

2号機燃料取り出し工法の設計について

2021年1月25日

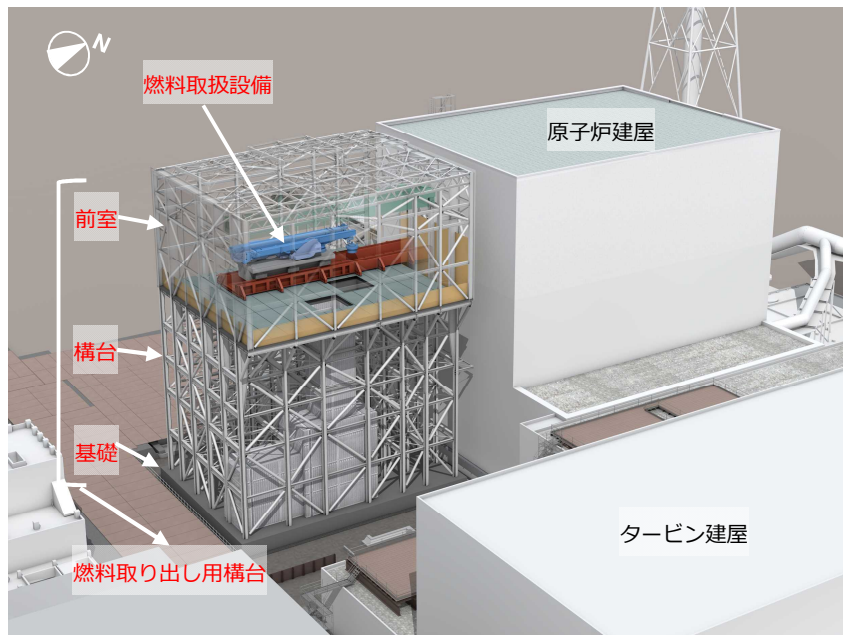


東京電力ホールディングス株式会社

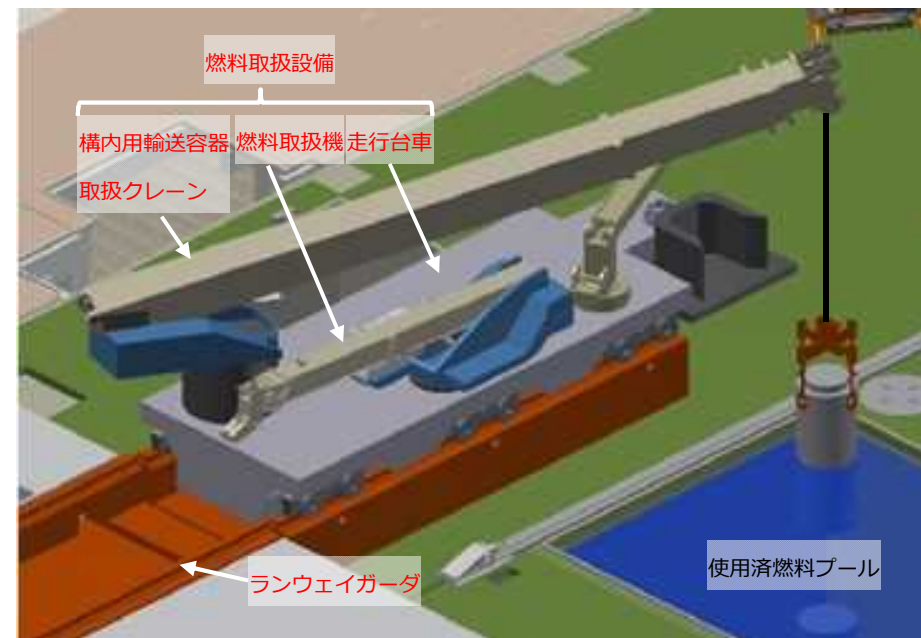
1. 燃料取り出し工法の概要

- 原子炉建屋上部を全面解体せず，南側に設ける燃料取り出し用構台から燃料取扱設備を出し入れすることで，燃料取り出し作業を実施。
- 原子炉建屋南側開口を小さくすることを目的として，構内用輸送容器取扱クレーン及び燃料取扱機はブーム型クレーンを採用。
- 作業員被ばくを低減することを目的として，燃料取扱設備を遠隔操作化。

赤字：新設設備



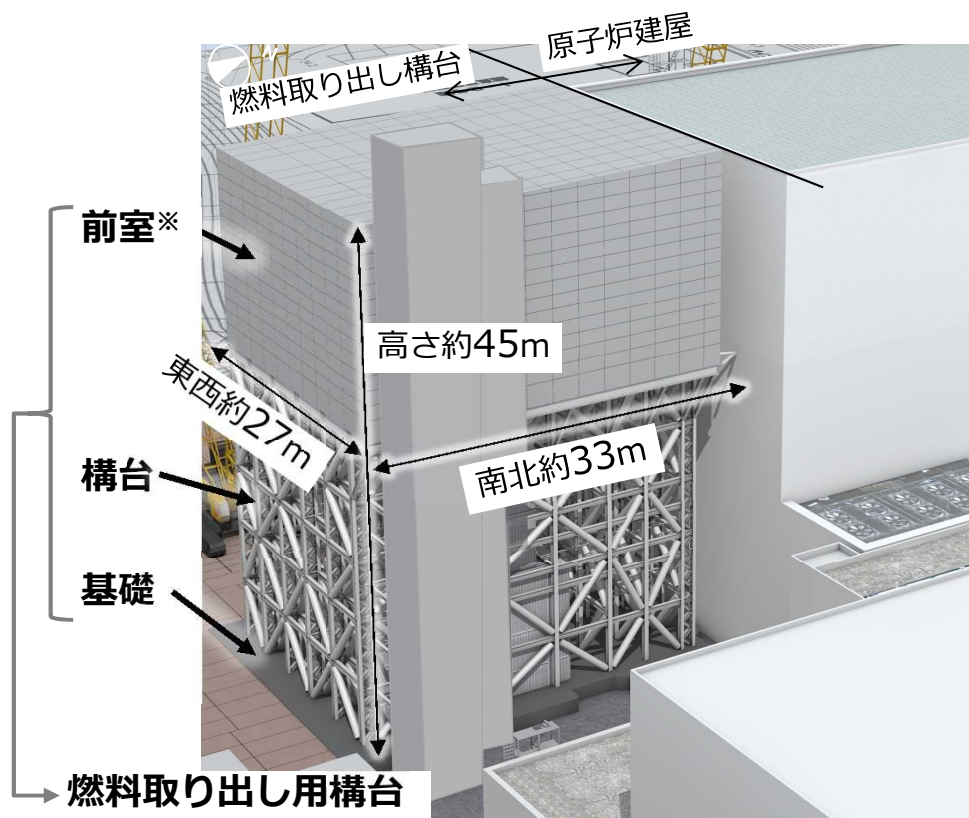
燃料取り出し用構台構成図



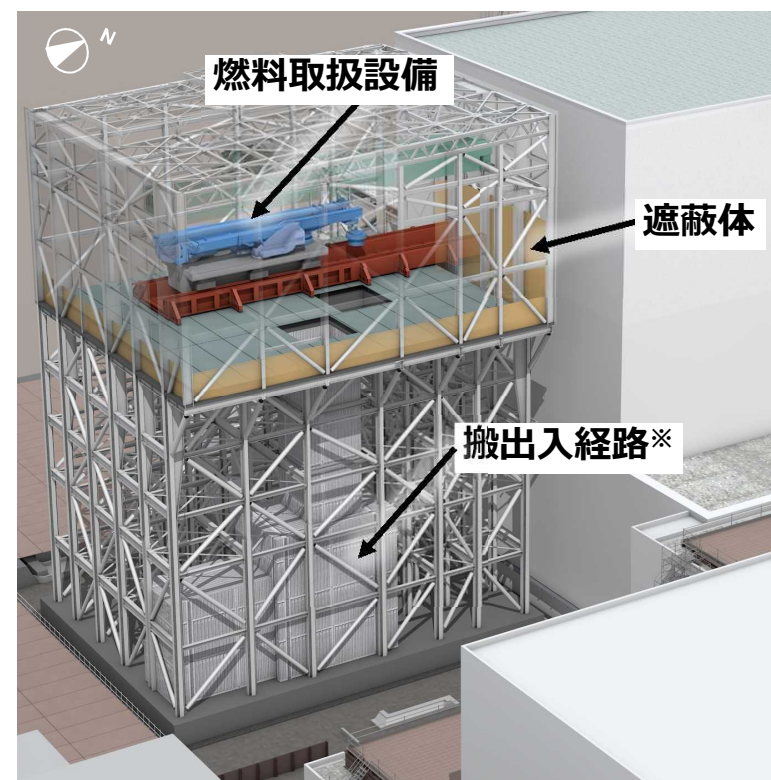
燃料取扱設備構成図

2 - 1. 燃料取り出し用構台の設計

- 原子炉建屋南側に燃料取り出し用構台(前室・構台・基礎)を設置。
 - 【燃料取扱設備を支持】コンクリート基礎に支持される鉄骨造の構造物。
 - 【作業環境を整備】燃料取り出し用構台内は、有人作業で計画しているため、前室を構成する壁に遮蔽体を設け、前室内作業時の作業員被ばくを低減。
 - 【放射性物質飛散防止】構内輸送容器取り扱いエリア(前室・搬出経路)を、金属製外装材で区画。



外観パース

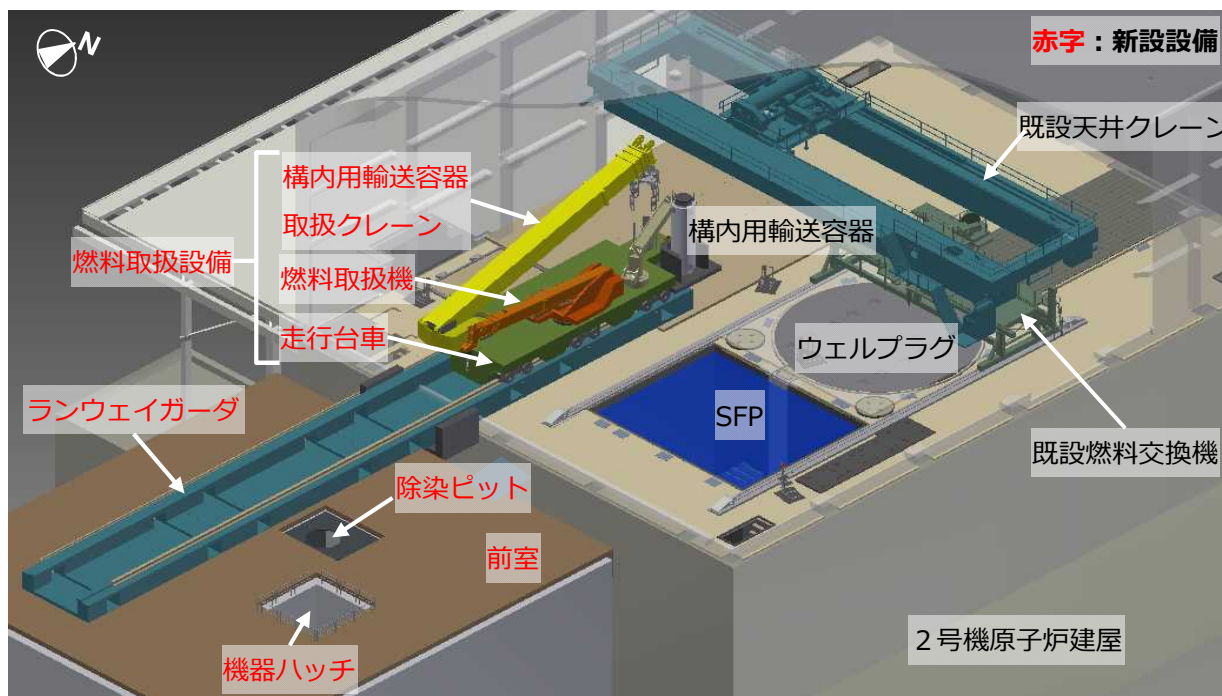


※ 前室・搬出入経路外壁：金属パネル 前室屋根：金属系折板

内観パース

2 - 2 . 燃料取扱設備の設計

- 燃料取扱設備は、構内用輸送容器取扱クレーン/燃料取扱機/走行台車で構成する設計であり、3号機で使用した構内用輸送容器（7体入）を用いる計画。
 - 既設燃料取扱機の門型構造とは異なるブーム型クレーンを採用するため、ブームの起伏・旋回・伸縮，ワイヤの巻上・巻下の位置制御を直交座標（XYZ）で表示・制御する。
- 代表的な安全設計を以下に示す。
 - 【落下防止】 ワイヤロープ二重化により燃料及び構内用輸送容器の落下を防止。
 - 【落下防止】 動力源喪失時に燃料と構内用輸送容器を保持。
 - 【遮蔽】 燃料ラックから構内用輸送容器へ燃料を移送する際に，遮蔽水深を確保。

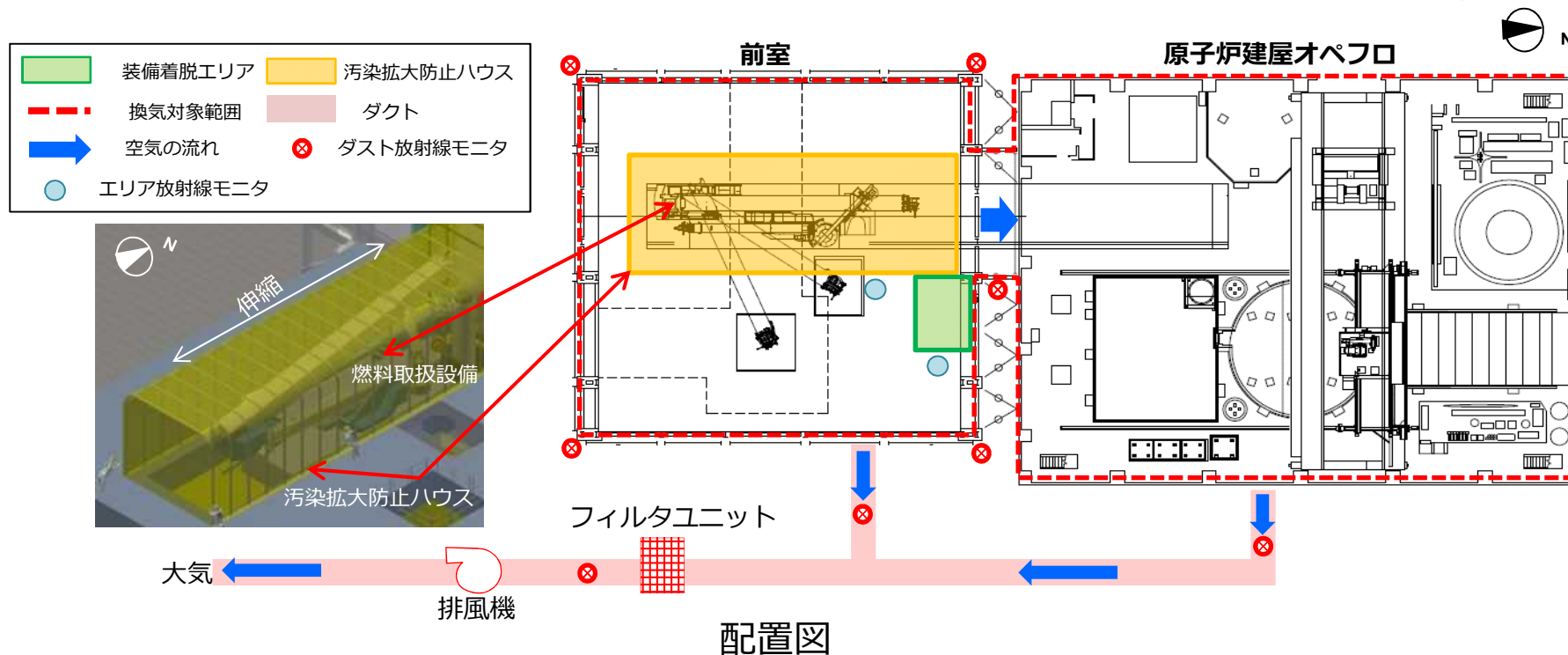


燃料取扱設備概念図

2-3. 汚染拡大防止の設計

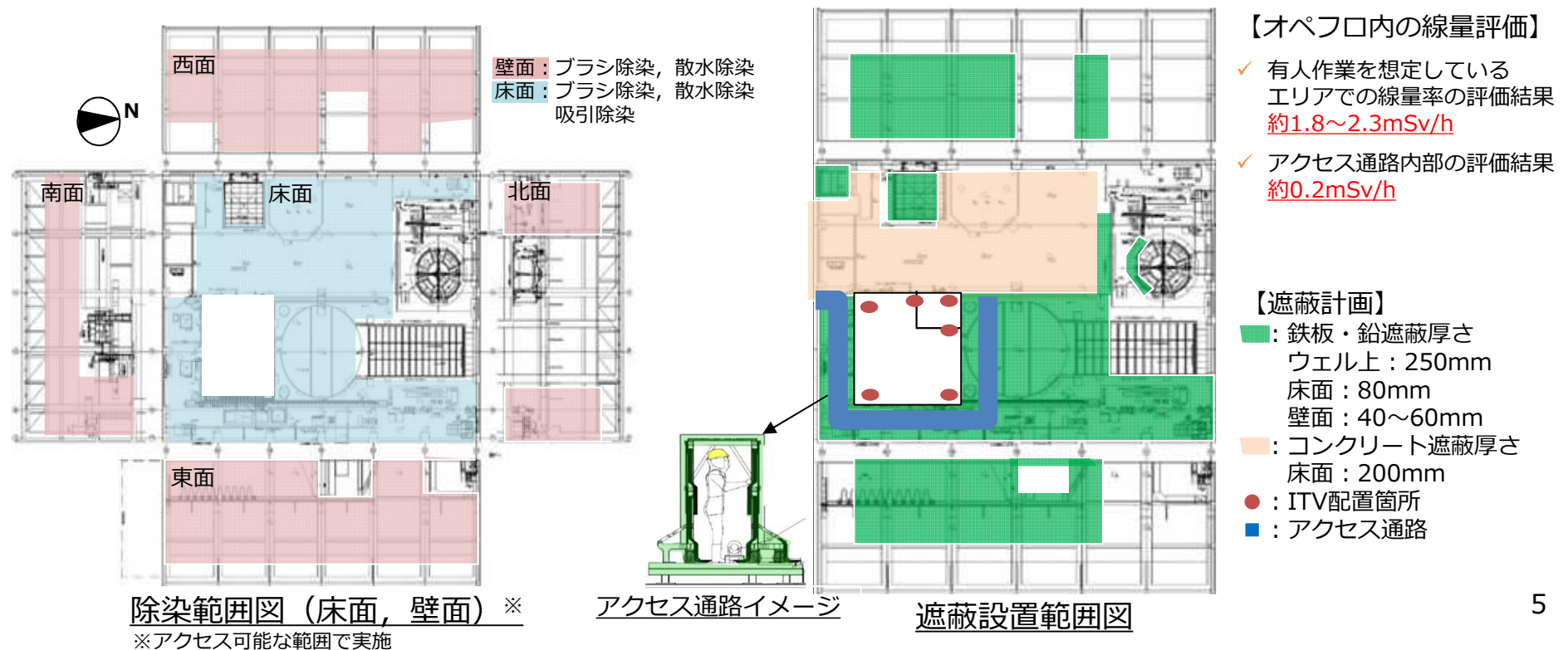
- 前室内に蛇腹式の汚染拡大防止ハウスを設ける設計。
 - 汚染拡大防止ハウスは、原子炉建屋南側に設けるシャッターを開ける際にハウスを展開し、原子炉建屋と前室内の区画を行う。なお、ハウスを縮小する際には汚染確認を行ったうえで区画を解除する。（必要に応じて除染を実施）
- 換気設備は、フィルタユニット内の高性能粒子フィルタを通し、放射性ダスト放出抑制を図る設計。
- ダスト放射線モニタを燃料取り出し用構台周囲及びフィルタユニット前後に設置し、空気中の放射性物質濃度を連続監視する設計。異常検知時は、免震重要棟※に警報を発報する設計。
- エリア放射線モニタを前室内に設置し、現場及び免震重要棟※にて、線量当量率を表示する設計。異常検知時は、免震重要棟※に警報を発報するとともに前室内でパトランプが鳴動する設計。

※集中監視室，遠隔操作室



2-4. オペフロ線量低減の設計

- 2018年度に実施したオペフロ調査結果から、遮蔽設置工法及び除染の仕様について現在詳細な検討を進めている。
- 除染及び遮蔽設置後の評価結果より、原子炉建屋内の有人作業は限定的な作業ではあるが、可能であると評価している。想定している有人作業は以下の通り。
 - 設備設置時：SFP近傍へのITV及び照明設置，非常用注水配管設置，ランウェイガード設置
 - 設備不具合時：ITV故障，燃料取扱機油圧系統不具合等
- 今後実施する線量低減作業時にホールドポイント（除染・遮蔽完了後等）を設け、線量低減効果の確認を行い、リカバリー可能な期間を有する段階で追加線量低減対策の要否を検討する計画。

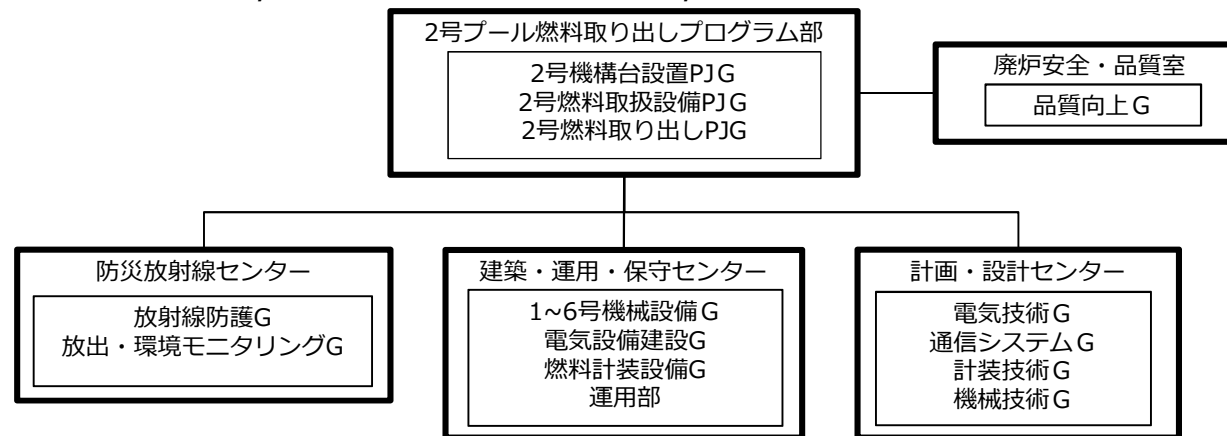


3. 設計・調達段階からの品質管理強化

- 3号機 燃料取扱設備で発生した不具合事象の反省を踏まえ「重要調達品・設計管理ガイド」を制定。2号機の燃料取扱設備はガイドに基づき品質管理強化を進めている。

➤ 品質管理強化のポイント

- ✓ 各機器に対して専門部門が協働関係を構築し、横断的に設計を実施。
- ✓ リスク分析及び致命的な影響が生じる部品についての整理を実施。結果に基づき不具合発生時のリカバリ対策(対応手順書, 予備品)を事前に準備。
- ✓ 仕様書に規格等を明記することで要求仕様を明確化するとともに、要求仕様を満足していることを確認するために要求追跡表※を作成し管理。
※当社要求仕様, メーカーの機器設計仕様をどの検査で担保しているかを『見える化』した管理表
- ✓ 製造着手前に取引先の品質能力等を確認後、製造を許可する。また、製造時にも当社が製造ラインの視察等を行い、適切に品質管理がされていることを確認。
- ✓ 製造後実施する現場を模擬した試験は、可能な限り現場状況と差異が無いように実施。なお、差異が生じる場合は、機器の妥当性を評価する。



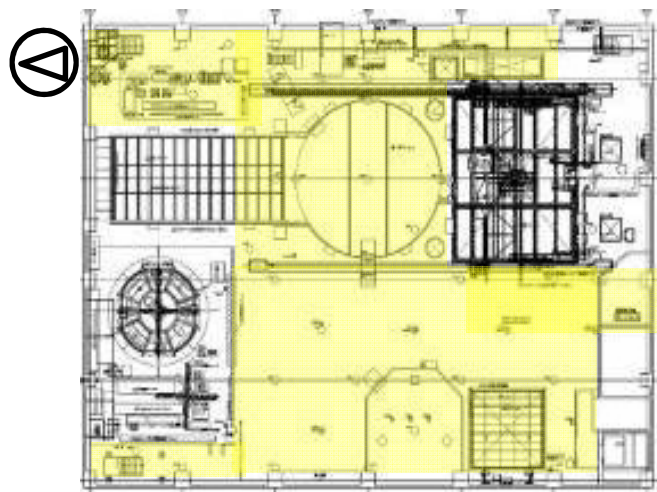
2号機燃料取扱設備プロジェクト体制表

4. 今後の燃料取扱設備設置に向けたオペフロ内調査計画

- オペフロ内の残置物撤去が2020年12月に完了し、環境が変化したことから、線量低減対策の精度向上及び更なる線量低減検討を目的として調査（2020年12月から準備作業着手）を実施中。
- 調査結果を基に線量評価を行い、現在検討を進めている線量低減対策にフィードバックすることで、1mSv/h（有人作業エリア）を目標に更なる対策（追加遮蔽等）の可否について検討。

調査内容

- ✓ 空間線量率測定（床高さ：約1.5m）
- ✓ γ カメラ撮影（オペフロ全域）
- ✓ 表面汚染測定（床面，壁面：床高さ約1.5m）



■ 今回調査範囲
（壁面：約1.5mの高さを調査）

調査に用いる遠隔操作機器

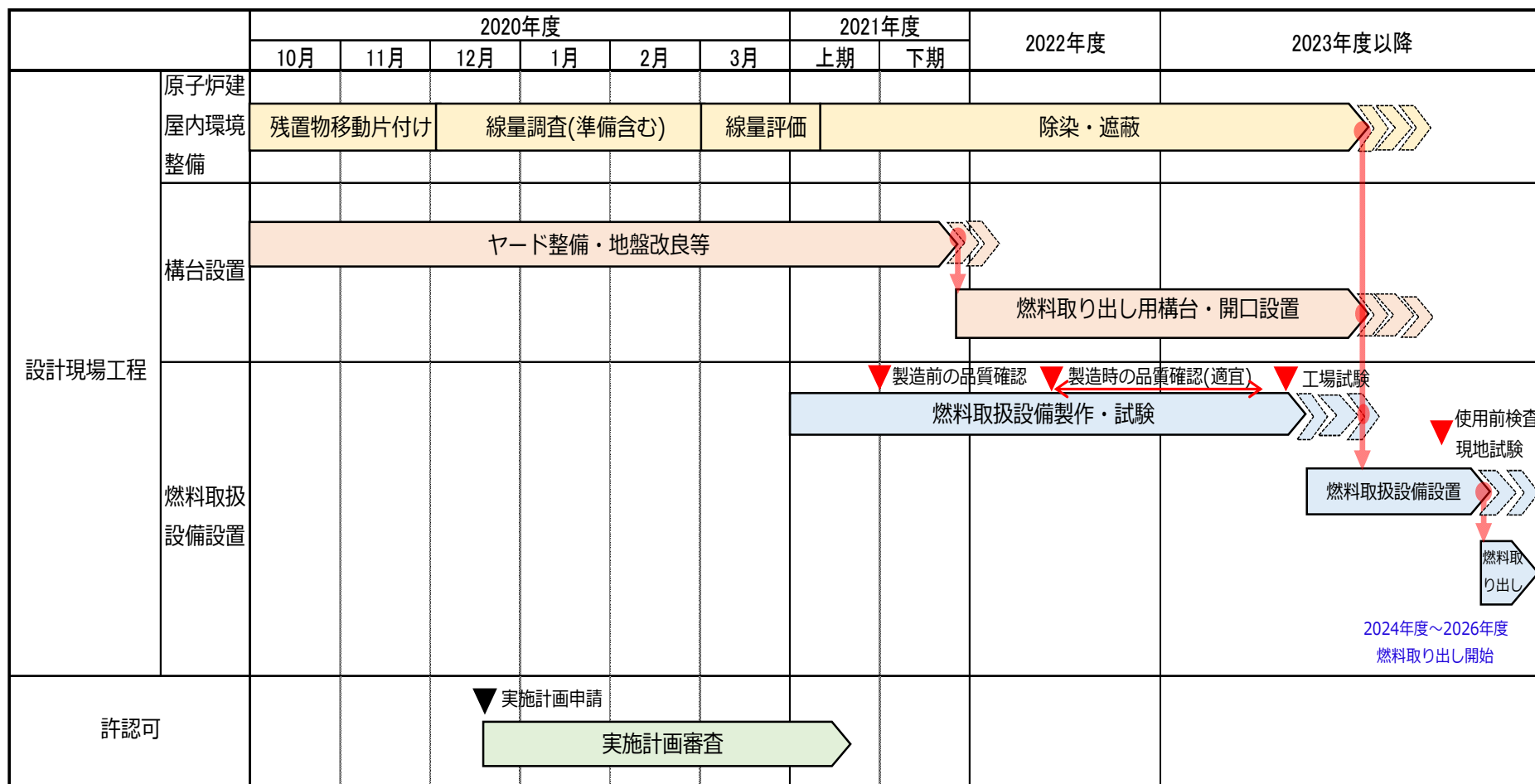
調査に用いる遠隔操作機器			
遠隔操作機器	 BROKK400D	 Kobra	 Packbot
役割	・ γ カメラ測定	<ul style="list-style-type: none"> ・ 空間線量率測定，表面汚染測定 ・ 調査助勢 	

5. 全体スケジュール



- 燃料取り出し用構台及び燃料取扱設備の実施計画変更認可申請を2020年12月25日に実施。
- 2024~2026年度の燃料取り出し開始に向け、計画的に作業を進めていく。

▼ : 品質管理上のホールポイント

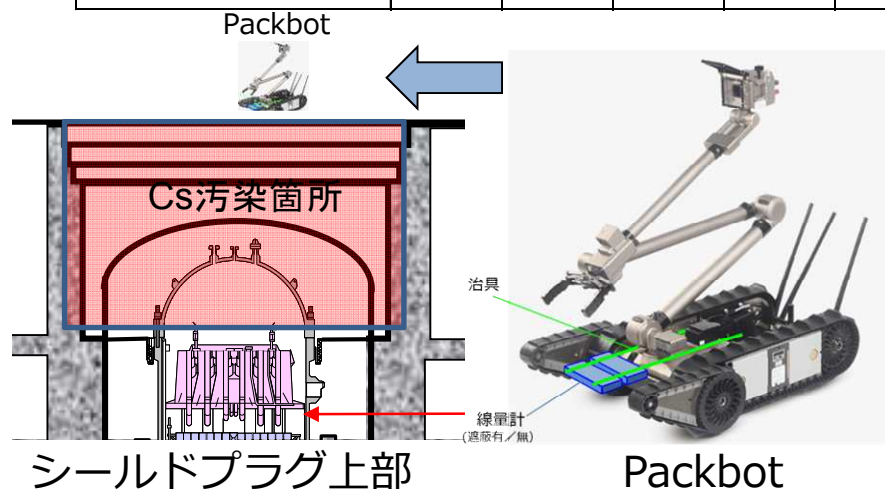


※工程の進捗により変更する可能性有

6. 2号機オペフロ調査の調整状況について

- 昨年1月に実施した2号機オペフロの線量調査に引き続き，規制庁と協働した，当社ロボットチームによる原子炉ウェル内汚染の定量化のための調査を調整中。
- 除染作業の準備期間中のオペフロ作業の端境期を活用して調査を実施。
- 調査結果は，事故分析のみならず，プール燃料取り出し作業のための除染作業，将来の燃料デブリ取り出しのインプットとしても活用。

	2020年度				2021年度								
	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
オペフロ調査	調査（準備・片付け含む）												
オペフロ除染				準備作業・モックアップ					オペフロ除染				
原子力規制庁との協働調査 （時期調整中）				協働調査可能期間									

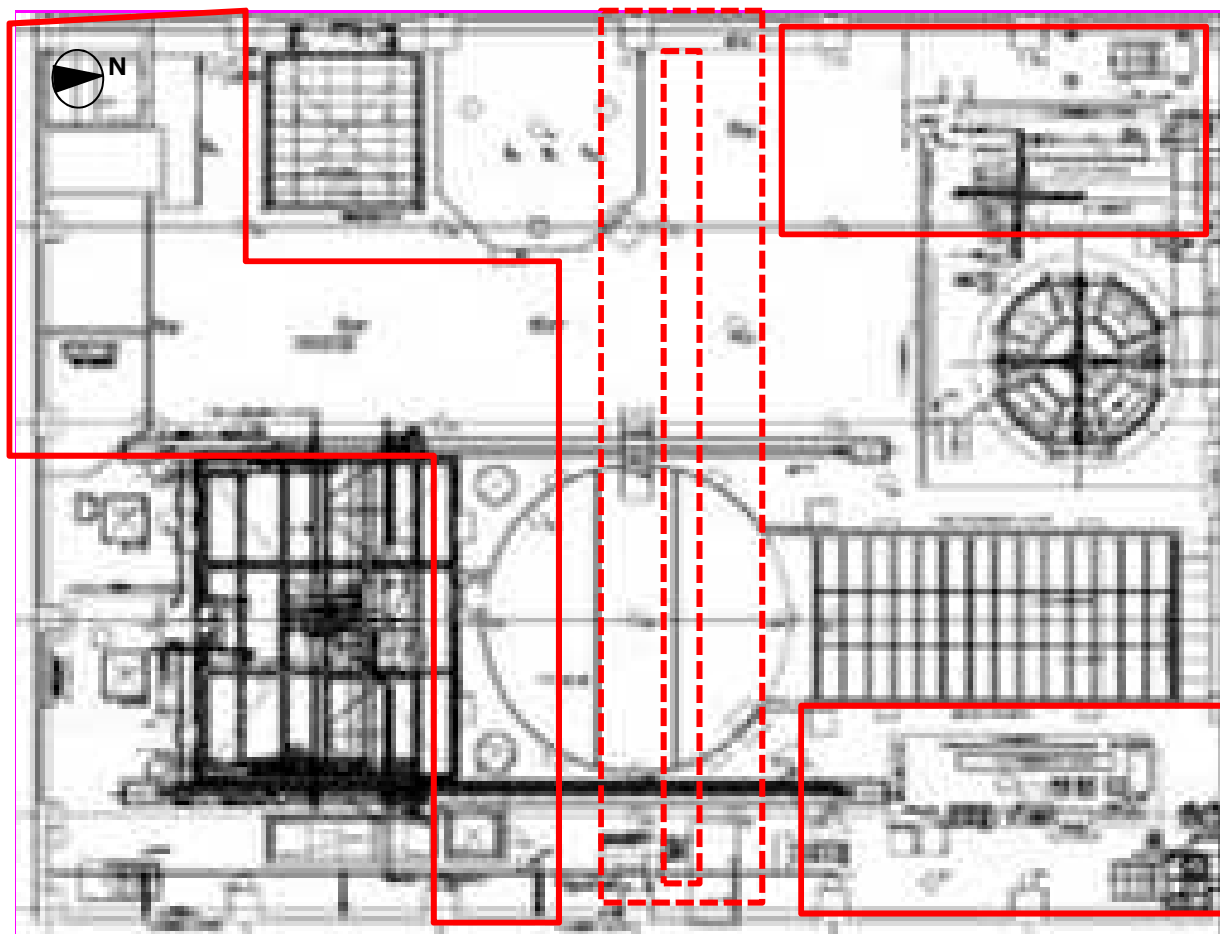


Packbotに線量計を搭載し、遠距離、近距離に存在するCsからの γ 線と β 線の線量の関係からシールドプラグ下面に付着するCs量を評価する。

以下，参考資料

参考 1. 天井面の除染範囲

- 高所作業台車を使用し、アクセス可能な範囲で高所壁面、天井、天井クレーン（底面、側面）の除染を計画している。



天井面の除染範囲図

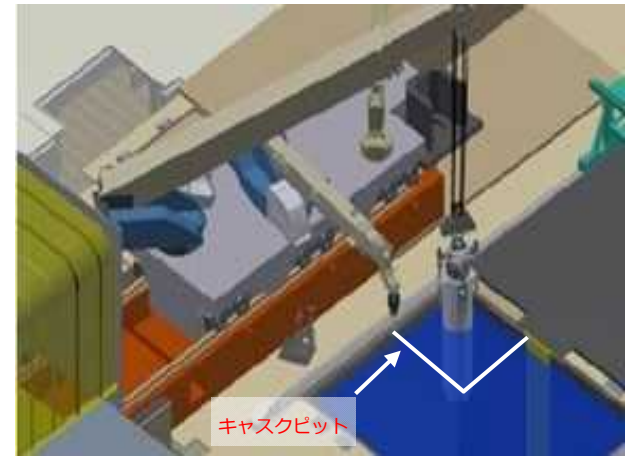
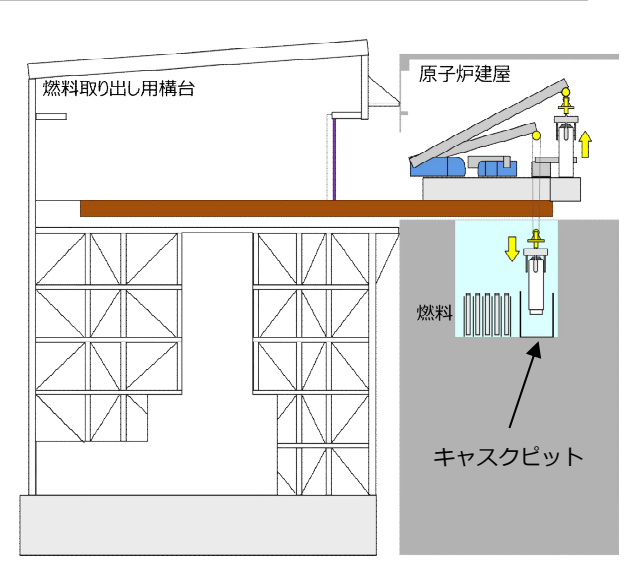
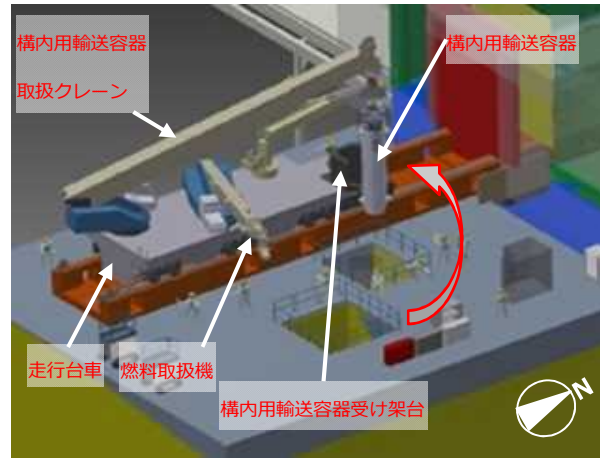
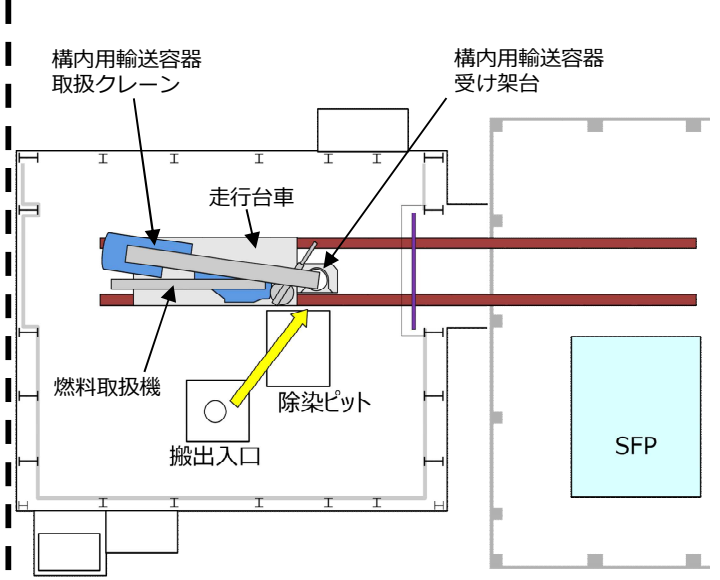
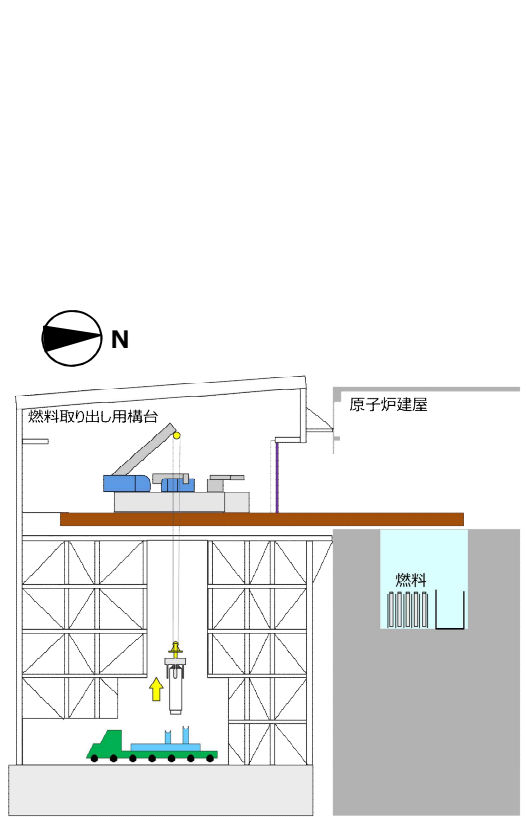


高所作業台車イメージ図

- : 天井ブラシ除染
- (dashed) : 天井クレーンブラシ除染

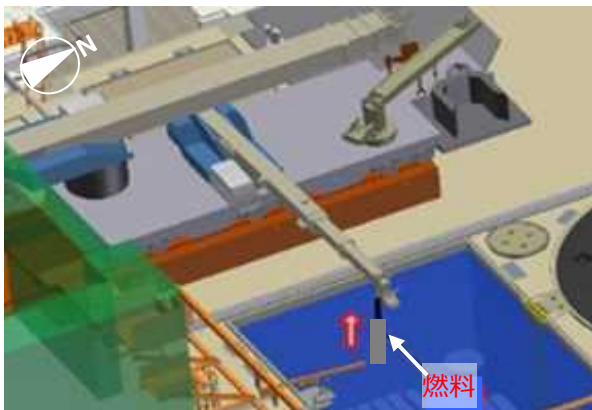
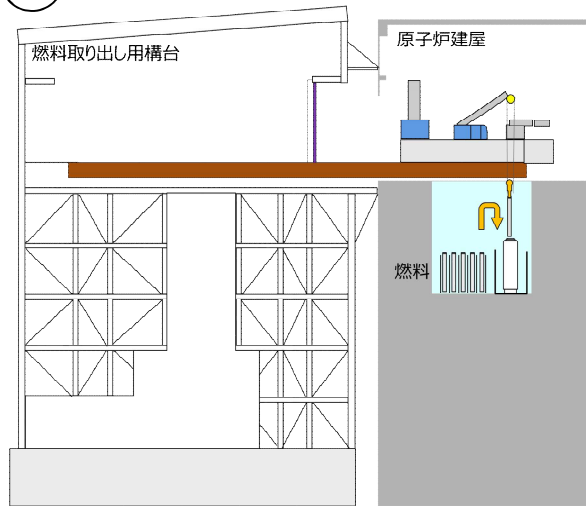
参考2. 燃料取り出しの手順 (1/2)

- ① 燃料取り出し用構台に構内用輸送容器を搬入
- ② 走行台車へ構内用輸送容器を積載し、原子炉建屋内へ移動
- ③ 構内用輸送容器取扱クレーンで構内用輸送容器をキャスクピットへ移動

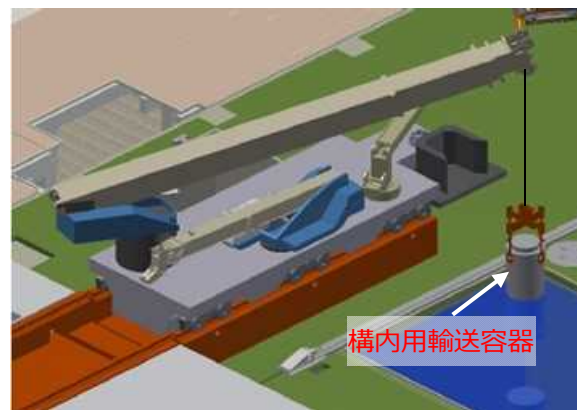
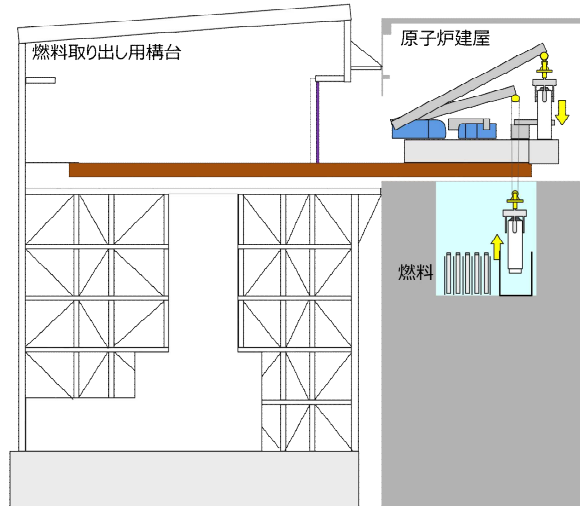


参考2. 燃料取り出しの手順 (2/2)

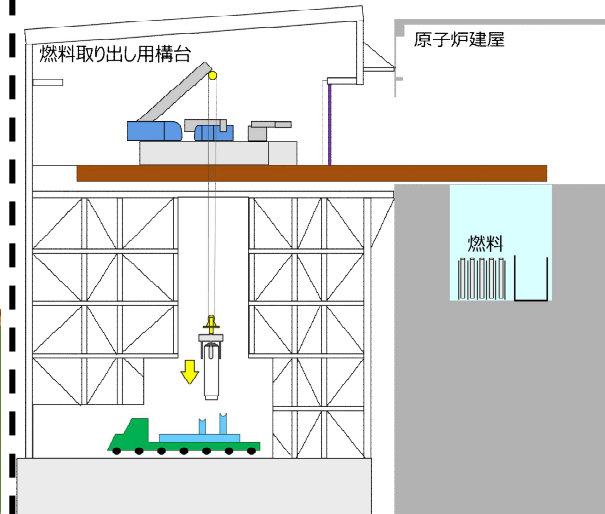
④燃料取扱機で燃料を構内用輸送容器に移動



⑤燃料が格納された構内用輸送容器を走行台車へ搭載

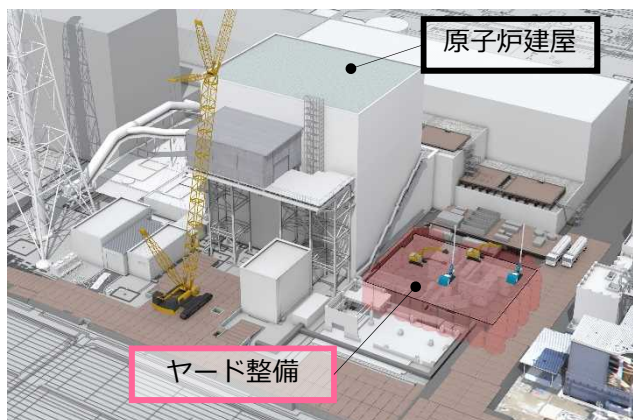
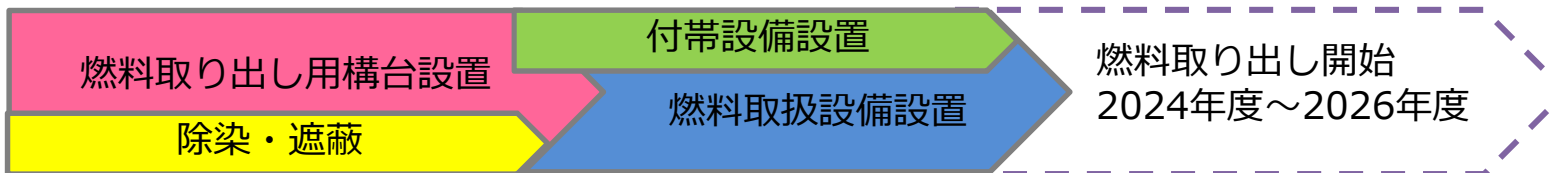


⑥燃料取り出し用構台に戻り構台から構内用輸送容器を搬出

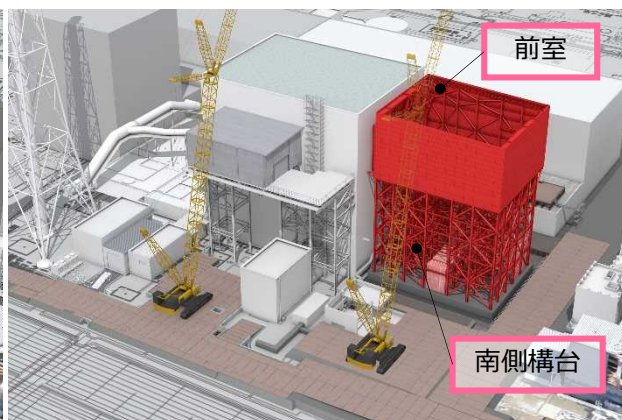


参考3. 今後の作業ステップ

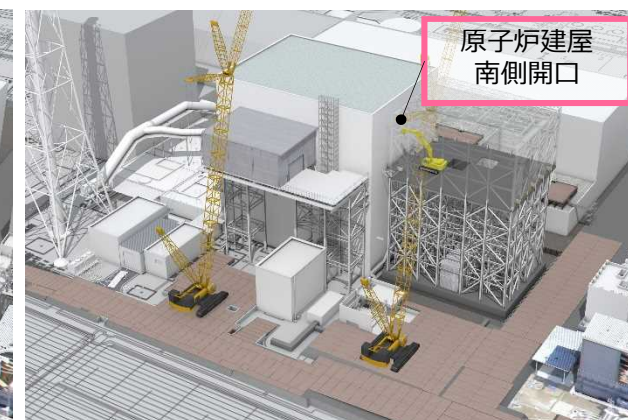
- 2024~2026年度の燃料取り出し開始に向け、ヤード整備・線量調査（準備含む）を実施中。
- 燃料取り出し用構台設置後、原子炉建屋南側に開口を設け、燃料取扱設備を設置する計画。



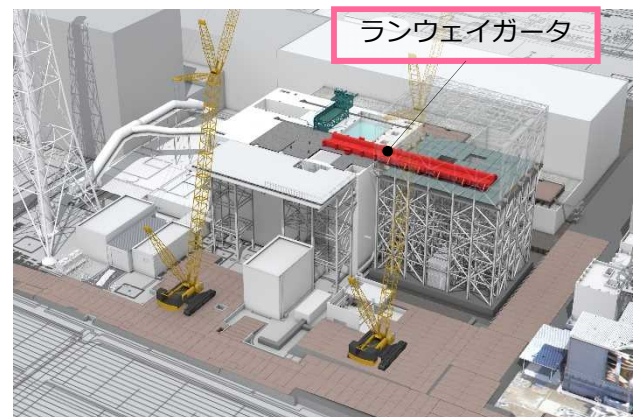
①ヤード整備・除染遮蔽



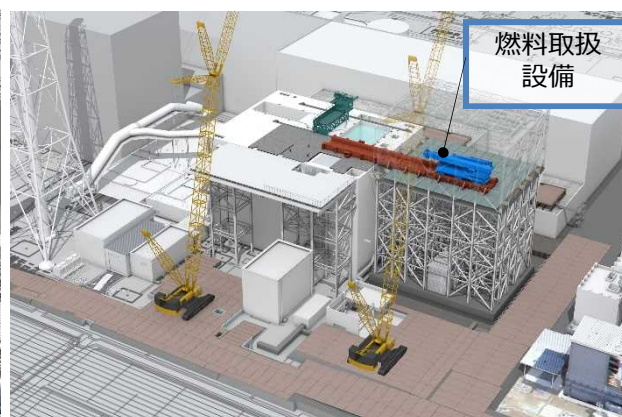
②鉄骨組立・前室外壁設置



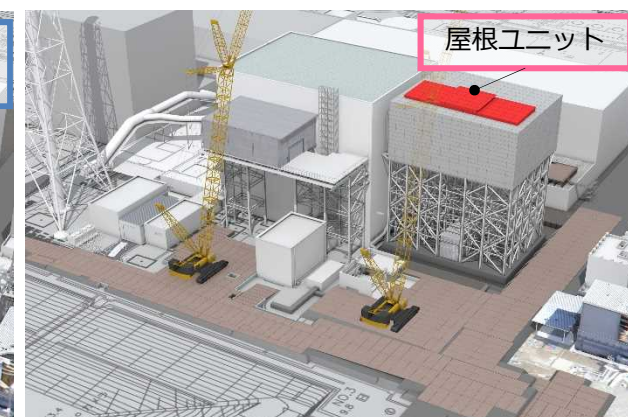
③南側開口設置



④ランウェイゲータ設置



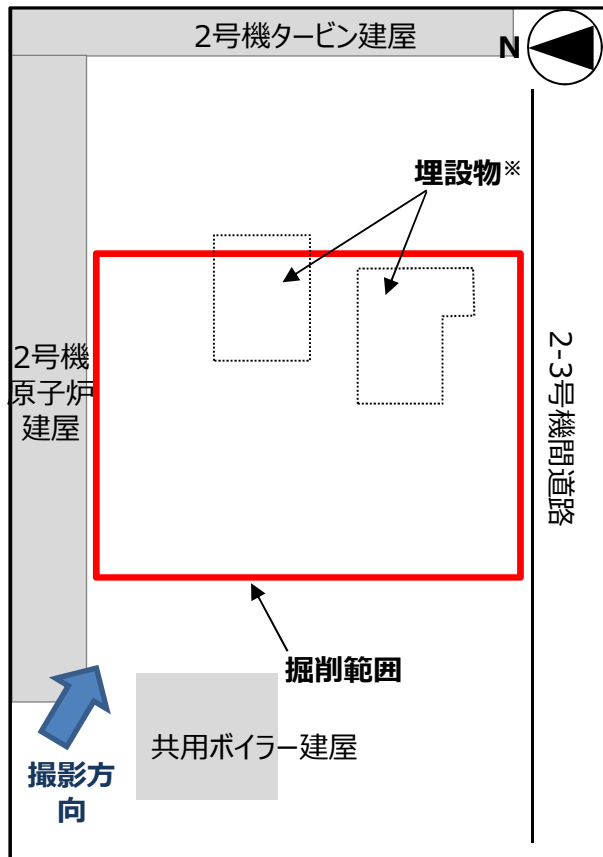
⑤燃料取扱設備設置



⑥前室屋根設置

参考4. ヤード整備の進捗状況

- 燃料取り出し用構台設置エリアの埋設物撤去工事を実施中。(掘削, 干渉物撤去)



※変圧器の基礎

ヤード配置図

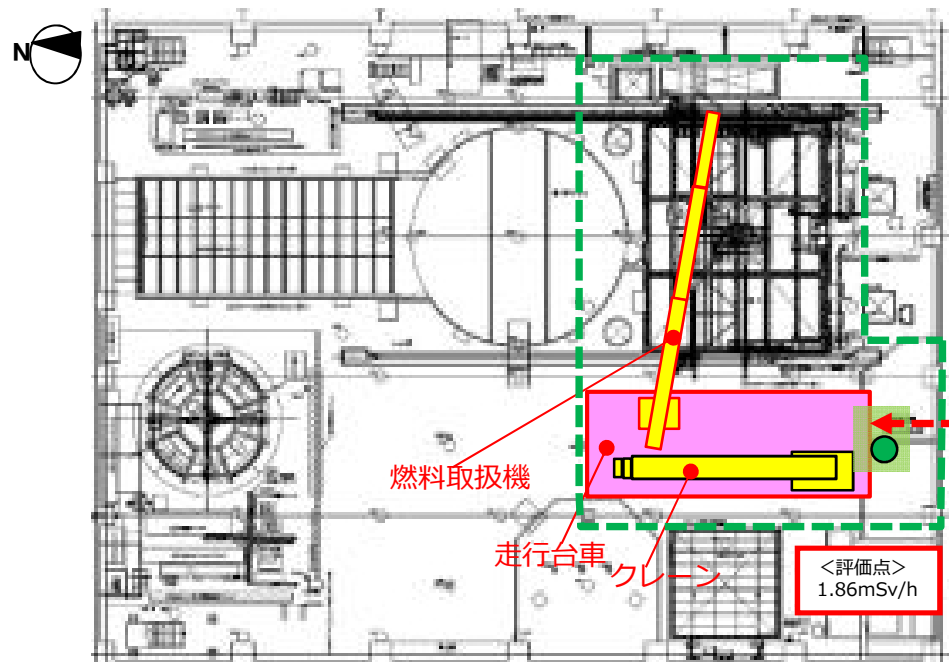


2号機原子炉建屋南側ヤード状況 (2021年1月)

参考5. オペフロ内有人作業例（燃料取扱機油圧系統不具合）

■燃料取扱機油圧系統不具合時について、以下の内容で評価を実施。

- ① 燃料吊り上げ中に燃料取扱機が油圧系統の不具合により、昇降不能となった場合、燃料取り出し用構台に設置予定の非常用油圧供給装置を有人作業にて燃料取扱機の油圧系統に接続。
- ② 遠隔操作にて燃料を使用済燃料貯蔵ラックへ吊下す。
- ③ 燃料取扱設備を遠隔操作にて燃料取り出し用構台へ移動させ、故障個所の修理を実施。



<非常時対応>

【想定作業期間】：1日

【想定作業人数】：10人

【想定作業時間】：15分/人・日

【想定被ばく線量】：0.46mSv/人・日

---▶: 作業員動線

---: 有人作業エリア（非常時対応：燃料取扱機油圧系統不具合）

---: 有人作業エリア（全体）

燃料取扱機油圧系統不具合イメージ