

第69回監視・評価検討会  
2019年3月18日

福島県原子力発電所の廃炉に関する安全監視協議会  
資料（1）

## 3号機使用済燃料プールからの燃料取り出しの状況 について

2019年3月26日

The logo for TEPCO (Tokai Electric Power Company) is displayed in red, bold, uppercase letters.

---

東京電力ホールディングス株式会社

## 1. これまでの経緯

---

- 3号機 燃料取扱設備については、2018年8月の使用前検査中にケーブルの不具合により燃料取扱機（以下、FHM）が停止し使用前検査を中断した。
- 使用前検査中に発生した不具合等を踏まえ、設備の信頼性を万全にすることを目的に以下の対策を実施した。
  - 安全点検（動作確認、設備点検）
  - 品質管理確認
  - 環境対策
  - 予備品の追加購入
- 安全点検の結果、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、それぞれについて対策および対策後の検証を完了した。
- その後、ケーブル不具合の対策（ケーブル交換）後の機能確認を実施し、2019年2月より、燃料取り出し訓練を実施しているが、訓練中に7件の不具合事象を確認している。

## 2. 訓練中に確認された事象

No.	発生事象	概要	対応	対応状況
①	無停電装置内バッテリー容量低下に伴う警報発生	バッテリー交換時期が近づいていることを告知する警報が発生した。	バッテリーの交換	済
②	I T V画像の乱れ	中継器のフリーズ（再起動で対応可能）によりITV画像の乱れが発生した。復旧の手順が無かった。	再起動 操作方法を手順書へ反映	済
③	垂直吊具用ケーブルコネクタ浸水事象	ケーブルコネクタの養生状態の確認が足りないまま、使用済燃料プールにコネクタを水没させた。	コネクタ交換 SFP着水時の注意喚起表示を掲示	済
④	ケーブルベアによるケーブル巻き込み事象	ケーブルとケーブルベアの干渉具合について確認が不足したことにより、ケーブルベアに巻き込まれたケーブルが損傷した。	ケーブル交換 干渉防止板の設置	済
⑤	駆動水圧供給系駆動用流体の漏えい事象	機器の使用に伴い継手部に回転力等が生じ、ゆるみが発生したことにより、駆動用流体が漏えいした。	増締め及び合マークを実施 日常点検表に確認項目の追加	済
⑥	テンシルトラス上昇操作時の警報発生	テンシルトラス上昇操作中に警報が発報し、停止した。ケーブル交換等実施し、復旧したが、発生原因について調査中。	モータ制御装置の交換 ケーブルの交換 発生原因を踏まえて対策を検討	原因調査中
⑦	クレーンバルブボックスの漏えい事象	機器の操作に伴う振動の影響により閉止プラグ部のゆるみが発生し駆動用流体が漏えいした。	電磁弁等の交換 当該プラグの点検・再締結及び合マークを実施し月例点検で合マークを確認 更なる信頼性向上対策として、ゆるみ防止剤の塗布を検討中	済

- 今回発生した7事象のうち、6事象（⑥以外）については、使用・作業に伴い発生した事象であり、安全点検（動作確認・設備点検）及び品質管理確認において確認することを目的としていた、設計や調達上の品質に起因するものではない。今後は、手順書への反映、点検項目の追加等によって対応していく。
- また、発生原因調査中の事象(⑥)については、速やかな原因究明に努め、対策を徹底した上で燃料取り出しを開始していく。

2. 訓練中に確認された事象 ①無停電装置内バッテリー容量低下に伴う警報発生  
② I T V 画像の乱れ

<b>発生事象</b>	<b>無停電装置内バッテリー容量低下に伴う警報発生</b>
概 要	重故障「操作室キャビネット異常」と軽故障「操作室UPS異常」が発生した。ただし、本警報はバッテリー交換時期が近づいていることを告知する警報であり、警報が発生しても、燃料取扱設備の停止は無く、操作にも影響を与えない。
原 因	無停電装置内バッテリーの容量低下
対 応	バッテリーを交換した。(3月16日完了)
備 考	無停電装置は、遠隔操作室の伝送装置や入出力基板の瞬停対策として設置している。

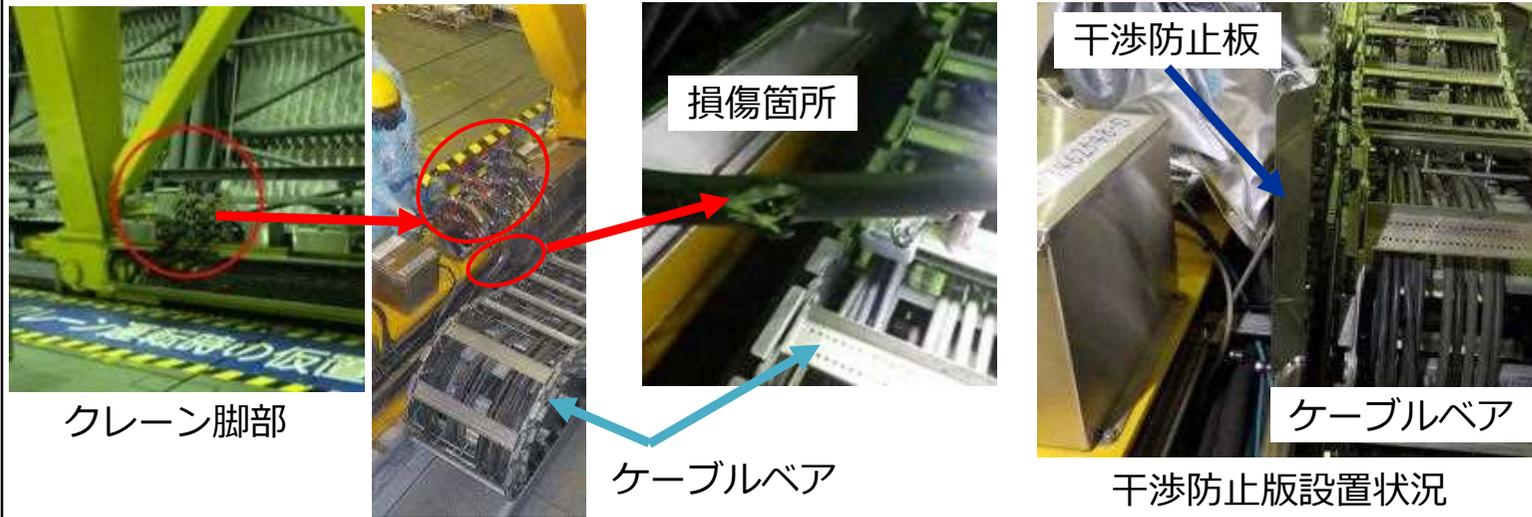
<b>発生事象</b>	<b>ITV画像の乱れ</b>
概 要	<p>マニピュレータ左手(SAM2)の肩にあるITV104カメラの画像の乱れを確認した。また、ITVからモニター間に設置されている中継器のフリーズを確認した。</p> 
原 因	中継器のフリーズによる画像の乱れと判断した。
対 応	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 中継器のフリーズを解消するために再起動を行い、ITV104カメラ表示が正常に作動していることを確認した。(2月19日完了)</li> <li>✓ 事象発生時の再起動の手順が無かったため、手順書に反映した。(3月5日完了)</li> </ul>
備 考	ITVの画像の乱れであり、マニピュレータの動作には影響を与えないため、ガレキ撤去作業に影響はない。

## 2. 訓練中に確認された事象 ③垂直吊具用ケーブルコネクタ浸水事象

発生事象	垂直吊具用ケーブルコネクタ浸水事象
<p>概要</p>	<p>クレーン主巻に設置されている垂直吊具用ケーブルコネクタは、垂直吊具を取り外した際に養生(水密性なし)を実施し、主巻に固縛していたが、ITVインターロック試験において、十分な処置を実施せず、当該養生のまま主巻を使用済み燃料プール（以下、SFP）に浸水させ、当該コネクタを水没させた。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;">  <p>垂直吊具</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>コネクタ養生状態</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>養生状態イメージ</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>注意喚起表示</p> </div> </div>
<p>原因</p>	<p>垂直吊具用ケーブルコネクタの養生状態の確認が不足し、十分な処置を実施せず主巻をSFP内に浸水させたこと。</p>
<p>対応</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 浸水したケーブルコネクタを交換し、抵抗測定・動作確認を行い、健全性を確認した。(3月17日完了)</li> <li>✓ クレーン操作者が誰でも認識可能とするために、遠隔操作室の操作卓へ「垂直吊具未装着状態で、クレーン主巻をSFPに着水させないこと」の注意喚起表示を掲示した。(3月13日完了)</li> </ul>
<p>備考</p>	<p>燃料取り出し期間中は、垂直吊具を取り外さない。また、取り外した状態で容器を取り扱うことはないため、輸送容器落下等につながる事象ではない。</p>

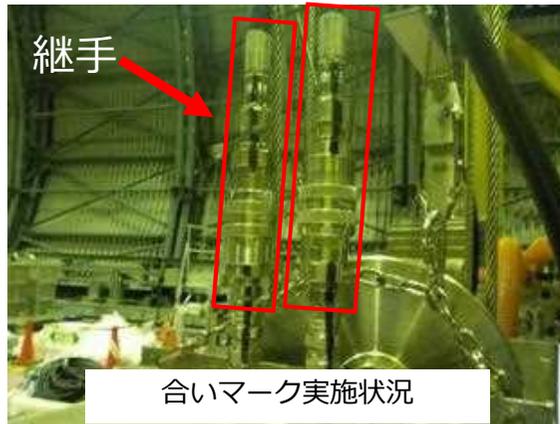
## 2. 訓練中に確認された事象 ④ケーブルベアによるケーブル巻き込み事象

発生事象	ケーブルベアによるケーブル巻き込み事象
概要	訓練実施中、垂直吊具の補アームの跳ね下げ※操作が出来なことを確認した。 ※垂直吊具の補アームは開いた後、水平に円を描く形で振り上がる。キャスク吊り上げ時にアームが干渉しないための動き。
原因	垂直吊具制御ケーブルの損傷を確認した。また、ケーブルベア（以下、ベアという。）可動域及びベアを構成する部品にケーブル被覆の一部と考えられる破片の付着を確認したため、ケーブルがベアに巻き込まれ損傷したと判断した。 ケーブルとベアの干渉確認が不足していたことが原因と判断した。
対応	✓ ケーブルを交換し、干渉防止板を設置した。抵抗測定・動作確認を行い、健全性を確認した。（3月14日完了）
備考	垂直吊具のアームの操作が出来なくなった場合でも、輸送容器の把持状態は維持されるため、燃料取り出し作業中の輸送容器落下等につながる事象ではない。

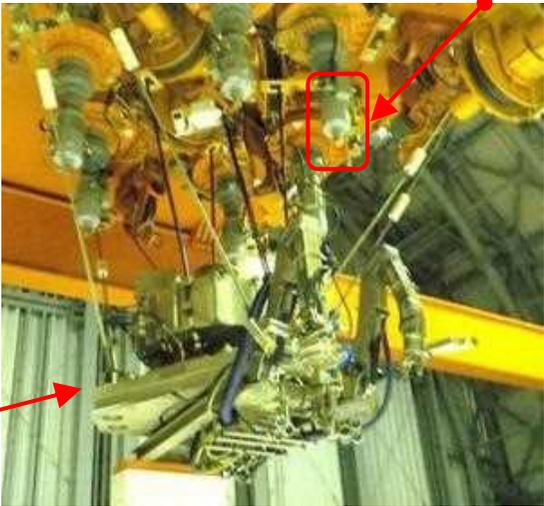


## 2. 訓練中に確認された事象 ⑤ 駆動水圧供給系駆動用流体の漏えい事象

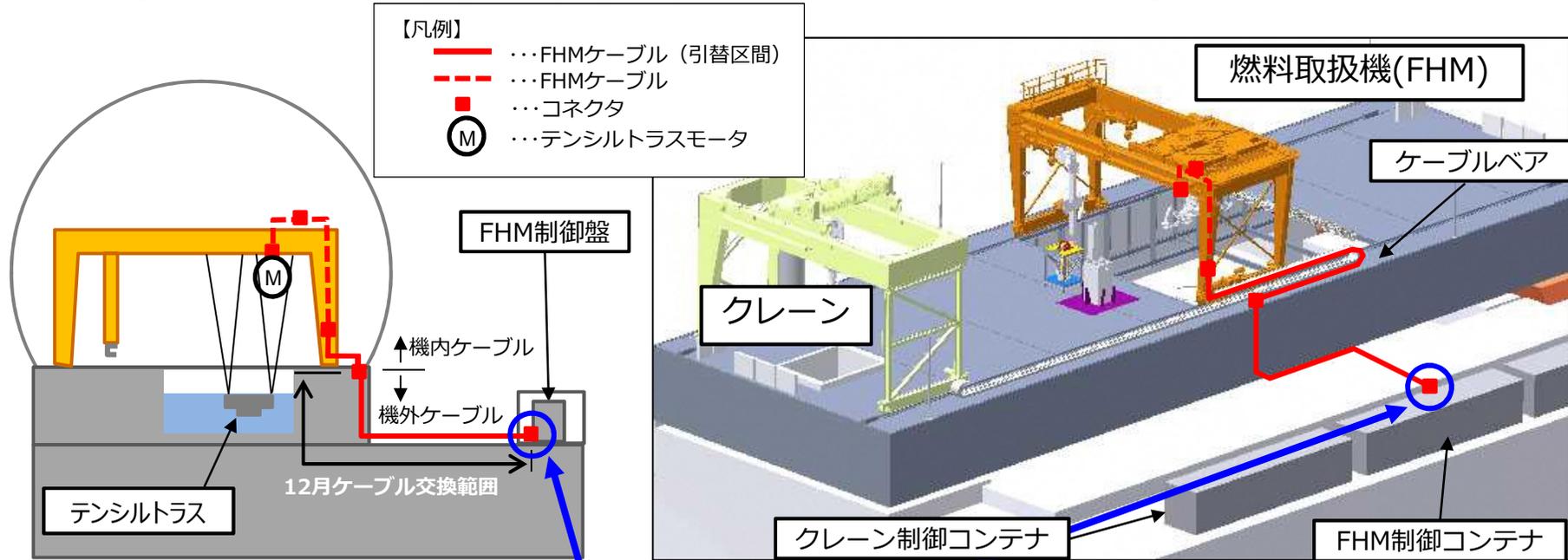
発生事象	駆動水圧供給系駆動用流体の漏えい事象	
概要	SFP水浄化装置設置のため当該装置を運搬中に、浄化装置上部が駆動水圧供給系の駆動用流体で濡れていることをITVで確認した。 クレーン補巻を確認し、駆動水圧供給系ホース継手部から駆動用流体が漏えいしていることを確認した（1滴／1秒）。	
原因	駆動水圧系ホース継手部に、補巻操作による引っ張り力、回転力の影響が生じたことによる、ゆるみが原因と判断した。	
対応	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 増締めを実施し、運転圧にて漏えいのないことを確認した。（2月26日完了）</li> <li>✓ 当該継手のITV監視可能位置に合いマークを付し、ゆるみが生じていないことを事前に確認することで未然に漏えいを防ぐ。</li> <li>✓ 事前確認について、日常点検で使用しているチェックシートに反映した。</li> </ul>	 <p style="text-align: center;">○部拡大</p> <p style="text-align: center;">クレーン補巻</p>
備考	類似箇所について、同様の対策を実施済（3月15日完了） 駆動水圧が喪失した場合でも、吊り荷の状態は維持されるため、吊り荷の落下等につながる事象ではない。	



## 2. 訓練中に確認された事象 ⑥テンシルトラス上昇操作時の警報発生

発生事象	テンシルトラス上昇操作時の警報発生
<p>概要</p>	<p>移送容器へフランジプロテクタ（移送容器フランジ部の保護部材）を設置後、テンシルトラスをSFPから移動するために上昇操作を実施していたところ、警報が発報し停止した。また、原因調査のため、警報解除後に再度上昇させた際に、地絡に起因する警報が発生した。</p>  <p style="text-align: right;">テンシルトラス ホイストモータ</p> <p style="text-align: center;">テンシルトラス</p>
<p>原因</p>	<p>原因調査中。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ テンシルトラスホイスト1のモータを制御する装置からブレーキ動作信号が出ていないことを確認した。</li> <li>✓ テンシルトラスホイストの電源ケーブルについて、FHM制御盤側ケーブルのコネクタ部に絶縁抵抗不良があることを確認した。</li> </ul>
<p>対応</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ テンシルトラスホイスト1のモータを制御する装置の交換を実施済み。(3月1日完了)</li> <li>✓ FHM制御盤～燃料取扱機足元間のケーブル・コネクタの交換を実施済み。(3月8日完了)</li> <li>〔不具合が発生した制御装置、ケーブル・コネクタに関しては、これまでの点検や不具合等を踏まえて準備していた予備品により、不具合箇所特定後速やかに交換を実施。〕</li> <li>✓ 事象発生原因調査結果を踏まえて対策を検討する。</li> </ul>
<p>備考</p>	<p>不具合箇所の交換によりテンシルトラスは復旧したが、引き続き発生原因について調査中。</p>

■ 燃料取扱機テンシルトラスホイストモータケーブルルート概要および不具合箇所



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

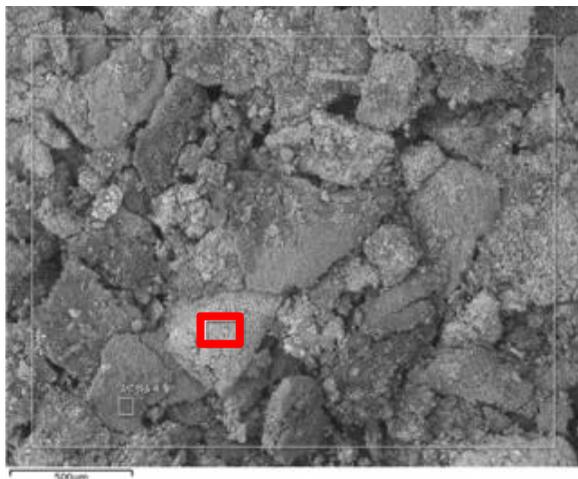
【内部確認結果】

- ▶グロメット内表面に黒い粒子が付着。
- ▶ブーツ内に水分、異物は無かった。
- ▶黒い粒子を洗浄すると絶縁抵抗が回復。
- ▶元素分析の結果、黒い粒子はコネクタ内パーツのグロメットの主成分でもある炭素や添加剤の主成分でもあるSiが支配的であることは確認できたが、原因特定に向け引き続き詳細な元素分析を継続実施中
- ▶金も検出されているがピンの金メッキが融解して黒い粒子に混入したものと推定



■ 黒い粒子の元素分析(SEM※分析)結果 抜粋

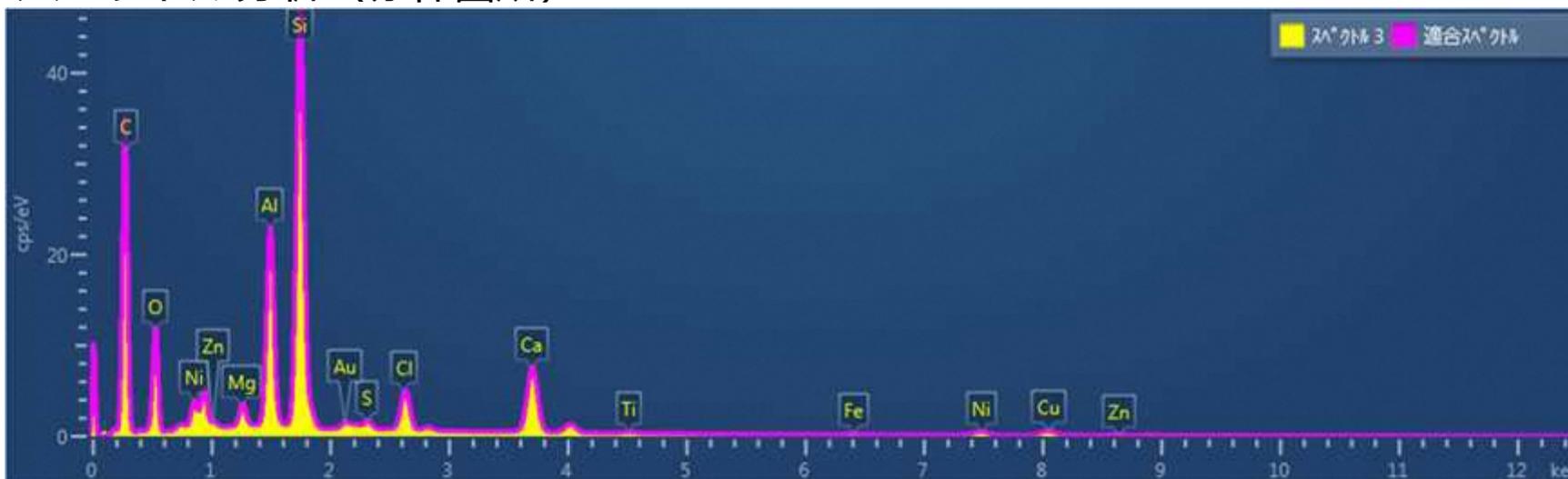
電子顕微鏡拡大



- ・炭素やシリコンが主として検出されている。これはグロメットの材質であるネオプレンゴムの主成分である炭素や、ゴムの添加剤のシリコンであると考えられる。
- ・アルミ、チタン、ニッケルも検出されており、これらは埃に含まれるメジャーな元素である。程度として微量な割合であるため、短絡・地絡に影響を与えるほどの大きさの異物とは断定しにくい。

※SEM：走査電子顕微鏡

スペクトル分析（赤枠箇所）



## ■ 黒い粒子発生メカニズム

グロメットとインサートとの間が1000℃近い高温(金の融解温度1064℃)となり、グロメットまたは内在していた異物そのものが炭化したものと考える。

## ■ 高温が発生した推定原因として以下2案を軸に検証・検討実施中

推定1：モータ駆動装置の異常に伴う半導体スイッチングサージ過電圧※1等によりコネクタピン間に放電が発生した。

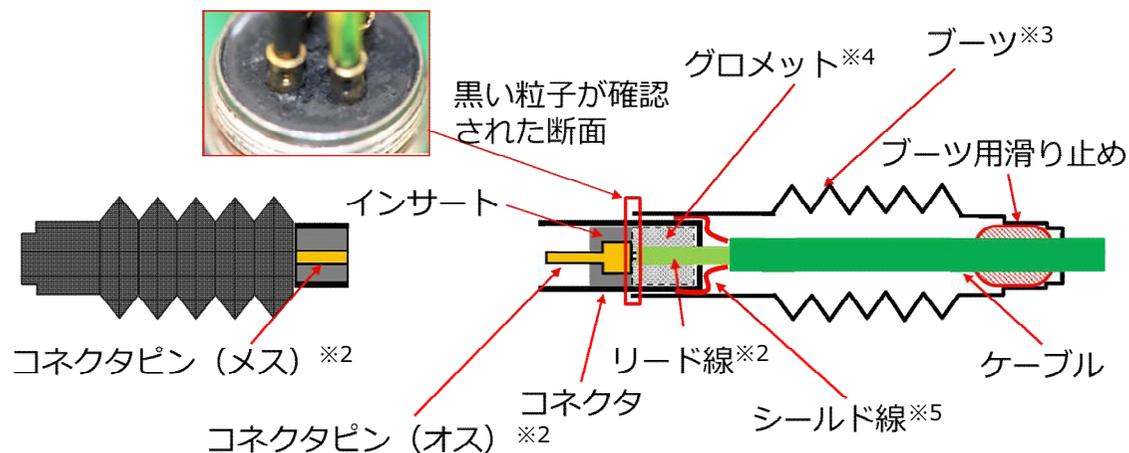
※1：半導体モジュールの中で直流から交流に電気変換する際に、高速に回路を切り替えるときに発生する過電圧

推定2：コネクタ内に異物が存在し、電流発熱により炭化し短絡・地絡に発展した。

## ■ 今後の調査の進め方

- モータ駆動装置を試運転し、健全性の確認および過電圧発生の有無確認を行う（推定1関連）
- 詳細な元素分析の継続、製作時の作業状況の確認等により黒い粒子の物質特定（推定2関連）

## 【参考】 コネクタ部の概略構造図



- ※2：コネクタピン、リード線は4芯
- ※3：ブーツはケーブル保護及び雨水浸入防止のため
- ※4：グロメットは、防塵対策のため
- ※5：シールド線はノイズ防止のためのアース線

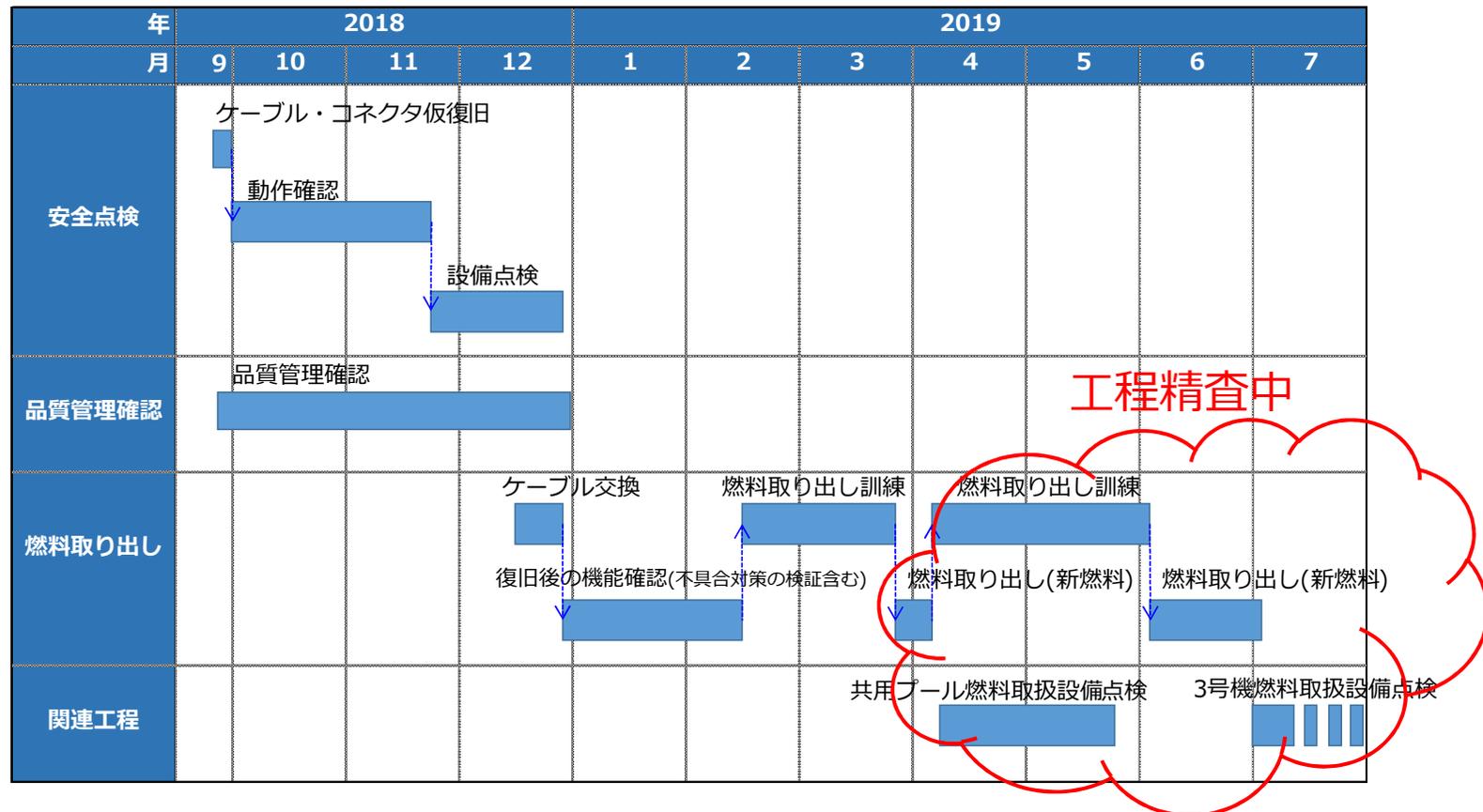


## 2. 訓練中に確認された事象 ⑦クレーンバルブボックスの漏えい事象

発生事象	クレーンバルブボックスの漏えい事象	
<p>概要</p>	<p>クレーン主巻にてエアリフト（ガレキ吸引装置）運搬作業中にクレーントロリ上部から駆動用流体の漏えいを確認した。また、仕切弁（電磁弁）等が駆動用流体に水没していることを確認した。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div data-bbox="499 448 994 842"> </div> <div data-bbox="1048 426 1552 758"> </div> <div data-bbox="1630 432 2007 761"> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div data-bbox="1115 772 1469 847" style="text-align: center;"> <p>バルブボックス設置状況 クレーントロリ上部</p> </div> <div data-bbox="1666 772 1962 807" style="text-align: center;"> <p>漏えい箇所特定状況</p> </div> </div>	
<p>原因</p>	<p>クレーントロリ上にあるクレーン主巻及び補巻の水圧系統に駆動用流体を供給する仕切弁（電磁弁）を格納しているバルブボックス内の閉止プラグ部において、水圧供給弁の“開”操作に伴う振動の影響によるゆるみが原因と判断した。</p>	
<p>対応</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 電磁弁・減圧弁の交換を実施した。</li> <li>✓ 水没したケーブル部を切断し、再接続を実施した。</li> <li>✓ 閉止プラグの外観点検、再締結を実施後、合いマークを実施した。 (合マーク確認は、応力が掛かる部位でないため月例点検時に実施)</li> <li>✓ 漏えい確認、作動確認を行い異常のないことを確認した。 (3月6日完了)</li> <li>✓ 類似箇所について、同様の対策を実施済。(3月15日完了)</li> <li>✓ 更なる信頼性向上対策として、ゆるみ防止剤の塗布を検討中。</li> </ul> <div style="text-align: right; margin-top: 20px;"> <p>復旧時の状況（合マーク実施）</p> </div>	
<p>備考</p>	<p>駆動水圧を喪失しても吊り荷の把持状態は維持されるため、燃料取り出し作業中の輸送容器落下等につながる事象ではない。</p>	

### 3. スケジュール

- 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、速やかに復旧できるよう、手順の策定や予備品の対策等を進め、万全の体制を整える。
- 3月末の燃料取り出し開始を目標に取り組んできたが、新たに発生した不具合により、3月末の取り出し開始は4月にずれ込む状況にある。それぞれの原因究明・対策を実施していくとともに、引き続き工程精査を行い、安全を最優先に作業を進めていく。



以下、参考資料

## ■ 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 【2019年2月8日完了】

### ➤ 電源復旧後の復元確認

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した。

### ➤ 警報作動確認

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した。

### ➤ クレーン動作確認（ブリッジ・トロリ・主巻・補巻）

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した。

### ➤ F H M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)

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した。

### ➤ クレーン・F H M組合せ動作確認

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した。

### ➤ 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した14件の不具合対策・検証を実施した。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※の健全性も併せて確認した。

※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

## 【参考】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
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。 センサー内蔵の電子素子故障と判断した。	センサー交換 (予備品の準備)	対応済
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
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 (予備品の準備)	対応済
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	シール部から水が流入したため、絶縁抵抗が低下した。 (他に浸入の痕跡がないこと、シールは消耗品であり、使用に伴い摩耗することから、シール部の劣化と判断した。)	水中ポンプ・センサー交換 予備品の準備	対応済
⑤	垂直吊具の水圧供給用カブラの ガスケット損傷	-	カブラプラグ交換	対応済
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
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
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。 輸送の際の衝撃で故障と判断した。	A:表示プレート修正 B:センサー交換	対応済
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（電磁弁のシート部のあたり不良と判断） により、接続コネクタへの圧力のこもり。	電磁弁交換 (予備品の準備)	対応済
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
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
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
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
⑭	FHMテンシルトラス巻き下げ操作時の動作不良	ログ確認した結果、制御信号の一時的な伝送不良発生およびリセット後操作不能については手順の不足	ケーブル交換、回路健全確認 作業手順反映(初期化)	対応済

## 【参考】安全点検における発生事象の状況

### 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。

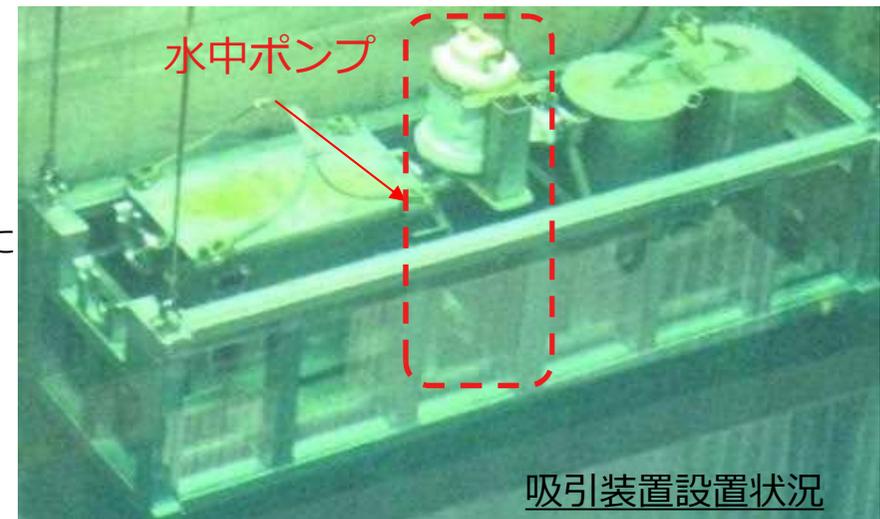
- ・外観点検の結果：異常なし
- ・分解調査結果  
ケーブル側：異常なし  
モータ巻き線：絶縁抵抗値低下  
内部確認：水分流入の痕跡あり

⇒ シール部からの流入

（他に浸入の痕跡がないこと、シールは消耗品であり、使用に伴い摩耗することから、シール部の劣化と判断した。）

#### 【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し、動作確認を実施済（1月27日完了）



#### 【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。

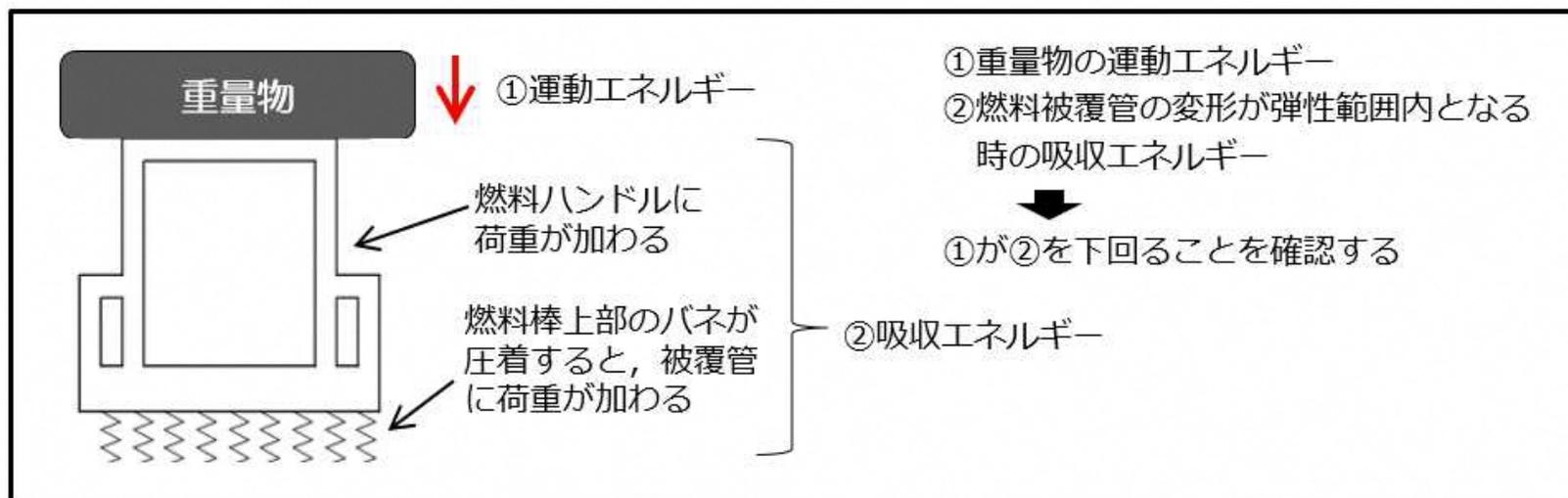


## 以下、これまでのご質問に対する回答

No	ご質問内容
(1)	○(2019年1月25日資料)40頁、吸収エネルギーについて説明されているが、強度の話を具体的に説明して欲しい。
(2)	○4号機は落下試験とかやっているが、3号機はどうなっているのか。具体的な話を教えて欲しい。 ○燃料の健全性に対する説明を行って欲しい。
(3)	○今後、不具合対応等で現場での作業が多くあると思う。被ばく管理をきちんとやる必要があると考える。
(4) ※	○(プール水質の確認について)ガレキ撤去をしたり、燃料を動かしたりという時に3カ月に1度ではどうかなと思います。作業したタイミングで見ることは必要だと思います。

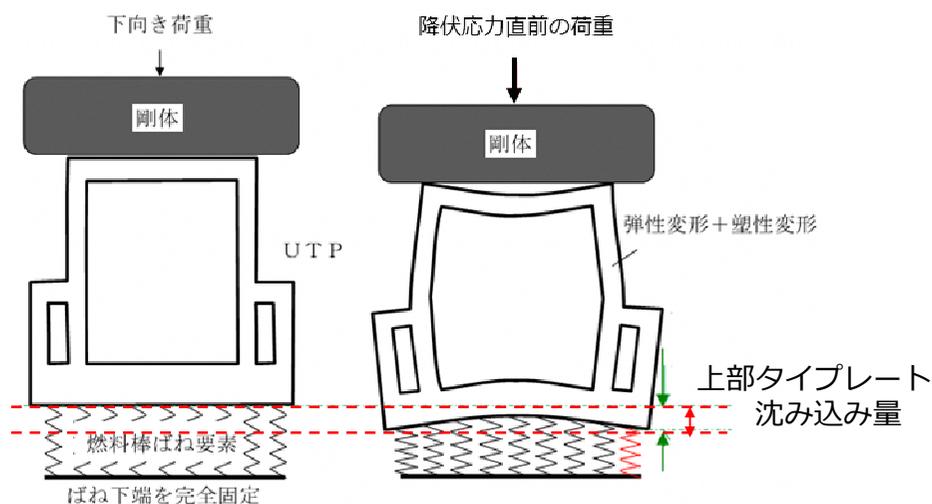
（参考）マニピュレータが関節部を軸に降下した場合の燃料への影響について **TEPCO**

- 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。

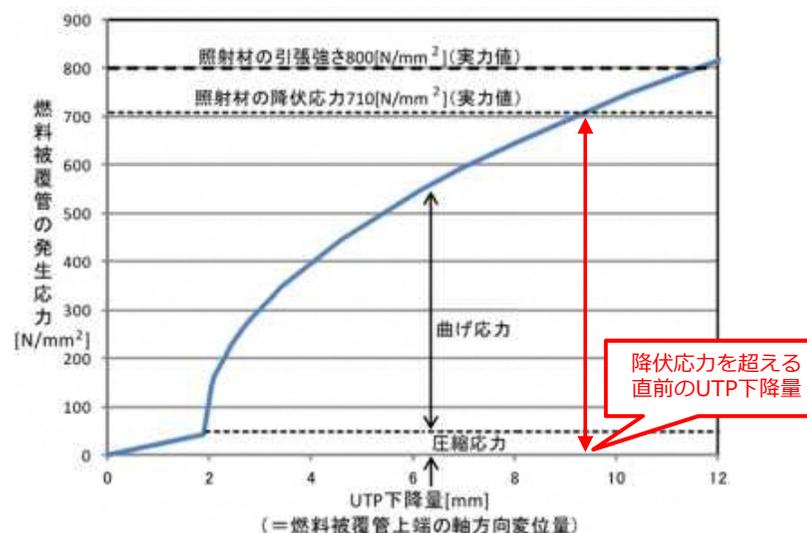


## ご質問（1）の回答（2 / 2）

- 前回の協議会にてご説明した、重量物衝突時の燃料集合体に吸収されるエネルギー（吸収エネルギー）の評価にあたっては、被覆管の強度として照射材の降伏応力（ $710\text{N/mm}^2$ ）を用いています。
- 以下に吸収エネルギーの評価の概略を示します。
  - ①重量物の衝突により上部タイププレートが変形し沈み込むと、燃料被覆管が圧縮され、応力が発生する（図1）。
  - ②上部タイププレートの沈み込みに伴い、燃料被覆管に発生する応力を求める（図2）。
  - ③被覆管の応力が照射材の降伏応力を超える直前の上部タイププレートの沈み込み量を求める（図2）。
  - ④③で求めた沈み込み量に至るまでに、上部タイププレート、燃料被覆管等が吸収するエネルギーを求める。

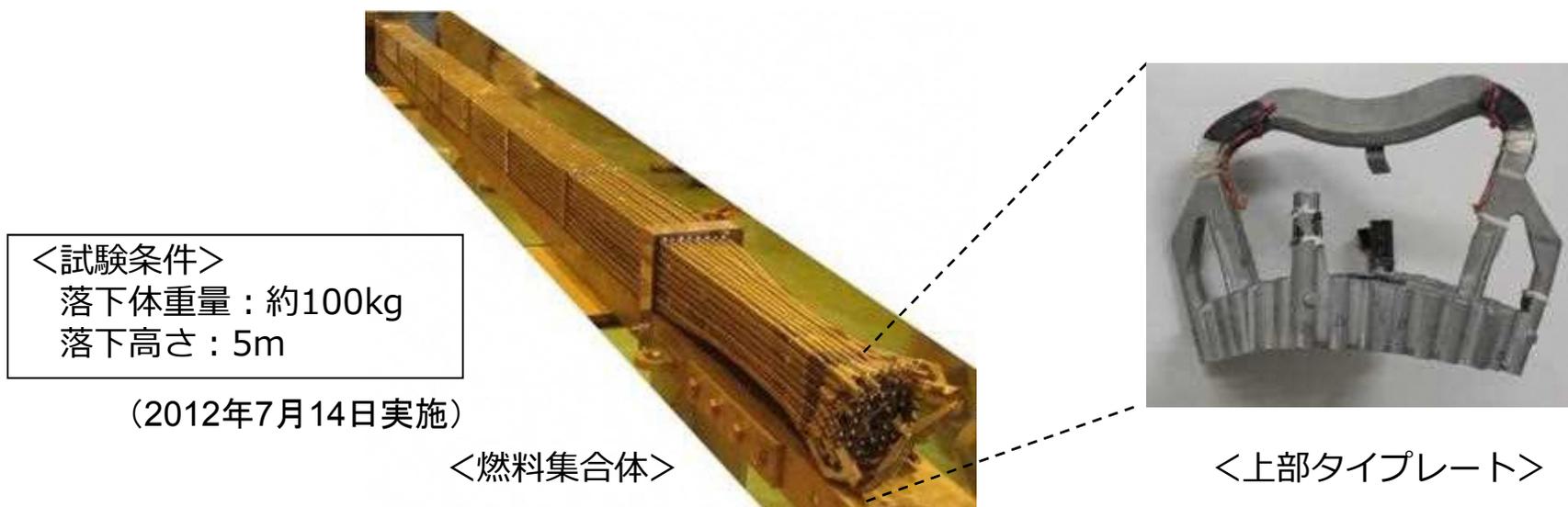


<図1>



<図2>

- 3号機使用済燃料プール内には数多くの瓦礫が確認されており、燃料への瓦礫衝突の影響を確認するため、模擬燃料に瓦礫を落下させた試験を行った。
- 試験の結果、上部タイププレートや燃料被覆管が変形したものの、吊り上げ性能、燃料被覆管の密封性は確保されていることを確認した。また、各測定データから、燃料集合体に大きな荷重が付加された場合には上部タイププレートが塑性変形した後に燃料被覆管が塑性変形することを確認した。
- この結果をふまえ、燃料被覆管への影響は上部タイププレートの変形程度から把握できることから、上部タイププレートの変形程度を確認する治具を用いて、燃料被覆管の健全性を確認する計画である。



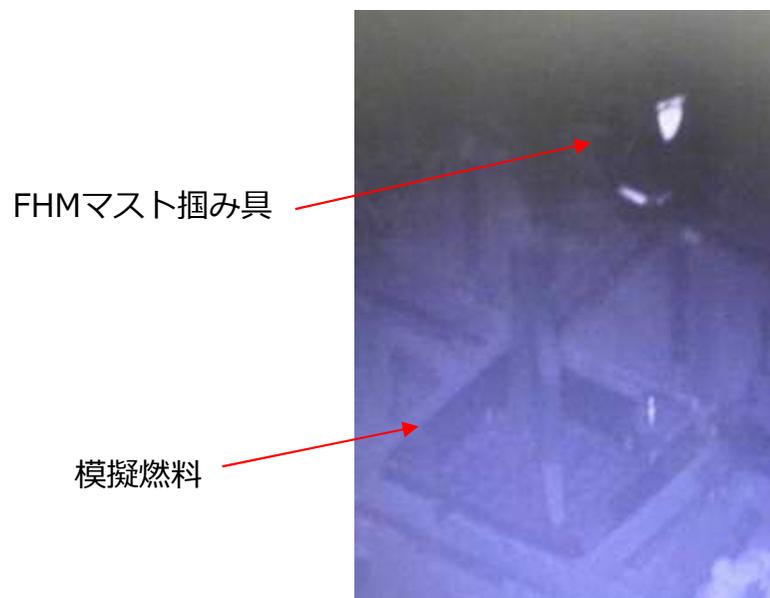
- 燃料上部のがれきを撤去した後、水中カメラによる外観確認および治具（燃料健全性確認用治具）を用いて燃料ハンドルに変形の無い事を確認し、燃料の吊り上げを行う。

### ＜水中カメラによる外観確認＞

- 燃料ハンドルに有意な変形が無い事を水中カメラにより定性的に確認

### ＜燃料健全性確認用治具による確認＞

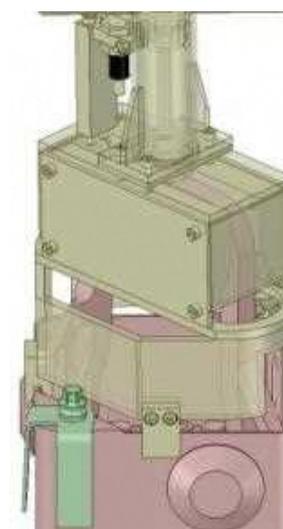
- 水中カメラにより変形が無い事を確認した燃料に対し、治具を被せ確認
  - ①ハンドルの傾きは3号機および共用プールで取扱い可能な範囲であること
  - ②ハンドルの沈込み変形は燃料被覆管に影響を与えない範囲内（弾性）であること



FHMマスト掴み具

模擬燃料

水中カメラによる見え方（模擬燃料）



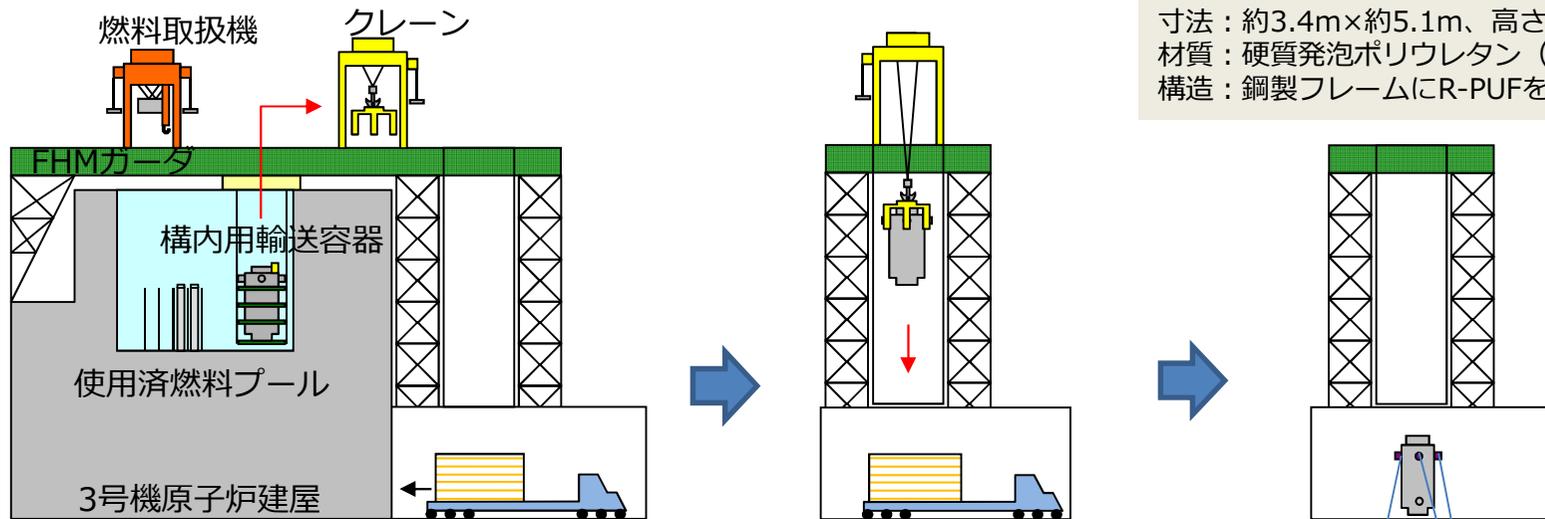
ハンドルの傾きと沈込みを治具を被せ確認

燃料健全性確認用治具

- 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

## ご質問（2）への回答（4 / 4）

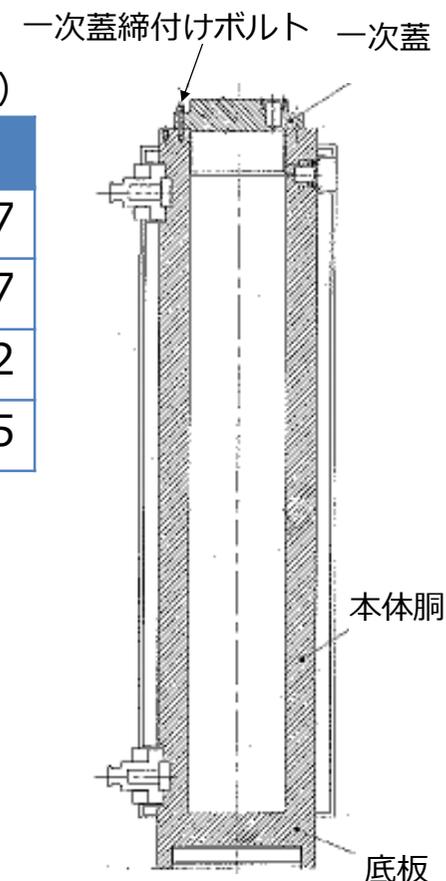
- 構内用輸送容器は、取扱い中に想定される荷重に耐えるよう設計しているが、構内用輸送容器の落下については、落下防止対策を講じているため、設計要件としていない
- 万一の構内用輸送容器の落下に備え、緩衝体を設置し、オペレーティングフロアから落下したとしても発生する応力が許容値以下であることを確認している

40m落下時の解析結果 (単位：MPa)

	垂直落下時応力	水平落下時応力	許容応力
本体胴	85	60	377
底板	77	118	377
一次蓋	4	18	412
一次蓋締付けボルト	—※	797	845

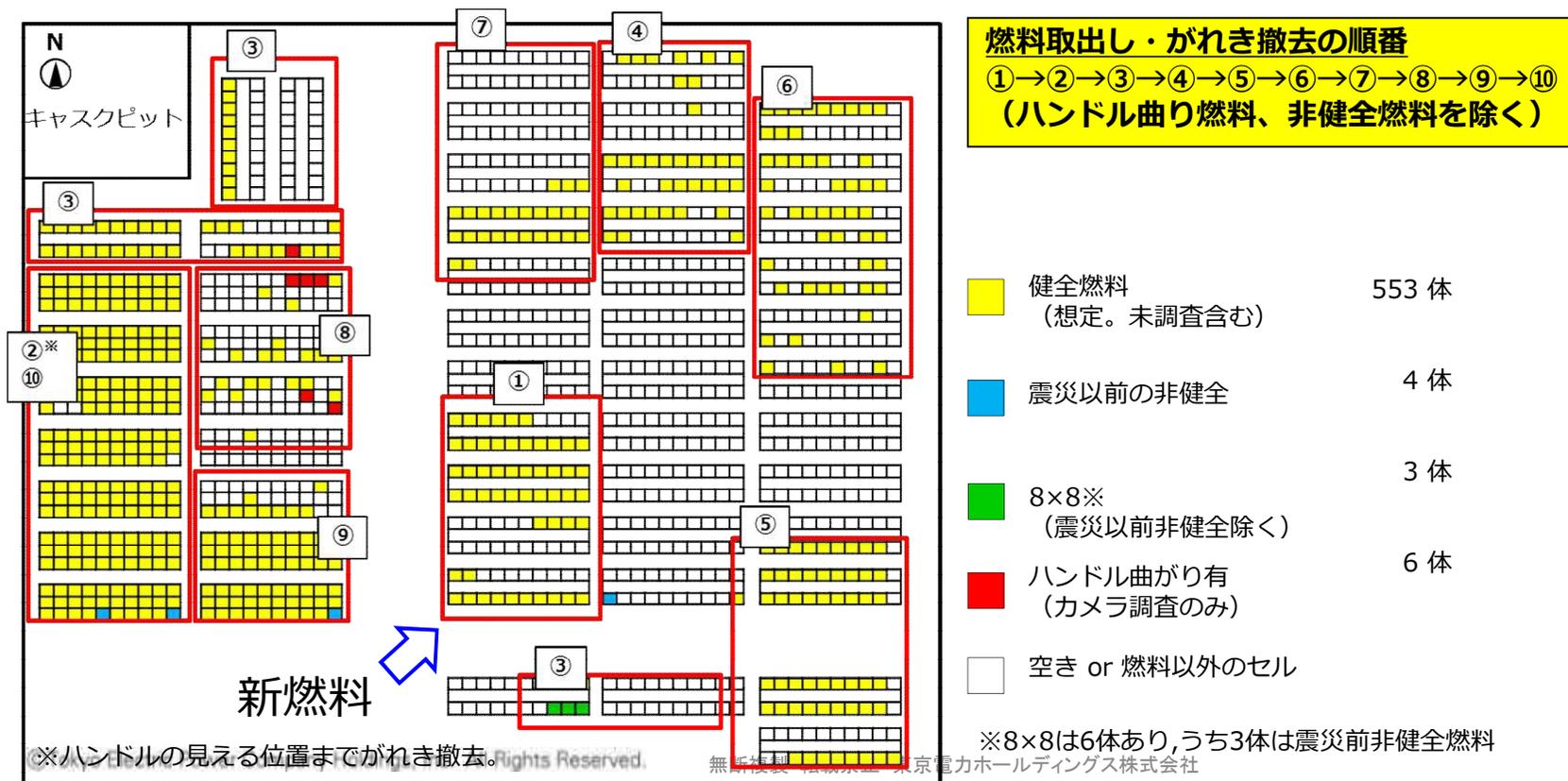
※一次蓋締付けボルトには垂直落下による荷重が付加されず水平落下時に包絡されるため、水平落下のみ評価

- なお、所外運搬用輸送容器は輸送中の事故を想定し9m落下試験が求められるが、今回の輸送容器は構内運搬用であるため、実施していない



## (参考) 燃料取出し・がれき撤去の順番について

- 燃料取出しの順序は、作業の習熟を考慮し、リスクの低い燃料から行う予定
  - がれき衝突による変形の無い新燃料  
(新燃料とは未使用の燃料であり、表面線量率が数10 $\mu$ Sv/h程度と小さい)
  - がれき衝突による変形の無い使用済燃料
  - 震災以前に損傷が発生した使用済燃料・がれき衝突により変形した燃料
  
- 燃料取出し・がれき撤去は下図の①～⑩の順番で実施する予定



- 3号機は震災以前から漏えい燃料等が存在し、震災で変形した燃料も存在

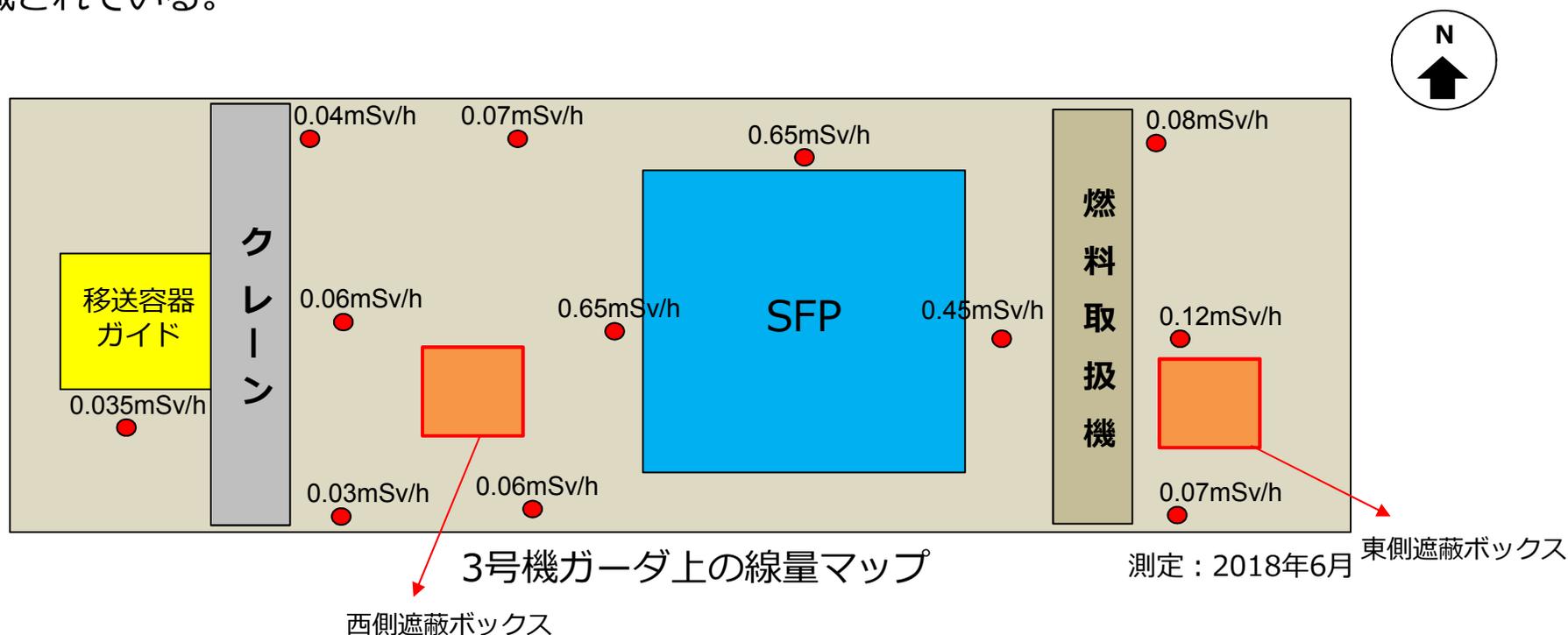
発生	燃料の状態	体数	概要
震災※ 以前	スパーサずれ	1体	検査のためチャンネルボックスを取り外して燃料を吊り上げた際、チャンネル着脱機の回転部に不具合があり、スパーサが損傷
	スパーサ一部損傷	1体	
	スパーサ一部損傷(CB無し)	1体	
	漏えい燃料	1体	運転中に破損。 SHIPPING検査で漏えいを確認。
震災後	ハンドルが変形した燃料	6体	使用済燃料プール内調査やがれき撤去時に確認（がれきが堆積した状態での調査で判明した分）。燃料をつかむハンドルが変形

- スパーサずれ、スパーサ一部損傷燃料は他の燃料と同様に扱う
- 漏えい燃料、スパーサ一部損傷（CB無し）は、被覆管の破損を考慮した構内用輸送容器の安全評価後に共用プールへ輸送する
- ハンドルが変形した燃料は、ハンドルの変形を考慮した構内用輸送容器や共用プールラックの準備が完了後に共用プールへ輸送する

※ 2018年3月27日 「3号機における使用済燃料プールからの燃料取り出し、燃料の取り扱い及び構内用輸送容器」に係る、「福島第一原子力発電所 特定原子力施設に係る実施計画」の変更認可申請にて当該燃料について記載

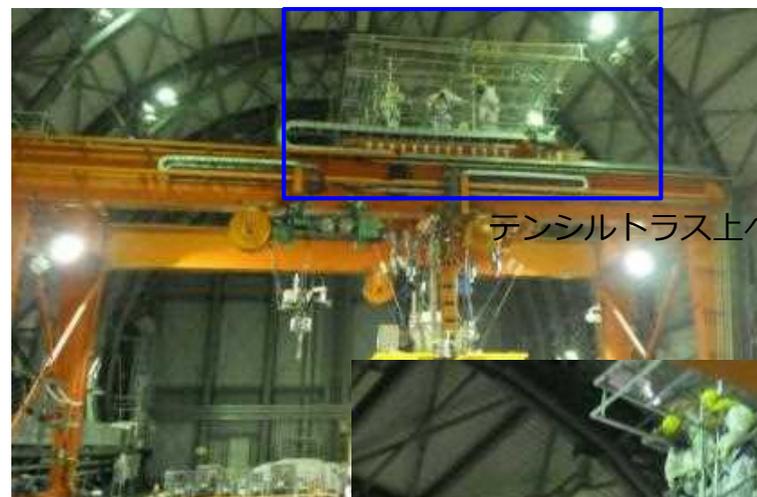
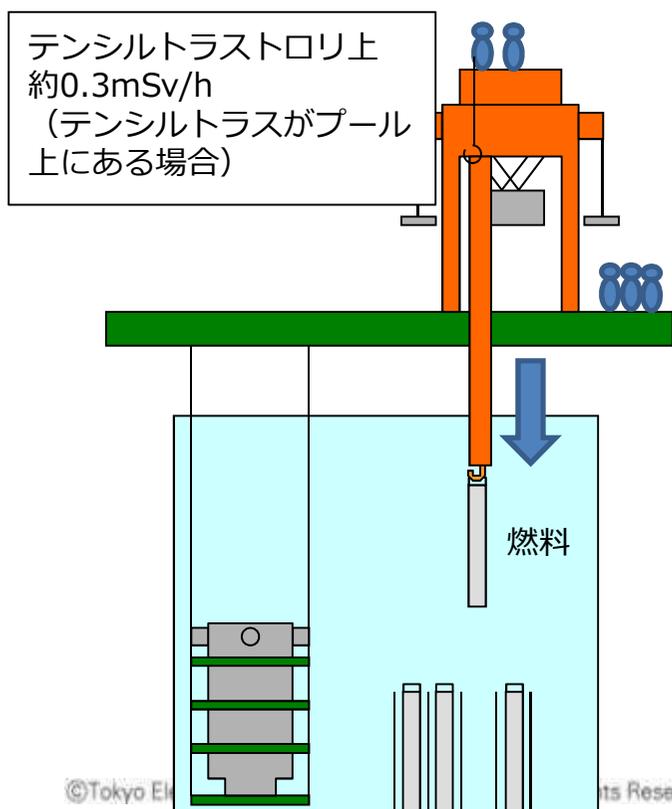
## ご質問（3）の回答（1／2）

- 3号機の燃料取出しエリアは、プール東側が燃料取扱機のメンテナンスエリア、プール西側がクレーンのメンテナンスエリアになっている。
- プール近傍に比べ、東側および西側のエリアは0.1mSv/h前後であり比較的低線量。不具合発生時は線量率の低い東側、西側メンテナンスエリアに機器を移動し不具合調査、修理等を実施する。
- 作業中、遮蔽ボックスに退避し被ばく線量を低減する。  
→遮蔽ボックスによりBGは東側 0.2mSv/h→0.09mSv/h、西側 0.12mSv/h→0.05mSv/hに低減されている。



## ご質問（3）の回答（2 / 2）

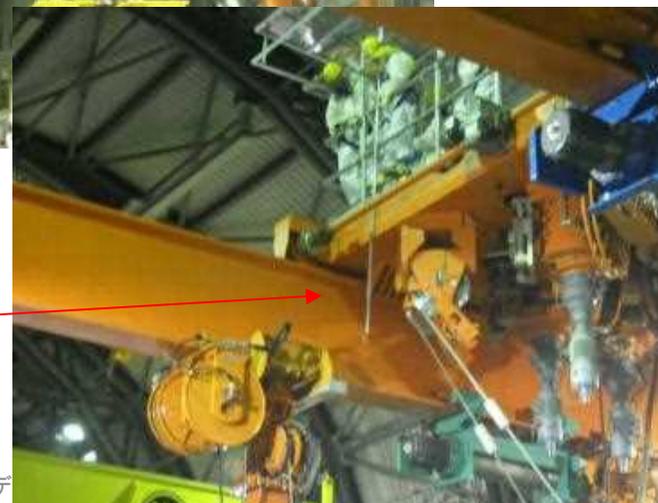
- 燃料移動中（ラックから輸送容器への燃料移動中）に万が一モータ故障により燃料移動が不可能になった場合、対応が長期に亘る場合は燃料を手動操作にて着座させる予定。
- FHMのマスト下降操作を手動で行うためには、テンシルトラス上にて作業を行う必要がある。テンシルトラス上の線量率は約0.3mSv/h（2019年2月測定）であるため、1～2時間程度で作業員を交代させる等、過剰な被ばくにならないよう対応する。なお、使用済燃料を最低遮へい水深(350mm)で吊った状態のままとなった場合でも、テンシルトラス上の線量率は1mSv/h未満となる。



テンシルトラス上への作業員アクセス

撮影日：20190218

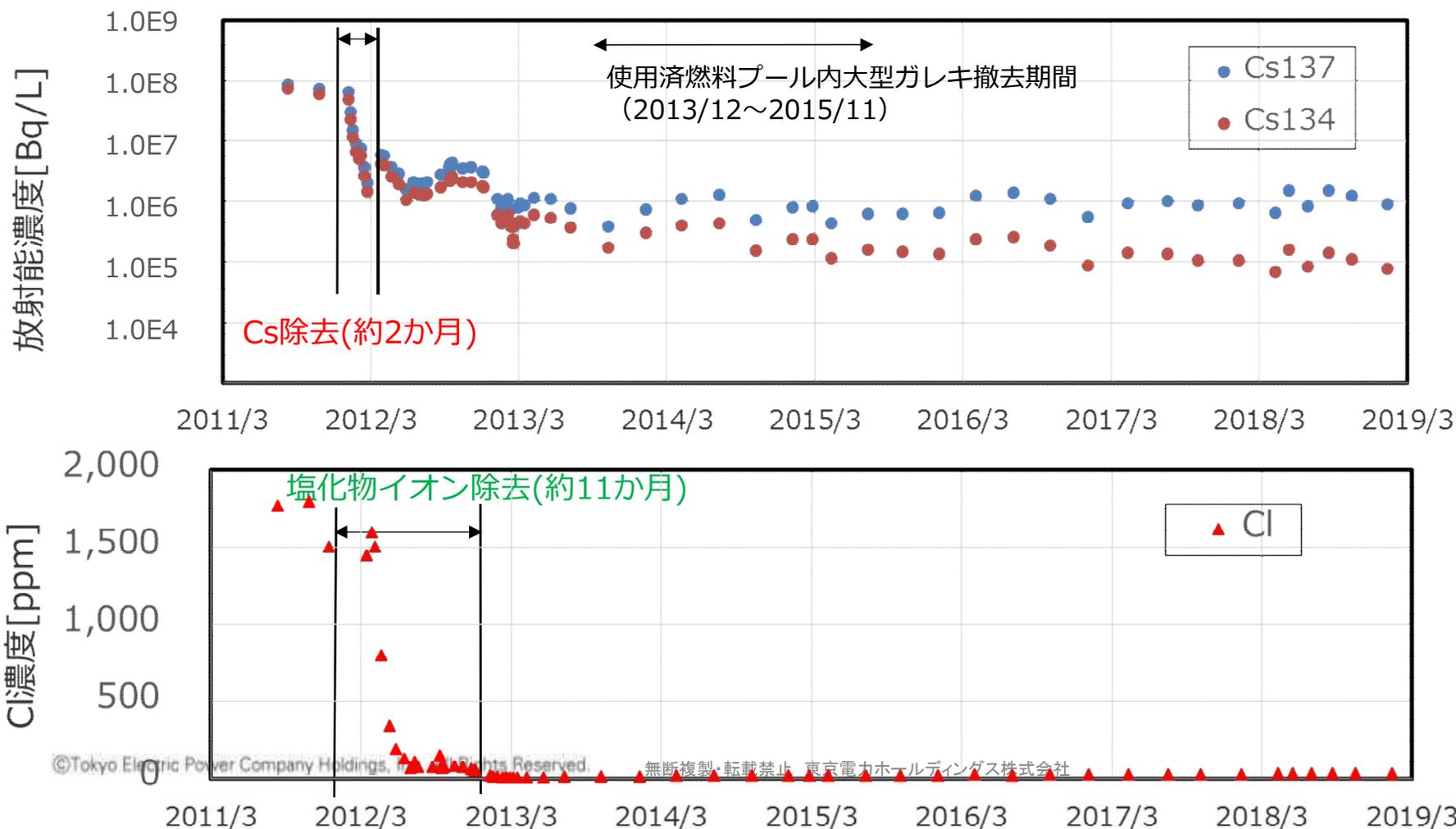
棒状の治具でFHMマストの  
ブレーキレバーを解除し燃  
料を下降、着座させる



撮影日：20190218

## ご質問（4）の回答（1 / 2）

- 2013年12月～2015年11月にかけて実施した3号機使用済燃料プール内大型がれき撤去作業時において、放射能濃度および監視対象であるCl濃度に大きな変化は見られていない。
- 燃料上部のがれき撤去、燃料取出し時も大きな変化は無いと考えるが、**1基目の燃料取出し前後にサンプリングを実施し、変化の無い事を確認する予定。影響がなければ従来通りの監視(3ヶ月/1回)を実施する。**



## ご質問（4）の回答（2 / 2）

- なお、3月15日の夜よりマニピュレータによりがれきを把持する作業を開始しており、実際のがれきを用いたがれき撤去の訓練を開始している。

マニピュレータ



撮影日：20190317



撮影日：20190317