

陸側遮水壁の状況（第三段階）

2017年11月30日

TEPCO

東京電力ホールディングス株式会社

1 . 陸側遮水壁について	P2
2 . 地中温度の状況について	P3 ~ 8
3 . 地下水位・水頭の状況について	P9 ~ 14
4 . 維持管理運転の状況について	P15
参考資料	P16 ~ 27

- 陸側遮水壁は凍結それ自体を目的としたものではなく、建屋への地下水の流入を抑制し、汚染水の発生を抑制するための対策である。
- 第二段階に引き続き、第三段階において山側の未凍結箇所を閉合することで、建屋周辺への地下水の流入量を減らすことができ、汚染水の発生を抑制することができる。
- 第三段階を通じて、陸側遮水壁の効果発現状況を陸側遮水壁内外の地下水位差およびサブドレン・ウェルポイント・地下水ドレンの汲み上げ量等により確認していく。

- 5月22日から、北側と南側で凍土が十分に造成された箇所の成長を制御することを目的として、ブライン循環の停止・再循環を繰り返す維持管理運転を始めた。
11月13日から、東側でも維持管理運転を開始した。
- 8月22日から、未凍結としていた2号機西側の一部について凍結を開始。

2-2 地中温度分布図 (1・2号機西側)

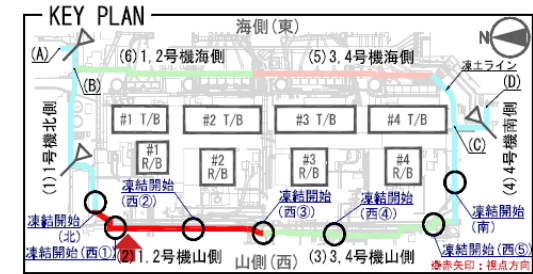
■ 地中温度分布図

(2) 1, 2号機山側 (西側から望む)

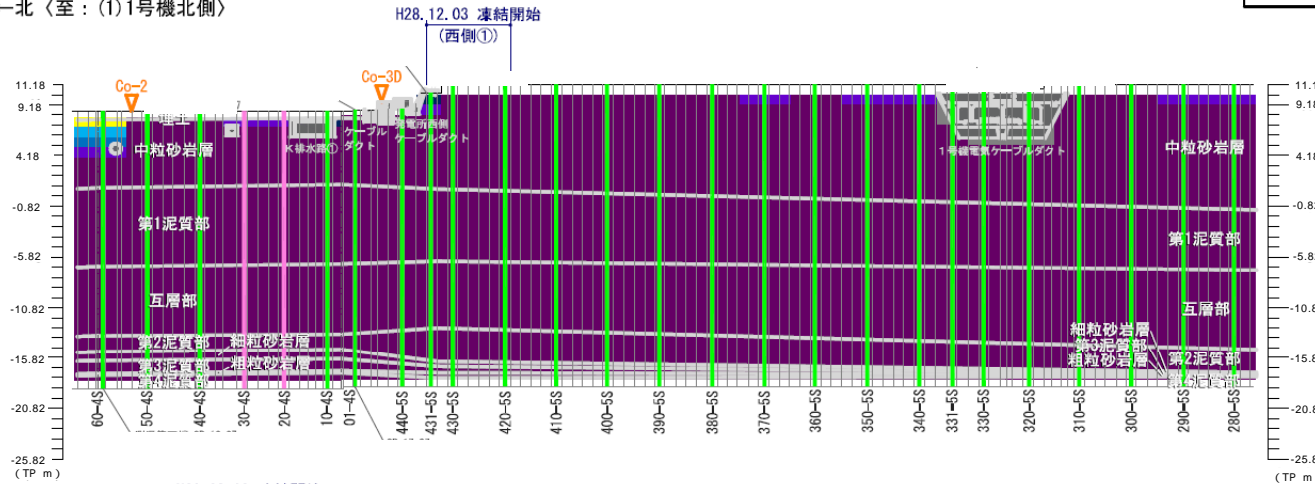
(温度は11/27 7:00時点のデータ)

凡例

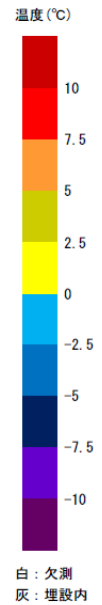
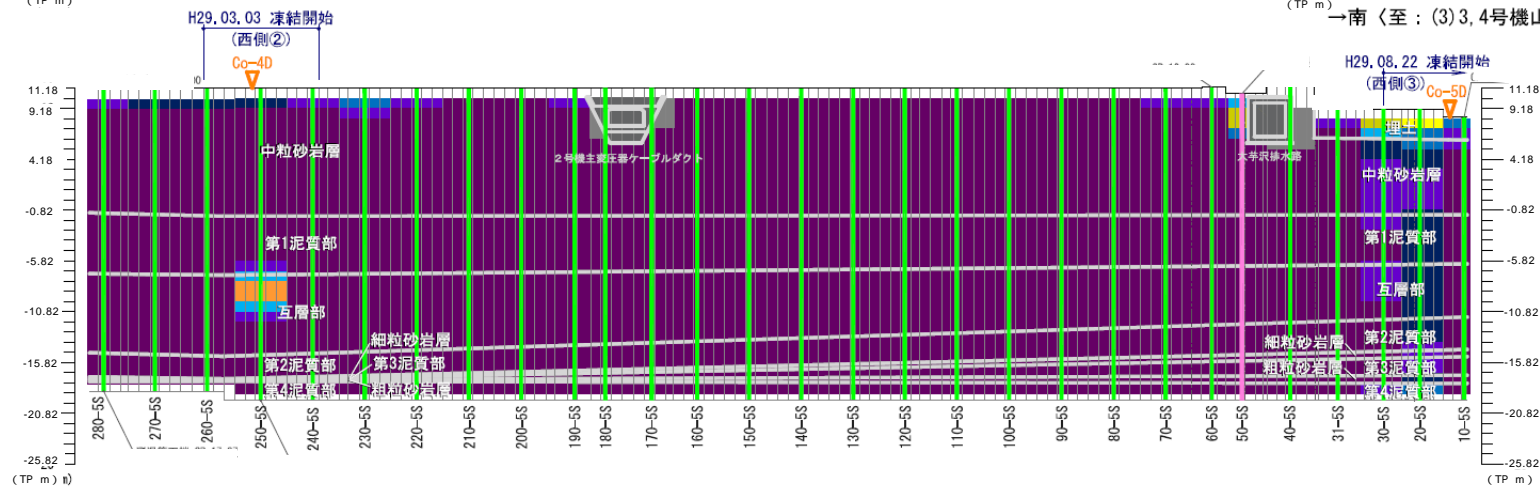
	: 測温管 (凍土ライン外側)		: RW (リチャージウェル)
	: 測温管 (凍土ライン内側)		: Ci (中粒砂岩層・内側)
	: 測温管 (複列部斜め)		: Co (中粒砂岩層・外側)
	: 複列部凍結管		: 凍土折れ点



←北 (至: (1) 1号機北側)



→南 (至: (3) 3, 4号機山側)



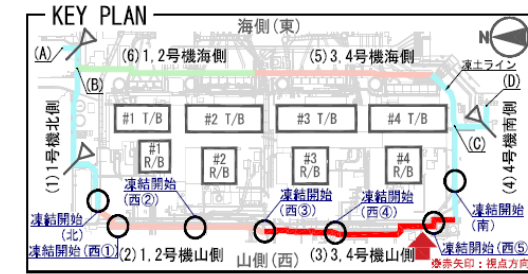
2-3 地中温度分布図（3・4号機西側）

■ 地中温度分布図

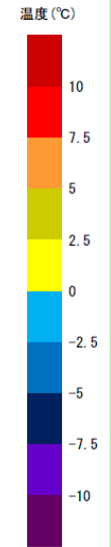
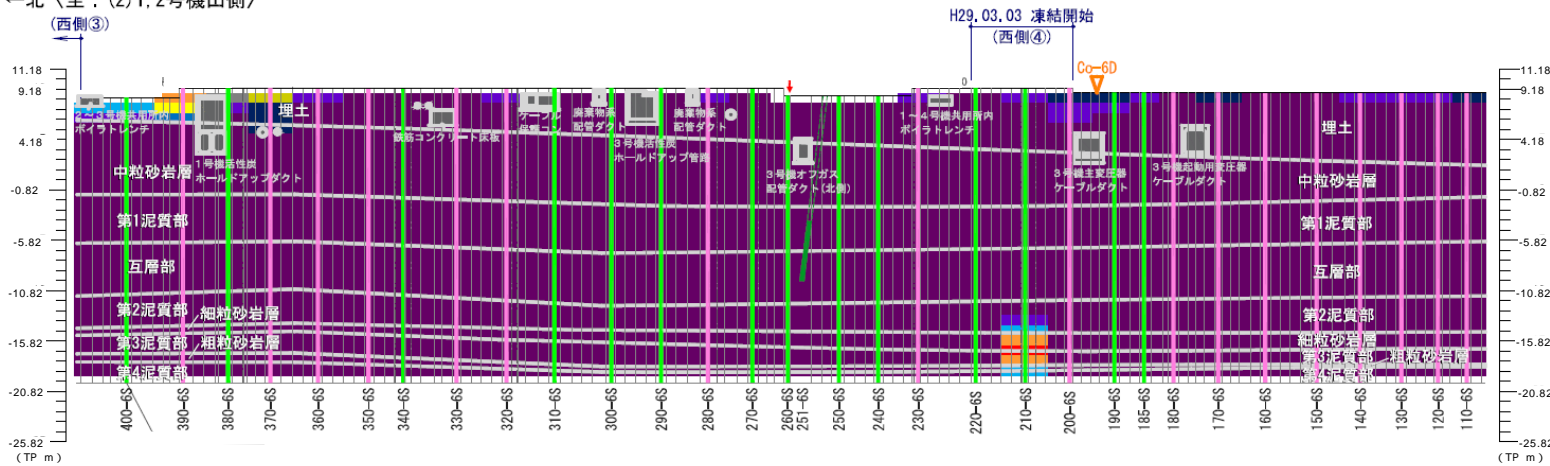
(3) 3, 4号機山側（西側から望む）

（温度は11/27 7:00時点のデータ）

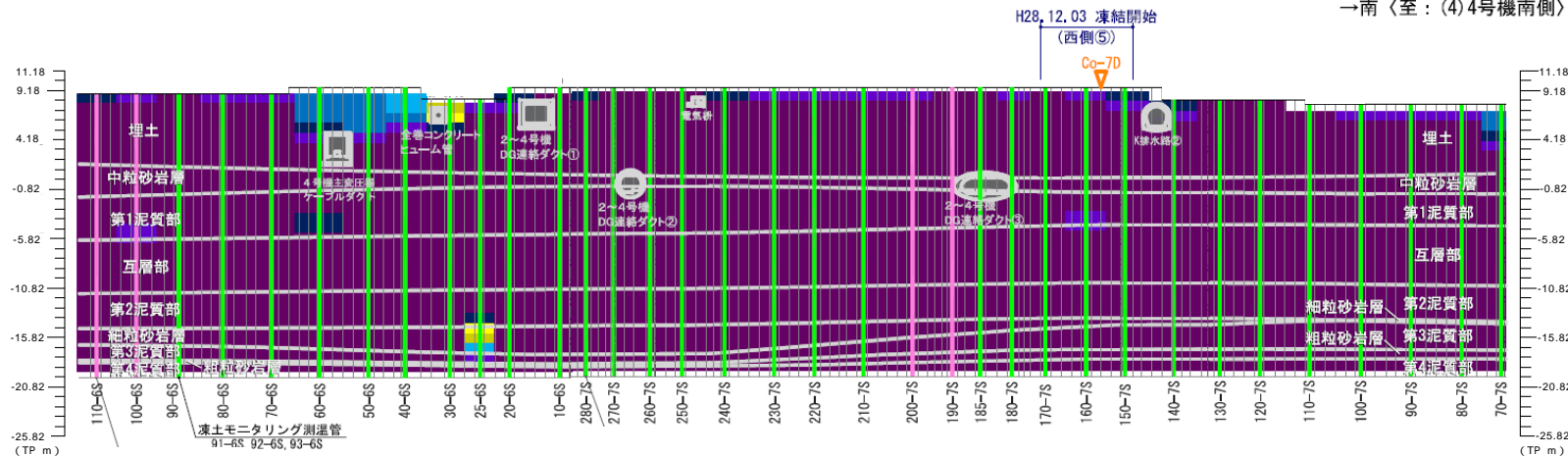
- 凡例
- 測温管（凍土ライン外側）
 - 測温管（凍土ライン内側）
 - 測温管（複列部斜め）
 - 複列部凍結管
 - ▽ : RW（リチャージウェル）
 - ▽ : Ci（中粒砂岩層・内側）
 - ▽ : Co（中粒砂岩層・外側）
 - ▽ : 凍土折れ点



←北（至：(2) 1, 2号機山側）
（西側③）



←南（至：(4) 4号機南側）



白：欠測
灰：埋設内

2-4 地中温度分布図（4号機南側）

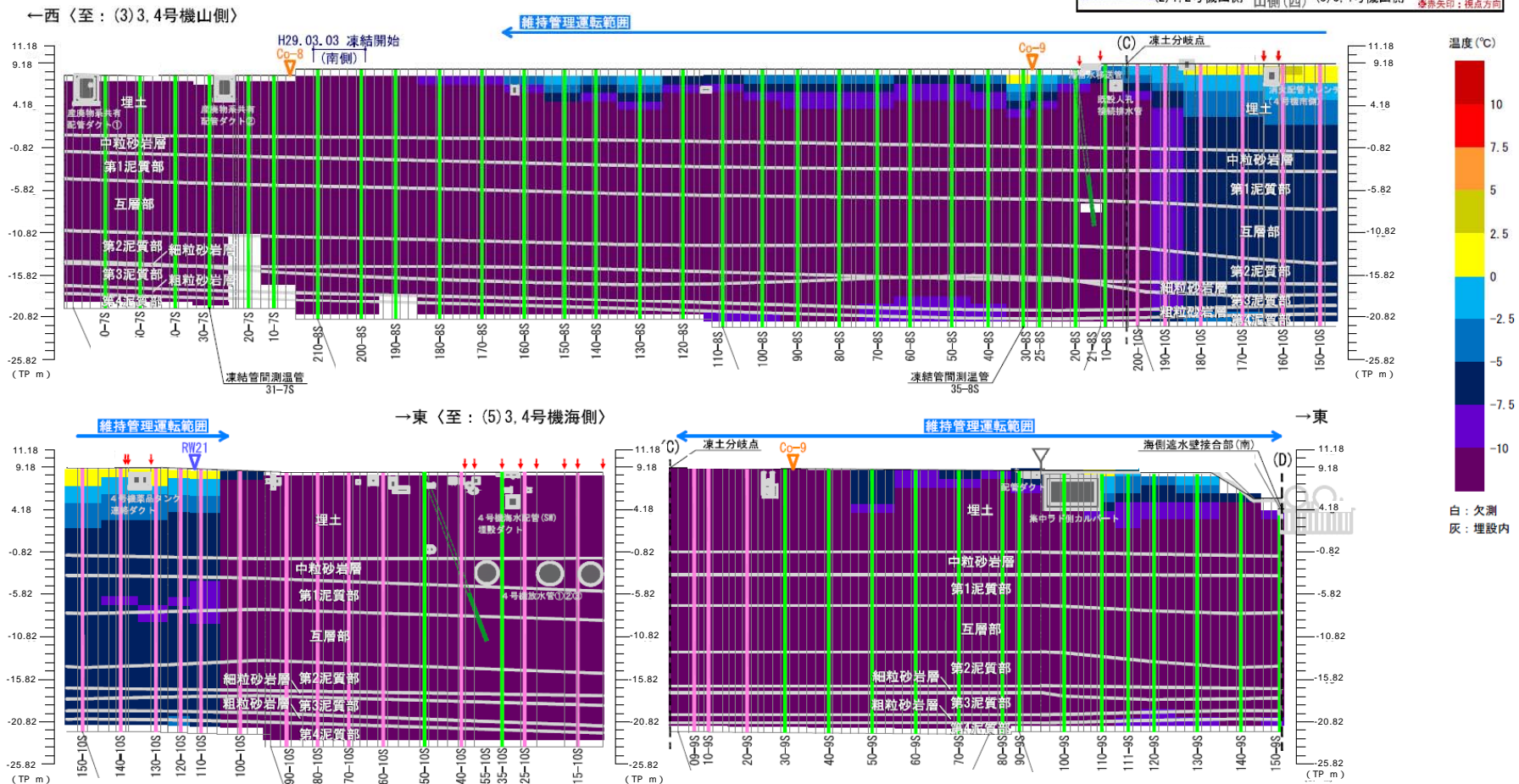
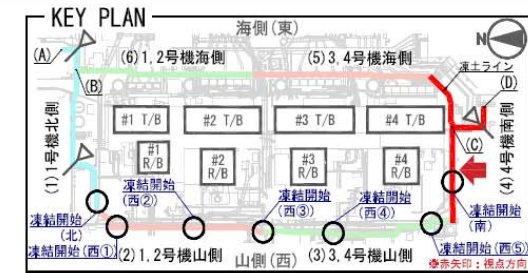
■ 地中温度分布図

(4) 4号機南側（南側から望む）

(温度は11/27 7:00時点のデータ)

凡例

■ (緑) : 測温管 (凍土ライン外側)	▽ (青) : RW (リチャージウェル)
■ (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)	▽ (黄) : Co (中粒砂岩層・外側)
↓ (赤) : 複列部凍結管	▽ (紫) : 凍土折れ点



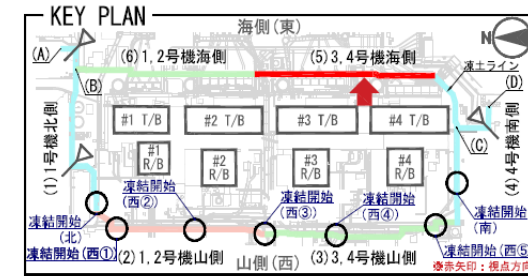
2-5 地中温度分布図 (3・4号機東側)

■ 地中温度分布図

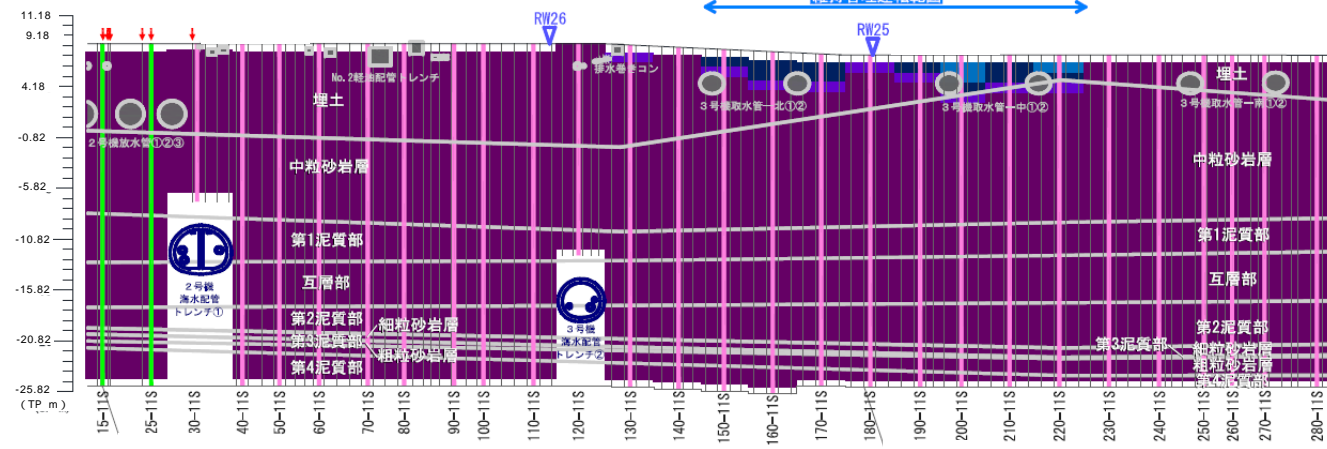
(5) 3, 4号機海側 (西側：内側から望む)

(温度は11/27 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

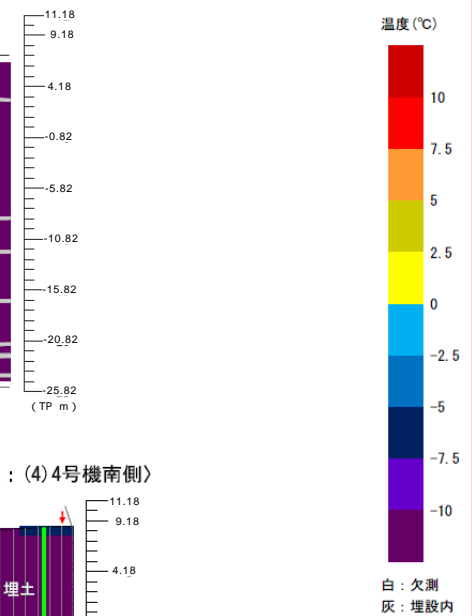
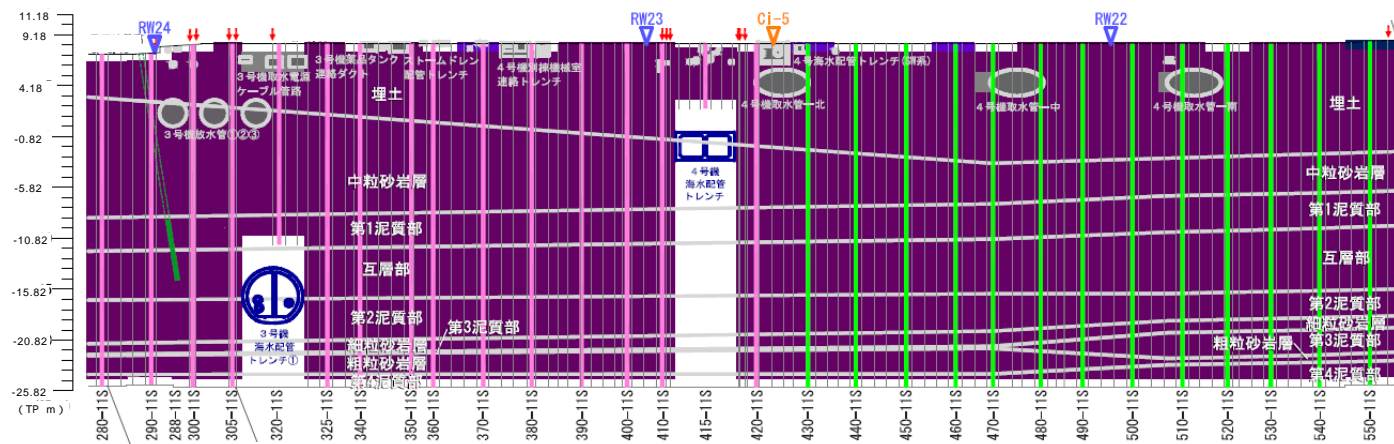


←北 (至：(6) 1, 2号機海側)



維持管理運転範囲

→南 (至：(4) 4号機南側)

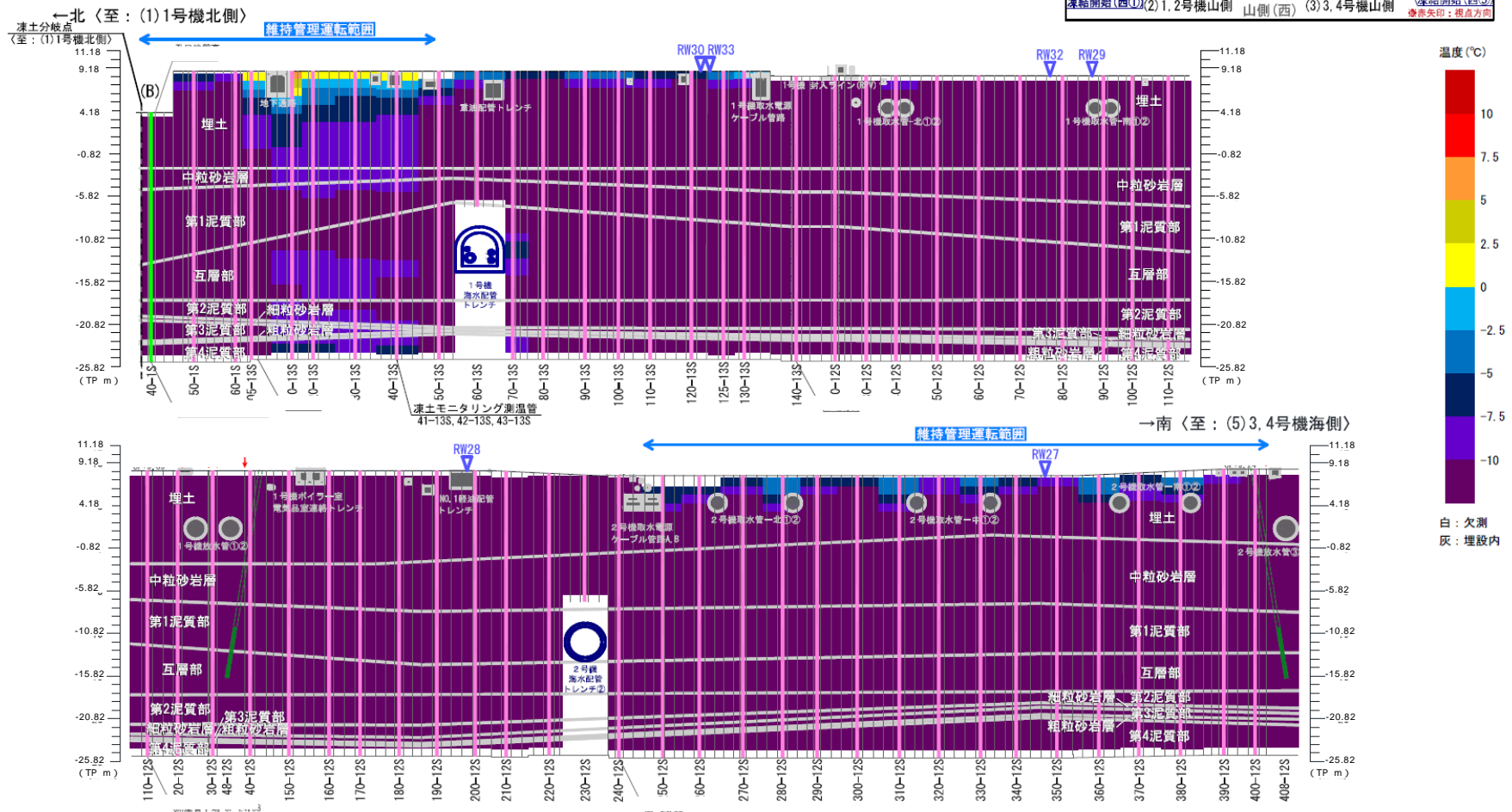
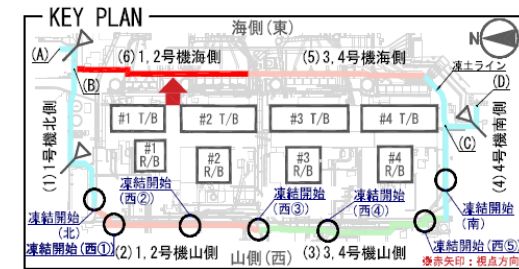


2-6 地中温度分布図（1・2号機東側）

■ 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11/27 7:00時点のデータ）

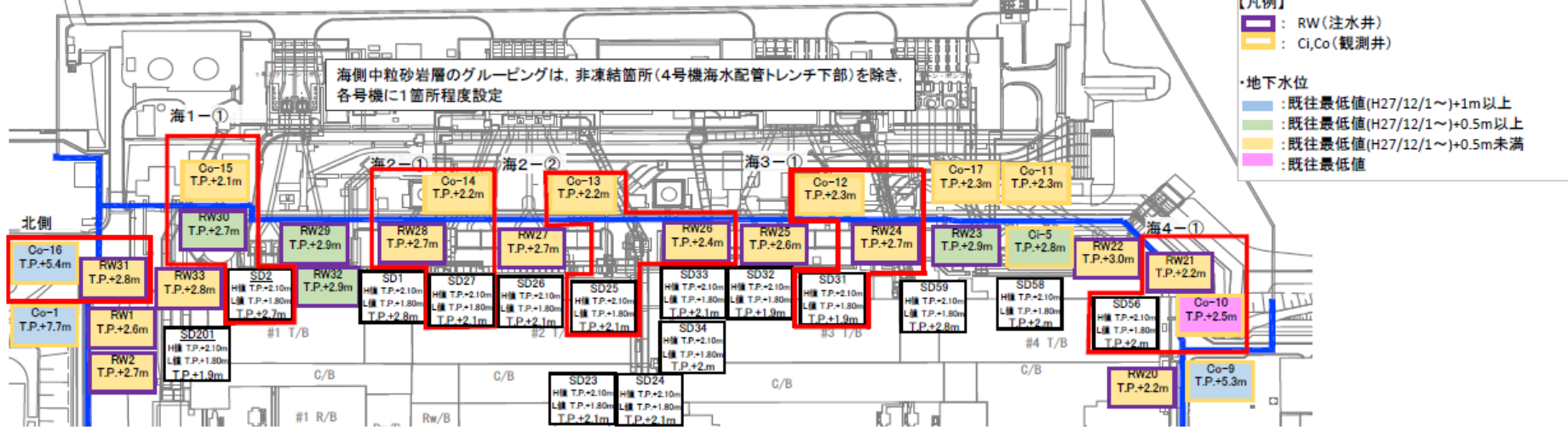
- 凡例
- : 測温管（凍土ライン外側）
 - : 測温管（凍土ライン内側）
 - : 測温管（複列部斜め）
 - : 複列部凍結管
 - ▽ : RW（リチャージウェル）
 - ▽ : Ci（中粒砂岩層・内側）
 - ▽ : Co（中粒砂岩層・外側）
 - ▽ : 凍土折れ点



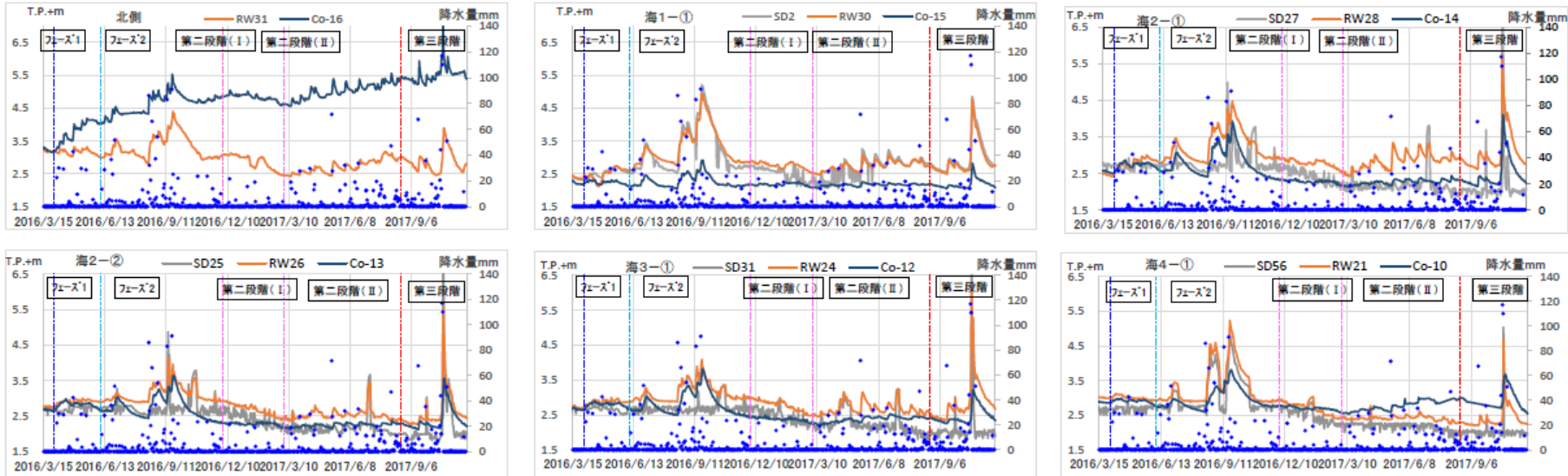
3-1 地下水位・水頭状況 (中粒砂岩層① 海側)

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

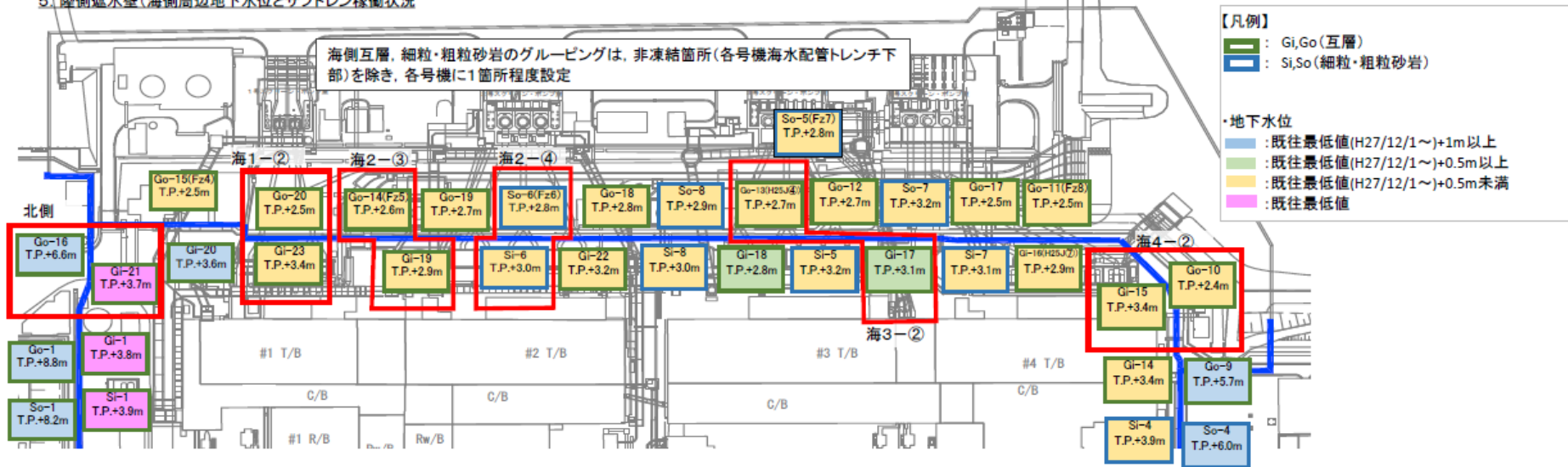


・地下水位は11/27 7:00時点のデータ

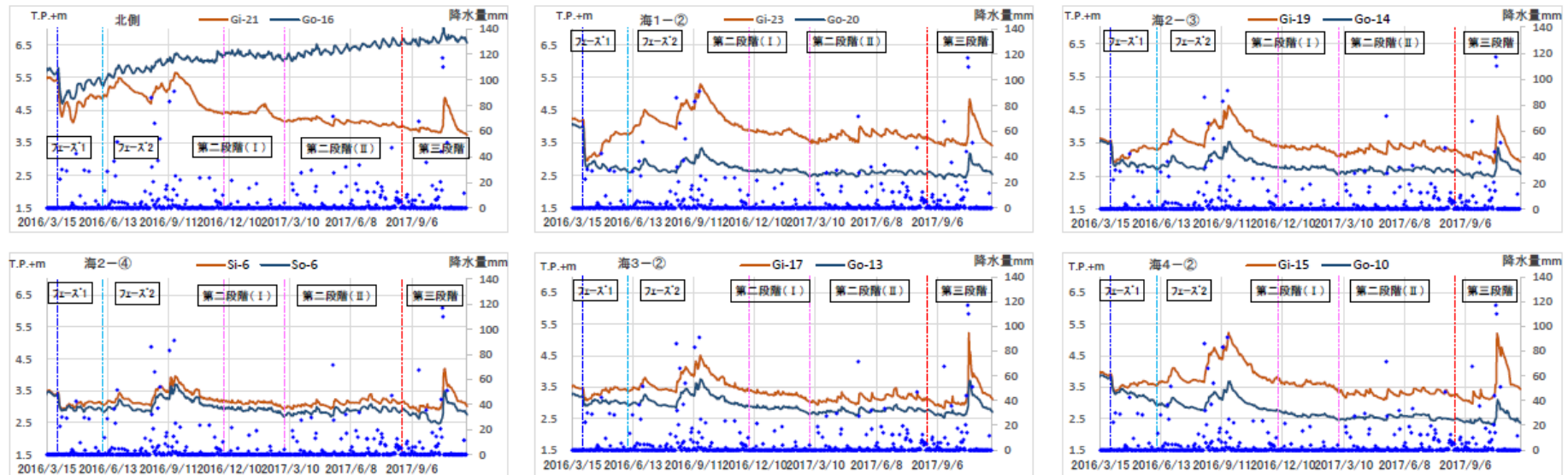
3-2 地下水・水頭状況 (互層、細粒・粗粒砂岩層水頭① 海側)

陸側遮水壁運用における監視項目(海側 互層、細粒・粗粒砂岩水頭)

5. 陸側遮水壁(海側周辺地下水位とサブドレン稼働状況)



6. 陸側遮水壁内外水位

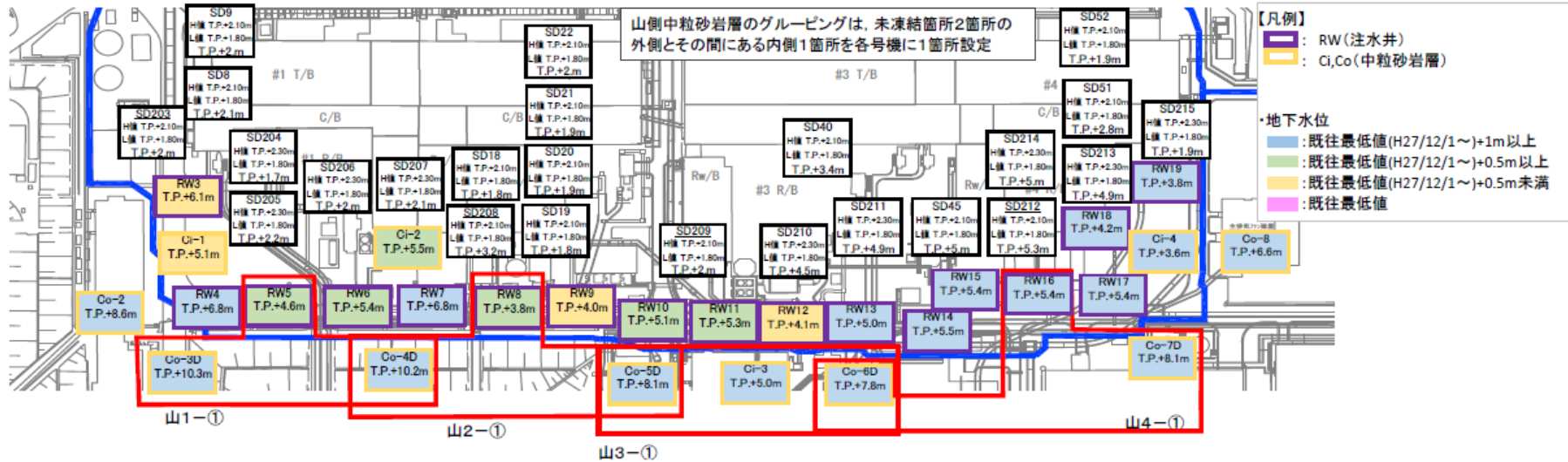


・地下水位は11/27 7:00時点のデータ

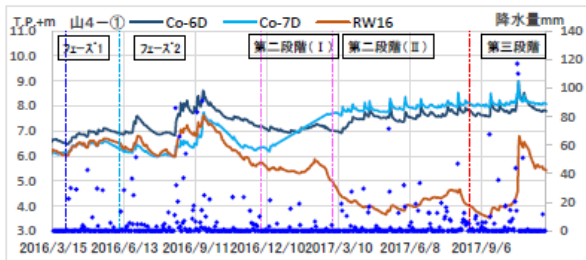
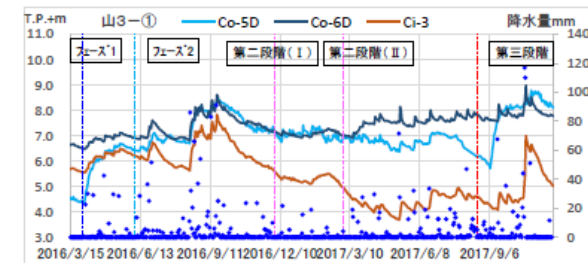
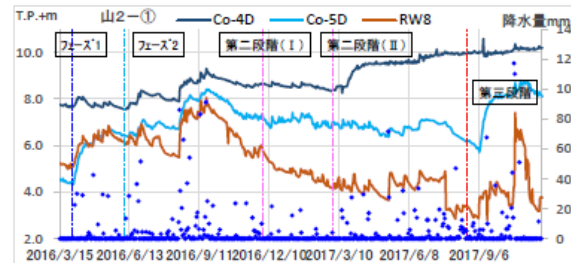
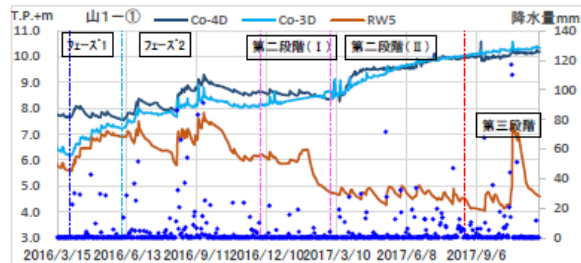
3-3 地下水位・水頭状況 (中粒砂岩層② 山側)

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



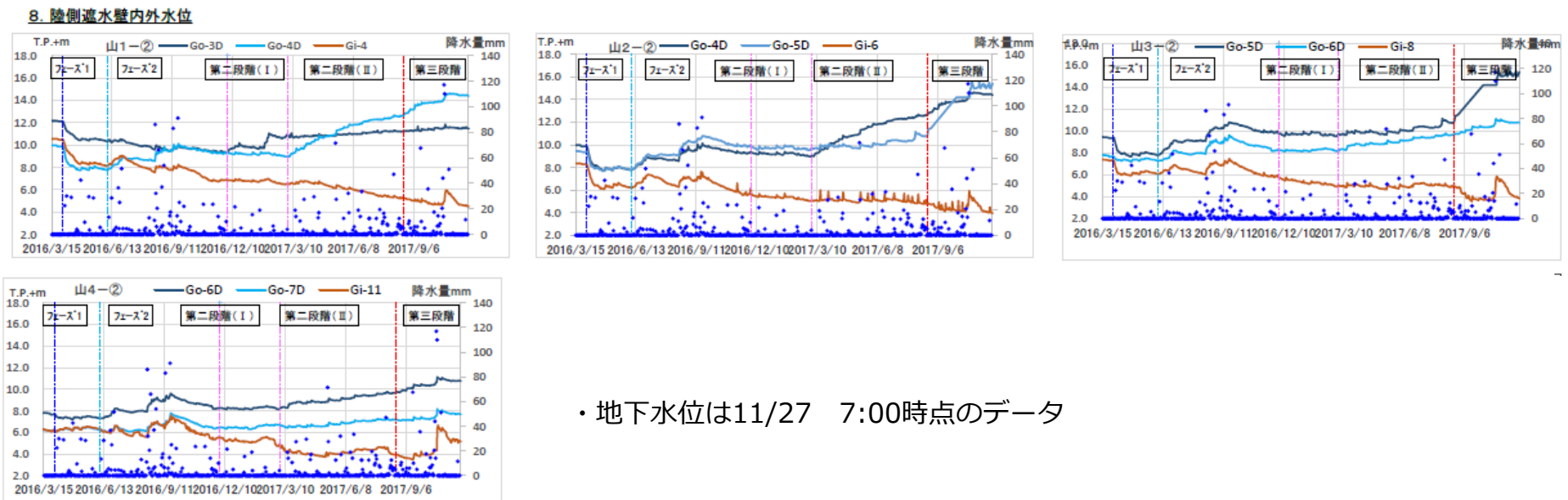
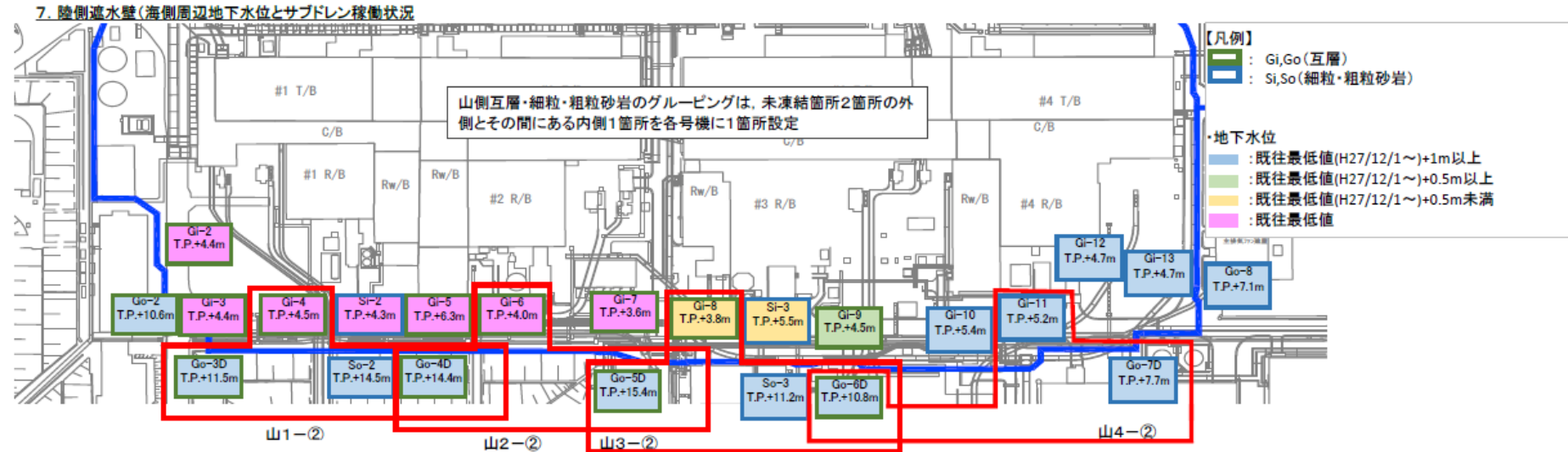
4. 陸側遮水壁内外水位



・地下水位は11/27 7:00時点のデータ

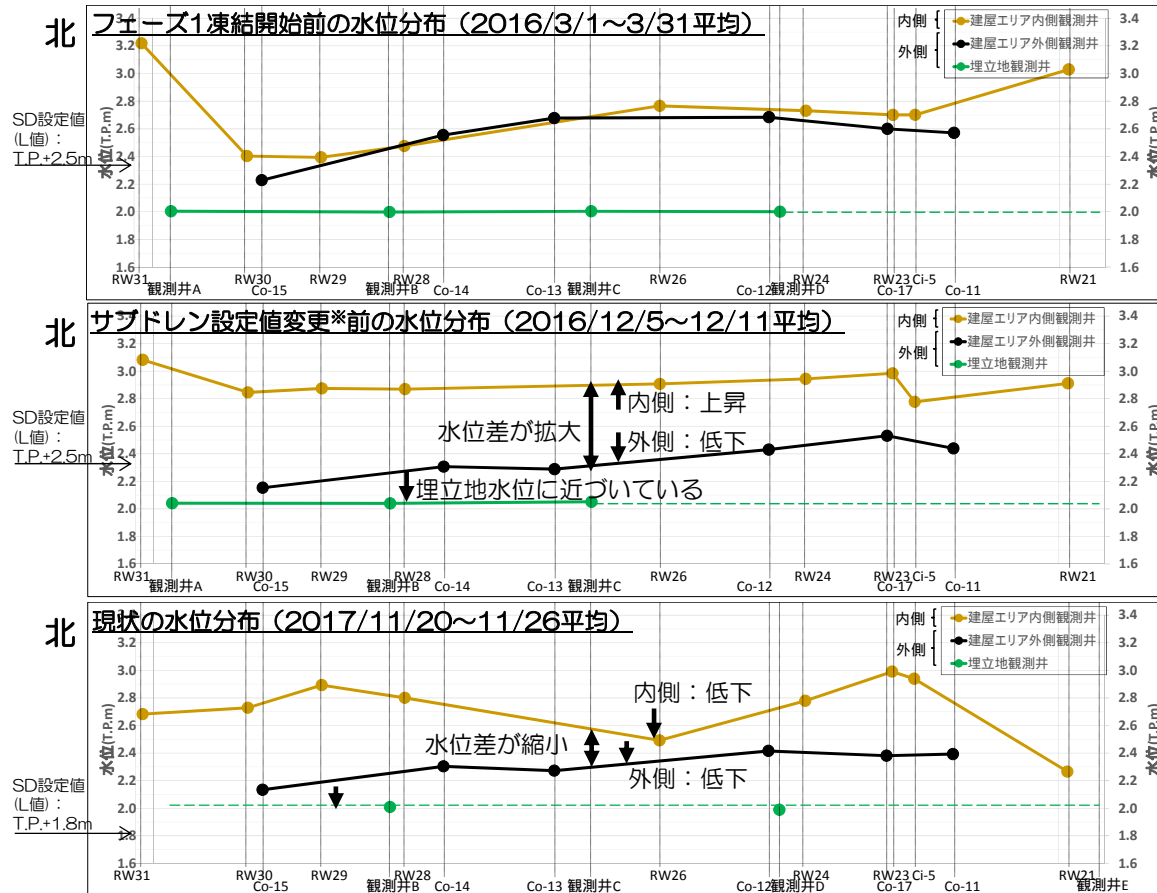
3-4 地下水位・水頭状況（互層、細粒・粗粒砂岩層水頭②） 山側）

陸側遮水壁運用における監視項目(山側 互層・細粒・粗粒砂岩層水頭)



・地下水位は11/27 7:00時点のデータ

【参考】中粒砂岩層水位変化断面図 海側ライン



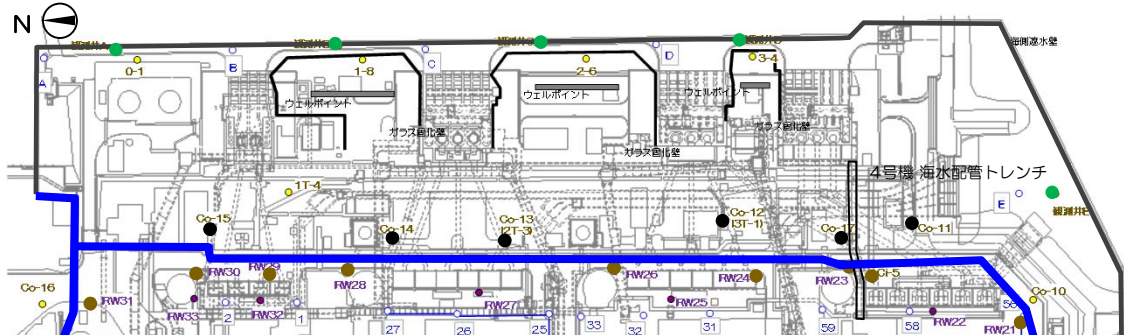
◆ フェーズ1凍結開始～サブドレン設定値変更前にかけて地下水位差が拡大した。

- ▶ 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。

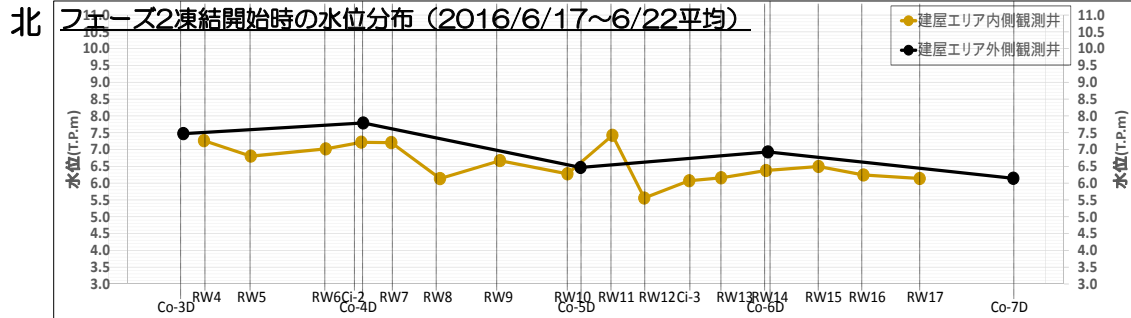
◆ サブドレン設定値変更以降、地下水位差が縮小してきている。

- ▶ 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.+2.5→1.8m)。

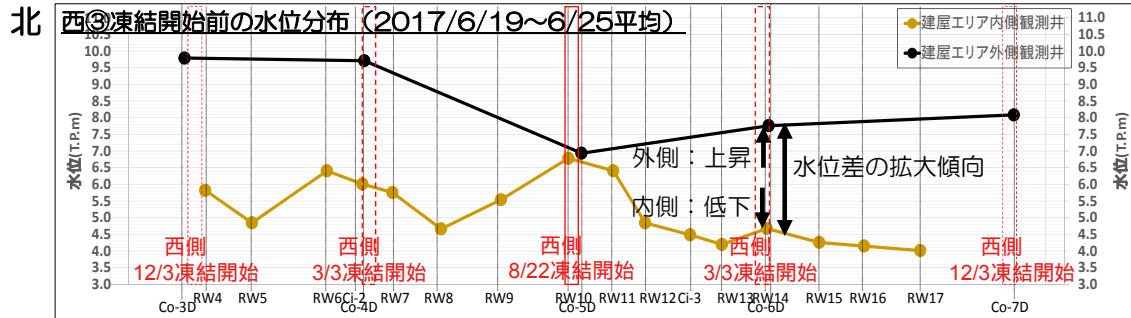


【参考】中粒砂岩層水位変化断面図 山側ライン



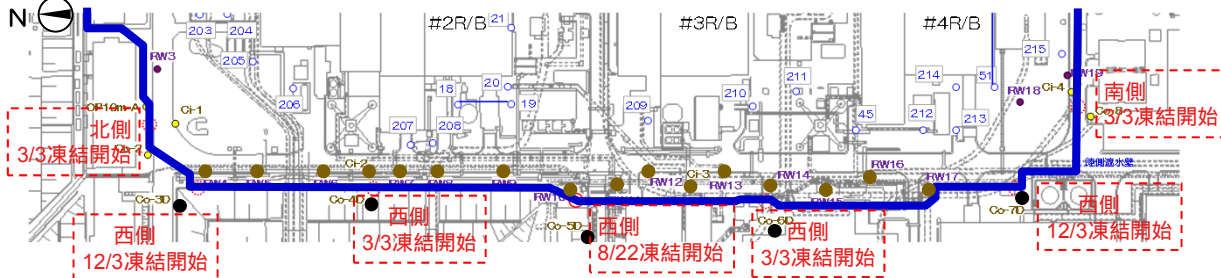
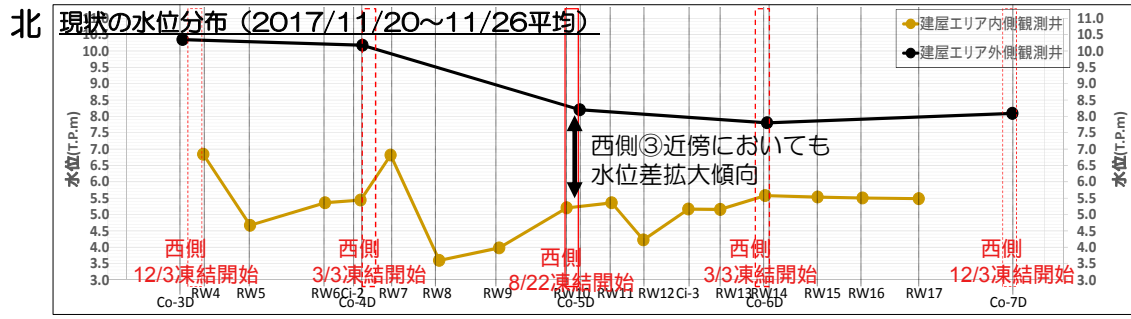
◆ フェーズ2凍結開始～第二段階開始にかけて地下水位差が拡大した。

- ▶ 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。



◆ 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。

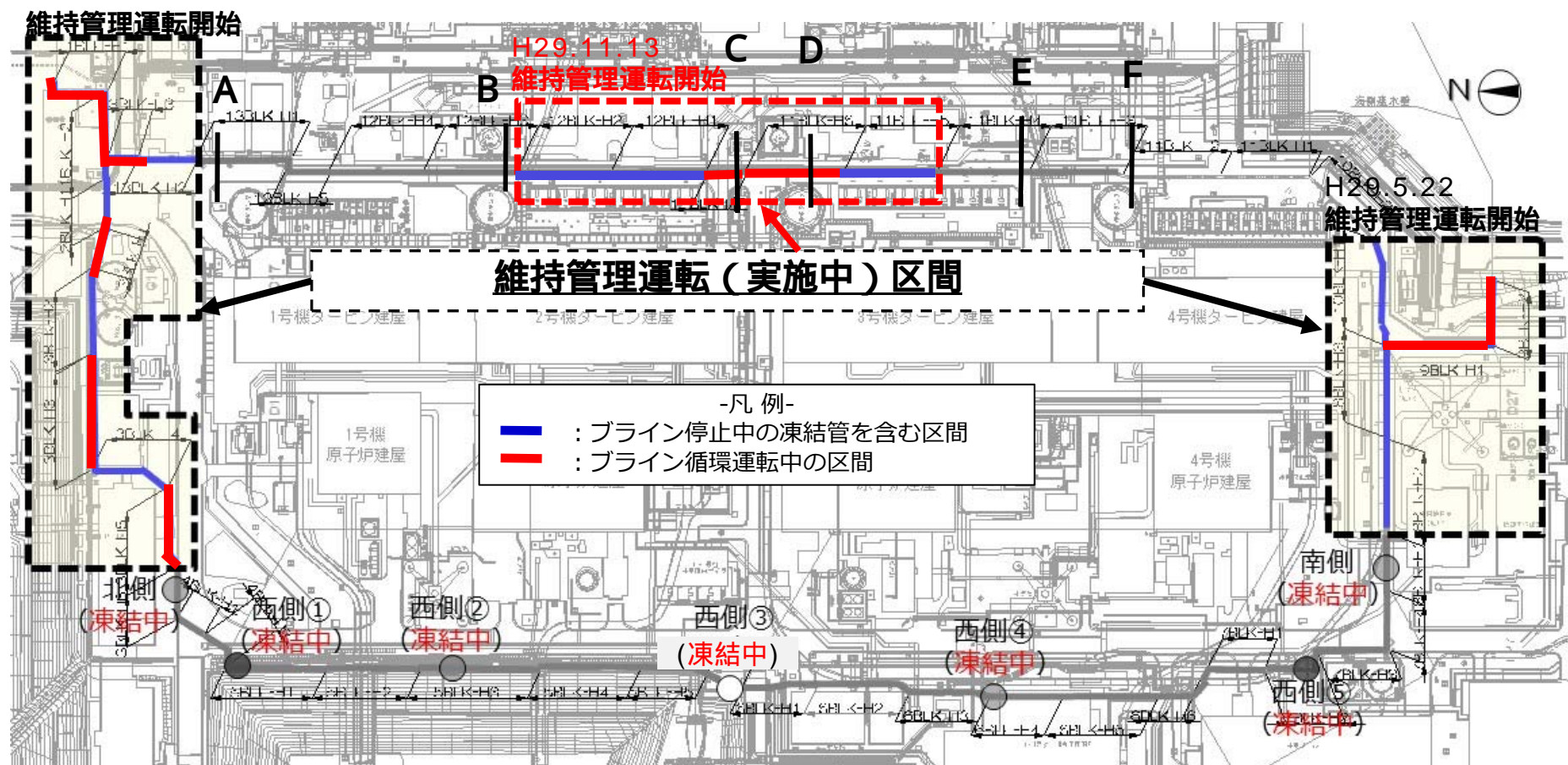


- 建屋エリア (8.5m盤) 陸側遮水壁外側観測井
- 建屋エリア (8.5m盤) 陸側遮水壁内側観測井

4 維持管理運転の状況 (11/27 7:00現在)

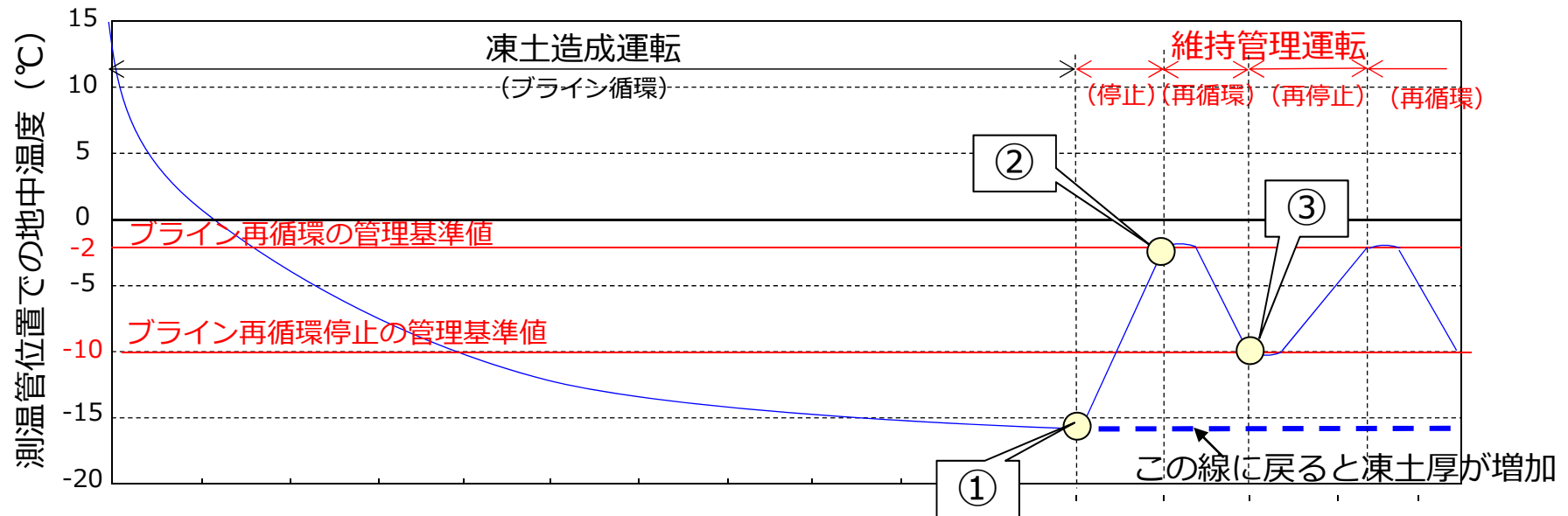
- 維持管理運転対象ヘッダー管15のうち、9ヘッダー管にてブライン循環運転中(南北)
- 11/13より海側一部の維持管理運転を開始。
 - ・ヘッダー管5のうち2ヘッダー管にてブライン循環運転中。
 - ・残り2ヘッダーについても11/28よりブライン停止。

【全体 9 / 20ヘッダー ブライン停止中】



■ 維持管理運転時の地中温度イメージ

- ・維持管理運転に移行後 (①) , ブライン再循環の管理基準値 (②) とブライン再循環停止の管理基準値 (③) を設定し, 地中温度をこの範囲で管理する。



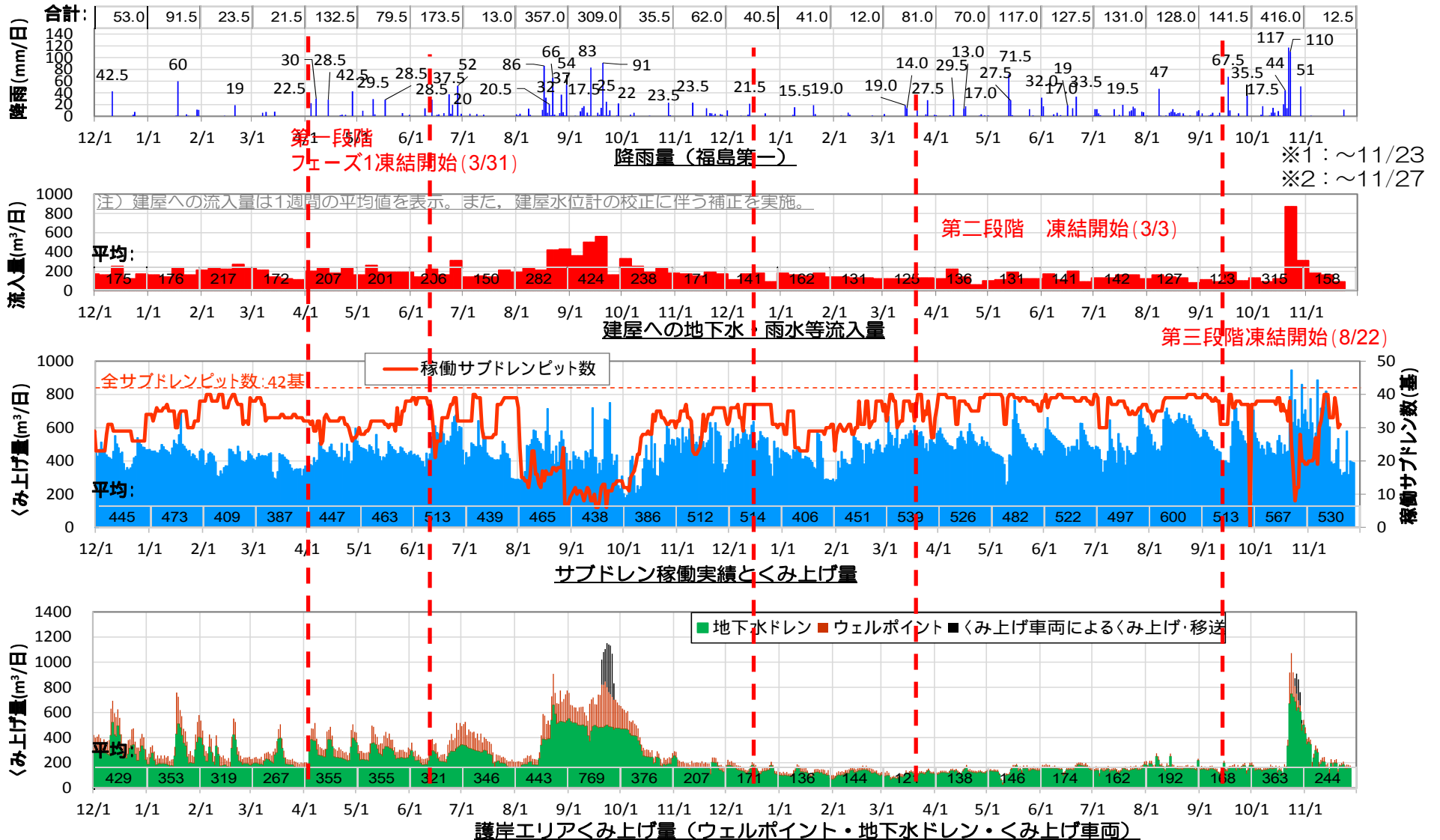
< 維持管理運転の制御ポイント >

- ：維持管理運転へ移行
- ：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 以上
- ：ブライン循環再停止 … 全測温点-5 以下 , かつ全測温点平均で地中温度-10 以下

* 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行っていく。
 * 急激な温度上昇や局所的な温度上昇が確認された場合には, 個別に評価を行い維持管理運転の運用方法を再検討する。

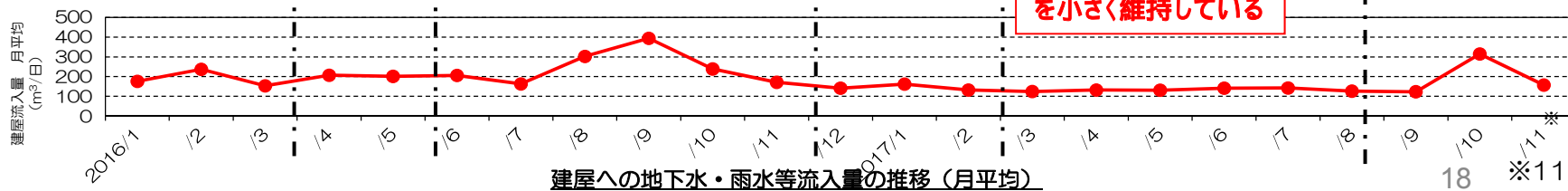
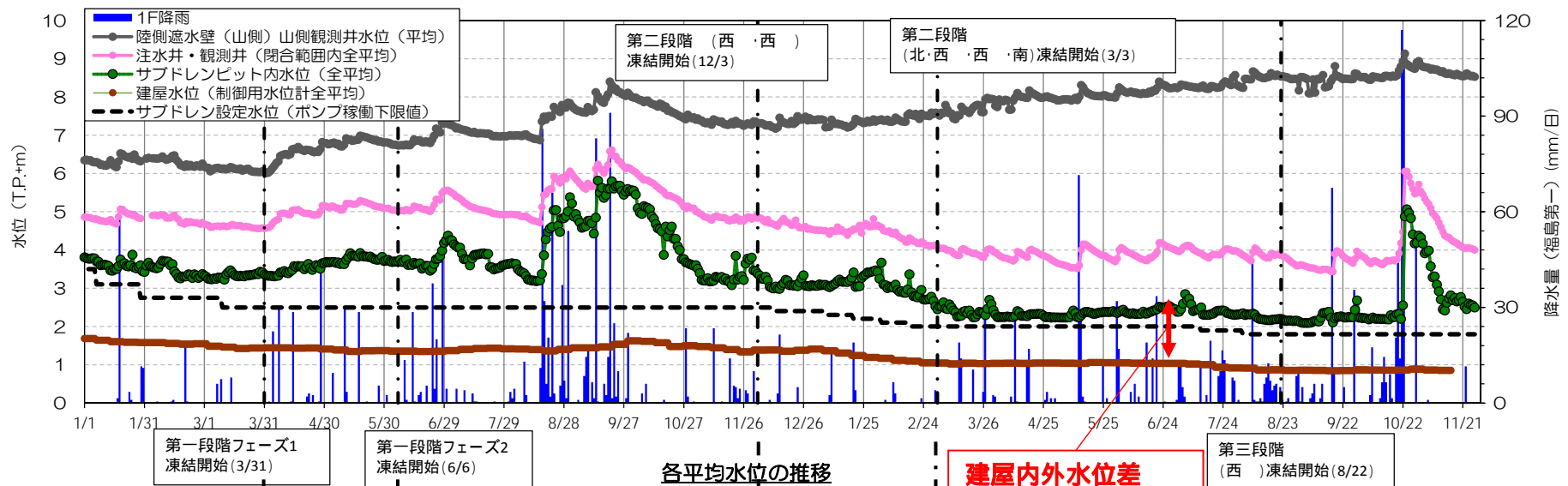
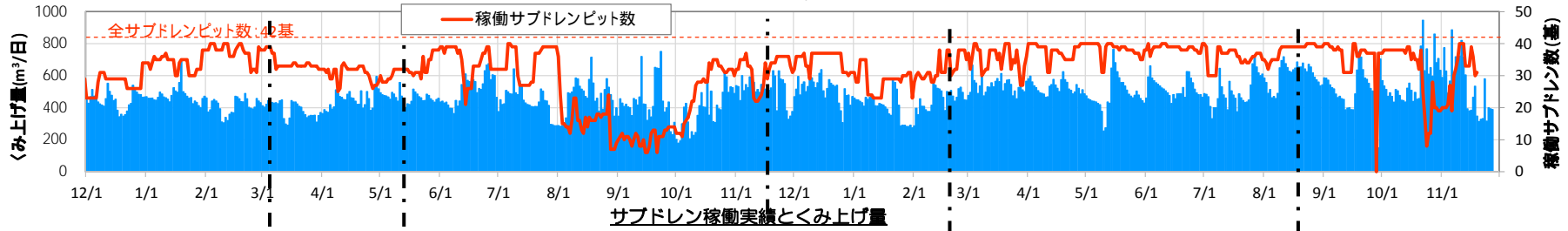
【参考】1F降雨と建屋への地下水流入量・各くみ上げ量の推移

- ・建屋流入量は、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、平常時においては、120~140m³/日程度となっている。
- ・サブドレンは増強工事の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、稼働台数は平常時は90%程度を維持している。
- ・陸側遮水壁海側くみ上げ量は昨年10月以降は降雨後の増加が少ない状態が続いている。3月6日には既往最小くみ上げ量：約85m³/日となった。



【参考】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、通常の降雨時において、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。
- 台風21号の際には、短期的大雨による建屋周辺地下水位の上昇、および建屋屋根破損部から雨水が直接流入したことなどにより、一時的に建屋への地下水・雨水等流入量が増加したと考えられるものの、降雨後比較的早期に元の状態に戻りつつある。



建屋内外水位差を小さく維持している

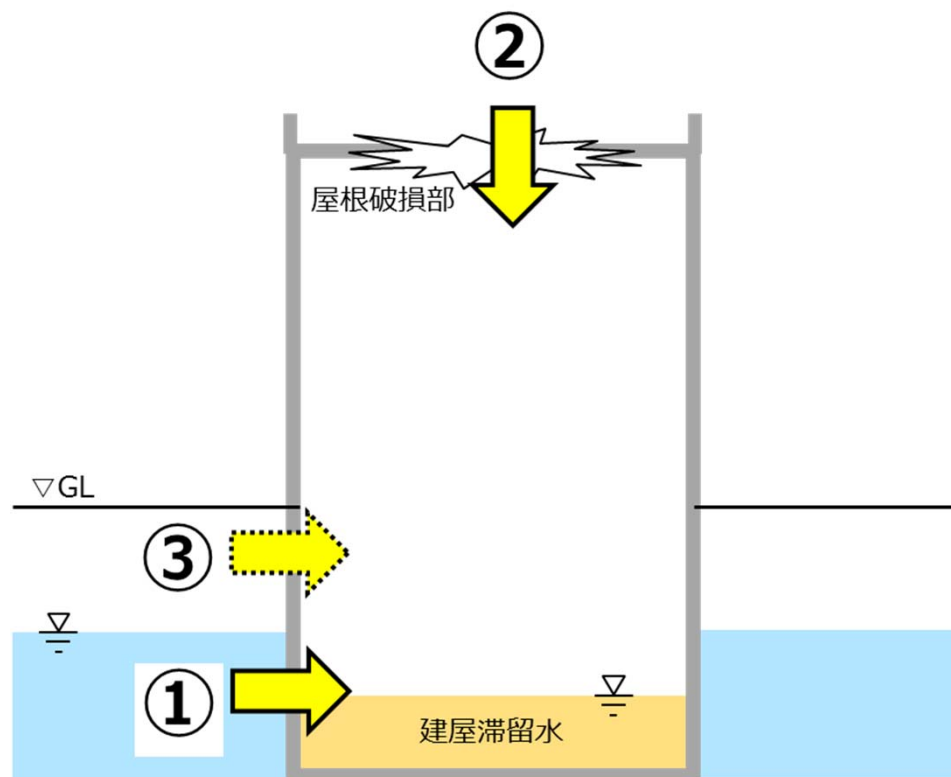
【参考】大雨時における建屋への流入量増加要因

- 通常時の①建屋周辺からの地下水流入に加え、降雨時には、②③の要因により、一時的に建屋への地下水・雨水等流入量が増加する。

建屋周辺からの地下水の流入

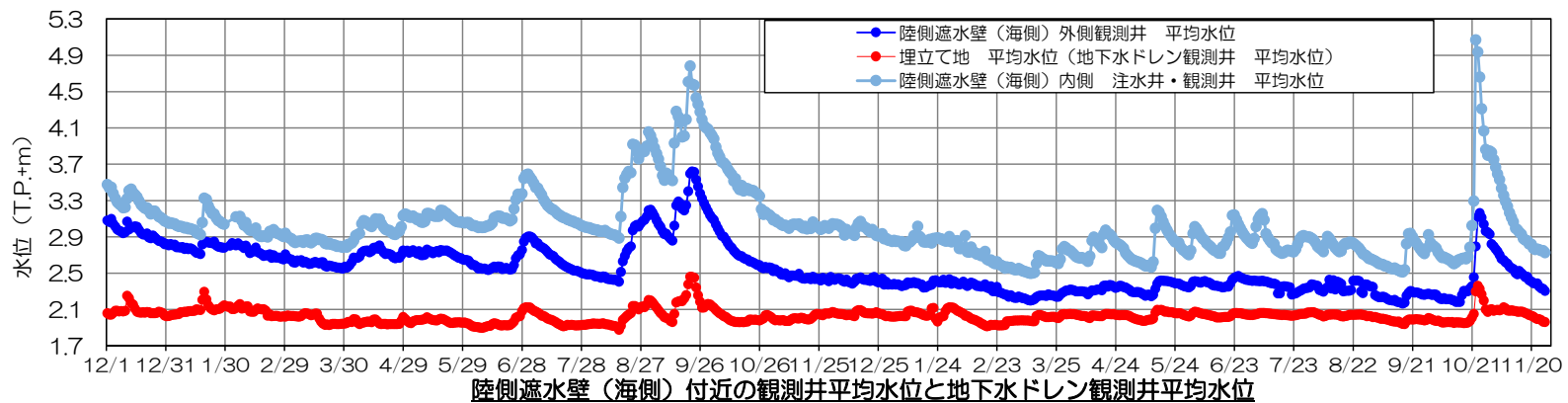
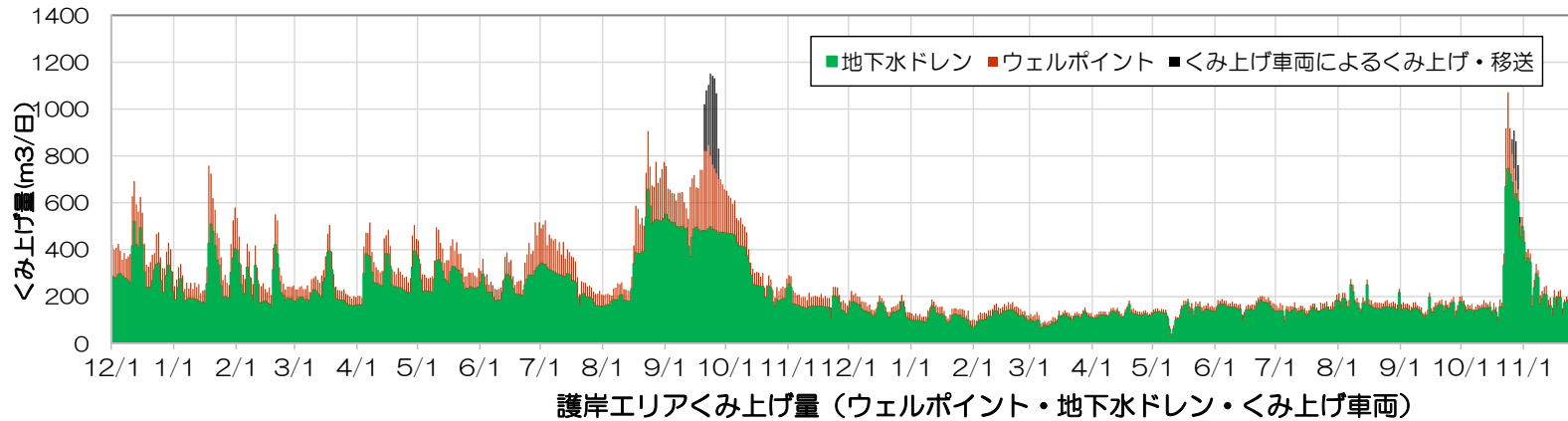
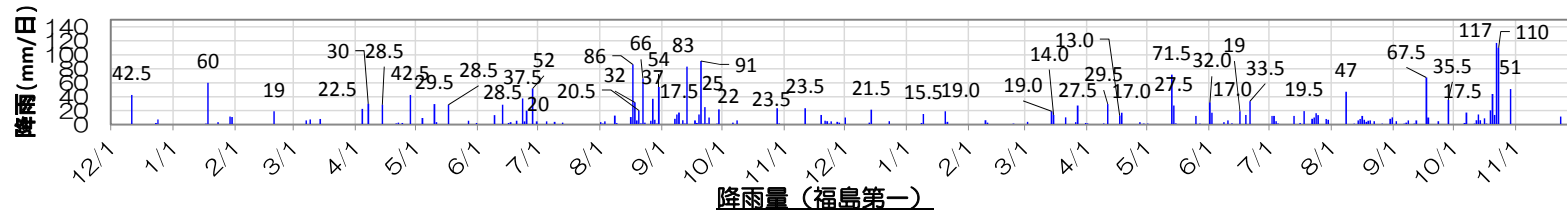
建屋屋根破損部等からの雨水流入

建屋周辺への降雨浸透などによる地下水位の上昇に伴う流入



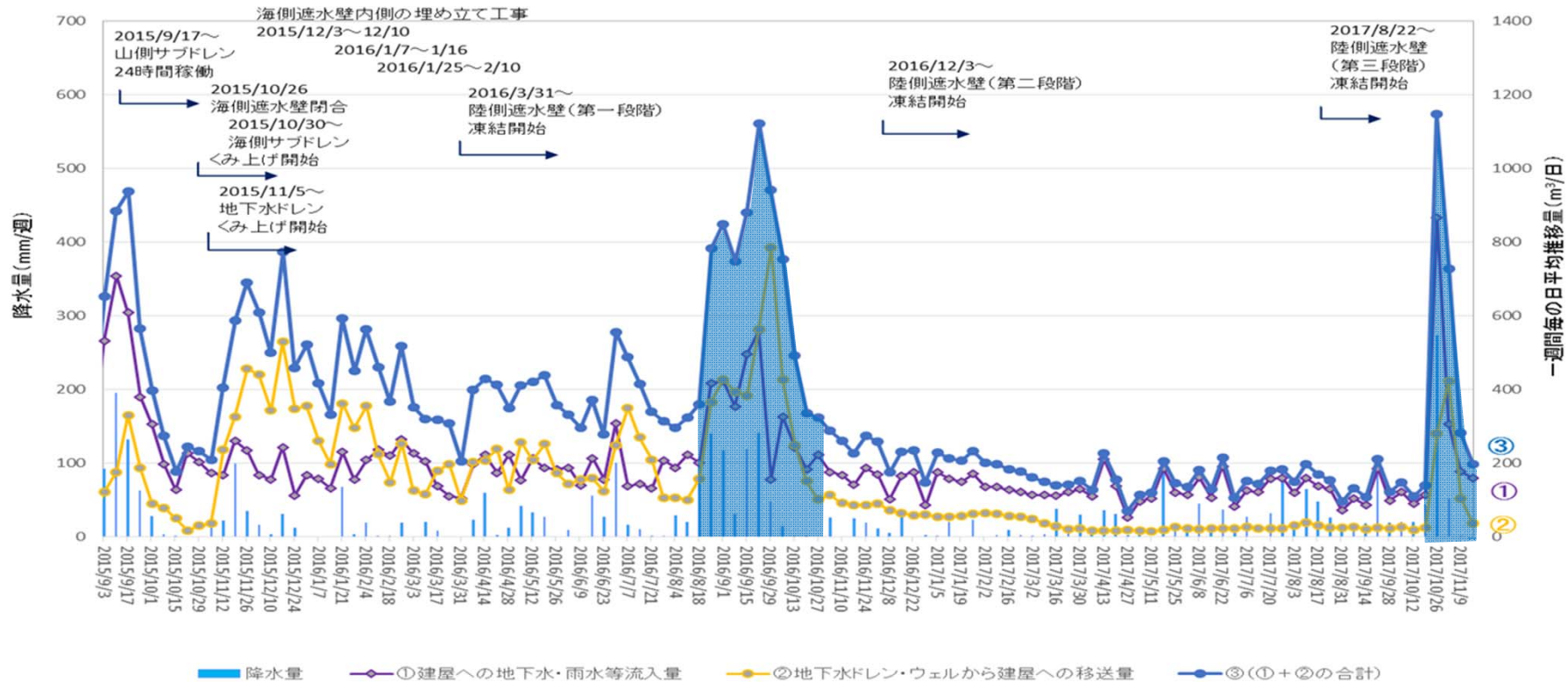
大雨時における建屋流入の概念図

【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て地水位の推移



【参考】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。

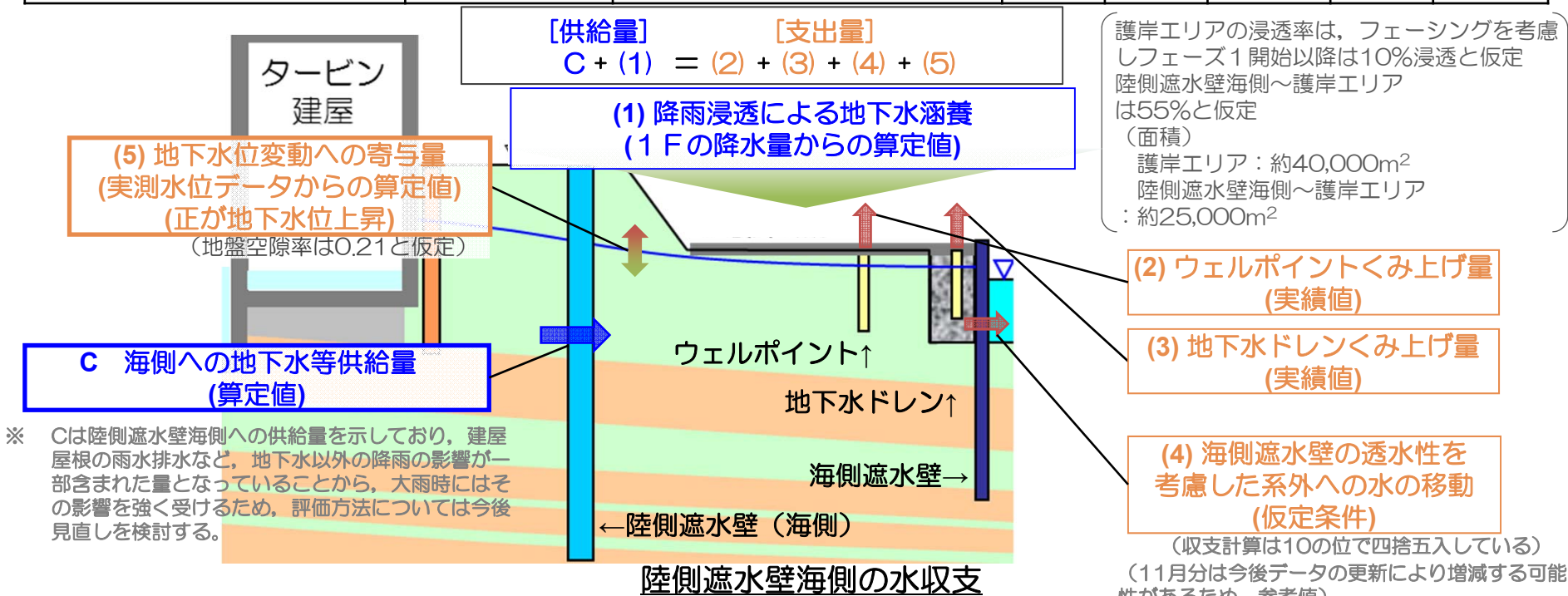


	A : 累積降雨量 (mm)	B : 降雨に起因する汚染水発生量 (m ³)
2016.8.19~10.27 (70日間)	548	49,300
2017.10.20~11.16 (28日間)	357	17,300

【参考】凍結開始前と現状の陸側遮水壁海側(T.P.+2.5m盤)の水収支の評価 **TEPCO**

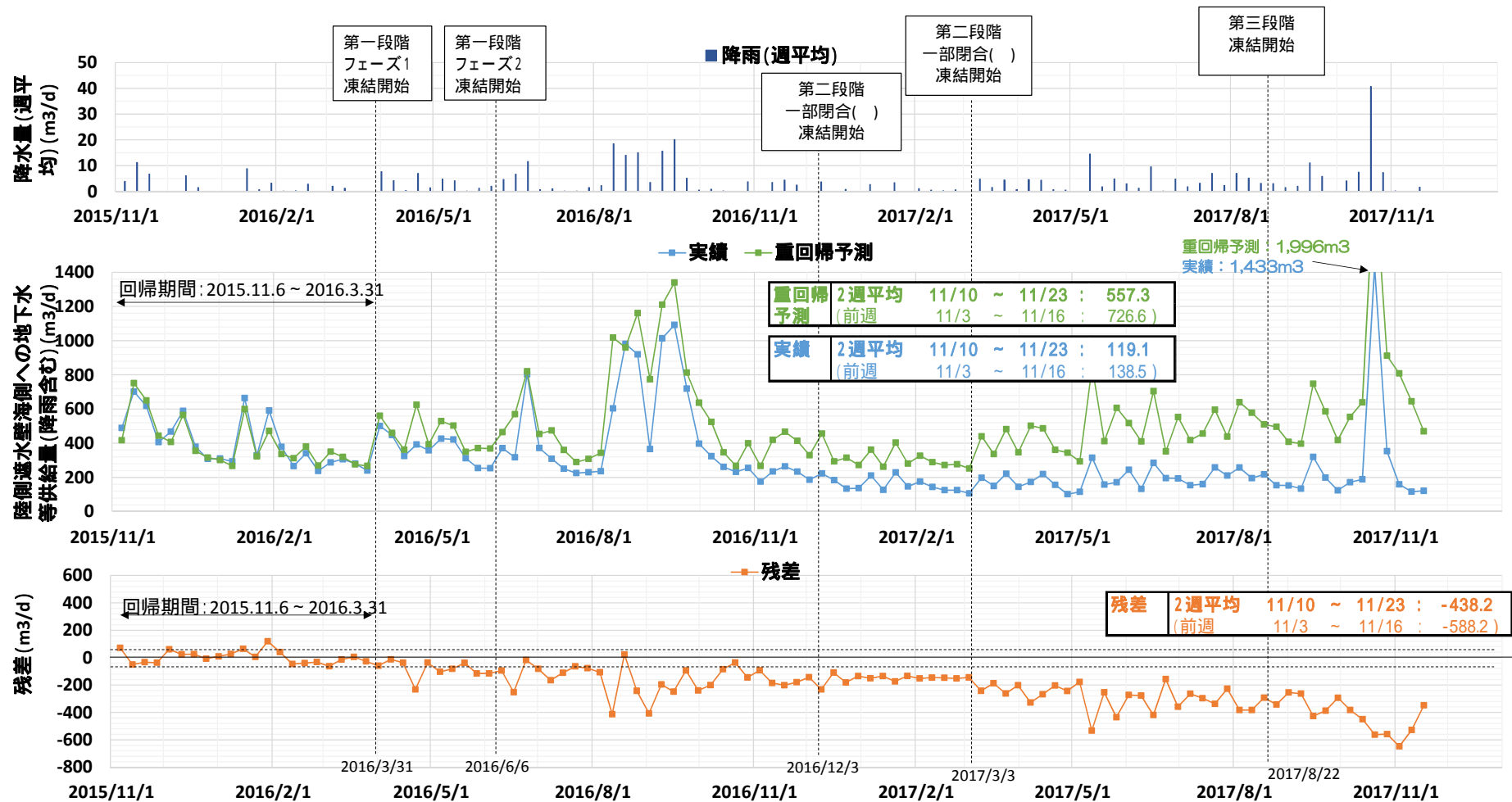
- 凍結開始前と現状の陸側遮水壁海側(T.P.+2.5m盤)の水収支を比較すると、陸側遮水壁海側への地下水等供給量は減少傾向だが、大雨により一時的に増加している。
- 減少している要因は、雨水浸透防止策（フェーシング等）、サブドレン稼働、陸側遮水壁（海側）の閉合などの複合効果によるものと考えられる。

実績値(m ³ /日)	(参考)降水量	陸側遮水壁海側への地下水等供給量 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 ~ 10.19	4.2 mm/d	90	70	20	140	30	-30
2017.10.1 ~ 10.31	13.4 mm/d	250	240	60	310	30	100
(参考値)2017.11.1 ~ 11.23	0.5 mm/d	130	10	40	220	30	-140



【参考】陸側遮水壁海側 重回帰予測と実績値との比較（7日間平均）

- 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※（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）
 - 至近の陸側遮水壁海側への水の供給量は、凍結開始前のデータに基づく重回帰式による予測では560m³/日程度に対して、実績は120m³/日程度となっており、予測に対して440m³/日程度減少していると評価できる。



【参考】凍結開始前と現状の陸側遮水壁内側(T.P.+8.5m盤)の水収支の評価

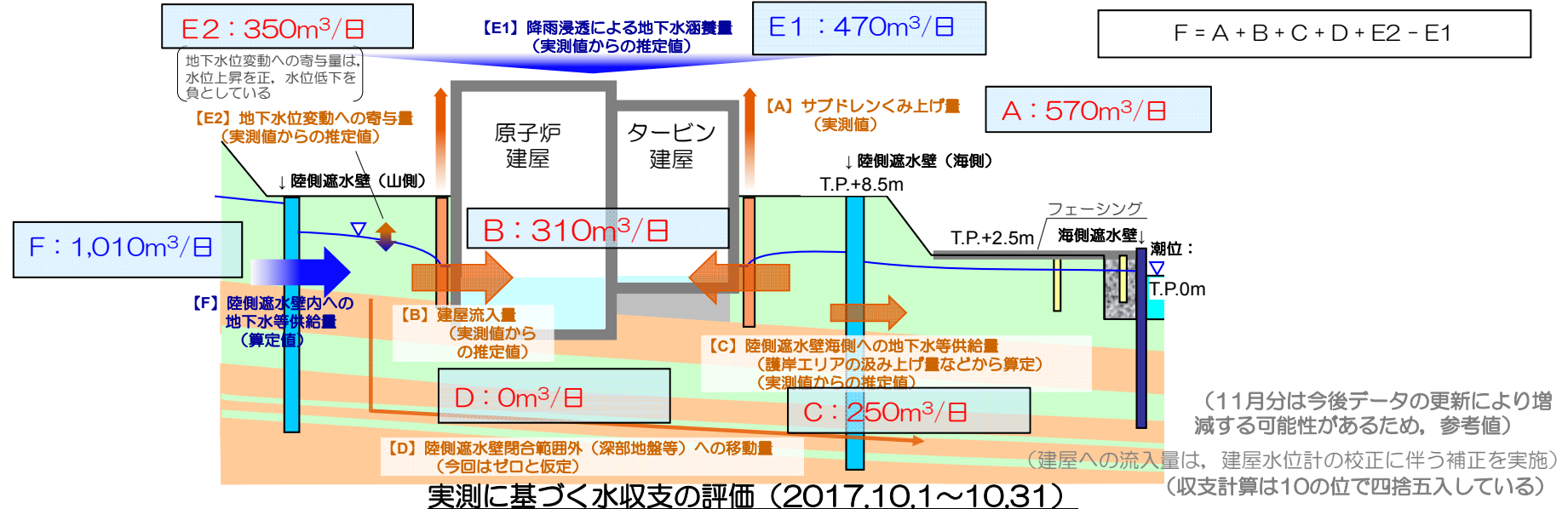
- 凍結開始前と現状で陸側遮水壁内側の水収支を比較すると、陸側遮水壁内への地下水等供給量・建屋流入量・陸側遮水壁海側への地下水等供給量は減少している。

実績値(m ³ /日)	陸側遮水壁内への地下水等供給量 (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 地下水等供給量 C※1 (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2017.11.1~11.23	410	T.P.+3.0m	0.5mm/日	560	160	130	0	20	-420

※1 FおよびCは陸側遮水壁内側および海側への地下水等の供給量を評価したものであるが、現状の評価方法では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。

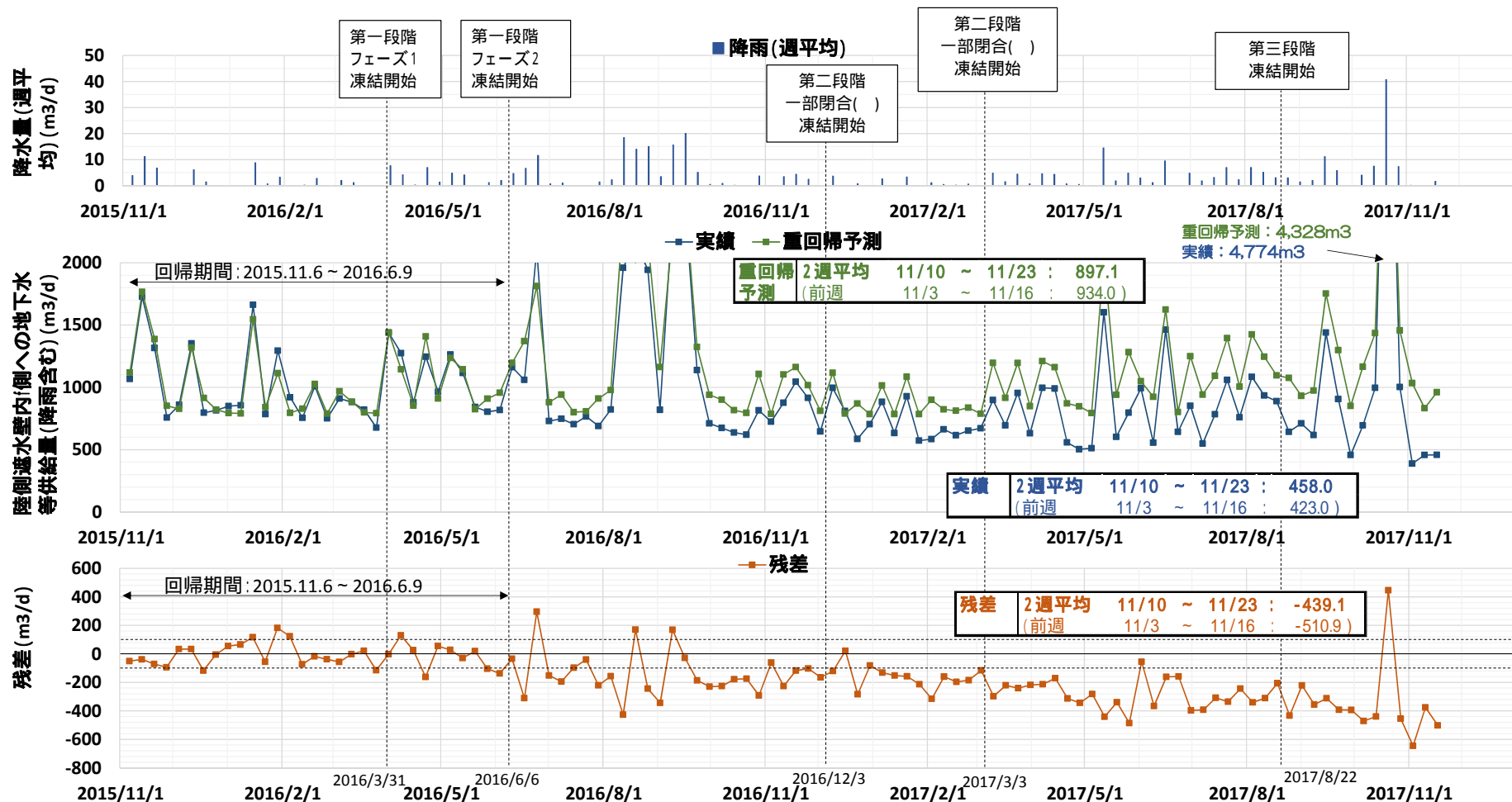
※3 現時点まで、深部透水層（粗粒、細粒砂岩）の水頭が互層部と同程度で、上部の中粒砂岩層よりも高いことから、深部地盤等への移動量Dをゼロとする。



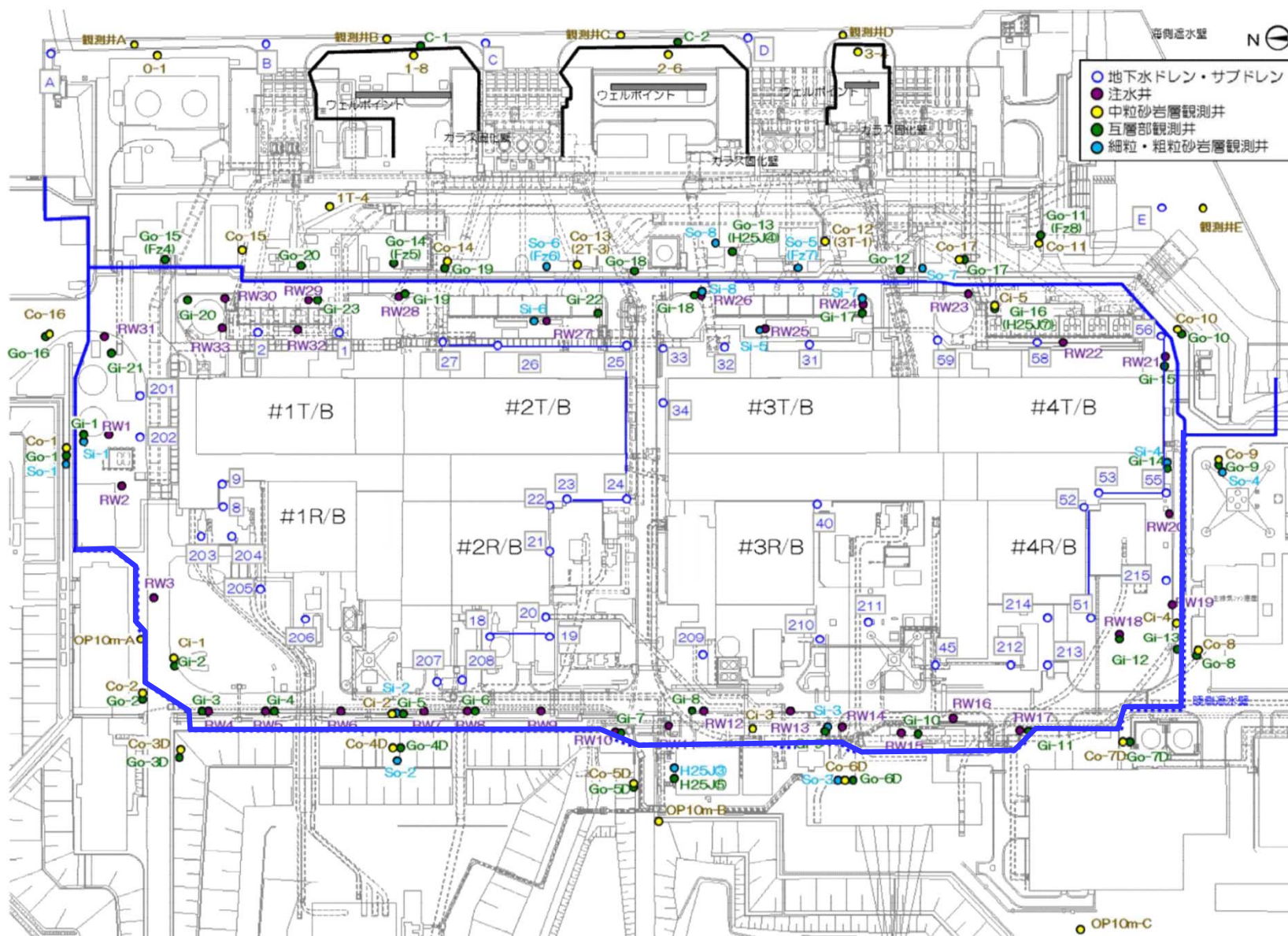
(11月分は今後データの更新により増減する可能性があるため、参考値)
(収支計算は10の位で四捨五入している)

【参考】陸側遮水壁内側 重回帰予測と実績値との比較（7日間平均）

- 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^{*}（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）
 - 至近の陸側遮水壁内側への水の供給量は，凍結開始前のデータに基づく重回帰式による予測では900m³/日程度に対して，実績は460m³/日程度となっており，予測に対して440m³/日程度減少していると評価できる。



【参考】地下水位観測井位置図



【参考】TP2.5m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

- 陸側遮水壁閉合後における2.5m盤への水の供給量の低減状況の評価として、陸側遮水壁が閉合していなかった場合の**推定供給量(Q)**を重回帰分析により推定し、前頁左辺の**供給量(C1+(1))**と比較した。
- 重回帰分析に当たっては、目的変数を実績供給量、説明変数を影響が大きいと考えられる当日から15日前までの**降水量(x_n)**とし、導出される**基底量(A)**および**偏回帰係数(B_n)**から、重回帰予測式を下式のように設定した。

推定供給量(Q)の算出(重回帰予測式:4m盤)

2.5m盤への
水の推定供給量

$$Q = A + (B_1 \times x_1) + (B_2 \times x_2) + (B_3 \times x_3) \dots + (B_{15} \times x_{15})$$

当日の降雨量
1日前の降雨量
2日前の降雨量
15日前の降雨量

重回帰分析で求める
偏回帰係数

A:基底の地下水流入量(重回帰分析により推定)

Bx:降水量(福島第一原子力発電所内にて観測された実績値)

TP2.5m盤への水の供給量の低減状況の評価の手順は以下のとおり。

- ① 凍結運転開始前の期間を回帰期間として前頁における式を設定し、陸側遮水壁がない状態における2.5m盤への水の供給量の予測値（重回帰予測）を算出する。
- ② 2.5m盤への水の供給量の実績値を算出する（16頁参照）。
- ③ 残差（実績値－重回帰予測値）の推移から供給量の減少傾向を確認する。
⇒ ③において、残差がマイナス方向に拡大すれば供給量が減少していることを示す。

重回帰予測値と実績値

