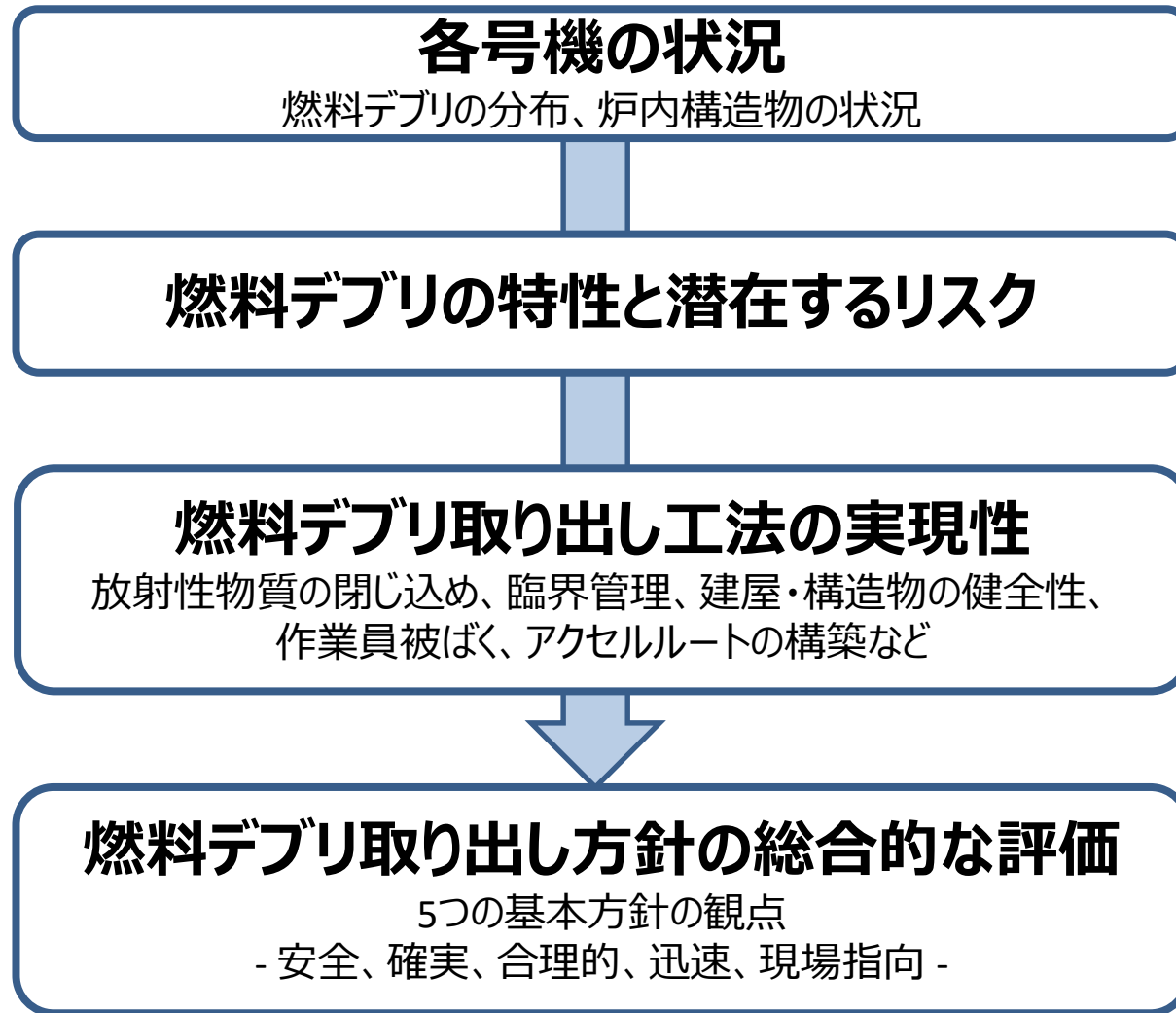


燃料デブリ取り出し方針 のための提言 (戦略プラン2017の第4章)

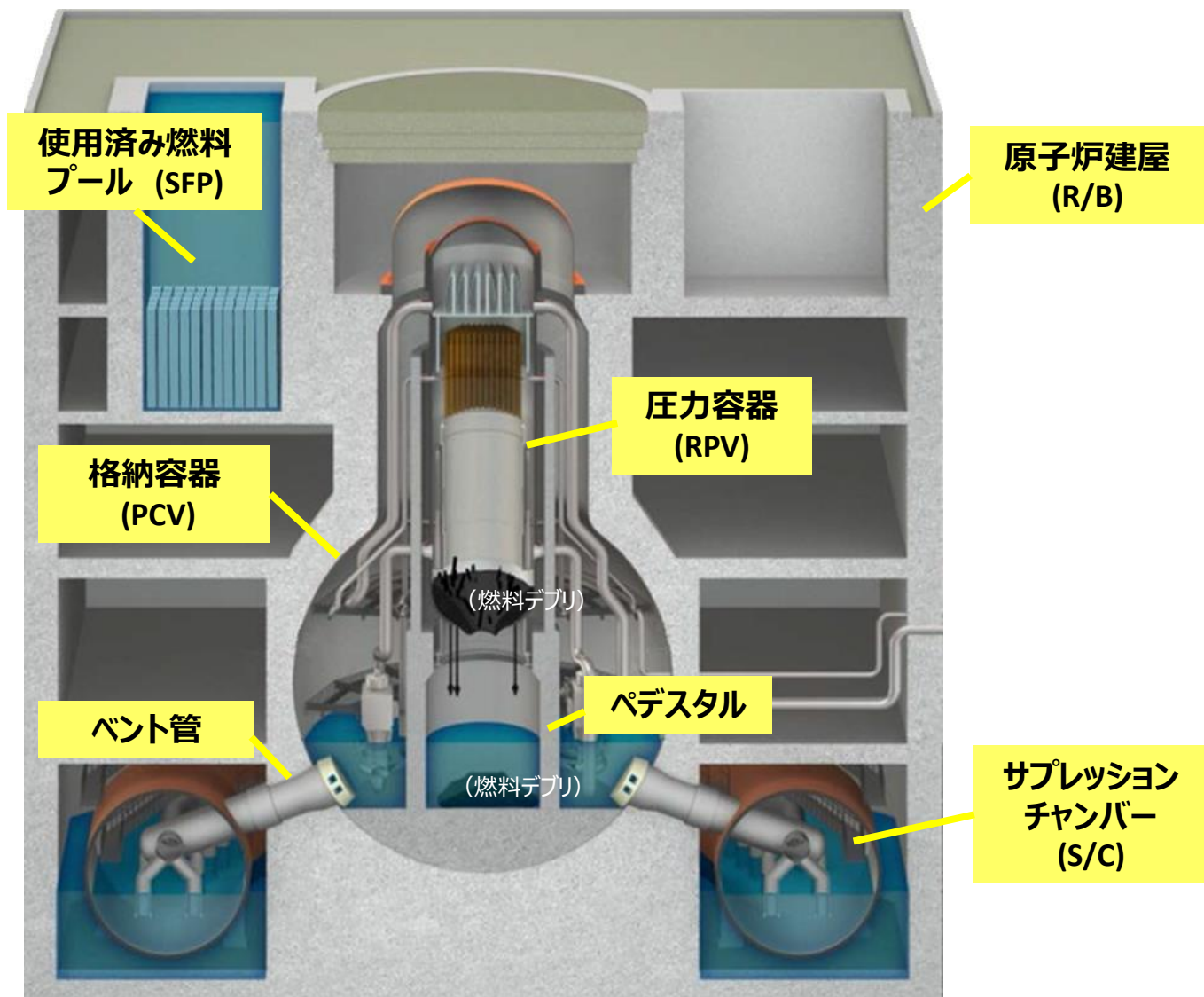
2017年8月31日

原子力損害賠償・廃炉等支援機構
(NDF)

燃料デブリ取り出し方針のための提言の検討の流れ



用語

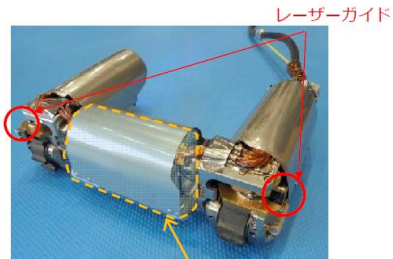


各号機の状況

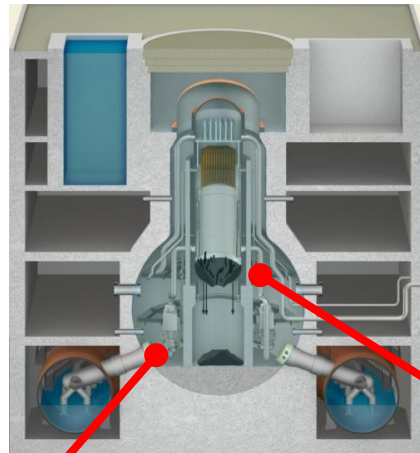
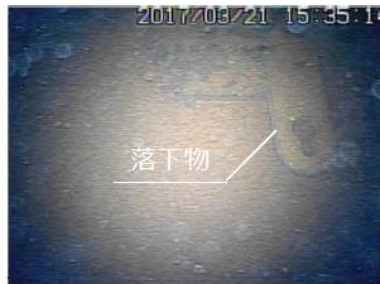
燃料デブリの分布、炉内構造物の状況

1号機の内部

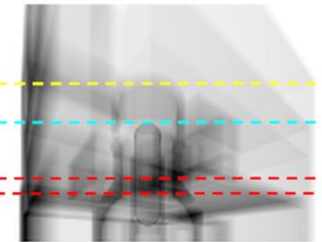
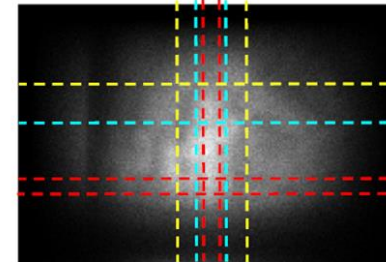
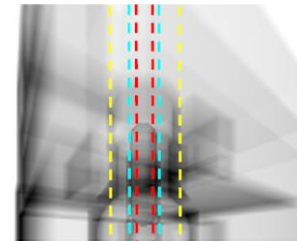
ロボットによる PCV内部調査



カメラ及び線量計の収納部
ロボット



ミュオン観測



一定の重さを持つと考えられる堆積物がPCV底部
や配管に観察された（2017年3月）

機器などが図面上の位置に確認された。高密度の物質（核燃
料）は炉心位置には確認されなかった（2015年5月）

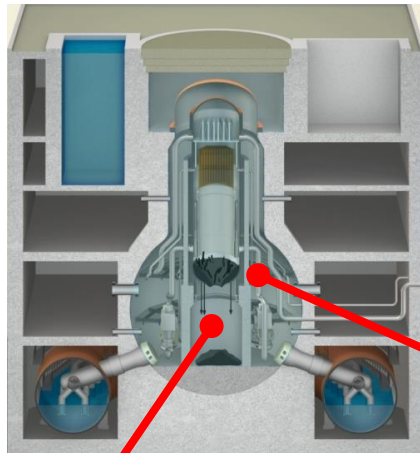
（東京電力提供資料）

2号機の内部

ロボットによる PCV内部調査

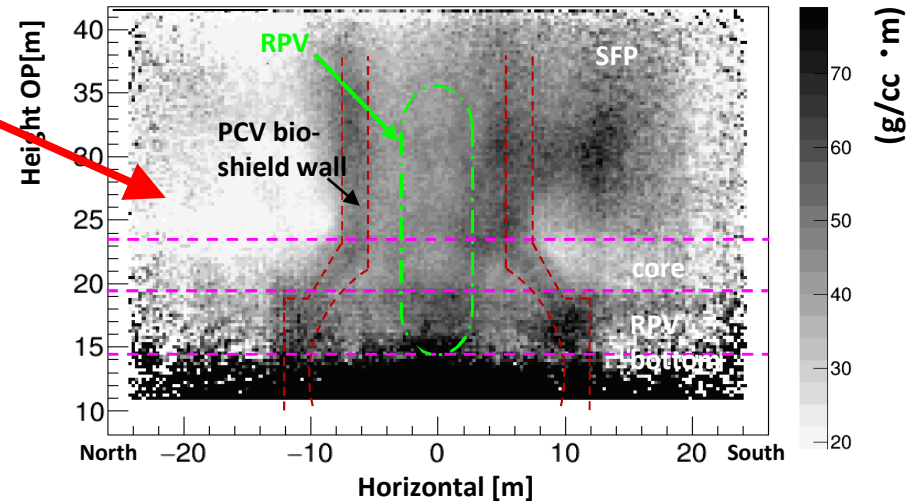


ロボット



ペデスタル内プラットフォームのグレーチングの脱落や
堆積物が確認された（2017年2月）

ミュオン観測



RPV底部やその周辺に、燃料デブリと思われる高密度物質の影が
確認された（2016年6月）

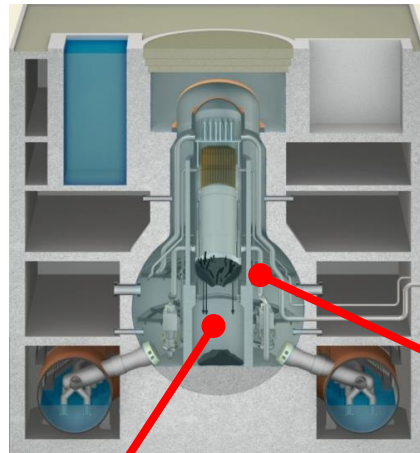
（東京電力提供資料）

3号機の内部

ロボットによる PCV内部調査

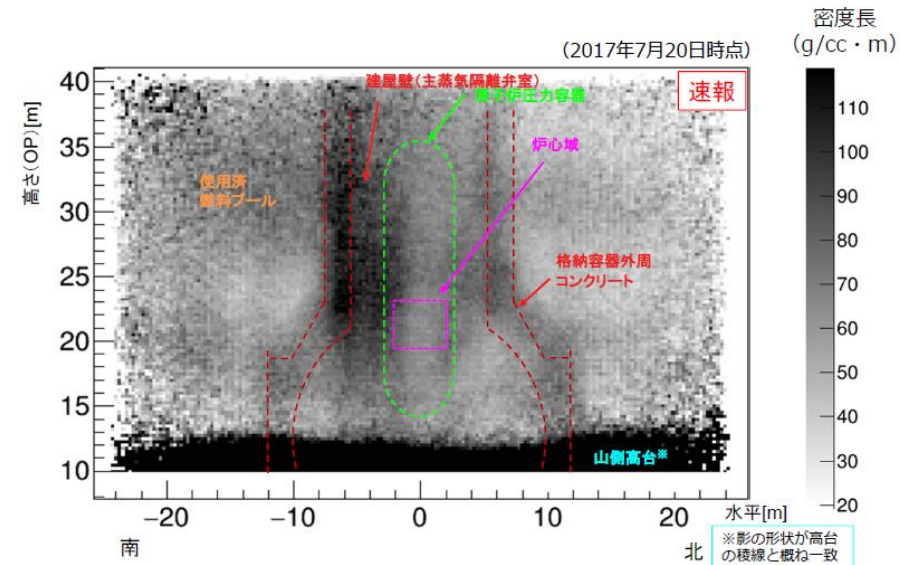


水中遊泳ロボット



ペDESTル内部に、溶融物が固化したと思われる物質や複数の構造物の損傷、落下物や堆積物が確認された（2017年7月）

ミュオン観測

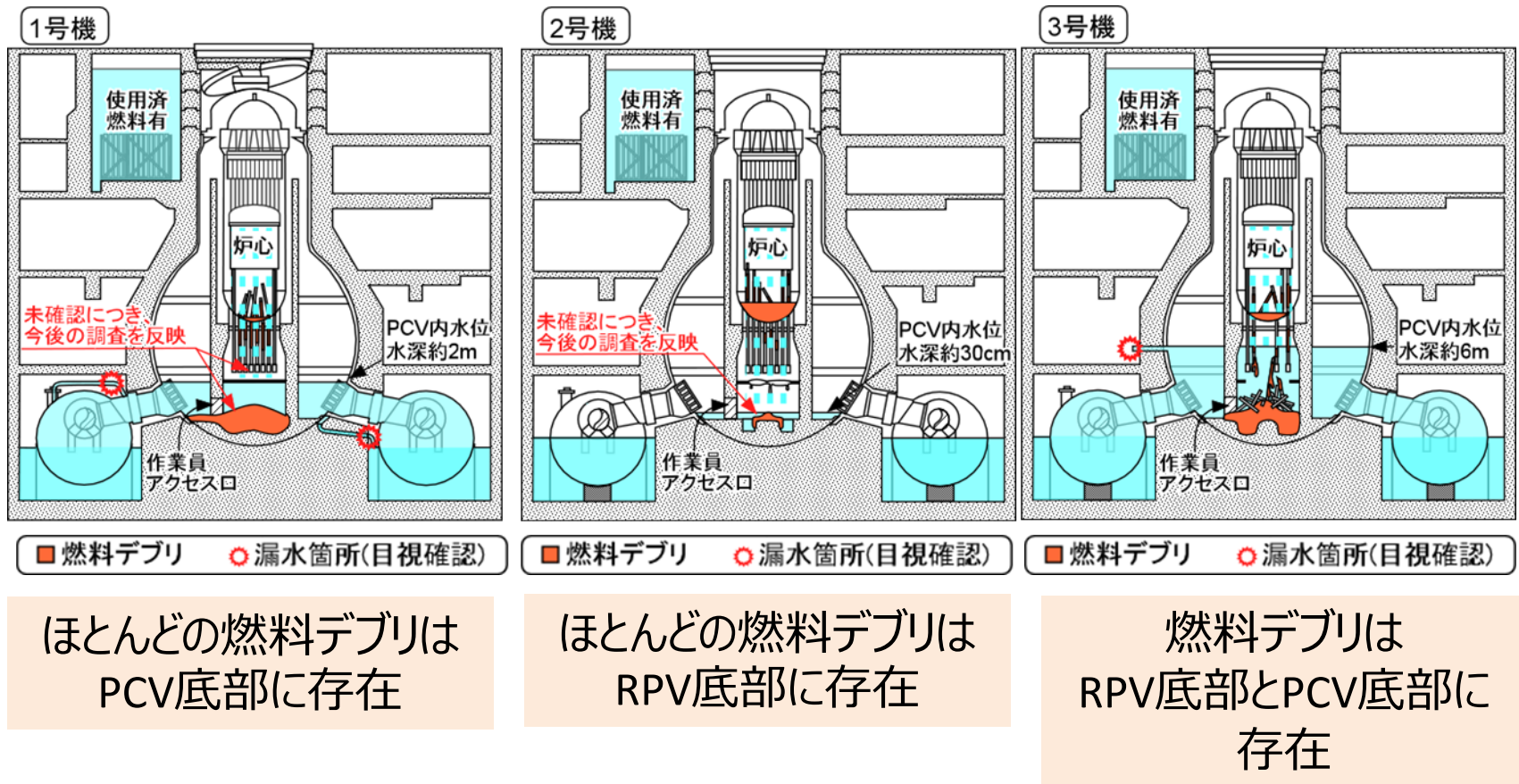


RPV底部に、高密度物質は確認されなかった（2017年7月）

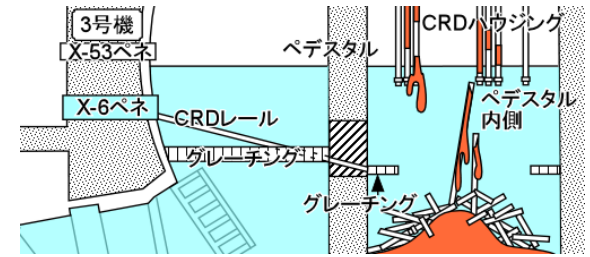
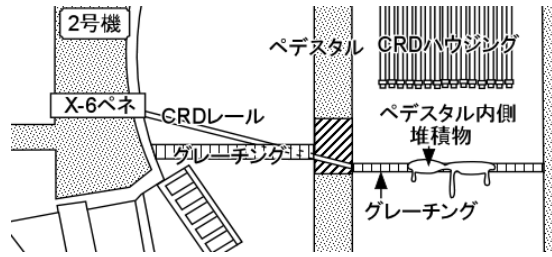
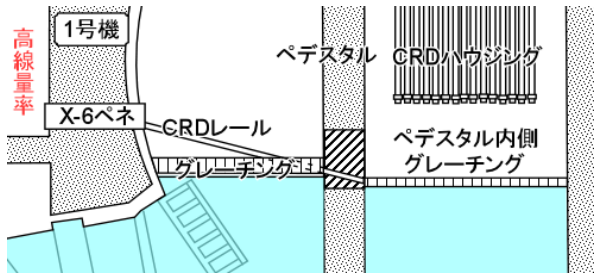
（東京電力提供資料）

燃料デブリ分布の推定

事故進展解析コード、プラントデータ分析、ミュオン観測やPCV内部調査の結果に基づいて燃料デブリの分布を推定する。



炉内構造物の状況



アクセス性

グレーチングからPCV下部へ到達可能（ペDESTAL外側）

ペDESTAL開口部からペDESTAL内部へ到達可能

ペDESTAL開口部からペDESTAL内部へ到達可能

状況

（グレーチング近傍の）ペDESTAL外壁には大きな損傷はない

（ペDESTAL開口部近傍の）ペDESTAL内壁面にはひび割れなどの異常はない

（CRDハウジング支持金具やグレーチングなど）多くの落下物をペDESTAL内部に確認

燃料デブリの特性と 潜在するリスク

燃料デブリに潜在する放射線リスク*

・経時変化により、燃料デブリが閉じ込めにくい形態へ変化する可能性

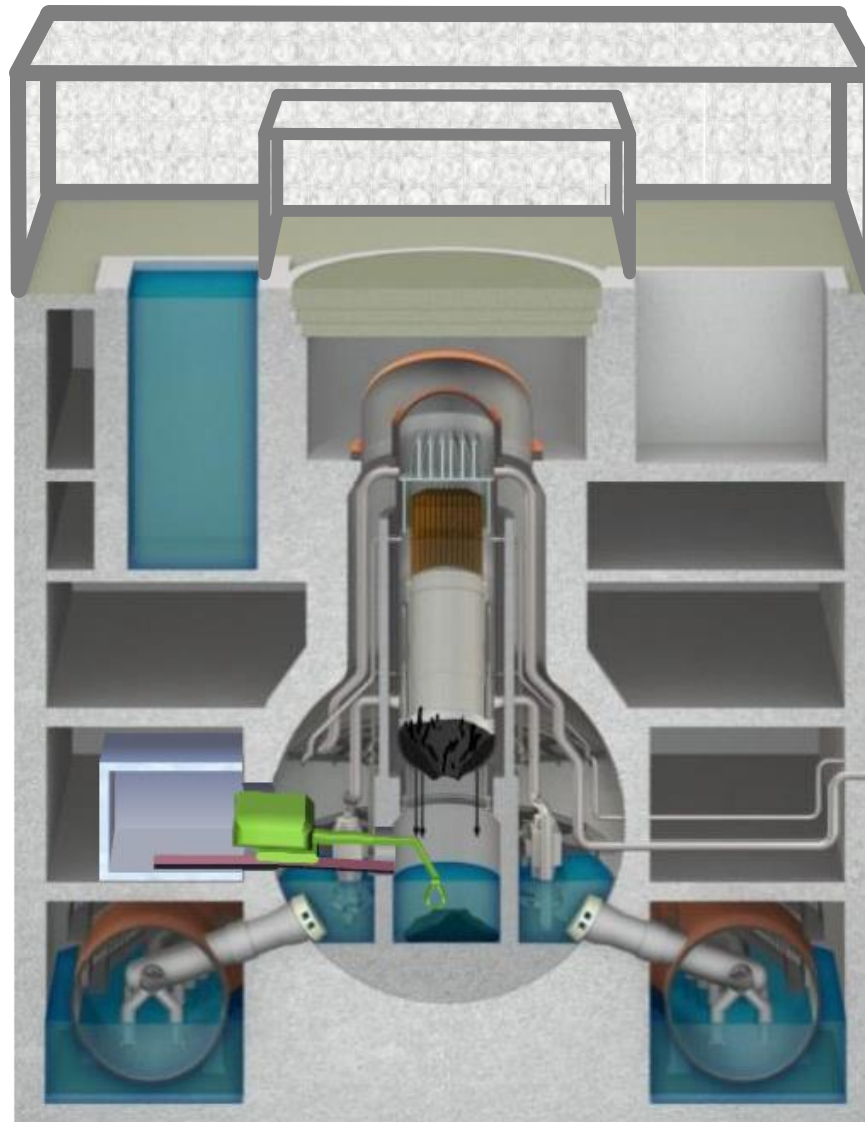
- ・微粒子
- ・スラッジ
- ・エアロゾル

・閉じ込め機能が劣化する可能性



時間に伴いリスクが高まる

*英国NDAが開発したSED指標（放射性物質の摂取による内部被ばくの影響とその事象の起こりやすさの積）により、リスクレベルを評価。



効果的なリスク低減には、

拡散性・移動性の高い燃料デブリを先に回収し、安定的に管理することが重要

MCCIが存在する可能性があり、RPVに比べ、閉じ込め機能の多重性の低いPCV底部に着目することに意義

燃料デブリの取り出し時に微粒子などが発生し、リスクレベルが過度に増加しないよう配慮が必要

燃料デブリ取り出し工法の 実現性

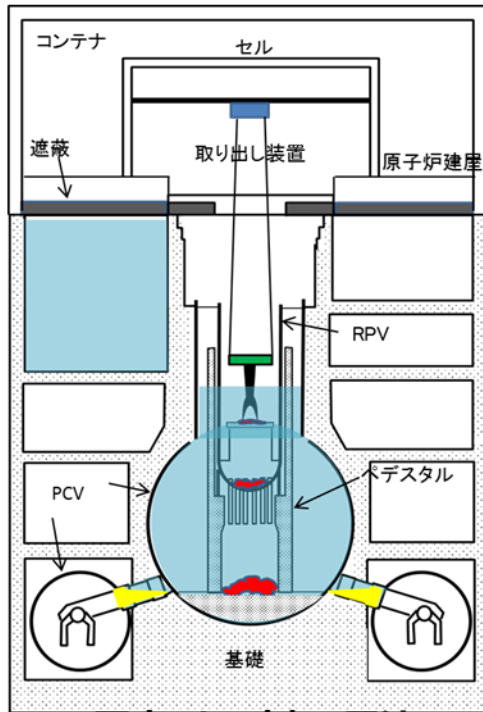
放射性物質の閉じ込め、臨界管理、
建屋・構造物の健全性、
作業員被ばく、アクセルルートの構築など

原子力発電所の安全に関わる3つの原則

- 😊 止める
- 😊 冷やす
- 😞 閉じ込める

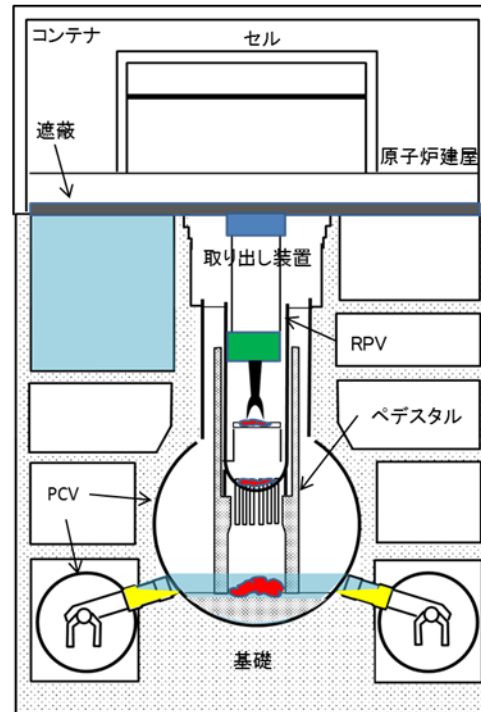
重点的に検討を進めた3工法

- 水位とアクセスルートとの組合せとなる燃料デブリ取り出し方法の実現可能性を評価するため、典型的な工法として3つの重点工法を選定



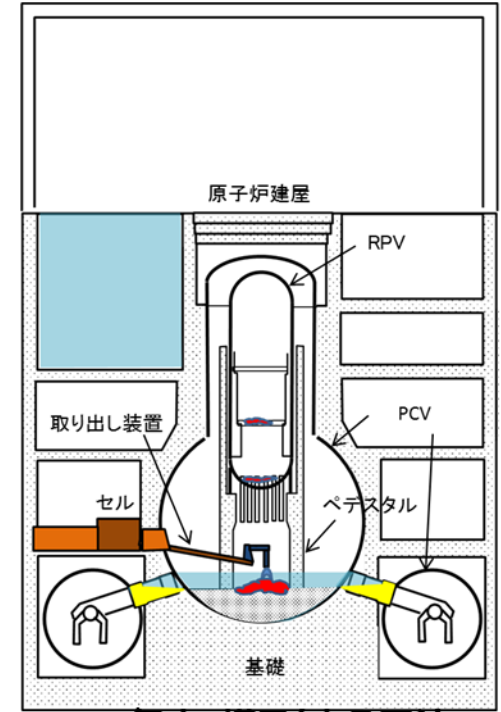
a. 冠水-上アクセス工法

燃料デブリへのアクセスを上から行い、PCVを完全に冠水させるか、あるいは、燃料デブリの存在する場所まで冠水させて取り出しを行う。



b. 気中-上アクセス工法

燃料デブリへのアクセスを上から行い、燃料デブリの一部を気中の状態で取り出しを行う。



c. 気中-横アクセス工法

燃料デブリへのアクセスをPCV横から行い、燃料デブリの一部を気中の状態で取り出しを行う。

※上図は3種の代表的な工法のイメージ図であり、1～3号機別の図ではない

マーク1型PCVの外観

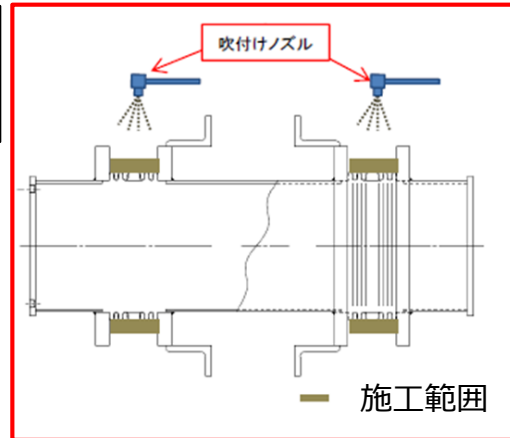


建設中のブラウンスフェリー1号機（米国、TVA）。1973年12月20日営業運転開始。福島第一原子力発電所の1から5号機のPCVデザインはこれと同じマーク1型。

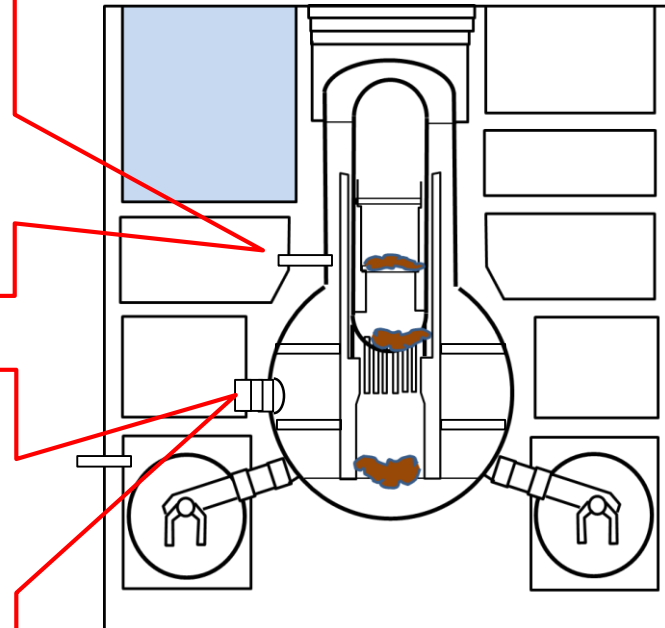
PCVの補修・止水技術の開発 (1)

- 止水および気体インリークの防止 -

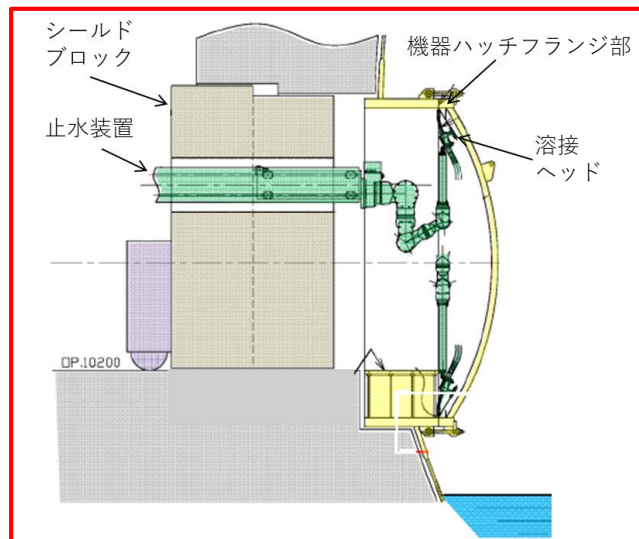
ドライウェル
貫通孔ベローズ



原子炉建屋



機器ハッチ



(IRID提供資料に基づき作成)

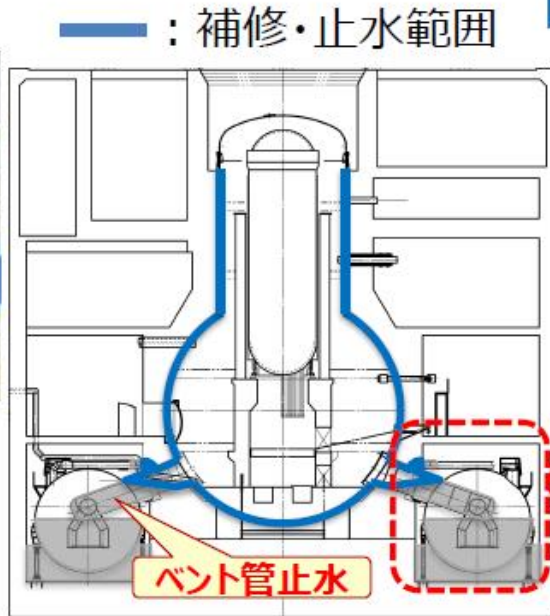
PCVの補修・止水技術の開発 (2)

- 試験 -

ベント管止水試験



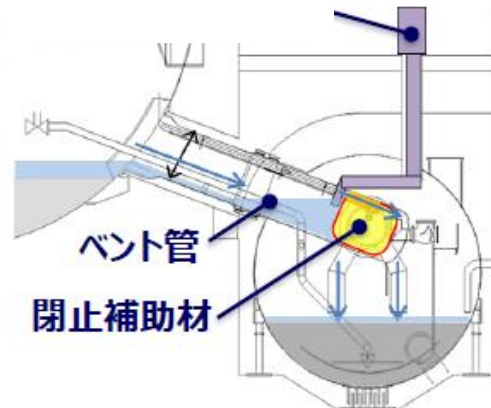
1 / 2スケール試験体で
止水性能を確認（工場）



閉止補助材止水試験



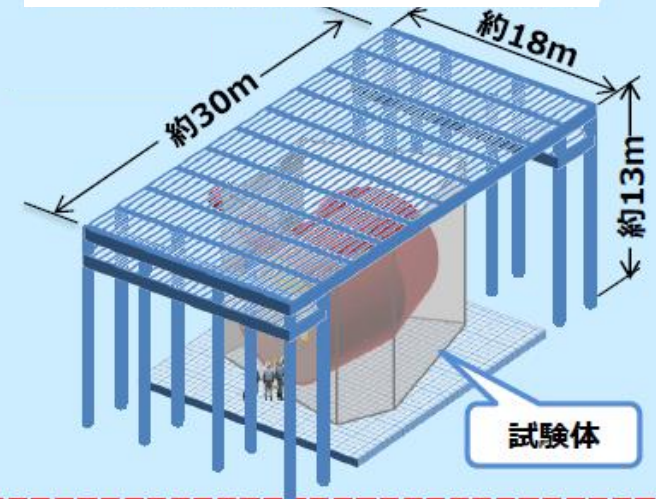
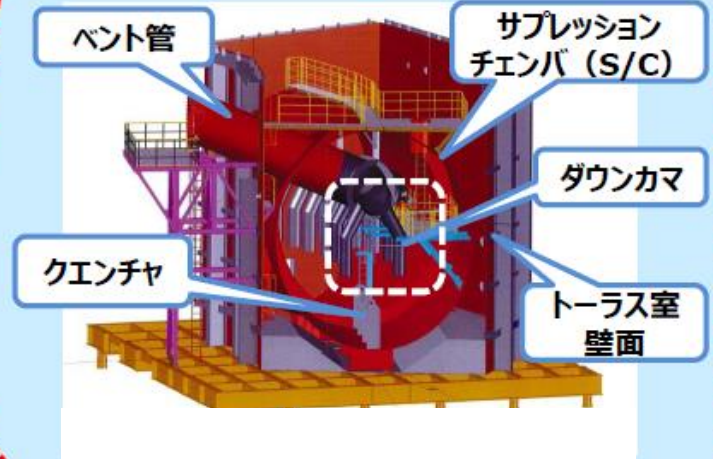
1 / 1スケール試験体で閉止補助材の止水性能を確認（屋外）



（2017 IRIDシンポジウムより）

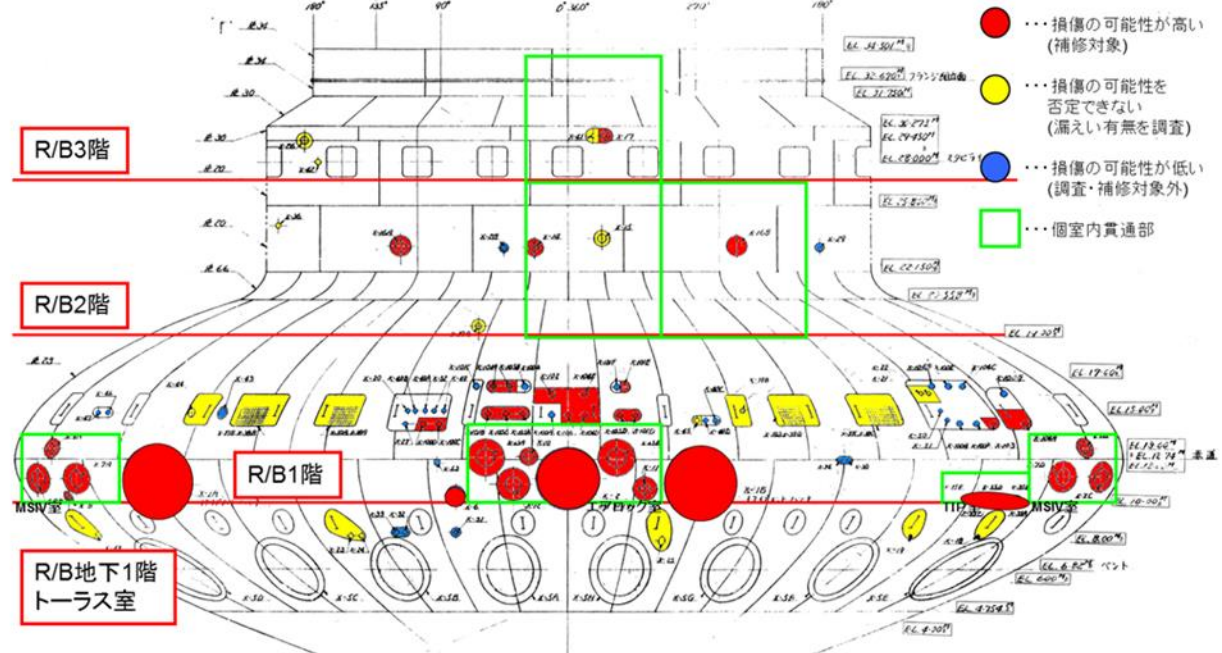
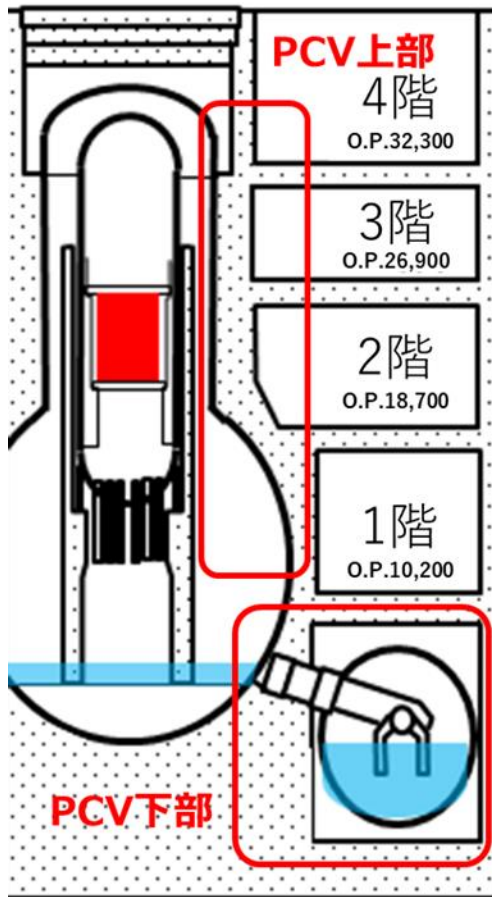
実規模試験体を用いた試験

実規模試験体（1/8セクター）



PCVの補修・止水技術の開発 (3)

- 現時点の評価 -



- 過酷な線量環境が補修個所の調査を妨げる
- 数多くの補修対象箇所が存在する
- 必要な遠隔技術がまだ確立していない
- 甚大な作業員被ばくが予想される



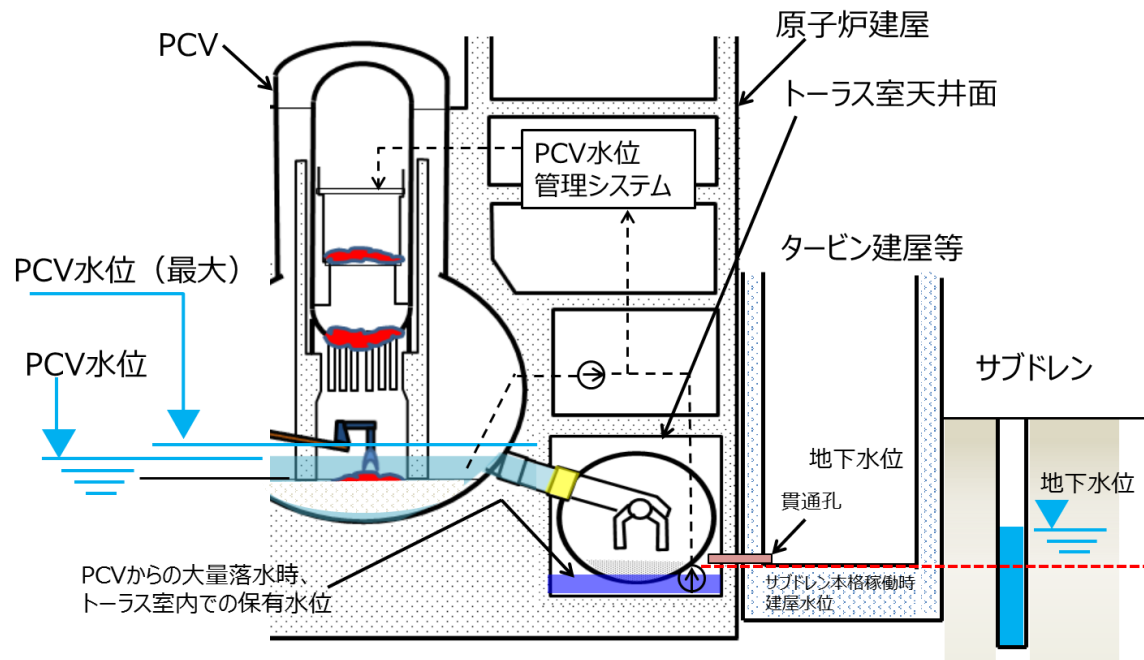
「冠水」を実現するには相当の努力が必要

(IRID提供資料に基づき作成)

PCV水位の考え方

現状のPCV水位レベルは号機ごとに異なる。各号機の状態に応じて、設定すべきPCV水位レベルは異なる可能性がある。以下は留意点。

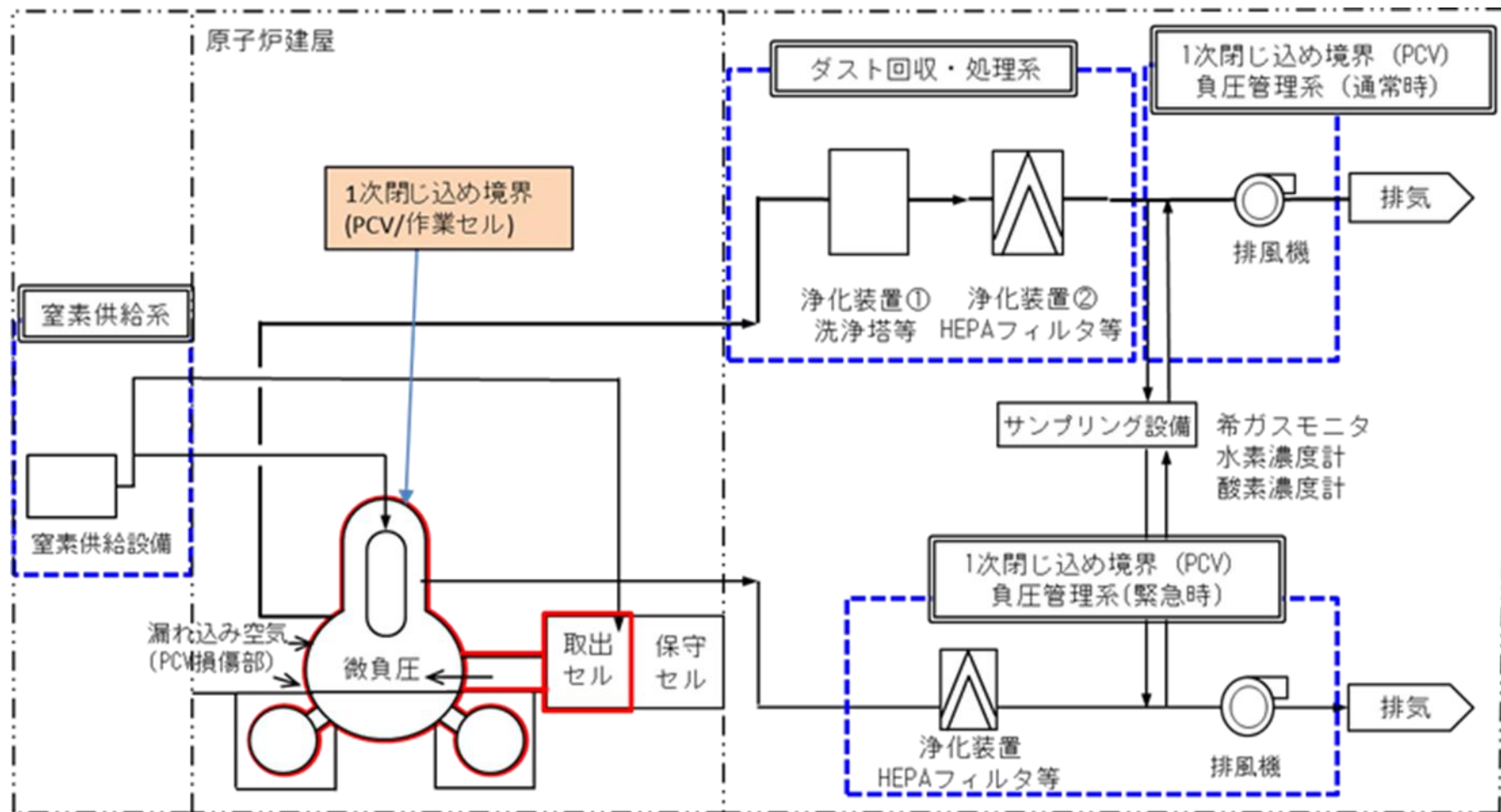
- a. 水中での燃料デブリ取扱いの優位性
- b. 異常時の地下水位とトラス室内水位の逆転の可能性
- c. 止水の技術的成立性
- d. 水位コントロールの技術的成立性



号機	現状水位 (m)	最大水位を達成する場合に必要な水位操作*
1	約2	➡
2	約0.3	⬆
3	約6	⬇

* PCV最大水位をトラス室天井下面と仮定した場合

気中-横アクセス工法のための一次閉じ込めシステム（例）

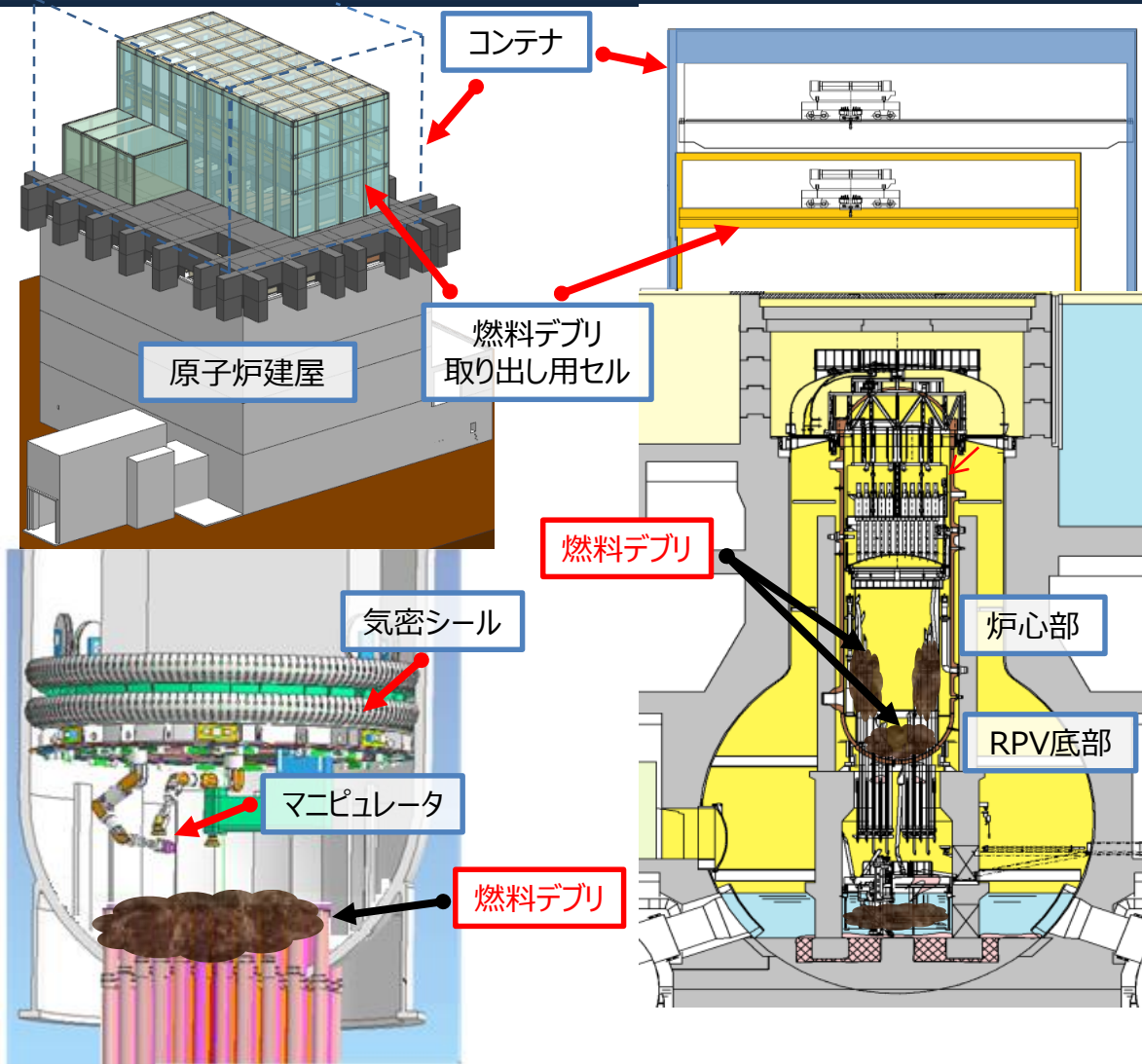


特記事項
・動的機器、計器類は多重化する(図では省略)

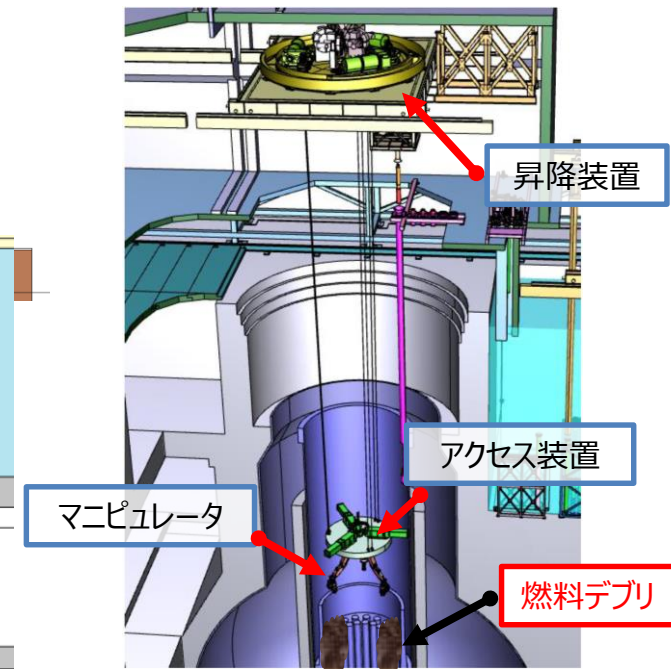
通常時も緊急時も、それぞれに対して予め決められた被ばくに対する安全レベルを順守

燃料デブリ取り出し工法のためのアクセスルート (1)

<上アクセス> (例)



燃料デブリ取り出しイメージ (RPV底部)



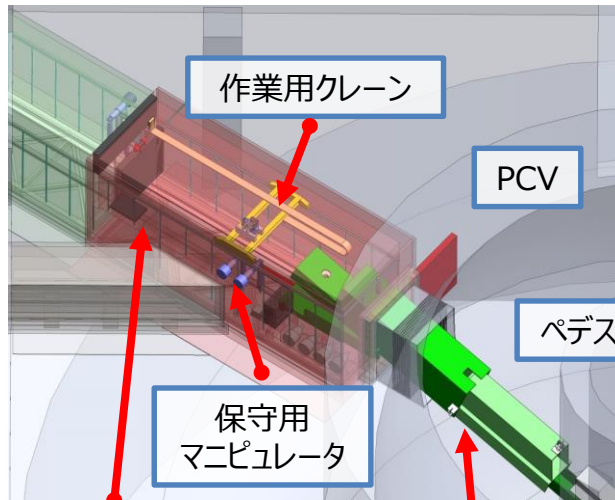
燃料デブリ取り出しイメージ (炉心部)

オペフロに放射性物質の飛散を防止するコンテナやセルを設け、炉内構造物の撤去やRPV内部の燃料デブリの回収を上方向から目指す工法

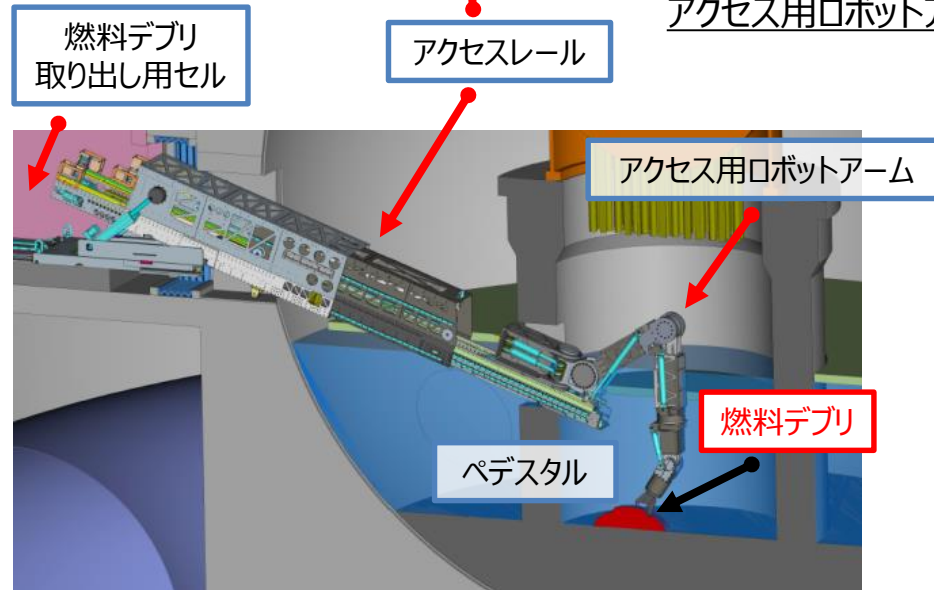
(IRID提供資料)

燃料デブリ取り出し工法のためのアクセスルート (2)

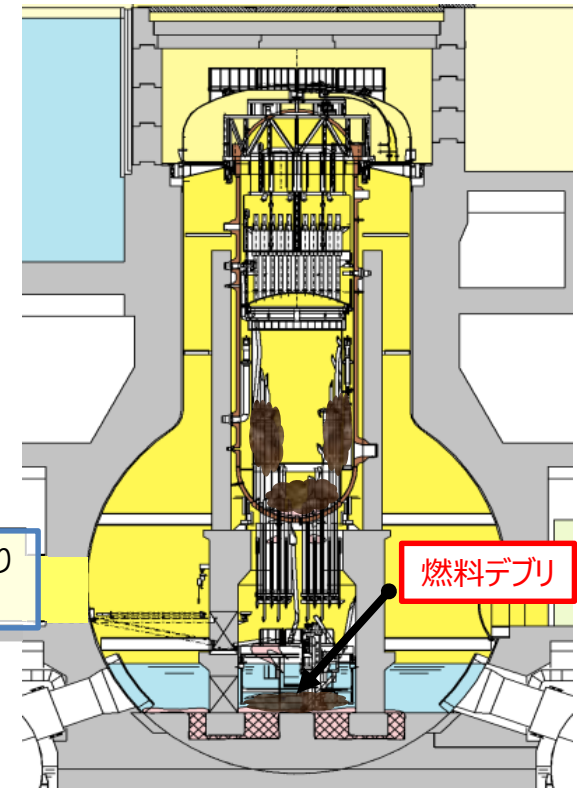
<横アクセス> (例)



アクセス用ロボットアーム試作機



燃料デブリ取り出しイメージ (PCV底部)



原子炉建屋1階にセルを設け、
PCV底部の構造物の撤去や
PCV底部の燃料デブリの回収を
横方向から目指す工法

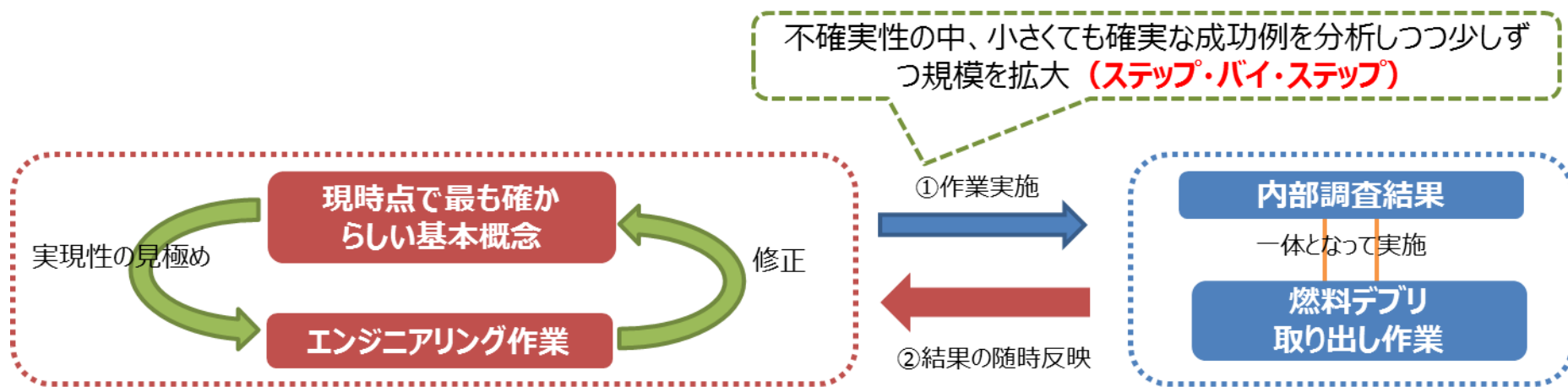
(IRID提供資料)

燃料デブリ取り出し方針の 総合的な評価

5つの基本方針の観点

- 安全、確実、合理的、迅速、現場指向 -

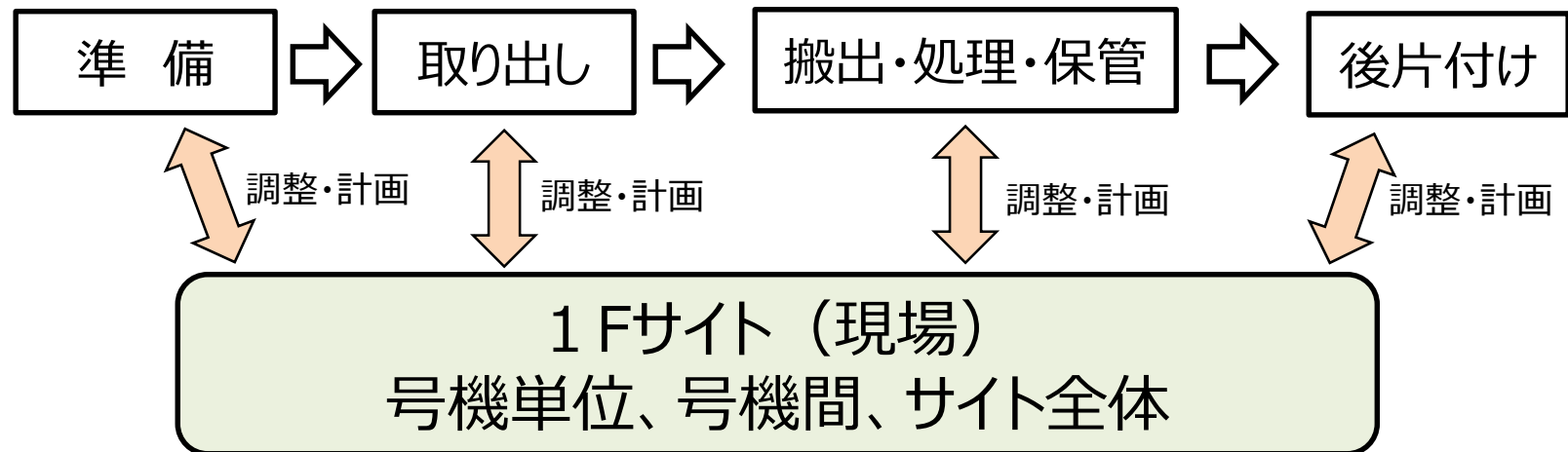
燃料デブリ取り出し方針のための6の提言



基本的な考え方

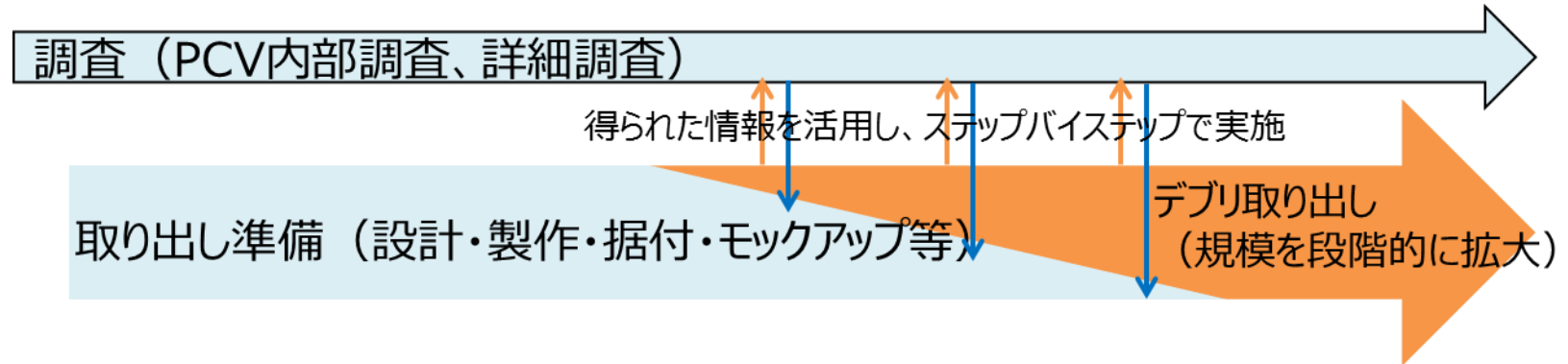
提言 1

- 燃料デブリ取り出しのための準備から取り出し作業、搬出・処理・保管までを含め、現場における他の工事との調整にも配慮した総合的な計画を目指すこと



提言 2

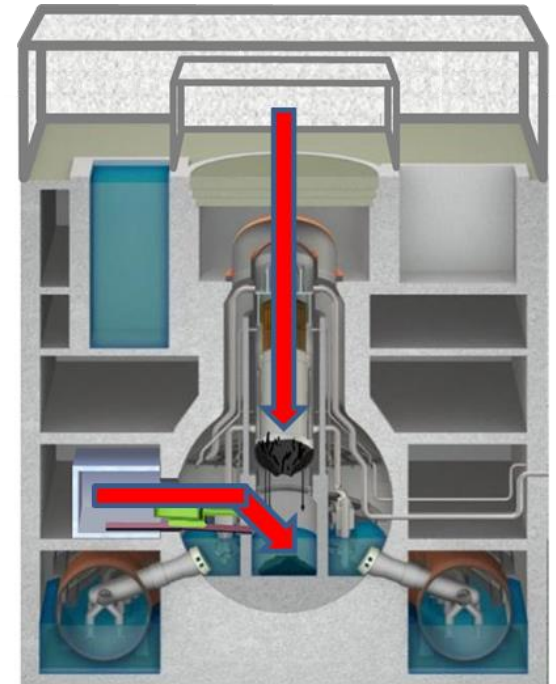
- 設定された燃料デブリ取り出し方法に従って、得られる情報を利用した柔軟なステップ・バイ・ステップのアプローチをとること
 - ◆ PCV内部調査やRPV内部調査の結果を燃料デブリ取り出し方法の検討に反映すること
 - ◆ 小規模な取り出しから始め、新たに得られた情報により確認と見直しを行い、段階的に大規模取り出しへ



提言 3

➤ 燃料デブリ取り出しの完遂に向けて、様々な工法の組合せが必要になることを前提とすること

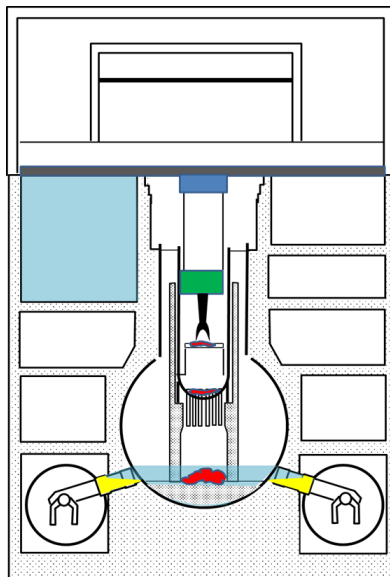
- ◆ 単一の工法によりPCV底部及びRPV内部それぞれに存在する燃料デブリを効率的に取り出すことは困難。PCV底部への横アクセス工法と、RPV内部への上アクセス工法を組み合わせることが必要
- ◆ 研究開発の成果や国内外の様々なアイデアを柔軟に取り込み、最適な燃料デブリ取り出し方法を見極めることが重要



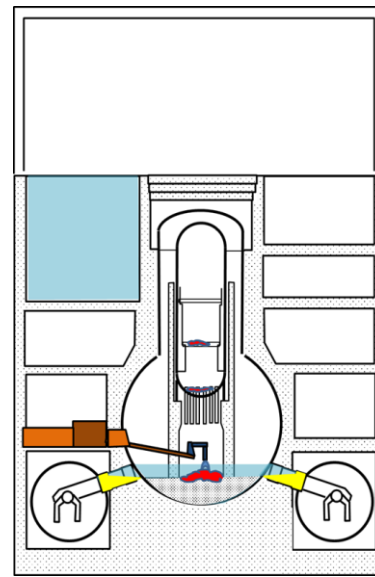
提言 4

- 気中工法に軸足を置いて、予備エンジニアリング、研究開発等を進めていくこと
- ◆ 現時点で冠水工法は技術的難度が高い。しかしながら、そのメリット（放射線の遮へいや放射性ダストの飛散防止）も考慮し、今後の研究開発の進展にも期待し、将来改めて議論することも視野に入れておくことが必要

気中-上アクセス工法



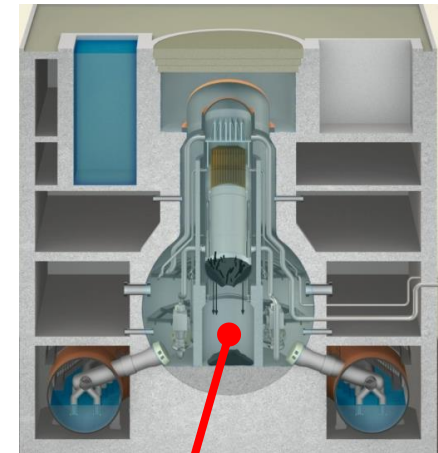
気中-横アクセス工法



提言 5

➤ まず、PCV底部の燃料デブリの取り出しに重点を置いて取組を進め、その過程において得られる知見や経験を踏まえて常に見直しを行うこと

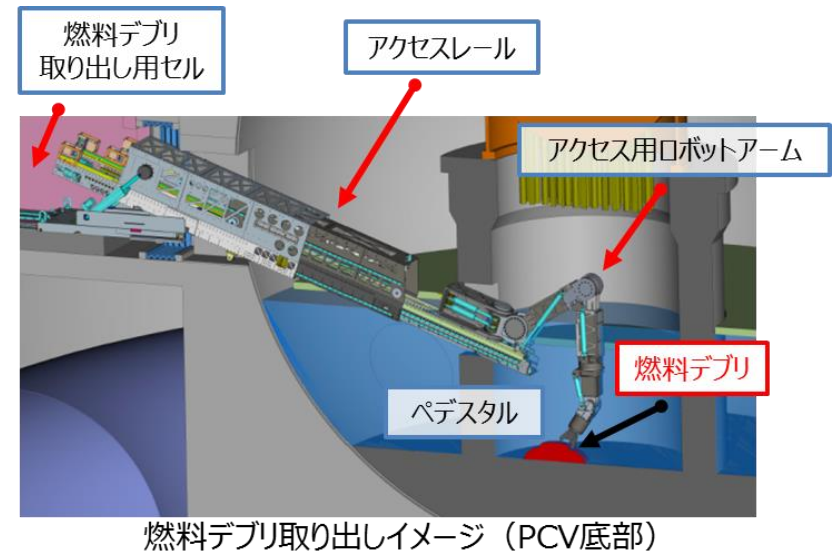
- ◆ これまでの燃料デブリ調査の経験、技術開発状況から、PCV底部に存在する燃料デブリに対するアプローチを第一義とするのは5つの基本方針の観点から合理的
- ◆ 先行するPCV底部の調査や燃料デブリ取り出し作業で得られる情報や知見は、RPV内部の状況把握に役立つとともに、燃料デブリ取り出し全体の検討に寄与



Situation of PCV bottom (Unit 3)

提言 6

- PCV底部の燃料デブリにアクセスするルートとしては、まず、PCVの横方向からのアクセス（横アクセス工法）から検討すること
- ◆ 横アクセス工法適用のための課題
 - ✓ 建屋1階作業現場の放射線量低減
 - ✓ PCV内水位コントロール技術の確立
 - ✓ セルの接続技術の確立とエリアの確保



燃料デブリ取り出し方針決定以降の取組

初号機の燃料デブリ取り出し方法の確定、更には、実際の工事計画の立案を加速するために、方針決定後は以下の項目に重点的に取り組むべき

予備エンジニアリング

研究成果の現場適用性を評価し、燃料デブリ取り出しプロセスを具体化すべき。燃料デブリ取り出し方法は予備エンジニアリングの結果、見直しもありうる。

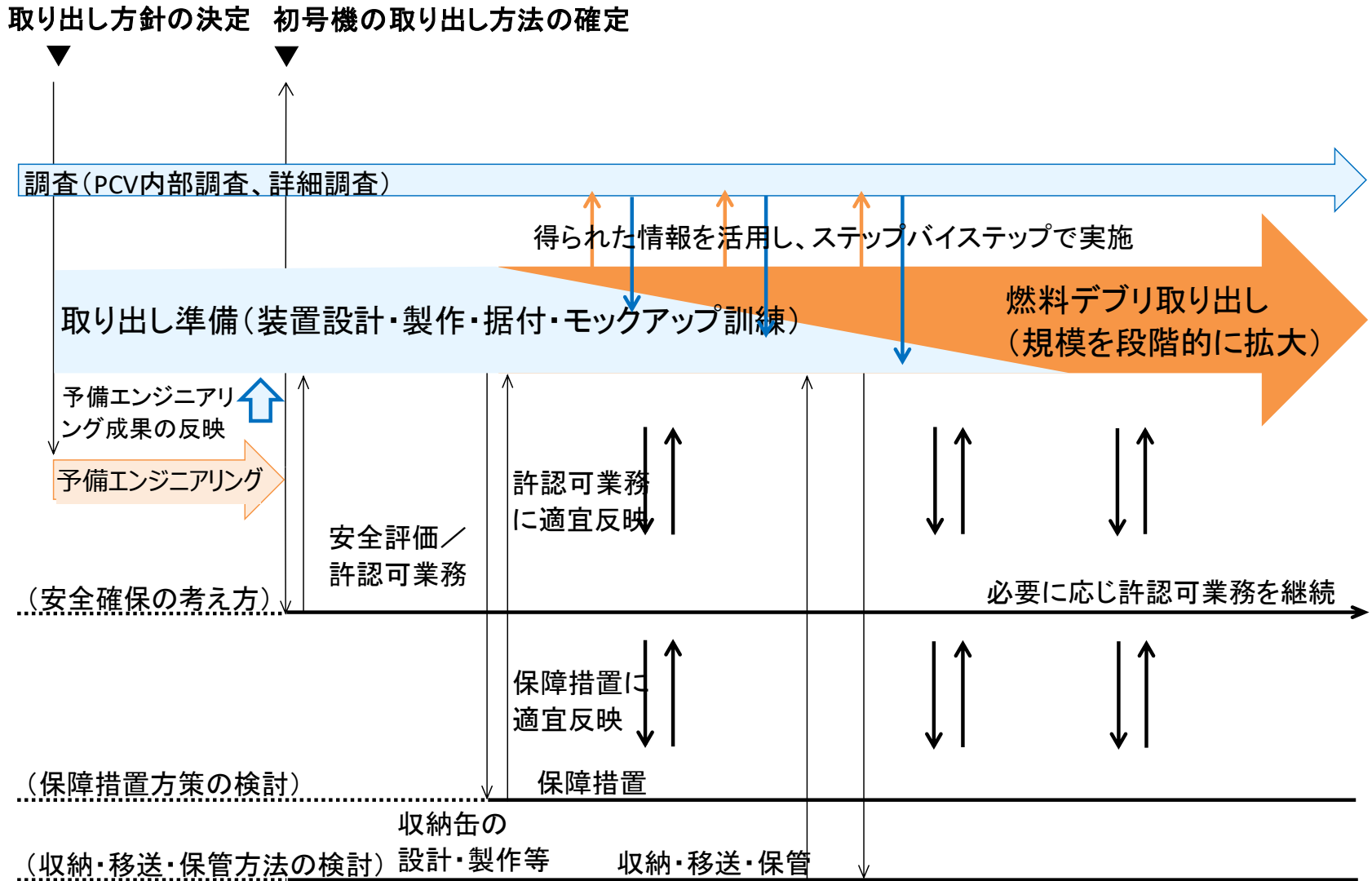
研究開発の絞り込み・重点化による技術開発の加速と実用化

- ✓ PCV内部調査の追加実施
- ✓ RPV内部調査の実施
- ✓ 気中工法を実現するために必要なα核種管理システムの成立性の見極め
- ✓ 横アクセス工法実現のために必要な研究開発の推進・モックアップ施設の在り方の検討
- ✓ 燃料デブリの収納、移送保管に関するシステムや保管施設の準備、取り出し作業に伴って発生する廃棄物に関する研究開発の推進

燃料デブリ取り出し開始に向けた道筋

①プロジェクトの継続性への配慮②サイト全体で行なわれる廃炉作業の最適化③地元や社会、国内規制当局、或いはIAEAなど国際組織との緊密なコミュニケーション

燃料デブリ取り出し方針決定以降の取組（イメージ）



ご清聴有難うございました。