

地下水流入対策の現状

2017年7月7日

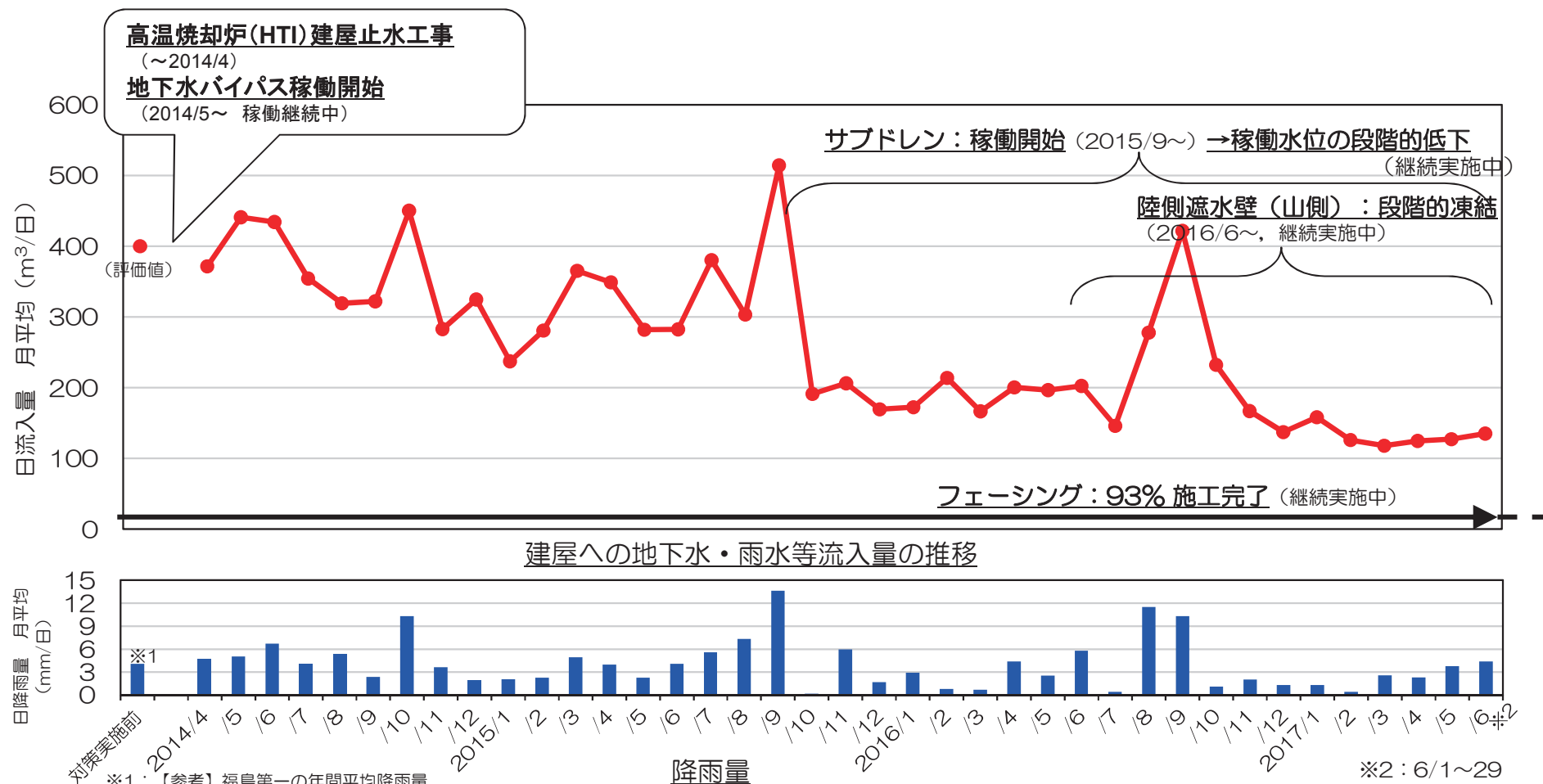


東京電力ホールディングス株式会社

1. 建屋流入量の低減状況・各種くみ上げ量の状況 等

建屋流入量の低減状況

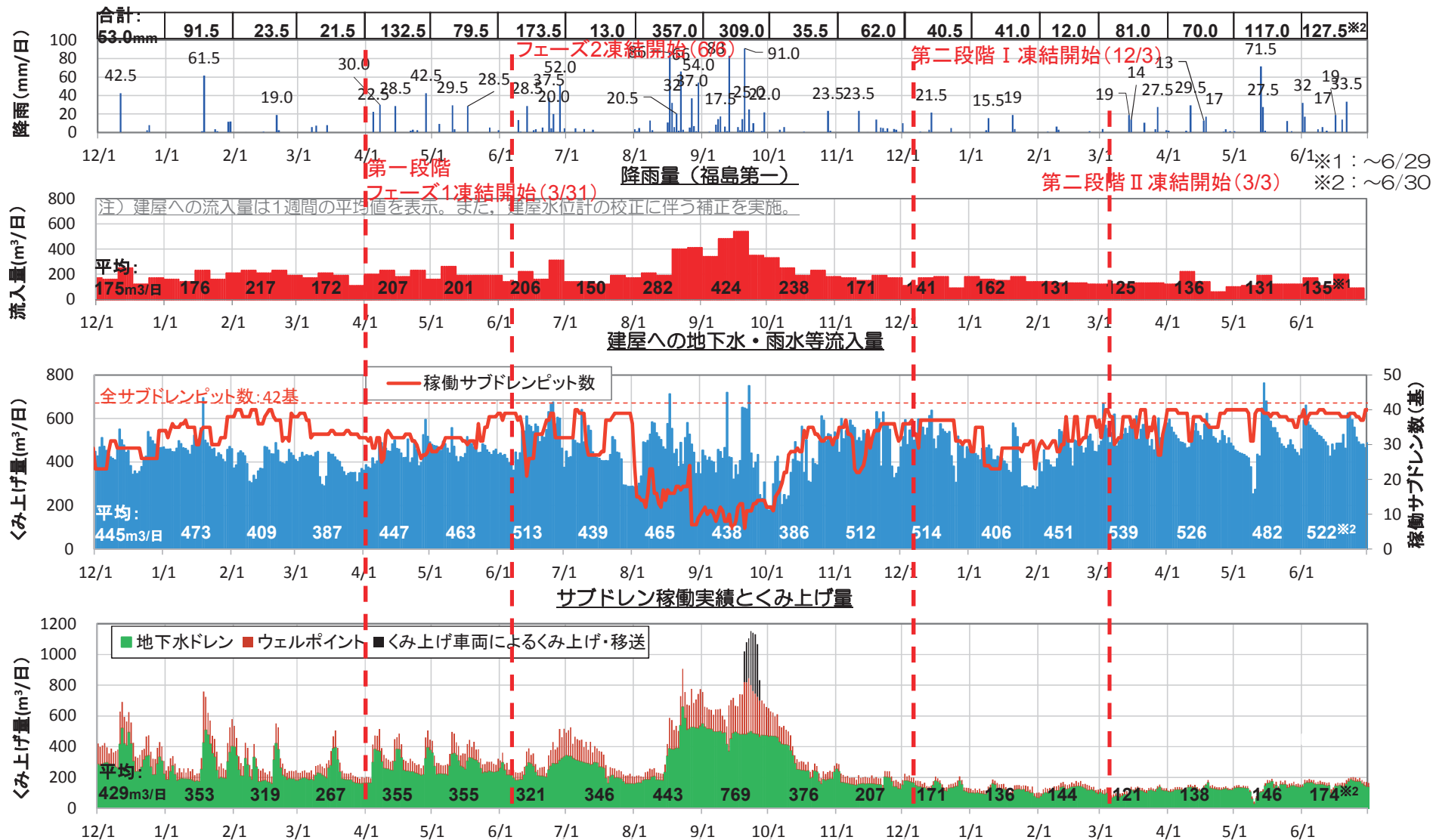
- 建屋流入量（建屋への地下水・雨水等流入量）は、各低減対策（地下水バイパス・フェーシング・サブドレン・陸側遮水壁）の着実な実施により、対策実施前の400m³/日程度から、至近の平均では120~130m³/日程度（2017/3~6）まで低減しており、前回の中長期ロードマップ改訂時に目標としていた水準（100m³/日未満）に概ね到達している。



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

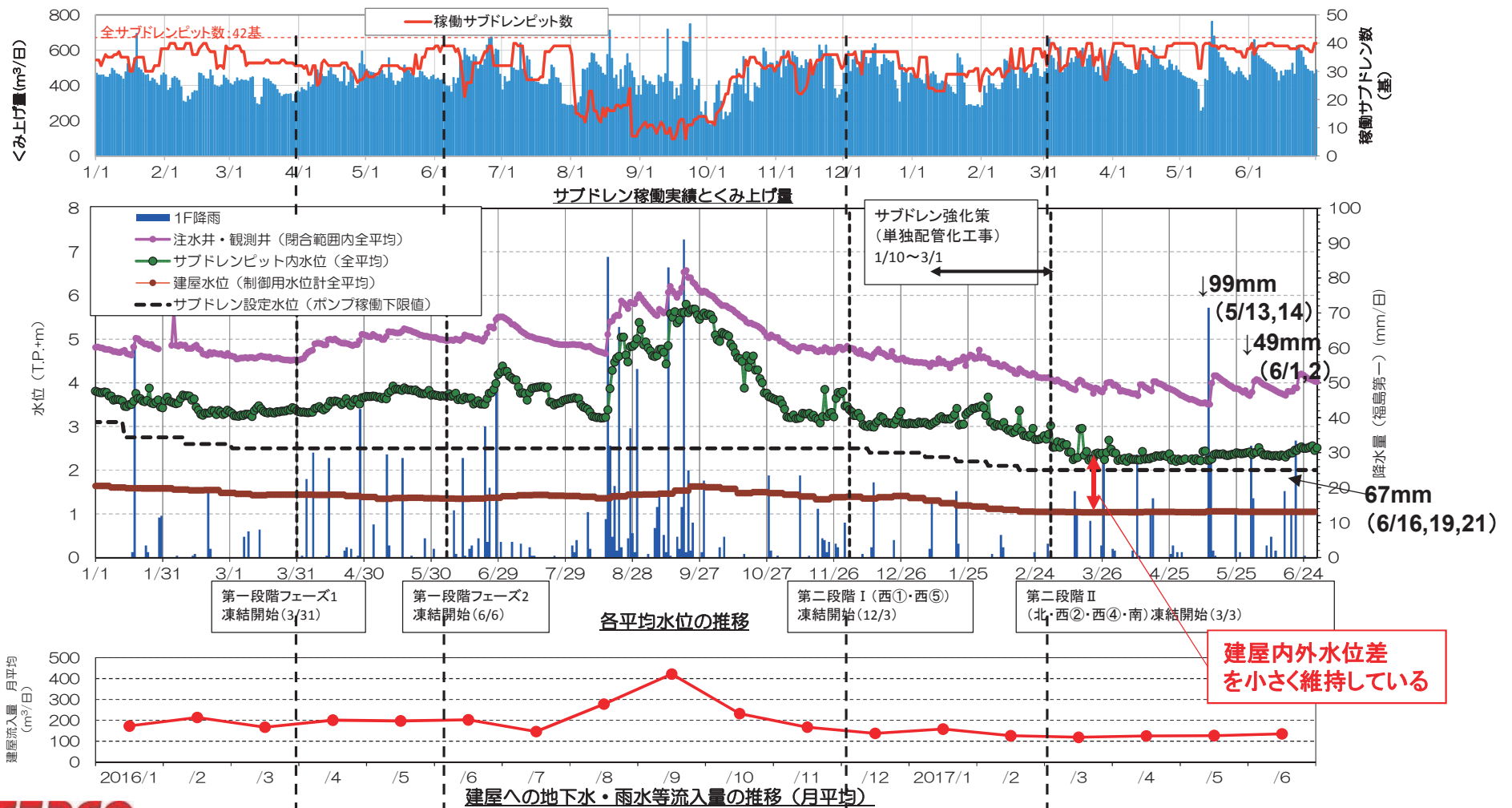
1F降雨と建屋への地下水流入量・各くみ上げ量の推移

- ◆ 建屋への流入量は、サブドレン稼働および陸側遮水壁（山側）の凍結進展 等により、120~130m³/日程度となっている。
- ◆ サブドレンくみ上げ量は、昨年11月以降は500m³/日程度となっており、至近では稼働台数が多い状態を維持している。くみ上げ量は“降雨による増加→減少”を繰り返している。
- ◆ 4m盤くみ上げ量は、昨年11月以降は低減した状態を維持しており、降雨後の一時的な増加は非常に小さくなっている。3月6日には既往最小くみ上げ量：90m³/日となった。



サブドレンによる地下水位制御性の向上

- ◆ 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。



まとめ（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

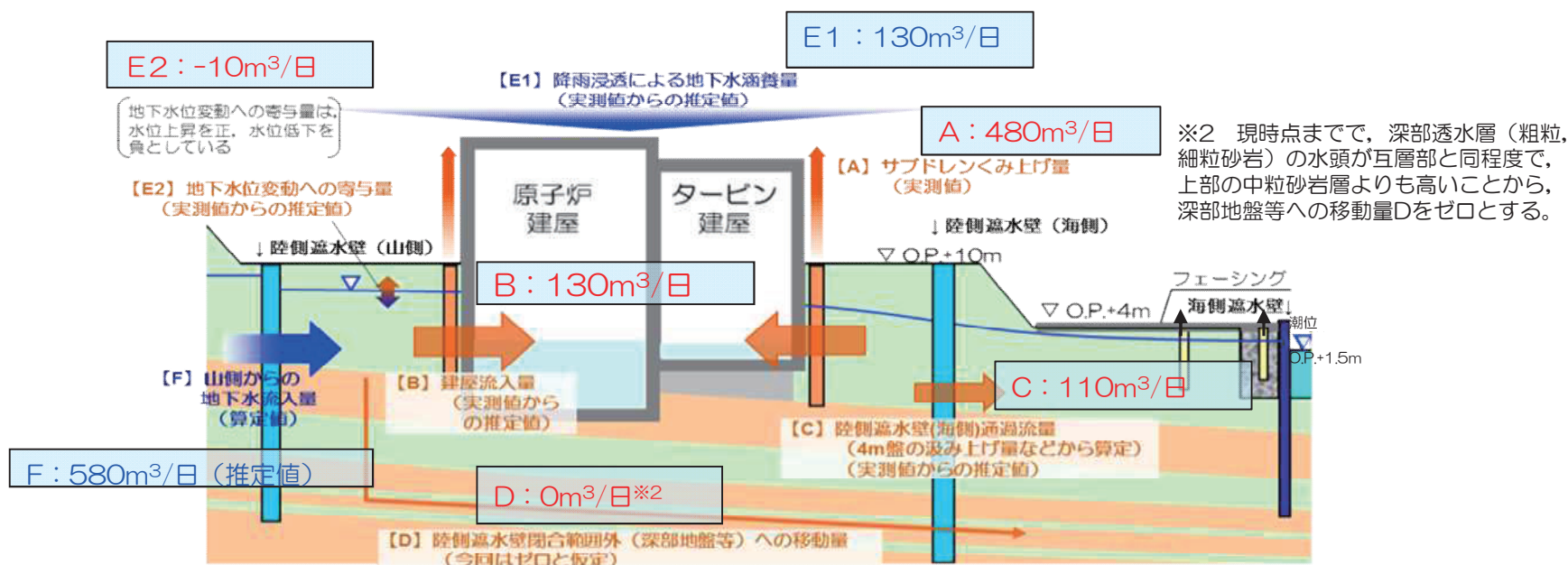
- 建屋流入量：130m³/日程度（5月平均）
 - サブドレン信頼性向上対策および陸側遮水壁（山側）の閉合進展により，建屋周辺水位を低下できていることから，建屋流入量は減少傾向にある。
- サブドレンくみ上げ量：480m³/日程度（5月平均）
 - サブドレン設備の増強工事の一部(単独配管化)を実施後，500m³/日程度をくみ上げており，稼働台数も多い状態を維持している。
- 4m盤くみ上げ量：150m³/日程度（5月平均）
 - 昨年10月以降の湯水期に減少し，3月6日にはくみ上げ量が既往最小：約90m³/日となった。
 - 4月以降，平均して約140～150m³/日程度のくみ上げであり，凍結開始前の湯水期である昨年の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。

陸側遮水壁周辺の地下水収支の評価（凍結開始前と現状の比較）

- 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 ³ /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

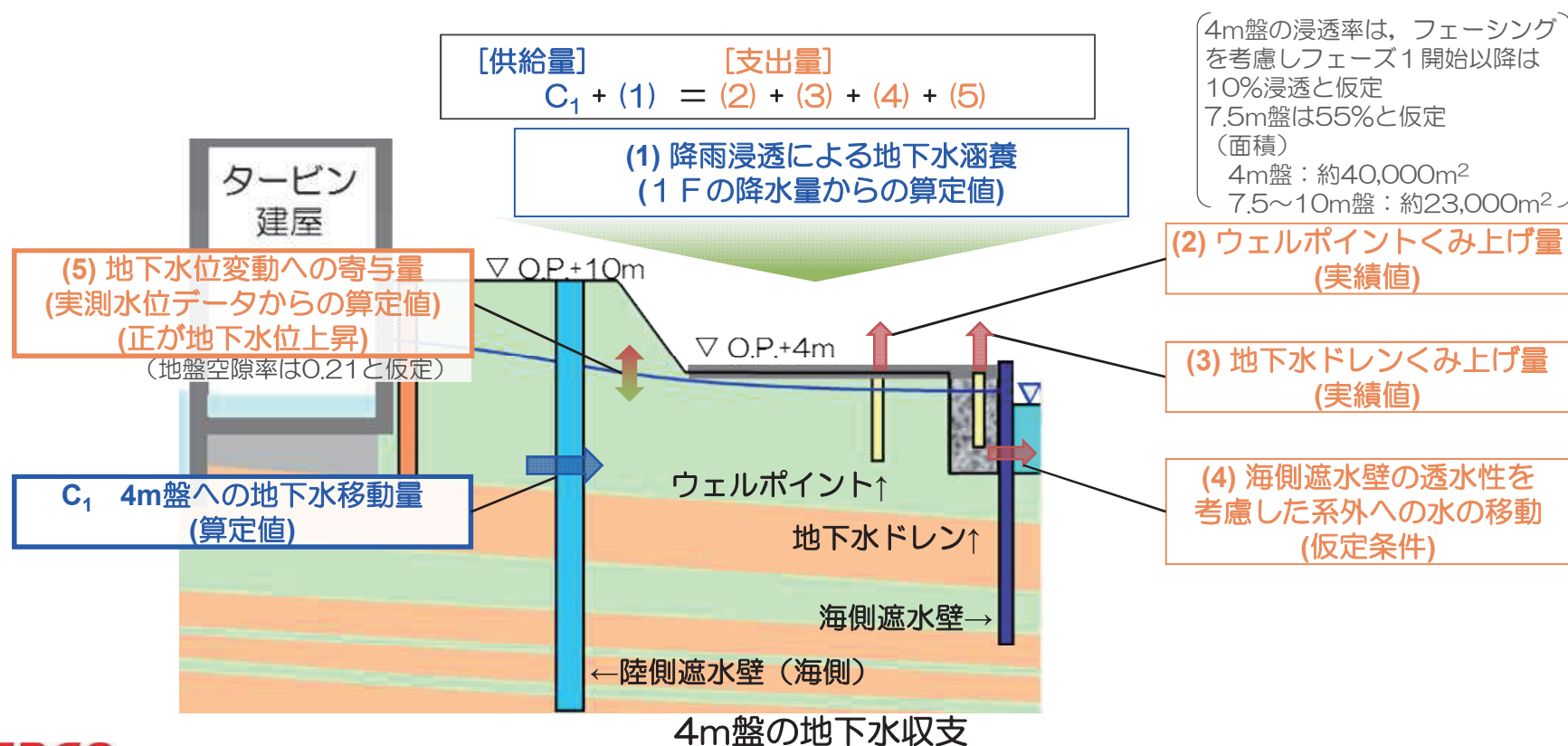


実測に基づく地下水収支の評価（2017.5.1~5.31）

4m盤の地下水収支の評価（凍結開始前と現状の比較）

- 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。

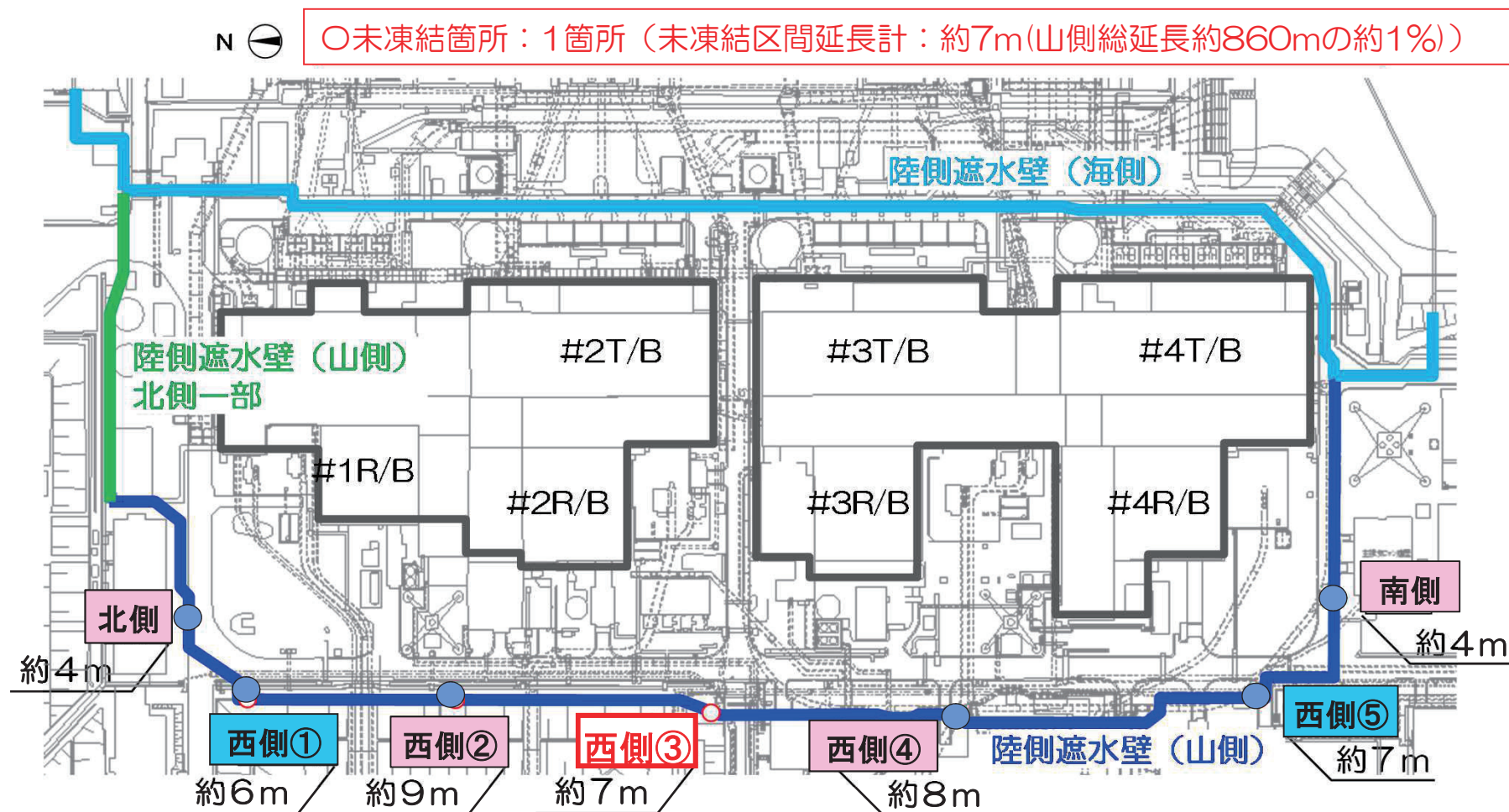
実績値(m ³ /日)	4m盤への地下水移動量 C ₁	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
凍結開始前：2016.3.1～3.31	250	20	60	210	30	-30
2017.5.1～5.31	110	70	20	130	30	0



2. 地下水位の状況

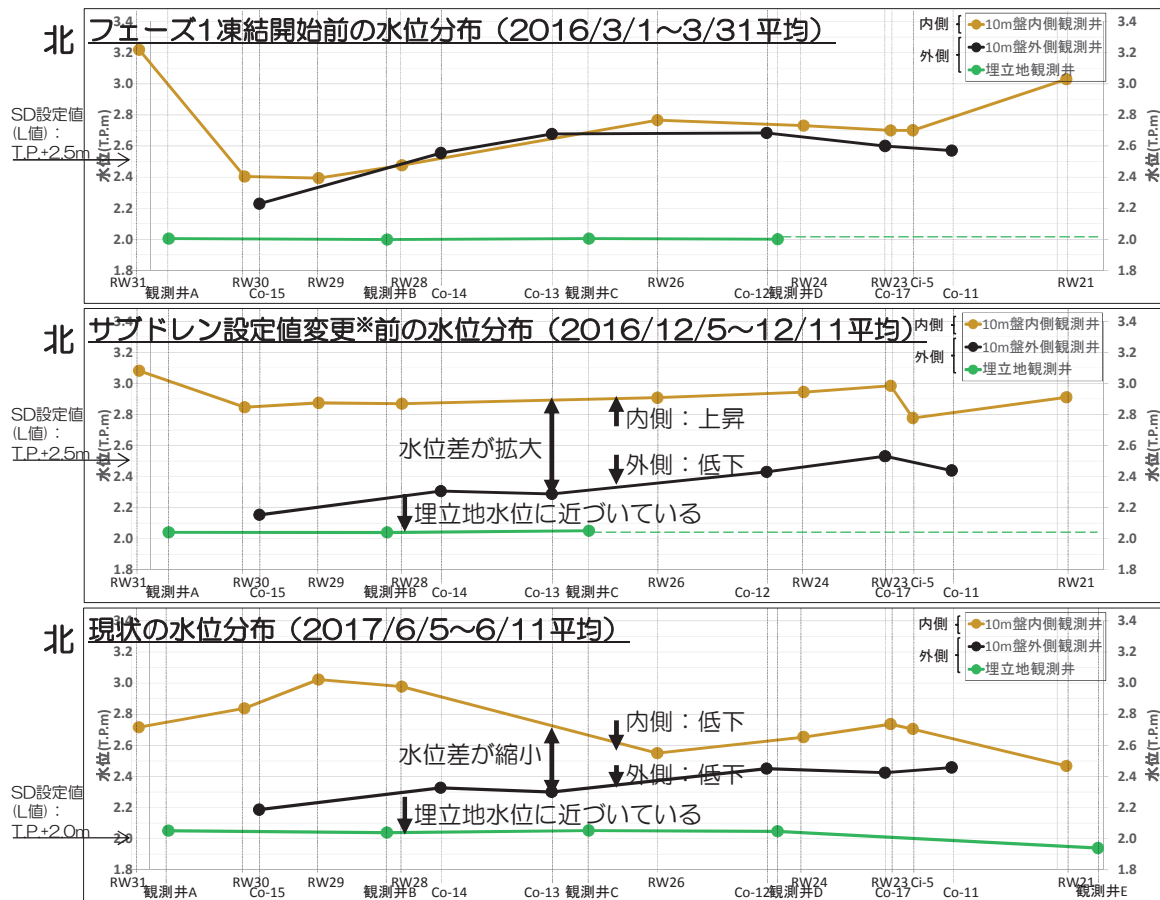
陸側遮水壁の状況

- 第二段階一部閉合(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。
- 2017年6月26日：第三段階閉合(完全閉合(西側③の凍結閉合))に関する実施計画変更を申請



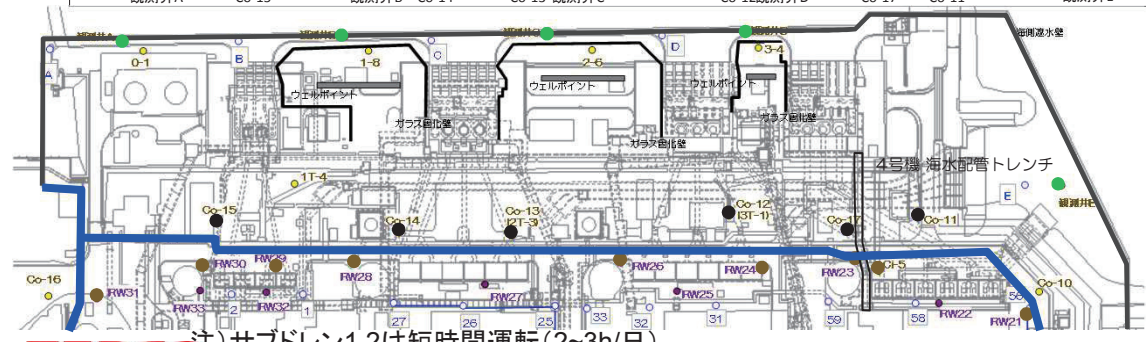
※ 図中の数値は各未凍結箇所の未凍結区間延長

陸側遮水壁（海側）内外の地下水位の状況(1)



- ◆ **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）でほぼ一樣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。

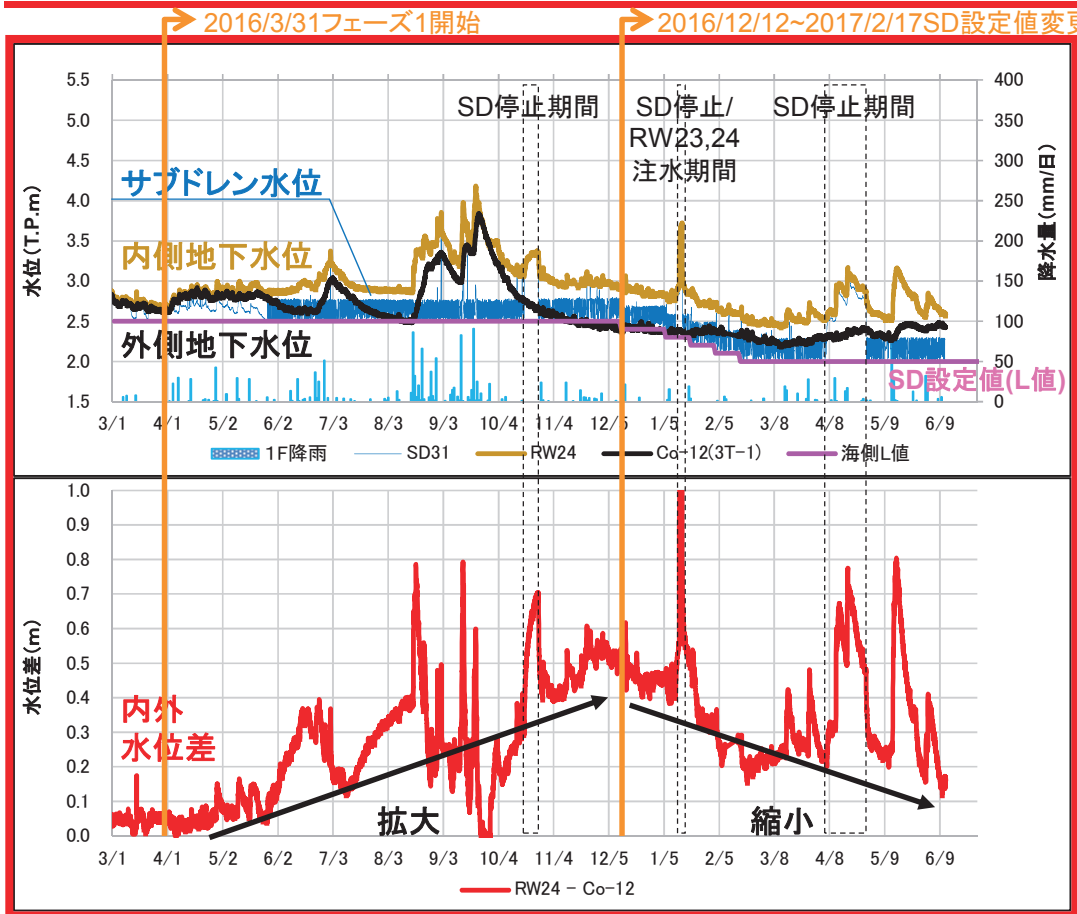
※ 2016/12/12から2017/2/17にかけてL値を段階的に低下した(T.P.+2.5→2.0m)。



注) サブドレン1,2は短時間運転(2~3h/日)

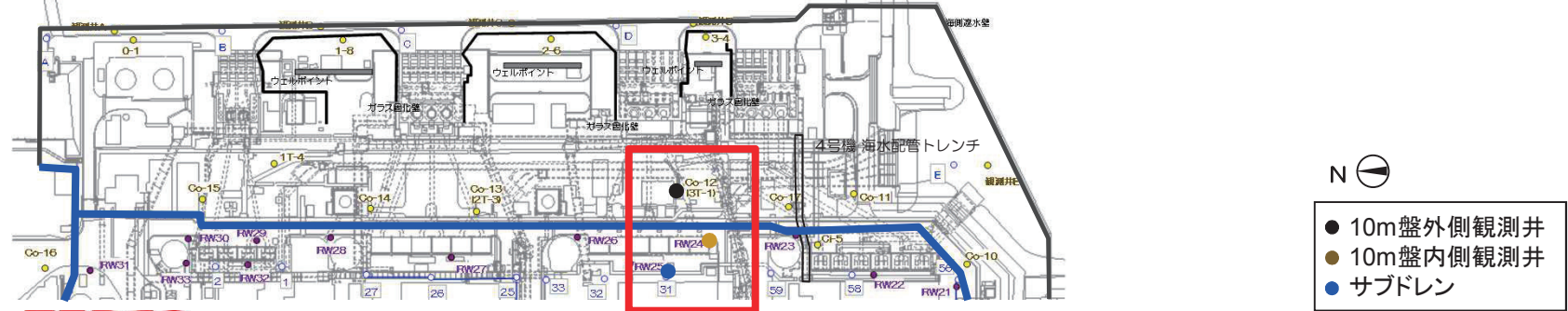


陸側遮水壁（海側）内外の地下水位の変化(2)

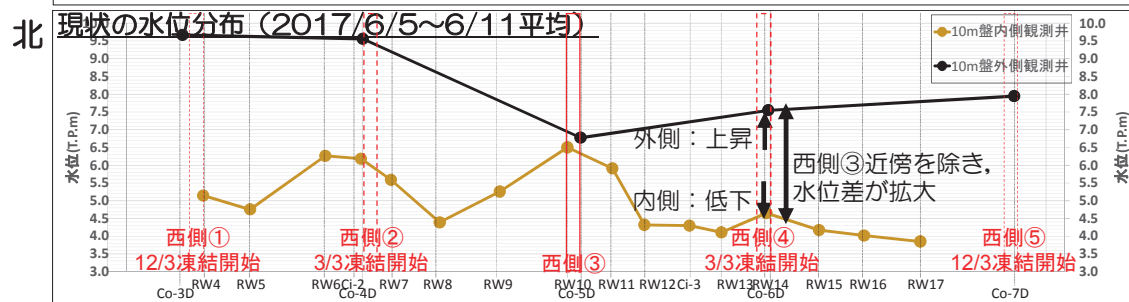
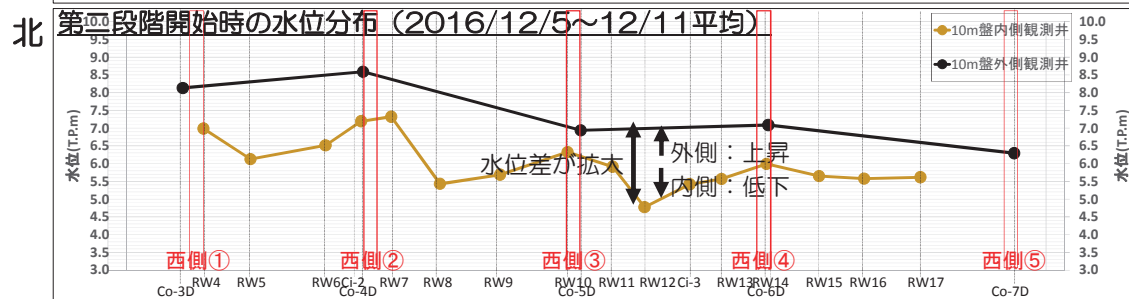
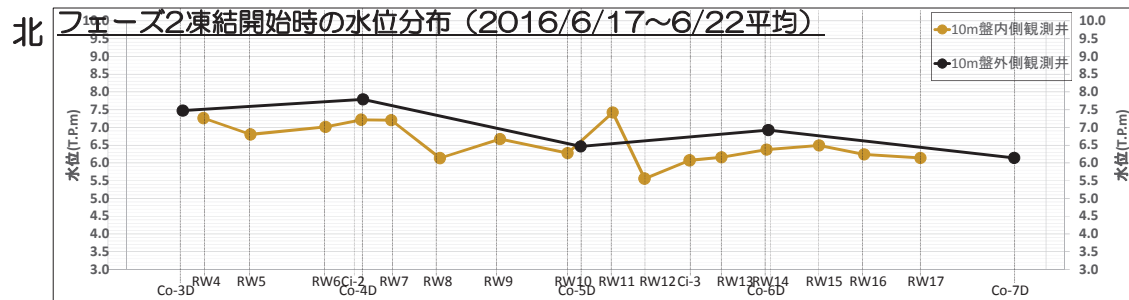


- ◆陸側遮水壁（海側）内外で地下水位の変動に明瞭な差異が生じている。
 - 内側の地下水位：近傍のサブドレン停止後に上昇し、サブドレン稼働再開後に低下した。
 - 外側の地下水位：近傍のサブドレン停止・稼働再開、近傍の注水井への注水に連動した変動は認められない。
- ◆陸側遮水壁（海側）の遮水効果が発現している。

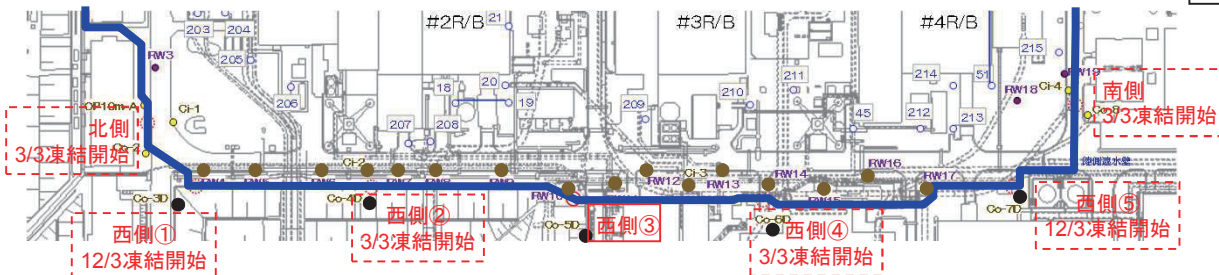
海側の内外水位挙動と水位差（#3T/B海側）



陸側遮水壁（山側）内外の地下水位の変化(1)



- ◆ 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。



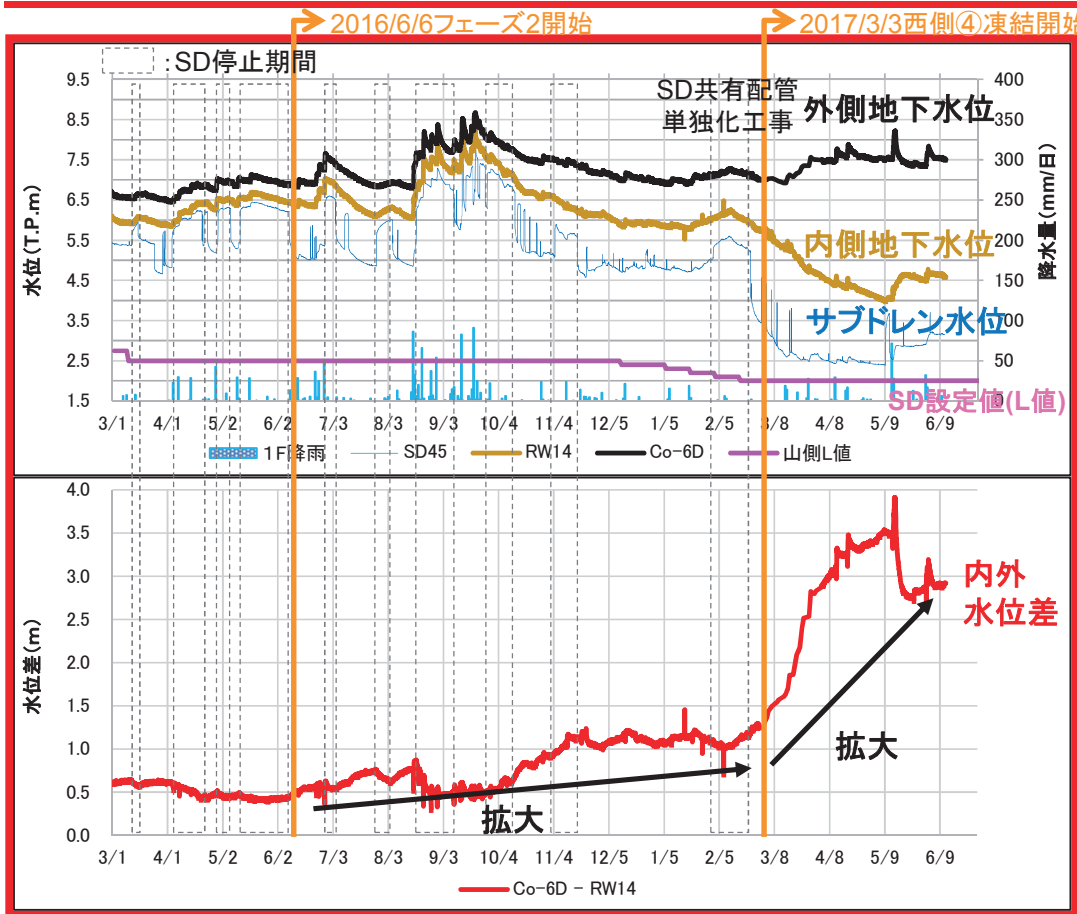
N

○ 未凍結箇所

● 10m盤外側観測井

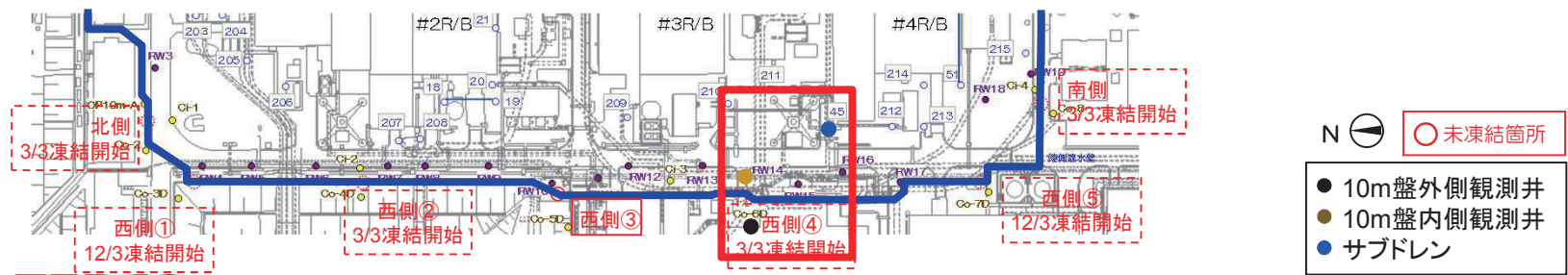
● 10m盤内側観測井

陸側遮水壁（山側）内外の地下水位の変化(2)



- ◆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）

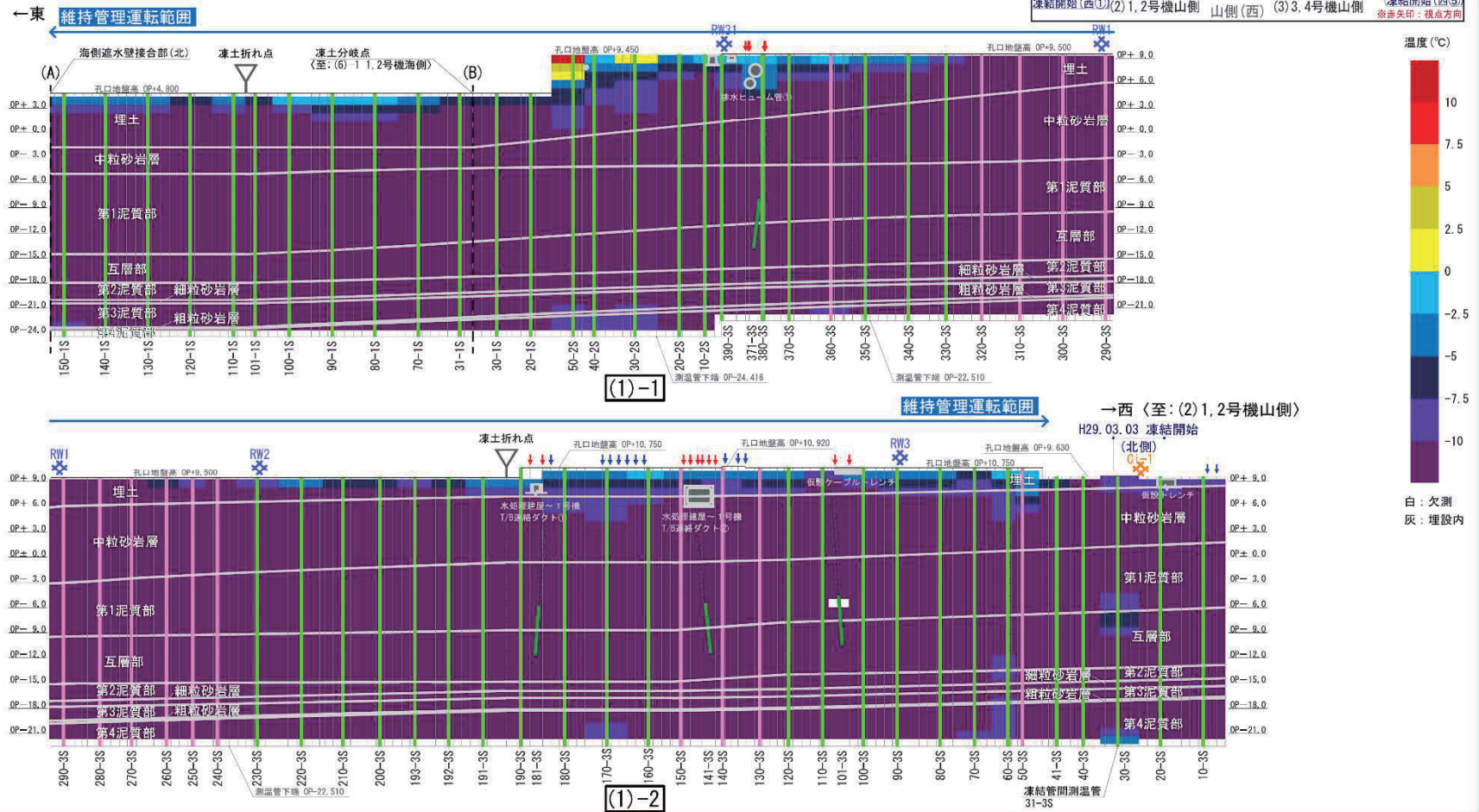
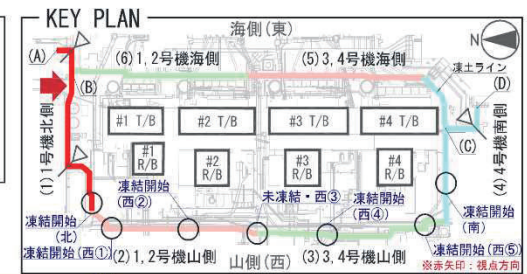


【参考1】 地中温度の状況（地中温度分布図）

【参考】地中温度分布図（1号機北側） 7/4 7:00現在

■ 地中温度分布図 山側凍結率:98.8% (1) 1号機北側（北側から望む）

- 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

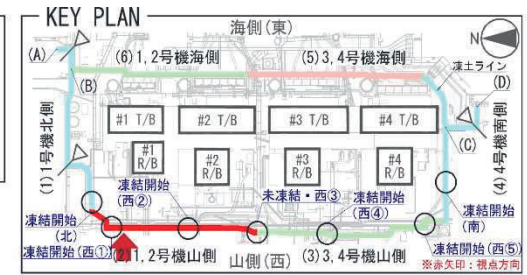


【参考】地中温度分布図（1/2号機西側） 7/4 7:00現在

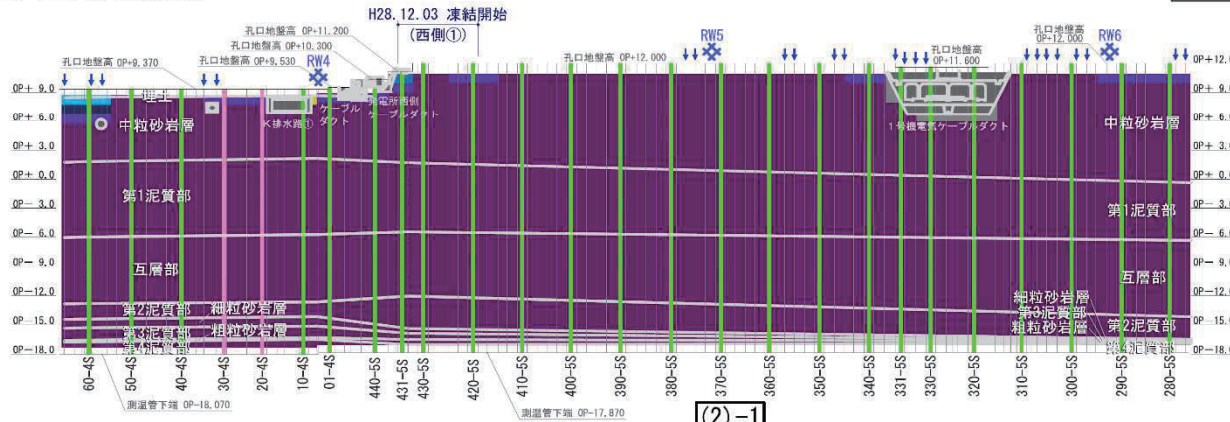
■ 地中温度分布図

(2) 1, 2号機山側（西側から望む）

- 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

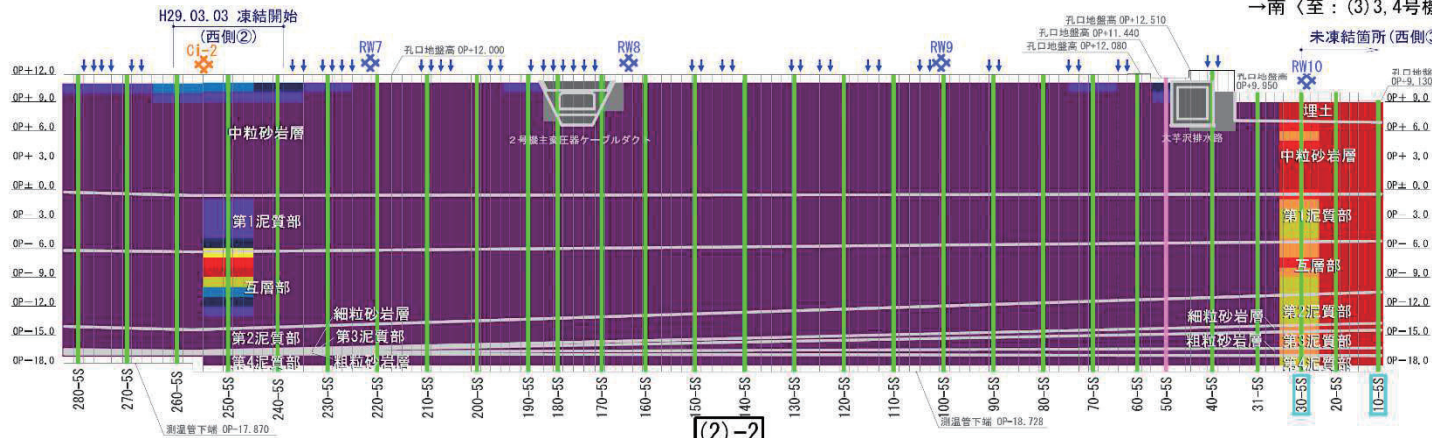


←北（至：(1)1号機北側）

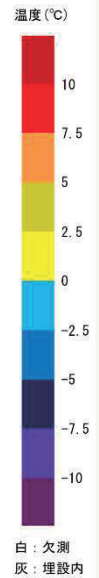


(2)-1

→南（至：(3)3, 4号機山側）



(2)-2

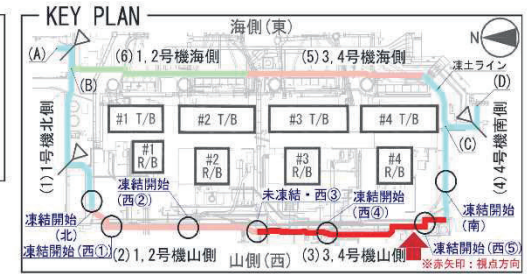


【参考】地中温度分布図（3/4号機西側） 7/4 7:00現在

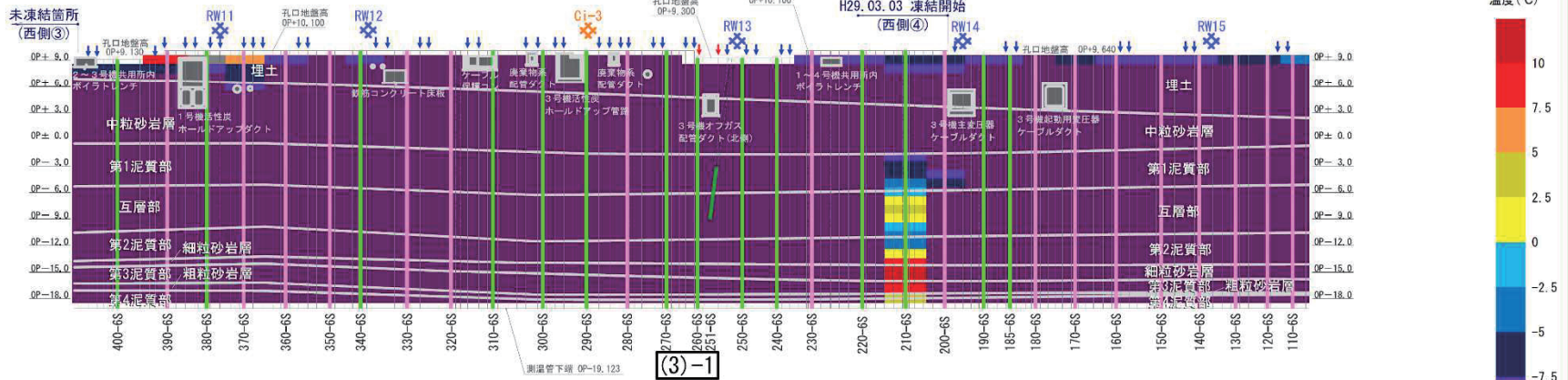
■ 地中温度分布図

(3) 3, 4号機山側（西側から望む）

- 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

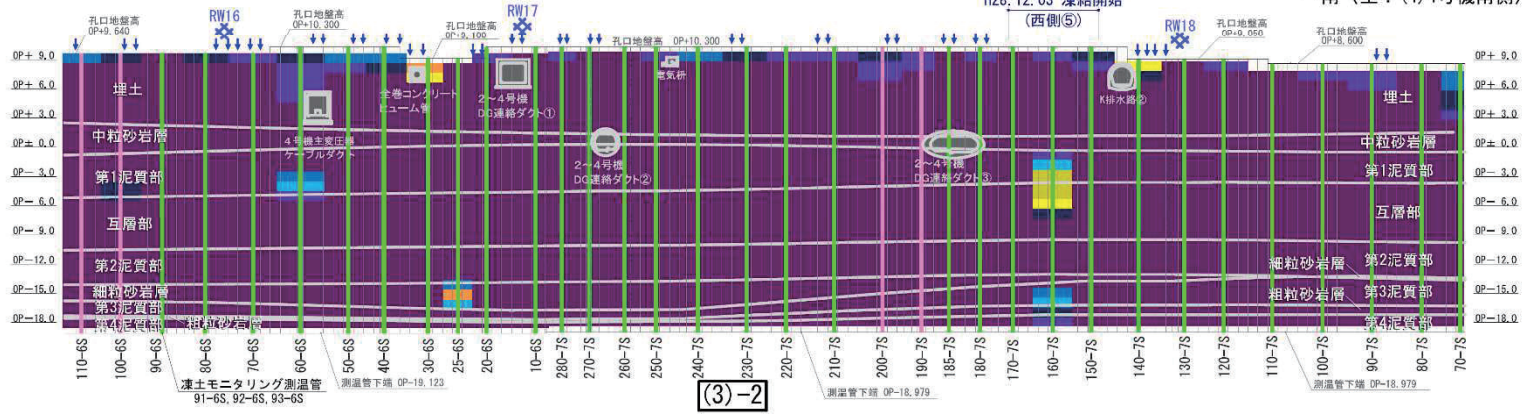


←北〈至：(2) 1, 2号機山側〉

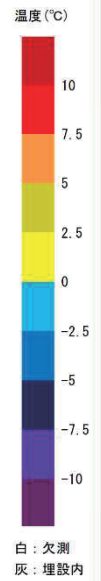


(3)-1

→南〈至：(4) 4号機南側〉



(3)-2

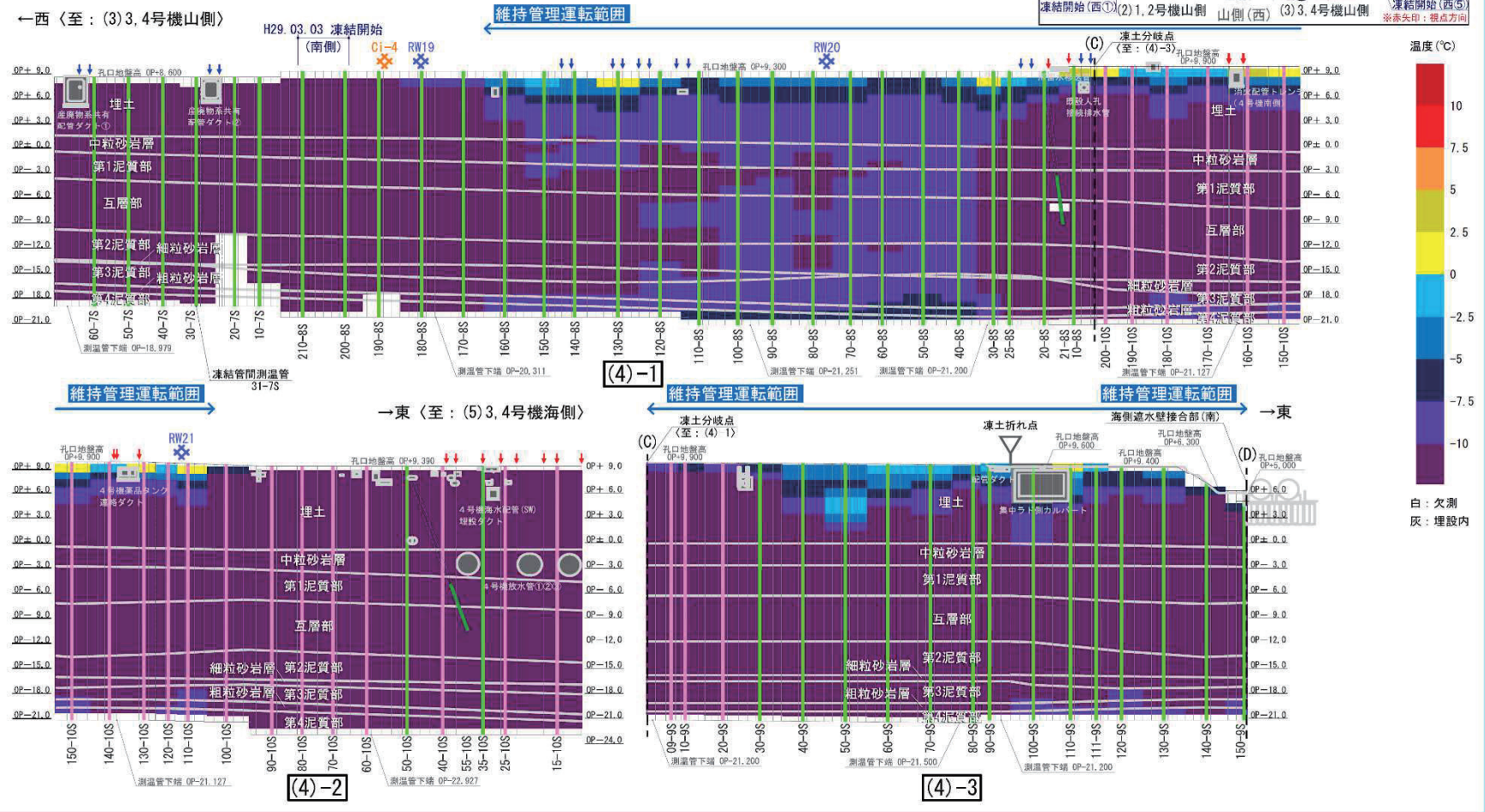
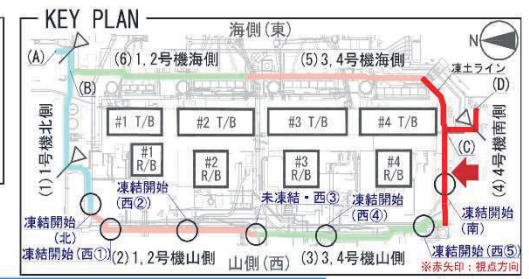


【参考】地中温度分布図（4号機南側） 7/4 7:00現在

■ 地中温度分布図

(4) 4号機南側（南側から望む）

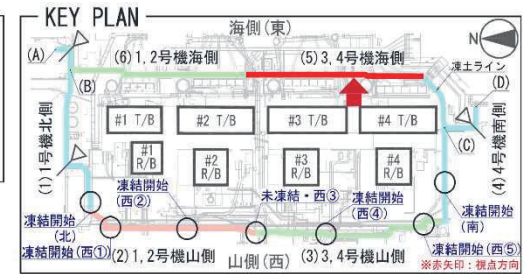
- 凡例
- : 測温管（凍土ライン外側）
 - : 測温管（凍土ライン内側）
 - : 測温管（複列部斜め）
 - : 未凍結箇所管理測温管
 - ▽ : 凍土折れ点
 - ◇ : RW（リチャージウエル）
 - ◇ : Ci（中粒砂岩層・内側）
 - ↓ : 単列部凍結管（先行）
 - ↓ : 複列部凍結管



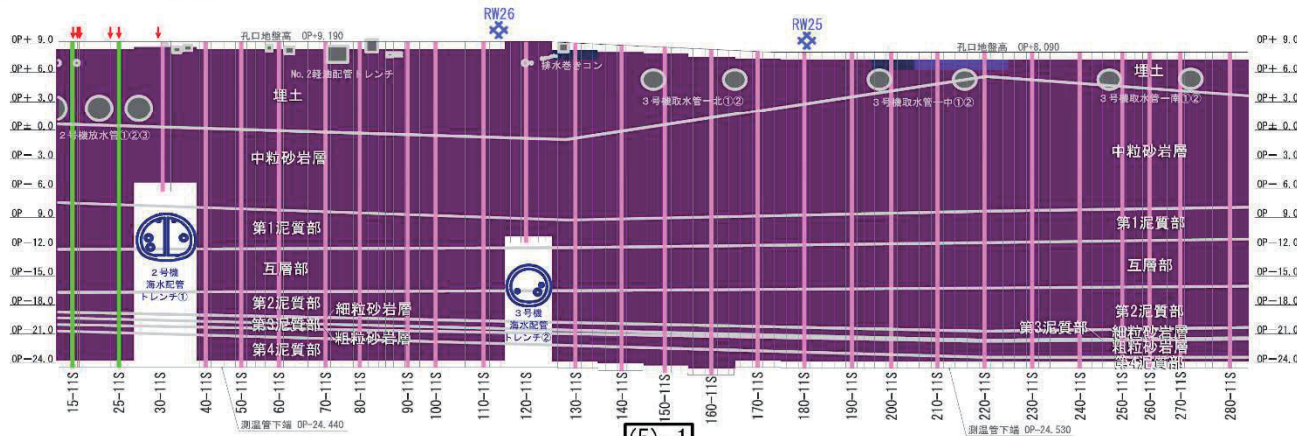
【参考】地中温度分布図（3/4号機海側） 7/4 7:00現在

■ 地中温度分布図

(5) 3,4号機海側（西側：内側から望む）

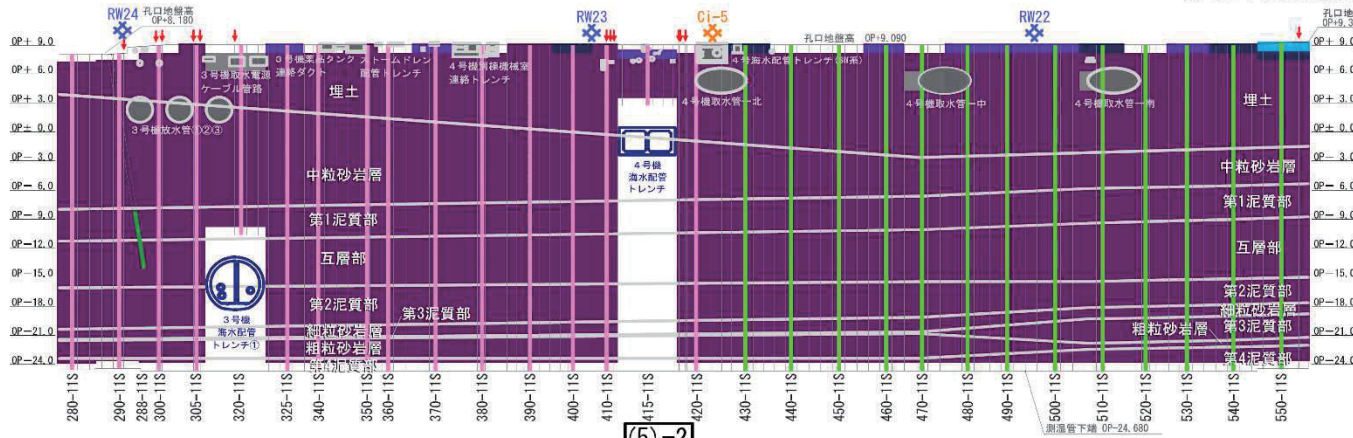


←北（至：(6) 1,2号機海側）



(5)-1

→南（至：(4) 4号機南側）



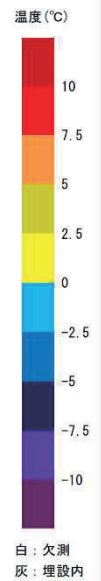
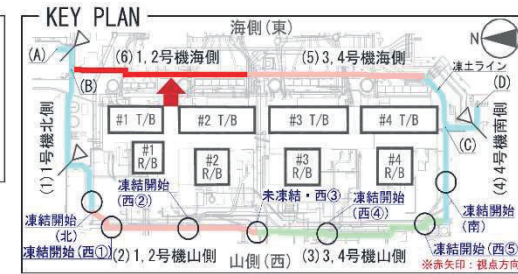
(5)-2

【参考】地中温度分布図（1/2号機海側） 7/4 7:00現在

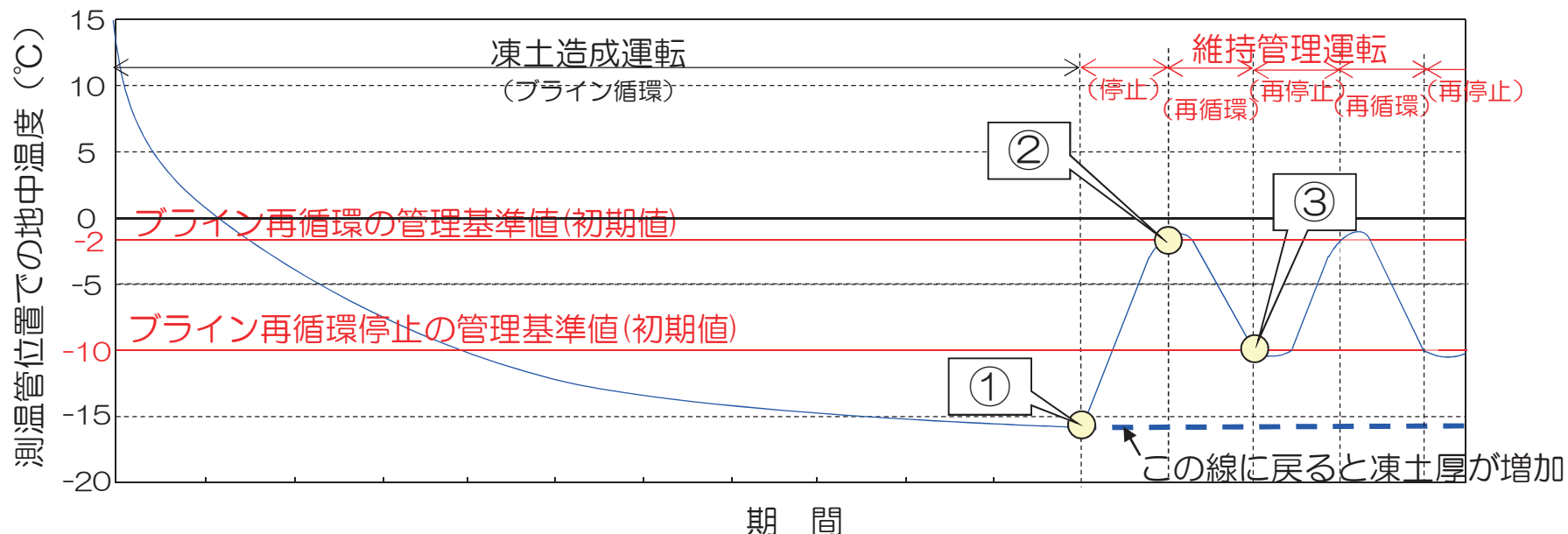
■ 地中温度分布図

(6) 1, 2号機海側（西側：内側から望む）

- 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



【参考】維持管理運転時の地中温度イメージ



＜維持管理運転の制御ポイント＞

①維持管理運転へ移行

②ブライン再循環・・・測温点のうちいずれか1点で地中温度 -2°C 以上

③ブライン循環再停止・・・全測温点 -5°C 以下、かつ全測温点平均で地中温度 -10°C 以下

凍結開始から維持管理運転までの地中温度経時グラフ (イメージ)

- ブライン停止および再循環の管理基準値は、データを蓄積して見直しを図っていく。
- 急激もしくは局所的な温度上昇が確認された場合は、個別評価にて、維持管理運転の運用を再検討する。

【参考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
(第54回 特定原子力施設 監視・評価検討会 抜粋)

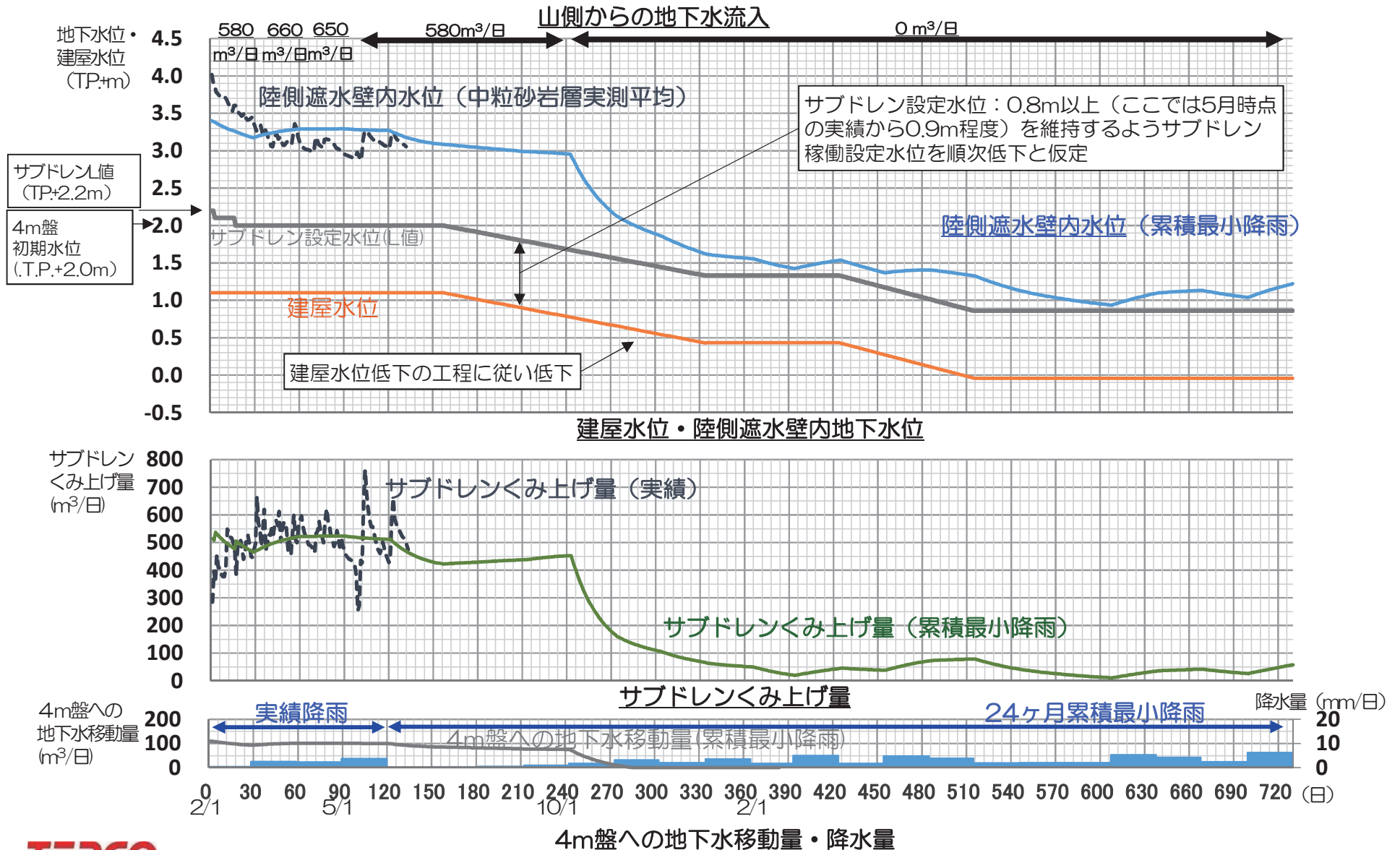
第三段階(完全閉合)後における地下水位変動の想定に係る条件設定

- 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 ³ /d 3月：660 m ³ /d 4月：650 m ³ /d 5月：580 m ³ /d	5月の山側からの地下水流入量（580m ³ /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。	

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。

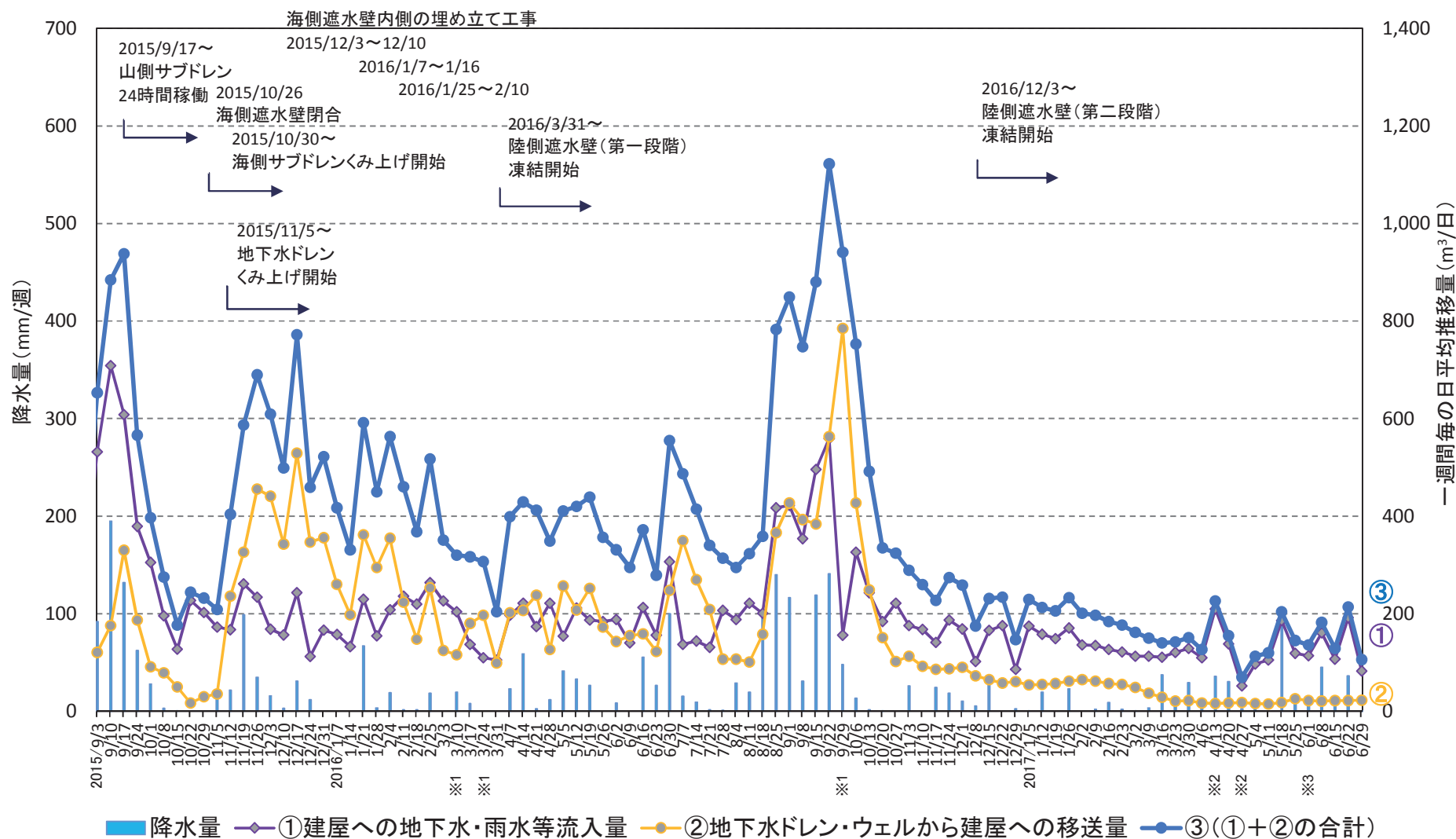


【参考3】

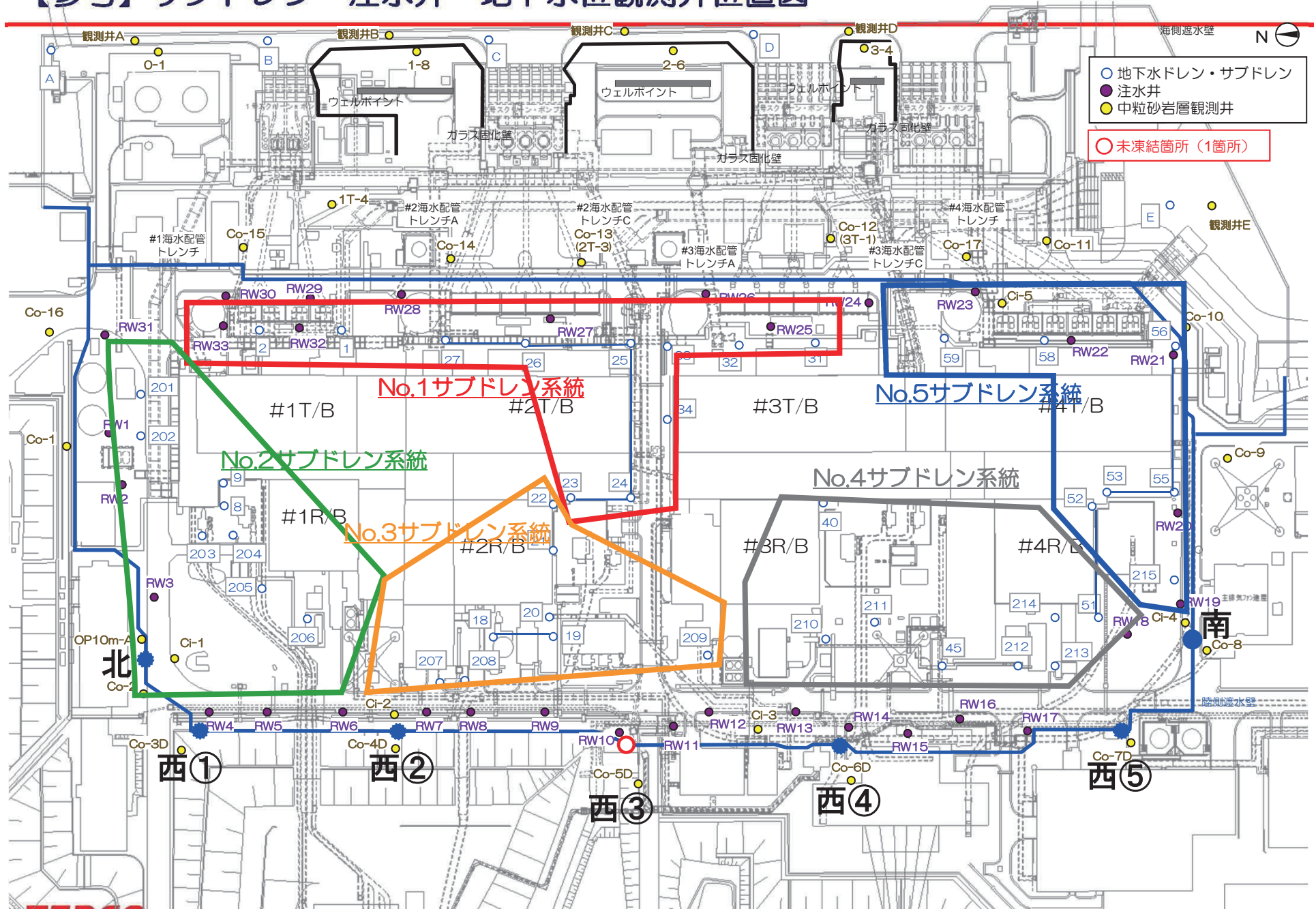
「建屋への地下水・雨水等流入量」「地下水ドレン・ウェルから建屋への移送量」の推移
サブドレンの系統毎の稼働状況（くみ上げ量・地下水位）

【参考】「建屋への地下水・雨水等流入量」「地下水ドレン・ウェルから建屋への移送量」の推移

- 至近では「建屋への地下水・雨水等流入量」が減少しているだけでなく、4m盤（地下水ドレン・ウェル）でくみ上げた地下水のうち建屋へ移送している水量も大幅（昨年同時期と比較して1/20程度）に減少できている。

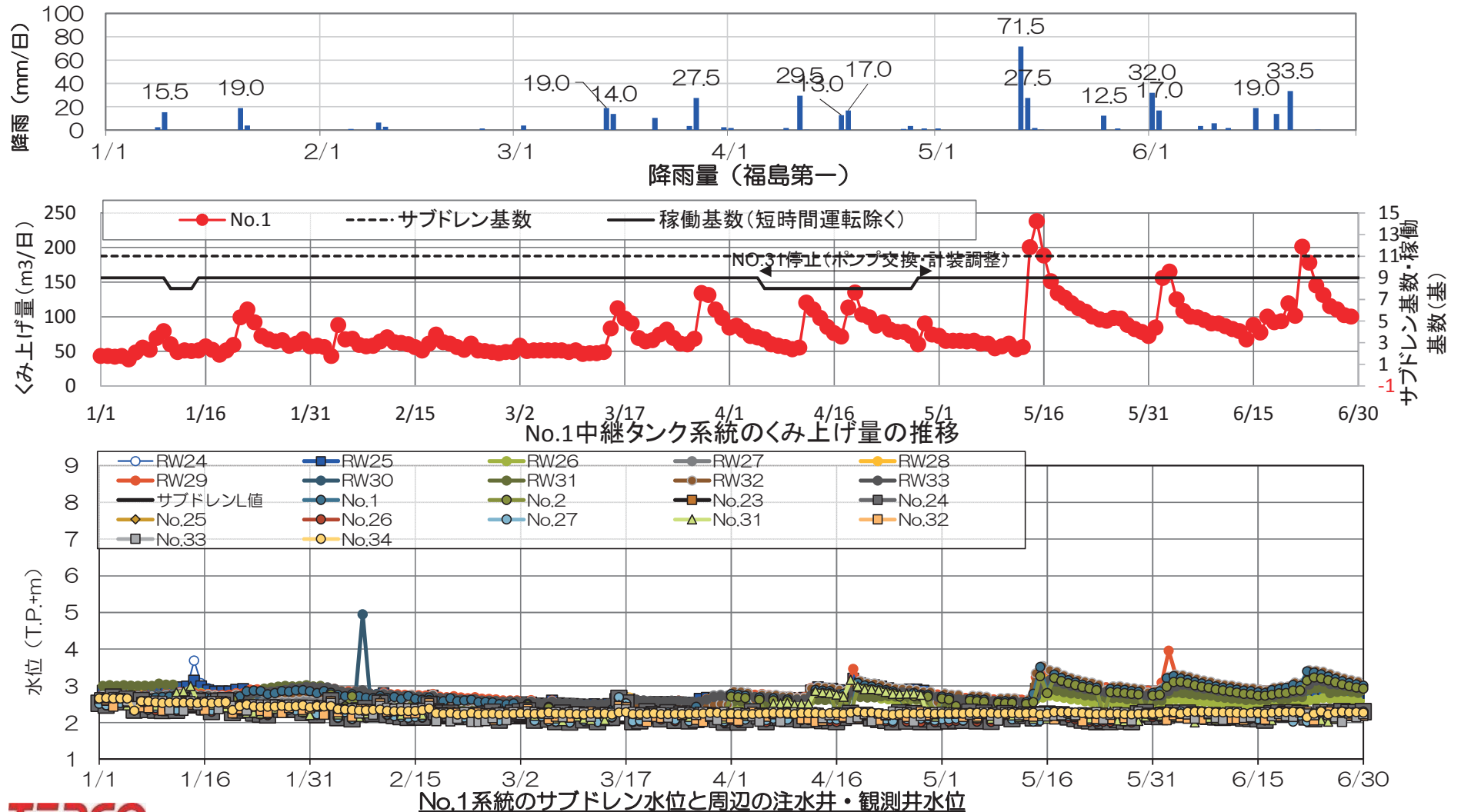


【参考】サブドレン・注水井・地下水観測井位置図



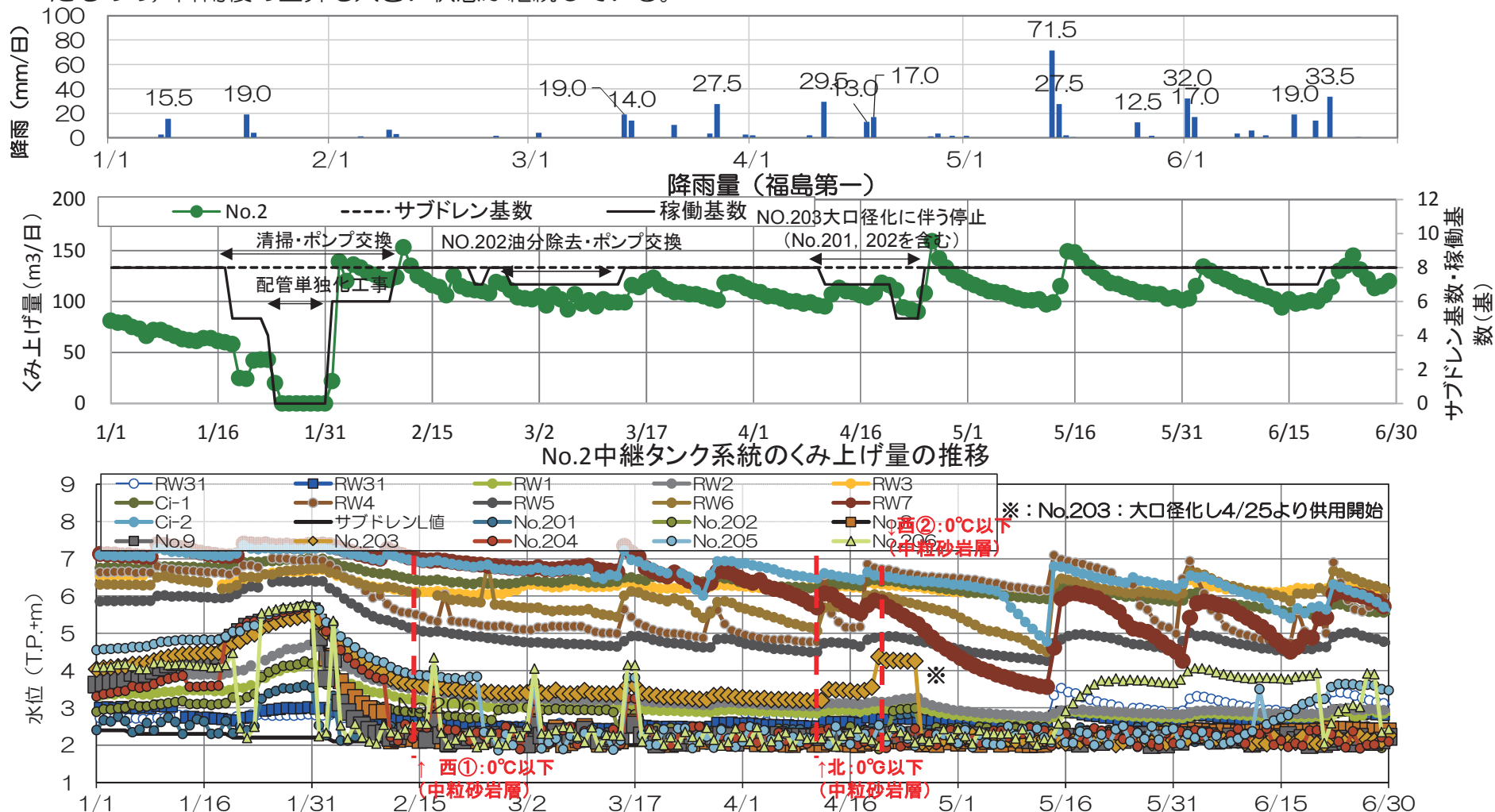
【参考】No.1系統サブドレンくみ上げ状況と周辺地下水位

- 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, 50~60m³/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。



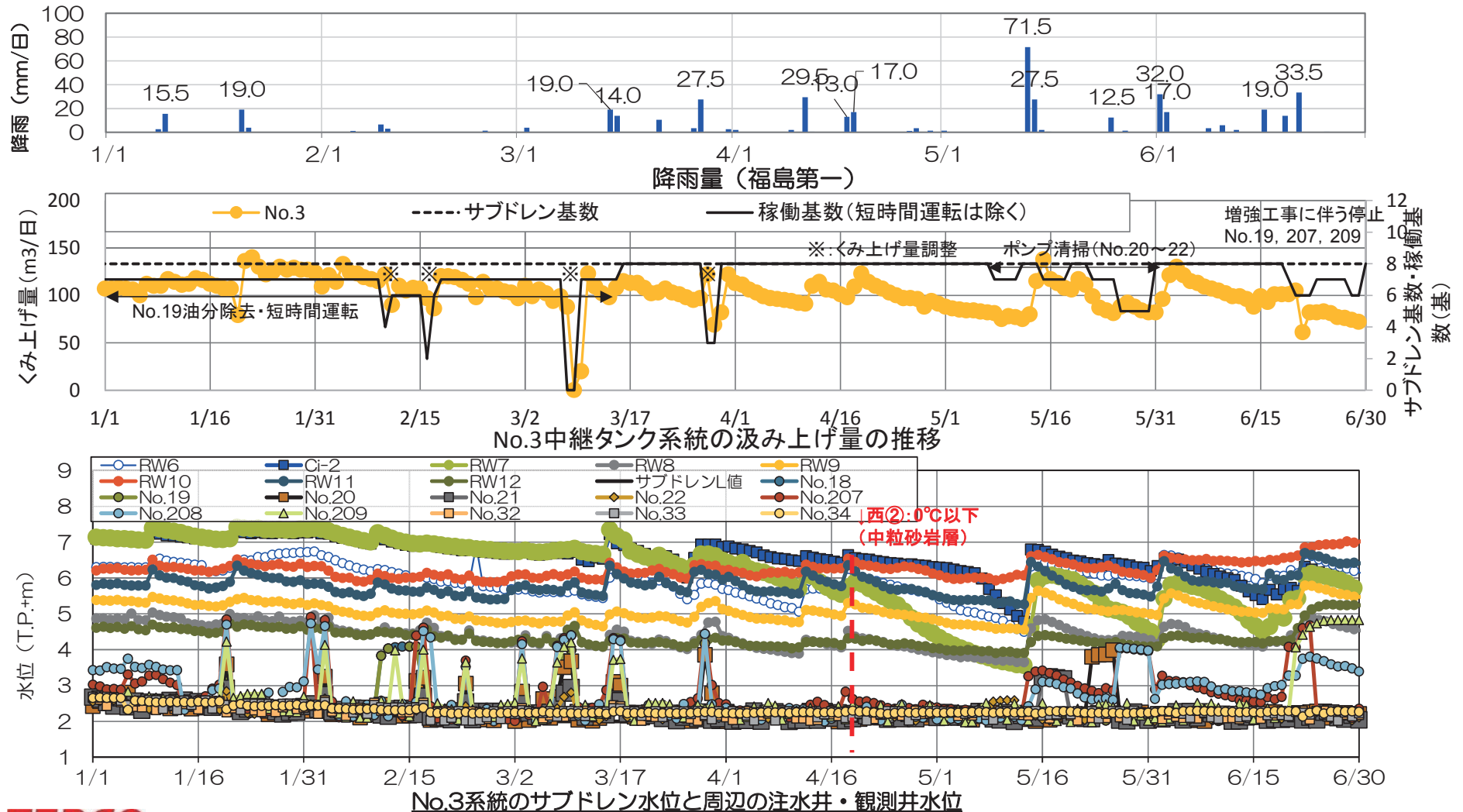
【参考】No.2系統サブドレンくみ上げ状況と周辺地下水位

- 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、90~100m³/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。



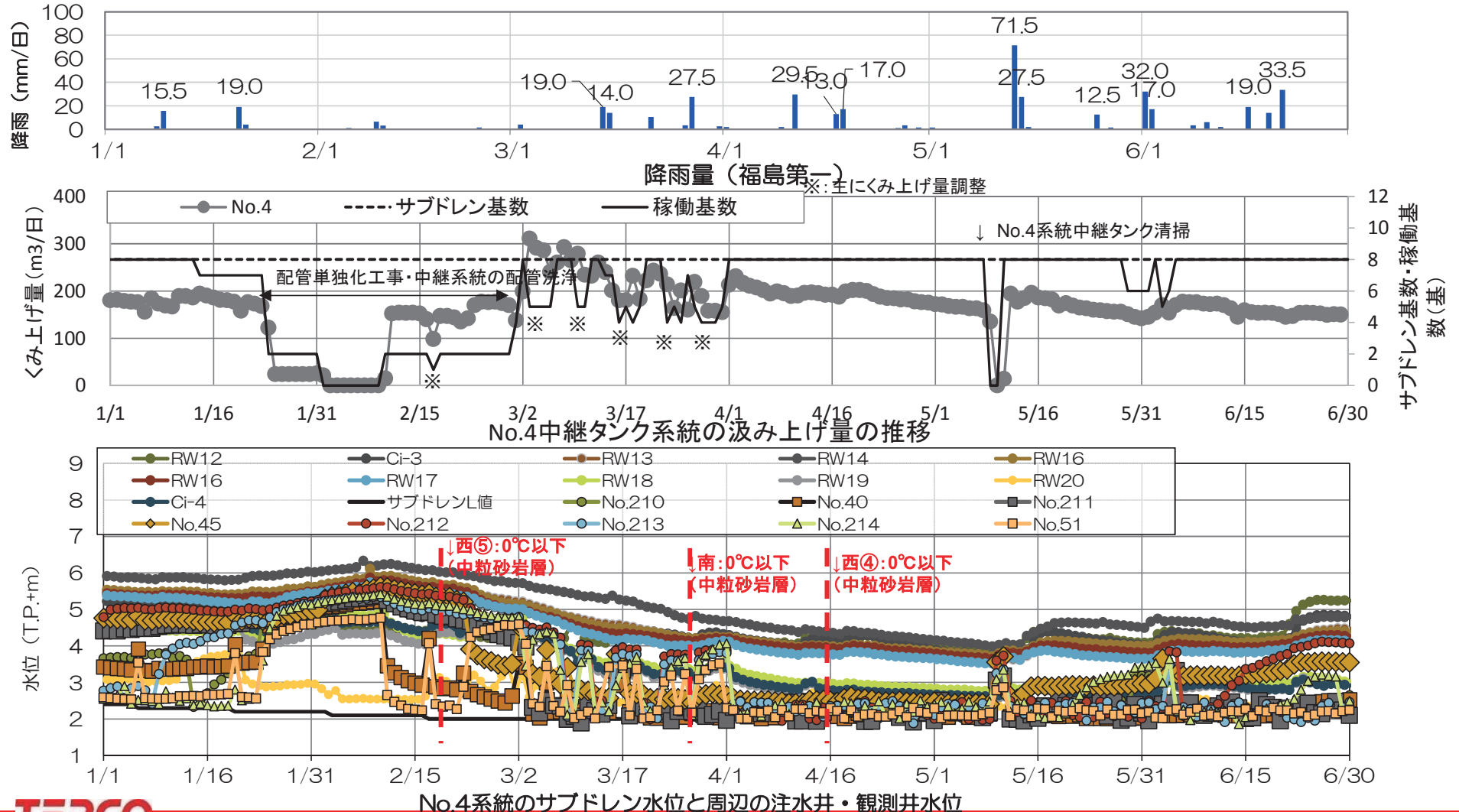
【参考】 No.3系統サブドレンくみ上げ状況と周辺地下水位

- メンテナンス等の期間を除き、稼働台数は多い状況을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、70~80m³/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。



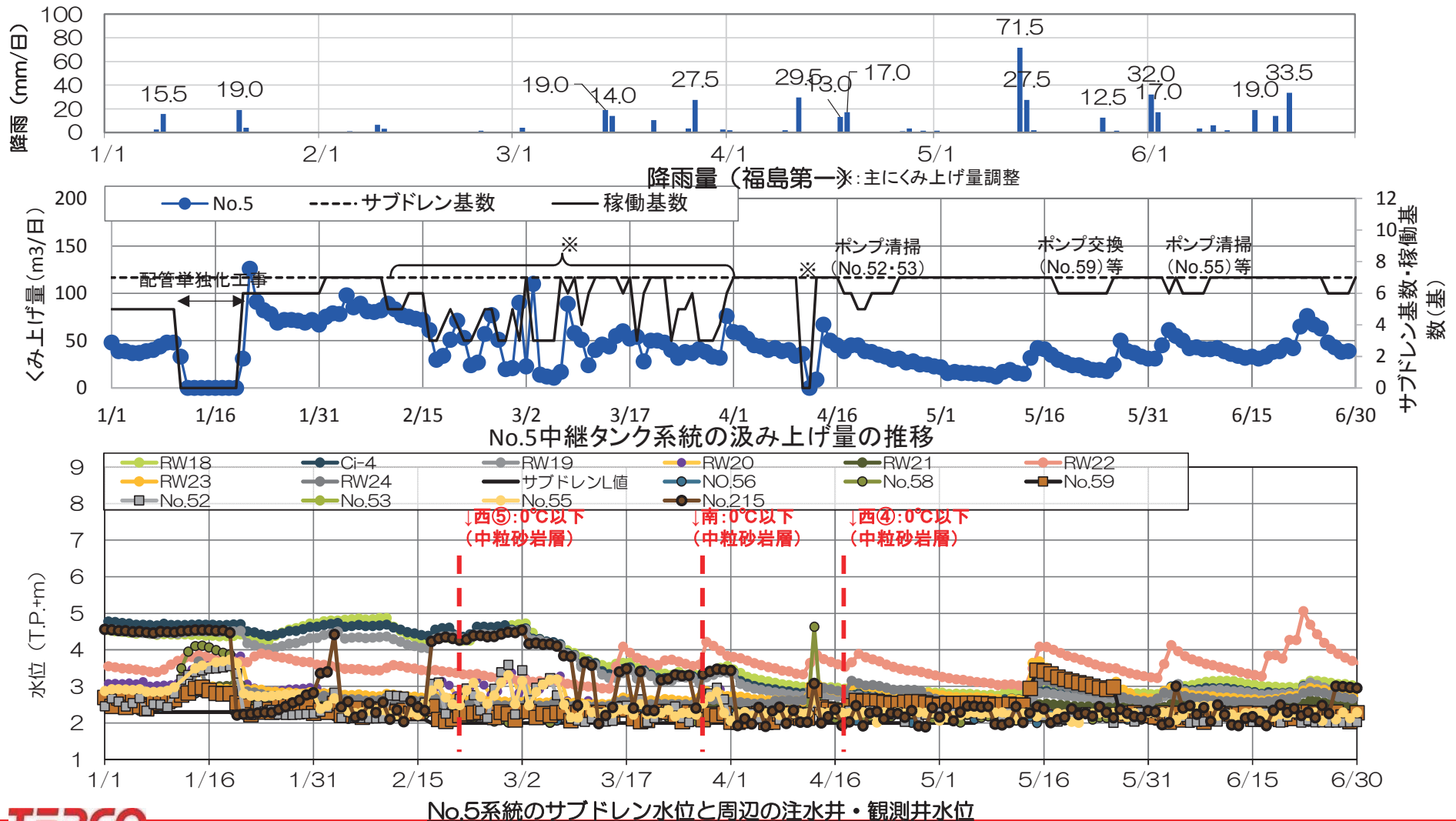
【参考】No.4系統サブドレンくみ上げ状況と周辺地下水位

- 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300m³/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150m³/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

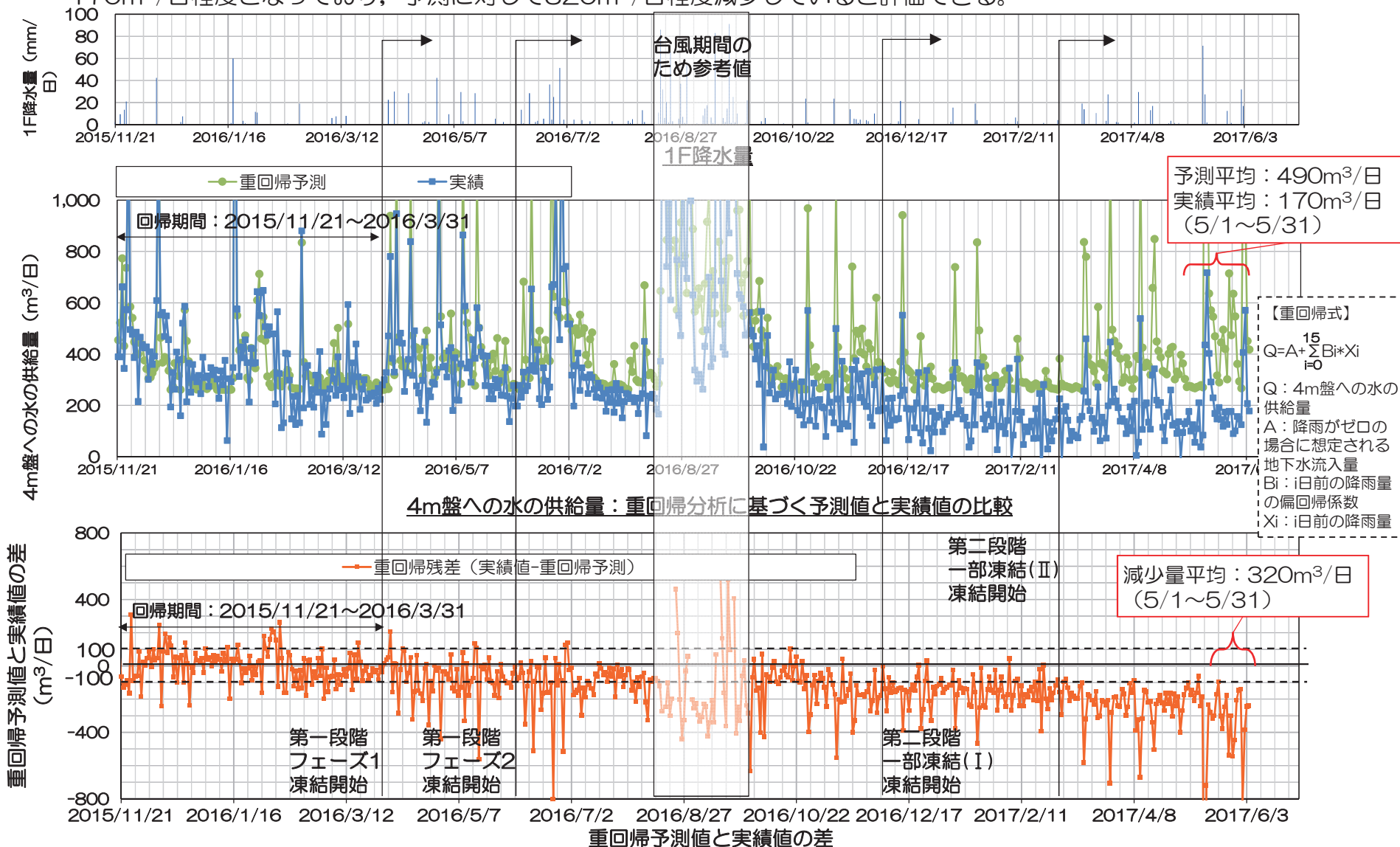
- 配管単独化工事・くみ上げ量調整等により稼働台数は比較的低かったが、4月以降は稼働台数が多い状況を維持している。
- 単独化工事直後は、全基稼働すると100m³/日以上のかみ上げ量であった。くみ上げ量は、降雨後は一時的にくみ上げ量が増加するが、その後緩やかに減少傾向が続き、20~30m³/日程度に収束している。以前と比べ、くみ上げ量は減少している。
- サブドレン水位は、至近ではT.P.+2~2.5m程度の範囲に収まっている。周辺の地下水位も、3月以降顕著な低下傾向が認められ、サブドレン水位と同等の水位になっており、また、降雨後の水位上昇は小さい（RW22を除く）。



【参考4】 4m盤, 10m盤への水の供給量
(重回帰分析による評価)

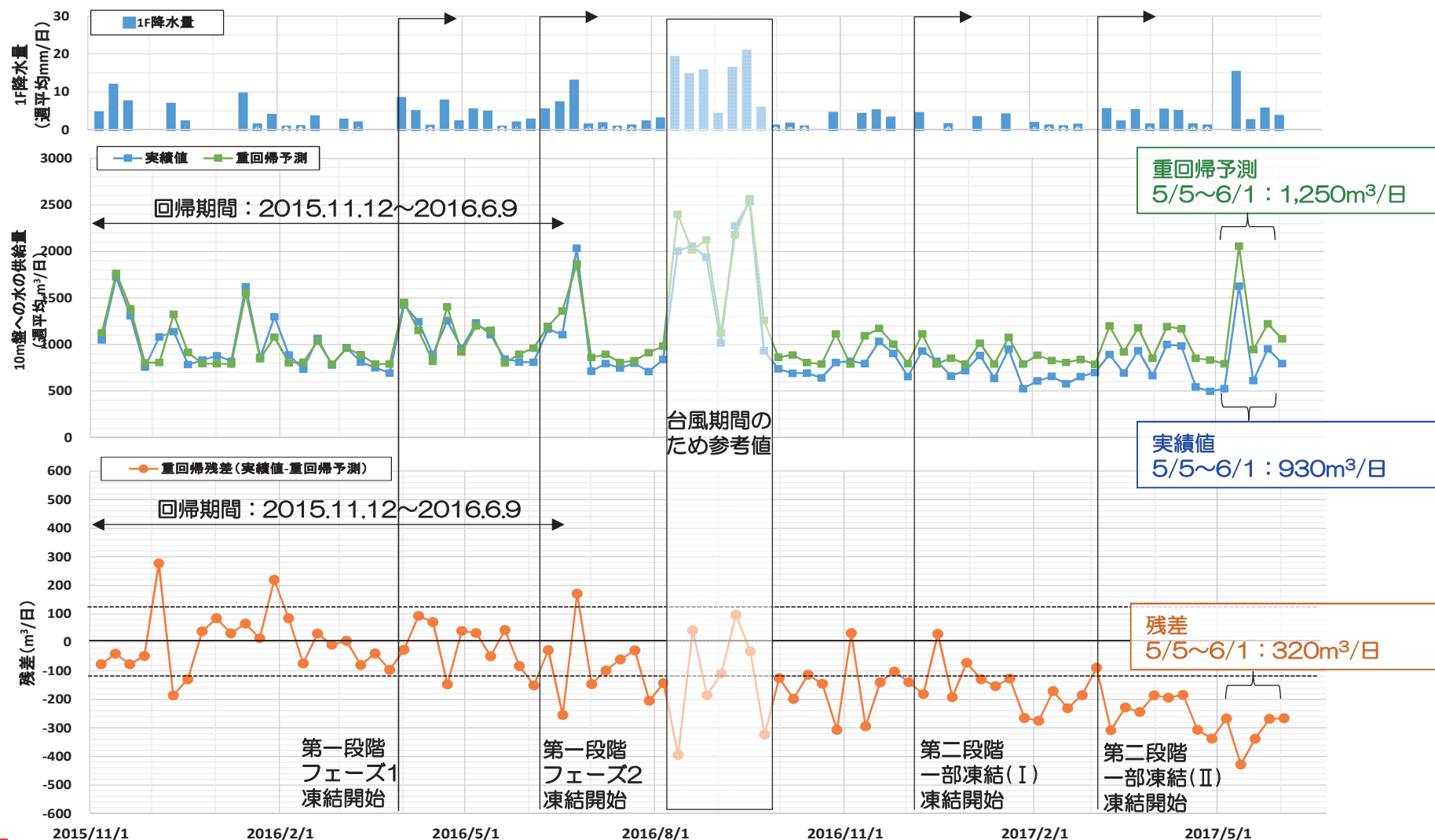
【参考】 4m盤への水の供給量（地下水流入+降雨浸透）の重回帰分析による評価

- 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490m³/日程度に対して、実績は170m³/日程度となっており、予測に対して320m³/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

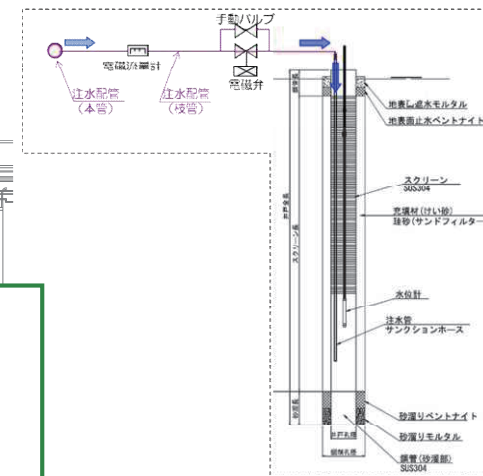
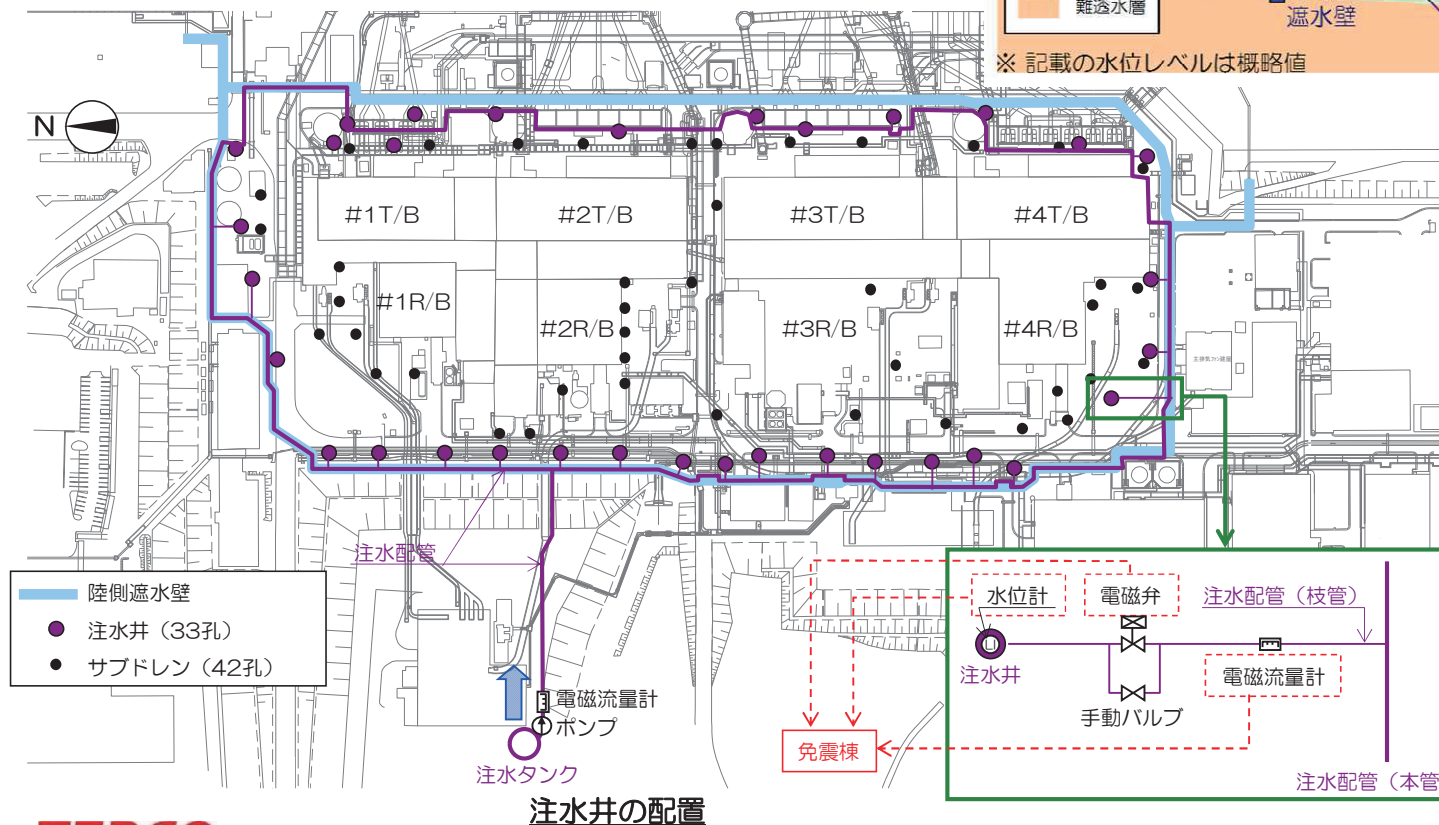
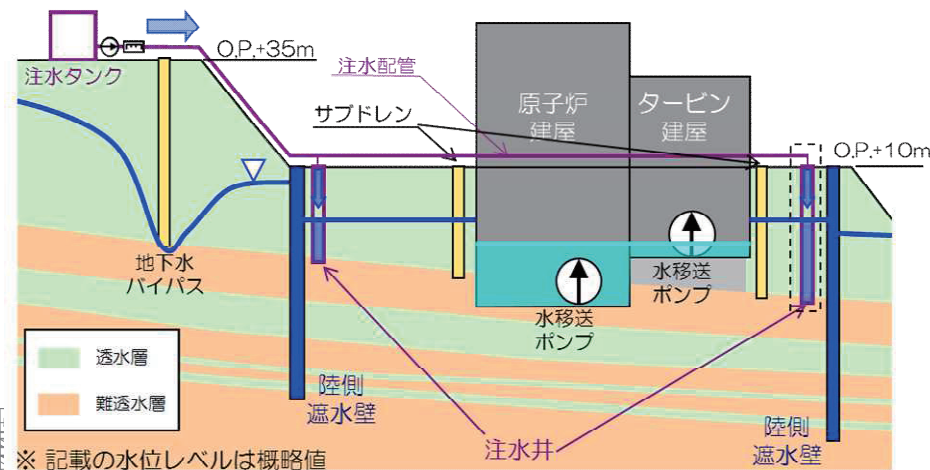
- 降雨による影響を考慮するため、10m盤への水の供給量*（地下水流入+降雨浸透）を目的変量、降雨の影響が大きいと思われる35日前までの週間平均降雨量を説明変量として、重回帰分析を用いて評価した。（*：くみ上げ量と地下水位変動から算定）
- 至近の10m盤への降雨を含む地下水の供給量は、凍結開始前のデータに基づく重回帰式による予測では、1,250m³/日程度に対し、実績は930m³/日程度であり、陸側遮水壁による流入量の減少が確認されている。



【参考5】 注水井概要

【参考】注水井概要

- 注水による地下水位の回復・維持を目的に陸側遮水壁内に33孔の注水井を設置している。
- 注水井は内径450mmで、注水する対象は中粒砂岩層および埋戻し土としており、深さは10~20m程度となっている。



注水井の構造