

特定原子力施設 監視・評価検討会  
(第49回)  
資料3

## 陸側遮水壁の状況

**TEPCO**

---

2016年12月26日

東京電力ホールディングス株式会社

## 概要

- 12月3日より第二段階として2箇所未凍結箇所の凍結閉合を進めており、近傍の測温点では温度低下が見られる。
- 至近の4m盤のくみ上げ量や地下水位の状況から、陸側遮水壁（海側）の閉合による効果は見えてきている。
- 上記の状況を踏まえて、現状の地下水収支の評価をもとに、今後、山側を完全閉合した場合の地下水位変動について試算した。保守的な条件（降雨・4m盤への地下水移動量 等）で想定しても、サブドレンは稼働を継続すると考えられる。
- 建屋内外の水位低下を進めていく中で、将来、建屋内外の水位差が小さくなった状態において注水等を実施する可能性があることから、注水等の効果の確認方法について検討した。

## 目次

1. 至近の建屋流入量・くみ上げ量の状況と陸側遮水壁（海側）閉合効果の評価
2. 山側からの地下水流入が減少した場合の地下水位変動の試算
3. 注水等の確認

## 【参考】

---

1. 至近の建屋流入量・くみ上げ量の状況と陸側遮水壁（海側）閉合効果の評価

## 1.1 (1) 至近の建屋流入量・くみ上げ量の状況

### ■凍結状況

- 陸側遮水壁第一段階の対象範囲は、測温管位置での温度計測によると、海側の100%、山側の95%程度が0℃以下となっている。
- 第二段階（山側2箇所）の対象範囲も、12月3日から凍結開始（凍結管に冷却ブラインを循環）しており、測温管位置において徐々に温度低下している。

### ■地下水位の状況

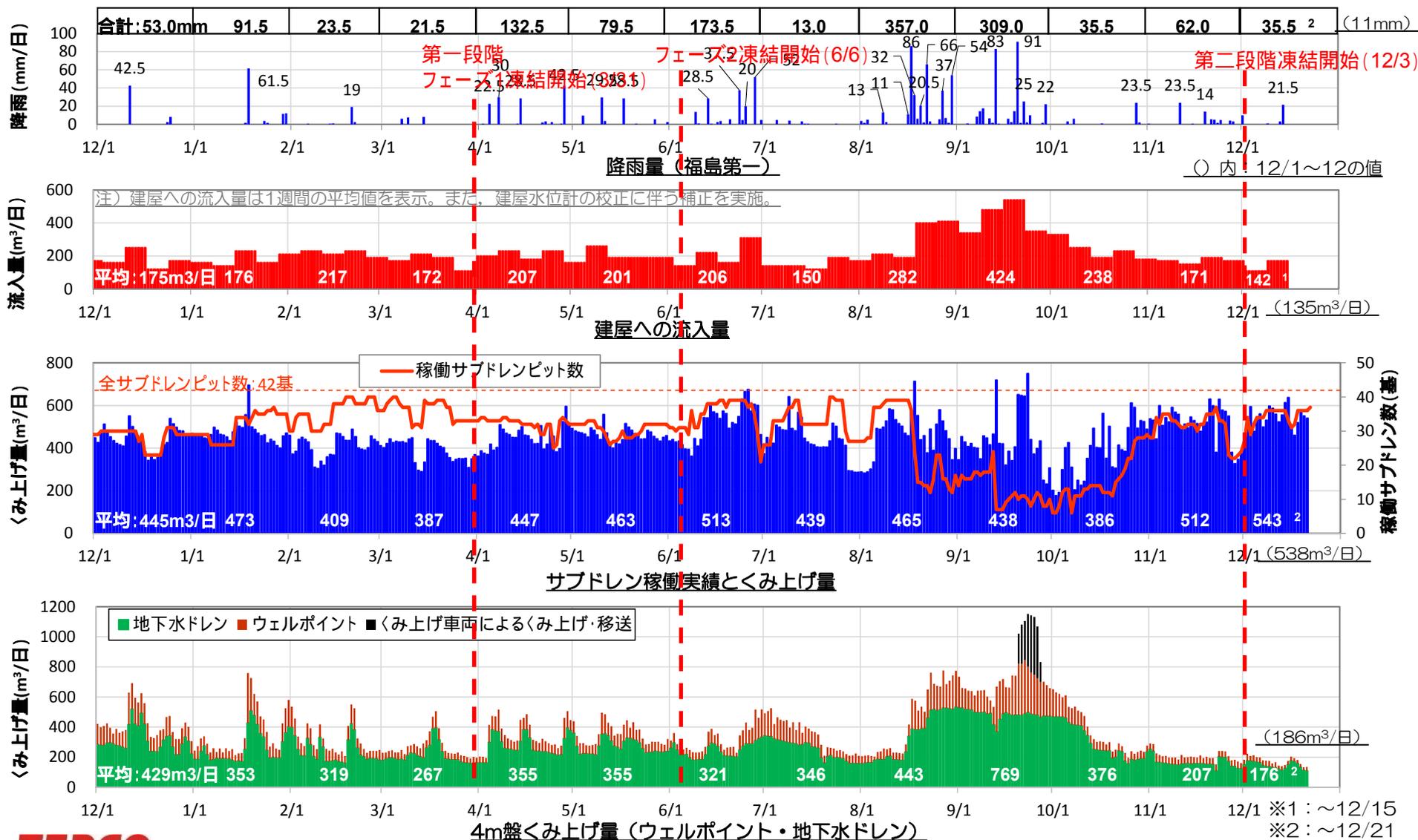
- 陸側遮水壁（海側）の内外の地下水位は、8月中旬～9月の大雨（641mm）により大きく上昇したが、10月以降降雨が少ない状況が続いた（10月（35.5mm）、11月（62mm）、12月（35.5mm（～21日）））ことにより、大雨前の状態まで低下している。

### ■建屋流入量・くみ上げ量

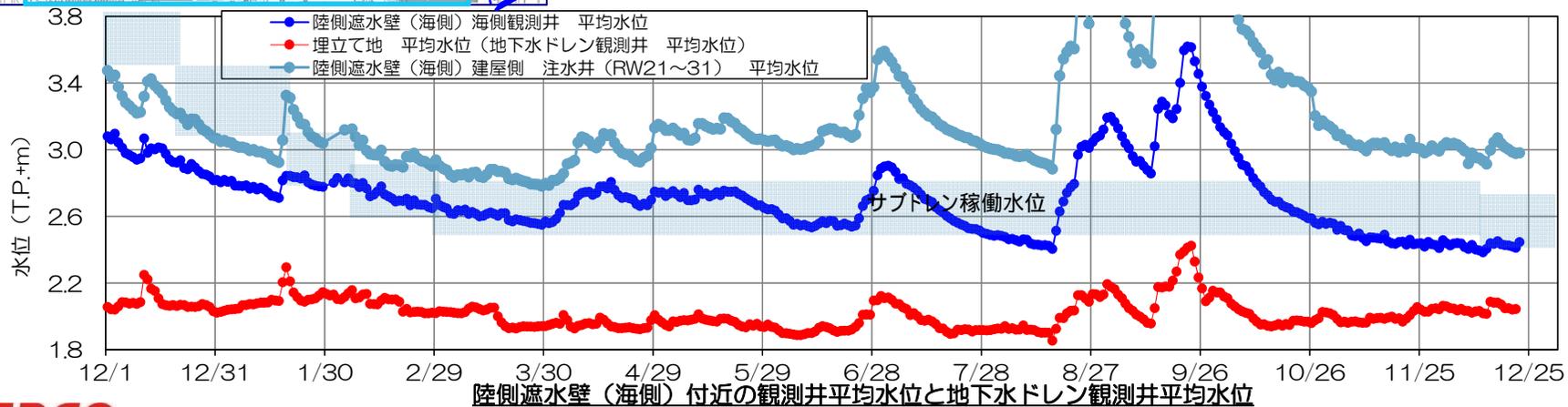
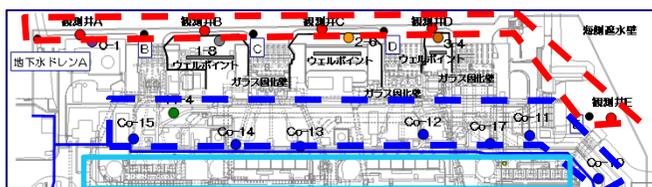
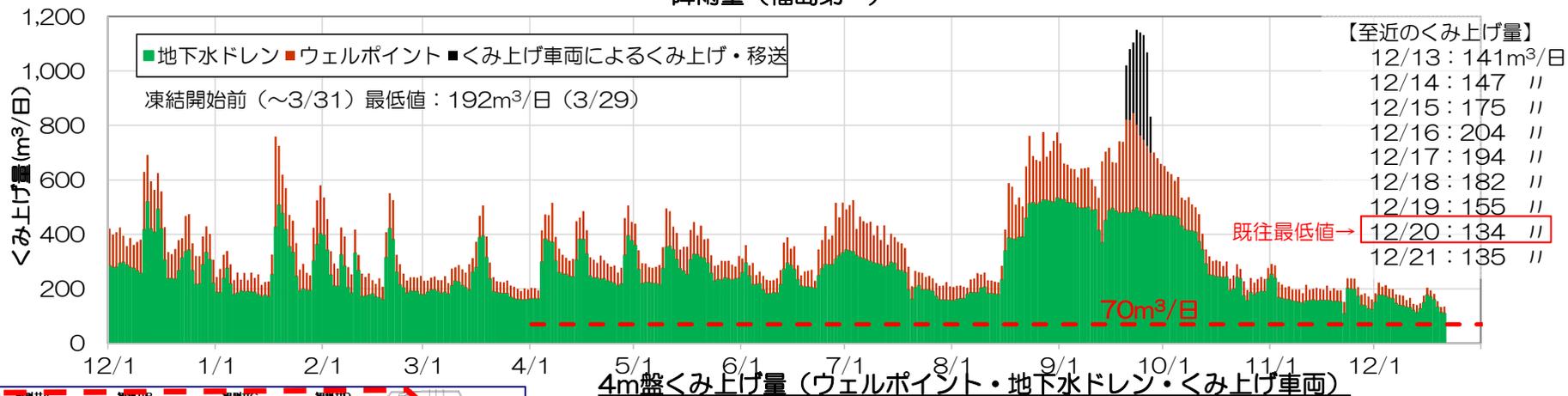
- 建屋流入量：170m<sup>3</sup>/日程度（11月平均）
  - 10月以降降雨が少ないこと、陸側遮水壁（山側）の凍結進展およびサブドレン稼働により、建屋周辺水位が低下しており、建屋流入量は減少傾向である。
- サブドレンくみ上げ量：510m<sup>3</sup>/日程度（11月平均）
  - 10月下旬以降安定して500m<sup>3</sup>/日程度のくみ上げ量であり、サブドレン稼働台数も多い状態を維持している。
- 4m盤くみ上げ量：210m<sup>3</sup>/日程度（11月平均）
  - 降雨が少ない10月以降、減少傾向が続いており、12月20日には既往最小のくみ上げ量：約130m<sup>3</sup>/日となった。
  - 降雨後のくみ上げ量の増加が以前と比べ少なくなっている。

# 1.1 (2) 1F降雨と建屋への地下水流入量・各くみ上げ量の推移

- 建屋流入量は、10月以降降雨が少ないこと、陸側遮水壁（山側）の凍結進展およびサブドレン稼働により、建屋周辺水位が低下しており、建屋流入量は減少傾向である。
- サブドレンのくみ上げ量は、10月下旬以降安定して500m<sup>3</sup>/日程度のくみ上げ量であり、サブドレン稼働台数も多い状態を維持している。
- 4m盤くみ上げ量は、降雨が少ない10月以降、減少傾向が続いており、12月20日には既往最小くみ上げ量：約130m<sup>3</sup>/日となった。



# 1.1 (3) 4m盤くみ上げ量と陸側遮水壁の海側および埋立て地水位の推移



## 1.2 (1) 陸側遮水壁（海側）の閉合効果【4m盤への地下水流入量の評価】

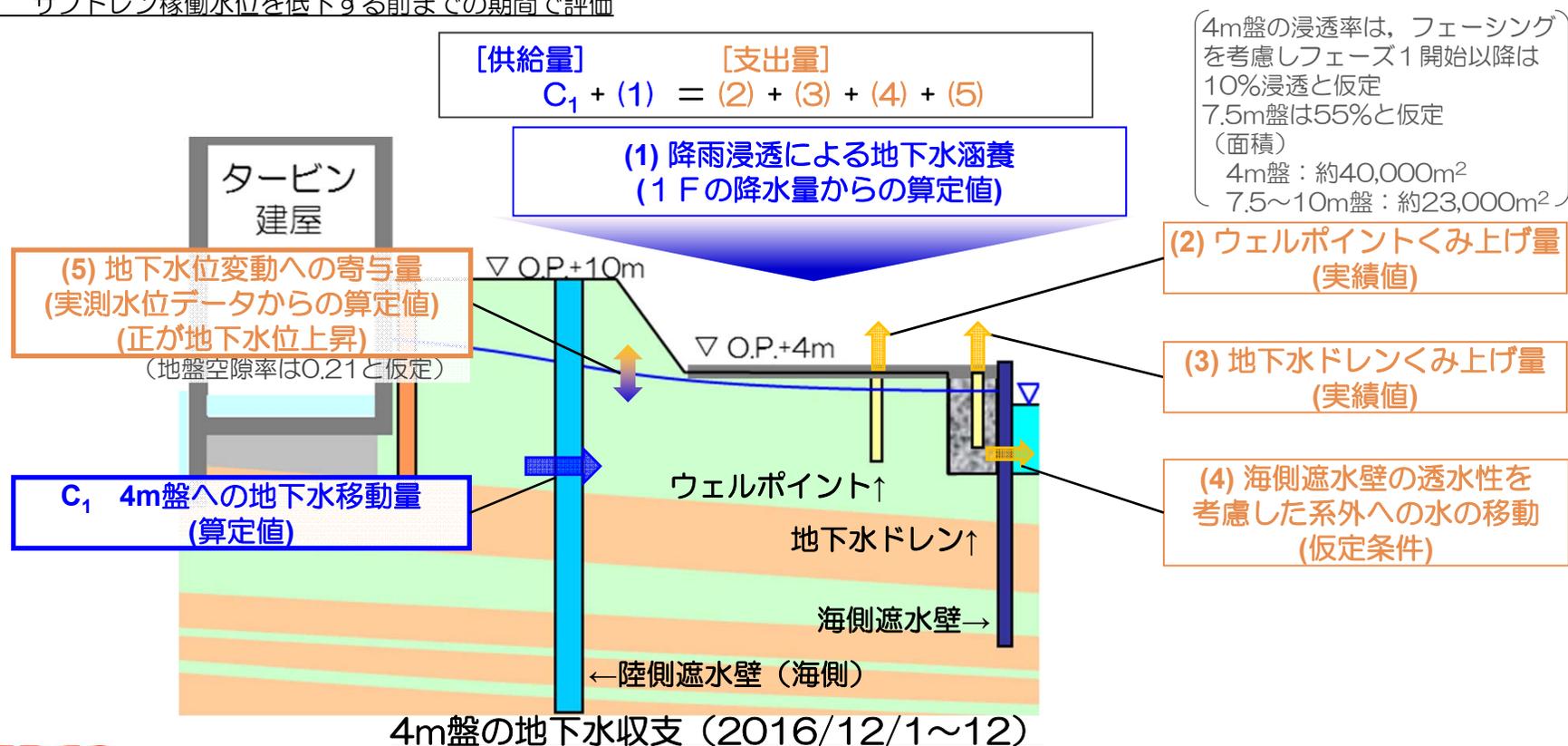
- 4m盤への地下水流入量は凍結開始前と比較して減少している。
  - 4m盤のくみ上げ量は減少してきており、また降雨後のくみ上げ量の増加も以前と比べ小さくなっている。
  - 地下水収支の評価においても、4m盤への地下水移動量は凍結開始前と比べ現状は減少している。
  - 降雨による影響を考慮するため、4m盤への水の供給量（地下水移動+降雨浸透）を目的変数、降雨の影響が大きいと思われる15日前までの各日降雨量を説明変数として、重回帰分析を用いて評価した。
    - 至近の4m盤への水の供給量（地下水移動+降雨浸透）は、凍結開始前のデータに基づく重回帰式による予測では370m<sup>3</sup>/日程度に対して、実績は210m<sup>3</sup>/日程度となっており、160m<sup>3</sup>/日程度減少していると評価できる。
  - 4m盤のくみ上げ量や4m盤への地下水移動量が減少している要因は、雨水浸透防止策（フェーシング等）の進展、サブドレン稼働、陸側遮水壁（海側）の閉合などの複合効果によると考えられる。

## 1.2 (2) 凍結開始前と現状の4m盤の地下水収支の評価

- 凍結開始前と現状で4m盤の地下水収支の評価を比較すると、4m盤への地下水移動量は段々と減少している。(降雨は多くない期間で比較)
- 減少している要因は、雨水浸透防止策(フェーシング等)、サブドレン稼働、陸側遮水壁(海側)の閉合などの複合効果によるものと考えられる。

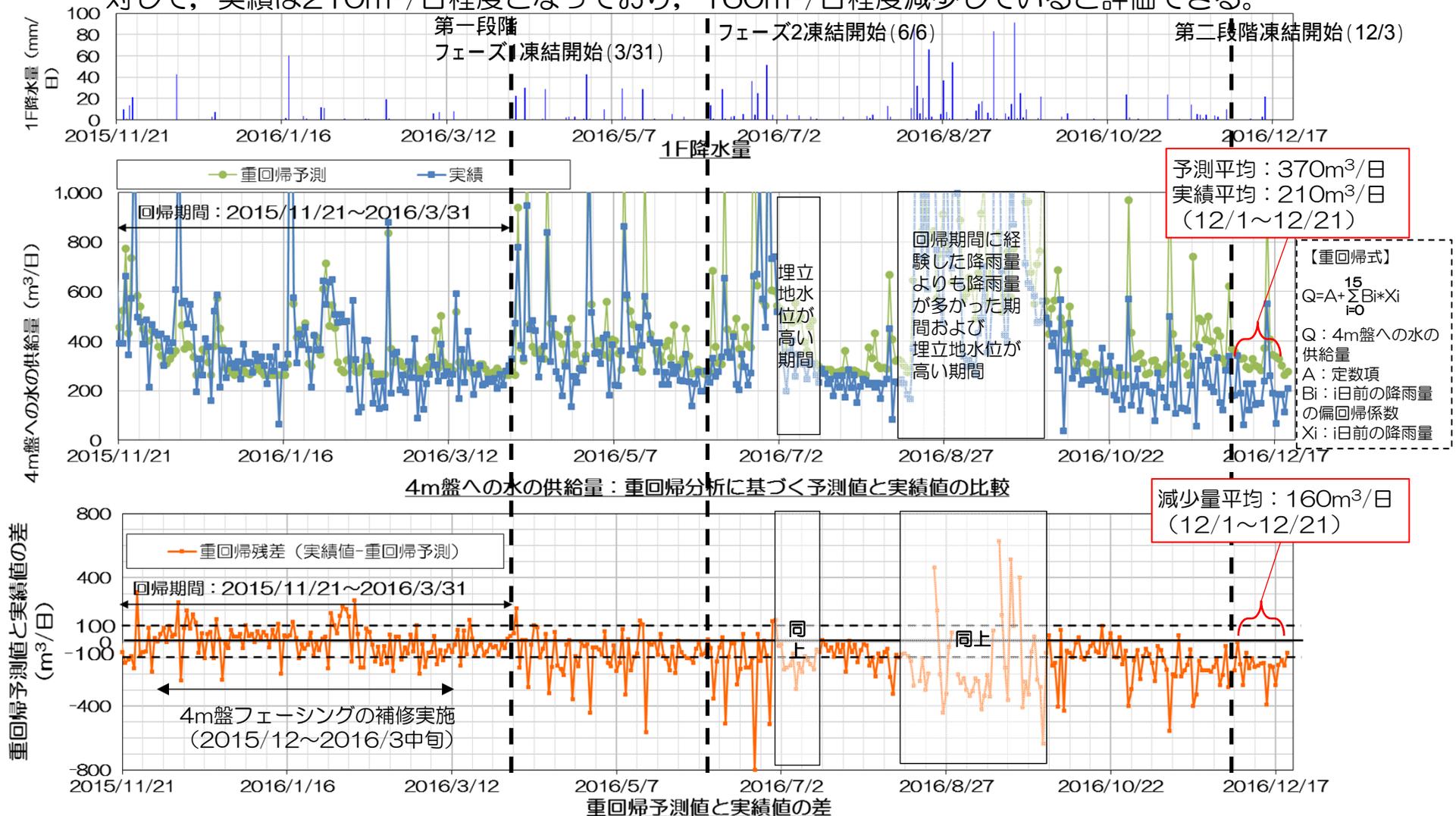
実績値(m <sup>3</sup> /日)	4m盤への地下水移動量 C <sub>1</sub>	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
2015.12.1~12.31	380	40	120	310	30	-40
2016.3.1~3.31	250	20	60	210	30	-30
2016.12.1~12.12*1	180	20	40	150	30	-20

※1 サブドレン稼働水位を低下する前までの期間で評価



## 1.2 (3) 4m盤への水の供給量（地下水流入＋降雨浸透）の重回帰分析による評価

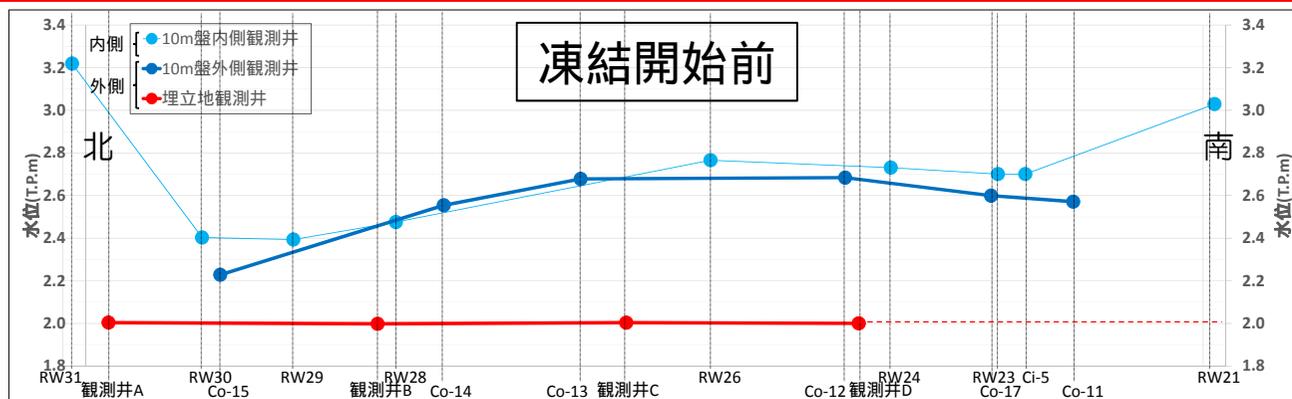
- 降雨による影響を考慮するため、4m盤への水の供給量※（地下水流入＋降雨浸透）を目的変数、降雨の影響が大きいと思われる15日前までの各日降雨量を説明変数として、重回帰分析を用いて評価した。（※：くみ上げ量と地下水位変動から算定）
- 至近の4m盤への水の供給量は、凍結開始前のデータに基づく重回帰式による予測では370m<sup>3</sup>/日程度に対して、実績は210m<sup>3</sup>/日程度となっており、160m<sup>3</sup>/日程度減少していると評価できる。



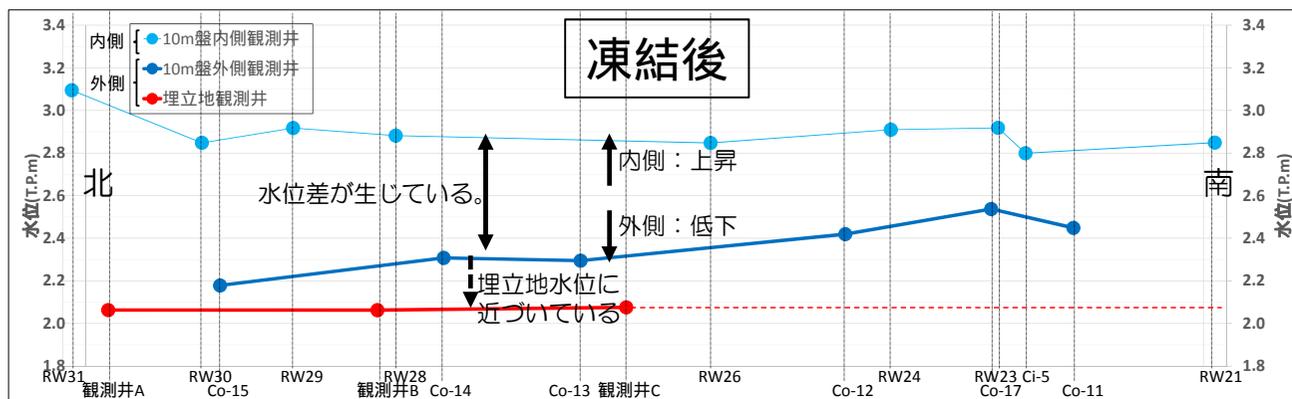
## 1.3 (1) 陸側遮水壁（海側）の閉合効果【内外の地下水位の変動挙動】

- 陸側遮水壁（海側）の凍結対象範囲が凍結した前後の、地下水位の変動状況から陸側遮水壁（海側）の遮水性を評価した。
  - 凍結後は陸側遮水壁（海側）の内外で異なる地下水位の挙動が認められる。
    - 陸側遮水壁（海側）の内外で明確な地下水位差を生じている。
      - 陸側遮水壁（海側）の内側の地下水位：
        - ✓ 凍結開始前と比較して陸側遮水壁（海側）の影響で上昇している。ただし、サブドレン稼働の影響を受け、サブドレン稼働水位付近でほぼ一様な水位分布となっている。
      - 陸側遮水壁（海側）の外側の地下水位：
        - ✓ 凍結開始前と比較して陸側遮水壁（海側）の影響で低下しており、徐々に4m盤埋立て地の水位（地下水ドレン観測井水位）に近づいている。
    - 陸側遮水壁（海側）の内外で、地下水位の変動に明瞭な差異が生じている。
      - 陸側遮水壁（海側）の内側の地下水位：
        - ✓ サブドレンの運転状況に連動した変動が認められる。
      - 陸側遮水壁（海側）の外側の地下水位：
        - ✓ サブドレンの運転状況に連動した変動は認められない。

### 1.3 (2) 陸側遮水壁（海側）の内外水位の変化（凍結開始前と凍結後の比較）



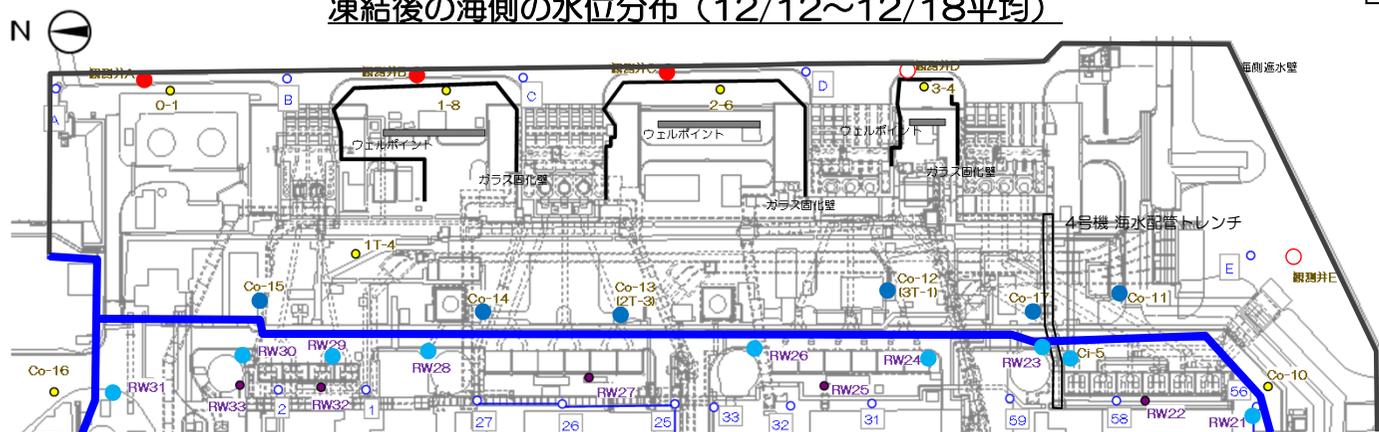
凍結開始前の海側の水位分布 (3/1~3/31平均)



凍結後の海側の水位分布 (12/12~12/18平均)

■ 凍結後は陸側遮水壁（海側）の内外で明確な地下水位差を生じている。

- 陸側遮水壁（海側）の内側地下水位：凍結開始前と比較して陸側遮水壁の影響で上昇している。ただし、サブドレン稼働の影響を受け、サブドレン稼働水位付近（T.P.+2.8~3m程度）でほぼ一樣な水位分布となっている。
- 陸側遮水壁（海側）の外側地下水位：凍結開始前と比較して陸側遮水壁の影響で低下しており、徐々に4m盤の埋立て地の水位（地下水ドレン観測井の水位：T.P.+2m程度）に近づいている。





---

## 2. 山側からの地下水流入が減少した場合の地下水位変動の試算

## 2.1 現状の地下水収支の評価

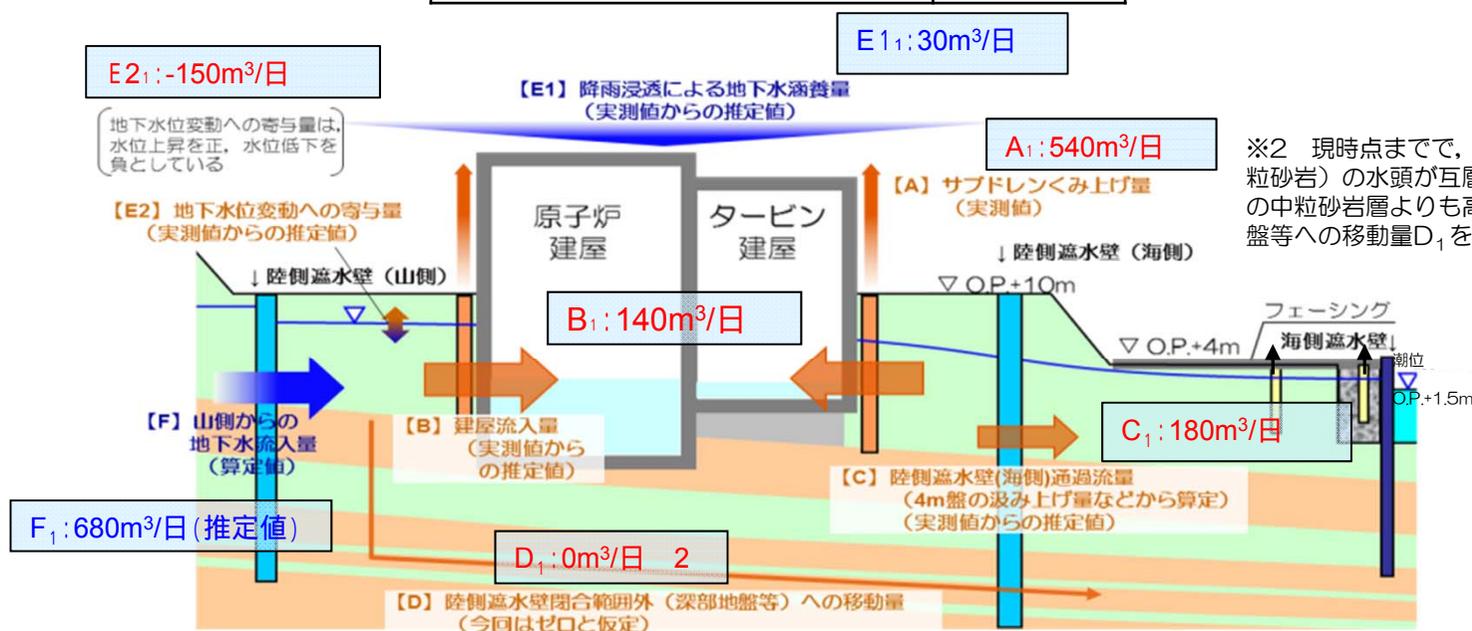
- 至近（2016.12.1～12.12※<sup>1</sup>）の実測値に基づいて、現状の地下水収支を算定した結果を以下に示す。山側からの地下水流入量（推定値）は、約680m<sup>3</sup>/日程度という評価となった。
- この地下水収支を踏まえて、**建屋周辺水位の低下の懸念となる山側からの地下水流入が減少した場合について想定した。**

	サブドレン くみ上げ量（実測値） A <sub>1</sub>	建屋流入量 （実測からの推定値） B <sub>1</sub>	4m盤への 移動量 （実測からの推定値） C <sub>1</sub>	閉合範囲外 への移動量 D <sub>1</sub>	降雨涵養量 （実測からの推定値） E <sub>1</sub>	地下水位変動 への寄与量 （実測からの推定値） E <sub>2</sub>
実績値(m <sup>3</sup> /日)	540	140	180	0	30	-150

※1 サブドレン稼働水位を低下する前までの期間で評価

$$F_1 = A_1 + B_1 + C_1 + D_1 + E_2 - E_1$$

現状の山側からの地下水流入量	F <sub>1</sub>
実測に基づいた推定値(m <sup>3</sup> /日)	680



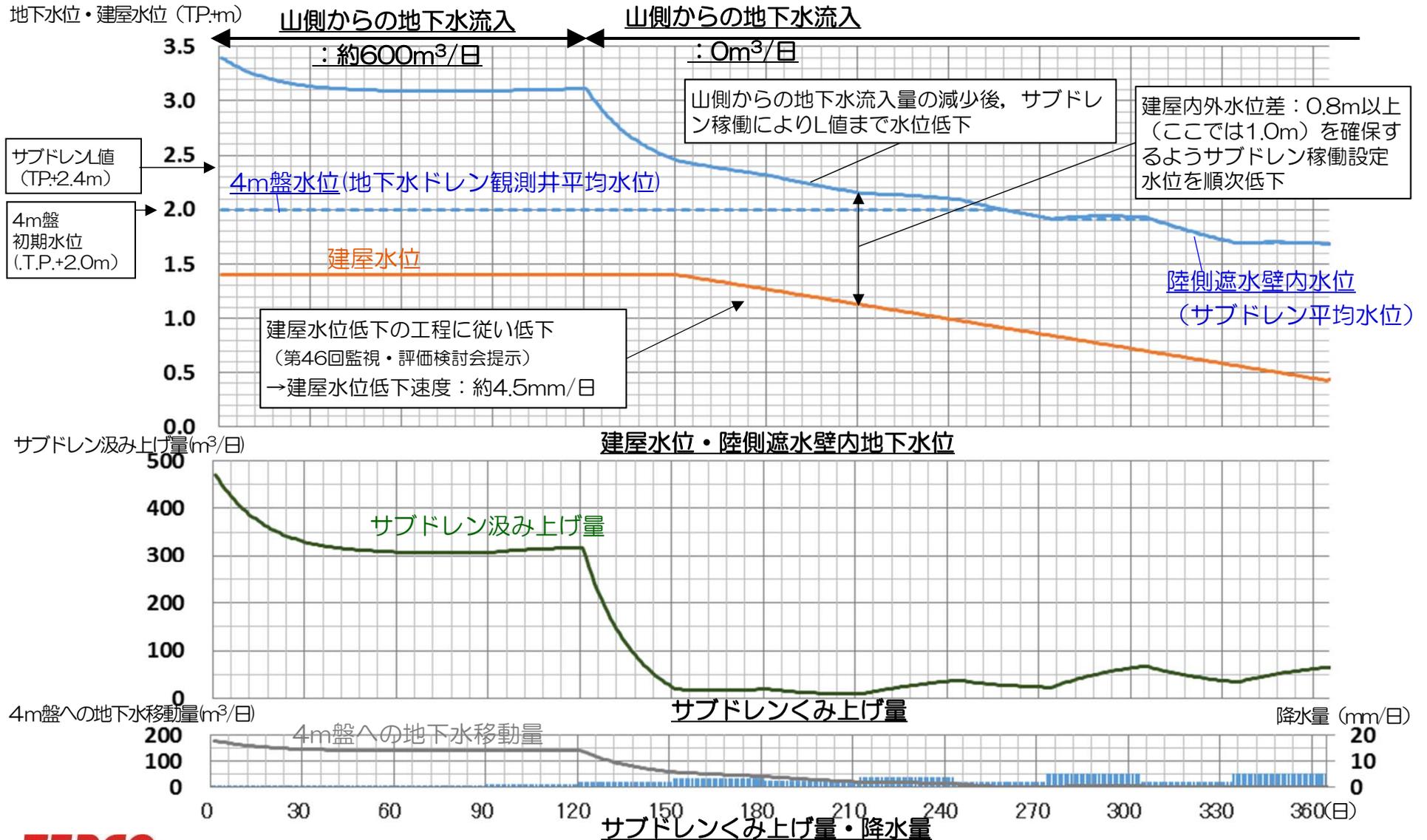
※2 現時点までで、深部透水層（粗粒，細粒砂岩）の水頭が互層部と同程度で、上部の中粒砂岩層よりも高いことから、深部地盤等への移動量D<sub>1</sub>をゼロとする。

2016.12.1～12.12における地下水収支

## 2.2 保守的な条件（降雨等）での山側からの地下水流入が減少した場合の地下水位変動想定

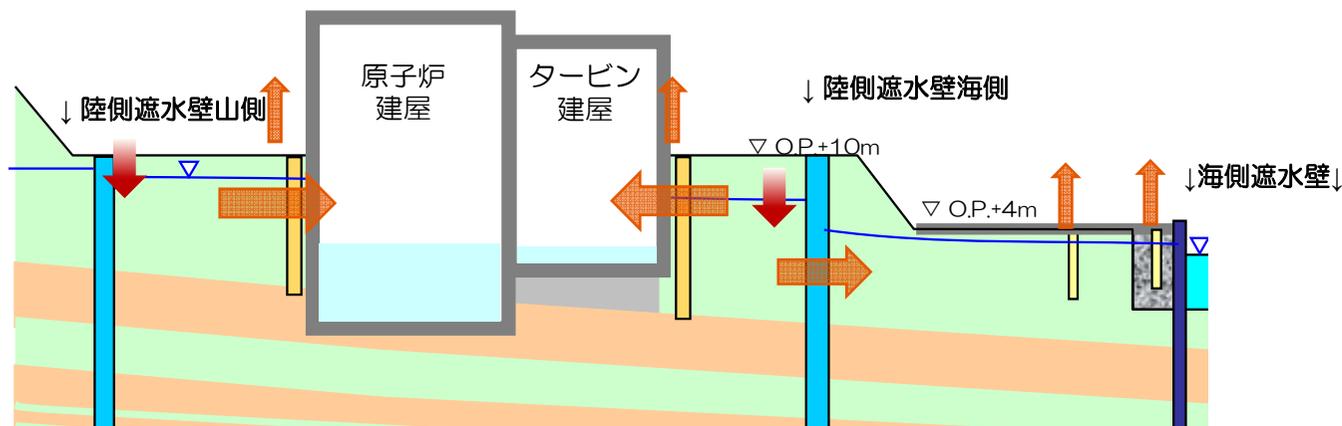
- 建屋滞留水処理計画（第46回監視・評価検討会提示）に基づき建屋水位を低下させた場合において、保守的な条件（累積最小降雨※・初期の4m盤への移動量：180m<sup>3</sup>/日）としても、サブドレンは稼働を継続する。

※：1977～2015年の浪江地点の月別降雨量実績から統計的に想定（P34参照）

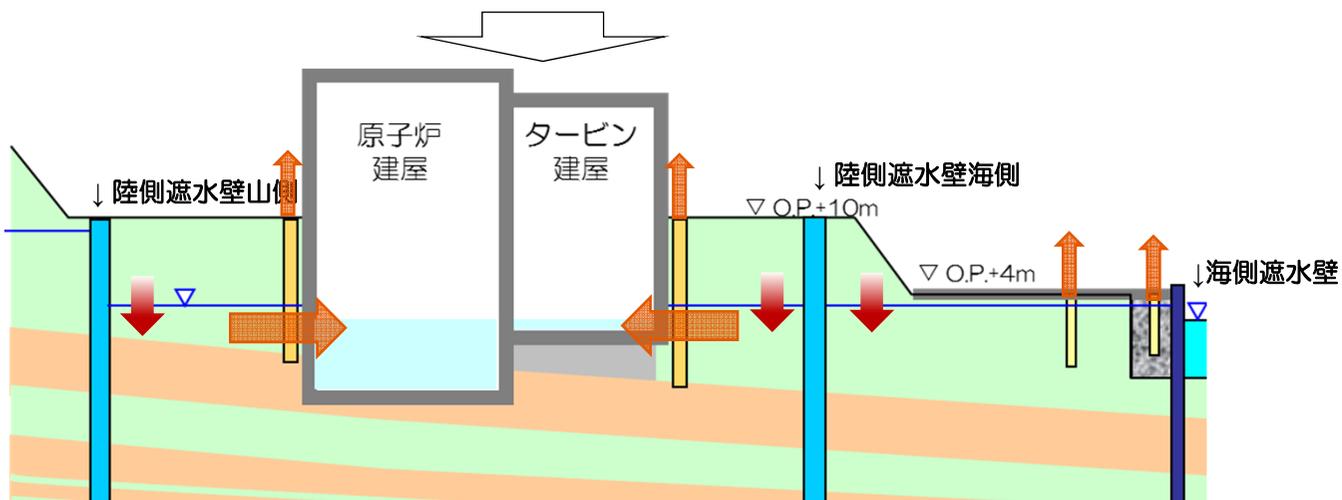


## 【参考】山側からの地下水流入が減少した場合の地下水位変動傾向の想定

- 建屋水位の低下に合わせて，周辺のサブドレンの稼働水位を低下させることで，建屋周辺の地下水位を低下させていく（図①）。
- 建屋周辺の地下水位が低下し，陸側遮水壁内と4m盤の地下水位が同等になると，4m盤への地下水移動が無くなる（図②）。



図① 現状（イメージ）



図② 陸側遮水壁内の地下水位が4m盤水位と同等となった状態（イメージ）

## 2.3 山側からの地下水流入が減少した場合の地下水位変動の試算（まとめ）

---

- 山側からの地下水流入が減少した場合の地下水位変動について試算した。
  - 保守的な条件（降雨・4m盤への地下水移動量 等）を想定しても、サブドレンは稼働を継続すると考えられる。
- 今後の予定
  - 滞留水処理計画に基づいて建屋水位を低下させ、建屋滞留水貯蔵量を低減する。
  - サブドレン強化策を確実に実施する。強化したサブドレンの稼働により建屋水位低下に合わせて建屋周辺の地下水位を着実に低下させ、建屋への地下水流入量と4m盤くみ上げ量を低減する。
  - 陸側遮水壁（山側）の未凍結箇所を閉合を進めることで、山側から建屋周辺への地下水流入を減少させる。
  - その他諸対策（雨水浸透防止策 等）を着実に実施する。

---

### 3. 注水等の確認

### 3.1 注水等の確認（概要）

---

#### ■ 既実施事項

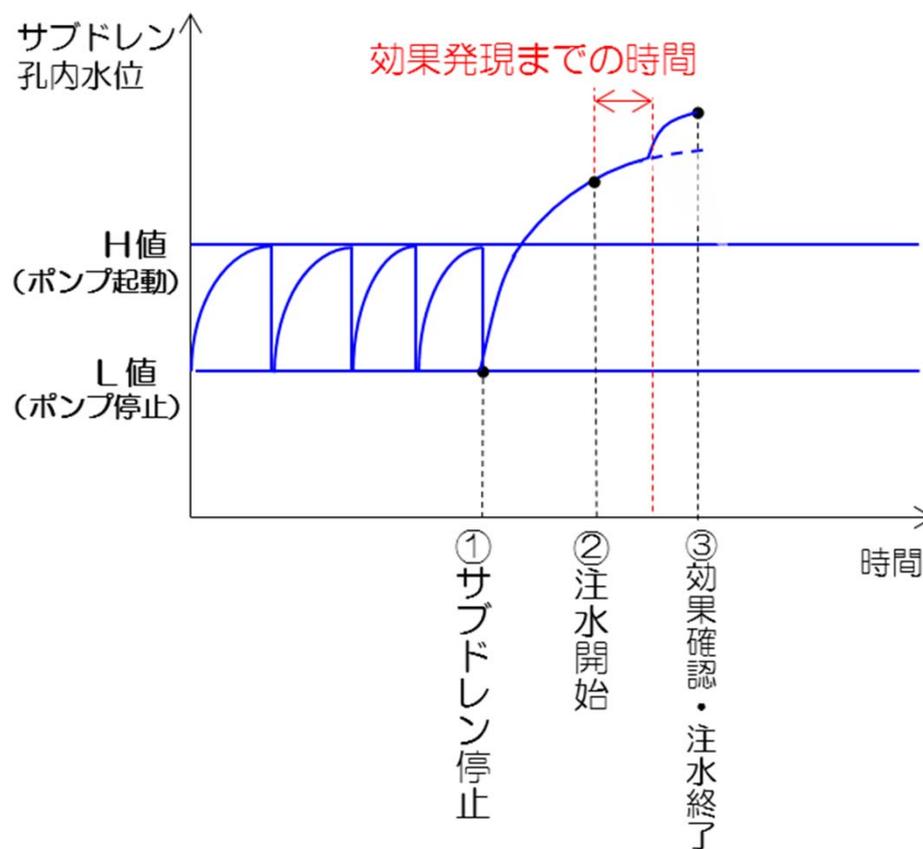
- 計画段階の実証試験として、5号機付近で注水効果や効果発現までに要する時間等を確認している。
- 凍結開始前に、1～4号機周辺に配置した各注水井で、所定の水量が注水出来ることを確認済みである。

#### ■ 今回実施事項

- 既実施事項を踏まえ、1～4号機周辺に配置した注水井への注水効果（周辺地下水位の上昇）、注水効果に影響する要因（海水配管トレンチ下の未凍結箇所の影響・複数の注水井の相互作用 等）の影響、効果発現までに要する時間 等についても確認する。
- 代表となる注水井で注水効果を確認する。

## 3.2 確認方法（1）

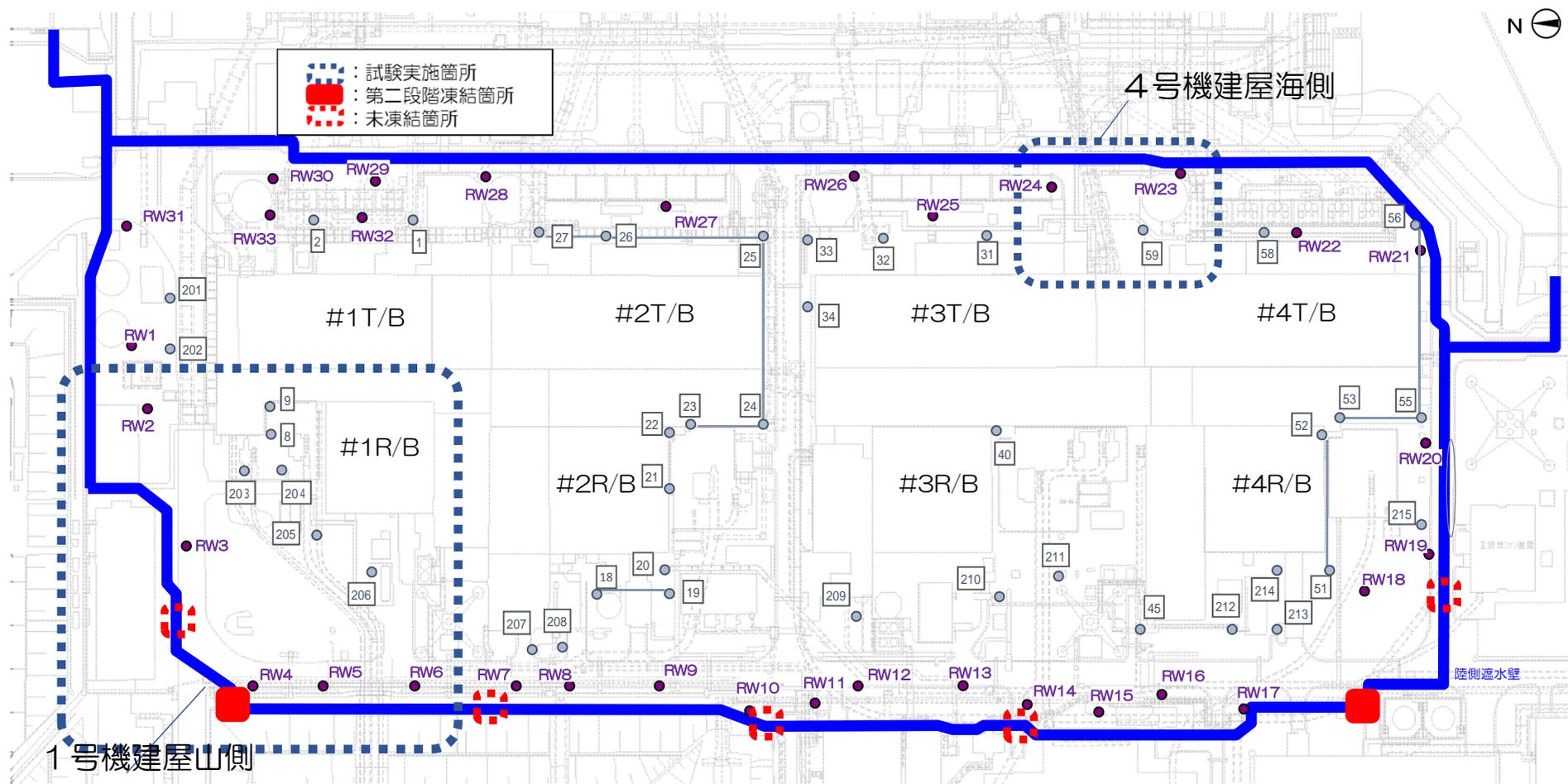
- 注水は近傍のサブドレンを停止して行い，注水効果はサブドレン水位の変化により確認する。
- 確認にあたっては，サブドレン稼働を停止後，水位上昇が安定した時点で注水を開始し，効果が発現するまでの時間を確認する。



## 3.2 確認方法 (2)

■ 注水効果の確認は、注水効果に影響を与える要因（下記）を考慮して、2箇所（1号機山側・4号機海側）で実施する。

- 海水配管トレンチ下の未凍結箇所の影響
- 複数の注水井の相互作用の影響
- 建屋・凍土壁間の距離の影響



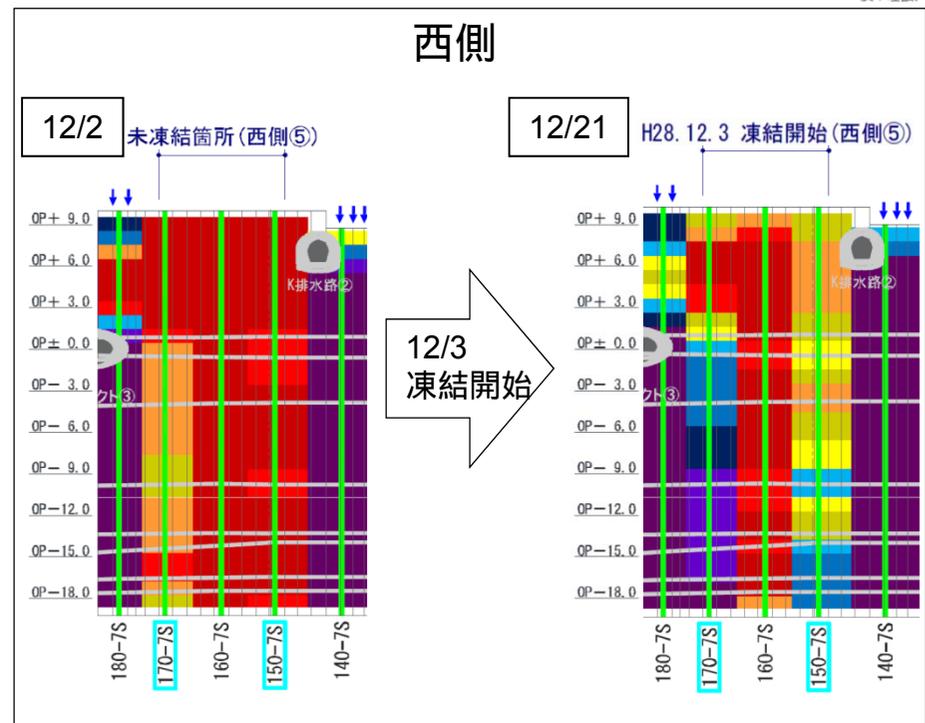
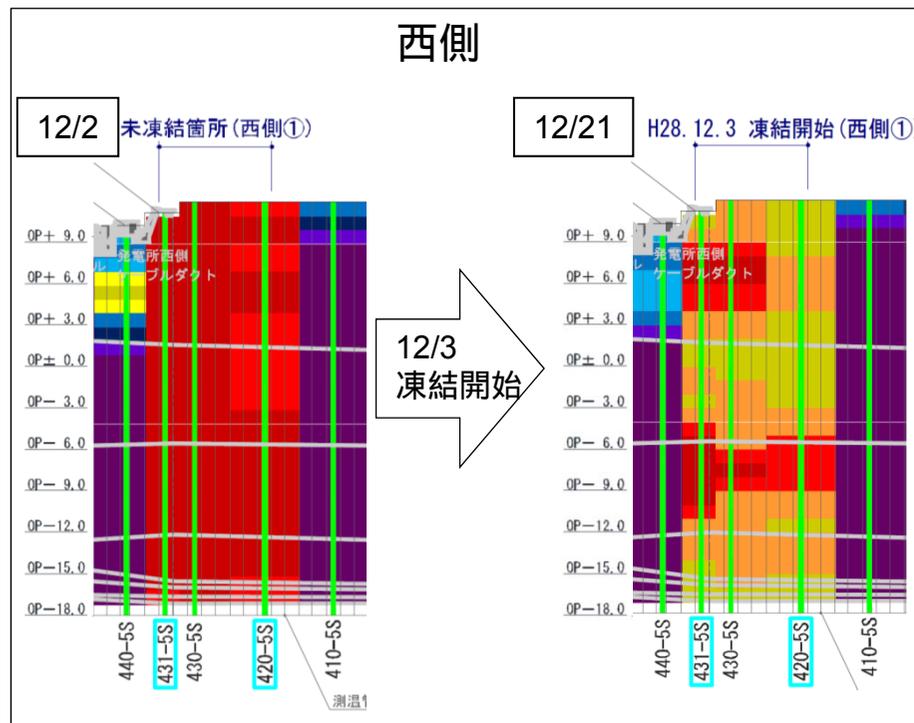
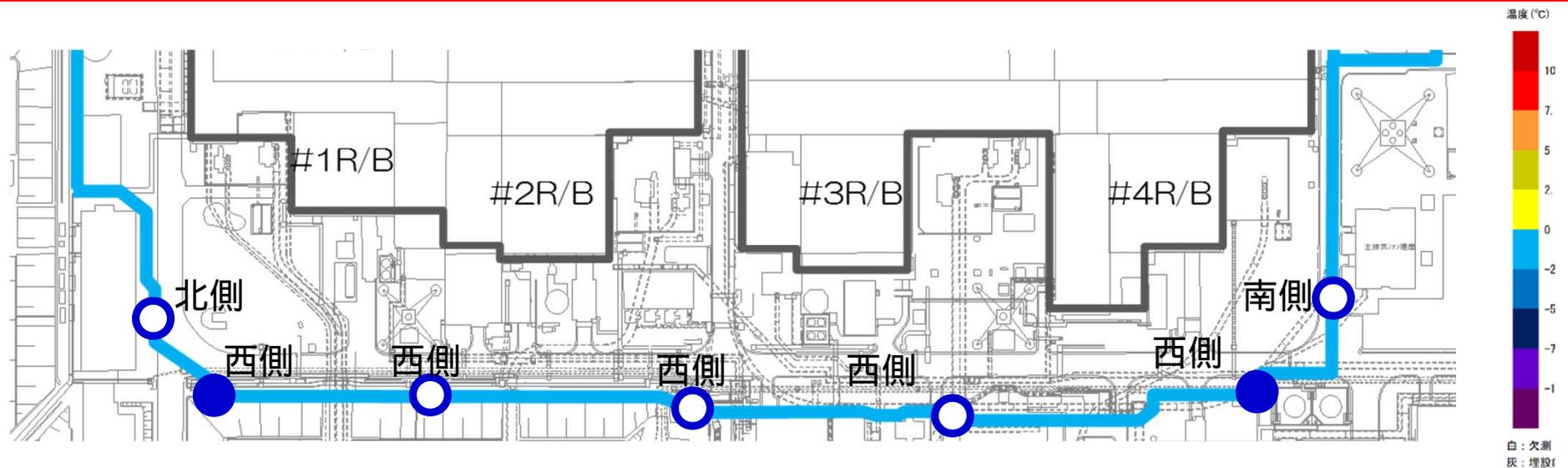
※ 2号機建屋周辺のサブドレン連通管等の影響については、試験環境が整い次第別途実施する。

---

## 【参考1】第二段階（山側2箇所）の凍結進展状況

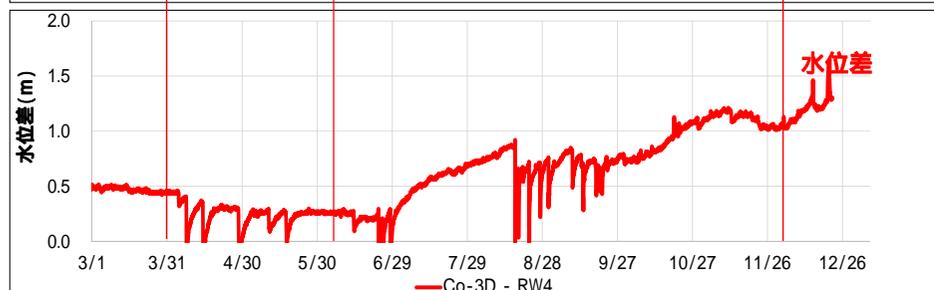
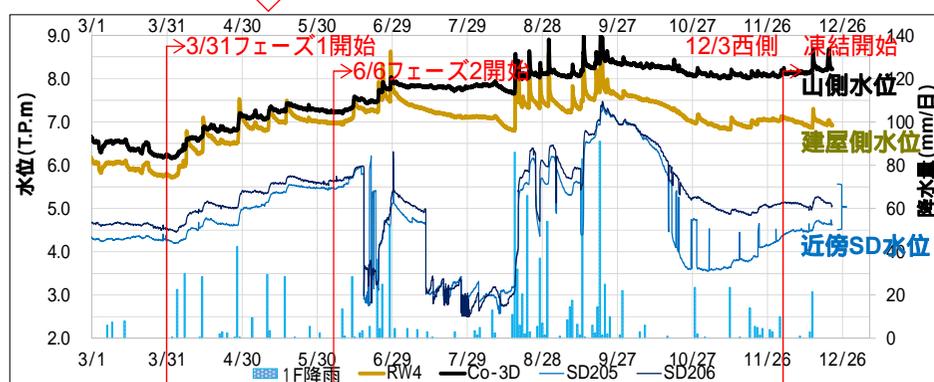
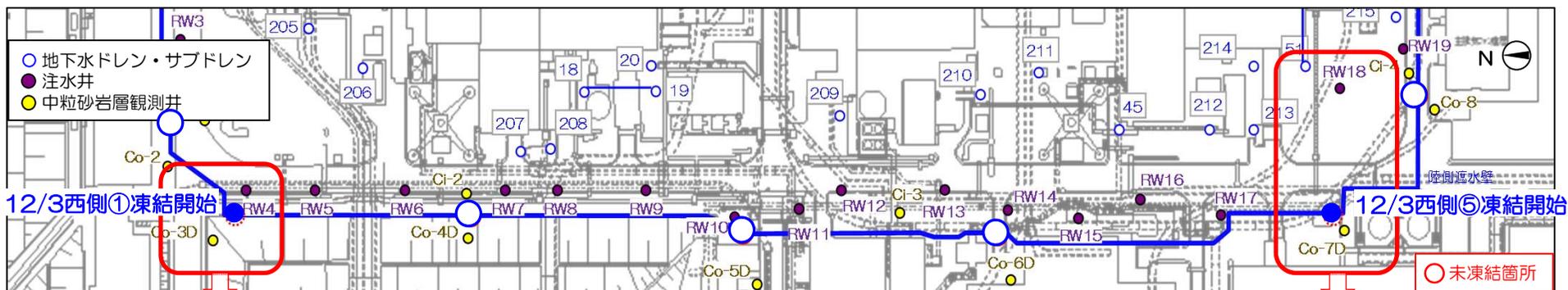
- 第二段階（山側2箇所）の対象範囲も、12月3日から凍結開始（凍結管に冷却ブラインを循環）しており、測温管位置において徐々に温度低下している。
- 第二段階（山側2箇所）の対象範囲付近の地下水位・水頭には、凍結進展の影響と思われる変動は認められない。

## 第二段階凍結箇所状況

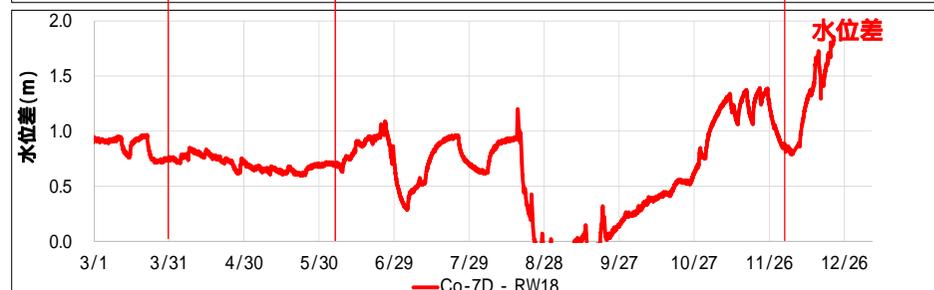
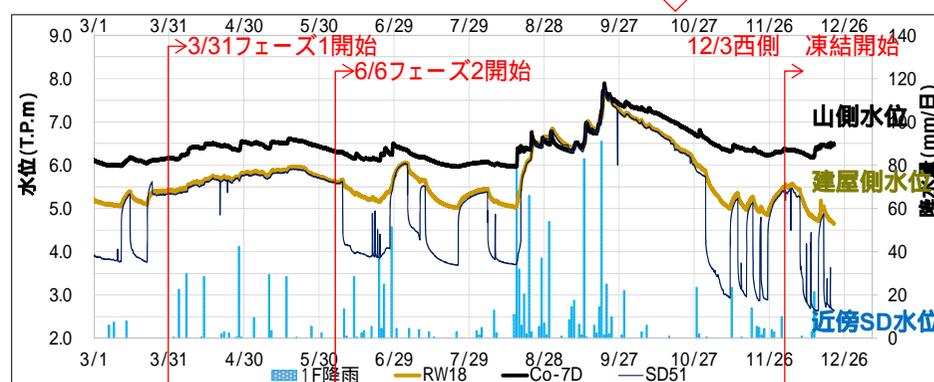


## 第二段階凍結対象箇所（山側2箇所：西側①，⑤）周辺の地下水位（中粒砂岩層）

- 第二段階凍結開始以降で中粒砂岩層の地下水位に凍結進展の影響と思われる変動は見られていない。
- 今後、凍結進展に伴い山側の地下水位は上昇傾向を、建屋側の地下水位はサブドレン稼働の影響を受けて低下傾向を示すものと想定される。



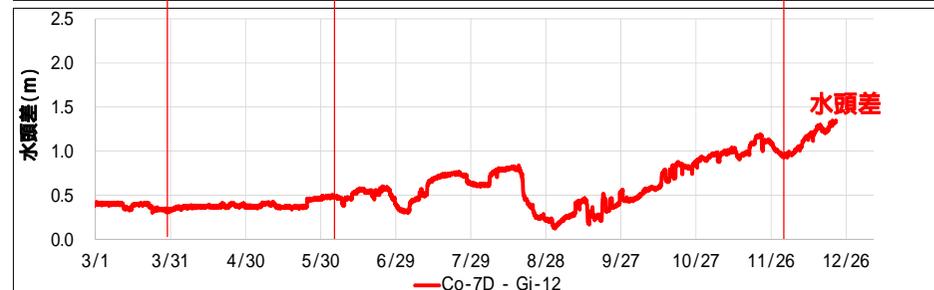
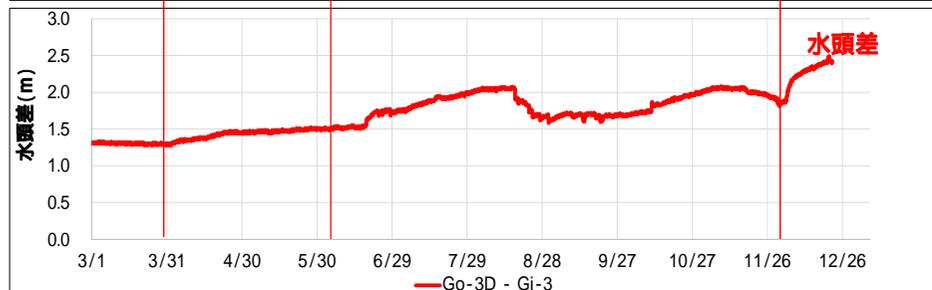
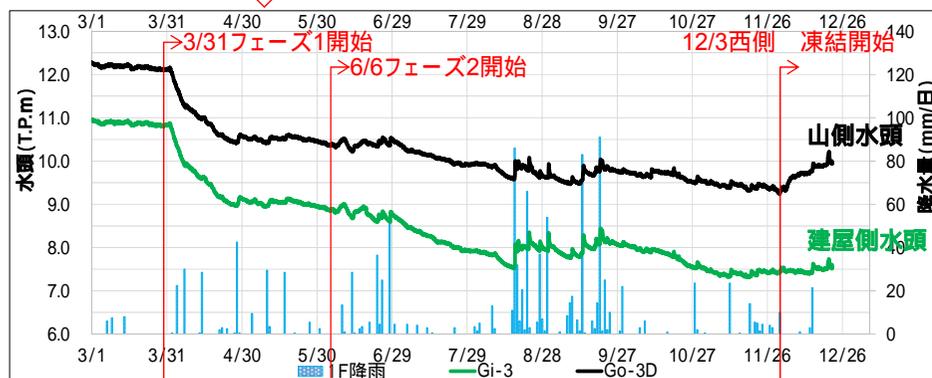
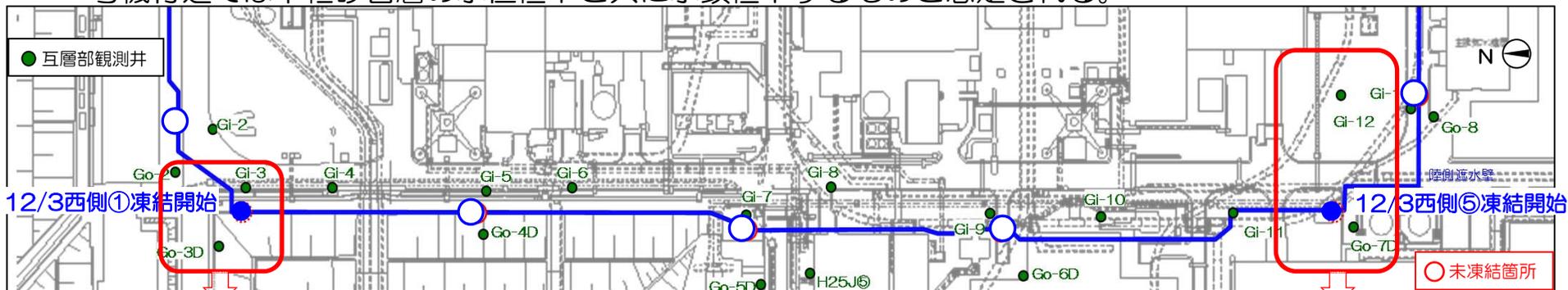
西側 周辺中粒砂岩層 水位・水位差



西側 周辺中粒砂岩層 水位差

## 第二段階凍結対象箇所（山側2箇所：西側①，⑤）周辺の地下水頭（互層部）

- 第二段階凍結開始以降，西側①の山側の地下水頭（Go-3D）が上昇している。その他の近傍の互層部の地下水頭に凍結進展の影響と思われる変動は認められない。
- 今後，凍結進展に伴い陸側遮水壁（山側）を境界に山側の地下水頭は上昇することが想定される。建屋側の地下水頭は，中粒砂岩層の水位と互層部水頭の連動が弱い1号機側では大きく変動せず，連動が強い4号機付近では中粒砂岩層の水位低下と共に水頭低下するものと想定される。



---

【参考2】

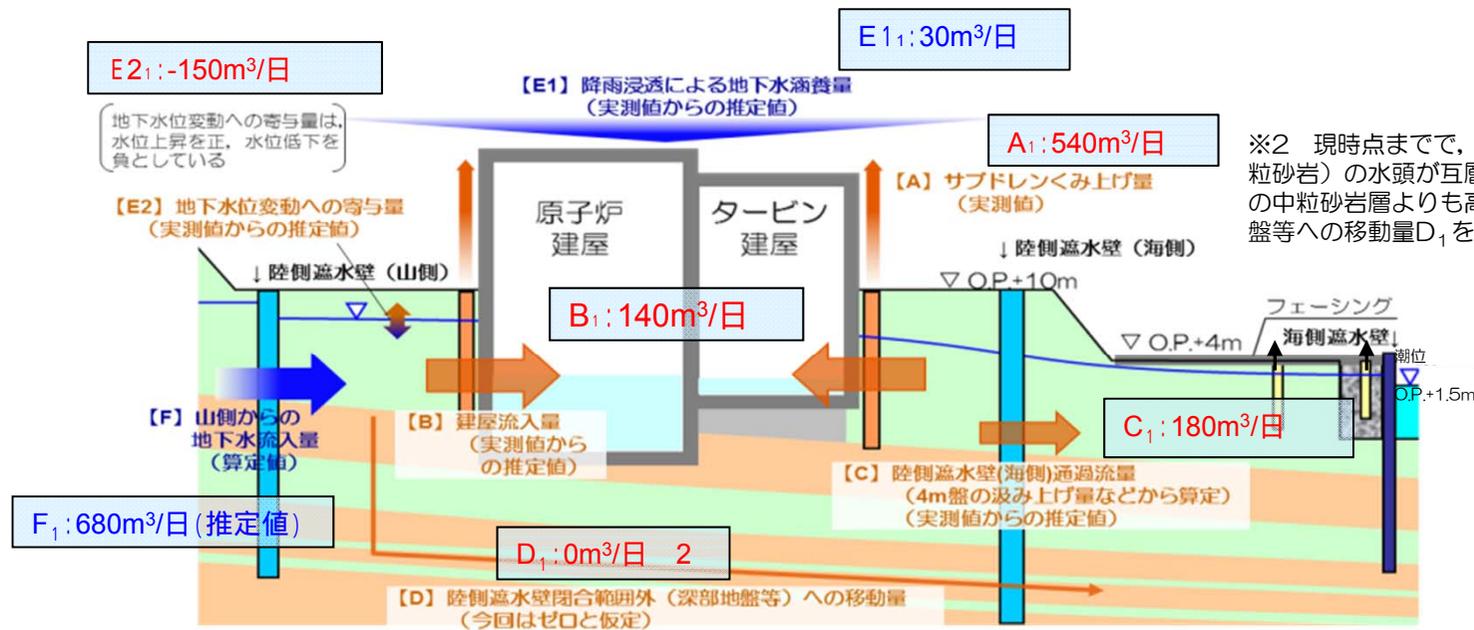
## 【参考】凍結開始前と現状の陸側遮水壁周辺の地下水収支の評価

- 凍結開始前と現状で陸側遮水壁周辺の地下水収支の評価を比較した（降雨は多くない期間で比較）。
- サブドレンのくみ上げ量は増加し、建屋流入量・4m盤への地下水移動量は減少している。

実績値(m <sup>3</sup> /日)	サブドレンくみ上げ量 (実測値) A <sub>1</sub>	建屋流入量 (実測からの推定値) B <sub>1</sub>	4m盤への 地下水移動量 (実測からの推定値) C <sub>1</sub>	閉合範囲外 への移動量 D <sub>1</sub>	降雨涵養量 (実測からの推定値) E <sub>1</sub> <sub>1</sub>	地下水位変動 への寄与量 (実測からの推定値) E <sub>2</sub> <sub>1</sub>	現状の山側からの 地下水流入量 (実測からの推定値) F <sub>1</sub>
2015.12.1~12.31	440	170	380	0	60	-110	820
2016.3.1~3.31	390	150	250	0	20	-30	740
2016.12.1~12.12※1	540	140	180	0	30	-150	680

※1 サブドレン稼働水位を低下する前までの期間で評価

$$F_1 = A_1 + B_1 + C_1 + D_1 + E_{21} - E_{11}$$



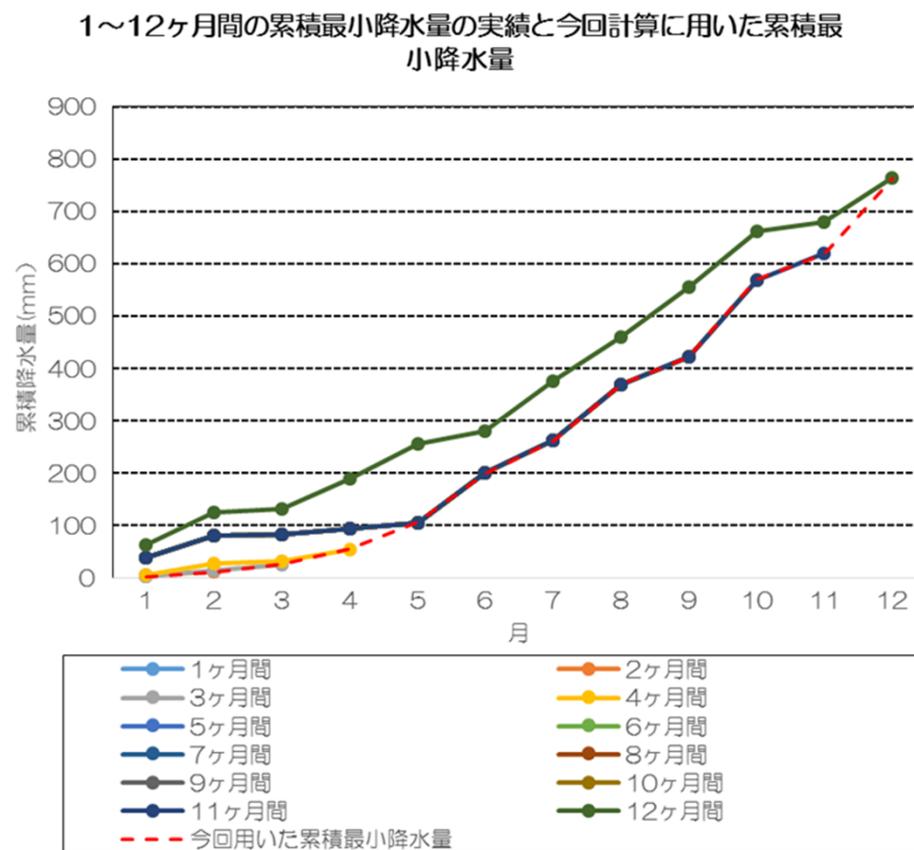
※2 現時点までで、深部透水層（粗粒，細粒砂岩）の水頭が互層部と同程度で、上部の中粒砂岩層よりも高いことから、深部地盤等への移動量D<sub>1</sub>をゼロとする。

2016.12.1 ~ 12.12における地下水収支

## 【参考】 累積最少降雨

- 保守的な「期間降雨」として，過去39年間（1977～2015年）の浪江地点の月別降雨量実績をもとに，統計的に最も降雨量が少ない1～12ヶ月間を想定し，累積最小降雨とした。

月間	時期	降水量(mm)	降水量 月間差分 (mm)
1	1985年1月 1995年12月	2	2
2	1977年1～2月	11	9
3	1995年12月～1996年2月	25	14
4	1998年11月～1999年2月	54	29
5	1995年10月～1996年2月	105	51
6	1995年10月～1996年3月	200	95
7	1995年10月～1996年4月	262	62
8	1995年10月～1996年5月	369	107
9	1995年10月～1996年6月	421	52
10	1995年10月～1996年7月	569	148
11	1995年10月～1996年8月	619	50
12	1983年10月～1984年9月	763	144



## 【参考】山側からの地下水流入が減少した場合の地下水位変動の試算（仮定条件）

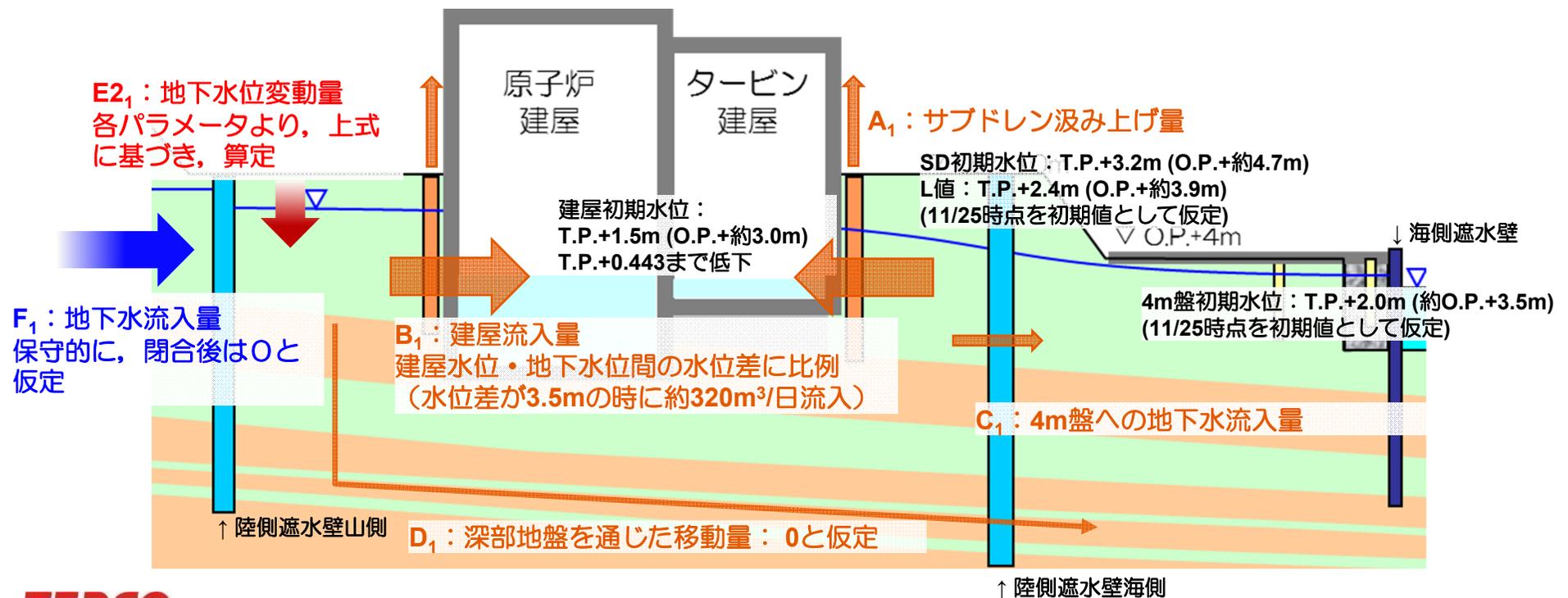
- ◆ 山側からの地下水流入が減少した場合の地下水位変動の試算について下図の仮定条件で評価した。
  - 初期条件として地下水位（陸側遮水壁内・4m盤）と建屋内滞留水水位を設定し、各仮定条件に基づき、各パラメータ（ $A_1, B_1, C_1, D_1$ ）を算定する。
  - 下式より陸側遮水壁内の地下水位の低下量を算定する。
  - 低下後の状態で再計算し、再度低下量を求める繰り返し計算により、経時的な変動を想定する。

【陸側遮水壁閉合範囲内地下水位の変動量】

$$\text{地下水位低下量 } E2_1 = \frac{E1_1 + F_1 - (A_1 + B_1 + C_1 + D_1)}{\text{面積} \times \text{有効空隙率 (0.21)}}$$

陸側遮水壁閉合範囲内（建屋除く）：64,000m<sup>2</sup>，7.5m～4m盤：65,000m<sup>2</sup>

$E1_1$ ：降雨浸透による地下水涵養（累積最小降雨）

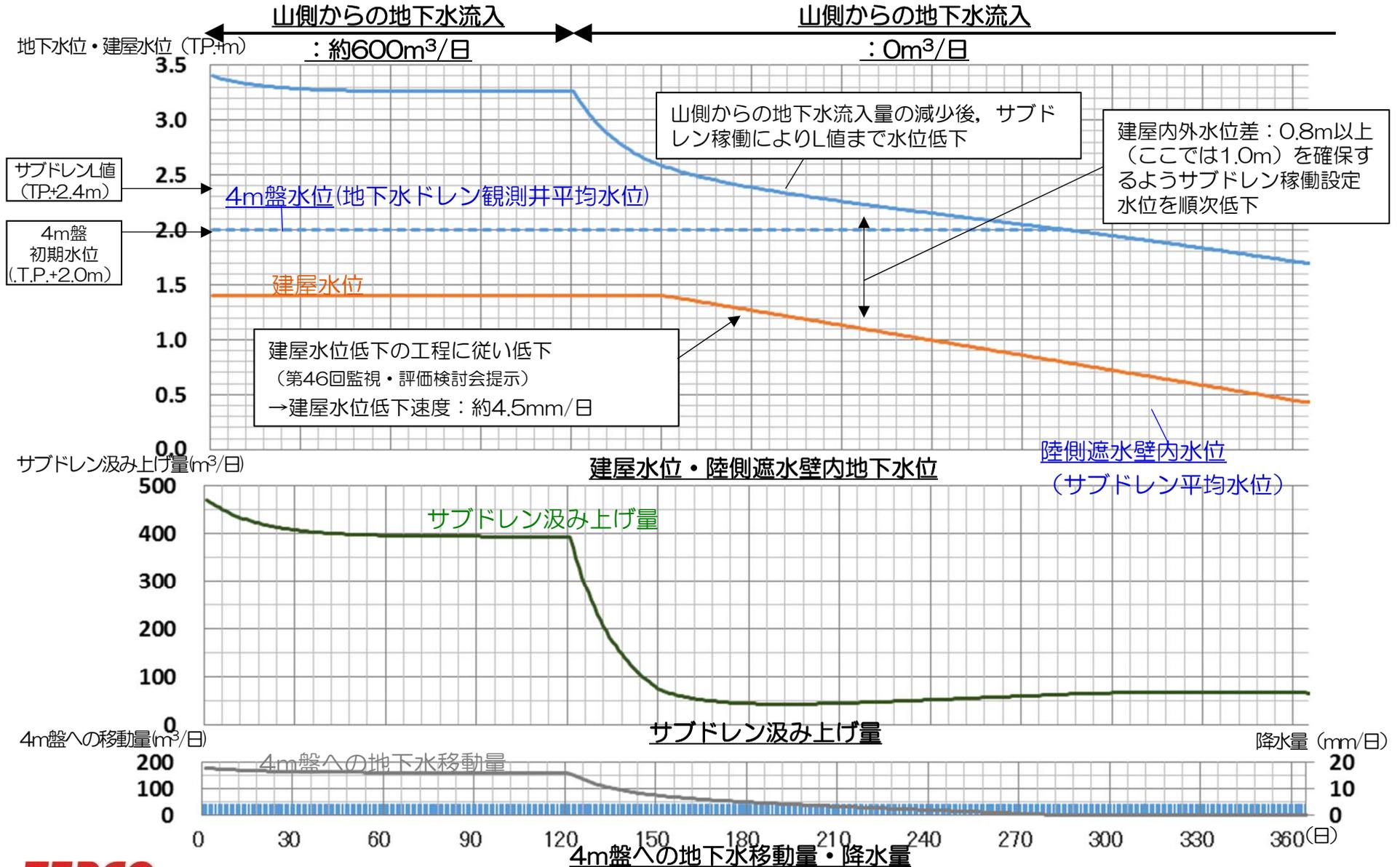


## 【参考】山側からの地下水流入が減少した場合の地下水位変動の試算の主な条件

項目	設定条件	設定の考え方
山側からの地下水流入	<ul style="list-style-type: none"> <li>0～119日：600m<sup>3</sup>/日</li> <li>120日以降：0m<sup>3</sup>/日</li> </ul>	0～119日：5箇所 の未凍結箇所から流入 120日以降：山側閉 合（保守的に設定）
有効空隙率	<ul style="list-style-type: none"> <li>21%</li> </ul>	以前の検討と同様
降雨浸透率	<ul style="list-style-type: none"> <li>55%</li> </ul>	
建屋水位低下	<ul style="list-style-type: none"> <li>2017年6月～2017年12月までの7ヶ月で、T.P.1.4m程度からT.P.0.443mに低下させる。</li> </ul>	第46回監視・評価検討会より
建屋水位-地下水位の水位差	<ul style="list-style-type: none"> <li>0.8m以上を確保する。</li> </ul>	実施計画より実績より仮定
地下水位低下	<ul style="list-style-type: none"> <li>陸側遮水壁閉合範囲内：陸側遮水壁内水位がサブドレン設定水位（L値）以上であれば汲み上げる。</li> <li>4m盤：陸側遮水壁閉合範囲内水位が同等となるまでは、地下水ドレン・ウェルポイントで汲み上げ現状の水位を維持する。同等となつてからは、陸側遮水壁閉合範囲内水位に合わせて低下するように汲み上げる。</li> </ul>	実際の運用を想定
建屋への地下水流入	<ul style="list-style-type: none"> <li>建屋への流入量：建屋内外の「水位差」の低減に伴い比例減少し、水位差1mで100m<sup>3</sup>/日程度の流入量となると仮定した。</li> </ul>	実績に基づく評価より
4m盤への地下水流入	<ul style="list-style-type: none"> <li>4m盤への地下水流入量：陸側遮水壁閉合範囲内と4m盤との「水位差」の低減に伴い比例減少し、水位差0mで流入量が0となると仮定した。</li> </ul>	「比例減少する」実績 に基づく評価 「水位差0mで流入 量が0」仮定
くみ上げ量の制限	<ul style="list-style-type: none"> <li>サブドレンと地下水ドレンのくみ上げ量の合計は、2017年8月の設備増強までは、670m<sup>3</sup>/日を上限と設定した。</li> <li>ただし、実際の運用を想定して、建屋水位と地下水位の水位差が小さくなるとサブドレンのくみ上げ量は抑制すると仮定した。</li> </ul>	サブドレン処理設備の処理実績より

## 【参考】平均降雨の山側からの地下水流入が無くなった場合の地下水位変動想定

- 平均降雨の条件で、初期の4m盤への移動量のみ保守的に $180\text{m}^3/\text{日}$ としても、建屋内外の水位差は現状と同様に $0.8\text{m}$ 以上を確保出来る。

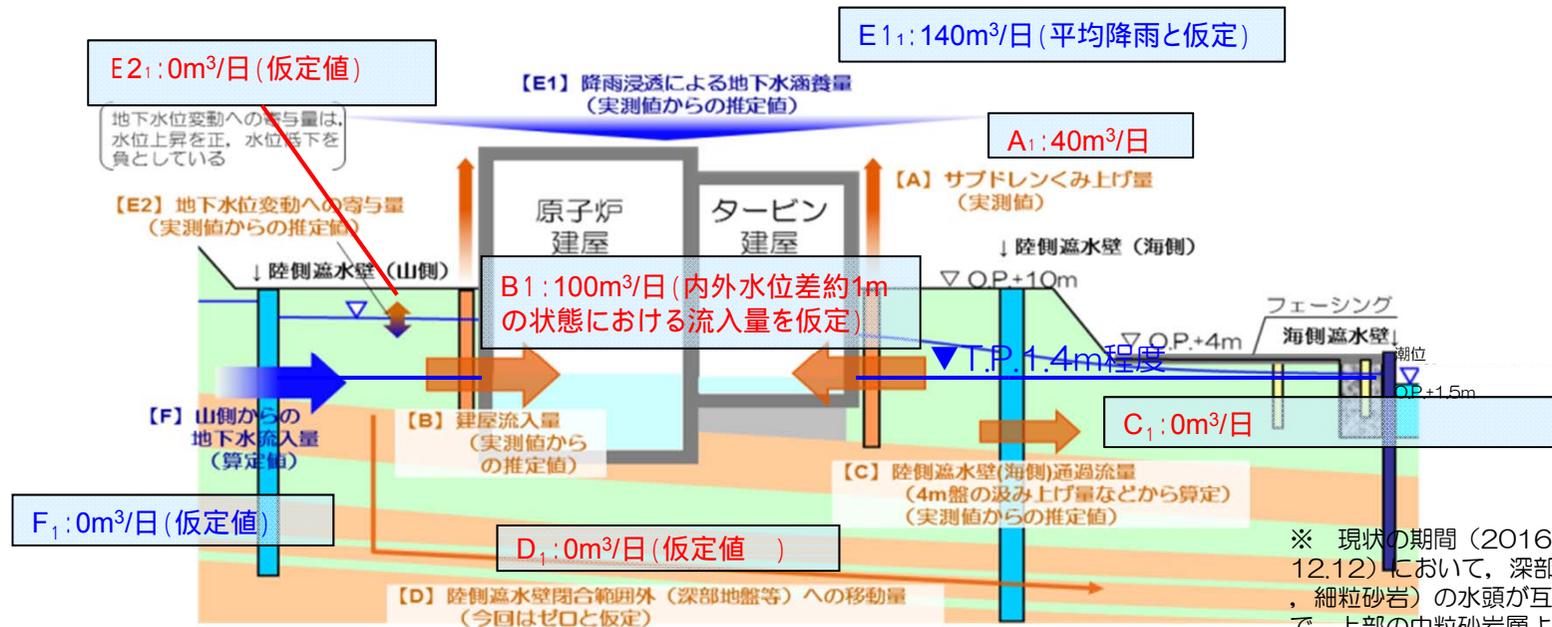


## 【参考】地下水収支の試算（平均降雨＋建屋水位低下）

- 至近の地下水収支の評価に基づいて、山側からの地下水流入量が無くなり、建屋内外水位を低下した状態における地下水収支を試算した。
- 建屋内外水位を低下した状態では、陸側遮水壁閉合範囲内から4m盤への地下水移動はほぼ生じない。
- また、陸側遮水壁閉合範囲内への降雨浸透分の地下水は、「サブドレンの汲み上げ」と「建屋への地下水流入」となる。

	サブドレン くみ上げ量 (L値相当のため汲み 上げないと仮定) A <sub>1</sub>	建屋流入量 (内外水位差約1mの 状態における流入量を 仮定) B <sub>1</sub>	4m盤への 移動量 (初期：現状相当) C <sub>1</sub>	閉合範囲外 への移動量 D <sub>1</sub>	降雨涵養量 (平均降雨と仮定) E <sub>1</sub> <sub>1</sub>	地下水位変動への寄与量 (仮定値) E <sub>2</sub> <sub>1</sub>
仮定値 (m <sup>3</sup> /日)	40	100	0	0	140	0

$$E2_1 = A_1 + B_1 + C_1 + D_1 - E1_1$$



※ 現状の期間（2016.12.1～12.12）において、深部透水層（粗粒、細粒砂岩）の水頭が互層部と同程度で、上部の中粒砂岩層よりも高いことから、深部地盤等への移動量D<sub>1</sub>をゼロとする。

山側からの地下水流入量が減少した場合の地下水収支の想定

## 【参考】サブドレンの停止や注水井への注水が汚染水処理に与える影響

◆サブドレンの停止や注水井への注水が汚染水処理に与える影響について、以下の事象を想定して試算した。

- サブドレン停止・注水により建屋周辺地下水位が上昇
- サブドレン再稼働後、建屋周辺の地下水位回復に期間を要する
- 地下水位上昇により建屋流入および4m盤くみ上げ量が増加

◆注水効果確認時の建屋流入量および4m盤くみ上げ量（地下水ドレン）の増分の試算結果は、下表の通り。

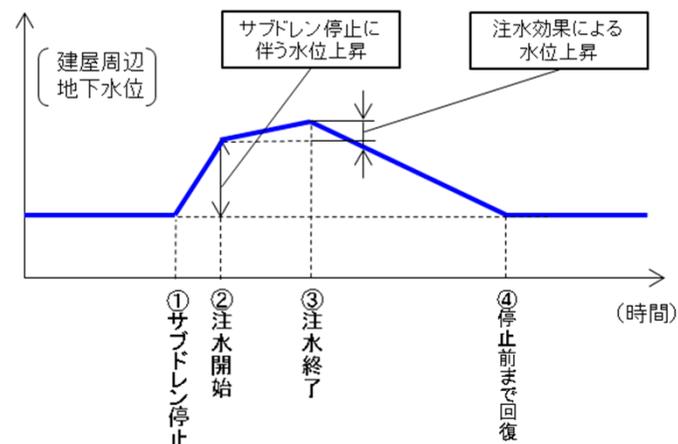
注水効果確認時の建屋流入量および地下水ドレンくみ上げ量の増分の試算

		注水量 (m <sup>3</sup> )	注水効果の確認による影響	
			建屋流入の 増加量 (m <sup>3</sup> )	地下水ドレン くみ上げの増加量 (m <sup>3</sup> )
海側で確認する場合 (4号機建屋海側)	注水箇所：2 サブドレン停止箇所：1	60	30	140
山側で確認する場合 (1号機建屋山側)	注水箇所：5 サブドレン停止箇所：6	290	580	—

### 試算に用いた条件

・これまでの実測データに基づき、試算条件を以下のように設定した。

	海側	山側
サブドレン停止後、水位が安定するまでの日数 (期間①～②)	1日	2日
注水日数 (期間②～③)	2日	4日
サブドレン再稼働後に停止前の水位に回復するまでの日数 (期間③～④)	15日	30日
サブドレン停止後の地下水位上昇幅	1m	2m
注水による水位上昇幅	0.2m	0.2m



---

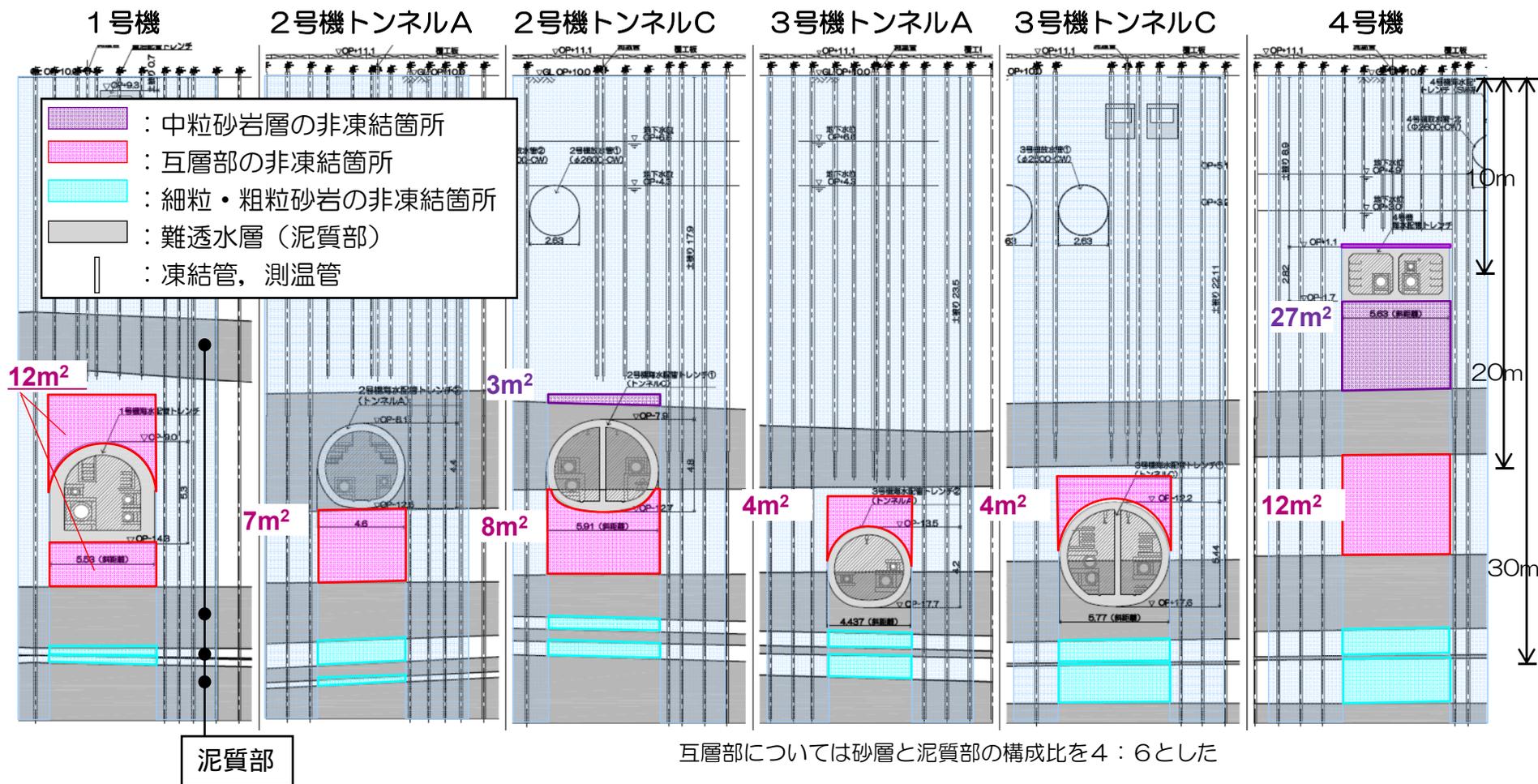
【参考3】 4m盤の地下水環境への影響因子

## 【参考】4m盤の地下水環境への影響因子

- 現状の4m盤くみ上げ量の最小値は140m<sup>3</sup>/日程度（当初想定は70m<sup>3</sup>/日）であり，減少傾向を示している。
- 現時点において，くみ上げ量の減少量が想定よりも小さい因子は下記などが考えられる，
  - ① 想定における仮定条件の不確実性，および，平衡状態に達していないこと
    - 想定では，地盤内の状態（透水性等）が不確実性を有する中で一定の条件を仮定していた。
    - 地下水環境が平衡状態に至った状態を想定していたが，現状は，地下水位が低下を続けているなど，平衡状態に達していない。
  - ② 互層部の非凍結箇所を通じた4m盤への地下水移動
    - 海水配管トレンチ下部の互層部の非凍結箇所を通じた4m盤への地下水移動が，想定よりも大きな流入量となっている可能性がある。
  - ③ 陸側遮水壁を貫通している構造物の影響
    - 構造物と凍土との境界付近（境界・その付近の地盤）を通じて4m盤に地下水が流入している可能性がある。
    - 陸側遮水壁を貫通している構造物の内部を通じて4m盤に地下水が流入している可能性がある。
  - ④ 海側遮水壁の透水性
    - 海側遮水壁を通過する流量が想定より少ない可能性がある。

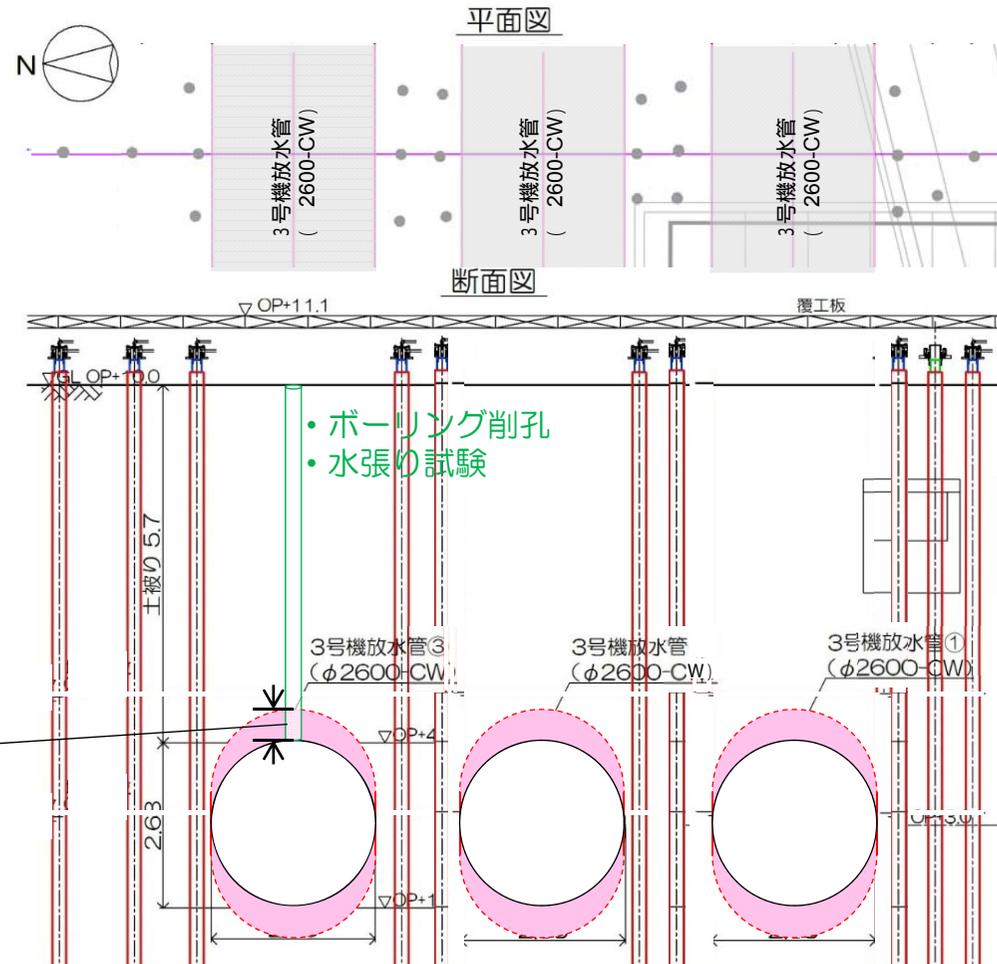
## 【参考】 因子②：互層部の非凍結箇所を通じた4m盤への地下水移動 海水配管トレンチ上下部の透水層の非凍結箇所とその面積

- 海水配管トレンチ上下の非凍結箇所
  - 中粒砂岩層：2号機トンネルC上部，4号機トレンチ上下部 面積：約30m<sup>2</sup>
  - 互層部：1～4号機海水配管トレンチ上下部 面積：約50m<sup>2</sup>
  - 細粒・粗粒砂岩：この部位を通過して4m盤へ流入したとしても，海側遮水壁設置深度よりも深いため，上層に移動せず海洋側へ流下するものと想定される。



【参考】 因子③：陸側遮水壁を貫通している構造物の影響（1/2）  
 閉塞していない放水管周辺地盤を通じた流入

- 1～4号機放水管は内部閉塞をしておらず、その近傍は複列施工した凍結管により凍土を造成している。
- 1～4号機放水管直上の地盤に対して、凍土造成状況の確認（ボーリング削孔、水張試験）を実施した。
- 放水管の上面50cmの範囲で、ボーリング削孔時の手応えや、その後の水張試験で水位低下したことから凍結に至っていない箇所が存在する可能性がある。（各号機1条ずつ削孔を実施）

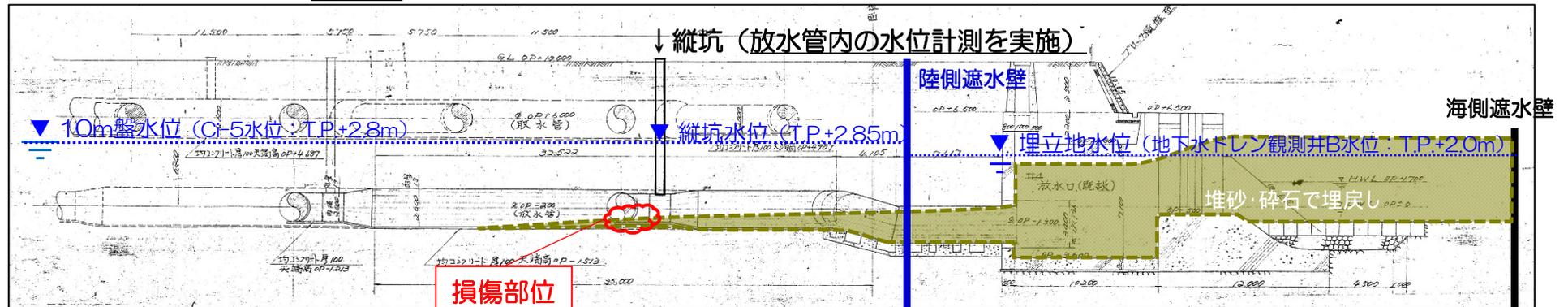
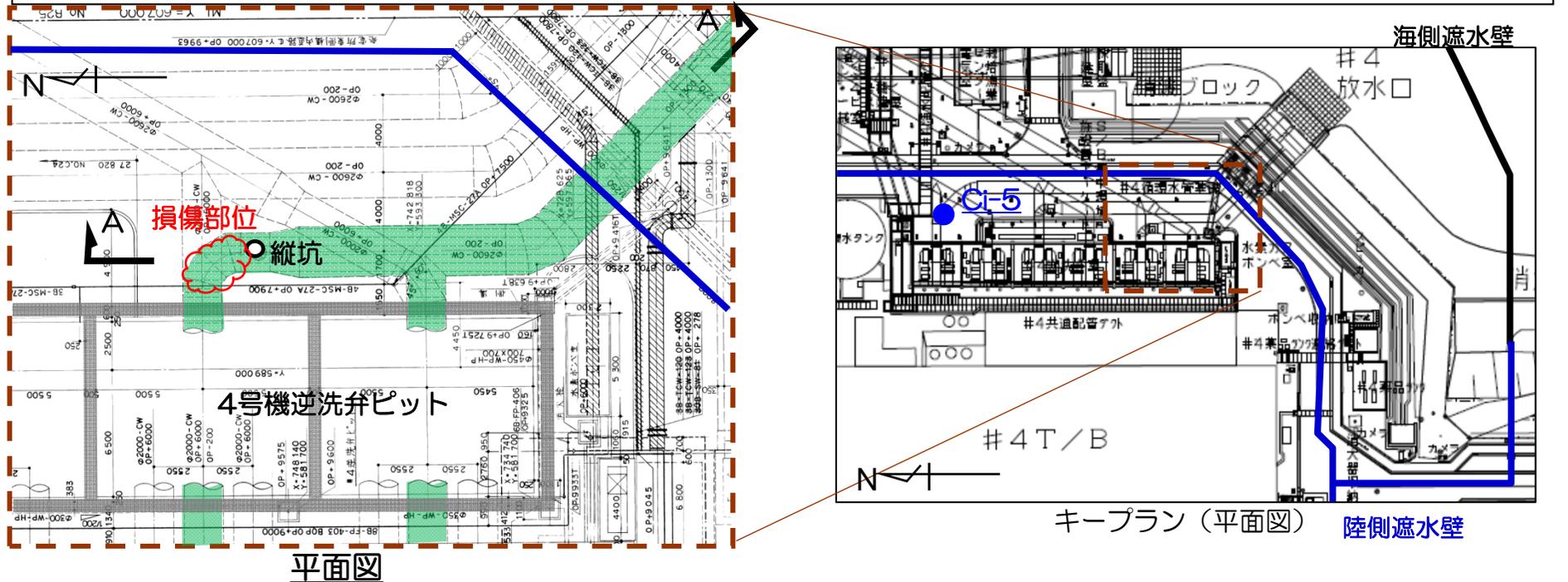


3号機放水管周辺の凍土造成状況の確認（イメージ）

## 【参考】 因子③：陸側遮水壁を貫通している構造物の影響（2/2）

内部を閉塞していない構造物（4号機放水管損傷箇所）を通じた流入

- 4号機放水管の一部（c系）には損傷が疑われる部位がある。
- 今回、放水管に接続している縦坑内の水位等を計測するなどの現況調査を行った。
- 縦坑内の水位は、陸側遮水壁（海側）の内側水位とほぼ同等であった。【継続して調査実施中】



【参考】 因子④：海側遮水壁の透水性 (1/2)

海側遮水壁を通じた海洋への移動量の想定

- 海側遮水壁を通じた海洋への地下水移動量を下式で算定し、閉合前に、約30m<sup>3</sup>/日と想定した。

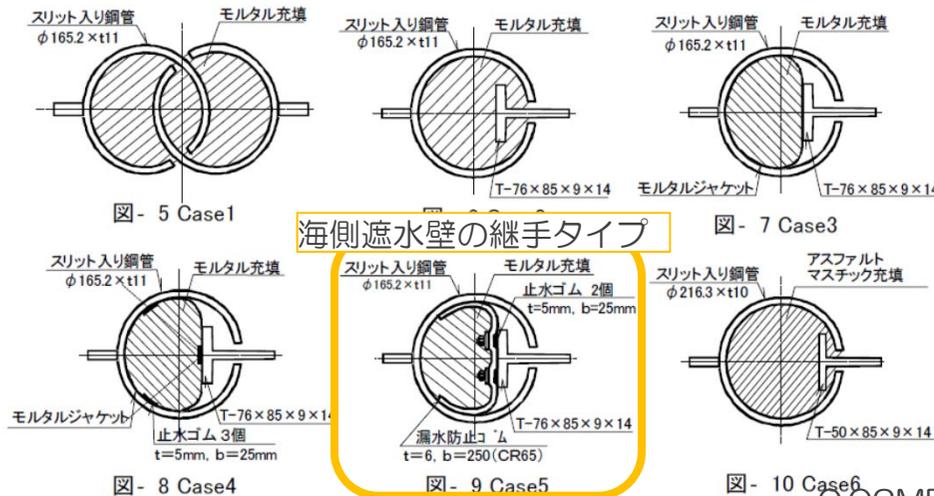
$$\text{海側遮水壁を通じた移動量想定(中粒砂岩層+互層部)} = \frac{①-② \times ③ \times ④ \times ⑤ \times 60 \times 60 \times 24}{⑥ \times 100} = \text{約}30\text{m}^3/\text{日}$$

【算定条件】

- ① 地下水ドレン周辺地下水位：T.P.+約1.8m (O.P.+約3.3m)
- ② 平均潮位：T.P.+約0m
- ③ 海側遮水壁の透水係数： $1.0 \times 10^{-6} \text{cm/sec}$
- ④ 海側遮水壁設置箇所における透水層平均有効厚さ：約12m (中粒砂岩層約10m+互層約2m)
- ⑤ 海側遮水壁延長：約780m
- ⑥ 海側遮水壁有効厚さ：約0.5m\*

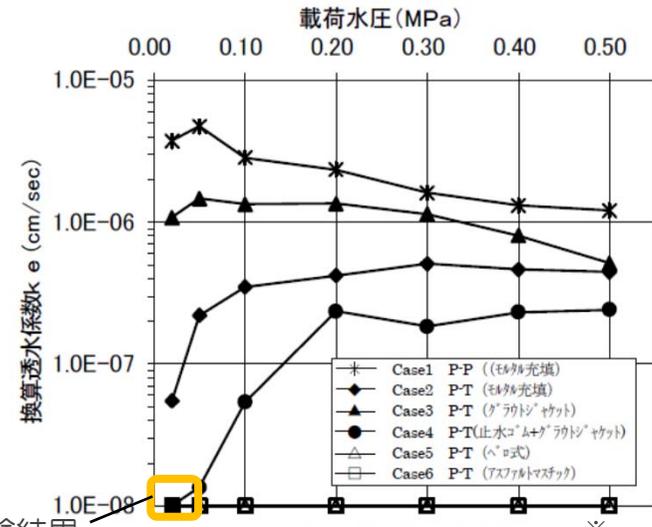
■ 透水係数の設定について

- 透水係数は「鋼管矢板継手の遮水性能評価試験」に関する既往文献\*に基づいて設定した。
- 海側遮水壁内部の地下水位 (T.P.+約1.8m) と潮位 (平均T.P.+0m) との水位差は、載荷水圧では約0.02MPaに相当する。文献では0.02MPa載荷後の透水試験では透水量が得られていない。  
→  $1.0 \times 10^{-8} \text{cm/sec}$ 以上に相当
- 海側遮水壁の要求性能より  $1.0 \times 10^{-6} \text{cm/sec}$  と設定した。



海側遮水壁の継手タイプ

鋼管矢板継手のタイプ\*



0.02MPaの試験結果

図-11 継手遮水性能試験結果 \*

\*土木学会第回年次学術講演会 鋼管矢板継手の遮水性能評価試験

## 【参考】因子④：海側遮水壁の透水性（2/2）

### 海側遮水壁閉合後の水位挙動に基づく透水性評価

特定原子力施設 監視・評価検討会  
(第40回) 参考1 加筆

- 潮汐変動と海側遮水壁閉合後の内部の埋立地水位変動の連動状況から、海側遮水壁の透水係数を推定した。
- 潮汐変動と埋立地水位変動に明瞭な連動は見られない。従って海側遮水壁の透水係数は小さいと考えられる。
  - 降雨や地下水ドレン稼働の影響を受けていない期間（2015/10/29～11/1）における埋立地水位は、約0.9cm（①～⑮）の変動を伴いながら上昇しているが、2周期/日の潮汐変動（約88cm；①～⑮）との明瞭な連動は見られない。
  - 遮水壁の透水係数を安全側に（大きく）評価するため、**地下水位の変動①～⑮**がすべて**潮汐①～⑮**の影響によるものと仮定し推定した。
  - 「海の潮汐変動による湾岸地下水の水位変動（周期変動の伝播）」については、「土と基礎 実用数式・図表の解説／土質工学会編」より、式7.15を用いた（下図）。
- **海側遮水壁の透水係数の推定値は、安全側（大きめ）の評価として $1 \times 10^{-6} \text{cm/sec}$ 程度となった。**

$$\left. \begin{aligned} h(x, t) &= D + \Delta h_0 e^{-\alpha x} \cos(\sigma t - \alpha x) \\ \alpha &= \sqrt{\sigma S / 2kD} \end{aligned} \right\} (7.15)$$

138

7.5 二次元浸透

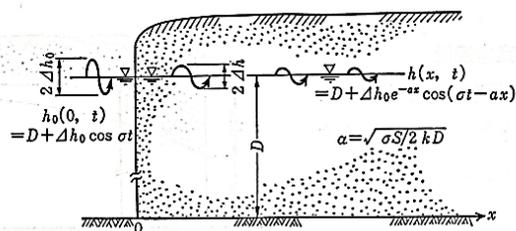


図-7.7 地下水位の周期変動の伝播

S: 貯留係数, t: 時間,  $\sigma$ : 周期

海の潮汐変動による海岸地下水の水位変動などは上式(7.15)を用いて計算できる。

h(x, t) : 境界からxの位置のt時間後の水位  
 D : 水深  
 $\Delta h_0$  : 潮汐変動  
 $\Delta h_0 e^{-\alpha x}$  : 境界からxの位置の地下水位変動  
 $\sigma$  : 周期  
 S : 貯留係数  
 t : 時間  
 k : 透水係数

出典「土質工学ライブラリー7 土と基礎 実用数式・図表の解説／土質工学会編」

