

3号機 燃料取り出しの状況について

2020年10月19日

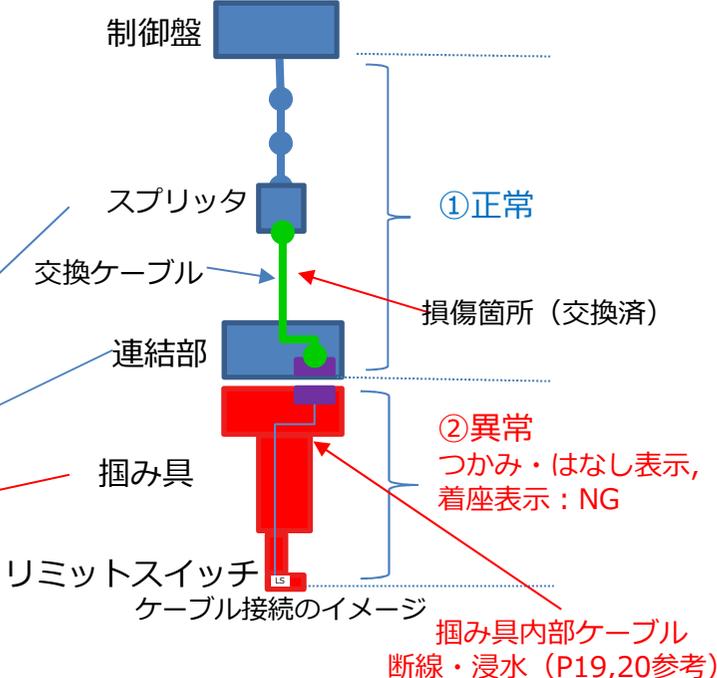
TEPCO

東京電力ホールディングス株式会社

1-2.マストケーブルの損傷（1）

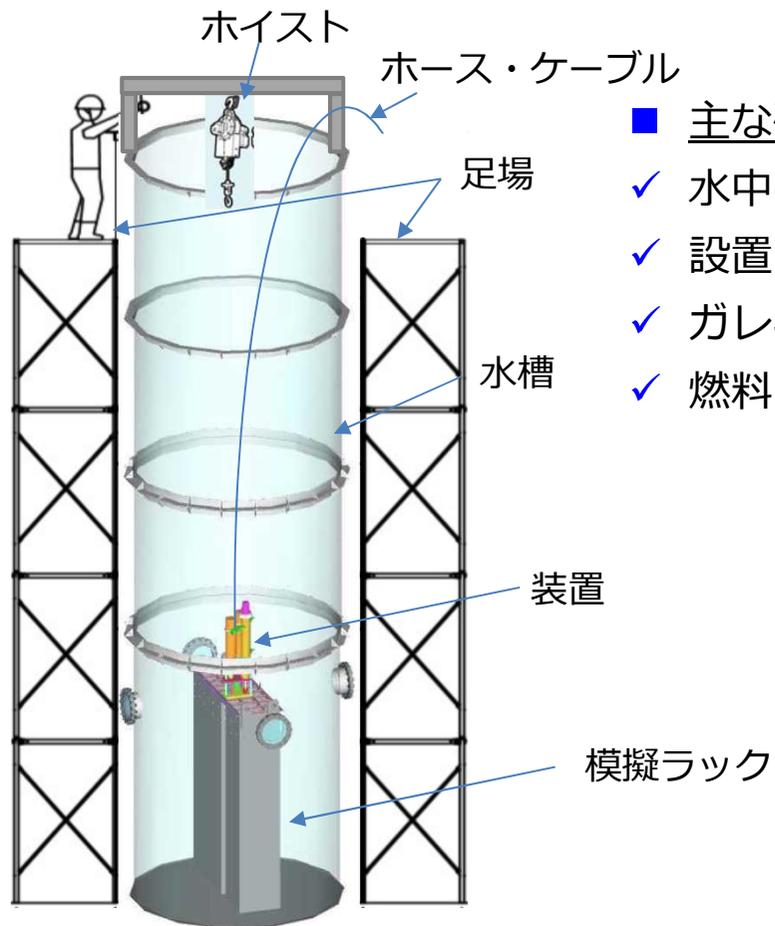
発生事象	マストケーブルの損傷
概要	<ul style="list-style-type: none">✓ 9月2日 プール内移動のため、プール南端の燃料を把持して西へ移動中、マストケーブルがプール南側の壁面近傍にある部材※に引っ掛かった。✓ 引っ掛かりを解消後、把持していた燃料を予定していた位置に着座させた。✓ 掴み具の開閉状態および着座状態を表示する信号の異常を確認。✓ マストケーブルの損傷および掴み具内部回路の導通不良を確認。✓ 掴み具分解点検の結果、コネクタケーブルの断線と内部の浸水を確認。 <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start; margin-top: 20px;"><div data-bbox="459 710 1019 1133" style="text-align: center;"><p>ITV110</p><p>引っ掛かったケーブル</p><p>引っ掛かった部材※</p><p>9/2/2020 3:45:19 PM ITV 110 燃取機 南東角 (FHM1 SE Corner)</p></div><div data-bbox="1048 710 1563 1117" style="text-align: center;"><p>マスト</p></div><div data-bbox="1574 710 1993 1061" style="text-align: center;"><p>ケーブル損傷部</p></div></div> <p>※：引っ掛かった部材は、がれき吸引装置のホースの固定のために取り付けられた部材</p>

1-2.マストケーブルの損傷（2）

<p>概要 (続き)</p> <p>ケーブル損傷部 (交換修理済み)</p>	   <p>①正常</p> <p>②異常 つかみ・はなし表示, 着座表示: NG</p> <p>掴み具内部ケーブル 断線・浸水 (P19,20参考)</p> <p>マスト</p>
<p>原因</p>	<p>✓ 操作員のカメラ画面監視不足</p>
<p>対応</p>	<p>✓ 損傷したケーブルを予備品に交換する（実施済）。</p> <p>✓ 掴み具を分解し,掴み具内部の回路を修理する（実施済）。</p> <p>✓ 再発防止対策として,マストが干渉物等に接触しないよう,運転範囲の見直し実施済。</p>
<p>備考</p>	<p>✓ 燃料を吊った状態では,メカニカルロックにより掴み具閉状態が維持されるため,燃料の落下等につながる事象ではない。</p>

2. 燃料とラック・ガレキとの干渉解除装置のモックアップについて **TEPCO**

- 新規に導入する3種類の装置について,事前にモックアップ設備にて実証試験を行う予定。
→圧縮空気注入装置,振動付与装置,ラックガイド切削装置 (P10,11参照)
- 模擬燃料ラック (20体/30体) に模擬燃料を挿入した状態でガレキを入れ込み,装置使用前後で干渉状態が変化することを確認する。



■ 主な確認事項

- ✓ 水中のラックに装置を設置できること
- ✓ 設置した装置を気中から操作できること
- ✓ ガレキまたはラックとの干渉状態が変化すること
- ✓ 燃料およびラックを損傷させないこと

モックアップ設備概要

3. 課題対応のスケジュール

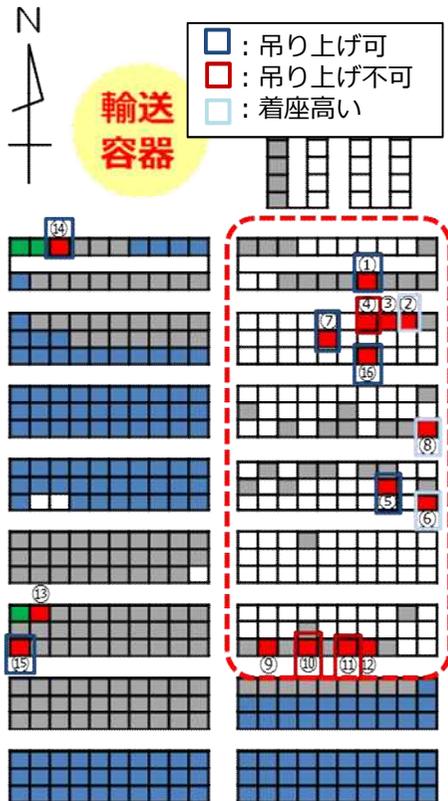
- 燃料取り出しの課題について、下記に示すスケジュールで対応を進める。
- 最大1000kgでの吊り上げ試験は、10月下旬に実施予定

項目	課題	2020年						2021年			
		7	8	9	10	11	12	1	2	3	
① ガレキ撤去中に確認した事項	①-1 変形した燃料ラック吊りピースが燃料掴み具と干渉	周囲の燃料を優先的に取り出し（済）									
		ラック吊りピース曲げ戻し装置の設計・製作・モックアップ						▽ 実機適用			
	①-2（済） 制御棒の再移動	手順確認▼現場作業									
② 吊り上げ試験の結果を踏まえた対応	②-1 輸送容器洗浄配管とマストとの干渉	手順確認・訓練 ▼対象燃料の燃料吊り上げ試験 (16体目のハンドル変形燃料も合わせて実施完了)									
	②-2および③-1	ハンドル強度試験 評価						▽ラック上部ガレキ撤去,吊り上げ荷重見直しによる再吊り上げ試験			
③ 規定荷重で取り出せない変形の無い燃料の対応	燃料とガレキまたはラックとの干渉解除	ラック上部の細かいガレキ撤去ツールの製作									
		振動付与装置・圧縮空気注入装置の設計・製作						モックアップ	実機適用		
		ラックガイド切削装置の設計・製作						モックアップ	実機適用		
		ラック切断装置・押し広げ治具の実機検証準備						実機検証および実機適用※			
		※：時期検討中									
④ ハンドル変形燃料の対応	④-1 ハンドル変形の角度が大きい燃料を把持できる掴み具	大変形用掴み具の製作						現地据付・試験			
								▽ 使用前検査 ▽ 吊り上げ 試験（対象4体）			
	④-2 ハンドル変形の角度が大きい燃料を収納できる収納缶	輸送容器バスケットの設計・製作									
		大変形用収納缶の設計・製作						現地搬入	▽ 使用前検査		

【参考】 3号機SFP内燃料のハンドル状況の確認について

- 5月28日時点でハンドル変形を確認した燃料は16体。このうち既存FHM掴み具で把持角度を超過している可能性のあるハンドル変形燃料は4体（区分C分）。2020年12月頃に吊り上げ試験を実施予定。
- 8月24日に、ハンドル変形燃料2体分（⑭および⑯燃料）が吊り上げ可能であることを確認。現時点で吊り上げ可能が確認できたハンドル変形燃料は、16体中9体。

ハンドル変形燃料取扱い区分



□ : 吊り上げ可
□ : 吊り上げ不可
□ : 着座高い

<p>吊り上げ可 南西側に倒れている ①：撮影日 2020/5/19</p>	<p>着座高い 南西側に倒れている ②：撮影日 2020/1/23</p>	<p>吊り上げ不可 北東側に倒れている ③：撮影日 2020/1/23</p>	<p>吊り上げ不可 南西側に倒れている ④：撮影日 2020/1/23</p>
<p>吊り上げ可 北東側に倒れている ⑤：撮影日 2020/1/23</p>	<p>着座高い 北東側に倒れている ⑥：撮影日 2020/1/23</p>	<p>吊り上げ可 南西側に倒れている ⑦：撮影日 2020/1/23</p>	<p>着座高い 南西側に倒れている ⑧：撮影日 2020/1/23</p>
<p>北東側に倒れている ⑨：撮影日 2020/2/27</p>	<p>吊り上げ不可 南西側に倒れている ⑩：撮影日 2020/2/27</p>	<p>吊り上げ不可 南西側に倒れている ⑪：撮影日 2020/2/27</p>	<p>北東側に倒れている ⑫：撮影日 2020/2/27</p>
<p>北東側に倒れている ⑬：撮影日 2020/4/14</p>	<p>吊り上げ可 北東側に倒れている ⑭：撮影日 2020/5/22</p>	<p>吊り上げ可 南西側に倒れている ⑮：撮影日 2020/3/25</p>	<p>吊り上げ可 軽微な変形 ⑯：撮影日 2020/5/25</p>

N o.	型式	ITVによる推定曲がり角度	変形方向	取扱い区分※1
①	STEP2	約10°	反CF側	A
②	9×9A	約10°	反CF側	A
③	9×9A	約40°	CF側	C
④	9×9A	約40°※2	反CF側	B
⑤	9×9A	<10°	CF側	A
⑥	9×9A	約10°	CF側	A
⑦	9×9A	約10°	反CF側	A
⑧	9×9A	約20°	反CF側	A
⑨	9×9A	約40°	CF側	C
⑩	9×9A	約10°	反CF側	B
⑪	9×9A	約60°※2	反CF側	B
⑫	9×9A	約60°	CF側	C
⑬	9×9A	約40°	CF側	C
⑭	9×9A	約20°	CF側	B
⑮	STEP2	<10°	反CF側	A
⑯	9×9A	<10°	-	A

3号機使用済燃料プール内西側拡大図

■ : ガレキ撤去完了
■ : 燃料ハンドル目視確認完了
■ : ハンドル変形を確認【16体】
■ : 燃料取出済
□ : 燃料が入っていないラック
□ : 燃料交換機、コンクリートハッチが落下したエリア

※1：ハンドルが北東側に倒れている場合は、チャンネルファスナが掴み具と干渉するため、把持可能な角度が小さい。
 ※2：吊り上げ試験時に、ハンドルが数度程度曲げ戻ったことを確認している。

※取扱い区分	A	B	C
収納缶	小	大	
掴み具	既存		大変形用

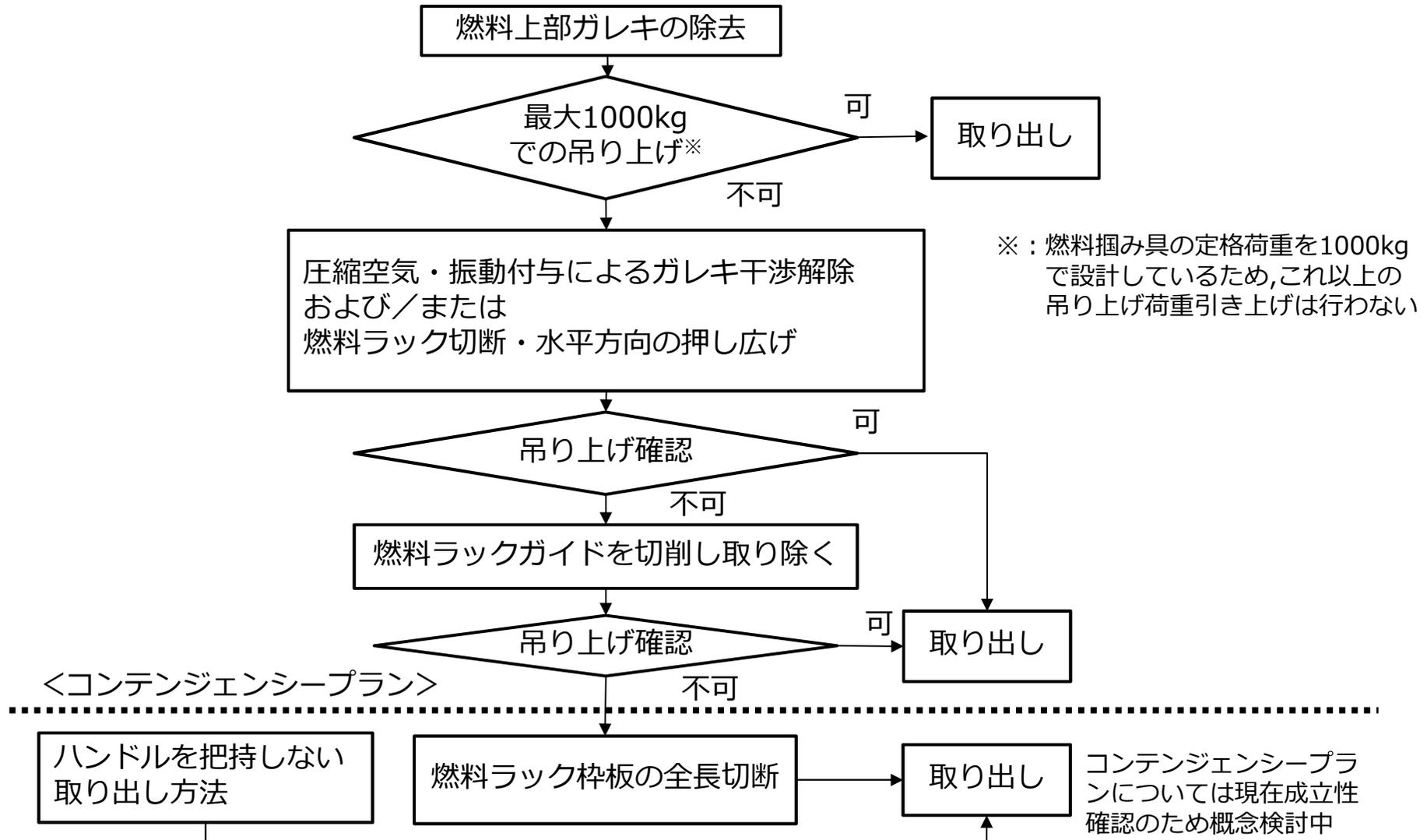
【参考】燃料取扱い時の課題と対応

- ガレキ撤去中に確認した事項やハンドル変形燃料取扱いに関する課題について、下表のとおり対応を検討中。検討状況について次ページ以降に記載。

項目	課題	対策案	状況
① ガレキ撤去中に確認した事項	①-1 変形した燃料ラック吊りピースが燃料掴み具と干渉	燃料ラック吊りピースを曲げ戻す	<ul style="list-style-type: none"> ・周囲の燃料を取り出し済み ・装置設計検討中 →15ページ参照
	①-2 (済) 制御棒の再移動	制御棒を北に再移動させる	<ul style="list-style-type: none"> ・対策済
② 吊り上げ試験の結果を踏まえた対応	②-1 (済) 輸送容器洗浄配管とマストとの干渉	マストは無負荷時は南側に若干偏心しているため、マニピュレータ等の補助によりマストの偏心を解消し、取り出しを行う	<ul style="list-style-type: none"> ・対策済
	②-2 燃料とガレキまたはラックとの干渉解除	<ul style="list-style-type: none"> ・模擬体によるハンドル強度試験を行い、吊り上げ荷重を増加 ・チャンネルボックスとラック上部の隙間に残っているガレキの掻き出し ・チャンネルボックスとラックの間に圧縮空気を注入 ・ラック切断、ラック押し広げによるチャンネルボックスとラックの隙間の確保 	<ul style="list-style-type: none"> ・吊り上げ荷重見直し済 ・新規装置について設計検討中 →10～12ページ参照
③ 規定荷重で取り出せない変形の無い燃料の対応	③-1 燃料とガレキまたはラックとの干渉解除	吊り上げ荷重の増加を除き、②-2と同一の対策を実施	<ul style="list-style-type: none"> ・同上 →10～12ページ参照
④ ハンドル変形燃料の対応	④-1 ハンドル変形の角度が大きい燃料を把持できる掴み具	<ul style="list-style-type: none"> ・新規掴み具の導入 	<ul style="list-style-type: none"> ・製作中 →16ページ参照
	④-2 ハンドル変形の角度が大きい燃料を収納できる収納缶	<ul style="list-style-type: none"> ・ハンドル変形燃料の構内輸送器に収納 ・内寸の大きい収納缶による輸送 ・収納缶の輸送に対応した輸送容器バスケット改造、収納缶を保管する共用プールラックの準備 	<ul style="list-style-type: none"> ・新規バスケットおよび収納缶製造中 →17ページ参照 ・ラック設置完了

【参考】燃料とラック・ガレキとの干渉解除について

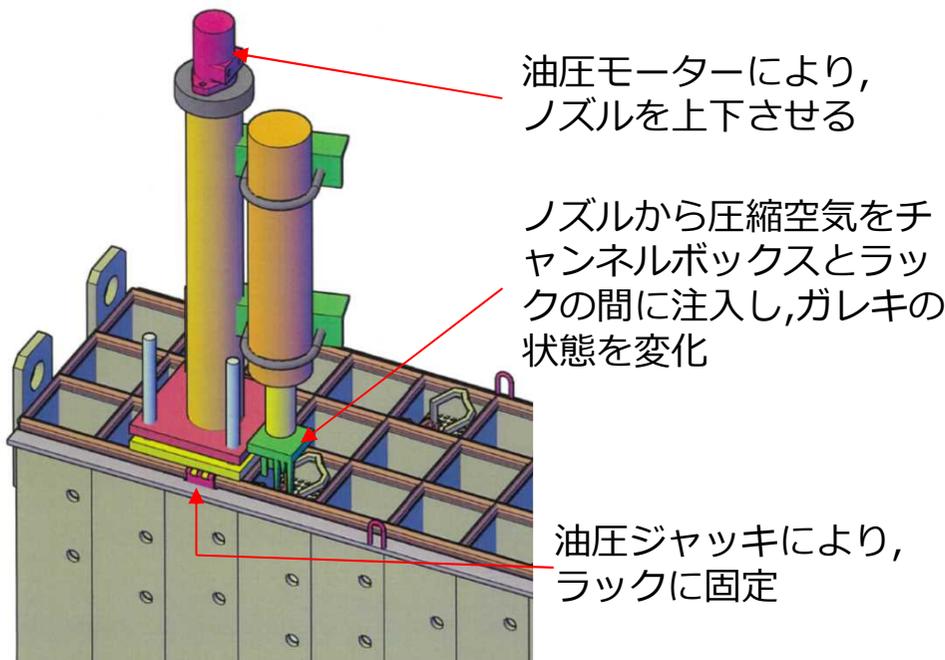
- 干渉解除のフローを以下に示す。燃料取り出しを早期に完了できるように、段階的に対応を実施していく。また、コンテンジェンシープランを事前に検討し、燃料取り出し完了の長期化のリスクを抑えていく



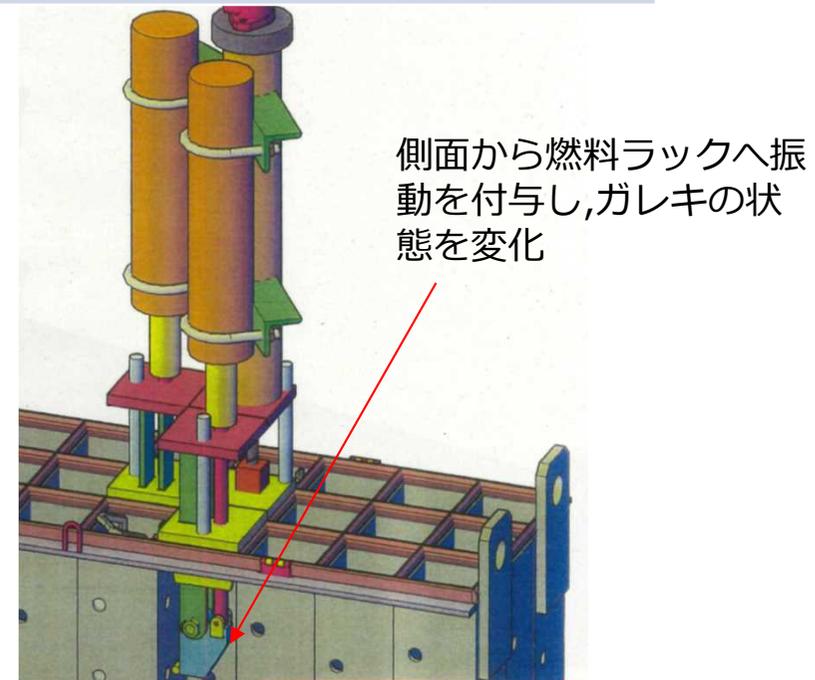
- 圧縮空気注入装置および振動付与装置を設計検討中。
- 実機適用前に、ガレキを詰めた状態を模擬したモックアップを実施し性能を確認していく。

設計上の代表的な確認事項

	確認事項
安全上の要求	被覆管の密封性に影響を与えないこと
性能上の要求	ガレキの状態を変化させられること（モックアップで確認） プール内にて装置の固定が可能であること
操作上の要求	水中カメラ監視による遠隔操作が可能であること



圧縮空気注入装置



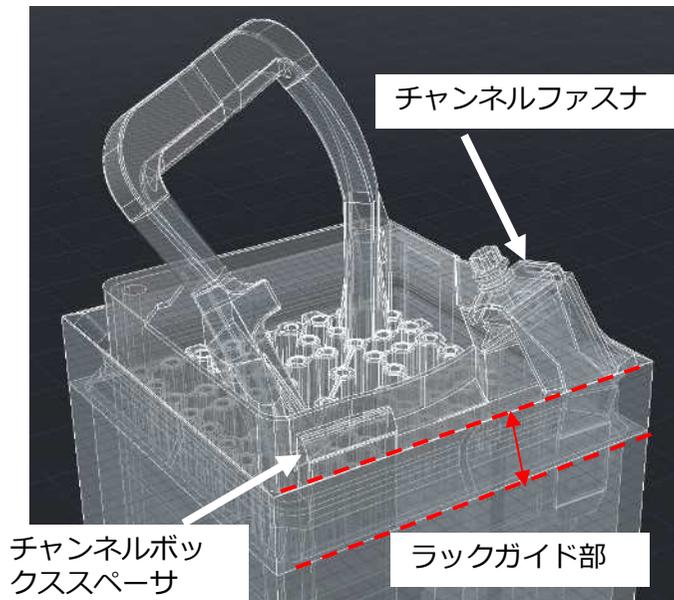
振動付与装置

【参考】燃料とラック・ガレキとの干渉解除方法について（2）

- 燃料上部の変形によるラック上部との干渉解除のため、ラックガイド切削装置を検討中（チャンネルファスナ等とラックガイド部が干渉している可能性を考慮）。
- 実機適用前に、ラックガイド部が切削可能であることをモックアップで確認する。

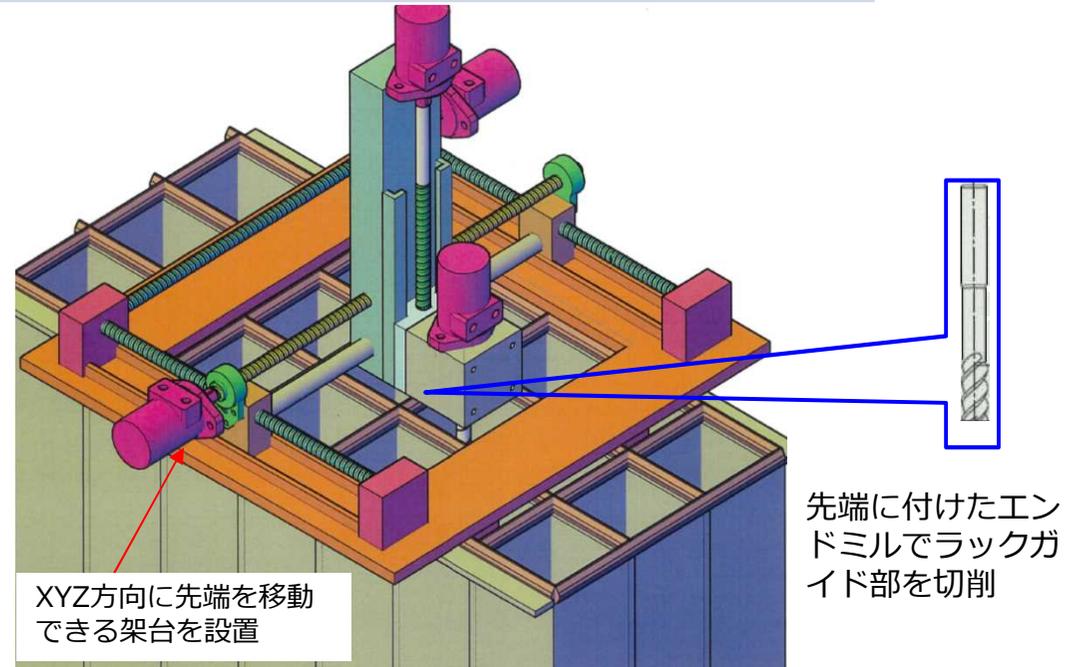
設計上の代表的な確認事項

	確認事項
安全上の要求	燃料集合体の強度部材および被覆管の密封性に影響を与えないこと
性能上の要求	ラックガイド部（アルミ材）を切削可能であること プール内にて装置の固定が可能であること
操作上の要求	水中カメラ監視による遠隔操作が可能であること



ラックと燃料上部の取り合い（④※燃料）

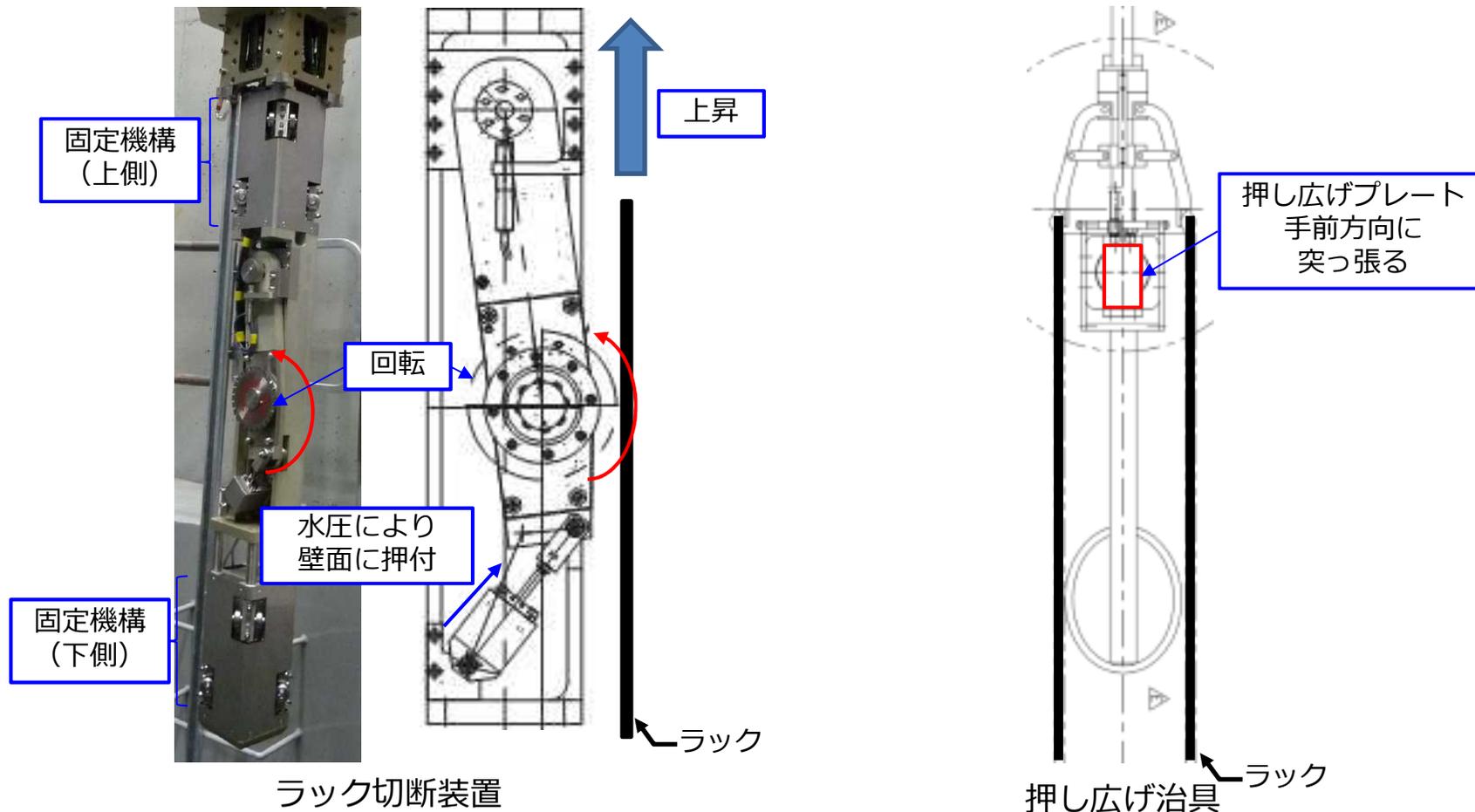
※：ハンドル変形燃料の通し番号。（P7参照）



ラックガイド切削装置

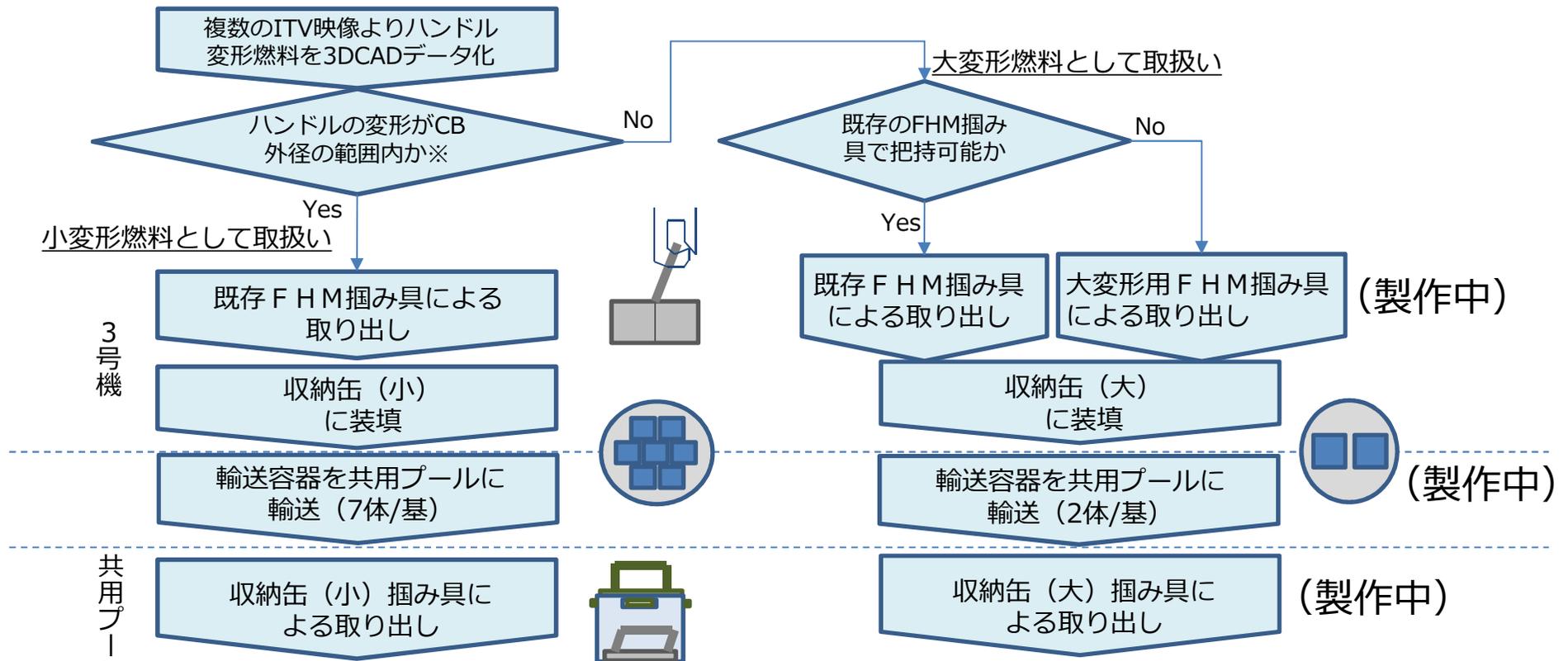
【参考】燃料とラック・ガレキとの干渉解除方法について（3）

- 燃料ラックを垂直に切断するラック切断装置，切断後に水平方向にラックを押し広げる押し広げ治具を製作済。3号機SFPにおいて燃料取り出し済の空ラックで実機検証を行う予定。
- 切断範囲は上部から1500mm程度，押し広げによるクリアランス増加は1～2mm程度。
- 燃料が隣接している箇所への適用可否，他の装置との適用順序等，現地適用にあたっての課題について実機検証準備と並行して検討を行っていく。



【参考】 ハンドル変形燃料の取扱い

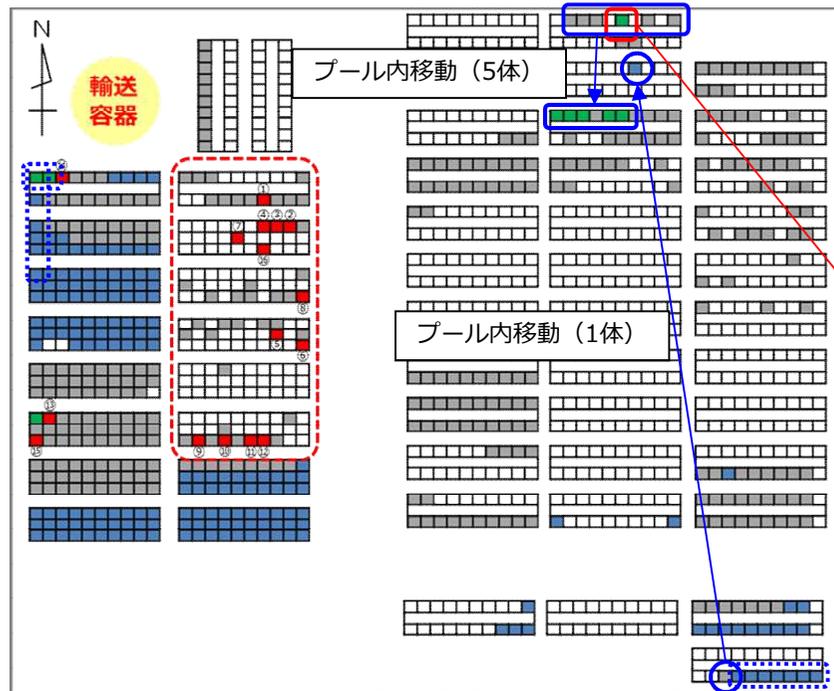
- ハンドル変形燃料については、以下の流れで取り出しを実施する。
 - ✓ 3号機では、変形したハンドルを既存FHM掴み具で把持する。なお、変形量が大きい場合は、新たに大変形用FHM掴み具を用意する。
 - ✓ 輸送時は、ハンドルの変形量に応じて、収納缶を使い分ける。
 - ✓ 共用プールでは、収納缶ごと専用ラックに保管する。



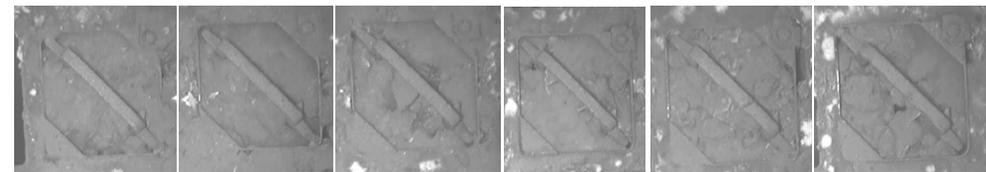
*CB：チャンネルボックス。変形したハンドルがCB外径の範囲内に収まっていれば収納缶（小）と干渉なく収納可。複数のITV映像より3DCAD化し上方から確認し判断する。13

【参考】一部燃料のプール内移動

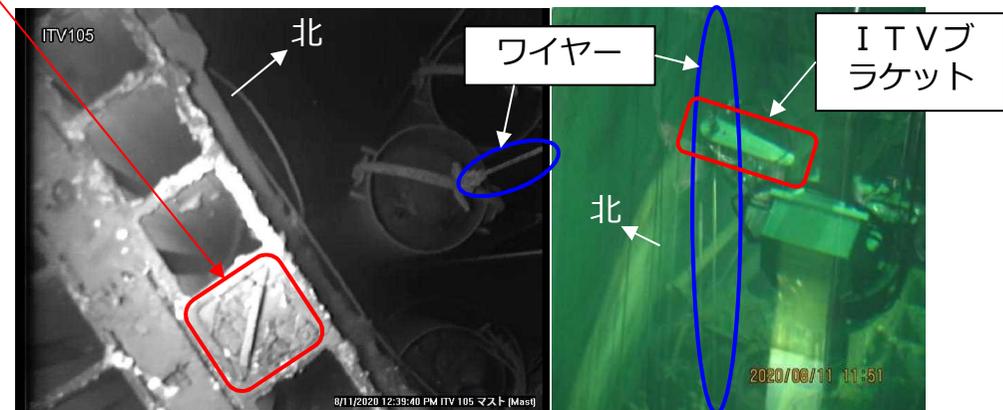
- プール端部に保管されている一部の燃料は、吸引装置を取り扱うFHM補助ホイスの運転範囲の制約のため、現在の位置ではガレキ吸引が十分にできない。そのため、プール内の別のラックに移動させた後、ガレキ吸引を行う。
- 2020年8月11日 プール北端に位置する6体のうち、5体を南へ移動させた。残りの1体について、ラックの北側に機材を吊り下げているワイヤー※とマストITVブラケットの干渉を解消後、南へ移動予定。
- 2020年9月2日 プール南端に位置する1体を移動中、マストケーブルを損傷させた。



3号機使用済燃料プール



プール内移動対象



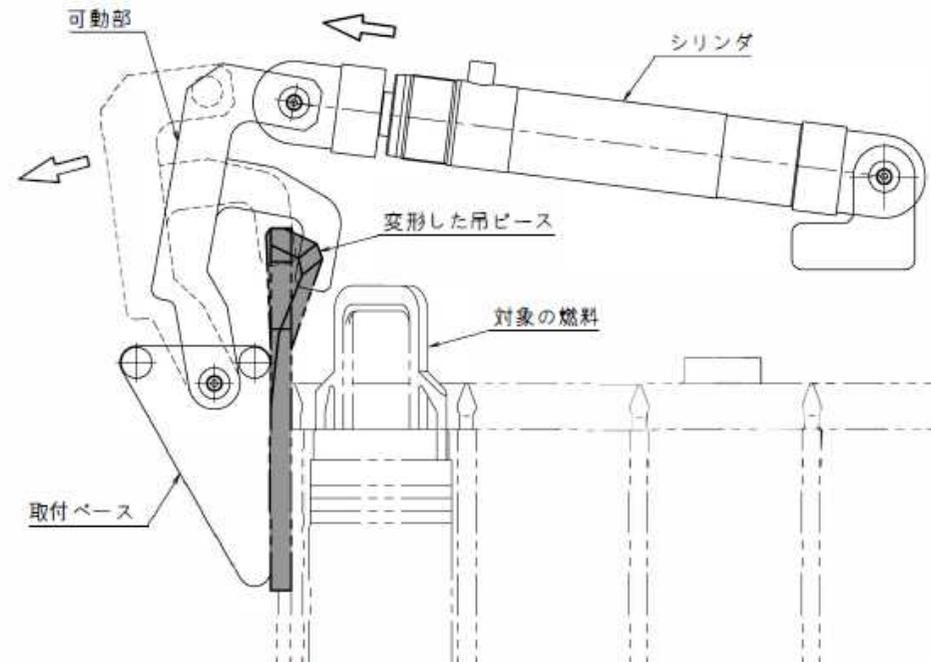
ワイヤーの干渉状況

⬡ : プール内移動予定の燃料

※中性子検出器やフィルタ等をバスケットに収納し、ワイヤーでプール壁面に吊り下げて保管している。

【参考】燃料ラック吊りピース変形箇所の対応

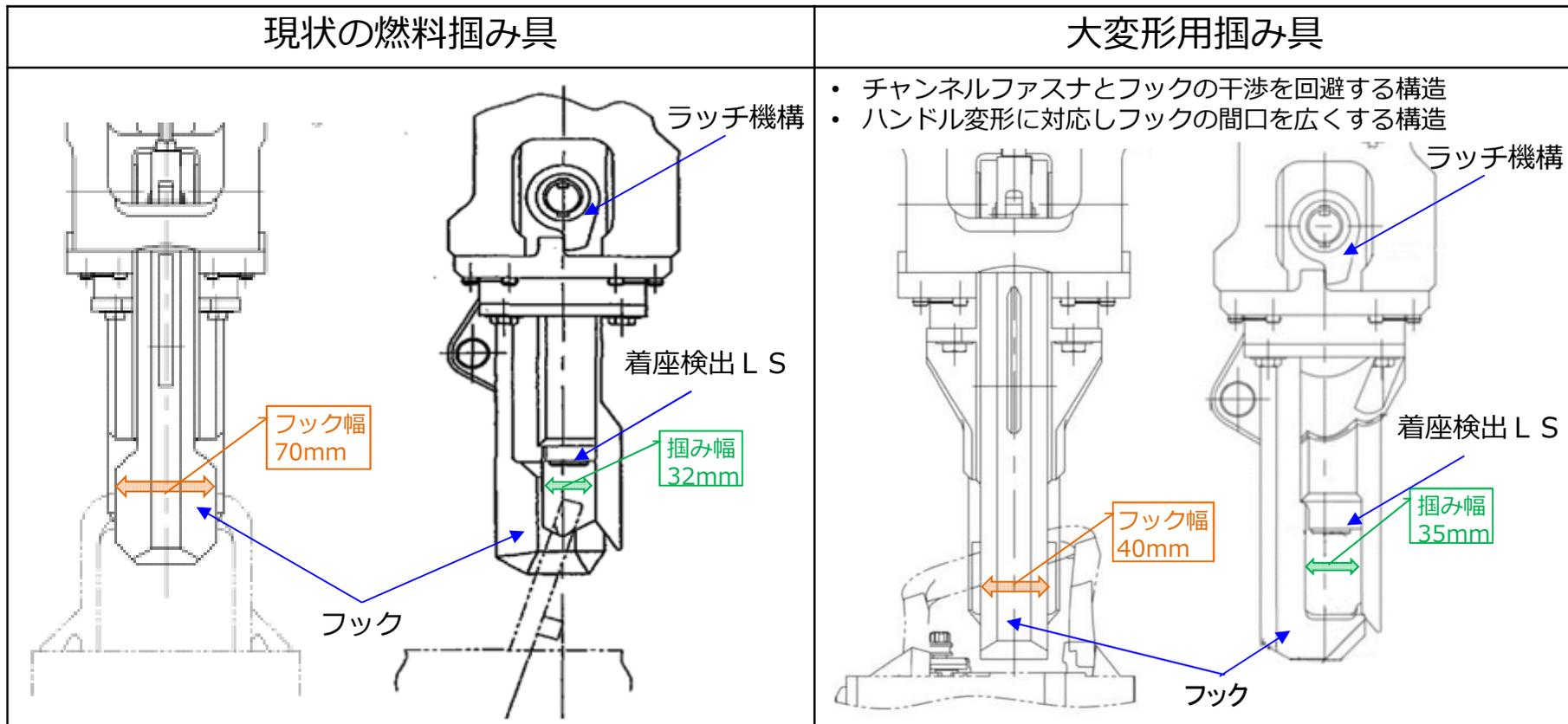
- 吊りピースをシリンダ等により押し付け曲げ戻し,燃料との干渉を解除する措置を準備中
- 現在装置の設計検討中であり, 2020年12月末までに干渉解除の措置を実施予定



シリンダによる曲げ戻しの概念図

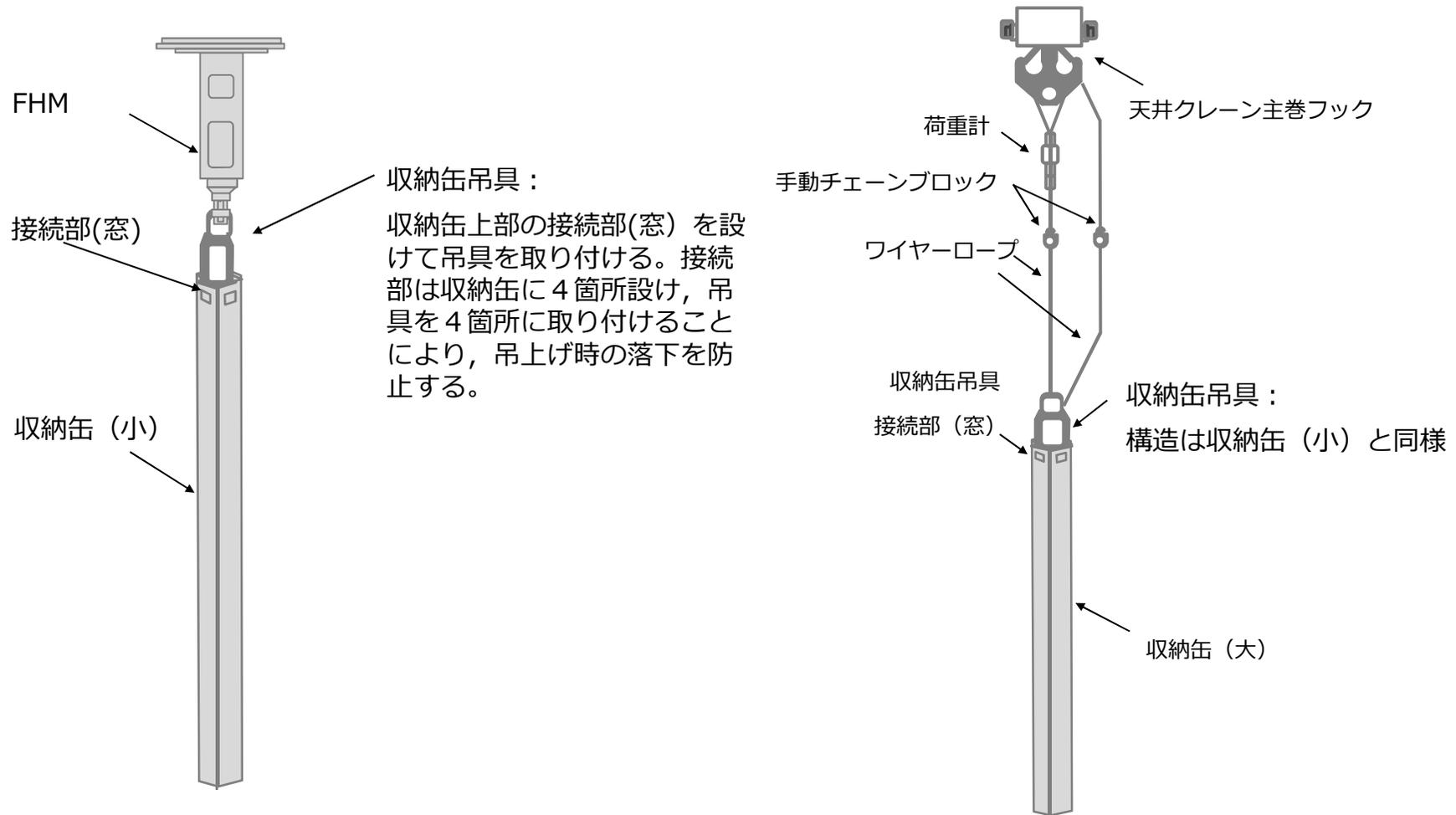
【参考】新規掴み具の導入（大変形用掴み具）

- ハンドルがチャンネルファスナ側に大きく倒れている燃料の取り出しに対応するため、専用の大変形用掴み具を導入
- 大変形用掴み具は現状の掴み具から先端形状のみを変化させたものであり、落下防止等の安全機能に変更は無い



【参考】 共用プールでの収納缶の取り扱いについて

- ハンドル変形燃料は,共用プールでは収納缶ごと専用のラックで保管する
- ハンドル変形量に応じて収納缶（小）と（大）を使い分ける。（P7参照）
- 収納缶（大）は天井クレーンにチェンブロックを取り付け,取り扱いを行う。



収納缶（小） FHMでの取り扱い

収納缶（大） 天井クレーンでの取り扱い

【参考】燃料取り出し停止期間中の復旧作業内容について

- 9月2日のケーブル損傷事象発生以降、復旧作業を継続して実施している。
 - FHMマストの復旧（損傷したケーブルの取替、燃料掴み具の分解修理）
 - クレーン水圧ホースの交換（主巻・補巻）
- 装置の取り外しや分解が必要なため、専門の技術者を手配して実施している（入所時にPCR検査を実施）。
- 作業に当たっては、事前に作業要領書を作成し、実施している。

項目	小項目	9月			10月
		1日	11日	21日	1日
FHMマスト	ケーブル取替	▼ケーブル損傷 要領書作成 資機材準備・予備品加工 専門技術者手配（含PCR検査）			
	掴み具復旧		ケーブル取替 資機材準備	専門技術者手配（含PCR検査）	掴み具分解・修理
クレーン水圧ホース	主巻		準備 ホース取替		
	補巻			準備 ホース取替	

【参考】燃料掴み具内部の確認結果

【確認結果】

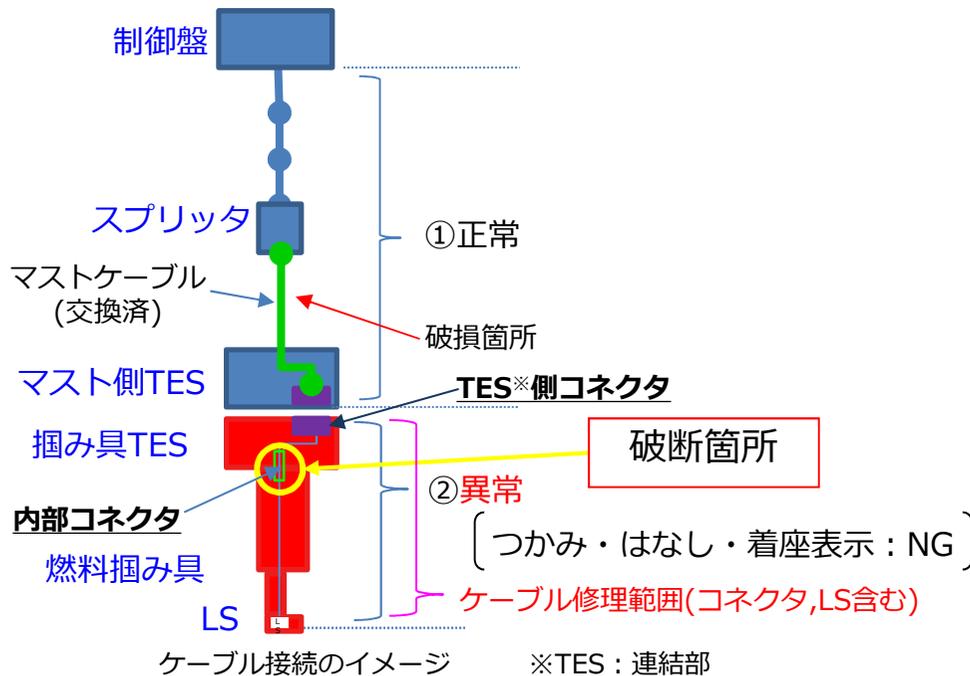
	内部コネクタ	TES側コネクタ
コネクタケーブル	一部断線あり	断線なし
浸水状況	あり	あり

【原因】 掴み具（東芝製）のコネクターの防水構造が原因で使用を継続する中で浸水していたと推定。浸水状態と引っ掛かり事象により断線したと推定。

【修理】

- ・ 掴み具TES※側コネクタからリミットスイッチ（LS）までのケーブル交換
- ・ 従来のシール方法に加え、浸水経路となる可能性がある箇所はシール材による防水強化を図り復旧（済）

【水平展開】 燃料取り出し設備に類似箇所なし（ラック切断装置にLSあり、構造を使用前に確認）

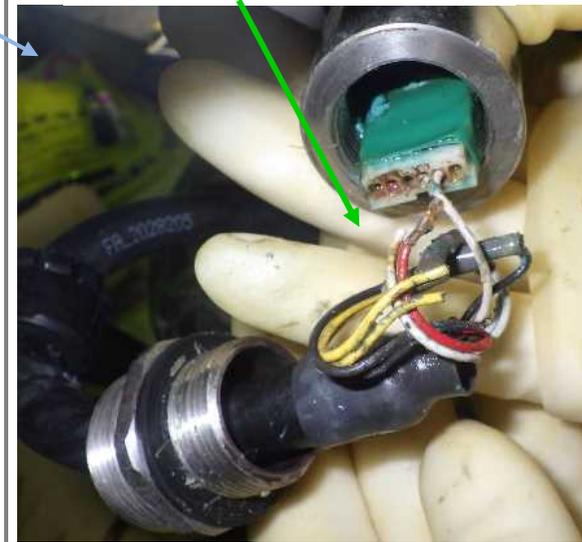
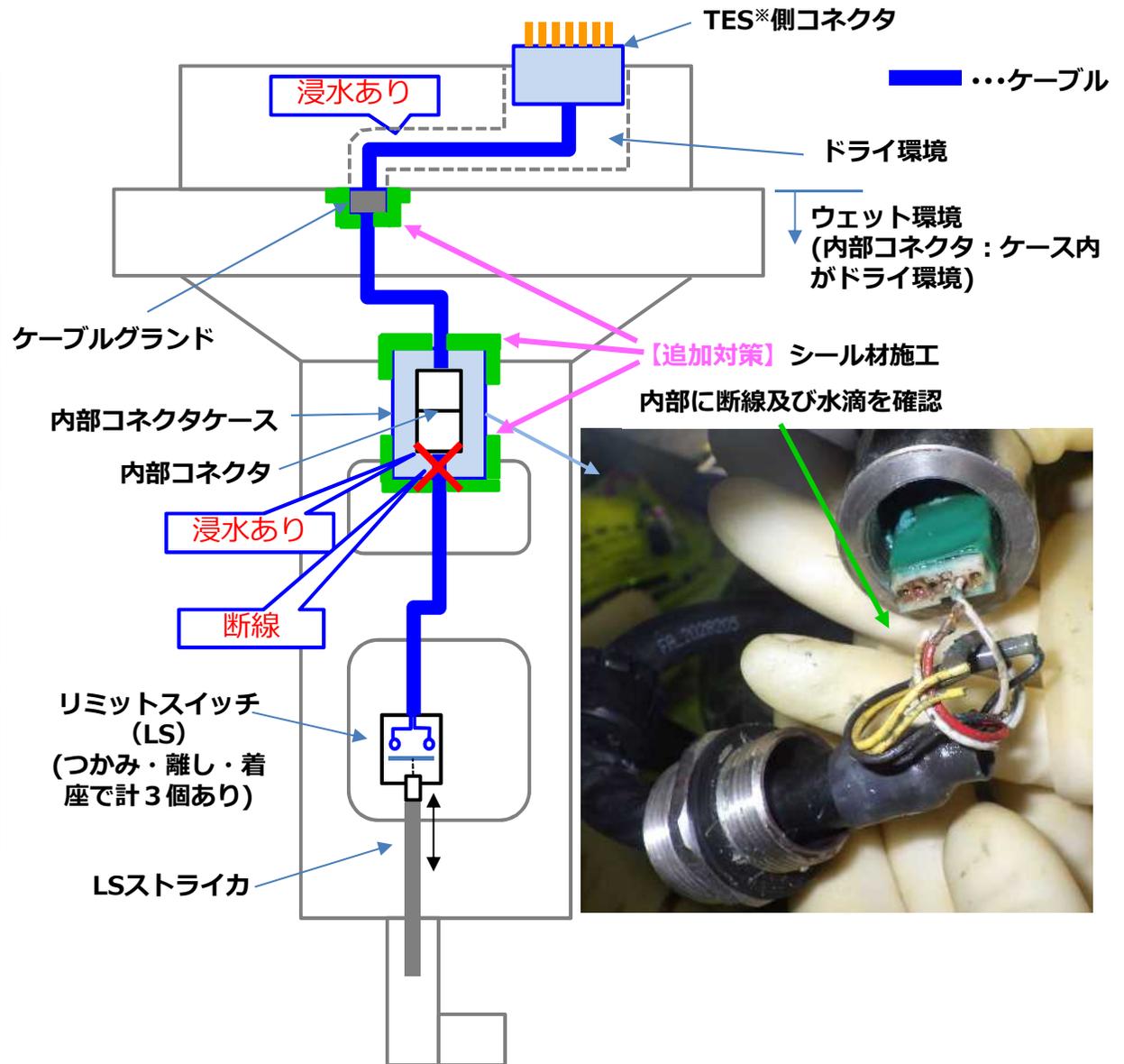


掴み具内部コネクタケーブル

【参考】燃料掴み具構造と断線・浸水箇所



燃料掴み具外観



※TES : 連結部