



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廃炉への取り組み～過去・現在・未来～」  
2016年3月6日 @フクラシア東京ステーション

(第2部 講演4)

# 福島第一原子力発電所事故廃棄物を考える — 現状と課題 —

---

日本原子力学会  
廃炉検討委員会委員  
福井大学

柳原 敏

## 講演内容

- 福島第一廃炉で認識すべきこと
- 放射性廃棄物の現状と将来
- 汚染水対策
- これからの廃棄物対策
- 廃棄物対策の課題

# 福島第一の廃炉について認識すべきこと

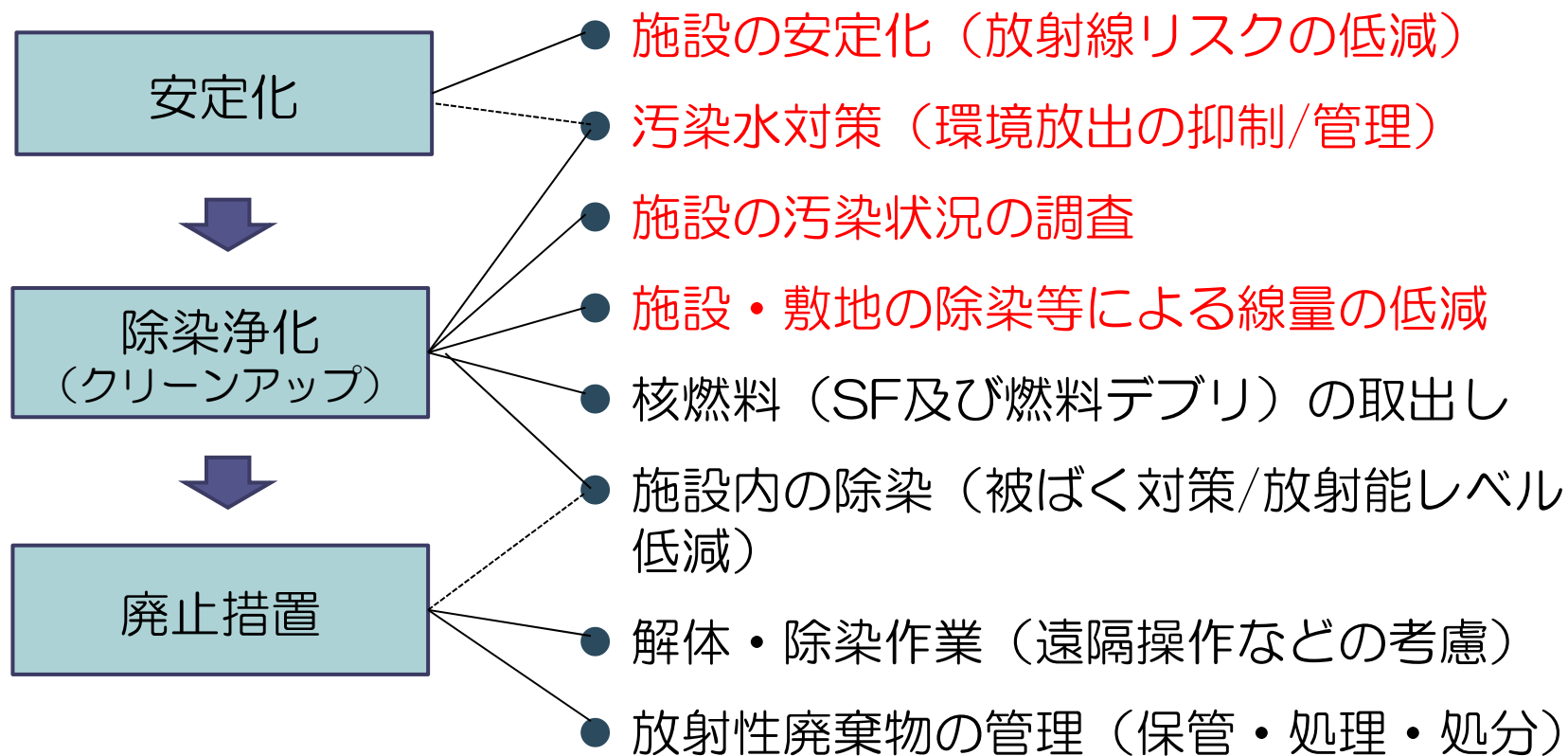
## 事故炉の対応は

- 安定化措置 → クリーンアップ（除染浄化） → 廃止措置
- 放射線リスクを許容できるレベルまで低減させること
- 放射性核種の環境への放出を管理できるようにすること
- 使用済み燃料や燃料デブリを取り出して保障措置・核セキュリティを確実にすること
- 作業で発生する放射性廃棄物を安全に管理（一時貯蔵・処理・処分を含む）できるようにすること

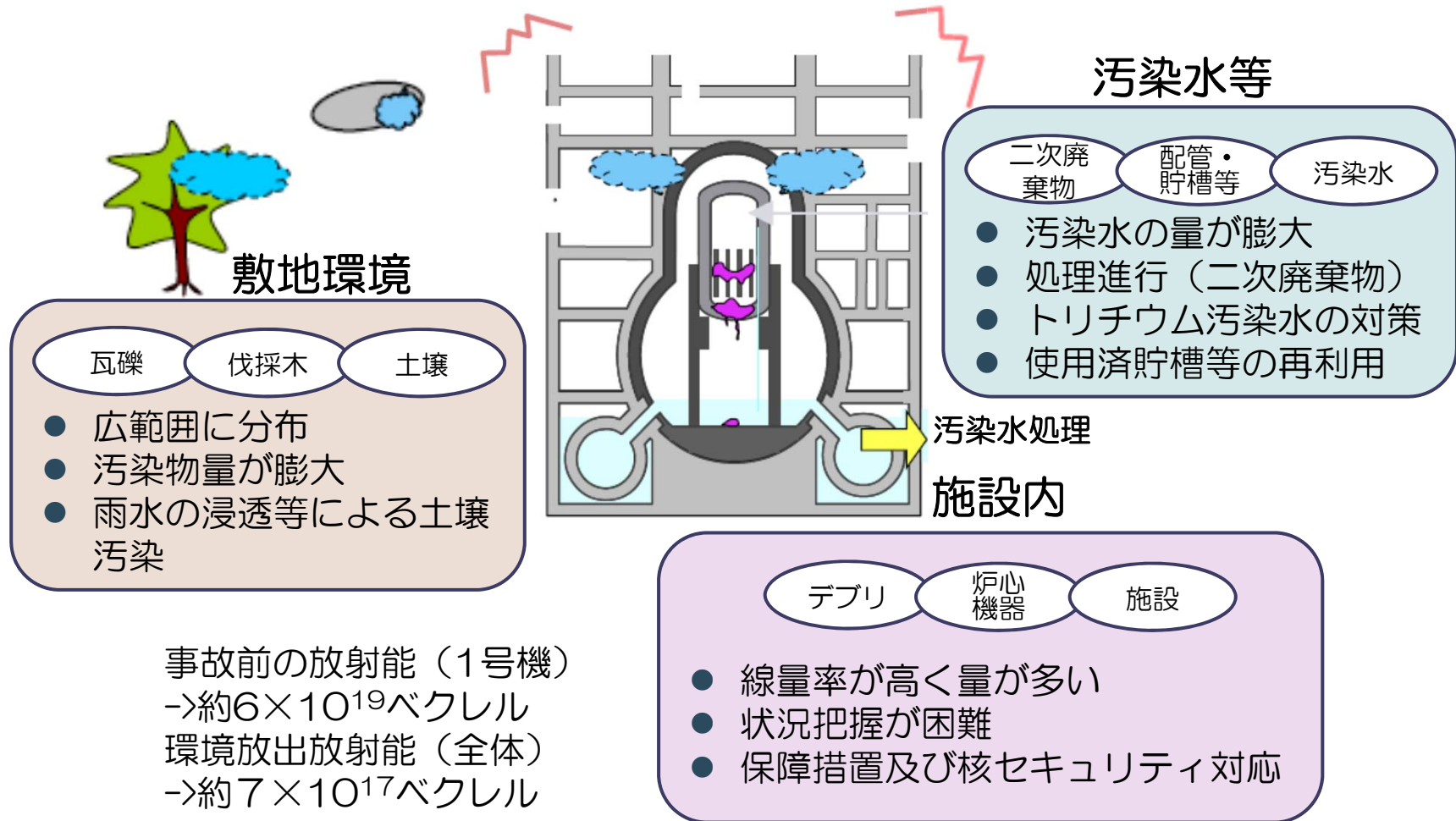
## 廃止措置とは

- 原子力施設のライフサイクルにおいて計画された活動
- 当該施設の使用を終了し、規制の終了に必要な許可レベルまで残留放射能を減少させること（規制を解除して事業を終了）。
- 技術的には施設から放射能を除去し、建物又は土地を別目的に利用するための行為。

# 福島第一廃炉対策はどのように行われる



# 原子炉の放射性核種はどこに 行ったのか





# 福島第一原子力発電所サイトマップ



# 福島第一廃炉からはどれだけの放射性廃棄物が発生するのか

## これまでに発生したもの

- 汚染水処理廃棄物\* : 9,777m<sup>3</sup> + 1,083本 + 1,877基 + 7塔
- 瓦礫\*\* : 172,900 m<sup>3</sup>
- 伐採木\*\* : 85,100 m<sup>3</sup>
- 交換配管・貯槽等
- 汚染水 : 約800,000 m<sup>3</sup>

## これから発生が予想されるもの

- 環境修復に伴う廃棄物 : Cs-137、Cs-134、Sr-90等で汚染
- 燃料デブリ : ウラン燃料を含む
- 解体廃棄物 : FP・ウラン等で汚染
  - > 燃料デブリ取出しに係る機器撤去、施設解体
  - > 敷地、各種設備の除染、撤去

# 汚染水はどれだけ保管されているのか

## 建屋内滞留水

施設	貯蔵量 (m <sup>3</sup> )
1号機	約12,000
2号機	約16,600
3号機	約18,200
4号機	約18,100
合計	約64,900

## 貯蔵施設滞留水

施設	貯蔵量 (m <sup>3</sup> )
プロセス主建屋	約16,360
高温焼却炉建屋	約4,880
合計	約21,240

## 汚染水のタンク貯蔵状況

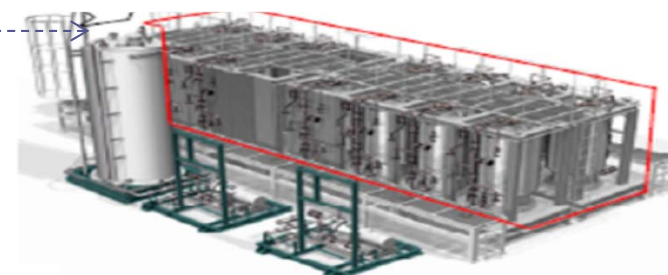
約800,000m<sup>3</sup>



タンクの寸法  
直径：約12m  
高さ：約10m  
容量：約1000m<sup>3</sup>

## セシウム吸着装置、多核種除去装置

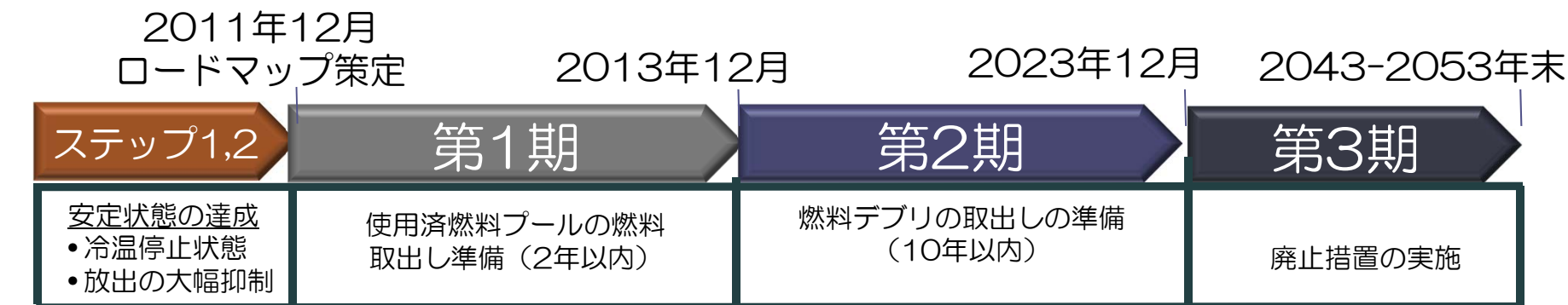
- 汚染水中の放射性核種を除去
- トリチウムは残留 (約600,000m<sup>3</sup>)



出典：東京電力の発表資料 (2016.1.28)



# ロードマップに示された廃棄物対策



2017

2021

固体廃棄物の性状把握、処理・処分技術の適用性の検討、難測定核種等の分析手法やインベントリ評価技術の開発等、「廃棄物の処理・処分にに関する基本的な考え方」を取りまとめ

燃料デブリ取出し/廃止措置工事/放射性廃棄物の処理・処分

固体廃棄物の性状把握等を通じた研究開発を加速し、処理・処分方策とその安全性に関する技術的な見通しを得る。

廃棄体の仕様や製造方法を確定する。その上で、発電所内に処理設備を設置し、処分の見通しを得た上で、廃棄体の製造を開始し、搬出する。

# 放射性廃棄物処分の基本的考え方

## 廃棄物処分の形態

拡散型：空気や水によって放射性核種を拡散させ、安全上十分に低い濃度となるよう計画的に環境に放出。

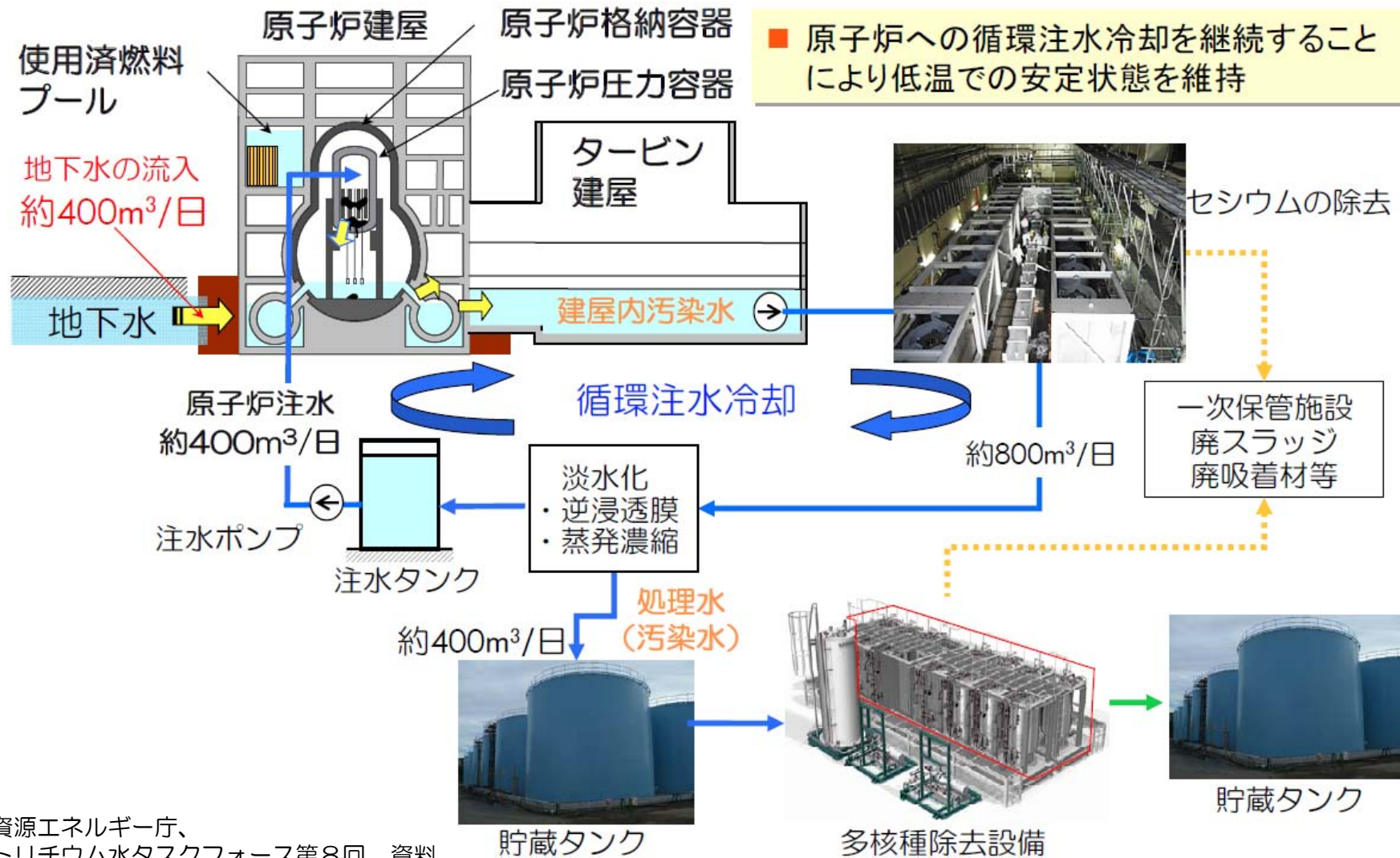
管理型：放射能レベルの減衰による消失が期待できる放射性廃棄物を陸地に処分。放射能レベルに応じて段階的に管理。

隔離型：長期に亘る隔離が必要な放射性廃棄物を物理的に生活環境から十分に離れた安定な所に隔離。

## 固体廃棄物処分の基本的考え方

- 発生者責任の原則
- 放射性廃棄物最小化の原則
- 合理的な処理処分の原則
- 国民との相互理解に基づく実施の原則

# 原子炉の冷却状況 循環注水冷却と汚染水



資源エネルギー庁、トリチウム水タスクフォース第8回 資料 (2014年4月24日 開催)

※地下水ドレンでの汲み上げ開始以前の状況を示す。 9

# 汚染水対策はどんなされてきたか

## 汚染源を取り除く

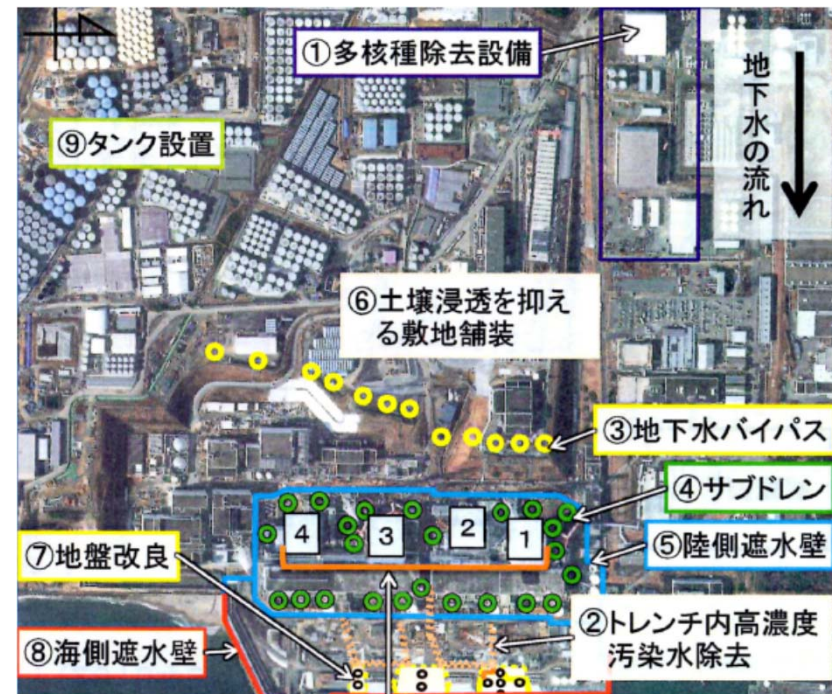
- 多核種除去設備等による汚染水浄化
- トレンチ内の高濃度汚染水の除去

## 汚染源に水を近づけない

- 地下水バイパスによる地下水の汲み上げ
- 建屋近傍の井戸（サブドレン）での汲み上げ
- 凍土方式の陸側遮水壁の設置
- 雨水の土壌浸透を抑える敷地塗装

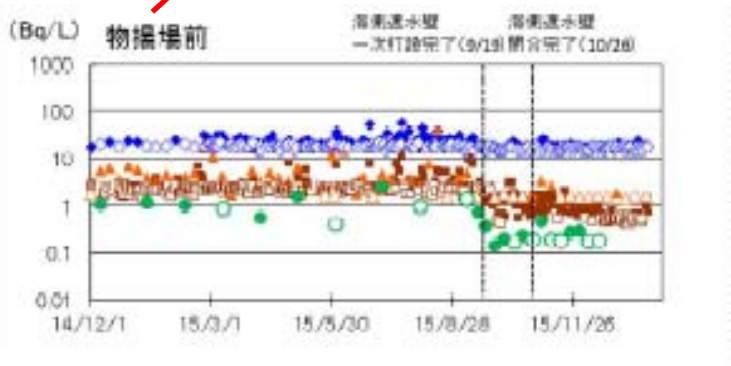
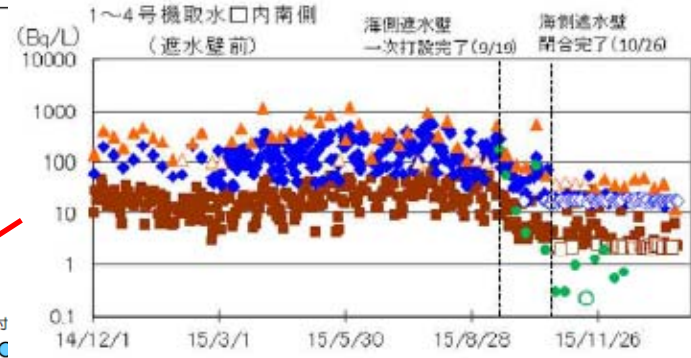
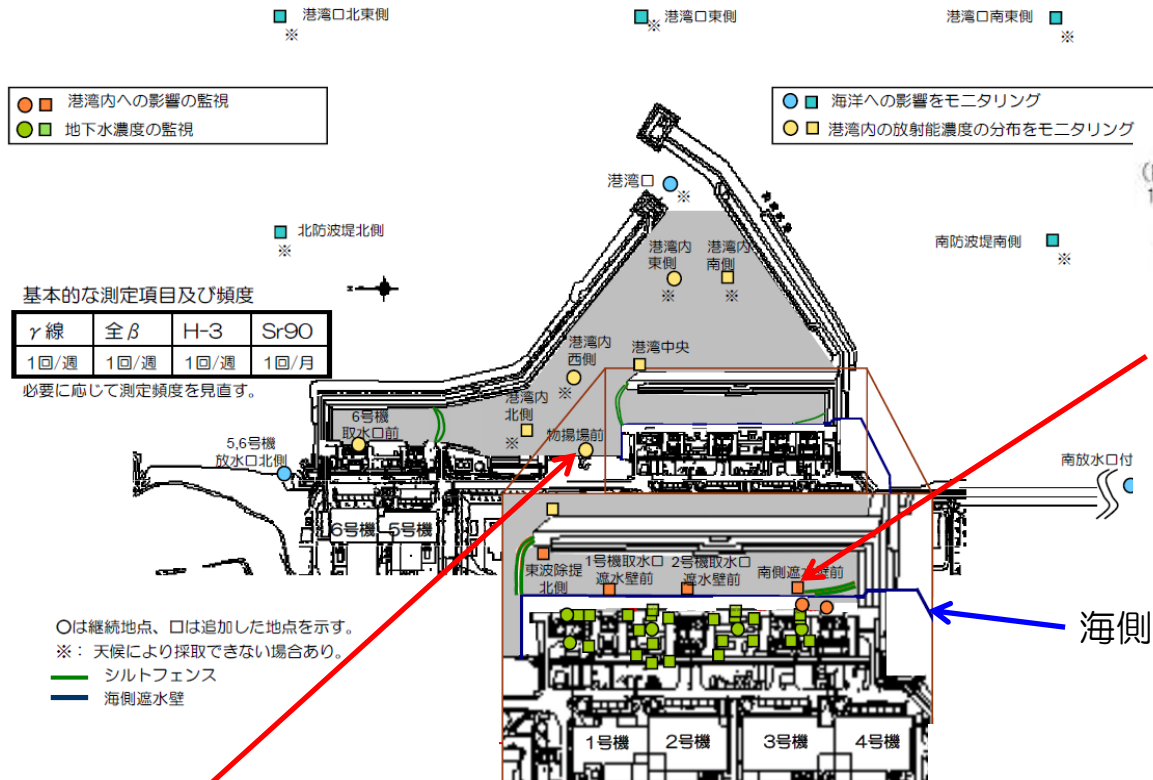
## 汚染水を漏らさない

- 水ガラスによる地盤改良
- 海側遮水壁の設置
- タンクの増設  
(溶接型への置き換えを含む)





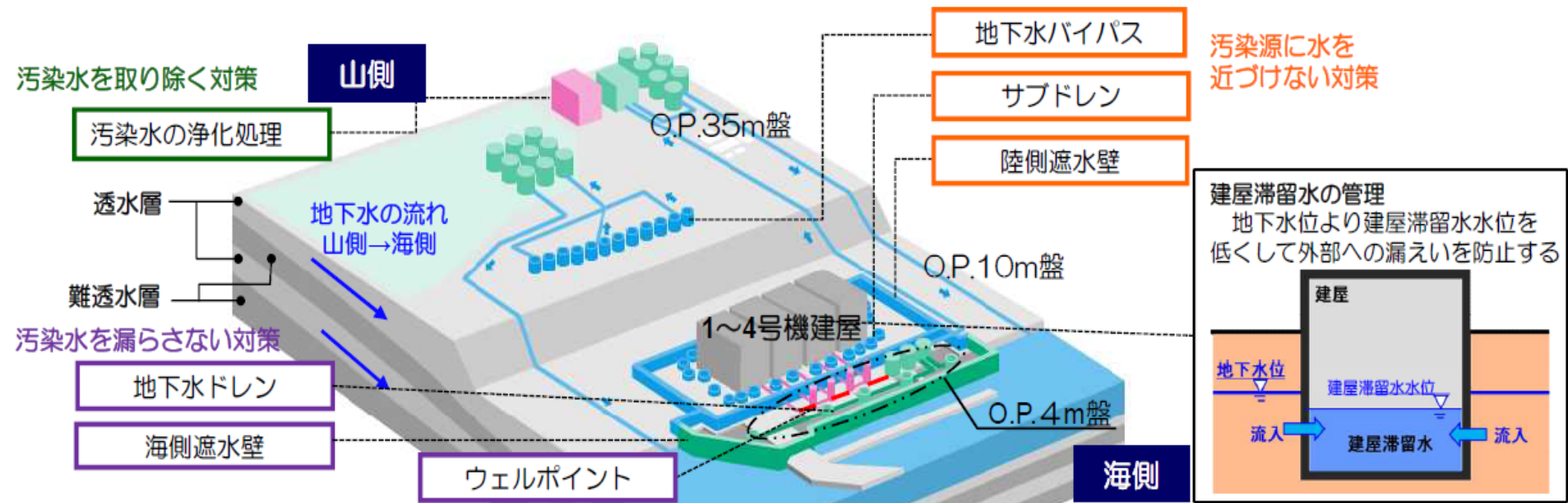
# 汚染水対策 海側遮水壁



- 海側遮水壁閉合以降、Cs-137、全β、Sr-90の濃度の低下が継続している。



# 汚染水対策 陸側遮水壁（凍土壁）



- 建屋滞留水の管理は、地下水位より建屋滞留水水位を低くして外部への漏えいを防止
- 原子力規制委員会からは、「地下水位が低くなり過ぎた場合、建屋内の汚染水の水位の方が高くなり、汚染水が外に漏れ出す恐れがある」と懸念
- 東京電力は海側を中心に凍結していく方針を規制委検討会にて示す

# トリチウム水はどう処分するのが良いのか

## 国の委員会での検討（主要なトリチウム水処分の選択肢）

- 地層注入（前処理なし/希釈/分離）
- 海洋放出（希釈/分離）
- 水蒸気放出（前処理なし/希釈/分離）
- 水素放出（前処理なし/分離）
- 地下埋設（前処理なし）

## 処分のシナリオの例

- 処分量：80万m<sup>3</sup>
- 処分速度：400m<sup>3</sup>/日  
「汚染水増加量（当時の評価値） $\leq$  処分速度」となるよう設定
- 処分濃度：告示濃度以下

## 日本原子力学会・トリチウム研究会の検討

- 海洋放出の安全性確認
- 実施に当たり社会的合意形成の必要性

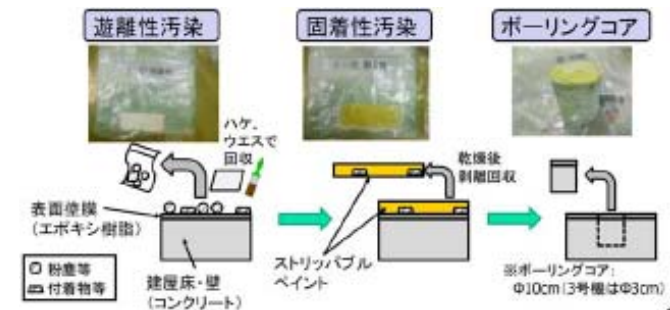


トリチウム研究会を平成26年3月に開催

# 廃棄物対策はどのように進められるのか

- 廃棄物の特性を評価して処理処分対策に反映
  - ✓ 特性とは：汚染核種、放射能濃度、材質（金属/非金属/毒性など）
- 廃棄物の発生量を評価して廃棄物対策へ反映
  - ✓ 処分形態に応じた発生量
  - ✓ 発生時期、処理方法などの検討
- 廃棄物管理シナリオの作成
  - ✓ 中長期保管に係るシナリオ作成
  - ✓ 安全・合理性評価
  - ✓ 処理・再利用などを反映
  - ✓ 燃料デブリ取出・施設解体シナリオへの反映
- 安全・合理的に処分するための処分制度の検討
  - ✓ 現行の処分制度との対応
  - ✓ 燃料デブリの取扱い（処理/処分/長期保管）
  - ✓ 保障措置・核セキュリティ対応

- 東電/IRID/JAEAの特性評価
- JAEA分析施設の建設



試料の採取と分析

# 廃棄物特性及び処理・処分方法の検討

- 減容・安定化対策
  - ✓瓦礫/伐採木 → 焼却・圧縮等
  - ✓汚染水処理二次廃棄物 → 圧縮等による減容、廃棄体化
- 特性評価・燃料デブリ：処分方策の検討
  - ✓燃料デブリ → 特性評価に基づく処分制度の検討
- 発生量低減に向けた戦略（シナリオ）の検討
  - ✓汚染水貯槽→燃料デブリ保管スペース確保に向けた撤去対策
  - ✓解体廃棄物→除染・分離・再利用等の検討
  - ✓汚染土壌 → 除染・安定化等の検討
- 処分方法等の戦略（シナリオ）検討
  - ✓汚染水：海洋放出、社会的合意形成等の検討

解体廃棄物発生量  
の予測（例）

	出力 (MWe)	廃棄物 発生量 (トン)	備考
1号機	460	146,670	全てが放射性
2号機	784	237,830	同上
3号機	784	237,830	同上
4号機	784	237,830	同上
5号機	784	7,650	通常炉と同等
6号機	1100	20,000	同上
総計		887,810	

# 廃棄物処分に向けた検討はどのようにする

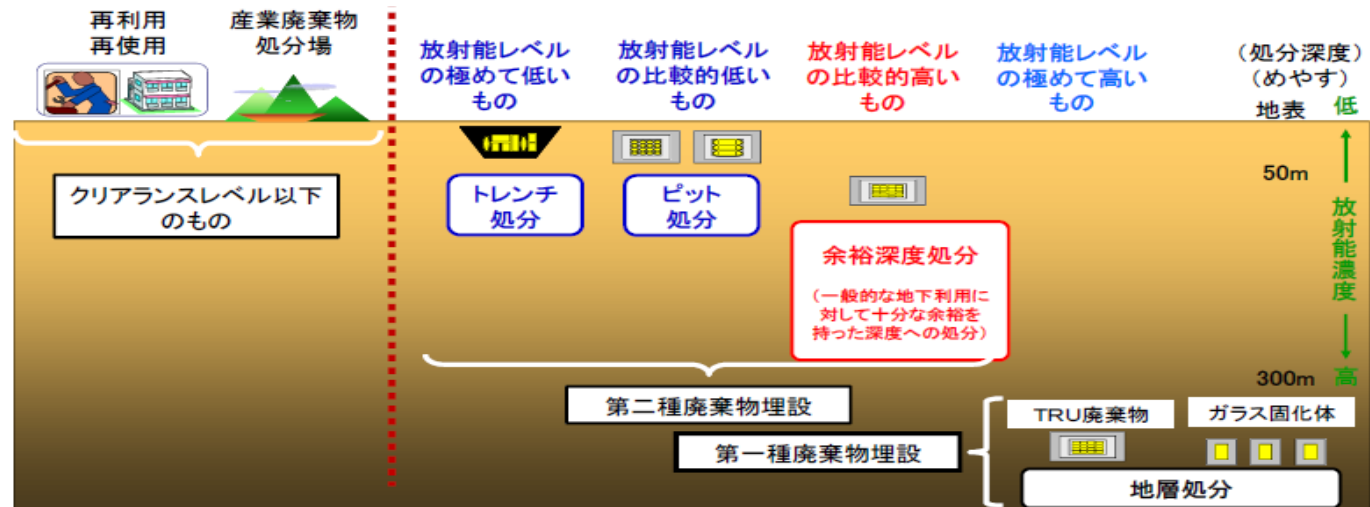
## 処分概念の調査・整理

- 既存の処分概念・安全評価手法の整理
- 事故廃棄物の特性把握
- 処分システムの特性把握
- 安全評価  
(シナリオ、モデル、パラメータの見直し)

## 廃棄物性状に基づく処分制度の検討

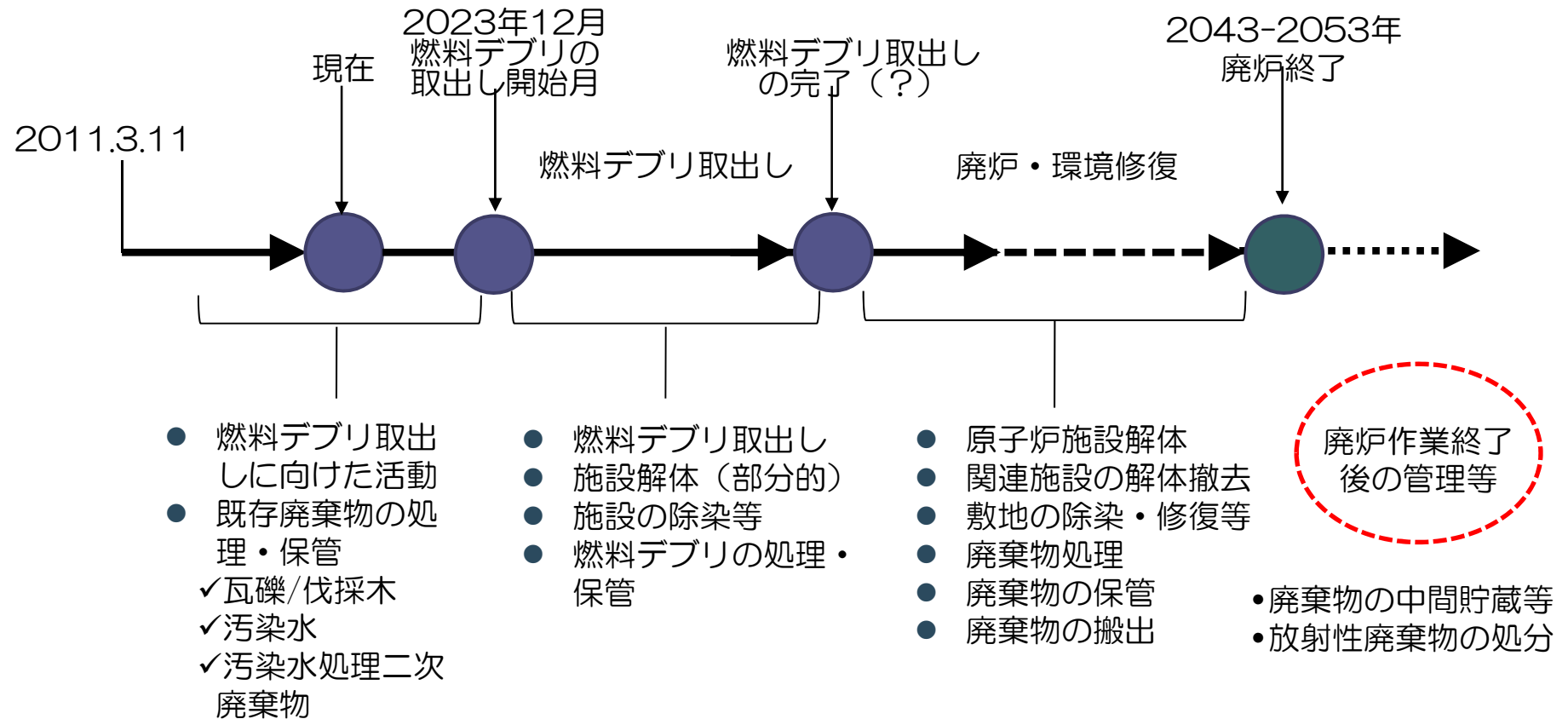
- 処分形態の区分 (重要核種の見直し)
- 処分地候補の選定に係る検討
- 規制制度の検討・改正

原子力規制庁、第二種廃棄物  
埋設に係る規制制度の概要、  
平成27年1月26日





# 中長期を見据えた廃棄物 管理シナリオの検討



## 今後の課題（原子力学会としての視点）

- 廃棄物管理に係る全シナリオの策定  
→処理、再利用、中長期保管を含む
- 放射線リスク評価・リスク管理の検討  
→中長期に及ぶ廃棄物管理の安全性  
→処理作業の安全性・合理性
- 廃棄物対策の合理性に係る検討  
→国の政策との整合性  
→経済性等
- 知識マネジメント  
→廃棄物対策のレビュー  
→次世代に引き継ぐもの、方法など



今後、廃炉委に廃棄物対策分科会を  
設置して検討を進める予定