

原子力学会2015年春の年会
福島第一原子力発電所廃炉検討委員会セッション
「福島第一の廃炉と原子力安全への取り組み」

福島第一原子力発電所の廃炉 現状と今後の計画

2015年3月20日

原子力損害賠償・廃炉等支援機構（NDF）

執行役員/技術グループ長

福田俊彦

福島第一原子力発電所の現状と課題

事故直後

現状

1号機

- 原子炉の安定冷却を継続中
- 使用済燃料プールからの燃料搬出に向けて建屋カバーの解体を進める予定
- ミュオンを用いた燃料デブリ位置測定を開始



2号機

- 原子炉の安定冷却を継続中
- 今後の使用済燃料プールからの燃料搬出のための方策を検討中



3号機

- 原子炉の安定冷却を継続中
- 使用済燃料プール内のガレキ撤去作業、原子炉建屋オペレーティングフロア除染工事等を実施中



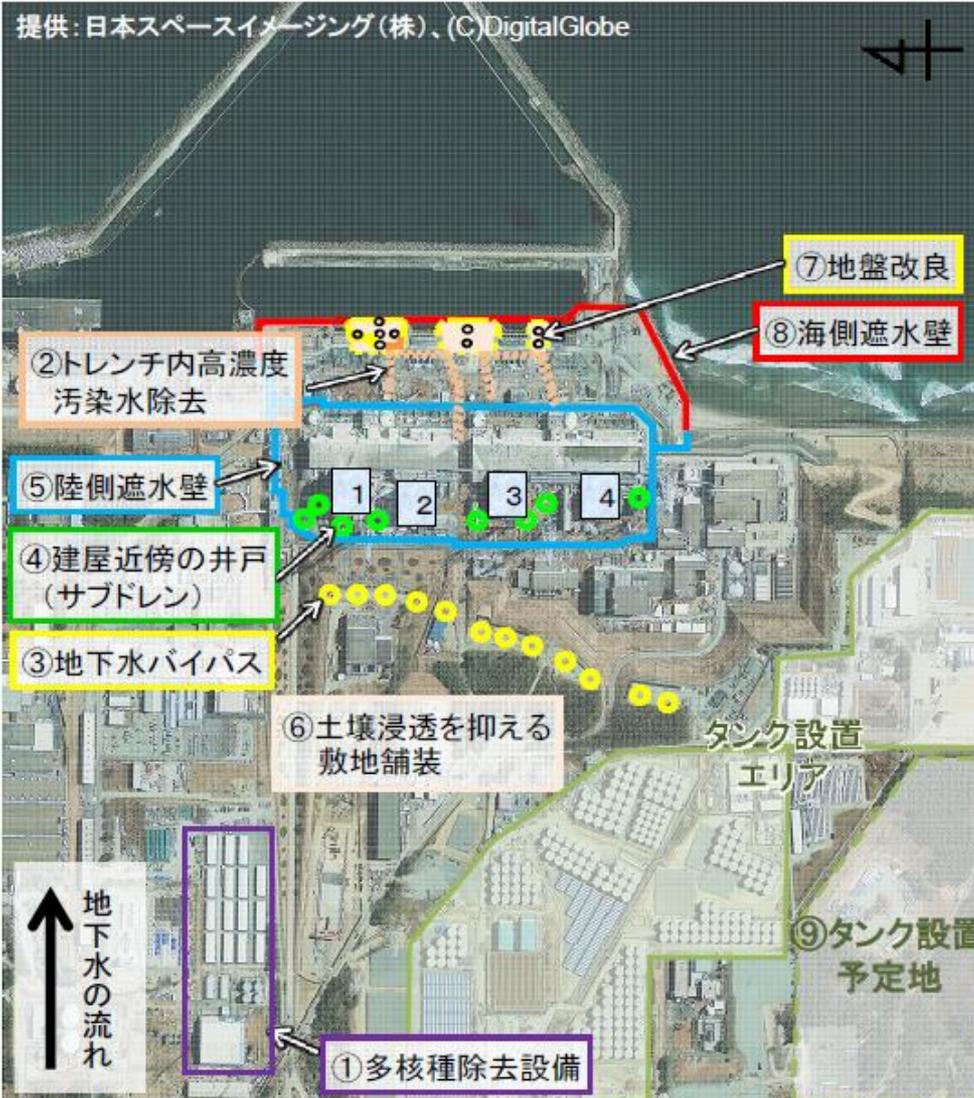
4号機

- 使用済燃料プールからの燃料取出しを完了



5、6号機は、2014年3月に廃止届を提出し、研究施設として活用予定

汚染水対策のポイント（汚染水対策の三つの基本方針）



汚染水対策の三つの基本方針

1. 汚染源を**取り除く**

- ①多核種除去設備による浄化
- ②トレンチ内の汚染水除去

2. 汚染源に水を**近づけない**

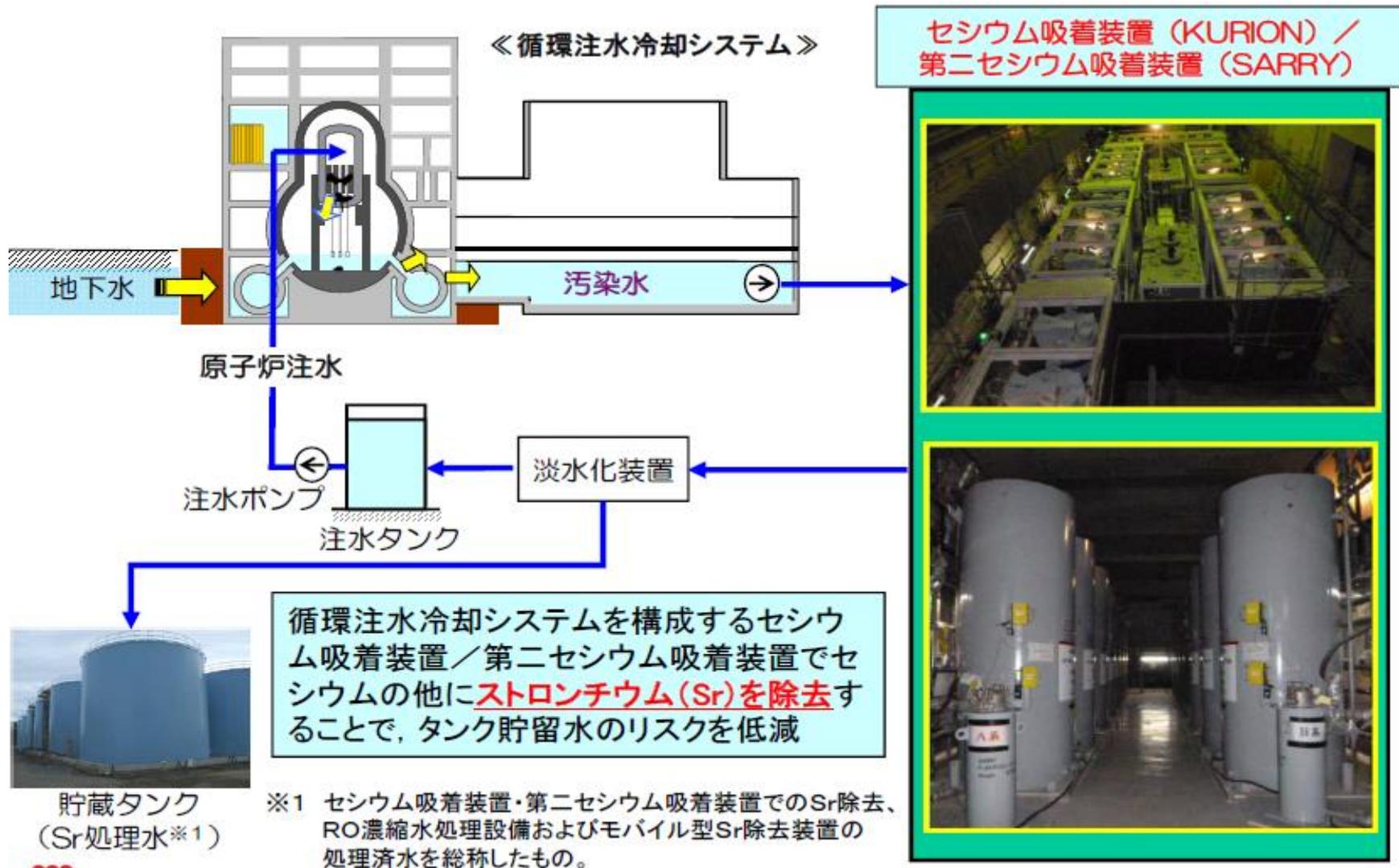
- ③地下水バイパスによる地下水汲み上げ
- ④建屋近傍の井戸での地下水汲み上げ
- ⑤凍土方式の陸側遮水壁の設置
- ⑥雨水の土壌浸透を抑える敷地舗装

3. 汚染水を**漏らさない**

- ⑦水ガラスによる地盤改良
- ⑧海側遮水壁の設置
- ⑨タンクの増設（溶接型へ）

汚染水対策 1 汚染源を取り除く (その1)

セシウム吸着装置 (KURION/SARRY) によるストロンチウム除去



汚染水対策 1 汚染源を取り除く (その2)

多核種除去設備 (ALPS)



高性能多核種除去施設

タンクに貯留している汚染水から、トリチウム以外の放射性物質(*)を除去し、リスクを低減するもの。

★多核種除去設備 (250m³/日×3系統)
2015年1月22日現在で196,000m³を処理済

★高性能多核種除去設備 500m³/日以上

★増設多核種除去設備 250m³/日×3系統

(*)除去できる放射性核種

ルビジウム、ストロンチウム、イットリウム、ニオブ、テクネチウム、ロジウム、テルル、ヨウ素、セシウム、バリウム、プルトニウム、アメリシウム、キュリウム、コバルト 等



増設多核種除去施設

汚染水対策 1 汚染源を取り除く（その3）

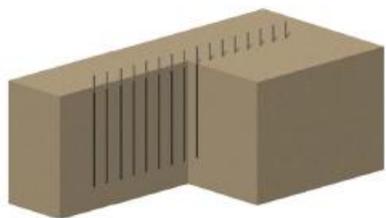
汚染水浄化のまとめ

7設備名	除去能力	状況	処理能力
多核種除去設備	62核種を告示 濃度限度未満へ	全系統処理運転中	250m ³ /日以上×3系列
増設多核種除去設備		10/9～全系統処理運転中	250m ³ /日以上×3系列
高性能多核種除去設備		10/18～処理運転中	500m ³ /日以上
モバイル型ストロンチウム 除去設備	ストロンチウムを 1/10～ 1/1000 へ低減	10/2～処理運転開始	A系：300m ³ /日 B系：300m ³ /日 第二：480m ³ /日×4系統
セシウム吸着装置での ストロンチウム除去	ストロンチウムを 1/100～ 1/1000へ低減	1月運転開始	600m ³ /日
第二セシウム吸着装置での ストロンチウム除去		12月運転開始	1,200m ³ /日
RO濃縮水処理設備		12月中使用開始	500～900m ³ /日

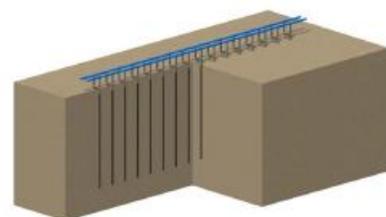
汚染水対策 2 汚染源に水を近づけない

凍土方式の陸側遮水壁の造成

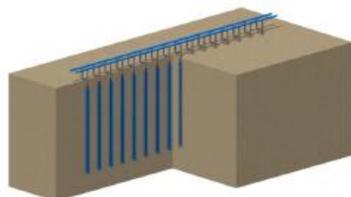
建屋内の地下水流入を減らすため建屋の周囲を凍土の遮水壁で囲む



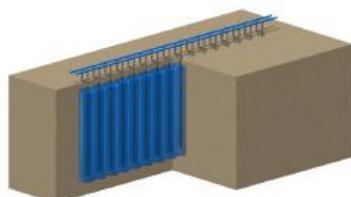
(1)ボーリング・凍結管建込み



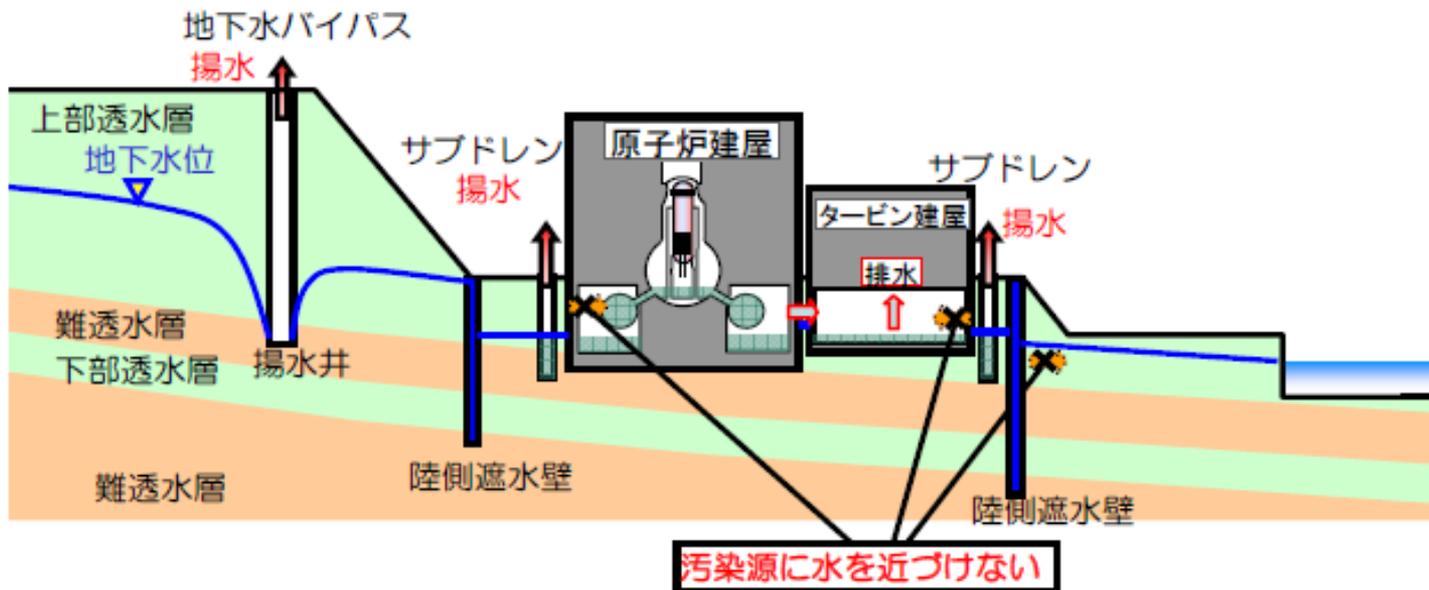
(2)冷媒配管接続



(3)凍土遮水壁 造成開始



(4)凍土遮水壁 造成完了

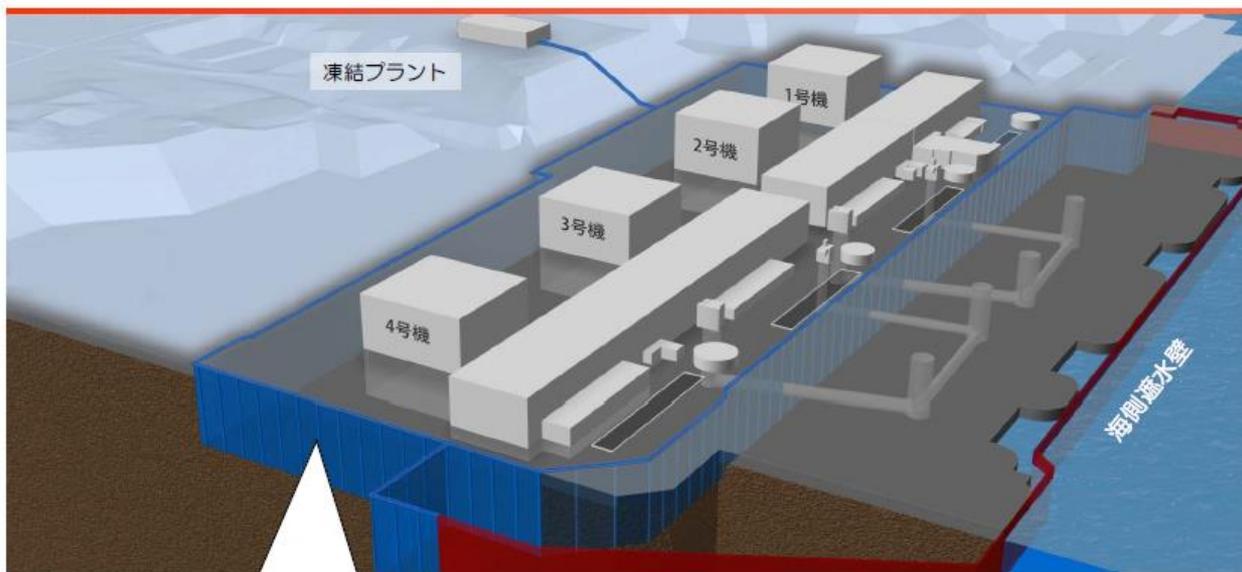


工程と目的	平成25年度		平成26年度		平成27年度	
	上期	下期	上期	下期	上期	下期
⑤凍土方式の陸側遮水壁の設置 (汚染源に水を近づけない)			小規模凍結試験			
			設置工事		凍結	地下水流入抑制

汚染水対策 3 汚染水を漏らさない (その1)

海側遮蔽壁の造成

1～4号機海側に遮水壁を設置し、汚染された地下水の海洋流出を防ぐ



凍土遮水壁

- ・延長 : 約1,500m*
 - ・凍土量 : 約7万m³
- ※ : 1～4号機建屋を囲んだ場合

#凍結プラント

- (-30～40℃の冷媒 (フライ))
を製造する設備)
- ・冷凍機 : 230kW * 30台
 - ・クーリングタワー : 30台
 - ・フラインタンク
 - ・フラインポンプ



汚染水対策 3 汚染水を漏らさない（その2）

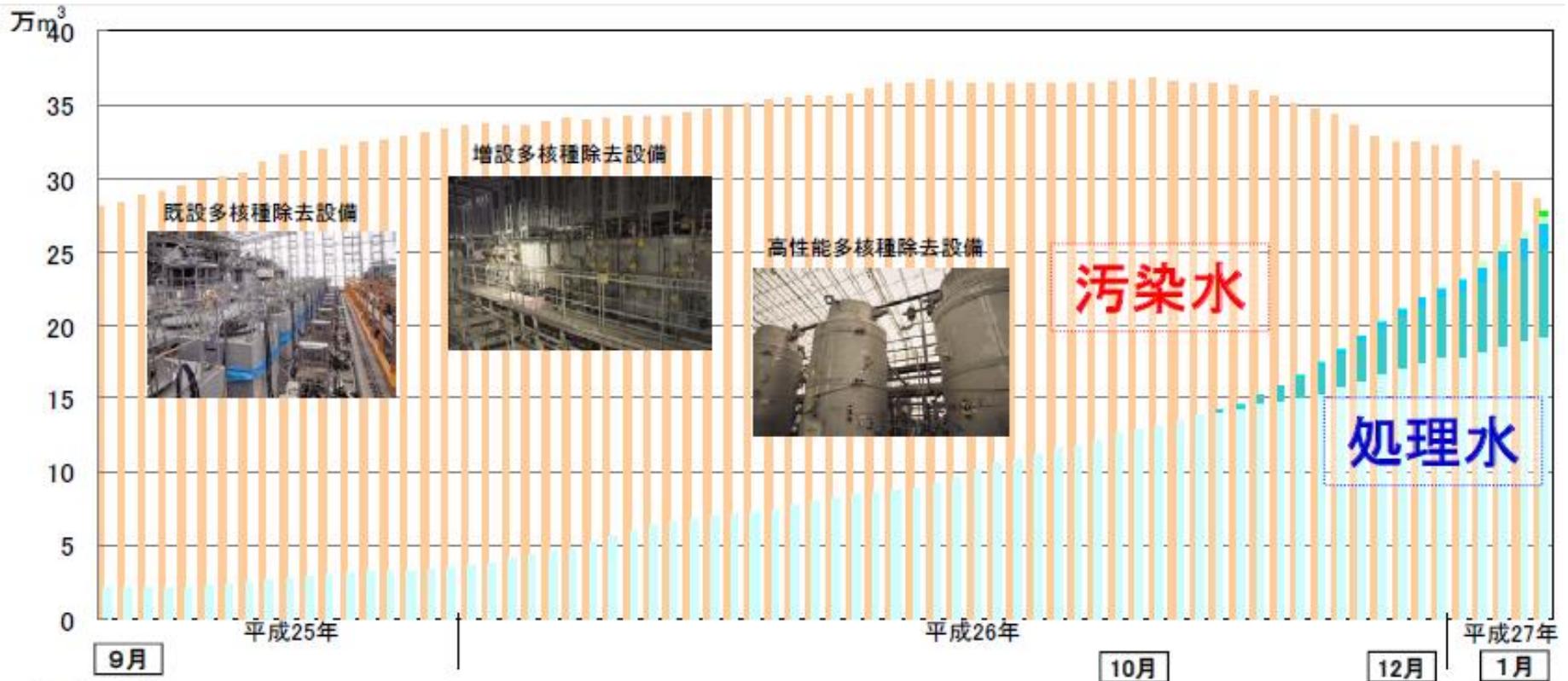
タンクの増設（溶接型への代替）



工程と目的	平成25年度		平成26年度		平成27年度	
	上期	下期	上期	下期	上期	下期
⑨タンクの増設 （溶接型への リプレース等） （汚染水を漏らさない）						

汚染水処理の見通し

2014年度内の汚染水全量処理は難しい見通し。
多核種除去設備は当初想定していた稼働率到達が技術的に困難。

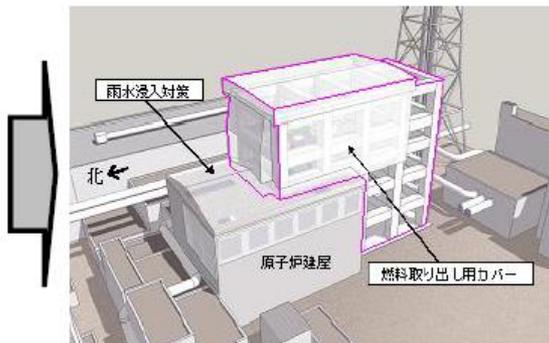


使用済燃料プール内の燃料の取出し 4号機

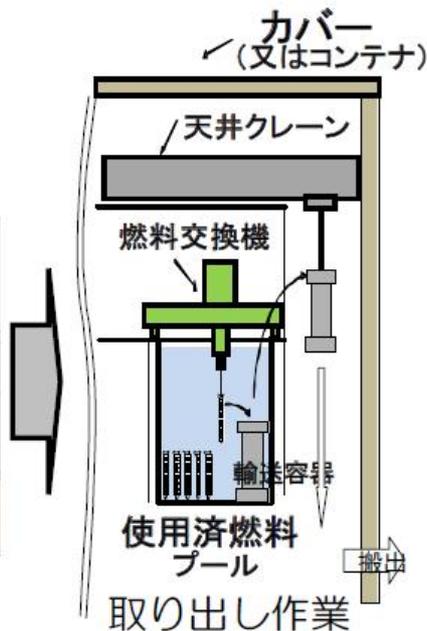
燃料取り出しまでのステップ



原子炉建屋上部のガレキ撤去



燃料取り出し用カバーの設置



取り出し作業

2012/12完了

2012/4～2013/11完了

2013/11～2014/12完了



使用済燃料プール内の燃料の取出し 3号機

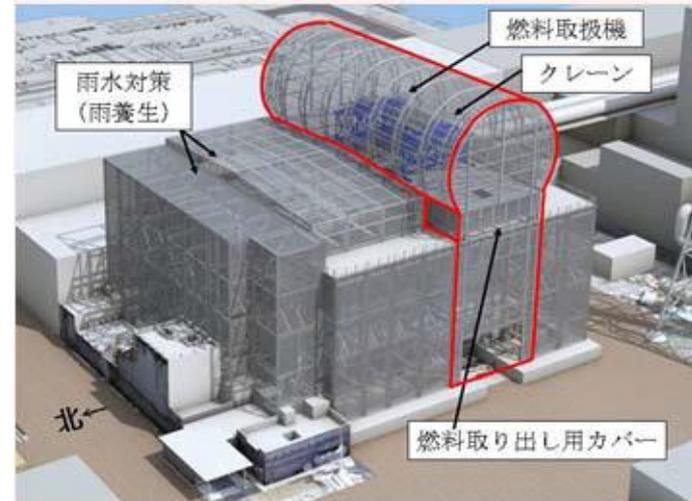


燃料取り出し用カバー設置に向けて、構台設置作業と原子炉建屋上部ガレキ撤去作業を完了し、現在、燃料取り出し用カバーや燃料取扱設備をオペレーティングフロアに設置するための準備を実施中

↓ ガレキの撤去

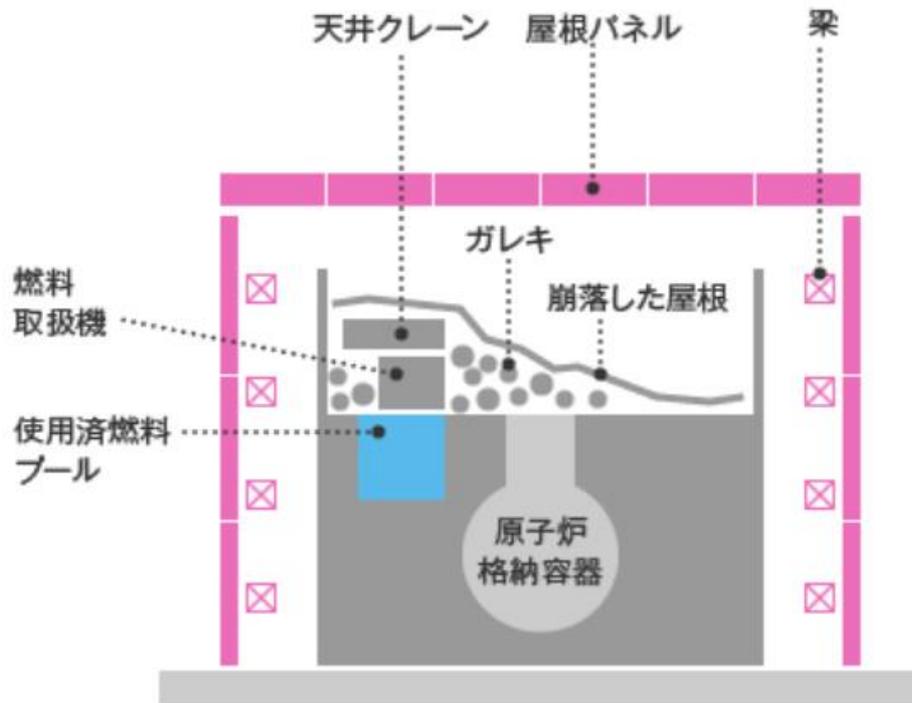


燃料取出し用カバー（イメージ）



1号機原子炉建屋カバー解体作業

- 内部調査が終了したことから、取り外した屋根パネルを再び屋根に戻した。
- 今後屋根パネルを取り外す作業を行う。



※イメージ図

現状と対策

オペレーティングフロアに堆積したガレキが、燃料取り出しと廃炉作業の妨げになっています



このガレキを完全に撤去するためには、クレーンが必要になります



1号機建屋カバーを解体することで、ガレキを撤去しやすくなります



燃料取り出しは、現在4号機で採用されている技術を使って平成29年度中に開始する予定です

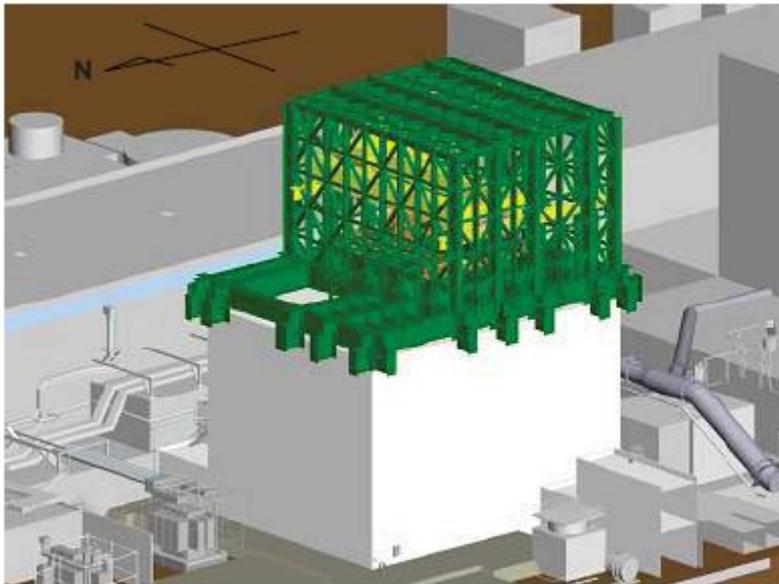


使用済燃料取出し 1, 2号機の検討

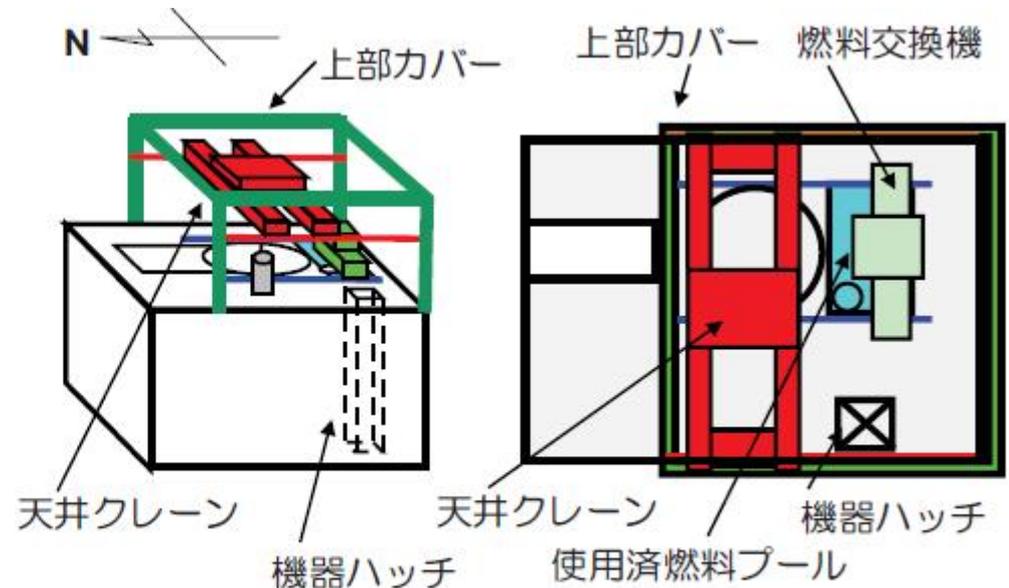
1号機については、プール燃料取出しに特化した架構で燃料を取出し、その後、燃料デブリ取出し用架構を再設置

2号機は、建屋周辺整備と並行して、燃料取り出し開始時期に影響がない範囲で、どのような設備にするか検討を実施

1号機の上部カバー（イメージ）



架構イメージ1



架構イメージ2

機器配置イメージ

原子力損害賠償・廃炉等支援機構(NDF)の設立

2011年12月以降、政府が決定する「中長期ロードマップ」に示される大方針に基づき、東京電力が廃炉に着実に取り組む体制を構築。

政府

「中長期ロードマップ」の決定
(2011年12月策定、2013年6月改定)



東京電力 廃炉作業の着実な実施



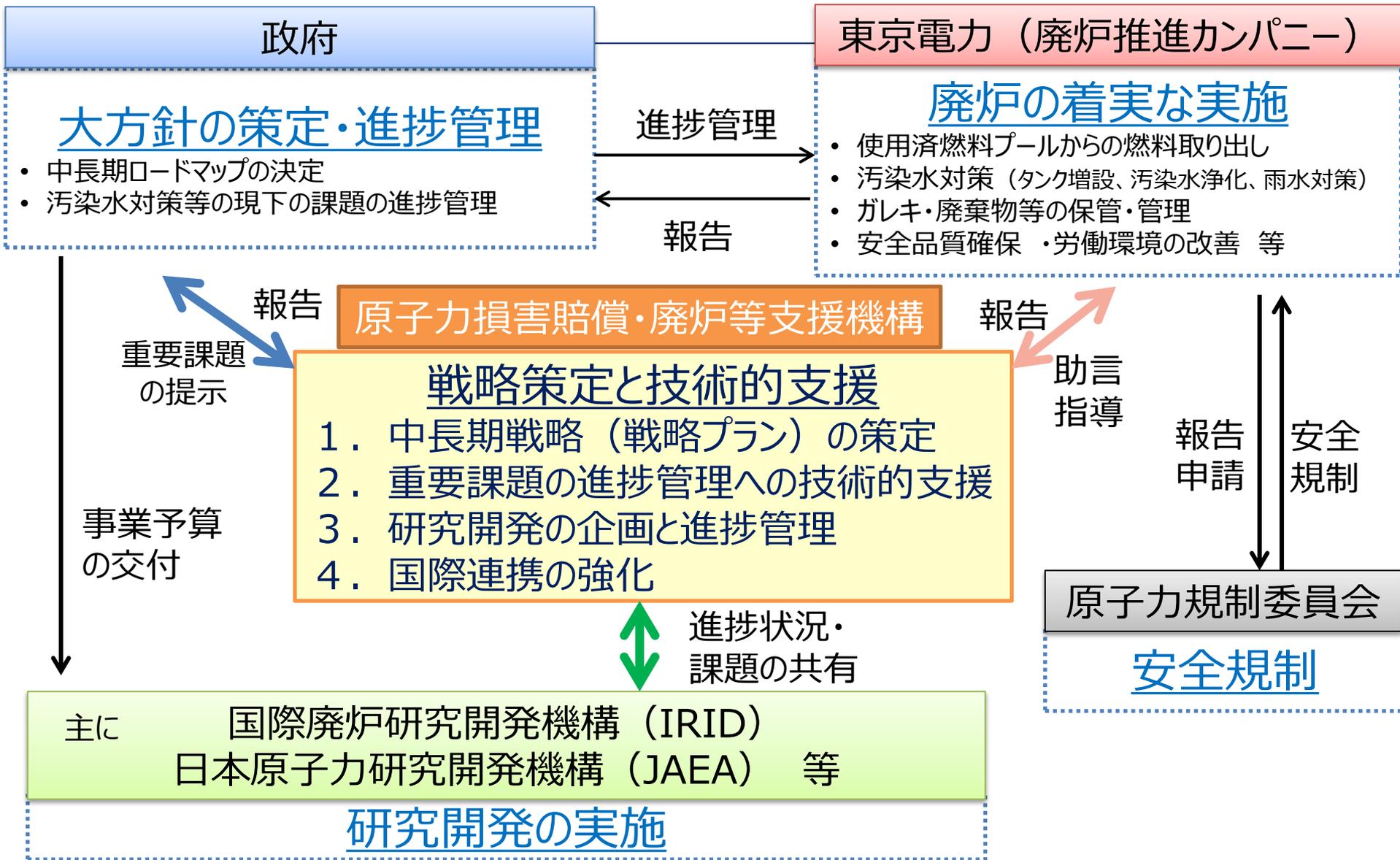
出典: 東京電力HP



国が前面に立って、より着実に廃炉を進めるよう
支援体制を強化

“原子力損害賠償・廃炉等支援機構”を設立
(2014年8月18日) (原子力損害賠償支援機構を改組)

福島第一廃炉・汚染水対策の役割分担



「戦略プラン」の目的と中長期ロードマップとの関係

福島第一原子力発電所の廃炉を安全かつ着実に実施する観点から、政府の中長期ロードマップの着実な実行や改訂の検討に資することを目的に、NDFが策定するもの

政府が提示する目標、政策
政府が決定する戦略、方針、計画の重要要素

政府が決定する
「中長期ロードマップ」



戦略

－ 目標の実現に向けた取り組みや判断の考え方、優先順位等

戦略実行のための具体的な方針

－ 取り組みや判断を進めていくための具体的な方針・要件

戦略実行のための統合的な計画

－ 現場作業、研究開発等の取り組みに関する統合的な計画

NDFが策定する
「戦略プラン」
(正式名称：東京電力
(株) 福島第一原子力
発電所の廃炉のための技術
戦略プラン2015)



東京電力、研究機関等による具体的計画
(現場作業、エンジニアリング、研究開発)

東京電力、研究機関等の
具体的な実行計画

「戦略プラン」におけるリスク低減の考え方

1. 基本的な考え方

- 福島第一原子力発電所の廃炉は、過酷事故により顕在化した放射性物質によるリスクから、人と環境を守るための継続的なリスク低減活動であり、「戦略プラン」では、中長期の時間軸に沿ったリスク低減戦略を設計

2. リスクの源

- 福島第一原子力発電所に現存するリスクの源は放射性物質であり、主要なものを以下に示す
 - 建屋及び海水配管トレンチ内に滞留する汚染水
 - タンクに貯蔵されている浄化処理前の汚染水
 - 使用済燃料プール内に貯蔵されている燃料
 - 原子炉格納容器内の燃料デブリ
 - 水処理設備から発生する二次廃棄物
 - ガレキ等固体廃棄物
- 各々についてリスクを評価し、そのリスクに基づいて優先順位を決定し、対処方針を策定

「戦略プラン」検討における基本的考え方

「戦略プラン」策定及び実行に当たってのリスク低減のための **5つの基本的考え方**を設定

- ✓ 基本的考え方1：**安全** 放射性物質によるリスクの低減
(敷地外環境への影響、作業員の被ばく)
- ✓ 基本的考え方2：**確実** 信頼性が高く、柔軟性のある技術
- ✓ 基本的考え方3：**合理的** リソース(ヒト、モノ、カネ、スペース等)の有効活用
- ✓ 基本的考え方4：**迅速** 時間軸の意識
- ✓ 基本的考え方5：**現場指向** 徹底した三現主義(現場、現物、現実)



「戦略プラン」での注力分野

中長期的視点に立って、総合的に検討する必要がある以下の2分野の戦略について、まず早期に検討

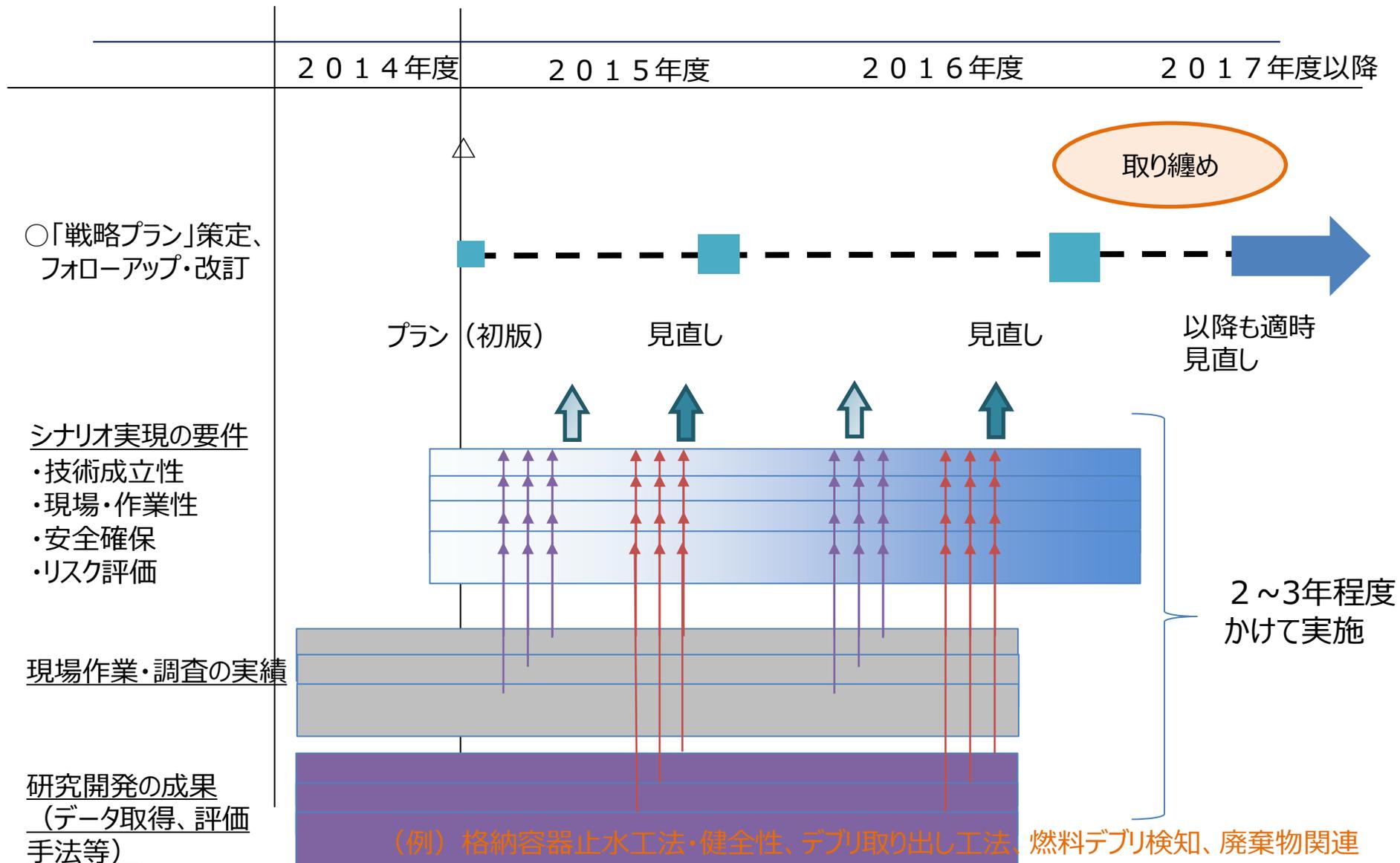
燃料デブリ 取り出し分野

- 号機毎の状況を踏まえ、いくつかの工法（冠水、気中）とそれを組合せた実現可能性のある燃料デブリ取り出しシナリオを検討

廃棄物 対策分野

- 処分の安全確保や処理のあり方の基本的考え方を踏まえ、保管管理、処理・処分の方策等について、中長期的観点から方針を定める。

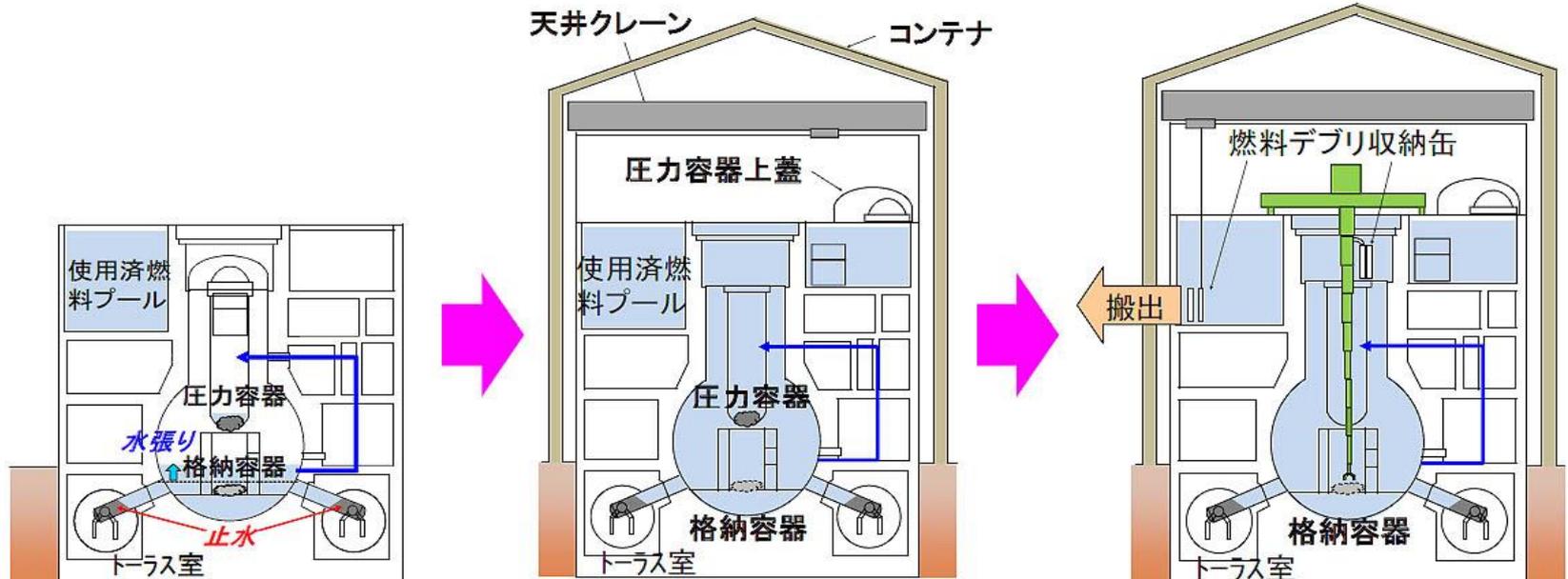
「戦略プラン」検討への取り組み



燃料デブリ(溶けて固まった燃料)取出しまでの作業ステップ

- 燃料デブリを冠水させた状態で取り出す方法が、作業被ばく低減の観点から最も確実
- 格納容器の水張りに向けた調査・補修技術に加え、燃料デブリ取り出し・収納・保管に必要な研究開発を推進
- 燃料デブリ取り出し代替工法について、IRIDが経済産業省からの委託により、国内外に技術情報提供依頼（RFI）と、それに続く概念検討と要素技術の実現可能性検討についての提案公募（RFP）を実施。

燃料デブリ取り出し（イメージ）

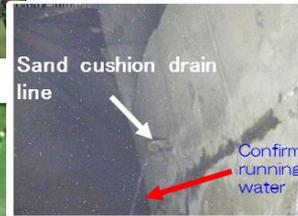


研究開発の企画と進捗管理

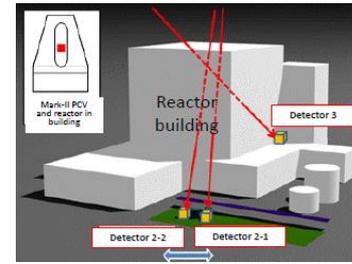
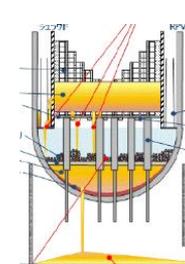
廃炉に関する一連の研究開発動向を一元的に把握・レビューするとともに、次年度計画の策定に向けた取り組みを実施

燃料デブリ 取り出し準備

格納容器調査・ 補修技術	原子炉建屋内の遠隔除染技術の開発
	総合的線量低減計画の策定
	格納容器漏えい個所特定調査技術の開発
	格納容器漏えい個所補修・止水技術の開発
	格納容器漏えい個所補修・止水技術の実規模試験
燃料デブリ 取り出し技術	格納容器内部調査技術の開発
	原子炉圧力容器内部調査技術の開発
	燃料デブリ・炉内構造物取り出し工法・装置開発
	炉内燃料デブリ収納・移送・保管技術開発
	燃料デブリ臨界管理技術の開発
炉内・燃料 デブリ 評価技術	事故進展解析技術の高度化による炉内状況把握
	原子炉内燃料デブリ検知技術（ミュオン）開発
	燃料デブリ性状把握、処理技術の開発
	（使用済燃料プール対策）
健全性 評価技術	（使用済燃料プール対策）
	原子炉圧力容器／格納容器の健全性評価技術の開発



格納容器漏えい個所特定調査技術の開発



原子炉内燃料デブリ検知技術
（ミュオン）開発

使用済燃料プール対策

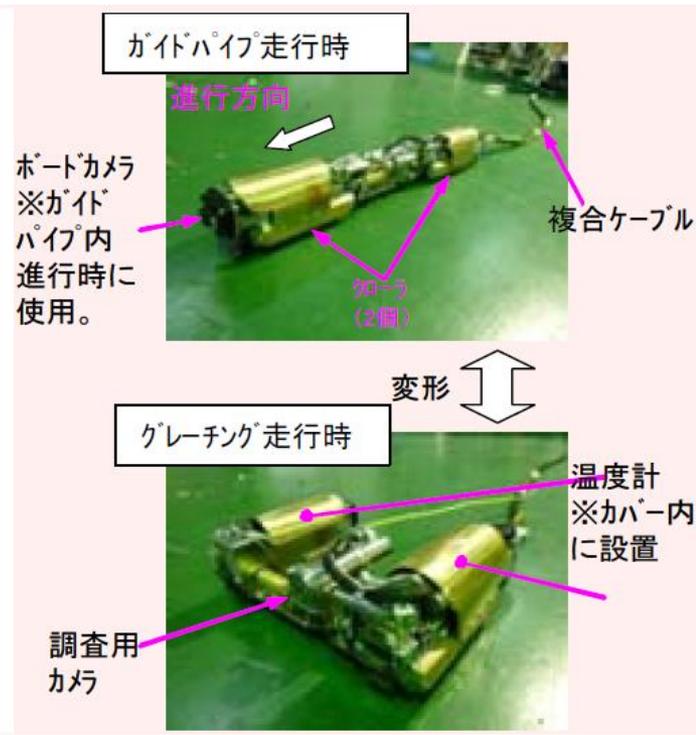
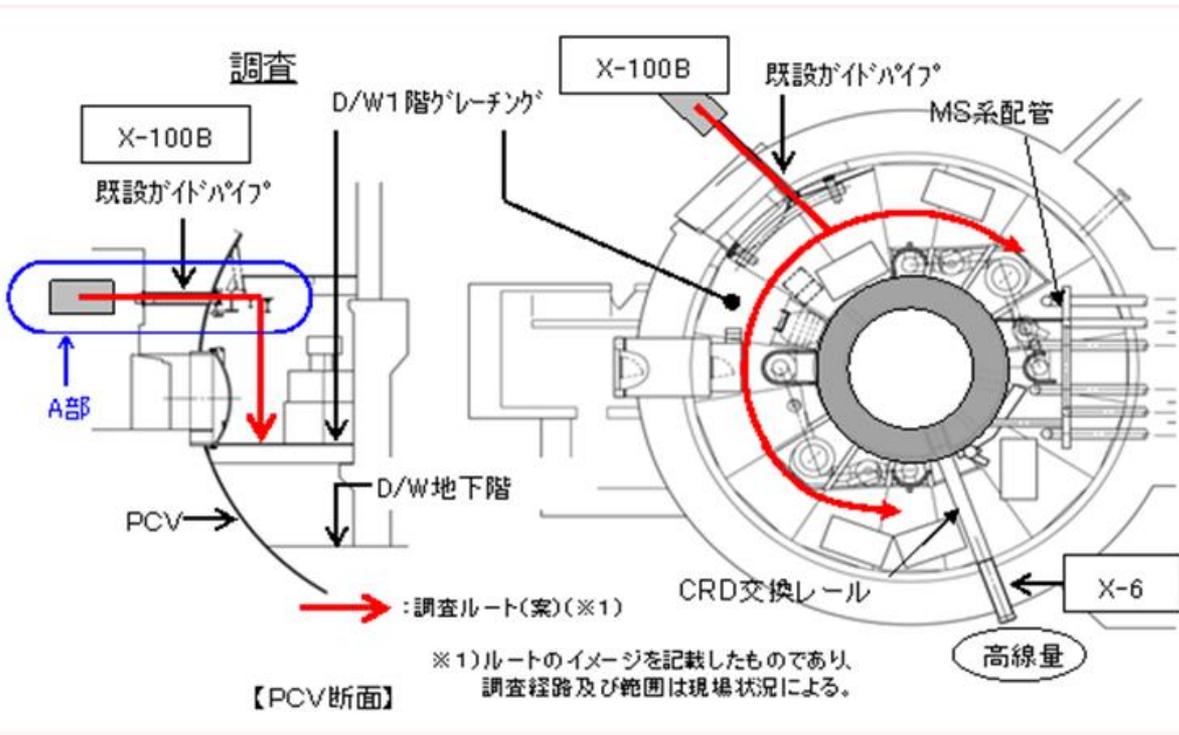
- 使用済燃料プールから取り出した損傷燃料等の処理方法の検討
- 使用済燃料プールから取り出した燃料集合体他の長期健全性評価

放射性廃棄物処理・処分

- 固体廃棄物の処理・処分に係る研究開発

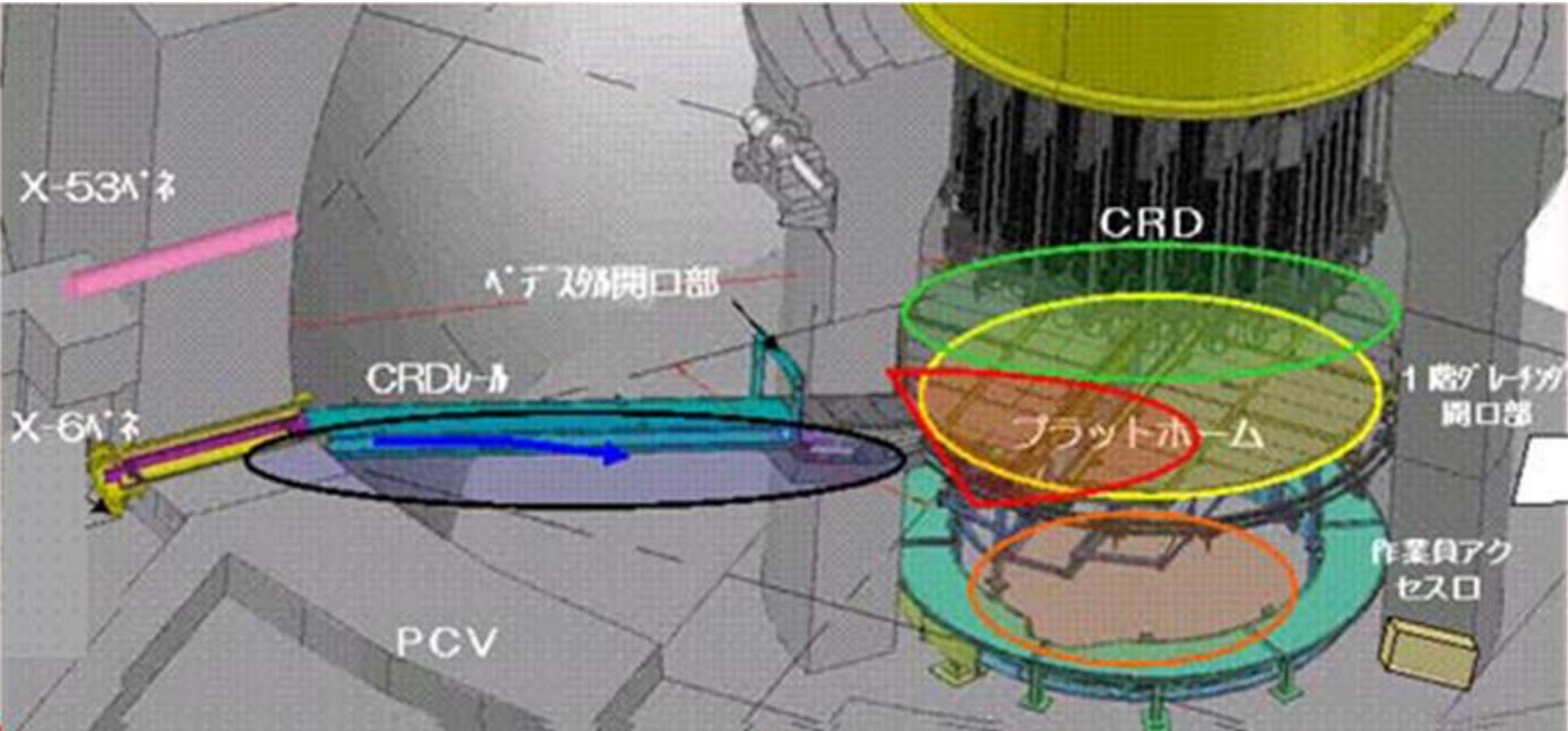
燃料デブリ取り出し計画

格納容器内部調査に向けた装置の開発状況 1号機



出典：東京電力

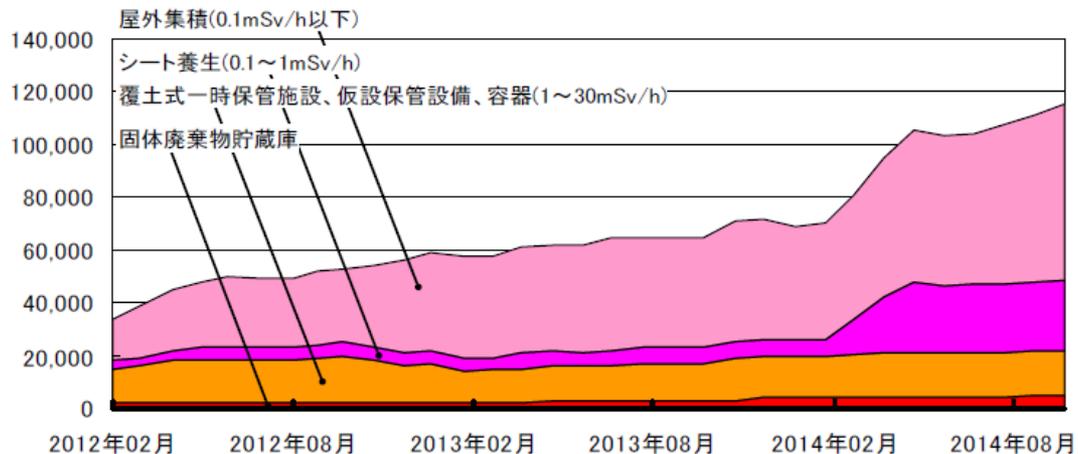
燃料デブリ取り出し計画 格納容器内部調査に向けた装置の開発状況 2、3号機



出典：東京電力

廃棄物の状況（震災以降の廃棄物発生状況）

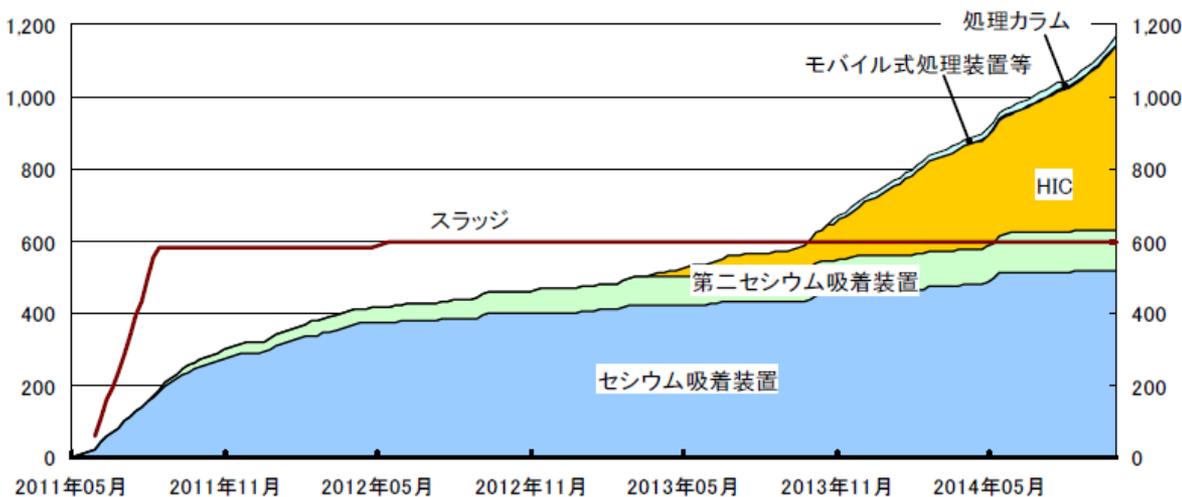
ガレキ



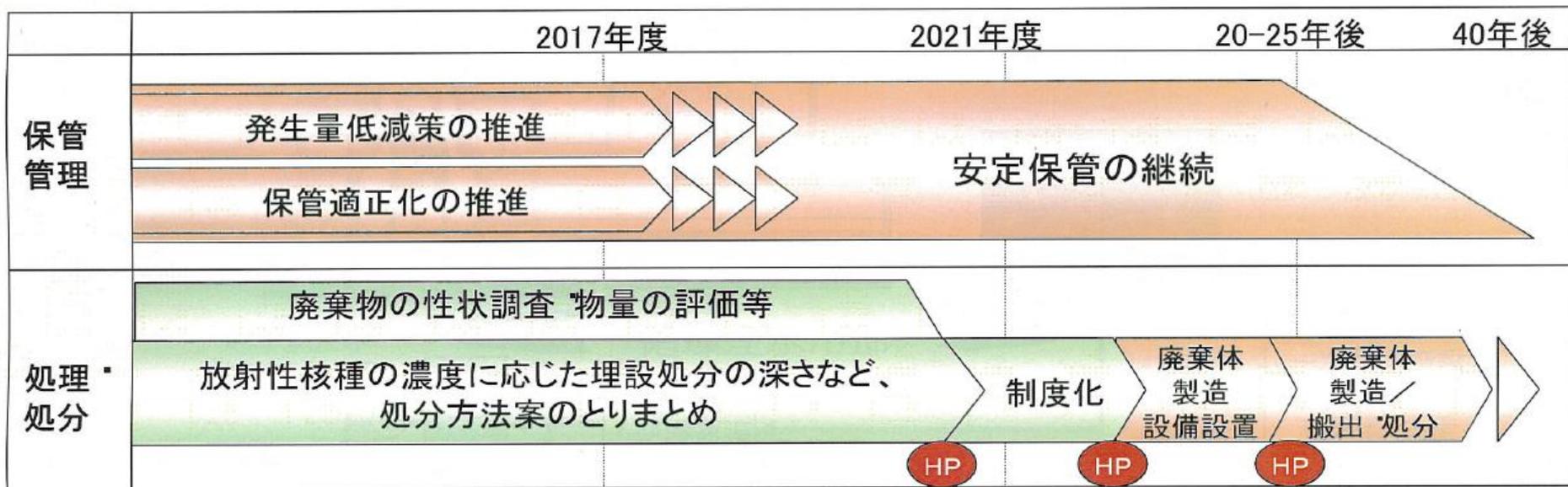
吸着塔
[本,基,塔]

水処理二次廃棄物保管量の推移

スラッジ
[m³]



廃棄物に関する中長期ロードマップの概要



 : 現場作業

 : 研究開発あるいは検討事項

 : 次工程へ進む判断のポイント。追加的に必要となる研究開発や、工程又は作業内容の見直しも含めて検討 判断

出典：東京電力

研究開発拠点の整備

福島浜通り地域での研究開発拠点の整備（JAEA）

- (1) モックアップ試験施設
- (2) 分析・研究施設
- (3) 国際共同研究施設

参考例：英国カンブリア州の研究開発集積

分析施設(左：Sellafield) とモックアップ施設（右：Workington）

