

IRIDシンポジウム

福島第一原子力発電所の廃炉を取り巻く 状況と課題

2016年8月4日

増田 尚宏@東京大学 武田ホール

東京電力ホールディングス（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

TEPCO





Today's Topics

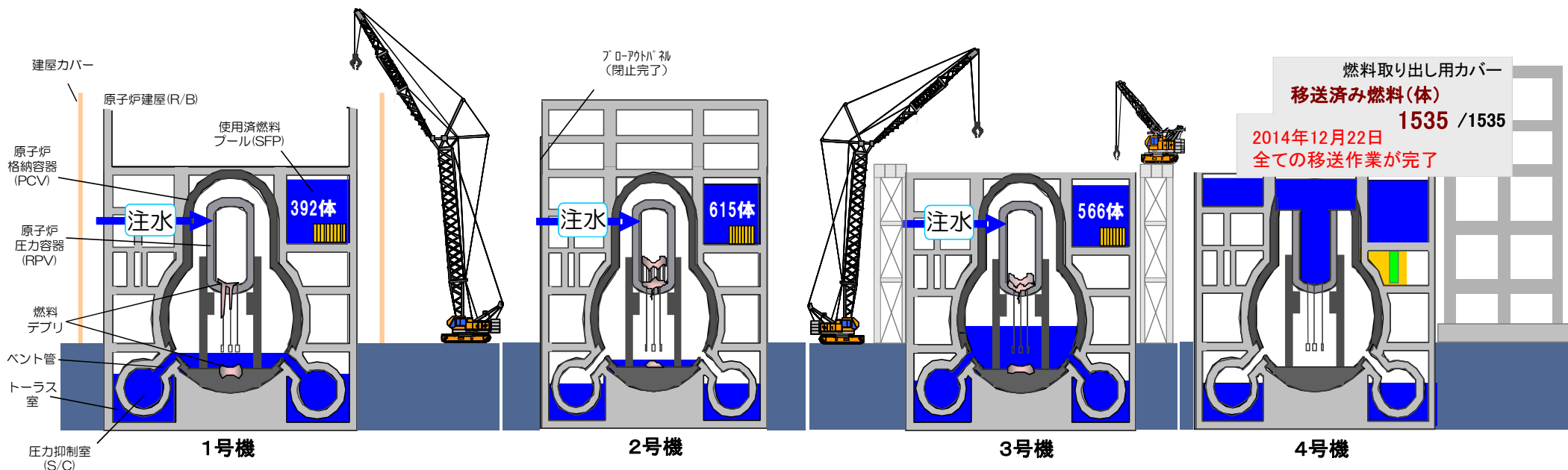
1. 福島第一原子力発電所の現状
2. 労働環境の改善
3. 「汚染水対策」の3つの基本方針
4. 使用済み燃料プールからの燃料取出し
5. 燃料デブリ取り出しに向けて
6. 福島第一原子力発電所からの情報発信と地域との対話



1. 福島第一原子力発電所の現状

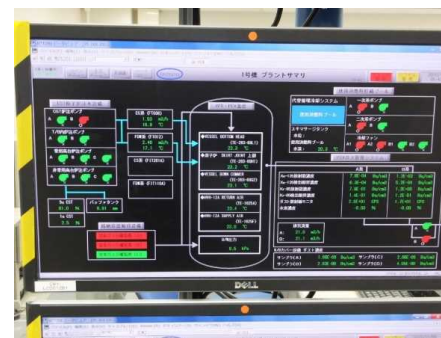
(1) 1～4号機の状況

各号機ともに「冷温停止状態」を継続



2016年7月27日 11:00 時点の値

	圧力容器 底部温度	格納容器内 温度	燃料プール 温度	原子炉 注水量
1号機	約26℃	約26℃	約28℃	約4.4m ³ /時
2号機	約31℃	約31℃	約26℃	約4.3m ³ /時
3号機	約28℃	約28℃	約26℃	約4.4m ³ /時
4号機	燃料が無いため 監視不要	燃料が無いため 監視不要	約25℃	—

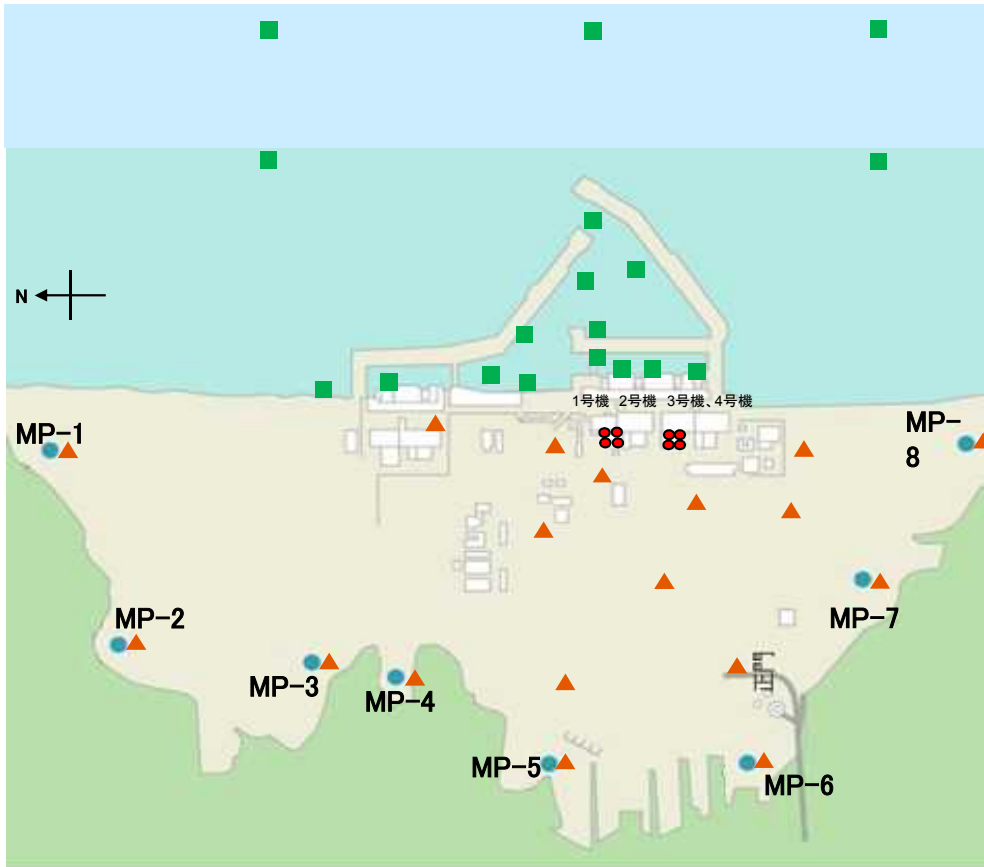


圧力容器温度や格納容器温度をはじめとした、プラントパラメーターは24時間、常に監視を継続

<p>1号機</p>	<p>現状</p> <p>課題</p>	<p>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</p> <p>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</p>	<p>震災直後</p> 	<p>現状</p> 
<p>2号機</p>	<p>現状</p> <p>課題</p>	<p>ブローアウトパネルを閉止し、放射性物質の飛散を 抑制</p> <p>原子炉建屋上部の解体</p>		<p>現状</p>  <p>2号機燃料取り出し 装置設置イメージ</p> 
<p>3号機</p>	<p>現状</p> <p>課題</p>	<p>原子炉建屋上部の大型ガレキ撤去が完了 (2013年10月) 燃料取り出しカバー／燃料取扱機の設置を計画中</p> <p>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</p>		<p>燃料取り出しカバー</p>  <p>イメージ</p>  <p>小名浜港での組み立て</p>
<p>4号機</p>	<p>現状</p> <p>課題</p>	<p>使用済燃料プールからの燃料取り出し完了</p> <p>(2013年11月18日開始し、2014年12月22日完 了)</p>		 <p>燃料取り出し架台</p>  <p>使用済燃料取り出し</p>

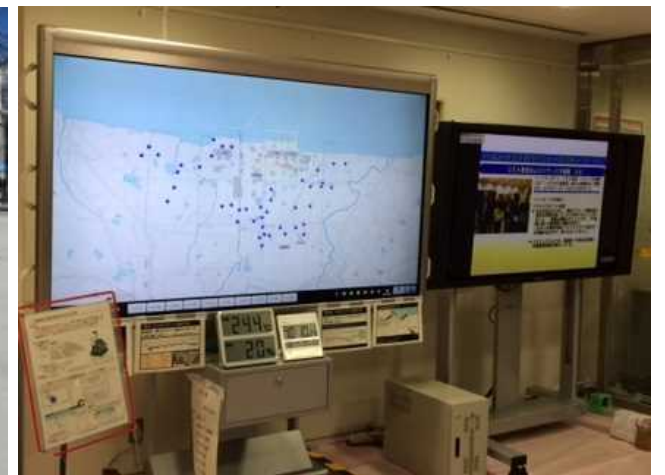
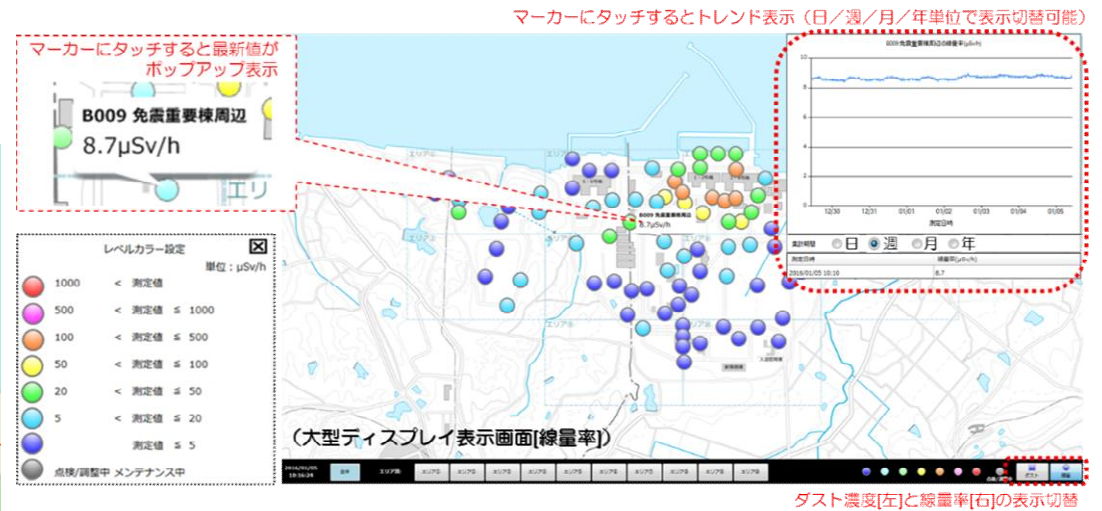
海域のサンプリング、ダストモニター、モニタリングポスト位置図

- オペフロ上のダストモニター
- ▲ ダストモニター
- モニタリングポスト
- 海域でのサンプリングポイント



線量計モニターの設置

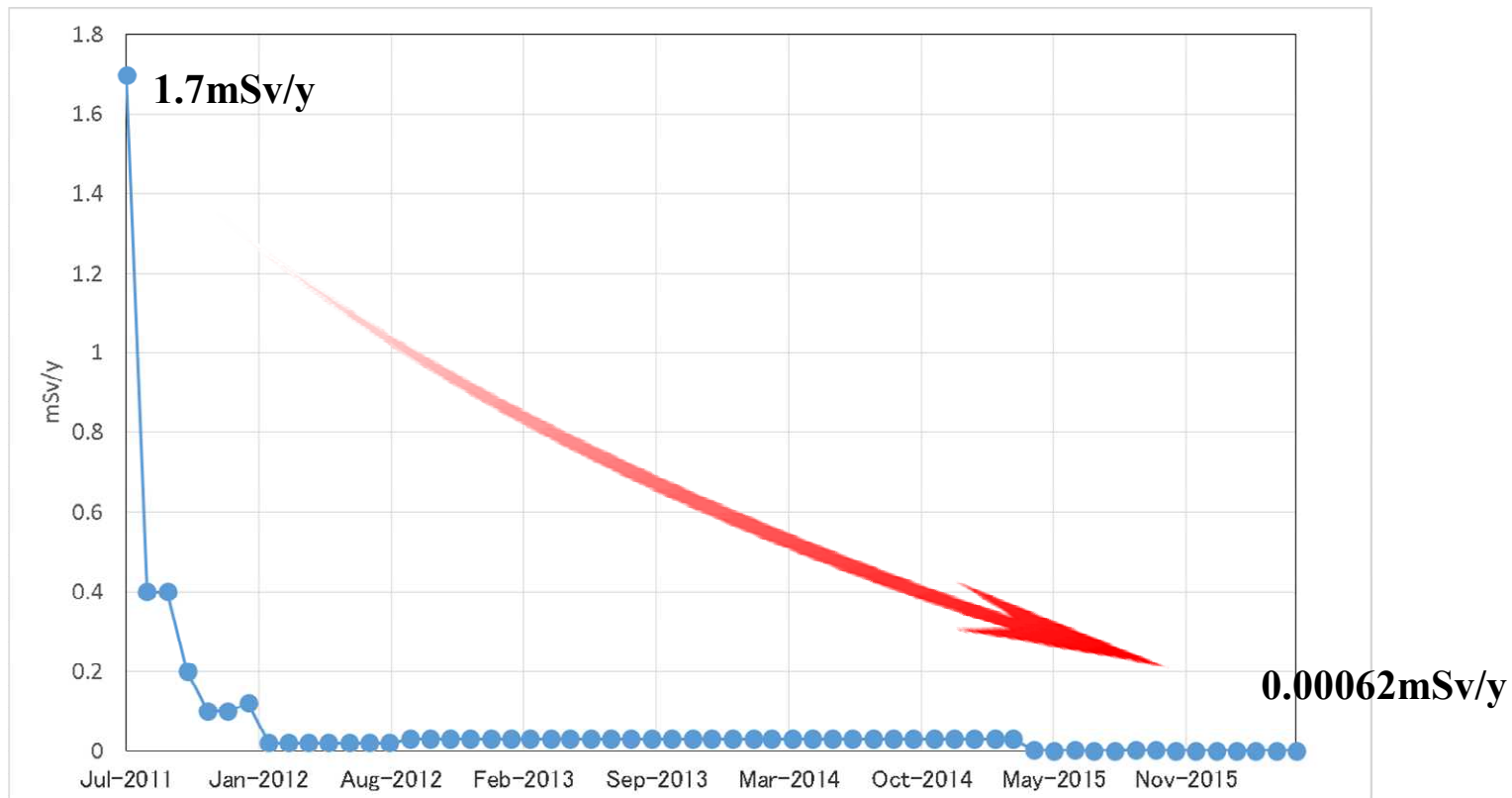
- 線量率のリアルタイムデータを表示するシステムを導入
- 構内 (86 箇所) に設置した線量モニターのデータをディスプレイに表示し、作業員に見やすい場所に設置。ダストモニターのデータも表示が可能



大気中への放射性物質の放出は大幅に低減

➤ 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。

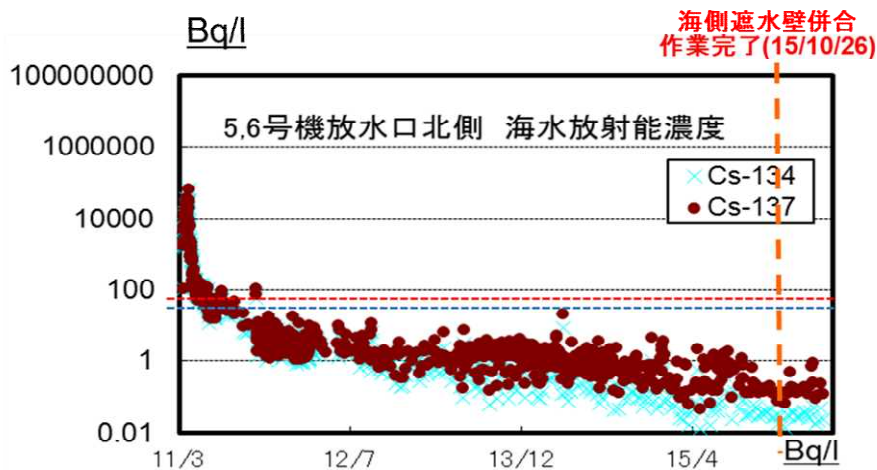
- 合計放出量(2016年5月現在)の査定値は、約18万Bq/hrと算定された。
- 敷地境界での被ばく線量は最大でも0.00062mSv/yrと査定される。
(すでに放出されている放射性物質の影響を除く) 注記：法律により定められた被ばく限界は1mSv/yrである。
- 事故直後(2011年7月)における評価値(約10億Bq/hr)と比較して約5,500分の1である。



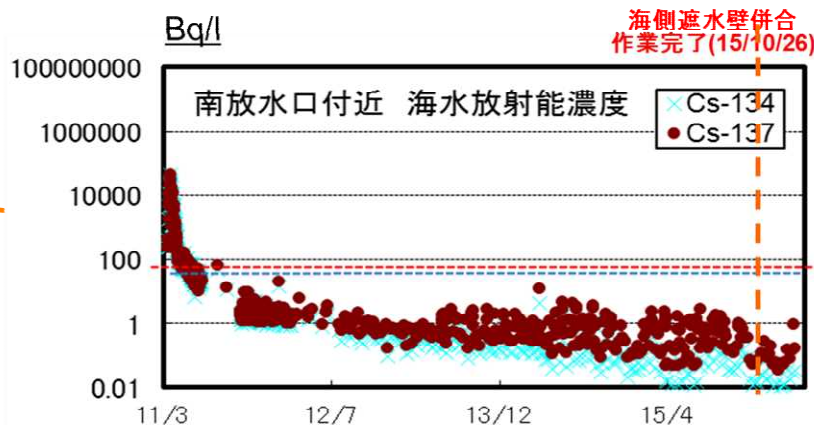
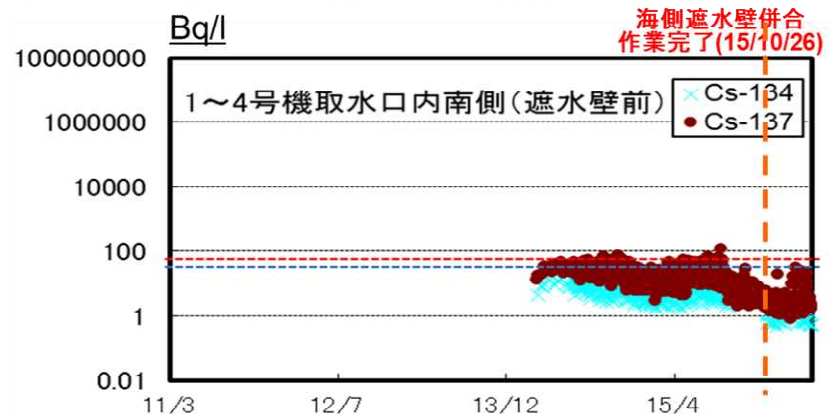
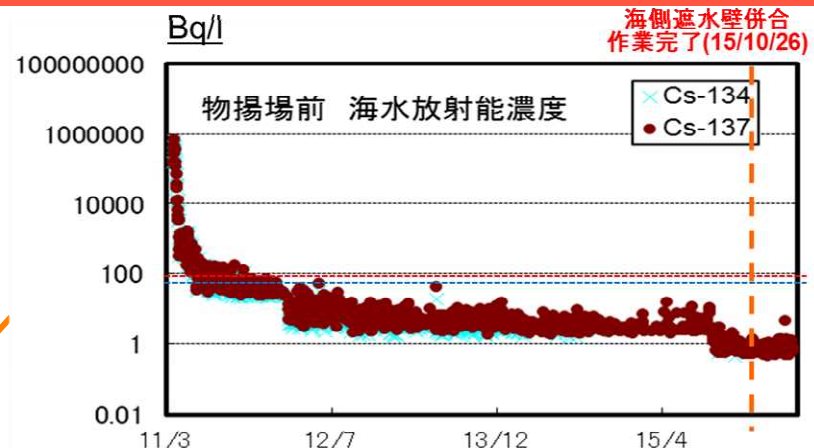
(5) 港湾内外の放射線濃度の変化

事故後放射能濃度は徐々に低下し、事故直後と比較して100万分の一程度まで低減

5. 6号機放水口北側



《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 (red dashed line)
 ・セシウム134: 60Bq/L (blue dashed line)





現在のプラントの状況と放射性物質拡散の影響

- ◆各号機とも安定した状態を継続
プラント・パラメーターは24時間・365日、常に監視を継続
- ◆放射性物質の放出量は大幅に低減。環境への影響は小さくなっている

A blue-tinted photograph of a construction site. Several workers wearing hard hats and safety gear are visible. They are working on a floor made of metal grating. The background shows a complex structure of steel beams and supports. The overall scene is dimly lit, with a strong blue color cast.

2. 労働環境の改善

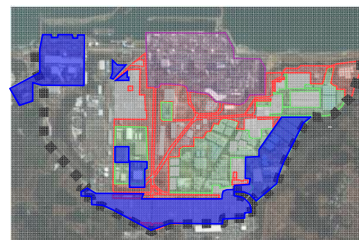
除染の推進

達成率
〔2015年度末目標に対
する面積比〕

■ : 目標線量率 (5 μ Sv/h)
を確認したエリア
(胸元または地鏡面で確認)

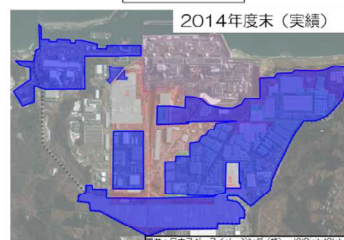
2013年度末

40 %



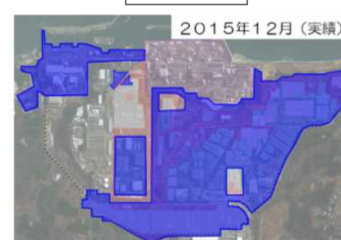
2014年度末

77 %



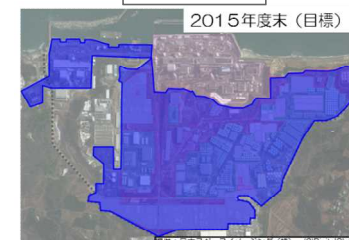
2015年12月

89 %



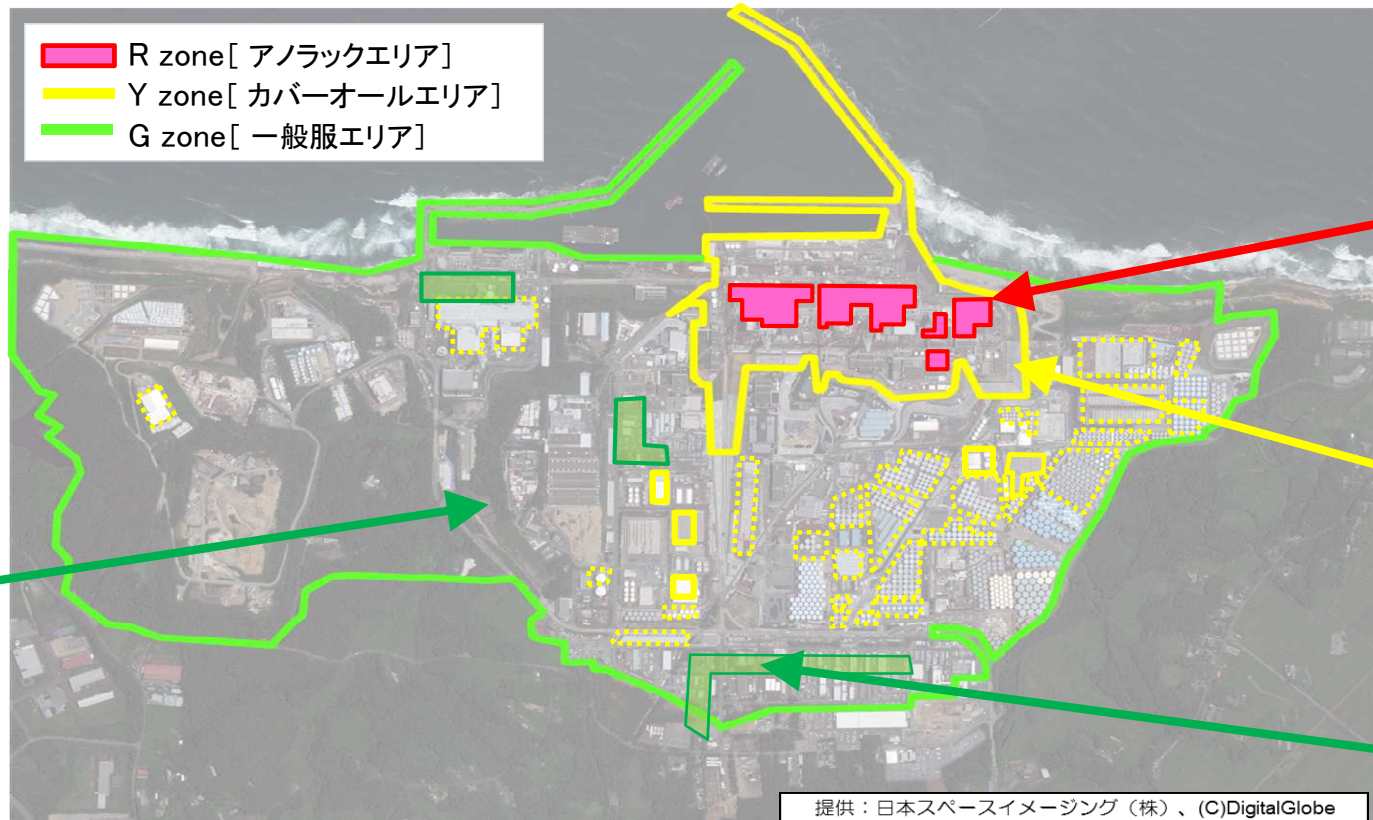
2015年度末目標

100 %



軽装備化:管理区域のきめ細かな区分け

- R zone [アノラックエリア]
- Y zone [カバーオールエリア]
- G zone [一般服エリア]



フルフェイス
マスク



ハーフフェイス
マスク



一般服

提供: 日本スペースイメージング (株)、(C)DigitalGlobe

物揚げ場の復旧

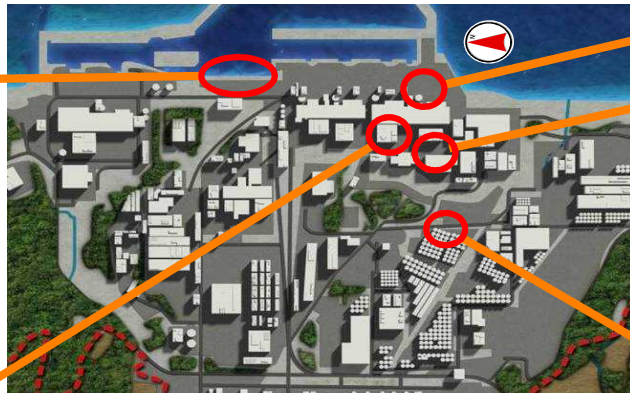


津波によるガレキを撤去（4号機）



ガレキ撤去前

ガレキ撤去後



陸側遮水壁（凍土壁）の設置



3号機原子炉建屋オペフロ上のがれき撤去



ガレキ撤去前

ガレキ撤去後

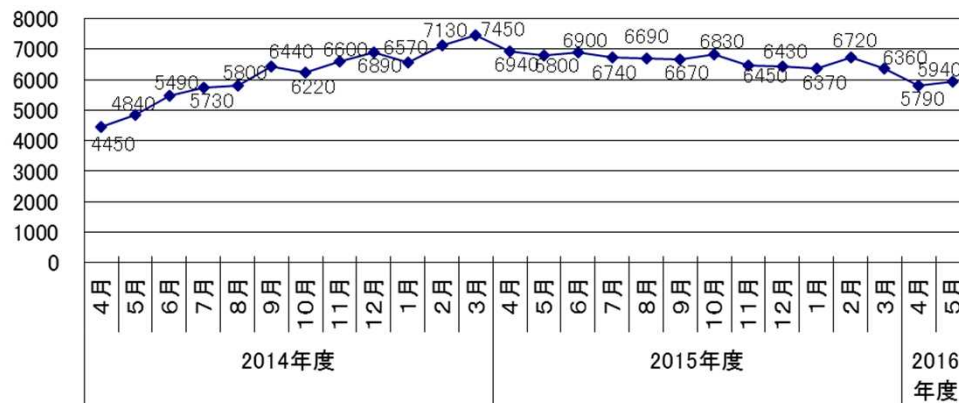
雨水の流入防止のため排水路を整備



- 作業員の被ばく線量管理を確実に実施するとともに、長期にわたる要員の確保に取り組む。
- また、現場のニーズを把握しながら継続的な労働環境の改善にも取り組んでいく。

作業員数の推移

- 5月の作業人数(協力企業作業員及び東電社員)は平日1日あたり約5,940人
- 4月時点における地元雇用率(協力企業作業員及び東電社員)は約50%



長期にわたる安定的な雇用確保

- 40年にわたる廃炉作業を着実に進めるため、地元企業をはじめとする協力企業の方々に長期的に働いていただける環境が重要
- 物理的な環境整備に加え、長期にわたり安定的な雇用が確保できるよう、現在、福島第一の発注の約9割で随意契約を適用
- 長期的な要員確保により、より計画的な要員配置や人材育成も可能となる

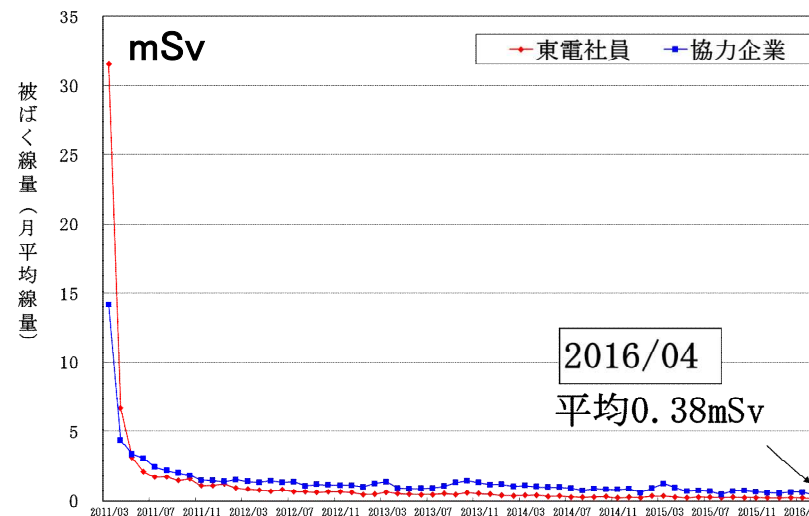
労働環境の整備

- 利便性の向上
 - 約1,200名が利用できる構内大型休憩所を2015年5月31日より運用開始
 - 2016年3月1日大型休憩所内にコンビニエンスストア(ローソン)開店
- 福島給食センターの設立(2015年3月31日完成)
 - ①温かい食事の提供、
 - ②建設・運営に伴う雇用の創出、
 - ③福島県産食材の使用・地域雇用による風評被害の払拭、を期待

Large rest house



作業員の月別個人被ばく線量の推移





労働環境の改善

- ◆労働環境の改善は現場の事故・トラブルを防ぎ、仕事の質を高めるための必須要件
- ◆大型休憩所などの厚生施設は、良好なコミュニケーションを通じたチーム・ビルディングのためにも重要
- ◆被ばく線量の低減は、福島第一で働くことに対する作業員の懸念を緩和することに寄与する



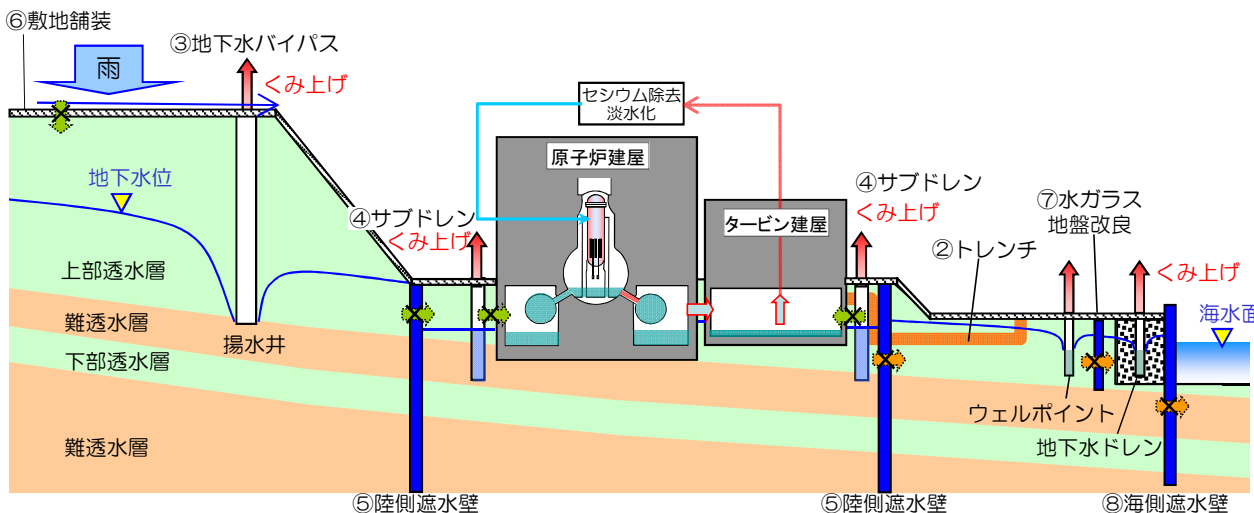
3. 「汚染水対策」の3つの基本方針

方針1. 汚染源を取り除く

- ① 多核種除去設備(ALPS)による汚染水浄化
 - ② トレンチ*内の汚染水除去 ※配管などが入った地下トンネル
- ⇒ ① 2015年5月、タンク内に貯蔵していた高濃度汚染水の浄化完了
- ② 2015年7月、汚染水除去完了

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
- ⇒ ③ くみ上げ／排水中(合計約18万トン[4月26日時点])
- ④ くみ上げ／排水中(合計約10万トン[4月26日時点])
- ⑤ 2016年3月、凍結開始
- ⑥ 2015年度末に概ね終了(ガレキ保管エリアを除く)



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)
- ⇒ ⑦ 2014年3月、水ガラスによる地盤改良完了
- ⑧ 2015年10月、閉合完了
- ⑨ フランジ型タンク→溶接型タンクのリプレース、および地下水の原子炉建屋への流入等を踏まえた溶接型タンク増設を計画・実施中





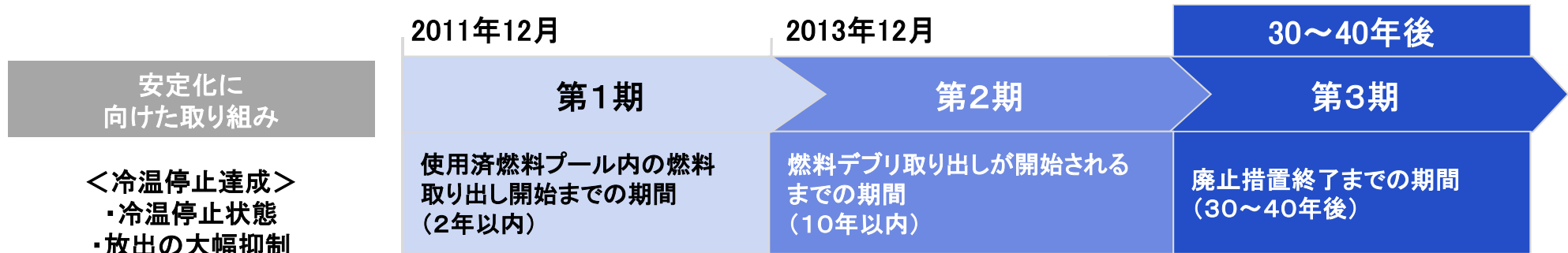
汚染水対策の現状

- ◆ 昨年5月末にタンク内の高濃度汚染水の全量処理が完了
リスク低減のため、処理済の水について更なる浄化を継続
- ◆ 重層的な取組みの結果、建屋内に流入する地下水の量が減少
- ◆ 貯蔵する水の量に合わせてタンクを増設し、適切な方法で管理

4. 使用済み燃料プールからの燃料取出し



ロードマップ上の目標(2011年12月策定、2013年6月・2015年6月改訂)



4号機からの取り出し開始(2013年11月18日) ※燃料デブリ(燃料と被覆管などが溶融し再び固まったもの)

使用済燃料取り出し計画(1～3号機)

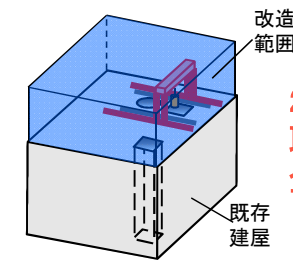
年度	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
1号機	建屋カバー解体等	ガレキ撤去等	ガレキ撤去等	カバー設置等	カバー設置等	燃料取り出し	燃料取り出し	燃料取り出し
2号機	準備工事	建屋上部解体 改造等	ガレキ撤去等	プラン① コンテナ設置等	プラン② カバー設置等	燃料取り出し	燃料取り出し	燃料取り出し
3号機	ガレキ撤去等	カバー設置等	燃料取り出し	燃料取り出し	燃料取り出し	燃料取り出し	燃料取り出し	燃料取り出し



1号機プール燃料取り出し用架構イメージ



3号機プール燃料取り出し用カバーイメージ



2号機燃料取り出し装置設置イメージ

2号機は使用済燃料及び燃料デブリの取り出しに向けて、原子炉建屋上部を全面解体することが望ましいと判断。

- 4号機の使用済み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号機使用済み燃料プールからの燃料取り出し工程

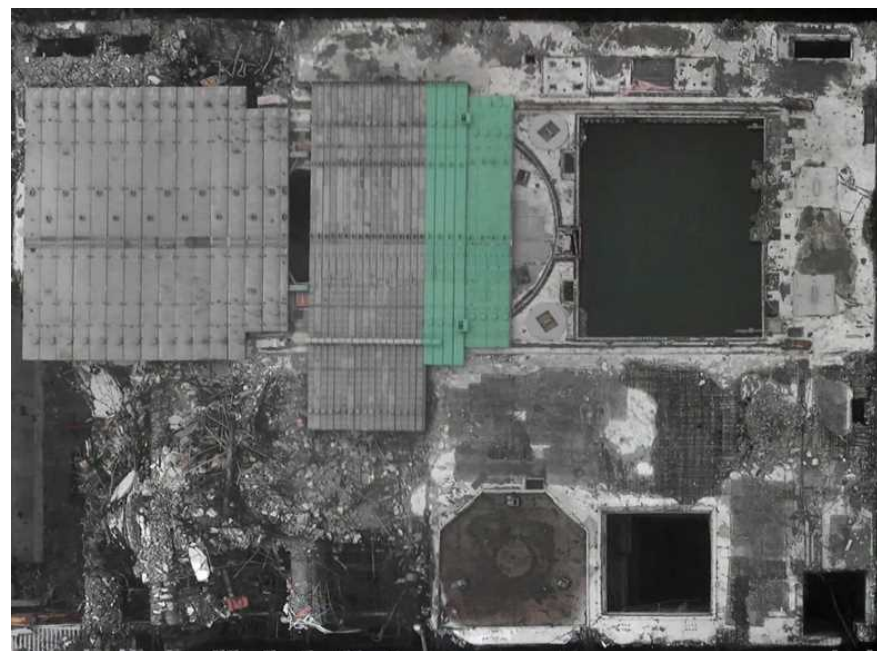
- オペレーティング・フロア及び使用済み燃料プールからの大型瓦礫撤去は完了
- オペレーティング・フロア上の遮へい体設置を実施中

大型瓦礫撤去前



2011年3月撮影

遮へい体設置中



2016年4月撮影

■燃料取り出し用カバー:

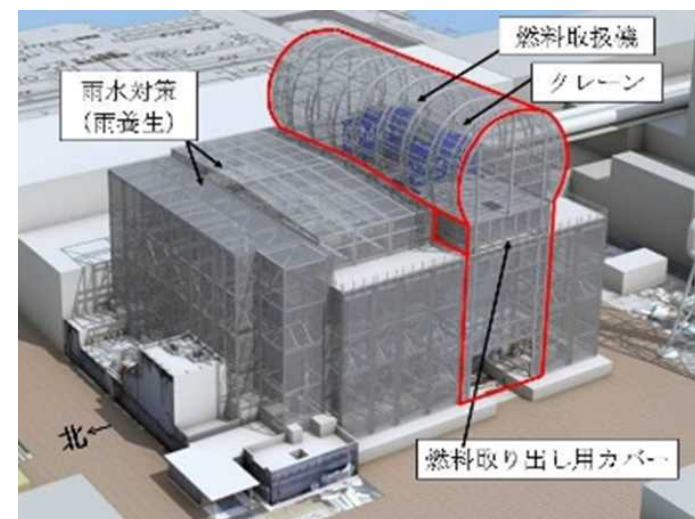
- 鋼製フレームやガーダーを含むカバー組立に使う多くの部材を、福島第一から約50km離れた小名浜港に運搬し、組立
- カバーの部材は組立て手順確認のため、小名浜で一度組立てを実施
- 部分的に組み立てたモジュールで福島第一へ輸送、福島第一での作業時間を削減することで被ばくを低減
- 線量が高いことからオペレーティング・フロアの遮へい作業を実施中



事故時に使用済み燃料プールに落下した燃料取扱機の取出し(2015年8月)



小名浜港での屋根部の組立て作業(2014年10月)



燃料取出カバーの設置(イメージ)

- 2011年の事故後、まもなく設置された建屋カバー内のオペレーティング・フロア上には今も、多数の瓦礫が堆積している
- 現状と今後の作業予定: ダスト飛散対策と合わせて
 - 建屋カバー解体を実施中
 - 瓦礫の撤去
 - 線量低減のための除染と遮蔽体の設置
 - デッキ及び燃料取り出し用燃料取扱機の設置



オペレーティング・フロアの全景
(2012年6月)



オペレーティング・フロア上部の状況



2015年10月撮影

建屋カバーの撤去



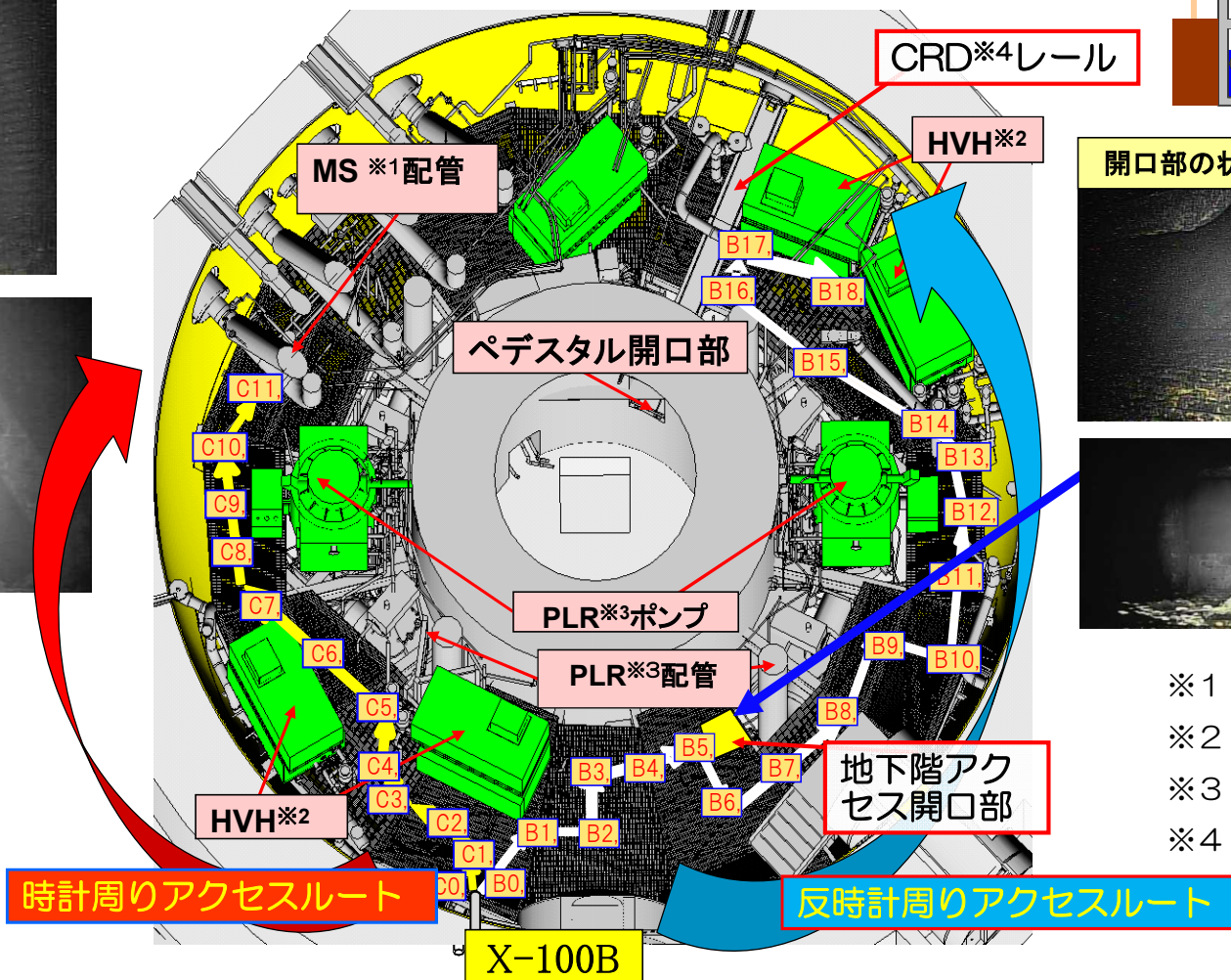
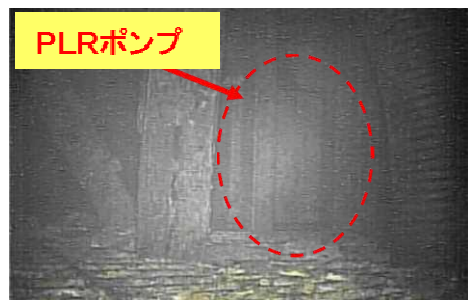
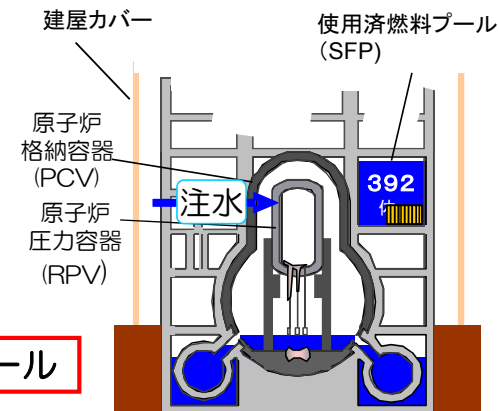
使用済み燃料プールからの燃料取り出し

- ◆ 4号機の使用済み燃料取り出しが計画通り完了したことは、1～3号機での燃料取り出しを行う際の自信につながった
- ◆ 1～3号機は線量が高いため、遠隔操作機器の活用、除染、遮蔽などの対策を検討・実施中

5. 燃料デブリ取り出しに向けて

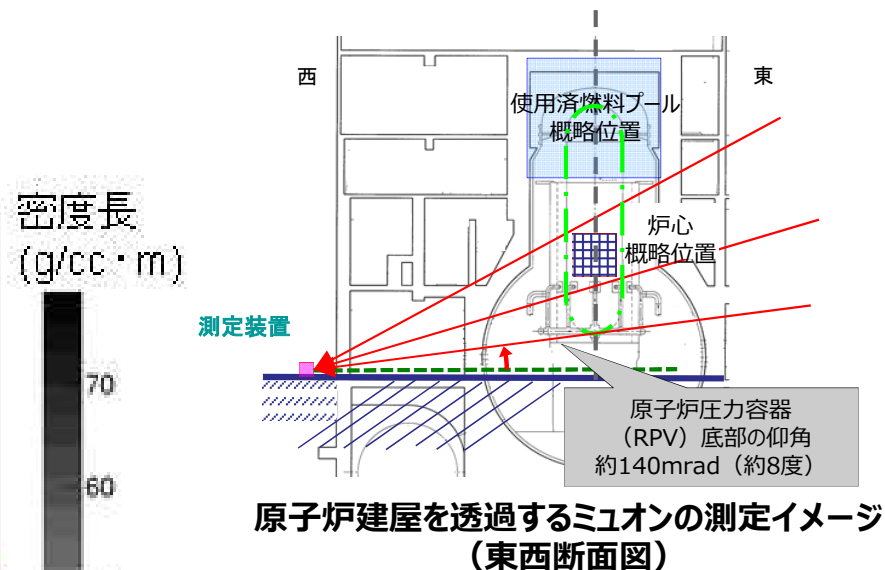
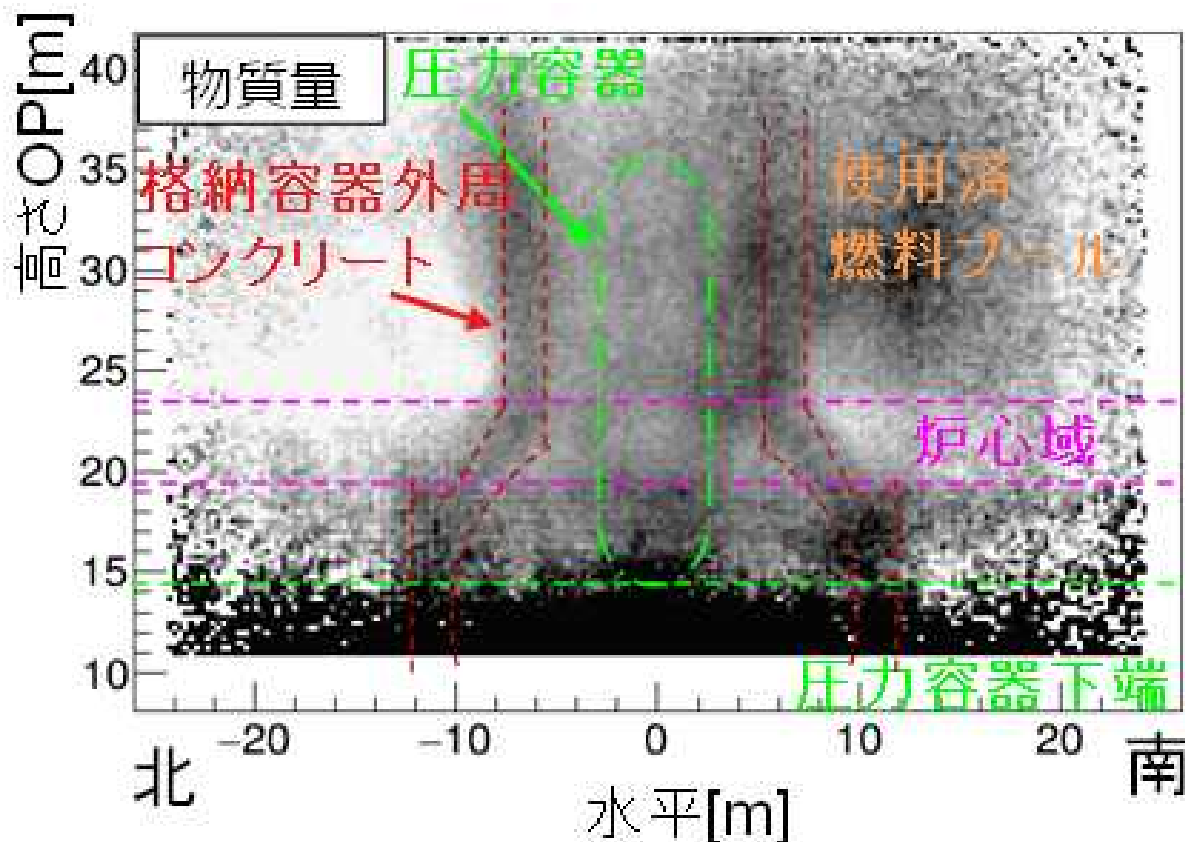


- 2015年4月、1号機格納容器内部の状況を調査するため、1階グレーチングにX-100Bペネトレーションを通じてロボットを投入
- 内部の線量や温度とともに多くのビデオ撮影を実施

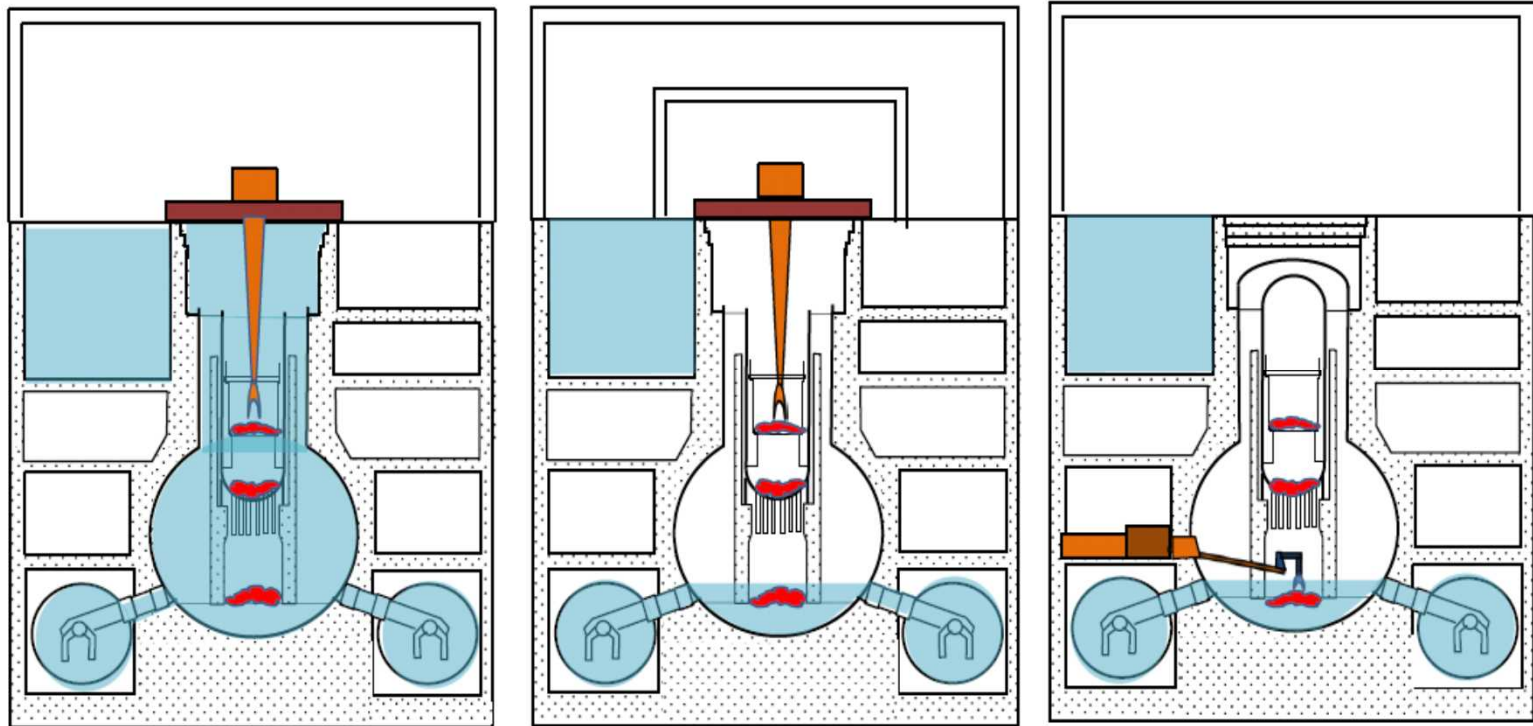


- ※1 主蒸気系
- ※2 空調ユニット
- ※3 原子炉再循環系
- ※4 制御棒駆動機構

- 2号機の原子炉内燃料デブリの位置を把握するため、3/22～7/22に宇宙線由来のミュオン（素粒子の一種）を用いた測定を実施。
- 圧力容器底部及び炉心下部、炉心外周域に燃料デブリと考えられる高密度の物質が存在していることを確認。



■燃料デブリの冠水状態に応じた燃料デブリの取り出し方法を検討



燃料デブリ

完全冠水

部分冠水

部分冠水

取り出し場所

上

上

横

課題

止水, 耐震性

放射性ダスト飛散,
放射線遮へい

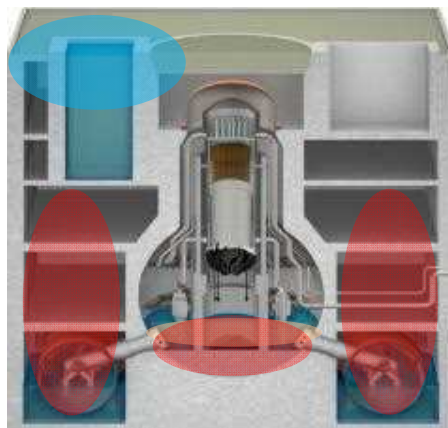
■最新ロボット技術開発と適用:

- ✓ 調査 (内部状況、放射線レベル、温度、漏水、etc.)
- ✓ 除染、ガレキ撤去
- ✓ 燃料デブリ取り出し
- ✓ 使用済み燃料プールの緊急冷却



Germany
内部調査

使用済み燃料
プール冷却



United States



Sweden

建屋内部の除染とガレキ撤去



Sweden



工事ヤード整備



燃料デブリの取り出し

- ◆ 燃料デブリ取り出しの工法を検討するため、原子炉建屋内の状況、及びデブリ位置の確認が必要であり、ミュオンやロボット等を活用
- ◆ 福島第一で実施する燃料デブリ取り出しは、誰も経験したことがない、困難なもの
できるだけたくさんの情報発信を行い、世界中の役に立つ技術やアイデアを歓迎したい
- ◆ 今後作業を進めるに当たっては、作業員の被ばくと一般人のリスク低減の両方を考慮した意思決定が重要



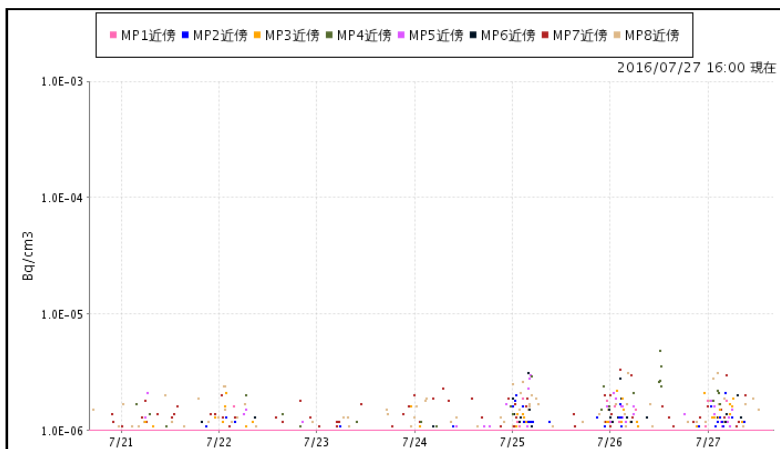
6. 福島第一原子力発電所からの 情報発信と地域との対話

関係自治体との協定等に基づき、廃止措置の取組状況を報告。事故・トラブルの発生時には、通報連絡を実施。

放射性物質の測定・分析データは、観測地点における最新のデータを容易に確認出来るように改善。

わかりやすさを意識した情報提供、動画や映像による解説を実施。

敷地境界付近ダストモニタ計測状況のリアルタイム公開(7/12～)



Basic Principles | About Fukushima NPS | Earthquake & Accident | Plan & Action | **Management Team** | NewsRoom

Our sole focus is to decontaminate and decommission the Fukushima Daiichi site.

Naohiro Masuda
Chief Decommissioning Officer

For us at TEPCO, the decommissioning of Fukushima Daiichi Nuclear Power Station in a safe and proper manner is one of the fundamental goals we must accomplish in order to restore the environment and revitalize the local industries in Fukushima as swiftly as possible.

The Fukushima Daiichi Decontamination and Decommissioning Engineering Company, which has been established as of April 1, 2014, will focus on decommissioning operations and countermeasures for contaminated water, employing not only TEPCO's own skills, experience, and human resources but also the wisdom of various research institutes and companies both in Japan and overseas. In addition, through information disclosure from the plant and the application of research and development after decommissioning, we will utilize the lessons learned from the accident in order to advance the safety of nuclear power throughout the world.

TEPCO employees and cooperative workers have been working in a challenging environment on a project accompanied by dangers and difficulties. Securing safety and improving working conditions for every person engaged in operations, over the coming 30 to 40 years, or for as long as the project lasts, is also a vital part of our mission.

Plan & Action

Mid-and-Long-Term Roadmap Towards Decommissioning

On June 12, 2015, we reviewed the Mid-and-Long-Term Roadmap to outline the decommissioning schedule of the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station.

Initiatives toward stabilization → Phase 1 → **Phase 2** → Phase 3 → Work completed

Second-stage Major Initiatives

- Contaminated Water Management
- Fuel Removal
- Fuel Debris Removal
- Radioactive Waste Management

会議体での説明

- 福島県が設置された「廃炉に関する安全確保県民会議」で県民の皆さまに廃炉の状況をご説明



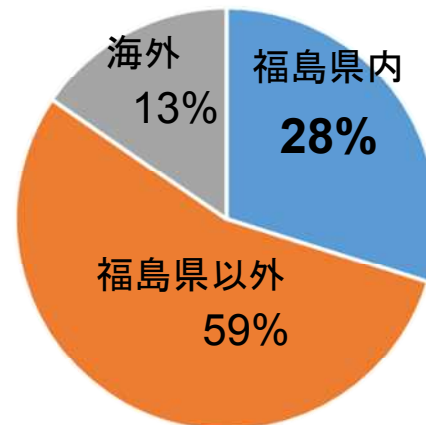
左: 石崎 福島復興本社代表
右: 増田 福島第一廃炉推進カンパニー・プレジデント
兼 廃炉・汚染水対策最高責任者

いただいたご意見は
廃炉等の取り組みに反映

発電所の視察推奨

- 県内の自治体・団体等へ勧奨
- 県内の方の割合は3割に増加
(2014年度は2割)

【2015年度】



視察者数: 6,723名

事故以降の視察者は
17,000名以上

頂いた声(一例):
「廃炉は最先端の大事業」

説明会の開催

- 皆さまの関心が高い話題は、住民向け説明会を開催し、ご説明

【広野町での説明会】
(2015年12月)



参加者: 29名

説明内容

- 1号機建屋カバ―解体工事の現状
- 広野町の訓練ヤード設備の概要

最後に～若手技術者・研究者の皆さんへのメッセージ～

- ◆ 福島第一については、世の中で様々な取り上げ方をされているが、データに基づき、自ら状況を判断して欲しい。
- ◆ 我々が廃炉の現場で必要としている技術は、原子力のみならず様々な分野、様々な現場で開発・活用されているもの。広い視野で皆さんそして世界の英知を結集することにより、福島第一及びその周辺地域を先端技術の集積地にしていきたい。
- ◆ 福島第一は、類まれな貴重なフィールド。誰も経験したことのない取組みに世界中の人々が集う舞台。ここでの経験はどこにでも通用するキャリアになり、得られた成果は将来に向けたテキストになっていく。
- ◆ 福島第一での取組みに関心がある方は、仲間になって一緒に働きましょう！



ご清聴ありがとうございました。

TEPCO

Appendix



