

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

2017年9月29日

TEPCO

東京電力ホールディングス株式会社

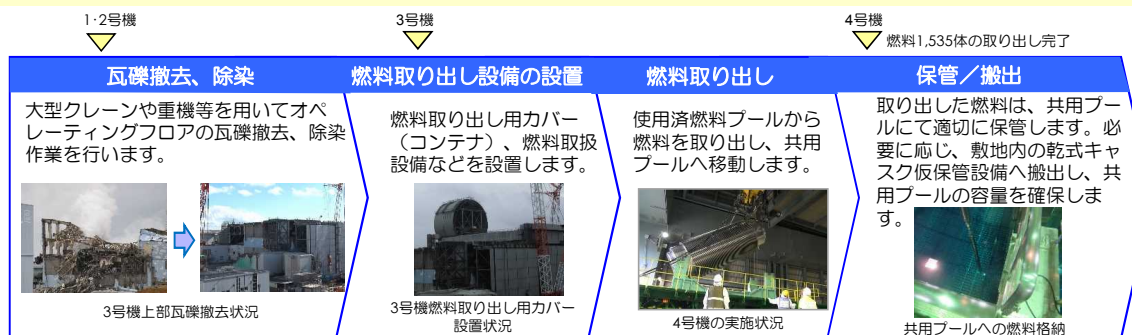
1. 廃止措置等に向けた中長期ロードマップ全体イメージ

「廃炉」の主な作業項目と作業ステップ

- 福島第一原子力発電所は、中長期ロードマップに基づき、使用済燃料・燃料デブリ※取り出し、汚染水対策等、廃止措置等に向けた取組みを進めています。
- 使用済燃料プール内の燃料取り出しについては、2014年12月に4号機で完了し、現在1～3号機で準備を進めています。
- 1～3号機の燃料デブリ取り出しについては、原子炉格納容器内の状況把握に向けた調査等を進めています。

※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。

使用済燃料プール
からの
燃料取り出し



中長期ロードマップにおける主要な目標工程

（使用済燃料プールからの燃料取り出し、燃料デブリ取り出し）

改訂前		改訂後	
項目	時期	項目	時期
1. 使用済燃料プールからの燃料取り出し			
1号機燃料取り出しの開始	2020年度	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	2020年度	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	2017年度	3号機燃料取り出しの開始	2018年度中頃

2. 燃料デブリ取り出し			
号機ごとの燃料デブリ取り出し方針の決定	2年後目途※	—	
初号機の燃料デブリ取り出し方法の確定	2018年度上半期	初号機の燃料デブリ取り出し方法の確定	2019年度
初号機の燃料デブリ取り出しの開始	2021年内	初号機の燃料デブリ取り出しの開始	2021年内

※改訂後のロードマップに反映

燃料デブリ
取り出し



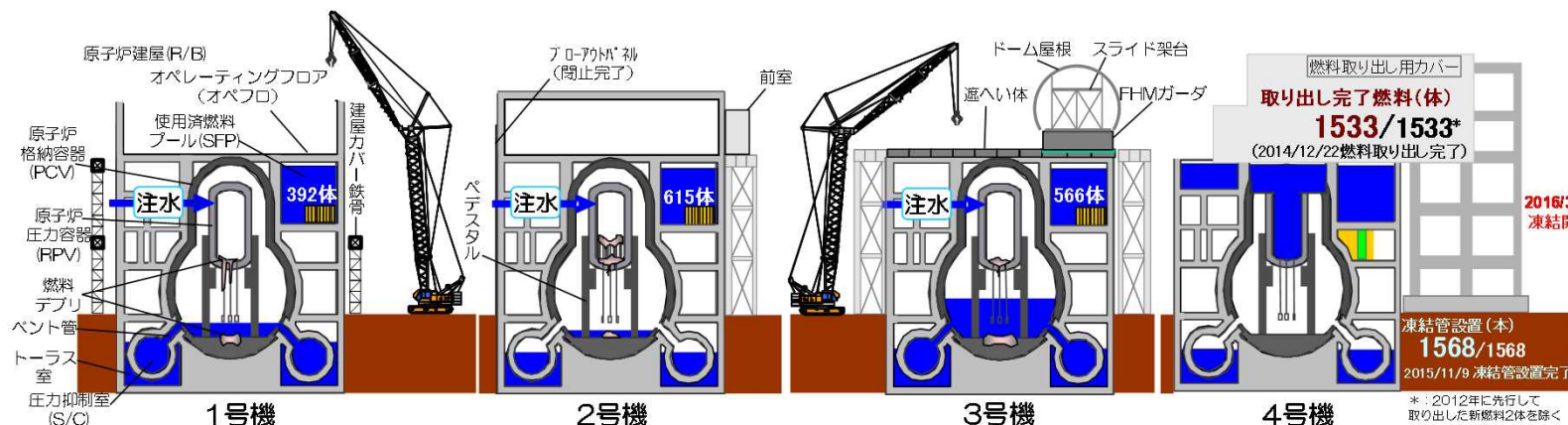
原子炉施設の解体等

シナリオ・技術の検討
設備の設計・製作
解体等

1～4号機の状況

- 原子炉の安定化に向けた作業を実施し、原子炉は、2011年12月に「冷温停止状態※」を達成しました。その後、各号機ともに「冷温停止状態」を継続しています。
- 使用済燃料プールは、2011年5～8月に掛けて循環冷却を開始し、安定的な冷却を維持しています。

※圧力容器底部温度が概ね100℃以下であること等



プラント関連パラメータ
2017年9月27日 時点

号機	原子炉圧力容器底部温度	燃料プール温度
1号機	約27℃	約28℃
2号機	約33℃	約46℃※
3号機	約32℃	約26℃
4号機	燃料がないため監視不要	約28℃

※冷却停止試験（二次系通水停止運転）実施
[期間：8月21日～9月29日]

2.1 プール燃料取り出し等に関わる状況（1号機）

- 使用済燃料プールからの燃料取り出しに向け、放射性物質の飛散防止策を徹底し、震災直後に設置した建屋カバーの屋根パネル・壁パネルの取り外し等を実施しました。現在、ダスト飛散リスクの更なる低減のため、防風フェンス設置に向けた建屋カバーの柱・梁の改造を行っています。
- オペフロ上には崩落した屋根等のガレキが散乱しています。ガレキ撤去に向けた調査を実施し、原子炉ウェルブラグのずれや天井クレーンの状況（変形や傾き）等の情報を取得しました。
- これらの状況を踏まえ、慎重にガレキ撤去作業を進め、ずれが確認されたウェルブラグの処置を追加的に講じることで、燃料取り出しの開始時期は2023年度目処とします。

作業実績と今後の予定

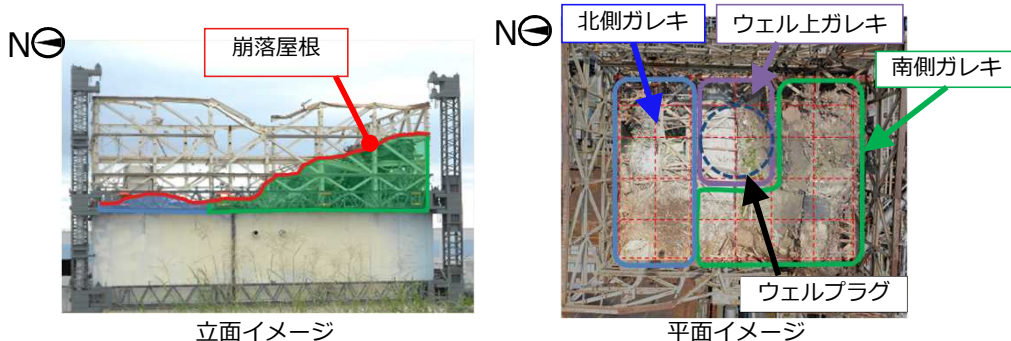
2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	2021年度	2022年度	2023年度	2024年度
現在							
ガレキ撤去 等							
カバ－設置 等							
燃料取り出し							
建屋カバ－解体 等							
防風フェンス取付け							
「廃止措置等に向けた中長期ロードマップ」より抜粋							

<建屋カバー解体>



崩落屋根の状況

- 原子炉建屋の屋根は、水素爆発によりオペフロに落下しました。北側は大半がオペフロ上に、南側は天井クレーンの上に落下したため、崩落屋根は繋がった状態で、北側から南側に向かって隆起しています。



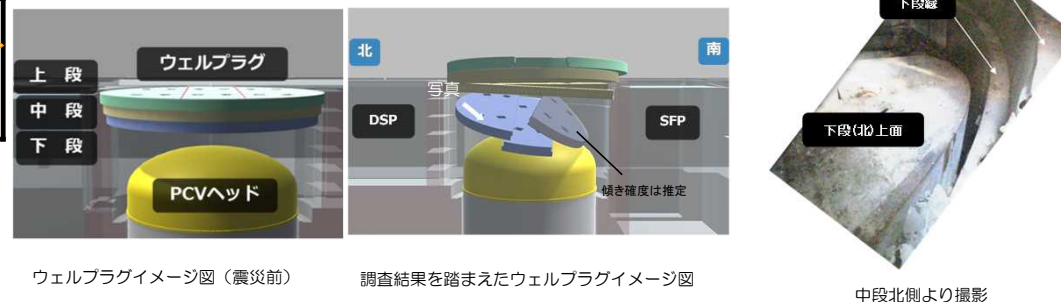
天井クレーン等の状況

- 3Dスキャン結果と撮影写真を基に、崩落屋根を除いた場合の天井クレーン・燃料取扱機状況のイメージ図。



ウェルブラグの状況

- ウェルブラグは、上段・中段・下段の3層からなり、層ごとに3分割で構成されています。
- 調査の結果、全てのウェルブラグが正規の位置からずれていることを確認しました。



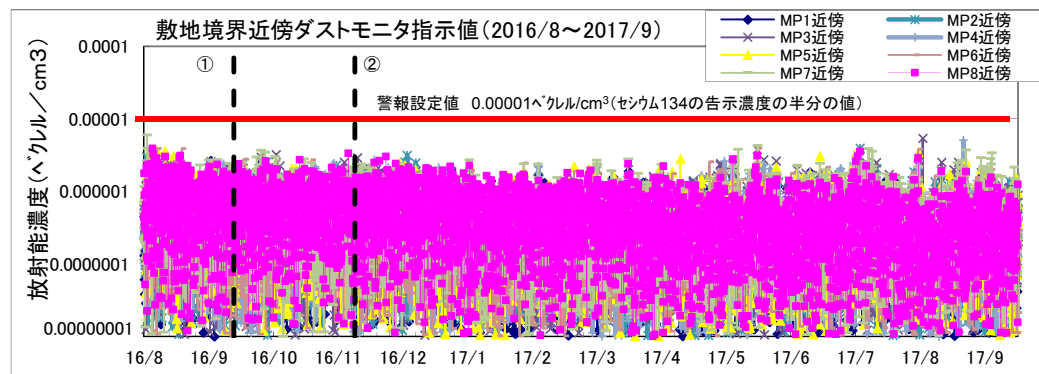
（参考）ダストモニタの状況

- 発電所全体からの影響を把握するために、放射線や放射性物質濃度を監視しています。
- 1・3号機では、燃料取り出しに向け、オペフロ上で作業を実施しておりますが、空気中の放射性物質濃度は警報設定値に比べ低い値で推移しています。



凡例	監視箇所
●	オペフロ上のダストモニタで監視
○	構内ノーマスクエリアのダストモニタ
△	敷地境界ダストモニタ(8箇所)による監視
●	敷地境界モニタリングポスト(MP)(8箇所)

1号機の主な作業実績
 ①建屋カバー壁パネル取り外し開始(2016/9/13)
 ②建屋カバー壁パネル取り外し完了(2016/11/10)



2.2 プール燃料取り出し等に関わる状況（2号機）

- 2号機原子炉建屋は、1・3号機原子炉建屋と異なり水素爆発しておらず、震災前の形状を保っています。燃料取り出しに向けた原子炉建屋上部の解体・改造範囲として、原子炉建屋上部を全面解体することが望ましいと判断しました。
- 原子炉建屋上部解体に先立ち、オペフロへのアクセス用の構台の設置を2017年2月、前室※の設置を2017年5月に完了しました。
- 燃料取り出し用架構や燃料取扱設備の設置に向けて、大型重機等の作業エリアを確保するため、原子炉建屋周辺の屋外エリアの整備（干渉物の解体撤去、路盤整備（汚染防止対策を含む））を実施しました（2016年11月完了）。
- 今後、ダスト飛散防止策の徹底に向けてオペフロ内調査を行います。また、廃炉作業全体の最適化の観点から2号機周辺環境の改善を同時並行で行います。その後建屋上部解体等を行うことで、燃料取り出しの開始時期は2023年度目処とします。なお、燃料取り出し用のコンテナについては、適切な時期に、燃料と燃料デブリの取り出し用コンテナを共用するプラン（プラン①）と個別に設置するプラン（プラン②）の選択に向けた検討を行います。

※放射性物質の飛散抑制のため、搬出入の開口全体を覆う計画。

作業実績と今後の予定

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	オペフロ内調査 等	建屋上部解体 等					
準備工事		1/2号機排気筒上部解体 海洋汚染防止対策等		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
準備工事			周辺環境の改善				
準備工事							「廃止措置等に向けた中長期ロードマップ」より抜粋

<アクセス用構台の設置等>



構台完成イメージ



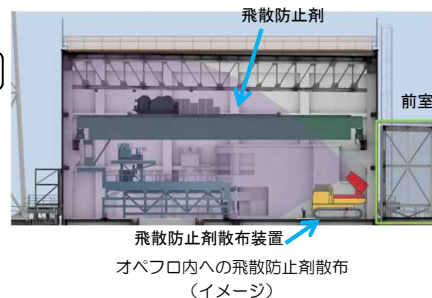
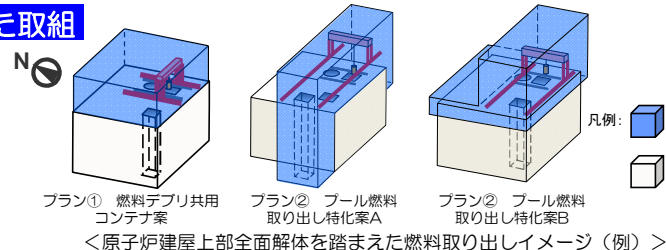
撮影：2017年6月27日
アクセス用構台、前室設置状況



西側路盤整備状況（2016年11月完了）

建屋上部解体に向けた取組

- 2号機は、水素爆発を免れたものの、オペフロは高線量かつ汚染している状況です。上部解体時のダスト飛散抑制対策に万全を期すため、オペフロ内の線量・汚染等のデータを拡充します。
- 上部解体時にオペフロ内に存在している放射性ダストが飛散しないよう、屋根解体前にオペフロ内に飛散防止剤を散布する予定です。



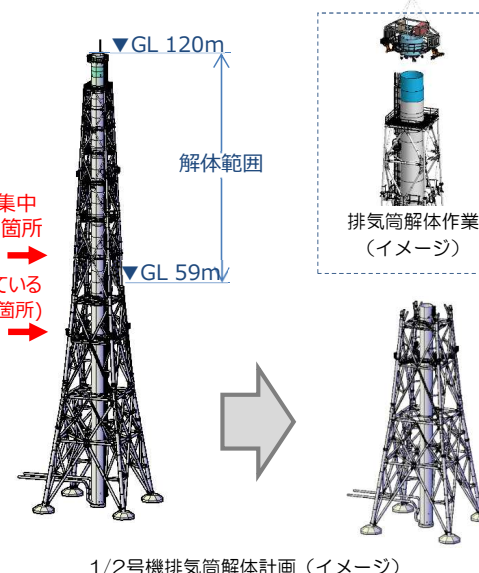
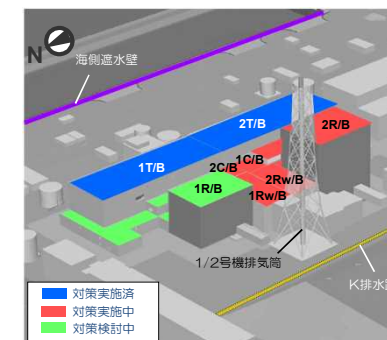
2号機周辺の環境改善

■ 1/2号機排気筒上部解体

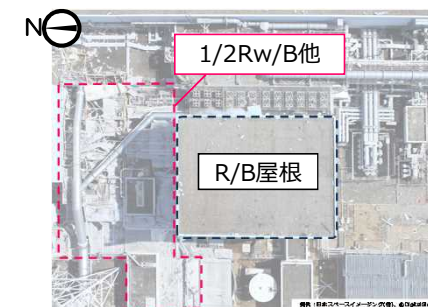
1/2号機排気筒は、点検により破断・損傷箇所を確認しています。損傷した部材を取り除いても、基準地震動（600gal）に対し、倒壊には至らないことを確認しました。今後、リスクをより低減するという観点から、排気筒を半分まで解体し、耐震裕度を確保する計画です。

■ 海洋汚染防止対策

1～4号機周辺建屋の屋根雨水等を排水するK排水路は他の排水路と比較して放射性物質濃度が高いことから、汚染源調査及び濃度低減対策を実施しています。各建屋の屋根面について、現状と特徴を踏まえた雨水対策を検討しています。



破断箇所（例）



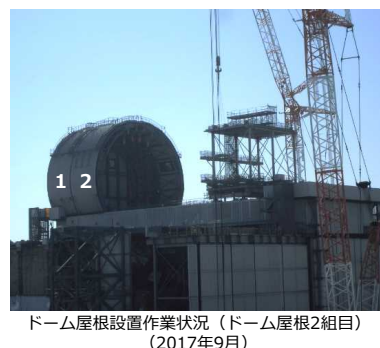
2.3 プール燃料取り出し等に関わる状況（3号機）

- 使用済燃料プールからの燃料取り出しに向け、継続的に有人作業が可能なレベルまでオペフロ床面の除染及び遮へいによる線量低減作業を実施しました（除染：2016年6月完了、遮へい：2016年12月完了）。現在、燃料取り出し用力バー等の設置を実施しています。
- 作業員の被ばく線量を低減するための、オペフロの除染・遮へい体設置を追加したこと等により、燃料取り出し開始時期は2018年度中頃とします。

作業実績と今後の予定

年度	2016						2017														2018～2020		
	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3					
遮へい体設置 (含む移送容器支持架台)	I	II																					
FHMガーダ等設置	III、IV、V																						
ドーム屋根等設置										VI											IX		
燃料取り出し																							

<燃料取り出し用力バー等設置の作業ステップ>



<3号機 原子炉建屋の状況>



プール内の大型ガレキ撤去、調査

- 使用済燃料プールからの燃料取り出しに向け、プール内の大型ガレキ撤去作業を実施し、安全に作業を終了しました。
- また、水中カメラでプール内のガレキ状況を確認していたところ、大型ガレキの下に位置する燃料集合体のハンドル部の変形を確認しました。
- なお、作業に伴うプール内の水の放射性物質濃度等に変動はなく、周辺環境への影響はありませんでした。



<燃料交換機撤去作業の状況>



<撤去した燃料交換機>



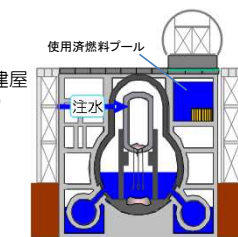
<プール内ガレキ調査状況>

取り出した燃料の取扱い

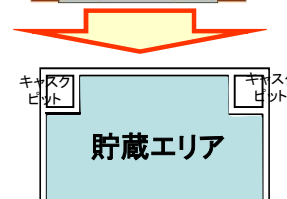
- 共用プールでの保管
使用済燃料プールから取り出した燃料を共用プールに移送し、安定的に保管します。
- キャスク仮保管設備での保管
使用済燃料プールの燃料を共用プールで受け入れるにあたって、その空きスペースを確保するため、共用プールの燃料をキャスクに装填し、キャスク仮保管設備で保管します。

1～4号機

3号機原子炉建屋
(イメージ)

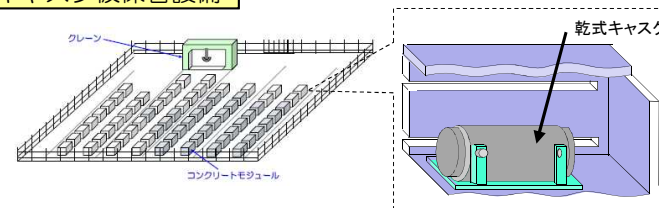


共用プール



構内概略配置図

キャスク仮保管設備



<燃料保管量>

1号機使用済燃料プール	392体
2号機使用済燃料プール	615体
3号機使用済燃料プール	566体
4号機使用済燃料プール	0体
共用プール	6,588体
キャスク仮保管設備	1,550体

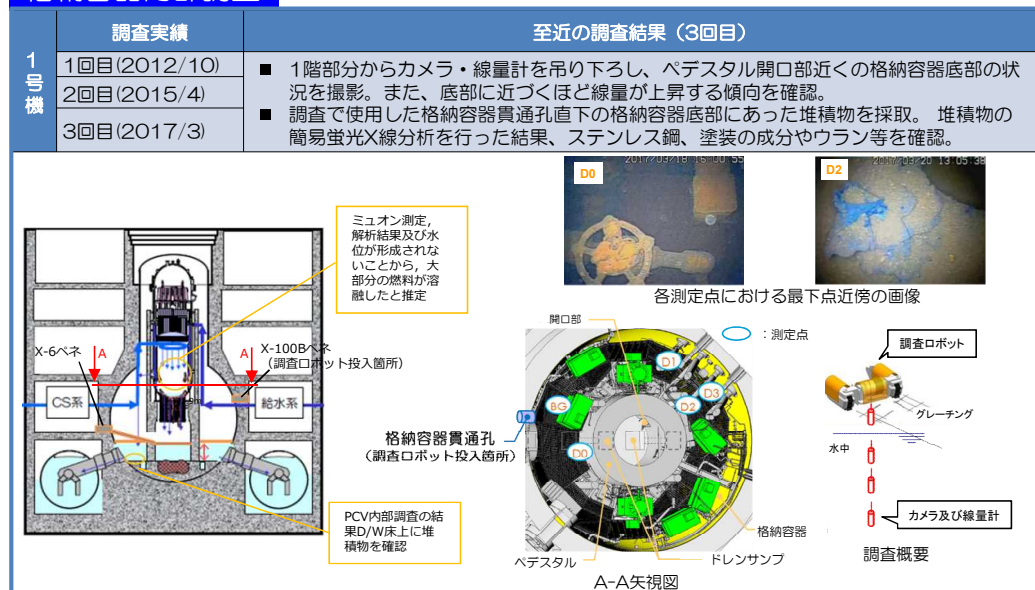
2017年9月28日 時点

3. デブリ取り出しに向けた施設内調査の状況

- 燃料デブリの取り出しは、燃料デブリ取り出し方針に基づき、燃料デブリへのアクセスと取り出しを進めながら並行して得られる内部の調査結果を、次のアクセスと取り出しに反映していくステップ・バイ・ステップのアプローチにより進めます。
- また、格納容器底部の燃料デブリを横からのアクセスで取り出すことを先行し、より実現性の高い「気中工法」に重点を置いて取組みを進めます。
- 当面の取組みとして、予備エンジニアリング※を開始すると共に、内部調査の継続的な実施等を進めていきます。

※燃料デブリ取り出し作業の前段階として、実際の作業工程を具体化する検討作業。検討においては、現場状況を十分に踏まえる等により、基本設計からの手回りの最小化を図る。

格納容器内部調査



4.1 汚染水対策の状況

- 汚染水の問題に対して、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。
- 中長期ロードマップに盛り込まれた対策については、一部に遅れはあるものの、概ね着実に進捗しています。
- 引き続き、これまで実施してきた汚染水対策を維持すると共に、計画した対策についても着実に進めていきます。

方針1. 汚染源を取り除く

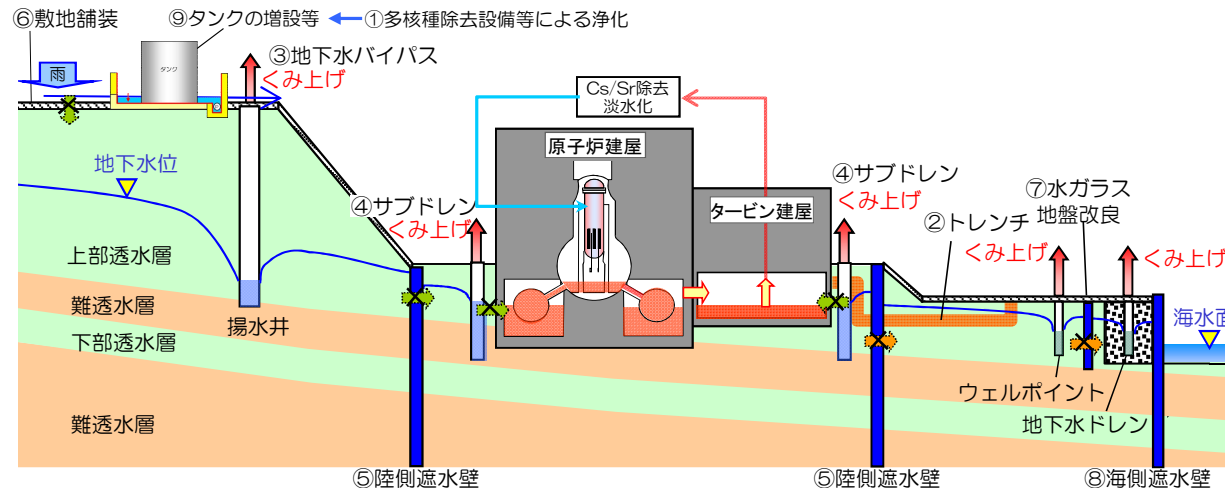
- ①多核種除去設備等による汚染水浄化
 - ②トレンチ(※)内の汚染水除去
- (※) 配管などが入った地下トンネル

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雨水の土壤浸透を抑える敷地舗装

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)



汚染水対策の概要図（敷地断面図）



汚染水対策の概要図（敷地平面図）

各対策の実施状況

■：対策完了

	2013年度		2014年度		2015年度		2016年度		2017年度		2018年度	
	上期	下期	上期	下期	上期	下期	上期	下期	上期	下期	上期	下期
方針1 取り除く	①多核種除去設備等による汚染水浄化 多核種除去設備等による浄化 2015年5月27日 R.O.濃縮塩水処理完了 高性能・増設多核種除去設備の設置											
	②トレンチ内の汚染水除去 浄化作業 凍結管設置 凍結止水・汚染水の除去 2015年12月11日 全汚染水除去処理完了											
	③地下水バイパスによる地下水くみ上げ 常排水量 313.75t 排水回数 187回 2017年9月25日現在 建屋山側で地下水をくみ上げ											
方針2 近づけない	④建屋近傍の井戸での地下水くみ上げ（サブドレン） 浄化設備設置 調査・復旧 2017年9月25日現在 建屋山側で地下水をくみ上げ											
	⑤凍土方式の陸側遮水壁の設置 小規模凍結試験 設置工事 2016年3月31日 海側全面及び山側一部を凍結開始 凍結 2016年10月末 海側の凍結が必要と考えられる範囲が全て0℃以下 2016年12月3日 山側未凍結箇所の一部（7箇所中2箇所）の凍結開始 2017年3月3日 山側未凍結箇所の一部（7箇所中4箇所）の凍結開始 2017年8月22日 最後まで凍結箇所（1箇所）の凍結開始											
	⑥雨水の土壤浸透を抑える敷地舗装 10m盤等を除く計画エリアの敷地舗装を計画通り完了 2016年3月30日時点 アスファルト等による敷地舗装 10m盤等のフェーシングについて、開削作業の進捗にあわせて検討・実施											
方針3 漏らさない	⑦水ガラスによる地盤改良 汚染した地下水の海への流出抑制 汚染エリアからの汚染水のくみ上げ 2015年10月16日 閉鎖完了											
	⑧海側遮水壁の設置 設置工事 地下水の海への流出抑制											
	⑨タンクの増設（溶接型への交換等） タンクの増設・貯留 浄化処理した水の貯水を全て溶接型タンクで実施											

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）

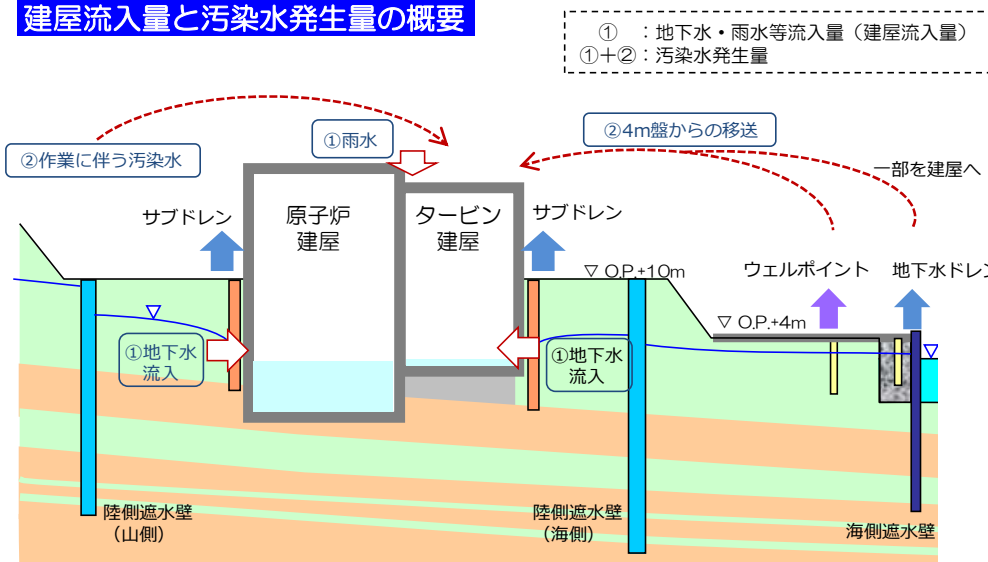
分野	改訂前			改訂後	
	内容	時期	達成状況	内容	時期
取り除く	多核種除去設備等による再度の処理を進め、敷地境界の追加的な実効線量を1mSv/年まで低減完了	2015年度	達成 (2016年3月)	汚染水発生量を150m ³ /日程度に抑制	2020年内
	多核種除去設備等で処理した水の長期的取扱いの決定に向けた準備の開始	2016年度 上半期	達成 (2016年9月)		
近づけない	建屋流入量を100m ³ /日未満に抑制	2016年度	概ね達成 (2017年3月)	汚染水発生量を150m ³ /日程度に抑制	2020年内
漏らさない	高濃度汚染水を処理した水の貯水は全て溶接型タンクで実施	2016年度 早期	一部をフランジ型タンクで貯水	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
滞留水処理完了	①いずれかのタービン建屋の循環注水ラインから切り離し	2015年度	達成（1号機） (2016年3月)	①1,2号機間及び3,4号機間の連通部の切り離し	2018年内
	②建屋内滞留水中の放射性物質の量を半減	2018年度	2017年6月時点で半減以下 1号機タービン建屋内の床面露出 (2017年3月)	②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
	③建屋内滞留水の処理完了	2020年内		③建屋内滞留水の処理完了	2020年内

4.2 汚染水対策の状況（汚染水発生量の抑制）

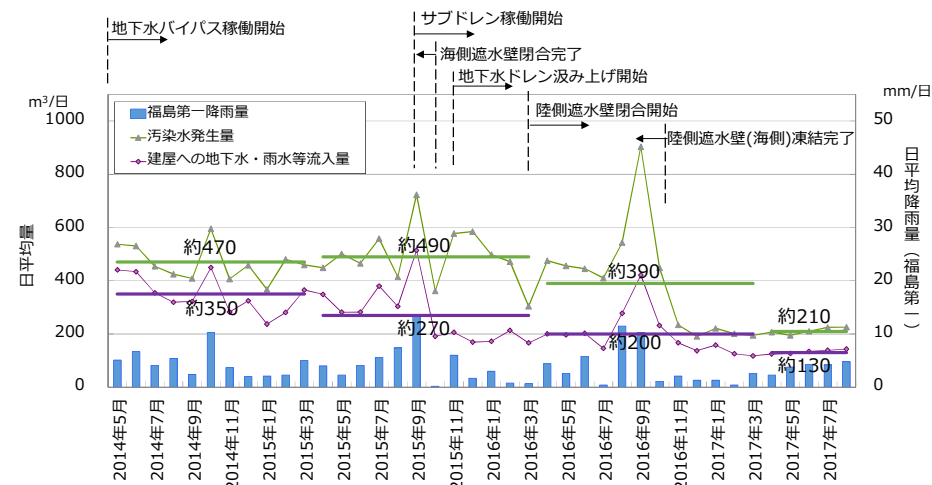
- 山側から海側に流れている地下水や雨水が原子炉建屋等に流れ込み、新たな汚染水となっています。また、汚染水は、4m盤から汲み上げた地下水の一部の建屋への移送等でも増加しています。
- 建屋に流入する地下水や雨水の量を抑制するために、サブドレン・陸側遮水壁・雨水浸透防止対策等の対策を着実に進め、2020年内に汚染水発生量を150m³/日程度に抑制します※。

※中長期ロードマップにおける主要な目標工程

建屋流入量と汚染水発生量の概要

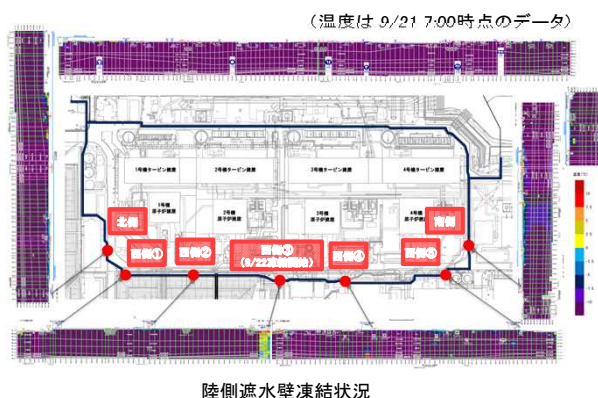


建屋流入量と汚染水発生量の推移



陸側遮水壁

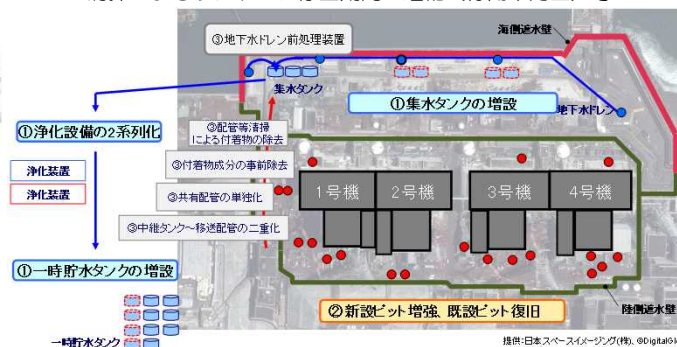
- 凍土方式による陸側遮水壁は、2016年3月より海側及び山側の一部の凍結を開始、段階的に凍結範囲を拡大し、2017年8月22日より最後に残った未凍結箇所（西側③）の凍結を開始しました。



陸側遮水壁凍結状況

サブドレン信頼性向上対策

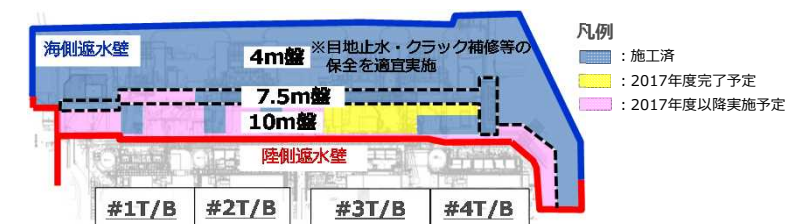
- ① 系統処理能力向上対策 ()
：対策実施前800m³/日 ⇒ 対策実施後最大1,500m³/日
- ② くみ上げ能力向上対策 ()
：大雨時の地下水位上昇の緩和・大雨後の影響の早期解消
- ③ 上記以外の対策 ()
：清掃によるサブドレン停止期間の短縮（稼働率向上）等



サブドレン信頼性向上対策の概要

雨水の浸透防止対策

- 雨水浸透防止機能の向上・保全等により、4m盤汲み上げ量を低減し、建屋への地下水移送量を抑制します。



7.5m盤法面屋根架け

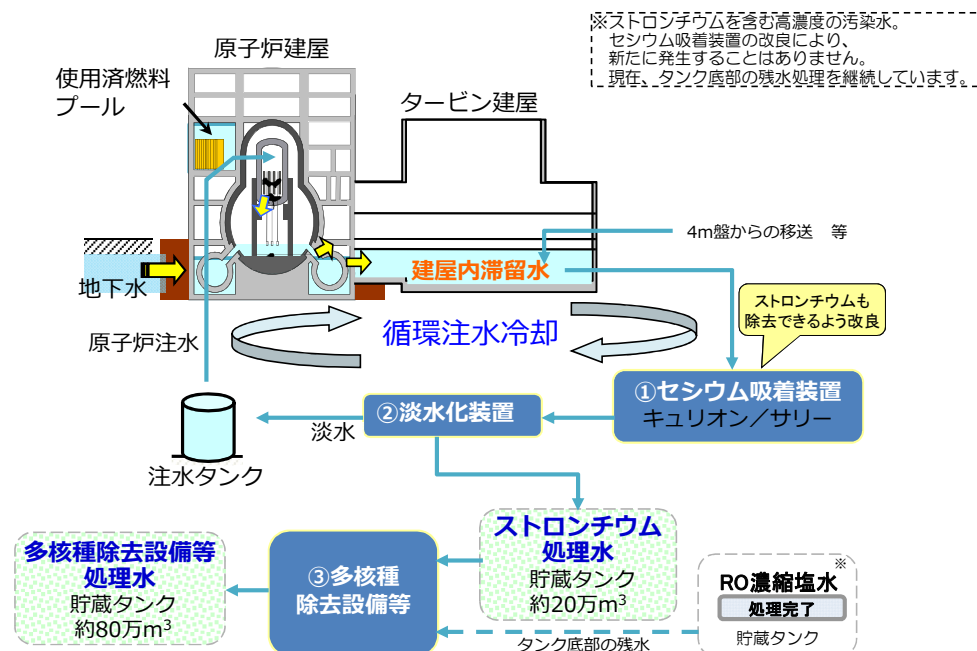


4m盤フェーシング
継手止水

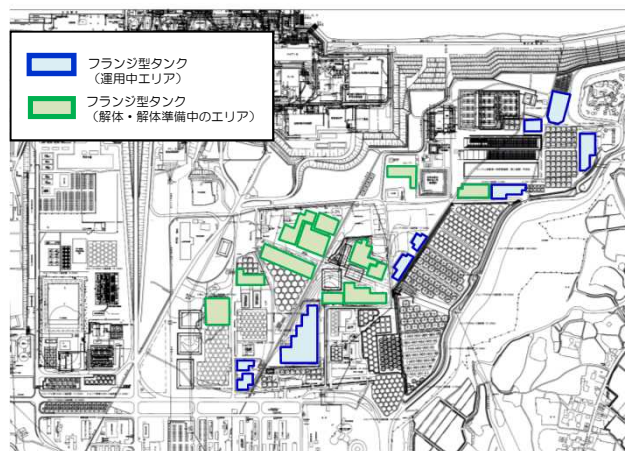
4.3 汚染水対策の状況（浄化処理した水の貯水、滞留水処理に向けた取り組み）

浄化処理した水の貯水

- 日々発生する汚染水は、放射性物質の濃度を低減（リスクを低減）し、タンクに貯蔵しています。
- 限られた敷地内で効率的に貯蔵することや、フランジタンクの漏えいリスクを低減することを目的に、信頼性の高い溶接型タンクへのリプレースを進めています。
- 浄化設備等により浄化処理した水の貯水は、2018年度内に全て溶接型タンクで実施します。



フランジ型タンクのエリア配置図



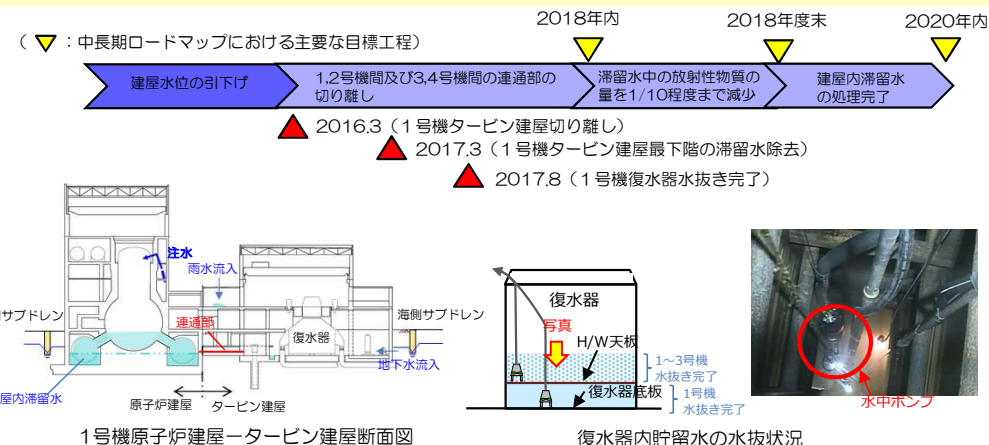
【フランジ型タンクの使用状況】 (2017.9.21時点)

- ・フランジ型タンク基数（運用中エリア）125基
- ・フランジ型タンク（解体・解体準備中エリア）【解体前基数】198基

（参考）1-4号機タンク基数 835基

滞留水処理

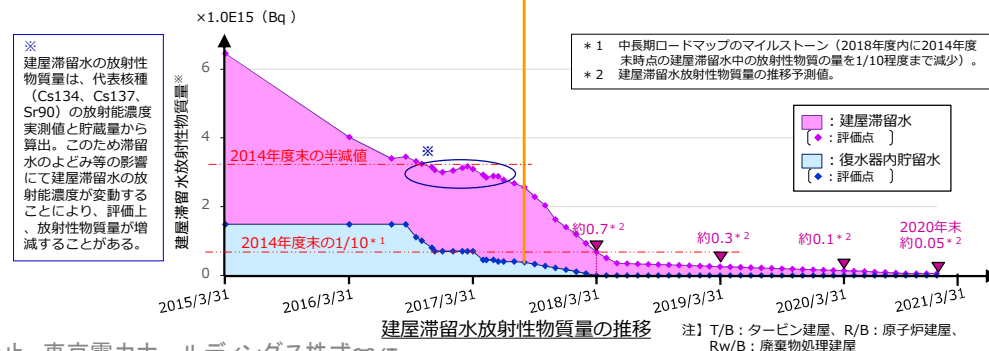
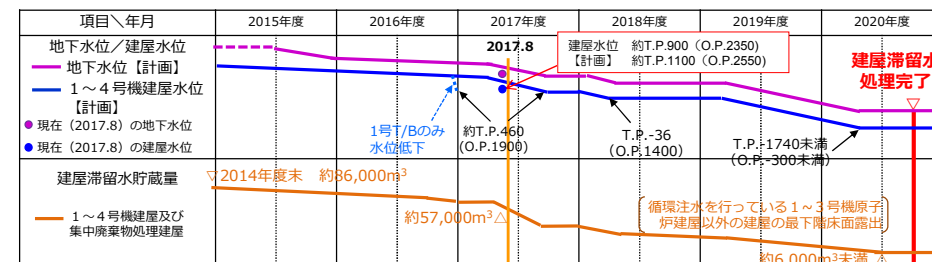
- 津波発生時に建屋内滞留水が屋外へ流出するリスクを低減することを目的に、建屋内滞留水の貯蔵量を低減する取組み（建屋内滞留水処理）を進めています。
- 建屋内滞留水と地下水との水位差を確保しながら建屋内滞留水の水位を低下させ、床面レベルの高い建屋から順次床面を露出させます。
- また、震災直後より高濃度の汚染水を貯留している1～3号機の復水器について、建屋内滞留水の放射性物質質量低減のため、水抜きを進めています。



＜建屋内滞留水 放射性物質量の推移＞

- 現在、建屋内滞留水中の放射性物質の量は、2014年度末の半減値以下まで減少しており、2018年度内に、2014年度末の1/10程度まで減少させます※。

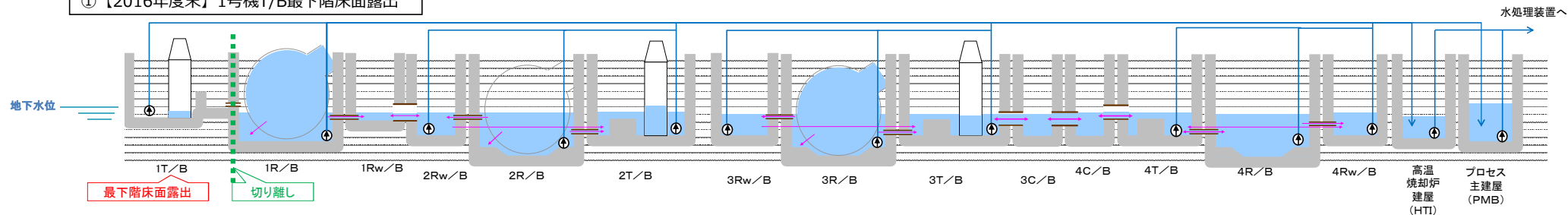
※中長期ロードマップにおける主要な目標工程



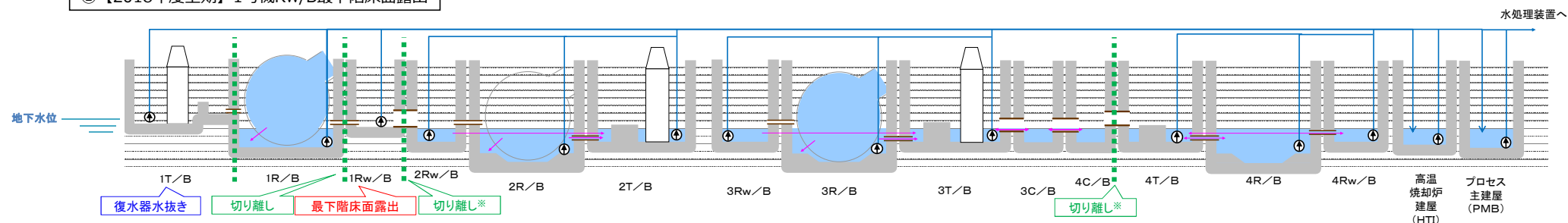
- ①床面レベルの高い1号機タービン建屋 (T/B) について、原子炉建屋 (R/B) から流入する滞留水の流れを切り離し、最下階エリアの滞留水を除去しました (2017年3月)。
- ②1,2号機間及び3,4号機間の連通部を切り離します (2018年内)。
- ③循環注水を行っている原子炉建屋以外の建屋の床面を露出させ、建屋内滞留水の処理を完了します (2020年内)。

<建屋内滞留水の処理ステップ>

①【2016年度末】1号機T/B最下階床面露出

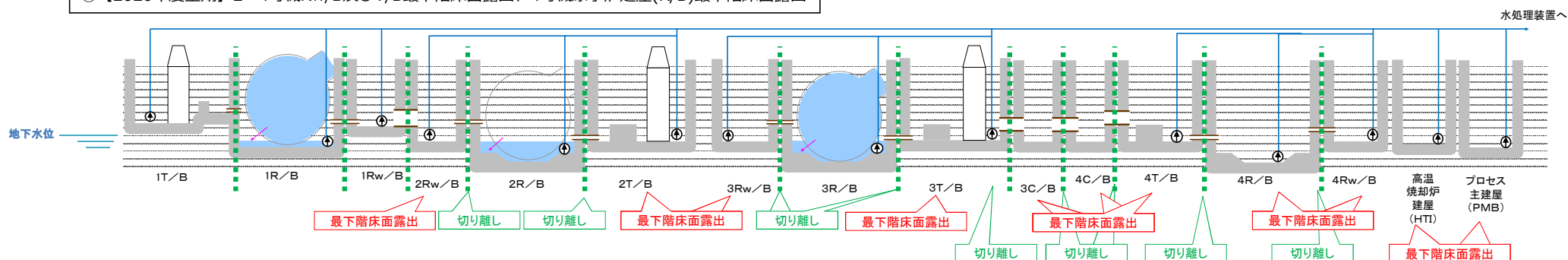


②【2018年度上期】1号機Rw/B最下階床面露出



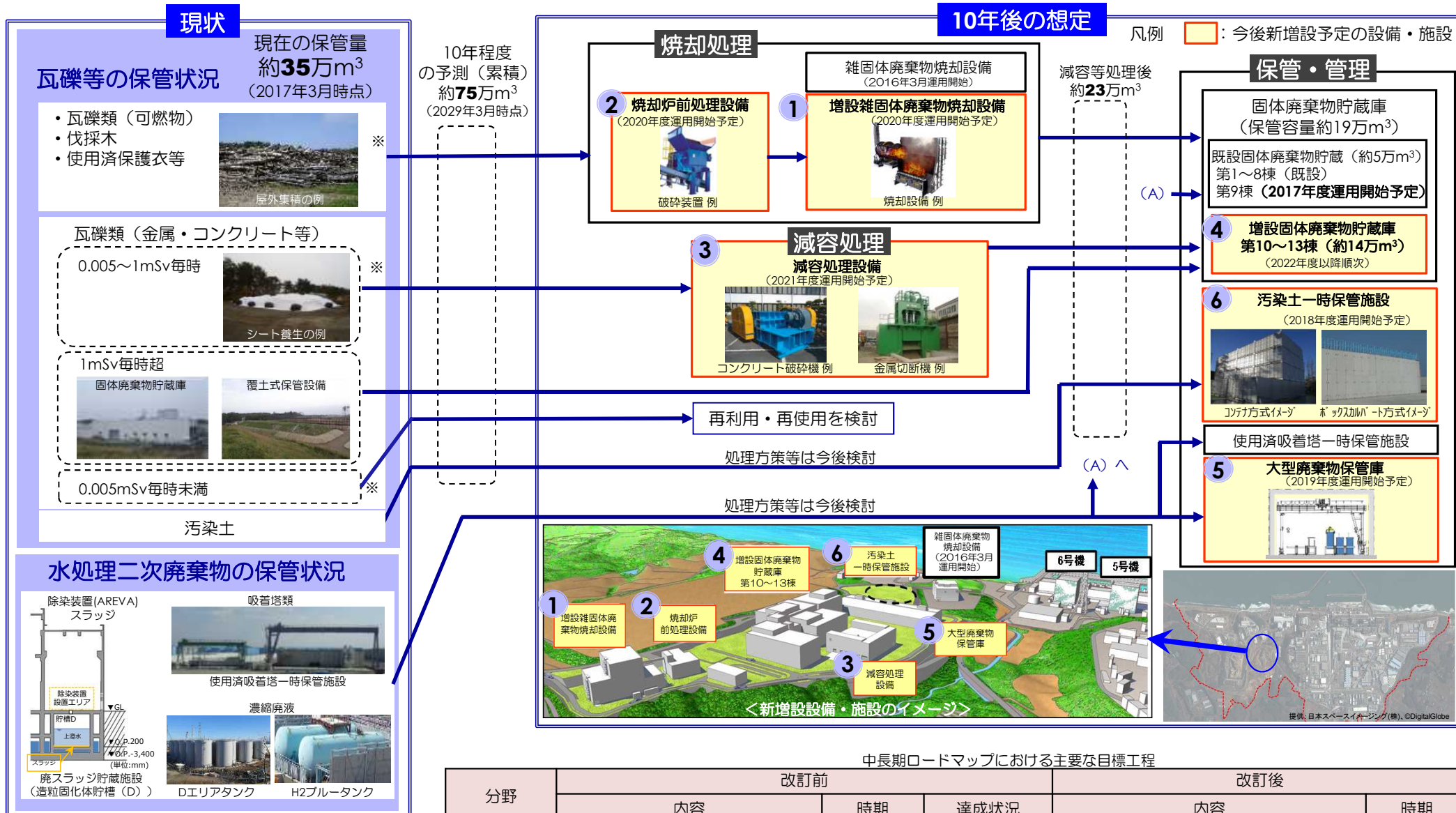
※中長期ロードマップにおける主要な目標工程 (1,2号機間及び3,4号機間の連通部の切り離し)

③【2020年度上期】2～4号機Rw/B及びT/B最下階床面露出、4号機原子炉建屋(R/B)最下階床面露出



5. 廃棄物対策の状況

- 2016年3月、廃炉作業に伴い発生する廃棄物を適正に保管していくことを目的に、当面10年程度の固体廃棄物の発生量予測を踏まえた「保管管理計画（2017年6月改訂）」を策定しました。一年に一度発生量予測を見直し、適宜更新を行います。
- 廃棄物をより確実に保管していくため、焼却・減容により廃棄物量を低減のうえ、保管・管理に必要な建屋を設けて集約保管し、屋外の一時保管エリアを解消していきます。水処理二次廃棄物のうち、流動性の高いものについては、保管・管理リスクの一層の低減のため、安定化・固定化等の先行的処理を検討します。
- 固体廃棄物の処理・処分方策とその安全性に関する技術的な見通しに向け、性状把握等に有用なデータを示す等、適切に対応していきます。



※焼却処理、減容処理、またはリサイクルが困難な場合は、減容処理等せずに固体廃棄物貯蔵庫にて保管

補足）写真、図は例示、又はイメージ