

陸側遮水壁タスクフォースにおける検討状況について

1. 設置目的

平成25年5月30日の第3回汚染水処理対策委員会において報告された「地下水の流入抑制への対策」において、東京電力が取り組んでいる地下水バイパス、建屋近傍のサブドレンによる地下水位の管理等の対策に加え、追加的な対応策も含めて重層的に施策を進め、信頼性の高い全体計画とする必要があり、凍土方式による陸側遮水壁（以下「凍土壁」という。）の設置が適切であるとされた。

本タスクフォースでは、凍土壁について、その早期実現等のため、土木、水位管理の専門家に加えて、凍結工法の専門家が参画する実務的なタスクフォースを汚染水処理対策委員会の下に設置して、概念設計、施工計画の策定等の評価、進捗管理等を行っている。

2. 委員名簿

参考1を参照。

3. 開催状況

平成26年4月28日現在で、計9回を開催。

		主な議題
第1回	平成25年7月1日	<ul style="list-style-type: none"> 陸側遮水壁タスクフォースの設置 陸側遮水壁の今後の進め方
第2回	平成25年8月8日	<ul style="list-style-type: none"> フィージビリティスタディ（以下、FS）事業の進め方
第3回	平成25年8月20日	<ul style="list-style-type: none"> FS事業の進め方、事業内容
第4回	平成25年11月15日	<ul style="list-style-type: none"> 基本設計方針 FS事業の進捗
第5回	平成25年12月3日	<ul style="list-style-type: none"> 基本設計 FS事業の進捗
第6回	平成25年12月20日	<ul style="list-style-type: none"> 基本設計 FS事業の進捗
第7回	平成26年2月25日	<ul style="list-style-type: none"> 凍土壁運用時の水位管理方法 FS事業の進捗

第8回	平成26年3月18日	<ul style="list-style-type: none"> ・凍土壁運用時の水位管理方法 ・FS事業の進捗
第9回	平成26年4月16日	<ul style="list-style-type: none"> ・凍土壁運用時の水位管理方法 ・FS事業の進捗 ・大規模実証事業の進捗 ・工程上の検討事項

4. 検討経緯

凍土壁は、汚染源に地下水を「近づけない」対策のうち、抜本策の柱としてその構築に必要な検討を進めてきている。具体的には、1～4号機の建屋周囲を凍土壁で取り囲む大規模整備実証事業及び大規模整備実証事業に先だって、確立すべき技術の実証を行うFS事業に関し、設計、施行計画の検討を行うとともに、これらの進捗管理を行ってきた。

(1) FS事業

国からの委託事業として、鹿島建設が実施主体となり昨年8月9日から事業を開始しており、その進捗状況の確認を行ってきた。FS事業では、大きく分けて、①小規模遮水壁実証実験、②埋設物存在箇所での施工技術成立性検証試験、③高地下水流速下実証試験、④リチャージ特性評価試験を実施してきている。その中で、主に実証試験の試験計画、試験結果の評価方法等に対し議論を重ね、必要に応じ、実証試験へ反映してきた。

具体的には、小規模遮水壁実証試験における測温管の配置の見直しを行い、凍土壁の閉合確認に必要なモニタリング体制の強化、地下水の流れの解析に必要なパラメータ（地盤の透水係数や地盤の物理特性等）について、現地での調査項目や室内試験の試験項目を増やすなどのデータの拡充を、指摘結果を受けて行ってきた。

現在、小規模凍土壁実証試験を継続しており、造成された凍土壁の凍結維持運転を行いながら、地下水位、地盤温度、地表・地中変位のモニタリングを実施中。

(2) 大規模整備実証事業

昨年10月25日の事業開始に併せ、11月から12月にかけて、まずは凍土壁の基本的な設計を固めるべく検討を行ってきた。具体的には、施工箇所（凍土壁の造成ライン、設置深度）、施工方法（掘削方法、凍土壁の構築手順、未凍結箇所への対策工）、水位管理方法（モニタリング計画）について、検討を行った。

このうち、凍土壁の設置深度については、建屋への流入量を支配する周辺地下水位分布を考慮する必要があり、「地下水・雨水等の挙動等の把握・可視化サブグループ」のメンバーからも意見を仰ぐべきとの指摘があり、11月20日、11月26日の2回にわたり、同サブグループで議論を行った。その結果、より高い地下水流入抑制効果が得られる、第3帯水層（細粒・粗粒砂岩層）下位の泥岩層まで凍土壁を設置すべきとの見解であった。これらサブグループでの見解を受け12月3日、12月20日に開催した陸側遮水壁タスクフォース（第6回）において継続して議論を重ねた結果、凍土壁の設置深度については、第3帯水層（細粒・粗粒砂岩層）下位の泥岩層まで設置することで了承された。なお、凍土壁の設置深度の他に、埋設物、地上干渉物を考慮した凍土壁造成ラインの更新を行ったとともに、①埋設物干渉箇所における施工方法、②モニタリング計画、③凍土壁構築後の水位管理、等についての基本的な考え方、方法論について整理し、併せて了承を得た。

なお、③凍土壁構築後の水位管理については、建屋内の滞留水を周辺地下水に漏えいさせないための重要な施策であるとの認識のもと、ポンプによる建屋からの移送、サブドレンからの揚水、リチャージ孔からの注水を基本な手段とし、特にリチャージ（注水）の効果についての解析結果も踏まえ、定量的な議論を行ってきている。

5. スケジュール

6月の本格着工、来年3月の凍結開始に向けた検討結果を踏まえ、東京電力が実施計画を原子力規制庁に提出しているところ。今後も、着工後の工程上の工夫については検討していく。

陸側遮水壁タスクフォース

委員名簿

- 主 査：大西 有三 関西大学 特任教授、京都大学 名誉教授
- 西垣 誠 岡山大学大学院環境生命科学研究科 教授
- 伊藤 譲 摂南大学理工学部都市環境工学科 教授
- 石川 達也 北海道大学大学院工学研究院環境フィールド工学部門
防災地盤工学分野地盤環境解析学研究室 教授
- 藤田 光一 国土交通省国土技術政策総合研究所 研究総務官
- 丸井 敦尚 (独) 産業技術総合研究所地圏資源環境研究部門
総括研究主幹 兼 地下水研究グループ長
- 鎌田 博文 (一社) 日本建設業連合会電力対策特別委員会 委員
- 赤川 敏 低温圏工学研究所 代表
- 事務局：新川 達也 資源エネルギー庁原子力発電所事故収束対応室長

凍土方式遮水壁の概要について

平成26年3月31日

資源エネルギー庁

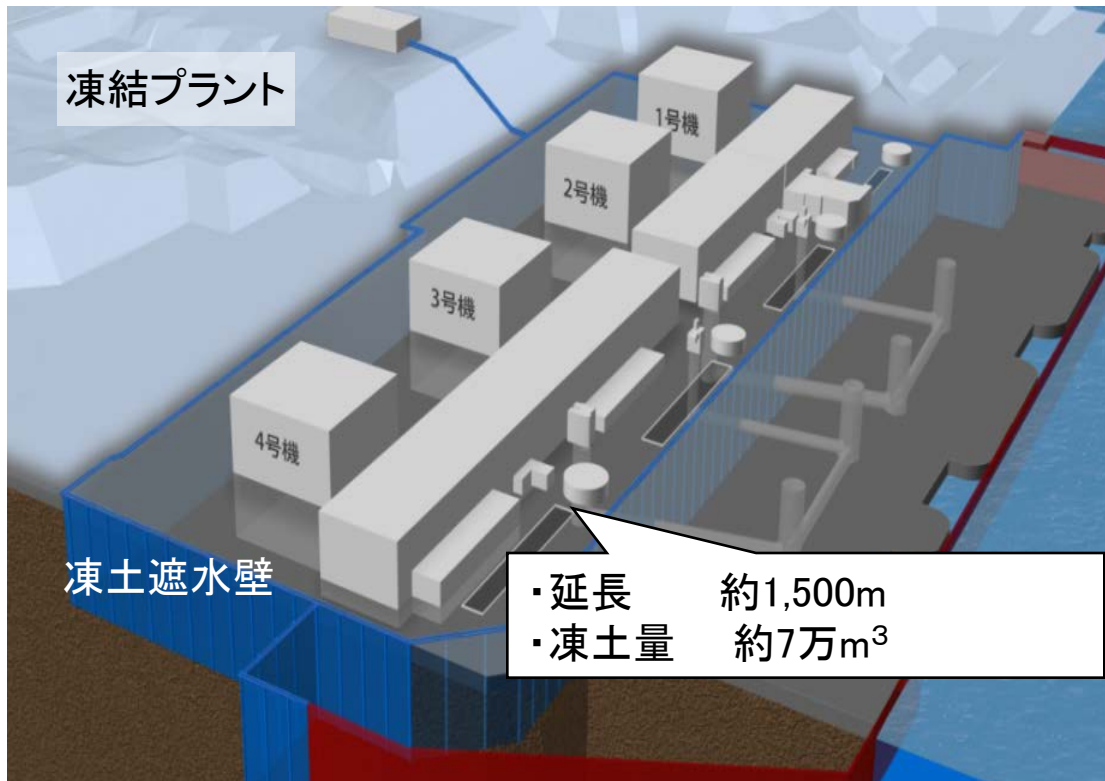
原子力発電所事故収束対応室

1. 凍土方式の陸側遮水壁の概要

凍土方式の陸側遮水壁の概要

- ◇ 凍土遮水壁の目的は、汚染源に水を「近づけない」の重層的な対策の一つとして、汚染水が滞留している原子炉建屋内への地下水流入量を低減させることで汚染水の増加を抑制すること。
- ◇ 昨年8月から、地下水の流速が速い場合の対策、地下水位管理手法等についての技術を実証中。
- ◇ 6月を目処に本格施工着手、2014年度中の凍結開始を目指す。

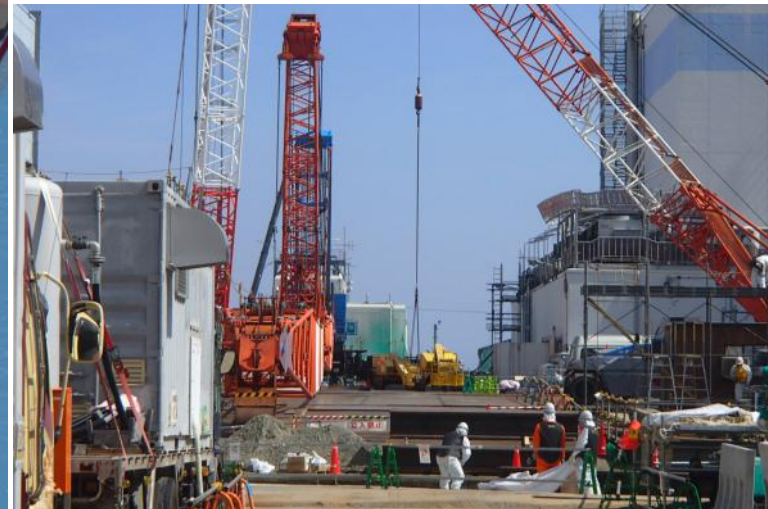
凍土壁の全景及び断面



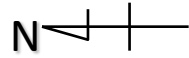
凍土壁関連予算

2013年度予備費: 約136億円

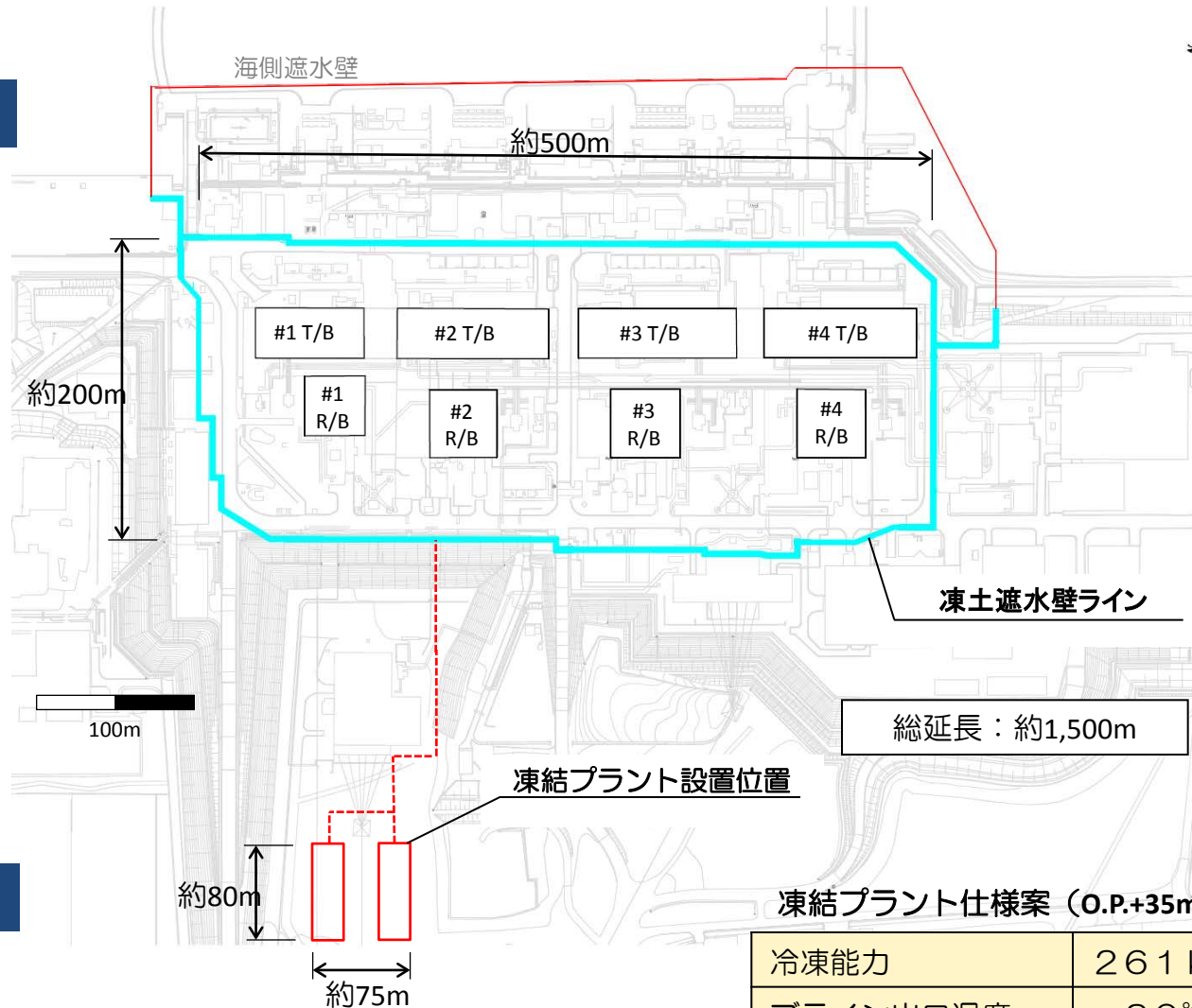
2013年度補正 : 約183億円



凍土方式の陸側遮水壁の配置イメージ



海側



山側

凍結プラント仕様案 (O.P.+35m盤に設置)

冷凍能力	261 kW/台
ライン出口温度	-30℃

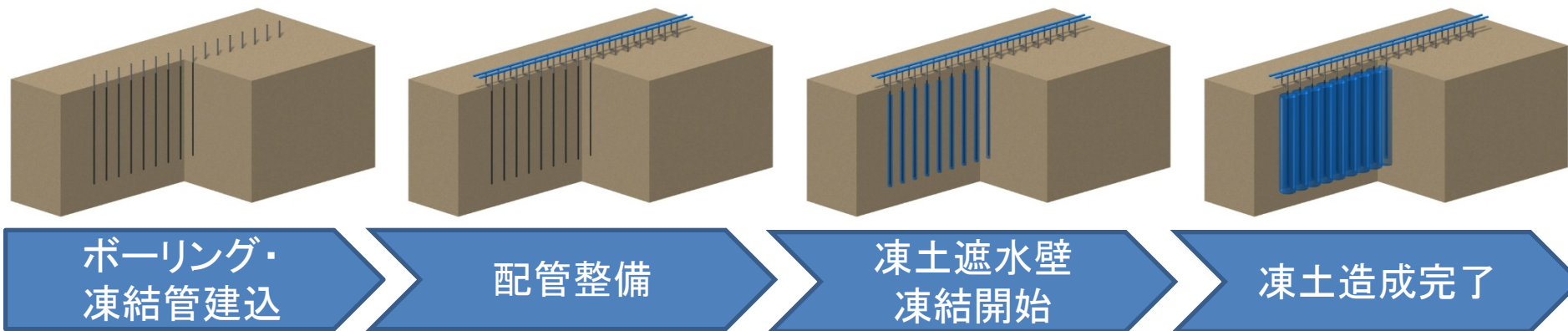
凍結工法について

(1)凍結工法とは

- ✓ 凍結工法とは、地盤中に所定の間隔で凍結管を埋設し、これに冷媒を循環させることで、凍結管を中心として同心円状に土中の間隙水を凍結させ、凍土を造成する工法。
- ✓ 国内での凍結工法は、オープン掘削が不可能な都市部（シールドトンネル拡幅・接続部等）における、掘削時の地山自立性確保のために多数の使用実績あり。
- ✓ 今回の凍土造成量は70,000m³程度であり、過去最大規模の40,000m³※程度を上回るもの。

※都営10号線営団11号線九段下第二工区日本橋川河底部隧道築造防護凍結工事
(竣工年月:昭和55年8月完了)

(2) 施工イメージ



○削孔には、井戸や杭の削孔で用いられている汎用性があるロータリーパーカッション式のボーリングマシンを使用する。



汚染水処理対策委員会における陸側遮水壁に係る検討の経緯

- ◇ 平成25年5月に、汚染水処理対策委員会において、陸側遮水壁の設置を決定。
- ◇ 施工方式として、凍土壁、粘土壁、グラベル(砕石)連壁の3つを比較・検討し、遮水効果、施工性などに優れる凍土方式が適切と判断。

陸側遮水壁の施工方式の比較

施工方式		①凍土壁	②粘土壁	③グラベル(砕石)連壁
<p>①凍土壁 冷却材を循環 凍土の造成 凍結管 凍土</p>		<p>②粘土壁 粘土壁</p>	<p>③グラベル(砕石)連壁 建屋 グラベル連壁 (壁内に汲み上げ用ポンプあり)</p>	
透水係数		0m/s	$10^{-8} \sim 10^{-9} \text{m/s}$	—※1
施工性	重機※2	小型 凍土壁施工重機 (2m×2m)	大型 一般的な施工重機 (15m×15m)	大型 一般的な施工重機 (15m×15m)
	エリア調整	容易	困難	困難
	掘削土	ほぼ排出なし	汚染掘削土等が発生	汚染掘削土等が発生
工法概要		一定間隔で凍結管を設置し、氷点下数十度の冷却材を循環させ、凍土壁を造成	地盤を切削し、粘土を充填することで粘土壁を構築	地盤を切削し、砕石を充填。壁内にポンプを設置し、上流の地下水を汲み上げ、地下水位を管理。
工期		約18～24ヶ月	約24～30ヶ月	約24ヶ月
施工エリア		全長約1,400m	全長約1,500m	全長約2,000m

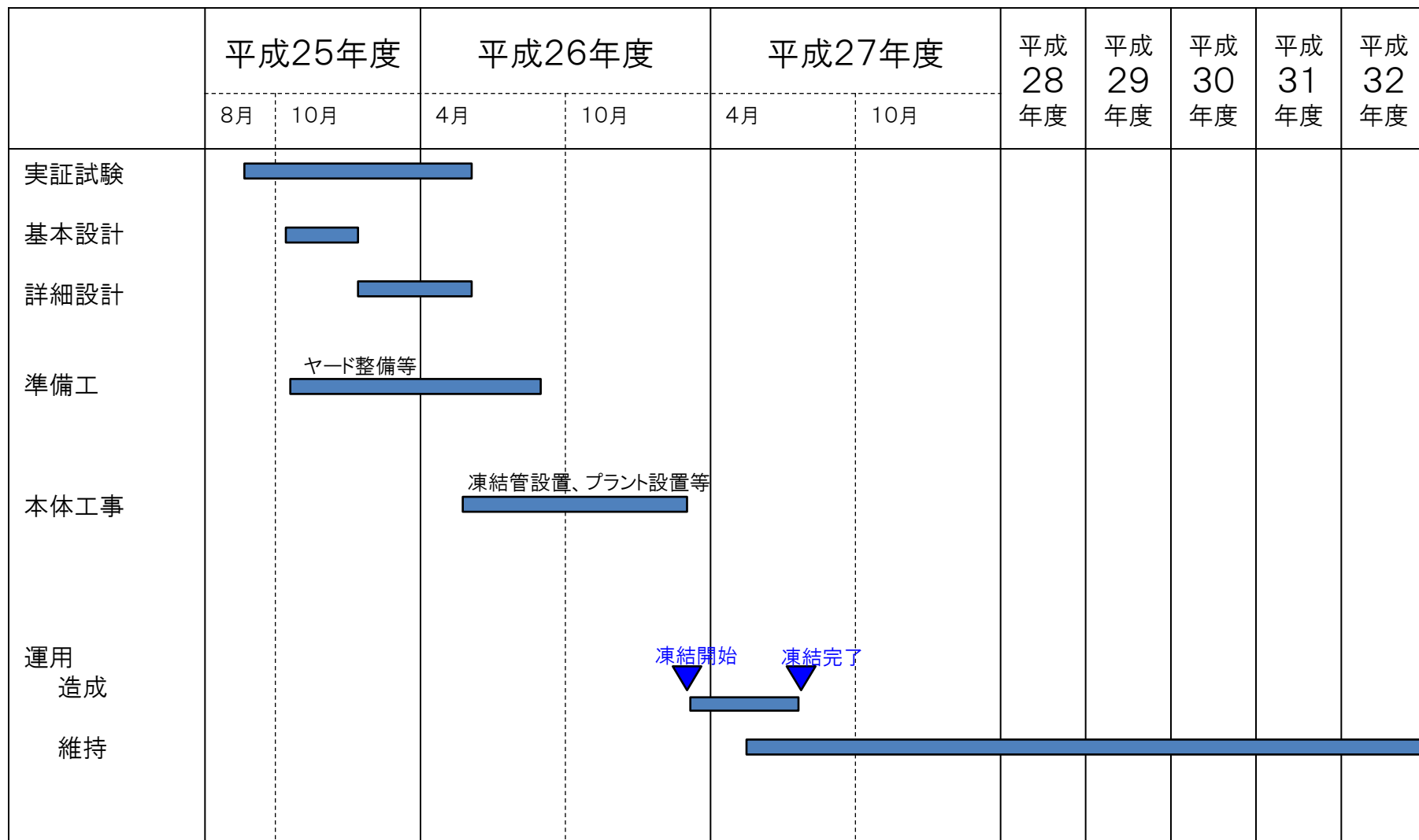
※1 グラベル連壁は水を通す設計であり、透水係数での比較は適さない

※2 重機が小型の場合、①建屋近傍設置に有利、②遮へい措置が可能のため、作業員被ばく対策も可能。

凍土壁に係る検討経緯

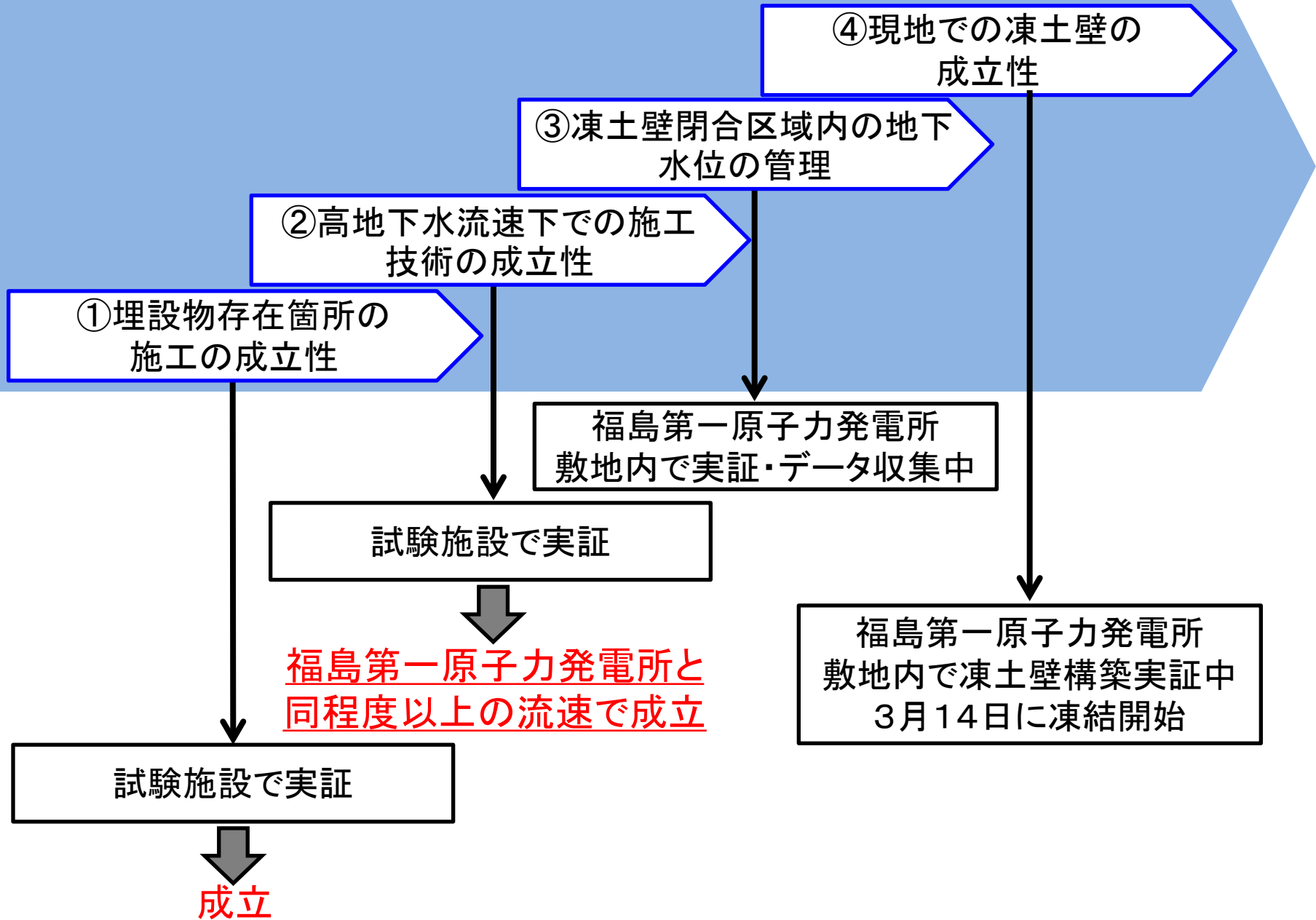
- 平成25年 5月30日 汚染水処理対策委員会報告書
「抜本策の柱として、プラント全体を取り囲む陸側遮水壁を設置すべき」
- 7月 1日 第1回タスクフォース
凍土壁を構築する上での課題の洗い出し、FS事業の実施について議論
- 8月 8日 第2回タスクフォース
決定したFS事業の実施に係る基本的な課題について議論
- 8月 9日 FS事業開始
- 8月20日 第3回タスクフォース
FS事業の詳細なスケジュール、施工方法等を議論
- 9月 3日 原子力災害対策本部「汚染水問題に関する基本方針」
「『凍土方式の陸側遮水壁の構築』について事業費全体を国が措置」
- 9月10日 「凍土方式の陸側遮水壁の構築」について予備費の措置を閣議決定
- 10月25日 「凍土方式の陸側遮水壁の構築」事業開始
- 11月15日 第4回タスクフォース
根入れ深度等の基本設計を提示
- 12月 3日 第5回タスクフォース
基本設計、FS事業の進捗を議論
- 12月20日 原子力災害対策本部「福島第一原発における廃炉・汚染水問題に対する追加対策」
「建屋付近への地下水の流入量を抑制するため、建屋の周りを囲む凍土方式の陸側遮水壁
について、国費を投入して、技術的課題を克服しつつ構築」
- 12月20日 第6回タスクフォース
凍土壁の基本設計を決定、FS事業の進捗を議論
- 平成26年 2月 6日 事業費残額を計上した補正予算成立
- 2月25日 第7回タスクフォース
凍土壁の実施計画、FSで得られた知見について議論
- 3月 7日 原子力規制庁に「福島第一原子力施設に係る実施計画」の凍土壁に係る箇所について変更
申請
- 3月14日 小規模遮水壁(FS)凍結開始
- 3月18日 第8回タスクフォース
水位管理、FS事業の進捗を議論

全体スケジュール

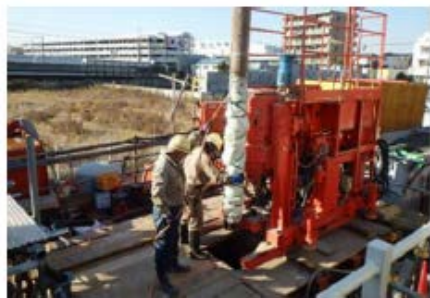
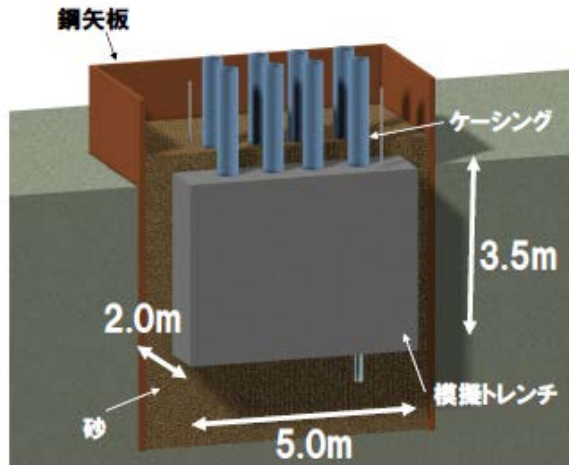


2. 検討事項

凍土壁の成立性確認

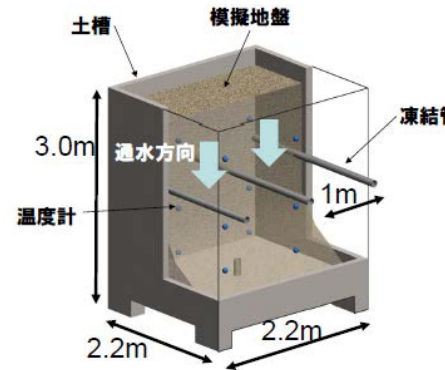


①埋設物存在箇所の施工の成立性 (試験施設で実証)



- ✓ 地下埋設物が存在する場所での施工技術の成立性を確認
- ✓ 昨年12月末に試験が終了

②高地下水流速下での施工技術の成立性 (試験施設で実証)



○試験概要

- 上部からの通水の速さ及び冷却剤の温度を変化させ、模擬地盤の凍結状況をモニタリング(温度)
- 凍結可能な限界の地下水流速を評価

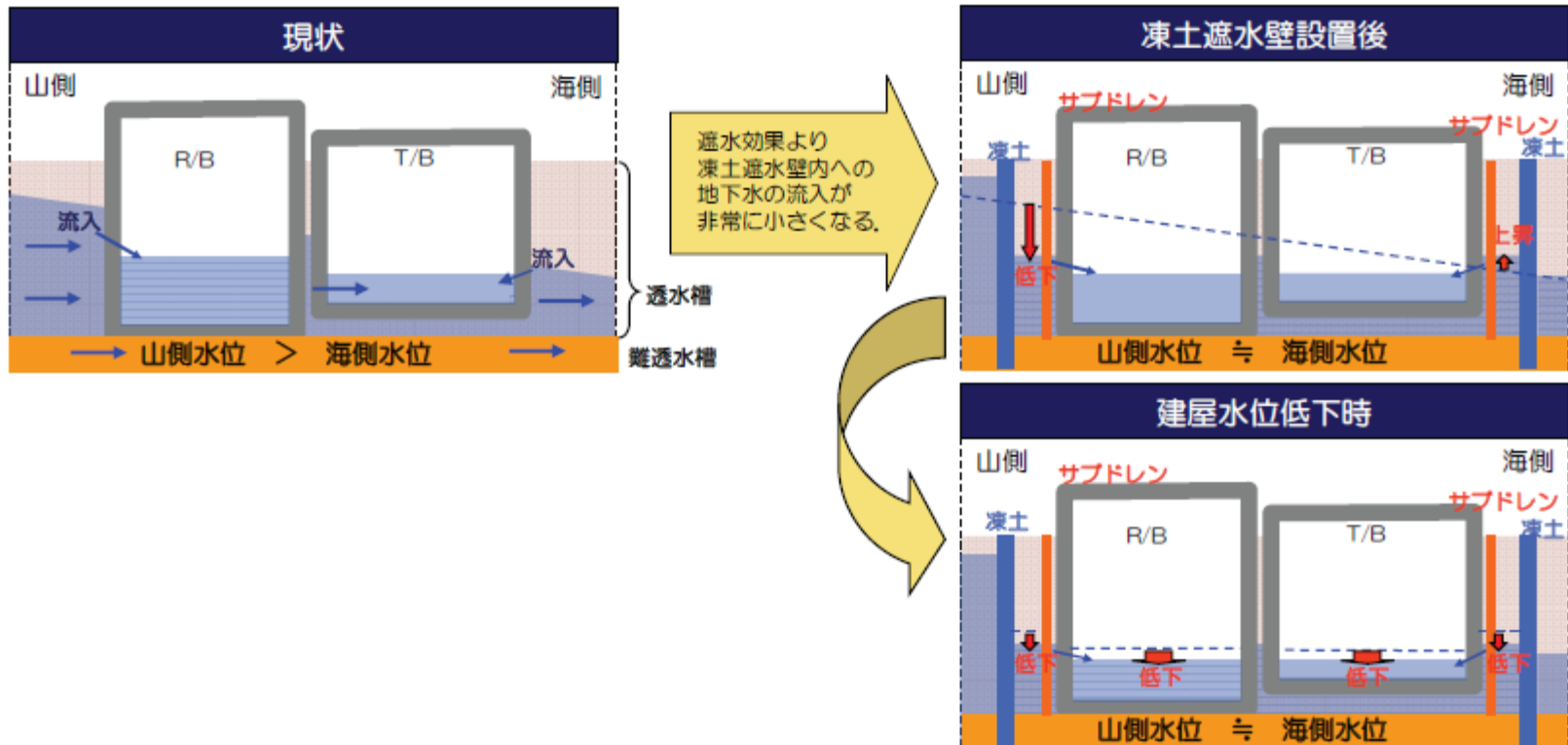


- ✓ 0.1m/日(福島第一原子力発電所における地下水流速と同程度)での凍結を確認
- ✓ 最大0.7m/日での凍結を実際に確認

③凍土壁閉合区域内的の地下水位の管理

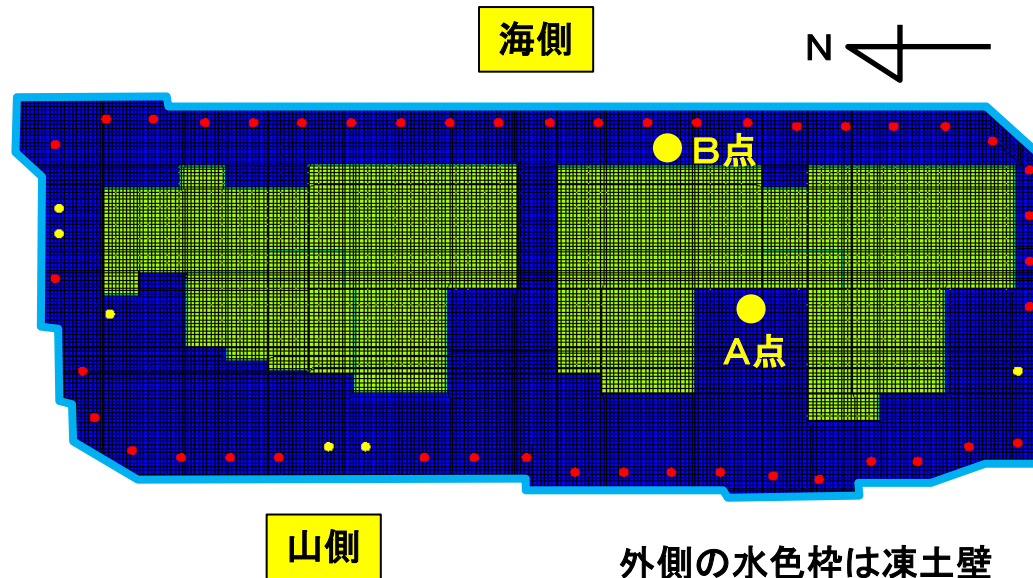
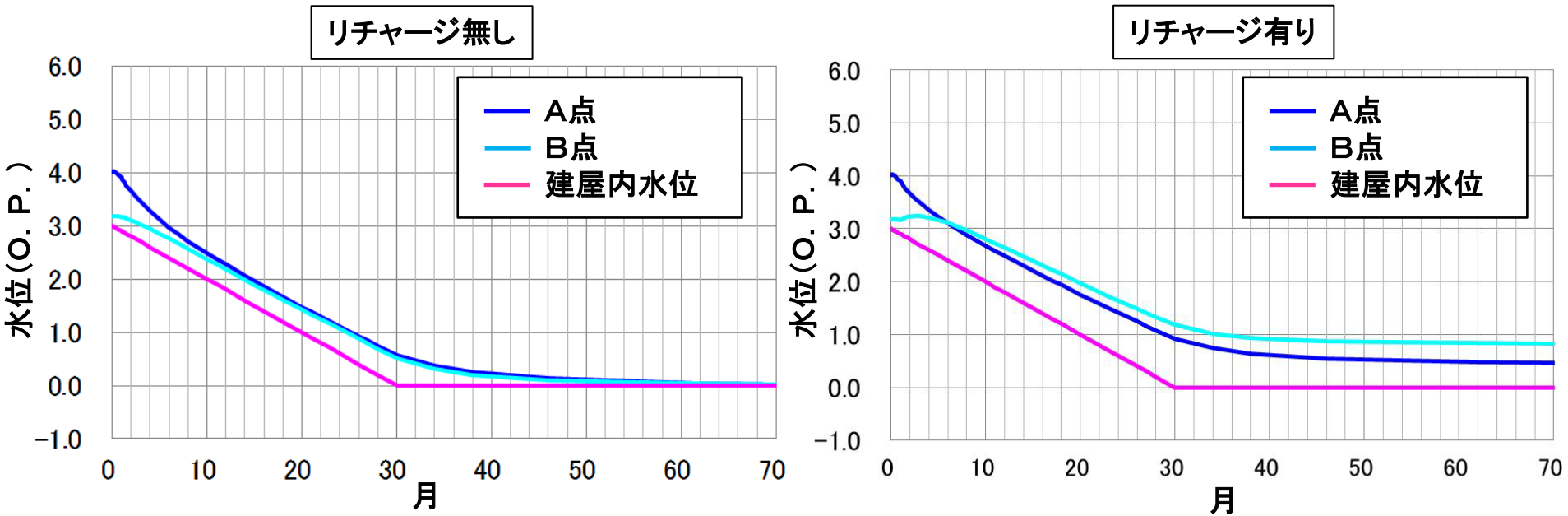
(1) 地下水位の管理に係る基本的な考え方

- ✓凍土壁が完成すると、凍土壁内の地下水位は海側・山側が一定となり、同時に建屋内に流入し水位が低下をしていく。
- ✓その後、計画に沿った建屋水位の低下に伴い、地下水位も連動して低下していく。
- ✓建屋水位が地下水位以下となっている状況を維持するため建屋内の滞留水をポンプでくみ上げる。なお、水位管理リスクを更に小さくするため、地下水を注水するリチャージ井を活用する。



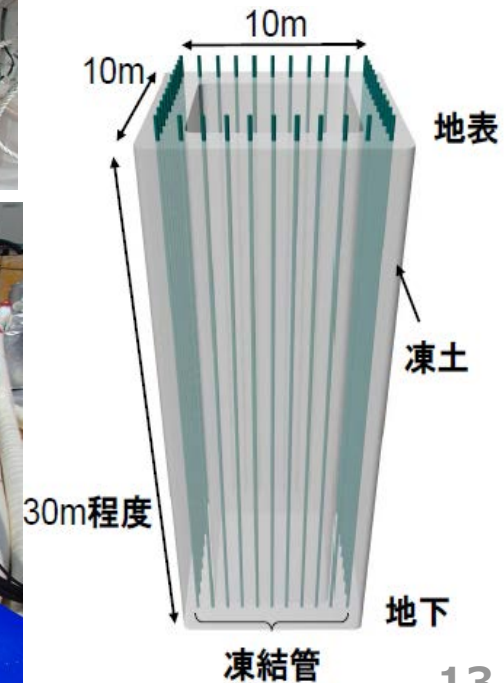
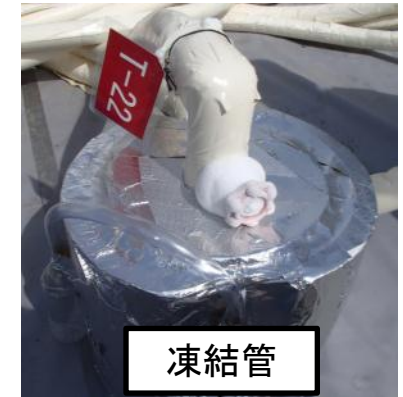
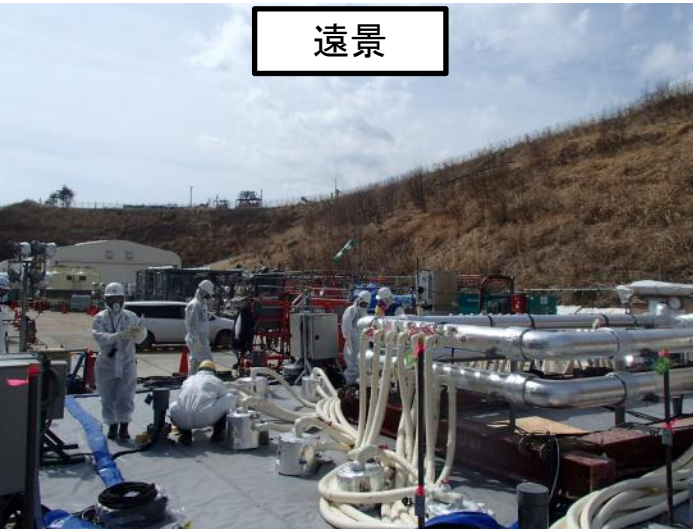
検討事項

③凍土壁閉合区域内の地下水位の管理(リチャージの効果)



④現地での凍土壁の成立性

- ✓ 福島第一原子力発電所敷地内で約10メートル四方の凍土壁を構築し、実際の地盤での凍結性能を確認。
- ✓ 3月14日から凍結を開始。



特定原子力施設 監視・評価検討会
(第19回)
資料5-2

凍土方式遮水壁の概要について (参考資料)

平成26年3月31日

東京電力株式会社

鹿島建設株式会社

1. 凍土方式遮水壁に関する実施計画申請の状況

■実施計画申請の状況

- 国の汚染水処理対策委員会の報告書（H25.5.30）にて、「地下水流入抑制の抜本策の柱としてプラント全体を取り囲む凍土方式の陸側遮水壁（以下、凍土遮水壁と言う）を設置すべき」とあり、現在、凍土遮水壁の設置を計画している。
- 凍土遮水壁の実実施計画として、「2.6 滞留水を貯留している（滞留している場合を含む）建屋 添付資料-14 凍土遮水壁設置による地下水流入量の低減」を申請。
（申請日：H26.3.7）
- 今後、実証試験、解析、詳細設計の進捗に応じ、補正申請を行う予定。

2. 凍土遮水壁の目的

凍土遮水壁の目的

汚染源に水を「近づけない」の重層的な対策の一つとして、汚染水が滞留している原子炉建屋内への地下水流入量を低減させることで**汚染水の増加を抑制**すること

汚染水の増加を抑制させる方策とは

山側からの地下水を原子炉建屋内に流入させないよう、原子炉建屋周りに凍土による遮水壁を設置する。

3. 凍土遮水壁の設計の考え方

- ・ 事業期間は、建屋内止水処理が完了する約7年後までとし、その間において凍結プラント（凍結管も含む）のメンテナンスや交換が容易にできるシステムとする。
- ・ 事業期間が過ぎた後においても必要に応じてメンテナンスやリプレイス等の対応で機能維持ができることとする。
- ・ 建屋内止水処理の完了後は、速やかに凍土を解凍する。

4. 1 事業概要 (1 / 3) 凍土遮水壁の位置づけ

建屋に地下水を『近づけない』対策

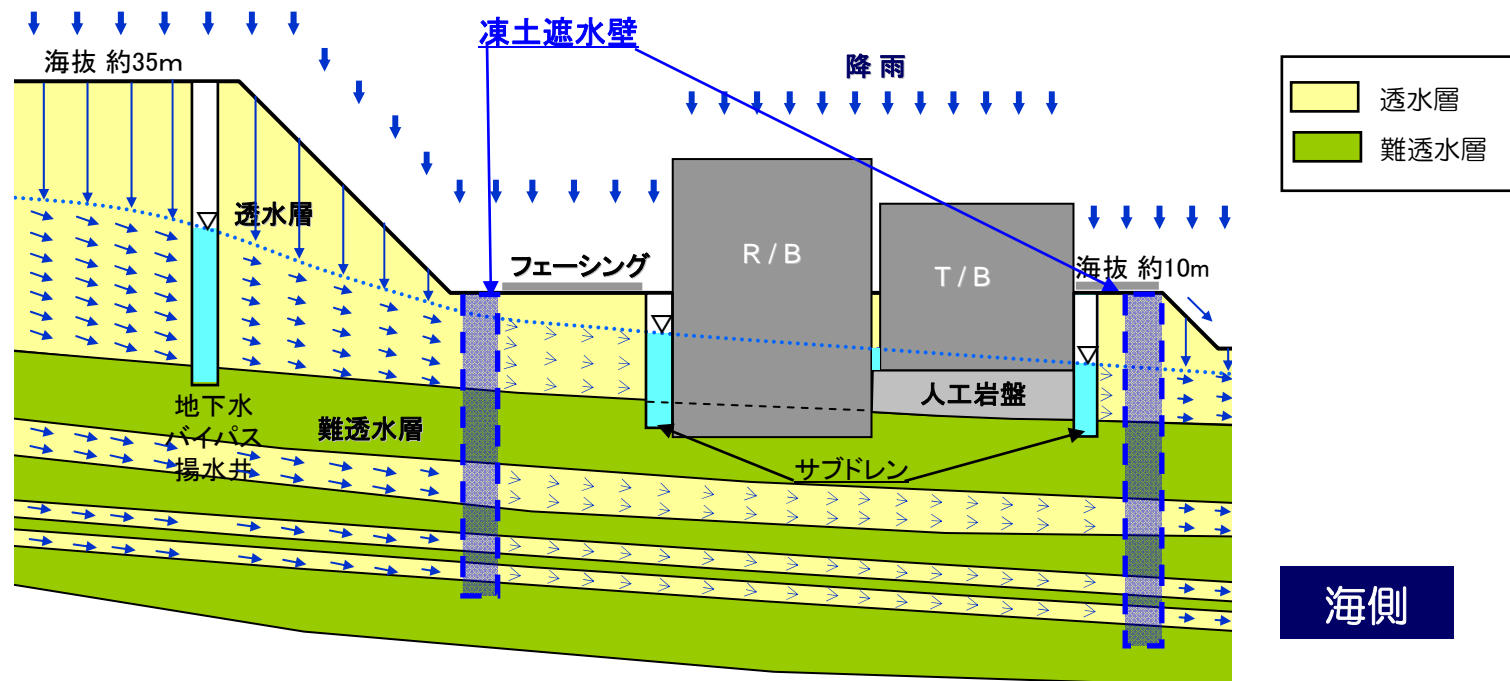
地下水バイパス

サブドレン

建屋に地下水を『近づけない』
重層的な対策

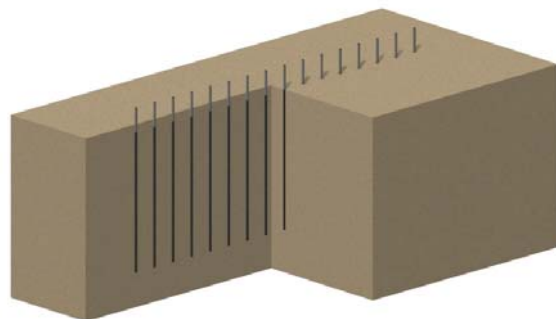
凍土遮水壁

+

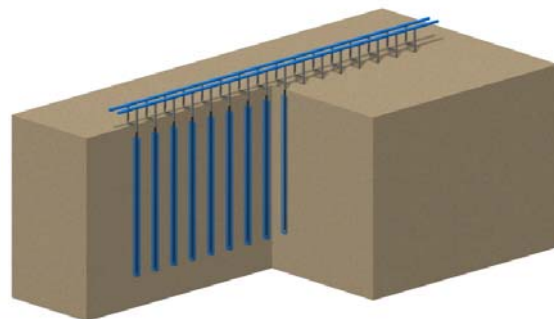


4. 2 事業概要 (2/3) 凍土遮水壁の施工イメージ

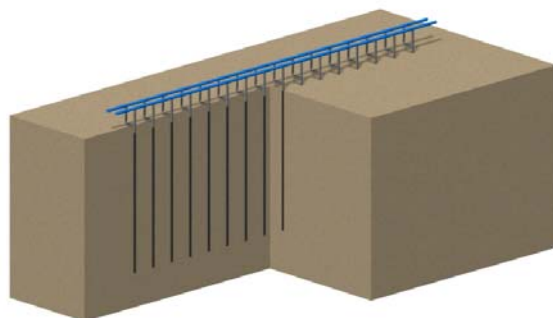
施工手順



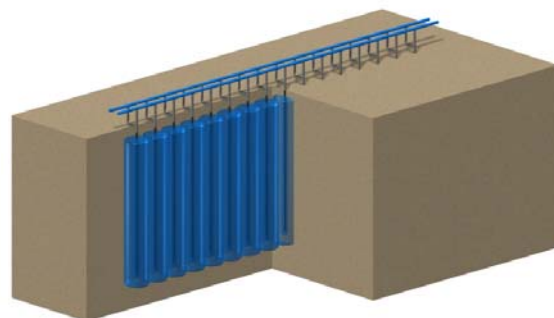
(1)ボーリング・凍結管建込み



(3)凍土遮水壁 造成開始



(2)冷媒配管接続



(4)凍土遮水壁 造成完了

施工イメージ

削孔には、井戸や杭の削孔で用いられているロータリー式のボーリングマシンを使用（汎用性あり）



[出典；鹿島建設]

4. 3 事業概要（3／3） 凍結工法の実績

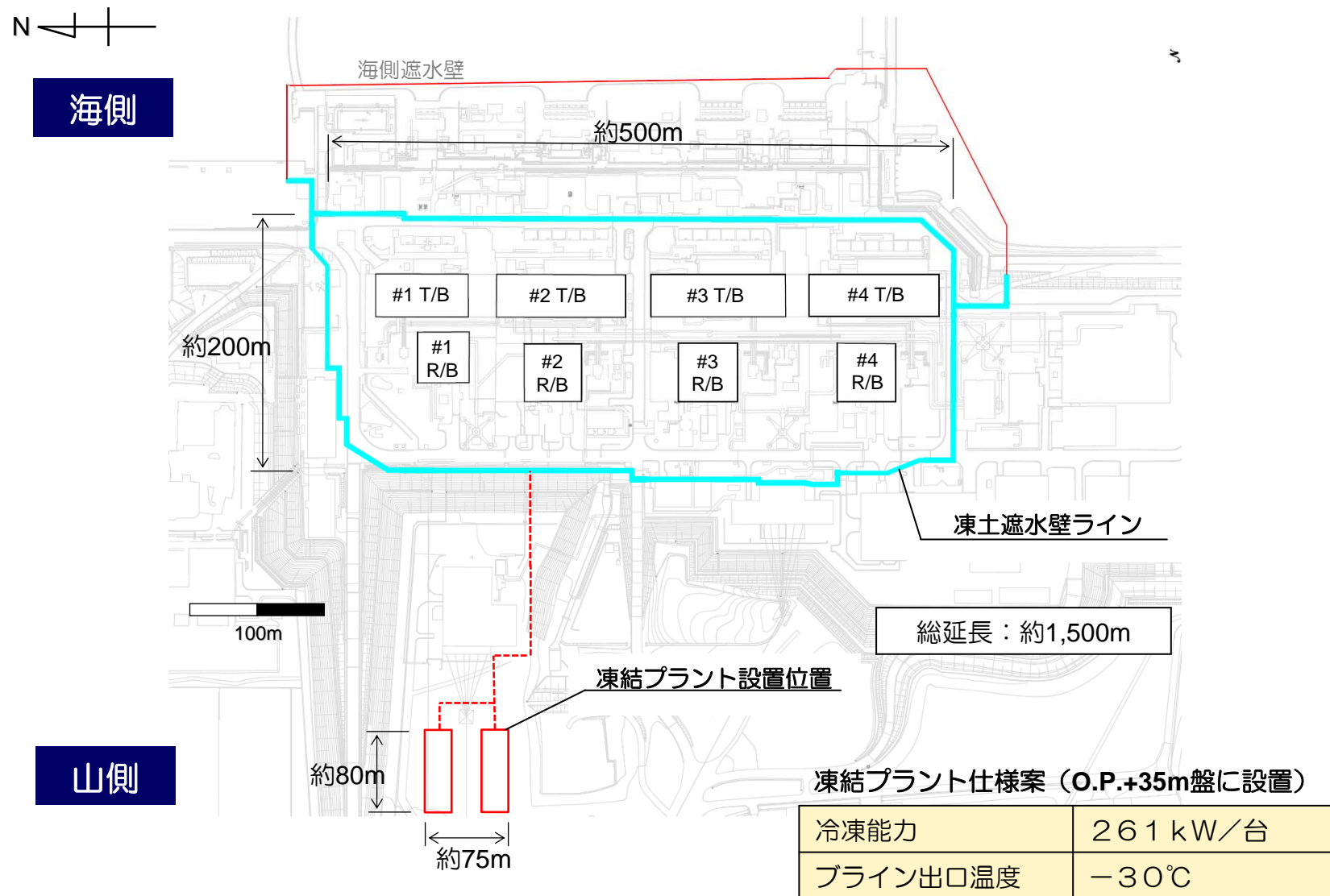
■凍結工法の実績

- ・国内での凍結工法は、オープン掘削が不可能な都市部（シールドトンネル 拡幅・接続部等）での掘削時地山自立性の確保のために多数使われている。
- ・昭和37年～平成23年竣工の主要凍結工法採用工事（建設会社ヒアリングに基づく588件の工事実績）のうち、最大の凍土造成量は40,000m³※程度。
- ・今回の凍土遮水壁の凍土造成量は、現計画では70,000m³程度であることから、国内では過去最大の凍土造成量となる。

※都営10号線営団11号線九段下第二工区日本橋川河底部隧道築造防護凍結工事
（竣工年月：昭和55年8月完了）

5. 凍土遮水壁ライン・凍結プラント基本配置

凍土遮水壁ライン・凍結プラント基本配置計画



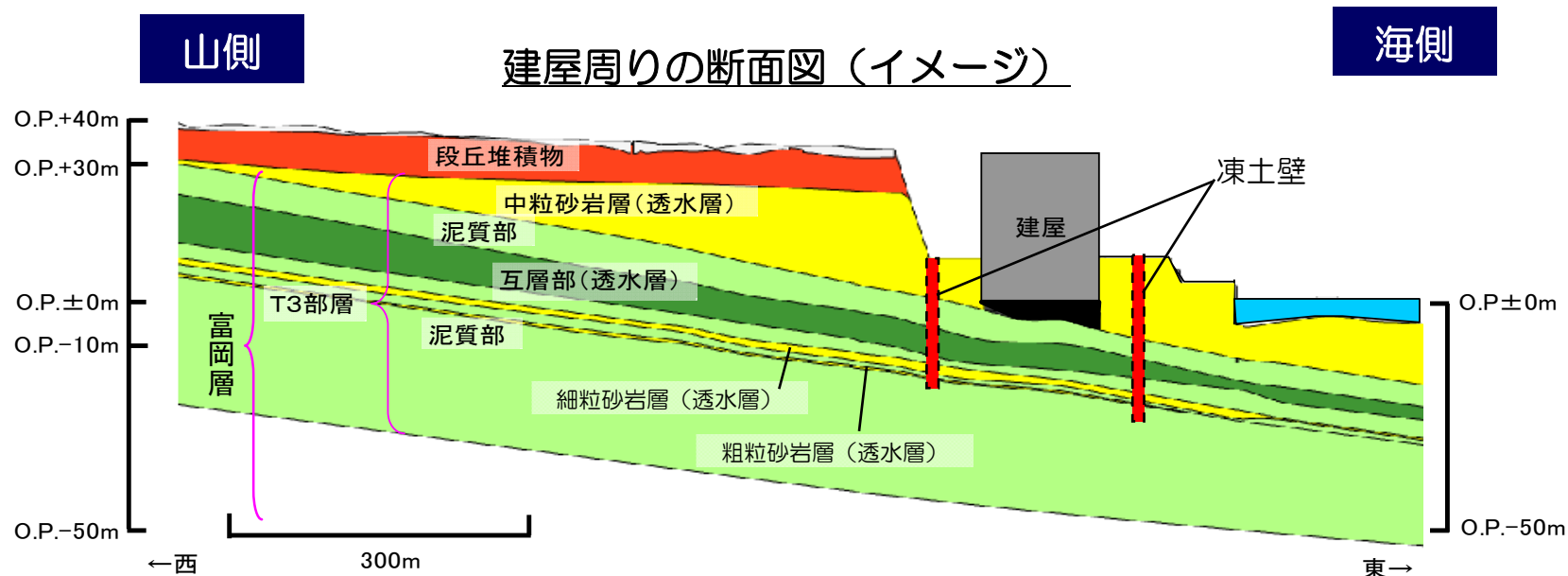
6. 凍土遮水壁の深度

■ 凍土遮水壁の深度

- ・ 建屋内への地下水の主な流入源は中粒砂岩層（4号原子炉建屋は互層も含む）であると想定されるが、遮水壁の根入れ深さについては、以下の点を考慮し、粗粒砂岩層下の泥岩まで根入れすることとした。

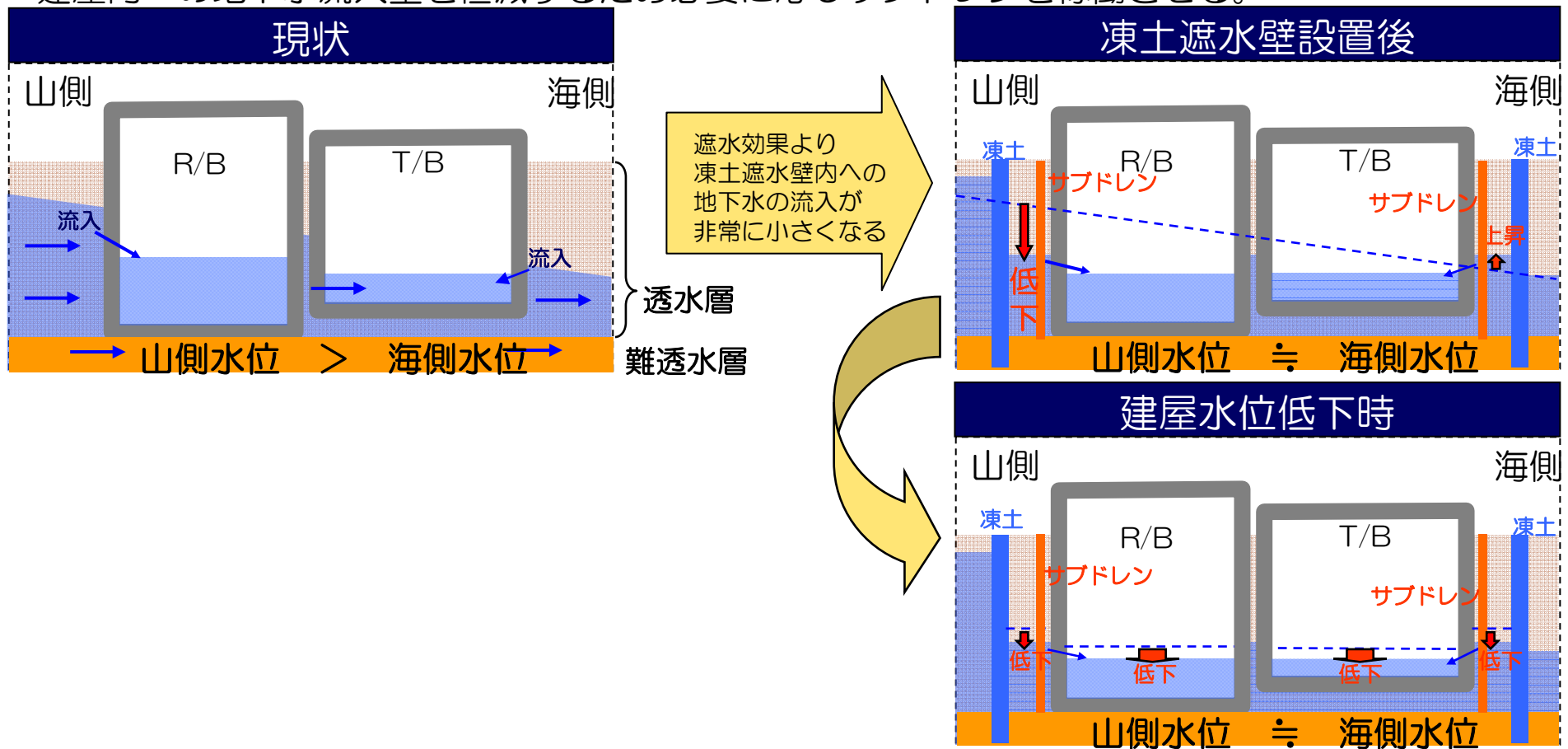
地下水流入量の低減効果

- ・ 凍土壁を根入れする泥岩が下部からの地下水の湧水を十分に抑制し、建屋内への地下水流入量の低減効果が大きい。

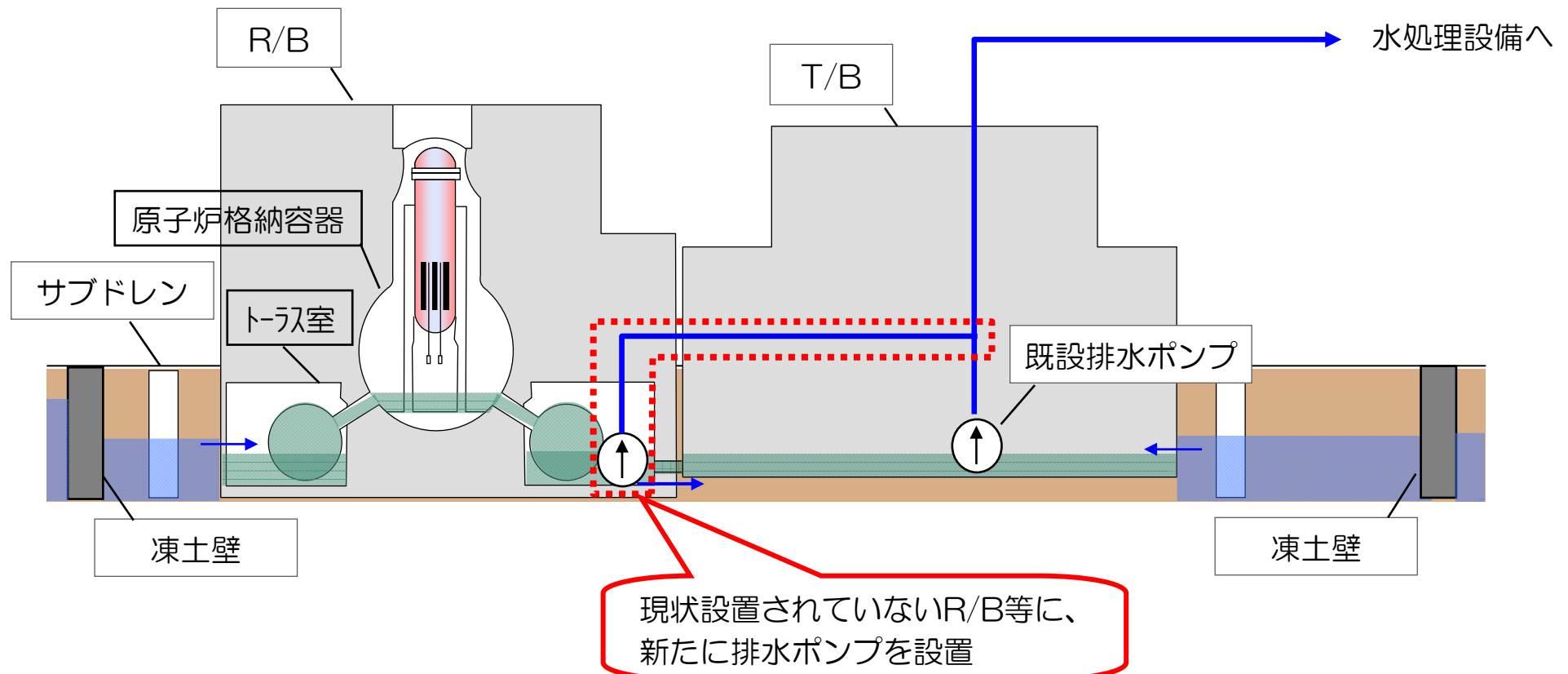


7. 凍土遮水壁設置による地下水位の変動

- ・現状、建屋周辺水位は山側＞海側となっているが、凍土遮水壁の遮水効果により閉合範囲内の水位は全体に均一になるようゆっくりと変化（山側：低下、海側：上昇）する。また、閉合範囲内の地下水は徐々に建屋内に流入していき、それに伴い水位は全体的に低下していく。
- ・その後、計画に沿った建屋内の水位低下に伴い、凍土壁内の地下水位も低下していく。その際、建屋内への地下水流入量を低減するため必要に応じサブドレンを稼働させる。



8. ポンプ増設計画について



1. 目的

地下水位低下時における建屋内滞留水の建屋個別の水位制御

2. 工程

H27. 3 凍土壁造成開始までに排水ポンプを設置

9. 建屋の水位管理について

■ 実施計画（Ⅱ，Ⅲ章）建屋の水位管理は、現状の以下の記載である。

■ Ⅱ 特定原子力施設の設計，設備

2.6 滞留水を貯留している（滞留している場合を含む）建屋

◆ 2.6.1.3 設計方針

(2) 汚染水処理設備の長期間の停止，豪雨等があった場合にも，建屋等の外への漏えいが防止できるように水位を管理する。

具体的には，汚染水処理設備の長期間の停止及び豪雨等に備え，タービン建屋等の水位を余裕のある水位に維持することにより管理する。また，プロセス主建屋，高温焼却炉建屋については，受け入れを停止すれば問題とならない。また，1～4号機の滞留水が急激に増加した場合，高濃度滞留水受タンク等に貯留する。

■ Ⅲ 特定原子力施設の保安

表26-1

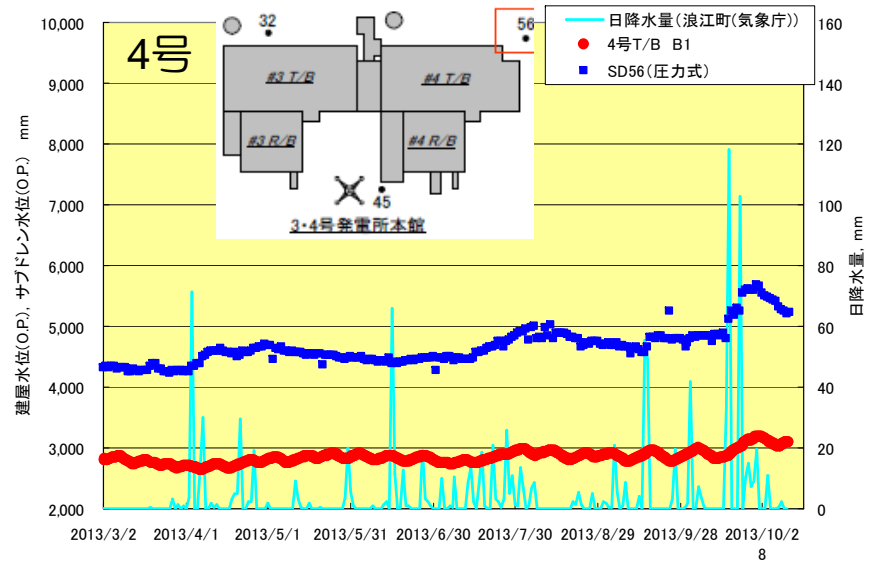
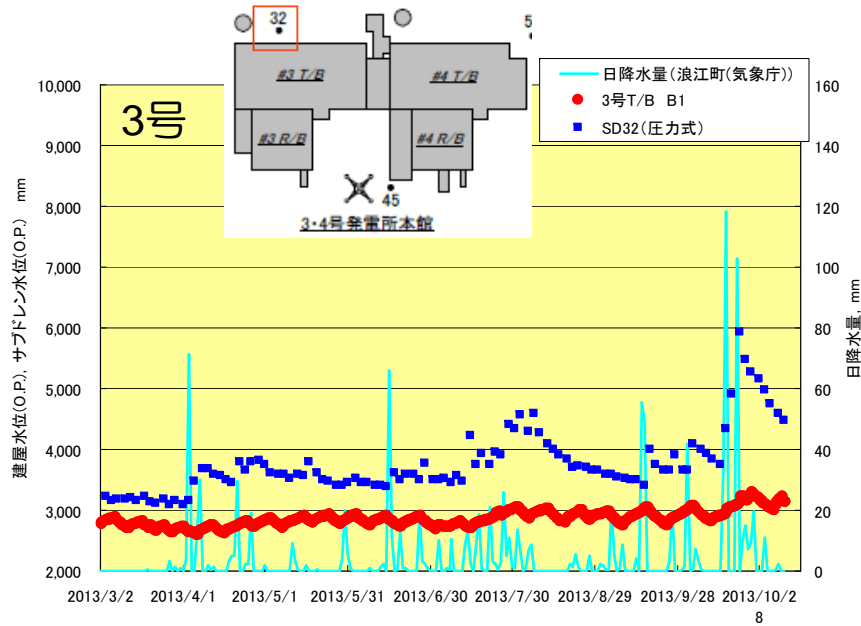
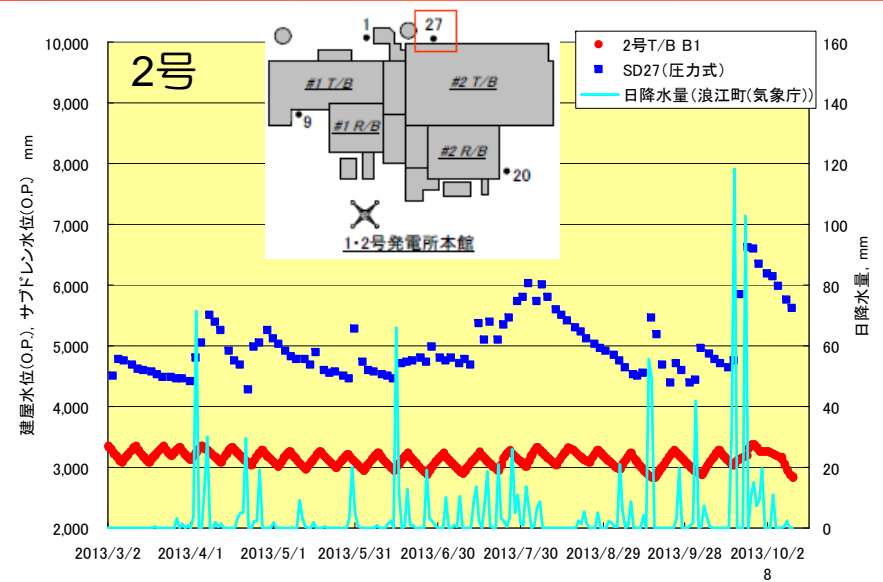
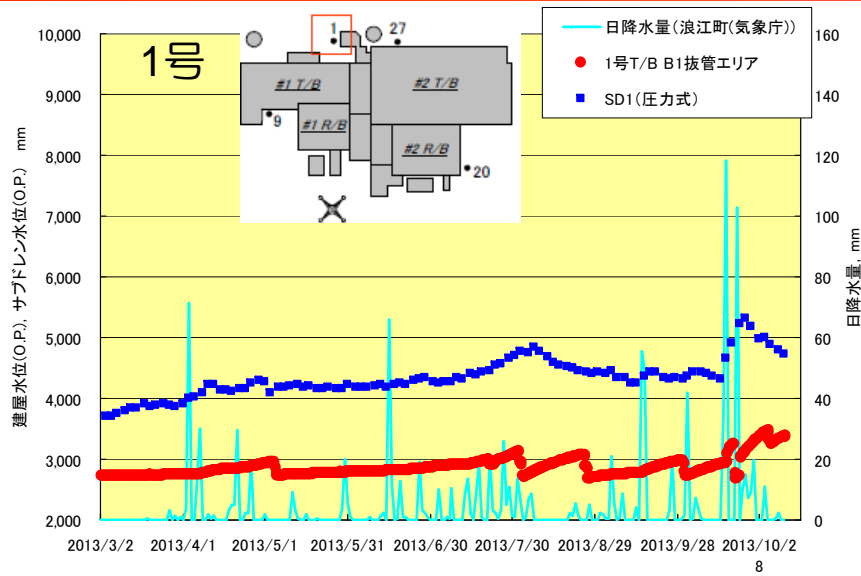
項目	運用上の制限
1号炉，2号炉，3号炉および4号炉タービン建屋の滞留水水位	各建屋近傍のサブドレン水位を超えないこと
1号炉，2号炉，3号炉および4号炉原子炉建屋の滞留水水位	
1号炉，2号炉，3号炉および4号炉廃棄物処理建屋の滞留水水位	
プロセス主建屋の滞留水水位	
雑个体廃棄物減容処理建屋の滞留水水位	

◎タービン建屋等の水位の余裕

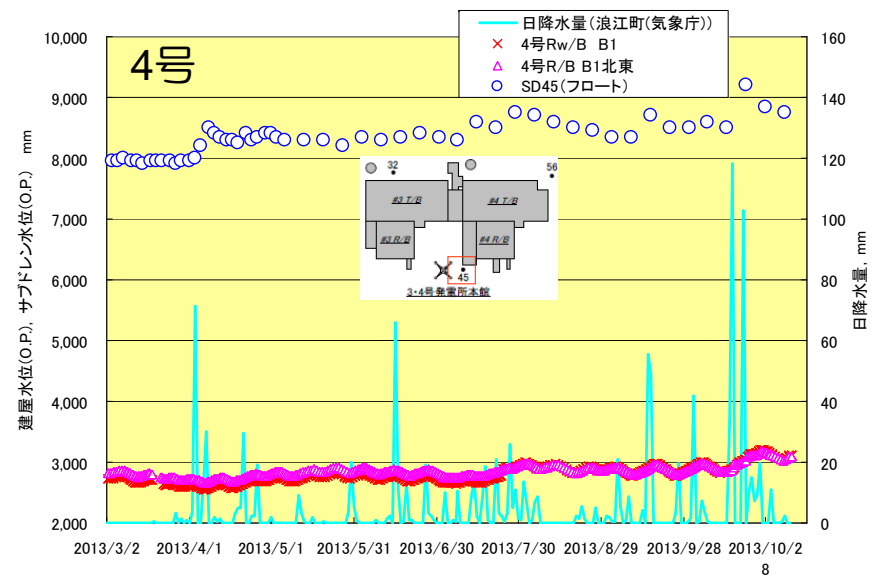
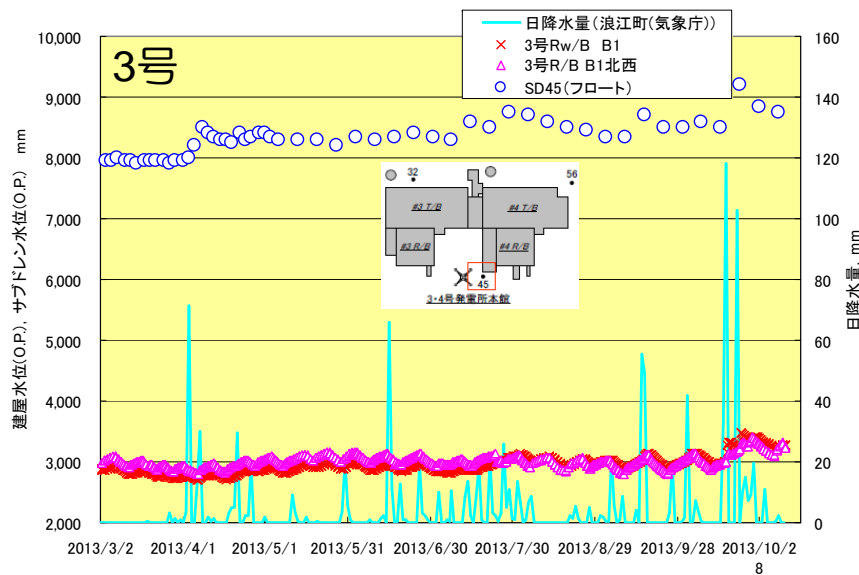
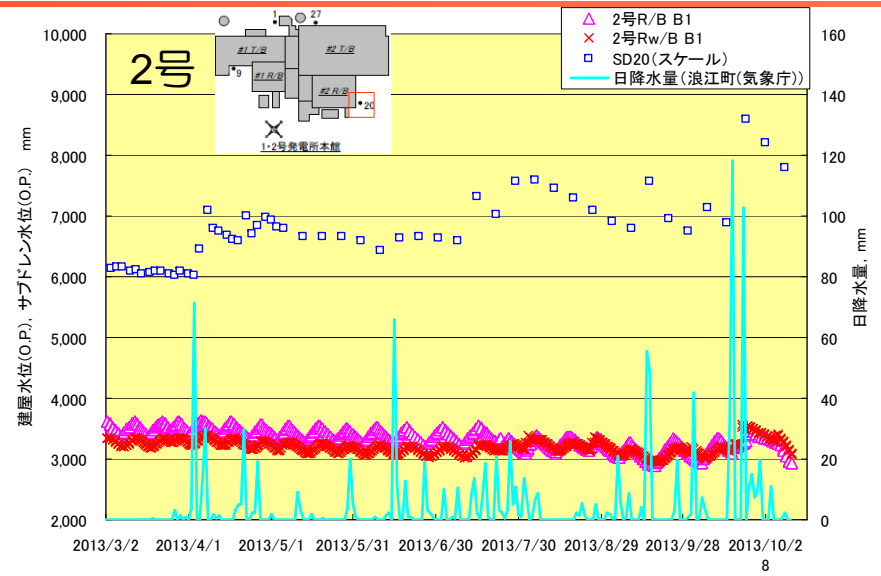
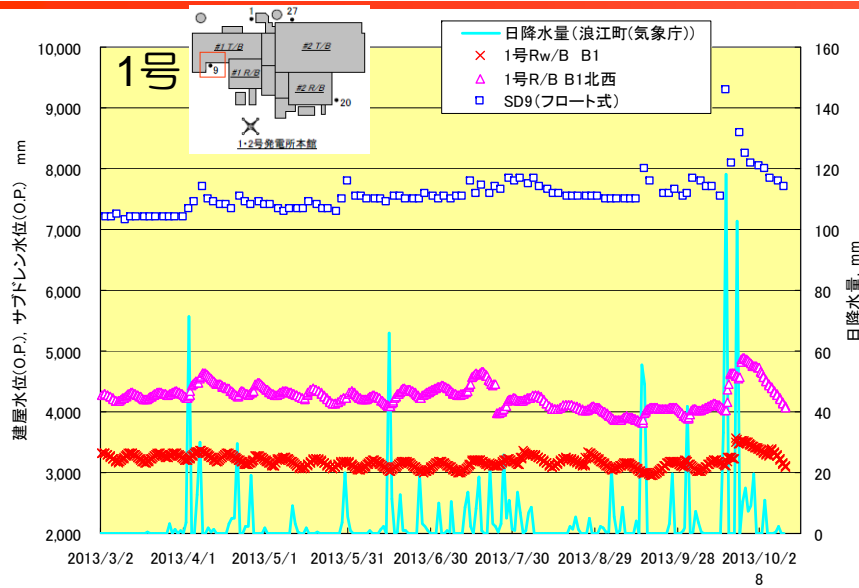
● 現状のタービン建屋水位の運用について、実施計画等の記載は上述のとおりであるが、実際の運用ではタービン建屋の水位に余裕を持った管理を実施している（実績を次頁に示す）。

なお、凍土遮水壁構築後の運用管理方針については今後検討する。

10.1 タービン建屋の水位の余裕について（実績）



10.2 原子炉建屋、廃棄物処理建屋の水位の余裕について（実績）



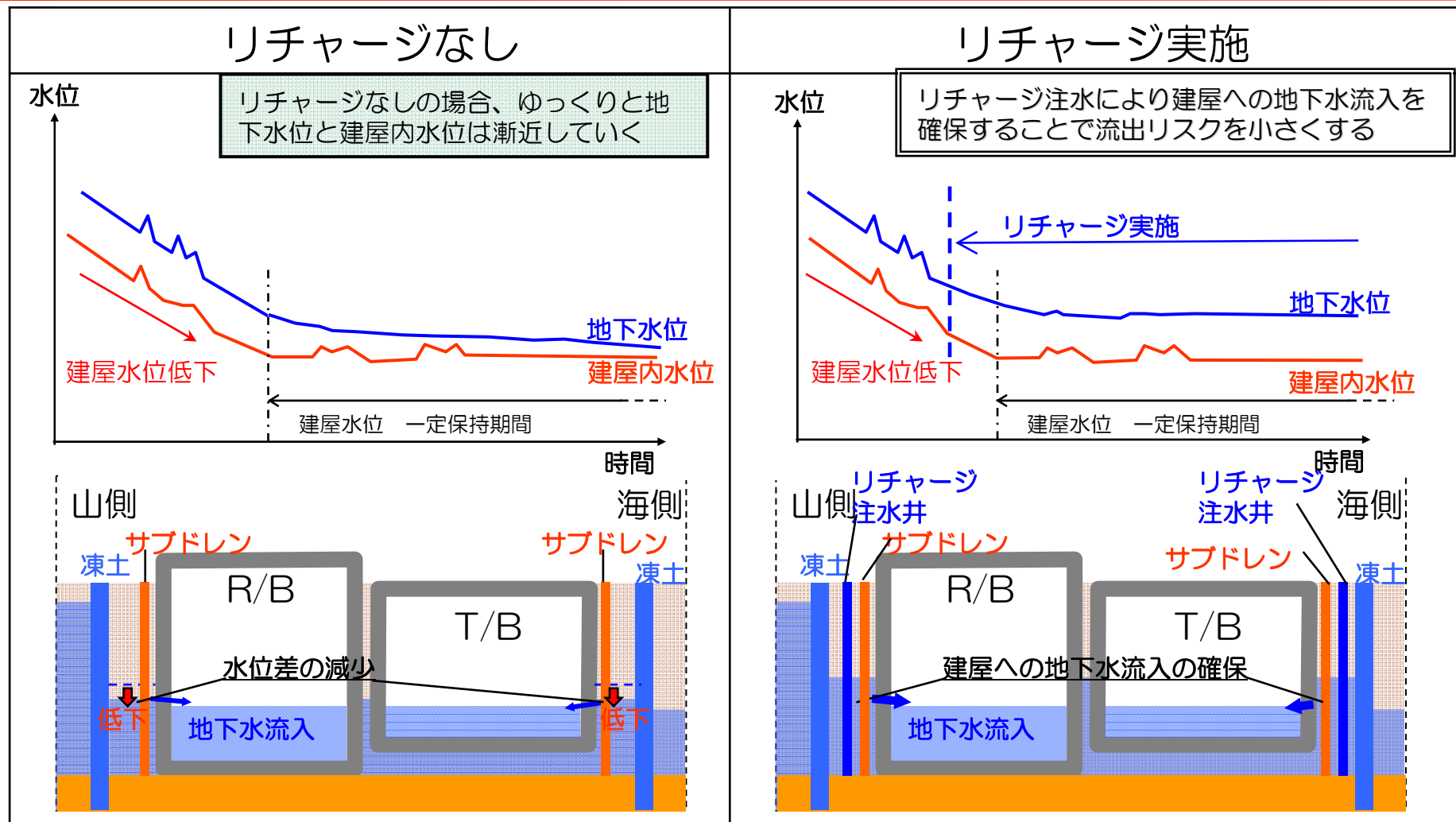
11. リチャージの目的

■凍土壁設置後の建屋内水位管理の対応

凍土壁設置後に想定される事象	対応
①不測の事態によるタンク建設の長期間停止	・ 緊急時の汚染水の移送先（バッファ容量）の確保 <⇒現状と同じ>
②台風、大量降雨等による建屋の水位上昇	
③タンク漏えい等による汚染水の受け入れ先不足	
④移送設備、浄化処理設備の停止	・ 系列、電源の多重化 <⇒現状と同じ>
⑤建屋内水位一定期間などにおける、建屋水位と地下水位の水位差の接近	・ 緊急時の汚染水の移送先（バッファ容量）の確保 <⇒現状と同じ> ・ <u>リチャージにより、建屋滞留水の流出リスクを更に小さくすることが可能</u>

建屋内水位一定期間などに建屋水位と地下水位が接近するリスクに対し、リチャージにより建屋滞留水の流出リスクを更に小さくする。

12. リチャージによる水位差の確保の必要性について

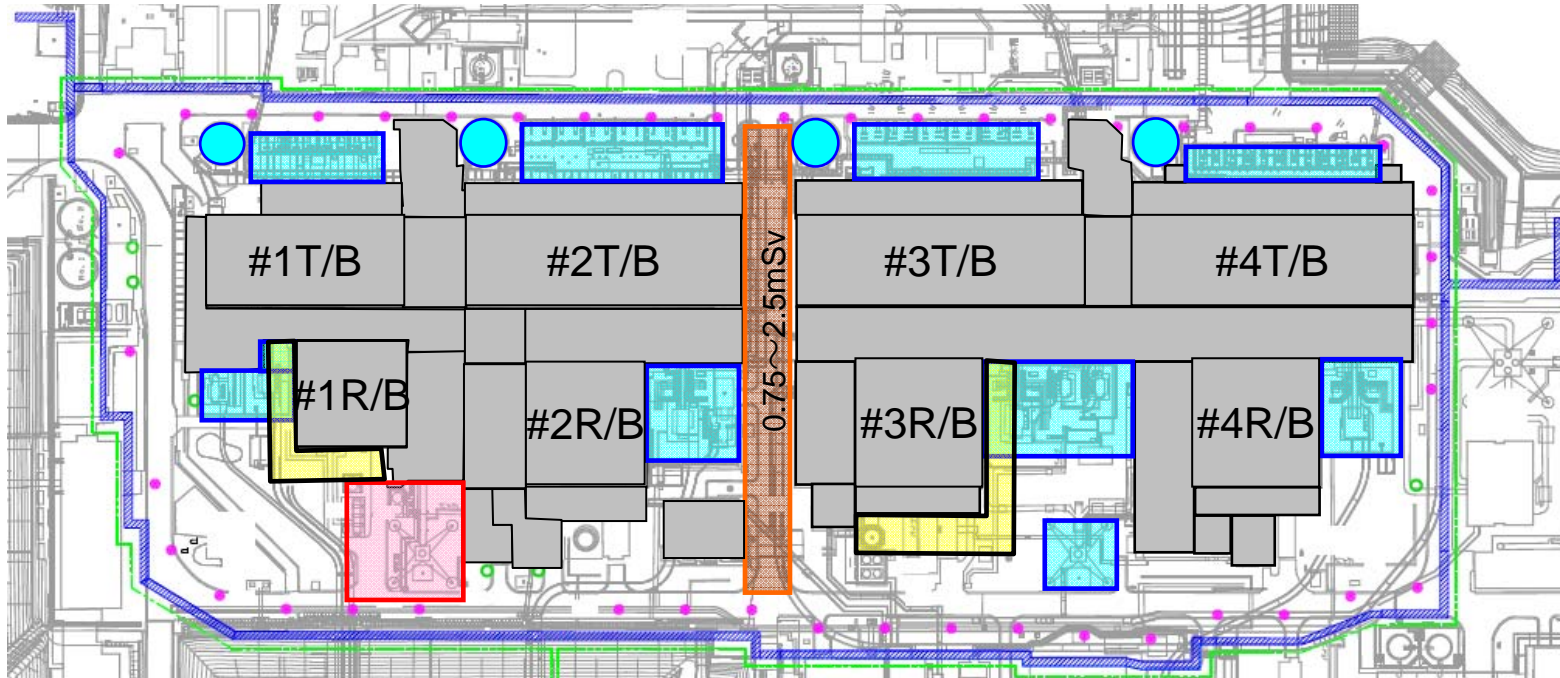


- 地下水位は凍土遮水壁構築後、建屋水位にゆっくりと近づく。基本的には地下水位が建屋水位を下回ることはない。
- 周辺地盤へリチャージ注水を実施することにより、建屋内滞留水の流出リスクを更に小さくする。

1 3. 検討における注水井の配置（仮設定）について

■リチャージ井配置の考え方

- ・実証試験結果を踏まえてリチャージの井戸間隔、位置、数量等を検討する。



■ 注水井の配置においては、下記に該当する箇所については除外した。

- 建屋エリア
- 障害物（トランス、地中構造物等）の錯綜するエリア
- 高線量エリア（10,000mSv以上）
- 2, 3号機間道路周辺（比較的高線量かつスペース小）
- 将来デブリ取出し等に必要なヤード

■ 配置間隔については「仮設構造物の計画と施工」土木学会よりディープウェルの標準配置間隔に関する記載（15~30m間隔程度）を参考に25m間隔程度で仮に設定した。

● : 注水井（新設）

○ : 注水井（サブドレン活用）

■ : 高線量（10,000mSv以上）

■ : 道路

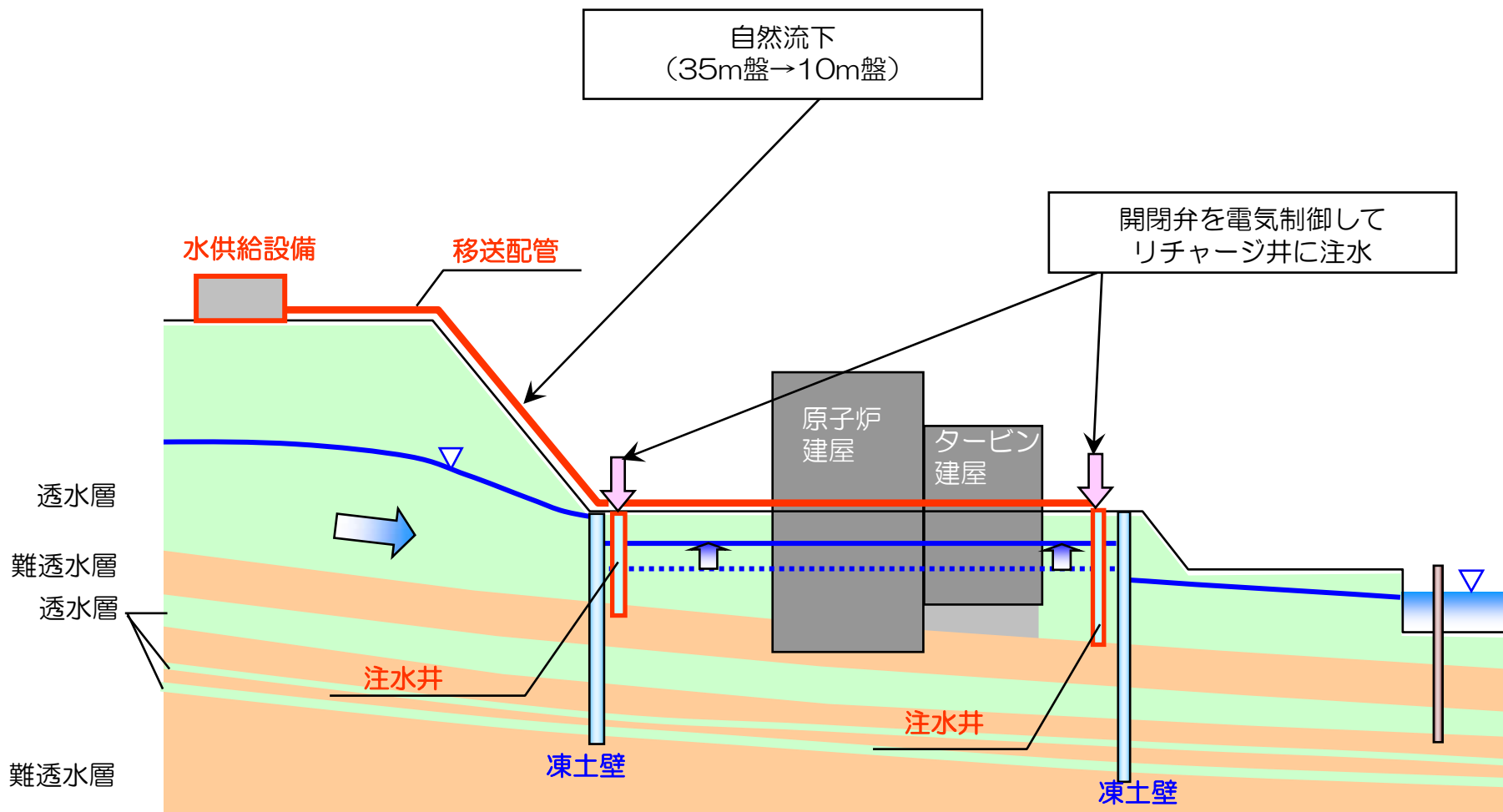
■ : 障害物（トランス、地中構造物等）

■ : （将来）デブリ取出しヤード

14. 1 リチャージ設備のイメージ (1 / 2)

■リチャージ設備のイメージ

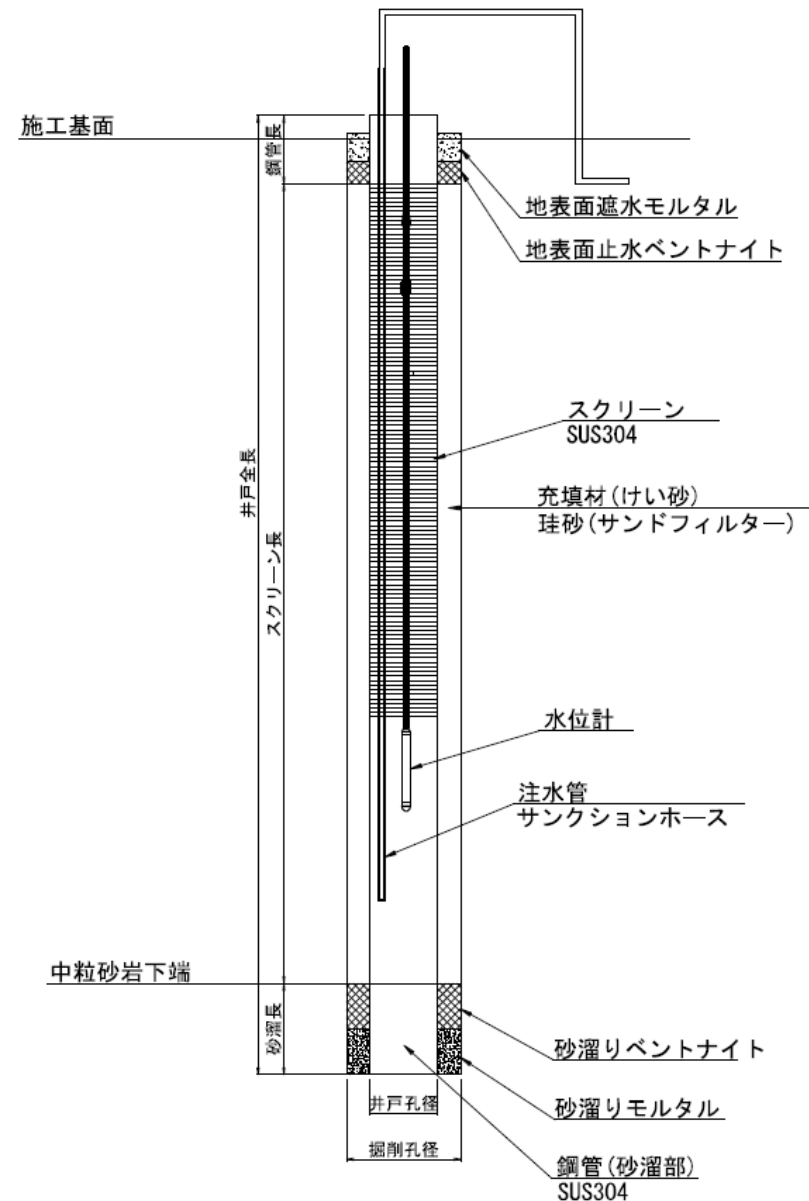
上部透水層を対象に注水する。



14.2 リチャージ設備のイメージ (2/2)

■リチャージ井 (案)

- ・ 井戸径；450mm
- ・ 井戸深；10~20m程度



15. 1 リチャージ設備の性能—建屋周辺水位維持効果について（解析条件）—

■ 解析目的

注水井からの注水による水位低下時の水位差維持効果の確認

■ 解析手法

準3次元浸透流解析プログラム（GWAP）による非定常浸透流解析

■ 解析条件

- モデル化領域：凍土遮水壁内（右図参照）
〔遮水壁内外への水移動は無いと仮定〕
- 建屋モデル化部分：1～4号のタービン建屋
・原子炉建屋・廃棄物処理建屋
- 降雨浸透：なし（0 mm/日）
- 深部岩盤からの湧き上がり：なし（0 m³/日）
- 初期水位：サブドレン稼働（次ページ）
- 水位低下スケジュール：仮定（次ページ）
- 注水量：

ケース	注水量（L/分/本）		注水総量（m ³ /日）
	海側(25本)	山側(25本)	
2-1	0	0	0
2-2	0.5	0.5	36
2-3	1.0	1.0	72

※リチャージ注水は1ヶ月後から稼働させた。

- シミュレーション計算時間：70ヶ月

● 物性値（透水係数・有効間隙率）

	透水係数(cm/s)	有効間隙率
建屋外地盤	3.0×10 ⁻³ ※1	0.16※3
建屋外壁	1.0×10 ⁻⁵ ※2	—

※1：3次元浸透流解析結果（汚染水処理対策委員会にて報告）における“中粒砂岩”の透水係数より設定。

※2：3次元浸透流解析結果（汚染水処理対策委員会にて報告）における建屋内流入量に基づき感度解析を行って同定した。

※3：3次元浸透流解析結果（汚染水処理対策委員会にて報告）における地下水位低下速度に基づき、感度解析を行って同定した。

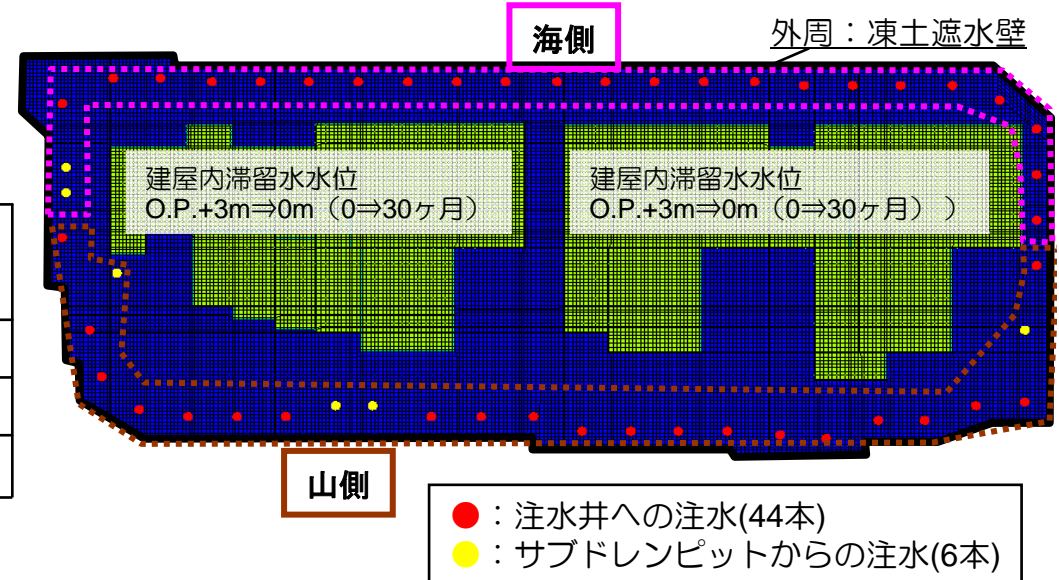


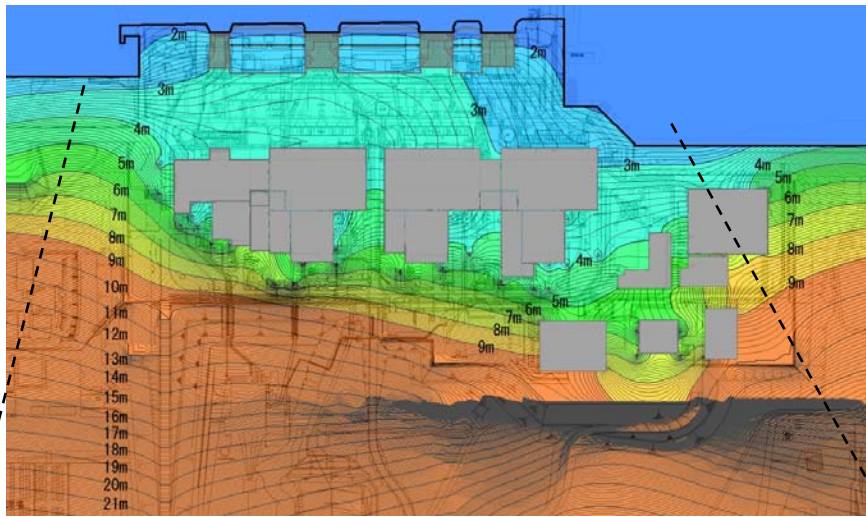
図 解析モデル

15.2 初期水位の設定と水位低下スケジュール

■ 凍土遮水壁内の初期水位

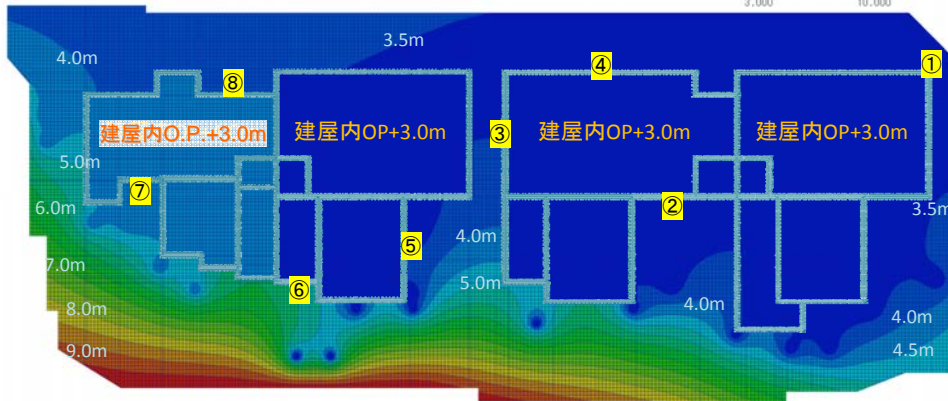
下記条件での3次元浸透流解析により算定。

- サブドレン：稼動（建屋水位）
- 海側遮水壁：閉塞
- 4m盤地盤改良：考慮
- 4m盤地下水ポンド・揚水井：稼動



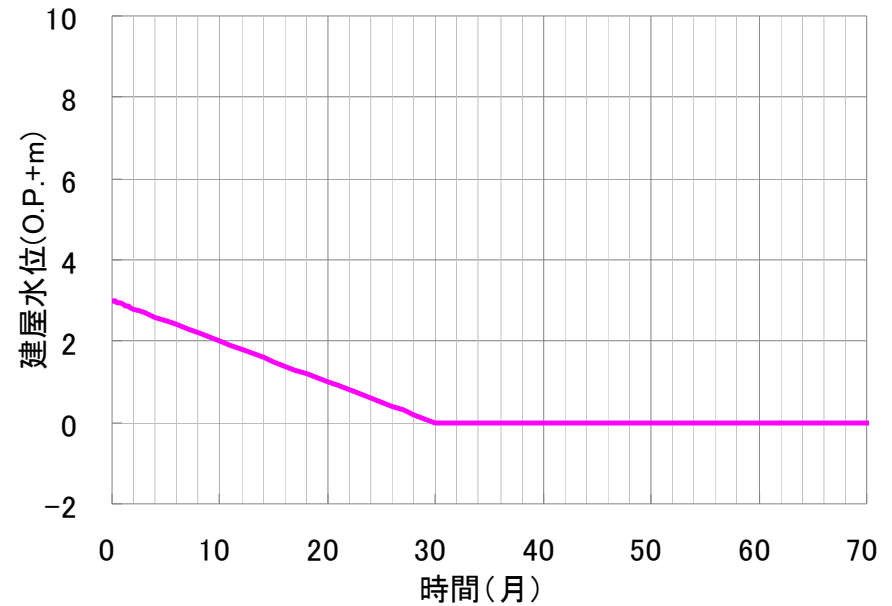
1 Step (0) 0.00000E+00 HEAD-BEL

3.000 10.000



■ 建屋水位低下スケジュール

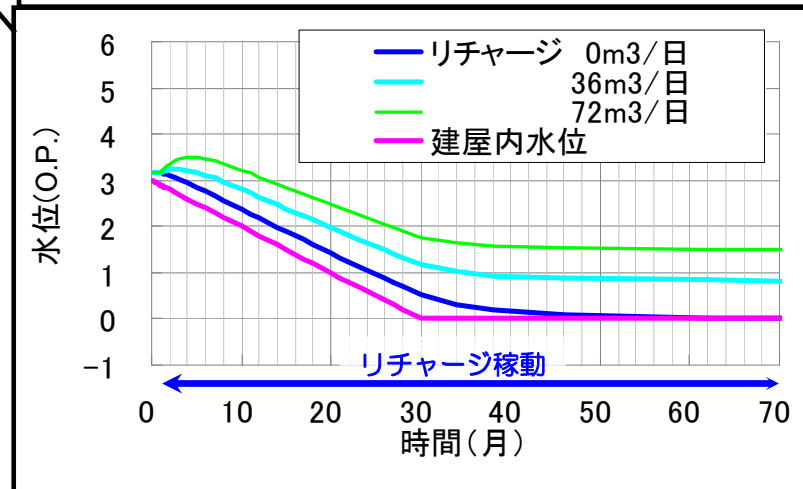
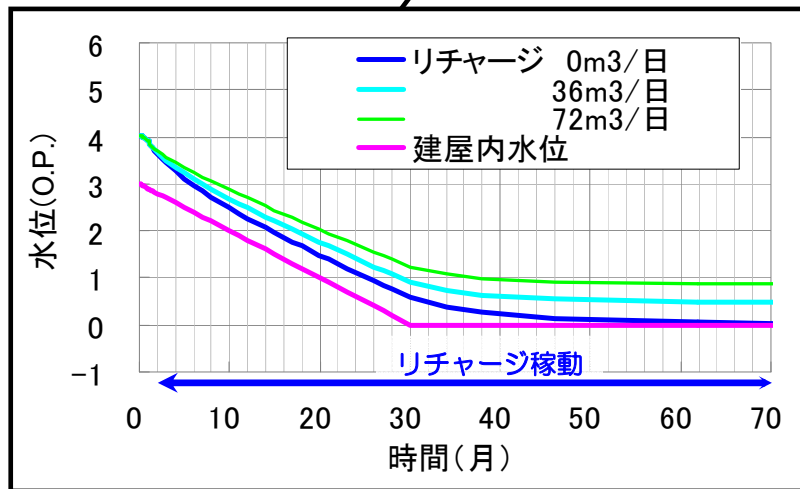
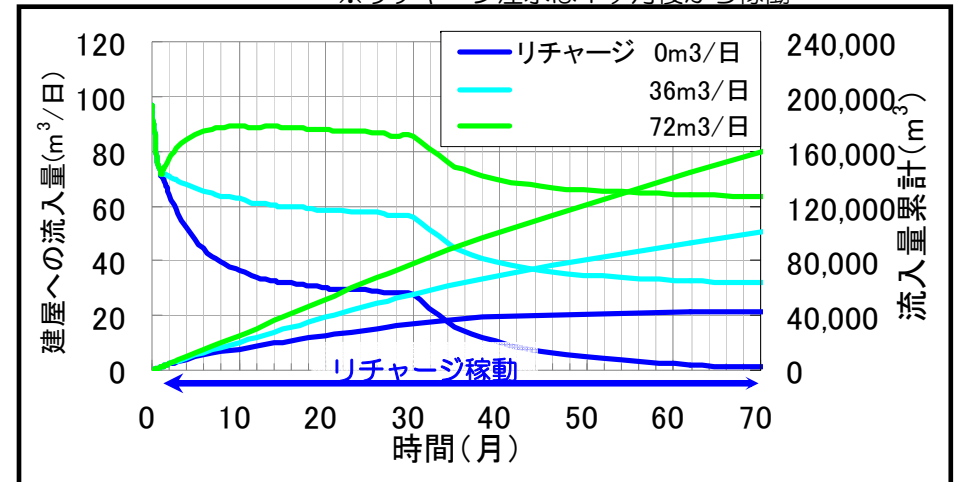
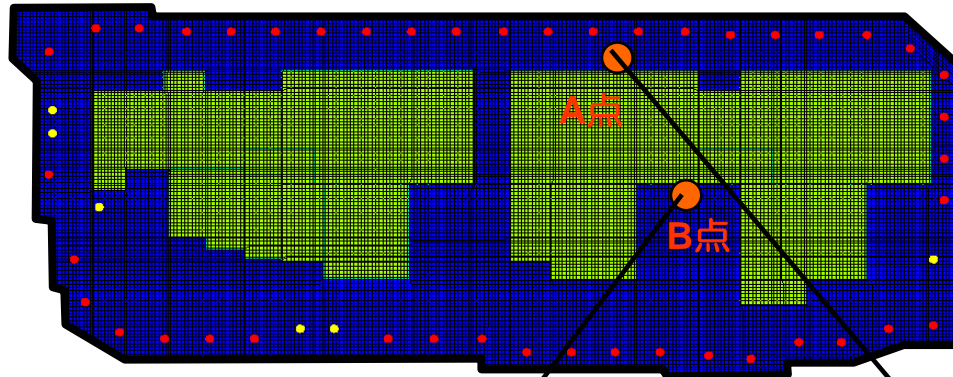
- 下記のような建屋水位低下スケジュールを仮定した。



15.3 リチャージ設備の性能—建屋周辺水位維持効果—

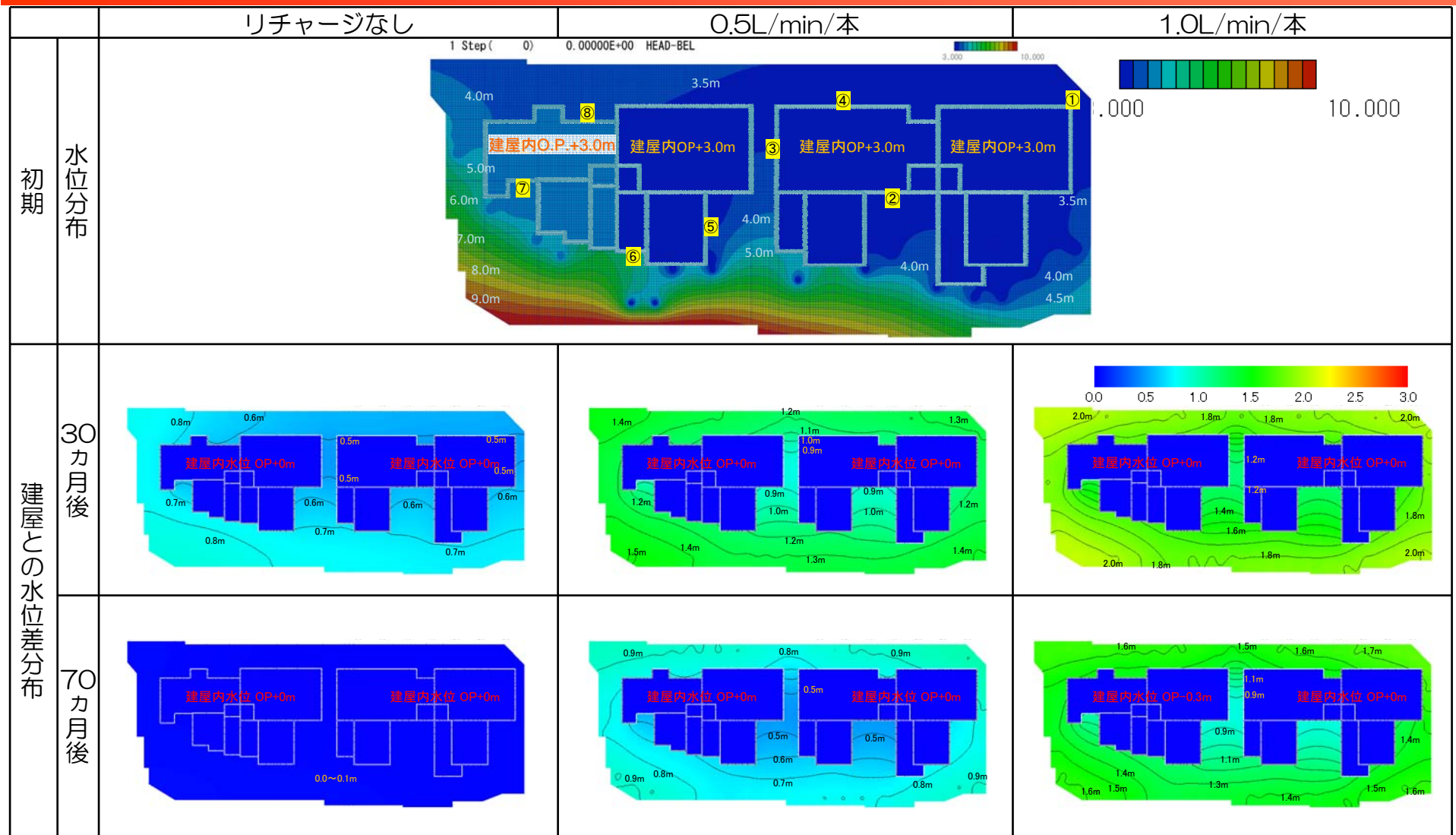
Case	建屋滞留水水位	周辺地下水位 (初期)	サブドレン	注水量(L/分/本)		注水総量 (m ³ /日)	降雨浸透量 (mm/日)
				海側(25本)	山側(25本)		
4-1	O.P. +3 m ⇒0 m (0⇒30ヶ月)	山側サブドレン稼働 (建屋+1m)	稼働 (凍土造成後1ヶ月)	0.0	0.0	0	0
4-2				0.5	0.5	36	
4-3				1.0	1.0	72	

※リチャージ注水は1ヶ月後から稼働



水位低下時において36m³/日、72m³/日（50本の場合 0.5、1.0L/min/本）程度の注水により、建屋周辺地下水位を建屋内滞留水水位に対して平均的にはそれぞれ約0.5～1m、1～1.5m程度高く維持することができる。

15.4 リチャージ設備の性能—建屋周辺水位維持効果—



16. 1 水位低下時のリチャージ稼動開始時期等に関する検討（解析条件）

■ 解析目的

水位低下時におけるリチャージ稼動の開始時期
降雨浸透の影響検討

■ 解析手法

準3次元浸透流解析プログラム（GWAP）による
非定常浸透流解析

■ 解析条件

- モデル化領域：凍土遮水壁内（右図参照）
〔遮水壁内外への水移動はないと仮定〕
- 建屋モデル化部分：1～4号のタービン建屋
 - ・ 原子炉建屋
 - ・ 廃棄物処理建屋
- 降雨浸透：なし（0 mm/日）
- 深部岩盤からの湧上り：なし（0 m³/日）
- 地下水位（初期）：O.P.+3.5m
- 建屋水位低下スケジュール：
 - ・ 10cm/月で低下を仮定
 - O.P.+3m⇒0m（0⇒30ヶ月）
- 注水量：0, 0.5 L/分/本
- シミュレーション計算時間：70ヶ月

● 物性値（透水係数・有効間隙率）

	透水係数(cm/s)	有効間隙率
建屋外地盤	3.0×10 ⁻³ ※1	0.16※3
建屋外壁	1.0×10 ⁻⁵ ※2	—

※1：3次元浸透流解析結果（汚染水処理対策委員会にて報告）における“中粒砂岩”の透水係数より設定。

※2：3次元浸透流解析結果（汚染水処理対策委員会にて報告）における建屋内流入量に基づき感度解析を行って同定した。

※3：3次元浸透流解析結果（汚染水処理対策委員会にて報告）における地下水位低下速度に基づき、感度解析を行って同定した。

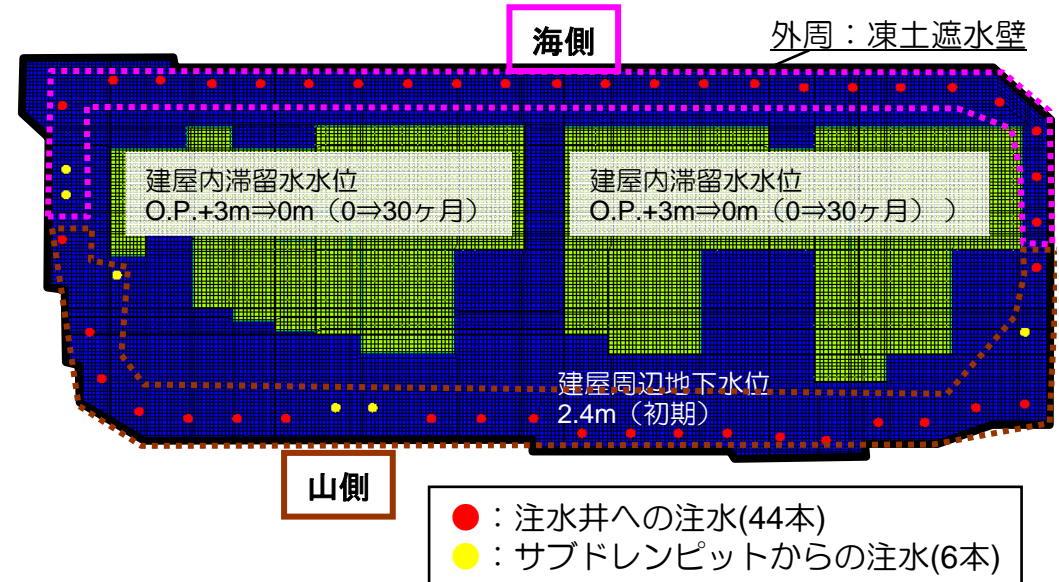


図 解析モデル

16.2 水位低下時のリチャージ稼働開始時期

Case	建屋滞留水水位	周辺地下水位 (初期)	注水開始時期 (水位一定開始に対して)	注水量(L/分/本)		注水総量 (m ³ /日)	降雨浸透量 (mm/日)
				海側(25本)	山側(25本)		
3-1	O.P. +3.0m ⇒0.0m (0⇒30ヶ月)	O.P. +3.5m	—	0.0	0.0	36	0
3-2			0ヶ月前	0.5	0.5		
3-3			1ヶ月前				
3-4			2ヶ月前				

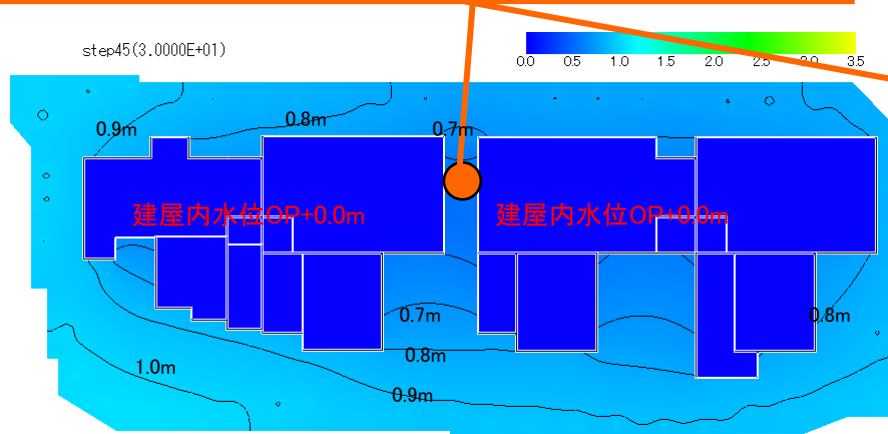
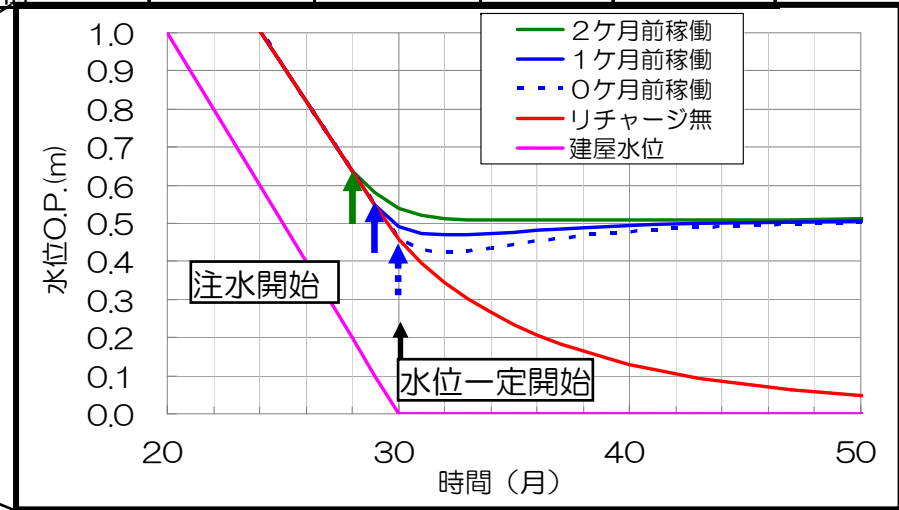
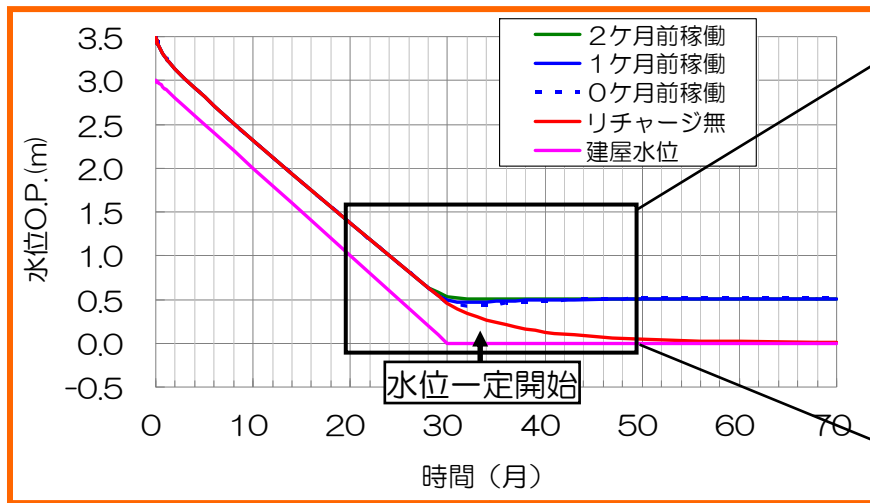


図 水位コンター (2ヶ月前稼働 30ヶ月目)

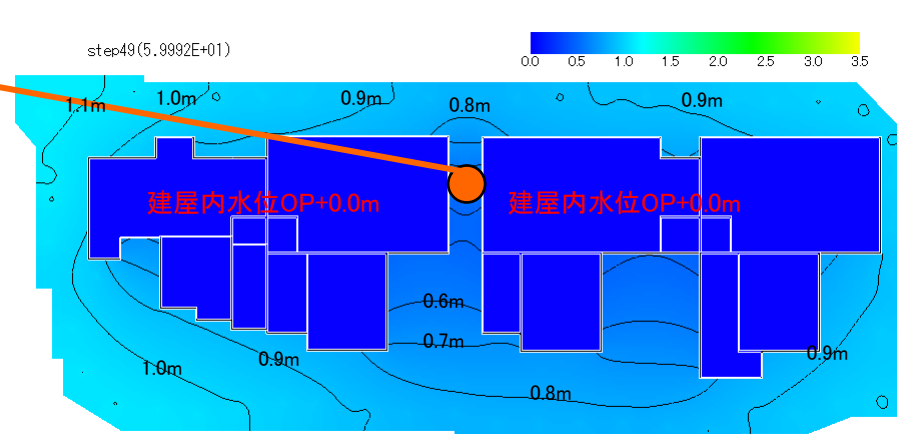


図 水位コンター (2ヶ月前稼働 60ヶ月目)

水位低下時において建屋水位を一定水位を維持する2ヶ月前程度前に40m³/日 (50本の場合0.5L/min/本) 程度の注水を開始することで、建屋周辺地下水位を建屋内滞留水水位に対して約50cm程度高く維持することが可能。

17. 降雨浸透の影響

Case	建屋滞留水水位	周辺地下水位 (初期)	凍土壁造成後	注水量(L/分/本)		注水総量 (m3/日)	降雨量 (mm/年)	降雨浸透率		フェーシング (舗装)率	降雨浸透 量
				海側(25本)	山側(25本)			舗装部	未舗装部		
5-1	O.P. +3m ⇒0m (0⇒30ヶ月)	サブドレン 稼働	サブドレン 非稼働	0.0	0.0	0	1,545	0%	55%	100%	0.0
5-2								0%	55%	80%	0.5
5-3								0%	55%	40%	1.4
5-4								0%	55%	0%	2.3

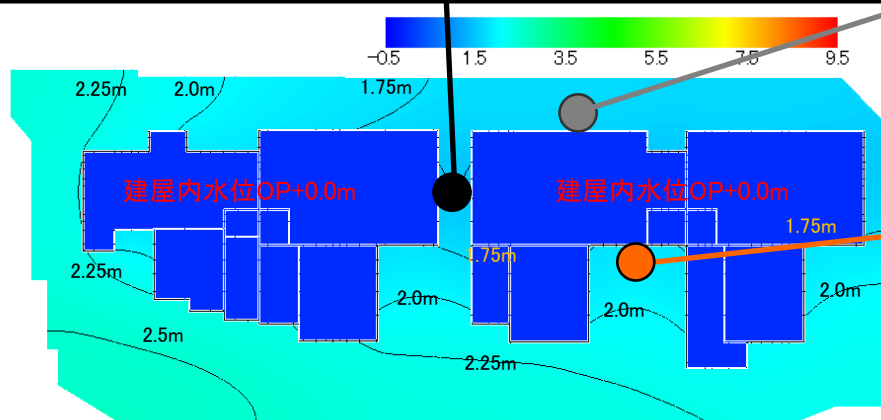
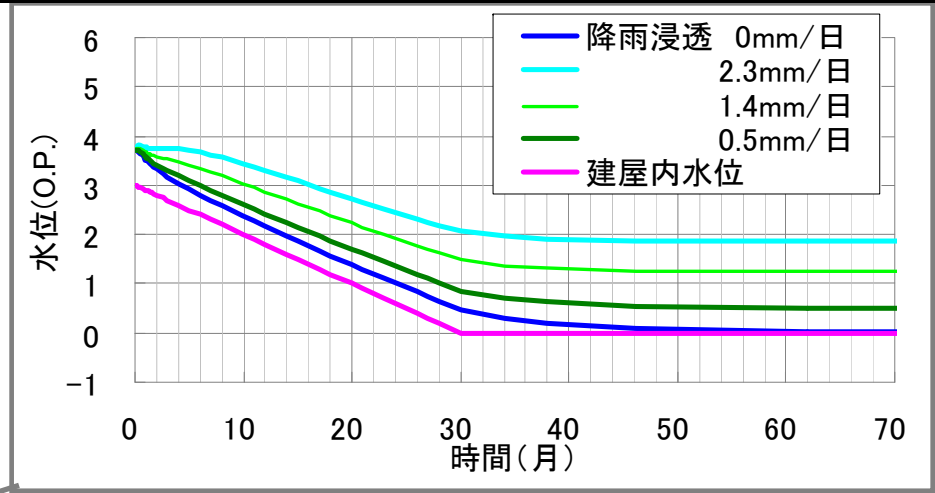
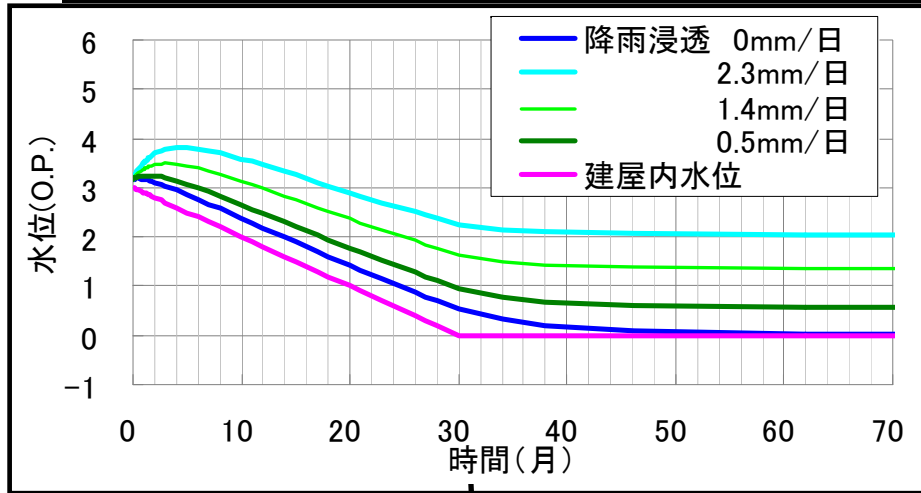
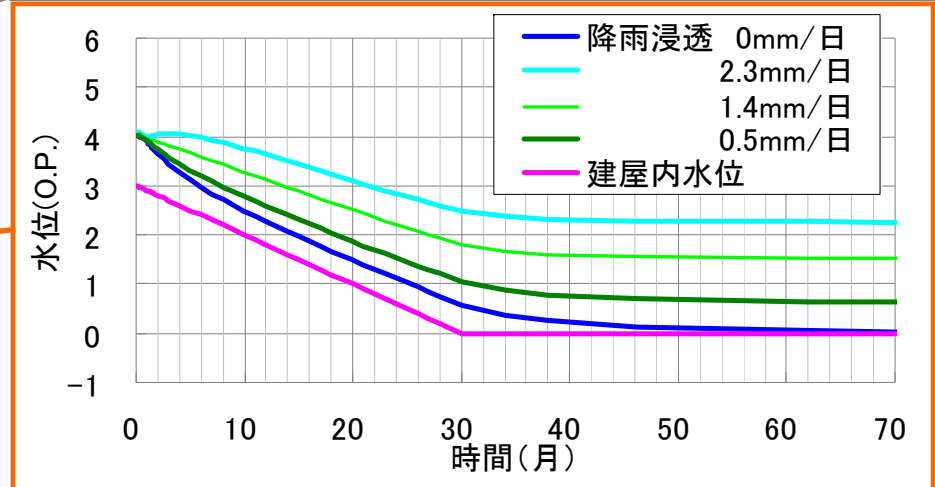


図 水位コンター（降雨浸透1.4mm/日 30ヶ月）



■降雨の影響に関しては年平均降水量1,545mm/年のうち約33%、1.4mm/日程度（凍土遮水壁内のフェーシング率40%相当）の雨水浸透を仮定すると、約1~1.5m程度地下水位が高いレベルで維持される。

凍土方式遮水壁について

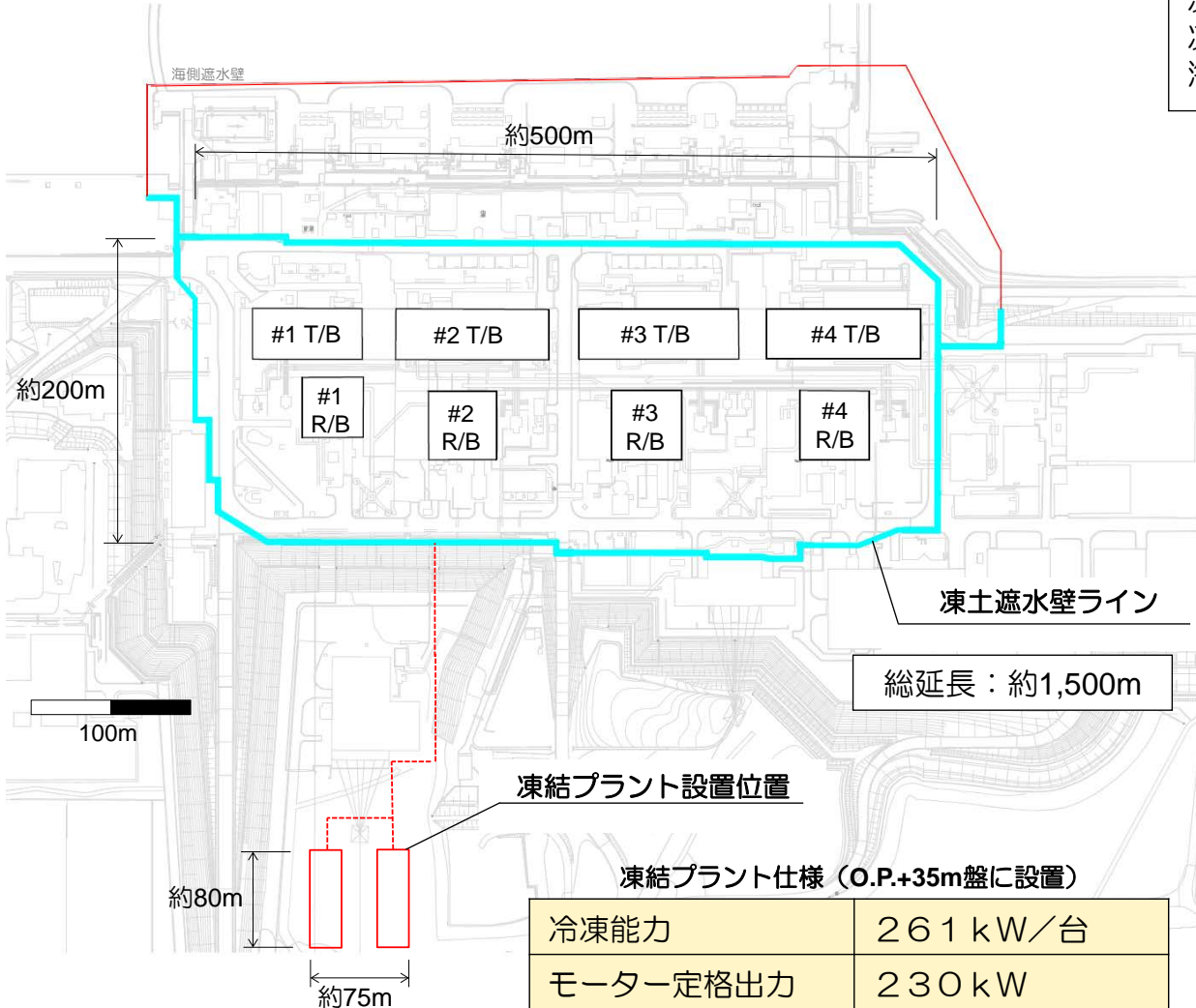
平成26年4月18日

資源エネルギー庁

原子力発電所事故収束対応室

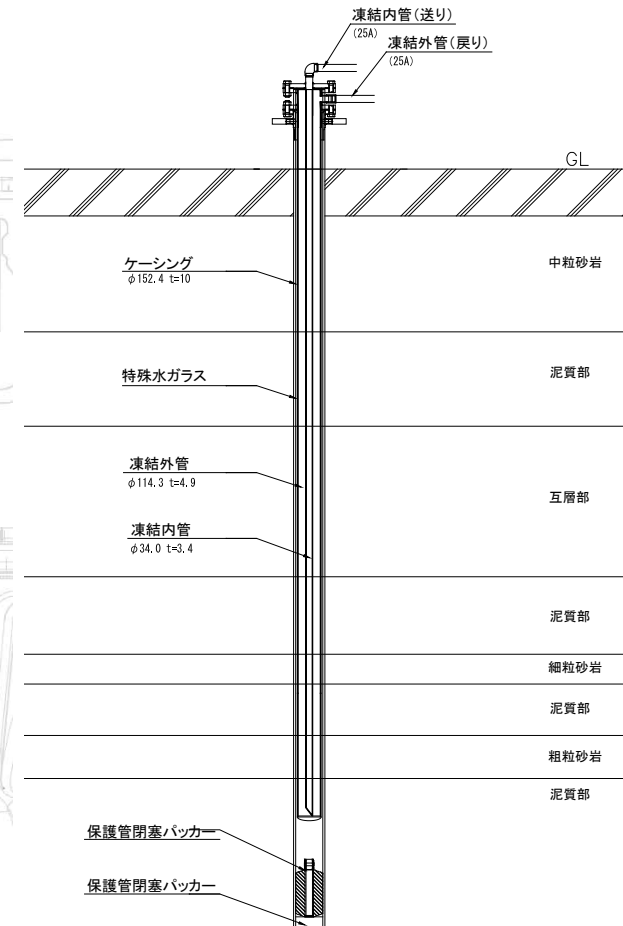
凍土方式遮水壁の仕様

凍土遮水壁ライン・凍結プラント配置計画



凍結管仕様

凍結管根入れ土層：粗粒砂岩下泥質層
 凍結管ピッチ：1m
 凍結管構造：3重管
 海側ライン：スタンドパイプつき



凍結プラント仕様 (O.P.+35m盤に設置)

冷凍能力	261 kW/台
モーター定格出力	230 kW
ブライン出口温度	-30℃

目的に関するご指摘

◇凍土遮水壁の実施については地下水の流入抑制までを議論するのか、建屋止水、ドライアップまでを議論するのが課題。

検討経緯に関するご指摘

◇他の委員会での検討結果、議論の内容等を紹介してほしい。また、会議の体制についても紹介してほしい。

効果・特質に関するご指摘

◇凍土遮水壁については、その効果、特質について議論すべきである。海側の凍土遮水壁が抜けてしまったら、地下水が海側に流れ込み、地下水が下がり、結果、建屋内の滞留水が地盤に漏えいする可能性があるのではないか。

凍土壁の設置目的及び委員会等での検討経緯について

(1) 目的

- ✓ 汚染水が滞留している原子炉建屋内への地下水流入量を低減させることで汚染水の増加を抑制する。**汚染源に地下水を「近づけない」対策**のひとつ。

(2) 昨年からの検討の経緯

- ✓ 原子力災害対策本部⇒**汚染源に地下水を「近づけない」対策**として位置づけ
 - ・**汚染水問題に関する基本方針(平成25年9月3日)【参考3】**
 - ⇒予備費の措置を閣議決定(平成25年9月10日)、補正予算成立(平成26年2月6日)
 - ・**廃炉・汚染水問題に対する追加対策(平成25年12月20日)【参考4】**
- ✓ 汚染水処理対策委員会
 - 地下水流入抑制のための抜本策を検討**:平成25年4月26日～5月30日
 - ⇒「**抜本策の柱として、プラント全体を取り囲む陸側遮水壁を設置すべき**」(5月30日)
 - ・**「地下水流入抑制のための対策」(平成25年5月30日)【参考5】**
 - 陸側遮水壁の技術的課題を整理。このうち、以下の課題解決のためのフィージビリティスタディを実施。
 - 水位管理方法の確立(リチャージ等の成立性・信頼性)**
 - 施工性・効果の確認(試験施工・高流速下での施工等)**
 - 凍土システムの長期的な信頼性の確保**
 - ・**東京電力(株)福島第一原発における予防的重層的な汚染水処理対策(平成25年12月10日)【参考6】**
- ✓ 陸側遮水壁タスクフォース(平成25年7月1日～:計9回開催)
- ✓ 地下水・雨水等の挙動等の把握・可視化サブグループ(平成25年11月20日、26日)
 - ・FS事業の進捗管理や概念設計・基本設計を議論。

陸側遮水壁タスクフォース等における議論

- ✓ 陸側遮水壁タスクフォース及びサブグループでは、事業の進捗管理を行うとともに、設計・施工計画に対して技術的な観点での議論を行ってきた。

		主な指摘事項	対応状況
設計	1	地下水流速によっては凍結管の本数を増やす必要があるのではないか。	実証試験結果及びシミュレーションで評価済。状況に応じて対応可能。
	2	凍結管を二重管にした場合と三重管では熱伝導率が異なるのではないか。	FSの中で実証。三重管でも熱伝導の点で問題ないことを確認済。
施工計画	3	埋設物のある場合、測温管による温度計測で凍結の可否を確認できるのか。	FSの結果を反映した温度シミュレーションを実施、モニタリング計画に反映済。
	4	(FSでは)凍土壁に沿った地下水流の温度測定を意識して温度計を配置すべき。	モニタリング計画へ反映済。
	5	線量低減対策を考慮すべき。	検討済。

陸側遮水壁の検討体制

①原子力災害対策本部

本部長：内閣総理大臣

副本部長：経済産業大臣、環境大臣、原子力規制委員会委員長 等

②廃炉・汚染水対策関係閣僚等会議(※)

議長：内閣官房長官、副議長：経済産業大臣、構成員：環境大臣 等

役割：廃炉・汚染水対策の根本的な解決に向けて、対応の方向性の決定
廃止措置に向けた中長期ロードマップに関する重要事項を審議・決定

(※)必要に応じて福島県、東京電力やメーカー等も参加

③廃炉・汚染水対策チーム会合(※)

廃炉・汚染水対策チーム

チーム長：経済産業大臣

役割：廃炉・汚染水対策の方針の検討、
中長期ロードマップの進捗管理等

廃炉・汚染水対策チーム事務局

事務局長：経済産業副大臣

廃炉・汚染水対策現地事務所

④汚染水処理対策委員会

委員長：大西有三関西大学特任教授・京都大学名誉教授

委員：【参考1】

役割：汚染水処理について、これまでの対策を総点検し、問題を根本的に解決する方策や、漏えい事故への対処を検討。

⑤陸側遮水壁タスクフォース

主査：大西有三関西大学特任教授・京都大学名誉教授

委員：【参考2】

役割：陸側遮水壁について、その早期実現等のため、概念設計、施工計画の策定等の評価、進捗管理等を行う。

⑦廃炉・汚染水対策現地調整会議

議長：経済産業副大臣

役割：廃炉・汚染水問題について、現地での情報共有や連携強化等を図る。

⑥地下水・雨水等の挙動等の把握・可視化サブグループ

役割：地下水の流入、降雨の浸透や表面流出、汚染水浄化のための汲み上げをはじめとした人為的な作用の影響など、水の流動に関するあらゆる情報を基に、メカニズム全体を把握し、総合的な検討を行った上で、データの集約、メカニズムの解明と可視化を行う。

◇凍結管の交換性能

- ・凍結管は容易に抜き差しが可能な3重構造(左下図)。
- ・万が一、凍結管に不具合が生じた場合においても、2重管を交換することで使用可能。

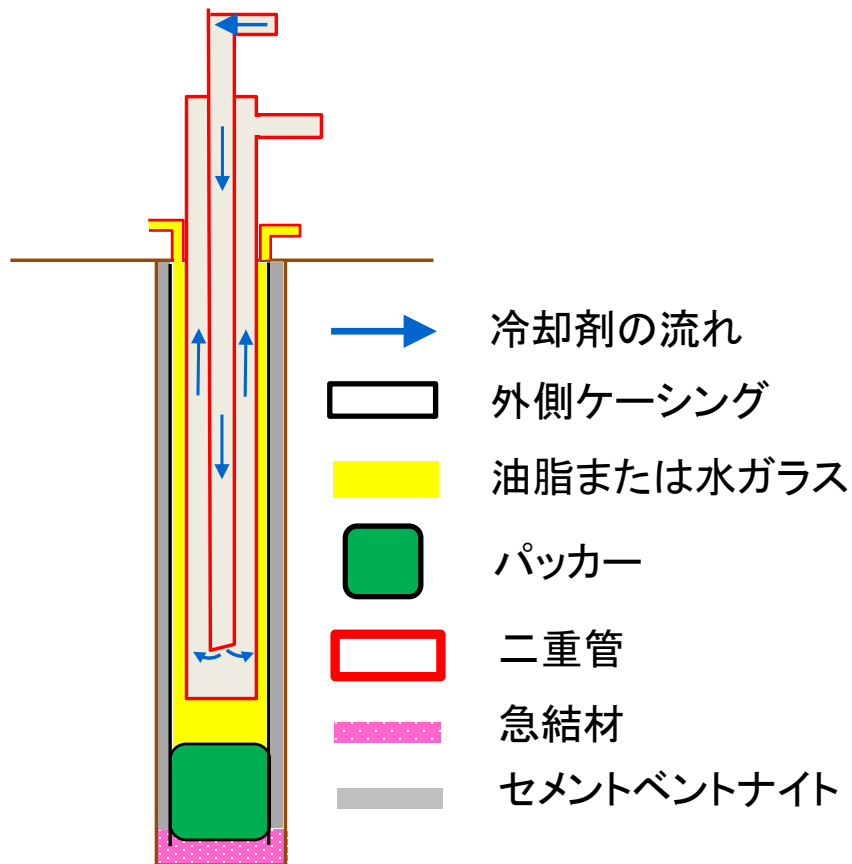


図 凍結管(三重構造)

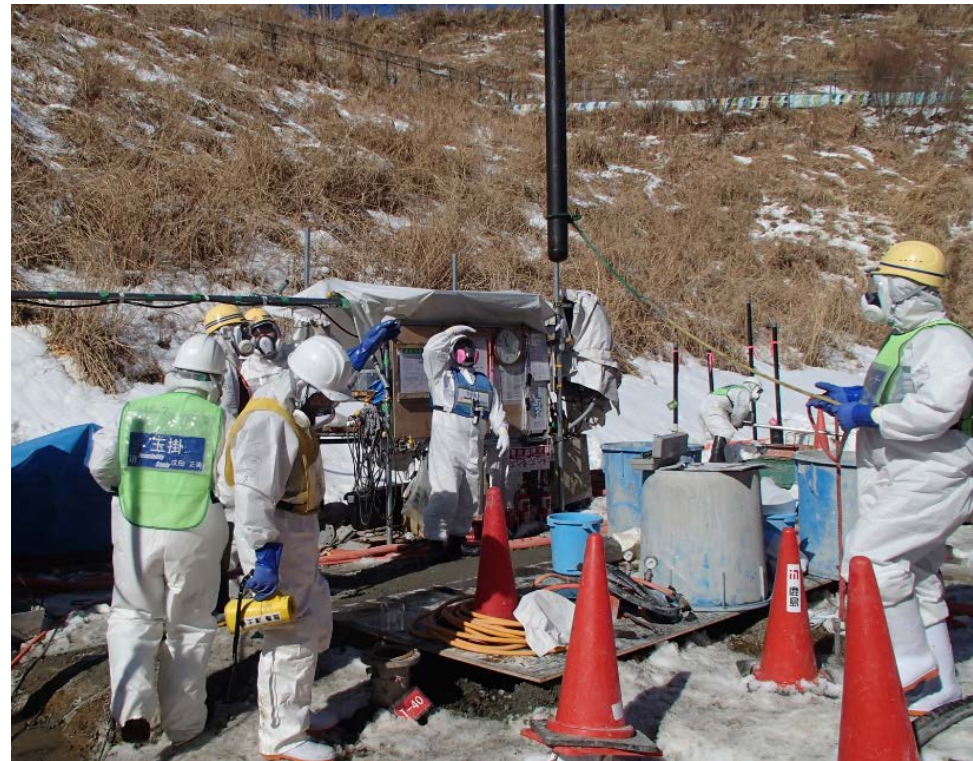


写真 凍結管交換作業イメージ

小規模凍土壁の凍結状況(1/2)

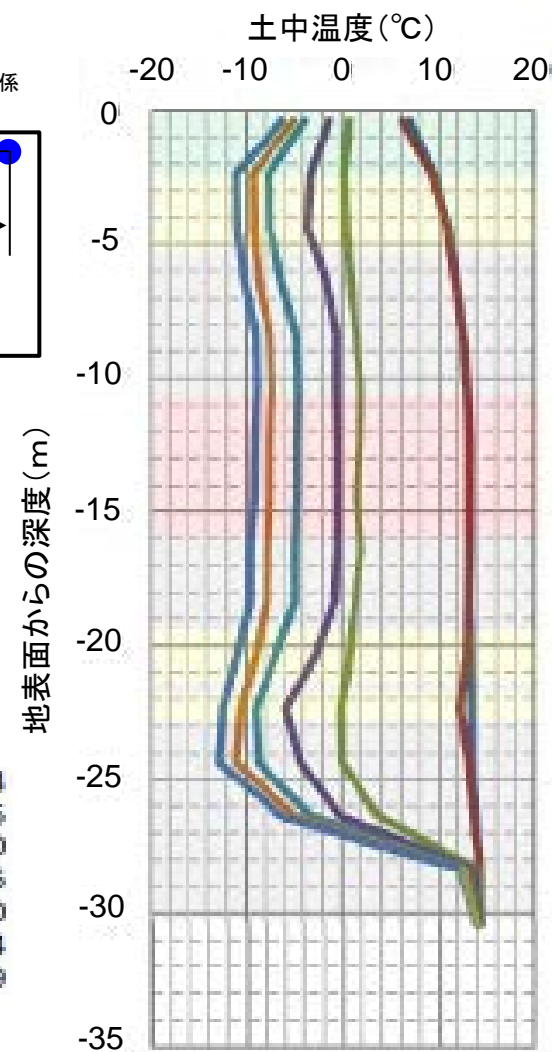
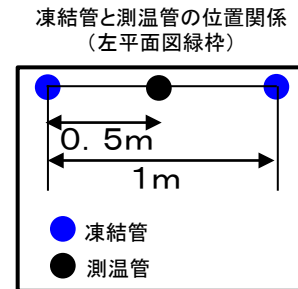
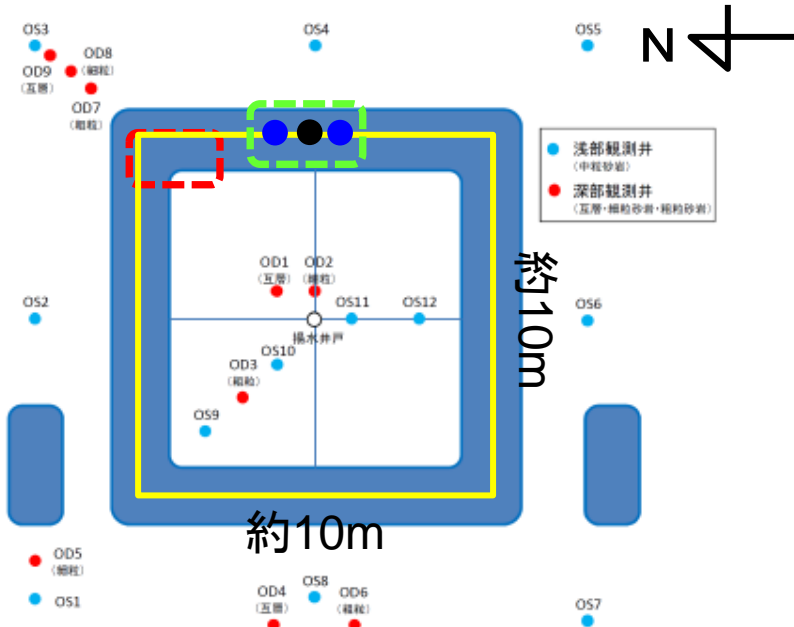


図 小規模凍土壁の平面図
 ※黄色枠上に約1m間隔で凍結管が配置

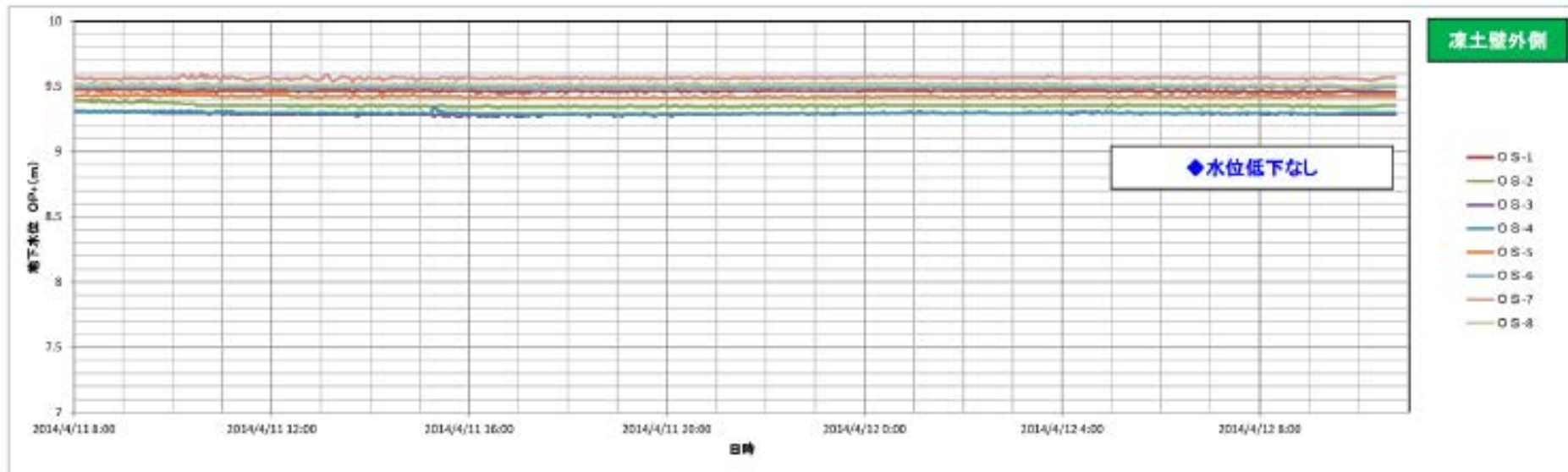
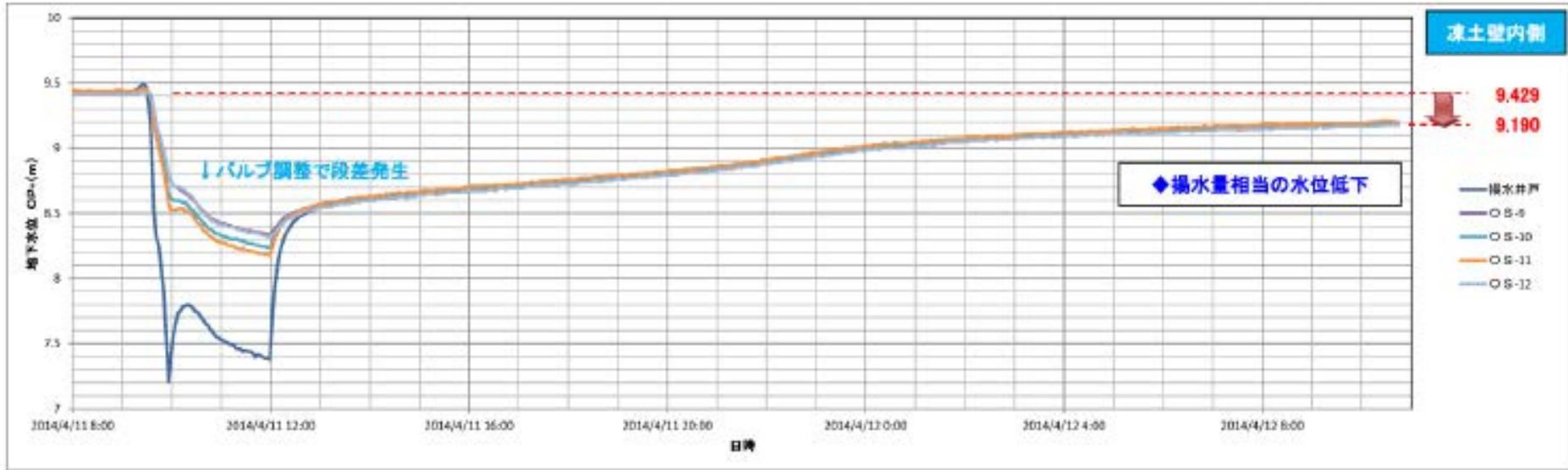


写真 凍結状況(上図、赤枠部分)

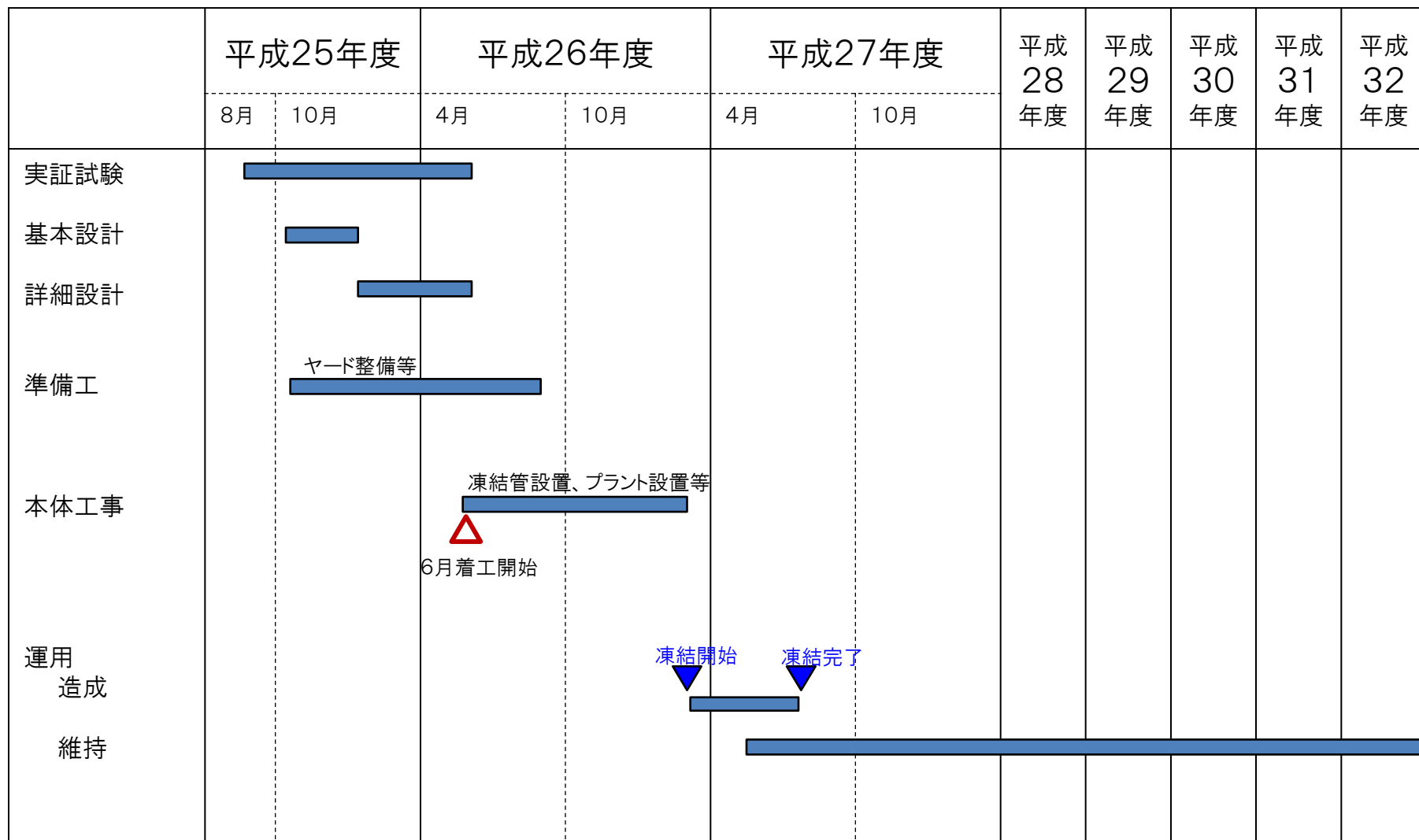
図 凍結管間(約1m)の中心点での温度分布

小規模凍土壁の凍結状況(2/2)

◇揚水試験結果



全体スケジュール



凍土方式遮水壁の設計について

平成26年4月18日

東京電力株式会社
鹿島建設株式会社

※以下、「凍土方式遮水壁」を「凍土壁」と記載

1. 凍土壁造成後の水位管理の基本方針
2. 注水設備の性能評価

1. 1 凍土壁の目的

「近づけない対策」

建屋付近に流入する地下水の量を可能な限り抑制する対策

「地下水流入抑制のための重要な要素」

地下水の流入抑制のためには、適切に建屋周辺の地下水位と建屋内の汚染水位（地下滞留水の水位）の差（「水位差」）を管理した上で、水位差を小さくすること及び水位差を維持しつつ地下水位を流入経路となる建屋の貫通部等より下げることが重要な要素である。

注）汚染水処理対策委員会報告書（H25.5.30）から抜粋

1. 2 凍土壁造成後の水位管理の基本方針

凍土壁造成後の建屋内滞留水水位、凍土壁内側の地下水位（建屋周辺）、および凍土壁外側の地下水位（海側）の管理の基本方針は以下のとおり

■水位管理基準

- ・ 建屋内滞留水水位 < 凍土壁内側の地下水位（建屋周辺）
に保ち、建屋内滞留水を漏洩させない
- ・ 凍土壁内側の地下水位 < 凍土壁外側の地下水位（海側）
に保ち、万が一、凍土壁の海側が損傷した場合の
「凍土壁内側の地下水位」の低下を防止する

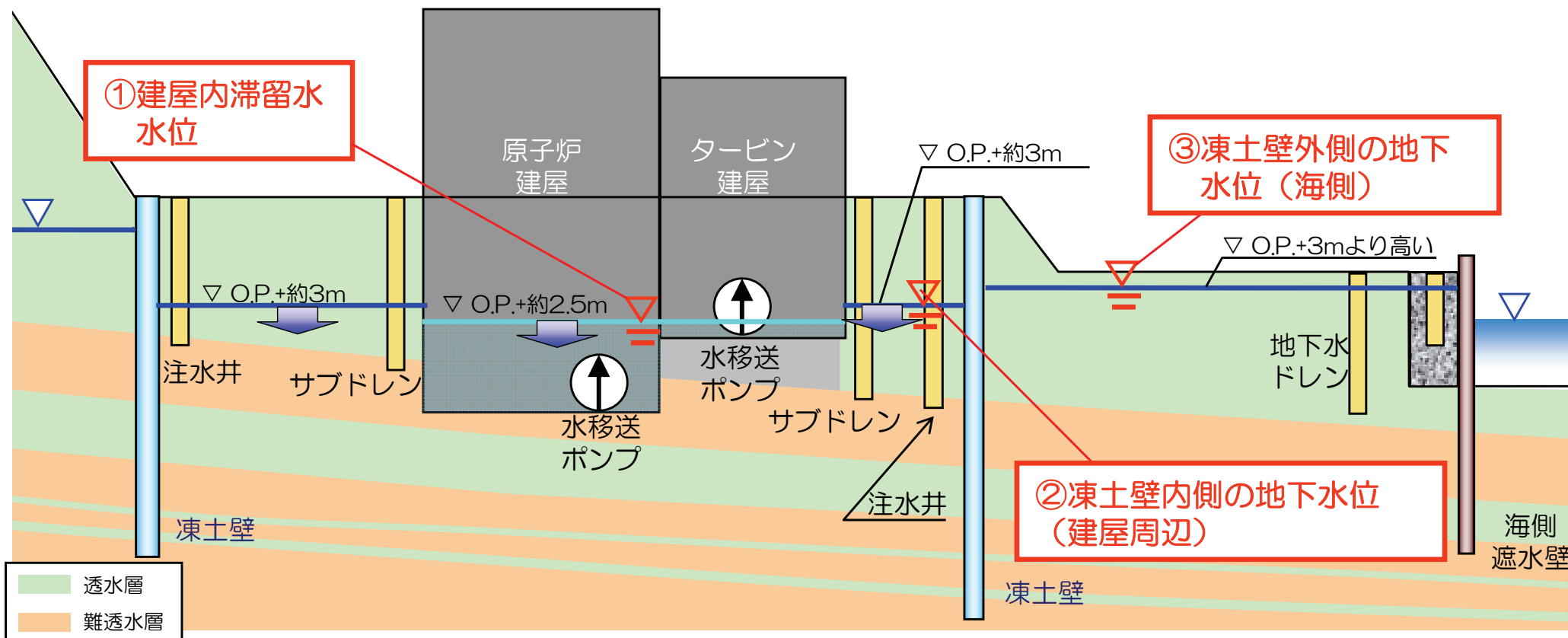
■各水位の管理方法

建屋内滞留水水位	建屋内滞留水移送ポンプによる移送（現状どおり）
凍土壁内側の地下水位	注水井への注水 サブドレンによる地下水の汲み上げ （凍土壁造成により、地下水位は自然に低下）
凍土壁外の地下水位（海側）	海側遮水壁内に設置する地下水ドレンによる汲み上げ

1. 3 水位管理イメージ

水位管理基準

- 建屋内滞留水水位 (①) < 凍土壁内側の地下水位 (建屋周辺) (②)
- 凍土壁内側の地下水位 (②) < 凍土壁外の地下水位 (海側) (③)



万が一、海側の凍土壁が抜けてしまった場合でも、凍土壁内側の地下水位は外側（海側）より低い
ため、地下水は凍土壁の外側から内側に流入することから、建屋周りの地下水位が低下して建屋内
滞留水が漏えいすることはない

1. 4 “建屋－地下水”水位差の考え方について（1/2）

凍土壁造成後の“建屋－地下水”水位差を想定するに当たって、過去の運用実績について整理した。

■過去の運用実績

- 現状、地下水位（海側）がO.P.+3.2～6m程度であるのに対し、建屋水位は滞留水移送ポンプ稼動により、O.P.+2.6～3.5m程度で制御・管理し、建屋水位が地下水位を上回らないことを確認している。
- 建屋水位と地下水位の水位差は最低でも0.5m程度以上は確保している。
- 現状、降雨時の水位上昇量は、建屋水位と比較して、地下水位の方が大きい。なお、昨年10月の台風による2度の大量降雨時においても同様の状況であった。
- 設置済の建屋滞留水移送ポンプについては、降雨時も含め1台以上の予備機を有している。

1. 4 “建屋—地下水” 水位差の考え方について (2/2)

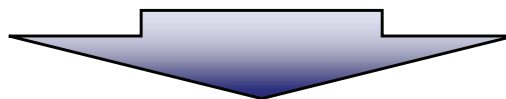
- 凍土壁造成後については、下記の点で、建屋水位と地下水位の制御性が向上する。

【建屋水位】

- 現状、タービン建屋のみ設置済みの建屋滞留水移送ポンプを、原子炉建屋 等にも増設。
- 凍土壁の遮水効果により、遮水壁内への山側からの地下水の流入が抑制されるため、凍土壁造成後、数ヶ月～1年で凍土壁内側の山側地下水位が低下するため、建屋への地下水流入が低減する。
- また、その後の建屋および地下水位の低下により、地下水位以下の建屋貫通箇所が減少することから、建屋への地下水流入はさらに低減する。

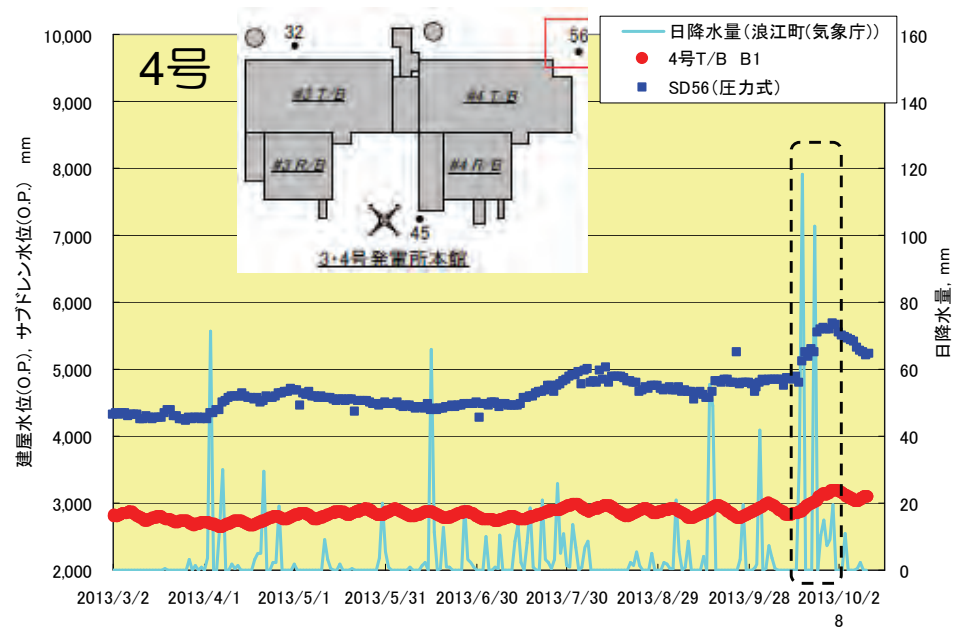
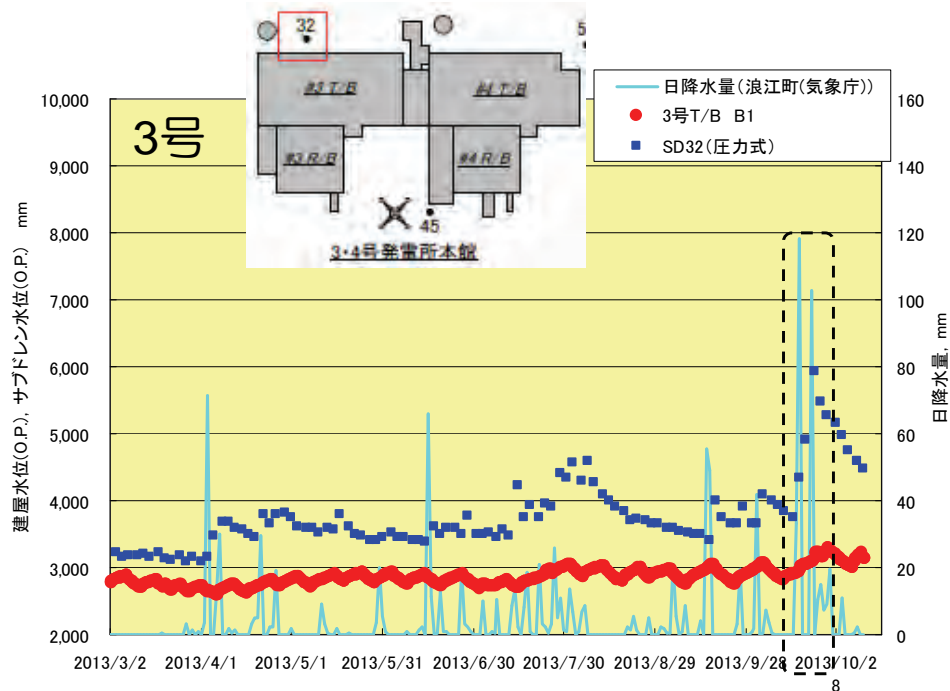
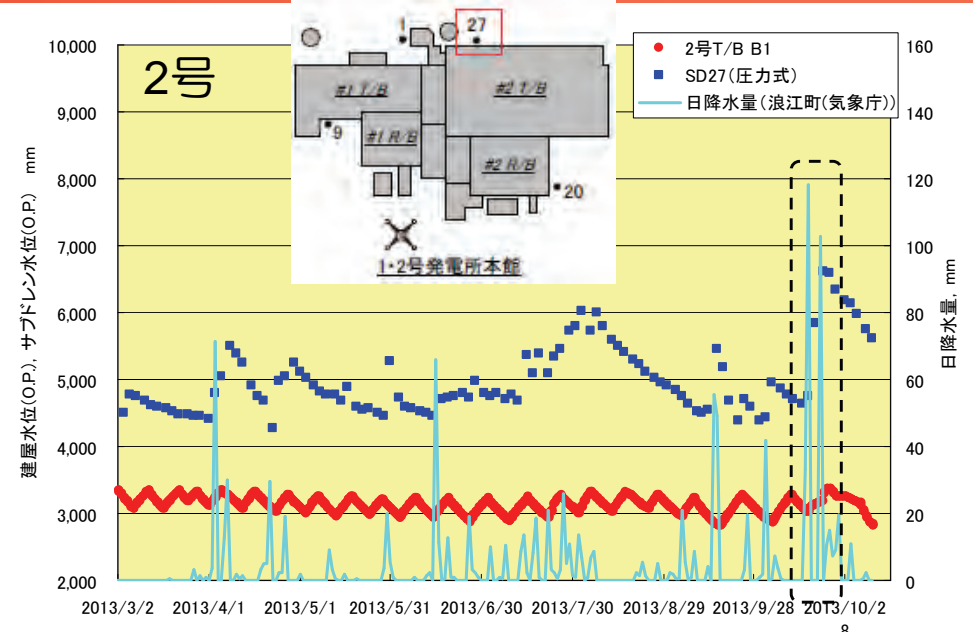
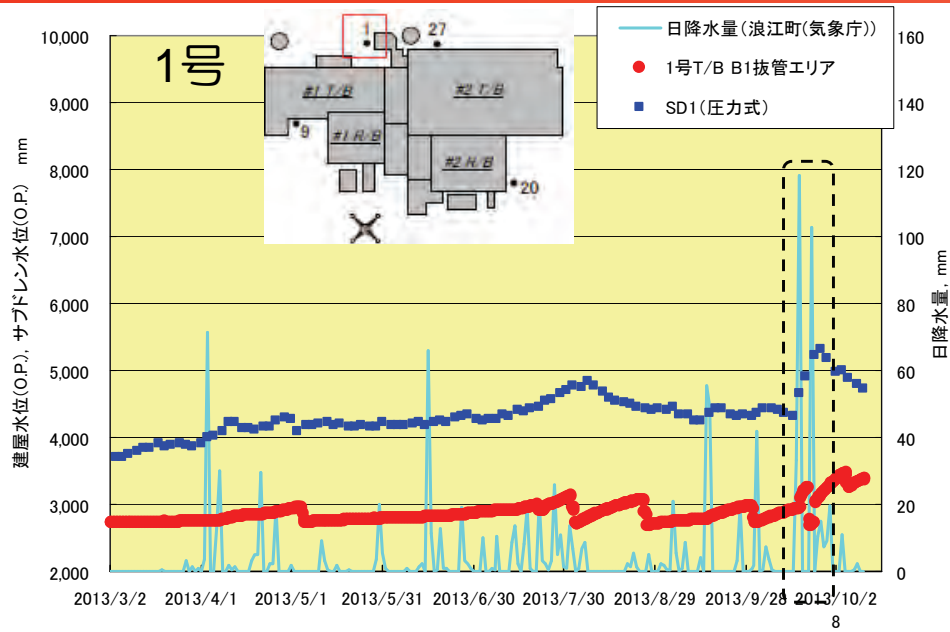
【地下水位】

- 凍土壁の遮水効果により、遮水壁内への山側からの地下水の流入が抑制されるため、降雨による水位変動が小さくなる。
- サブドレンによる汲上げ、注水井からの注水により、地下水位を一定の範囲で制御できる。（但し、注水井からの注水による水位上昇は緩慢である。）

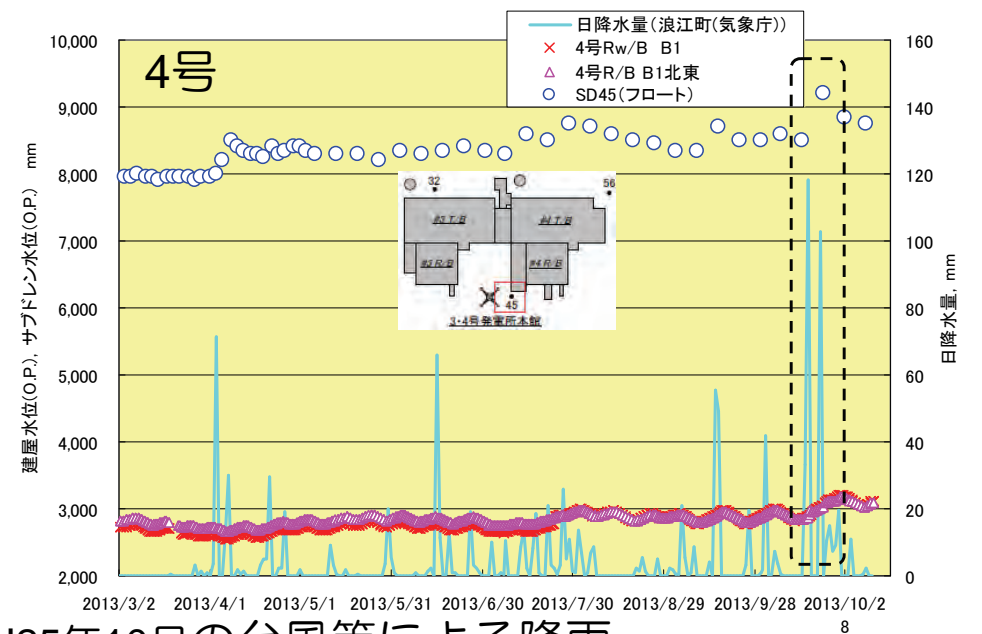
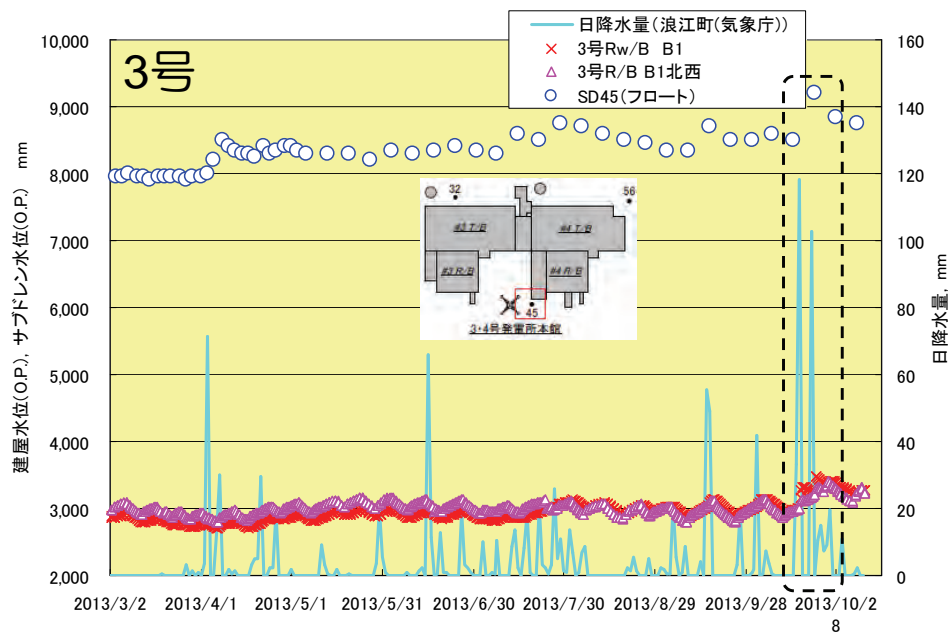
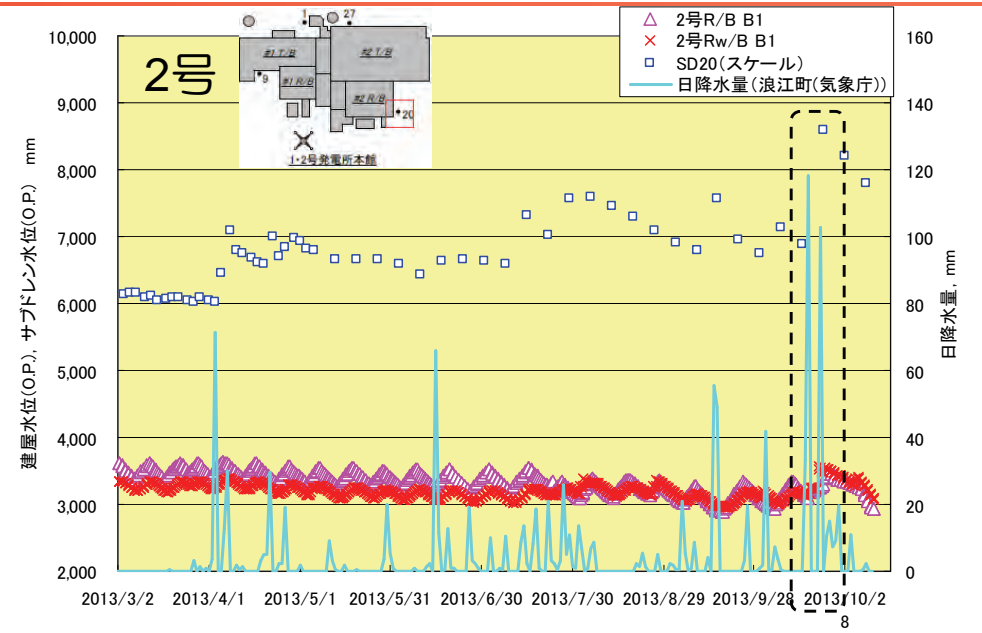
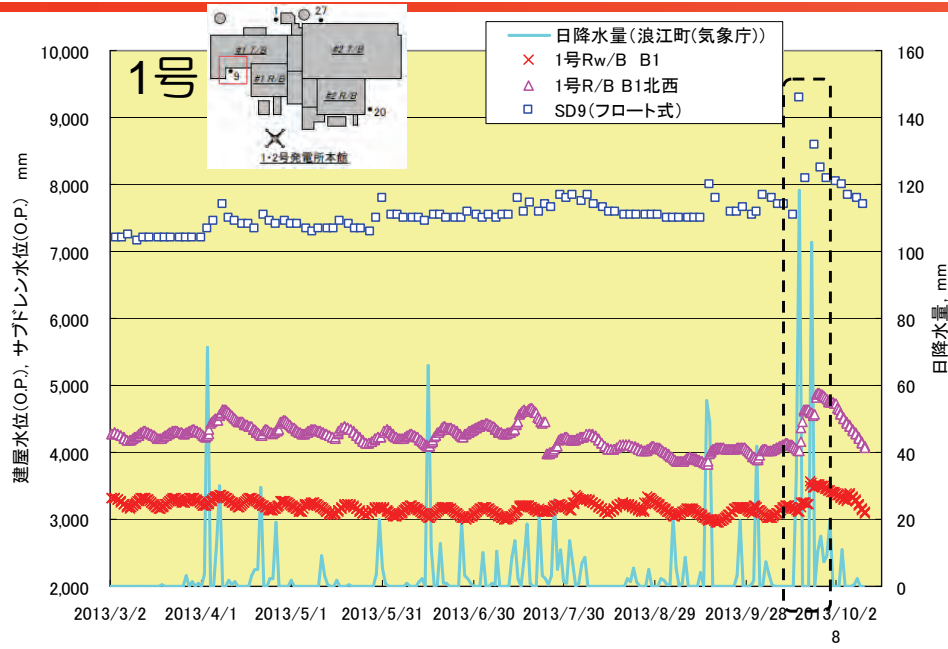


「建屋内滞留水水位と凍土壁内側の地下水位」の水位差については、降雨を踏まえた余裕分、建屋内滞留水移送ポンプ稼働の運用幅、計器誤差を考慮して0.5m程度と想定する。

【参考；前回資料再掲】タービン建屋の水位の余裕について（実績）



〔 〕: H25年10月の台風等による降雨



〔 〕: H25年10月の台風等による降雨

-
1. 凍土壁構築後の水位管理の基本方針
 2. 注水設備の性能評価

2. 1 注水設備の目的

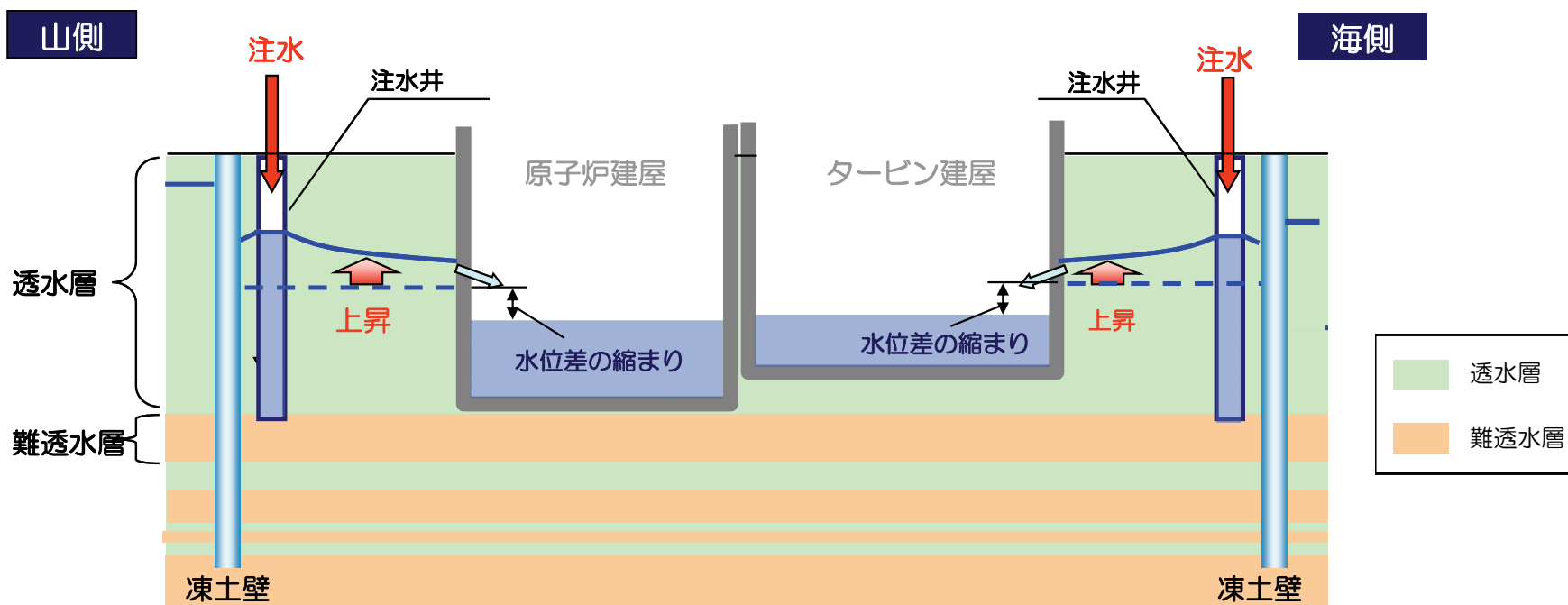
【注水設備の目的】

建屋内滞留水の水位が一定水位を保つ期間において、地下水位が建屋内滞留水の水位に近づいてきた場合、建屋内滞留水の移送に加え、注水井へ水を入れることで地下水位を維持する。なお、注水による地下水位の上昇は緩やかであるため、緊急的な利用には不向きである。

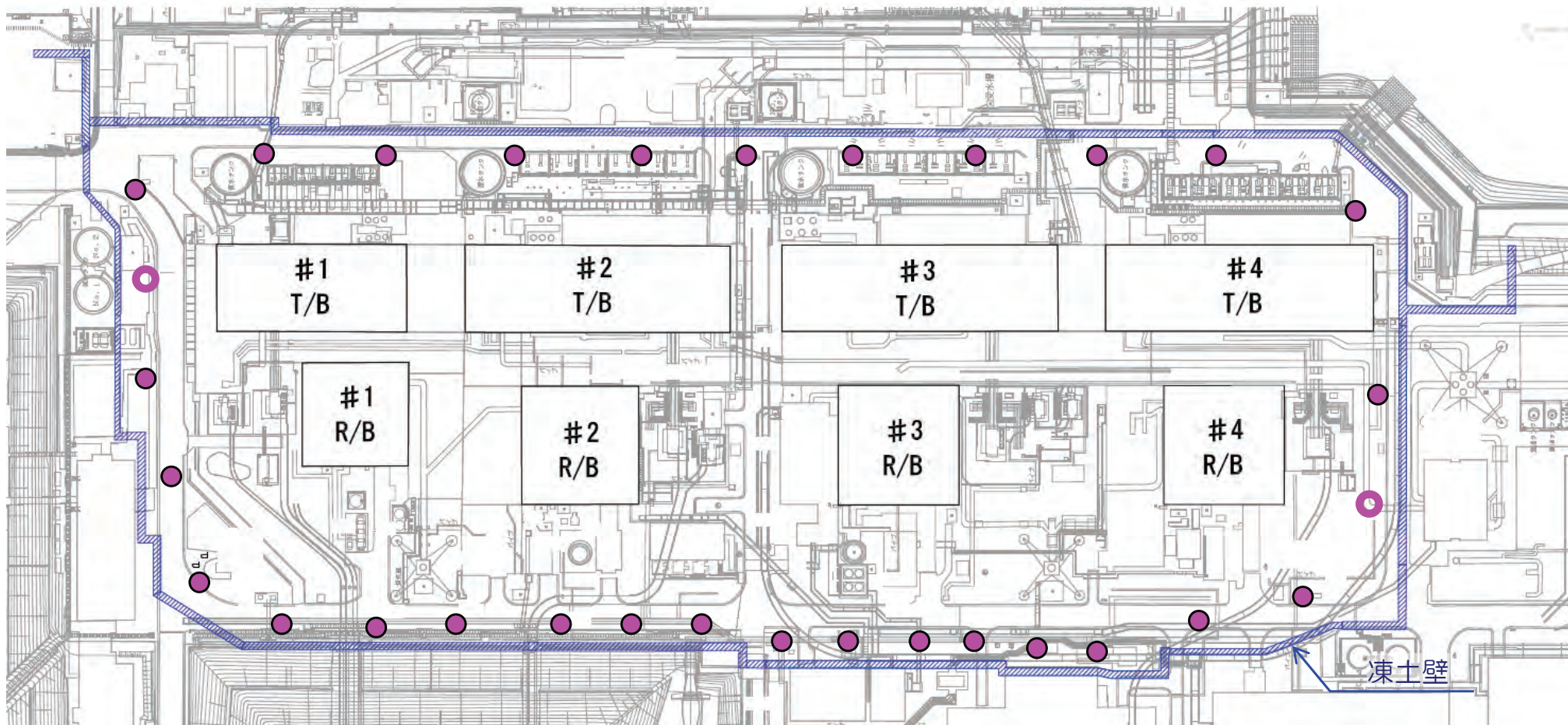
設計項目

- ・ 注水井の数量・配置
- ・ 1孔あたりの注水量
- ・ 注水開始時期

解析を用いて設計完了



2. 2 注水井の数量・配置 -注水井の配置案-



- 注水井の分担面積や施工性を考慮し上記のとおり31孔を配置
(現場の状況等により変更の場合あり)
- 基本設計においては、「仮設構造物の設計と施工」(土木学会)等におけるディープウェル(揚水井)の標準配置間隔に関する記載等を参考に、井戸は通常、揚水量より注水量が少ないことを考慮して、50孔配置としていた。しかし、現地地盤において実施した注水試験(実証試験)により、1孔当りの注水量が想定よりも大きいことを確認し再設計を行った結果、上記の31孔配置とした。

注水井

- 新設：29孔
- サブドレン活用 2孔
- 合計 31孔

2. 3 解析による注水設備の性能評価 -解析条件-

■ 解析目的

配置した注水井からの注水による水位低下時の水位差維持効果の確認

■ 解析手法

準3次元浸透流解析プログラム（GWAP）による非定常浸透流解析

■ 解析条件

- モデル化領域：凍土壁内側（右図参照）
〔遮水壁内外への水移動は無いと仮定〕
- 建屋モデル化部分：1～4号のタービン建屋
・原子炉建屋・廃棄物処理建屋
- 降雨浸透：無し（0 mm/日）
- 深部岩盤からの湧き上がり：無し（0 m³/日）
- 初期水位：O.P.+3.5m
- 水位低下スケジュール：仮定（ページ）
- 注水量：

ケース	注水総量 (m ³ /日)	井への注水量 (L/min/本)
1	40	0.9
2	80	1.8

- シミュレーション計算時間：70ヶ月

■ 物性値（透水係数・有効間隙率）

	透水係数(cm/s)	有効間隙率
建屋外地盤	3.0×10 ⁻³ ※1	0.16※3
建屋外壁	1.0×10 ⁻⁵ ※2	—

※1：3次元浸透流解析結果（汚染水処理対策委員会にて報告）における“中粒砂岩”の透水係数および**実証試験結果より設定**（次頁参照）。

※2：3次元浸透流解析結果（汚染水処理対策委員会にて報告）における建屋内流入量に基づき感度解析を行って同定した。

※3：3次元浸透流解析結果（汚染水処理対策委員会にて報告）における地下水位低下速度に基づき、感度解析を行って同定した。

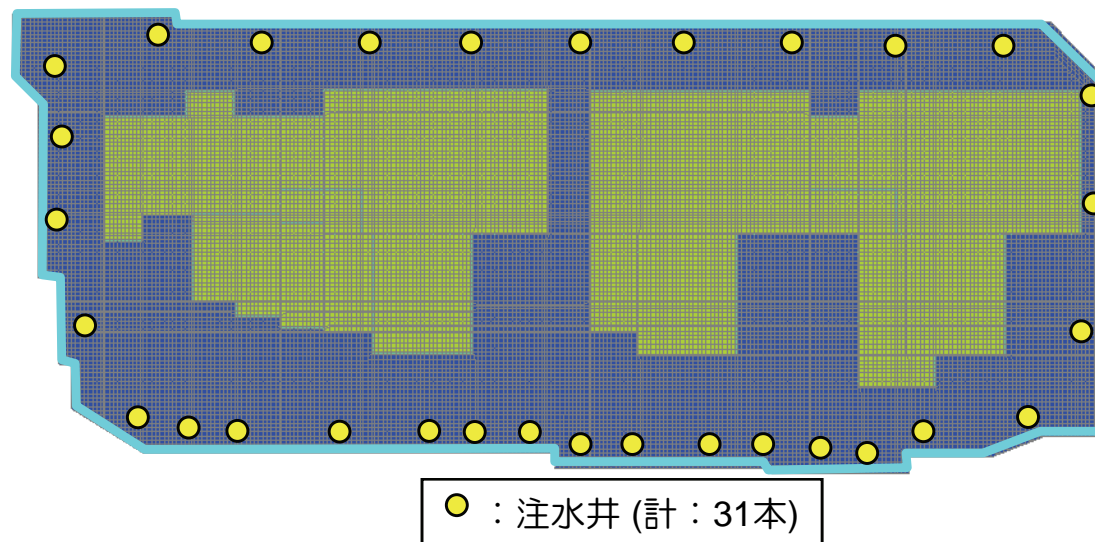
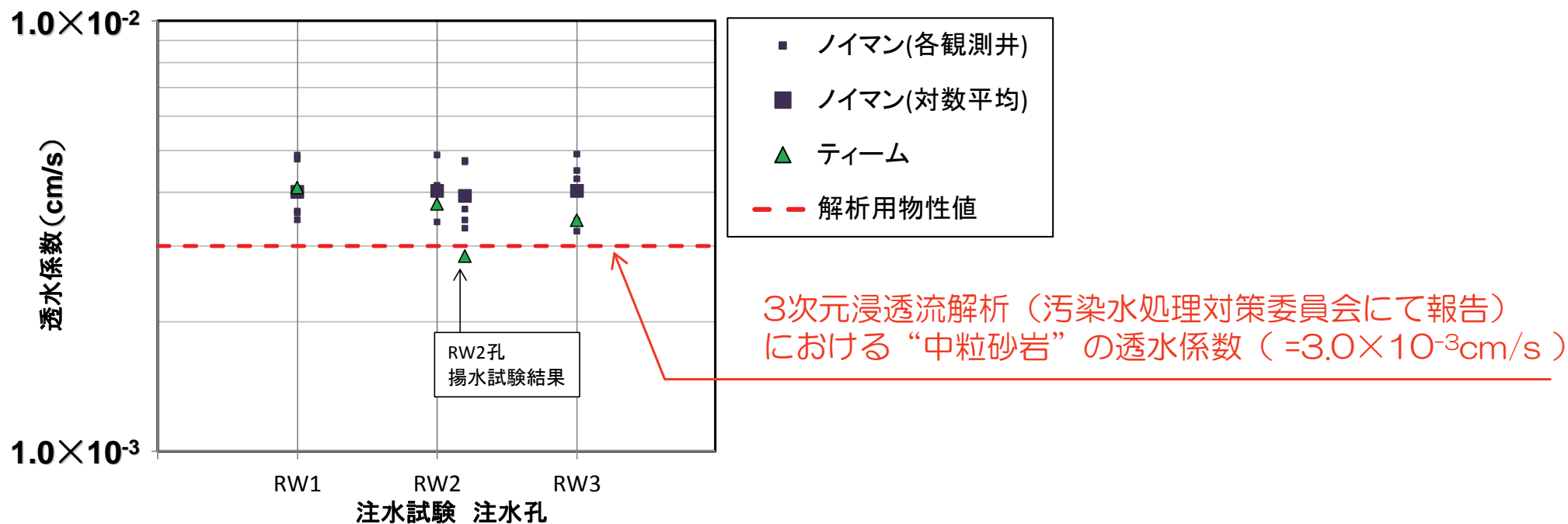


図 注水井配置および解析モデル

(参考) 実証試験結果により得られた透水係数

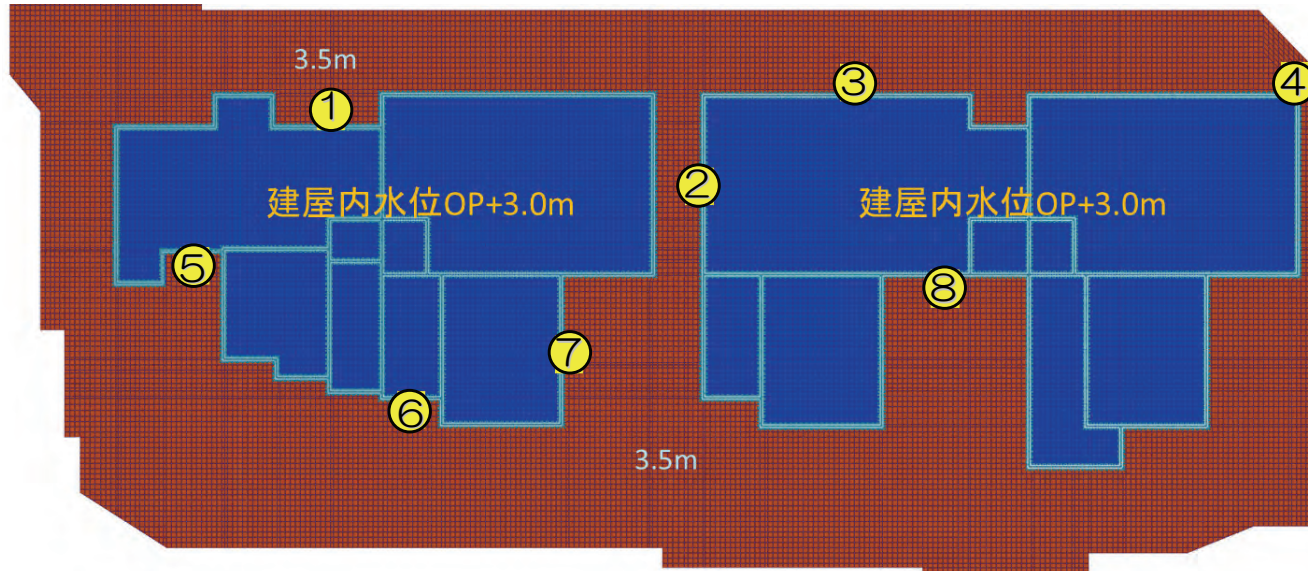
試験名		透水係数 (cm/s)	
種別	注水孔	ノイマン法 (非定常解析法) 〔対数平均〕	ティーム法 (定常解析法)
揚水試験	RW2	3.9×10^{-3}	2.8×10^{-3}
注水試験	RW1	4.0×10^{-3}	4.1×10^{-3}
	RW2	4.0×10^{-3}	3.8×10^{-3}
	RW3	4.0×10^{-3}	3.4×10^{-3}
対数平均		4.0×10^{-3}	3.5×10^{-3}

実証試験で得られた透水係数は、これまでの解析で用いていた数値と同程度であることを確認

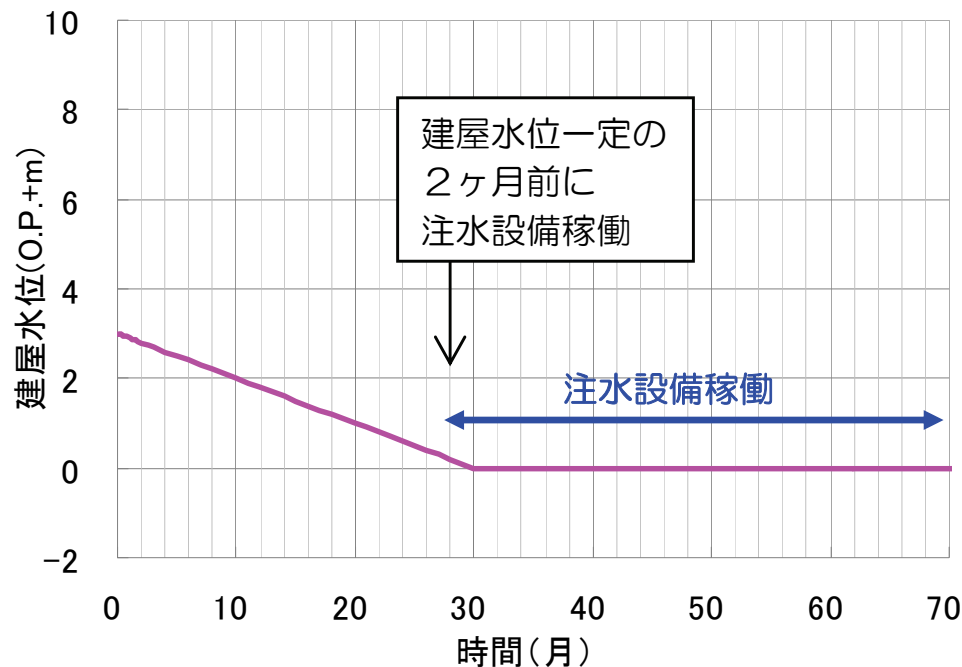


2. 3 解析による注水設備の性能評価 -初期水位設定と建屋内の水位低下スケジュール-

■ 凍土壁内側の初期水位

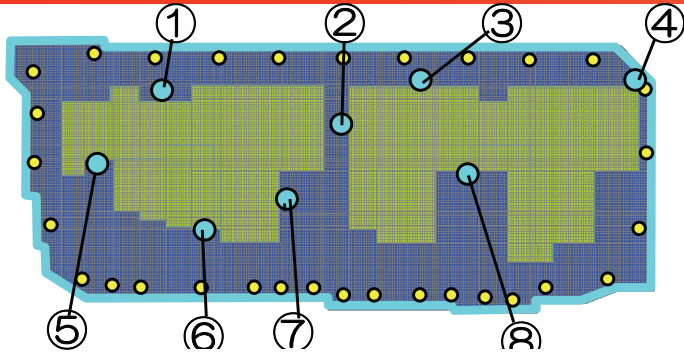


■ 建屋水位低下スケジュール（仮定）

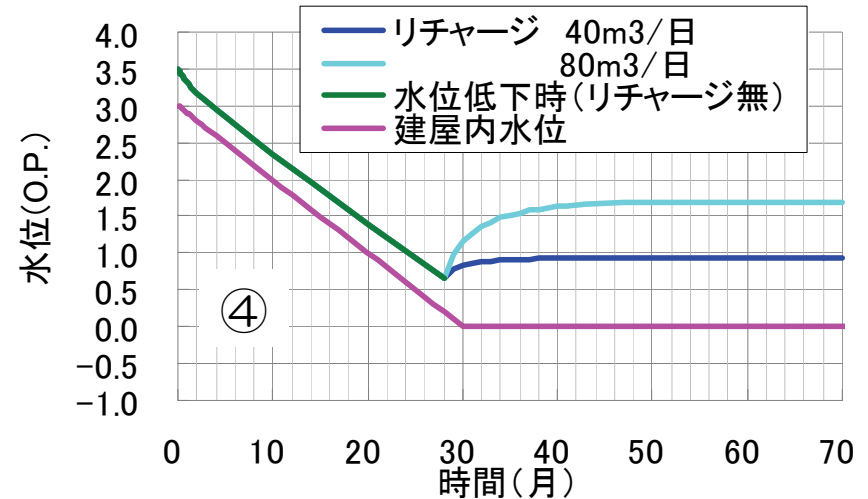
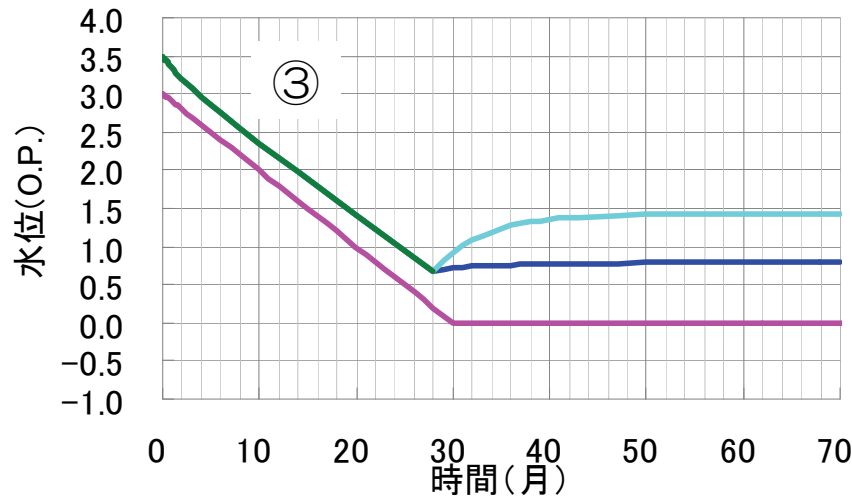
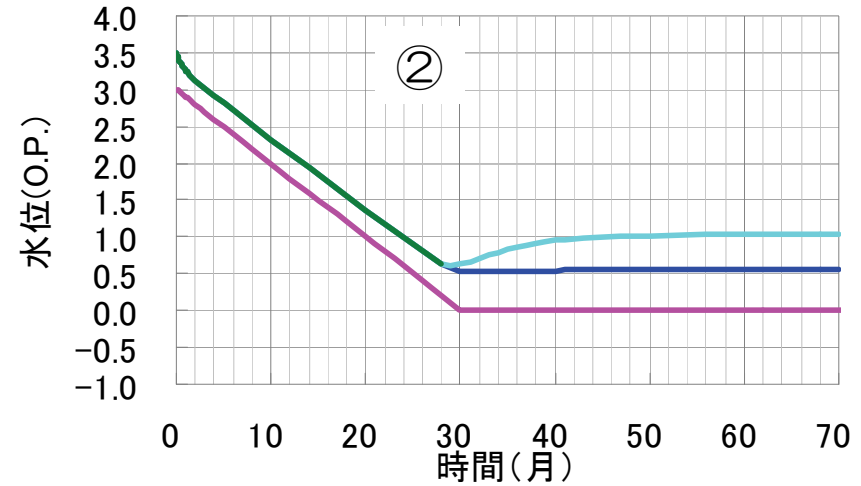
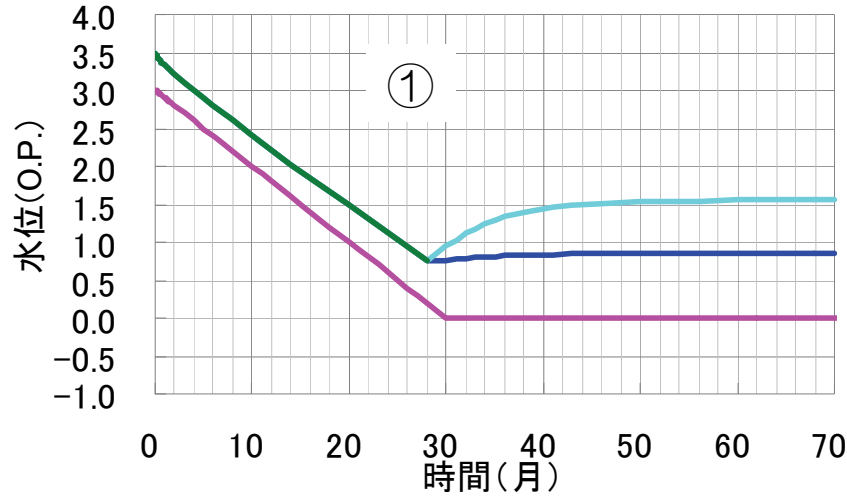


- ・ 凍土壁造成後の建屋内水位の低下計画は、時期ならびに期間が確定されていないため、一定速度で水位低下するものと仮定
- ・ 一方、建屋内止水工事など長期に亘り、地下水位を一定に保つことを想定
- ・ 注水設備の稼働時期は解析結果（第19回監視・評価検討会にて報告済）を踏まえ、2ヶ月間前に設定

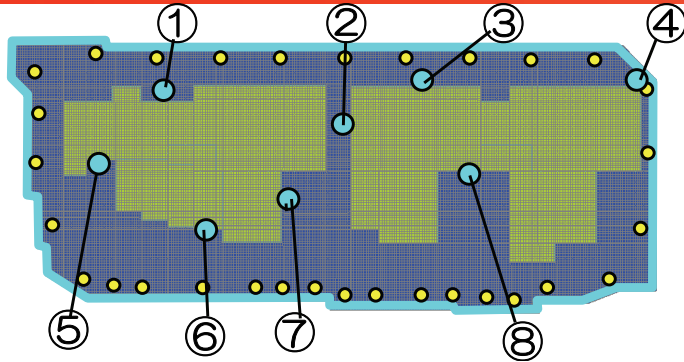
2. 3 解析による注水設備の性能評価 -建屋周辺地下水位維持効果1/3-



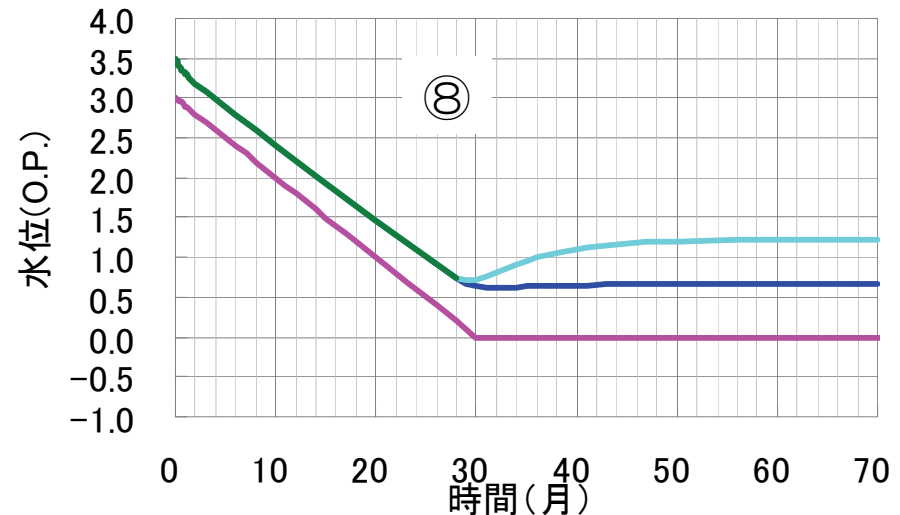
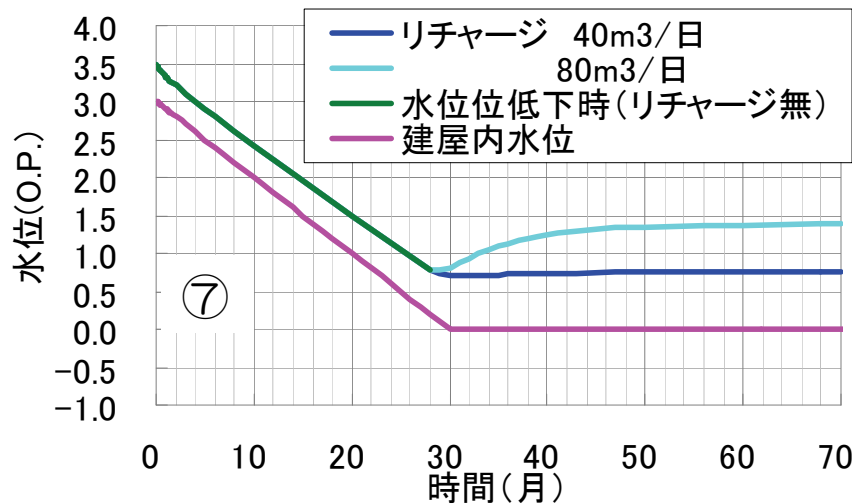
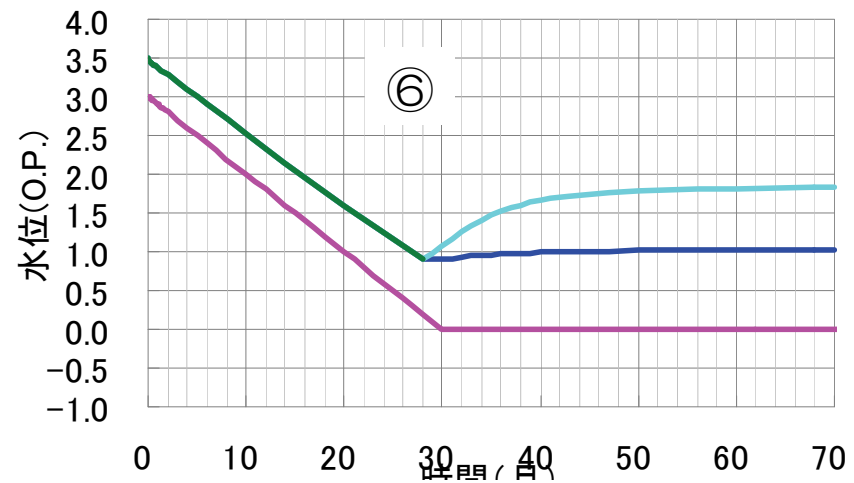
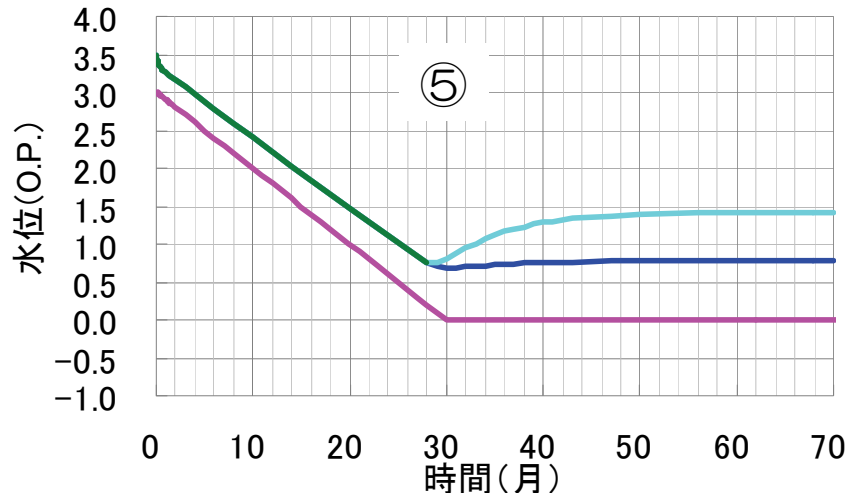
ケース	建屋滞留水水位	建屋周辺水位	サブドレン	注水量 (L/min/本)	注水量 (m ³ /日)	降雨浸透 mm/日
1	O.P. +3 m ⇒0 m	O.P. +3.5m	非稼働	0.9	40	0
2	(0⇒30ヶ月)			1.8	80	



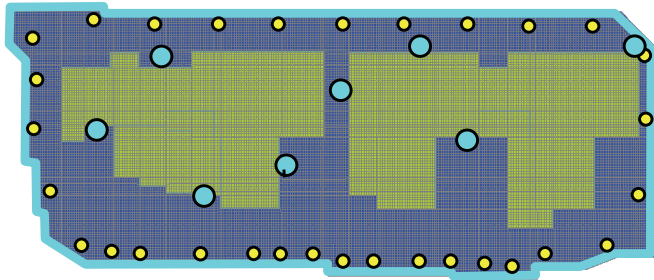
2. 3 解析による注水設備の性能評価 -建屋周辺地下水位維持効果2/3-



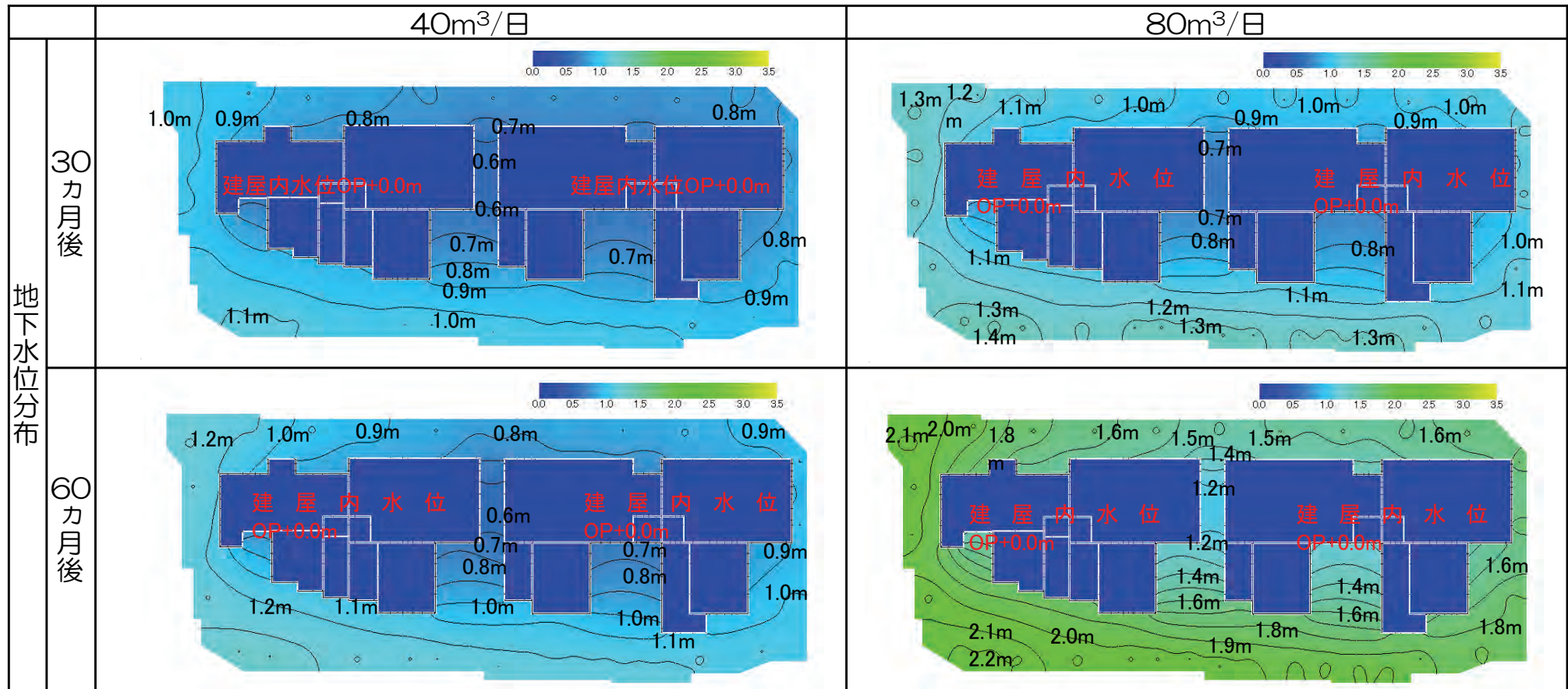
31孔の注水井配置に対し、水位低下時において40m³/日、80m³/日（1本の場合0.9、1.8L/min/本）程度の注水により、建屋周辺地下水位を建屋内滞留水水位に対して平均的にそれぞれ約0.5~1m、1~1.5m程度高く維持することができる



2. 3 解析による注水設備の性能評価 -建屋周辺地下水位維持効果3/3-



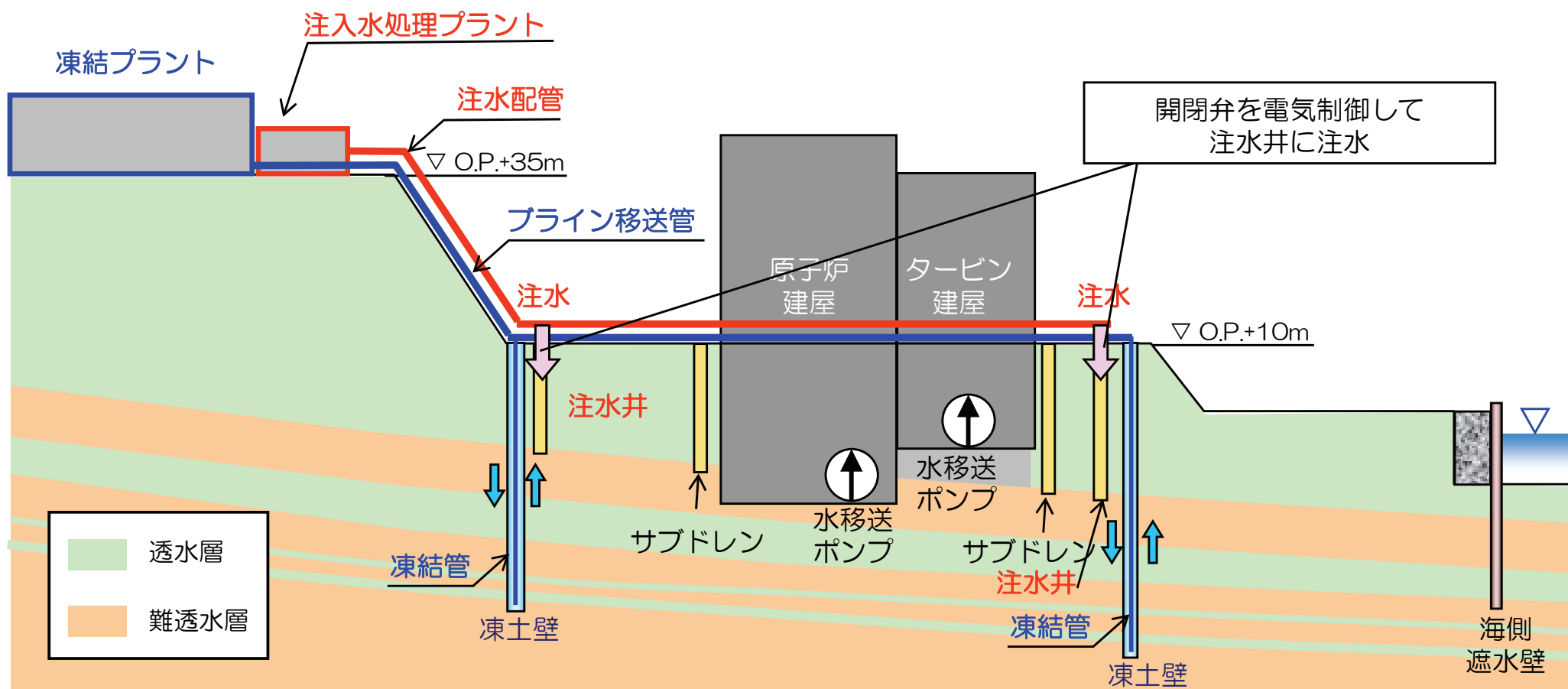
ケース	建屋滞留水水位	建屋周辺水位	サブドレン	注水量 (L/分/本)	注水量 (m ³ /日)	降雨浸透 mm/日
1	O.P. +3 m ⇒0 m	O.P. +3.5 m	非稼働	0.9	40	0
2	(0⇒30ヶ月)			1.8	80	



建屋水位に対して高い状態に水位維持出来ている

【参考】凍土壁関連設備のイメージ

- 凍結プラントにて冷却した冷媒※（ブライン）をブライン移送管で圧送し、凍結管内を循環させる。 ※冷媒（ブライン）には、塩化カルシウム水溶液を使用予定
- 35m盤に貯留した水を、注水配管で自然流下・移送し建屋周辺の地盤に注水できる井戸および配管を設置する。



凍土方式遮水壁による汚染水対策に関する東京電力(株)への質問事項

平成 26 年 4 月 25 日
原子力規制庁

1. 共通事項

- (1) 凍土方式遮水壁によって建屋への地下水流入量がどの程度抑制されるのか、その予測値を根拠となるデータとともに示すこと。その際、各々の対策の効果について、いくつかの想定をおいた感度分析を行うこと。(リチャージによる流入分(増加分)も考慮すること。)
- (2) 凍土方式遮水壁によらず、建屋周辺にあるサブドレンの稼働のみによっても同様に地下水水位を下げることは可能なのではないか。
- (3) 地盤沈下(不等沈下を含む。)が起きる可能性など、建屋の支持基盤等への影響をどのように評価したか、根拠となるデータとともに示すこと。

2. 水位管理

- (1) 以下の水位計測について具体的な方策(計測頻度、計測ポイント、精度等)を示し、それが水位の常時監視(局所的な水位変動に対する監視を含む。)を行う上で十分であることを示すこと。【審査の視点 1. ①、3. ①/②】
 - a) 建屋内の汚染水の水位
(雨水の流入、汚染水の移送停止等による局所的な水位上昇も含む。)
 - b) 建屋周辺の地下水の水位
 - c) 凍土方式遮水壁と海側遮水壁間の地下水の水位
- (2) 以下の水位制御について、設備の構成・容量、方法(局所的な水位変動に対する制御を含む。)、水位制御の範囲(平面的な広がりを含む。)、水位制御の能力(制御しうる水位変化量等を含む。)、時間応答性(特に、凍土方式遮水壁内側の 31 孔の注水井による注水と汲み上げによる地下水水位制御性)、設備の運用・管理体制及び水位制御を可能とする技術的根拠(シミュレーション又は実証試験)を示すこと。なお、現在実測されている建屋毎の汚染水の水位差や地下水の水位差を前提として示すこと。【審査の視点 1. ③】
 - a) 建屋内の汚染水の水位
(雨水の流入、汚染水の移送停止等による局所的な水位上昇も含む)
 - b) 建屋周辺の地下水の水位
 - c) 凍土方式遮水壁と海側遮水壁間の地下水の水位

- (3) 上記を踏まえ、建屋内の汚染水の水位は、建屋周辺の地下水の水位より低くすること及び建屋周辺の地下水の水位は、凍土方式遮水壁と海側遮水壁間の地下水の水位より低くすることについて、i) どの程度の水位差を設定し、ii) 降雨等の外的要因や機器の故障等の内的要因による水位変動をどの程度想定し、iii) それらの変動に対してどの程度の裕度を維持し制御できるのか、それぞれの値を根拠となるデータとともに示すこと。【審査の視点1. ③】
- (4) 山側の凍土方式遮水壁において、地下水の越流に関する評価・検討結果を根拠となるデータとともに示すこと。

3. 運用

- (1) 凍土方式遮水壁、海側遮水壁、地下水ドレン（地下水の汲み上げ）、サブドレン（地下水の汲み上げ）、リチャージ（地下への注水）、建屋内汚染水及びフューシングを組み合わせた運用方策について、その運用開始時期を踏まえ、経時的に示すこと（それぞれの設備でどの順に運用を開始し、その間の水位管理を具体的にどう担保するのか。）。その際、安全確保上不可欠な設備は何があるのか。
- (2) 地下水ドレン及びサブドレンにより汲み上げた地下水の処理方法、処理済水の扱いを具体的に示すこと。【審査の視点1. ⑥】
- (3) 建屋周辺の地下水に含まれる放射性物質の計測について具体的な方策（計測頻度、サンプリングポイント等）を示し、それが監視（局所的な漏えいに対する監視を含む。）を行う上で十分であることを示すこと。【審査の視点1. ②】
- (4) 凍上の発生により他の設備へ悪影響を及ぼすことがないことを根拠となるデータとともに示すこと。
- (5) 凍土方式遮水壁の設置工事に際し、タービン建屋等に接続または近接している構造物（1号及び4号の海側トレンチを含む。）であって汚染水を内包しているもの、他の目的に使用されているものに対して掘削や凍結膨張等による影響をどう評価したか、データとともに示すこと。【審査の視点4.】
- (6) 凍土方式遮水壁外にある建屋（特に、プロセス主建屋、サイドバンカー建屋、焼却工作建屋、高温焼却炉建屋）への影響（特に内包する滞留水への影響）について、根拠となるデータとともに示すこと。
- (7) 凍土の設置による排水路（特に、K排水路）への影響に関する評価・検討結果を根拠となるデータとともに示すこと。

- (8) 凍土方式遮水壁を完了させるにあたっての要件は何か。凍土方式遮水壁を解凍した場合の影響評価について根拠となるデータとともに示すこと。
- (9) 凍土方式遮水壁が終了した場合、凍土方式遮水壁の融解により地盤の性状変化等により不具合は生じないか、評価・検討結果を根拠となるデータとともに示すこと。

4. 異常時

- (1) 以下の異常が発生した場合の影響評価（時間的余裕の評価を含む。）及びその対応策について、具体的に示すこと。【審査の視点1. ④／⑤、2. ②】
- a) 凍土方式遮水壁の機能が喪失
 - b) 冷媒の漏えい
 - c) リチャージ設備の故障・停止
 - d) 建屋内汚染水の移送停止
 - e) 電源供給の停止
 - f) 建屋周辺、凍土方式遮水壁と海側遮水壁間の地下水位が想定を上回る変動

5. 設備の信頼性

- (1) 水圧や凍結による地盤の膨張圧による長期の加重等に対する流動、特に地下水の圧力が大きくなると思われる深部の凍土方式遮水壁のクリープ変形による凍結管等への影響はないか、評価・検討結果を根拠となるデータとともに示すこと。また、運用開始後は、凍土方式遮水壁の絶対変形量や凍土方式遮水壁の形成領域のモニタリング等が必要と考えるが行う予定はあるか。
- (2) 水位を計測・監視する機器の単一故障の発生時や外部電源の停止時における監視機能及び信頼性の維持について、建物内の汚染水水位及び建屋周辺の地下水位の常時監視を維持するための具体的な方策を示すこと。【審査の視点2. ①】
- (3) 水位計、凍土方式遮水壁（冷凍管を含む。）、冷凍機、リチャージ装置、制御系、電源系等凍土方式遮水壁を構成するシステム全体の経年劣化に対する検査及び保守管理の方策について、具体的に示すこと。【審査の視点1. ⑧】

6. 自然現象等に対する考慮

- (1) 自然現象（降雨、竜巻、地震、津波等）に対する設計上の考慮について
 - a) 自然現象による地下水の変動等、凍土方式遮水壁の安定性を脅かす外的な要因に対しての具体的な方策及びその安定性が損なわれた場合の対処方法（その際の冷凍設備の機能障害を含む。）について具体的に示すこと。
また、原子炉建屋の凍土方式遮水壁外側で湧水が生じることで、周辺施設や地盤等に支障を生じることはないかを示すこと。
 - b) 想定する自然現象（地震動及び津波）に対しても建屋内の汚染水の漏えいを防止するための方策を示し、漏えいの防止をどのように維持するのか、具体的に示すこと。【審査の視点1. ⑦】
- (2) 「外部人為事象に対する設計上の考慮」について、どのような検討がなされたか示すこと。
- (3) 「火災に対する設計上の考慮」について、どのような検討がなされたか示すこと。また、冷媒の化学的特性を踏まえた性質を示すこと。

7. その他

- (1) 止水スケジュール（建物のドライアップ）の見通しを示すこと。

以 上