特定原子力施設監視・評価検討会
汚染水対策検討
ワーキンググループ
（第２回）
資料1

# 海側地下水及び海水中放射性物質濃度上昇問題の現状と対策

平成25年 ８月１２日

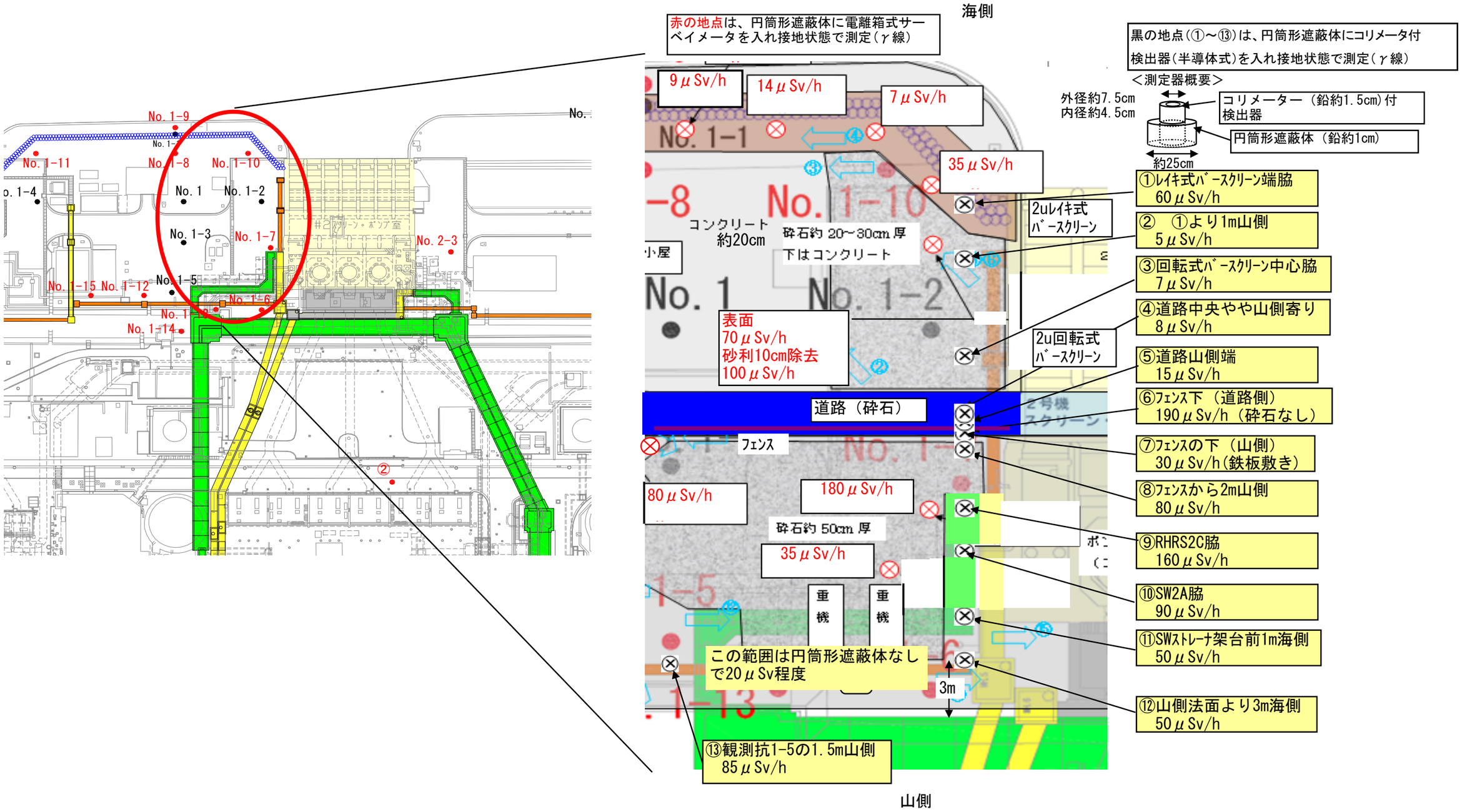
東京電力株式会社

東京電力

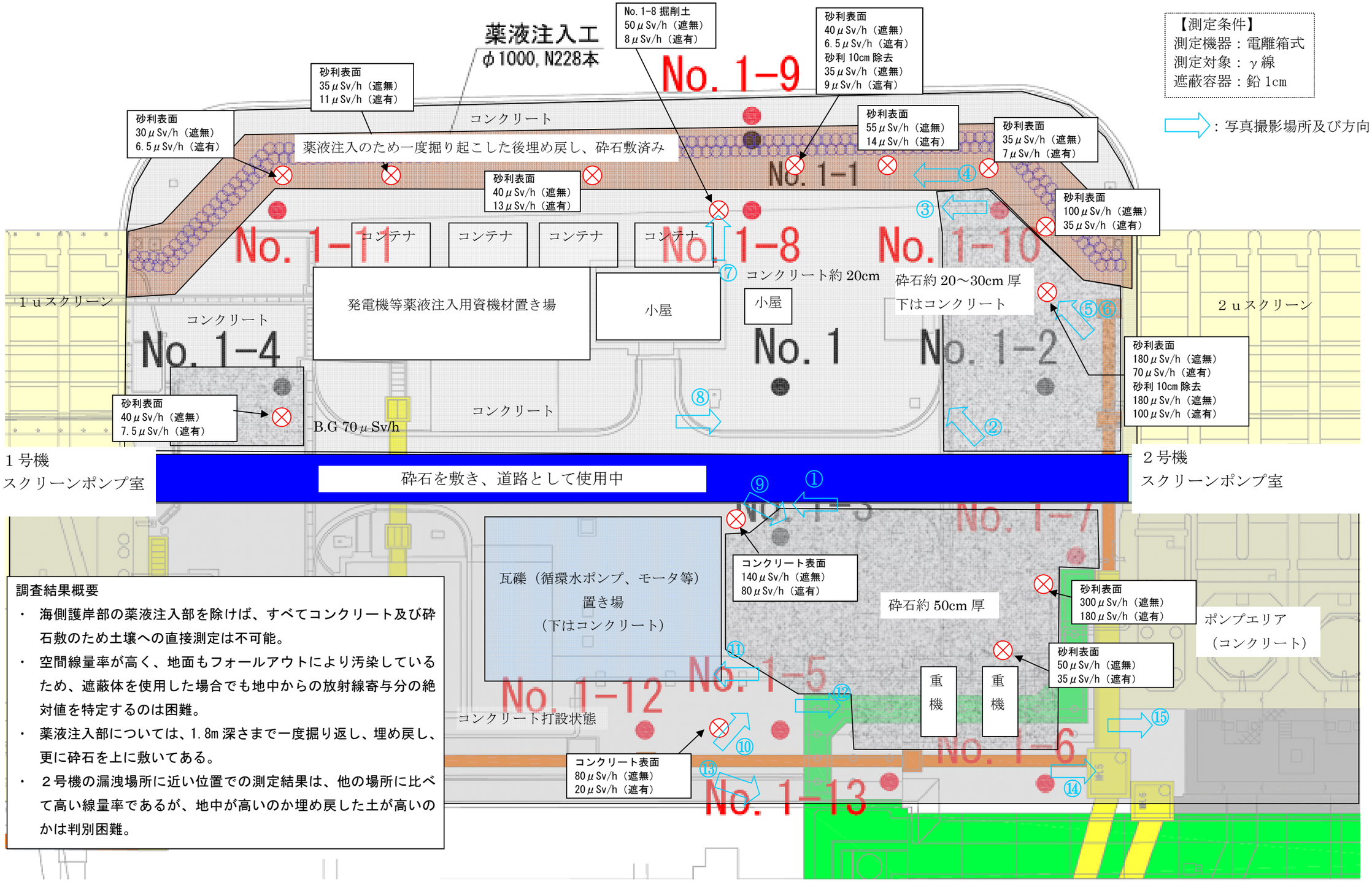
# 資料目次

（１）護岸エリア調査結果と今後の調査計画
①護岸エリアの表面線量率調査結果
②海側地下水観測孔におけるボーリングコア調査結果
③地下水濃度測定結果
④タービン建屋東側における地下水の追加調査
（２）１－２号機取水口間の地下水の状況及び
海水中放射性物質濃度の推移について
①現状報告
②地下水流動解析
③地下水流動解析に基づく汚染水量評価
④海水中放射性物質濃度の推移
（３）護岸背面の汚染エリアにおける汚染水対策
①護岸背面に地盤改良を実施し，放射性物質の拡散を抑制
②汚染エリアの地下水くみ上げ
③山側地盤改良による囲い込み，及び地下水流入量の管理
④雨水等の侵入防止のためアスファルトフェイシングを実施
⑤分岐トレンチ等の汚染水を除去し，閉塞
⑥海水配管トレンチの汚染水の浄化，水抜きを実施

## （1）－①　護岸エリアの表面線量率調査結果
## 【1－2号機タービン建屋東側トレンチ地表部の線量率測定結果】



# （１）－①　護岸エリアの表面線量率調査結果
## 【１、２号取水口間護岸エリア表面線量率調査結果】




【測定条件】
測定機器：電離箱式
測定対象：γ線
遮蔽容器：鉛 1cm

⇨：写真撮影場所及び方向

**調査結果概要**

- 海側護岸部の薬液注入部を除けば、すべてコンクリート及び砕石敷のため土壌への直接測定は不可能。
- 空間線量率が高く、地面もフォールアウトにより汚染しているため、遮蔽体を使用した場合でも地中からの放射線寄与分の絶対値を特定するのは困難。
- 薬液注入部については、1.8m 深さまで一度掘り返し、埋め戻し、更に砕石を上に敷いてある。
- ２号機の漏洩場所に近い位置での測定結果は、他の場所に比べて高い線量率であるが、地中が高いのか埋め戻した土が高いのかは判別困難。

## （1）－①　護岸エリアの表面線量率調査結果
## 【1，2号機取水口間護岸エリア表面線量率調査　（写真）】

①　山側の砕石厚さ（50cm程度）

⑤　遮蔽体を使用した測定

⑨　海側地下水観測孔No.1-3周囲（1号側より）

⑬　ｺﾝｸﾘｰﾄ厚さ（山側4m盤）

②　2号スクリーン付近から海側

⑥　10cm程度表土を剥いだ状態（土の状況変わらず）

⑩　海側地下水観測孔No.1-5周囲（1号側より）

⑭　2号機循環水ﾎﾟﾝﾌﾟ山側ｴﾘｱ（1号側より）
右手前のマンホールが電源トレンチ

③　薬液注入工部の山側コンクリート部を2号側から

⑦　海側地下水観測孔No.1-8掘削土

⑪　瓦礫の状況（地下水観測孔No.1-5の2号側より）

⑮　2号機循環水ポンプ付近（1号側より）

④　薬液注入工部を2号側から

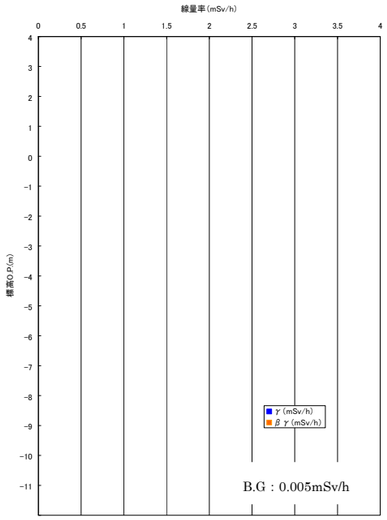
⑧　海側地下水観測孔No.1周囲（1号側より）

⑫　地下水観測孔No.1-5北側より2号側

⑯　遮蔽体写真

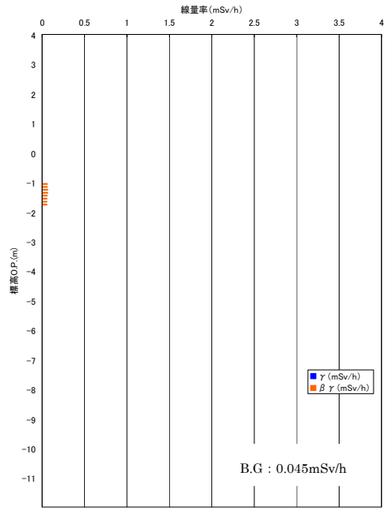
# （1）－②　海側地下水観測孔におけるボーリングコア調査結果
## 【海側地下水観測孔におけるボーリングコアの線量率分布】

観測孔No.1



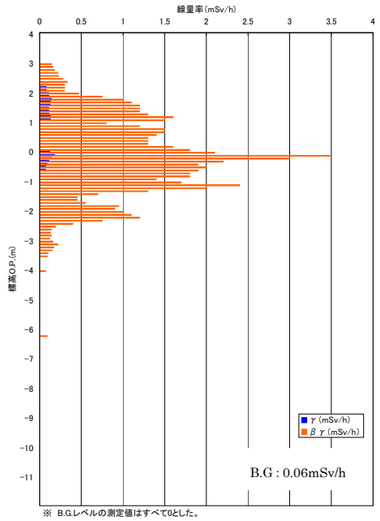

※ B.G.レベルの測定値はすべて0とした。

観測孔No.1-1



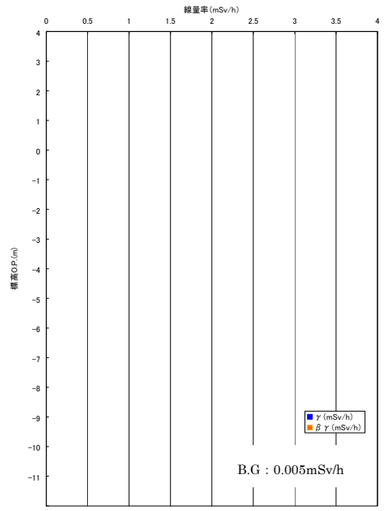

※ B.G.レベルの測定値はすべて0とした。

観測孔No.1-2



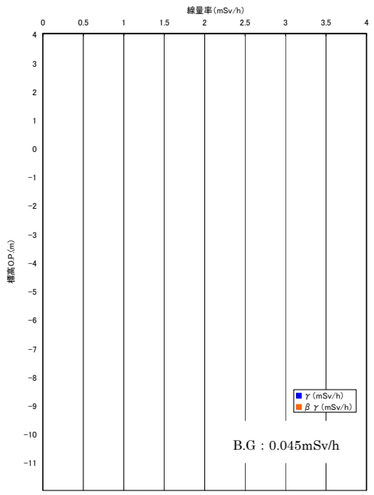

※ B.G.レベルの測定値はすべて0とした。

観測孔No.2-1

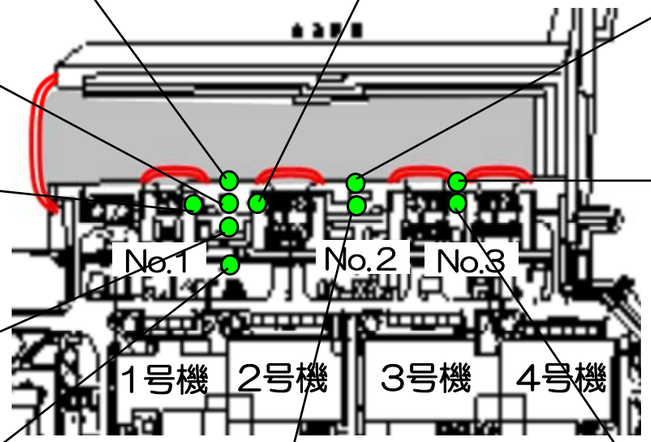



※ B.G.レベルの測定値はすべて0とした。

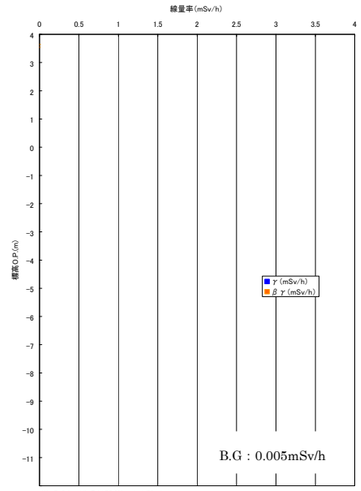
観測孔No.1-4




※ B.G.レベルの測定値はすべて0とした。

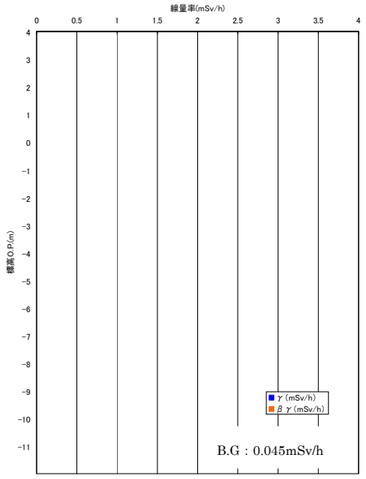



観測孔No.3-1



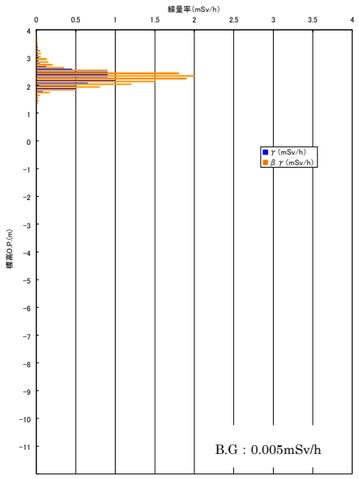

※ B.G.レベルの測定値はすべて0とした。

観測孔No.1-3



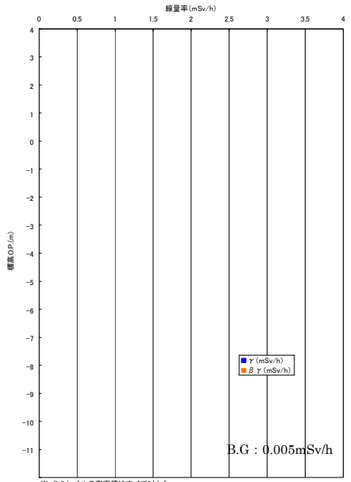

※ B.G.レベルの測定値はすべて0とした。

観測孔No.1-5



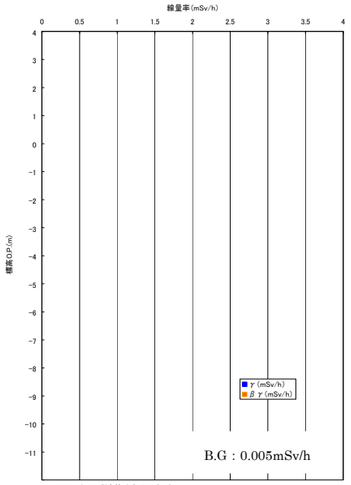

※ B.G.レベルの測定値はすべて0とした。

観測孔No.2




※ B.G.レベルの測定値はすべて0とした。

観測孔No.3

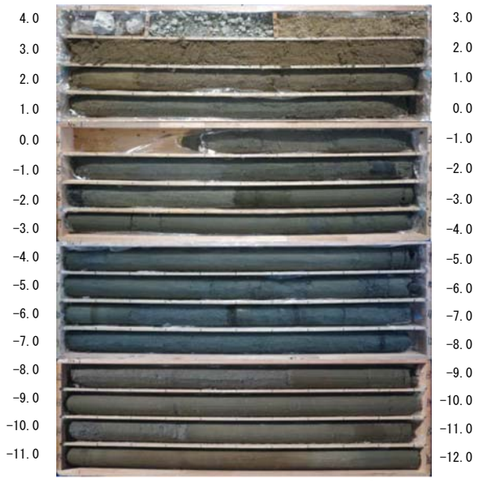



※ B.G.レベルの測定値はすべて0とした。

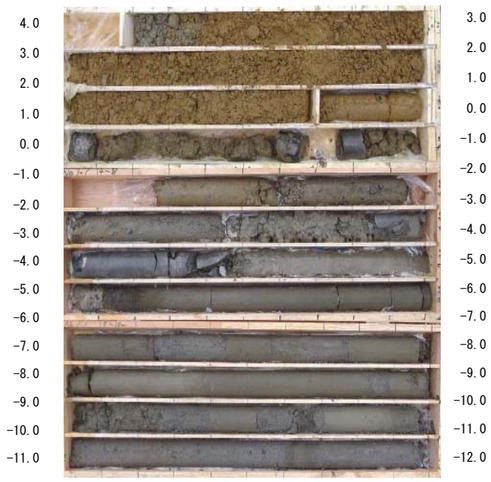
# （1）－②　海側地下水観測孔におけるボーリングコア調査結果
## 【海側地下水観測孔におけるボーリングコア（写真）】

縦軸：標高 O.P.（m）

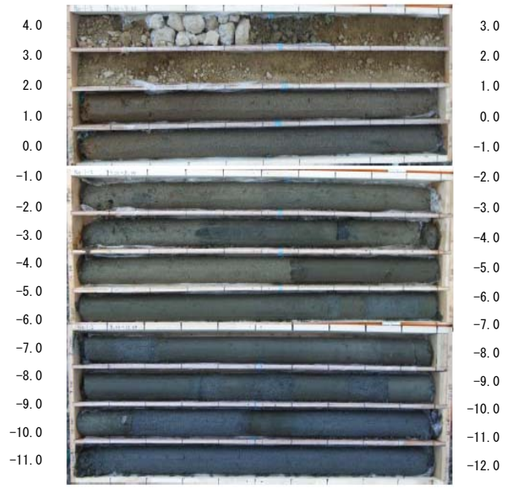
コア写真 No. 1



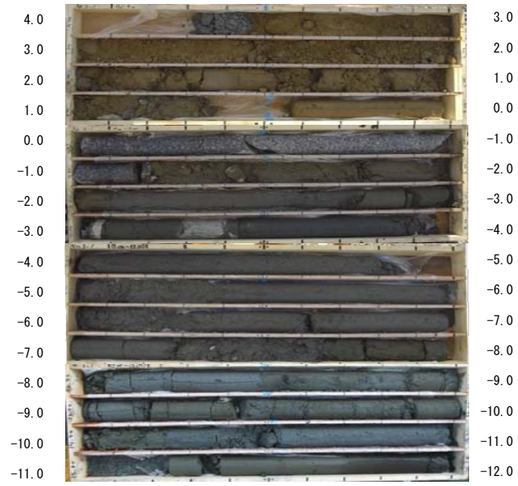
コア写真 No. 1-1



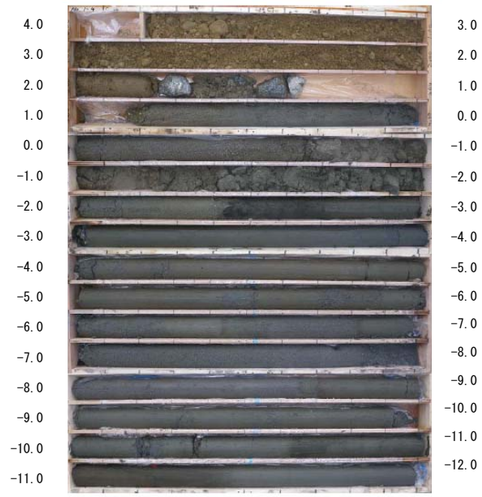
コア写真 No. 1-2

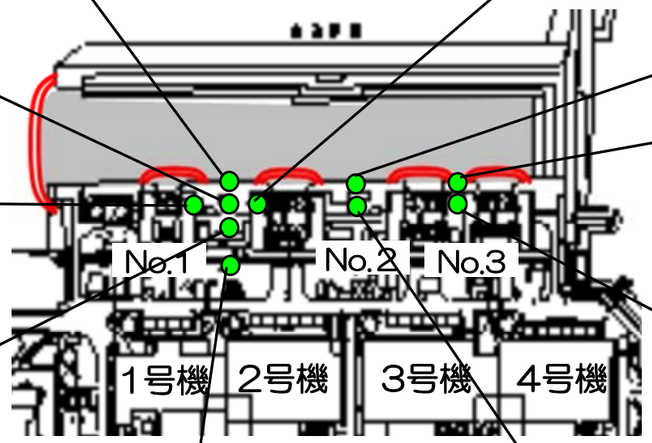


コア写真 No. 2-1

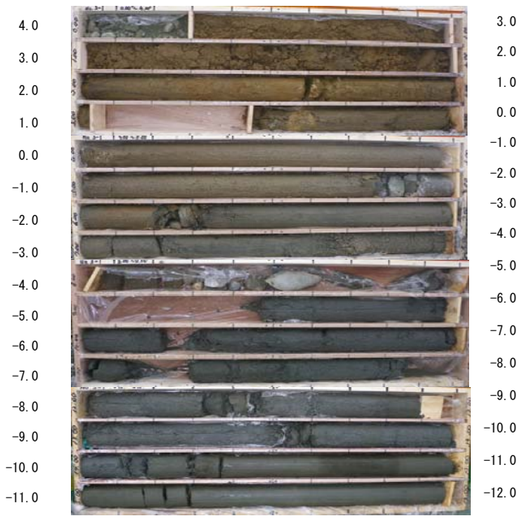


コア写真 No. 1-4

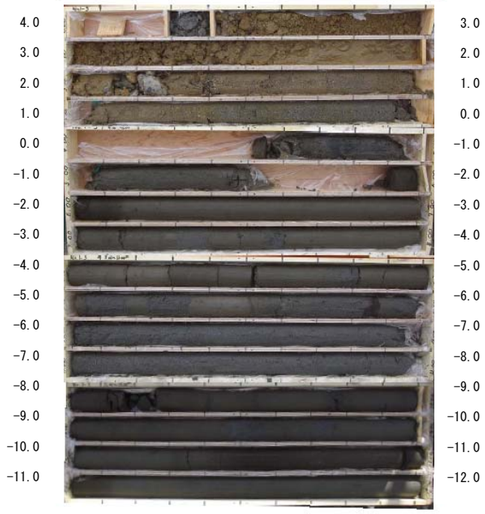





コア写真 No. 3-1



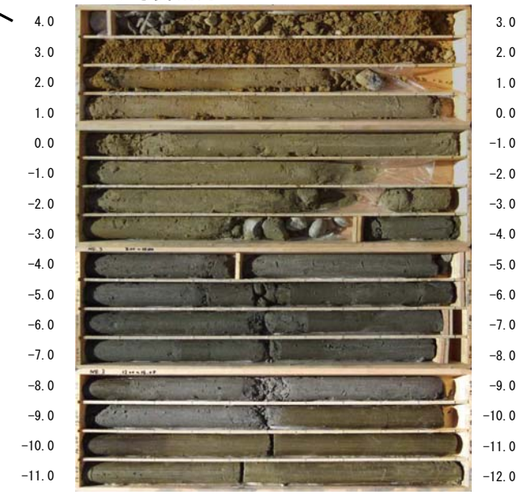
コア写真 No. 1-3



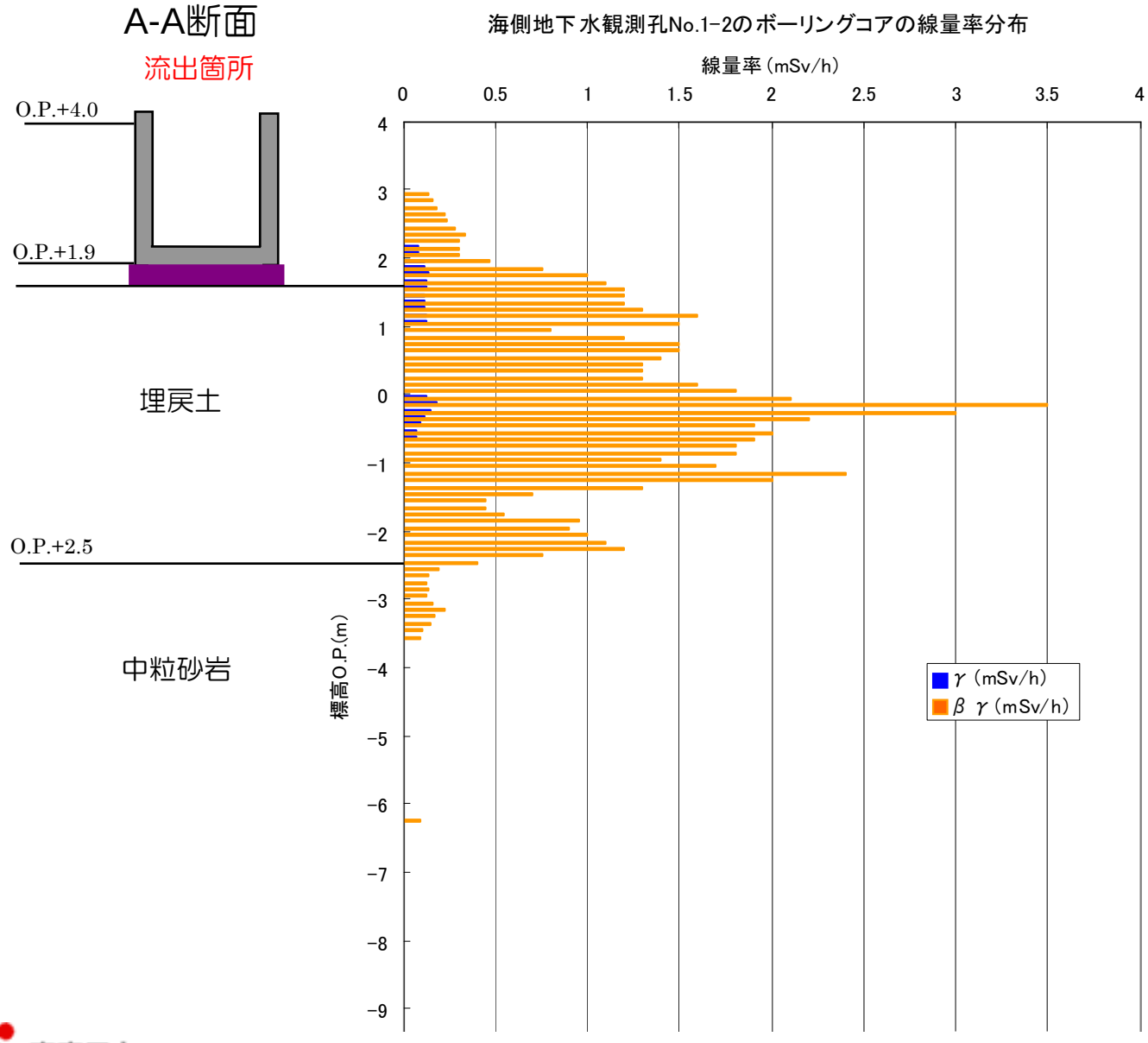
コア写真 No. 1-5

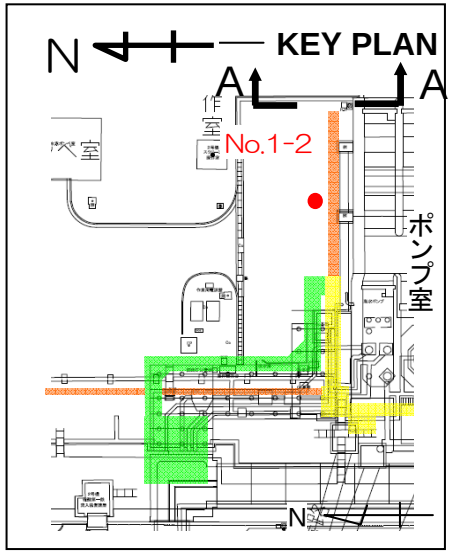
コア写真 No. 2

コア写真 No. 3

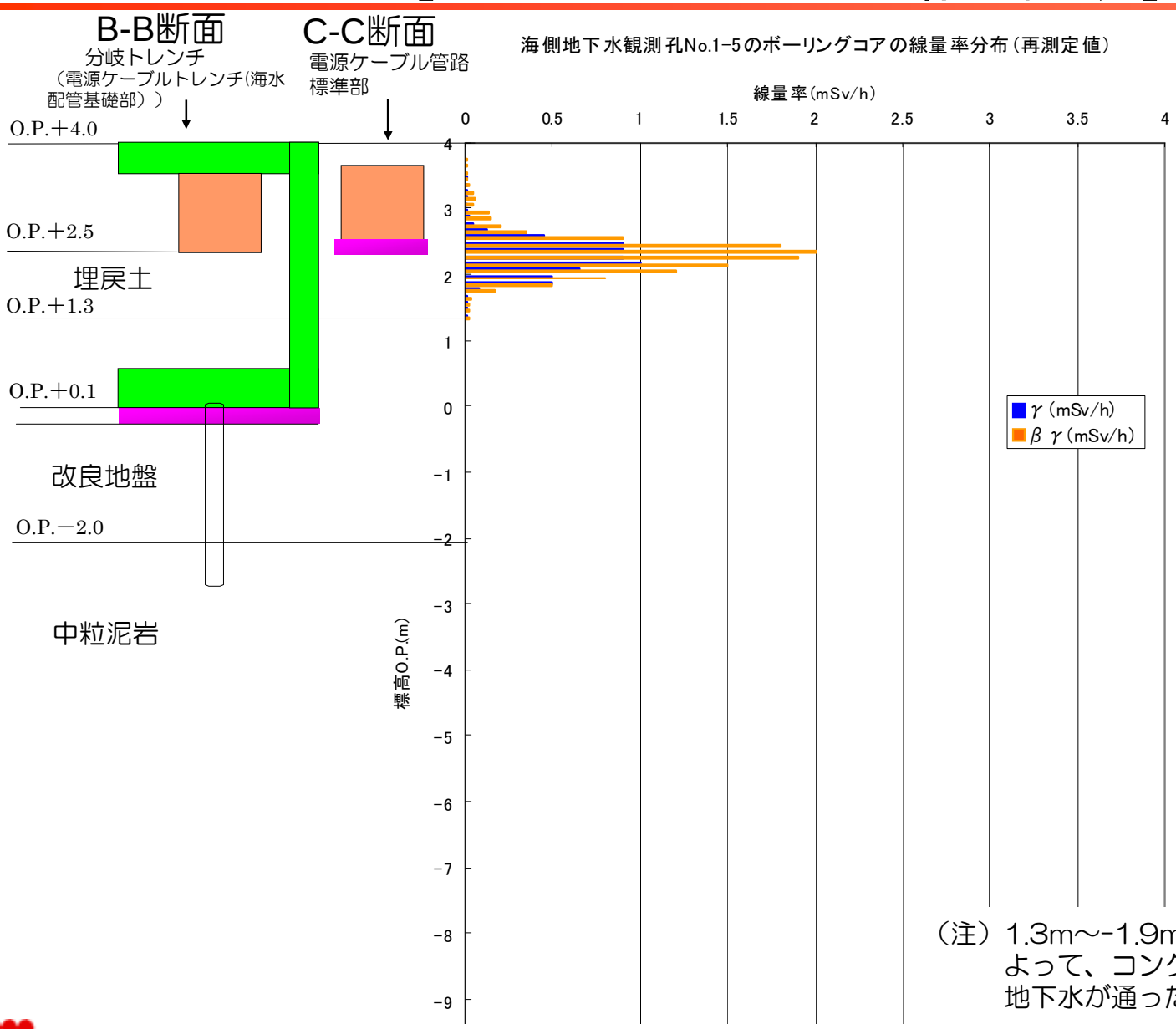


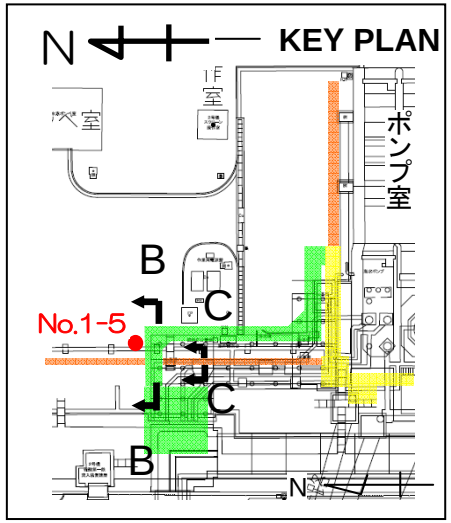
# （1）－②　海側地下水観測孔におけるボーリングコア調査結果
# 【No.1-2　ボーリングコアの線量率測定】



# （1）－②　海側地下水観測孔におけるボーリングコア調査結果
# 【No.1-5　ボーリングコアの線量率測定】

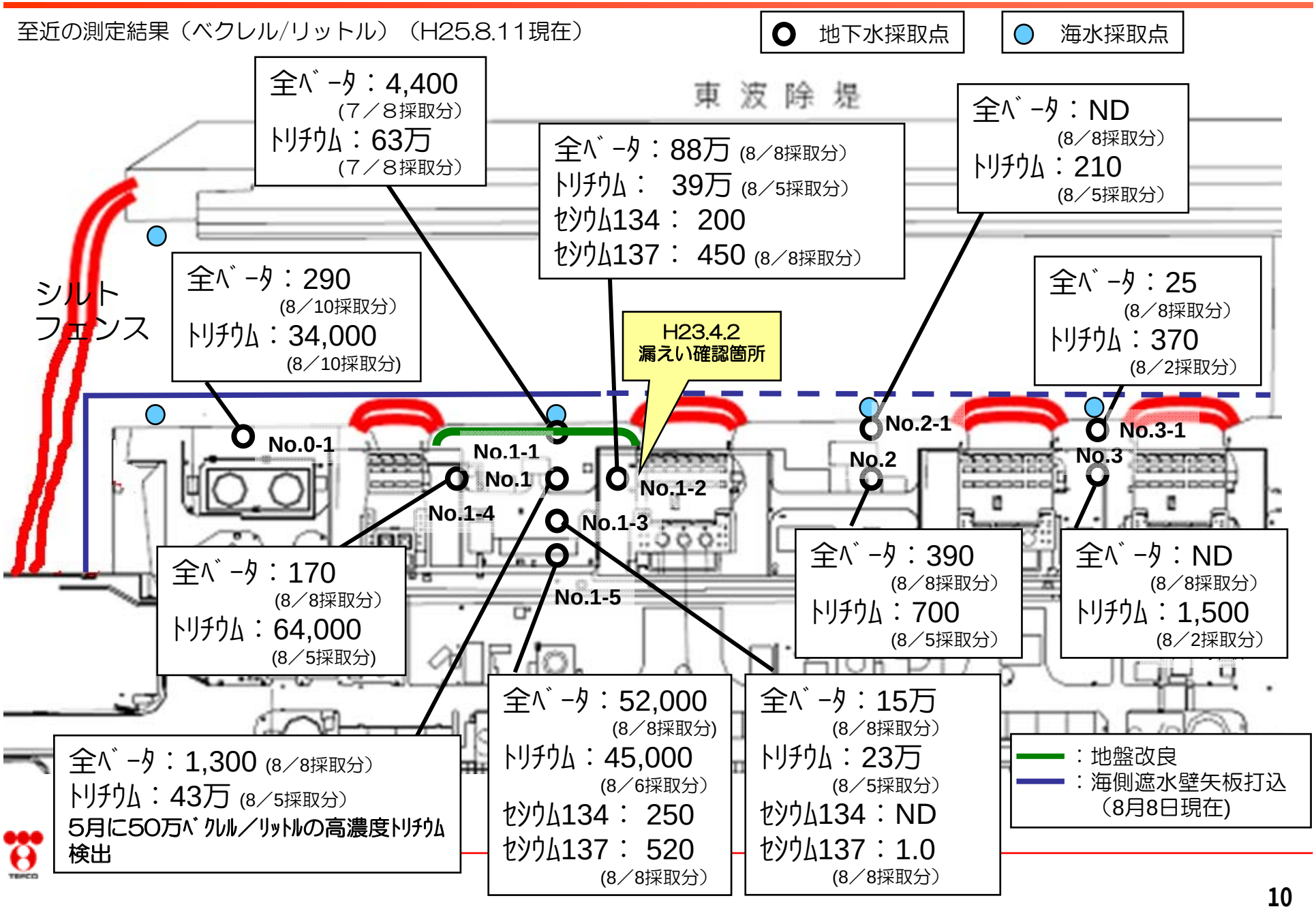


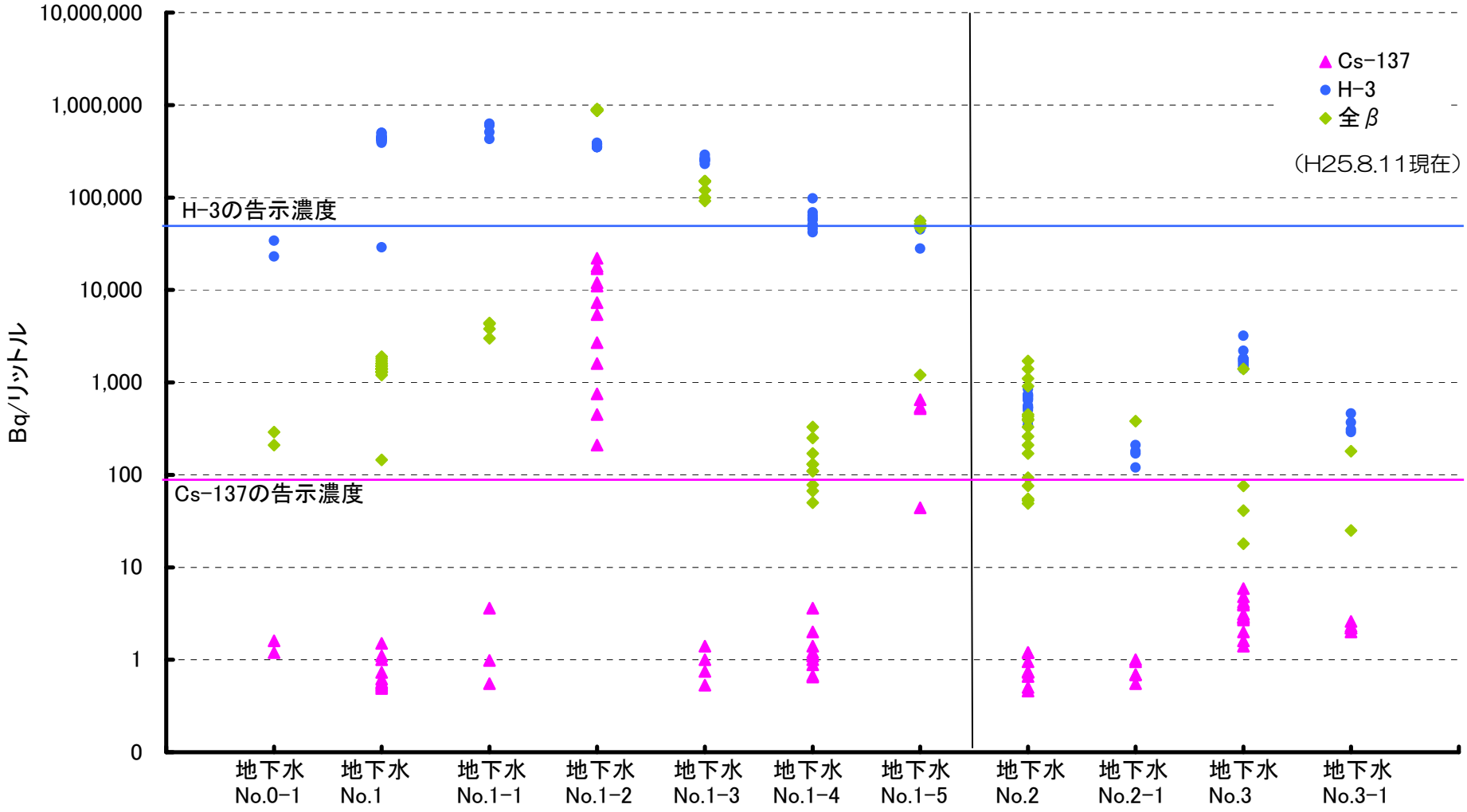

（注）1.3m～-1.9mまでの範囲は、地盤改良によって、コンクリート状に固まっていて、地下水が通った形跡は見られなかった。

# （1）－③ 地下水濃度測定結果
# 【タービン建屋東側の地下水濃度測定結果】

至近の測定結果（ベクレル/リットル）（H25.8.11現在）

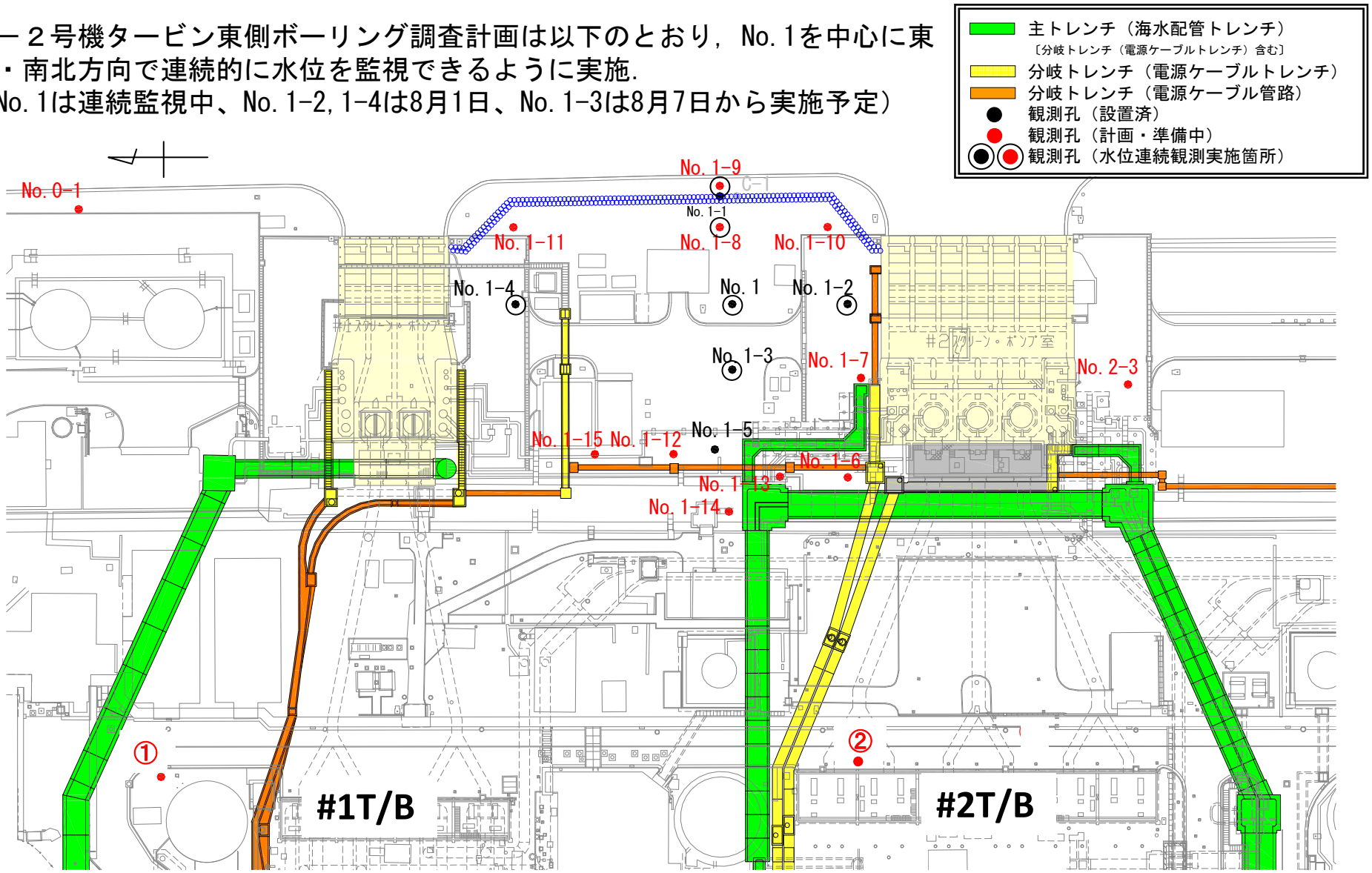


# （1）－③ 地下水濃度測定結果
# 【地下水の濃度分布（地点比較）】



# (1)ー④　タービン建屋東側における地下水の追加調査
# 【1ー2号機タービン建屋東側ボーリング調査計画(1／2)】

1ー2号機タービン東側ボーリング調査計画は以下のとおり，No.1を中心に東西・南北方向で連続的に水位を監視できるように実施.
（No.1は連続監視中、No.1-2,1-4は8月1日、No.1-3は8月7日から実施予定）




図ー1　1ー2号機タービン建屋東側ボーリング調査位置図

# (1)－④　タービン建屋東側における地下水の追加調査
# 【1－2号機タービン建屋東側ボーリング調査計画（2／2）】

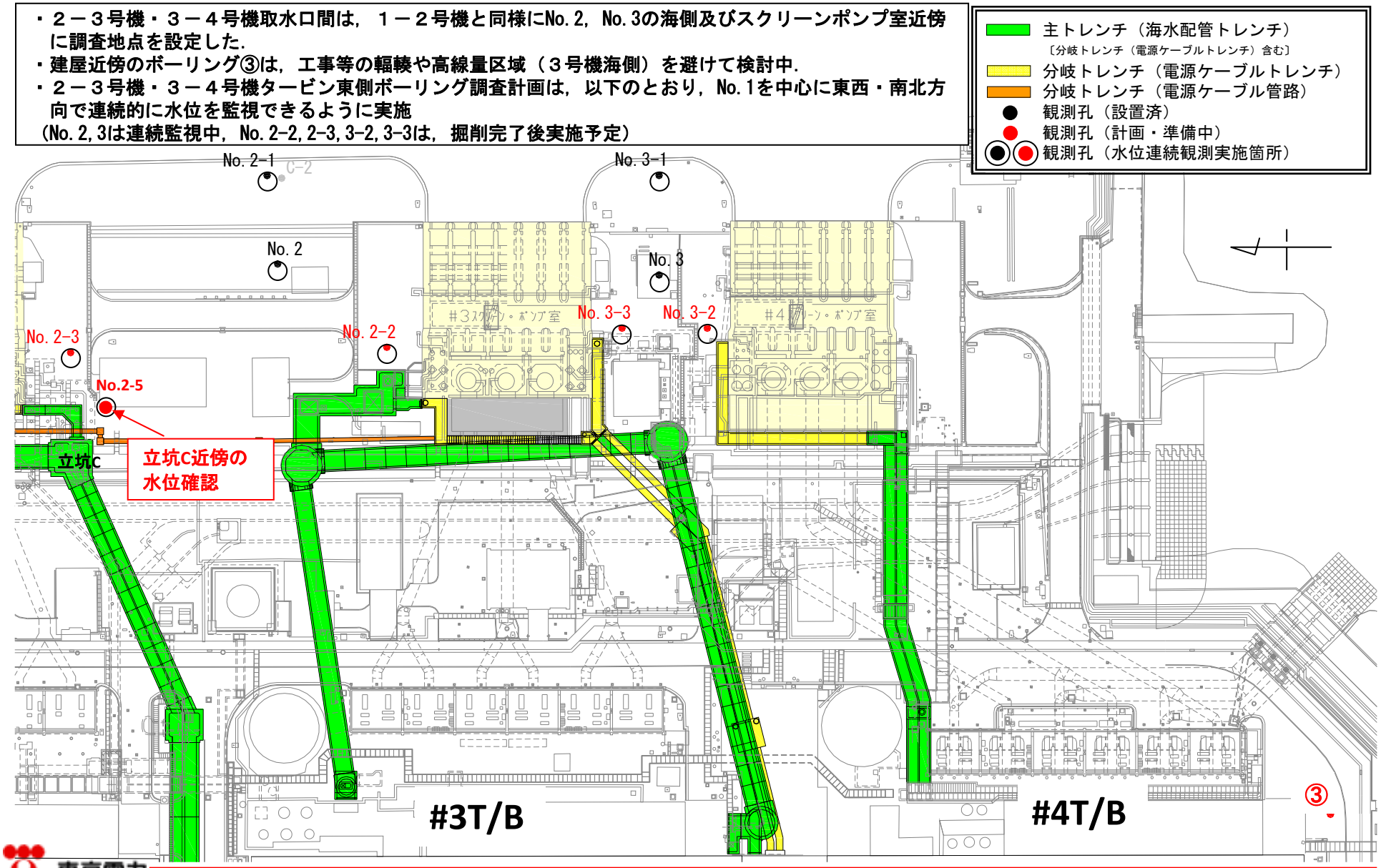
## ●各ボーリング孔の調査目的について

| 観測番号 | 掘削深度 | 状況 | 水位頻度 | 水質頻度（※） | 1号北側 | 1－2号機間 | | | | | | 建屋近傍 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 1号機北側地下水の水位、水質調査 | 概略の汚染水分布調査（完了） | 分岐トレンチ（電源ケーブル管路：オレンジ）周辺の汚染水の拡散状況調査 | 分岐トレンチ（電源ケーブルトレンチ：黄色）周辺の汚染水の拡散状況調査 | 分岐トレンチ（電源ケーブルトレンチ：緑）周辺の汚染水の拡散状況調査 | トレンチの接合部、異形部周辺の地下水の水位、水質調査 | 海山方向の地下水の水位、水質調査（北側、中央、南側の3ライン） | 建屋近傍の地下水の水位、水質調査 |
| No. 1 | －16m | 観測中 | 連続 | 1回/週 | | ○ | | | | | ○（中央ライン） | |
| No. 1-1 | | | － | － | | ○ | | | | | ○（中央ライン） | |
| No. 1-2 | | | 連続 | 1回/週 | | ○ | ○ | | | | ○（南側ライン） | |
| No. 1-3 | | | | | | ○ | | | | | ○（中央ライン） | |
| No. 1-4 | | | | | | ○ | | | | | ○（北側ライン） | |
| No. 1-5 | | 追加計画 | 掘削完了時 | 1回/週 | | ○ | | | ○ | ○ | | |
| No. 1-6 | | | | | | | | ○ | ○ | ○ | | |
| No. 1-7 | | | | | | | ○ | ○ | ○ | ○ | | |
| No. 1-8 | －５ｍ | | 連続 | － | | | | | | | ○（中央ライン） | |
| No. 1-9 | －16m | | | 2回/週 | | | | | | | ○（中央ライン） | |
| No. 1-10 | | | 掘削完了時 | 1回/週 | | | | | | | ○（南側ライン） | |
| No. 1-11 | | | | | | | | | | | ○（北側ライン） | |
| No. 1-12 | | | | | | | | | ○ | ○ | | |
| No. 1-13 | | | | | | | | | ○ | ○ | | |
| No. 1-14 | | | | | | | | | | | ○（中央ライン） | |
| No. 1-15 | | | | | | | | | ○ | ○ | | |
| No. 0-1 | | | | | ○ | | | | | | | |
| ① | －15m | | | 検討中 | | | | | | | | ○ |
| ② | | | | | | | | | | | | ○ |

※Sr90は初回のみ測定

# (1)－④　タービン建屋東側における地下水の追加調査
# 【2－3号機，3－4号機タービン建屋東側ボーリング調査計画（1／2）】

・２－３号機・３－４号機取水口間は，１－２号機と同様にNo.2，No.3の海側及びスクリーンポンプ室近傍に調査地点を設定した．
・建屋近傍のボーリング③は，工事等の輻輳や高線量区域（３号機海側）を避けて検討中．
・２－３号機・３－４号機タービン東側ボーリング調査計画は，以下のとおり，No.1を中心に東西・南北方向で連続的に水位を監視できるように実施
（No.2,3は連続監視中，No.2-2,2-3,3-2,3-3は，掘削完了後実施予定）




図―2　２－3号機，3－4号機タービン建屋東側ボーリング調査位置図

# (1)－④　タービン建屋東側における地下水の追加調査
# 【２－３号機，３－４号機タービン建屋東側ボーリング調査計画（２／２）】

## ●各ボーリング孔の調査目的について（２－３号機間）

| 観測番号 | 掘削深度 | 状況 | 水位頻度 | 水質頻度※ | ２－３号機間 | | | 建屋近傍 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 概略の汚染水分布調査 | トレンチの接合部、異形部周辺の地下水の水位、水質調査 | 海山方向の地下水の水位、水質調査 （東西，南北ライン） | 建屋近傍の地下水の水位、水質調査 |
| No.2 | －16m | 観測中 | 連続 | 2回/週 | ○ | | 東西 | |
| No.2-1 | | | | | ○ | | 東西 | |
| No.2-2 | | 追加計画 | | 検討中 | ○ | ○ | 南北 | |
| No.2-3 | | | | | ○ | ○ | 南北 | |
| No.2-5 | | | | | | ○ | | |

※Sr90は初回のみ測定

## ●各ボーリング孔の調査目的について（３－４号機間）

| 観測番号 | 掘削深度 | 状況 | 水位頻度 | 水質頻度※ | ３－４号機間 | | | 建屋近傍 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 概略の汚染水分布調査 | トレンチの接合部、異形部周辺の地下水の水位、水質調査 | 海山方向の地下水の水位、水質調査 （東西，南北ライン） | 建屋近傍の地下水の水位、水質調査 |
| No.3 | －16m | 観測中 | 連続 | 2回/週 | ○ | | 東西 | |
| No.3-1 | | | | | ○ | | 東西 | |
| No.3-2 | | 追加計画 | | 検討中 | ○ | ○ | 南北 | |
| No.3-3 | | | | | ○ | ○ | 南北 | |
| ③ | －15m | | 掘削完了時 | | | | | ○ |

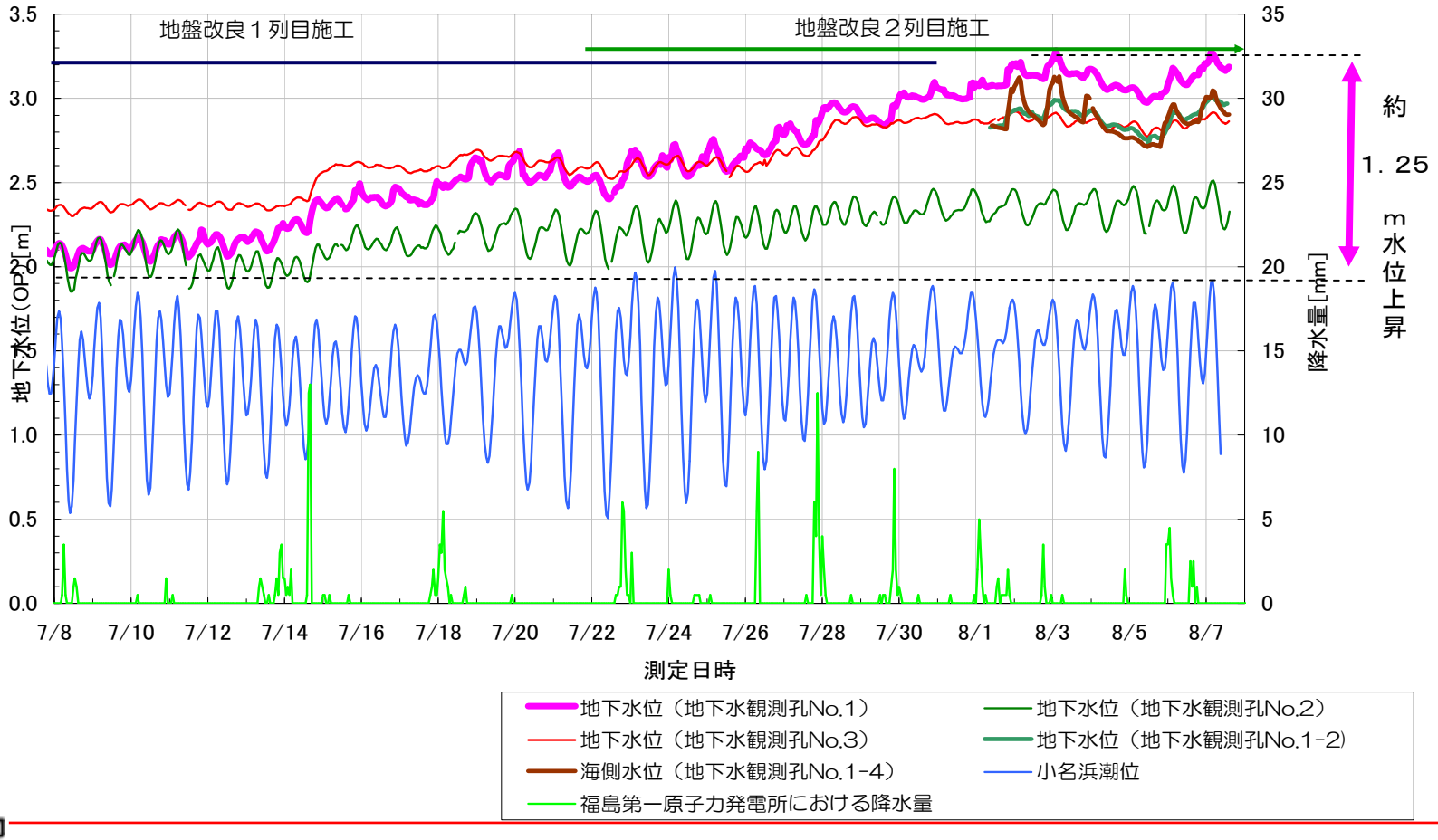
※Sr90は初回のみ測定

# （２）１－２号機取水口間の地下水の状況及び海水中放射性物質濃度の推移について

① 現状報告
② 地下水流動解析
③ 地下水流動解析に基づく汚染水量評価
④ 海水中放射性物質濃度の推移

# ①現状報告（1／4）：地下水位と護岸背面の地盤改良の推移

1．降雨により、地下水位は変動している
2．No.1は、護岸背面の地盤改良の進捗に合わせて水位は上昇している
3．No.1-2,No.1-4もNo.1と同様に8月3日頃から水位の上昇、下降を繰り返している
4．No.1は、7月8日から8月7日までの1ヶ月間に約1.25m水位が上昇している
　なお、No.2, 3も降雨の影響により、0.3m～0.5m程度水位が上昇している
5．地盤改良の進捗に伴い，潮位に対する変動のピークの表れ方に変化が見られる



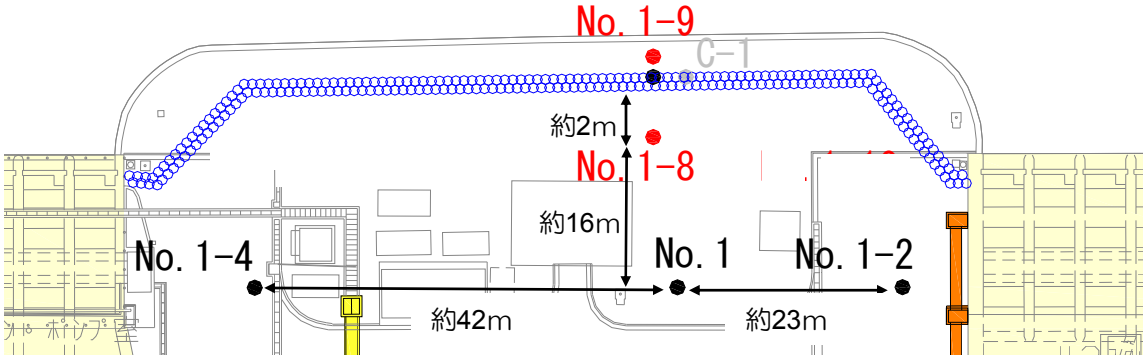

※ 地下水観測孔No.1-2, 1-4の地下水位は，地下水観測孔の基準高確認中のため暫定値

# ①現状報告（2／4）：1－2号機間の護岸背面のNo.1-8の水位計測結果

- 1-2号機間の護岸背面の地盤改良が完了したことから、No.1-8 （地盤改良 山側）, No.1-9 （地盤改良 海側）の水位観測を計画。
- No.1-8（地盤改良 山側）のボーリングは8月10日に完了
- No.1-8において、水位はO.P.+2.8m、主要な４mエリアの水位の平均は、O.P.+ 2.7m程度（地盤改良上部の標高は、 O.P.+ 2.2m程度）

| | No.1-8 ※ | No.1 | No.1-2 ※ | No.1-4 ※ | 平均 |
|---|---|---|---|---|---|
| 水位 | O.P.+2.8m<br>（8/10　15時） | O.P.+2.8m<br>（8/10　13時） | O.P.+2.6m<br>（8/10　13時） | O.P.+2.7m<br>（8/10　13時） | O.P.+2.7m |
| 想定される改良体上部（O.P.+2.2m）との比較 | +60cm | +60cm | +40cm | +50cm | +53cm |

※ 地下水観測孔No.1-2, 1-4,1-8の地下水位は，地下水観測孔の基準高確認中のため暫定値

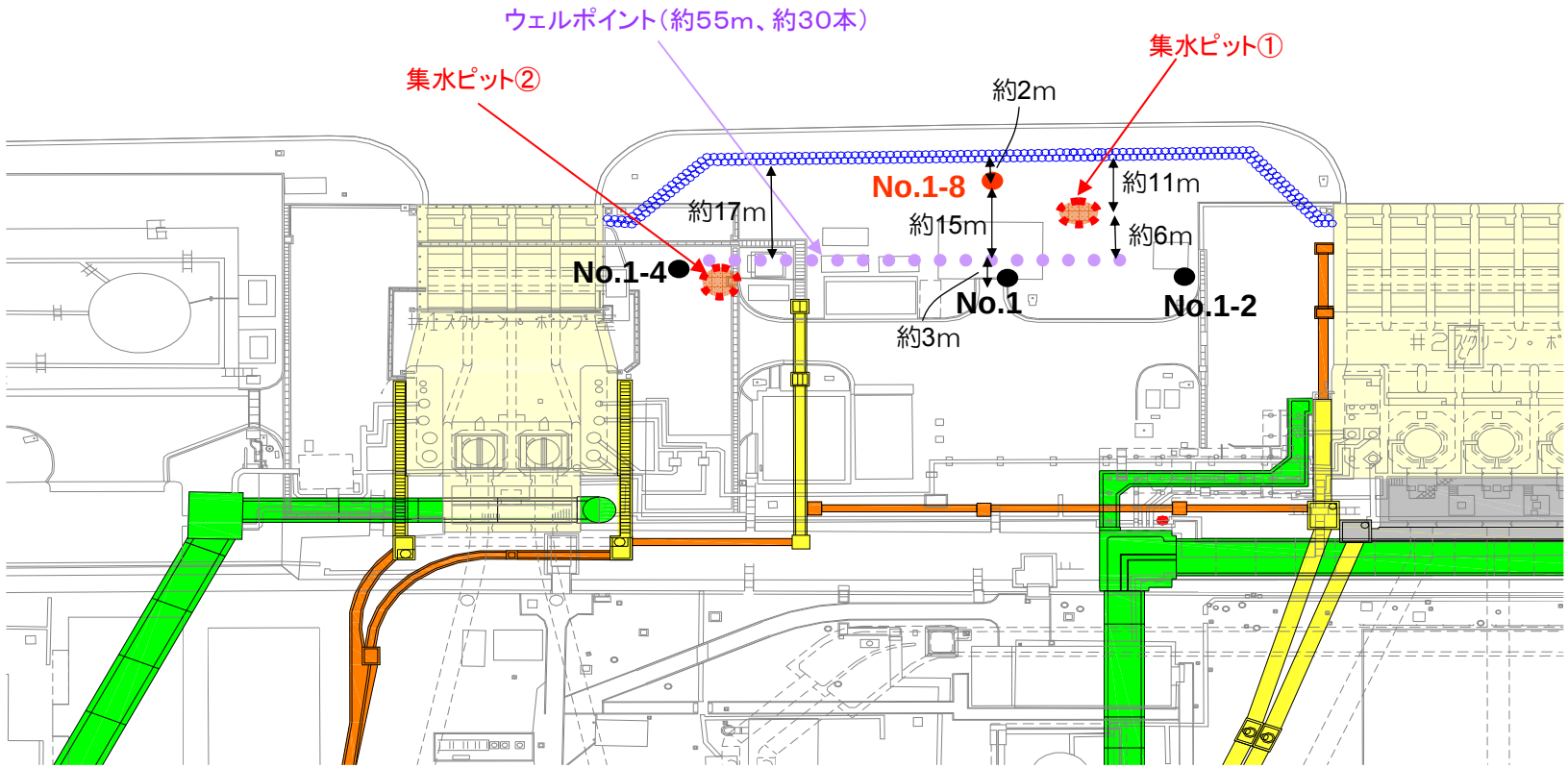



調査ボーリング配置図

# ①現状報告（3／4）：揚水設備の設置状況

●ウェルポイントの真空ポンプは、1ー2号機取水口間全体で約100 m$^3$／日が可能。
パイプの深さは約5m、パイプの間隔は約2m、約30本を施工。

●8月14日～17日にかけて工事を実施し、14日から順次くみ上げを開始。
※ウェルポイント作業の前倒し並びに設置位置が近くなるため、集水ピット②は中止の予定。

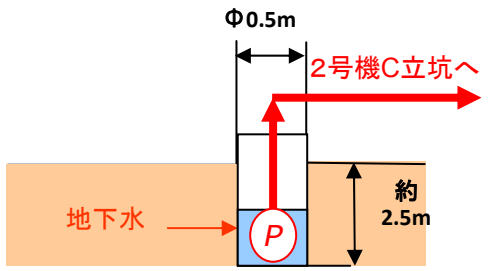



1～2号機エリア平面

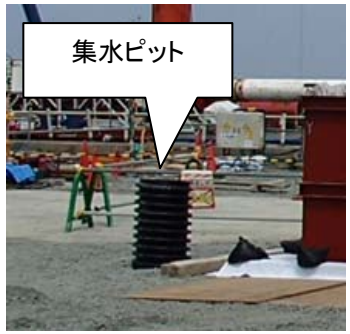
# ①現状報告（4／4）：揚水設備の設置状況

●囲い込みエリア内に集水ピット（集水ピット①は、8月9日から開始）やウェルポイント（バキュームによる強制的な揚水設備）を設置し、地下水位を低下させる。

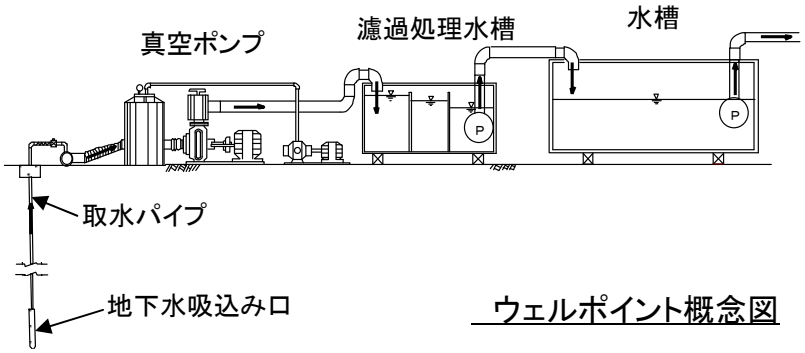
●集水ピット①によるくみ上げ量は、約24m$^3$／日（8月10日実績）




集水ピット詳細図




・ウェルポイントとは
真空を利用して揚水する工法で、一般的には1～2m間隔で取水パイプを打込み、その下端の地下水吸い込み口から吸水して排水するもの。




ウェルポイント概念図

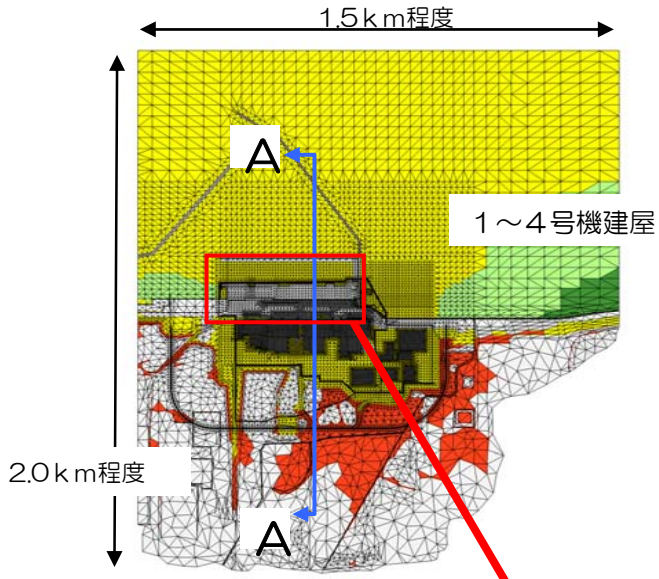
# ②地下水流動解析（1／8）：地下水流動解析の実施状況（全体）

・既往の１～４号機建屋周りの解析モデル（中長期対策会議地下水サブチームにて作成した現状モデル）を用いて、取水口間　護岸背面に地盤改良を設置した場合のポンプ揚水量の想定を行った。
・地下水流動解析は、各対策工ごとに現状モデルで検討を行っているが、現在、新たに得られたデータ、汚染水処理対策委員会委員の指摘等を反映して解析モデルの見直し中（修正モデル）。

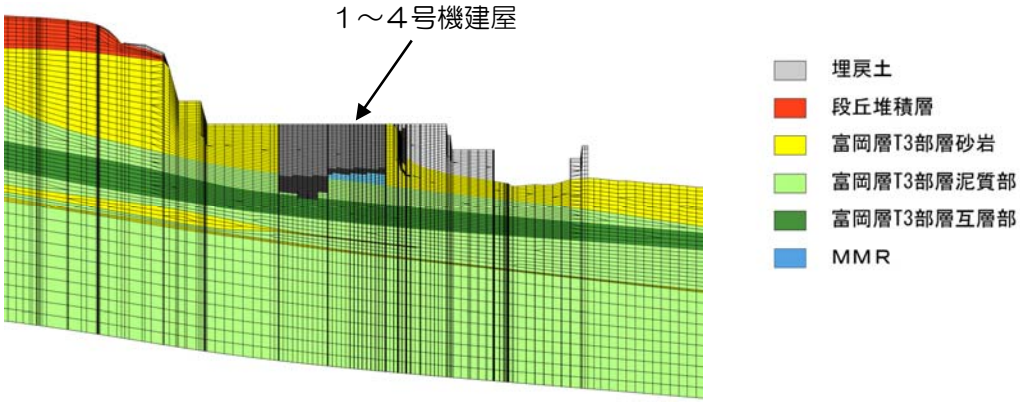
| ケース | 検討の概要 | 実施状況 | |
|---|---|---|---|
| | | 現状モデル | 修正モデル |
| 陸側遮水壁 | ・ 陸側遮水壁（スラリー壁等）による建屋周辺地下水位低下量の評価 | 実施済 | 準備中（9月末目途） |
| 海側遮水壁 | ・ 海側遮水壁設置による集水量の評価 | 実施済 | 準備中（9月末目途） |
| 地下水バイパス | ・ フル稼働時の建屋周辺地下水位低下、揚水量の評価<br>・ 段階的稼働時の建屋周辺地下水位低下、揚水量の評価<br>・ 稼働後の建屋周辺水位低下、揚水量の時間遅れ評価の非定常解析 | 実施済 | 準備中（９月末目途） |
| サブドレン | ・ フル稼働時の建屋周辺地下水位低下、揚水量の評価<br>・ 山側のみ稼働時の建屋周辺地下水位低下、揚水量の評価 | 実施済 | － |
| 地下水バイパス＋サブドレン | ・ 地下水バイパス、サブドレンフル稼働時の建屋周辺地下水位低下、揚水量の評価 | 実施済 | 準備中（9月末目途） |
| 地下水バイパス＋サブドレン＋海側遮水壁 | ・ 地下水バイパス、サブドレンフル稼働、海側遮水壁設置時の建屋周辺地下水位低下、揚水・集水量の評価 | 実施済 | 準備中（9月末目途） |
| 地下貯水層 | ・ 地下貯水槽～海域の１次元核種移行解析による核種の海域への到達時間の評価<br>・ 地下貯水槽近傍の核種拡散評価 | 実施済 | － |
| 今回の検討<br>護岸背面の地盤改良 | ・ 護岸背面の地盤改良の陸側に設置するポンプでの揚水量の予測<br>（海側のみの場合と山側も囲んだ場合） | 実施済<br>（本日報告） | － |
| 海域への流出量の評価 | ・ 各領域での海域への流出量の評価 | 実施中 | 準備中（8月末目途） |
| 凍土式陸側遮水壁 | ・ 遮水壁のライン、深度等について複数ケースで遮水壁効果の検討<br>・ 地下水位低下速度、リチャージの効果等の検討 | － | 準備中（8月末目途） |
| 陸側遮水壁＋地下水バイパス＋サブドレン＋海側遮水壁 | ・ 凍土式遮水壁の検討結果を踏まえ、各対策工による地下水位、揚水・集水量の評価 | － | 準備中（9月末目途） |
| ４m盤核種移行解析 | ・ 三次元地下水流動解析および核種移行解析による４m盤1-2号機ＳＰ室間における核種移行の推定 | 実施中<br>（８月末目途） | |

# ②地下水流動解析（2／8）：解析モデル（護岸背面の地盤改良）

・既往の地質調査結果に基づき、１～４号機建屋周りの水理地質構造をモデル化。
・取水口間 護岸背面に、地盤改良および揚水設備を配置。

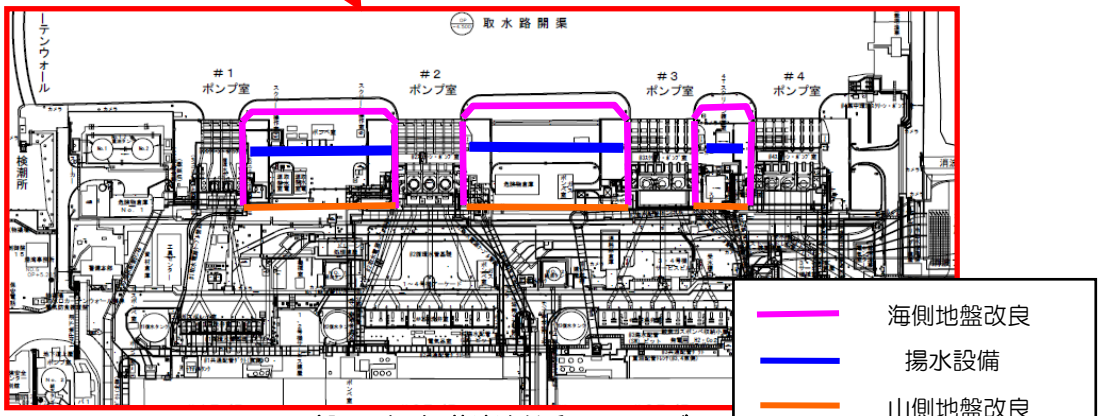



解析メッシュ（全体平面）




解析用メッシュ（A-A断面図）

拡大




４m盤取水路護岸付近イメージ

解析条件

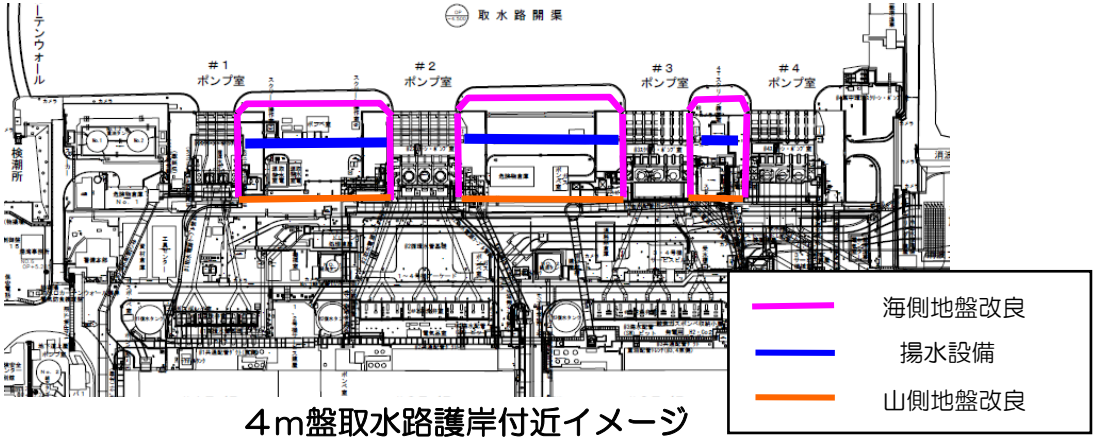
・降雨；平均降雨量1,545mm/年※
・護岸背面の地盤改良高さ；O.P.+2.2m
・山側地盤改良高さ；O.P.+4.0m
・フェーシングは考慮していない

※気象庁データ（福島県富岡町；30年）を用いた。

# ②地下水流動解析（3／8）：検討ケース

・地盤改良、揚水設備を組み合わせて検討ケースを設定。

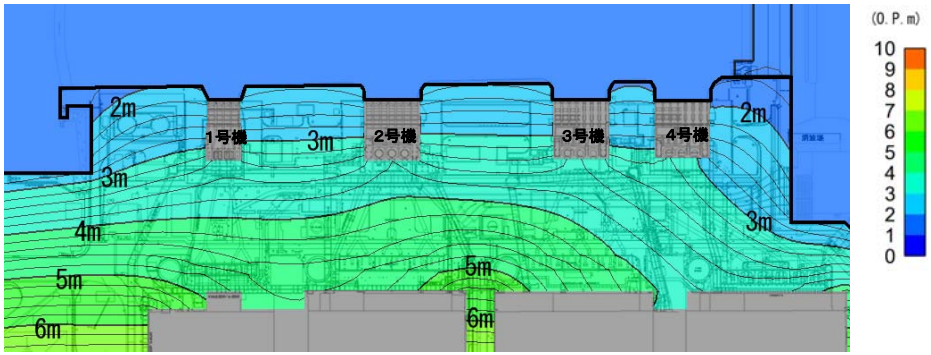
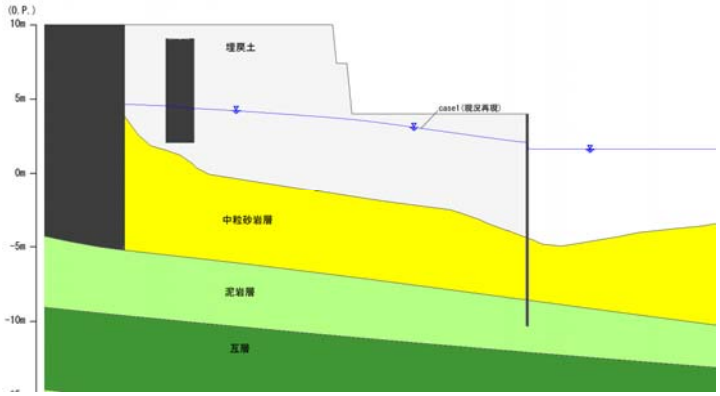
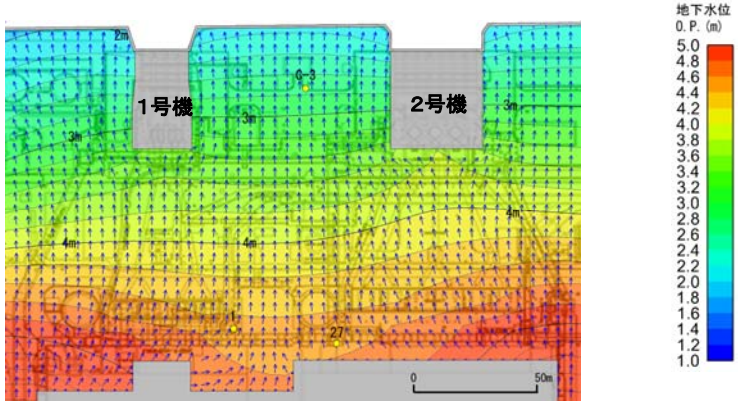
| 検討ケース | | 地盤改良 | | 揚水設備（ウェルポイントなど） |
|---|---|---|---|---|
| | | 護岸背面 | 山側 | |
| ケース1 | 護岸背面の地盤改良前 | × | × | × |
| ケース2 | 護岸背面の地盤改良後 | ○ | × | × |
| ケース3 | 護岸背面の地盤改良＋揚水設備によるくみ上げ開始後 | ○ | × | ○ |
| ケース4 | 護岸背面の地盤改良＋揚水設備によるくみ上げ＋山側地盤改良 | ○ | ○ | ○ |




４m盤取水路護岸付近イメージ

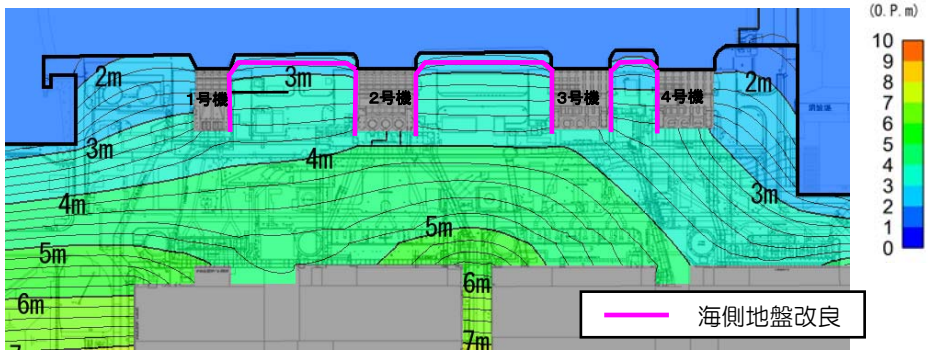
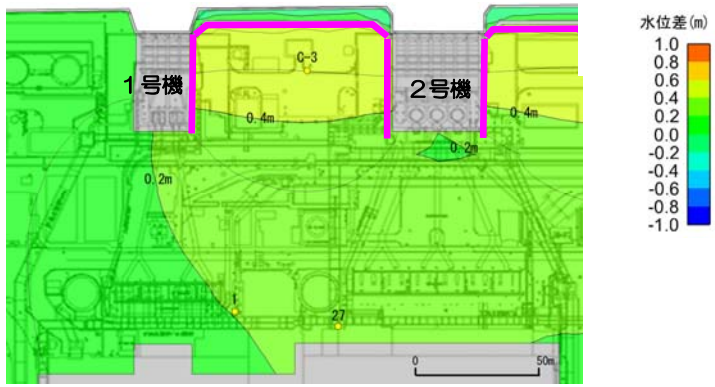
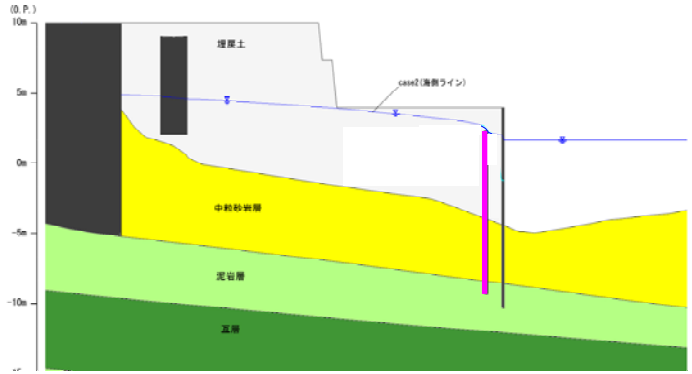
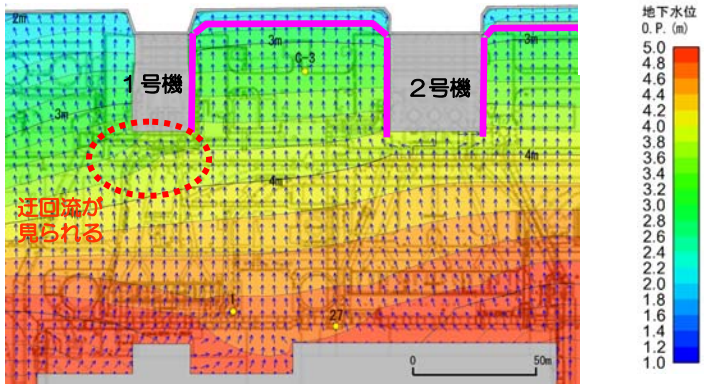
# ②地下水流動解析（4／8）：解析結果（1）

■ケース１；護岸背面の地盤改良前

| 地下水位コンター図 | ケース１との地下水位差分（1-2号機取水口間） |
|---|---|
|  | |
| 地下水位断面図 | 流向線図（１-2号機取水口間） |
|  |  |

# ②地下水流動解析（5／8）：解析結果（2）

■ケース２；護岸背面の地盤改良後

| 地下水位コンター図 | ケース１との地下水位差分（1-2号機取水口間） |
|---|---|
|  |  |
| 地下水位断面図 | 流向線図（１-2号機取水口間） |
|  |  |





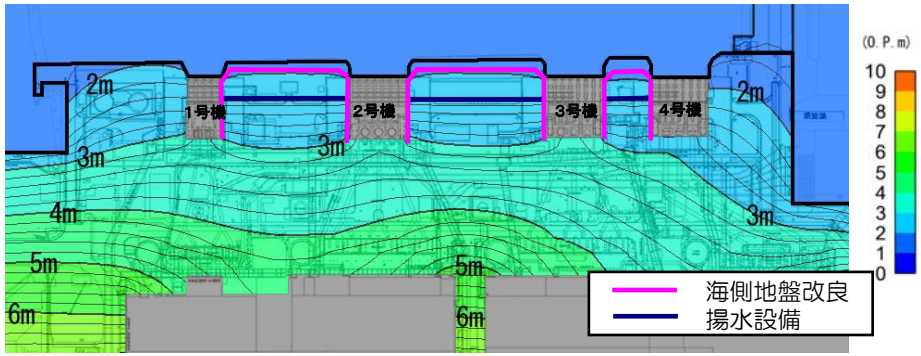
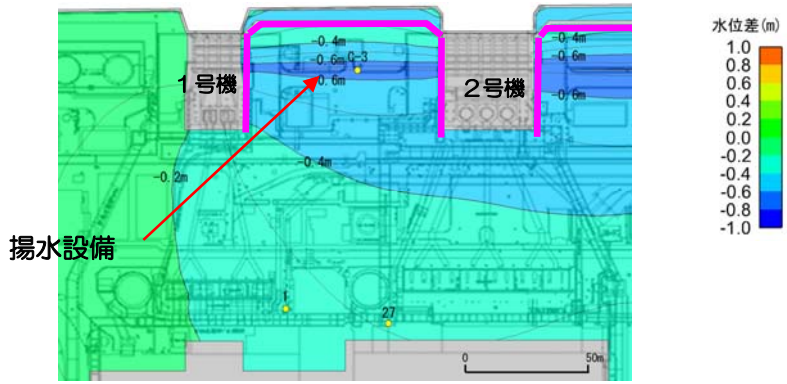
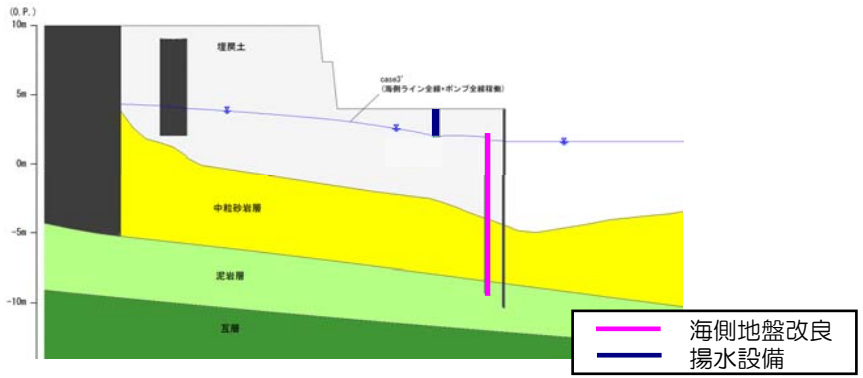
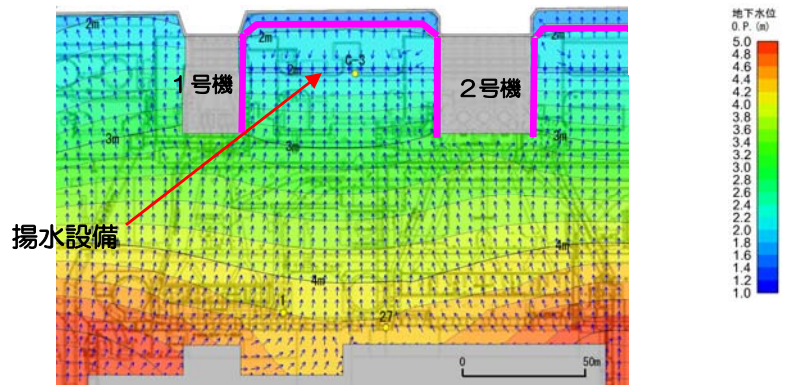




・海側ラインを構築すると、その山側の地下水位は止水壁の頂部の標高より数10cm上昇する。

# ②地下水流動解析（6／8）：解析結果（3）

■ケース３；護岸背面の地盤改良＋揚水設備によるくみ上げ開始後

| 地下水位コンター図 | ケース１との地下水位差分（1-2号機取水口間） |
|---|---|
|  |  |
| 地下水位断面図 | 流向線図（１-2号機取水口間） |
|  |  |





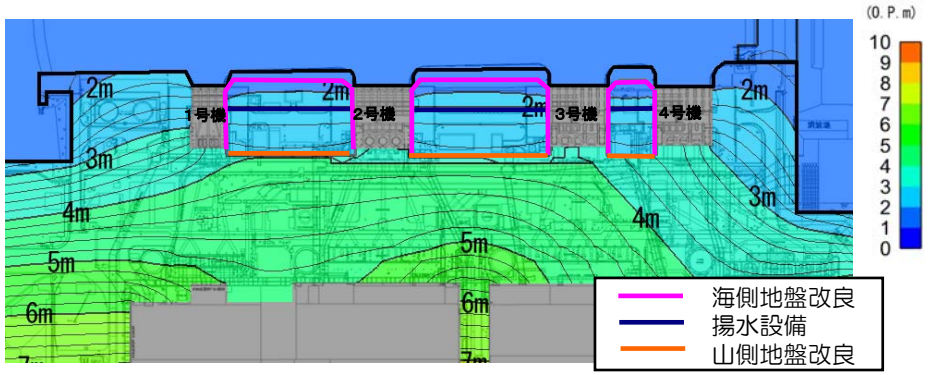
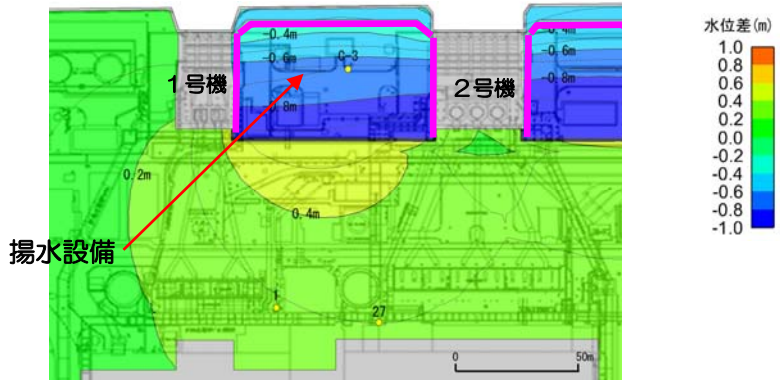
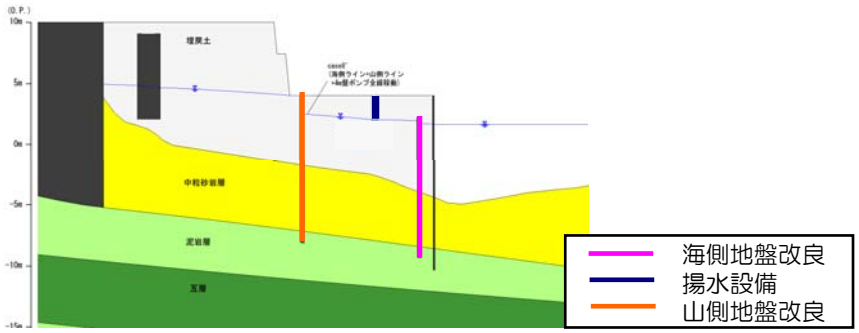
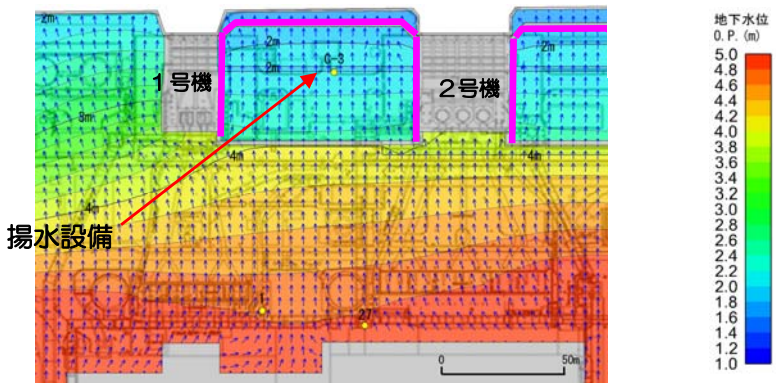




・揚水設備を設置し、地下水をくみ上げることで水位を低下させ、越流を減らすことができるが、全体で１日あたり約140m$^3$程度をくみ上げる必要がある。

# ②地下水流動解析（7／8）：解析結果（4）

■ケース４；護岸背面の地盤改良＋揚水設備によるくみ上げ＋山側地盤改良後

| 地下水位コンター図 | ケース１との地下水位差分（1-2号機取水口間） |
|---|---|
|  |  |
| 地下水位断面図 | 流向線図（１-2号機取水口間） |
|  |  |



・地下水をくみ上げることで水位を低下させ、越流を減らすことができる。
・全体で１日あたりくみ上げ量は60m³程度と想定され、山側地盤改良がない場合と比較し、１日あたりくみ上げ量を約80m³低減させることができる。

# ②地下水流動解析（8／8）：地下水位上昇に伴う越流防止対策の評価

●護岸背面の地盤改良後と山側地盤改良後のケースで実施

護岸背面の地盤改良の上部（O.P.+2.2m）を超えない予想排水量を試算

※ 今後、解析条件の見直し等により変更の可能性あり

## ■揚水量の想定

| | 1－2号機護岸背面<br>くみ上げ予想量 | 2－3号機護岸背面<br>くみ上げ予想量 | 3－4号機護岸背面<br>くみ上げ予想量 | 合計 |
|---|---|---|---|---|
| 護岸背面の地盤改良後 | 約60m$^3$/日 | 約60m$^3$/日 | 約20m$^3$/日 | 約140m$^3$/日 |
| 山側地盤改良後 | 約20m$^3$/日 | 約30m$^3$/日 | 約10m$^3$/日 | 約60m$^3$/日 |

## ■海側地盤改良体の透過量の想定（透過量は改良体の海側と陸側の水位差から試算）

| | 1－2号機 | 2－3号機 | 3－4号機 | 合計 |
|---|---|---|---|---|
| 護岸背面の<br>地盤改良透過量 | 5 ～ 15m$^3$/日 | 5 ～ 15m$^3$ /日 | 2 ～ 5m$^3$ /日 | 12 ～ 35m$^3$ /日 |

# ③地下水流動解析に基づく汚染水量評価：評価条件

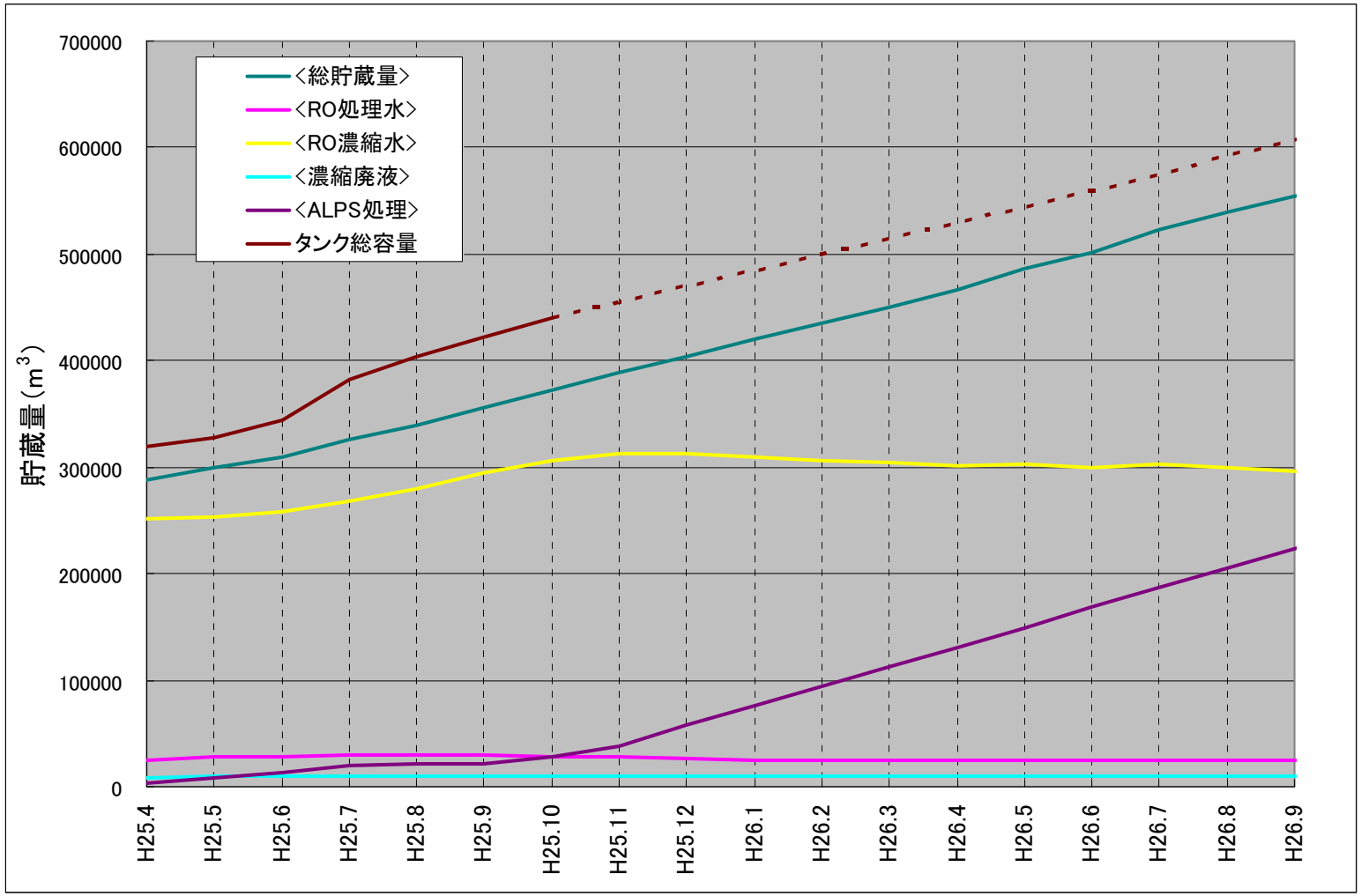
■評価条件（汚染水増加量）

- 建屋内への地下水流入は400m$^3$/日を想定
  （地下水バイパスの稼働による建屋への地下水流入量減少考慮せず）
- １－２号機取水口間エリア：H25.8～10の約３ヶ月間は，約60m$^3$/日を想定
  山側地盤改良完了後のH25.12～H26.9（海側遮水壁設置予定）の間は，
  約20m$^3$/日を想定
- ３－４号機取水口間エリア：H25.9～11下旬の約３ヶ月間は，約20m$^3$/日を想定
  山側地盤改良完了後のH25.12～H26.9（海側遮水壁設置予定）の間は，
  約10m$^3$/日を想定
- ２－３号機取水口間エリア：H25.9～12上旬の約３ヶ月間は，約60m$^3$/日を想定
  山側地盤改良完了後のH25.12～H26.9（海側遮水壁設置予定）の間は，
  約30m$^3$/日を想定

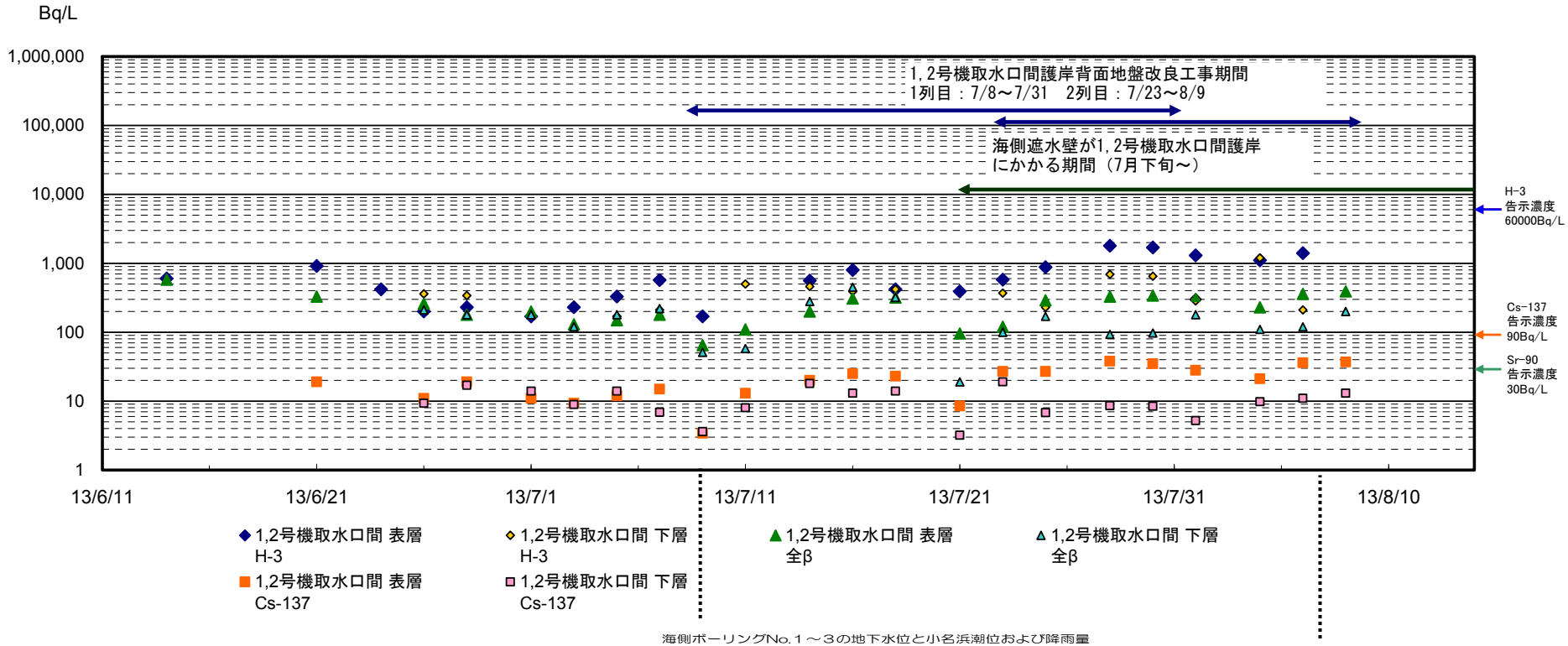
■評価

- 海側遮水壁が完成し、４m盤エリアの対策終了までの間のタンク貯水量は確保される。
- 今後実施する3-4号機、2-3号機取水口間の護岸背面の地盤改良は、地下水の越流を防止（揚水設備の準備等）等を考え施工手順を調整しながら実施する。

# ③地下水流動解析に基づく汚染水量評価：汚染水量評価シミュレーション

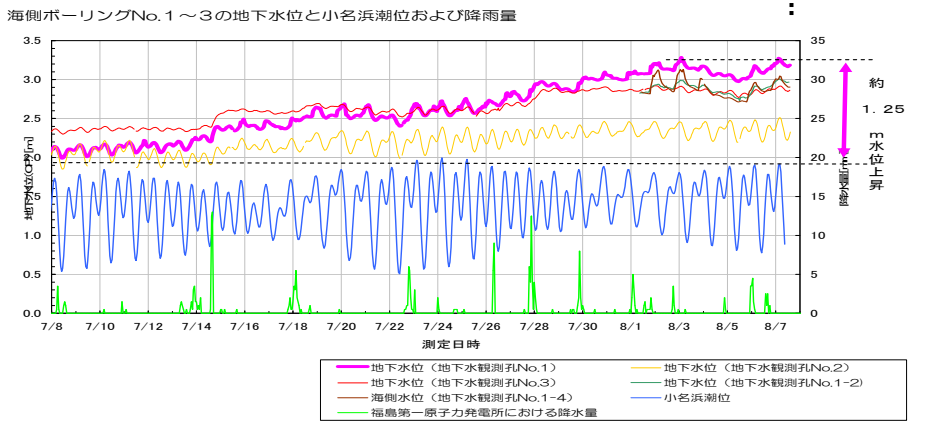


# ④海水中放射性物質濃度の推移（1／3）：1－2号機取水口間




○表層、下層の３核種の濃度について、7/28～8/1に低下、8/4以降に上昇が見られる。（下層の8/1全β、8/4H-3を除く）

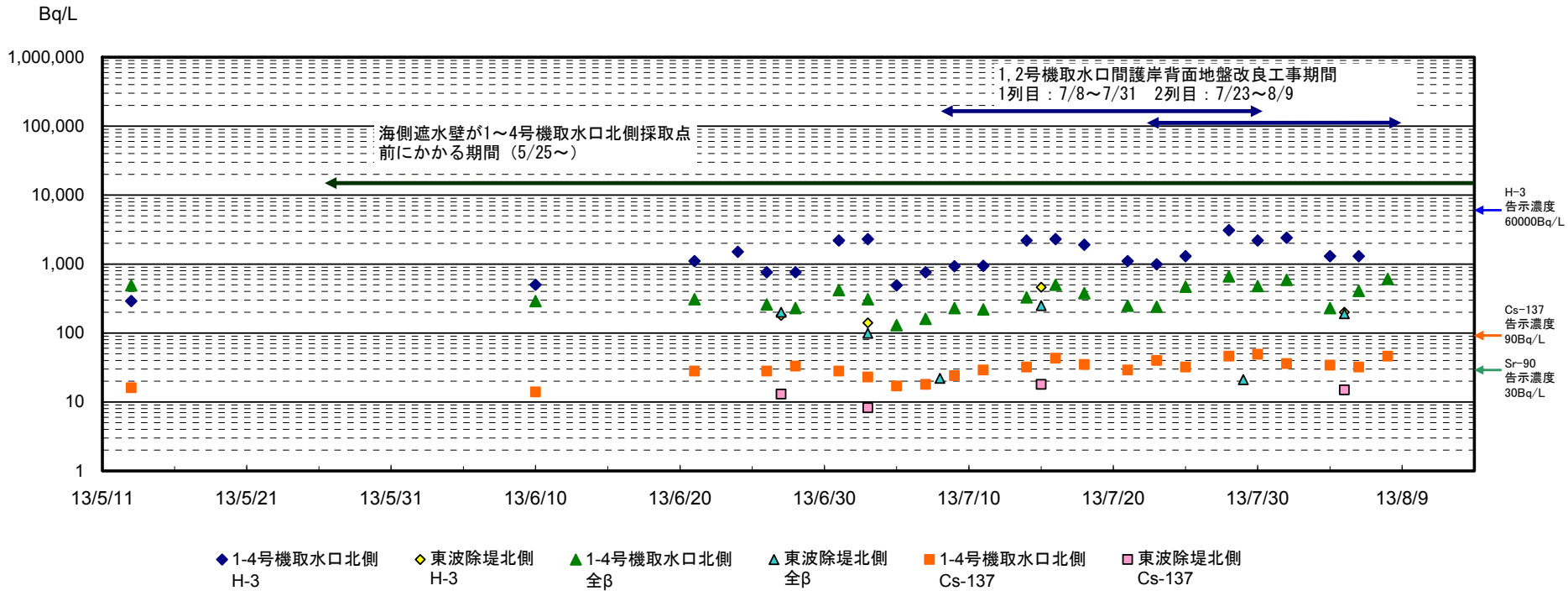
○全体として濃度は上下に変動して推移している。




※ 地下水観測孔No.1-2，1-4の地下水位は，地下水観測孔の基準高確認中のため暫定値

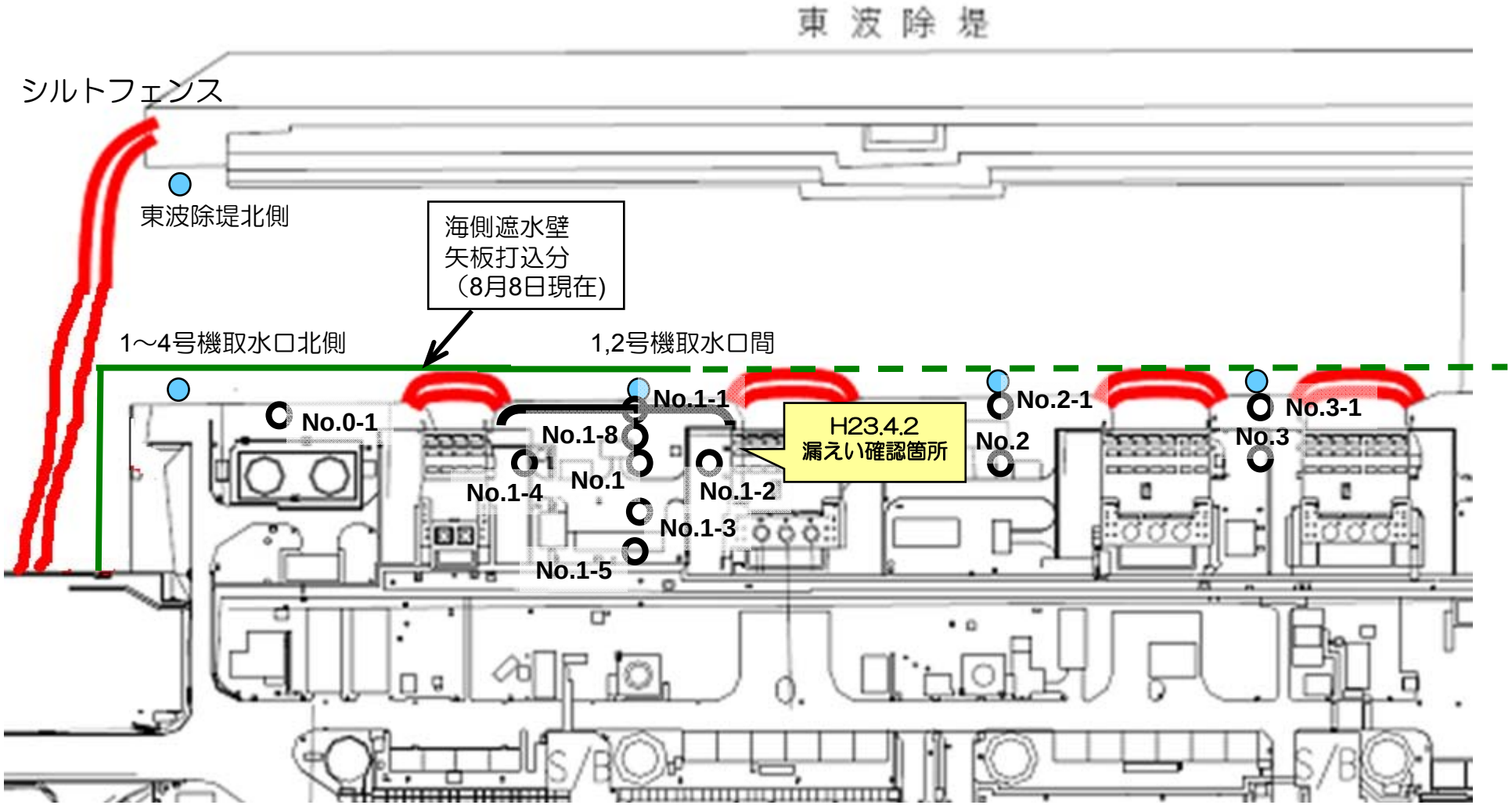
東京電力

# ④海水中放射性物質濃度の推移（2／3）：1～4号機取水路開渠内




○５月より６月にかけて上昇傾向が見られ、その後濃度は上下に変動して推移している。

# ④海水中放射性物質濃度の推移（3／3）：海側遮水壁設置工事の進捗状況




地下水調査孔　　海水採取点

# （3）護岸背面の汚染エリアにおける汚染水対策

# 護岸背面の汚染エリアにおける汚染水対策の基本方針

## 1．汚染水を漏らさない

①護岸背面に地盤改良を実施し，放射性物質の拡散を抑制

②汚染エリアの地下水くみ上げ

## 2．汚染源に地下水を近づけない

③山側地盤改良による囲い込み，及び地下水流入量の管理

④雨水等の侵入防止のためアスファルトフェイシングを実施

## 3．汚染源を取り除く

⑤分岐トレンチ等の汚染水を除去し，閉塞

⑥海水配管トレンチの汚染水の浄化，水抜きを実施

# ①護岸背面に地盤改良を実施し，放射性物質の拡散を抑制
（汚染水を漏らさない）

- １～２号機取水口間護岸背面の地盤改良は8月9日朝に完了（図１）
- ２～３号機，３～４号機取水口間の護岸背面を同様に施工予定
- 地盤改良（水ガラス）の効果（約１００倍程度水を通しにくくする）
- 施工は１列目を先行実施し早期の拡散防止を図る．また，更に２列目をラップさせることで確実な施工品質を確保（図１，２）

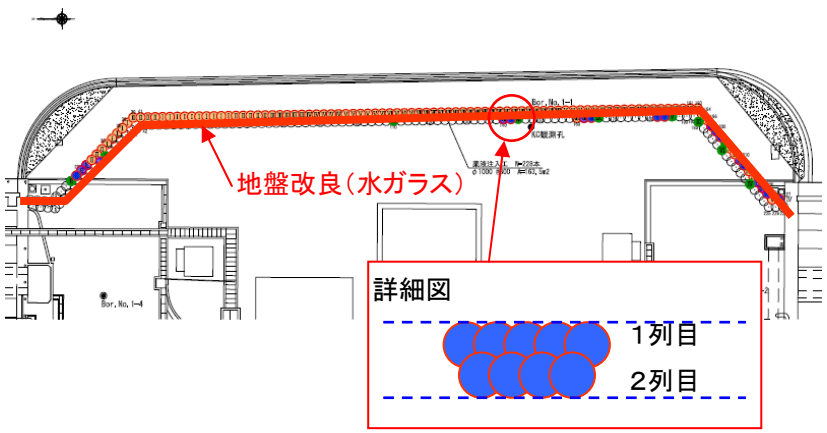



図１　地盤改良（1－2号機取水口間）範囲

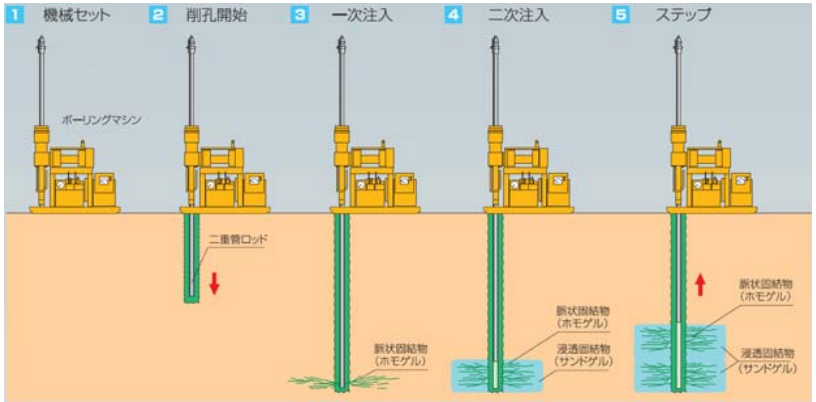



図２　地盤改良（水ガラス）施工手順

# ②汚染エリアの地下水くみ上げ
## （汚染水を漏らさない）

- 囲い込みエリア内に集水ピット（集水ピット①は、8月9日から移送開始）やウェルポイント（バキュームによる強制的な揚水設備）を設置し，地下水位を低下させる（図１，２，３）
- 集水ピット①のくみ上げ量は，約24m$^3$／日（8月10日の実績）
- １～２号機取水口間エリアに関しては２号機C立坑に移送する
- これから実施する２～３号機，３～４号機取水口間エリアに関しては，地盤改良による地下水変動（上昇）に対応できるよう揚水設備を平行して設置する

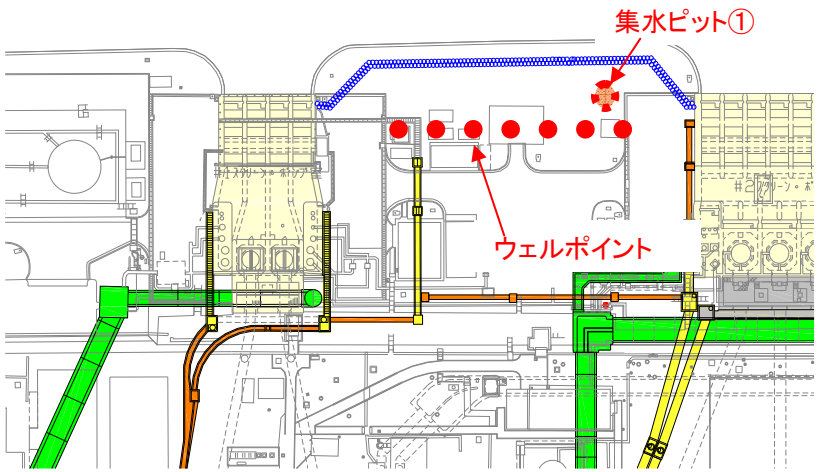



図1　1～2号機エリア平面

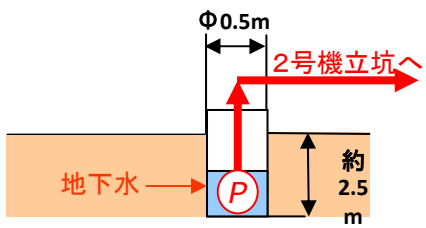


図2　集水ピット詳細図

・ウエルポイントとは
真空を利用して揚水する工法で、一般的には1～2m間隔で取水パイプを打込み、その下端の地下水吸い込み口から吸水して排水するもの。

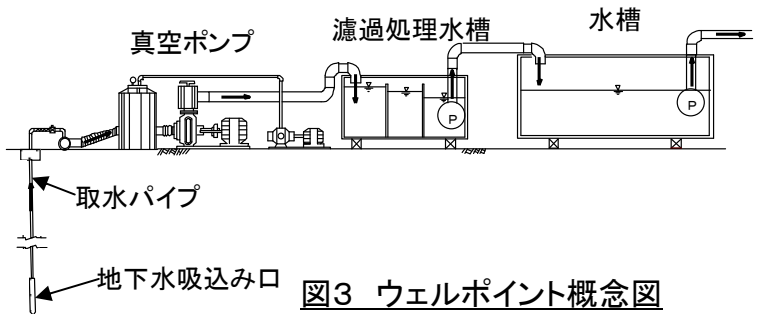
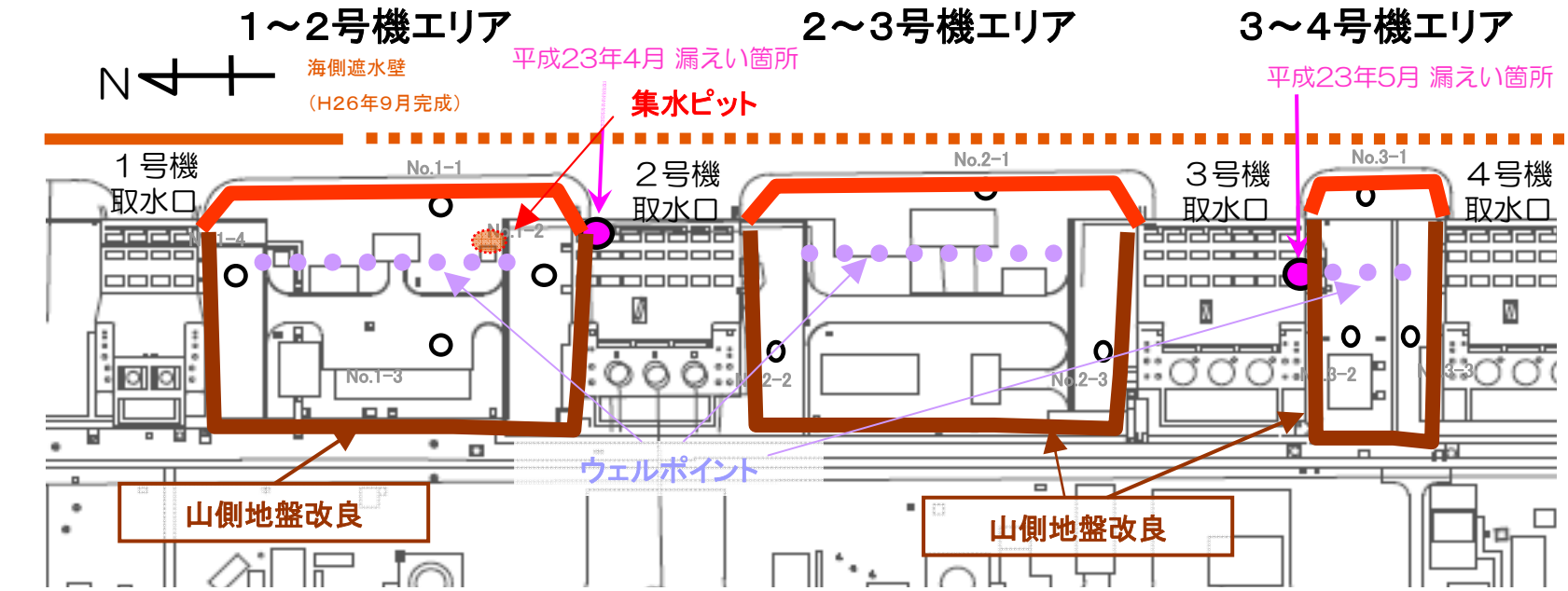



図3　ウェルポイント概念図

# ③山側地盤改良による囲い込み，及び地下水流入量の管理
（汚染源に地下水を近づけない）

- 山側の囲い込みは海側と同様に水ガラスによる地盤改良（水ガラス）を計画している
- 囲い込みエリア内の地下水位を管理する

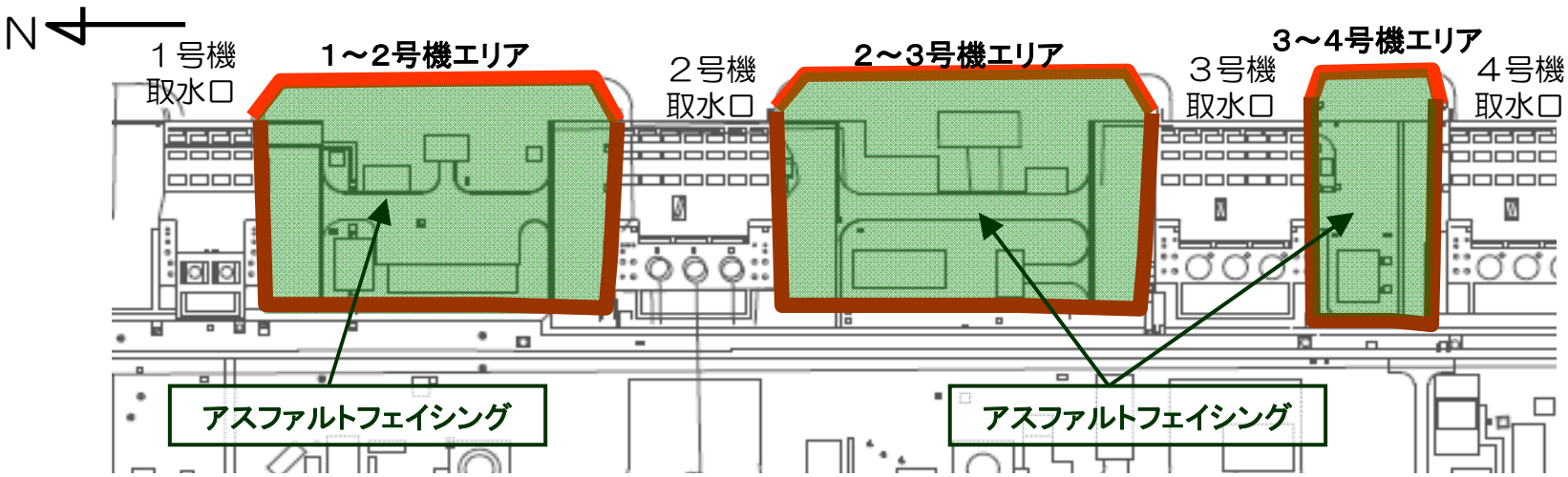



山側地盤改良は現場状況に応じて位置が変更する可能性あり

地盤改良及び排水設備位置平面図

# ④雨水等の侵入防止のためアスファルトフェイシングを実施
（汚染源に地下水を近づけない）

- 地盤改良による囲い込みエリアの雨水の浸透を抑制するため地表面をアスファルト舗装によりフェイシングを実施する。
- アスファルトの透水係数は$10^{-6}$ ～$10^{-7}$ (cm/sec)程度であり，表面は勾配をつけて雨水を排水する
- エリア全体を屋根で覆う方法も考えられるが，早期に雨水の浸入を防止し，メンテナンスや表面の有効活用（作業ヤード等）の観点から，アスファルトによるフェイシングを実施予定

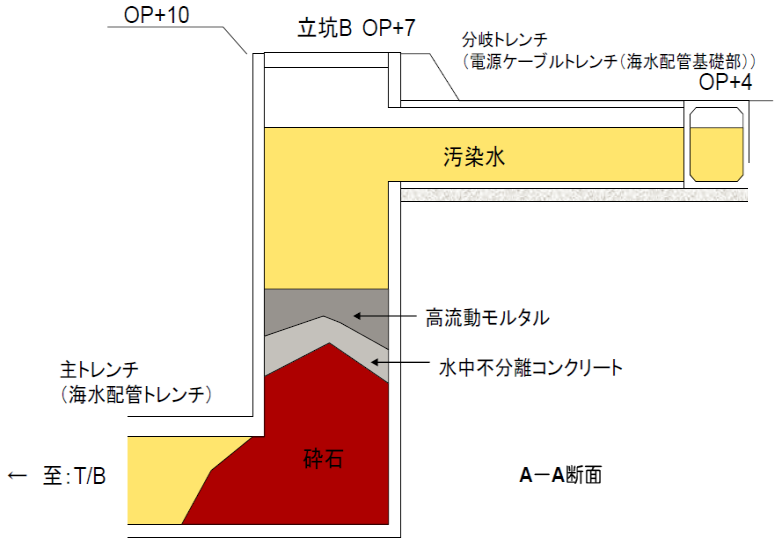



フェイシングエリア平面図

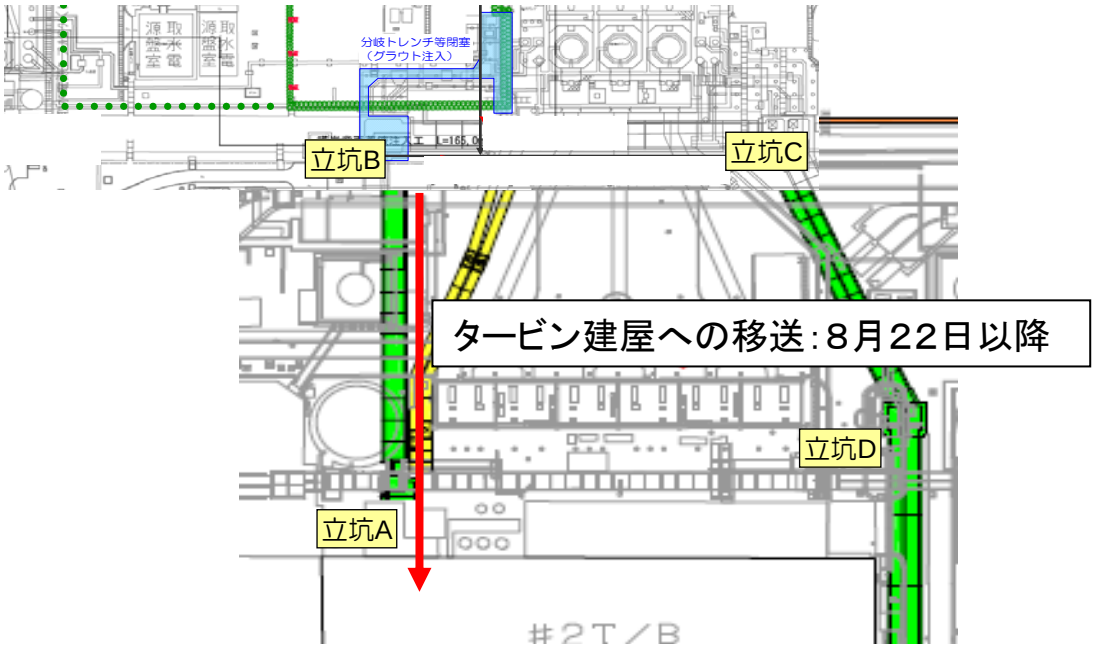
# ⑤分岐トレンチ等の汚染水を除去し，閉塞（1／2）：汚染水の移送
（汚染源を取り除く）

汚染水の移送が必要な2号機分岐トレンチに関しては、分岐トレンチに通じるB立坑の汚染水と合わせて、タービン建屋に移送。移送開始は８月２２日以降。

## 立坑Ｂの閉止状況

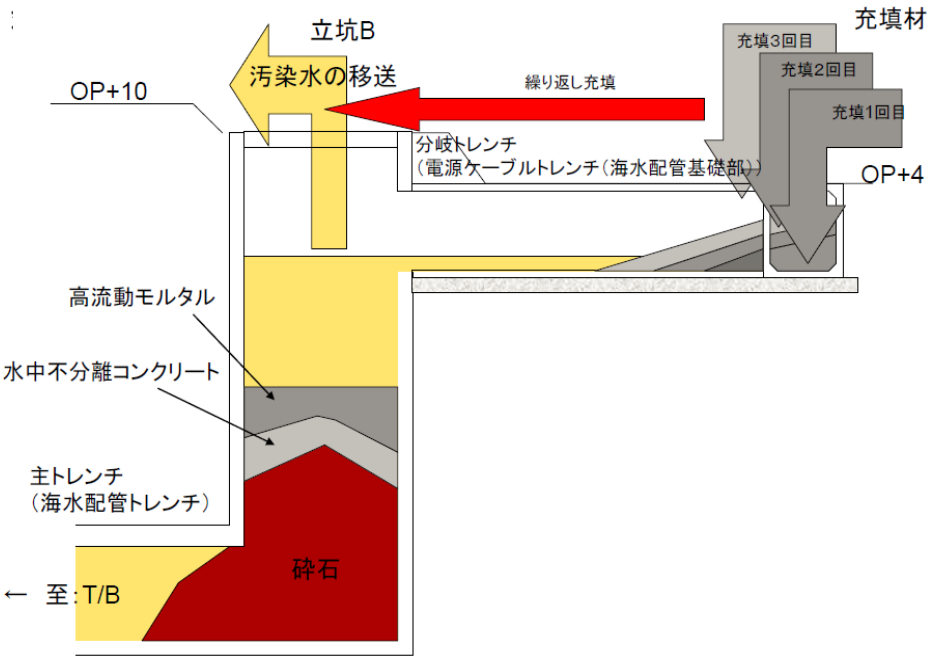



## 立坑Ｂからタービン建屋の移送ルートについて



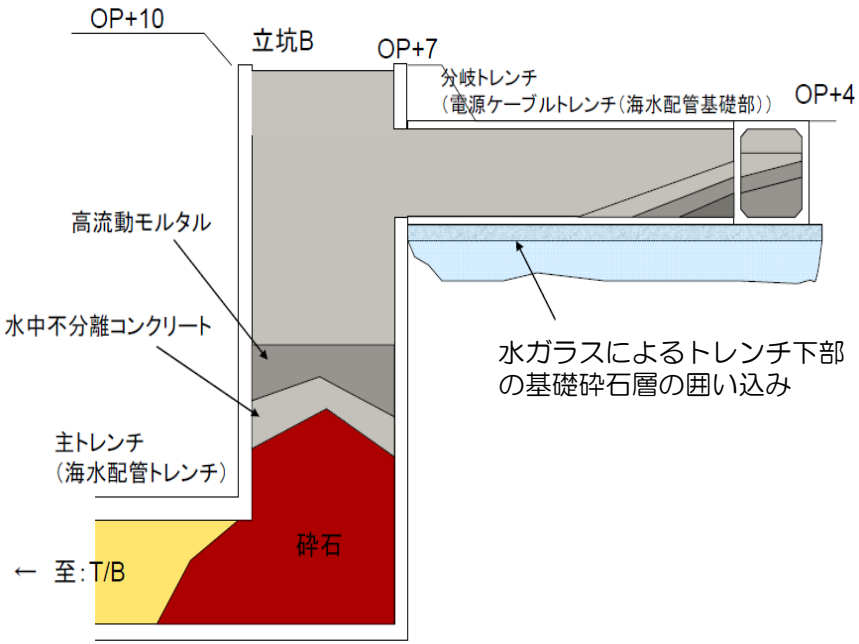
# ⑤分岐トレンチ等の汚染水を除去し，閉塞（2／2）：2号機分岐トレンチの充填
（汚染源を取り除く）

## 充填工事の概要



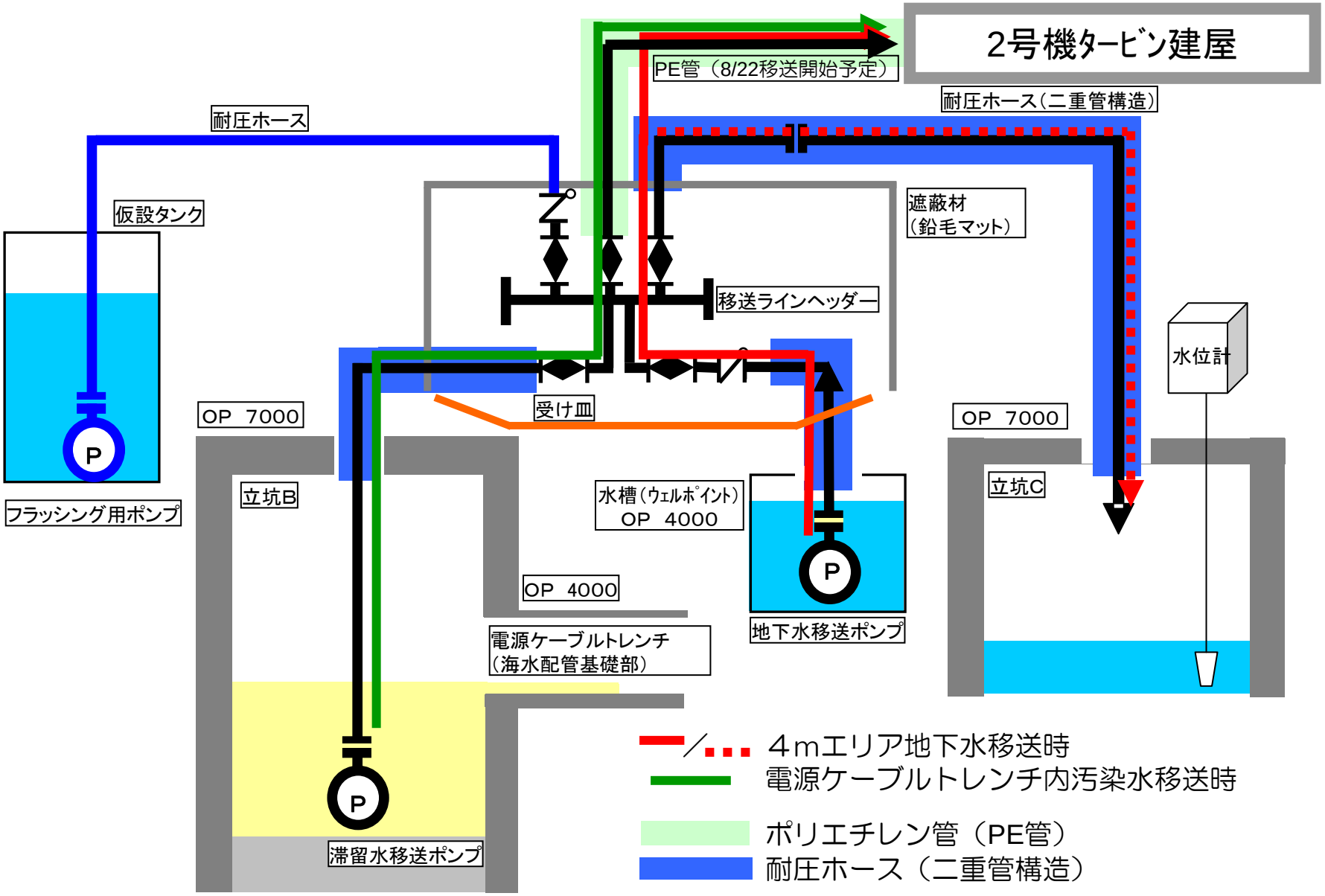

汚染水を移送し、充填材を打設、トレンチ充填材の打設時には、汚染水が溢れないように管理しながら、作業を実施。

## 基礎砕石部の囲い込み概要




充填後には、トレンチ下部の基礎砕石層等に汚染が確認されれば、基礎砕石部に水ガラスを打設し、汚染水の囲い込みを実施。

# 参考（1／5）：移送ライン系統図




東京電力

# 参考（2／5）：移送ラインの漏えい防止策

## 移送ラインの漏えい防止策

■移送ラインはポリエチレン管（PE管）、または耐圧ホース（二重管構造）とする

■耐圧ホースについては、ポリ塩化ビニール等のホースで覆う構造（二重管構造）とし、万が一耐圧ホース部からの漏えいが発生した場合でも系外への漏えいを防ぐ構造とする

■移送ラインのフランジ部等については、受け皿等を設け、土のうによる囲い及びビニールシート養生を実施する

■移送ラインの継手に抜け防止治具を取り付ける

# 参考（3／5）：地下水移送の実施内容

## 地下水移送の実施内容

地下水移送ライン淡水使用によるL/T実施時（8/9実施）

■移送ラインL/Tは、淡水（約2m3）を立坑Cに排出する

■立坑C水位を連続監視し、2号機タービン建屋、2号機主トレンチの水位の確認を行い、立坑の水位上昇がないことを確認した※

※2号機主トレンチと2号機タービン建屋が連動しない場合、
約27mm上昇すると予想
また、地下水移送時にはタービン建屋水位の低下に合わせて立坑Cの水位も低下した。

地下水移送ラインによる2号機タービン建屋／立坑Cへの移送

■地下水位が地盤改良の天端より高い場合（地盤改良の内側と外側の地下水位を測定）、地下水の汲み上げを速やかに実施する

■移送先は、2号機ﾀｰﾋﾞﾝ建屋とするが、2号機ﾀｰﾋﾞﾝ建屋に移送するラインが完了するまで立坑Cとする（移送先の水位監視は実施）

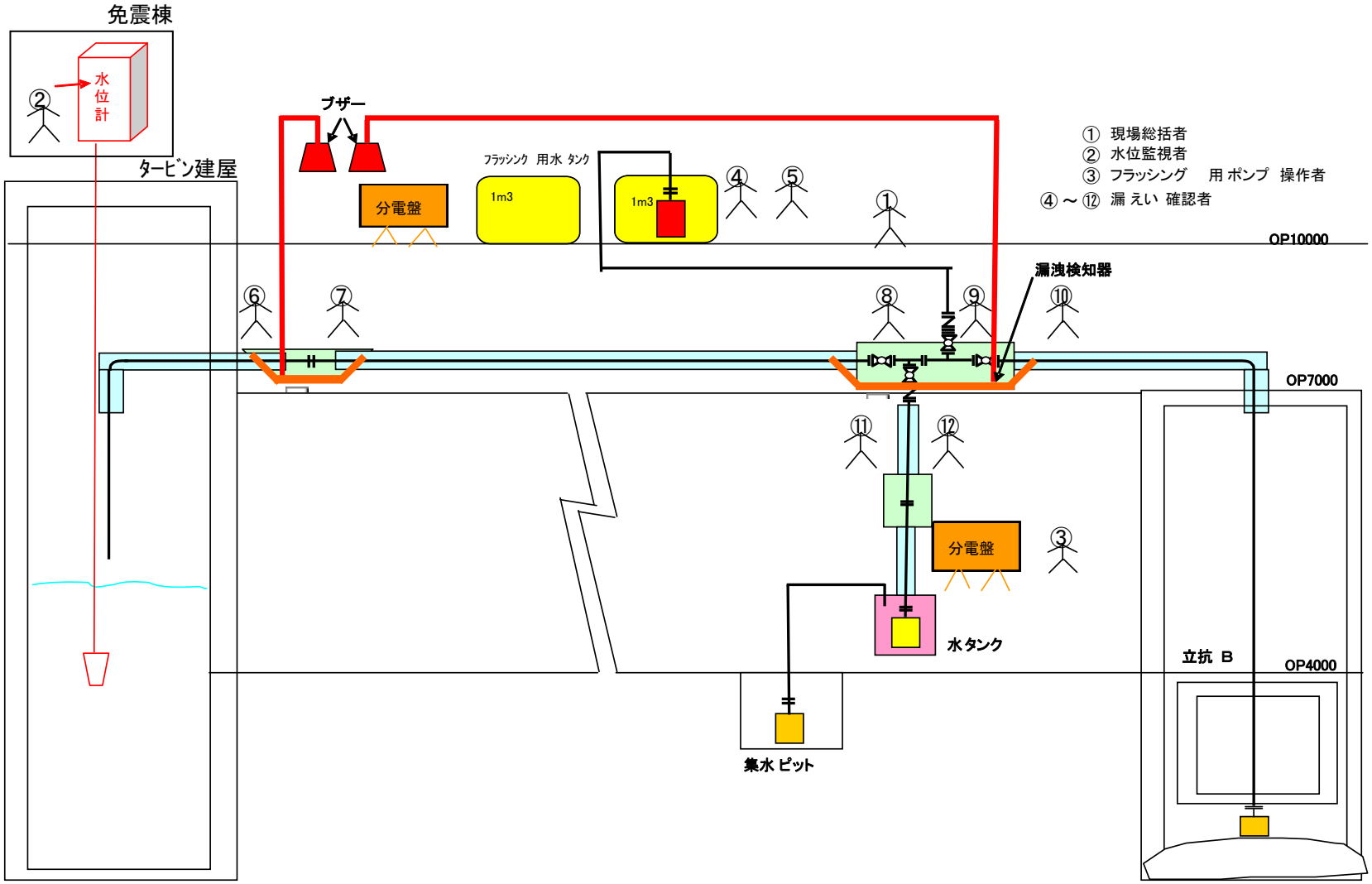
■水槽（ウェルポイント）水位のON/OFF制御により移送する

# 参考（4／5）：分岐トレンチ滞留水移送の実施内容

## 分岐ケーブルトレンチ滞留水移送の実施内容

- 移送ラインL/Tは、淡水を2号機タービン建屋に排出する
- 2号T／Bの水位は免震棟で監視する
- 移送ラインの漏えい監視は、ライン近傍での線量が上昇することから、遠方（10m盤）で実施する
- 移送ラインヘッダー部（受け皿を設置）に設置した漏えい検知器の作動（ランプ・ブザーで確認）が確認された場合は、即時ポンプを停止する

# 参考（5／5）：分岐トレンチ移送時における現場配置図




図−9 汚染水移送時の現場配置図

# ⑥海水配管トレンチの汚染水の浄化，水抜きを実施
# （汚染源を取り除く）

（ｉ）主配管トレンチ（海水配管トレンチ）内汚染水の浄化方法

（ii）トレンチ内汚染水の水抜き方法について

（iii）主な検討課題

（iv）タービン建屋接続部の状況

（ｖ）凍結模型試験

# （ｉ）主配管トレンチ（海水配管トレンチ）内汚染水の浄化方法

トレンチ内汚染水処理にはT/B接合部の止水等の大きな技術課題があり，課題解決には時間を要することから，まずトレンチ内汚染水の濃度低減を行い，その後トレンチ凍結止水によるトレンチ内汚染水の水抜き・充填を実施する。浄化については，以下の2つの方法の準備を行っているが，主として処理装置による浄化を実施する予定。

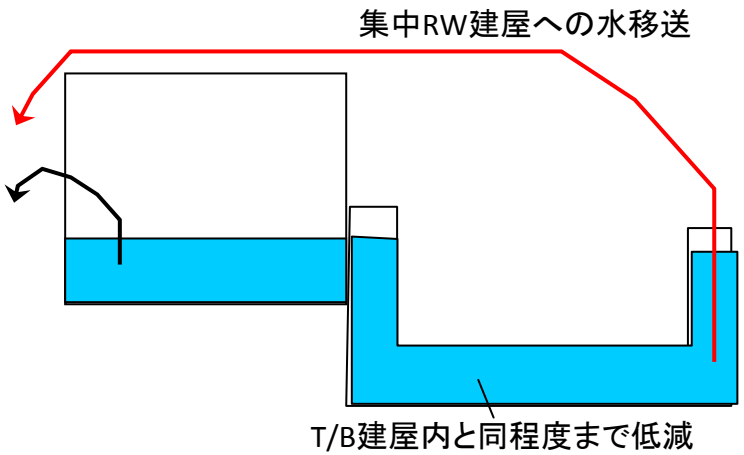
① 水処理設備（既設）への移送・処理

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。

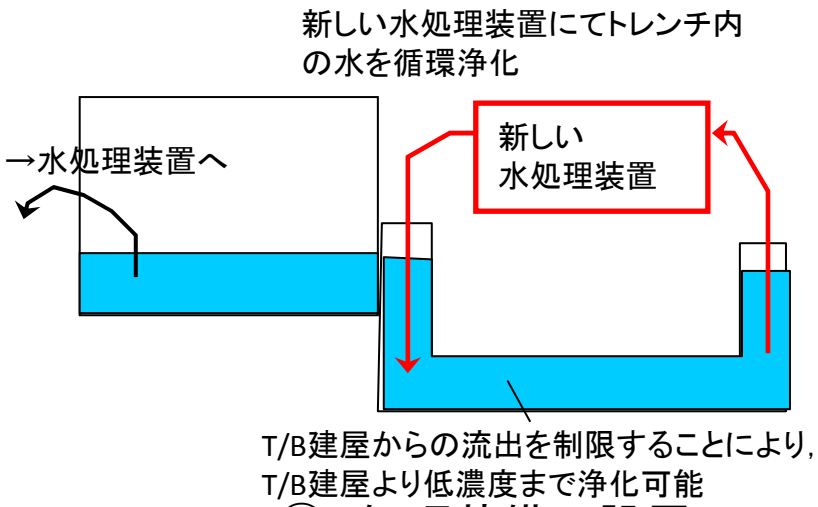
現状の汚染水の流れと異なるため調整が必要

② 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




① 水処理設備への移送




② 処理装備の設置

# （ⅱ）トレンチ内汚染水の水抜き方法について：施工概要

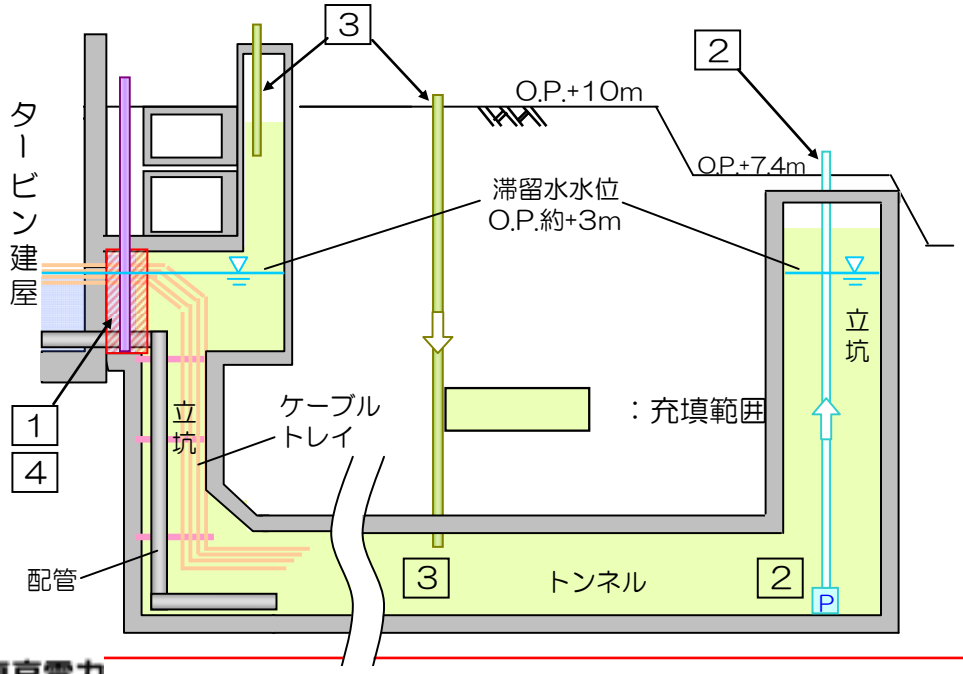
## 課題：タービン建屋と海水配管トレンチの分離

→ タービン建屋とトレンチの接続部の凍結による止水を検討

### 凍結止水方法の大きな課題

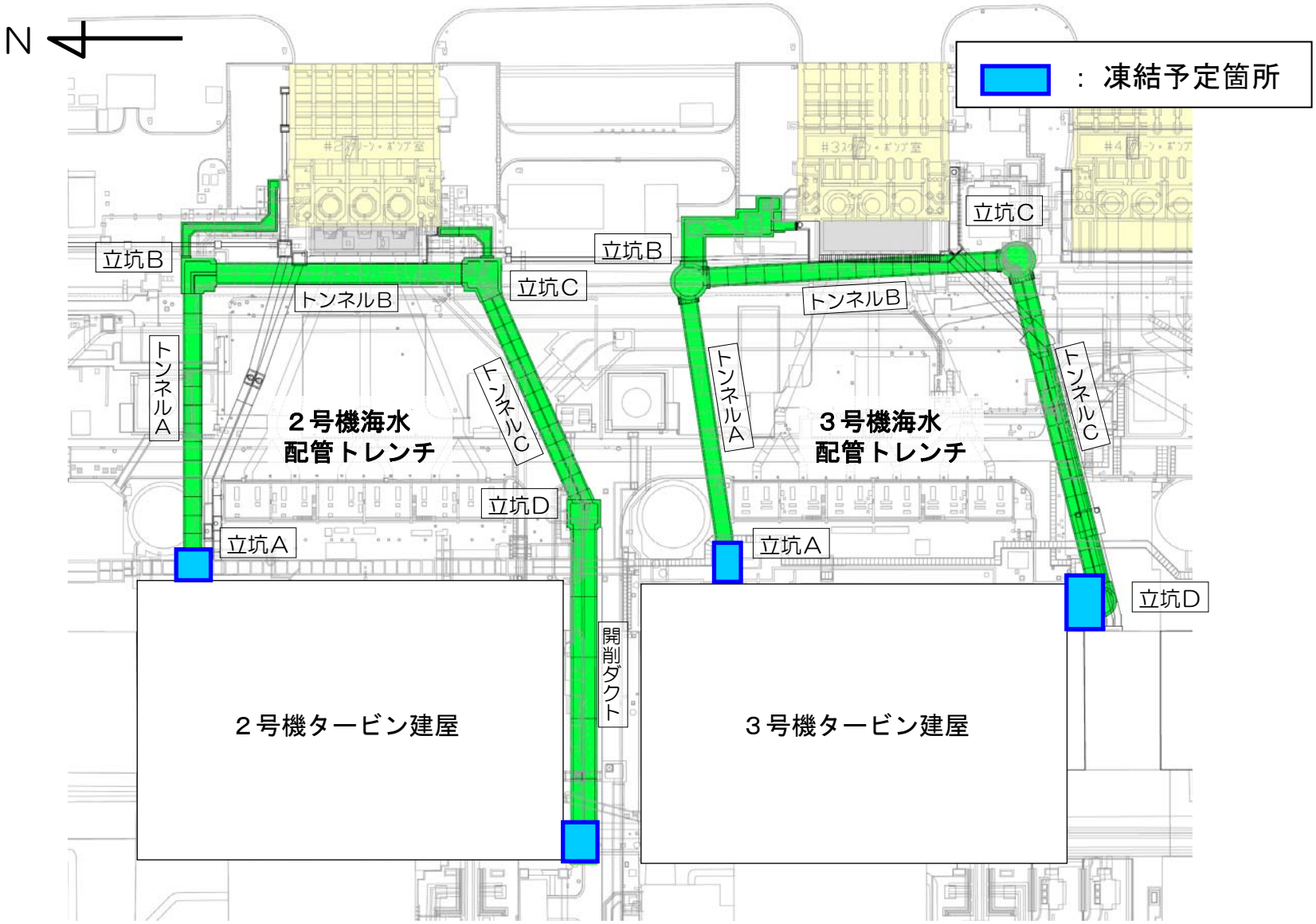
- ■ 本来は，地盤中の間隙水を凍結させる工法であり，直接，水を凍結させた実績がない（凍結時に水に流れが発生し，凍結し難いという懸念がある）
- ■ 凍結箇所に配管やケーブルトレイなどの支障物があるため，凍結時の支障となる

→ 課題解決を目的として
凍結模型試験を実施，評価



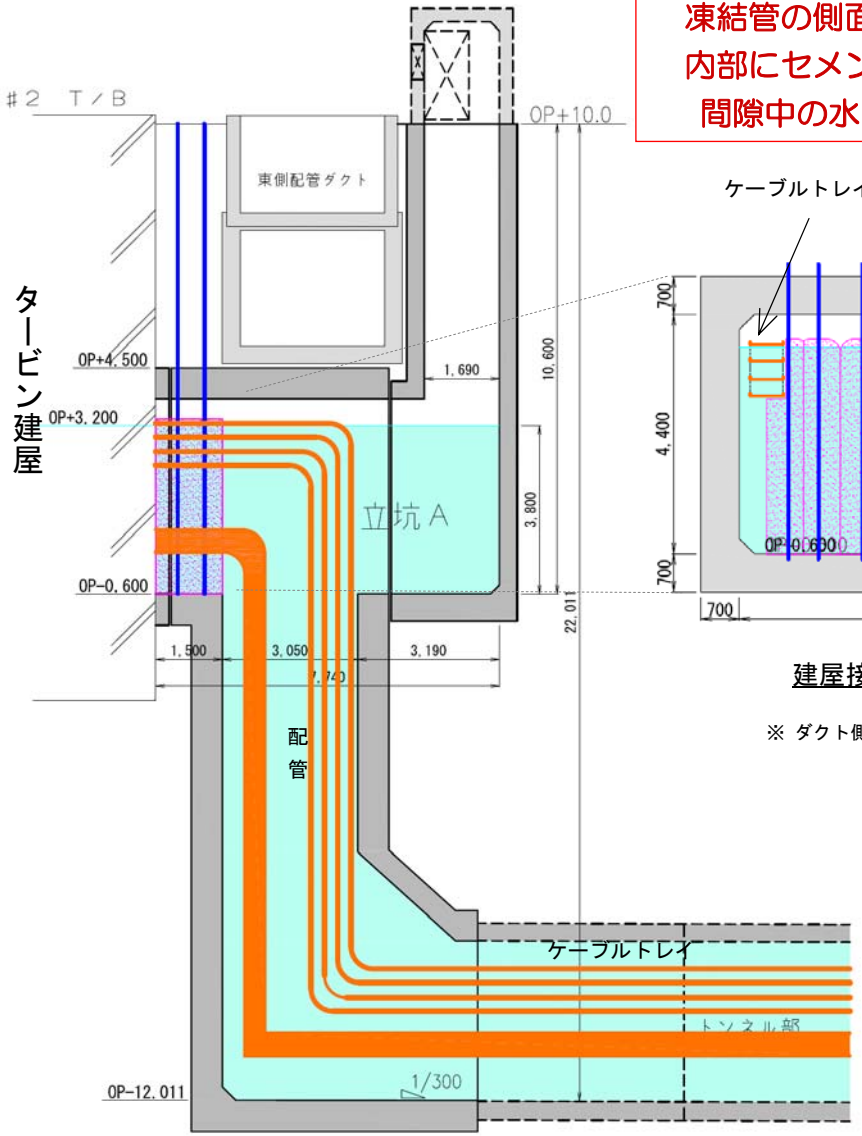

1. 建屋接続部を凍結止水
2. トレンチ内汚染水を移送
3. トレンチ部・立坑充填
4. 建屋接続部の解凍，充填

# （ⅱ）トレンチ内汚染水の水抜き方法について：海水配管トレンチ全体平面図

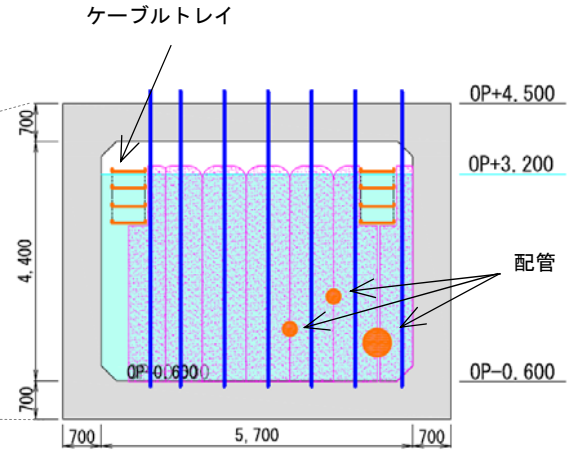


# （ⅱ）トレンチ内汚染水の水抜き方法について：凍結止水部の構造

凍結管の側面に配置したパッカーの内部にセメント系固化材を充填し，間隙中の水を凍結させ，止水する

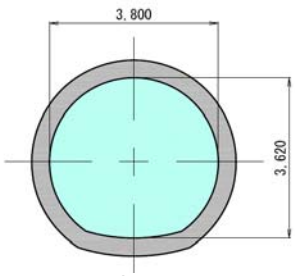



２号機立坑Ａ部縦断図




建屋接続部正面図※

※ ダクト側からタービン建屋方を望む




トンネル断面図

## パッカー（内部充填）とは

土木工事使用例：主に施工時の止水を目的に使用
・グランドアンカー設置後，空隙充填時の口元止水
・地盤改良（薬液注入等）注入時の一部注入口止水

グランドアンカー口元止水

パッカー材質：ナイロン製
凍結試験では，長さ約2m、直径300mmと800mm程度の２種類のパッカーをつないで使用

布製パッカー

：凍結管

：パッカー（内部充填）

# （ⅱ）トレンチ内汚染水の水抜き方法について：凍結止水施工フロー（案）

① 保護管設置後，
立坑頂版部の削孔

↓

② 凍結管（パッカー装着）設置

↓

③ パッカー内充填材注入

↓

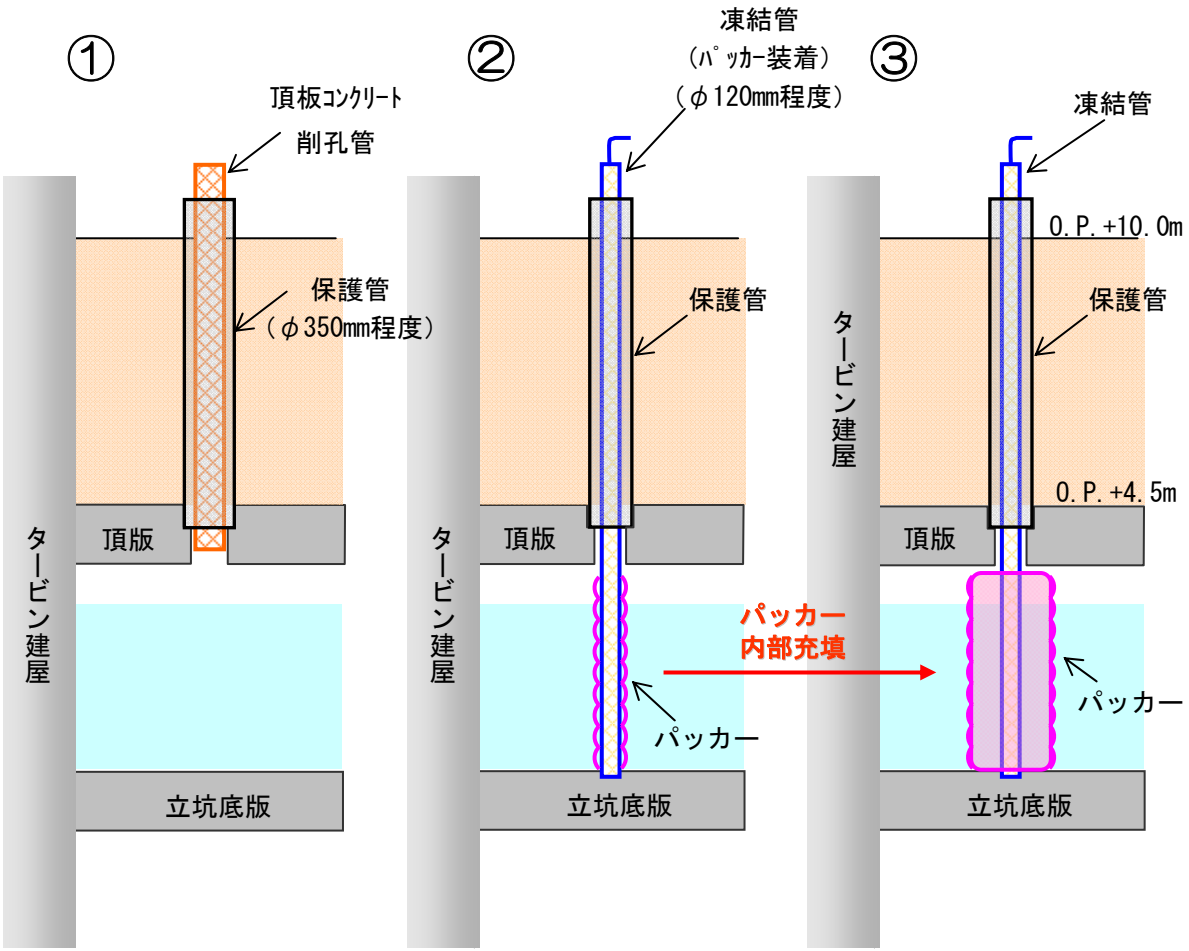
④ 凍結プラントへの接続

↓

⑤ 凍結開始

↓

⑥ 凍結完了




２号機の例

# （iii）主な検討課題（1／3）：凍結止水：凍結模型試験で検証

| 検討項目 | 対応 |
|---|---|
| 配管等の支障物<br>の影響 | 凍結模型試験で確認・検証<br>・配管やｹｰﾌﾞﾙﾄﾚｲ等の支障物による凍結壁造成への影響を試験で確認する<br>・配管内の水有無による凍結壁造成への影響や凍結時の配管への影響を試験で確認する<br>・立坑外部への凍結管設置や列数増のケースを実施し，その効果を確認する |
| 水そのものの凍結可否<br>汚染水対流による<br>凍結可否への影響 | 凍結模型試験で確認・検証<br>・立坑内部へのパッカー設置および内部への充填材注入により，水の流れを抑えて凍結しやすくする<br>・配管等の支障物によりパッカーが届かない箇所について凍結可否を試験で確認する |
| 凍結止水完了の確認 | 凍結模型試験で確認・検証<br>・測温管による計測温度が氷点以下となることを確認することにより凍結止水完了の確認をするが，試験結果に基づいて最適な管理点の配置を検討する |

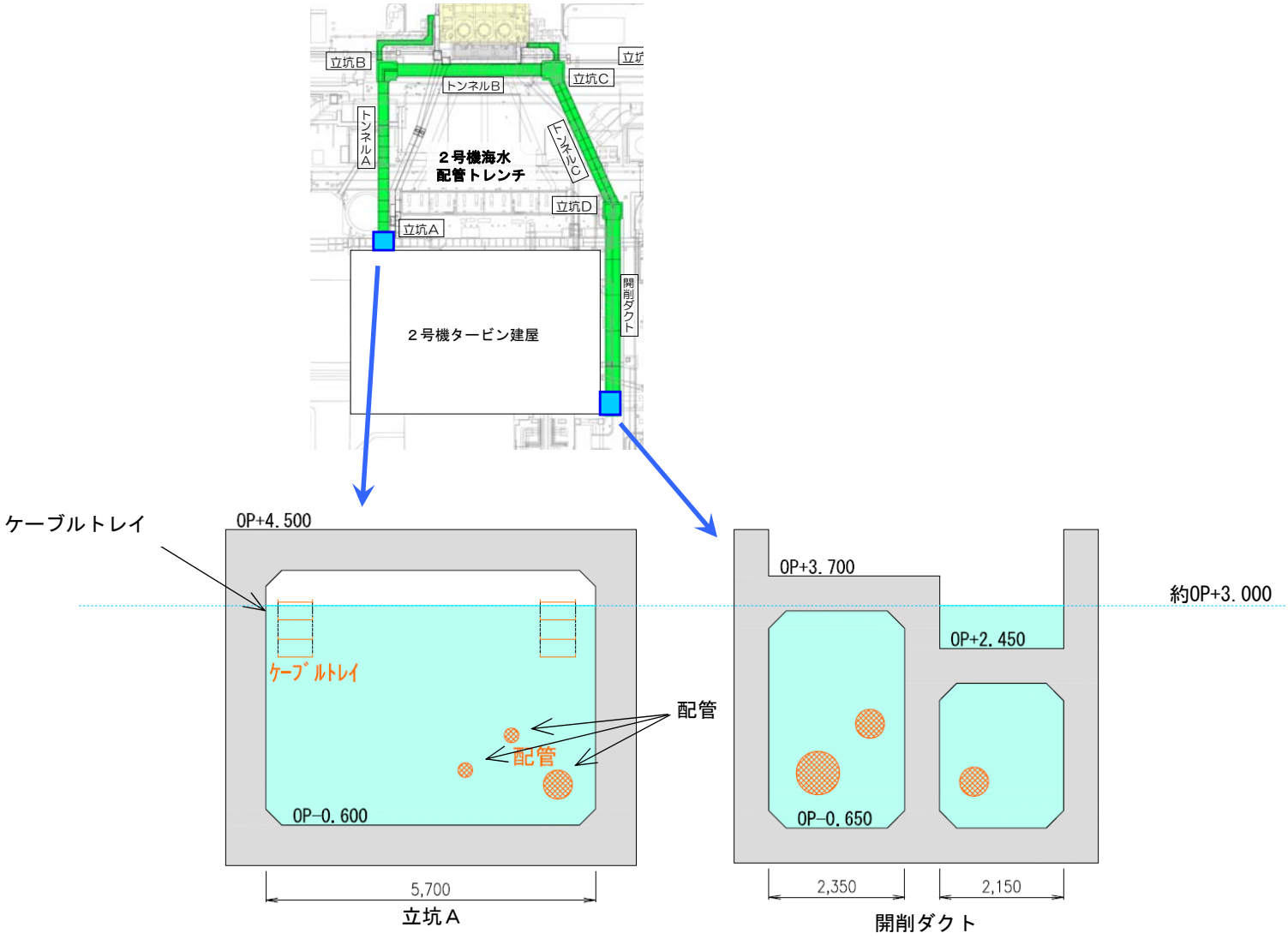
# （iii）主な検討課題（2／3）：水抜き・充填

| 検討項目 | 対応 |
|---|---|
| 立坑への水抜きポンプ設置時の支障物の影響 | 現場確認<br>・事前に立坑底部への設置可否を現地で確認する<br>・支障物が存在する場合，その撤去方法について検討する |
| 水抜き後のトレンチ内地下水流入への対応 | 机上検討<br>・水抜き後の海水配管トレンチへの地下水流入量を想定し，それに応じた充填方法を検討する |
| 充填材の充填性確保<br>トレンチ内支障物（配管，津波漂流物等）の影響<br>残水の影響 | 机上検討<br>・最適な充填材を選定する（充填性，水中不分離性等）<br>・充填孔のピッチ等の最適化を検討する |
| 充填完了の確認 | 机上検討<br>・トレンチ内への確実な充填が可能な方法を検討する<br>・充填後の確認方法について検討する |

# （iii）主な検討課題（3／3）：共通・その他

| 検討項目 | 対応 |
|---|---|
| 施工箇所（凍結管削孔箇所や凍結・充填プラント等）の線量低減対策 | 机上検討<br>・各箇所とも高線量（1mSv/h以上）のため，各箇所での施工内容や線量に応じた線量低減対策を検討する<br>・被曝量増加による人員不足リスクについて検討する |
| 凍結試験や施工検討の結果凍結止水が成立しない場合の代替策 | 机上検討<br>・他工法の検討を含め代替策を検討する |
| 設備損傷や電源喪失リスク | 机上検討<br>・リスク低減策および不具合発生時の対応方法について検討する |

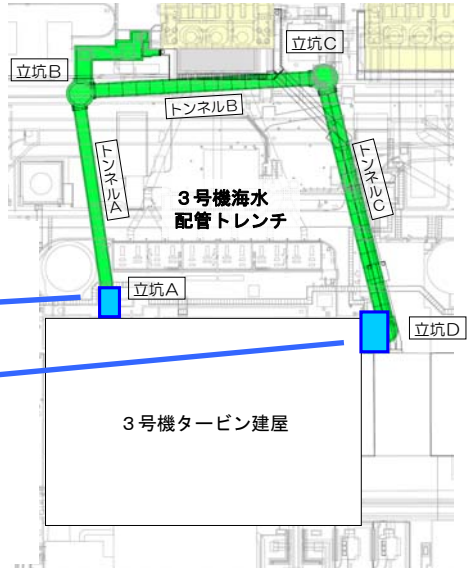
# （ⅳ）タービン建屋接続部の状況（1／2）：2号機接続部

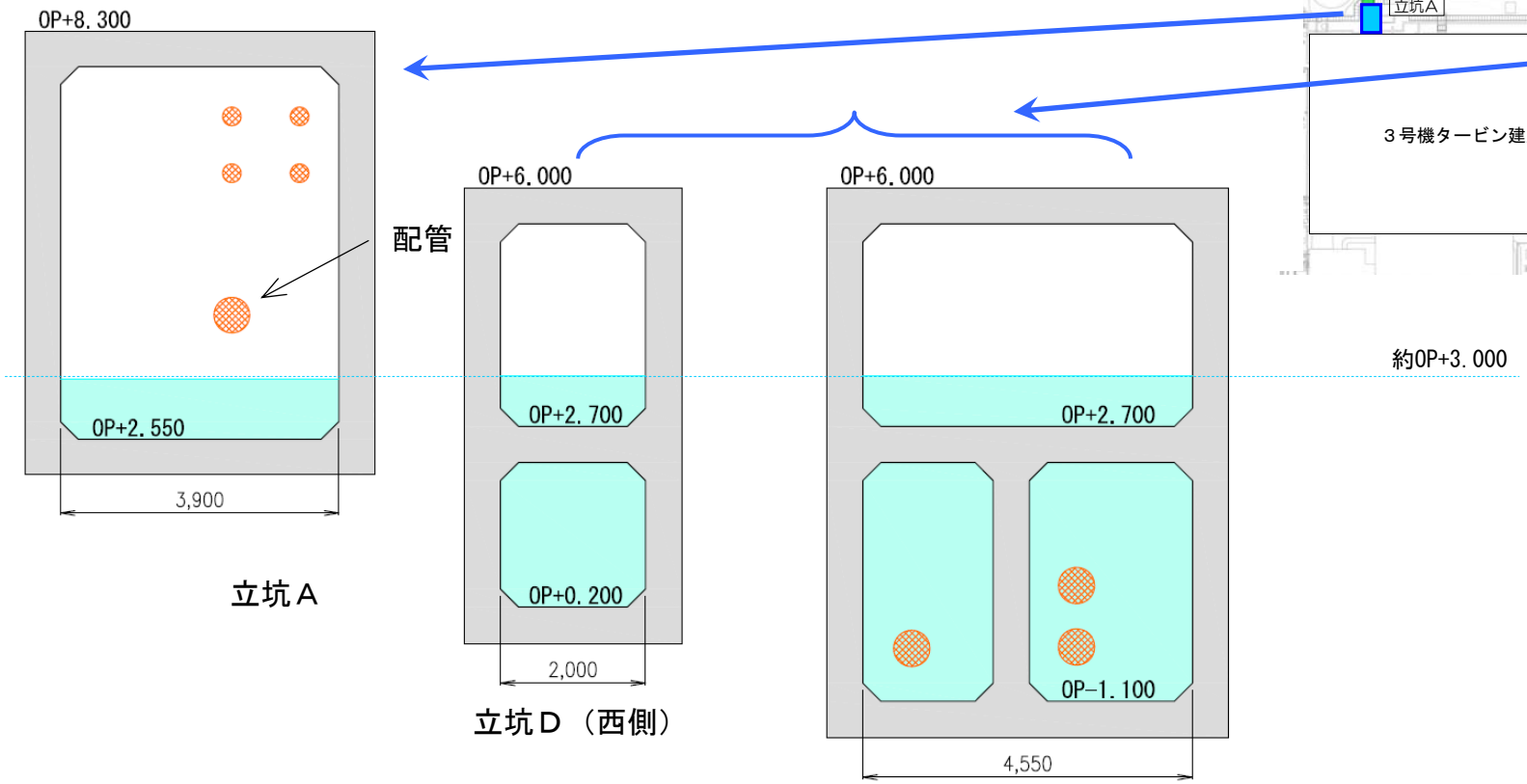



２号機建屋接続部正面※

※ 立坑側からタービン建屋方を望む

# （ⅳ）タービン建屋接続部の状況（2／2）：3号機接続部




３号機建屋接続部正面※

※ 立坑側からタービン建屋方を望む

# （ｖ）凍結模型試験（１／２）：凍結模型試験概要

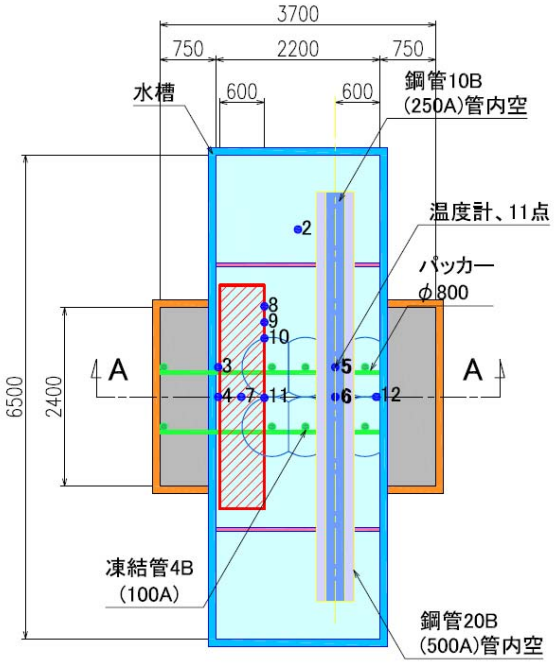
・配管，ケーブルトレイ等の状況を模擬できるよう試験模型を設定
・効果的な凍結管の配置を検討するため，複数の試験を実施

・CASE_1　　：基本ケース（支障物がない状況での止水確認）
・CASE_2 vs CASE_3：立坑外側地盤 凍結管有無 比較
　　配管内水有無 比較
・CASE_2 vs CASE_4：凍結管列数（２列 vs ３列）比較

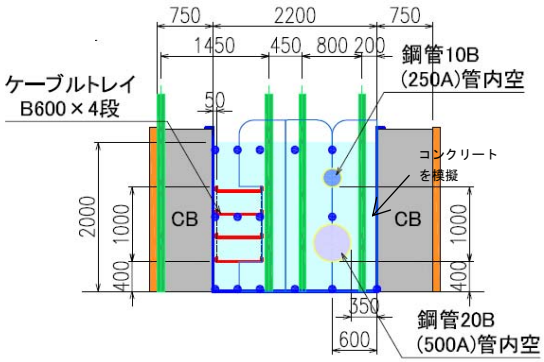
| | CASE_1 | CASE_2 | CASE_3 | CASE_4 |
|---|---|---|---|---|
| トレンチ内設備（配管等） | なし | あり | | |
| 凍結管の間隔 | 一定 | トレンチ内設備に従う | | |
| 配管内水状態 | ― | 満水 | 空 | 満水 |
| 外側（地盤側）からの冷却 | なし | | あり | |
| 凍結管の列数 | ２列 | | | ３列 |

東京電力

# （ｖ）凍結模型試験（２／２）：凍結模型試験　準備状況




底面付近平面図




断面図

CASE_3（2号立坑Ａを模擬）

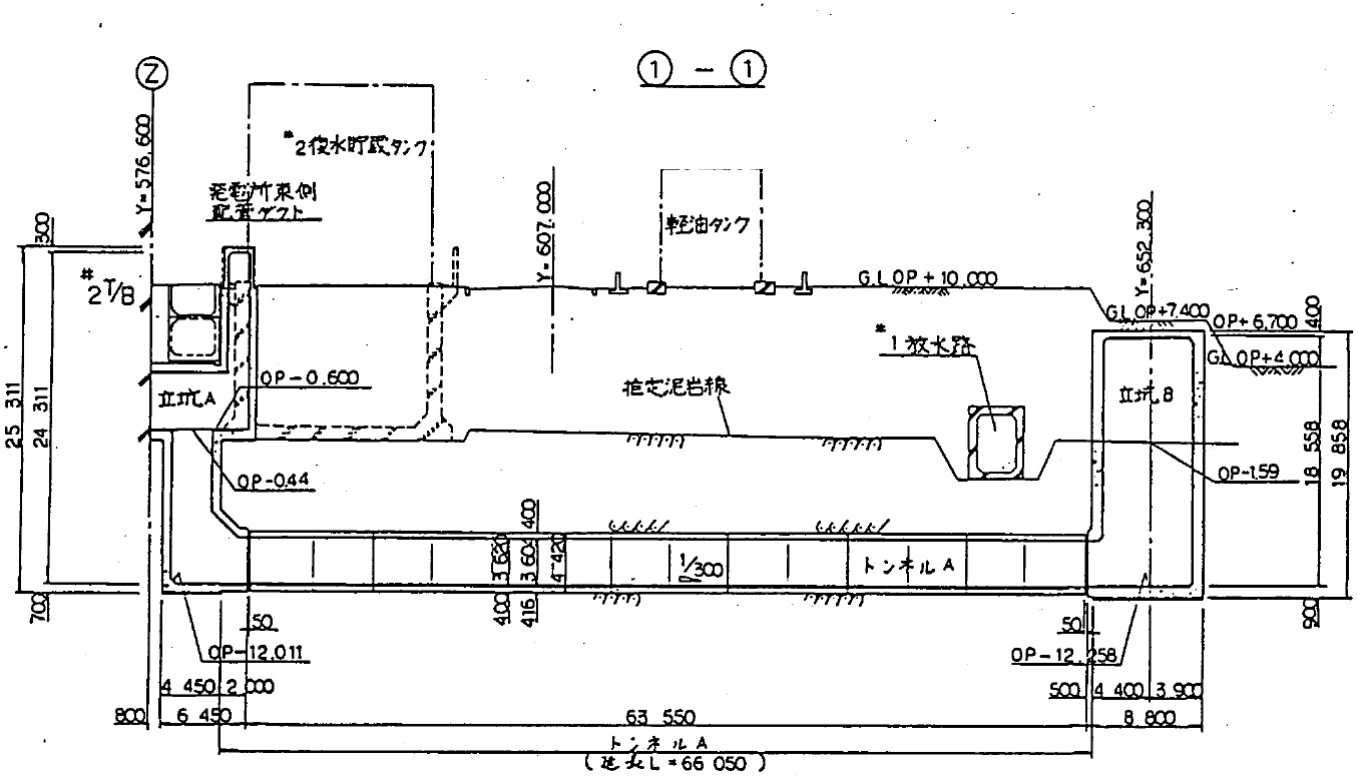
試験模型設置状況（全景）

CASE_3 試験模型内部状況

凍結時の冷却液には，ブライン
（不凍液，-40度程度）を使用

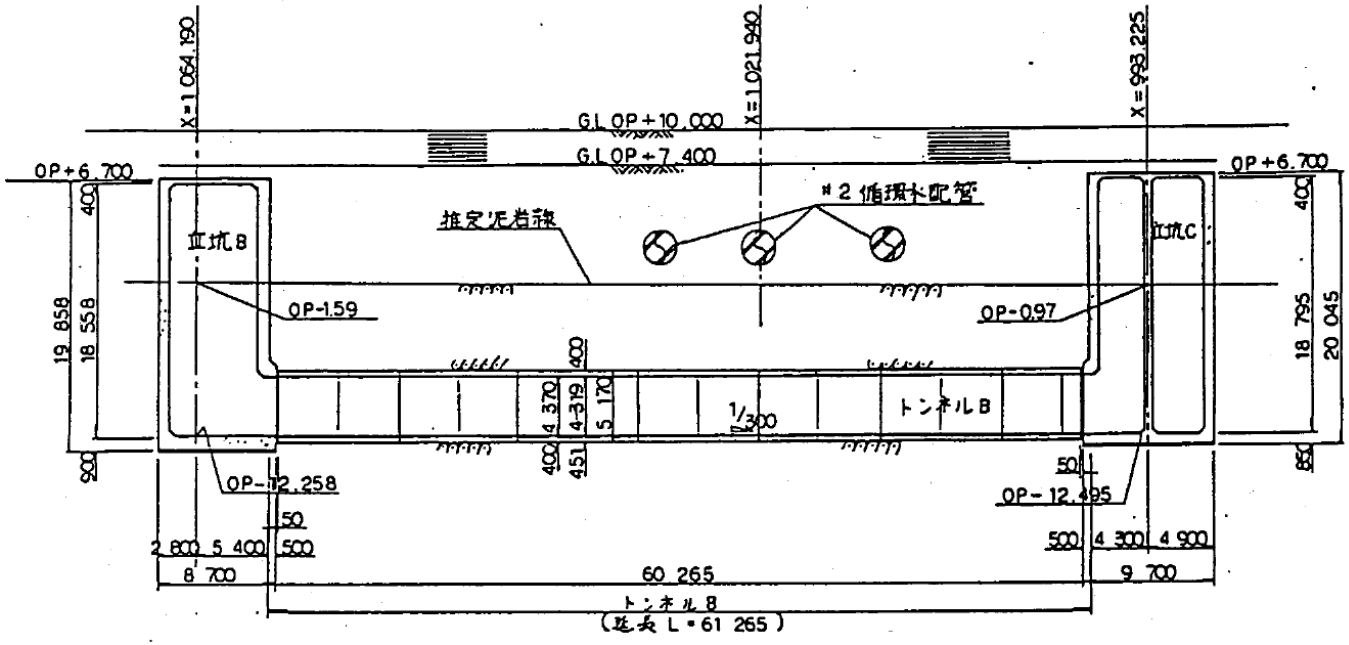
凍結プラント

# 参考（1／13）：海水配管トレンチの構造（2号機）



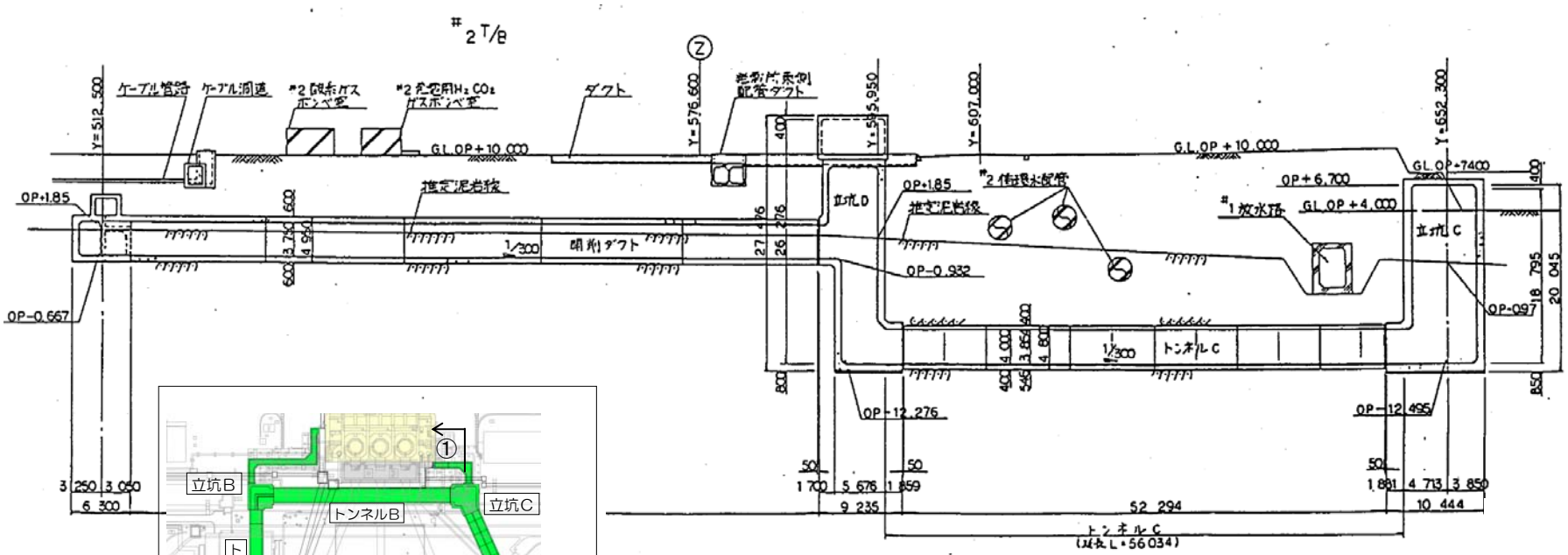

立坑Ａ～トンネルＡ～立坑Ｂ 縦断図
（①－①断面）

# 参考（2／13）：海水配管トレンチの構造（2号機）



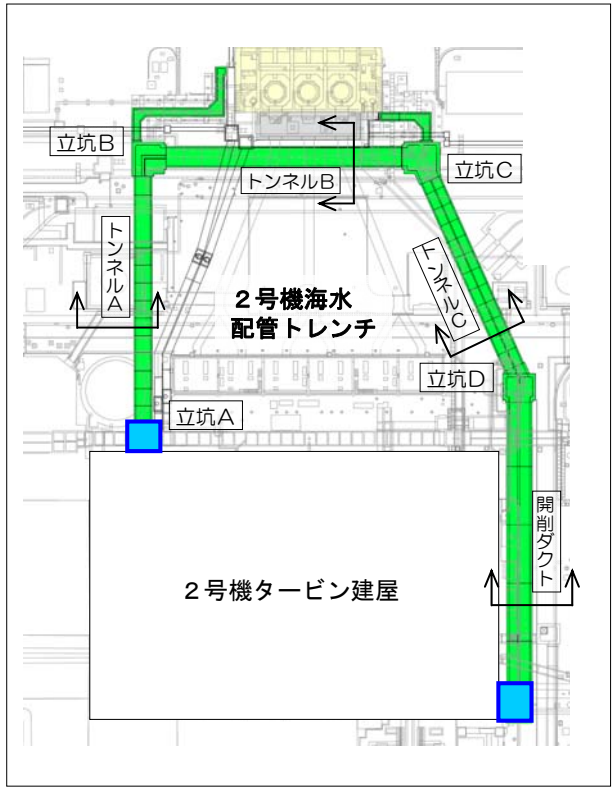

立坑B～トンネルB～立坑C 縦断図
（①－①断面）

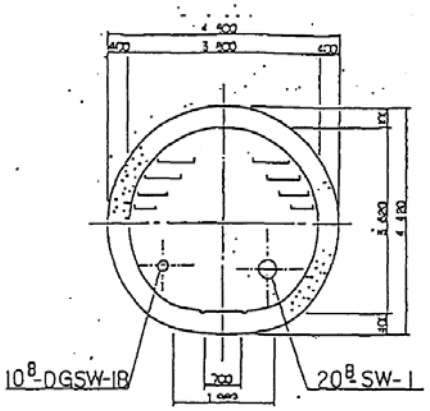
# 参考（3／13）：海水配管トレンチの構造（2号機）



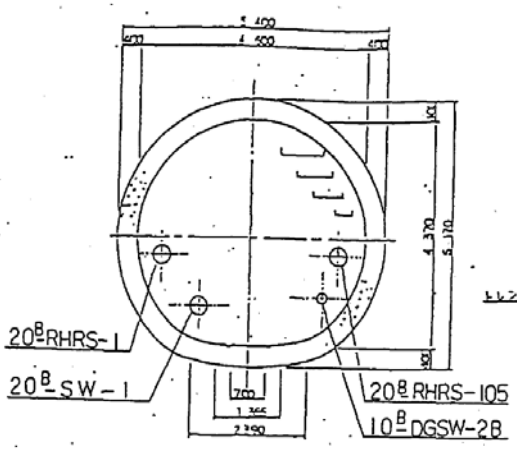
立坑C～トンネルC～立坑D～開削ダクト 縦断図
（①－①断面）

# 参考（4／13）：海水配管トレンチの構造（2号機）

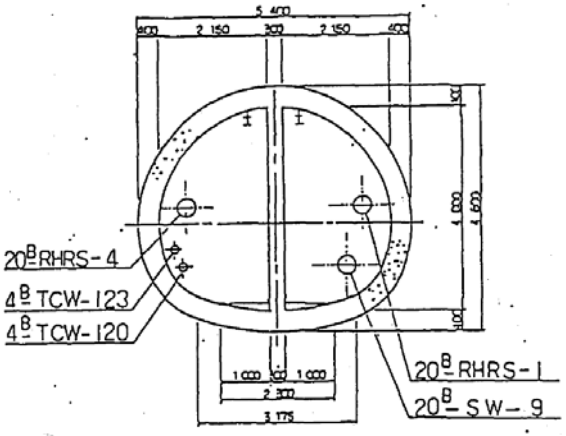


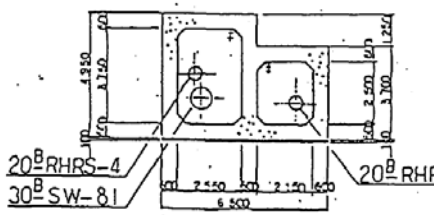

トンネルA 標準断面




トンネルB 標準断面

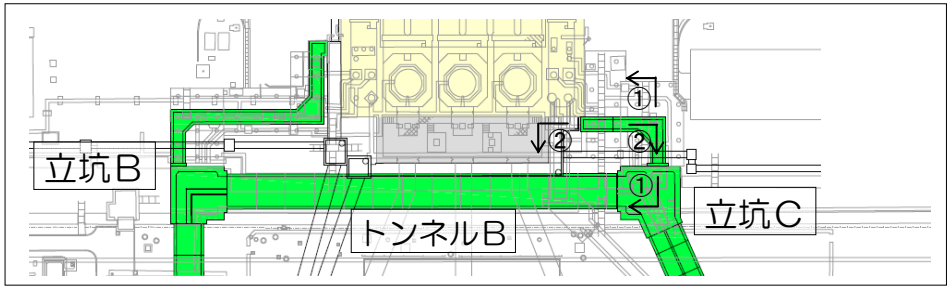


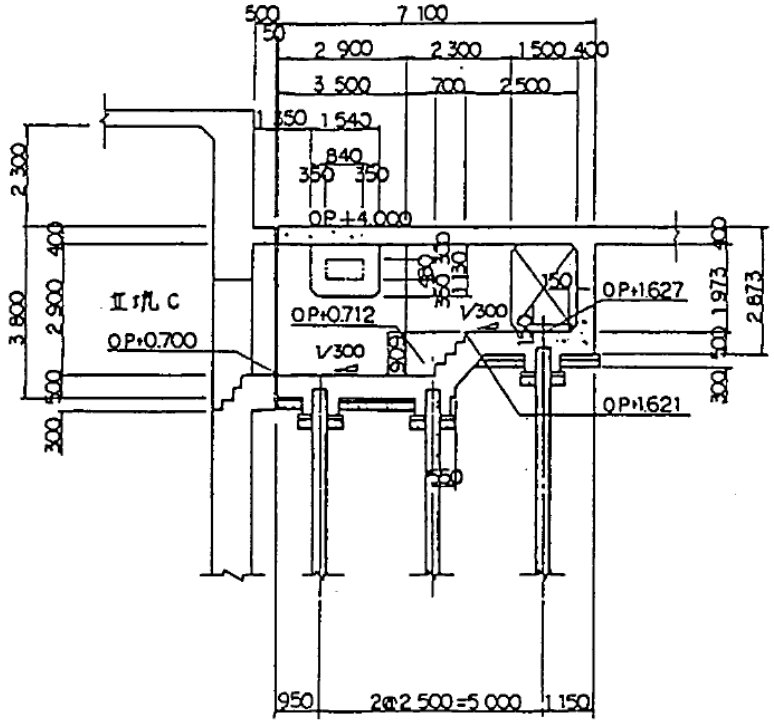

トンネルC 標準断面



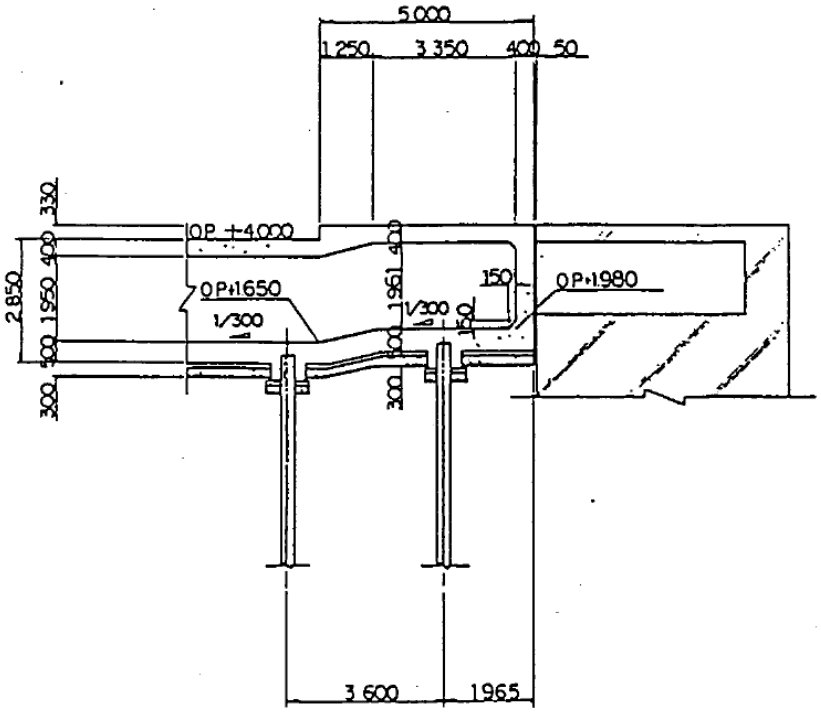

開削ダクト 標準断面

# 参考（5／13）：海水配管トレンチの構造（2号機）



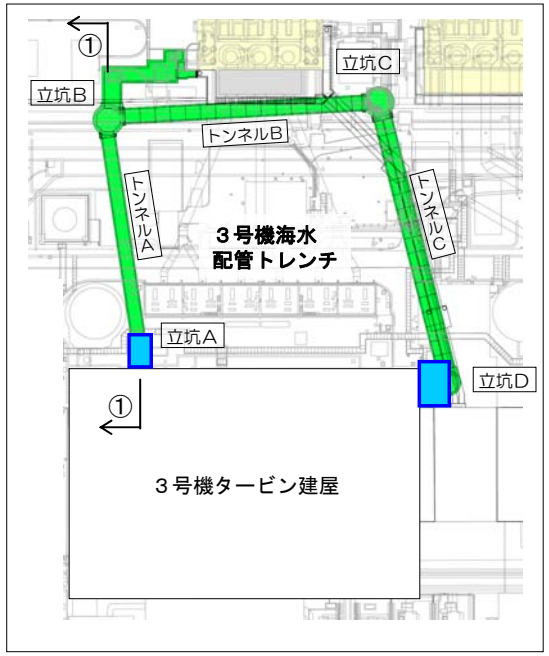



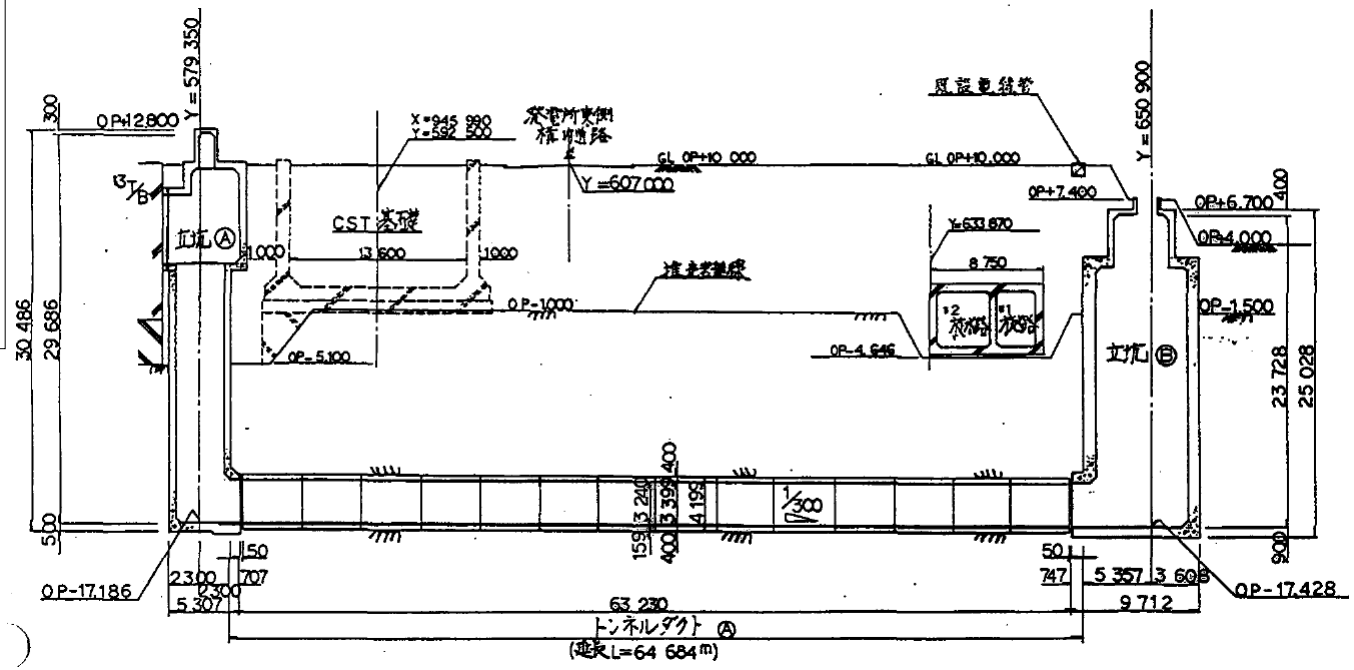

分岐トレンチ ①－①断面




分岐トレンチ ②－②断面

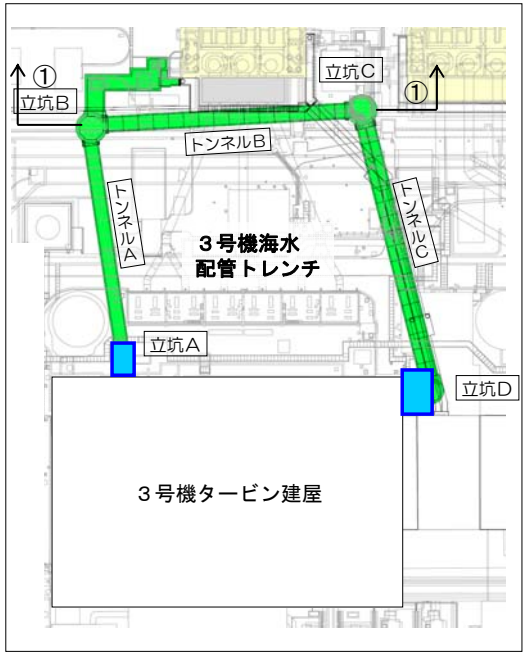
# 参考（6／13）：海水配管トレンチの構造（3号機）

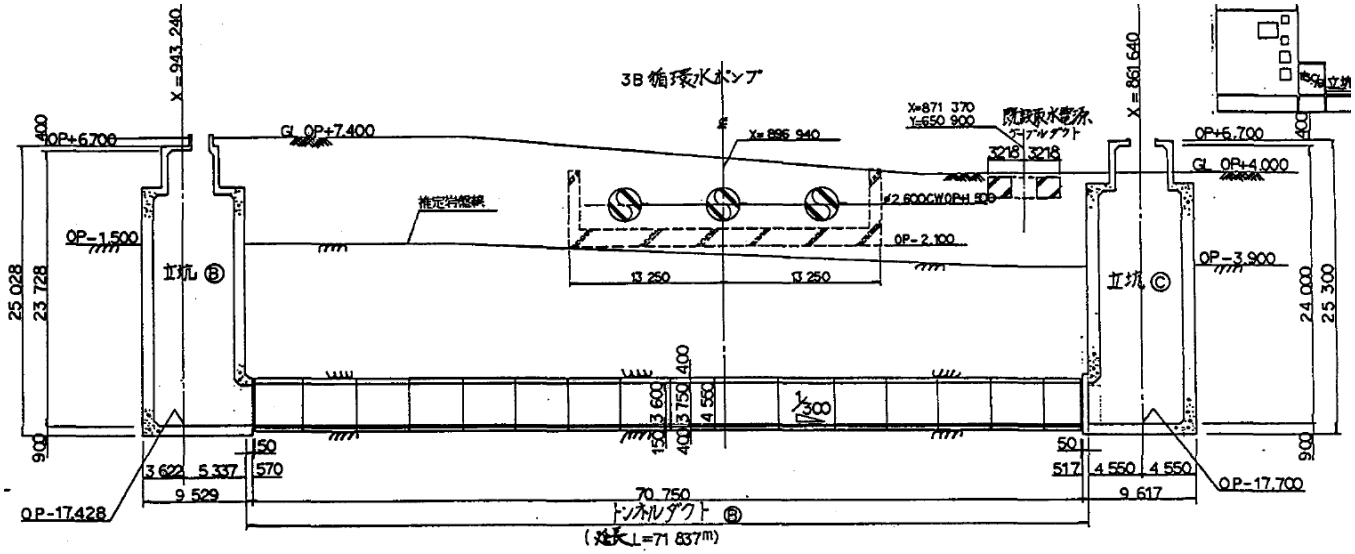



立坑Ａ～トンネルＡ～立坑Ｂ 縦断図
（①－①断面）

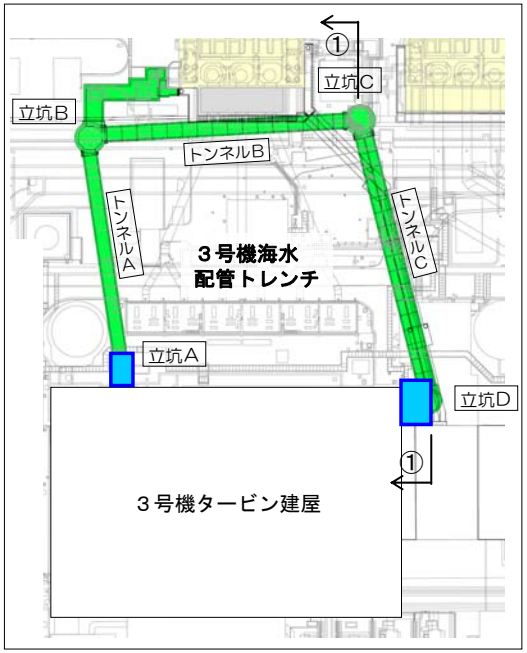
# 参考（7／13）：海水配管トレンチの構造（3号機）

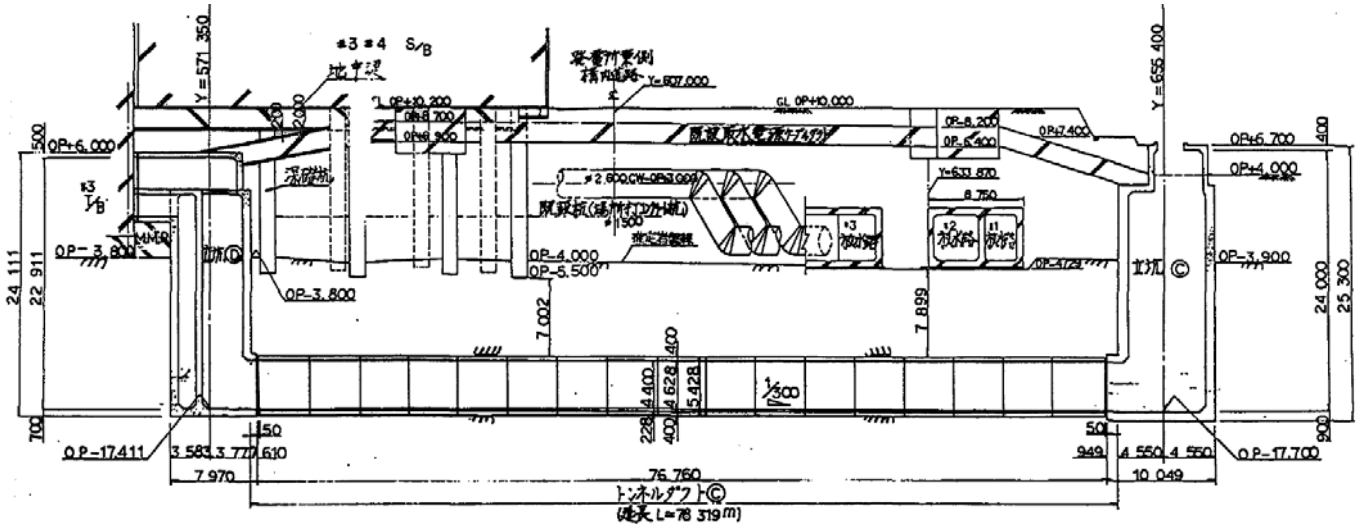



立坑B～トンネルB～立坑C 縦断図
（①－①断面）

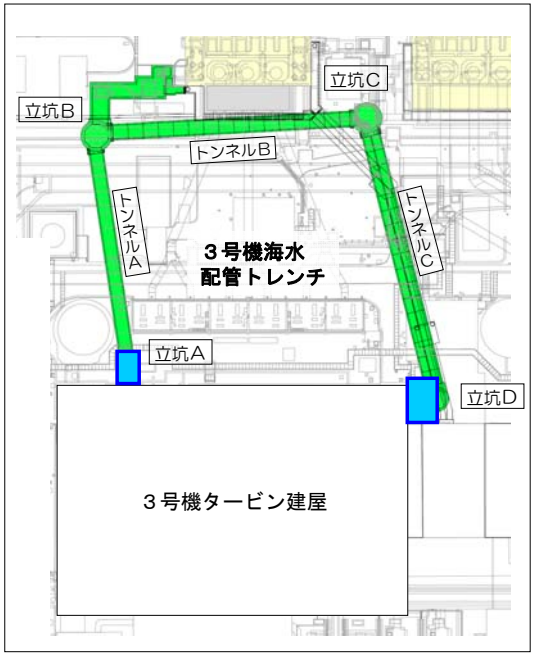
# 参考（8／13）：海水配管トレンチの構造（3号機）

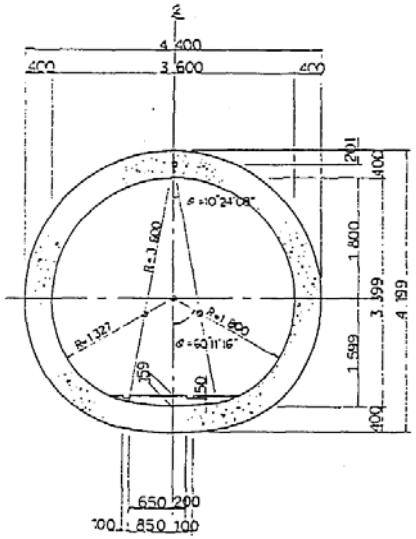


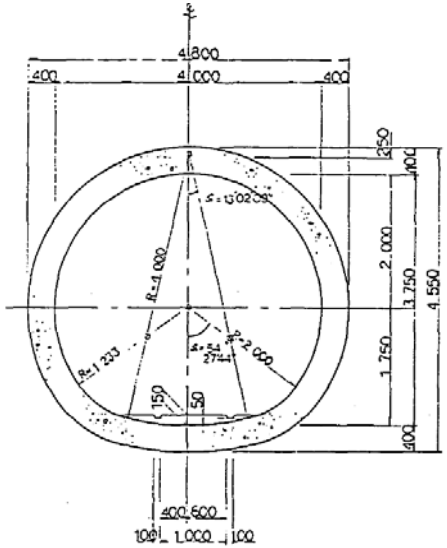

立坑C～トンネルC～立坑D 縦断図
（①－①断面）

# 参考（9／13）：海水配管トレンチの構造（3号機）

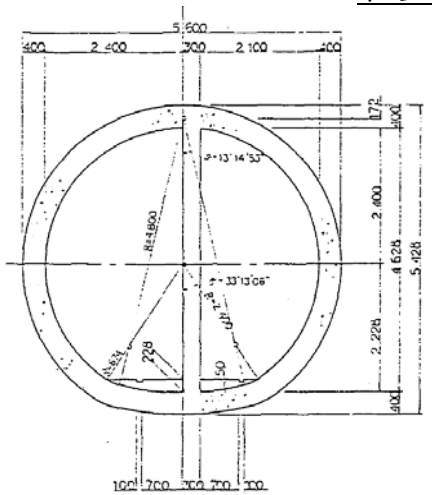


トンネルＡ 標準断面

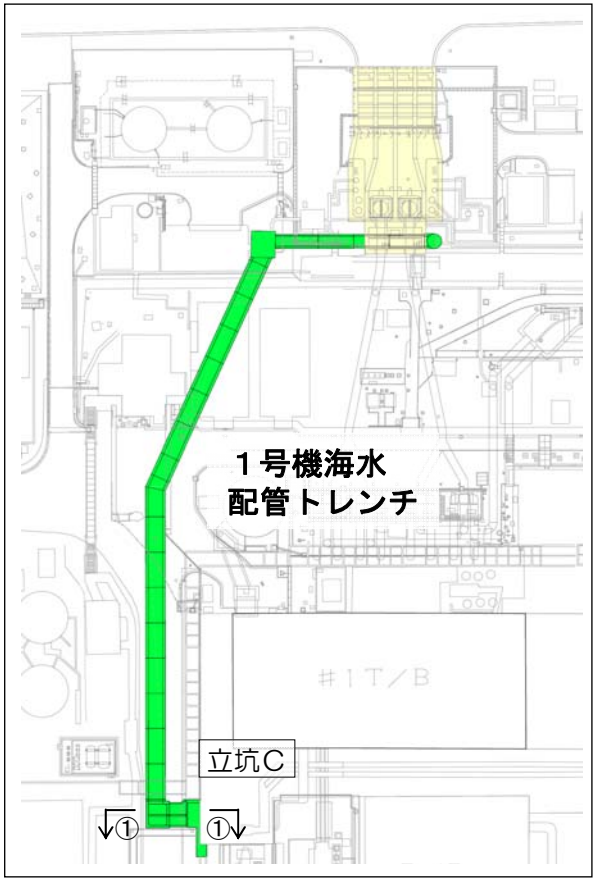


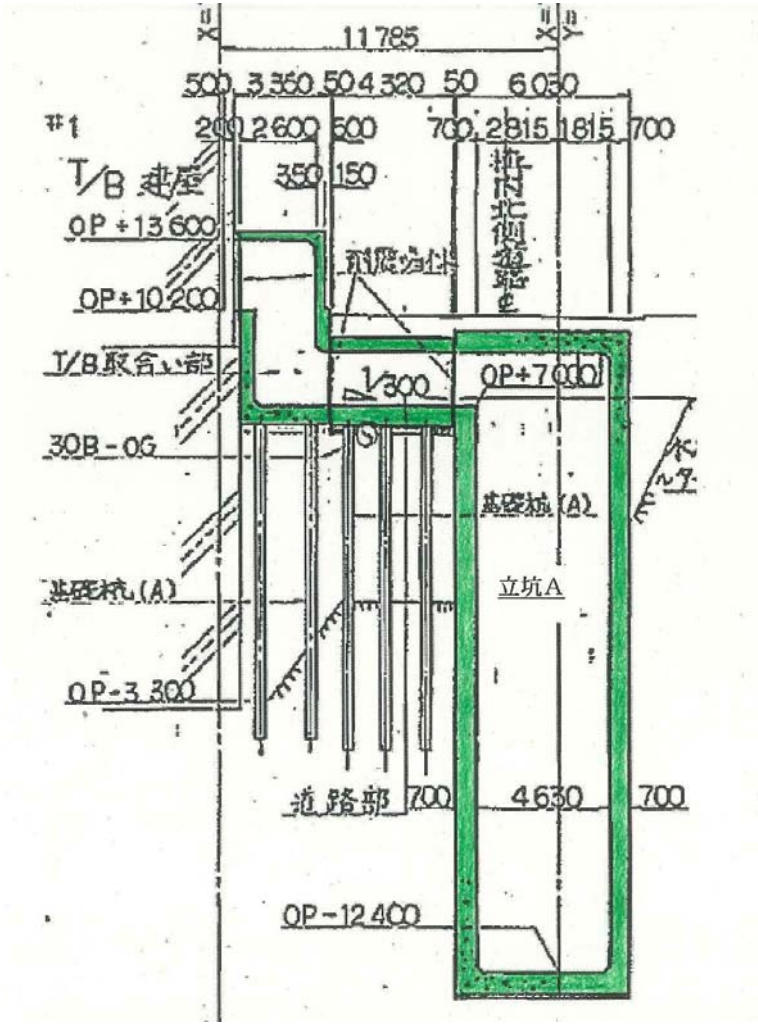
トンネルＢ 標準断面



トンネルＣ 標準断面

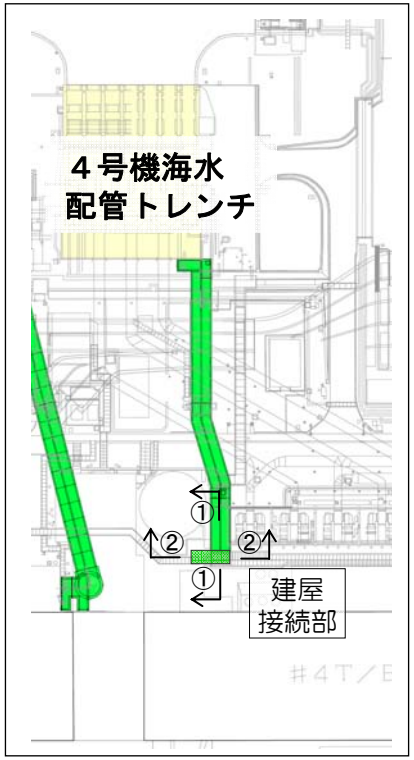
# 参考（10／13）：海水配管トレンチの構造（1号機建屋接続部）

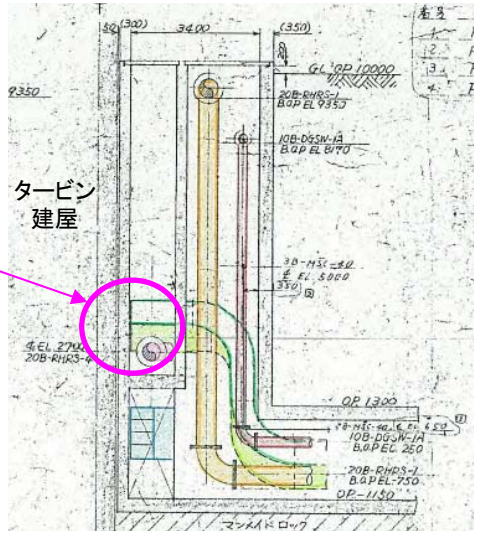


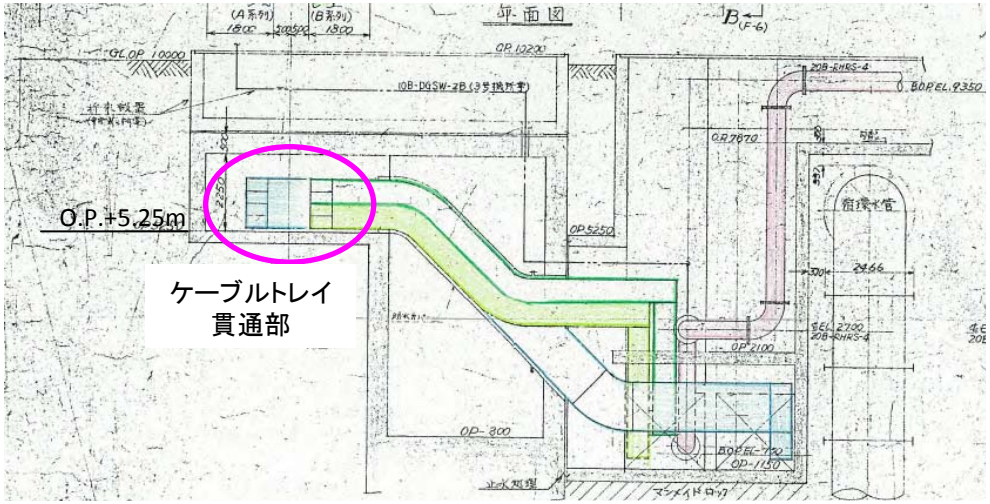

建屋接続部（立坑C） ①－①断面図

# 参考（11／13）：海水配管トレンチの構造（4号機建屋接続部）




建屋接続部 ①－①断面図




建屋接続部 ②－②断面図

※ タービン建屋側からトレンチ方を望む

# 参考（12／13）：海水配管トレンチの施工概要（2号機の例）

| 名　　称 | | 諸　　元 | 工　法 | 備　　考 |
|---|---|---|---|---|
| 立　坑 | 立坑Ａ | 内空：(□-3.05×3.96m)<br>掘削深さ：22.8m | 親杭横矢板＋縦型ＮＡＴＭ | |
| | 立坑Ｂ | 内空：(□-6.4×6.5m)<br>掘削深さ：20.7m | 親杭横矢板工法 | |
| | 立坑Ｃ | 内空：(□-7.5×6.5m)<br>掘削深さ：22.7m | 親杭横矢板工法 | |
| | 立坑Ｄ | 内空：(□-4.0×6.7m)<br>掘削深さ：23.2m | 親杭横矢板工法 | |
| トンネル | トンネルＡ | 断面：三芯円（幅3.8m）<br>延長：66.05m | ＮＡＴＭ工法 | パイプルーフ併用 |
| | トンネルＢ | 断面：三芯円（幅4.6m）<br>延長：61.265m | ＮＡＴＭ工法 | パイプルーフ併用 |
| | トンネルＣ | 断面：三芯円（幅4.6m）<br>延長：56.034m | ＮＡＴＭ工法 | パイプルーフ併用 |
| ダクト | | 2連（幅6.9×高4.95m）<br>延長：80.15m | 親杭横矢板工法 | |

全ての構造物：耐震Ａクラス相当

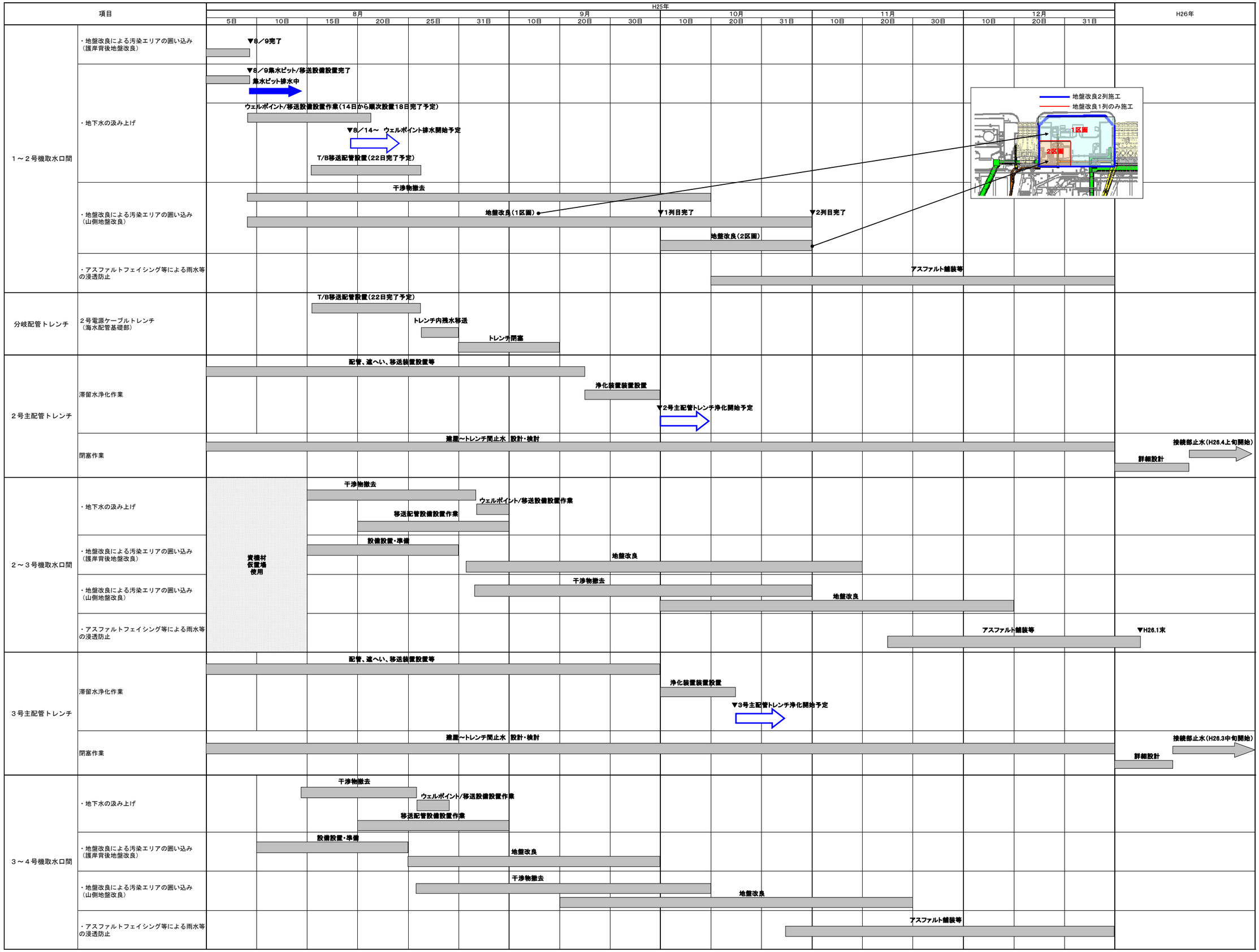
# 参考（13／13）：海水配管トレンチの内部状況

## 2号機海水配管トレンチの内部状況 ※

※ 事故前の写真

立坑内（上→下）

建屋接続部（奥：配管貫通部）

トンネル部

# 海側地下水及び海水中放射性物質濃度上昇問題に関する対策の流れ