3号機 燃料取り出しの状況について

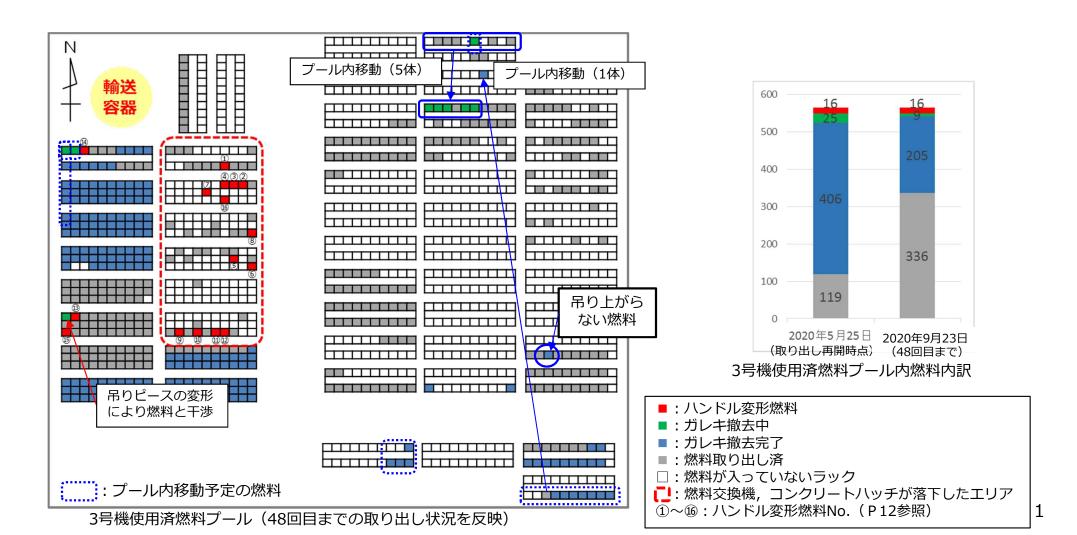
2020年9月24日 **TEPCO**

東京電力ホールディングス株式会社

1. 燃料取り出し・ガレキ撤去の状況



- 2020年9月23日時点,計336体/全566体の取り出しを完了している。
- 2020年9月2日,燃料上部のガレキ吸引のため,南端の燃料のプール内移動を実施中,マストのケーブルがプール壁面近傍の部材に引っ掛かり,ケーブルを損傷させた。→次ページ参照
- 2020年9月19日,クレーン補巻の水圧ホースの損傷を確認。予備品への交換を実施予定。 →22ページ参照



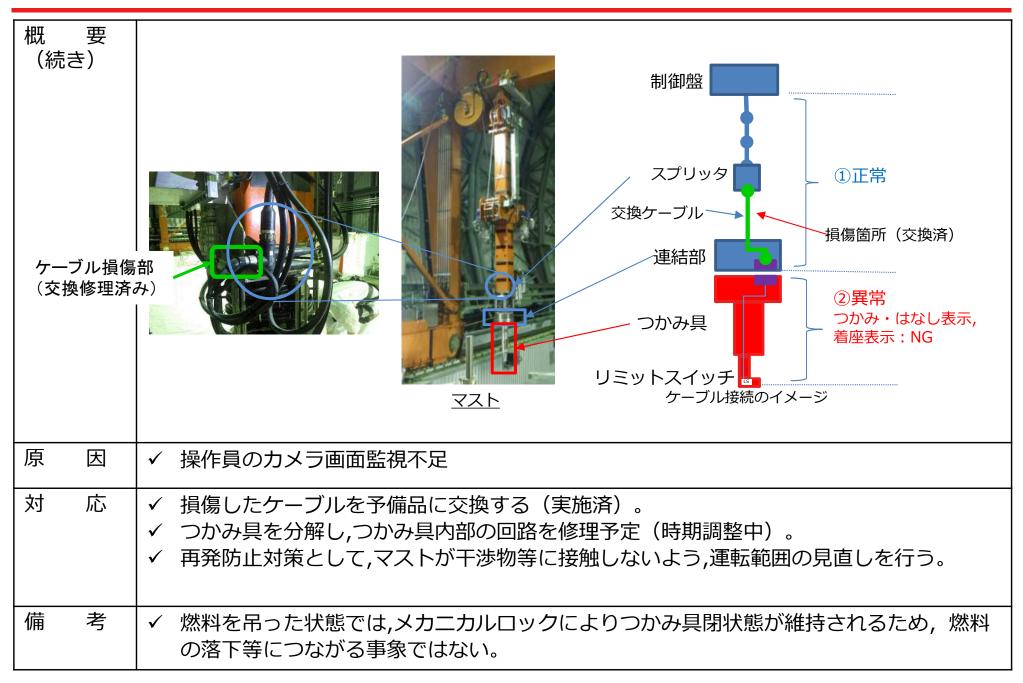
1-2.マストケーブルの損傷(1)



発生事象	マストケーブルの損傷
概要	 ✓ 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。 ✓ つか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つかみ具内部回路の導通不良を確認。
	引っ掛かった 引っ掛かった部材* マスト ※: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た部材

1-2.マストケーブルの損傷(2)





2. 燃料取扱い時の課題と対応



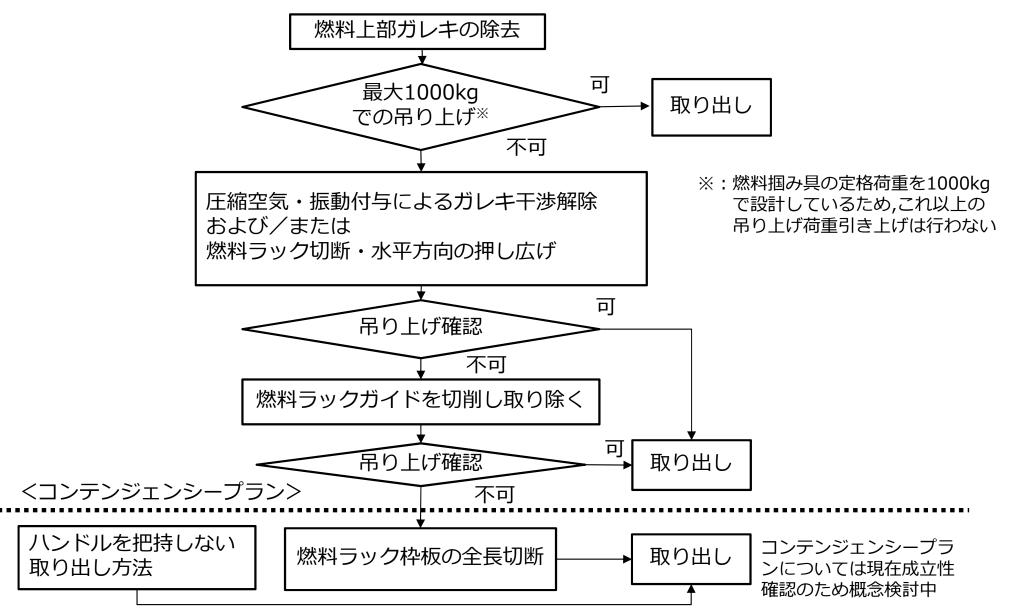
■ ガレキ撤去中に確認した事項やハンドル変形燃料取扱いに関する課題について,下表のとおり対応を検討中。検討状況について次ページ以降に記載。

項目	課題	対策案	状況
 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	・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	・対策済
	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	・対策済 →16ページ参照
② 吊り上げ試験 の結果を踏ま えた対応	②-2 燃料とガレキまたは ラックとの干渉解除	・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	・強度試験実施済み・新規装置について設計検討中→8~9,18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	・同上 →8~9,18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	・新規掴み具の導入	・製作中 →19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	・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	・新規バスケットおよび収納缶製造中→20ページ参照・ラック設置完了

3. 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,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



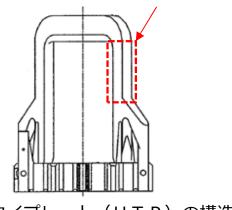
4. 吊り上げ荷重の見直しについて (1)



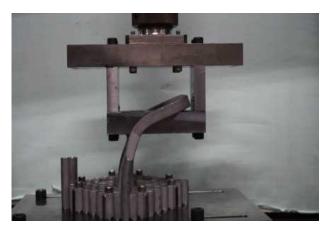
■ ハンドル変形燃料を荷重1000kgで吊り上げた際に,ハンドル部が十分な耐荷重を有していることを試験によって確認した。

試験条件		6条件	条件設定の考え方						
初期変形角度		80°以上	・ 3号機SFP内のハンドル変形燃料のうち,最も変形が大きいもの(60°)に対して余裕 のある角度を設定した。変形付与は片側部分模擬については動的・静的の2つの方 法で実施した。燃料ハンドル模擬は,静的な変形付与のみ実施した。						
3 張武縣		9.1kN(928kg)	• 前回実施荷重						
	引張 荷重	13kN(1326kg)	• 吊上げ荷重(1000kg)に対して,引張試験装置の荷重計の誤差,温度条件等を考慮し て保守的に設定した						
		26kN(2652kg)	・ 上記荷重の2倍を設定した						
	引張 回数	10回	・ 実機で想定される吊上げ回数から,保守的に10回と設定した。						
破断試験		_	・ 試験片が破断するまで荷重を付与した(片側部分の模擬体のみ)						

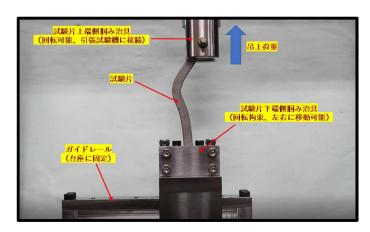
片側部分模擬範囲



上部タイプレート(UTP)の構造



引張試験外観



引張試験外観(片側部分模擬)

4. 吊り上げ荷重の見直しについて (2)



- 26kN (2652kg) の範囲において燃料ハンドルの破断は確認されなかった
- 片側模擬体による破断試験では,83.4~91.5kN(8505~9331kg)※の範囲で破断を確認した

※:4つの試験片で試験を実施。最小~最大破断荷重を記載



片側模擬体による引っ張り試験後の状況



初期変形後



13kN 試験後



26kN 試験後

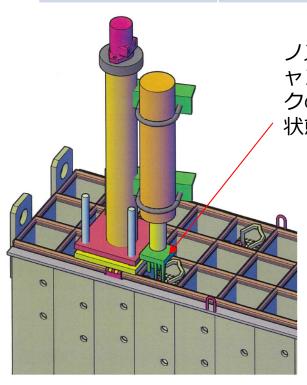
5. 燃料とラック・ガレキとの干渉解除方法について(1)



- 圧縮空気の注入案およびラックへの振動付与によりガレキの状態を変化させる案を検討中。
- 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。

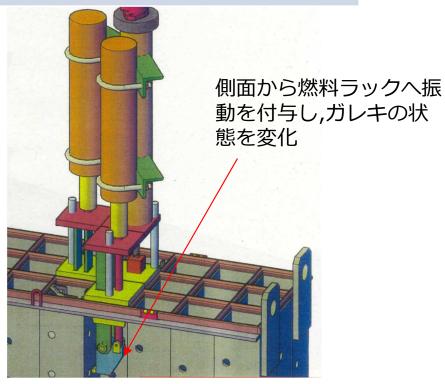
設計上の代表的な確認事項

	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



ノズルから圧縮空気をチャンネルボックスとラックの間に注入し,ガレキの 状態を変化

圧縮空気注入案



振動付与案

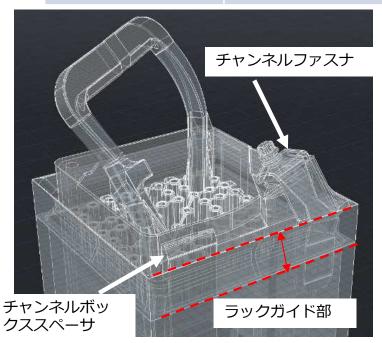
5. 燃料とラック・ガレキとの干渉解除方法について(2)



- 燃料上部の変形によるラック上部との干渉解除のため,ラック上部のラックガイド部の切削を検討中(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。

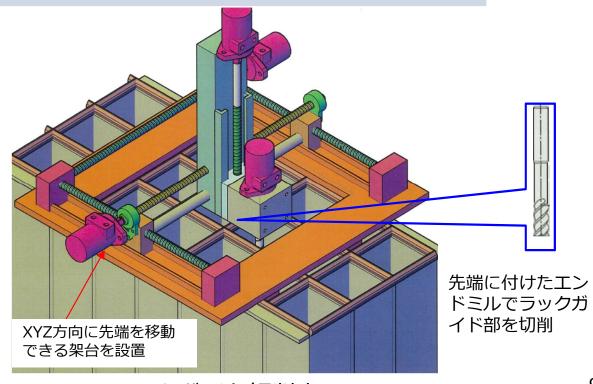
設計上の代表的な確認事項

	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。(P12参照)



ラックガイド切削案

6. 課題対応のスケジュール



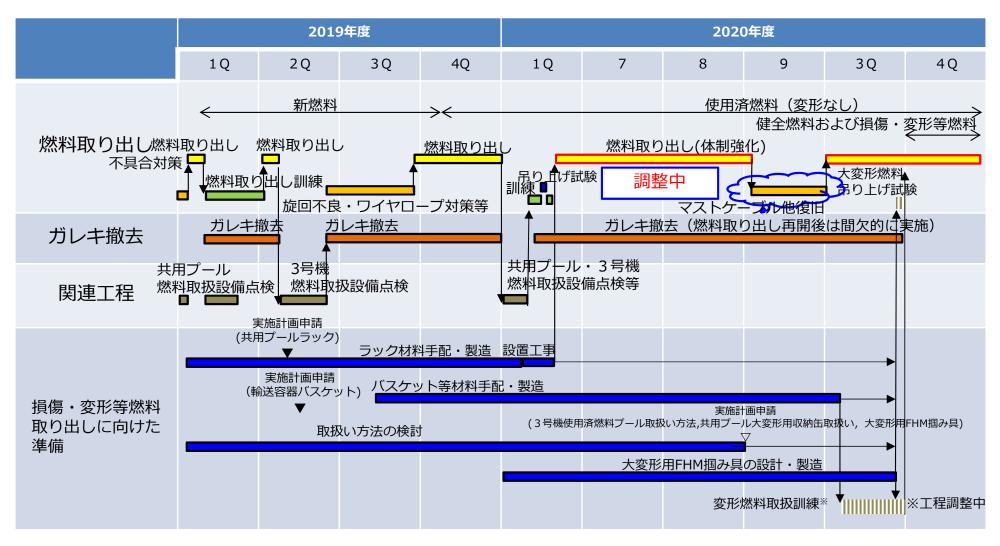
- 燃料取り出しの課題について,下記に示すスケジュールで対応を進める。
- 最大1000kgでの吊り上げ試験は,10月頃を予定

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 ①-2(済) 手制御棒の再移動				済))設計・製作	・モックアソ	ップ ▽	実機適用		
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 ②-2および③-1	手順確認・ハンドル強	(1)			燃料も合わせ			〕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	振動付与装置	置・圧縮空気 ド切削装置	気注入装置の の設計・製作)設計・製作			アップ _{実機} モック	アップ 実機適用 機適用※	時期検討中
④ ハンドル変形	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		験 使用前検査 ⁷ 吊り上げ i		
燃料の対応	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		スケットの	設計・製作・製作・製作・製作	現地搬入		▽使	用前検査		1

7. 燃料取り出しのスケジュール



- 燃料つかみ具の信号異常,クレーン水圧ホース被覆損傷の対応について早期に実施し,2020 年度末に燃料取り出しを完了できるよう進めていく。
- 吊り上げ試験にて吊り上げることができなかったハンドル変形燃料の取り出し方法について 早期に検討し,燃料取り出し工程に影響が出ないよう対応していく。



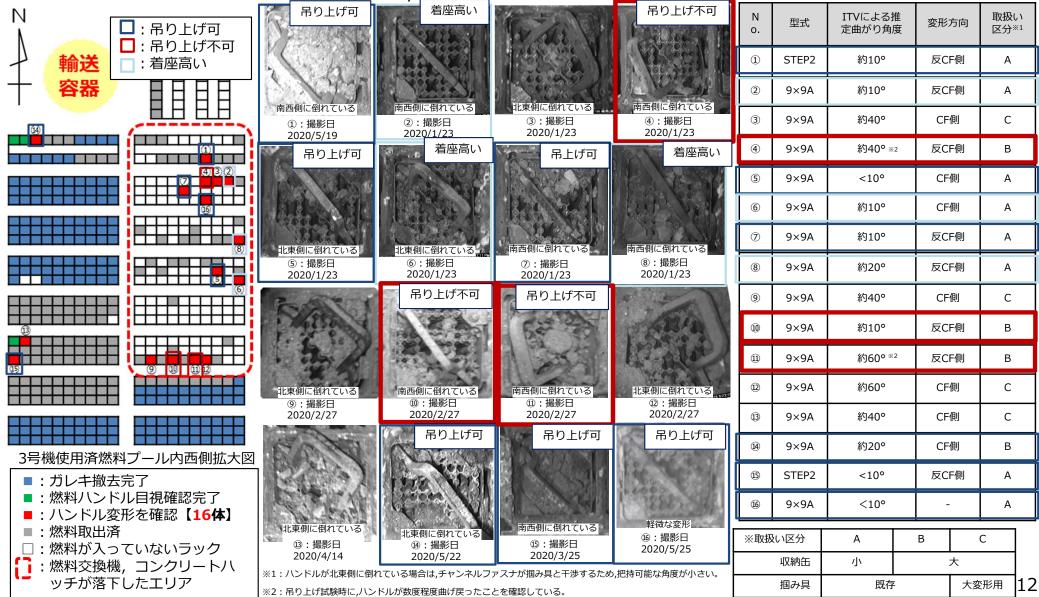
【参考】3号機SFP内燃料のハンドル状況の確認について



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。

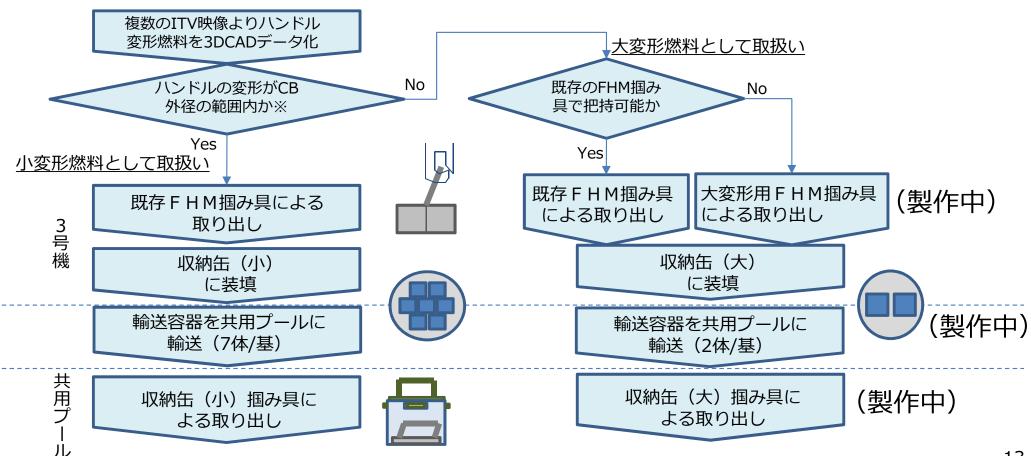
8月24日に,ハンドル変形燃料2体分(⑭および⑯燃料)が吊り上げ可能であることを確認。現時点で吊り上 ハンドル変形燃料取扱い区分







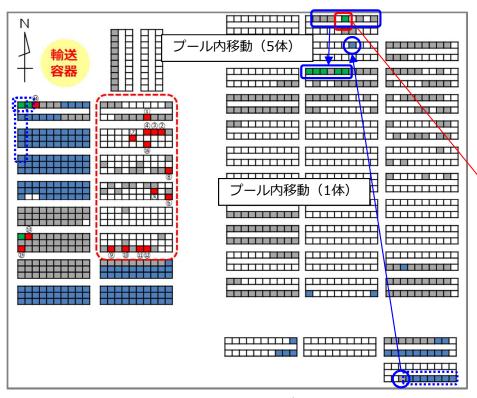
- ハンドル変形燃料については,以下の流れで取り出しを実施する。
 - 3号機では,変形したハンドルを既存 F H M掴み具で把持する。なお,変形量が大き い場合は,新たに大変形用FHM掴み具を用意する。
 - 輸送時は,ハンドルの変形量に応じて,収納缶を使い分ける。
 - 共用プールでは,収納缶ごと専用ラックに保管する。



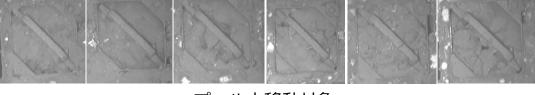
【参考】一部燃料のプール内移動



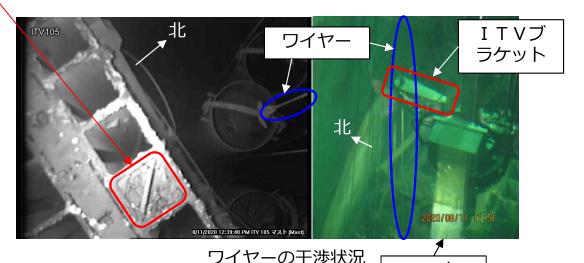
- プール端部に保管されている一部の燃料は,吸引装置を取り扱うFHM補助ホイストの 運転範囲の制約のため,現在の位置ではガレキ吸引が十分にできない。そのため,プール内 の別のラックに移動させた後,ガレキ吸引を行う。
- 2020年8月11日 プール北端に位置する6体のうち,5体を南へ移動させた。 残りの1体について,ラックの北側に機材を吊り下げているワイヤー**とマストITVブラケットの干渉を解消後,南へ移動予定。
- 2020年9月2日 プール南端に位置する1体を移動中,マストケーブルを損傷させた。



3号機使用済燃料プール



プール内移動対象



: 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。

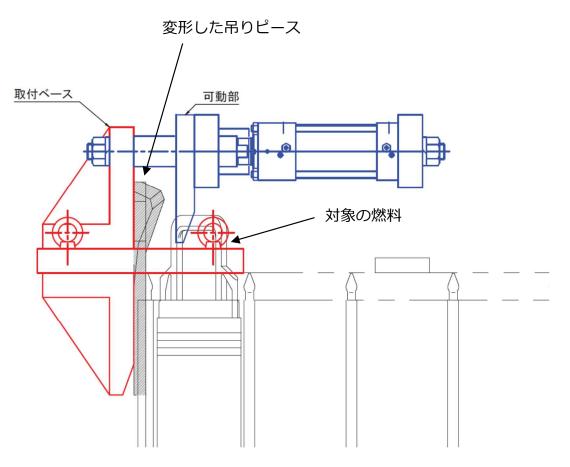
【参考】燃料ラック吊りピース変形箇所の対応



- 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】輸送容器洗浄配管近傍へのマストのアクセス確認



■ マニピュレータでマストを北側に押し込んで傾けることで,輸送容器洗浄配管近傍の燃料を把持できることを確認した。また,マストを押し込んだ状態で燃料を問題なく引き抜き可能であることを模擬燃料で確認済み。



押し込み前



輸送容器洗浄配管との干渉状況(押し込み後)



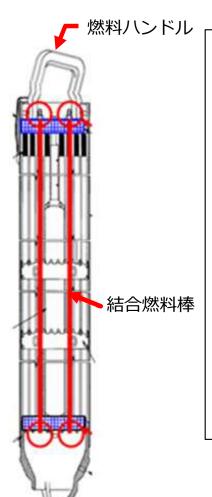
押し込み後



把持確認(⑭※燃料)



- 当初,ガレキの堆積によりハンドル変形燃料の状況を確認できていなかったため,保守的な条件をもとにした解析結果に基づき吊り上げ荷重を700kgに制限。
- ガレキ撤去の進捗により,ハンドル変形燃料の状況を確認できたため,吊り上げ荷重を健全燃料と同様の1000kgにした場合であっても,燃料の強度に問題ないことを試験により確認した。



燃料吊上げ時の

荷重負担部材

- 吊り上げ荷重設定の考え方
- ・燃料吊り上げ時は,結合燃料棒(全8本)と燃料ハンドルが荷重を負担する

<結合燃料棒>

- ①ガレキ衝突解析および実燃料の外観観察の結果,ハンドル変形燃料は4本以上の結合燃料棒で吊り上げ荷重を負担できる状態であることを確認。
- ②燃料吊り上げ時は3本以上の結合燃料棒でバランスを保ち吊り上がる。 吊り上げ強度評価の結果,降伏応力に対する比率は約0.51^{×1},引っ張り強さに対する比率は約0.35^{×1}であり,1000kgの荷重を負担できる状態であることを確認。
- ③また,引っ張り試験の結果,燃料棒は1本あたり1000kg以上の耐荷重を有する

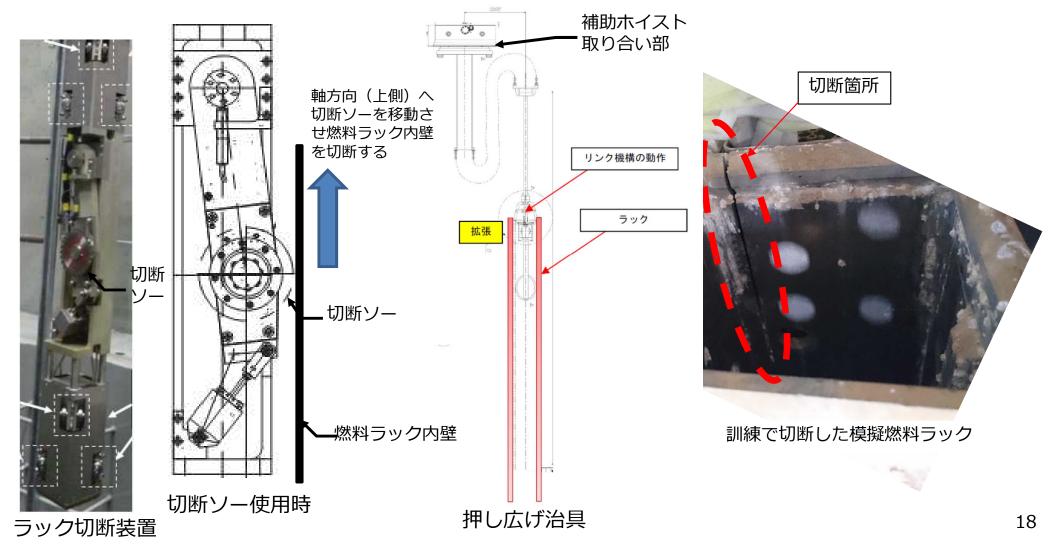
<燃料ハンドル>

- ①当初,吊り上げ荷重を700kg^{*2}を上限とし変形したハンドル模擬体の引っ張り 試験を実施。ハンドルの強度に問題の無い事を確認。
- ②今回,新たに変形したハンドルを模擬した引っ張り試験を実施。1000kgに余裕を見て約2000kgまで増加させた場合でもハンドルの強度に問題の無い事を確認
- ※1:燃料棒の材料であるジルカロイ2に対し,文献データによる降伏応力約380N/mm2,引っ張り強さ約546N/mm2を用い3本の結合燃料棒で荷重負担するとし算出
- ※2:検討当初は瓦礫撤去を未実施であり燃料上部の状況が不明瞭のため,結合燃料棒が2本のみ 吊り上げに寄与という想定を置いた。2本の場合,700kg以下に制限。

【参考】燃料とラック・ガレキとの干渉解除方法について

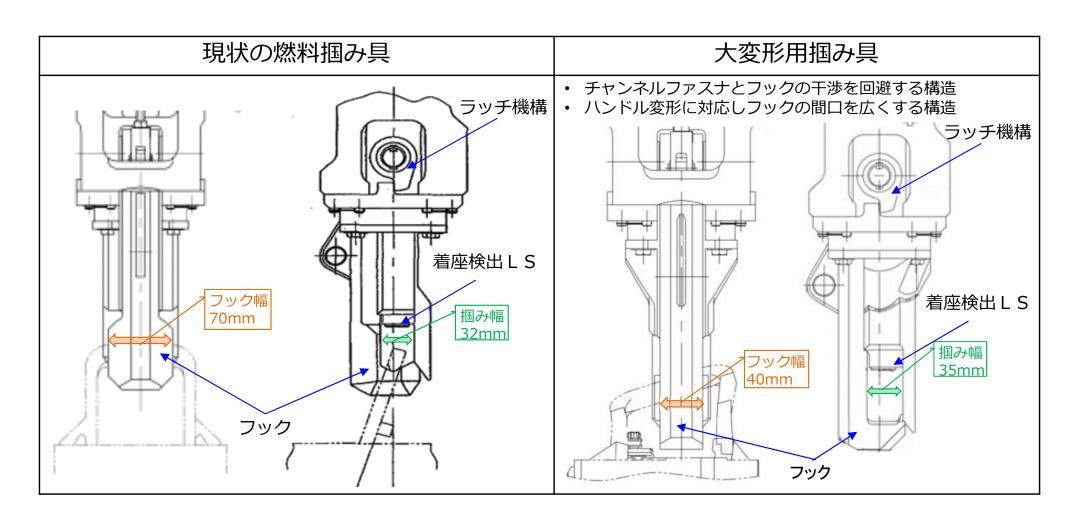


- 燃料ラックを内側から切断するラック切断装置,切断後に水平方向にラックを押し広げる押し広げ治具を製作済。3号機SFPにおいて燃料取り出し済の空ラックで実機検証を行う予定。
- 切断範囲は上部から1500mm程度,押し広げによるクリアランス増加は1~2mm程度。
- 燃料が隣接している箇所への適用可否,他の装置との適用順序等,現地適用にあたっての課題について実機検証準備と並行して検討を行っていく。





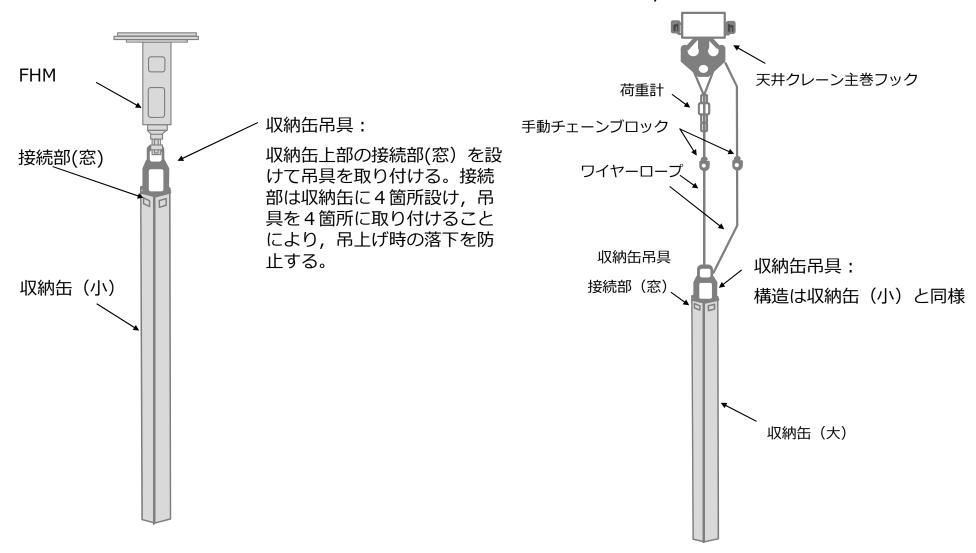
- ハンドルがチャンネルファスナ側に大きく倒れている燃料の取り出しに対応するため、専用の大変形用掴み具を導入
- 大変形用掴み具は現状の掴み具から先端形状のみを変化させたものであり,落下防止等の安全 機能に変更は無い



【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。(P12参考)
- 収納缶(大)は天井クレーンにチェー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



【事象】

- 9月9日,設備停止中のため,ウォークダウンを実施。
- クレーン主巻の水圧ホース近傍に滴下痕を確認し,ホースの被覆損傷を確認。
- 加圧を実施し,漏えいがないことを確認。

【原因】

■ 水圧ホース内部チューブの亀裂等により作動流体が被覆内に蓄積され,被覆が破損 したものと推測。

【今後の対応】

■ ホースの予備品への交換実施済。

【備考】

■ 作動流体は輸送容器吊り上げ時の垂直吊具アームの開閉に使用する。 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。



ホースリール写真



ホース損傷箇所





【事象】

- 9月19日,マスト信号異常の復旧作業において,クレーン補巻きを操作
- クレーン補巻きの動作がスムーズでは無いこと,水グリコールの連続的な漏えいを確認
- クレーン補巻き水圧ホースの外観を確認したところ,被覆の損傷、膨らみを確認

【原因】

■ 水圧ホース内部チューブの亀裂等により作動流体が被覆内に蓄積され,被覆が破損

したものと推測。

【今後の対応】

■ 水圧ホースの予備品への交換を実施

【備考】

- クレーン補巻きの役割はキャスク蓋締め付け・フランジプロテクタ設置
- 類似箇所(4箇所)の作動流体が無く ても燃料・キャスクの着座は可能
- 類似箇所は外観上の異常なし。今後動作確認予定
- 水圧ホースは類似箇所の予備品有
- 使用時は水圧ホースの状態監視を強化 する



水圧ホースの状況