

3号機燃料取扱設備の安全点検及び 調達における品質管理上の問題と対策

2018年11月19日

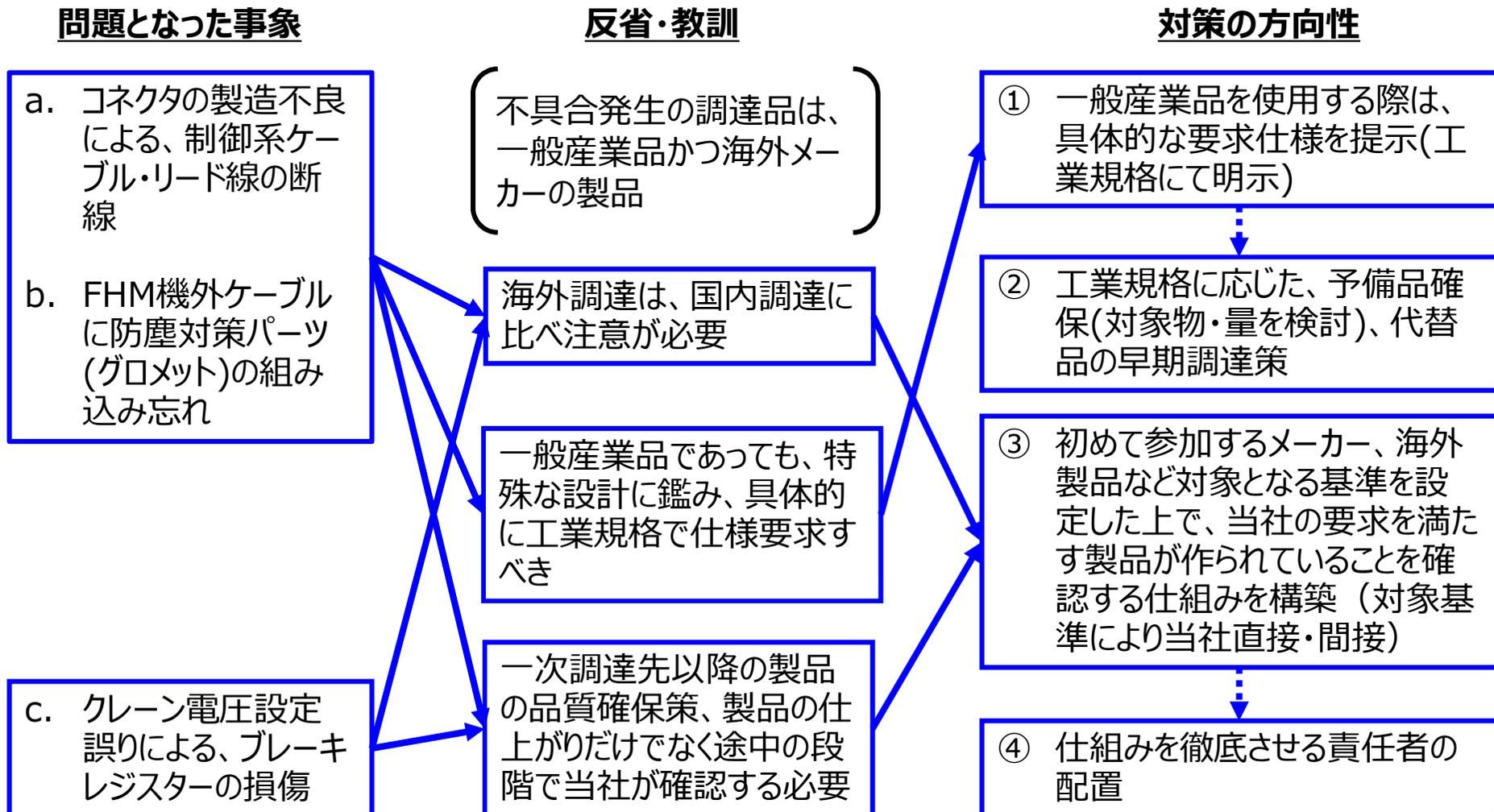


東京電力ホールディングス株式会社

I . 3号機燃料取扱設備の品質管理確認と 調達における品質改善について

1. 一連の不具合と対策の方向性（これまでの報告要旨）

■ 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（第64回特定原子力施設監視・評価検討会で報告）



1. 一連の不具合を踏まえた反省点・教訓と今後のアクション



- 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、全構成部品の信頼性評価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む

一連の不具合を踏まえた反省点・教訓と今後のアクション

反省点・教訓	1F3クレーン・FHM個別対策	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"> ● 全構成部品を、原子力品・一般産業品に分類し、各構成部品の信頼性を評価 ● 新たに調達するケーブルの工業規格での当社・東芝ESS相互確認（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に注意	<ul style="list-style-type: none"> ● 全構成部品を、東芝グループ内調達品・海外調達品に分類し、各構成部品の信頼性を評価 	<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"> ✓ 当社・東芝ESSによる工業規格・図面の相互確認 ✓ 当社・東芝ESSで分担し、製造過程及び製品における性能確認 	<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

2. 1F3クレーン・FHM個別対策（1/3）

■ 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・海外一次調達先調達品に分類。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	海外一次先調達
一般産業品	46	28
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

2. 1F3クレーン・FHM個別対策（2/3）

■ クレーン・FHM構成品の信頼性評価（続き）

● 信頼性評価の手順

- ✓ 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

⇒ 仮に、要求との不整合が確認された場合は、要求に基づき是正

また、記録等にて確認が取れない場合は、現場で実施中の安全点検（動作確認・設備点検）の結果に応じ、追加検査等を検討し、確認

● 信頼性評価のスケジュール

- ✓ 記録のないものは、安全点検のスケジュールに合致するよう、早急に次善の策（追加検査等）を講じ、全ての構成品について12月末までに信頼性評価を実施

● 進捗状況

- ✓ 全79機器のうち、海外一次調達品かつ一般産業品（28機器）を優先的に確認
- ✓ 現時点（11/16）で、7機器(ITV、制御盤・操作卓類)についての確認が完了

⇒ 一部、耐環境性（耐水性、耐放性等）を記録等で確認できないため、今後の安全点検にて使用環境での耐性を評価

このような機器では、供用期間中の劣化リスクも考慮し、予備品を保有する方向（例：ITV）

2. 1F3クレーン・FHM個別対策 (3/3)

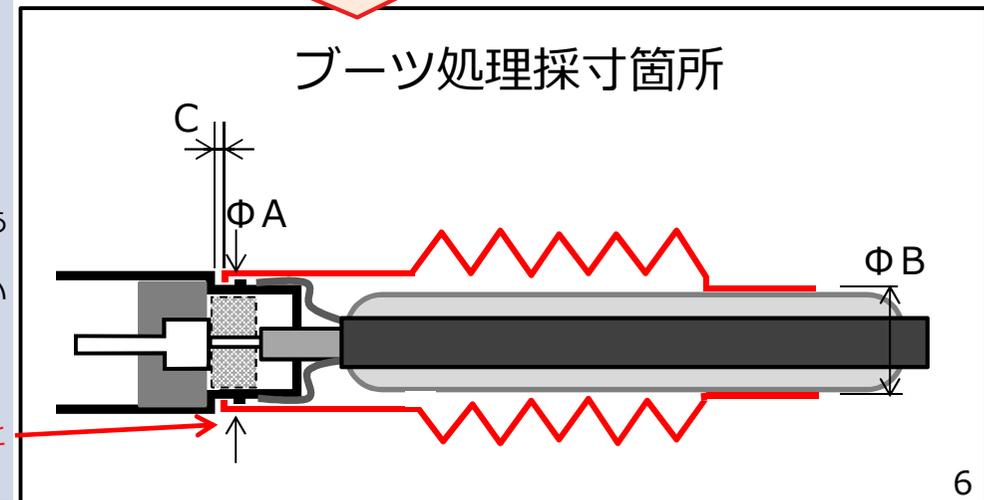
■ 新たに調達するケーブルの品質確認

- 復旧にあたって、新たに調達するケーブルは、防水・防滴性を受注者と確認
 - ✓ IP6・7相当（防塵について最上級レベル、防水について水面下15cm～1mで30分間に水の浸入のないレベル）を用いることを、当社・受注者で確認
 - ✓ 設計図にて構造上、防水・防滴性が十分であることを、当社が直接確認。正しく製造されれば既設コネクタの防水性能が要求を満足することを実機組立にて試験予定
 - ✓ 規格及び設計図通りに、製造されることを確認（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、製造作業中の品質管理状況を当社で確認予定、現場での施工も今後立会予定）

コネクタ組立チェックシート例 <抜粋>

作業内容	品質チェックポイント
<被服処理とシールド線の接続> ・はんだ部のツノ、ヒゲの処理	・突起部がないこと
<グロメットへの通線> ・E CWD整合	・電線識別色、番号とグロメット、インサート整合
<編組シールド処理> ・スチールバンド処理 ・シールド線処理	・シールド線に伸縮余長があること ・アダプタ突起と重ならないこと
<ブーツ処理> ・外観確認 ・寸法確認	・火膨れ、焦げ、歪みなし ・寸法許容範囲内であること

防水性能（ブーツの気密性）を確保するために、仕上がり寸法を確認するようチェック項目を追加



3. 廃炉推進カンパニーの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
- 品質確認及び検収に対する改善策（工業規格等の指定・確認、製造者の技量・製品の品質を評価する指標など）を合わせて検討
- 原子力品／一般産業品の使用基準の策定
 - 1Fの工事設計に適用する「1F標準仕様」を策定する
 - ✓ 当社グループ専門分野・他部門の協力を得て、1F廃炉設備のどの系統のどの機器に一般産業品の使用が可能かを検討
 - ✓ 既存の廃炉設備を選定し、その工事实績と現物を確認しながら、他部門の視点・経験でトレース。実績仕様と今後のあるべき仕様を比較検討し、1F標準仕様として整理
 - ✓ 整理した1F標準仕様をもとに他系統に展開
- 一般産業品の要求仕様について、工業規格での提示
 - 多くの設備で共通に適用している一般産業品（ケーブル、電源盤、空調設備等）を対象に、工業規格等の指定要領を策定する
 - ✓ 現状、設備の購入に際して、共通仕様として工業規格を要求しているものの、どの設備にどのような規格を適用するかは受注者の設計に委ねている
 - ✓ まずは、受注者の提案を当社が必ず確認することから始め、経験を積んだ上で、徐々に当社から指定することとし、指定要領として整理

3. 廃炉推進カンパニーの調達改善の取り組み（2/4）

- 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
 - 一次調達先以下の製品の品質の確認は、以下、2点での確認となる
 - ① 一次調達先が当社要求事項に応じた調達対象物を供給する能力があることの確認
 - ② 一次調達先の調達対象物が当社の要求を満たしていることの確認（出来上がりだけでなく、製造途中においても確認）

当社が調達物の品質を確認する現在の仕組み

確認項目	対象	現在の仕組み
① 当社要求の調達物を供給する能力	受注者	<ul style="list-style-type: none"> ● 調達品質管理グレード I のものは、当社規程により技術審査が必須 ● 調達品質管理グレード II～IV のものは、必要なし ※ I～III は原子力取引の登録審査が必須、その上で I は受注ごとに技術審査を実施
	一次調達先以下	<ul style="list-style-type: none"> ● 受注者への仕様書にて、取引先一覧を要求（必須ではなく、請求箇所の判断） ● 調達品質管理グレード I のものは、受注者の供給能力の技術審査をする上で、機能に影響を及ぼす構成品について、一次調達先以下の技術能力も審査することもある ● 調達品質管理グレード II～IV のものは、必要なし
② 調達物が当社要求を満たしていること	受注者	<ul style="list-style-type: none"> ● 仕様書にて、工場での製造から試験、検収までの各段階において、当社の立会・記録確認を要求（項目や内容は請求箇所の判断）
	一次調達先以下	<ul style="list-style-type: none"> ● 上記受注者における当社立会・記録確認項目について、一次調達先以下の製品ごとに要求（項目や内容は請求箇所の判断）

※ 調達品質管理グレードとは、安全上の見地から定められる設備や設計管理の重要度に応じて、調達の品質管理要求の高さをグレード分けするもの。クレーン・FHMは品質管理グレード I となる（震災直後の設計・請求当時は上記仕組みは整備されていない）

3. 廃炉推進カンパニーの調達改善の取り組み（3/4）

■ 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（続き）

● 現状の仕組みの課題

【当社要求の調達物を供給する能力の確認】

- ✓ 受注者への取引先一覧の要求は請求箇所の判断によっている
- ✓ 一次調達先以下どの階層まで受注者から提示されるかは不明

【調達物が当社要求を満たしていることの確認】

- ✓ 工場での製造から試験、検収までの各段階における、当社の立会・記録確認の要求内容は請求箇所の判断によっている

● 検討の進め方

【論点】

- ✓ 現実的・実効的な対策となるよう検討を進める
- ✓ 発注者（当社）・受注者責任
 - ・ 当社は、仕様をいかに具体化できるか（国内メーカー・海外メーカーの商習慣の違いにも対応）
 - ・ 当社は、受注者の管理の状況（一次調達先以下の供給能力、一次調達先以下の製品の品質）をいかに確認できるか
- ✓ 確認対象の絞り込み
 - ・ 調達物によって対象を選別（機能未達による安全への影響の大小で判断）
- ✓ 今回の一連の不具合が防げるか（仕組みにより、可能な限り、不具合を排除）

3. 廃炉推進カンパニーの調達改善の取り組み（4/4）

■ 型式品の国産化検討

- 廃炉・汚染水対策は、廃止措置の豊富な経験と技術を有する海外企業を巻き込み、海外の叡智を活用して、効率的に進める方針
- 一方、トラブル時の早期復旧、代替品の早期手配の観点では、要求仕様を明確にした上で国内一般産業品の調達が優位と考えられる

⇒ 全体最適の観点から、調達品の国産化（国内一般産業品の活用）を検討する

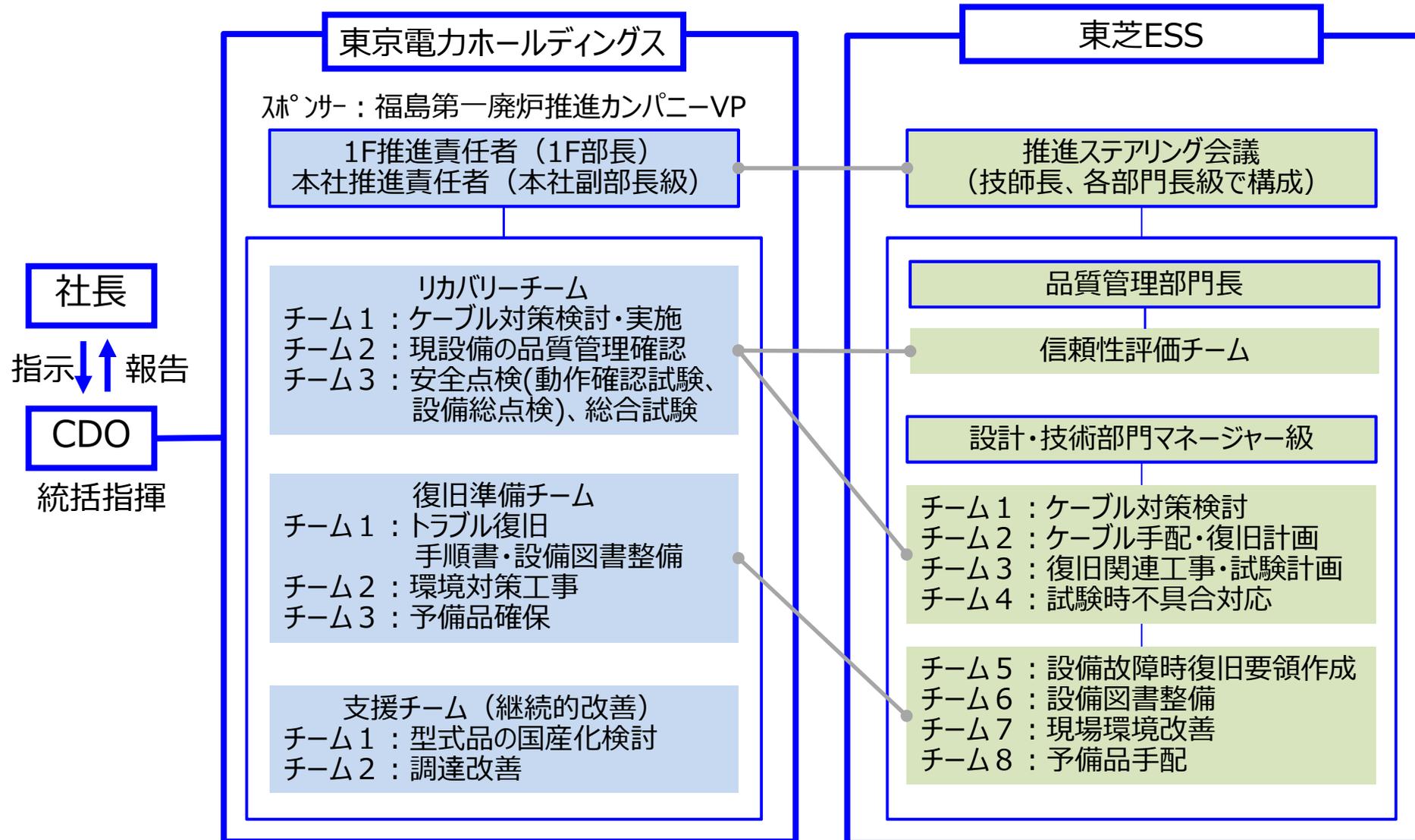
- ✓ 各設備に共通して使われ、品質と工程に影響を及ぼす可能性がある機器（ケーブル、コネクタなど）の一般産業品（型式品）を、当社が仕様を指定し標準化する（社給材化も併せて検討）



前述、「一般産業品の工業規格の提示」の検討に合わせて検討を進める

【参考】品質確認・安全点検の実施体制

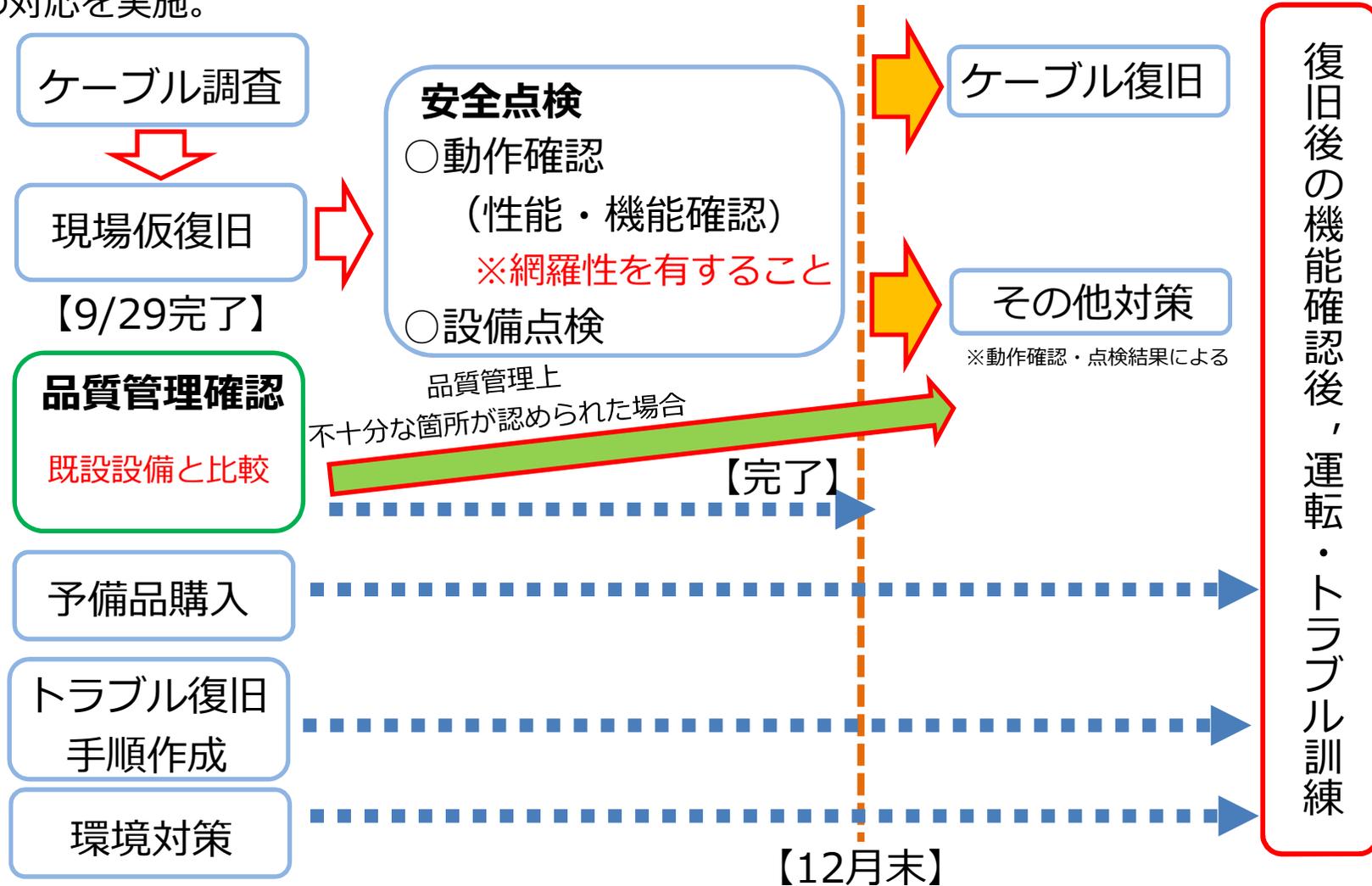
1F3燃料取扱設備復旧推進体制



Ⅱ．燃料取扱設備不具合に対する今後の対応

1. 燃料取扱設備不具合に対する今後の対応

- ▶ ケーブルの抵抗異常が複数確認されたため、燃料取出し開始までに設備の信頼性を万全にし、不具合箇所復旧に当たっては品質管理について確認したうえで実施する必要があるため、以下の対応を実施。



2. 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。

3. 安全点検の状況

- 安全点検完了目標：2018年12月末
- 2018年11月3日より，動作確認（ワンスルー）を実施中
- 2018年11月下旬から設備点検に着手予定

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	-				▼⑩⑪		
点検	設備点検	-	外観確認等						
その他	-	-	-			▼⑫			

3. 安全点検における発生事象の状況



- 発生事象：全12件（再発分は除く）
- 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
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 ※	部品納入待
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	原因調査中
③	2018/10/12	駆動源喪失時のマニピュレータの挙動	NG III	原因調査中
④	2018/10/17	水中ポンプ動カ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	部品納入待
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
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	対策検討中
⑦	2018/10/22	マニピュレータ関連動作不良事象	NG III	原因調査中
⑧	2018/10/23	燃料健全性確認用治具の状態表示不良	NG III	修理準備中
⑨	2018/10/30	マニピュレータ関連ツール交換不良事象	NG III	原因調査中
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	原因調査中
⑪	2018/11/5	クレーンの移送モードにおける動作不良	NG III	対策検討中
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	対策実施中

※：安全点検開始直後の発生事象であるため、社会信頼性の観点を踏まえグレードを一段階上げて管理を実施。

● 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。
あわせて、警報の発生ロジック等を容易に確認できるよう図書の整備を行う。
- 警報を分類分けする。また、事象と警報との関連付けを行う。
 - ✓ 燃料取出し作業を中止し設備復旧が必要な警報
 - ✓ リセット操作やカメラの確認等で燃料取り出しを継続できる警報
 - ✓ 操作上の注意喚起のための警報 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)

- FHM及びクレーンは電源や駆動源喪失時に吊り荷を保持する機構であり，動作確認で吊り荷を保持できる事を確認。
- さらに，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。

5. 予備品の手配について

- ▶ FHM, クレーン等の予備品として, 表に示した物品を準備中(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バルブ等が納入済
 - ✓ 今後, 電気品, ブリッジモータ等が納入予定
- ▶ 安全点検での発生事象を受け, 当該不具合部品及び類似した部品の抽出を実施
 - ✓ 更なる予備品 (インバータ, ケーブル等) の手配を準備中。
- ▶ 安全点検での発生事象が電気品に多いことから, 電気品の劣化事象や故障時の影響を考慮した予備品についても手配予定。

代表的な予備品の例

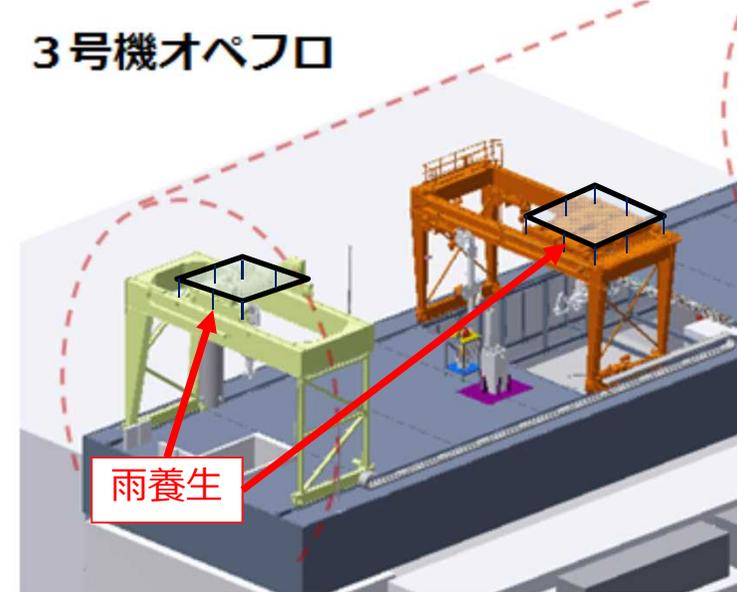
機器名	予備品
燃料取扱機	ベアリング, モータ
吸引装置	水中ポンプ, フィルタ
クレーン	ブリッジモータ, 主巻ギア式LS
移送容器蓋締付装置	トルクモータ, 水圧ホース

6. 環境対策について

➤ トロリ上機器の雨養生

- ✓ドーム屋根が数カ所で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機器について、雨水等の影響を軽減するために、屋根等の雨養生を実施する。

3号機オペフロ



➤ 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】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。

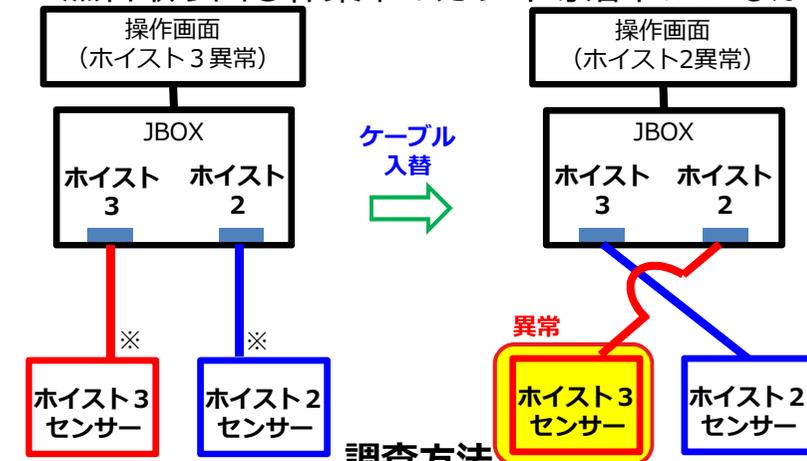
【今後の対応】

- ✓ センサーを交換（センサー納入待）
- ✓ 当該センサーをバイパスして動作確認（ワンスルー）を実施

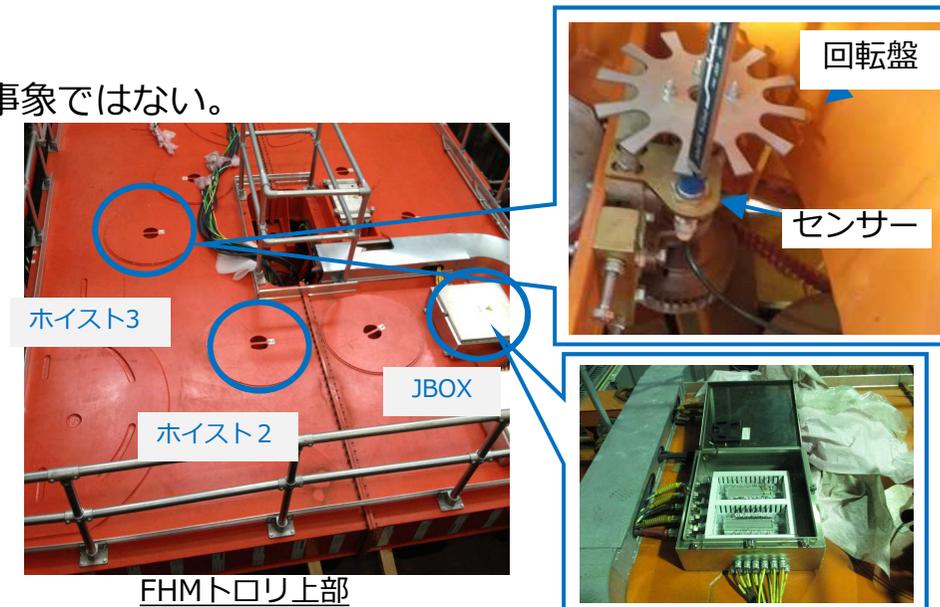
⇒当該センサーは、ワイヤ巻取時の乱巻きを防止する機構の回転状態を監視することを目的として設置されているが、ワイヤ巻取時の巻取ドラム状態を監視する他のセンサーがあるため、動作確認（ワンスルー）実施にあたりバイパスしても実施する上で**問題はない**。

【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。



※センサーと一体のケーブル



【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（調査中）】

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可能性がある。
(本来、巻上方向のところ巻下方向でチェック)

【今後の対応】

- ✓ 上記不整合が発生する可能性について詳細調査中。
- ✓ ソフトの修正を**検討中**（回転方向制御にかかわる全ての検証が必要）
- ✓ ソフトの修正・検証が完了するまでは、「BE2」が発生した場合は、無効化して**動作確認（ワンスルー）を実施**
⇒吊荷の位置検出装置にて、吊荷落下防止できる別警報があるため、動作確認（ワンスルー）実施する上で**問題はない**。

【参考】 クレーン構造規格に「BE2」相当の機能要求はない
国内プラントメーカーが納入のクレーンには「BE2」相当機能はない

【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。

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

【原因（調査中）】

マニピュレータ動作確認時に作動流体の漏えいが無いことを確認済（目視可能な範囲）
駆動部のエアVENT不足若しくはマニピュレータ内に設置されている電磁弁のリークにて姿勢が維持できなかったと推定。

【今後の対応】

- ✓ 原因調査結果及び事象発生メカニズムを踏まえ、対策を実施（検討中）
- ✓ 現状の状態で**動作確認（ワンスルー）を実施**
 - ・通常動作に異常がないこと
 - ・動作確認（ワンスルー）時の経路に使用済燃料が無いこと及び仮に取扱うフランジプロテクター（重量：33kg）を電源喪失等の影響により落下しても使用済燃料プールライナーに与える影響はないことから、動作確認（ワンスルー）実施する上で**問題はない**。

【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）の空中落下試験の結果、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

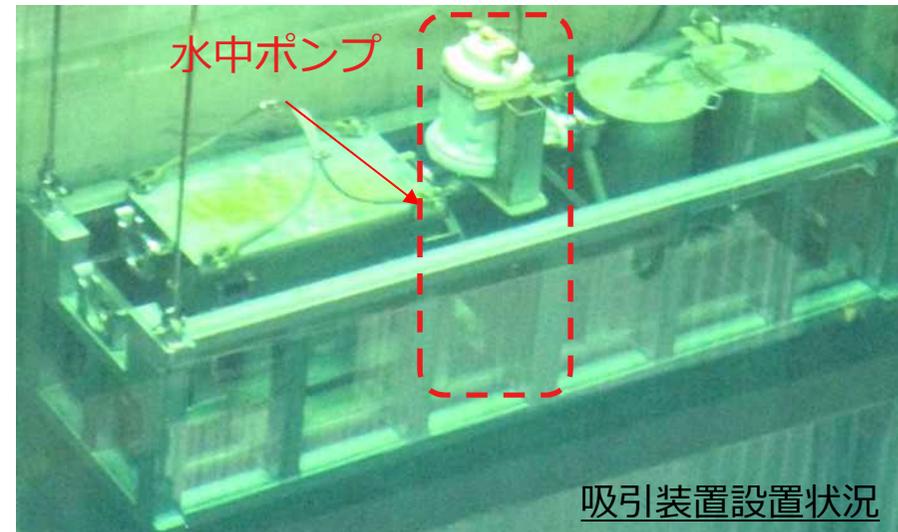
【事象④】

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）
- ✓ 現状の状態で動作確認（ワンスルー）を実施
⇒吸着装置とキャスクとの作業干渉の確認が目的であるため、影響はない。

【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瓦礫（～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。

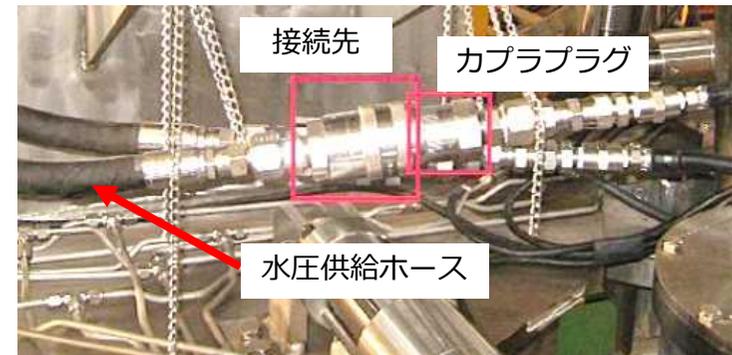


図1 水圧供給用ホース接続イメージ

【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**）
- ✓ 現状の状態で**動作確認（ワンスルー）を実施**
- ✓ 現在警報は発生していないこと、仮に警報が発生した際にはクレーンは動作を停止するため、動作確認（ワンスルー）実施する上で**実施上の問題はない**。（クレーンは監視カメラ、位置検出装置、作業者による監視が可能である。）

【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。

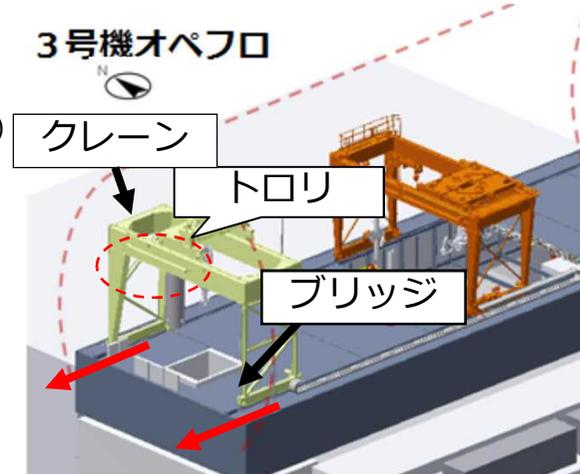


図2 クレーン概要

【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（調査中）】

マニピュレータ動作確認時に目視可能な範囲の作動流体の漏えい確認は実施済

⇒目視可能な範囲の漏えいは確認されていない

マニピュレータ内に設置されている電磁弁の開閉による圧力変化により、マニピュレータが動作したものと推定。

【今後の対応】

- ✓ 原因調査結果及び事象発生メカニズムを踏まえ、対策を実施（検討中）
（FRZ機能を使用するのは、手先の細かい作業を実施する際に、作業姿勢を固定するために使用する機能）
- ✓ 動作確認（ワンスルー）では、水中での動作確認であり、当該機能を使用しないため、問題はない。

【仮に燃料取り出し中に発生した場合の影響】

- ✓ 瓦礫撤去作業中の瓦礫落下等につながる事象ではない。



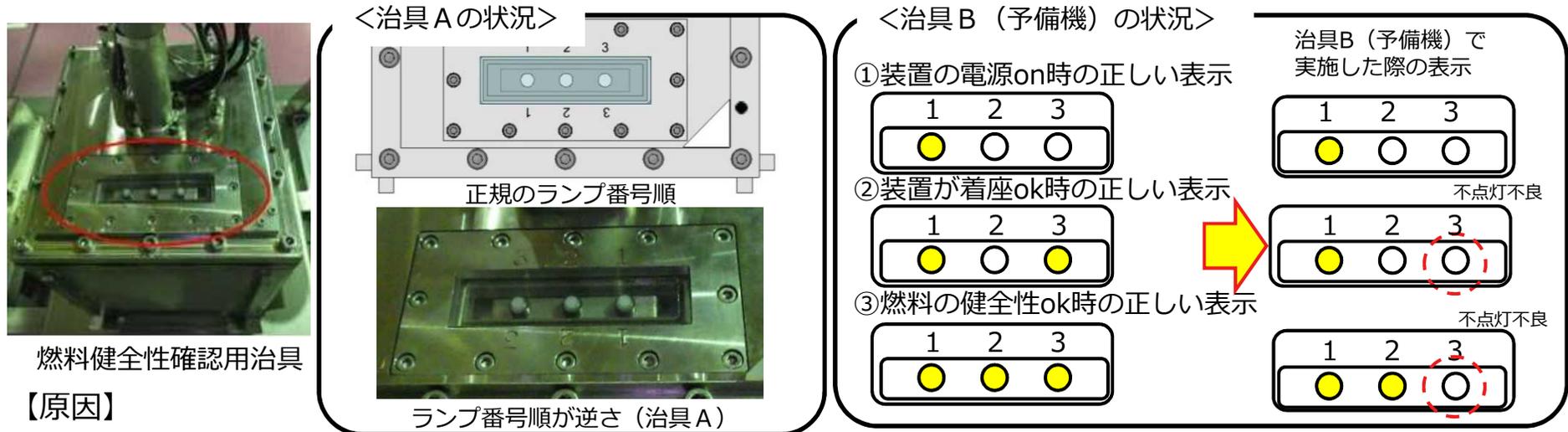
現場



【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。



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、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る。

【今後の対応】

- ✓ 動作確認（ワンスルー）にて治具Aでランプが3つ点灯することを確認。その後、表示プレートを修正
- ✓ 治具Bは、LED交換若しくは装置内ケーブルの取替を実施

【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（調査中）】

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、内部にある電磁弁動作不良若しくは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と推定

【今後の対応】

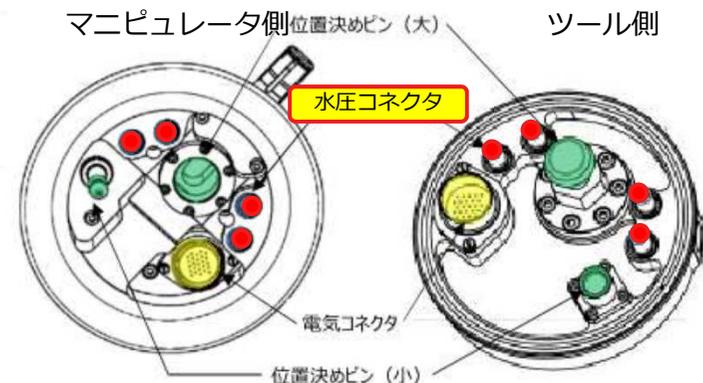
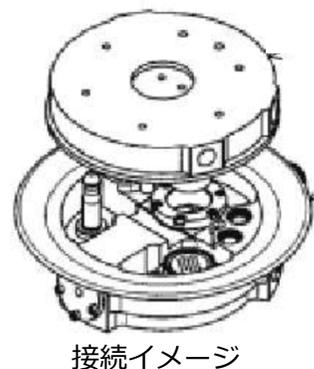
- ✓ 原因調査結果及び事象発生メカニズムを踏まえ、対策実施する。（検討中）
- ✓ 動作確認（ワンスルー）時は、ツール交換が発生しないため、動作確認（ワンスルー）が実施可能。

【参考事項】

マニピュレータ右腕はツール交換が可能であるが、左腕は掴み具固定である。

【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（調査中）】

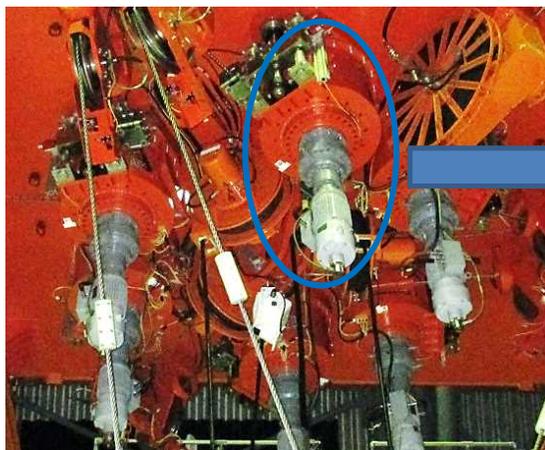
- ✓ ワイヤ巻取状態異常を検出するセンサー（リミットスイッチ）の検出位置調整不良又はセンサー故障。

【今後の対応】

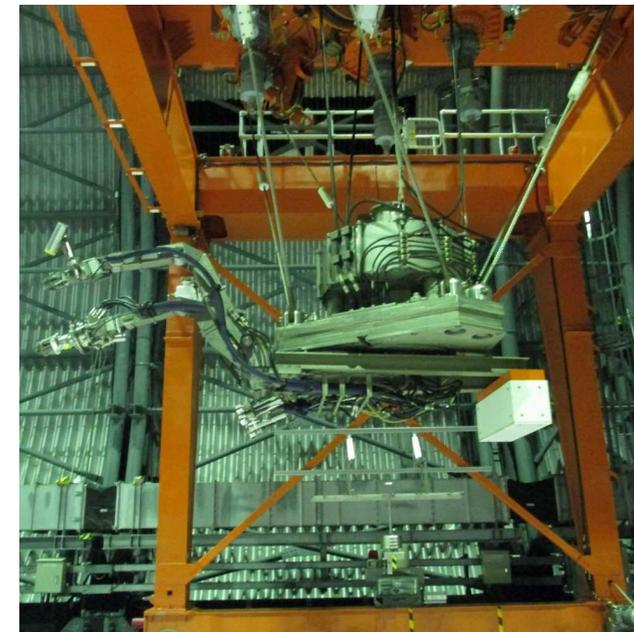
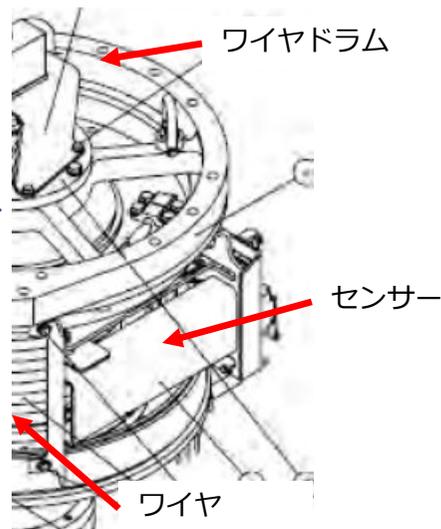
- ✓ センサーの測定位置調整若しくはセンサーの交換

【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】

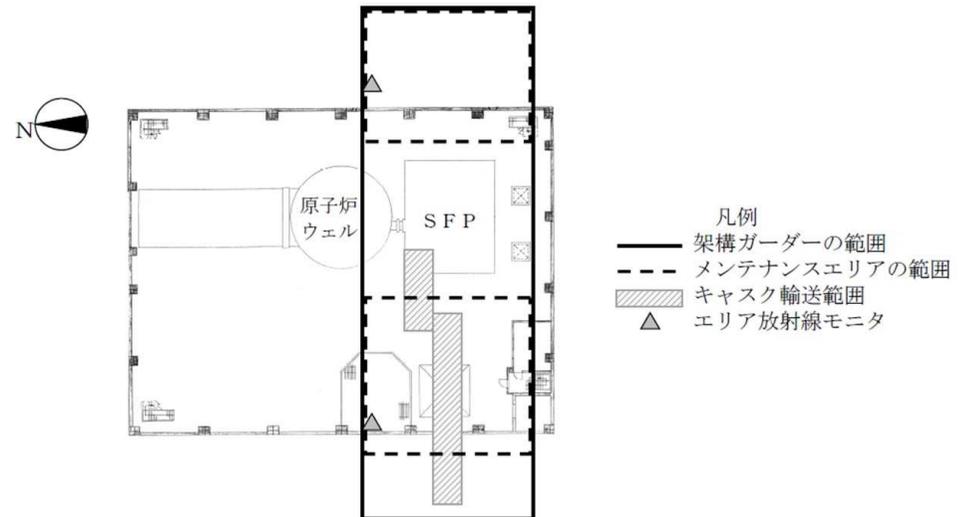
- ✓ クレーン運転モード移行条件が成立していない状態※で、モード移行を実施したため、動作不良が発生
※モード移行条件：主巻・捕巻きが待機位置にあること。

【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
- ✓ 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）
- ✓ 設備の操作手順書に反映

【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。

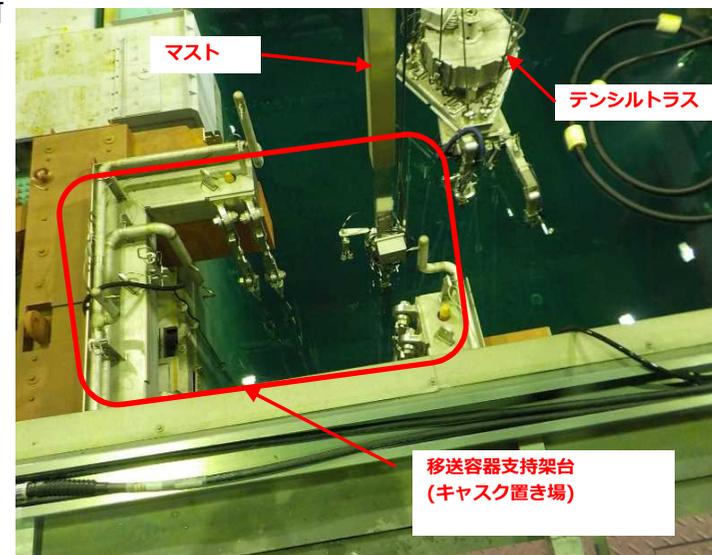
「3号機FHM用光ケーブル集約SW電源」の情報が設備図書である単線結線図に未反映であったため、電源停止範囲の検討にあたり3号機FHM用光ケーブル集約SWが停止負荷との認識に至らず、関係各所と未調整のまま電源停止に至った。

【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。
- ✓ 単線結線図に未反映であったことについて、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】

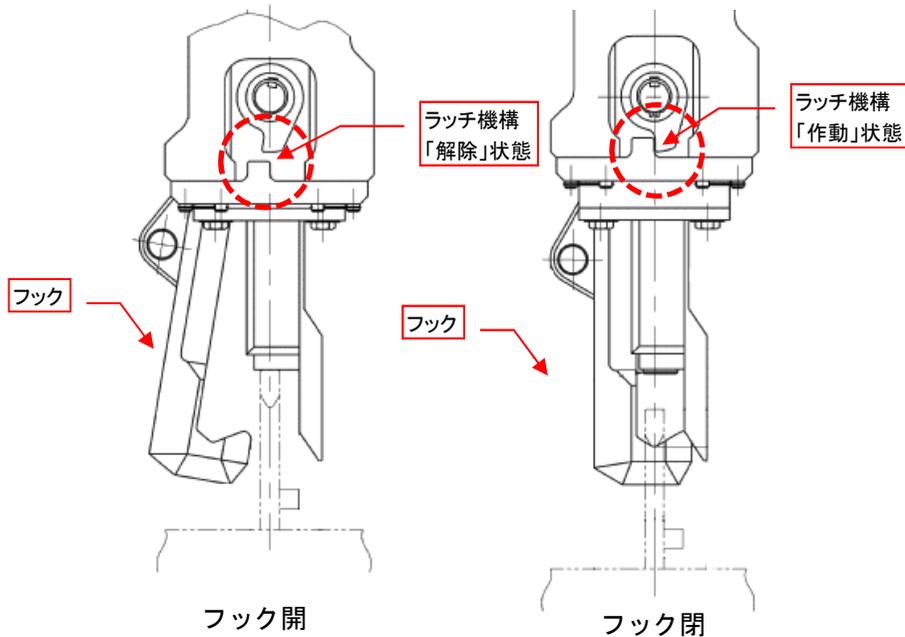
- ✓ 燃料を吊った状態においては、FHMマストのフックはラッチ機構により機械的に固定され開かない構造。FHMが自動停止したとしてもフックが外れて燃料が落下することは無い（次紙参照）



自動停止後におけるマスト(燃料取扱機)の状態

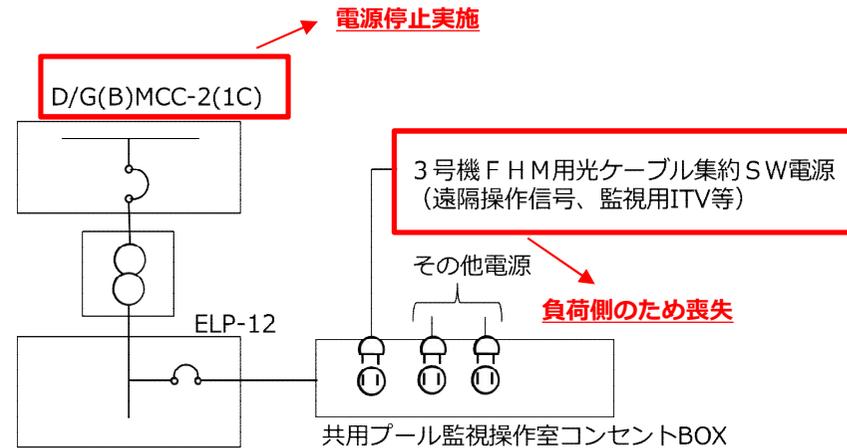
【参考】動作確認で抽出された事象

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)

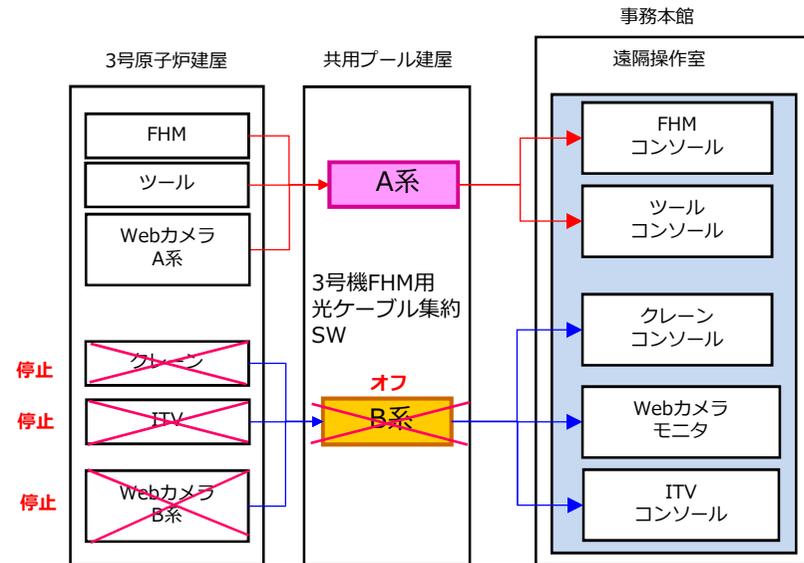


燃料集合体を吊上げた状態。機械的なラッチ機構がフックを固定。

燃料を把持した状態を維持する構造説明



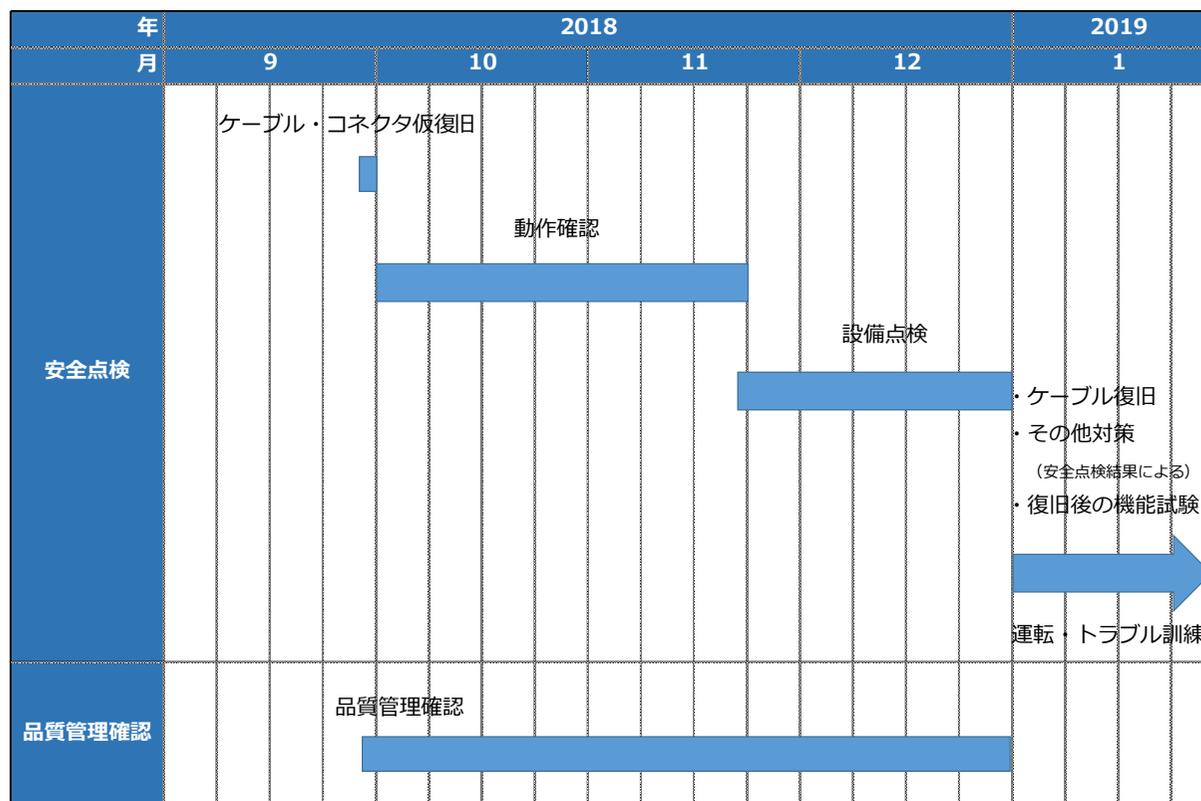
共用プール監視操作室コンセントBOXの単線結線図



FHM/クレーン関連 システム構成図

【参考】安全点検と品質管理確認工程（案）

- 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，復旧を行う。
- 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】国内工場において発生した不具合について

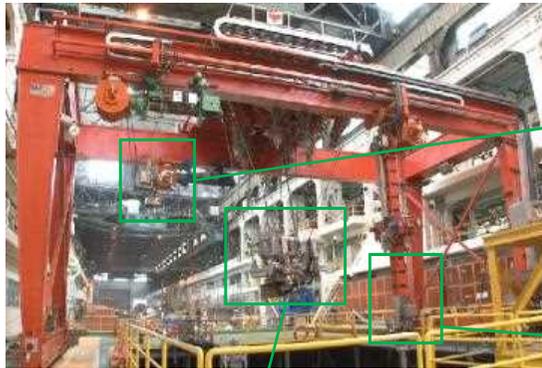
- 燃料取扱設備は、海外で製作後、現地へ輸送するまでの約3年間国内工場で保管し、その間に動作確認や遠隔操作訓練を実施
- この間に31件の不具合が発生したが、それぞれについて水平展開含め対策が完了している
- 工場で発生した不具合については、これまでに再発はない

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。

■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がれきを撤去する
- ・ 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がれきを回収

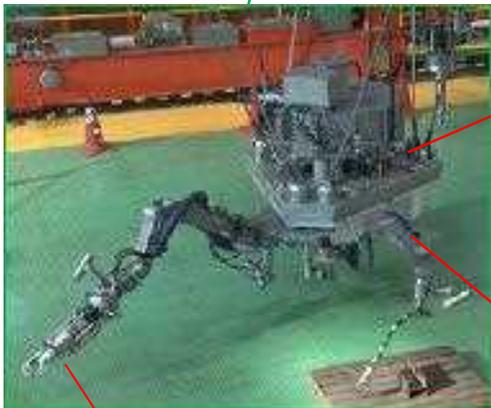
燃料集合体のハンドル部をつかんで移送する燃料把握機。確認されている曲がったハンドルもつかめる

■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、がれきのつかみ・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、プール内のがれきの撤去や、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



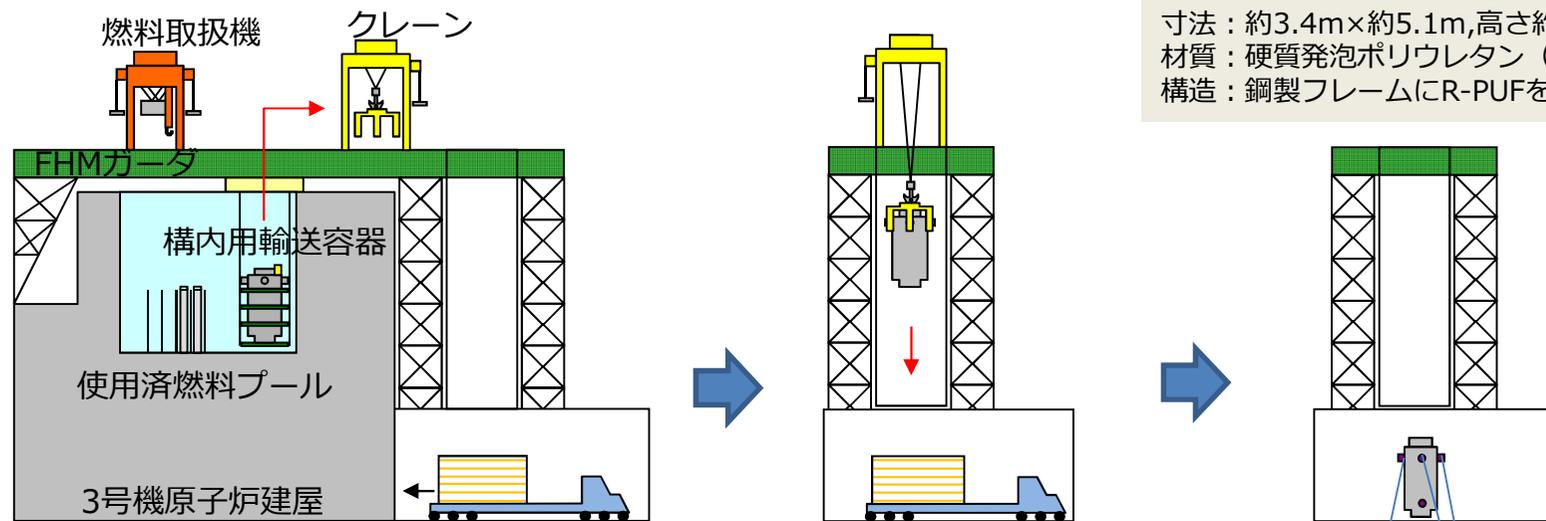
補巻先端に接続した構内用輸送容器蓋締付装置で蓋を締める

【参考】 構内用輸送容器の万一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）

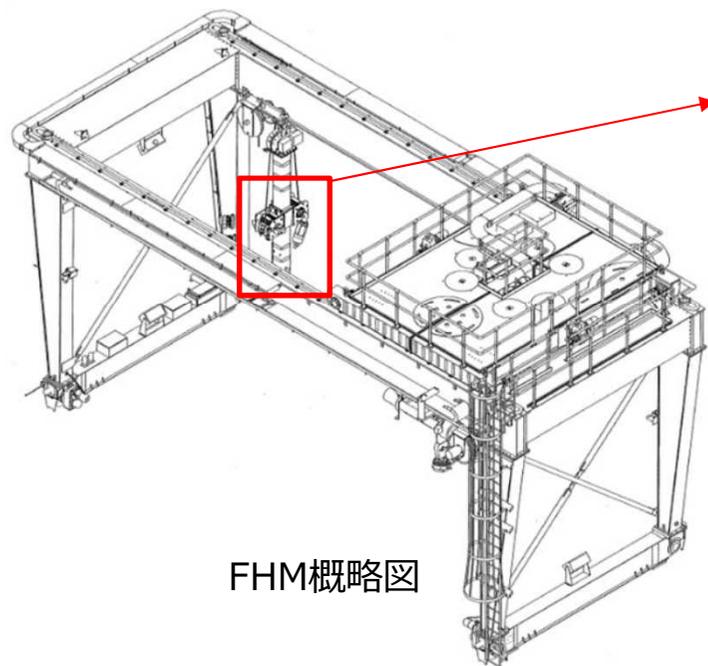
- ④ ワイヤを張り転倒防止
- ⑤ 二次蓋取付け後、輸送車両に積載して輸送

構内用輸送容器の地上階への吊り下ろし作業概要

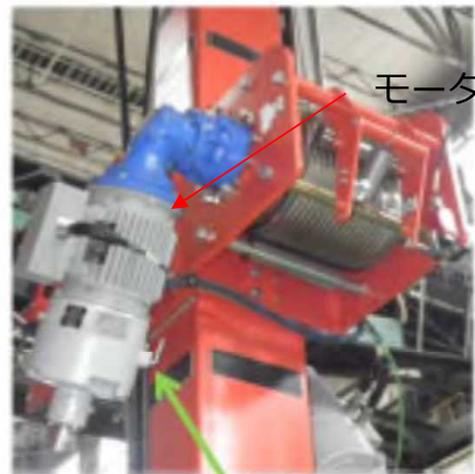
■ **FHMマスト昇降モータは2台存在。機器の単一故障を仮定し、ラック内で燃料吊上げ中に1台故障し動作不能となった場合、故障したモータのブレーキを手動解除し吊降ろす**

1. 足場等によりFHMマスト近傍にアクセスし、故障した昇降モータのブレーキをブレーキ解除治具等により解除。燃料は健全な昇降モータのブレーキで保持された状態になる。
2. 故障した昇降モータの動作を無効化（遠隔操作室での操作）
3. 健全な昇降モータを駆動させ、徐々に燃料を下降し着座

■ **なお、FHMの横行走行動作が不可能になった場合、走行はマスト昇降モータと同様にブレーキ解除を行い牽引機により移動。横行走行は安全かつ被ばく量の少ない方法で対応（詳細検討中）**



FHM概略図



ブレーキ解除レバー



ブレーキ解除治具（案）

■ 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トロリ上へアクセスし、主巻予備ブレーキをブレーキ解除レバーを回して解除
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へ輸送容器を着座させる

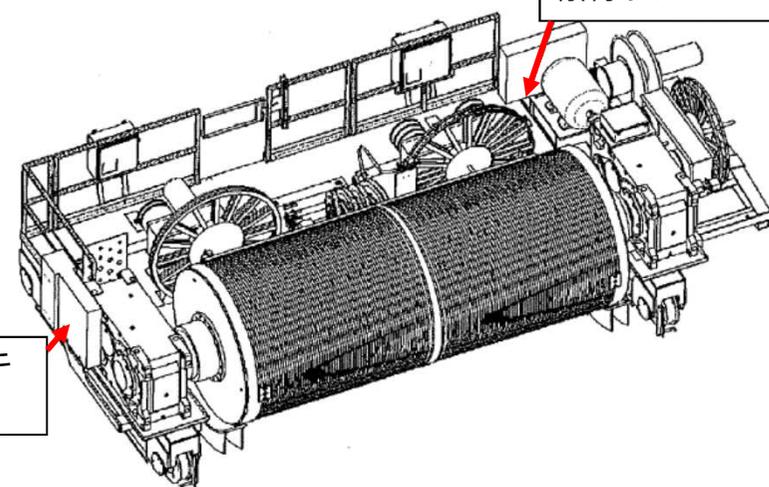
※吊降ろし速度の手動でのコントロール方法について詳細検討中。

■ なお、クレーンの横行走行動作が不可能になった場合、走行は主巻モータと同様にブレーキ解除を行い牽引機により移動。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）。



クレーン全景

主巻予備ブレーキ解除レバー



主巻主ブレーキ解除レバー