

福島第一原子力発電所の 廃炉に向けた進捗報告

2015年8月1日

東京電力株式会社
福島第一廃炉推進カンパニー

山下 理道



東京電力

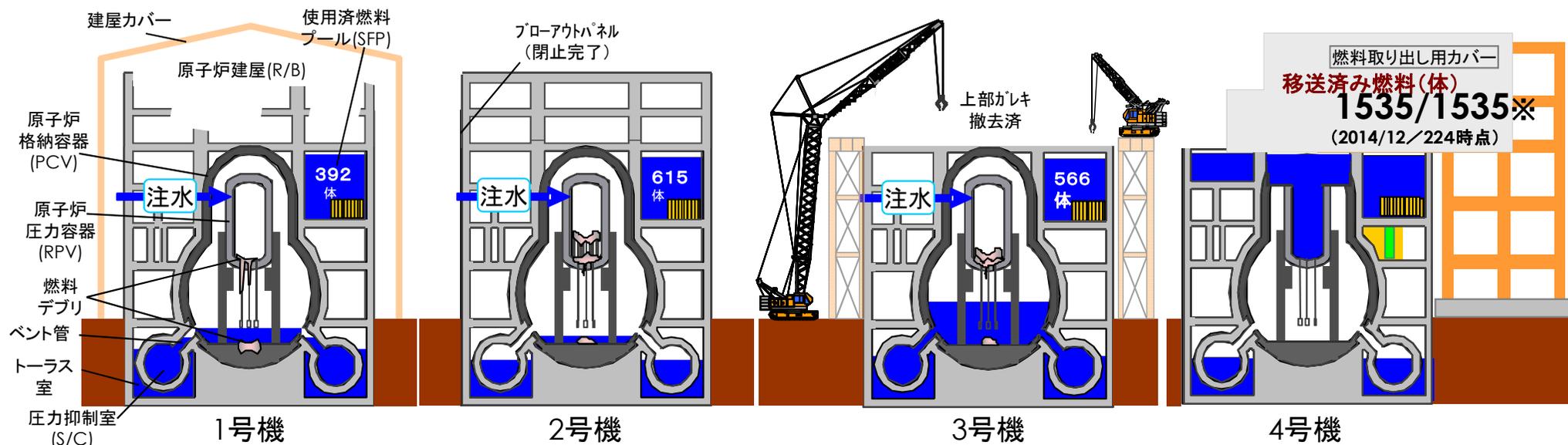
Contents

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

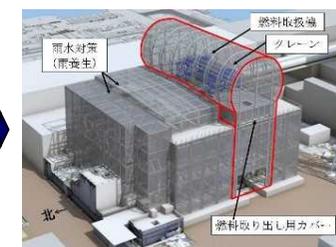
線量が高いため、線量低減対策を遠隔操作重機で
安全かつ着実に実施



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



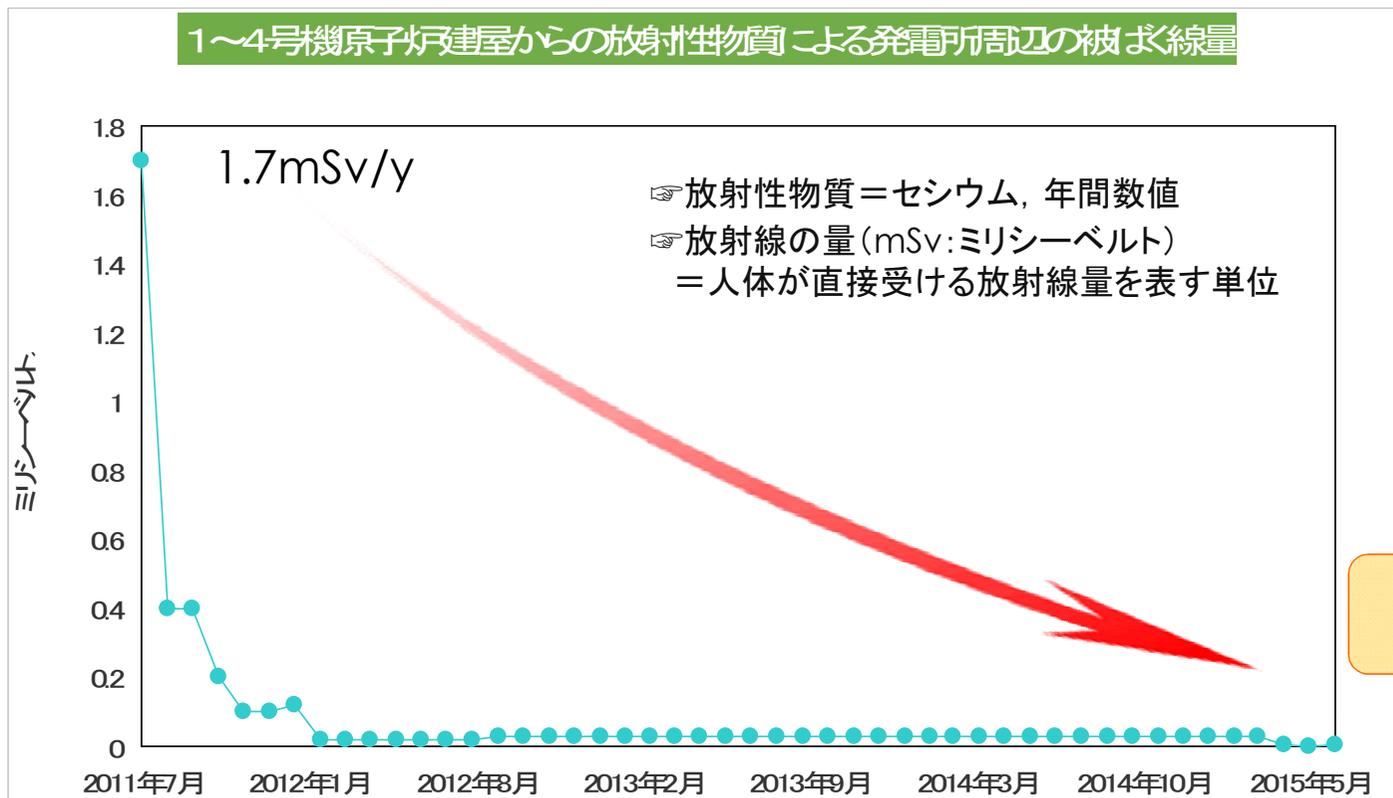
2012年7月5日撮影



2013年11月12日

1. 福島第一原子力発電所の現状 ～気中放射性物質の状況～

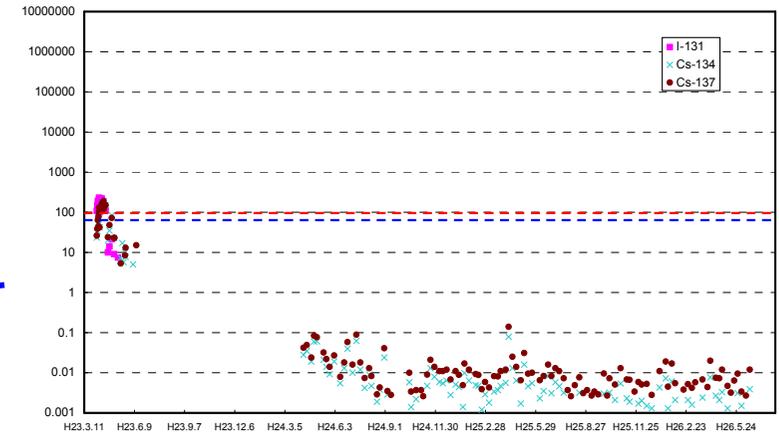
- 1～3号機の圧力容器・格納容器から放出される放射性物質(セシウム)の量は、原子炉建屋頂部での大気風の放射性物質濃度(塵濃度)に基づいて算定。
 - 合計放出量(2015年6月現在)は、約96万Bq/hと算定。
 - 事故収束に向けたロードマップのSTEP2完了時点(2011年12月)における評価値(約6千万Bq/h)と比較して約60分の1。
- このため、敷地境界での被ばく線量は**最大でも0.0025mSv/y**と算定。
(すでに放出されている放射性物質の影響を除く) 注記: 法律により定められた被ばく限界は1mSv/y



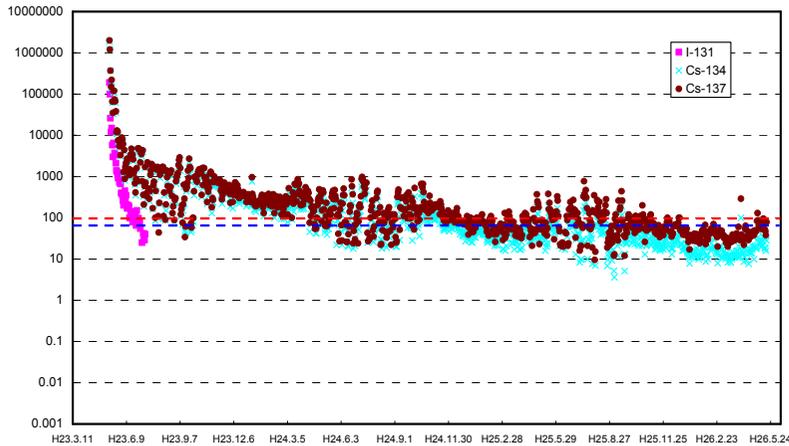
1. 福島第一原子力発電所の現状 ~ 港湾内外における放射能濃度の変化 ~ 5

- 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.

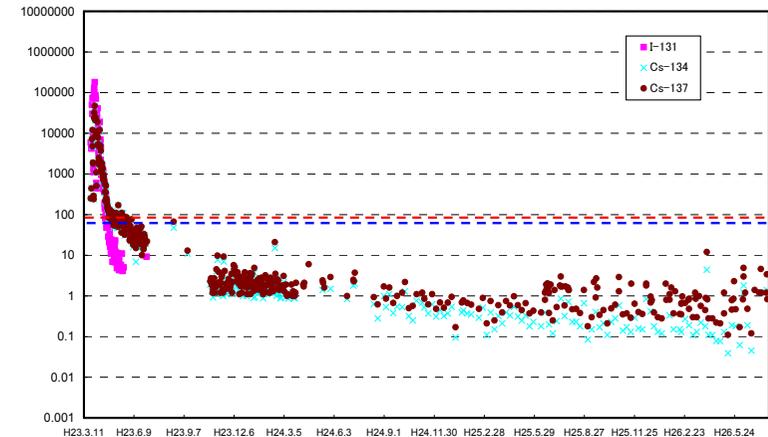
福島第一 敷地沖合15km(T-5) 上層 海水放射能濃度(Bq/L)



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)

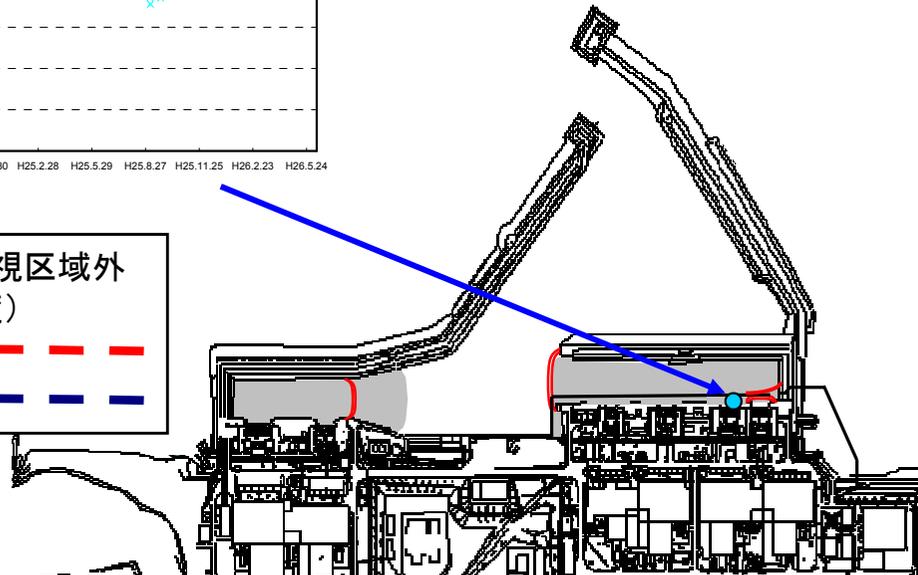


福島第一 南放水口付近 海水放射能濃度(Bq/L)



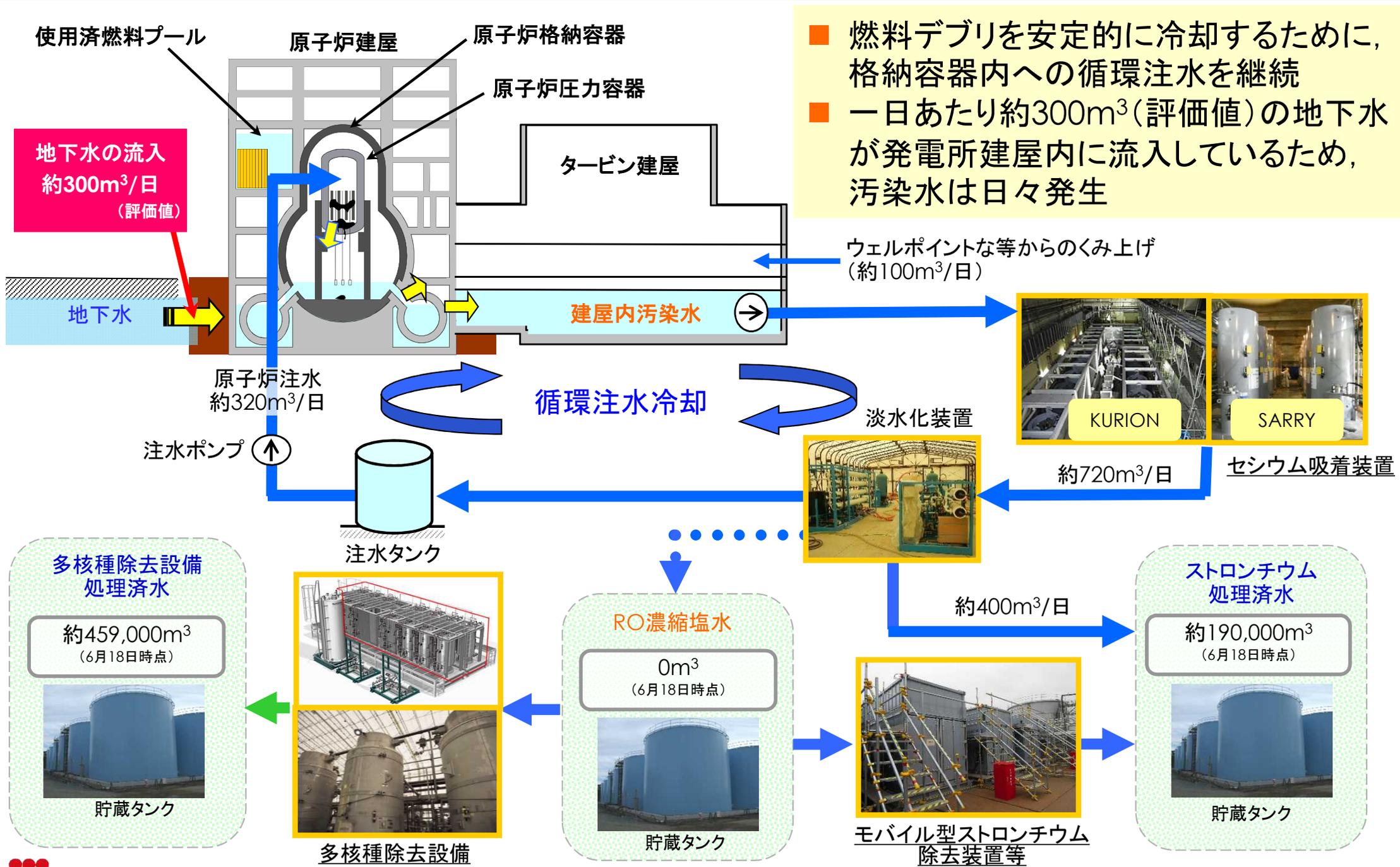
《参考》告示濃度(周辺監視区域外の水中の濃度限度)

- ・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
- 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～

- 福島第一では1日あたり約300トン※¹の地下水が建屋に流入し、汚染水となっている。下記の三つの基本方針に基づき、港湾内への汚染水流出やタンクからの汚染水漏れ問題に対し対策を進めている。

※¹:当初、約400トンの地下水が流入していたが、地下水バイパス等の効果により約100トン減少

方針1. 汚染源を取り除く

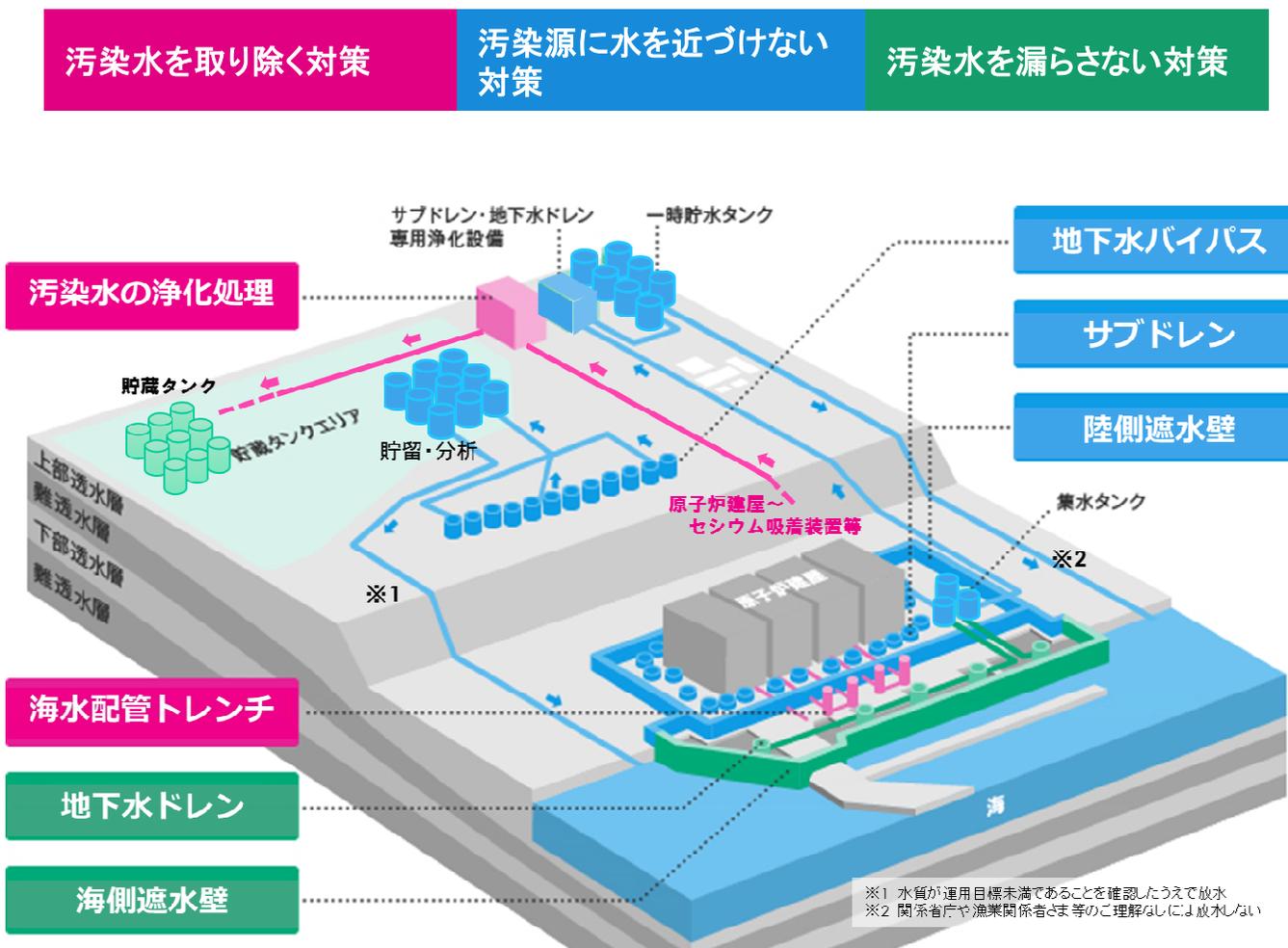
- ①多核種除去設備による汚染水浄化
- ②トレンチ(※²)内の汚染水除去
(※²)配管などが入った地下トンネル

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くみ上げ
- ④建屋近傍の井戸での地下水くみ上げ
- 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

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(溶接型へのリプレース等)



2. 汚染水対策 ～汚染源を取り除く対策～

多核種除去設備等による汚染水の浄化(1/2)

- 福島第一に貯留している汚染水を早期に処理するため、既設の多核種除去設備に加え、増設多核種除去設備および高性能多核種除去設備を設置し、汚染水を用いた系統試験を開始以降、順調に運転。
- 貯留している汚染水に含まれるストロンチウムの濃度を低減するため、モバイル型ストロンチウム除去設備、RO濃縮水処理設備を設置するとともに、セシウム吸着装置(KURION)および第二セシウム吸着装置(SARRY)をストロンチウム除去用に改造し、万一の漏えいに対するリスク、敷地境界線量およびパトロールにおける作業員の被ばく線量などを低減。

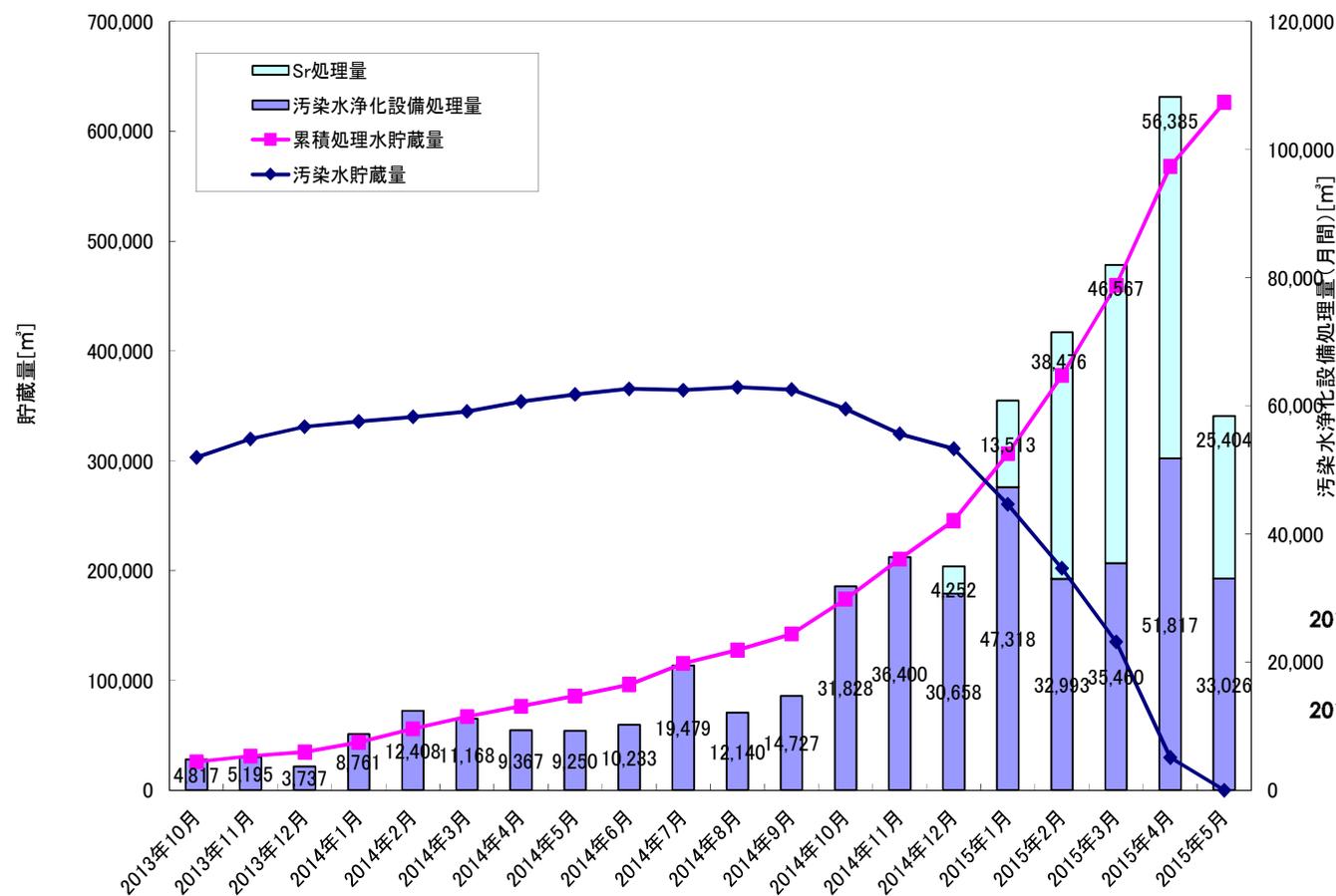
汚染水処理設備

	1 多核種除去設備	2 増設多核種除去設備	3 高性能多核種除去設備	4 モバイル型Sr除去設備	5 RO濃縮水処理設備	6 セシウム吸着装置によるSr除去	7 第二セシウム吸着装置によるSr除去
除去能力	62核種を告示濃度限度未満			ストロンチウム(Sr)を1/10～1/1,000			
処理能力	250m ³ /日 × 3系統	250m ³ /日 × 3系統	500m ³ /日	300m ³ /日 × 2系列 480m ³ /日 × 4台	500～900m ³ /日	600m ³ /日	1,200m ³ /日
状況	試運転中			停止中(次期使用方法について検討中)		運転中	

2. 汚染水対策 ～汚染源を取り除く対策～

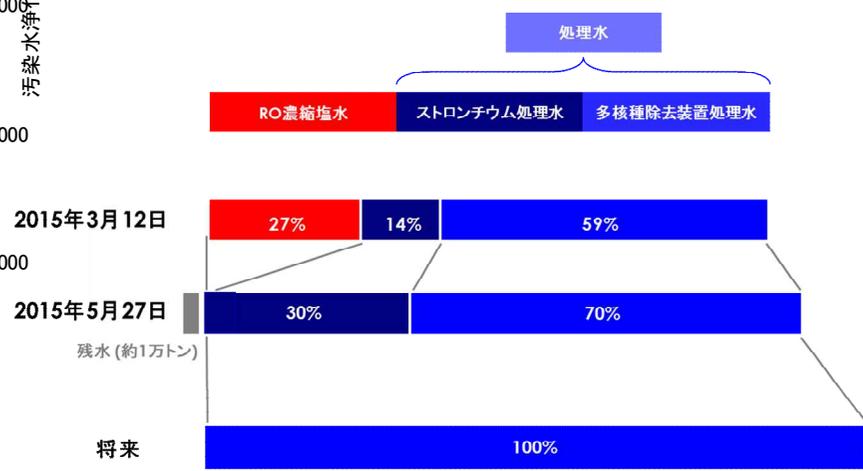
多核種除去設備等による汚染水の浄化(2/2)

- 汚染水の処理を進めてきた結果、汚染水の処理は3月末時点で約8割が終了し、タンク起因の敷地境界の実効線量1mSv/年未満については2014年度末に達成。
- その後も汚染水の処理を進め、タンク底部の残水を除き、5月27日にRO濃縮水の処理が完了。



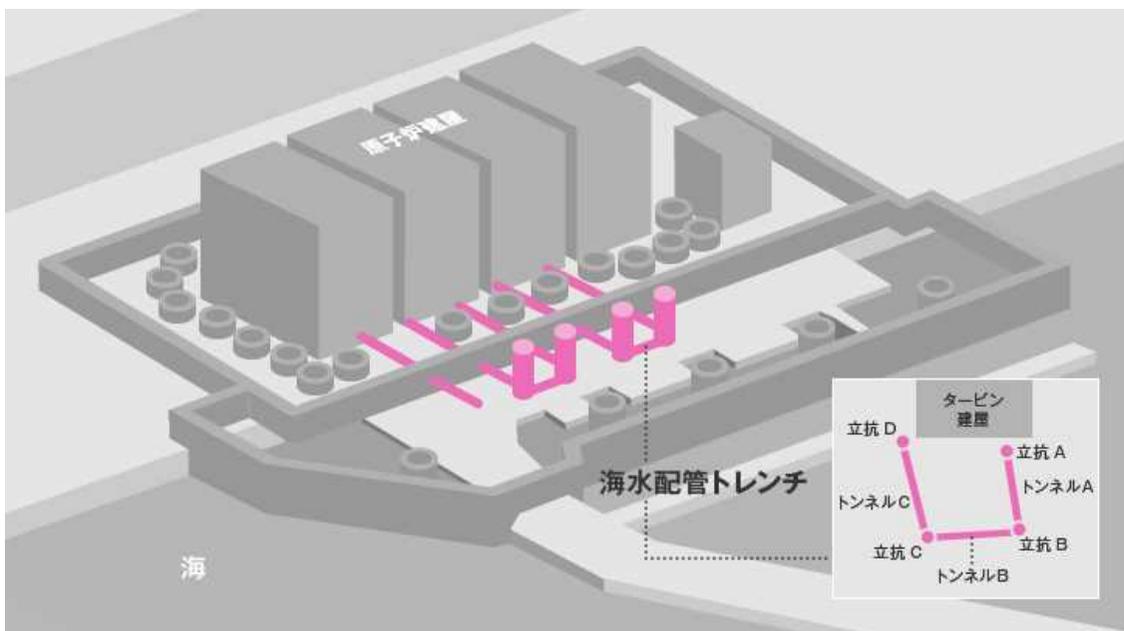
汚染水浄化設備による汚染水処理量の推移状況

5月28日現在



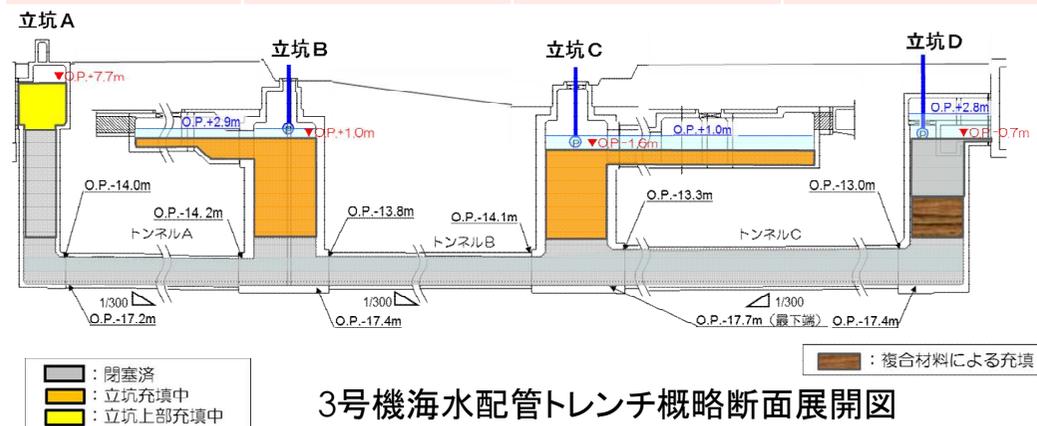
海水配管トンチからの汚染水の除去

- 外的要因(津波等)により高濃度汚染水が流出するリスクを低減するため、2～4号機の海水配管トンチ内に滞留している汚染水を除去すると共に、地下水などの流入による再滞留を防止するため、トンネル内部を充填する作業を実施。
- 2号機のトンチにおいては、トンネル部の充填を2014年12月18日に完了し、立坑の充填を7月10日に完了。トンチ内の滞留水の移送を6月30日に完了。(残水処理は継続して実施)
- 3号機のトンチにおいては、トンネル部の充填を4月8日に完了し、5月2日より立坑の充填を開始。4号機のトンチにおいては、開口部および放水路の一部を除きほぼ滞留水の除去が完了。



海水配管トンチからの汚染水除去概略図

号機	2号機	3号機	4号機
残留滞留水	0 m ³	約90 m ³	約60 m ³
充填量	約4,510 m ³	約5,430 m ³	約630 m ³

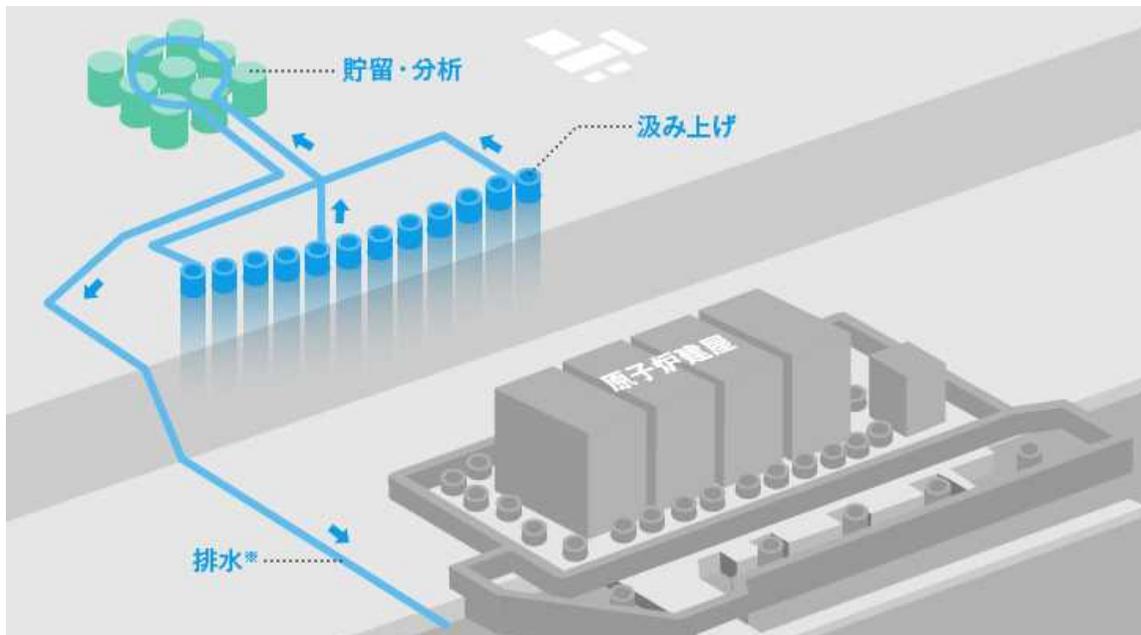


3号機海水配管トンチ概略断面展開図

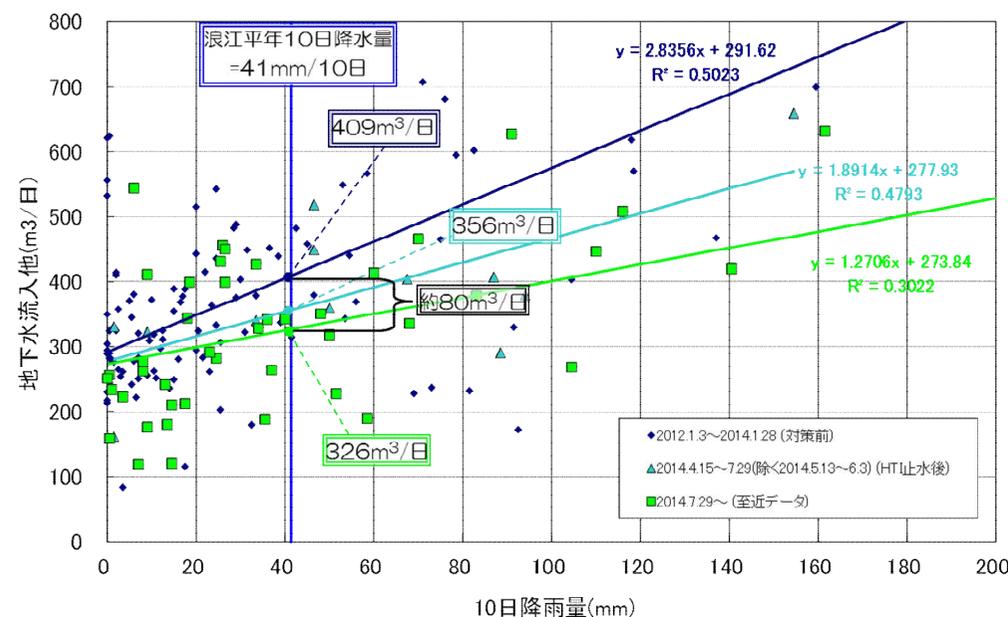
2. 汚染水対策の現状 ～汚染源に水を近づけない対策～

地下水バイパスによる地下水の汲み上げ

- 地下水バイパスは、発電所構内の山側(西側)から海側(東側)に向かって流れている地下水を建屋内に流入する前に汲み上げ、建屋周囲の地下水位を下げることにより、建屋への流入量を減少。
- 2014年5月21日より建屋山側で汲み上げた地下水を順次排水し、地下水の水位を徐々に低下。2015年7月24日までに汲み上げた地下水が厳しい運用目標値未満であることを確認したうえで、計74回排水(総排水量約116,897m³)。
- 現在、地下水バイパスは一日当たり300～350m³の地下水を汲み上げており、これまでに得られたデータから、建屋への地下水流入量を評価すると、従前より1日あたり80m³程度減少。



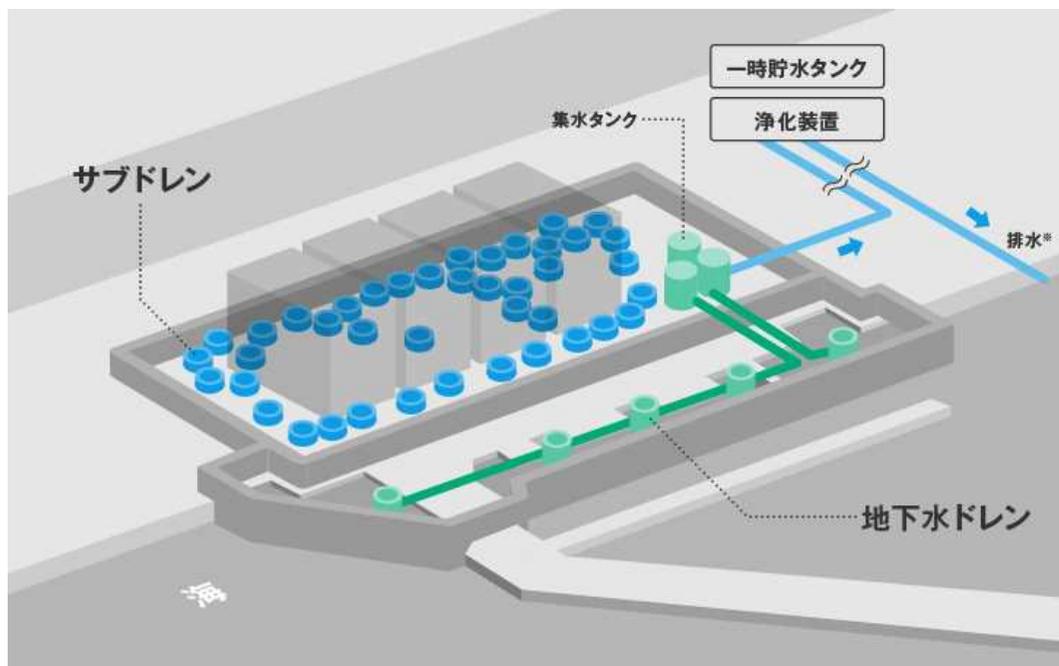
地下水バイパス運用の流れ



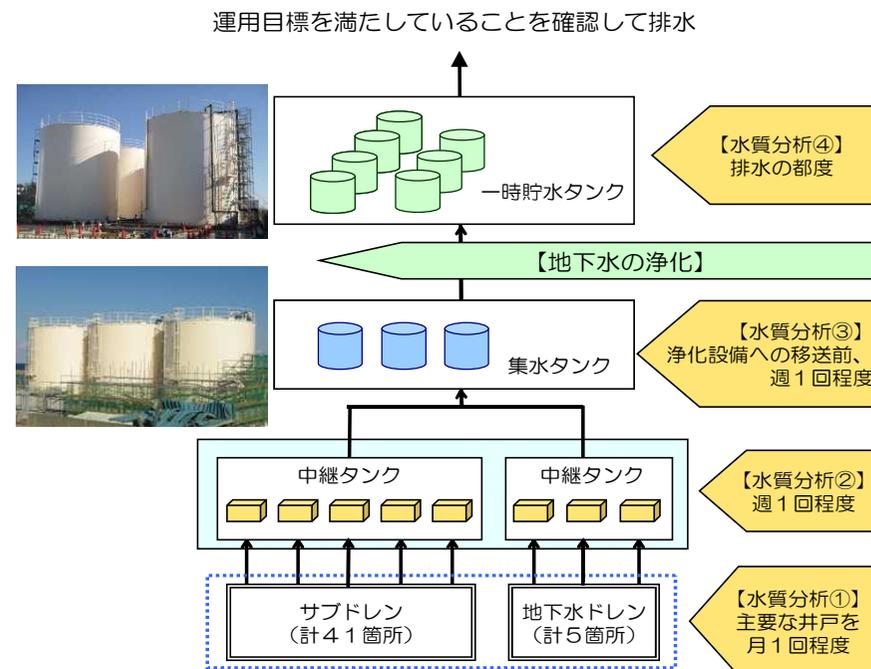
建屋流入量評価結果(2015年6月11日現在)

サブドレンによる地下水の汲み上げ

- 更なる建屋への地下水流入量を低減させるため、建屋近傍の井戸(サブドレン)から地下水をくみ上げ、より直接的に建屋周囲の地下水位を下げることを計画。
- サブドレンからの地下水は、事故の影響により汚染された地表面のガレキ等に触れた雨水が混合し、放射性物質を含んでいるため、専用の浄化設備を設置して、放射性物質濃度を1/1,000～1/10,000程度まで低減させる。浄化設備で処理した地下水は、設定した水質基準を満たすことを確認し、港湾内に排水することを計画しているが、排水にあたっては、関係省庁や漁業関係者等のご理解を得たうえで実施する予定。



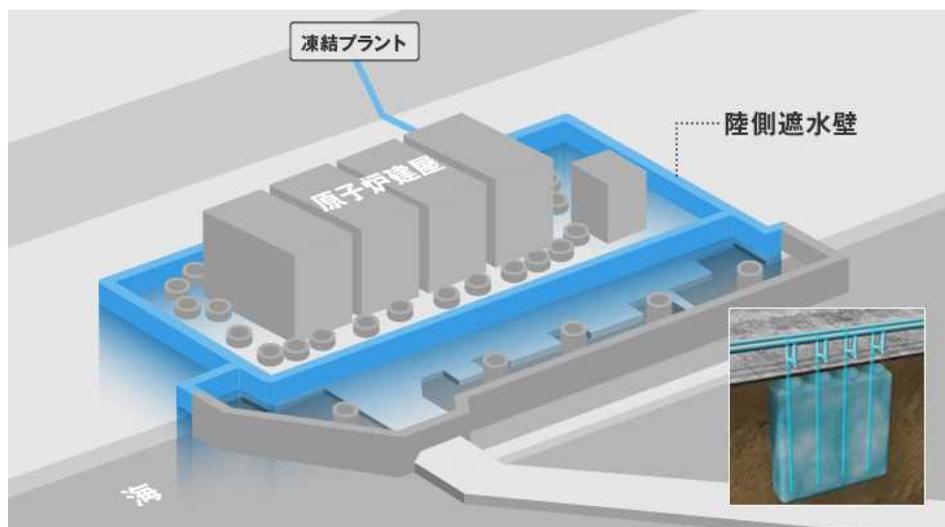
サブドレン概略図



サブドレン運用案

凍土方式による陸側遮水壁

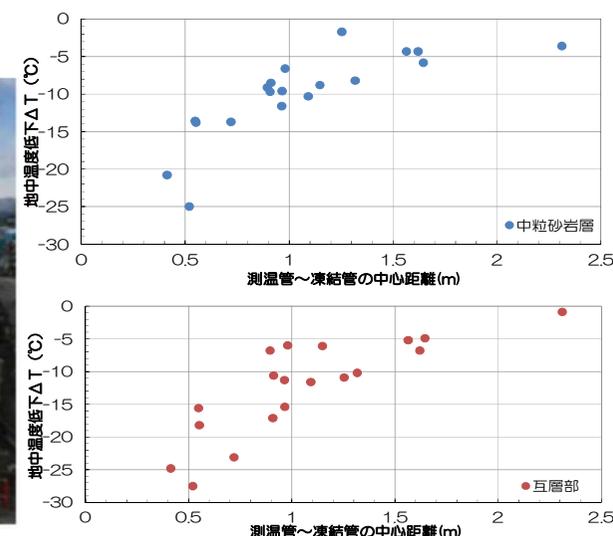
- 凍土方式の遮水壁は、1～4号機の原子炉およびタービン建屋周囲を取り囲むように約1m間隔で凍結管(深さ約30m)を設置し、地下水を凍らせることで遮水壁を構築し、建屋への地下水の流入を防ぐもの。2014年3月に実証試験により凍結することを確認。
- 1号機北西エリアにおいて、凍結管設置のための掘削工事を2014年6月2日に開始し、凍結管1,551本のうち、2015年7月23日までに1,409本の掘削および1,341本の設置が完了。また、土を凍らせるための冷凍機の設置を進め、30台の設置を2014年11月26日に完了。
- 冷却材循環設備の全体システムの稼働状況や地下水流況の影響等を確認する目的で、2015年4月30日より試験凍結を18箇所を開始。これまでのところ冷凍機に不具合はなく、冷却材供給温度は -30°C 付近で安定。凍結管近傍の地中温度については、凍結管の配置、測温管との離隔に応じた温度低下傾向を確認。



凍土方式の遮水壁施工概要



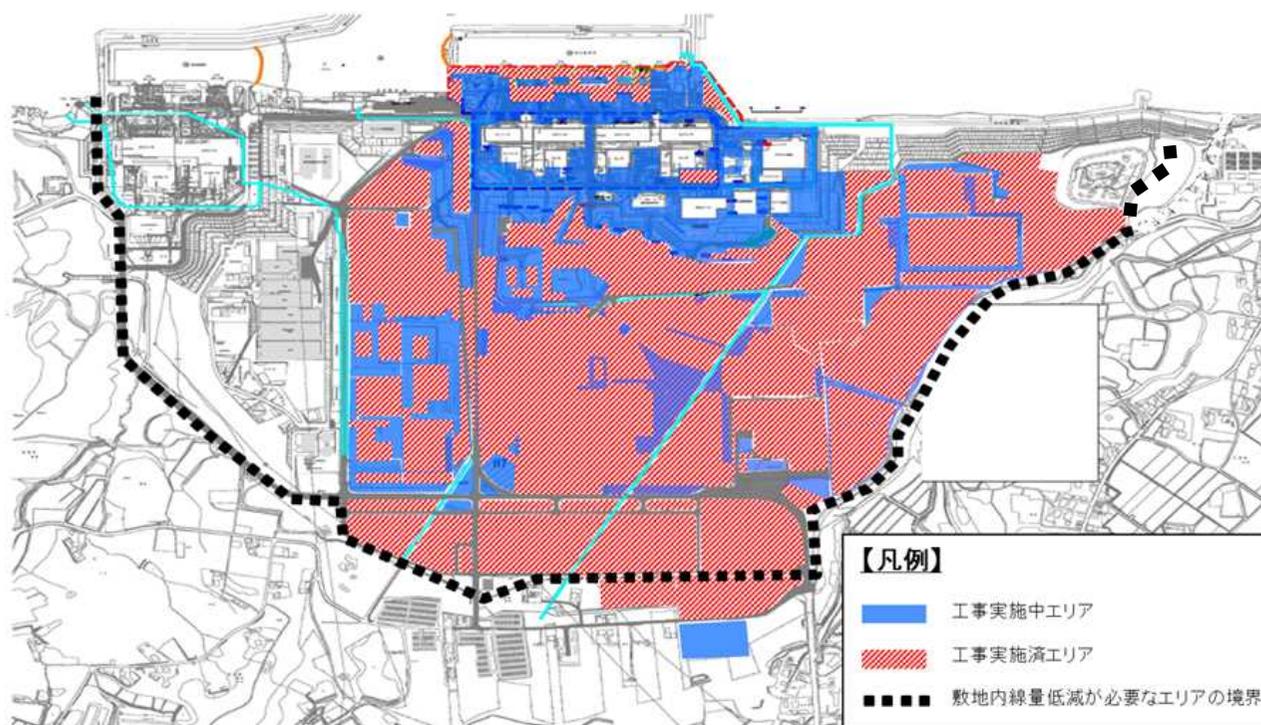
冷凍プラント建屋



凍結管との離隔と地中温度

雨水の土壌浸透抑制

- 発電所敷地内に降り注ぐ雨は、地下に浸透し、建屋内に流入するため汚染水増加の一因となっているため、敷地内の地表面をアスファルト等で覆うことで雨水の土壌への浸透を抑制。
- 発電所敷地内の舗装対象エリア(145万m²)に対して、敷地舗装を進めており、2015年5月時点での進捗は約73%。
- 敷地舗装により、地下水が2～3年かけて徐々に低下し、建屋へ流入している地下水は160 m³/dまで低減すると評価。



フェーシング全体進捗状況(2015年5月)



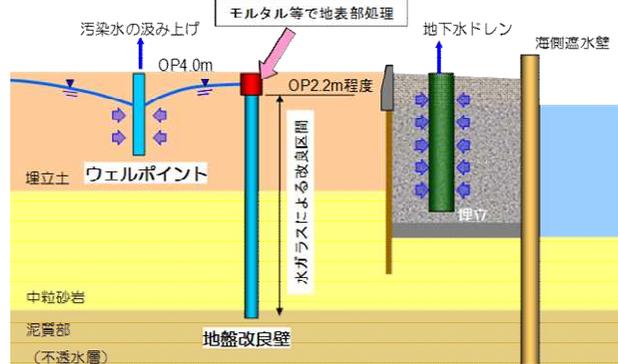
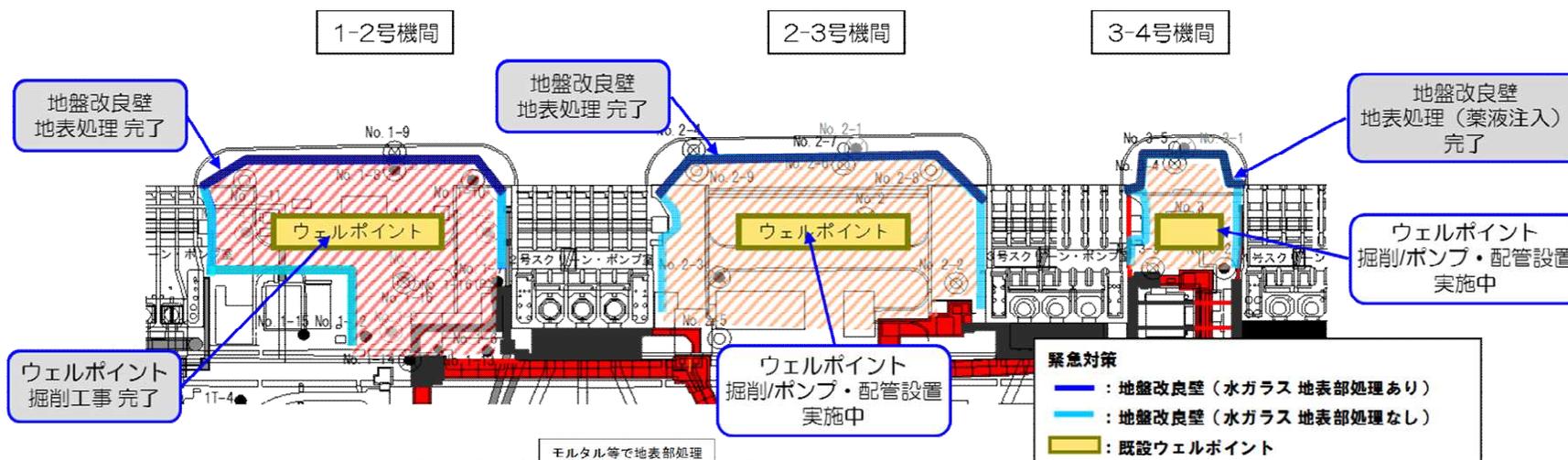
法面モルタル吹付施工状況



アスファルト舗装施工状況

護岸エリアの地盤改良

- 護岸エリアは、地下水に汚染が確認。この地下水による海洋への汚染を抑制するため、汚染が確認されたエリアを囲い込み、汚染水流出のリスクを低減。
- 4m盤における地盤改良工事は実施済み。(2014年3月完了)
- 1～2号機, 2～3号機エリアでは、水ガラスを注入できない地表付近での地下水の越流を防止するため、モルタル施工を実施。3～4号機エリアにおいても、同様の工事を実施する予定。



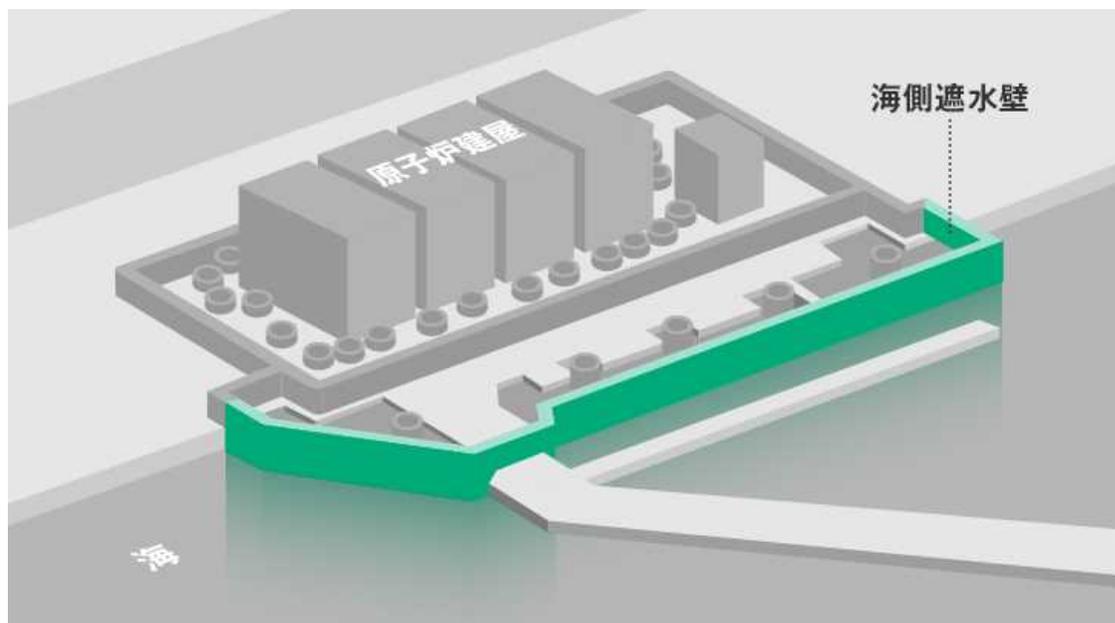
エリア	地盤改良壁 地表処理	ウェルポイント 設備変更 *注1
1-2号機間	2014/1完了	掘削/ポンプ・配管設置 2015/4完了
2-3号機間	2015/2完了	掘削/ポンプ・配管設置 2015/7完了予定
3-4号機間	2015/6完了	掘削/ポンプ・配管設置 2015/7完了予定

工事進捗状況

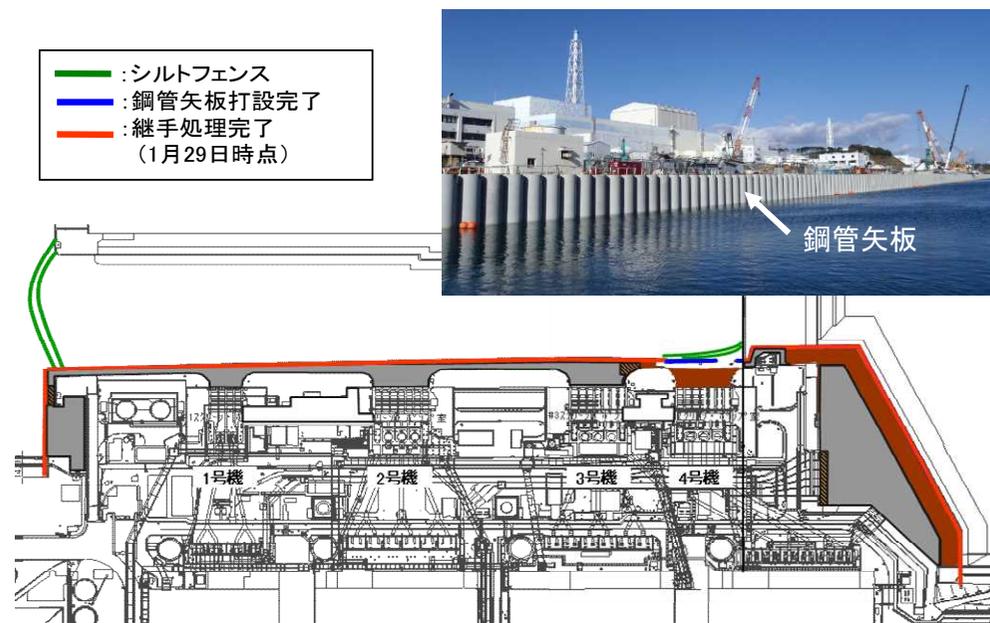
*注1：地下水くみ上げは既存ウェルポイントを使用(2015/06)

海側遮水壁の設置

- 放射性物質を含む地下水の港湾内への流出を抑制するため、1～4号機の4m盤の前面に遮水壁を設置し、これとあわせて地下水水位の管理を行うことによって、海洋汚染の拡大を防止。
- 海側遮水壁は、4号機取水口前を除いて鋼管矢板の設置を完了。
- 最終的に4号機取水路前を閉合すると、海側遮水壁内側の地下水水位が上昇し、汚染された地下水が遮水壁外部(港湾内外)に流出するリスクがあるため、海側遮水壁内側の地下水のくみ上げを実施することが必要。
- 港湾へと流出していた地下水(地下水ドレン)を遮水壁の内側でくみ上げ、建屋近傍の井戸水(サブドレン)と共に、安定的に浄化・移送できることを確認した後、海側遮水壁を閉合する計画。



海側遮水壁施工概要



海側遮水壁の設置状況

タンク建設・リプレースおよび汚染水を貯留するタンクエリアの改善

- 汚染水の受入容量が不足しないよう、計画に余裕をもって鋼製円筒型タンク（溶接接合（溶接型タンク））の建設を順次実施。2016年3月までに90万m³を確保する計画。
- タンクの信頼性向上のため、フランジ型タンクから溶接型タンクへのリプレース（撤去および設置）を実施。
- 台風等の降雨量が多い場合、堰から雨水が溢水する可能性があるため、雨樋、堰カバー等の雨水抑制対策を実施。



<タンク建設状況>

タンク建設・撤去進捗状況



<撤去タンク保管状況>



タンク堰内雨水への対応状況

3. 設備の信頼性向上 ～配管の恒久化及び循環ループ縮小～

- 配管からの漏えいリスク低減を目的に、恒久化を計画的に実施。
- 汚染水の移送，水処理，炉注を行う循環ループについては，塩分除去（RO）装置を4号タービン建屋に設置し，循環ループを縮小（屋外移送配管は約3kmから約0.8kmに縮小）することで，漏えいリスクを低減（2015年度実施予定）。



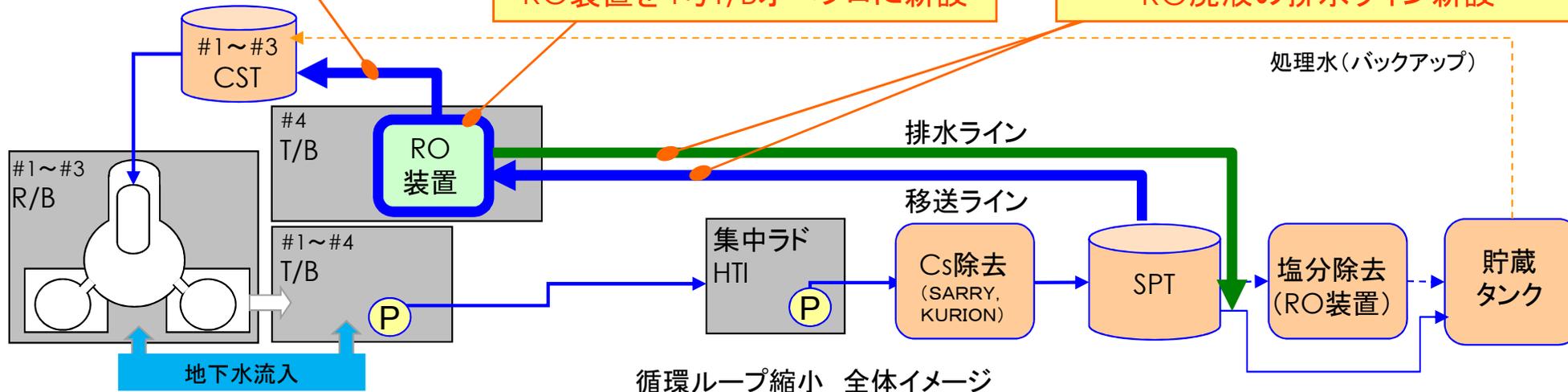
配管の恒久化状況

※ 太線部が今回設置する「建屋内RO循環設備」

RO装置からCSTへ移送ライン新設

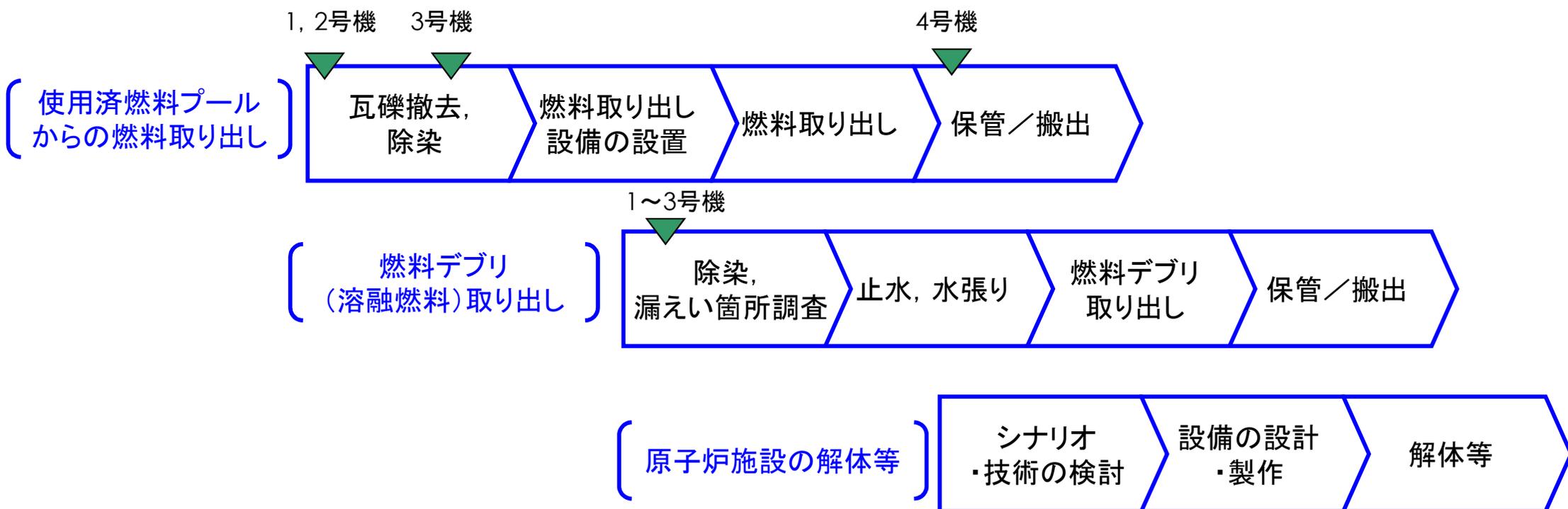
RO装置を4号T/Bオペフロに新設

SPTからRO装置への移送ライン，RO廃液の排水ライン新設



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～ 19

- 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

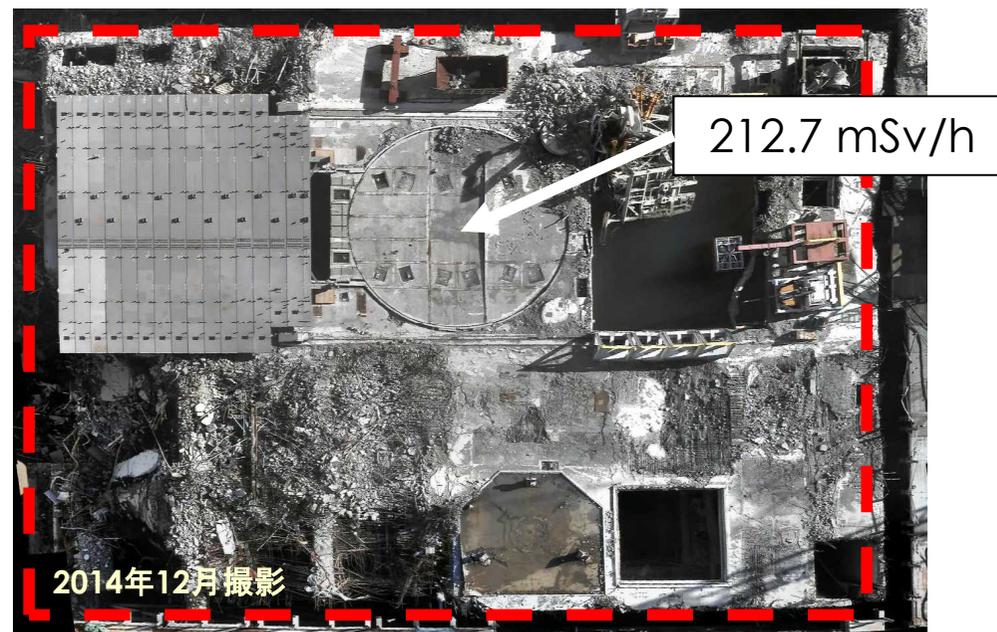
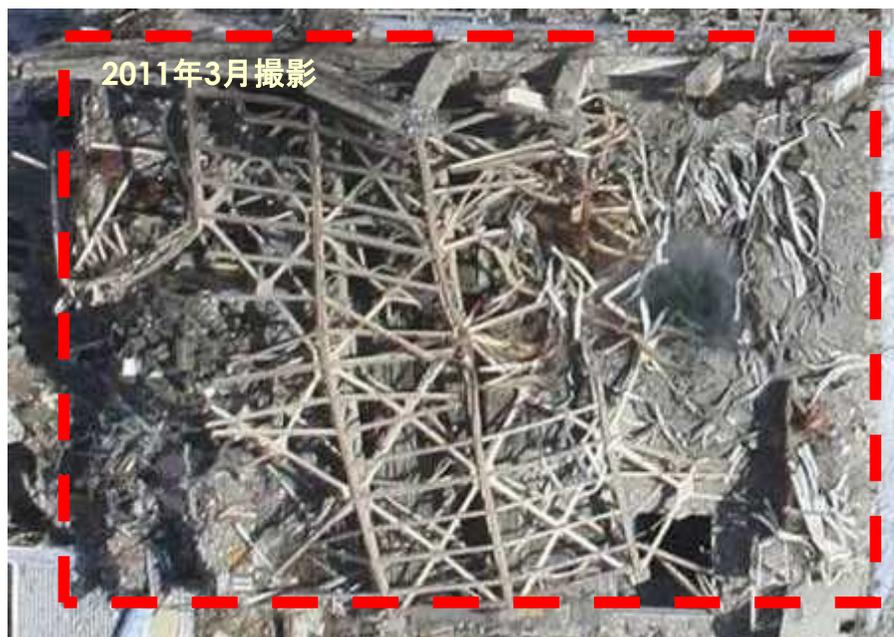


2013年11月12日：燃料取出用架台を設置（使用した鉄骨4200トンは東京タワーと同程度）。



4号機使用済燃料プールからの燃料取り出し工程

- 2015年7月時点で、オペレーティングフロアの大型ガレキの撤去は完了し、除染・遮へい工事を実施中。
- 使用済み燃料プール内の大型ガレキについては、燃料交換機の撤去準備中。
- 今後、オペレーティングフロア、プール内の大型ガレキの撤去完了後、さらなる線量低減のための遮へい設置、燃料取り出しカバーの設置に着手する計画。

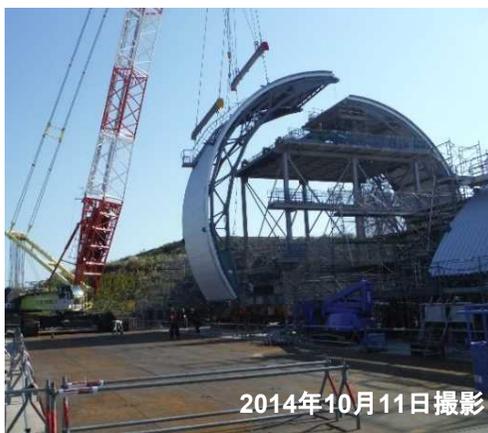


3号機オペレーティングフロアの状況

- 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実施。
- 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。



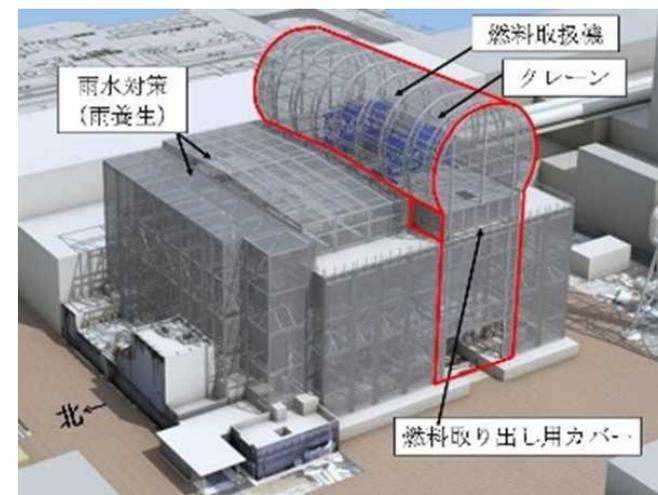
カバー架構部材の保管状況



屋根部材の組立状況



ガーダーの組立状況



燃料取出カバーの設置(イメージ)

- 1号機は、原子炉建屋にカバーが設置されているため、使用済み燃料プールから燃料を取り出すためにはカバーの撤去が必要。
- 2014年10月22日よりカバーの撤去を開始。屋根パネルを2枚取り外し、ダストの状況等を監視。調査の結果、ダストの飛散や使用済み燃料プール内の燃料にただちに損傷を与えるような状況は確認されず。(同年12月4日屋根パネル復旧)
- 2015年7月28日より、カバーの撤去を再開。今後、がれきの撤去等を慎重に進める。



オペフロ全景(北西面)
2011年6月撮影



オペフロ全景(南東面)
2011年6月撮影



原子炉建屋オペレーティングフロアの状況



2014年12月撮影

カバー設置後(現状)



燃料取扱機



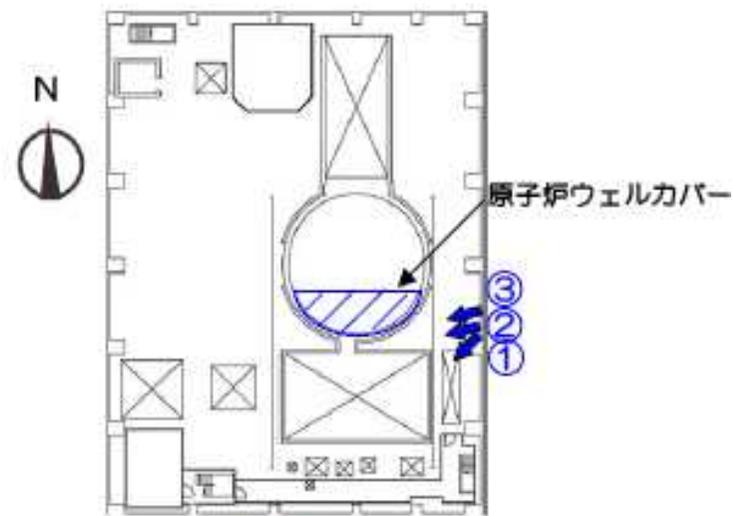
ガレキ

原子炉ウェルカバー



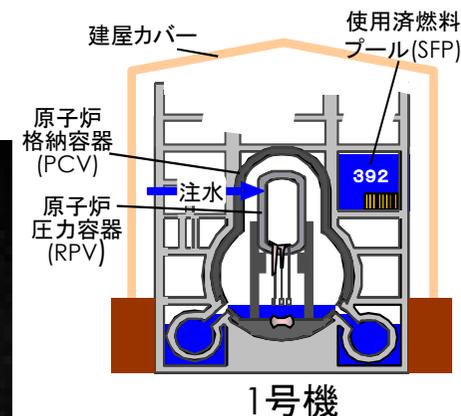
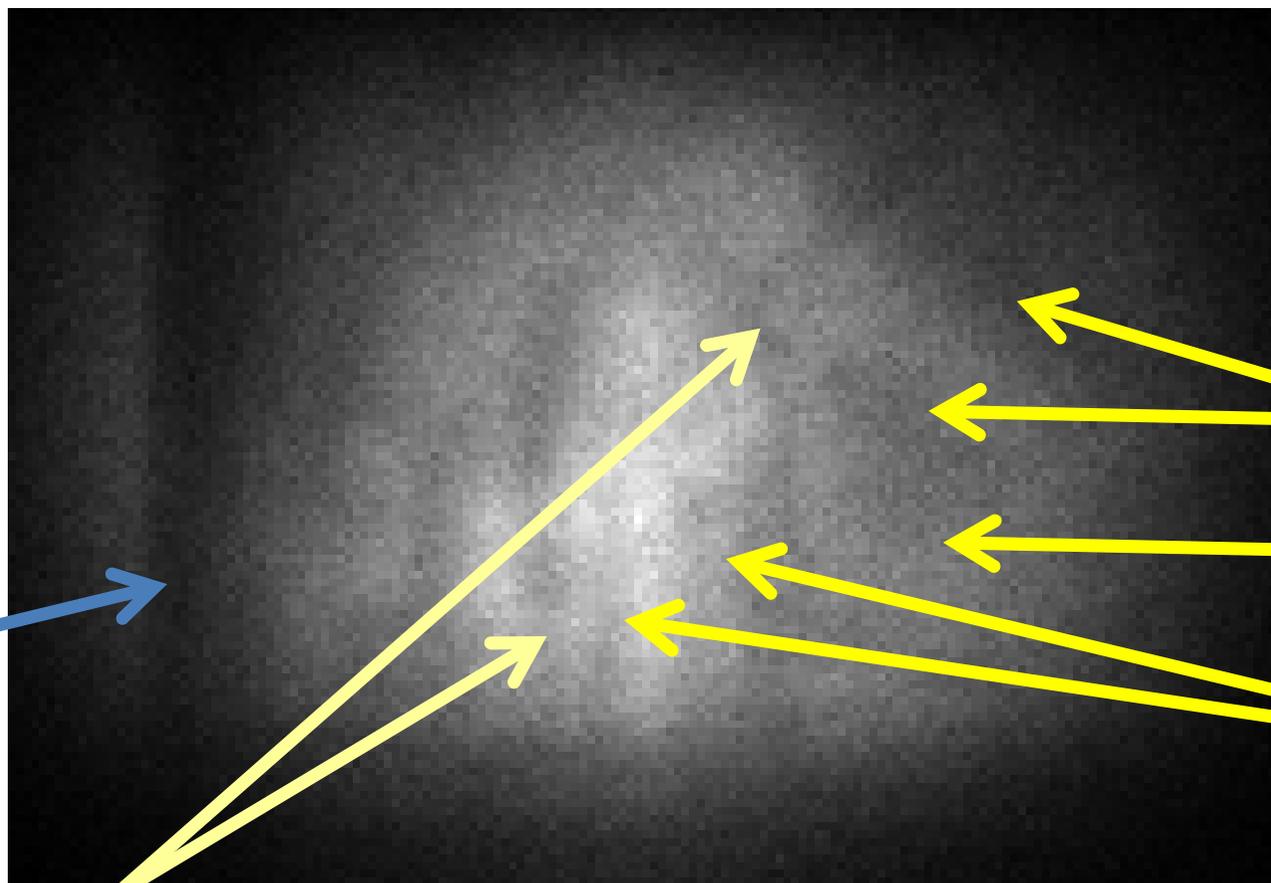
燃料取扱機(下部)

使用済燃料プール水面



撮影箇所

- 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.



非常用復水器(IC)

燃料プール

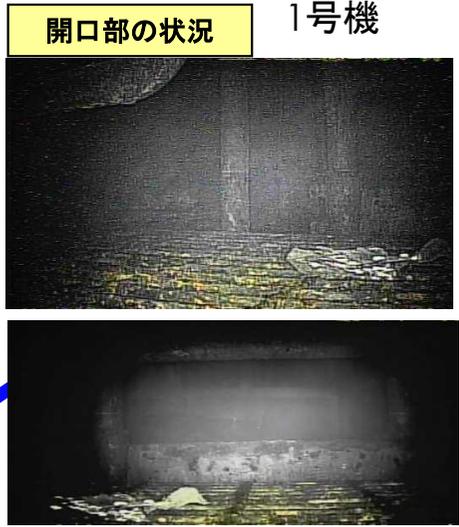
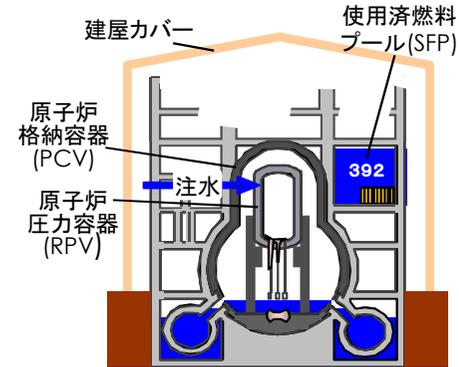
原子炉圧力容器と生体遮へい壁

格納容器

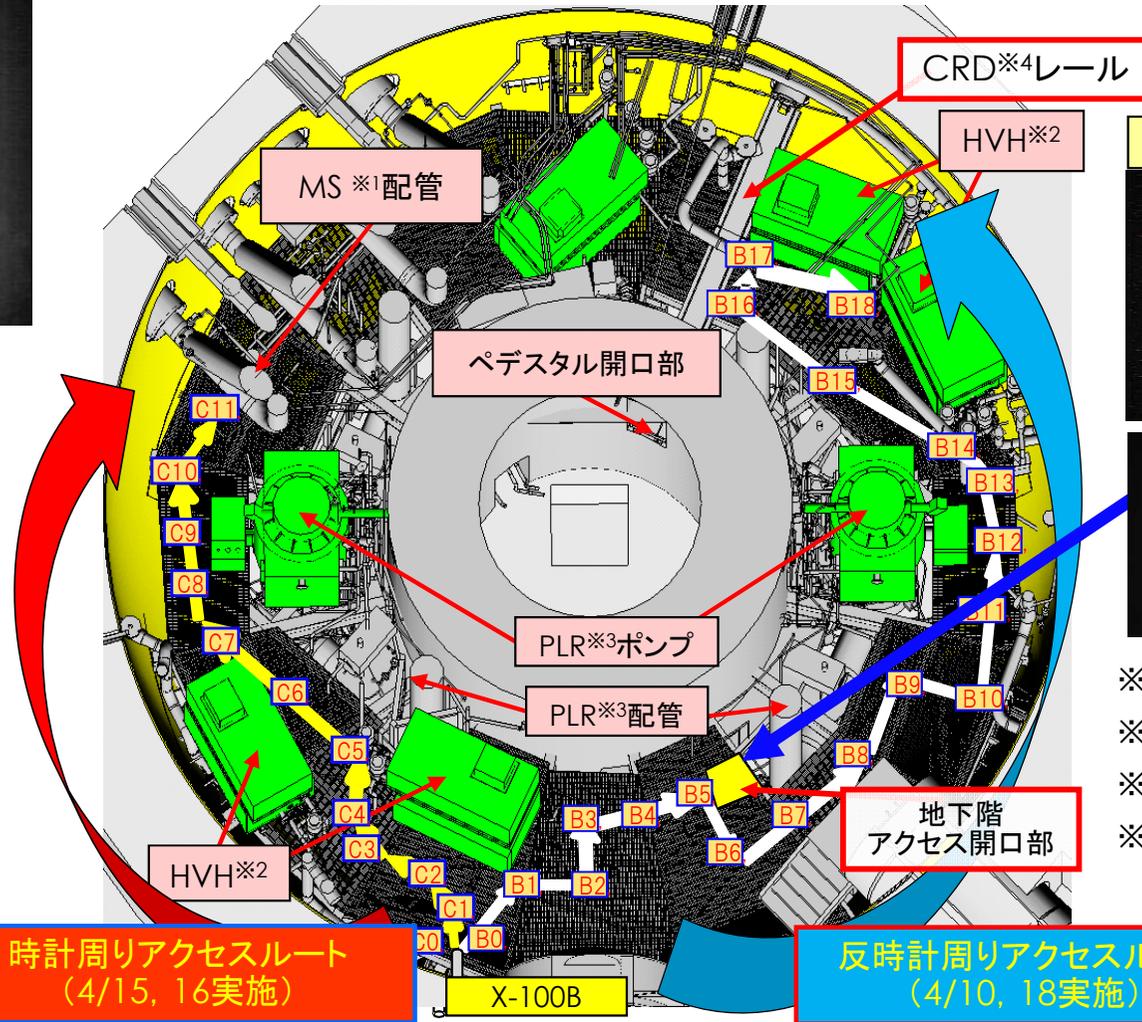
測定結果の実際の構造物・機器等との対応関係

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.

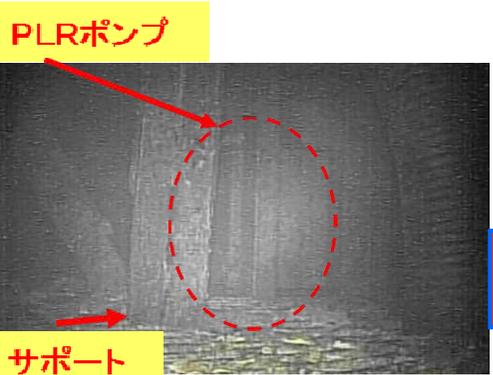


- ※1 主蒸気系
- ※2 空調ユニット
- ※3 原子炉再循環系
- ※4 制御棒駆動機構

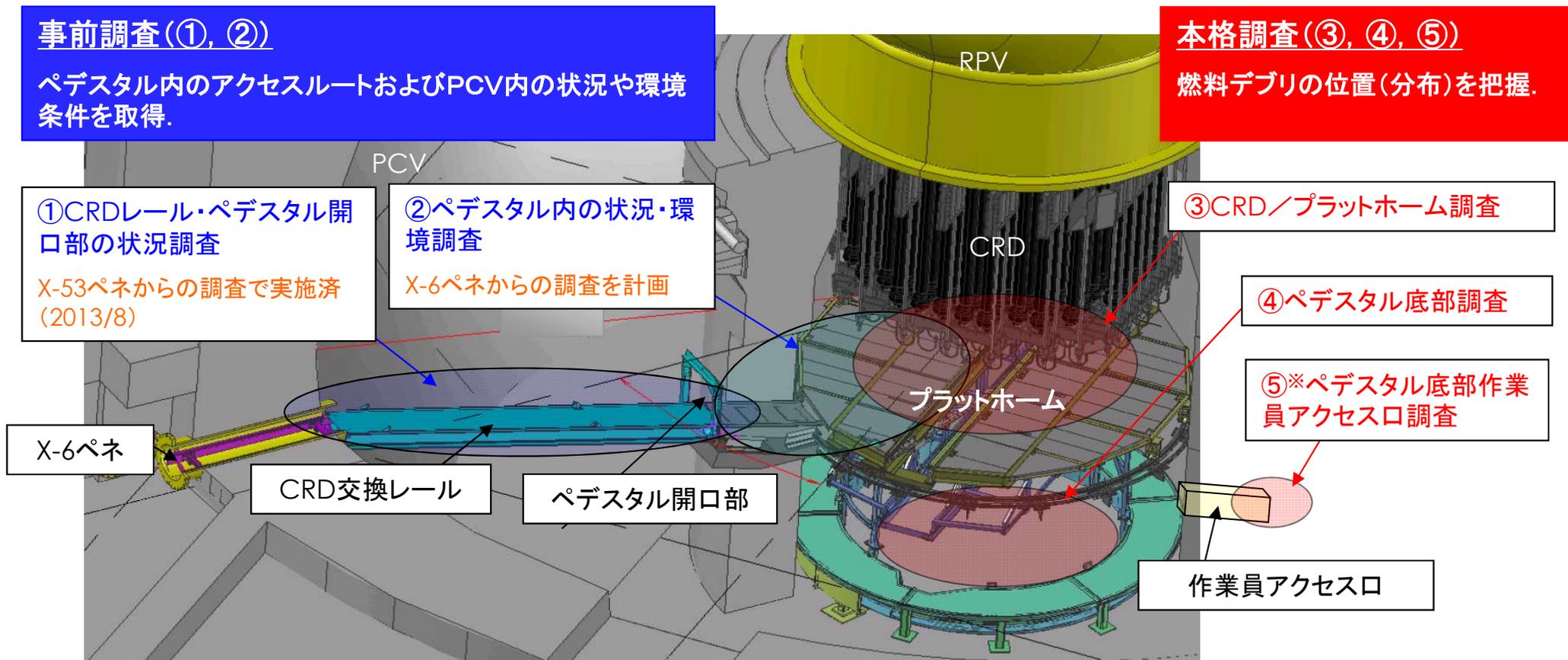


時計周りアクセスルート (4/15, 16実施)

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.
- 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

5. 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～

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ないものではない。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、檜葉町（檜葉南工業団地）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



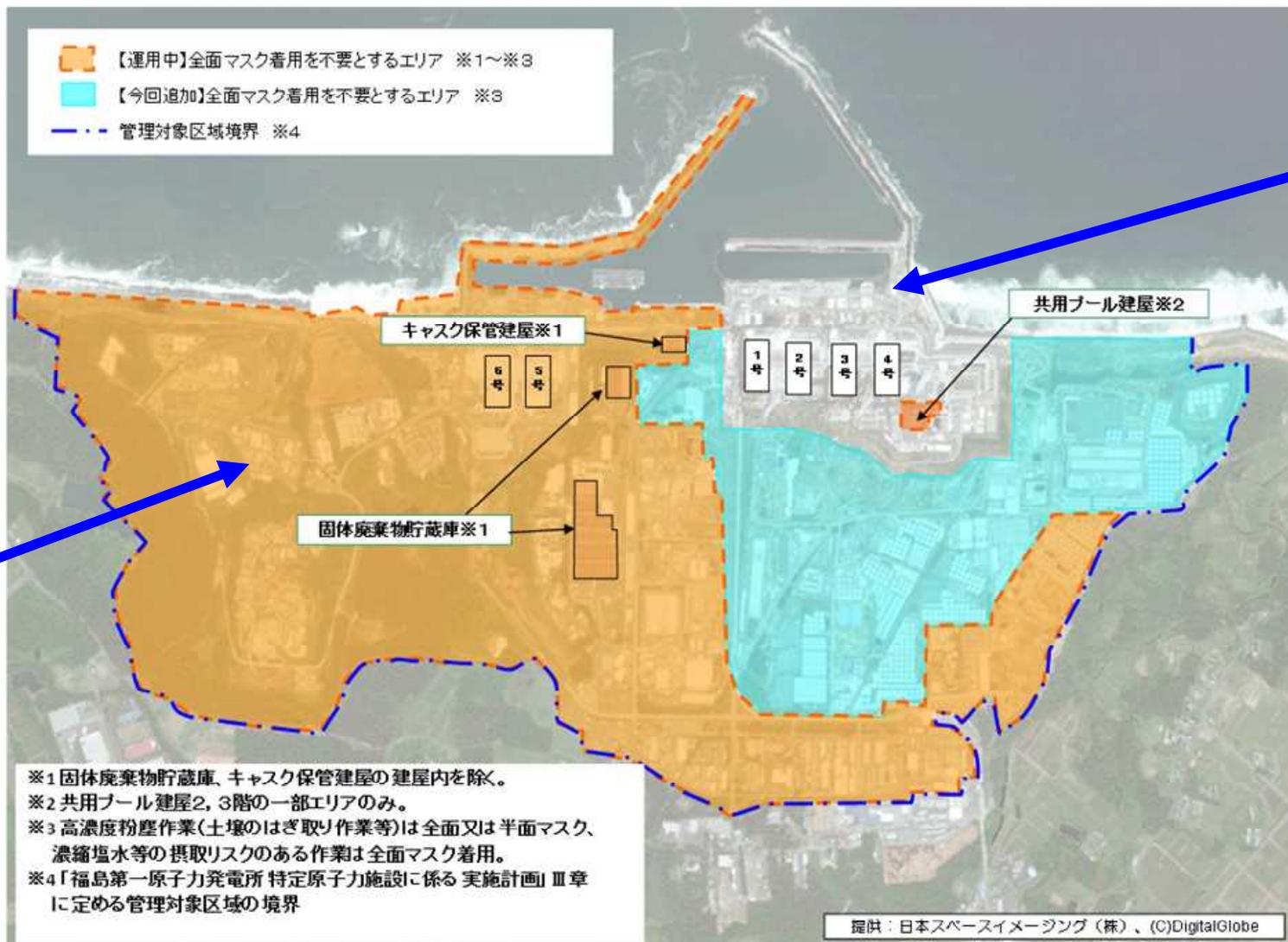
マニピュレータ

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.)
- 地元雇用率は, 2015年5月時点で約45%.



2013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

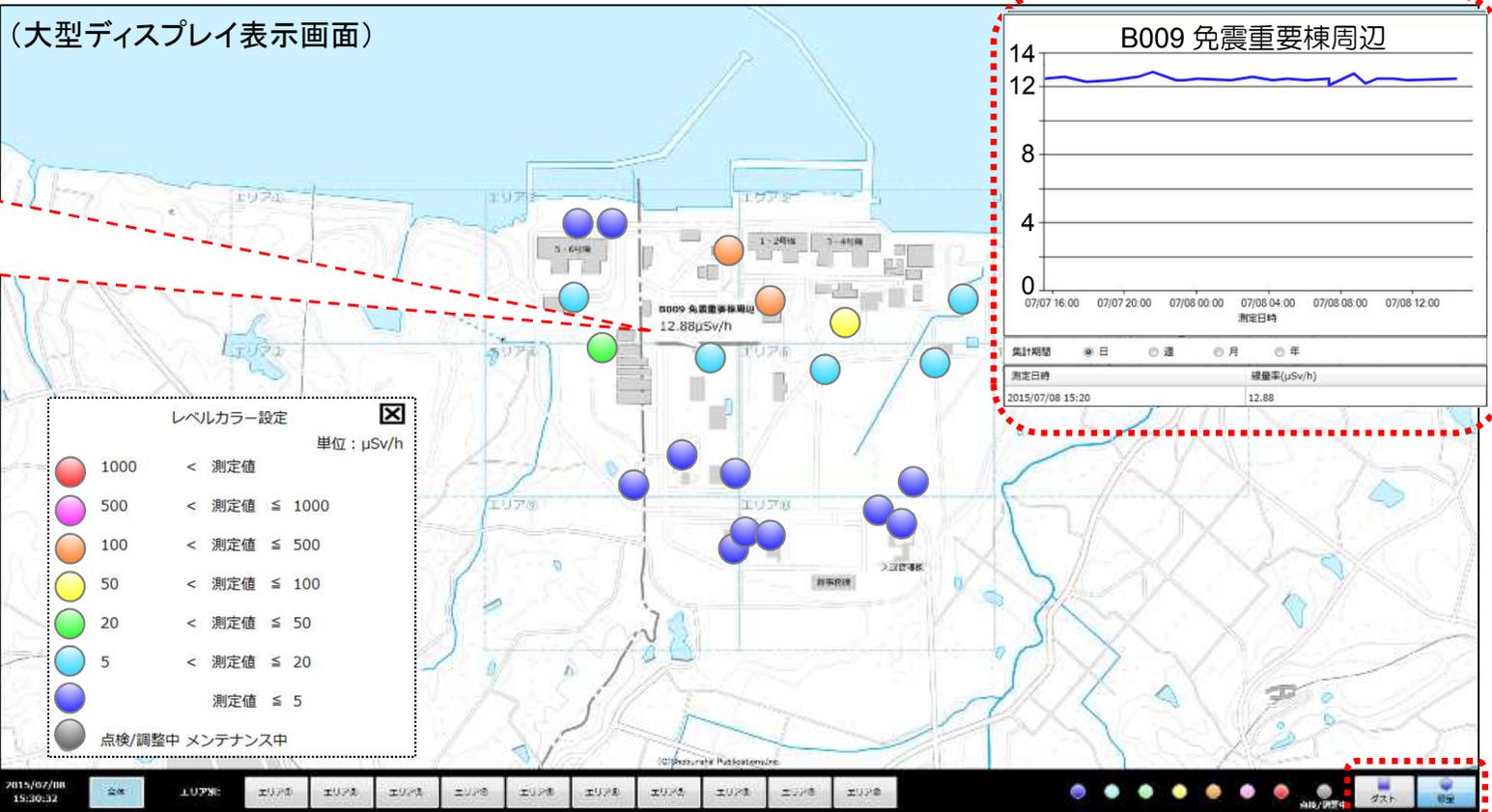


発電所敷地内における全面マスク省略可能エリアの拡大

- 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。
- 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



線量率モニタ外観

ダスト濃度 [左] と線量率 [右] の表示切替

■ 海側のガレキ撤去

作業前



作業後



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

作業前



作業後



■ 護岸エリアのフェーシング(舗装)

作業前



作業後



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

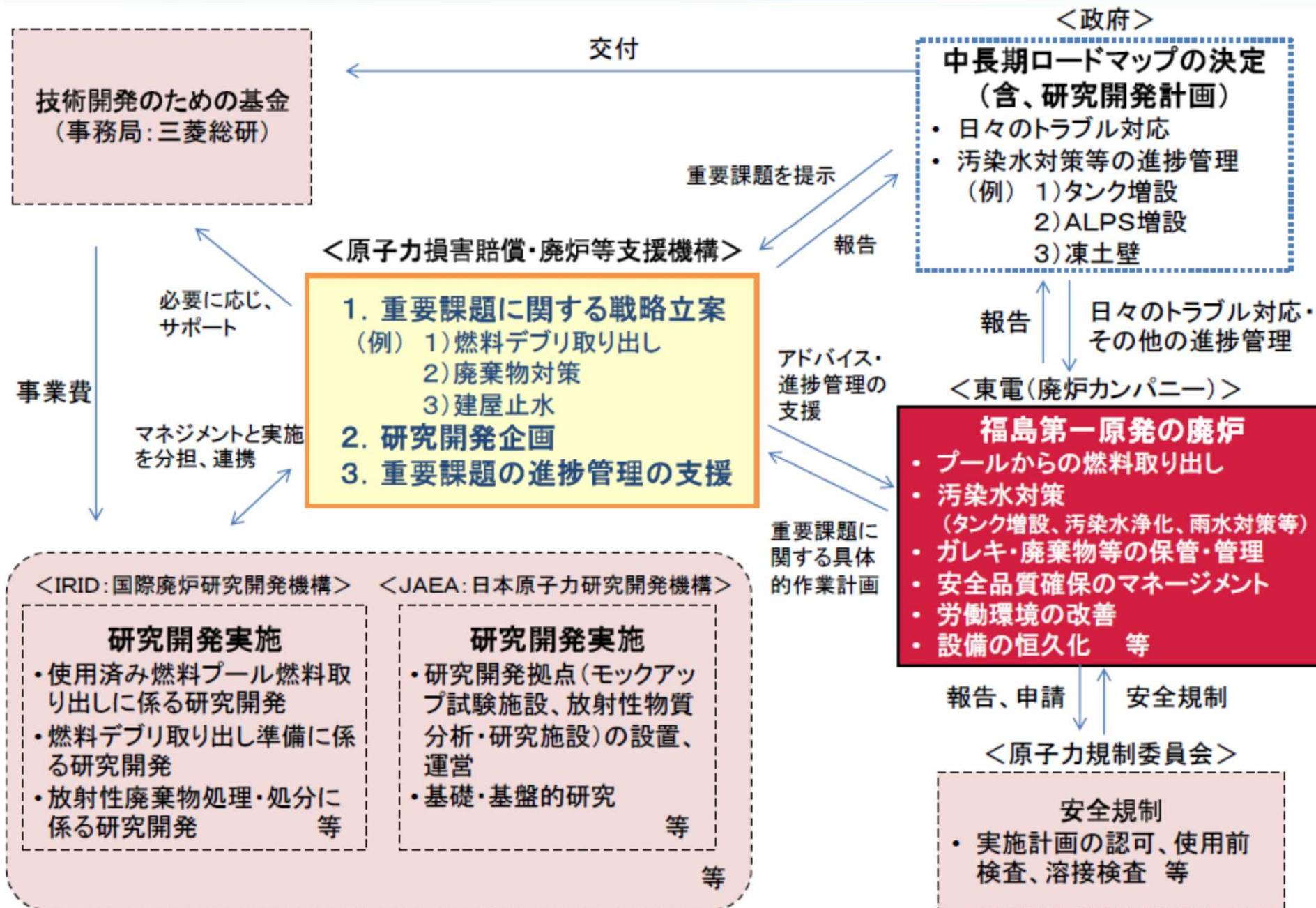


給食センター



給食センター内調理状況

7. 廃止推進に向けた組織整備



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



We will push forward with decontamination and decommissioning in earnest.

