日本原子力学会シンポジウム
東電福島第一原子力発電所の廃炉について
―廃炉の状況と課題、その対応策―

福島第一原子力発電所の現状と課題

日本原子力学会
福島第一原子力発電所廃炉検討委員会
委員長　宮野　廣　（法政大学）

2017年3月11日

rev17

目次

１. 学会の取り組み
２. 事故後と現在の状況
３. 廃炉の全体概要
４. 課題
５. 論点
６. まとめ

1. 学会の取り組み

日本原子力学会の組織体制

- 総会
  - 監事
    選挙管理委員会
  - 理事会
    - 理事会運営ボード
    - 役員候補選考委員会
    - 表彰・推薦小委員会
    - フェロー推薦委員会
    - 経営改善特別小委員会
  - 各支部
    - 北海道
    - 東北
    - 北関東
    - 関東・甲信越
    - 中部
    - 関西
    - 中国・四国
    - 九州
  - 企画委員会
    - 提言検討小委員会
  - 総務財務委員会
    - フェロー企画運営小委員会
    - 情報化推進WG
  - 部会等運営委員会
    - 支部協議委員会
    - 編集委員会
    - 広報情報委員会
    - 教育委員会
    - **標準委員会**
    - 倫理委員会
    - 男女共同参画委員会
    - 会員サービス委員会
    - 標準活動運営委員会

    常置委員会：13委員会
  - **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）
  - 専門委員会
    - 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・核セキュリティー
  - 部会・連絡会

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

1. 学会の取り組み

廃炉検討委員会の体系

福島復興・廃炉推進に貢献する学協会連絡会

（33学会・協会が参加
2015年5月に発足）

協力期間・団体

経産省資源エネルギー庁
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

理事会

福島特別プロジェクト

廃炉検討委員会

部会
連絡会

専門委員会

委員長：　宮野　廣（法政大学）
副委員長：関村直人（東京大学）
岡本孝司（東京大学）

幹事会

運営タスク

三倉(東芝)
浅沼(東海大学)
可児(日立GE)

リスク評価分科会
主査：山口　彰
（東京大学）

事故提言・課題フォロー分科会
主査：山本章夫
（名古屋大学）

未解明事象WG
主査：越塚誠一
(東京大学)

ロボット分科会
主査：吉見　卓
（芝浦工業大学）

ロボット分科会WG
主査：小島　史男
（神戸大学）

建屋の構造性能検討分科会
主査：瀧口克己
（東京工業大学
名誉教授）

廃棄物対策分科会
主査：柳原　敏
（福井大学）

廃炉委の目的と活動方針

○目的

(1)福島第一の廃炉について、課題の抽出と対応策の検討など”学術”としての専門性を活かし支援を行う。併せて、情報を共有し、活用に学会内の活動を集約する。

(2)事故から得られた教訓（Lessons Learned）のフォローの一環として、技術的な未解明事象のフォローに注力し、今後の原子力安全に役立てる。

○活動方針

・新たな知見を効果的に活用すべく、学会等での規格基準化、標準化を図る。
・専門家集団として福島第一の廃炉に関する俯瞰的な視点での検討を、独自に行い、成果を提言する。
・特定の技術課題について掘り下げた検討が必要なものについて、部会・連絡会と連携するとともに、分科会等を設置して検討する。
・毎年の活動は、シンポジウム、学会年会・大会等で公開報告、討論する。

地区汚染と汚染水

対策の基本方針

方針1. 汚染源を取り除く

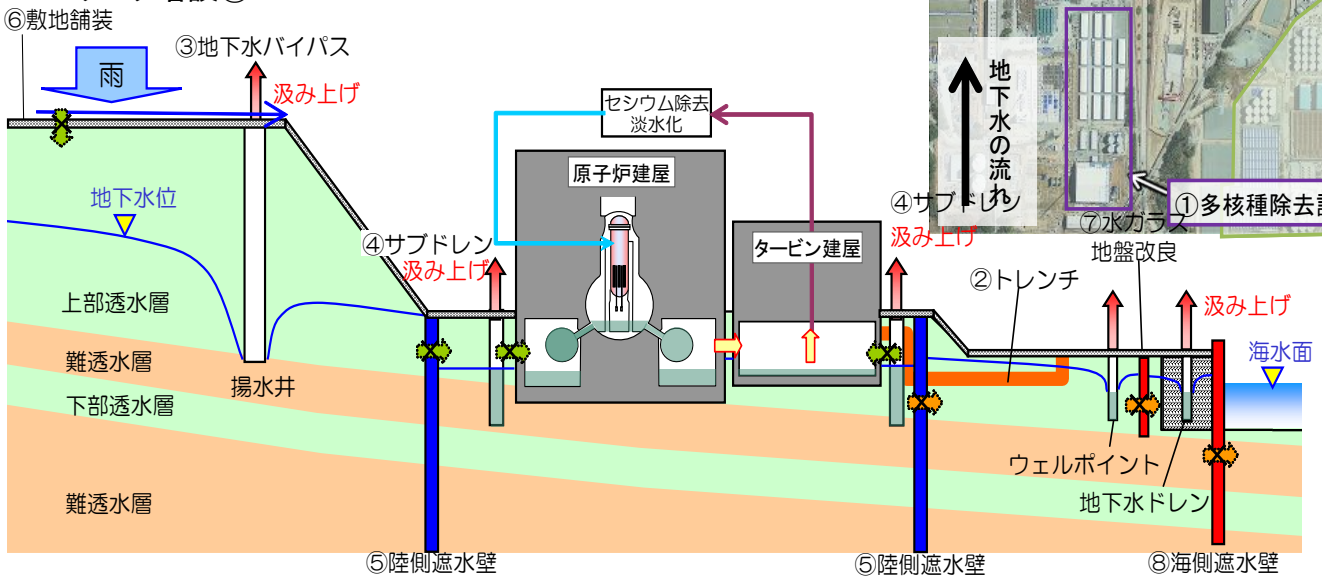
・多核種除去設備等による汚染水浄化①
・トレンチ内の汚染水除去②

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

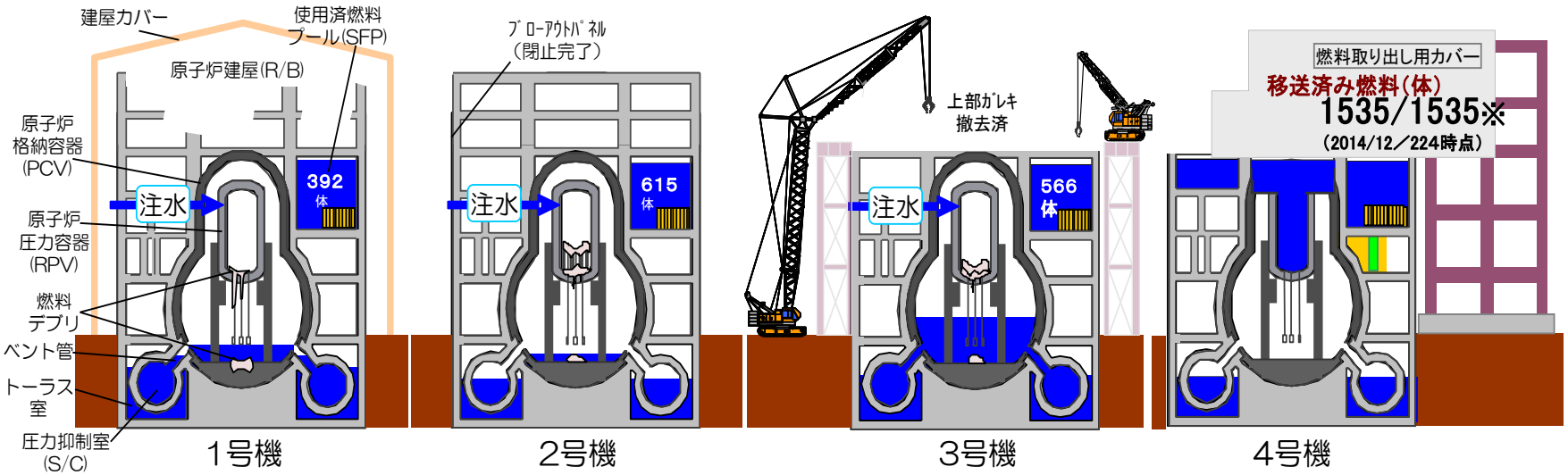


出典：経産省資源エネルギー庁資料より

2. 事故炉の現在の状況

原子炉、建屋の現状

■ 各号機ともに冷温停止状態を継続



圧力容器底部温度	
1号機	18℃
2号機	21℃
3号機	21℃

格納容器内温度	
1号機	18℃
2号機	22℃
3号機	20℃

燃料プール温度	
1号機	18.4℃
2号機	19.2℃
3号機	18.6℃

原子炉注水量	
1号機	注水量:2.5m^3/h
2号機	注水量:2.1m^3/h
3号機	注水量:1.9m^3/h

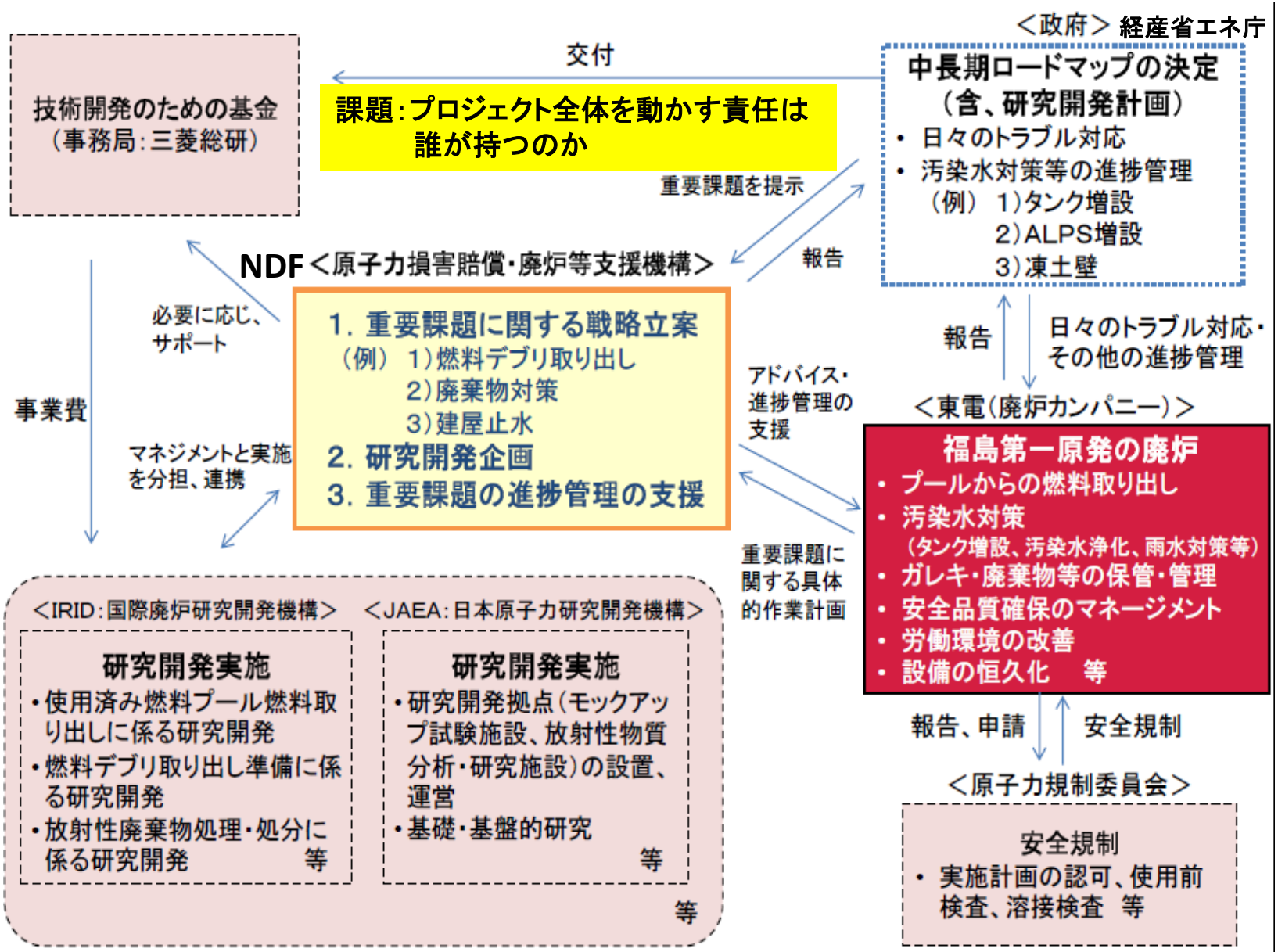
2016年12月21日 現在

※4号機使用済燃料プール内の燃料は2014年12月22日に取り出し完了済み

出典:東京電力ホールディングスHPより

3. 福島第一廃炉の全体像

廃止推進に関する組織体系



出典：原子力損害賠償・廃炉等支援機構ホームページ資料より抜粋

3. 福島第一廃炉の全体像

廃炉の全体概要　開発のポイント　（中長期ロードマップの概要）

2011年12月
【ステップ2＊完了】

プラントの状態を安定化する取り組み

＊ステップ２
- 放射性物質放出管理、放射線量大幅低減の達成
- 冷温停止状態の達成

2013年11月

2021年12月

デブリ取り出し開始

解体

第1期	第2期	第3期
初号機の使用済燃料プール内の燃料取り出し開始まで（2年以内）	初号機の燃料デブリ取り出し開始まで（10年以内）	廃止措置終了まで（30～40年後）

（　）内はステップ2完了からの期間

炉内調査

使用済燃料取り出し

2013年11月18日に4号機使用済燃料プールから燃料取り出し開始

2014年12月22日取出し完了

課題：スケジュールはどのように決まるのか

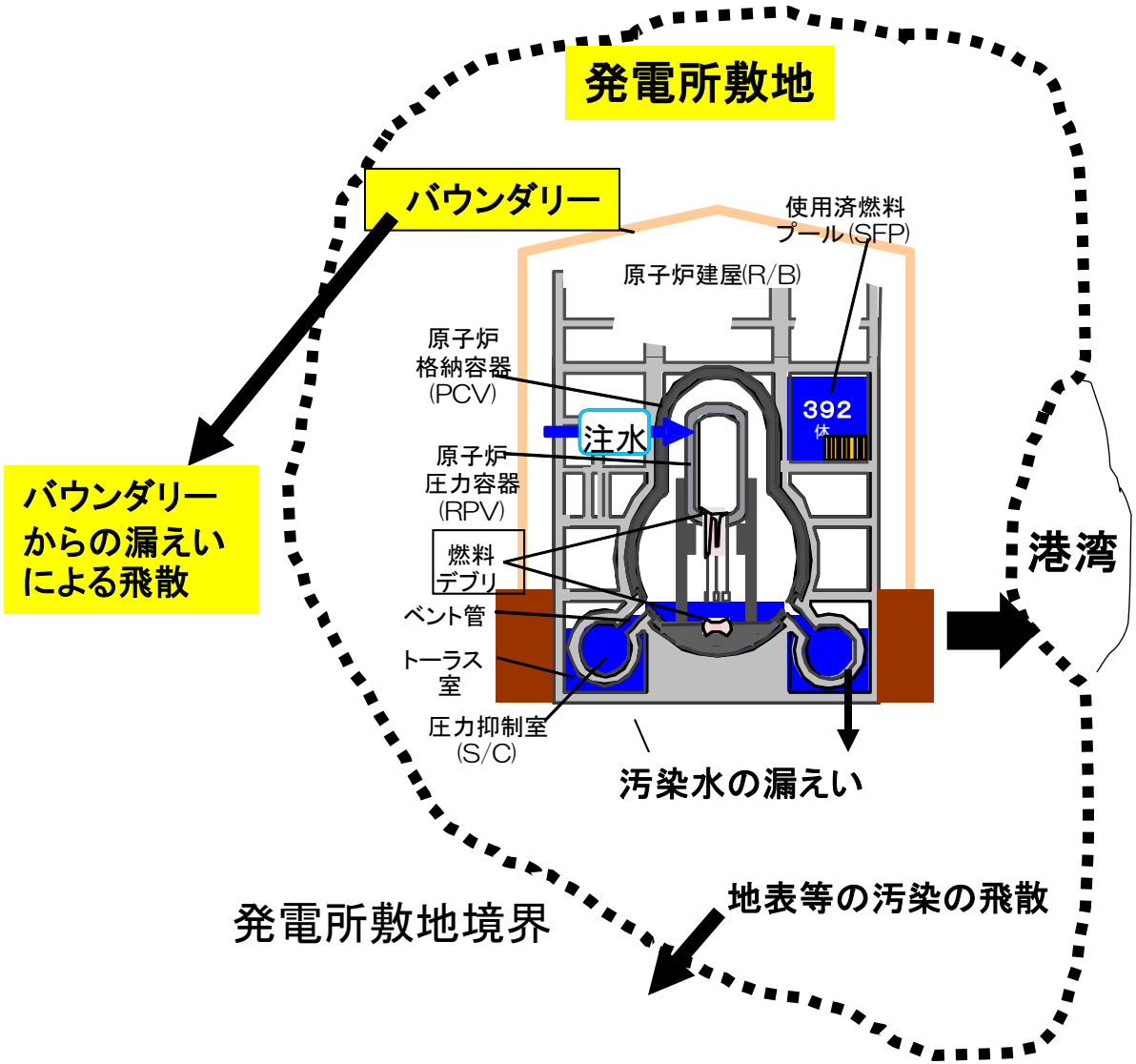
○中長期ロードマップは、平成27(2015)年6月12日に改訂された。

○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
- 初号機の燃料デブリ取り出し方法の確定　２０１８年度上半期
- 初号機の燃料デブリ取り出しの開始　２０２１年内

福島第一の廃炉の課題



課題1：エンドステート（30年後の姿）をどのように想定するか。その先を考えるか

課題2：どんなリスクを考えるのか

- 敷地境界での放射線量を規定するか（安全目標）
- 飛散・拡散総量を規定するか
- 設備の安全基準はどのように定めるか

課題3：作業の条件はなにか

- 監視、計測の項目はなにか

福島第一の廃炉の課題

廃炉作業での課題

（1） 放射線リスク ・・・・周辺環境の汚染
（2） 発生費用・・・・・・・・対策工事費用（税金、電力料金の投入）
（3） 対策工期・・・・・・・・いつまでになにをしなければならないのか

（1）放射線リスク

・事故炉の廃炉への「安全目標」の考え方がポイント
・燃料を内在したままでの廃炉の手順
・『止める」「冷やす」「閉じ込める」の考え方

（2）発生費用

・「安全」が確保されるなら、発生費用が重要なリスク対策となる
・発生費用をどのように管理すべきか
・この作業でのエンドステート（最終状態）を定めなければ、決まらない

（3）対策工期

・いつまでにどこまで進めなければならない、目標が必要である
→ロードマップの運用とフォローの責任は誰が担うのか
・30年40年の長期工事での責任体制をどのように構築するか
→全体のプロジェクトの期間限定の責任者が必要である
・この作業でのエンドステート（最終状態）を定めなければ、工法の議論にならない

福島第一の廃炉の課題

汚染物質の処理が課題

３つに分類して
① 海に放出
② 大気に放出・飛散したものの処理
③ 装置・設備内に残留するものの処理

① 海に放出　の形態

PCVペデスタルからの汚染水の漏えい → 土壌内地下水 → 地表 → 港内、海水中に放出
（自然流出）

② 大気に放出・飛散

（処置作業による流出）
地表 → 大気に飛散
建造物開放部 → 大気に飛散

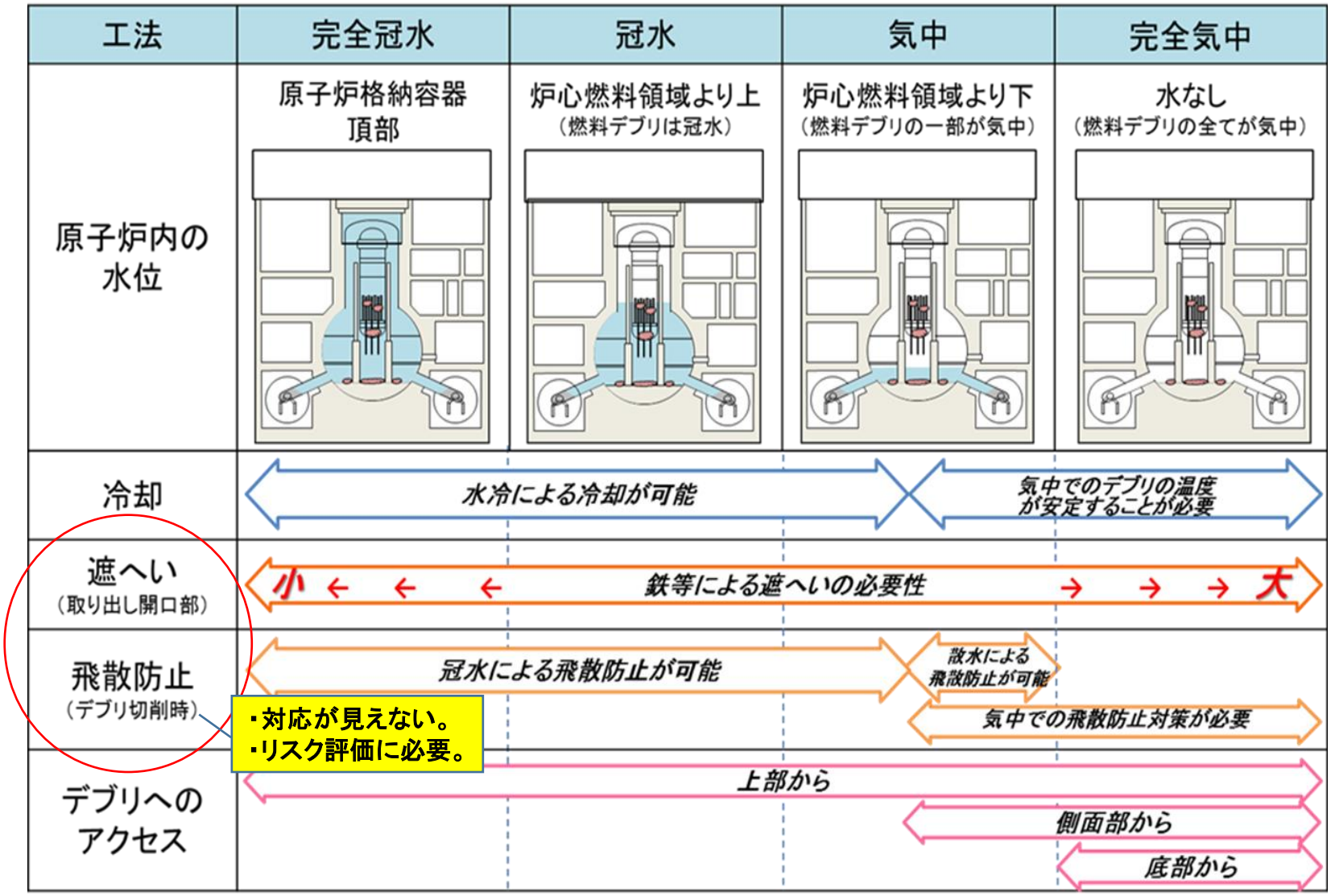
装置・設備からの漏えい → 大気に飛散

③ 装置・設備内に残留

放射性物質の移行 → PCV内 → 建屋　汚染物質除去作業
デブリの移行 → 炉内 → 建屋　汚染物質除去作業
PCV内のデブリ取出し
炉内のデブリ取出し
→ 大気に飛散

福島第一の廃炉の課題

○ 燃料デブリ取り出しに向けた研究開発（燃料デブリ取り出し工法）



注)これらの工法は例示であり、これら以外の工法が否定されるものではない。また、複数の工法の組合せは考慮されるものであり、各工法は排他的ではない。
図中のデブリ及び水位最下部の位置はイメージの例示であり、具体的な位置の予断を与えるものではない。水循環系の表示は省略している。

福島第一の廃炉の課題

(1) リスク低減

シナリオの見えない事象のリスク評価の在り方

・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。
・止める・・・再臨界の管理の基準はなにか
・冷やす・・・最小限でいいのか。AMとしての機能要求は、どこまで行うのか。
・閉じ込める・・・格納機能のない今、どこまで求めるのか

(2) 建屋の長期健全性

大きく損傷した構造物の健全性評価の在り方

・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) 主作業　燃料デブリ取り出しでの
遠隔操作技術の開発の見込み

高放射線場での作業ロボット・システムの開発

・設計基準を明確にする必要がある。
・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

長期、場所の制限を含めて対策の在り方

・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ではないか。

その他

・ロードマップによるプロジェクト全体の目標・成果管理が必要である。
・長期間の成果・知見の蓄積と活用法の仕組みが必要

福島第一の廃炉の論点

講演１：　福島第一原発の現状と課題
講演２：　事故調査に求めること
講演３：　燃料デブリとはどんなもの
講演４：　燃料デブリ取り出しへのロボット適用検討
　　ロボットコンペの表彰と受賞講演

講演５：　リスク管理による廃炉作業　―具体的な進め方―
講演６：　構造健全性と経年対策
講演７：　サイトの中の廃棄物はどうするか　―廃炉の終わりに向けて―
講演８：　残された廃棄物　―トリチウムの課題―

質疑対応

福島第一の廃炉の論点

(1) リスク低減
各種放射性物質のリスクについて、定量評価 により全体リスクの低減を図る。
⇒ リスク評価分科会

シナリオの見えない事象のリスク評価の在り方

(2) 建屋の長期健全性
⇒ 建屋の構造性能検討分科会
構造物全体に展開する

大きく損傷した構造物の健全性評価の在り方

(3) 特に燃料デブリ取り出しにおける遠隔操作技術の重要性
⇒ ロボット分科会

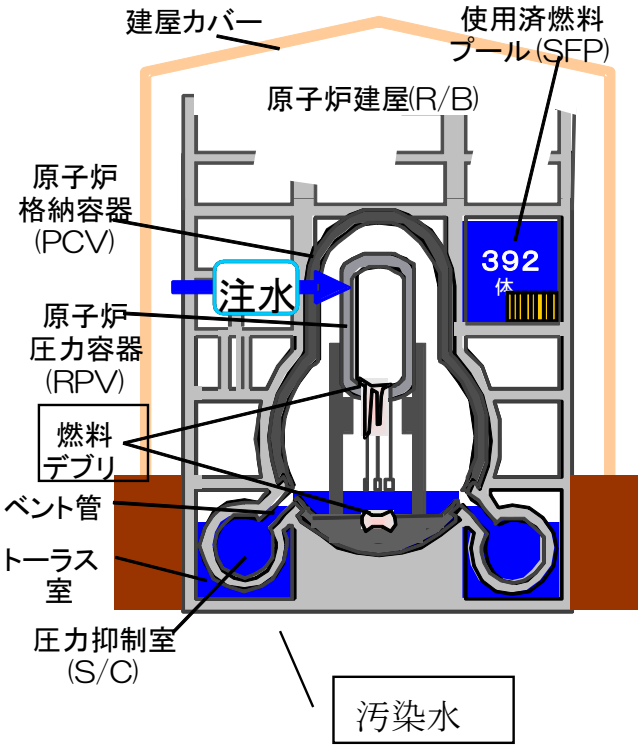
高放射線場での作業ロボット・システムの開発

(4) 汚染水対策、廃棄物処理処分
⇒ 廃棄物対策分科会

長期、場所の制限を含めて対策の在り方

(5) その他
学会 として技術課題への貢献
⇒ 事故・課題提言フォロー分科会
（未解明事象WG）

今後の原子力安全への貢献としての「学」の役割



福島第一の廃炉の論点

「廃炉のためのロボット技術コンペ」公募

＜本コンペで対象とする環境・作業内容＞

福島廃炉対策に係るロボットのニーズ・シーズ技術に関する課題抽出から、燃料デブリ取り出しに向けた内部調査技術に関しては、極めて高度かつ革新的なロボット技術開発が求められることが明らかになった。そこで、特にデブリサンプリングも含めた内部調査ロボットの技術開発を加速させるため、ロボット研究者・技術者の知識を結集させることを目的としたロボット技術コンペを実施する。

提案公募開始： 2016年9月3日(土)（予定）
提案公募締切： 2017年1月31日(火)

結果

１６件の応募をいただいた
その中から厳正な審査を行い

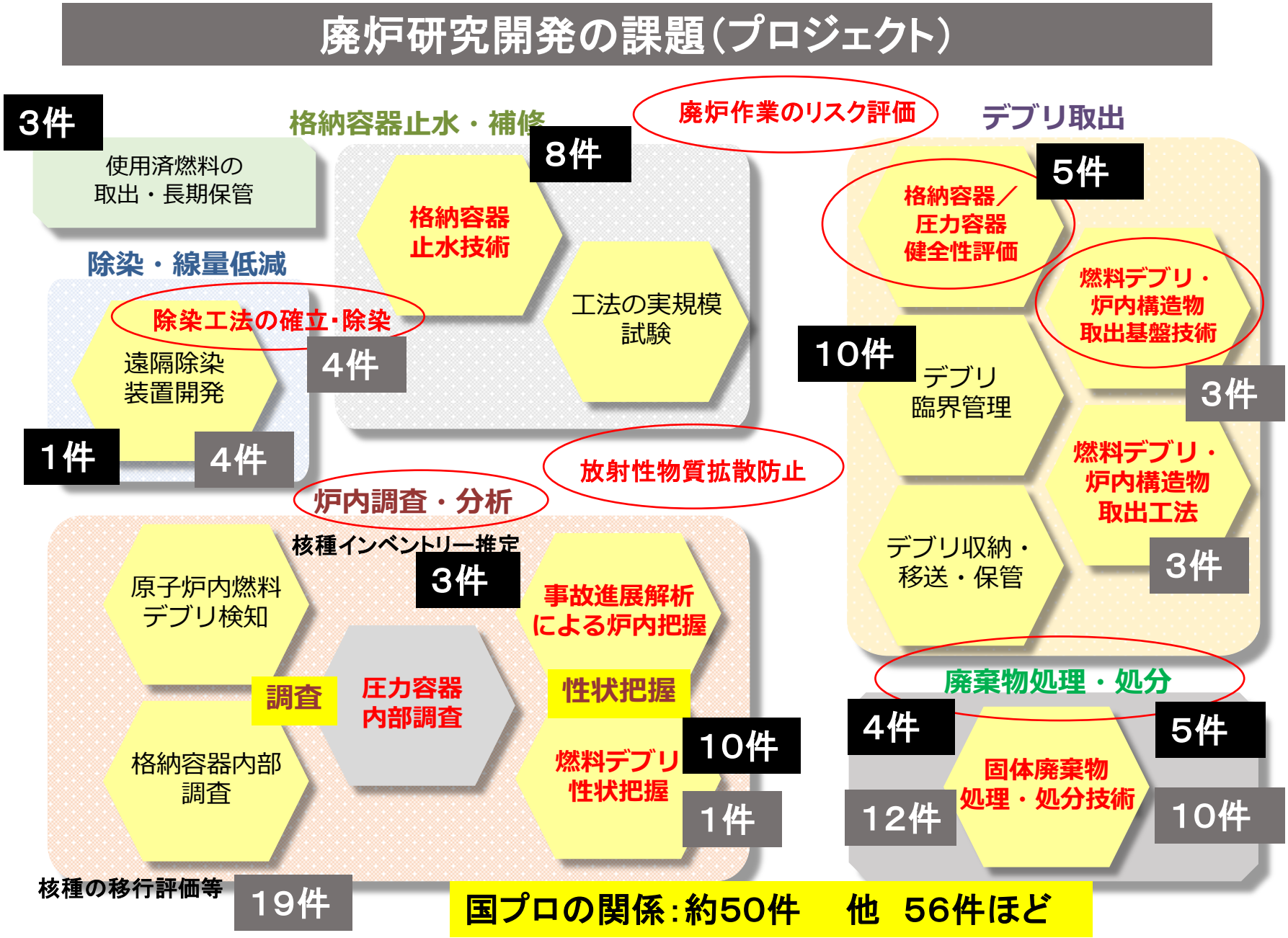
最優秀賞	**１ 件**
優秀賞	**２ 件**
奨励賞	**３ 件**

「福島復興・廃炉推進に貢献する学協会連絡会(ANFURD)」情報交換会

福島の復興や廃炉推進の貢献には原子力学会の枠を超えた学際的な取り組みが必要であり、関連学協会に相互の情報交換を行い福島復興・廃炉の一層の効果的推進を図ることを提案、33の学協会が集って2015年5月 20日に本連絡会が発足した。連絡会規約を制定しポータルサイトも開設（ http://www.anfurd.jp/index.html ）した。第1回の全体会議　2017年1月26日情報交換会を開催した。

5. 論点

廃炉事業としての取組の分野と学会での研究発表の分布 （ 「2016年秋の大会での学術講演のテーマ」より ）

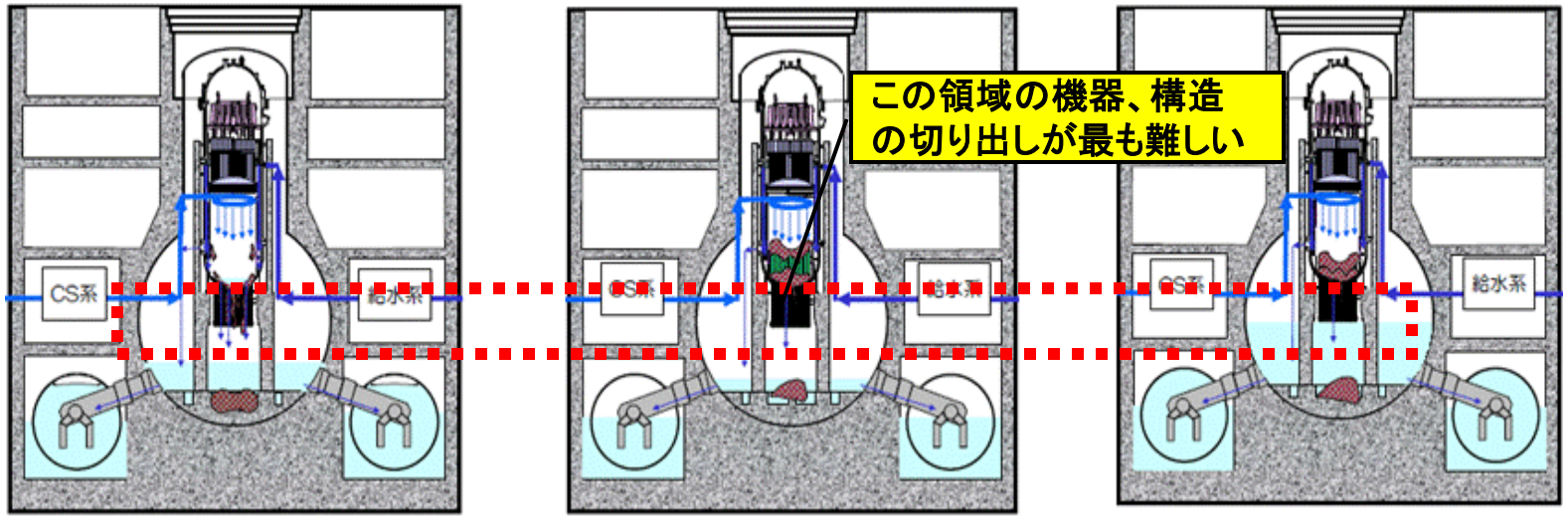


福島第一の廃炉の論点

福島第一原子力発電所各号機の状況

1～3号機の炉心・PCVの状況推定(*1)より、開発方針を以下に設定

【 1号機 】　【 2号機 】　【 3号機】



・溶融した燃料は、ほぼ全量がRPV下部プレナムへ落下しており、元々の炉心部にはほとんど燃料が存在していない。

⇩ 開発方針

・燃料デブリがペデスタル外側まで広がっている可能性があり、**ペデスタル外側の調査を優先**して開発を推進する。

・溶融した燃料のうち、一部はRPV下部プレナムまたはPCVペデスタルへ落下し、燃料の一部は元々の炉心部に残存していると考えられる。
・尚、3号機では従来の予測よりも多くの燃料がPCV内に落下していると推定。

2号機ではPCV内が異常に高線量（2017年2月の調査）

⇩ 開発方針

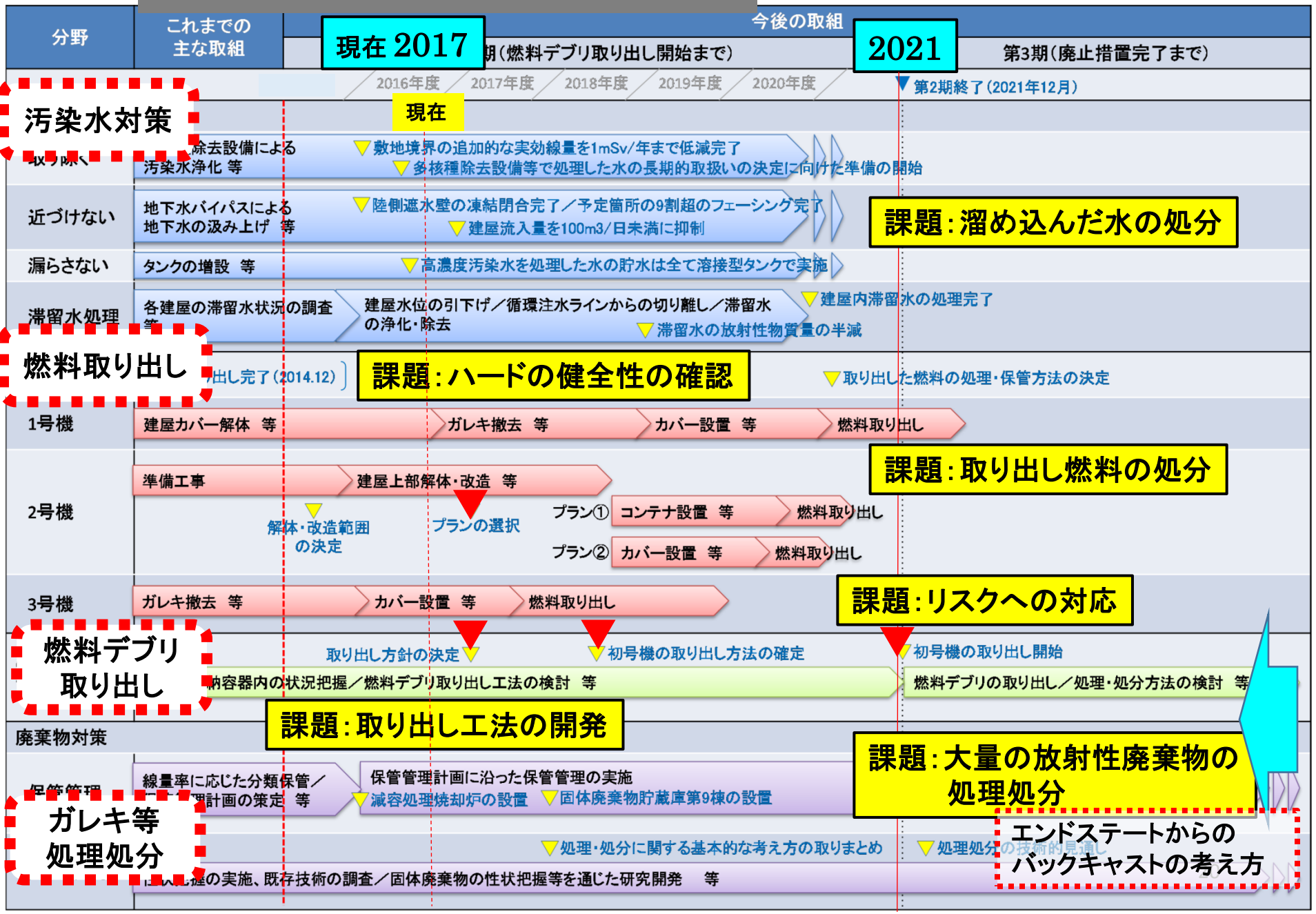
・1号機と比べると、燃料デブリがペデスタル外側まで広がっている可能性は低く、**ペデスタル内側の調査を優先**して開発を推進する
・尚、3号機はPCV内の水位が高く、1･2号機で使用予定のペネが水没している可能性があり、別方式を検討する必要がある。

*1：【出典】東京電力殿ﾎｰﾑﾍﾟｰｼﾞ(平成25年12月13日)「福島第一原子力発電所1～3号機の炉心・格納容器の状態の推定と未解明問題に関する検討第1回進捗報告」より抜粋

5. 論点

福島第一の廃炉の論点

ロードマップ と その課題



６．まとめ

重要な課題

- 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。
- 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。
- 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
  ・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
  ・長期、場所の制限を含めて対策の在り方

ご静聴ありがとうございました。

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」