

## 3号機 燃料取り出しに向けた進捗状況

2019年4月15日



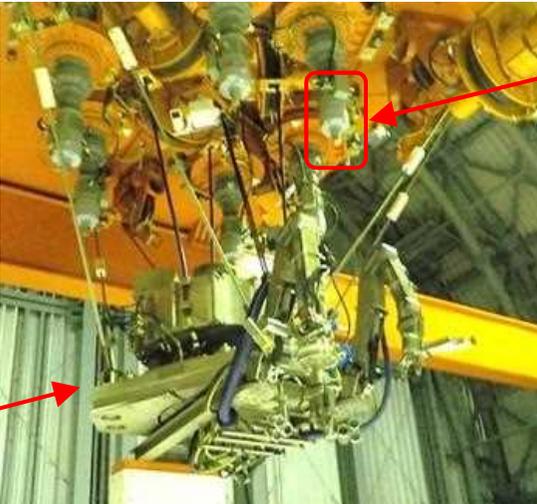
東京電力ホールディングス株式会社

# 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。発生した不具合を踏まえ、設備信頼性に万全を期することを目的として以下を実施した。
  - 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、機能・性能に影響を及ぼす事象14件を確認し、対策・検証は完了している。
- 2019年2月14日より燃料取り出し訓練と関連作業、同3月15日よりガレキ撤去訓練を実施しており、訓練中に7件の不具合事象を確認し、対策・検証は完了している。
  - 2019年3月時点で未完了だった事象⑥についても原因を特定し対策・検証を完了

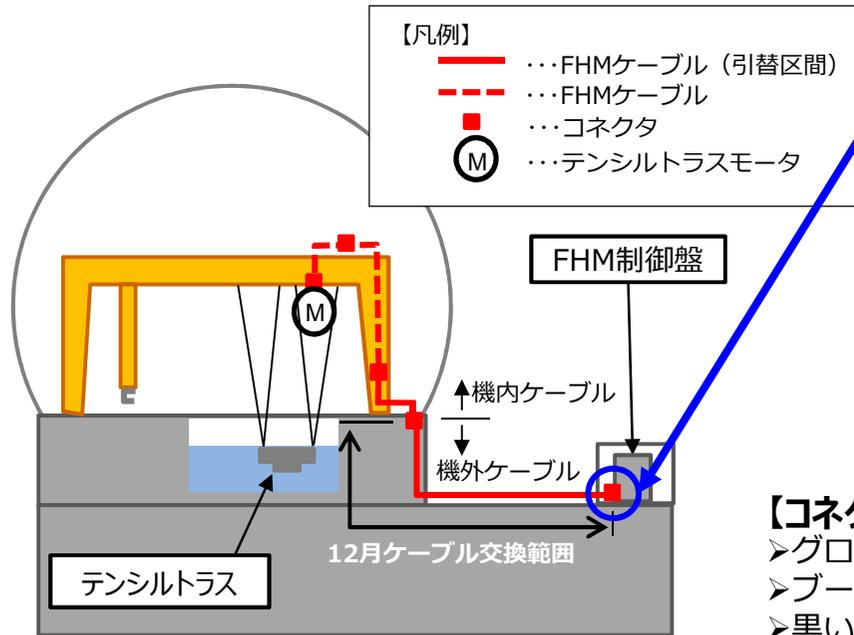
No.	発生事象	概要	対応	対応状況
①	無停電装置内バッテリー容量低下に伴う警報発生	バッテリー交換時期が近づいていることを告知する警報が発生した。	バッテリーの交換	済
②	I T V画像の乱れ	中継器のフリーズ（再起動で対応可能）によりITV画像の乱れが発生した。復旧の手順が無かった。	再起動 操作方法を手順書へ反映	済
③	垂直吊具用ケーブルコネクタ浸水事象	ケーブルコネクタの養生状態の確認が足りないまま、使用済燃料プールにコネクタを水没させた。	コネクタ交換 SFP着水時の注意喚起表示を掲示	済
④	ケーブルベアによるケーブル巻き込み事象	ケーブルとケーブルベアの干渉具合について確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。テンシルトラスホイスト1モータ電源ケーブルコネクタで絶縁不良を確認。コネクタ内表面に異物等が存在し、課電による発熱で地絡・短絡に発展した。モータ駆動装置が電圧異常を検知して動作を停止させたため、警報発生したものの。	当該ケーブル・コネクタの交換 モータ駆動装置健全性を確認 耐電圧試験による他動力ケーブル・コネクタの健全性確認	済
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

## 2-1. 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>テンシルトラス ホイストモータ</p> <p>テンシルトラス</p>
<p>原因</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ テンシルトラスホイスト1モータ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> <li>✓ 絶縁抵抗不良の原因は、コネクタ内グロメット内表面に異物等が存在し課電による発熱で炭化が進み地絡・短絡に発展した。</li> <li>✓ コネクタ内の異物等の炭化で絶縁低下したことにより異常電流が流れ、モータを駆動する装置が異常を検知して動作を停止させたため、警報発生した。</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>✓ 取り外したテンシルトラスホイスト1のモータ駆動装置の健全性を確認。(3月19日完了)</li> <li>✓ 他動力ケーブル・コネクタは耐電圧試験等にて健全性の確認を実施し、問題のあるコネクタは補修・交換の対策を実施済み。(4月5日完了)</li> </ul>	

## 2-1. テンシルトラスホイスト#1ケーブルコネクタ故障箇所と調査結果

### ■ 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



コネクタ部に絶縁抵抗不良



当該コネクタ部外観



グロメット

黒い粒子 内部拡大

#### 【コネクタ内部確認結果】

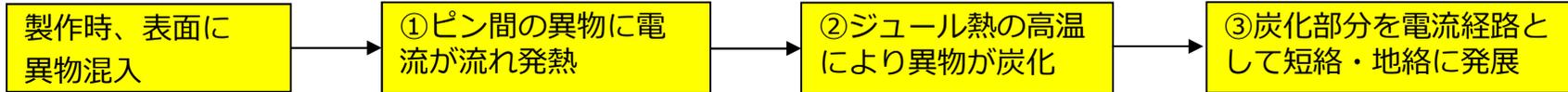
- グロメット内表面に黒い粒子が付着。
- ブーツ内に水分、異物は無かった。
- 黒い粒子を洗浄すると絶縁抵抗が回復。
- 元素分析の結果、黒い粒子は炭素やグロメットの添加剤成分でもあるシリコンが支配的であることを確認。

### ■ 原因調査結果

- テンシルトラスホイスト1モータ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。
- 絶縁不良の原因は、炭素を多く含有している黒い粒子であることを確認した。
- 黒い粒子の発生原因は、コネクタ内グロメット内表面に異物が存在し、課電による発熱で炭化が進展した。

# 【参考】 テンシルトラスホイスト#1ケーブルコネクタ不具合検証試験 **TEPCO**

## ■ 黒い粒子発生メカニズムの検証試験

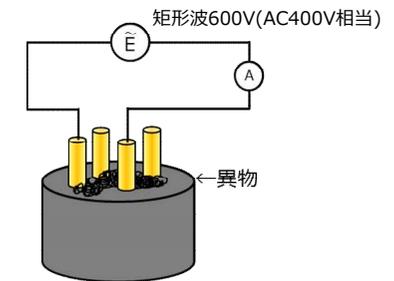


異物の混入により今回の不具合事象が発生するか、下記の検証実験を行う。

- 異物による絶縁低下で発生したピン間の電流が炭化を進行させるほどのエネルギーを発生させること
- 黒い粒子に類似した物質がグロメットに発生すること

## ■ 試験条件

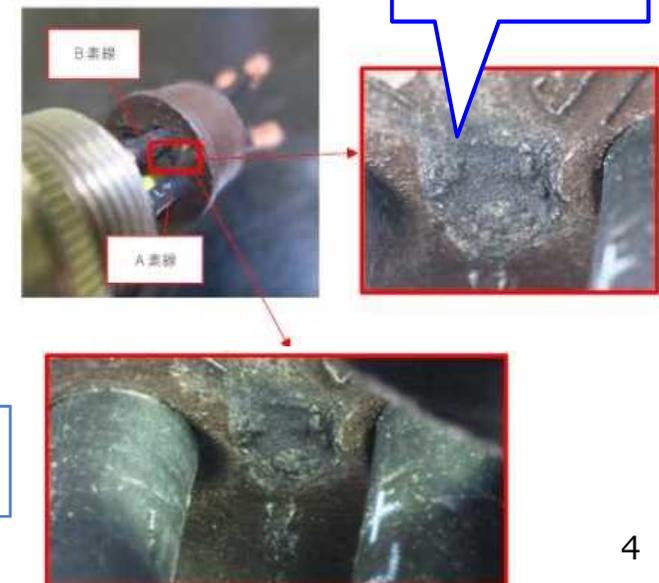
- ・ 2本のピン間に、異物として混入する可能性が高いと考えた“毛髪”を置く（数本）
- ・ 通常の回路電圧（AC400V）相当の電圧を2本のコネクタピン間に印加



## ■ 試験結果

- ① ピン間の異物※に電流が流れ、発熱を確認
  - ・ 通常の回路電圧（AC400V）相当の電圧で、2Aの通電を確認（約100秒間程度）
- ② ジュール熱の高温により異物が炭化
  - ・ 埃の成分である繊維、髪などの有機物の熱分解が進む温度は250～400℃程度
  - ・ 短絡により総エネルギー量(熱量)約80kJ(=400V×2A×100秒)が与えられると、質量が数mg程度の物質は容易に400℃以上に温度上昇する
  - ・ グロメットの一部も炭化したことから、当該材質であるクロロプレングムの炭化温度500℃程度まで温度上昇したと想定される
- ③ 炭化部分を電流経路として短絡・地絡に発展
  - ・ 試験の結果、ピン-ピン間の異物表面に炭化痕を確認。
  - ・ 炭化によって接地ピン側にも経路が生成され、最終的に100mA以上地絡電流が流れ、地絡保護継電器動作に至り、電源トリップしたと考えられる。

## ■ 試験後外観



当該試験では混入可能性が高いと考えた毛髪を使用したか、作業場の埃(繊維、髪等)でも同様な結果が得られると考える

## 2-1. 事象発生時系列・コネクタ内事象・設備側動作状況の整理及び対応

### ■ コネクタ内事象と警報発生時系列・設備側動作状況の関連性

	発生警報	コネクタ内事象	設備側動作状況
2/28以前	—	コネクタピン間に埃等の異物があり、微小な短絡電流が流れジュール熱により絶縁劣化が進行	モータ駆動装置(DR)の過電流保護は18Aであるため微小な短絡電流では動作しない
2/28 12:35	テンシルトラス上昇操作中に「ブレーキ異常」発生	ピン間絶縁抵抗低下が進み、微短絡により電圧波形の一部が欠相方向へ変化した	DRの欠相検出機能が働き、DRがブレーキ動作させたことで指令信号との齟齬によりブレーキ異常警報が発生
2/28 12:39→ 18:28	「Simotion異常」「TTブレーキ異常」発生	運転条件を変えて昇降操作を実施した際、コネクタへの電圧印加が繰り返されピン間の絶縁劣化が進行した	DR保護機能が働き動作しないため、Simotion異常が継続発生
2/28 18:30	「MCC3A電源フィード異常(地絡検出)」発生	ピン間異物の炭化が進展し、絶縁抵抗の低下が顕著となり、最終的に接地ピンとの絶縁も低下して地絡が発生した。	MCC側地絡過電流リレーが動作(地絡検出100mA以上で動作)

### ■ 対応

- 絶縁抵抗不良のあった箇所についてケーブル・コネクタ交換を実施済
- 類似箇所である動力ケーブル・コネクタ（34ライン）について、耐電圧試験による健全性確認を実施済
  - 3ラインで試験電圧まで昇圧できない事象を確認
  - 昇圧できなかった3ラインのコネクタを分解し、内部を確認した結果、ブーツ内の芯線の被覆に傷があるのを確認したため、交換・補修を実施済
  - 交換後、耐電圧試験を実施し、健全性を確認済
- コネクタ製作時の品質改善（適切な作業環境整備、出荷時の耐電圧試験等）を行う

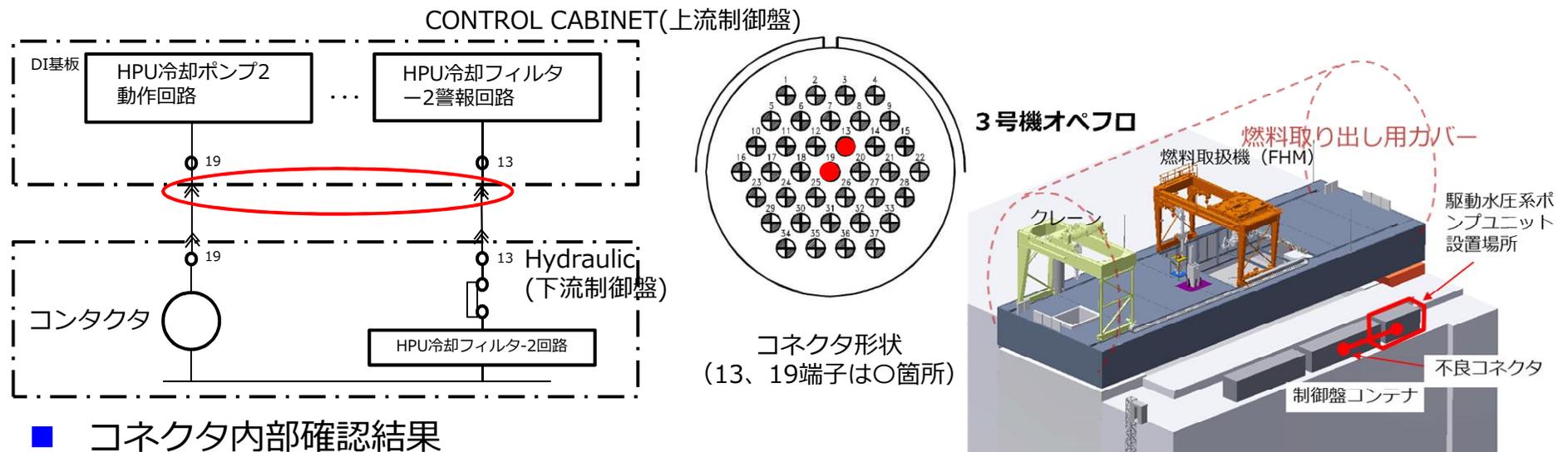


## 2-2. 当該部に対する調査結果

### ■ 調査結果

冷却ポンプに動作異常が確認されたことから、当該ケーブルの絶縁抵抗測定を実施したところ、下記に示す13-19端子間で混触をしていること確認した。また、混触箇所を調査したところ、上流制御盤側コネクタ内で混触していることを確認した。

混触：異なる回路の2以上の電線が意図せず通電する状態のこと。

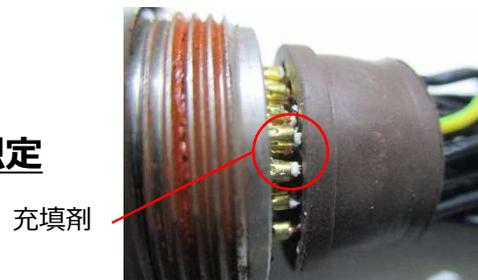


### ■ コネクタ内部確認結果

- ▶ 異物 (①充填剤らしき物質、②黒い物質、③金属物らしきもの) を確認
- ▶ 異物を除去、再組立後に絶縁抵抗を再測定した結果、13-19芯線間を含むピン間の絶縁抵抗は判定基準 (2MΩ) 以上であることを確認した。
- ▶ 異物の成分調査を実施

- ① 充填剤と同物質
- ② 炭素を含む有機物
- ③ **Znを多く含むハンダと想定**

③が混触原因と想定



① 充填剤 (非導電性)

② 炭素系有機物 (非導電性)

③ ハンダらしき金属 (導電性)

大きさ 1.5mm 程度

## 2-2. 同時期製作制御ケーブルに対する調査結果

慎重を期すため、その他の同時期に工場製作した制御ケーブル80ライン(制御78ライン+動力ケーブル内に制御を含むもの2ライン)についても、健全性確認を行う。

### ■ 健全性確認方法

#### ➢ 絶縁抵抗試験（メガー）による絶縁性能確認

→制御ケーブルの絶縁性判定基準は、2 MΩ以上を基本とする

#### ➢ ケーブル復旧後の動作確認試験

→各機器の動作確認試験により、正しく配線されているか・断線は無いかなどを確認する

以上、2通りの試験により健全性を確認する

### ■ 調査結果および補修方法

以下2ラインの絶縁抵抗に異常が見られた。その他78ラインは健全であることを確認

#### ① FHMマストホイスト2制御ケーブル(No.459) E-F間

絶縁低下原因：リード線に微小な傷があり、シールド線との絶縁を低下させていた。

補修方法：当該ケーブルの補修実施。なお、補修の過程でピンと芯線が外れてしまったためハンダで補修実施(1本)

#### ② ツールラック制御ケーブル(No.530) S-X間

絶縁低下原因：リード線から素線がはみ出ており、グロメット挿入時にその素線が他のピンに接触していた。

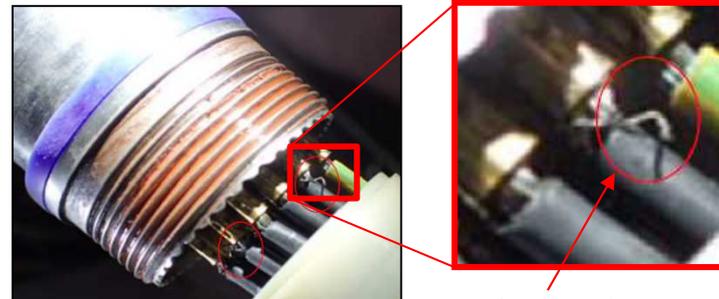
補修方法：広野にて新規ケーブル製作し交換実施

①FHMマストホイスト2制御ケーブル(No.459)

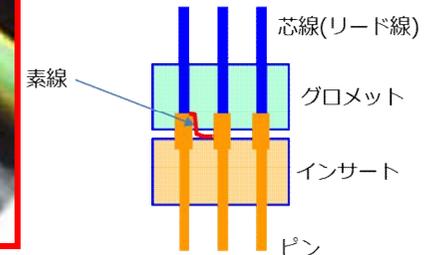


絶縁テープ補修にて絶縁回復

②ツールラック制御ケーブル(No.530)



はみ出した素線



# 【参考】機外ケーブルコネクタ部の製作時の品質管理改善



## ■ 今回訓練中のトラブル事象を省みて、今後実施する品質管理改善は以下のとおり

- 現在の要領書に記載されている内容
  - コネクタ部品（グロメットも含む）をすべて無水エタノールで拭きとる
  - 割れ・欠損等がないことを確認
- 一方、以下については要領書には記載されていない
  - グロメットをインサートにセットする際のインサート側の異物有無の確認
  - グロメット下側（インサート側）の異物有無の確認 等

現在の組立手順・チェックシート

作業日		作成者	
製造工程	検査工程	製造者	検査者
製造	検査		

確認項目	記号	作業確認項目	品質
ケーブル番号	△	ケーブル番号	-
ケーブルサイズ	△	ケーブルサイズ	-
各対シールド	○	STP9寸巻線の適用ブーツサイズ以外を“-”とする。無しの場合STP9寸内の各対シールド品質不良。4項目を“-”とする。	-
外巻線正逆	○	STP9寸巻線の適用ブーツサイズ以外を“-”とする。無しの場合STP9寸内の各対シールド品質不良。4項目を“-”とする。	-
アダプタ	○	16.17項目を“-”とする。	-
グロメット	○	STP9寸巻線の適用ブーツサイズ以外を“-”とする。無しの場合STP9寸内の各対シールド品質不良。4項目を“-”とする。	-
一括シールド	○	無しの場合STP9寸内の各対シールド品質不良。16.17項目を“-”とする。	-

[[[コネクタ組立チェックシート

作業内容	品質チェックポイント	確認	実施
STEP1: <部品確認、設置>			
部品確認、異物確認	グロメット、コンプレッションリングの異物	○	○
ブーツ目視点検	・異物有無 ・異物が付、穴の内側に異物があること	○	○
リング目視点検	・リングの切欠またはネジ部への汚れ 込みの有無 ・リング取付後の内径に異物有無	○	○
グロメットの異物点検	割れ、欠損等の有無を確認すること	○	○
STEP2: <設置確認とシールド線の接続>			
ほんだ部のツノ、ヒゲの処理	異物が付かないこと	○	○
シールド線接続部への絶縁テープ巻付け	ほんだ部を覆った状態で巻付け	○	○
部品点検	ブーツ、アダプタ、バックシールドの接続	○	○

- 対策として、以下を今後の要領書に追加記載する
  - 工場と同様な製作環境（異物等の管理）
    - ・ 帽子等の頭髪落下対策を行い区画管理された空間で組立を行う
    - ・ グロメットのインサートにセットする直前に、グロメットの下側（インサート側）およびインサート表面やピン周囲に異物がないこと、素線のはみ出しがないことを、作業者とQCのダブルチェックを実施
    - ・ チェック記録とともに、エビデンスとして写真撮影を実施
  - 工場と同様な品質管理（検査等の実施）
    - ・ 現場出荷前に、JIS C 8306に定められている、2倍の定格電圧 +1,000 Vを満たす電圧にて、耐電圧試験を実施
- また、ケーブル被覆の傷対策として、以下を行う
  - 特殊な製作作業に対する経験の補完
    - ・ ケーブル被覆の硬さなど特性を確認し、作業面で留意すべきQCチェック項目として被覆キズの確認することなどの項目を追加し、作業員とQCにてダブルチェックする

## 【参考】ケーブルコネクタ製作等についての従前との比較（1 / 2）

国内でのケーブル・コネクタ製作においては、海外製コネクタのメーカ指導員による製作技術の習得等には腐心していたが、通常の原子カプラントに使用されているケーブルの製作に比べ、工場製作と現場製作の差異（品質リスク）について次のような観点が足りなかったと考えている。

- 通常の原子カプラントに使用されているケーブルとは異なるコネクタ仕様であるため、メーカ指導員による製作技術の習得に努めたが、コネクタケーブルの製作は未経験であり、コネクタ組立に集中し異物確認に注意が払われなかった。
- 製作環境には配慮していたものの、工場製作に対して評価すると、作業姿勢の悪さ、空調の有無など、施工精度、異物管理、（施工後の目視確認含む）へ影響を及ぼす状態であった。
- 品質確認および検査方法については、現地改造工事の延長と捉えた内容で実施していた。

		通常の原子カプラント に使用されているケーブル	3号機燃料取扱設備 に使用されたケーブル	相違点
仕様	仕様	架橋ポリエチレン絶縁ビニルシース ケーブル（CV電線）  介在物： 難燃性ジュート （柔い）	チェーンフレックス動力ケーブル  介在物： 熱可塑性エラストマー （固く弾力性あり）	・介在物の弾性強度が異なる
		コネクタ製作 作業手順	1) 作業者の資格認定 扱うケーブル／コネクタに見合った訓練を実施＊ ＊) 設計思想の理解、部品の意味合い、製造経験、ノウハウの蓄積 2) 作業手順に従い作業（新製） ・ケーブル測長、切り出し ・ケーブル処理 ・コネクタ組立	1) 作業者の資格認定 通常の原子カプラントで運用されているケーブルの有資格者で実施 コネクタに対しては個別訓練＊を実施した上で、作業を実施 ＊) 組立手順通りにしか作業できない、製造経験がない 2) 作業手順に従い作業(再利用品有) ・ケーブル測長、切り出し ・ケーブル処理 ・コネクタ組立

## 【参考】 ケーブルコネクタ製作等についての従前との比較（2 / 2）

		通常の原子カプラント に使用されているケーブル	3号機燃料取扱設備 に使用されたケーブル	相違点
コネクタ製作	作業環境	1) エリア環境 清浄度管理あり 作業エリア全体の作業照度確保 2) 作業姿勢 作業台を用いた立ち姿勢 3) 服装 静電防止衣	1) エリア環境 清浄度管理なし 照度は、個別にヘッドライト、補助 スタンドを使用(局所的な光源) 2) 作業姿勢 床面にシートを敷き座った姿勢 (胡坐) 3) 服装 通常作業衣	工場製造と現場製造の違いによるリスク*)の視点が欠けており、現場環境で作業を実施した*)異物が混入する可能性に対して発見出来ない、製品組立精度が低い等への影響 等
	品質管理	1) 現場施工の場合、受注者提出の 施工要領書の確認を行い、立会 または記録確認を実施 [導通確 認、動作確認、絶縁抵抗測定 (動力ケーブルのみ) ] 2) 工場製作品は、出荷時検査とし て、外観検査、絶縁抵抗測定、 耐電圧試験等を立会または記録 確認にて実施 (メーカー提出要領 を確認)	1) コネクタ組立要領書の確認を行い、 立会または記録確認を実施 (製作 手順を防水試験にて検証) [絶縁 抵抗測定]	不具合に鑑み防水性能に対する 管理を強化したものの、作業 者の経験、作業環境に対するリス クの視点が欠けており、作業 管理や性能確認の強化に至らな かった
	東芝ESS	1) ケーブルコネクタの組立ては、 工場が行い品質も担保 (現地に て組立てを行う場合も、当該製 品に習熟した工場技派が作業を 実施) 2) 工場出荷の際は、外観構造検査、 配線検査、耐電圧試験、絶縁抵 抗測定を実施	1) 現地改造の延長プロセスで、製造 を実施。 2) 導通試験、絶縁抵抗測定を実施	工場製造と現場製造の違いによる リスクの視点が欠けており、 工場出荷レベルの品質確保が 出来ず、異物混入防止、製品組立 精度や出荷検査の管理程度が低 くなった

### 3. 燃料取出作業訓練進捗状況

- 4月2日までに予定していた1基目開始前までの訓練（2班分）を完了。

#### 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

	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 <b>完了</b>	2班で作業	①4班 ②4班	6班で作業



2019.3.11撮影

燃料移動訓練の状況（模擬燃料の輸送容器への収納）



2019.3.25撮影

訓練風景

## 【参考】 ガレキ撤去作業進捗状況

- ガレキ撤去訓練にて、初回に取り出しを実施する新燃料の上部にあるガレキの撤去を完了。



初回に取り出しを実施する燃料の状況



□部拡大



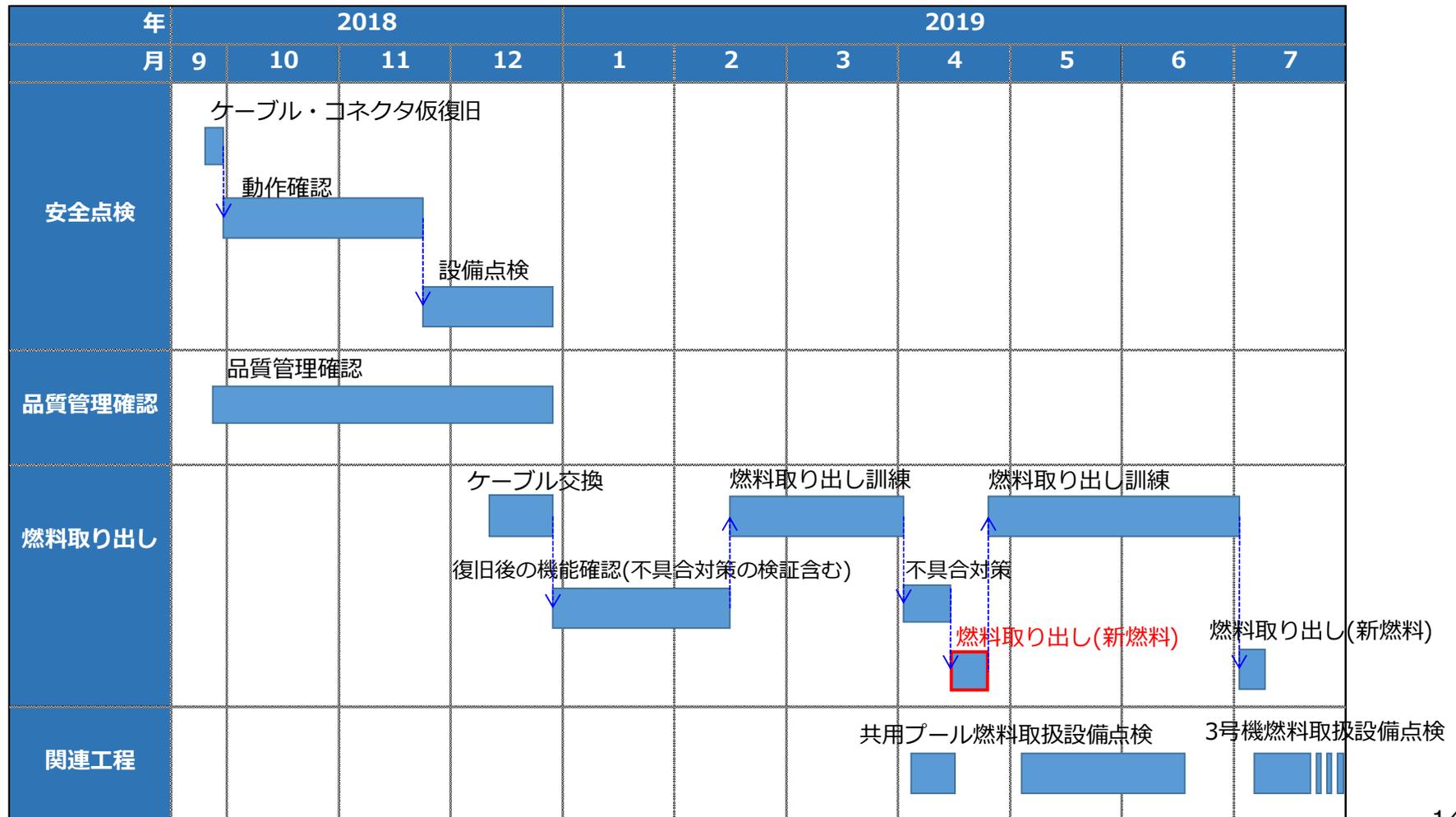
ガレキ撤去作業状況 1



ガレキ撤去作業状況 2

## 4. スケジュール

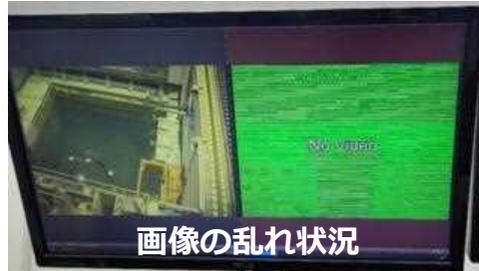
- 燃料取扱設備は、不具合発生時も燃料・輸送容器等を落下させないなど安全上の対策を施しているが、万が一燃料取り出し作業中に不具合が発生した場合でも、速やかに復旧できるよう、手順の策定や予備品の対策等を進めてきた。今回、その準備が整ったことから、4月15日から燃料取り出しを開始した。引き続き、安全を最優先に作業を進めていく。



以下、参考資料

【参考】 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

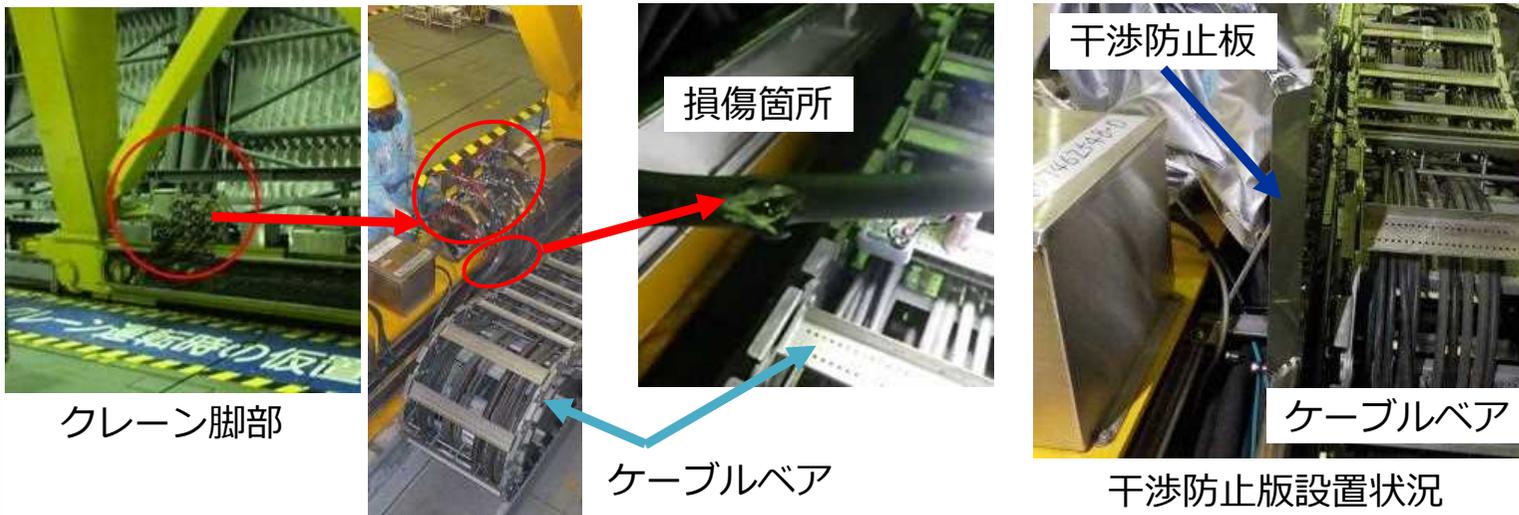
<b>発生事象</b>	<b>無停電装置内バッテリー容量低下に伴う警報発生</b>
概 要	重故障「操作室キャビネット異常」と軽故障「操作室UPS異常」が発生した。ただし、本警報はバッテリー交換時期が近づいていることを告知する警報であり、警報が発生しても、燃料取扱設備の停止は無く、操作にも影響を与えない。
原 因	無停電装置内バッテリーの容量低下
対 応	バッテリーを交換した。(3月16日完了)
備 考	無停電装置は、遠隔操作室の伝送装置や入出力基板の瞬停対策として設置している。

<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>  <p>画像の乱れ状況</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>✓ フリーズを解消するために再起動を行い、フリーズが解消し中継器が健全に動作していることを確認した。また、ITV104カメラ表示が正常に動作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。

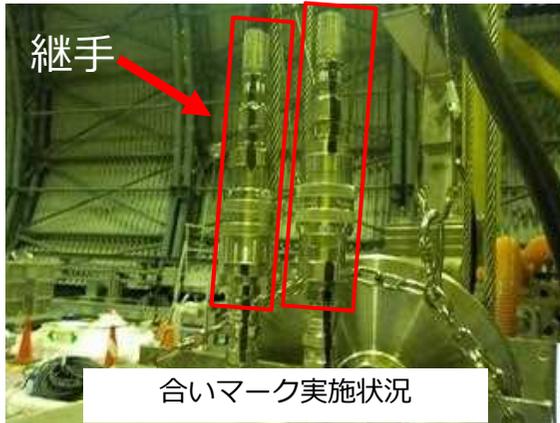
発生事象	垂直吊具用ケーブルコネクタ浸水事象
<p>概要</p>	<p>クレーン主巻に設置されている垂直吊具用ケーブルコネクタは、垂直吊具を取り外した際に養生(水密性なし)を実施し、主巻に固縛していたが、ITVインターロック試験において、十分な処置を実施せず、当該養生のまま主巻を使用済み燃料プール（以下、SFP）に浸水させ、当該コネクタを水没させた。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;">  <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>

【参考】 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 **TEPCO**

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。



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用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、駆動用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	駆動用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	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。	



○部拡大



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 424 1547 758"> </div> <div data-bbox="1630 432 2004 758"> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div data-bbox="1115 770 1469 842"> <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 770 1962 805"> <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>	

■ 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1,000℃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られる。

■ 高温が発生した推定原因として以下2案を軸に検証・検討を実施

**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。

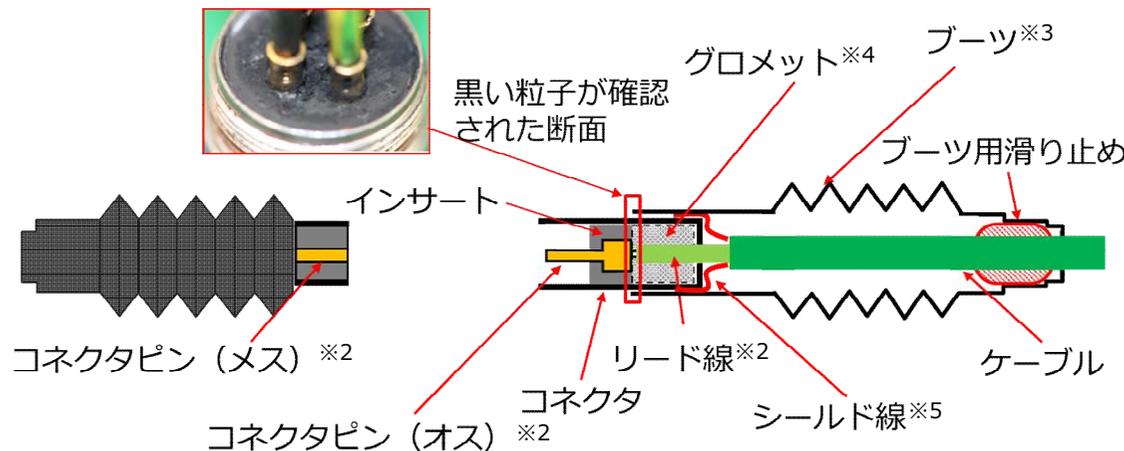
※1：半導体モジュールの中で直流から交流に電気変換する際に、高速に回路を切り替えるときに発生する過電圧

**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。

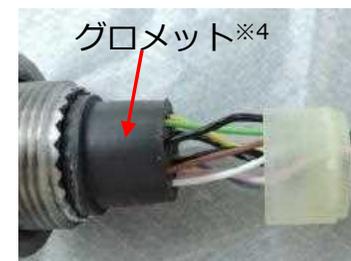
■ 調査の進め方

- 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



## ■ モータ駆動装置の健全性確認試験

コネクタ部の絶縁不良が起こった推定原因の一つとして、モータ駆動装置の異常に伴う過電圧等によりコネクタピン間に放電が発生した可能性を確認するため、モータ駆動装置を試運転し、その際の実出力電圧の測定を行った。

## ■ 確認結果

モータ駆動装置(D R)の電圧測定を実施した結果

各相実効電圧値 U相：403V、V相：401V、W相：390V

最大振幅電圧値 U相：1082V、V相：1073V、W相：827V

であり、DRに異常は確認されていない。

比較のため他のDRでも同箇所を測定したがおおよそ同じ傾向の値であった。

また、コネクタの直流定格値1250Vを下回っており、特にコネクタの損傷に至らしめるような値ではないことを確認した。

復旧調査時にブレーキ信号が発生していなかったことから当該DRは故障の可能性ありという判断で交換したが、その後の調査によりドライブ無効化（リセット）がうまく出来ていなかったことが原因であることが判明しており、当該DRの故障を疑う要因は排除されたと考えている。

■ 黒い粒子の元素分析(S E M※分析)結果 抜粋

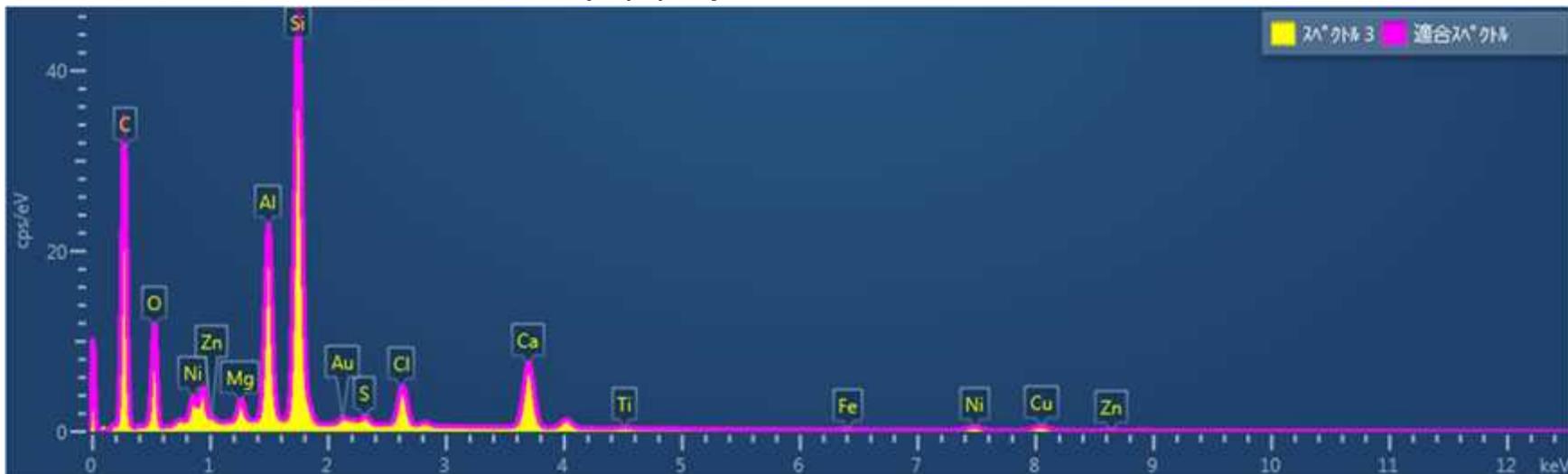
電子顕微鏡像



- 炭素やシリコンが主として検出されている。これは、作業場の埃（繊維、髪等）やグロメットの材質であるクロロプレナムの主成分が炭素として、クロロプレナムの添加剤がシリコンとして検出されたものと考えられる。
- アルミニウム、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。
- 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。

※SEM：走査電子顕微鏡

スペクトル分析（上記写真赤枠箇所）



## ■ 動力ケーブルコネクタ健全性確認方法について

### ▶ 対象

2018年12月にコネクタ再組立を実施した機外ケーブルコネクタ 全34ライン  
(クレーン及び燃料把持機の動力回路)

### ▶ 試験方針

- a. ケーブル両端のコネクタを解線し、試験前絶縁抵抗を測定(1,000Vメガー)
- b. 耐電圧試験実施 (交流2,000V印加。1分間)
- c. 耐圧試験後、再度絶縁抵抗測定実施し変化がないことを確認

### ▶ 判定基準

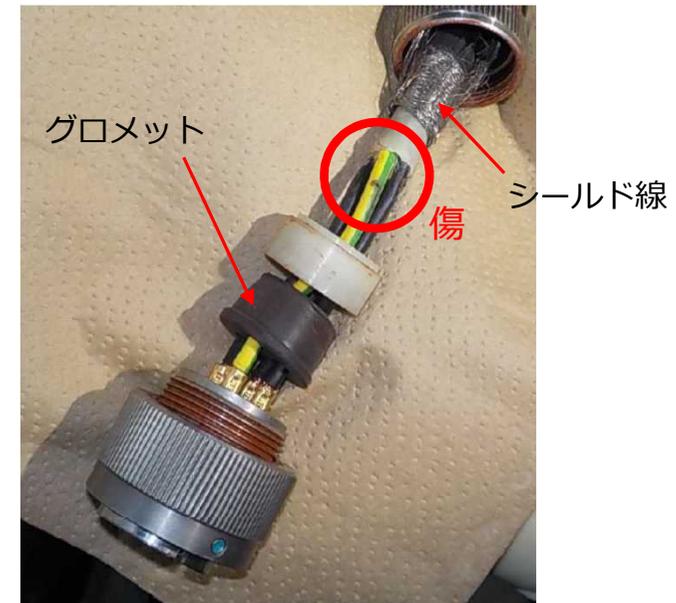
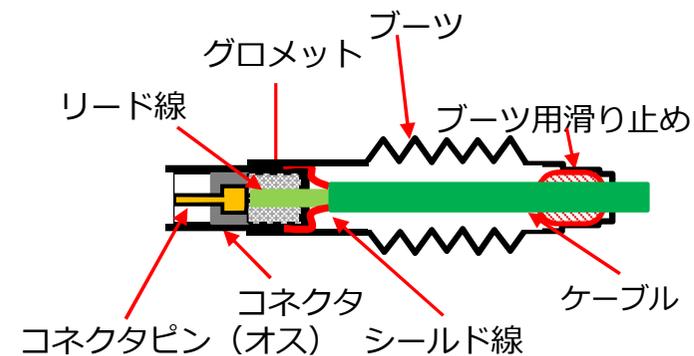
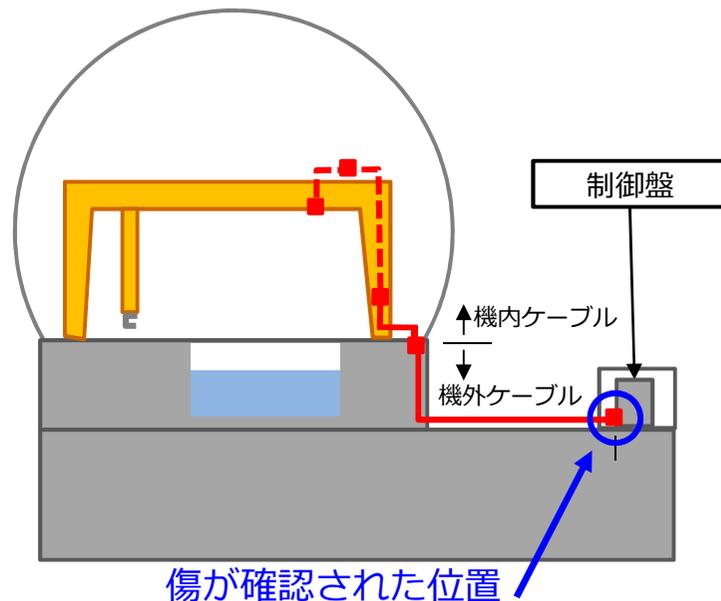
耐圧試験前後の絶縁抵抗試験値に有意な差がないこと  
(具体的には東電・東芝間にて協議)

### ▶ 修理方法

不良判定されたケーブルコネクタは予備品を使用し新規製作して交換  
(製作要領は異物混入確認を反映)

## 【参考】耐電圧試験結果

- 4月2日～4日にかけて耐電圧試験を実施したところ、試験電圧が上がらず試験を実施できなかったケーブルが3ライン確認された
- 上記以外の31ラインについては、全てのピン間・ピン-対地間にAC2,000Vを課電し異常がないことを確認した
- 当該3ラインのコネクタを分解し内部を確認したところ、ブーツ内の芯線の被覆に傷があることを確認した



## 【参考】耐電圧試験の考え方

	通常の原子カプラント に使用されている製品（国産品）	3号機燃料取扱設備 に使用された製品
ケーブル	1)適用規格類 JIS C 3005 2)耐電圧試験の要求 <ul style="list-style-type: none"> <li>・製品製作時                要求している</li> <li>・納入時（コネクタに取付後）                要求している</li> <li>・現地据付時                低圧（制御系）は未実施</li> </ul>	1)適用規格類 例：HPU controlケーブル36芯の規格 DIN EN 50525-2-21 VDE 0285-525-2-21（独） 2)耐電圧試験の要求（今回の実績） <ul style="list-style-type: none"> <li>・製品製作時（国外，実施）                手配時要求していない                （実施しているメーカーと、実施有無を明確に                していないメーカーがある）</li> <li>・納入時（国内 コネクタに取付後）                未実施</li> <li>・現地据付時                未実施</li> </ul>
コネクタ	1)適用規格 JIS C 8306 2)耐電圧試験の要求・内容 手配時要求している 2 kV、3kV:コネクタにより・1分間（単体） 2.4kV、3.6kV（上記120%）・1秒間（取付後）	1)適用規格 MIL-DTL-5015 2)耐電圧試験の要求・内容 手配時要求していない 規格内容：2kV/1分間 単体

## 【参考】機外ケーブルコネクタ部の施工時の管理

- 2018年8月のケーブルコネクタ浸水トラブルを鑑みて、以下の品質改善を実施。
  - コネクタ製造時の管理
    - コネクタ部の構造ならびに防水性能が十分確保できる手順であることを、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ESSで確認。
    - 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
  - コネクタ施工時の管理
    - 施工要領書通りに施工されていることを、当社が抜き取り立会にて確認
    - 東芝ESSは、施工要領書に則り製作するとともに、コネクタ組立チェックシートを用いて各工程ごとの品質確認を行い、組立を実施
    - 組立後の品質記録は当社に提出され、記録確認を実施

水密試験立会



組立手順・チェックシート確認



図1 組立手順・チェックシート確認

検査項目	検査結果	検査員	検査日
1. 組立作業			
2. 組立完了			
3. 組立完了			
4. 組立完了			
5. 組立完了			
6. 組立完了			
7. 組立完了			
8. 組立完了			
9. 組立完了			
10. 組立完了			
11. 組立完了			
12. 組立完了			
13. 組立完了			
14. 組立完了			
15. 組立完了			
16. 組立完了			
17. 組立完了			
18. 組立完了			
19. 組立完了			
20. 組立完了			

【参考】 継続的な改善の取り組み（全体像）

- 3号機燃料取扱装置の一連の不具合を踏まえた反省点・教訓を業務に活かすべく2019年4月に、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を監督・助言・指揮する者としてバイスプレジデントを配置し、継続的改善に取り組んでいるところ。

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"> <li>● クレーン・FHM構成品の信頼性評価                             <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 全構成品を、<b>原子力品・一般産業品に分類</b>し、各構成品の信頼性を評価</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 原子力品／一般産業品の使用基準の策定</li> <li>● 一般産業品の要求仕様について、工業規格での提示</li> </ul>
海外メーカーを活用する際の更なる注意	<ul style="list-style-type: none"> <li>● クレーン・FHM構成品の信頼性評価                             <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 全構成品を、<b>東芝グループ内調達品・海外調達品に分類</b>し、各構成品の信頼性を評価</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 型式品の国産化検討</li> </ul>
一次調達先以下に対する当社の関与	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 新たに調達するケーブルの品質確認                             <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 使用する工業規格の確認</li> <li>✓ 工業規格を満たす構造であることを図面にて確認</li> <li>✓ 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）</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 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</li> </ul>

■ 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

▶ 2019年度 廃炉推進カンパニーの業務計画に落とし込み、品質管理の強化に取り組んでいる

- 事故前後の設計・調達等のプロセスにおける業務運営の比較を踏まえた改善を進める。特に、技術検討プロセスの定着、設計レビューのレベルを高めていく。
- 設計、調達の各プロセスにおける品質確保の仕組みを強化するため、他社ベンチマークを実施。良好事例を取り込み、業務プロセスへ展開していく。
- 使用基準の策定を通じ、設計、調達の各プロセスの改善をすすめていく。

## 【参考】不具合事象一覧（1 / 2）

No.	発生事象	概要	発生日 (発見日)	完了日
1	クレーン主巻インバータ	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り、ブレーキレジスタ盤内が高温になり、端子部で短絡が発生。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。	2018/5/11	2018/7/25
2	FHMマストケーブル不具合	ケーブルコネクタ部に雨水等が浸入したため、水分により腐食し、断線。また、類似箇所を調査したところ、シールド線の折損等を確認。	2018/8/8	2018/12/27
3-①	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。	2018/9/29	2019/1/16
3-②	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。	2018/10/10	2019/1/14
3-③	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。	2018/10/12	2019/1/22
3-④	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、使用に伴い摩擦することから、シール部の劣化と判断した。)	2018/10/17	2019/1/27
3-⑤	垂直吊具の水圧供給用カブラのガスケット損傷	垂直吊具取り付け作業時、ホースカブラを真っ直ぐ接続出来ず、ガスケットが損傷。	2018/10/19	2018/10/22
3-⑥	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。	2018/10/19	2019/1/14
3-⑦	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。	2018/10/22	2019/2/1
3-⑧	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。	2018/10/23	2018/12/12
3-⑨	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。	2018/10/30	2019/1/12
3-⑩	テンシルトラスホイスト6巻取り異常警報発生	ワイヤ巻取り状態異常を検知するセンサーの検出位置調整不良。	2018/11/5	2019/1/15
3-⑪	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。	2018/11/5	2019/1/15
3-⑫	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。	2018/11/11	2019/11/19

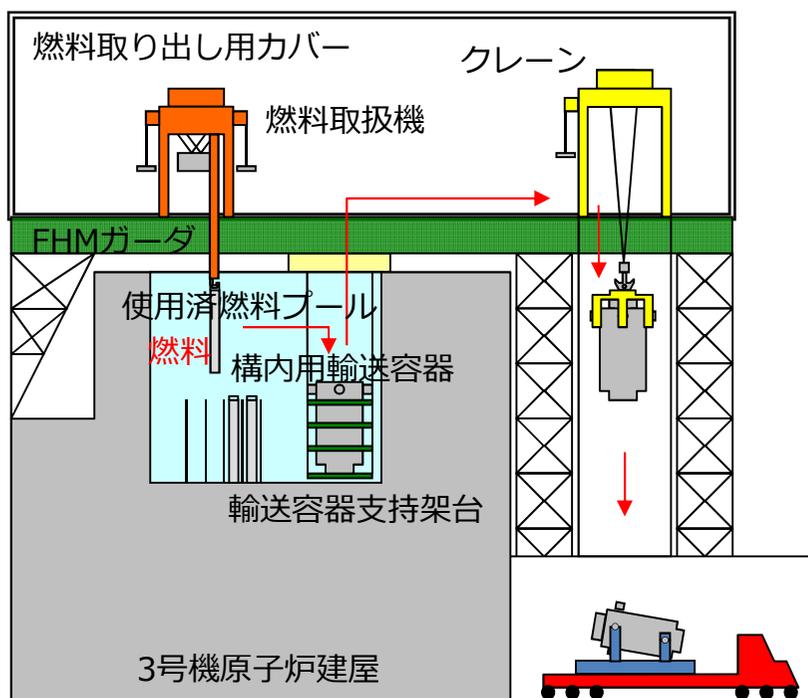
## 【参考】不具合事象一覧（2 / 2）

No.	発生事象	概要	発生日 (発見日)	完了日
3-⑬	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。	2018/11/20	2019/2/1
3-⑭	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	2018/11/30	2019/2/1
4	テンシルトラス3のレゾルバ側コネクタ破損	一連の不具合対応で足場を設置した際に、当該コネクタに接触し破損。テンシルトラス3の位置検出が出来ず異常警報発報。	2018/12/30	2019/1/4
5	マニピュレータ左腕の浸水	マニピュレータのカバーがキーに乗り上げた状態でボルト締結を実施したため、シール性を確保出来なかった。	2019/1/15	2019/1/22
6	FHM中継端子箱（JBOX1202）の蓋開閉に合わせてSimotionコントローラ異常警報が発生	コネクタの接触不良若しくはケーブルのRが原因	2019/1/23	2019/2/8
7-①	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。	2019/2/17	2019/3/16
7-②	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。	2019/2/16	2019/3/5
7-③	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。	2019/2/18	2019/3/17
7-④	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。	2019/2/23	2019/3/14
7-⑤	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。	2019/2/26	2019/2/26
7-⑥	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。テンシルトラスホイスト1モータ電源ケーブルコネクタで絶縁不良を確認。コネクタ内表面に異物等が存在し、課電による発熱で地絡・短絡に発展した。モータ駆動装置が電圧異常を検知して動作を停止させたため、警報発生したもの。	2019/2/28	2019/4/6
7-⑦	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。	2019/3/4	2019/3/7
8	駆動水圧系冷却ポンプ制御ケーブルの混触事象	冷却ポンプの電源を投入したところ、起動信号を入れる前にポンプが起動する事象が確認された。ケーブルを確認したところ、コネクタ内（上流制御盤側）に混触を確認した。	2019/4/6	2019/4/13

## 【参考】 3号機使用済燃料プールからの燃料取り出し概要

- 3号機の使用済燃料プールには、使用済燃料514体、新燃料52体（計566体）の燃料を保管している
- 燃料取扱設備を遠隔で操作し、燃料上部のガレキを撤去した上で燃料を構内用輸送容器に入れて敷地内の共用プールへ輸送する
- なお、燃料取り出しは新燃料から開始する

3号機原子炉建屋



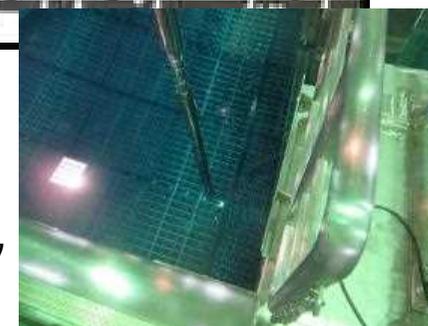
共用プール



構内輸送



燃料ラック  
に保管

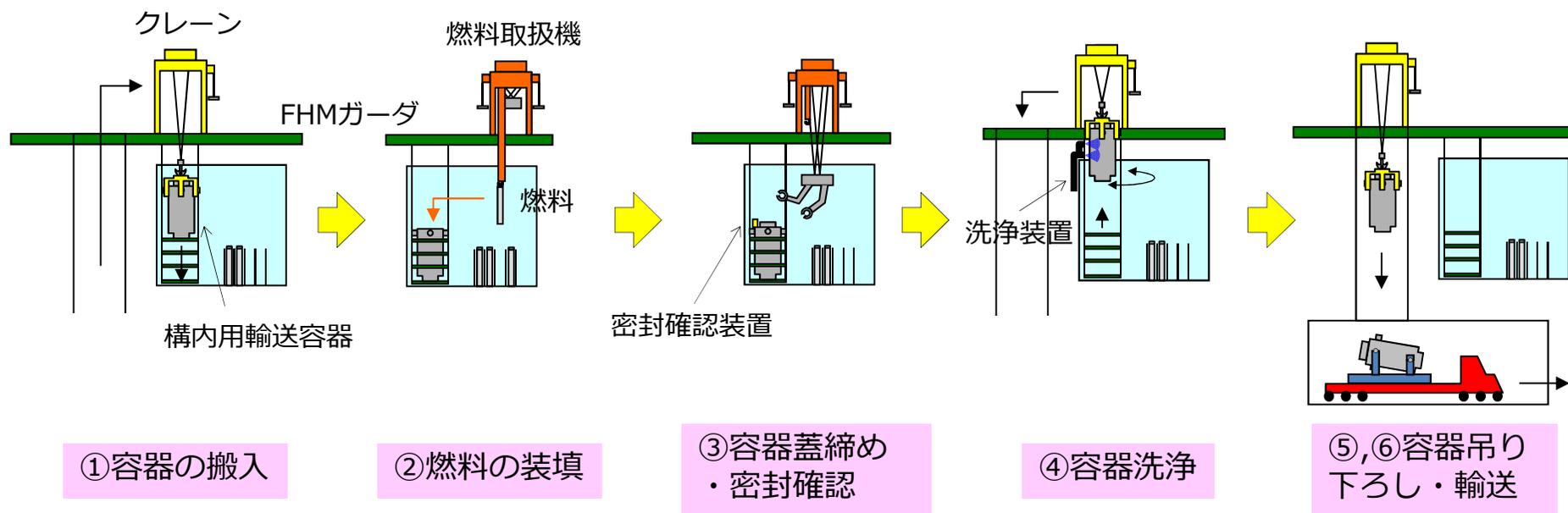


撮影：2013年11月22日

## 【参考】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



## 【参考】ガレキ撤去作業手順の概要

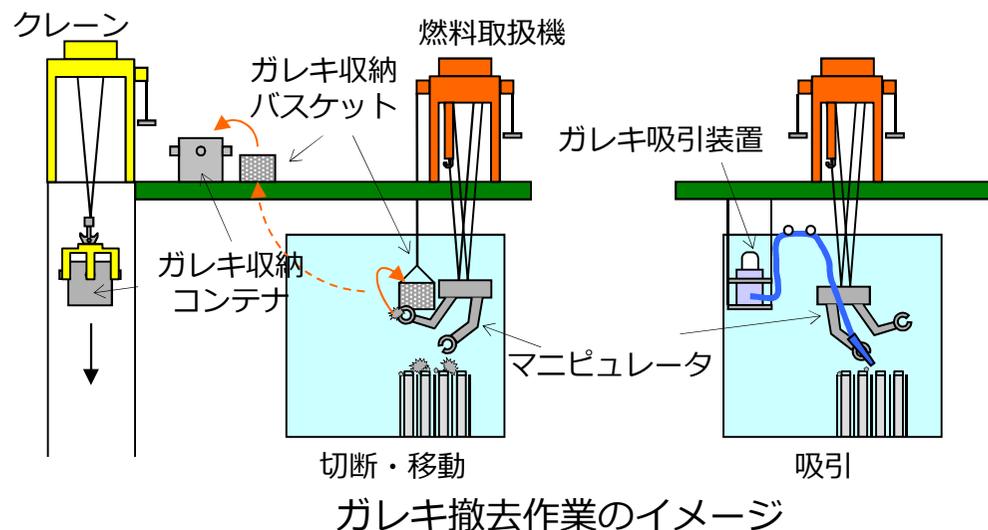
ガレキ撤去は、以下の手順で実施する。

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、バケットによりガレキを把持し、バスケットに入れる、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



つかみ具



バケット



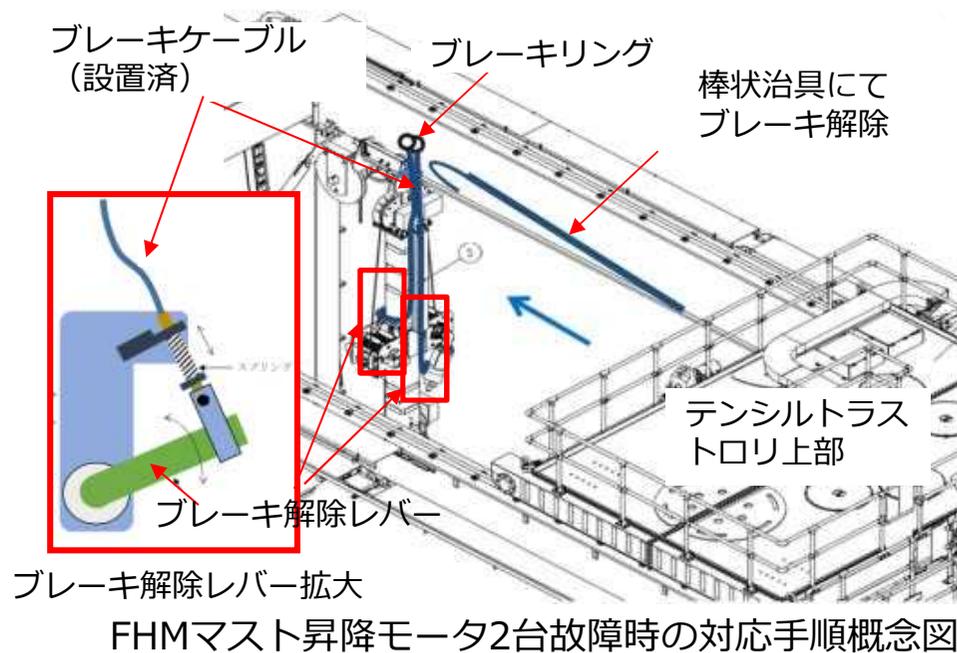
鉄筋カッター



ケーブルカッター

【参考】トラブル復旧手順確認試験の結果

- 設備故障時の吊り荷の手動吊り降ろし手順確認のため、2019年2月～3月に模擬燃料やテストウエイトを用いたトラブル復旧手順確認試験を実施し、安全に復旧作業ができることを確認した。また、手順の改善を行い手順書に反映した



FHMマスト手動下降試験の状況

手順の改善点

- FHMマスト手動下降において、ブレーキの片方を常に解除しながらもう片方をインチング操作して解除する手順から、片方ずつ交互に解除し下降する手順に見直し
- クレーン主巻手動下降において、クレーン主巻予備ブレーキ解除レバーの操作性向上のため、操作治具を取り付け（右図）

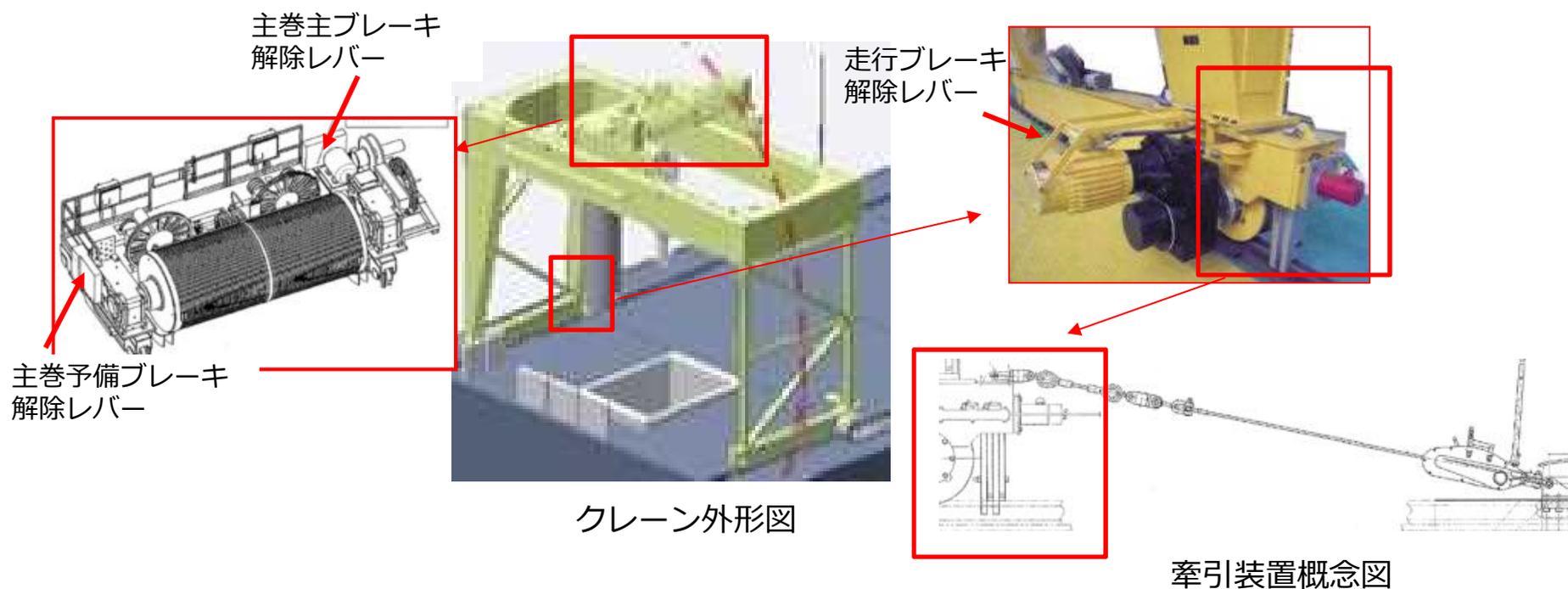


クレーン主巻予備ブレーキ解除レバー 35

# 【参考】トラブル発生時の復旧手順（1 / 2）

## クレーン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、燃料プール内の輸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**

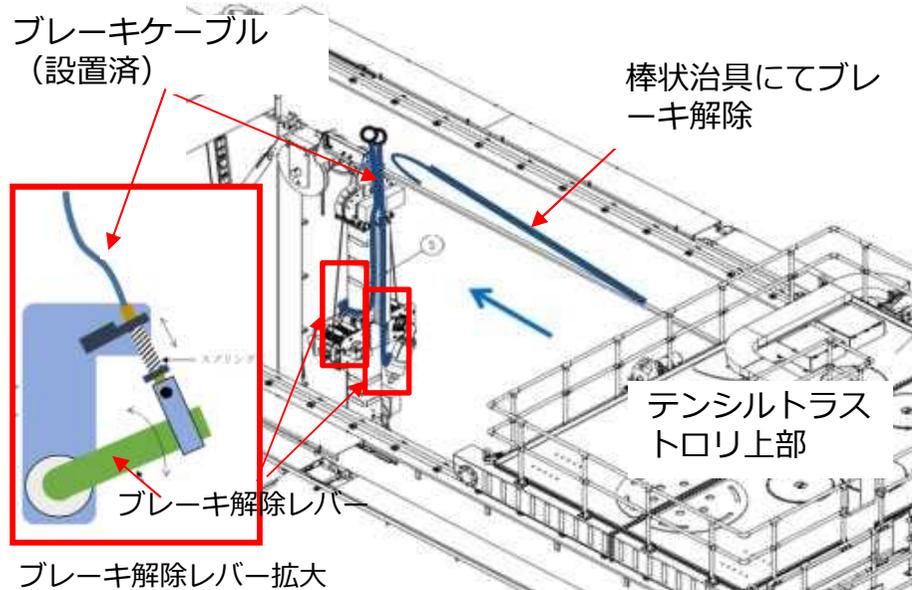


## 【参考】トラブル発生時の復旧手順（2 / 2）

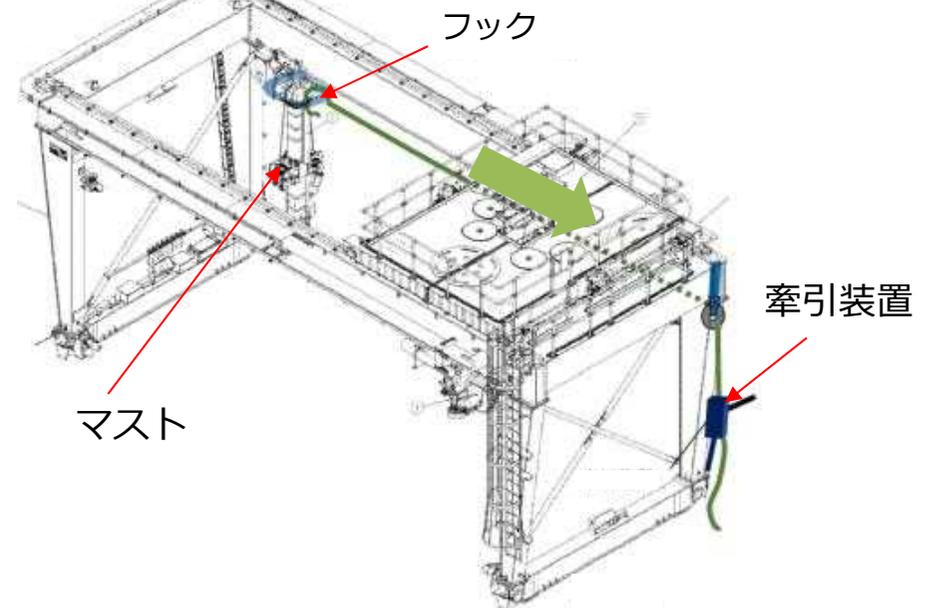
### FHMマスト昇降等モータ故障時の対応手順



- **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、手動でモータのブレーキを交互に解除し吊り降ろす**
  1. 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. テンシルトラストロリ上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片方ずつ交互に操作し、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。テンシルトラストロリ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

## 【参考】作業員の被ばく状況

### ■ 不具合対応時の被ばく状況（復旧対応手順確認含む）

- ▶ 不具合を確認した2018年8月以降の総被ばく線量は711.68人・mSvである。2018年8月から2019年3月までの個人最大被ばく線量は14.73mSvである。

	2018年8月 (8/10~)	2018年9月	2018年10月	2018年11月	2018年12月	2019年1月	2019年2月	2019年3月 (3/17迄)
被ばく線量 (人・mSv)	64.09	75.55	81.78	83.20	176.77	113.61	65.94	50.74
延べ人数 (人)	785	1005	846	960	1005	1015	773	604
個人最大 (mSv)	3.38	3.56	4.39	6.19	7.38	6.51	2.68	2.64

### ■ 復旧対応手順確認時の被ばく線量実績から実施する線量低減対策

- ▶ 復旧対応手順確認では、模擬燃料およびテストウェイトを手動操作で1m移動させた。FHMマストによる模擬燃料の手動下降では、実績の日最大線量は事前準備含め0.30mSv
- ▶ 実作業時は、状況に応じ手動操作により移動する距離が大きくなる。手順確認の結果を踏まえ、以下の対応により被ばく低減に努める。
  - ✓ FHMマストによる燃料の下降では、テンシルトラストロリ上に作業員がアクセスしマストのブレーキ解除レバーを治具を用いて解除する。テンシルトラスのトロリが遮へいとなるため、作業者はなるべくトロリ上から身体を乗り出さないように作業を行う

### ■ 今後計画的に実施していくメンテナンス時における被ばく低減対策

- ▶ 作業エリアの雰囲気線量を踏まえ、今後計画している被ばく低減対策を示す。
  - ✓ SFP近傍に追加衝立遮へいの設置及び、遮へいBOX及び低線量エリアを活用する。
  - ✓ 燃料取出作業前に水が滴下するエリアをシートにて養生する。メンテナンス着手前にシートを剥がし、汚染拡大防止、雰囲気線量の低減を図る。