

日本原子力学会 シンポジウム

東京電力福島第一原子力発電所の廃炉－第4回：確実な廃炉のために今すべきこと－

日時：2019年3月9日(土) 13:30～17:00 場所：機械振興会館



AESJ 日本原子力学会
Atomic Energy Society of Japan

日本原子力学会 廃炉委第4回シンポジウム

「確実な廃炉のために今すべきこと」

事故炉の廃炉の全工程とホールドポイント

2019年3月9日

宮野 廣

日本原子力学会 東京電力福島第一原子力発電所

廃炉検討委員会 委員長

法政大学 大学院 デザイン工学研究科 客員教授

目次

1. 学会の体制と活動

2. サイトでの作業と現状

3. 廃炉の全体概要

3. 1 国の方針(ロードマップ)

3. 2 作業を展開してみるーそこから見える課題

4. 開発の技術課題

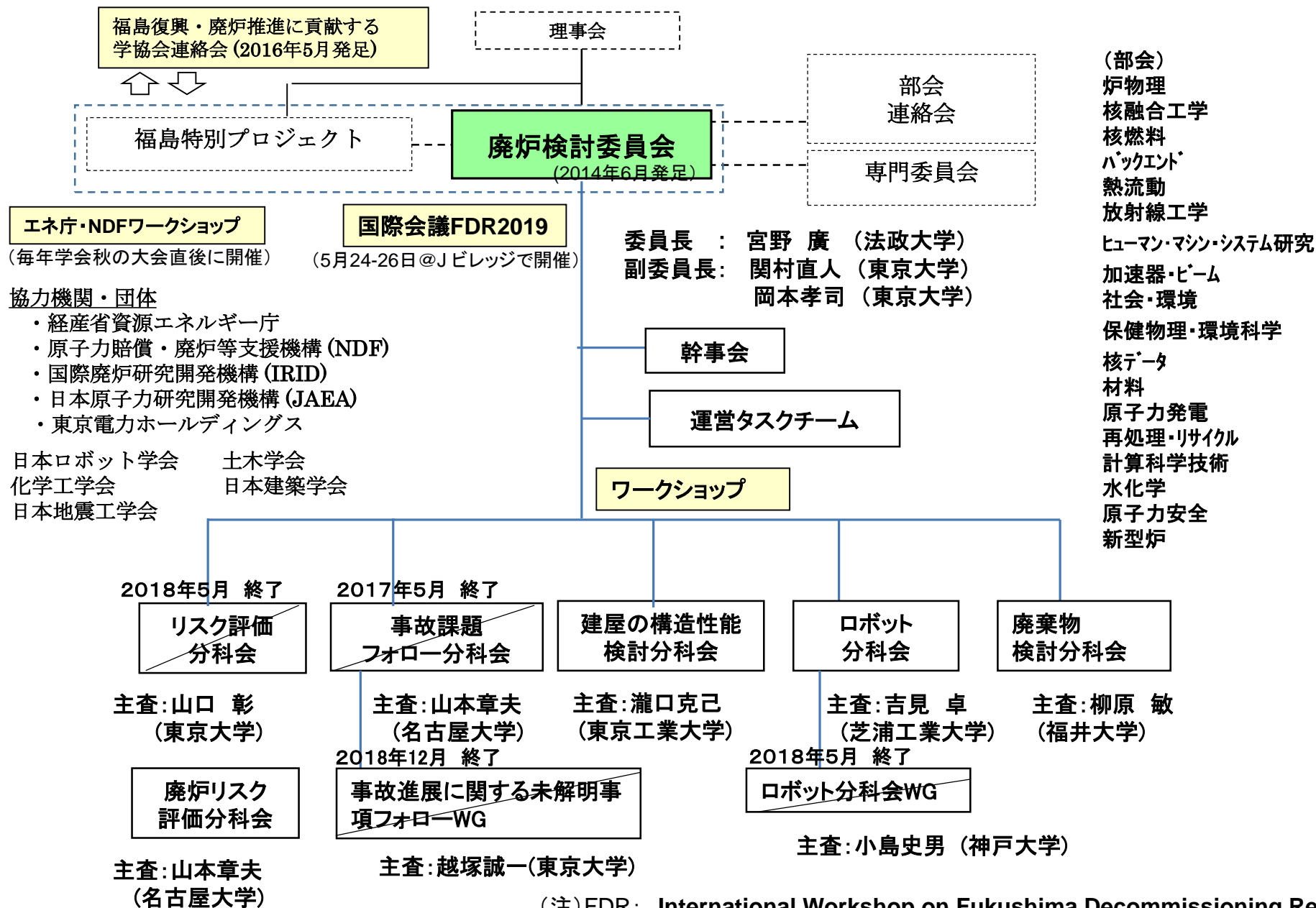
5. まとめー課題と解決の例

学会の体制 — 原子力学会福島第一原子力発電所事故に関連して

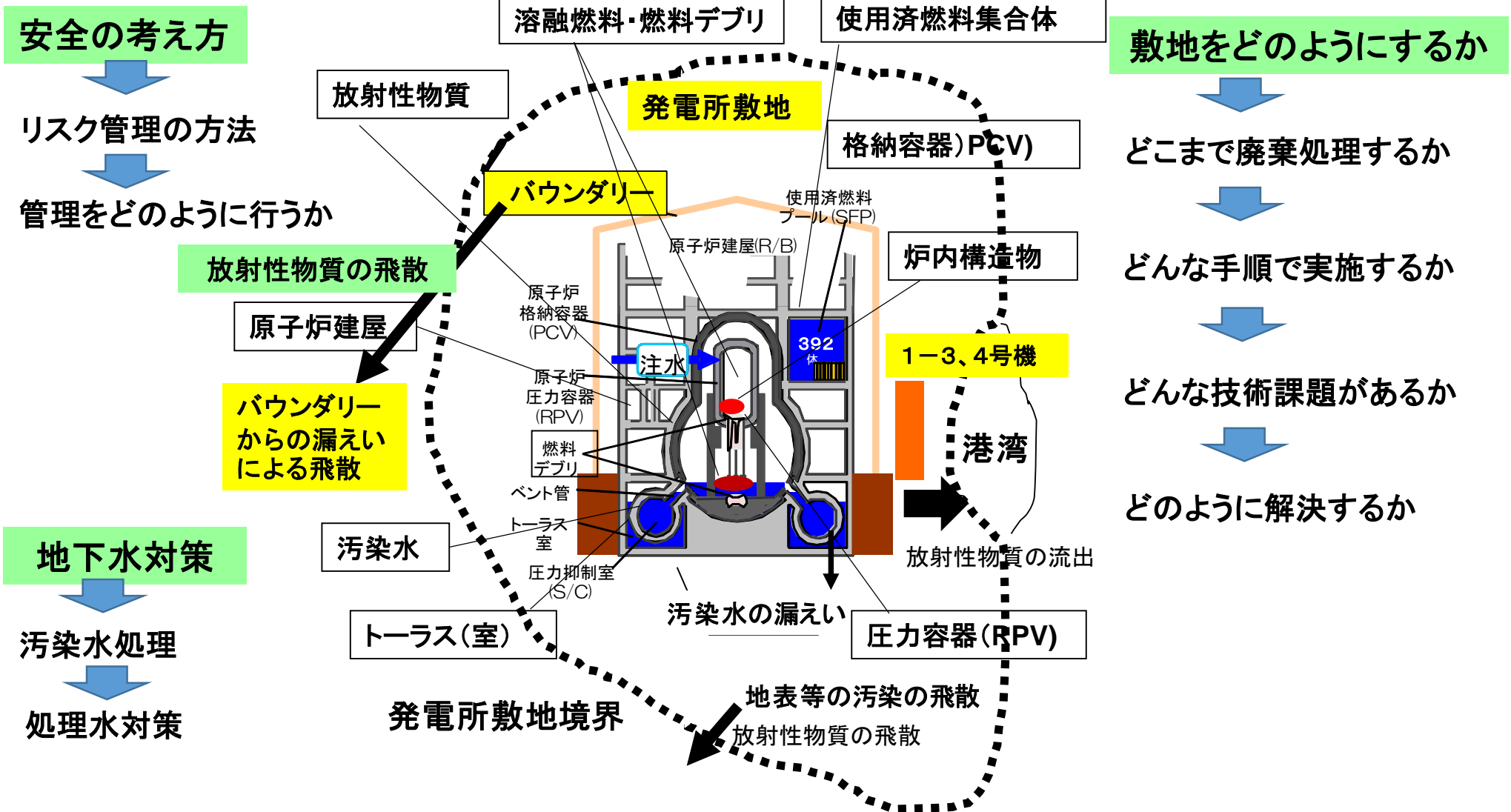
学会事故調の活動と廃炉検討委員会の活動のフォローへ

- ・学会事故調では、事故の直接要因、間接要因を分析し、教訓を取りまとめ [(注) 参照]、各ステークホルダーが実施すべきこと提言した。
- ・日本原子力学会は、真摯に反省し、長期に渡る廃炉の活動を支援すべく2014年6月、「東京電力福島第一原子力発電所廃炉検討委員会」を設置し、活動してきた。これからも活動を続ける。
- ・福島第一の廃炉に向けての活動
 - 極めて長期に渡る、世界の原子力界でも初めての取り組みである。世界は深い関心を示すと同時に懸念もしている。
 - 学会・学术界全体に、深いかわりと多くの貢献が求められている。
 - 学会は、定款変更し組織をあげてそれを支える活動をしている。学会の活動はボランティアなものであり、真に技術の視点に立った助言・苦言・支援が行えると同時に社会への説明責任を果たしていかなければならない。
- ・2021年の事故後10年の節目に向けて、提言の実績をフォローする。

活動の体制 原子力学会福島第一原子力発電所事故に関連して



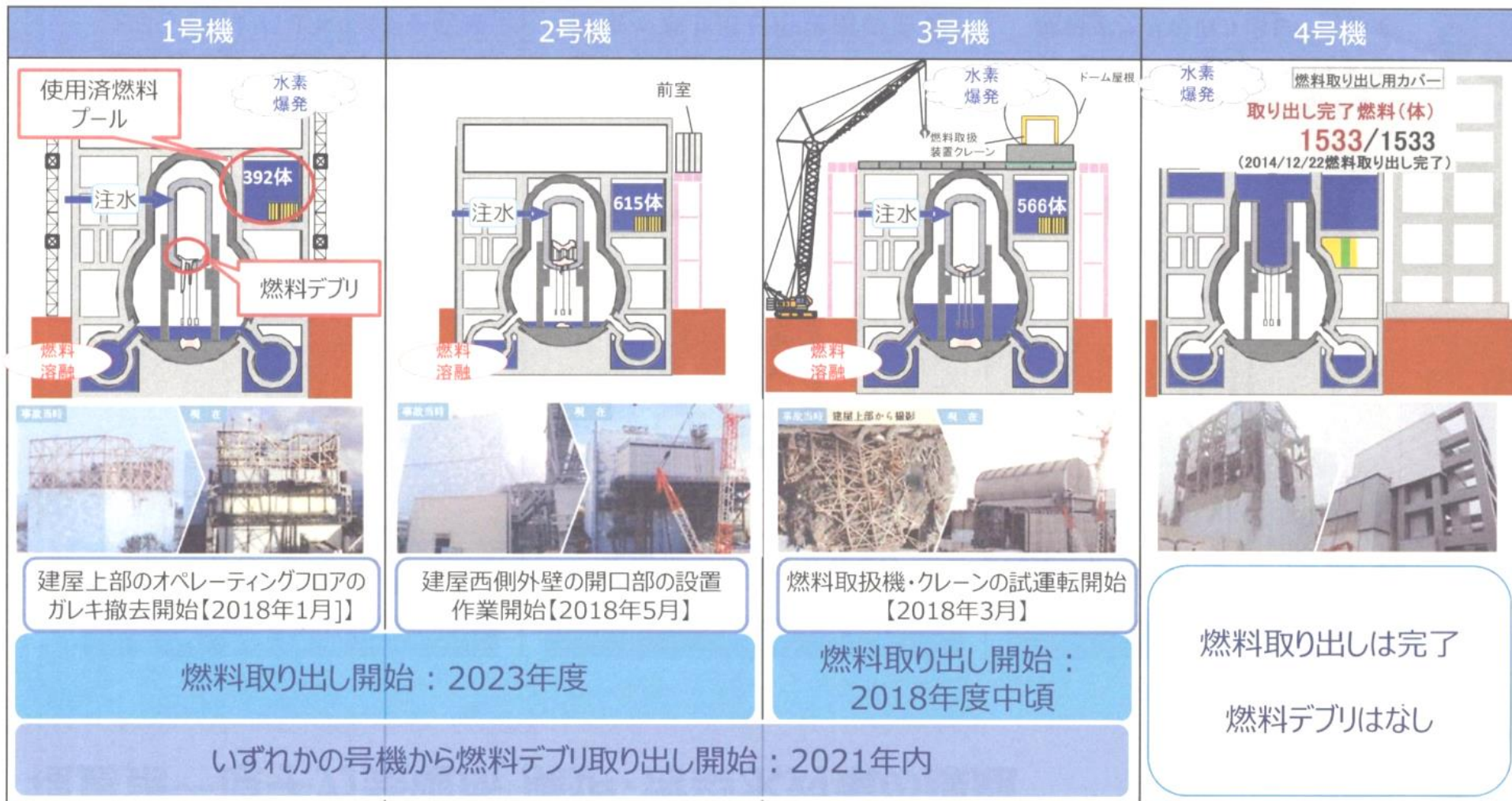
福島第一の敷地復旧で何を考えなければならないか



(注) 廃棄する対象

福島第一原子力発電所 1-4号機の現状

- 1～3号機は安定状態を維持した上で、使用済み燃料プール内の燃料取り出しに向けた準備作業中（ガレキ撤去、除染、遮へい、取出用設備の設置等）。
- 事故時に溶けて固まった燃料（＝燃料デブリ）の取り出し方針を決定。今後、取り出しに向けた方法を検討。

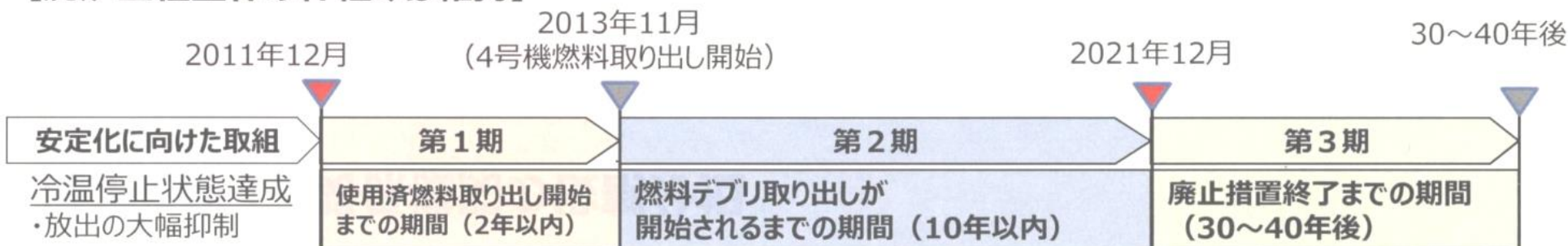


福島第一の廃炉の国の方針<目標工程(マイルストーン)>

【対策の進捗状況を分かりやすく示す目標工程】

汚染水対策	汚染水発生量を150m ³ /日程度に抑制	2020年内
	浄化設備等により浄化処理した水の貯水を全て溶接型タンクで実施	2018年度
滞留水処理	① 1, 2号機間及び3, 4号機間の連通部の切り離し	2018年内
	② 建屋内滞留水中の放射性物質の量を2014年度末の1/10程度まで減少	2018年度
	③ 建屋内滞留水処理完了	2020年内
燃料取り出し	① 1号機燃料取り出しの開始	2023年度目処
	② 2号機燃料取り出しの開始	2023年度目処
	③ 3号機燃料取り出しの開始	2018年度中頃
燃料デブリ取り出し	① 初号機の燃料デブリ取り出し方法の確定	2019年度
	② 初号機の燃料デブリ取り出しの開始	2021年内
廃棄物対策	処理・処分の方策とその安全性に関する技術的な見通し	2021年度頃

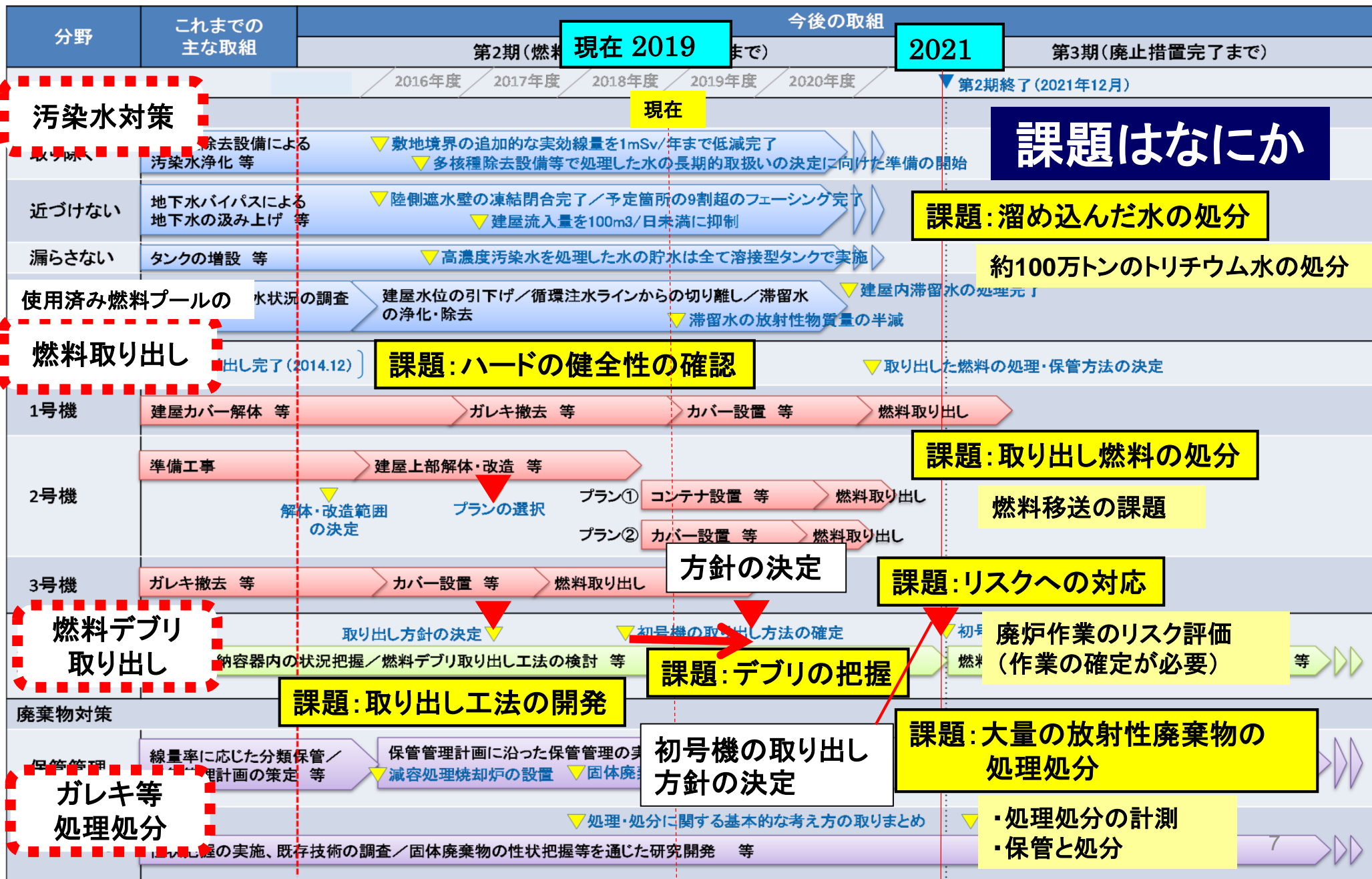
【廃炉工程全体の枠組みは維持】



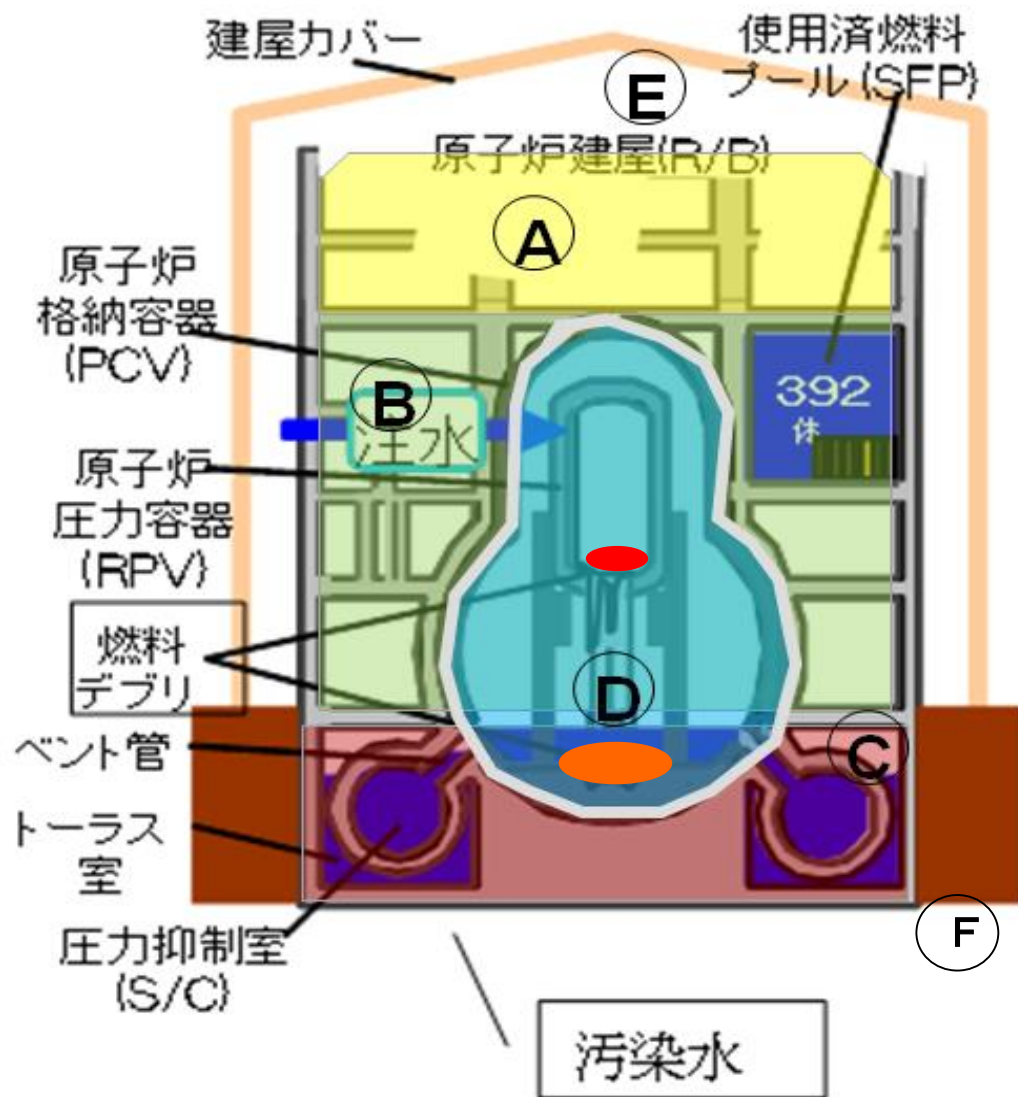
3.1 国の方針

廃炉の全体概要これまでのRMの評価

当面のロードマップ と これに見る技術課題



廃炉の領域と課題



領域 の分類と技術・課題

- A オペレーションフロア領域
高放射能への対応
- B 建屋・機器・配管 領域
バウンダリー確保と複雑な構造の除染
- C トーラス室領域
隔離(PCVから、地下水から)
- D PCV内(RPV 含む)領域
バウンダリー確保と除染、燃料デブリ取り出し
- E 建屋外周辺がれき領域
飛散防止と撤去の両立
- F 地下水領域
汚染土壌の除去

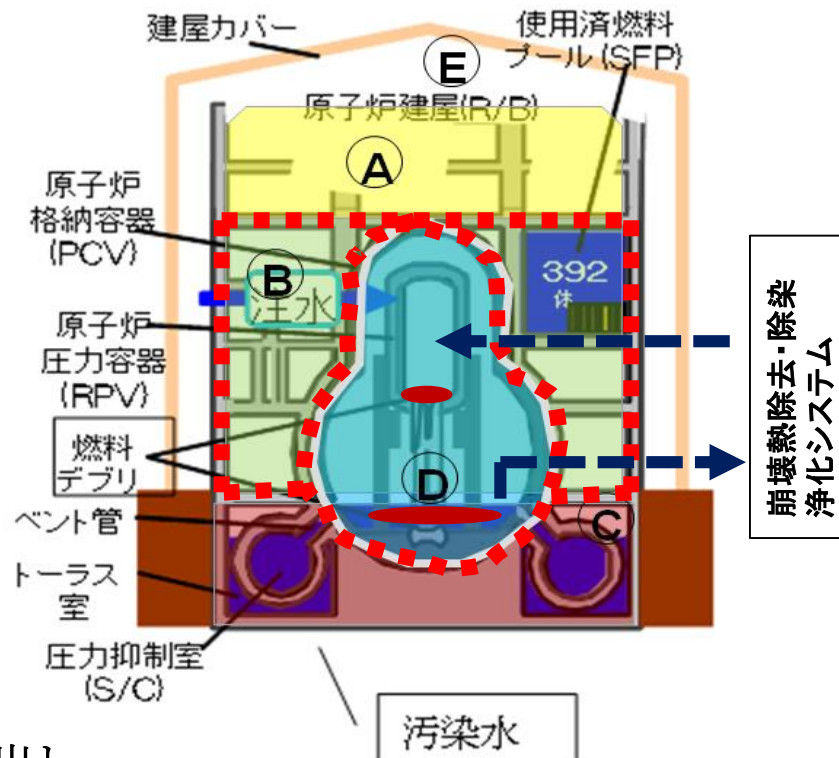
廃炉の作業

様々な作業が考えられる。分類の例として以下の項目があげられる。

いずれも、必要な作業であるがどのように実施するか、どの順で実施するか、十分な検討が必要である。

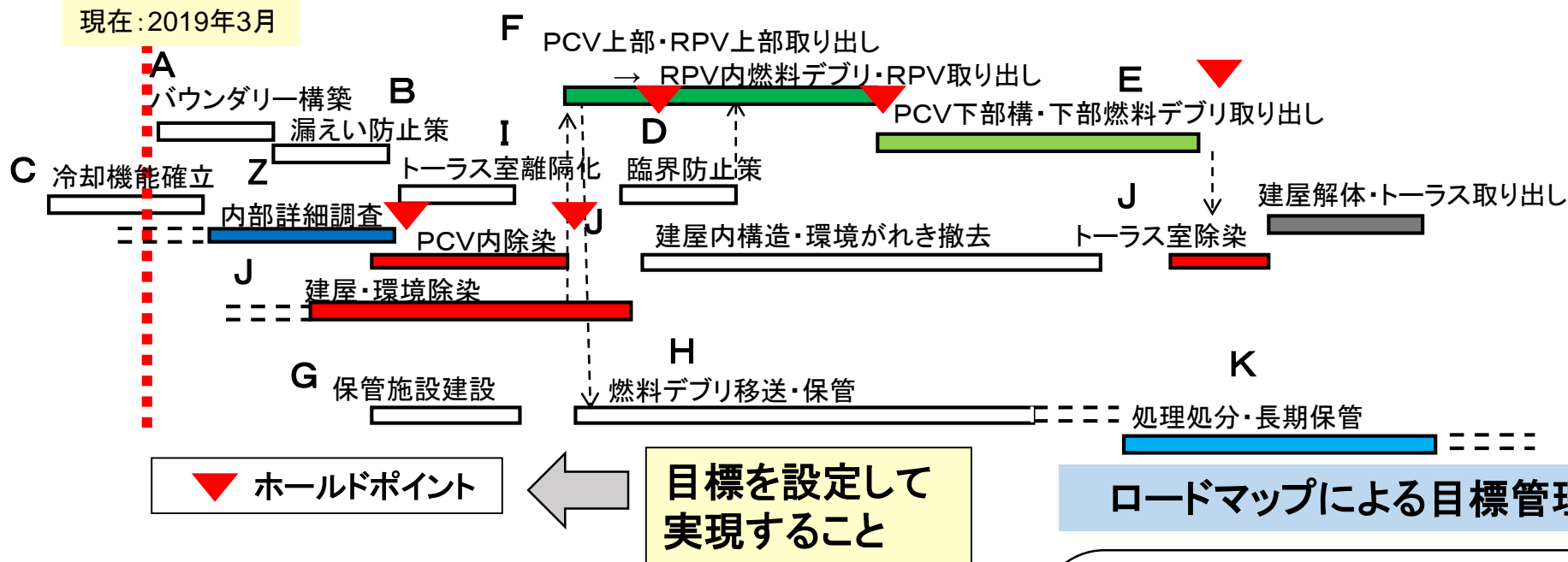
Z. 内部詳細調査

- A. PCV・原子炉建屋の閉じ込め機能確立
- B. 気相部の放射性物質の漏えい防止機能確立
- C. 溶融燃料・燃料デブリ冷却機能確立
- D. 臨界（防止）対応機能確立
- E. 横（上）アクセス工法によるPCV底部燃料デブリ取り出し
- F. 気中上アクセス工法によるRPV内燃料デブリ取り出し
- G. 溶融燃料等放射性廃棄物の保管施設の建設
- H. 溶融燃料等燃料デブリの移送と安全・安定保管
- I. トーラス室の密閉化・隔離化
- J. 除染（オペフロ・PCV内、RPV内、建屋内ほか）
- K. 処理・処分



3. 廃炉の全体概要
3.2 作業を展開してみる

廃炉の作業の工程例とホールドポイント

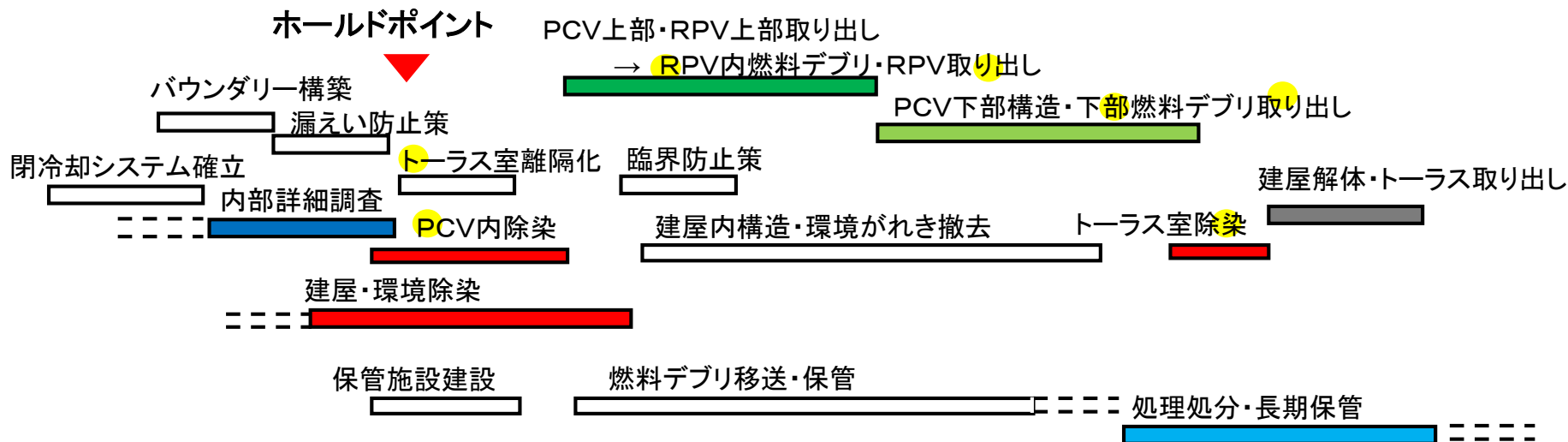


Z. 内部詳細調査

- A. PCV・原子炉建屋の閉じ込め機能確立
- B. 気相部の放射性物質の漏えい防止機能確立
- C. 溶融燃料・燃料デブリ冷却機能確立
- D. 臨界(防止)対応機能確立
- E. 横(上)アクセス工法によるPCV底部燃料デブリ取り出し
- F. 気中上アクセス工法によるRPV内燃料デブリ取り出し
- G. 溶融燃料等放射性廃棄物の保管施設の建設
- H. 溶融燃料等燃料デブリの移送と安全・安定保管
- I. トーラス室の密閉化・隔離化
- J. 除染(オペフロ・PCV内、RPV内、建屋内ほか)
- K. 処理・処分

- 目標として、得たい時期得たいもの(技術)を明確にして設定する。
[夢であってはならない]
- 責任を持つ者を置き、実現を図る。
- 実現できた場合でも、できなかった場合でも、以降のプログラムを見直し、選択する。

廃炉の作業の工程例と技術課題



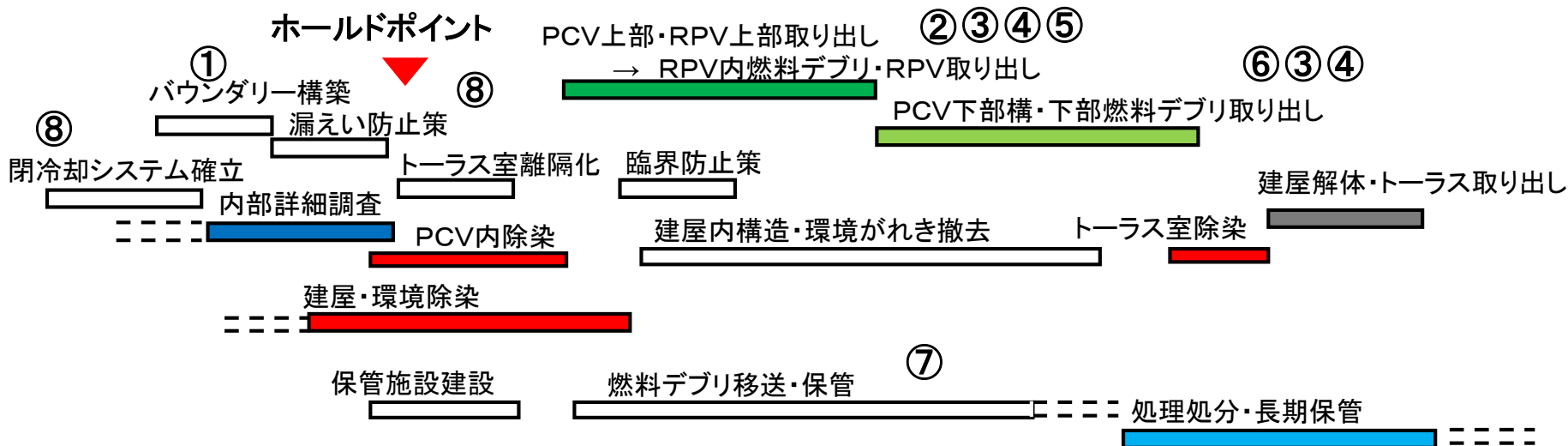
重要な課題

(● 技術開発に困難を有するもの)

- ① 内部詳細調査 (特にRPV内の燃料溶融状況の把握)
- ② バウンダリー構築 (PCV漏えい補修・トラス隔離) とその工法
- ③ 動的バウンダリーの有効性評価
- ④ 除染方法 (PCV上部・内部除染方法[化学除染])
- ⑤ 閉冷却システム
- ⑥ 溶融燃料の取り出し方法・技術
- ⑦ 燃料デブリの切削・破断取り出し方法・技術
- ⑧ 自動機・ロボットの信頼性確保の方法と遠隔修復技術
- ⑨ 溶融燃料等燃料デブリの移送と安全・安定保管
- ⑩ 長期のリスク対応 (評価法と重要事象への対応) 等

- ホールドポイントの実現のためにどんな技術開発が必要か。
- 階層的に開発項目と達成目標を作り上げる。
- いくつかの道を設けてリスクヘッジを行うことも方策。
- 開発できた時点で、次の方向を検討して見直す。

廃炉の作業の工程例におけるリスク要因



工法を選択で発生するリスク要因(例)

- ① 工事機器によるバウンダリーの損壊
- ② 工事機器によるデブリの損壊・拡散
- ③ 燃料・デブリの落下
- ④ 構造物によるバウンダリーの損壊
- ⑤ 構造物によるデブリの損壊・拡散
- ⑥ 水素ガスの蓄積(爆発)
- ⑦ 自然災害によるリスク要因の発生
- ⑧ 自然災害によるシステムの停止

放射性物質の放射

- バウンダリーからの放射
- 拡散量の増大による放射
- デブリの拡散の増大による放射
- 構造物の移動や崩壊による放射
- 同上 デブリの損壊による放射
- 水素ガス溜まりの放射
- 特に地震動による①-⑤の発生
- 特に地震動による冷却系、排気系などの停止

○リスク要因を抽出し、各工程でのリスクと選択した場合のトータルのリスクを工法、技術でどのように異なるのかを比較評価して、選択の一助とする。[重要な判断データ]

○このリスク評価法を確立することが、重要な課題である。

廃炉研究開発の課題(プロジェクト)俯瞰

国のプロジェクトを中心に取り組んできた技術課題

廃炉作業のリスク評価

使用済燃料の
長期健全性評価

除染・線量低減

除染工法の確立・除染

R/B遠隔除染
技術

除染

格納容器止水・補修

格納容器
止水技術

水循環技術
規模試験

止水・閉循環

放射性物質拡散防止

炉内調査・分析

原子炉内燃料
デブリ検知技術

圧容器
内部調査技術

燃料デブリ
性状把握

燃料デブリの性状把握

調査

格納容器内部
調査技術

事故進展解析
による炉内把握
総合的な
炉内状況把握

デブリ取出

格納容器/
圧力容器
健全性評価

燃料デブリ・
炉内構造物
取出基盤技術

デブリ
臨界管理

取り出し工法

燃料デブリ・
炉内構造物
取出工法
システム

デブリ収納・
移送・保管

廃棄物処理・処分

固体廃棄物
処理・処分技術

福島第一の廃炉の課題と取り組み

- 福島第一の廃炉は**国としてのプロジェクト**である。このプロジェクトを動かす全体の責任は誰が持っているのか。責任ある体制を明確に作るべきである。
- **ロードマップ**の例を示した。
- **実効性のあるロードマップによる開発を含むプロジェクト管理**が必要である。
- 特別の**廃炉の「安全目標」**を明確にすることが必要である。
放射線リスク、発生費用、工期、設計基準を明確にしなければならない。
- **目指すべき姿(エンドステート)を見据えた廃炉のシナリオ**が必要であり、**総合的な放射性廃棄物の取り扱い**を考えなければならない。
- 下記の技術課題がある。
 - ・シナリオの見えない事象の**リスク評価の在り方**
 - ・サイトのどのような姿を目指して、**廃炉作業**を進めるか
 - ・大きな**災害に対する健全性維持**のあり方
 - ・技術開発は何が必要で、どこまで進んでいるのか
例) 高放射線場での**作業ロボット・システムの開発**
遠隔自動装置の信頼性をどのように評価・確認すべきか
 - ・**国際社会との連携**をどのように進めるべきか

ご静聴いただきありがとうございました。