

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について

2018年7月26日

TEPCO

東京電力ホールディングス株式会社
福島第一廃炉推進カンパニー

©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved.

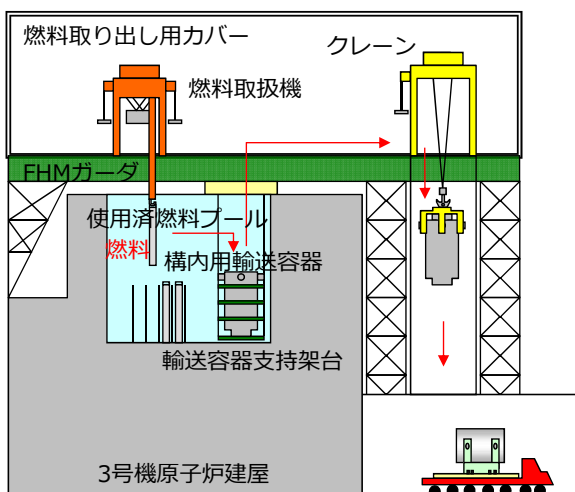
無断複製・転載禁止 東京電力ホールディングス株式会社

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)

TEPCO

- 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



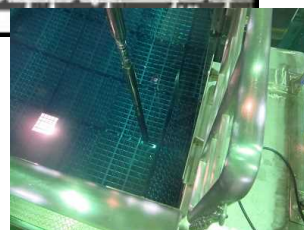
共用プール



構内輸送



燃料ラック
に保管



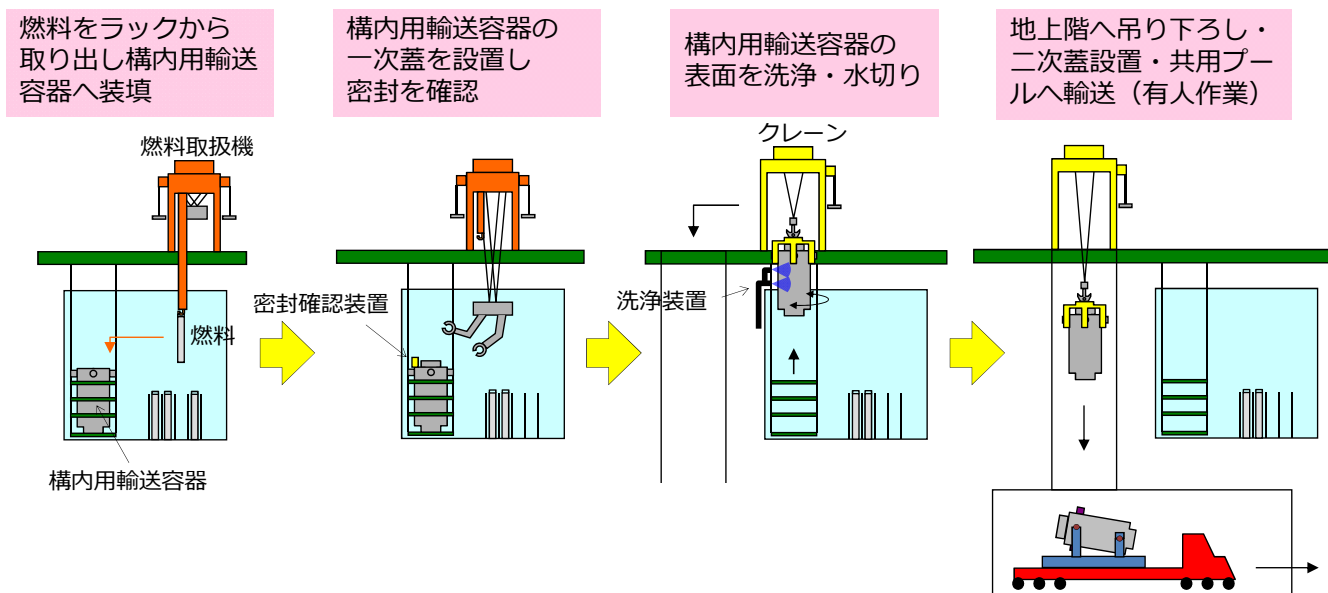
©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved.

無断複製・転載禁止 東京電力ホールディングス株式会社

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)

- 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
- 構内用輸送容器は、クレーンで地上階まで吊り下ろし二次蓋を設置する
- 構内用輸送容器を輸送車両に積載し、共用プールへ輸送する

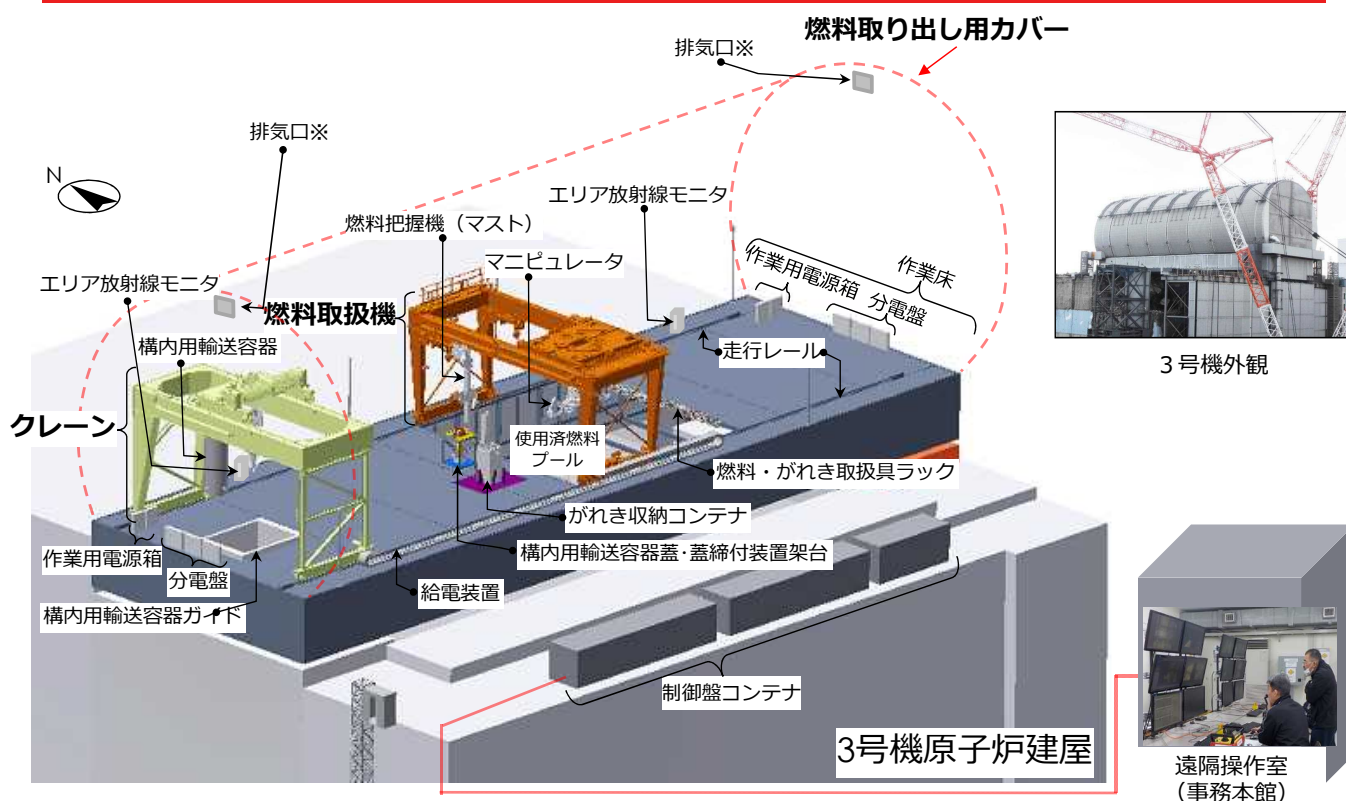


©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved.

無断複製・転載禁止 東京電力ホールディングス株式会社

2

2. 燃料取り出し用カバー,燃料取扱設備の概要



※カバー内ダスト濃度の測定は、排気ダクト内の空気をサンプリングし測定

©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved.

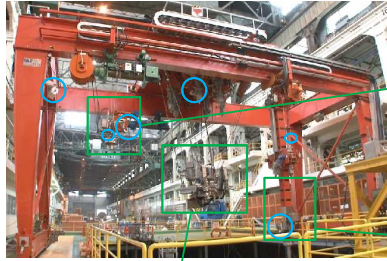
無断複製・転載禁止 東京電力ホールディングス株式会社

3

2-1. 燃料取扱機, クレーン

■ 燃料取扱機

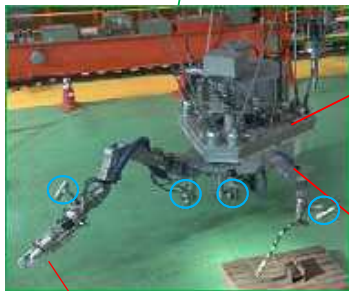
- ・ マニピュレータと補助ホイスに各種ツールを接続してがれきを撤去する
- ・ 燃料集合体のハンドル部をつかみラックから引き抜き、使用済燃料プール内に置いた構内用輸送容器に装填する



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

○ : カメラ設置箇所

■ 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



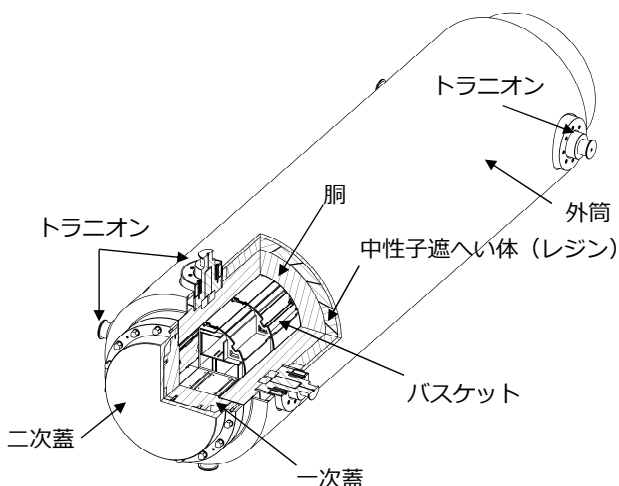
主巻フックに取り付けた吊具で構内用輸送容器を吊り上げる



補巻先端に接続した構内用輸送容器蓋締付装置で蓋を締める

2-2. 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



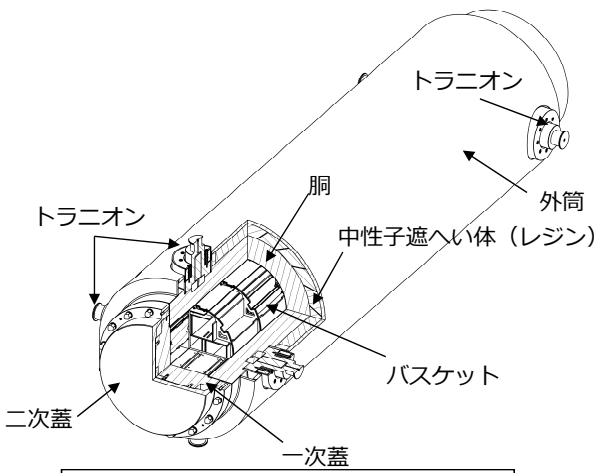
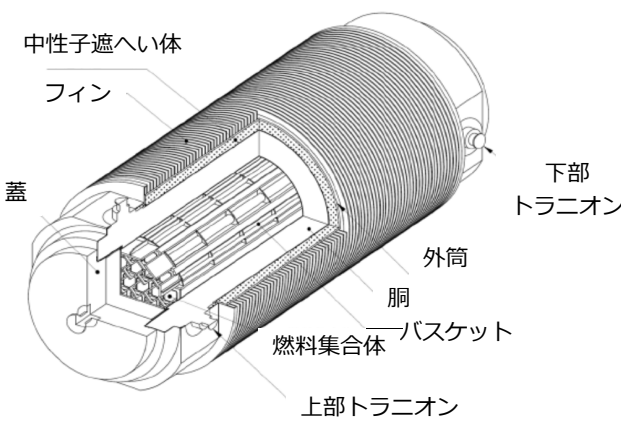
重量（燃料を含む）	約46.3 t
全長	約5.6 m
外径	約1.4 m
収納体数	7体以下

2-3. 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	4号機
 燃料取扱機  クレーン ©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved. 無断複製・転載禁止 東京電力ホールディングス株式会社 全て遠隔操作で行う	 クレーン 燃料取扱機 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

6

2-3. 4号機の燃料取り出しとの比較（2/2）構内用輸送容器

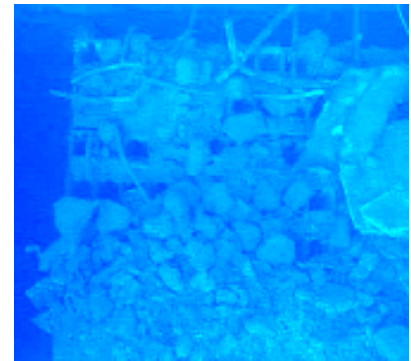
3号機	4号機
 収納体数 : 7体 容器総重量 : 約46.3 t 全長 : 約5.6 m 外径 : 約1.4 m	 収納体数 : 22体 容器総重量 : 約91 t 全長 : 約5.5m 外径 : 約2.1m

■ 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

7

■ プール内小がれき撤去

- 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燃料上部の小がれきを撤去する
- 燃料取り出し作業開始後は、夜間に小がれき撤去を行い、昼間に燃料取り出しを行う



2015年プール内調査時の画像

■ 燃料取り出し実機訓練

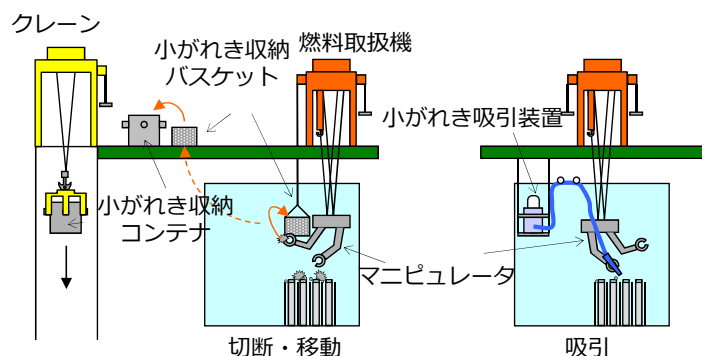
- 作業員の技能向上のため、燃料取扱設備・輸送容器の一連の作業訓練を行う

■ 燃料取り出し作業

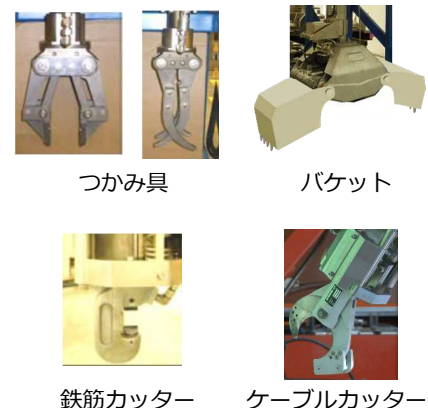
- 作業の習熟を考慮し、取り出しはリスクの低い燃料から行う予定
 - ① がれき衝突による変形の無い新燃料
 - ② がれき衝突による変形の無い使用済燃料
 - ③ 震災以前に損傷が発生した使用済燃料・がれき衝突により変形した燃料

3-1. プール内がれき撤去

- 燃料上部に小がれきがあるため、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
- 吊り上げたがれきの線量を計測し、高線量の場合は水中の燃料取り出し作業に干渉しない場所で保管する
- 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



小がれき撤去作業のイメージ



小がれき撤去用ツール

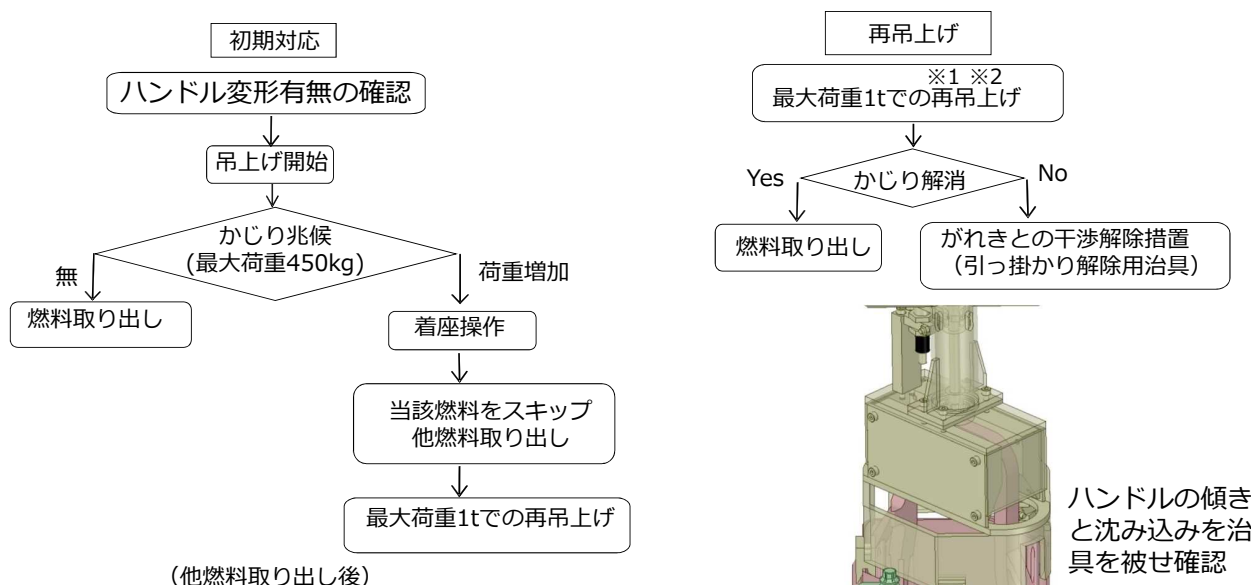
- 燃料取り出し作業開始前に、燃料取扱設備・構内用輸送容器の一連の作業訓練を行う

<実機訓練の概要>

- 模擬燃料を用いて、ラックから取り出し構内用輸送容器に収納するまでの燃料取扱機の一連の遠隔操作を行う
 - 構内用輸送容器を使用済燃料プール内に設置、蓋締め、密封確認、構内用輸送容器の吊上げ操作までの一連の遠隔操作を行う
 - 構内用輸送容器の地上までの吊り下ろし、二次蓋の取り付け、トレーラへの積載までの一連の作業を行う
- 構内用輸送容器 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

3-3. 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

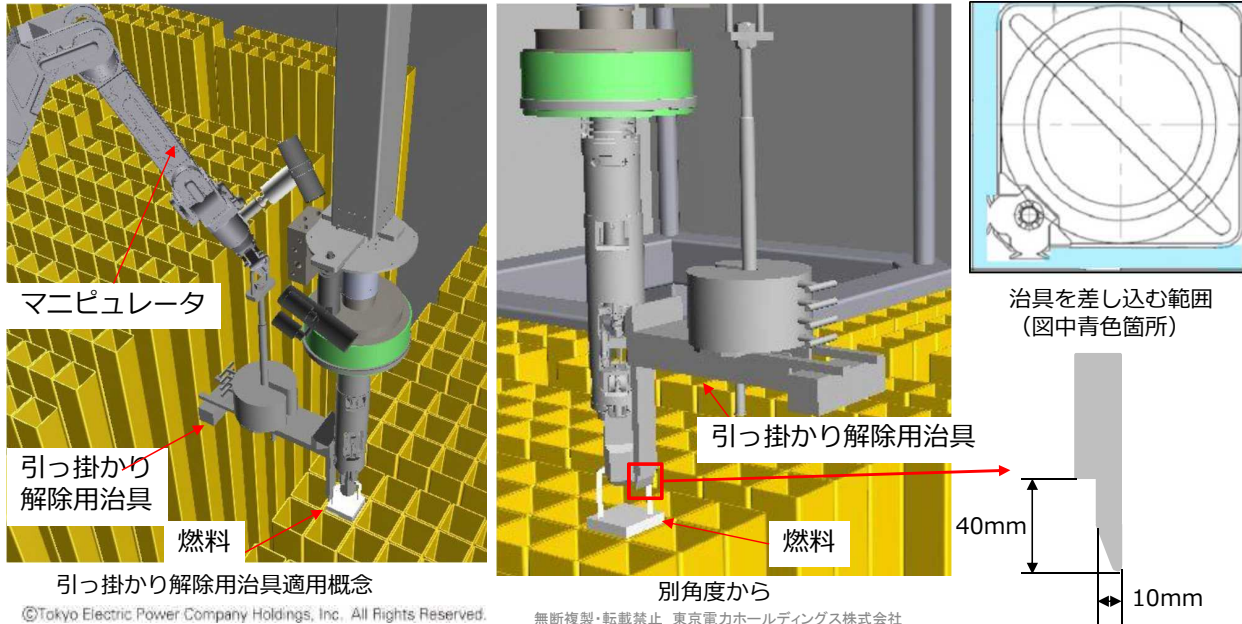


※1 必要に応じて固着状況の調査及びがれきの干渉解除措置を行う

※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

燃料健全性確認用治具

- 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

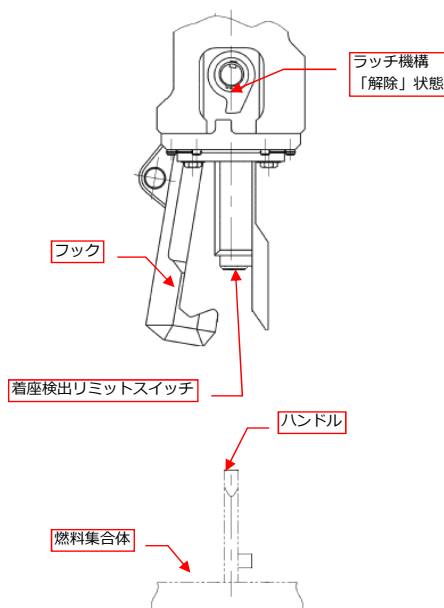


©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved.

無断複製・転載禁止 東京電力ホールディングス株式会社

12

3-4. 燃料つかみ具の安全対策について



項目	内容
燃料把持プロセス中の確認	フック放し位置保持のインターロック
	マストの着座をリミットスイッチにて検出
	「掴み」検出リミットスイッチ
	フック掴み位置での保持メカニカルロック
電源喪失時のフェイルセーフ	駆動力の喪失時にもフックが開状態にならない
フック開閉の機械的インターロック	吊荷重のある状態でフック開にならないようにフックメカニカルロックを設置
フック開閉の電氣的インターロック	吊荷重のある状態でフック開にならないように電氣的インターロックを設置
燃料の落下防止	ワイヤへの過荷重防止インターロック+ワイヤロープの二重化
燃料の落下防止	電源喪失時にもマスト本体が降下しないようにホイストのモーター部には負作動型ブレーキを採用
巻上、巻下時のソフトインターロック	吊荷重のある状態で、フック先端を一定以上の高さまで引き上げないと横行、走行停止となるマストが旋回動作中、過度の巻上巻下が生じた場合、巻上、巻下を停止する
稼動範囲インターロック	使用するホイストと取扱物により運転可能範囲を制限する

©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved.

13

■ 既存の燃料取扱設備と同様の二重化,フェイルセーフ設計

- ・ 吊具及びクレーン吊りワイヤの二重化
- ・ フックは外れ止め装置を有する構造
- ・ 巻上装置は電源遮断時にブレーキで保持する構造

■ 耐震設計

- ・ 原子力発電所耐震設計技術規程（JEAC4601-2008）に基づき,燃料取扱機は基準地震動 S_s （600gal）,クレーンは弾性設計用地震動 S_d を用い,移送作業中の地震に対して吊り荷を含む荷重を考慮した地震応答解析を行い,落下に至らないことを確認

■ 構内用輸送容器落下時の敷地境界線量評価

- ・ 落下を仮定した評価で,敷地境界の実効線量は約 $1.6 \times 10^{-3} \text{ mSv}$ と十分小さい

4. 漏えい燃料・ハンドル変形燃料等への対応

■ 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

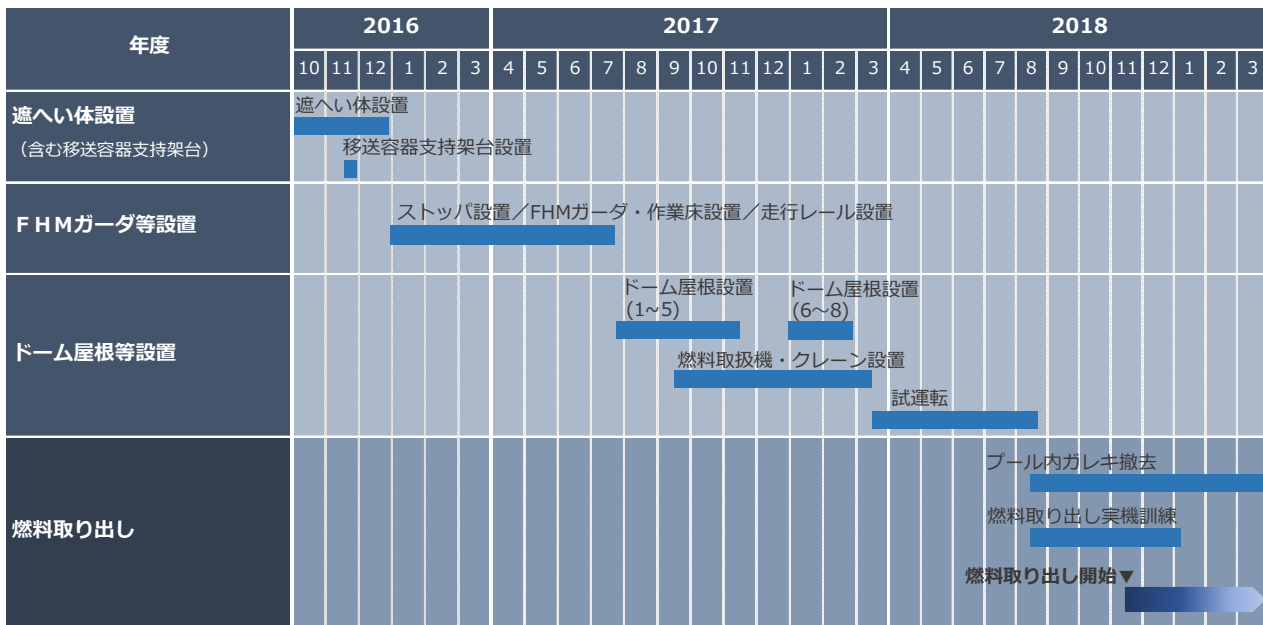
■ 漏えい燃料, スパーサ一部損傷（CB無し）は, 被覆管の破損を考慮した構内用輸送容器の安全評価後に共用プールへ輸送する

■ 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

5. 3号機燃料取り出しのスケジュール

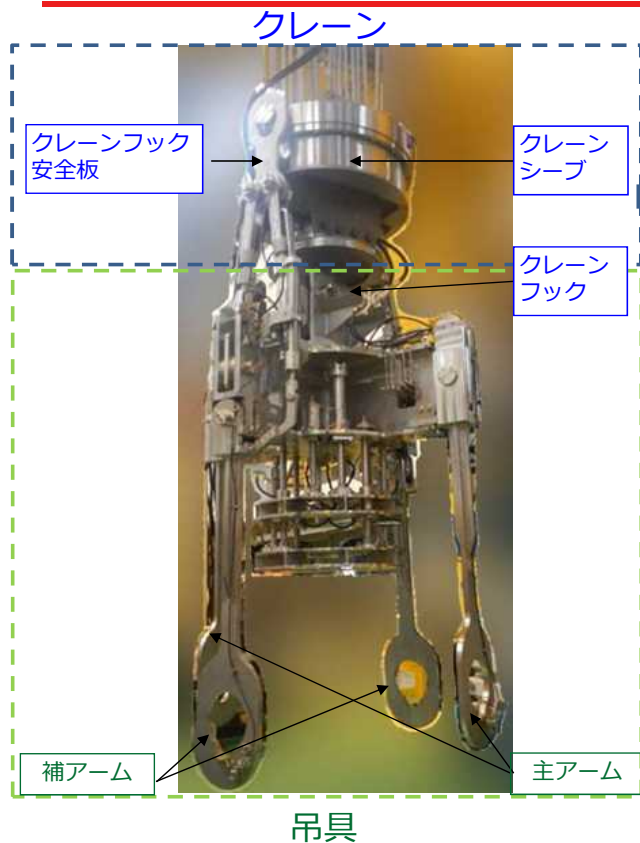
- クレーンの不具合について、部品の交換を行い7/14より動作確認を再開し、正常に動作することを確認。継続して、燃料取扱機・クレーンの試運転を実施中。
- 燃料取り出し開始時期は、2018年11月中の予定
- 引き続き工程精査を行い、安全を最優先に作業を進めていく



©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved.

無断複製・転載禁止 東京電力ホールディングス株式会社

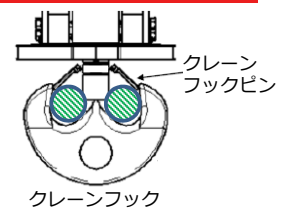
参 考 資 料



■ 吊具の二重化

クレーンと吊具の取付け

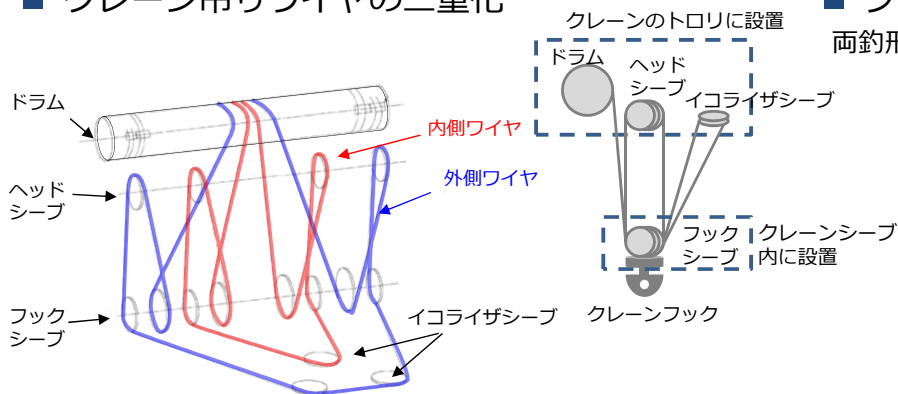
- ・ クレーンフックと吊具をクレーンフックピン2本で接続
- ・ クレーンシーブと吊具をクレーンフック安全板とボルトで接続
- ・ 荷重はクレーンフックが受けており、クレーンフック破損時にシーブで荷重を受ける



吊具と構内用輸送容器の取付け

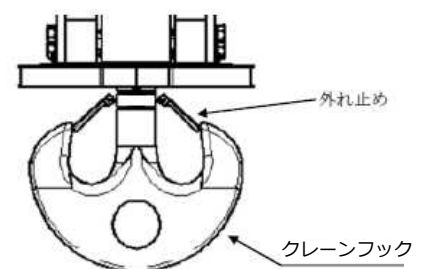
- ・ 吊具と構内用輸送容器を主アーム（1対）と補アーム（1対）で接続
- ・ 荷重は主アームで受けており、主アーム破損時に補アームで荷重を受ける

■ クレーン吊りワイヤの二重化



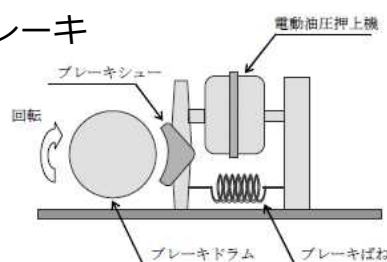
■ フックの外れ止め構造

両釣形フックで外れ止めを有する構造

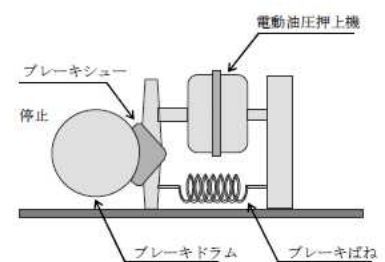


■ クレーンの巻き上げ装置ブレーキ

電源切断時に電動油圧押し上げ機が停止すると、ブレーキばねによりブレーキがかかり保持できる構造



通電（開放）時



制動時

■ 核分裂生成物の放出量

取扱作業中に構内用輸送容器が落下し、収納された燃料 7 体全てが破損すると仮定して、希ガス及びよう素の大気中への放出量を評価

核分裂生成物	放出量 (Bq)
希ガス	約 1.3×10^{14}
よう素	約 6.6×10^8

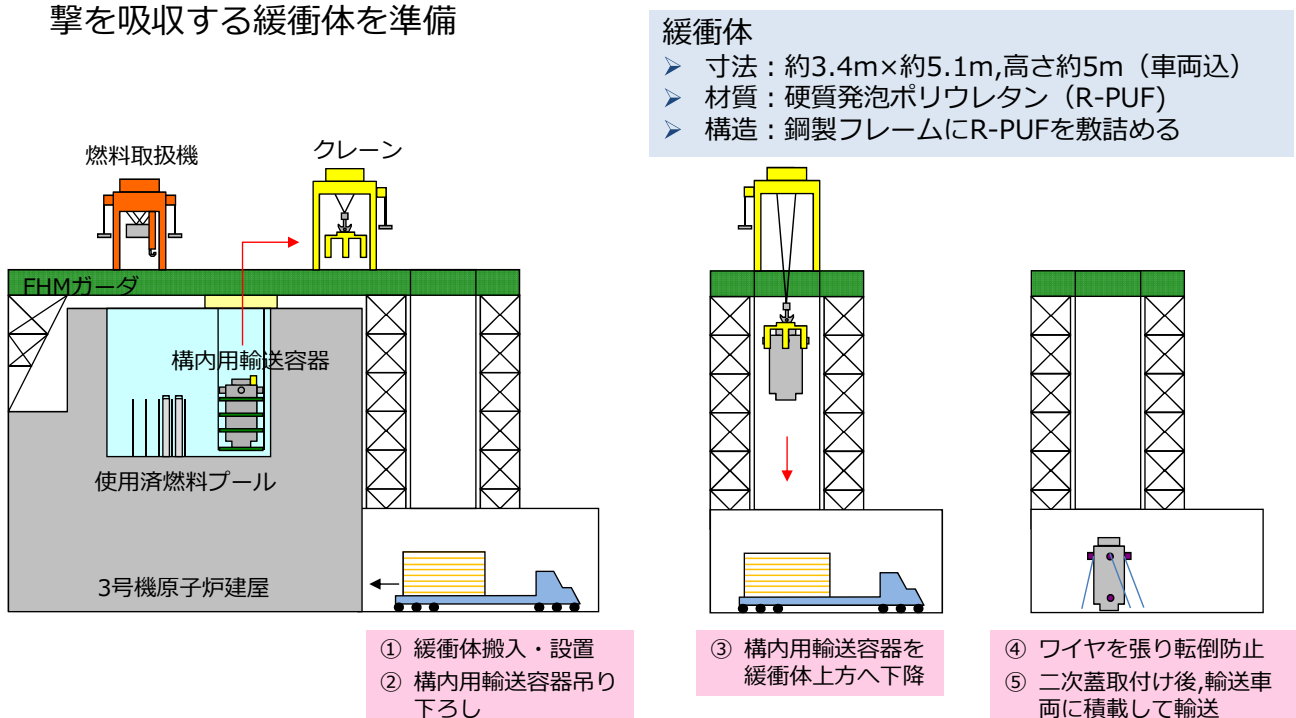
■ 実効線量当量の評価

大気中へ放出される核分裂性生成物は、地上放出されるものとし、これによる実効線量を評価した結果、周辺公衆に与える被ばくのリスクは小さい

核分裂生成物	小児(mSv)	成人(mSv)
希ガス	約 8.6×10^{-4}	約 8.6×10^{-4}
よう素	約 3.9×10^{-4}	約 7.1×10^{-4}
合計	約 1.3×10^{-3}	約 1.6×10^{-3}

(参考) 構内用輸送容器の落下に対する備え

- 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



構内用輸送容器の地上階への吊り下ろし作業概要