

福島第一廃炉の課題



法政大学 デザイン工学研究科 客員教授

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

宮野 廣

日本原子力学会の組織体制



部会・連絡会

- 炉物理
- 核融合工学
- 核燃料
- バックエンド
- 熱流動
- 放射線工学
- ヒューマン・マシン・システム研究
- 加速器・ビーム
- 社会・環境
- 保健物理・環境科学
- 核データ
- 材料
- 原子力発電
- 再処理・リサイクル
- 計算科学技術
- 水化学
- 原子力安全
- 新型炉

福島第一原子力発電所廃炉検討委員会

福島特別プロジェクト

(2014年6月に設置)

福島復興・廃炉推進に貢献する学協会連絡会

34団体が参加 (2016年5月に設置)

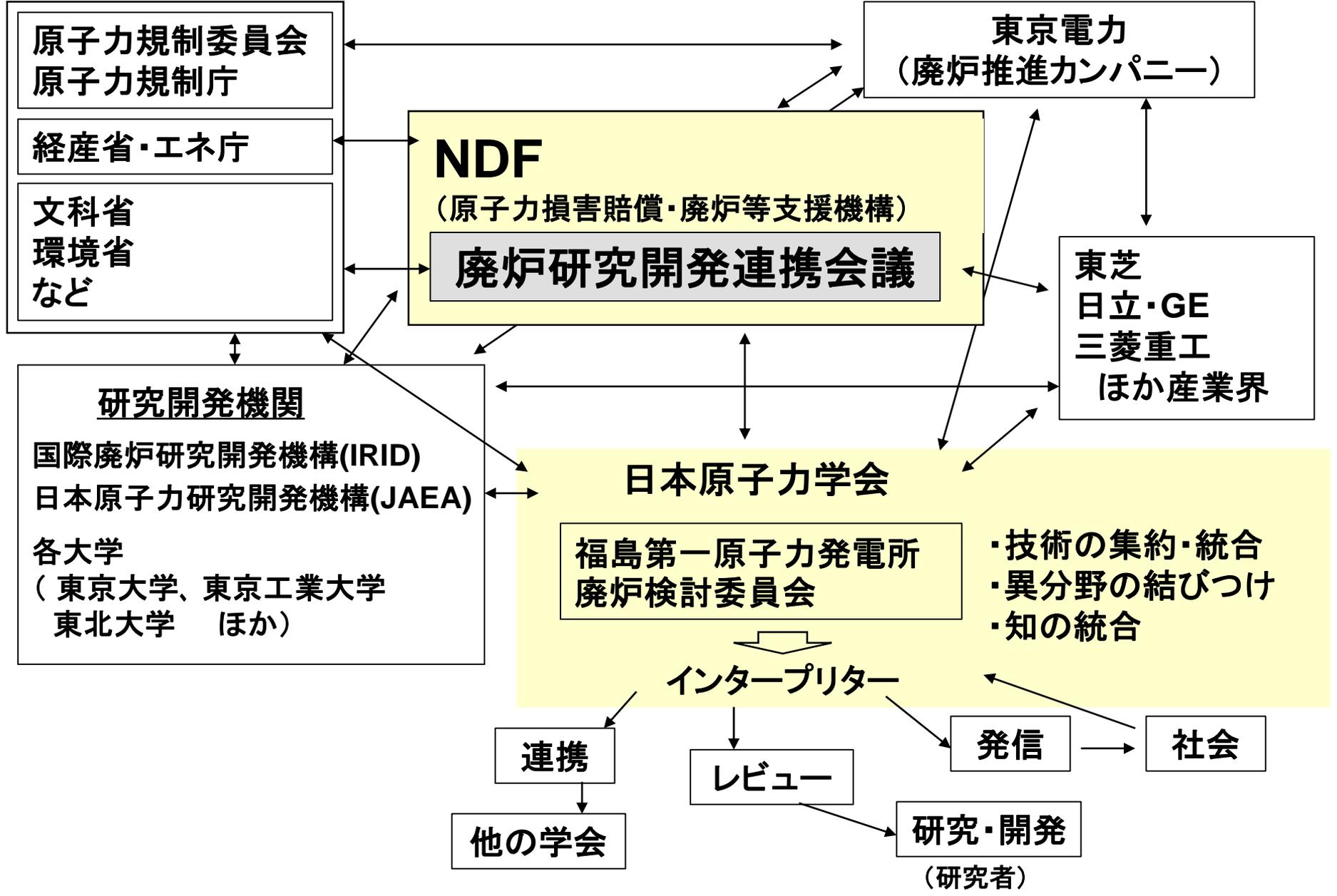
海外情報、学生、原子力青年ネットワーク、シニアネットワーク、核不拡散・保障措置・核セキュリティ

福島第一廃炉の課題

項目

- 1 背景(学会の体制、廃炉各組織の役割)
- 2 福島第一廃炉のロードマップ
- 3 福島第一廃炉の現状
— 廃炉の作業 —
- 4 福島第一廃炉の論点
- 5 福島第一廃炉の手順
- 6 福島第一廃炉の技術課題
- 7 まとめ

福島第一の廃炉に取り組む組織と廃炉委の役割



廃炉の体制と役割分担

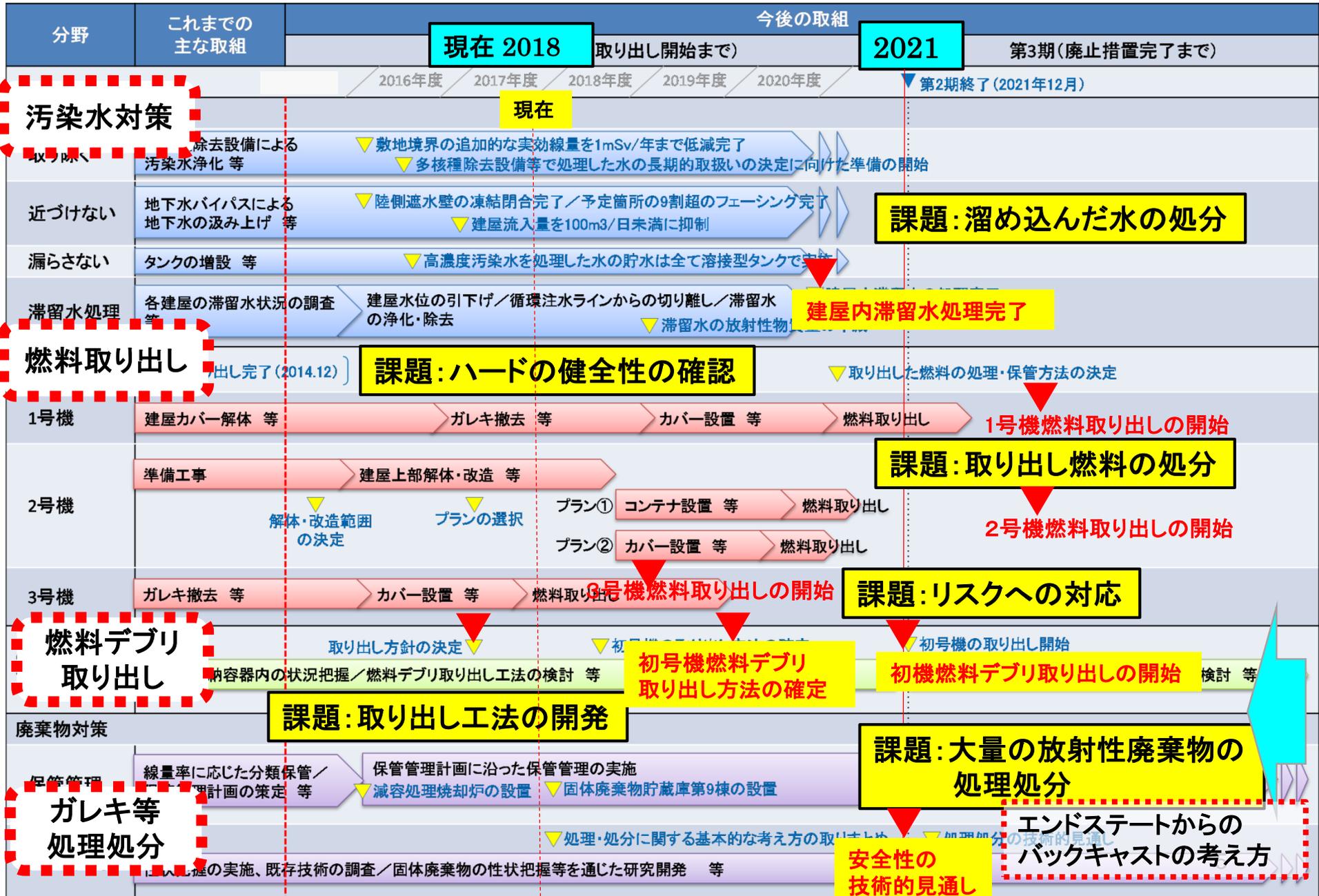
○ 取り組み体制の課題

- ・責任を持つ体制
体制の一貫性と明確な責任の所在
- ・R&Dの目標と成果の見える化

○ 仕組みの課題（経営判断、PJ判断は誰が）

- ・ロードマップによる管理
効果的な運営管理の構築
研究開発の成果の反映
- ・海外からのR&D、技術提供を受け付ける仕組み
- ・国際社会と連携した知見の集約の仕組み（データベース化）

福島第一廃炉の論点



福島第一廃炉の課題（ロードマップ）

ロードマップの活用

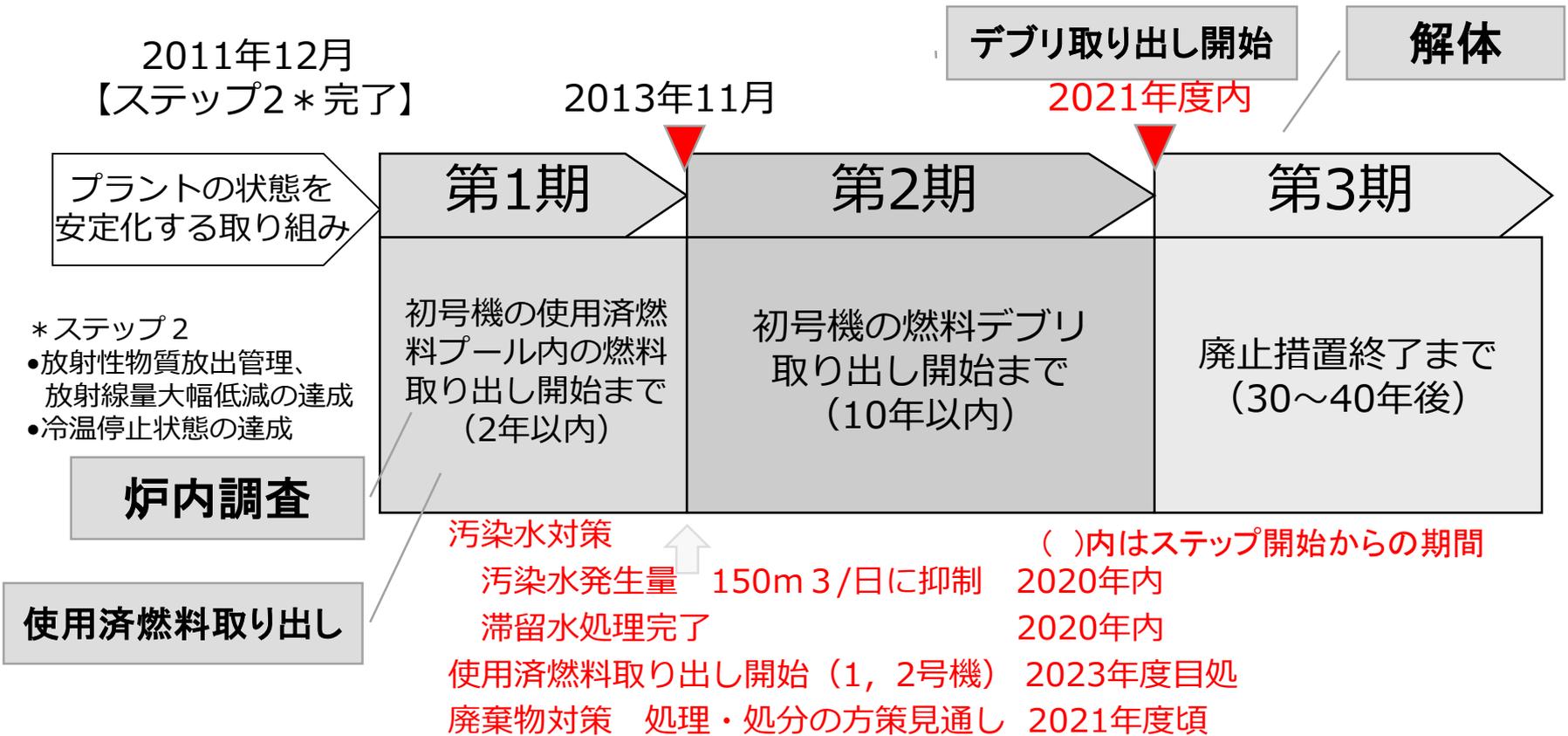
- 福島第一原子力発電所の廃炉のロードマップ
 - ・ その概要と課題
 - －全体の工程を示す
 - －マイルストーンの明示と実行の責任を明確にする
 - －最新のデイリー管理とフォロー・対策の仕組みを作る
 - －データの集約と管理、活用

- 本来のあるべきロードマップとは
 - 細部から全体まで「見える化」する。
 - 専任の管理者・組織を置き、日管理、月管理、年管理を行う。

ロードマップによるプロジェクト全体の目標・成果管理を行う。

廃炉の進捗概要

(中長期ロードマップの概要)



○中長期ロードマップは、平成29(2017)年9月26日に改訂された。

○目標工程(マイルストーン)の明確化

【燃料デブリ取り出し】

- ・号機毎の燃料デブリ取り出し方針の決定 2017年夏頃目処(済)
- ・初号機の燃料デブリ取り出し方法の確定 2019年度
- ・初号機の燃料デブリ取り出しの開始 2021年内

環境汚染と汚染水

対策の基本方針

方針1. 汚染源を取り除く

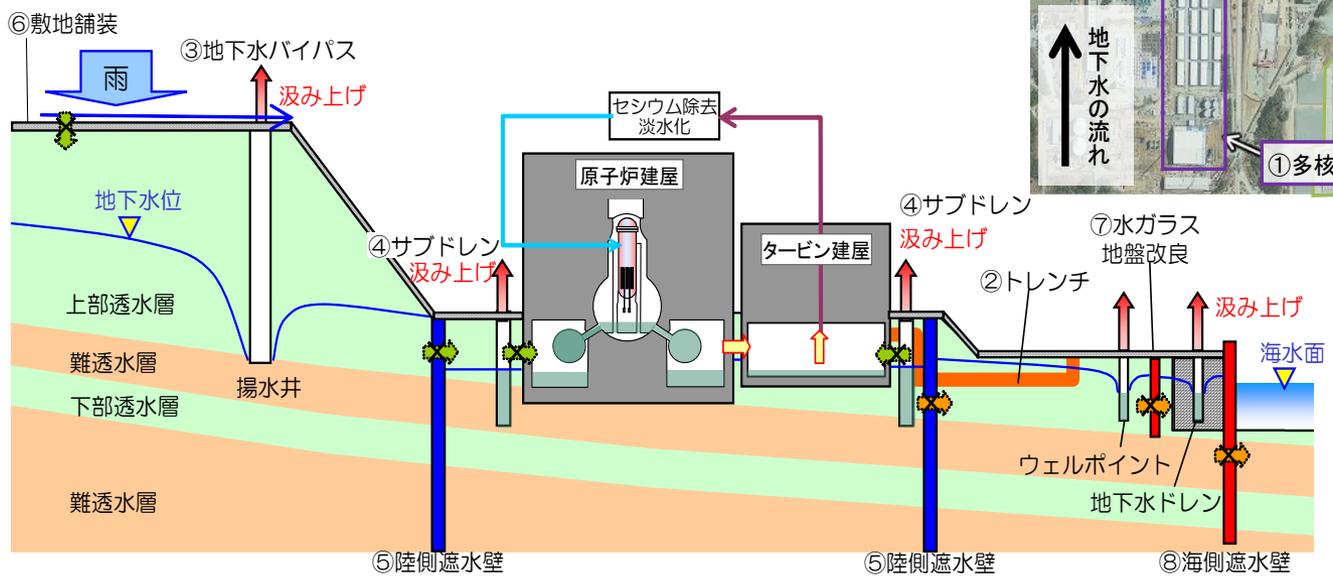
- ・多核種除去設備等による汚染水浄化①
- ・トレンチ内の汚染水除去②

方針2. 汚染源に水を近づけない

- ・地下水バイパス③、建屋近傍井戸④
- ・凍土方式凍結0℃完成(2016年10月)⑤
- ・敷地舗装 ⑥

方針3. 汚染水を漏らさない

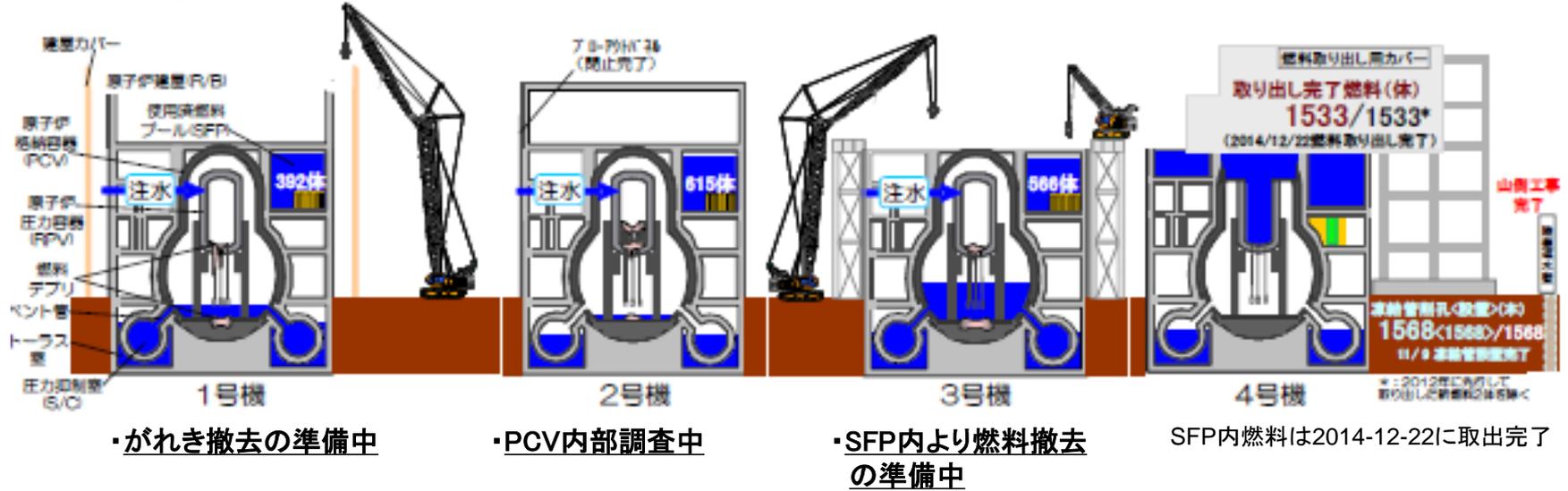
- ・水ガラスによる地盤改良⑦、海側遮水壁⑧
- ・タンク増設⑨



出典: 経産省資源エネルギー庁資料より

原子炉、建屋の現状

○ 各号機の作業状況



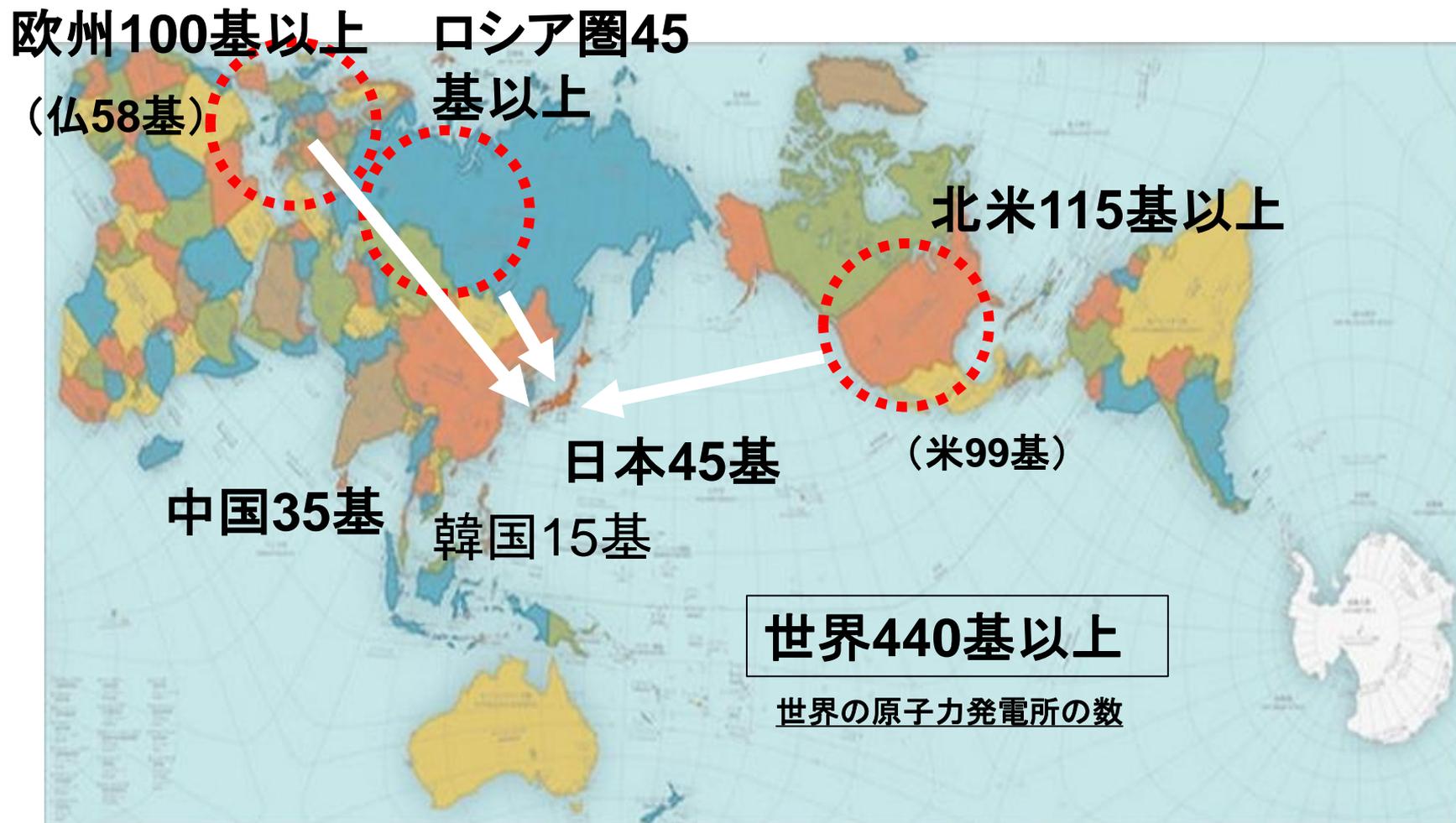
○ 各号機ともに冷温停止状態を継続

压力容器底部温度		格納容器内温度		燃料プール温度		原子炉注水量	
1号機	14℃	1号機	14℃	1号機	26℃	1号機	注水量:2.9m ³ /h
2号機	19℃	2号機	20℃	2号機	29℃	2号機	注水量:2.9m ³ /h
3号機	18℃	3号機	18℃	3号機	28℃	3号機	注水量:2.8m ³ /h

2018年2月13日 現在

出典:東京電力ホールディングスHPよりのデータを使用

福島第一廃炉に適用する研究開発等の拠点(福島県内)

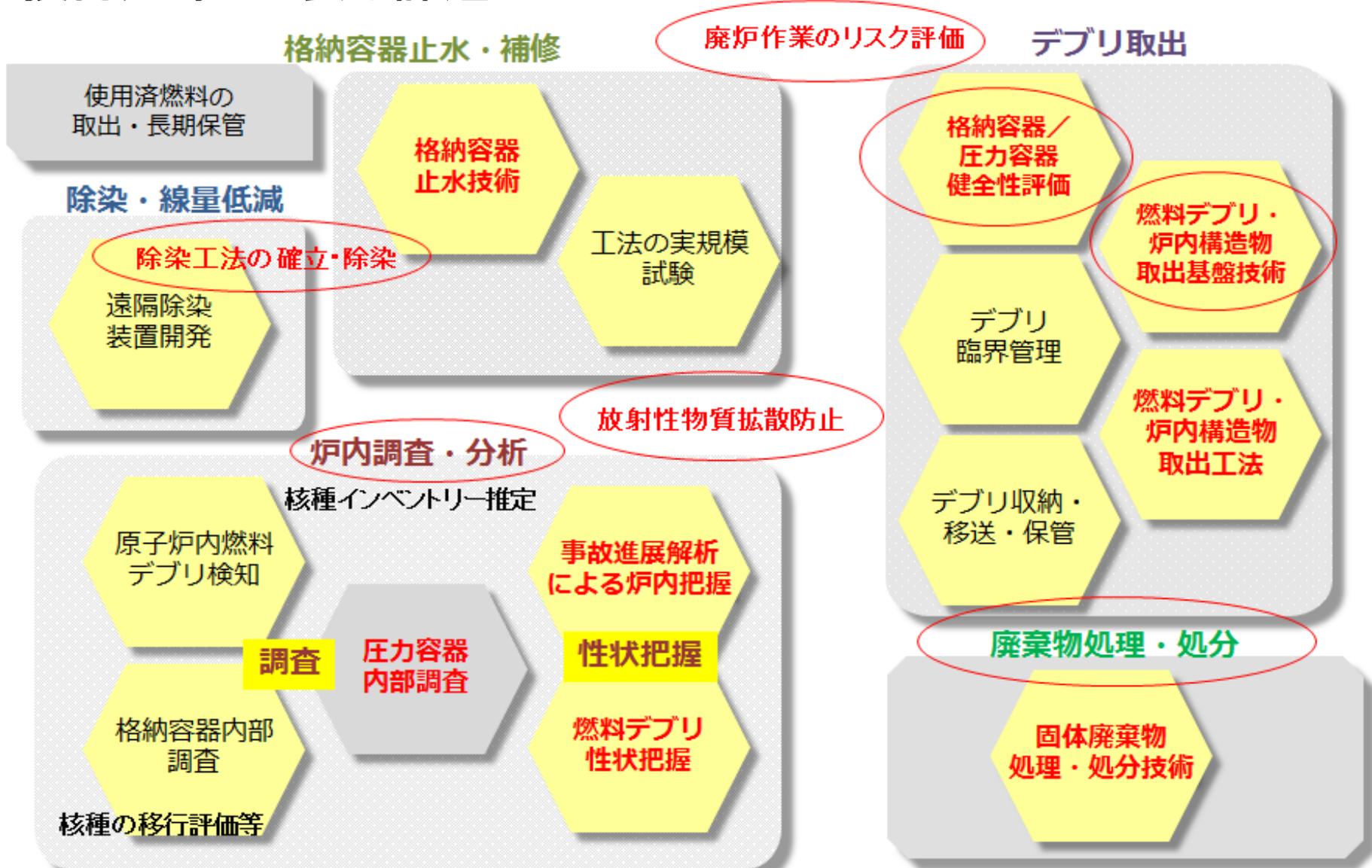


世界から、技術を日本、福島に結集する必要がある

福島第一廃炉に求められる技術開発（PJテーマ）

技術分野と重要な課題

以下は現在取り組まれている国の研究開発の分野を示す。



(注)ここには、除染・設備(機器・配管)撤去工法の開発はない。

福島第一廃炉の現状と課題

○ 現在の開発・技術の状況

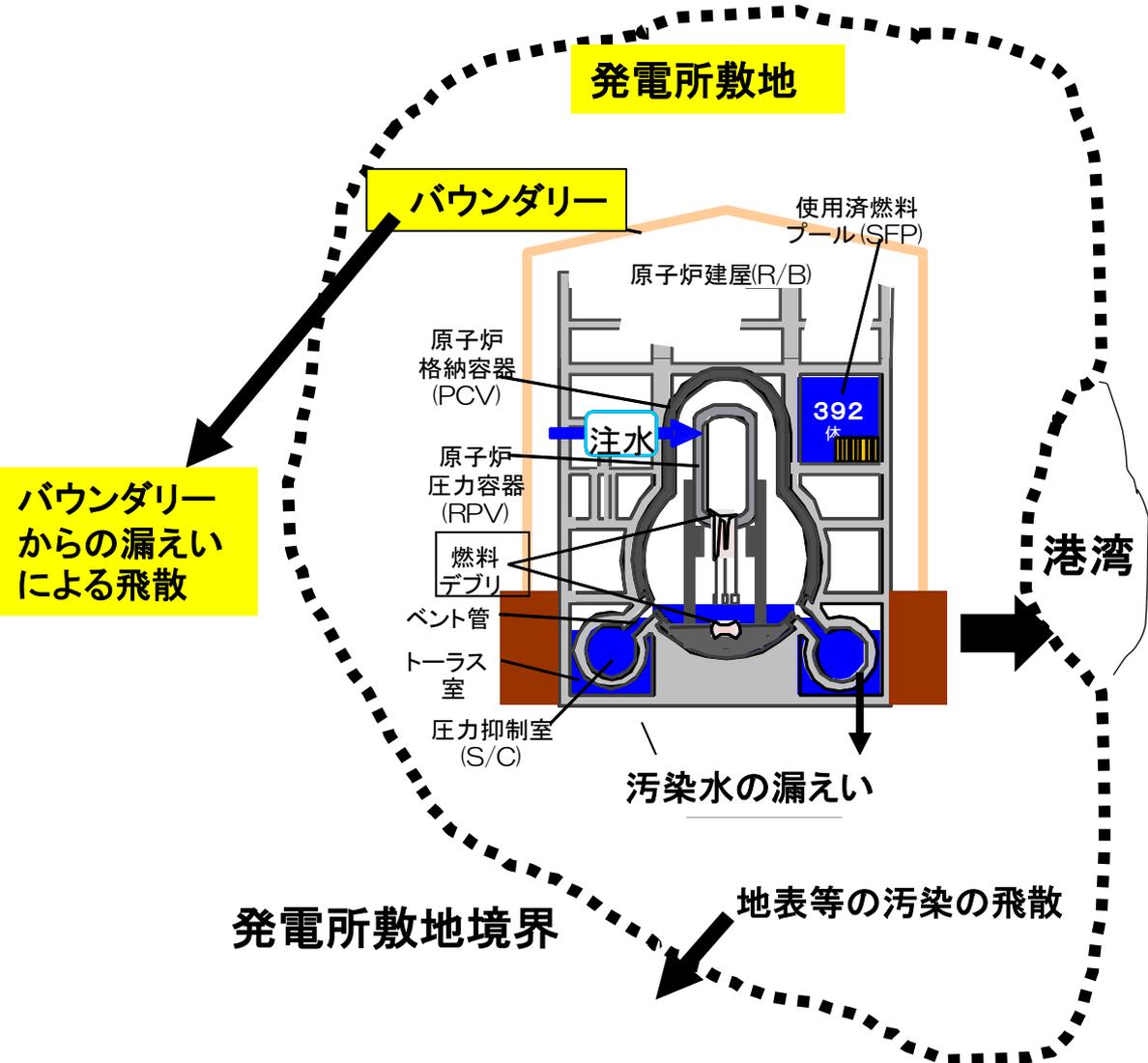
- ・ 周辺の状態：汚染の低下
- ・ 冷却循環水の処理：順調な汚染水処理。
地下水の流入回避したが、いくつかの課題もある。
閉冷却水循環は未完成であり、大量の処理水が溜まる問題が残っている。
- ・ SFPから燃料の取出し移動保管：4号機完了。3号機に着手。
- ・ PCV内燃料デブリ調査ほか：1, 2, 3号機それぞれに実施。
見えてきた格納容器内のデブリの状況、だが詳細な情報はこれから。
- ・ リスクに基づく運用からは遠い状況

○ 国プロにおける研究開発では、現場に適用する具体的成果はまだまだ不十分。

長期間の成果・知見の蓄積と活用法の仕組みが必要

福島第一廃炉の作業を考える

福島第一の廃炉の論点



- 論点1: バウンダリーがない**
 - 新たにバウンダリーを設置する
 - 何を基準とするか
- 論点2: 高い放射線、汚染が強い**
 - 作業員の被ばくが大きい
 - 除染か、ロボットか
- 論点3: 格納容器内の汚染が大きい**
 - 閉空間で見えない
 - 破損で障害物が分からない
 - 遠隔技術か、ロボットか
- 論点4: 開放型の冷却システム**
 - 地下水の流入が大きい
 - 閉ループの冷却システムを構築
- 論点5: 溶融燃料、デブリの状態がわからない**
 - 溶融物の把握(場所、物理特性)
 - サンプルの採取
 - 把握の後、取り出し技術・方法を開発

福島第一の廃炉の論点（号機の差異）

事故炉の状況は、大きな差異はない。
燃料溶融が起き、炉内、炉外あらゆるところに溶融燃料や燃料と金属、コンクリートが融合したものが大きな塊、小さな塊、粒子状、構造物に付着の様々な形態で存在している。

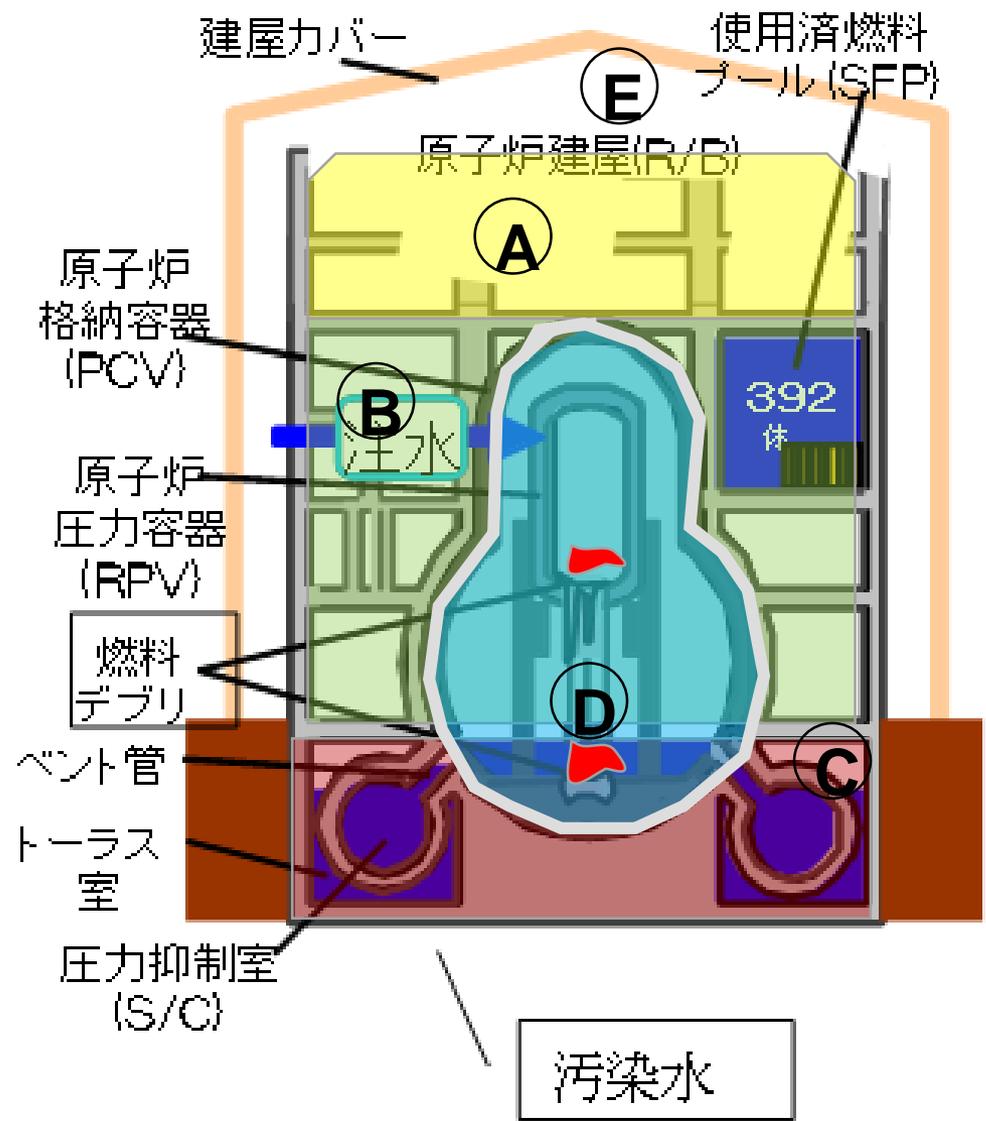
福島第一の廃炉の論点（工法）

溶融燃料が大きな塊であるとするれば、それをどのように取りだすか、工法には3つの方法が考えられる。

- ① 同じ工法が全ての炉に適用できるか。妥当か。
- ② 溶融燃料の状況で、工法を適用すべきではないか。
- ③ 選択の判断基準、判断理由が得られるか。

福島第一廃炉の手順（作業対象区域）

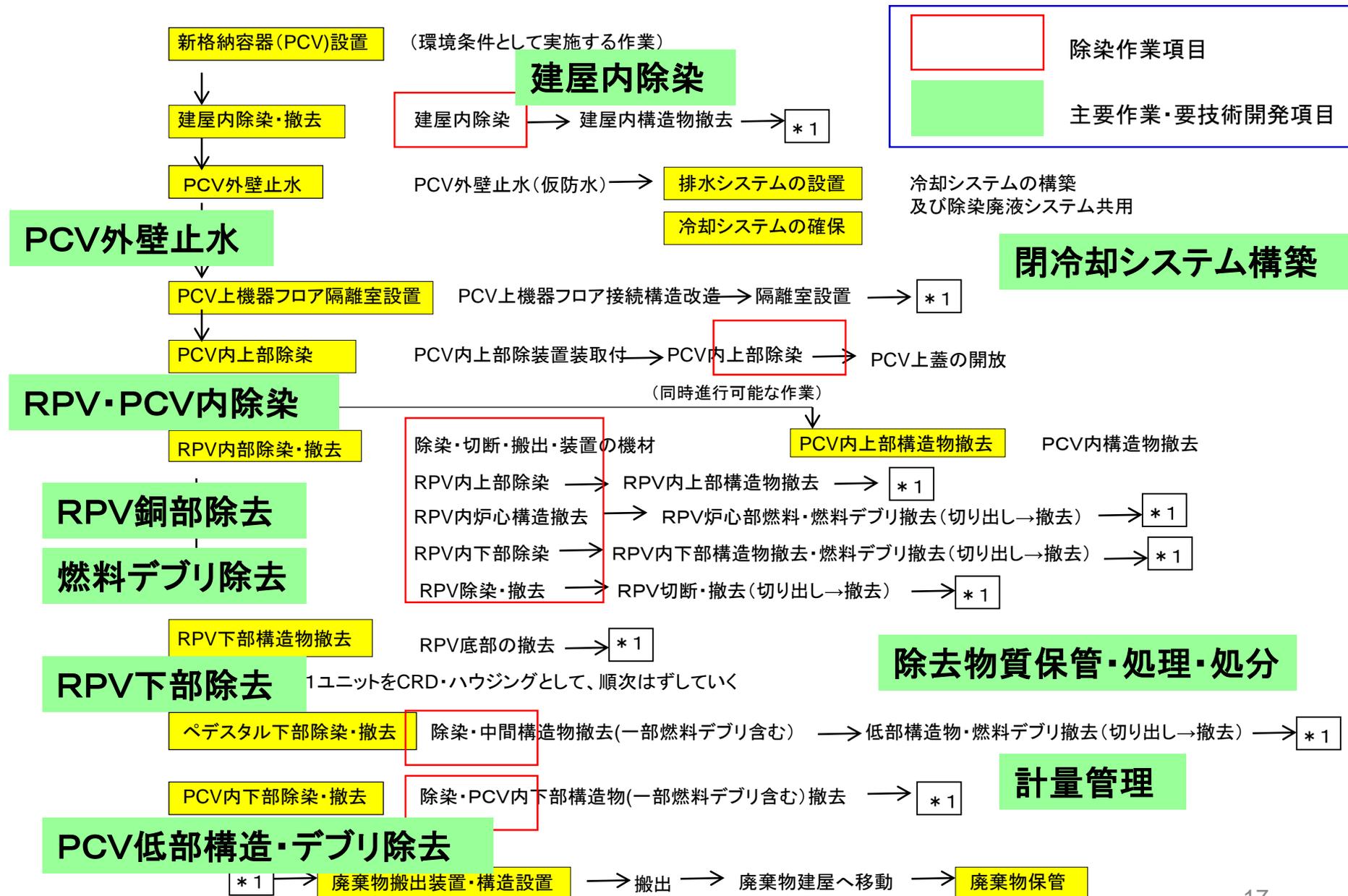
領域を下図のように分類する。



- 基本的な考え方**
- ① 建屋カバーは、二次バウンダリを形成するものとして構築する。この領域を(E)とする。
 - ② 建屋内の機器フロア一部を(A)
 - ③ その下、建屋内1階フロア以上を(B)
 - ④ トラス室内(C)
 - ⑤ 一次バウンダリとしてのPCV内を一括して(D)とする。
- として、区分除染。廃棄する。

RPV: 原子炉圧力容器
 PCV: 原子炉格納容器

福島第一廃炉の手順 (例:上部水中取り出しを中心に)



福島第一廃炉での技術開発

○ 廃炉では、どんな技術が必要とされるのか(例示)

(1) リスク低減

- ・福島第一の廃炉作業における「安全目標」は、なにか、どこにあるのか。
- ・「リスク」で作業管理・・・具体的になにをするのか。

(2) 建屋の長期健全性

- ・建屋だけではない、構造全体の健全性はどこまで求めるのか。
- ・健全性の判断基準はなにか。
- ・長期(30年?)これまでの使用期間を超えて運用する健全性の評価の在り方は。

(3) 除染・設備撤去および燃料デブリ取り出しでの遠隔操作技術の開発

- ・設計基準を明確にする必要がある。
- ・どんな「ロボット技術」が求められるのか
- ・実証試験などを、現場と一体となった組み込み、高放射線下、遠隔での「原子力安全」の確保を前提とした工法の検証に取り組むべき。

(4) 汚染水対策、廃棄物処理処分

- ・廃棄物の管理を含めた、安全確保の基準を明確にした取り組みが必要。
- ・エンドステートをにらんだ工法の開発が必要。

福島第一の廃炉の課題と学会・廃炉委の役割

(1) 放射性物質のリスク評価法(作業員含む)

→ シナリオの見えない事象のリスク評価の在り方

(リスク管理による工程管理をどのように行えるか)



安全目標とリスク評価
監視方法の開発・提言

(2) 建屋・構造の長期健全性

→ 大きく損傷した構造物の健全性評価の在り方

(40年を越す構造物の長期健全性評価をどのようにおこなうか)



構造物全体は
どこまで耐えるか

(3) 燃料デブリ取出工法での遠隔操作技術

→ 高放射線場での作業ロボット・システムの開発

(高度なロボット技術だけではなく人との協働も視野に入れたシステム化を考えなければならない)



ロボット技術
アイデア貢献

(4) 汚染水対策、廃棄物処理処分

→ 長期間、場所の制限などの課題

(どこまで取り壊すべきか、廃棄物の処分をどのようにすべきか、コンセンサスの形成が必要)



廃棄物の観点より
廃炉工法への提言

(5) 学として技術課題

→ 事象の未解明問題への対応

(全ての成果、データを構成に残し役立てることが学の重要な役割の一つである)



新知見への対応

まとめ－福島第一の廃炉の論点

基本的には福島第一の廃炉技術の研究開発にどのように取り組むか
これは、わが国として、**国として取り組むべき国家プロジェクト**である。

- 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ろう。**”リーダーシップ“を持った責任者を置くことが必要**。
- 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。
- **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て進めなければならない。
- **実効性のあるロードマップによるプロジェクト管理が必要**である。
- 技術課題
 - ・シナリオの見えない事象のリスク評価の在り方
 - ・大きく損傷した構造物の健全性評価の在り方
 - ・高放射線場での作業ロボット・システムの開発
 - ・廃棄物保管の長期、場所の制限を考えた総合的な廃炉作業

「東京電力福島第一原子力発電所の廃炉ー 廃炉の論点と展望」
福島第一廃炉の課題

ご静聴ありがとうございました。
本日は、よろしくお願いいたします。

関連ポータルサイト

経産省 資源エネルギー庁 HP

原子力賠償・廃炉等支援機構 (NDF)

国際廃炉研究開発機構 (IRID)

日本原子力研究開発機構 (JAEA)

東京電力ホールディングス (TEPCO)

「CUUSOO」