

福島第一原子力発電所 廃炉・汚染水対策に関する取り組みについて



2019年9月30日

東京電力ホールディングス株式会社

1. 汚染水対策の概要と取り組み
2. プール燃料取り出しに向けた取り組み
3. 燃料デブリ取り出しに向けた取り組み
4. その他
 - ・ 自然災害リスクへの対応状況
 - ・ 1/2号機排気筒解体に向けた状況

1. 汚染水対策の概要と取り組み

1-1. 「汚染水対策」の3つの基本方針

- 汚染水の問題に対しては、3つの基本方針に基づき、予防的・重層的対策を進めています。
- また、中長期ロードマップでは対策の進捗状況を分かりやすく示す目標工程（マイルストーン）を設定しており、優先度の高いリスク源である建屋内滞留水については、2020年内の処理完了を目指しています。

基本方針

予防的・重層的な対策

主な進捗状況

方針1. 汚染源を取り除く

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

多核種除去設備等による処理を進めています。(P.4)

※1：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汲み上げ
- ④建屋近傍の井戸での地下水汲み上げ
- 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

陸側遮水壁が効果を発揮し、サブドレン等との重層的な対策により汚染水の発生量を抑制しています。(2018年度平均170m³/日)
2020年内の150m³/日達成に向けて、対策を進めています。(P.5)

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)

発生する汚染水に対して必要なタンク容量を確保するためのタンク建設を進めると共に、フランジ型タンクから溶接型タンクへの移送を完了しました。

建屋内滞留水処理

- ・ 建屋滞留水の貯蔵量の低減
- ・ 建屋滞留水の浄化

建屋滞留水の水位を計画的に低下させ、1,2号機及び3,4号機間の連通部の切り離しを達成しました。

2020年内建屋滞留水処理完了※2に向けて、進めています。

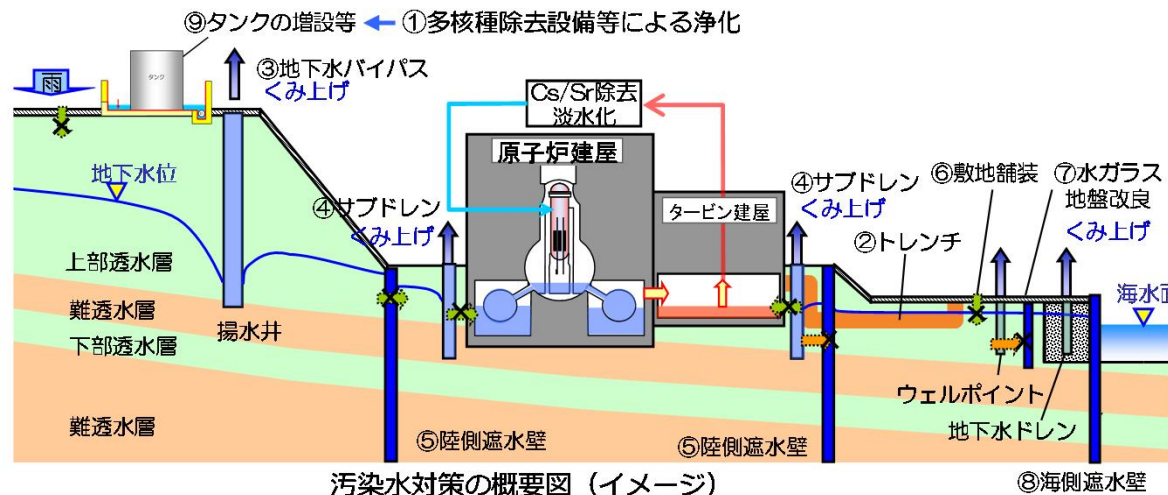
※2：循環注水を行っている1～3号機原子炉建屋を除く

中長期ロードマップにおける汚染水対策のマイルストーン
(主要な目標工程)

内容	時期	達成状況
汚染水発生量を150m ³ /日程度に抑制	2020年内	—
浄化設備等により浄化処理した水の貯水を全て溶接型タンクで実施	2018年度	達成 (2019年3月)
1、2号機間及び3、4号機間の連通部の切り離し	2018年内	達成 (2018年9月)
建屋内滞留水中の放射性物質の量を2014年度末の1/10程度まで減少	2018年度	2014年度末の2/10程度※1
建屋内滞留水の処理完了※2	2020年内	—

※1：2018年度末時点で各建屋の滞留水の放射能濃度が不均一であるものの、2014年度末当時の評価方法(各建屋内の滞留水は放射能濃度が均一と仮定)で比較した場合の評価。

※2：循環注水を行っている1～3号機原子炉建屋を除く。



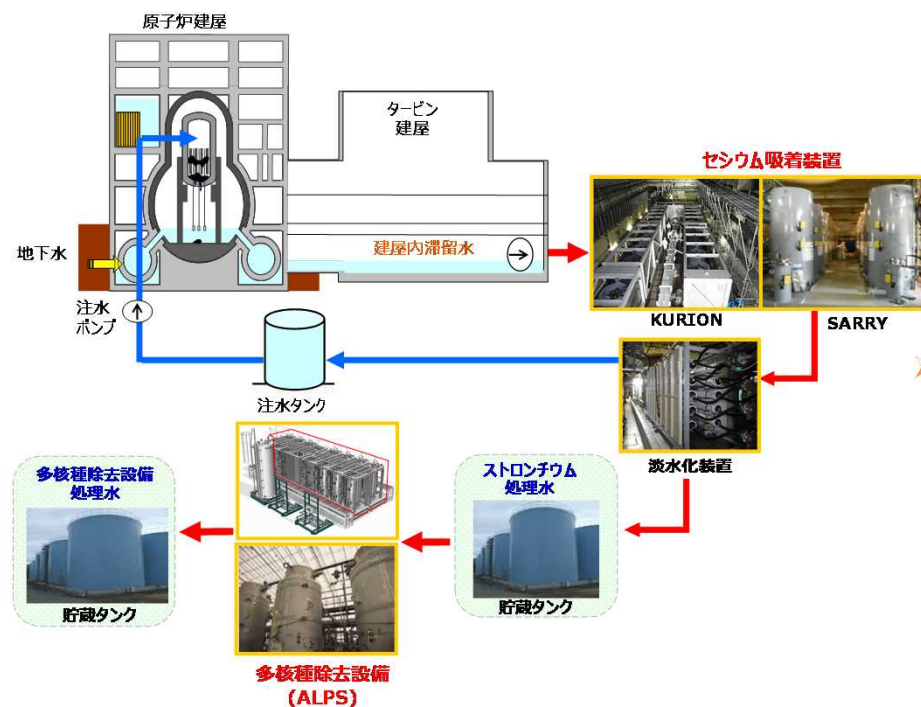
汚染水対策の概要図 (イメージ)

⑧海側遮水壁

1-2. 汚染水対策の取り組み（【方針1】汚染源を取り除く）

- 日々、発生する汚染水は、セシウム吸着装置や多核種除去設備（ALPS）にて、放射性物質の濃度を低減（リスクを低減）し、タンクに貯蔵しており、ALPS処理水約107万m³、ストロンチウム処理水約9万m³貯留しています。（9月19日時点）
- なお、2019年3月31日～2019年6月30日の間に新たに満水となった貯留タンクのトリチウムを除く告示濃度比総和は、1未満と推定しています。

汚染水処理の概要



ALPSの運用状況

【リスク低減目標とALPSの運用状況】

2013～2015年度（フェーズ1）

- RO濃縮塩水の早期処理・敷地境界1mSv/年未満の早期達成を目標とし、稼働率を上げて処理を実施しました。

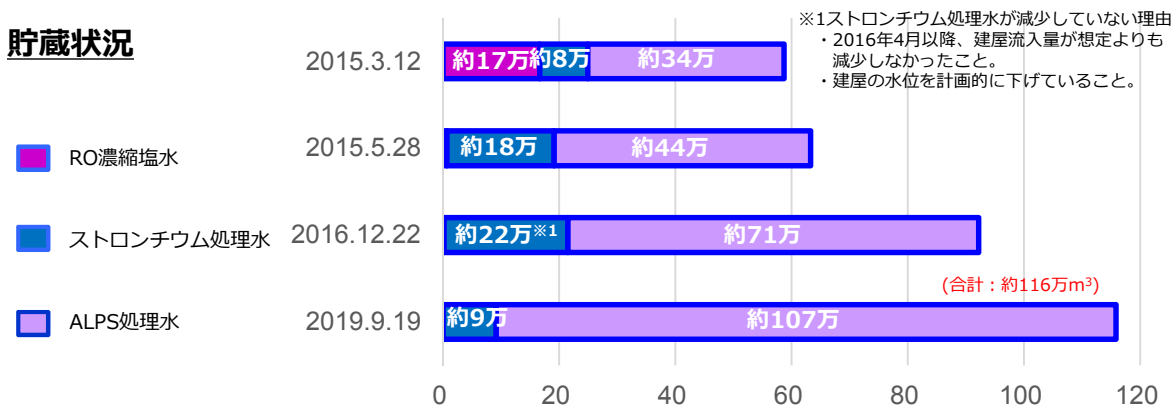
2016年度（フェーズ2）

- 既設ALPS・増設ALPSの処理容量がタンクの建設容量を上回っていたため、告示濃度限度未満を意識した処理を実施しました。

2017年度～2018年11月（フェーズ3）

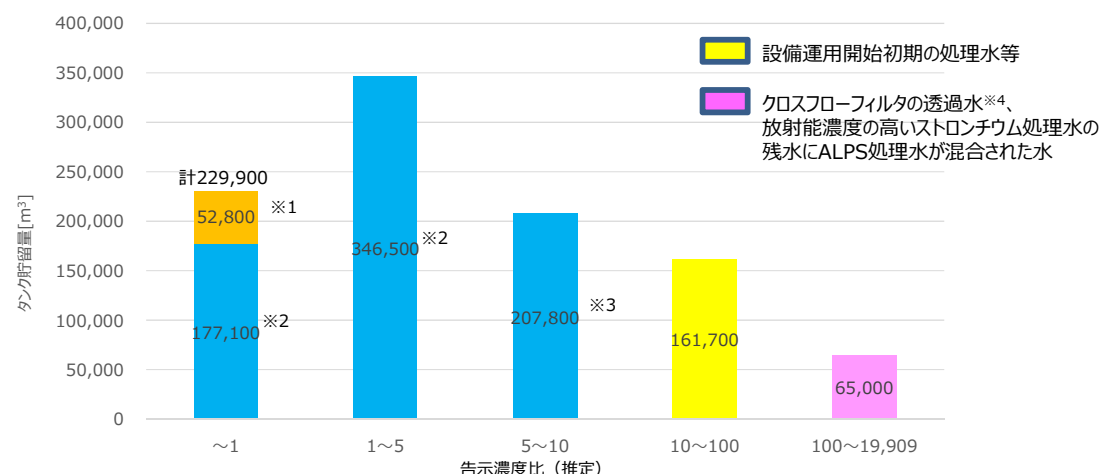
- 漏えいリスクの高いフランジタンクに貯留している水を2018年度末までに処理することを目標とし、敷地境界1mSv/年未満を維持しつつ運用しました。

貯蔵状況



ALPS処理水の62核種の告示濃度比総和（推定値）とタンク貯留量の関係

2019年6月30日までに満水となったタンクについて、ALPS出口の主要核種の分析結果に基づき推定。



※1 2019/3/31以降、2019/6/30までに新たに満水となったタンク群の貯蔵量

※2 放射能濃度の実測完了後、追加で受入れた（2018年10月～）ALPS処理水を含む。

なお、受入れ量は少ないため当該タンク群における62核種の告示濃度比総和（推定）は実測結果からの算出した値と同じとしている。

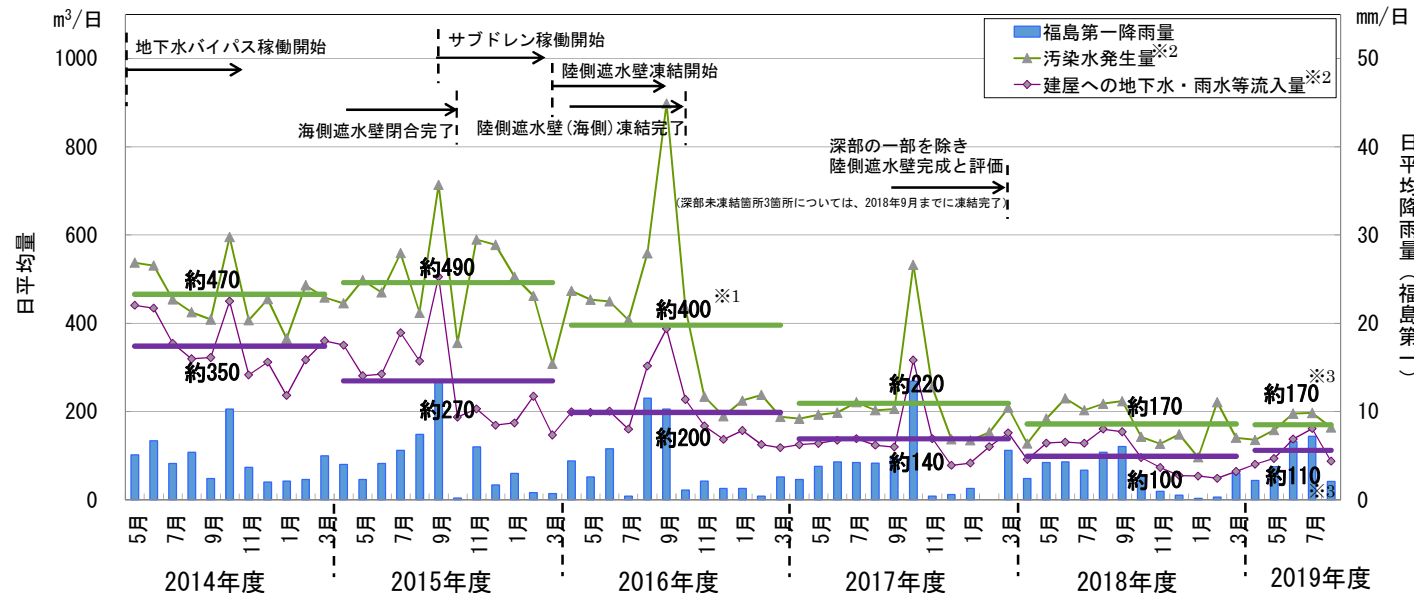
※3 当該タンク貯留量のうち、G4北、G5エリアのフランジタンクに貯留していた約2.3万m³については、タンク解体に伴いBエリアの溶接タンクに移送。移送先のタンクは満水ではなく、今後ALPS処理水の受入により、告示濃度比が変動する可能性があるが暫定的に告示比5～10に分類。

※4 2013年度に発生した既設ALPSのクロスフローフィルタの不具合により炭酸塩沈殿処理のスラリーが設備出口に透過した事象

1-3. 汚染水対策の取り組み（【方針2】汚染源に水を近づけない）

- 陸側遮水壁やサブドレン等の重層的な汚染水対策により汚染水発生量は、約490m³/日（2015年度平均）から約170m³/日（2018年度平均）まで低減しています。
- また、雨水の流入を防止するため、順次、屋根雨水対策を進めています。3号機タービン建屋屋根雨水対策の準備作業として、クレーンヤードの整備が完了し、現在、ガレキ撤去作業を進めています。

汚染水発生量の推移



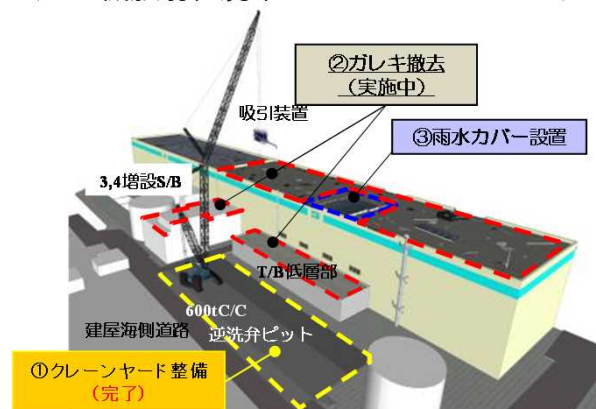
※1：2018年3月1日に汚染水発生量の算出方法を見直したため、第20回汚染水処理対策委員会2017年8月25日開催）で公表した値と異なる。見直しの詳細については第50回、第51回廃炉・汚染水対策チーム会合／事務局会議資料に記載。

※2：1ヶ月当たりの日平均量は、毎週木曜7時に計測したデータを基に算出した前週木曜日から水曜日までの1日当たりの量から集計。

※3：2019年4月～8月までの平均値（暫定値）

屋根雨水対策の状況

3号機タービン建屋屋根雨水対策の準備作業として、クレーンヤード整備を完了し、現在、ガレキ撤去作業を進めています。また、3号機放射性廃棄物処理建屋については、汚染源除去作業を進めています。



3号機タービン建屋屋根雨水対策全体像



ガレキ撤去前



ガレキ撤去中（9月17日時点）

3/4号機サービス建屋

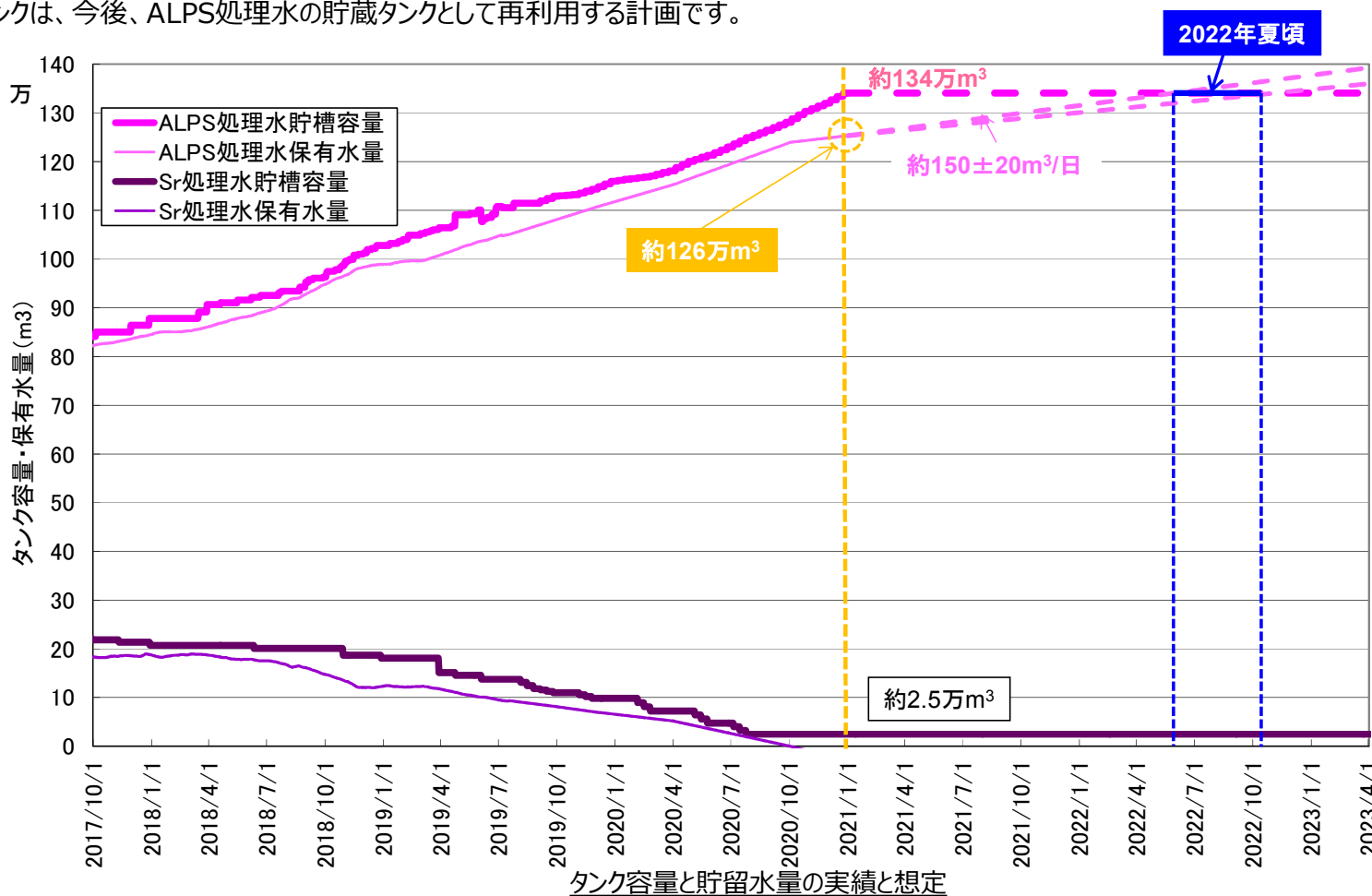
1-4. 汚染水対策の取り組み（【方針3】汚染水を漏らさない）

- 2020年末までに約137万 m^3 のタンク容量を確保するため、タンク建設を計画的に進めています。
- 2021年1月以降、汚染水発生量150 m^3 /日に日々のALPS処理量の増減を考慮し、評価した結果、2022年夏頃にALPS処理水の保有量が満水になると想定しています。
- 今後、廃炉事業に必要と考えられる施設（ALPS処理水を貯留するためのタンク、使用済燃料や燃料デブリの一時保管施設、今後具体化の検討を進める施設※）の設置のため、貯留水タンクエリアの効率化（フランジ型タンク解体跡地の活用）による敷地の確保により、これら全ての施設を設置していきたいと考えていますが、これら全ての施設を賄うには、更なる敷地が必要になるため、引き続き、敷地全体の利用について検討を進めていきます。

※：様々な試料分析施設やデブリ取り出し資機材保管施設、モックアップ施設等

➤ タンク建設の進捗状況

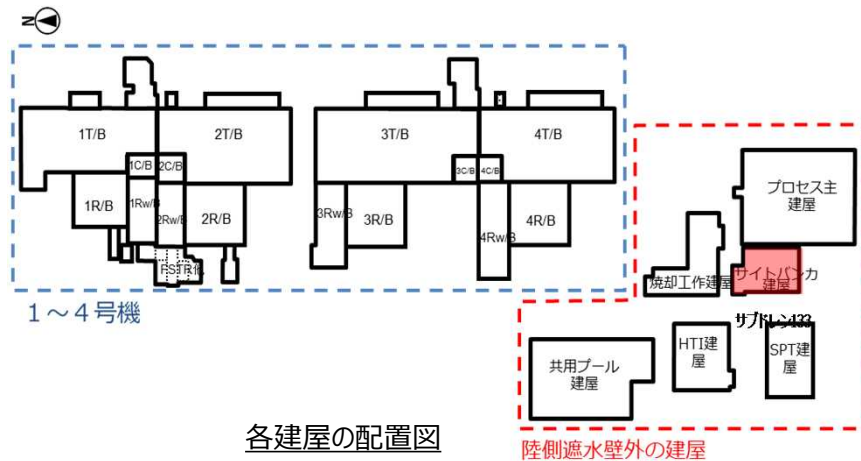
2020年末までに計画しているタンク容量約137万 m^3 のうち、2019年9月19日時点のタンク総容量はALPS処理水とSr処理水の貯蔵タンクの容量を合わせて約124万 m^3 になります。Sr処理水の貯蔵タンクは、今後、ALPS処理水の貯蔵タンクとして再利用する計画です。



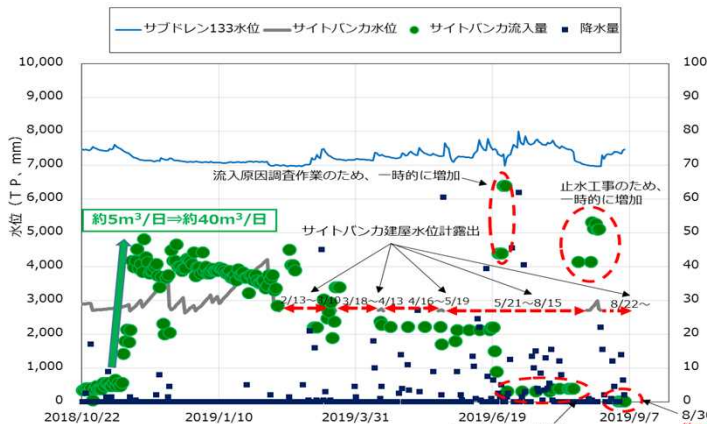
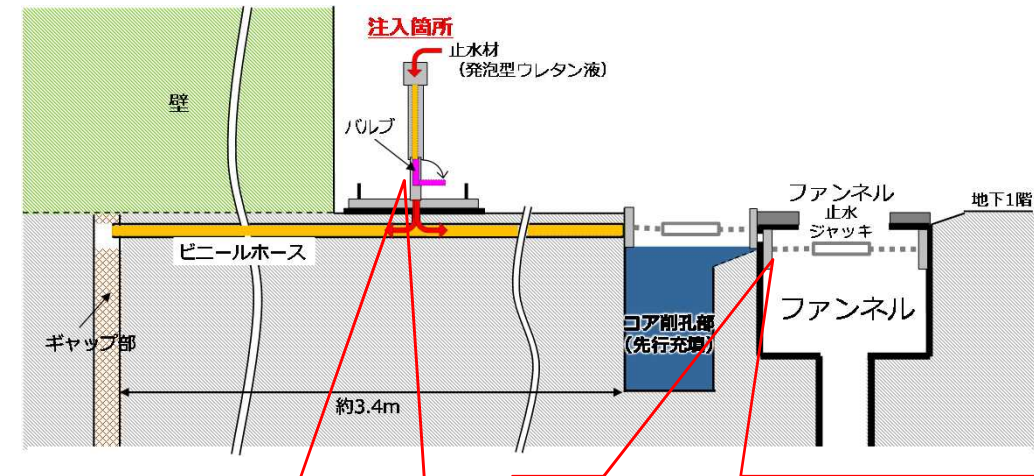
1-6. 汚染水対策の取り組み（その他）

- サイトバンカ建屋への地下水流入量が2018年11月中旬から増加傾向を示し、約40m³/日まで増加していることを踏まえ、流入箇所調査を行った結果、地下1階のメンテナンスエリアのファンネル内部側面より地下水が流入していることを確認しました。
- 当該ファンネル近傍にコア抜きを行った結果、流入孔に繋がるビニールホースを確認したことから、2019年8月30日に止水材（発泡型ウレタン液）を注入し、ホース内及びホースとモルタルの隙間を閉塞しました。これにより、当該箇所からの流入がないこと、サイトバンカ建屋への地下水流入量が約0.2m³/日まで抑制されたことを確認しました。
- 引き続き、継続的な水位監視を行います。

➤ サイトバンカ建屋への流入状況



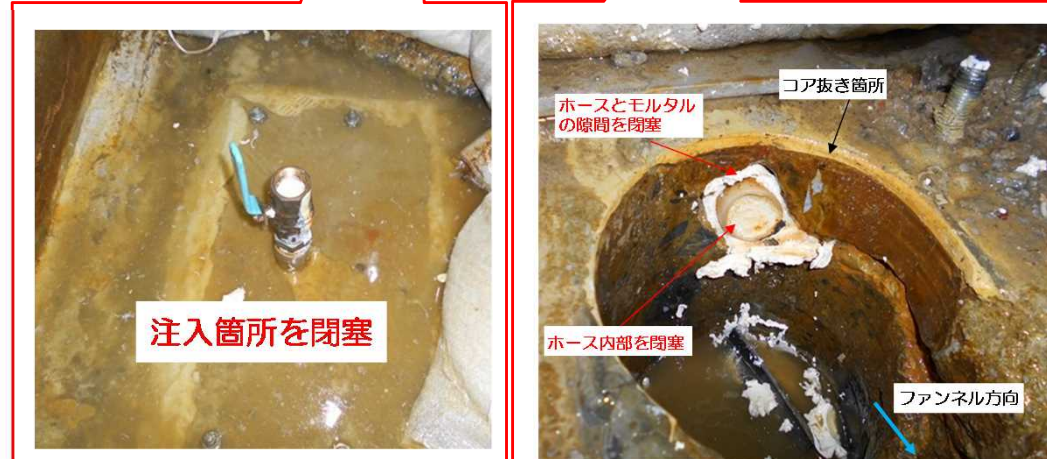
➤ 止水対策の状況



サイトバンカ建屋への流入量推移



止水対策実施前のファンネルへの流入状況



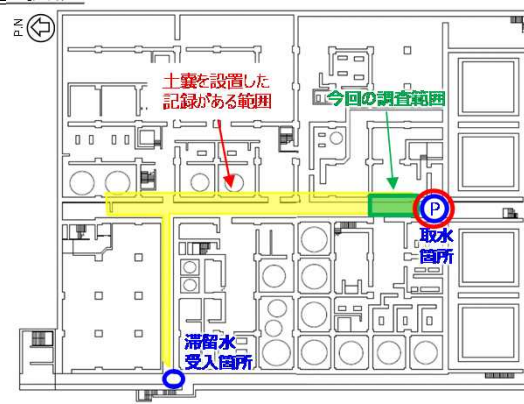
止水施工方法と閉塞状況

1-7. 汚染水対策の取り組み（その他）

- 建屋滞留水処理完了に向けた、建屋床面の汚染状況を把握するためのデータ拡充を目的に、2018年12月にプロセス主建屋（以下、PMB）と高温焼却炉建屋（以下、HTI）の地下階の線量調査を行った結果、最下階において、高い空間線量率を確認しました。（PMB：最大2,600mSv/h、HTI：最大830mSv/h）
- 過去の汚染水対策の実績を調査したところ、震災直後に、それぞれの建屋にゼオライト土嚢を設置したことが確認できました。
- 現在の状況を確認するため、9月5日に、PMBに水中ドローンを投入し、線量調査及びゼオライト土嚢※の目視確認を行いました。
- 調査の結果、土嚢袋頂部付近で水中ドローンを着底させた状態で、最大線量率は3,000mSv/hであること。また、土嚢間では線量率が低下することから、地下階の高線量の主要因は、ゼオライト土嚢である可能性が高いことを確認しました。また、土嚢の一部が破損していることを確認しました。
- 今後、HTIについても準備ができ次第、調査を行う計画です。得られたデータを基に評価を進め、必要に応じて追加調査を実施します。

※ゼオライト土嚢：滞留水中の放射性物質を吸着するゼオライトを含んだ土嚢

プロセス主建屋のゼオライト土嚢設置状況



ゼオライト土嚢設置時の状態と設置範囲（最下階平面図）

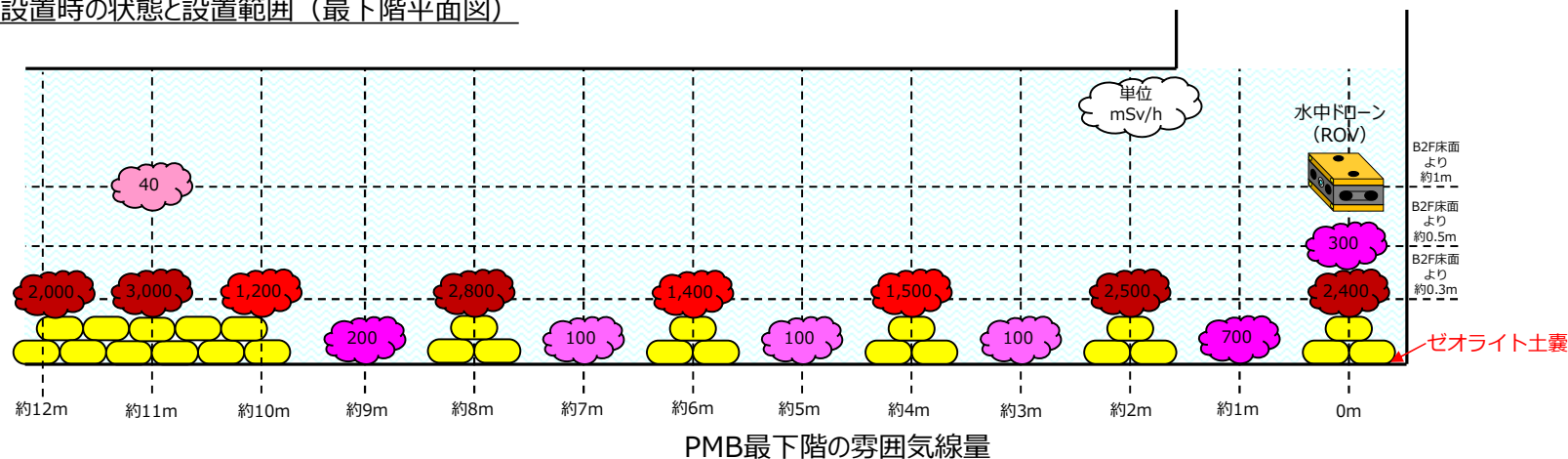
雰囲気線量調査及びカメラによる目視調査結果



破損しているゼオライト土嚢



11m付近の縦に並んだ土嚢の状態

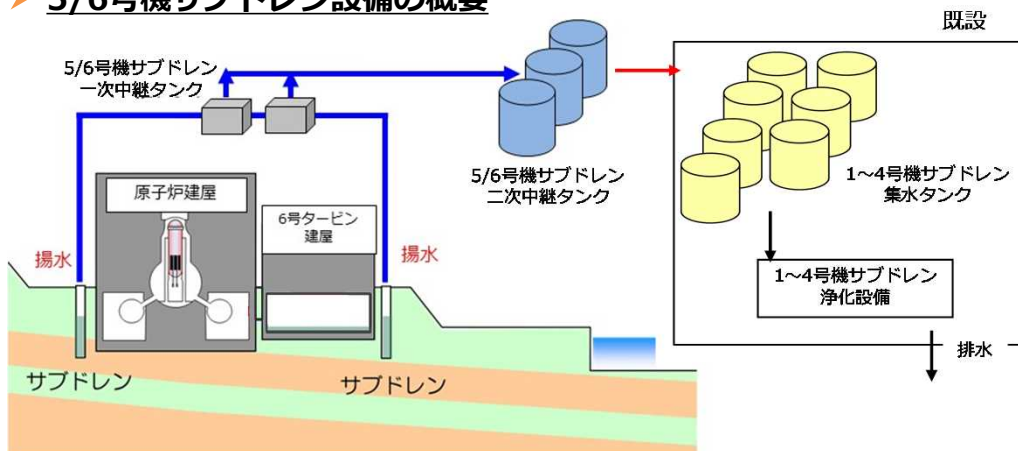


- ※使用済燃料プール設備等の電源盤がある電気品室

各サブドレンピットはフォールアウト由来の放射性物質が若干検出されていますが、1～4号機浄化設備で浄化処理後、排水基準以下であることを確認し、排水する計画です。

単位 : Bq/l				
核種	Cs-134	Cs-137	全β	トリチウム
Bq/L	1	1	3(1)	1,500

➤ 5/6号機サブドレン設備の概要

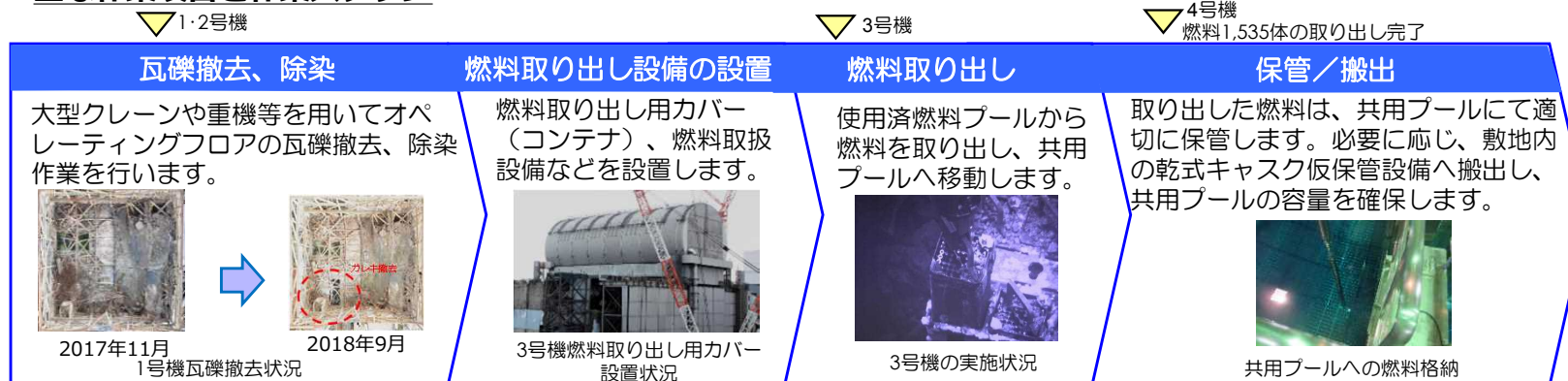


2. プール燃料取り出しに向けた取り組み

2-1.使用済燃料プールからの燃料取り出しの概況

- 使用済燃料プール内の燃料取り出しについては、初号機の4号機が2014年12月に完了しており、次の3号機で2019年4月15日より開始しています。引き続き、1,2号機の燃料取り出しに向けて、準備を進めています。

主な作業項目と作業ステップ



中長期ロードマップにおける主要な目標工程

項目	時期
1号機燃料取り出しの開始	2023年度目処
2号機燃料取り出しの開始	2023年度目処
3号機燃料取り出しの開始	2018年度中頃※

※：2019年4月15日より燃料取り出しを開始しました。

1号機の状況

- ・2018年1月からガレキの撤去を開始しました。
- ・2019年7月9日にSFP周辺南側エリアのガレキ撤去を開始しました。
- ・2019年7月17日～8月26日にウェルプラグの扱いの検討に資する情報を取得するため、調査を行いました。



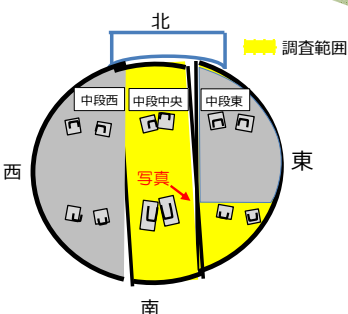
2号機の状況

- ・2019年2月にオペフロ全域の汚染状況及び設備状況等の調査を完了。
- ・2019年8月に2回目のオペフロ内残置物移動・片付けを完了し、9月10日より3回目の残置物移動・片付けを開始しました。



3号機の状況

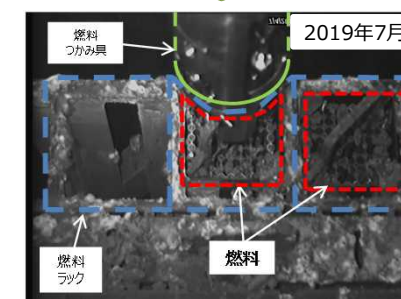
- ・2018年2月ドーム屋根の設置を完了しました。
- ・2019年4月15日より燃料取り出しを開始しました。
- ・2019年7月21日時点で566体のうち28体の取り出し完了しました。



ウェルプラグ中段プラグの状況



オペフロ内残置物移動・片付け（2回目）実施状況



燃料取り出し状況

2-2. 1号機の燃料取り出しに向けた状況

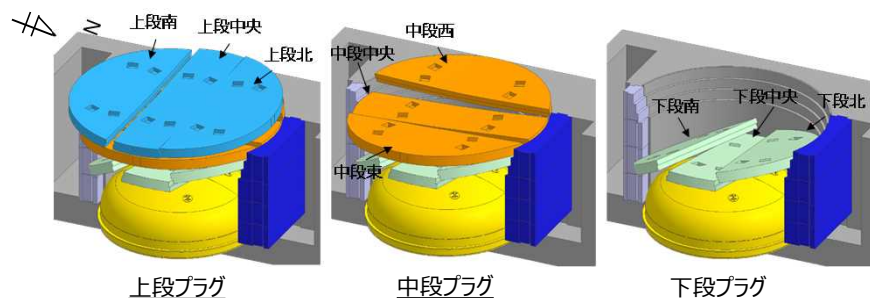
- 1号機では、使用済燃料プール（以下、SFP）保護等の開始に向けて、アクセスルート確保のため、現在、SFP周辺の小ガレキ撤去等を順次進めています。
- また、事故時の水素爆発の影響により、正規の位置からズレが生じたと考えられるウェルプラグの扱いの検討に資する情報を取得するため、7月17日から8月26日にウェルプラグ※調査を実施しました。
- 更に、今後、作業時に小ガレキ等が落下し、燃料の健全性に影響を与えるリスクが考えられることから、SFP養生を計画しています。この準備作業として、8月2日には透明度調査、9月20日にはSFP干渉物調査を行いました。

※ウェルプラグ：格納容器上に被せるコンクリート製の蓋

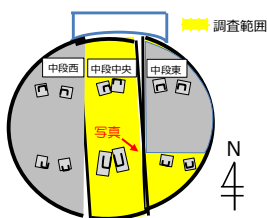
ウェルプラグ調査状況

ウェルプラグ調査では、カメラ撮影、空間線量率測定、3D計測を実施しました。

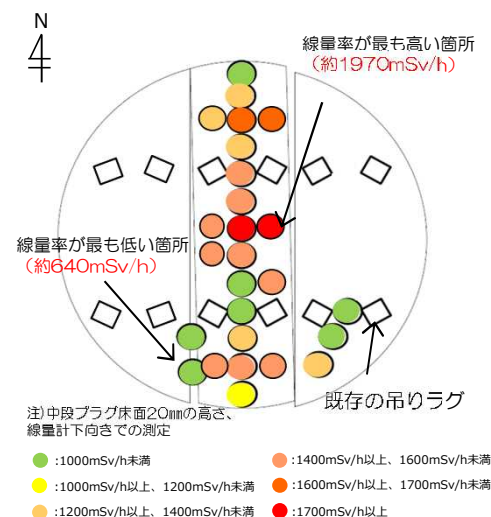
調査の結果、上段プラグと中段プラグの位置関係やプラグが傾斜していること、中段プラグ中央付近の空間線量率が高い傾向を確認しました。



3D計測を基に作成したイメージモデル



中段プラグの状況

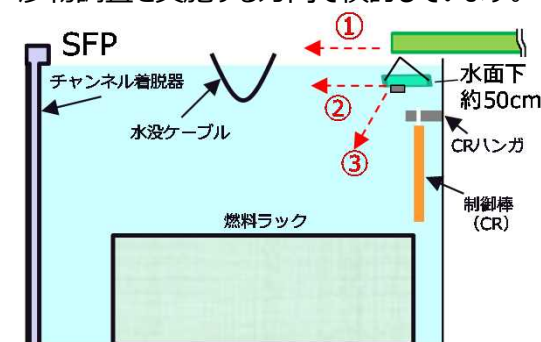


中段プラグ上 空間線量率分布

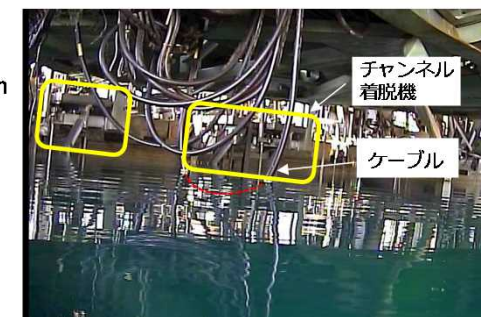
SFP養生に向けた、SFP干渉物調査状況

干渉物調査の準備作業として、プールの透明度調査を8月2日に実施し、照明等の環境を整えることで、7m程度の視界があること、燃料取扱機のケーブルが一部水没していること、燃料ラック上面にガレキが堆積していることを確認しました。

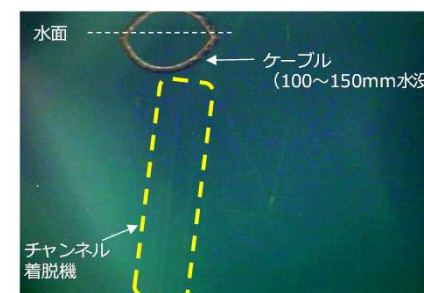
9月20日に干渉物調査を行いました。プール水の白濁を確認したことから、引き続き、干渉物調査を実施する方向で検討しています。



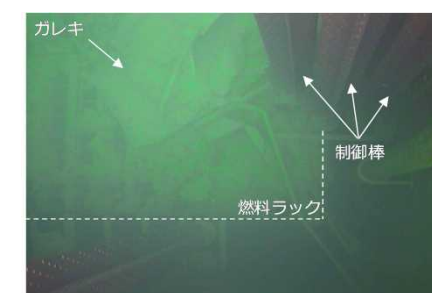
透明度調査概要
(8月2日)



写真① 水平方向の状況



写真② 水平方向の状況



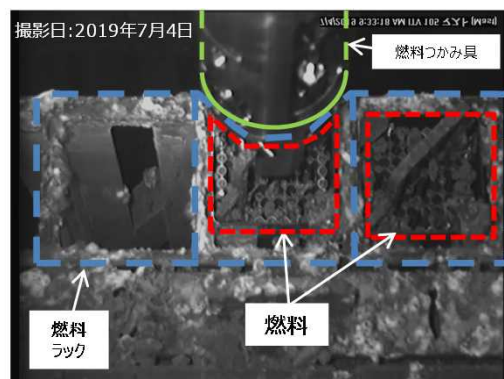
写真③ 斜め下方の状況

2-3. 3号機燃料取り出しに向けた状況

- 3号機燃料取り出しは、4月15日より作業を開始しました。1回目の取り出し後、振り返りを行い、7月4日より作業を再開し、21日に新燃料21体を共用プール内の燃料貯蔵ラックへ保管し、合計28体の取り出しを完了しました。その後、24日より法令に基づく、燃料取扱設備の定期点検のため、燃料取り出し作業及びガレキ撤去作業を一時中断しました。
- 燃料取扱設備点検では、通常の定期点検に加え、設備全体の俯瞰的な追加点検を行い、点検で確認された不具合事象への対策として、サポート追加や部品交換等の対策を施し、9月2日にクレーン・燃料取扱機の点検が完了しました。
- その後、燃料取り出しに再開に向けた、調整作業において、テンシルトラス及びマストの旋回不良を確認しました。テンシルトラスは、運用調整作業等を行い、9月10日より燃料プール内のガレキ撤去作業を進めています。一方、マスト旋回不良の原因は、旋回用モータの不具合であると確認されたことから、当該モータの交換準備を進めています。このため、燃料取り出し再開は、10月以降になる見込みです。

テンシルトラス：マニピュレータの揚重機
マスト：燃料把持機

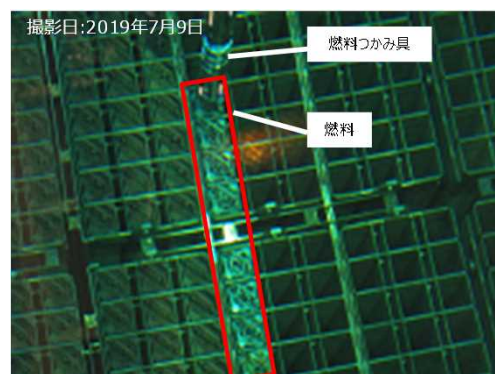
燃料取り出し作業の進捗状況



新燃料取り出し開始状況



輸送容器へ新燃料装填



共用プール燃料貯蔵ラックへ収納

燃料取扱設備の設備点検・追加点検の状況

燃料取扱設備の設備点検・追加点検の結果、合計8件の不具合が確認されました。

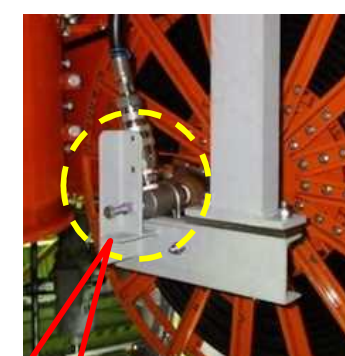
この不具合の1つとして、燃料取扱機の作動流体が流れるホースの継手部分が破損し漏えいしたことを確認しました。この原因として、繰り返し荷重の影響による疲労割れによるものでした。本対策として、当該継手の交換及び、サポートの設置を行いました。



継手破損状況



サポート設置前



サポート設置後



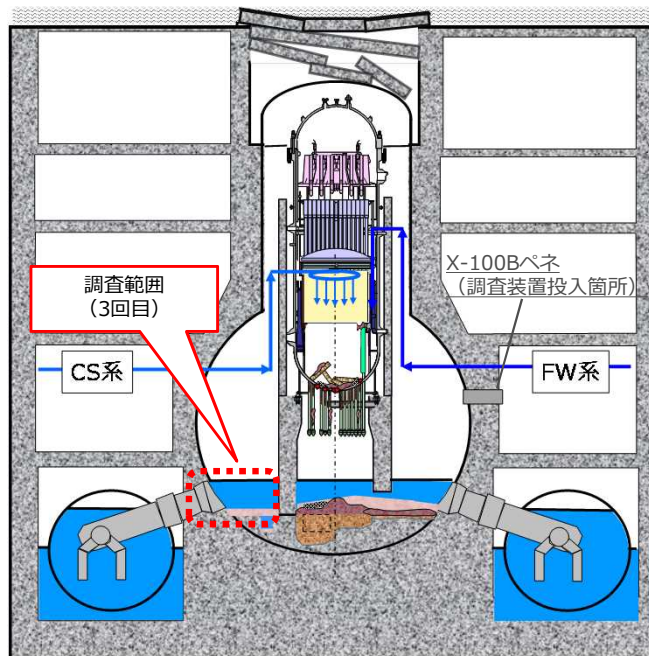
3. 燃料デブリ取り出しに向けた取り組み

3-1. 燃料デブリ取り出しに向けた概況

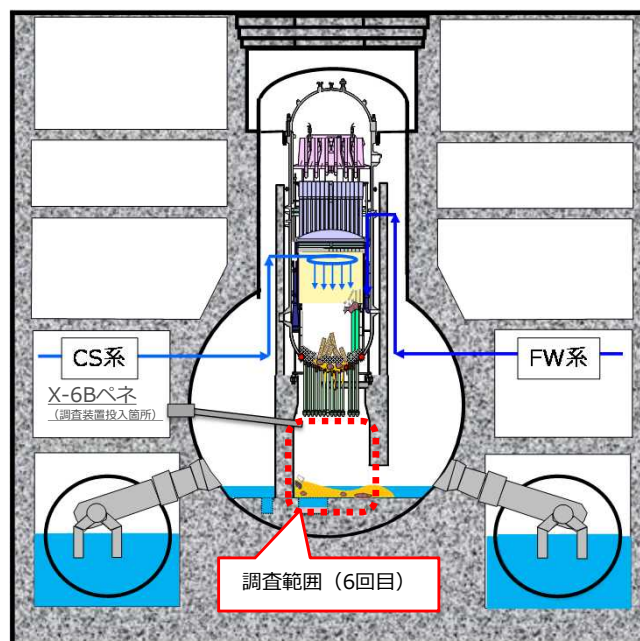
- 1号機では、溶融した燃料のほぼ全量がペDESTALへ落下しており、炉心部にはほとんど燃料が存在していないと推定しています。
- 2・3号機では、溶融した燃料の内、一部は原子炉圧力容器底部またはペDESTAL※へ落下し、一部は炉心部に残存していると考えています。

※原子炉圧力容器を支える基礎

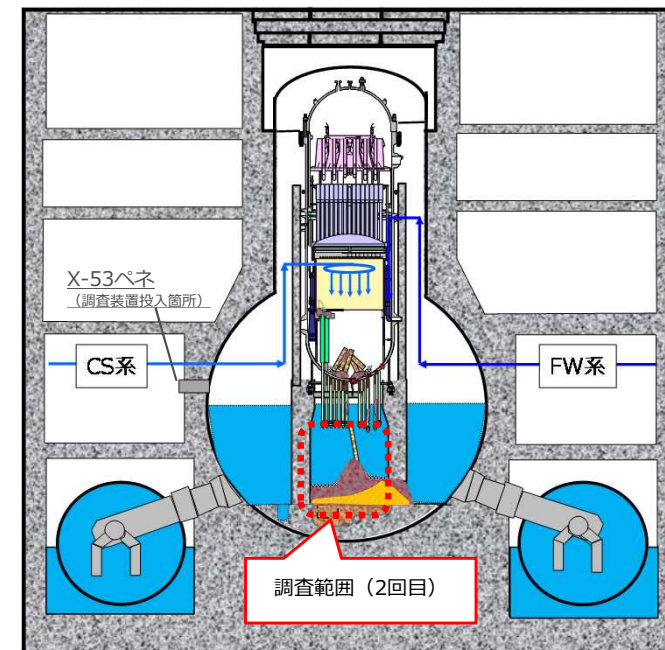
➤ 1号機



➤ 2号機



➤ 3号機



1号機	調査実績	主な調査結果
	1回目 (2012/10)	1階グレーチング (格子状の床) からカメラ・線量計を吊り下ろし、ペDESTAL外地下階を調査しました。 - 底部に近づくほど線量が上昇する傾向や、落下物等を確認しました。
	2回目 (2015/4)	
	3回目 (2017/3)	

2号機	調査実績	主な調査結果
	1回目 (2012/1)	- フィンガを有する調査装置を用い、原子炉格納容器内の堆積物の性状 (硬さや脆さ) を把握するため、接触調査を行いました。 - 小石状の堆積物は把持して動かせることや把持できなき硬い岩状の堆積物があることを確認しました。
	2回目 (2012/3)	
	3回目 (2013/8)	
	4回目 (2017/1~2)	
	5回目 (2018/1)	
	6回目 (2019/2)	

3号機	調査実績	主な調査結果
	1回目 (2015/10~12)	- 水中遊泳式調査装置を用い、ペDESTAL内の調査を行いました。 - CRDハウジング近傍で炉内構造物と推定される構造物を確認しました。また、複数の落下物・堆積物を確認しました。
	2回目 (2017/7)	炉内構造物と推定される構造物 堆積物 (砂状)

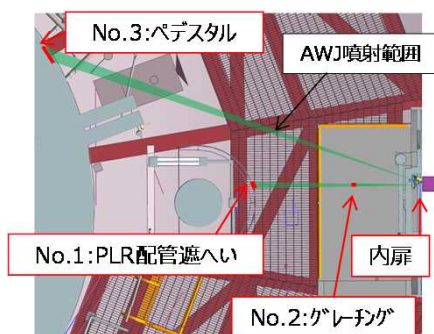
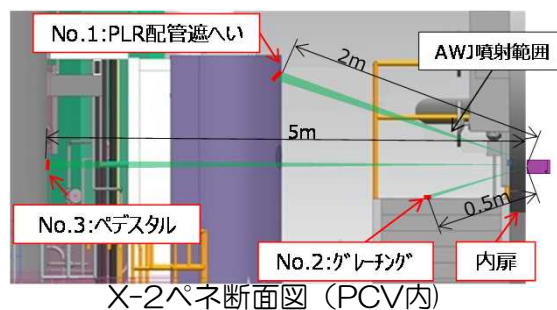
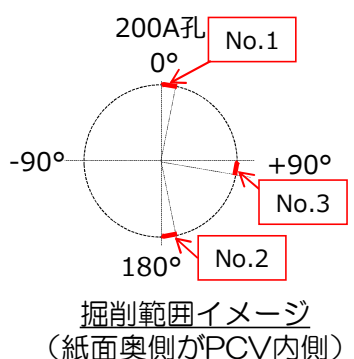
3-2. 原子炉格納容器内部調査に向けた取り組み

- 燃料デブリ取り出しに向け、現在、各号機において、新たな知見を得るために更なる調査を計画しています。
- 1号機は、原子炉格納容器（以下、PCV）内部調査に向け、X-2ペネトレーション※（以下、ペネ）からのアクセスルート構築作業を進めています。
- 6月4日のX-2ペネ内扉の穿孔作業において、PCV内のダスト濃度を確認するための仮設モニタの値が、作業管理のために設定した値より上昇したことを確認しました。
- これは、穿孔作業の高圧水が格納容器内のグレーチングにあたり、ダストが飛散した影響によるものと推定しています。これに伴い、7月31日から8月2日には、穿孔作業に伴うダスト濃度の変化に関するデータ拡充のための作業を実施しました。
- この結果、仮設モニタのダスト濃度は、PCV内構造物と距離が離れるにつれて最大値が低下すること等を確認しました。
- これまで取得したデータを基に、切削時間の適正化を行い、今後の作業計画の検討するとともに、ダスト濃度監視をより充実させるためにPCVヘッド近傍の配管を利用し、ダストモニタを追設する検討を進めています。これらの検討と並行して、切削作業時のダスト低減策についても検討を進める計画です。10月初旬よりダストモニタ追設の調査を行い、早ければ11月上旬より作業を再開する計画です。

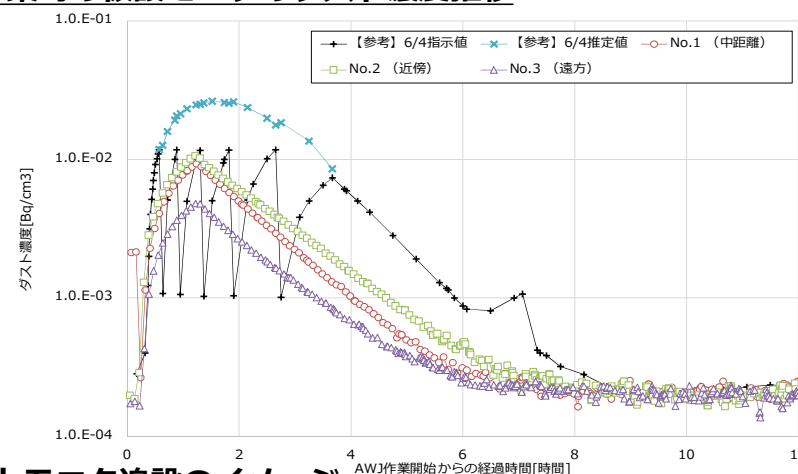
※：作業員がPCVへ出入りするための扉付き貫通部

➤ 1号機アクセスルート構築に向けたデータ拡充作業の状況

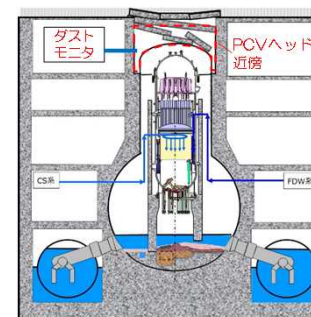
穿孔作業時のダスト濃度上昇は、PCV内構造物と距離が離れるにつれて、最大値が低下すること、PCV内構造物との距離に係らず、作業開始から10分後より上昇し、上昇開始から約1時間後に最大となり、数時間で作業前の値に戻ることを確認しました。



➤ 穿孔作業時の仮設モニタのダスト濃度推移



➤ ダストモニタ追設のイメージ



ダスト濃度監視をより充実させるため、PCVヘッド近傍に設置されている配管を利用し、ダストモニタを追設する検討を進めています。

4. その他

4-1. 自然災害リスクへの対応状況

- 近年、国内で頻発している大規模な降雨に備え、豪雨時における敷地内の浸水状況や斜面の安定性の解析を2019年度上期完了を目標に実施し、必要に応じて対策を行い、リスク低減を進めています。
- 内部浸水解析※の結果、原子炉建屋大物搬入口近傍で最大25cm程度の浸水深が、1時間程度継続する結果が得られましたが、大物搬入口前に土嚢を設置することで、建屋への直接的な雨水の浸水は抑制されると評価しています。
- また、今後は、排水能力の小さい排水路を段階的に整備する計画ですが、整備した場合の解析を行い、影響を評価していきます。
- また、地震・津波に対しては、安全上重要な対策及び評価を実現可能性などを考慮しつつ段階的に進めています。具体的には、防潮堤設置、建屋開口部閉止、メガフロート移設・着底する工事を着実に進めています。 ※解析条件となる雨量：1F構内の降雨量を基に1000年確率雨量（417mm/24h）

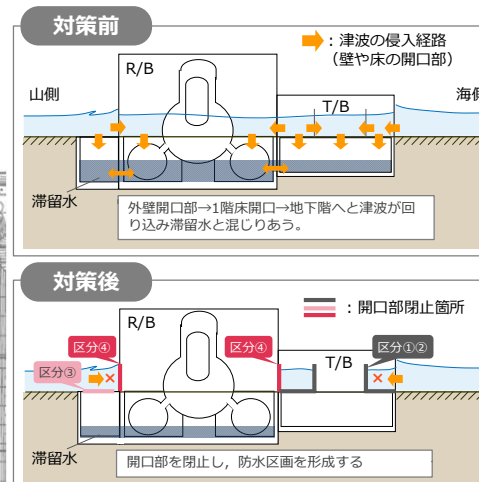
内部浸水解析の結果（1～4号機建屋周辺）



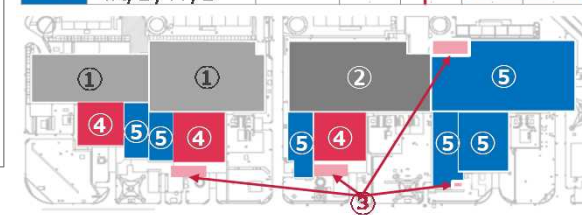
最大浸水深マップ（1～4号機建屋周辺）

地震・津波対策（建屋開口部閉止の進捗状況）

建屋開口部閉止箇所は、全部で122箇所あり、そのうち74箇所の閉止を完了しました。（9月2日時点）

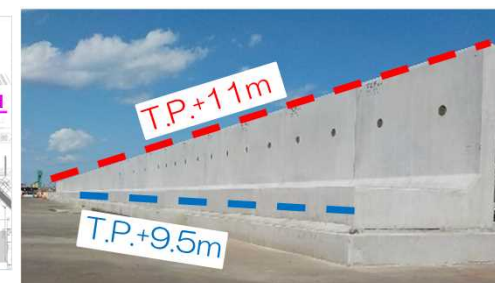
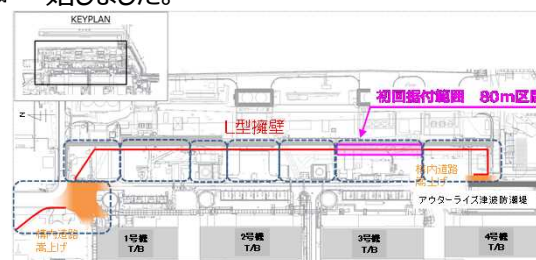


区分	建屋	完了/計画数	2018	2019	2020	2021
①	1・2T/B, HTI, PMB, 共用プール	40/40		現在		滞留水処理完了
②	3T/B	27/27				
③	2・3R/B (外部床等)	6/20				
④	1～3R/B (扉)	1/14				完了 2020年末
⑤	1～4Rw/B 4R/B, 4T/B	0/21				2021年度末完了



地震・津波対策（防潮堤設置の進捗状況）

千島海溝津波に対する防潮堤の設置を進めており、9月23日より、L型擁壁の設置を開始しました。



4-2. 1/2号機排気筒解体に向けた状況

- 1/2号機排気筒は損傷・破断箇所があることを踏まえ、リスクを低減するため、半分程度まで解体し、耐震上の裕度を確保する計画です。
- 解体工事の準備作業を7月に完了し、8月1日から排気筒の付属品の切断を開始しました。
- 8月7日より筒身の切断作業を行い、9月1日に頂上ブロックの解体を完了しました。その後作業の振り返しを行い、12日より2ブロック目の解体作業開始しました。作業準備中の通信設備の不具合や台風による作業休止がありましたが、26日に2ブロック目の解体が完了しました。
- 今年度内の解体完了を目標に、安全最優先で作業を進めます。

➤ 1 / 2号機排気筒解体工事の進捗状況

吊り下した解体部材内側の線量測定を行った結果、約0.04mSv/h (γ線) であることを確認しました。



排気筒頂上ブロック切断作業状況



解体前

解体後

排気筒解体前後の状況



2ブロック吊り降ろし状況



排気筒頂上ブロック解体部材

