

海水配管トレンチ 汚染水対策工事の進捗について

平成27年2月9日

東京電力株式会社



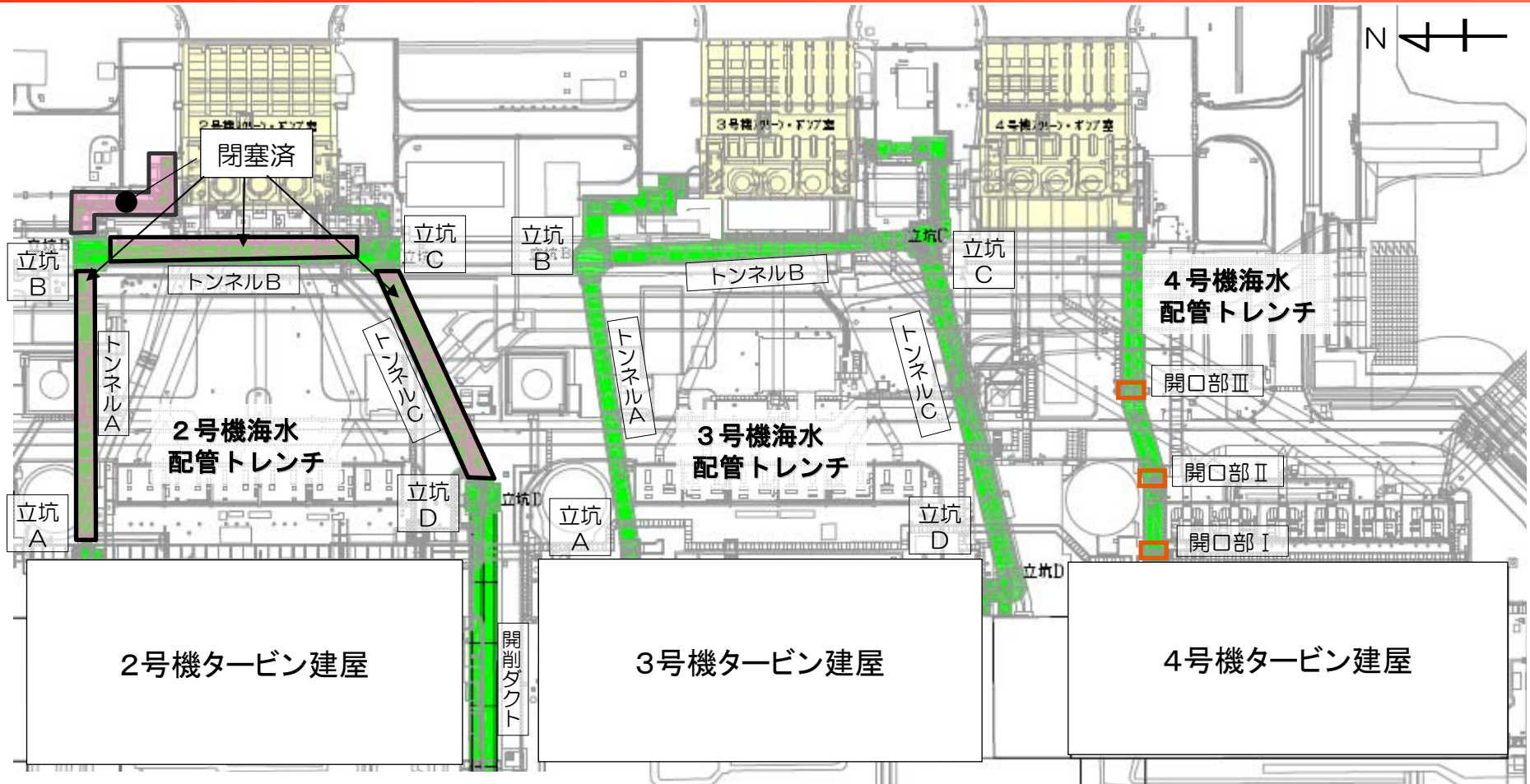
東京電力

目次

1. 海水配管トレンチ汚染水対策工事の進捗状況
2. 2号機海水配管トレンチ
 2. 1 2号機海水配管トレンチ 揚水試験について
 2. 2 2号機海水配管トレンチ 前回の報告事項
 2. 3 2号機海水配管トレンチ 立坑充填の施工方針・検討内容
3. 3号機海水配管トレンチ
 3. 1 3号機海水配管トレンチ 充填状況
 3. 2 3号機海水配管トレンチ 今後の予定
4. 4号機海水配管トレンチ
 4. 1 4号機海水配管トレンチ 調査実施状況
 4. 2 4号機海水配管トレンチ 施工方針
5. トレンチ充填・閉塞の今後の予定

1. 海水配管トンネル汚染水対策工事の進捗状況

■位置図



■進捗状況(平成27年2月6日現在)

号機	2号機	3号機	4号機
状況	<ul style="list-style-type: none"> ・12/18トンネル部閉塞充填完了 ・立坑充填作業準備中 	<ul style="list-style-type: none"> ・トンネル部充填実施中 	<ul style="list-style-type: none"> ・T/B接続部及び開口部 I 調査中 ・充填作業準備中
残滞留水量	約1,990m ³	約5,680m ³	約900m ³
充填量	約2,510m ³	約220m ³	0m ³

2. 1(1) 2号機海水配管トレンチ 揚水試験について 実施内容

(1) 目的

トンネル部充填完了後，トンネルA～Cの連通性を確認。

(2) 試験日時，概要

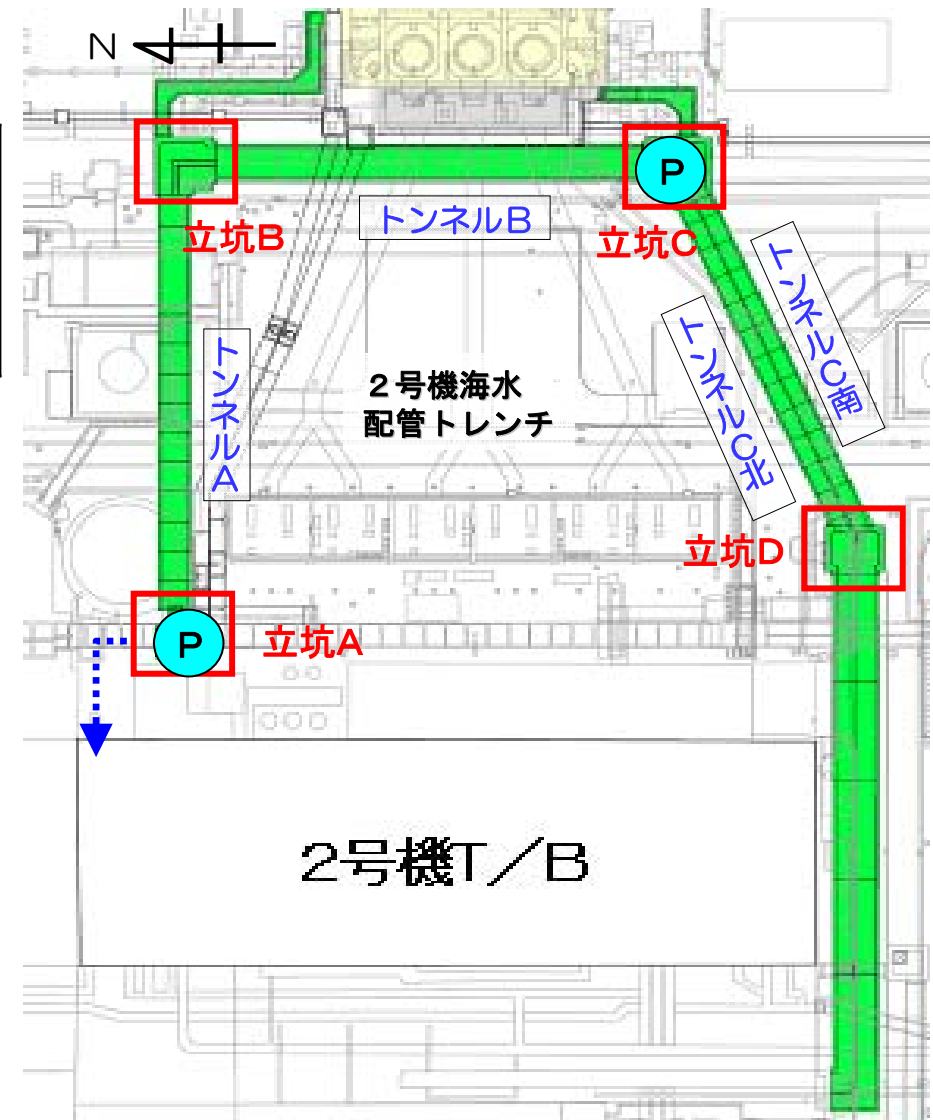
	日時	揚水箇所	揚水量
1回目	12/24 10:02～11:22	立坑C北	約60m ³
	12/24 11:31～12:31	立坑A	約30m ³
2回目	1/20 10:00～11:00	立坑A	約30m ³

(3) 評価方法

各立坑の水面の面積と水位変化から算出した変化量及び，水の流れの方向を基に，各トンネルの連通度合いを推定。

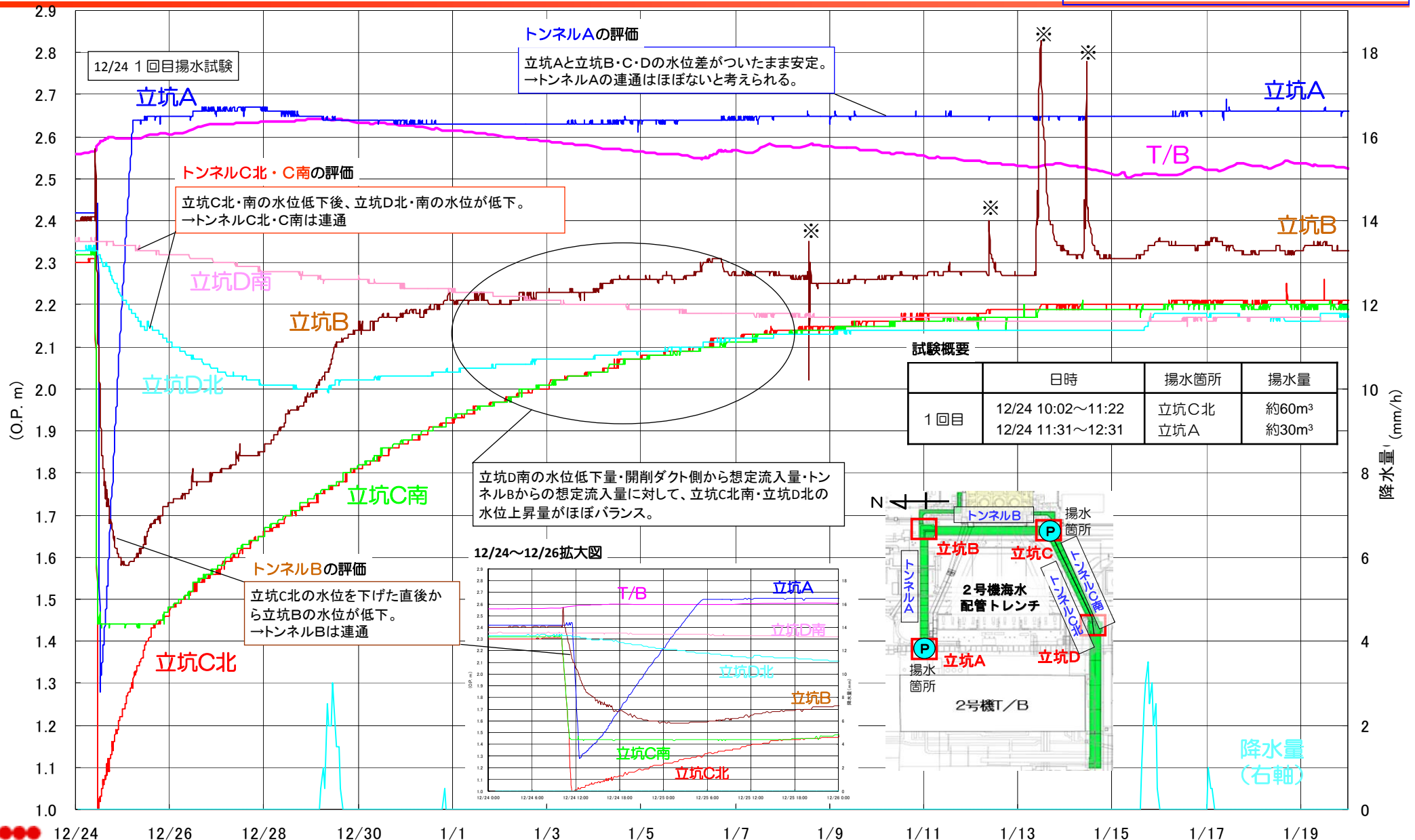
<参考> 各立坑の水面の面積（試験変動水位付近）

	水面の面積	備考
立坑A	約20m ²	
立坑B	約0.2m ²	・モルタルで詰められているため面積小
立坑C北 南	約20m ² 約50m ²	・分岐トレンチの面積含む
立坑D北 南	約10m ² 約200m ²	・北側開削ダクトは変動水位範囲より下のため含まず ・南側開削ダクト約77m含む



2. 1(2) 2号海水配管トレンチ 揚水試験について 試験後(1回目:12/24)の水位変化

2015.1.13 各立坑測量結果に基づきデータを補正



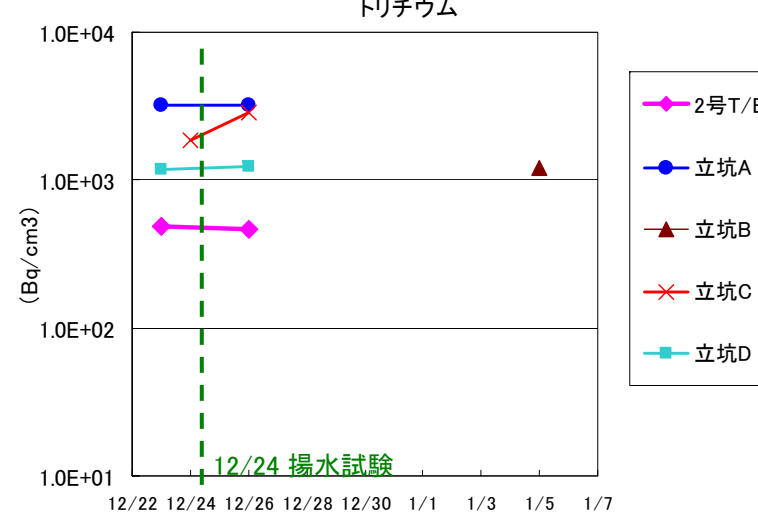
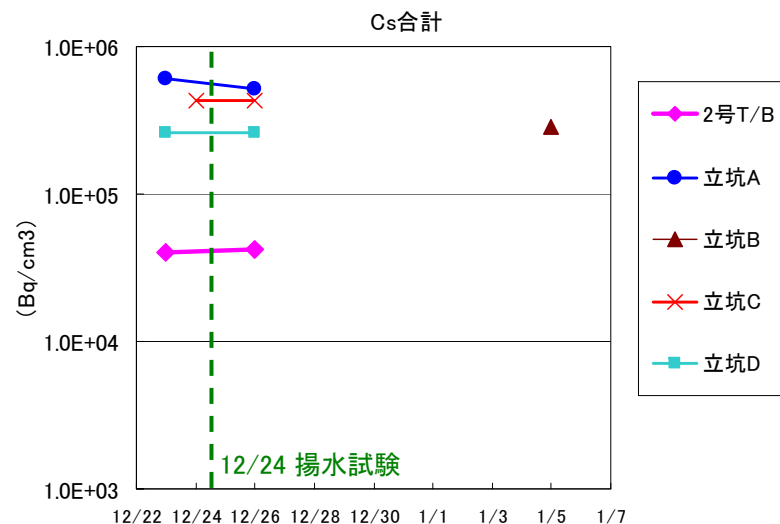
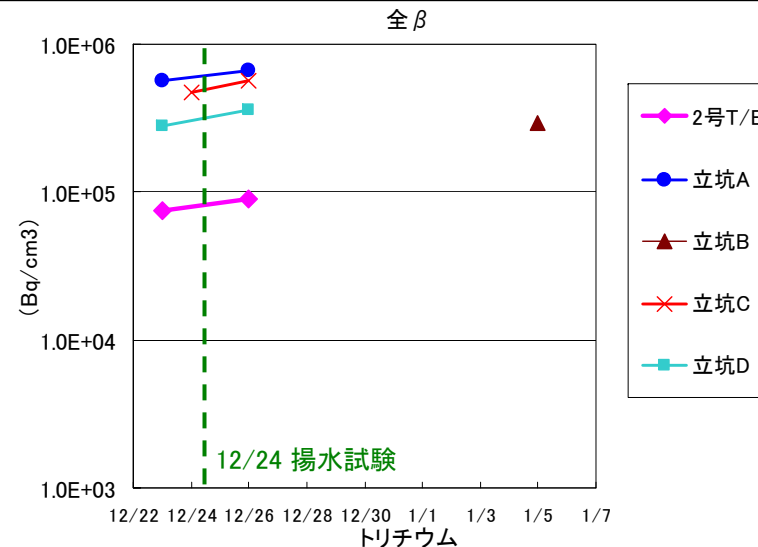
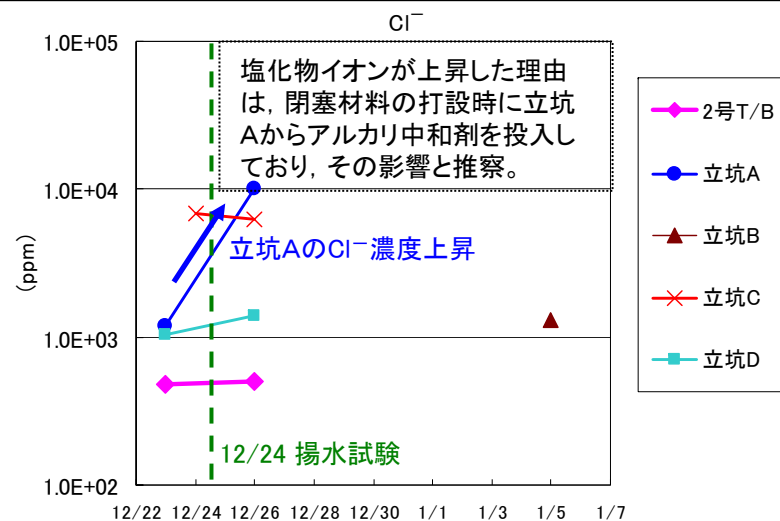
2. 1 (3) 2号海水配管トレンチ 揚水試験について 試験後(2回目:1/20)の水位変化

2015.1.13 各立坑測量結果に基づきデータを補正




2.1(4) 2号機海水配管トレンチ 揚水試験について 試験(1回目)後の水質分析結果

- 揚水試験前後の水質を比較した結果、立坑A, C, Dはほぼ変化はなく、また、立坑Bも他の立坑の水質と同じレベル。
- 前述の揚水試験結果においても、トンネルの連通に起因する水位変化以外の、顕著な立坑水位の変化は見られない。
- よって、トレンチへの地下水の流出入はほとんどないと推定。



2.2 2号機海水配管トレンチ 前回の報告事項

- 2号機海水配管トレンチのトンネル部充填を行い、約2,500m³の滞留水を除去、および地下水等の流入による再滞留を防止。
 - また、内部を充填し、汚染水を除去したことに伴い、外的要因（津波等）により高濃度汚染水が流出するリスクを低減。
- 
- 今後、立坑の充填を実施し、さらなるリスクの低減を目指す。

2. 3(1) 2号機海水配管トレンチ 立坑充填の施工方針・検討内容

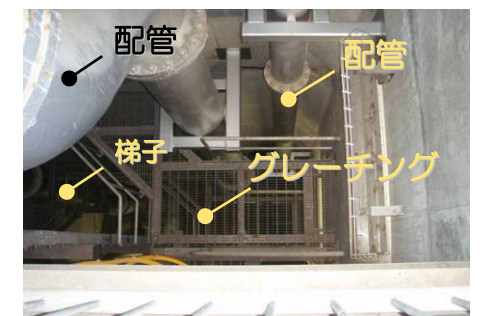
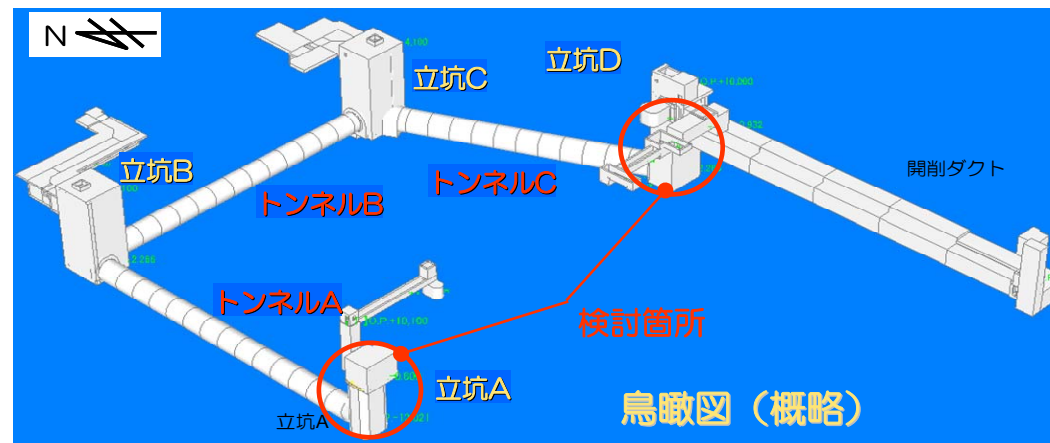
■ 立坑充填の施工方針

立坑の充填は、タービン建屋側の立坑A及びDから実施する。

立坑内部は高線量環境下で人が中に入ることができないことから、トンネル充填と同様、充填孔から材料を流動させて充填する。

■ 立坑充填で重要な要求品質

- 立坑内の水平方向5m程度流動すること（流動性）
 - 支障物周りに密実に充填でき、鉛直方向に連続する水みちを残さないこと（充填性）
 - 水中で材料が分離しないこと（水中不分離性）
 - 材料自体が難透水性であること（水密性）
- ⇒ 上記の性能が発揮され、水みちが遮られること（遮水性）を期待。



2号立坑Aの内部状況（震災前）

2.3(2) 2号機海水配管トレンチ 立坑充填の施工方針・検討内容 立坑充填の材料の絞り込み

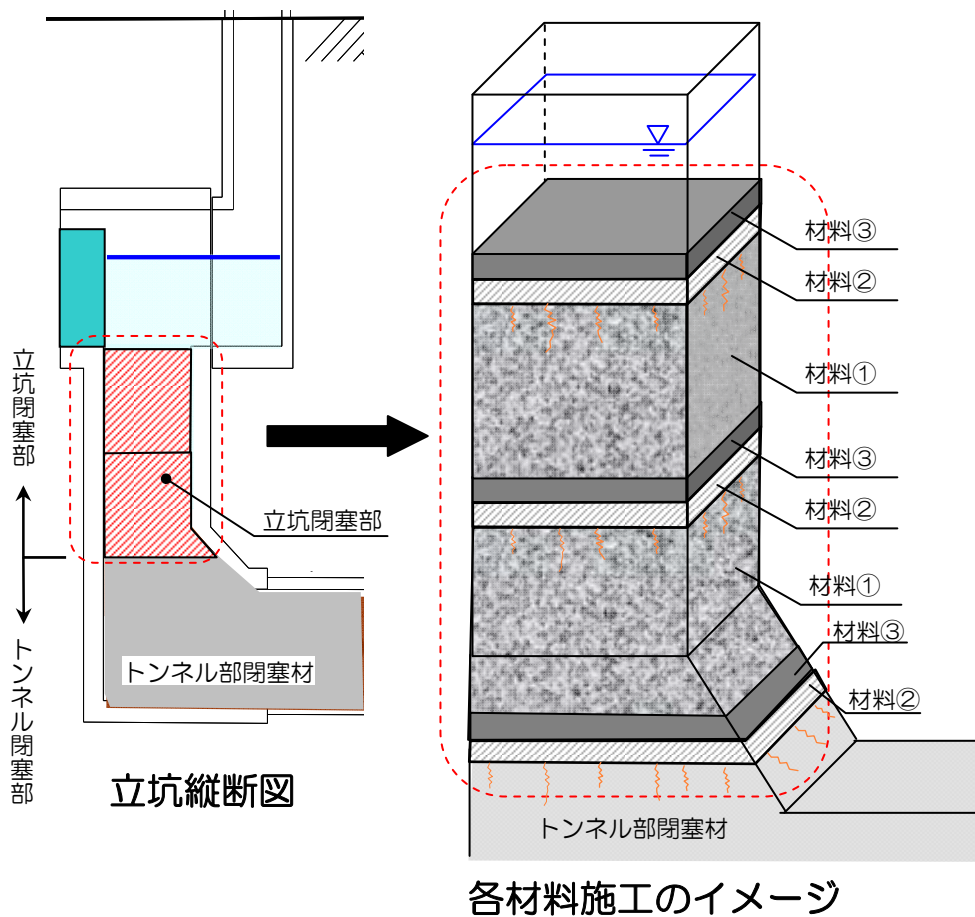
- 立坑充填で用いる材料の選定に当たっては、各材料の特性を活かし、複数を組み合わせる。そのうち、大量打設・施工性に優れたセメント系材料を基本とする。

	セメント系	薬液・樹脂系
概要	骨材の有無により、セメントペースト、モルタル、コンクリートに分類。目的に応じて、混和剤・混和材等を加えることにより各種性能を向上させることが可能。	ひび割れや隙間の充填、構造物の補修・補強材等に使用。 少量での使用が一般的。
充填性	高い（発熱による体積変化が避けられないが、混和剤（材）により収縮低減が可能）	高い（圧入が一般的）
流動性	高い（配合にて調整可）	高い（圧入が一般的で、流動させて使用するケースも実績はあるが稀）
水中不分離性	水中で分離しづらい（配合にて調整可）	水中で分離しづらい
施工性	練り混ぜから打ち込み終了までの作業時間：1.5～2時間以内 （ミキサー車1台あたり） 大量使用が可能	練り混ぜから打ち込み終了までの作業時間：1～2時間程度以内 大量使用が困難：実績2～3m ³ 程度
施工実績	立坑や横坑のプラグ材として実績多数。	水中の橋脚の補強や補修で型枠内に流し込む方法で実績多数。
備考	トンネル閉塞材料として使用。 配合により異なるが、材料自体にわずかな透水性あり。	使用する量によっては受注生産が必要。 材料自体の遮水性は高い。

2. 3(3) 2号機海水配管トレンチ 立坑充填の施工方針・検討内容

特性を踏まえた材料の組合せ

■セメント系材料（一次充填材）は硬化に伴う収縮により、ひび割れ・隙間が生じる可能性があることから、収縮低減策を施すとともに、ひび割れ等の微小な隙間への充填性に優れた材料（二次充填材）、および、隙間表面を覆うことで遮水効果を発揮する材料（キャッピング材）、の3種類の材料を層状に組合せて水みちを遮ることを基本とする。



【材料①】立坑内部全体を充填する（一次充填材）

- ・立坑内部への充填性が高く、収縮を抑えた材料を用いることにより、水みちの発生を抑制しつつ、立坑内部を充填する。
- ⇒ セメント系材料にて充填する。

【材料②】隙間を充填する（二次充填材）

- ・一次充填材施工後に発生のある隙間・ひび割れに、流動性・隙間充填性が高い材料を流し込み、遮水効果を高める。

【材料③】閉塞部表面を遮水する（キャッピング材）

- ・充填面を一次充填材より遮水性の高い材料で覆い、遮水効果を高める。

3種類の材料を組合せることで、遮水効果を高める

2.3(4) 2号機海水配管トレンチ 立坑充填の施工方針・検討内容 一次充填材の選定

- セメント系材料に対し、ひび割れ抑制策を施したものを一次充填材とする。
⇒ 膨張材や収縮低減剤等を添加した流動性の高い水中不分離性コンクリートを選定。

【ひび割れ抑制策】

抑制策	抑制策実現のための具体的な内容
単位セメント量の低減	骨材の使用
セメントによる温度上昇の抑制	打設回数の分割による水和熱量のコントロール
混和剤・混和材の使用	膨張材，収縮低減剤，防水材の添加

【使用する混和剤・混和材と期待する効果】

項目	期待する効果
膨張材	硬化初期段階から膨張しプレストレス効果を期待。
収縮低減剤	自己収縮の低減を期待。
防水材	材料内部の微小な空隙の充填，及び組織の緻密化による材料自体の遮水性向上を期待。

【一次充填材の適用に向けた主な確認項目】

性能	確認内容	確認結果
充填性	支障物周りの充填性確認試験	支障物を考慮した模型による充填状況を確認
	収縮・膨張試験	膨張材の効果で，長期間，膨張側に推移していることを確認
流動性	スランプフロー試験	材料の拡がりを確認し，必要とする流動性を有することを確認
水中不分離性	水中での材料不分離性を確認	材料を水中に落下させ，濁度・pHから材料分離していないことを確認
遮水性	遮水性の確認試験（材料自体）	供試体で材料そのものの遮水性を確認
	打込温度・水和熱の影響によるひび割れ発生リスクの確認	温度応力解析で，打込温度・分割回数，打設間隔等によるひび割れ発生リスクへの影響を評価
施工性	養生期間，打設量等の確認	必要な養生期間，材料供給等の制約の有無を確認



ケーブル間充填 確認状況

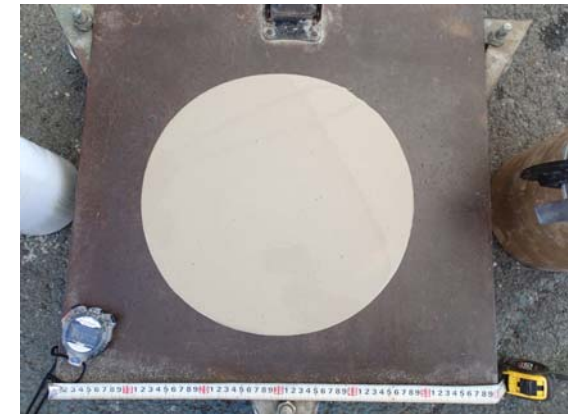
2. 3(5) 2号機海水配管トレンチ 立坑充填の施工方針・検討内容 二次充填材の選定

- 一次充填材に発生の可能性のあるひび割れ・隙間に対し、材料投入位置が限定されているという現場条件を踏まえ、材料投入位置から流動し、隙間等に流れ込む材料（二次充填材）について検討。
- 隙間への充填性を向上させるため、トンネル閉塞材料のフライアッシュを、より真比重の大きな材料に置き換え、材料の自重を大きくすることで対応。
⇒ フライアッシュと同程度の粒径で、加重材として使用実績の豊富な硫酸バリウム微粉末を選定。

材 料	フライアッシュ※	硫酸バリウム微粉末
概 要	■トンネル部充填において、主に流動性向上の目的で使用。	■バリウムイオンと硫酸イオンからなるイオン結晶性の化合物。 ■水に対して難溶、水和・膨潤せず化学的に不活性。
真比重	2.3程度	4.20～4.35程度
備 考	セメントの真比重は、3.2程度 ※ トンネル閉塞材の構成材料の1つ	トンネル閉塞材の構成材料のうち、フライアッシュ全てを硫酸バリウム微粉末に置き換えた

【二次充填材の適用に向けた主な確認項目】

性能	確認内容	確認結果
充填性	隙間への充填性確認試験	0.15mm以上の隙間への充填性を確認。また、0.15mm未満のひび割れには入り込まないものの、表面を覆うことを確認。
流動性	5m流動試験、到達先での密度試験	フロー試験および5m流動先において同密度で硫酸バリウムが到達することを確認
水中不分離性	水中での材料不分離性を確認	材料を水中に落下させ、濁度・pHから材料分離していないことを確認
遮水性	隙間充填後の遮水性確認試験	割裂させた供試体のひび割れ（0.4mm程度）中に充填後、遮水性の向上を確認
施工性	養生期間、打設量等の確認	必要な養生期間、材料供給等の制約の有無を確認



フロー試験 実施状況

2. 3(6) 2号機海水配管トレンチ 立坑充填の施工方針・検討内容 キャッピング材の選定

■セメント系材料より遮水性が高い樹脂系材料のうち、立坑の端部までの流動性を有するエポキシ系（エポキシ樹脂グラウト）を選定。

材 料	エポキシ系	発泡ウレタン系	シリコン系
概 要	水中接着タイプのエポキシ樹脂 (骨材入, 無の両タイプ)	超速硬注入用ポリウレタン樹脂 水と結合して発泡し, 硬化	水平ジョイントのシール材
流動性 (立坑サイズ)	ある (調合による)	低い (発泡し広がる)	低い
練り混ぜ実現性 (1~2m ³ 程度)	ハンドミキサによる混合可能	ハンドミキサによる混合可能	m ³ 単位の施工は困難 (使用量を満たせない)
施工性 (施工時間・圧送)	施工は1時間程度 (調合により延長可能)	発泡時間・可使時間が短い ひび割れ箇所注入が基本	施工は2時間程度以内 押しガンによる施工が基本
耐放射線性	1 MGy	1.5MGy	0.07MGy

青字：長所, 赤字：短所

【二次充填材の適用に向けた主な確認項目】

性能	確認内容	確認結果
充填性	隙間への 充填性確認試験	到達先のケーブル間にも材料が行き渡ることを確認
流動性	5m流動試験	5m流動することを確認。
遮水性	隙間充填後の遮水性確認試験	割裂させた供試体の表面を覆い, 遮水性の向上を確認
施工性	ポンプ圧送性能, 施工量等の確認	圧送試験により, 要求圧送距離を満足することを確認。



5m流動試験実施状況

2. 3(7) 2号機海水配管トレンチ 立坑充填の施工方針・検討内容 立坑充填における施工サイクル

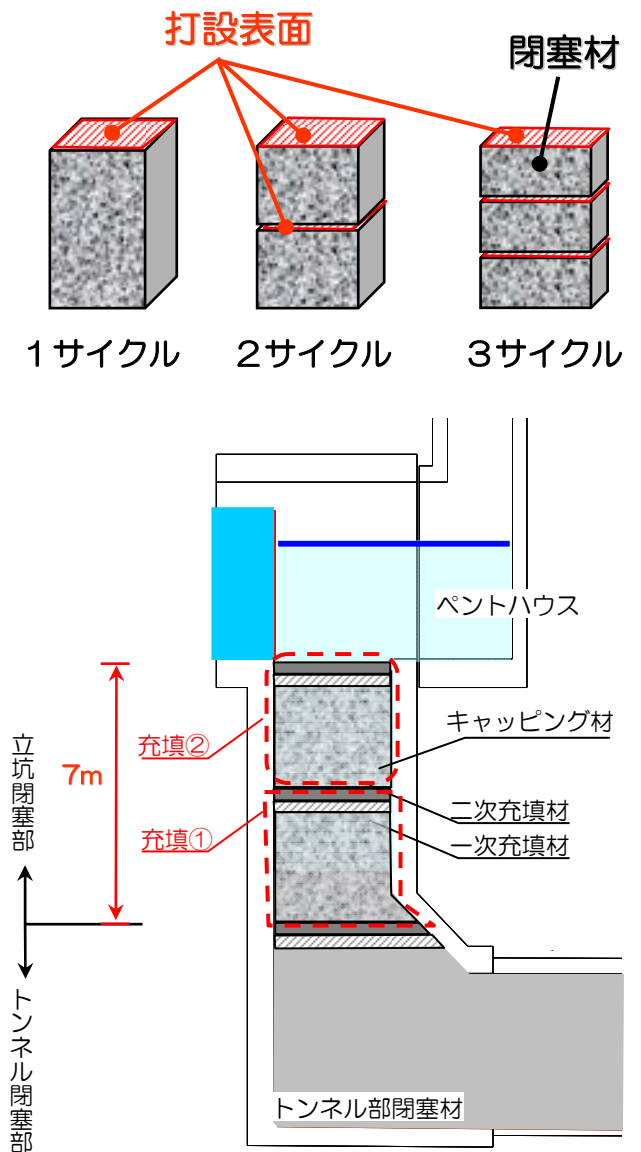
■ 3種類の材料（一次充填材，二次充填材，キャッピング材）を組み合わせ、2回のサイクルで充填することが望ましい。

- 一次充填材のみの温度応力解析（1～3サイクル）結果では、サイクル数に拠らず打設表面にひび割れが発生する可能性が高い結果が得られたが，貫通するひび割れは発生しない結果となった。
- また，温度応力解析の結果，サイクル数が3サイクルを超えると，一次充填材の厚さが小さくなることに加え，コンクリートの積み重ねにより，コンクリート内部に温度差が生じ，縦方向のひび割れが貫通する可能性が高まると考えられる。

1サイクル若しくは2サイクルとする

- 一次・二次充填材・キャッピング材を2層組み合わせることで，1サイクルより高い遮水効果を期待。
- 2サイクル実施することで，施工時の改善点を次サイクルへ反映することが可能。

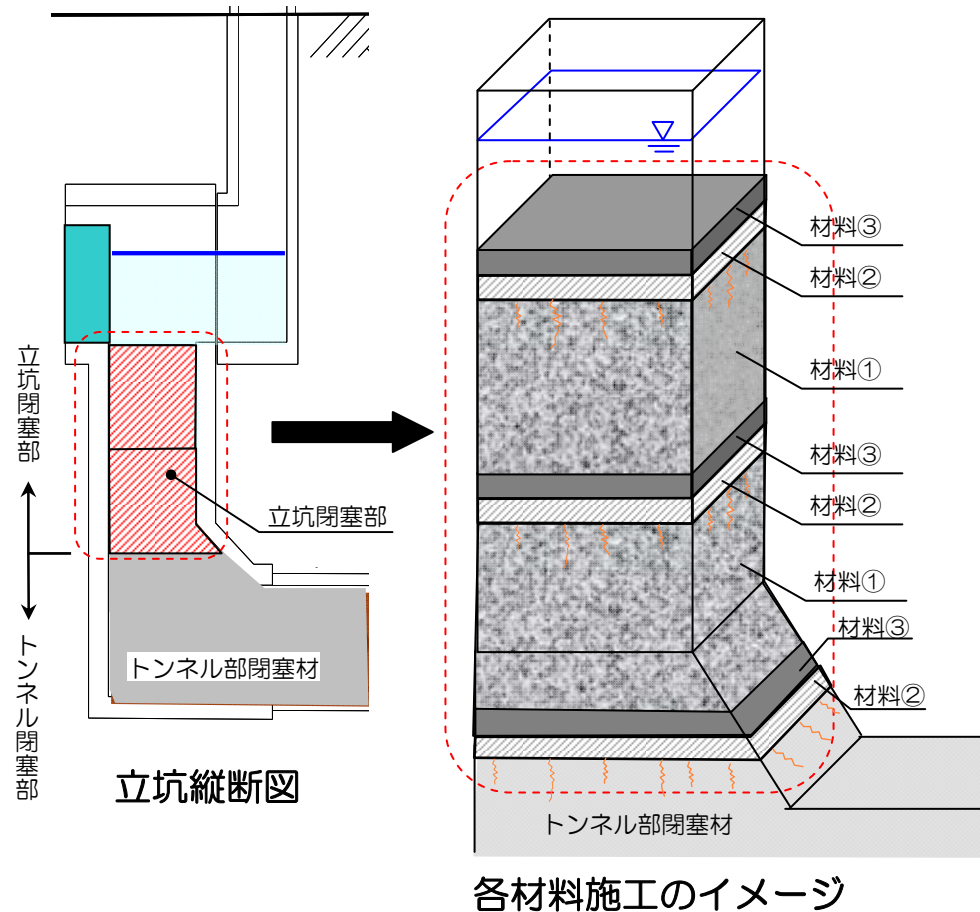
→ 上記理由により，計2回のサイクルで充填する。



2. 3(8) 2号機海水配管トレンチ 立坑充填の施工方針・検討内容

立坑充填の施工手順

- まず、トンネル閉塞材料の最終打設面に生じている可能性がある、わずかな隙間の充填、および表面を遮水性の高い材料で覆うことを目的として、二次充填材、キャッピング材の充填を実施する。
- 次に、一次充填材・二次充填材・キャッピング材の順に、必要な養生期間を空けながら充填を実施。以後、これを2サイクル分繰り返す。



【トンネル・立坑接続部（トンネル天端付近）の充填】

- ・トンネル部最終打設面の僅かな隙間等に対し、その連通を遮るための材料（二次充填材・キャッピング材）を充填する。

【立坑部の充填】（2サイクル分繰り返す）

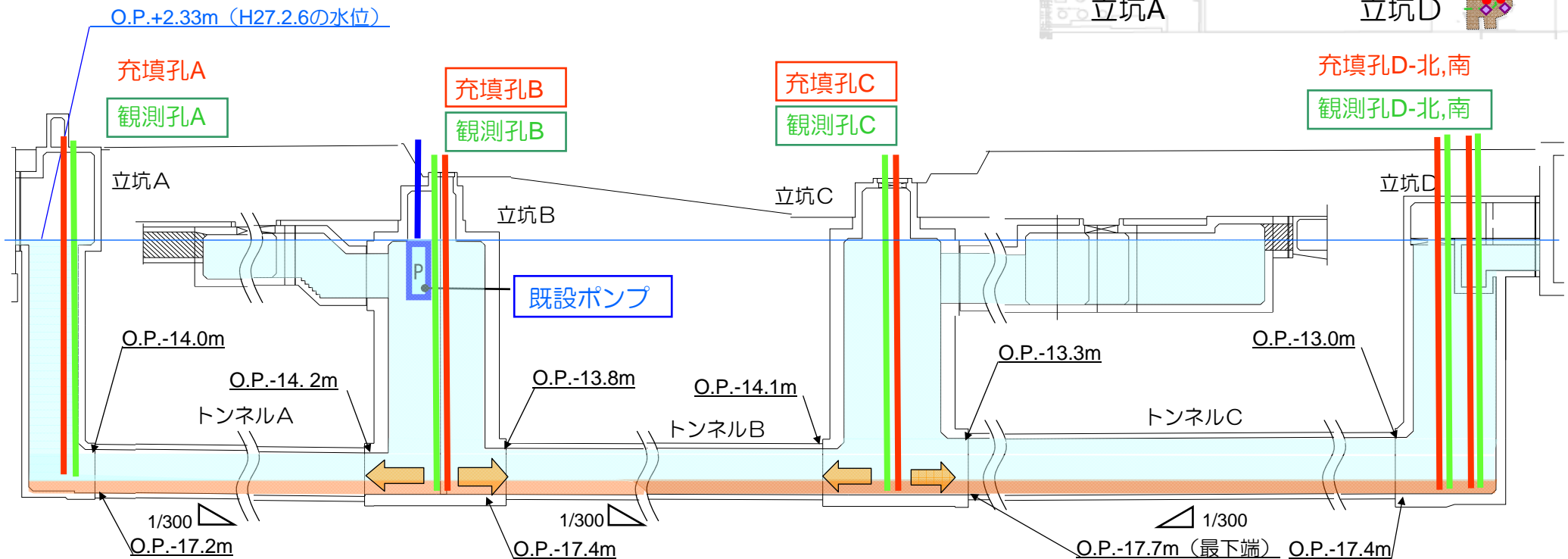
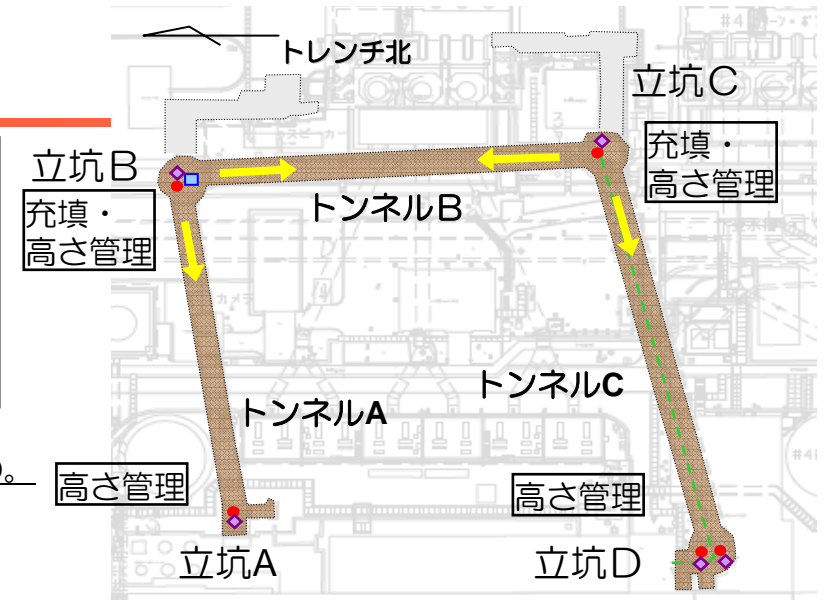
- ・一次充填材の充填（中2日間程度養生）
- ・二次充填材の充填（中2日間以上養生）
- ・キャッピング材の充填（中1日間以上養生）
- ※ 2回目以降の充填では、必要に応じて1回目の施工条件（打設厚や施工時の水位等）を変えて打設する。

材料①：一次充填材（水中不分離性コンクリート）
 材料②：二次充填材（加重材／硫酸バリウム）
 材料③：キャッピング材（エポキシ樹脂グラウト）

3. 1 3号機: 充填状況

- 3号機海水配管トレンチのトンネル部充填を2月5日より開始。
- 2月9日現在、約220m³打設完了しており、同量の滞留水を除去。
- 打設高さについては現在調査・評価中。
- 天井部打設の際には、2号機トンネル充填時における知見を反映し、投入側及び到達側の水位が同程度となるように管理する。

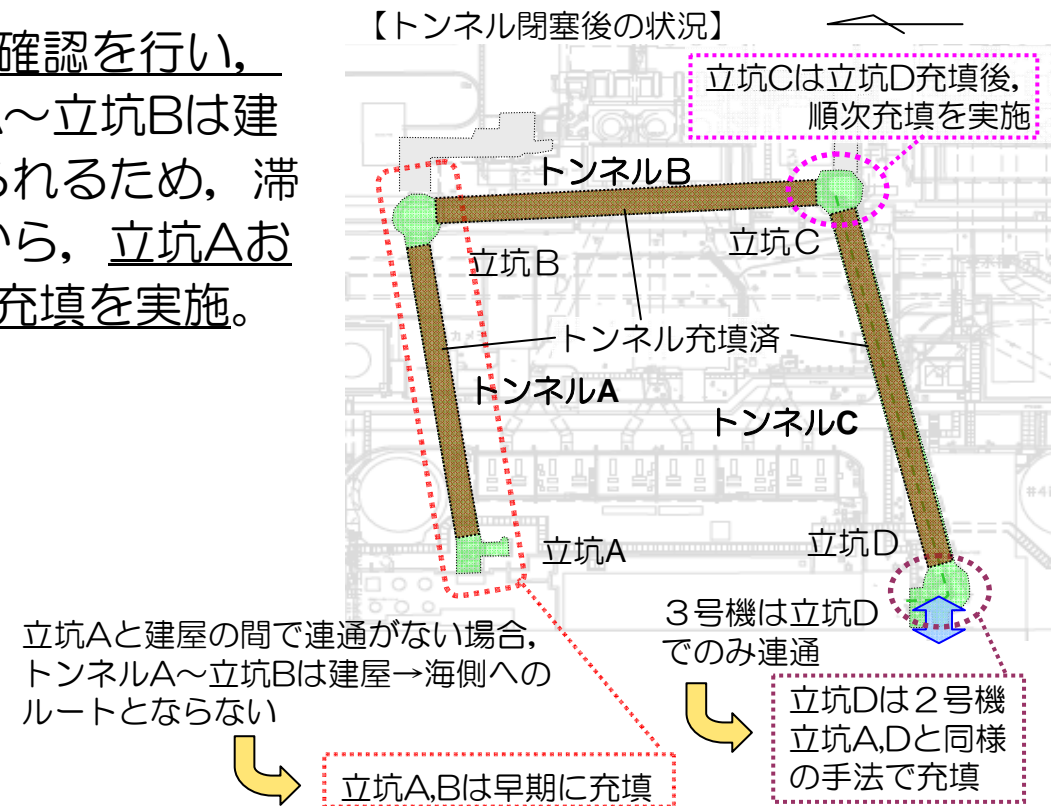
※図中の各充填孔・観測孔・ポンプにおいて枠で囲まれているものは、現状使用中のもの。



【3号機海水配管トレンチ概略断面展開図】

3. 2 3号機:今後の予定

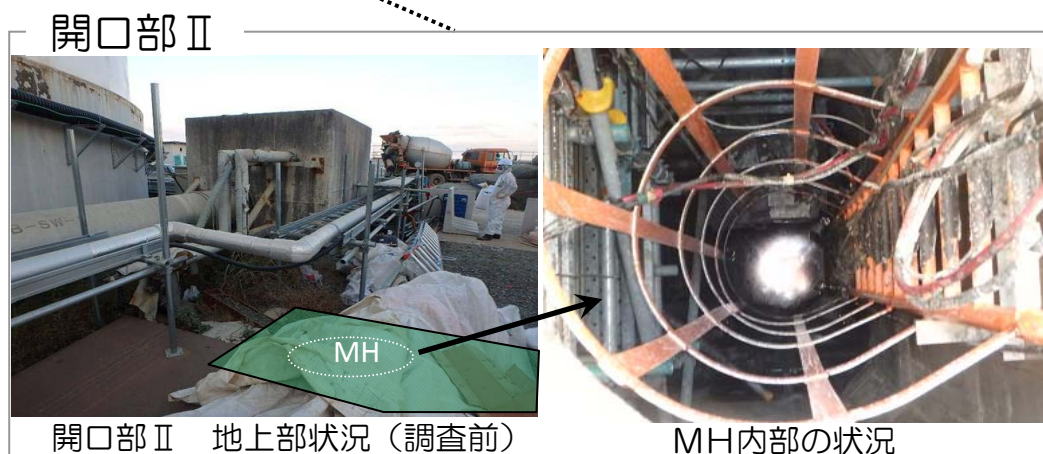
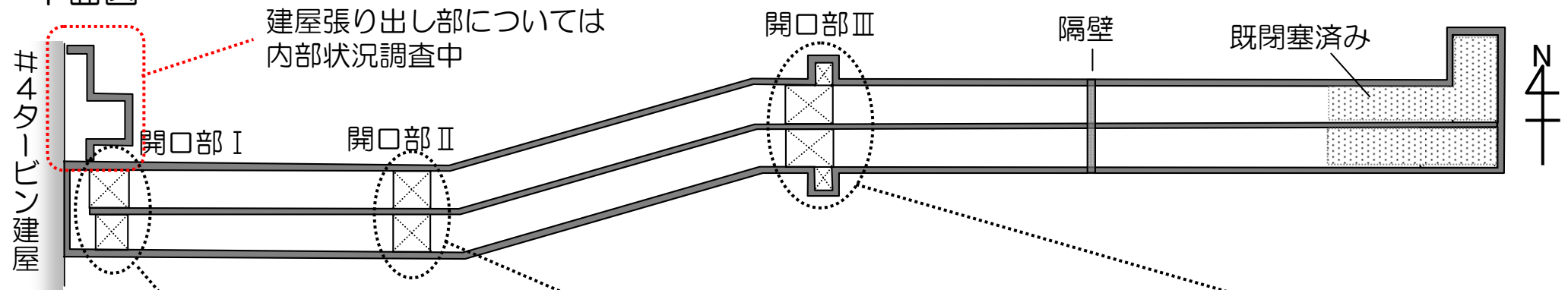
- トンネル充填完了次第, 順次立坑の充填を行う。
- 立坑の充填に際しては, 建屋と連通している立坑Dを, 2号機立坑A,Dと同様の手法にて充填。
- 立坑Aについては, 建屋との連通状況の確認を行い, 連通がないことが確認出来た場合, 立坑A~立坑Bは建屋から海側へのルートとならないと考えられるため, 滞留水の早期除去によるリスク低減の観点から, 立坑Aおよび立坑Bは, 立坑Dの充填と並行して, 充填を実施。
- 立坑Cについては, 立坑D充填完了後, 順次充填を行う。



4. 1 4号機:調査実施状況

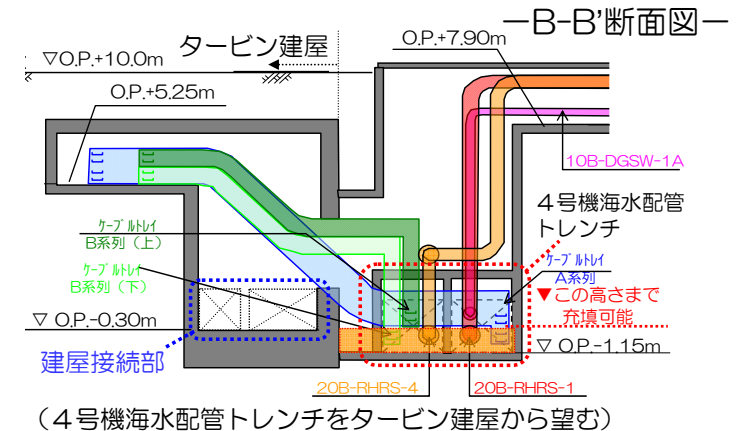
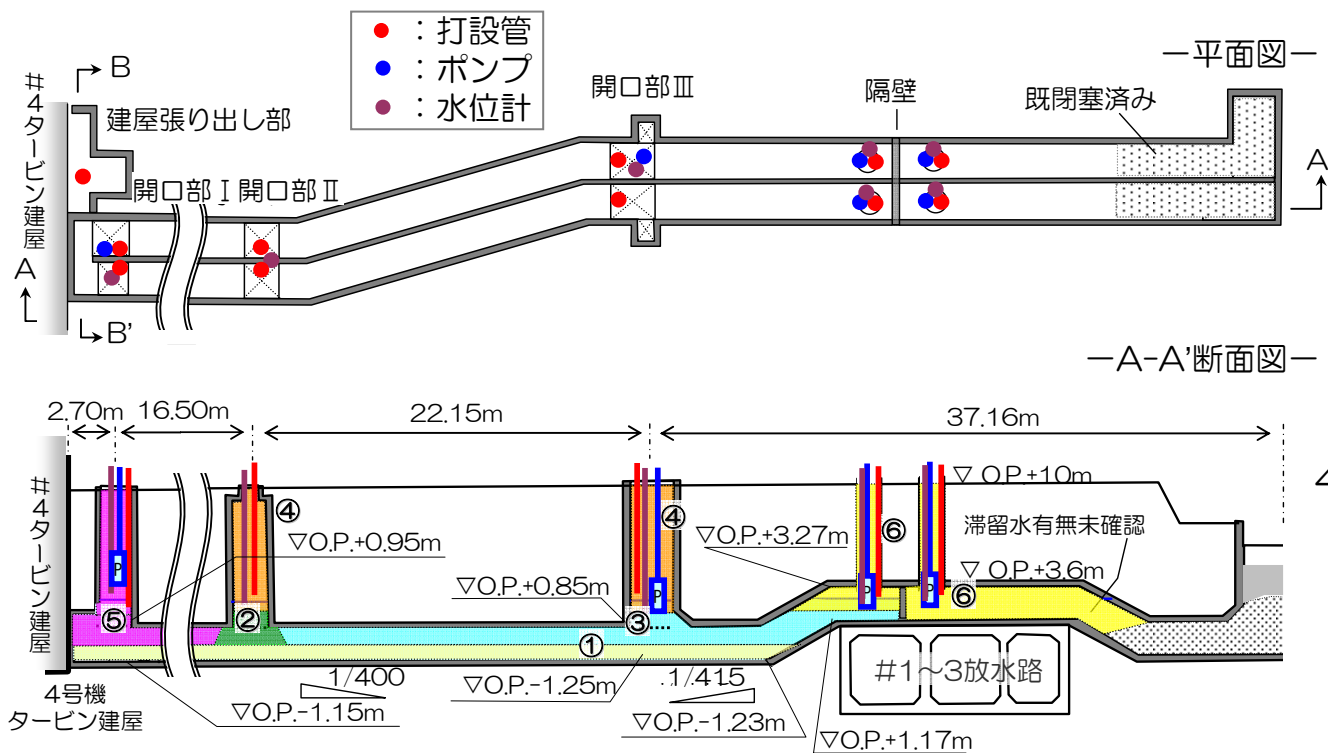
- 開口部Ⅰ, Ⅲはガレキが存在しているが, 移送ポンプ, 打設管の設置に向け調査中
- 開口部Ⅱは現場調査結果に基づき, 支障となるガレキが少なく, 打設管等については設置中
- 建屋張り出し部については, 引き続き調査実施中
- 調査・施工準備完了次第, 内部充填・間詰め充填を実施予定

—平面図—



4.2 4号機: 施工方針

- トンネル部の充填に際しては、建屋との接続部の底盤高さがO.P.-0.3mであるため、当該高さまで閉塞材料で充填し、その後、間詰め充填を行う。
- 間詰め充填は、建屋張り出し部、開口部Ⅰ、開口部Ⅱを候補として検討。
- 現状、建屋張り出し部は現在調査中であり、間詰め完了までに時間を要すると考えられる。
- また、開口部Ⅰはガレキが大量に存在しており、現状、撤去は困難。
- よって、滞留水の早期除去によるリスク低減の観点から、間詰めは開口部Ⅱにて行い、開口部Ⅱ～Ⅲ間を先行して充填する。その後、建屋張り出し部で間詰めを行い、開口部Ⅰ～Ⅱ間を充填する。
- トンネル部充填と併せて隔壁周辺の充填などにより、建屋から海側への水の移動の阻害を図る。



4号機施工手順 (番号は左図と対応)

- ① トンネル部についてO.P.-0.3mまで充填
- ② 開口部Ⅱにて間詰め充填
- ③ 開口部Ⅱ～Ⅲ間を天井部まで充填
- ④ 開口部ⅡおよびⅢを充填
- ⑤ 建屋張り出し部にて間詰め充填を行い、開口部Ⅰ～Ⅱ間および開口部Ⅰ充填
- ⑥ 放水路上部を充填

5. トレンチ充填・閉塞の今後の予定

- 2号機立坑A,Dの充填については、2月下旬より開始予定。充填完了後、揚水試験を行い、引き続き立坑B,Cおよび開削ダクト部の充填を行う。
- 3号機トンネル部については2月5日より充填を開始しており、充填完了次第、引き続き立坑の充填を実施。
- 4号機は施工準備が整い次第、内部充填・間詰め充填を開始予定。