

TOSHIBA

2号機使用済燃料プールからの 燃料取り出し設備の概要

東芝エネルギーシステムズ株式会社
原子力機械システム設計部 機械システム設計第三グループ
東倉 一郎

目次

01 燃料取扱設備の概要

- 福島第一原子力発電所2号機の状況
- 燃料取扱設備の概要
- 燃料取扱設備の構成
- 燃料の取り出し手順

02 燃料取扱設備の安全機能

- 耐震性の確保
- 火災事象対応
- 遠隔操作性の確保
- 安全機能の多重化

03 まとめ

01

燃料取扱設備の概要

- 福島第一原子力発電所2号機の状況
- 燃料取扱設備の概要
- 燃料取扱設備の構成
- 燃料の取り出し手順

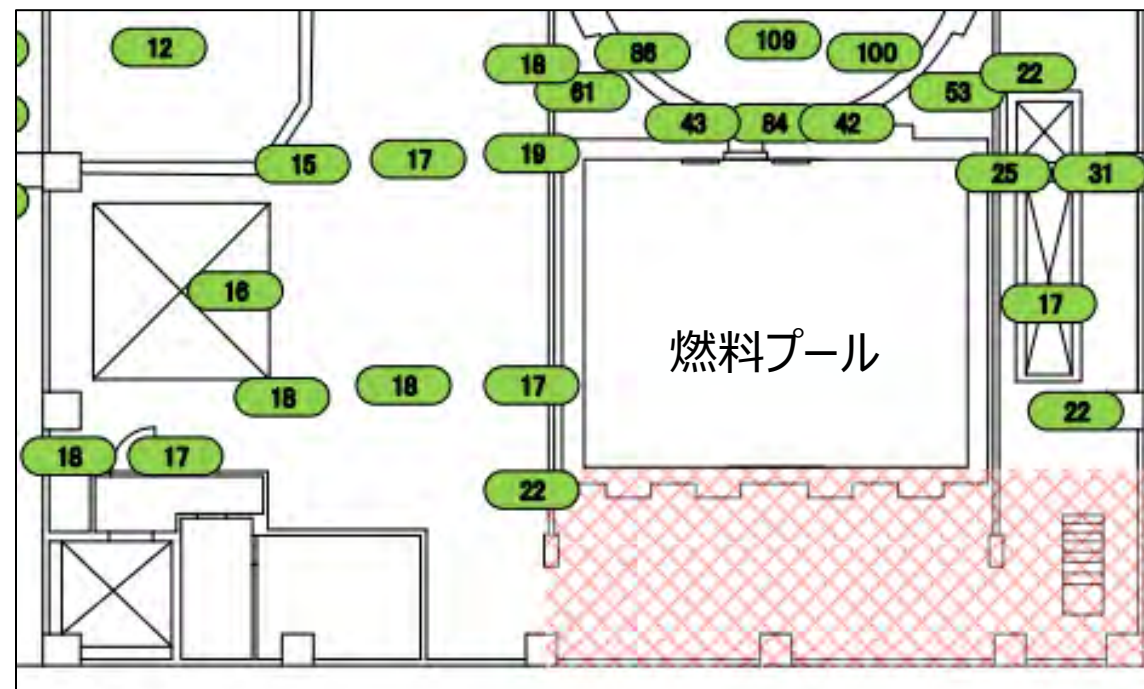
福島第一原子力発電所2号機の状況

- 使用済み燃料プールには615体の燃料が保管されており、共用プールへの移送が計画されている。
- 水素爆発に至らず原子炉建屋が残存しており、建屋内の線量率が高い。
- 既設の燃料取扱設備・天井クレーンの復旧は難しい。
- 使用済み燃料プール内に大きな堆積物は確認されていない。

[単位：mSv/h]



2号機原子炉建屋（2020年2月）(*1)

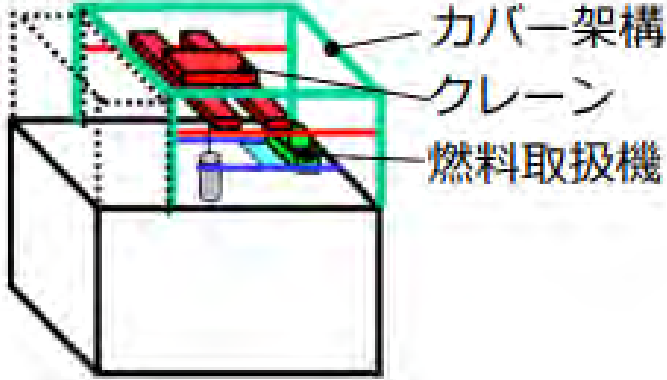
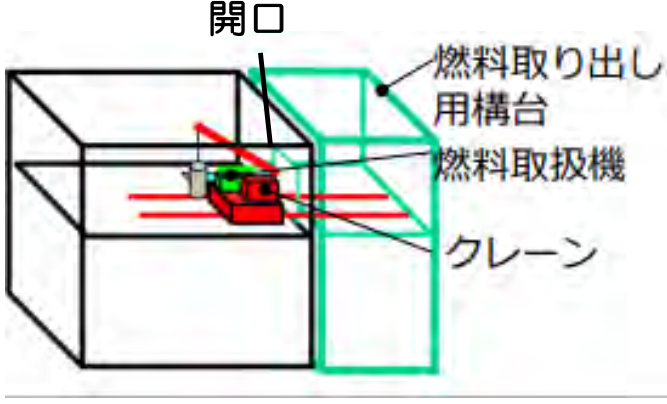


2号機オペロ線量（2020/4/1～2021/3/31）(*2)

(*1)東京電力ホールディングス株式会社殿ホームページ (<https://www.tepco.co.jp/decommission/visual/album/unit2/index-j.html>) より引用

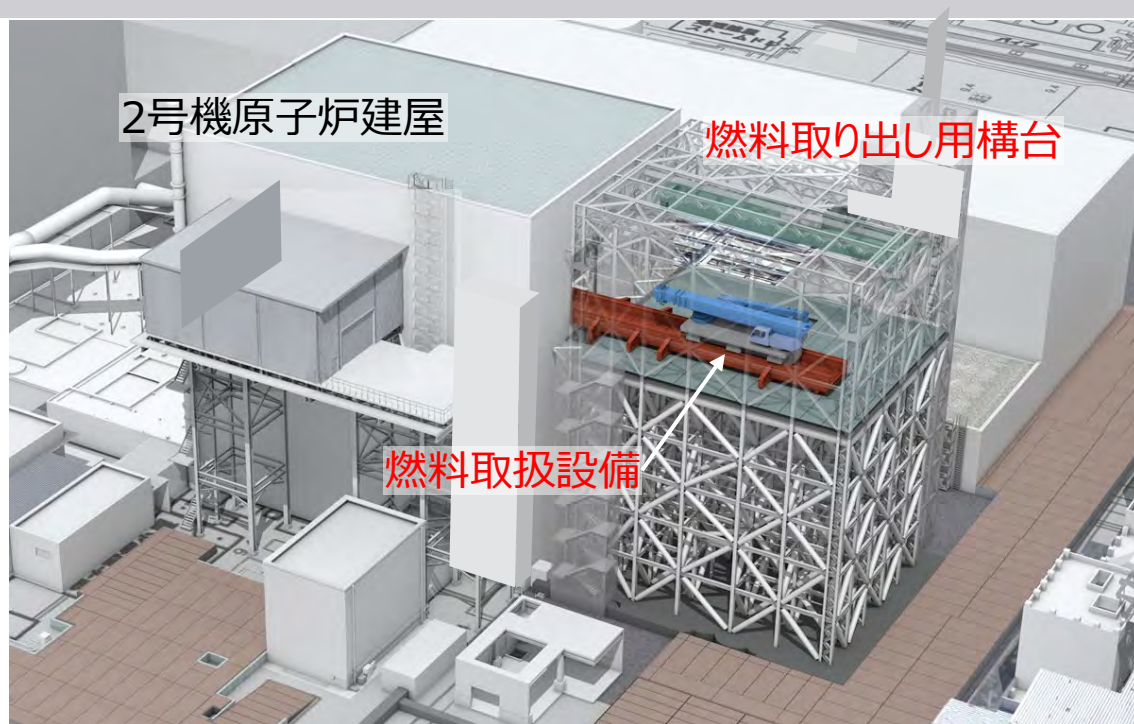
(*2)東京電力ホールディングス株式会社殿ホームページ (<https://www.tepco.co.jp/decommission/data/surveymap/archive/unit2-j.html>) より引用

燃料取扱設備の概要

	① オペフロ上部解体案	② 壁面開口設置案
イメージ	 <p>カバー架構 クレーン 燃料取扱機</p>	 <p>開口 燃料取り出し用構台 燃料取扱機 クレーン</p>
概要	① オペフロ上部を撤去。 ② カバーを設置。 ③ 燃料取扱機・クレーンを設置。	① オペフロ壁面に小規模な開口を設置。 ② 原子炉建屋横に構台を設置。 ③ 構台から開口を通じて燃料取扱設備を挿入。
設備	燃料取扱機：門型クレーン式 クレーン：天井クレーン式・門型クレーン式	燃料取扱機：ブーム型クレーン式 クレーン：ブーム型クレーン式
実績	○ 3号機にて実績あり	△ ブーム型クレーンの使用が初
ダスト対策	○ ダスト飛散抑制対策+ダスト監視にて管理	◎ 原子炉建屋と構台で管理した状態で作業可
雨水対策	△ 上部解体により雨水流入が想定される	○ 雨水流入はほぼしない
工期	△ 上部解体により工期を要する	○ 原子炉建屋上部の工事が無いため、比較的短い

(*イメージ図は廃炉・汚染水・処理水対策チーム会合 第71回事務局会議 資料より引用

燃料取扱設備の概要

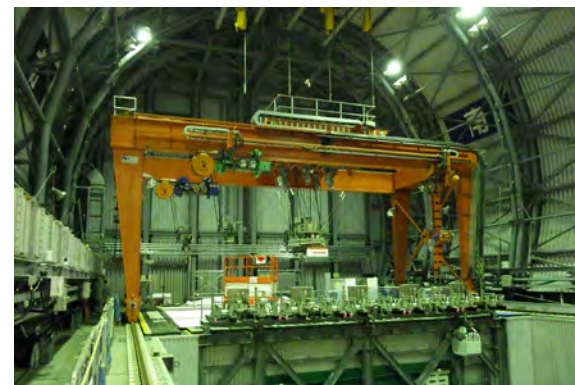


壁面開口設置案のイメージ図(*)

- 原子炉建屋の南側に構台を設置
- 原子炉建屋の南壁に小規模な開口を設置
※開口は原子炉建屋の柱と梁に干渉しない範囲（幅6m 高さ8.5m）に制限
- 構台から開口を通じオペフロへアクセス
- 遠隔操作可能な燃料取扱設備を採用
- 開口の制約上、ブーム型クレーンを採用



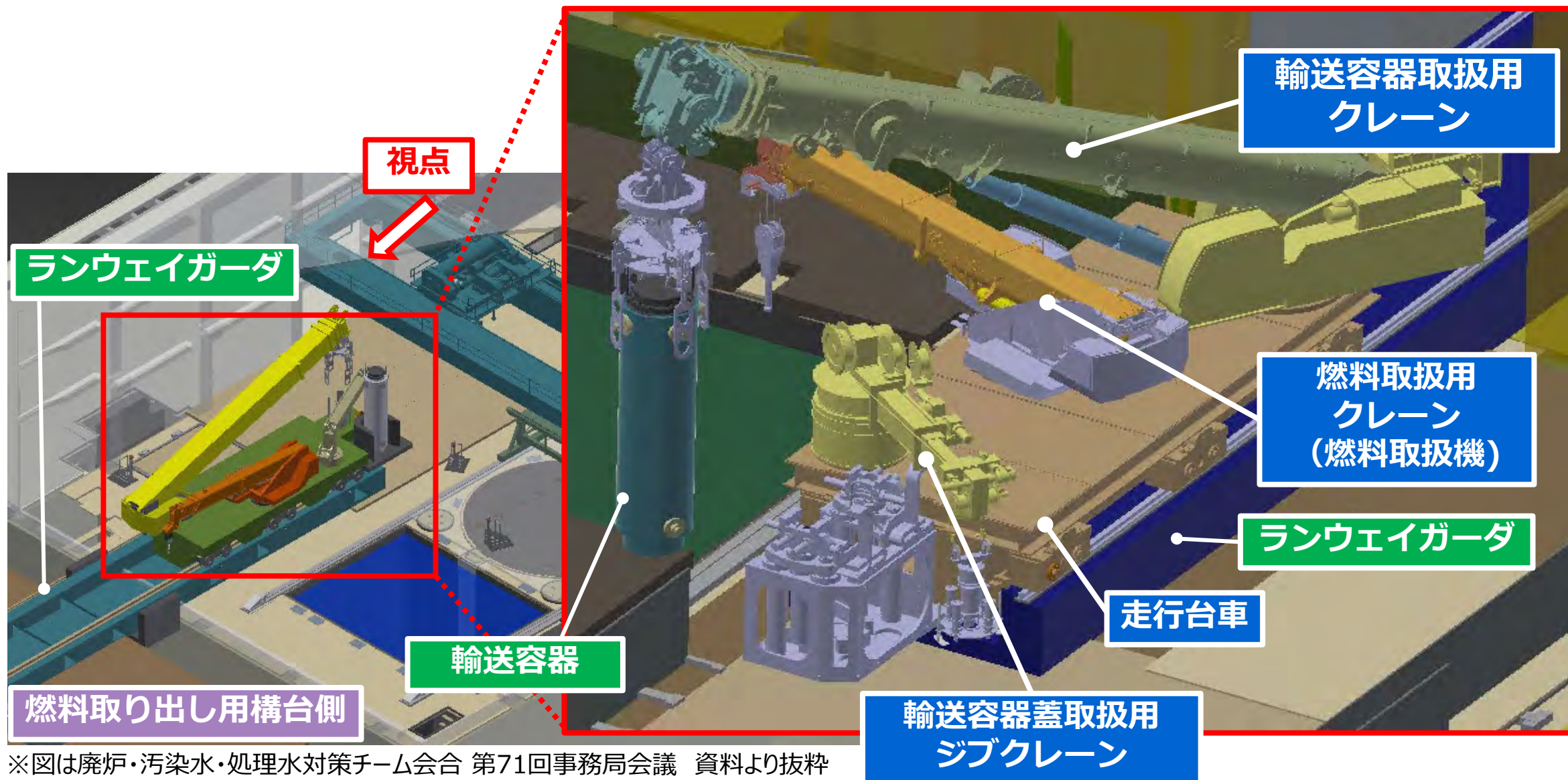
【参考】ブーム型クレーン



【参考】門型クレーン

(*)図は廃炉・汚染水・処理水対策チーム会合 第71回事務局会議 資料より抜粋

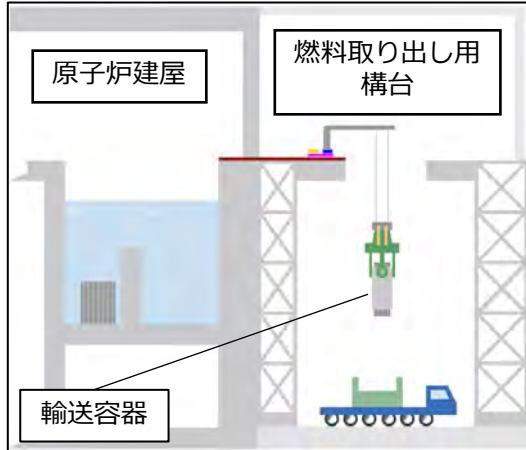
燃料取扱設備の構成



※図は廃炉・汚染水・処理水対策チーム会合 第71回事務局会議 資料より抜粋

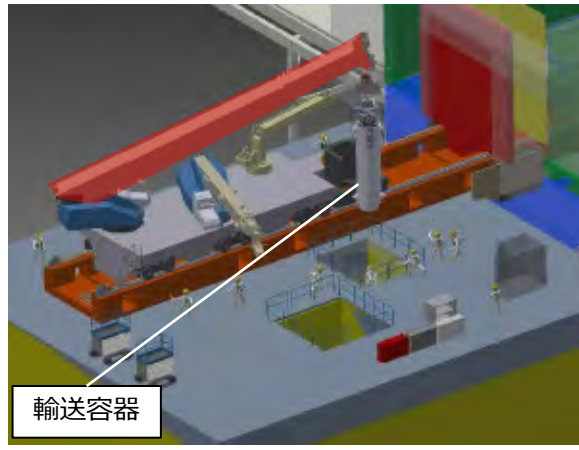
燃料の取り出し手順

燃料取り出し用構台 (有人作業)



燃料取り出し用構台に
輸送容器を搬入

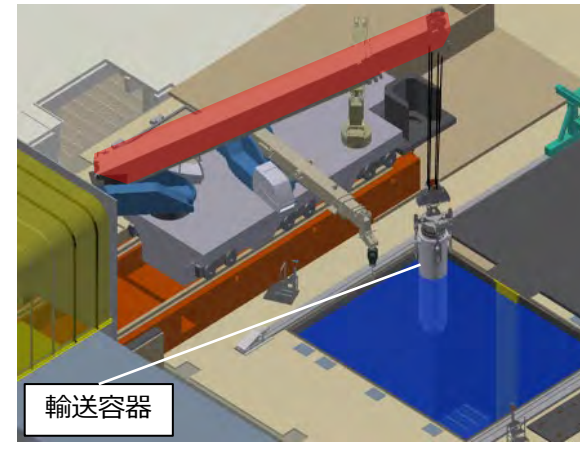
輸送容器を燃料取り
出し用構台から搬出
共用プールへ移動



輸送容器を
燃料取扱設備に搭載

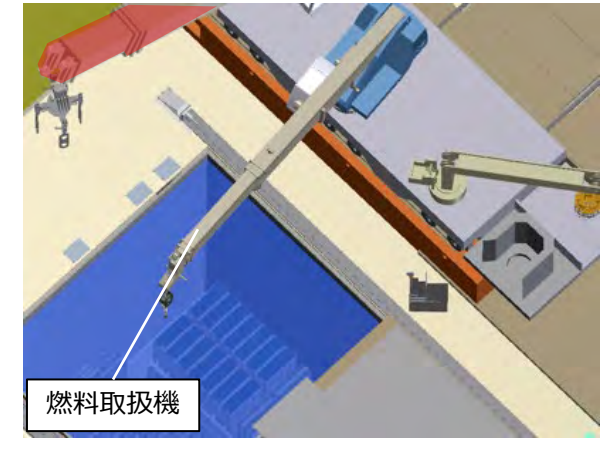
燃料取扱設備を
燃料取り出し用構台へ
移動

原子炉建屋 (遠隔作業)



原子炉建屋へ進入
輸送容器をプールへ設置

輸送容器を
燃料取扱設備に搭載



燃料取扱機にて
燃料を輸送容器
へ移動

02

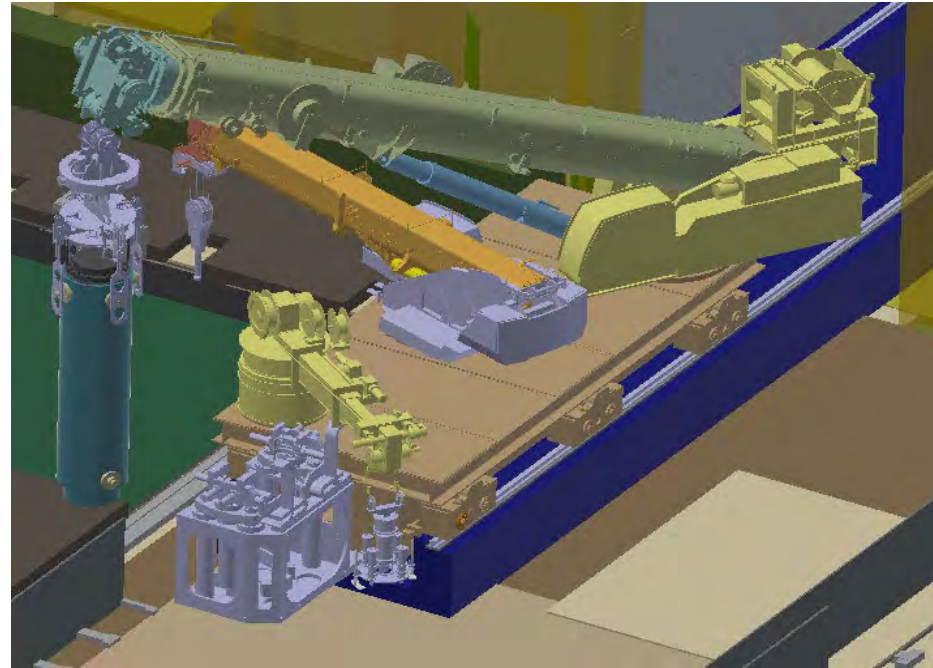
燃料取扱設備の安全機能

- 耐震性の確保
- 火災事象対応
- 遠隔操作性の確保
- 安全機能の多重化

耐震性の確保

- 燃料取扱設備は原子力施設に求められる耐震性の確保が必要
- 燃料取扱設備としてブーム型クレーンを新規に採用

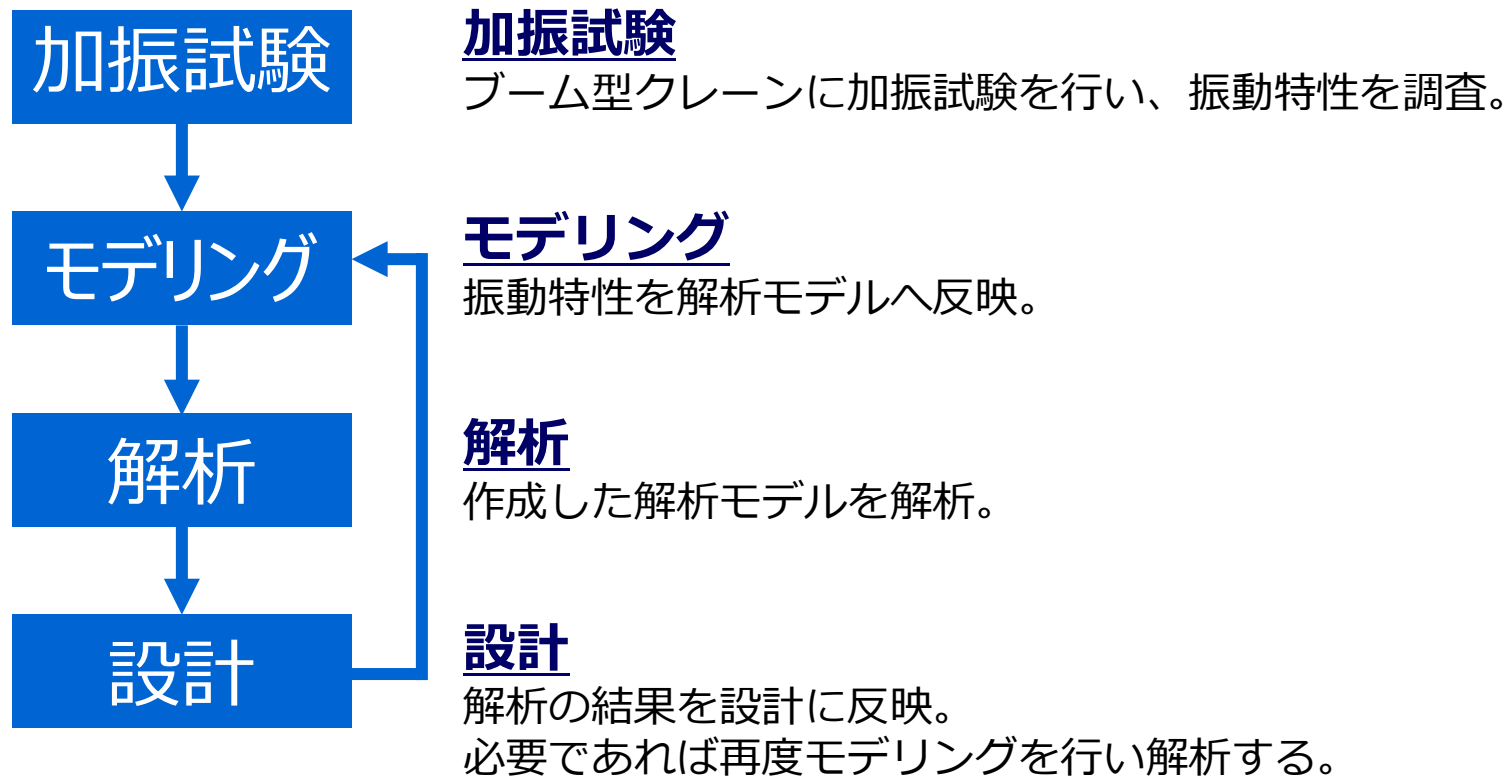
2号機 燃料取扱設備
ブーム型クレーン構造



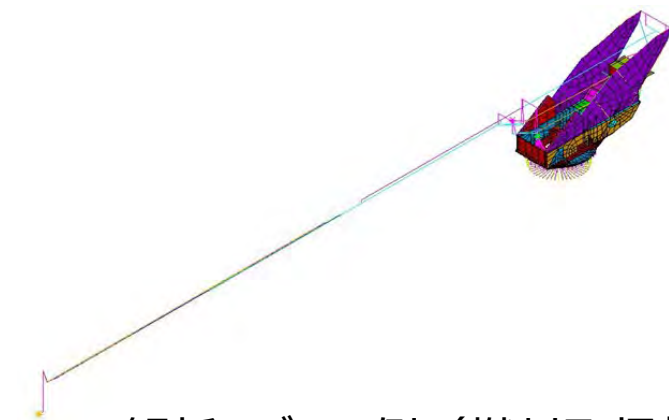
従来の燃料取扱設備と構造が異なるため、
2号機燃料取扱設備特有の構造を考慮した耐震設計が必要

耐震性の確保

耐震性確保のための設計手順



加振試験（燃料取扱機）

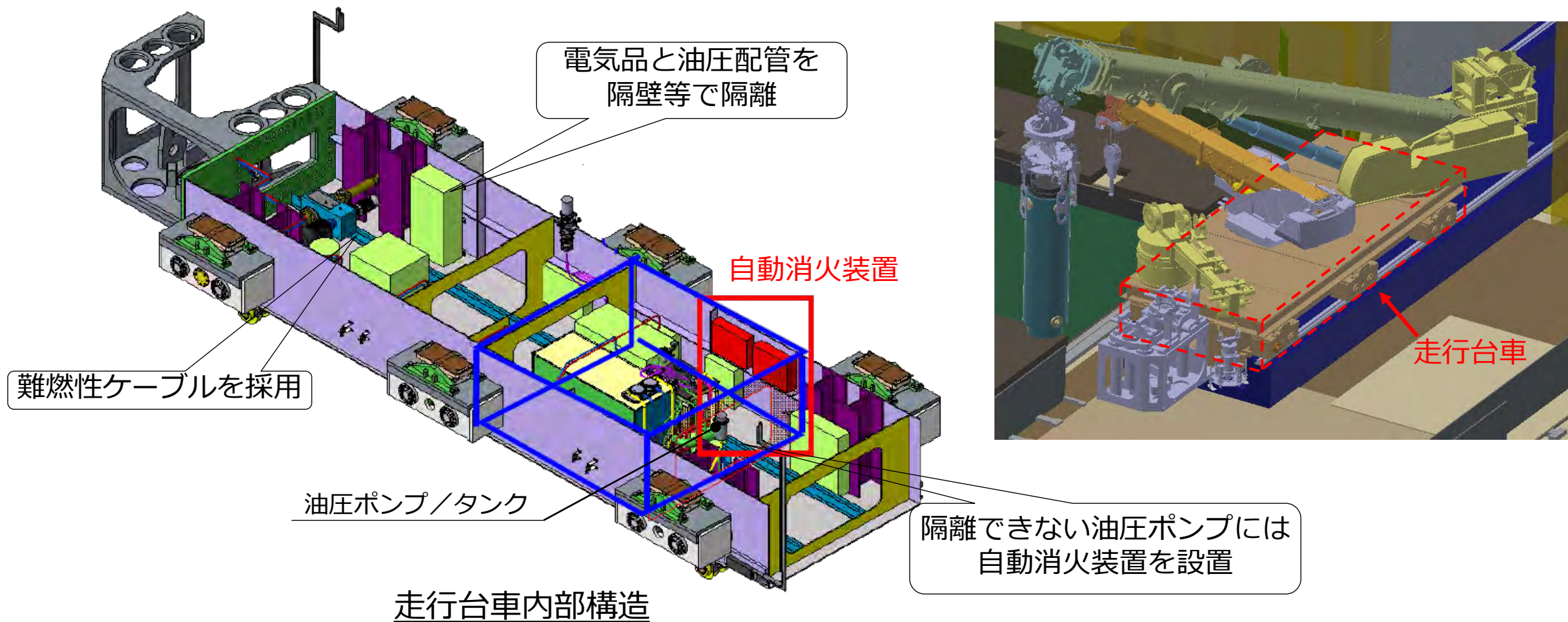


解析モデルの例（燃料取扱機）

試験で把握した振動特性を解析モデルに反映、
解析結果を設計に反映、再度解析モデルで評価⇒耐震性を確保

火災事象対応

- 動力ケーブルには難燃性ケーブルを採用
- 電気ケーブルと油圧配管を隔壁等で隔離して敷設
- 油圧配管とケーブルを隔離できない箇所は自動消火装置を設置



遠隔操作性の確保

遠隔操作時の燃料取扱設備の状態把握の信頼性を向上


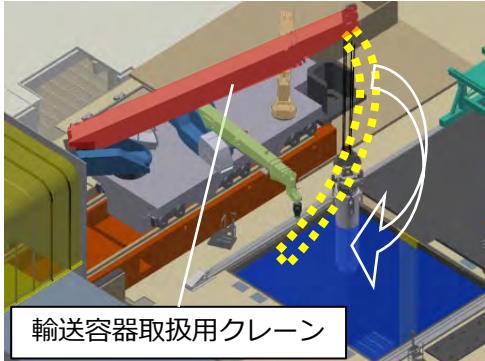
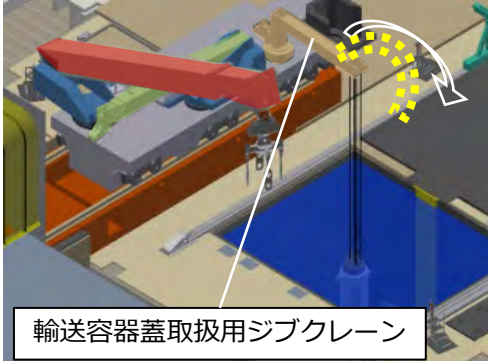
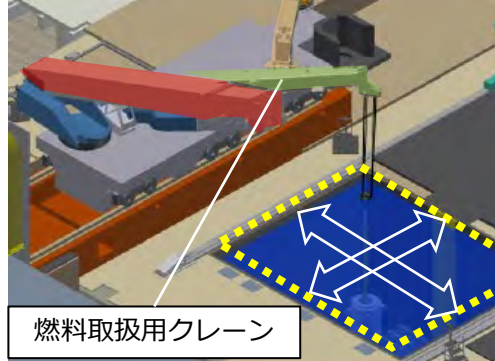
クレーン同士・原子炉建屋内構造物との干渉を防止



- センサーを多重化
- ITVの複数設置

- 動作範囲や動作許可条件を設定
(一部の複雑な繰り返し動作は自動化)

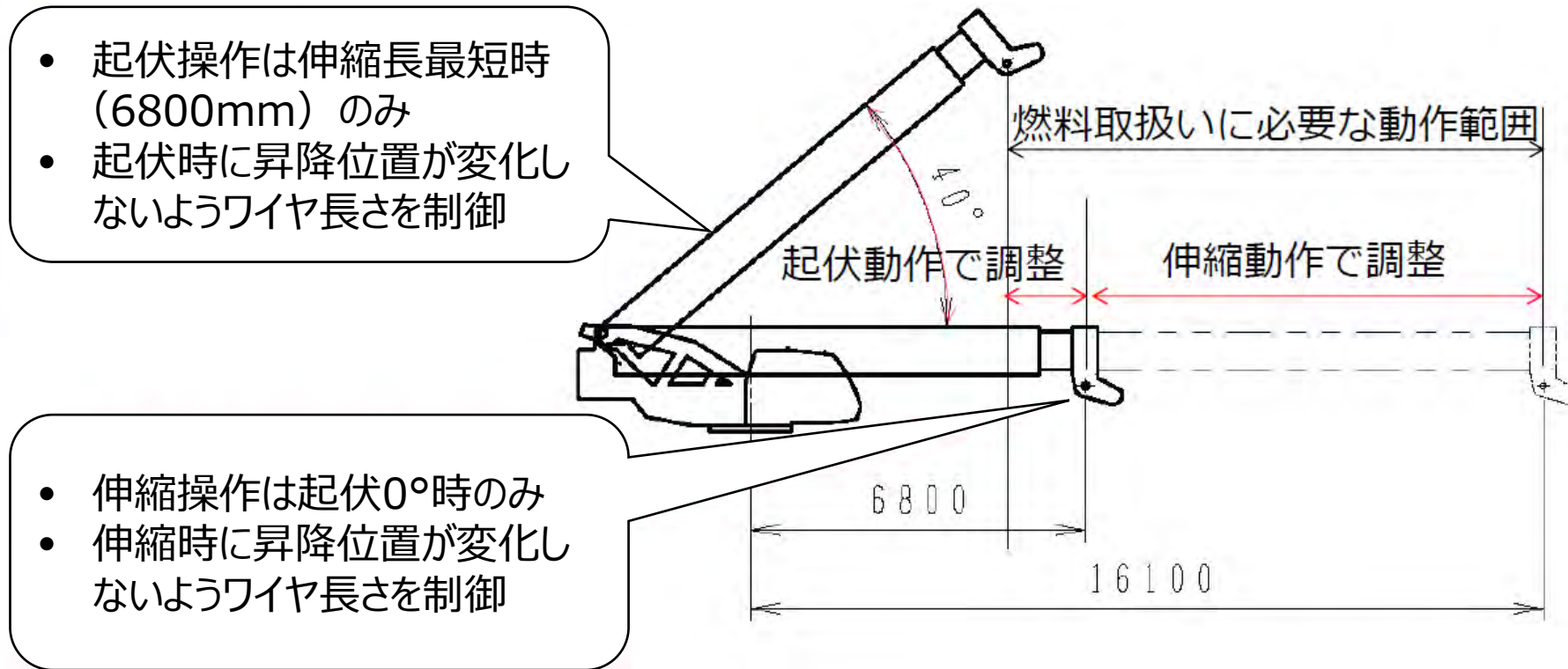
遠隔操作時の動作制限の概要

<p>動作範囲</p> 	 <p>輸送容器取扱用クレーン</p>	 <p>輸送容器蓋取扱用ジブクレーン</p>	 <p>燃料取扱用クレーン</p>
<p>輸送容器取扱用クレーン</p>	<p>動作</p>	<p>停止</p>	<p>停止</p>
<p>輸送容器蓋取扱用ジブクレーン</p>	<p>停止</p>	<p>動作</p>	<p>停止</p>
<p>燃料取扱用クレーン</p>	<p>停止</p>	<p>停止</p>	<p>動作 (※)</p>

(※) 燃料取扱用クレーンは直交座標系での操作を可能とする。詳細は次シート参照。

遠隔操作性の確保

燃料取扱用クレーン（燃料取扱機）はオペレータが遠隔操作しやすいよう、既設の燃料取扱用クレーンと同様の直行座標系での操作を可能とする。
（通常のブーム型クレーンの操作に使用する座標系は極座標系）

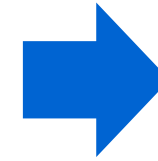


燃料取扱用クレーンによる直交座標系での操作イメージ

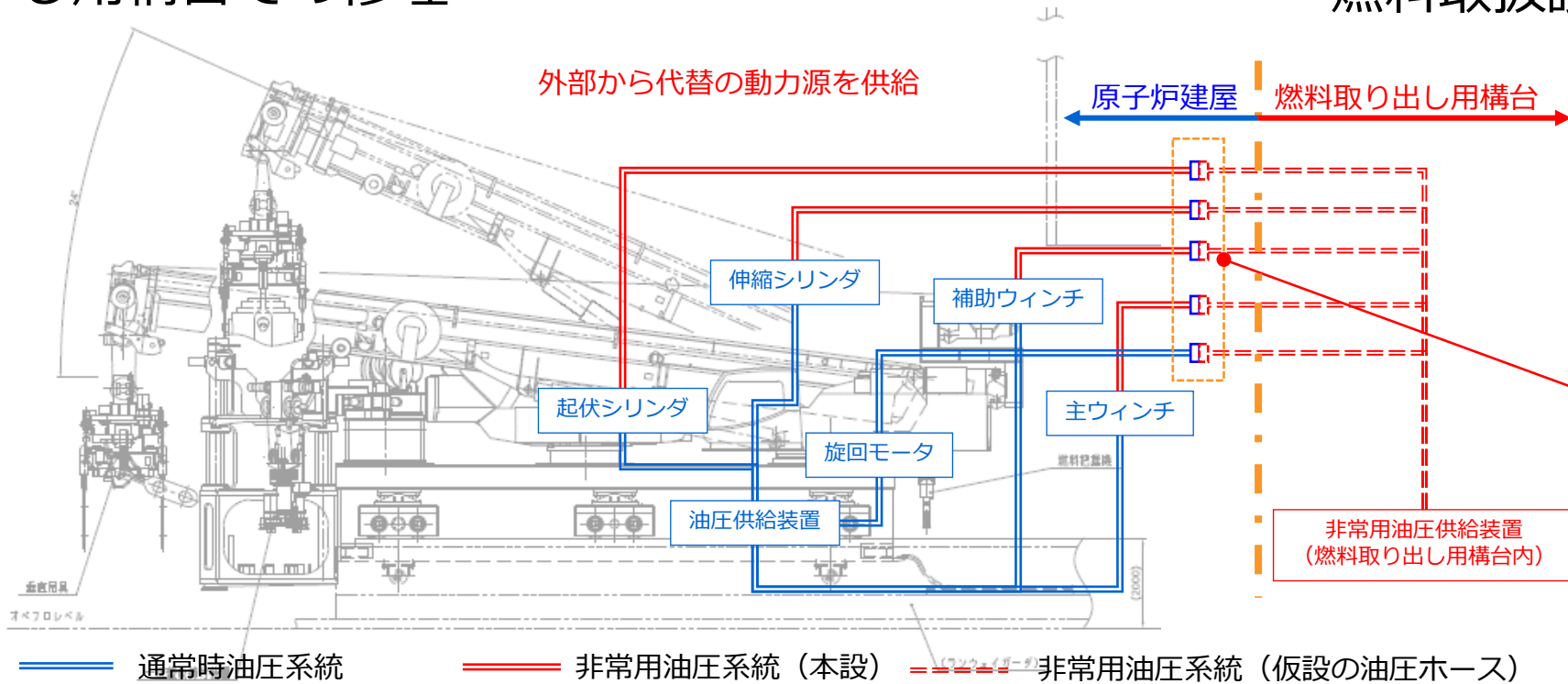
安全機能の多重化

単一故障時でも燃料・輸送容器の落下を確実に防止

早期復旧のため、線量の低い燃料取り出し用構台での修理



- ワイヤロープの二重化、
駆動源・センサー類の多重化、
メカニカルロックの採用
- 燃料取り出し用構台へ非常用の
燃料取扱設備退避手段の確保



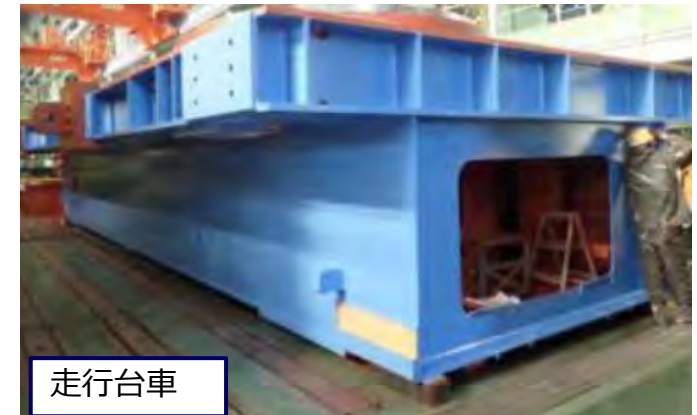
例 油圧供給設備故障時の対応



油圧ホース接続作業イメージ

まとめ

- 原子炉建屋上部を解体せず、原子炉建屋南側に燃料取り出し用構台を新設し、原子炉建屋オペフロ南側外壁に設ける開口から投入する燃料取扱設備により燃料を取り出すといった、2号機特有の要求事項を満足する燃料取扱設備を設計した。
- 燃料取扱設備では、これまでの東芝の知見をブーム型クレーンへ応用し、耐震性の確保、遠隔操作性や安全機能を考慮した設計を行っている。
- 2024年度～2026年度の燃料取り出し開始に向け、機器製造を進めていく。



製作中の燃料取扱設備の写真



人と、地球の、明日のために。

**Committed to People,
Committed to the Future.**

TOSHIBA