

IRIDシンポジウム

福島第一原子力発電所における 廃止措置の現状と課題

2015年7月23日@コラッセふくしま

増田 尚宏

東京電力(株) 常務執行役
福島第一廃炉推進カンパニー・プレジデント
兼 廃炉・汚染水対策最高責任者



東京電力

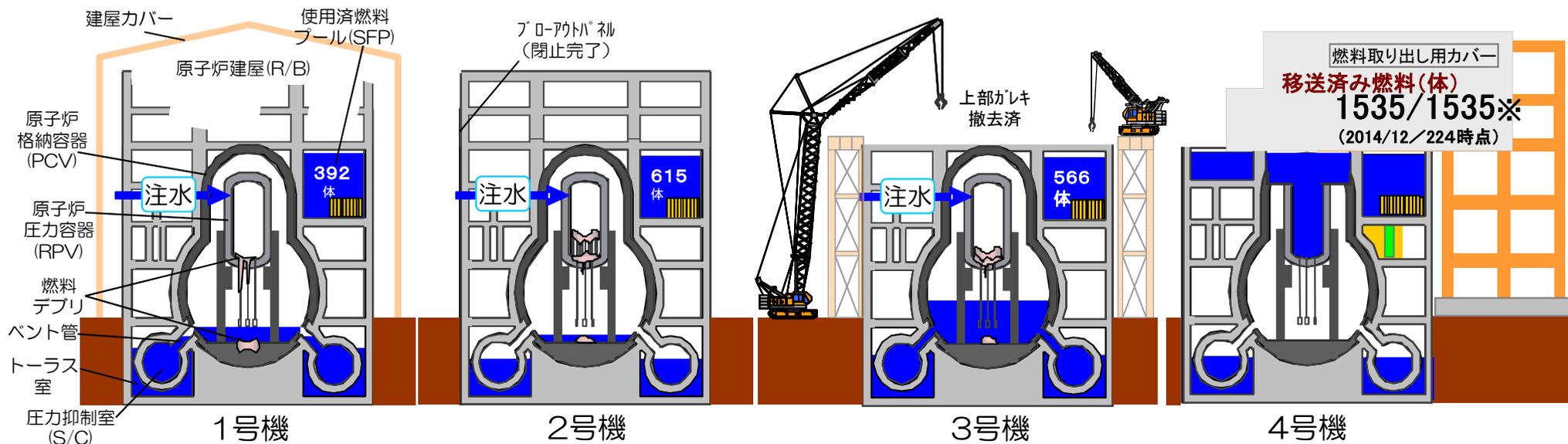
本日のポイント

1. 福島第一原子力発電所の現状
2. 汚染水対策
3. 設備の信頼性向上
4. 燃料取り出しに向けた状況
5. 燃料デブリ取り出しに向けた研究開発
6. 労働環境改善
7. 廃炉推進に向けた組織整備



1. 福島第一原子力発電所の現状(原子炉や建屋の状況)

■ 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	約24℃
2号機	約30℃
3号機	約27℃

格納容器内温度	
1号機	約24℃
2号機	約31℃
3号機	約27℃

燃料プール温度	
1号機	25.5℃
2号機	25.1℃
3号機	22.8℃

原子炉注水量	
1号機	注水量: 4.2m ³ /h
2号機	注水量: 4.4m ³ /h
3号機	注水量: 4.3m ³ /h

2015年6月24日 11:00 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

1. 福島第一原子力発電所の現状(現状と課題)

1号機

現状

水素爆発した原子炉建屋にカバーを設置(2011年10月)
使用済燃料プールからの燃料取り出しに向けた建屋カバー撤去を実施中

課題

原子炉建屋上部及びプール内ガレキ状況の把握
建屋カバー撤去期間中の放射性物質の飛散防止



2011年3月12日撮影



2014年12月撮影

2号機

現状

ブローアウトパネルを閉止し、放射性物質の飛散を抑制

課題

原子炉建屋内の線量低減対策



2011年4月10日撮影



2012年8月15日撮影

3号機

現状

原子炉建屋上部のガレキ撤去が完了(2013年10月)

課題

線量が高いため、線量低減対策を遠隔操作重機で
安全かつ着実に実施



2012年2月12日撮影



2013年10月11日撮影



燃料取り出し用カバーイメージ

4号機

現状

使用済燃料プールからの燃料取り出し完了
(2014年12月22日完了)

課題

建屋解体を含む本格的な廃炉作業の検討



2011年9月22日撮影



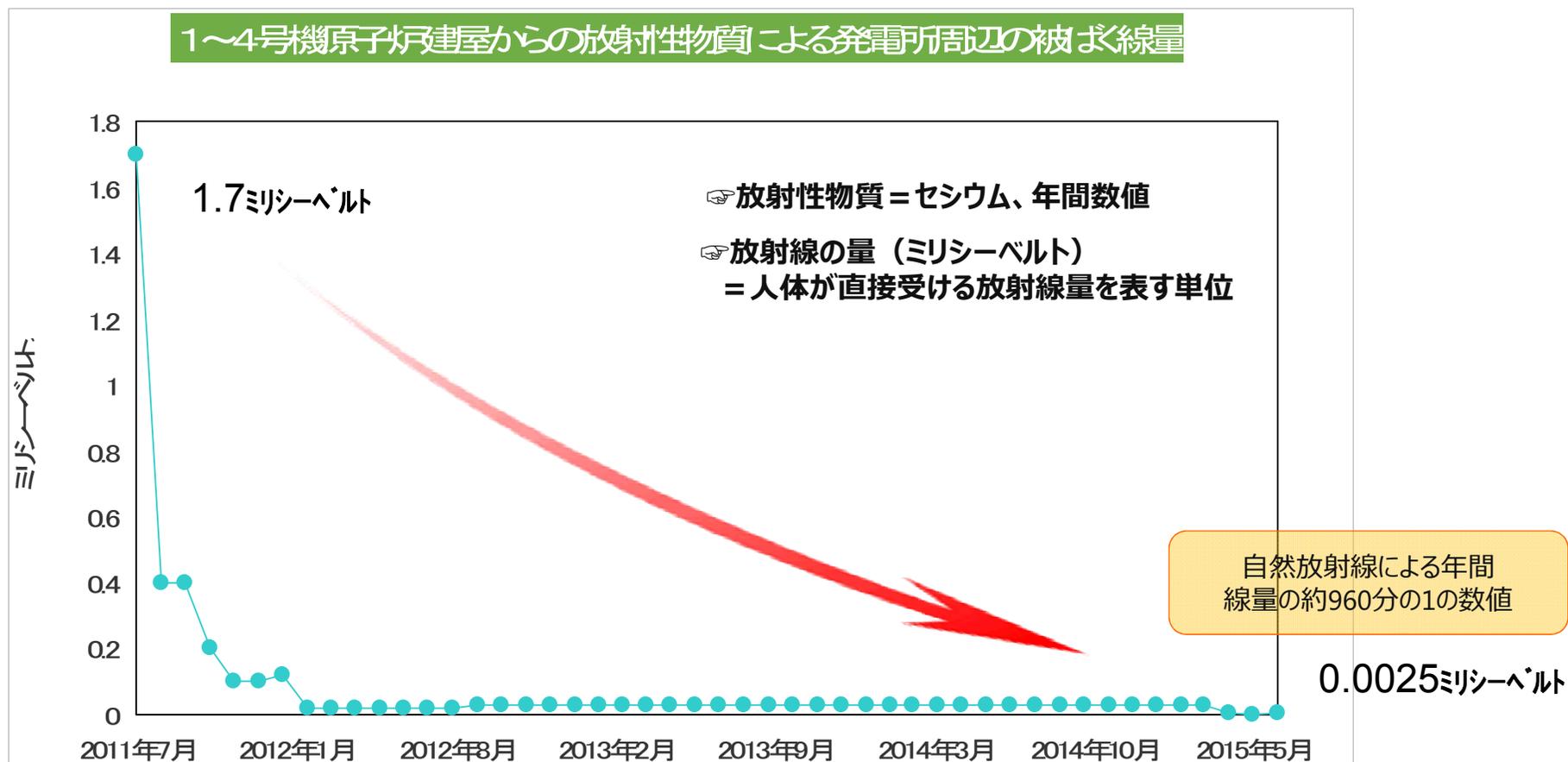
2012年7月5日撮影



2013年11月12日:カバー工事完了

1. 福島第一原子力発電所の現状（気中放射性物質の状況）

- 1～3号機の圧力容器・格納容器から放出される放射性物質（セシウム）の量は、原子炉建屋頂部での大気風の放射性物質濃度（塵濃度）に基づいて算定される。
 - 合計放出量（2015年6月現在）の査定値は、約96万Bq/hrと算定された。
 - 事故収束に向けたロードマップのSTEP2完了時点（2011年12月）における評価値（約6千万Bq/h）と比較して約60分の1である。
- このため、敷地境界での被ばく線量は最大でも0.0025mSv/yrと査定される。
 （すでに放出されている放射性物質の影響を除く） 注記：法律により定められた被ばく限界は1mSv/yrである。

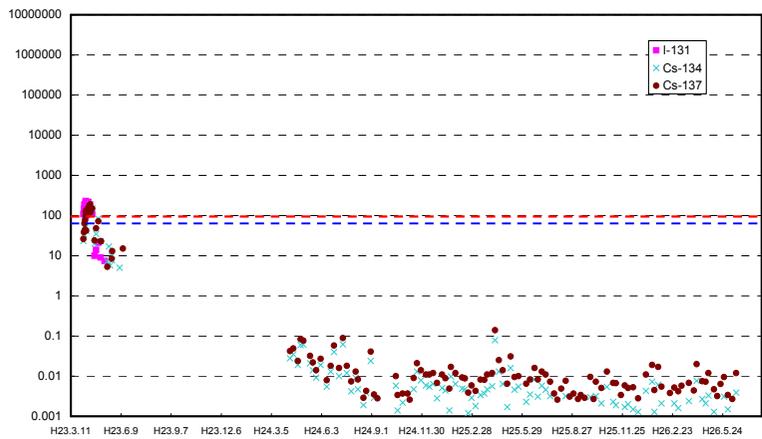


1. 福島第一原子力発電所の現状 (港湾内外における放射能濃度の変化)

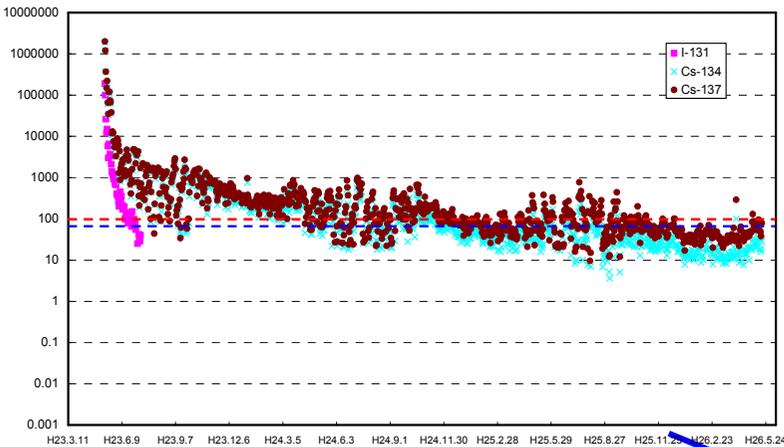
■ 事故後放射能濃度は徐々に低下、1～4号機の取水口付近では現在、10～100Bq/Lオーダーのセシウム137を観測しているが、港外では告示濃度を大幅に下回る。

4

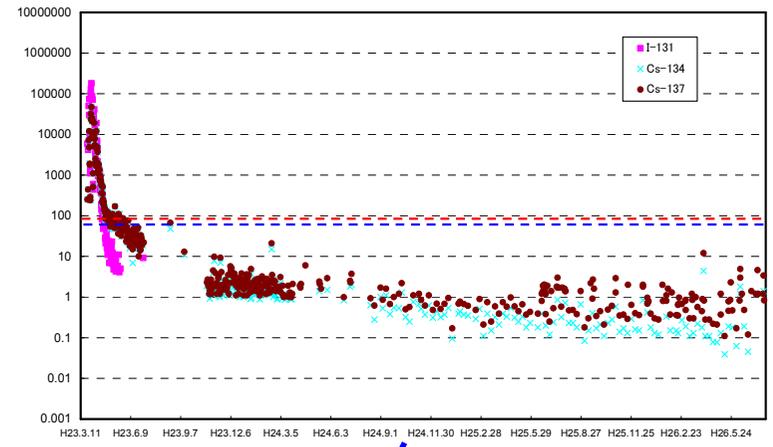
福島第一 敷地沖合15km(T-5) 上層 海水放射能濃度(Bq/L)



福島第一 3号機スクリーン海水(シルトフェンス内側)放射能濃度(Bq/L)

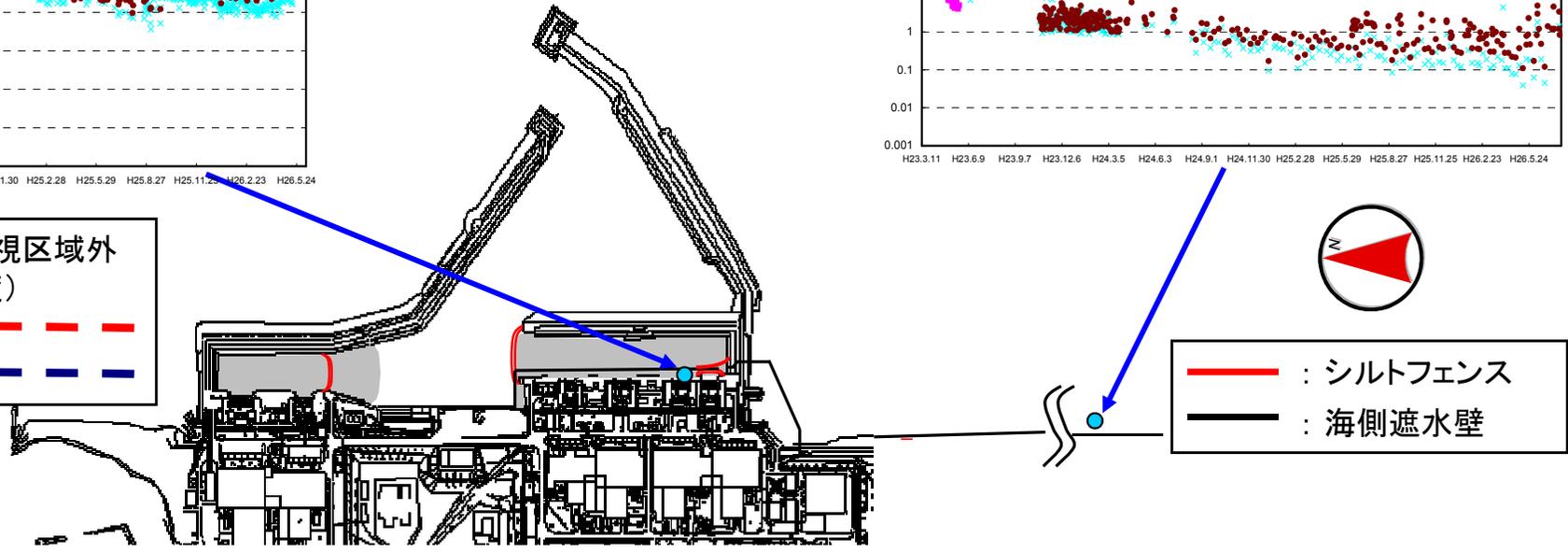


福島第一 南放水口付近 海水放射能濃度(Bq/L)



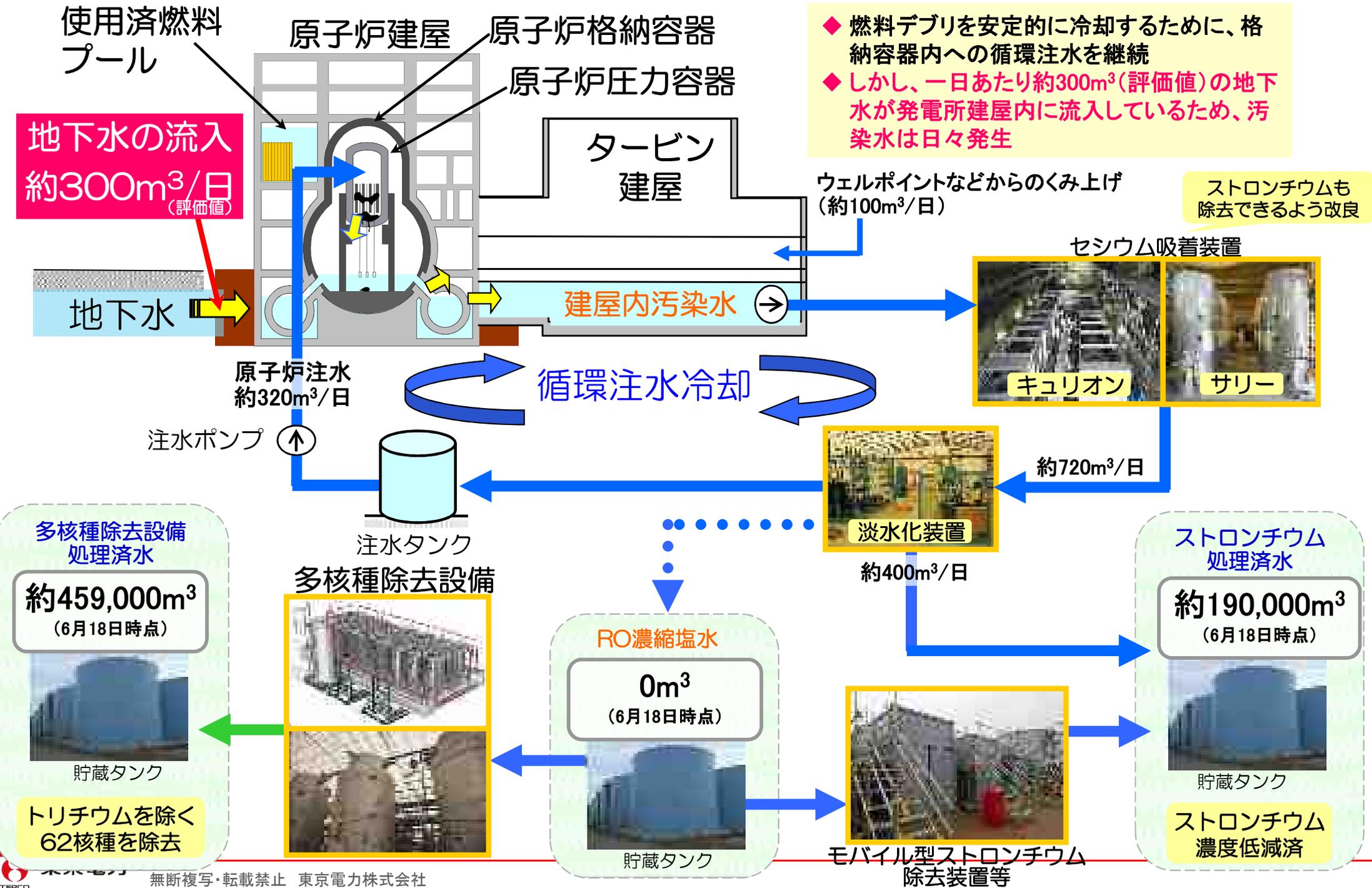
《参考》告示濃度(周辺監視区域外の水中の濃度限度)

- ・セシウム137: 90Bq/L
- ・セシウム134: 60Bq/L



— : シルトフェンス
— : 海側遮水壁

2. 汚染水対策(冷却水の循環)



◆ 燃料デブリを安定的に冷却するために、格納容器内への循環注水を継続

◆ しかし、一日あたり約300m³(評価値)の地下水が発電所建屋内に流入しているため、汚染水は日々発生

2. 汚染水対策(三つの基本方針と対策)

方針1. 汚染源を取り除く

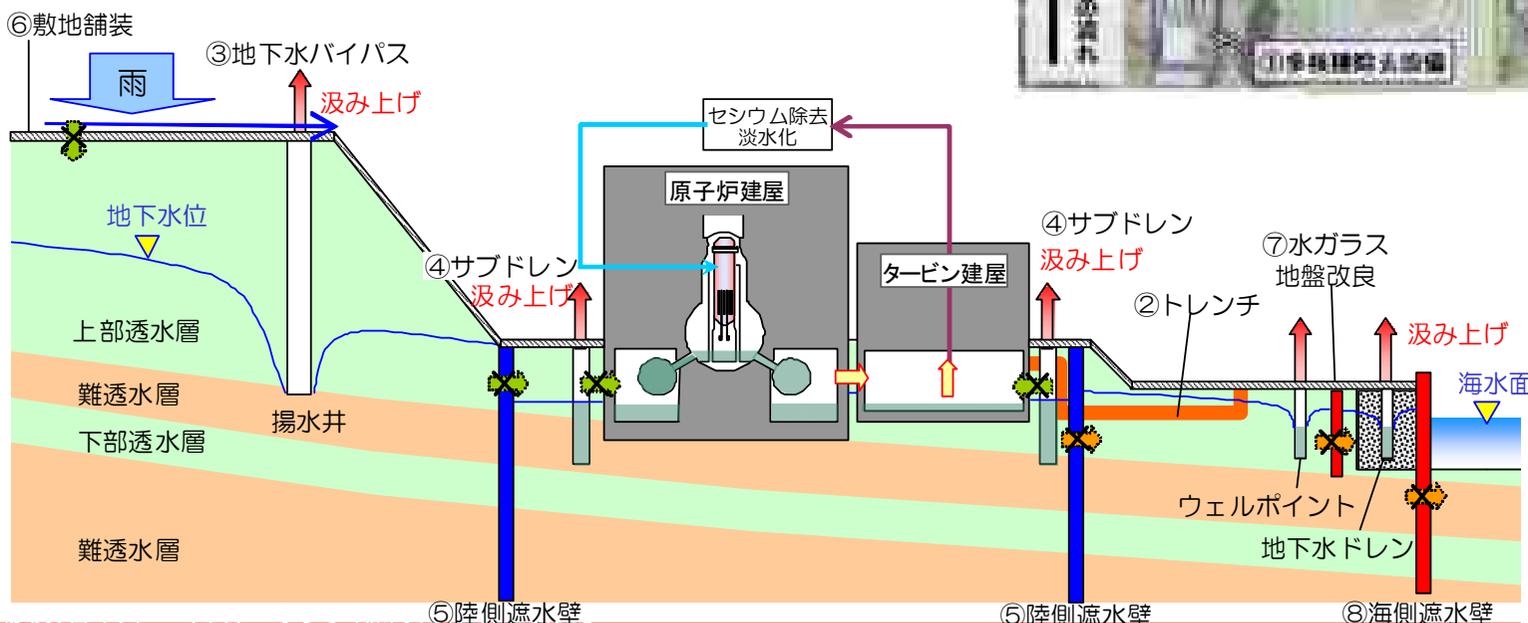
- ①多核種除去設備(ALPS)等による汚染水浄化
- ②トレンチ内の汚染水除去

方針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(サブドレン、地下水ドレン)
- 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(フェーシング)

方針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(溶接型へのリプレイス等)



2. 汚染水対策（凍土遮水壁の設置）

- 1mピッチ（深さ30m）で垂直に凍土管を敷設し、その周辺を凍結させ凍土式の遮水壁を設置。周辺からの地下水の流入を抑えることが可能になる。
- 2014年3月14日にサイト内で試験的に凍結を行い、凍土管の周辺が凍結することを確認した。2015年4月30日より試験凍結を開始。



凍土壁（イメージ図）



凍土の構築



凍土のサンプル

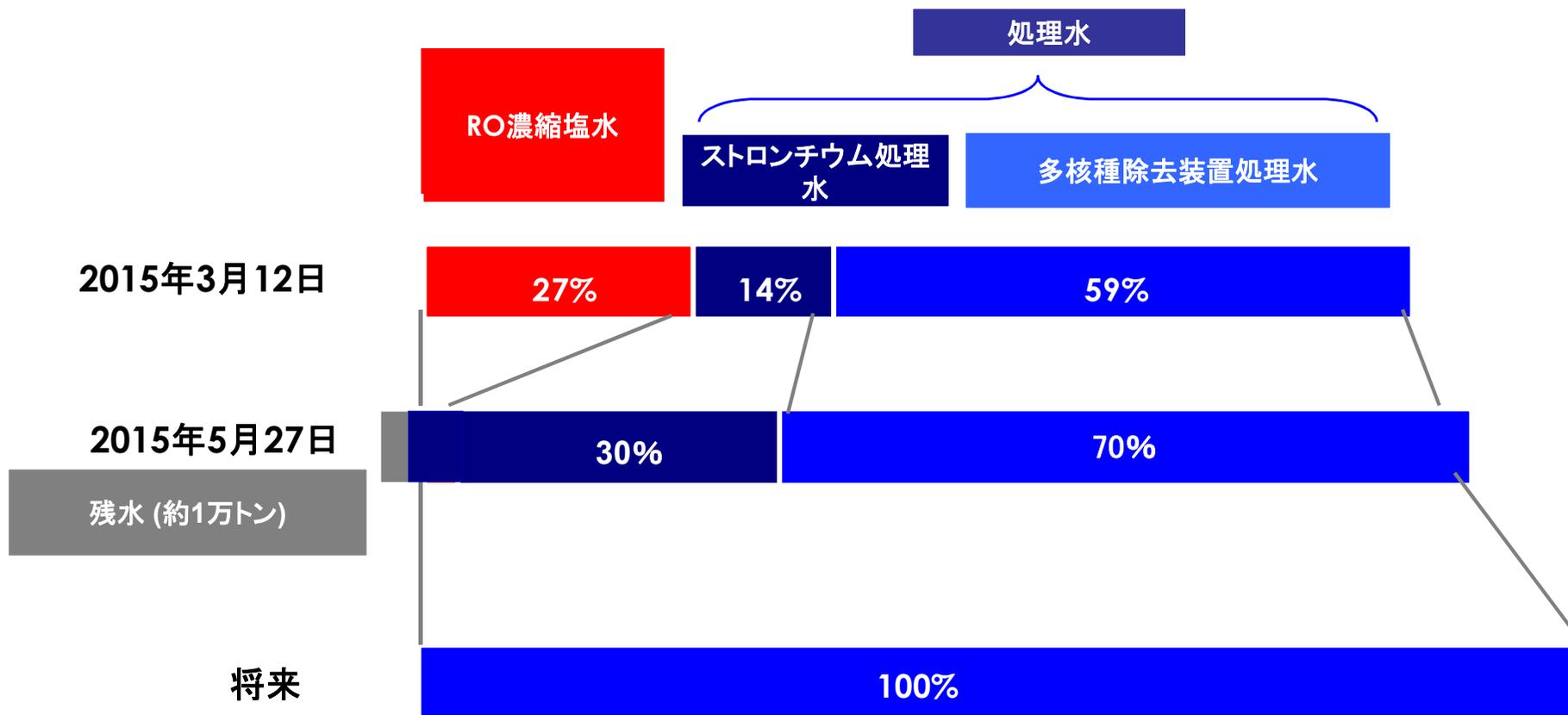


冷媒の移送管



凍結管（バルブ）の凍結状況

2. 汚染水対策(汚染水処理の進展)



配管の恒久化



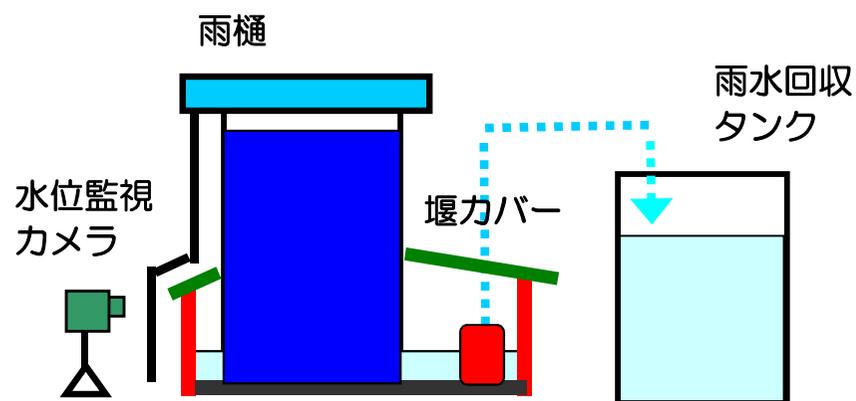
2012年4月撮影



2014年9月撮影

タンク周辺の雨水対策

昨年の台風対応を踏まえ、①堰の嵩上げ、②雨水抑制(雨樋、堰カバー)、③雨水回収タンクの大型化、④移送ポンプの大型化、⑤堰内水位監視カメラ設置等、様々な設備対策を実施



- タンク総容量は2016年3月までに90万m³を確保する予定
- フランジタンクなどのタンクをより信頼性の高い溶接型タンクにリプレース



フランジタンク



横置きブルータンク

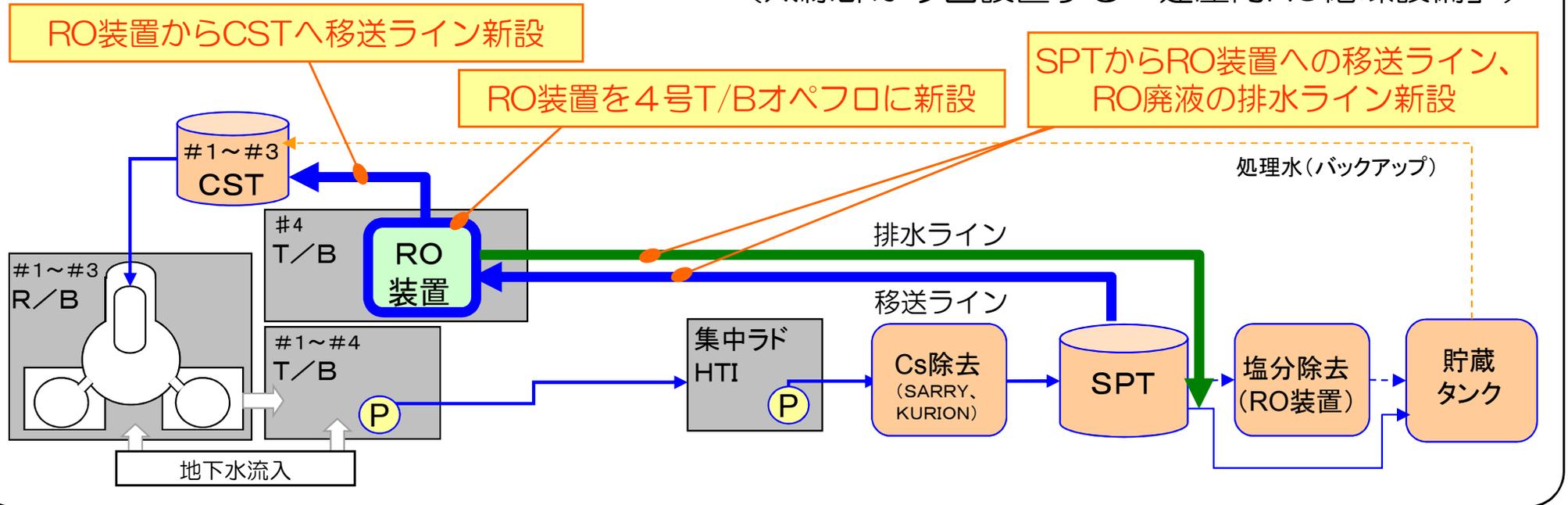


溶接タンク

- 汚染水の移送、水処理、炉注を行う循環ループの内、塩分除去(RO)装置を4号タービン建屋に設置し、循環ループの縮小による屋外移送配管の漏えいリスク低減等を行うもの(2015年度上半期実施予定)。
- これにより、循環ループ(屋外移送配管)は約3kmから約0.8kmに縮小される(滞留水移送ラインを含めると約2.1km)。

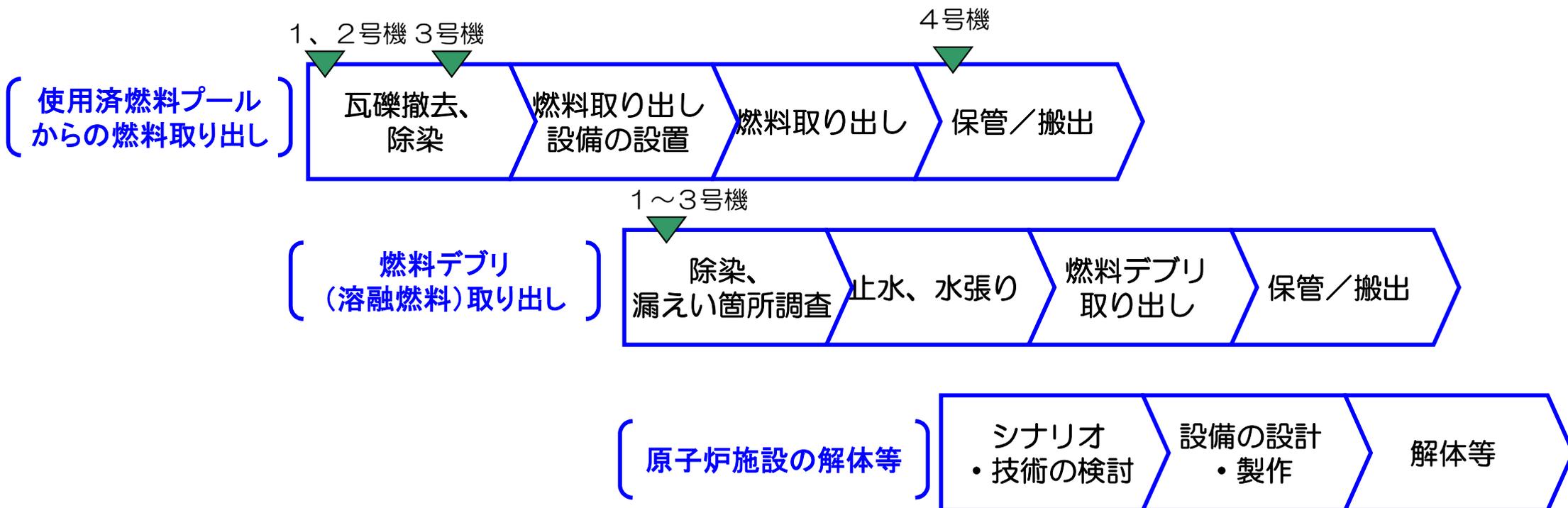
【循環ループ縮小 全体イメージ】

(太線部が今回設置する「建屋内RO循環設備」)



4. 燃料取り出しに向けた状況(「廃炉」の主な作業ステップと各号機の現状)

- 4号機使用済燃料プールからの燃料取り出しを2014年12月22日に完了。大きなトラブルもなく作業を終了し、廃炉作業の大きなステップとなった。今後、原子炉施設の解体等に向けて検討を実施
- 1～3号機では燃料取り出し、燃料デブリ取り出しの開始に向け室内の除染、地下水流入箇所の特特定など調査中



- 4号機の使用済燃料プールからの燃料取り出しを2013年11月18日より開始。1535体の燃料取り出しを予定通り2014年12月22日に完了。
- 4号機にかかるリスクはなくなり、今後の1, 2, 3号機からの燃料取り出しに向けて大きな自信となる。(プール内部の制御棒や炉からの放射線量を低減するためプールの水量や水質は維持)



2011年9月22日



2012年7月5日



2013年11月12日: 燃料取出用架台を設置(使用した鉄骨4200トンは東京タワーと同程度)。



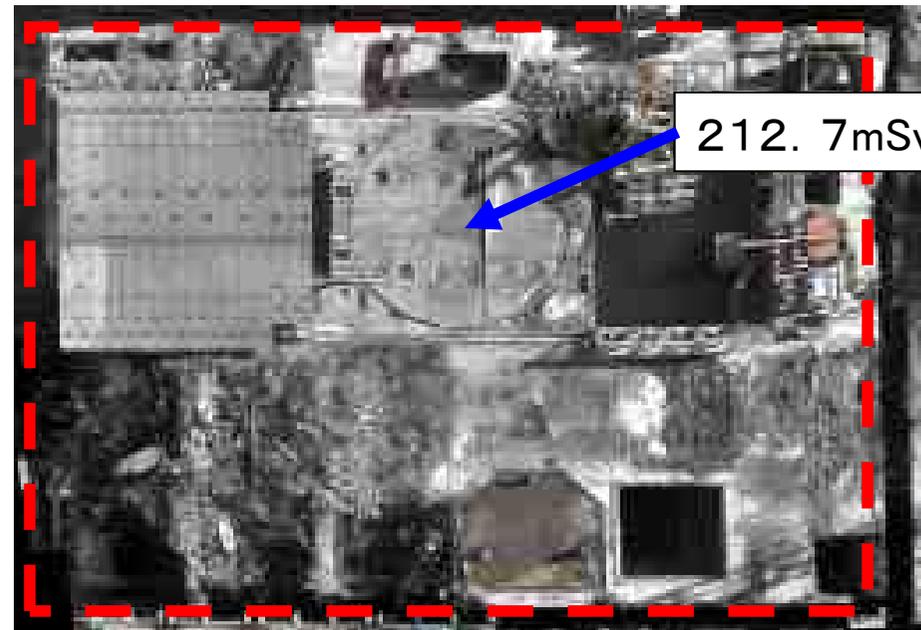
4号機使用済燃料プールからの燃料取り出し工程

大型瓦礫撤去前



平成23年3月撮影

除染中(現在)



平成26年12月撮影

【オペフロの状態(現在)】

- ・オペフロ上の大型瓦礫の撤去は完了し、除染・遮蔽工事を実施中
→除染作業時も瓦礫撤去時と同等の飛散抑制策を実施
- ・使用済燃料プール内の大型瓦礫撤去を実施中
→水中瓦礫のため飛散防止剤散布対象外

【今後の主な作業予定】

①オペフロ瓦礫撤去 → ②除染、プール内瓦礫撤去 → ③遮蔽設置 → ④燃料カバー設置

4. 燃料取り出しに向けた状況(3号機のカバー設置準備状況)

- 1F構内にてカバー設置作業を円滑に進めることができるように、小名浜港で組立作業の確認を行った。
- 燃料取り出し用カバーの架構部材(鉄骨トラス・ガーダー等)は、工場製作が完了しており、1F構内での省人化を図るため構外で大組した架構を小名浜港で保管している。



カバー架構部材の保管状況
(2015.3.10撮影)



屋根部材の組立状況
(2014.10.11撮影)



ガーダーの組立状況
(2014.6.23撮影)



燃料取出カバーの設置(イメージ)

原子炉建屋オペフロ状況



オペフロ全景(北西面)
平成23年6月撮影



オペフロ全景(南東面)
平成23年6月撮影



カバー設置後(現状)



平成26年12月撮影

【オペフロの状態(現在)】

- ・屋根カバー閉止中 (2014年12月4日閉止完了。2015年5月カバー解体開始)

【今後の主な作業予定】

- ①カバ―解体 → ②瓦礫撤去 → ③除染作業 → ④遮蔽設置 → ⑤燃料カバ―設置



写真①

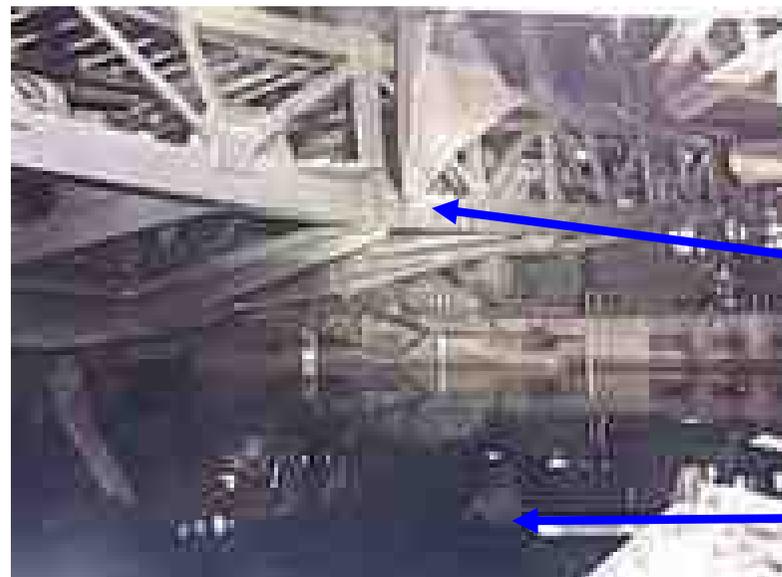
燃料取扱機



写真③

ガレキ

原子炉ウェルカバー



写真②

燃料取扱機(下部)

使用済燃料プール水面

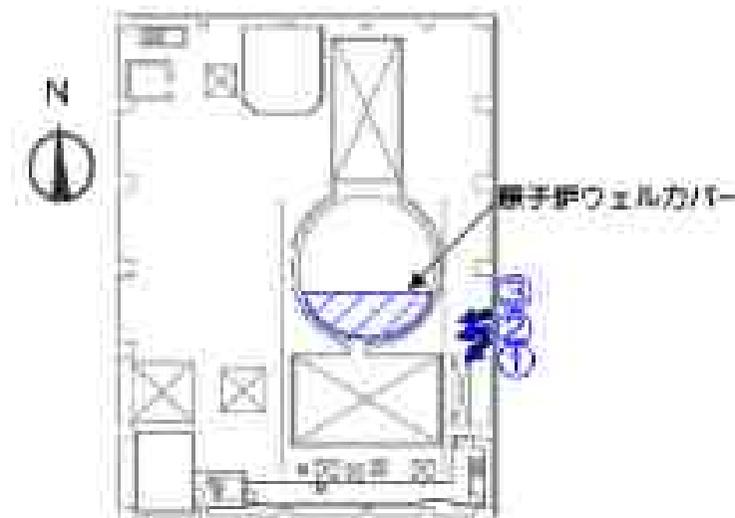
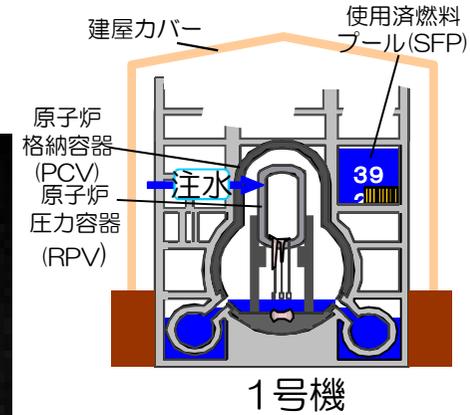
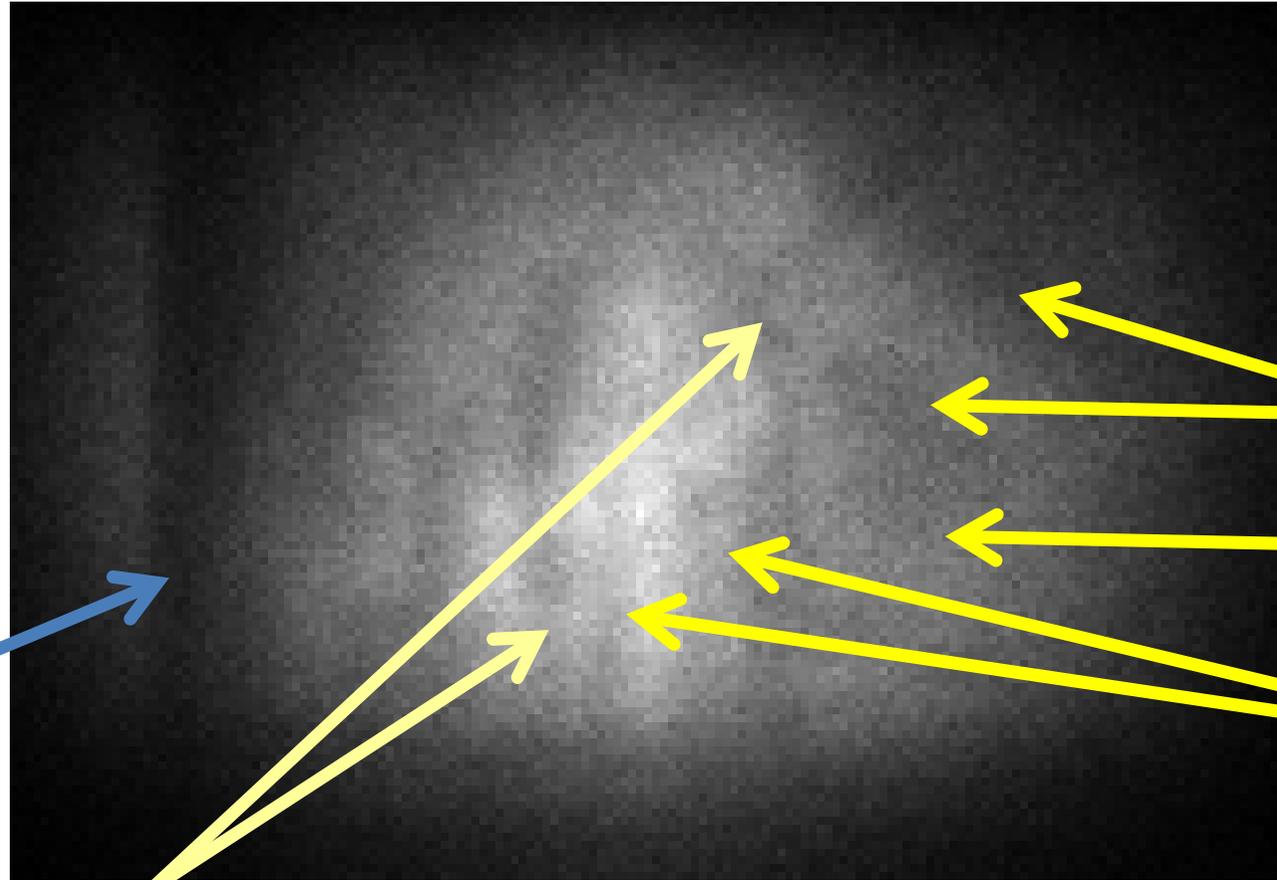


図1：撮影箇所

測定結果の実際の構造物・機器等との対応関係



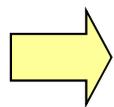
原子炉建屋の北側壁

格納容器

非常用復水器(IC)

燃料プール

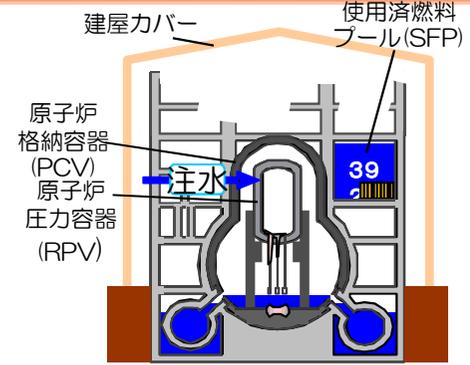
原子炉圧力容器と生体遮へい壁



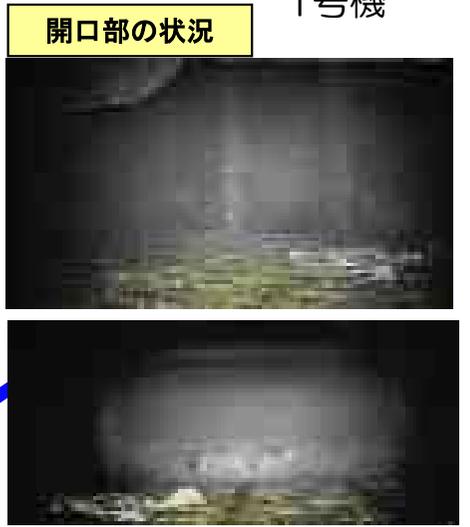
見えることが期待される大きな吸収体はかなり見えている
ただし、原子炉内には高吸収体は確認できず

5. 燃料デブリ取り出しに向けた研究開発(ロボットによる調査)

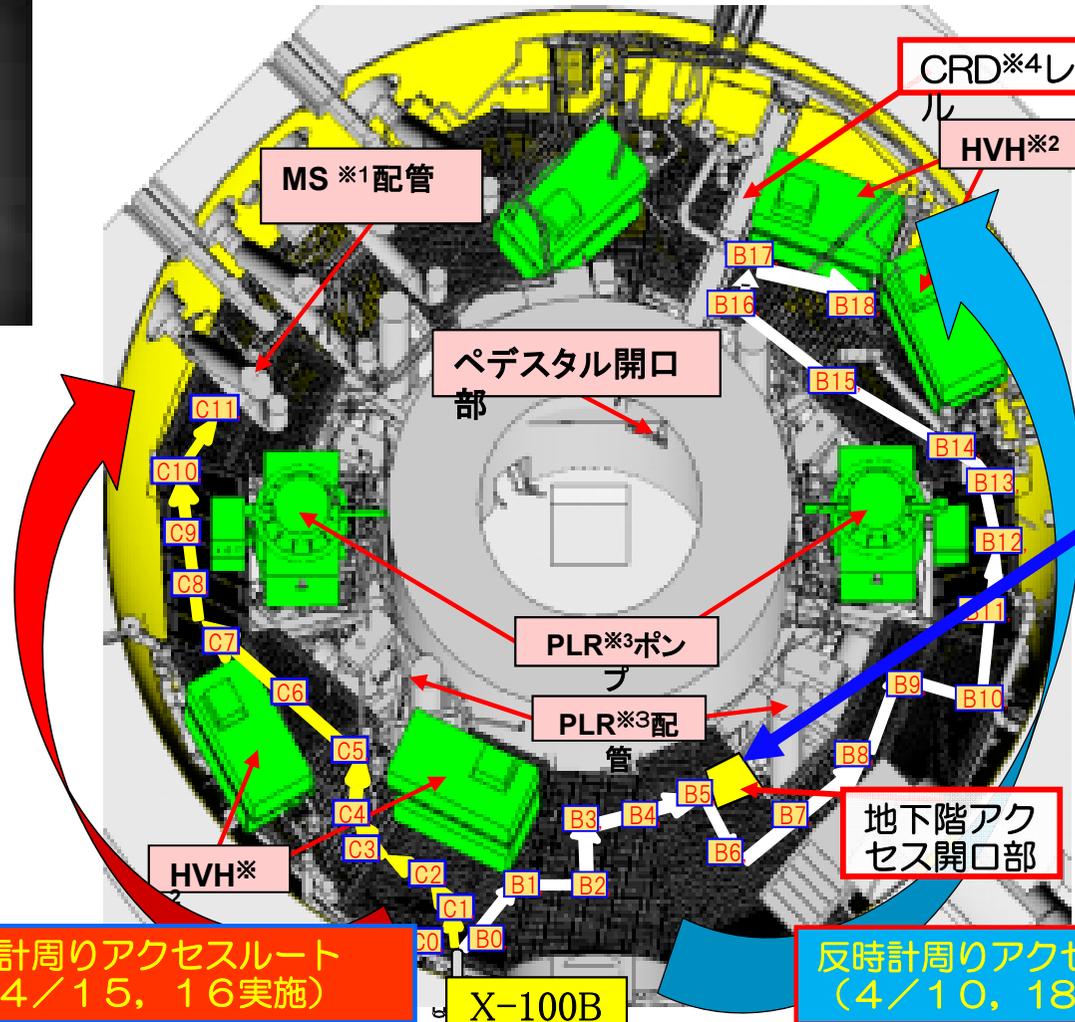
- 2015年4月、1号機格納容器内部の状況を調査するため、1階グレーチングにX-100Bペネトレーションを通じてロボットを投入
- 内部の線量や温度とともに多くのビデオ撮影を実施



1号機

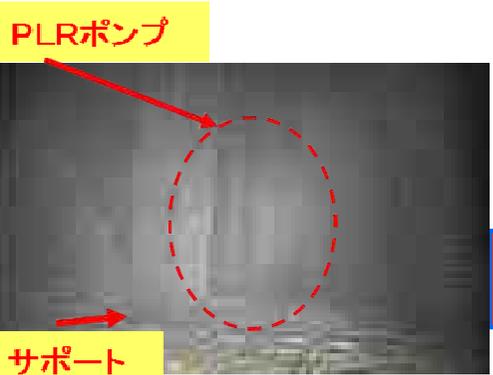
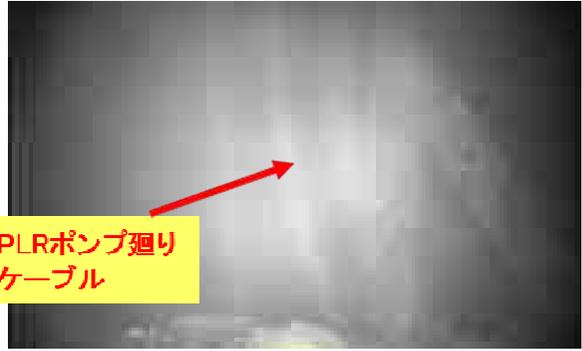


- ※1 主蒸気系
- ※2 空調ユニット
- ※3 原子炉再循環系
- ※4 制御棒駆動機構

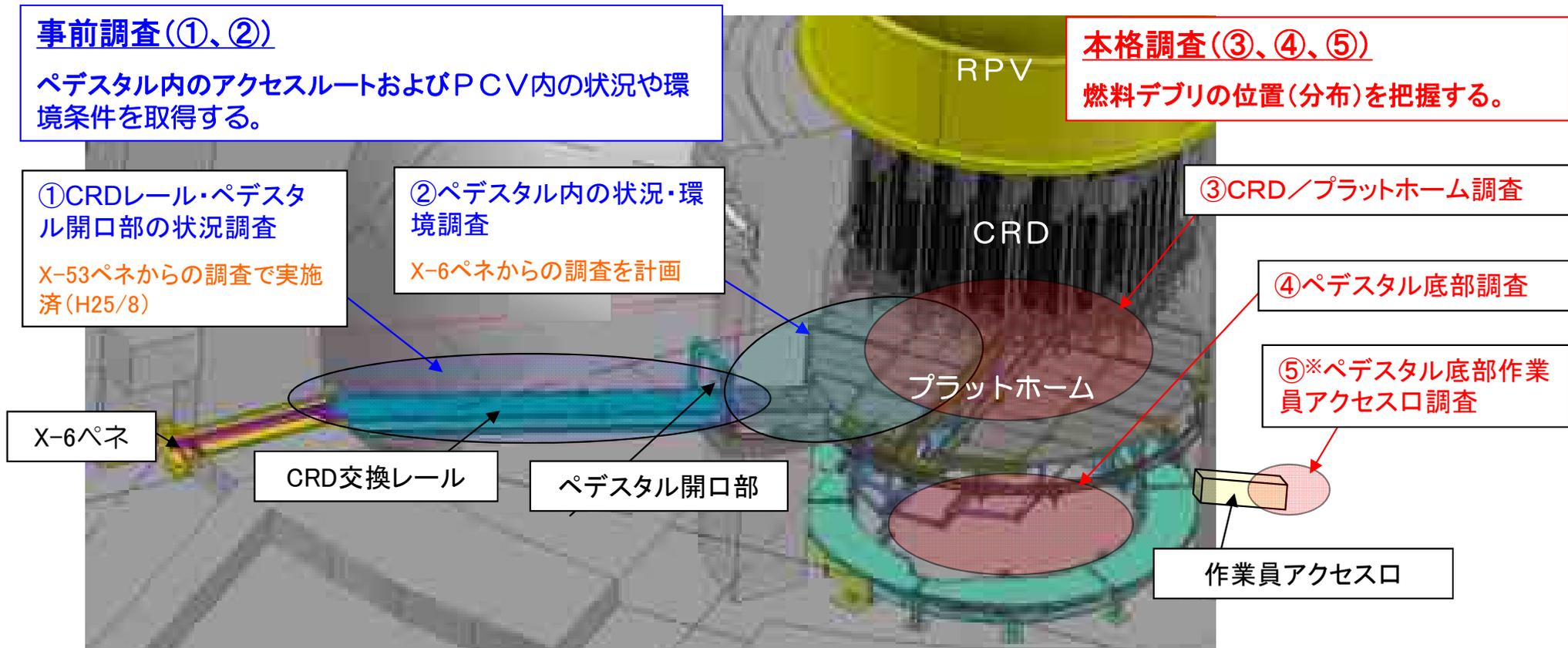


時計周りアクセスルート
(4/15, 16実施)

反時計周りアクセスルート
(4/10, 18実施)



- X-6ペネ→CRD交換レール→ペDESTAL開口部を經由しペDESTAL内に調査装置を投入することでペDESTAL内の燃料デブリの位置(分布)の把握を目的とした調査を計画しており、①→②→③,④,⑤の順で段階的に調査を進める予定。
- 事前調査としてCRD交換レール～ペDESTAL開口部の状況調査(事前調査①)を実施。



※⑤はペDESTAL外からのアクセスについても検討中

工法	完全冠水	冠水	気中	完全気中
原子炉内の水位	原子炉格納容器 頂部 	炉心燃料領域より上 (燃料デブリは冠水) 	炉心燃料領域より下 (燃料デブリの一部が気中) 	水なし (燃料デブリの全てが気中)
冷却	← 水冷による冷却が可能 →		← 気中でのデブリの温度が安定することが必要 →	
遮へい (取り出し開口部)	← 小 ← ← ← 鉄等による遮へいの必要性 → → → 大 →			
飛散防止 (デブリ切削時)	← 冠水による飛散防止が可能 →		← 散水による飛散防止が可能 →	← 気中での飛散防止対策が必要 →
デブリへのアクセス	← 上部から →			← 側面部から → ← 底部から →

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。

- 廃炉に関する技術基盤を確立するため、政府予算で、①遠隔操作機器・装置の開発実証施設(モックアップ施設)、②放射性物質分析・研究施設を整備。国内外の幅広い分野の研究者が共同研究を実施する場とする。

①モックアップ施設

- 格納容器下部の実寸大模型を設置し、漏えい箇所を調査・補修するロボットの実証試験や運転員の訓練等を実施するもの。
- 2013年5月、楢葉町(楢葉南工業団地)に立地することを決定し、2014年9月26日に起工式を実施。2015年度末の竣工を予定



建設中の施設(日本原子力研究開発機構提供)

②放射性物質の分析・研究施設

- 福島第一原発からの燃料デブリや放射性廃棄物等を遮へい機能の高い部屋に搬入し、被ばくを避けるため、グローブボックスやマニピュレータ等を用いて分析・研究する。
- 2013年11月、立地候補地の技術的要件等を決定。立地地点を選定した上で、2017年度中の運用開始を目指している。



グローブボックス



マニピュレータ

6. 労働環境改善(作業員の推移)

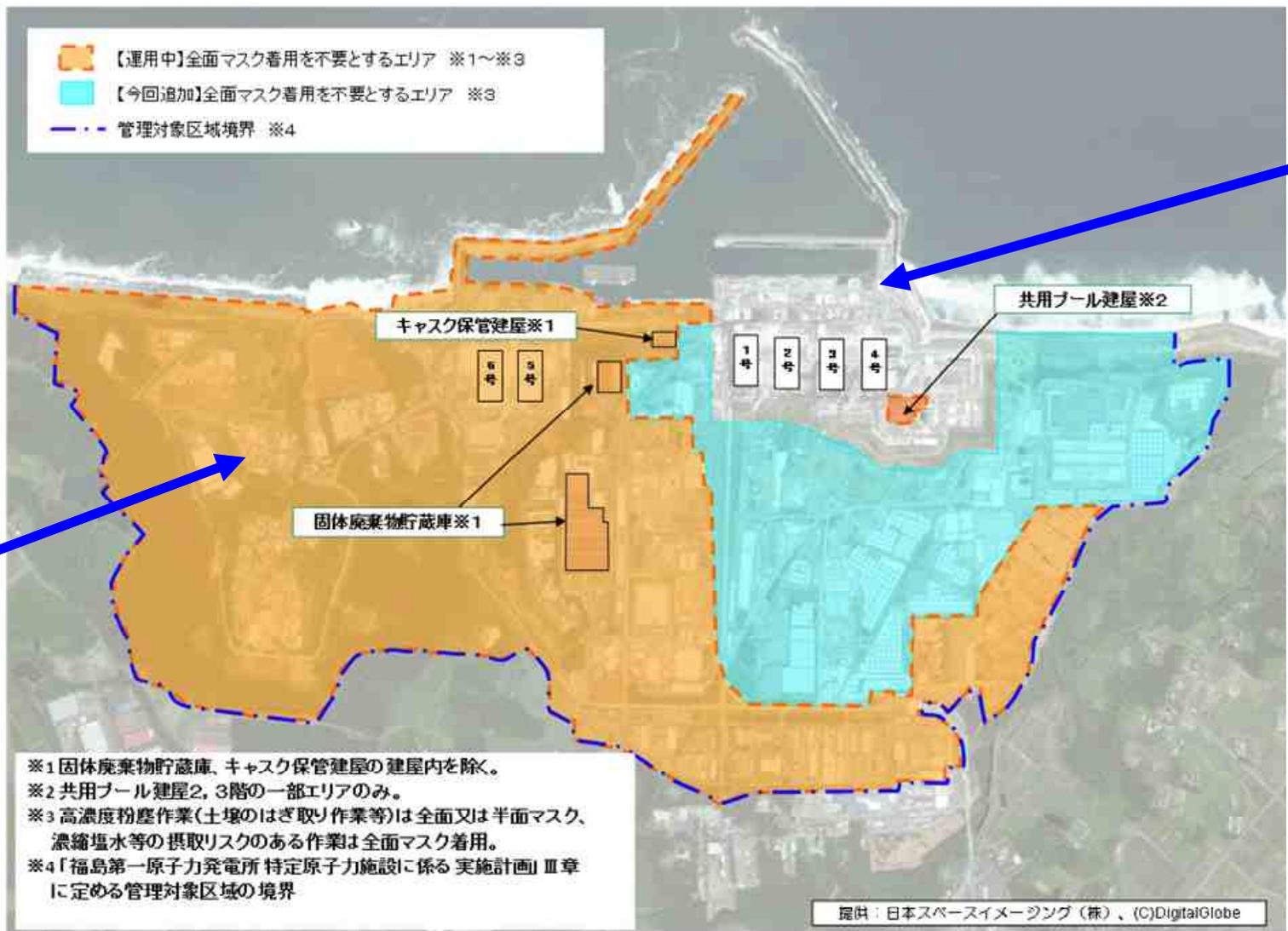
■ 7月の作業に想定される人数(協力企業作業員及び東電社員)は、平日1日あたり約6,800人程度※と想定され、現時点で要員の不足が生じていないことを安全推進協議会に登録されている全元請企業に毎月確認している。(※契約手続き中のため7月の予想に含まれていない作業もある。)

地元雇用率(2015年5月):約45%



平成25年4月以降の各月の平日1日あたりの平均作業員数(実績値)の推移

6. 労働環境改善(全面マスク省略エリアの拡大)



発電所敷地内における全面マスク省略可能エリアの拡大

6. 労働環境改善(放射線環境[線量率・ダスト濃度]の見える化)

■ 構内各所に線量率モニタを設置(現在20箇所。将来的に70箇所に拡大予定)し、現場の線量率を連続表示させるとともに、免震棟など作業員の往来が多い箇所に設置した大型ディスプレイにもリアルタイム表示させ、作業員が線量率を確認しやすい環境を整備。また、同システムに連続ダストモニタの測定結果も、順次、表示させる予定(現在2箇所、将来的に10箇所)。

マーカーにタッチするとトレンド表示(日/週/月/年単位で表示切替可能)

マーカーにタッチすると最新値がポップアップ表示

B009 免震重要棟周辺
12.88μSv/h

(大型ディスプレイ表示画面)

Legend:

- 1000 μSv/h以上 (Red)
- 500 μSv/h以上 (Pink)
- 300 μSv/h以上 (Orange)
- 200 μSv/h以上 (Yellow)
- 100 μSv/h以上 (Green)
- 50 μSv/h以上 (Light Blue)
- 20 μSv/h以上 (Dark Blue)
- 0 μSv/h以上 (Grey)

Trend Graph: B009 免震重要棟周辺

Y-axis: 0, 4, 8, 12, 14



ダスト濃度 [左] と線量率 [右] の表示切替

6. 労働環境改善(作業現場の環境改善)

■ 海側のガレキ撤去



2号機タービン建屋前



Rw集中処理建屋



4号機タービン建屋前



■ タンクエリアでの浸透防止工



■ 護岸エリアのフェーシング(舗装)



3-4号機間 海側



- 約1,000人収容できる仮設の大型休憩所が2014年4月に運用開始
- 大熊町大川原地区に建設していた給食センターが2015年3月31日に完成
- 2015年5月31日から約1,200人収容できる大型休憩所が運用を開始し、翌6月1日から食堂での食事の提供を開始(衛生面の一層の向上を図るための工事を実施するため6月中旬に食堂の運営を一旦停止)。
- 東京電力社員が勤務する新事務棟が2014年10月に完成し、2015年6月から食事の提供も開始



大型休憩所

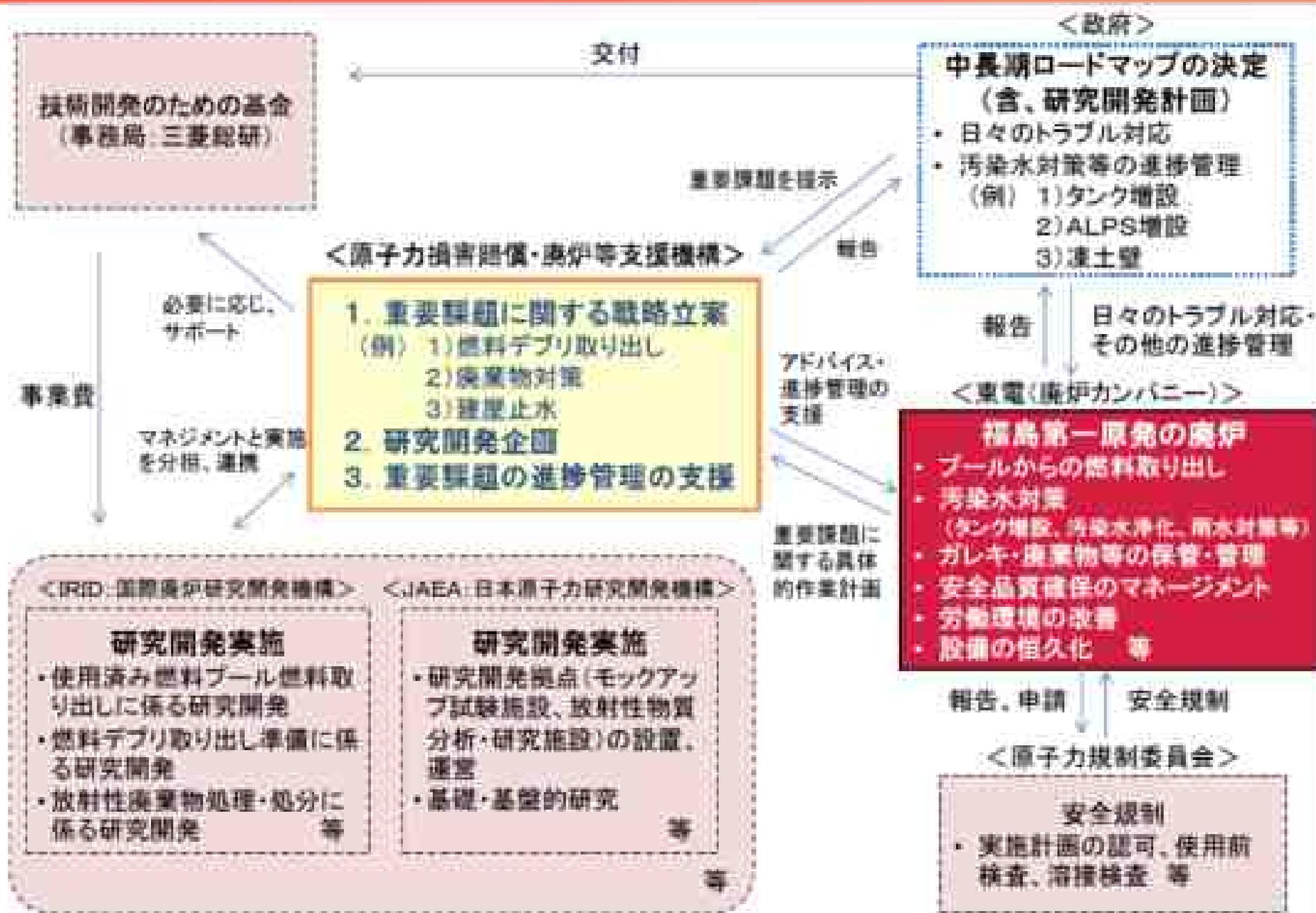


大型休憩所内の食堂



給食センターと調理状況





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

8. 燃料デブリ取り出しに向けた研究開発(IRIDへの期待)

- IRID参加各社の強みを生かしたコラボレーションにより難易度の高い技術開発を完遂すること
- 現場の状況を踏まえつつ、ニーズ志向で技術開発を進めること
- スピード重視でなく、周到な準備に基づき安全性・確実性を確保した技術開発を行うこと

ご清聴いただきありがとうございました。