

廃止措置等に向けた進捗状況：使用済み燃料プールからの燃料取り出し作業

至近の目標

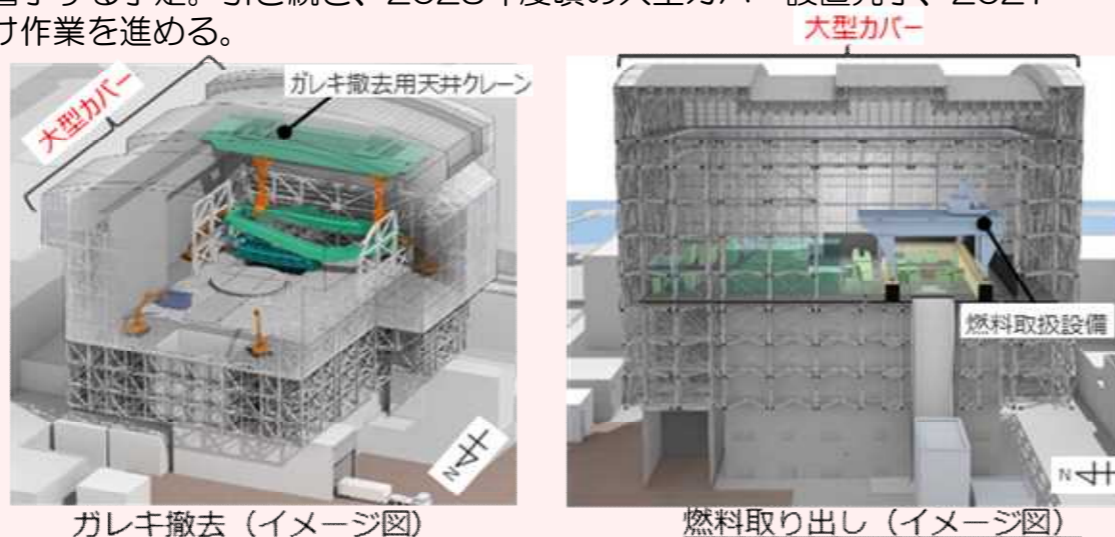
1～2号機使用済み燃料プール内の燃料の取り出し開始及び3号機使用済み燃料プール内の燃料取り出し完了

1号機

1号機使用済み燃料プールからの燃料取り出しに向けて、これまでに南側の崩落屋根落下の状況やウェルプラグの汚染状況などの調査を進めてきた。これらの調査結果を踏まえ、より安全・安心に作業を進める観点から『ガレキ撤去より先に原子炉建屋を覆う大型カバーを設置し、カバー内でガレキ撤去を行う工法』を選択。2021年度上期より、大型カバー設置工事に着手する予定。引き続き、2023年度頃の大型カバー設置完了、2027～2028年度の燃料取り出し開始に向け作業を進める。

<参考>これまでの経緯

2018年1月よりオペフロ北側のガレキ撤去を開始し、順次進めている。2019年7月、8月には正規の位置からずれが生じているウェルプラグの調査、8月、9月には天井クレーンの状況確認を実施。これらの調査結果を踏まえ、よりダスト飛散に留意した慎重な作業が求められることから、ガレキ撤去後に燃料取り出し用カバーを設置する工法と、ガレキ撤去前に大型カバーを設置し、カバー内でガレキ撤去を行う工法の2案の検討を進めてきた。

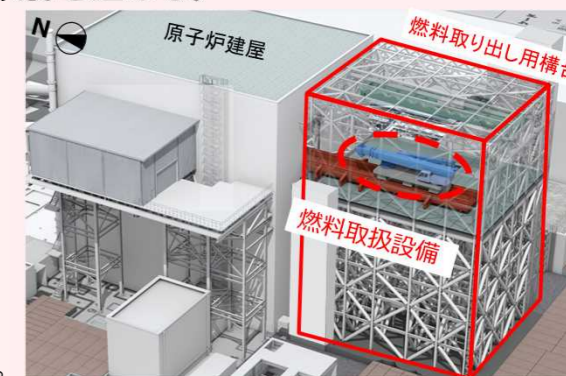


2号機

2号機使用済み燃料プールからの燃料取り出しに向けては、2018年11月～2019年2月のオペフロ内調査の結果を踏まえ、建屋上部を全面解体する工法から建屋南側に小規模開口を設置し、ブーム型クレーンを用いる工法へ変更することとした。引き続き、2024～2026年度の燃料取り出し開始に向け、検討を進める。

<参考>これまでの経緯

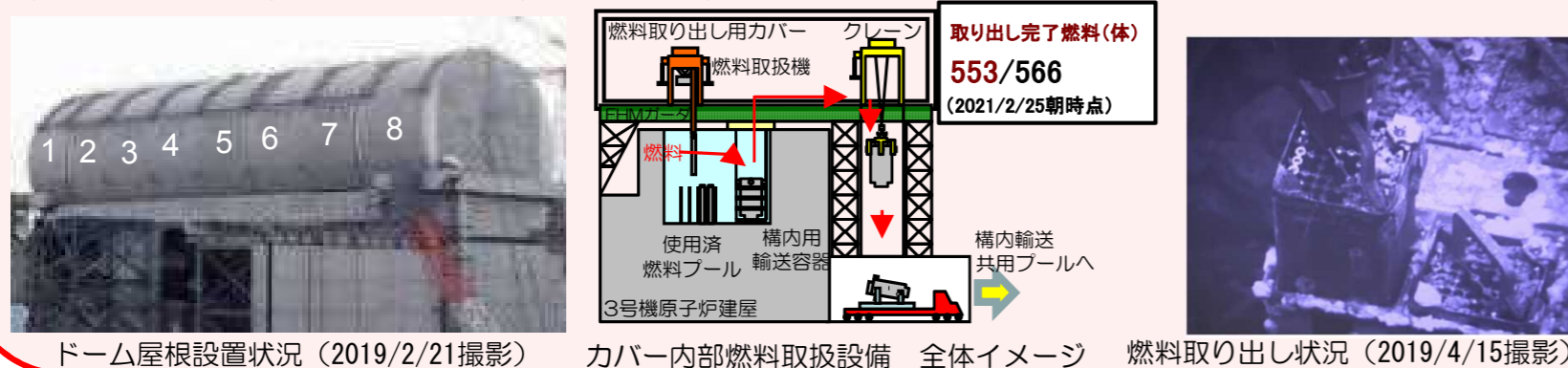
当初、既設天井クレーン・燃料交換機の復旧を検討していたが、オペフロ内の線量が高いことから、2015年11月に建屋上部解体が必要と判断。2018年11月～2019年2月のオペフロ内調査の結果、限定的な作業であれば、実施できる見通しが得られたことから、建屋南側からアクセスする工法の検討を進めてきた。



燃料取り出し概要図(鳥瞰図)

3号機

燃料取り出し用カバー設置に向けて、プール内大型ガレキ撤去作業が2015年11月に完了。安全・着実に燃料取り出しを進めるために、現場に設置する燃料取扱設備を用いて、工場にて遠隔操作訓練を実施(2015年2月～12月)。原子炉建屋最上階の線量低減対策(除染、遮へい)を、2016年12月に完了。2017年1月より燃料取り出し用カバー・燃料取扱設備の設置作業を実施。2018年2月23日燃料取り出し用カバー設置完了。燃料取り出しに向けては、燃料取り出し訓練と併せて計画していたガレキ撤去訓練を2019年3月15日より開始し、2019年4月15日より燃料取り出しを開始。



4号機

中長期ロードマップでは、ステップ2完了から2年以内(～2013年12月)に初号機の使用済み燃料プール内の燃料取り出し開始を第1期の目標としてきた。2013年11月18日より初号機である4号機の使用済み燃料プール内の燃料取り出しを開始し、第2期へ移行した。

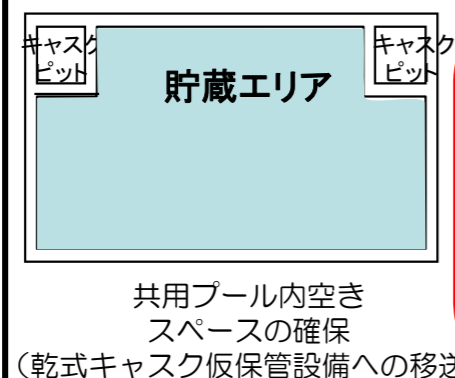
燃料取り出し作業開始から1年以内となる2014年11月5日に、プール内の使用済み燃料1,331体の共用プールへの移送が完了した。残りの新燃料の6号機使用済み燃料プールへの移送は、2014年12月22日に完了。(新燃料2体については燃料調査のため2012年7月に先行して取り出し済)これにより、4号機原子炉建屋からの燃料取り出しが完了した。今回の経験を活かし1～3号機のプール燃料取り出しに向けた作業を進める。



燃料取り出し状況

※写真の一部については、核物質防護などに関わる機微情報を含むことから修正しております。

共用プール



現在までの作業状況

- 燃料取扱いが可能な状態まで共用プールの復旧が完了(2012年11月)
- 共用プールに保管している使用済み燃料の乾式キャスクへの装填を開始(2013年6月)
- 4号機使用済み燃料プールから取り出した使用済み燃料を受入(2013年11月～2014年11月)
- 3号機使用済み燃料プールから取り出した使用済み燃料を受入(2019年4月～)

乾式キャスク(※2) 仮保管設備



2013年4月12日より運用開始、キャスク保管建屋より既設乾式キャスク全9基の移送完了(2013年5月21日)、共用プール保管中燃料を順次移送中。

<略語解説>

- (※1)オペレーティングフロア(オペフロ): 定期検査時に、原子炉上蓋を開放し、炉内燃料取替や炉内構造物の点検等を行うフロア。
- (※2)キャスク: 放射性物質を含む試料・機器等の輸送容器の名称

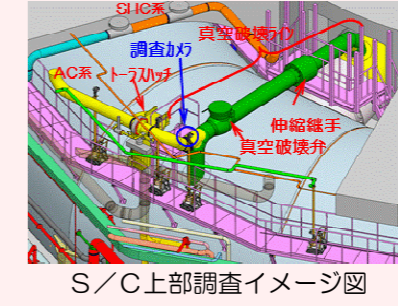
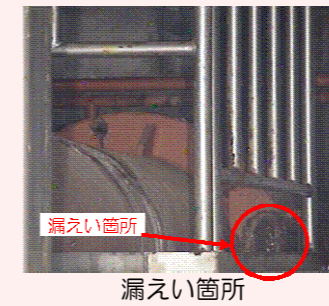
至近の目標 プラントの状況把握と燃料デブリ取り出しに向けた研究開発及び除染作業に着手

1号機原子炉建屋TIP室調査

- PCV内部調査のための環境改善その他を目的とし、TIP(※1)室調査を2015年9月24日～10月2日に実施。
 (TIP室は部屋の入口周辺が高線量のため、線量の低いタービン建屋通路から壁面を穿孔して線量率・汚染分布等を調査)
- 調査の結果、X-31～33ペネ(※2)(計装ペネ)が高線量、そのほかは低線量であった。
- TIP室内での作業が可能な見込みがあることを確認したことから、今後、TIP室内作業を行うために障害となる干涉物等の洗い出しや線量低減計画の策定を進める。

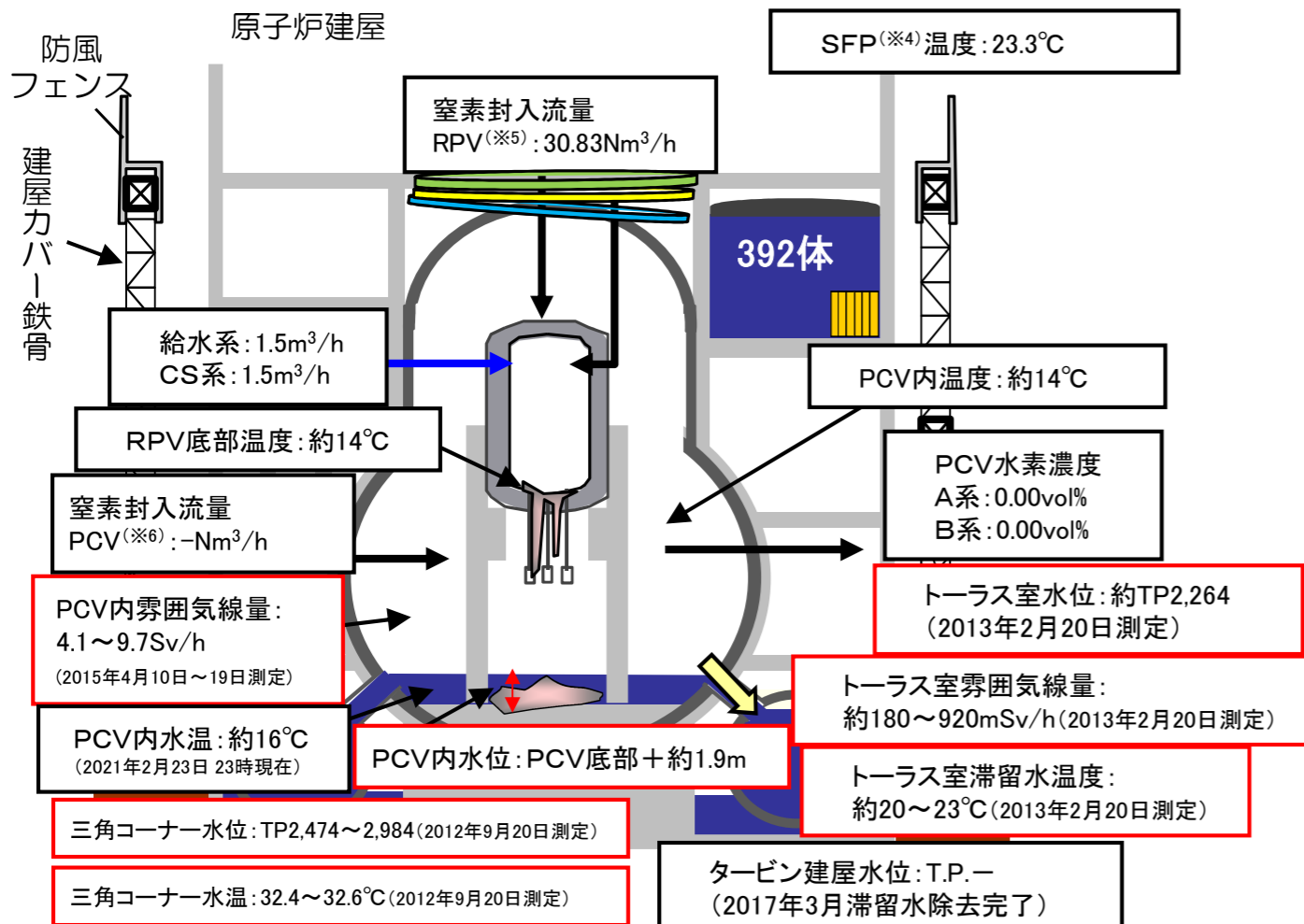
圧力抑制室(S/C(※3))上部調査による漏えい箇所確認

1号機S/C上部の漏えい箇所を2014年5月27日より調査し、上部にある配管の内1本の伸縮継手カバーより漏えいを確認。他の箇所からの漏えいは確認されず。今後、格納容器の止水・補修に向けて、具体的な方法を検討していく。



1号機

原子炉建屋内雰囲気線量:
 最大5,150mSv/h(1階南東エリア)(2012年7月4日測定)



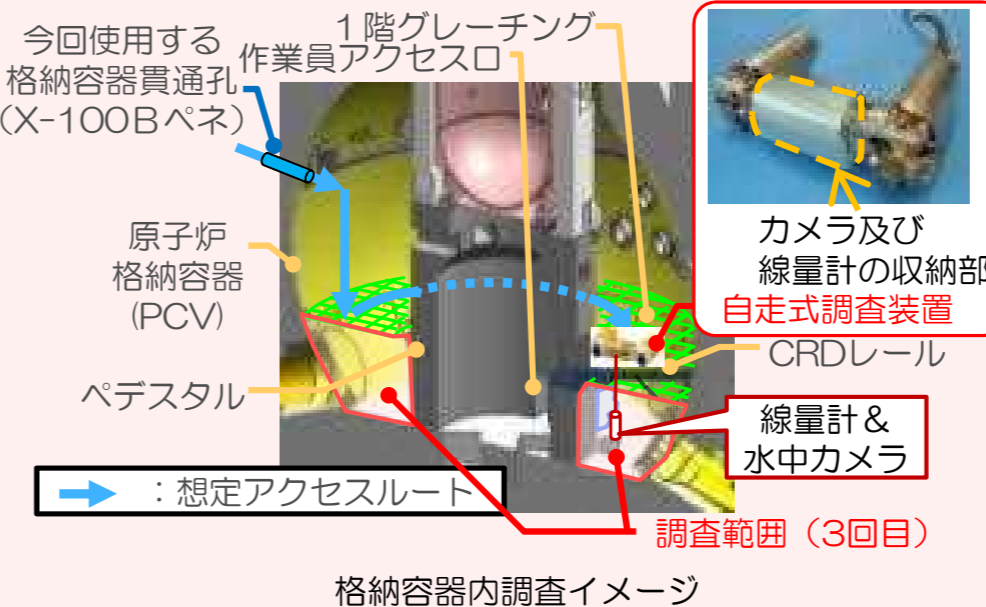
※プラント関連パラメータは2021年2月24日11:00現在の値

PCV内部調査実績	1回目 (2012年10月)	<ul style="list-style-type: none"> 映像取得 雰囲気温度、線量測定 水位、水温測定 滞留水の採取 常設監視計器設置
	2回目 (2015年4月)	PCV1階の状況確認 <ul style="list-style-type: none"> 映像取得 雰囲気温度、線量測定 常設監視計器交換
	3回目 (2017年3月)	PCV地下1階の状況確認 <ul style="list-style-type: none"> 映像取得 線量測定 堆積物の採取 常設監視計器交換
PCVからの漏えい箇所	<ul style="list-style-type: none"> PCVバント管真空破壊ラインパローズ部(2014年5月確認) サンドクッションドレンライン(2013年11月確認) 	

格納容器内部調査の状況

燃料デブリ取り出しに先立ち、燃料デブリの位置等格納容器内の状況把握のため、内部調査を実施。

- 【調査概要】
- 2015年4月に、狭隘なアクセス口(内径φ100mm)から格納容器内へ進入し、格納容器1階内部の映像、空間線量等の情報を取得。
 - 2017年3月、ペDESTAL外地下階へのデブリの広がり調査するため、自走式調査装置を用いた調査を実施し、PCV底部の状況を初めて撮影。得られた画像データと線量データを元に、PCV内部の状況を継続検討していく。



線量計、カメラ吊り降ろしイメージ



最下点近傍の画像

ミュオン測定による炉内燃料デブリ位置把握

期間	評価結果
2015年2月～5月	炉心部に大きな燃料がないことを確認。

<略語解説>
 (※1) TIP (Traversing In-core Probe): 移動式炉心内計測装置。
 (※2) ペネ: ペネトレーションの略。格納容器等にある貫通部。
 (※3) S/C (Suppression Chamber): 圧力抑制プール。非常用炉心冷却系の水源等として使用。
 (※4) SFP (Spent Fuel Pool): 使用済燃料プール。
 (※5) RPV (Reactor Pressure Vessel): 原子炉圧力容器。
 (※6) PCV (Primary Containment Vessel): 原子炉格納容器。

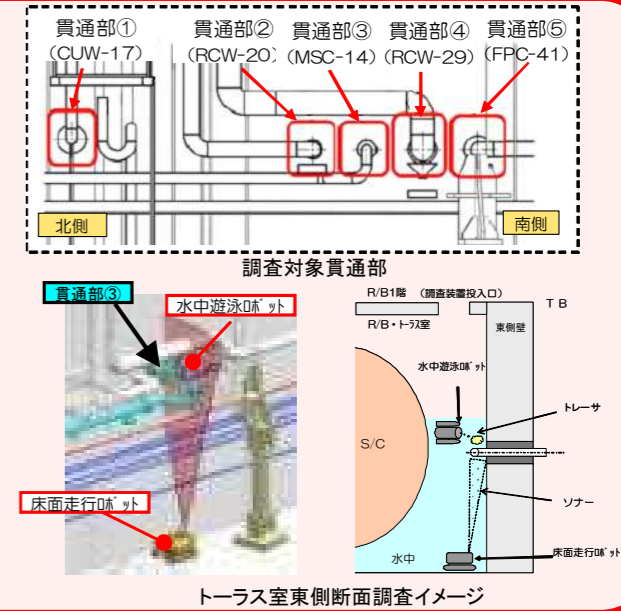
至近の目標 プラントの状況把握と燃料デブリ取り出しに向けた研究開発及び除染作業に着手

原子炉圧力容器温度計・原子炉格納容器常設監視計器の設置

- ①原子炉圧力容器温度計再設置
 - 震災後に2号機に設置したRPV底部温度計が2014年2月に破損したことから監視温度計より除外。
 - 2014年4月に温度計の引き抜き作業を行ったが、引き抜けなかったため作業を中断。錆除去剤を注入し、2015年1月に引抜完了。3月に温度計の再設置完了。4月より監視対象計器として使用。
- ②原子炉格納容器温度計・水位計再設置
 - 格納容器常設監視計器の設置を試みたが、既設グレーチングとの干渉により、計画の位置に設置することが出来なかった(2013年8月)。2014年5月に当該計器を引き抜き、2014年6月に再設置を実施。1ヶ月程度推移を確認し妥当性を確認。
 - 再設置時に格納容器内の水位を測定し、底部より約300mmの高さまで水があることを確認。

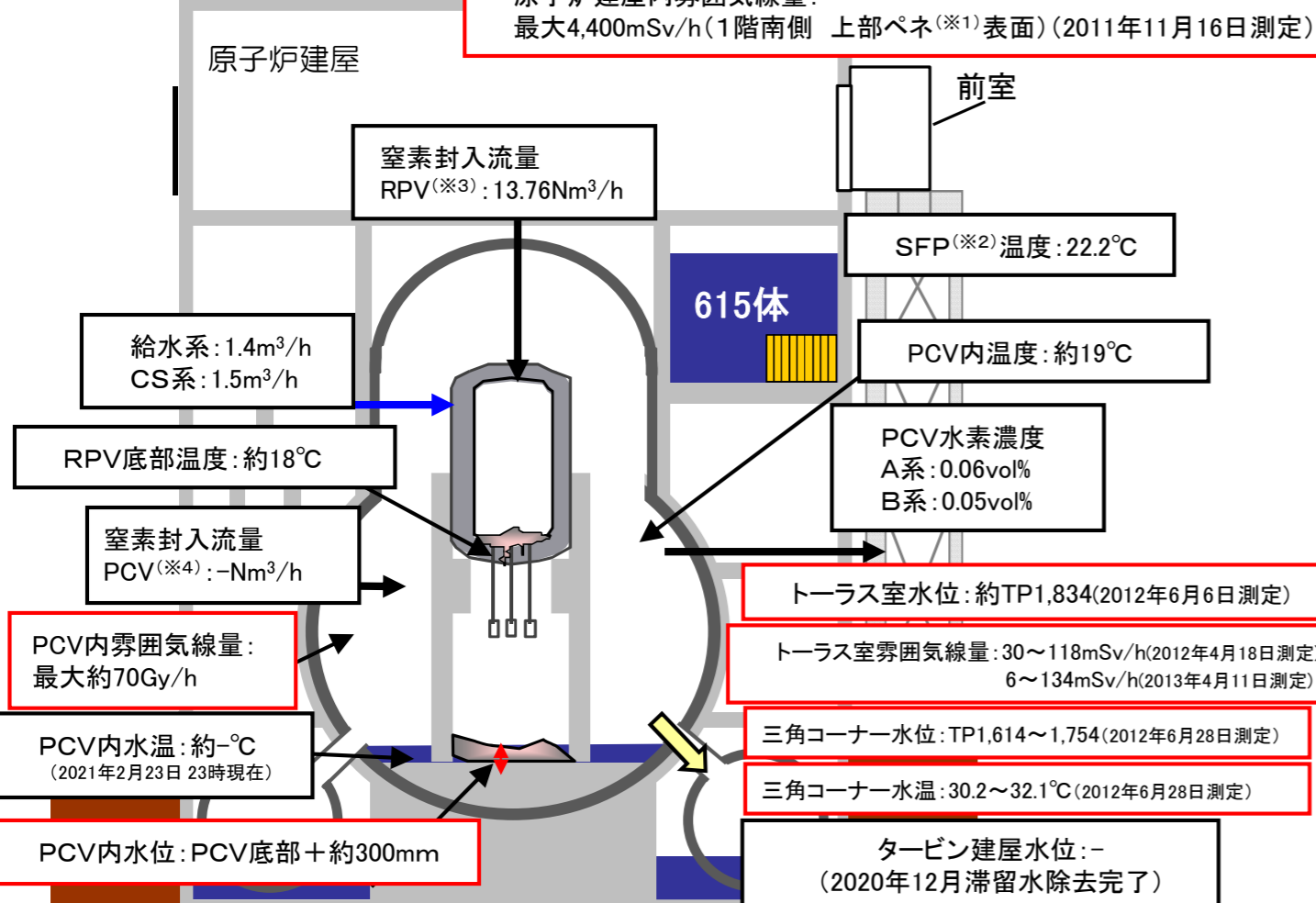
トラス室壁面調査結果

- 2014年7月にトラス室壁面調査装置(水中遊泳ロボット、床面走行ロボット)を用いて、トラス室壁面の(東壁面北側)を対象に調査。
- 東側壁面配管貫通部(5箇所)の「状況確認」と「流れの有無」を確認する。
- 水中壁面調査装置(水中遊泳ロボット及び床面走行ロボット)により貫通部の状況確認ができることを実証。
- 貫通部①～⑤について、カメラにより、散布したトレーサ(※5)を確認した結果、貫通部周辺での流れは確認されず。(水中遊泳ロボット)
- 貫通部③について、ソナーによる確認の結果、貫通部周辺での流れは確認されず。(床面走行ロボット)



2号機

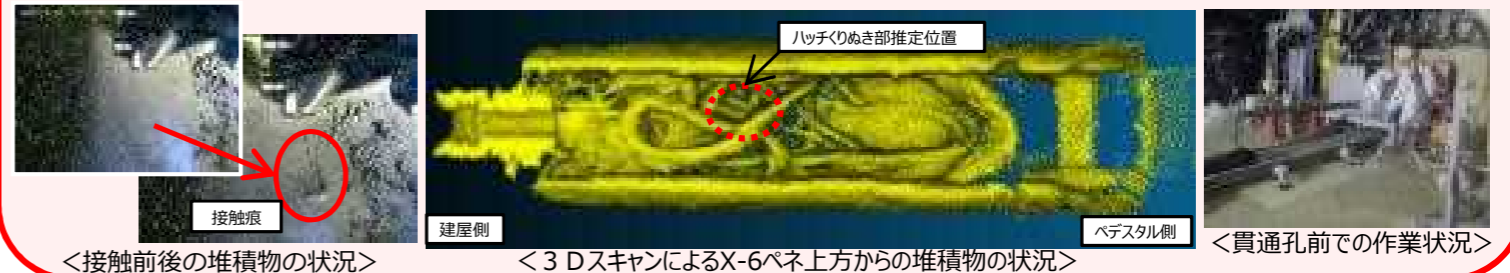
原子炉建屋内雰囲気線量:
 最大4,400mSv/h(1階南側 上部ペネ(※1)表面)(2011年11月16日測定)



格納容器内部調査の状況

燃料デブリ取り出しに先立ち、燃料デブリの位置等格納容器内の状況把握のため、内部調査を実施。

- 【調査概要】
 - 2号機X-6ペネ(※1)貫通口からロボット等の調査装置を投入し、CRDレールを利用しペDESTAL内にアクセスして調査。
- 【進捗状況】
 - 2017年1月26日,30日に格納容器貫通部からカメラを挿入し、ロボットが走行するCRD交換用レールの状況を確認。2月9日に自走式調査装置アクセスルート上の堆積物除去を実施し、2月16日に自走式調査装置を用いた格納容器内部調査を実施。
 - 一連の調査で、ペDESTAL内のグレーチングの脱落や変形、ペDESTAL内に多くの堆積物があることを確認。
 - 2018年1月19日に、吊りおろし機構を有する調査装置を用い、ペDESTAL内プラットフォーム下の調査を実施し、取得した画像の分析を実施。画像分析の結果、燃料デブリを含むと思われる堆積物がペDESTAL底部に堆積している状況を確認。堆積物が周囲より高く堆積している箇所が複数あることから、燃料デブリの落下経路が複数存在していると推定。また、得られた映像に対しパノラマ合成を実施し、見やすく合成処理を行った。
 - 2019年2月13日にペDESTAL底部及びプラットフォーム上の堆積物への接触調査を実施し、小石状の堆積物を把持して動かせること、把持できない硬い岩状の堆積物が存在する可能性があることを確認。
 - また、前回より、調査ユニットを接近させることで、堆積物の輪郭や大きさの推定に資する映像等を取得。
 - 2020年10月28日、格納容器内部調査及び試験的取り出し作業の準備段階として、貫通孔(X-6ペネ)の堆積物接触調査を実施。X-6ペネ内堆積物調査においては、調査ユニットを内蔵したガイドパイプをペネ内に挿入。今回の調査範囲において、接触により貫通孔内の堆積物は形状が変化し、固着していないことを確認。
 - 2020年10月30日、3Dスキャン調査を実施。調査ユニット先端の3Dスキャンセンサにて測定。今後、X-6ペネ内堆積物除去装置のモックアップ試験へ取得された情報を活用していく。



ミュオン測定による炉内燃料デブリ位置把握

期間	評価結果
2016年3月~7月	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。燃料デブリの大部分が圧力容器底部に存在していると推定。

【略語解説】
 (※1)ペネ: ペネトレーションの略。格納容器等にある貫通部。(※2)SFP(Spent Fuel Pool): 使用済燃料プール。(※3)RPV(Reactor Pressure Vessel): 原子炉圧力容器。(※4)PCV(Primary Containment Vessel): 原子炉格納容器。(※5)トレーサ: 流体の流れを追跡するために使用する物質。粘土系粒子。

※プラント関連パラメータは2021年2月24日11:00現在の値

調査回数	実施時期	実施内容
1回目	(2012年1月)	映像取得 雰囲気温度測定
2回目	(2012年3月)	水面確認 水温測定 雰囲気線量測定
3回目	(2013年2月~2014年6月)	映像取得 水位測定 滞留水の採取 常設監視計器設置
4回目	(2017年1月~2月)	映像取得 雰囲気線量測定 雰囲気温度測定
5回目	(2018年1月)	映像取得 雰囲気線量測定 雰囲気温度測定
6回目	(2019年2月)	映像取得 雰囲気線量測定 雰囲気温度測定 一部堆積物の性状把握

PCV内部調査実績

PCVからの漏えい箇所

- トラス室上部漏えい無
- S/C内側・外側全周漏えい無

至近の目標 プラントの状況把握と燃料デブリ取り出しに向けた研究開発及び除染作業に着手

主蒸気隔離弁※室からの流水確認

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、近隣の床ドレンファンネル（排水口）に向かって水が流れていることを2014年1月18日に確認。排水口は原子炉建屋地下階につながっており、建屋外への漏えいはない。

2014年4月23日より、原子炉建屋2階の空調機械室から1階の主蒸気隔離弁室につながっている計器用配管から、カメラによる映像取得、線量測定を実施。2014年5月15日に主蒸気配管のうち1本の伸縮継手周辺から水が流れていることを確認した。

3号機で、格納容器からの漏えい箇所が判明したのは初めてであり、今回の映像から、漏えい量の評価を行うとともに、追加調査の要否を検討する。また、本調査結果をPCV止水・補修方法の検討に活用する。

※主蒸気隔離弁：原子炉から発生した蒸気を緊急時に止める弁

3号機原子炉格納容器機器ハッチ 小型調査装置による調査結果

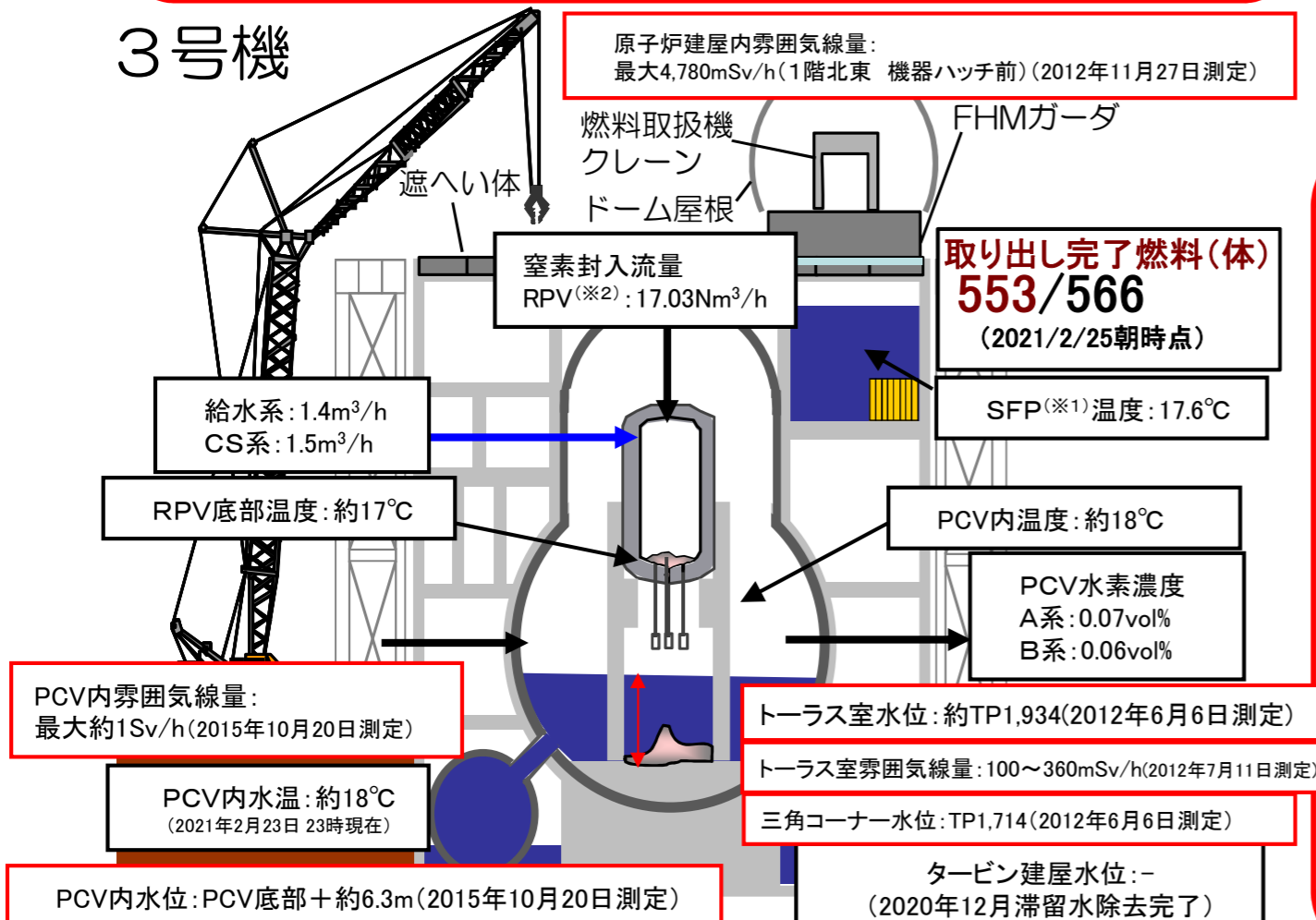
燃料デブリ取り出しに向けた原子炉格納容器調査の一環として、3号機原子炉格納容器(PCV)機器ハッチの周辺について、2015年11月26日に小型調査装置を用いて詳細調査を実施。

格納容器内水位より下部にあたる機器ハッチ周辺にて、錆などの汚れが確認されたため、シール部からじみ程度の漏えいの可能性が考えられる。

同様のシール構造である他の格納容器貫通部も含め、調査・補修方法を検討する。



3号機



格納容器内部調査の実施

燃料デブリ取り出しに先立ち、燃料デブリの位置等格納容器内の状況把握のため、内部調査を実施。

【調査概要】

- PCV内部調査用に予定しているX-53ペネ(※4)の水没確認を遠隔超音波探傷装置を用いて調査を実施し、水没していないことを確認(2014年10月22日~24日)。
- PCV内を確認するため、2015年10月20日、22日にX-53ペネから格納容器内部へ調査装置を入れ、映像、線量、温度の情報を取得、内部の滞留水を採取。格納容器内の構造物・壁面に損傷は確認されず、水位は推定値と一致しており、内部の線量は他の号機に比べて低いことを確認。
- 2017年7月に、水中ROV(水中遊泳式遠隔調査装置)を用いて、ペDESTAL内の調査を実施。
- 調査で得られた画像データの分析を行い、複数の構造物の損傷や炉内構造物と推定される構造物を確認。
- また、調査で得られた映像による3次元復元を実施。復元により、回転式のプラットフォームがレール上から外れ一部が堆積物に埋まっている状況等、構造物の相対的な位置を視覚的に把握することが出来た。



ペDESTAL内部の状況

ミュオン測定による炉内燃料デブリ位置把握

期間	評価結果
2017年5月~9月	もともと燃料が存在していた炉内領域に大きな塊は存在しないこと、原子炉圧力容器底部に一部燃料デブリが存在している可能性があることを評価。

<略語解説>

- (※1) SFP(Spent Fuel Pool) : 使用済燃料プール。
- (※2) RPV(Reactor Pressure Vessel) : 原子炉圧力容器。
- (※3) PCV(Primary Containment Vessel) : 原子炉格納容器。
- (※4) ペネ: ペネトレーションの略。格納容器等にある貫通部。

※プラント関連パラメータは2021年2月24日11:00現在の値

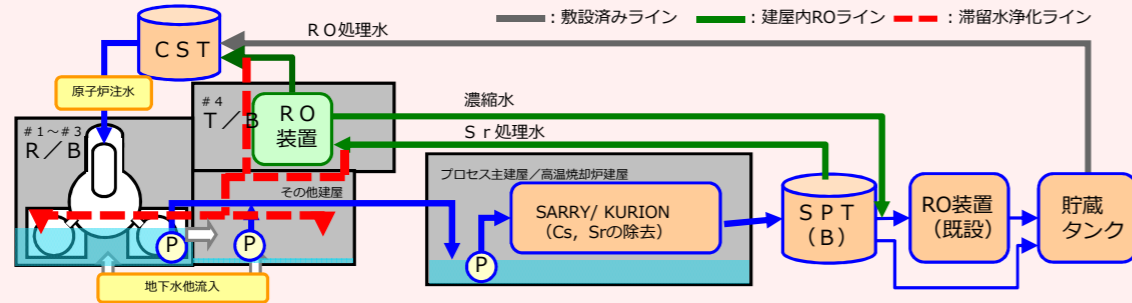
PCV内部調査実績	1回目 (2015年10月~2015年12月)	<ul style="list-style-type: none"> 映像取得 水位、水温測定 常設監視計器設置 (2015年12月) 雰囲気温度、線量測定 滞留水の採取
	2回目 (2017年7月)	<ul style="list-style-type: none"> 映像取得 常設監視計器交換 (2017年8月)
PCVからの漏えい箇所	主蒸気配管ベローズ部 (2014年5月確認)	

至近の目標 原子炉冷却、滞留水処理の安定的継続、信頼性向上

循環注水冷却設備・滞留水移送配管の信頼性向上

- 3号機復水貯蔵タンク（CST）を水源とする原子炉注水系の運用を開始（2013年7月5日～）。水源多重化を図るため、2号機復水貯蔵タンク（CST）を水源とする原子炉注水系の運用を開始（2020年3月18日～）。従来に比べて、水源の保有水量の増加、耐震性向上等、原子炉注水系の信頼性が向上。
- 汚染水の漏えいリスクを低減するため、淡水化（RO）装置を4号機タービン建屋に設置。汚染水の移送、水処理、原子炉注水を行う循環ループを縮小。新設したRO装置は10月7日運転開始し、10月20日より24時間運転。RO装置を建屋内に新設することにより、循環ループは約3kmから約0.8km※に縮小。
- 建屋滞留水中の放射性物質の低減を加速させるため、2月22日に3・4号機側、4月11日に1・2号機側の建屋滞留水の循環浄化を開始。
- 循環浄化では、水処理装置出口ラインから分岐する配管（滞留水浄化ライン）を新たに設置し、水処理設備で浄化した処理水を1号機原子炉建屋及び2～4号機タービン建屋へ移送。
- 引き続き、建屋滞留水の貯蔵量低減と併せて建屋滞留水のリスク低減に努める。

※：汚染水移送配管全体は、余剰水の高台へのライン（約1.3km）を含め、約2.1km

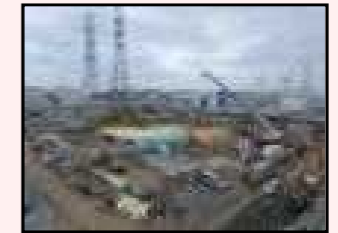


フランジタンク解体の進捗状況

- フランジタンクのリブレースに向け、H1東/H2エリアにて2015年5月よりフランジタンクの解体に着手し、H1東エリアのフランジタンク（全12基）の解体が2015年10月に、H2エリアのフランジタンク（全28基）の解体が2016年3月に、H4エリアのフランジタンク（全56基）の解体が2017年5月に、H3・Bエリアのフランジタンク（全31基）の解体が2017年9月に、H5及びH5北エリアのフランジタンク（全31基）の解体が2018年6月に、G6エリアのフランジタンク（全38基）の解体が2018年7月に、H6及びH6北フランジの解体が2018年9月に完了（全24基）。G4南エリアのフランジタンク解体が2019年3月に完了（全17基）。



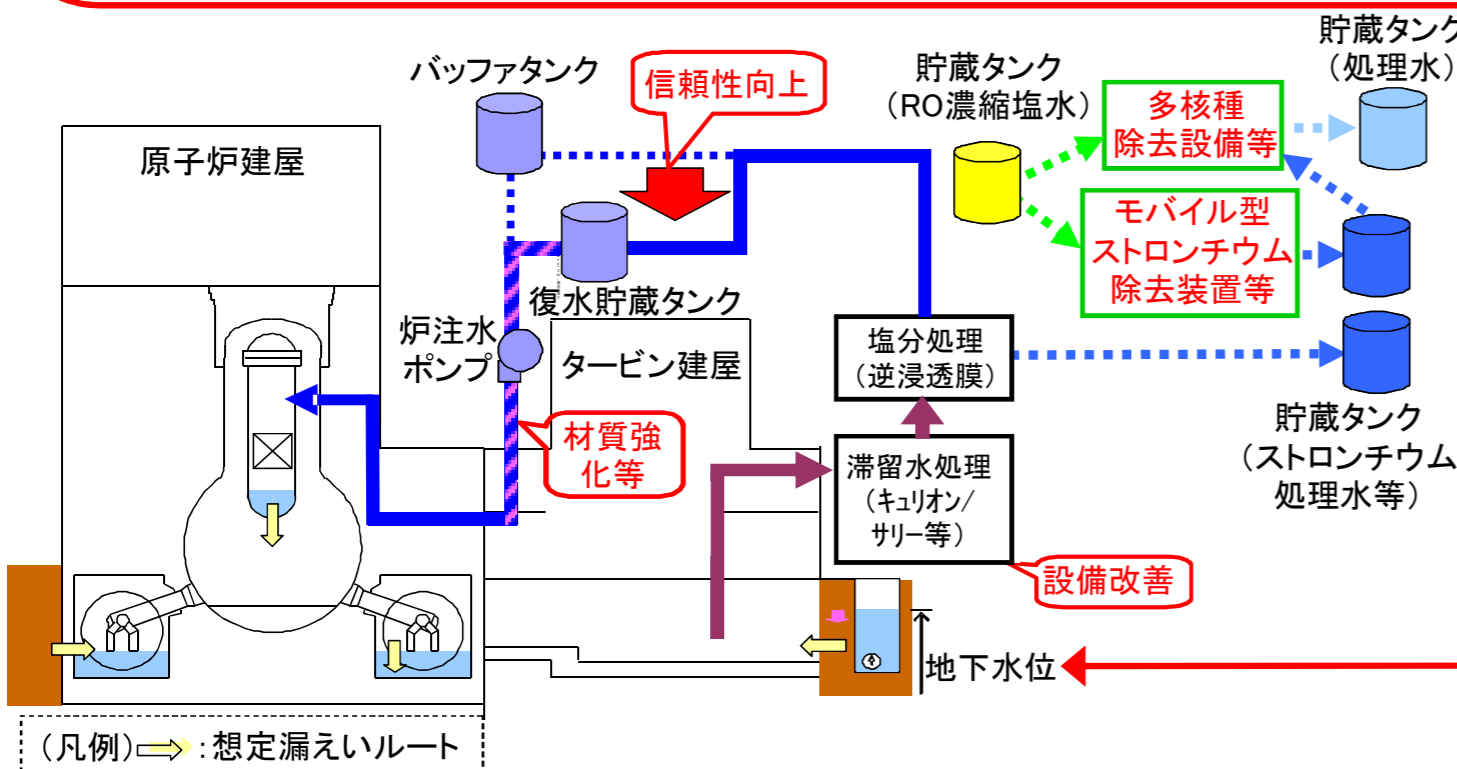
H1東エリア解体開始時の様子



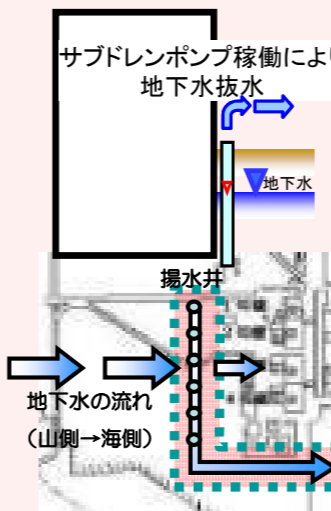
H1東エリア解体後の様子

汚染水（RO濃縮塩水）の処理完了

多核種除去設備（ALPS）等7種類の設備を用い、汚染水（RO濃縮塩水）の処理を進め、タンク底部の残水を除き、2015年5月27日に汚染水の処理が完了。なお、タンク底部の残水については、タンク解体に向けて順次処理を進める。また、多核種除去設備以外で処理したストロンチウム処理水については、多核種除去設備で再度浄化し、更なるリスク低減を図る。

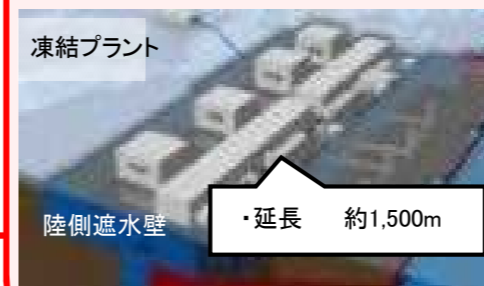


原子炉建屋への地下水流入抑制

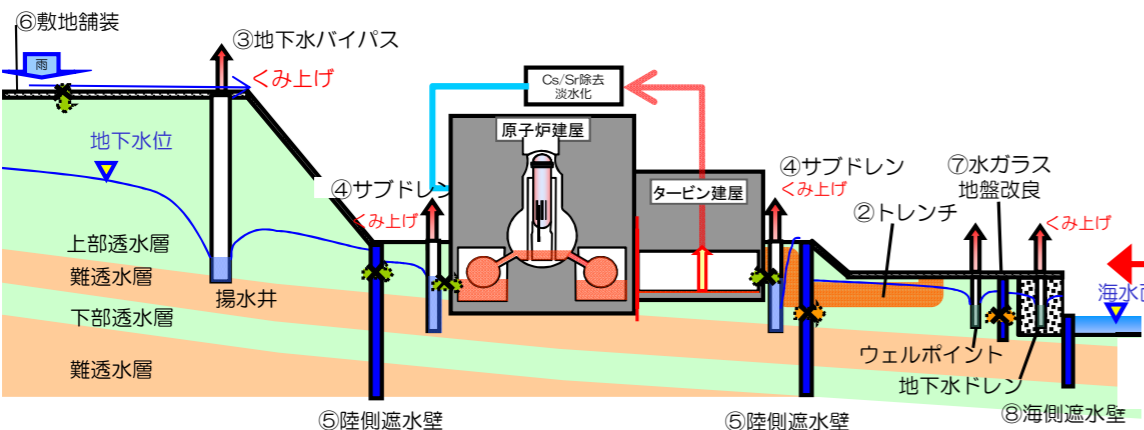


サブドレン水を汲み上げることによる地下水流入の抑制
 建屋へ流れ込む地下水の量を減らすため、建屋周辺の井戸（サブドレン）からの地下水のくみ上げを2015年9月3日より開始。くみ上げた地下水は専用の設備により浄化し、水質が運用目標未達であることを東京電力及び第三者機関にて確認した上で排水。地下水バイパスにより、建屋付近の地下水位を低下させ、建屋への地下水流入を抑制する取組（地下水バイパス）を実施。くみ上げた地下水は一時的にタンクに貯留し、東京電力及び第三者機関により、運用目標未達であることを都度確認し、排水。揚水井、タンクの水質について、定期的にモニタリングを行い、適切に運用。建屋と同じ高さ（山側）に設置した観測孔において地下水位の低下傾向を確認。建屋への地下水流入をこれまでのデータから評価し、減少傾向を確認。

1～4号機建屋周りに凍土方式の陸側遮水壁を設置し、建屋への地下水流入を抑制



建屋への地下水流入を抑制するため、建屋を囲む陸側遮水壁の設置を計画。2016年3月より海側及び山側の一部、2016年6月より山側の95%の範囲の凍結を開始。残りの箇所についても段階的に凍結を進め、2017年8月に全ての箇所の凍結を開始。2018年3月、陸側遮水壁はほぼ全ての範囲で地中温度が0℃を下回ると共に、山側では4～5mの内外水位差が形成され、深部の一部を除き造成が完成。2018年3月7日に開催された第21回汚染水処理対策委員会にて、サブドレン等の機能と併せ、地下水を安定的に制御し、建屋に地下水を近づけない水位管理システムが構築され汚染水の発生を大幅に抑制することが可能となったとの評価が得られた。深部の未凍結箇所については補助工法を行い、2018年9月までに0℃以下となったことを確認した。また、2019年2月より全区間で維持管理運転を開始した。



至近の
 目標

- ・発電所全体からの追加的放出及び事故後に発生した放射性廃棄物(水処理二次廃棄物、ガレキ等)による放射線の影響を低減し、これらによる敷地境界における実効線量1mSv/年未満とする。
- ・海洋汚染拡大防止、敷地内の除染

放射線防護装備の適正化

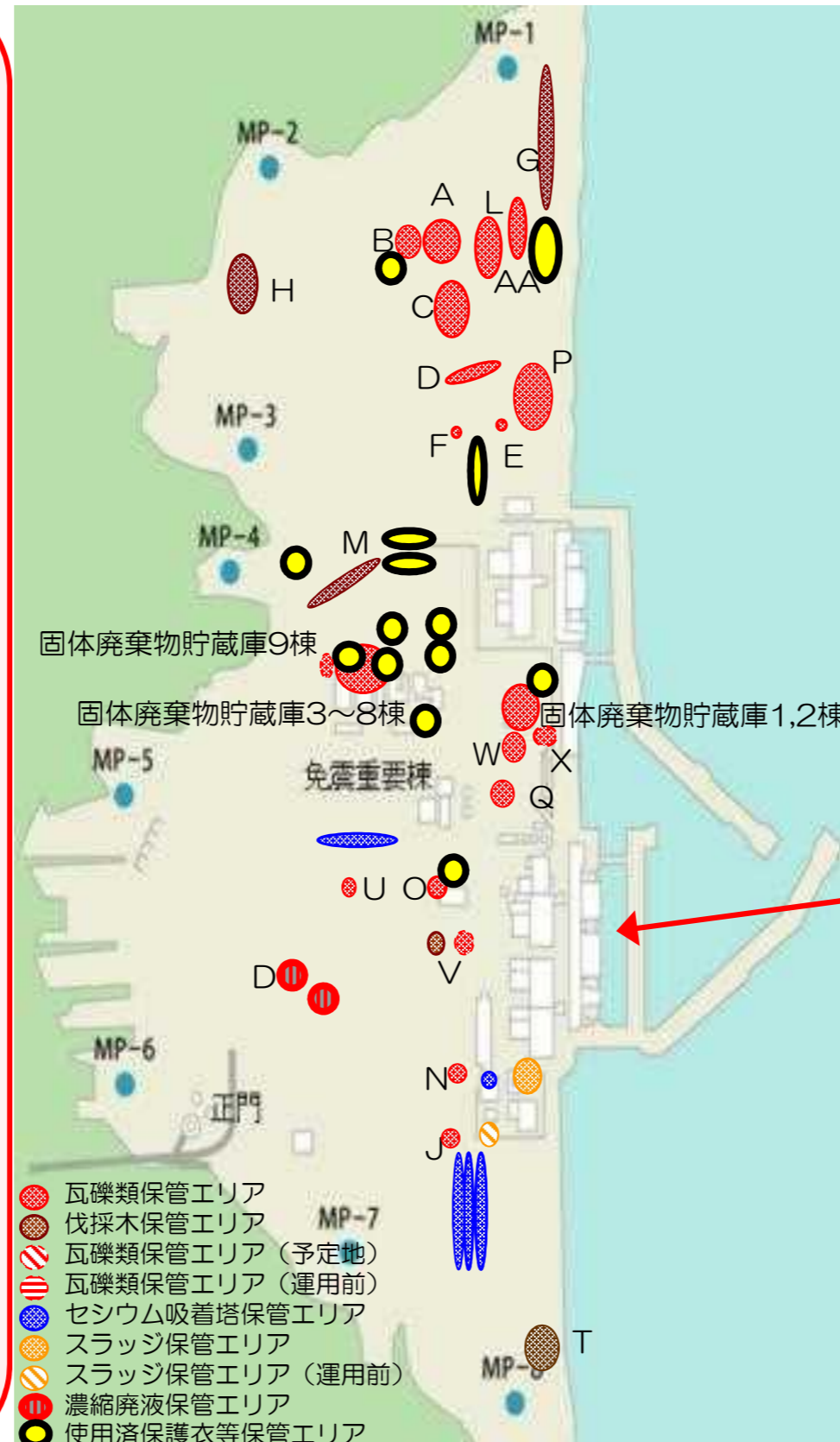
福島第一原子力発電所敷地内の環境線量低減対策の進捗を踏まえて、1～4号機建屋周辺等の汚染の高いエリアとそれ以外のエリアを区分し、各区分に応じた防護装備の適正化を行うことにより、作業時の負荷軽減による安全性と作業性の向上を図る。

2016年3月より限定的に運用を開始。2017年3月、9月にGzoneを拡大。



R ZONE (アノラックエリア)	Y ZONE (カバーオールエリア)	G ZONE (一般エリア)
全面マスク	全面マスク ^{※1} 又は半面マスク	使い捨て式防じんマスク
カバールの上にアノラック	カバール	一般作業服 ^{※3}

※1 水処理設備多核種除去装置等を含む建屋内の作業(視察等を除く)は、全面マスクを着用する。
 ※2 濃縮塩水、Sr処理水を内包しているタンクエリアでの作業(濃縮塩水等を取り扱わない作業、パトロール、作業計画時の現場調査、視察等を除く)時及びタンク移送ラインに關する作業時は、全面マスクを着用する。
 ※3 特定の軽作業(パトロール、監視業務、構外からの持ち込み物品の運搬等)



線量率モニタの設置

福島第一構内で働く作業員の方が、現場状況を正確に把握しながら作業できるように、2016年1月4日までに合計86台の線量率モニタを設置。

これにより、作業する場所の線量率を、その場でリアルタイムに確認可能となった。

また、免震重要棟および入退域管理棟内の大型ディスプレイで集約して確認可能となった。



線量率モニタの設置状況

海側遮水壁の設置工事

汚染された地下水の海洋への流出を防ぐため、海側遮水壁を設置。

2015年9月22日に鋼管矢板の打設が完了した後、引き続き、鋼管矢板の継手処理を行い、2015年10月26日に海側遮水壁の継手処理を完了。これにより、海側遮水壁の閉合作業が終わり、汚染水対策が大きく前進した。



海側遮水壁 鋼管矢板打設完了状況

大型休憩所の状況

作業員の皆さまが休憩する大型休憩所を設置し、2015年5月31日より運用を開始。

大型休憩所には、休憩スペースに加え、事務作業ができるスペースや集合して作業前の安全確認が実施できるスペースを設けている。

大型休憩所内において、2016年3月1日にコンビニエンスストアが開店、4月11日よりシャワー室が利用可能となった。作業員の皆さまの利便性向上に向け、引き続き取り組む。

