

## 地下水流入対策の現状

2017年6月28日



東京電力ホールディングス株式会社

## 概要

- 3月3日に開始した第二段階一部閉合（Ⅱ）において，未凍結箇所7箇所中6箇所について凍結閉合を進めており，中粒砂岩層は測温管位置で0℃以下となっている。
- 至近の10m盤のくみ上げ量および地下水位の状況から，サブドレン信頼性向上対策および陸側遮水壁の閉合に伴う効果が確認されており，サブドレンによる地下水位の制御性が向上していると評価している。
- 至近の地下水収支による評価を基に，残る未凍結箇所である西側③を閉合した場合の地下水収支および地下水位の変動について再検討した。保守的な条件を仮定しても，サブドレンは稼働を継続すると考えられる。

## 目次

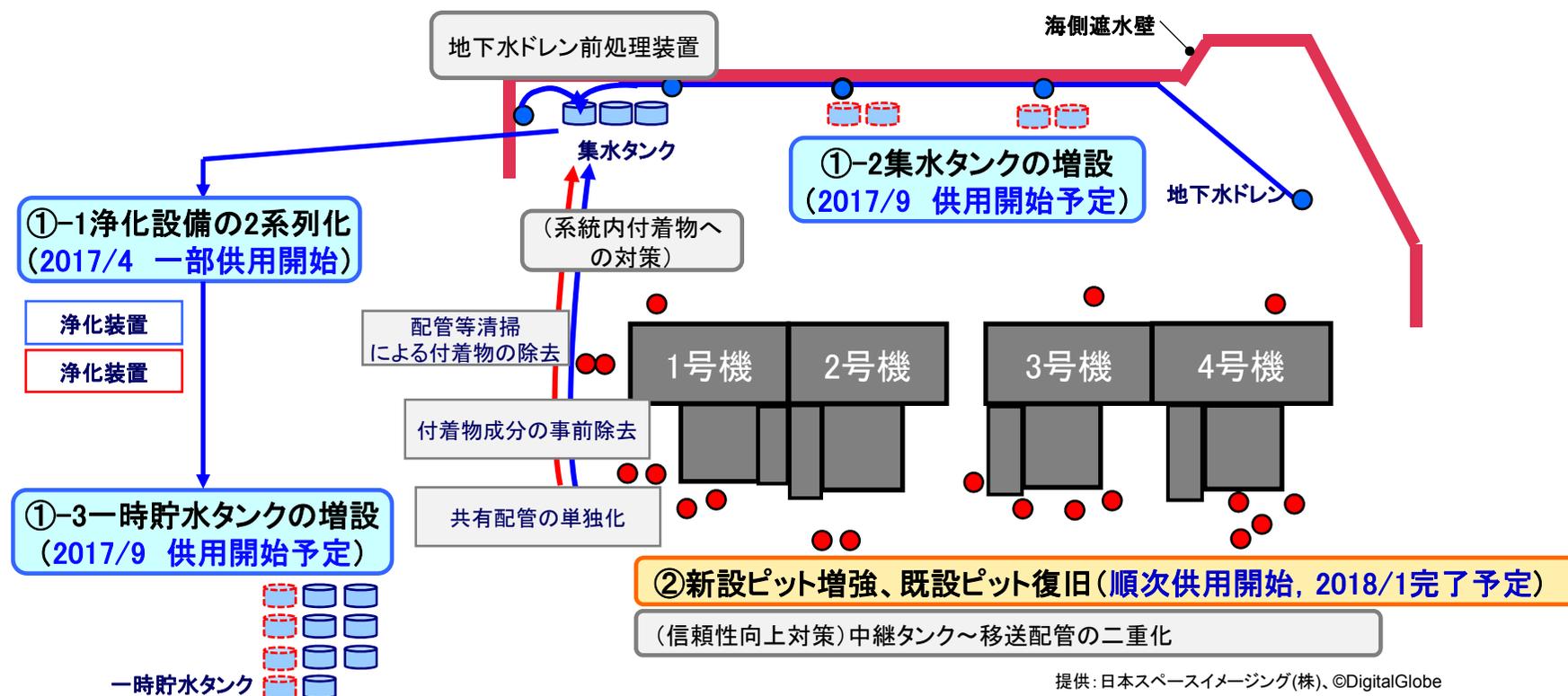
1. 至近の建屋流入量・くみ上げ量等の状況
2. 西側③閉合後における陸側遮水壁内の水位・くみ上げ量の想定について

【参考】

# サブドレン信頼性向上対策概要

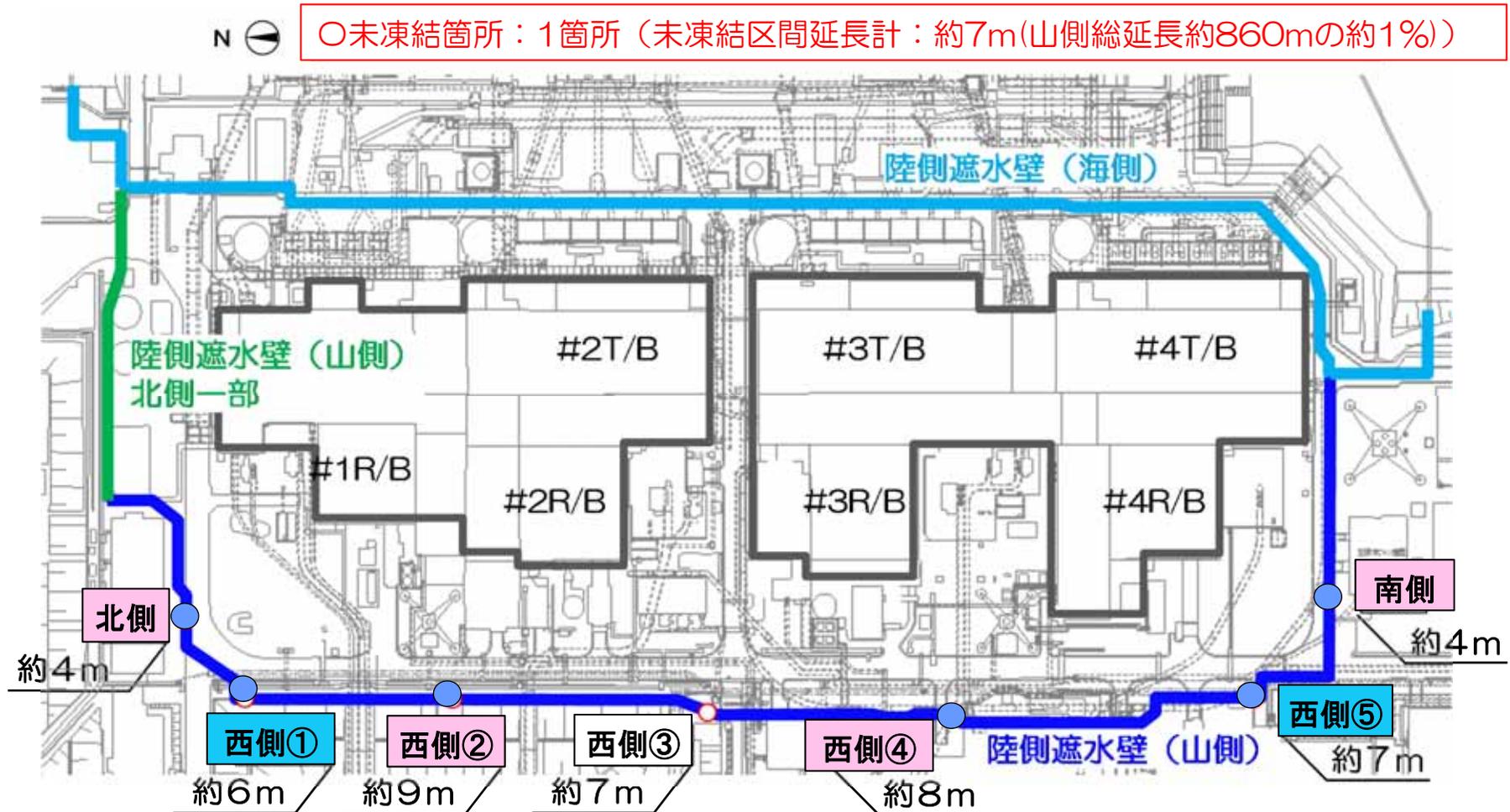
## サブドレン信頼性向上対策

- ①系統処理能力向上対策(   ) 現状800m<sup>3</sup>/日 ⇒ 対策実施後1,500m<sup>3</sup>/日
- ②くみ上げ能力向上対策(   ) 大雨時の地下水位上昇の緩和・早期解消
- ③上記以外の対策(   ) ピットおよび配管等の清掃による停止頻度の低減



## 現状の凍結範囲

- 一部閉合(I)として2016年12月3日より「西側①・⑤」, 一部閉合(II)として2017年3月3日より「北側・西側②・④・南側」の凍結閉合を進めている。



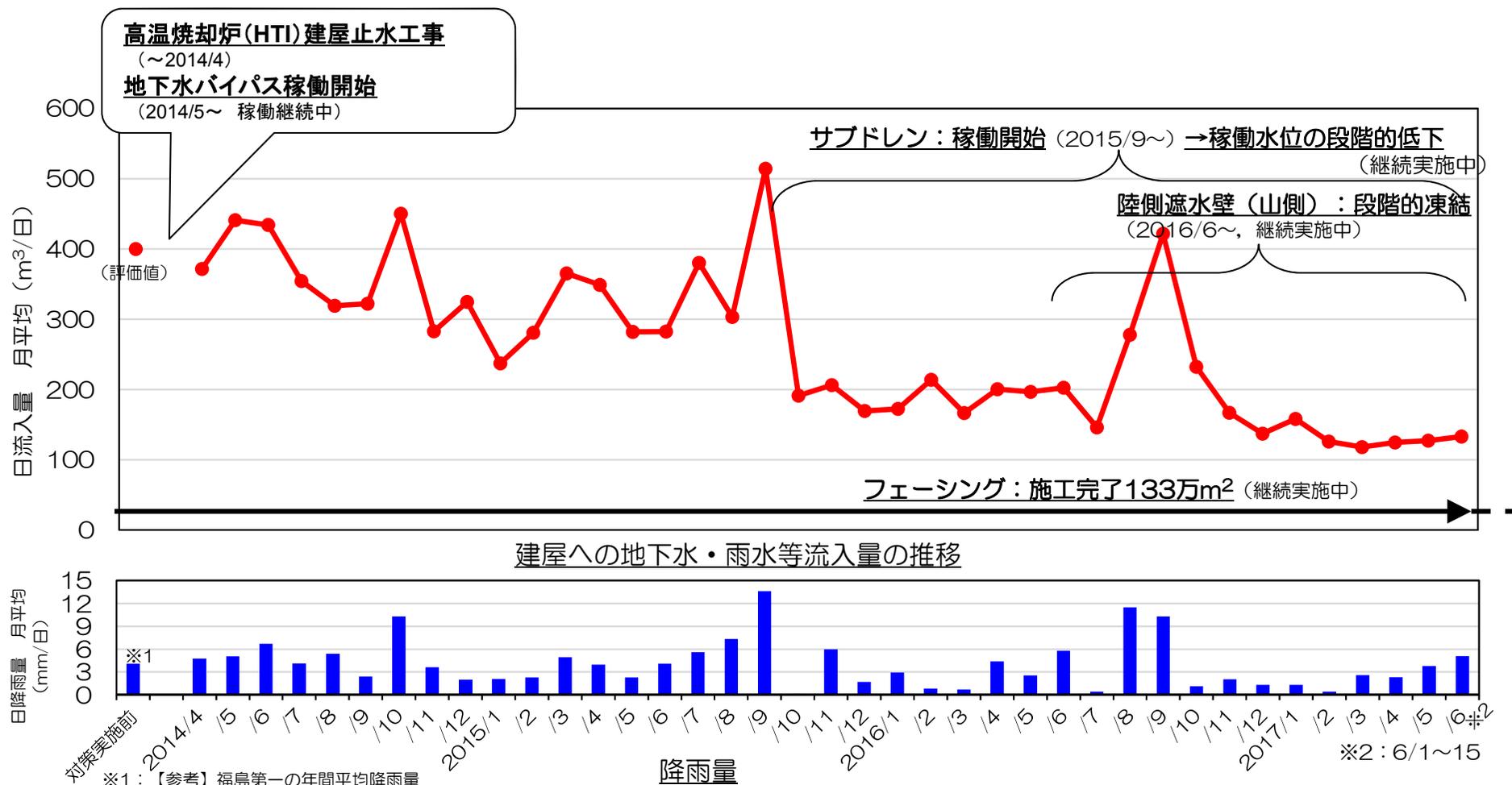
図中の数値は各未凍結箇所の未凍結区間延長

---

1. 至近の建屋流入量・くみ上げ量等の状況

# 1.(1) 建屋流入量の低減状況

■ 建屋流入量（以下「建屋への地下水・雨水等流入量」という）は、各低減対策（地下水バイパス・フェーシング・サブドレン・陸側遮水壁）の着実な実施により、対策実施前の400m<sup>3</sup>/日程度から、至近の平均では120~130m<sup>3</sup>/日程度（2017/3~6）まで低減しており、前回の中長期ロードマップ改訂時に目標としていた水準（100m<sup>3</sup>/日未満）に概ね到達している。



注) 月毎の「建屋への地下水・雨水等流入量」は週毎の評価値より算出

## 1.(2) 至近の建屋流入量・くみ上げ量の状況

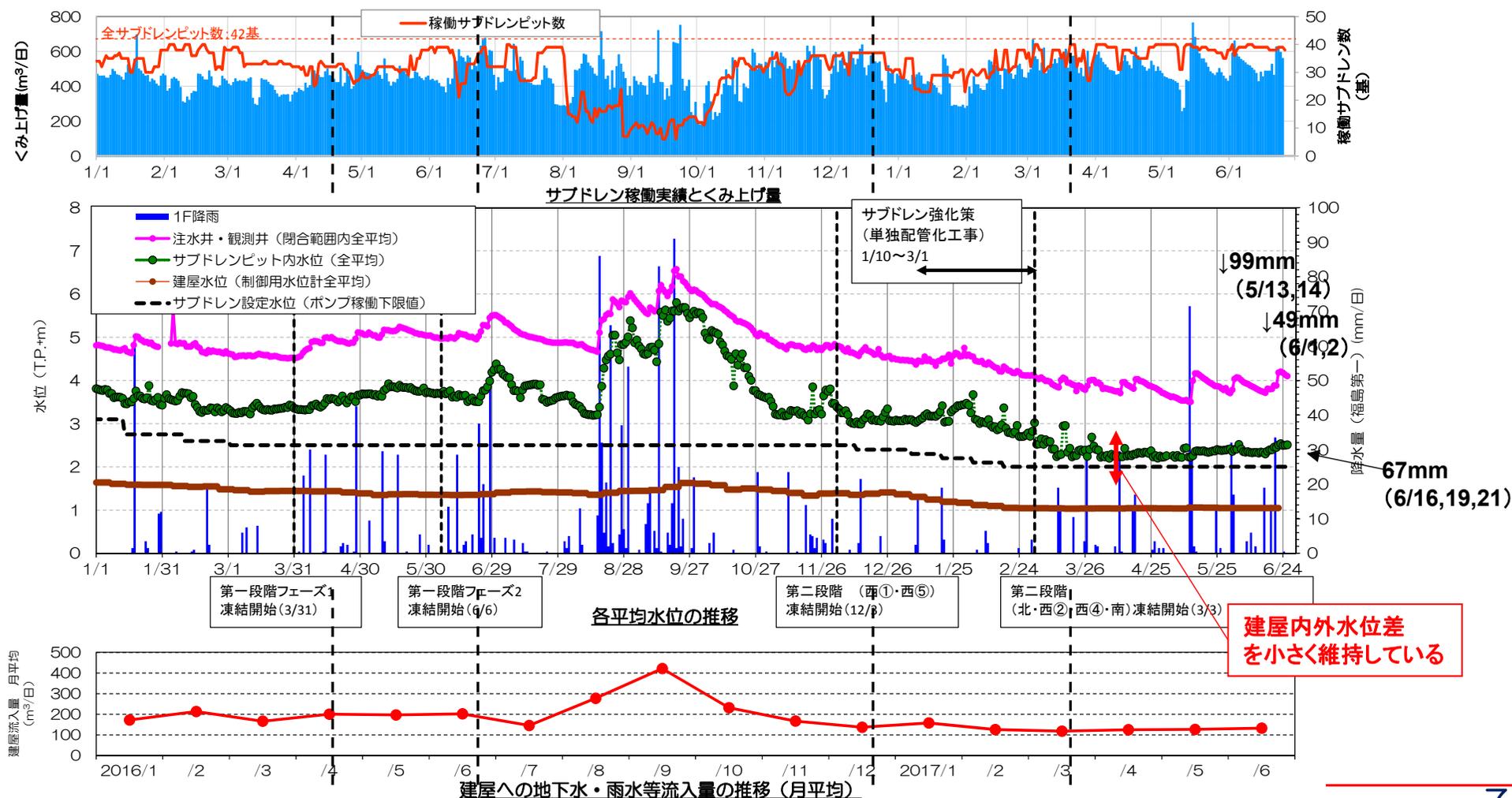
---

### ■ 建屋流入量・くみ上げ量

- 建屋流入量：130m<sup>3</sup>/日程度（5月平均）
  - サブドレン信頼性向上対策および陸側遮水壁（山側）の閉合進展により，建屋周辺水位を低下できていることから，建屋流入量は減少傾向にある。
- サブドレンくみ上げ量：480m<sup>3</sup>/日程度（5月平均）
  - サブドレン設備の増強工事の一部(単独配管化)を実施後，500m<sup>3</sup>/日程度をくみ上げており，稼働台数も多い状態を維持している。
- 4m盤くみ上げ量：150m<sup>3</sup>/日程度（5月平均）
  - 昨年10月以降の湧水期に減少し，3月6日にはくみ上げ量が既往最小：約90m<sup>3</sup>/日となった。
  - 4月以降，平均して約140～150m<sup>3</sup>/日程度のくみ上げであり，凍結開始前の湧水期である昨年の3月と比較して，約半分程度まで減少している。
  - 以前は降雨後のくみ上げ量の増加が顕著であったが，サブドレン稼働や4m盤フェーシング，陸側遮水壁海側の閉合の効果により，降雨後のくみ上げ量の増加が抑制されている。

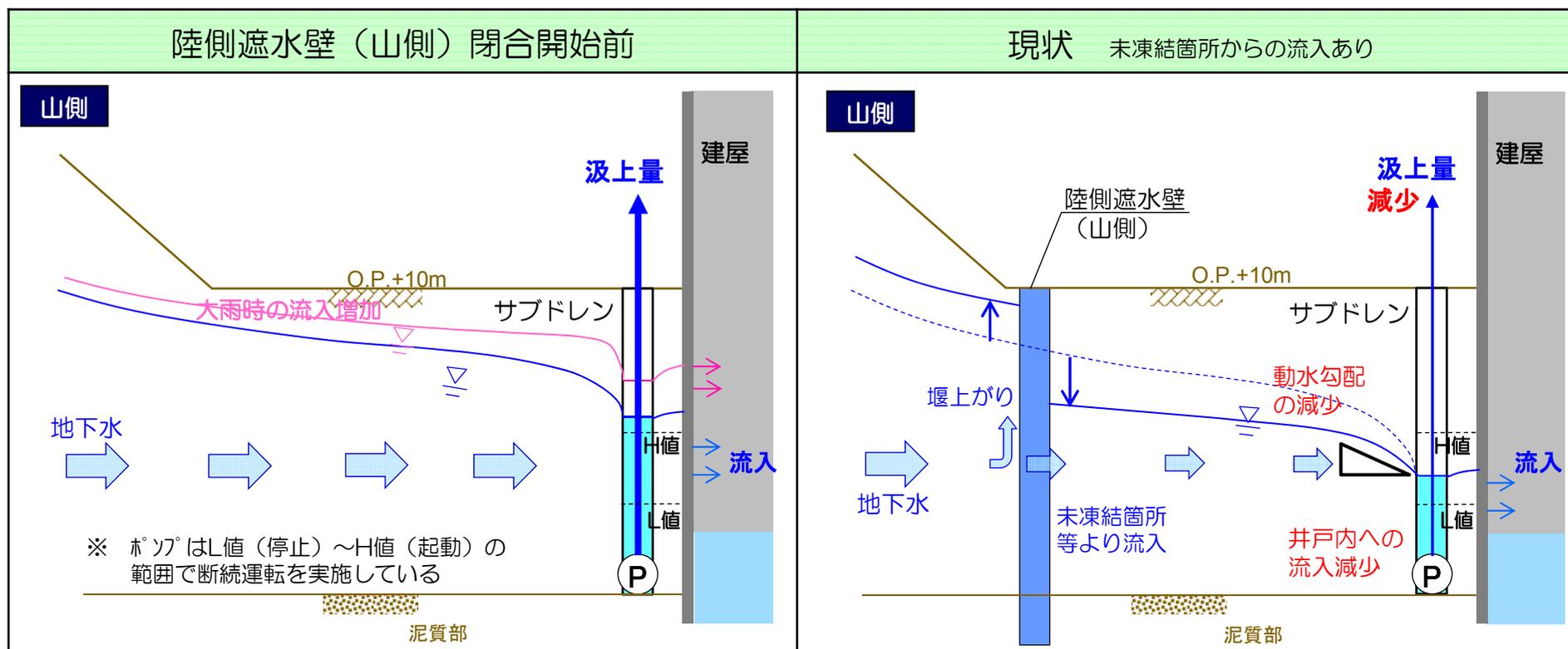
# 1.(3) サブドレンによる地下水位制御性の向上①

- サブドレン信頼性向上対策の一部実施完了（配管単独化等）により、サブドレンによる建屋周辺地下水位の制御性が向上し、ピット内水位をポンプ稼働設定水位の範囲内にほぼ制御出来ている。
- また、降雨時においてもピット内水位がほとんど上昇しておらず、サブドレン本来の動的な機能である「降雨時においても建屋内外水位差を拡大させない制御」が可能となっている。



## 1.(4) サブドレンによる地下水位制御性の向上②

- 陸側遮水壁（山側）の閉合開始前は，降雨時にサブドレン処理設備容量が地下水くみ上げ量に対して不足し，サブドレンの一部を停止させたため，井戸内水位が上昇し，建屋流入量が増加していた。（下左図）
- 陸側遮水壁（山側）の閉合進展に伴い，降雨時においてもサブドレンを停止させることがなくなり，井戸内水位を安定的にコントロール出来ている。（下右図）

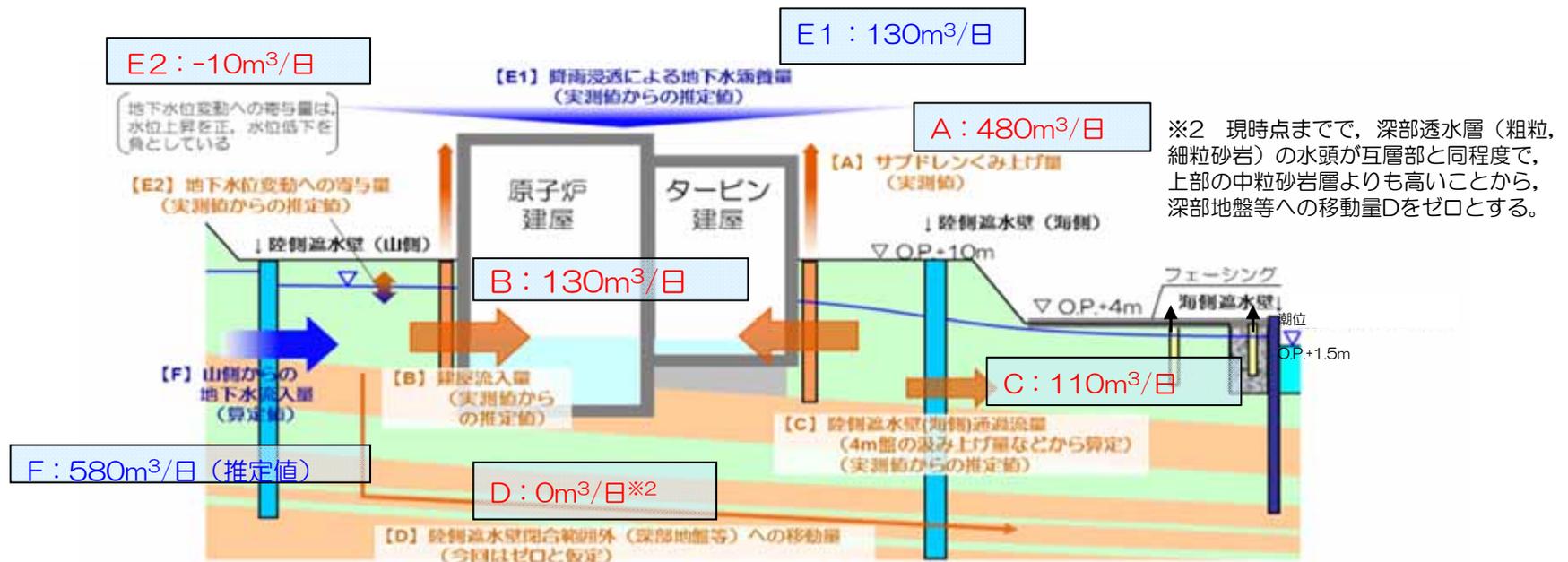


# 1.(5) 凍結開始前と現状の陸側遮水壁内の地下水収支の評価

- 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。
- 建屋流入量・4m盤への地下水移動量は減少している。
- 山側からの地下水流入量も減少している。

実績値(m <sup>3</sup> /日)	サブドレンくみ上げ量 (実測値) A	建屋流入量 (実測からの推定値) B	4m盤への 地下水移動量 (実測からの推定値) C*1	閉合範囲外への移動量 D	降雨涵養量 (実測からの推定値) E1*1	地下水位変動への寄与量 (実測からの推定値) E2*1	山側からの地下水流入量 (実測からの推定値) E
凍結開始前： 2016.3.1~3.31	390	170	250	0	20	-30	760
2017.5.1~5.31	480	130	110	0	130	-10	580

※1 上表は、降雨浸透率や有効空隙率を仮定して算出しているが、その仮定条件には不確実性が含まれている



実測に基づく地下水収支の評価 (2017.5.1~5.31)

---

## 2. 西側③閉合後における陸側遮水壁内の水位・くみ上げ量の想定について

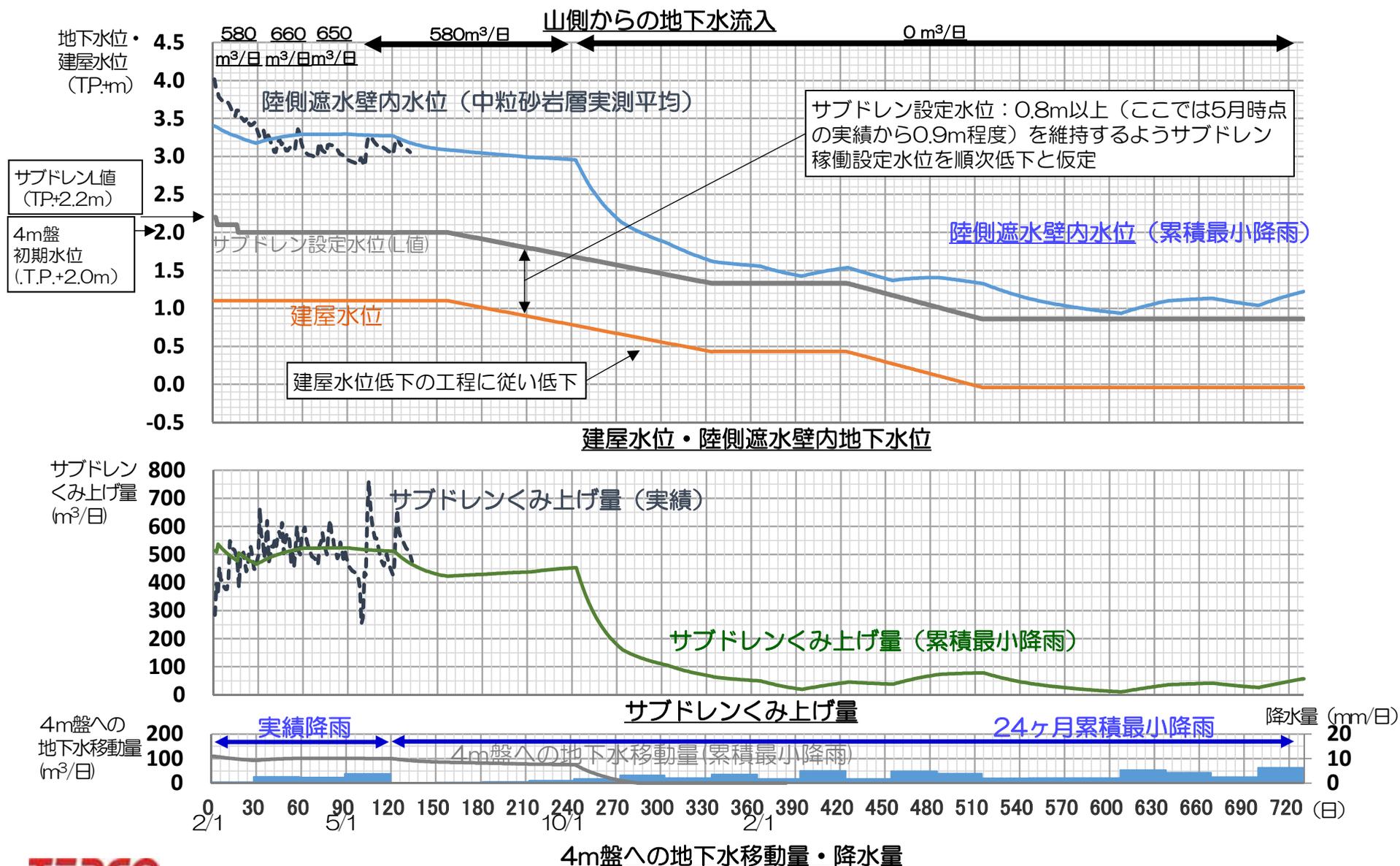
## 2.(1) 第三段階(完全閉合)後における地下水位変動の想定に係る条件設定

- 完全閉合後の地下水位変動およびサブドレンのくみ上げ量について、下記の通り条件設定を行い、想定を行った。
- なお想定に当たり、10月以降における山側からの地下水流入量をゼロと仮定した。

	H29.2~5	H29.6~H29.9	H29.10~
山側からの地下水流入量	地下水収支実績に基づき、各月の平均値を設定。 2月：580 m <sup>3</sup> /d 3月：660 m <sup>3</sup> /d 4月：650 m <sup>3</sup> /d 5月：580 m <sup>3</sup> /d	5月の山側からの地下水流入量（580m <sup>3</sup> /日）が継続すると仮定。	現状の未凍結箇所を含む、山側からの地下水流入量はゼロと仮定。
降水量	福島第一原子力発電所における降水量実績に基づき、各月の平均降水量を設定。 2月：0.4 mm/日 3月：2.6 mm/日 4月：2.3 mm/日 5月：3.8 mm/日	保守的な「期間降雨」として、過去40年間（1977~2016年）の浪江地点の月別降水量実績をもとに、統計的に最も降水量が少ない1~24ヶ月間を想定し、累積最小降雨を設定。	

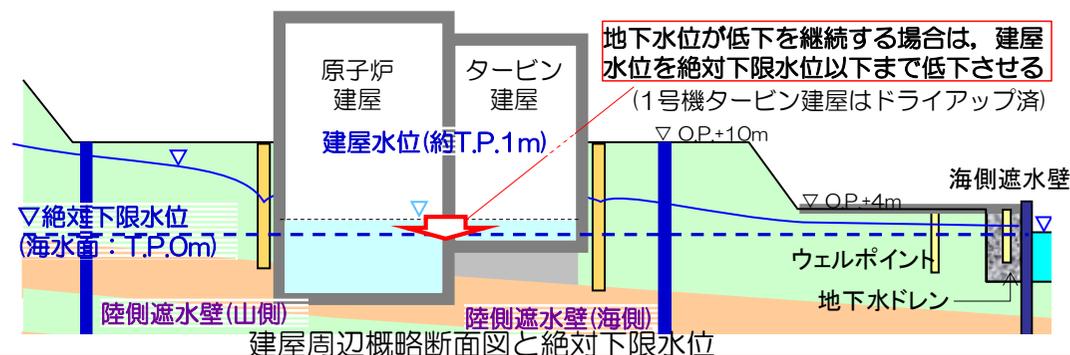
## 2.(2) 山側を完全閉合した場合の保守的な条件下における地下水位変動想定

- 完全閉合し、現状未凍結の箇所を含む山側からの地下水流入量が10月以降ゼロ、降雨条件が24ヶ月累積最小降雨の場合においても、サブドレンのくみ上げ量は確保できると考えている。



## 2.(3) 完全閉合後の建屋内外水位の逆転防止について

- 建屋内外水位の逆転防止は、基本的に地下水位の低下に対して、建屋滞留水を移送し、建屋水位を低下することで行う。
- そのため、地下水位の絶対下限水位（これよりも低下する事の無い下限の水位）を海水面として設定し、その水位以下に建屋水位を低下させるための滞留水の移送先容量を確保している。
- これまでのサブドレンの設定水位の低下や陸側遮水壁の段階的な閉合により、建屋内外水位をさらに安定的に管理できる状況となっている。
  - ✓ サブドレンによる地下水位低下に伴い、建屋への地下水流入量が減少し建屋水位の変動が抑制されている。
  - ✓ 建屋のドライアップも進んでおり、以前よりも絶対下限水位までの建屋水位低下は行いやすくなっている。
  - ✓ これまでのサブドレンの設定水位の低下や陸側遮水壁の段階的な閉合の過程においても、建屋周辺の地下水位の急激な低下は確認されておらず、閉合に伴う地下水位低下は緩やかであると考えられる。
- 今後もデータを蓄積し、完全閉合後においても確実に建屋内外水位を管理していくとともに、補助的な対策として以下を準備する。
  - ✓ 局所的な地下水位低下の場合には、注水を実施する。状況が改善されない場合には、注水量の増量・注水範囲の拡大・建屋周辺地盤面への散水を実施する。
  - ✓ 万一早急な対応が必要となった場合には、総合的に判断し必要な対策（陸側遮水壁のブライン停止・部分撤去等）を実施する。



## 2.(4) 山側を完全閉合した場合の地下水収支・地下水位変動まとめ

---

- 至近の地下水収支の評価に基づいて、山側を完全閉合した場合の地下水位変動を再算定した。
- 現状において未凍結の箇所を含む山側からの地下水流入量がゼロ、降雨条件が24ヶ月累積最小降雨の場合においても、サブドレンは稼働を継続すると考えている。

## 2.(5) 山側を完全閉合した後の建屋流入量・くみ上げ量の想定

---

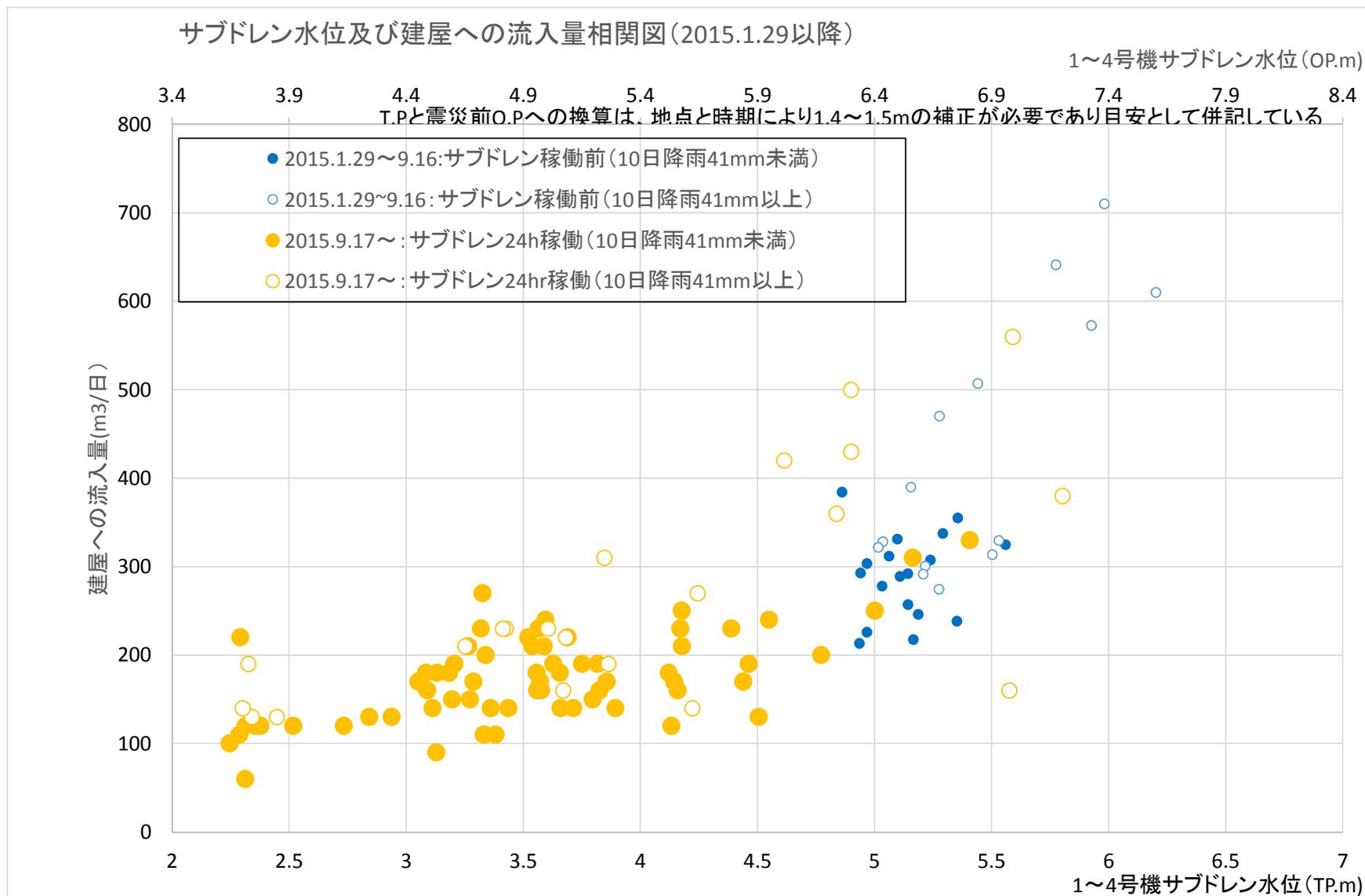
- 今後も、建屋内外水位差（建屋滞留水水位とサブドレン水位の差）は、従前どおり一定以上に維持するため、一定量の建屋への地下水流入は継続すると考えている。
- 但し、建屋への地下水流入量は、今後滞留水水位低下に併せてサブドレン水位を低下させ、建屋周辺地下水位が建屋への地下水流入部（構造物や配管の接続箇所など）よりも低下することで、減少すると考えている。
- 建屋周辺の地下水位・地下水頭の低下に伴い、海水配管トレンチ上下部の非凍結箇所を通じた4m盤への地下水流入量は減少し、4m盤くみ上げ量も減少していくと考えている。
- なお、完全閉合により、建屋周辺へ供給される地下水量が更に減少し、サブドレンのくみ上げ量が減少することで、降雨時のサブドレンによる地下水位制御性の向上が見込まれるが、くみ上げ水の量と水質の変化については、引き続き監視を行っていく。

---

【参考資料】

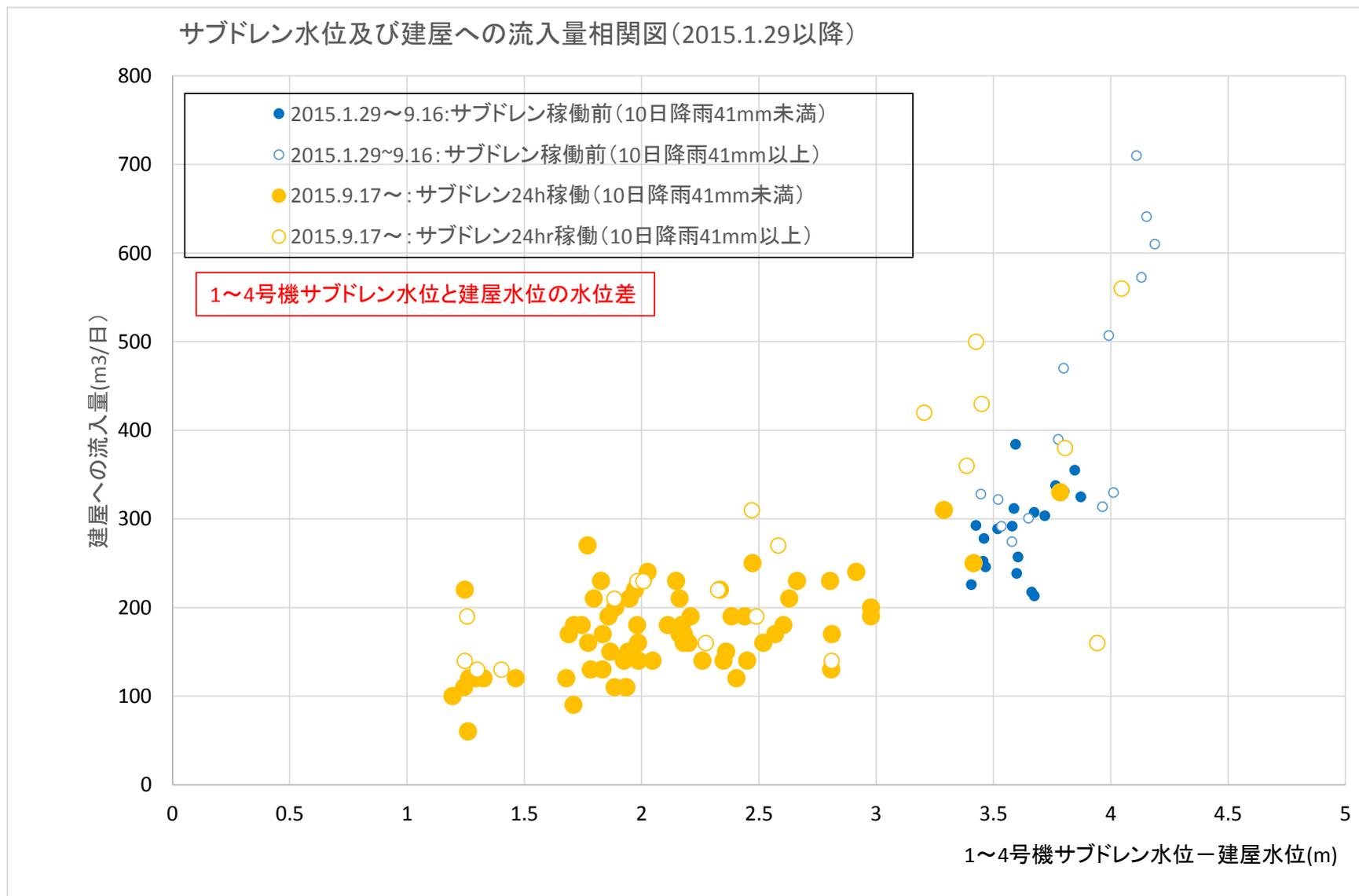
## 【参考】建屋への地下水流入量（サブドレン水位）

- サブドレン水位の低下に伴い、建屋流入量は減少しており、今後、滞留水水位低下に併せてサブドレン水位を低下させ、建屋周辺地下水位が建屋への地下水流入部よりも低下することで、減少すると考えている。

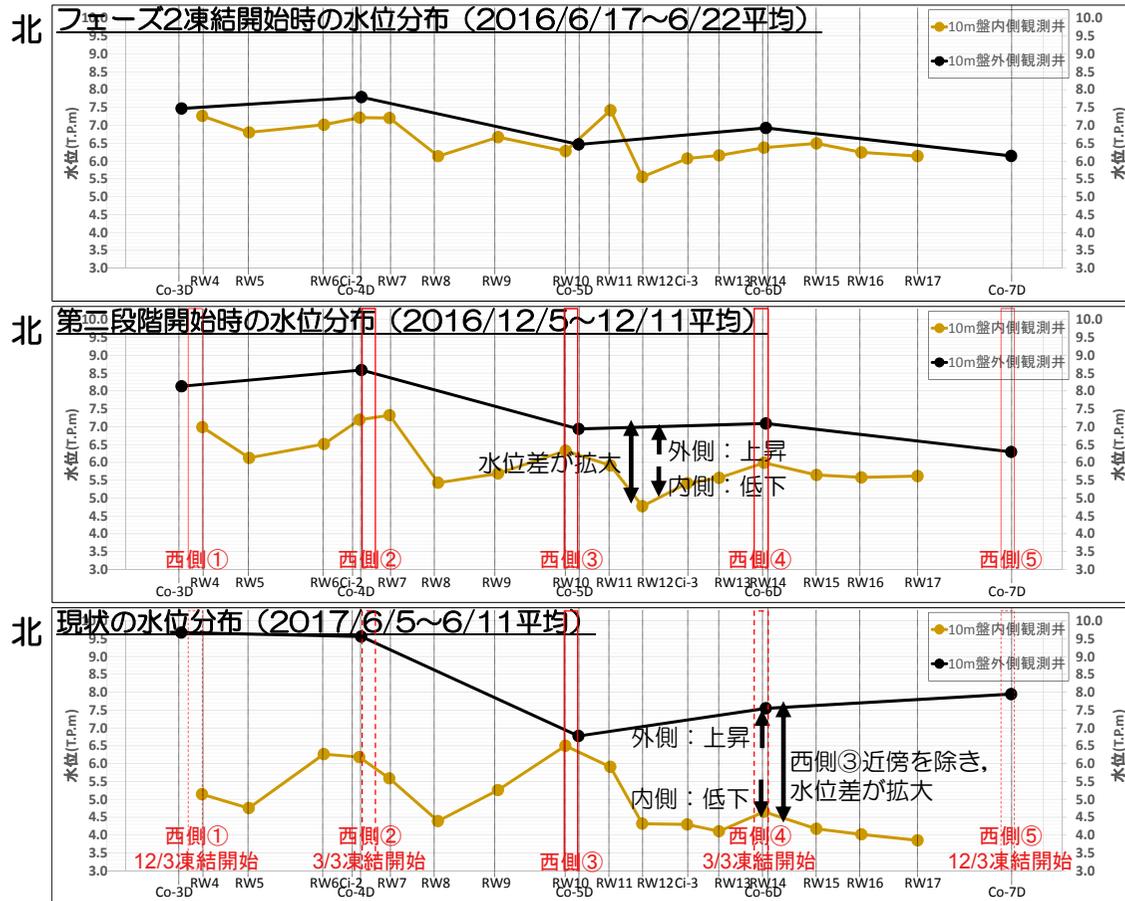


## 【参考】建屋への地下水流入量（建屋内外水位差）

- 建屋内外水位差（建屋滞留水水位とサブドレン水位との差）の縮小に伴い、建屋流入量は減少しているが、水位差を一定以上に維持するため、一定量の建屋への地下水流入は継続するものと考えている。



# 【参考】陸側遮水壁（山側）内外の地下水位の変化



- 南** ◆ フェーズ2凍結開始～第二段階開始にかけて地下水位差が拡大した。
- ▶ 内側の地下水位：  
昨年6/6フェーズ2凍結開始以降、陸側遮水壁（山側）の影響で低下した。未凍結箇所からの地下水流入の影響を受け、未凍結箇所近傍が高く、未凍結箇所から離れるにつれ低い水位分布となった。
  - ▶ 外側の地下水位：  
昨年6/6フェーズ2凍結開始以降、陸側遮水壁（山側）の影響で上昇した。
- ◆ 第二段階開始以降、凍結を開始していない西側③近傍を除き、更に地下水位差が拡大してきている。
- ▶ 内側の地下水位：  
昨年12/3、本年3/3の第二段階開始以降、凍結を開始していない西側③近傍を除き、低下してきている。
  - ▶ 外側の地下水位：  
凍結を開始していない西側③近傍を除き、上昇が継続している。



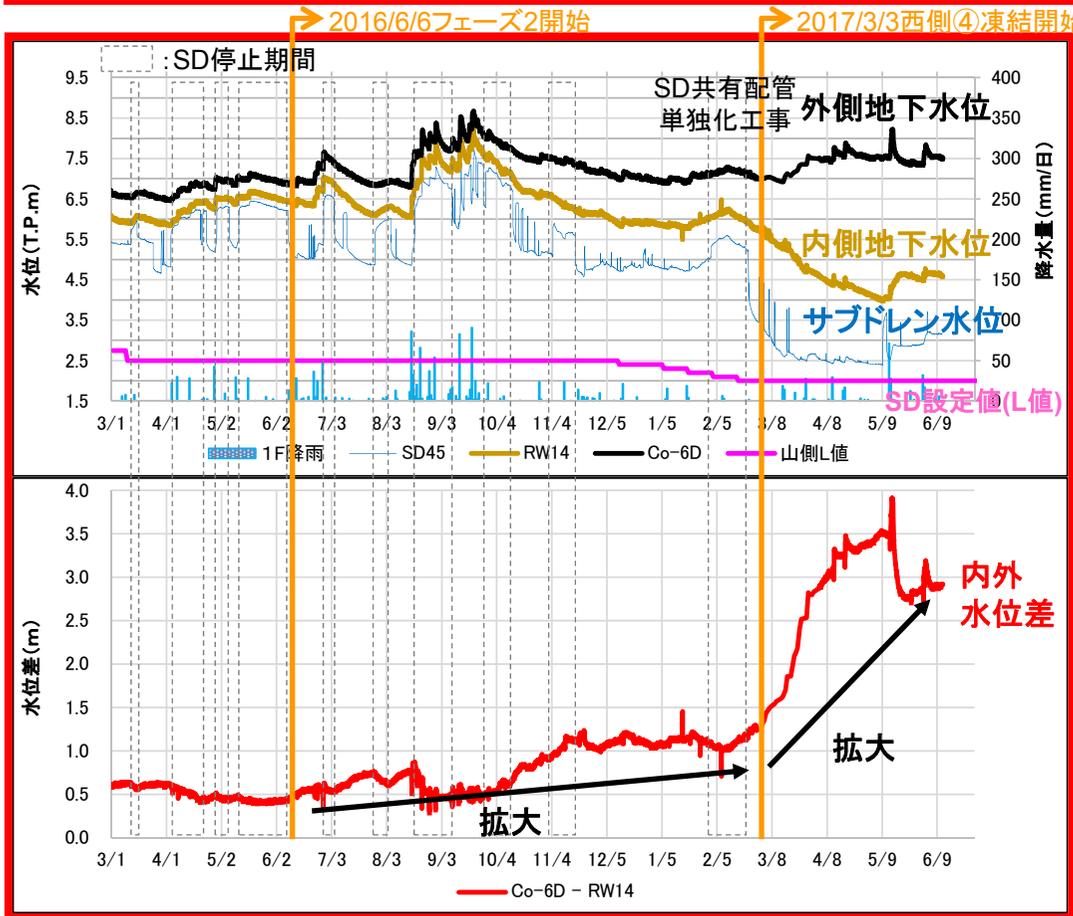
N

○ 未凍結箇所

● 10m盤外側観測井

● 10m盤内側観測井

# 【参考】陸側遮水壁（山側）内外の地下水位の変化



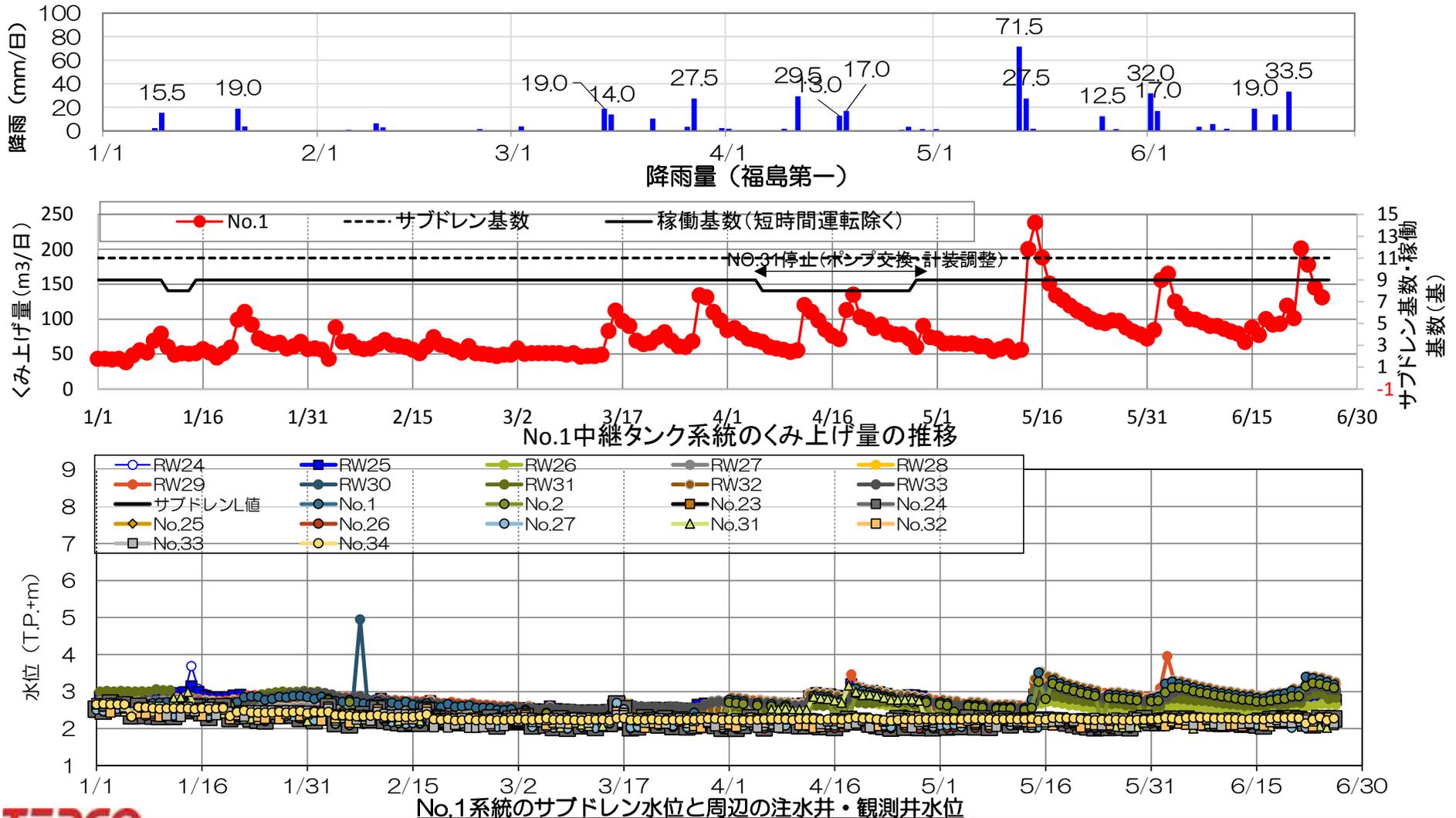
- ◆陸側遮水壁（山側）内側の地下水位は徐々に低下してきている。また、サブドレン水位は設定値（L値）近くまで低下できるようになってきている。
- ◆陸側遮水壁（山側）外側の地下水位は高い状態が維持されている。
- ◆陸側遮水壁（山側）の遮水効果が発現している。

山側の内外水位挙動と水位差（#3R/B山側）



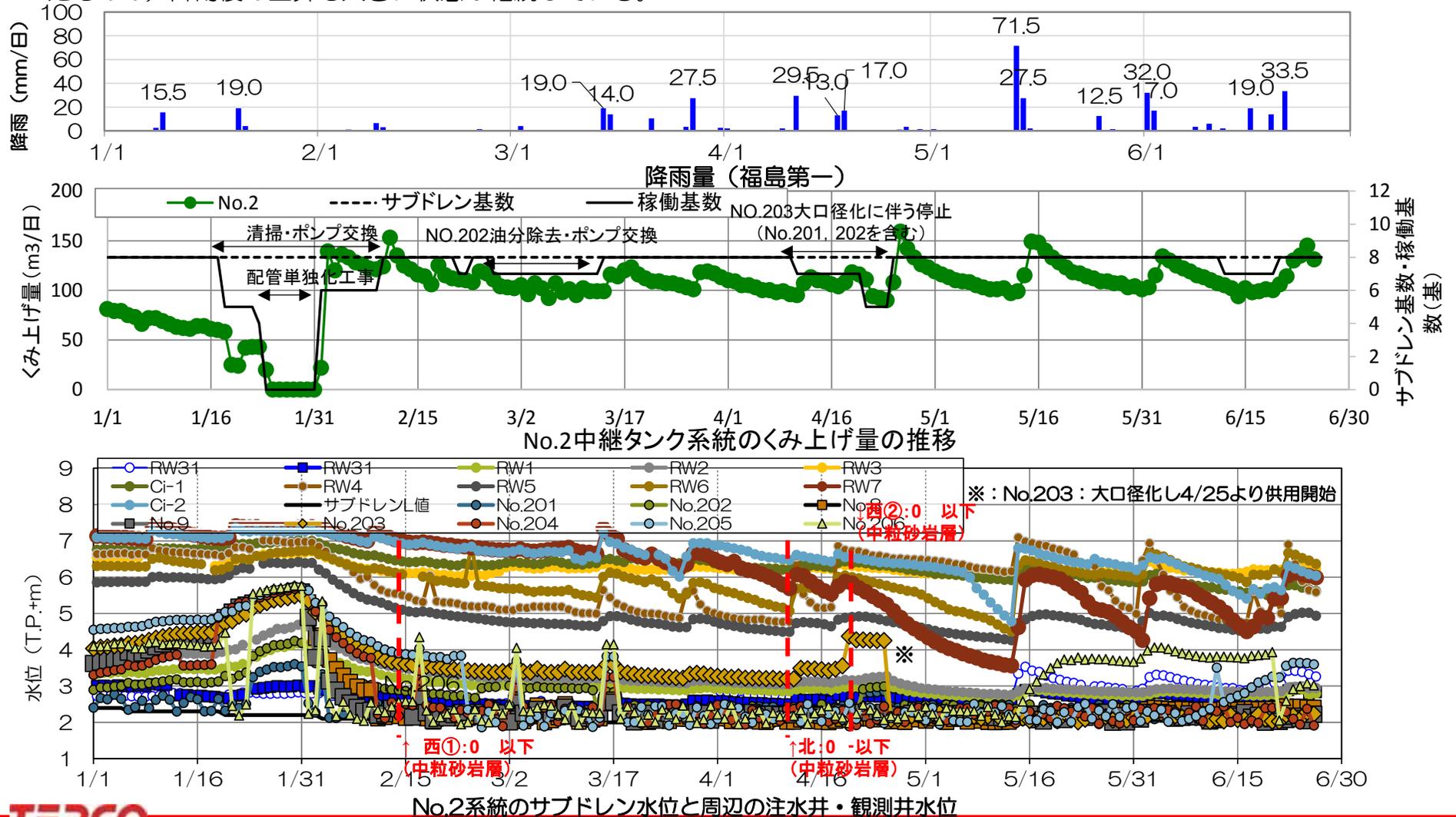
## 【参考】 No.1系統サブドレンくみ上げ状況と周辺地下水位

- 水質を考慮して短時間運転をしているNo.1, 2を除き, 全台稼働している(ポンプ交換等の作業時を除く)。
- くみ上げ量は, 降雨後は一時的にくみ上げ量が増加するが, その後緩やかに減少傾向が続き, 50~60m<sup>3</sup>/日程度に収束する傾向がある。明確な減少傾向は認められない。
- サブドレン水位・周辺水位共に, T.P.+2~3m程度の範囲に収まっている。降雨後, 比較的短期間で水位上昇があり, その後の緩やかな水位低下をする状態を繰り返している。



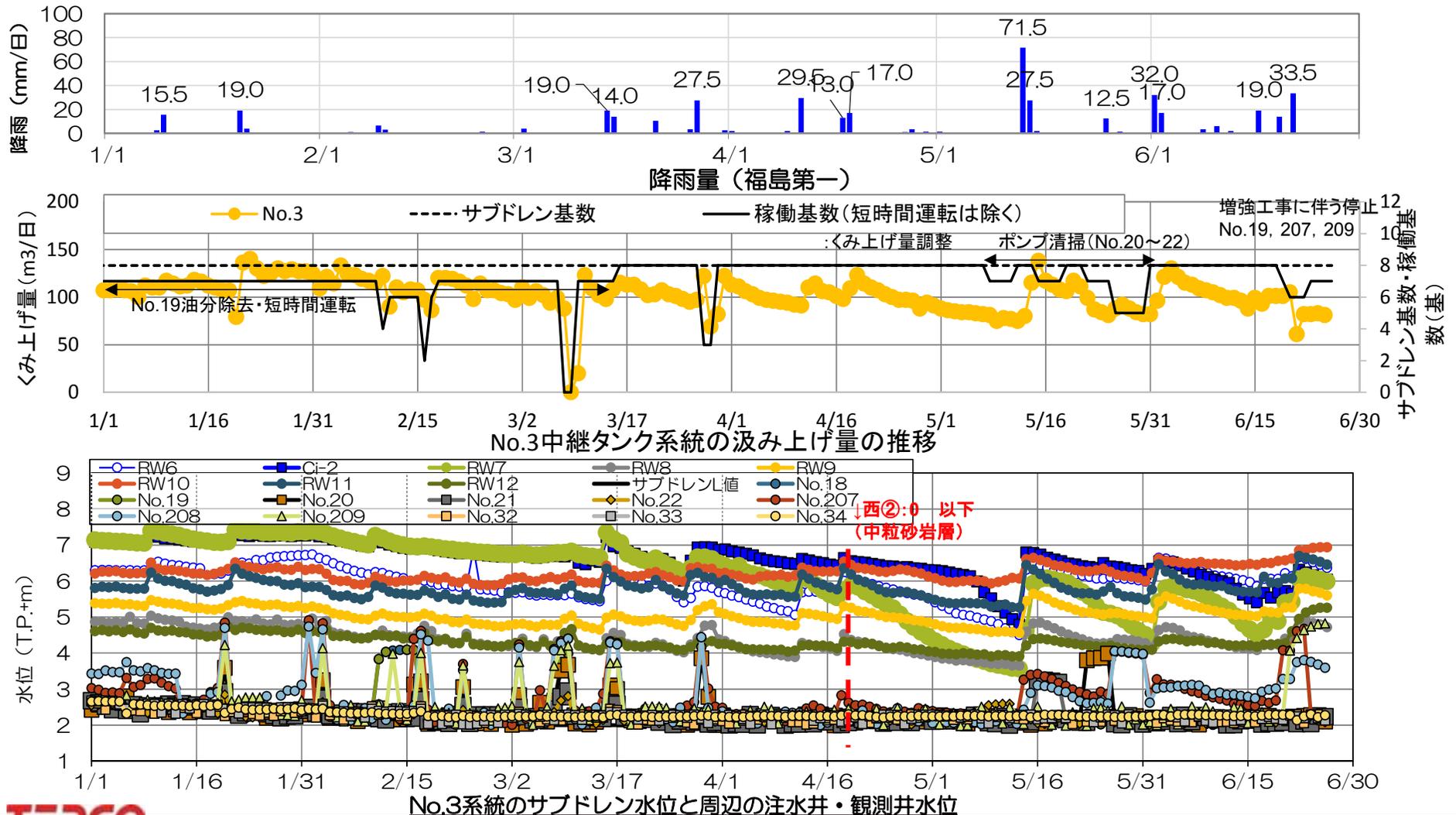
## 【参考】No.2系統サブドレンくみ上げ状況と周辺地下水位

- 配管単独化工事等の期間を除き、稼働台数は多い状況を維持している。
- No.203は、大口径化工事が完了し、4/25より供用を開始した。
- くみ上げ量は、降雨後は一時的にくみ上げ量が増加するが、その後緩やかに減少傾向が続き、90~100m<sup>3</sup>/日程度に収束する傾向がある。明確な減少傾向は認められない。
- サブドレン水位は、T.P.+2~2.5m程度の範囲に収まっている。周辺の地下水位も2月以降は降雨後の低下傾向は大きくなったものの、降雨後の上昇も大きい状態が継続している。



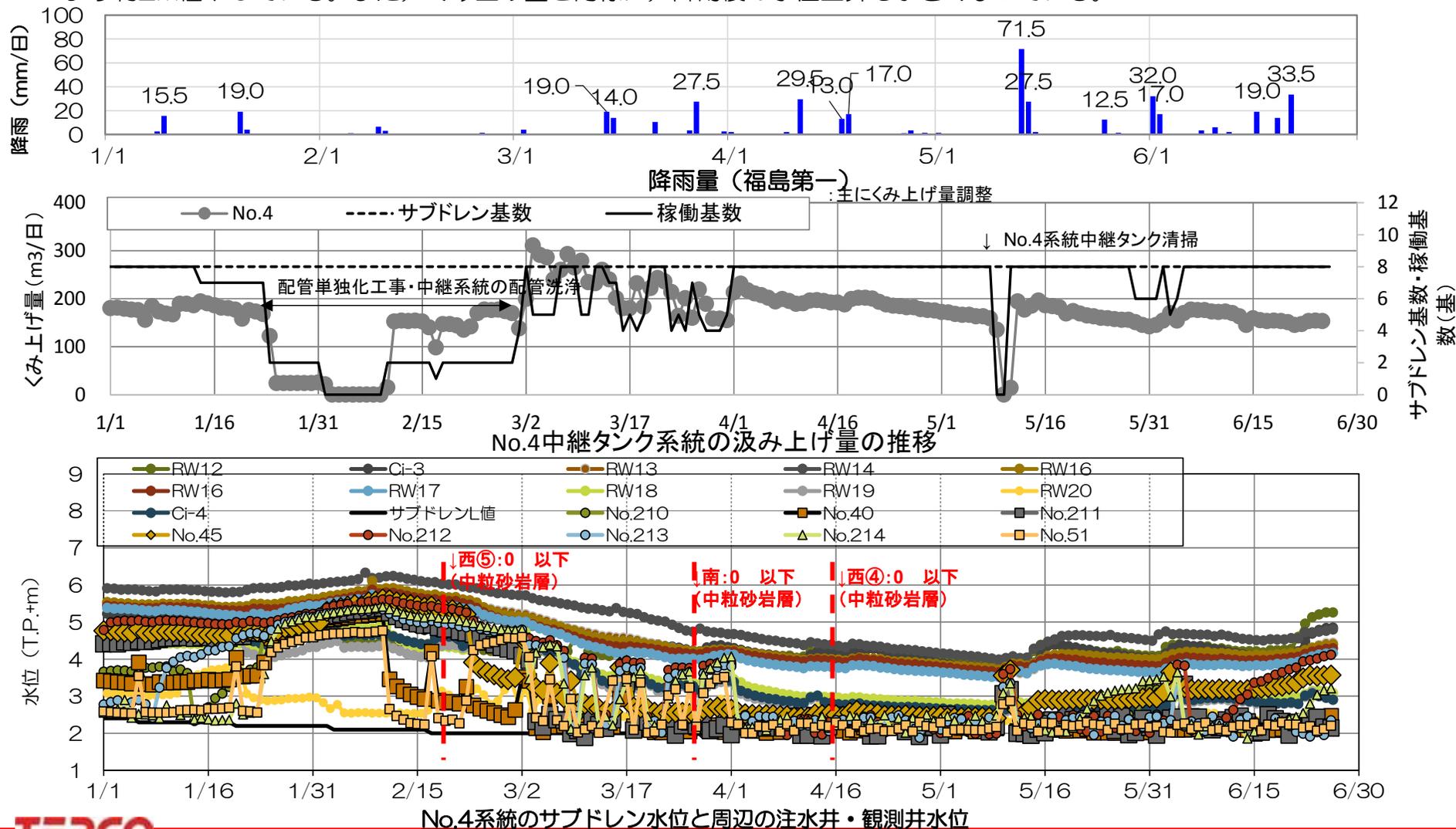
## 【参考】 No.3系統サブドレンくみ上げ状況と周辺地下水位

- メンテナンス等の期間を除き、稼働台数は多い状況を維持している。
- くみ上げ量は、降雨後は一時的にくみ上げ量が増加するが、その後緩やかに減少傾向が続き、70~80m<sup>3</sup>/日程度に収束する傾向がある。明確な減少傾向は認められない。
- サブドレン水位は、一部（メンテナンス中など）のピットを除き、T.P.+2~2.5m程度の範囲に収まっている。周辺の地下水位も2月以降は降雨後の低下傾向は大きくなったものの、降雨後の上昇も大きい状態が継続している。



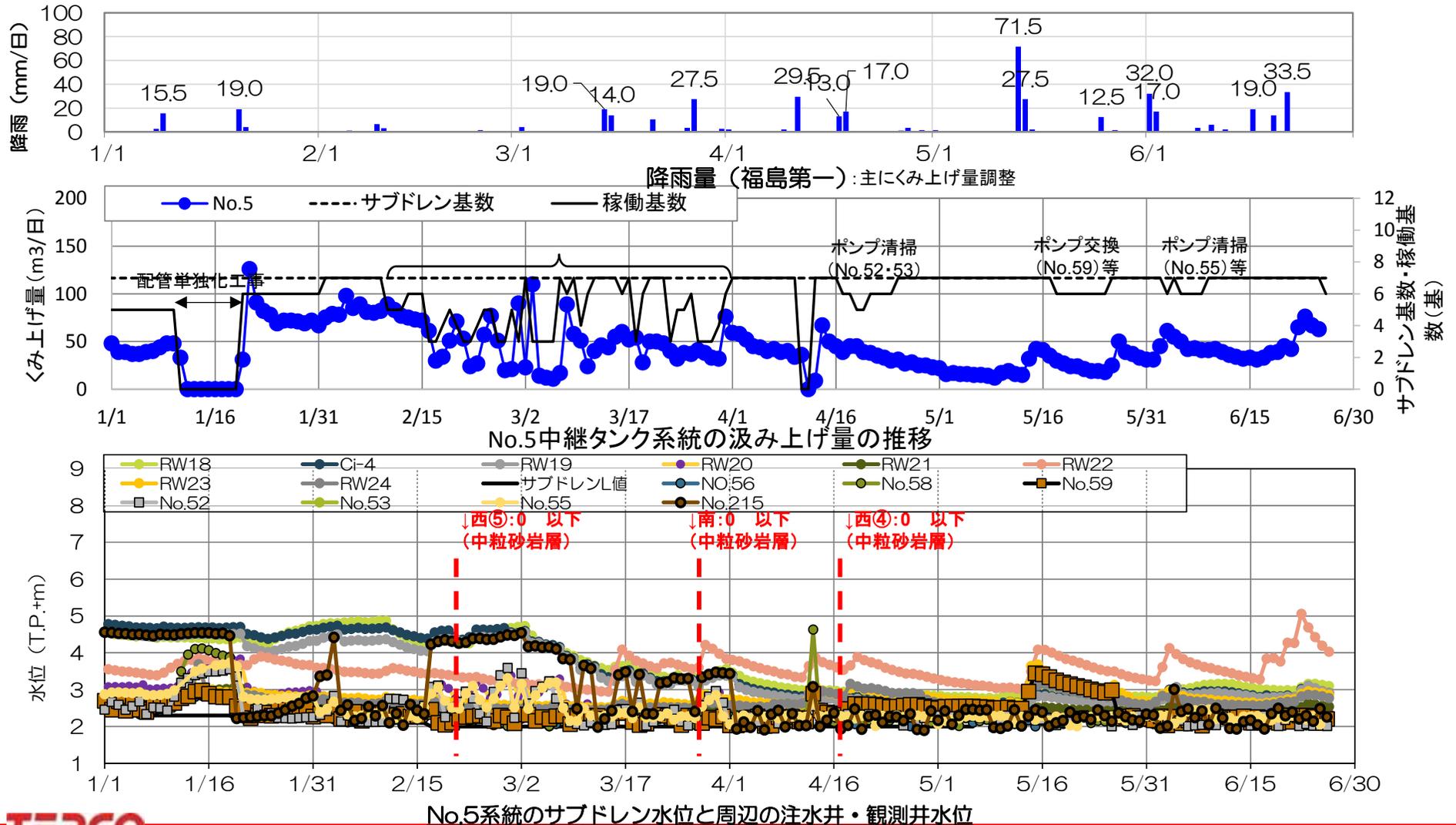
## 【参考】 No.4系統サブドレンくみ上げ状況と周辺地下水位

- 配管単独化工事・くみ上げ量調整等により稼働台数は比較的良かったが、4月以降は稼働台数が多い状況を維持している。
- くみ上げ量は、単独化工事・配管洗浄直後は、全基稼働すると300m<sup>3</sup>/日程度まで増加したため、頻繁にくみ上げ量調整のためのピット停止が続いた。その後くみ上げ量は減少しており、至近では全基稼働で150m<sup>3</sup>/日程度となっている。降雨後のくみ上げ量増加は顕著では無くなってきている。
- サブドレン水位は、一部ピットを除きT.P.+2~2.5m程度の範囲に収まっている。周辺の地下水位は、2月以降の減少傾向により約2m低下している。また、くみ上げ量と同様に、降雨後の水位上昇も小さくなってきている。

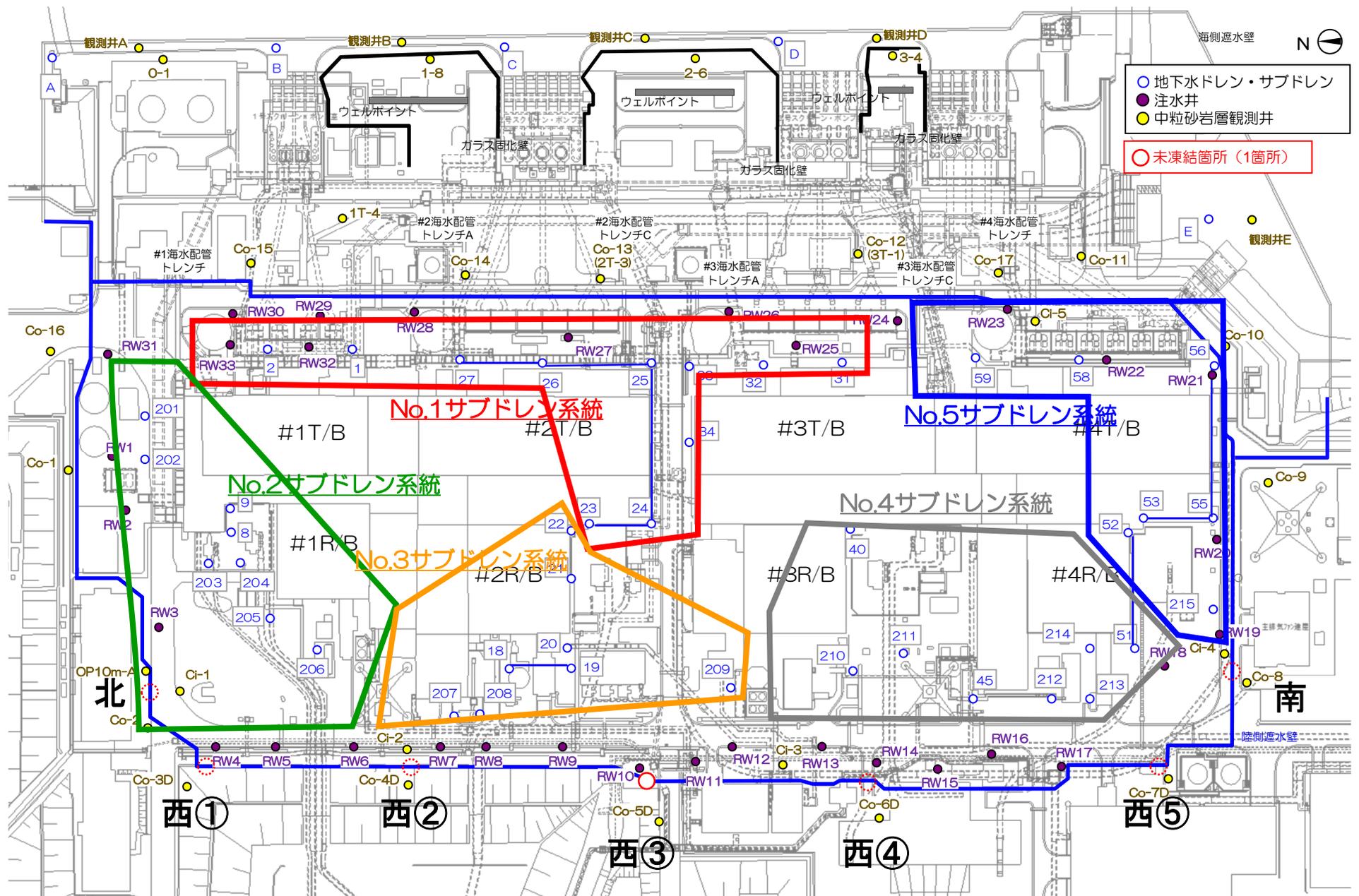


## 【参考】 No.5系統サブドレンくみ上げ状況と周辺地下水位

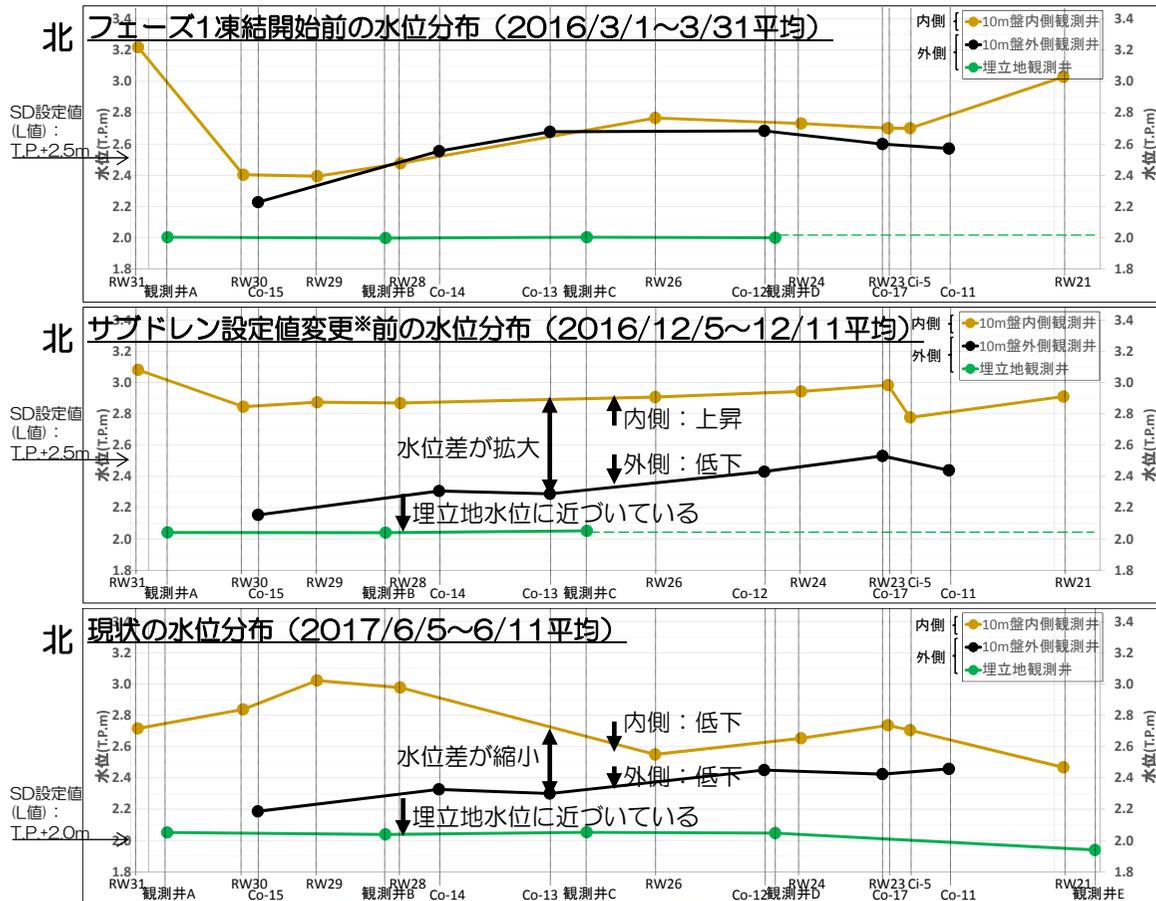
- 配管単独化工事・くみ上げ量調整等により稼働台数は比較的低かったが、4月以降は稼働台数が多い状況を維持している。
- 単独化工事直後は、全基稼働すると100m<sup>3</sup>/日以上のかみ上げ量であった。くみ上げ量は、降雨後は一時的にくみ上げ量が増加するが、その後緩やかに減少傾向が続き、20~30m<sup>3</sup>/日程度に収束する傾向がある。明確な減少傾向は認められない。
- サブドレン水位は、至近ではT.P.+2~2.5m程度の範囲に収まっている。周辺の地下水位も、3月以降顕著な低下傾向が認められ、サブドレン水位と同等の水位になっており、また、降雨後の水位上昇は小さい（RW22を除く）。



# 【参考】サブドレン・注水井・地下水位観測井位置図

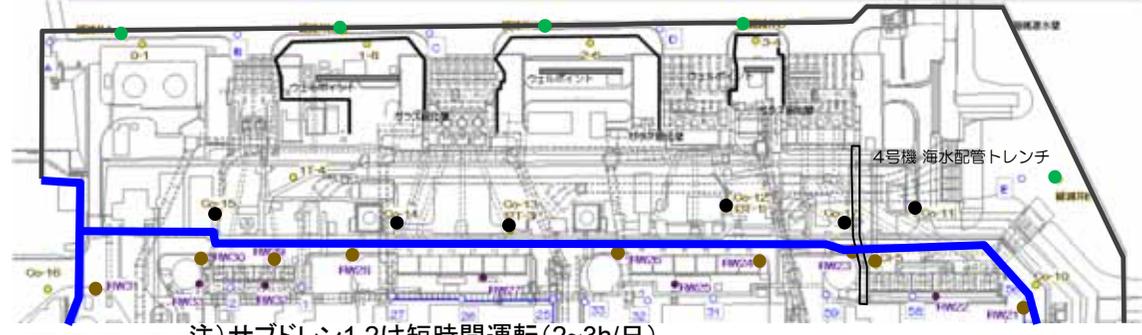


# 【参考】陸側遮水壁（海側）内外の地下水位の変化



- ◆ フェーズ1凍結開始～サブドレン設定値変更前にかけて地下水位差が拡大した。**
- 内側の地下水位：昨年3/31フェーズ1凍結開始以降、陸側遮水壁（海側）の影響で上昇した。サブドレン稼働の影響を受け、サブドレン設定水位付近（T.P.+2.8~3.0m程度）でほぼ様な水位分布となった。
  - 外側の地下水位：昨年3/31フェーズ1凍結開始以降、陸側遮水壁（海側）の影響で低下した。
- ◆ サブドレン設定値変更以降、地下水位差が縮小してきている。**
- 内側の地下水位：昨年12/12以降のサブドレン設定値変更の影響により、低下してきている。
  - 外側の地下水位：低下が継続し、埋立地水位に近づいている。

2016/12/12から2017/2/17にかけてL値を段階的に低下した(T.P.+2.5→2.0m)。

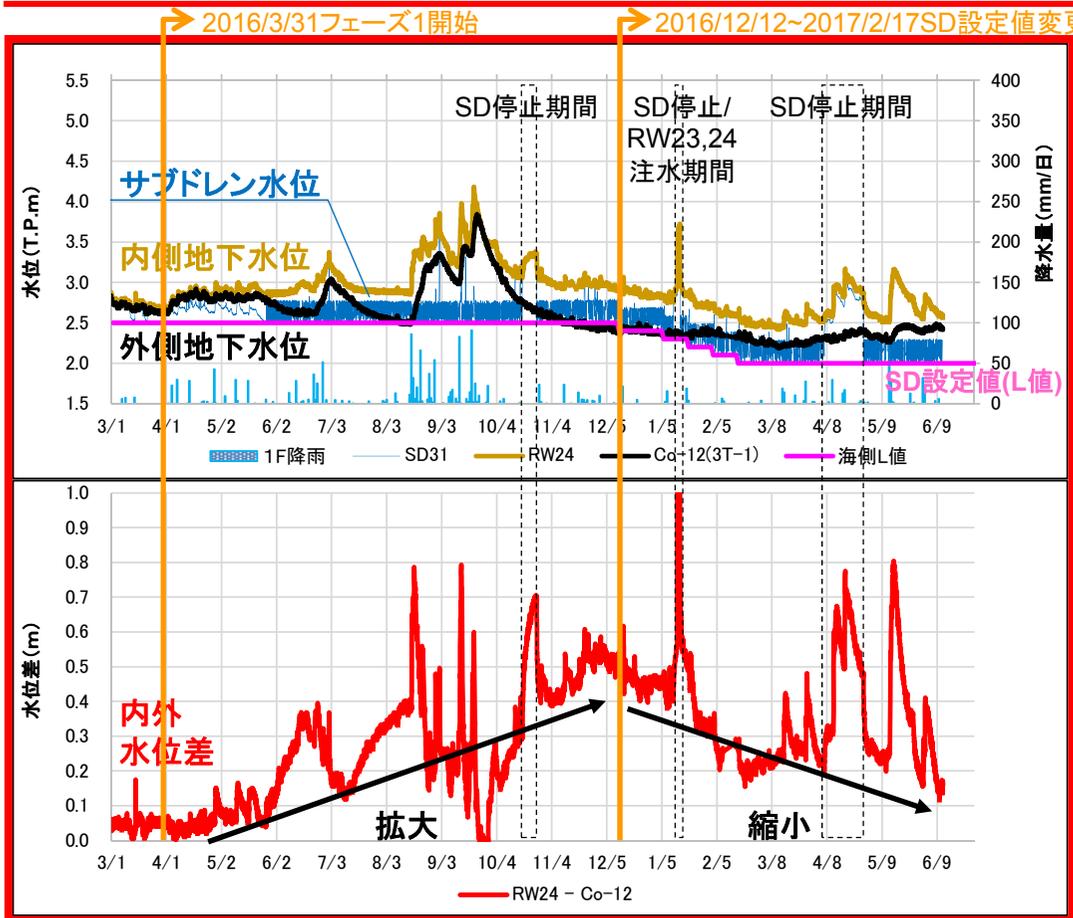


- N
- 埋立地観測井
  - 10m盤外側観測井
  - 10m盤内側観測井

注) サブドレン1,2は短時間運転(2~3h/日)



# 【参考】陸側遮水壁（海側）内外の地下水位の変化



- ◆ 陸側遮水壁（海側）内外で地下水位の変動に明瞭な差異が生じている。
  - 内側の地下水位：近傍のサブドレン停止後に上昇し、サブドレン稼働再開後に低下した。
  - 外側の地下水位：近傍のサブドレン停止・稼働再開、近傍の注水井への注水に連動した変動は認められない。
- ◆ 陸側遮水壁（海側）の遮水効果が発現している。

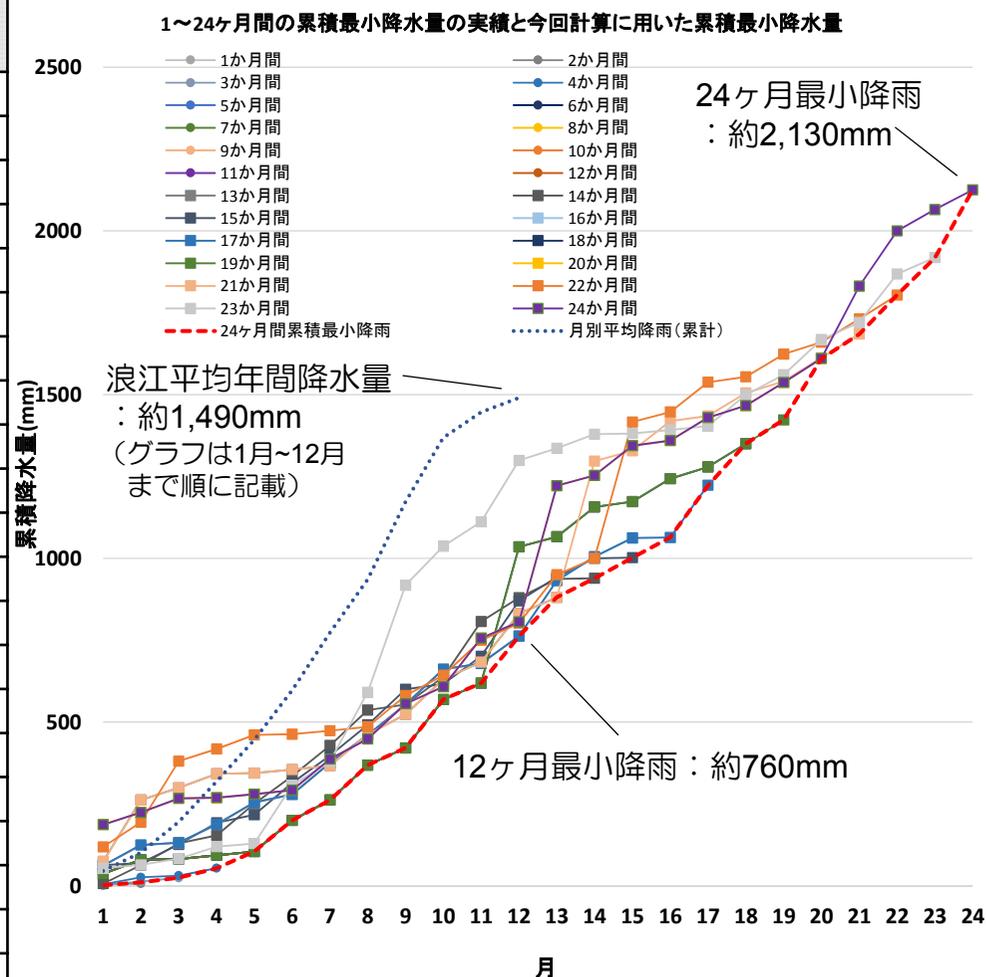
海側の内外水位挙動と水位差（#3T/B海側）



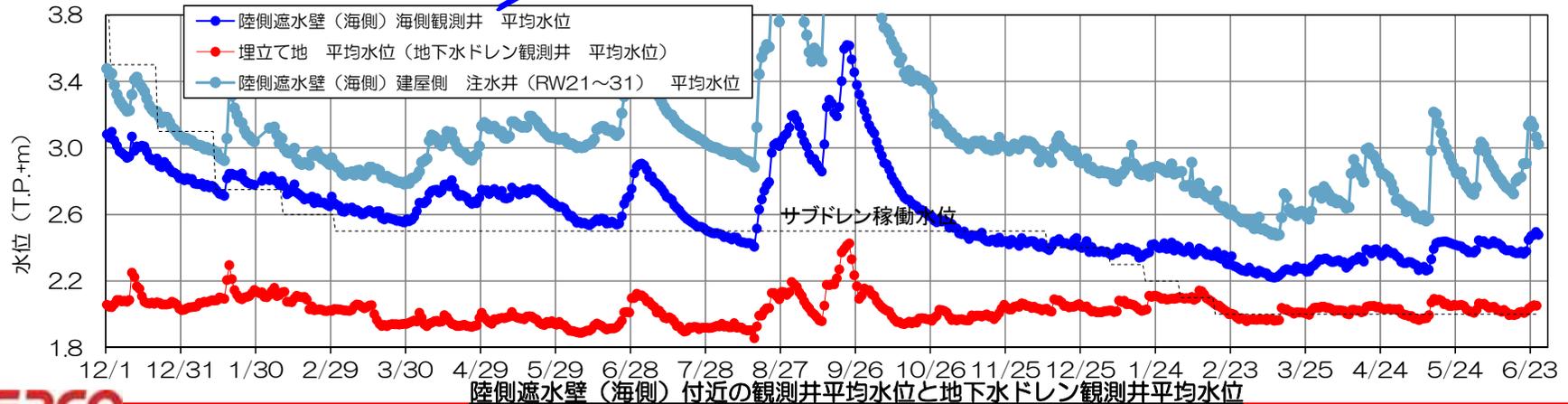
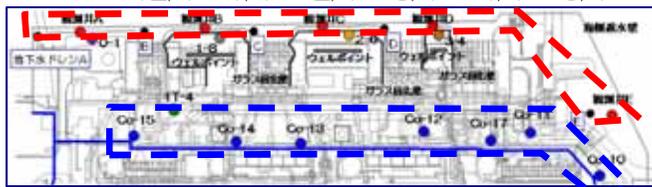
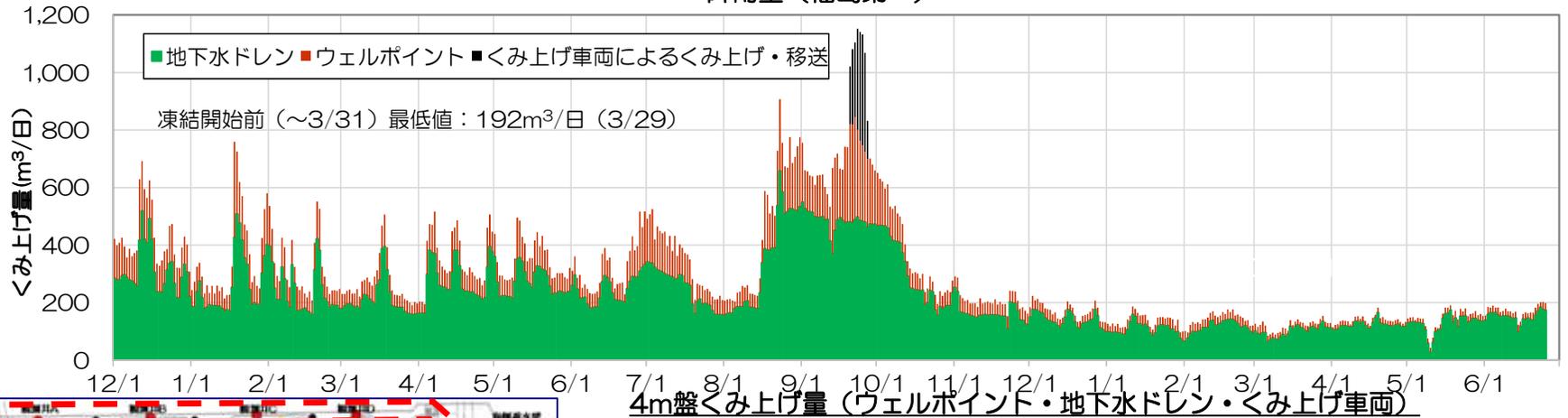
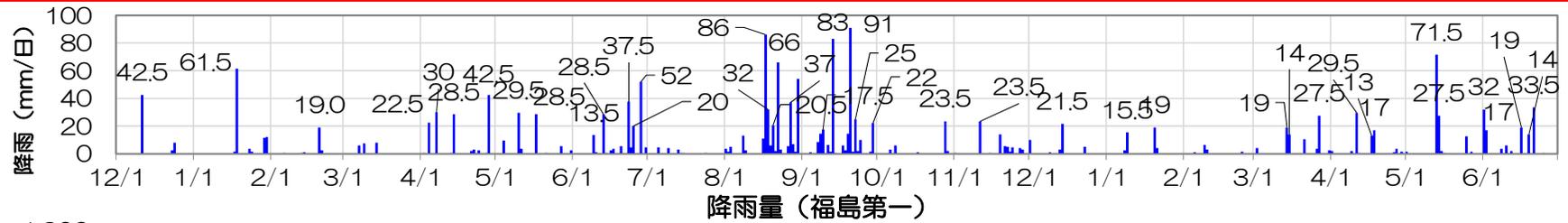
## 【参考】 累積最少降雨について

- 保守的な「期間降雨」として，過去40年間（1977～2016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1～24ヶ月間を想定し，累積最少降雨とした。

月間	時期	累積降水量 (mm)	降水量月間 差分(mm)
1か月間	1985年1月 ， 1995年12月	2	2
2か月間	1977年1月 ～ 1977年2月	11	9
3か月間	1995年12月 ～ 1996年2月	25	14
4か月間	1998年11月 ～ 1999年2月	54	29
5か月間	1995年10月 ～ 1996年2月	105	51
6か月間	1995年10月 ～ 1996年3月	200	95
7か月間	1995年10月 ～ 1996年4月	262	62
8か月間	1995年10月 ～ 1996年5月	369	107
9か月間	1995年10月 ～ 1996年6月	421	52
10か月間	1995年10月 ～ 1996年7月	569	148
11か月間	1995年10月 ～ 1996年8月	619	50
12か月間	1983年10月 ～ 1984年9月	763	144
13か月間	1995年8月 ～ 1996年8月	881	118
14か月間	1983年12月 ～ 1985年1月	939	58
15か月間	1983年11月 ～ 1985年1月	1,002	63
16か月間	1983年10月 ～ 1985年1月	1,064	62
17か月間	1983年10月 ～ 1985年2月	1,223	159
18か月間	1995年10月 ～ 1997年3月	1,350	127
19か月間	1995年10月 ～ 1997年4月	1,423	73
20か月間	1995年9月 ～ 1997年4月	1,610	187
21か月間	1995年8月 ～ 1997年4月	1,685	75
22か月間	1995年7月 ～ 1997年4月	1,804	119
23か月間	1994年10月 ～ 1996年8月	1,918	114
24か月間	1995年9月 ～ 1997年8月	2,125	207

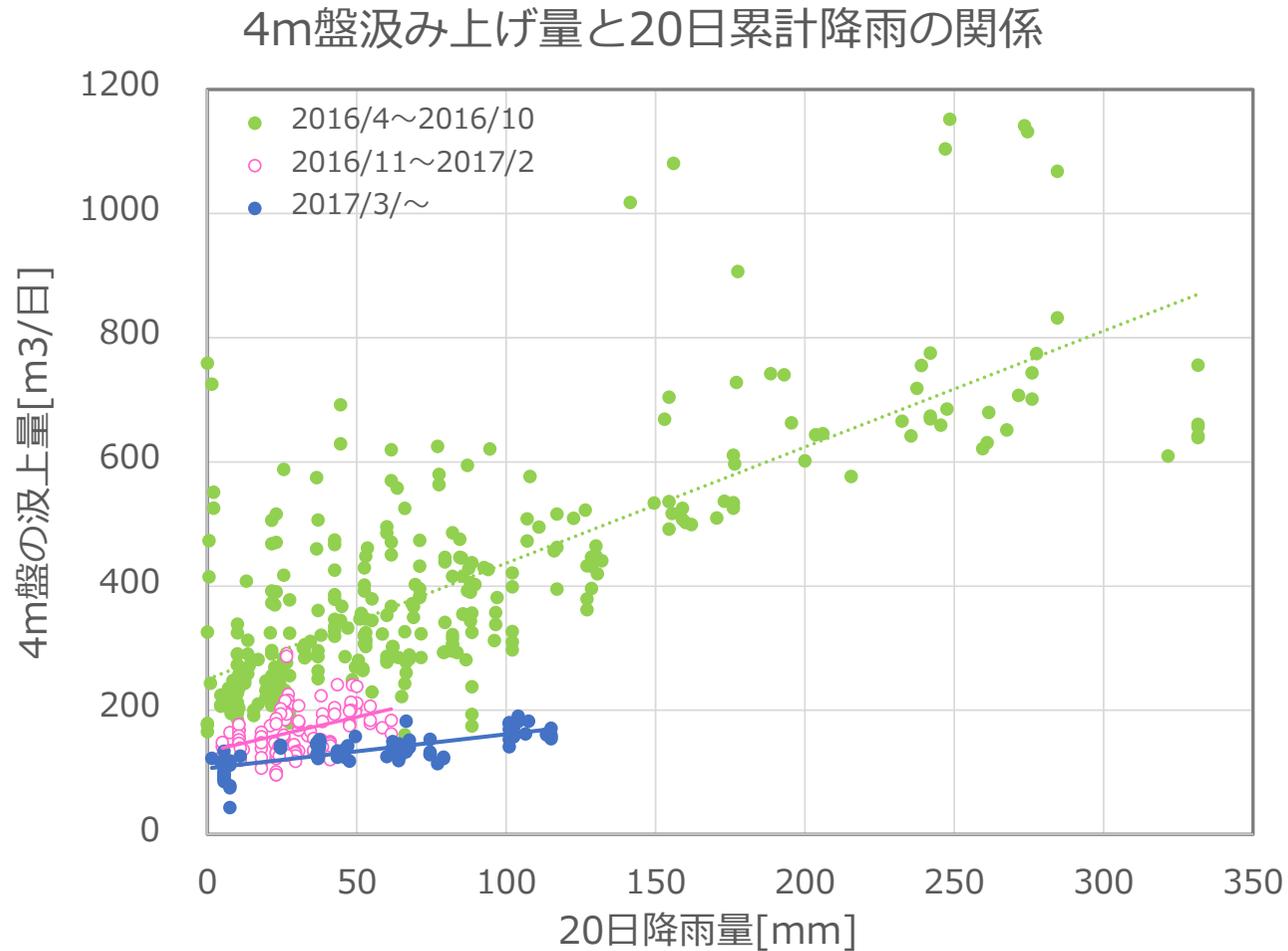


# 【参考】4m盤くみ上げ量と陸側遮水壁の海側および埋立て地水位の推移



## 【参考】 4m盤におけるくみ上げ量と降雨量

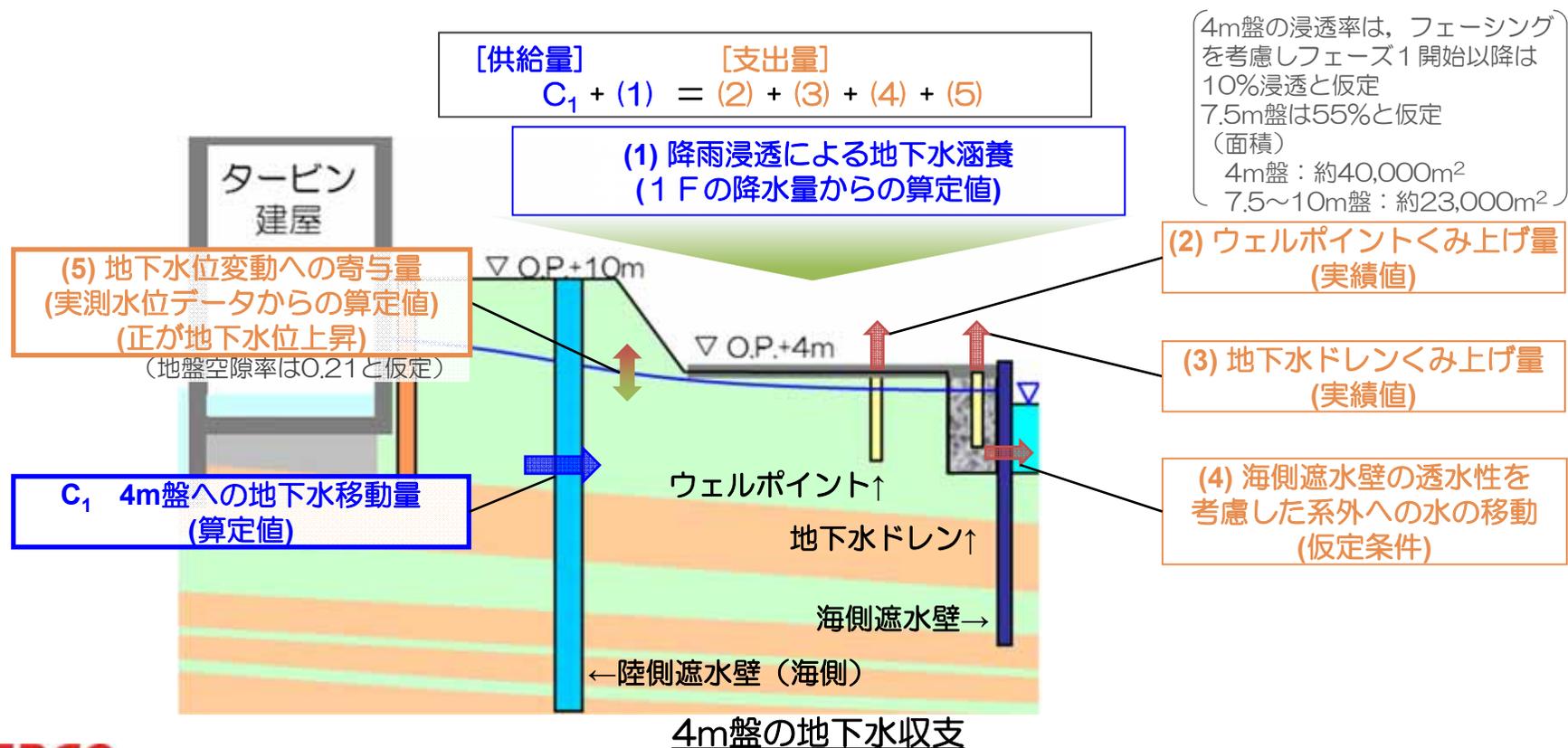
- 4m盤におけるくみ上げ量は、陸側遮水壁（海側）の閉合ならびに4m盤における雨水浸透防止・流入抑制対策の実施により、同程度の降雨に対して減少傾向が見られる。



## 【参考】凍結開始前と現状の4m盤の地下水収支の評価

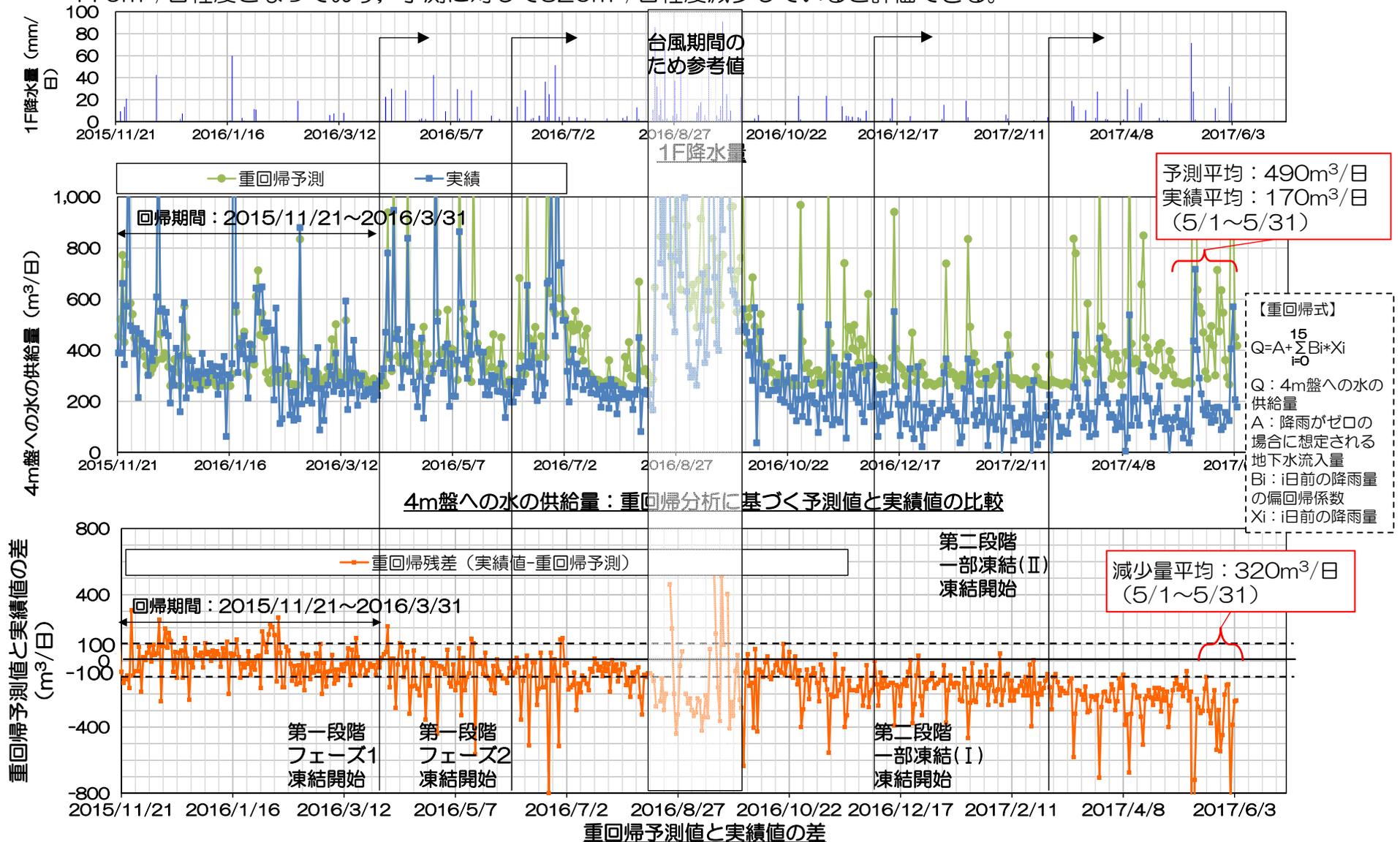
- 凍結開始前と現状で4m盤の地下水収支の評価を比較すると、4m盤への地下水移動量は段々と減少している。
- 減少している要因は、雨水浸透防止策(フェーシング等)、サブドレン稼働、陸側遮水壁(海側)の閉合などの複合効果によるものと考えられる。

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)
凍結開始前：2016.3.1～3.31	250	20	60	210	30	-30
2017.5.1～5.31	110	70	20	130	30	0



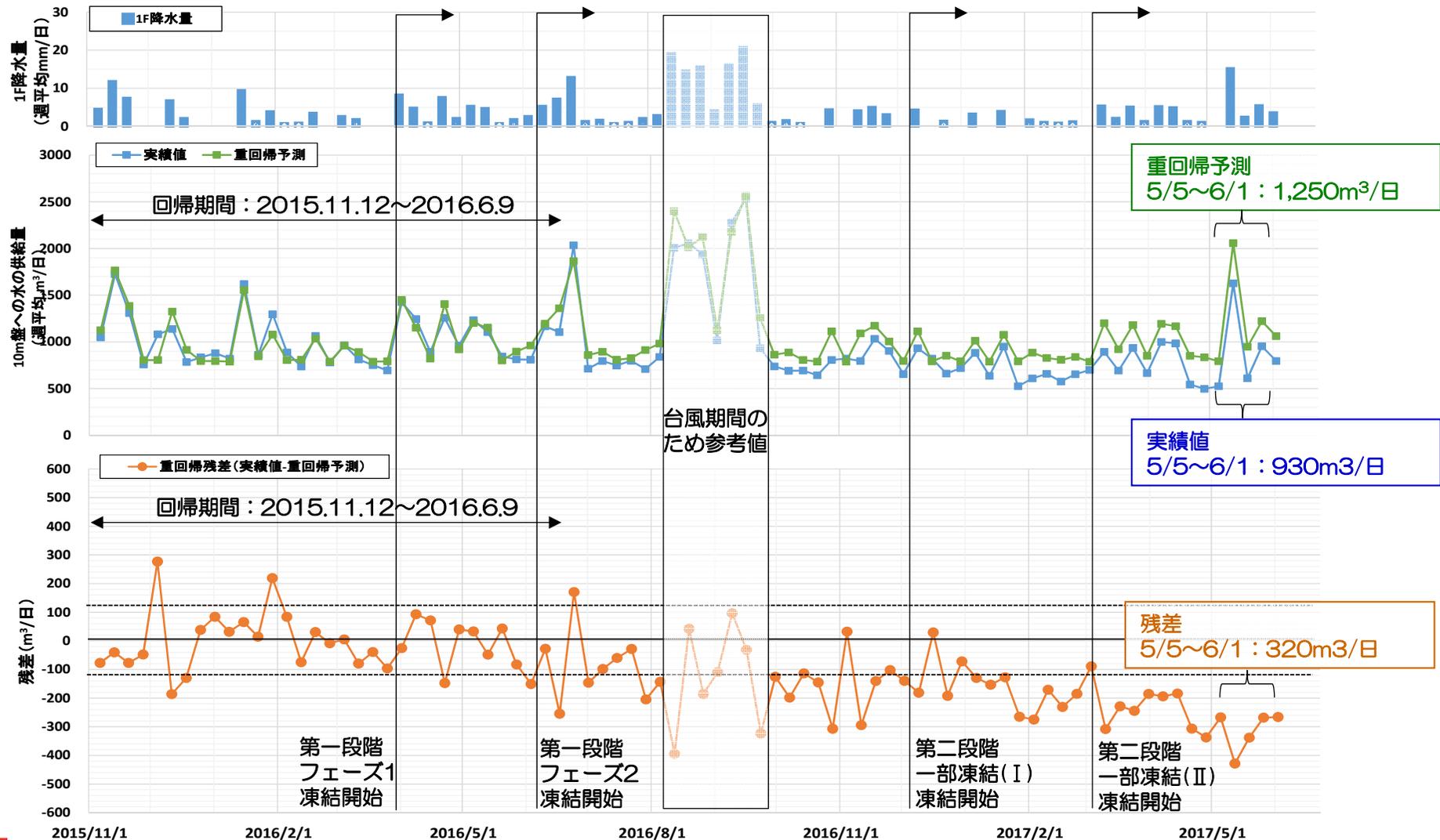
# 【参考】4m盤への水の供給量（地下水流入+降雨浸透）の重回帰分析による評価

- 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）を目的変量、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量として、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490m<sup>3</sup>/日程度に対して、実績は170m<sup>3</sup>/日程度となっており、予測に対して320m<sup>3</sup>/日程度減少していると評価できる。



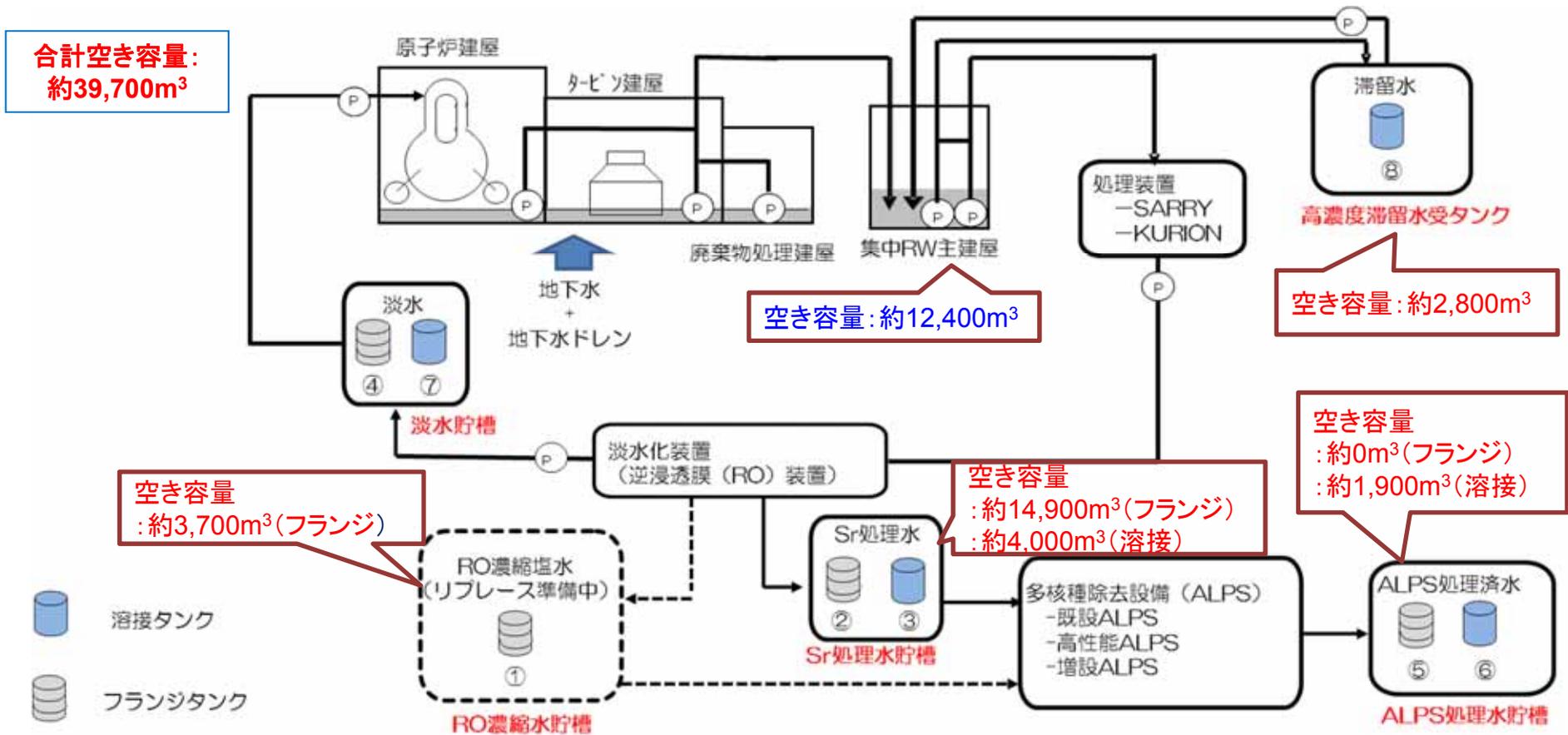
## 【参考】10m盤への水の供給量（地下水流入+降雨浸透）の重回帰分析による評価

- 降雨による影響を考慮するため、10m盤への水の供給量\*（地下水流入+降雨浸透）を目的変量、降雨の影響が大きいと思われる35日前までの週間平均降雨量を説明変量として、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10m盤への降雨を含む地下水の供給量は、凍結開始前のデータに基づく重回帰式による予測では、1,250m<sup>3</sup>/日程度に対し、実績は930m<sup>3</sup>/日程度であり、陸側遮水壁による流入量の減少が確認されている。



## 【参考】緊急移送先の確保について

- 1～4号機の建屋水位を平均潮位まで低下するのに必要な建屋滞留水の緊急移送量は約19,800m<sup>3</sup>（2017年6月1日時点）であり、緊急移送先として、約39,700m<sup>3</sup>を確保している。



※ タンク空き容量は運用上の上限（水位高液位）で計算