

福島第一原子力発電所の 廃止措置等に向けた現状の取組み

平成26年11月19日

東京電力株式会社

1. 廃止措置等に向けたロードマップ全体イメージ

- 4号機では、平成26年11月5日に使用済燃料プールから使用済燃料の取り出しが完了し、4号機におけるリスクが大幅に低減しました。 今後、残る新燃料の取り出しを年内完了を目途に進めるとともに、1～3号機の燃料取り出しに向けても準備を進めています。
- また、1～3号機の燃料デブリ取り出しに向けては、建屋の除染や格納容器の漏えい箇所の調査を順次進めています。

〔使用済燃料プールからの燃料取り出し〕

主な動き

- ・ H26.10.22 1号機、カバー解体に向けた作業を開始
- ・ H26.11.5 4号機、使用済燃料の取り出しを完了

原子炉建屋にある使用済燃料プールには、過去に使用した燃料が保管されています。これらの燃料を各号機毎に保管するよりも、共用プールで集中的に保管することで、より安全性が高まるため、使用済燃料プールからの取り出し作業を進めています。

1、2号機 3号機	4号機
<p>瓦礫撤去、除染</p> <p>大型クレーンや重機を用いて原子炉建屋上部のガレキを撤去します。</p>  <p>1号機カバー撤去状況</p>	<p>燃料取り出し設備の設置</p> <p>建屋カバー(コンテナ)、燃料取扱機の設置などを実施します。</p>  <p>4号機建屋カバー</p>
<p>燃料取り出し</p> <p>使用済燃料プールから燃料を取り出し、共用プールへ移動します</p>  <p>4号機の実施状況</p>	<p>保管／搬出</p> <p>取り出した燃料は、共用プールへ移動・保管します。その後、乾式のキャスクに移し、敷地内の保管施設にて一時保管を行います。</p>  <p>キャスクでの保管状況(震災前)</p>

〔燃料デブリ(溶融燃料)取り出し〕

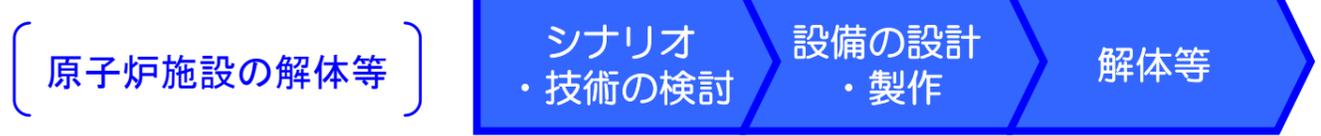
主な動き

- ・ H26.10.30 1、2号機の燃料取り出し計画を公表

1～3号機では、燃料が溶け落ち「燃料デブリ」として固まっており、福島第一をより安全な状態にするためには、燃料デブリを取り出す必要があります。燃料デブリ取り出しの作業には多くの課題があり、建屋の調査や新しい技術の開発等を行いながら、安全最優先で進めています。

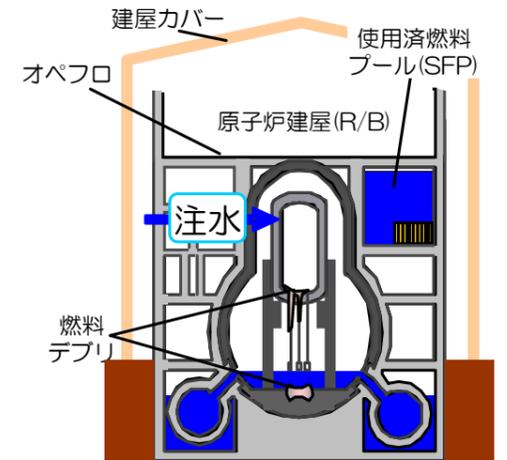
1～3号機			
<p>建屋の除染、漏えい箇所調査</p> <p>原子炉建屋等の除染を行うロボットの開発を進め、現在実機にて実証試験を行っています。格納容器の漏水箇所を調査するロボットの開発も合わせて進めています。</p>  <p>調査ロボットによる漏えい箇所の発見 1号機 真空破壊ラインの伸縮継手保護カバー 漏えい箇所</p>	<p>止水、水張り</p> <p>溶けた燃料を安全に取り出すため、遮へい効果のある「水」で満たす事が必要で、重要な作業です。</p>	<p>燃料デブリ取り出し</p> <p>専用の取り出し装置を開発し、燃料デブリを取り出します。海外の知見などの叢智を結集し、実施に向けた検討を行っています。</p>	<p>保管／搬出</p> <p>燃料デブリは専用の収納缶に収められる予定ですが、その後の保管方法などについて、現在検討中です。</p>

(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。
 新燃料：原子炉で使用される前の燃料を指します。核分裂による放射性物質を内包していないため、発熱はほとんどありません。
 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号機】使用済燃料プールからの燃料取り出しに向けた取組み

- 建屋カバー内の原子建屋上部（オペフロ）には、今もガレキが堆積しており、使用済燃料プール（燃料プール）からの燃料取り出しに向け、オペフロのガレキ撤去が必要です。
- その第一歩となる、建屋カバー解体に向けた作業を平成26年10月22日より開始しました。



燃料プール温度 (平成26年11月18日)	17.5℃
冷却が停止した場合の温度上昇率 (震災時)	3.4℃/日 (評価値)
冷却が停止した場合の温度上昇率 (平成26年10月16日)	1.5℃/日

平成25年度	平成26年度	平成27年度	平成28年度	平成29年度
	現在			
オペフロ状況調査	建屋カバー解体準備・事前調査等	建屋カバー解体等	ガレキ撤去(検討中)	燃料取り出し(検討中)
	リスク・課題 放射性物質の飛散防止対策 放射性物質濃度の監視 情報の発信		燃料取り出し建屋・設備設置(検討中)	



建屋カバー設置前の状況



建屋カバーの設置状況



建屋カバー内の状況



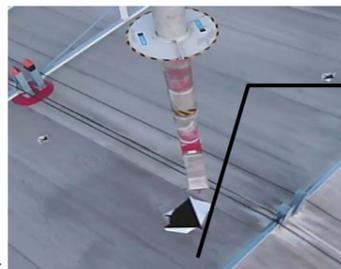
屋根パネルの取り外し

主な作業の進捗

- H26.10.22 建屋カバー解体作業の第一段階として、飛散防止剤の散布を開始。
- H26.10.31 建屋カバーの屋根パネル1枚目の撤去実施。
- H26.11.10 建屋カバーの屋根パネル2枚目の撤去実施。

主なトラブルと対応状況

- 平成26年10月28日、飛散防止剤の散布作業中、突風によりカバーを損傷させる事象が発生しました。なおカバー損傷によるダストモニタの指示値に変動はありませんでした。破損箇所の補修については、現在検討しています。
- 平成26年11月12日、クレーンの作動油のにじみにより作業を中止しましたが、11月17日に修理を完了し、作業を再開しています。

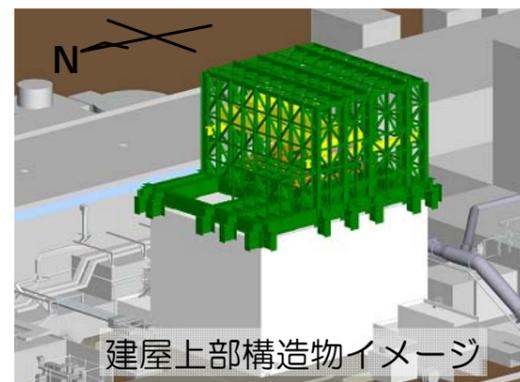


破れ箇所

※屋根部のカバー破れ発生後、作業の進捗に伴い、現在は、屋根カバー6枚のうち2枚が外された状態となっておりますが、ダストモニタの値に異常は発生していません。

燃料取り出し計画の検討状況について

- 燃料取り出し計画の検討にあたっては、建屋調査の状況などを踏まえ、複数の工法について検討を進めてきました。
- このたび取りまとめた計画では、燃料プール内に残された使用済燃料のリスクを少しでも早く低減できるよう、使用済燃料を早期に確実に取り出せる計画が最適であると判断しました。



<計画の概要>

燃料プールにある燃料取り出しに特化した設備（クレーン及び建屋上部構造物等）で燃料を取り出し、その後、燃料デブリ取り出し用設備を新たに設置し直し、燃料デブリを取り出します。

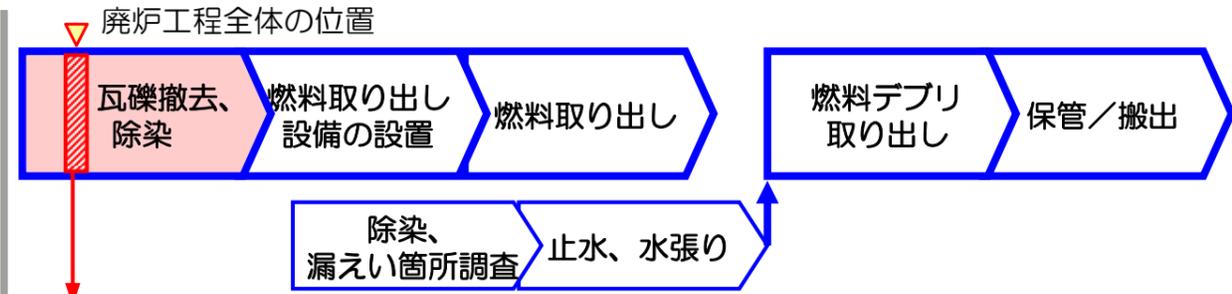
<燃料プールにある燃料取り出しイメージ>

4号機あるいは他の原子炉と同様に、燃料交換機にて燃料をキャスク（燃料の移送や保管を行うための金属製容器）に収め、天井クレーンにてキャスクを搬出します。

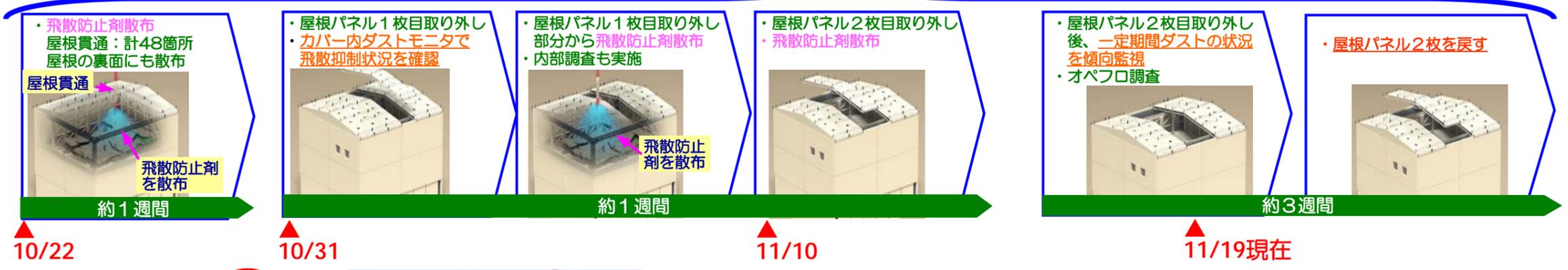
(注) オペフロ：定期検査時に、原子炉の蓋を開放し、炉内燃料取替や炉内構造物の点検等を行う原子炉建屋最上階のフロア。

2. 1号機原子炉建屋カバーの解体の進捗について

- 平成26年10月22日より飛散防止剤の散布を開始し、今後の使用済み燃料の取り出し～燃料デブリ取り出しへと続く廃炉作業の第一歩を踏み出しました。
- モニタリング結果については、ダスト飛散の兆候を示すような異常はこれまで発生しておらず、11月18日現在、大きな問題なく作業は進んでおります。今後オペフロの調査が終わり次第、外したカバーをつけ直す予定です。



飛散防止剤の散布と調査の進捗状況



カバー屋根部への貫通



飛散防止剤の散布状況



屋根パネルの一枚目の取り外し状況



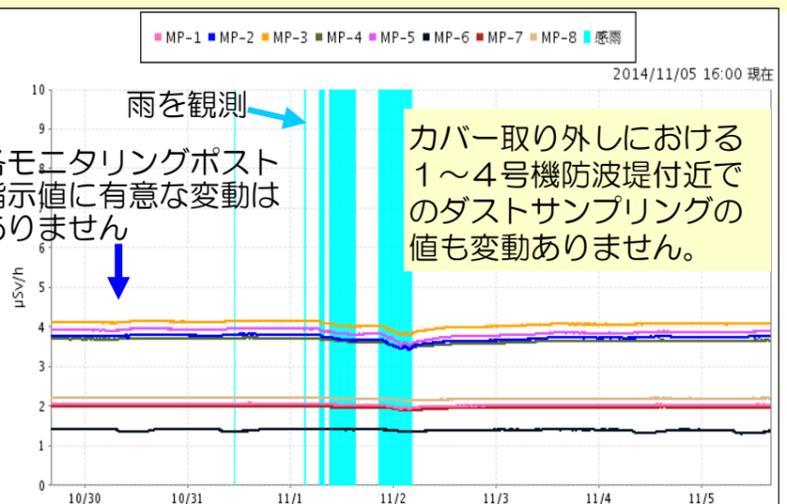
屋根パネルの二枚目の取り外し状況



外したパネル上部から見たオペフロ

ダストモニタ・モニタリングポストの状況

- 作業開始以降、ダストモニタ及びモニタリングポストの値に異常は発生していません。
- 平成26年11月2日に3号機南側ダストモニタの警報が発生しましたが、当該機器のダストを収集しているロールろ紙を他の機器で測定し、検出限界未満であることを確認しました。このことから、当該ダストモニタの故障と判断しております。



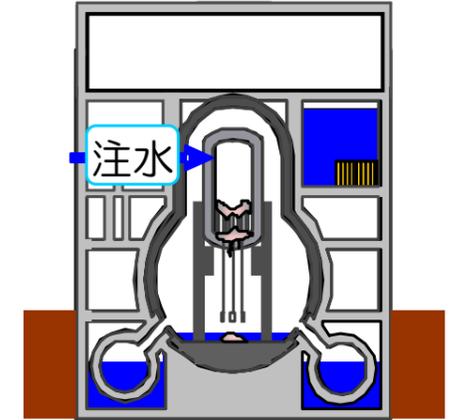
今後の工程について

	2014年度												2015年度		2016年度					
	9月				10月				11月				12月	1月	2月	3月	上期	下期	上期	下期
	1W	2W	3W	4W	1W	2W	3W	4W	1W	2W	3W	4W								
建屋カバー解体に向けた飛散防止剤散布と調査	ダストモニタ手配・設置(9/5設置完了)				屋根貫通飛散防止剤散布(10/22開始予定)				屋根パネル1枚目取外し 屋根パネル2枚目取外し ダスト傾向監視・調査				屋根パネル2枚戻し		調査結果の分析・評価、ガレキ撤去計画の策定等					
建屋カバー解体	作業エリアが重なるため、凍土遮水壁の工事を実施												凍土遮水壁構築(1号機北側)		凍結開始					
ガレキ撤去													凍土遮水壁構築(1号機北側)		凍結開始		ガレキ撤去等(検討中)			
凍土遮水壁構築													凍土遮水壁構築(1号機北側)		凍結開始					

2. 【2号機】使用済燃料プールからの燃料取り出しに向けた取組み

■ オペレーティングフロア（オペフロ）の調査を実施し、燃料取り出しの方法を検討しています。

平成25年度	平成26年度 現在	平成27年度	平成28年度	平成29年度
オペフロ調査等	オペフロ除染・遮へい・燃料取扱設備復旧（検討中）			燃料取り出し（検討中）
	リスク・課題 オペフロの線量低減対策			



燃料プール温度 (平成26年1月18日)	15.8℃
冷却が停止した場合の温度上昇率 (震災時)	9.9℃/日 (評価値)
冷却が停止した場合の温度上昇率 (平成26年10月16日)	3.6℃/日



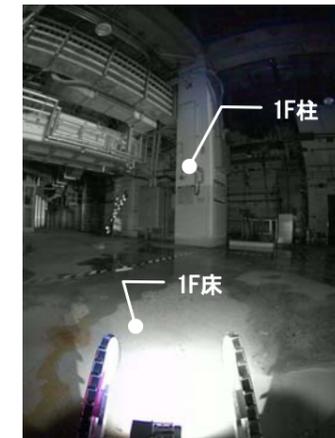
2号機原子炉建屋



オペフロ調査状況



原子炉建屋躯体調査状況



主な作業と進捗

- ロボットによる建屋除染を継続実施中です。
- 燃料取り出し方法の検討を継続しています。

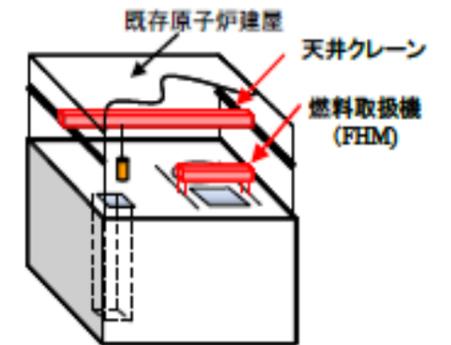
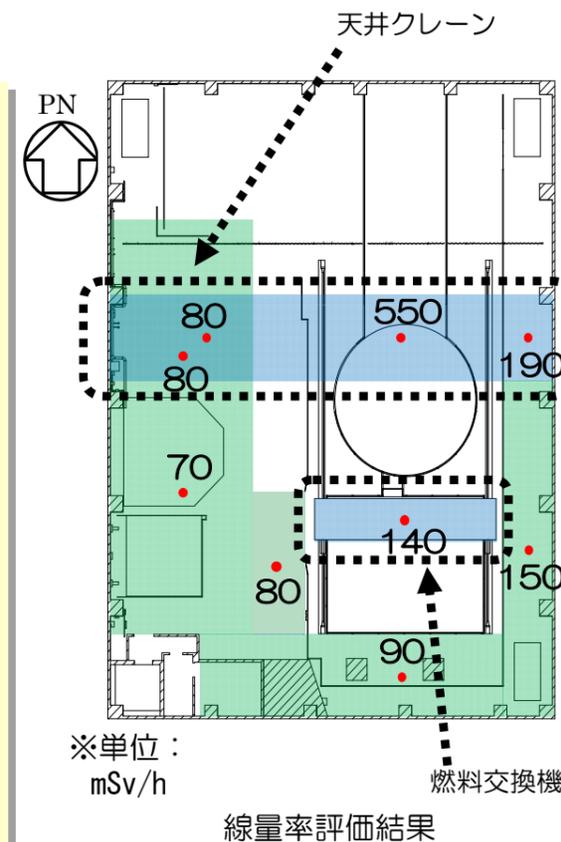
主なトラブルと対応状況

- ありません。

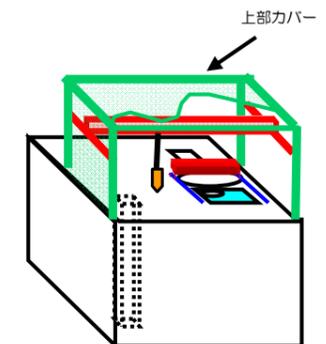
(注) オペレーティングフロア(オペフロ)：定期検査時に、原子炉の蓋を開放し、炉内燃料取替や炉内構造物の点検等を行う原子炉建屋最上階のフロア。

燃料取り出し計画の検討状況について

- 2号機はこれまでの調査からオペフロの線量が高く、既存の除染技術のもとでは、オペフロ除染の成立性および燃料取扱設備の復旧の可能性が現時点では見込めない状況にあります。
- 安全で確実なプール燃料の取り出しに向けて以下の項目について検討します。
 - オペフロ内の線量低減（除染・遮へい）
 - 原子炉建屋を極力解体しない計画（解体に伴うダスト飛散の抑制）
 - ダスト等の飛散抑制に配慮した建屋解体工法
- 燃料取り出し用設備の設計にあたっては、燃料デブリ取り出し計画の進捗を踏まえた最適な方式を採用します。



既設の燃料取扱機等を使用する案
(原子炉建屋を解体しない)

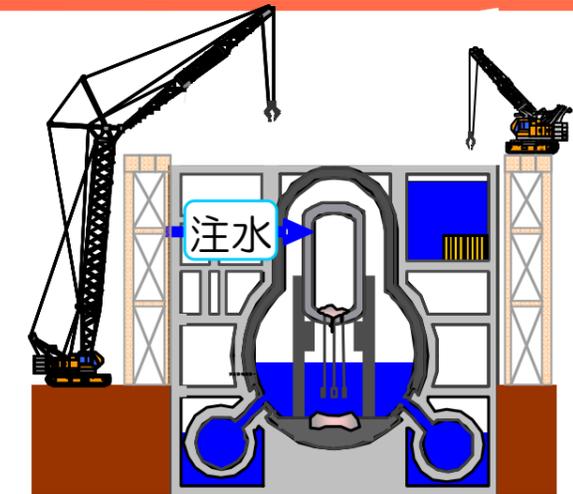


プール燃料取り出しに特化した案
(原子炉建屋を一部解体)

燃料取り出し用設備の設計例

2. 【3号機】使用済燃料プールからの燃料取り出しに向けた取組み

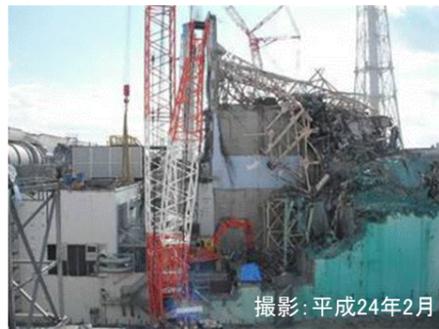
- 平成25年10月15日より、燃料取り出し用カバーや燃料取扱設備の設置作業に向け、オペフロ上の線量低減対策（除染、遮へい）を実施しています。また、除染による線量低減実績が想定より低いため、追加対策を現在検討しております。
- 平成25年12月17日より、使用済燃料プール内のガレキ撤去を実施しています。



燃料プール温度 (平成26年11月18日)	13.2℃
冷却が停止した場合の温度上昇率 (震災時)	7.5℃/日 (評価値)
冷却が停止した場合の温度上昇率 (平成26年10月16日)	2.7℃/日



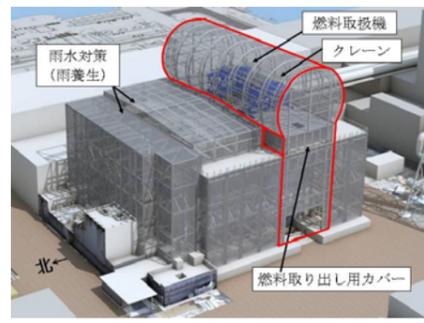
リスク・課題
使用済燃料移送時の落下防止対策



ガレキ撤去前



ガレキ撤去後



燃料取り出し用カバーイメージ



建屋カバーの製作状況（小名浜）

主な作業と進捗

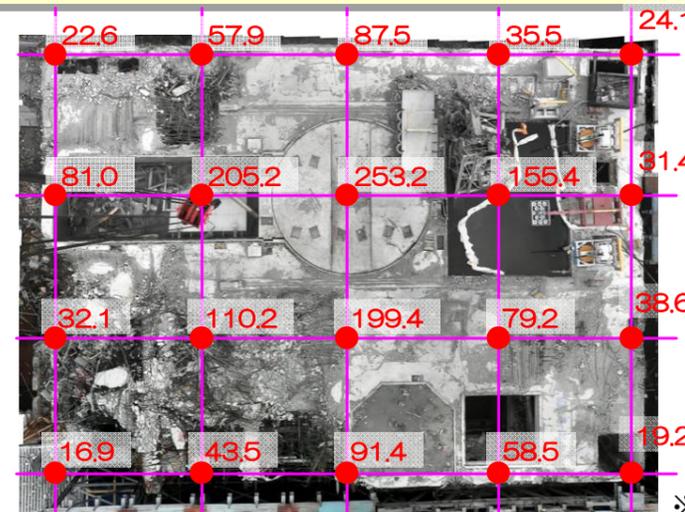
- H25.12.17 使用済燃料プール内のガレキ撤去作業開始。
- H26.8.29 ガレキ撤去作業中の落下事象のため、同日より作業を中止。

主なトラブルと対応状況

- 平成26年8月29日使用済燃料プールの瓦礫撤去作業中に、ガレキを落下させる事象が発生しました。現在、再発防止へ向けた検討および作業再開へ向けた準備を実施中です。

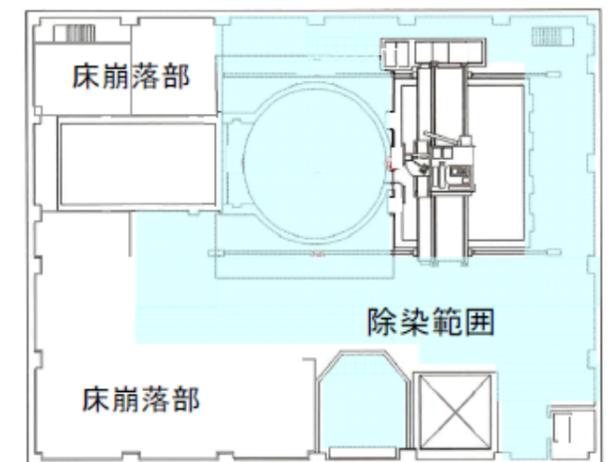
オペフロの除染および遮へい状況

- 3号機のオペフロは線量が高く、人による作業が困難であることから、遠隔操作できる重機・除染装置を用いて除染作業を行っています。



オペフロ状況および線量率 H24/5)

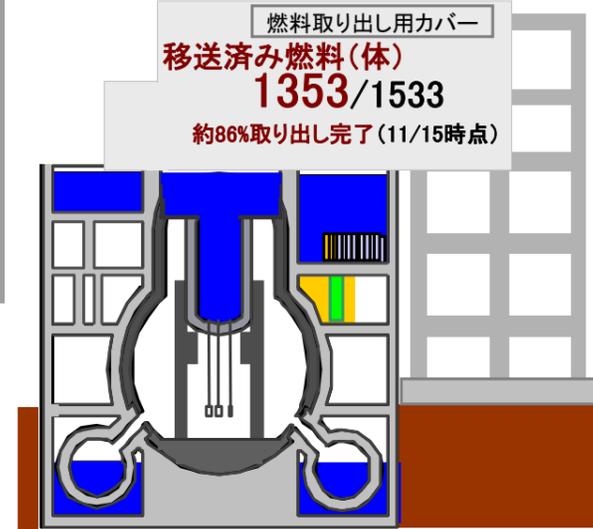
※単位：
mSv/h



除染計画の範囲

2. 【4号機】使用済燃料プールからの燃料取り出しに向けた取組み

- 平成25年11月18日より、使用済燃料プールからの燃料取り出し作業を開始し、平成26年11月5日に全ての使用済燃料の取り出しが完了しました。
- これにより、4号機におけるリスクを大幅に小さくすることができました。また、今後1～3号機の燃料取り出しを行っていく上での大きな自信につながる実績をあげることができました。



燃料プール温度 (平成26年11月18日)	13.5℃
冷却が停止した場合の温度上昇率 (震災時)	34℃/日 (評価値)
冷却が停止した場合の温度上昇率 (平成26年10月16日)	—※

※発熱する使用済み燃料の取り出しが完了。

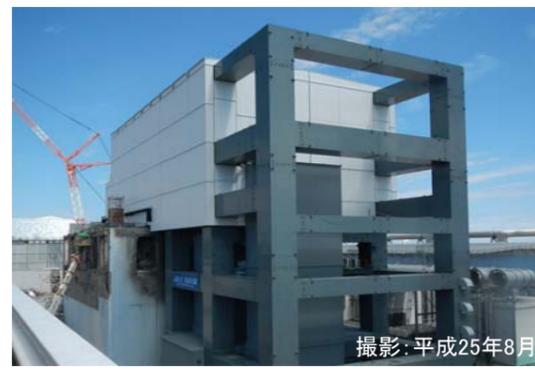
平成25年度	平成26年度 <small>現在</small>	平成27年度	平成28年度	平成29年度
燃料取り出し建屋・設備設置	平成25年12月中には取り出しが完了する見込み			
	燃料取り出し	リスク・課題 11月5日、使用済み燃料の取り出しが完了し、燃料プールにおけるリスクは大幅に小さくなりました。		



ガレキ撤去前



ガレキ撤去後



燃料取り出しカバー設置後



使用済燃料プールからの燃料取り出し



トレーラーへのキャスク積み込み

主な作業と進捗

- H25.11.18 使用済み燃料プールからの取り出し開始
- H26.11.5 使用済み燃料プールに保管していた、破損燃料を含む全ての使用済み燃料の、共用プールへの移動が完了。

使用済燃料の取り出しによるリスクの低減



主なトラブルと対応状況

- 平成26年11月7日に、床漏えい検出器の動作により使用済燃料プールの冷却システムが停止しましたが、システムの機器や配管には異常がないことを確認し、翌日8日には再起動しました。
なお、11月5日の使用済燃料取り出し完了後は、燃料からの発熱によるプール水の温度上昇が無くなったため、冷却の必要性はなくなっています。

- 全ての使用済燃料の取り出し完了により、リスクが大幅に低減しました。
- プール内に残る新燃料は、ほとんど発熱が無いため、プールを冷却する必要がなくなりました。
- また新燃料は、表面の放射線量も非常に小さいため移動作業における被ばくリスクも低減しています。(新燃料は遮へいがなくても周辺で作業ができます。)



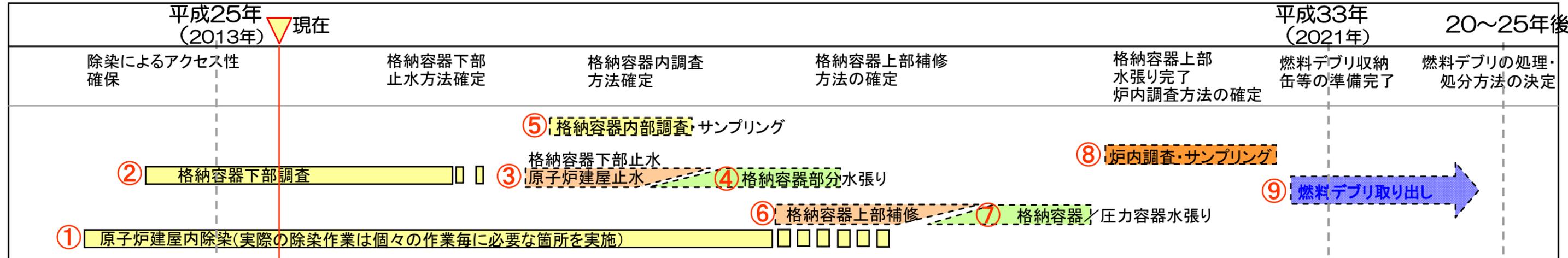
共用プールへの使用済燃料(変形燃料)の格納 (平成26年11月4日撮影)

3. 1～3号機燃料デブリ取り出しに向けた取り組み

- 1～3号機では、燃料が溶け落ち「燃料デブリ」として固まっており、福島第一をより安全な状態にするためには、燃料デブリを取り出す必要があります。
- 燃料デブリの取り出しの作業には多くの課題があり、建屋の調査や新しい技術の開発等を行いながら、安全最優先で進めています。

燃料デブリ取り出しに係る作業ステップ

- 燃料デブリの取り出しは、米国スリーマイル島原子力発電所（TMI）での経験を基にした水中取り出しを想定して、次のようなステップで作業を進めていく計画です。

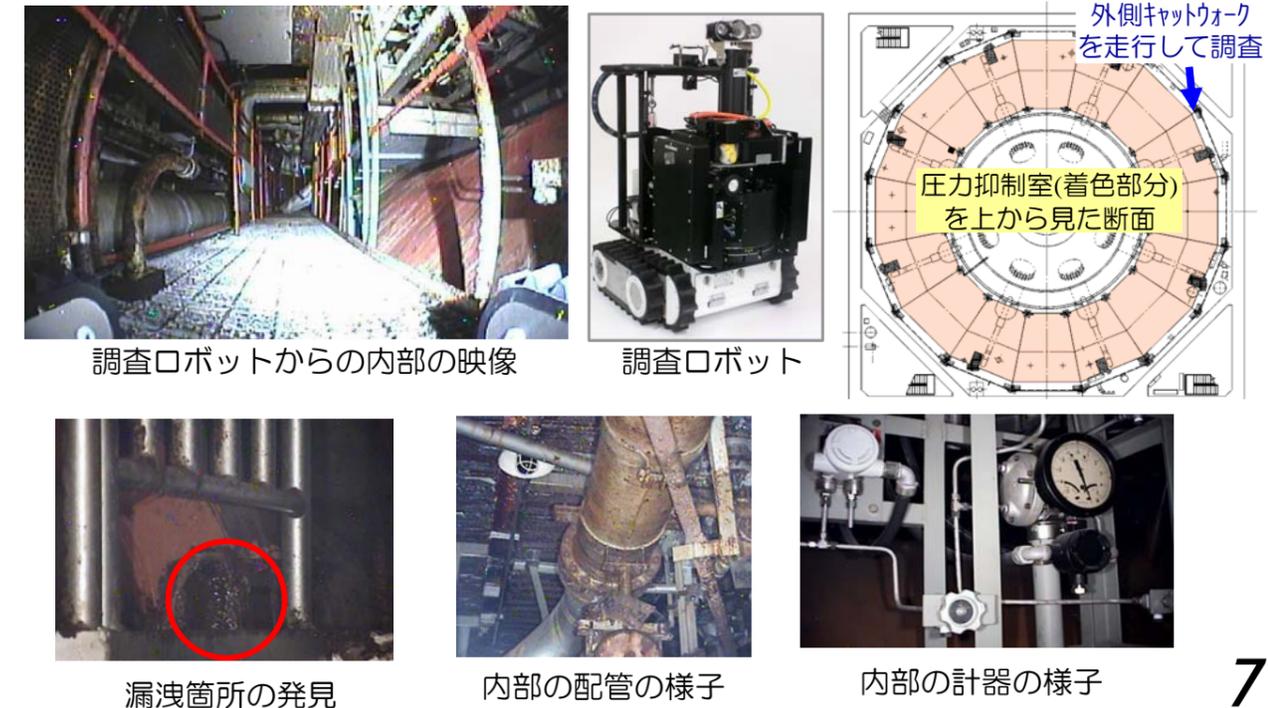


- 上記工程表の主な9ステップにおける、現段階の作業イメージと課題は下表（次ページへ続く）の通りで、引き続き検討を進めています。

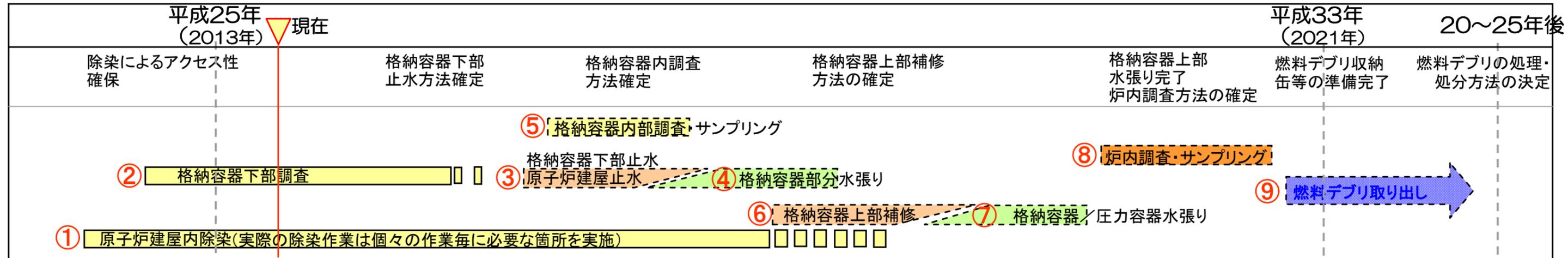
ステップ	① 原子炉建屋内除染 (②以降の作業毎に必要な箇所を順次実施する)	② 原子炉格納容器下部調査
イメージ		
内容	格納容器へのアクセス性を向上するため、高圧水、コーティング、表面はつり等により、作業エリアを除染します。	格納容器下部及び原子炉建屋壁面を、遠隔のカメラ等で調査します。
課題	<ul style="list-style-type: none"> ◆高線量箇所（数100～1,000mSv/hレベル）の存在 ◆建屋内ガレキによるアクセスが制限されている ・上記を踏まえた遠隔除染方法の検討・確立が必要 	<ul style="list-style-type: none"> ◆調査対象が高線量エリア、汚染水中、狭隘部などにあること ・調査方策・装置の開発 ・格納容器外部からの内部調査方策・装置の開発

●調査の事例（1号機）

- 平成26年5月、格納容器の漏えい箇所特定を目的に1号機圧力抑制室上部の調査を実施した際の状況です。
- 調査ロボットにより、内部の状況が映像で確認でき、漏洩箇所も発見することができました。



3. 1～3号機燃料デブリ取り出しに向けた取り組みー2



ステップ	③原子炉格納容器下部・原子炉建屋止水	④原子炉格納容器部分水張り	⑤原子炉格納容器内部調査・サンプリング	⑥原子炉格納容器上部補修
イメージ				
内容	燃料デブリの取出しは、水中で実施することが放射線の遮へいの観点からも有利と考えられることから、水張りのため止水します。	格納容器下部に部分的な水張りを実施します。	格納容器内を調査し、圧力容器から流れ出たと推定される燃料デブリの分布状況の把握や、サンプリングなどを実施します。	格納容器を満水まで水張りすべく、上部の漏えい箇所を、手動または遠隔にて補修します。
課題	◆炉心循環冷却のための注水を継続しながら、高線量下・流水状態で止水すること ・格納容器バウンダリ構築・止水技術・工法の開発	◆③と同様	◆高線量によるアクセス性の制約、格納容器内部環境（内部水の濁り、燃料デブリの所在等）が不明 ・上記を踏まえた遠隔調査方法及びサンプリング方法の開発	◆②と同様 ・格納容器漏えい箇所の補修・止水技術・工法の開発（③と同様）

ステップ	⑦原子炉格納容器/圧力容器水張り	⑧炉内調査・サンプリング	⑨燃料デブリ取り出し
イメージ			
内容	十分遮へいが担保できる水位まで格納容器/圧力容器を水張り後、圧力容器上蓋を取り外します。	炉内を調査し、燃料デブリや炉内構造物の状態把握、サンプリング等を実施します。	圧力容器/格納容器内のデブリの取り出しを実施します。
課題	(⑥により格納容器バウンダリ構築が大前提)	◆高線量によるアクセス性の制約、圧力容器内部環境（内部水の濁り、燃料デブリの所在等）が不明 ・上記を踏まえた遠隔調査方法及びサンプリング方法の開発	◆燃料デブリの分布状況によっては技術開発範囲が拡大（特に格納容器内の燃料取出しはTMIでも経験なし） ・TMIに比べ、より高度な取り出し技術・工法の開発