

# 陸側遮水壁の状況（第一段階フェーズ1）

2016年4月25日

東京電力ホールディングス株式会社

---

**TEPCO**

## 目次

---

1. 第一段階フェーズ1の凍結範囲
2. 地中温度／地下水位
3. サブドレンNo. 1の水位低下
4. 1号機タービン建屋海側の互層部水頭（Go-15・Gi-20）の低下

### 【参考】

- (1) 現状の各くみ上げ量・建屋への地下水流入量
- (2) 至近のサブドレン水位変動

---

1. 第一段階フェーズ1の凍結範囲

## 陸側遮水壁の閉合の進め方

- 陸側遮水壁の閉合は以下の3段階で進める。
  - 第一段階：海側全面閉合＋山側部分閉合する段階
  - 第二段階：第一段階と第三段階の間の段階
  - 第三段階：完全閉合する段階

### ○第一段階の定義

- サブドレンが稼働していることを前提に、建屋周りの地下水位が低下した際にも、サブドレンを停止することで迅速かつ確実に地下水位が回復でき、建屋水位と地下水位の逆転リスクが極めて低い段階

### ○第一段階の閉合手順

- 第一段階では更に段階的に2つのフェーズを設け、フェーズ毎の凍結状況を確認しながら慎重に閉合を進める。

#### (ア)フェーズ1

フェーズ1では、陸側遮水壁の「海側全面」、「北側一部」、「山側の部分先行凍結箇所（凍結管間隔が広く凍りにくい箇所等）」を同時に凍結する。

#### (イ)フェーズ2

フェーズ2では、海側の遮水効果発現開始に併せて第一段階の「未凍結箇所」を除く山側の残りの部位を凍結する。山側の閉合範囲は山側総延長の95%以下となる。

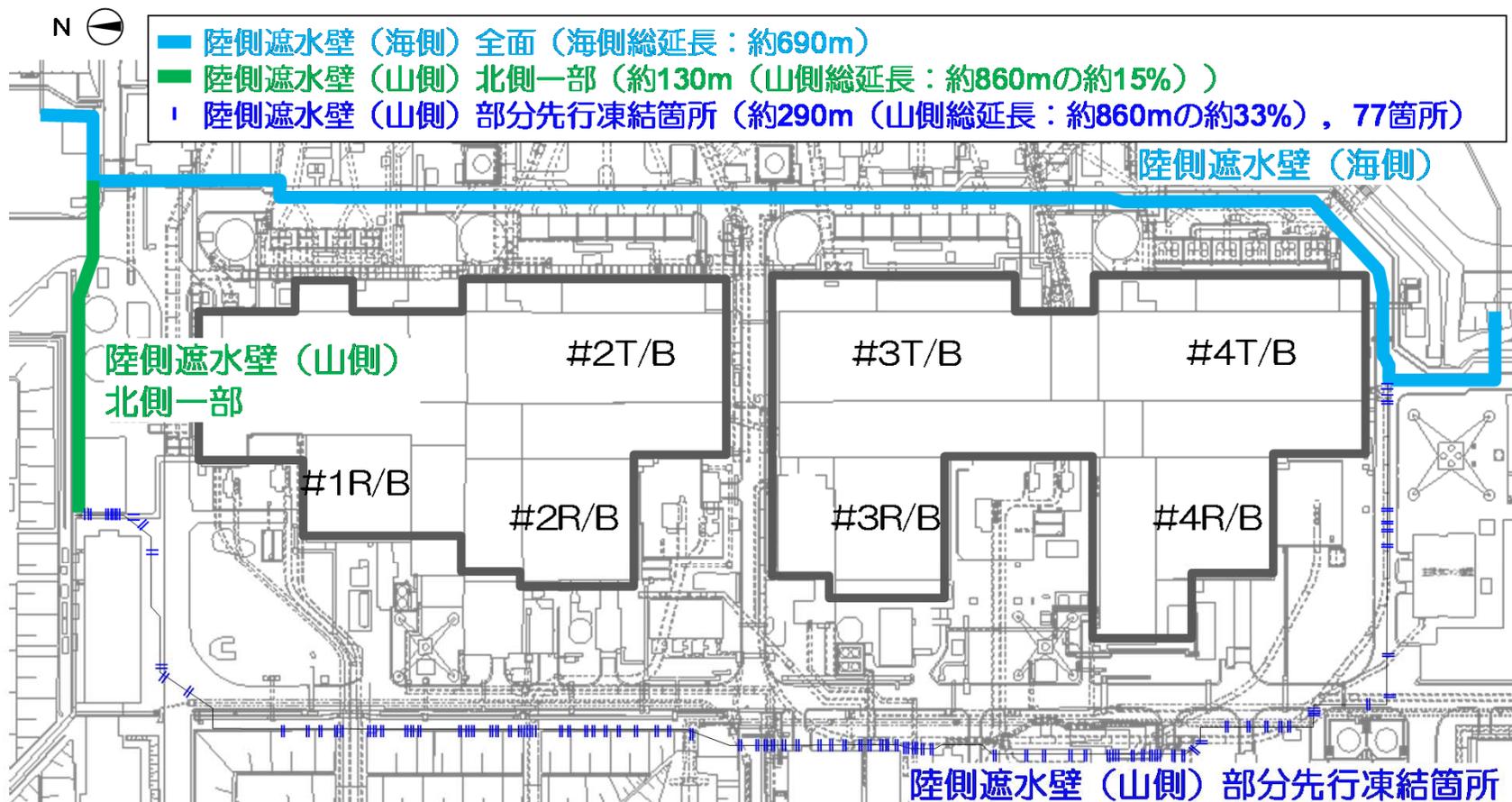
## 第一段階 閉合範囲（フェーズ1）

- ◆ 第一段階（フェーズ1）では、以下の3つの範囲を先行して同時に凍結する。

### 海側全面 + 北側一部 + 山側部分先行凍結箇所

- 海側全面：山側より先行させることにより、水位逆転リスクを低減するため
- 北側一部：1号機建屋周辺の地下水の拡散を抑制するため
- 部分先行凍結箇所：凍結に時間を要すると予想される部位を先行し、確実に凍結するため※

※ 凍結管間隔が広い箇所（複列施工箇所など）は、一般部（凍結管間隔：約1m）と比較して、凍結に時間を要するため、一般部と同時に凍結運転開始した場合、地下水流が集中し、さらに凍結しにくくなる事象が想定される。これを避けるため、そのような部位を一般部に先行して凍結する。



---

## 2. 地中温度／地下水位

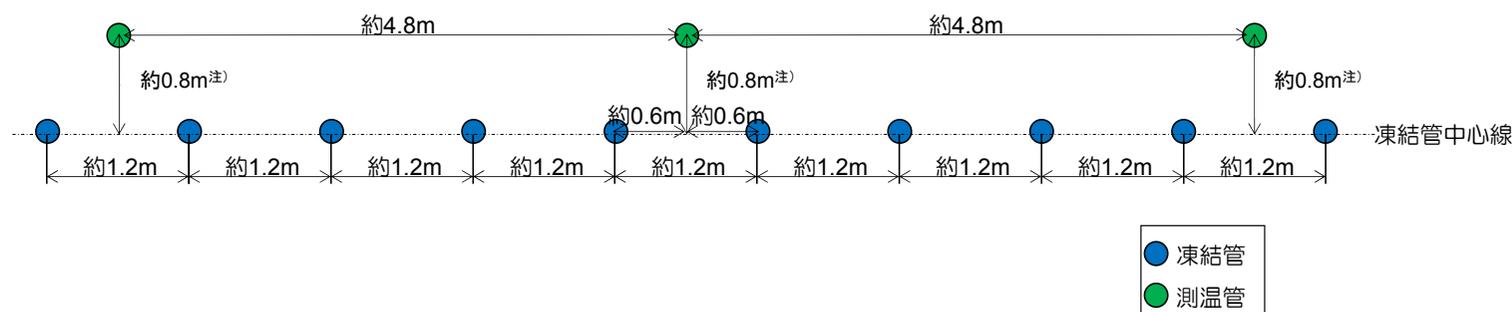
- 2016年3月31日11時20分より，第一段階フェーズ1（海側全面＋北側一部＋山側部分先行凍結箇所）の凍結運転を開始。
- 設備は順調に稼働，ブライン（冷却材）送り温度は-30℃付近で安定している。
- 本章では，凍結運転開始から現状までの凍結管近傍の地中温度と地下水位の状況について示す。

## 地中温度の測定方法

- 凍結状況は、凍結管周辺に設置した測温管（海側は約4.8mに1箇所、山側は約5mに1箇所、深度方向約30m<sup>※1</sup>、凍土壁ラインからの距離約0.8m<sup>注</sup>）で地中温度を測定して把握する。
- なお、測温管内の温度計の低下傾向は、昨年実施した試験凍結の結果より、凍結管～温度計距離に応じた関係となること、また、地下水の流れがある状態では、凍結管に対する温度計の位置関係<sup>※2</sup>（上下流側）の影響を受けることが分かっている。

※1 測温管内には、深度方向に1 m間隔に温度計を設置している。

※2 測温管は、基本的に、温度低下傾向が遅いと考えられる凍結管の上流側に配置している。



注) 現場の状況により、基本配置通りに測温管を配置していない箇所がある。

〔 凍土ラインからの距離：約0.1～1.1m  
凍結管からの距離：約0.4～1.4m 〕

測温管の基本配置（海側の例）

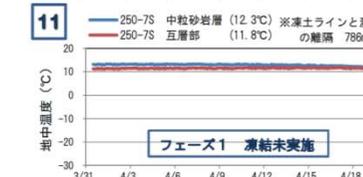
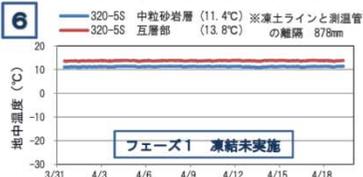
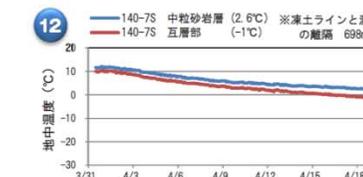
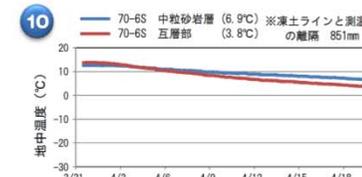
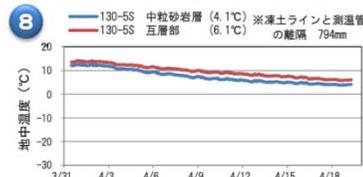
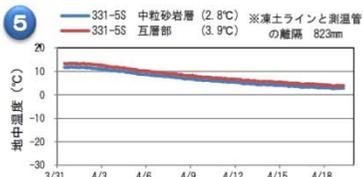
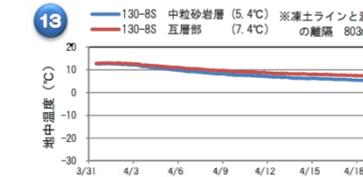
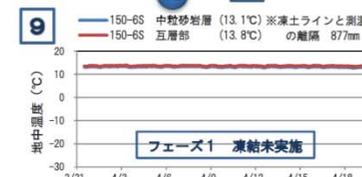
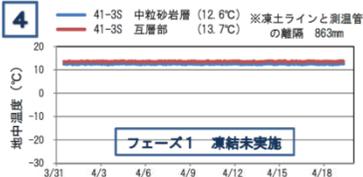
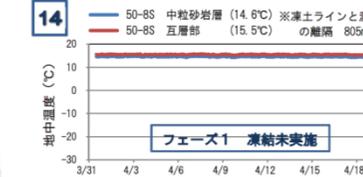
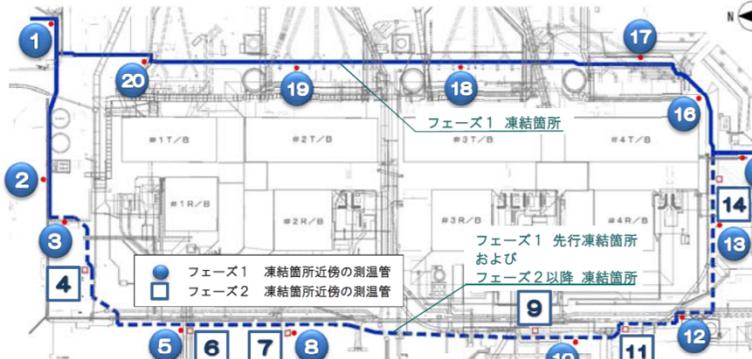
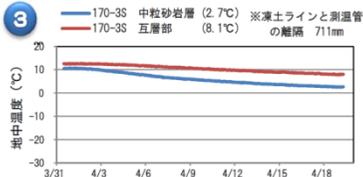
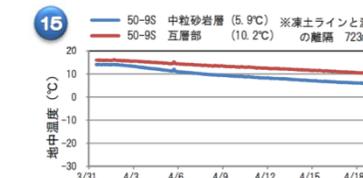
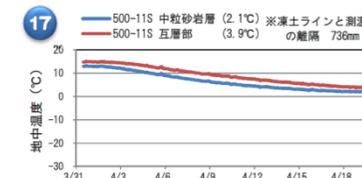
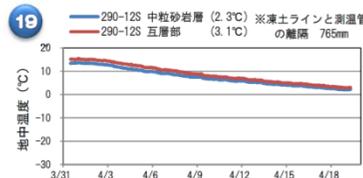
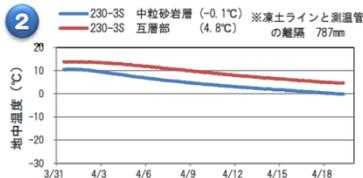
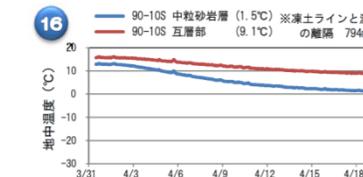
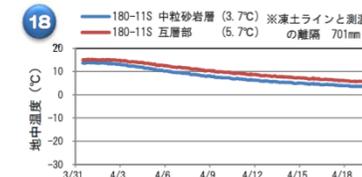
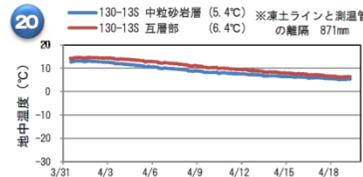
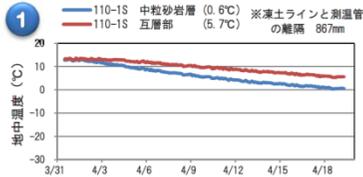
# 地中温度経時変化

- ブラインを循環させている凍結管の近傍において、全体的に温度が低下し始めている。また、フェーズ1の凍結対象外の箇所（下図の4,6,7,9,11,14）では、低下傾向は見られていない。

## 陸側遮水壁 経過報告 地中温度（測温管温度）

温度は4月19日 7:00時点のデータ

## フェーズ 1



注1)  
中粒砂岩層の平均地中温度(青線):  
地表~GL-2mと第1泥質部との境界付近を除く1mピッチで計測されている測温管温度の平均値

注2)  
互層部の平均地中温度(赤線):  
互層部上下の層境界付近を除く、1mピッチで計測されている測温管温度の平均値



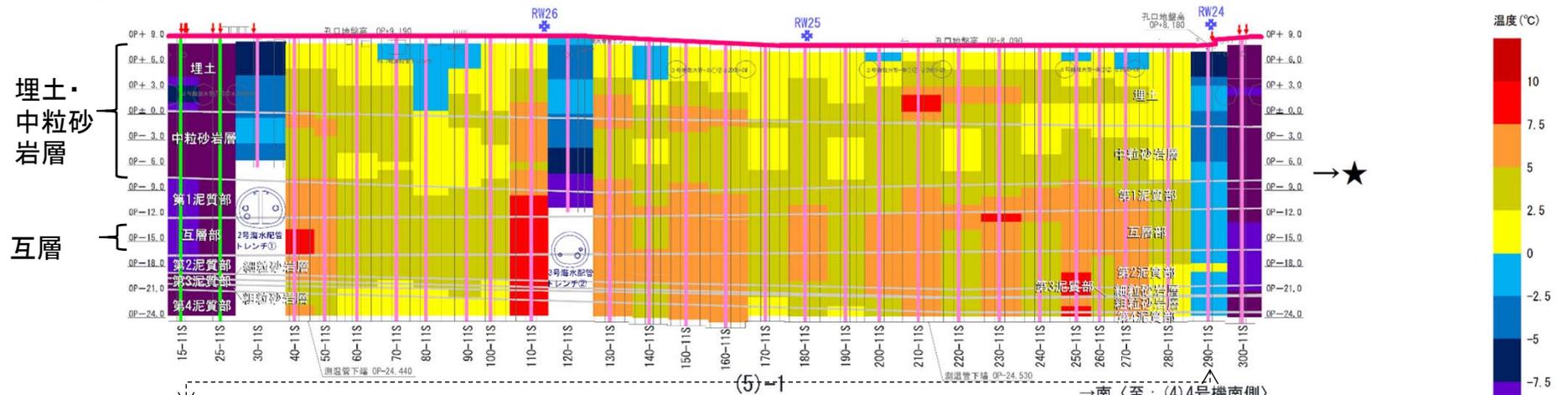
# 地中温度分布図（3・4号機海側）

4/19 7:00時点のデータ

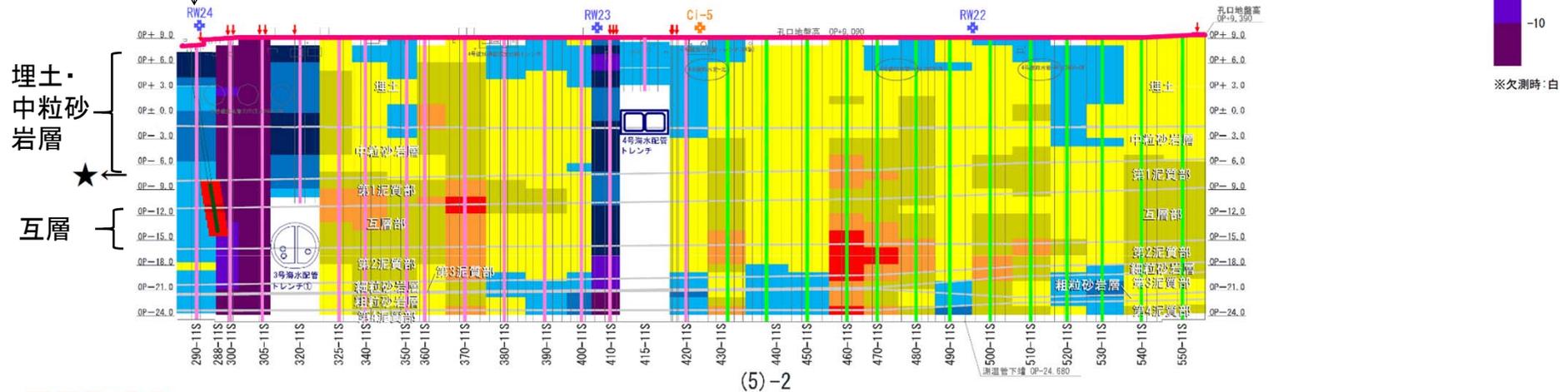
- ・ブライン供給に伴い地中温度に低下傾向が見られる。なお、海水配管トレンチ下部は非凍結箇所であり、測温管を設置していない。（下図白抜き箇所）



←北（至：(6)1,2号機海側）



→南（至：(4)4号機南側）



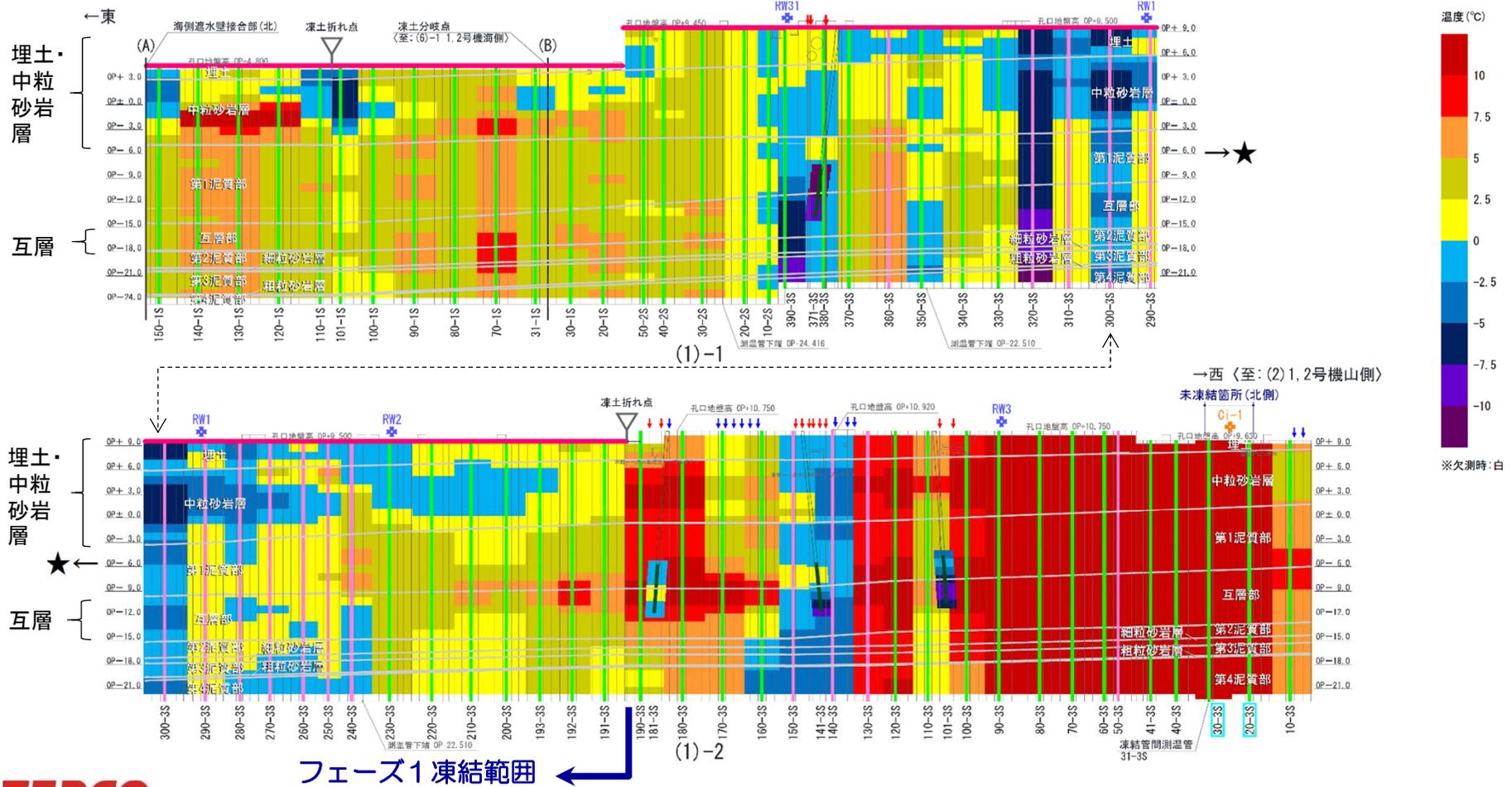
※欠測時：白

# 地中温度分布図（1号機北側） 4/19 7:00時点のデータ

- 海側・北側一部凍結箇所（地表部に赤線が引いている範囲）では、凍結運転開始に伴い、全体的に、地中温度に低下傾向が見られる。
- それ以外の部分先行凍結箇所近傍において、地中温度に低下傾向が見られる。
- 凍結運転開始19日経過後において、海側・北側一部凍結箇所では10℃を超えている箇所が存在。

凡例

- : 測温管 (凍土ライン外側)
- : 測温管 (凍土ライン内側)
- : 測温管 (複列部斜め)
- : 未凍結箇所管理測温管
- ▽ : 凍土折れ点
- ✕ : RW (リチャージウェル)
- ✕ : CI (中粒砂岩層・内側)
- ↓ : 単列部凍結管 (先行)
- ↓ : 複列部凍結管
- : 海側・北側一部凍結箇所



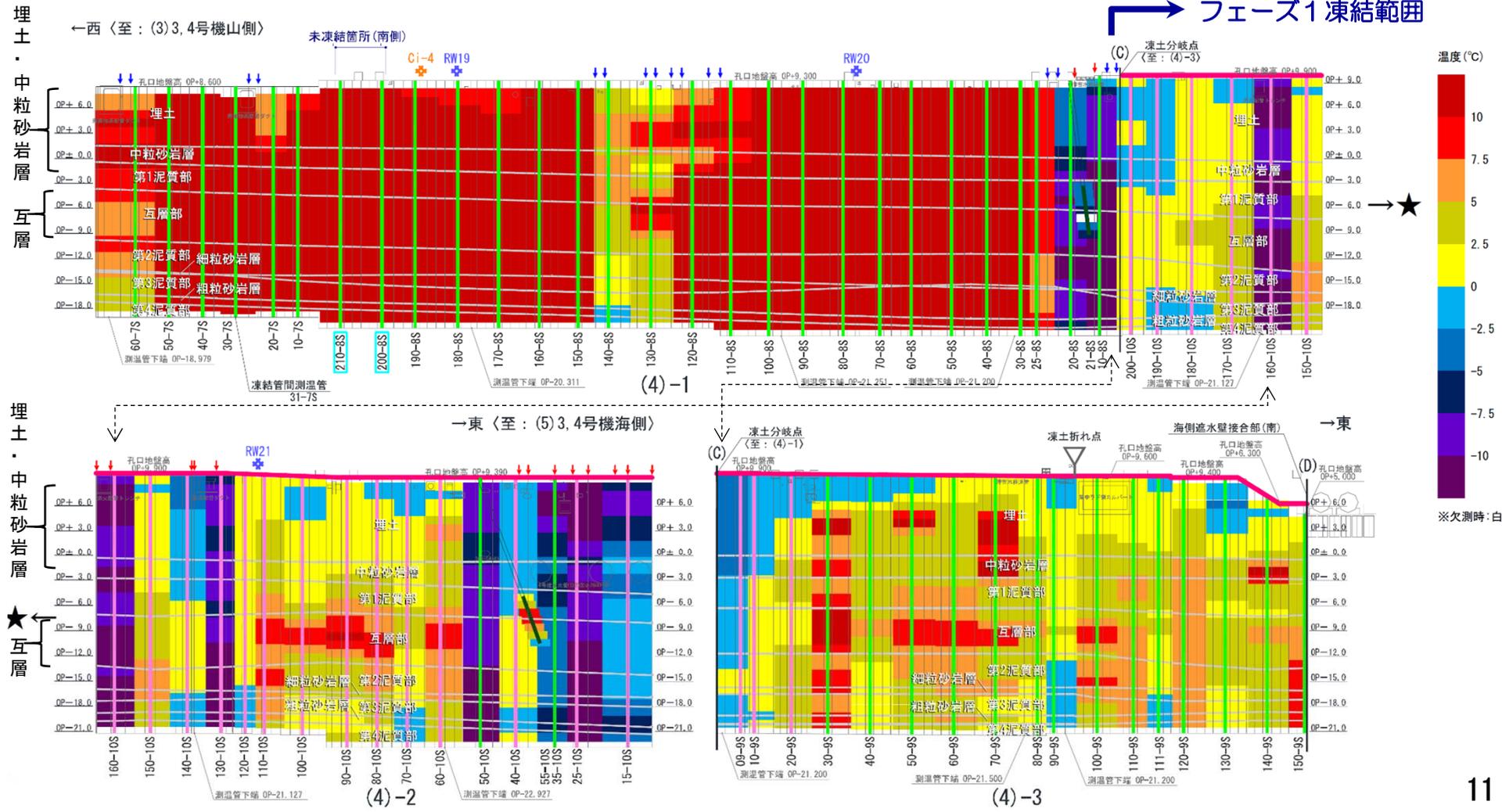
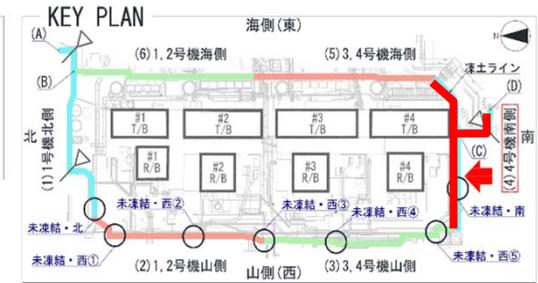
# 地中温度分布図（4号機南側）

4/19 7:00時点のデータ

- 海側・北側一部凍結箇所（地表部に赤線が引いている範囲）では，凍結運転開始に伴い，全体的に，地中温度に低下傾向が見られる。
- それ以外の部分先行凍結箇所近傍において，地中温度に低下傾向が見られる。
- 凍結運転開始19日経過後において，海側・北側一部凍結箇所で10℃を超えている箇所が存在。

凡例

■ (緑)	： 測温管（凍土ライン外側）	◆ (青)	： RW（リチャージ Jewel）
■ (紫)	： 測温管（凍土ライン内側）	◆ (黄)	： Ci（中粒砂岩層・内側）
■ (緑)	： 測温管（複列部斜め）	↓ (青)	： 単列部凍結管（先行）
■ (青)	： 未凍結箇所管理測温管	↓ (赤)	： 複列部凍結管
▽ (青)	： 凍土折れ点	— (赤)	： 海側・北側一部凍結箇所

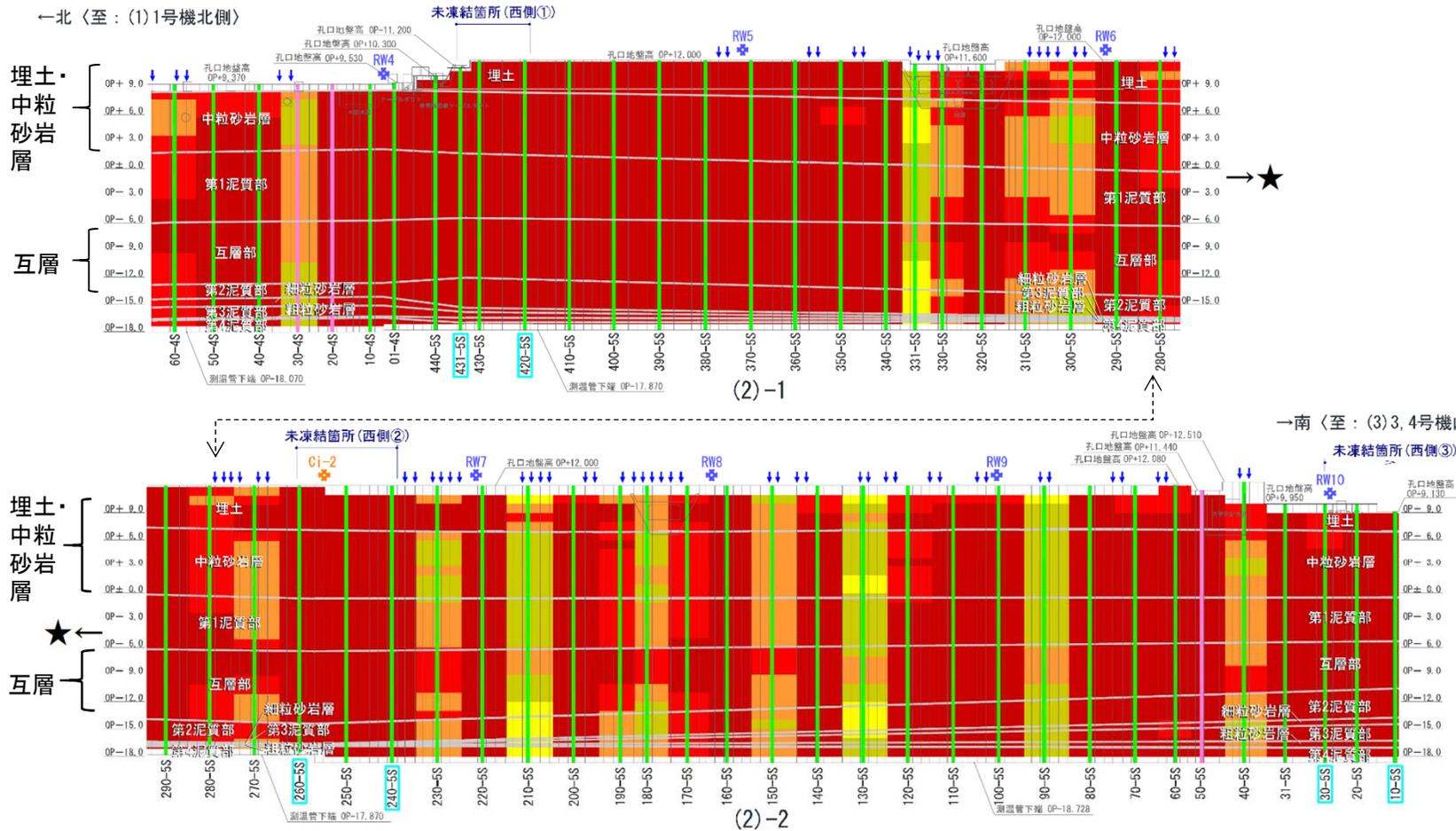
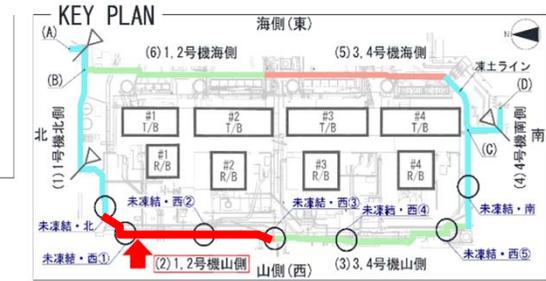


# 地中温度分布図（1・2号機西側） 4/19 7:00時点のデータ

- 部分先行凍結箇所近傍では、地中温度に低下傾向が見られる。

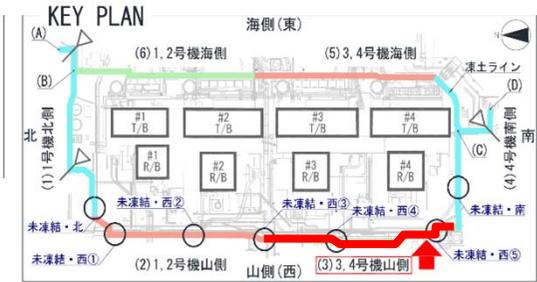
### 凡例

- : 測温管（凍土ライン外側）
- : 測温管（凍土ライン内側）
- : 測温管（複列部斜め）
- : 未凍結箇所管理測温管
- ▽ : 凍土折れ点
- ✕ : RW（リチャージウェル）
- ✕ : CI（中粒砂岩層・内側）
- ↓ : 単列部凍結管（先行）
- ↓ : 複列部凍結管
- : 海側・北側一部凍結箇所

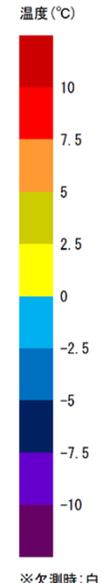
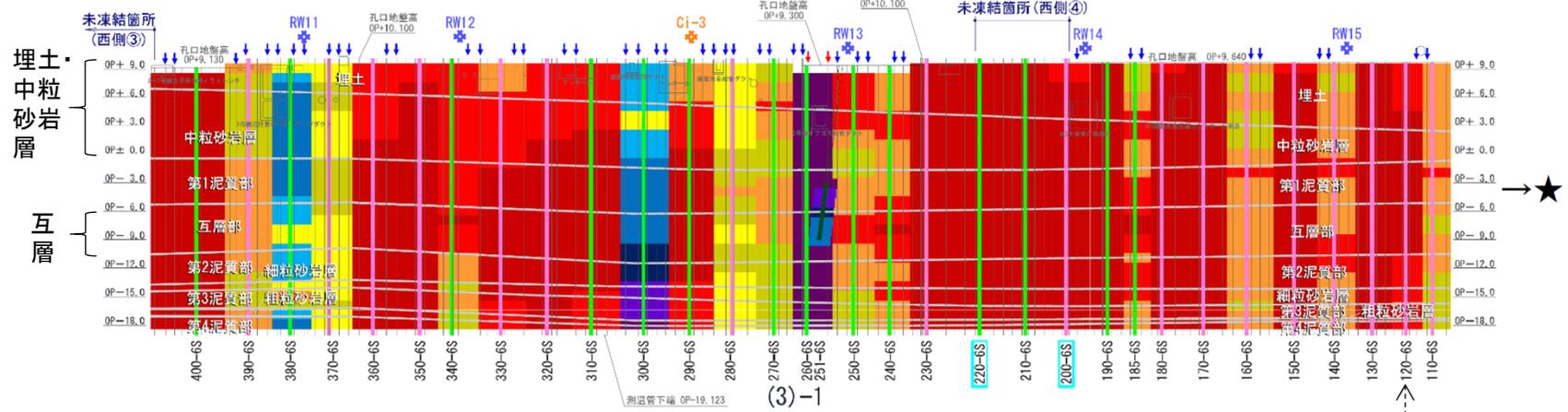


# 地中温度分布図 (3・4号機西側) 4/19 7:00時点のデータ

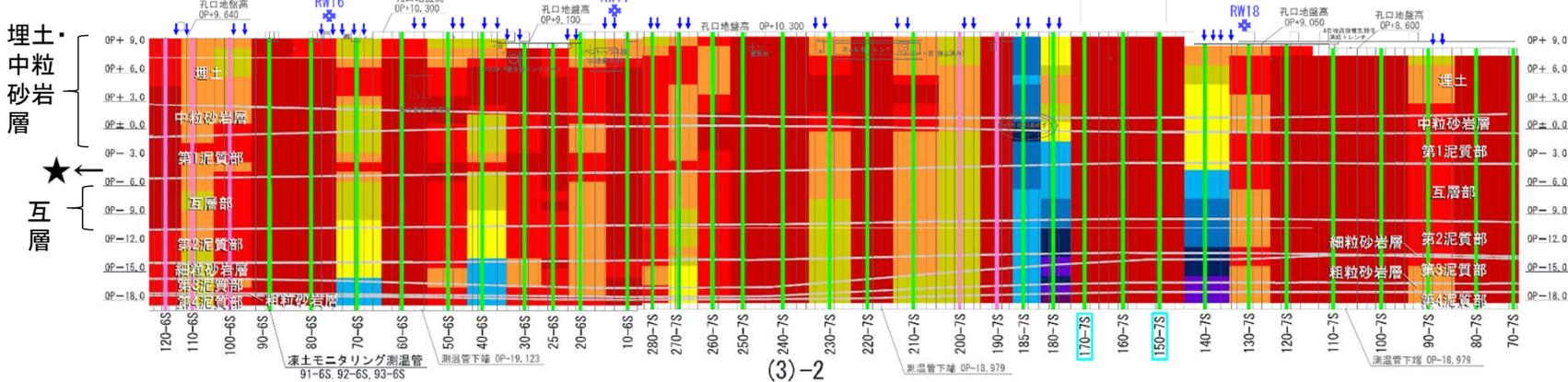
- 部分先行凍結箇所近傍で、地中温度に低下傾向が見られる。



←北 (至: (2)1,2号機山側)



→南 (至: (4)4号機南側)



## 【参考】凍結管との離隔と地中温度低下の関係

- 凍結運転開始翌日（4/1）および19日後（4/19）における，測温管の温度低下量と凍結管～測温管間距離との関係を下図に示す。
- 全体的に温度は低下傾向にあることが確認できる。また，温度低下量は凍結管～測温管間距離に応じて分布し，凍結管の近傍ほど温度低下量が大きい。
- 中粒砂岩層・互層部共に，凍土ラインを挟んで，地下水流の上流側（□）の測温管温度に比べ，下流側（△）の測温管温度の方が温度低下が大きくなる傾向が見られ始めている。

■ 2016/4/1時点 海側(上流)    ▲ 2016/4/1時点 海側(下流)    ● 2016/4/1時点 北側  
 ■ 2016/4/19時点 海側(上流)    ▲ 2016/4/19時点 海側(下流)    ● 2016/4/19時点 北側

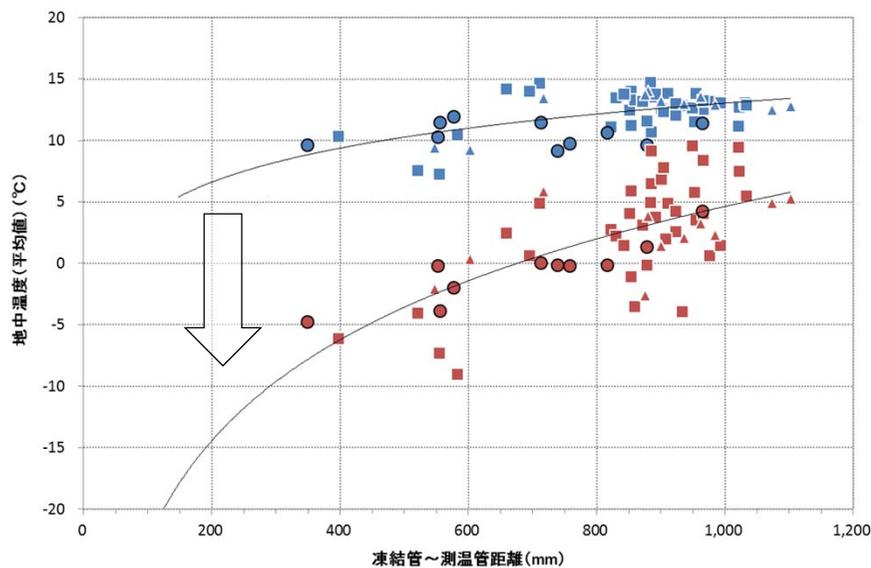


図 凍結管との離隔と地中温度低下  
【中粒砂岩層】

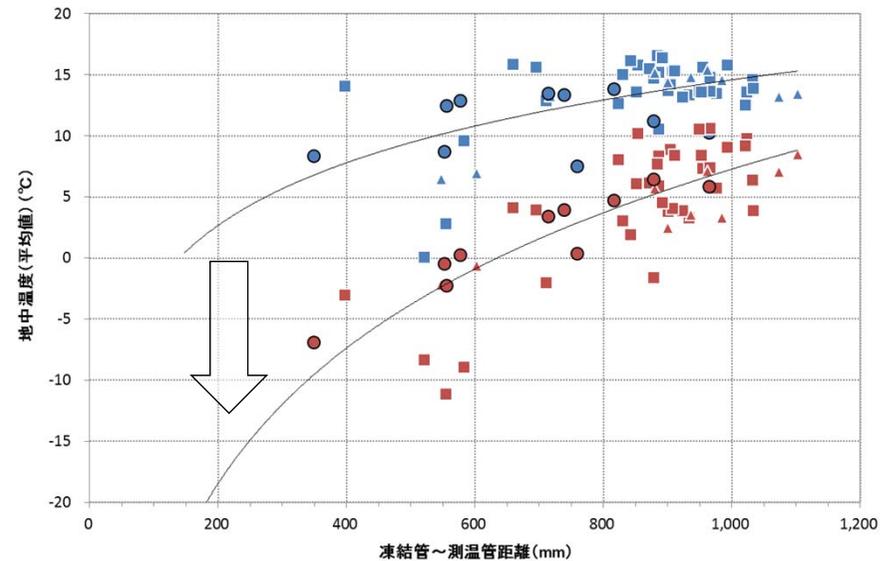
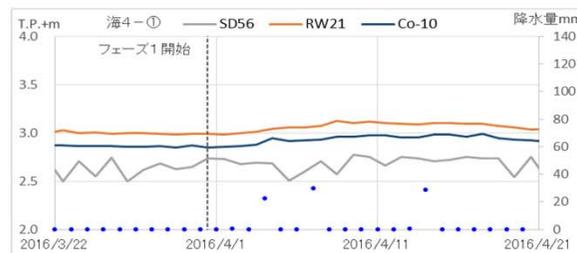
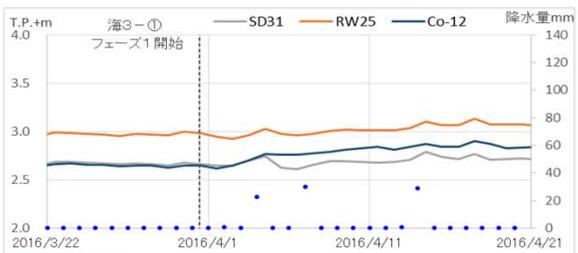
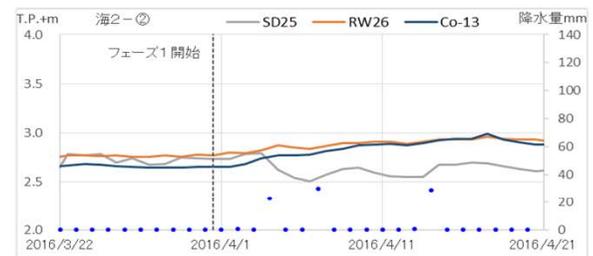
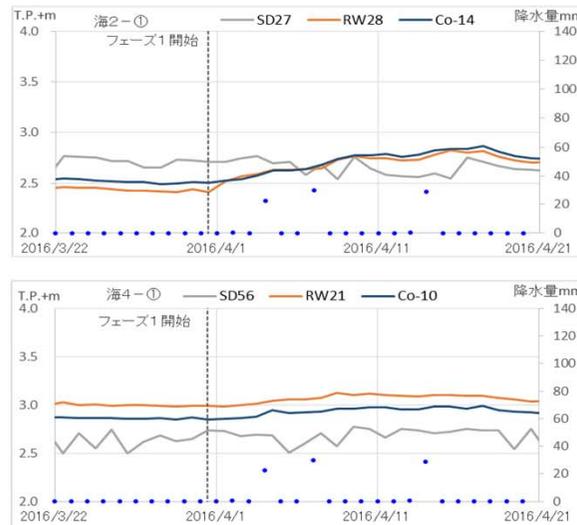
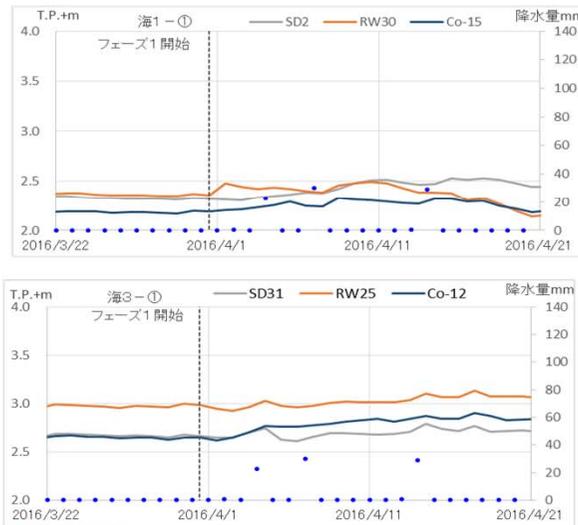
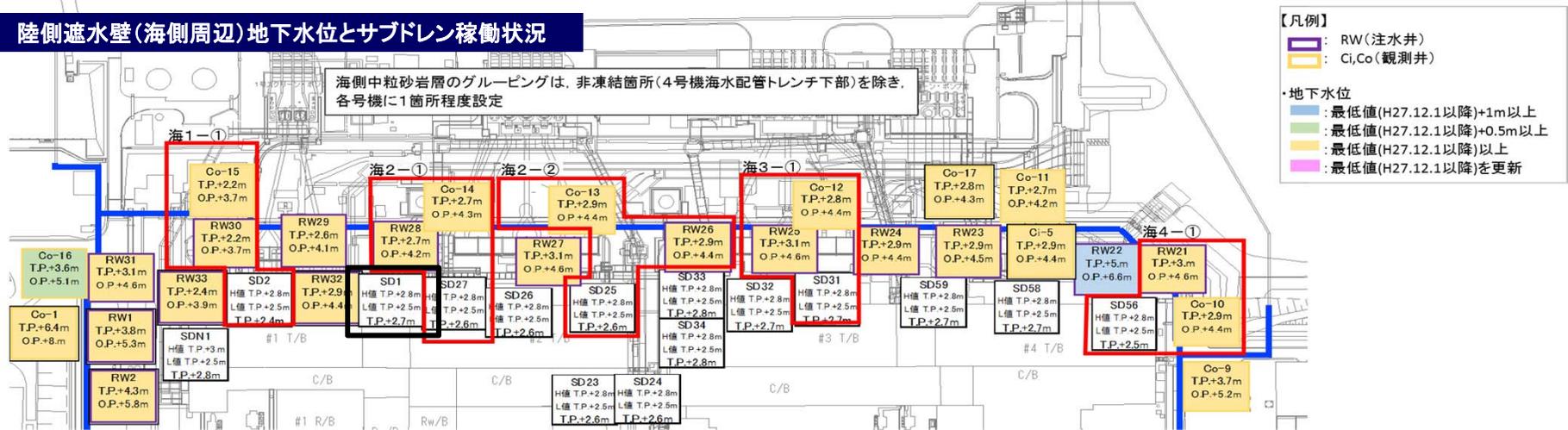


図 凍結管との離隔と地中温度低下  
【互層部】

# 地下水位・水頭状況（中粒砂岩層① 海側）

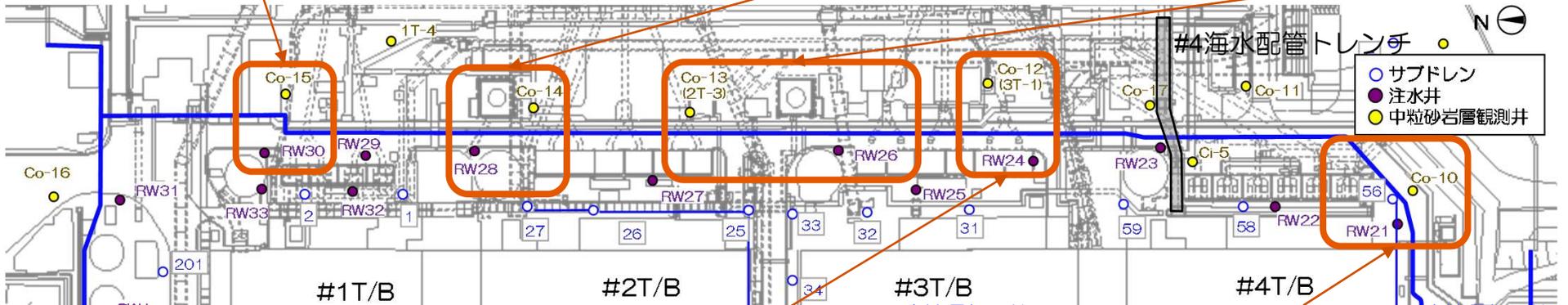
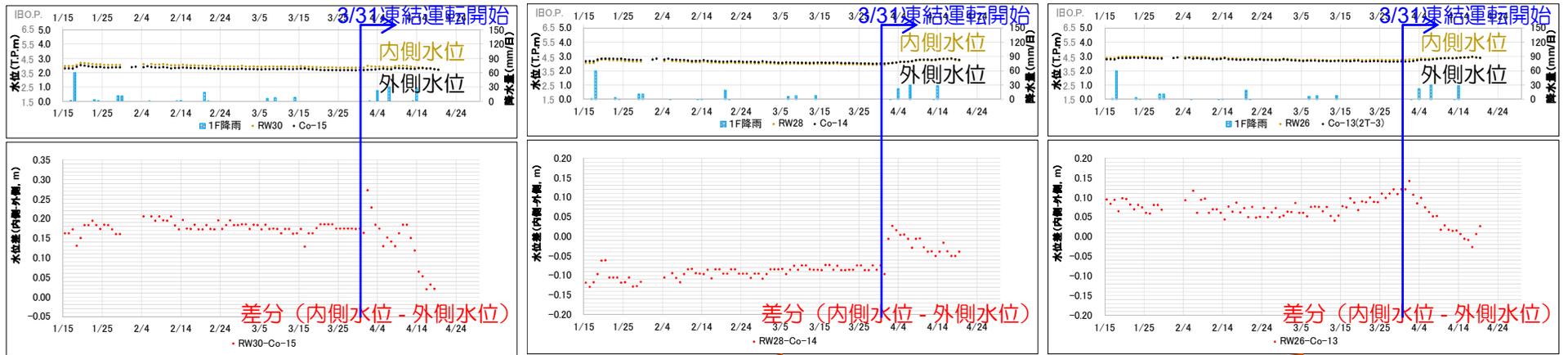
- 陸側遮水壁（海側）凍結運転開始後は、隣接する凍結管周りの凍土柱が成長し、陸側遮水壁（海側）内外で地下水位差が生じると想定している。
- 凍結運転開始以降、陸側遮水壁の内側・外側ともに、降雨の影響もあり上昇傾向が見られたが、その後、上昇速度は小さくなっている。
- サブドレンNo1は他サブドレンと比べて水位低下が大きく、凍結運転開始から1～2m程度低下し、現状、低下傾向は落ち着いている（詳細は第3章を参照）

## 陸側遮水壁（海側周辺）地下水位とサブドレン稼働状況

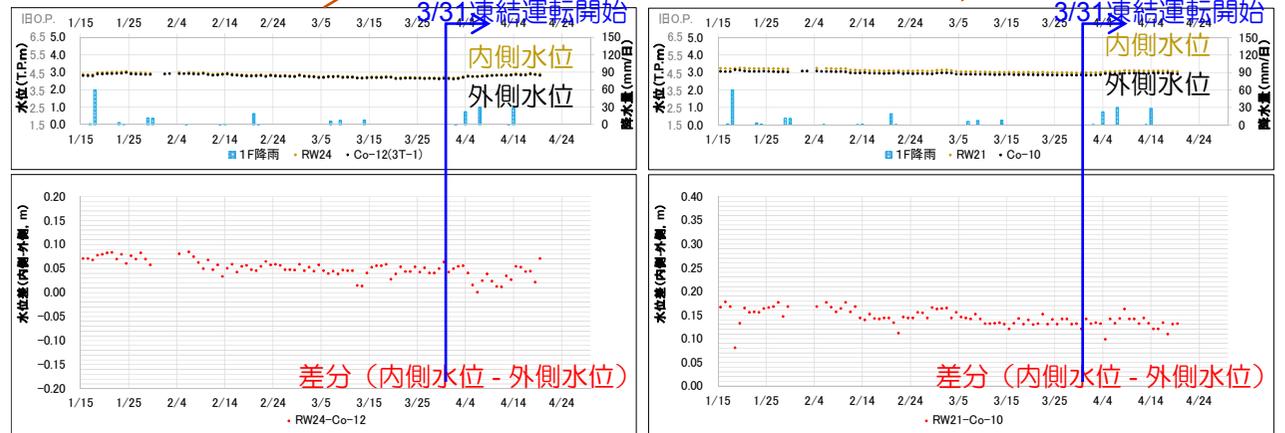


地下水位は2016/4/21  
12:00時点のデータ

# 陸側遮水壁（海側）近傍の内側・外側の地下水位差状況（中粒砂岩層）



- 凍結運転開始前，中粒砂岩層の内側・外側水位差は安定していた。
- 凍結運転開始以降，互層部水頭の変動の影響を受けて内側・外側水位とも上昇した（上昇幅は井戸により異なる）。これにより内側・外側水位差はエリアにより異なる挙動を示している。

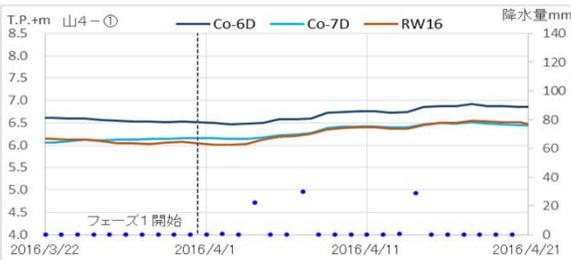
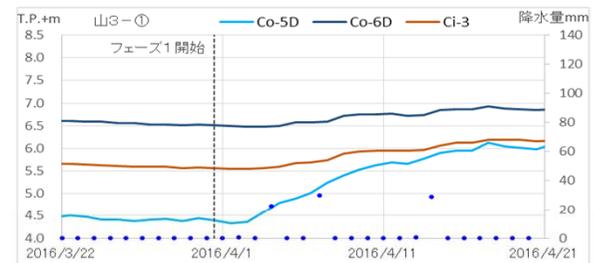
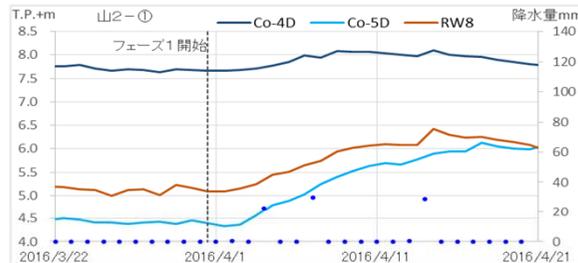
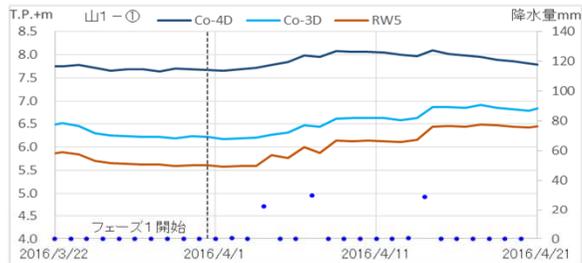
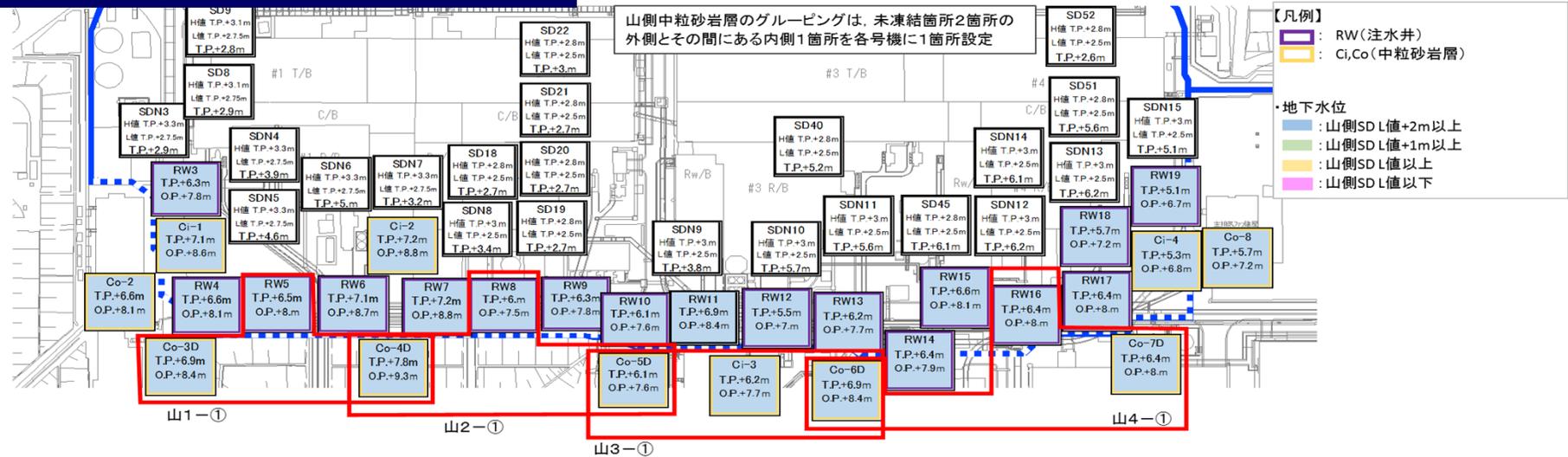


※ 毎日12時正時データを使用した。ただし、注水井からの注水を実施した日等は除く。

# 地下水位・水頭状況（中粒砂岩層② 山側）

- 部分的に凍結しているため、遮水効果を評価できる段階ではない。
- 凍結運転開始以降、陸側遮水壁（山側）の内側・外側ともに上昇傾向が見られたが、その後、上昇速度は小さくなっている。

陸側遮水壁（海側周辺）地下水位とサブドレン稼働状況

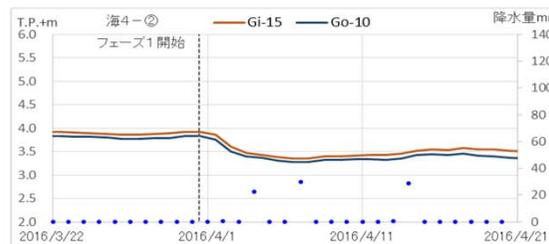
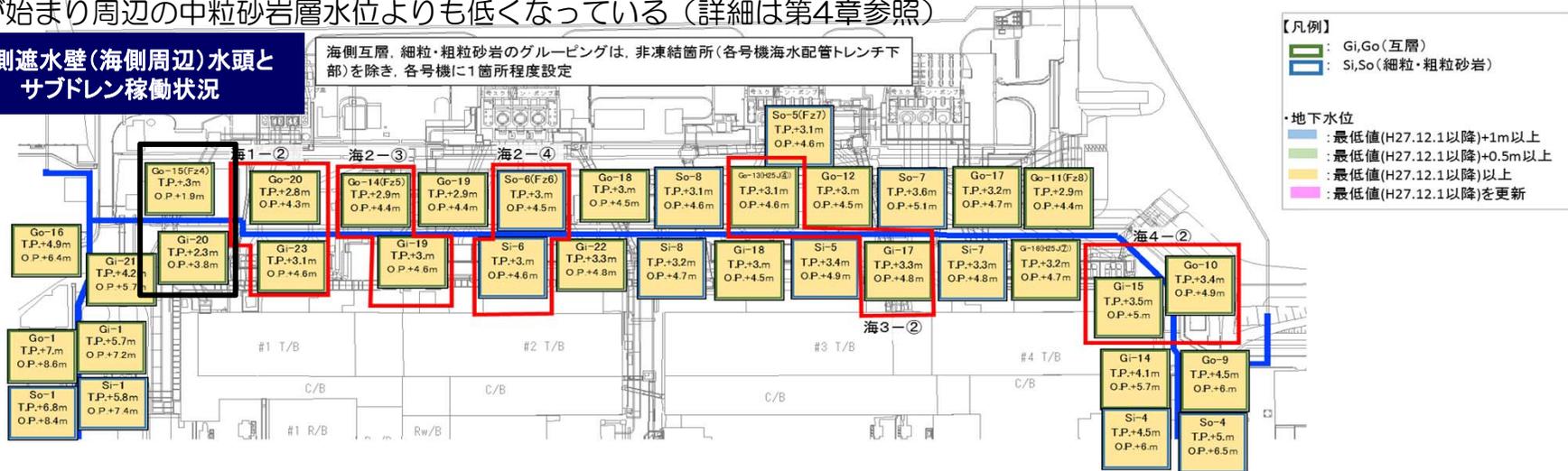


地下水位は4/21  
12:00時点のデータ

# 地下水位・水頭状況（互層部，細粒・粗粒砂岩層水頭① 海側）

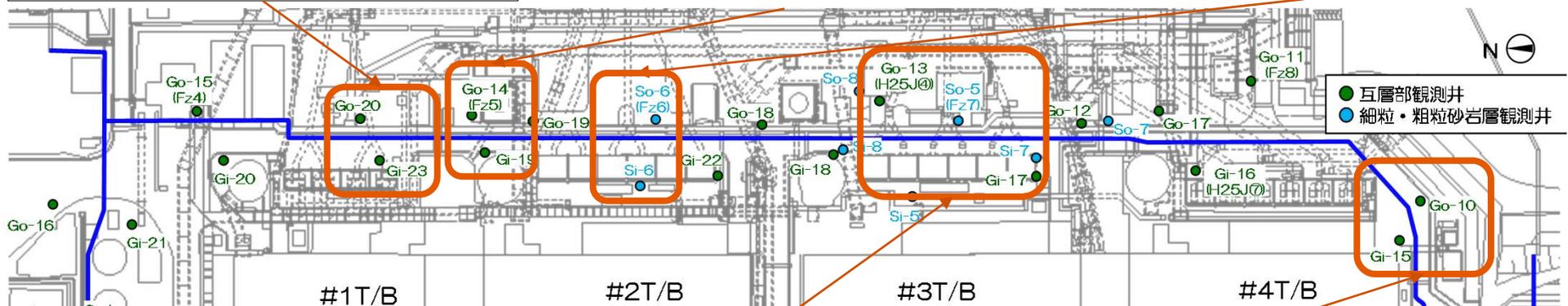
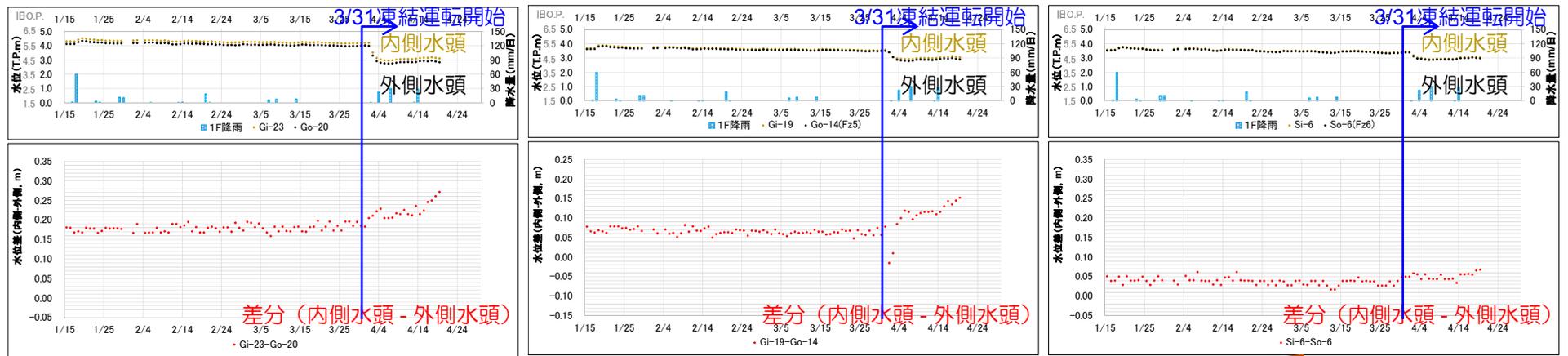
- 凍結運転開始前の互層部水頭（互層部水頭観測井の水位）は，中粒砂岩層水位より高い状態にあった。
- 凍結運転開始直後から，互層部水頭は低下傾向が見られ，初期は低下速度が大きかったが，その後，降雨の影響も受けながら，現状は低下傾向が落ち着いている。また，低下量は，北側より南側の方が小さい。
- 昨年実施した試験凍結でも，凍結運転開始直後から，山側の互層部水頭では緩やかな低下傾向を示したが，フェーズ1では海側全体を凍結し凍結範囲が広いことから，試験凍結に比べて初期低下速度が速く，また短い期間で収束しているものとする。
- 1号機海側の互層部水頭（観測孔Go-15・Gi-20）については，凍結運転開始後の低下後，いったん低下が収束したが，再度低下が始まり周辺の中粒砂岩層水位よりも低くなっている（詳細は第4章参照）

## 陸側遮水壁（海側周辺）水頭とサブドレン稼働状況

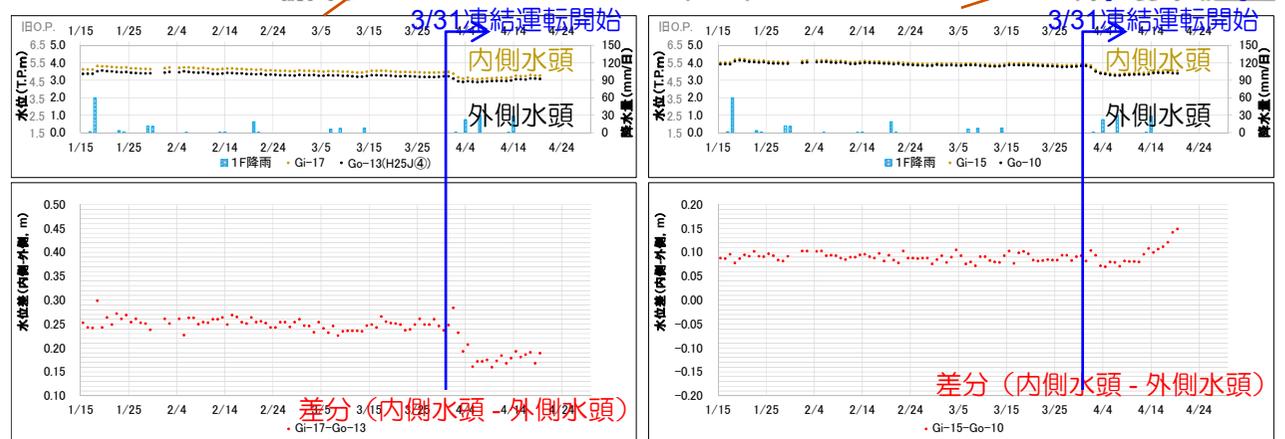


地下水位は4/21  
12:00時点のデータ

# 陸側遮水壁（海側）近傍の内側・外側の地下水頭差状況（互層部，細粒・粗粒砂岩）



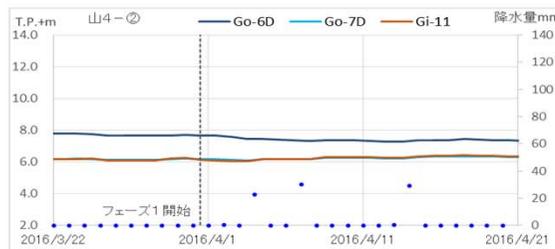
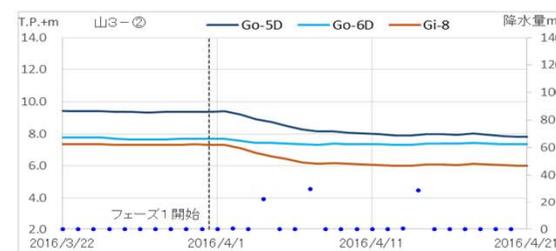
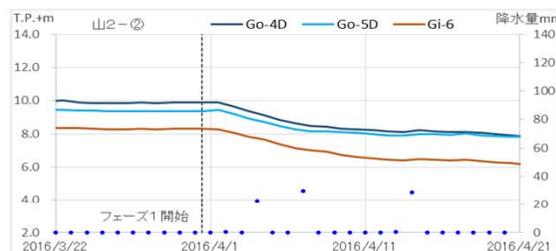
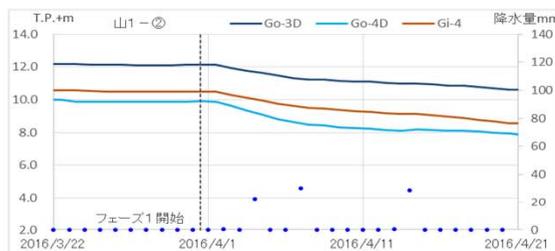
- 凍結運転開始前，互層部，細粒・粗粒砂岩の内側・外側水頭差は安定していた。
- 凍結運転開始以降，互層部，細粒・粗粒砂岩水頭は内側・外側水位とも低下した（低下幅は井戸により異なる）。これにより内側・外側水頭差はエリアにより異なる挙動を示している。



※ 毎日12時正時データを使用した。

## 地下水位・水頭状況（互層部，細粒・粗粒砂岩層水頭② 山側）

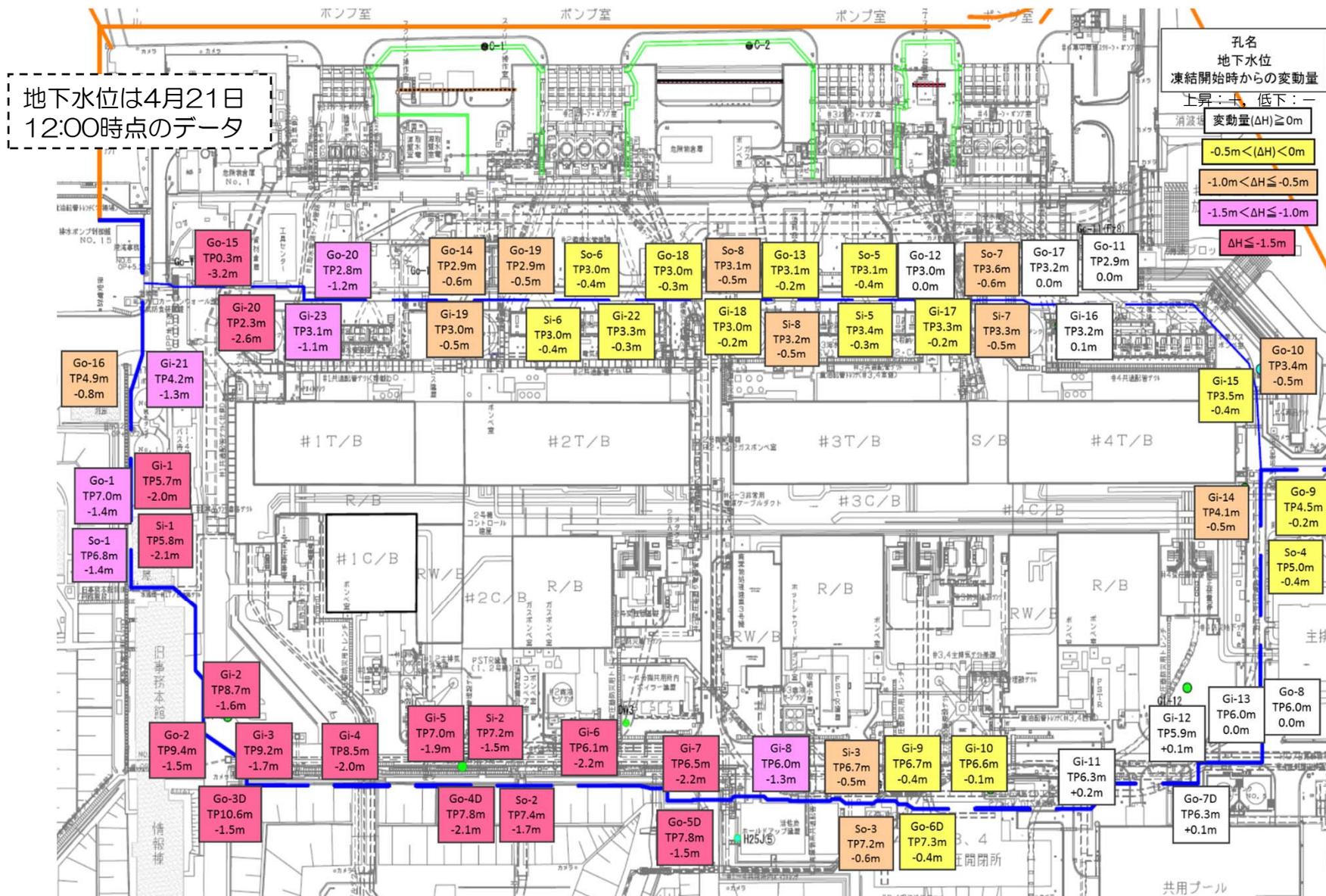
- 部分的に凍結しているため，遮水効果を評価できる段階ではない。
- 開始前の互層部水頭（互層部水頭観測井の水位）は，中粒砂岩層水位より高い状態にあった。
- 凍結運転開始後，互層部水頭は，海側と同様に，凍結運転開始以降，水頭低下が見られる。但し，海側と比べて，低下量は小さい。
- また，低下速度は南側に行くほど小さく，4号機付近では水頭低下は少ないが，これは，4号機原子炉建屋の基礎が互層部に達していることが影響しているものと考えている。



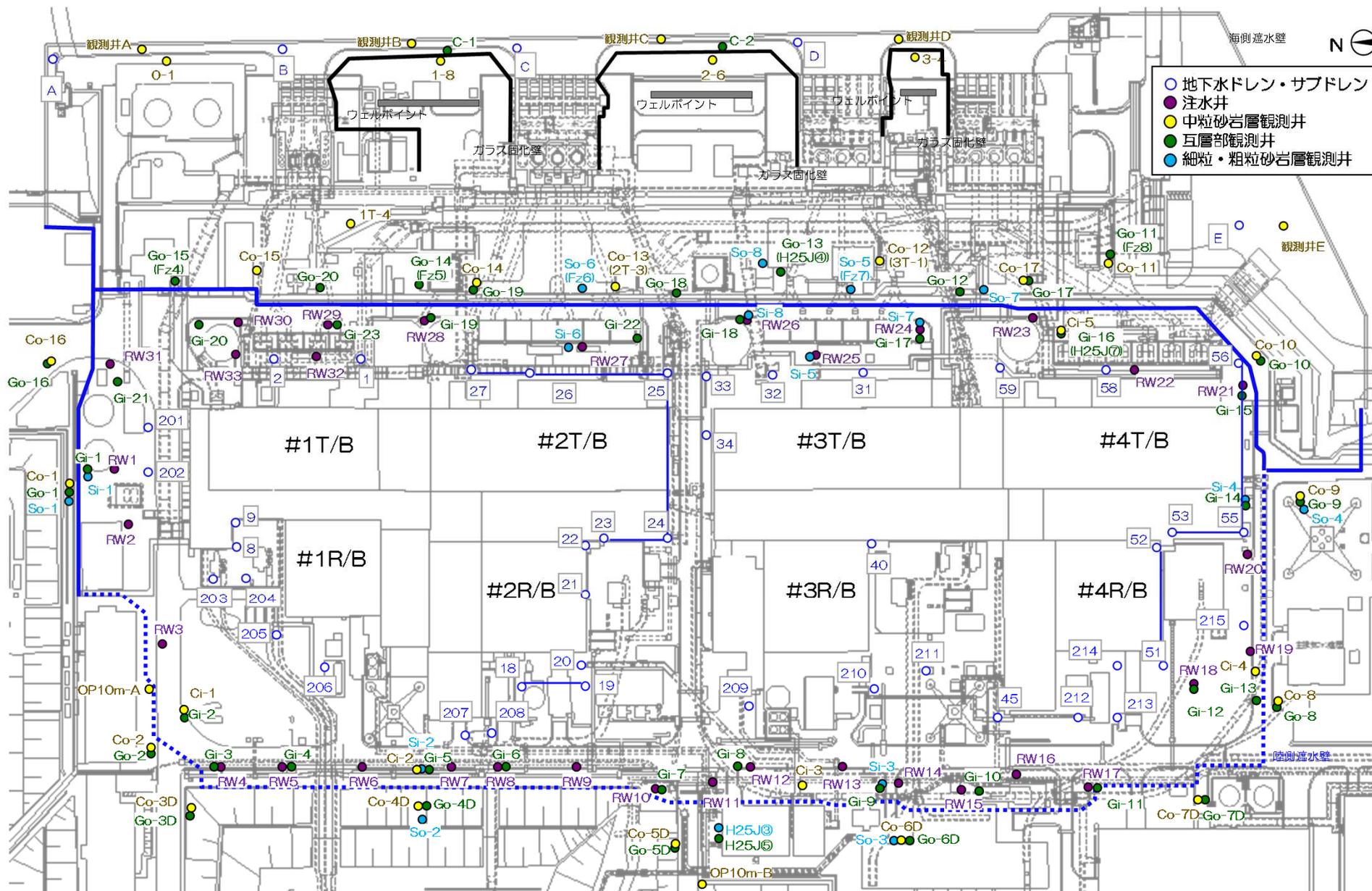
地下水位は4/21  
12:00時点のデータ

# 凍結運転開始以降の互層部水頭全体挙動 (凍結運転開始以降の変動量)

- 互層部水頭の低下量は、互層部水頭と中粒砂岩層水位の水頭差が大きい1号機北側で大きく、水頭差が小さい3・4号機側で小さい傾向が見られる。これは、試験凍結で見られた傾向と同様である。



# 【参考】地下水位観測井位置図（2016年4月現在）

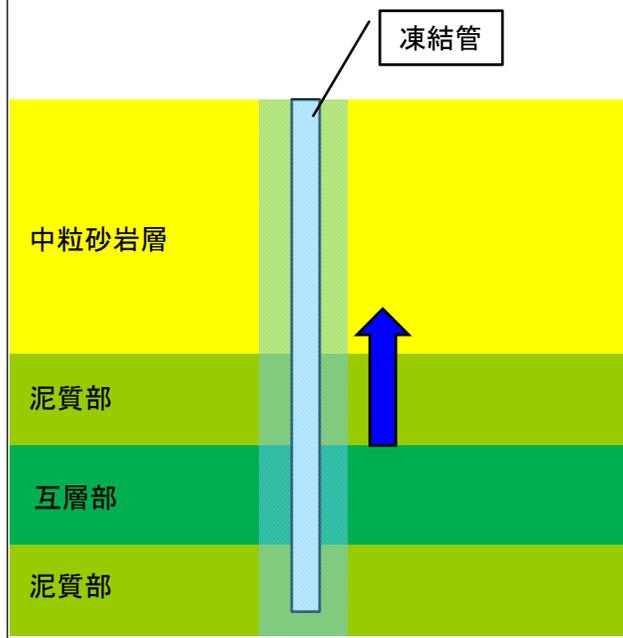


## 互層部の水頭低下原因想定

- 互層部の水頭低下原因は以下の3つが想定されるが、凍結運転開始後に、互層部の水頭が低下していることと、中粒砂岩層の水位が上昇していることから、「①中粒砂岩層との水みちによる連通」が主な原因であると考えている。
- 発生要因は、凍結運転開始に伴い凍結管の温度収縮が生じて、地盤と凍結管の間に水みちが生じた可能性が考えられる。

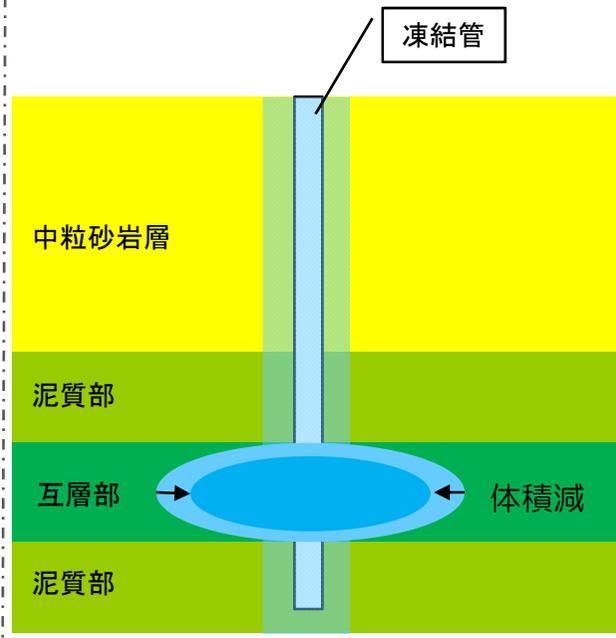
### ①中粒砂岩層との水みちによる連通

- メカニズム  
凍結運転開始により、凍結管近傍で互層部と中粒砂岩層が水みちにより連通した。



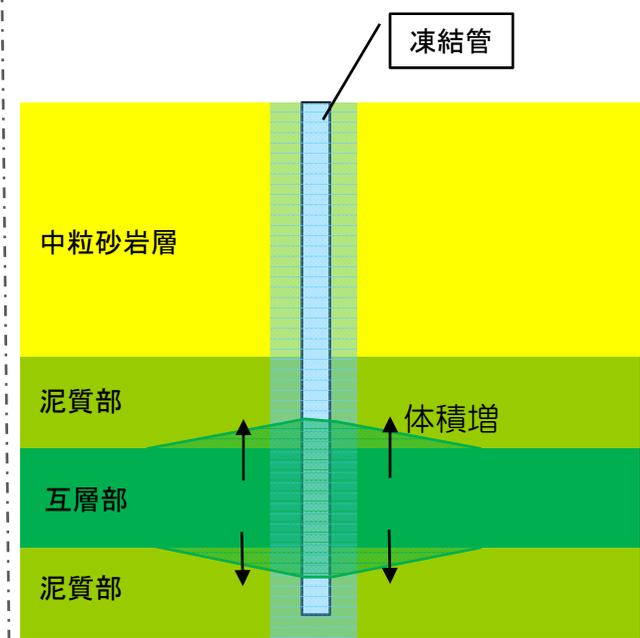
### ② 冷却による互層部地下水の体積減少

- ◆ メカニズム  
凍結運転開始により、互層部地下水が冷却されることによる体積減少により圧力低下。



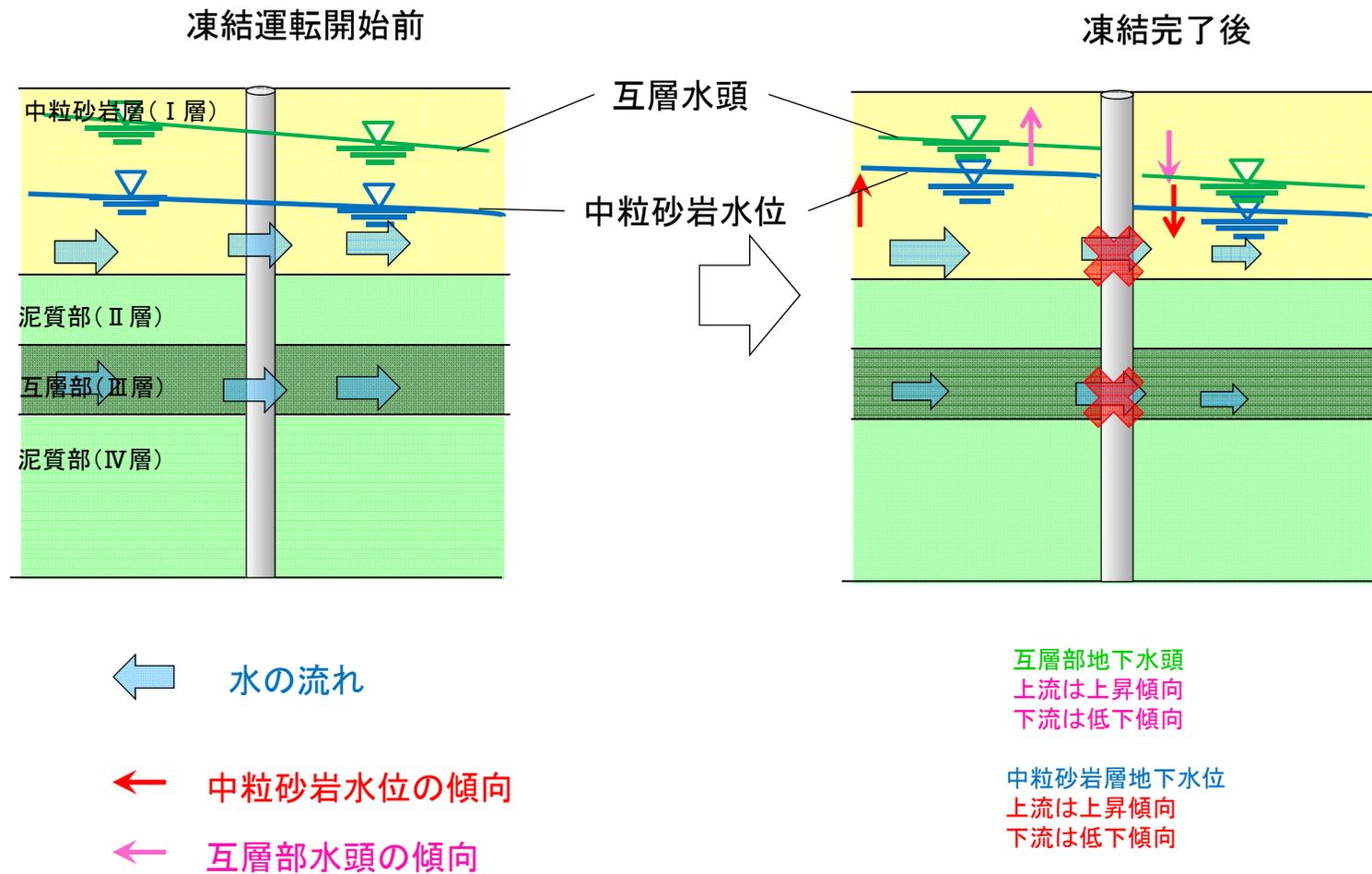
### ③凍結による互層部の体積増加

- メカニズム  
凍結運転開始により、互層部が凍結し膨張し、透水層の体積を押し広げることにより圧力低下。

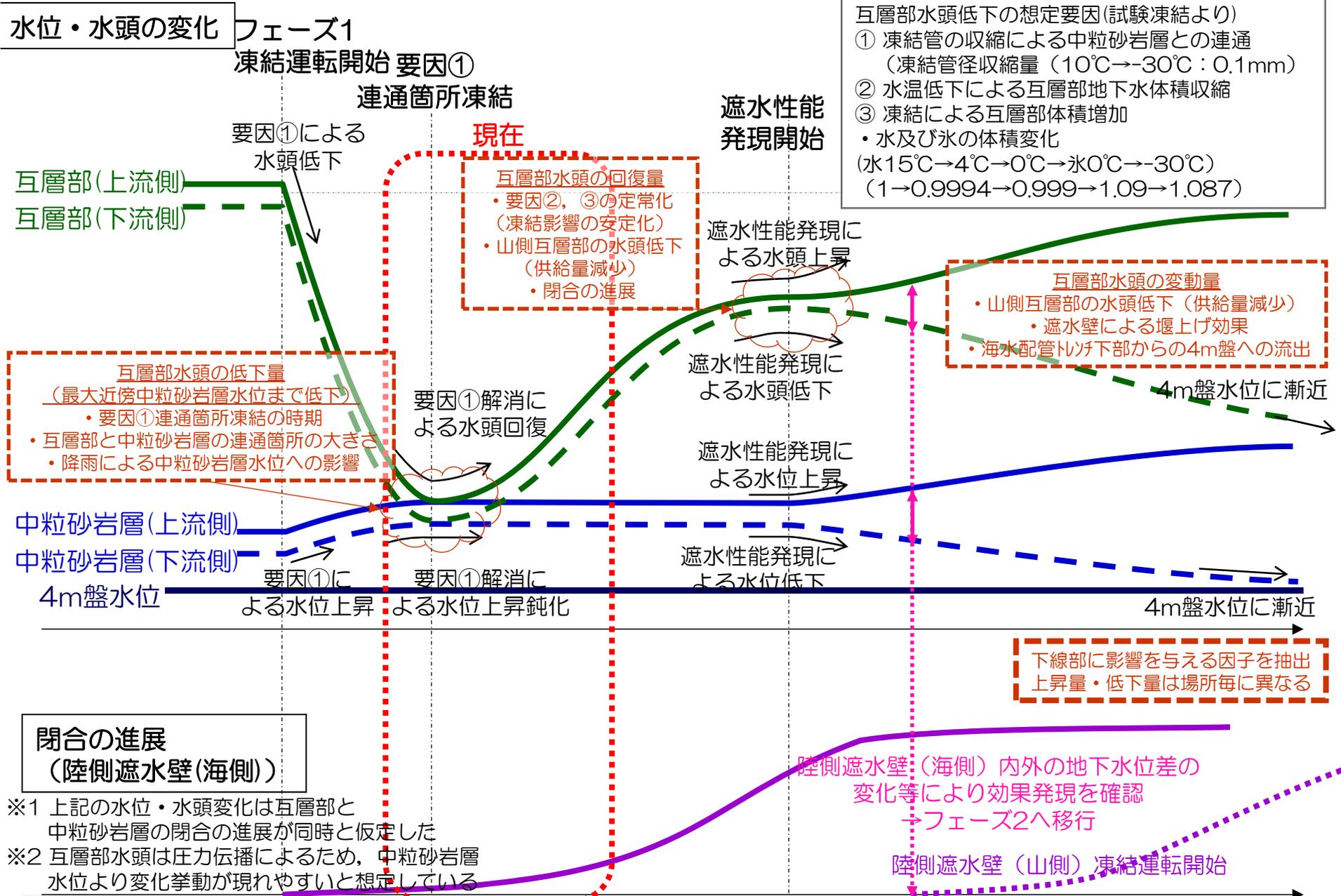


## 10m盤海側 互層部水頭と中粒砂岩層水位の変動想定（フェーズ1）（1/2）

- 一般的な条件下では，陸側遮水壁の遮水効果発現により，陸側遮水壁を挟んで，地下水の流れの上流側では互層部水頭と中粒砂岩層水位は共に上昇し，下流側では共に低下する。



# 10m盤海側 互層部水頭と中粒砂岩層水位の変動想定（フェーズ1）（2/2）



互層部水頭低下の想定要因(試験凍結より)

- 凍結管の収縮による中粒砂岩層との連通 (凍結管径収縮量 (10℃→-30℃: 0.1mm))
- 水温低下による互層部地下水体積収縮
- 凍結による互層部体積増加  
・ 水及び氷の体積変化 (水 15℃→4℃→0℃→氷 0℃→-30℃) (1→0.9994→0.999→1.09→1.087)

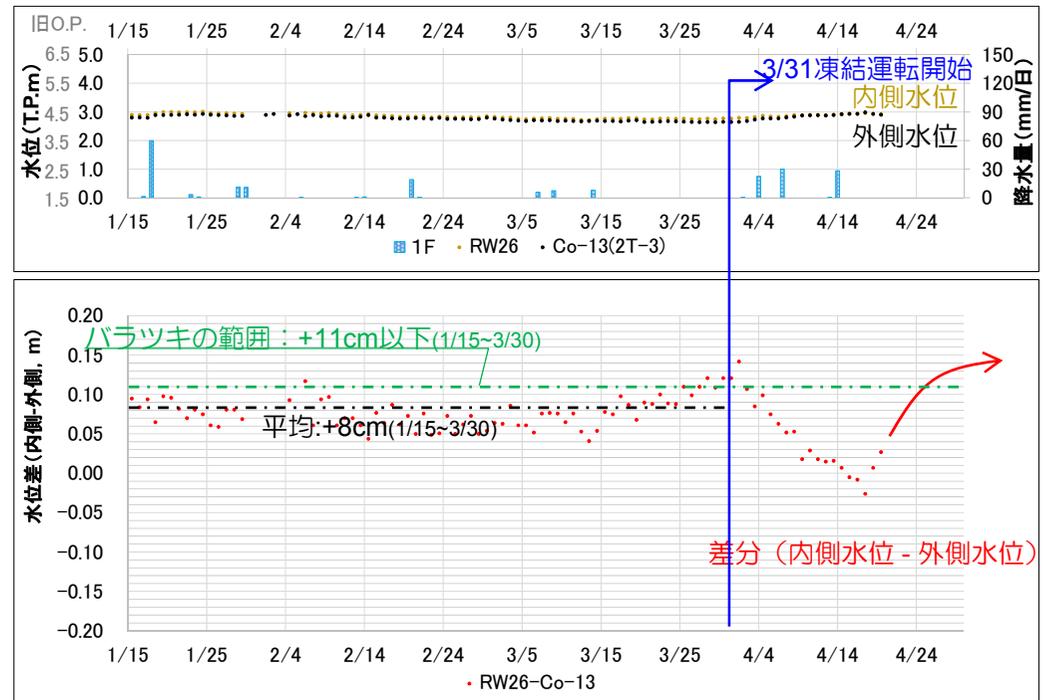
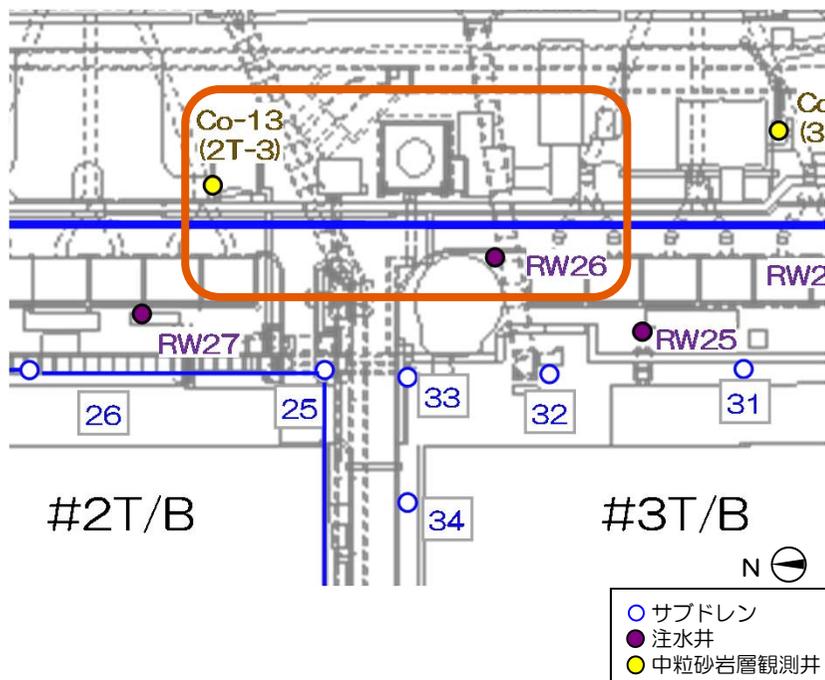
**閉合の進展 (陸側遮水壁(海側))**

※1 上記の水位・水頭変化は互層部と中粒砂岩層の閉合の進展が同時と仮定した

※2 互層部水頭は圧力伝播によるため、中粒砂岩層水位より変化挙動が現れやすいと想定している

## 陸側遮水壁（海側）の遮水効果発現確認

- フェーズ1において陸側遮水壁（海側）の効果発現開始を確認し、フェーズ2へ移行する。
- 効果発現開始は陸側遮水壁（海側）内側・外側の地下水位差が有意に拡大していることを確認する。
- 具体的には、今後の陸側遮水壁（海側）内側・外側の地下水位差が、凍結運転開始前（1/15～3/30）までの地下水位差と比較して有意に上昇（95%信頼区間を超えた状態が一定期間継続）すること等を確認する。



## まとめ（地中温度/地下水位）

### 【地中温度】

- ブラインを循環させている凍結管の近傍において、全体的に温度が低下し始めている。引き続き温度状況を注視しつつ、凍結が遅れている箇所については、必要に応じて対策を講じる。

### 【地下水位】

- 中粒砂岩層水位は、凍結運転開始以降、上昇傾向が見られたが、その後、上昇速度は小さくなっている。
- 互層部水頭は、凍結運転開始以降、低下傾向が見られ、海側では低下速度は小さくなっている。
- 陸側遮水壁（海側）の内側・外側の中粒砂岩層・互層部の水頭差は、凍結運転開始前は安定していたが、凍結運転開始以降はエリアにより異なる挙動を示している。

### 【フェーズ1からフェーズ2への移行について】

- 今後の凍結柱の成長に伴う「陸側遮水壁（海側）の内側・外側の中粒砂岩層の地下水位差の拡大（エリア毎に確認）」及び「地中温度の低下」を評価して、陸側遮水壁（海側）の効果発現状況を確認する。
- 汚染水発生量抑制の観点から、フェーズ1で陸側遮水壁（海側）の効果発現状況を確認出来次第、フェーズ2に移行する。

## 【参考】温度低下状況概要

- 凍結運転開始当初に比べ、凍土ラインから約80cm離れた測温管での温度は全体的に温度は低下傾向にあり、全面凍結している海側（5）（6）では全測定箇所において温度低下を示している。

【凍結運転開始当初】

	4/1 7:00	(1)1号機北側	(2)1,2号山側	(3)3,4号山側	(4)4号南側	(5)3,4号海側	(6)1,2号海側
計測箇所数		1,882	1,531	1,801	1,900	1,724	1,837
10℃以上		78%	97%	89%	89%	97%	96%
7.5～10		15%	3%	9%	8%	3%	4%
5～7.5		4%	0%	1%	1%	0%	0%
2.5～5		2%	0%	0%	0%	0%	0%
0～2.5		1%	0%	1%	1%	0%	0%
-10～0℃		0%	0%	0%	1%	0%	0%
-10℃以下		0%	0%	0%	0%	0%	0%

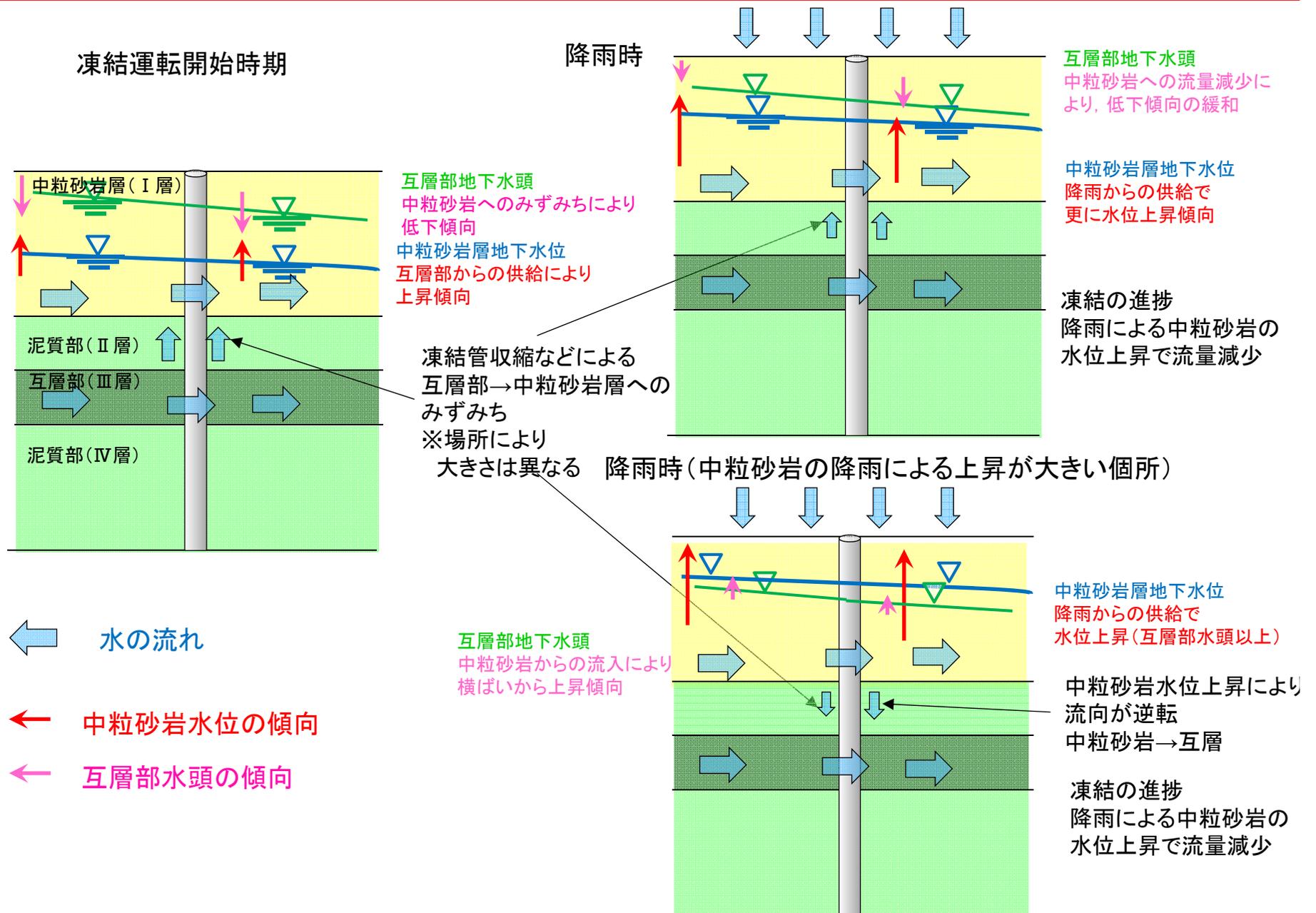
【現状】

	4/19 7:00	(1)1号機北側	(2)1,2号山側	(3)3,4号山側	(4)4号南側	(5)3,4号海側	(6)1,2号海側
計測箇所数		1,882	1,531	1,801	1,900	1,724	1,837
10℃以上		19%	71%	49%	33%	0%	2%
7.5～10		6%	11%	18%	7%	4%	9%
5～7.5		16%	11%	13%	9%	17%	25%
2.5～5		22%	6%	8%	15%	34%	33%
0～2.5		22%	1%	4%	18%	26%	19%
-10～0℃		16%	0%	6%	15%	13%	11%
-10℃以下		0%	0%	1%	3%	5%	2%
0～5℃低下		14%	44%	47%	23%	0%	4%
5～10℃低下		45%	18%	20%	25%	26%	48%
10℃以上低下		26%	2%	10%	39%	74%	48%
低下箇所合計		85%	63%	78%	87%	100%	100%

凍結運転開始当初からの温度低下箇所の割合

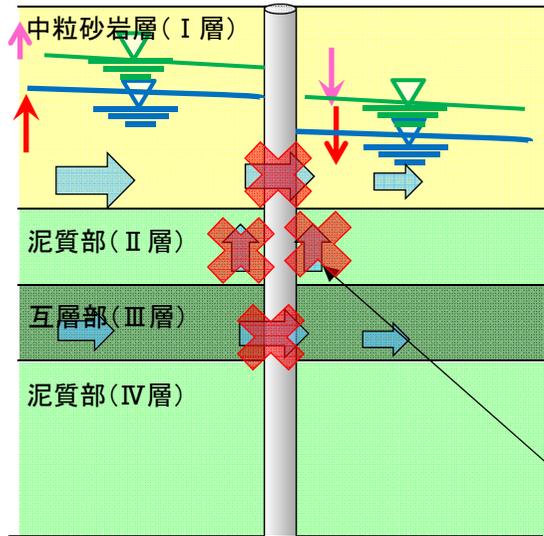
凍結管稼働率	76%	28%	30%	62%	100%	100%
--------	-----	-----	-----	-----	------	------

# 【参考】互層部水頭及び中粒砂岩層水位の凍結初期における降雨時挙動



# 【参考】互層部水頭及び中粒砂岩層水位の凍結～凍結完了までにおける挙動

凍結後(中粒砂岩と互層部同時凍結)

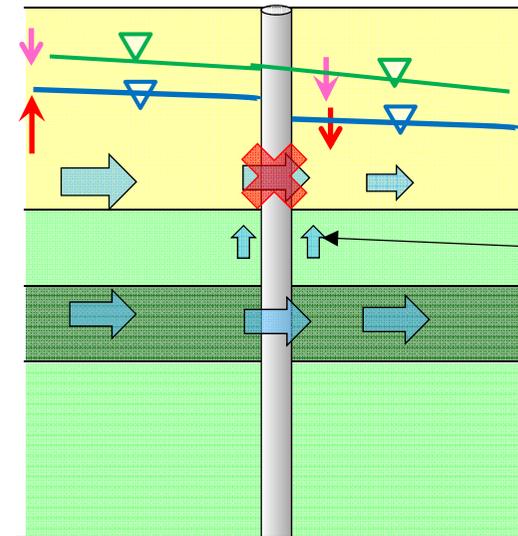


互層部地下水頭  
上流は上昇傾向  
※山側の水頭低下により  
上昇量は限定的  
下流は低下傾向  
中粒砂岩層地下水位  
上流からの供給により上昇  
下流は低下傾向

凍結管周りのみずみちの凍結  
時期は同時ではなく、  
凍結のしやすさにより  
異なる

凍結が地層で  
同時で無いとき

中粒砂岩層のみ凍結



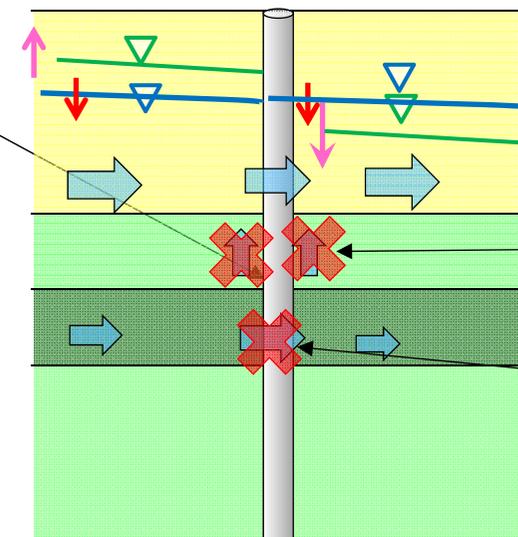
互層部地下水頭  
中粒砂岩への供給により  
低下傾向継続

中粒砂岩層地下水位  
上流からの供給により上昇  
下流は低下傾向  
※下流の低下は、互層部  
からの供給により限定的

互層部からの流れにより  
みずみちは多少残る  
可能性有り。

互層部地下水頭  
上流は上昇傾向  
※山側の水頭低下により  
上昇量は限定的  
下流は低下傾向  
※下流はトレンチ下部の  
供給により低下は  
場所により異なる。

互層部のみ凍結



中粒砂岩層地下水位  
互層部からの供給が  
無くなり低下傾向

互層部凍結により  
みずみちも凍結

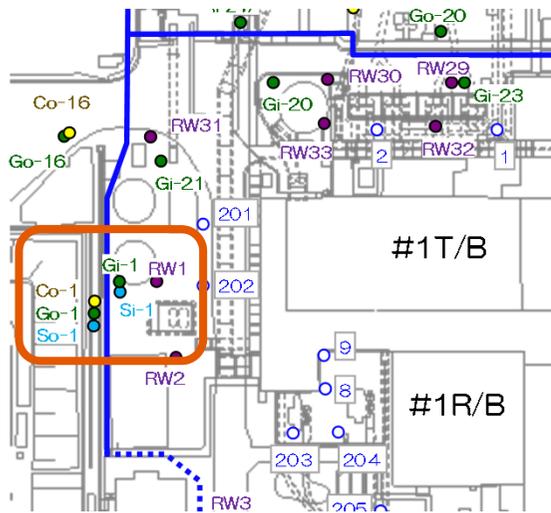
トレンチ下部のみ  
供給

❌ みずみちの凍結  
← 水の流れ

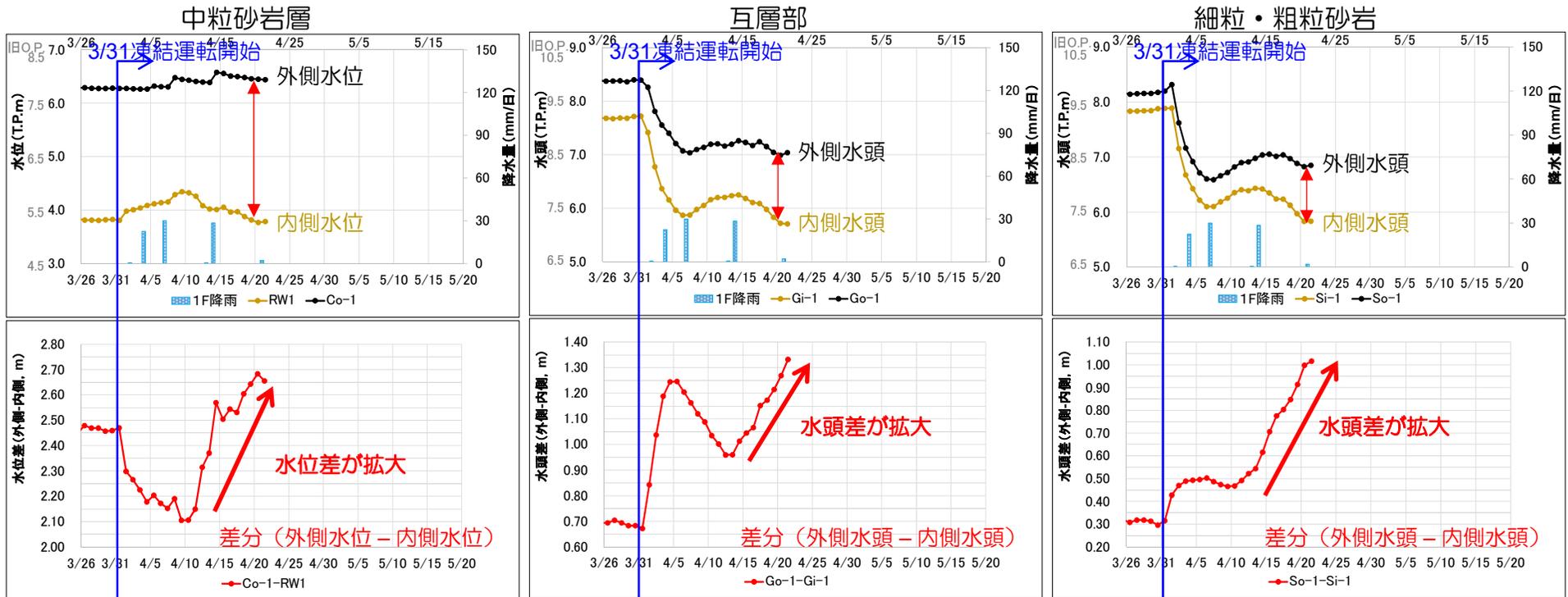
← 中粒砂岩水位の傾向

← 互層部水頭の傾向

# 【参考】陸側遮水壁（北側）近傍の外側・内側の地下水位差・水頭差状況



- 凍結運転開始前，陸側遮水壁（北側）の中粒砂岩層水位，互層部水頭，細粒・粗粒砂岩水頭は，外側が内側より高い状態であった。
- 凍結運転開始以降，互層部水頭，細粒・粗粒砂岩水頭は低下し，この影響を受けて中粒砂岩層水位は上昇した。
- 中粒砂岩層の外側・内側水位差は，凍結運転開始初期に縮小したが，その後，拡大し，現状，凍結運転開始前よりも水位差は拡大しており，それが継続している。
- 互層部水頭，細粒・粗粒砂岩層水頭の水頭差は，凍結運転開始初期に拡大，その後縮小し，10日～2週間程度経過後に再び拡大した。現状，凍結運転開始前よりも水頭差は拡大しており，それが継続している。
- 以上より，陸側遮水壁（北側）では，遮水効果が発現し始めている\*と考えている。  
\* 北側の凍結管間隔は約1mであり，海側よりも遮水効果の発現が早いと想定している。



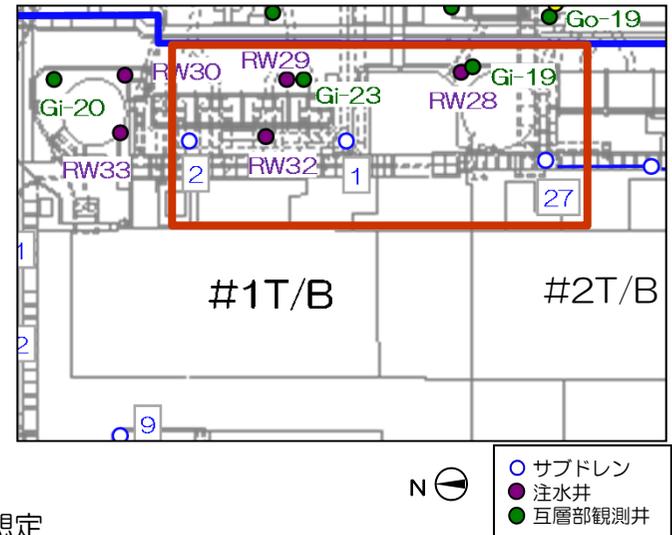
注) 毎日12時正時データを使用した。ただし，注水井からの注水を実施した日等は除く。

---

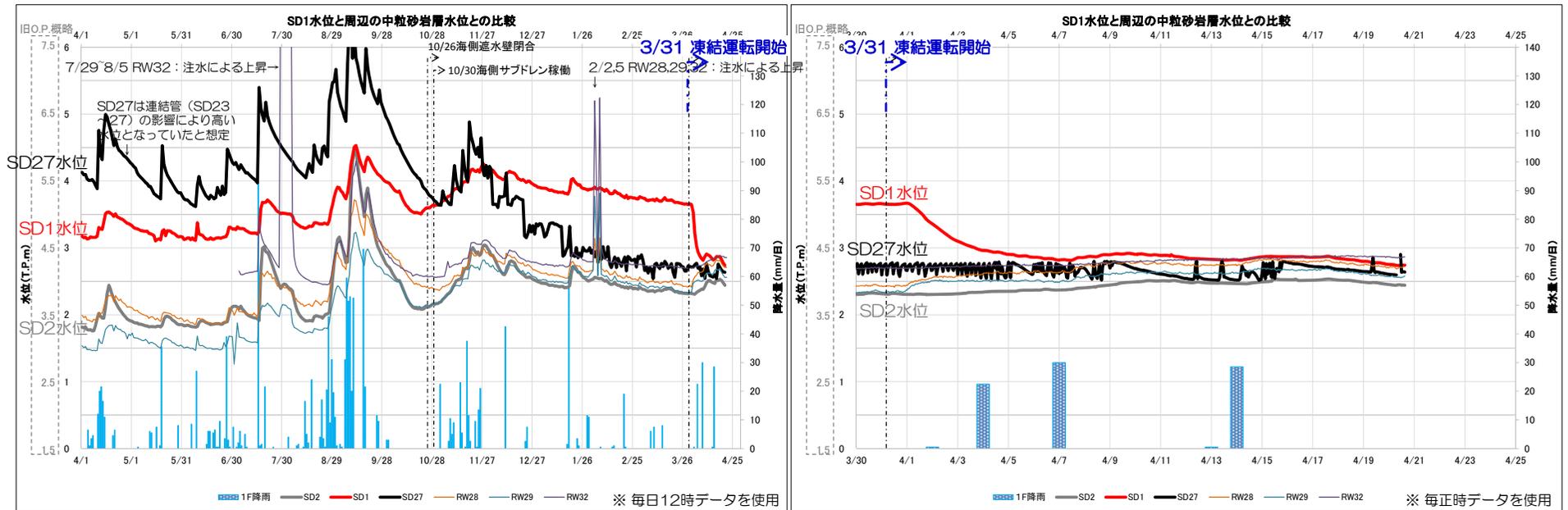
### 3. サブドレンNo.1の水位低下

# 陸側遮水壁凍結運転開始後のサブドレンNo.1水位変動

- サブドレン水位の挙動は、No.1（以下、SD1）を除き、凍結運転開始（3月31日）前後で、大きな変化は見られない。更に、タービン建屋海側の中粒砂岩層水位が安定している中で、サブドレンNo.1だけが低下傾向にある。
- 凍結運転開始前のSD1水位は、周辺の中粒砂岩層水位（サブドレン、観測井、注水井）と降雨に対して同様な挙動を示していたが、若干、高い水位で推移していた。
- 凍結運転開始後、SD1水位は低下傾向を示し、周辺の中粒砂岩層水位に漸近してきている。



※ SD27は凍結管（SD23・24・25・26・27）の影響により高い水位になっていたと想定

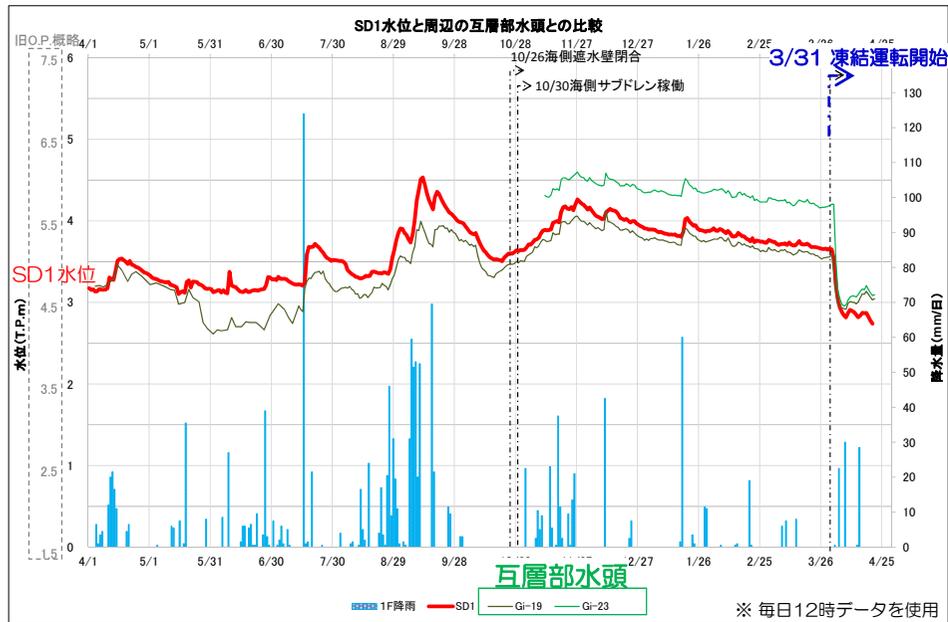
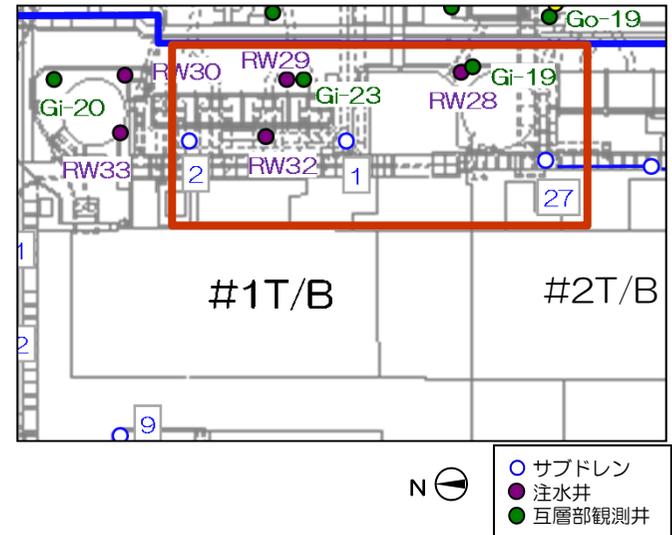


SD1水位と周辺の中粒砂岩層水位との比較（2015.4以降）

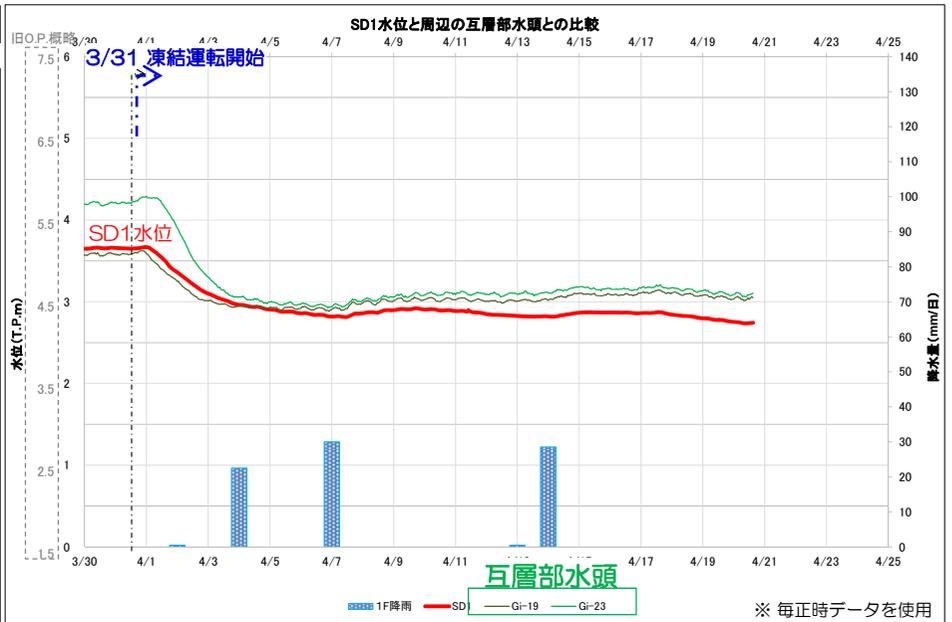
SD1水位と周辺の中粒砂岩層水位との比較（凍結運転開始以降）

# 陸側遮水壁凍結運転開始後の互層部水頭変動（SD1周辺）

- 凍結運転開始後、SD1水位は周辺の互層部水頭（Gi-19・23）と同様の低下傾向が見られた。その後、降雨の影響を受けながら、現状は低下傾向が落ち着いている。
- 上記の事象と、前頁で示したように、SD1水位が凍結運転開始前に降雨に対して周辺の中粒砂岩層水位と同様な挙動を示していたことを考え合わせると、SD1は、中粒砂岩層の地下水位変化に加え、互層部水頭の影響を受けているものと考えられる。



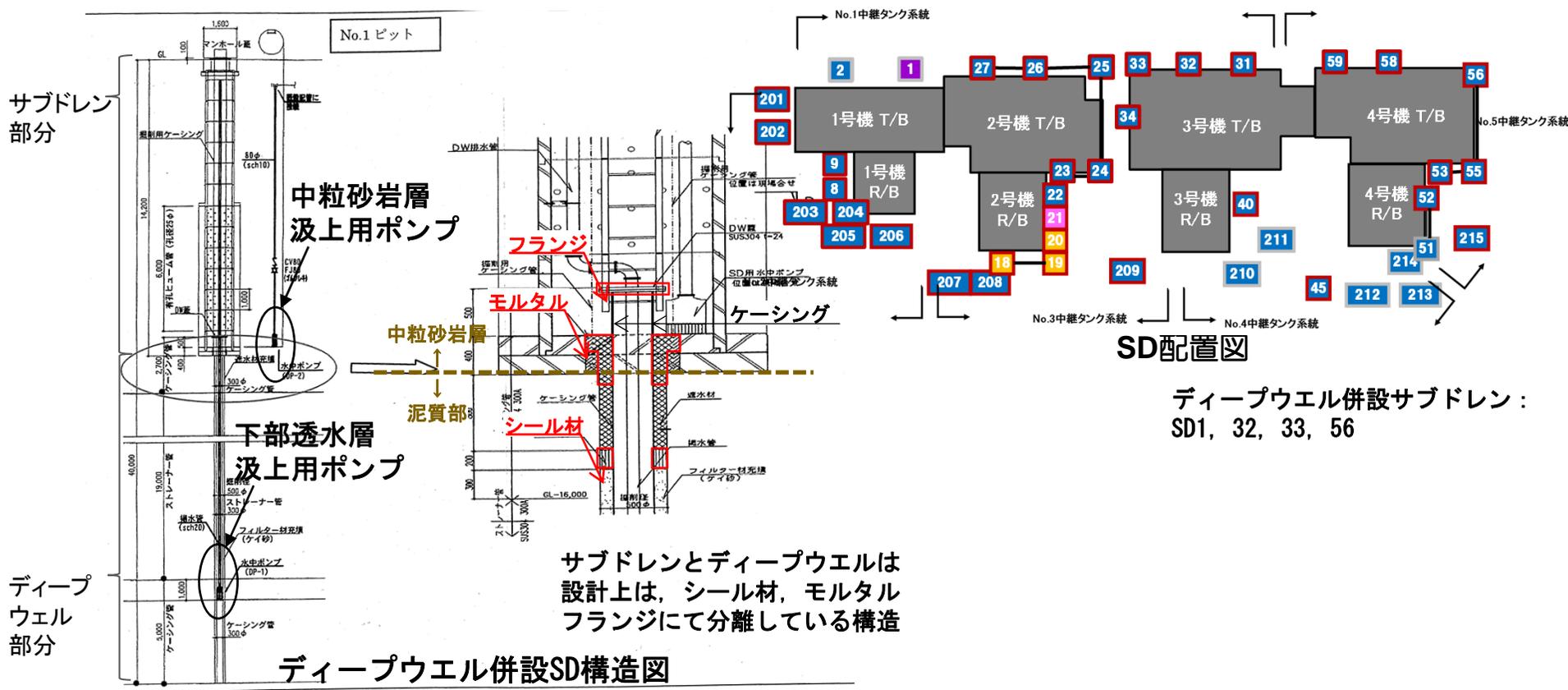
SD1水位と周辺の互層部水頭との比較（2015.4以降）



SD1水位と周辺の互層部水頭との比較（凍結運転開始以降）

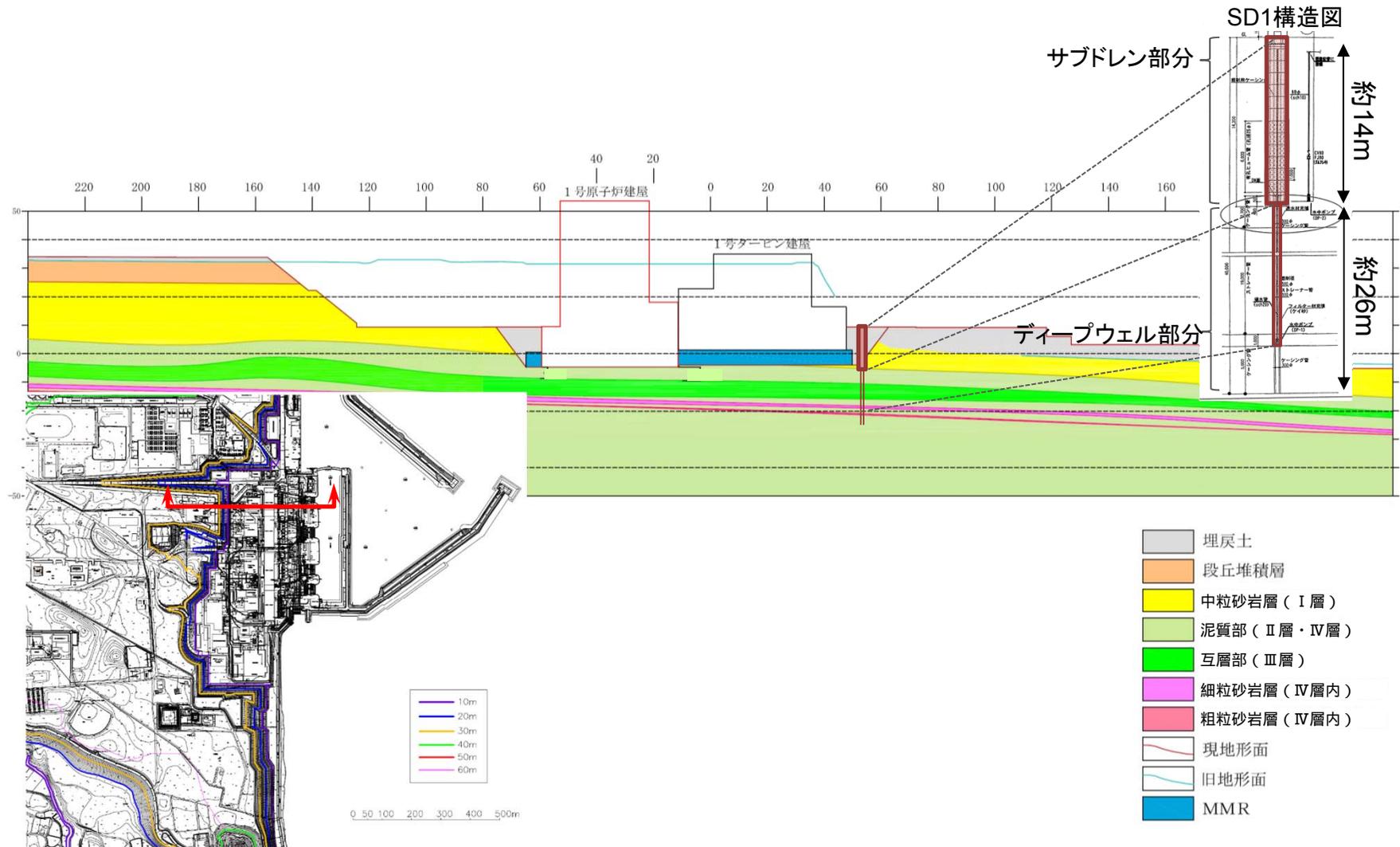
# SD1水位が互層部水頭の影響を受けている要因

- SD1は、他の一般的なサブドレンとは異なる井戸構造（ディープウェル併設タイプ）をしており、設計上はサブドレンとディープウェルが分離した構造（ディープウェルの水はサブドレン水位に影響しない構造）となっている。
- SD1水位が互層部水頭の影響を受けている場合、上記構造が一因である可能性も考えられる。
  - ・地震によりサブドレンとディープウェルを分離している構造等が損傷を受け、互層部水頭の影響を受けている可能性がある。
  - ・復旧しているサブドレンのうちSD1と同様のディープウェル併設タイプは、SD32,33,56であり、稼働中であるため水位はポンプ稼働範囲内で推移している。凍結運転開始後、稼働状況に変化は見られない。(P38・39参照)。
- 上記構造とは別に、SD1近傍において中粒砂岩層と互層部が連通している可能性もある。



# SD1井戸設置深度

- 地質データと井戸構造を照らし合わせると、SD1のサブドレン部分のピット底部は中粒砂岩層下端付近に位置している。



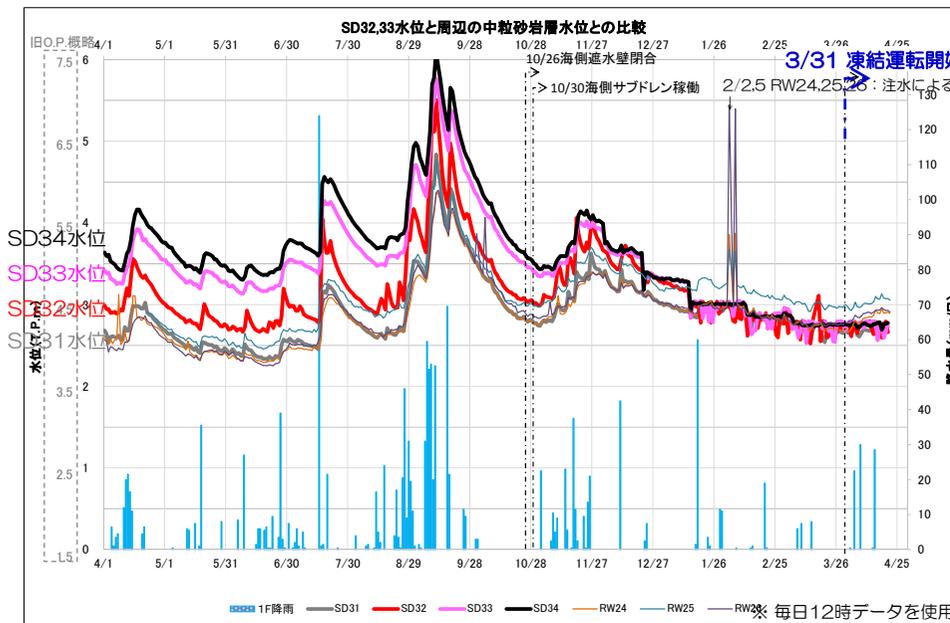
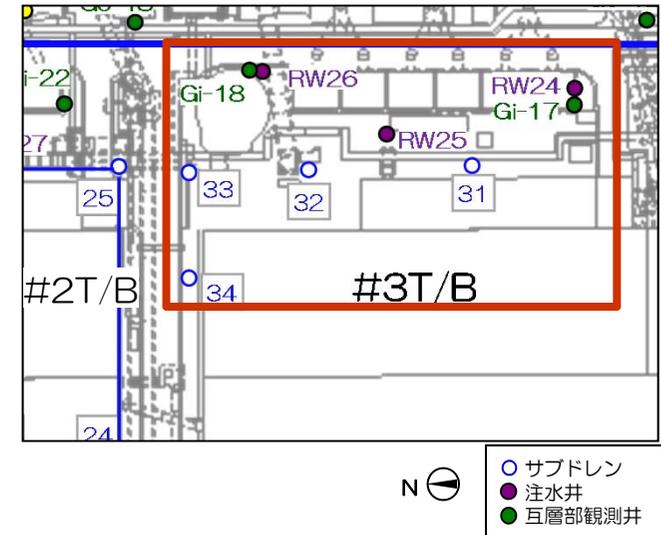
## まとめ（サブドレンNo.1の水位低下）

---

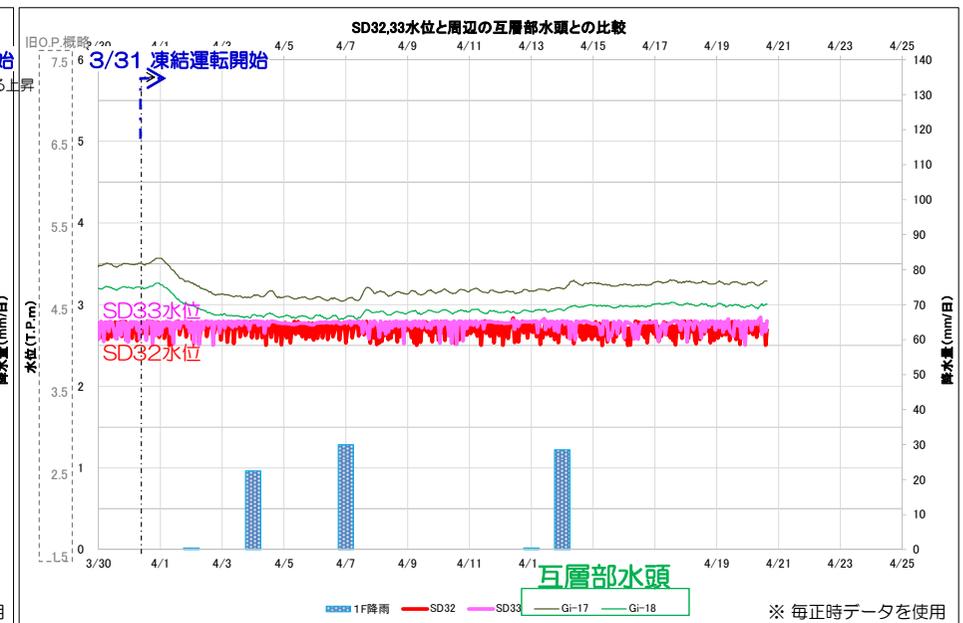
- SD1水位は凍結運転開始後、周辺の互層部水頭と同様の低下傾向を示し、徐々にその低下速度は小さくなり、周辺の中粒砂岩層水位に漸近してきている。
- SD1は、中粒砂岩層の地下水位変化に加え、互層部水頭の影響を受けているものと考えられる。
- 現状、SD1水位は周辺の中粒砂岩層水位と同程度となっており、低下速度が小さくなっていることから、当面は極端な低下はないと考えているが、今後もその挙動を注視していく。
- また、SD1周辺の中粒砂岩層水位においては、依然としてSD2水位が低い水位を示しており、1号機タービン建屋において、同孔水位を対象として建屋内外の水位管理を実施できると考えている。ただし、今後も引き続き、周辺に設置した注水井（RW32、33等）で計測した中粒砂岩層水位との関係を確認しながら慎重に建屋内外の水位管理を実施していく。

## 【参考】陸側遮水壁凍結運転開始後のサブドレンNo.32,33水位変動

- SD32, 33はSD1と同様に、ディープウェル併設タイプの井戸構造である。
- SD32, 33は稼働中であるため、凍結運転開始後の水位変動は確認できないが、稼働している状況に大きな変化は見られない。
- SD32, 33水位はサブドレン稼働前、中粒砂岩層及び埋戻土に設置されたSD31, SD34の水位レベルの間にあり、また、降雨に対してSD31, SD34に見られる上昇傾向と同様の挙動を示していたことから、中粒砂岩層水位を計測していると考えている。



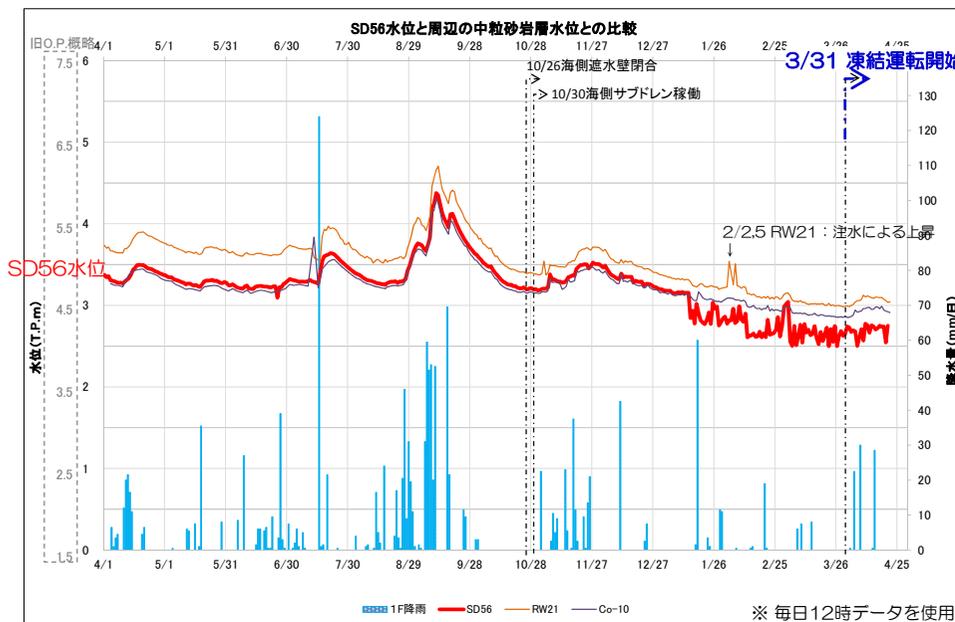
SD32,33水位と周辺の中粒砂岩層水位との比較（2015.4以降）



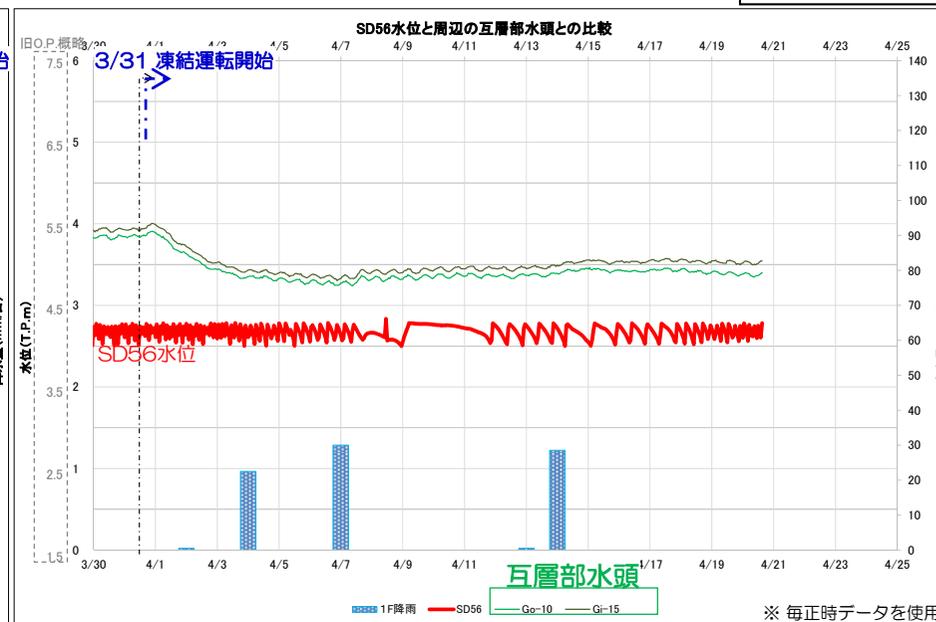
SD32,33水位と周辺の互層部水頭との比較（凍結運転開始以降）

## 【参考】陸側遮水壁凍結運転開始後のサブドレンNo.56水位変動

- SD56はSD1と同様に、ディープウェル併設タイプの井戸構造である。
- SD56は稼働中であるため、陸側遮水壁凍結運転開始後の水位変動は確認できないが、稼働している状況に大きな変化は見られない。
- SD56水位はサブドレン稼働前、周辺の中粒砂岩層水位（RW21・Co-10）と同程度の水位であり、また、降雨に対してRW21・Co-10に見られる上昇傾向と同様の挙動を示していたことから、中粒砂岩層水位を計測していると考えている。



SD56水位と周辺の中粒砂岩層水位との比較（2015.4以降）

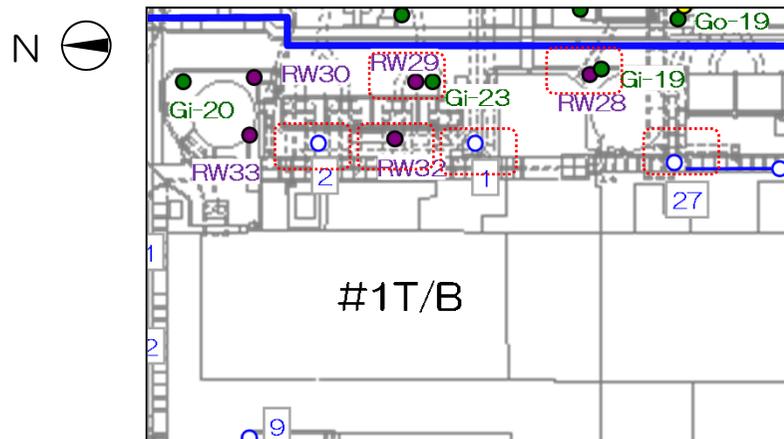


SD32,33水位と周辺の互層部水頭との比較（凍結運転開始以降）

## 【参考】サブドレンNo.1周辺の水質分析結果

サブドレンNo.1周辺の水質分析結果

井戸名	採水時期	Cs134	Cs137	トリチウム	Sr89	Sr90	全 $\gamma$ 放射能	全 $\beta$ 放射能	備考
		Bq/L	Bq/L	Bq/L	Bq/L	Bq/L	Bq/L	Bq/L	
RW28	2015.10	< 4.2E-01	1.1E+00	1.7E+04	< 2.9E+01	8.5E+02	1.1E+00	1.3E+03	
	2016.4	< 8.0E+00	< 7.1E+00	2.1E+05	-	6.3E+02	-	8.2E+02	分析結果精査中
RW29	2015.10	< 7.4E-01	1.9E+00	1.7E+04	< 2.6E+00	7.6E+01	1.9E+00	1.5E+02	
	2016.4	< 1.0E+01	< 6.1E+00	5.2E+04	-	4.2E+01	-	5.3E+01	分析結果精査中
RW32	2015.10	< 2.8E-01	< 3.8E-01	2.2E+02	< 7.0E-01	1.2E+00	ND	< 3.9E+00	
	2016.4	< 6.8E+00	< 6.1E+00	1.4E+02	-	< 6.4E-01	-	< 1.1E+01	分析結果精査中
SD1	2016.3	2.2E+01	1.2E+02	9.4E+03	-	-	-	1.0E+02	
	2016.4	< 1.0E+01	8.6E+01	1.6E+04	-	-	-	9.1E+01	
SD2	2016.4	< 6.1E+00	< 6.3E+00	2.4E+02	-	-	-	< 1.1E+01	
SD27	2016.4	1.5E+01	1.0E+02	1.4E+02	-	-	-	1.6E+02	

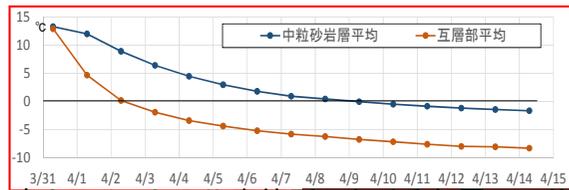


---

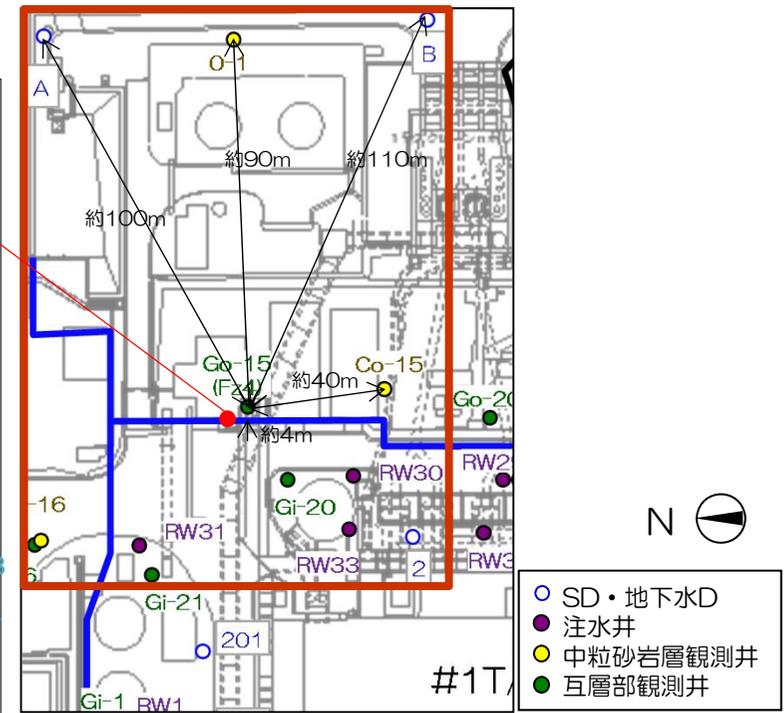
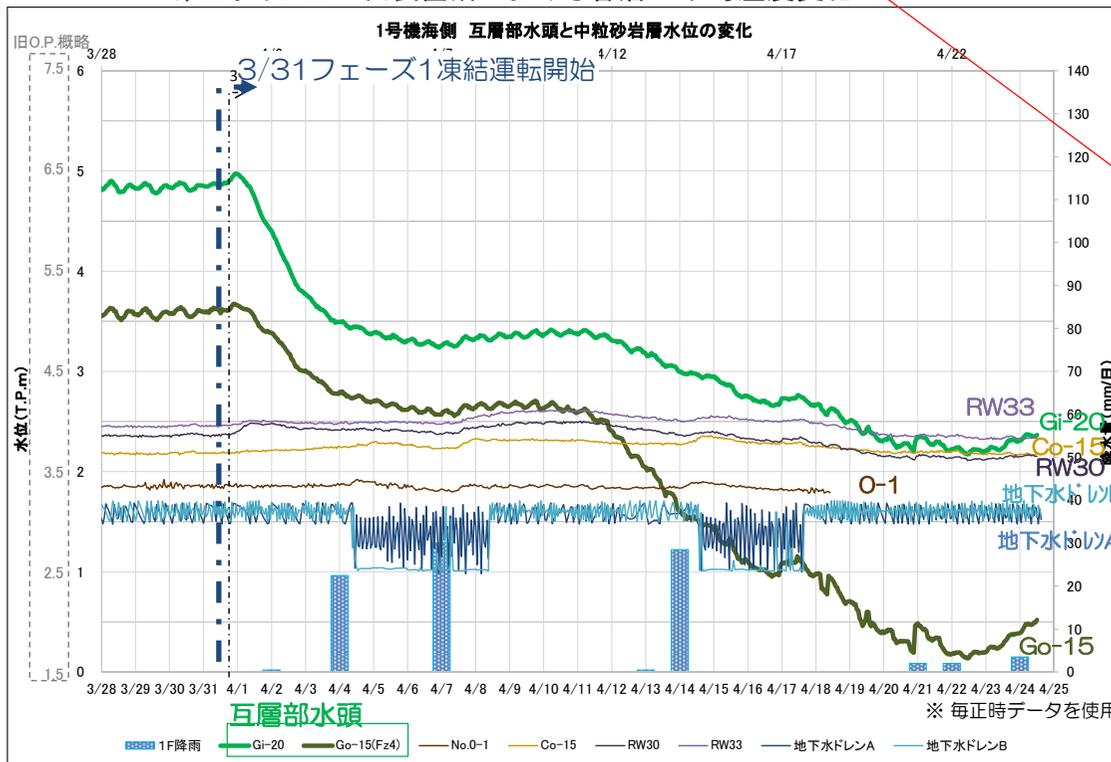
#### 4. 1号機タービン建屋海側の互層部水頭（Go-15・Gi-20）の低下

# Go-15およびその周辺（1号機海側）の水位・水頭挙動（凍結運転開始以降）

- ◆ 1号機海側の互層部水頭観測井Go-15, Gi-20では, 凍結運転開始後, 低下傾向を示し, 4月4日 (22mm) ) 及び4月7日 (30mm) の降雨後, 低下速度が小さくなった。この挙動は, 他の互層部と同様である。
- ◆ その後, 4月11日頃から再び低下傾向となったが, 4月20日頃から降雨による影響も受けつつ低下傾向が鈍化してきているように見える (4月24日時点で, 凍結運転開始前 (3月31日) と比較してGo-15で約3.1m, Gi-20で約2.5m低下)。
- ◆ 周辺の中粒砂岩層水位は降雨による上昇後, 若干低下してきている。



凍土ライン上の代表箇所における各層の平均温度変化



1号機海側観測井位置図

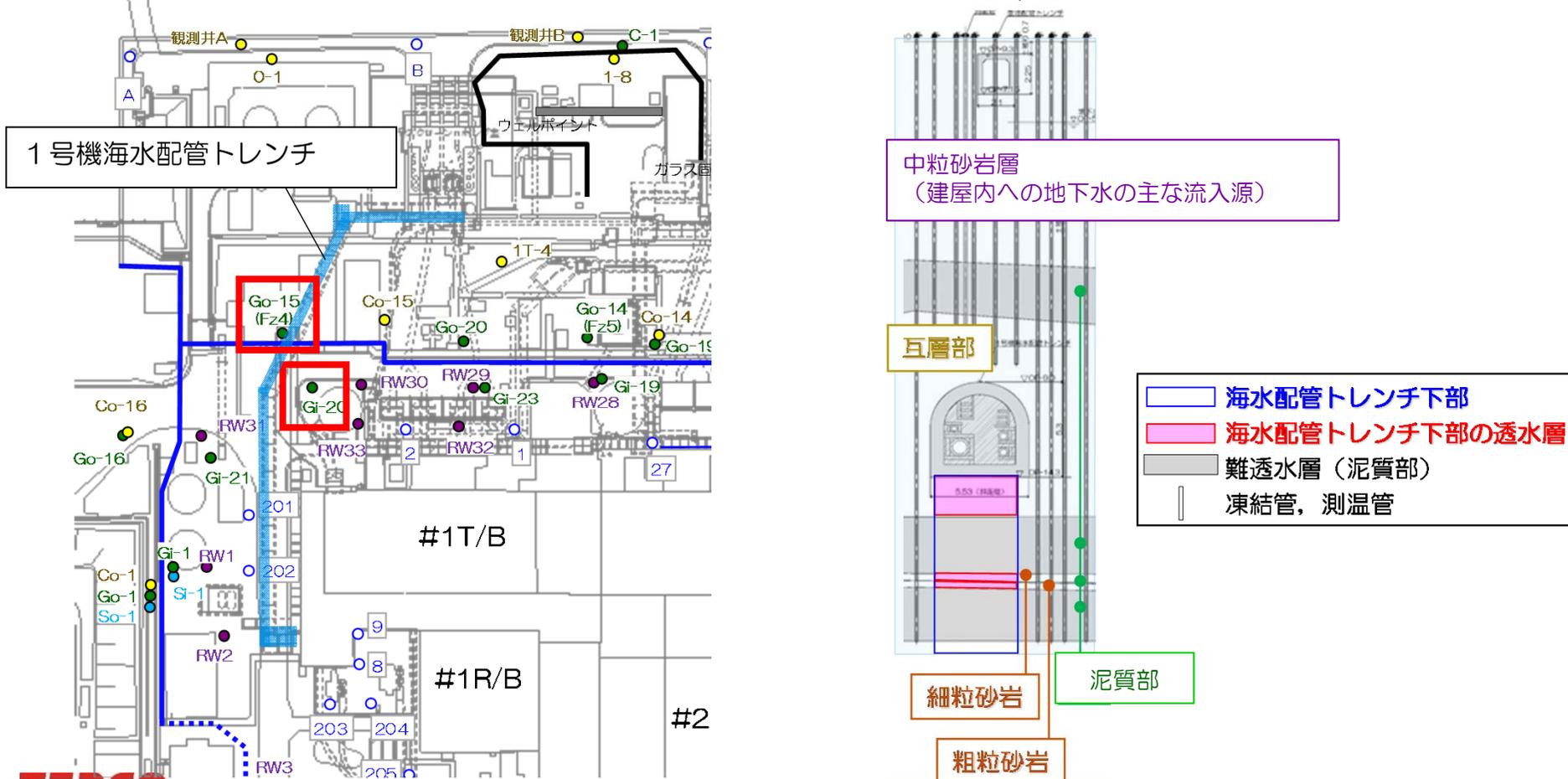
## 地下水位観測井（Go-15・Gi-20）近傍の埋設構造物(1/2)

### ■地下水位観測井（Go-15・Gi-20）近傍の埋設構造物

- ・地下水位観測井（Go-15・Gi-20）近傍には、1号機海水配管トレンチが位置している（左下図参照）。

### ■1号機海水配管トレンチの状況

- ・右下図の通り、陸側遮水壁海側ラインとの交差部では、構造物を損傷しない削孔の離隔（1 m程度）を確保して、同トレンチの上部まで凍結管を設置し、トレンチ下部は非凍結としている。
- ・また、同トレンチは、建屋との接続高さの標高が高く、トレンチ内に建屋由来の汚染水は流入していないことから、2～4号機の同トレンチと異なり、溜まり水移送・充填を行っていない。



## 地下水位観測井 (Go-15・Gi-20) 周辺の埋設構造物(2/2)

### ■ 1号機海水配管トレンチと陸側遮水壁海側ラインとの位置関係

- ・ 陸側遮水壁海側ライン近傍には、トレンチ施工時のコンクリート施工目地部が位置している。
- ・ なお、施工目地部は、止水板を設置して、トレンチ内部への地下水流入を抑制している。
- ・ 下表に示す通り、1号機海水配管トレンチは周辺の中粒砂岩層水位や互層水頭よりも低い水位で長期間維持されていたことから、地下水の流入はほとんどなかったものと考えている。

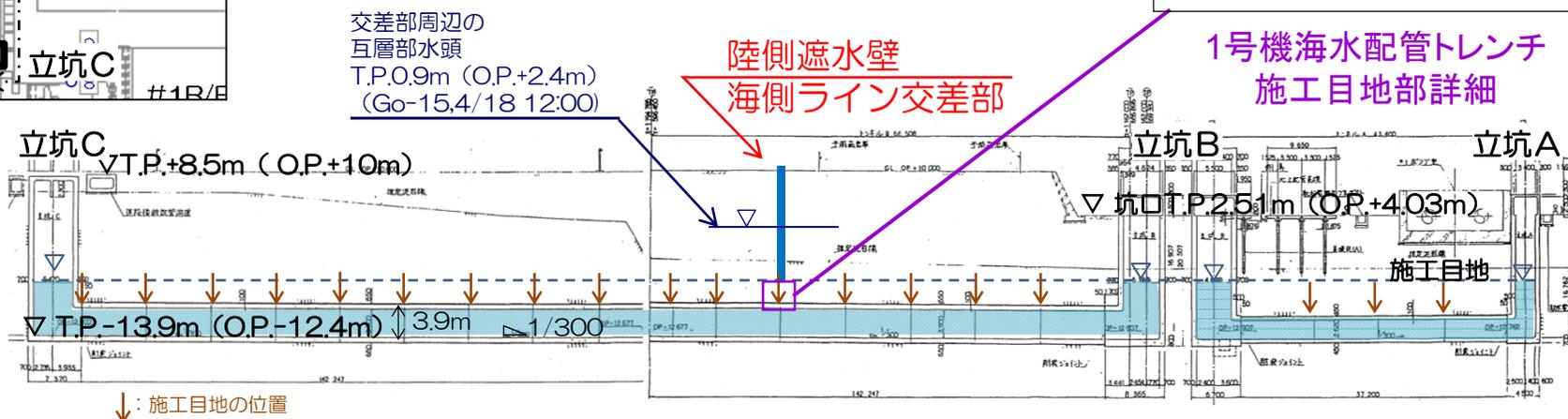
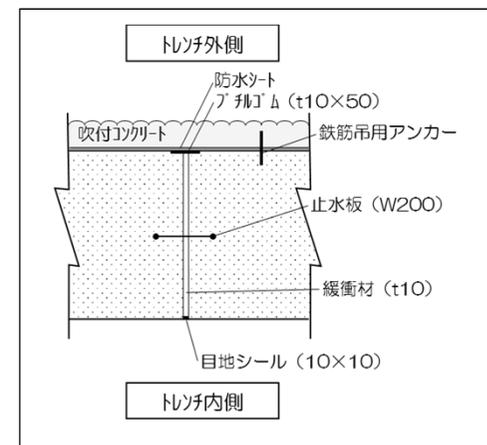
### ■ 想定原因

- ・ 凍結運転開始以降、海水配管トレンチが何らかの影響を受けて、地下水がトレンチ内へ流入し、近傍のGo-15およびGi-20の水頭が低下している可能性がある。



表 既往の1号機海水配管トレンチ立坑水位

	トレンチ等内溜まり水点検調査結果			
	2012	2013	2014	2015
立坑水位※1 T.P.+m (O.P.+m)	.2 -9.22 (-7.70)	.12 -9.42 (-7.92)	.12 -9.56 (-8.04)	.12 -9.56 (-8.04)



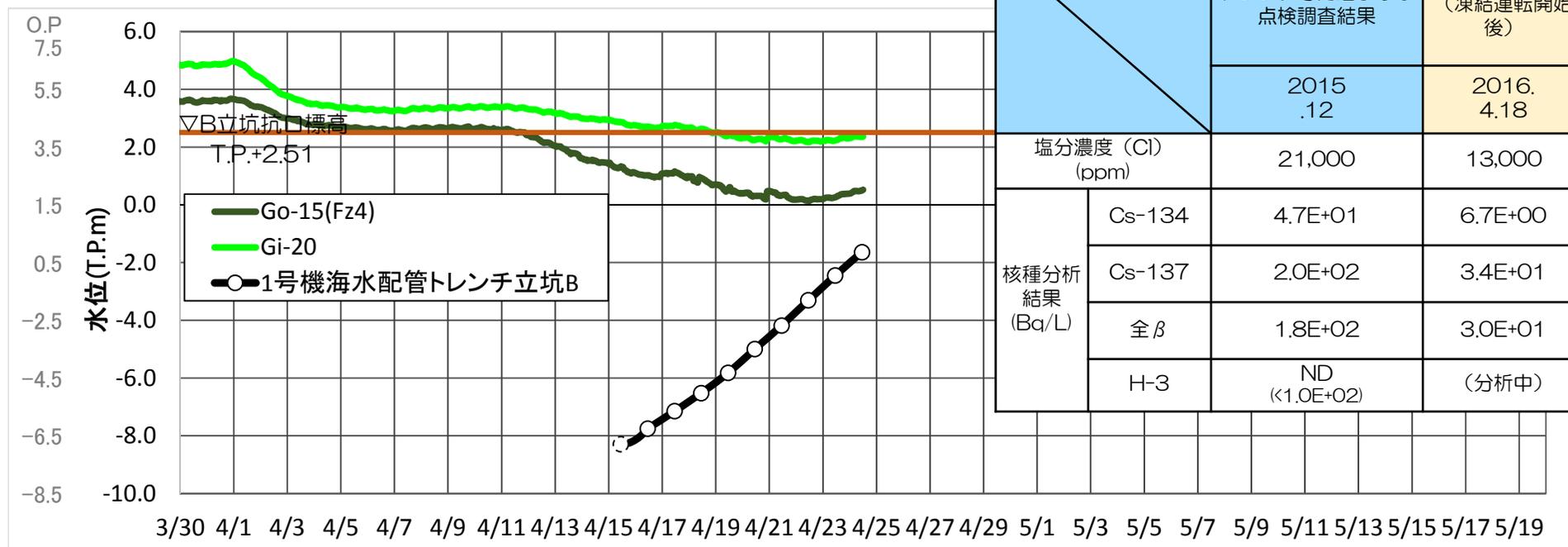
↓: 施工目地の位置  
水位レベル: O.P.-8.04m (H27.12測定) で記載

1号機海水配管トレンチ縦断面図

## 互層部水頭観測井（Go-15・Gi-20）の低下状況と1号機海水配管トレンチ 溜まり水水位他の変化

- 1号機海水配管トレンチ内の立坑水位（立坑B）は、調査開始（2012年2月）以降、T.P.-9.5m（O.P.-8m）程度で安定していた（前ページ参照）が、凍結運転開始後は上昇傾向を示している。
- 現状、手動で立坑水位を測定しているが、自記式記録計を設置し連続測定出来るよう準備を進めている。（4月末稼働予定）
- また、立坑B坑口に水移送設備を設置し、必要に応じトレンチ内の溜まり水を移送できるよう準備を進めている。（4月末準備完了予定）
- トレンチ内溜まり水の水質については、塩分濃度および放射性物質濃度共に、凍結運転開始前と比べて低下傾向が見られる。これは、何らかの影響によりトレンチへ互層部の地下水が流入した可能性があるという想定と矛盾しない。

1号機海水配管トレンチ立坑水質



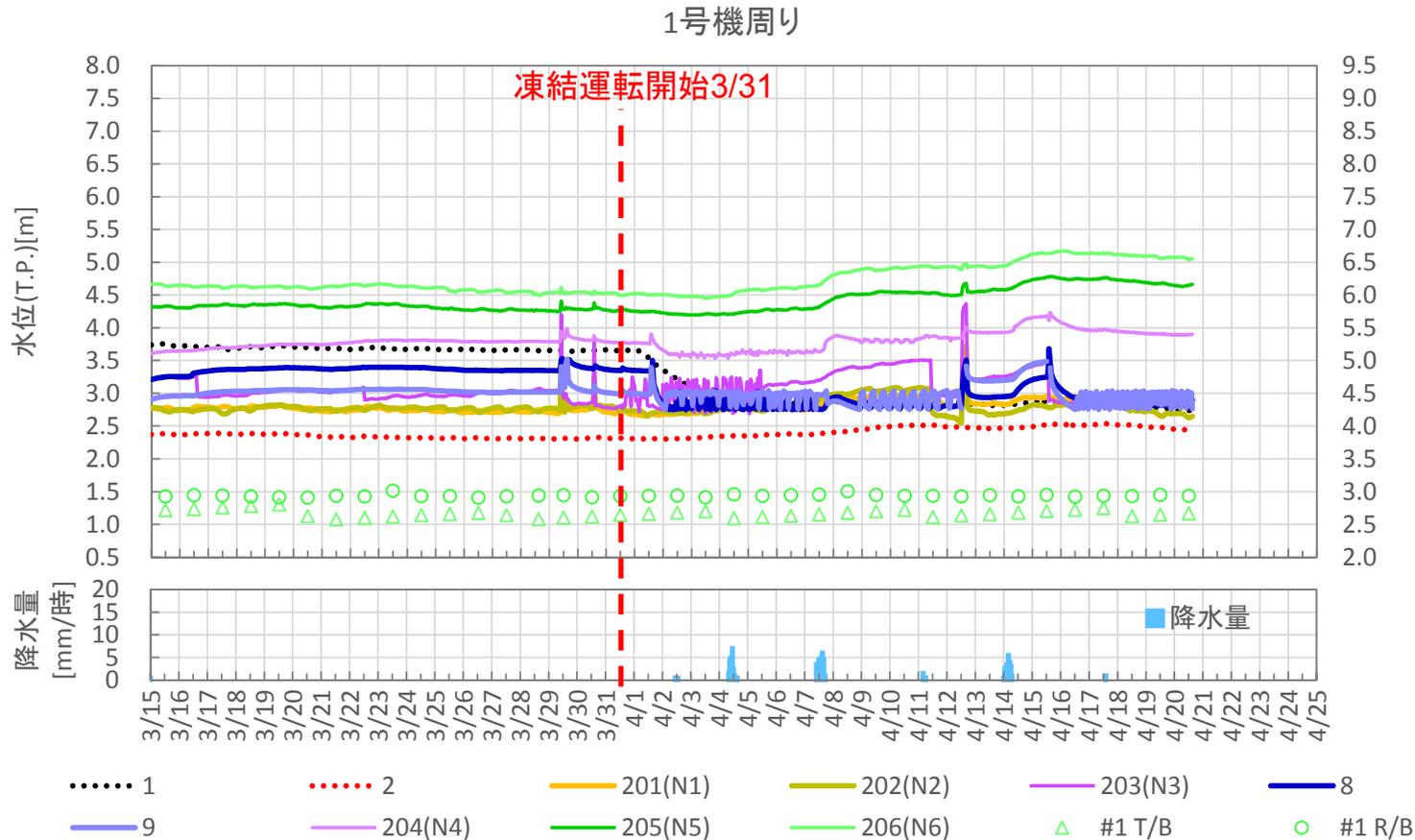
至近の1号機海水配管トレンチ立坑水位

## 1号機タービン建屋海側の互層部水頭（Go-15・Gi-20）の低下挙動と想定原因

- 1号機タービン建屋海側の互層部水頭（Go-15・Gi-20）の低下挙動と想定原因および今後の挙動想定
  - 1号機海側の互層部水頭観測井（Go-15, Gi-20）において、凍結運転開始直後の水頭低下が収束した後に、再び水頭が低下する挙動が観測されており、現状、周辺の中粒砂岩層の水位よりも低くなり、低下が継続している。
  - Go-15の近傍に1号機海水配管トレンチがあり、その立坑水位が長期に渡って安定していたT.P.-9.5m付近から継続的に上昇する傾向が確認されている。
  - トレンチ内溜まり水の水質については、塩分濃度および放射性物質濃度共に、凍結運転開始前と比べて低下傾向が見られる。
  - 以上より、凍結運転開始以降、何らかの影響により互層部の地下水が1号海水配管トレンチ内に流入した可能性がある。
  - 上記の想定に基づいた場合、今後、「互層部の地下水頭と1号海水配管トレンチ水位の接近」、あるいは、「閉合の進展による流入箇所周辺の凍結」に伴ってトレンチ内への地下水流入量が減少し、互層水頭の低下が収束し、上昇に転じることも考えられる。
  - また、現状、1号機タービン建屋において建屋内外の水位差は確保出来ている（次頁参照）が、今後、互層水頭の低下に伴って「中粒砂岩層水位の低下」が懸念される。これについては、今後周辺の中粒砂岩層の水位挙動を注視していく。
- 同様の事象が他の部位で発生する可能性
  - 2～4号の海水配管トレンチについては既に充填が完了している。
  - 他の埋設構造物についても建屋水位よりも低い溜まり水水位は1号海水配管トレンチ以外には存在せず、同様の地下水流入が起きる可能性のある構造物は存在しない。

## 【参考】至近のサブドレン水位変動（1号機）

- 凍結運転開始以降，No.1サブドレンに関しては，低下傾向を示している。
- No.1サブドレン以外のピットは，低下傾向が見られない，あるいは稼働状態に変化を生じていない。
- 現状，建屋内外の水位差は確保出来ている。



※1 No.9ピット点検に伴い，No.2中継タンク系統を一時停止。

※T.P.と震災前のO.P.は地点や測量時期により，概ね1.4～1.5mの補正が必要であり，目安として記載しているもの。

※サブドレン水位は毎時データ(実線が24時間自動運転のピット)

※4/15～4/19 浪江の気象庁降雨データ欠測のため，富岡の降雨データを使用

## 互層水頭観測井（Go-15・Gi-20）の水頭低下に伴う想定リスクと対応

- 地下水観測井（Go-15・Gi-20）の今後の挙動は、何らかの影響によりトレンチへ互層部の地下水が流入した可能性という想定に基づいた場合、互層部水頭の低下が収束し、上昇に転じることも考えられる。
- しかしながら、互層部の水頭低下によって下記の2点のリスクが想定されることから、今後、挙動を確認し、適切な対応（トレンチ内の溜まり水移送・注水井への注水 等）を実施していく。

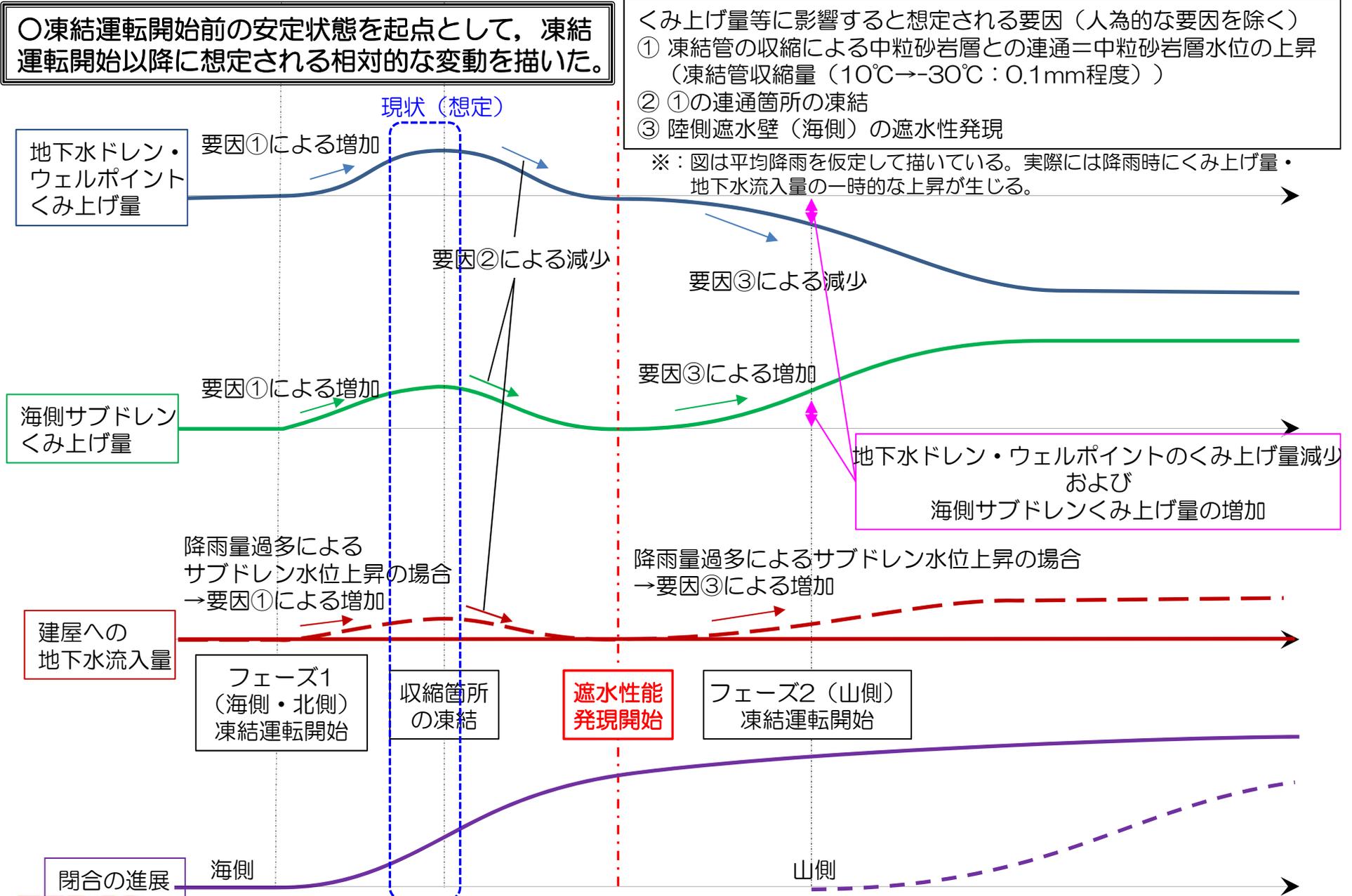
想定リスク	対応
海水配管トレンチ立坑水位の上昇	<ul style="list-style-type: none"><li>• 立坑B坑口に水移送設備を設置し、立坑水位の上昇が継続した場合には、必要に応じトレンチ内の水を移送する。（準備中）</li><li>• トレンチへの地下水流入を減少させるために、周辺の地盤改良する方策などを検討中。</li></ul>
互層部水頭低下に伴う中粒砂岩層水位の低下	<ul style="list-style-type: none"><li>• No.2サブドレン等の周辺の中粒砂岩層の地下水挙動を確認し、万一過大な低下が懸念される場合には、周辺の注水井に注水を実施する。</li></ul>

---

**【参考】**

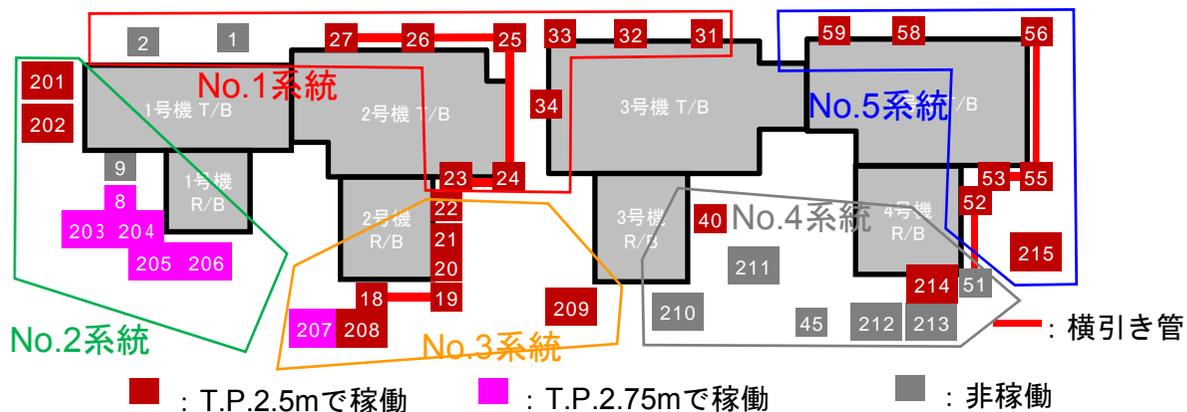
- (1) 現状の各くみ上げ量・建屋への地下水流入量
- (2) 至近のサブドレン水位変動

# 参考(1)-1 各くみ上げ量・建屋への地下水流入量の変動想定（フェーズ1）

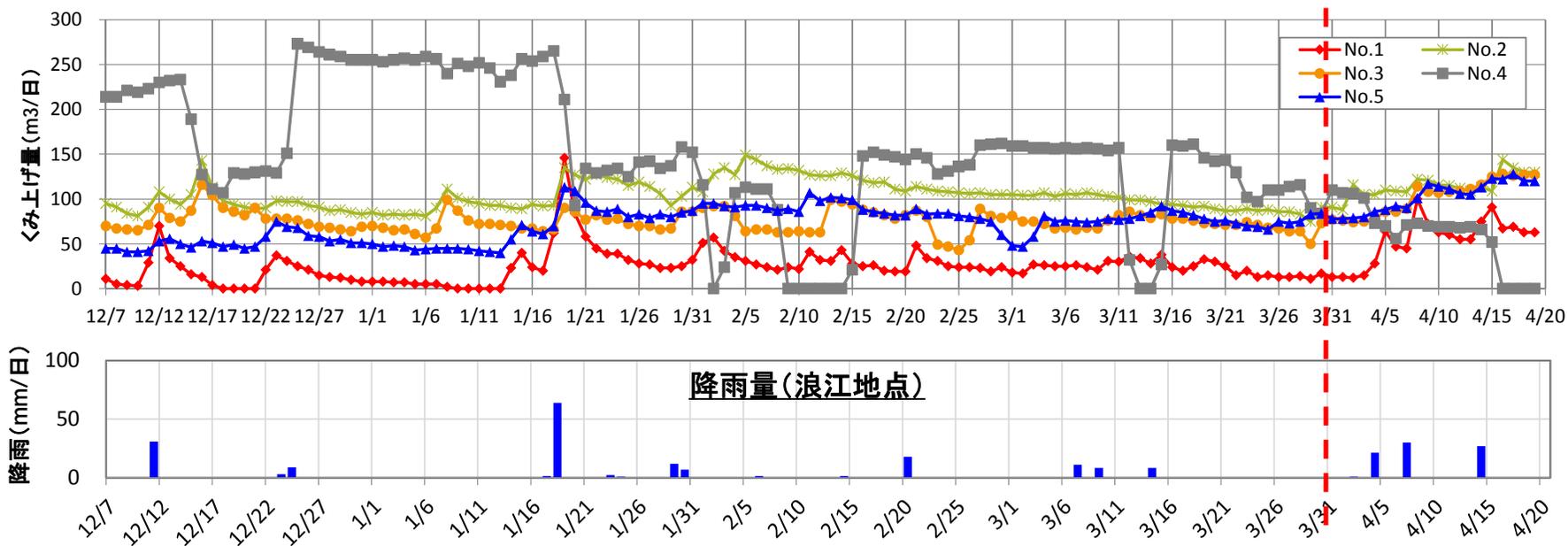


## 参考(1)-2 凍結運転開始以降の各中継タンク毎のサブドレンくみ上げ量について

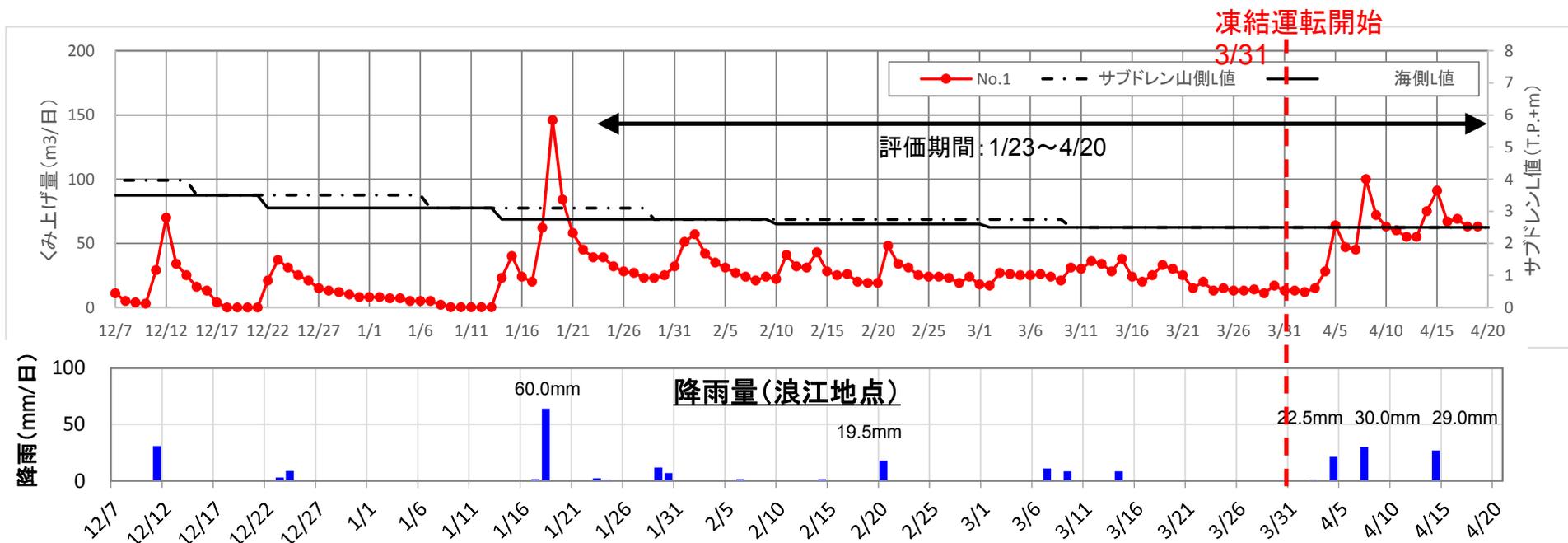
- ◆凍結運転開始以降、建屋海側のサブドレン中継タンク系統毎のくみ上げ量は、建屋海側のNo.1・2・3・5系統で増加しているように見える。
- ◆ただし当該期間において、降雨があったことから降雨影響を考慮してくみ上げ量の分析を実施した。



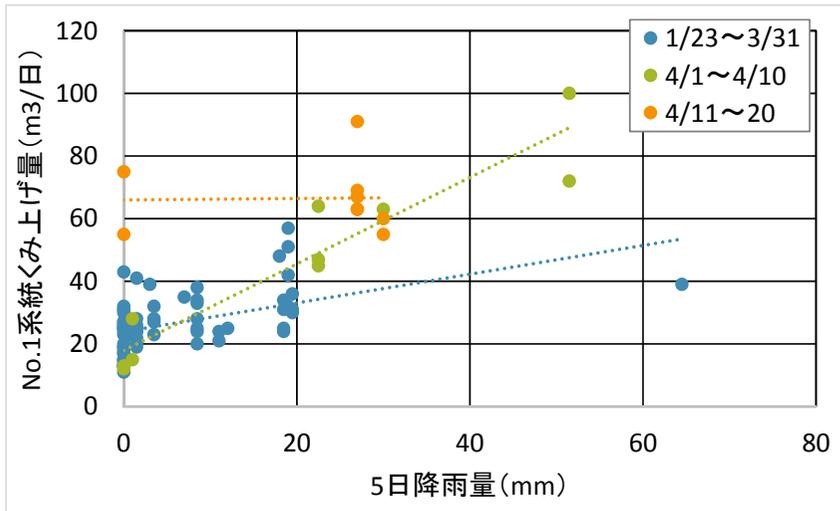
凍結運転開始3/31



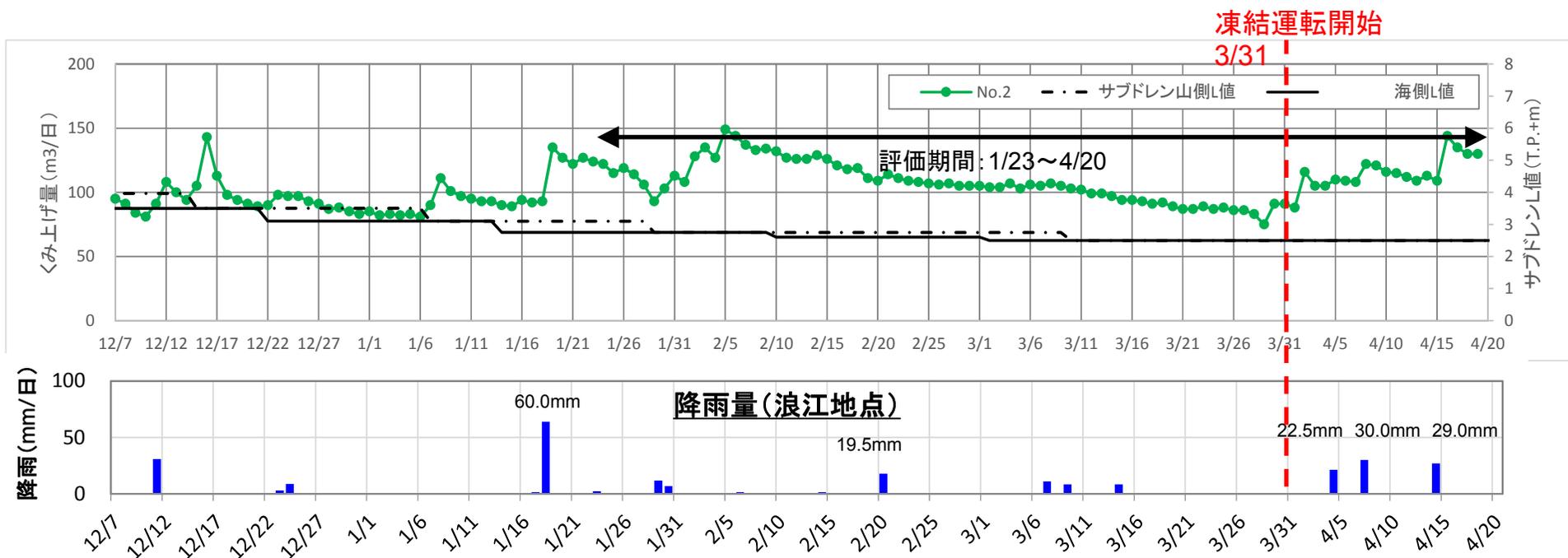
# 参考(1)-3 サブドレンNo.1系統くみ上げ量の分析例



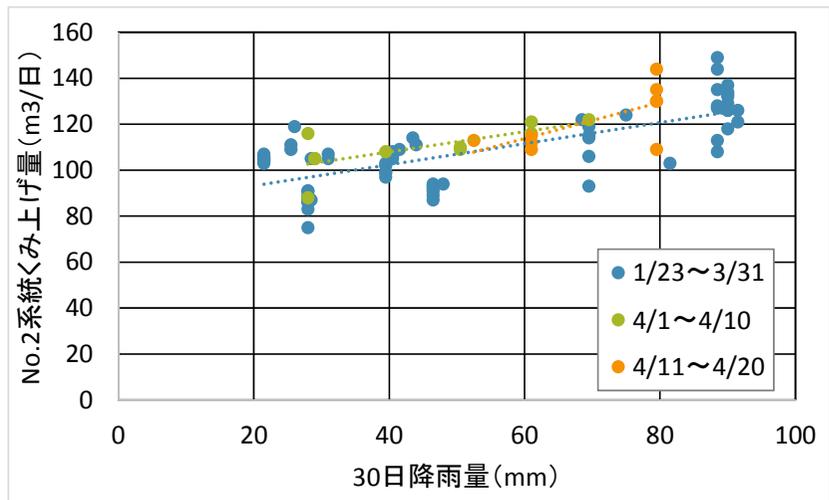
- ◆ サブドレン稼働下限水位の設定がほぼT.P.+3mとなり1月18日の比較的大きな降雨（60mm/日）の影響が落ち着いた1月23日以降で評価した。
- ◆ くみ上げ量と降雨量の相関を分析し、最も相関係数の大きい前日までの5日降雨量で評価した
- ◆ 凍結運転開始（3/31）以降、くみ上げ量が増加していると考えられる。



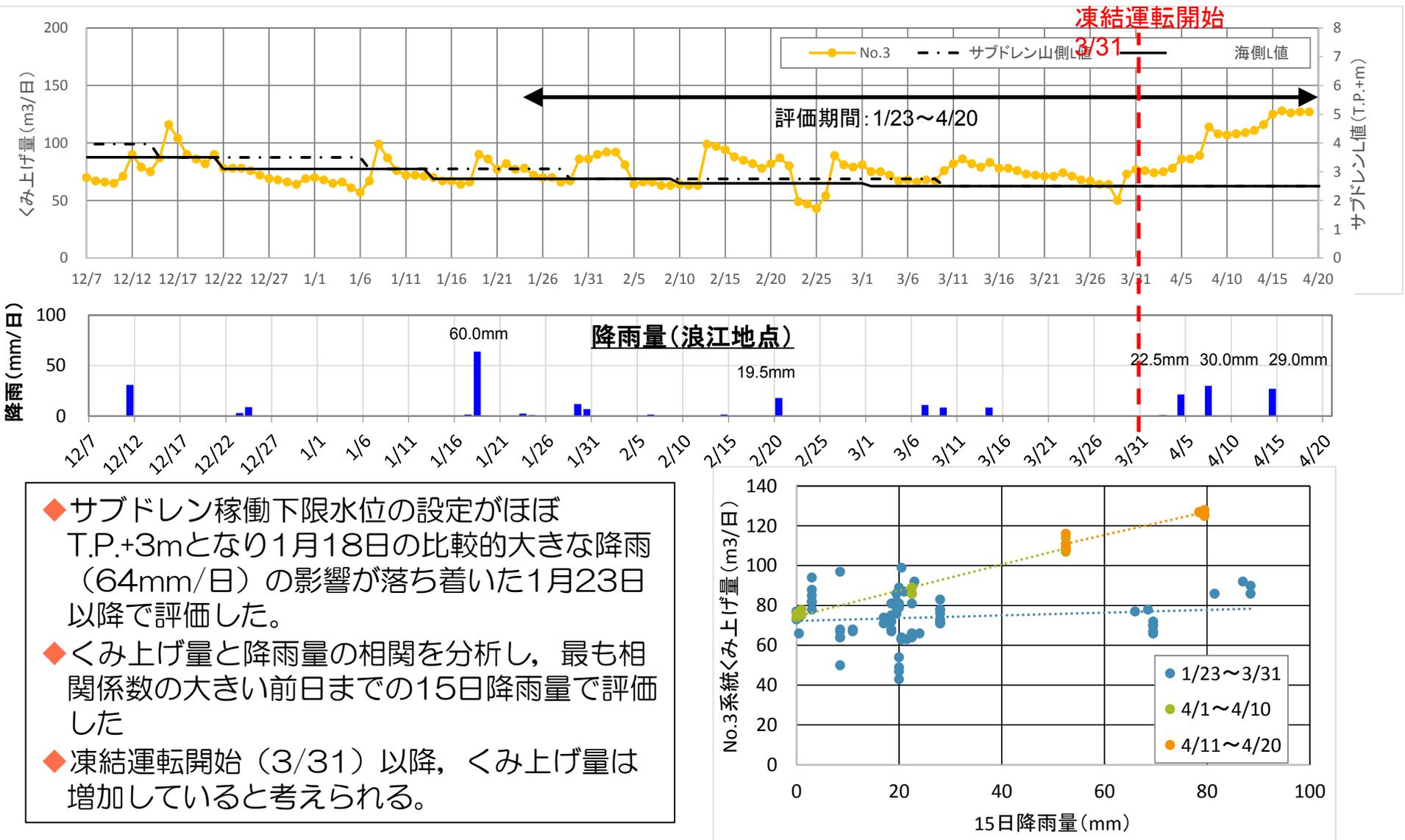
# 参考(1)-4 サブドレンNo.2系統くみ上げ量の分析例



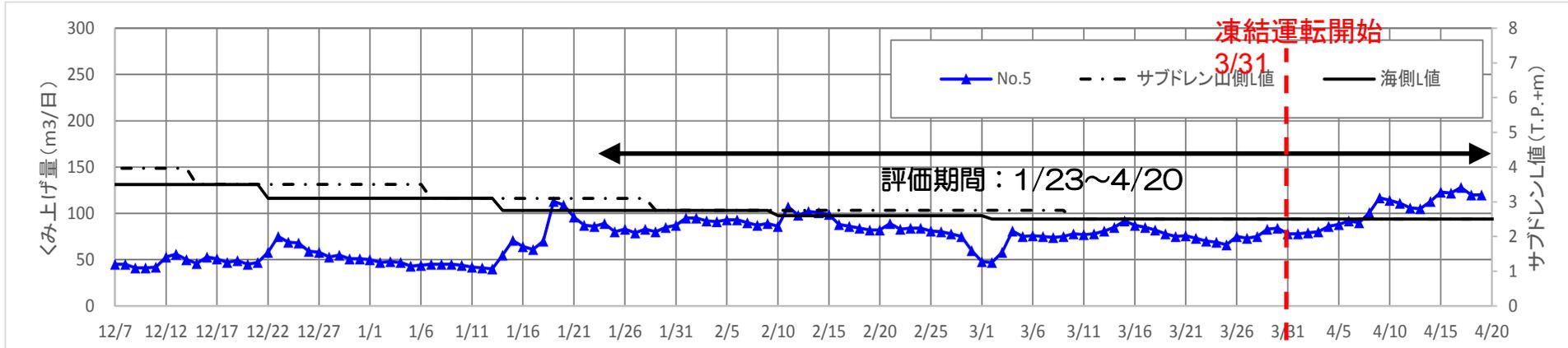
- ◆ サブドレン稼働下限水位の設定がほぼ T.P.+3mとなり1月18日の比較的大きな降雨 (64mm/日) の影響が落ち着いた1月23日以降で評価した。
- ◆ くみ上げ量と降雨量の相関を分析し、最も相関係数の大きい前日までの30日降雨量で評価した
- ◆ 凍結運転開始 (3/31) 以降、くみ上げ量はほとんど変化していない。



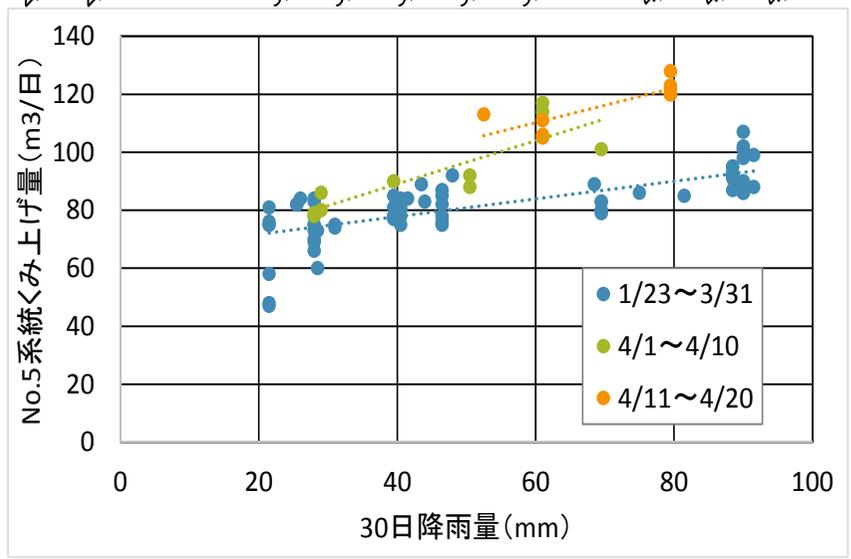
# 参考(1)-4 サブドレンNo.3系統くみ上げ量の分析例



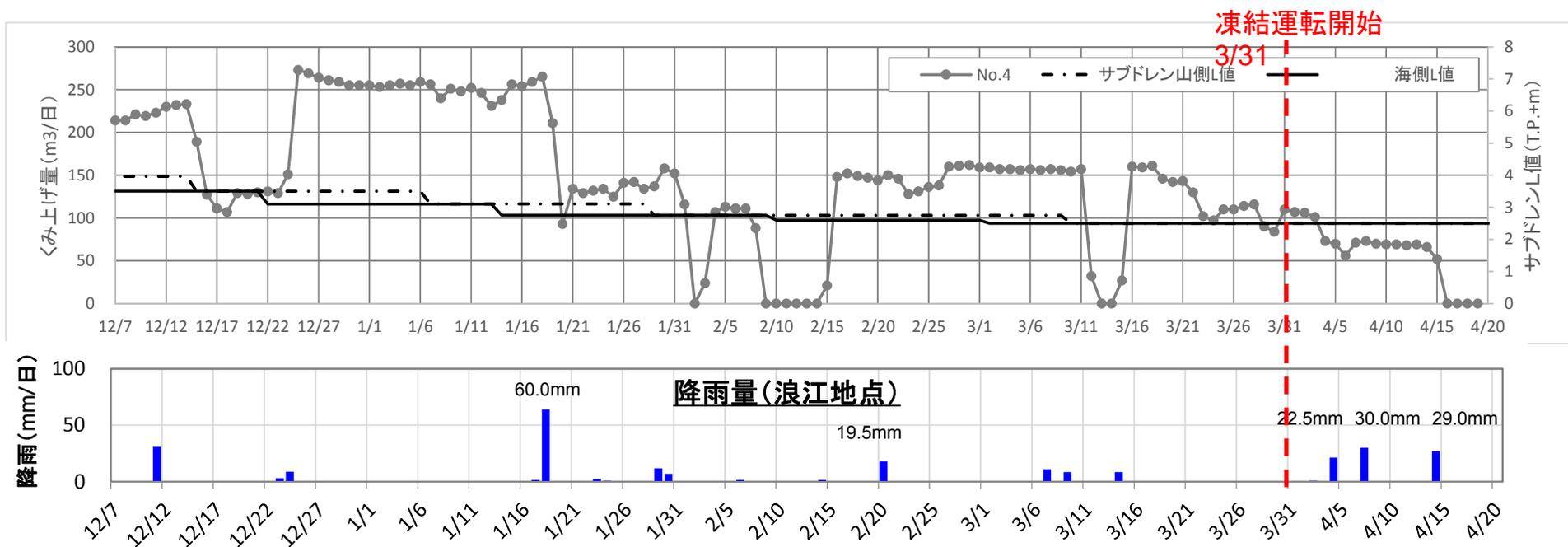
# 参考(1)-5 サブドレンNo.5系統くみ上げ量の分析例



- サブドレン稼働下限水位の設定がほぼ T.P.+3mとなり1月18日の比較的大きな降雨（64mm/日）の影響が落ち着いた1月23日以降で評価した。
- くみ上げ量と降雨量の相関を分析し、最も相関係数の大きい前日までの30日降雨量で評価した
- 凍結運転開始（3/31）以降、くみ上げ量は増加していると考えられる。

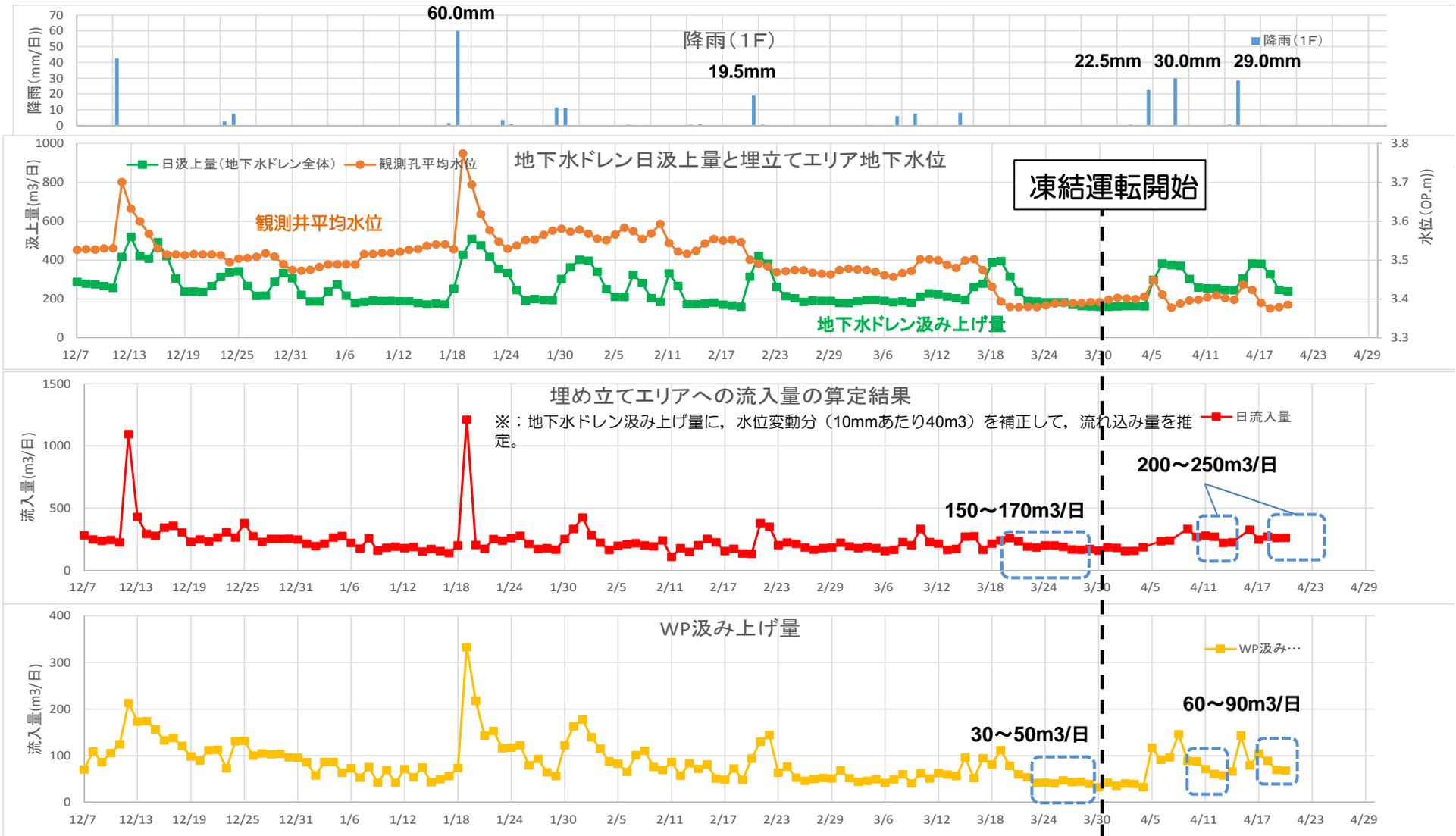


## 参考(1)-6 サブドレンNo.4系統くみ上げ量



- ◆ No.4系統は、配管の詰まりおよび清掃やくみ上げ量調整などの影響を受けて、減少傾向を示しており、4/15以降は中継タンク・バルブ等の点検・清掃のため停止している。
- ◆ そのため、降雨との相関については分析しきれていない。

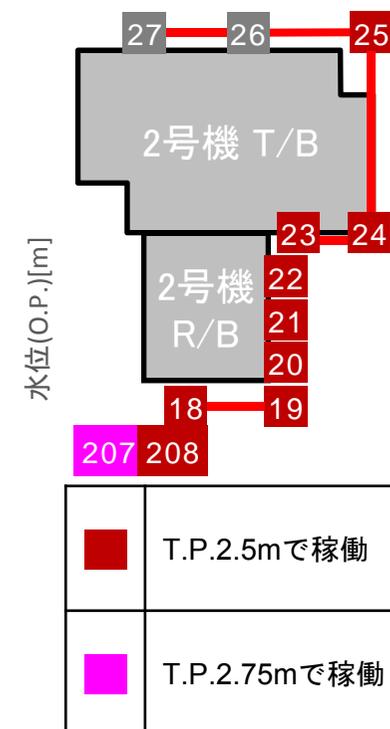
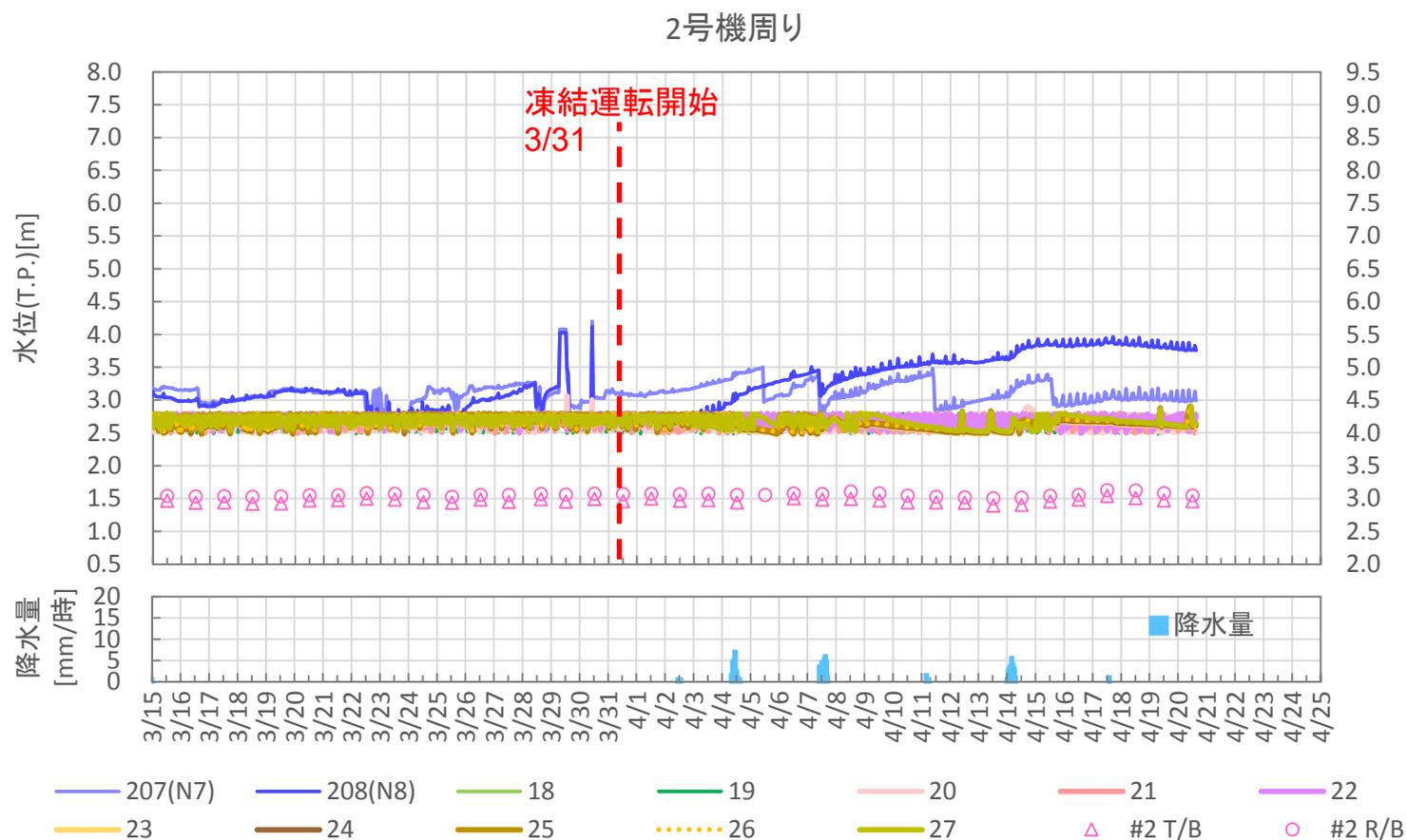
# 参考(1)-7 O.P.4m盤埋立エリアへの地下水流入量とウェルポイントくみ上げ量の評価



- 凍結運転開始以降、4m盤埋立てエリアへの地下水流入量およびウェルポイントくみ上げ量が増加している。
- この主な要因は、互層部と中粒砂岩層の連通による中粒砂岩層の地下水位上昇と考えている。

## 参考(2)-1 【参考】至近のサブドレン水位変動（2号機）

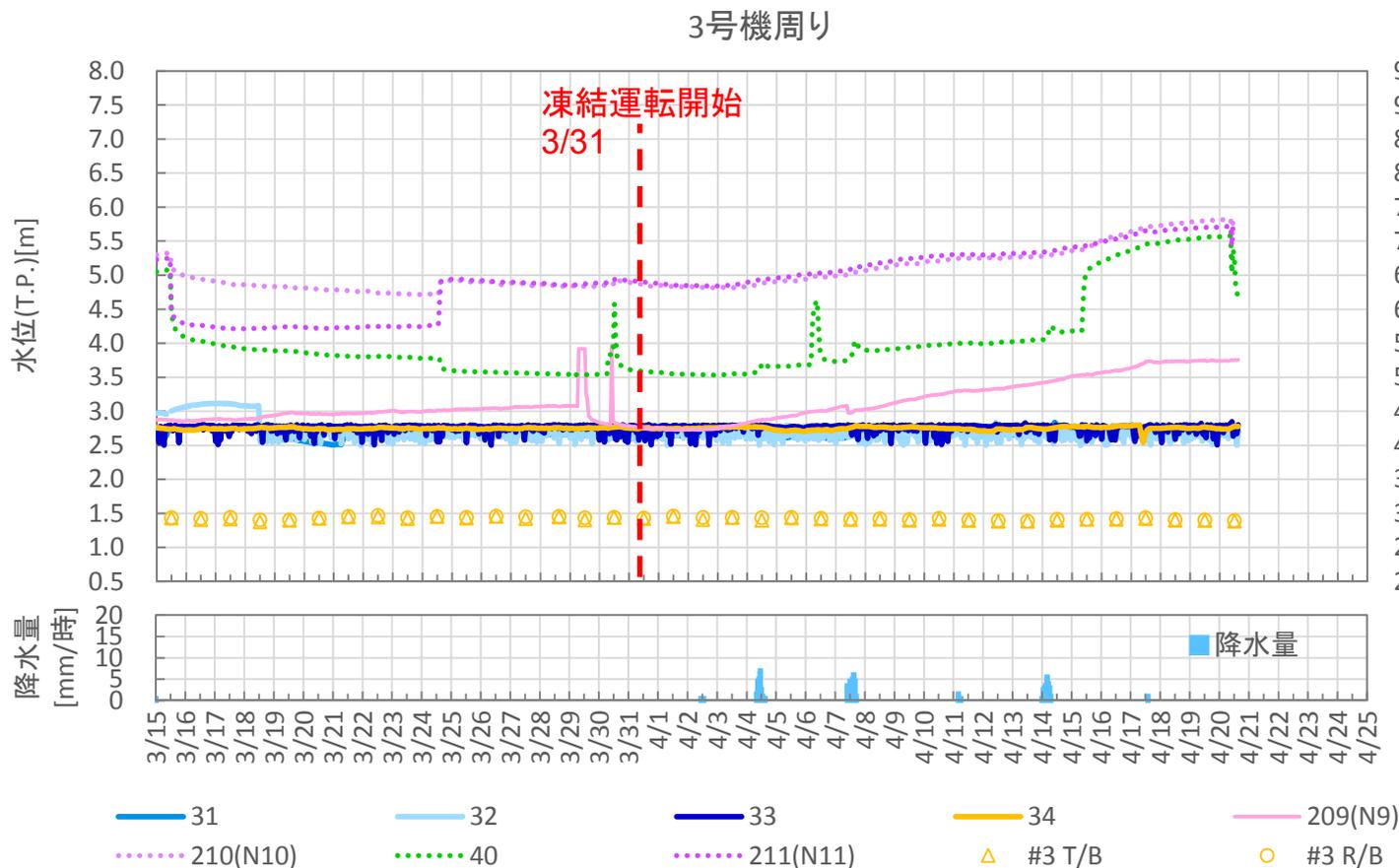
- 2号機周りのサブドレンピットには、凍結運転開始後、低下傾向が見られない、あるいは稼働状態に変化を生じていない。



※T.P.と震災前のO.P.は地点や測量時期により、概ね1.4～1.5mの補正が必要であり、目安として記載しているもの。  
 ※サブドレン水位は毎時データ(実線が24時間自動運転のピット)  
 ※4/15～4/19 浪江の気象庁降雨データ欠測のため、富岡の降雨データを使用

## 参考(2)-1 【参考】至近のサブドレン水位変動（3号機）

- 3号機周りのサブドレンピットには、凍結運転開始後、低下傾向が見られない、あるいは稼働状態に変化を生じていない。

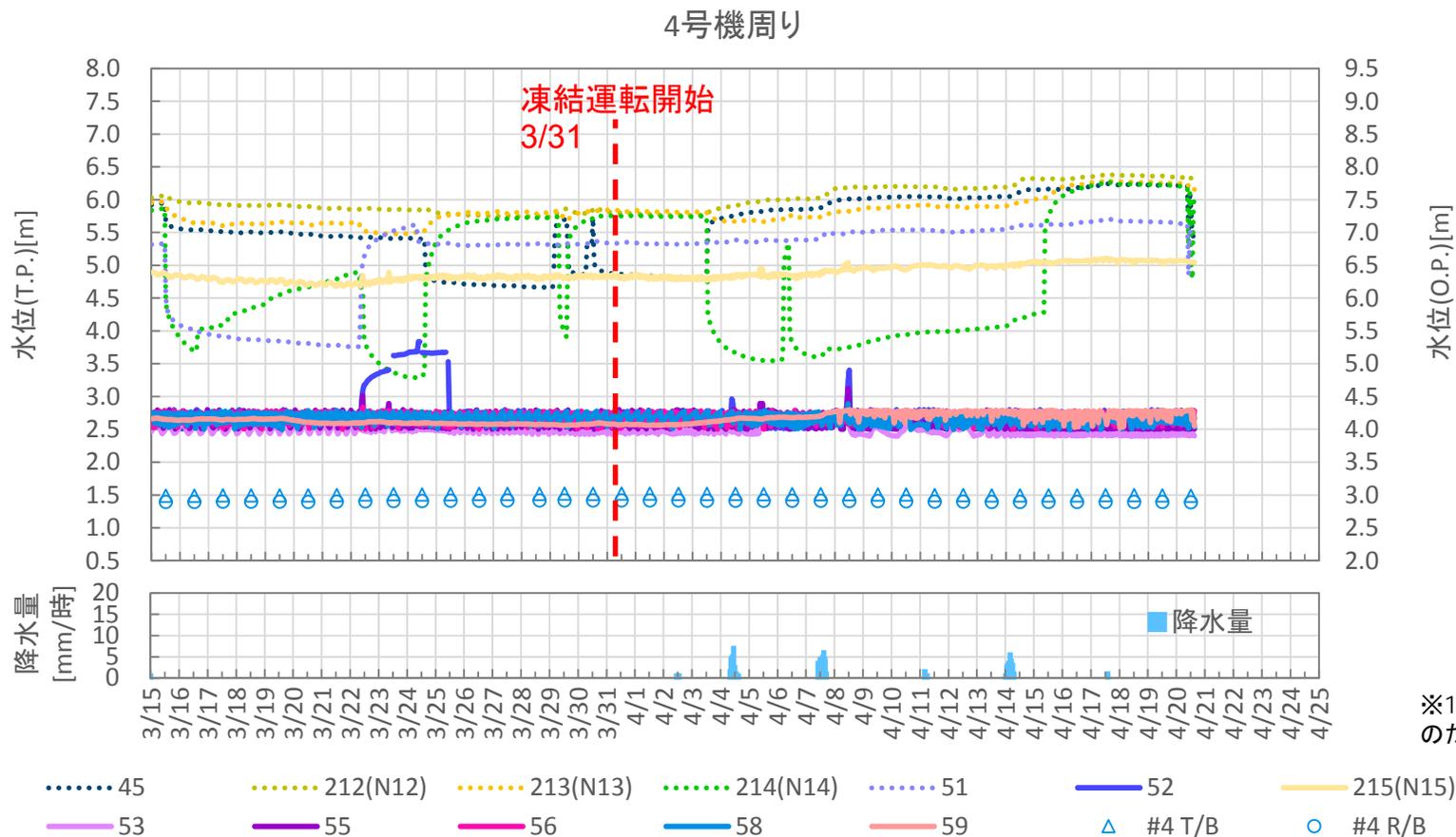


※1 No.4中継タンクの点検清掃のため、No.4系統を停止

※T.P.と震災前のO.P.は地点や測量時期により、概ね1.4～1.5mの補正が必要であり、目安として記載しているもの。  
 ※サブドレン水位は毎時データ(実線が24時間自動運転のピット)  
 ※4/15～4/19 浪江の気象庁降雨データ欠測のため、富岡の降雨データを使用

## 参考(2)-1 【参考】至近のサブドレン水位変動（4号機）

- 4号機周りのサブドレンピットには、凍結運転開始後、低下傾向が見られない、あるいは稼働状態に変化を生じていない。



※1 No.4中継タンクの点検清掃のため、No.4系統を停止

※T.P.と震災前のO.P.は地点や測量時期により、概ね1.4～1.5mの補正が必要であり、目安として記載しているもの。  
 ※サブドレン水位は毎時データ(実線が24時間自動運転のピット)  
 ※4/15～4/19 浪江の気象庁降雨データ欠測のため、富岡の降雨データを使用