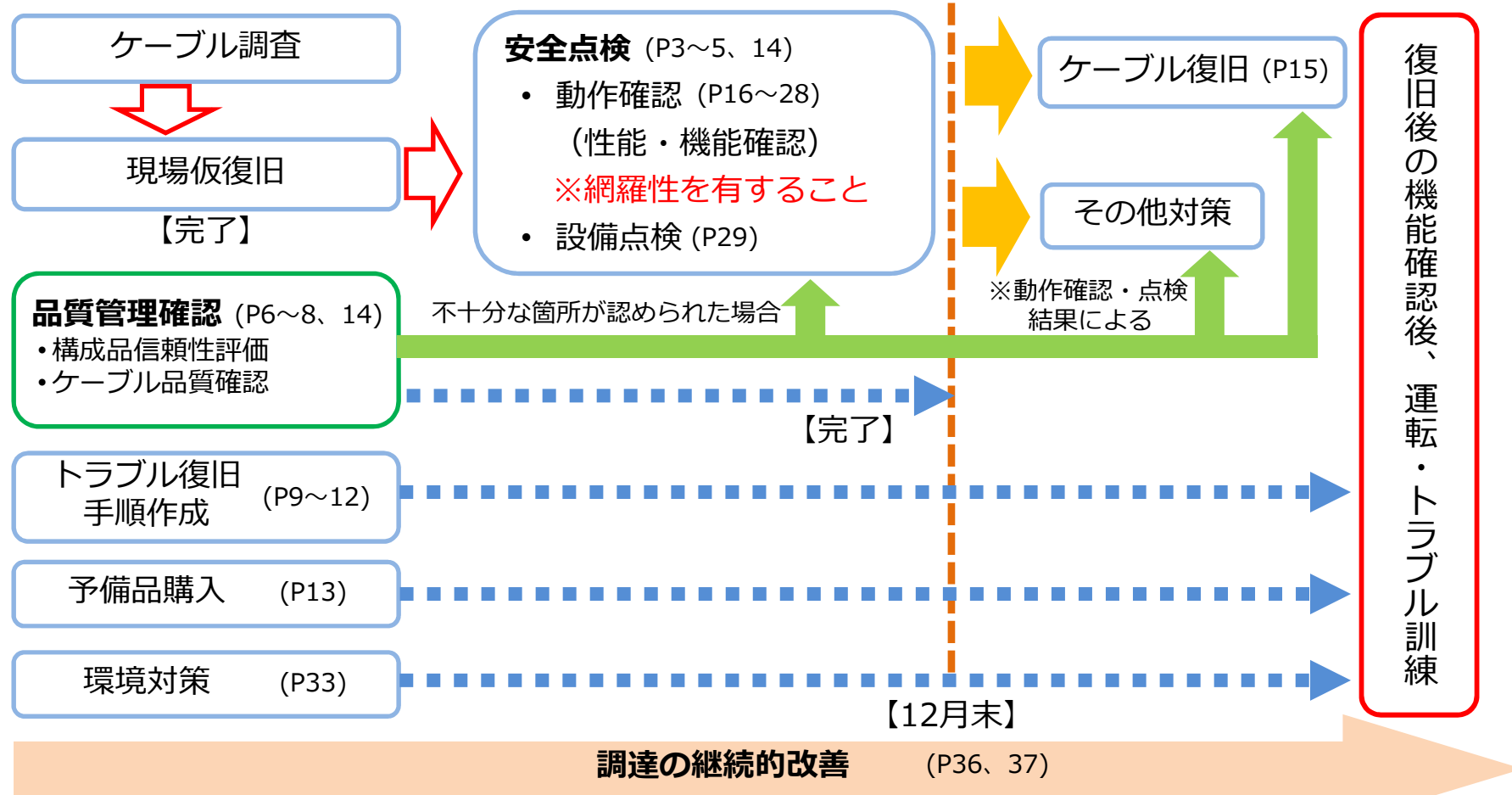
2018年12月17日

TEPCO

東京電力ホールディングス株式会社

燃料取扱設備不具合に対する対応

- ▶ 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、調達改善の継続的改善に取り組んでいる

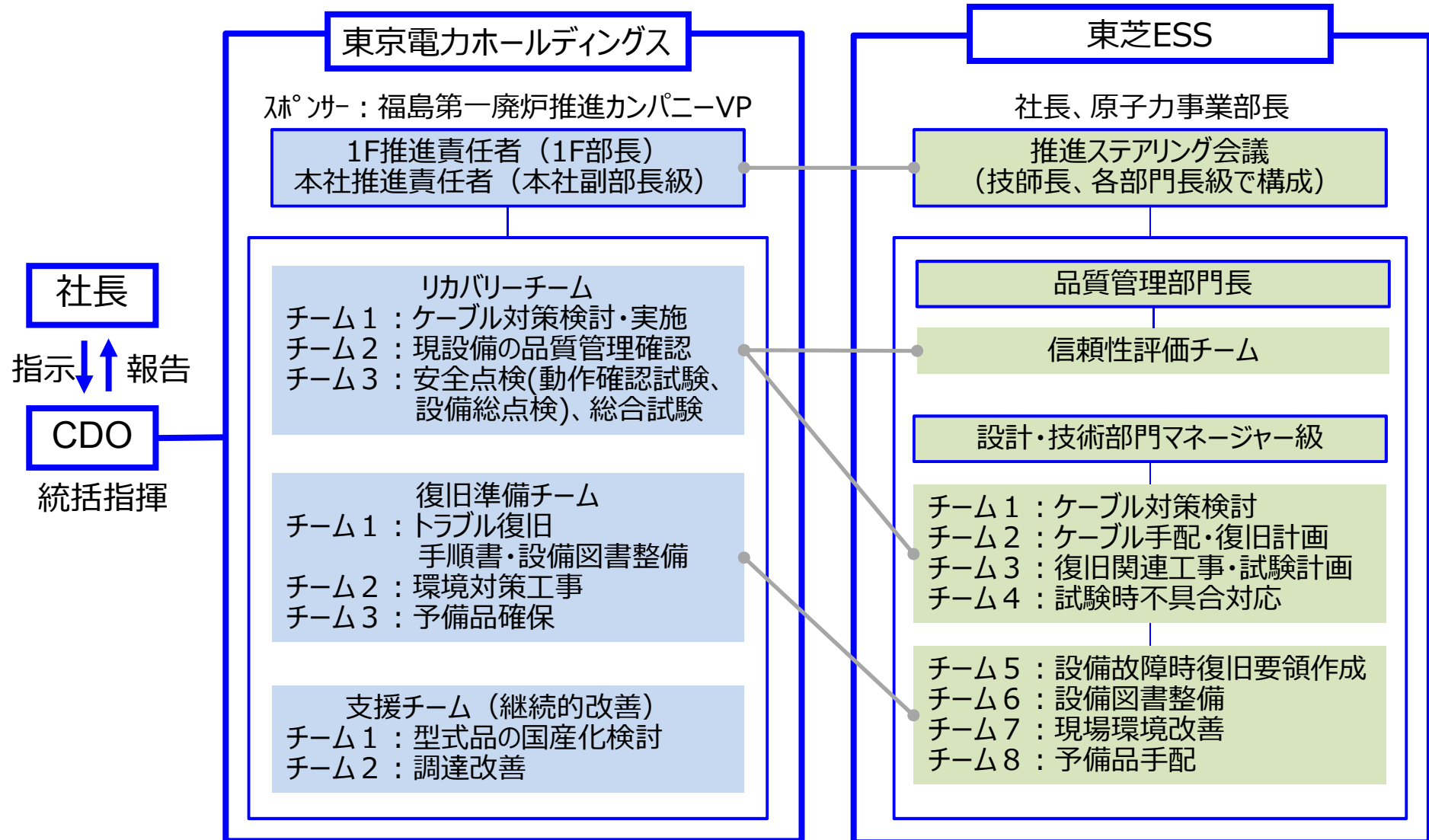


CDOを補佐し、調達改善を含む廃炉推進カンパニー品質全般の監督・助言・指揮者の配置

※()内は関連するページを示す

1F3 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



1. 安全点検

安全点検は、試運転と燃料取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、異常が確認されているケーブル・コネクタを仮復旧※し、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。

その結果を考慮して燃料取出し開始時期を精査する。

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)

※：仮復旧は、調査のためにコネクタを分解したケーブル（5ライン6本*）を同型のケーブルへ交換、又はコネクタ修理を実施する。

（*抵抗値に異常を確認し分解調査をしたケーブル2ライン3本、防塵対策パーツの有無を確認するために分解調査したケーブル3ライン3本）

● 動作確認

- ケーブル交換前に燃料取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。

1. 安全点検の状況

- 2018年11月20日より、設備点検を開始
- 2018年11月21日に動作確認（ワンスルー）完了
- 安全点検完了目標：2018年12月末

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	2019年1月
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 	機器単品完了	▼② ▼⑥		現在
			ツール		機器単品完了	▼⑤		
		FHM	本体		機器単品完了	▼⑧		
			テンシルトラス			▼① ▼③ ▼⑦		未実施分は発生事象の対策後実施
			ツール			▼④ ▼⑨		未実施分は発生事象の対策後実施
	ワンスルー	クレーン/FHM	-			▼⑩ ⑪		
点検	設備点検	-	外観確認等			▼⑭		
その他	-	-	-			▼⑫ ▼⑬		

1. 安全点検における発生事象の状況



- 発生事象：全14件
- 燃料取り出し開始までに対策を実施

【不適合管理グレード】
 NG I：発電所運営に重大な影響を与える事象
 NG II：発電所運営に影響を与える事象
 NG III：軽微な不適合事象
 X：不適合として管理対象外の事象

No.	発生日	発生事象	不適合管理 グレード	状況	完了 予定時期
①	2018/9/29	テンシルトラス ホイスト3ドラム回転異常	NG II	対策準備中 (部品納入待)	1月中旬
②	2018/10/10,11/5	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)	NG III	対策準備中 (ソフト改造準備中)	1月中旬
③	2018/10/12	駆動源喪失時のマニピュレータの挙動	NG III	対策準備中 (エア抜き・弁交換検討中)	1月中旬
④	2018/10/17	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	NG III	対策準備中 (部品納入待)	1月中旬
⑤	2018/10/19	垂直吊具の水圧供給用カプラのガスケット損傷	NG III	対応済	完了
⑥	2018/10/19,22 11/1,3,15	クレーン動作時に動作異常の警報発生	NG III	対策準備中 (時間設定変更準備中)	1月中旬
⑦	2018/10/22	マニピュレータ関連動作不良事象	NG III	対策準備中 (作業手順書に反映)	1月中旬
⑧	2018/10/23	燃料健全性確認用治具の状態表示不良	NG III	対応済	完了
⑨	2018/10/30	マニピュレータ関連ツール交換不良事象	NG III	対策準備中 (部品納入待ち)	1月中旬
⑩	2018/11/5	テンシルトラス ホイスト6巻取り異常警報発生	NG III	対策準備中 (センサー検出位置調整)	1月中旬
⑪	2018/11/5	クレーンの移送モードにおける動作不良	NG III	対策準備中 (設定変更準備中)	1月中旬
⑫	2018/11/11	3号機 燃料取扱設備の安全点検中のFHM停止について	NG III	対応済	完了
⑬	2018/11/20	3号機 キャスク垂直吊具と水中カメラの接触について	NG III	対策準備中 (カメラ納入待)	1月中旬
⑭	2018/11/30	3号機 FHMテンシルトラス巻き下げ操作時の動作不良	NG III	対策準備中 (推定要因部品交換準備中)	1月中旬

2. 品質管理確認と継続的改善

- 一連の不具合を踏まえた反省点・教訓をもとに、1F3クレーン・FHMの個別対策として、品質管理確認を実施するとともに、廃炉推進カンパニーの調達改善に取り組んでいるところ

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	1F3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"> ● 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 ● 新たに調達するケーブルの工業規格の確認（下記にも再掲） 	<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"> ● 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

2. 品質管理確認結果（1 / 2）

■ クレーン・FHM構成品の信頼性評価

- クレーン・FHMの全構成部品（79機器）を、原子力部品・一般産業部品、東芝ESS調達部品・海外一次調達先調達部品に分類。発注仕様や記録等をもとに、79機器の信頼性を評価済み

■ 信頼性評価を踏まえた対応について

- 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、耐放電性、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）
 - ✓ 耐放電性において、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

	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
原子力部品 かつ 海外調達部品	4	4	4	1 (マヒ°イレタ)	-
一般産業部品 かつ 海外調達部品	27	9	13	2 (ITV類)	4 (制御盤類)
東芝ESS調達部品 (原子力部品・一般産業部品)	48	4	1	3 (webカメラ等)	-
総計	79	17	18	6	4

2. 品質管理確認結果 (2 / 2)

■ 新たに調達・施工するケーブルの品質確認

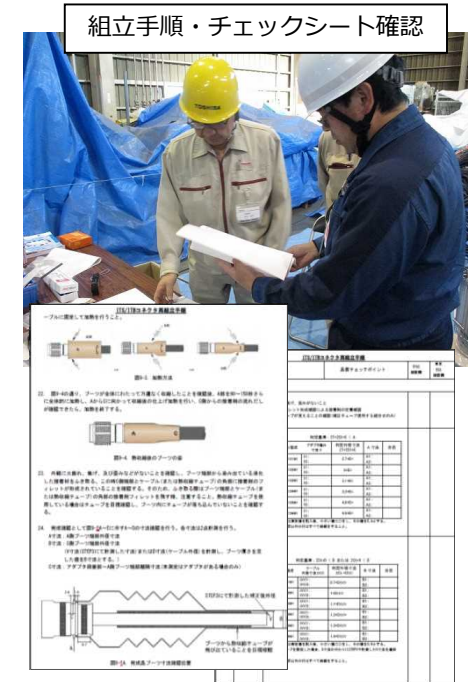
- 復旧にあたって、新たに調達・施工するケーブルについて、当社にて製品の品質を確認

- 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立会確認。現場施工にも立会

※ 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

コネクタ改修スケジュール

項目	2018年(H30年)			2019年(H31年)
	10月	11月	12月	1月
構造確認	[Gantt chart bar from Oct to Nov]			
コネクタ製造時の施工要領書・チェックシート作成	[Gantt chart bar from Oct to Dec]			
水密試験	コネクタブーツ水密試験12/3▽			
コネクタ製造	東芝広野LCにてコネクタ製造 [Gantt chart bar from Nov to Dec]			
現地施工	ケーブル撤去 [Gantt chart bar from Dec to Jan]			
	ケーブル布設 [Gantt chart bar from Dec to Jan]			
ケーブル復旧後試験	[Gantt chart bar from Jan to Feb]			



3. 不具合発生時の復旧手順（1 / 4）

● 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

- ▶ 燃料取り出し作業では、不具合発生時も燃料・輸送容器を落下させないために以下の安全対策を実施済

燃料取扱機（FHM）	クレーン
<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	<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り具の二重化・フックは外れ止め装置を有する構造・緩衝体設置（キャスク落下時の衝撃緩和）

- ▶ 燃料取扱設備を使用した一連の作業に対して、作業時に起こり得るリスクの抽出及びリスクアセスメントを行い、必要な対策を検討。

● 不具合発生に対する考慮

- ▶ 現在、安全点検や品質管理確認を実施しているが、複数の不具合を確認している。必要な対策を実施し、不具合の未然防止に努めていく。
- ▶ 不具合は起こり得るものと認識し、万が一発生した際には、迅速に対応ができる準備をしておくことが重要である。燃料取扱時に不具合が発生した場合でも、速やかに安全な状態への移行が可能となるよう、復旧手順策定や体制の構築等を行っていく。
- ▶ また、不具合発生時は、軽微なものであっても慎重且つ確実な原因究明が必要である。このため、ある程度の時間を必要とするが、安全・着実に対応を図っていく。

3. 不具合発生時の復旧手順（2 / 4）

● 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に、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※の手動吊りおろし手順作成及び試験

（※ 吊り荷：使用済燃料、輸送容器、ガレキ収納バスケット等）

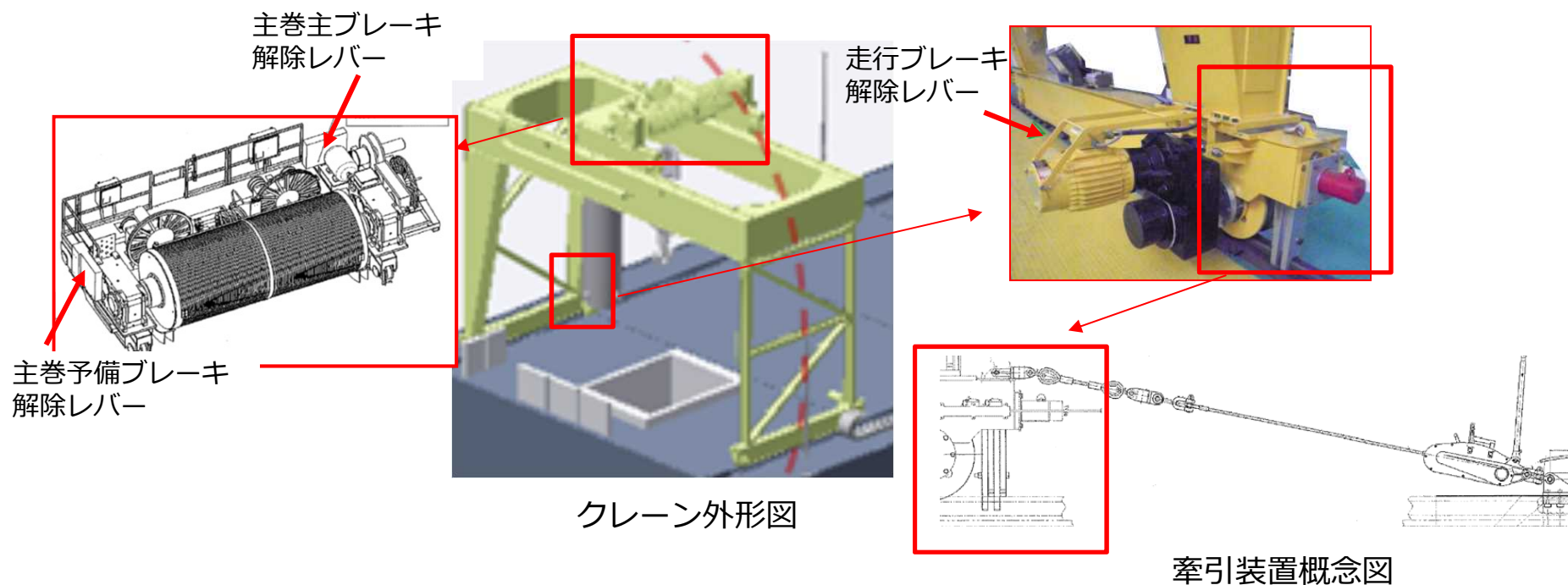
- クレーン/FHMのモータ等が故障する場合に備え、装置の牽引やブレーキの手動解除により手動操作にて燃料や輸送容器を吊りおろす手順を作成する。
- また、設備に支障や影響を与えない範囲で、燃料取り出し前に手順の成立を確認する試験を行う。

3. 不具合発生時の復旧手順 (3 / 4) 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※
- ※吊降ろし速度の手動でのコントロール方法について詳細検討中。

■ 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。横行動作は安全かつ被ばく量の少ない方法で対応 (詳細検討中)



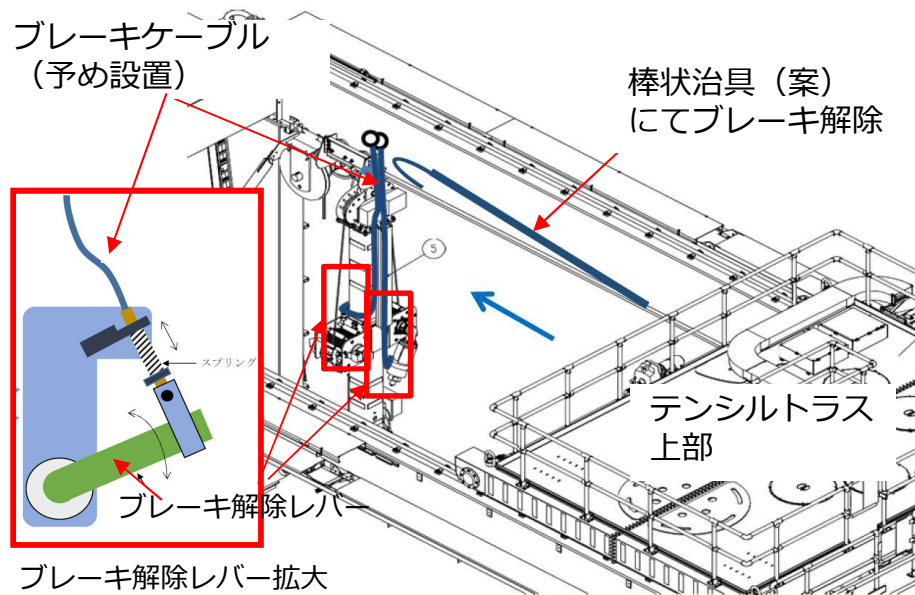
3. 不具合発生時の復旧手順 (4 / 4) FHMマスト昇降等モータ故障時の対応手順

■ 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降ろす (詳細検討中)

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ピンギング操作し、燃料を徐々に下降させる※ ※吊降ろし速度の手動でのコントロール方法について詳細検討中。

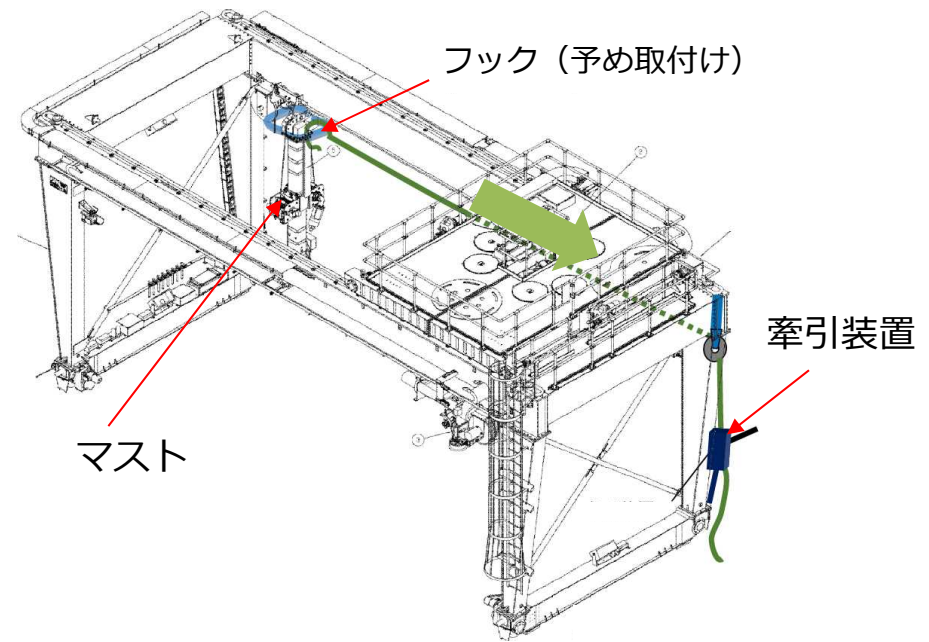
■ 燃料移動中にFHMマスト横行モータが故障し横行不能となった場合、制御盤から電源を接続してブレーキを解除し牽引装置で移動 (詳細検討中)。FHM走行モータが故障し走行不能となった場合、手動でブレーキを解除し、牽引装置で移動 (クレーンと同様)

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



ブレーキ解除レバー拡大

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

4. 予備品の手配について

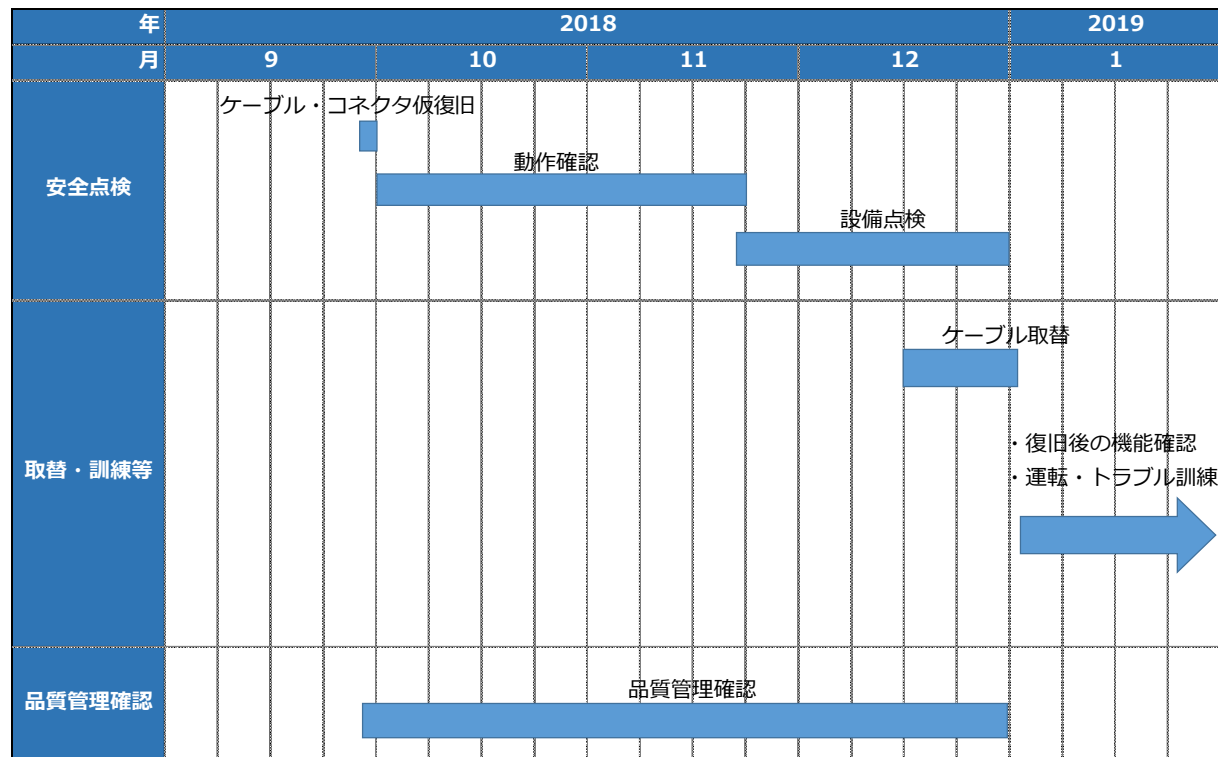
- ▶ 設備の不具合が発生した際に、迅速に対応できるよう、リスクアセスメントに基づき、FHM、クレーン等の予備品の準備を進めていた(発注済)
 - ✓ 機械品として、Oリングやテンシルトラスの水圧ユニット用制御弁等が納入済
 - ✓ 今後、電気品、ブリッジモータ等が納入予定
- ▶ 安全点検等での発生事象 ※ を受け、当該不具合部品及び類似した部品、更に発生事象が多い電気品について劣化事象を考慮した予備品についても手配予定
 - ※不具合や試運転での発生事象を含む
- ▶ 品質管理確認における信頼性評価を踏まえ、必要な予備品についても手配予定。

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	－

5. 安全点検と品質管理確認工程

- 2018年3月15日の試運転開始以降、複数の不具合が発生していることから、設備の不具合発生リスクを抽出するために、燃料取扱設備の安全点検を実施する。安全点検において確認された不具合についても原因を調査し対策を燃料取出し開始までに実施する。また、必要に応じ燃料取出し手順への反映を行う。
- 不具合が確認されたケーブル・コネクタについては、製品の品質が担保されていることを確認の上、12月10日からケーブル取替作業（カバー外は全数、カバー内は不具合箇所）を実施している。
- また、経年変化による不具合は安全点検での確認は困難であるため、不具合発生リスクを完全に無くすことはできない。このような観点も踏まえ、予備品の購入、不具合が発生した場合の手順作成及び実試験、燃料取出し環境の改善、点検計画及び設備の品質管理確認を行い、燃料取出し開始に向けて万全を期していく。



【参考】 ケーブル取替作業の概要

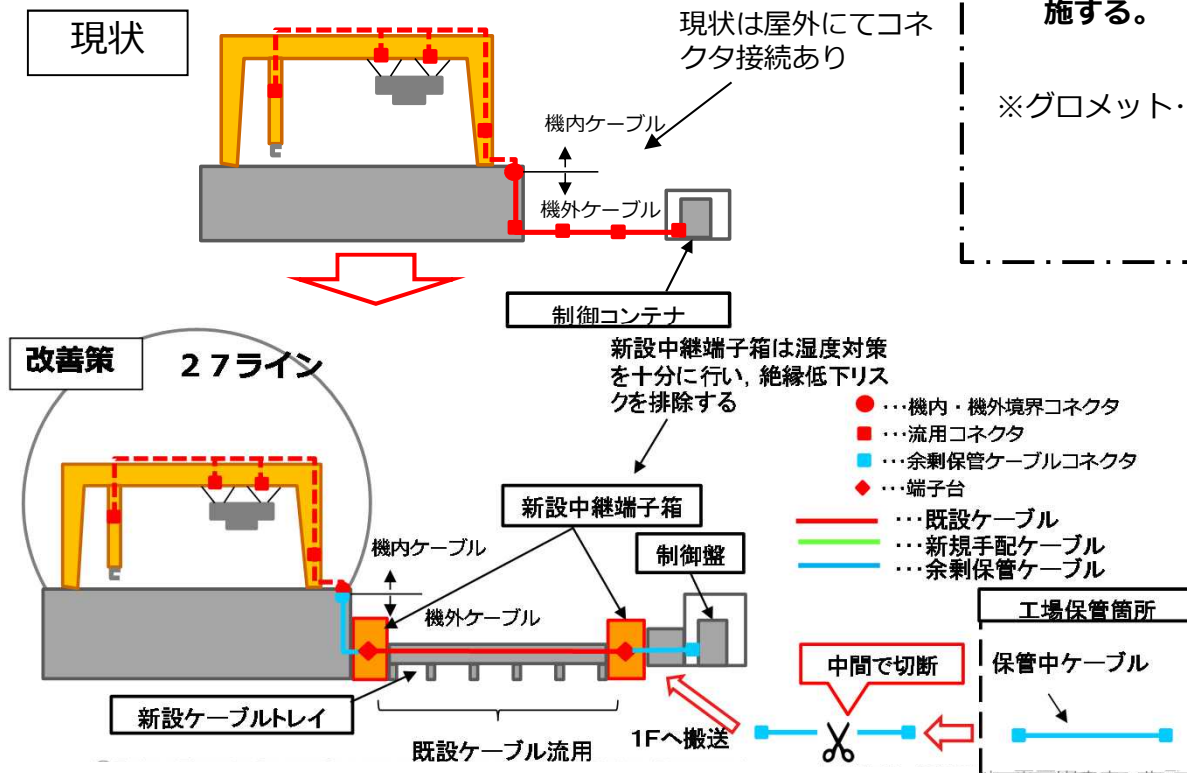
(1) 機外ケーブル：2017年手配

【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

【参考】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】

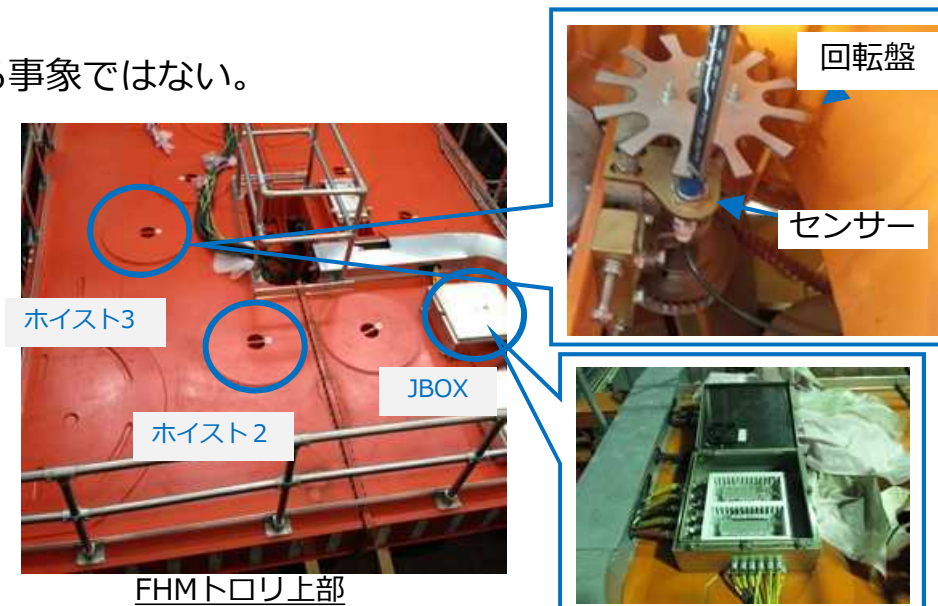
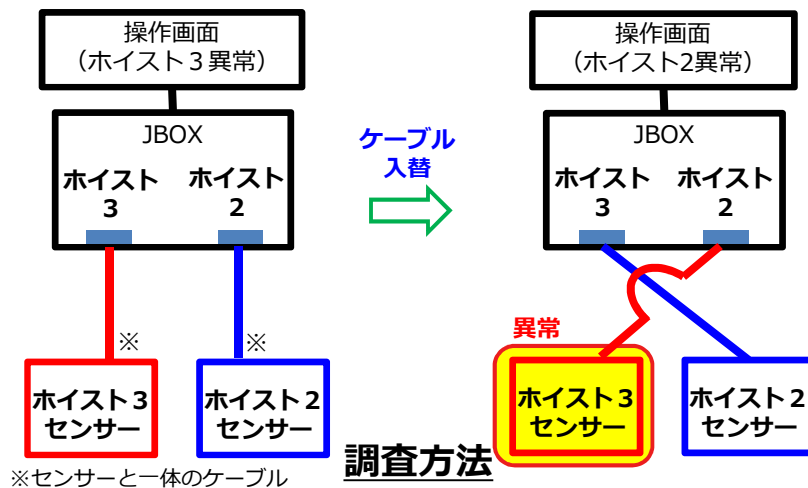
警報の発生したホイスト3と正常動作しているホイスト2のセンサーのケーブルをJBOX内で入替え原因調査を実施した結果、ホイスト2側に異常が発生したため、ホイスト3のセンサーの異常と判断。

【今後の対応】

- ✓ センサーを交換（センサー納入待）：1月中旬に交換、動作確認を実施

【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：8/15 3号機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)

【今後の対応】

- ✓ 上記不整合が発生した経緯について詳細調査中。
- ✓ ソフトの修正を1月中旬に実施
(回転方向制御にかかわる全ての検証が必要)
- ✓ 1月中旬にソフト修正後の検証を実施予定

【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

【参考】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 **TEPCO**

【事象③】

マニピュレータの動作確認時、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。

なお、駆動源がある状況では本事象は発生しない。

※ A：マニピュレータの先端部の関節が徐々に下がる。
B：マニピュレータの先端部の把持機能が徐々に開く。

【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のリークにて姿勢が維持できなかった。

【今後の対応】

- ✓ 駆動用水圧供給ラインのエアイベント（A， B）
- ✓ 逆止弁の交換（A）（検討中）
- ✓ 逆止弁の追加（B）（検討中）
- ✓ ばねの反力を用いた、把持機能の信頼性向上対策を検討中（B）

【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機能が徐々に開くため、燃料取り出し作業中にガレキ等を落下させる可能性がある。下記より、放射線安全上のリスクはない。

- ・使用済燃料に対する影響
大半の小ガレキの大きさ（30cm×30cm×30cm程度の大きさ評価）では、万が一小ガレキを落下させても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影響がないことを確認している。



マニピュレータ



【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。（10月3日、気中で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。

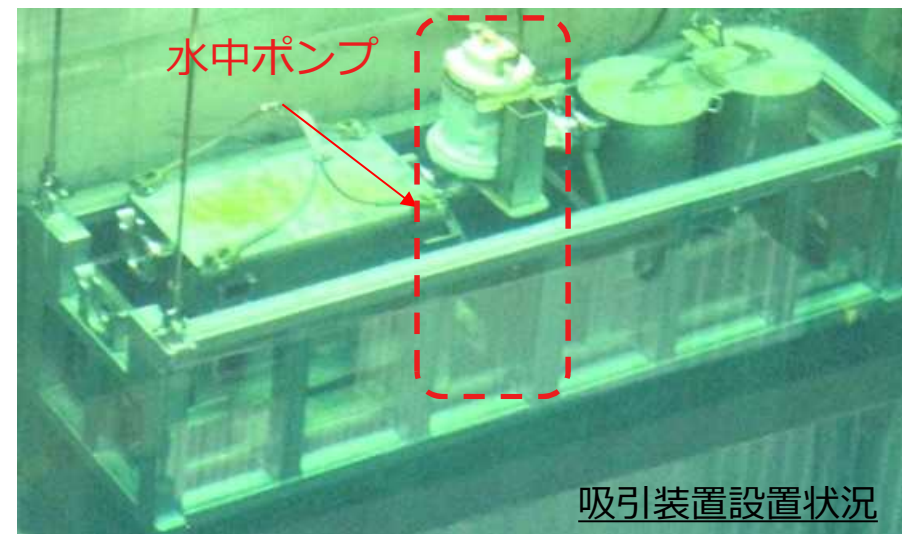
- ・外観点検の結果：異常なし
- ・分解調査結果 ケーブル側：異常なし
モータ巻き線：絶縁抵抗値低下
外観点検：水分が流入した可能性が高い
⇒シール部からの流入と推定

【今後の対応】

- ✓ 水中ポンプ及び圧力センサーを予備品と交換（水中ポンプ納入待）
- ✓ 1月中旬に水中ポンプ及び圧力センサー交換後の動作確認試験を実施

【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。



【参考】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 **TEPCO**

【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。

【今後の対応（完了）】

✓ 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。

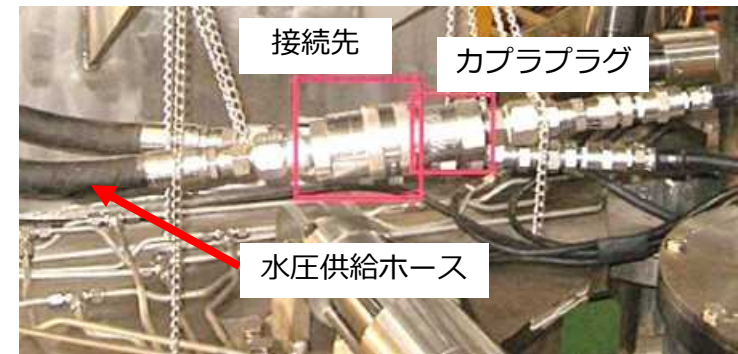


図1 水圧供給用ホース接続イメージ

【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。

【今後の対応】

✓ 異常検出の時間設定を変更する。
（設定時間について検討中：1月中旬に検証予定）

【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。

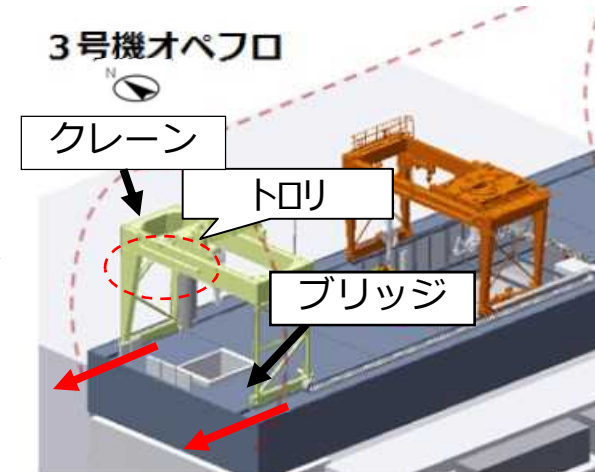


図2 クレーン概要

【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

【今後の対応】

- ✓ 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。



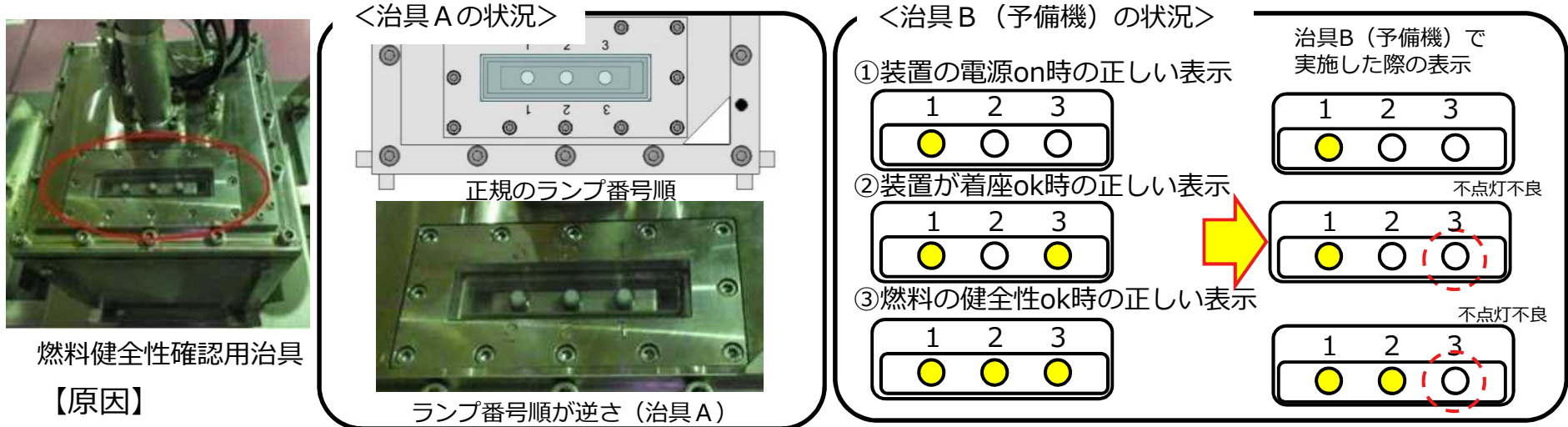
現場



【参考】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 **TEPCO**

【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。



【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。
- ・ 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、センサーの不良。

【今後の対応】

- ✓ 治具A：表示プレートを修正済
- ✓ 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。

【参考】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 **TEPCO**

【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

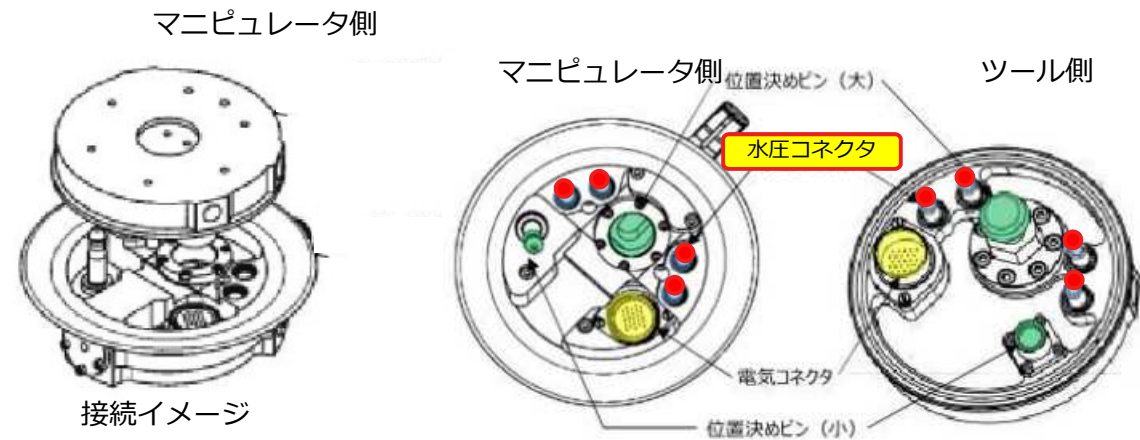
水圧コネクタが所定の位置まで挿入できない原因は、電磁弁のリークの影響により、コネクタ内に圧力がこもり、ツールが交換できない。

【今後の対応】

✓ 不具合が想定される電磁弁を1月中旬に実施予定（電磁弁交換後にツール動作確認実施予定）

【仮に燃料取り出し中に発生した場合の影響】

✓ 燃料取出し時ではなく、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。



【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】

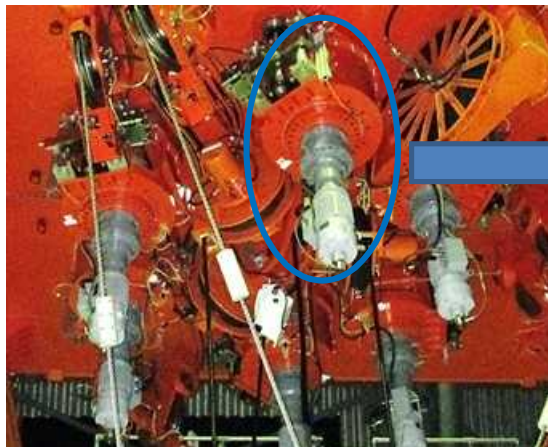
- ✓ ワイヤ巻取状態異常を検出するセンサー（リミットスイッチ）の検出位置調整不良。

【今後の対応】

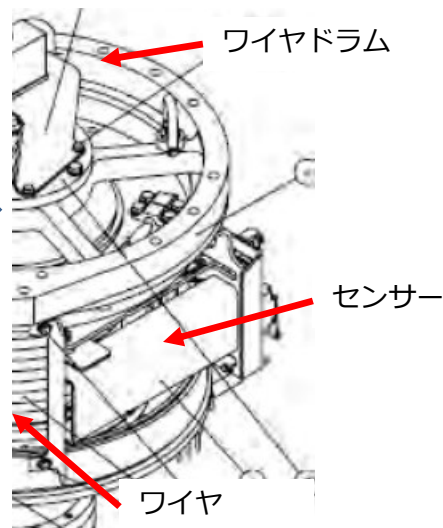
- ✓ センサーの検出定位置調整
⇒1月中旬の設備点検にて確認予定

【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



テンシルトラス吊上げ状態

【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）の吊上げ、吊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】

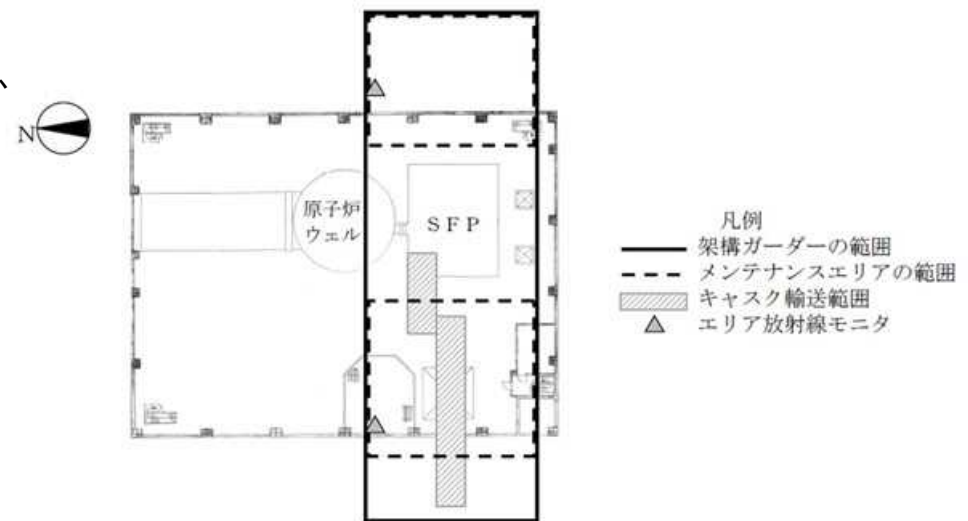
- ✓ クレーン運転モード移行条件が成立していない状態※で、モード移行を実施したため、動作不良が発生
※モード移行条件：主巻・捕巻きが待機位置にあること。

【今後の対応】

- ✓ クレーン捕巻きが待機位置であることを確認後、モード移行を実施
⇒（操作手順書に12月下旬に反映予定）
- ✓ 移送モードのゾーン（吊上げ・吊下げ）設定値変更（主巻の待機位置変更）（検討中）
⇒1月中旬実施予定

【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。



【参考】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。

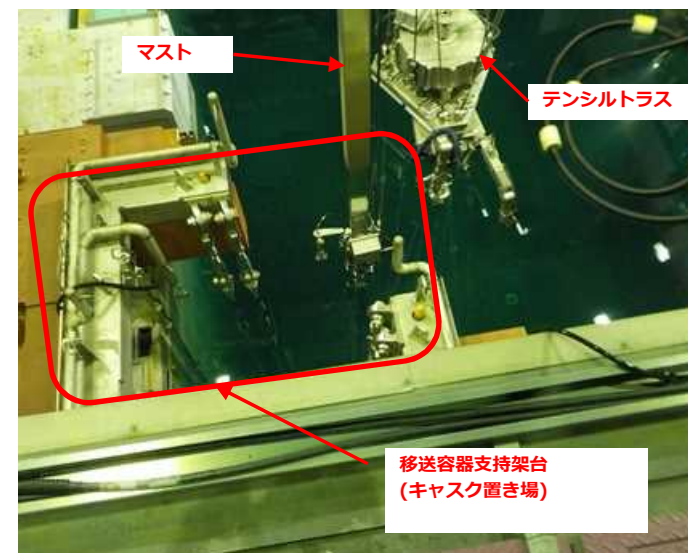
「3号機FHM用光ケーブル集約SW電源」の情報が設備図書である単線結線図に未反映であったため、電源停止範囲の検討にあたり3号機FHM用光ケーブル集約SWが停止負荷との認識に至らず、関係各所と未調整のまま電源停止に至った。

【今後の対応】

- ✓ 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)
- ✓ 単線結線図に未反映であったことについて、再発防止を目的として要因分析を行い、必要な対策を行う。

【仮に燃料取り出し中に発生した場合の影響】

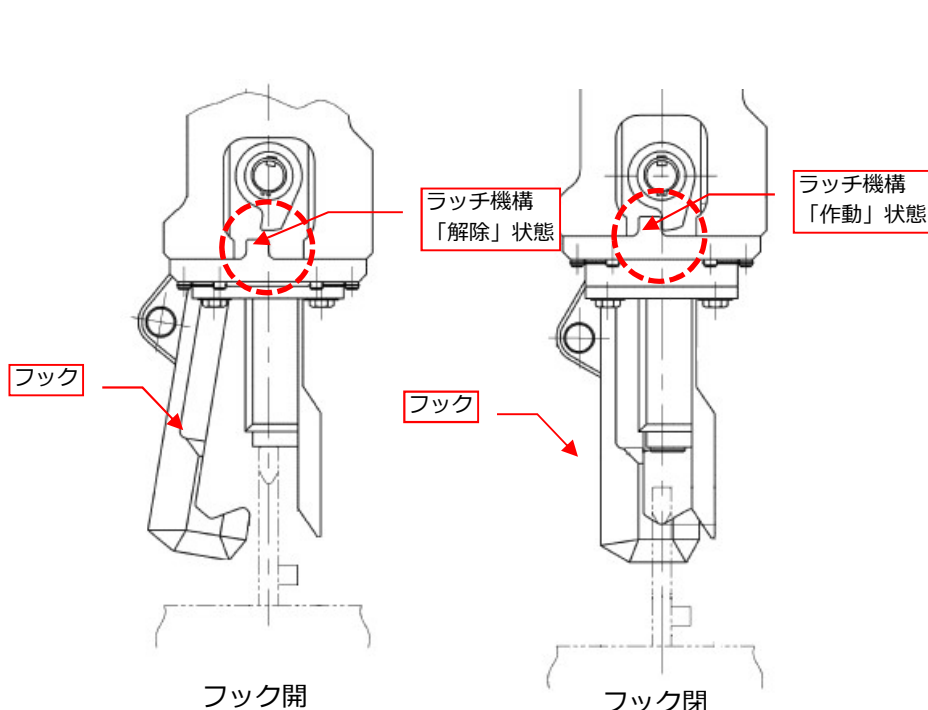
- ✓ 燃料を吊った状態においては、FHMマストのフックはラッチ機構により機械的に固定され開かない構造。FHMが自動停止したとしてもフックが外れて燃料が落下することは無い（次紙参照）



自動停止後におけるマスト(燃料取扱機)の状態

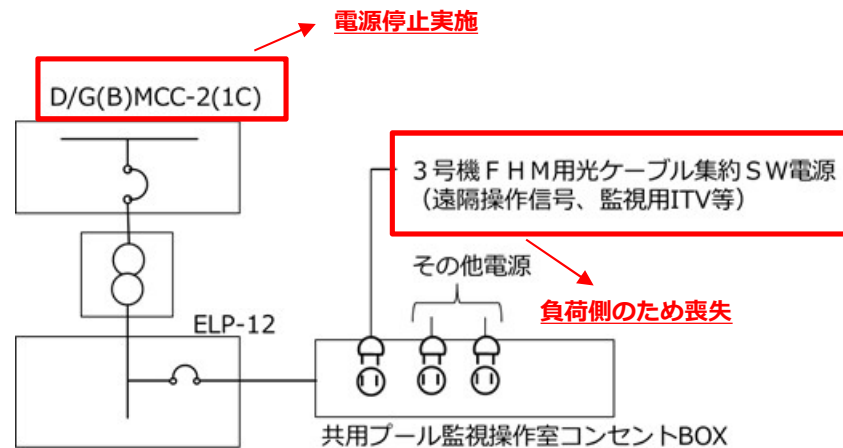
【参考】動作確認で抽出された事象

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)

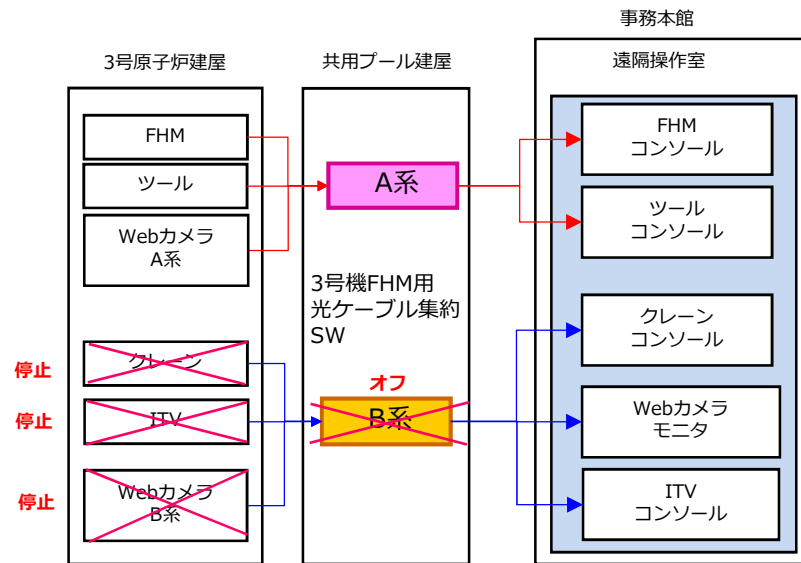


燃料を把持した状態を維持する構造説明

燃料集合体を吊上げた状態。機械的なラッチ機構がフックを固定。



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

【参考】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。接触の影響を確認するため、水中カメラの健全性を確認した結果、上下の首振り動作ができないことを確認した。

【原因】

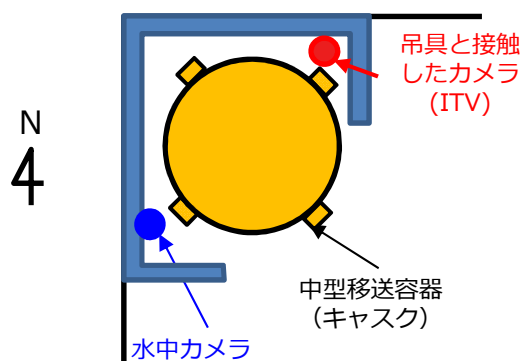
垂直吊具アームの降下作業と水中カメラの操作の連携が作業手順書に記載されていないため、垂直吊具アームと水中カメラが接触した。

【今後の対応】

- ✓ 燃料取出し作業手順書に以下の内容を反映する。
 - ⇒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。
 - ⇒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。
- ✓ 1月中旬に水中カメラを交換する。

【仮に燃料取り出し中に発生した場合の影響】

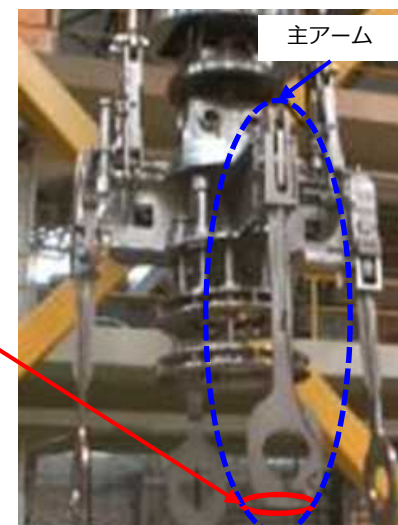
複数の監視用 I T V があることから、作業は継続可能。



<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>

【参考】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。
なお、FHMテンシルトラスは、設備点検のため使用済燃料プール東側のエリア上にあり、使用済燃料に対する影響はない。

【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。

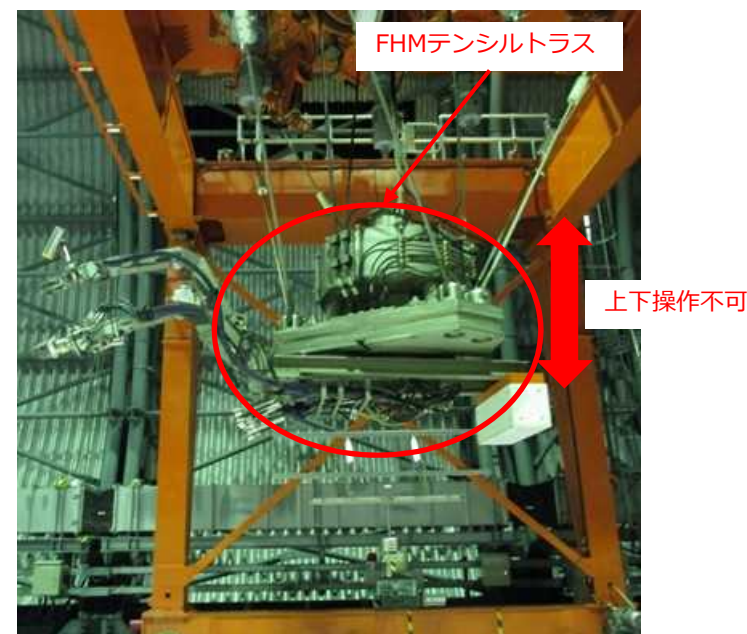
エラーログから、テンシルトラス5／6の速度検出器に関するエラーコードが確認されたため、テンシルトラス5／6に共通する箇所の不具合要因があるものと推定。

【今後の対応】

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。



【参考】国内工場において発生した不具合について

- 燃料取扱設備は、海外で製作後、現地へ輸送するまでの約3年間国内工場で保管し、その間に動作確認や遠隔操作訓練を実施
- この間に31件の不具合が発生したが、それぞれについて水平展開含め対策が完了している
- 工場で発生した不具合については、これまでに再発はない

機器	分類	件数※	内容(例)
FHM関連	設計	1	FHM補助ホイス巻き上げ上限の図書への最新情報反映漏れ
	製造・施工	4(1)	ホースを加締める際にホースの挿入深さが不足していたことによるFHM補助ホイス駆動用水圧ホース外れ マニピュレータの水密部ボルト締結不足によるマニピュレータ内部への浸水 他
	機器故障	2(1)	テンシルトラスの回転を制御しているソレノイドバルブのリーク量が増加したことにより回転停止操作中においてもゆっくりと右回転 他
	操作	1	操作訓練におけるラック切断装置のラックへの挿入時、確認不足により装置先端のガイドピンを変形
クレーン関連	設計	4	垂直吊具の動作時、クレーン主巻フック外れ止めと干渉 クレーン主巻ワイヤとトロリ構造部材の干渉 他
	製造・施工	3	クレーン主巻イコライザシリンダの調整不足によるイコライザの動作不良 他
ITV、ツール類、その他	設計	4(1)	ツール交換装置接続解除時の手順の考慮不足による、FHM補助ホイスのツール交換装置固定用ピンの破断 ITVチルトモータの位置がずれたことによりチルト動作が不良 他
	製造・施工	5(1)	ケーブルカッター駆動水圧ホースのシール面への異物混入による駆動水リーク ラック切断装置の信号変換器の故障 他
	機器故障	6	ITV映像出力用の基板故障 移送容器蓋締付装置のトルクモータ故障 他
	操作	1(1)	蓋締付装置を一次蓋ガイドに挿入する際にかじりが発生、過大な力が掛かり機器が変形

※ グレードNGⅡ、NGⅢの発生件数。()内は発生件数のうちNGⅡ。グレードNGⅠは発生なし。

【参考】燃料取出し作業に対するリスクアセスメント（1 / 2）

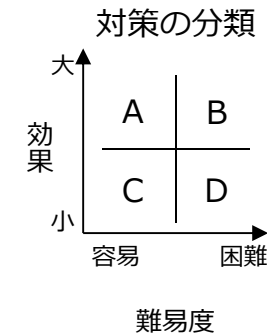
- 工場での動作確認や遠隔操作訓練の中で発生した不具合や訓練操作員からの要望事項を踏まえてリスクアセスメントを実施

＜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、トラブル復旧手順の整備)を立案
 - ✓ 立案した対策案については、効果的に対策を実施できるよう、効果と難易度により分類

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

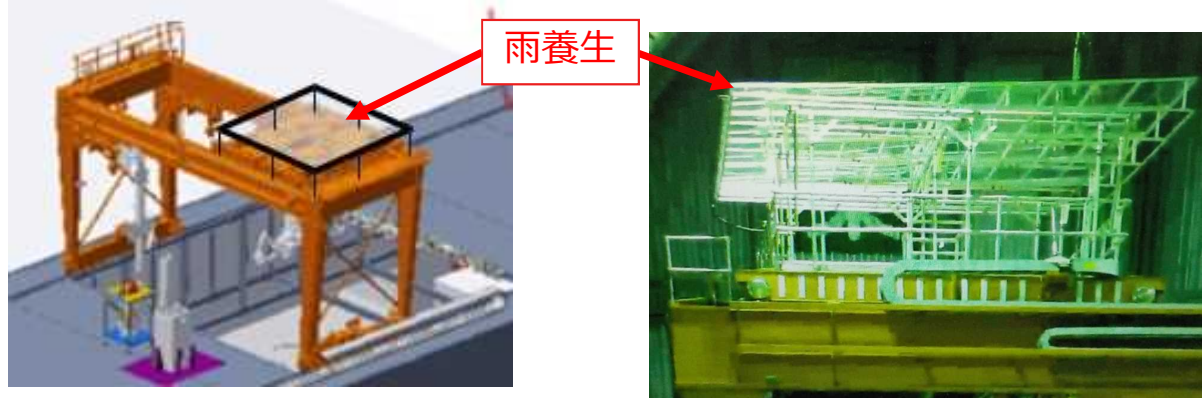
リスク項目	影響	予防的対策実施前	発生度	影響度	難易度	合計	ランク	予防的対策方法	分類
マストが燃料輸送中に停止	作業中断	予防的対策実施前	2	4	3	24	Ⅲ	・復旧に必要な治具の準備 ・原因調査、復旧方法を定める	A
		予防的対策実施後	発生度	影響度	難易度	評価	ランク	緩和的対策	分類
			2	4	1	8	Ⅱ	・予備品準備	A

- 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、トラブル復旧手順書や警報発生時手順書の整備、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

➤ 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する。また、ドーム内の電気品収納箱扉についてパッキンの追加および除湿剤の設置を実施する。



➤ 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。

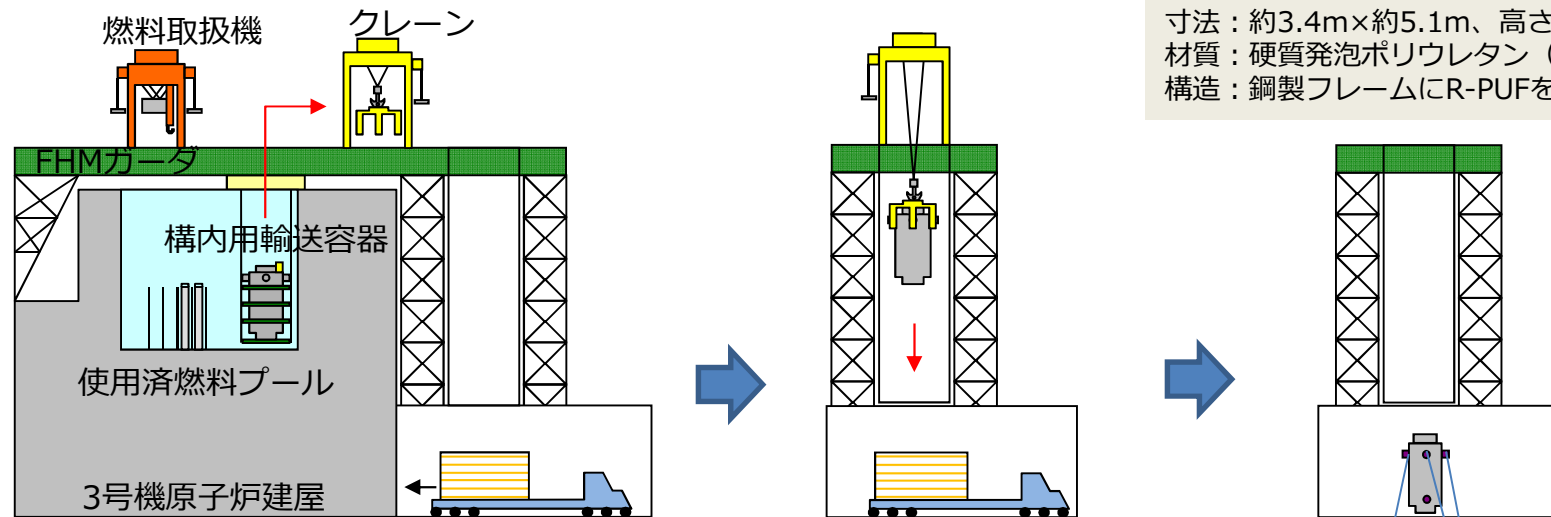


【参考】 構内用輸送容器の落下に対する備え

- 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

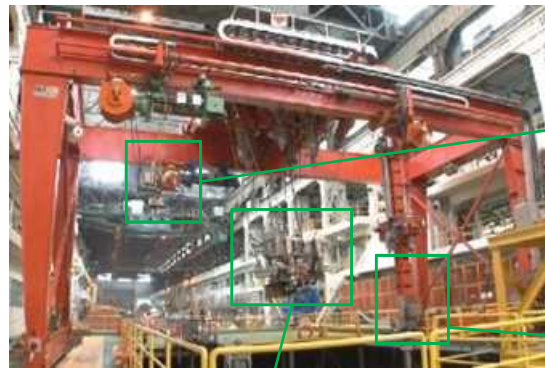
- ③ 構内用輸送容器を地上階へ吊り降ろし（緩衝体上方へ下降）

- 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下ろし作業概要

■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

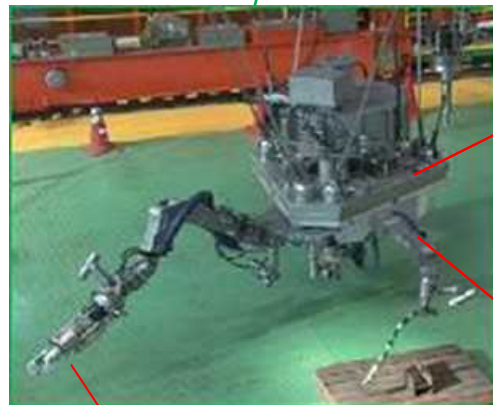
燃料集合体のハンドル部をつかんで移送する燃料把握機。確認されている曲がったハンドルもつかめる

■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、その場で保持する構造

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め付装置で蓋を締める

【参考】 廃炉推進カンパニーの調達改善の取り組み（1 / 2）

- 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

【参考】 廃炉推進カンパニーの調達改善の取り組み（2 / 2）

- 一次調達先以下の製造過程で当社が製品の品質を確認する仕組みの構築
 - 検討の基本方針
 - 現実的・実効的な対策となるよう検討を進める
 - 検討のポイント
 - 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を軽重をつけ、重要な調達物にリソースを集中すべき
 - ⇒ 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の仕組みを検討（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