

福島第一原子力発電所3号機 使用済燃料プールからの燃料取り出し工程について

2018年8月10日

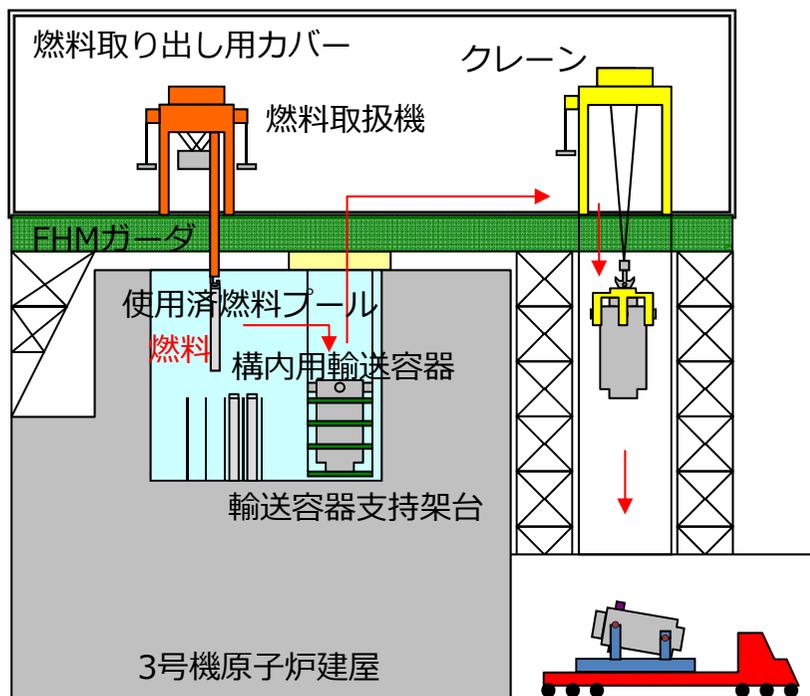


東京電力ホールディングス株式会社

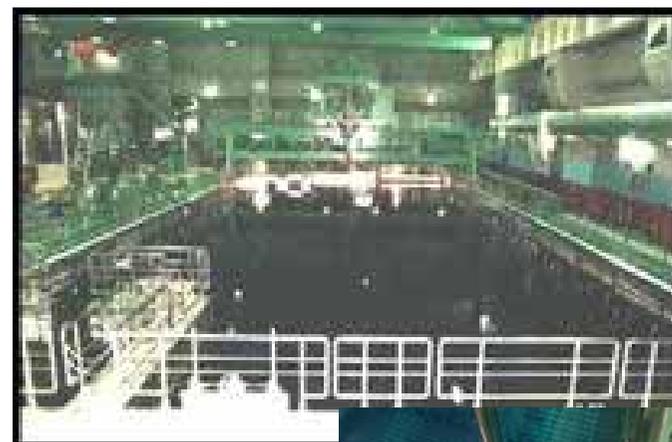
1. 3号機使用済燃料プールからの燃料取り出し概要 (1/2)

- 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、燃料上部の小がれき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

3号機原子炉建屋



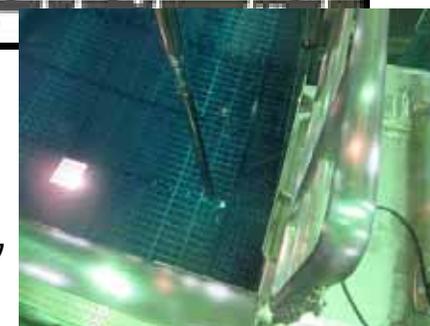
共用プール



構内輸送



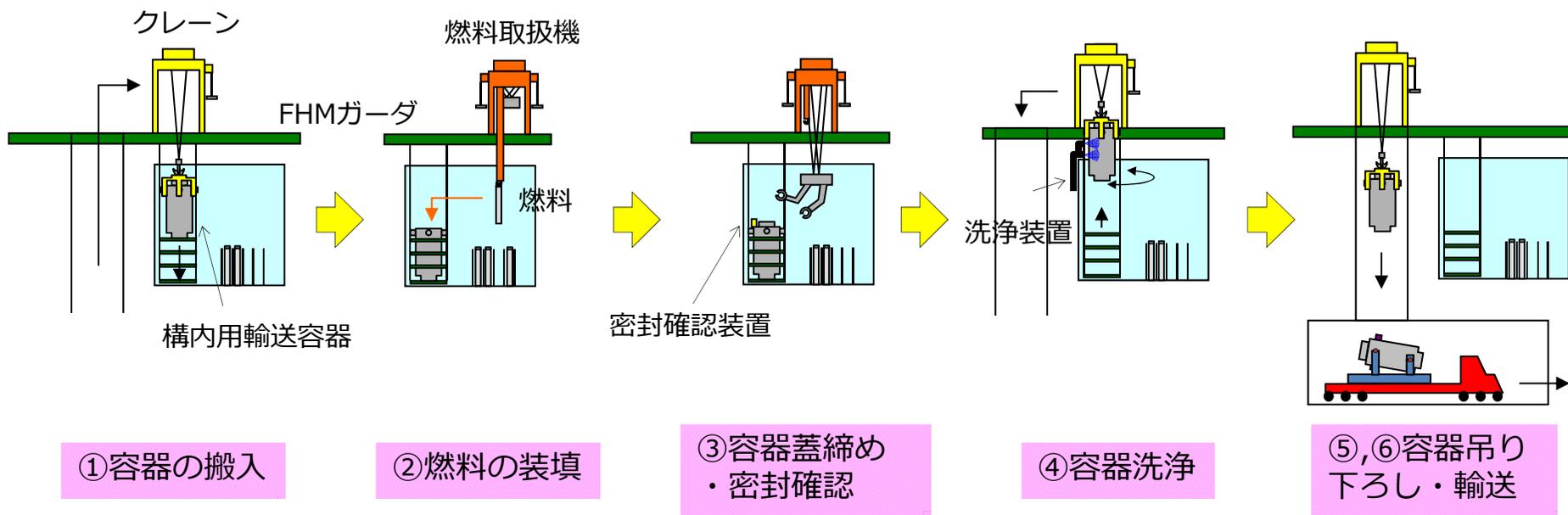
燃料ラック
に保管



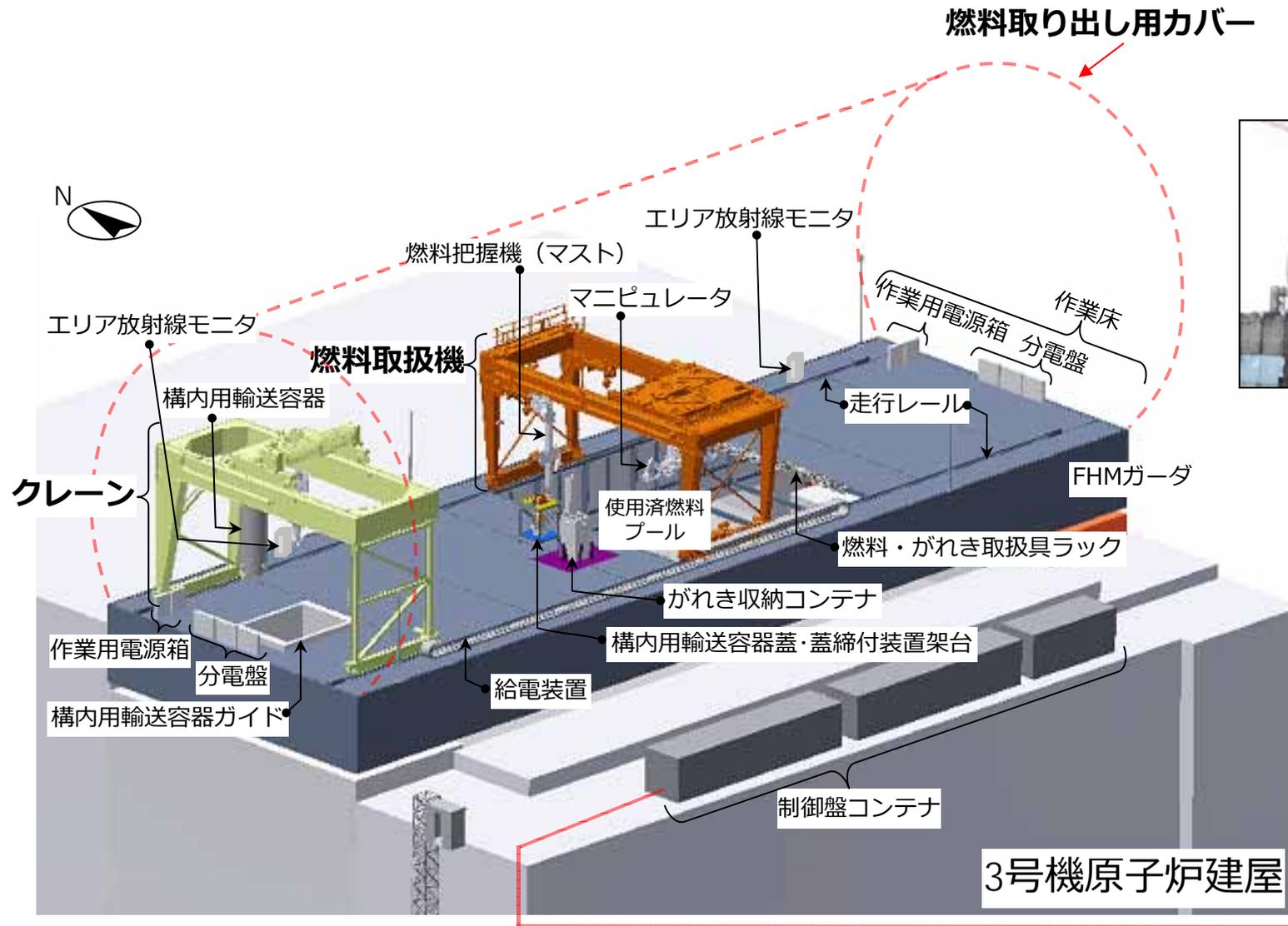
撮影：2013年11月22日

1. 3号機使用済燃料プールからの燃料取り出し概要 (2/2)

- ① 構内用輸送容器をクレーンで吊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下ろす
- 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) 燃料取り出し用カバー, 燃料取扱設備の概要



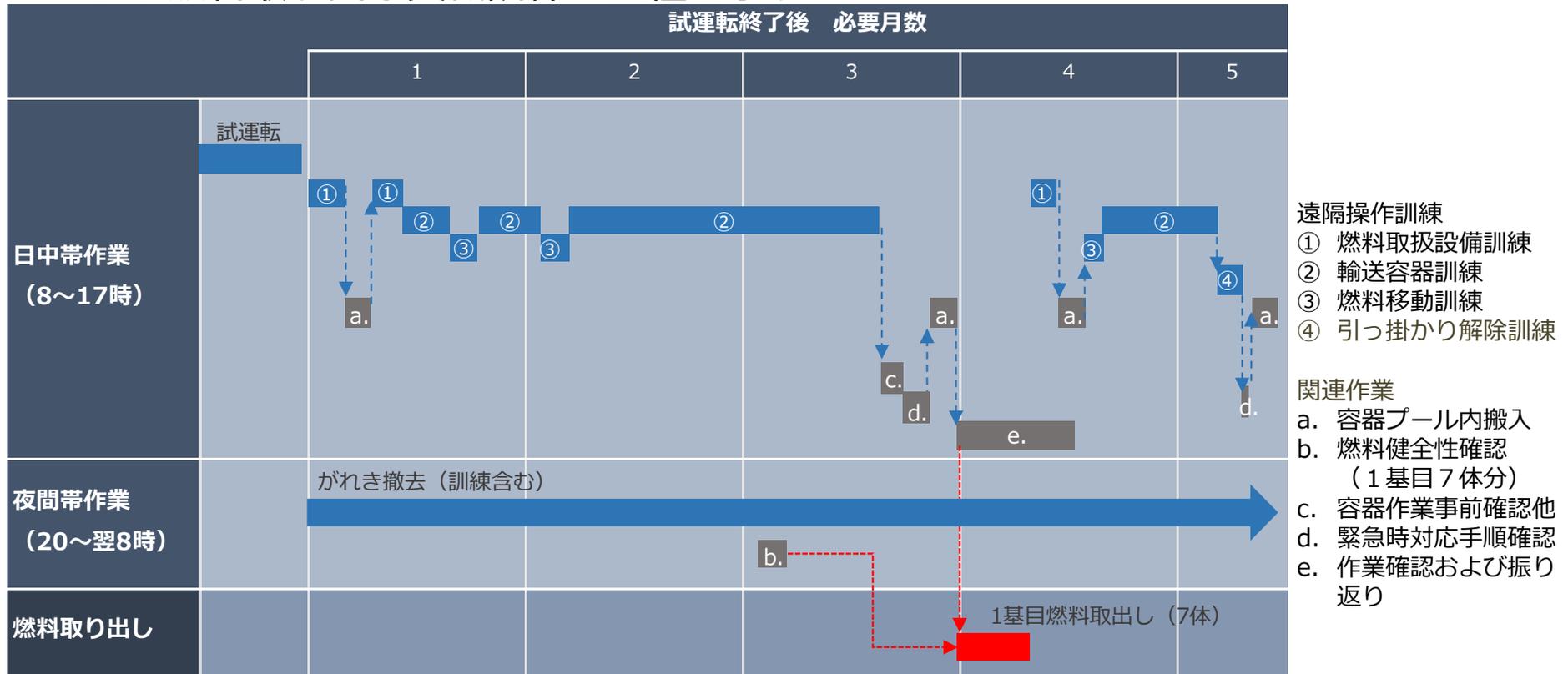
3号機外観



遠隔操作室 (事務本館)

2-1. 燃料取り出し開始までの工程について

- クレーンの不具合について部品の交換を行い、7/14より燃料取扱機・クレーンの試運転を再開したが、8/8の燃料取扱機の使用前検査においてマストホイストの制御に係る異常の警報が発生し検査を中断している。現状、燃料取扱機に損傷は確認されなかった。燃料取扱機設置の経緯、使用前検査で発生した不具合等について次頁以降に示す。
- 以下に使用前検査終了後から燃料取り出し開始までに行う、プール内がれき撤去および燃料取り出し実機訓練の工程を示す



※訓練等の順序・期間は必要に応じて見直しを行う
 ※上記の工程は、延伸リスク日数を含む。詳細日数はP14~17参照

2-2. 燃料取扱機設置の経緯

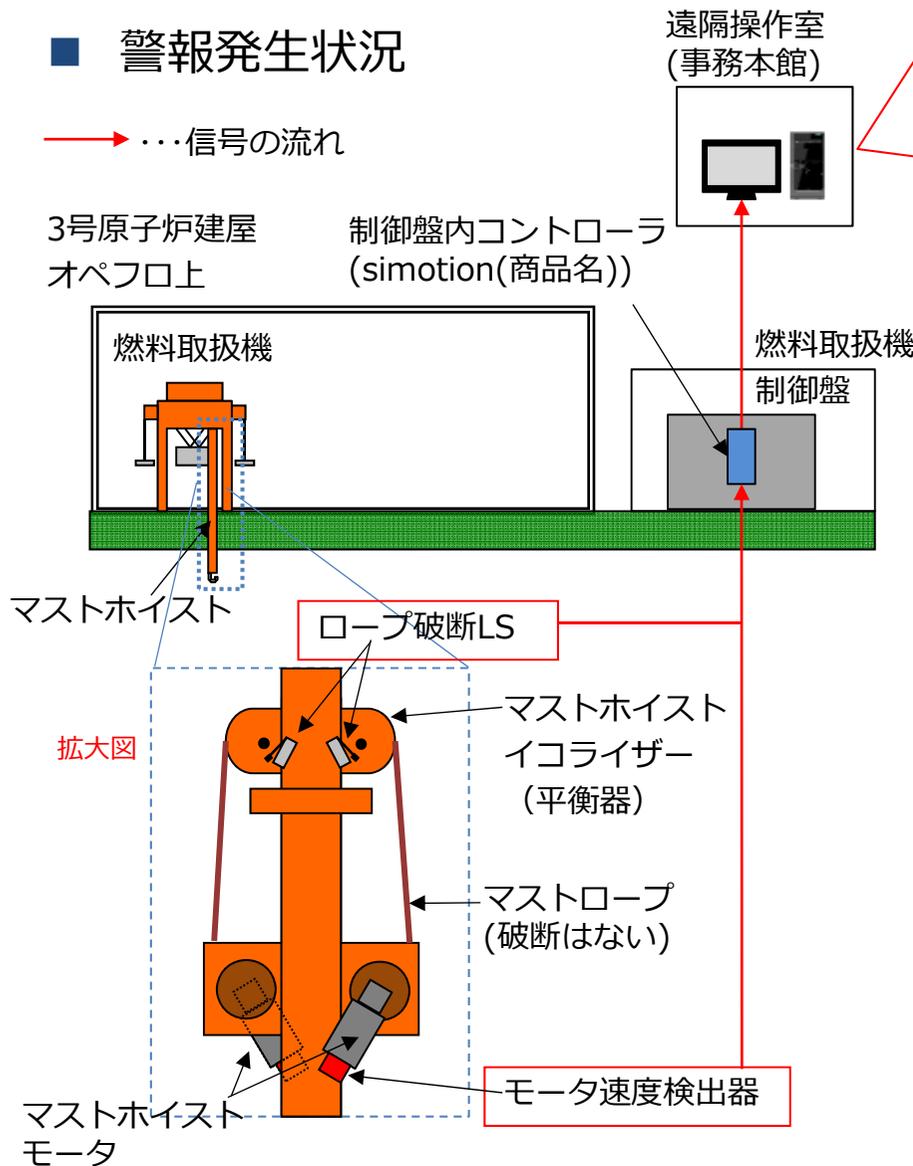
- 燃料取扱機は、国内工場で動作確認を実施後、発電所に搬入後も動作試験を実施している。使用前検査（8/8）前日までは、マストホイストの制御に係る異常警報は発生していない。

■ 燃料取扱機設置に係る時系列

時期	内容
2014/2	納入
2014/6～8	国内工場で動作確認実施
2015/2～12	国内工場で遠隔操作訓練の実施
2017/9	国内工場にて1Fへの輸送前の動作確認実施
2017/11	1Fへ海上輸送，ガーダ上へ据付
2018/5～8	試運転実施，異常がないことを確認
2018/8/8	使用前検査中にマストホイストの制御に係る異常警報が発生

2-3. 使用前検査で発生した不具合

■ 警報発生状況



発生警報

- ① 『マストホイストsimotion異常』
- ② 『マストホイスト# 2モータ・イコライザー異常』
- ③ 『ロープ破断なし(2)』(消灯)※
※ 通常は正常であることを検知しており、今回検知できなくなった。

パラメータ異常

- ④ 『マストホイストモータ1・2』のモータ回転量情報, ロープ引出し長さ情報が非表示(####)
→ 警報発生状況については、参考9参照

■ 各警報の発生要素について

【①～③発生警報】

- ロープ破断を検出するリミットスイッチ(LS)の信号により警報③が発生し、①②はその関連警報として同時に発生する。
- ロープ破断, LS単品, 信号ケーブル等に不具合のある可能性が考えられる。
- 調査の結果、ロープの破断、LSの故障は確認されていない。その他は調査中。

【④パラメータ異常】

- ④のモータ回転数, ロープ引出し長さ情報の表示が非表示(####)となる可能性は、モータ速度検出器の単品故障, 信号ケーブルの不具合, 接続部の異常が考えられる。
- 調査の結果、接続部の異常は確認されていない。その他は調査中。

3-1. 燃料取り出し実機訓練

- 作業員の技能向上のため、燃料取り出し開始前に、燃料取扱設備・構内用輸送容器の一連の遠隔操作訓練を行う

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階への吊り下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
④ 引っ掛かり解除訓練	燃料吊り上げ時にがれきの干渉が発生した場合の解除訓練を行う

※番号は工程表上の番号に対応

- 輸送容器 1 基の輸送訓練が終了した後，1 基目の燃料取り出しを行う。輸送完了後，振り返りを行い，必要に応じて手順を改善する
- 実機訓練及び燃料取り出しの実施体制は以下の通り

	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)	①4班 ③4班	4班で作業	①2班 ③2班 ④6班	6班で作業
輸送容器取扱操作班 (6班)	①5班 ②5班	5班で作業	①1班 ②1班	6班で作業

3-2. 燃料取り出し開始前後における関連作業

- 燃料取り出し実機訓練の他、以下の関連作業を燃料取り出し開始前後に行う

関連作業		
a.	容器プール内搬入	輸送容器を1階からオペレーティングフロア上に吊り上げ、プール内に搬入し一次蓋を開放する
b.	燃料健全性確認	燃料上部のがれき撤去後、燃料上部に治具を被せハンドルの沈み込み、傾きが無いか確認する
c.	容器移送作業事前確認他	1階に吊り下した輸送容器への二次蓋の取付け、車両積載作業等の有人作業について取合確認等を行う
d.	緊急時対応手順確認	燃料取扱い中に地震等が発生した場合の対応手順の確認を行う
e.	作業確認および振り返り	1基目の取り出しの作業確認および振り返りを行い、必要に応じて手順を改善する

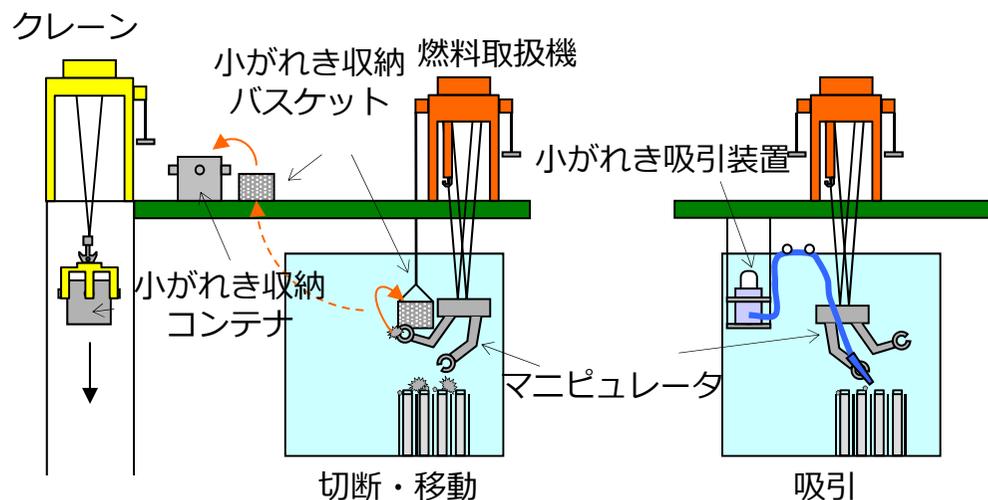
※番号は工程表上の番号に対応

4. プール内小がれき撤去作業

- 建屋の爆発の影響で使用済燃料プール内に小がれきが堆積しているため、マニピュレータやツールを用いて吸引、把持、切断等により撤去する
- 燃料取扱設備の試運転後、燃料ハンドルより上の小がれきから撤去し、習熟後に燃料ハンドル付近の小がれきを撤去する
- 小がれき撤去作業は夜間帯に行う



2015年プール内調査時の画像



小がれき撤去作業のイメージ



つかみ具



バケツ



鉄筋カッター



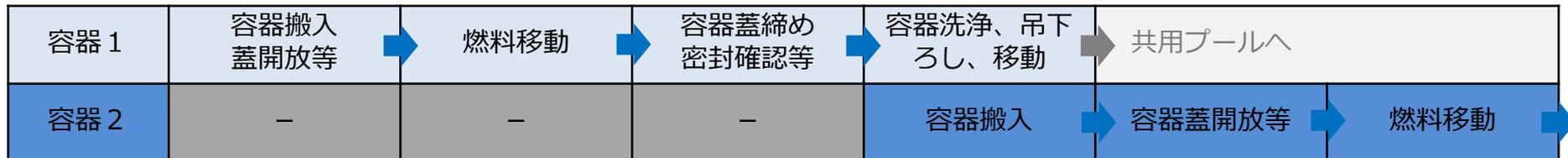
ケーブルカッター

小がれき撤去用ツール

5. 燃料取り出し作業

- 燃料取り出しは、リスクの低い燃料から進めていく予定
 1. がれき衝突による変形の無い新燃料
 2. がれき衝突による変形の無い使用済燃料
 3. 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
- 燃料取り出しおよび小がれき撤去作業は、24時間作業で行う予定（下図参照）
 - 燃料移動作業および小がれき撤去作業：6班
 - 輸送容器取扱作業：6班

<燃料取り出し作業の主な流れ>



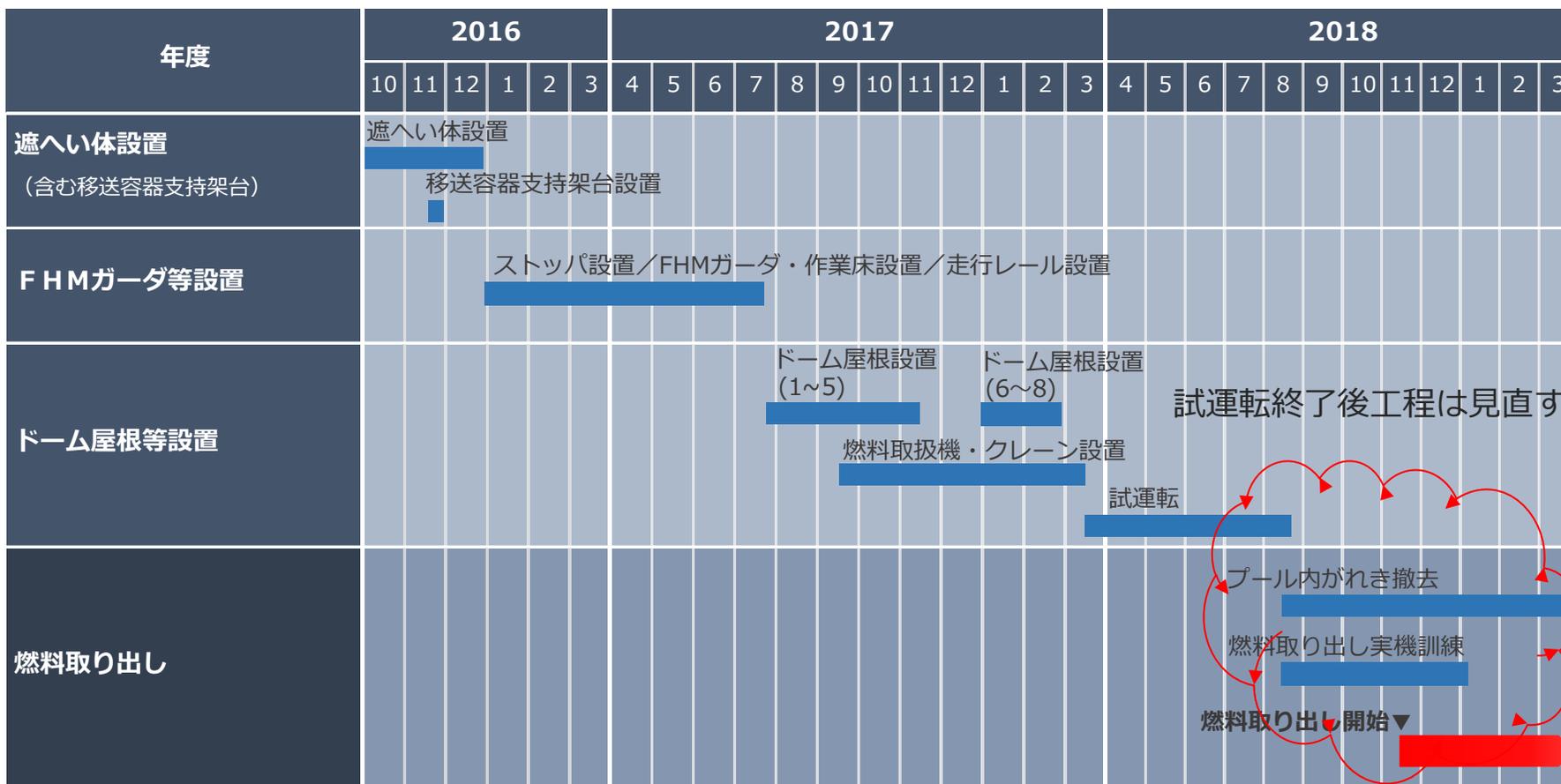
<24時間作業の状況>

日中帯 (8時～ 20時)	容器搬入 蓋開放等	燃料移動	容器蓋締め 密封確認等	容器洗浄、吊下 ろし、移動	容器蓋開放等	燃料移動
	容器搬入					
夜間帯 (20時 ～翌8時)	小がれき撤去			小がれき撤去	小がれき撤去	

※各作業に要する日数を示すものではない

6. 3号機燃料取り出しのスケジュール

- 燃料取り出し開始時期は、試運転終了から約3ヶ月後の予定
- 2020年度中の燃料取り出し完了を目指す。3号機では燃料取り出し作業を遠隔操作で行うことや、がれきによりハンドルが変形した燃料が確認されていることから、今後の実機訓練や作業員の習熟度、燃料ハンドルの状態など、取り出し工程が変動する要素がある。引き続き、安全を最優先に工程を精査していく。



参 考 资 料

参考1-1. 訓練日数（1基目の燃料取り出し開始前）

項目	日数	内訳	延伸リスク日数	延伸リスク日数内訳
① 燃料取扱設備訓練	10日	（1日×9班+予備1班※分追加1日） ・ 燃料移送作業の4班、輸送容器取扱作業の5班の計9班が行う ・ 燃料取扱設備の横行走行操作の訓練を行う ・ 1班あたり1日行う ・ 輸送容器取扱作業の予備の1班のみ2日行う	—	—
② 輸送容器訓練	48日	（6日×5班（総合訓練）+9日×1班（要素訓練）+9日（輸送容器吊降ろし訓練）） ・ 総合訓練（フランジプロテクタ取付取外および上面清掃、蓋締め、キャスク洗浄、蓋開放等）は6日程度かかる見込み 予備1班は上記の他、訓練日数を9日加えて基本操作（マニピュレータ操作、ITV操作、FHM/クレーンツール交換等）の習熟を図る ・ 輸送容器の吊降ろし・吊り上げ、密封確認装置の操作訓練等を9日間で5班が入れ替わりながら行う	10日	（1日×5班+1日×5班） ・ 工場訓練から年月が経っていることによる操作習熟の追加期間：5日 ・ 実際の輸送容器や設備を用いること等により工場訓練から差異が発生する部分の操作習熟の追加期間：5日
③ 燃料移動訓練	8日	（2日×4班） ・ 燃料1体あたりラックから輸送容器への移送は3時間かかる見込み ・ 1班あたり2日間で4回訓練を行う	2日	（0.5日×4班） ・ 工場訓練から年月が経っていることによる操作習熟の追加期間：2日

※：予備1班は工場訓練未実施

参考1-2. 訓練日数（1基目の燃料取り出し開始後）

項目	日数	内訳	延伸リスク日数	延伸リスク日数内訳
① 燃料取扱設備訓練	4日	(1日×3班+予備1班分追加1日)	—	—
② 輸送容器訓練	17日	(6日×1班(総合訓練)+9日×1班(要素訓練)+2日(輸送容器吊降ろし訓練))	—	—
③ 燃料移動訓練	4日	(2日×2班)	—	—
④ 引っ掛かり解除治具訓練	6日	(1日×6班) ・1班あたり1日を訓練期間と設定	—	—

※1基目取り出し後の残りの班の訓練では延伸リスクは現状考慮していない

<参考>

- ・ 1基目の燃料取り出し開始時点では、燃料移送作業を4班、輸送容器取扱作業を5班訓練実施
- ・ 2基目以降は燃料移送作業6班、輸送容器取扱作業6班で作業を行う体制

参考1-3. 関連作業日数（1基目の燃料取り出し開始前）

項目	日数	備考
a.	容器プール 内搬入 3日 (1回あたり)	<ul style="list-style-type: none"> 輸送容器を1階からオペレーティングフロア上に吊り上げ、プール内に搬入し一次蓋を開放し、フランジプロテクタを取り付けるまで3日間設定
b.	燃料健全性 確認 1日～ (夜間帯に実施)	<ul style="list-style-type: none"> 1体あたり1時間を想定。 1基目のみの7体分であれば、1日を想定。 がれき撤去の進捗次第では、2基目以降の燃料分の健全性確認もあわせて数日間実施
c.	容器移送作 業事前確認 他 3日	<ul style="list-style-type: none"> 1階に吊り下した輸送容器への二次蓋の取付け、車両積載（輸送容器の横倒し、縦起こし）作業等の有人作業について取合確認等で3日を設定
d.	緊急時対応 手順確認 5日	<ul style="list-style-type: none"> 地震等が発生した場合の手順確認を1班あたり0.5日とし、計9班分の日数を設定 (0.5日×9班=4.5日より、5日と設定)

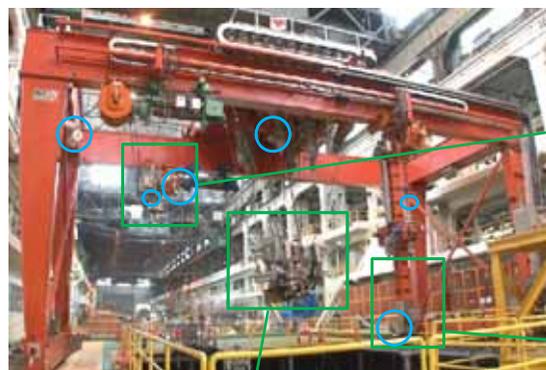
参考1-4. 関連作業日数（1基目の燃料取り出し開始後）

項目		日数	備考
a.	容器プール内搬入	3日 (1回あたり)	<ul style="list-style-type: none"> 輸送容器を1階からオペレーティングフロア上に吊り上げ、プール内に搬入し一次蓋を開放し、フランジプロテクタを取り付けるまで3日間設定
d.	緊急時対応手順確認	2日	<ul style="list-style-type: none"> 地震等が発生した場合の手順確認を1班あたり0.5日とし、計3班分の日数を設定 (0.5日×3班=1.5日より、2日と設定)

参考2. 燃料取扱機およびクレーンの概要

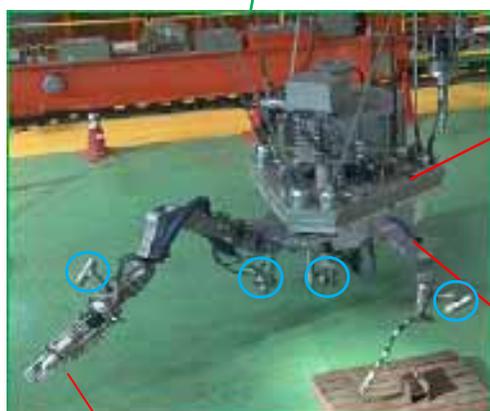
■燃料取扱機

- ・ 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



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

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

- ・ 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



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

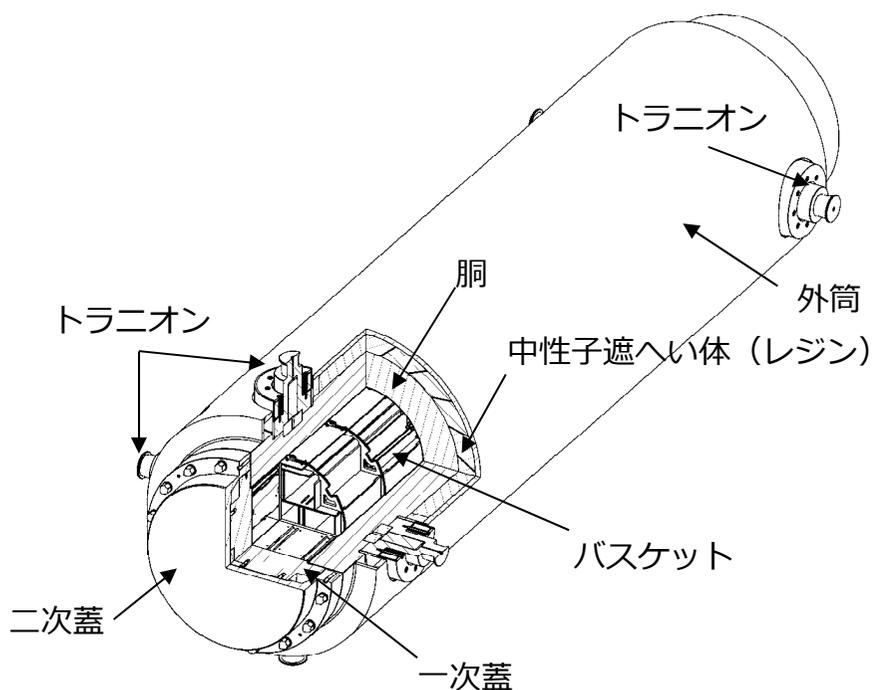


補巻先端に接続した構内用輸送容器蓋締め付装置で蓋を締める

○ : カメラ設置箇所

参考3. 構内用輸送容器の概要

- 3号機クレーンの定格荷重（50t）で扱えること、遠隔操作で蓋締めができることを満足するため新規設計した7体収納の構内用輸送容器を用いる
- 安全機能は4号機で用いられた輸送容器（NFT-22B型）と同等であり、実施計画の認可を取得
- 3号機から共用プールへの輸送では、2基を交互に用い作業を合理化する



重量（燃料を含む）	約46.3 t
全長	約5.6 m
外径	約1.4 m
収納体数	7体以下

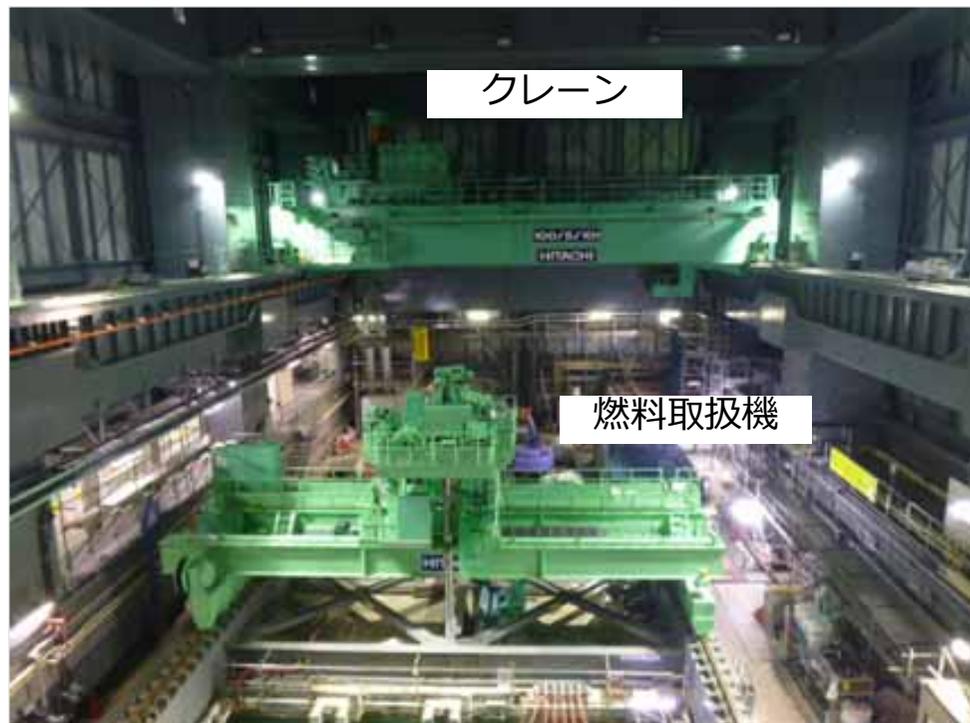
参考4. 4号機の燃料取り出しとの比較 (1/2) 燃料取扱設備

3号機



全て遠隔操作で行う

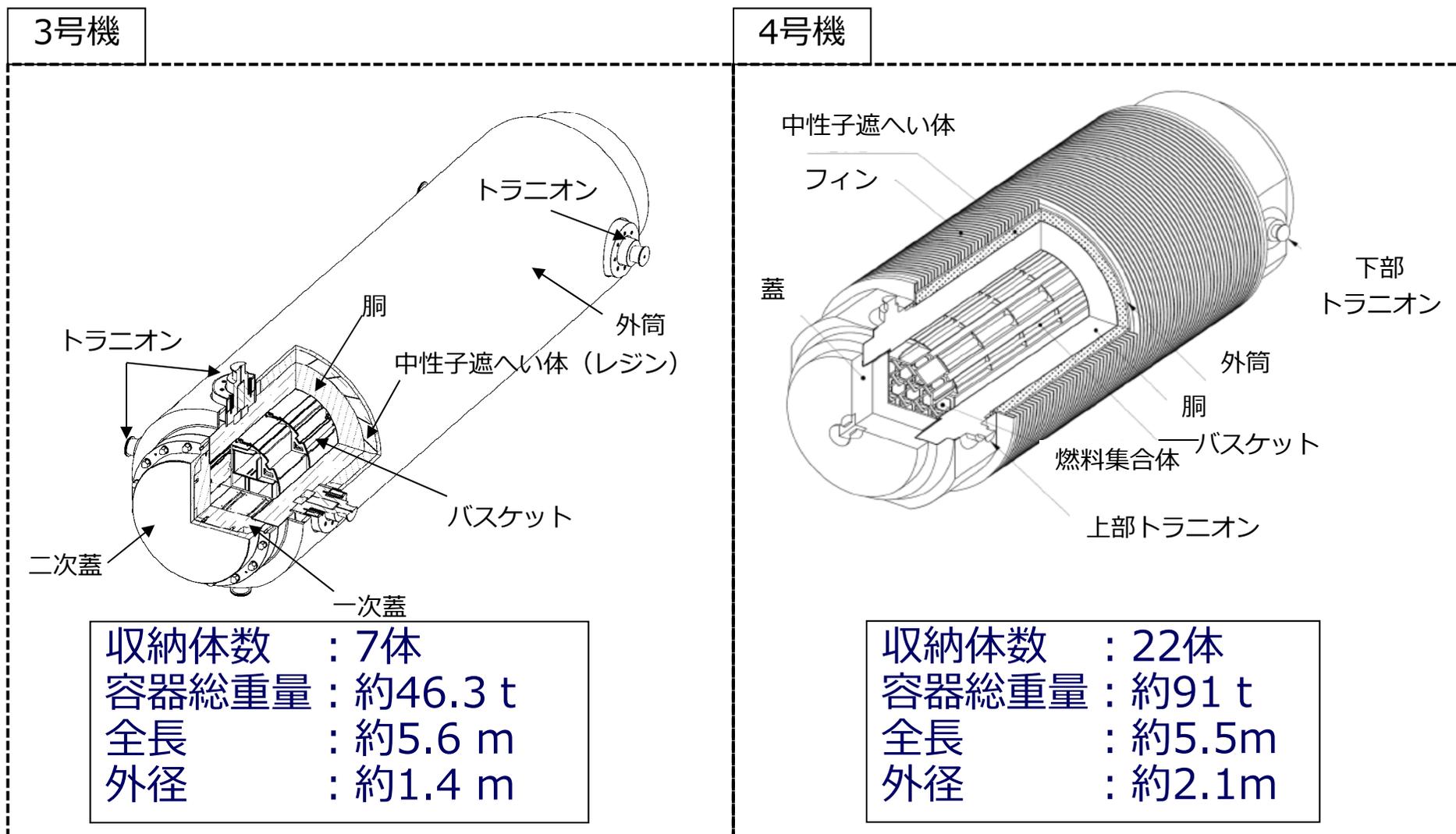
4号機



機上にて操作を行う

- 燃料および構内用輸送容器の落下防止機能は3号機, 4号機とも同等

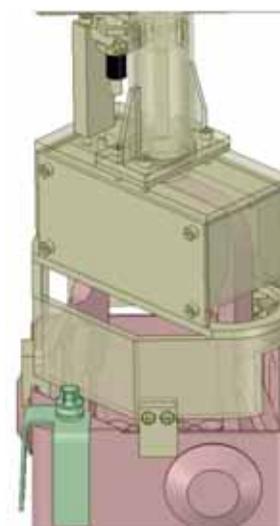
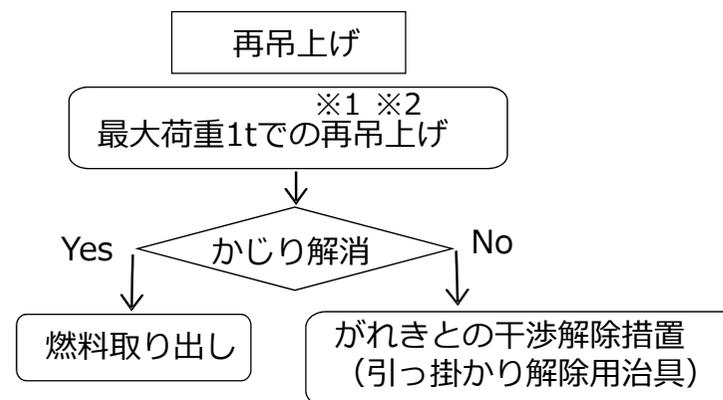
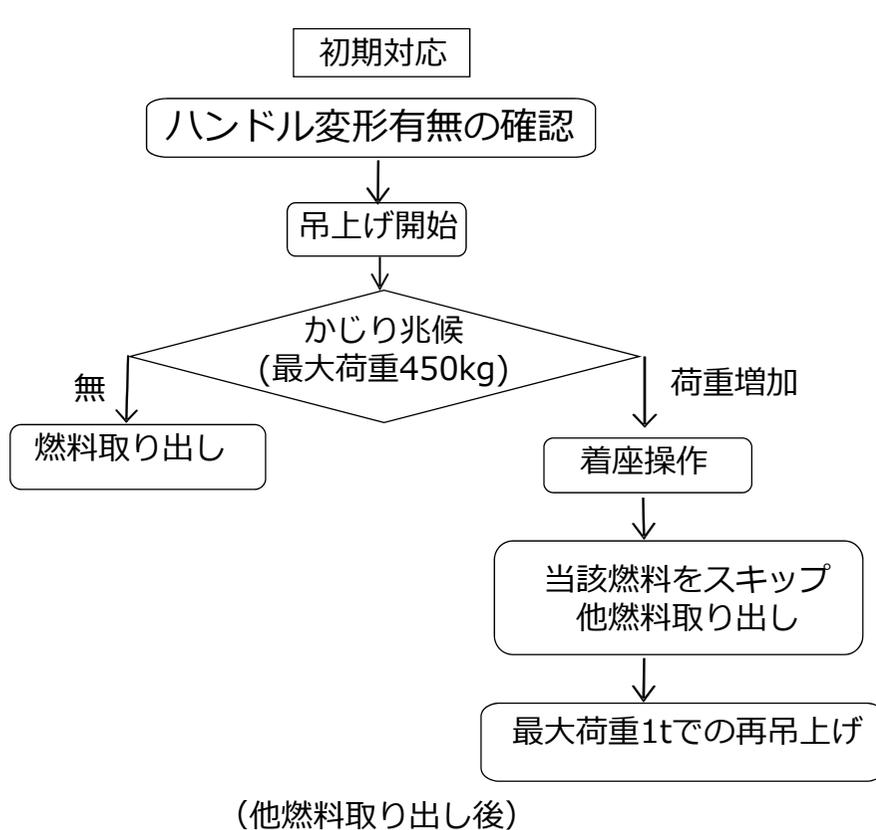
参考5. 4号機の燃料取り出しとの比較 (2/2) 構内用輸送容器



■ 3号機用の構内用輸送容器は遠隔操作で蓋締め等が可能。4号機用は近接操作が必要

参考6. 燃料取り出しの作業フロー

- がれきの衝突によるハンドル変形の有無を水中カメラおよび治具で確認
- 変形が無いことを確認後，吊上げを行う



ハンドルの傾きと沈み込みを治具を被せ確認

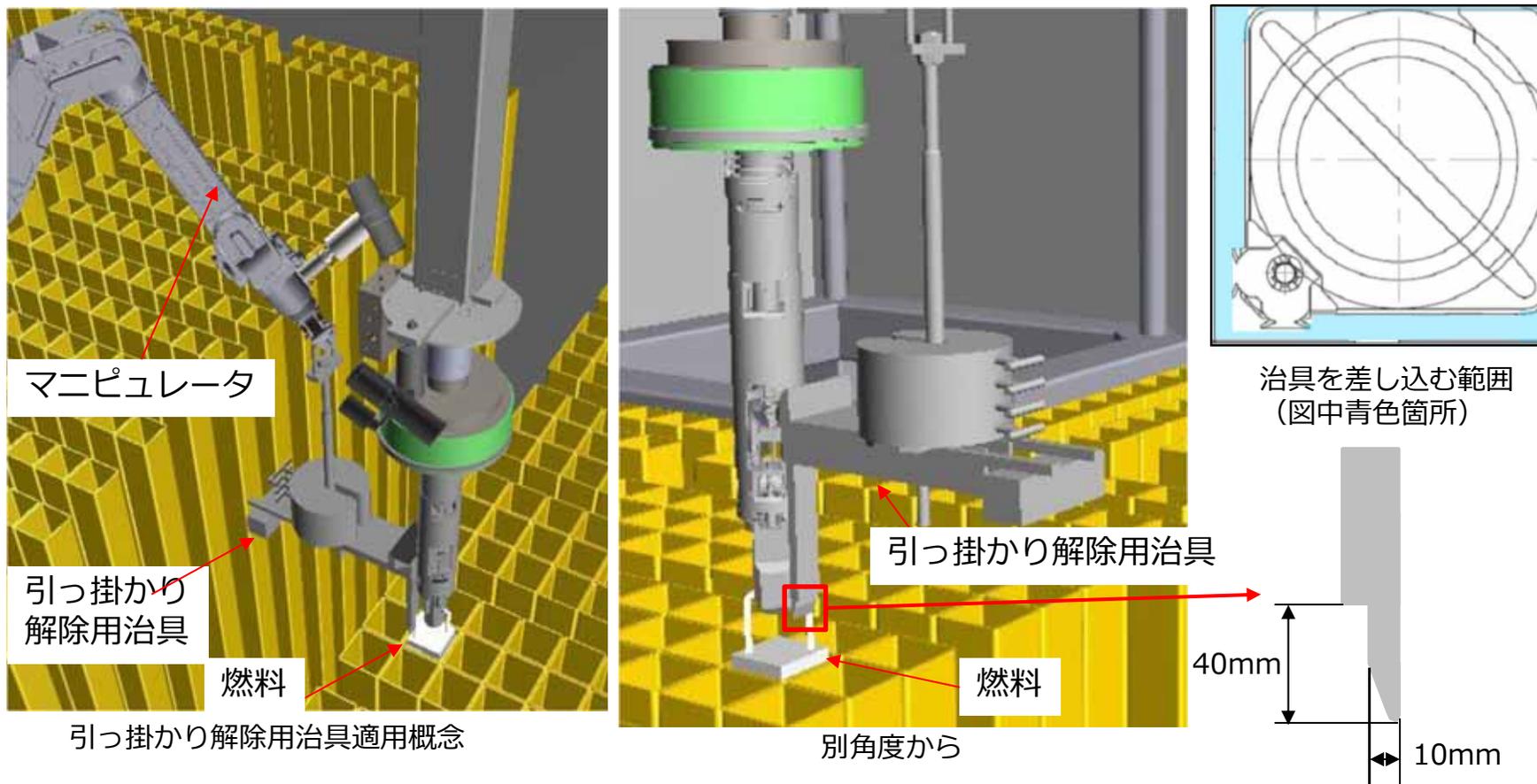
燃料健全性確認用治具

※1 必要に応じて固着状況の調査およびがれきとの干渉解除措置を行う

※2 チャンネルファスナが燃料ラックから抜ける範囲まで

参考7. 引っ掛かり解除用治具について

- 燃料ラックは最上部（入口）がラック内部の内寸より狭い構造
- 内寸の狭い最上部でのがれき詰まりを想定し、チャンネルボックスとラックの隙間に差し込みがれきを落とす治具（引っ掛かり解除用治具）を準備している
- チャンネルファスナが付いている側がC Bとラック間の間隔が広いいため、引っ掛かり解除用治具はチャンネルファスナが付いている側に差し込む



■ 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取り扱う
- 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

- 8月8日（水）燃料取扱機の使用前検査中に発生した警報及び事象は以下の通り

【使用前検査実施時】

- 15:08 燃料取扱機の使用前検査（機能検査）開始
燃料取扱機の燃料把握機（マスト）下降開始
「マストホイストsimotion異常」警報発生。警報リセットしクリア
- 15:11 「マストホイストsimotion異常」警報発生
「マストホイスト#2モータ・イコライザー異常」警報発生
「ロープ破断なし（2）」消灯発生※
※通常は正常であることを検知しており、今回検知出来なくなった。
- 15:35 燃料取扱機の使用前検査（機能検査）中断

【使用前検査中断後】

- 16:30 マストホイストモータ1・2の「モータ回転量」「ロープ引出し長さ」情報表示が「####」であることを確認