

陸側遮水壁の状況

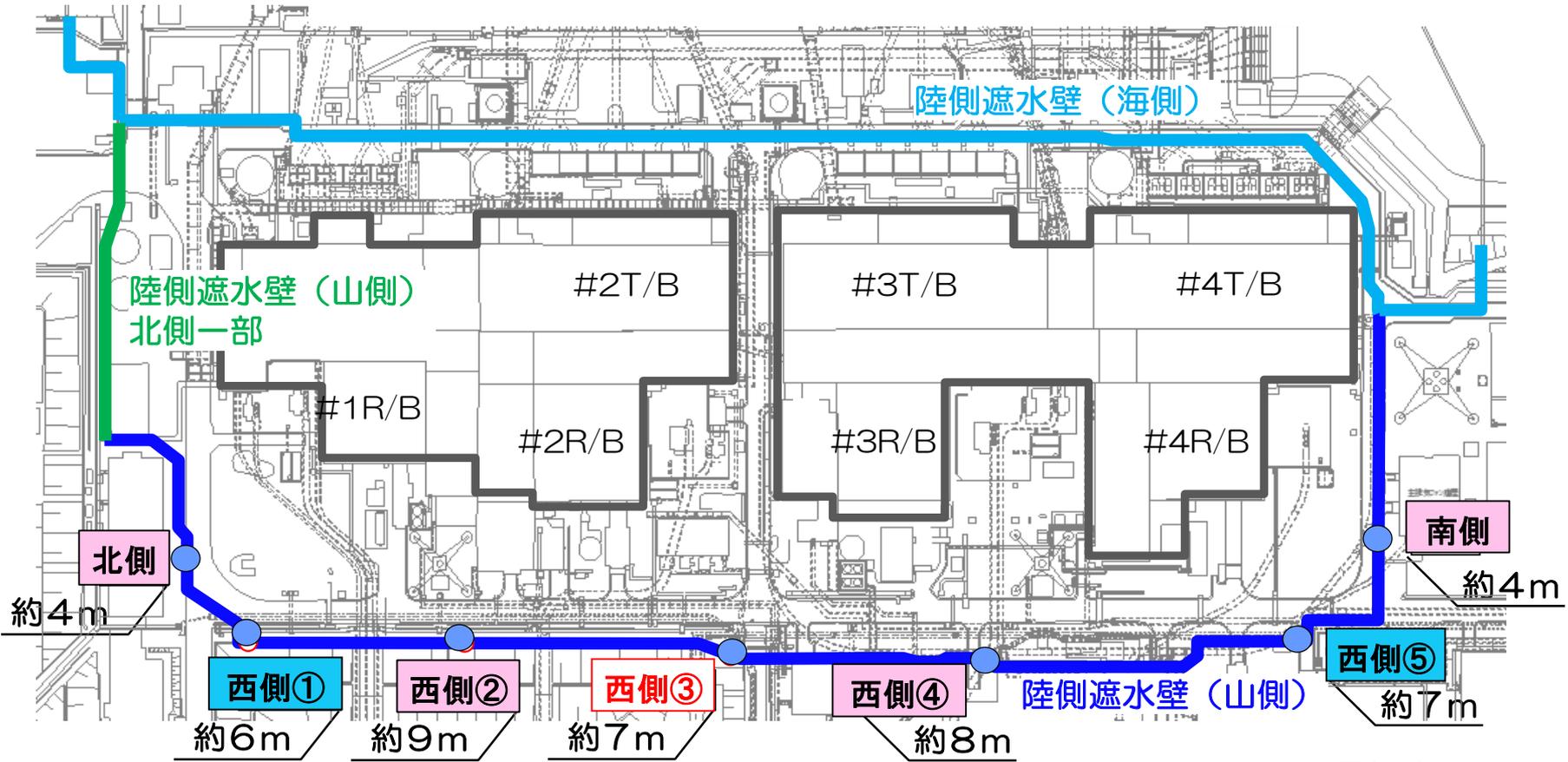
2017年11月22日

TEPCO

東京電力ホールディングス株式会社

現状の凍結範囲

■ 陸側遮水壁閉合の第三段階として2017年8月22日より「西側③」の凍結閉合を開始した。



凡例	範囲	開始日
	第一段階フェーズ1凍結範囲	2016.3.31
	第一段階フェーズ2凍結範囲	2016.6.6
	第二段階一部閉合 (I) 凍結範囲	2016.12.3
	第二段階一部閉合 (II) 凍結範囲	2017.3.3
	第三段階凍結範囲	2017.8.22

※ 図中の数値は各未凍結箇所
の区間延長

1. 地中温度の状況

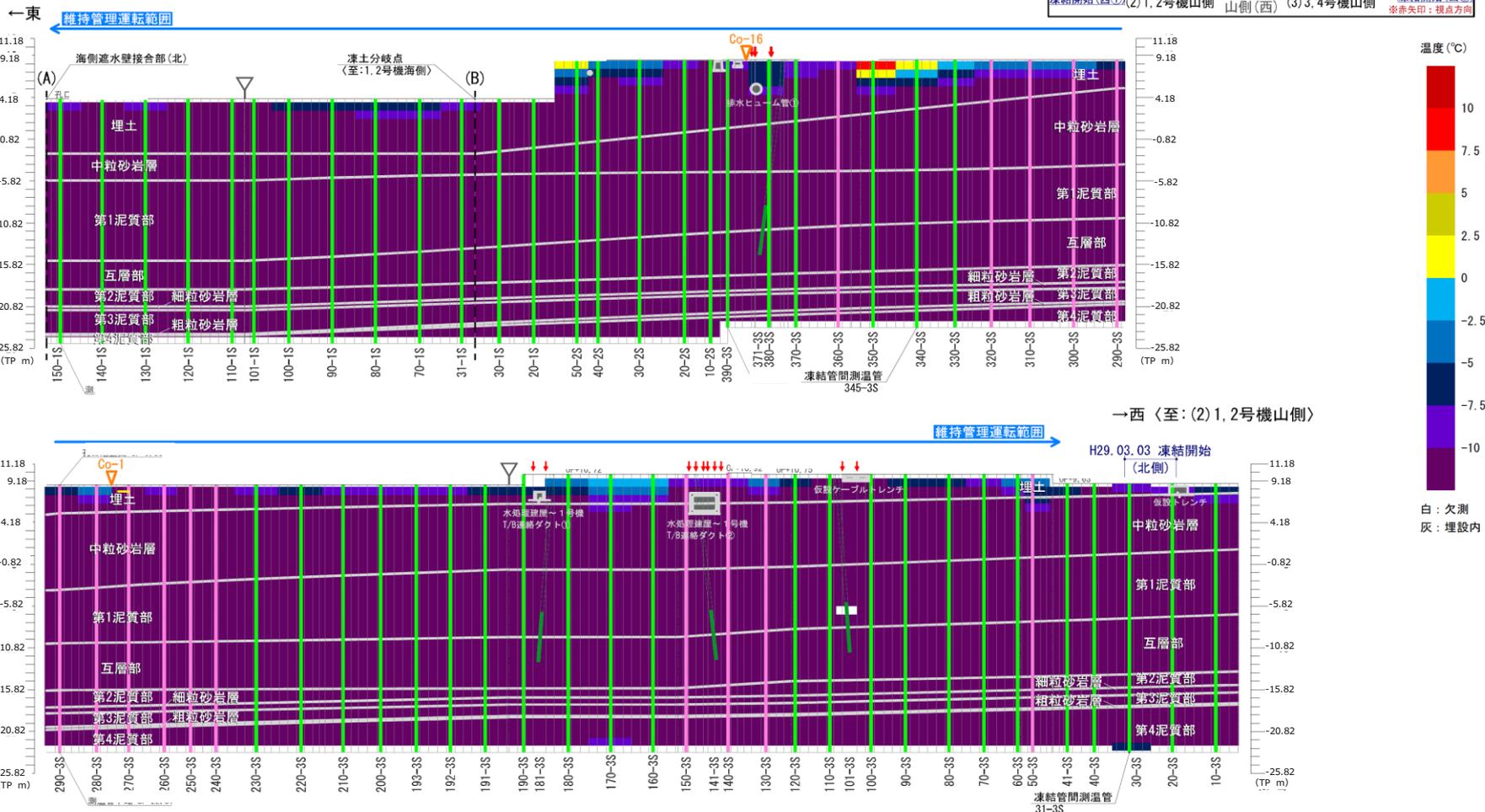
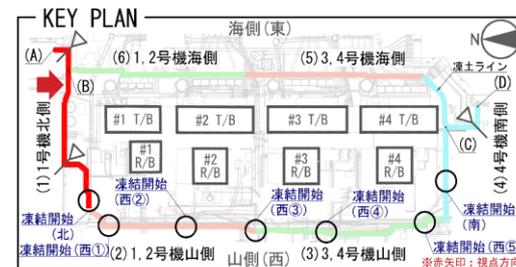
地中温度分布図 (1号機北側)

■ 地中温度分布図

(1) 1号機北側 (北側から望む)

(温度は11/20 7:00時点のデータ)

- 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)
 - : 複列部凍結管
 - ▽ : RW (リチャージウェル)
 - ▽ : Ci (中粒砂岩層・内側)
 - ▽ : Co (中粒砂岩層・外側)
 - ▽ : 凍土折れ点

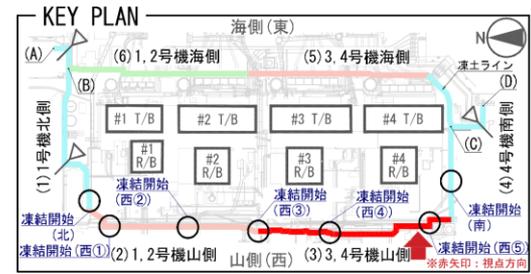


地中温度分布図 (3・4号機西側)

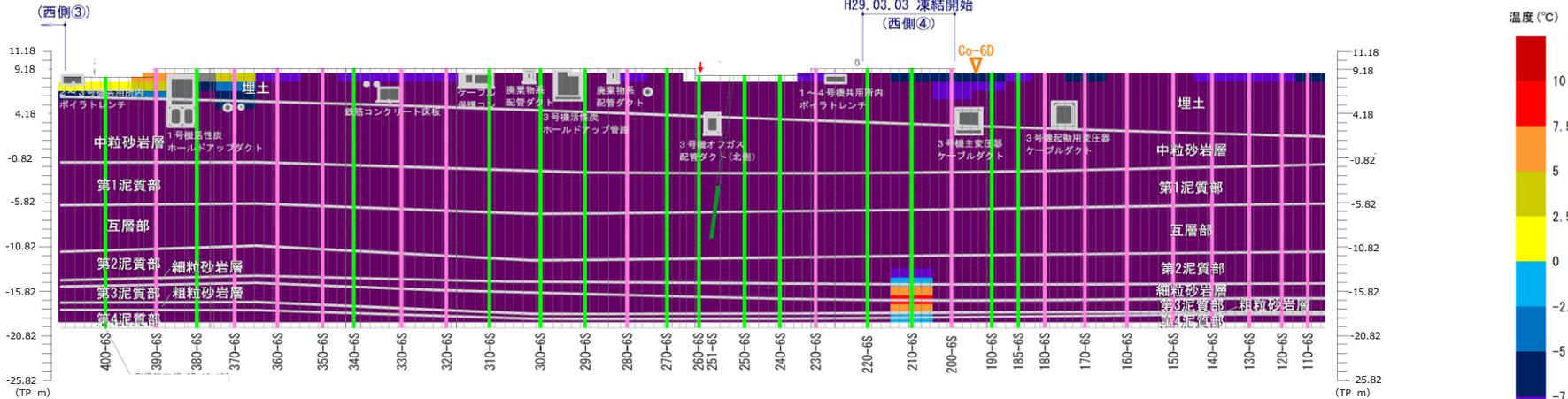
■ 地中温度分布図

(3) 3, 4号機山側 (西側から望む)

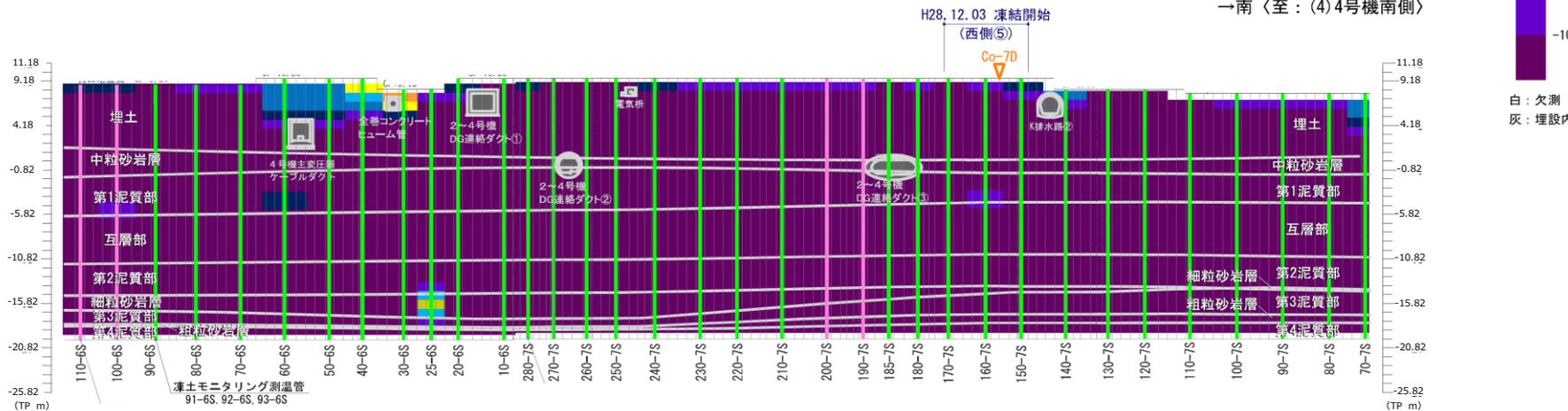
(温度は11/20 7:00時点のデータ)



←北 (至: (2) 1, 2号機山側)



→南 (至: (4) 4号機南側)



白: 欠測
灰: 埋設内

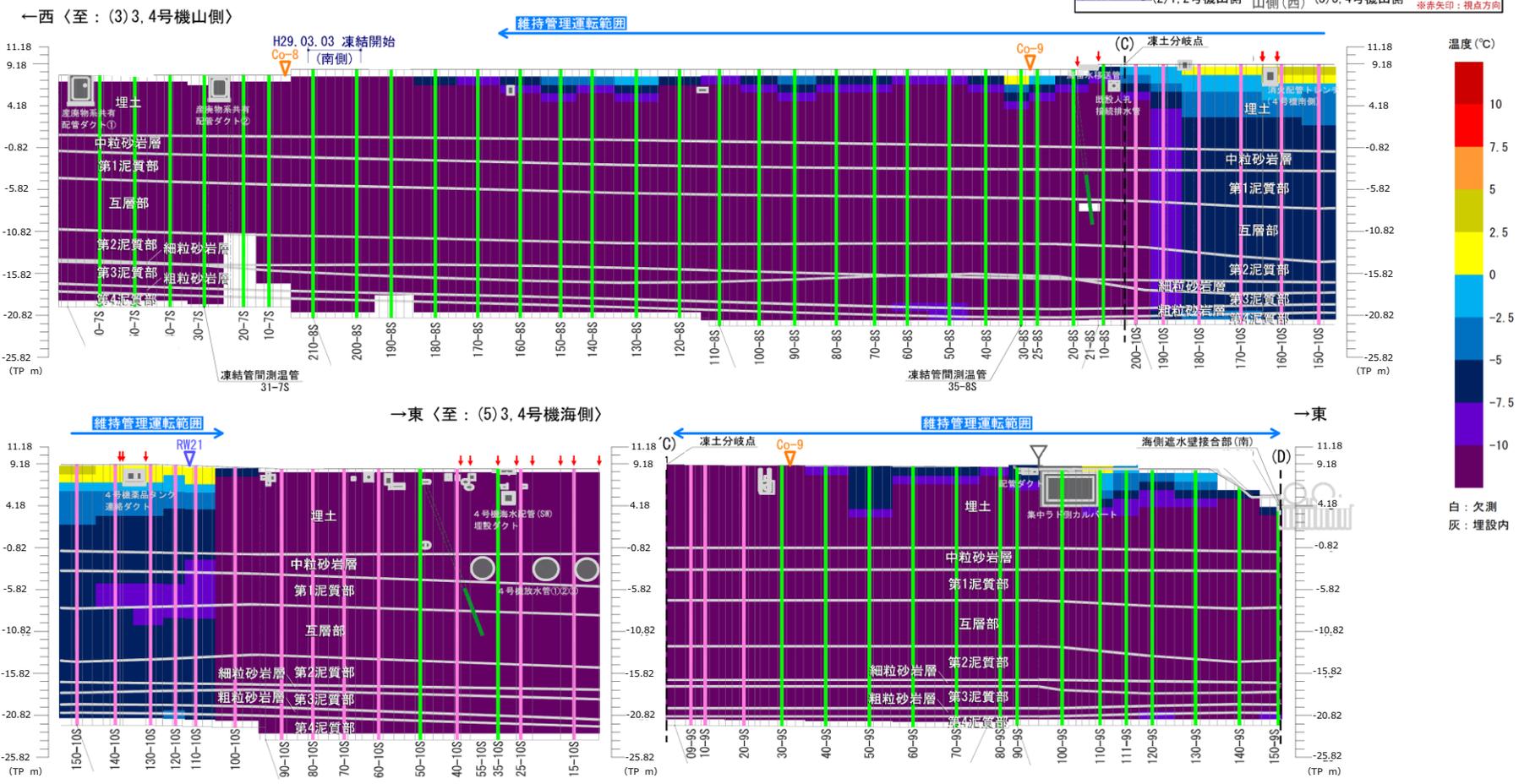
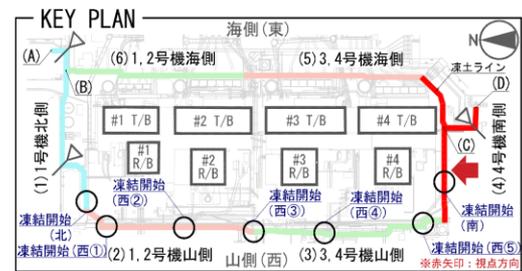
地中温度分布図 (4号機南側)

■ 地中温度分布図

(4) 4号機南側 (南側から望む)

(温度は11/20 7:00時点のデータ)

- 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)
 - : 複列部凍結管
 - ▽ : RW (リチャージウェル)
 - ▽ : Ci (中粒砂岩層・内側)
 - ▽ : Co (中粒砂岩層・外側)
 - ▽ : 凍土折れ点

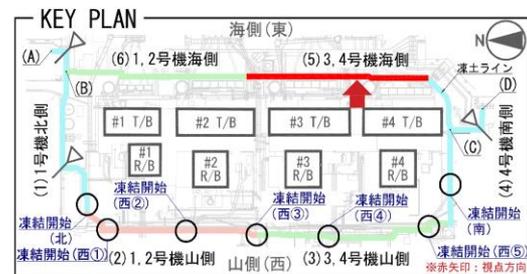


地中温度分布図 (3・4号機東側)

■ 地中温度分布図

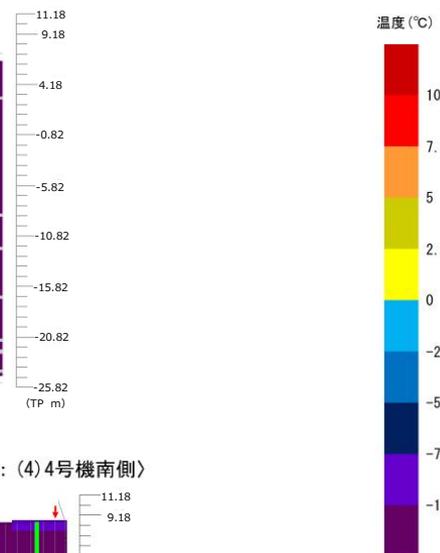
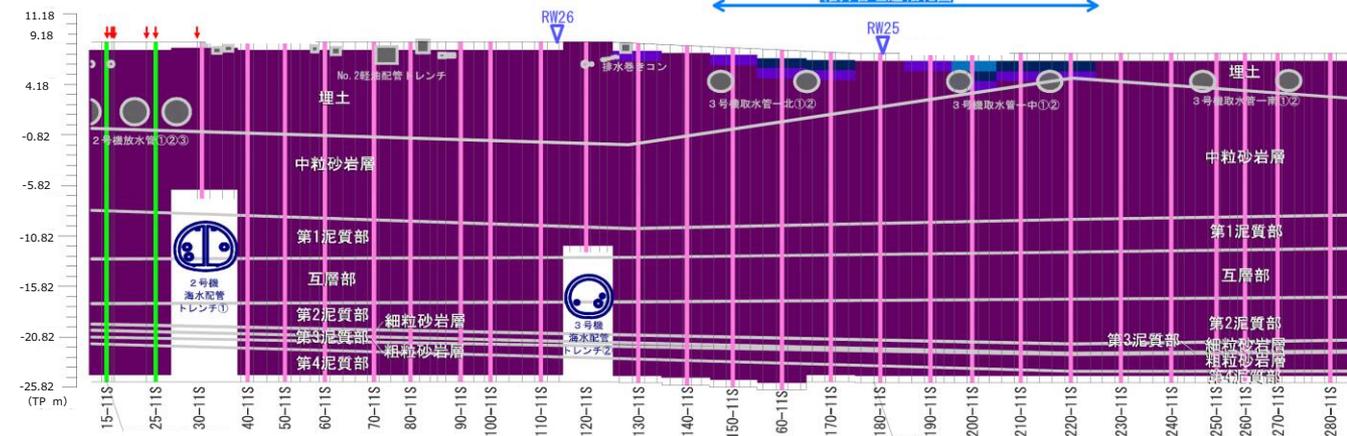
(5) 3, 4号機海側 (西側：内側から望む)

(温度は11/20 7:00時点のデータ)

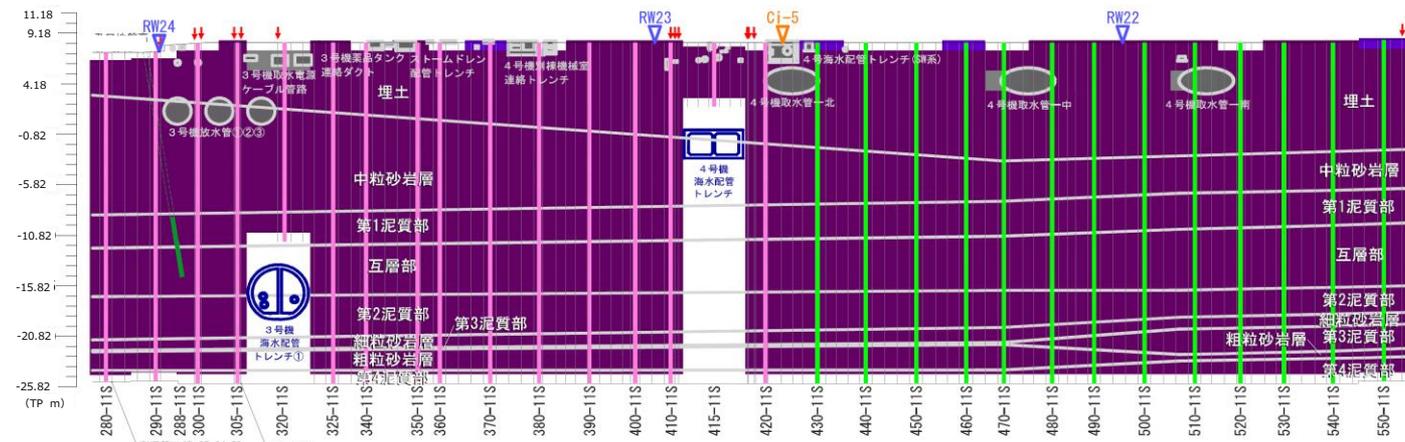


←北 (至：(6) 1, 2号機海側)

維持管理運転範囲



→南 (至：(4) 4号機南側)



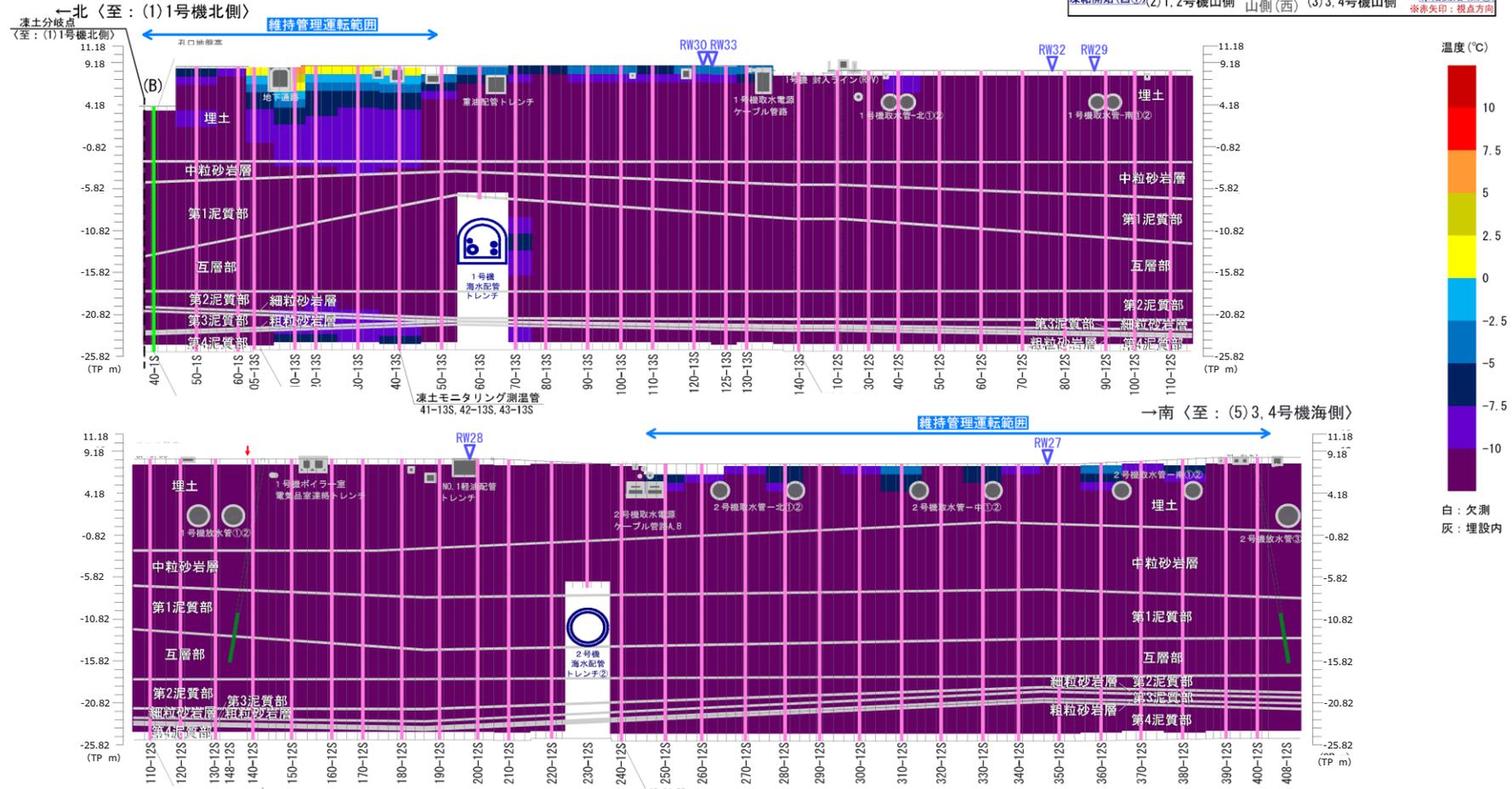
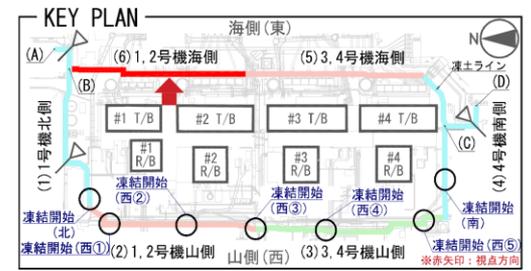
地中温度分布図 (1・2号機東側)

■ 地中温度分布図

(6) 1, 2号機海側 (西側：内側から望む)

(温度は11/20 7:00時点のデータ)

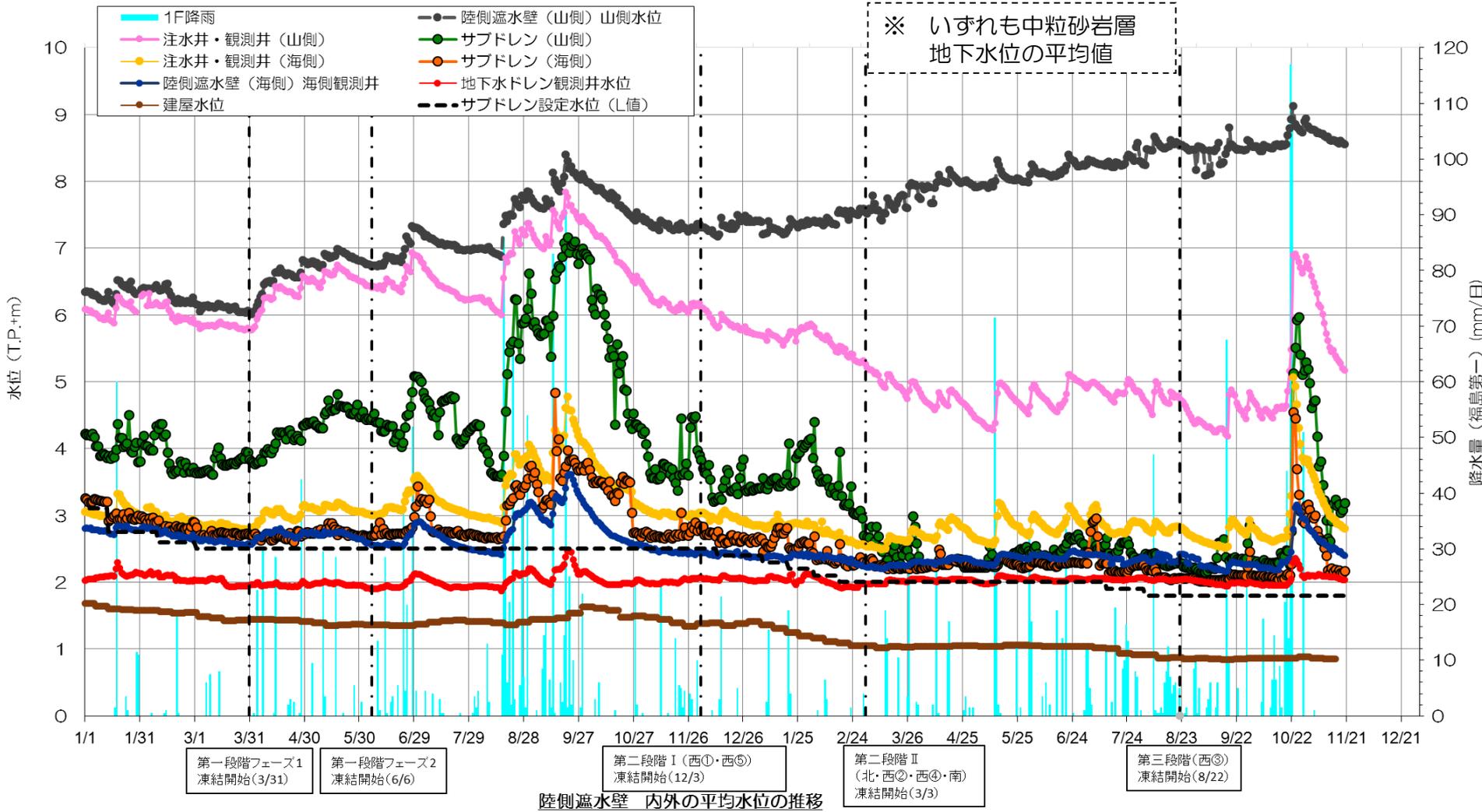
- 凡例
- : 測温管 (凍土ライン外側)
 - : 測温管 (凍土ライン内側)
 - : 測温管 (複列部斜め)
 - : 複列部凍結管
 - ▽ : RW (リチャージウエル)
 - ▽ : Ci (中粒砂岩層・内側)
 - ▽ : Co (中粒砂岩層・外側)
 - ▽ : 凍土折れ点



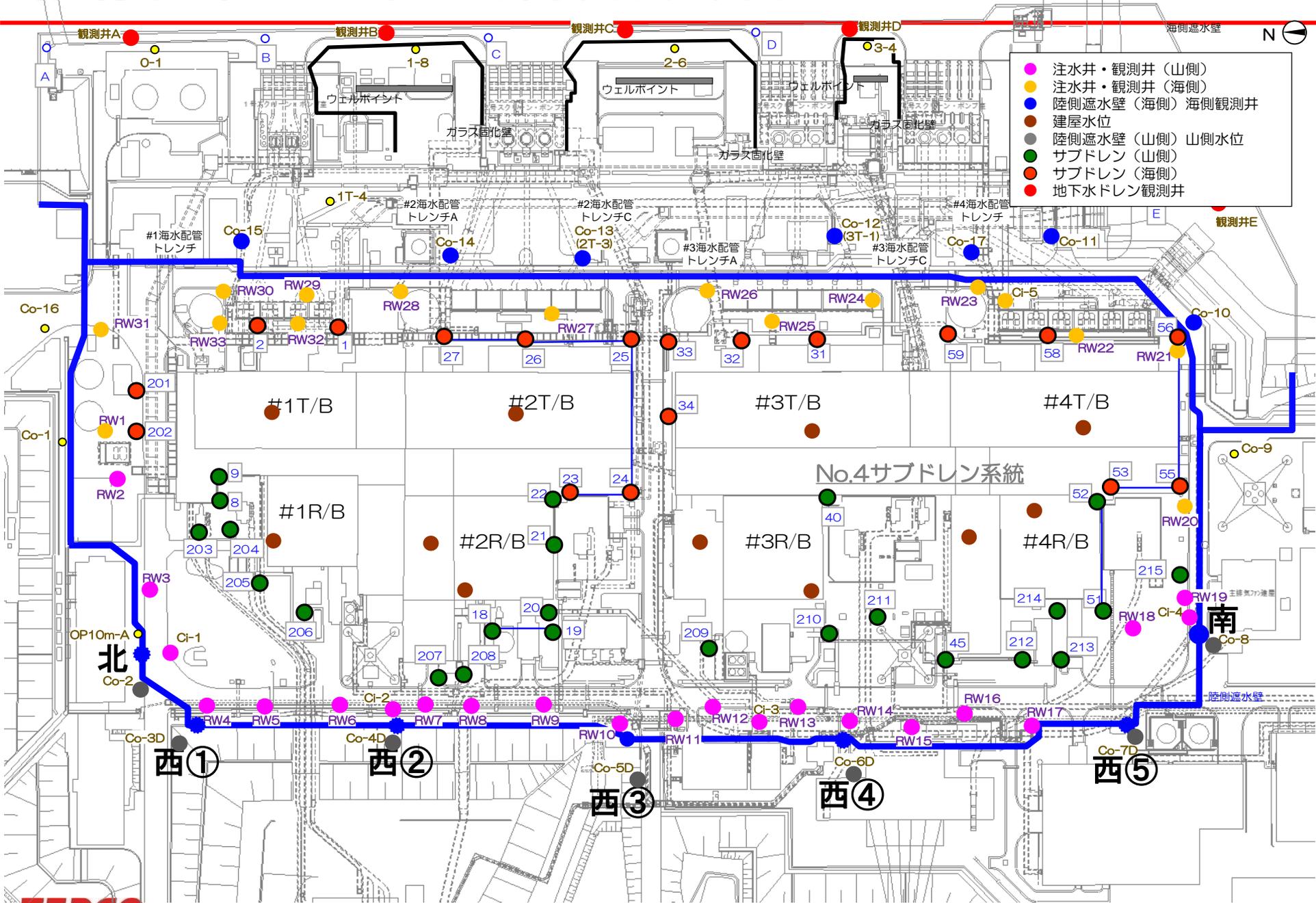
2. 陸側遮水壁内外の地下水位の状況

陸側遮水壁内外の地下水位の推移

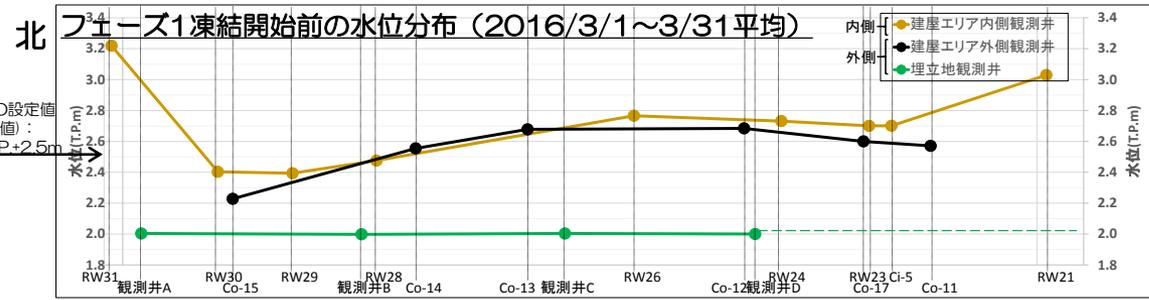
■ 陸側遮水壁内の地下水位（注水井・観測井）は至近で低下状態が続いているが、台風21号等による降雨（約230mm）で、陸側遮水壁の海側で約1m、陸側遮水壁内側で約2～3m程度上昇した。その後、サブドレン稼働に伴い、陸側遮水壁内の地下水位は再び低下してきている。



【参考】サブドレン・注水井・地下水位観測井位置図

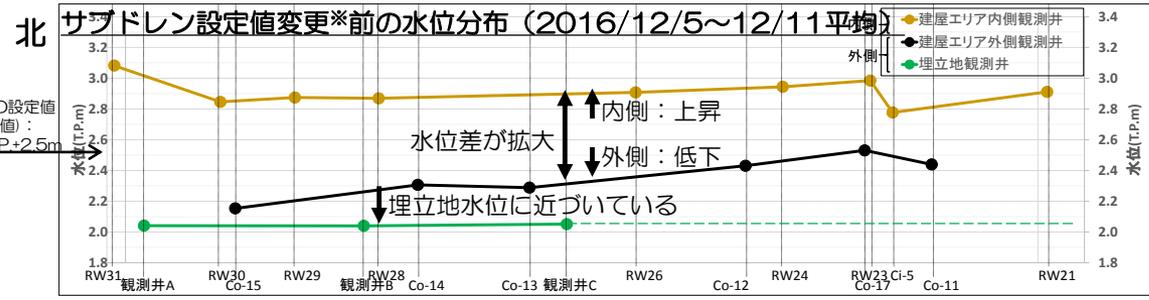


中粒砂岩層水位変化断面図 海側ライン



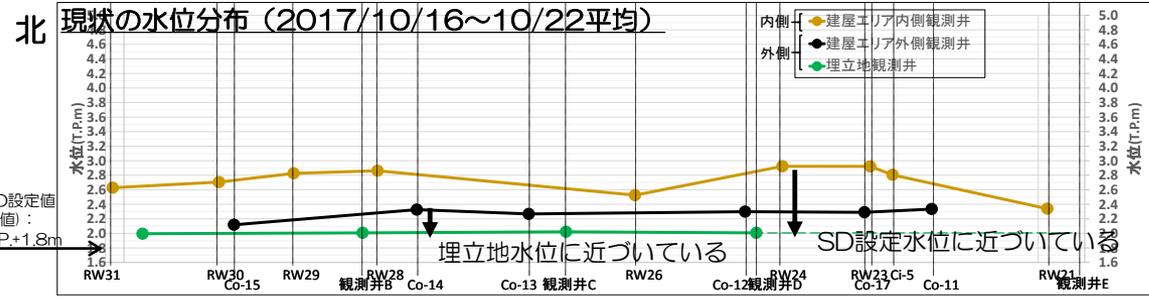
◆ **フェーズ1凍結開始～サブドレン設定値変更前にかけて地下水位差が拡大した。**

- 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）の遮水効果で上昇した。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）の遮水効果で低下した。

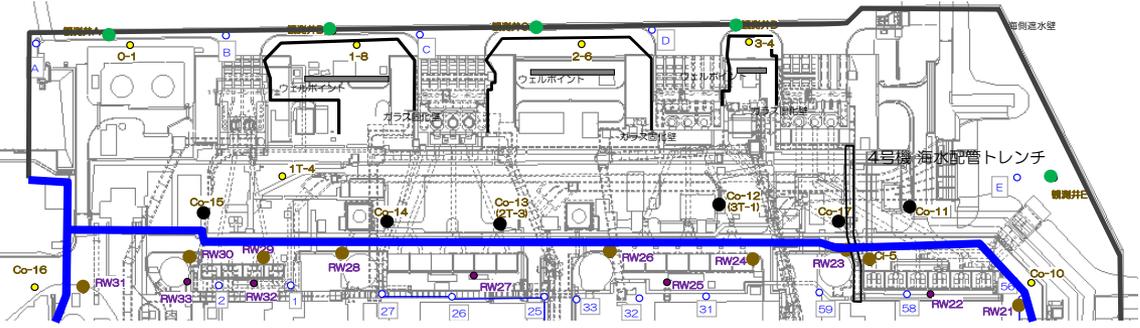


◆ **サブドレン設定値変更以降，地下水位差が縮小してきている。**

- 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。

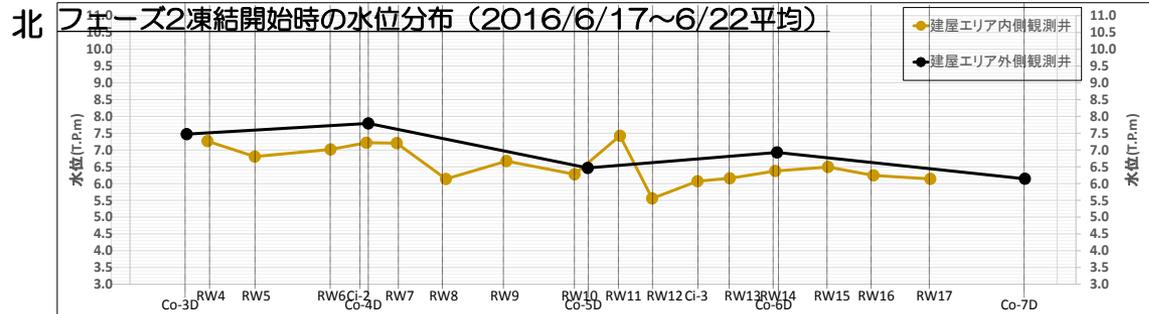


※ 2016/12/12から2017/8/3にかけてL値を段階的に低下した（T.P.+2.5m→T.P.+1.8m）。



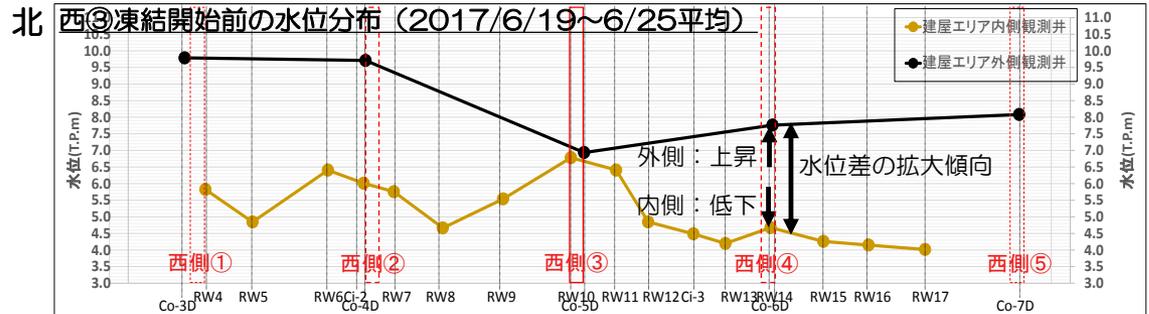
- 埋立地観測井
- 建屋エリア外側観測井
- 建屋エリア内側観測井

中粒砂岩層水位変化断面図 山側ライン



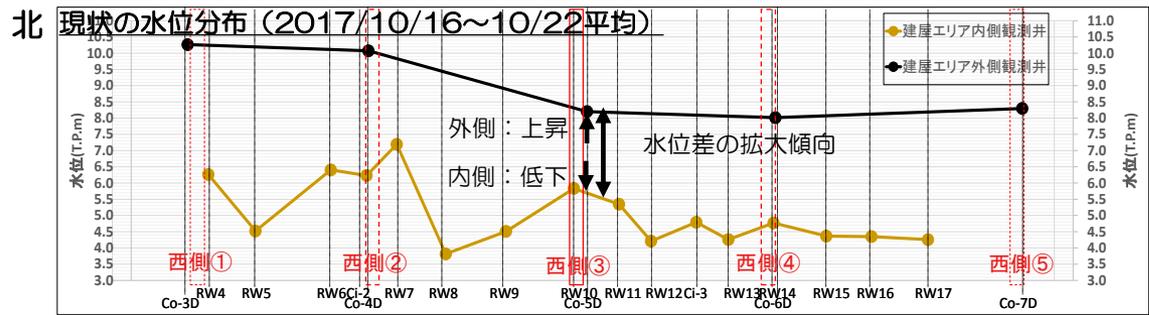
南 ◆ フェーズ2凍結開始～第二段階開始にかけて地下水位差が拡大した。

- 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）の遮水効果で低下した。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）の遮水効果で上昇した。



南 ◆ 凍結を開始した西側③近傍についても、地下水位差が拡大傾向。

- 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）の遮水効果で上昇した。



南 ◆ 凍結を開始した西側③近傍についても、地下水位差が拡大傾向。

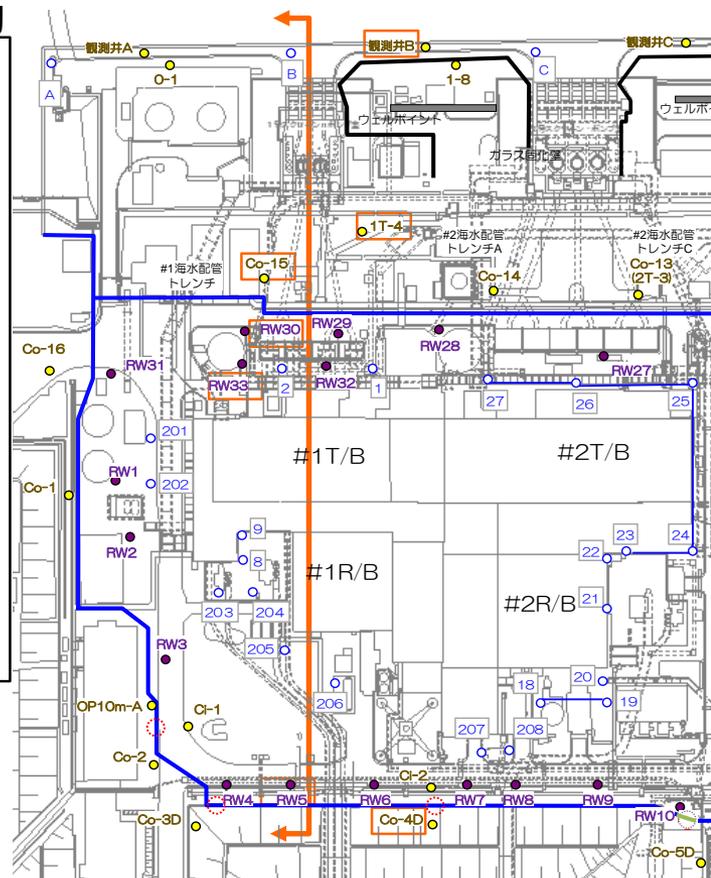
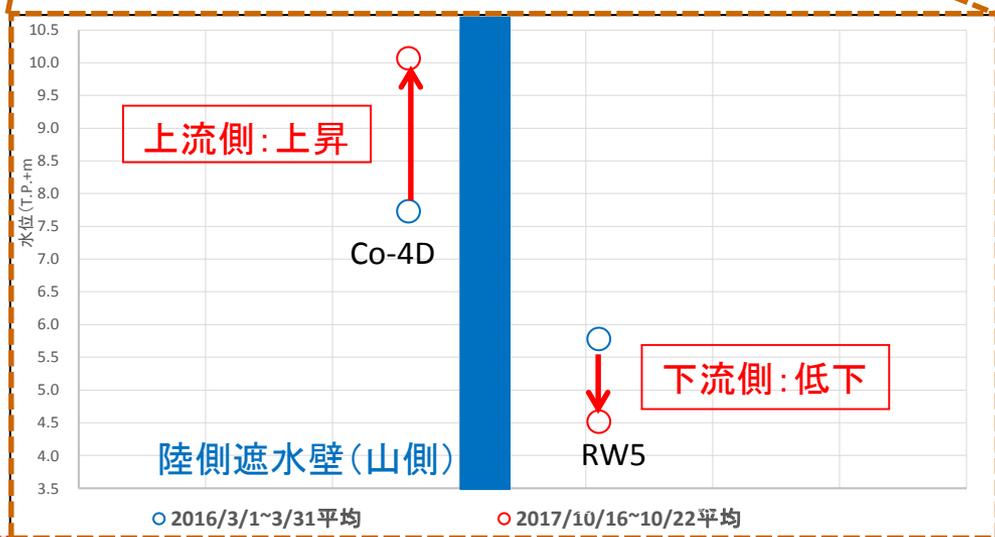
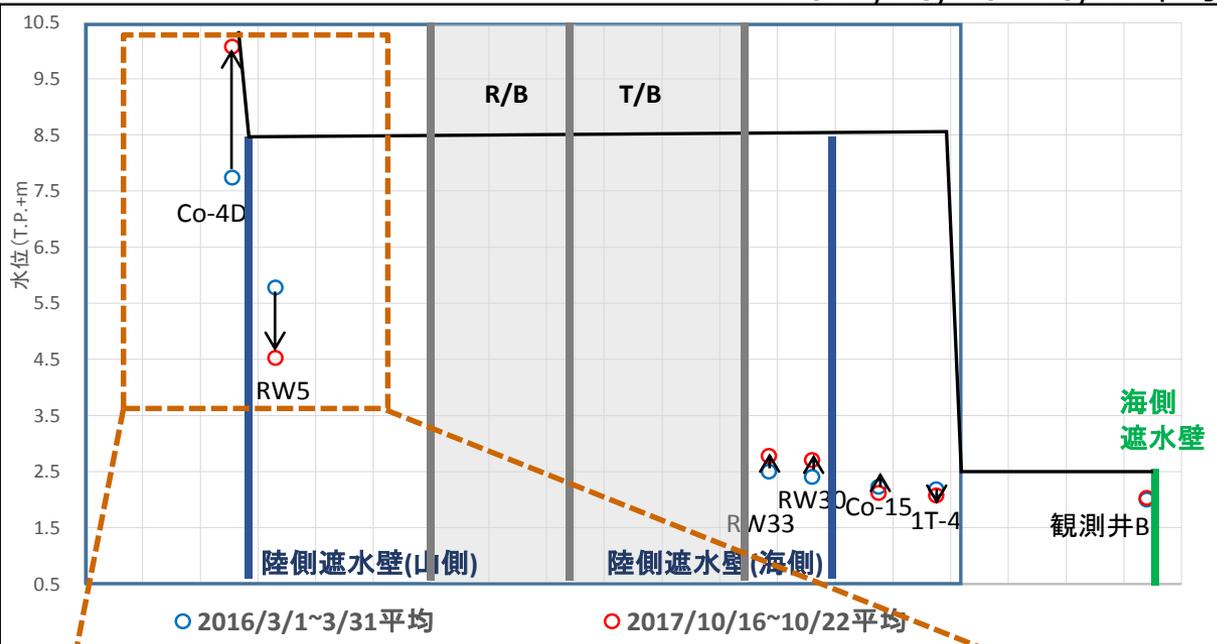
- 内側の地下水位：
本年8/22の西側③凍結開始以降、西側③近傍についても水位が低下傾向。
- 外側の地下水位：
本年8/22の西側③凍結開始以降、西側③近傍においても水位が上昇傾向。



● 建屋エリア外側観測井
● 建屋エリア内側観測井

【参考】中粒砂岩層の水位変化 1 / 2号機山側

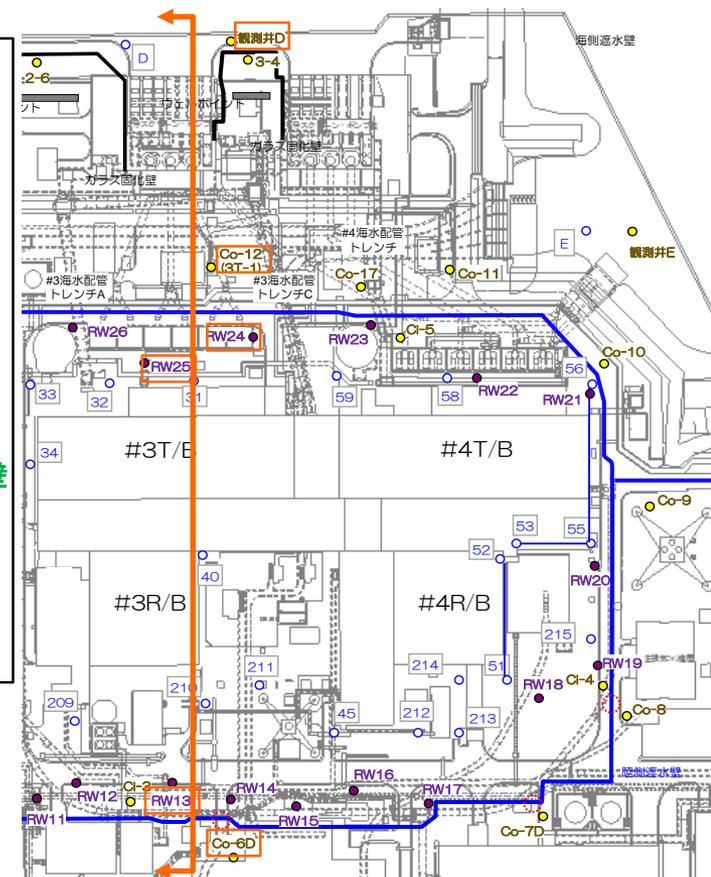
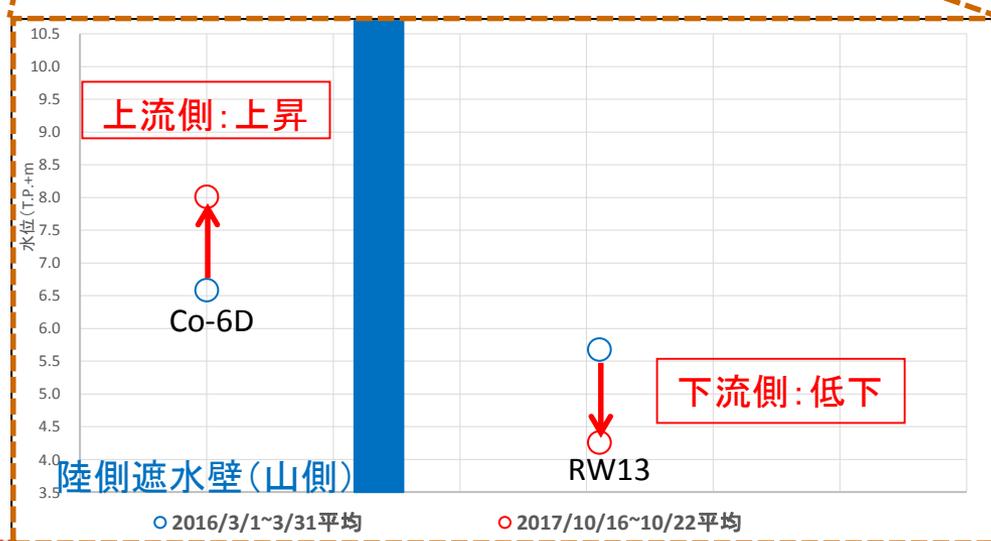
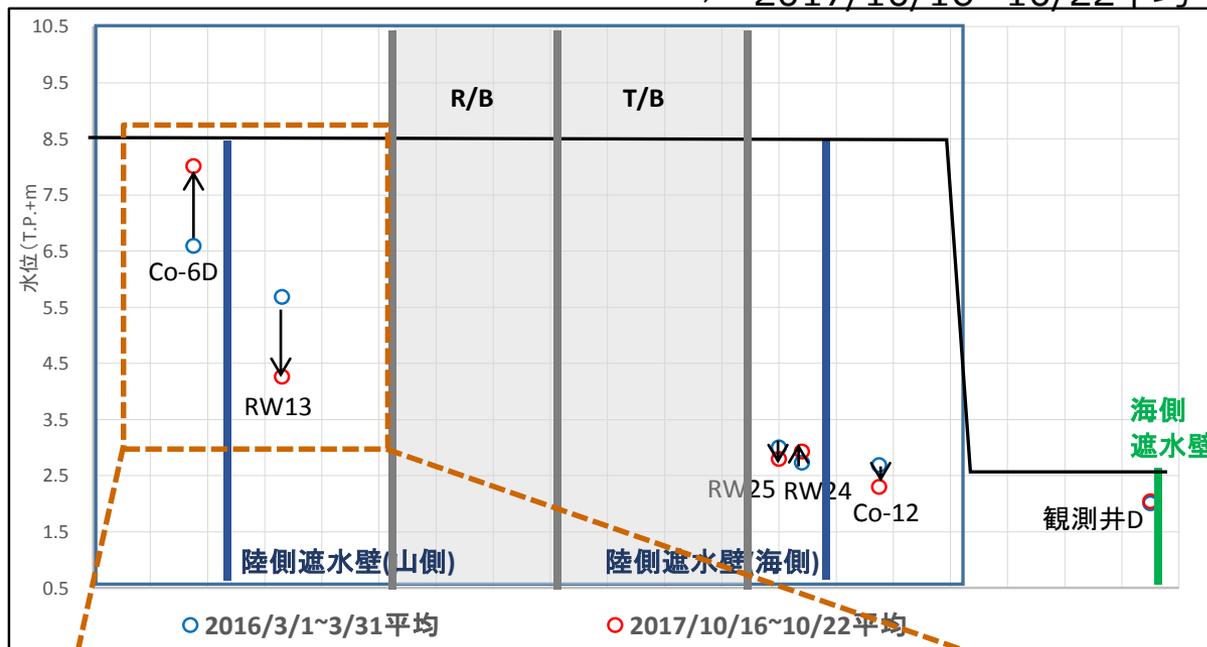
フェーズ1開始前 (2016/3/1~3/31平均)
⇒ 2017/10/16~10/22平均



- 地下水ドレン・サブドレン
- 注水井
- 中粒砂岩層観測井

【参考】中粒砂岩層の水位変化 3 / 4号機山側

フェーズ1開始前 (2016/3/1~3/31平均)
 ⇒ 2017/10/16~10/22平均

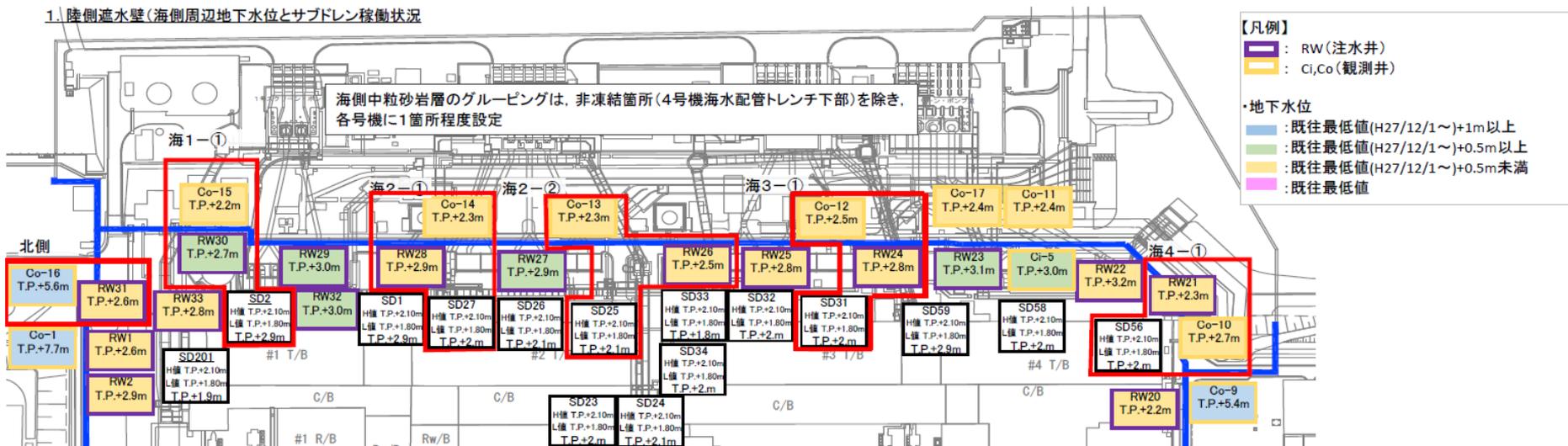


- 地下水ドレン・サブドレン
- 注水井
- 中粒砂岩層観測井

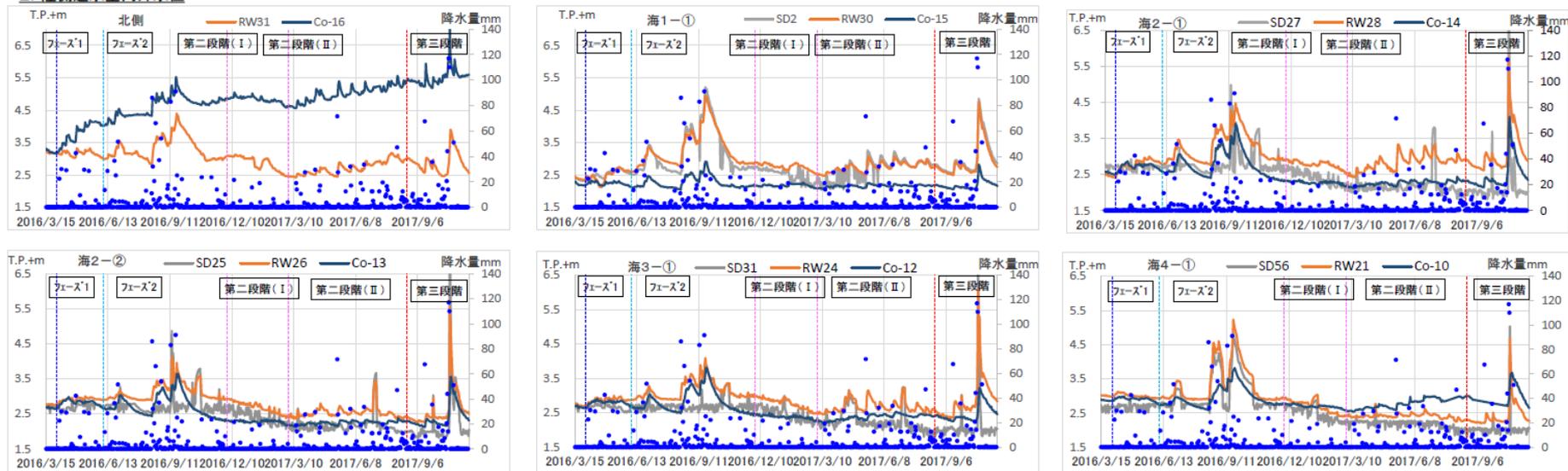
【参考】地下水位・水頭状況（中粒砂岩層① 海側）

陸側遮水壁運用における監視項目（海側 中粒砂岩層水位）

1. 陸側遮水壁（海側周辺地下水位とサブドレン稼働状況）



2. 陸側遮水壁内外水位

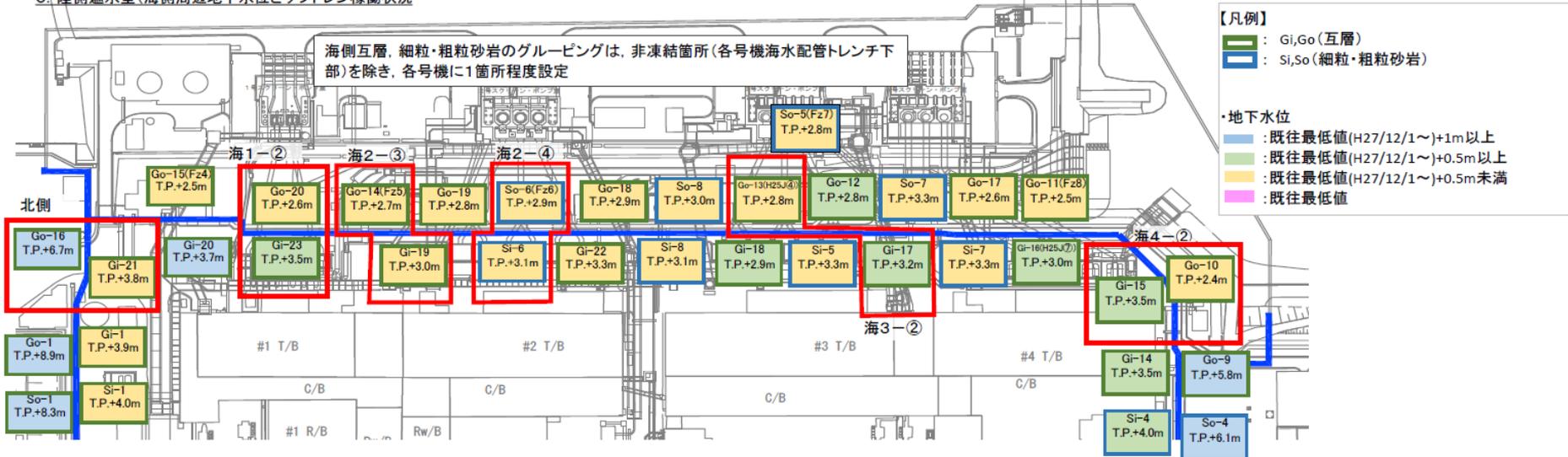


・地下水位は11/20 7:00時点のデータ

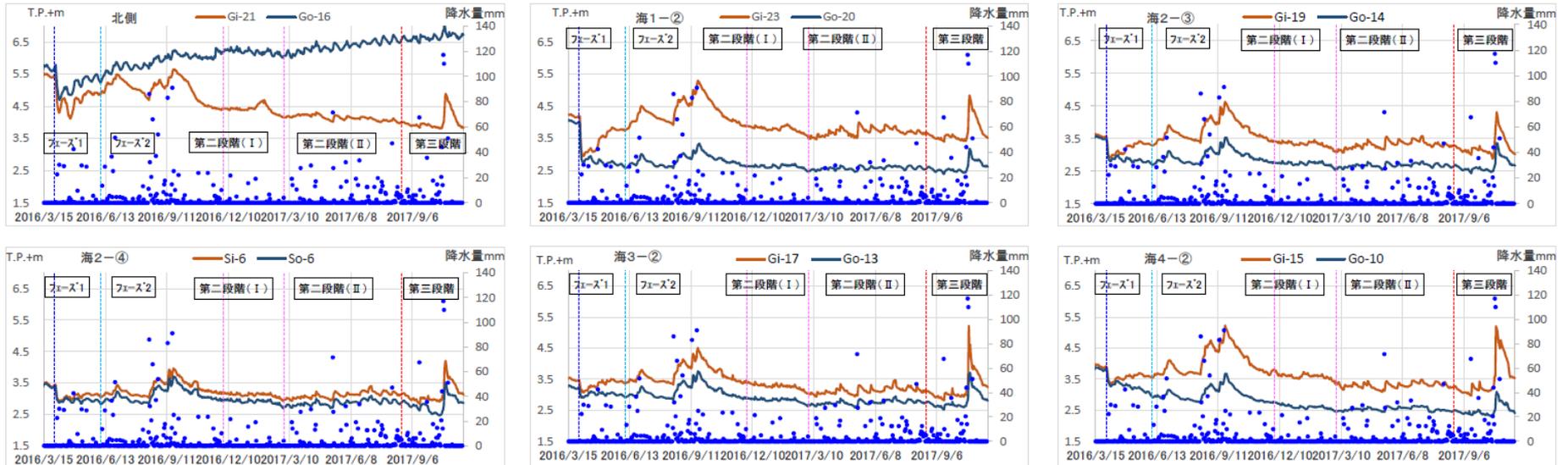
【参考】地下水位・水頭状況（互層、細粒・粗粒砂岩層水頭① 海側）

陸側遮水壁運用における監視項目（海側 互層、細粒・粗粒砂岩水位）

5. 陸側遮水壁（海側周辺地下水位とサブレン稼働状況）



6. 陸側遮水壁内外水位

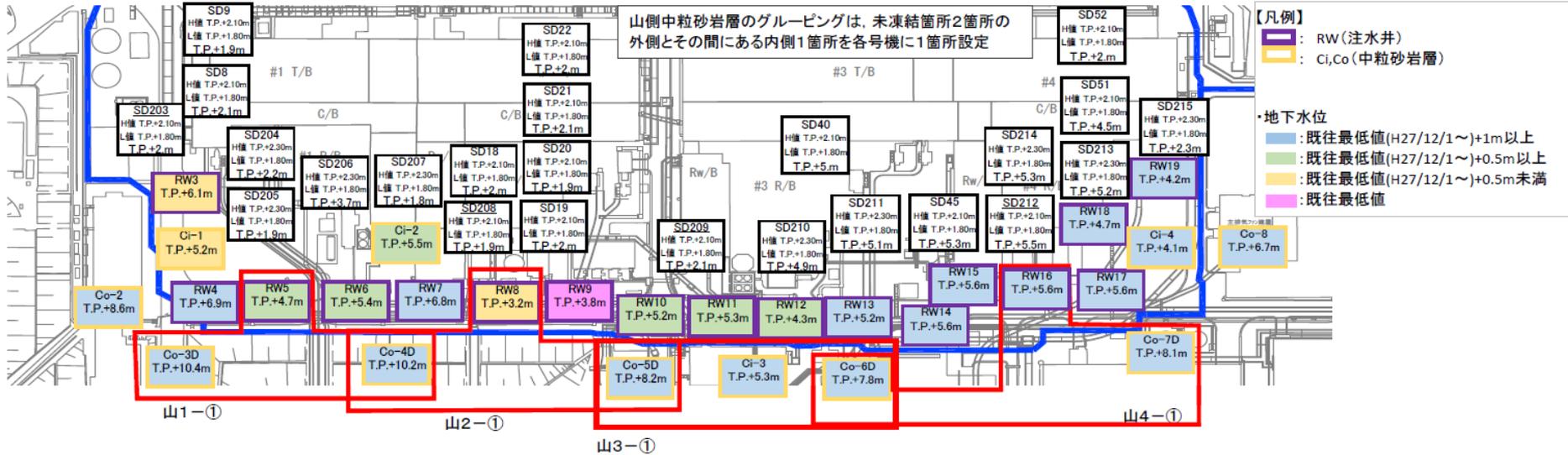


・地下水位は11/20 7:00時点のデータ

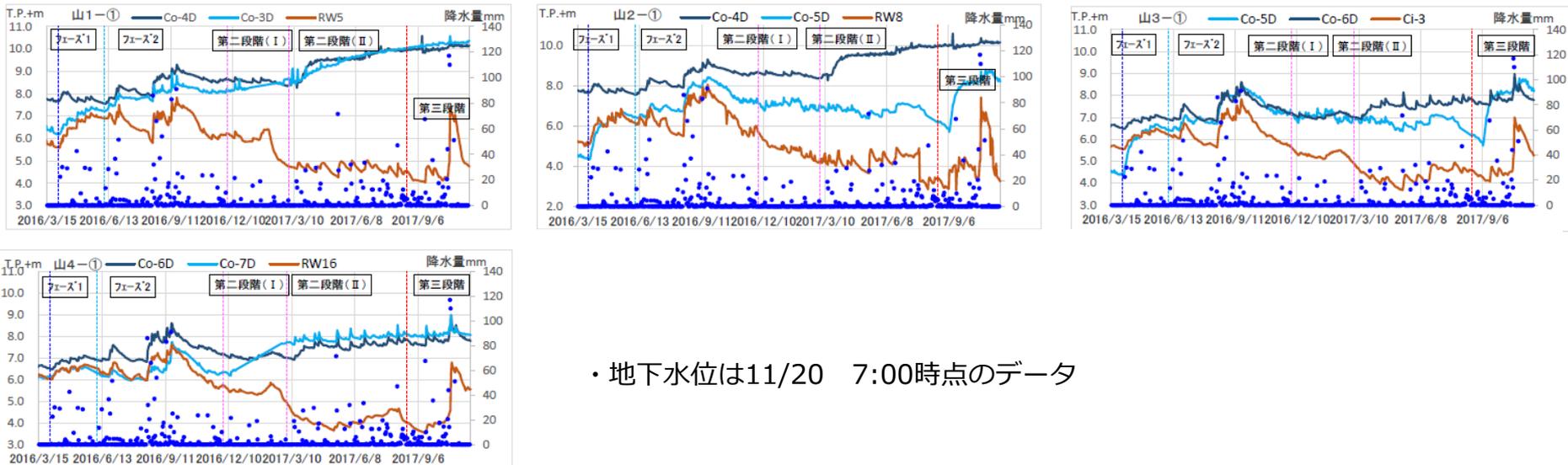
【参考】地下水位・水頭状況（中粒砂岩層② 山側）

陸側遮水壁運用における監視項目（山側 中粒砂岩層水位）

3. 陸側遮水壁（海側周辺地下水位とサブドレン稼働状況）



4. 陸側遮水壁内外水位

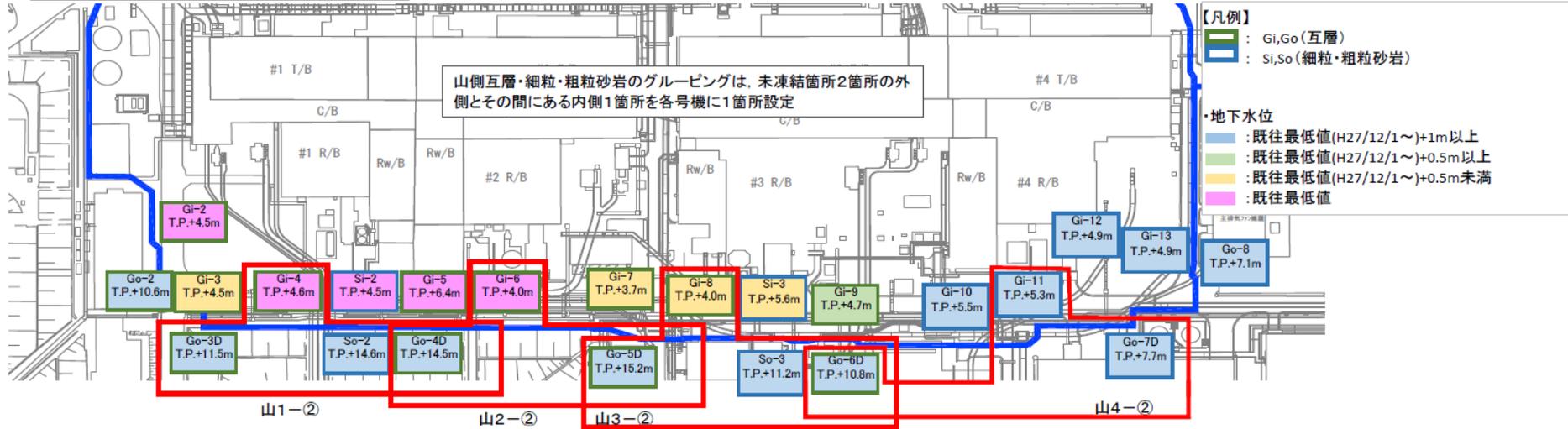


・地下水位は11/20 7:00時点のデータ

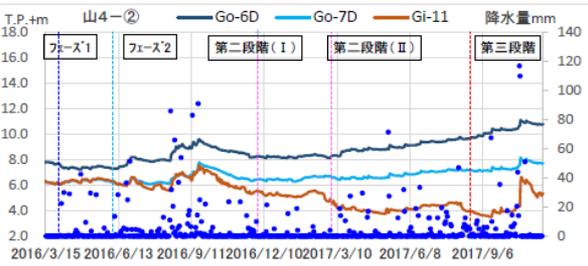
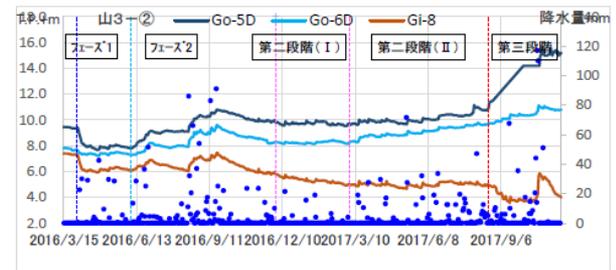
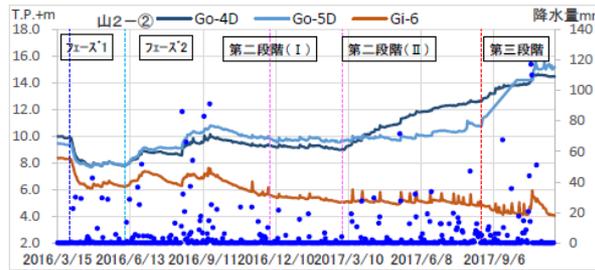
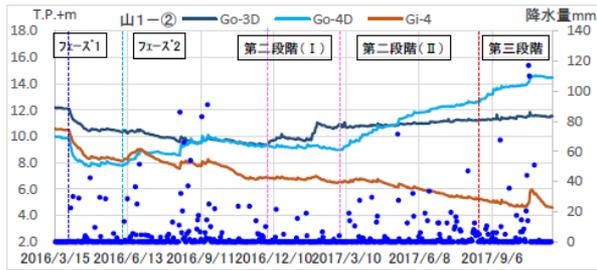
【参考】地下水位・水頭状況（互層、細粒・粗粒砂岩層水頭② 山側）

陸側遮水壁運用における監視項目（山側 互層、細粒・粗粒砂岩水水位）

7. 陸側遮水壁（海側周辺地下水位とサブドレン稼働状況）



8. 陸側遮水壁内外水位

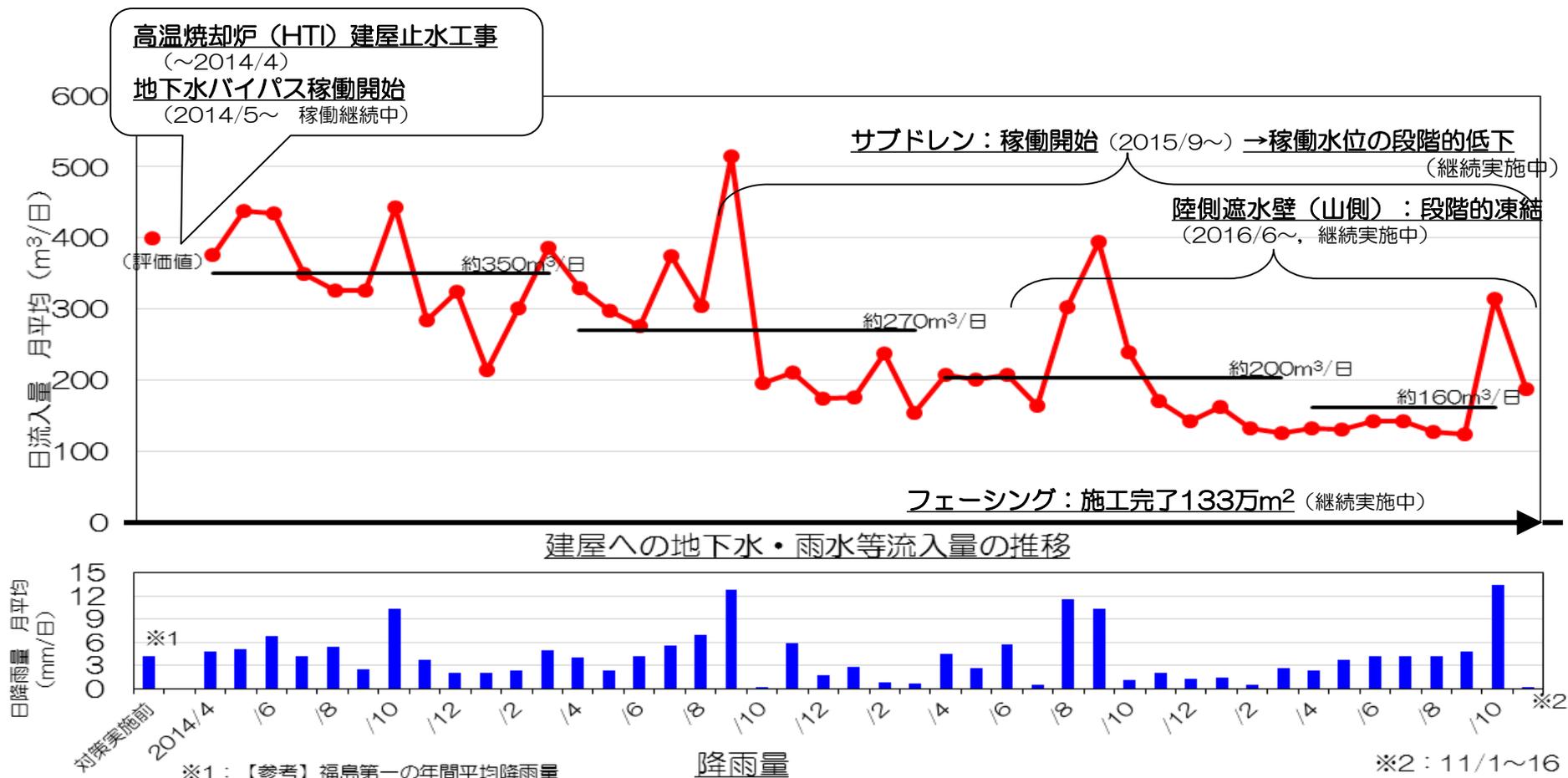


・地下水位は11/20 7:00時点のデータ

3. 建屋流入量・くみ上げ量等の状況

建屋流入量の低減状況

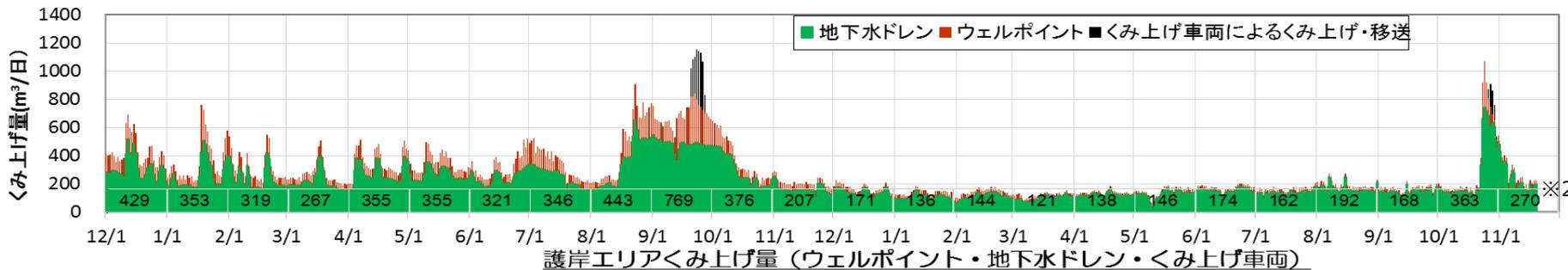
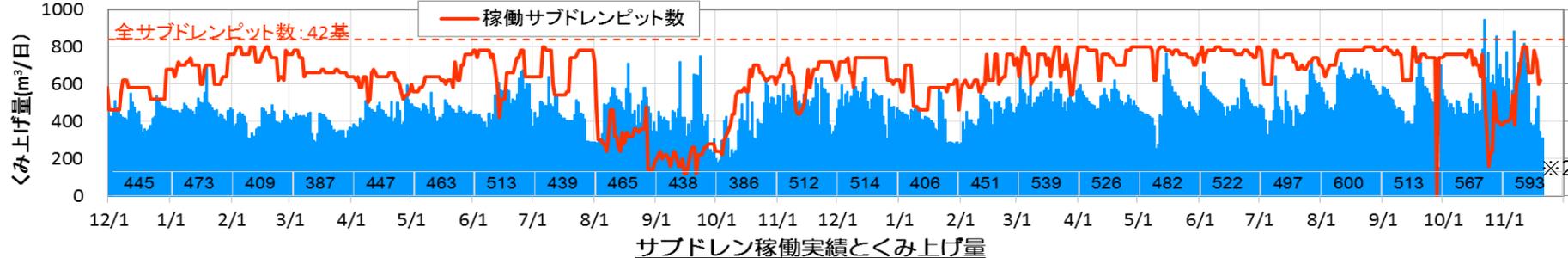
- 建屋流入量（建屋への地下水・雨水等流入量）は、各低減対策（地下水バイパス・フェーシング・サブドレン・陸側遮水壁）の実施により、対策実施前の400m³/日程度から、2017年4月～9月は月平均で120～140m³/日程度まで低減している。
- 10月の台風21号、22号の降雨の影響により建屋流入量は一時的に増加したものの、その後、台風前と同程度まで減少している。



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

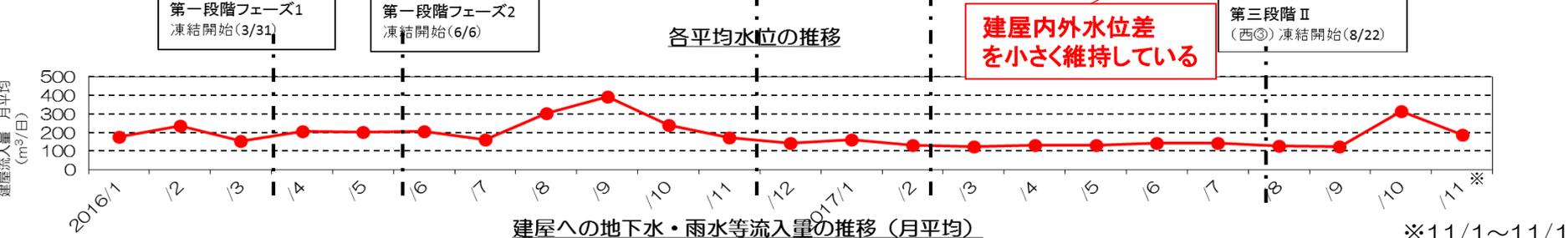
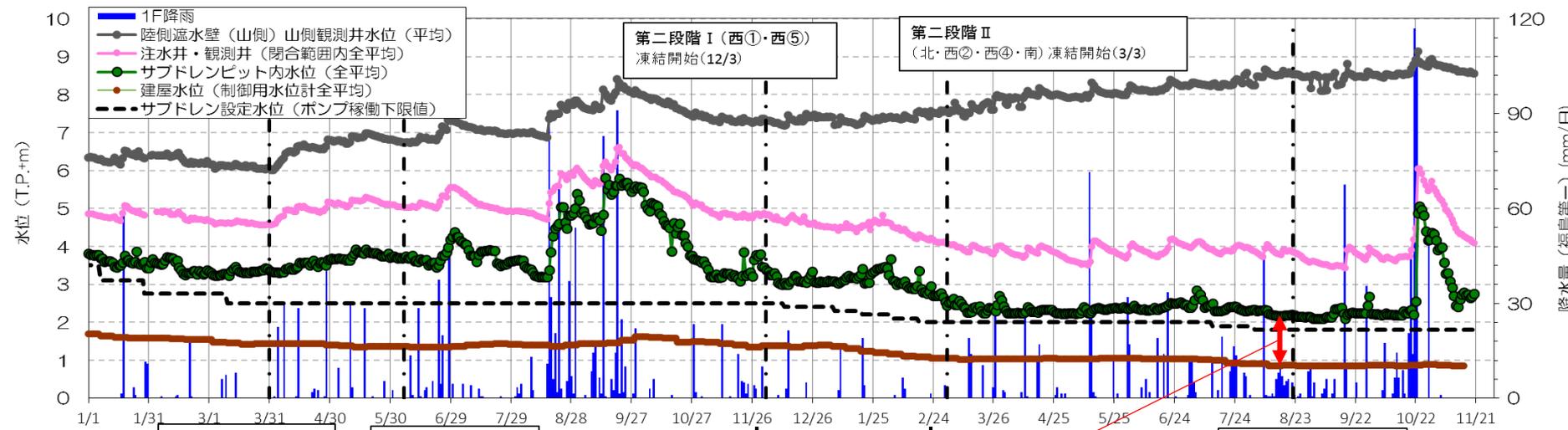
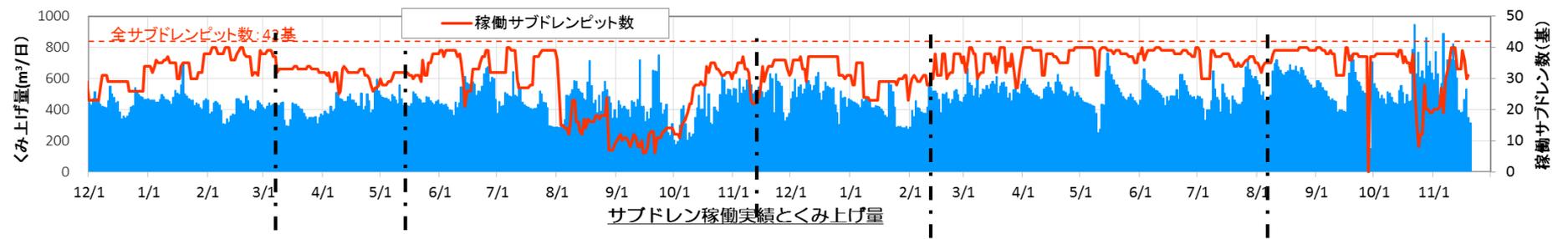
1F降雨と建屋への地下水流入量・各くみ上げ量の経時変化

- 建屋流入量は、陸側遮水壁（山側）の閉合進展およびサブドレン稼働により建屋周辺の地下水位が低下しており、120~140m³/日程度となっている。
- サブドレンは増強工事が一部が完了した今年3月以降、くみ上げ量が安定して500~600m³/日程度で、稼働台数は90%程度を維持している。
- 陸側遮水壁海側のくみ上げ量は昨年10月以降は降雨後の増加が少ない状態が続いており、3月6日には既往最小くみ上げ量：約90m³/日となった

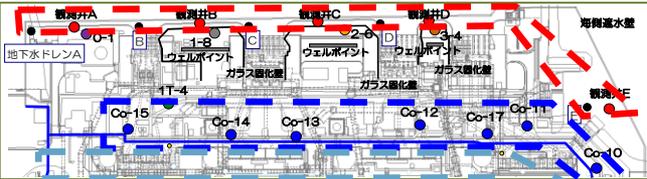
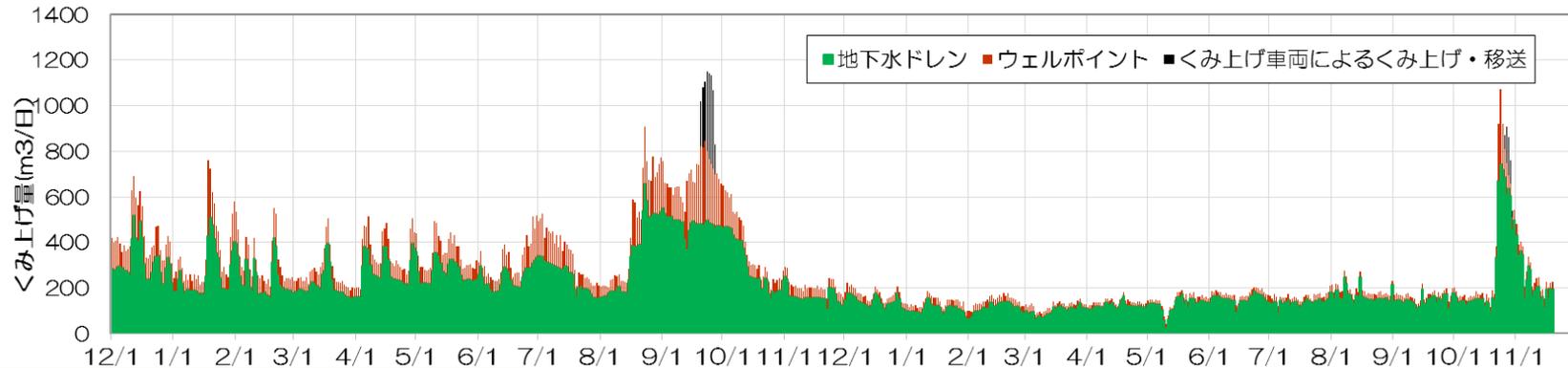
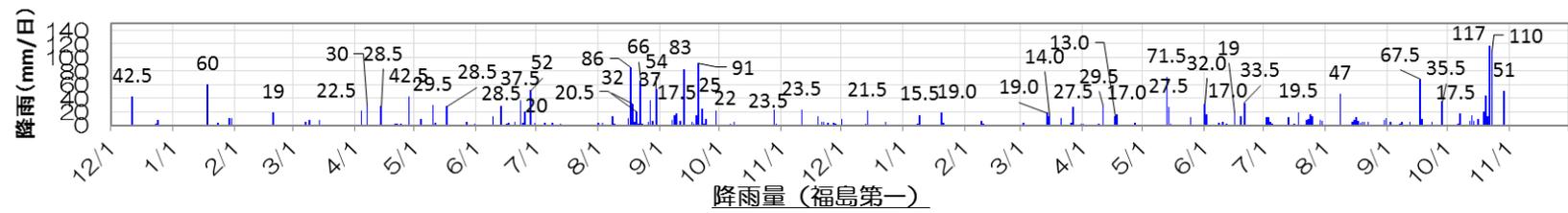


サブドレンによる地下水位制御性の向上

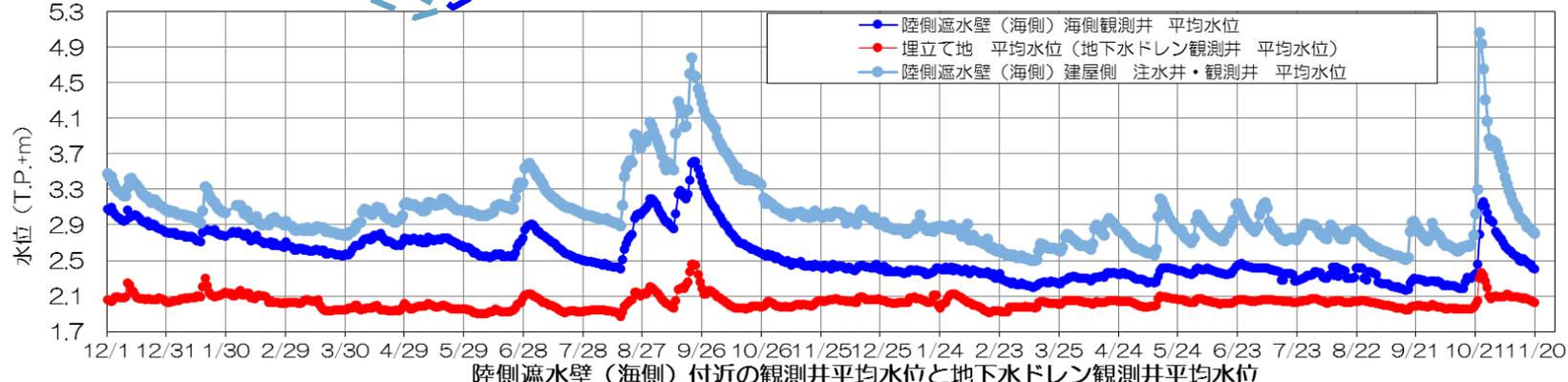
- サブドレン信頼性向上対策の一部実施完了（配管単独化等）等により、サブドレンによる建屋周辺地下水位の制御性が向上し、ピット内水位をポンプ稼働設定水位の範囲内にほぼ制御出来ている。
- また、台風により一時的に上昇するものの、通常の降雨時においては、サブドレンの停止時を除きピット内水位がほとんど上昇しておらず、サブドレン本来の動的な機能である「建屋内外水位差を拡大させない制御」が可能となっている。



護岸エリアくみ上げ量と陸側遮水壁の海側および埋立て地水位の経時変化



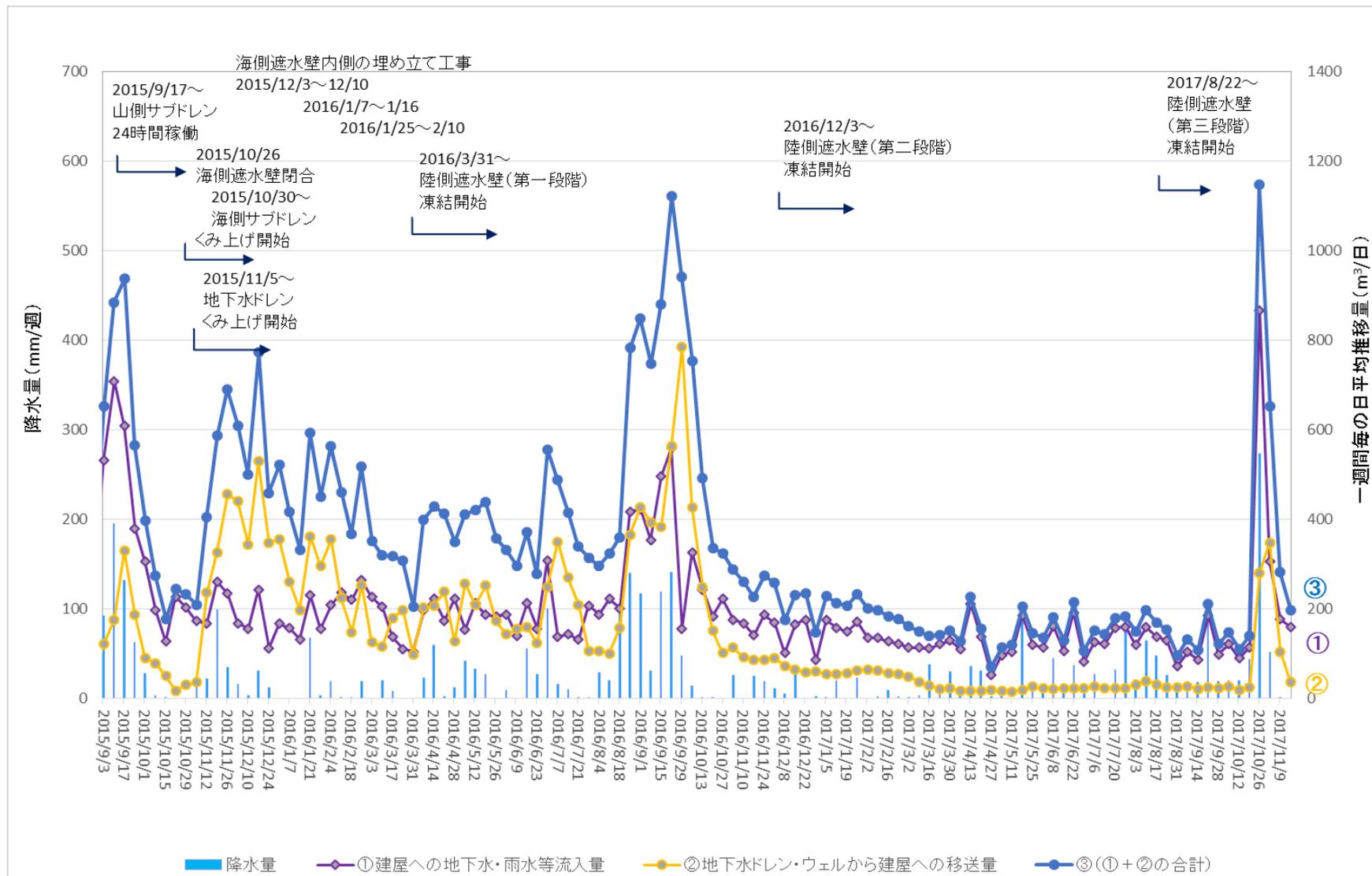
護岸エリアくみ上げ量 (ウェルポイント・地下水ドレン・くみ上げ車両)



陸側遮水壁 (海側) 付近の観測井平均水位と地下水ドレン観測井平均水位

汚染水発生量の経時変化

- サブドレン、フェーシング、陸側遮水壁等の重層的な汚染水対策の進捗により、対策前に比べて、降雨や地下水に起因する汚染水発生量を低減できている。
- 10月末の台風の影響により汚染水発生量は一時的に増加したものの、その後、台風前と同程度まで減少している。

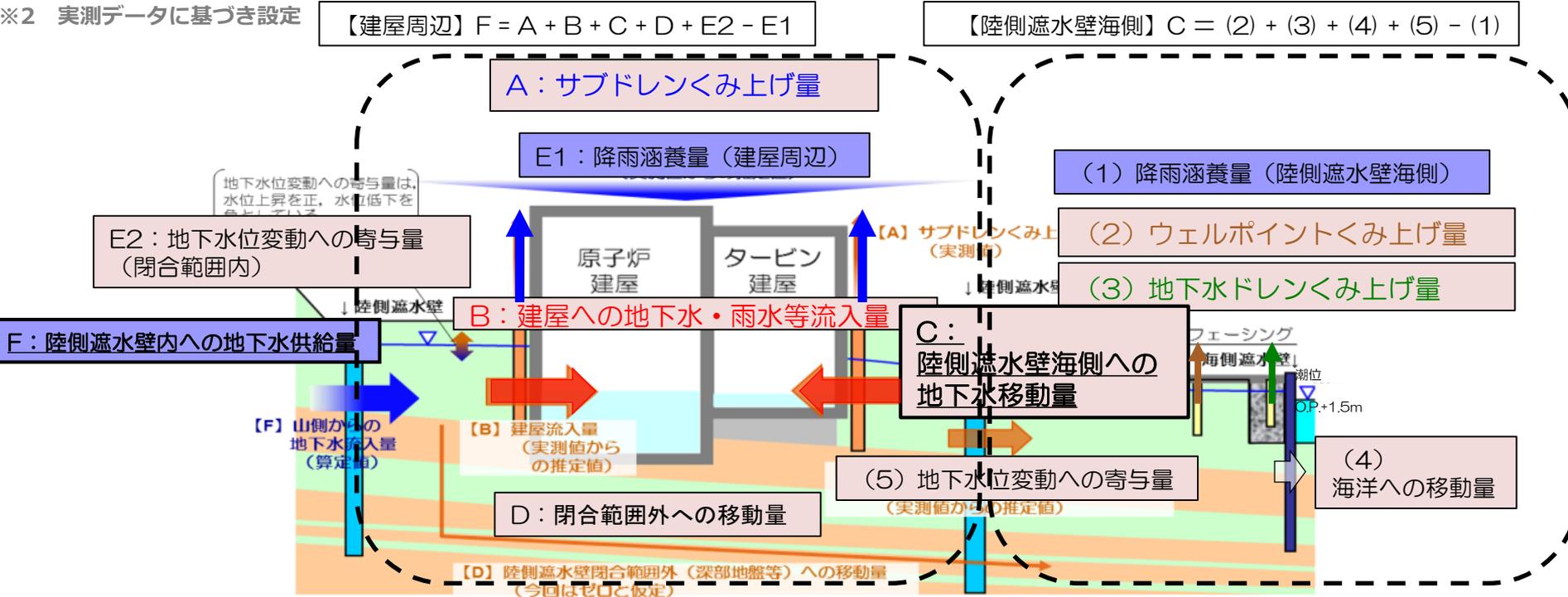


4. 地下水収支・重回帰分析

陸側遮水壁海側・建屋周辺の地下水収支評価方法

- 下の概念図に示す陸側遮水壁海側・建屋周辺の各地下水収支を仮定し、それぞれへの地下水供給量を評価した。
 - ・ C：（建屋周辺から）陸側遮水壁海側への地下水移動量
 - ・ F： 陸側遮水壁内への地下水供給量
- 「建屋への地下水・雨水等流入量（B）」は1週間単位で評価した値を用い、各種くみ上げ量は実績データを用いた。「地下水水位の変動への寄与量（E2）」は、地盤の有効空隙率を21%※1とし、地下水水位計測データから算定した値を用いた。降雨涵養量は、浸透率を55%※2として雨量実績から算定した。
- 陸側遮水壁海側（海側遮水壁－陸側遮水壁（海側）閉合範囲内）地下水収支から「陸側遮水壁海側への地下水移動量（C）」を算定した。
- 次に、算定した「陸側遮水壁海側への地下水移動量（C）」を用いて建屋周辺（陸側遮水壁閉合範囲内）地下水収支から「陸側遮水壁内への地下水供給量（F）」を算定した。

※1 試験結果に基づき設定
 ※2 実測データに基づき設定



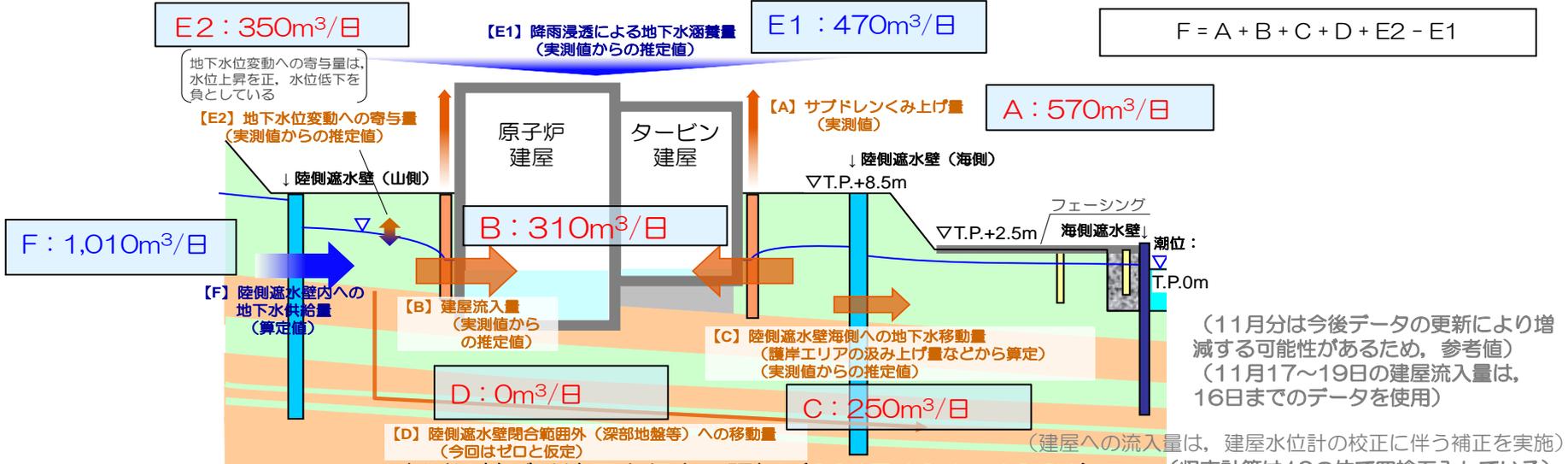
地下水収支の概念図と陸側遮水壁海側・建屋周辺への地下水流入量の算定式

凍結開始前と現状の陸側遮水壁内側の地下水収支の評価

- 凍結開始前と現状で陸側遮水壁内側の地下水収支の評価を比較すると、陸側遮水壁内への地下水供給量・建屋流入量・陸側遮水壁海側への地下水移動量は減少している。

実績値(m3/日)	陸側遮水壁内への地下水供給量 (実測からの推定値) F※1	<参考> サブドレン 平均水位	<参考> 日平均降雨量	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	陸側遮水壁海側への 地下水移動量 C※2 (実測からの推定値)	閉合範囲外 への移動量 D※3	降雨涵養量 (実測からの推定値) E1 ※2	地下水位変動 への寄与量 (実測からの推定値) E2 ※2
2016.1.1~3.31	840	T.P.+3.5m	1.4mm/日	420	190	310	0	50	-20
2017.8.1~8.31	640	T.P.+2.1m	4.1mm/日	600	130	130	0	150	-70
2017.9.1~9.30	630	T.P.+2.1m	4.7mm/日	510	120	110	0	170	50
2017.10.1~10.19	520	T.P.+2.2m	4.2mm/日	490	110	90	0	150	-20
2017.10.1~10.31	1,010	T.P.+2.9m	13.4mm/日	570	310	250	0	470	350
(参考値)2017.11.1~11.19	430	T.P.+3.1m	0.1mm/日	590	180	150	0	0	-490

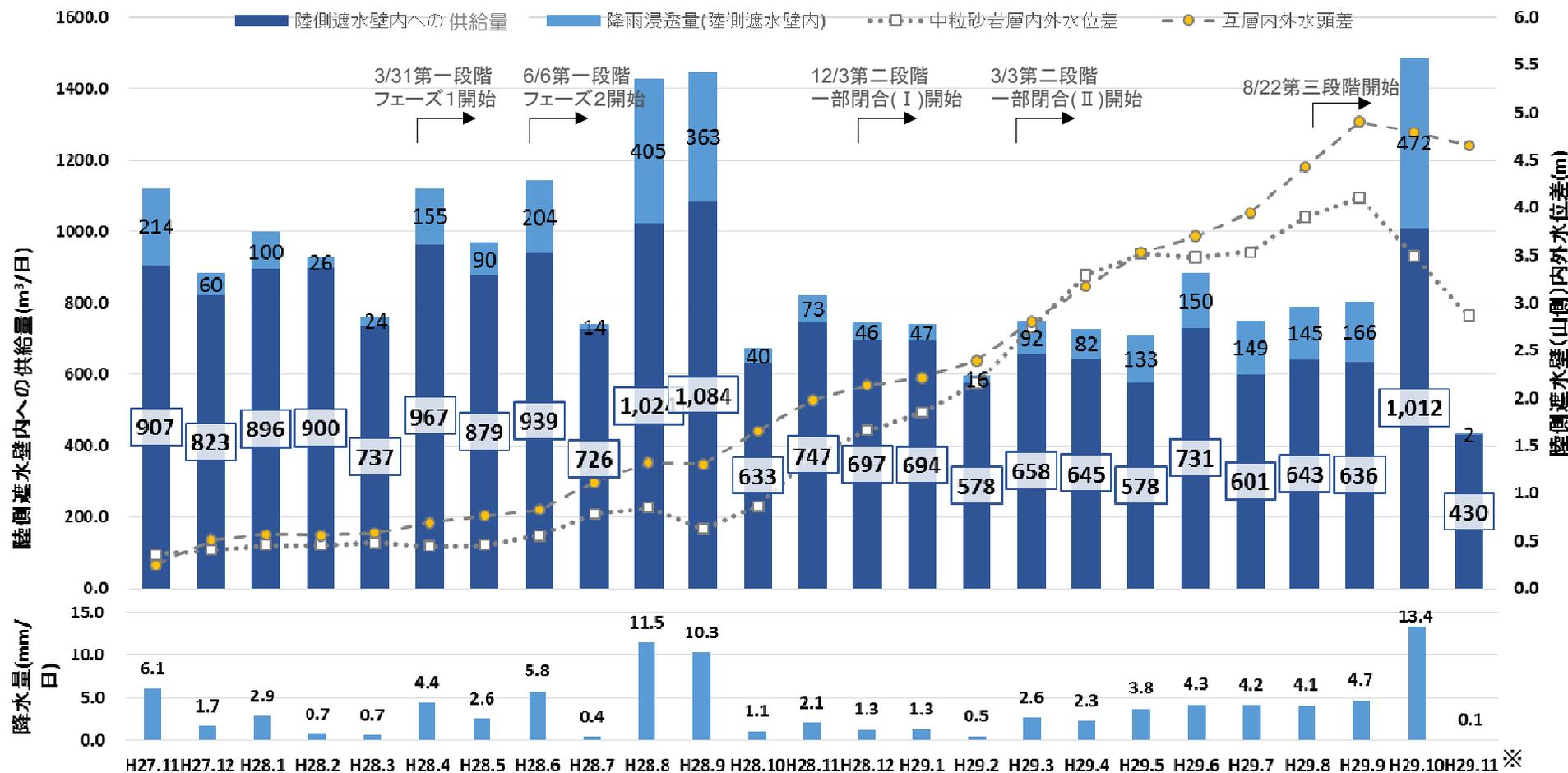
- ※1 Fは陸側遮水壁内側への供給量を示しており、建屋への屋根破損部からの直接流入など、地下水以外の降雨の影響が一部含まれた流入量となっていることから、大雨時にはその影響を強く受けるため、評価方法については今後見直しを検討する。
- ※2 上表は、降雨浸透率や有効空隙率を仮定して算出しているが、その仮定条件には不確実性が含まれている。
- ※3 現時点までで、深部透水層（粗粒、細粒砂岩）の水頭が互層部と同程度で、上部の中粒砂岩層よりも高いことから、深部地盤等への移動量Dをゼロとする。



実測に基づく地下水収支の評価 (2017.10.1~10.31)

(11月分は今後データの更新により増減する可能性があるため、参考値)
(11月17~19日の建屋流入量は、16日までのデータを使用)

陸側遮水壁内側の水の供給量（地下水流入＋降雨浸透）の経時変化



(収支計算は10の位で四捨五入しており、上記の数字とは異なる場合がある)
 (11月分は今後データの更新により増減する可能性があるため、参考値)

- ◆ 陸側遮水壁(山側)の内外水位差は第一段階フェーズ2開始以降拡大を継続している。
- ◆ H29.9における陸側遮水壁内への地下水供給量は、陸側遮水壁(山側)の凍結閉合していない時期(H28.4～6)と比較して、200～300m³程度減少している。
- ◆ 10月は台風の影響により地下水供給量は一時的に増加したものの、その後、台風前と同等程度まで減少している。

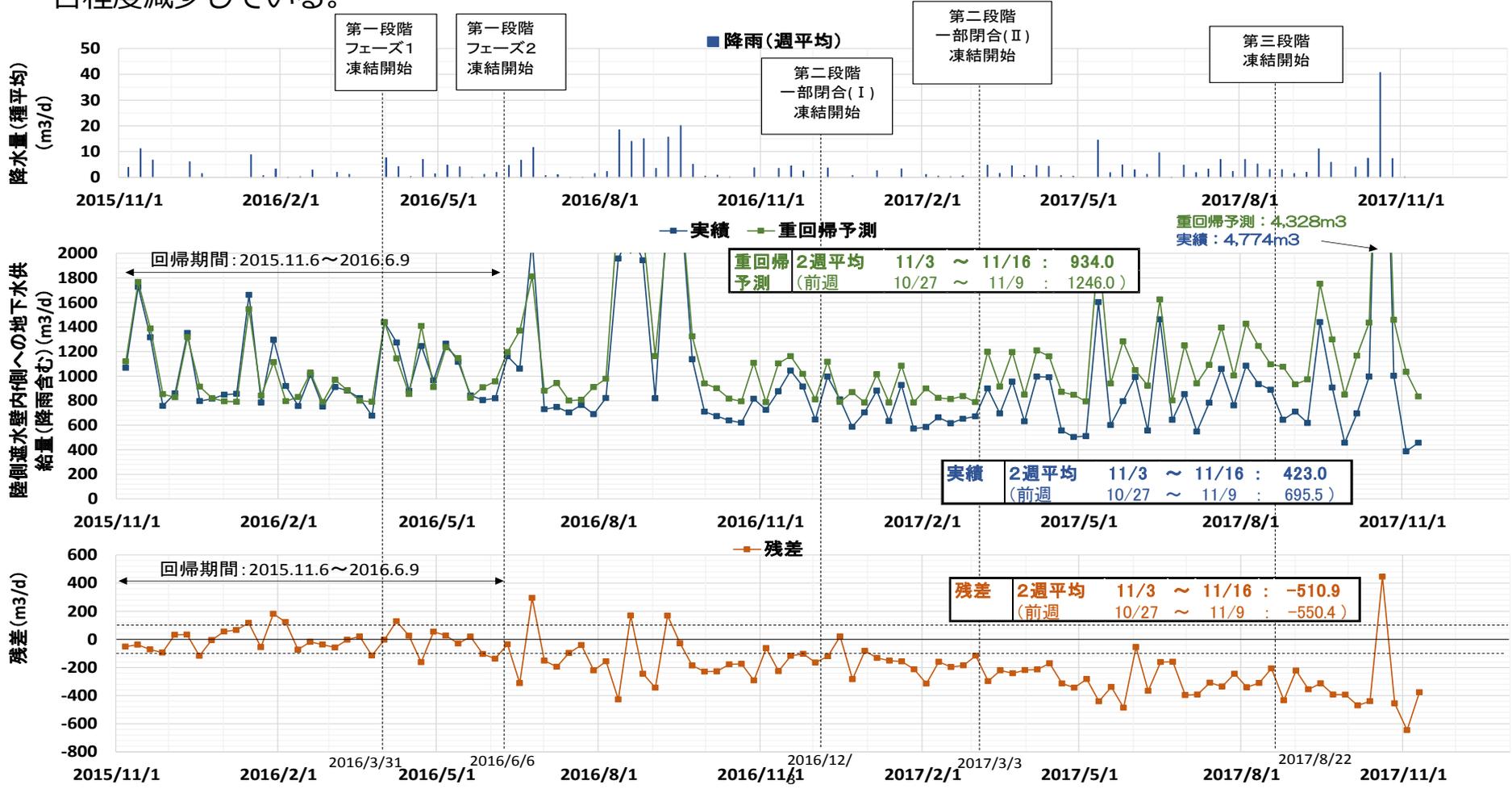
※ ~H29.11.19

陸側遮水壁内側の水の供給量（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、陸側遮水壁内側への水の供給量※を目的変数、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数として、陸側遮水壁山側の凍結開始以前のデータに基づく重回帰分析を行い、実測値と予測値の比較を行った。

（※：地下水供給量F+降雨涵養量E1（地下水収支計算上の支出量であるA,B,C,D,E2の合算により算定））

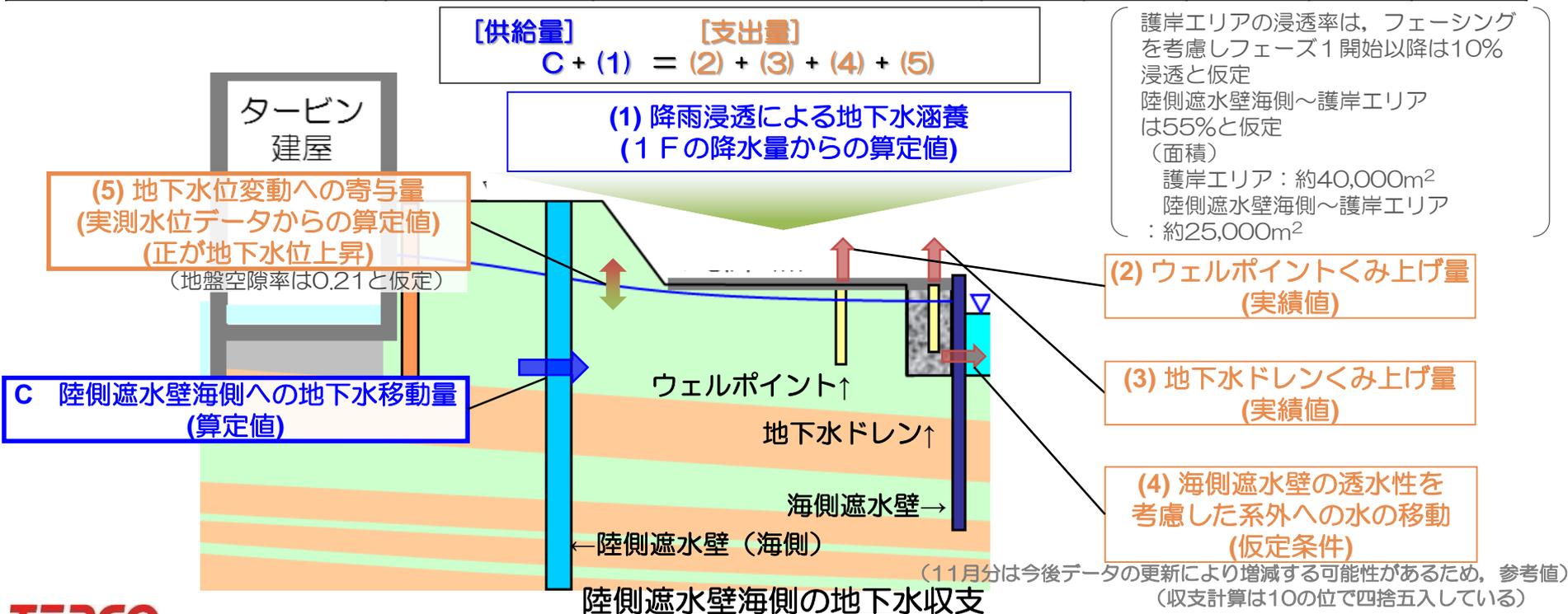
■ 現状では、実績値は重回帰分析による予測値との比較により、陸側遮水壁内側への地下水供給量が500m³/日程度減少している。



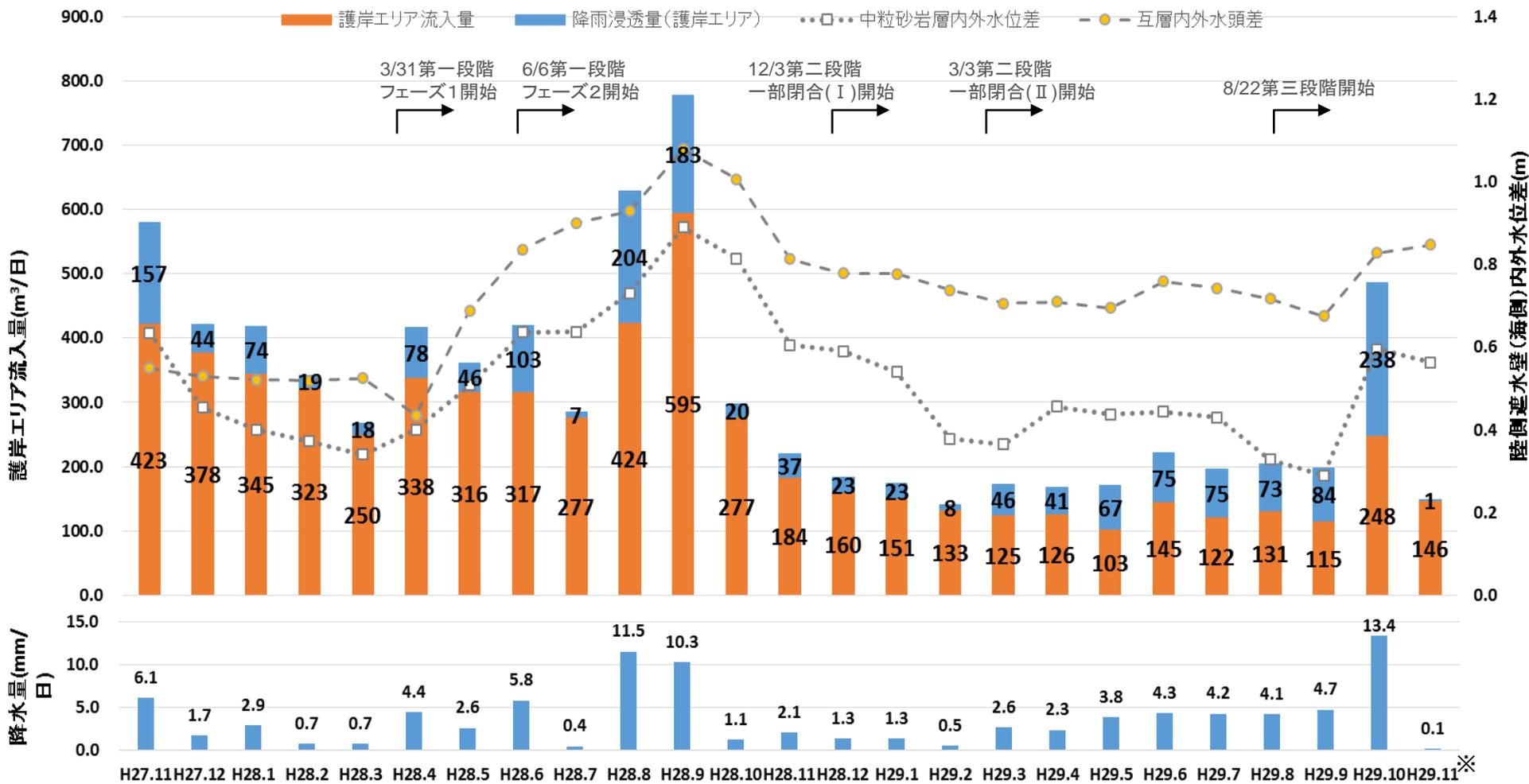
凍結開始前と現状の陸側遮水壁海側の地下水収支の評価

- 凍結開始前と現状で陸側遮水壁海側の地下水収支を比較すると、陸側遮水壁海側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)	(参考)降水量	陸側遮水壁海側への地下水移動量 C	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
2016.1.1~3.31	1.4 mm/d	310	40	80	240	30	0
2017.8.1~8.31	4.1 mm/d	130	80	20	170	30	-10
2017.9.1~9.30	4.7 mm/d	110	80	20	150	30	0
2017.10.1~10.31	13.4 mm/d	250	240	60	310	30	100
(参考値)2017.11.1~11.19	0.1 mm/d	150	0	40	230	30	-150



陸側遮水壁海側の水の供給量（地下水流入+雨水浸透）の経時変化



※ (収支計算は10の位で四捨五入しており、上記の数字とは異なる場合がある)
 (11月分は今後データの更新により増減する可能性があるため、参考値)

- ◆ 陸側遮水壁（海側）の内外水位差は縮小傾向にある。
- ◆ H29.9の陸側遮水壁海側への地下水移動量は、陸側遮水壁（海側）の凍結閉合していない時期（H28.4～6）と比較して、1/2以下まで減少している。
- ◆ 10月は台風の影響により地下水移動量は一時的に増加したものの、その後は台風前と同等程度まで減少している。

※ ~H29.11.19

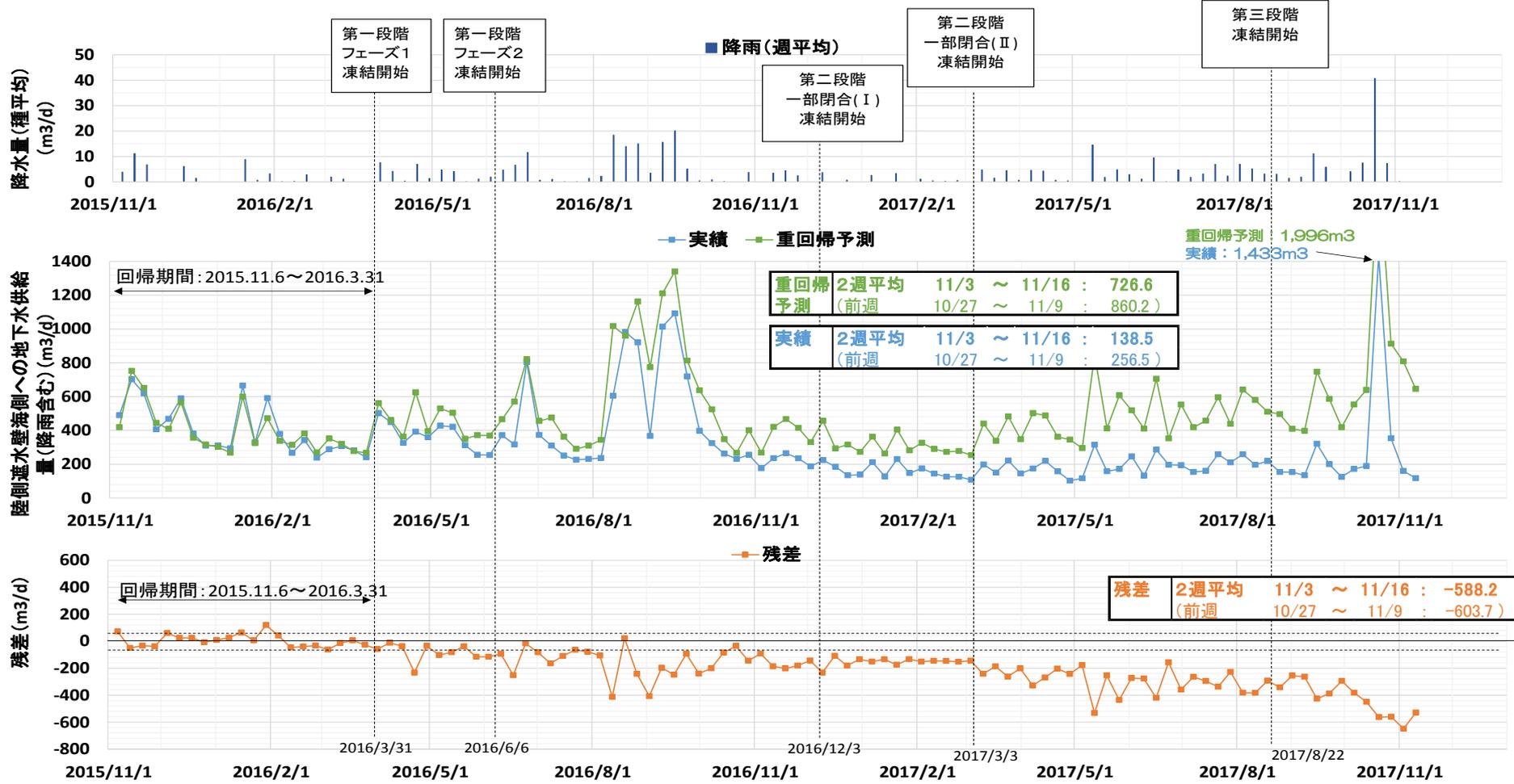


陸側遮水壁海側の水の供給量（地下水流入+降雨浸透）の重回帰分析による評価

■ 降雨による影響を考慮するため、陸側遮水壁海側への水の供給量*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、陸側遮水壁海側の凍結開始以前のデータに基づく重回帰分析を行い、実測値と予測値の比較を行った。

(※：地下水移動量C+降雨涵養量(1) (地下水収支計算上の支出量である(2),(3),(4),(5)の合算により算定)

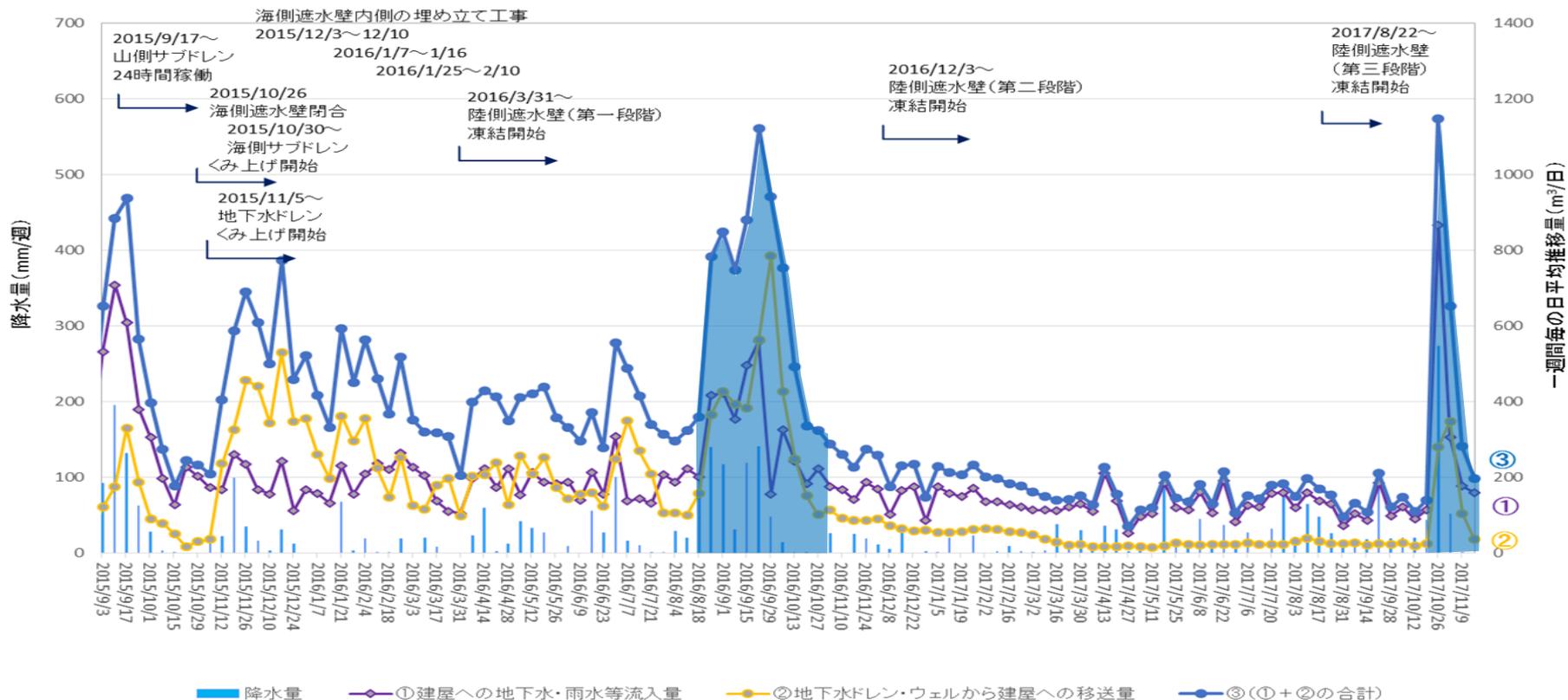
■ 現状では、実績値は重回帰分析による予測値との比較により、陸側遮水壁海側への地下水供給量が600m³/日程度減少している。



5. 現状のまとめ

汚染水発生量の低減

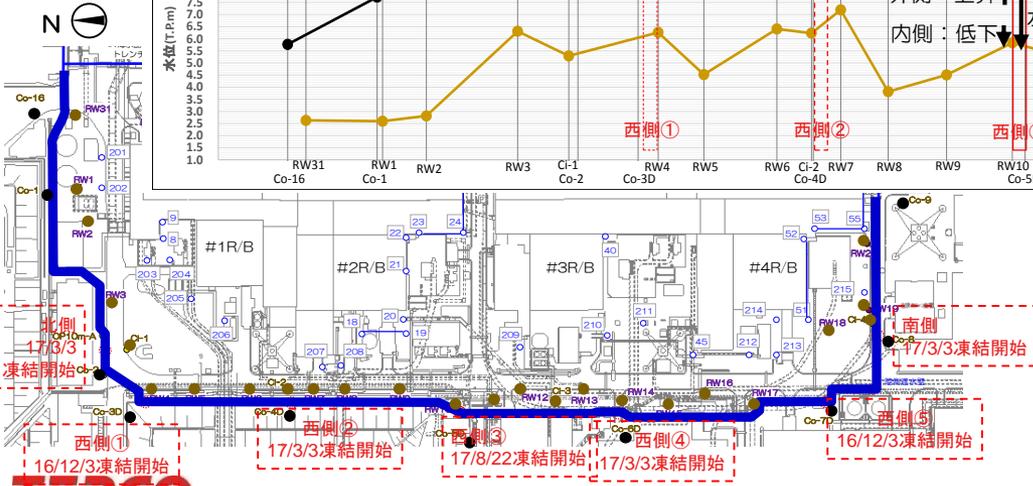
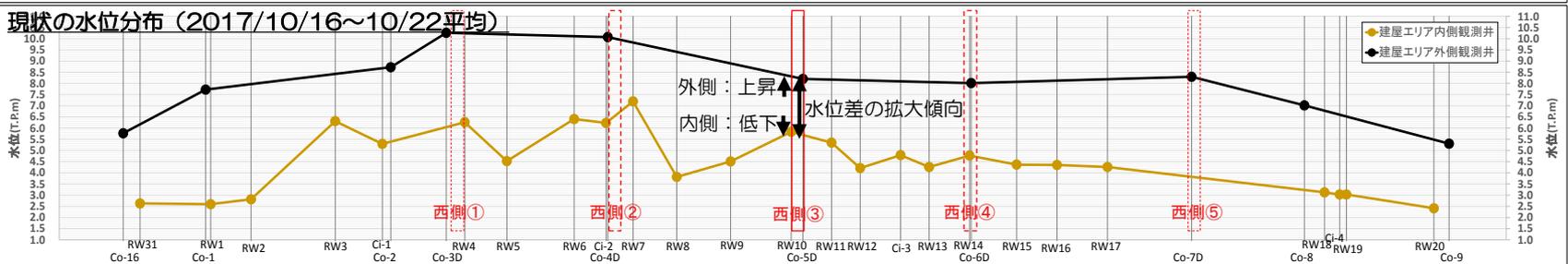
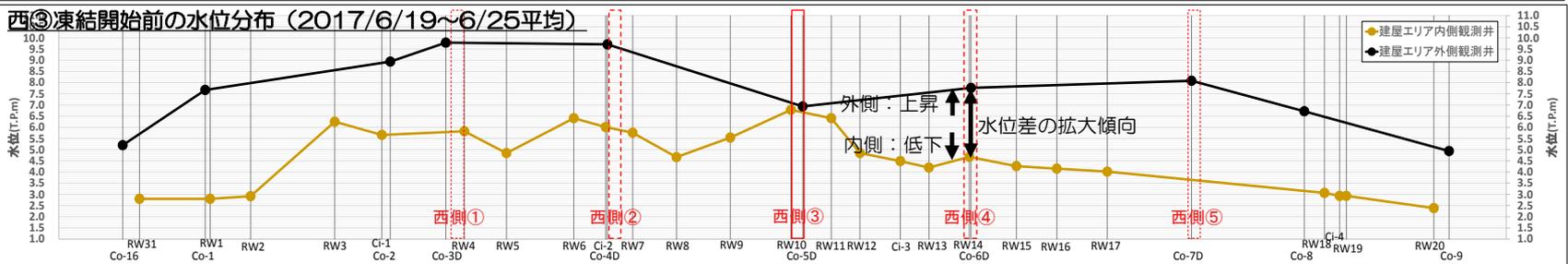
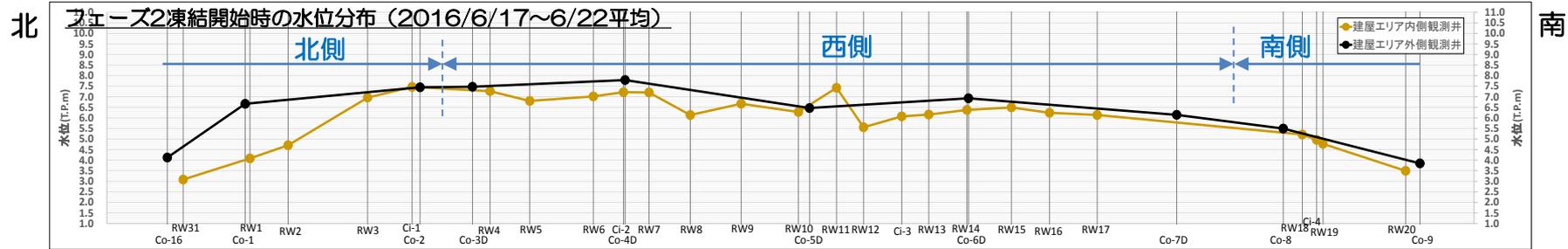
- サブドレン、フェーシング、陸側遮水壁等の重層的な汚染水対策の効果として、降雨や地下水に起因する汚染水発生量を低減できている。
- また、今年の台風時について、汚染水発生量が台風前までには戻っていないものの、昨年台風時と比較すると、累積降雨量に対する汚染水発生量は低減している。



	A : 累積降雨量 (mm)	B : 降雨に起因する汚染水発生量 (m³)
2016.8.19～10.27 (70日間)	548	49,300
2017.10.20～11.16 (28日間)	357	17,200

陸側遮水壁（山側）の内外水位差の形成

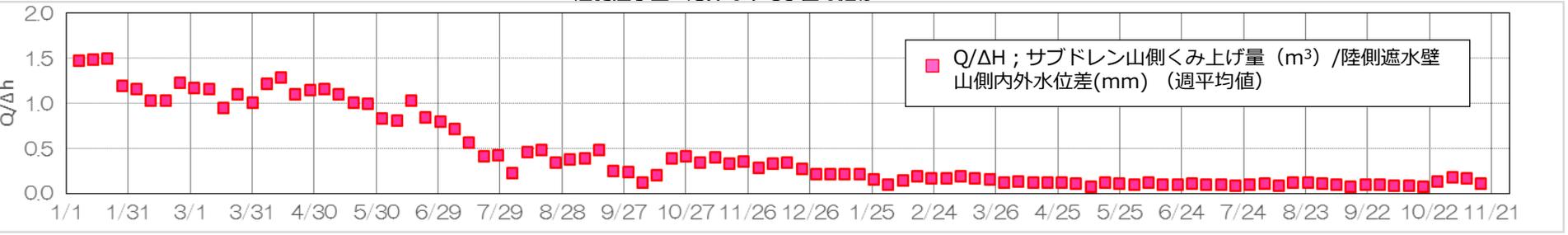
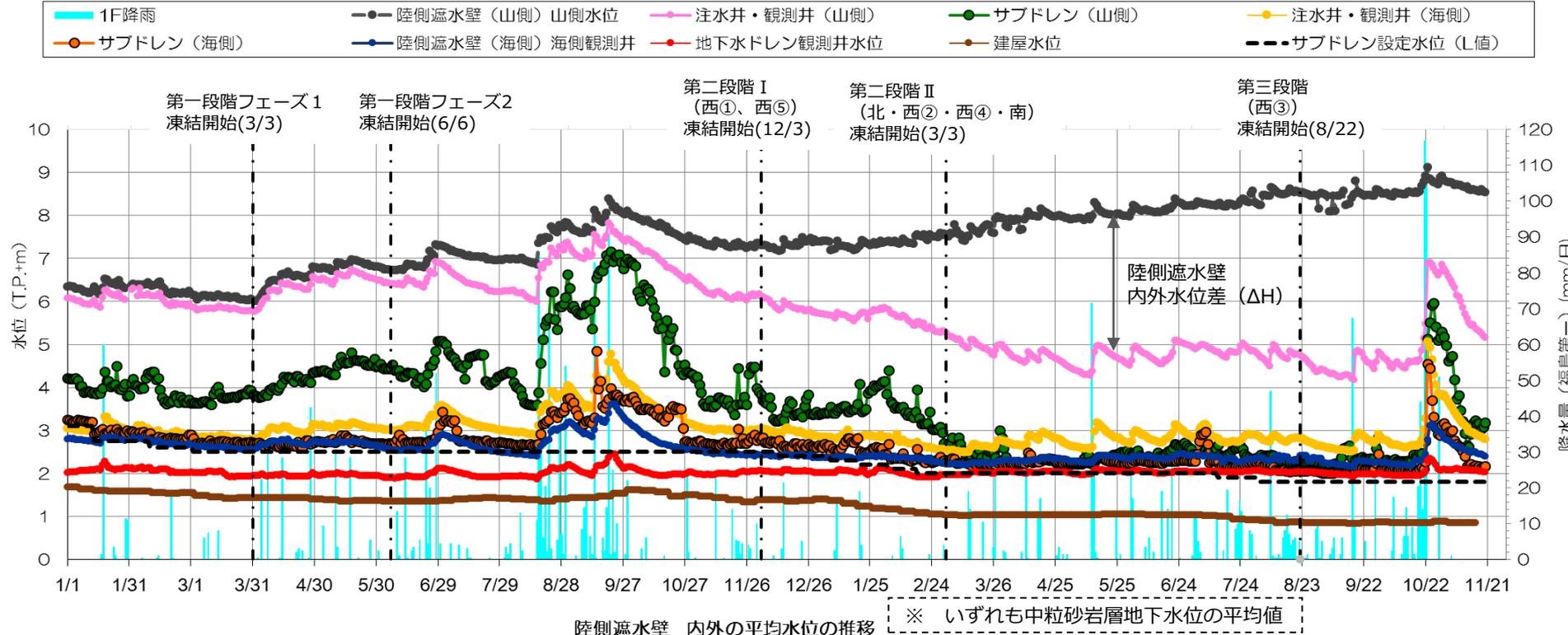
- 陸側遮水壁の段階的な凍結閉合に伴い、外側水位は上昇内側水位は下降し、内外水位差が形成されている。
- 地下水位差の形成は、南北区間にも及んでいる。



南

陸側遮水壁内側の地下水位低下状態の維持

- 陸側遮水壁の段階的な凍結閉合とサブドレンの安定的な稼働により、大雨時を除いて、陸側遮水壁内側の地下水位が低い状態を維持できている。
- また、サブドレンくみ上げ量を陸側遮水壁山側の内外水位差で除した値は、陸側遮水壁の段階的な閉合に伴い減少してきている。

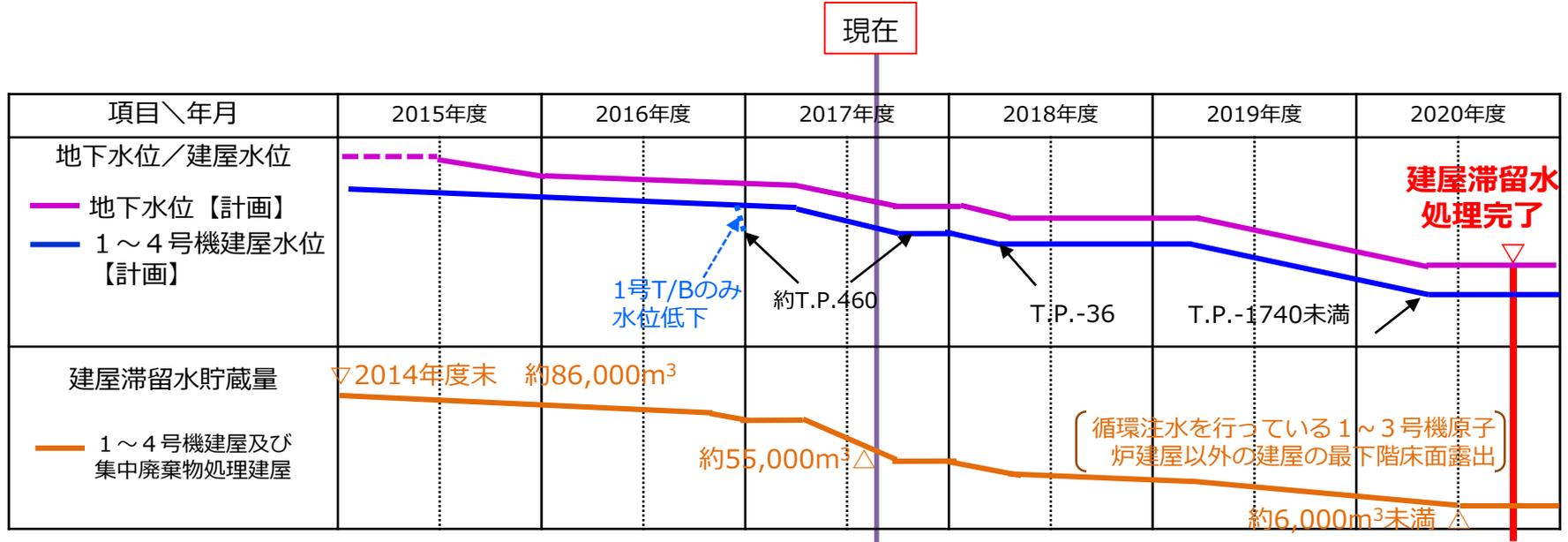


6. 今後の見通し

- 現状，陸側遮水壁（山側）の内外水位差は拡大してきており，凍土により壁が造成された箇所については，遮水性は発揮されつつある。
- 陸側遮水壁閉合の影響がサブドレンくみ上げ量に現れてくるまでには時間遅れ等があることから，今後のくみ上げ量を注視していくこととする。
- 現時点では，陸側遮水壁内側エリアには，横断構造物等を経路とした地下水流入等が想定される。

建屋滞留水水位とサブドレン設定水位の低下計画

- 2016年12月より、サブドレンの設定水位（くみ上げ下限水位：L値）をT.P.+2.5mから段階的に低下させ、2017年11月時点ではT.P.+1.8mとなっている。
- 建屋滞留水処理計画（第54回監視・評価検討会提示）に基づき、今後も徐々に建屋水位を低下していくとともに、サブドレン設定水位も同様に低下していく。
- サブドレン設定水位の低下に伴い建屋周辺地下水位も徐々に低下していくことから、陸側遮水壁内側のくみ上げ量の減少は、時間遅れをもって確認されると考えられる。



(サブドレン設定水位は、建屋滞留水溢水防止の観点から、建屋水位+0.8mの高さに設定している)

建屋滞留水処理計画

地下水位の低下とくみ上げ量減少までの時間遅れ

- 不飽和浸透特性を考慮すると、水位低下時には、地下水面より上部の不飽和帯の飽和度は高い状態であることが想定される。
- 当該不飽和帯にて保水されている地下水は徐々に下降し、サブドレンなどによりくみ上げられるため、くみ上げ量の減少には時間遅れが存在するものと考えている。

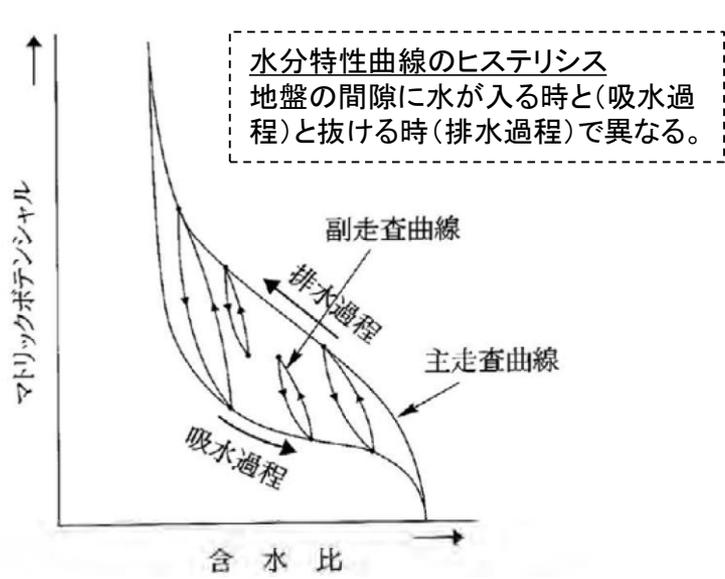


図 水分特性曲線のヒステリシスの例*

* 参考文献: 地盤工学会編 不飽和地盤の挙動と評価, 地盤工学会, p.28, 2004.

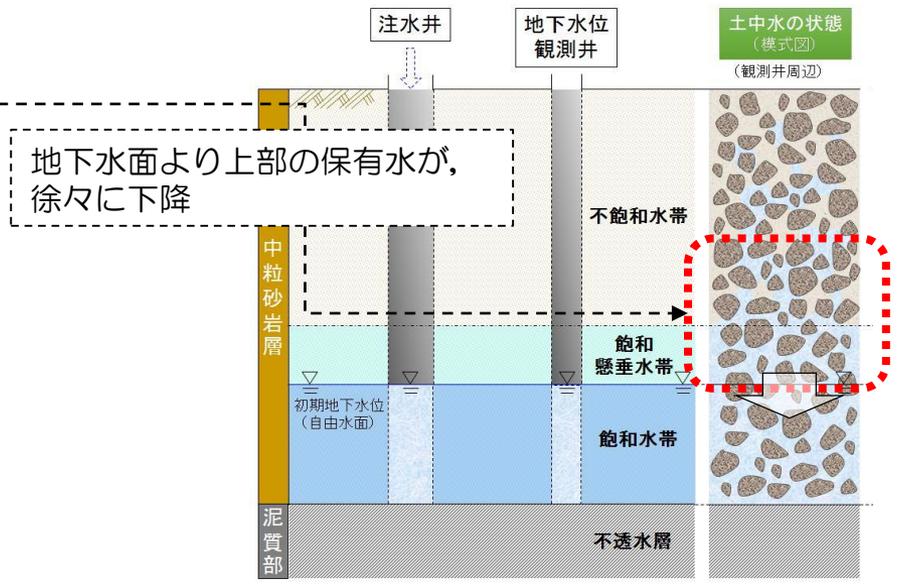
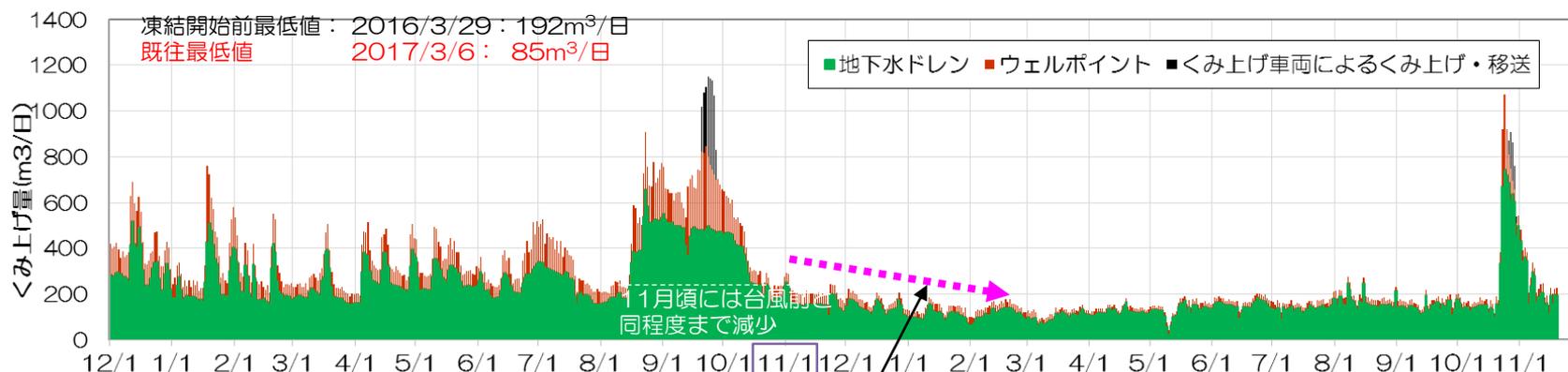
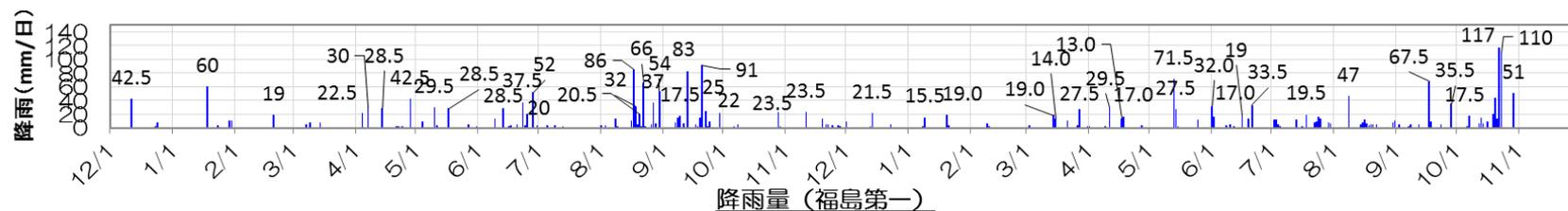


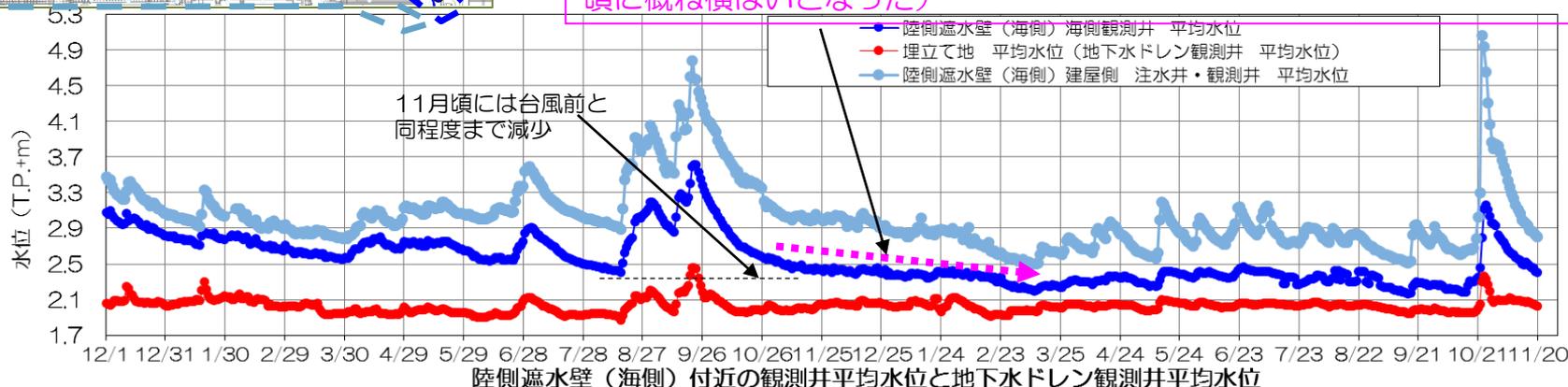
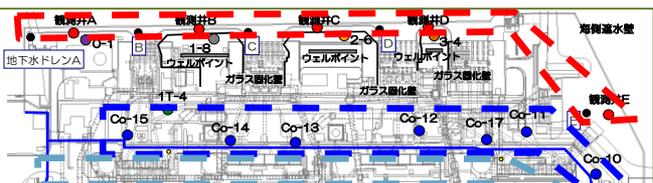
図 土中水の状態 (概要図)

【参考】護岸エリアくみ上げ量と陸側遮水壁の海側および埋立地水位の経時変化



護岸エリアくみ上げ量 (ウェルポイント・地下水ドレン・くみ上げ車両)

護岸エリアの実績を踏まえると、地下水位・汲み上げ量が落ち着くまでに3~4か月程度は必要となる可能性。
(昨年10月頃に海側が凍結完了したところ、地下水位・汲み上げ量は1~2月頃に概ね横ばいとなった)



陸側遮水壁 (海側) 付近の観測井平均水位と地下水ドレン観測井平均水位

■ 現時点では、陸側遮水壁内側エリアには、次のような地下水流入等が想定される。

（１）陸側遮水壁未凍結箇所からの流入

陸側遮水壁（山側）のうち凍結に至っていない箇所を通じた流入

（２）陸側遮水壁外部に排水されない建屋屋根への降雨

タービン建屋屋根などへの降雨のうち、陸側遮水壁外部に導水されず、建屋に直接流入しているもの、あるいは建屋周辺地盤に排水され浸透しているもの

（３）その他

・ 陸側遮水壁を横断する構造物からの流入

陸側遮水壁を横断する構造物（ダクト・トレンチや水道管・電線管など）内部を通じた流入、およびその周辺地盤（均し砕石など）を通じた流入

・ 陸側遮水壁外部からの降雨の地表面流入

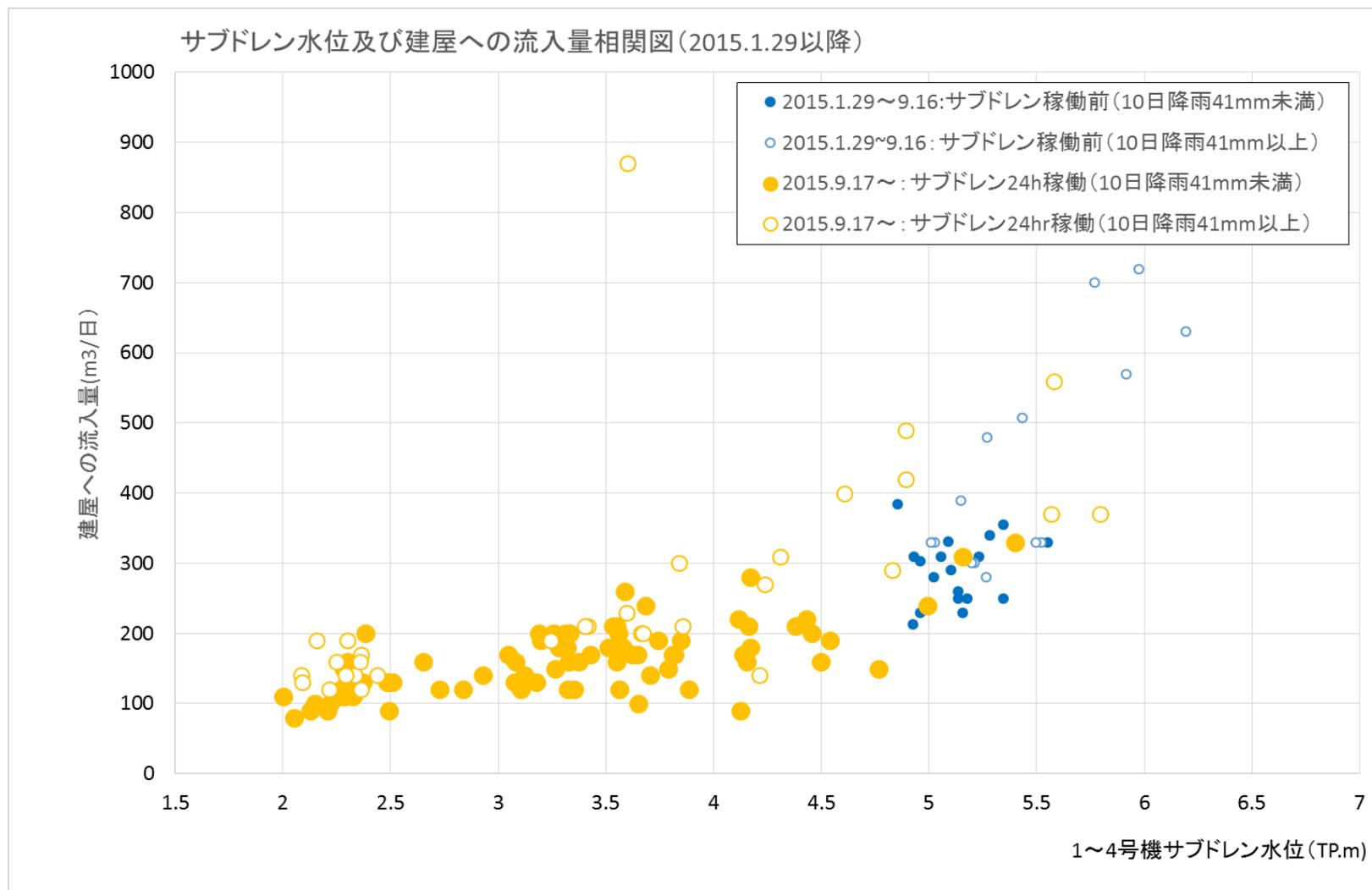
上流側降雨が地表面を經由して陸側遮水壁内部に流入し浸透したもの

・ 深部地盤からの流入

陸側遮水壁下の深部地盤を通じた流入

【参考】サブドレン稼働後の建屋への地下水等流入量（1-4号サブドレン水位）

- 建屋への地下水等流入量は、サブドレンの水位と相関が高いことから、サブドレンの水位（全孔平均）でサブドレン稼働の影響を評価した。
- サブドレン稼働によりサブドレン水位がT.P. 3.0mを下回ると、建屋への流入量も150m³/日を下回ることが多くなっているが、降雨による流入量の増加も認められる。特に台風時には流入量が大きく増加したが、以降はこれまでの傾向に戻っている。



注) 各建屋水位計の校正による補正、2015.4.以降のプロセス建屋面積の補正、及びサブドレンの水位計設定値に誤りについて補正を実施