

# 福島第一原子力発電所の 燃料取り出しに向けた取組等について

2017年11月14日

東京電力ホールディングス株式会社

# 1. 廃止措置等に向けたロードマップ全体イメージ

- 2017年9月26日に中長期ロードマップの改訂が行われ、使用済燃料プールからの燃料取り出し時期、初号機燃料デブリ取り出し方法の確定時期が変更となっています。（変更内容については下記参照）
  - 1～3号機の使用済燃料プール内燃料および燃料デブリ取り出しに向けて、建屋の除染、燃料取り出し設備の設置や格納容器内の調査結果の評価・分析などを進めています。
  - 1号機では、原子炉建屋最上階（オペレーティングフロア）の北側瓦礫撤去手順の概要について策定しました。また、防風フェンスの設置を10月31日より開始しています。
  - 2号機では、原子炉建屋屋上の汚染物の撤去を目的に屋根保護層の撤去を2018年1月より実施する予定です。
  - 3号機では、使用済燃料プール内燃料を取り出すためのドーム屋根の設置を継続実施中です。（11月9日現在、全8組のうち5組が設置完了。6組目を12月に設置する計画）また、燃料取扱機及びクレーンの設置を11月12日より開始しました。
- 燃料デブリの状況把握のため、高い透過力を持つ宇宙線ミュオンの測定調査を実施し、調査結果を取り纏めました。
- キャスク仮保管設備の乾式キャスク2基内の装填の可否を確認していない回収ウラン燃料（使用済燃料を再処理施設で再処理し、回収したウランの転換・濃縮を行い、成形加工した燃料で、核種組成が異なる）について、当該燃料4体を含む138体を共用プールに移送しました。

**使用済燃料プールからの燃料取り出し**

主な動き

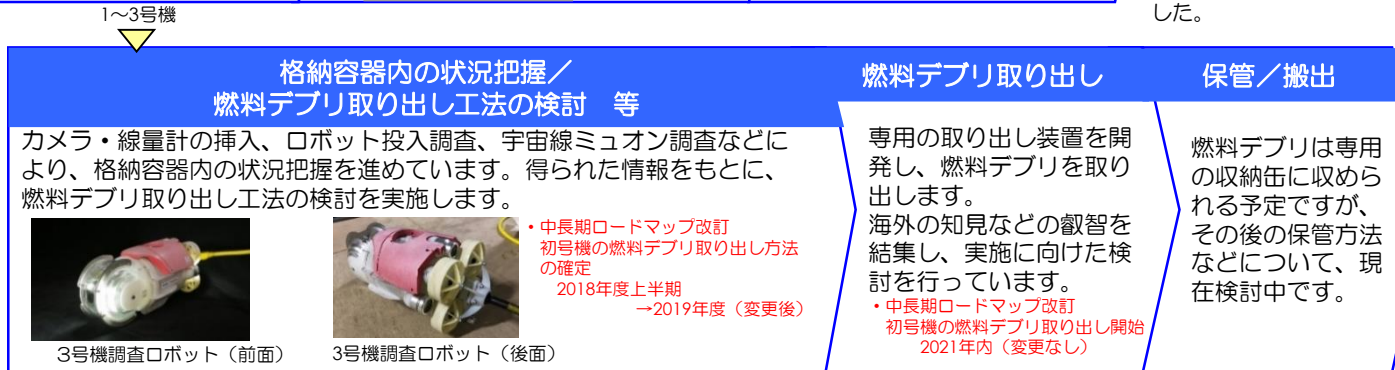
- ・2017.7.22  
3号機にて、燃料取り出し用カバードーム屋根設置を開始
- ・2017.10.31  
1号機にて、建屋カバードームに防風フェンスの設置を開始



■ キャスク仮保管設備より共用プールへ138体移送を実施しました。

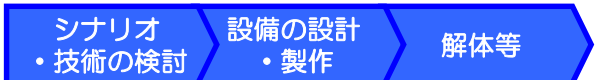
## 燃料デブリ取り出し 主な調査の実績

	1号機	2号機	3号機
格納容器内部調査	2012.10 2015.4 2017.3.18～22	2012.1 2012.3 2013.2～2014.6 2017.1～2	2015.10～12 2017.7.19～22
ミュオン測定	2015.2～5	2016.3～7	2017.5.2～9.8



（注）使用済燃料：原子炉で使用された後の燃料を指します。核分裂による放射性物質を内包し、放射線に対する遮へいと崩壊熱の除去が必要となります。

燃料デブリ：燃料と、燃料を覆っていた金属の被覆管などが溶け、再び固まったものを指します。



# 2-1. 1号機の概要(1)

- 発電所構内及び敷地境界付近に設置したダストモニタ指示値の有意な変動はなく、ダストを飛散させることなく作業を実施しています。さらに重層的なダスト対策として、原子炉建屋カバー梁への防風フェンスの設置を10月31日より開始しています。
- オペレーティングフロアの追加調査により、ウェルプラグ（格納容器上に被せるコンクリート製の蓋）のずれおよびたわみを確認しました。

2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	2021年度	2022年度	2023年度	2024年度
	現在							
	建屋カバー解体等		瓦礫撤去等			カバー設置等		燃料取り出し
	▽壁パネル取り外し完了							
	△防風フェンス取付け開始							
「廃止措置等に向けた中長期ロードマップ」2017年9月改訂版より抜粋								

**主な作業の進捗**

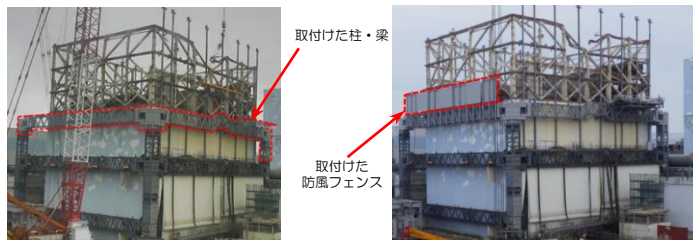
2017.8.29~10.26 改造した柱・梁設置  
2017.10.31 防風フェンス設置開始

**主なトラブルと対応状況**

前回報告以降はありませんでした。

## 建屋カバー防風フェンス取付け作業の進捗状況

- 防風フェンスを取付けるために改造した建屋カバーの柱・梁の設置が10月26日完了しました。
- 防風フェンスの設置を10月31日より開始してます。

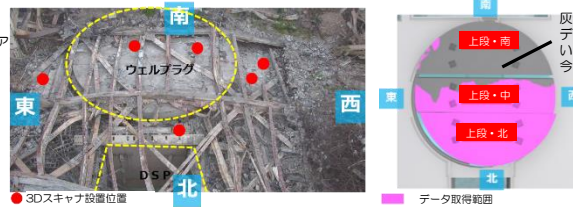


(防風フェンス取付け前 2017年10月11日撮影) (防風フェンス取付け後 2017年11月9日撮影)

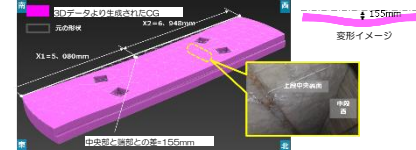
<1-1. 防風フェンス設置状況>

## オペレーティングフロア追加調査結果

- 調査の支障となる小瓦礫を吸引した後（南側は未吸引）、カメラ、3Dスキャナを用いてウェルプラグのずれおよび損傷状況を確認しました。
- ウェルプラグ「上段・北」は西寄りに720mmずれていることを確認。
- 「上段・北」は下方に最大84mm、「上段・中」は下方に最大155mmたわんでいることを確認。



<1-3. 小瓦礫吸引後のウェルプラグの状況> <1-4. 3Dデータ取得範囲>

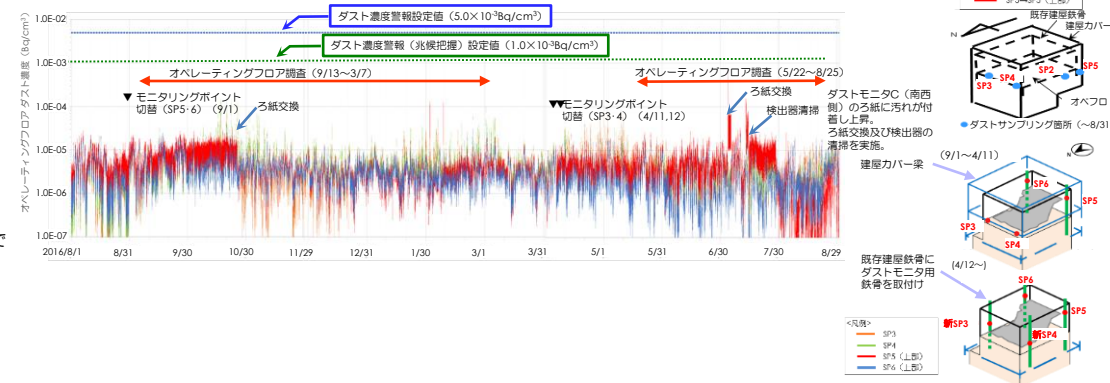


<1-5. 上段・中ウェルプラグ変形量確認結果>

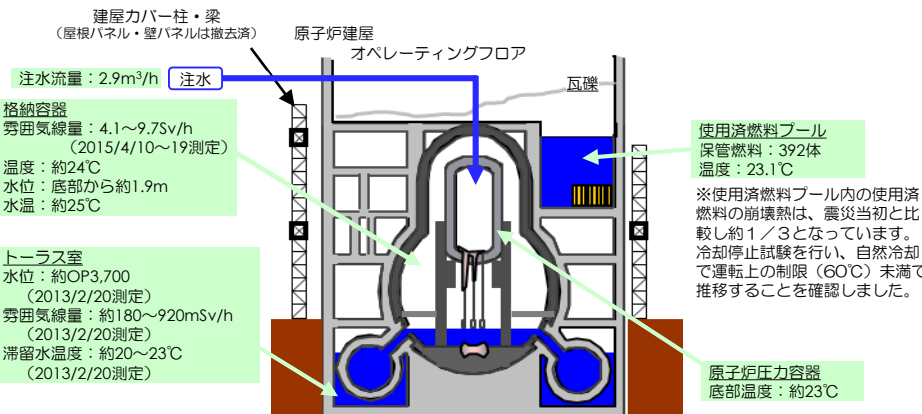
- 今回の調査結果をウェルプラグ処置方法の検討に反映するとともに、準備が整い次第ウェルプラグ内部の線量調査等を実施します。

## オペレーティングフロアのダストモニタの状況

- 2017年3月までに行ったオペレーティングフロア調査にてウェルプラグのずれが確認されましたが、オペレーティングフロア上のダストモニタに異常な変動はなく、格納容器からの有意な放射性物質の放出はないと考えています。



<1-6. オペレーティングフロアの各測定箇所における空気中の放射性物質（ダスト）濃度>



<1-2. プラント関連パラメータ>  
(日付のない温度は、2017年10月25日11:00現在の測定値)

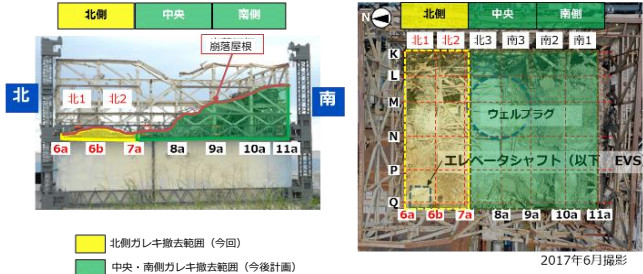


# 2-1. 1号機の概要(2)

- オペレーティングフロア上の瓦礫撤去について、崩落屋根の調査が完了した北側から進めていきます。
- 中央および南側の崩落屋根、既存天井クレーン等の撤去については、継続して調査を進め、施工計画を策定次第、別途お知らせ致します。
- 瓦礫の撤去は、2021年度完了を予定しています。

## 瓦礫撤去計画の概要

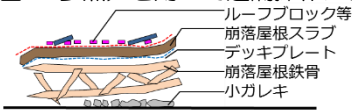
- 原子炉建屋の屋根は、水素爆発によりオペレーティングフロアに落下しており、つながった状態で北側から南側に向かって隆起しています。
- 瓦礫の撤去は、崩落屋根の調査が完了した北側から進めます。



<1-7. 瓦礫撤去範囲図>

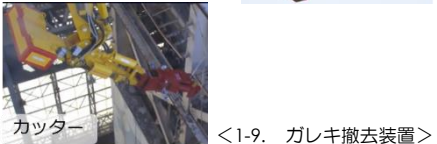
## 瓦礫撤去手順概要

- 崩落屋根は、ルーフブロック、崩落屋根スラブ、崩落屋根鉄骨等が重なっており(図1-7参照)、上から順番に撤去します。
- 崩落屋根の撤去は、大型クレーンに吊り下げた吸引装置、ペンチ、カッター(図1-8参照)を用いて遠隔操作により実施します。(図1-9参照)

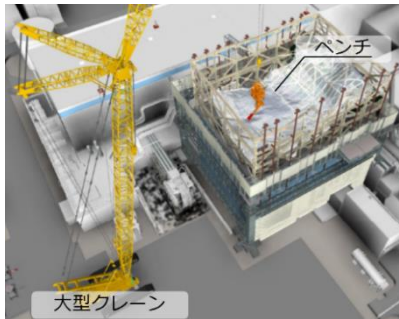


<1-8. 崩落屋根の状態>

- 屋根スラブ：屋根を構成する鉄筋コンクリート造の厚い板状のもの
- デッキプレート：波形に成形された幅の広い鋼板



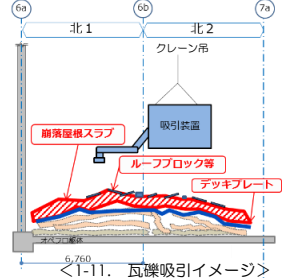
<1-9. ガレキ撤去装置>



<1-10. クレーン吊り遠隔操作イメージ>

## 北側瓦礫撤去手順

- ルーフブロックは、崩落屋根スラブ表面から剥がれ、折り重なった状態、また、崩落屋根スラブは、崩落の影響でひび割れた状態です。このことから、吸引装置で吸引します。
- デッキプレートおよび支障物は、ペンチで撤去します。
- なお、以前オペレーティングフロア調査時に支障となった小瓦礫の撤去も同様な工法で実施しており、オペレーティングフロア上のダストモニタは、警報設定値に対して低い値で推移しました。

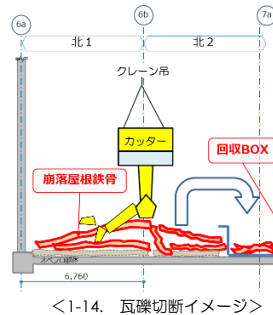


<1-12. ルーフブロックの状況  
寸法(mm)：200×400×厚さ20>



<1-13. 吸引装置による小瓦礫撤去の様子  
(オペレーティングフロア調査時)>

- 崩落屋根鉄骨は、切断面積が小さいカッターで切断し、オペレーティングフロア上の回収ボックスで集積した後、地上にてコンテナに積み替え、所定の場所に保管します。
- 但し、崩落屋根スラブ撤去後に行う調査により、南側の瓦礫に影響を与えることが考えられる場合には、作業手順の見直しを行います。



<1-15. カッターによる切断の状況(オペレーティングフロア調査における支障物撤去作業時)>



## ダスト飛散抑制対策

- 崩落屋根上、下の瓦礫に対して、月1回の頻度で飛散防止剤を散布(定期散布)することにより、ダストは固着された状態となっています。また、瓦礫撤去作業範囲及びその周りに対して飛散防止剤を散布することで、常にダストが固着されている状態にします。
- 崩落屋根撤去は、ダスト発生量の少ない吸引、把持、切断の工法で行います。
- 万が一、オペレーティングフロアに設置したダストモニタにより空気中放射性物質濃度の異常を検知した場合には、速やかに作業を中断するとともに緊急散水を行います。

■ ペンチ：吸引に支障になるもの等をつまんで移動するもの

■ カッター：鉄骨等を切断するもの 各々は、ガレキ撤去装置の先端を入れ替えられるようになっている。

# 2-2. 2号機の概要 (1)

- 原子炉建屋屋上の汚染物の撤去を目的に屋根保護層の撤去を2018年1月中旬より遠隔装置にて実施する予定です。
- 1号機の爆発により破損したと想定される屋上部材の落下リスクを低減するため、屋上外周の立ち上がり部材（笠木）等の撤去を10月下旬より有人作業にて実施しています。

2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	2021年度	2022年度	2023年度	2024年度
準備工事	現在 ▽ 格納容器内部調査	オペレーティングフロア内調査等	原子炉建屋上部解体等		プラン① プラン②	コンテナ設置 等 カバー設置 等	燃料取り出し 燃料取り出し	

「廃止措置等に向けた中長期ロードマップ」2017年9月改訂版より抜粋

### 主な作業の進捗

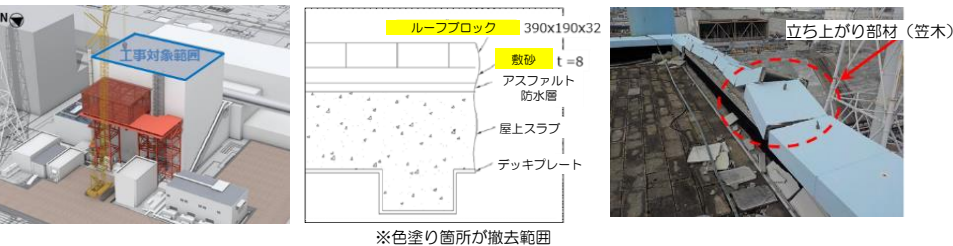
2017. 1.24 ~ 2.16 格納容器内部調査実施

### 主なトラブルと対応状況

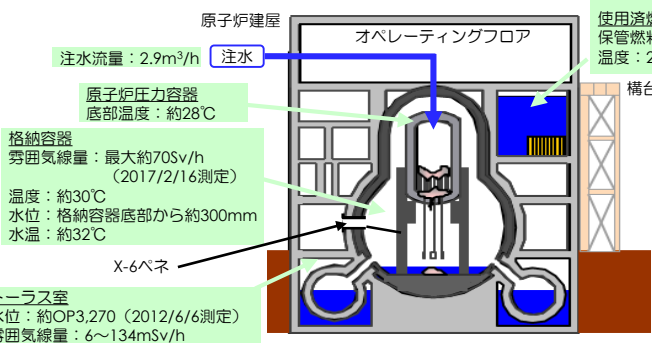
前回報告以降はありませんでした。

### 屋上保護層撤去計画の概要

- 原子炉建屋屋上の汚染物の撤去を目的に屋根保護層の撤去を実施する予定です。撤去範囲は、ルーフブロック、敷砂になります。
- 1号機の爆発により破損したと想定される屋上部材の落下リスクを低減させるため、屋上外周の立ち上がり部材（笠木）等の撤去を実施しています。



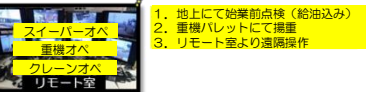
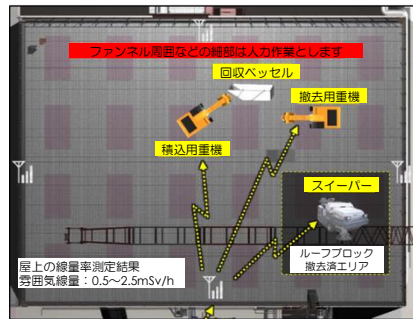
<1-16. 原子炉建屋屋上作業範囲>



<1-17. プラント関連パラメータ>  
(日付のない温度は、2017年10月25日11:00現在の測定値)

### 屋上保護層撤去施工方法の概要

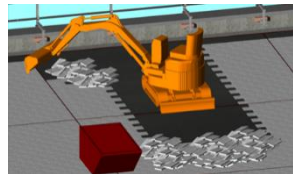
- 屋根保護層撤去の工事は、作業員の被ばく低減の観点から遠隔操作が可能な撤去装置を使用した計画とし、無人化に努めます。
- ただし、屋上外周部周りは、屋上支障物等の落下リスクがあり、機械化による作業が困難な箇所があるため、部分的に有人にて作業を行います。



<1-18. 遠隔操作による全体施工計画イメージ>

### ダスト飛散抑制対策

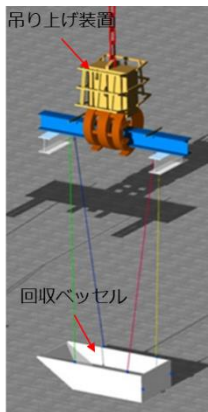
- 作業前に散水を行い、ダストが飛散しないよう湿潤状態にしてから撤去を行います。また、作業完了後にも散水を行い、ダストの飛散抑制を図ります。
- 敷砂撤去の際は、ダストが飛散しないよう遠隔の吸引装置を使用し撤去を行います。
- 原子炉建屋屋上の空气中放射性物質濃度を連続監視するためのダストモニタの設置を行います。



<1-19. 遠隔重機によるルーフブロック撤去イメージ>



<1-20. 敷砂の遠隔吸引装置 (スワイパー) イメージ>



<1-21. 吊り上げ作業の省人化イメージ>

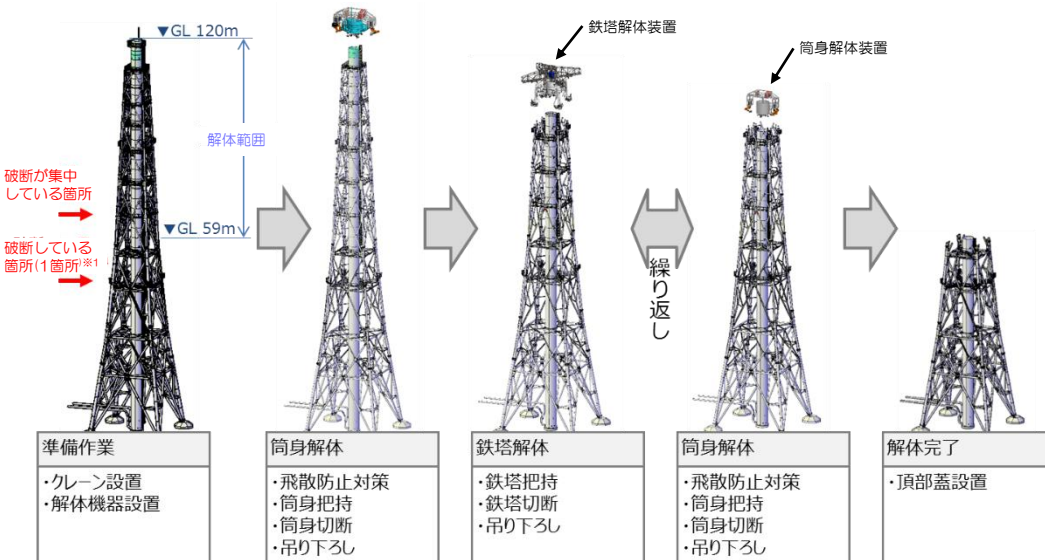


# 2-2. 2号機の概要 (2)

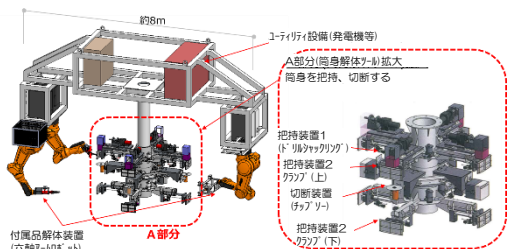
- 1・2号機排気筒は、これまでの点検により地上66m付近に8箇所、地上45m付近に1箇所の破断箇所が確認されていますが、破断箇所を踏まえた耐震安全性評価を実施した結果、倒壊には至らないことを確認しています。
- 1・2号機排気筒の解体を計画しており、2018年度下期に着手し、約1年かけて実施する予定です。

## 排気筒解体計画の概要

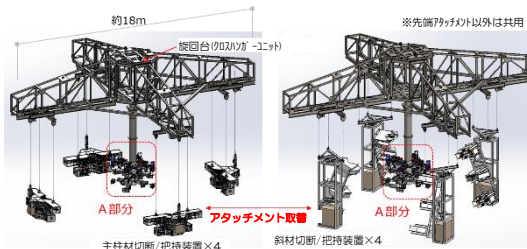
- 大型クレーンを使用し、筒身や鉄塔をブロック単位で解体します。
- 筒身や鉄塔のそれぞれについて、切断や把持機能を有する解体装置を使用し、省人化を図ります。
- 初めに突き出ている筒身を解体した後は、鉄塔・筒身の順に解体を繰り返します。



<1-22. 排気筒解体手順>



<1-23. 筒身解体装置>



<1-24. 鉄塔解体装置>

## 排気筒解体スケジュール

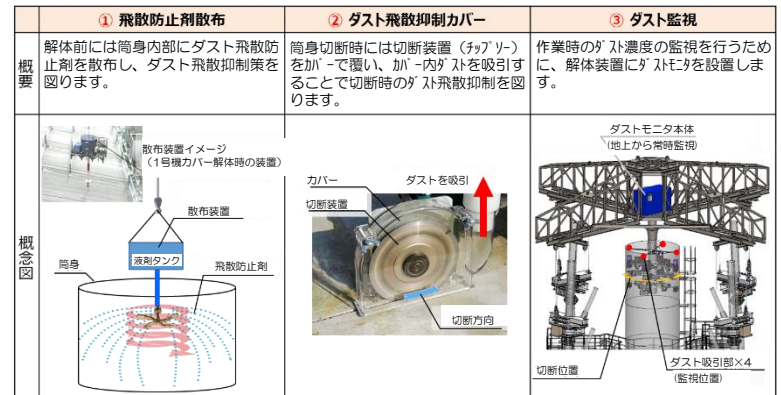
- 解体装置の詳細設計は完了し、装置製作を開始しています。
- 排気筒の解体着手は、2018年度下期を予定しています。
- 今後は、装置製作を進めながら、更なる解体工程短縮の検討を並行して実施します。

	2017年度		2018年度		2019年度	
	上期	下期	上期	下期	上期	下期
1. 解体装置設計<完了>						
2. 解体装置製作						
装置製作図作成						
資材調達						
筒身 装置組立						
解体装置 単体動作試験						
鉄塔 装置組立						
解体装置 単体動作試験						
通信システム確認						
全体動作試験(筒身・鉄塔共、排気筒模擬施設使用)						
3. モックアップ						
計画						
排気筒模擬施設設置(許認可・地域説明含)						
解体工事訓練(1F構外・解体装置操作訓練等)						
4. 施工計画・解体工事						
施工計画検討						
排気筒解体工事						

<1-25. 排気筒解体スケジュール>

## 筒身切断時のダスト飛散抑制対策

- 過去の線量調査の結果からは筒身上部が高濃度で汚染している可能性は低いと想定されますが、筒身切断時はダスト飛散抑制対策を実施する予定です。



<1-26. ダスト飛散抑制対策>

# 2-3. 3号機の概要

- 燃料取り出しに向けた燃料取り出し用カバー等設置作業のうち、ドーム屋根設置作業を計画通り進めています。
- ドーム屋根8組の設置作業における総被ばく計画線量を0.42人Svとして作業を進めています。3組目のドーム屋根の設置が完了した10月21日現在で、当該作業の総被ばく実績線量は、0.06人Svと計画に対して低減することができています。
- 原子炉圧力容器内の状況を把握するため、2017年5月2日から9月8日まで、高い透過力を持つ宇宙線ミュオンを使った撮影を実施しました。

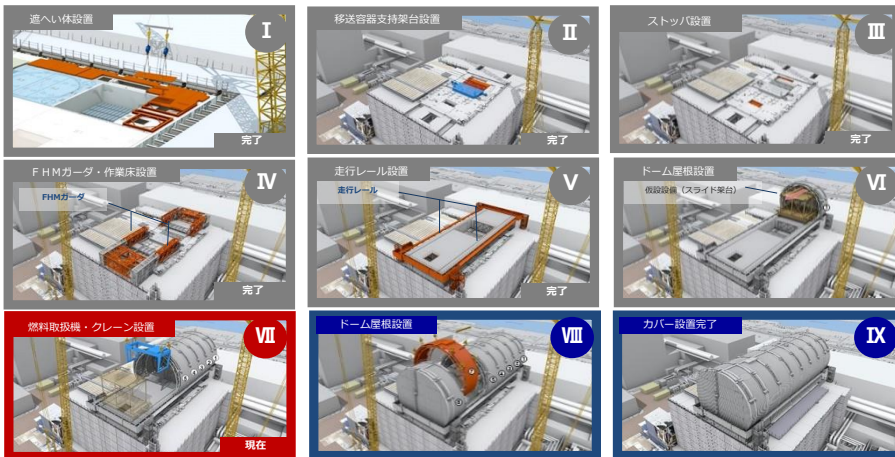
2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度
瓦礫撤去等	カバー設置等		燃料取り出し		
	FHMガーダ・作業床・走行レール設置	ドーム屋根設置開始 ミュオン測定開始			
「廃止措置等に向けた中長期ロードマップ」2019年9月改訂版より抜粋		燃料取扱機・クレーン設置開始			

## 主な作業の進捗

2017.5.2~9.8 ミュオン測定実施  
2017.7.22 ドーム屋根設置開始

## 主なトラブルと対応状況

前回報告以降はありませんでした。



<1-27. 燃料取り出し用カバー等設置の作業ステップ>

## 燃料取り出し用カバー等設置の進捗状況

- 燃料取り出し用カバー等設置の作業ステップのうち、2017年7月22日より、ドーム屋根設置を進めています。(11月9日現在、全8組のうち5組が設置完了。6組目を12月に設置する計画。)
- 燃料取扱機及びクレーンの設置を11月12日より開始しました。11月末までには完了予定です。
- オペレーティングフロア上の空気中の放射性物質濃度を監視しています。異常な変動はなく、放射性物質の放出はないと考えています。
- 作業にあたっては、安全最優先で作業を進めるとともに、作業される方の被ばくをできる限り低減するために以下の対策を実施しています。

### <被ばく低減対策>

#### 発電所構外での対策

- 発電所構内での作業時間を短縮し、被ばくを極力低く行えるよう、構外で大型ユニットの設置訓練を実施
- FHMガーダ部材を大型ユニットに組立て輸送し、オペレーティングフロア上の作業量を低減

#### オペレーティングフロア作業中の対策

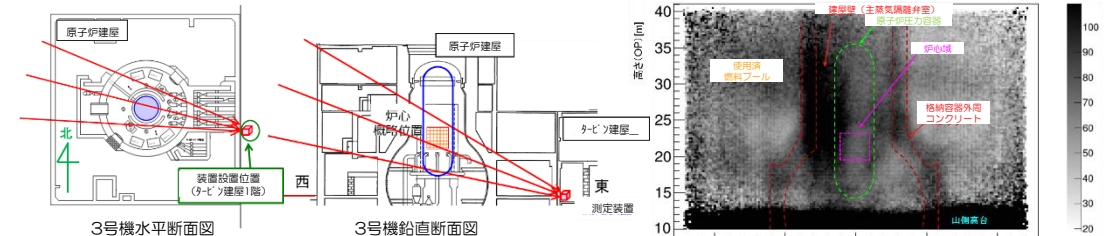
- オペレーティングフロア上の作業では、タングステンベストを着用
- 低線量エリアで待機するため、作業エリア付近に仮設遮へい体を一時待避所として設置



<1-29. ドーム屋根設置状況>

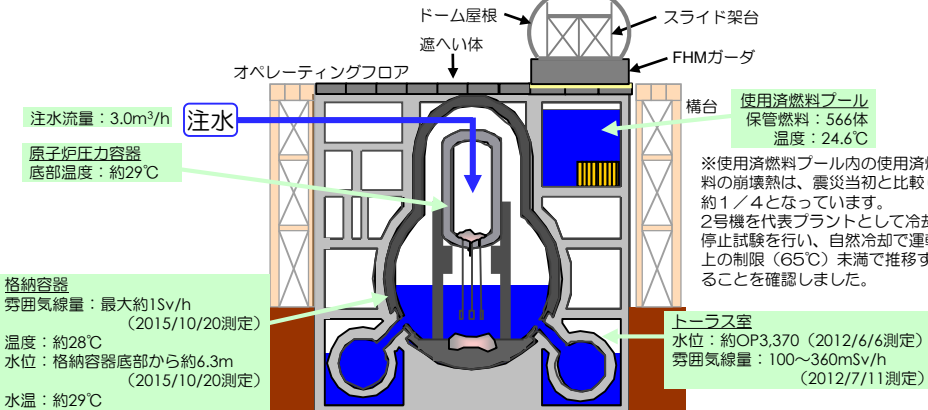
## ミュオン測定評価結果

- 原子炉圧力容器内の燃料デブリ分布評価結果は以下の通りです。
- ももとの炉心域には、燃料デブリの大きな塊は存在しません。
- 圧力容器の底部には、不確かさはあるものの、一部燃料デブリが残っている可能性があります。
- 今回の評価結果は、格納容器内部調査などその他の知見とあわせて、今後の燃料デブリ取り出しに向けた取り組みに活用していきます。



<1-30. 測定範囲>

<1-31. 3号機測定結果>

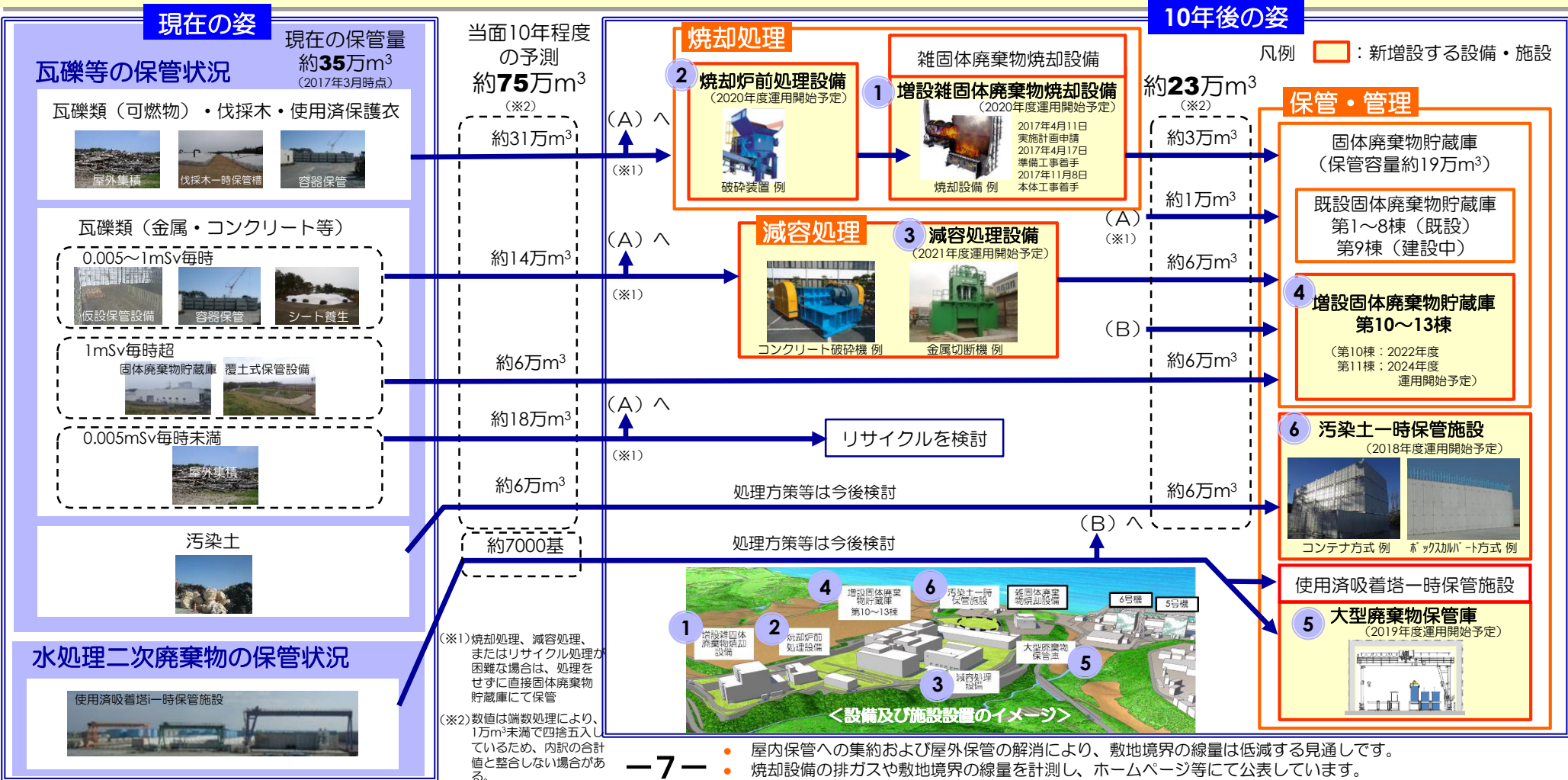


<1-28. プラント関連パラメータ>  
(日付のない温度は、2017年10月25日11:00現在の測定値)



# 3. 放射性固体廃棄物の管理

- 現在、工事に伴い発生する廃棄物は、その線量に応じて分別し、固体廃棄物貯蔵庫での保管や、線量区分毎の保管形態にて屋外で一時保管しています。
- 廃棄物をより確実に保管していくため、当面10年程度の発生予測を踏まえ、保管・管理に必要な建屋を設けて、焼却・減容により廃棄物量を低減のうえ、建屋内保管へ集約、屋外の一時保管エリアを解消します。水処理二次廃棄物は、当面、減容・安定化技術の開発を進め、処理方策等を検討していきます。
- この方針に基づく関連設備の新增設計画について、2016年12月21日、福島県・双葉町・大熊町より事前了解をいただきました。なお、本計画には、今後の廃炉作業の進捗状況や瓦礫等発生量の見直し等を適宜反映していきます。
- 2017年6月29日「福島第一原子力発電所の固体廃棄物の保管管理計画」を改訂しました。「瓦礫等」の最新の保管実績及び最新の工事計画等による発生量予測を反映しています。（主な追加・変更は、地下貯水槽撤去による瓦礫等の追加（約4万m<sup>3</sup>）、使用済保護衣の発生量予測見直し減（約5万m<sup>3</sup>））
- 中長期ロードマップが2017年9月26日に改訂され、廃棄物対策に関しては、2021年度頃までを目処に処理・処分方策とその安全性に関する技術的な見直しを示す計画です。



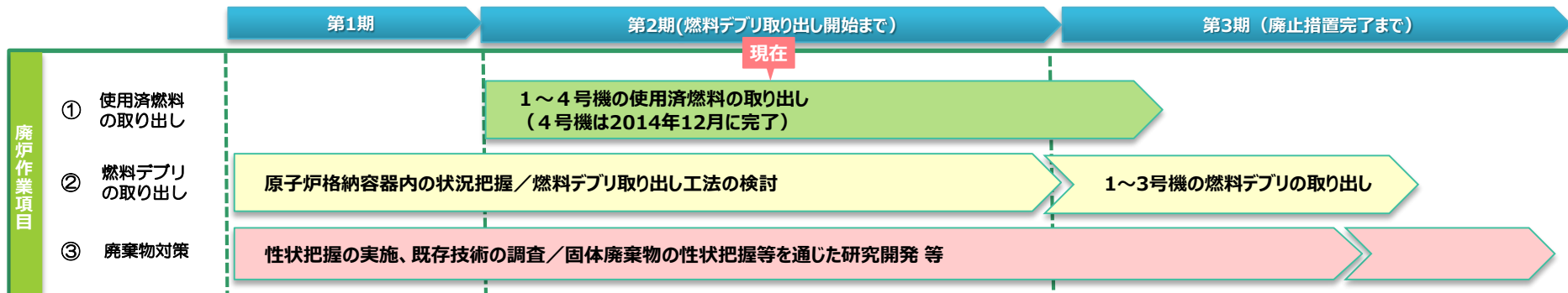


# 4. 福島第一原子力発電所の廃止措置に向けた主要な目標工程



# 5. 廃止措置へ向けた進捗状況のまとめ

廃炉の作業は、世界でも前例のない30～40年の長期的なプロジェクトとなりますが、安全を最優先に、全力で取り組みます。



		現在の主な進捗状況	今後の予定	想定されるリスク・課題
① 使用済燃料プールからの燃料取り出し	1号機	<ul style="list-style-type: none"> <li>2017年5月22日から8月25日、オペレーティングフロア追加調査（ウェルプラグ周辺）を実施</li> <li>2017年10月26日、防風フェンス設置のために改造した柱・梁設置完了</li> <li>2017年10月31日、防風フェンス設置開始</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>オペレーティングフロアの調査を踏まえた瓦礫撤去方法の検討及び瓦礫撤去作業開始</li> <li>防風フェンスの設置</li> </ul>	リスク：瓦礫撤去作業時や、建屋周辺整備工事作業時の放射性物質飛散 対応：飛散防止対策の実施と空気中の放射性物質濃度の監視
	2号機	<ul style="list-style-type: none"> <li>プール保管燃料および燃料デブリ取り出しに向けた検討から、オペレーティングフロアの全面解体が必要と判断</li> <li>2017年3月末原子炉建屋西側に構台・前室の設置を完了</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>燃料取り出し方法のプラン選択へ向けた検討を継続</li> </ul>	
	3号機	<ul style="list-style-type: none"> <li>2017年7月21日、FHMガーダ、作業床・走行レール設置完了</li> <li>2017年7月22日、ドーム屋根設置開始</li> <li>2017年7月から8月、共用プールよりキャスク仮保管設備へ使用済燃料138体移送実施</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>燃料取り出し用カバー設置作業の継続</li> <li>燃料取り出しの開始（2018年度中頃の見通し）</li> </ul>	課題：カバー設置作業における作業員の被ばく低減 対応：鉄骨部材のユニット化による有人作業の円滑化、仮設遮へい体による線量低減を実施中。
	4号機	<ul style="list-style-type: none"> <li>2014年12月22日、使用済燃料プールから燃料取り出しを完了</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>建屋の維持管理を継続</li> </ul>	燃料によるリスク・課題なし
② 燃料デブリの取り出し	1号機	<ul style="list-style-type: none"> <li>2017年3月18日から22日、1号機格納容器内部調査を実施</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>号機ごとの燃料デブリ取り出し方針の決定</li> </ul>	課題：格納容器の漏えい箇所、デブリ燃料位置の特定。内部調査に伴う過度の被ばく 対応：ロボットやミュオンによる調査結果を取り纏め、習熟訓練による作業の効率化により被ばく低減
	2号機	<ul style="list-style-type: none"> <li>2017年1月24日から2月16日、2号機格納容器内部調査を実施</li> </ul>		
	3号機	<ul style="list-style-type: none"> <li>2017年5月2日から9月6日、3号機ミュオン測定を実施</li> <li>2017年7月19日から7月22日、3号機格納容器内部調査を実施</li> </ul>		
③ 廃棄物対策	発生した瓦礫等の適切な管理	<ul style="list-style-type: none"> <li>固体廃棄物貯蔵庫第9棟設置工事を継続中。2018年1月に竣工予定</li> <li>2016年12月21日、廃棄物関連設備・施設の新増設の計画について、福島県・双葉町・大熊町から事前了解を受領</li> <li>2017年4月17日、増設雑固体廃棄物焼却設備設置の準備工事着手</li> <li>2017年6月29日、「福島第一原子力発電所の固体廃棄物の保管管理計画」を改訂</li> <li>2017年9月26日、処理/処分に関する基本的な考え方の取り纏め実施</li> <li>2017年11月8日、増設雑固体廃棄物焼却設備設置の本体工事着手</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>新増設廃棄物関連設備・施設の建設工事等の準備</li> </ul>	リスク：伐採木など一時保管施設からの放射性物質飛散 対応：構内放射性物質濃度の監視、保管エリアの定期的なダスト測定、固体廃棄物貯蔵庫等への保管