

資料 1-1

廃炉作業の状況
原子力災害対策本部

福島第一原発の廃炉・汚染水対策の 状況について

原子力災害対策本部 廃炉・汚染水対策チーム

平成28年1月

廃炉・汚染水対策の全体像

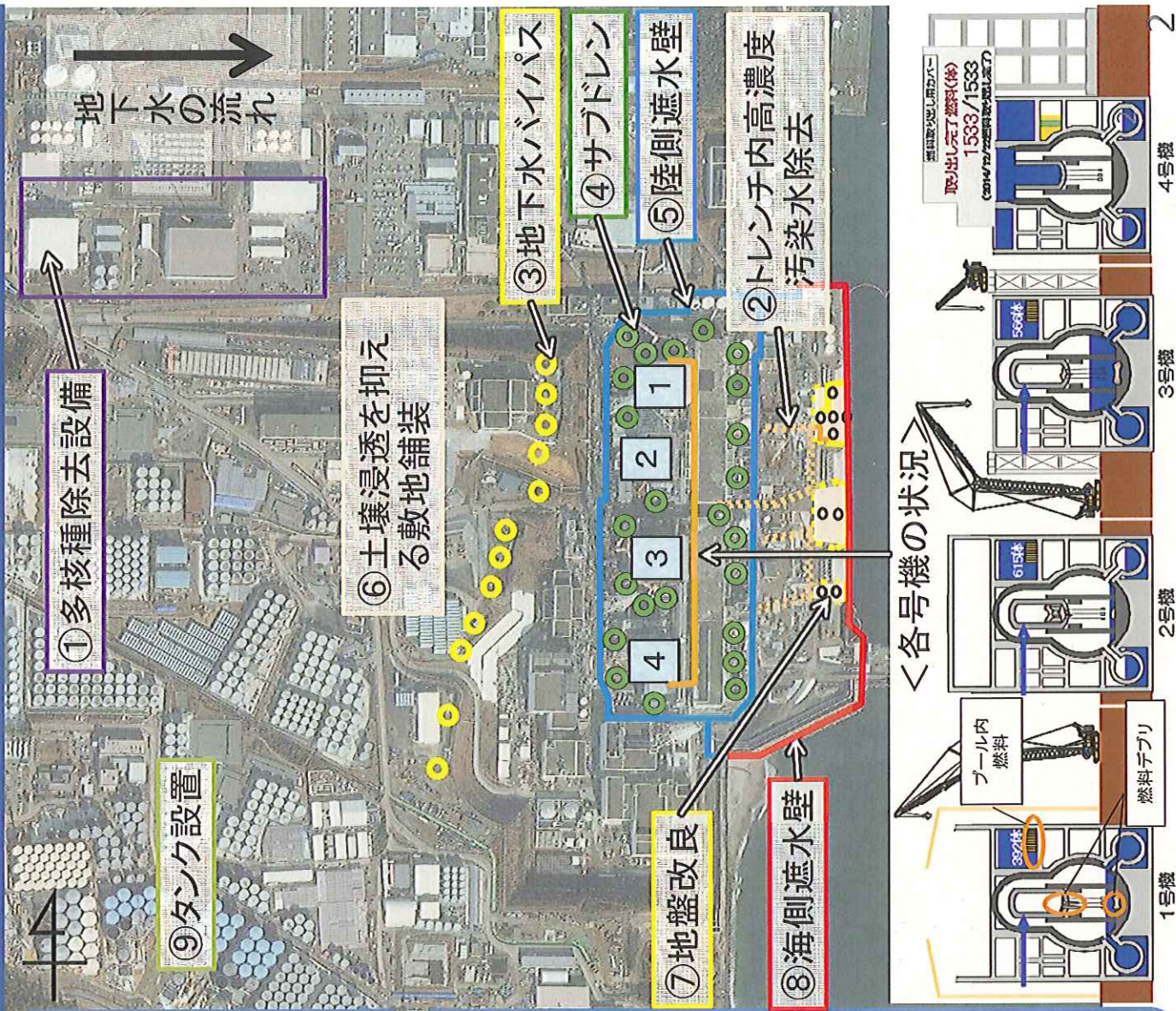
廃炉・汚染水対策の全体像

廃炉対策

- 使用済燃料プールからの燃料取り出し
 ○4号機は取り出し完了(2014年12月)
 ○1~3号機は取り出しに向けてガレキ撤去等
- 燃料デブリ取り出し
 ○格納容器内部調査等

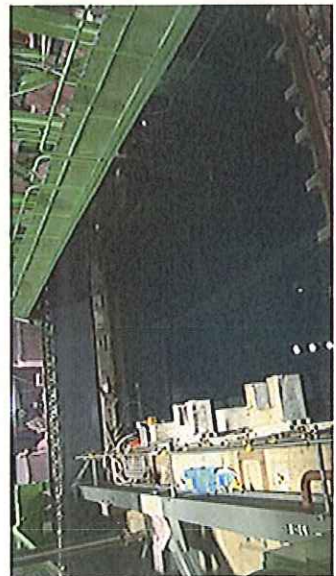
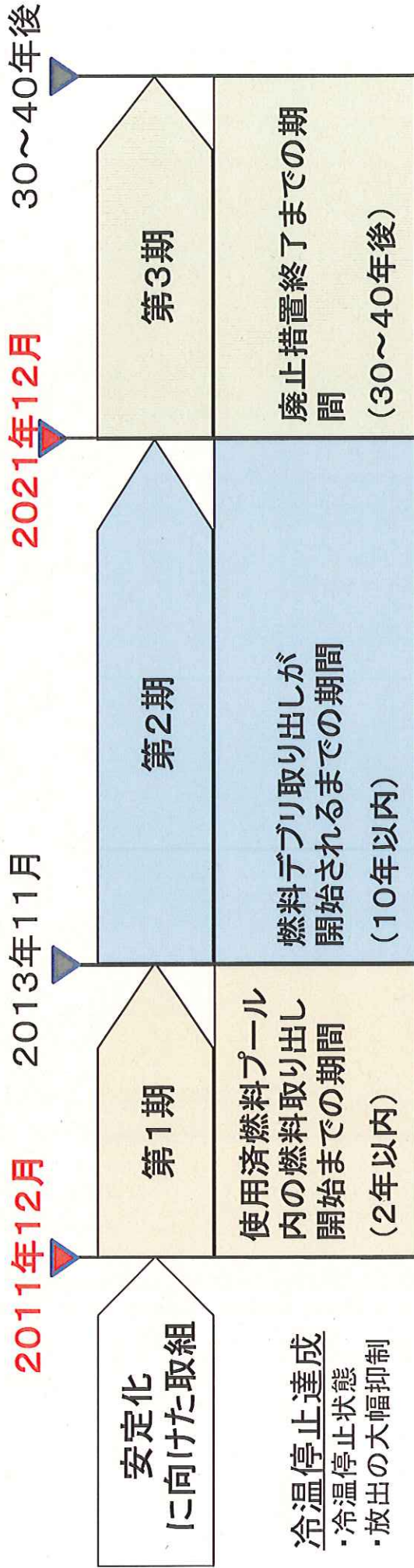
汚染水対策

- 汚染源を取り除く
 - ①多核種除去設備(アルプス)等による汚染水浄化
 - ②トレンチ内の高濃度汚染水の除去
- 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の汲み上げ
 - ④建屋近傍の井戸(サブドレン)での汲み上げ
 - 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
- 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(溶接型への置き換えを含む)

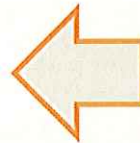


廃止措置に向けた工程(「中長期ロードマップ」)の全体像

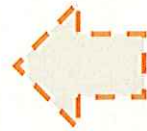
- ◇平成27年6月12日、「廃炉・汚染水対策関係閣僚等会議」において、中長期ロードマップを改訂。
- ◇「燃料取り出し」については遅れはあるものの、「汚染水対策」、「燃料デブリ取り出し」及び「廃棄物対策」の目標工程を維持することで、廃止措置終了まで30～40年という大枠は堅持。



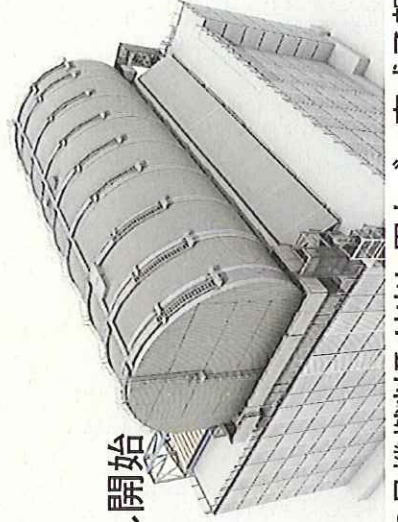
【4号機使用済燃料プール内】



2013年11月18日より、
 第1期の目標である4号機使
 用済燃料プールからの燃料
 取り出しを開始。
 (2014年12月22日に完
 了)



2017年度より、
 3号機燃料取り出し開始



【3号機燃料取り出し用カバー完成予想図】

1-1-4

1. リスク低減の重視

スピード重視



リスク低減重視

スピードだけでなく、長期的にリスクが確実に下がるよう、優先順位を付けて対応

汚染水、プール内燃料



可及的速やかに対処

燃料デブリ



周到な準備の上、安全・確実・慎重に対処

固体廃棄物、水処理二次廃棄物



長期的に対処

2. 目標工程(マイルストーン)の明確化

1.1.5



地元の声に応え、今後数年間の目標を具体化

3. 徹底した情報公開を通じた地元との信頼関係の強化等

福島評議会の設置(平成26年2月)



コミュニケーションの更なる充実

(廃炉に係る国際フォーラム等)

4. 作業員の被ばく線量の更なる低減・労働安全衛生管理体制の強化

5. 原子力損害賠償・廃炉等支援機構(廃炉技術戦略の司令塔)の強化

原賠・廃炉機構の発足(平成26年8月)



研究開発の一元的管理・国内外の叡智結集

目標工程(マイルストーン)の明確化

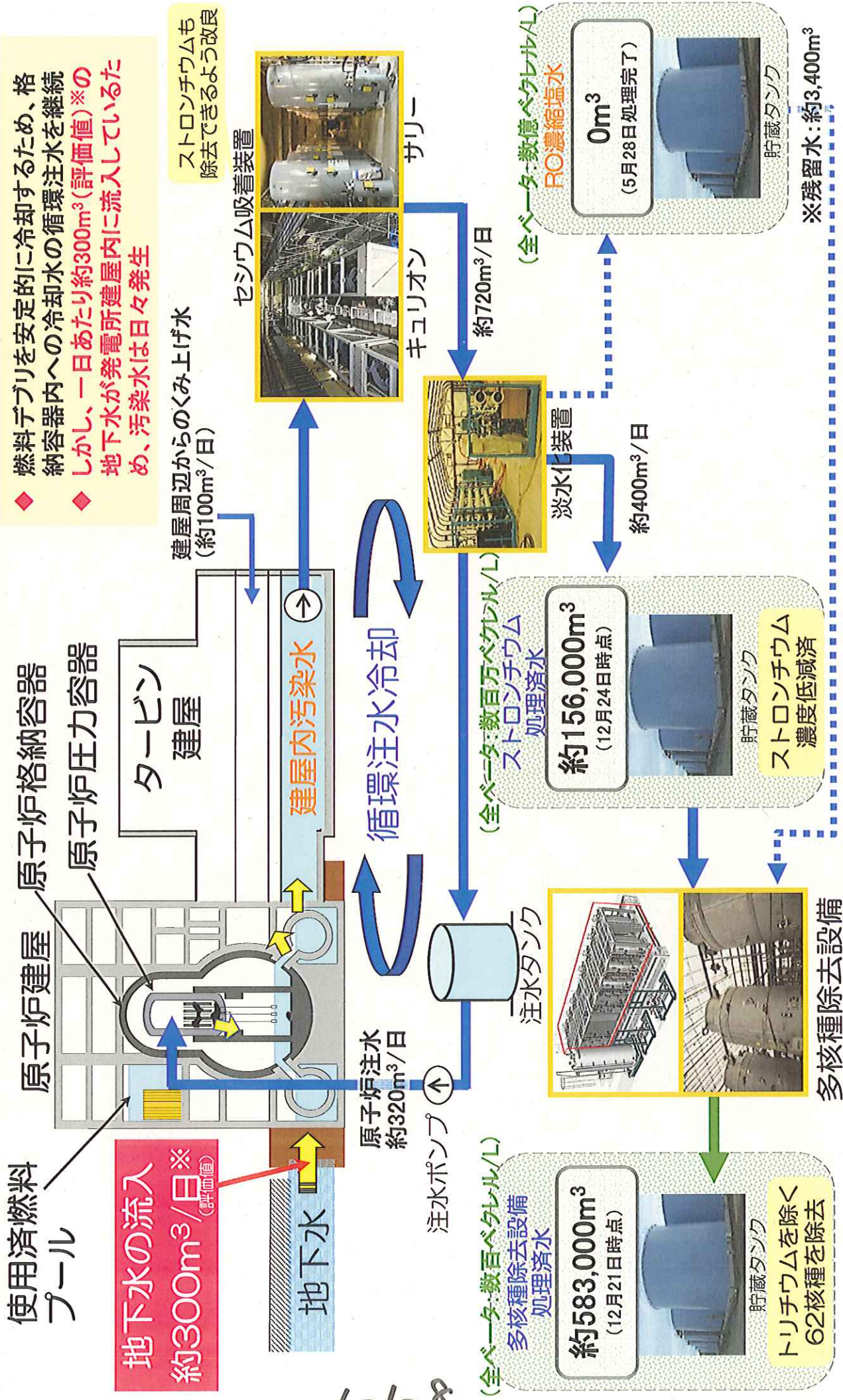
■ 大枠の目標(青字)を堅持した上で、優先順位の高い対策について、直近の目標工程(緑字)を明確化

全体		30～40年後
廃止措置終了		
汚染水対策	建屋内滞留水の処理完了 〔冷却水以外の建屋内の水や汚染水の増加量をほぼゼロに〕	2020年内
取り除く	敷地境界の追加的な実効線量を1mSv/年未満まで低減 〔被ばくリスクの低減目標達成〕	2015年度
近づけない	多核種除去設備処理水の長期的取扱いの決定に向けた準備開始	2016年度上半期
漏らさない	建屋流入量を100m ³ /日未満に抑制 〔汚染水増加量の大幅抑制〕	2016年度
滞留水処理	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 〔タンクからの漏えいリスクの大幅低減〕	2016年度早期
	建屋内滞留水中の放射性物質の量を半減 〔建屋からの漏えいリスクの低減〕	2018年度
		新規
燃料取り出し	使用済燃料の処理・保管方法の決定	2020年度頃
	1号機燃料取り出しの開始	2017年度下半期 ↑ 2020年度
	2号機燃料取り出しの開始	2020年度上半期 ↑ 2020年度
	3号機燃料取り出しの開始	2015年度上半期 ↑ 2017年度
	※目標工程の変更要因は、ダストの飛散防止対策、作業員の被ばく線量低減対策等、「安全・安心対策」の実施等によるものが大半。今後、「トラブル」や「判断遅延」に基づき遅れは起こさないように努める旨を明確化。	
燃料デブリ取り出し	号機毎の燃料デブリ取り出し方針の決定	2年後を目途
	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の開始	2021年内
廃棄物対策	処理・処分に関する基本的な考え方の取りまとめ	2017年度

汚染水対策

1-1-7

増え続ける汚染水と原子炉循環冷却の概念図

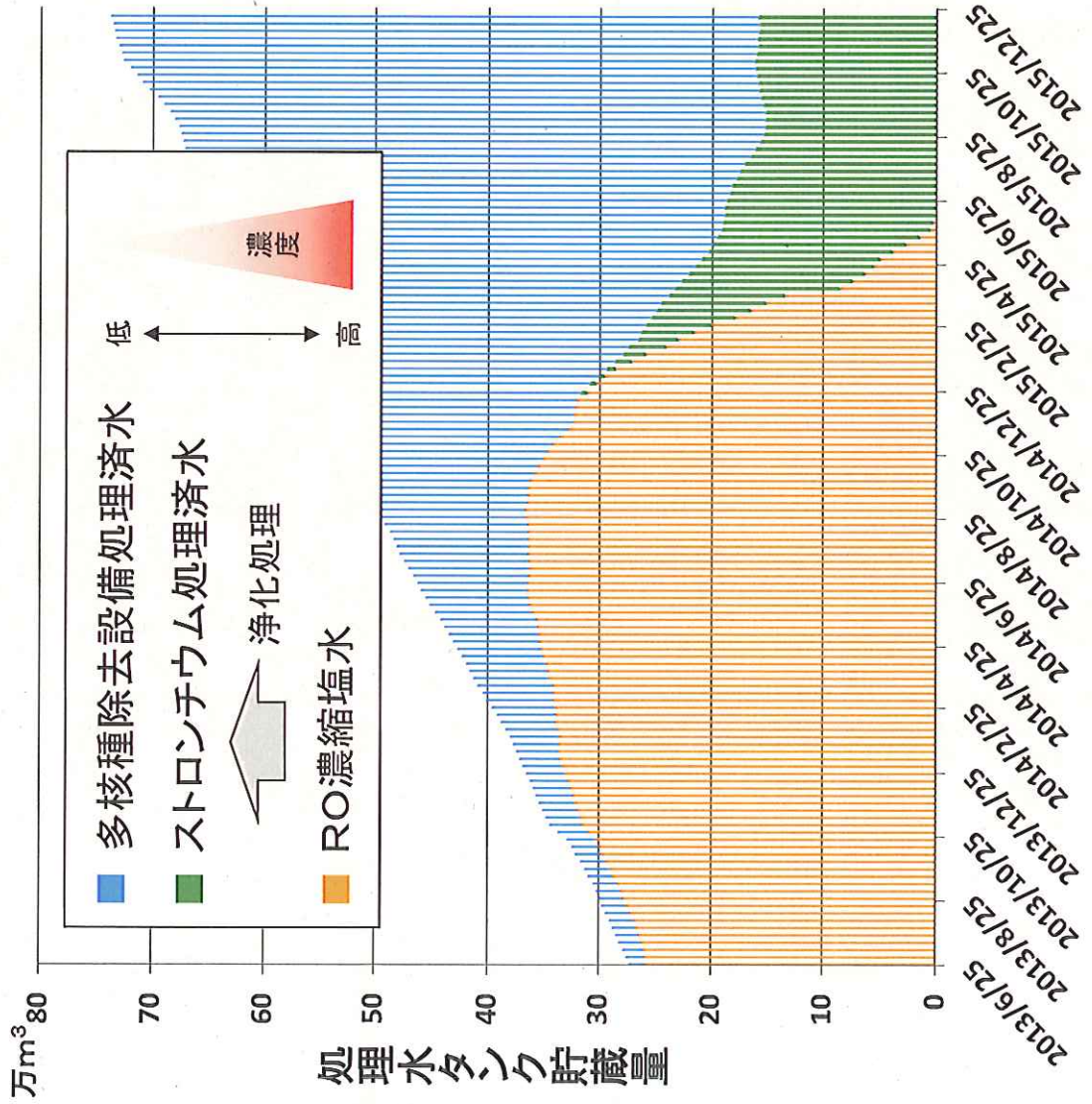


- ◆ 燃料デブリを安定的に冷却するため、格納容器内への冷却水の循環注水を継続
- ◆ しかし、一日あたり約300m³(評価値)※の地下水が発電所建屋内に流入しているため、汚染水は日々発生

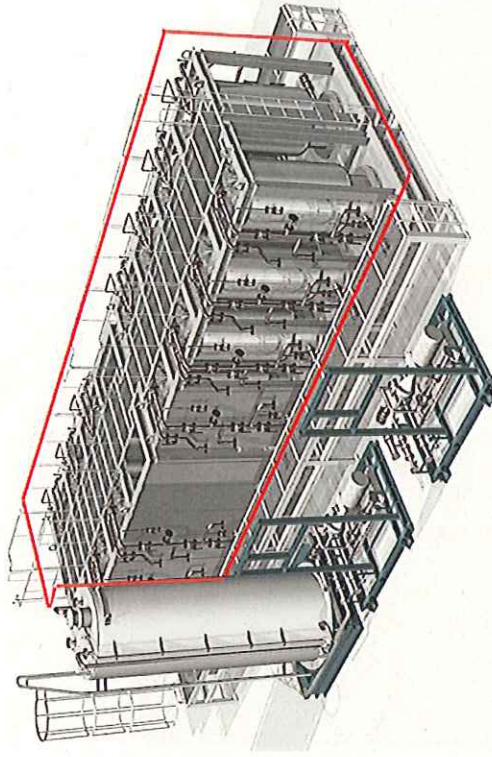
※地下水流入量は、サブドレン稼働(H27.9)前の評価値。サブドレン稼働後は低減傾向にあるが、現在、データを蓄積しつつ、評価手法も含めて検討中

多核種除去設備等（汚染源を取り除く対策①）

- ◇ タンクに貯蔵された高濃度のRO濃縮塩水について、多核種除去設備（ALPS）等の複数の浄化設備により浄化処理を加速し、2015年5月27日までにRO濃縮塩水の処理を完了。
- ◇ 現在、更なる浄化の必要なストロンチウム処理水等の浄化処理を継続。



多核種除去設備



- 浄化処理の進展に伴い、敷地境界における追加的な実効線量が2015年3月までに2mSv/年未満まで低減。
- 2015年度内に1mSv/年未満まで低減予定。

1-1-9

地下トンネル(トレンチ)内の高濃度汚染水の除去(汚染源を取り除く対策②)

- ◇ 建屋海側の地下トンネル(トレンチ)には、事故当初の高濃度の汚染水が溜まっていた。
- ◇ 2014年11月より、汚染水をポンプで抜き取りながらトレンチを充填・閉塞する作業に着手。
- ◇ トレンチ内の高濃度汚染水の除去を平成2015年7月30日に完了し、8月27日に充填閉塞を完了。
(一部残水が残っていた4号機についても12月に水抜き・充填を完了)
- ◇ これにより、潜在的なリスクの大幅な低減が図られた。

海洋

海側遮水壁



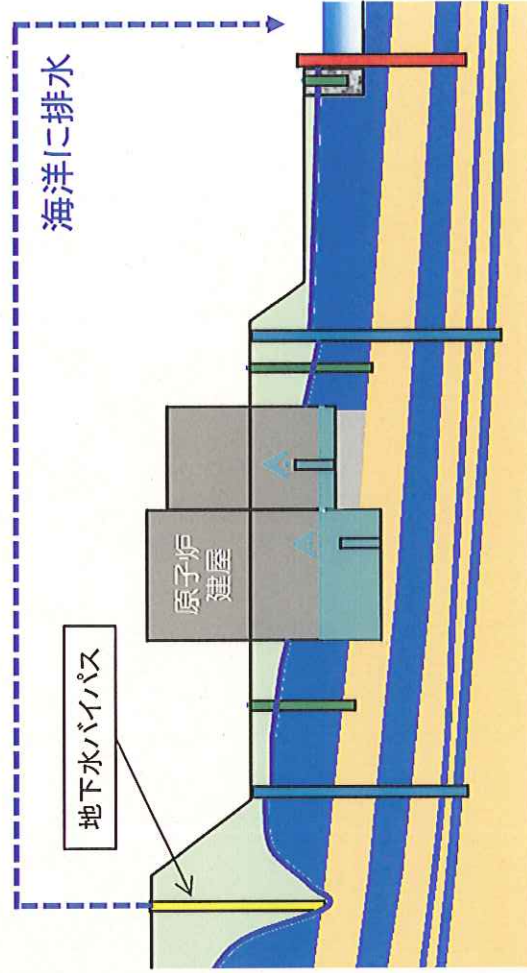
地下水バイパス（「汚染源に水を近づけない」対策①）

- ◇ 建屋山側の高台に設置した井戸から地下水をくみ上げることにより、建屋への地下水の流入を抑制。
- ◇ 運用目標未満であることを確認しながら海へ排水。
- ◇ 他の対策と合わせ、建屋への地下水流入は約80m³/日低減と評価。

地下水バイパスの配置図



断面イメージ



運用目標等

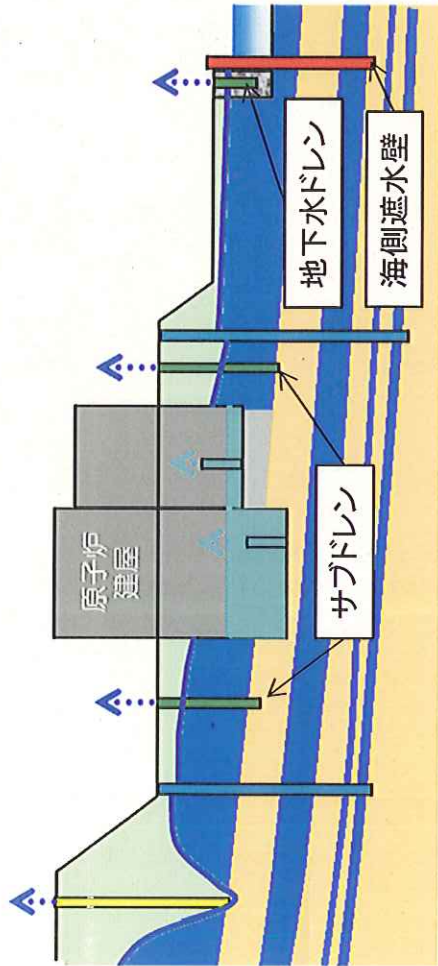
単位：ベクレル/リットル	セシウム 134	セシウム 137	全ベータ	トリチウム
運用目標	1	1	5(1)*1	1,500
法令告示濃度*2	60	90	30*3	60,000
WHO飲料水 水質ガイドライン	10	10	10*3	10,000

*1 10日に1回程度の頻度で1ベクレル/リットル未満を確認。
 *2 告示濃度の水を毎日約2リットル飲んだ場合、年間被ばく量約1ミリシーベルト。
 *3 全ベータ値と相関性の高いストロンチウム90の値。

1-1-11

サブドレン(汚染源に水を近づけない対策②)

- 建屋近傍の井戸(サブドレン)から地下水をくみ上げ、建屋周辺の地下水位を下げ、建屋への地下水流入や建屋海側エリアへの地下水流出を抑制する。
- 平成27年9月14日より、浄化し、運用目標を満たした地下水の排水を開始。
- サブドレンの運用水位を順次低下させており、それに伴い建屋への地下水流入量が順次低減中。



運用目標等(サブドレン・地下水ドレン)

運用目標	単位:ベクレル/リットル		
	センサM134	センサM137	全ベータ トリチウム
運用目標	1	1	3(1)※1
法令告示濃度※2	60	90	30※3
WHO飲料水 水質ガイドライン	10	10	10※3

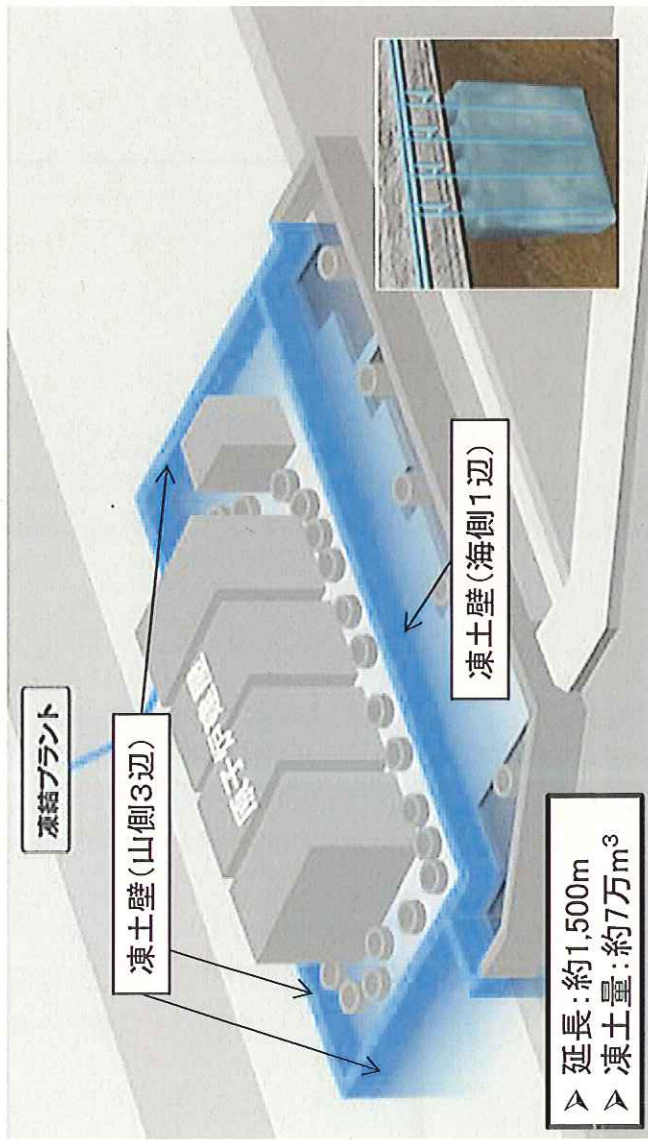
※1 10日に1回程度の頻度で1ベクレル/リットル未満を確認。
 ※2 告示濃度の水を毎日約2リットル飲んだ場合、年間被ばく量約1ミリシーベルト。
 ※3 全ベータ値と相関性の高いストロンチウム90の値。

凍土方式の陸側遮水壁（汚染源に水を近づけない対策③）

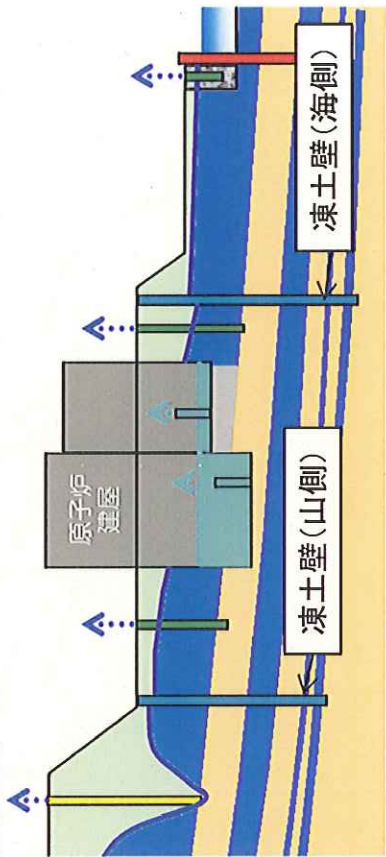
＜凍土壁の効果＞

- ◇ 凍土壁によって建屋を狭い範囲で囲み、建屋への地下水流入を抑制。

凍土壁の全景

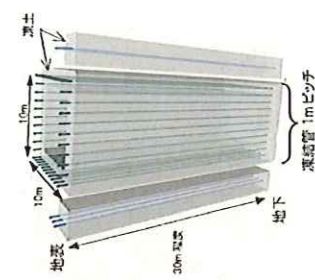


断面図



実現可能性調査事業

- ＞ 2014年に約10m四方の壁を形成する実現可能性調査事業を実施し、遮水性能等を確認済み。



＜現状＞

- ◇ 山側は2015年9月に工事を完了。認可を得られ次第、凍結を開始。
- ◇ 海側も規制庁の認可を得て工事を実施中。
- ◇ 山側では、冷却システムの確認のための試験的な凍結を2015年4月30日から開始し、適切な温度低下傾向を確認。

工事の状況

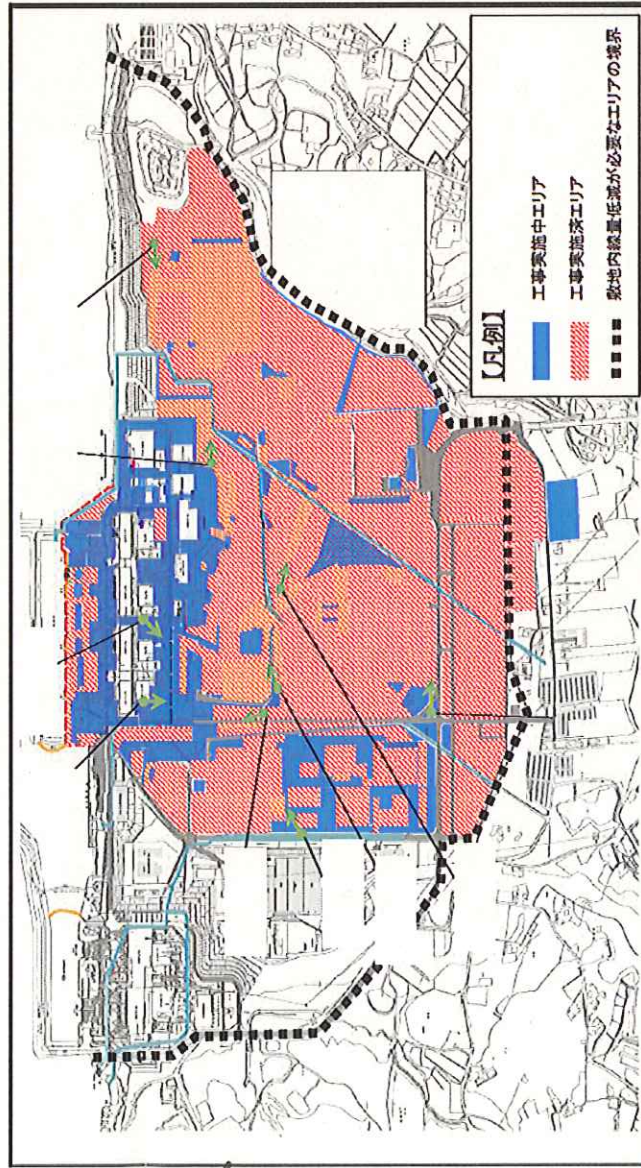
	凍土壁(山側)	凍土壁(海側)
凍結管設置	100%完了	100%完了
今後の工程	認可を得られ次第凍結を開始	2016年2月中には工事完了予定

雨水の土壌浸透を抑える敷地舗装（「汚染源に水を近づけない」対策④）

- ◇ 地下水流動シミュレーション等の結果、建屋に流入する地下水の大半は、敷地やその周辺に降る雨水が起源であることを確認。
- ◇ 線量の高い箇所や工事調整が必要な箇所を除き、平成27年度中に完了予定。

進捗状況

進捗率：約84%（平成27年12現在）



【タンクエリア】



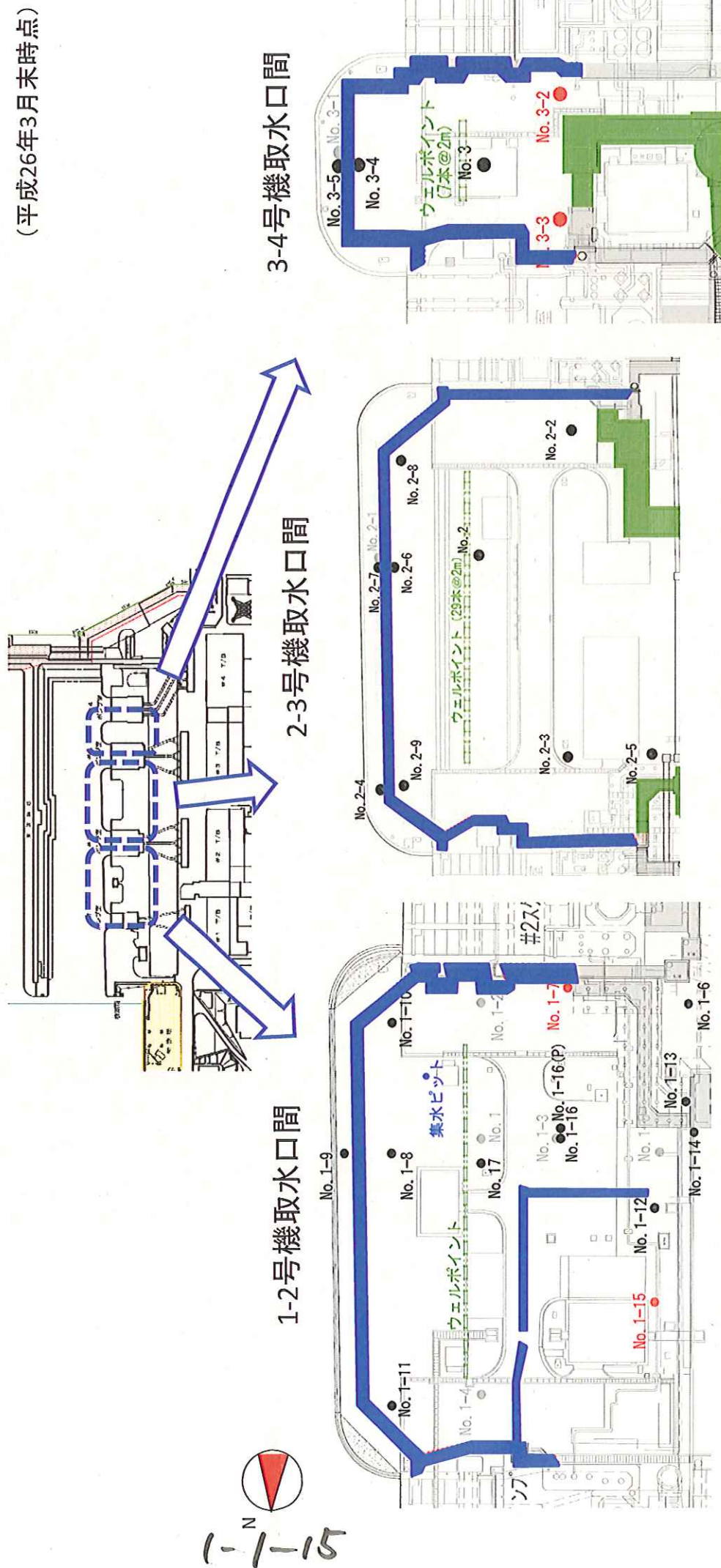
【護岸エリア】



1-1-14

水ガラスによる地盤改良(「汚染水を漏らさない」対策①)

◇ 建屋海側エリアの護岸において、水ガラスによる地盤改良を行うとともに、地下水を汲み上げ処理(1~2号機間、2~3号機間)することにより、地下水の海洋流出を抑制。



●印(地盤改良施工済)、

※施工範囲は現場状況により変更の可能性あり。

海側遮水壁(「汚染水を漏らさない」対策②)

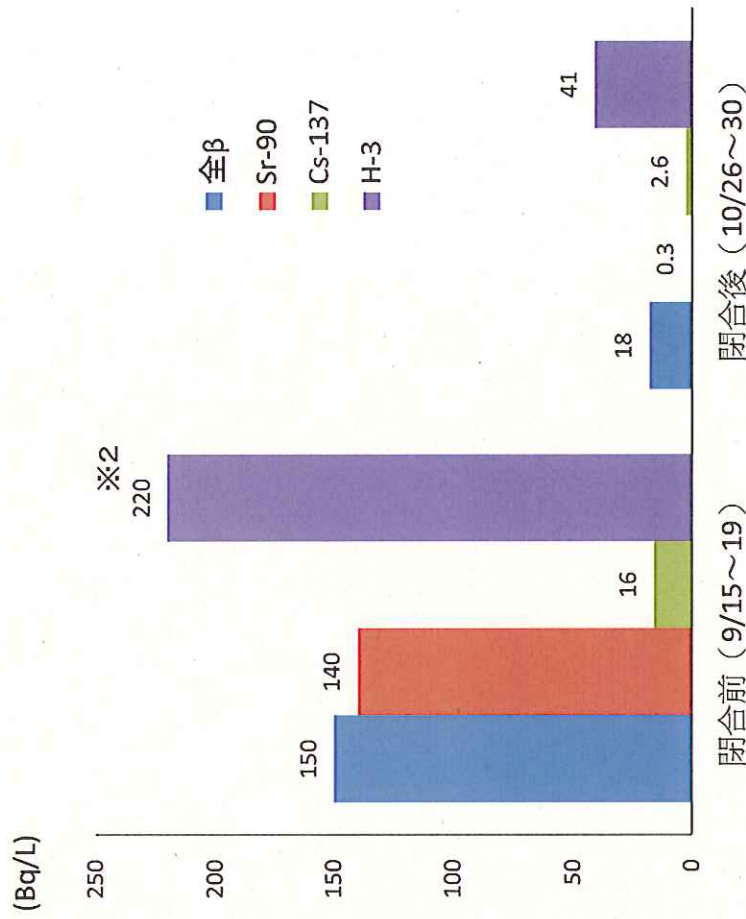
- ◇ サブドレン・地下水ドレンの稼働により水位管理が可能となることで、海側遮水壁が閉合可能となり、放射性物質の海洋への流出が大幅に低減することが期待される。
- ◇ サブドレン・地下水ドレンの稼働後、閉合作業を実施し、10月26日に工事了。
- ◇ 閉合後、港湾内の放射性物質の濃度は低下傾向が確認されており、引き続きモニタリングを継続。

海側遮水壁の外観



1-1-16

港湾内の海水中放射性物質濃度※1の変化(閉合前後)



※1 1~4号機取水口開渠内すべての測定地点の海水中放射性物質濃度の平均値

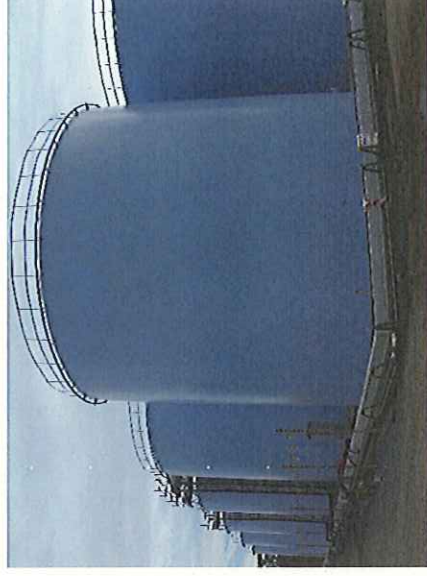
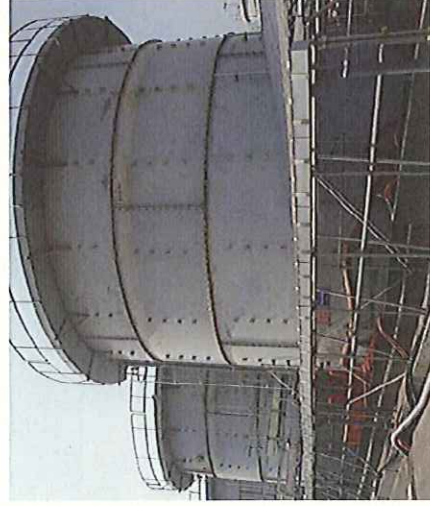
※2 「閉合前」のトリチウムは9/14採取

貯水タンクの増設等（「汚染水を漏らさない」対策③）

- ◇ 汚染水漏えいのリスクを低減するため、初期に設置した横置きタンクや漏えいリスクのあるボルト締め型タンクから、より信頼性の高い溶接型タンクへの置き換えを順次進める。
- ◇ タンクエリアの堰については、かさ上げ・二重化を実施するとともに、雨どい、堰カバーを設置し堰内への雨水の流入を防止。

【タンクのリプレイス】

- より信頼性の高い溶接型タンクへの置き換えを実施中



せき

【タンクの堰】

- かさ上げ・二重化を実施



堰

【雨どい・堰カバー】 ➢ 堰内への雨水の流入を抑制



堰カバー

雨どい
(堰外に排水)

せき
堰

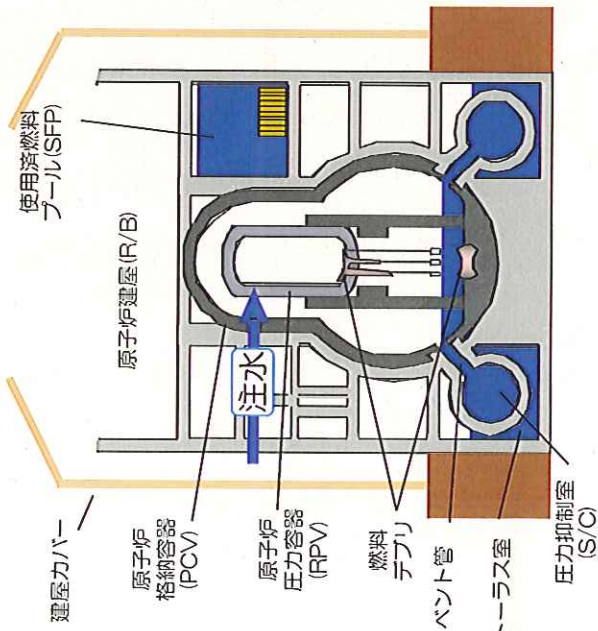
廃炉に向けた取組

1-1-18

福島第一原子力発電所の現況

1号機

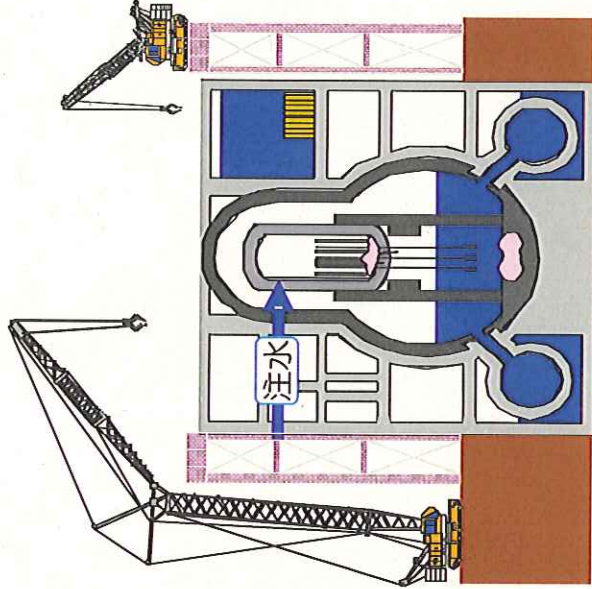
水素爆発
燃料溶融



- 格納容器内部調査を実施
- 飛散防止対策を徹底した上で、カバー解体。

3号機

水素爆発
燃料溶融

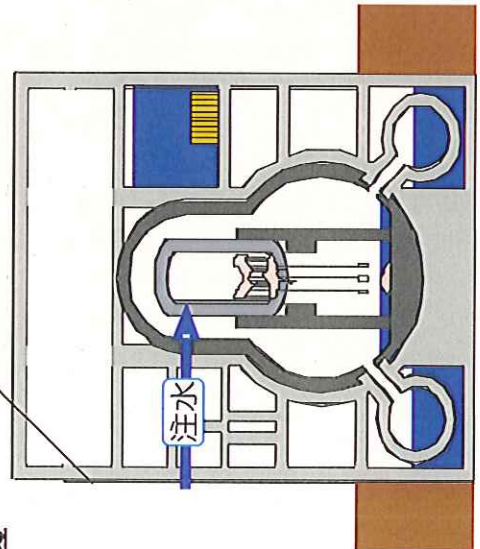


- 使用済燃料プールからの燃料取り出しに向けてガシキ撤去作業を実施中。

2号機

燃料溶融

ドームパッド
(閉止完了)



- 格納容器内部調査を実施予定

4号機

水素爆発



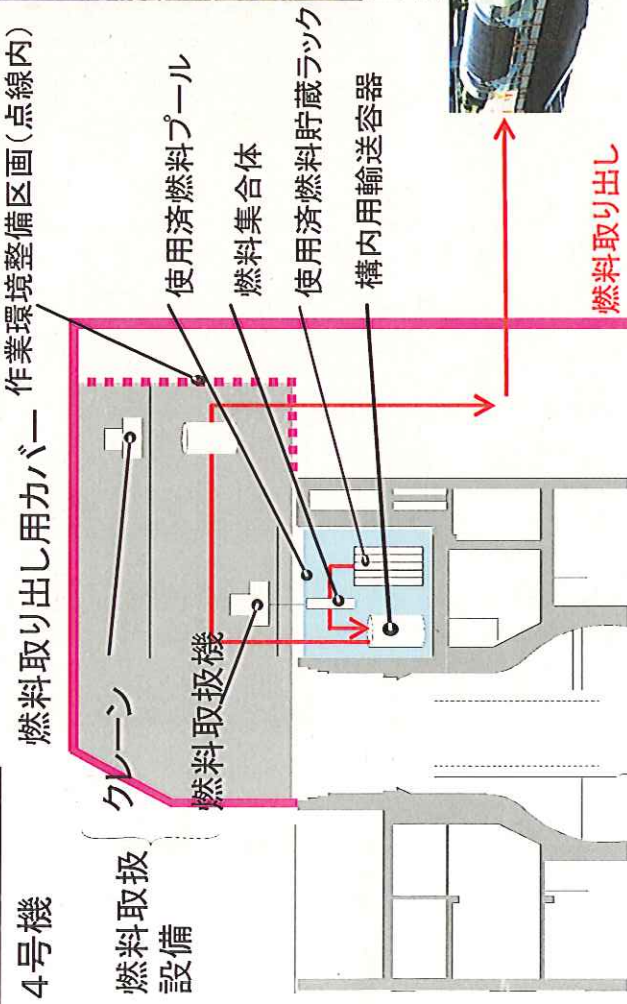
- 2014年12月22日に4号機使用済燃料プール内の全ての燃料(1533本)取り出しを完了。

1-1-19

4号機使用済燃料プールからの燃料取り出し

- ◇ 使用済燃料プールの燃料1, 533本(うち、202本は新燃料)を敷地内の共用プールへ移送し保管する計画。
- ◇ 2013年11月18日から燃料取り出しを開始。
- ◇ 2014年12月22日に、全ての燃料の移送を完了。

取り出し工程



【4号機の燃料取り出し用カバークレーン】

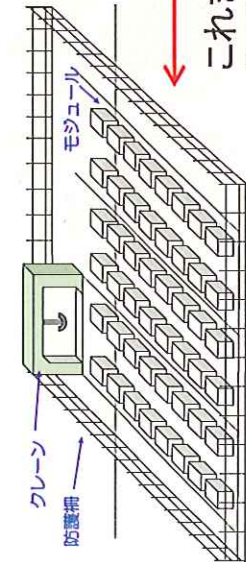


構内移送

燃料取り出し



共用プール(敷地内)



これまでの保管燃料を乾式保管設備へ

乾式保管設備(敷地内)

4号機の外観



原子炉建屋

2011.9.22の原子炉建屋

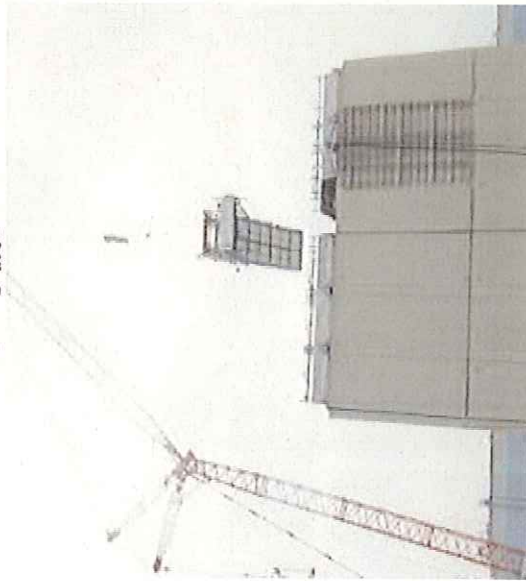


建屋撤去範囲

1～3号機使用済燃料プールからの燃料取り出し

- ◇1号機:ガレキ撤去に向け、ダストの飛散防止対策を実施後、建屋カバー撤去開始。(屋根パネルは全て撤去)
- ◇2号機:取り出しプランの選定中(プラン①:燃料取り出しとデブリ取り出しを兼用するコンテナ設置、プラン②:燃料取り出し専用のカバー設置)。2015年11月、プラン選定に先がけて、建屋上部の全面解体を決定。
- ◇3号機:燃料取り出し用のカバー設置に向けたガレキ撤去中。

<1号機>



2015年7月28日 カバー撤去開始

<3号機>



2015年8月2日 使用済燃料プール内の最大のガレキ(約20t)を撤去

<1～3号機の燃料取り出し工程>

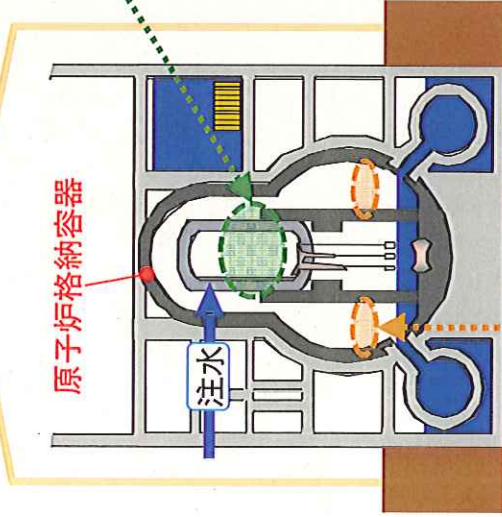
年度	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
1号機	建屋カバー解体等	建屋カバー解体等	ガレキ撤去等	ガレキ撤去等	カバー設置等	カバー設置等	燃料取り出し	燃料取り出し
2号機	準備工事	建屋上部解体・改造等	プラン①	プラン①	コンテナ設置等	コンテナ設置等	燃料取り出し	燃料取り出し
	ガレキ撤去等	ガレキ撤去等	プラン②	プラン②	カバー設置等	カバー設置等	燃料取り出し	燃料取り出し
3号機	カバー設置等	カバー設置等	燃料取り出し	燃料取り出し				

1-1-2/

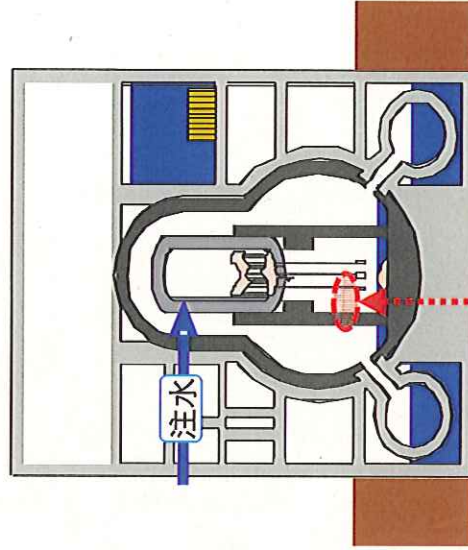
原子炉格納容器内部の調査

- ◇ 原子炉格納容器内の燃料デブリを取り出すためには、燃料デブリの位置や量などの把握が必要。
- ◇ 原子炉格納容器内は非常に高線量のため、調査する場所等を考慮し、複数の手段で調査を実施中。

1号機



2号機



宇宙線ミュオンを活用した圧力容器内部の調査を実施 (H27.2~5)

<透過法>

ミュオン

検出器

↑ 炉心部には燃料は確認されず

格納容器内につながる配管を活用し、ロボットによる調査を実施 (H27.4)



形状変形

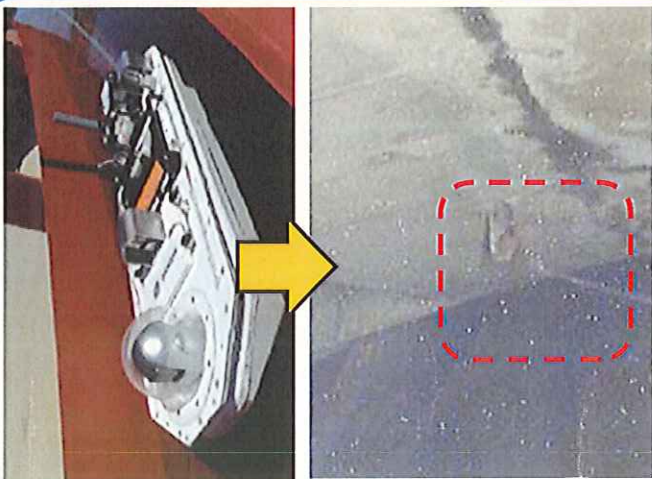
↑ 地下階へのアクセス箇所など格納容器内部の情報を取得

格納容器内につながる配管を活用し、ロボットによる調査を予定



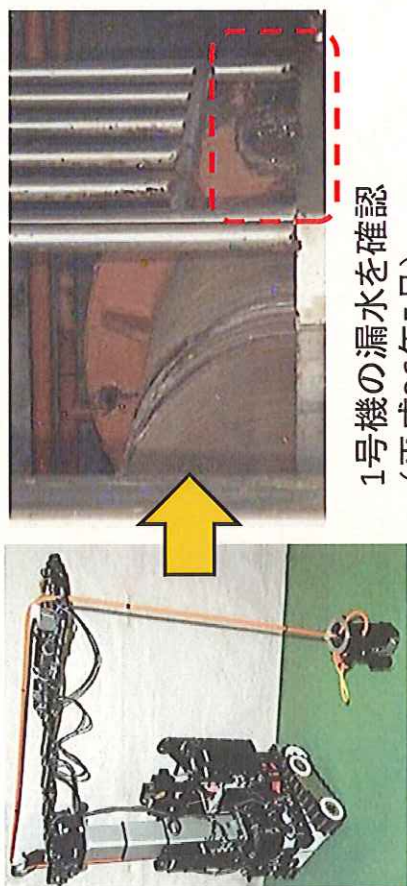
格納容器漏水箇所 の 調査

ベント管下部周辺調査



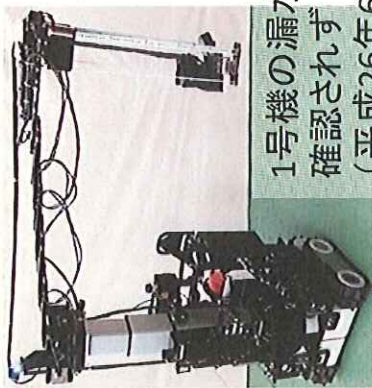
1号機の漏水を確認
(平成25年11月)

圧力抑制室上部の配管調査



1号機の漏水を確認
(平成26年5月)

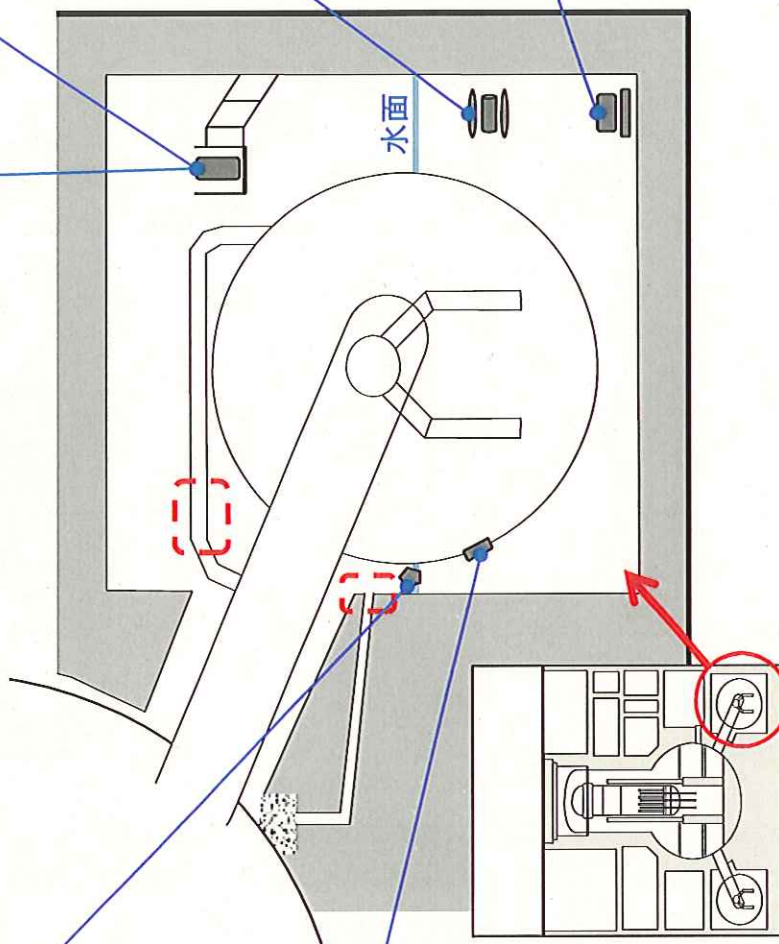
トラス室の壁面調査



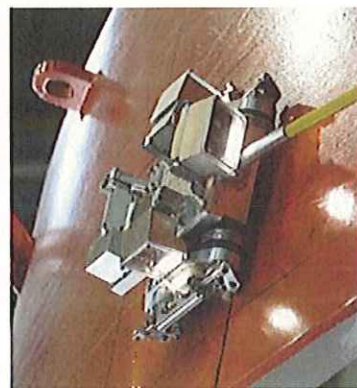
1号機の漏水は
確認されず
(平成26年6月)



2号機の漏水は確認されず
(平成26年7月)



圧力抑制室下部外部調査



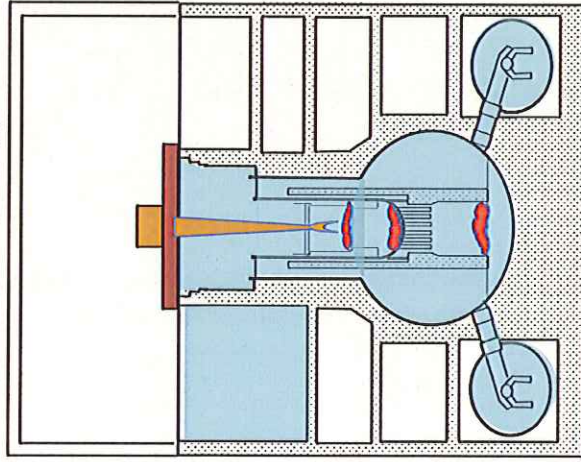
2号機の漏水は確認されず
(平成26年9月)

1-1-23

冠水できない場合も考慮した燃料デブリへのアプローチ

- ◇燃料デブリ取り出しは、周辺環境や作業員の安全確保のため、周到な準備と技術で安全・確実・慎重に対処。
- ◇「放射線の遮へい」「ダストの飛散防止」「燃料デブリの冷却状態の維持」の確保に加えて、取り出しに必要な機能（切削、視覚など）の確保や、取り出しに伴う影響評価と対策も必要。

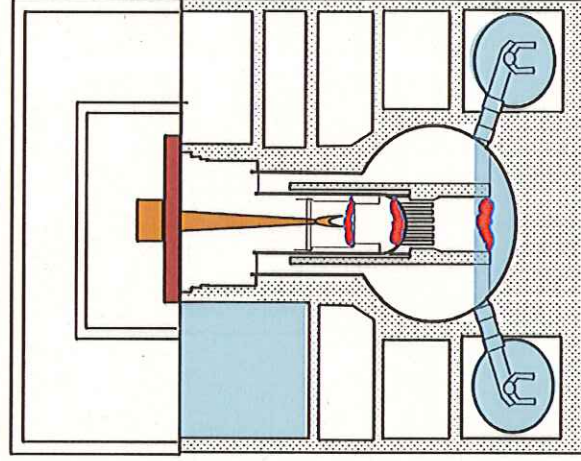
燃料取り出し工法のイメージ事例



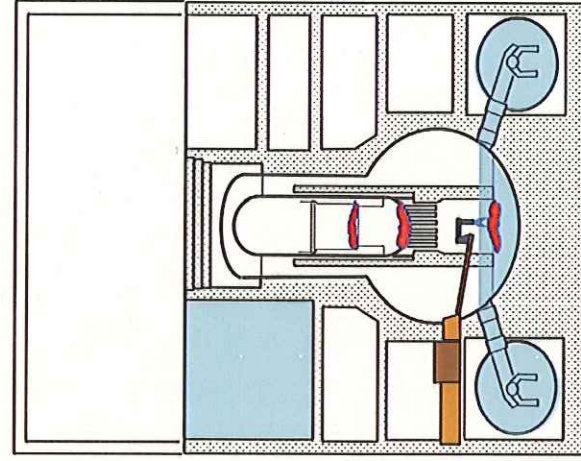
冠水-上アアクセス工法

○取り出しに必要な機能（切削、視覚など）の確保

- ・ 工法によらず共通に必要な、燃料デブリの切削・集塵機能や視覚・計測機能の実現可能性を、国際公募を通じて検討（H26年度）。
- ・ 冠水工法、冠水-上アアクセス工法、冠水-横アクセス工法の3工法を対象に、必要な要素技術の実証試験を実施予定（H27年度）。



冠水-上アアクセス工法



冠水-横アクセス工法

○取り出しに伴う影響評価と対策

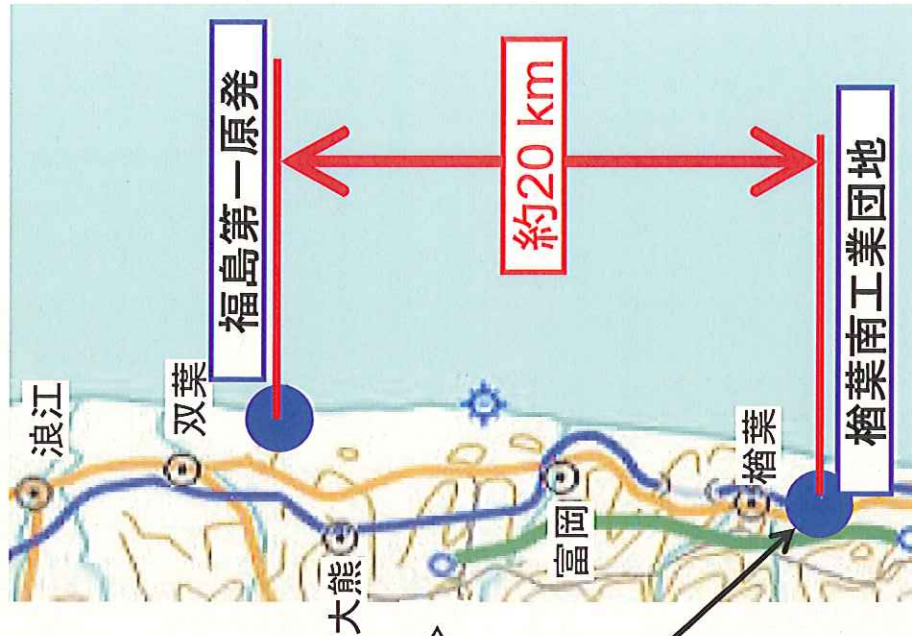
- ・ 冠水工法では格納容器に水の重さが負荷される。こうした状態においても、容器や構造材の健全性を維持できるか検証中。
- ・ 燃料デブリは取り出し作業により臨界リスクが高まる可能性がある。その可能性を検証するとともに、臨界防止策や仮に臨界した場合の対策を検討中。

○取り出した燃料デブリの収納・移送・保管技術の開発

- ・ 取り出した燃料デブリを収納・移送・保管する収納缶や、その取り扱い技術を、得られた情報を基に開発中。

研究開発の環境整備

- ◇ 廃炉・汚染水対策に必要な研究開発をサポートすべく、JAEA(日本原子力研究開発機構)が、原子炉内の模擬設備等を備えた実証・研究施設「**モックアップセンター**」(正式名称:JAEA櫛葉遠隔技術開発センター)を建設中。2016年度から本格運用開始を予定。
- ◇ ロボット等の試作開発を含めた幅広いニーズに対応できるよう、2015年11月2日、当該施設の利用に関する公募を開始(<http://naraha.jaea.go.jp/status/admitted.html#admitted>)。



1-1-25

その他の取組

1-1-26

福島第一原子力発電所の敷地境界外に影響を与えるリスク総点検 ～結果概要～

高木経済産業副大臣から東京電力にリスクの総点検を指示(2015年2月26日)

福島第一原子力発電所の敷地境界外に影響を与える可能性があるものを広く対象とし、リスク低減に向けた課題を体系的に整理。東電任せにせず、国も主体的に関与(現地調査等)

総点検の結果、190項目を抽出。(水:159項目、ダスト:31項目)
これらを以下の5つに分類。

分類	評価結果
(1) 調査が必要	45件(例:排気筒ドレンサンピット(雨水集水槽)) ⇒優先度が高いと推定されるものから順次調査(一部は既に開始)
(2) 対策が必要	21件。優先度に応じ、以下の3つに分類。 ①既存の対策に加え、早急に追加対策を実施(2号機未補修サブドレン) ②早期に追加対策を実施(例:屋根の溜まり水、汚染の確認された土壌、タンク解体作業・保管ガレキ類のダスト対策 等) ③順次、追加対策を実施(例:建屋・設備内の溜まり水、低濃度の屋外溜まり水 等)
(3) 対策実施中	55件(例:K排水路につながる2号機建屋屋上 等)
(4) 対策後状況観察中	47件(例:汚染水貯蔵タンク(溶接タンク)、タンク堰内溜まり水 等)
(5) 追加対策不要	22件(例:5、6号機使用済み燃料プール 等)

今後、廃炉作業の進捗に応じた環境の変化により、リスクは変化。
この変化を適宜反映しながら継続的に管理 = 定期的に見直し・公表。

有識者や地元の方々等の御意見を踏まえ、福島第一原発全体のリスク低減を目指す。

発電所構内の環境改善

構内の被ばく線量は？

- ◇ 福島第一原子力発電所構内は、除染や敷地舗装などにより、放射線量が低減。2015年5月には、**構内の約9割で全面マスクが不要**となった。
- ◇ **バスによる視察(降車なし)の場合であれば、平服で可能**であり、**一般的コースであれば、視察時の被ばく線量は0.03~0.04 mSv程度**であり、**歯科のX線検診回数に相当**。

＜マスク別の着用エリア＞

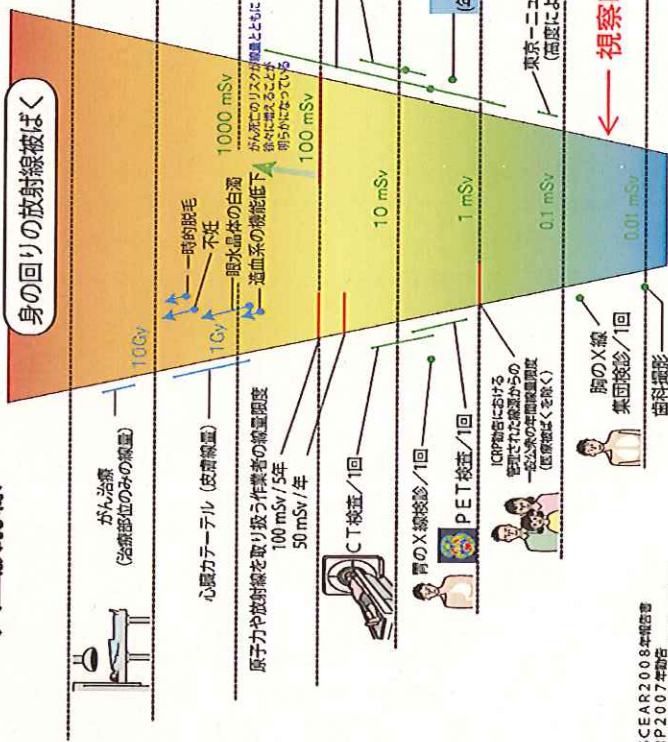


＜バスによる視察の様子＞



＜放射線被ばく早見図＞

人工放射線



【線量の単位】
 各種放射線による吸収線量: Gy (グレイ)
 放射線から組織・細胞の各部分において単位質量あたりにどれくらいエネルギーを受けたかを表す物理的質量。
 放射線量: mSv (ミリシーベルト)
 組織・細胞の各部分で受けた線量を、がんや遺伝的変異の発症について重み付けをして全身で足し合わせた量で、放射線防護に用いる線量。
 各部分に均等に、ガンマ線 1 Gy の吸収線量を全身に受けた場合、実効線量で1000 mSvに相当する。

- ・ UNSCEAR 2008年報告書
 - ・ ICRP 2007年勧告
 - ・ 日本放射線防護協会放射線被ばくガイドライン
 - ・ 新版 生活環境放射線 (国原委員の認定)
- などにより、被ばく率が平成20年3月

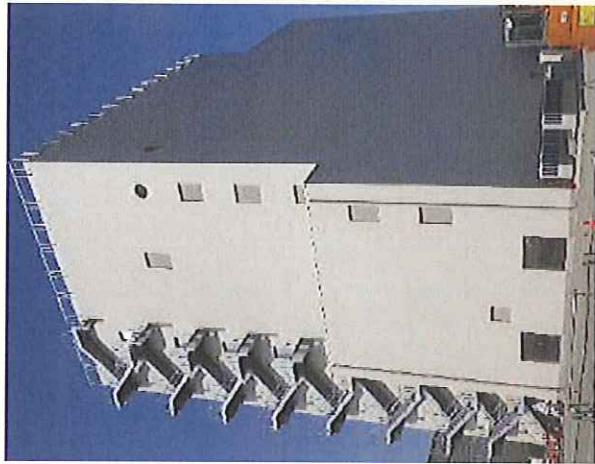
1-1-28

労働環境の改善(大型休憩所の運用開始)

- ◇入退域管理施設の隣接地に大型休憩所を建設し、2015年5月31日から運用開始。
- ◇大型休憩所では、休憩スペースに加え、食堂、会議・打合せ用のスペースや自動販売機を設置。今後売店を設置する予定。
- ◇食堂では、近隣の福島給食センターにて地元の食材等を調理した温かい食事を昼と夜に提供中。

建物概要

- 構造 : 鉄骨造、9階建
- 延床面積 : 6,407.09m² (休憩棟)
176.78m² (渡り廊下)
- 収容人数 : 約1,200人
- 区域 : 非管理区域



外観



内観

1-1-29