

平成26年度 技術研究組合国際廃炉研究開発機構シンポジウム

# 福島第一原子力発電所の現状

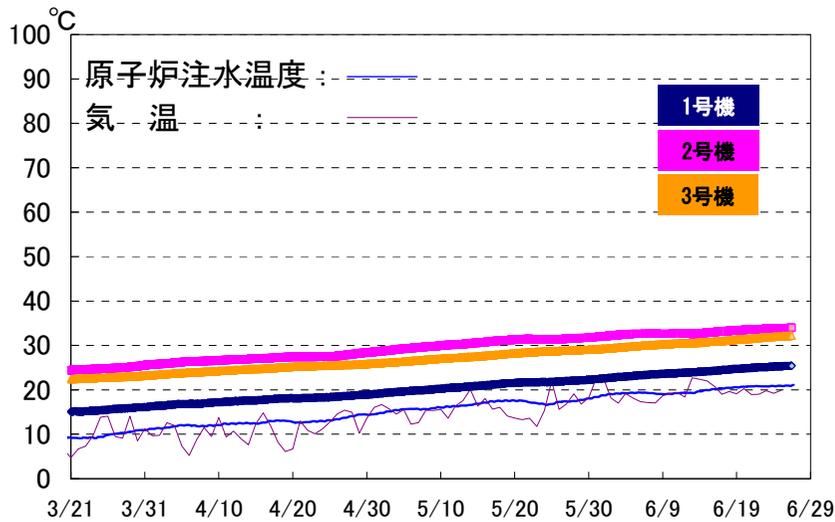
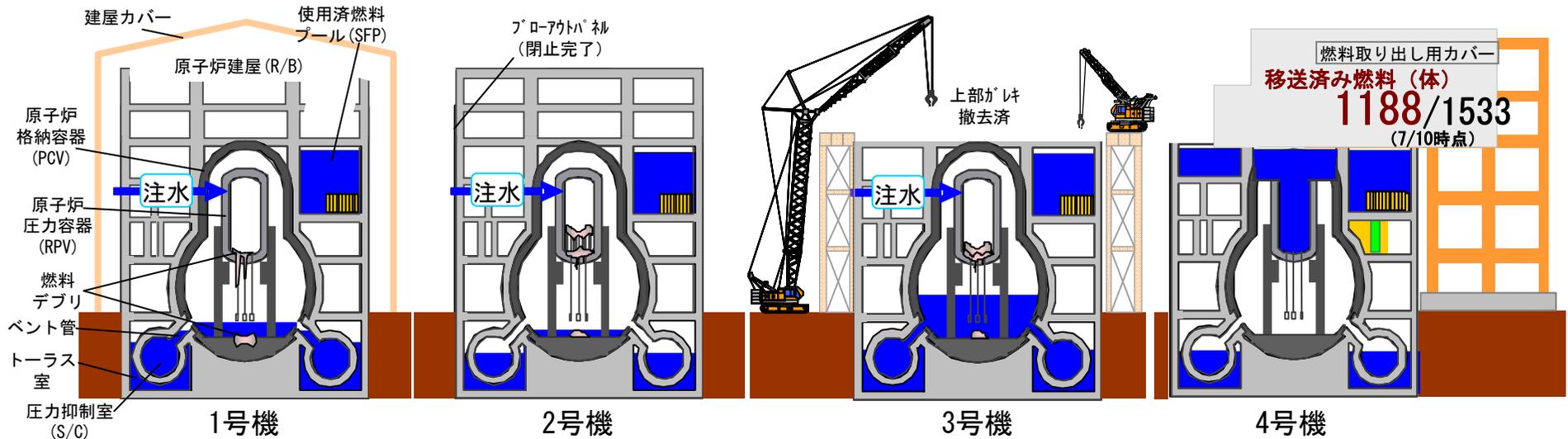
2014年7月18日

増田 尚宏

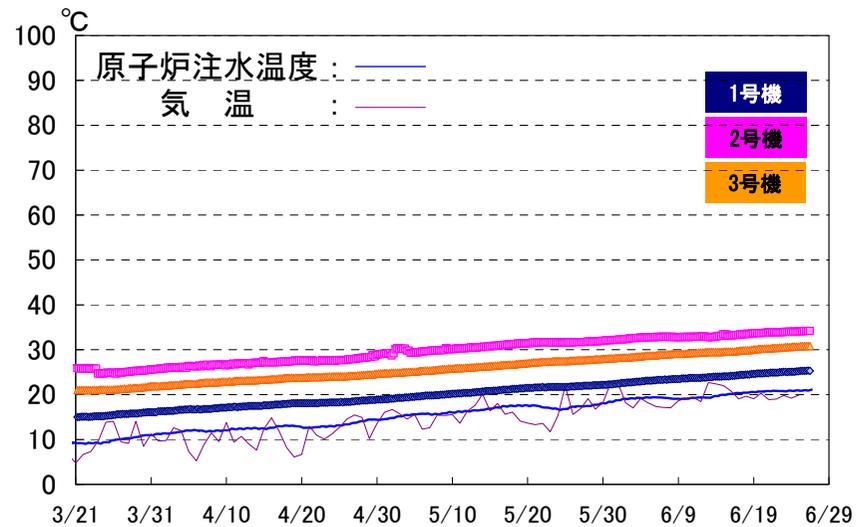
東京電力株式会社  
福島第一廃炉推進カンパニーCDO

# 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

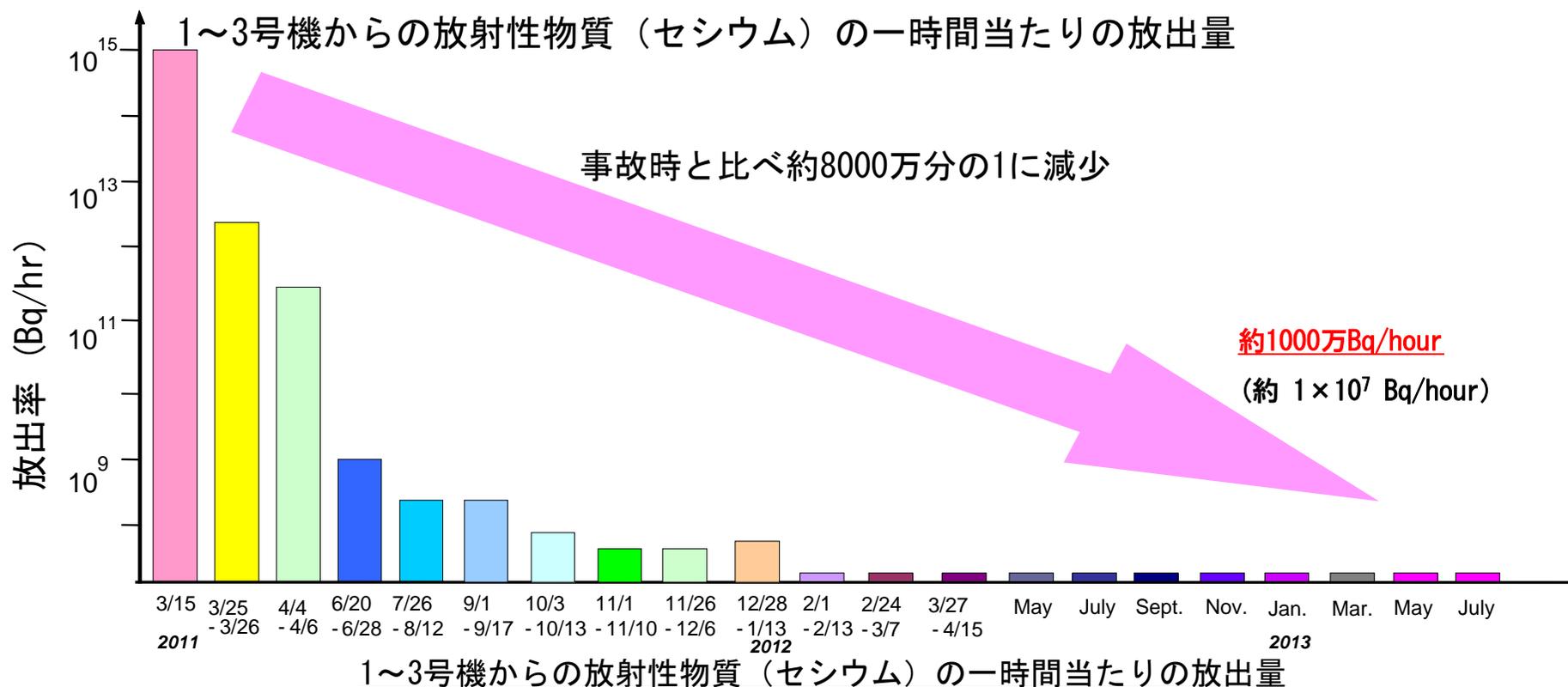


原子炉圧力容器底部温度(至近3ヶ月)



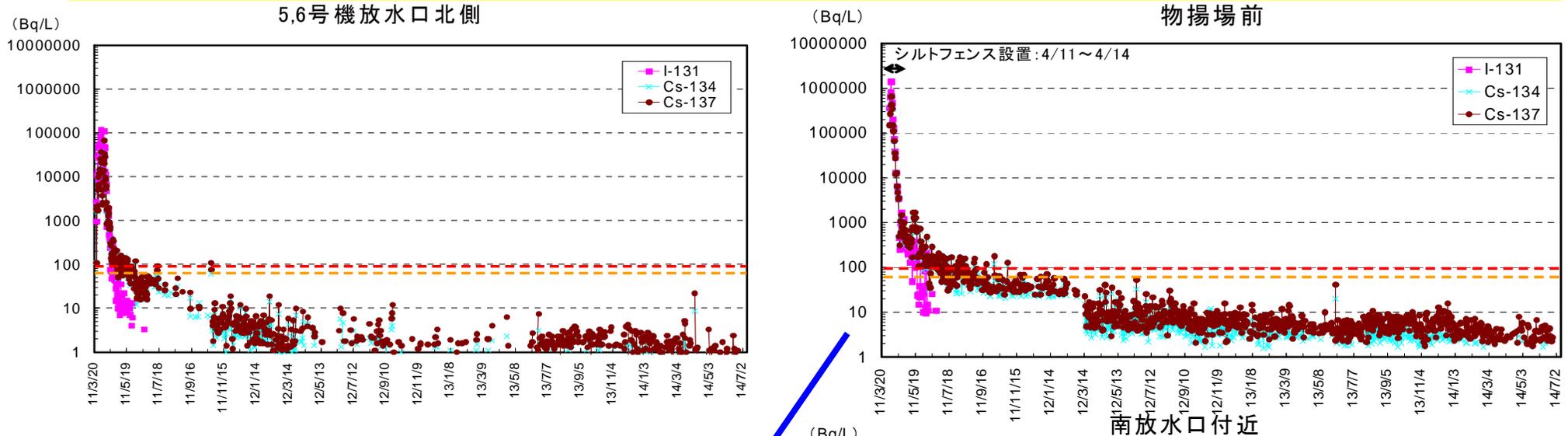
格納容器気相部温度(至近3ヶ月)

- 1～3号機原子炉格納容器からの放射性物質の放出量（セシウム）を、原子炉建屋上部等の空气中放射性物質濃度（ダスト濃度）を基に継続的に評価
  - 放出量の評価値（2013年7月現在）は合計約1000万ベクレル／時と算出。
  - 事故直後と比べ、約8000万分の1
- これによる敷地境界の被ばく線量は、最大0.03mSv/年と評価。  
 （これまでに既に放出された放射性物質の影響を除く。）注）法令で定める線量限度は1mSv/年。



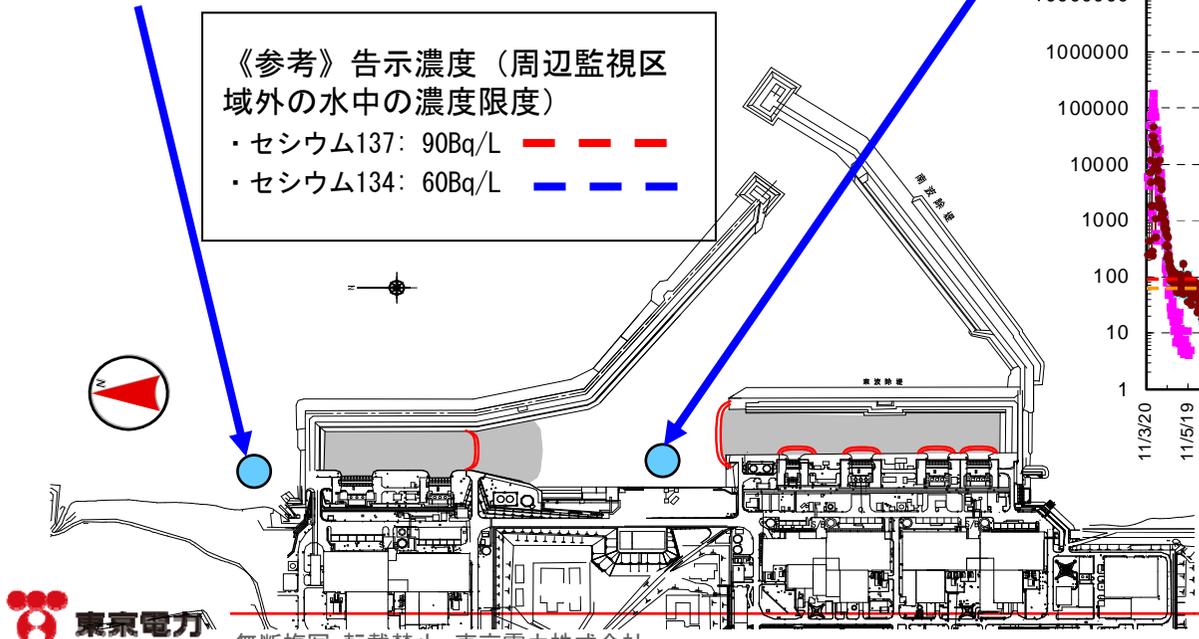
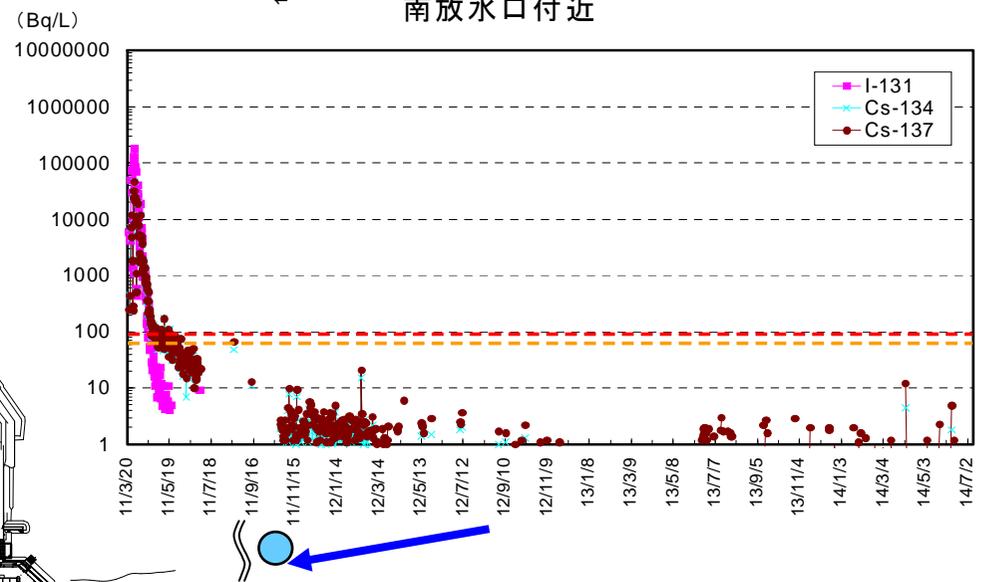
# 福島第一原子力発電所の現状（海域モニタリングの状況）

震災直後から10万～100万分の1まで放射性物質濃度が低減

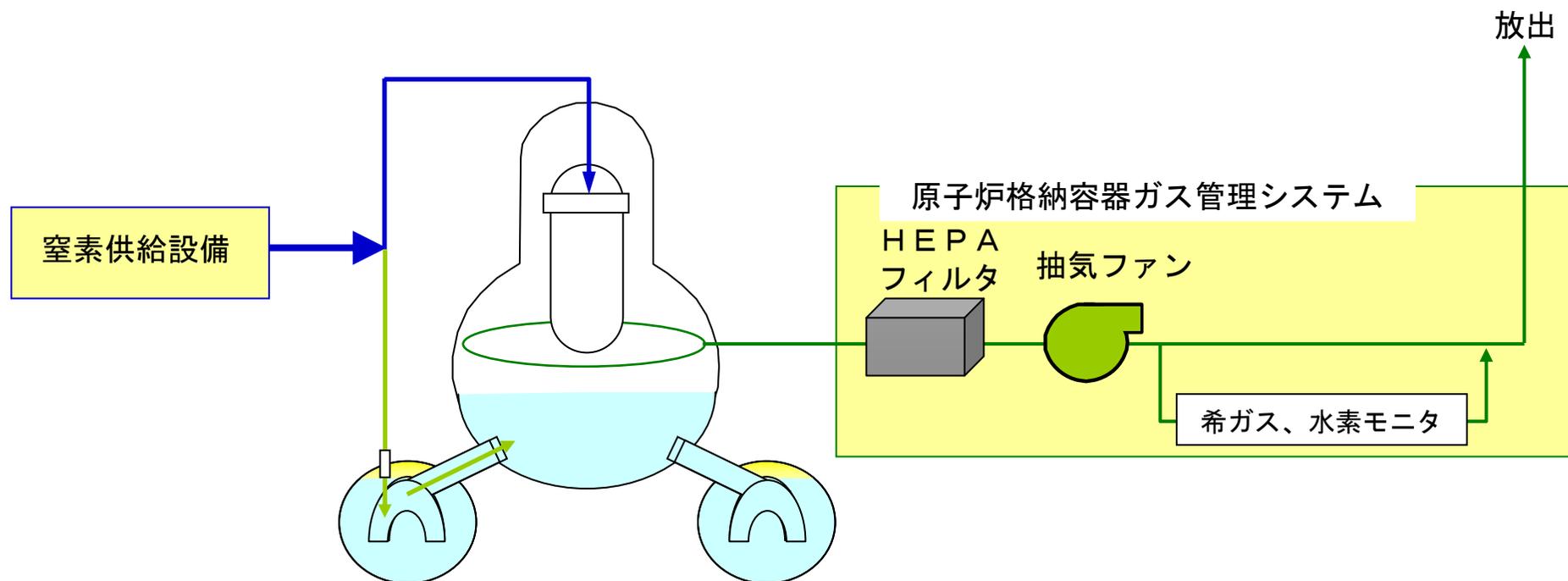


《参考》告示濃度（周辺監視区域外の水中の濃度限度）

- ・セシウム137: 90Bq/L
- ・セシウム134: 60Bq/L



- 原子炉格納容器内及び原子炉圧力容器内に、窒素ガスを封入することで水素濃度を可燃限界以下に保ち、水素爆発を防止
- 原子炉格納容器内の気体の抽気・ろ過等を行い、環境へ放出される放射性物質を低減
- 環境へ放出される放射性物質の濃度及び量を監視
- 短半減期核種 (Xe-133, Xe-135) の放射能濃度を監視することで、未臨界状態を監視

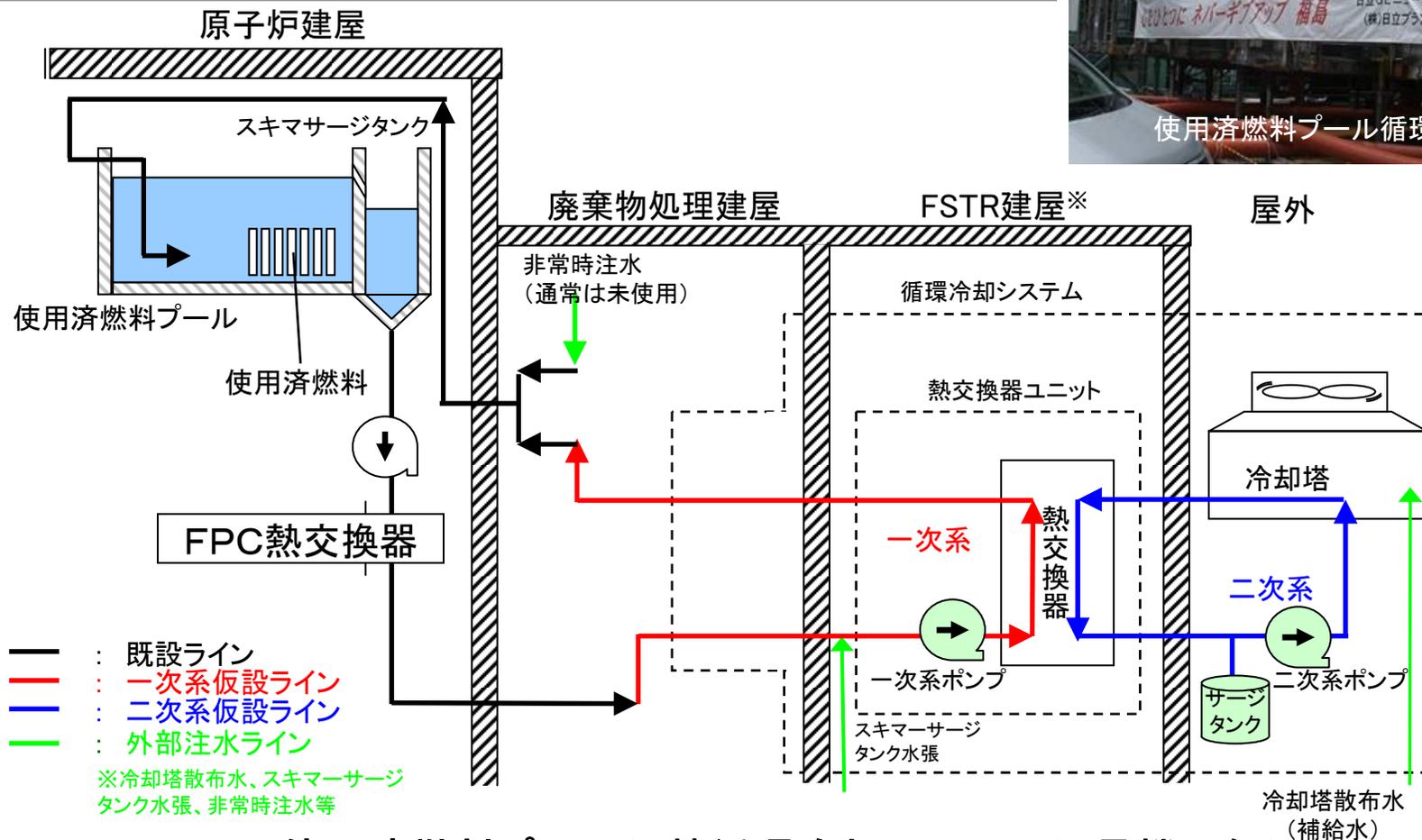


窒素封入及びガス管理システム（1号機の例）

- 使用済燃料プール内の燃料から発生する崩壊熱を安定的に除去するため、既設設備と新設設備とを組み合わせ使用済燃料プール水を冷却
- モバイル逆浸透膜(RO)装置等により、H25.3.18までに塩素濃度を低減。100ppm未満であることを定期的に確認。



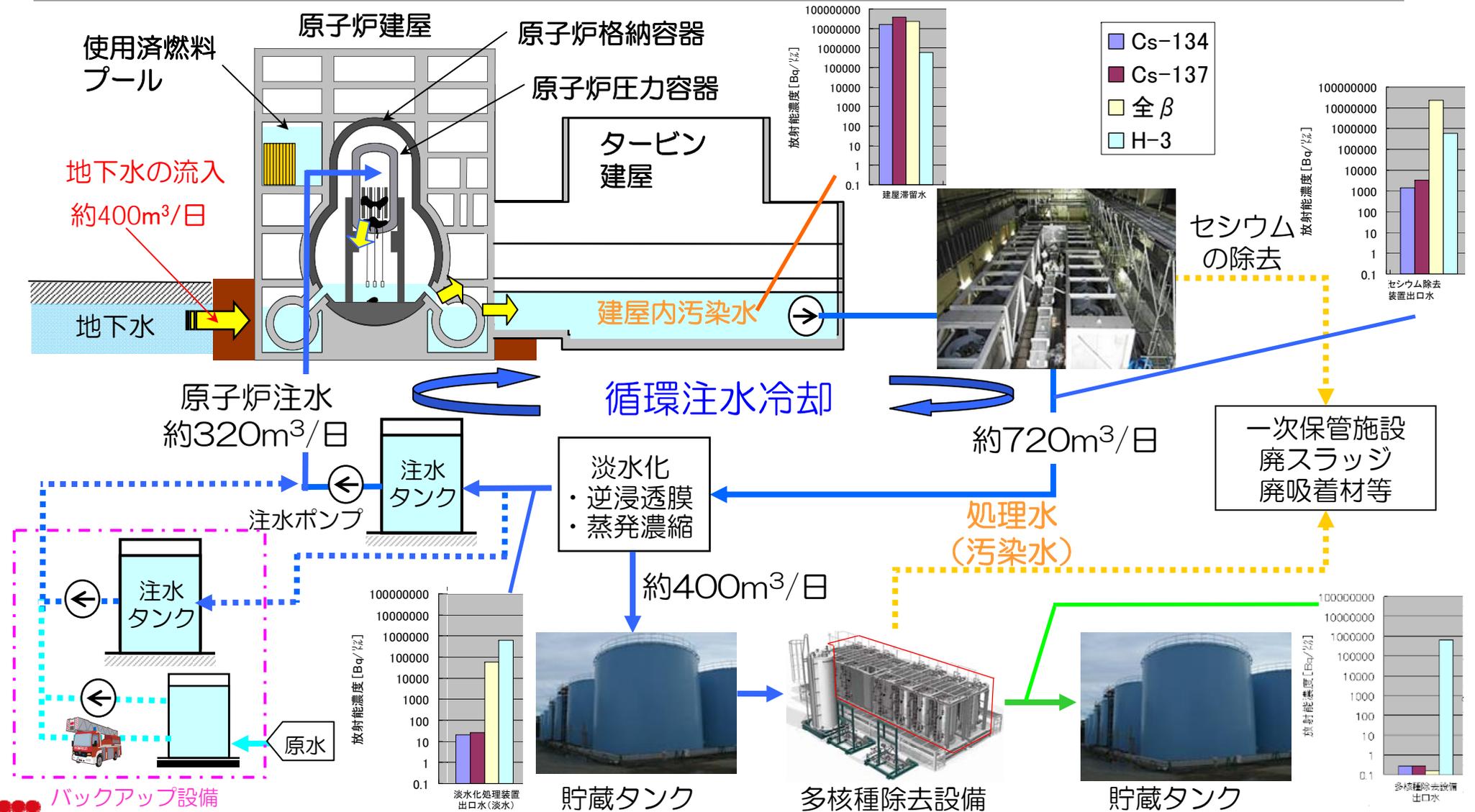
使用済燃料プール循環冷却装置(4号機)



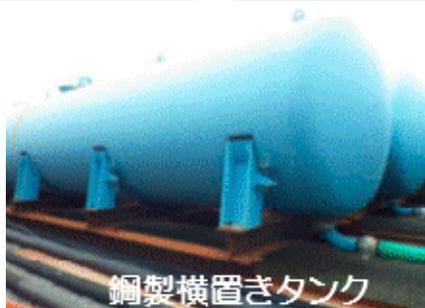
使用済燃料プール代替循環冷却システム(2号機の例)

# 福島第一原子力発電所の現状(原子炉の冷却)

- 原子炉への循環注水冷却を継続することにより低温での安定状態を維持
- 免震重要棟において24時間体制でプラント状況を把握



- 総貯蔵量\*は約49万m<sup>3</sup>
- 総貯蔵容量\*は約52万m<sup>3</sup>
- 80万m<sup>3</sup>までの増設計画(H27年3月末迄の目標)



### 【汚染水種類別 貯蔵量\*】

淡水 : 約 2.4万m<sup>3</sup>

蒸発濃縮装置 濃縮廃液 : 約 0.9万m<sup>3</sup>

RO装置 濃縮塩水 : 約 36.6万m<sup>3</sup>

ALPS処理済み水: 約 9.2万m<sup>3</sup>

### 【各タンクの貯蔵容量\*】

銅製角型タンク : 約 0.3万m<sup>3</sup>  
(5,6号滞留水, 濃縮塩水)

銅製円筒型タンク(フランジ): 約 29.1万m<sup>3</sup>  
(淡水, 濃縮塩水, ALPS処理済み水)

銅製円筒型タンク(溶接) : 約 17.4万m<sup>3</sup>  
(濃縮塩水, ALPS処理済み水)

銅製横置きタンク : 約 3.8万m<sup>3</sup>  
(濃縮塩水, 濃縮廃液)

\* H26.6.17現在

注: 端数処理の関係で内訳を合計しても総量と合致しない場合有り

< 1~4号機建屋周りの地下水の流れのイメージ >

- 山側から約800m<sup>3</sup>/日の地下水が流入。そのうち、建屋内へ約400m<sup>3</sup>/日流入し、残りの約400m<sup>3</sup>/日が海へ流出しているものと想定
- 建屋へ流入した地下水は汚染水となるため処理が必要



汚染水対策の三つの基本方針

1. 汚染源を**取り除く**●
2. 汚染源に水を**近づけない**○
3. 汚染水を**漏らさない**◆

**緊急対策**

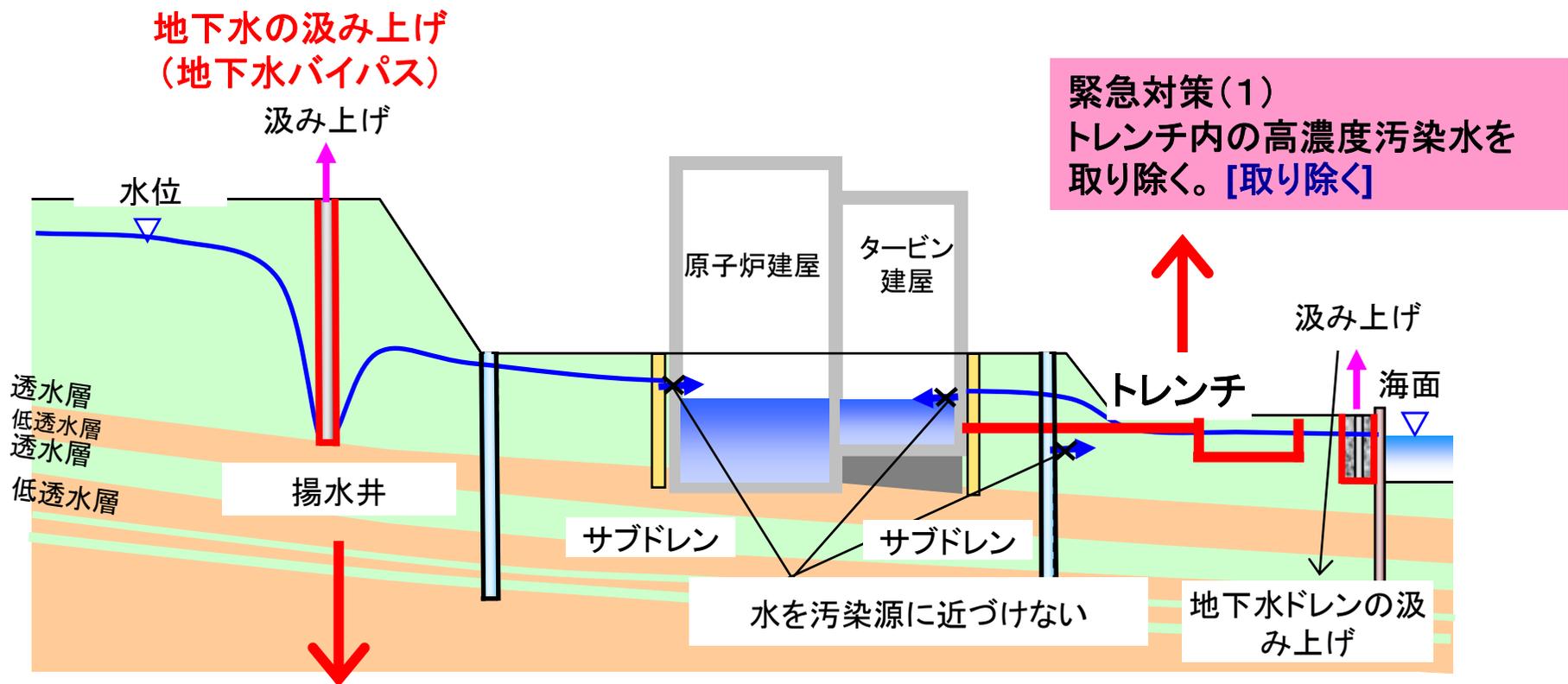
1. トレンチ内の高濃度汚染水除去●
2. 水ガラスによる汚染エリアの地盤改良、アスファルト等による地表の舗装、地下水のくみ上げ○◆
3. 山側から地下水をくみ上げ(地下水バイパス)○

**抜本対策**

4. サブドレンによる地下水くみ上げ○
5. 海側遮水壁の設置◆
6. 凍土方式による陸側遮水壁の設置○
7. より処理効率の高い汚染水浄化設備を整備● 等

**主な予防的対策**

更なる地下水流入抑制対策(フェーシングの検討)○ 等



緊急対策(3) 山側からの地下水の汲み上げ (地下水バイパス) [近づけない]

• 2014年4月9日、揚水井での汲み上げを開始。

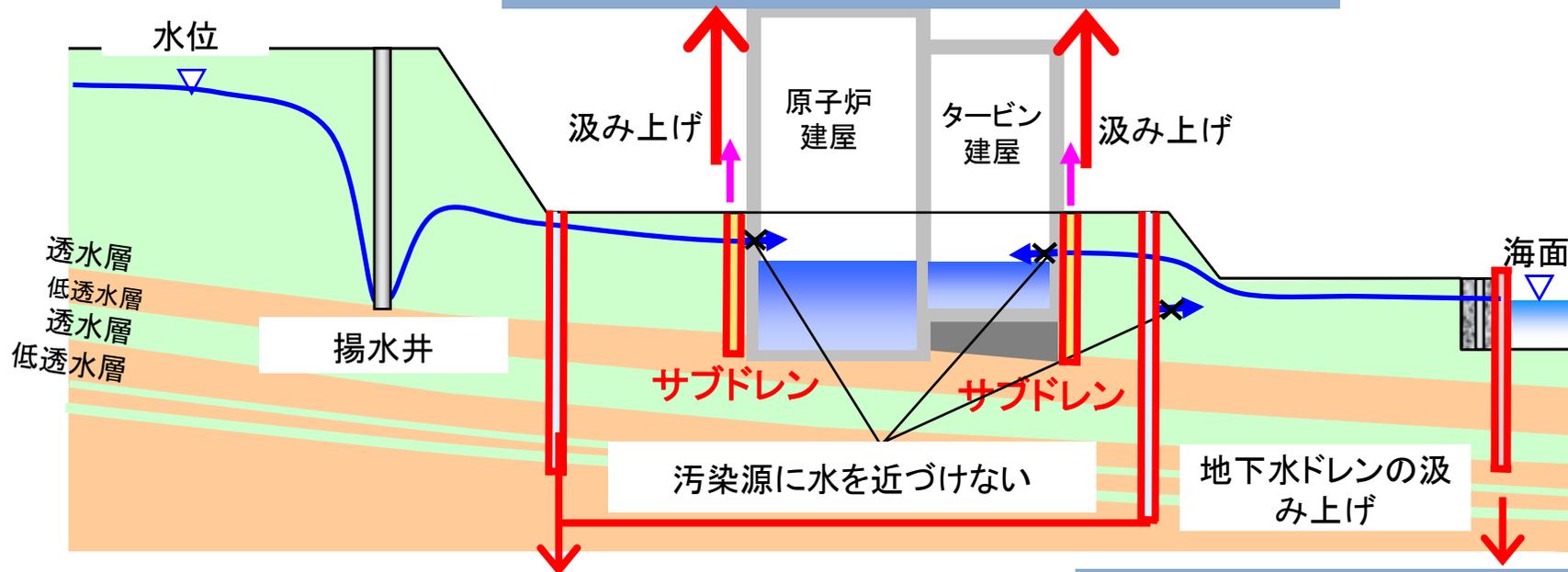


揚水井

緊急対策(2) 水ガラスの使用による汚染エリアの地盤改良、アスファルトによる地表の舗装、および地下水の汲み上げ [近づけない]、[漏らさない]

- 地盤改良および地下水汲み上げ
- 地表をアスファルトで舗装し、雨水浸透を抑制

## 基本対策(4) サブドレンからの地下水汲み上げ [近づけない]



基本対策(6) 山側に凍土遮水壁を設置して、建屋に流入する地下水による汚染水の増加を抑制。  
[近づけない]

■ 2015年3月凍結作業開始予定 [経産省補助事業]



基本対策(5) 海側遮水壁を設置。  
[漏らさない]



## 地下水バイパス

〈放水実績 日付/量〉 単位:トン



	放出日	放出量
1	5月21日	561
2	5月27日	641
3	6月2日	833
4	6月8日	1,563
5	6月14日	1,443
6	6月20日	1,765
7	6月26日	1,829
8	7月2日	1,858
9	7月8日	1,725

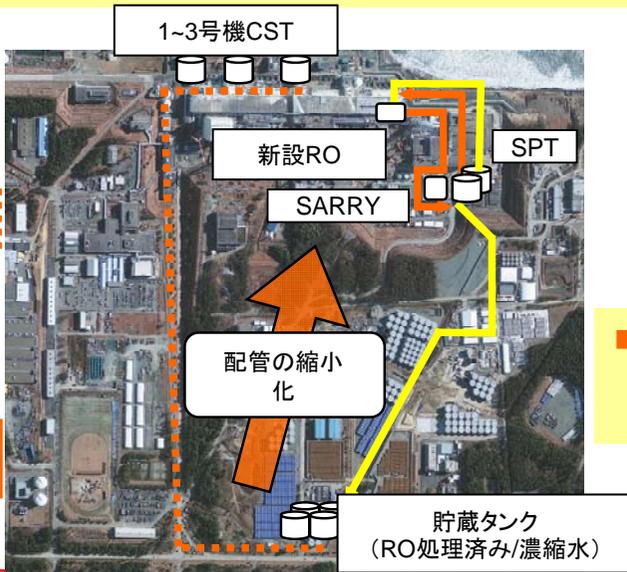
## トレンチ内の高濃度汚染水除去



- 建屋山側で地下水のくみ上げを行い、海に排水(バイパス)する。数十トン～最大100トン程度の建屋流入抑制効果を期待。
- 揚水井から汲み上げた水は、タンクで一時貯留し、水質を計測し、目標値未満であることを確認した上で排水。

- 事故直後、汚染水がトレンチ等を通じて取水口から海に流出
- 流出箇所は止水したが、地下構造物中の残留汚染水を抜き取り閉塞させる
- モバイル式処理装置により処理を実施中(2号機:H25.11.14～、3号機:H25.11.15～)
- 凍結・水抜き工事準備中(2号機:H26.4.2～凍結開始、H26.6凍結完了予定であったが計画通り凍結が進行しておらず、継続実施中。3号機:H26.8凍結完了予定)

## 循環配管の縮小化



- 4号機タービン建屋内にROシステムを新設し、2015年3月までに循環配管を現在の3kmから約0.8kmに縮小することで、汚染水漏れのリスクを低減し、作業者の被ばくを軽減。

●より処理効率の高い汚染水浄化  
(国費によるより高性能な多核種除去設備)

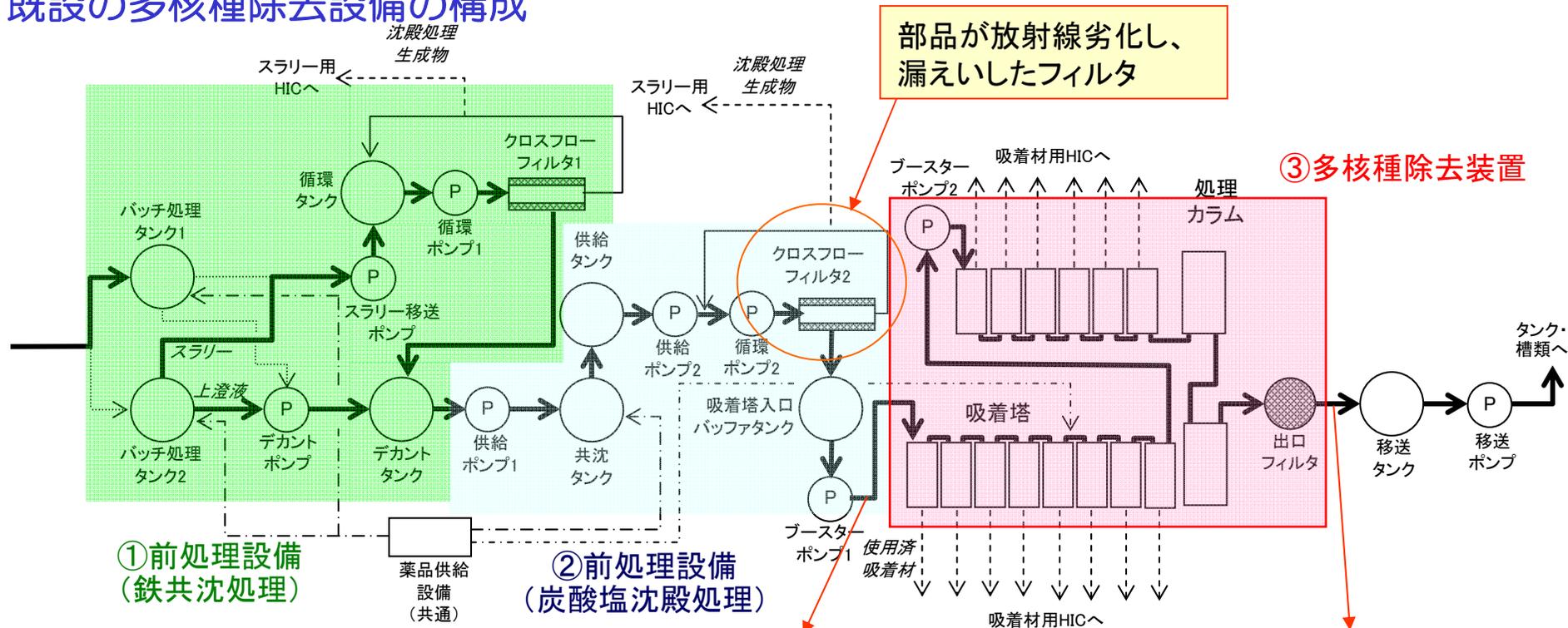
- 現行多核種除去設備は3系列で構成。現在浄化を実施中
- 増設多核種除去設備は3系列で想定。H26年度半ばに運用を開始する予定
- 高性能多核種除去設備は1系列で想定。H26年度半ばに運用を開始する予定

	現行多核種除去設備	増設多核種除去設備	高性能多核種除去設備※
処理量	750m <sup>3</sup> /日	750m <sup>3</sup> /日	500m <sup>3</sup> /日以上
系列数	3系列 (250m <sup>3</sup> /系列)	3系列 (250m <sup>3</sup> /系列)	1系列
目標核種除去能力	全63核種中、62核種を告示濃度限度以下に(トリチウムを除く)		
廃棄物発生量	—	—	既存設備の20分の1
処理開始時期	2013年3月	2014年度半ば	2014年度半ば

※ 国の補助金事業として実施。

※ 沈殿物として出る水処理二次廃棄物の大幅な減量(8割以上), 除去性能の向上を図る。

## ■ 既設の多核種除去設備の構成



追加サンプリング(Ca濃度)

ブースターポンプ1出口のCa濃度

サンプリング系統	採取日	Ca濃度
A系統	3/27	11pm
A系統	5/17	11ppm
C系統	5/20	6.2ppm

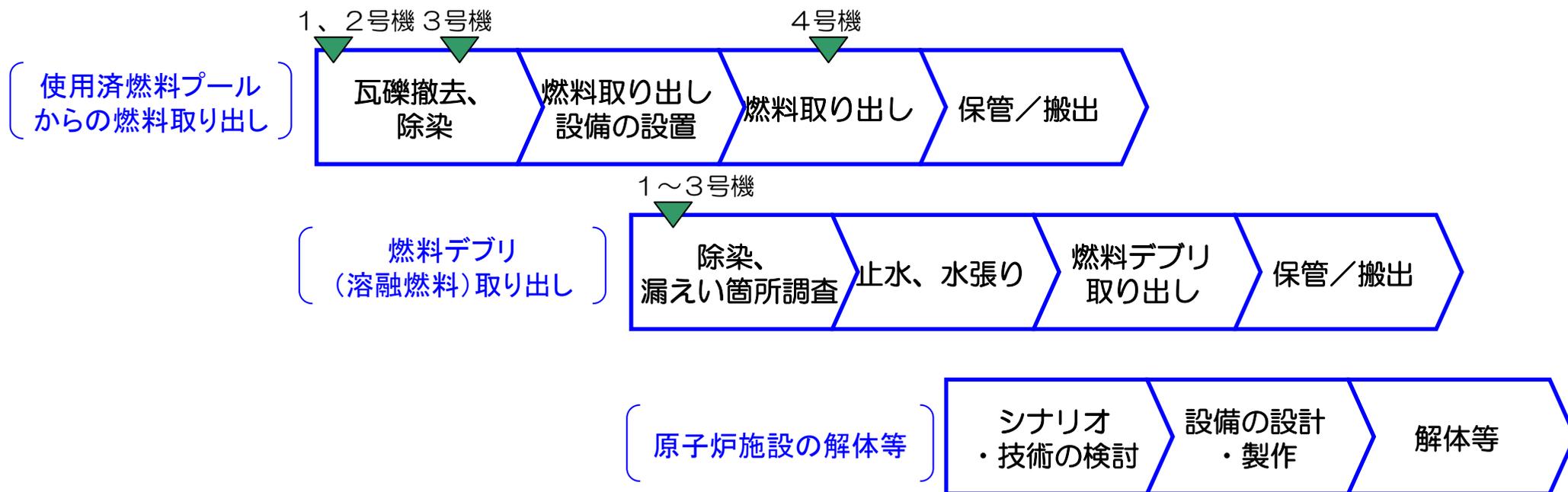
サンプリング(放射能濃度)

系統出口水放射能濃度(全ベータ)

サンプリング箇所	採取日	放射能濃度(全ベータ)
B系統出口水	3/18	10 <sup>3</sup> ~10 <sup>4</sup> Bq/cc
A系統出口水	5/17	2.4 × 10 <sup>-1</sup> Bq/cc
C系統出口水	5/19	4.0 × 10 <sup>-1</sup> Bq/cc

- B系にてフィルタ部品が放射線により劣化し汚染が下流側へ移行。B系は耐放射線性能の高いフィルタ部品に変更し5/23より運転再開。
- A系、C系では、早期に検知する対策(追加サンプリング)を行い、汚染の下流側への移行を防止した。
- A系でも同様にフィルタ部品を交換し、6/9より運転再開。C系も同様の対策を行い6/22運転再開。

- 「廃炉」の主な作業項目は、使用済燃料プールからの燃料取り出し、燃料デブリ(溶融燃料)取り出し、原子炉施設の解体等
- 現在、4号機使用済燃料プールからの燃料取り出しを推進すると共に、1～3号機の燃料取り出し、燃料デブリ取り出しの開始に向け順次作業中



# 1号機の現状

15

## 現状

建屋カバーの設置完了(2011年11月)

原子炉の安定的冷却継続により、放射性物質の発生量は減少

## 課題

建屋カバーの撤去

オペレーティングフロア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飛散抑制対策

建屋カバー解体期間の短縮



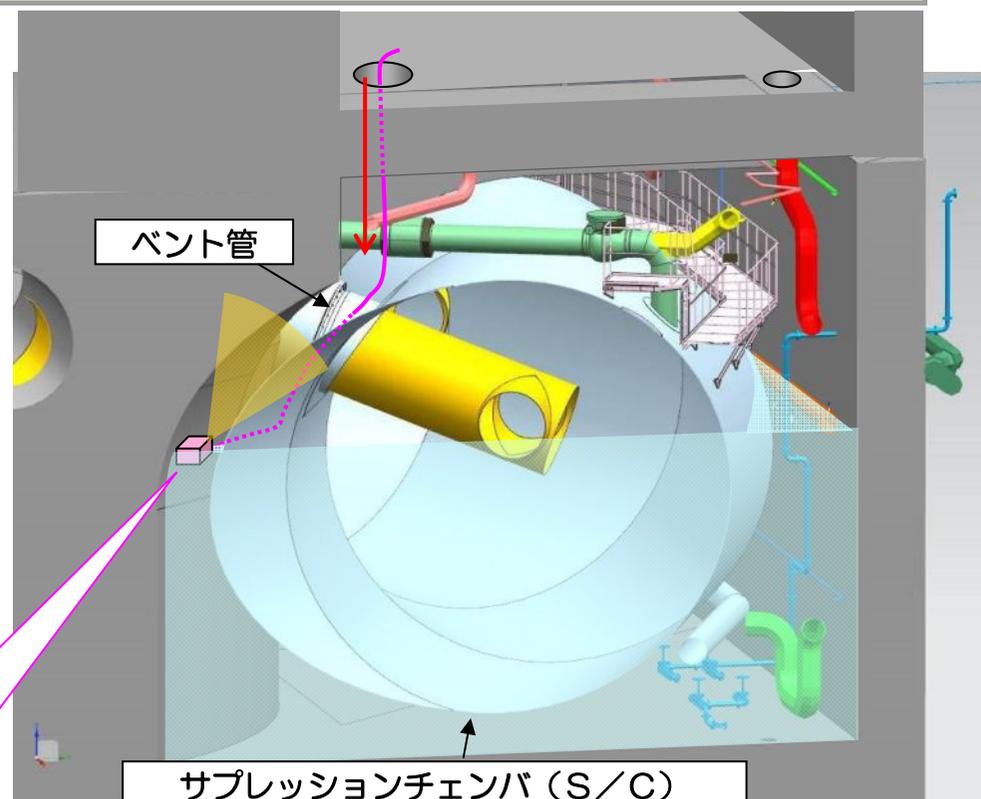
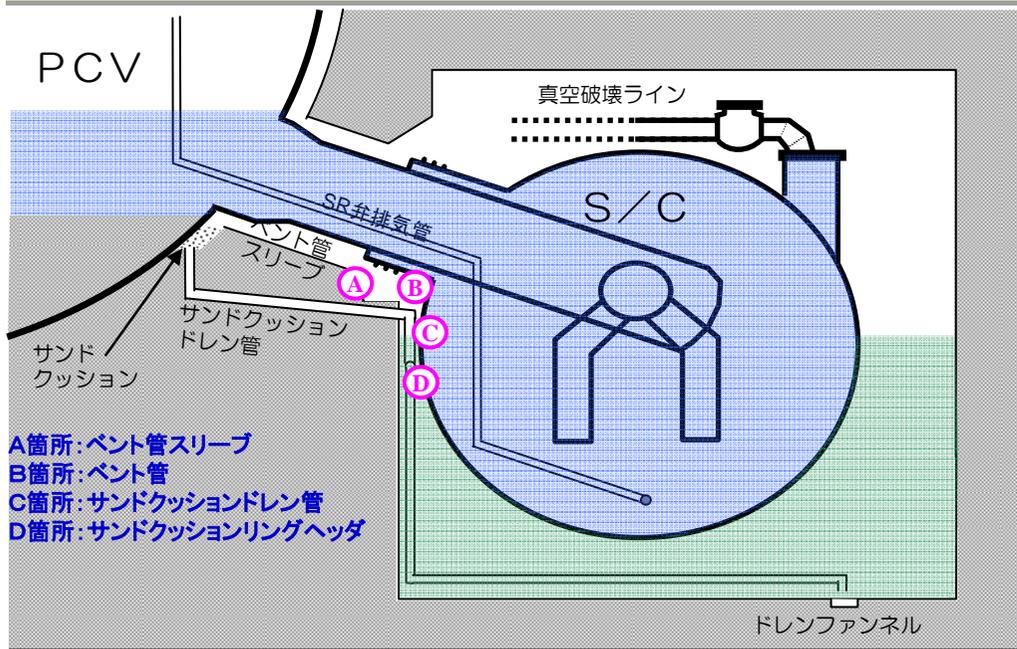
2011年3月12日時点



建屋カバー設置後  
現在

## 1号機ベント管下部周辺の調査(概要)

- 燃料デブリ取り出し準備に必要な原子炉格納容器の補修(止水)に向け、格納容器からの漏えい箇所を推定することを目的としたベント管下部周辺の調査を実施。
- 水上ボートに搭載したカメラ映像により、ベント管スリーブ端部からの水の流れの有無およびサンドクッションドレン管の状況(外観)等を確認。

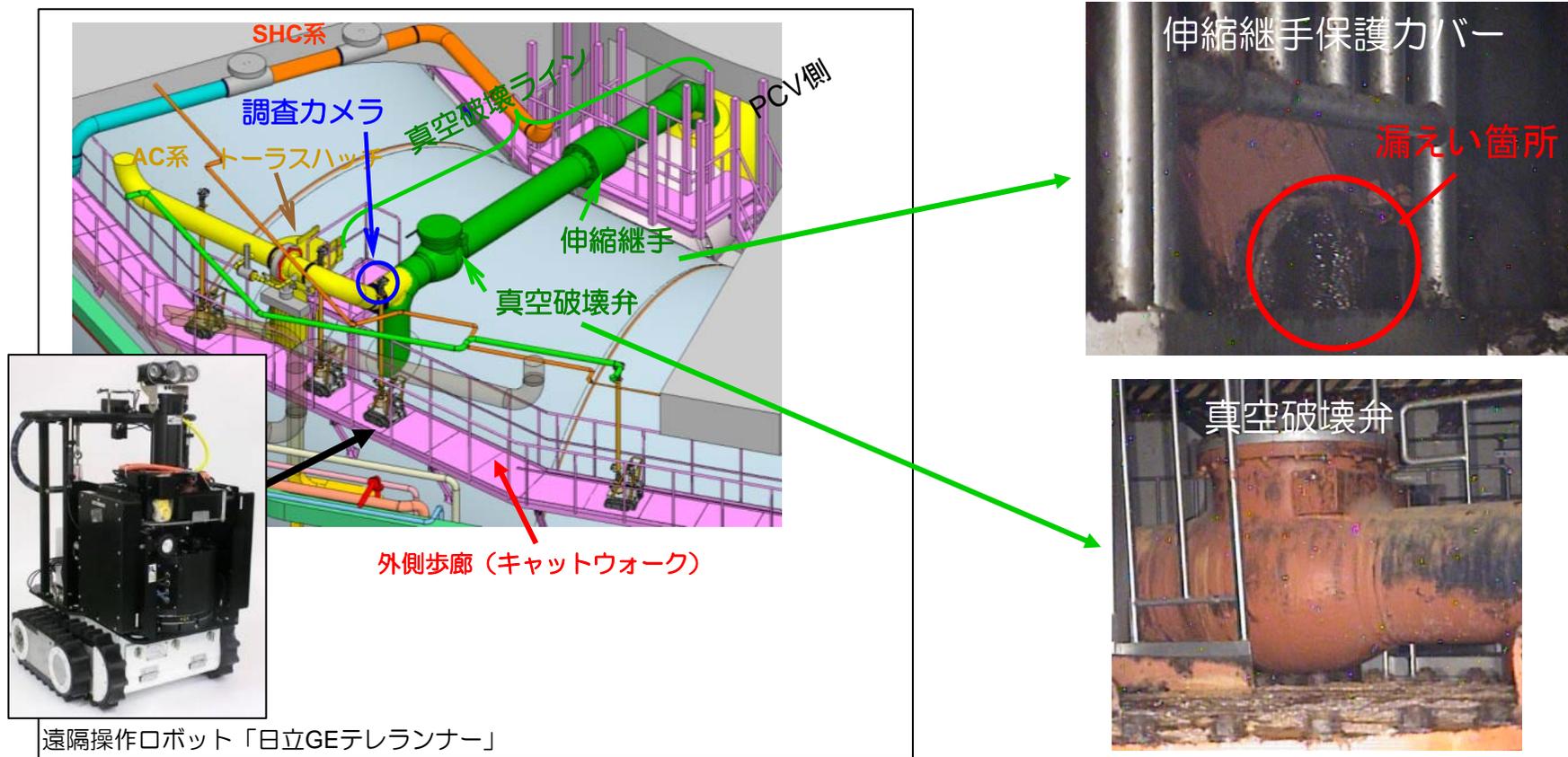


水上ボート

水上ボート 工場での航行試験の様子

# 1号機における漏えいの確認

- 平成26年5月27日、1号機トールス室内に遠隔操作ロボットを投入し、外側歩廊(キャットウォーク)から調査を実施し、真空破壊ラインの伸縮継手保護カバーからの漏えいを確認。
- 調査結果は今後の調査と、将来のPCV水張りのための止水作業に反映予定。



遠隔操作ロボット「日立GEテレランナー」

S/C上部調査イメージ図

# 2号機の現状

## 現状

建屋内の線量が非常に高い

オペレーティングフロアの汚染状況調査を実施予定

## 課題

線量低減対策

工事期間中の放射性物質の飛散抑制対策

ブローアウトパネル開口部

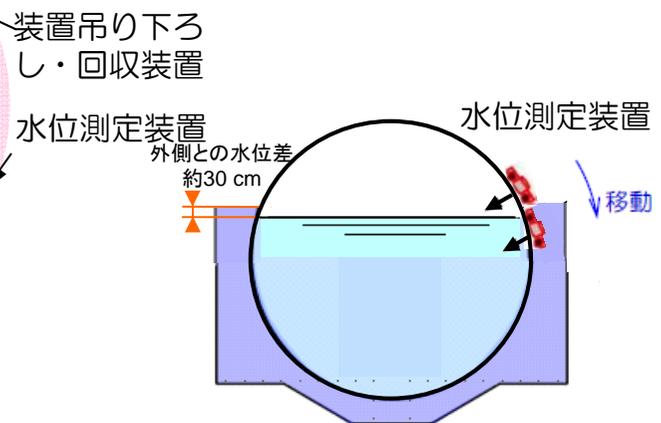
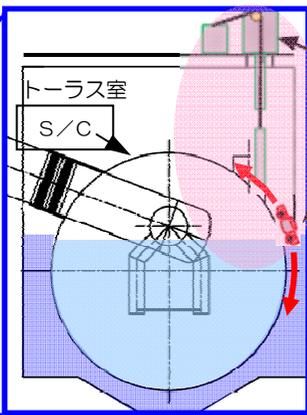
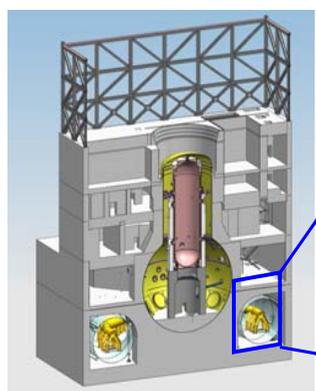
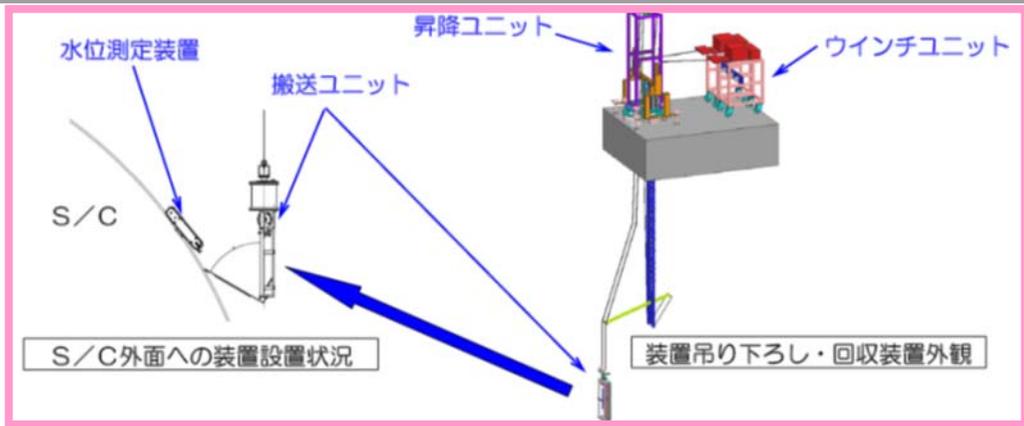


2011年4月10日時点

現在

## 2号機S/C内水位測定(概要)

- 燃料デブリ取り出し準備に必要な原子炉格納容器の補修(止水)に向け、格納容器からの漏えい箇所の開口状況を推定することを目的としてS/C内の水位測定を実施。  
(S/C内とS/C外(トラス室)での水位差から漏えい箇所の開口面積を推定し、S/Cに充填する止水材がS/C内から流出する可能性等を検討)

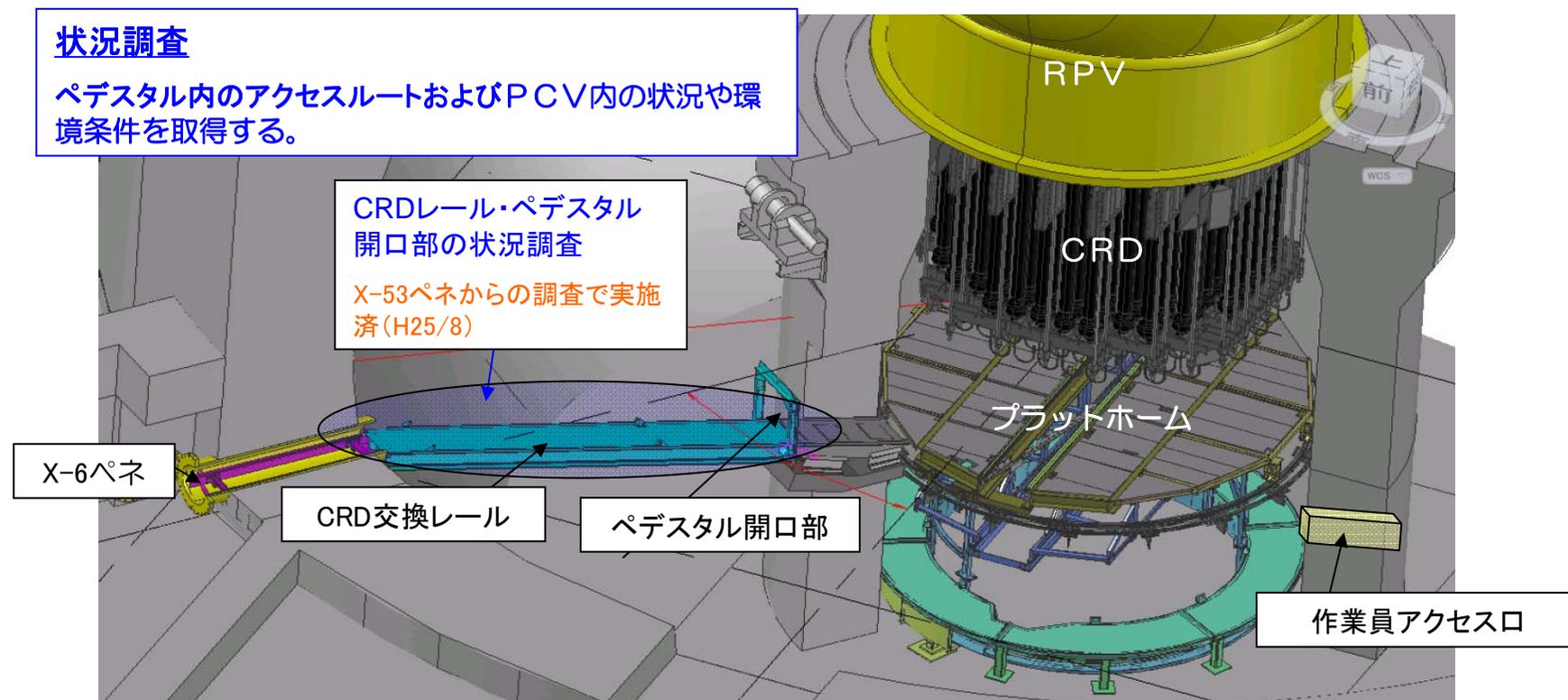


2号機S/C内水位測定イメージ図

測定状況

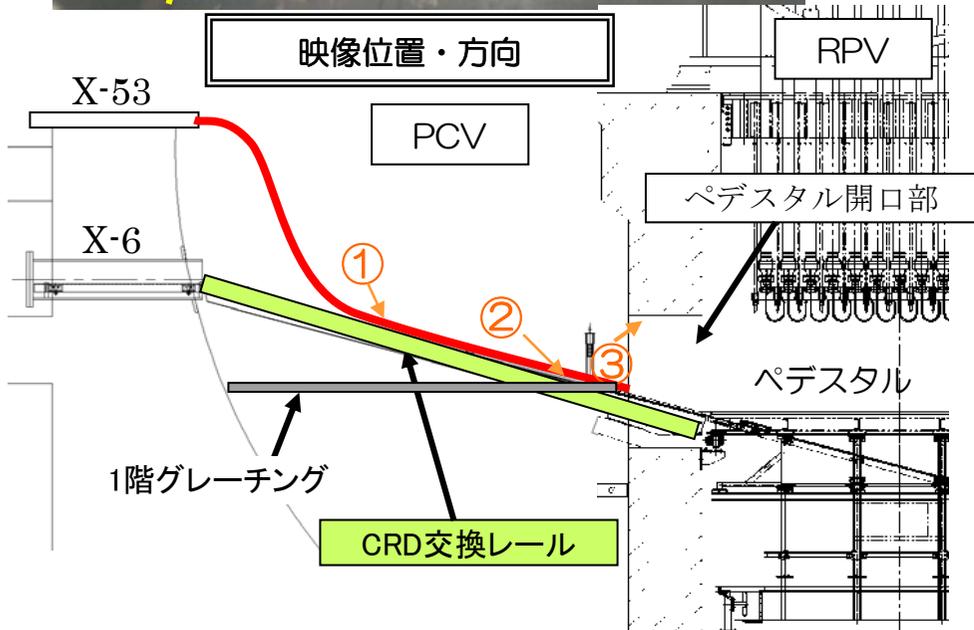
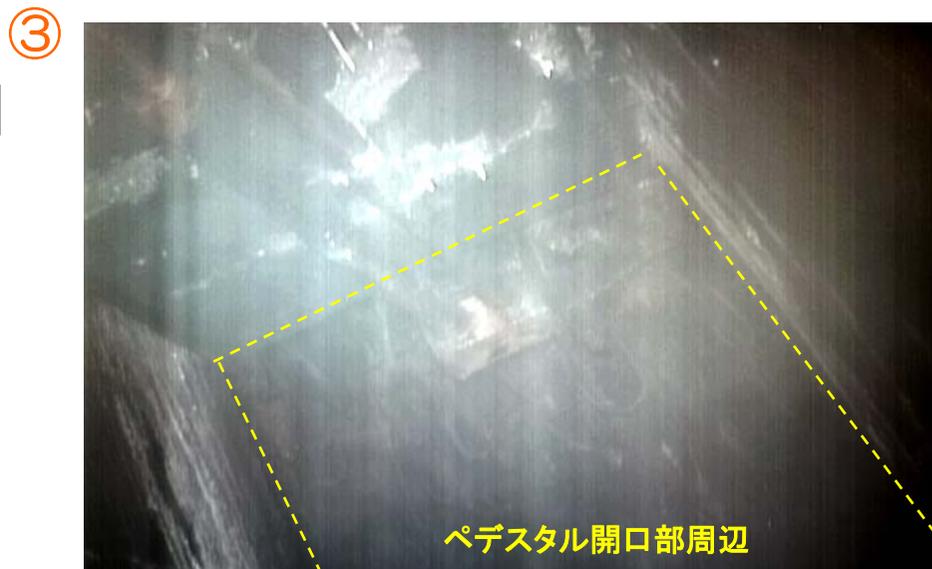
## 2号機PCV(ペDESTAL内)調査(計画案)

- 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。
- 事前調査としてCRD交換レール～ペDESTAL開口部の状況調査を実施。



※⑤はペDESTAL外からのアクセスについても検討中

## 2号機PCV(ペDESTAL内)調査(調査結果)

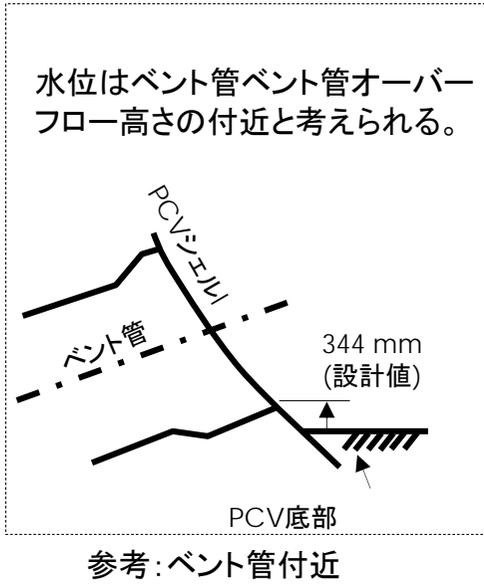
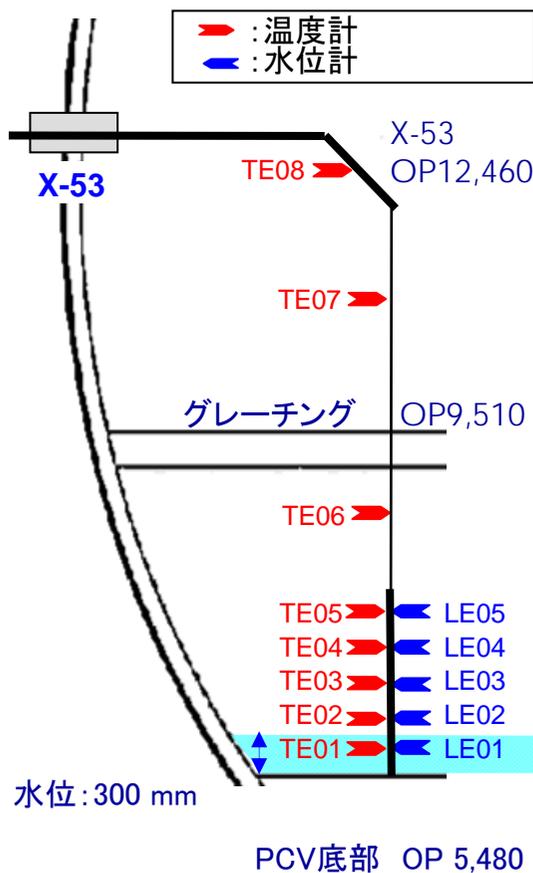


注記:①~③の写真は画像処理後

## 2号機PCV内水位の見極め

- 2012年3月の測定装置投入の失敗後、2014年6月初旬に装置の再投入に成功。
- 以来、PCV内の水位と温度の監視を継続中。

[6月11日、8:00現在]



モニタリング結果				高さ
	温度[°C]	水位		
TE08	33.7	-	-	OP.11,920
TE07	33.7	-	-	OP.10,690
TE06	33.5	-	-	OP.8,100
TE05	33.5	LE05	OFF	OP.6,430
TE04	33.5	LE04	OFF	OP.6,230
TE03	33.6	LE03	OFF	OP.6,030
TE02	35.0	LE02	OFF	OP.5,830 *PCV底部から350mm
TE01	35.8	LE01	ON	OP.5,630 *PCV底部から350mm

# 3号機の現状

## 現状

原子炉建屋上部のガレキ撤去が完了(2013年10月11日)

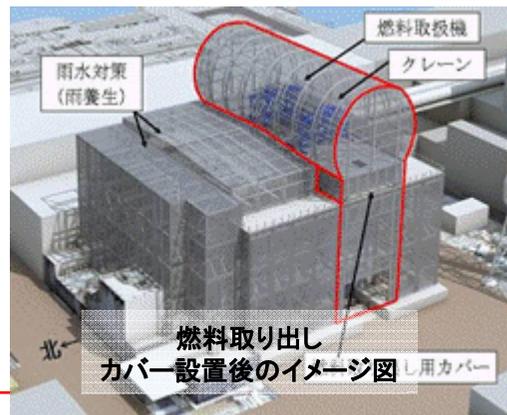
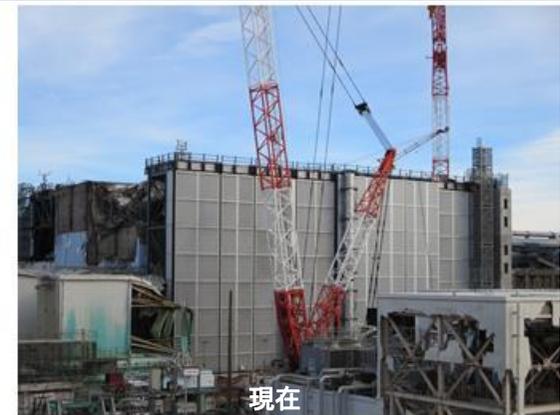
今後燃料取り出し用カバー及び燃料取扱設備設置予定

鉄骨ガレキが使用済み燃料プールに滑落(2012年9月)

安全最優先の見地から燃料取り出し開始目標を再設定(2014年末→2015年度上期)

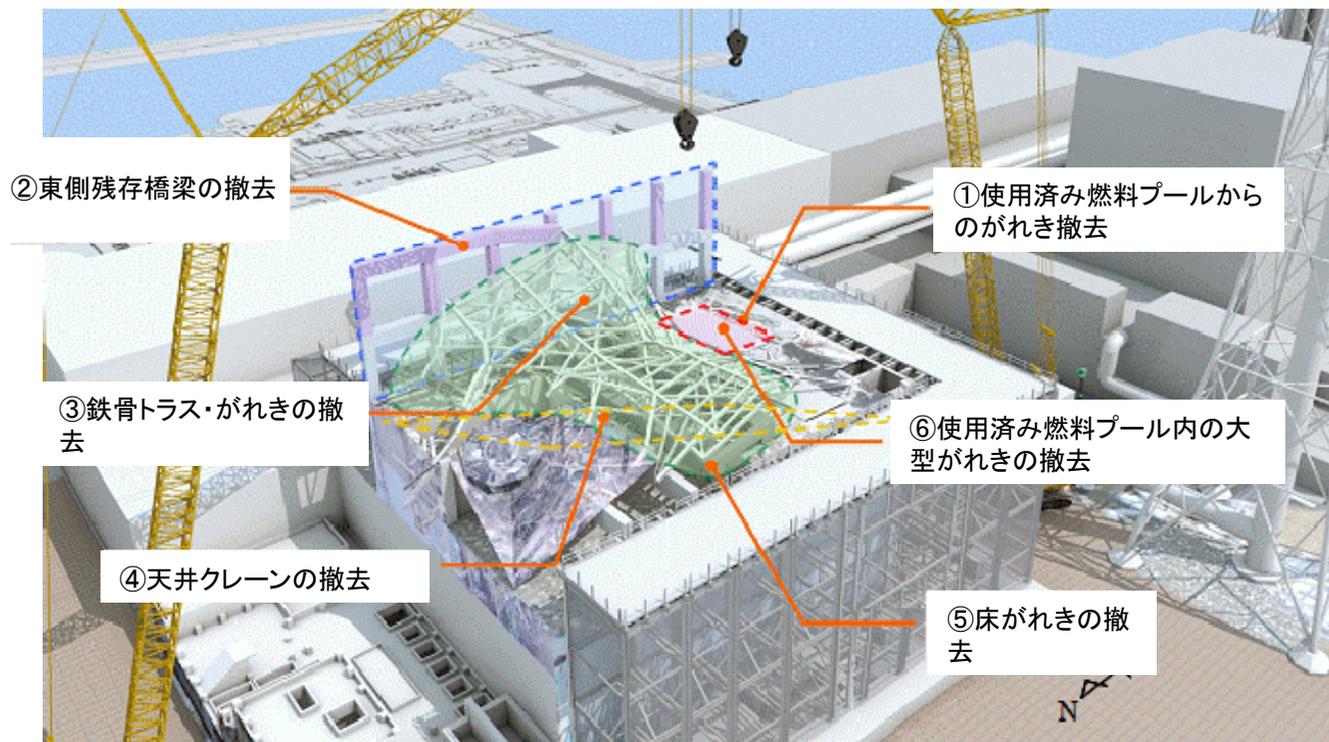
## 課題

線量が高いため、線量低減対策を遠隔操作重機で、安全かつ着実に行わねばならない

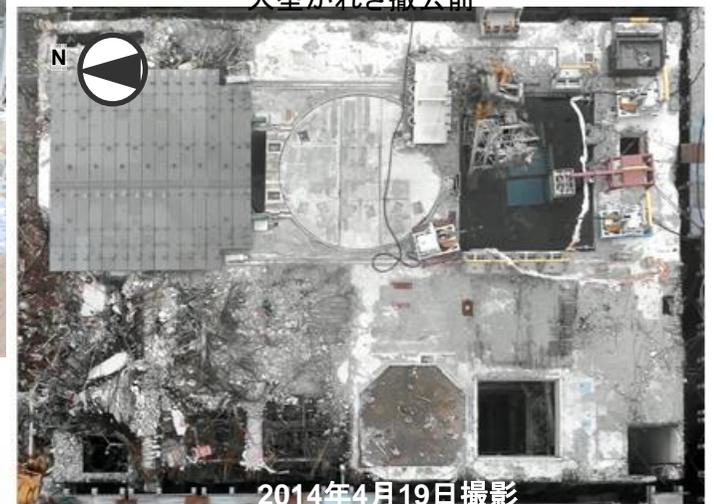


# 燃料取り出しに向けた状況(プール燃料取り出し)

- 遠隔操作重機を使用して建屋上部のがれき撤去完了(2013年10月11日)
- 使用済み燃料プール内のがれき撤去作業を実施中
- 建屋上部の除染・しゃへい工事を計画・実施中



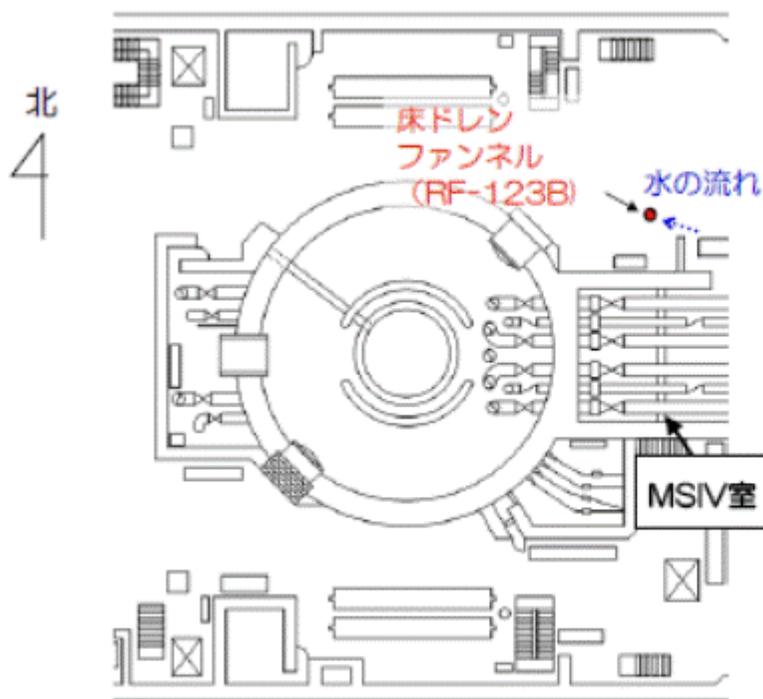
大型がれき撤去前



大型がれき撤去後

## 3号機原子炉建屋1階主蒸気隔離弁室付近から床ドレンファンネルへの水の流れについて

- 平成26年1月18日、3号機原子炉建屋瓦礫撤去用ロボット(ASTACO-SoRa)のカメラ画像を確認していた当社社員が、3号機原子炉建屋1階北東エリアの主蒸気隔離弁室の扉付近から、その近傍に設置されている床ドレンファンネルに向かって水が流れていることを確認した。
- 平成26年1月21日、瓦礫撤去作業の為、当該ロボットを進めていたところ、注水の流量が大幅に減少していることを確認した。
- プラントパラメータ等の異常は確認されていない。



3号 原子炉建屋1階 概略平面図



流水確認時 (1月18日撮影)



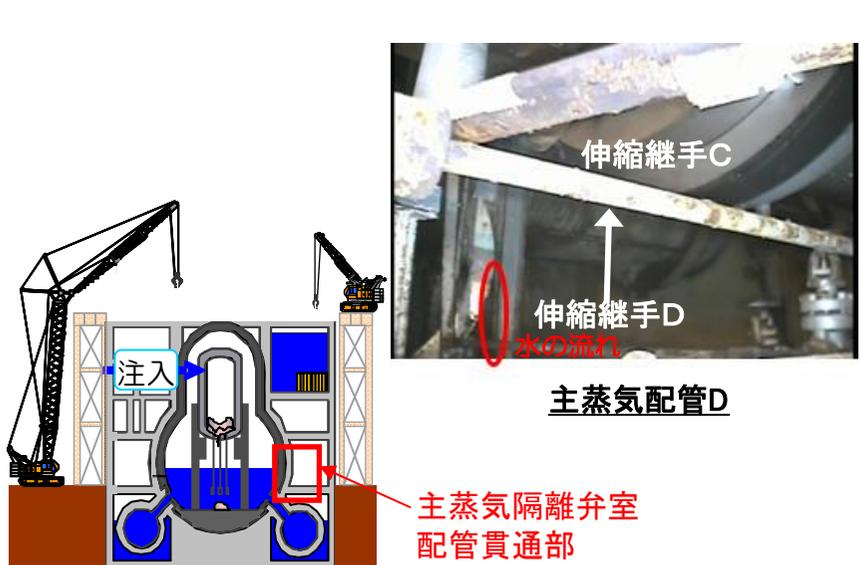
流水減少時 (1月21日撮影)



遠隔操作重機  
ASTACO-SoRa

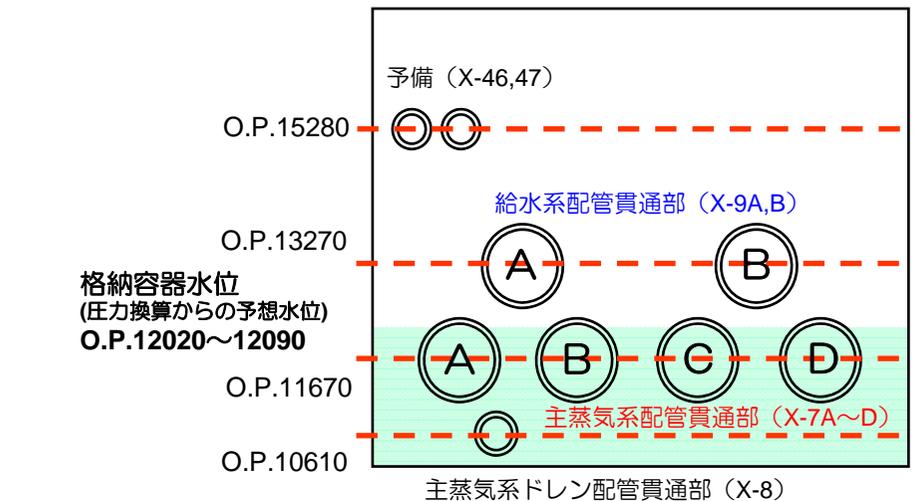
# 3号機での漏えいの発見

■ 5月15日、主蒸気隔離弁室にカメラを挿入し、主蒸気ライン付近からの漏えいを確認。3号機PCVからの漏えいが初めて確認された。

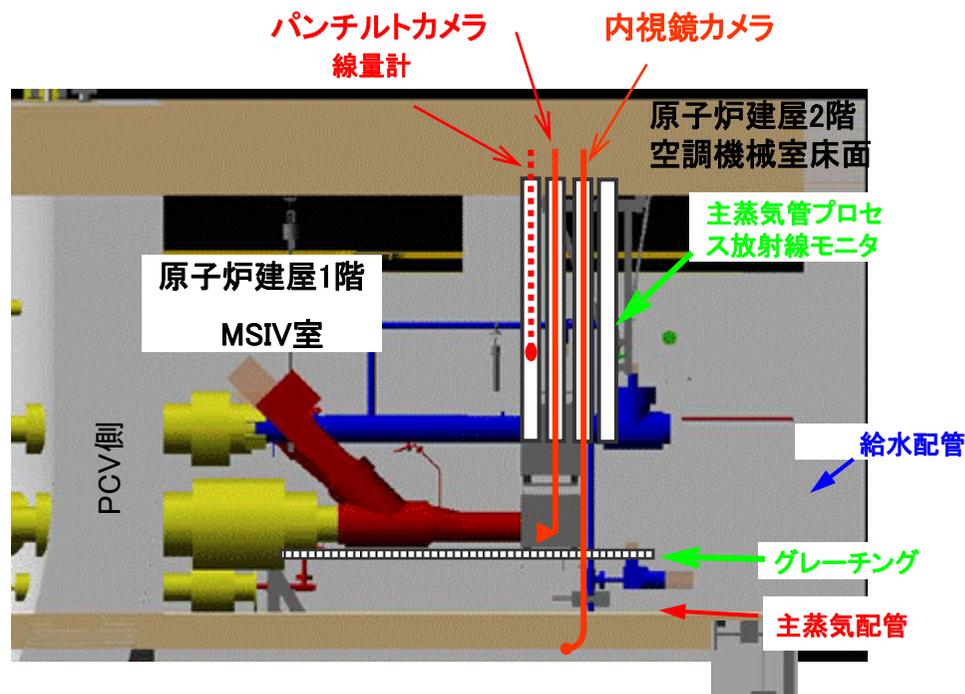


パンチルトカメラ

内視鏡カメラ



主蒸気隔離弁室内配管貫通部 断面模式図



MSIV室断面図

# 4号機の現状

## 現状

使用済み燃料プールからの燃料取り出し開始(2013年11月18日、2014年末完了予定)

## 課題

引き続き安全を確保しつつ作業を実施  
漏えい等が確認された燃料の取り出し方法の検討

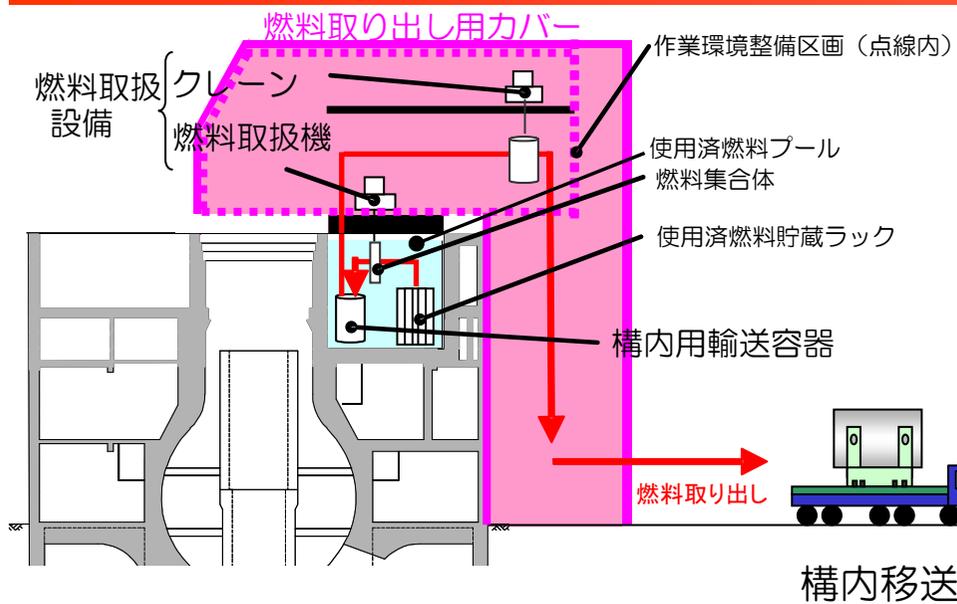


2011年9月22日時点

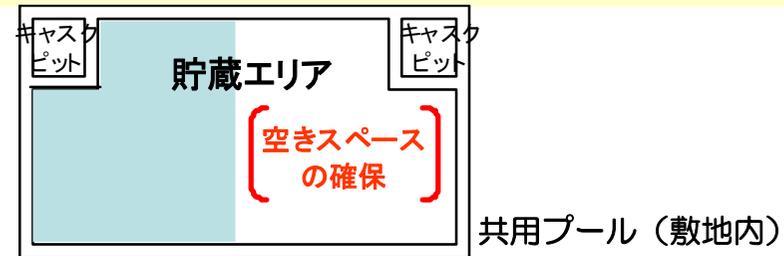


燃料取り出し用カバー構造物  
現在

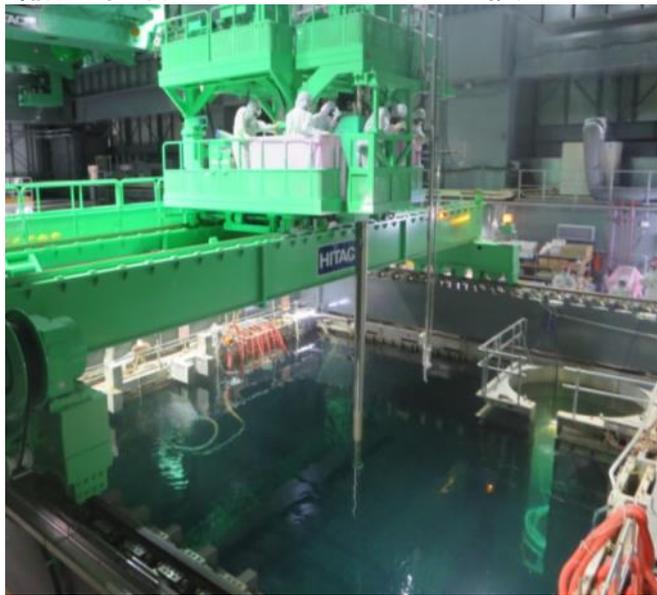
# 燃料取り出しに向けた状況（プール燃料取り出し）



- 4号機使用済燃料プールからの燃料取り出し作業を2013年11月18日より開始。
- 同プールには、取り出し作業開始時点で1533体の燃料が保管されており、2014年中に全ての取り出しを完了させる予定。
- 2014年6月30日現在、1188体の燃料を輸送済み。



＜輸送容器のトレーラへの積み込み＞



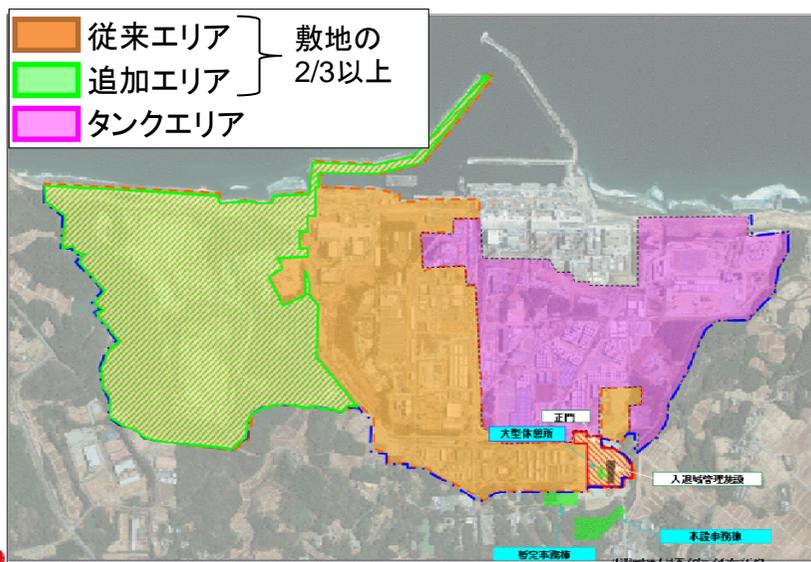
＜燃料取り出し作業の状況＞



作業員数:約5000名/日(本年6月)

- ◇ 全面マスク省略可能エリアの拡大や被ばく低減の取り組み
- ◇ 厚生施設
  - ✓ 大型バスを改造した移動式休憩所(本年1月から運用開始)
  - ✓ 大型休憩所(地上8階建、約1,200名を収容。2014年末完成予定)
  - ✓ 給食センター(大熊町大河原地区に設置、3,000食規模で提供。2014年度末完成予定)
- ◇ 職場環境の整備
  - ✓ 暫定事務棟(社員約1,000名を収容、本年7月より段階的に運用開始)
  - ✓ 本設事務棟(社員+協力会社を収容、2015年度末完成予定)
  - ✓ 放射線量の高いタービン建屋海側の破損車両を撤去

全面マスク着用省略可能エリアの拡大



破損車両ガレキの撤去状況

(撤去前)



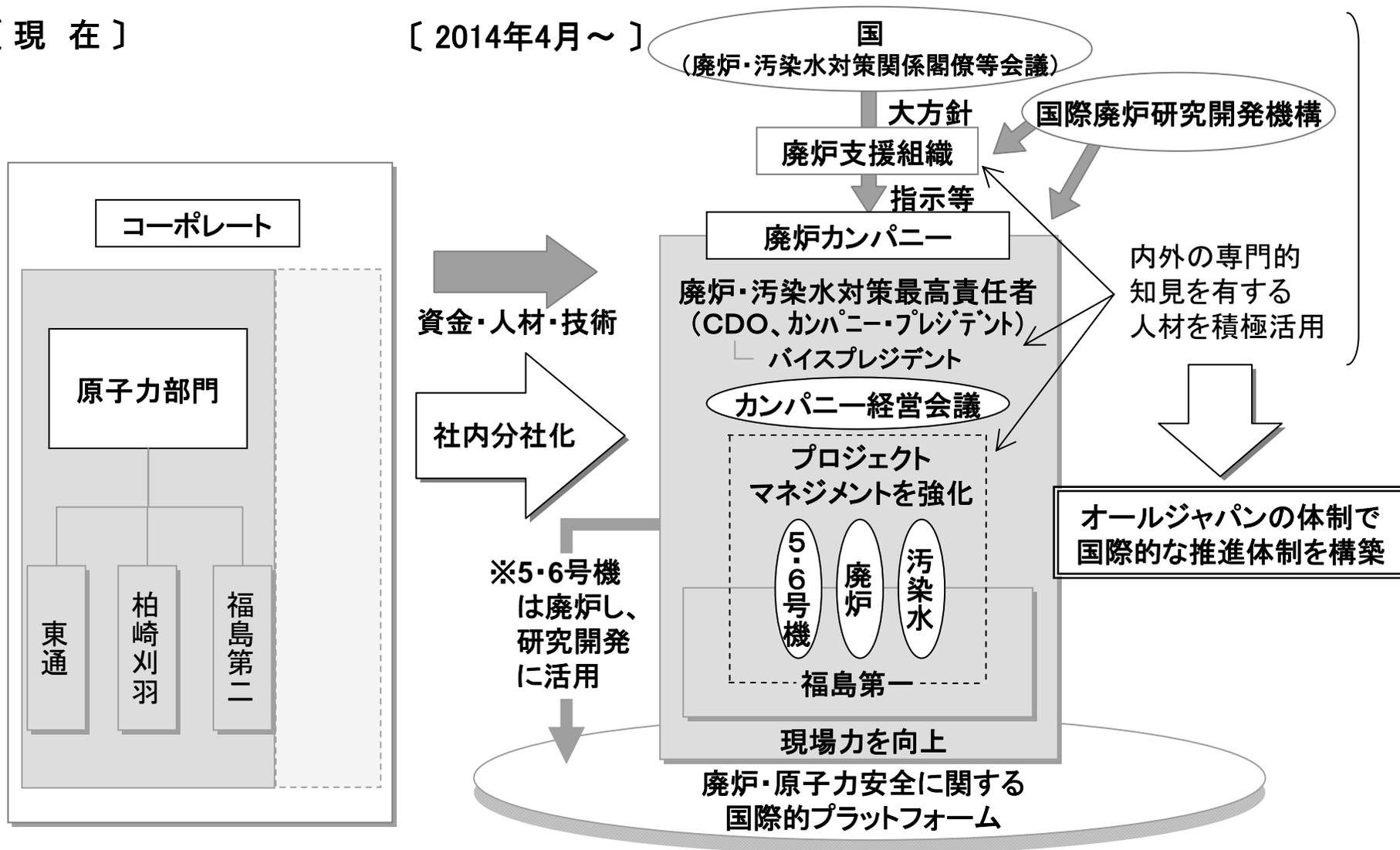
(撤去後)



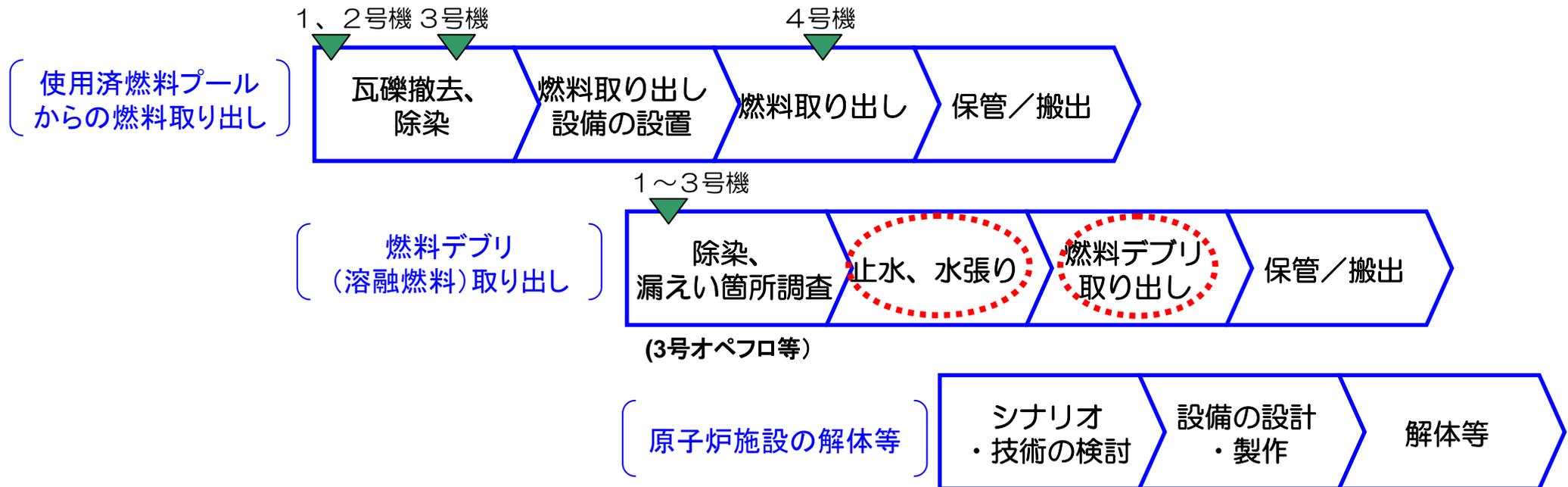
- 廃炉部門全体を統括する「廃炉カンパニー」を設置し、国内外の関係者の力を結集したオールジャパンの体制で国家的プロジェクトとして廃炉・汚染水対策を完遂していく。

〔現在〕

〔2014年4月～〕



- 福島第一の廃炉作業を安全・着実に進めるためには、遠隔装置などの技術開発が不可欠。
  - 遠隔操作による除染装置、格納容器漏洩箇所特定装置など、実証試験を通じて成果が出つつあると評価。
- 今後本格化する燃料デブリの取り出しに向けて、S/C止水、PCV内部調査、水張り、燃料デブリ取り出しなどに必要となる研究開発が必要。



### ■福島第一の廃炉作業におけるニーズ、課題を踏まえた国内外知見の収集と技術の目利き・スクリーニング

- 代替デブリ取り出し工法の提案公募(RFP)における有望技術の収集
- 将来の廃炉作業における柔軟な活用を視野に入れた要素技術の開発

### ■現場の実態を踏まえた環境・条件や現場における適用の時間軸を考慮した技術・機器の開発

- 吸引・ブラスト除染装置の建屋内除染への活用等、現場に密着した要素技術は現場への展開が可能

### ■福島第一廃炉推進カンパニーとIRIDの密接な情報交換・連携を通じて現場の課題を解決していきたい

■ 福島第一の最新情報は、東京電力ウェブサイトで閲覧が可能です。

<http://www.tepco.co.jp/nu/fukushima-np/index-j.html>

## 採取地点別放射性物質の分析結果



<福島第一原子力発電所周辺採取地点別放射性物質の分析結果>

<写真・映像ライブラリー>