

滞留水処理の課題と今後の予定

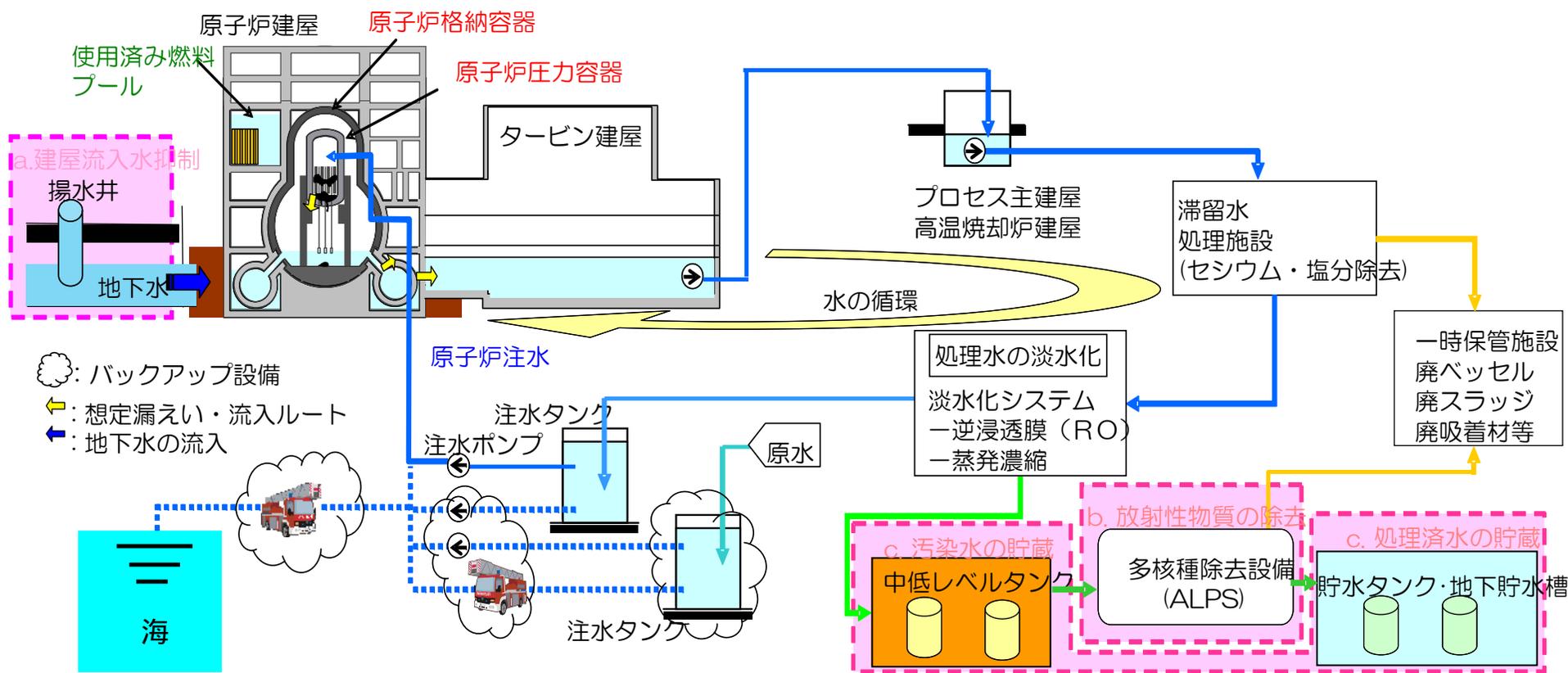
平成24年12月26日
東京電力株式会社



東京電力

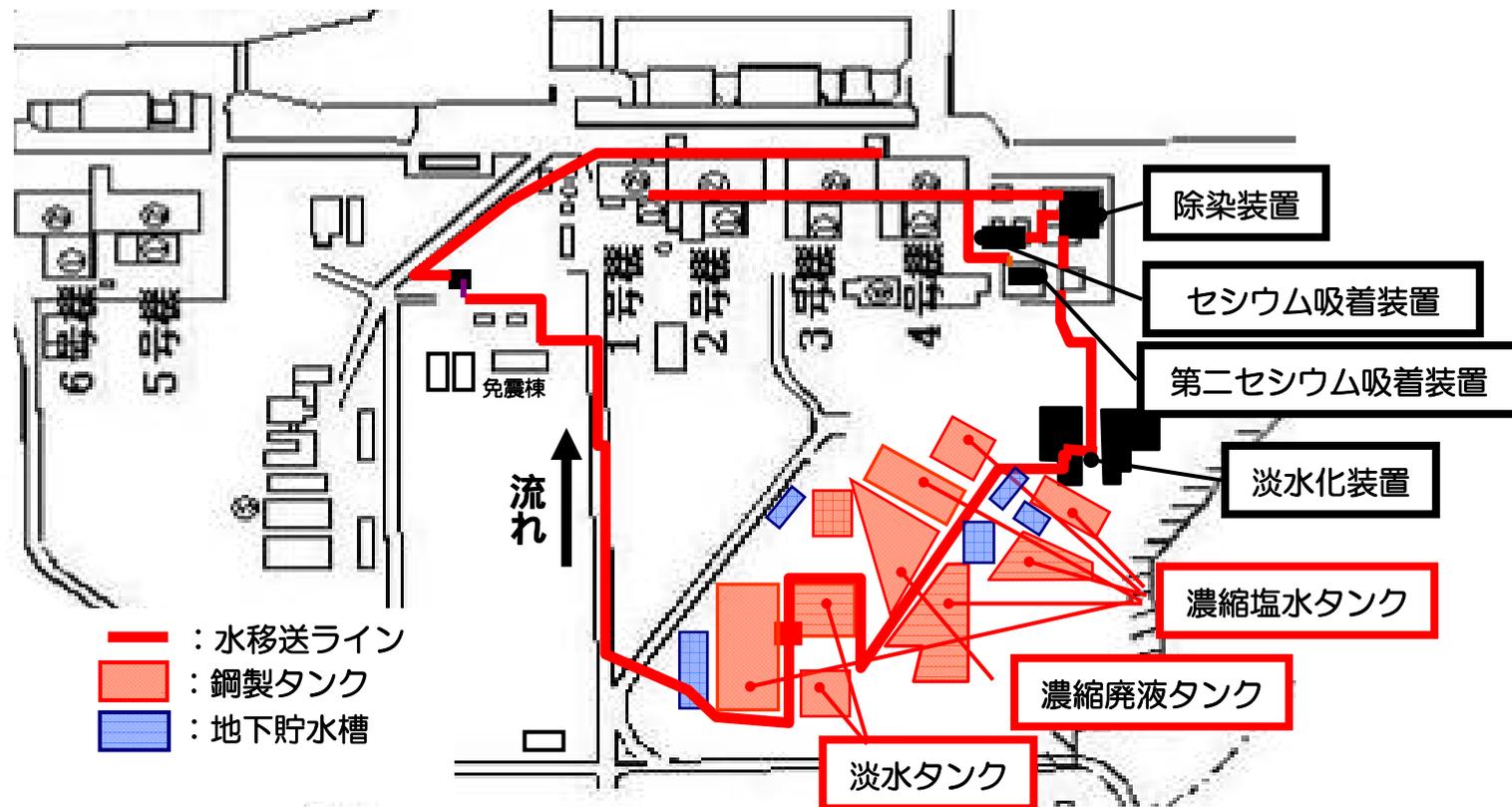
水処理設備の全体概要

- 建屋に滞留する汚染水(滞留水)を水処理装置及び淡水化装置により浄化し、原子炉注水に再利用「循環注水冷却」
- 水処理二次廃棄物(濃縮塩水、廃スラッジ、使用済吸着塔)は、貯蔵タンク及び廃棄物保管施設に一時保管



水処理設備の全体概要

- 配管総延長は、約4kmで、ポリエチレン管により構成
- 循環注水冷却における滞留水の流れは、タービン建屋→水処理装置→淡水化装置→タンク→原子炉→タービン建屋

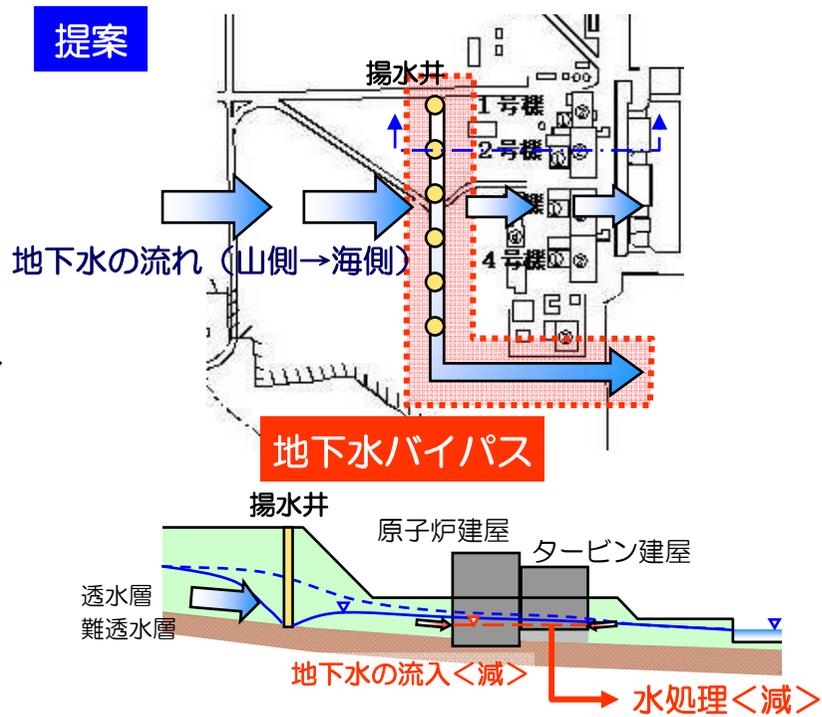
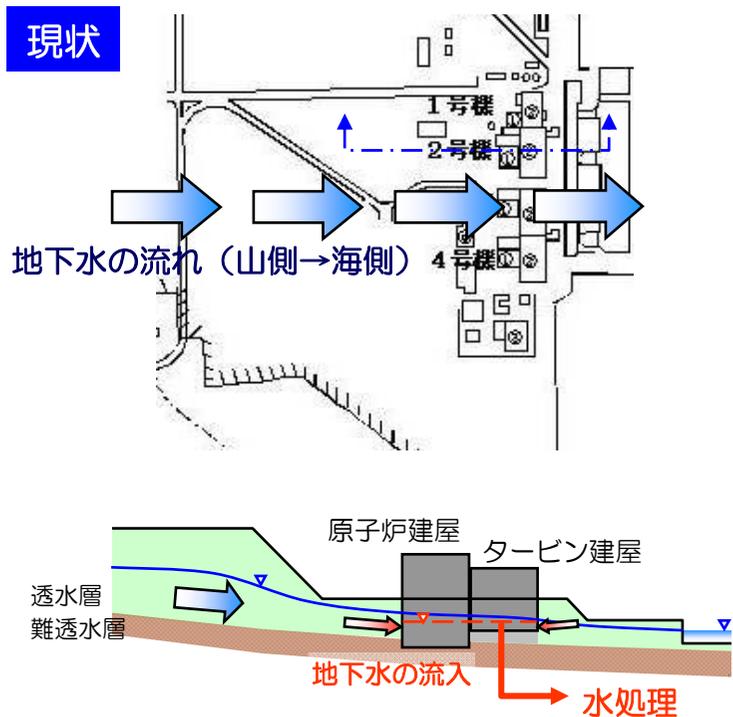


滞留水の貯蔵及び処理状況（H24.12.4現在）

- T / B 建屋内の水位
 - 1号機：OP.2,712mm
 - 2号機：OP.3,112mm
 - 3号機：OP.2,883mm
 - 4号機：OP.2,915mm
- 建屋内滞留水量 約76,200m³（1～4号機の合計）
- 集中廃棄物処理建屋貯蔵量 約19,800m³
- 処理装置の累計処理量 約515,940m³
- 廃棄物発生量
 - 廃スラッジ：597m³（保管容量700m³）
 - 使用済ベッセル：462本（保管容量1,137本）
- 原子炉注水量累計：約266,473m³
 - 1号機：104m³／日
 - 2号機：142m³／日
 - 3号機：139m³／日

地下水流入抑制

地下水バイパス



- 地下水は主に透水層を山側から海側に向かって流れている。
- 海に向かう過程で地下水の一部が建屋内に流入している。
→建屋内滞留水の増加
- 建屋内への地下水流入量抑制のため、サブドレン復旧中。

- 山側から流れてきた地下水を、建屋の上流で揚水し、地下水の流路を変更する。
（地下水バイパス）
- 地下水バイパスにより建屋周辺（主に山側）の地下水位を低下させ、建屋内への流入量を抑制する。
- 引き続き、サブドレン復旧を継続する。

地下水バイパスの揚水試験について

地下水バイパスのパイロット揚水井（最初に作製する2本の揚水井）が12月上旬に掘削完了し、準備が整ったため実証試験を12月14日に開始した。

実証試験では、揚水試験と水質確認試験を実施する。

■揚水試験の方法

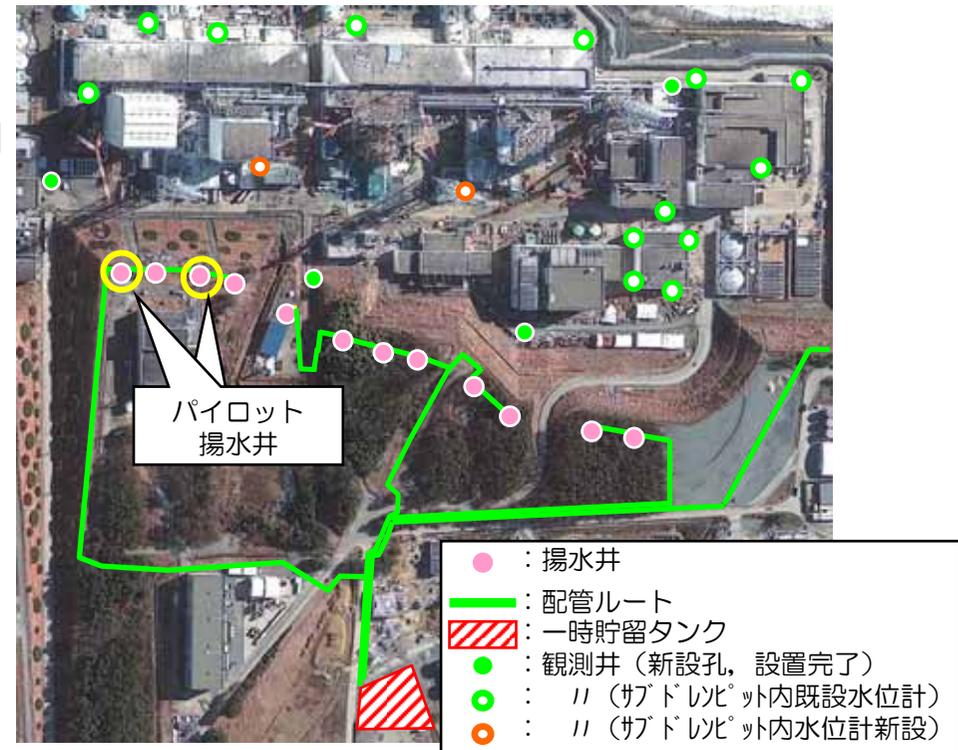
パイロット揚水井からポンプで汲み上げた地下水の流量と水位の変化を計測し、地盤の水の通しやすさを確認する。汲み上げた地下水はもう一方の揚水井に復水する。

■揚水試験の概略工期

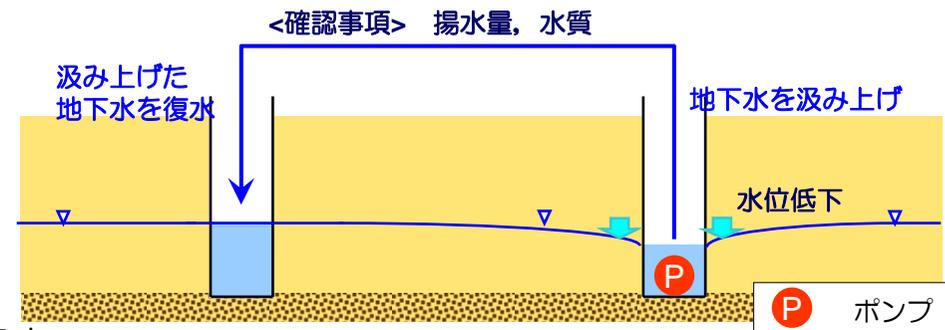
12月14日～（約3週間）

■揚水試験の実施状況

試験は順調に推移しており、データ蓄積を行っているところ。評価結果については取りまとめ次第ご報告する。



パイロット揚水井の位置



揚水試験のイメージ

※他の揚水井については年明けから順次製作する予定

全体工程

■主な工程

- ・10月2日 工事着手
- ・11月22日 揚水井掘削開始
- ・12月14日 パイロット揚水井による実証試験開始

項目		平成24年度									平成25年度	
		5~7	8	9	10	11	12	1	2	3	上期	
事前の地下水 水質確認	水質の現況評価	■										
	水質の調査	■										
詳細設計		■	■									
モニタリング	サブドレップ内水位計											▶
	新設観測孔				■							▶
タンク設置			■	■	■	■	■					
地下水 バイパス 設置工事	準備工（伐採等）				■	■	■	■				
	パイロット揚水井設置 ・実証試験（水質確認含む）					■	■					
	揚水井設置 （水質確認含む）						■	■	■			
	放出設備設置						※	■	■	■	■	▶
地下水バイパス稼働											■	▶

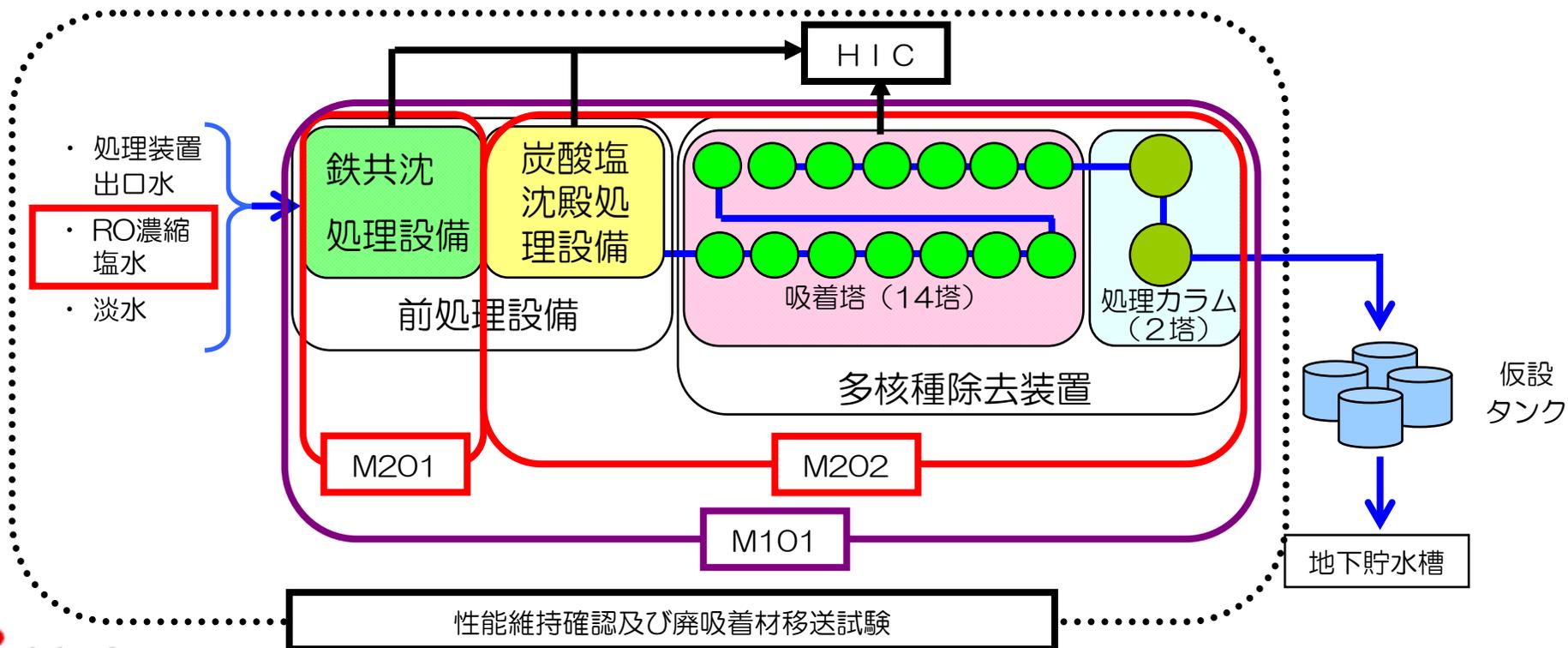
関係者のご理解を得て稼働開始

※ 放出設備の機器仕様、制御方法等の詳細検討及び契約手続きに時間を要したこと、並びにタンク貯留時の追加的汚染混入防止対策に対応した設備設計を追加実施したことにより、放出設備着手時期及び稼働時期を変更

滞留水の貯蔵・管理リスクを低減するための 放射性物質の除去

ホット試験概要

- コールド試験にて、ろ過水による各機器の水張り漏えい確認、機器単体の試運転、系統運転（M101, M201, M202）試験等を実施
 - ホット試験は原則として、処理対象水であるRO濃縮塩水（汚染水）を用いて、以下を実施
 - ① RO濃縮塩水受入試験
 - ② 系統運転（M201, M202）試験
 - ③ 系統運転（M101）試験
 - ④ 性能維持確認及び廃吸着材移送確認
- M101：全体自動運転モード
 - M201：鉄共沈（前処理1）まで
 - M202：炭酸塩沈殿処理から処理カラムによる処理まで



裕度確認試験の実施

- 裕度確認試験の概況（吊上げ高さ6m、緩衝材あり）



落下前



落下後



補強リング取り外し後

容器下部に歪が発生したが、容器本体に異常な損傷がなく、
内容物の漏えいなし

追加落下試験の実施

追加試験条件

	試験体	落下面	落下高さ	落下姿勢	結果
①	HIC (底板20mm, 側板10mmの SUS補強体付き)	鋼板	3m	傾斜 試験体底部角から落下	○ 漏えい無し
②	HIC (底板20mm, 側板10mmの SUS補強体付き)	鋼板	3m	逆さ傾斜 試験体上部角から落下	× 漏えい有り
③	HIC (底板20mm, 側板10mmの SUS補強体付き)	角部	2.6m	垂直 □100mm角棒上への落下	× 漏えい有り

試験結果

追加試験条件①：3m落下（傾斜（底部角から落下））



ケース① 落下前



ケース① 落下後

※補強体底部角に変形が確認されたが、
HICからの漏えい発生無し。

今後の対応

HICの取扱いにおいて安全性と高い信頼性を確保するため、以下の対応とする

■安全性を確保するため

今回の落下試験における**破損理由を解明し、補強体を改造**。想定される落下事象を想定した健全性評価および**落下試験を実施**

その後、**補強後のHICを用いてホット試験を実施**

なお、安全性確保のため、以下の**対策を実施済み**

➤落下事象に対する対策実施

- ・吊上げ、移動訓練（習熟訓練）の実施
- ・HIC吊上げ時の専任監視員の設置
- ・運用手順の整備、クレーン使用前点検の実施

➤吊上げ高さ制限（インターロック）の設定

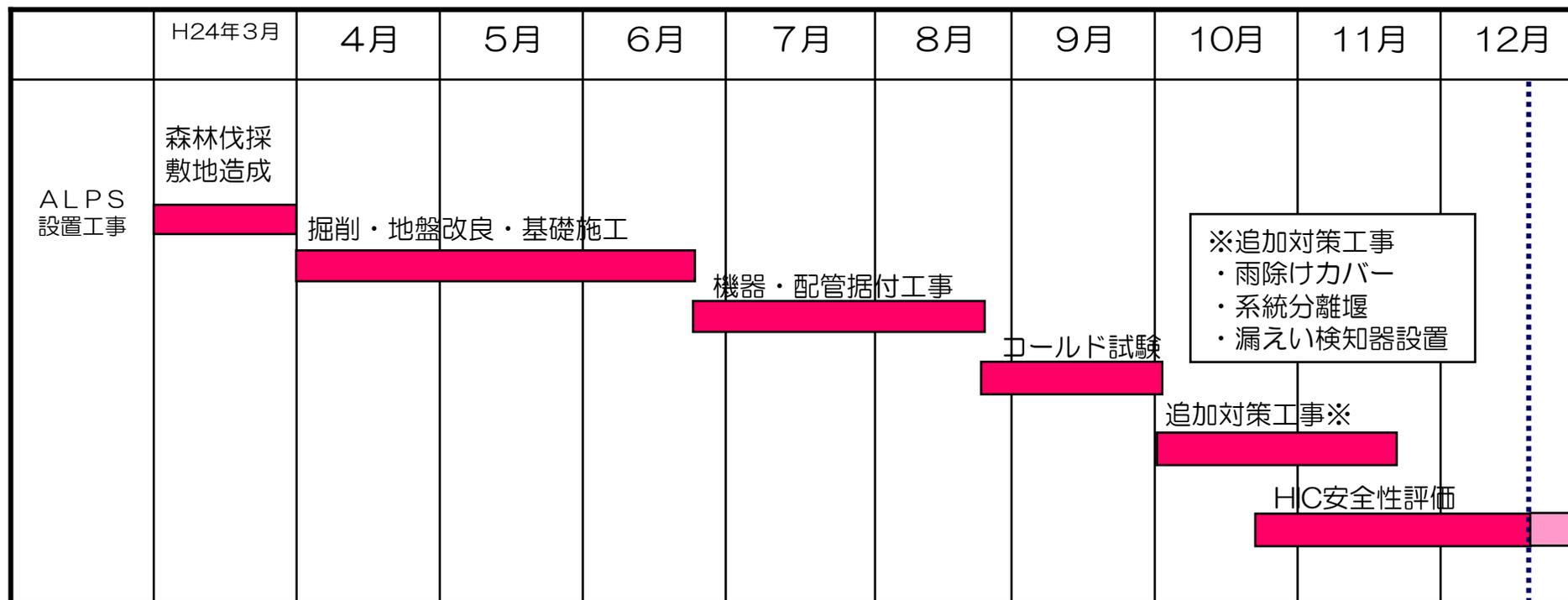
➤落下漏えい時の対応手順整備および回収作業員の被ばく量想定

■更に安全性を高めた廃棄物輸送・保管方法とするため

ホット試験と並行して、更なる安全対策（金属製容器の設計）について検討し
高信頼性廃棄物輸送・保管方法にて、本格運転を実施

多核種除去設備の設置工事実績と予定

■ 実績と予定



- ✓ HIC取り扱い時の安全性評価を実施後、汚染水を用いた通水試験（ホット試験）により設備の性能を確認し、実運用に移行
- ✓ 雨天時の漏えい検知を確実にするため、今後上屋(屋根)を設置予定（建屋寸法：約60m×60m×高さ19m）

今後の予定

■今後の予定

補強体を改造し、健全性評価及び**落下試験を実施。**
その後、**補強後のHICを用いてホット試験を実施。**

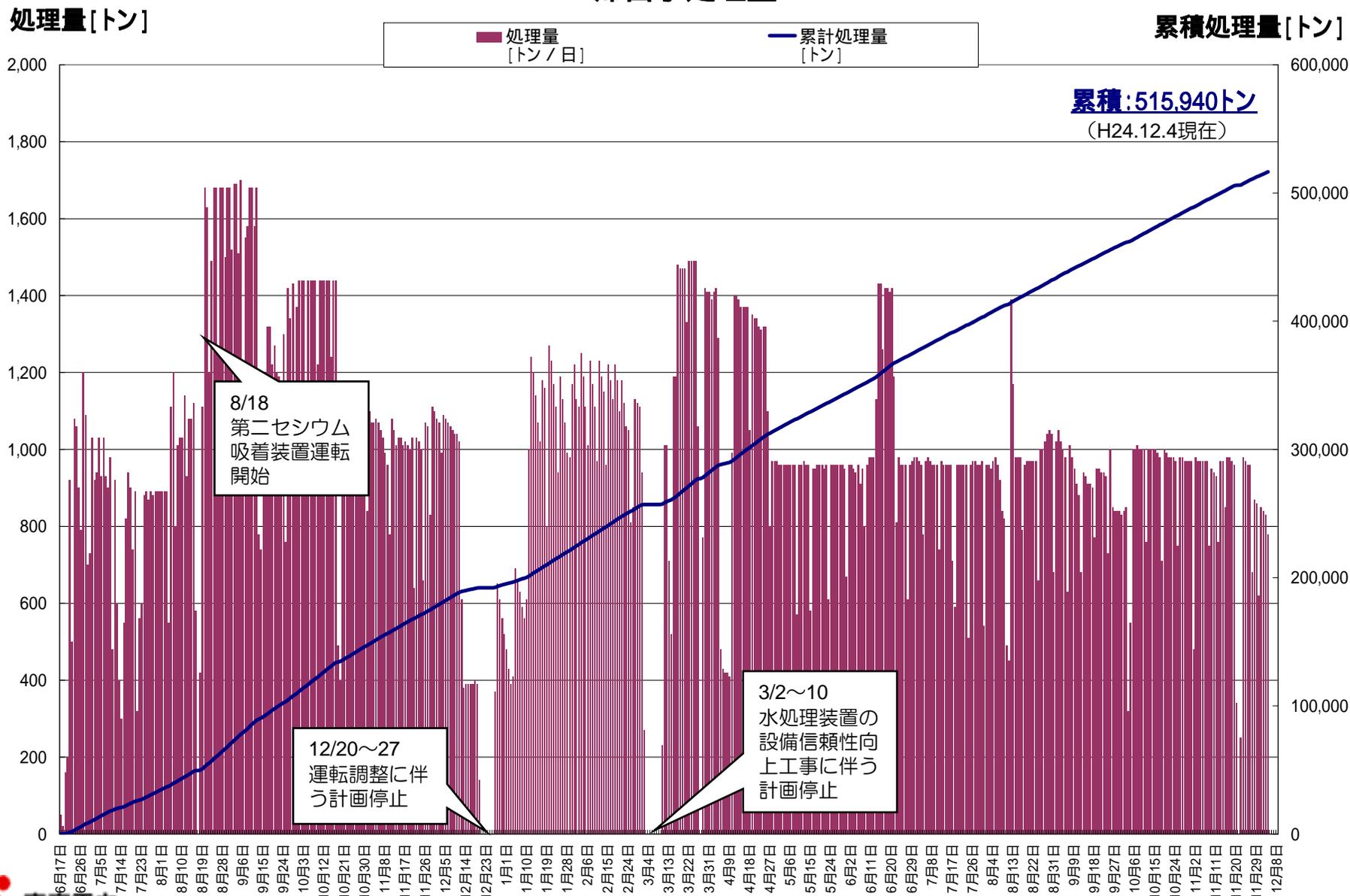
H24年12月	H25年1月		
下旬	上旬	中旬	下旬
..... 補強体改造の検討			
..... 補強体改造後の健全性評価・落下試験		

 工程調整中

汚染水・処理済水の貯蔵

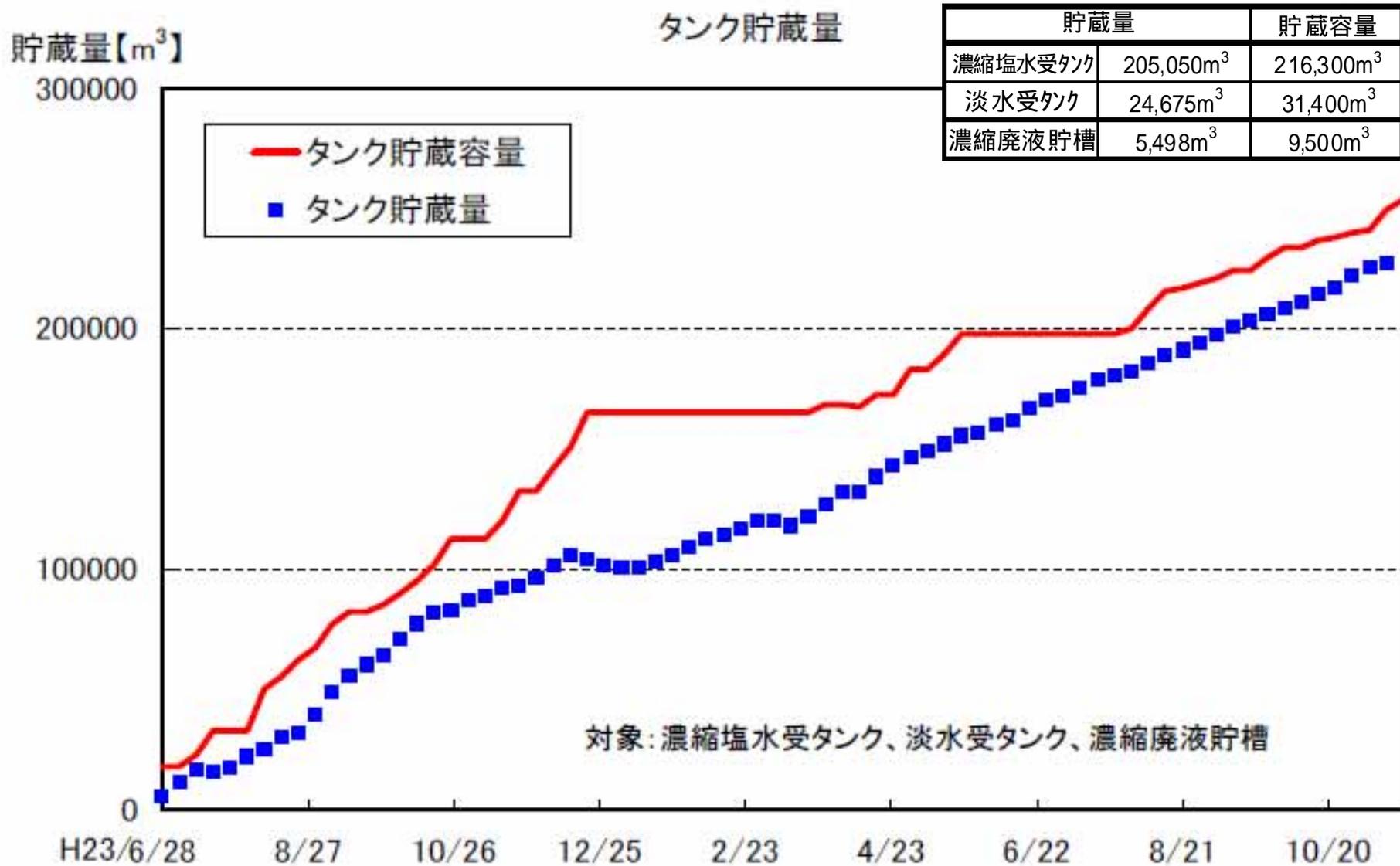
水処理量 (H23.6.17~H24.12.4)

滞留水処理量



タンク貯蔵量

H24.12.4現在



1～4号機の廃止措置等に向けた中期スケジュール(抜粋)

: 現場作業
 : 研究開発
 : 検討

2012年7月30日改訂版

2012年12月現在

課題		平成23年度	平成24年度	平成25年度	平成26年度
原子炉の冷却計画		原子炉冷温停止状態の維持・監視			
		格納容器内の部分的観察			
滞留水処理計画		現行処理施設による滞留水処理		信頼性を向上させた水処理施設	
		現行設備の信頼性向上等		による滞留水処理	
		循環ライン縮小検討		検討結果に応じた工事実施	
		サブドレンピット浄化・復旧		サブドレン設備順次稼動	
		地下水バイパス設置工事 / 順次稼動		地下水流入量を低減	
		多核種除去設備の設置		構内貯留水の浄化	
海洋汚染拡大防止計画		遮水壁の構築			
放射性廃棄物管理及び敷地境界の放射線量低減に向けた計画	ガレキ等	遮へい等による保管ガレキ等の線量低減実施		低減努力継続	
	水処理二次廃棄物	遮へい等による保管水処理二次廃棄物の線量低減実施		低減努力継続	
使用済燃料プールからの燃料取出計画	1～4号機使用済燃料プール	ガレキ撤去 / プール燃料取出用カバーの設置 / 輸送容器の調達 / 燃料取扱設備の設置又は復旧			プール燃料取出
	共用プール	共用プール復旧		共用プール燃料取出 / 設備改造	
燃料デブリ取出計画	建屋内除染	除染技術調査 / 遠隔除染装置開発		建屋内除染・遮へい等 継続	
	格納容器漏えい箇所調査・補修	格納容器調査・補修装置の設計・製作・試験等			漏えい箇所調査
	燃料デブリ取出	格納容器内調査装置の設計・製作・試験等		格納容器外部からの調査	
実施体制・要員計画		協力企業を含む要員の計画的育成・配置, 意欲向上策の実施 等			
作業安全確保に向けた計画		安全活動の継続, 放射線管理の維持・充実, 医療体制の継続確保 等			



水処理に係る主要工事の工程対比

- 水処理に係る主要工事につき、目標工事と比べ遅れが発生しており、対策を検討中。
- 貯留する滞留水の保有水量低減および浄化は、福島第一の安定化に向けた重要課題と認識しており、早期実現に向け努めてまいりたい。
- なお、下記状況を踏まえても滞留水を適切に福島第一の構内に貯留できており、直ちに問題となるものではないと考える。

	ロードマップ 工程との対比		運営会議提示 目標工程との対比		理 由	見 通 し	遅れの影響
多核種 除去装置	遅れ	H24年下期より ホット試験開始 予定	遅れ	H24年10月より ホット試験開始 予定	設備追加・改造（雨除けカ バー設置、堰の追加、高性能 保管容器健全性確認）の対応 時間増加	追加対策（高性能容器に補強 体追加し落下試験）後、H25 年1月目途にホット試験開始 予定。平行して高信頼性容器 を検討。	本格運転（500m ³ /d）の開始 時期が約1ヶ月遅れることで 濃縮塩水処理期間が約4ヶ月 延びる
地下水 バイパス	オンスケ	H25年上期まで に順次稼働予 定	遅れ	H24年12月より 部分稼働予定	放出設備の詳細検討の遅れ （機器仕様・制御方法等）。 追加的汚染防止対策の追加 実施。	パイロット揚水井による実証 試験実施中。H25年3月末日 途に揚水性、放出設備を設置 し装置稼働予定。	余剰水となる地下水流入量 （400m ³ /日）の抑制（200m ³ / 日）による滞留水発生量低減 （6000m ³ /月）の達成時期が 延びる
サブドレン 浄化	遅れ	H25年度以降に 順次設備稼働 予定	遅れ	H24年度に一部 ピットの浄化復 旧、H25年度以 降にピットの新 設等を実施	1-4号機サブドレンの浄化試 験にて目標水質を達成せず （ピット内面の付着物、浮遊物 の除去&核種分析）。	ピット内の水抜きできず完全 な浄化困難、かつ周辺工事と の干渉により復旧困難なピッ トがあり、浄化方法、復旧方 法について検討。	建屋止水までには達成を期待 するが、タンク増設計画に対 しては影響なし（地下水パイ パス効果のみで評価）
タンク 増設	オンスケ	処理水等が貯 留可能となるよ うにタンク運用 計画を策定	遅れ	H24年11月末ま でに約30万m ³ 設置予定	追加対策（敷地造成、地盤強 化等）の実施。	順次、地下貯水槽、鋼製丸型 タンクを増設中（H24年12月ま でに34万m ³ 設置予定）	余剰水発生量に対し余裕が あるようタンク増設しており、 現状の遅れ考慮しても滞留水 貯留可能。ただし、多核種除 去装置運転開始遅れによりタ ンクの用途変えが必要

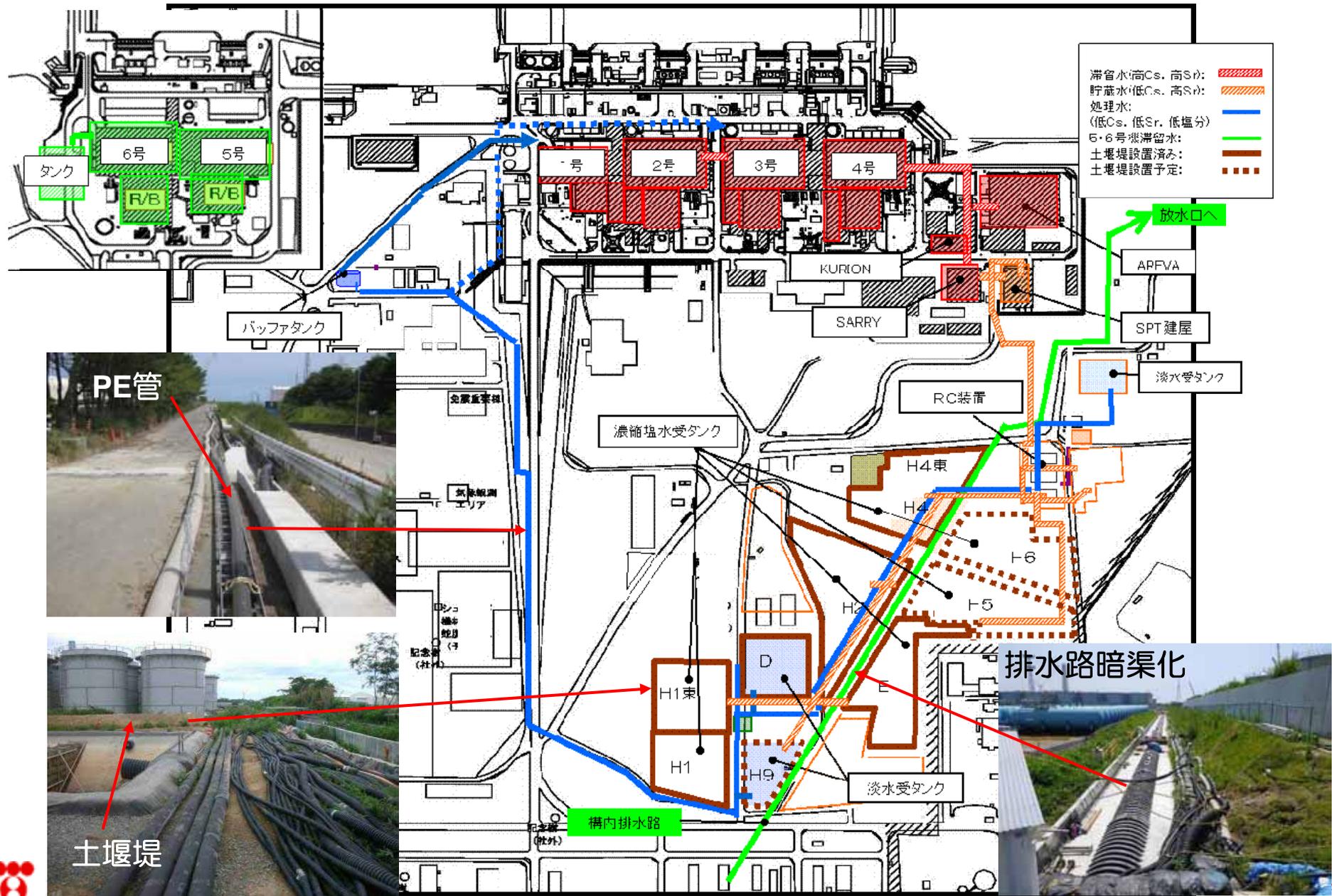
参考資料

設備の信頼性向上、漏えい防止対策

設備不具合事象及び淡水化装置廃液漏えい事象に鑑みて、設備信頼性向上及び系外漏えい対策を実施。

- セシウム吸着装置（KURION）の外付けポンプ等の追設
- 油分分離装置処理水移送ポンプの追設
- 第二セシウム吸着装置（SARRY）のコンプレッサの追設及び取水元の多様化
- 信頼性の高いPE管（ポリエチレン管）への取替
- 漏えい水流出防止を目的とした、タンク廻りへの堰等の設置、構内排水路の暗渠化
- 早期の漏えい検知を目的とした、漏えい検知器及び監視カメラの設置

汚染水漏えい防止対策



地下水バイパス 施工進捗状況

■実施中の主な作業（11/29時点）

- ・揚水井設置（2/12箇所）
- ・伐採，ヤード造成
- ・一時貯留タンク設置工事



地下水バイパス パイロット揚水井の水質確認試験について

パイロット揚水井の地下水を採取し、核種分析により水質確認試験を実施中。

- 実証試験の開始にあたり、パイロット揚水井の地下水についてセシウム-137の分析を行い、検出限界未満（検出限界値：0.1ベクレル/リットル以下）であることを確認した。
- 放水の許容目安値 1 ベクレル/リットル以下であることは満足しているが、今後、福島第一及び柏崎刈羽原子力発電所ならびに第三者機関にて、下表の通り、更なる詳細分析を実施予定。

	パイロット揚水井の地下水の水質確認内容
分析項目 (検出限界値)	セシウム-137 (0.01ベクレル/リットル) ストロンチウム-90 (0.01ベクレル/リットル) トリチウム (3ベクレル/リットル) 全アルファ (4ベクレル/リットル) 全ベータ (7ベクレル/リットル)
分析期間	平成24年12月下旬～平成25年2月の予定
評価方法	周辺の海域や河川の放射性セシウム濃度（1ベクレル/リットル以下）に比べて十分に低いことを確認する。また、敷地内の深井戸と同等レベルであることを確認する。

【参考】放射性セシウム濃度に関する規制値等の例

(飲料水)	セシウム-134 +セシウム137	≦ 10ベクレル/リットル
(魚介類)	セシウム-134 +セシウム137	≦ 100ベクレル/kg
(告示濃度)	セシウム-134：60ベクレル/リットル、セシウム-137：90ベクレル/リットル	
(環境省調査※)	セシウム-134,137の検出限界値	= 1ベクレル/リットル

※ 環境省が実施している、地下水質、及び公共用水域における放射性物質モニタリング

多核種除去設備の概略機器構成

● 前処理設備

・ 鉄共沈処理設備

- α核種の除去、Co-60、Mn-54等の除去
- 原水に次亜塩素酸ソーダ、塩化第二鉄を添加した後、苛性ソーダでpH調整して水酸化鉄を生成させ、凝集沈殿させる

・ 炭酸塩沈殿処理設備

- Sr吸着阻害イオン（Mg、Ca等）の除去
- Sr-89、90の除去（粗取り）
- 鉄共沈処理済み水に炭酸ソーダと苛性ソーダを添加し、2価の陽イオンの炭酸塩を生成させ、凝集沈殿させる

● 多核種除去装置（吸着塔、処理カラム）

- ・ 処理対象水に含まれるコロイド状及びイオン状の放射性核種を選択的に吸着させる。
- ・ 吸着材は、所定の容量を通水した後、高性能容器へ排出される。また、処理カラムに含まれる吸着材は、所定の容量を通水した後、処理カラムごと交換する。

表1 多核種除去装置の吸着材種類と必要塔数

No.	収容	吸着材の組成	主な除去対象核種	塔数
1	吸着塔	活性炭	コロイド	1
2		チタン酸塩	Sr (M ²⁺)	3
3		フェロシアン化合物	Cs	2
4		Ag添着活性炭	I	2
5		酸化チタン	Sb	2
6		キレート樹脂	Co (M ²⁺ , M ³⁺)	4
7	処理カラム	樹脂系吸着材	Ru, 負電荷コロイド	1 (1) ※1

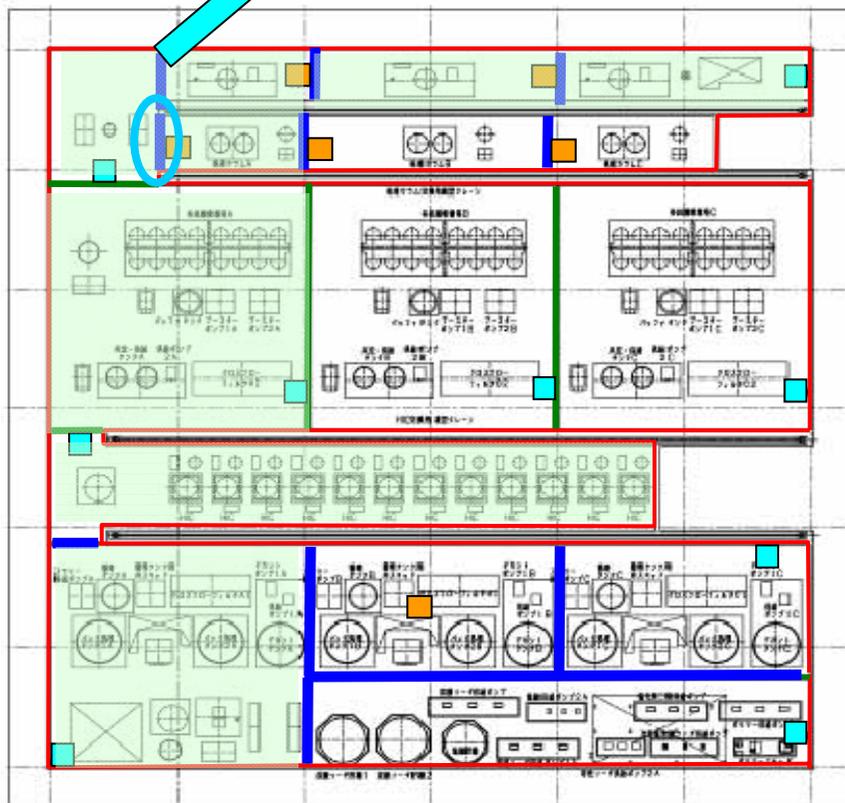
※1 無機処理前カラム2塔のうち1塔は予備

多核種除去設備ホット試験開始に向けた準備（設備面の対応）

堰の増設



- A系の漏えいにより他系統へ悪影響を及ぼさないよう、堰による漏えい拡大防止処置を実施し、拡大防止堰増設箇所へ床漏えい検知器を増設
- 雨除けカバーを敷設し、床面に水溜まりが発生するのを防止



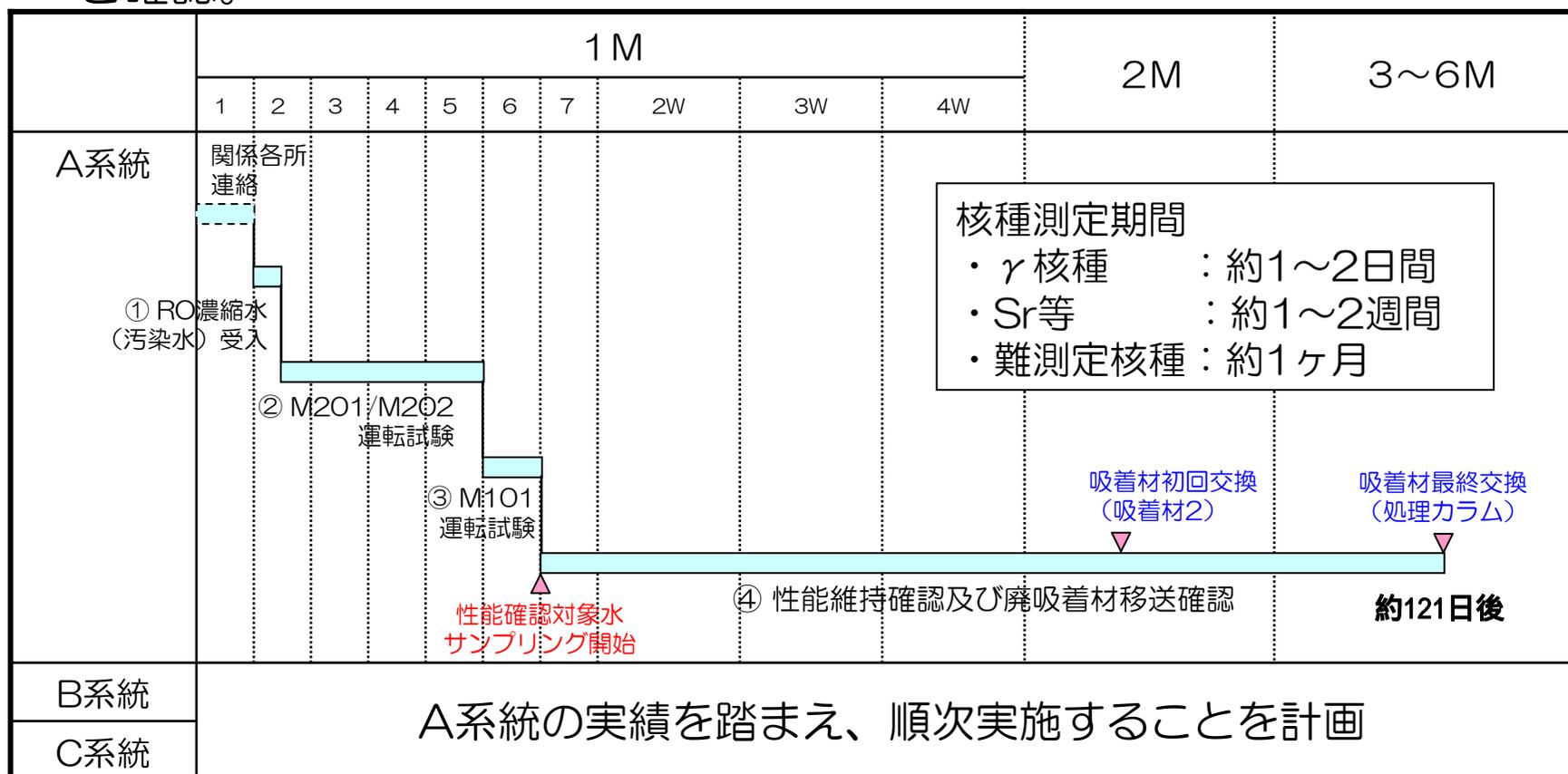
雨除けカバー（北側から撮影）



- : 堰(高さ500mm)(既設)
- : 堰(高さ100mm)(既設)
- : 堰(高さ100mm ~ 300mm)(増設)
- : 雨よけカバー敷設エリア
- : 漏えい検知器設置箇所(既設)
- : 漏えい検知器設置箇所(増設)

多核種除去設備ホット試験スケジュール

- ホット試験開始当初は、24時間体制で監視予定。
- 性能確認のためのサンプリング水の採取は、M101運転開始後、系統流量が安定したタイミングから開始予定。以降、適宜サンプリングと核種測定を実施。
- 除去対象核種（62核種）に対して、告示濃度限度を満足していることを確認。



多核種除去設備稼働による汚染水（RO濃縮水）の貯蔵量変化

<前提条件>

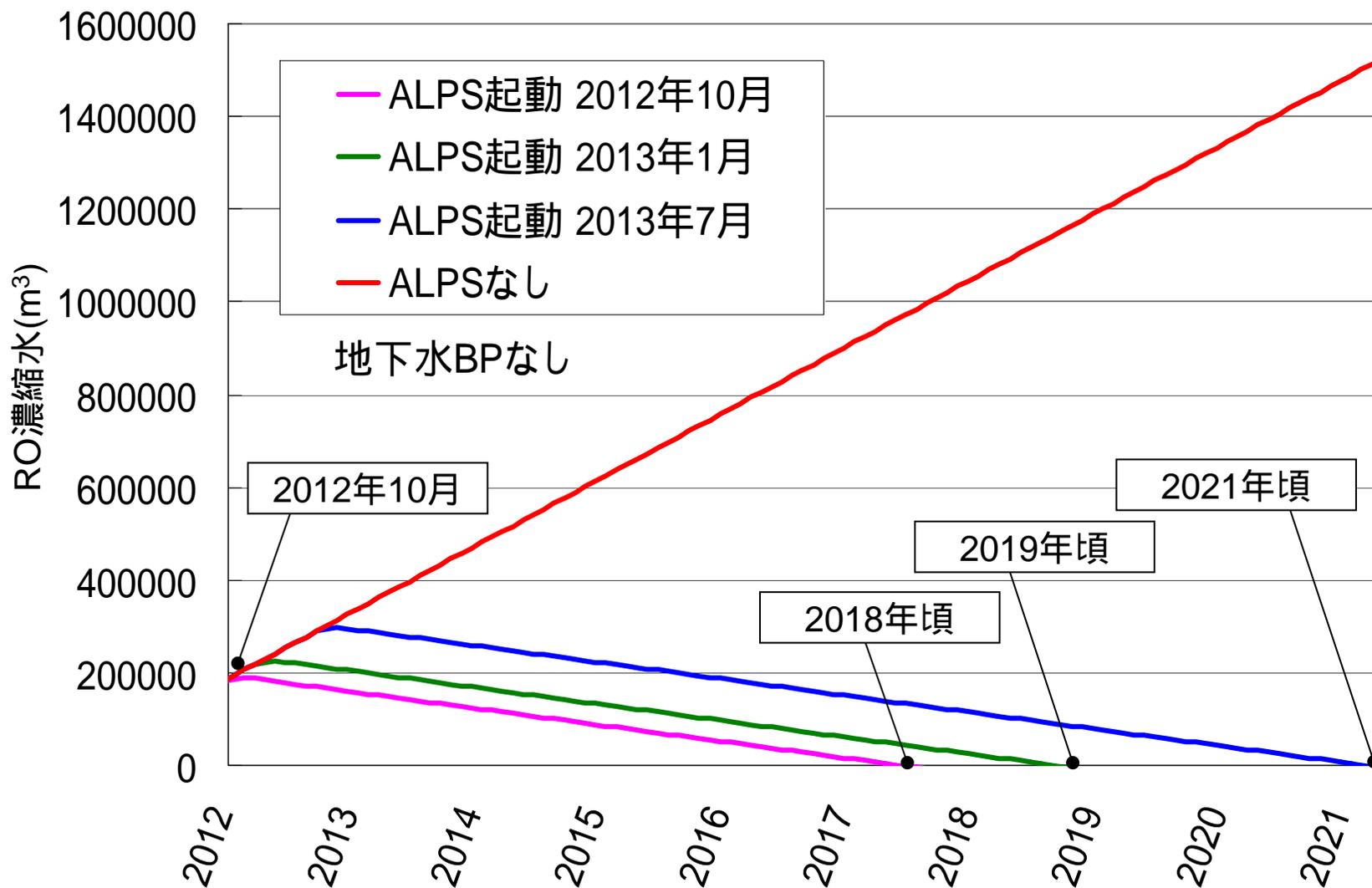
- ・ 地下水流入量：400トン/日
- ・ ALPS処理量：処理開始時 250トン/日
2ヶ月後以降 500トン/日
- ・ 地下水バイパスによる地下水流入量低減は考慮しない

<概略シミュレーション実施>

ALPS稼働時期をパラメータとして汚染水の貯蔵量の概略シミュレーションを実施

- ケース①H24年10月 ALPS稼働（当初予定）
- ケース②H25年1月 ALPS稼働（現時点の想定）
- ケース③H25年7月 ALPS稼働（想定以上の遅延）

多核種除去設備稼動による汚染水（RO濃縮水）の貯蔵量変化



多核種除去設備 HIC追加落下試験条件の選出

■追加落下試験条件の選出

これまで落下試験で確認されている落下条件「垂直落下・落下面（平面）」に加え、運用上発生し得る落下条件として二次落下・角部落下・HIC上への落下を考慮し、追加落下試験条件の選出を行った。

1. 二次落下

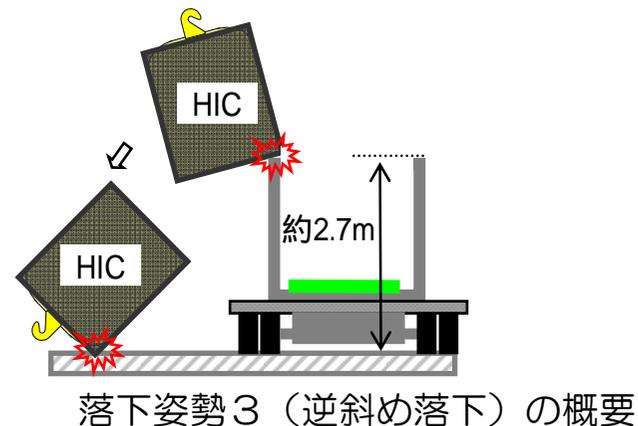
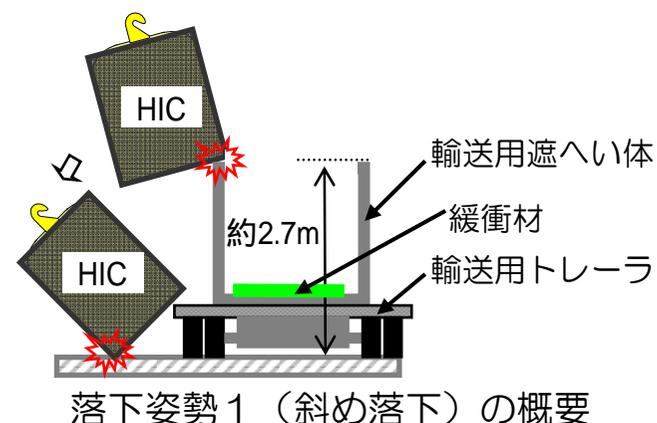
HIC遮へい体等上に落下した場合、床面への二次落下が発生する可能性を考慮

最大落下高さ：2.7m

二次落下高さが最も高くなる輸送用遮へい体（高さ約2.7m）の高さから設定

落下姿勢：1. 斜め、2. 水平、3. 逆斜め

落下時のHIC容器の変形が大きいと想定される斜め・逆斜め落下を落下試験条件として選出（追加落下試験条件①、②）



多核種除去設備 HIC追加落下試験条件の選出

2. 角部落下（HIC遮へい体等への落下）

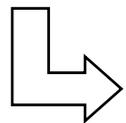
HIC遮へい体等の側板上に落下した場合を考慮

最大落下高さ：2.6m

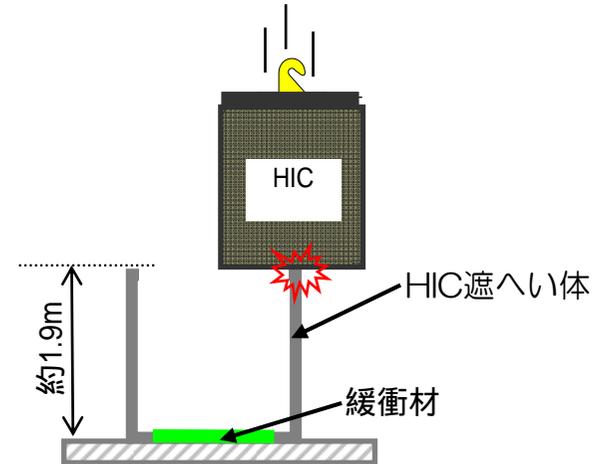
多核種除去設備設置エリアでの最大吊上げ高さ4.5mから、HIC遮へい体側板上（高さ約1.9m）への落下条件から設定

落下姿勢：

1. HICの重心が落下面上に位置するケース
2. HIC外周がHIC遮へい体側板上へ落下後、HIC遮へい体内側へ転倒、HIC側面が二次衝突するケース



落下時のHIC容器の変形が大きいと想定される落下姿勢1を落下試験条件として選出（追加落下試験条件③）



落下姿勢1の概要



落下姿勢2の概要

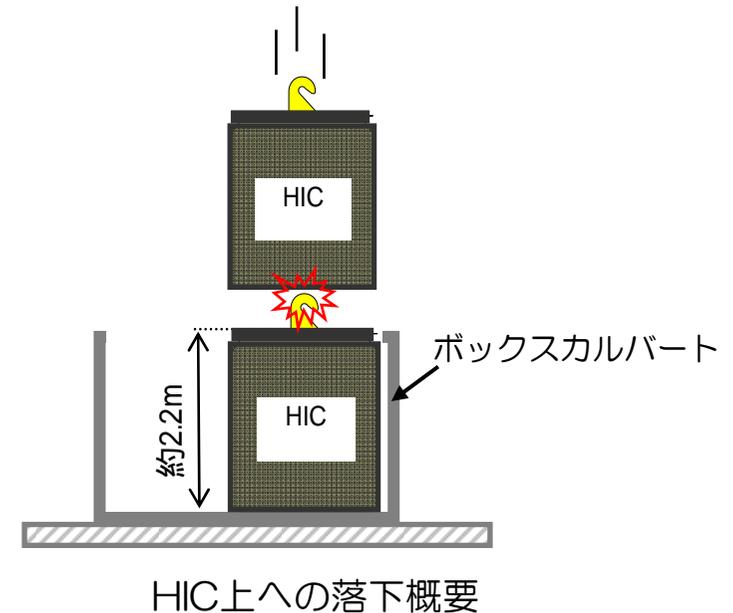
多核種除去設備 HIC追加落下試験条件の選出

3. 収容済のHIC上への落下

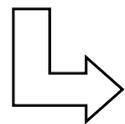
HICを貯蔵する一時保管施設（第二施設）において、ボックスカルバート内に収容済のHIC上へ落下した場合を考慮

最大落下高さ：0.8m

HICを貯蔵する一時保管施設（第二施設）での最大吊上げ高さ3mから、HIC遮へい体側板上（高さ約2.2m）への落下条件から設定



落下姿勢：垂直



落下高さが低いため、落下試験ケース③に包絡される。

また、二次落下が発生する場合は、落下試験ケース①、②に包絡される。

滞留水貯留タンクの増設計画

- 現状（12月4日現在）の滞留水処理水の貯蔵量は約23.5万m³であり、タンクの貯蔵容量は約27.4万m³となっている。
- 現在、順次タンクを増設しており、本年12月末までに約32万m³まで貯蔵容量を増加させる予定である。
- また、今後、平成25年上期までに約40万m³まで貯蔵容量を増加させる予定である。更に敷地南側エリアに約30万m³の増設を進める。

（単位：m³）

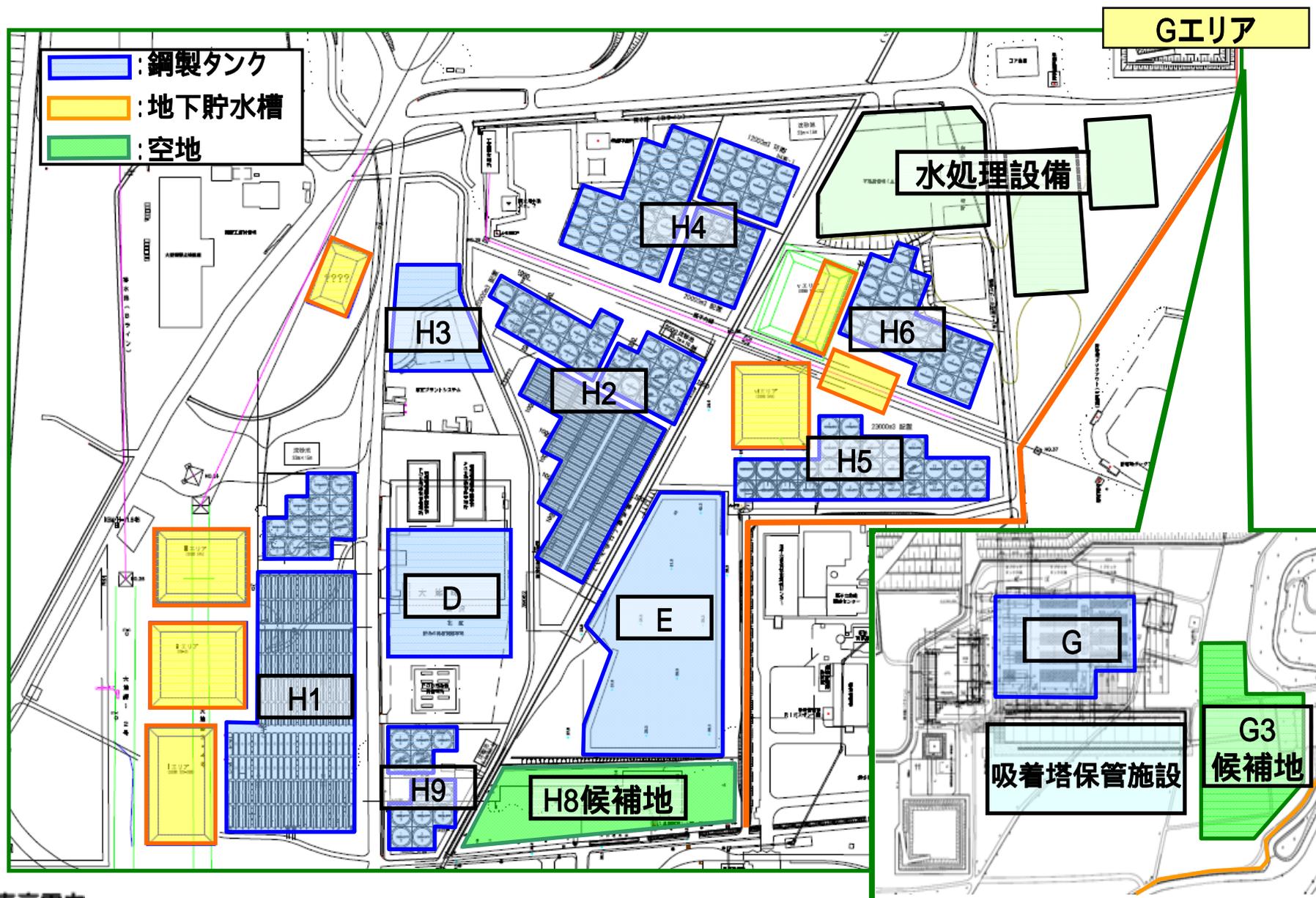
	貯蔵量 （12月4日 現在）	貯蔵容量 （12月4日現 在）	増設中	計画中 （H8,G3）	容量合計 （増設後）	更なる増設
淡水受タンク	24,675	31,400	-	-	31,400	-
濃縮水受タンク等	205,050	216,300	4,000	80,000	300,300	約300,000
濃縮廃液貯水槽	5,498	9,500	-	-	9,500	-
地下貯水槽	0	17,000	41,000	-	58,000	-
合計	235,223	274,200	45,000	80,000	399,200	総容量 約700,000

※ 計画量であり、貯蔵容量は変更となる。

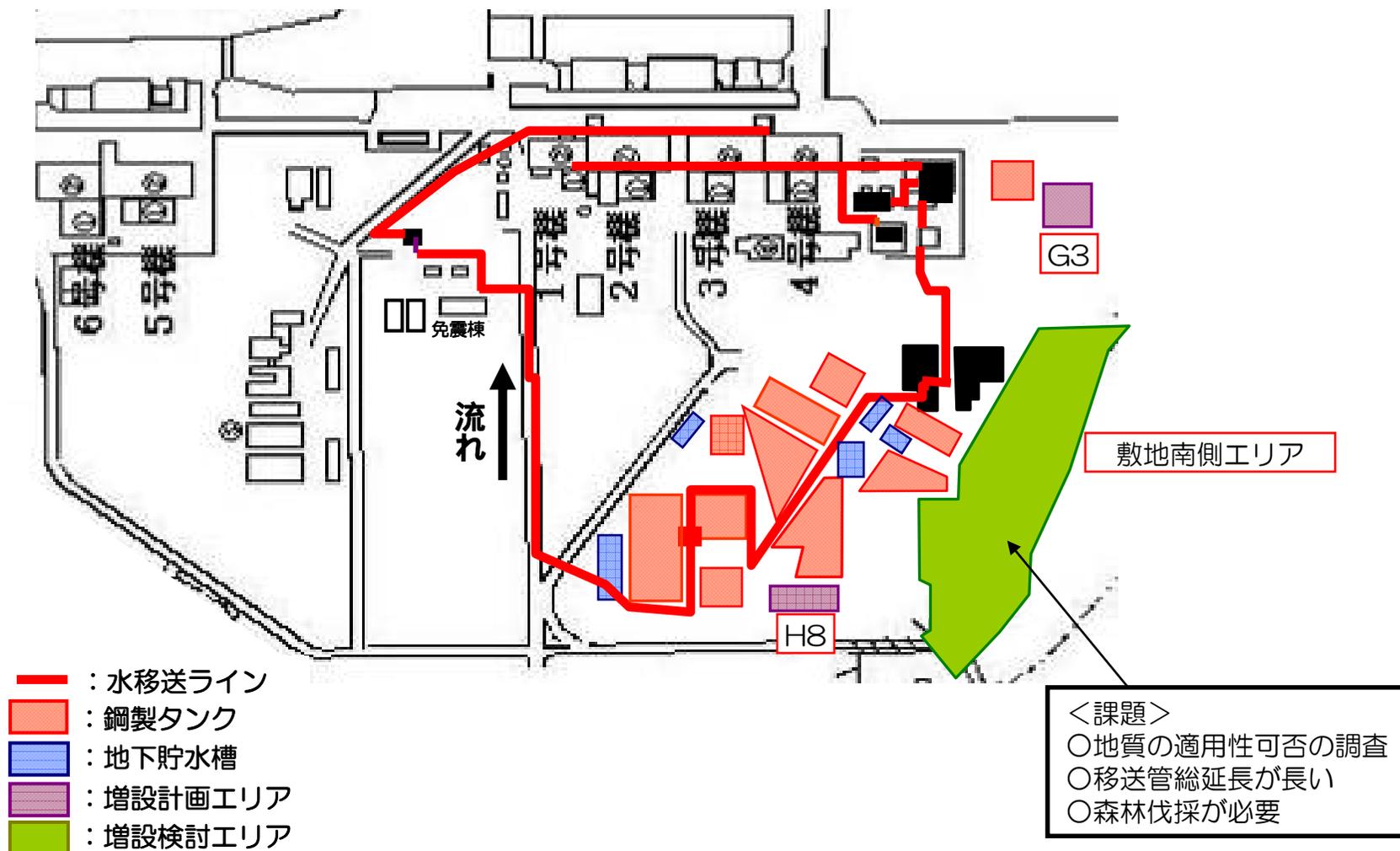
滞留水貯留タンクの増設計画

- 設置中の地下貯水槽及び角形タンクのリプレース、着手中のH8, G3エリア（約80,000m³（G3エリアの更なる増設も検討中））によりタンクの貯蔵容量はH25年度上期中に約40万m³確保される。
- 3年後に必要なタンク容量は、地下水バイパスによる流入量抑制がある場合は約60万m³、無い場合は約70万m³であり、地下水バイパスによる効果を確認しながら、増設を進める。
- 敷地南側エリア（面積：約10万m²）に鋼製円筒型タンク（1,000m³）で30万m³程度は設置可能と判断されることから、この場所の伐採、地質調査・測量による設置エリアを確認し、造成及びタンク設置を進める。
- タンク増設検討と並行して、①地下水バイパス等による地下水流入抑制対策、②建屋滞留水の塩分濃度及び放射能濃度の低減による循環ループ縮小化をできるだけ早期に実現し、滞留水発生量を抑制・低減に努める。
- なお、タンク増設スペースの確保及び放射性廃棄物（余剰タンク）削減の観点から多核種除去装置処理により空タンクとなったRO濃縮水受タンクに処理水を貯留することでRO濃縮水受タンクを再利用していく。

滞留水貯留タンク設置状況



滞留水貯留タンク増設エリアの検討



滞留水貯留タンク増設に関わる今後の計画

- 伐採・地質調査・測量
 - 地盤の強度が不明のため地質調査
 - 造成の計画・排水計画を立てるため測量
- 信頼性対策
 - タンク基礎周辺漏えい防止堰
 - エリア周辺の漏えい防止土堰堤・大型土嚢
- 特に境界フェンス沿いの排水計画の検討
 - タンク設置箇所の造成計画高さ
- 境界における線量
 - 滞留水である多核種除去設備処理水は境界線量に影響はない
- 周辺監視区域フェンスの移設に関する検討・調整