

福島第一原子力発電所事故への対応状況

① 廃止措置等に向けた取り組み

平成25年12月19日

独立行政法人日本原子力研究開発機構

東京電力HPより加工（全景除く）



フランジ型タンク



角型タンク



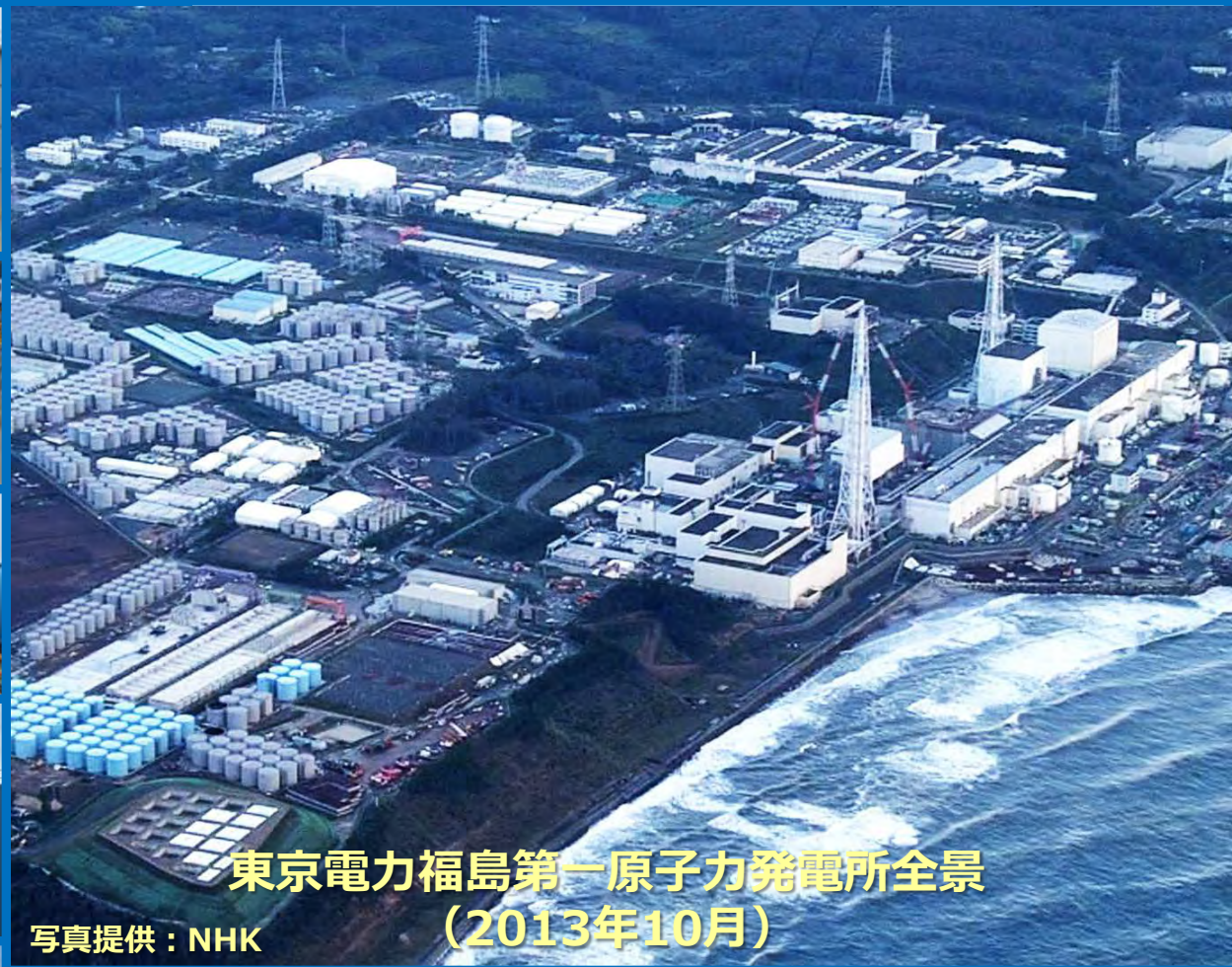
横置きタンク



溶接型タンク



多核種除去設備



東京電力福島第一原子力発電所全景
(2013年10月)

写真提供：NHK



1号機



2号機



3号機



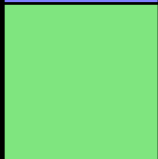

セシウム吸着装置



第二セシウム吸着装置

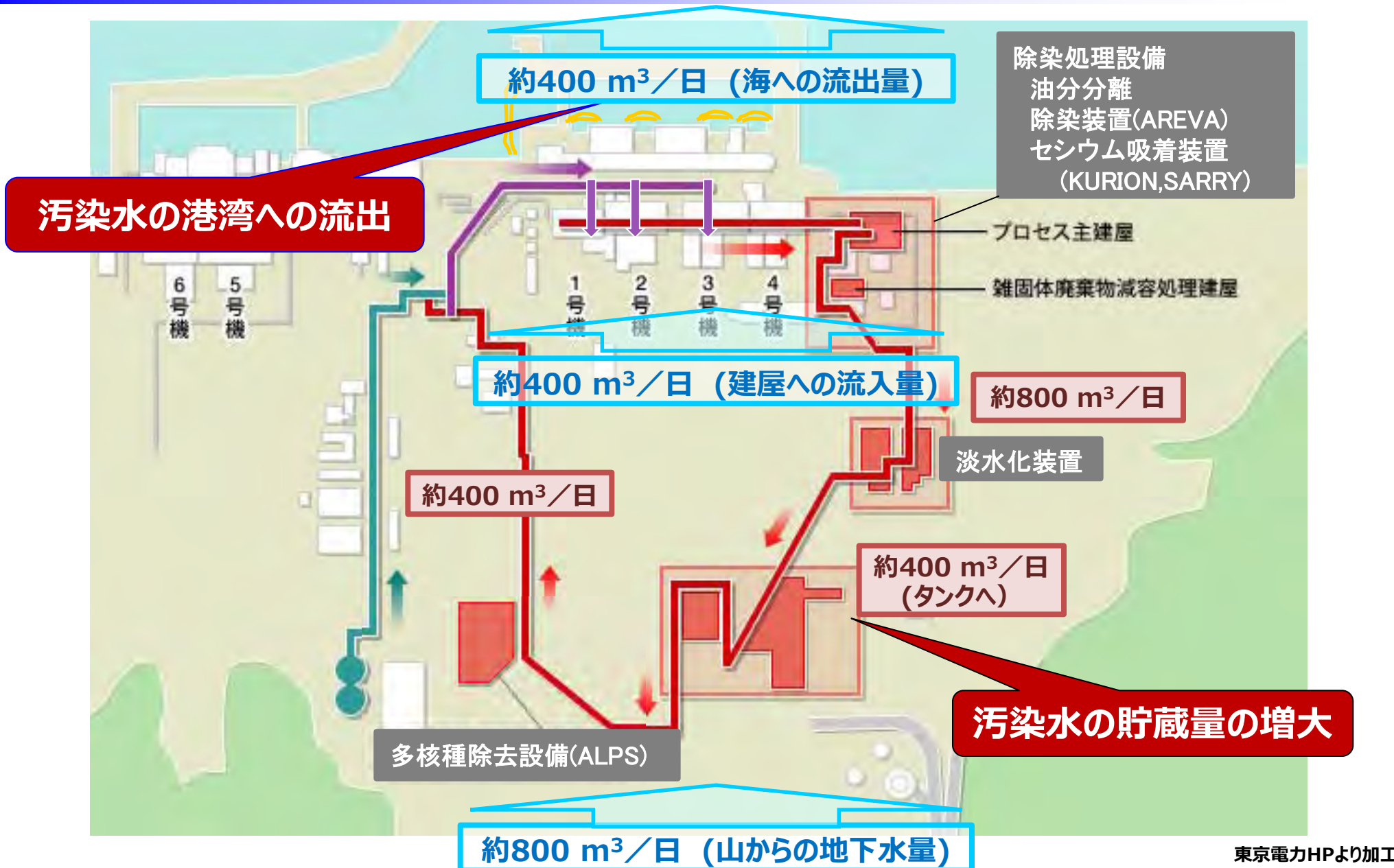


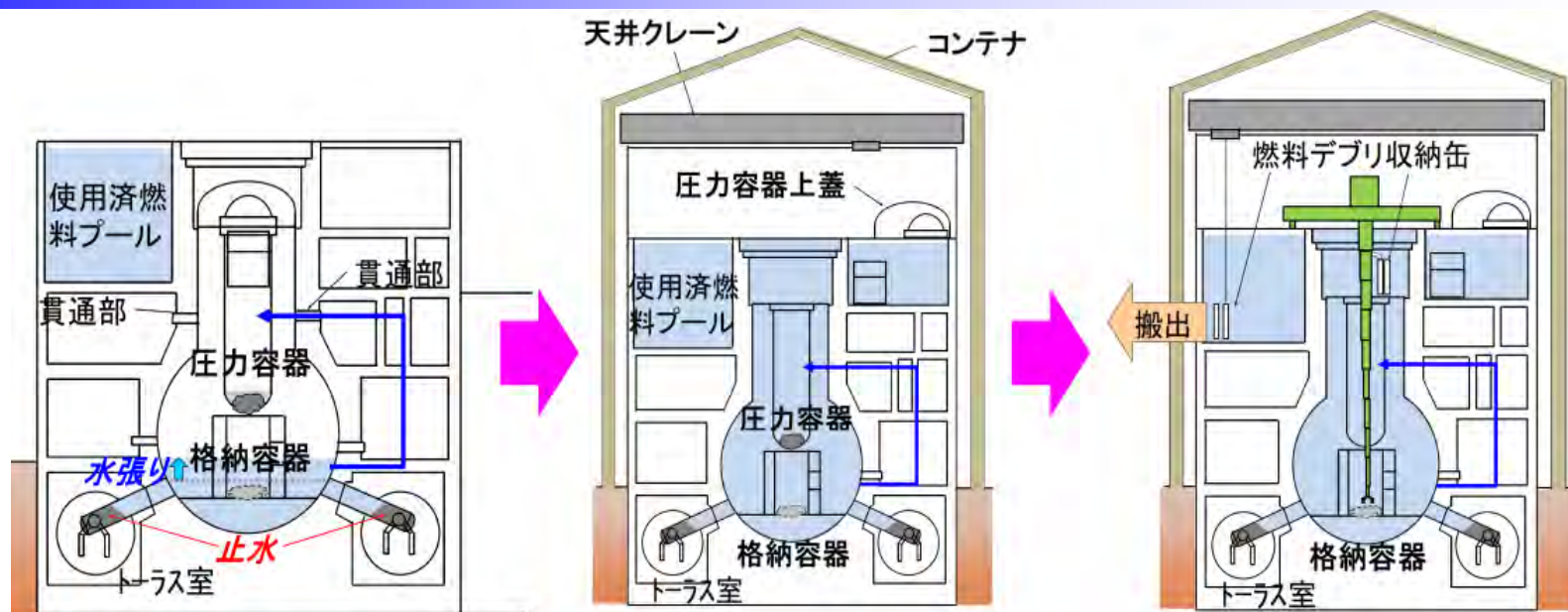
4号機

| 右図 凡例 | 主な種類 | 発生量 |
|---|-----------------------|--------------------------|
|  | 汚染水処理水 (水処理タンク) | 約392, 000 m ³ |
|  | 水処理二次廃棄物 (セシウム吸着塔) | 660本 |
|  | ガレキ | 70,000 m ³ |
|  | 伐採木 | 61,000 m ³ |

汚染水処理水、水処理二次廃棄物 : H25. 11. 26時点
 ガレキ、伐採木 : H25. 10. 31時点







原子炉格納容器下部補修(止水)～下部水張り(イメージ)

燃料デブリ取り出し(イメージ)

東京電力HPより

燃料デブリ取り出しに向けた課題

- ✓ 建屋内の除染
- ✓ 格納容器の修復(止水)、水張り
- ✓ 使用済燃料プール及び燃料の健全性確認、共用プールへの移送と保管
- ✓ 溶融固化燃料(デブリ)取出し技術の開発
 - 炉内状況の把握(観察、解析)
 - 燃料デブリの特性把握(取出し方法の検討、再臨界防止)
 - 遠隔操作技術

東京電力HPより加工



放射性廃棄物の処理処分に向けた課題

- ✓ 汚染水からの核種除去
- ✓ 汚染水処理廃棄物、がれき、伐採木等の
 - 保管管理（腐食、発熱などへの対策）
 - 処理（廃棄体化技術開発）
 - 処分（新たな処分概念の検討、制度化）
- ✓ 廃炉シナリオの検討

技術基盤の確立に向けた施設の整備

- ✓ 遠隔操作機器・装置の開発実証施設（モックアップ施設）
- ✓ 燃料デブリ・放射性廃棄物などの放射性物質分析・研究施設

福島技術本部 (H23/5/6設置)

復旧技術部 (H23/5/6設置)

- ・研究開発の総合調整

福島廃炉技術安全研究所 (H25/4/1設置)

- ・放射性物質分析・研究施設及び遠隔操作機器・装置実証施設の整備

(東京駐在)

【福島現地調査事務所】 (H24/7/1設置、H25/8/1改組)

- ・福島第一原子力発電所サイト内の汚染状況調査、汚染水、瓦礫試料等の採取、分析、輸送等

原科研福島技術開発特別チーム (H24/4/1設置)

- ・材料健全性評価技術
- ・燃料デブリ評価技術
- ・臨界管理技術
- ・廃吸着材処理技術
- ・炉内状況解析技術
- ・廃棄物分析
- ・計量管理技術

核サ研福島技術開発特別チーム (H24/4/1設置)

- ・プール燃料処理・保管技術
- ・燃料デブリ取扱技術
- ・廃棄物処理処分技術
- ・分析技術
- ・遠隔操作技術

大洗研福島技術開発特別チーム (H24/4/1設置)

- ・燃料材料特性解明
- ・廃ゼオライト保管挙動評価
- ・検知機器技術
- ・炉内解体技術

燃料熔融複雑系試験準備室 (H25/4/1設置)

- ・試験計画策定、装置製作

1 F汚染水対策タスクフォース (H25/10/1設置)

汚染水問題に対し、機構全体として組織横断的に対応するため、以下の分野の専門家で構成するタスクフォースを設置

- ・原子力基礎・基盤研究
- ・原子力安全研究
- ・計算科学
- ・地層処分研究
- ・放射線計測技術

合計 約250名

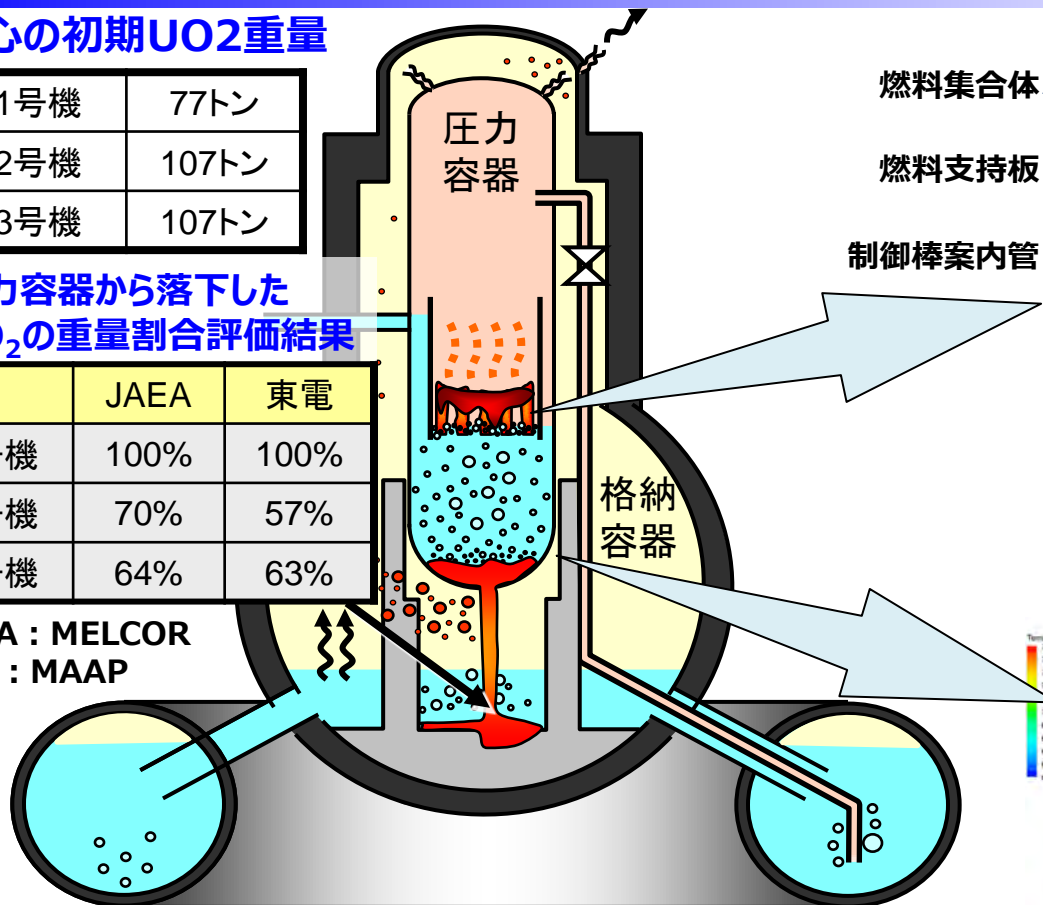
炉心の初期UO₂重量

| | |
|-----|-------|
| 1号機 | 77トン |
| 2号機 | 107トン |
| 3号機 | 107トン |

圧力容器から落下したUO₂の重量割合評価結果

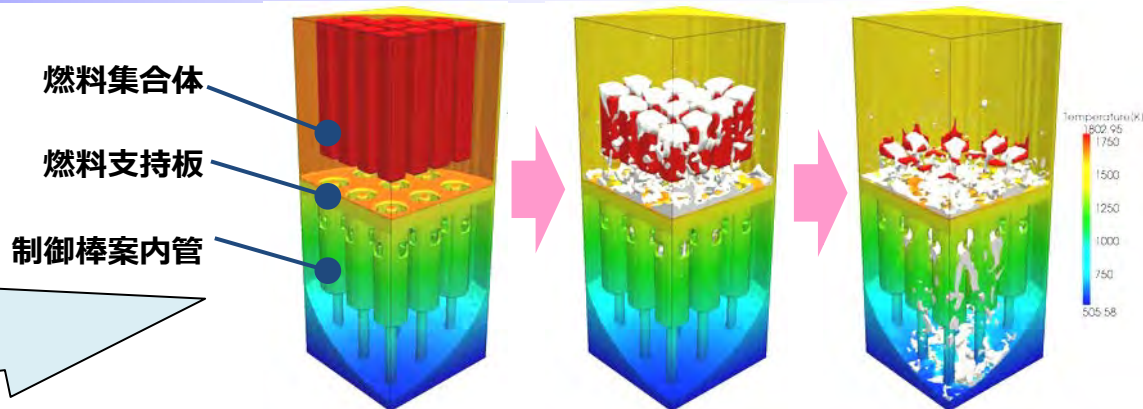
| | JAEA | 東電 |
|-----|------|------|
| 1号機 | 100% | 100% |
| 2号機 | 70% | 57% |
| 3号機 | 64% | 63% |

JAEA : MELCOR
東電 : MAAP



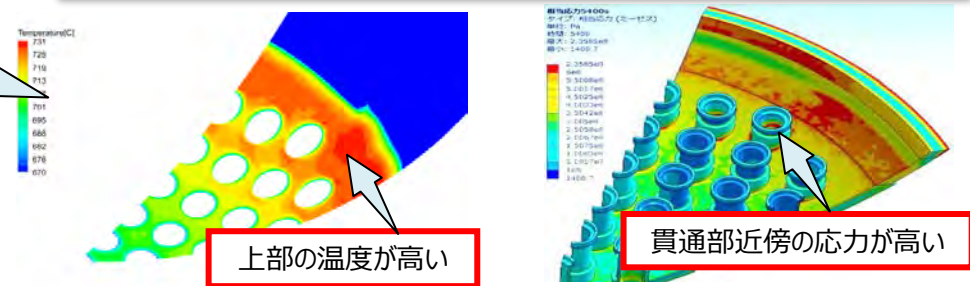
事故時の原子炉のイメージ

- 燃料の大部分は溶融し、圧力容器下部、あるいは格納容器内に落下している可能性が大きい。
- 安全かつ効率的なデブリ取り出しには、現場から得られる情報の分析と計算コードを用いた燃料溶融の進展解析による燃料デブリ等の分布の推定が必要。



燃料溶融シミュレーション結果の例

燃料集合体、燃料支持板等を簡略模擬し、燃料溶融物の移行挙動を解析。

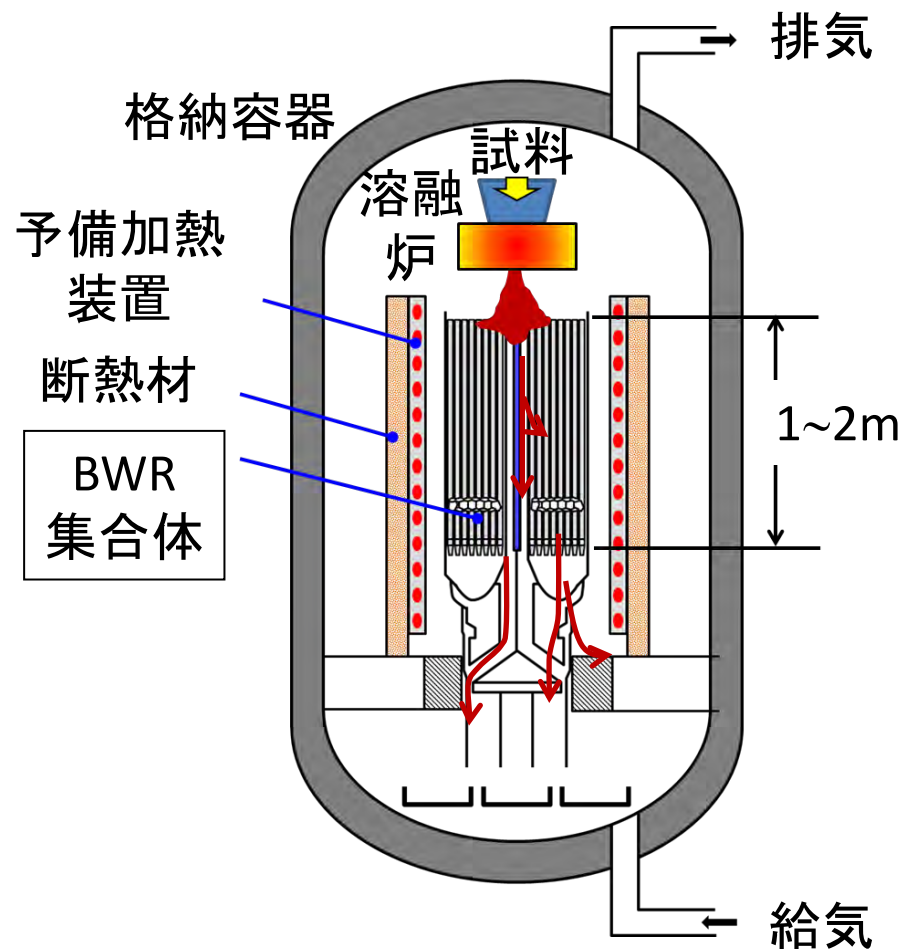
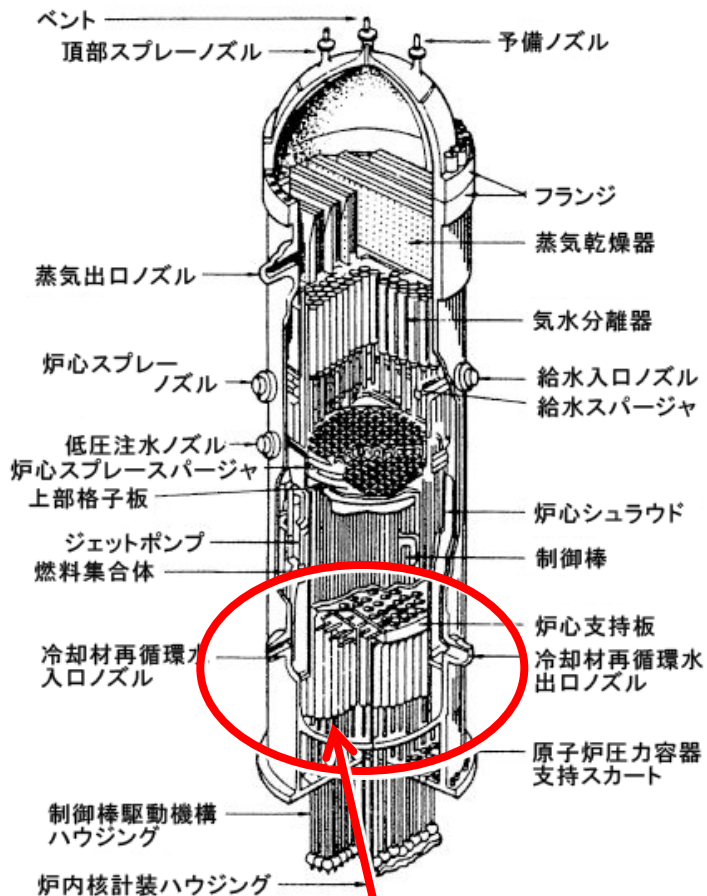


内面の温度分布

貫通部近傍の応力分布

圧力容器下部ヘッドの解析結果

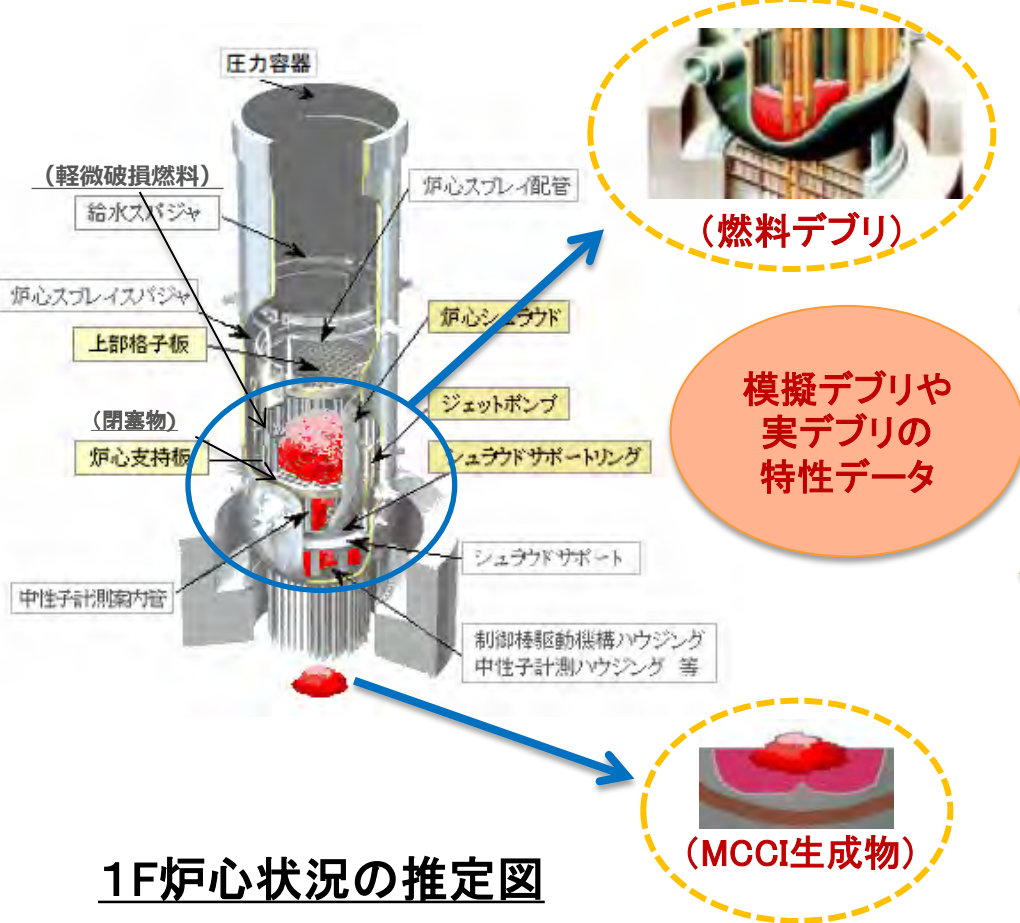
1 mの溶融物が堆積した場合の温度分布と応力分布解析により、自然対流の上昇流により上部の温度が高くなり、また、制御棒案内管などの貫通部近傍に高い応力が発生する結果を得た。



BWRの炉心支持板、下部プレナム及び下部ヘッド上には複雑な構造物があり、そこでの溶融進展に大きな不確かさがある。

BWRの下部を実物大に模擬した試験装置を製作し、模擬物質やウランと金属の溶融物を落下させ、溶融物の移行挙動を把握。現象の理解と解析コードの開発に反映。

燃料デブリの取出し、保管、処理処分を安全に実施するために必要となる燃料デブリの特性データを取得し、検討に反映する。



デブリ取出し

TMI-2の燃料デブリ

- ・工法・工具等の開発
- ・臨界安全管理
- ・計量管理

一時保管

TMI-2燃料デブリの乾式保管

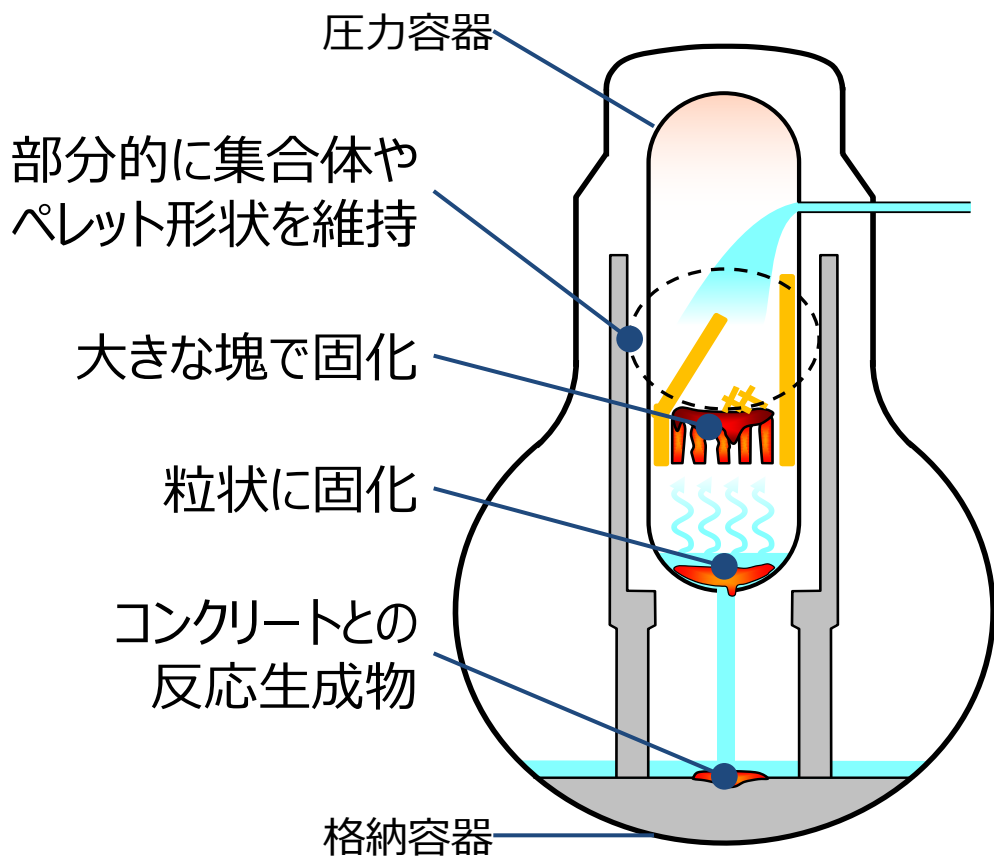
- ・保管方法の検討
- ・容器等の開発
- ・臨界安全管理
- ・計量管理

デブリの処置

- ・安定化処理の検討
- ・容器等の開発



様々な性状の燃料デブリの存在が予想され、水中における取出しには慎重な臨界管理が必要。
 臨界実験（STACY更新炉等）による燃料デブリの臨界特性把握を計画。

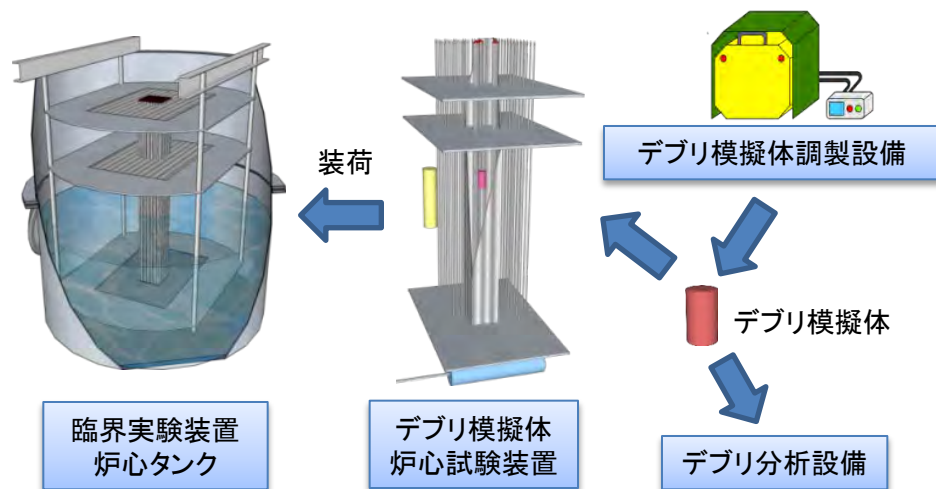


燃料デブリ等性状の想定（一例）

溶融燃料とコンクリートの反応生成物の臨界量の推定

| 組成 | 臨界量 (kgU) | 集合体数 |
|-----------------------------|-----------|------|
| UO ₂ (濃縮度 5 wt%) | ~ 400 | < 3 |
| 12 GWD/t (FP なし) | ~ 800 | < 5 |
| 12 GWD/t (FP あり) | ~ 2,000 | < 12 |

燃料：コンクリート体積 = 1 : 7 / コンクリート中の水分のみ考慮



臨界実験装置及び燃料デブリ模擬臨界実験のイメージ

廃棄物中の核種濃度分析



4号機周辺のカレキを採取するJAEA職員

³H、¹⁴Cの分析作業

廃棄物の処分までの流れと研究項目

性状把握

- 放射性核種濃度分析
- 物理特性、化学組成評価

長期保管

- 長期保管中の安全性の評価
 - 水素ガス安全性
 - 保管容器腐食
 - 廃棄物の安定性

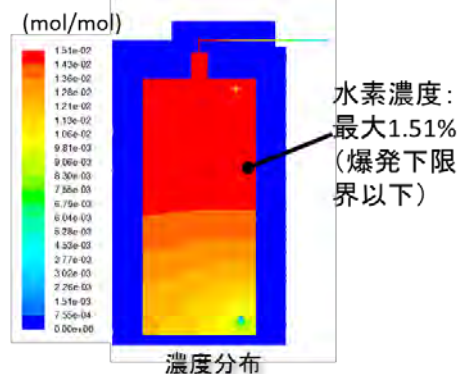
廃棄体化 (処分に適合する形態に処理)

- 廃棄体化技術調査
- 技術評価のための基礎試験
 - ガラス固化
 - ジオポリマー固化

処分

- 処分概念検討
- 処分安全評価
 - 国内外処分概念・安全評価手法の調査・整理、適用性検討

廃棄物からの水素発生量の評価

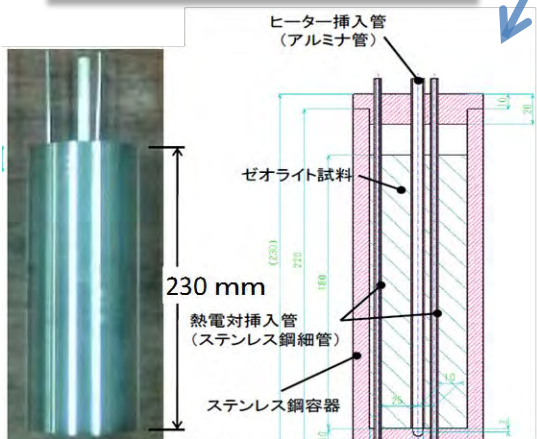


水素濃度: 最大1.51% (爆発下限界以下)

濃度分布

水素濃度分布解析結果

廃棄物熱伝導率測定



ゼオライト層の有効熱伝導率測定セル

廃棄体技術評価 基礎試験



ガラス固化体



ジオポリマー固化体

地質構造モデルに基づいて、機構が開発した地下水流動解析コード（FracAffinity； Ohyama and Saegusa, 2008）を用い、汚染水処理対策委員会のサブグループ①「地下水・雨水等の挙動等の把握・可視化」が実施している地下水流動解析モデルの妥当性を確認

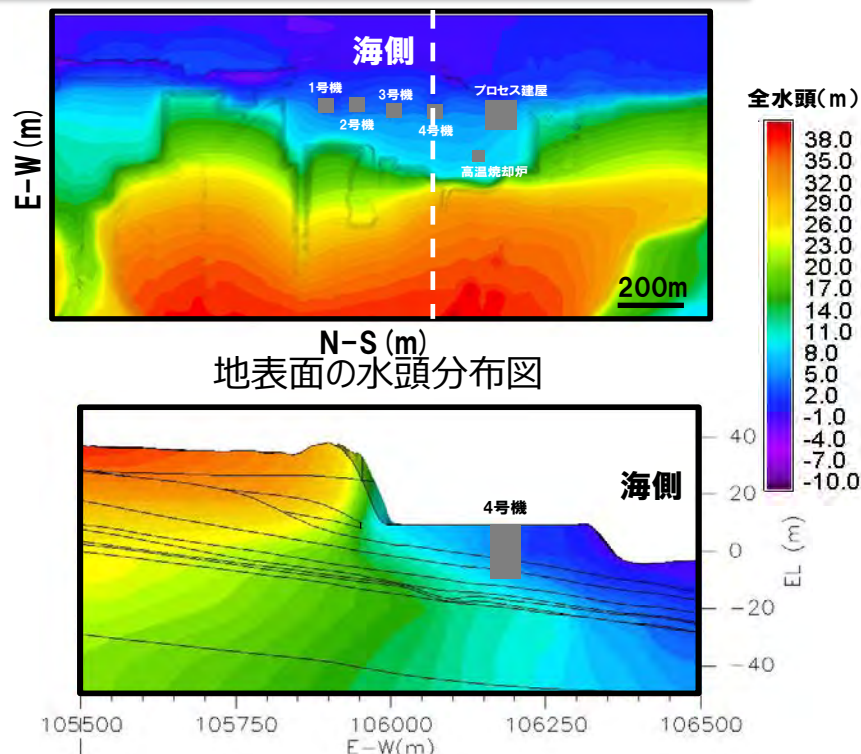
発電所内の地下水流動、核種移行解析

- ・地質構造モデル作成ツール(Earth Vision)を用いて、三次元地質構造モデルを構築
- ・原子炉、タービン建屋へ地下水流入対策の効果等を評価

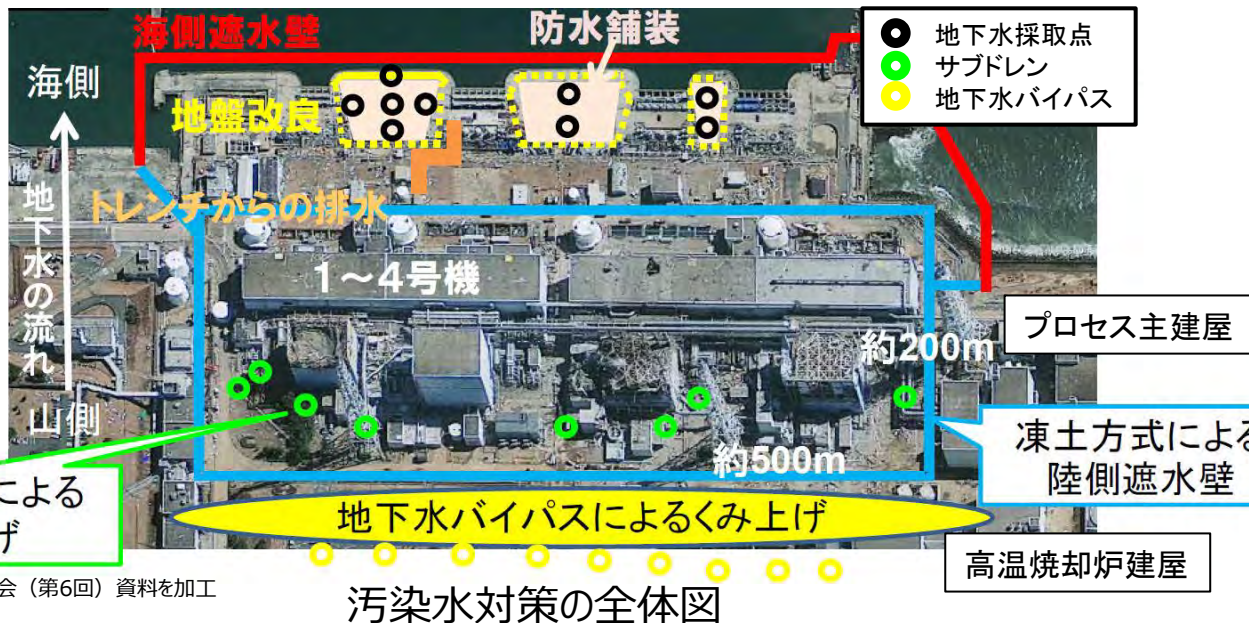


地質構造モデル（南北6Km×東西4km×深さ200m）

対策工実施前の解析結果



4号機断面（上图の点線部）の水頭分布図
 水理地質構造モデル（水理特性の設定値）や境界条件の妥当性を確認



陸側遮水壁（凍土壁）、海側遮水壁、地下水バイパス等、汚染水対策の効果の推定結果の妥当性を確認



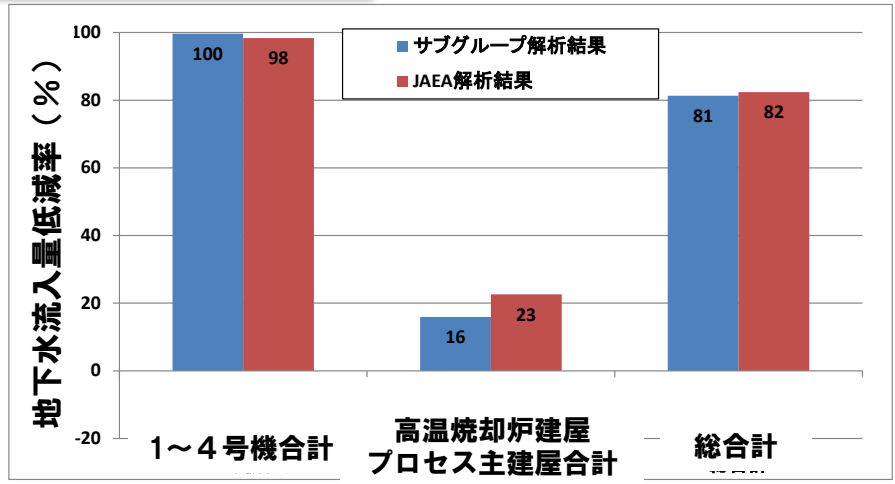
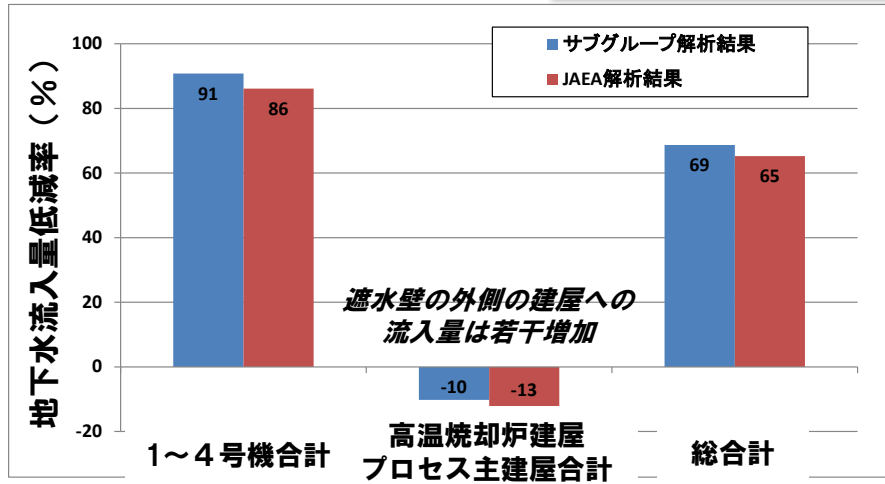
今後、放射性核種移行を評価

サブドレンによるくみ上げ

汚染水処理対策委員会（第6回）資料を加工

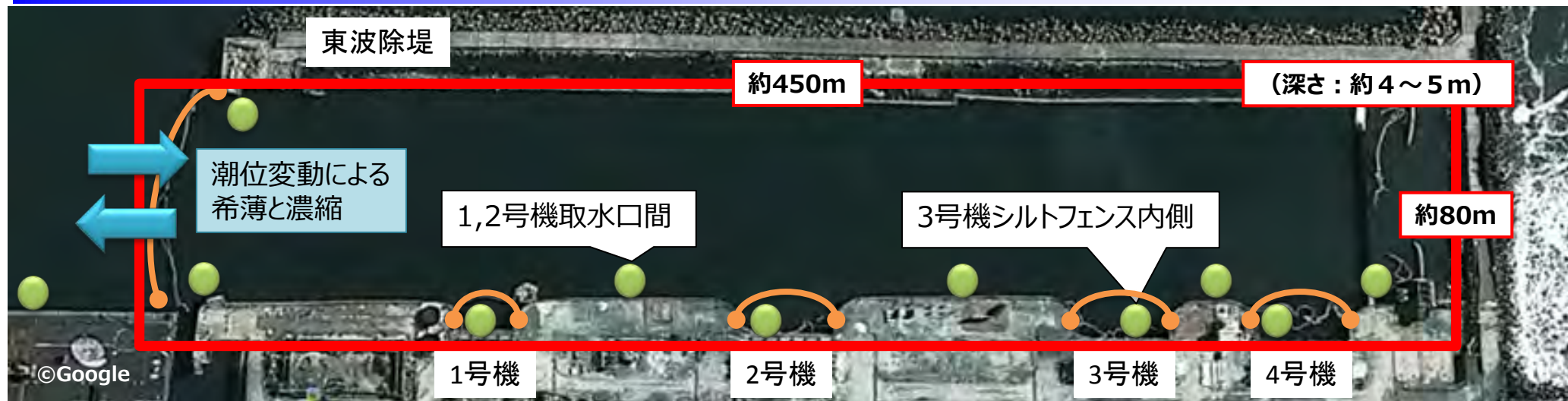
汚染水対策の全体図

対策工実施後の解析結果



海側地盤改良、地下水くみ上げ+陸側遮水壁（凍土壁）

左記+海側遮水壁+サブドレンくみ上げ+地下水バイパス

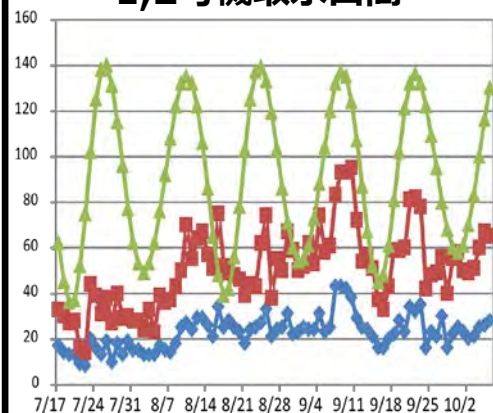


- : サンプルポイント
- : シルトフェンス

1～4号機取水口周りの港湾を二次元にモデル化（赤枠）

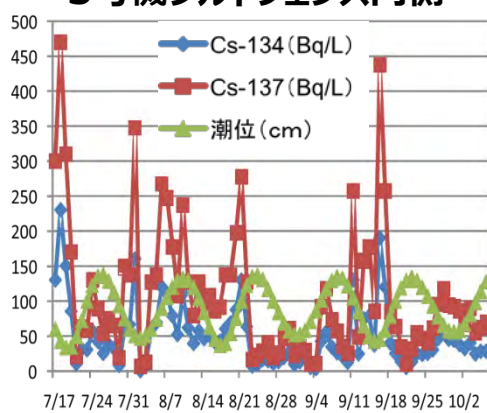
潮位と濃度の相関の例

1,2号機取水口間



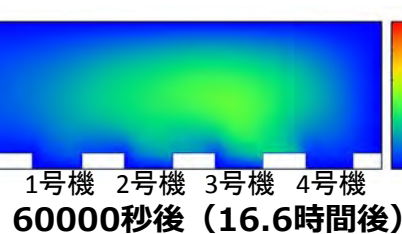
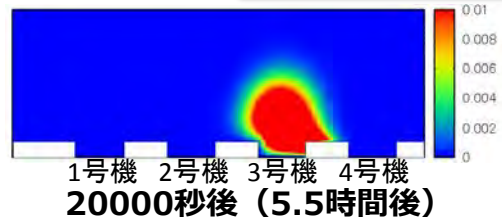
有意な相関が見える

3号機シルトフェンス内側



異なる周期振動が見える

拡散解析の例



3号機取水口前より
1時間の流出を模擬



潮位変動により
1日後には拡散

さらに、港湾解析コードの利用など、詳細解析を検討

1F廃炉推進に必要な不可欠な遠隔操作機器や放射性物質の分析・研究等に関する技術基盤を確立するため、福島県内に研究拠点施設を整備。

遠隔操作機器・装置実証施設 (楡葉南工業団地に整備)

平成26年3月の実施設計とりまとめに向け、以下を検討。

- 格納容器下部補修等のための設備
- 遠隔操作機器のニーズ整理、設備
- バーチャルリアリティを活用した訓練設備
- 施設利用計画



遠隔操作機器・装置実証施設のイメージ

放射性物質の分析・研究施設

平成25年10月から概念検討を開始。

- 研究開発ニーズの整理
- 必要な設備、装置等
(セル、グローブボックス、フード、分析装置等)
- 海外ホットラボの調査
- 許認可要件
- 施設の規模、配置



分析・研究施設のイメージ