

＜ 参 考 資 料 ＞

平成 25 年 7 月 22 日

東京電力株式会社

海側地下水および海水中放射性物質濃度上昇問題の

現状と対策

1. 現状分析

(1) 測定の際緯

- ・ 港湾内海水中放射性物質濃度は、事故直後から明確な減少傾向にあったが、最近では事故当初から比べれば低い値ではあるが上下に変動。「資料A」
- ・ この原因究明のため海側の地下水観測孔で地下水を採取して分析を開始。

(2) 1-2 号機取水口間地下水測定結果

- ・ 1-2 号機間の No.1 観測孔地下水からは 40～50 万 Bq/L のトリチウム、1,600Bq/L の全 β を検出。「資料B」
- ・ その後、No.1 周辺に No.1-1～No.1-4 の観測孔を追加して地下水を分析したが、2 年前の漏えい箇所に最も近い観測孔 No.1-2 では 38 万 Bq/L のトリチウム(7/11 現在)、89 万 Bq/L の全 β (7 月 15 日現在)、12,000Bq/L のセシウム 137、5,900Bq/L のセシウム 134(7 月 15 日現在)を検出。「資料C」
- ・ ボーリングコアの分析でも No.1-2 は突出しており、高さ方向でも過去の漏えい地点に近い部分で高濃度のセシウムを検出していることから、過去の漏えいの影響によるものと評価している。「資料D」「資料E」
- ・ No. 1-3 では全 β の値が高いこと、当該エリアのトレンチの地下構造が複雑であることから、トレンチからの漏えい等、過去の漏えい以外の可能性も考えられる。このためこの付近の調査やリスク低減のための具体的な対策を考えていく。「資料E」

(3) 2-3 号機取水口および 3-4 号機取水口間地下水測定結果

- ・ 2-3 号機間の No.2 観測孔では千数百 Bq/L の全 β 、3-4 号機間の No.3 観測孔では数千 Bq/L のトリチウムを検出したため、監視を強化しており、周辺に観測孔を追加設置中。観測結果に応じて No.1 周辺と同様な対策を遅滞なく実行できるよう準備中。「資料E」

(4) 地下水水位変動について

- ・ 当該エリアの地下水水位の変動を見ると、潮位変動や降雨等の影響を受けて変動している様子が見られることから、開渠内の海水と行き来していると考

えている。これらのことから、本年5月以降に No.1 観測孔で確認された汚染を含む地下水の開渠内との行き来が考えられるため、対策を実施中（対策については後述）。また、新たに設置した観測孔の水位データ等もふまえ、今後、10月下旬を目途に解析などの詳細評価を行っていく。「資料F」「資料G」

(5) 1-4 号機取水口開渠内海水測定結果

- ・ シルトフェンス内側の放射性物質濃度等にも降雨による変動が見られる。特にこの傾向は3号機シルトフェンス内側で顕著である。このため3号機の取水口近辺における確認や調査等も進めていく。「資料H」
- ・ 港湾内の海水は、1-4 号機取水路北側でトリチウム濃度が 2,300Bq/L まで上昇。護岸からの降雨などによるフォールアウトの流出や地下水の流出の可能性がある。また、当該測定点は海側遮水壁の既設置区域であり遮水壁により流れが妨げられていた影響もあり得る。ただし、海水中濃度は一方的には上昇せず、濃度が下降することもあることから、海水中への拡散は限定的であると考ええる。なお、海側遮水壁の外側に新たに設置した測定点（東波除堤北側）の測定結果は、遮水壁設置前の 1-4 号機取水口北側における測定結果とほぼ同程度である。「資料I」
- ・ 港湾内への地下水流出の影響を確認するために、1号機取水口北側等についても、今後ボーリング箇所を追加し調査を実施する。

(6) 港湾内（1-4 号機取水口開渠外）および港湾境界海水測定結果

- ・ 1-4 号機取水口開渠外側の港湾内では、トリチウム、全 β ともにほぼ検出限界値未満(ND)レベル(高くて数十 Bq/L)で、1-4 号機取水口開渠内側の濃度変動の影響はほとんど見られない。「資料J」
- ・ 港湾の境界付近(港湾口、北放水口、南放水口付近)では、トリチウムは、ほぼ検出限界値未満(ND)レベル(高くて数 Bq/L)、全 β は至近の測定結果では全て検出限界値未満(ND)であり、港湾内と同等かそれ以下のレベルとなっている。

(7) 沖合い海水測定結果

- ・ 港湾外では、発電所沖合 3km の測定結果からみて有意な変動は見られないレベルである。「資料K」

以上のことから、放射能濃度の変動は1-4 号機取水口開渠内に限られており、沖合いはもとより、港湾内においてもその影響は見られない。これらについては、今後、港湾内の濃度挙動の解析などを通じて定量的に評価し、社外第三者の専門家にも評価を依頼していく。

2. 対策(参考資料参照)

(1)薬液注入による地盤改良等

- ・ 1-2号機取水口間については7月8日より開始し、75/231本(7月20日現在)の薬液注入作業を完了している。

1列目の改良は、7月25日頃に完了予定、2列目は、8月10日頃に完了予定。

「資料L」

- ・ 1-2号機取水口間の汚染範囲を確認し、確認された範囲を取り囲む対策について準備を開始。「資料M」
- ・ 2-3号機取水口間、3-4号機取水口間についても、海側遮水壁設置までの間の対策として、護岸背面への薬液注入による地盤改良の準備を開始。「資料M」

(2)2号機取水口間周辺の汚染水排水と分岐トレンチ(電源ケーブルトレンチ)の閉塞

- ・ 2年前(平成23年4月2日)の2号機スクリーン室からの汚染水漏えい箇所以最も近い観測孔 No.1-2 で極めて高い濃度が検出されており、2年前の漏えい対策部分に残留した高濃度汚染水が、時間をかけて回り込んで漏れ出してきたか、あるいは2年前の止水が経年的に劣化してきた可能性が高いと評価。

このため、2年前の対策で高濃度汚染水が残留している可能性のある分岐トレンチ(電源ケーブルトレンチ)内の汚染水について現在調査中であり、10月末頃までに、汚染水の排水および、当該トレンチの閉塞を完了する予定。「資料N」

(3)主トレンチ(海水配管トレンチ)の汚染水浄化

- ・ 主トレンチ(海水配管トレンチ)は号機毎にタービン建屋との取り合い高さが異なり、プラント毎に状況に差があるが、2・3号機では大量の高濃度汚染水が主トレンチ(海水配管トレンチ)内に滞留していることは確実。直接、今回の濃度上昇に影響を与えているとの確証はないが、リスク低減の観点からもモバイル式の浄化装置を導入して早期にトレンチ内の水を浄化(9月浄化開始目途)。加えて、第二セシウム吸着装置(サリー)、セシウム吸着装置等既存水処理装置へ汚染水を移送するための配管設置も加速(9月完了目途)。「資料O」

(4)主トレンチ(海水配管トレンチ)内の排水および閉塞

- ・ 主トレンチ(海水配管トレンチ)の滞留水除去は、タービン建屋との接続部の遮断ため、凍結試験を早期に実施し、塩分が多い水を凍結させる技術や、凍結による体積膨張により構造体への影響など、技術的な課題を確認し、適用可否を判断する。可能であれば凍結遮断して海水配管トレンチを水抜きし、閉塞する計画。

「資料P」

(5)海側遮水壁

- ・ 平成 24 年 6 月より先行削孔を開始し、平成 25 年 4 月より鋼管矢板の打設を開始。平成 26 年 9 月には海側遮水壁が護岸海側に完成し、さらに高い遮水性能を確保。

以上のように、サンプリングの採取・分析・評価から、対策立案・実施、広報対応まで関係各所と調整を図りながら、発電所、本店が一体となって、迅速・確実に対応を進めていく。

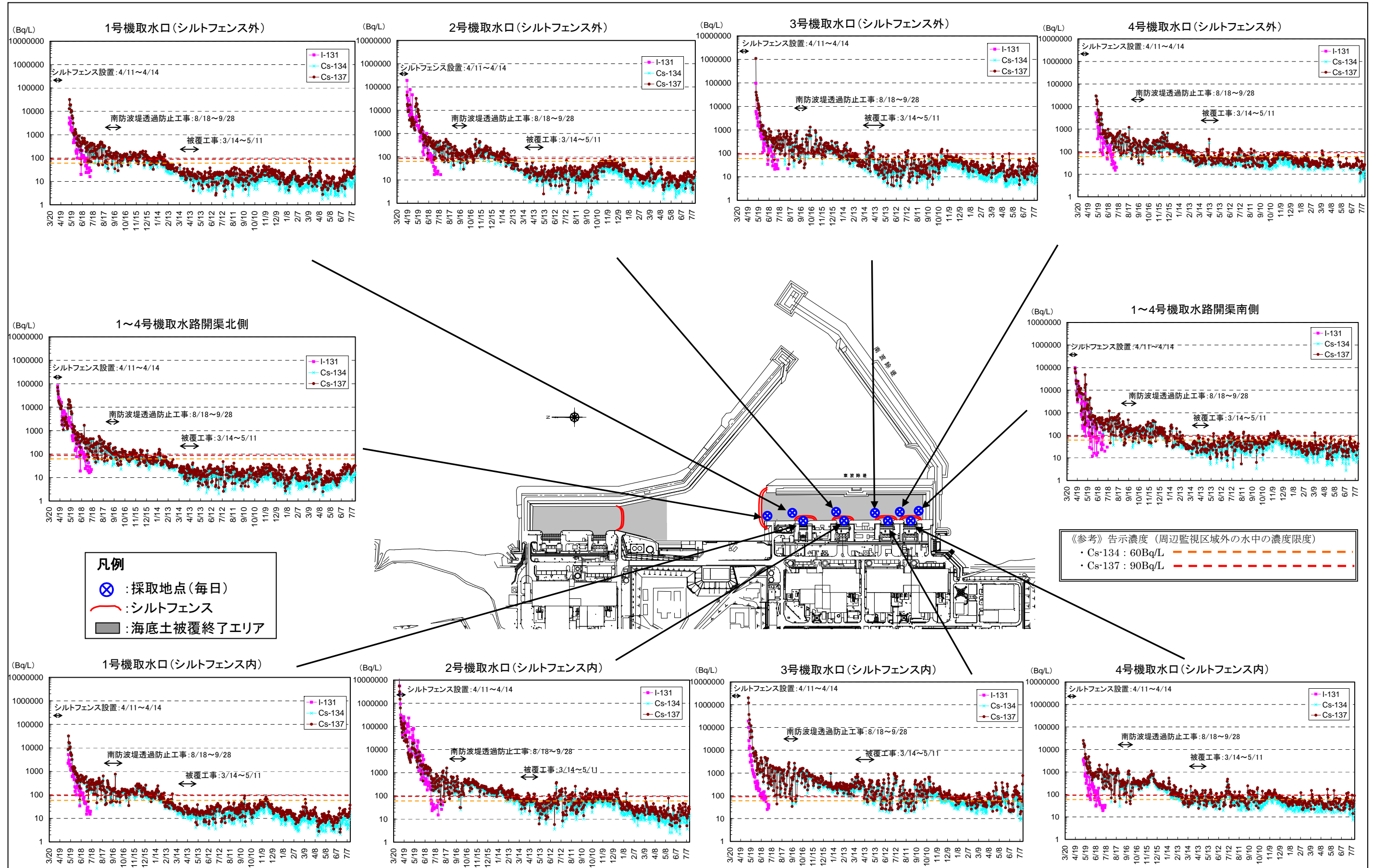
また、今後の調査結果や汚染水対策委員会などからの知見により、計画の見直しがあれば適切に反映するなど、柔軟な対応を行う。

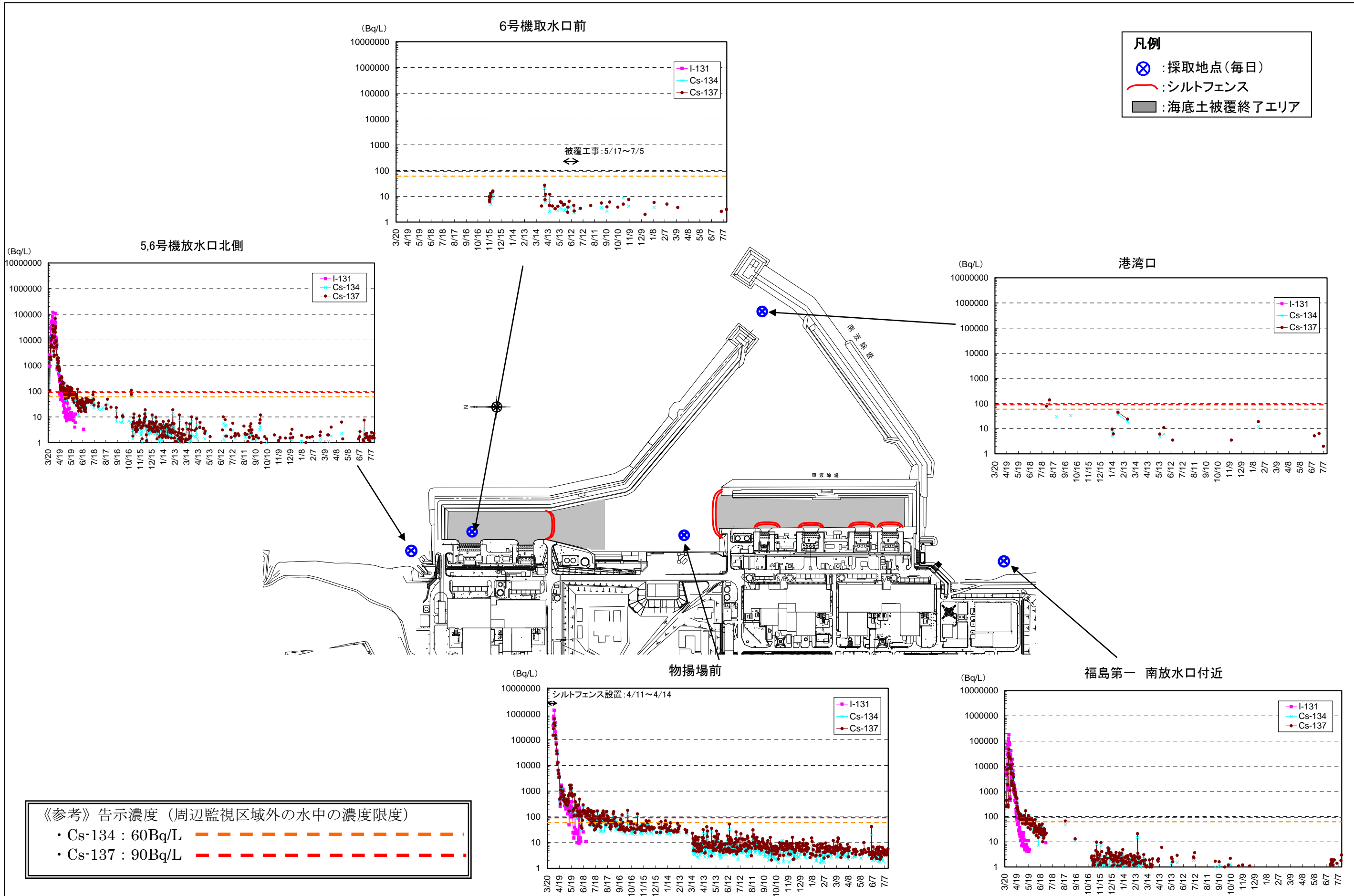
3. 参考資料

海側の汚染水対策の実施状況及び今後の計画について

以 上

港湾内海水中放射性物質濃度の推移について





地下水のトリチウム濃度推移

資料B

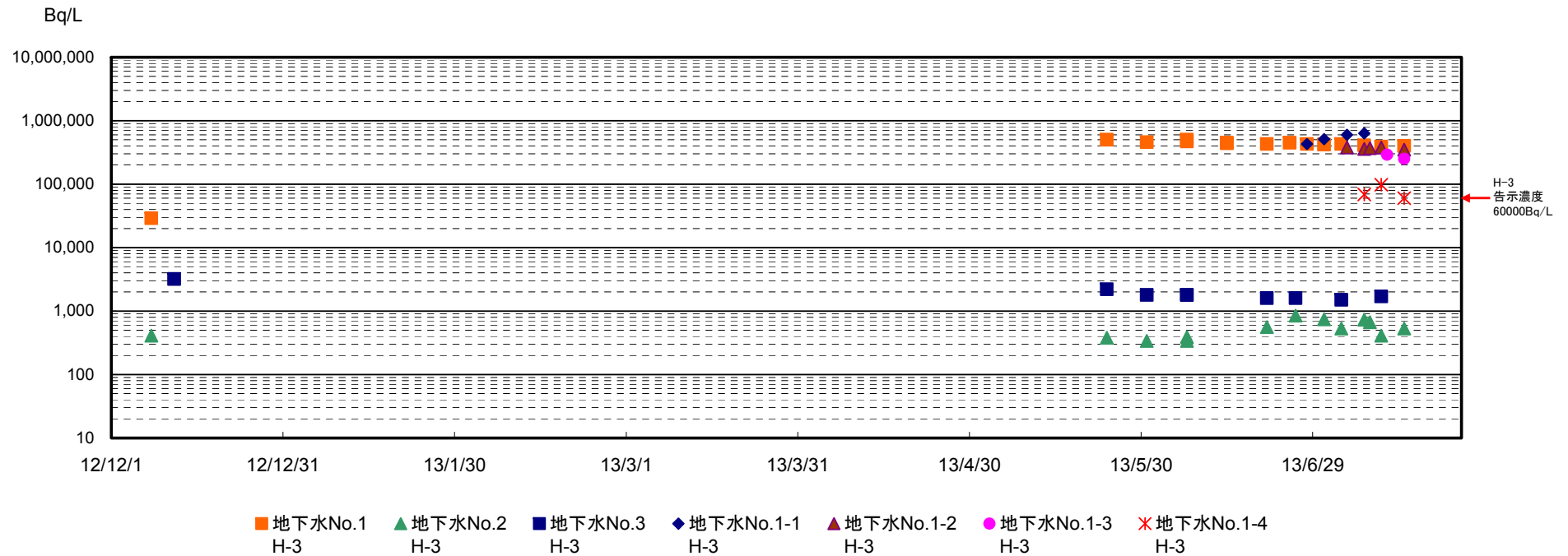


Figure 1: Sr-90 and Total Beta Concentration in Groundwater

The graph displays the concentration of Sr-90 and total beta (全β) in groundwater samples over time. The y-axis represents concentration in Bq/L on a logarithmic scale from 1 to 10,000,000. The x-axis shows dates from December 1, 2012, to July 29, 2013.

Legend:

- Orange diamond: 地下水No.1 全β (Groundwater No. 1 Total Beta)
- Dark blue diamond: 地下水No.1 Sr-90 (Groundwater No. 1 Sr-90)
- Pink square: 地下水No.2 全β (Groundwater No. 2 Total Beta)
- Blue square: 地下水No.2 Sr-90 (Groundwater No. 2 Sr-90)
- Yellow triangle: 地下水No.3 全β (Groundwater No. 3 Total Beta)
- Cyan circle: 地下水No.3 Sr-90 (Groundwater No. 3 Sr-90)
- Magenta square: 地下水No.1-1 全β (Groundwater No. 1-1 Total Beta)
- Dark blue square: 地下水No.1-1 Sr-90 (Groundwater No. 1-1 Sr-90)
- Red diamond: 地下水No.1-2 全β (Groundwater No. 1-2 Total Beta)
- Cyan circle: 地下水No.1-2 Sr-90 (Groundwater No. 1-2 Sr-90)
- Dark blue square: 地下水No.1-3 全β (Groundwater No. 1-3 Total Beta)
- Yellow triangle: 地下水No.1-3 Sr-90 (Groundwater No. 1-3 Sr-90)
- Red cross: 地下水No.1-4 全β (Groundwater No. 1-4 Total Beta)
- Pink cross: 地下水No.1-4 Sr-90 (Groundwater No. 1-4 Sr-90)

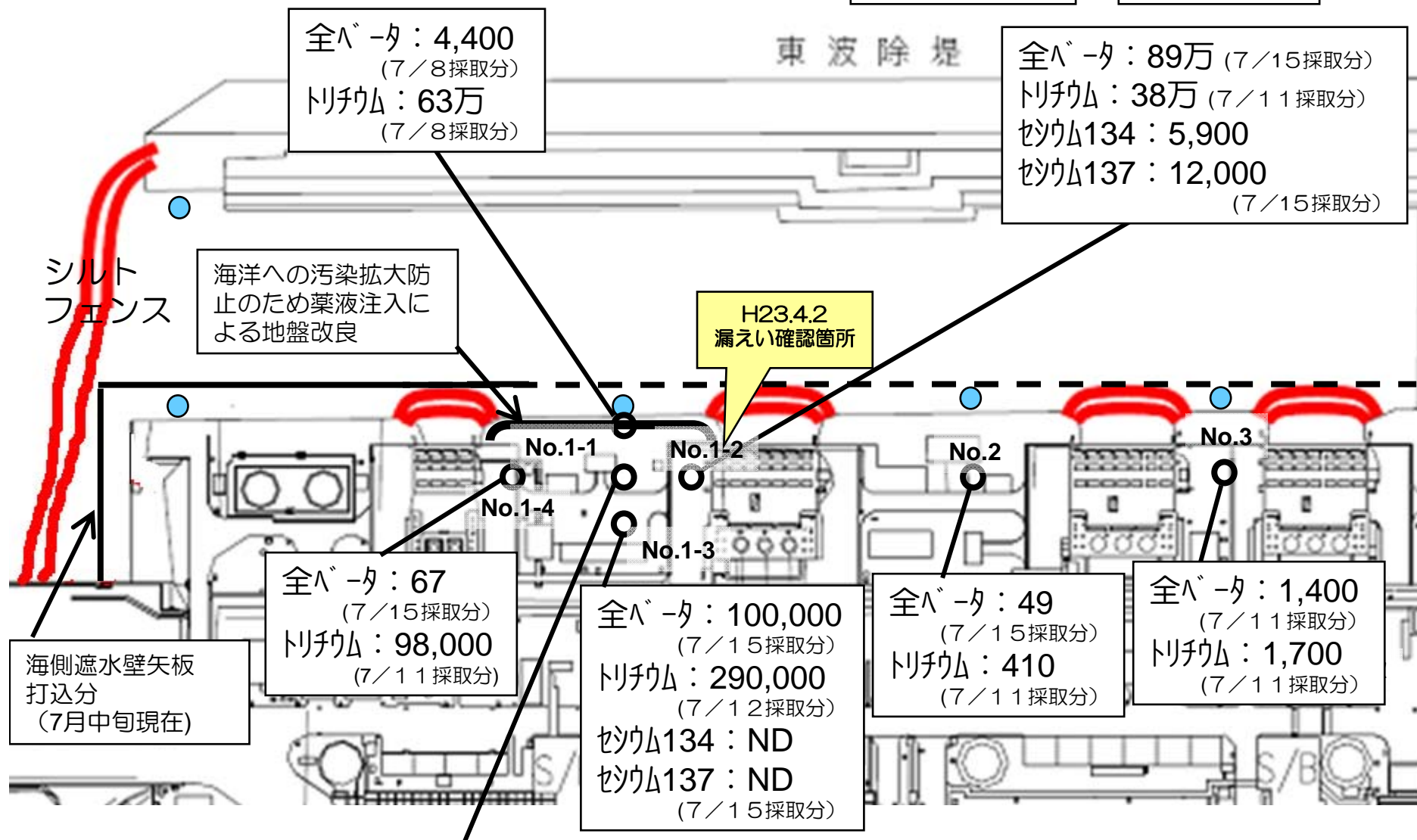
Warning Level: Sr-90 告示濃度 30Bq/L (Sr-90 Warning Concentration 30 Bq/L)

タービン建屋東側の地下水測定結果

至近の測定結果（ベクレル/リットル）

○ 地下水採取点

● 海水採取点

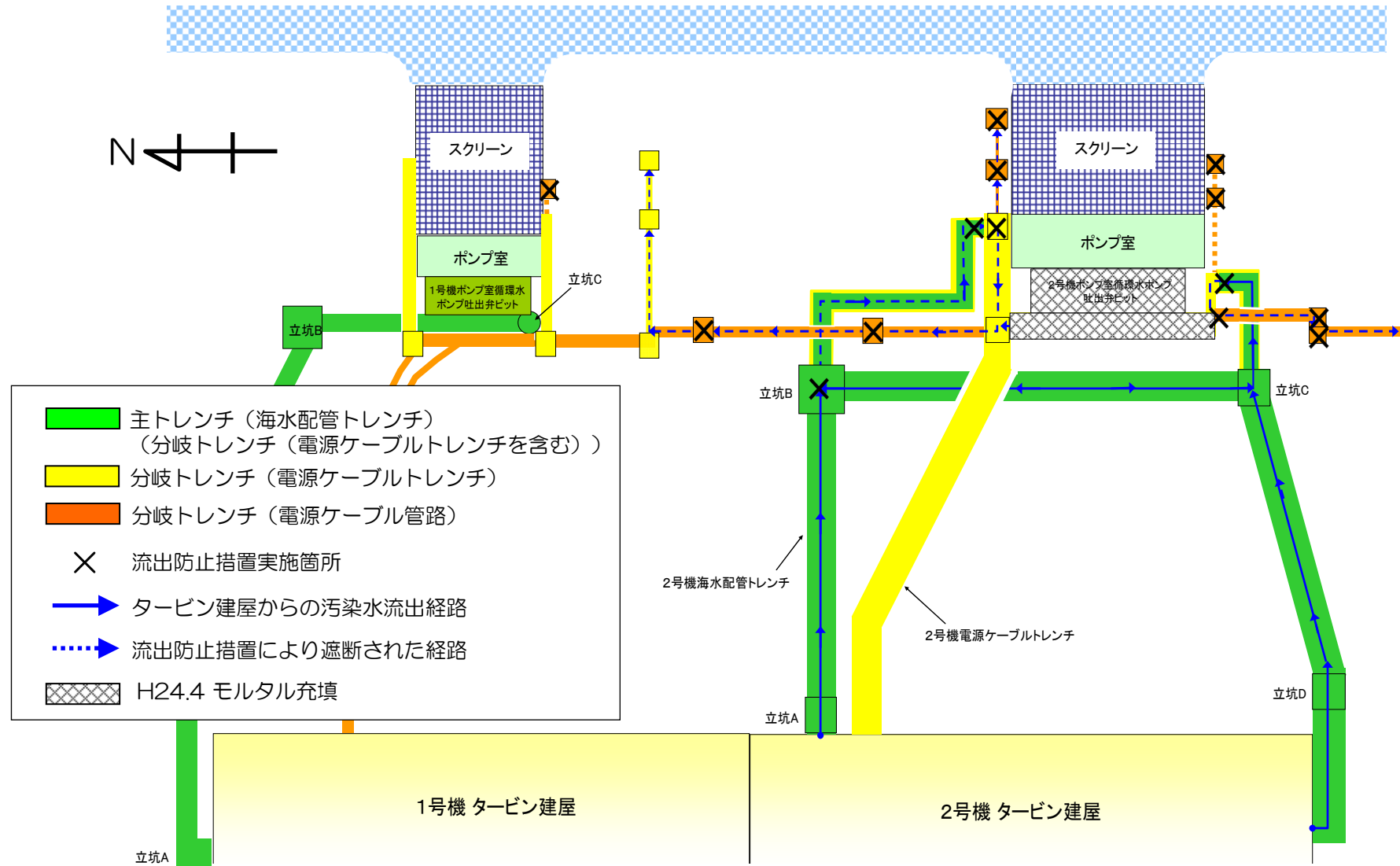


地下水観測孔 (No.1)
(40～50万ベクレル/リットルの高濃度トリチウム検出)

全ベータ：1,500 (7/15採取分)
トリチウム：39万 (7/11採取分)

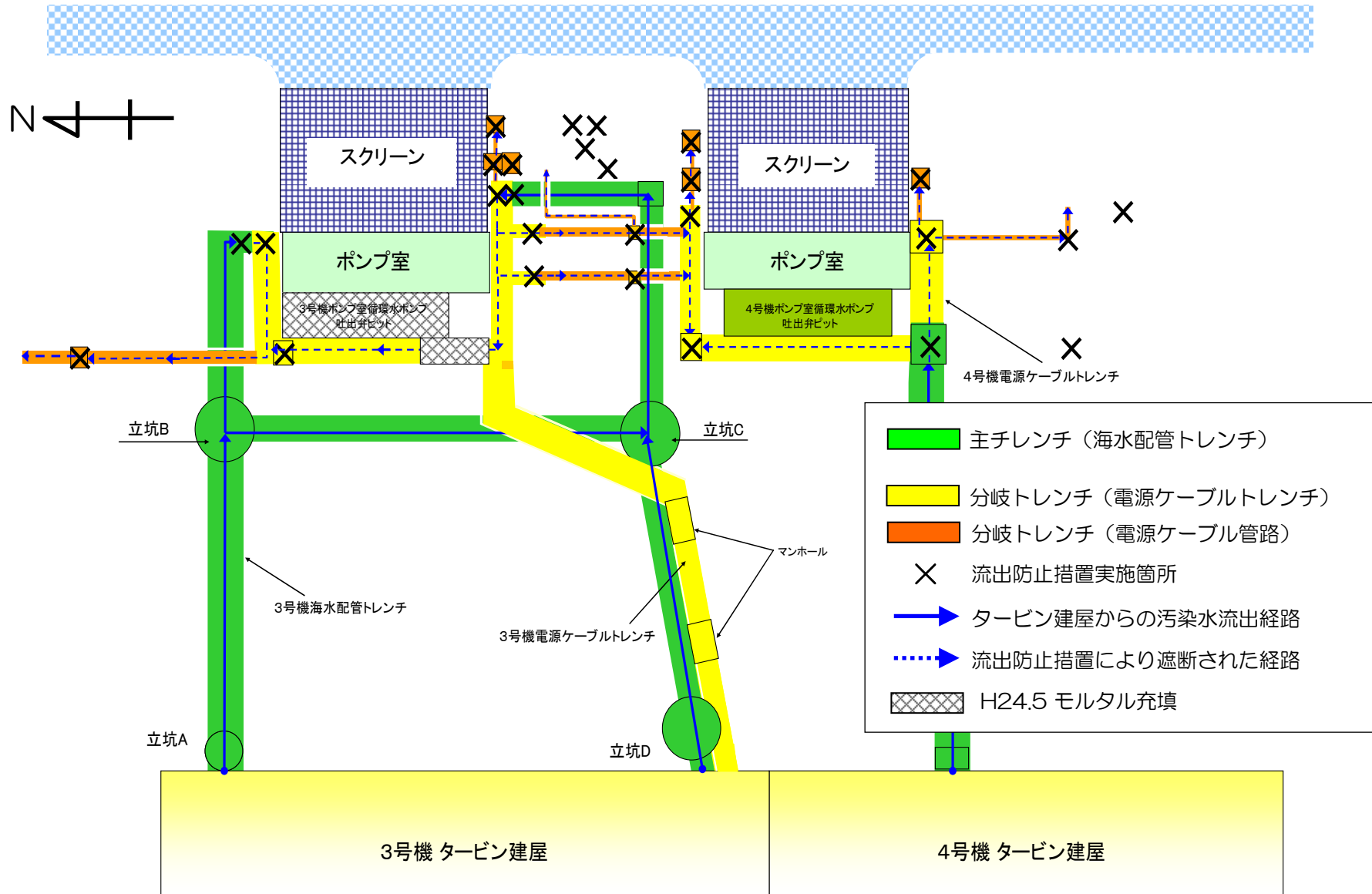
海側4m盤エリアのトレンチの状況（1／2号機）

- 基本的にはピットを閉塞。

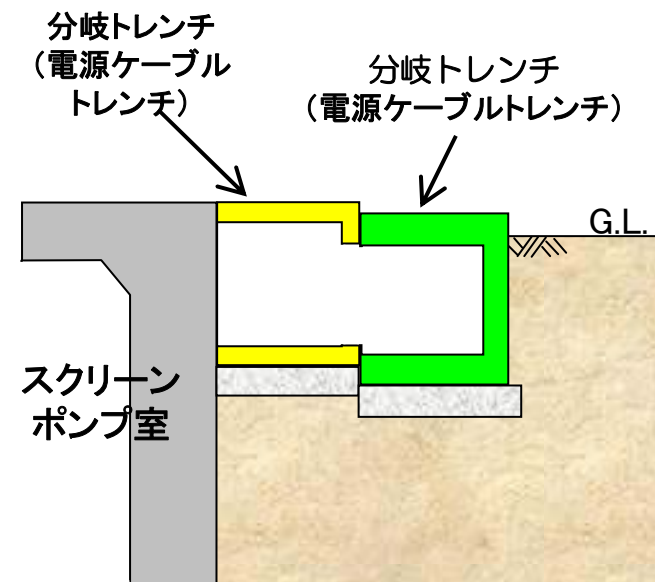
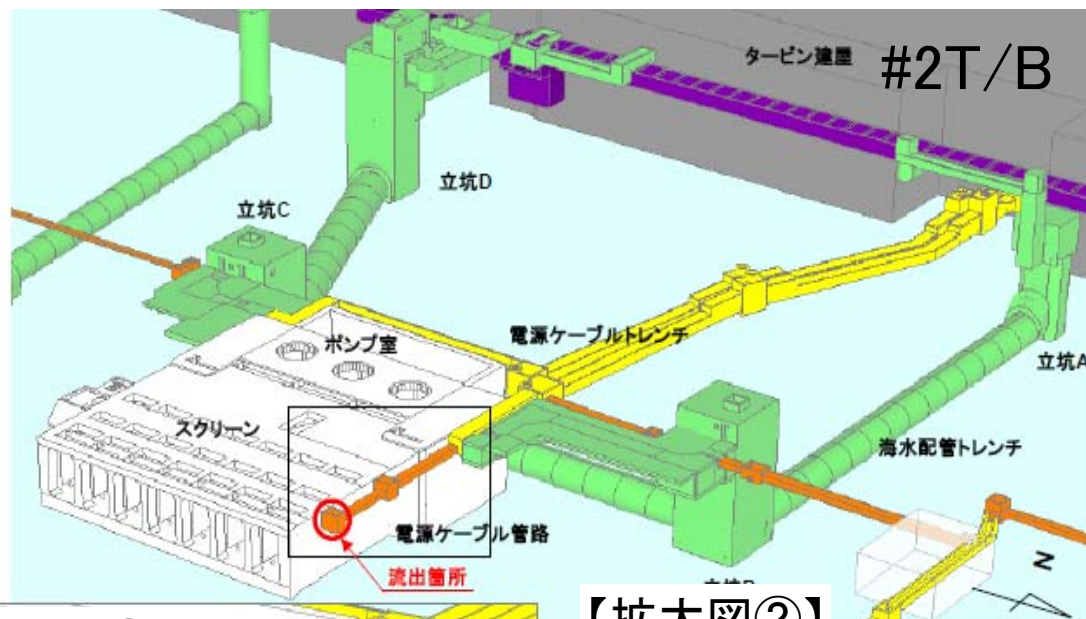


海側4m盤エリアのトレンチの状況（3／4号機）

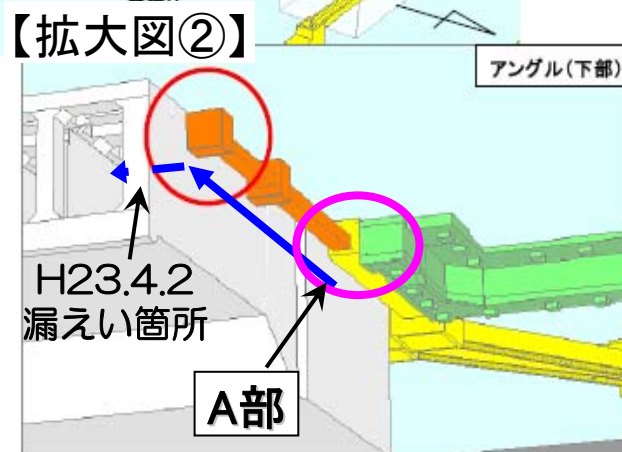
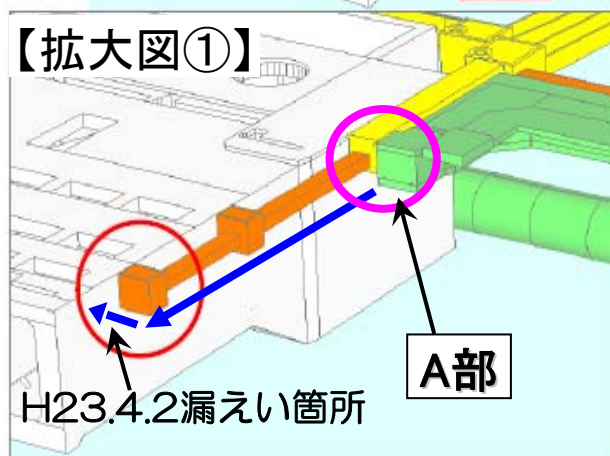
- 基本的にはピットを閉塞。



漏えい箇所・経路の推定（2号機海側トレンチ配置図）



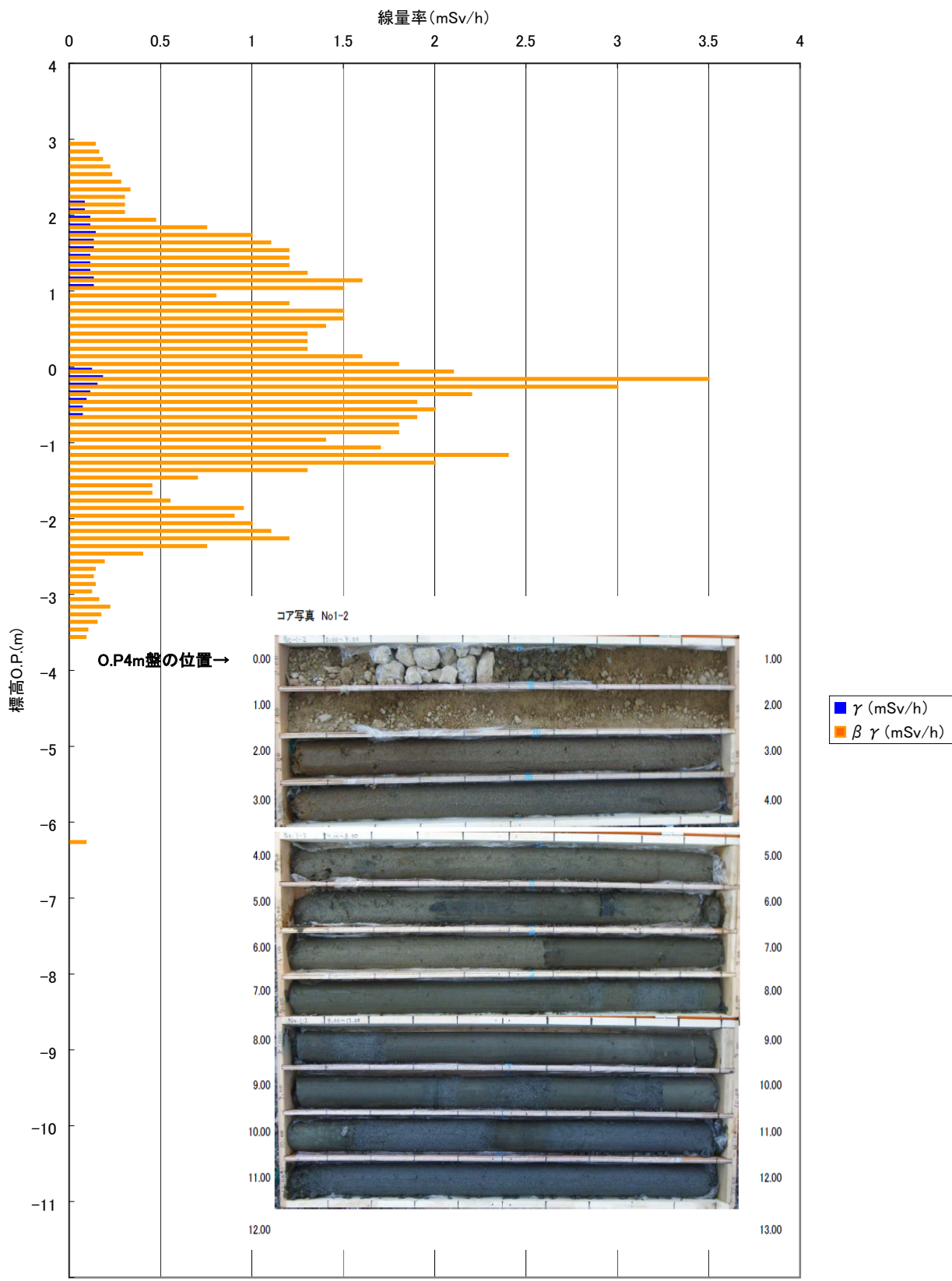
A部断面図



出典：当社福島原子力事故調査報告書（H24.6.20）
（一部、加筆・修正）

主トレンチ（海水配管トレンチ） （一部、電源ケーブルトレンチを含む）
分岐トレンチ（電源ケーブルトレンチ）
分岐トレンチ（電源ケーブル管路）

海側地下水観測孔No.1-2のボーリングコアの線量率分布

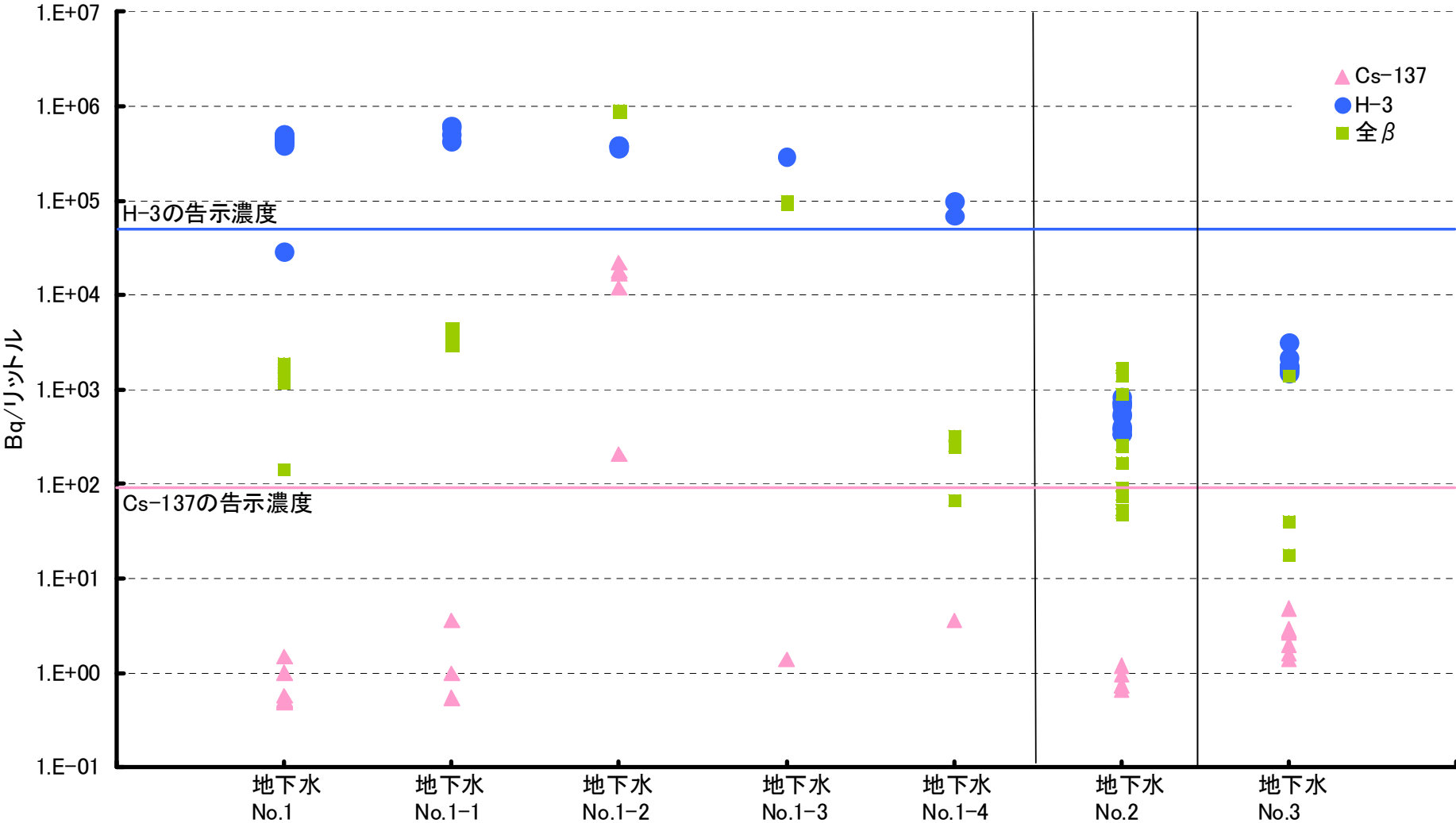


※ B.G.レベルの測定値はすべて0とした。

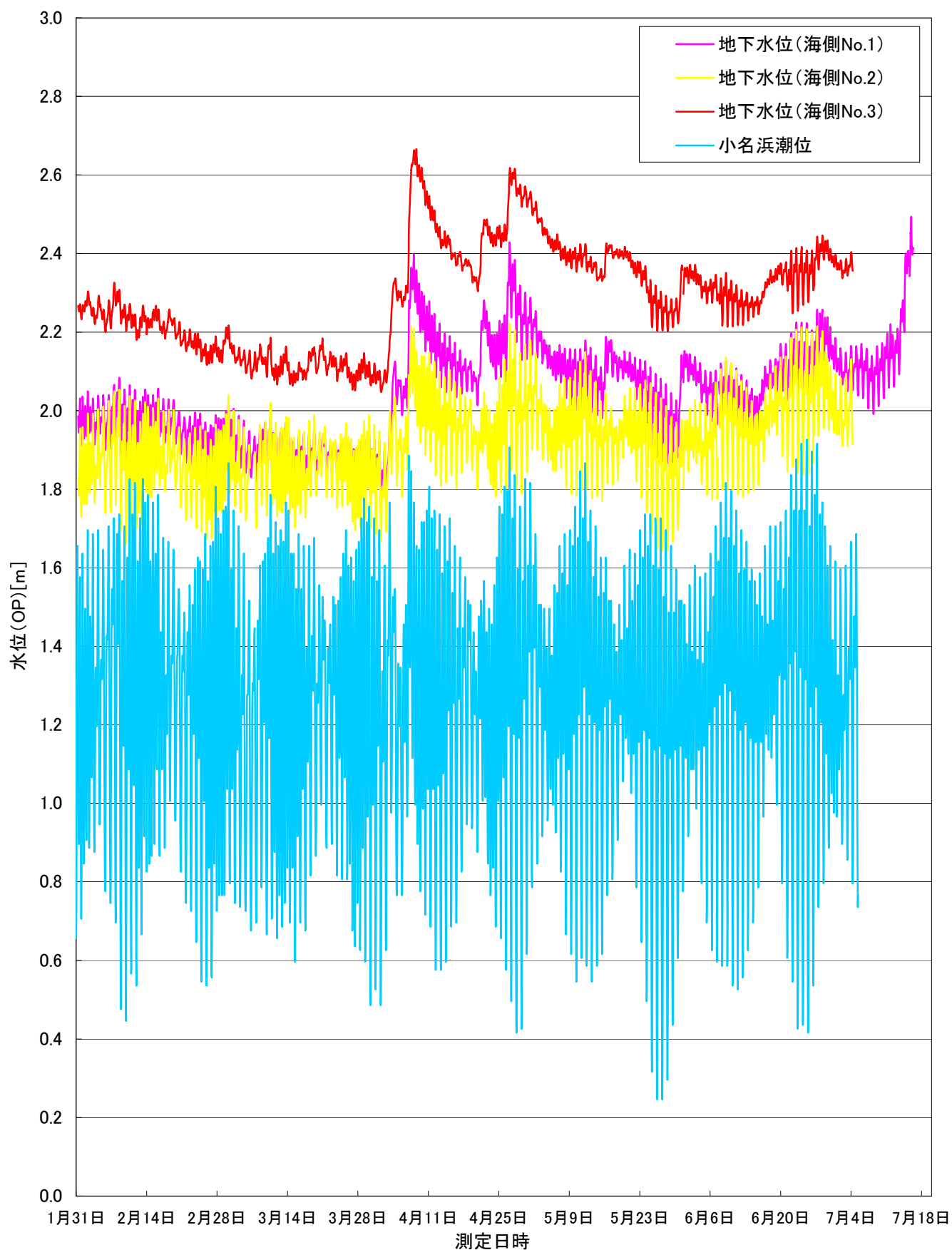
地下水の放射性物質濃度の測定結果

資料E

地下水の放射性物質濃度の測定結果

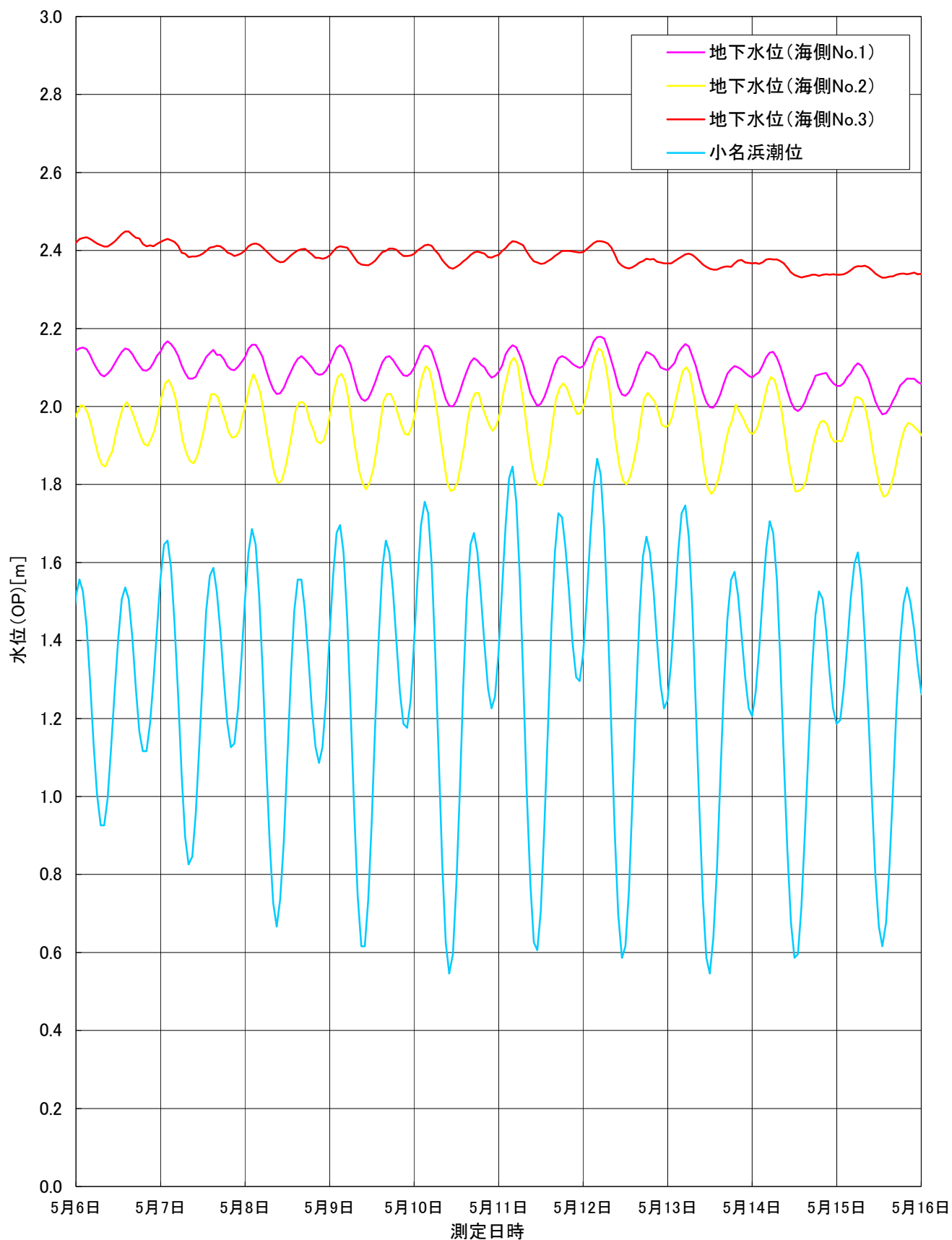


海側ボーリングNo.1～3の地下水位と小名浜潮位



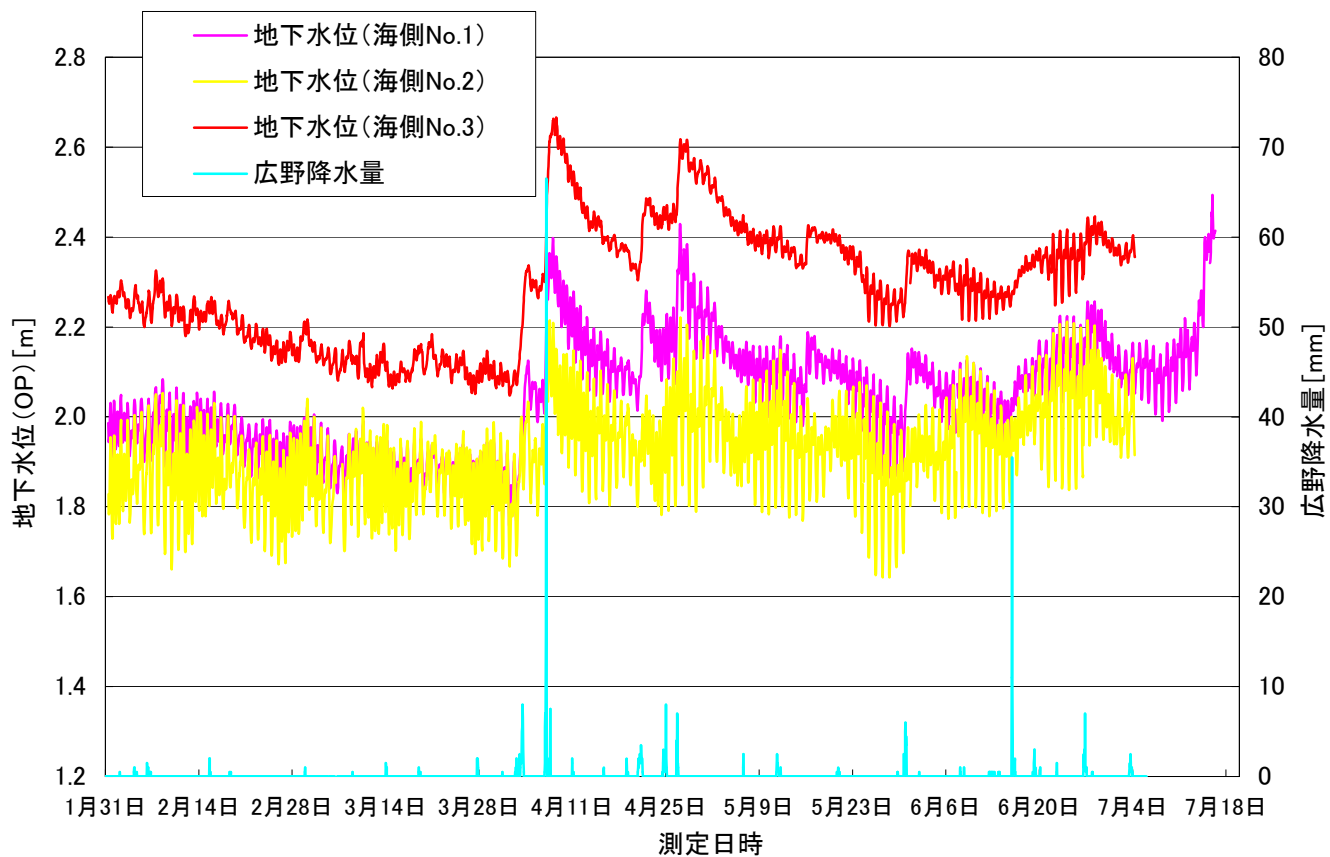
※ 小名浜潮位は、気象庁HPよりダウンロード

海側ボーリングNo.1～3の地下水位と小名浜潮位（拡大版）



※ 小名浜潮位は、気象庁HPよりダウンロード

海側ボーリングNo.1～3の地下水位と広野降雨量



地下水観測孔内水位

資料G

	地下水観測孔内水位（OP:m）（注1）			
	No. 1-1	No. 1-2	No. 1-3	No. 1-4
7月9日10時	1.80	1.82	—	1.83
7月11日10時	1.91（注2）	1.91	1.96	1.94
7月16日10時	1.94（注2）	2.22	2.22	2.25

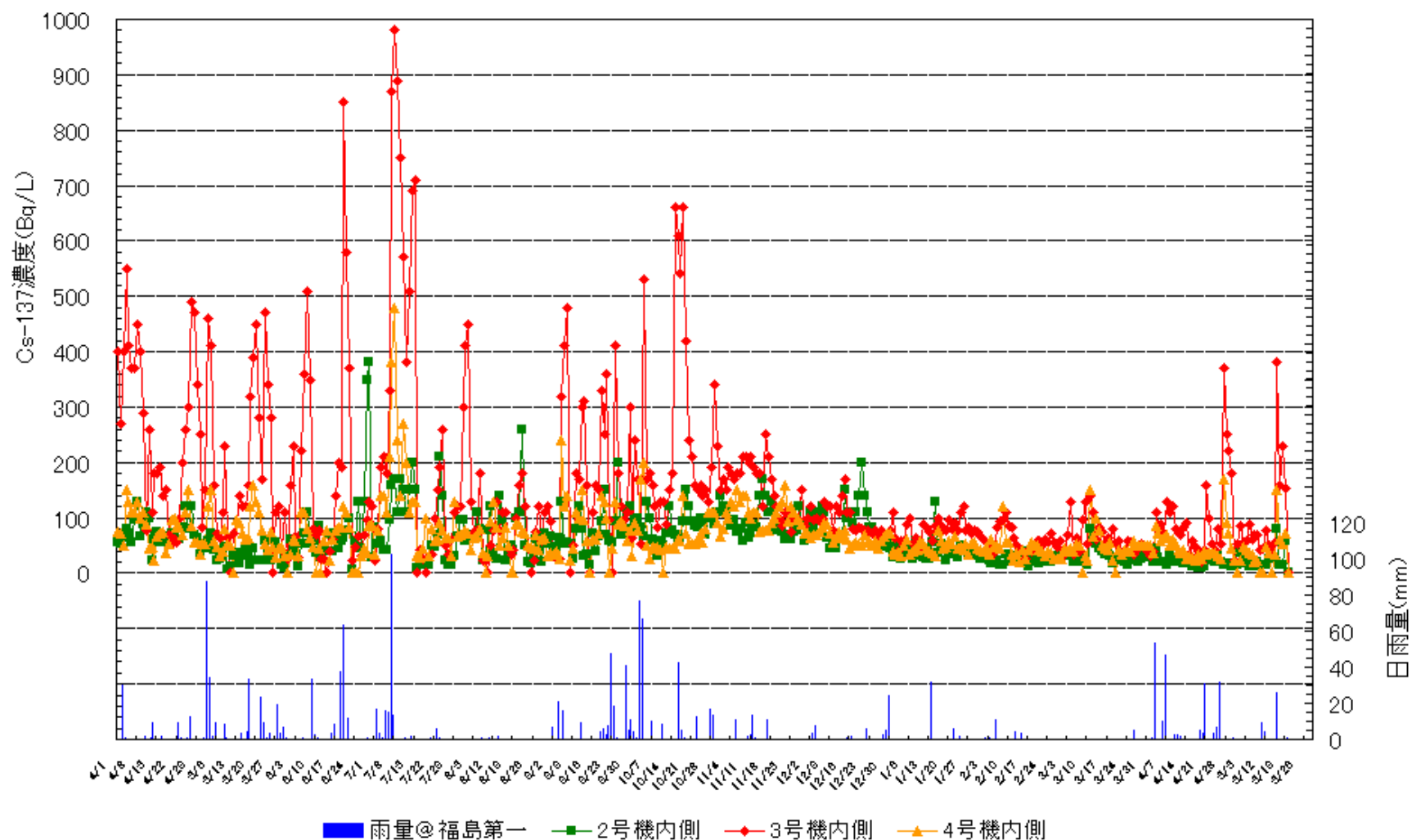
注1： 孔内水位は観測孔の基準標高確認中のため暫定値

注2： No. 1-1については薬液注入範囲のため、7月11日以降は参考値

雨量とのシルトフェンス内セシウム濃度の相関

資料H

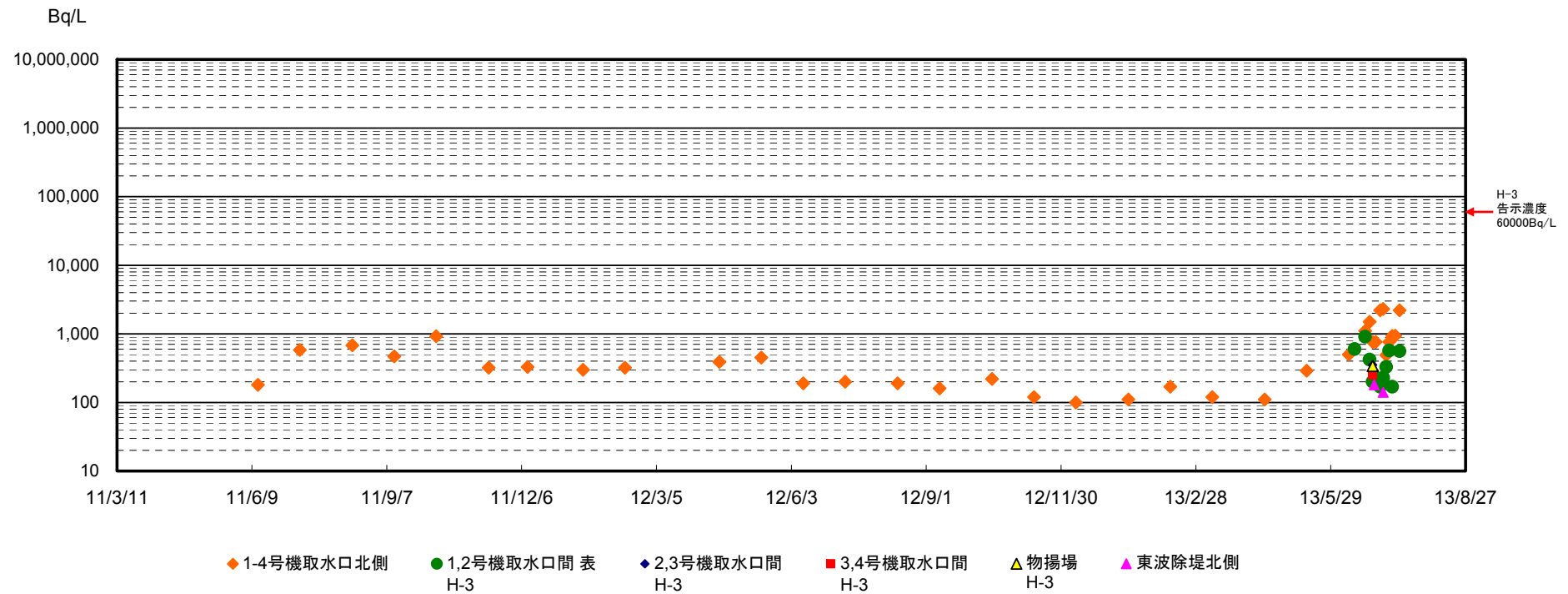
福島第一 2,3,4号機シルトフェンス内側海水Cs-137濃度+雨量(福島第一)



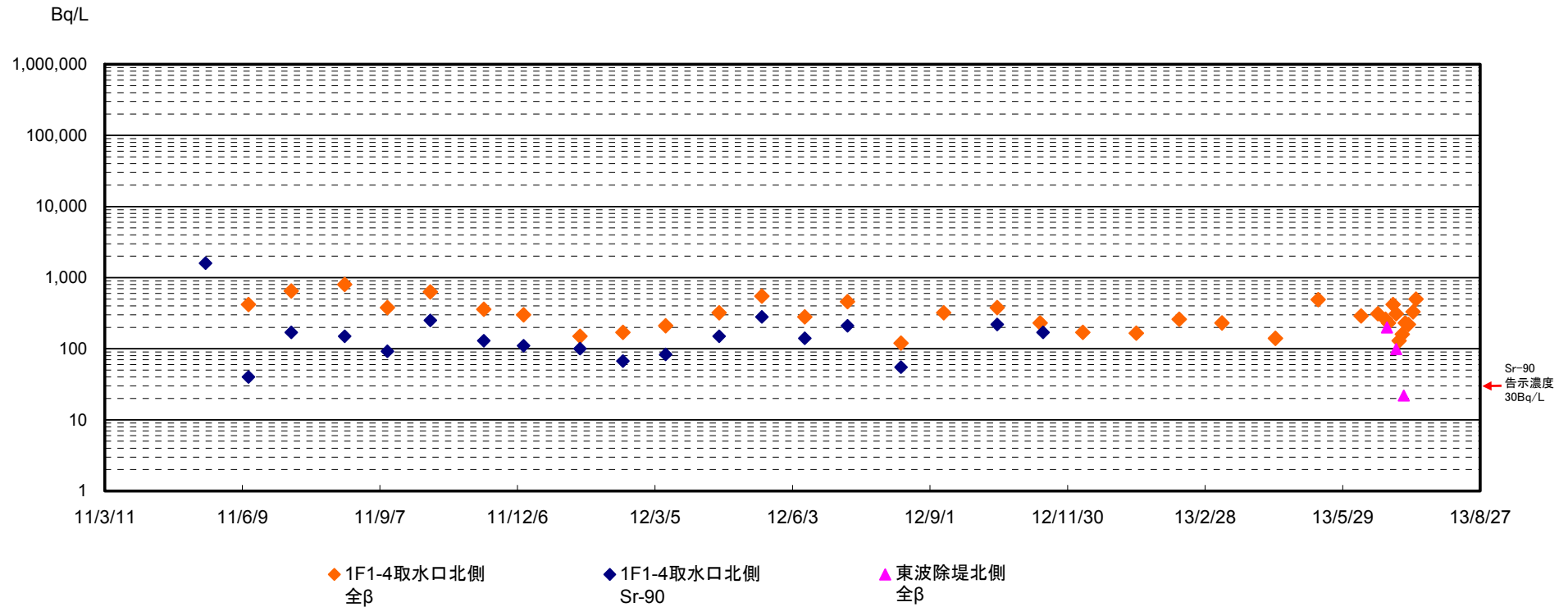
○3号機シルトフェンス内側の濃度の上昇と雨量には相関が認められる。

海水のトリチウム濃度推移

資料 I

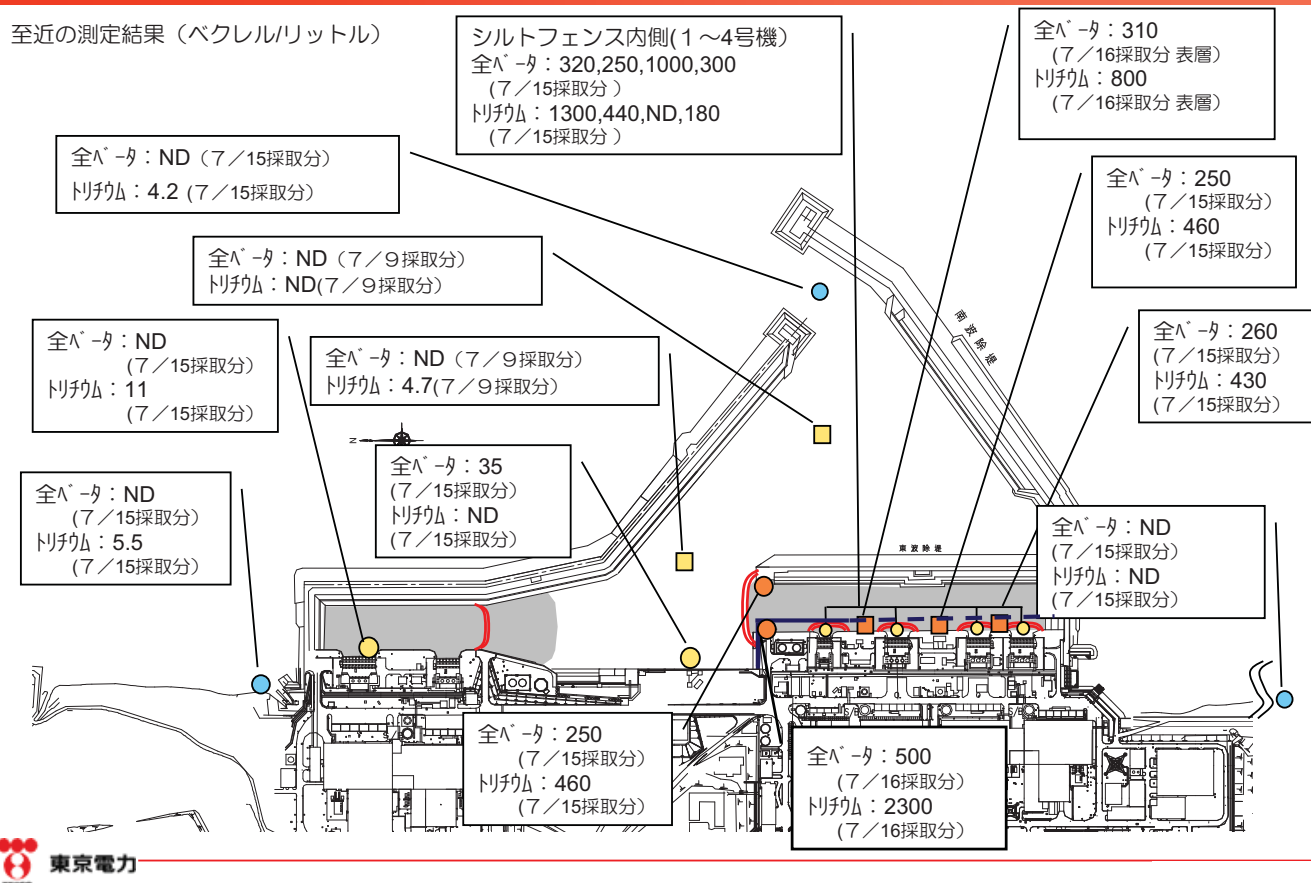


海水の全ベータ、ストロンチウム濃度推移

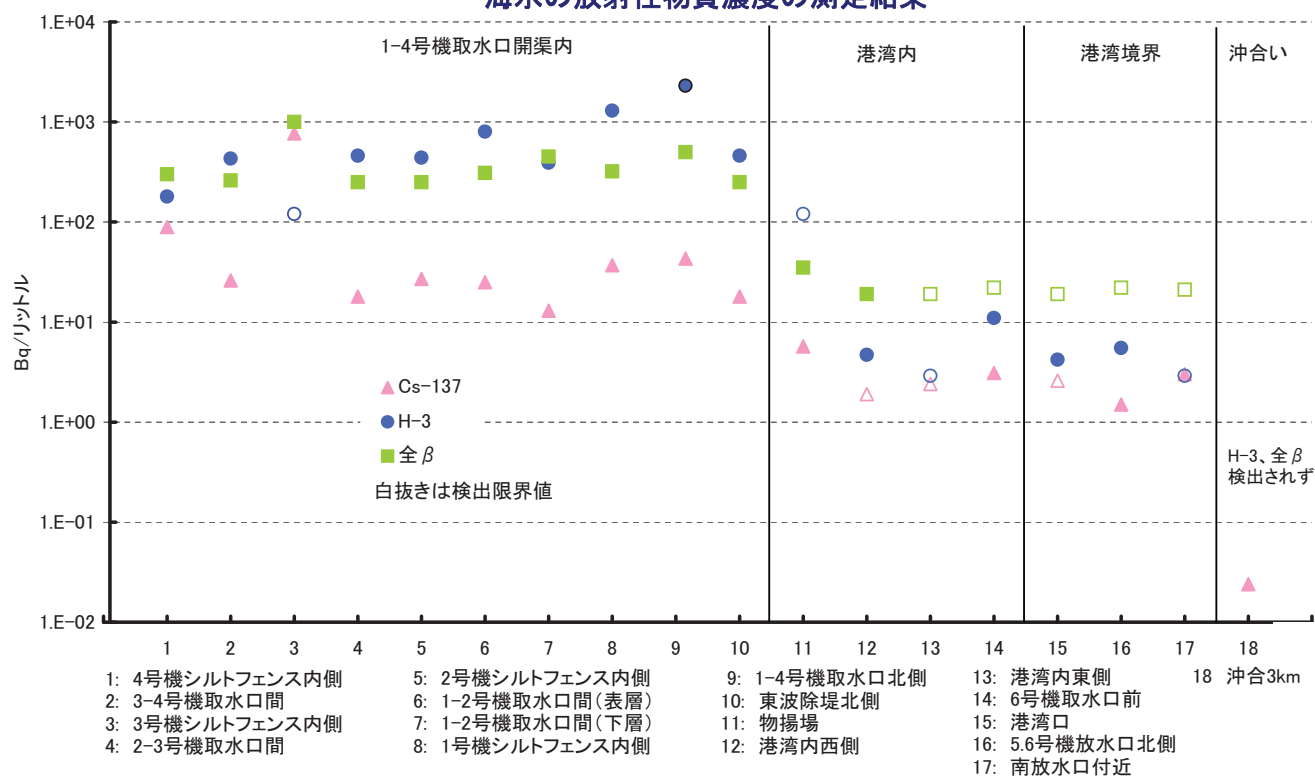


港湾内・外の海水測定結果

至近の測定結果（ベクレル/リットル）

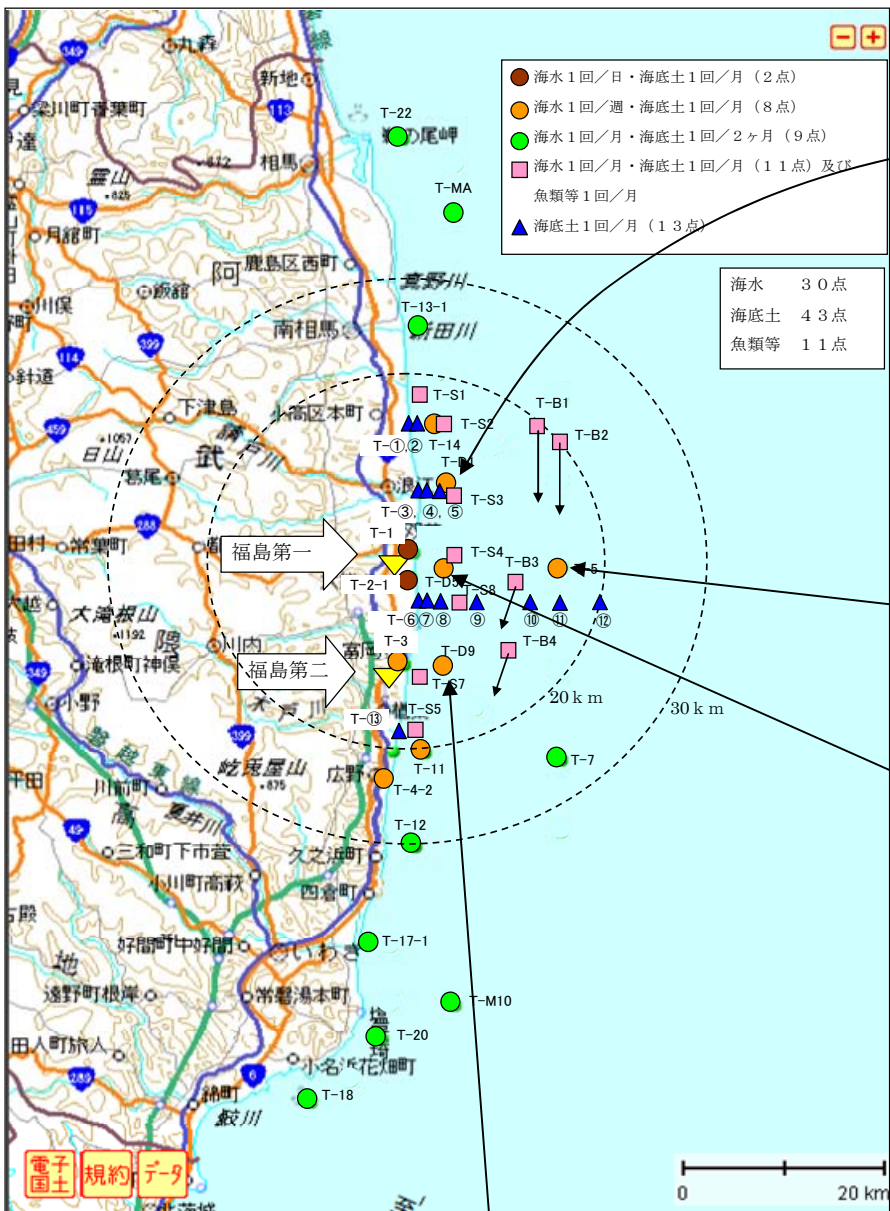


海水の放射性物質濃度の測定結果

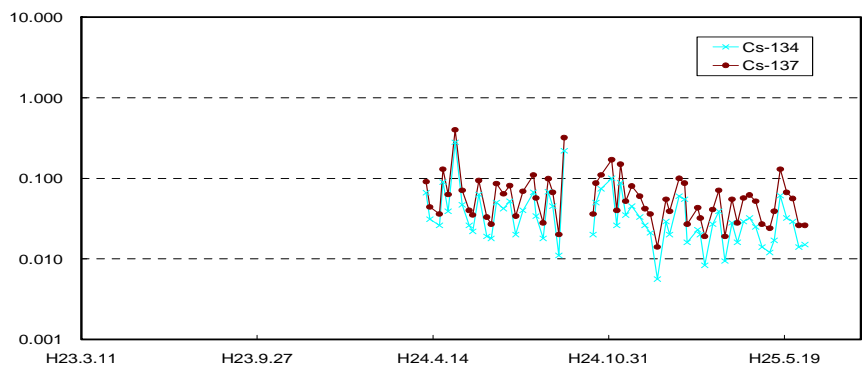


福島第一原子力発電所周辺海域の海水中放射性セシウム濃度の経時変化

資料K

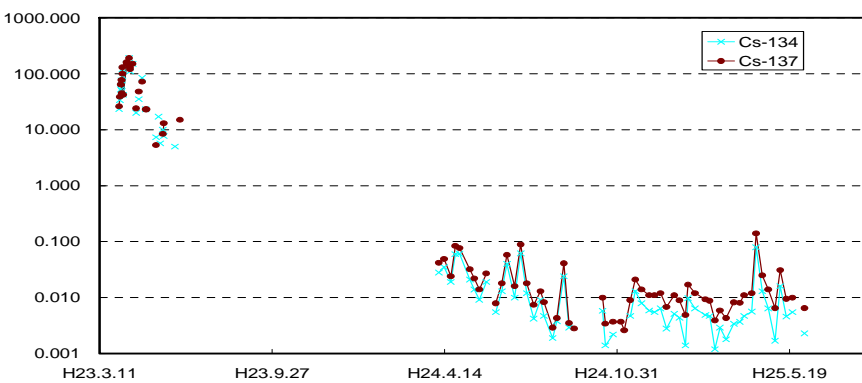


請戸川沖合3km(T-D1) 上層 海水放射能濃度(Bq/L)



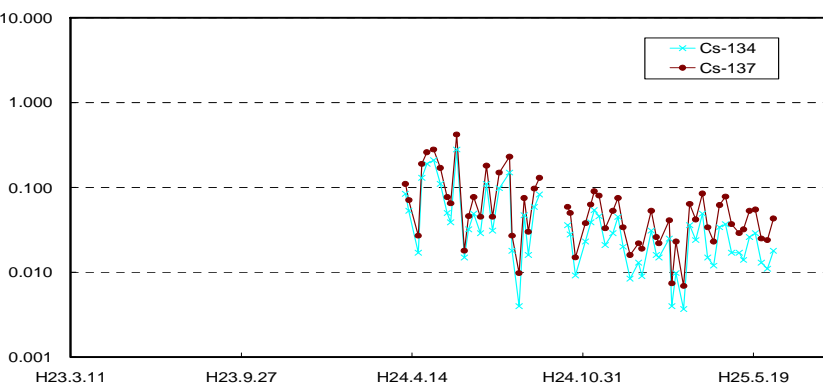
○トリチウム、全ベータは検出されず

福島第一 敷地沖合15km(T-5) 上層 海水放射能濃度(Bq/L)



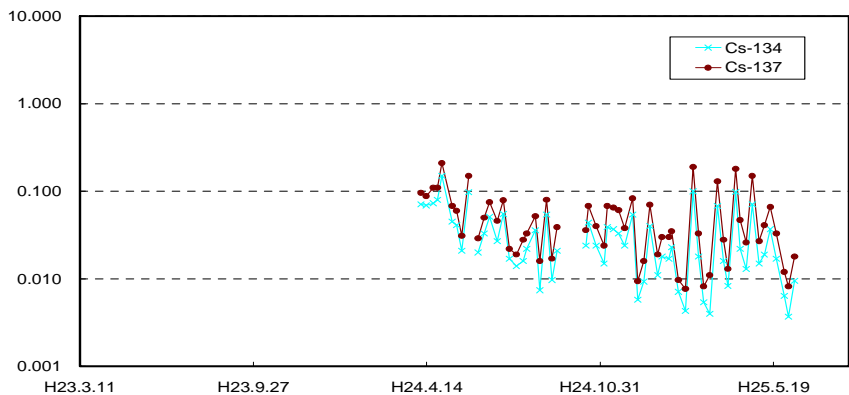
○トリチウム、全ベータは検出されず

福島第一 敷地沖合3km(T-D5) 上層 海水放射能濃度(Bq/L)



○トリチウム、全ベータは検出されず

福島第二 敷地沖合3km(T-D9) 上層 海水放射能濃度(Bq/L)

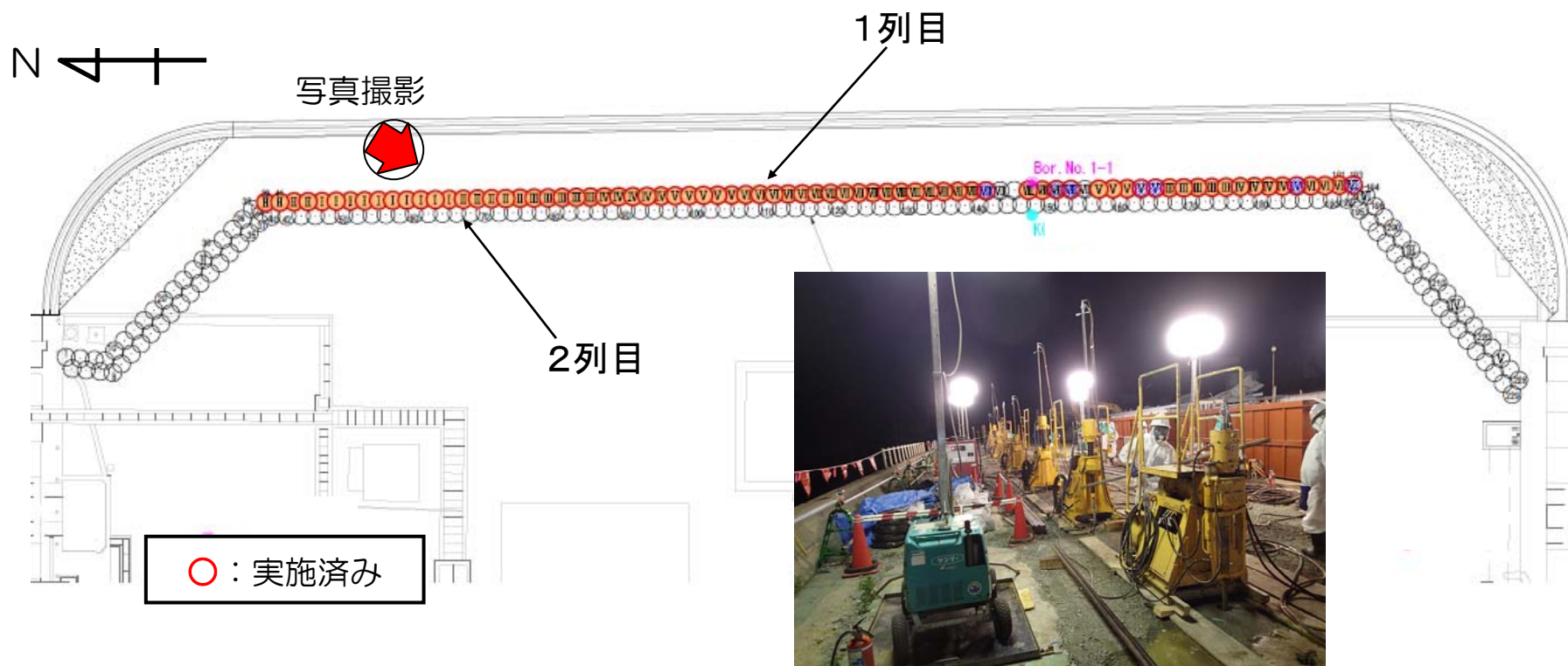


Cs-134告示濃度:60Bq/L
Cs-137告示濃度:90Bq/L
H-3 告示濃度:6万Bq/L

護岸背面地盤改良の進捗状況について

護岸背面地盤改良の進捗状況

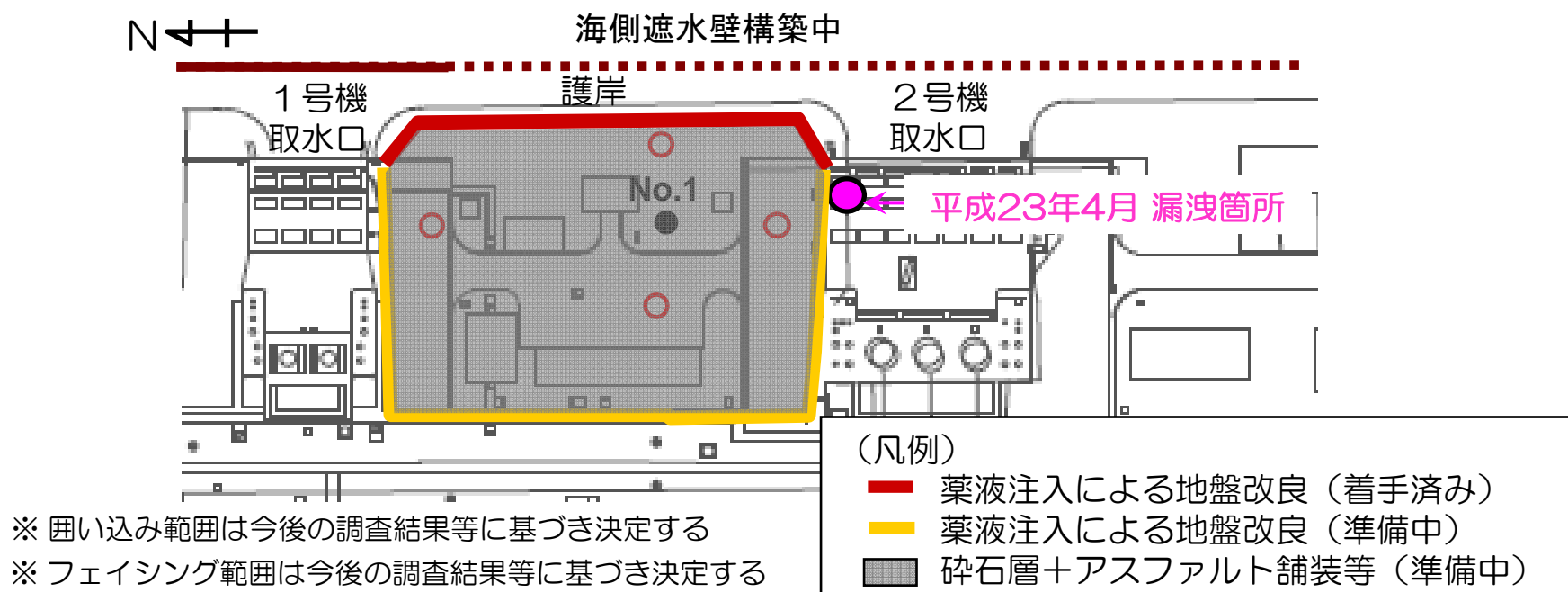
- 7月8日より地盤改良を開始。（作業時間：19時～翌7時）
- 7月21日朝の段階で、75本完了（1列目117本、2列目114本：合計231本予定）
- 7月25日頃、1列目を完了予定。8月10日頃、2列目を完了予定



護岸背面の追加対策について

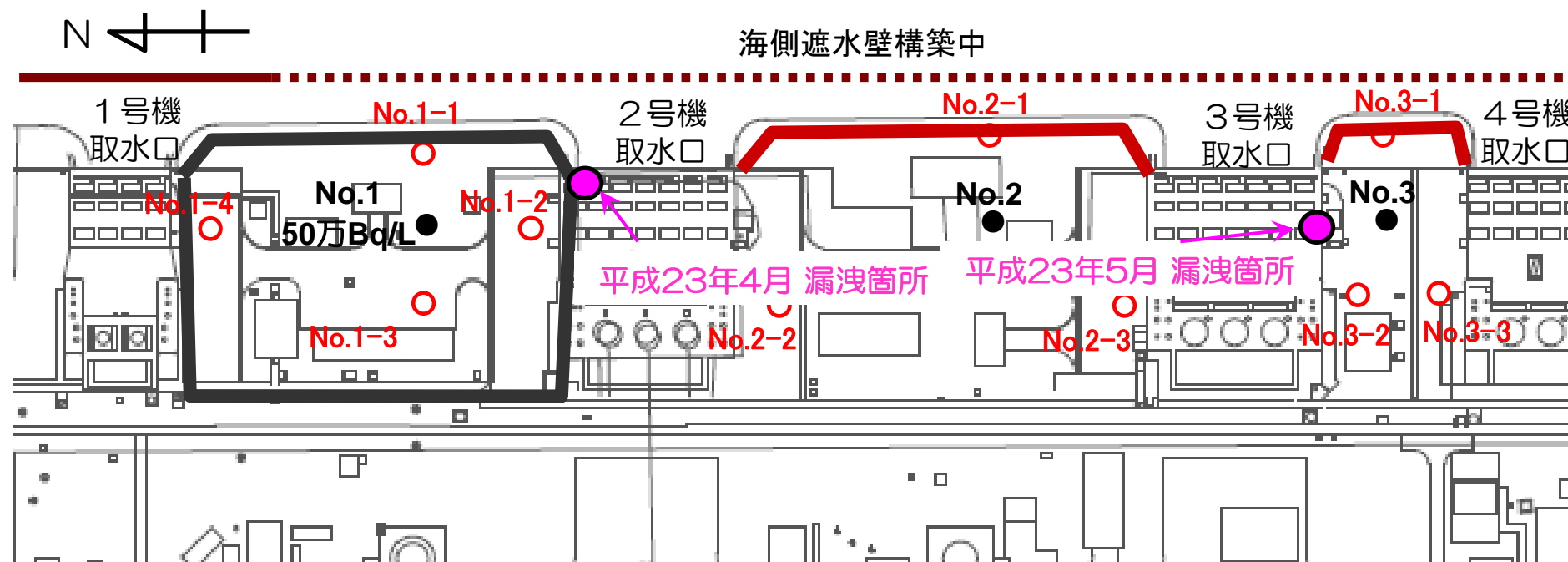
(1) 1～2号機取水口間における追加対策

- 7月8日より地盤改良を開始。
- 現在実施している薬液注入の完了後、護岸背後エリアの薬液注入を延長する形で山側を囲い込み、放射性物質の拡散を抑制する。
- 山側には、建物・配管等の支障物があるので、配置の検討を要するが、囲い込みは10月末頃までに完了予定（詳細は今後検討）。
- 地盤改良による囲い込み後、雨水等の浸入を防止するため、地表部に碎石層＋アスファルト舗装等によるフェイシングを準備中。



(2) 2～3号機／3～4号機取水口間における追加対策

- 現在実施している1～2号機取水口間で実施している薬液注入による地盤改良を準備・検討中



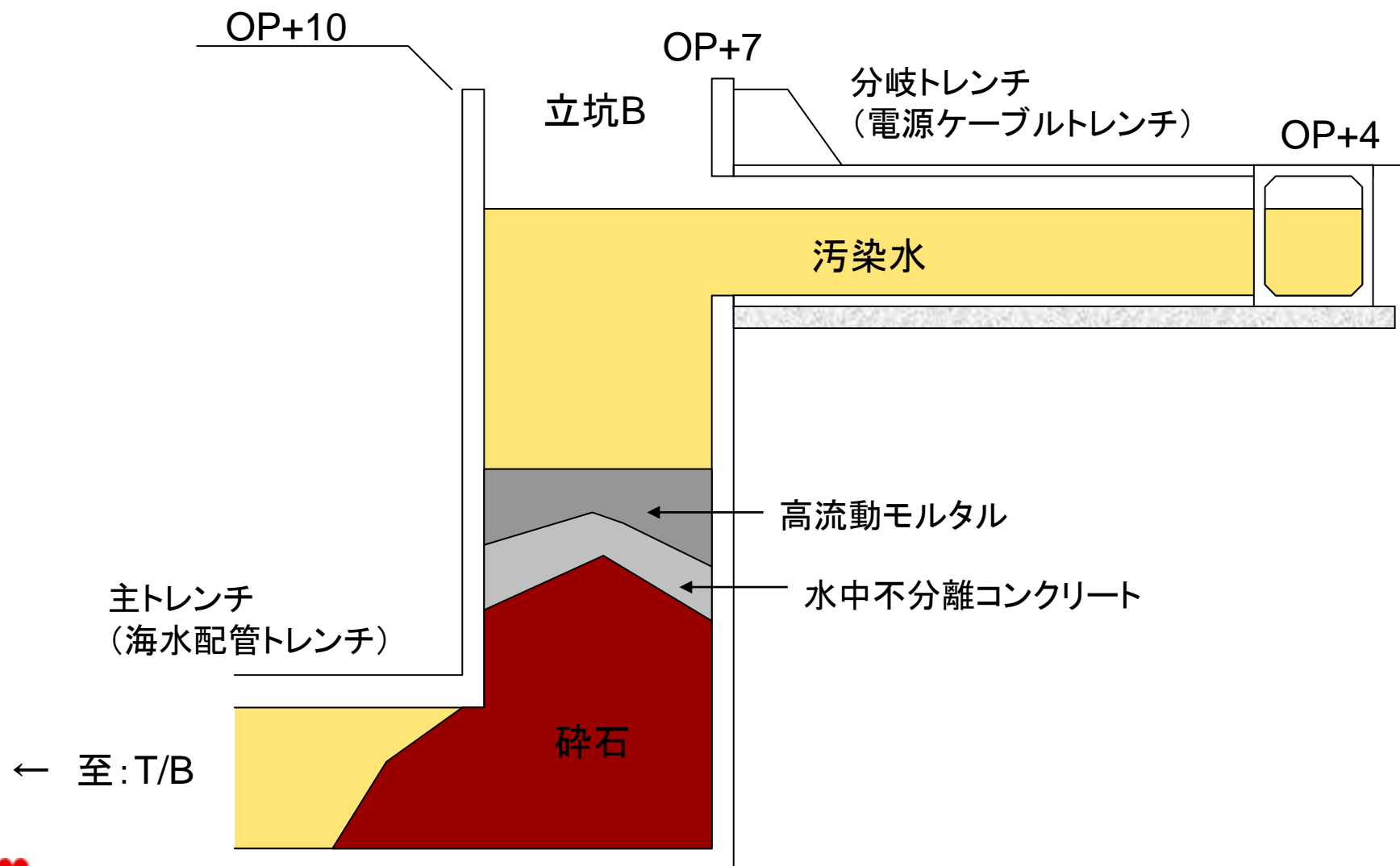
(凡例)

— 薬液注入による地盤改良 (2～3／3～4号機間の護岸背後)

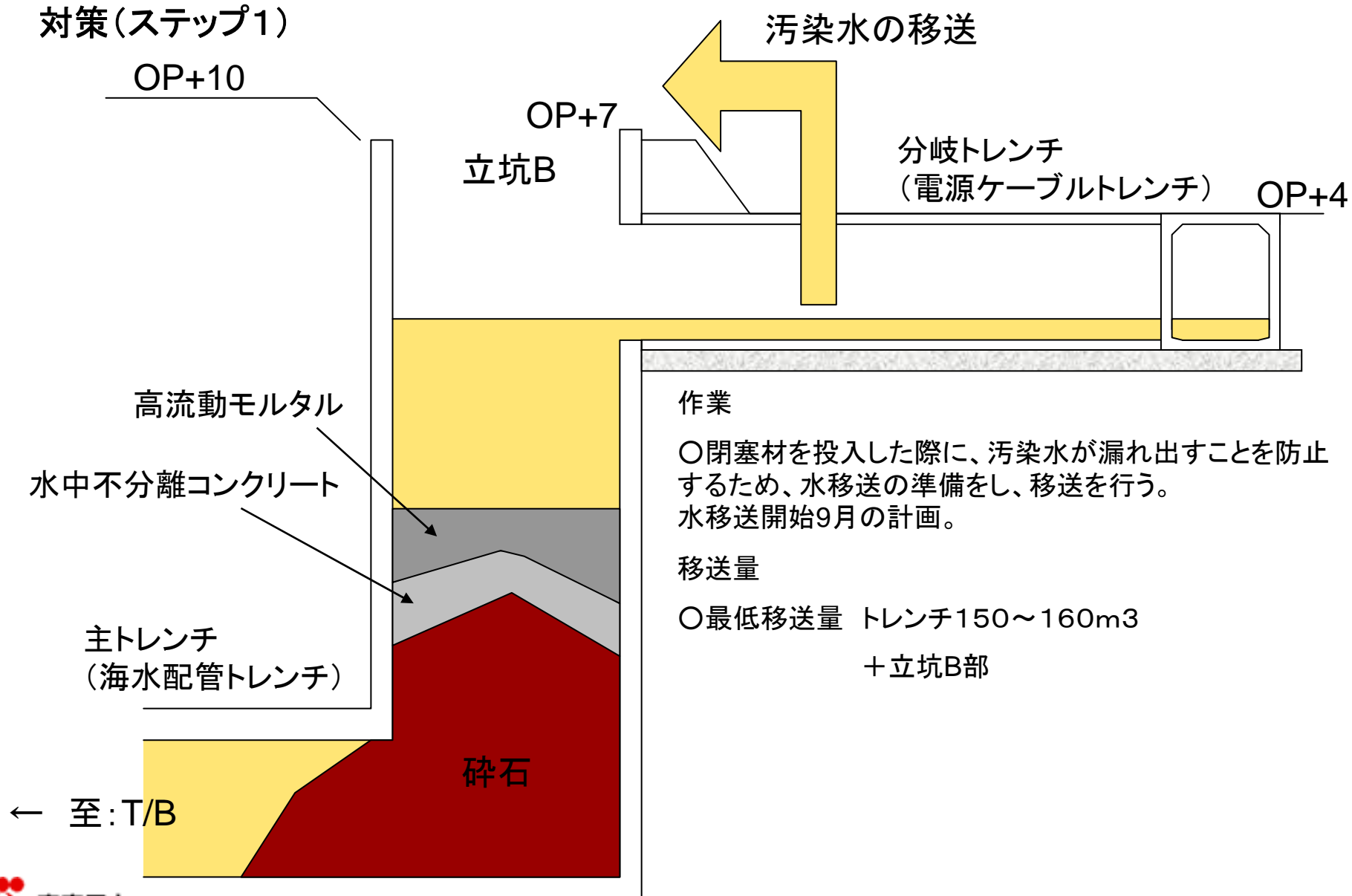
分岐トレンチ（電源ケーブルダクト） 閉塞計画について

分岐トレンチ（電源ケーブルダクト）の閉塞について

現状



対策(ステップ1)



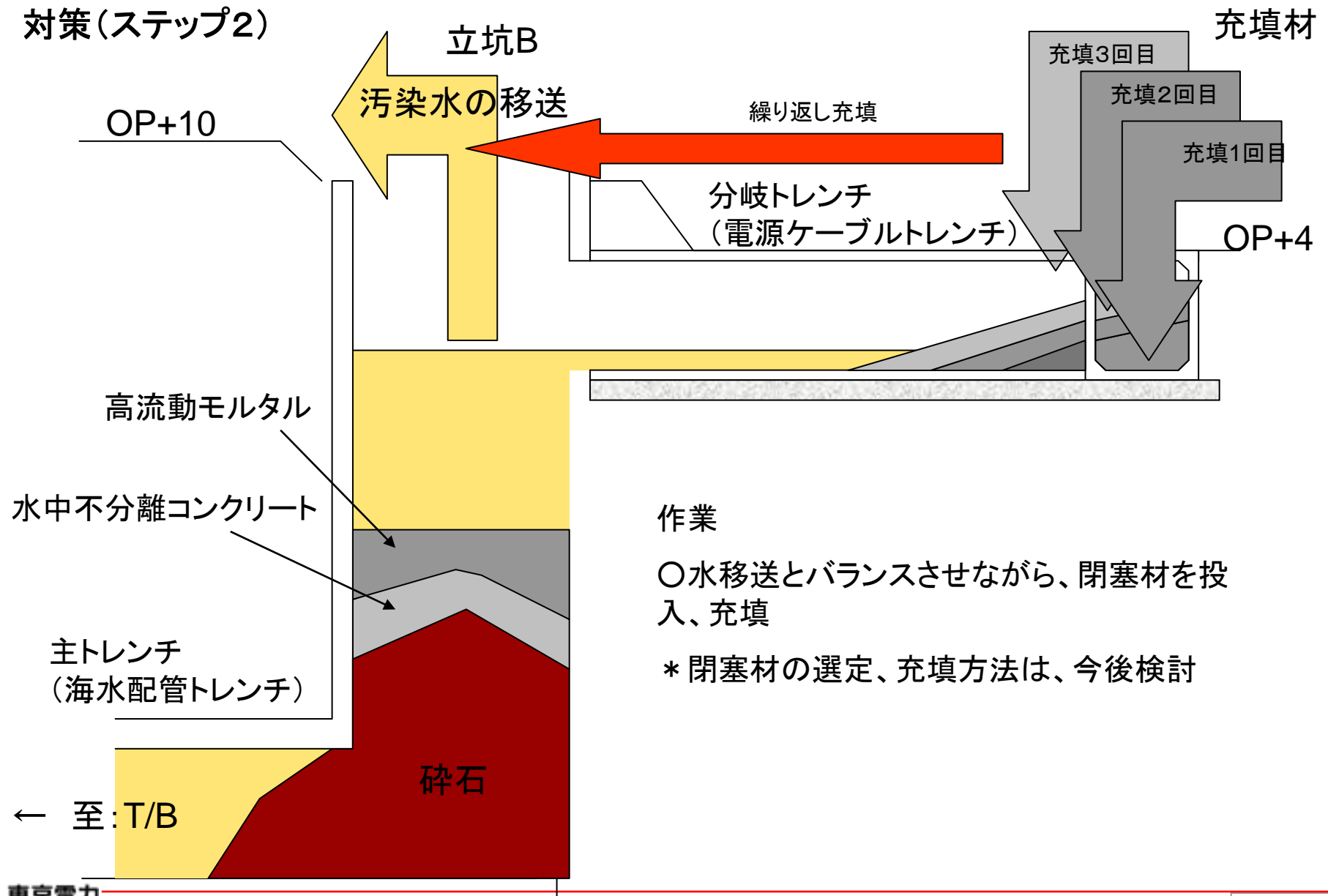
作業

○閉塞材を投入した際に、汚染水が漏れ出すことを防止するため、水移送の準備をし、移送を行う。
水移送開始9月の計画。

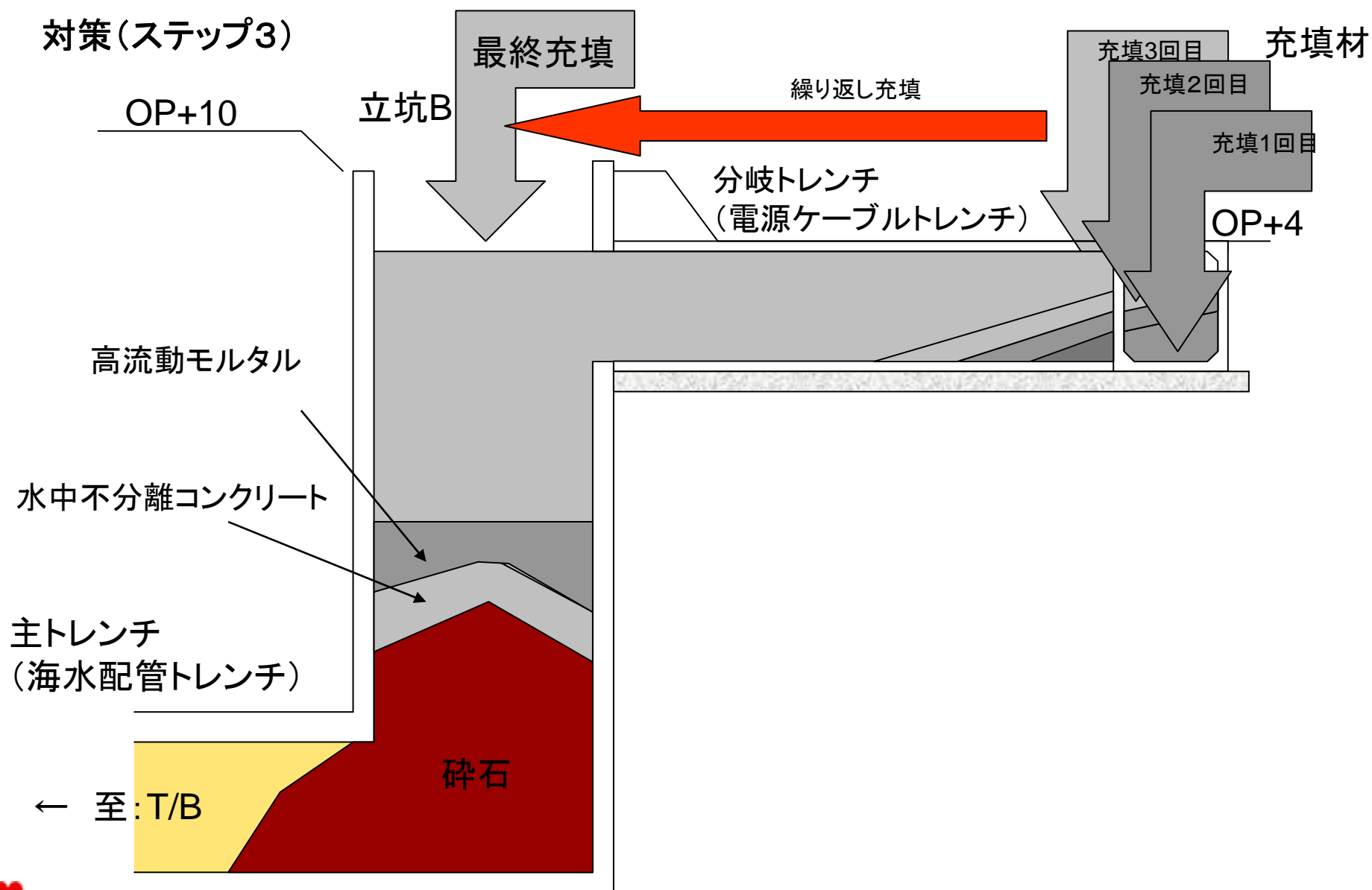
移送量

○最低移送量 トレンチ150～160m³
+立坑B部

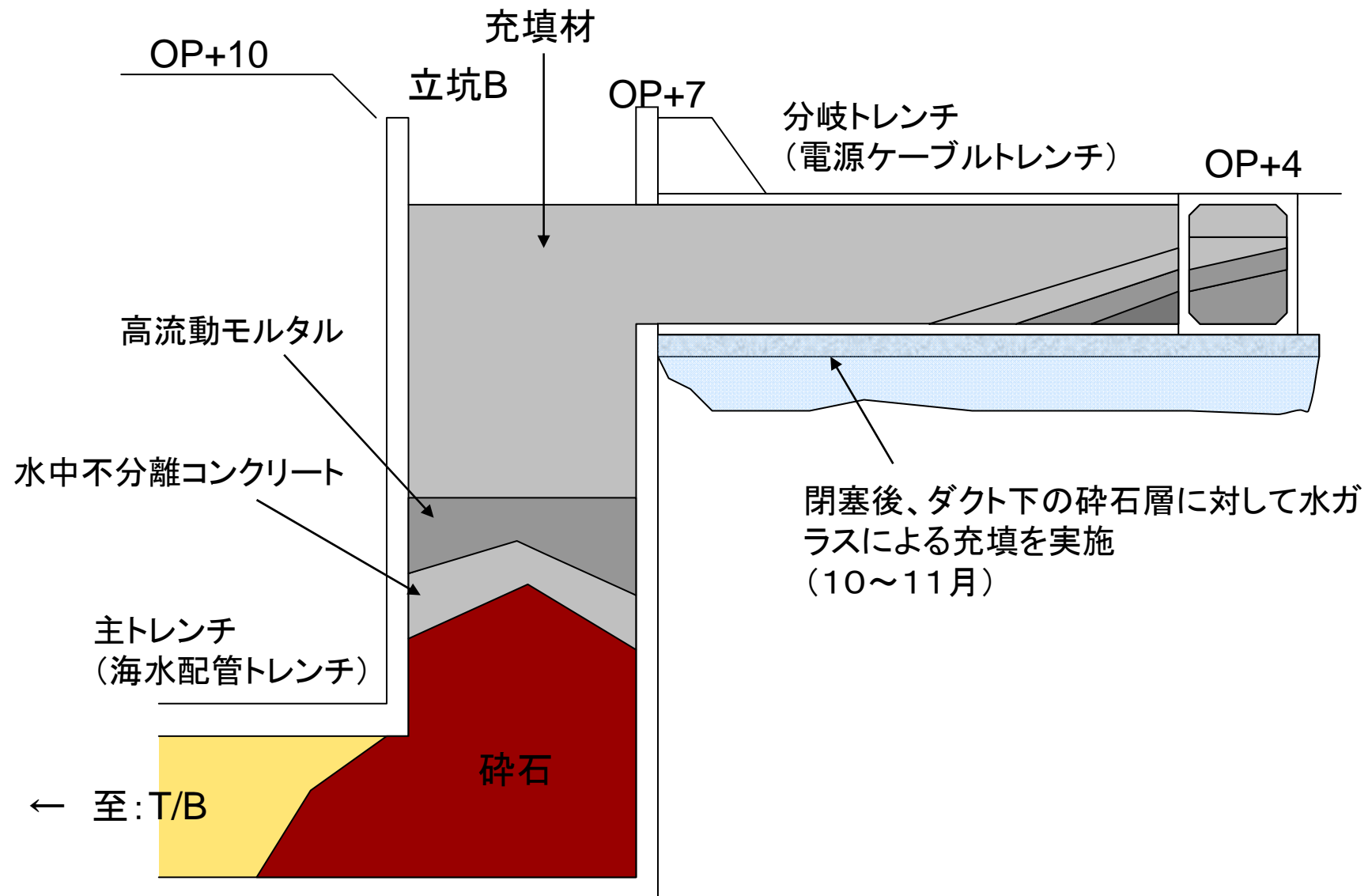
対策(ステップ2)



対策(ステップ3)



対策(ステップ4)



主配管トレンチ（海水配管トレンチ）内
汚染水の濃度低減策について

主配管トレンチ（海水配管トレンチ）内汚染水の濃度低減策（１）

＜濃度低減策＞

タービン建屋の止水ができていないため、トレンチ内の汚染水抜き取り（移送）によるタービン建屋汚染水流入又はトレンチ内汚染水の浄化による濃度低減を実施。

■ タービン建屋への移送

トレンチ内の汚染水濃度がタービン建屋よりも濃い場合にはタービン建屋に移送することにより汚染水濃度を下げることが可能
（タービン建屋汚染水のトレンチ流入による濃度低減）

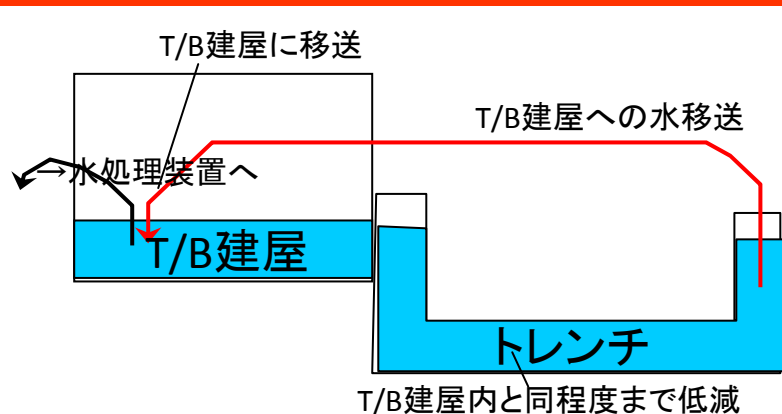
■ 水処理設備（既設）への移送・処理

タービン建屋への移送と同様に、トレンチ内濃度が濃い場合には下げることが可能。現状の汚染水の流れと異なるため調整が必要

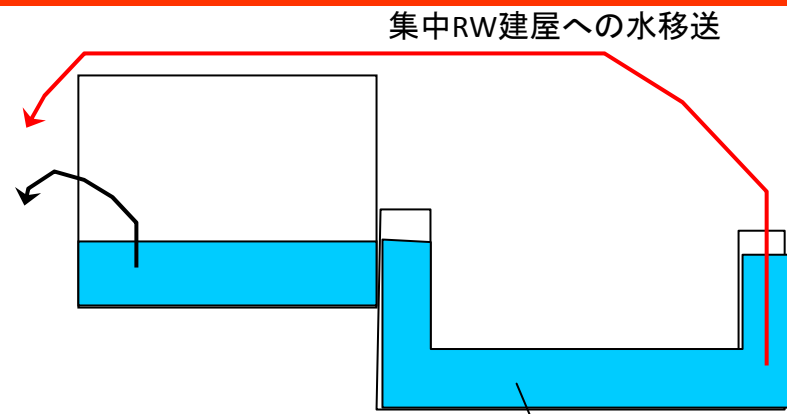
■ 処理装置の設置・処理

立坑から汚染水を取り出し、処理装置（追設）で浄化した後、トレンチに戻す循環浄化運転

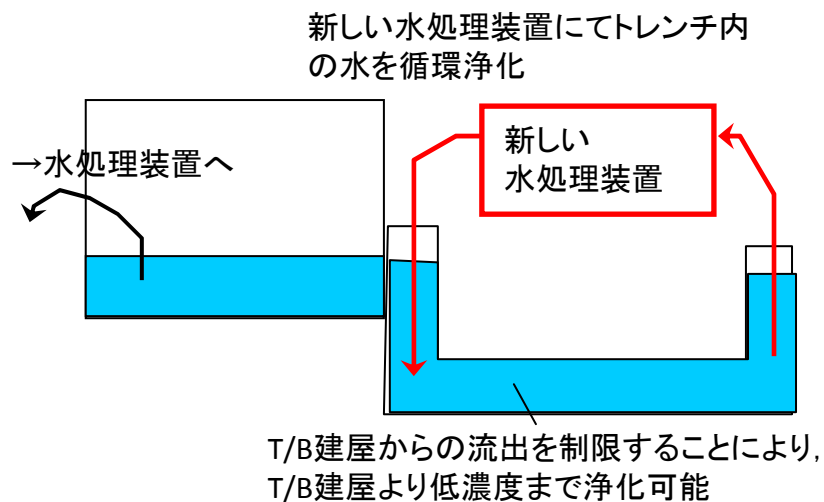
主配管トレンチ（海水配管トレンチ）内汚染水の濃度低減策（２）



タービン建屋への移送



水処理設備(集中RW建屋)へ移送

















トレンチ内水処理装置の追設

主配管トレンチ（海水配管トレンチ）内汚染水の濃度低減策（3）

方式	特徴	濃度低下限度	評価
T/B移送	タービン建屋汚染濃度上昇（作業環境悪化）	トレンチ濃度が高い場合で半分もしくは1／3程度までの低減、3号機は線量測定結果から高濃度の可能性大	×
	海側ヤードの高線量エリアでの配管施工による被ばく増加		
水処理設備へ移送	4号機にある弁ユニットへ接続した場合の移送ルート検討要、集中ラド建屋の線量上昇等の影響あり	現状のタービン建屋汚染水濃度と同じレベルまで低減	○
	処理水濃度が上昇するため現行水処理への負荷有り		
	海側ヤードの高線量エリアでの配管施工による被ばく増加		
処理設備設置	メディアに応じてSrの浄化も可能	タービン建屋より低濃度まで浄化可能（建屋からの流入量抑制に依存）	◎
	設置場所の確保も調整が必要		
	海側ヤードの高線量エリアでの配管施工による被ばく増加		

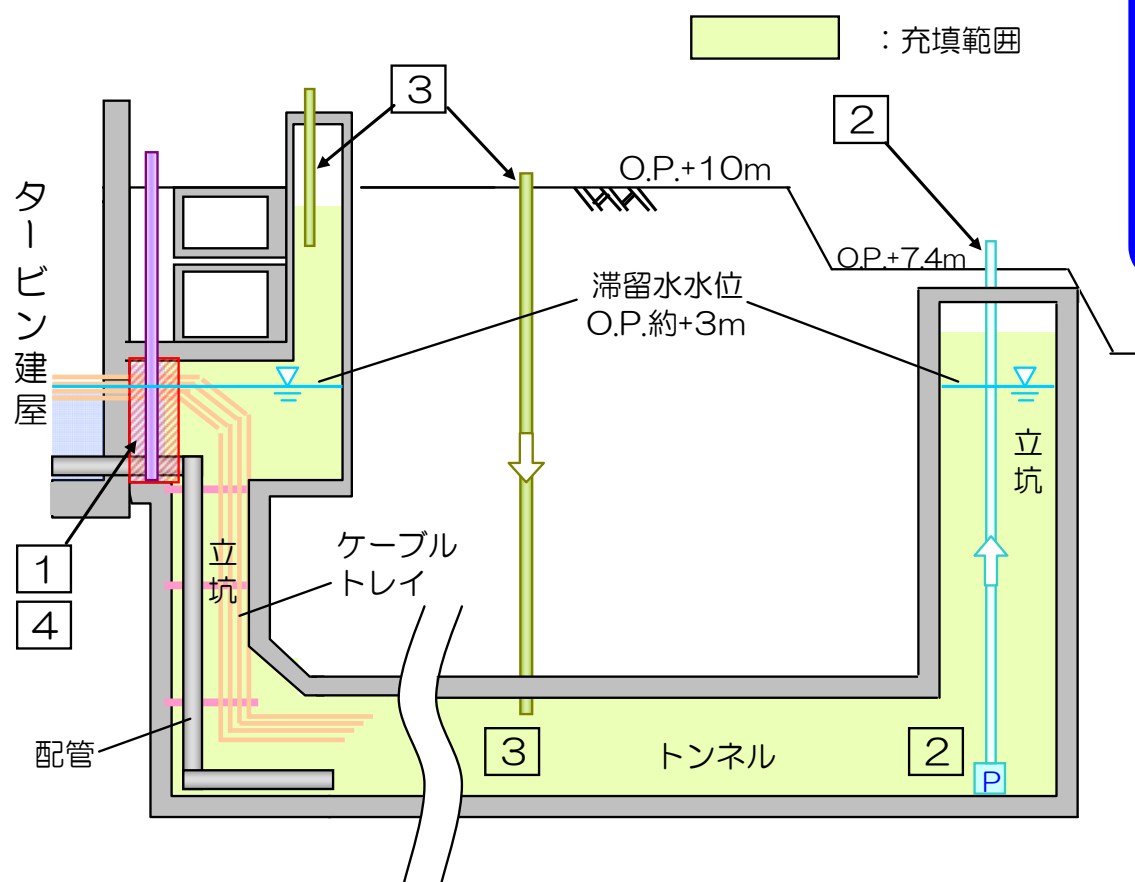
主配管トレンチ（海水配管トレンチ）内汚染水の濃度低減策（４）

	7月	8月	9月	10月	11月	12月
<トレンチ内浄化装置> 1. 7M盤搬入口調査 * 開口施工 * サンプルング(2, 3号機) 2. 浄化設備着手 3. 水移送設備設置等 4. 吸着塔製造 5. 浄化設備設置等 6. 1プラント浄化開始 7. 新規手配浄化設備製造 8. 新設装置設置等 9. 2プラント目浄化開始	3号機タービン脇立坑採水(7/10)           					
<水処理装置への移送> 1. 移送配管手配 2. 配管、ポンプ設置	 					

主配管（海水配管トレンチ）内汚染水の 早期水抜き対策について

主配管トレンチ（海水配管トレンチ）内汚染水の早期水抜き策

2号機施工案



凍結試験にて検証

1

建屋接続部を凍結止水

※ 本来は、地盤中の間隙水を凍結させる工法であり、直接、水を凍結させた実績がないため

2

トレンチ内汚染水を移送

3

トレンチ部・立坑充填

4

建屋接続部の解凍、充填

主配管トレンチ（海水配管トレンチ）汚染水の早期水抜き課題

トレンチ内汚染水の水抜きを実施するためには、以下の課題があり、H25年度以降、止水・水抜き・充填方法の検討・成立性確認等を実施していく

■ 建屋接続部の凍結止水

- ー 凍結止水は地盤中の間隙水を凍結させる工法であり、直接水を凍結させた実績がない → 止水可否の確認が必要
- ー 凍結時のトレンチ・配管への影響
- ー 凍結止水完了時の止水確認方法（トレンチ内に入れないため）

■ トレンチ部の水抜きと充填方法

- ー 立坑へのポンプ設置時の干渉（配管・サポートなど）
- ー 水抜きから充填までの間の地下水流入
- ー 配管等の干渉物があるトレンチ内への充填方法
- ー 充填完了時の確認方法（トレンチ内には入れないため）

主配管トレンチ（海水配管トレンチ）汚染水の凍結試験確認

- 凍結試験の目的：接続部凍結止水の成立性確認



建屋接続部（奥：配管貫通部）



立坑内（上→下）

試験により確認する項目（課題）

- ・ 直接，水を凍結した場合の止水可否と止水性能
- ・ 設備（配管・ケーブルトレイ）の有無による止水性能への影響
- ・ 配管内水状態による止水性能への影響
- ・ トレンチ外側からの冷却による止水性能への影響
- ・ 凍結管の列数による止水性能への影響

実施スケジュール

- ・ 試験計画，準備：H25. 7 ～
- ・ 凍結試験，評価：H25. 9 ～ 12

※ 外気温を考慮し，9月凍結開始



海側の汚染水対策の実施状況及び今後の計画について

位置関係	対策目的	対策箇所	対策方法等	1号機取水口	2号機取水口	3号機取水口	4号機取水口		
護岸近傍	海への汚染水の漏洩防止	1～4号機開渠出口	シルトフェンスによる開渠から港湾内への海水の移動の抑制	対策済み					
		スクリーンポンプ室	シルトフェンス及び角落としによるスクリーンポンプ室内の海水の移動の抑制	対策済み		対策済み		対策済み	
		各号機間の護岸背面	護岸矢板背面を地盤改良し、汚染水の海域拡散を抑制		○7/8より着手(1列目施工中) ○進捗68/231本(7/20) ○1列目7月25日完了予定 ○2列目8月10日完了予定 ○汚染範囲の山側の囲込み(H25/10末)及びフェイシングを準備中	対策の準備・検討を実施中		対策の準備・検討を実施中	
		海側遮水壁	護岸前面に鋼管矢板を打設し、汚染水の海域への漏洩を防止		○H24.6.29より 先行削孔開始 ○H25.4.2より 鋼管矢板打設開始 ○1号機スクリーンポンプ室南側付近まで打設完了、南側放水口付近でも構築中 ○H26.9完了予定				
		分岐トレンチ(電源ケーブルトレンチ)の汚染水の水抜き、閉塞	震災直後H23.3～6の漏洩箇所	漏洩箇所を水ガラス等で閉塞して止水	漏洩無し	H23.4.6止水完了	H23.5.11止水完了	漏洩無し	
T/B建屋近傍	主トレンチ(海水配管トレンチ)の汚染水の水抜き、閉塞	分岐トレンチ(電源ケーブルトレンチ)の主要マンホールピット	分岐トレンチ(電源ケーブルトレンチ)の主要マンホールピットをコンクリート等で閉塞	H23.6に主要マンホールピットの充填完了					
		分岐トレンチ(電源ケーブルトレンチ)の止水及びトレンチ下部の碎石	対策を実施するための内部調査の実施	T/Bと主トレンチ(海水配管トレンチ)の接続部の建屋接続レベルの関係から、汚染水の滞留の可能性は低い	内部の調査結果から、汚染水の滞留を確認(H24/7)	今後、調査計画を立案		今後、調査計画を立案	
			汚染水の除去及び固定並びに内部の閉塞等を実施		至急対策を実施 ○水抜き、充填(H25/10完了) ○下部碎石層の充填(H25/11完了)	調査結果後、範囲を特定し、実施		調査結果後、範囲を特定し、実施	
		主トレンチ(海水配管トレンチ)内	主トレンチ(海水配管トレンチ)内の濃度低減を図るため、水処理を実施		T/Bと主トレンチ(海水配管トレンチ)の接続部の接続レベルの関係から、汚染水の滞留の可能性は低い 2、3号機の優先して実施し、今後対応を検討	内部の汚染水の濃度を計測し、T/Bとの汚染水の循環等により濃度低減対策を実施 ○H25/9末濃度低減対策開始	現在の調査結果では、建屋内滞留水と主トレンチ(海水配管トレンチ)内の濃度が異なることから、2、3号機の優先して実施し、今後対応を検討		
			T/Bとの取合いを止水し、水抜き、充填の実施	T/Bと主トレンチ(海水配管トレンチ)の接続部の止水を凍結等の工法にて実施し、汚染水の水抜き、内部充填を検討中 ○H25/12 接続部の凍結止水方法検討完了 ○H26/1～準備工、凍結開始 ○最短H26/4より水移送開始し、充填を実施					

凡例

対策済み

実施中及び準備中

検討中

可能性は低い