

今後の福島第一原子力発電所の汚染水処理対策の課題と対応 参考資料集

2022年6月15日

TEPCO

東京電力ホールディングス株式会社

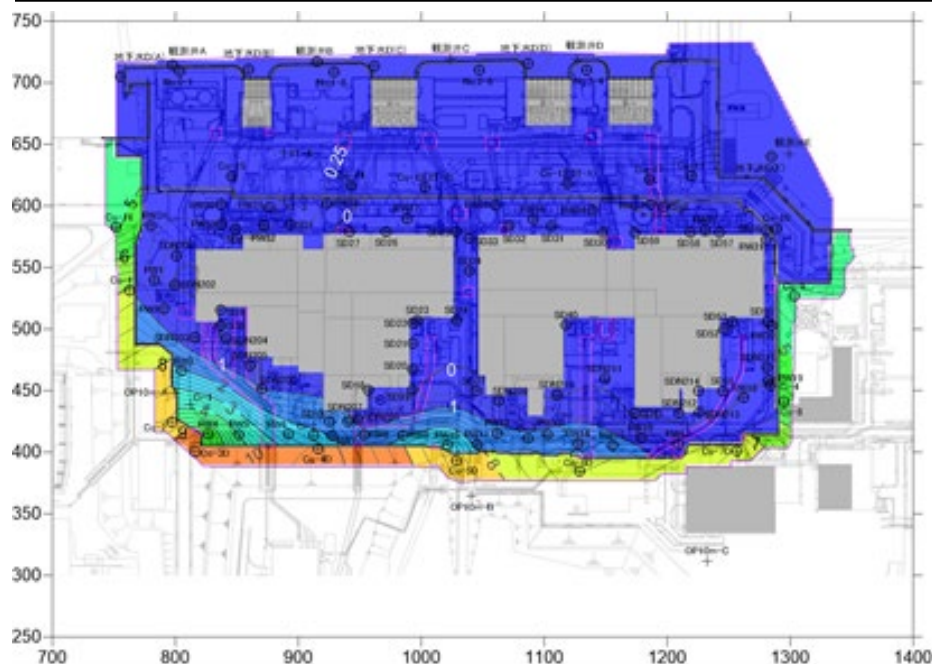
(1) 今後の建屋流入量抑制対策に向けて

建屋貫通部止水解析結果

- 現状の地下水解析モデルで、陸側遮水壁とサブドレンの運用を継続し、1-4号機周辺の陸側遮水壁内の解析を行った結果、建屋への地下水流入量は約50m³/日となった。
- 2022年3月時点で降雨が少ない時期は、1-4号機建屋への雨水・地下水流入量は約50m³/日前後と概ね合致している。
- 同様の条件（陸側遮水壁、SD、フェーシング）で1-4号機建屋の外壁の透水係数を低下させた場合、建屋への地下水流入量は約1/3となっており、外壁の透水性を低下させることで更なる流入量の抑制が可能と評価される。

中粒砂岩地下水位コンター(解析結果)

陸側遮水壁+SD+フェーシング（陸側遮水壁内50%）+GD



1-4号機の建屋外壁の透水係数
現状： 5×10^{-6} (cm/sec) ※1
建屋流入量：約50m³/日※2

⇒建屋外壁： 1×10^{-7} (cm/sec)
にした結果
建屋流入量：約1/3に低減

※1 震災後の建屋流入量(#1-4、HTI、PMB)
約400m³/日を再現できるように設定

※2 平均的な降雨量で再現、豪雨時の屋根
等からの流入は考慮していない。
(平均的な降雨量は約4mm/日に対して
降雨浸透率55%とフェーシング50%で
約1mm/日の降雨量を設定)

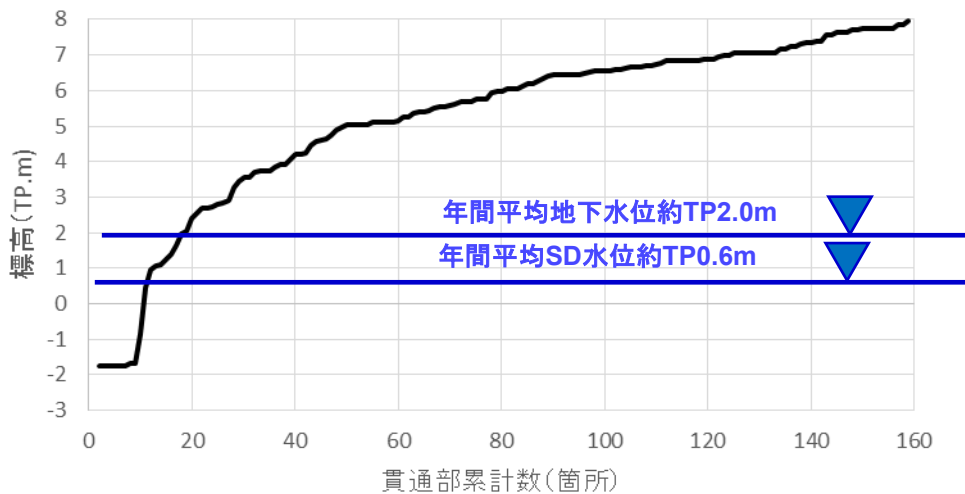
1-4号機建屋外壁 貫通部の標高及び形状整理結果

- 外壁の貫通部は標高の高い個所に集中しており、地表から約2mの深部に約50%程度で管の形状であるものが多い。深度、形状及び規模ごとに対応策を検討していく予定
- 現状のSD水位は年間平均でTP0.6m程度であり、それより深部の貫通部は約10か所程度

1-4号機貫通部総括表

		1号機	2号機	3号機	4号機	
	合計	158	54	36	48	20
標高	8.0~6.0	80	38	15	21	6
	6.0~4.0	42	8	11	14	9
	4.0~2.0	20	8	1	8	3
	2.0~0.0	7	0	3	3	1
	0.0~	9	0	6	2	1
形	φ0.2m以下管	64	25	14	22	3
	φ0.2~0.5m管	40	19	4	10	7
	φ0.5m以上管	12	3	0	6	3
	1辺1m以上矩形	35	8	11	8	8
	その他	10	1	7	2	0

1-4号機開口部分布

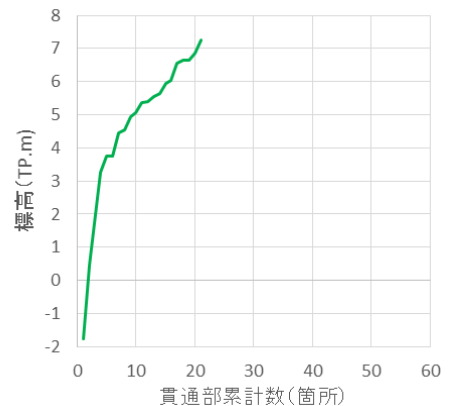
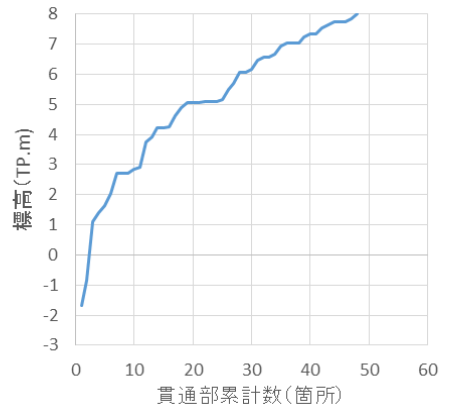
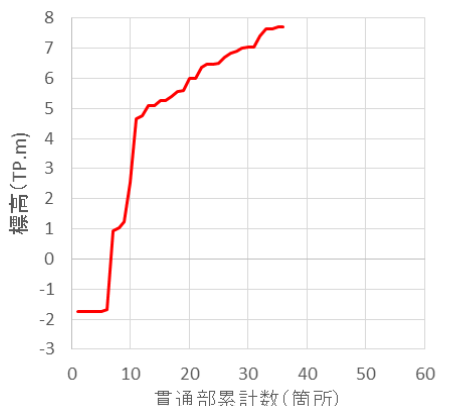
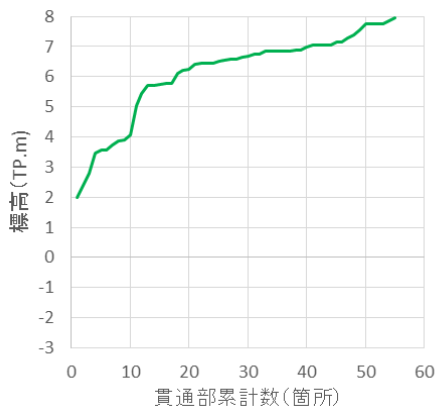


1号機

2号機

3号機

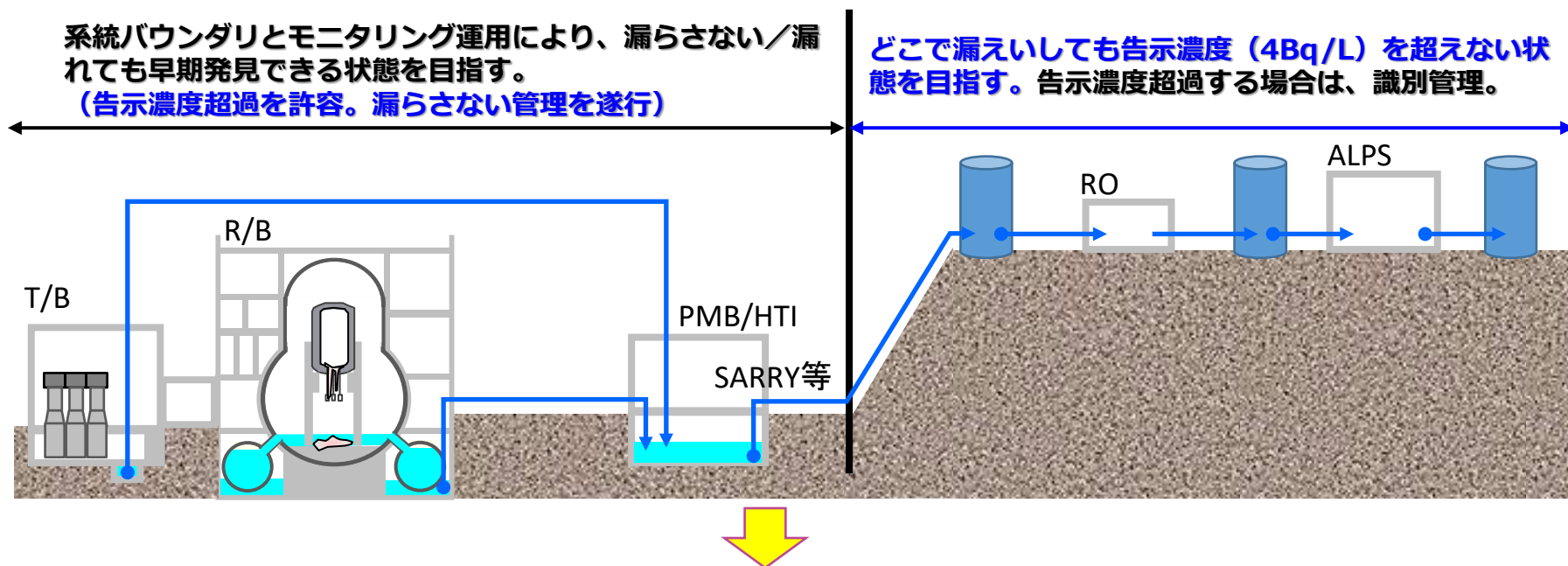
4号機



(2) 建屋滯留水処理

α核種管理の目指すべき状態

- ①8.5m盤：α汚染拡大リスクの最小化が図れた状態
 - 漏らさない系統構成と早期発見を目指した状態監視（βγ汚染と同じ）
 - 各建屋滞留水の定期モニタリングによるα放射能濃度の把握
 - 8.5m盤から33.5m盤へのα汚染移行抑制措置。水処理設備の最下流(SARRY)の系統内濃度を告示濃度(4Bq/L)未満とする。
 - ②33.5m盤：α汚染管理が要らない状態※
 - 目標値を超過して保管する場合は、系統/設備を識別管理する
- ※放射性物質を収集する設備を除く



α核種の粒径として、概ね数μm以上のものと計測されており、同程度のフィルタを設置することにより告示濃度(4Bq/L)を満足できるものとする。今後の水質の変化等を考慮して、0.02μm程度のフィルタを設計上想定していく。

α核種除去設備の設計検討状況

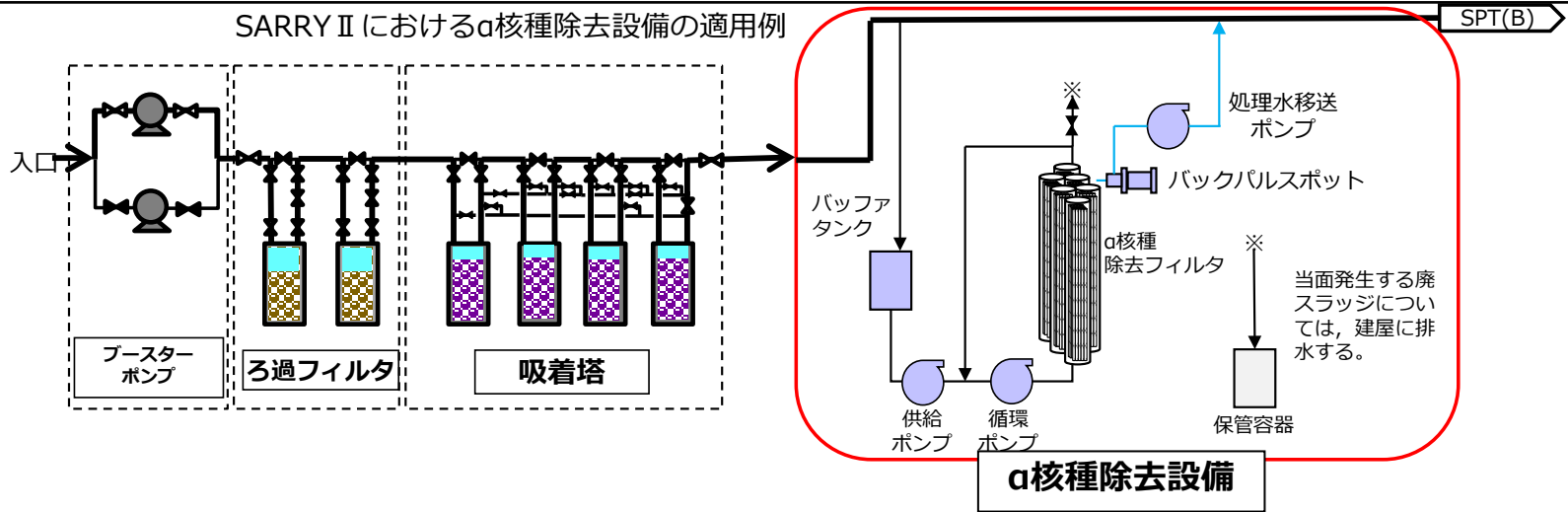
■ 目的

- 8.5m盤の汚染水処理設備の処理装置の出口α核種濃度（全α濃度）を告示濃度限度【4Bq/L】未満となるようα核種除去設備を設置する。

■ 基本設計方針

【設置対象】 α核種除去設備はSARRY/SARRY II に設置

【設備構成】 α核種除去設備は下図の通りの設備構成とすること



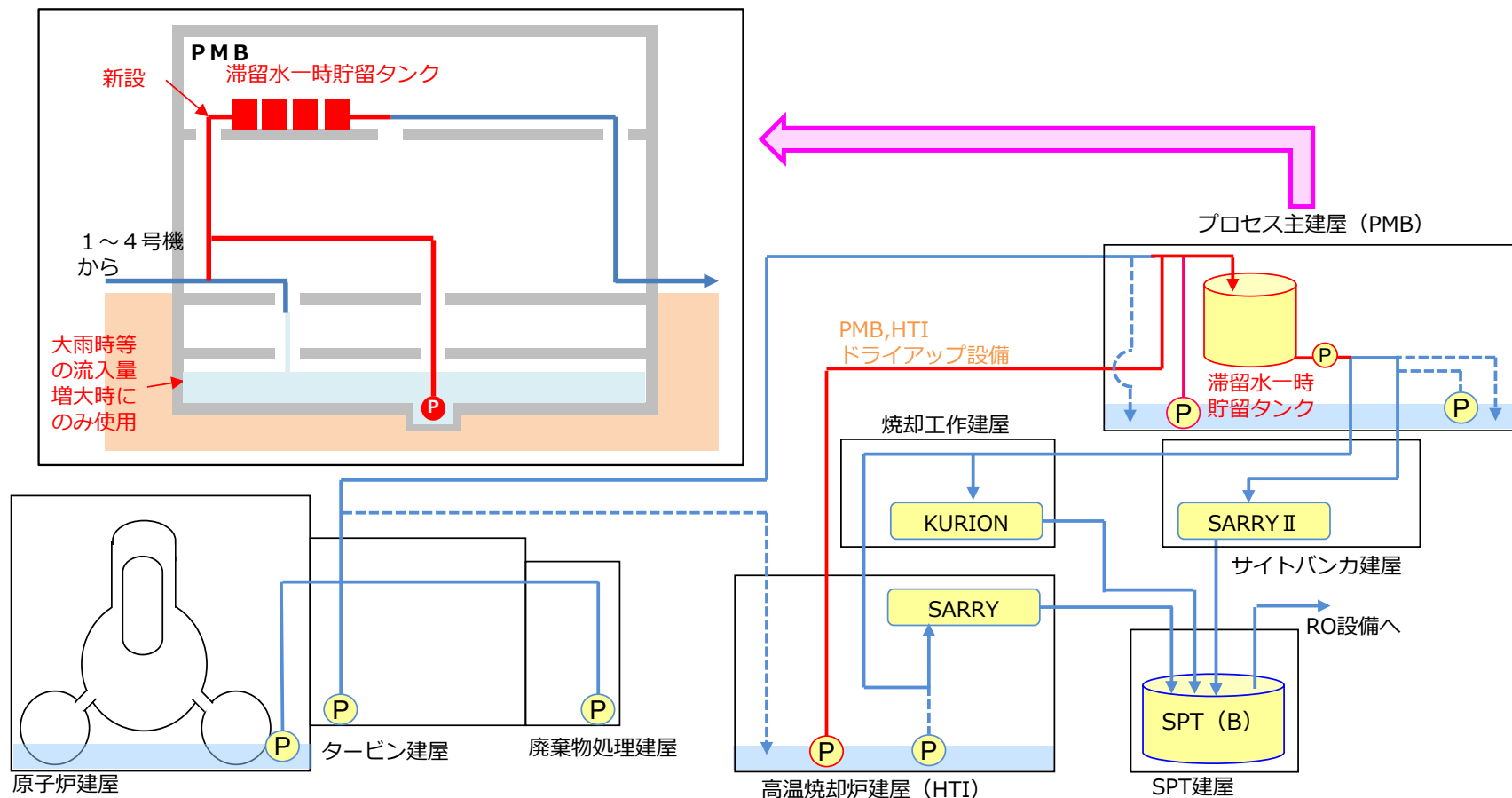
今後のスケジュール

	2021年度	2022年度	2023年度	2024年度以降
設備設計 (基本設計)	α核種除去方法の確立			
設備設置 (詳細設計含む)				
滞留水処理				性能評価
実施計画				

※新型コロナウイルス感染拡大等による製造業への影響が懸念され、今後、工程が変動する可能性がある

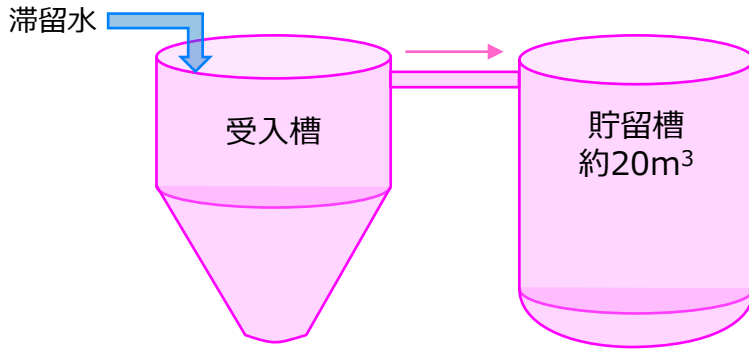
プロセス主建屋、高温焼却炉建屋の滞留水一時貯留タンク概要

- 滞留水一時貯留タンクは、PMB、HTIの下記の機能を引き継ぐよう、設計・検討を進めている。
 - 建屋滞留水の受入
 - 処理装置(KURION,SARRY,SARRY II)を安定稼働させるための滞留水のバッファ
 - 各建屋滞留水の濃度均質化
 - スラッジ類の沈砂



滞留水一時貯留タンクの設計検討状況

- 滞留水中に含まれるスラッジの沈降分離機能を有する受入槽、貯留機能を有する貯留槽をそれぞれ1基ずつ設置する設備構成とする。
 - 設置場所：PMB（4階）
 - 容量：10～20m³+20m³×2系統
 （大雨等に伴う1～4号機建屋への流入量増大などの緊急時にはPMBまたはHTIへ一時貯留する可能性がある）
- 滞留水一時貯留タンクは今後、詳細に設計検討を進め、PMB及びHTIの床面露出に向けたゼオライト土嚢等対策の作業完了目標である2024年内までに設備設置を進める計画。



タンク構成（1系統あたり）

今後のスケジュール

	2021年度	2022年度	2023年度	2024年度
基本設計	[Progress bar from start to mid-2021]			
詳細設計		[Progress bar from early 2022 to mid-2023]		
機器製作			[Progress bar from early 2023 to mid-2024]	
設置工事			[Progress bar from early 2024 to mid-2024]	
実施計画		[Progress bar from early 2022 to mid-2023]		
				[Operations confirmation bar in 2024]

※新型コロナウイルス感染拡大等による製造業への影響が懸念され、今後、工程が変動する可能性がある

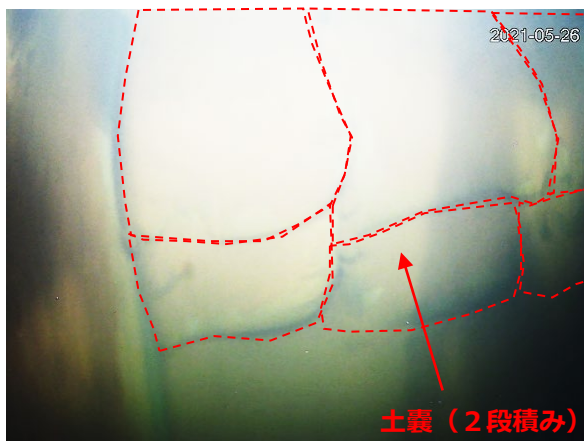
プロセス主建屋及び高温焼却炉建屋最下階のゼオライト土囊等調査結果

- ゼオライト土囊等の敷設位置と作業に干渉する物の有無等を詳細に確認するため、ボート型ROVにて調査を実施（2021年5月～8月）。

→ ゼオライト土囊等を敷設した全域の調査・視認が出来た。一部、土囊袋は破損しているものの、概ね土囊の原型は保持していることを確認。一部、干渉物があることも確認。



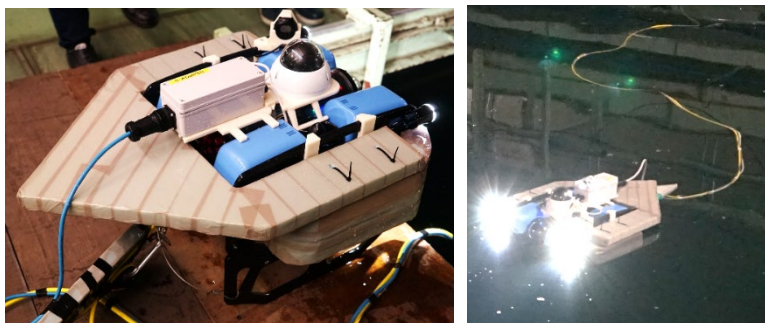
① 最下階の様子 (PMB) (水上)



② 最下階の様子 (HTI) (水中)

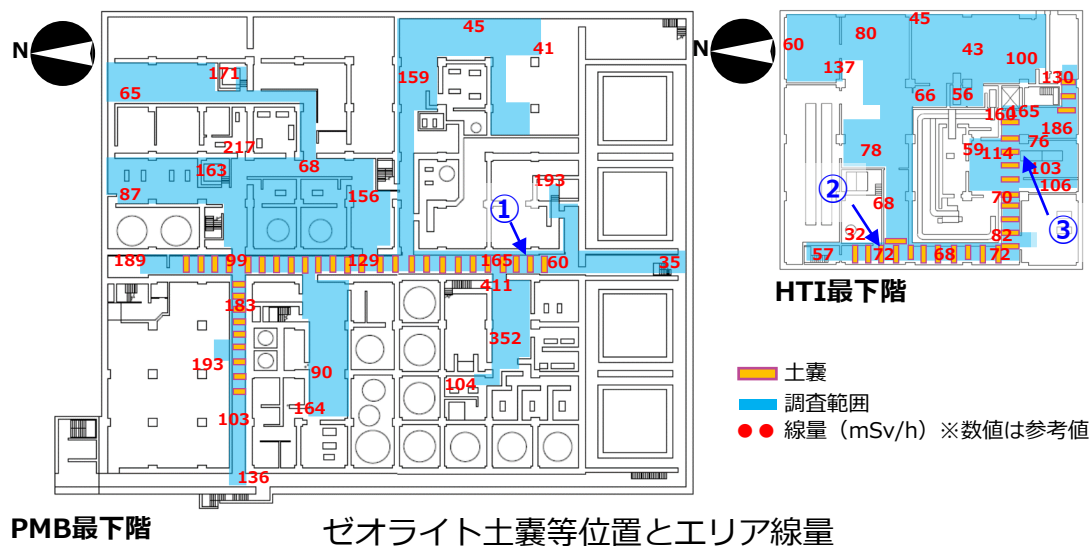


③ 干渉物の例 (HTI)



調査に使用したボート型ROV

- 市販水中ROVをボート化改造（内製化）
- カメラと線量計を追設し、水面上と水面下を同時撮影
- 水面を航走し、水中の濁りを抑制

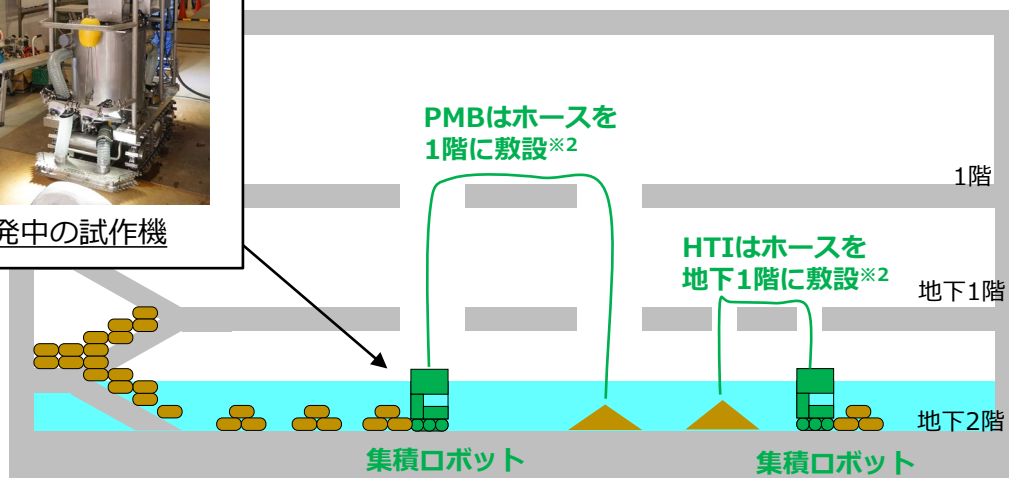


ゼオライト土嚢等の処理方法の検討概要（集積作業）

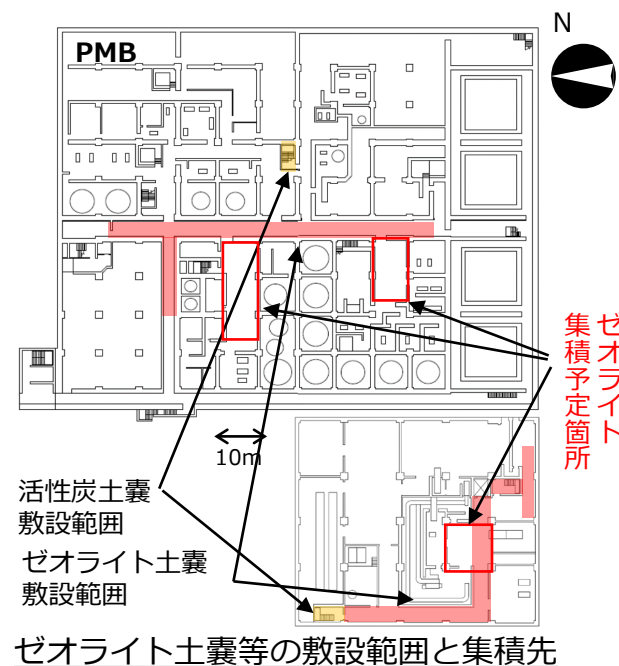
- PMB・HTIの最下階のゼオライト土嚢等は回収作業を“集積作業”と“容器封入作業”に分け、作業の効率化を図ることを計画

ステップ① 集積作業

- ✓ ゼオライト土嚢等について、作業の効率化による工期の短縮（完了時期の前倒し）を目的に、容器封入作業の前に集積作業を計画。
- ✓ 集積ロボット（ROV+ポンプ）を地下階に投入し、ゼオライトを吸引し、集積場所に移送する。
- ✓ 建屋地下階から建屋地下階へのゼオライト移動であり、地上階での作業がほとんどないこと※1から、作業の早期着手が可能。
- ✓ 並行して準備を進めている容器封入作業を開始するまでの期間を基本とし、可能な限り集積作業を行う。



ゼオライトの集積作業イメージ



ゼオライト土嚢等の敷設範囲と集積先

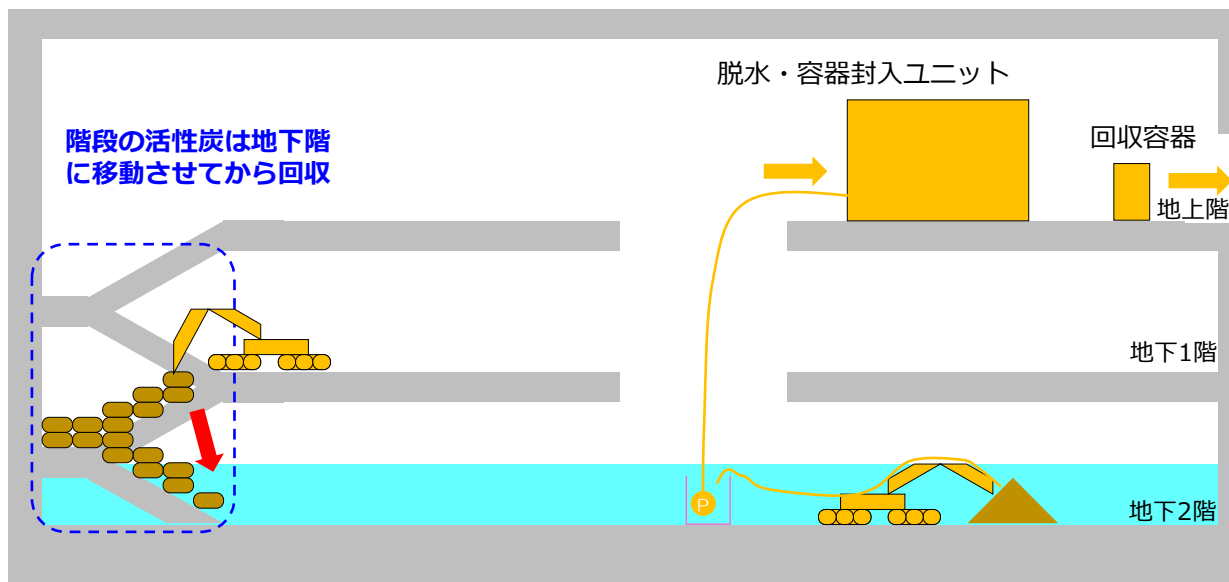
※1 地上階でのダスト対策、線量低減対策等が不要であり、作業難易度が比較的高くない。

※2 PMB地下1階は高線量環境のため作業員の立入が出来ないが、HTI地下1階は比較的線量が低く、作業員の立入が可能。

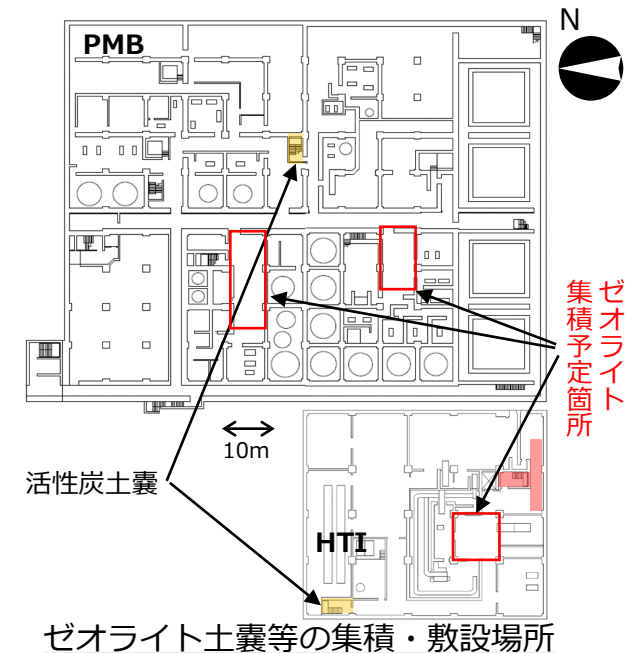
ステップ② 容器封入作業（1 / 2）

- ✓ 集積されたゼオライト※を回収ロボット（ROV+ポンプ）で地上階に移送し、建屋内で脱塩、脱水を行ったうえ、金属製の保管容器に封入する。その後は33.5m盤の一時保管施設まで運搬する計画。
- ✓ 階段に敷設されている活性炭土嚢はROVを用いて、地下階に移動させた後、上記と同様に回収する。

※ ゼオライト土嚢は概ね集積される計画であるが、干渉物があるエリア等、限られた期間内では一部集積できない可能性もあることから、回収ロボットは広範囲で作業することを前提に検討を進めている。



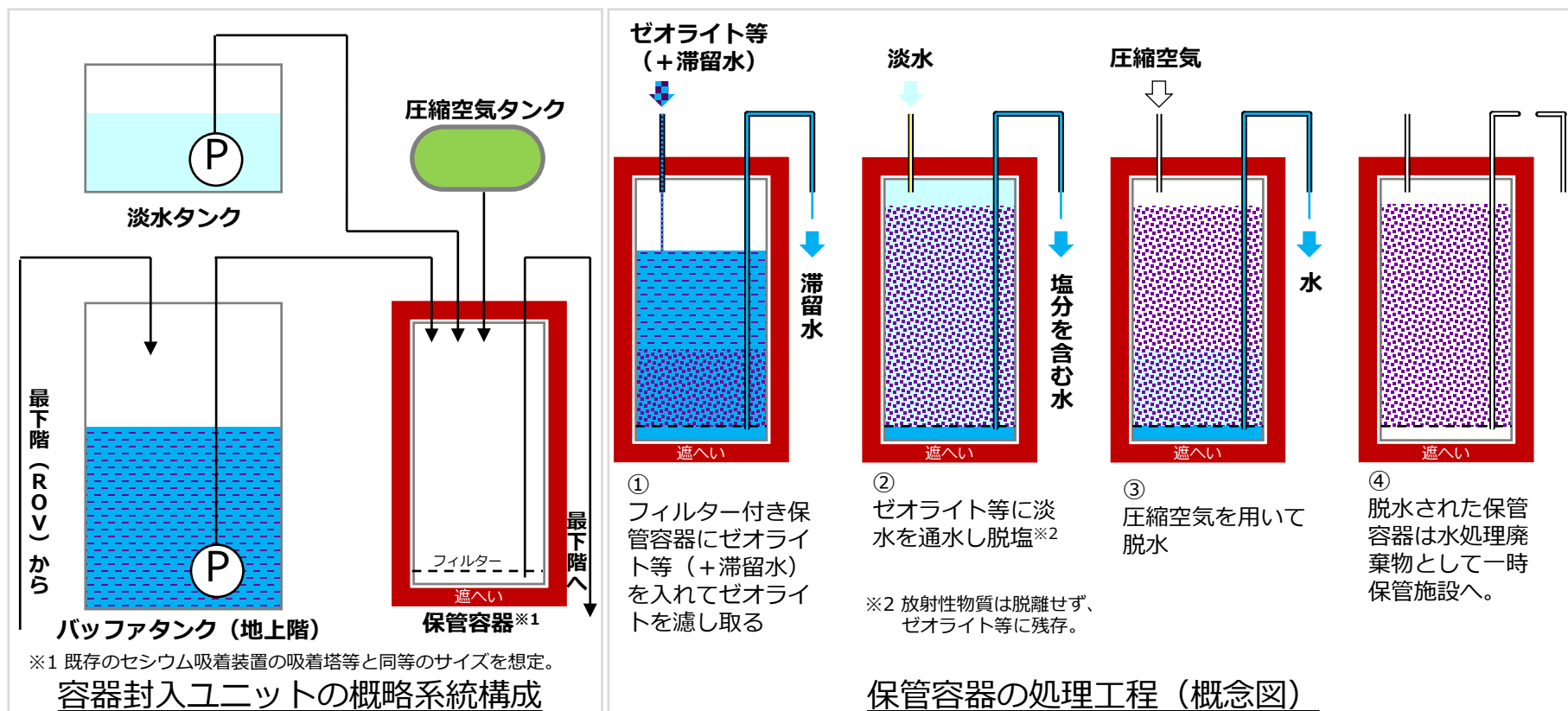
ゼオライトの処理イメージ



ゼオライト土嚢等の集積・敷設場所

ステップ② 容器封入作業（2 / 2）

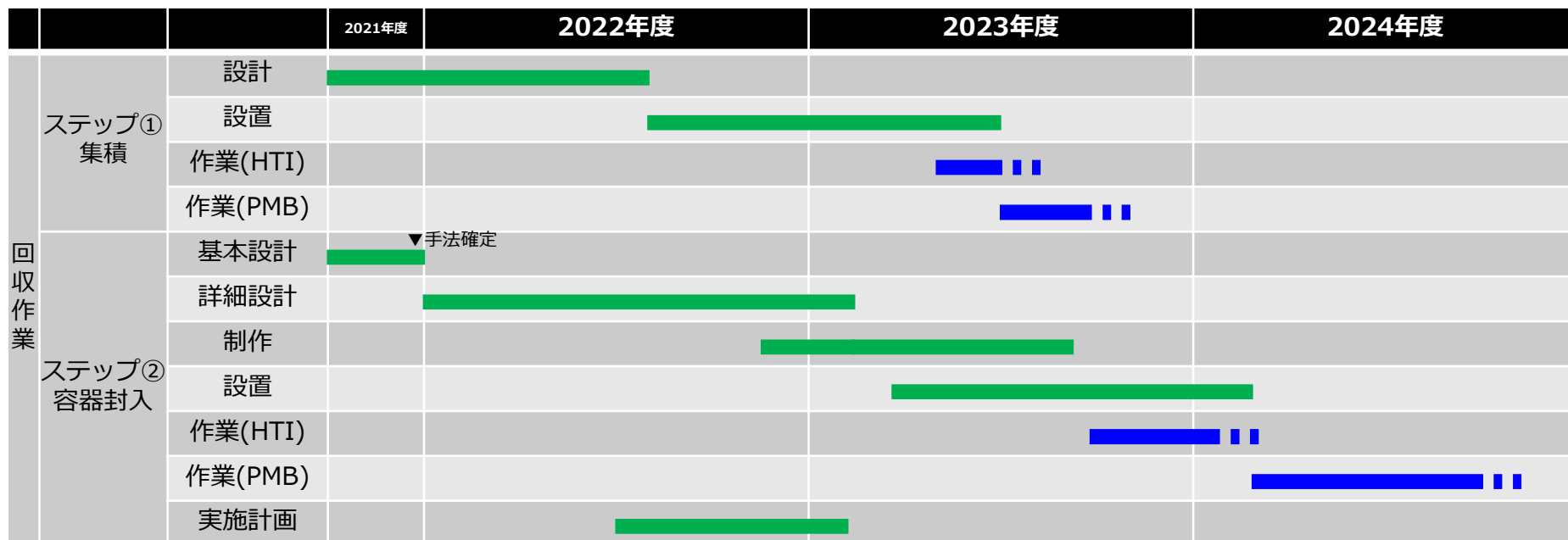
- ✓ ゼオライト等は滞留水と共に地上階へ移送され、建屋内に準備したフィルターが装備されている遮へい付保管容器に入れて脱水する。
- ✓ 滞留水中に残留する塩分による容器の腐食を防ぐため、封入した後に淡水を通水して塩分を除去し、圧縮空気等を利用して脱水する。
- ✓ 脱水後の保管容器は建屋外へ搬出し、33.5m盤の一時保管施設へ輸送する。



ゼオライト土嚢等処理のスケジュール

- ゼオライト土嚢等処理は以下に留意し、HTI、PMBの順番で作業を実施する計画。
 - 大雨等の緊急時、PMBまたはHTIを滞留水貯槽として使用する可能性を否定できないため、ゼオライト土嚢処理は片方ずつ実施（PMBとHTIを同時に作業しない）。
 - 地下1階に作業員が立ち入ることができ、土嚢等の敷設面積も小さいことから比較的作業が容易と想定されるHTIから作業を開始し、次にPMBでの作業を実施する。
- 集積作業は2023年度上半期からスタートし、並行して進めている容器封入作業開始までの期間で実施。
- 回収作業の完了時期は集積作業なしを前提とした場合、HTIは2024年度上半期、PMBは2024年内を計画しているが、集積作業の実施による早期完了を目指していく。

※ 新型コロナウイルス感染拡大等による製造業への影響が懸念され、今後、工程が変動する可能性がある

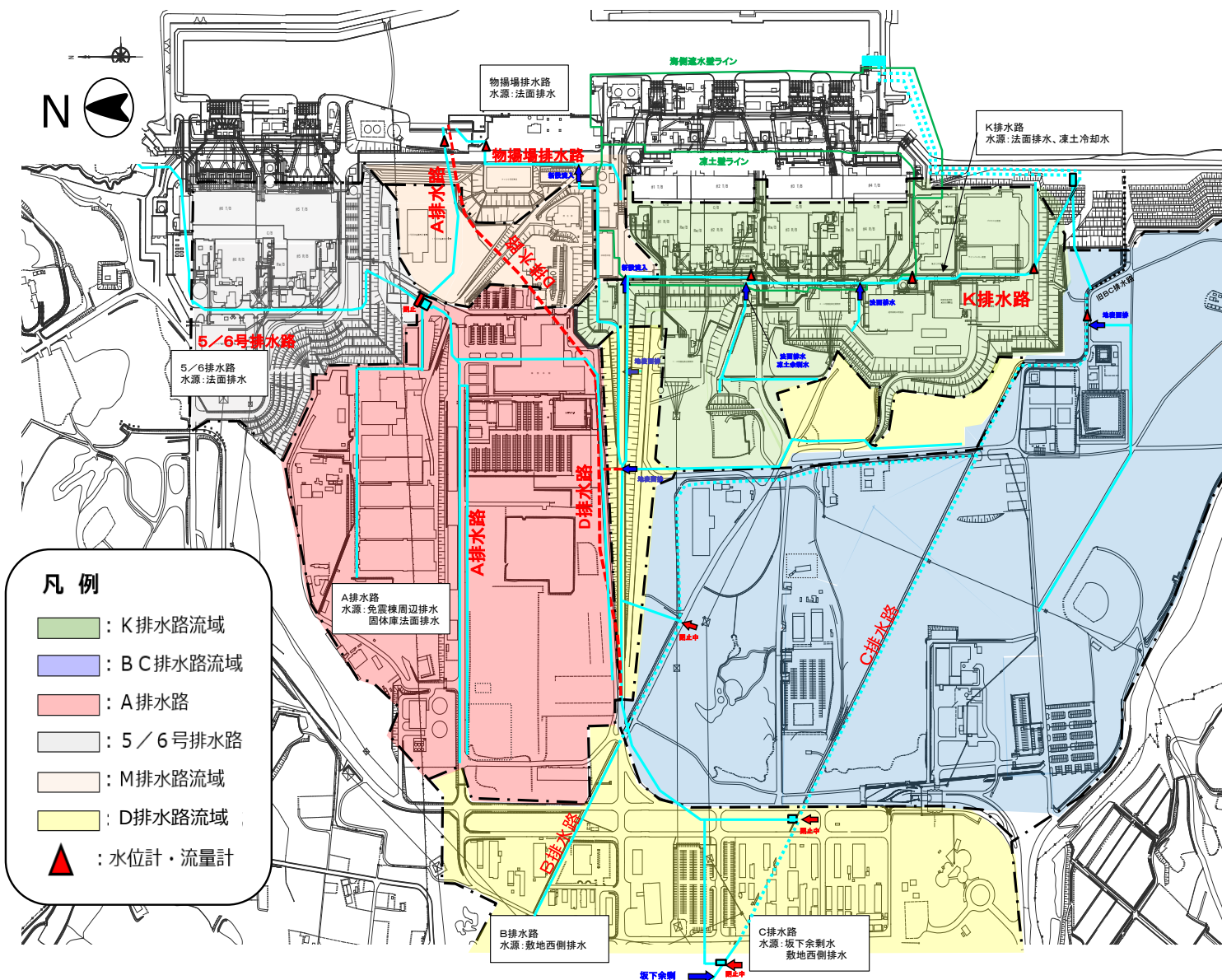


(3) 自然災害対策

① 豪雨リスクへの対応

② 津波対策

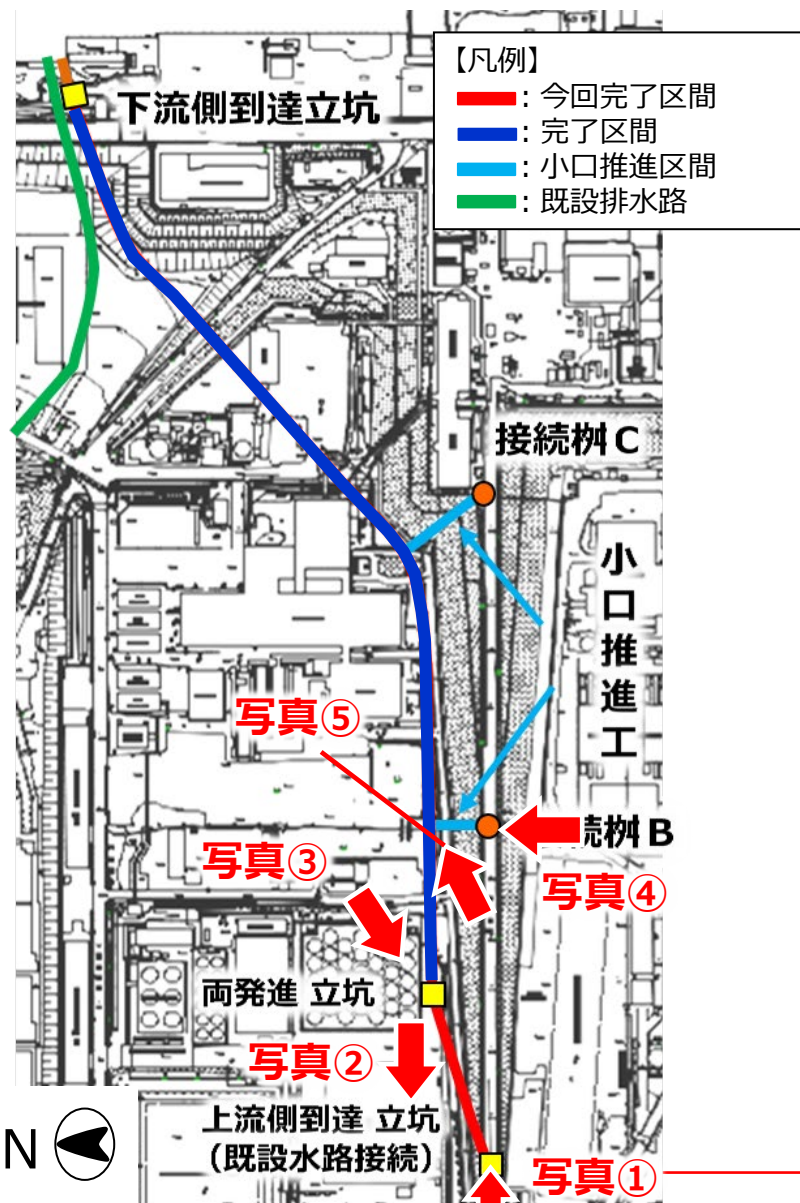
D排水路運用後の構内排水路系統図



※ D排水路運用開始以降は、現在、供用中の新設排水路（下流側）は排水系統が変更される予定

D排水路工事進捗状況（1）（上流側到達立坑）

- 2022年4月21日 上流側立坑に到達した。（上流側推進113m掘削）

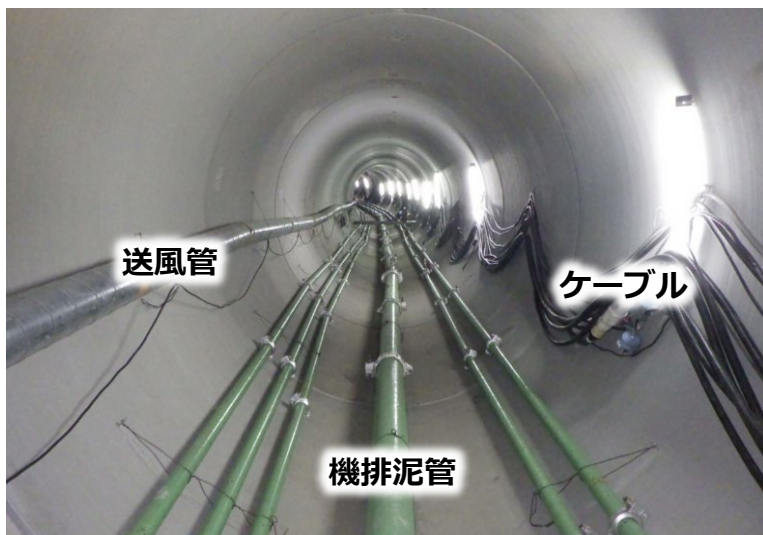


写真① 上流側推進管内部

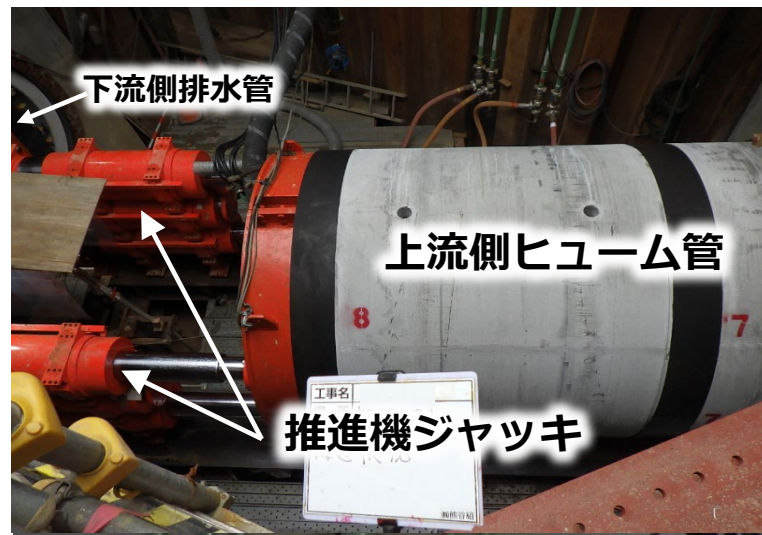


D排水路工事進捗状況（2）（推進工工事）

- 2022年3月23日から上流側の掘進作業を開始。



写真② 上流側推進管内部



写真③ 両発進立坑（上流側掘進状況）



写真④ 小口径_接続柵B



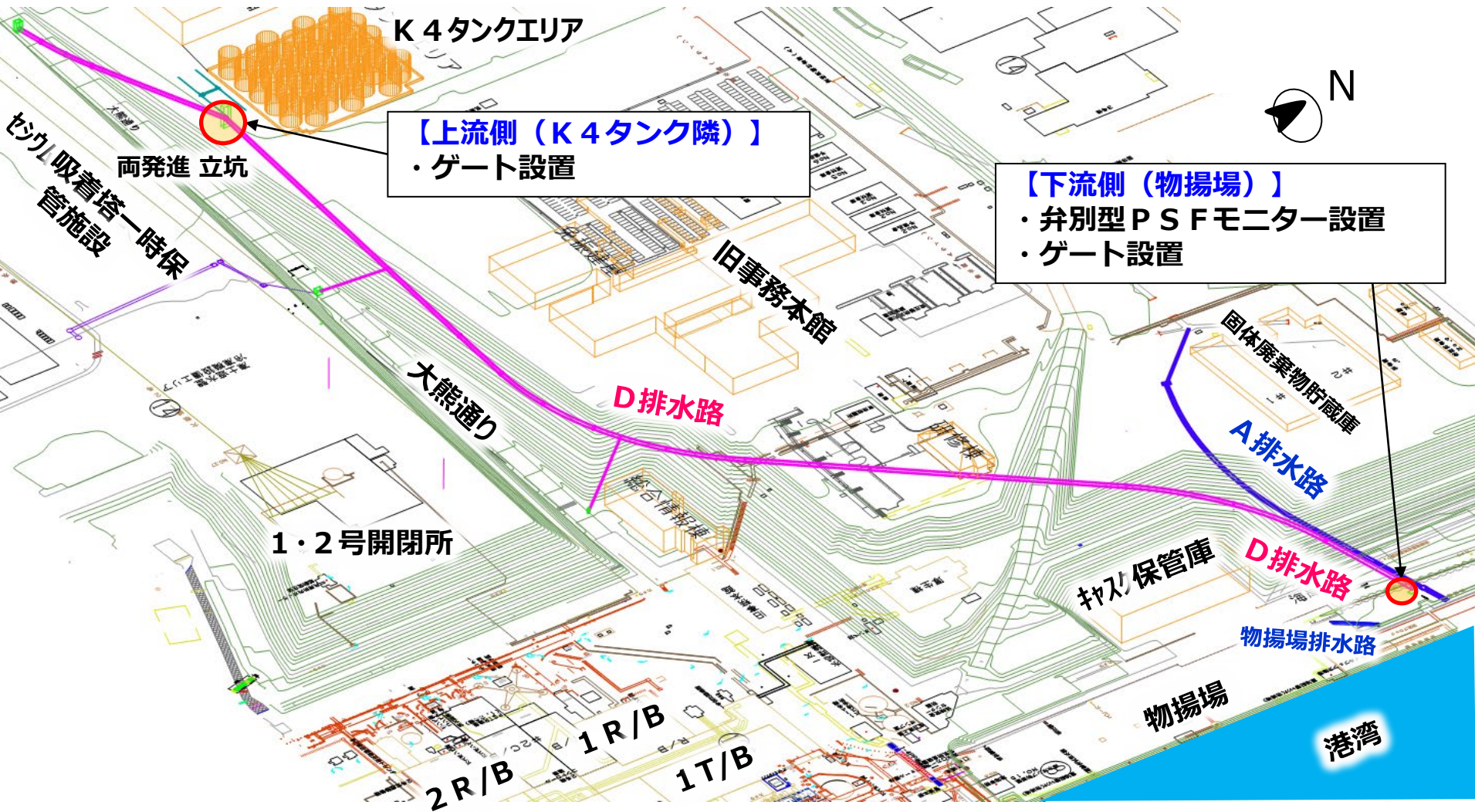
写真⑤ 小口径_本管接続

モニタリング関連設備工事の概要について

- D排水路運用に向け、最下流部に、K排水路でも設置済の弁別型P S Fモニターを設置することで計画中。また万が一の事態に備え、上流側にもゲートを設置する計画である。

【凡例】

- : D排水路
- : モニタリング関連設備

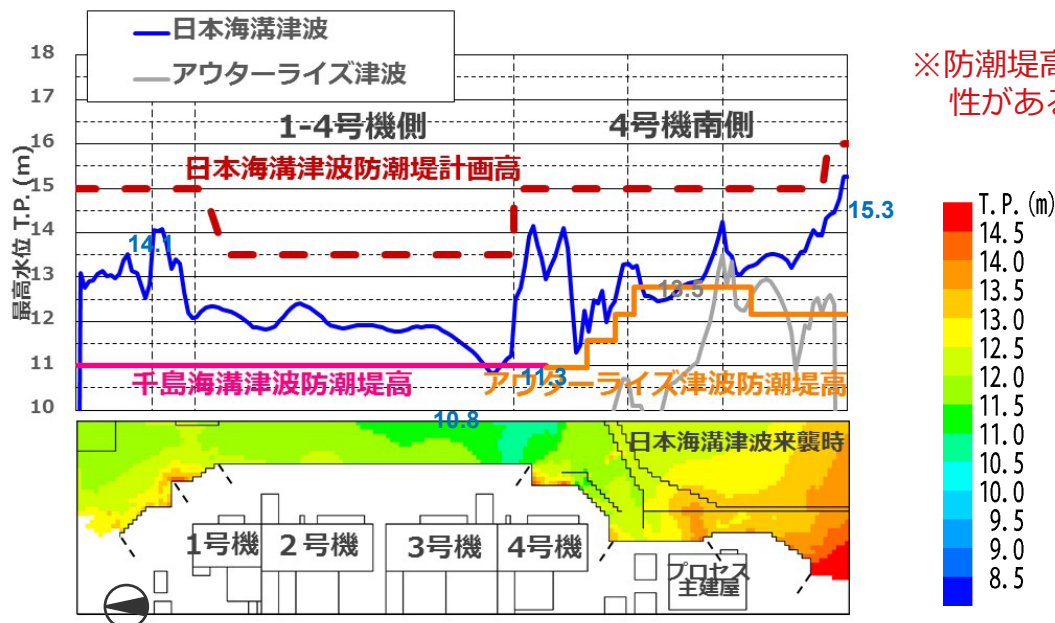


【上流側 (K 4タンク隣)】
・ゲート設置

【下流側 (物揚場)】
・弁別型P S Fモニター設置
・ゲート設置

- 日本海溝津波防潮堤の現時点での計画高（赤線）は下図の通りであり、今後の詳細検討で、防潮堤の高さや設置範囲の細部を検討していく予定

－ 防潮堤設置予定位置に鉛直無限壁を仮定し、津波解析からの必要防潮堤高（最高水位） －

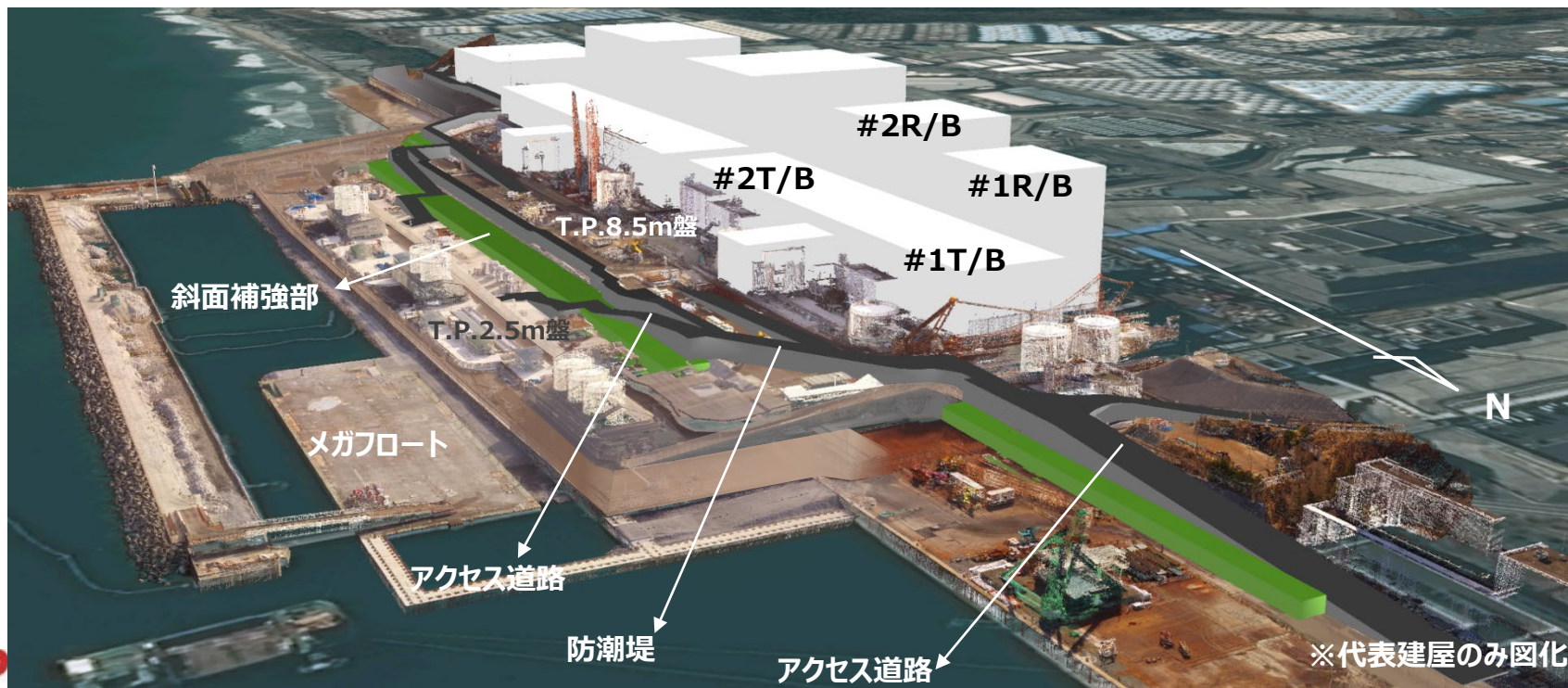
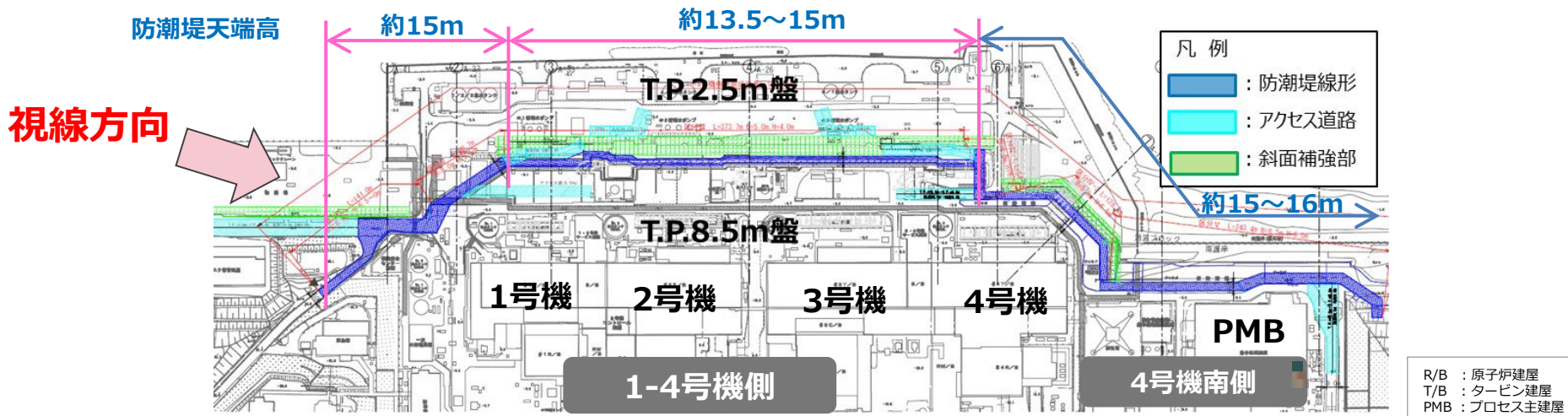


※防潮堤高さ等は変更になる可能性がある。

単位:m		1-4号機側	4号機南側
アウターライズ津波	解析結果	—	T.P.9.7~12.7(実施計画) T.P.8.6~13.5(今回評価)
	防潮堤高さ	—	T.P.11.0~12.8(実施計画)
千島海溝津波	解析結果	T.P.10.3	—
	防潮堤高さ	T.P.11.0	—
日本海溝津波	解析結果(今回)	T.P.10.8~14.1	T.P.11.3~15.3
	防潮堤計画高さ*	T.P.約13~15	T.P.約14~16

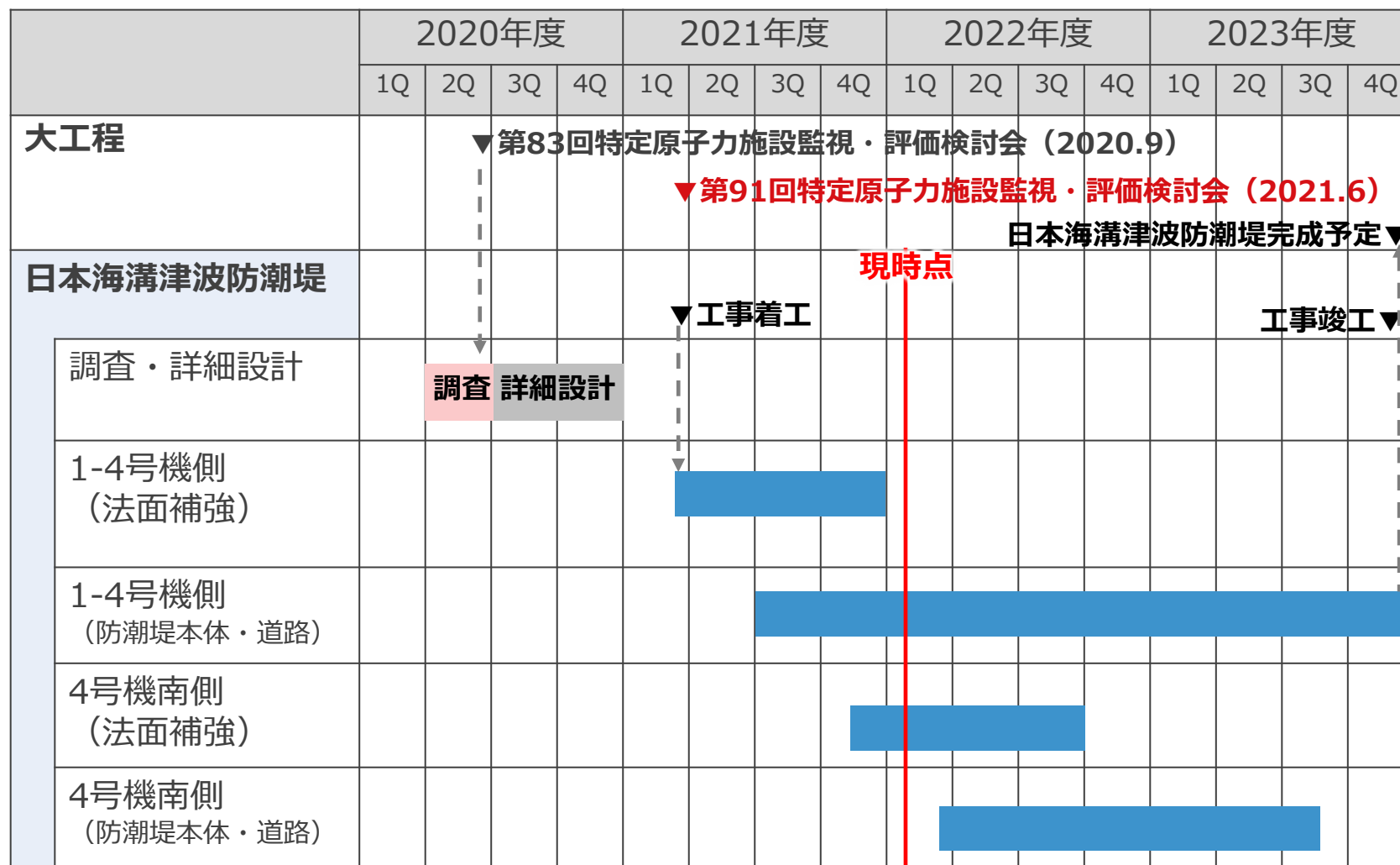
日本海溝津波防潮堤 鳥瞰図 (1-4号機工リア)

- 日本海溝津波防潮堤工事は2021.6月に工事着工し、2023年度下期に完成予定である。



日本海溝津波防潮堤 今後のスケジュール

- 日本海溝津波防潮堤工事は2021.6月中旬以降に工事着工し、2023年度下期に完成予定である。



※工事工程は、関係工事との細部調整により変動する可能性有り

(4) 陸側遮水壁の中長期運用に向けた対応

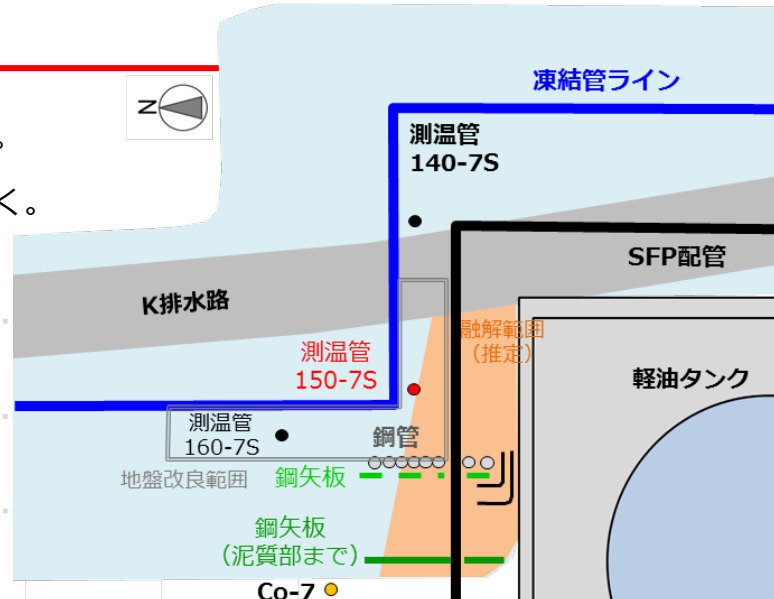
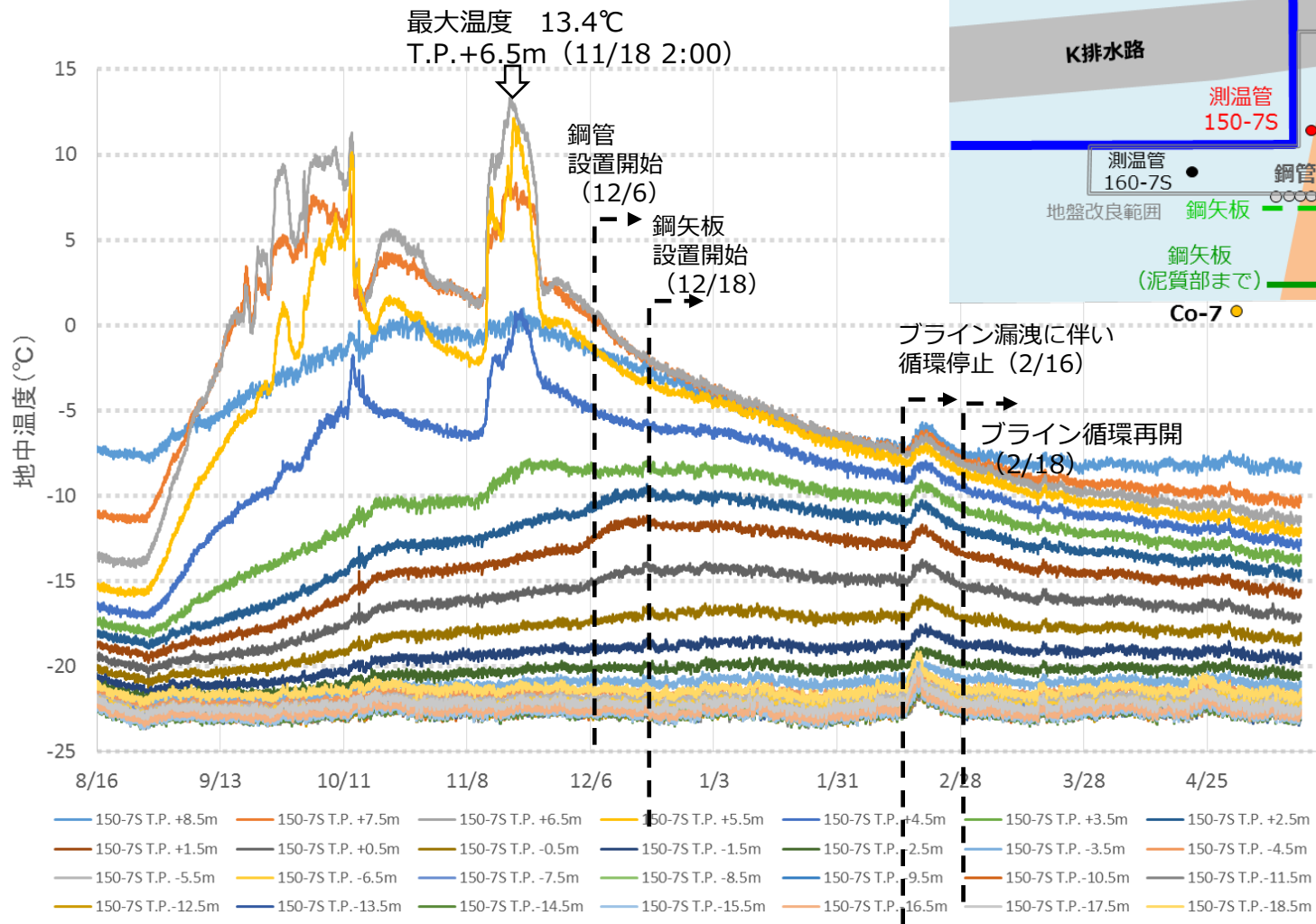
- ① 測温管150-7S（4号機山側）地中温度上昇について
- ② 凍結管からのブライン漏えいについて

①測温管150-7S（4号機山側）地中温度上昇について

- 2021年8月に4号機山側の測温管150-7Sで地中温度の上昇が確認された。地中温度の上昇深度は表層では無く、K排水路が設置されている2-3m深部の箇所であった。地中温度は、その後、人為的な作業など無く変動が継続し、K排水路内では過去に確認されていなかった湧水点も確認された。
- 計測結果、周辺の状態から、K排水路へのみずみちが新たに形成され、そこに地下水が集中している可能性を想定し、試験的な止水を施工した結果、その後、温度上昇することなく低下が継続し、現在はゼロ℃未満で安定している。
- また、地中温度が上昇した近傍の建屋（共用プール）からの雨水排水に損傷（時期までは不明）している事も確認されたため、屋根からの気温により上昇した雨水が地下に供給されている事も今回の事象の要因の可能性を想定し、共用プールからの雨水排水を切り替えて雨水の温度や排水の継続時間などを確認している。
- 今後、計測監視を継続し、想定した要因について確認し、その他の箇所への追加対策の可否を検討していく予定

測温管150-7 Sの地中温度変化 (再掲)

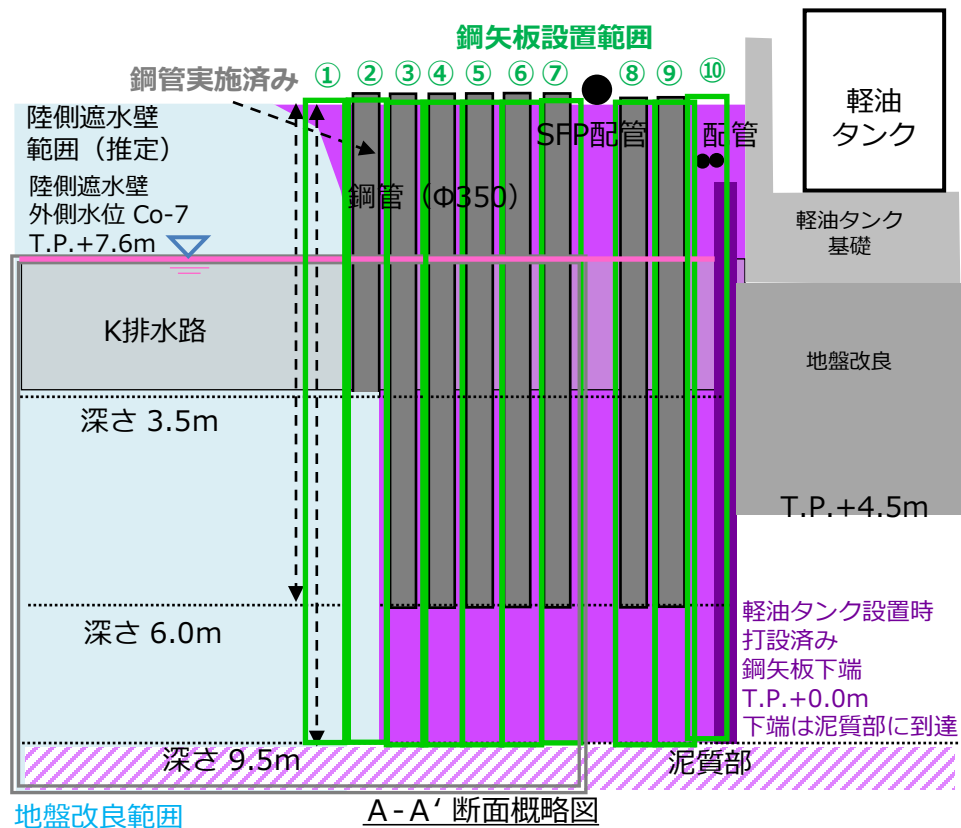
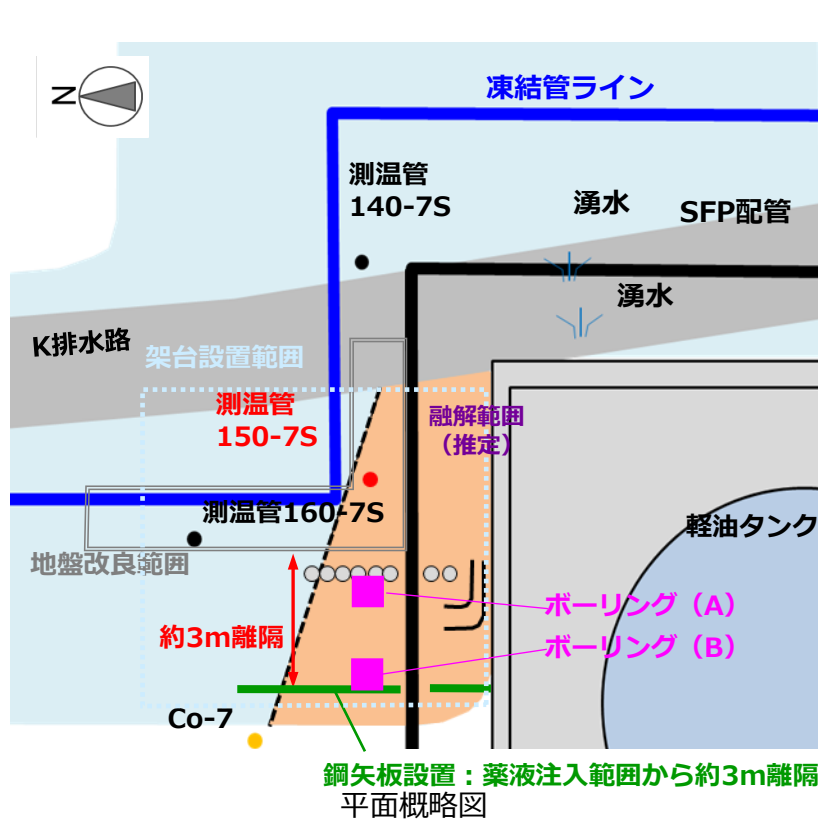
- 泥質部までの鋼矢板設置前後から、地中温度低下傾向が継続中である。
- 今後、外気温が上昇してくる時期であるため今後も監視を継続していく。



測温管150-7 S 経時変化 (5/16 7:00時点)

試験的な止水について

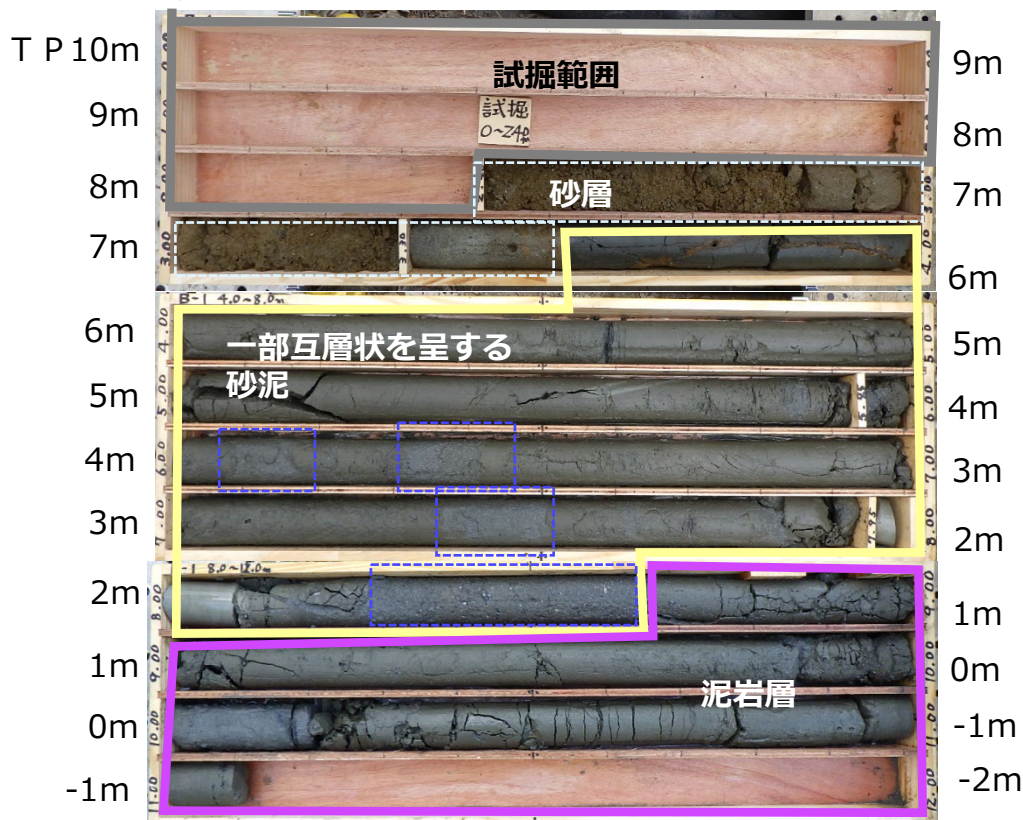
- 2021年12月に行った鋼矢板の設置について、地盤改良の影響と思われる固結した箇所が地中内に存在したため鋼矢板設置箇所を変更している。
- ボーリング調査および水みち調査からT.P. +7.0 mからT.P. +6.0 mの範囲で地下水の卓越した流れを確認した。中粒砂岩層では一部互層状を呈する砂泥層が確認されたことから、鋼矢板の設置はT.P. +0.0 m付近の泥質部までとしている。



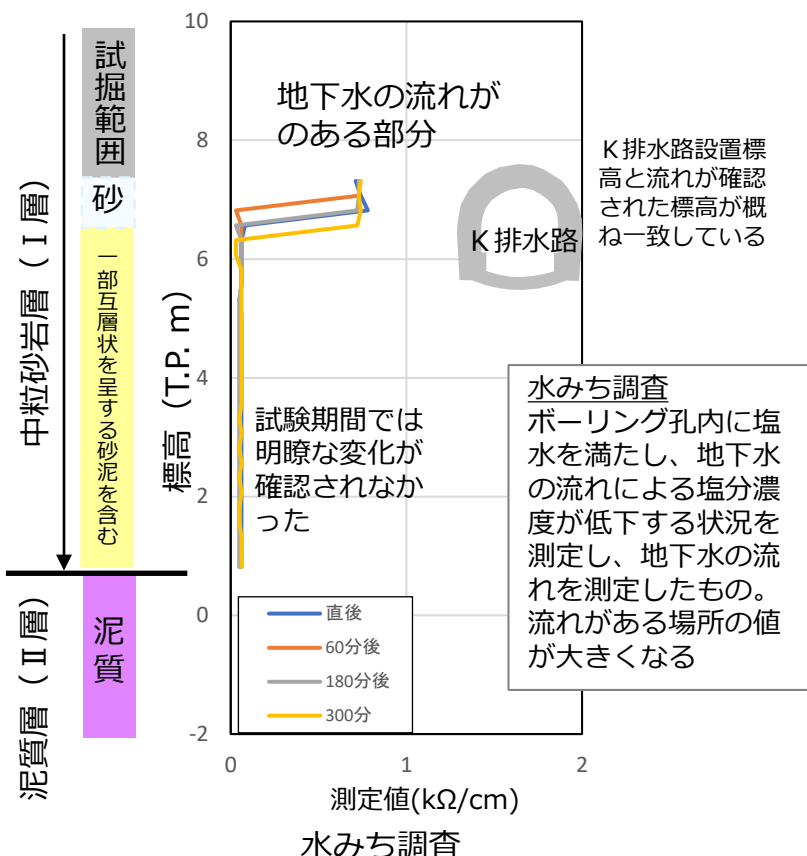
ボーリング調査・水みち調査結果

- ボーリング調査の結果、中流砂岩層の上部に砂層が確認された。また、T.P.+4.0m～ T.P.+1.0m付近には一部に互層状を呈している砂泥を含むものであった。
- 水みち調査の結果、T.P.+6.0m～ T.P.+7.0m付近に地下水の流れが確認された。T.P.+6.5m付近までは、著しい温度上昇が確認された深度であり、K排水路の設置標高とも概ね一致している。
- T.P.+1.6m付近にも互層を呈している部分を確認されたため、鋼矢板の設置は泥岩層までとしている。

地表面からの距離

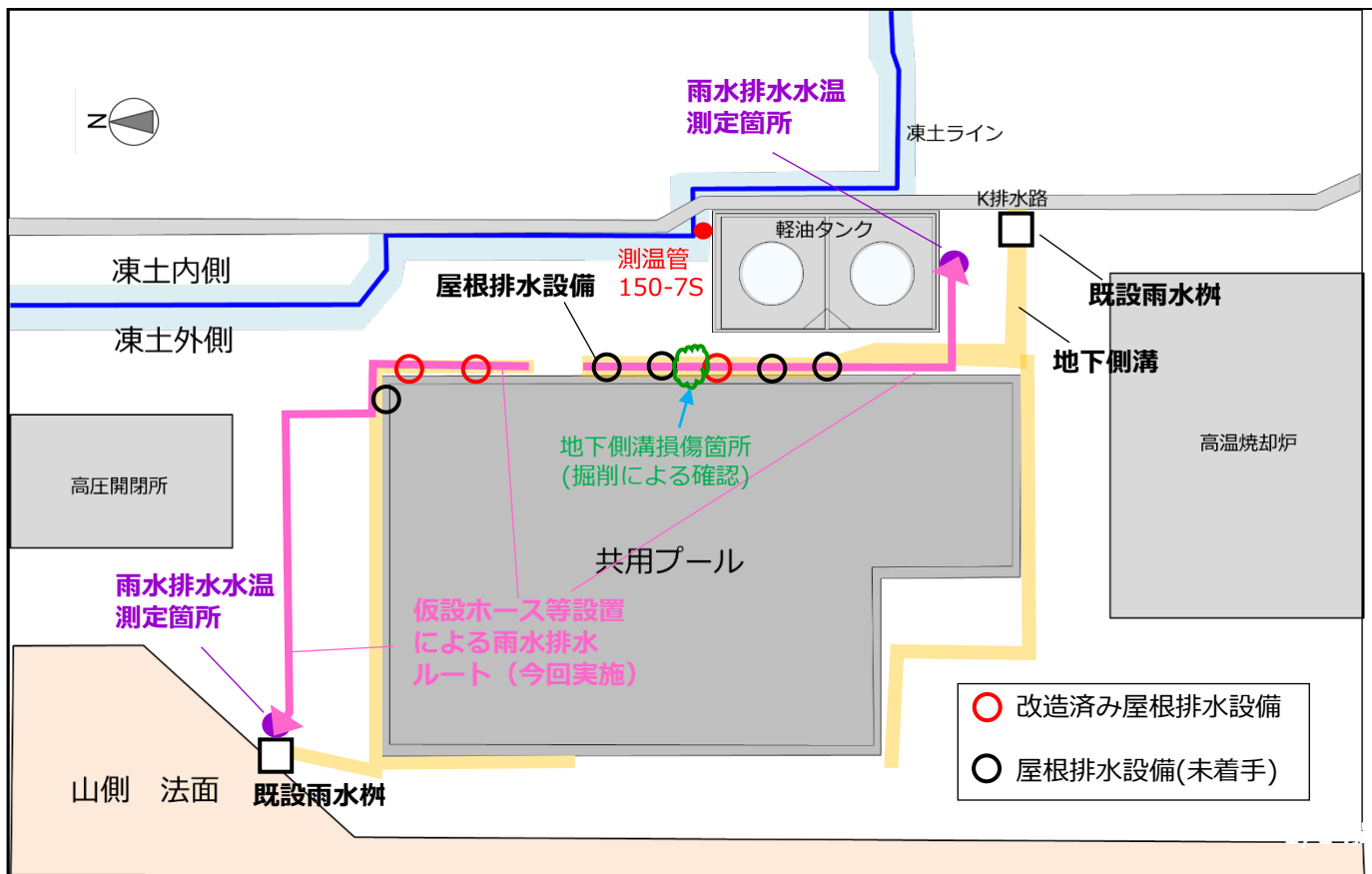


ボーリングコア写真



共用プールの雨水排水設備の外観点検・掘削調査

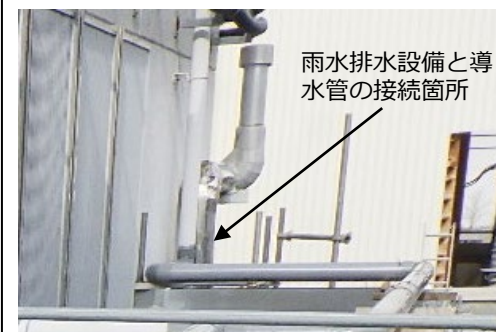
- 共用プールからの雨水排水設備周辺の掘削を実施し雨水排水設備（地下側溝）にて損傷している箇所を確認した。
- 雨水排水設備から漏出した雨水が地中に浸透している可能性があるため、近隣の既設雨水枡まで仮設導水管の設置作業を実施した。
- 上記施工終了時より、雨水排水の水温を確認するため、仮設導水管出口で水温を計測できる状態を構築し、気温上昇時の雨水排水水温の確認を行っている。
- 共用プール屋根排水の本設復旧は22年度実施に向けて仕様の計画検討中である。



共用プール建屋周辺 概略平面図



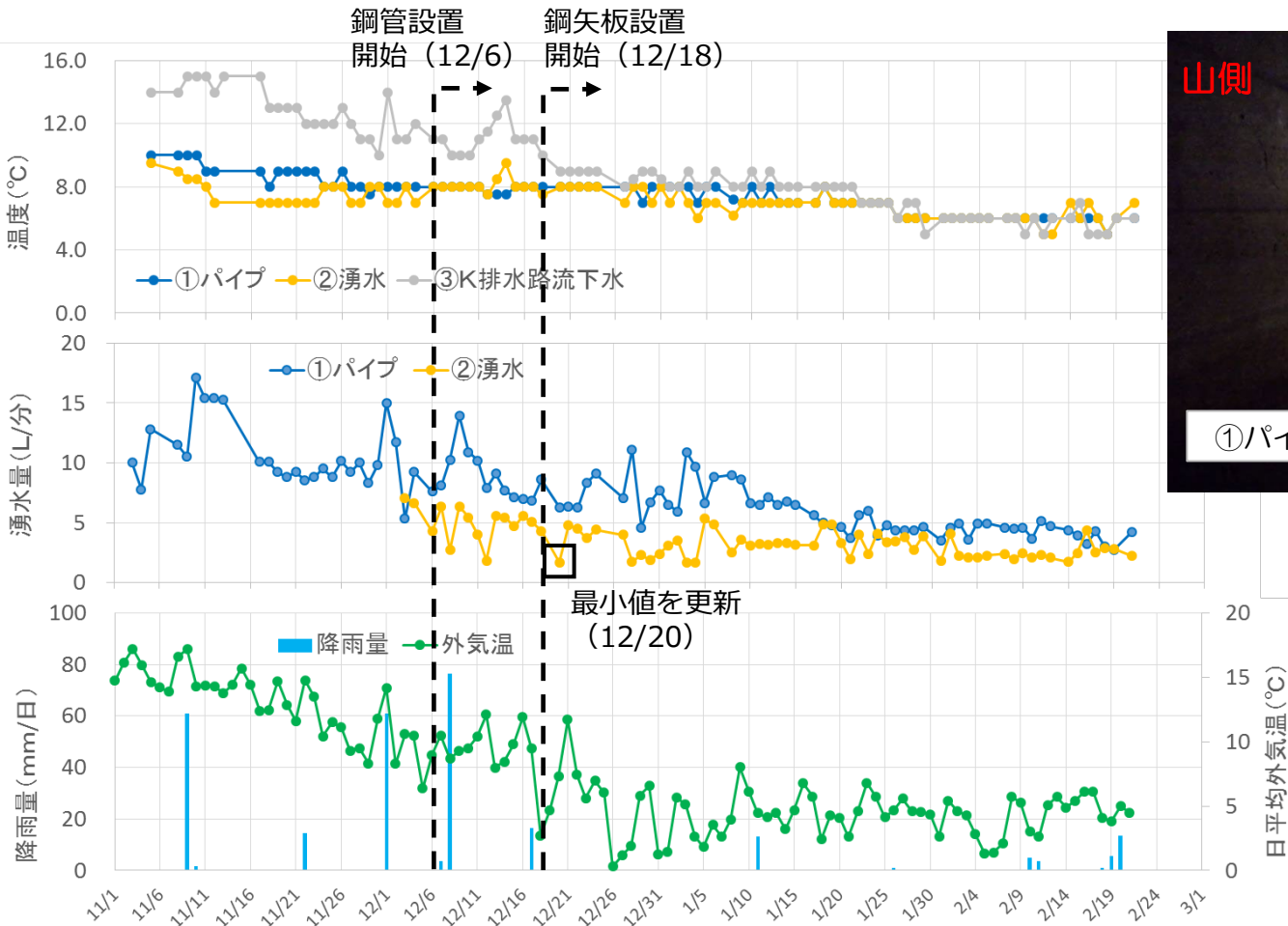
雨水排水設備



仮設導水管設置箇所

K排水路内湧水量および温度測定結果

- K排水路内の湧水の温度に試験的な止水による明瞭な変化は見られない。
- ②湧水点については鋼矢板設置後の12月20日の測定において過去最低値（1.7 L/分）を計測した。
- 鋼管・鋼矢板の設置は、②湧水量の低下に影響したものと想定している。

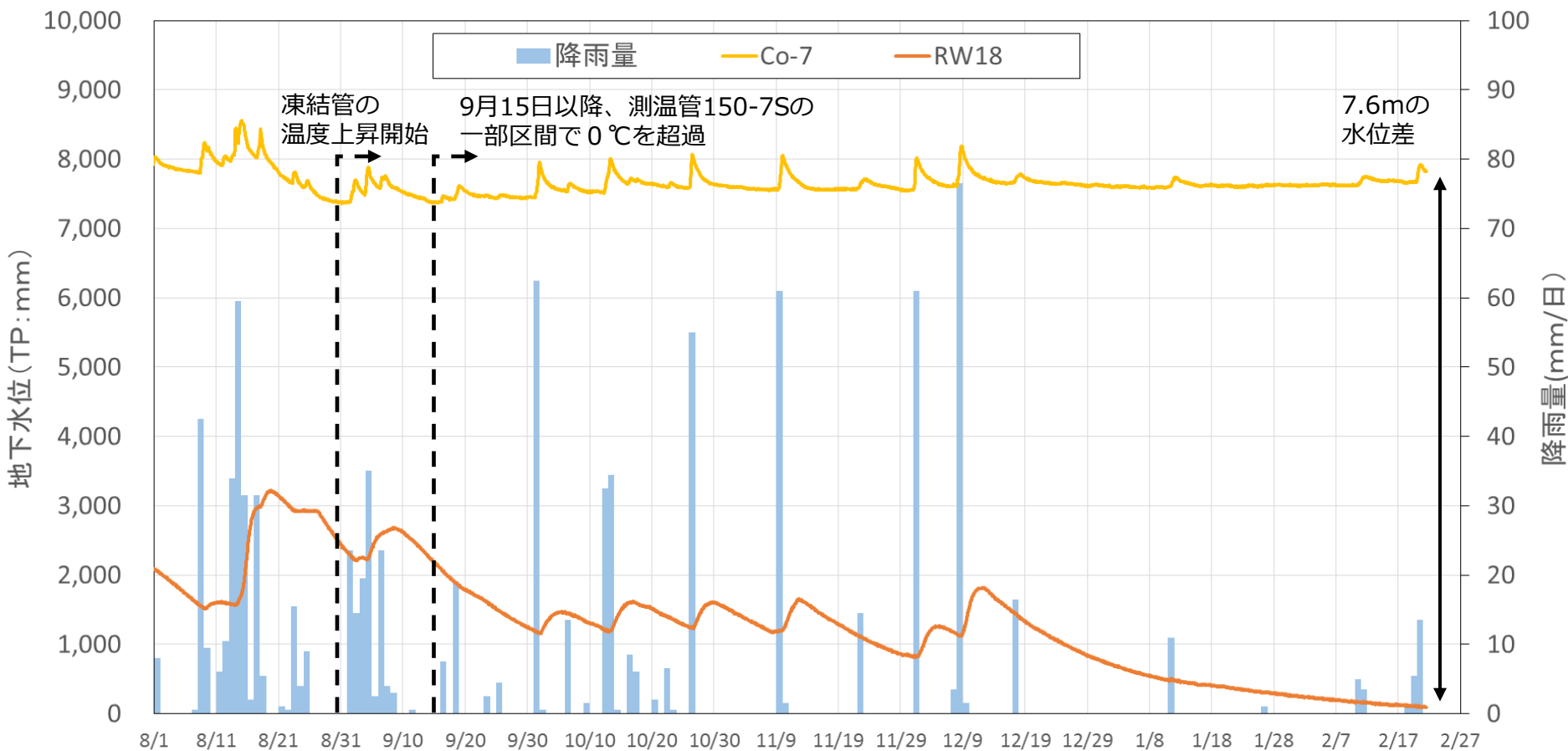


K排水路内湧水量・温度の経時変化 (2022/2/22時点)



陸側遮水壁内外水位差と降雨量の経時変化

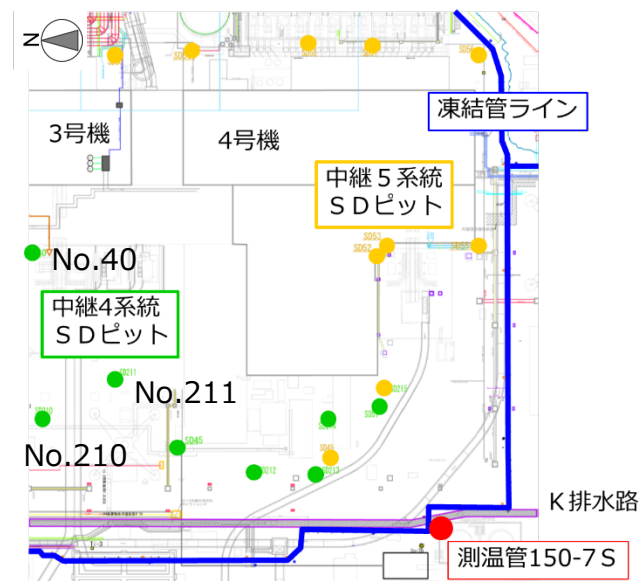
- 陸側遮水壁内側の水位は地中温度の変動によらず降雨により一時的に上昇し、サブドレンの汲上により低下している。
- 測温管150-7Sの一部で地中温度が0℃以上となった9月15日以降も陸側遮水壁内の水位は低下を継続していた。
- 2月22日現在内外水位差は7.6mを確保していることから、陸側遮水壁の遮水性は継続して保たれていると評価している。
- Co-7の水位が8、9月はT.P.+7400mmで安定していたが、調査および試験的な止水を実施した1月以降はT.P.+7600mmで安定した。地下水の流れが妨げられ、200mm程度上昇したと推定される。



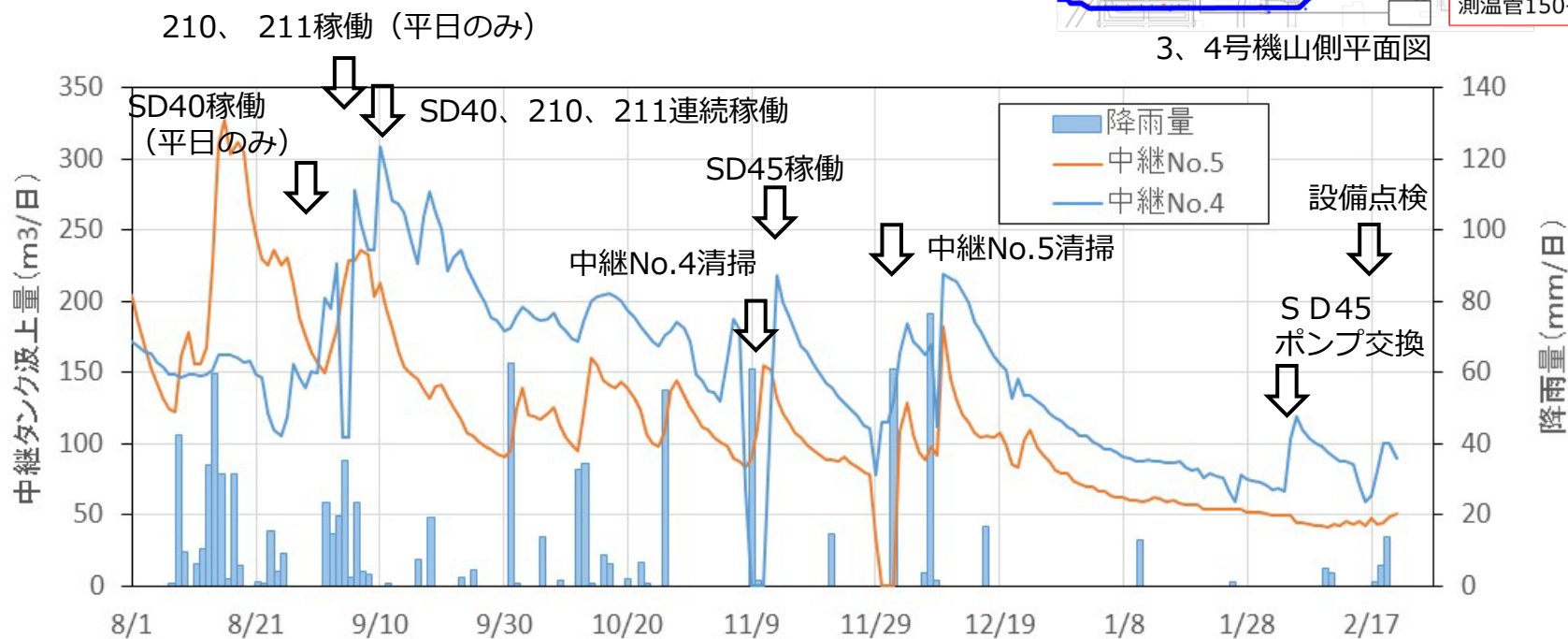
陸側遮水壁内外水位の経時変化 (2022/2/22 7:00時点)

サブドレンNo.4、No.5中継タンクの汲上量と降雨量の関係

- 温度上昇箇所至近のサブドレン汲上量は降雨量及びSD40等の稼働に伴い変動している。
- 現状では測温管150-7Sの温度上昇に伴い汲上量が上昇していることは明瞭では無い為いたため、陸側遮水壁の遮水性は継続して保たれていると評価しているが、今後も監視を継続する。



3、4号機山側平面図

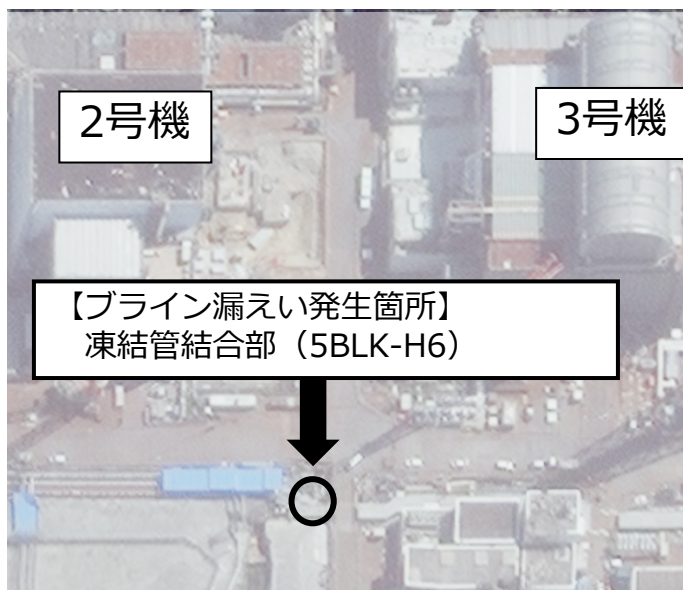


サブドレンNo.4、No.5中継タンク汲上量の経時変化 (2022/2/22 7:00時点)

②凍結管からのブライン漏えいについて

2022年1月凍結管からのブライン漏えいおよび対応の経緯

- 1月16日 陸側遮水壁設備ブラインタンクの液位低下を確認。
ブライン流量データおよび現場確認結果を元に、5BLK-H6のブライン供給を停止。
ブライン供給停止後、ブラインタンクの液位低下が停止したことを確認。
- 1月17日 詳細なブライン漏えい箇所特定のため、5BLK-H6の凍結管（計14本；30-5T～170-5T）
～20日 について圧力試験を実施。圧力低下が確認されなかった凍結管からブライン供給を再開。
50-5Tで凍結管継手部からのブライン漏えいを確認し、70-5Tでは圧力低下を確認。
50-5Tおよび70-5Tについては、部材交換を実施。
- 1月22日 50-5Tおよび70-5Tの部材交換が完了し、全ての凍結管でブライン供給が再開。



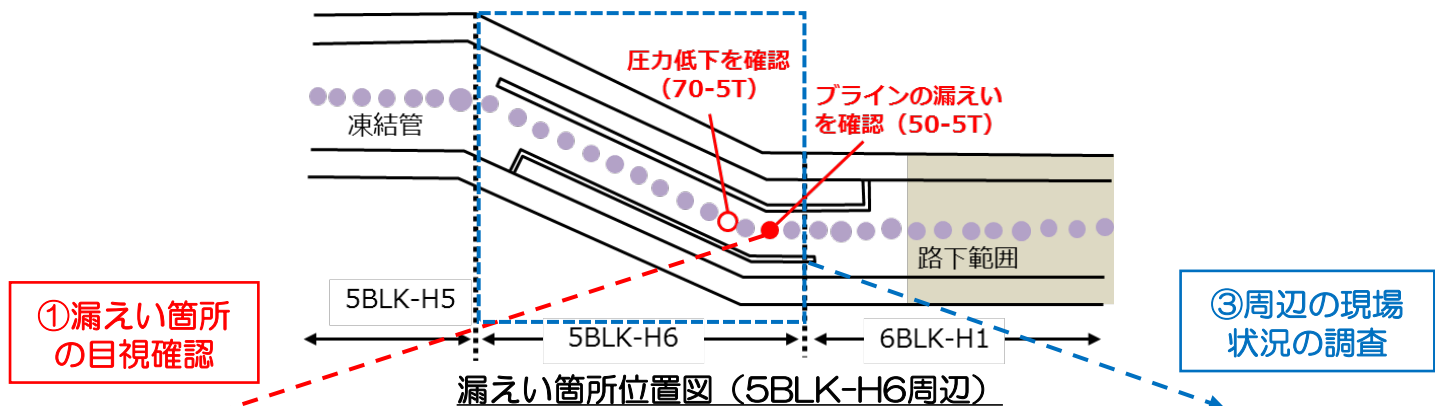
提供：日本スペースイメージング（株）2021.4.8撮影
Product(C) [2021] DigitalGlobe, Inc., a Maxar company.



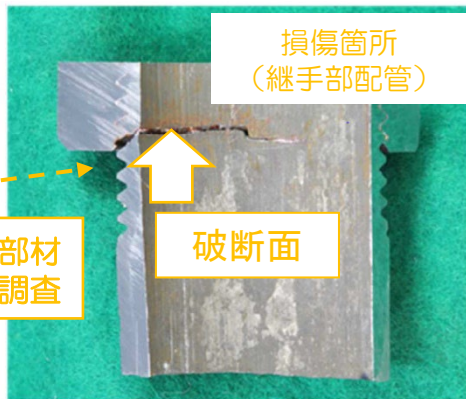
凍結管継手部 漏えい箇所

凍結管損傷の原因調査結果

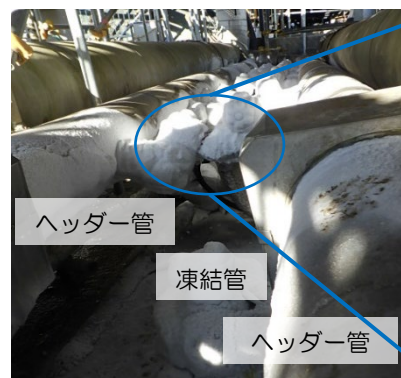
- 漏えいが確認された凍結管（50-5T）で凍結管継手部に歪みが確認されたことから、漏えい原因は部材の損傷であると推定。
- 損傷部材の精密調査の結果、部材が外部応力を受けて延性破壊した結果、漏えいが発生したと評価。
- 漏えいが発生した箇所（5BLK-H6）は狭隘部であり、凍結管周りの氷が成長し互いに接している状況を確認。頭部の氷の成長により凍結管に外部応力が作用した結果、凍結管継手部が破断したと推定。
- 上記の着氷対策として、凍結管頭部にヒーターを設置する着氷防止対策を実施中。



①凍結管継手部の目視確認



②凍結管継手部の損傷状況



③漏えい箇所周辺の現場状況（凍結管着氷時）

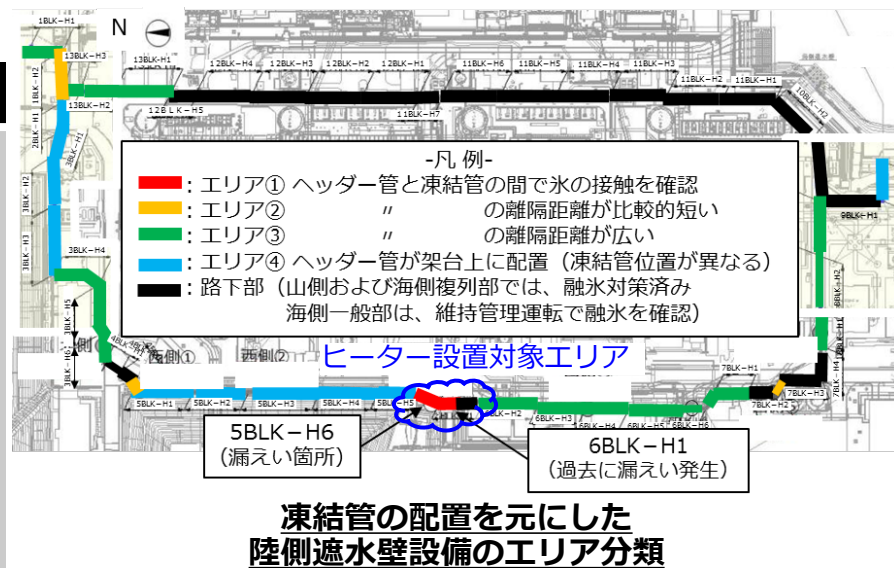


凍結管着氷防止対策について

- 凍結管周りでの氷の接触が確認された5BLK-H6および6BLK-H1（右図エリア①）については、ヒーターによる凍結管着氷防止対策を実施中。冬季（12月前まで）に設置完了予定。
- ヘッダー管と凍結管の離隔距離が短い箇所（右図エリア②）については、現場状況を監視のうえヒーター設置要否を判断する。

ブライン漏えいから対策完了までのスケジュール（案）

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月
【部材取替】											
・ 損傷した凍結管	■										
・ 損傷した凍結管以外		■	■	■							
【損傷部材精密試験】		■	■	■							
【着氷防止対策】											
・ 準備および電源確保			■	■	■	■	■	■	■		
・ 融氷作業（必要時）					■	■	■	■	■	■	
・ ヒーター設置						■	■	■	■	■	
・ 配電ルート切り回し ケーブル敷設								■	■	■	
・ 試運転開始											■



ヒーターによる凍結管着氷防止対策イメージ（他エリアの実績：炉注水配管保護のため設置）