

日本原子力学会 2017年秋の大会
福島第一原子力発電所廃炉検討委員会

福島第一原子力発電所廃炉に向けた IRIDによる技術開発の現状

2017年9月15日

技術研究組合 国際廃炉研究開発機構 (IRID)
開発計画部 部長
奥住 直明

この成果は、経済産業省/廃炉汚染水対策事業費補助金の活用により得られたものです。

目次

1. はじめに
2. 燃料デブリ取り出し技術開発
 - ・上アクセス工法
 - ・横アクセス工法
 - ・安全系システム
3. 収納・移送・保管技術開発

目次

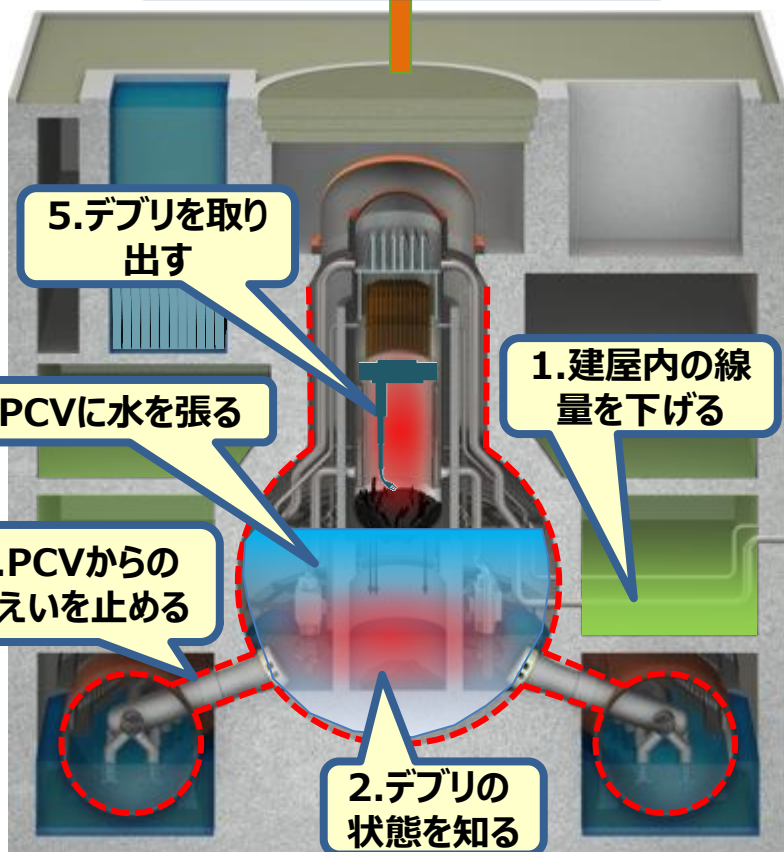
1. はじめに
2. 燃料デブリ取り出し技術開発
 - ・上アクセス工法
 - ・横アクセス工法
 - ・安全系システム
3. 収納・移送・保管技術開発

IRIDの研究開発プロジェクトとその目的

1. 建屋内の線量を下げる

- **遠隔除染**装置の開発

6. デブリを収納・移送・保管する



2. デブリの状態を知る

- ◎ 間接的に知る
 - **解析**による炉内状況把握
 - **宇宙線ミュオン**を利用した透視
- ◎ 直接的に知る
 - **PCV内部**調査、**RPV内部**調査

3,4. PCVの漏えいを止める、水を張る

- PCV**補修・止水**技術の開発
- PCV補修・止水**実規模試験**

5. デブリを取り出す

- デブリ取り出し**基盤技術**の開発
- デブリ取り出し**工法・システム**の開発
- **臨界管理**技術の開発

6. デブリを運びだし、保管する

- デブリ**収納・移送・保管**技術の開発

目次

1. はじめに
2. **燃料デブリ取り出し技術開発**
 - ・上アクセス工法
 - ・横アクセス工法
 - ・安全系システム
3. 収納・移送・保管技術開発

技術的課題

- **放射性ダストの閉じ込め**機能の確保
- **遠隔操作**技術の確立
- **被ばく低減・汚染拡大防止**技術の確立

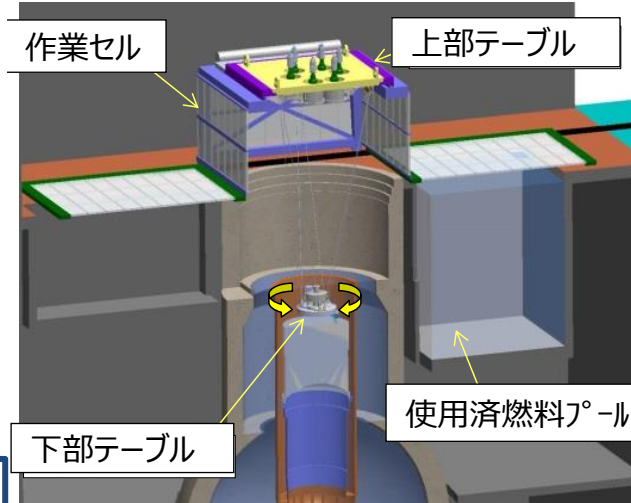
開発目的

- 主要3工法について、概念検討および工法詳細ステップ図を作成し、基盤技術開発の成果と合わせ、**工法実現性の評価**を行う。

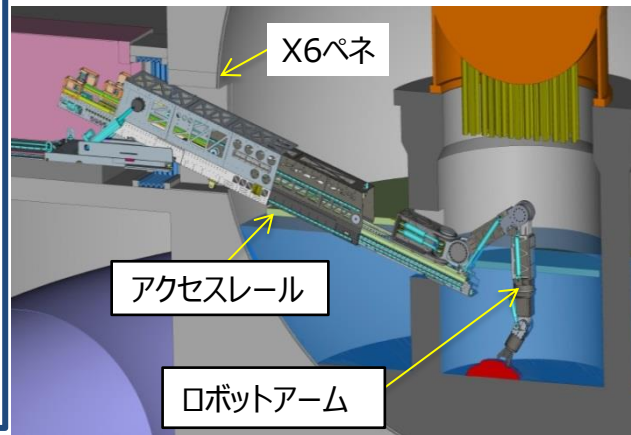
開発期間

2015.9~2017.3

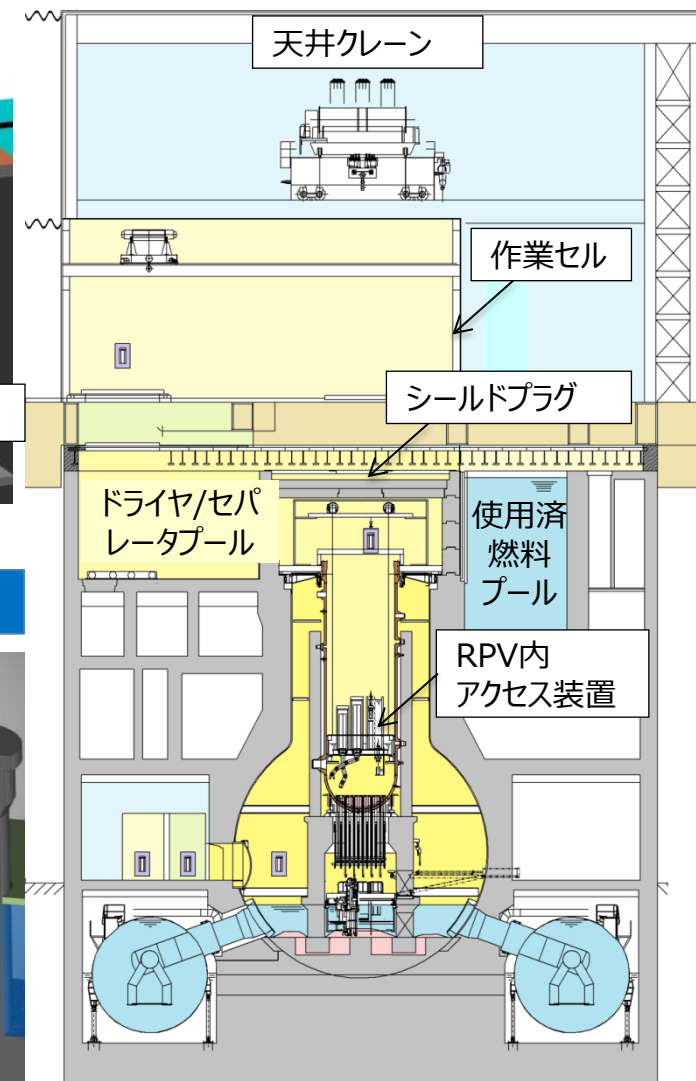
冠水-上アクセス工法（概念）



気中-横アクセス工法（概念）



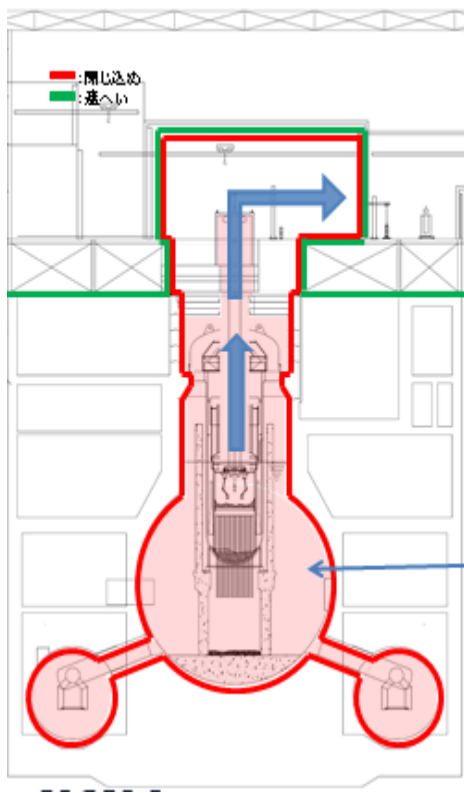
気中-上アクセス工法（概念）



上アクセス工法～デブリ搬出ルート～

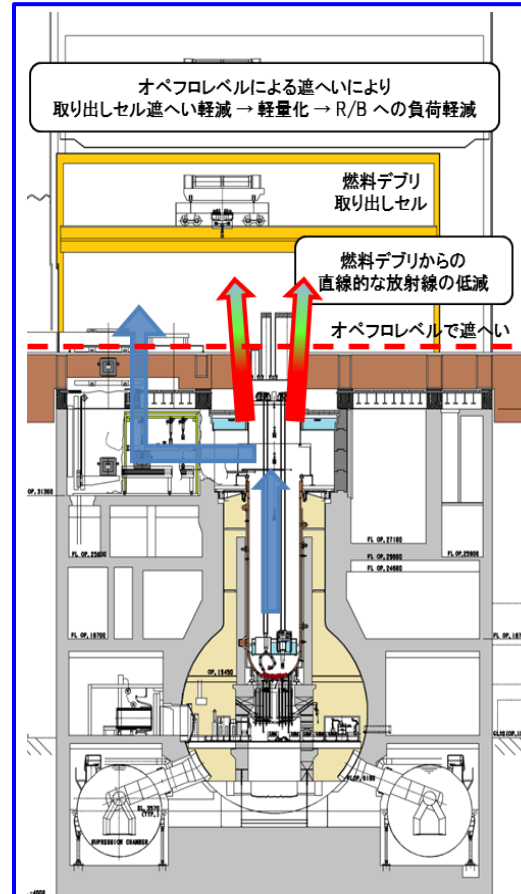
- 上アクセス工法は、閉じ込めと遮へいの要求を満足し、かつ建屋負荷を許容範囲内に収める工法として、搬出ルートを以下の**2ルート**について検討。

【ルートA】



- オペフロ上の**デブリ取り出しセル**で遮へい
 - **シンプル**な動線。
 - **非常時の対応**が比較的容易。
 - R/Bへの負荷が増大するため、セル・設備の小型化が必要。

【ルートB】



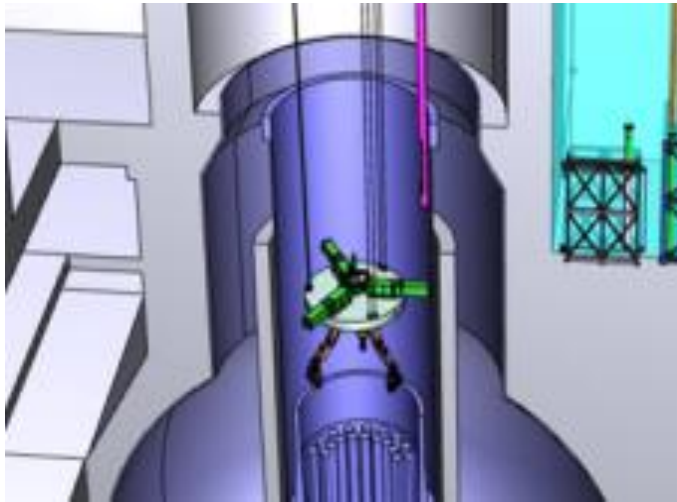
- オペフロの**シールドプラグを残して遮へい**
 - デブリからの直接線をシールドプラグで遮へい
 - ① **損傷したR/Bへの負荷軽減**が可能。
 - ② デブリ取り出しセルの遮へい機能を軽減可（**軽量化**）。
 - **DSPを作業スペース**（収納缶への収納など）として活用。

上アクセス工法～デブリ取り出し装置概念～

- 現状はRPV内部の損傷状況が分からないので、以下の**2ケース**について検討。

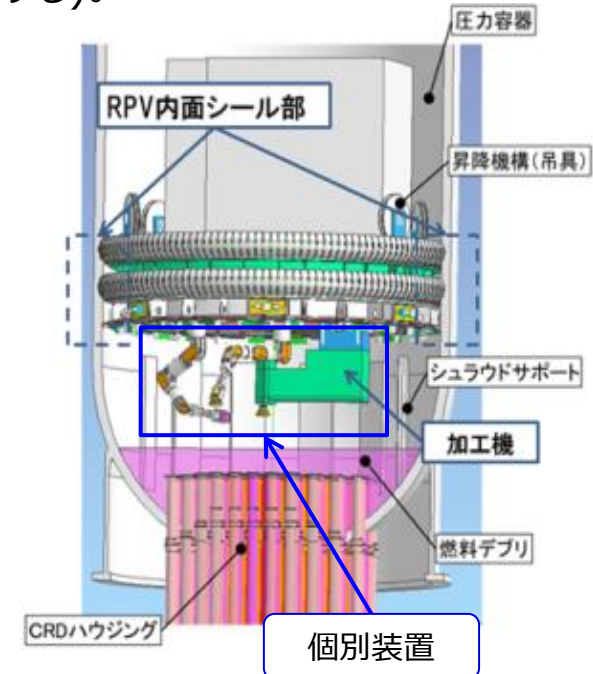
【装置A】

- 装置を**小型化**
 - RPV内に吊り下ろす部分を小型化し、**構造物の撤去範囲を縮小**。
 - 性状が不明な燃料デブリの加工を想定し、**大きな反力も支持**できる機構を設置。



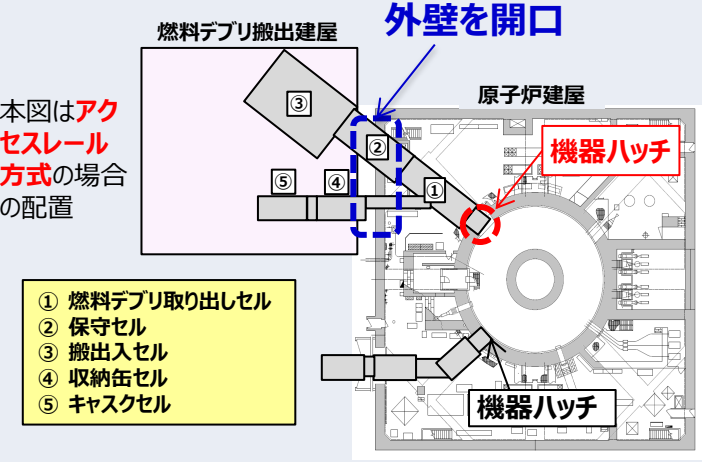
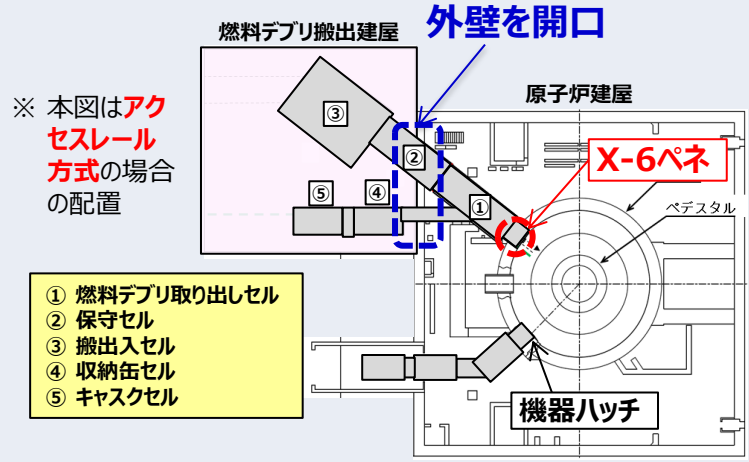
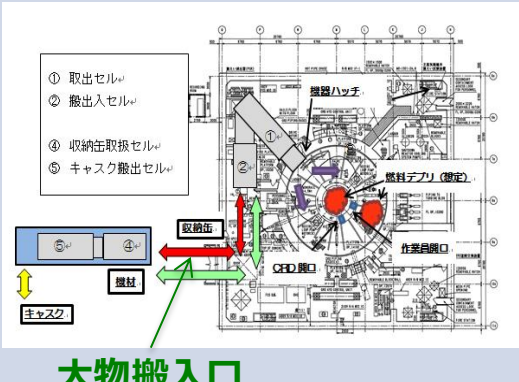

【装置B】

- 高汚染エリアを**最小化**
 - **放射性ダストをデブリ近傍で閉じ込める**ために、RPV内面でシール。
 - **個別装置はシールを維持したまま交換可能**なよう設計 (シールを維持したまま加工ツールを交換する)。



横アクセス工法～デブリ搬出ルート～

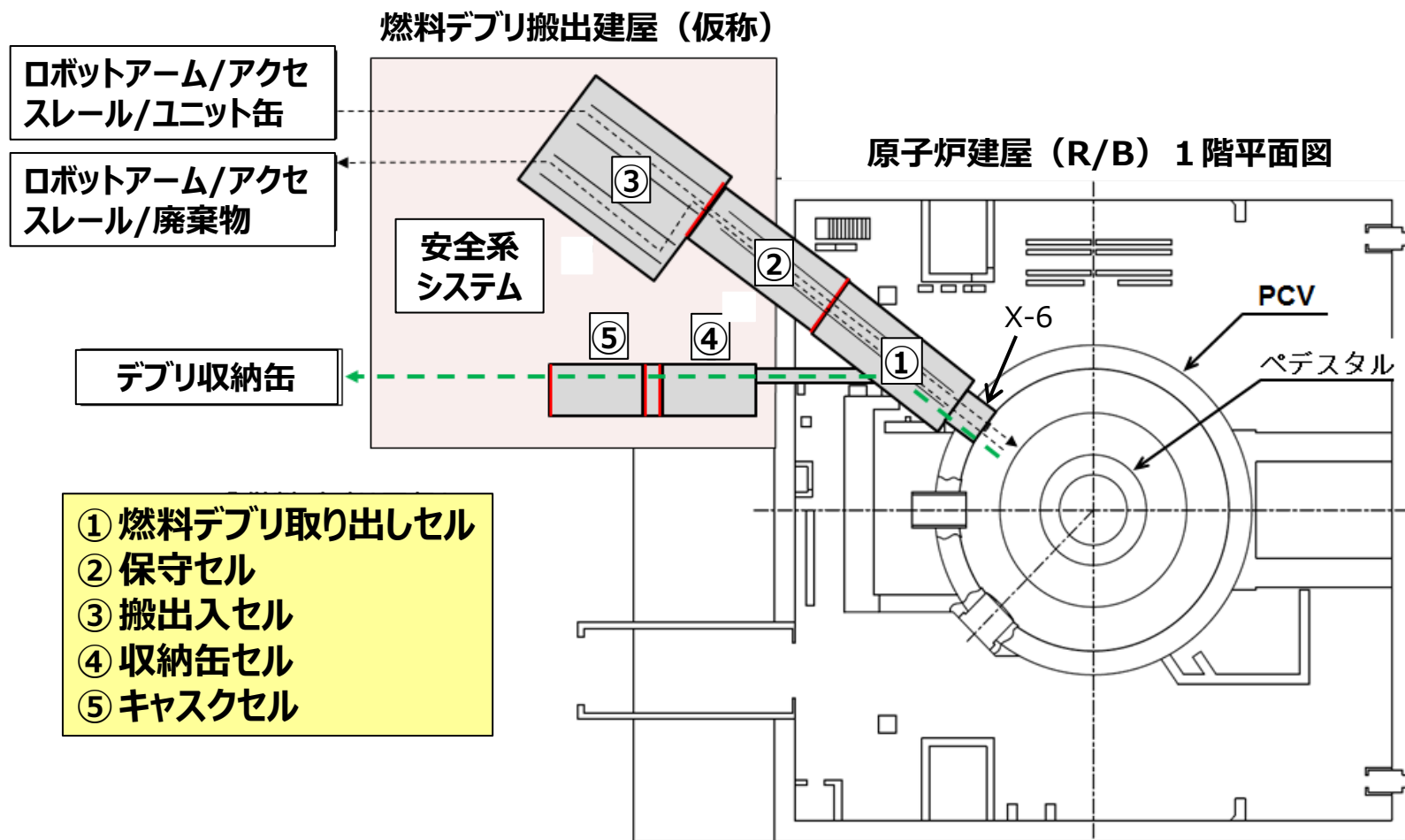
■ デブリ搬出ルートについて、以下の**2ケース（PLAN-A、B）**について検討。

号機	1号機	2/3号機
配置の基本的な考え方	<p>・比較的アクセスのしやすいPCV西側を使用して、デブリの搬出は「機器ハッチ」から。</p>	<p>・比較的アクセスのしやすいPCV西側を使用して、デブリの搬出は「X-6ペネ」から。</p>
<p>PLAN-A</p> <p>デブリはR/B外壁を開口して搬出</p>	<p>※ 本図はアクセスレール方式の場合の配置</p>  <p>① 燃料デブリ取り出しセル ② 保守セル ③ 搬出入セル ④ 収納缶セル ⑤ キャスクセル</p>	<p>※ 本図はアクセスレール方式の場合の配置</p>  <p>① 燃料デブリ取り出しセル ② 保守セル ③ 搬出入セル ④ 収納缶セル ⑤ キャスクセル</p>
<p>PLAN-B</p> <p>デブリはR/B大物搬入口から搬出</p>	 <p>① 取出セル ② 搬入セル ③ 収納缶搬入セル ④ 収納缶搬出セル ⑤ キャスク搬出セル</p> <p>大物搬入口</p>	 <p>① 取出セル ② 機器セル ③ 収納缶搬入セル ④ 収納缶搬出セル ⑤ キャスク搬出セル</p> <p>大物搬入口</p>

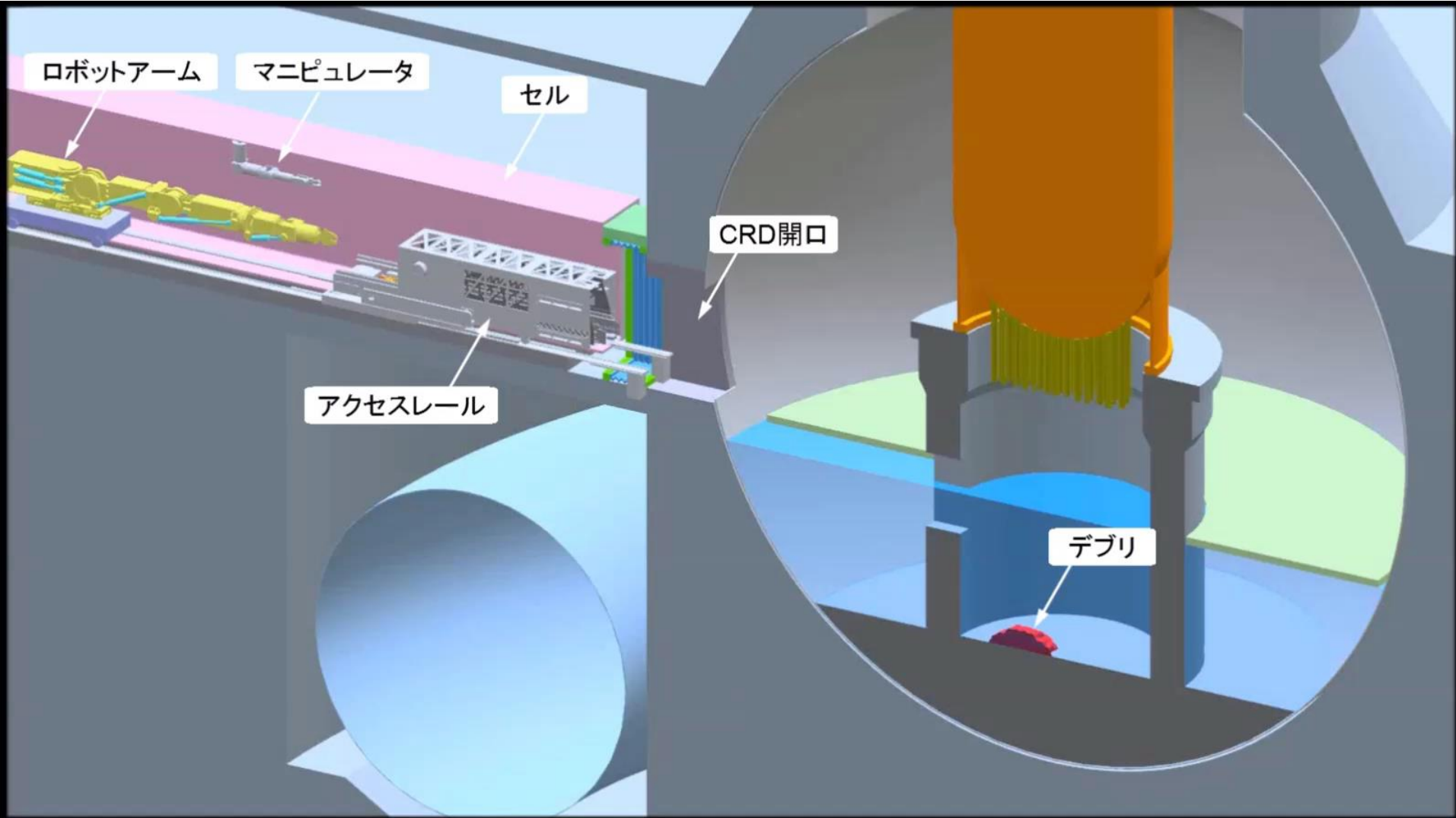
【PLAN-A】アクセスレール方式～レイアウト～

レイアウト

- 気密/遮へい機能を有した**複数のセルを連結**し、R/B1階フロアに設置。
- **燃料デブリ搬出建屋**（仮称）をR/B脇に増設。安全系システムも併せて収納。



【PLAN-A】アクセスレール方式～取り出しイメージ～(動画)



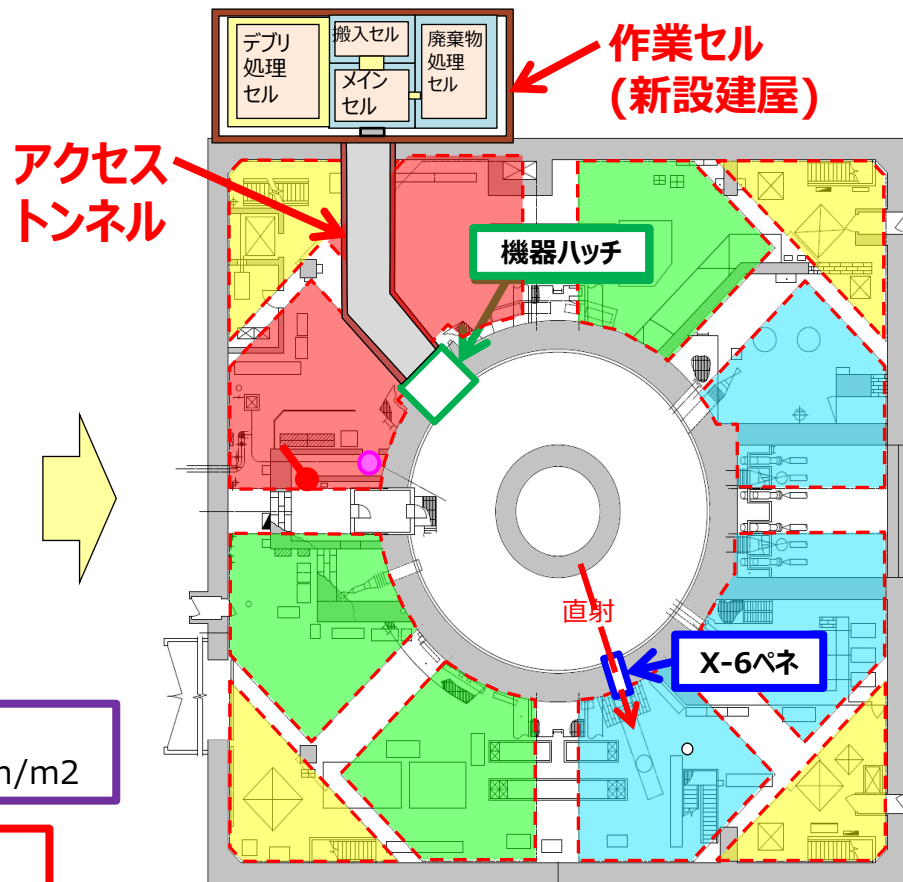
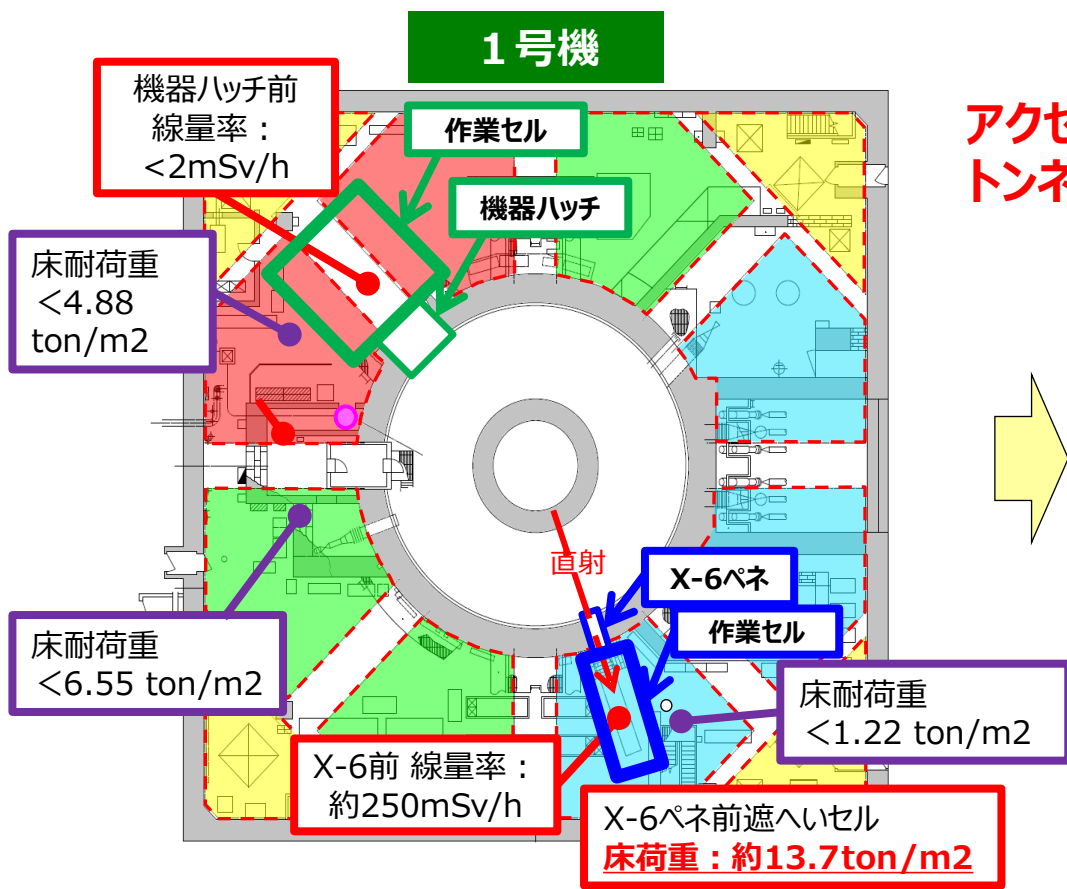
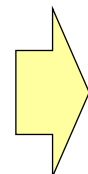
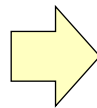
【PLAN-A'】アクセストンネル方式～コンセプト～

■ 1号機R/B1階の制約条件

- 周囲線量率：全エリア高い
- 床耐荷重：作業セル（遮へい重量物）設置は厳しい

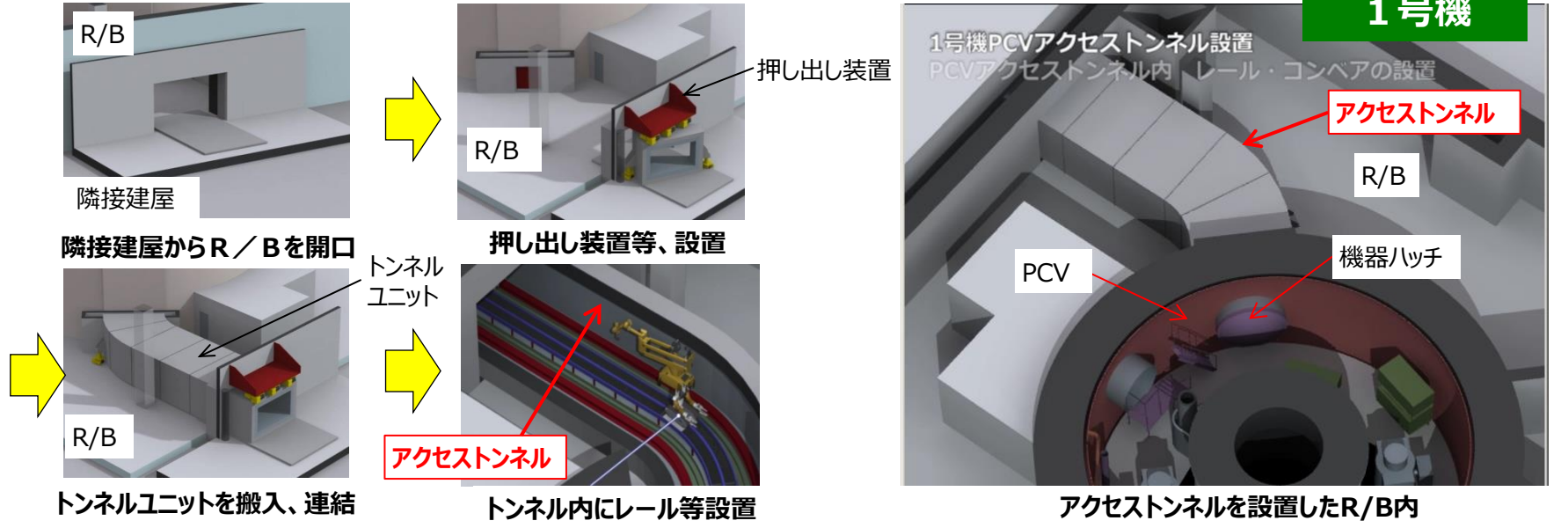
■ アクセストンネル方式のコンセプト

- ① 作業員の接近は新設建屋までとする
(1階フロアでの作業を最小化)
- ② 1階床への荷重負担を軽減

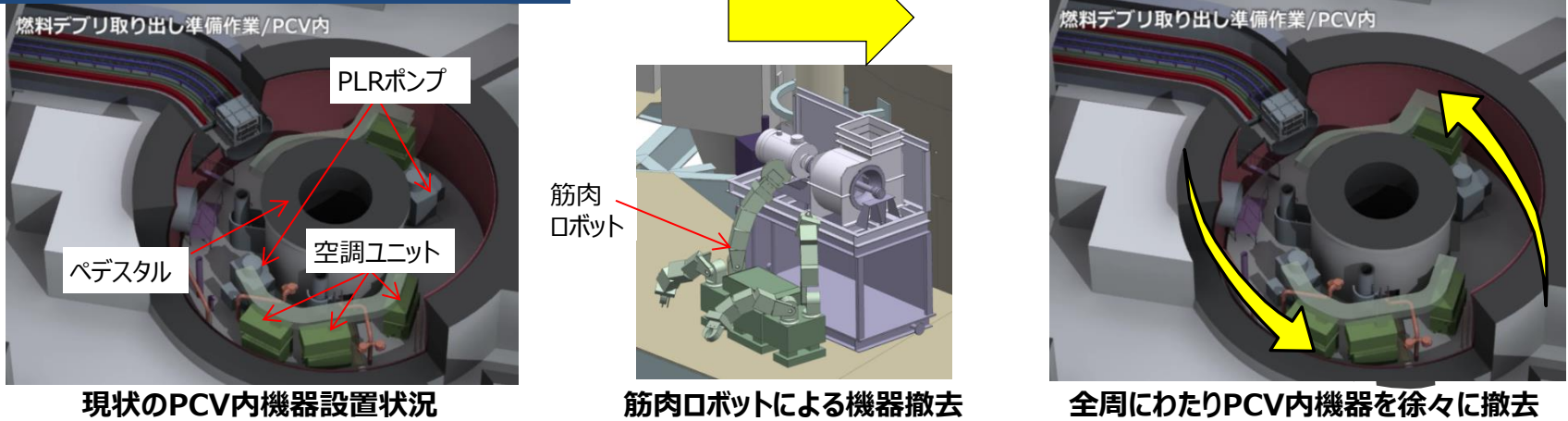


【PLAN-A'】アクセストンネル方式～トンネル構築～

隣接建屋・アクセストンネル構築

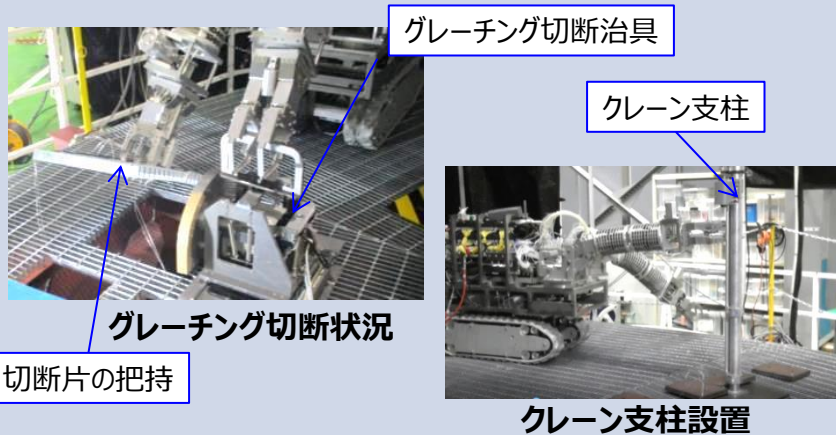
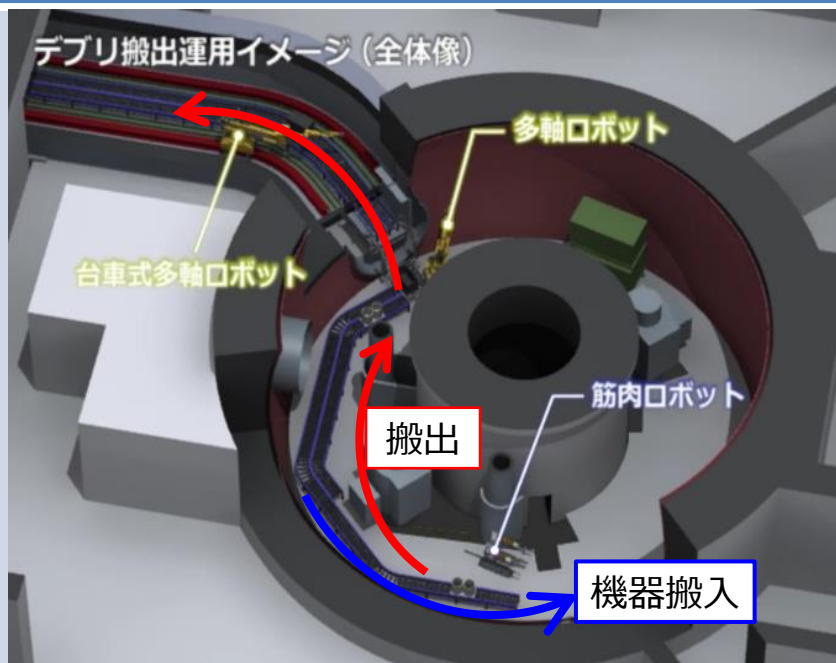


PCV内環境構築（障害物撤去）

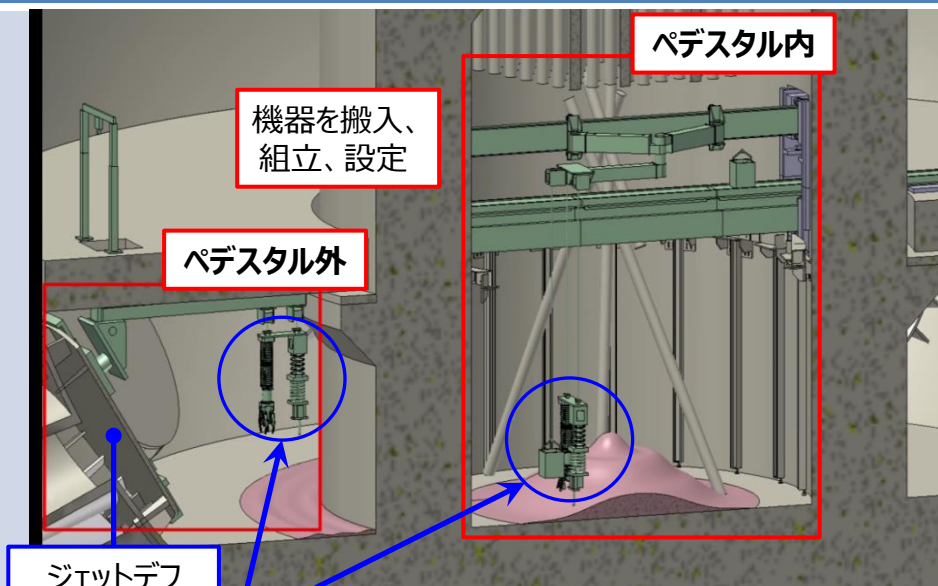


【PLAN-A´】アクセストネル方式～デブリ搬出～

デブリの搬出(イメージ)



ペDESTAL内外デブリの回収(イメージ)



先端ツールの例

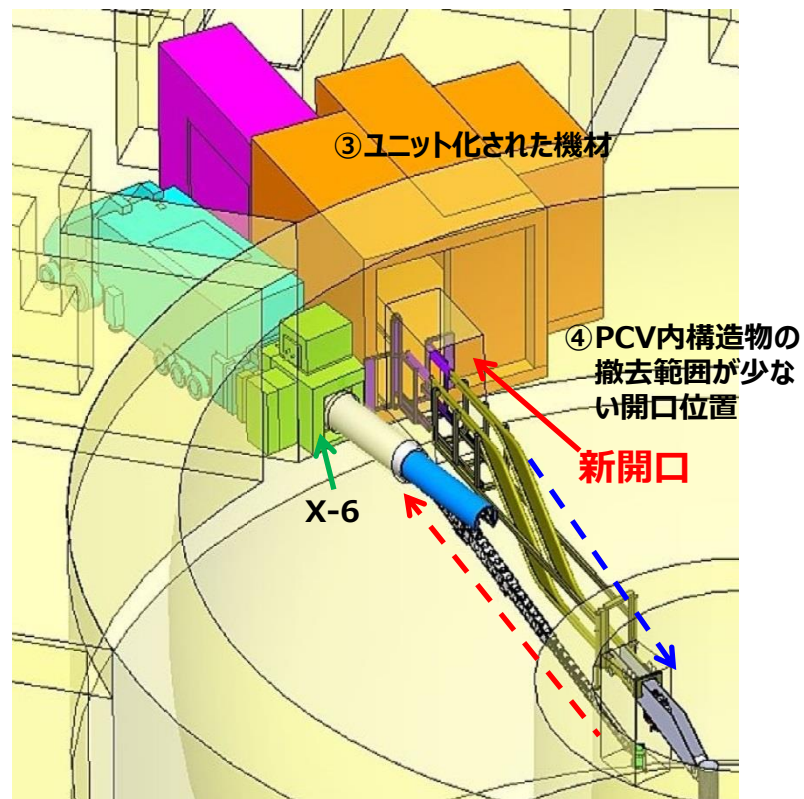
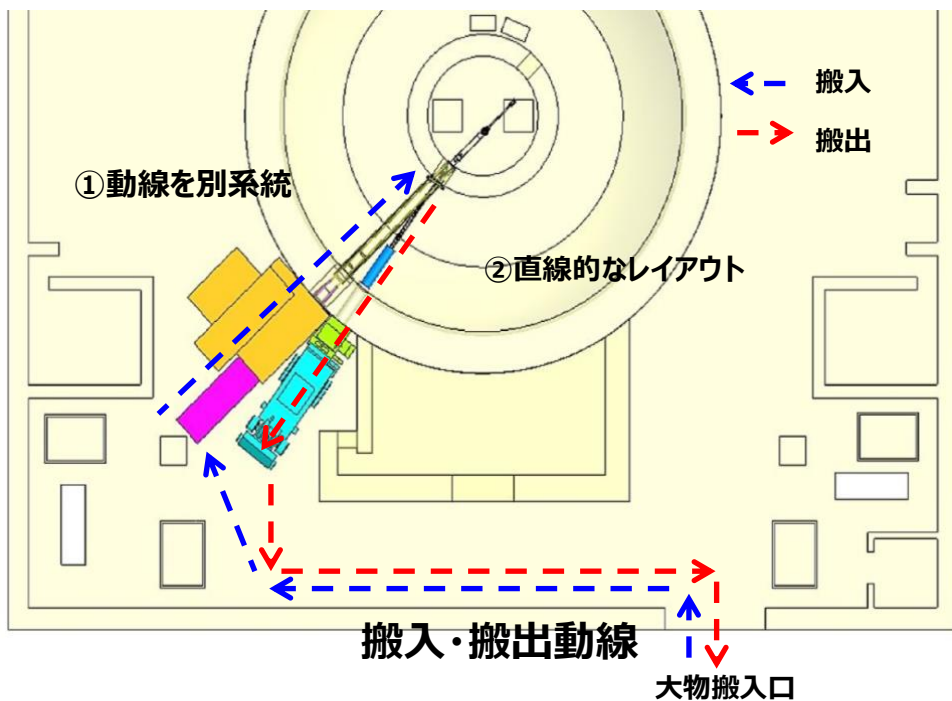


横 接 近 工 法
作 業 ス テ ッ プ

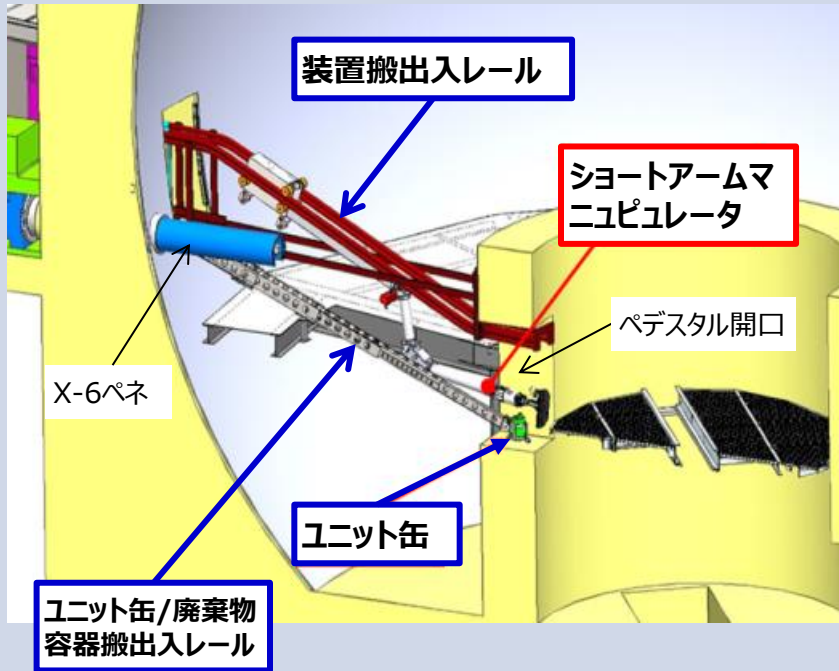
【PLAN-B】PCV新開口方式

■ X-6ペネ脇のPCVに新開口を設置。

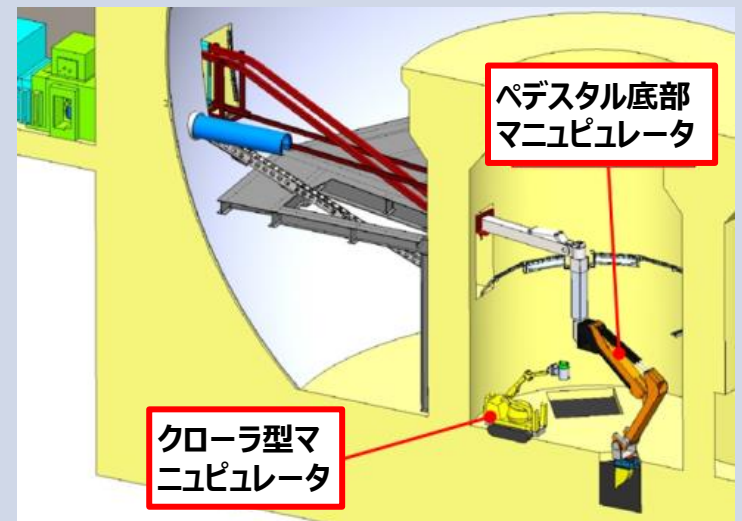
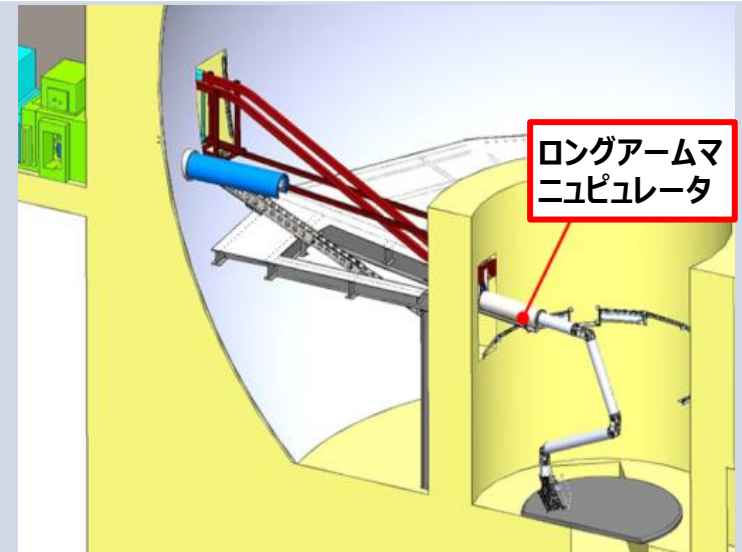
- ①装置搬入とデブリ・廃棄物搬出の動線を別系統に。
- ②直線的なレイアウト→シンプルな動線のため非常時の対応が容易
- ③機材は工場でユニット化→現場作業を低減
- ④開口は、PCV内構造物の撤去範囲が少ない位置を選定



ペダスタル内落下物の回収（イメージ）



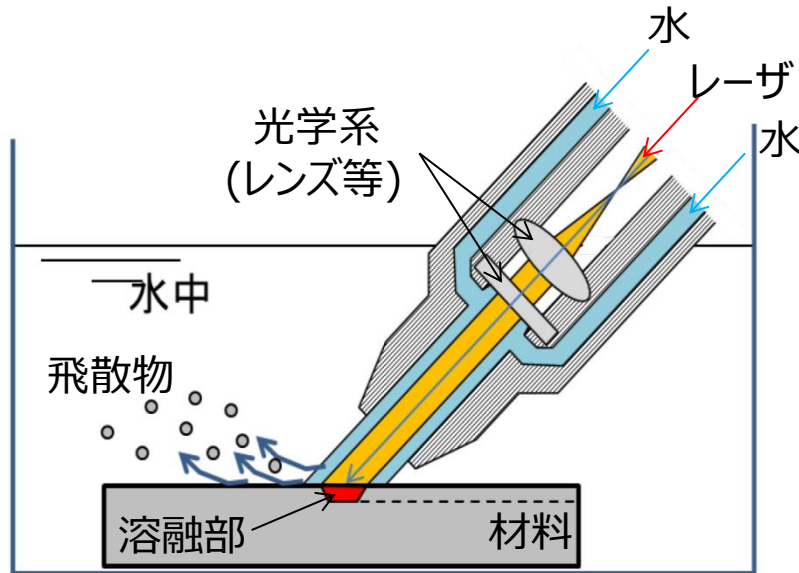
ペダスタル内デブリの回収（イメージ）



レーザガウジング切削試験

【レーザガウジングの原理】

- 水流にレーザを透過させて、**水流とレーザを同軸**にして材料表面に照射
- レーザ照射部を加熱、溶融させて、その**溶融物を水流で除去**



レーザはつり加工概略図

水中でのレーザはつり



H26年度試験結果

【レーザはつり加工の特徴】

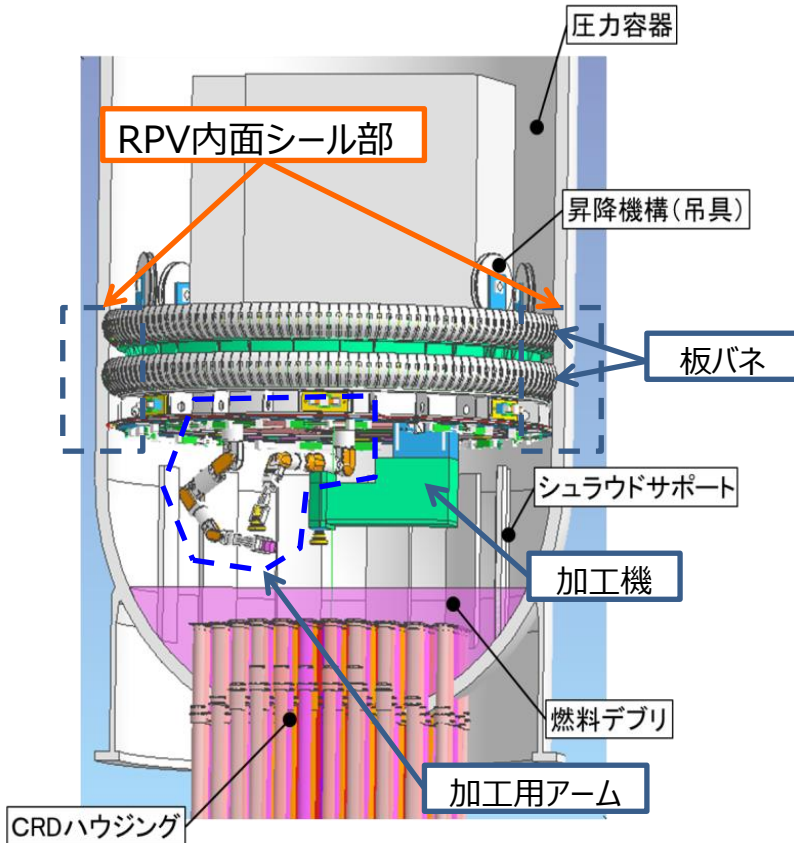
- 溶融除去した材料の99%以上が水中もしくは沈殿物として水槽内に溜まり、**気中への飛散する加工屑が少ない**
- **デブリの硬さに左右されない**加工方法
- レーザが透過可能な**水流を大気中に噴出することが難しい** (現状の課題)

レーザガウジング切削試験(動画)

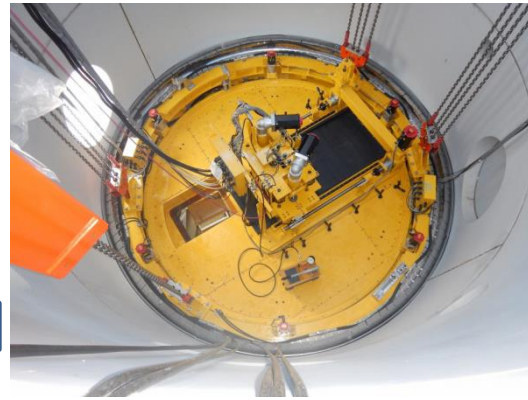


RPV内面シール性機能確認試験

- 気中-上アクセス工法におけるRPV内アクセス装置のRPV内面のシール性を実規模大（1/1スケール）試験設備を使って確認する。



RPV内面シールイメージ



共通装置（試験タンク吊り下ろし）



1/1試験模擬設備



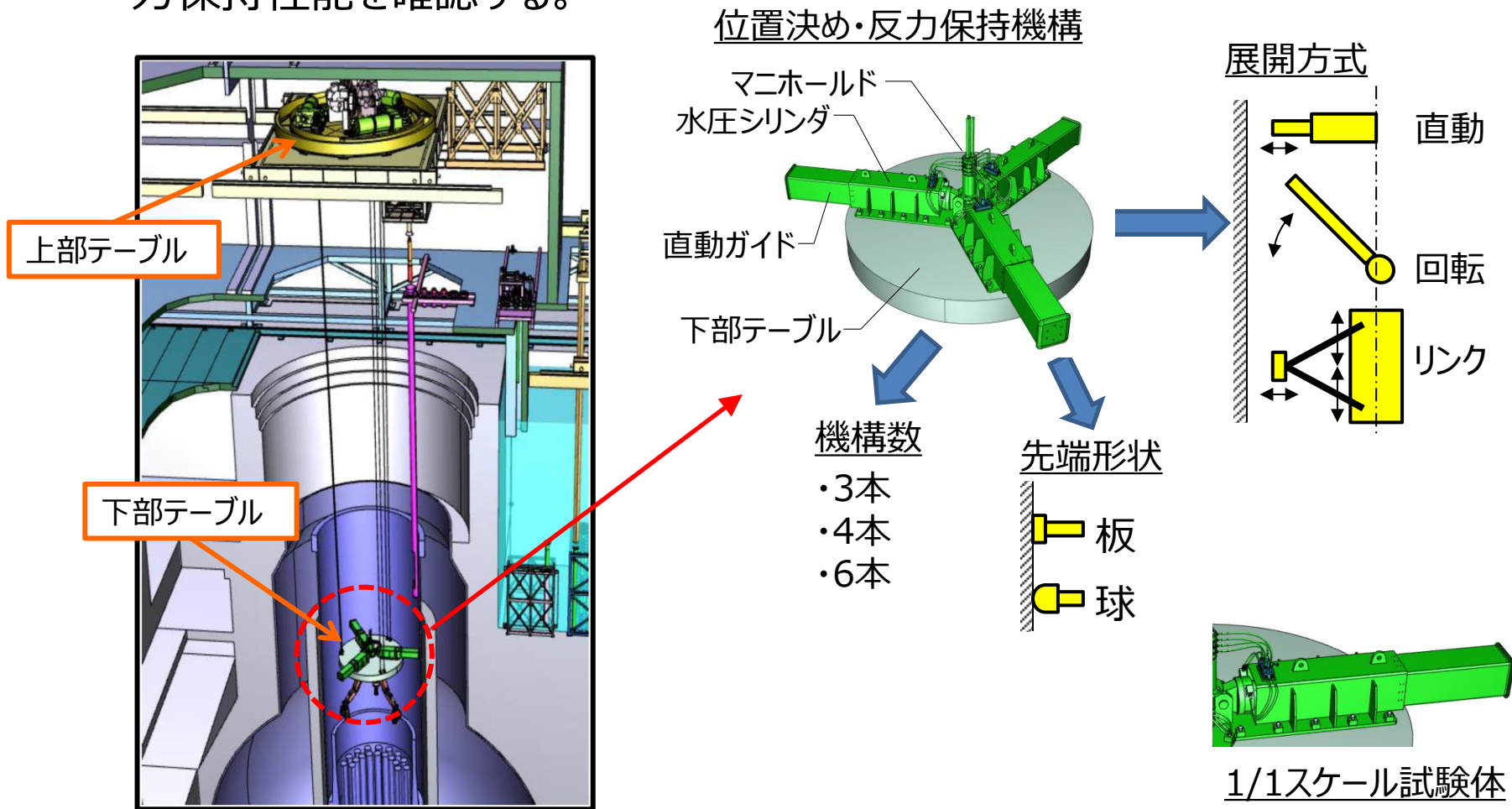
共通装置（全景）



共通装置（下面）

位置決め・反力保持機構機能確認試験

- 冠水-上アクセス工法におけるRPVアクセス装置の位置決め／反力保持機構の1/1スケール単体試験、および1/4スケールモデル試験により、位置決め・反力保持性能を確認する。



柔構造アーム機能確認試験

- 耐放射性、耐衝撃性に優れる柔構造アーム（愛称：「筋肉ロボット」）の基本的な成立性および開発課題を抽出する。

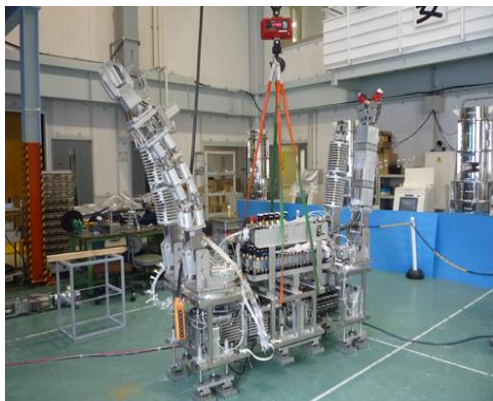
試作機 タイプⅠ

寸法：全長1800mm

幅630mm

高さ1000mm

重量：約690 k g



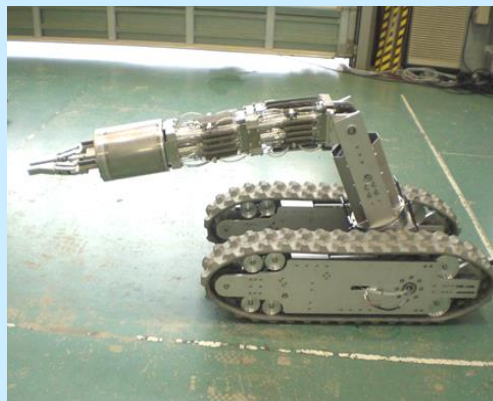
試作機 タイプⅡ

寸法：全長2750mm

幅590mm

高さ350mm（胴部）

重量：約220 k g



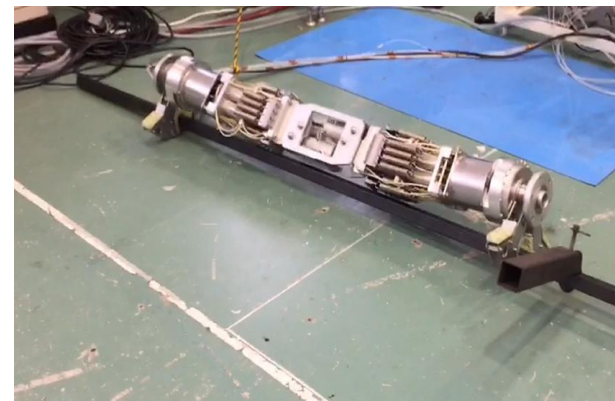
試作機 タイプⅢ

寸法：全長1635mm

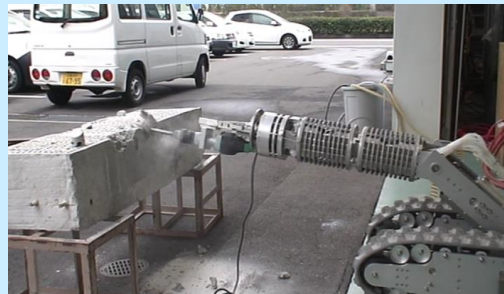
幅430mm

高さ185mm（胴部）

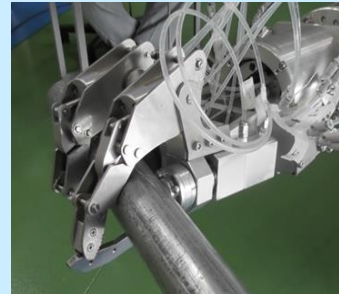
重量：約64 k g



階段走行試験



コンクリート破砕試験



把持動作



模擬バルブ開閉

安全系システム

除染

デブリ調査

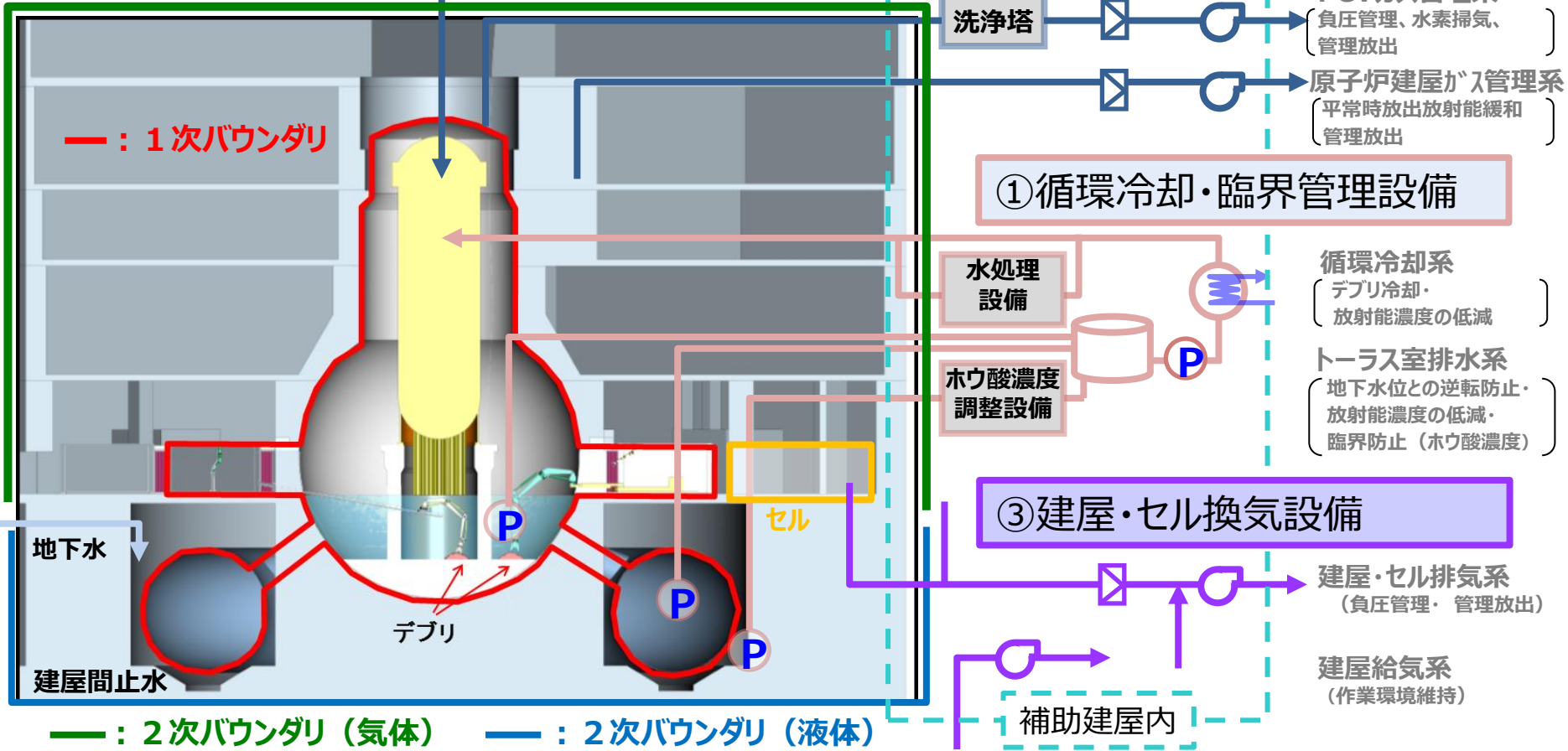
PCV補修

デブリ取出

収納・移送・保管

必要な安全機能

1. 冷却
2. 閉じ込め（負圧，トーラス室水位制御）
3. 不活性化（火災・爆発防護）
4. 未臨界



— : 2次バウンダリ (気体)

— : 2次バウンダリ (液体)

目次

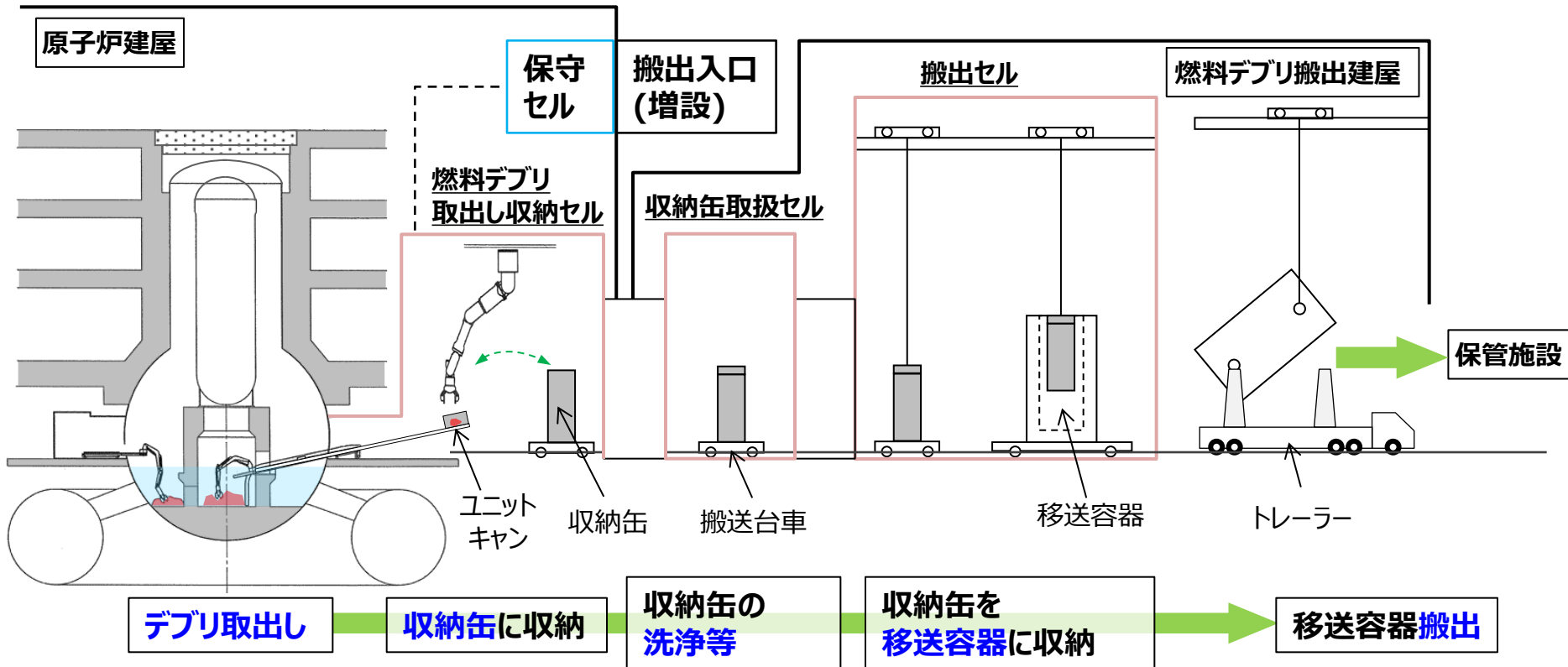
1. はじめに
2. 燃料デブリ取り出し技術開発
 - ・上アクセス工法
 - ・横アクセス工法
 - ・安全系システム
3. 収納・移送・保管技術開発

収納缶の設計

⇒1F固有の課題に対処

- 燃焼度と濃縮度が高い→**反応度高**
- コンクリートとの溶融生成物→コンクリート中の水分の放射線分解による**水素発生**
- 海水注入、計装ケーブル他との溶融→**塩分**の影響、**不純物**の混入

移送方法（気中-横アクセス工法の場合：例）



ご清聴ありがとうございました。