

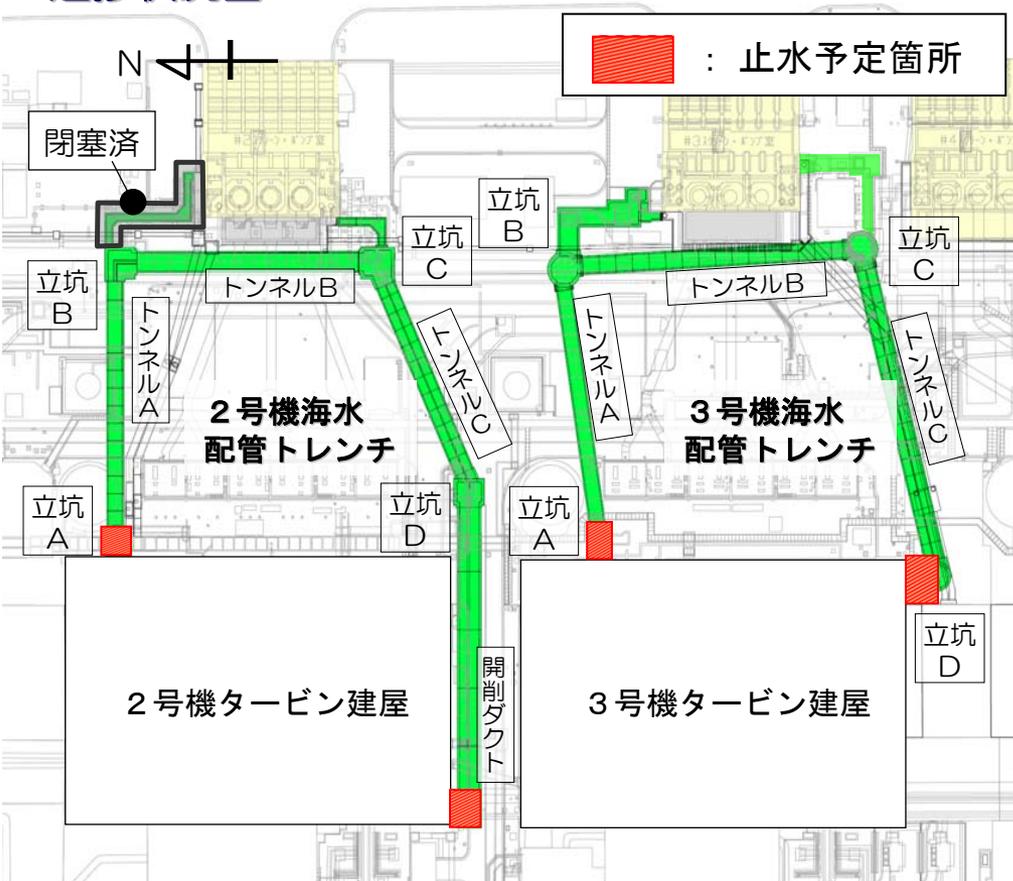
# 海水配管トレンチ建屋接続部 止水工事の進捗について

平成26年11月21日

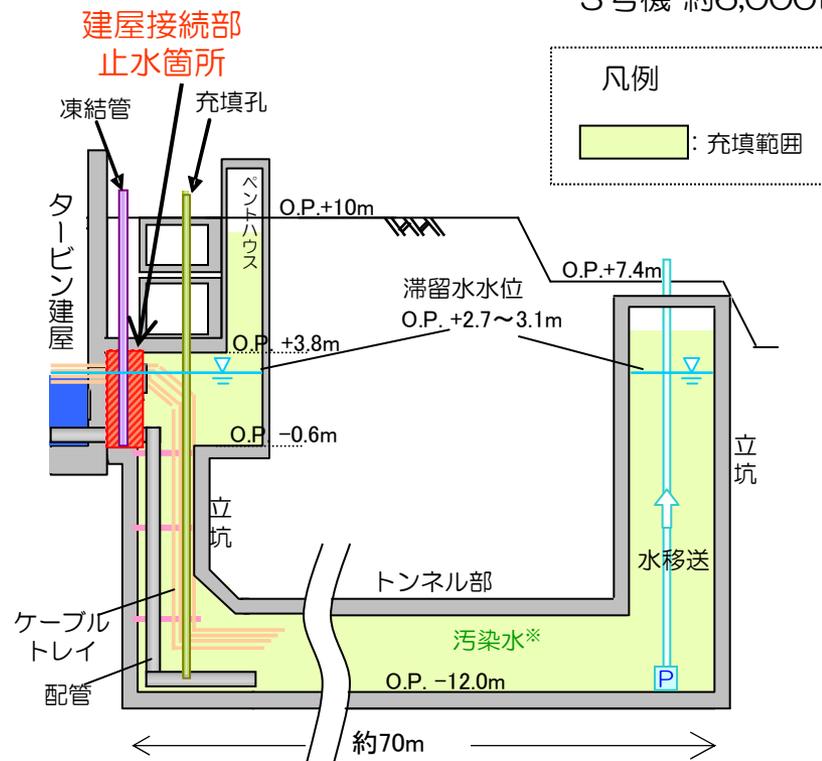
東京電力株式会社

# 1. 海水配管トレンチ止水・充填工事の進捗状況

## ■進捗状況図



※汚染水の量：2号機 約5,000t  
3号機 約6,000t



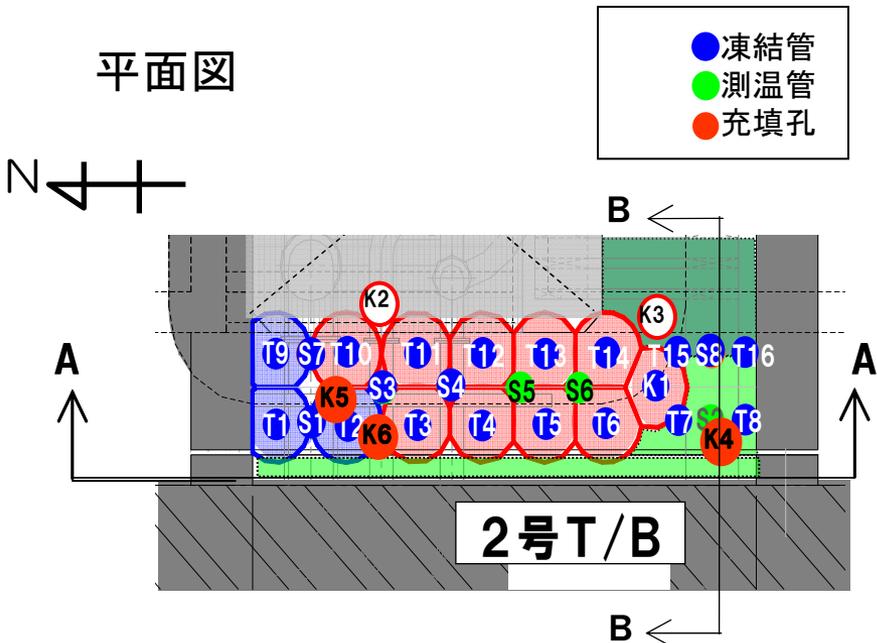
2号機海水配管トレンチ断面図(模式図)

## ■進捗状況（平成26年11月21日現在）

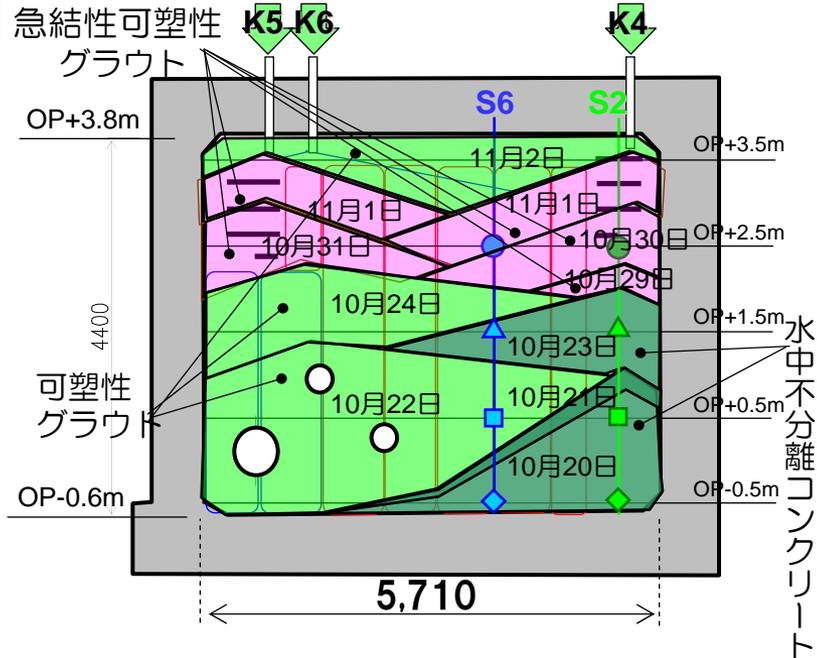
2号機		3号機	
立坑A	4/28～凍結運転、氷・ドライアイス投入中断、11/2間詰め充填完了	立坑A	9/4削孔完了
開削ダクト	6/13～凍結運転、11/6間詰め充填完了	立坑D	削孔作業中

# 1. 1 2号機立坑A 間詰め充填実績

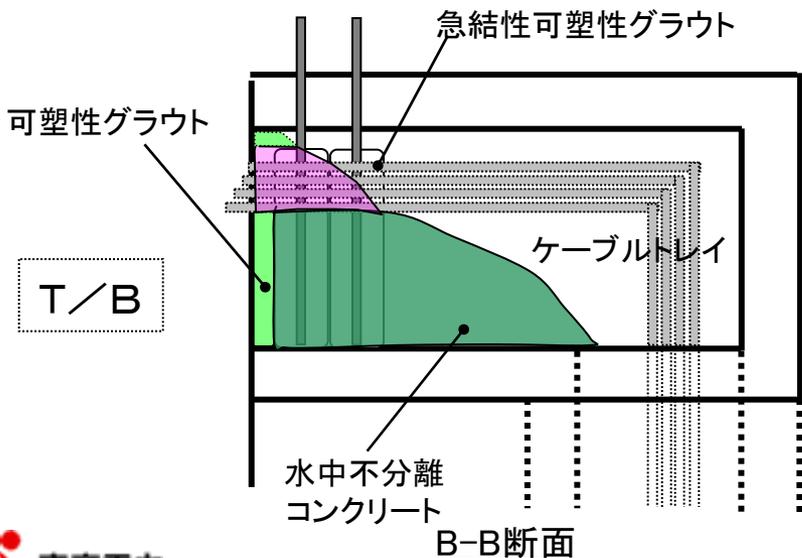
平面図



断面図 急結性可塑性グラウト



A-A断面



B-B断面

## 打設手順確認試験

10月15日～10月16日

## パッカー未設置部、T/B・パッカー間充填

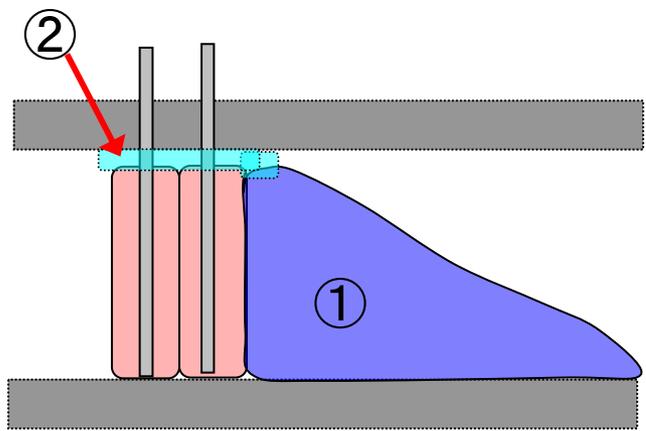
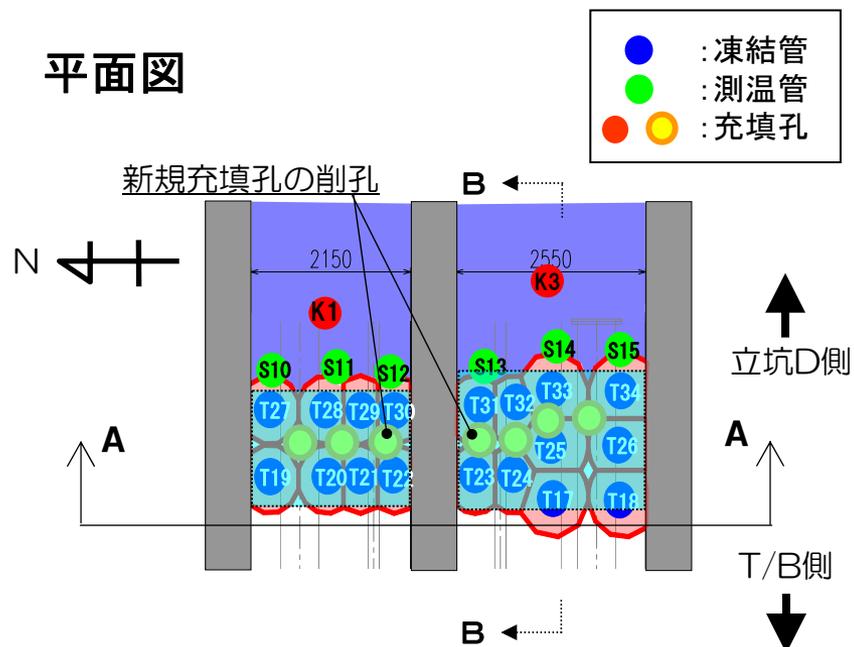
10月20日～10月24日

## ケーブルトレイ部充填

10月29日～11月2日

# 1. 2 2号機開削ダクト 間詰め充填実績

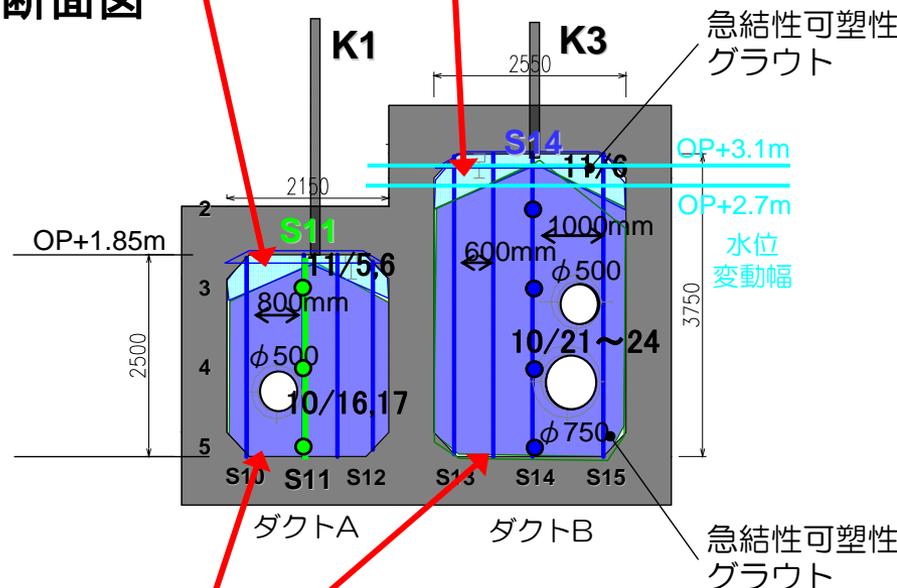
平面図



B-B断面

②新規充填孔からパッカー上部間詰め  
11月5日～11月6日

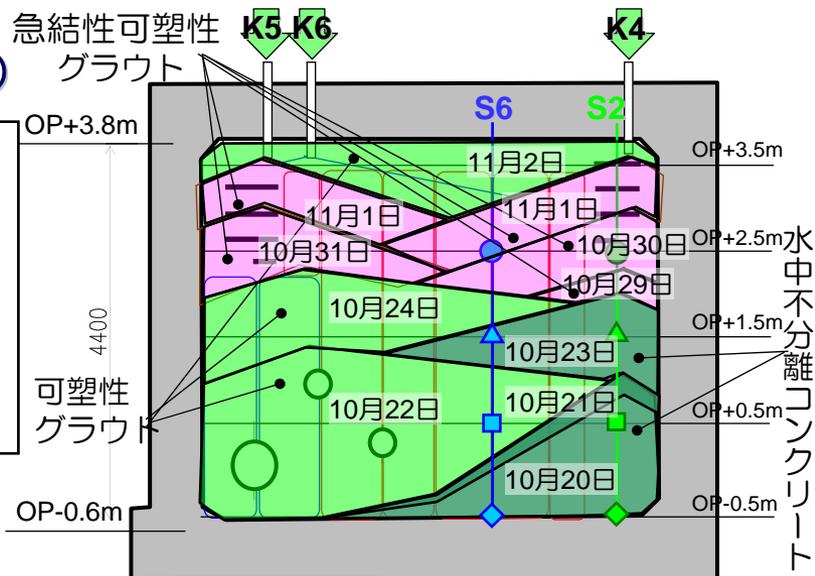
断面図



① K1・K3孔からの間詰め充填  
10月16日～10月24日

## 2. 1 間詰め実施による温度変化（2号立孔A）

- ・間詰め完了（11/6）後、氷を投入していないにもかかわらず、全体的に温度は低下傾向。
- ・特に、これまで氷を投入しても温度下がらなかったS2-2において温度が0℃以下に低下し、全ての測点で0℃以下となり、間詰めの効果があったと考えられる。（グラフ赤丸）
- ・しかしながら、揚水試験において建屋とトレンチの水位差を付けたところ、一部測点で温度が上昇。

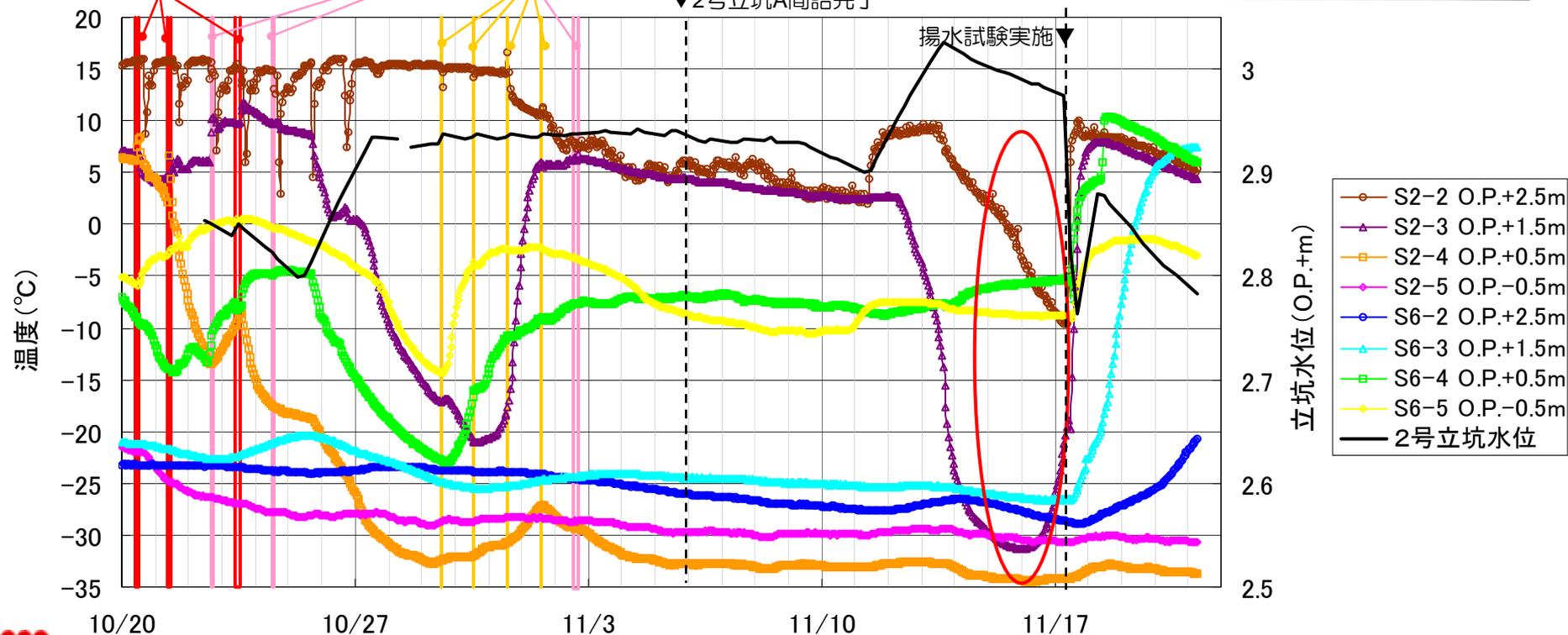


可塑性グラウト打設

水中不分離コンクリート打設 急結性可塑性グラウト

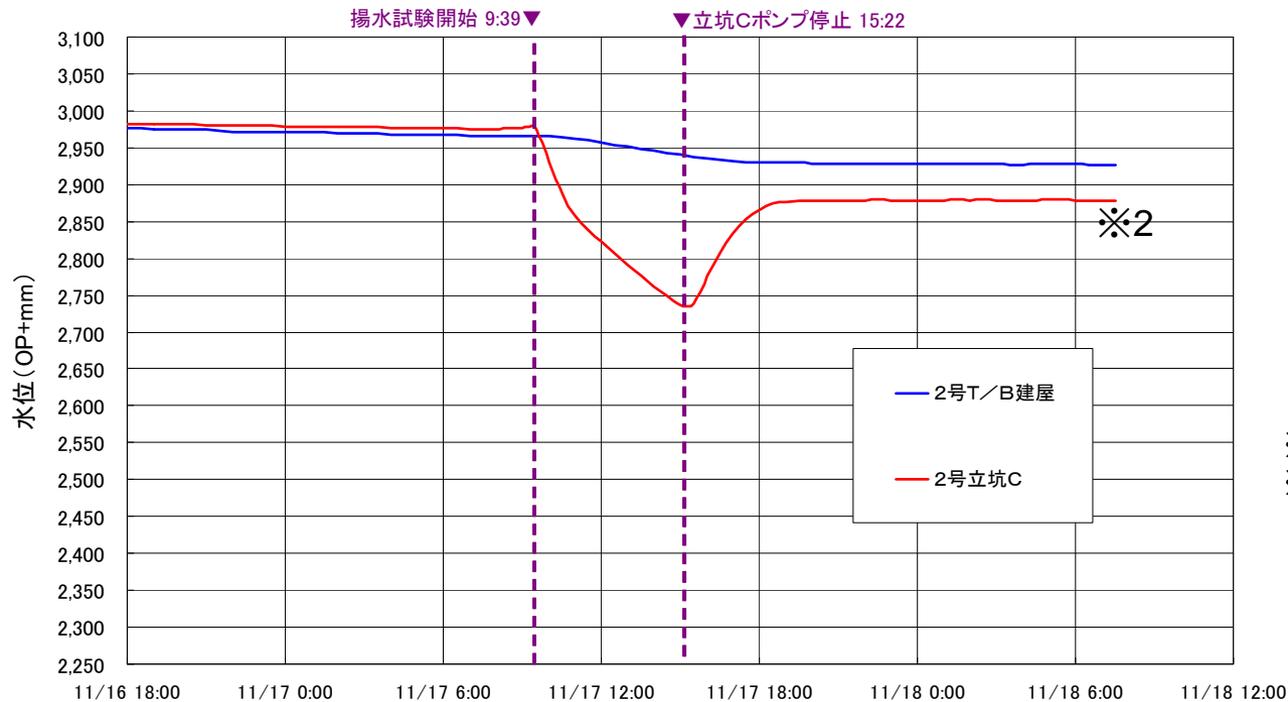
▼2号立坑A間詰め完了

揚水試験実施



## 2. 2 2号機 揚水試験結果

- 11月17日に立坑Cのポンプを稼働し、平均流量約35m<sup>3</sup>/hで6時間、トレンチ側の水をプロセス主建屋に移送。
- その結果、立坑Cの水位はO.P.+2.98mからO.P.+2.8m以下に低下。ポンプの稼働により、建屋と立坑Cで約20cmの水位差を確保出来ることを確認。
- しかしながら、移送停止後、立坑の水位は上昇に転じ、試験期間中平均で約20m<sup>3</sup>/h程度<sup>※1</sup>のトレンチへの流入を確認。なお、水位差がつくほど流量は増加する傾向。



- ※1：建屋と立坑の水位差によって量は変化
- ※2：立坑Cの水位計は、手ばかりの水位計により、約6cmの測定誤差が生じていることが確認されたことから、試験終了平衡状態におけるタービン建屋と立坑Cの水位はほぼ同じと推定。

### 3. 水位変動結果を踏まえた閉塞工事の考え方

- 間詰め充填により一定の効果は上げたものの、依然として建屋とトレンチ間において完全な止水が確認できていないことから、滞留水が存在する状態でトレンチ本体の充填・閉塞を実施する。
- 閉塞にあたっては、最下部にあり、海側に向かっているトンネル部を優先して閉塞したうえで、各立坑の閉塞を行う。
- トンネル部の閉塞は、地下水位より低い位置にあるトンネル天井部に充填孔を開けた場合に、水圧により汚染した滞留水が漏えいする可能性を考慮し、立坑に充填孔を設けて、閉塞材料をトンネル部に流動させて充填する。
- 閉塞材料については、水中でも分離せず、長距離流動が可能で、かつ充填性の高い材料を使用する。
- 施工手順としては、立坑の水位が実施計画に定める運転上の制限であるO.P.+3.5mを上回ることを回避するため、可能な限りトレンチ側の水位を下げて充填することを基本とする。

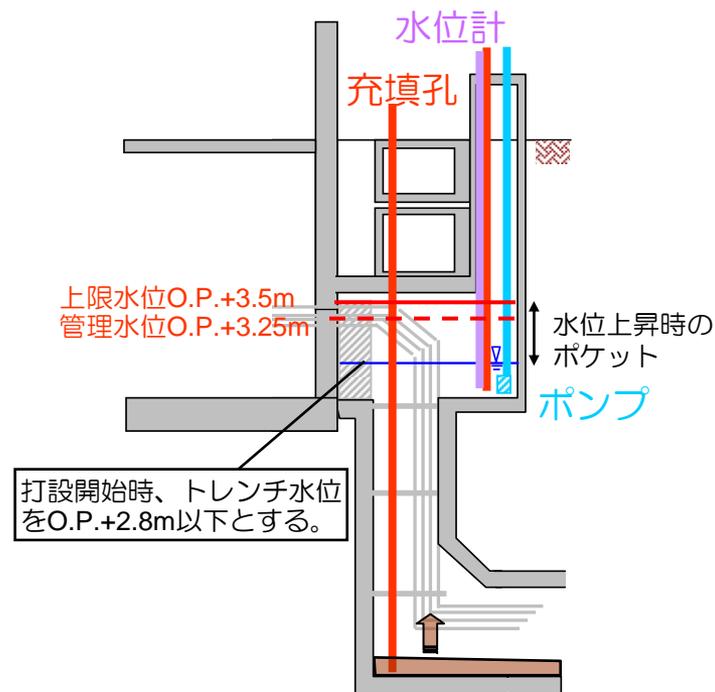
# 4. 1 閉塞工事の施工中の水位管理

- 揚水試験によって得られた事実は以下の通り。
  - ・タービン建屋水位が高い位置（約O.P.+3.0m）にあってもトレンチ側水位をO.P.+2.8mまで低下可能。
  - ・一方で、タービン建屋とトレンチの水位差がつくと、一部の測温管の温度が上昇し、止水壁の凍結状況が変化。
- 上記試験結果を踏まえ、運転上の制限であるO.P.+3.5mを超えないように下記の通りの施工サイクル及び水位管理を行う。
  - ① 充填開始前までにトレンチの水位をO.P.+2.8m以下まで低下させる
  - ② 充填中（7:00～13:00）はトレンチ水位を監視（30分毎）し、O.P.+3.0mを超えた場合、トレンチ移送ポンプを起動させ、トレンチ水位の低下を図る
  - ③ 引き続き水位が上昇する場合、管理水位：O.P.+3.25mに達した場合は、即時、充填を中断する
  - ④ 打設終了後、次の日の打設開始前までにトレンチの水位を再びO.P.+2.8m以下に下げる
  - ⑤ 充填期間中は、止水壁の凍結状況の変化を抑制するために、タービン建屋とトレンチの水位差が大きくなりないように制御する。

## 【初期の充填計画】

充填開始初期は、充填量を下記の通り抑制しながら計画の確認を行うなど、慎重を期して行う。

	充填量
開始日	80m <sup>3</sup>
2～4日目	150m <sup>3</sup>
5日目以降	210m <sup>3</sup>



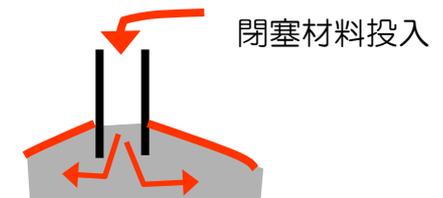
## 4. 2 閉塞材料の特性

- ▶ セメント、フライアッシュおよび水中不分離混和剤などの配合調整により、高い水中不分離性と流動性を有する材料を開発。水中長距離流動試験により、最低12時間は流動性を保持し、80m以上流動し、流動先における材料の性状が変わらないことを確認。
- ▶ 一般的なコンクリートと異なり、骨材（砂・砂利）を使用せず、支障物があっても、小さな隙間から材料が流れ込み、充填される。
- ▶ トレミー打設\*で水中に打設し、流動中の勾配は約0.5%（1/200）程度で、先端が壁に到達した後は材料表面が2時間程度で水平となって（セルフレベリング）打ち上がっていく。



※トレミー打設：

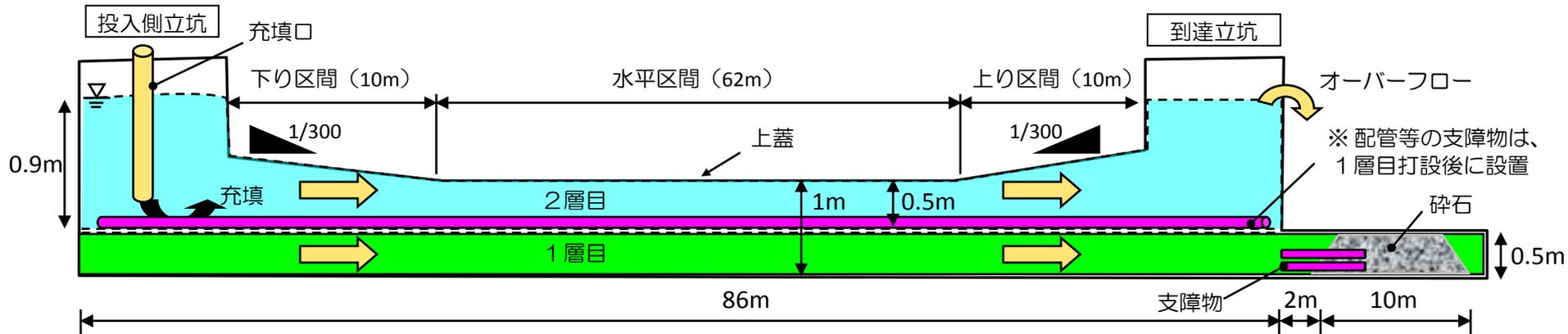
材料分離させないための打設方法で、材料投入する配管の先端が閉塞材料中にあるように調整しながら、閉塞材料を投入していく工法。



86m先のケーブルの隙間や配管の周辺などにも密実に充填される

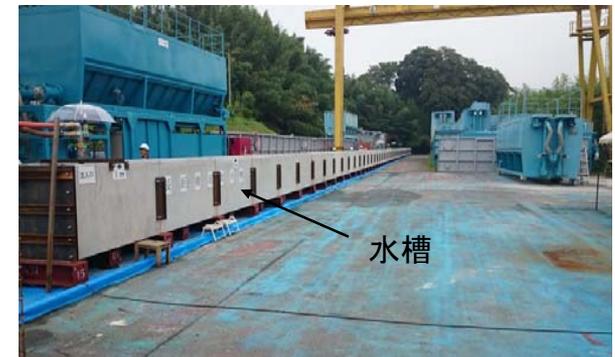
# 4. 3 水中長距離流動試験の概要

- 水中長距離流動試験は、同じ100mの水槽で2回に分けて実施（上下で各0.5mの高さ）。
- 1層目は、分離することなく長距離流動するか否か確認することを主目的として実施。途中で支障物はなく、到達（86m）後に支障物並びに碎石（立坑Bの碎石を考慮）を配置（10/3監視・評価検討会報告済み）。
- 2層目は、水槽全長に障害物を設置し、水槽頂部には上蓋を掛け、トンネル天端、立坑についても考慮。



## <試験条件>

	1層目	2層目
実施日	H26.9.8	H26.10.10
水槽延長	100m	86m
寸法	高さ 0.5m×幅 1.0m	高さ 0.5m (水平区間)×幅 1.0m
支障物	配管・ケーブルレイ (86m~90m) 碎石層 (88m~98m)	配管・ケーブルレイ (全線)
注入速度	100~150 ㍻/分	125 ㍻/分



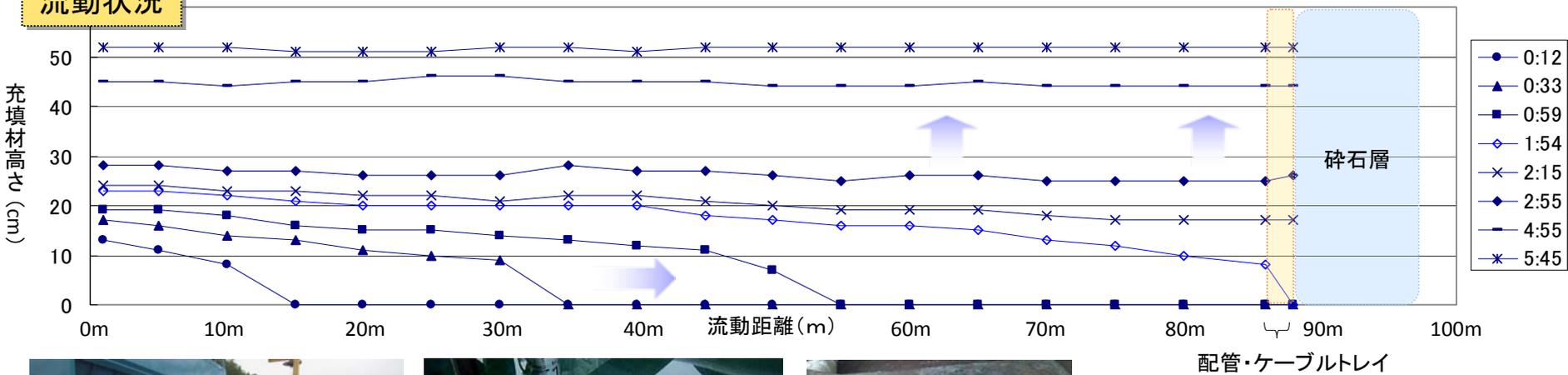
試験装置全景

# 4. 3 流動性の確認結果（1層目）

- ▶ トレミー打設により、閉塞材料は材料分離することなく、86mの距離を流動・充填することを確認。
- ▶ 閉塞材料は端部に到達した後は、材料表面が水平を保ったまま打ち上がることを確認。
- ▶ 閉塞材料は長距離流動後も流動性が維持され、圧縮強度の顕著な低下も見られなかった（10/3監視・評価検討会で報告済み）。

## 流動状況

【凡例：経過時間】



水槽の状況



充填口の状況

80mm x 80mmの供試体が約380mm x 360mmまで広がる



フロー試験

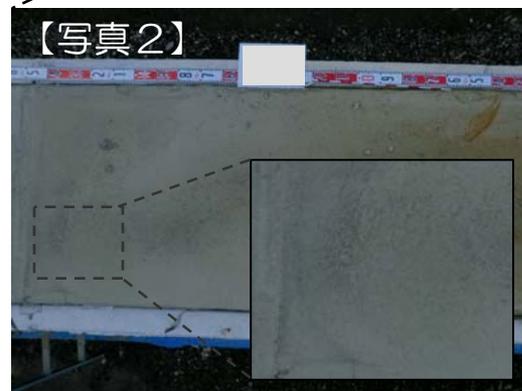
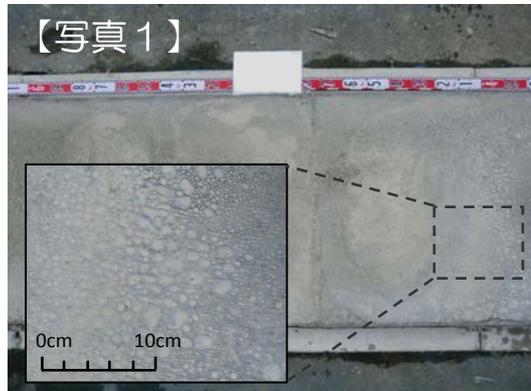
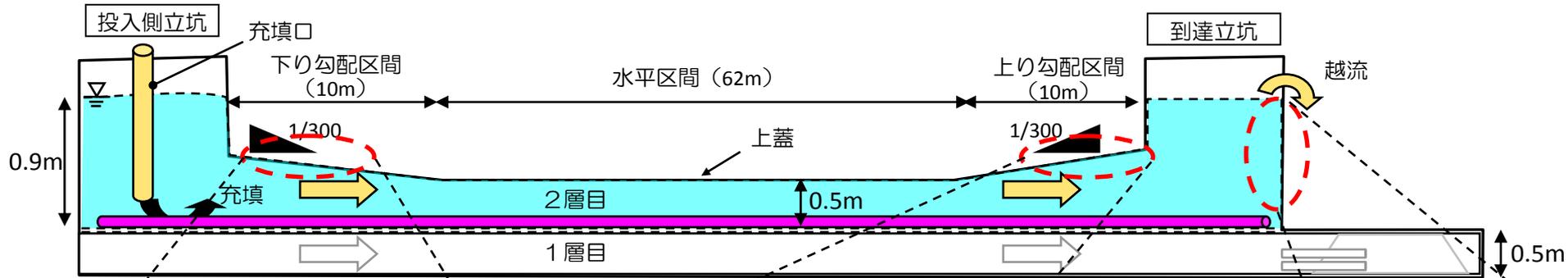


### 圧縮強度試験結果

採取位置 (水中流動)	圧縮強度 $\sigma_7$
	( $N/mm^2$ )
1m	2.30
50m	2.41
85m	2.24

## 4. 3 充填性の確認結果（2層目）

- 下り勾配区間においても頂版まで充填されることを確認した。ただし、充填口から近い区間の頂版には、一部気泡の存在（深さ数mm）が確認された（写真1）。これは、主に練り混ぜ時に取り込まれた空気（練り混ぜ体積の約1%）の一部が気泡となって現れたと考えられ、水みちになるような連続性はない。
- 流動方向に対して頂版が上り勾配区間は、頂版付近も密実に充填された（写真2）。
- 水槽全長にわたり支障物（配管・ケーブルトレイ）が敷設している状況下で、86mを流動し、かつ、支障物周辺も密実に充填できることを確認した（写真3）。

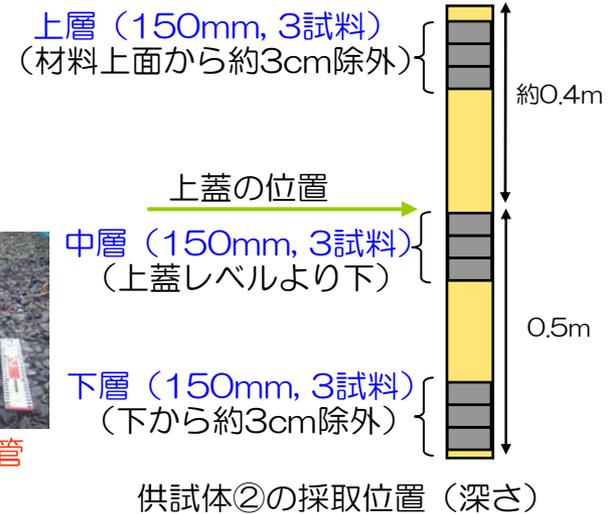
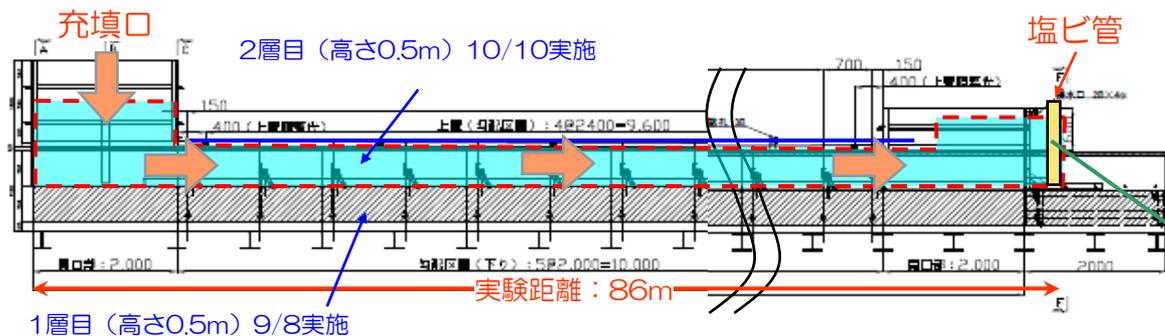


# 4. 3 閉塞材料への巻き込み率

## ■ 長距離流動試験（2層目、10月10日実施）での供試体採取

供試体①：練り混ぜ直後，気中でモールド（高さ100mm×内径50mm×3本）に充填

供試体②：85m流動後，塩ビ管（長さ900mm×内径100mm）を静かに挿入し，打設5日後に塩ビ管ごと取り出す。供試体（高さ50mm×内径100mm）を下層，中層，上層で3個ずつ採取



## ■ 巻き込み率の定義

➢ 算出方法：供試体①と供試体②の水分量の差から算出

➢ 巻き込み率 = 閉塞材 1 m<sup>3</sup> 当たりの巻き込み水量

$$= W2 - W1$$

W1：供試体①の水分量 (kg/m<sup>3</sup>)

W2：供試体②の水分量 (kg/m<sup>3</sup>)

## ■ 巻き込み率の算定結果

1～3%程度



## 【参考】閉塞材料内へ固定化される放射性物質質量

閉塞時に滞留水を巻きこみ材料中に固定化される割合約1%

閉塞前：滞留水量5000m<sup>3</sup> 閉塞後：閉塞材量5000m<sup>3</sup>（閉塞材料内へ固定化される水量50m<sup>3</sup>程度）

●2号機建屋滞留水の放射能濃度（2014/9/9測定）

<sup>137</sup>Cs：1.8×10<sup>7</sup>Bq/L、<sup>134</sup>Cs：5.4×10<sup>6</sup>Bq/L

●閉塞材料の放射能濃度

<sup>137</sup>Cs：1.8×10<sup>7</sup>Bq/Lの1%（比重1.5）→ 放射能濃度1.2×10<sup>5</sup>Bq/kg程度

<sup>134</sup>Cs：5.4×10<sup>6</sup>Bq/Lの1%（比重1.5）→ 放射能濃度3.6×10<sup>4</sup>Bq/kg程度

●トレンチ内の閉塞材料中に固定される放射能量

<sup>137</sup>Cs：1.8×10<sup>7</sup>Bq/Lが50m<sup>3</sup> → 9.0×10<sup>11</sup>Bq程度

<sup>134</sup>Cs：5.4×10<sup>6</sup>Bq/Lが50m<sup>3</sup> → 2.7×10<sup>11</sup>Bq程度

上記放射能量は閉塞材料内に固定化されるため、流出リスクは非常に小さい。一方、固定化されている状態を考慮すると、作業上での被ばくへの影響が考えられる。

閉塞材料の作業への影響としては、閉塞部の確認や作業等のためにボーリングでコア抜きをした場合の被ばくについて考察した。

ボーリングコア φ0.2m×長さ4m 体積約0.1m<sup>3</sup>（約200kg）、

コア濃度を<sup>137</sup>Csで1.2×10<sup>5</sup>Bq/kg程度で算定すると 表面線量は、30μSv/h程度\*となり、2号機トレンチ付近の地表の線量160μSv/hに比べ1/5程度。

※ 除染等業務に従事する労働者の放射線障害防止のためのガイドライン（厚生労働省）

放射能濃度の簡易測定手順（土のう袋）より算定

放射能濃度(Bq/kg)×重量(kg) / (8.5×10<sup>5</sup>) =XμSv/h

# 5. トンネル閉塞の施工手順

## 5. 1 全体の流れ

充填孔・ポンプ設置孔の削孔、水位計の設置

※一部の孔の削孔はトンネルA天井部充填までに実施

トンネルB、C一般部充填

※トンネルの中・下部を一般部とする

数回にわけて水抜きと充填を繰り返す

トンネルA一般部充填

数回にわけて水抜きと充填を繰り返す

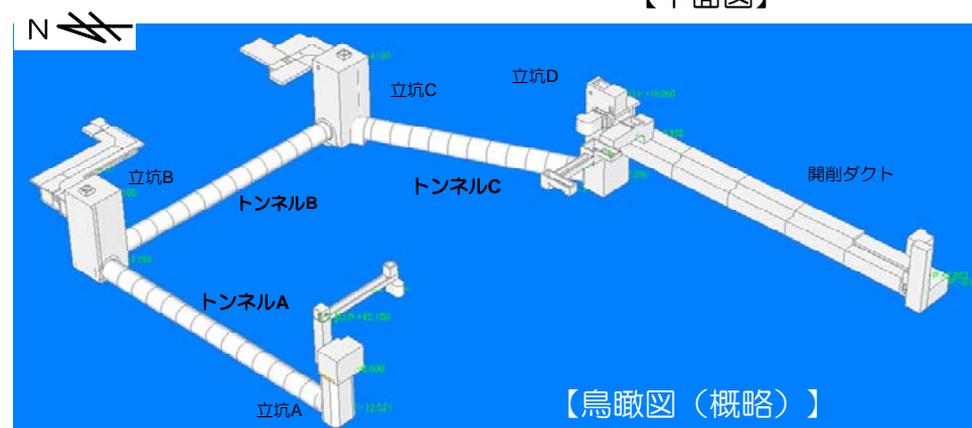
トンネルA天井部充填

トンネルB、C天井部充填

立坑A、立坑D、開削ダクトの充填

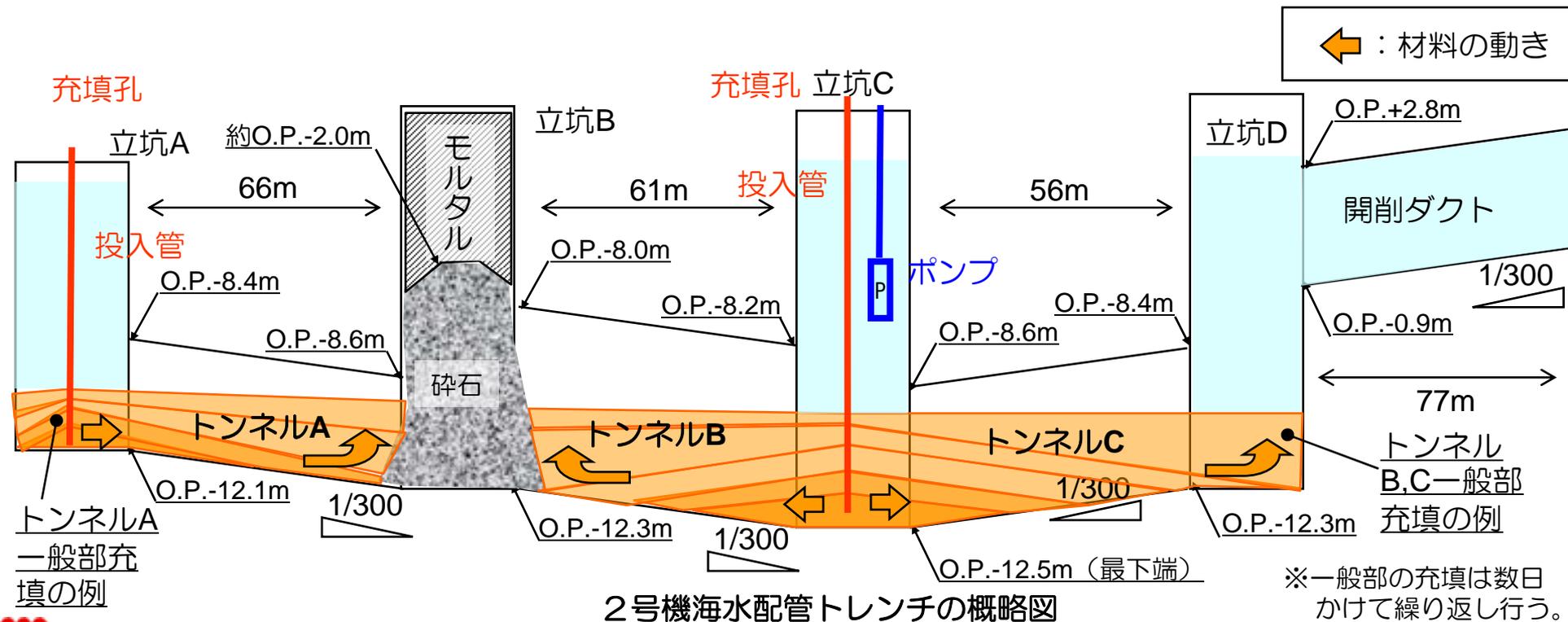
立坑B、Cの充填

※今後、海水配管トレンチ内の配管の残水については、状況を考慮し、検討していく。



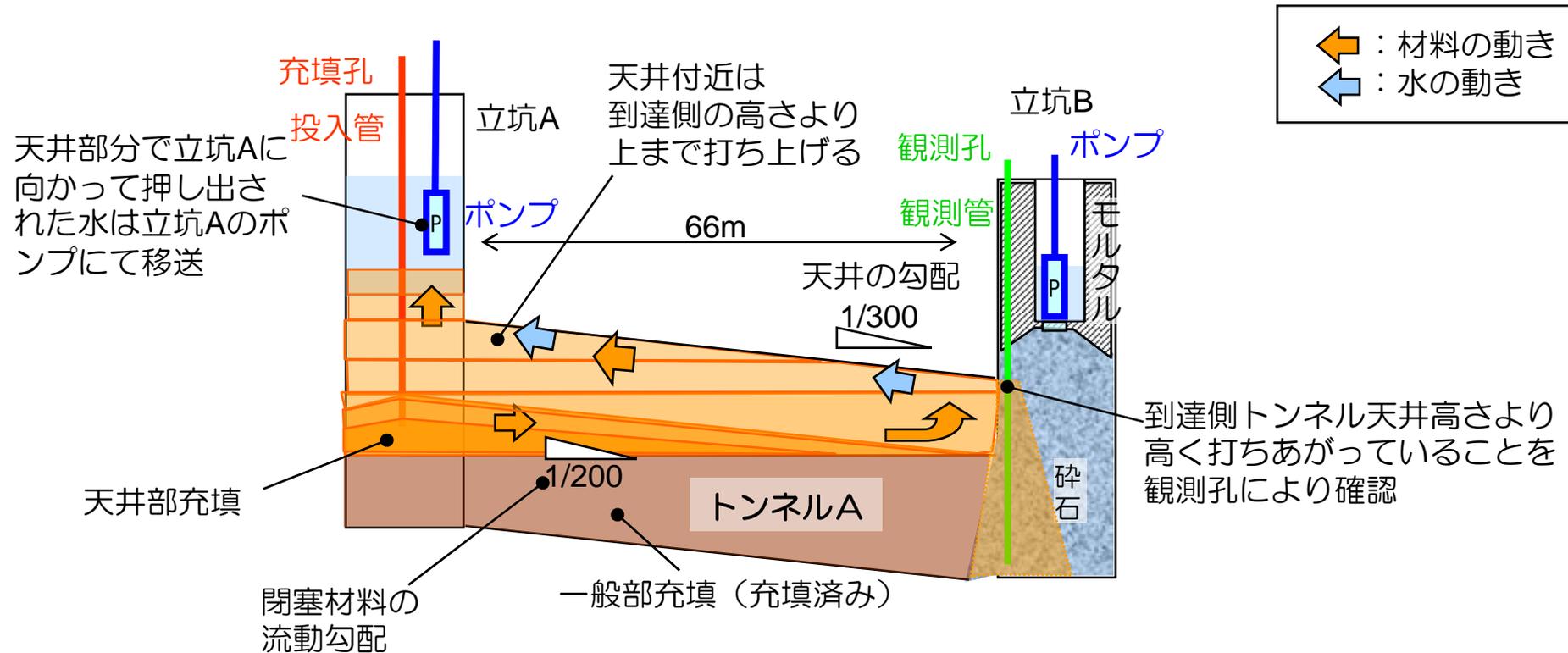
## 5. 2 2号機海水配管トレンチの特徴と施工上の留意点（1）

- 立坑Cの底部が最も低い位置にある。  
→ 自重で水平に広がる性質を有する閉塞材料を使用するため、低い位置から徐々に閉塞材料を打ち上げることが合理的であり、トンネルB、Cの充填は、立坑Cから実施する。
- 立坑Bは碎石とモルタルで充填済みであり、水は通すが閉塞材料は通しにくい。  
→ トンネルB,Cの一般部の充填終了後、トンネルAについては、立坑Aの充填孔から閉塞材料を投入する。



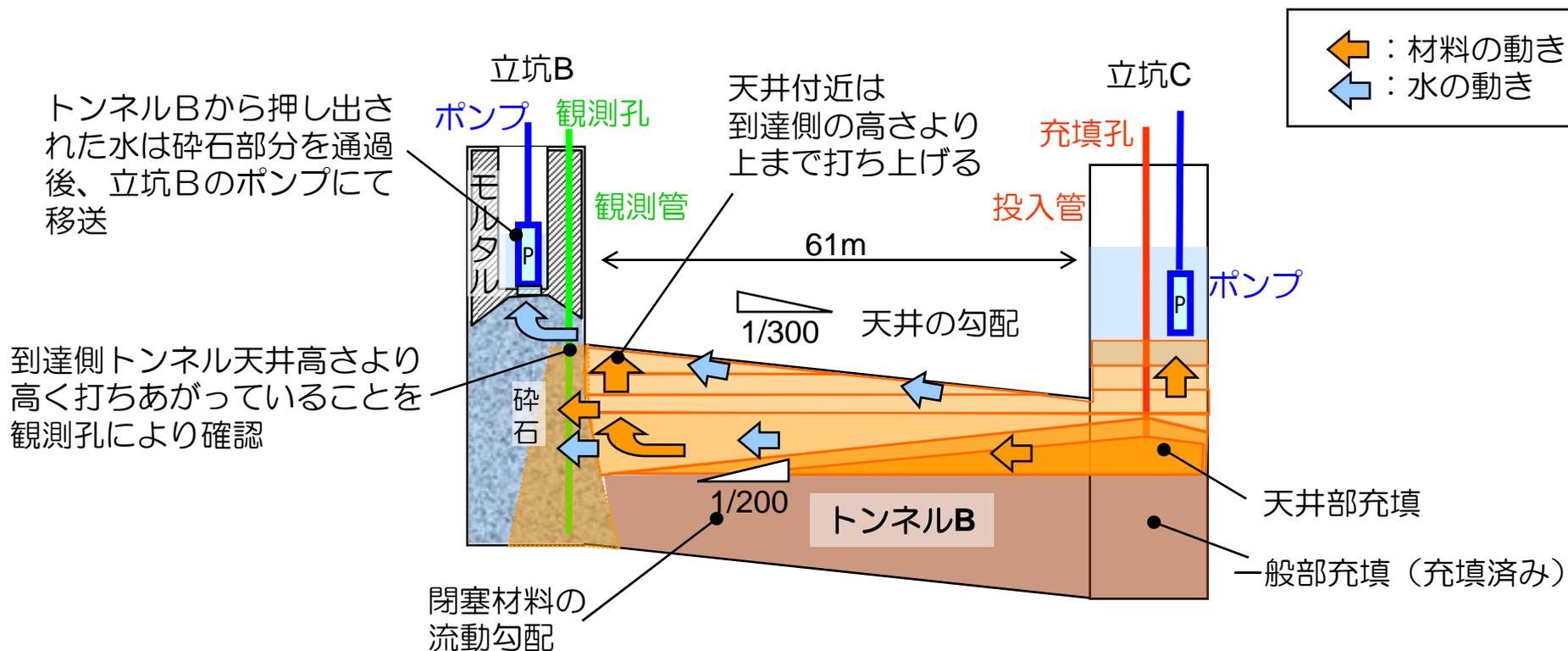
## 5. 2 2号機海水配管トレンチの特徴と施工上の留意点（2）

- 各トンネルは径が異なり、それぞれ1/300の勾配がついている。
  - トンネルAの天井部は未充填部が生じないように、投入側のトンネル天井高さより上まで打設する。



## 5. 2 2号機海水配管トレンチの特徴と施工上の留意点（3）

- 各トンネルは径が異なり、それぞれ1/300の勾配がついている。
  - トンネルBの天井部は未充填部が生じないように、到達側のトンネル天井高さより上まで打設する。

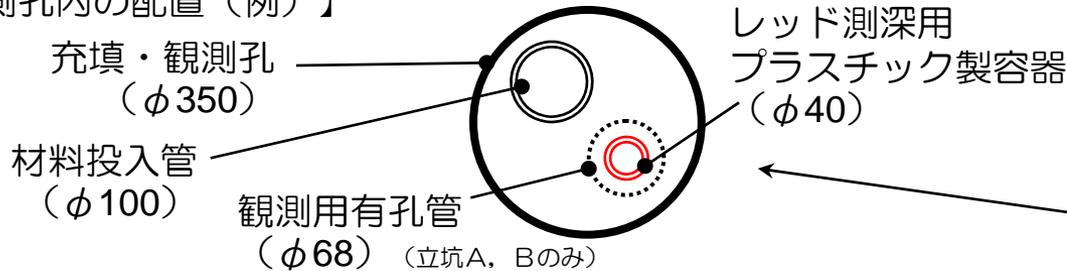


立坑B・CとトンネルBのイメージ図

# 5. 3 打設管理

- 各充填・観測孔には材料投入管およびレッド測深用プラスチック製容器を配置し、レッド測深（右下図参考）により打設高さ計測を行う。
- 立坑A, Bは支障物（ケーブルトレイ・砕石）による観測不良防止のため、観測用有孔管を設置し、その内部でレッド測深を行い、打設高さ計測を行う。
- 打設高さ計測は、各孔にて最低打設前後一回ずつ実施する。

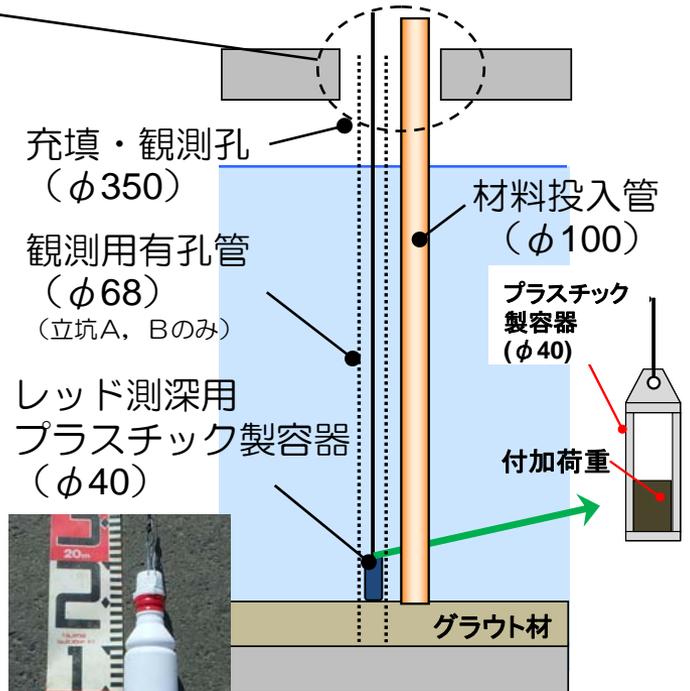
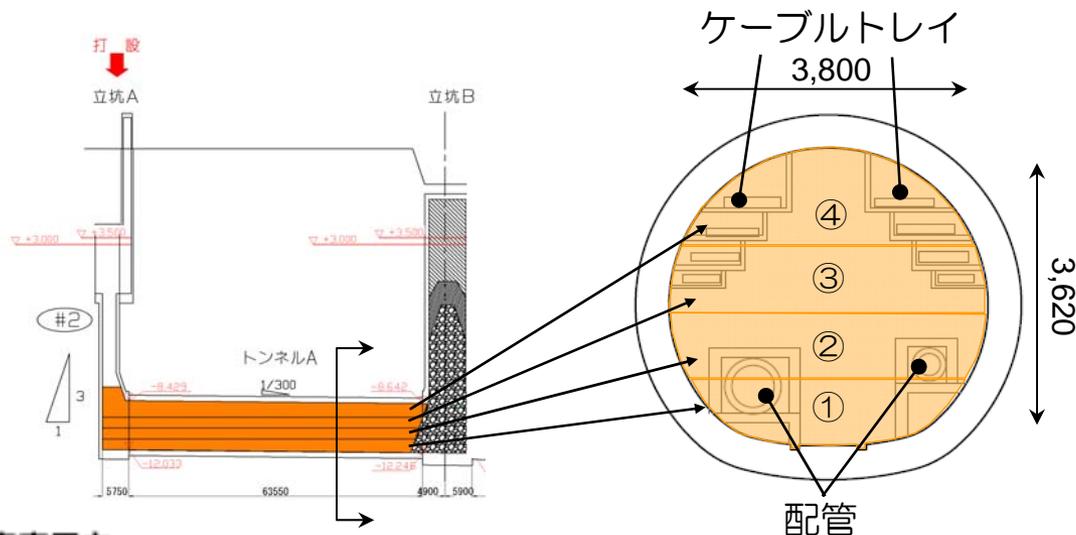
【充填・観測孔内の配置（例）】



【打設高さ計測（レッド測深による確認）】

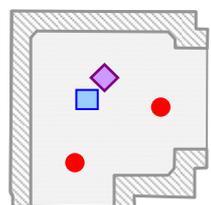
- ・海域の深浅測量などでよく用いられる方法
- ・レッド（錘）の比重を1.25とする。  
（充填材の比重1.5, 水の比重1.0）
- ・レッドの上下により打設天端を感知して、レッドを吊っているメジャーを読み取り打設高さを算出する。

【支障物を考慮した打設ステップ概要（トンネルAの例）】

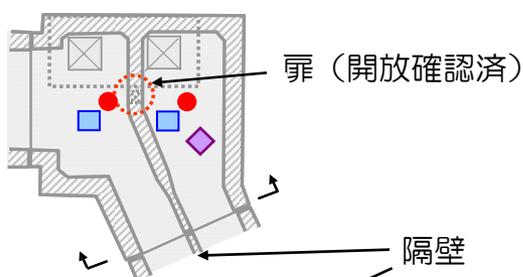


## 5. 4 充填手順（施工準備状況）

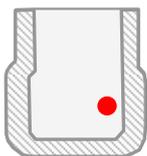
- ▶ 立坑C～D～開削ダクトに関しては、隔壁がある分室構造(下図参照)であるため、各立坑に充填・観測孔，ポンプ設置孔をそれぞれ2箇所ずつ設置
- ▶ 立坑Bには砕石が立坑の途中まで積み上げられており，立坑A，Cから流動させた閉塞材料の到達状況等について確認するため，トンネルA，B側の2箇所に充填・観測孔を設置
- ▶ 立坑A～トンネルAについては，単純なトンネル構造のため，充填・観測孔およびポンプ設置孔は1箇所ずつ設置



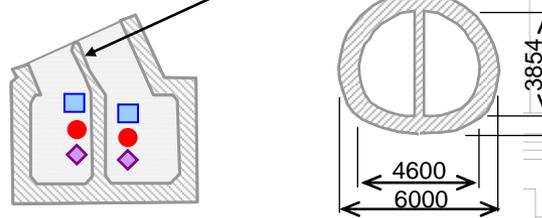
立坑B底部平面図



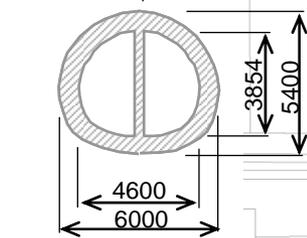
立坑C底部平面図



立坑A底部平面図



立坑D底部平面図



トンネルC断面図

- : 充填・観測孔 (φ350)
- : ポンプ設置孔 (φ600)
- ◆ : 水圧式水位計

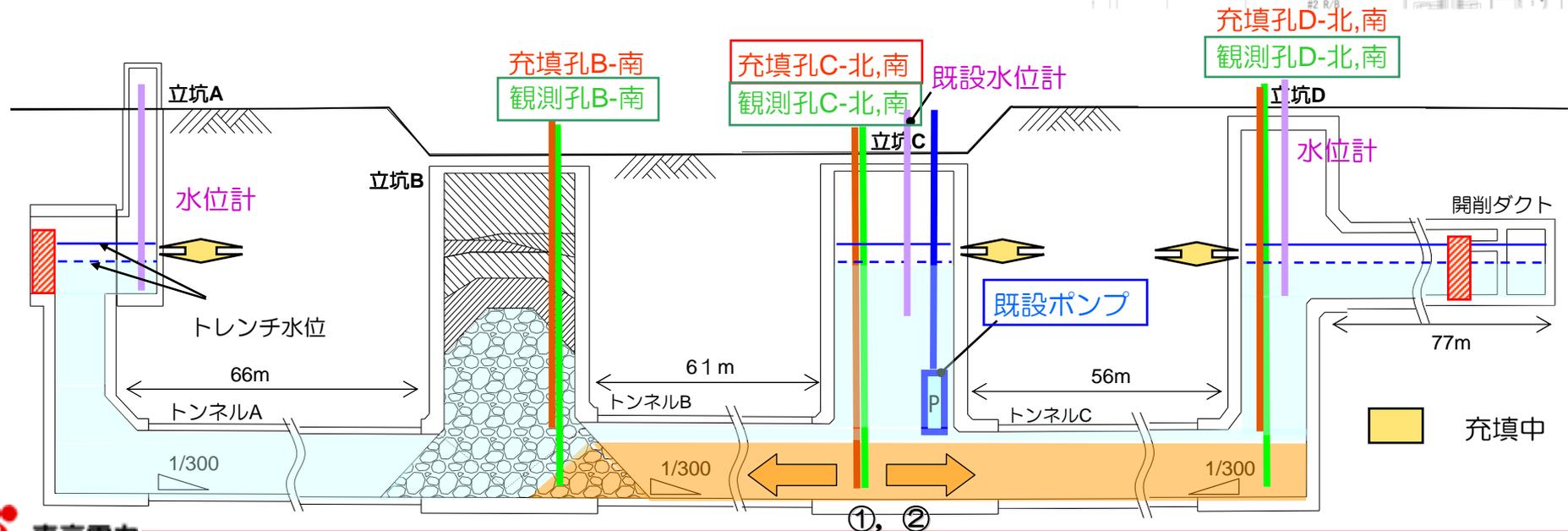
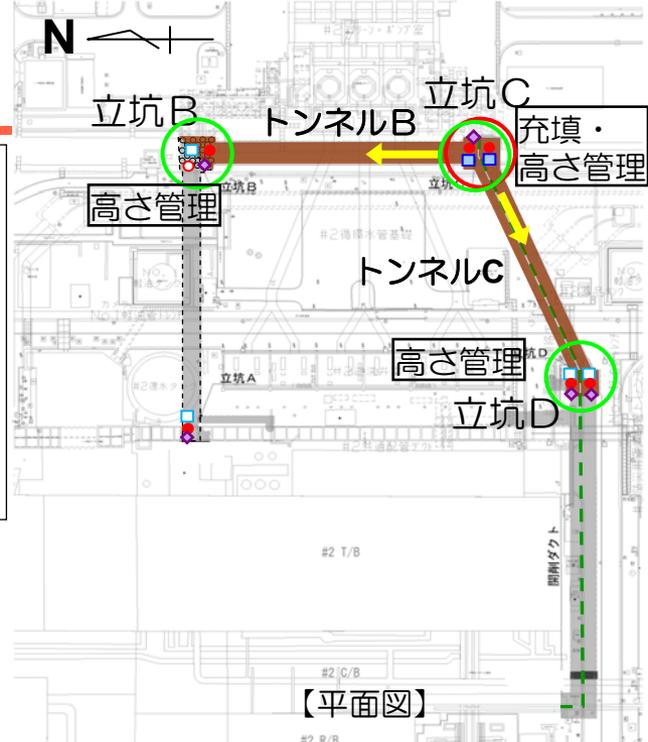


【2号機海水配管トレンチ平面図】

# 5. 4 充填手順（トンネルB、C一般部の充填）

- ①トンネルB,Cの一般部については、隔壁の扉が南側から北側に向けて開放されていることを確認したため、充填孔C-南より、管の筒先を底盤・既打設面から約10cm上に設置し、閉塞材料を投入（1日あたり充填量は約200m<sup>3</sup>）。
- ②以下、①を繰り返し、数日かけて天井手前までの充填を実施。  
 ・充填中は、観測管C-北,南、D-北,南において充填高さを管理（水平に打ち上がっていることや、打設量と高さの関係を確認。また、観測管B-南において材料の到達状況を確認）

※図に記載の充填孔・観測孔・ポンプは設置が完了しているもの。  
 ※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、本ステップにおいて使用するもの。

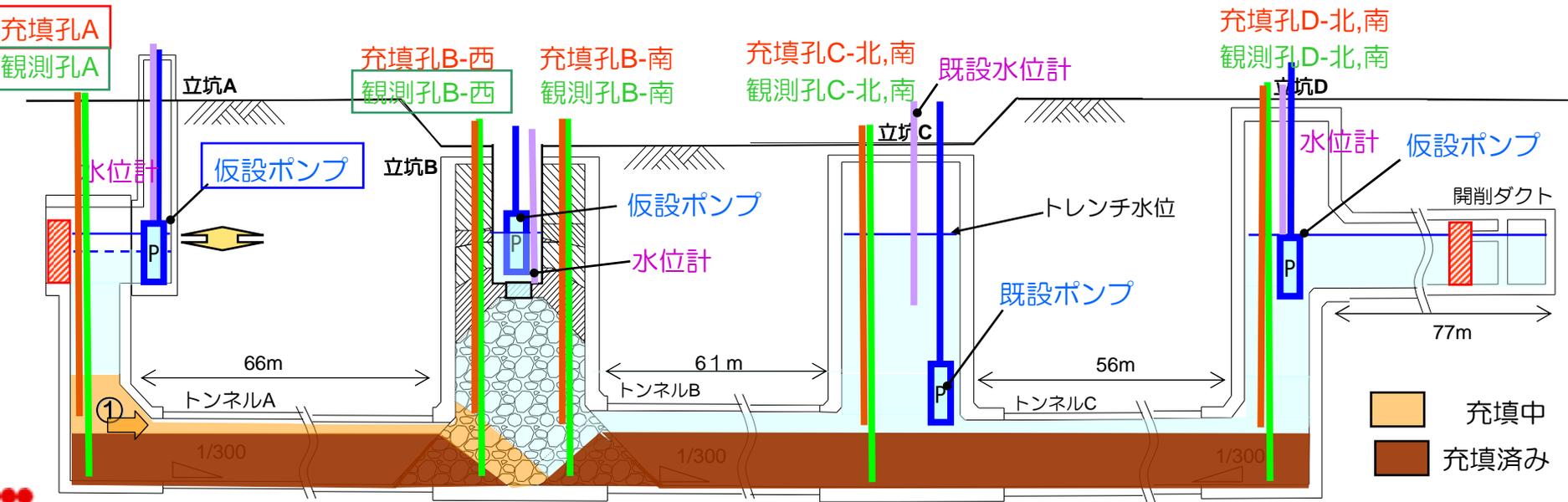
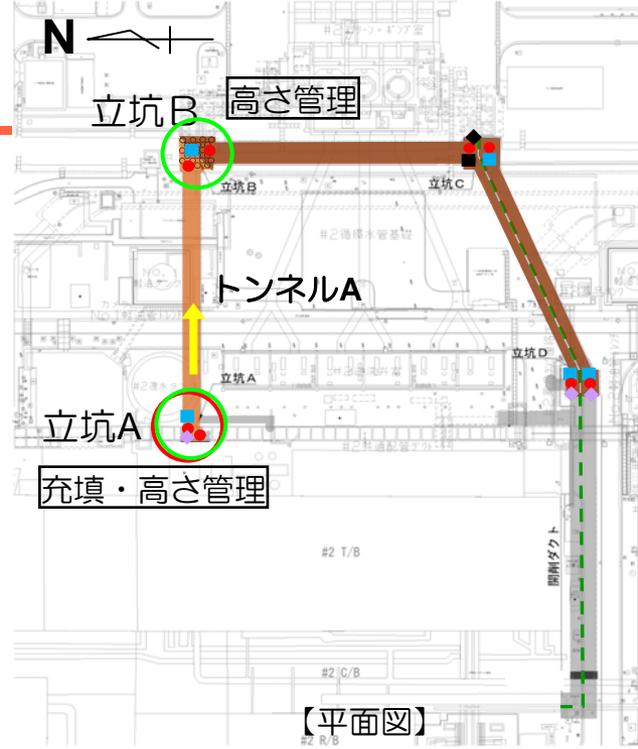




# 5. 4 充填手順（トンネルA天井部の充填）

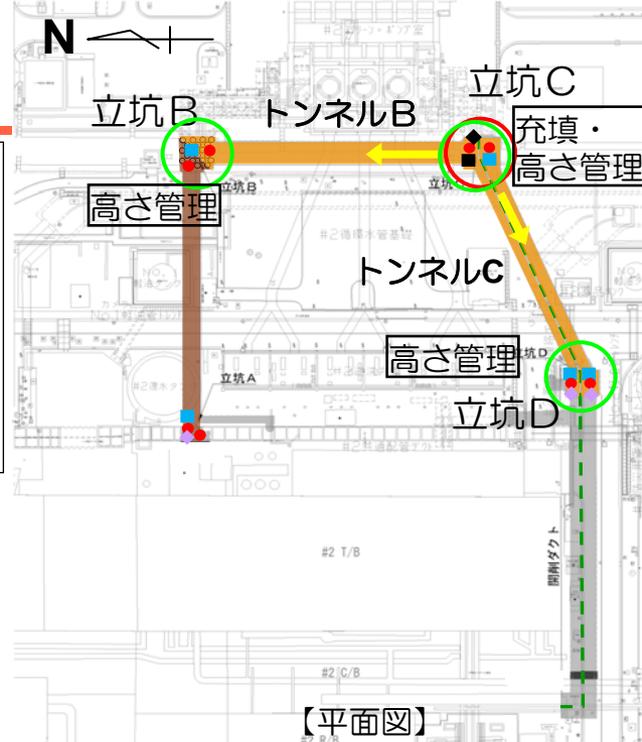
- ① 充填孔Aより、投入管の筒先を既打設面から約10cm上に設置し、閉塞材料を投入（1日で閉塞完了）。
  - ・ 充填中は、観測孔Aにおいて充填高さを管理（また、観測孔B-西において材料の到達状況を確認）。

※図に記載の充填孔・観測孔・ポンプは設置が完了しているもの。  
 ※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、  
 本ステップにおいて使用するもの



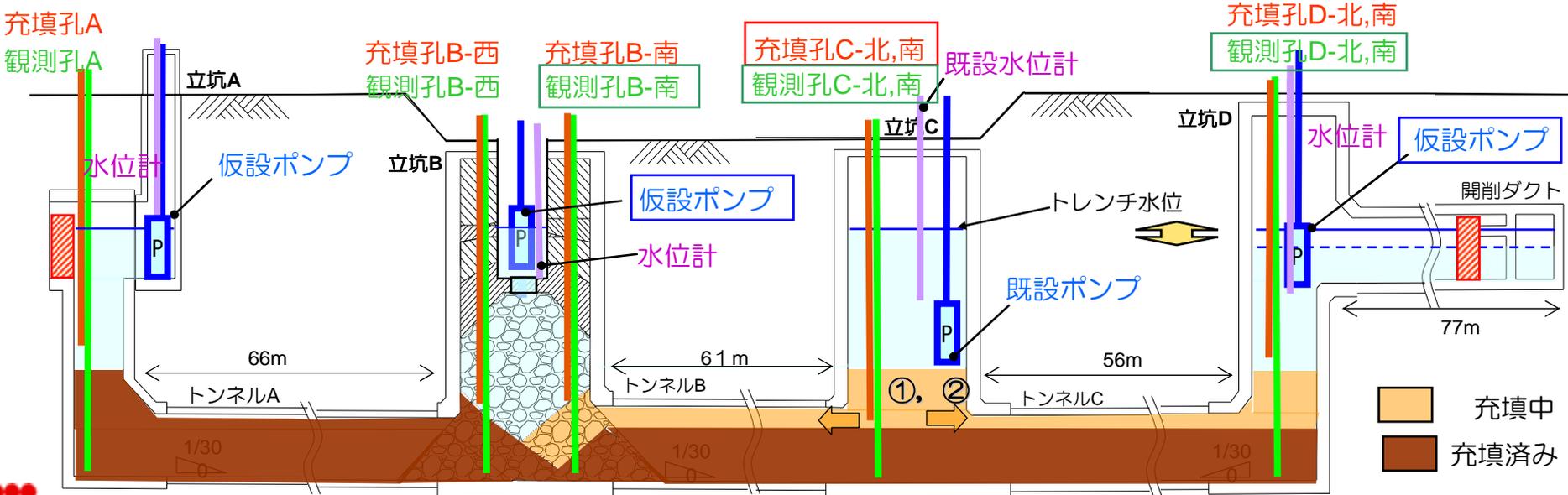
## 5. 4 充填手順（トンネルB,C天井部の充填）

- ① 充填孔C-北より、管の筒先を既打設面から約10cm上に設置し、閉塞材料を投入。
  - ・ 充填中は、観測孔C-北、D-北において充填高さを管理（また、観測孔B-南において材料の到達状況を確認）
- ② 充填孔C-南より、管の筒先を既打設面から約10cm上に設置し、閉塞材料を投入。
  - ・ 充填中は、観測孔C-南、D-南において充填高さを管理。



【平面図】

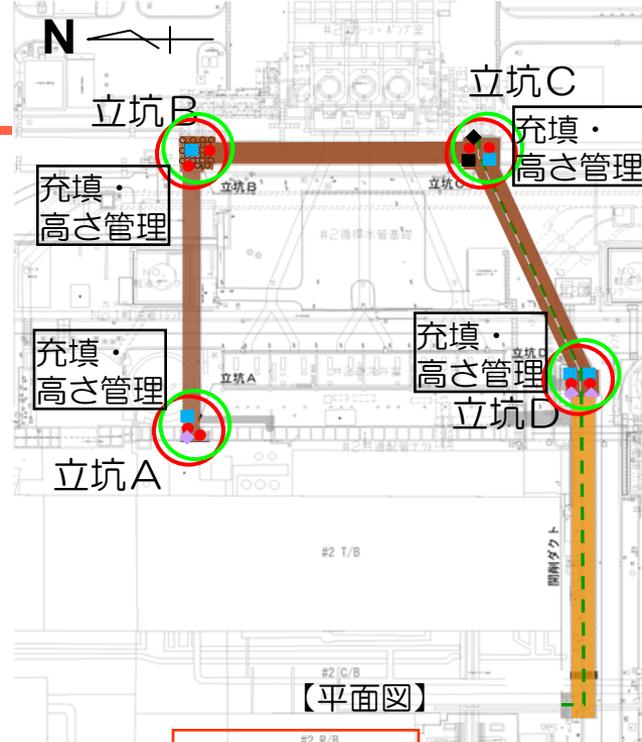
※図に記載の充填孔・観測孔・ポンプは設置が完了しているもの。  
 ※図中の各充填孔・観測孔・ポンプにおいて枠で囲まれているものは、  
 本ステップにおいて使用するもの



【2号機海水配管トレンチ概略断面展開図】

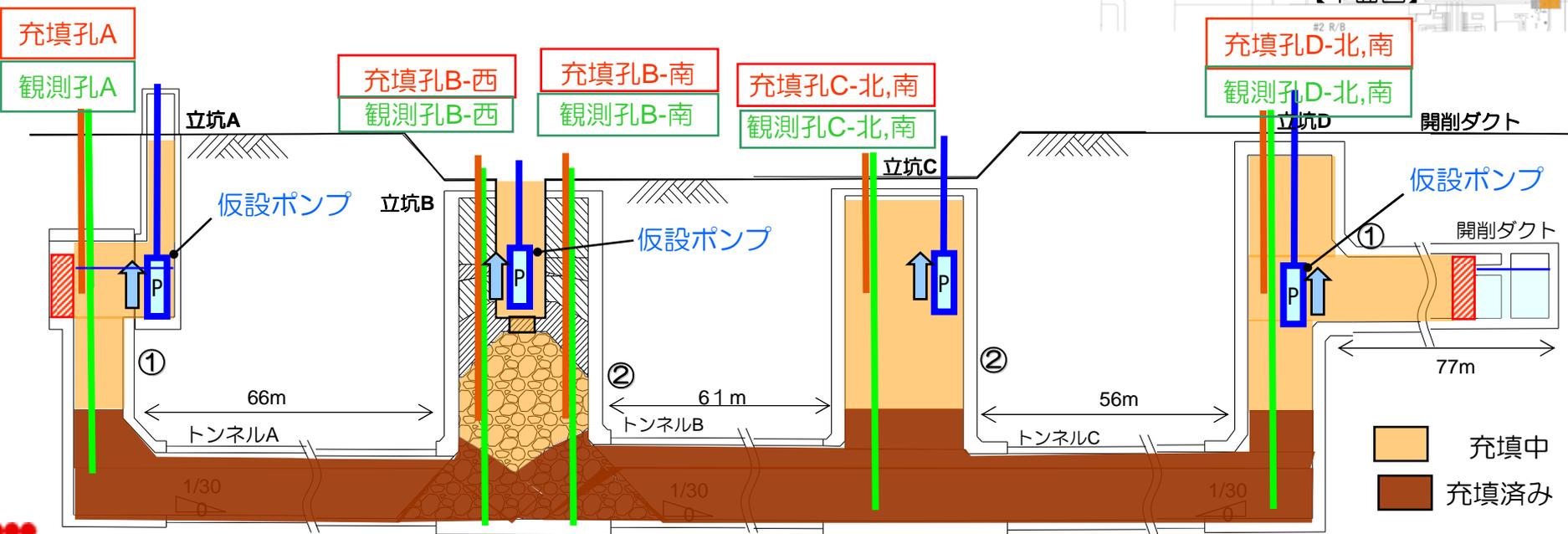
## 5. 4 充填手順（各立坑、開削ダクト部の充填）

- ①立坑A、Dのポンプにより水を抜き、立坑A、D及び開削ダクトを閉塞。管の筒先を既打設面から約10cm上に設置し、閉塞材料を投入。
  - ・充填中は、観測孔A、D-南北において充填高さを管理。
  - ・充填に際し、ポンプ・充填孔・水位計を引き上げる。
- ②立坑B下部の砕石層、立坑Cのポンプより水を抜き、閉塞。
  - ・充填中は、観測孔B、C-南北において充填高さを管理。
  - ・充填に際し、ポンプ・充填孔・水位計を引き上げる。



【平面図】

※図に記載の充填孔・観測孔・ポンプは設置が完了しているもの。  
 ※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、  
 本ステップにおいて使用するもの



【2号機海水配管トレンチ概略断面展開図】

## 5. 5 開削ダクト部の施工上の留意点

➤ 開削ダクトの閉塞充填に際しては、以下の手順で実施する。

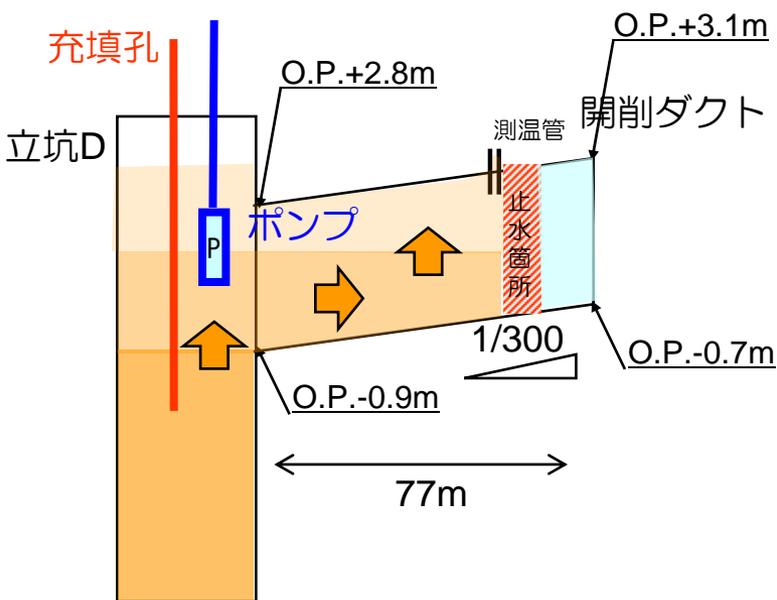
①必要な箇所に、ポンプを設置する。

②ポンプ設置孔や充填確認のために観測孔として利用する測温管の孔を除き、孔を閉塞する。

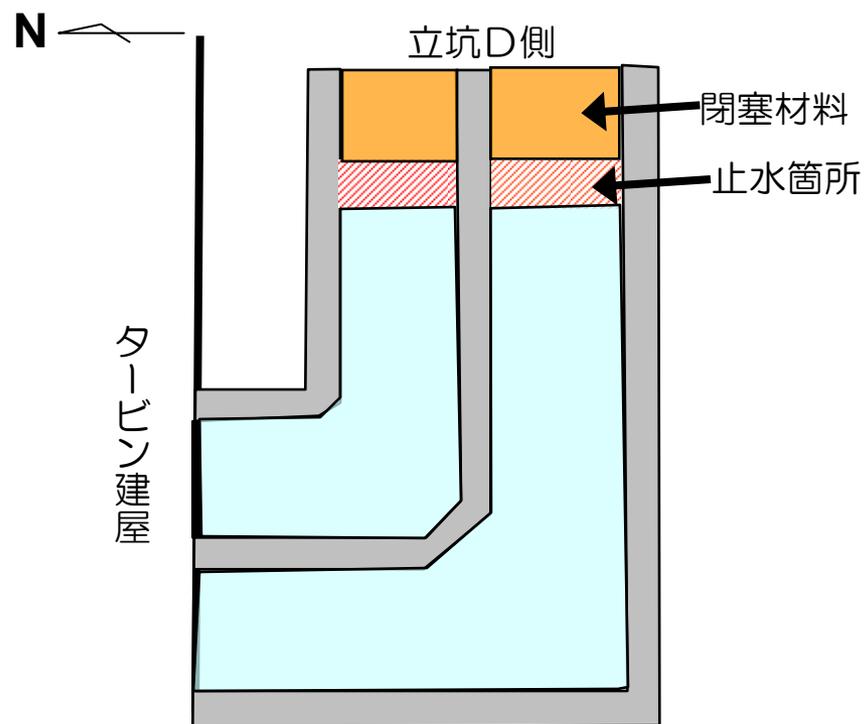
③トンネル天井部の充填と同様に、新たに設置したポンプで水を抜きつつ、立坑D側から閉塞材料の充填を行う。

④測温管から材料がダクト天端以上の高さに打ちあがることにより充填を確認する。

※ 開削ダクト部は、建屋接続部と止水箇所間の閉塞が残るため、この部位の閉塞方法は別途検討する。



断面図

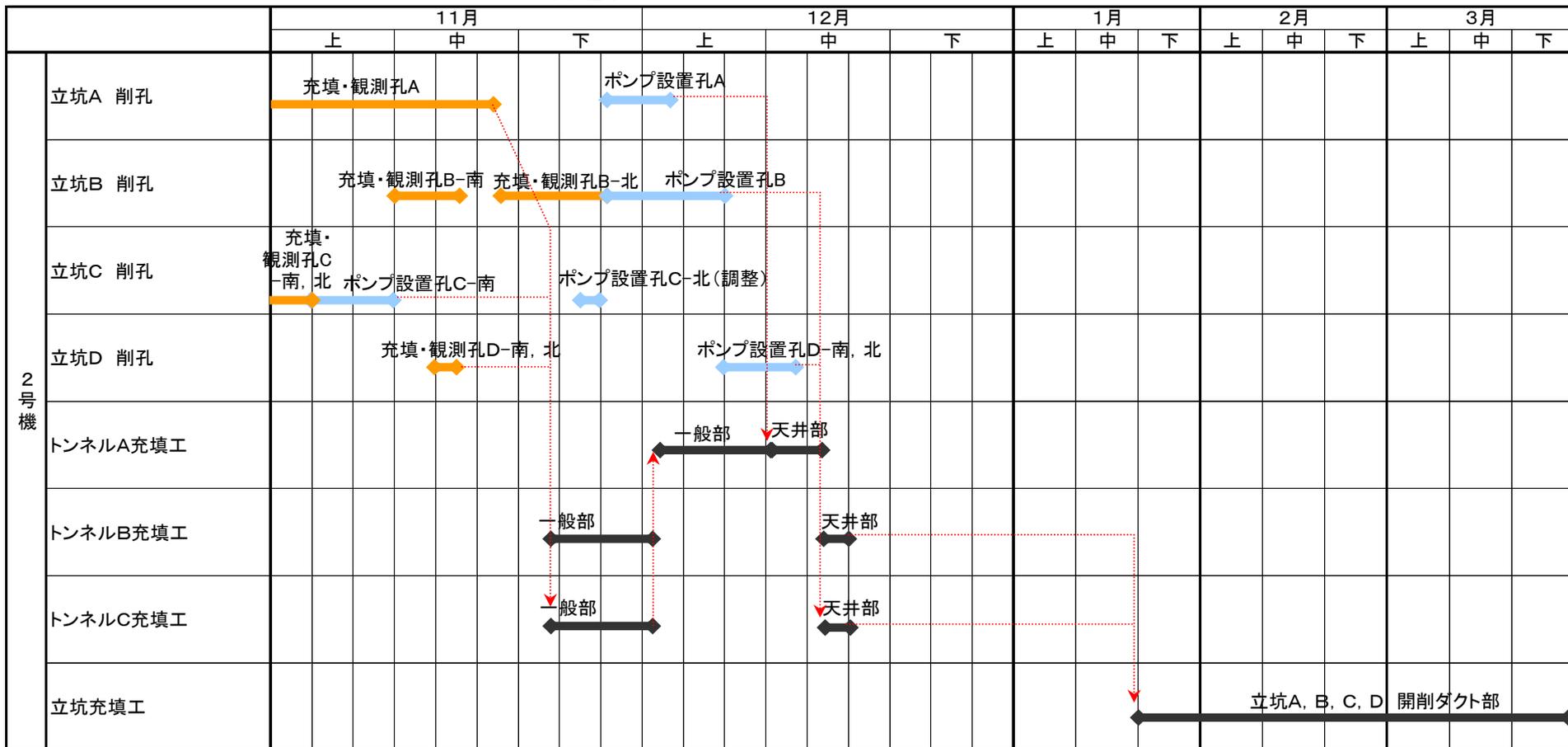


平面図

# 5. 6 トレンチ閉塞のスケジュール

【施工工程】

▼11/21



※天候等により変更可能性あり

# 【参考】残水量に関する考察

## ①底部の堆砂の隙間に残水が残るリスク

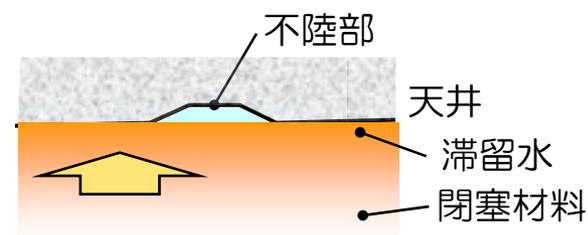
11/20に充填孔等の掘削作業において砂の堆積を確認

- ・立坑の堆積物測定結果（津波到来時の砂等が沈殿したものと考えられる）は以下の通り
- ・立坑B・D：約40cm、立坑C：約20cm、立坑A：未測定→約40cmと推定
- ・砂の間隙率50%と仮定すると、堆砂間隙に残る残水量は約23m<sup>3</sup>程度



【平面図】

【堆砂高さ推定図】



【トンネル縦断方向イメージ】

## ②天井部の不陸箇所に残水が残るリスク

天井部において右下図のような不陸箇所がある場合、残水が残る可能性。しかしながら、トンネル施工時はmm単位での管理を行っており、不陸がある可能性は非常に低いと考えられる。仮に5mm程度の充填できない部分が、仮に全域にわたって残っているととしても、残水量は約2m<sup>3</sup>程度



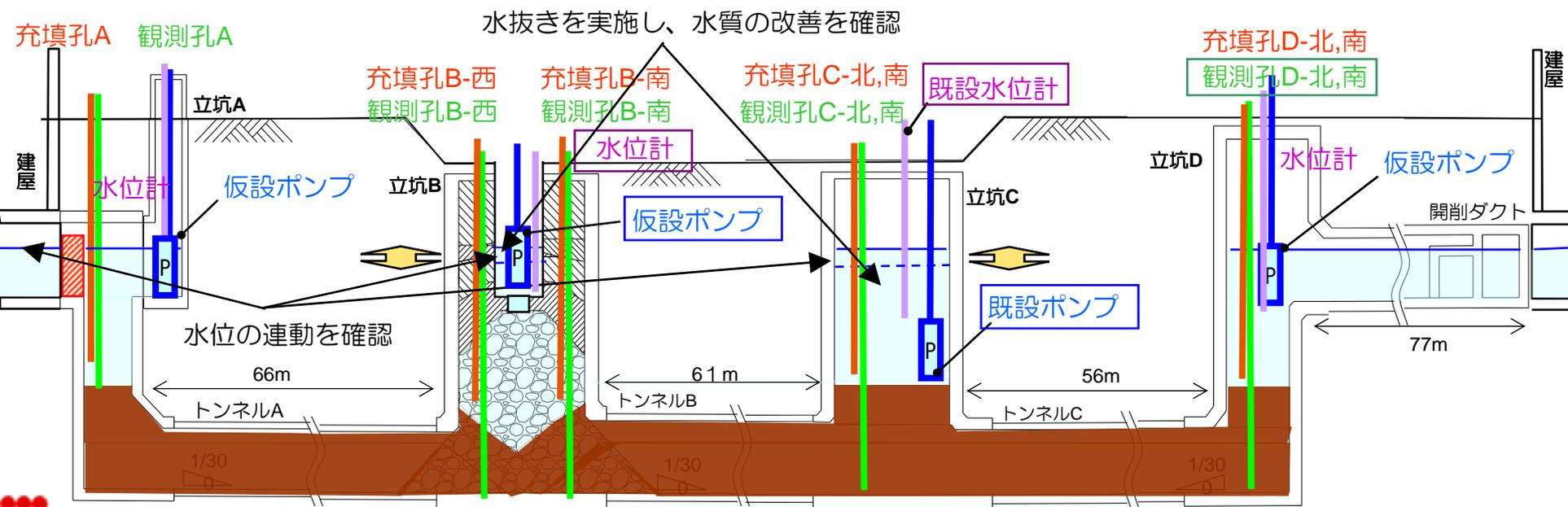
$$\begin{aligned} \text{推定残水量} &= \text{①底部堆砂の隙間内残水} + \text{②不陸箇所残水} \\ &= \text{約}25\text{m}^3 \text{（閉塞前の滞留水の}0.5\% \text{）} \end{aligned}$$

なお、推定残水量のうち大部分を占める底部堆砂の隙間内残水は、水抜き後に充填を行った場合においても同様に残ると推定

## 5. 7 閉塞確認方法案

閉塞確認については、下記のような手順で確認を行う。

- トンネルの充填が完了した時点で、タービン建屋および立坑B,Cの水位連動を確認。
- トンネルA,B,Cの連動がなくなる場合、水みちはなく充填は十分と判断。
- トンネルA,B,Cの連動が生じている場合、充填は不十分と判断し、引き続き立坑B,Cにおいて水抜きを行い、水位回復の後、採水・水質確認を行う。
- 水質が改善している場合、立坑損傷部から流入する地下水によるものであり、連通性はないものと判断。
- 水質が改善傾向とならない場合、建屋からの一定の連通が残っていると判断し立坑A,Dにおいてさらに充填性が高いと考えられる閉塞材料・薬剤等を用いた充填を実施する。



## 5. 8 閉塞連通が確認された場合の対応（現状案）

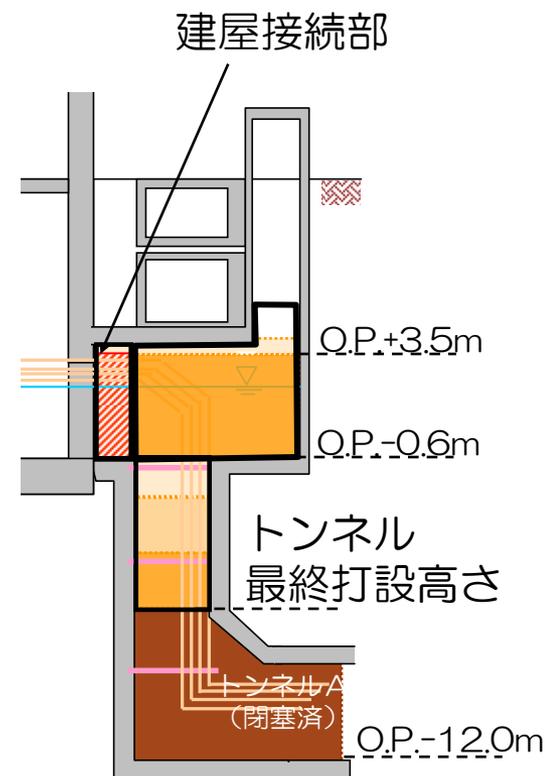
トンネル閉塞時の最終打設高さを確認し、建屋接続部までの高さを考慮し、右記の材料などを使用しつつ、連通確認を段階的に行いながら充填を実施する。

今後の立坑閉塞に向け、材料の組み合わせや層厚、手順等含め、継続して検討していく。

### 【2号機立坑Aの例】

<使用材料の例>

- 閉塞材料充填
- 膨張性水中不分離モルタル充填
- グラウト材  
など



# 【参考】トンネル・立坑閉塞の施工順序別のリスク

- ▶ “立坑部→トンネル部”の順序で充填する場合、立坑下部はトンネル頂部まで立ち上げるため粘性の高い材料を使用するが、配管、ケーブルトレイ、グレーチングなどの支障物が多く、支障物の隙間の充填が不十分となり、残水が残るリスクが極めて高い。
- ▶ また、立坑下部を粘性が高い材料で充填するため、充填工を複数（5箇所程度以上）削孔する必要があるが、配管・ケーブルトレイ・グレーチング等が錯綜する空間であるため、必要な数の削孔が出来ないリスクがある（特に立坑A）。

## 【2号機立坑Aの例】

