

陸側遮水壁の状況（第三段階）

2018年2月1日



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
5. 「雨水や地下水に起因する汚染水発生量」の比較	P28～29
参考資料	P30～36

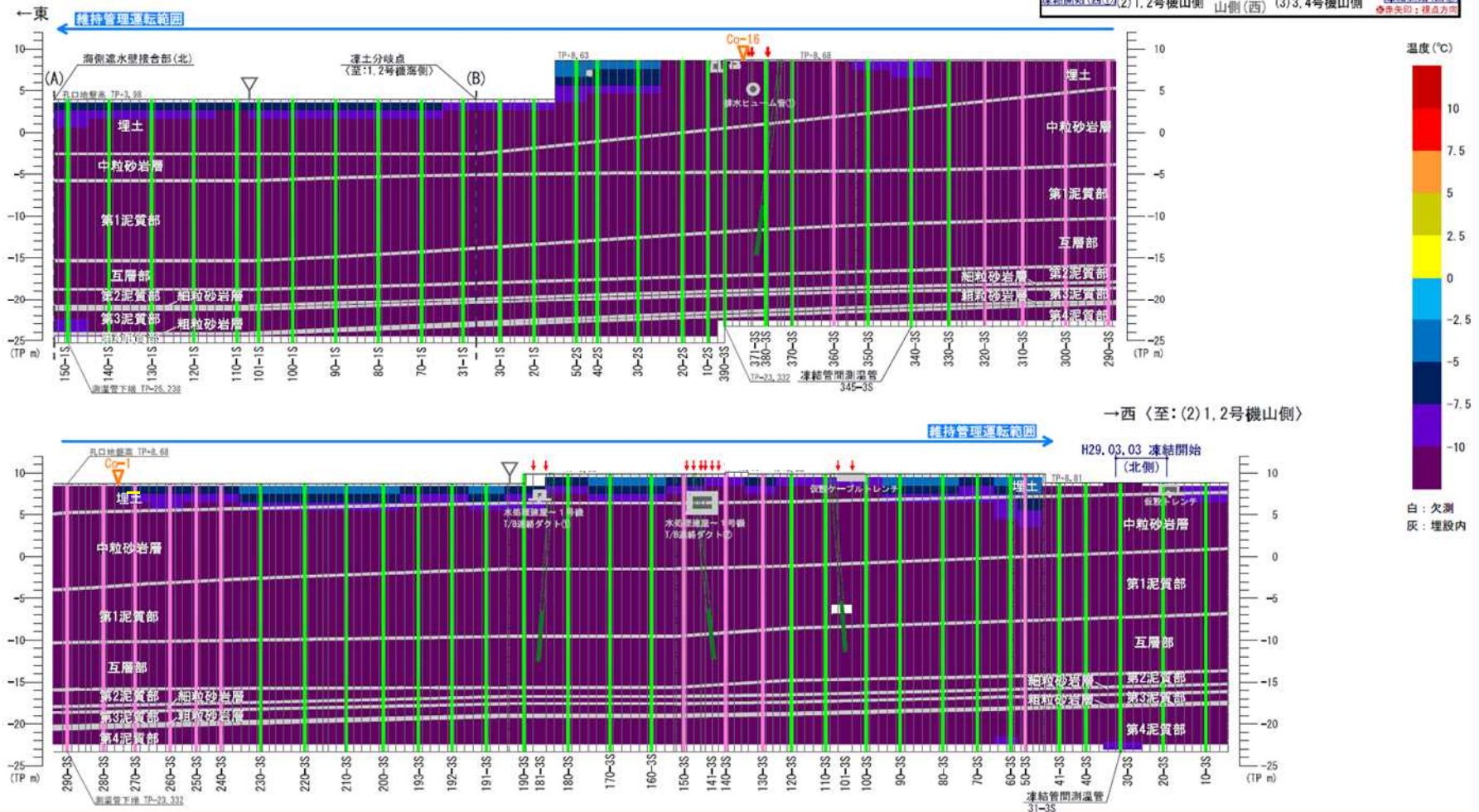
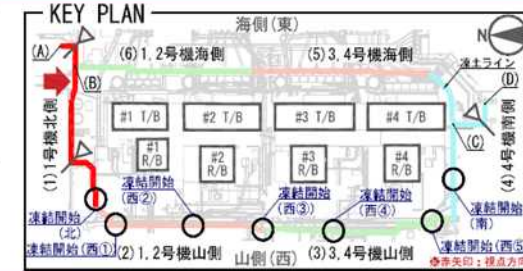
- 陸側遮水壁は凍結それ自体を目的としたものではなく、建屋への地下水の流入を抑制し、汚染水の発生を抑制するための対策である。
- 第二段階に引き続き、第三段階において山側の未凍結箇所を閉合することで、建屋周辺への地下水の流入量を減らすことができ、汚染水の発生を抑制することができる。
- 第三段階を通じて、陸側遮水壁の効果発現状況を陸側遮水壁内外の地下水位差およびサブドレン・ウェルポイント・地下水ドレンの汲み上げ量等により確認していく。

2-1 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1/29 7:00時点のデータ）



2-2 地中温度分布図 (1・2号機西側)

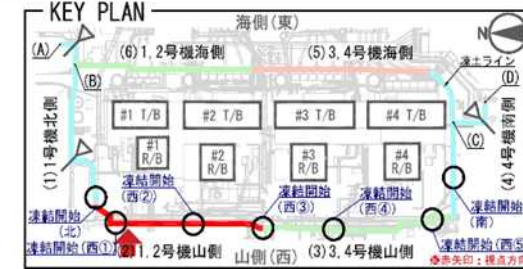
■ 地中温度分布図

(2) 1, 2号機山側 (西側から望む)

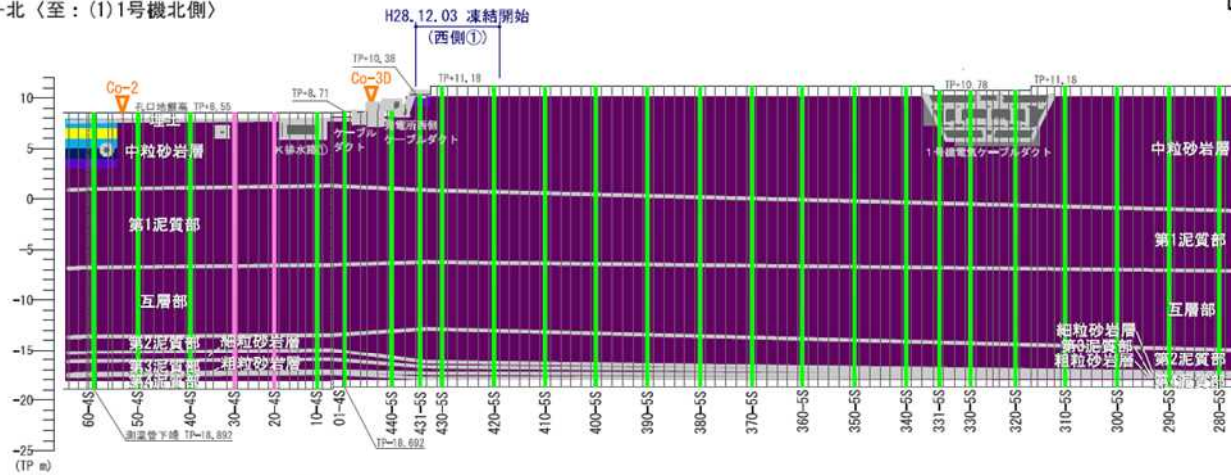
(温度は1/29 7:00時点のデータ)

凡例

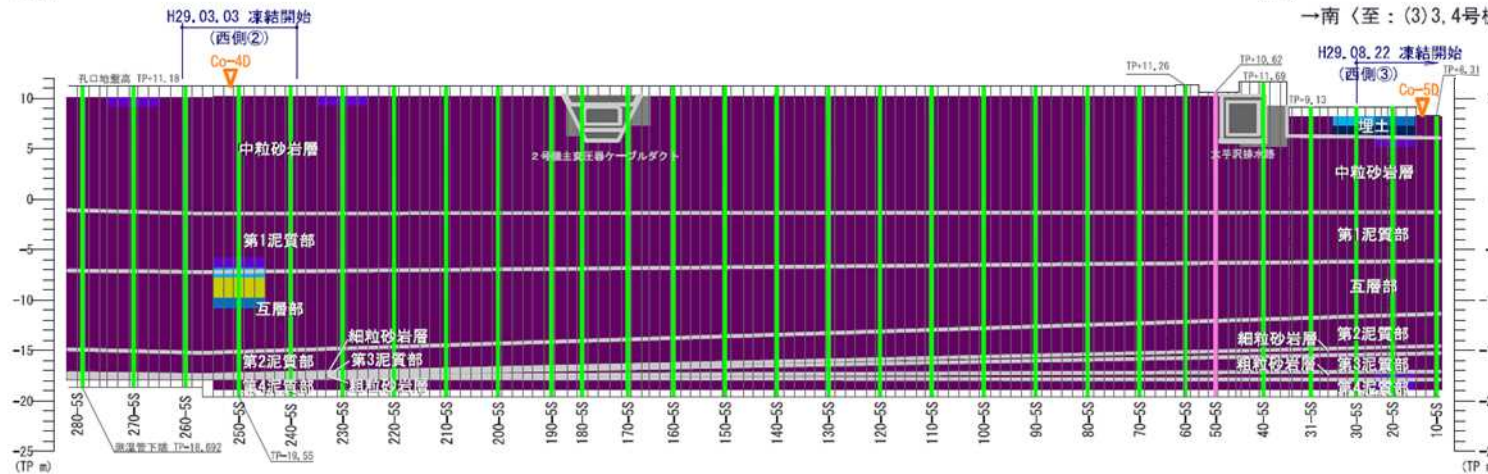
■ (緑)	: 測温管 (凍土ライン外側)	▽ (青)	: RW (リチャージ Jewel)
■ (紫)	: 測温管 (凍土ライン内側)	▽ (黄)	: CI (中粒砂岩層・内側)
■ (赤)	: 測温管 (複列部斜め)	▽ (赤)	: Co (中粒砂岩層・外側)
■ (黒)	: 複列部凍結管	▽ (黒)	: 凍土折れ点



←北 (至: (1)1号機北側)



→南 (至: (3)3,4号機山側)

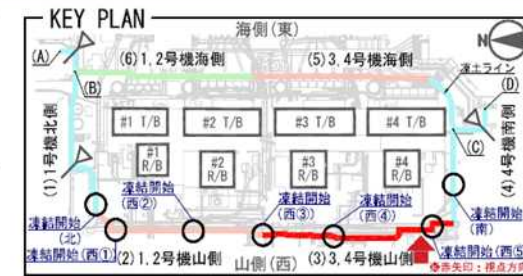


2-3 地中温度分布図 (3・4号機西側)

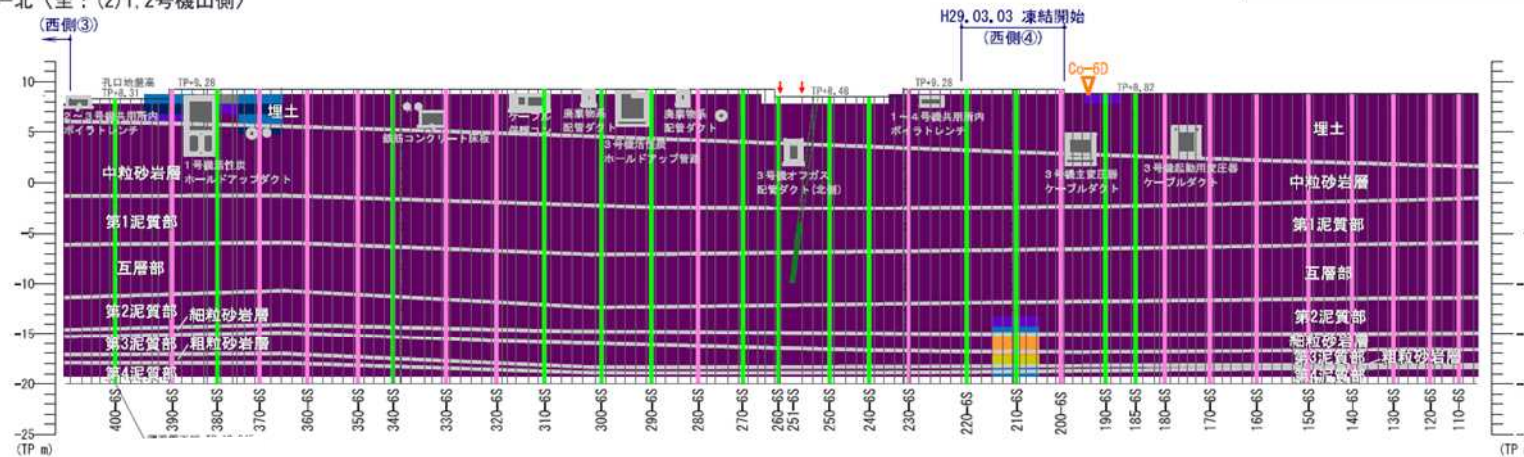
■ 地中温度分布図

(3) 3, 4号機山側 (西側から望む)

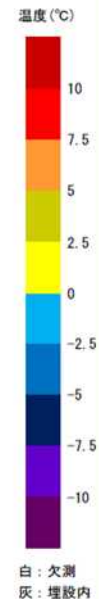
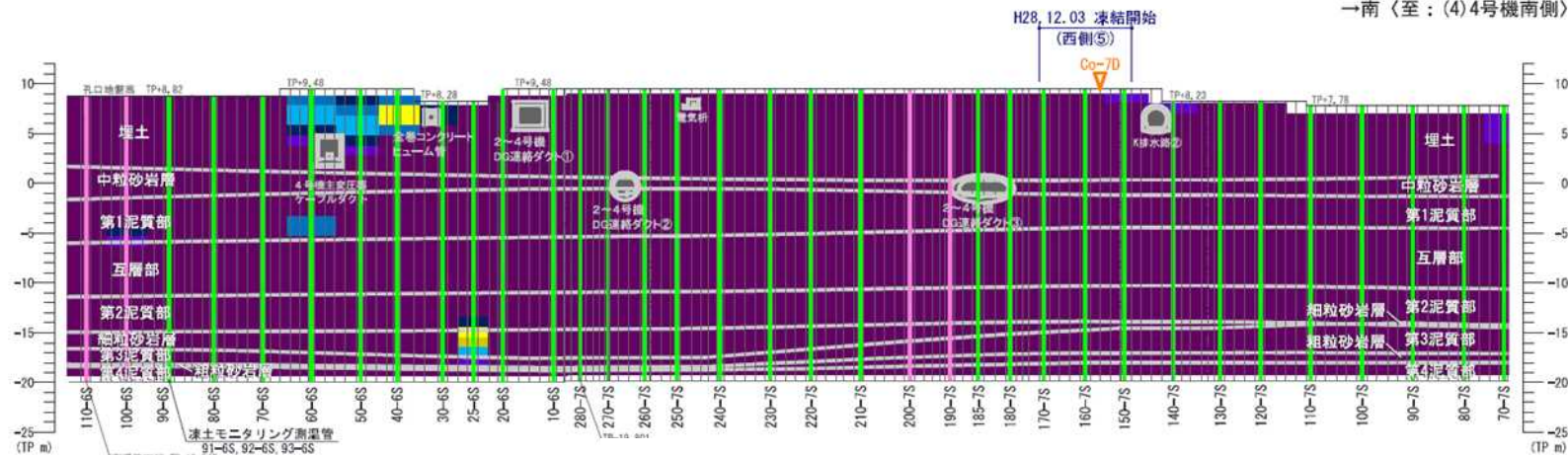
(温度は1/29 7:00時点のデータ)



←北 (至: (2) 1, 2号機山側)
(西側③)



→南 (至: (4) 4号機南側)
(西側⑤)

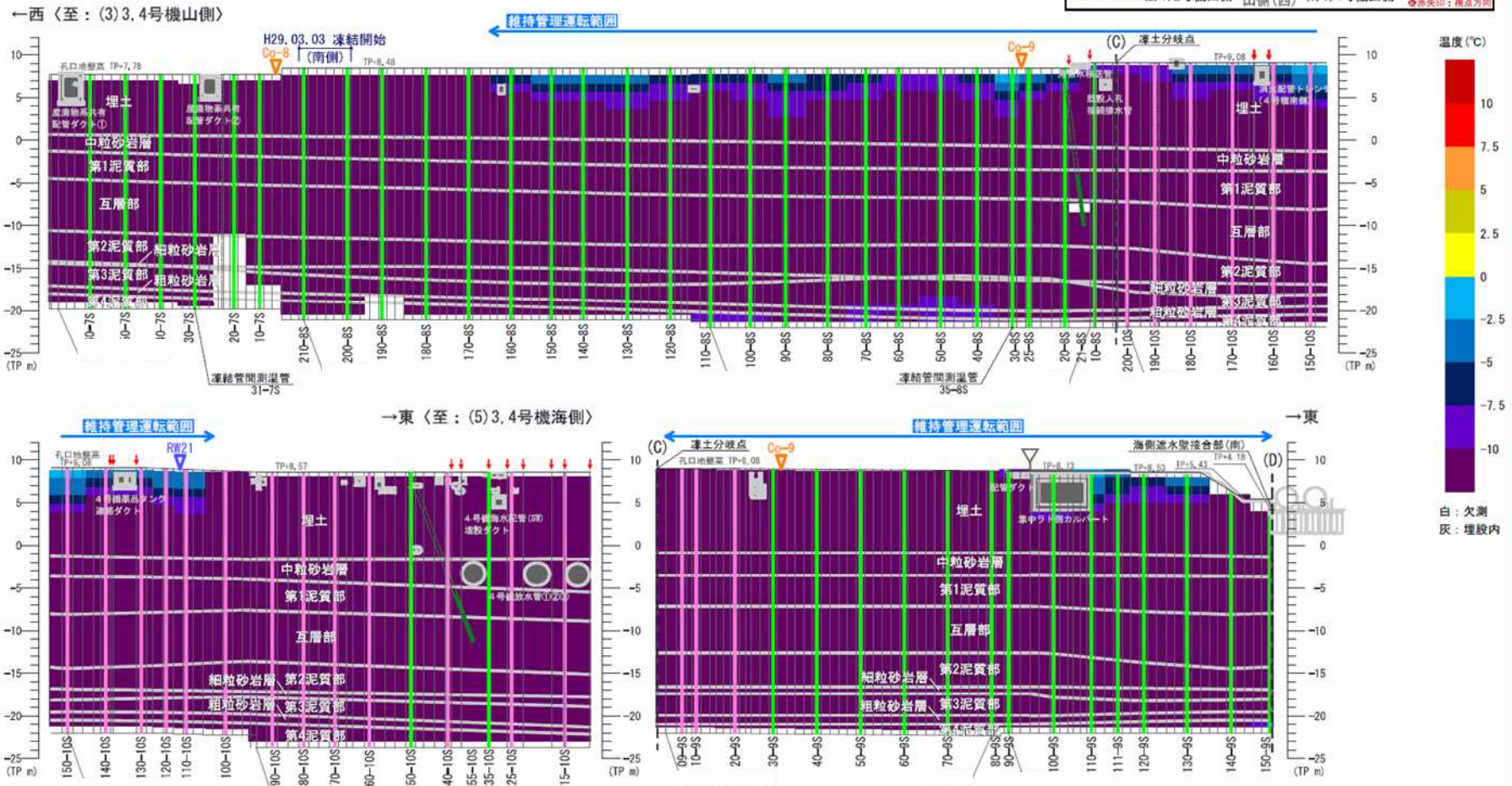
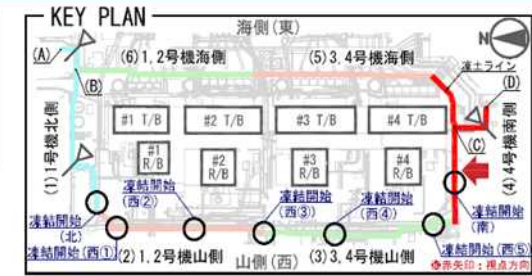


2-4 地中温度分布図（4号機南側）

■ 地中温度分布図

(4) 4号機南側（南側から望む）

（温度は1/29 7:00時点のデータ）

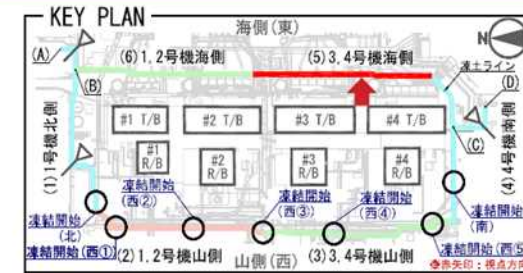


2-5 地中温度分布図 (3・4号機東側)

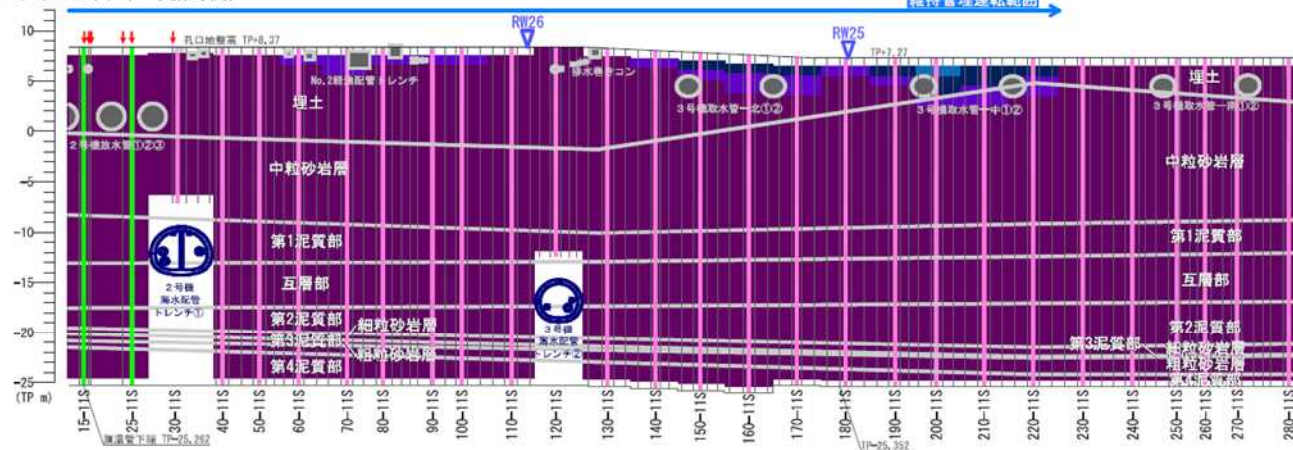
■ 地中温度分布図

(5) 3, 4号機海側 (西側：内側から望む)

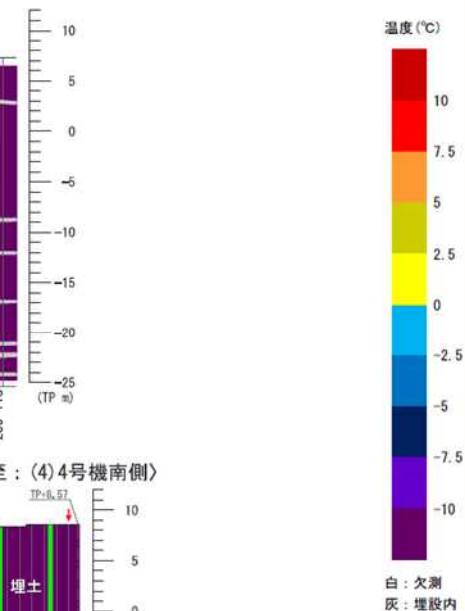
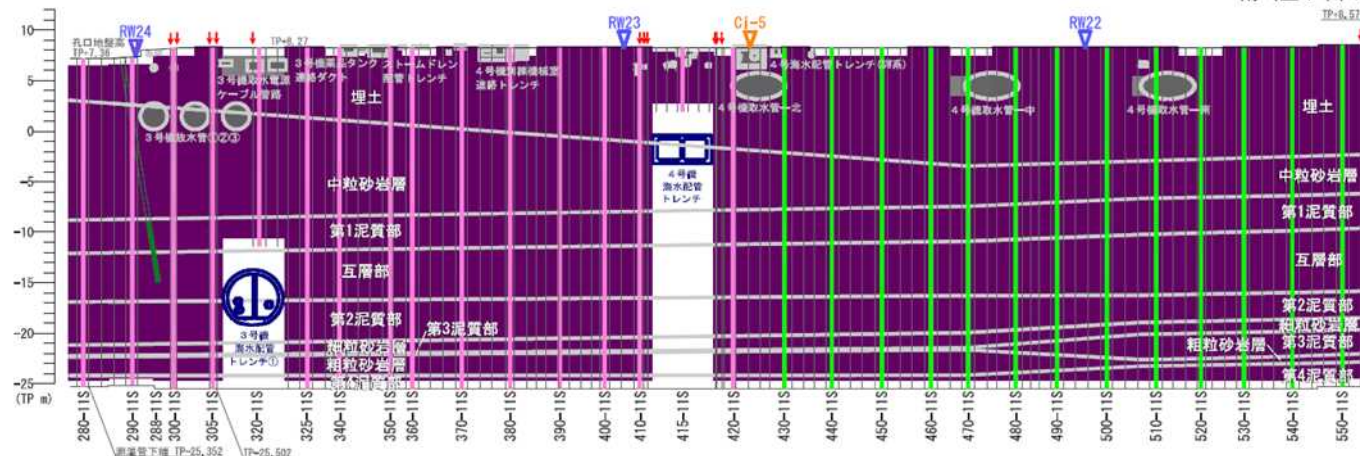
(温度は1/29 7:00時点のデータ)



←北 (至：(6) 1, 2号機海側)



→南 (至：(4) 4号機南側)



2-6 地中温度分布図 (1・2号機東側)

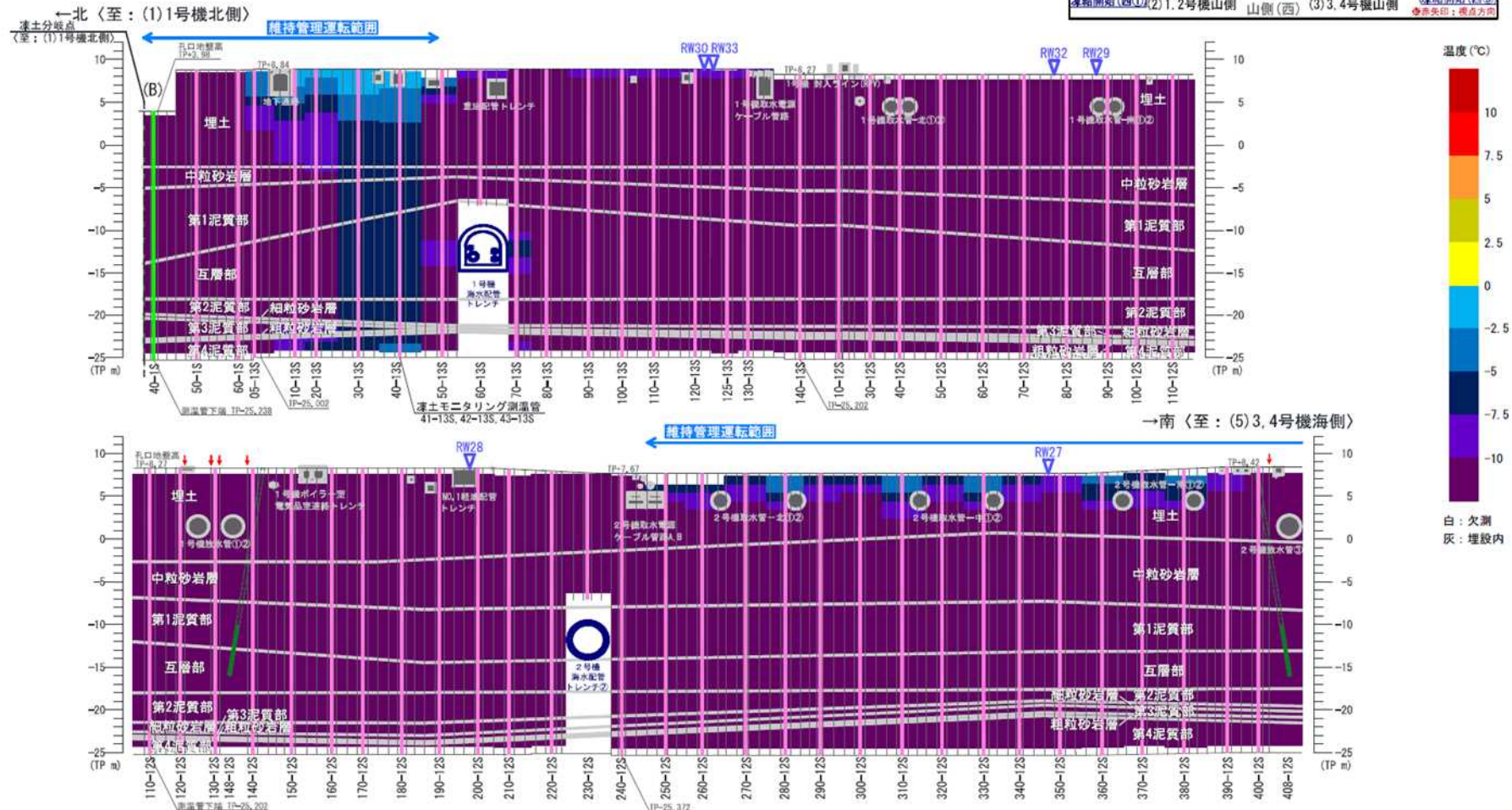
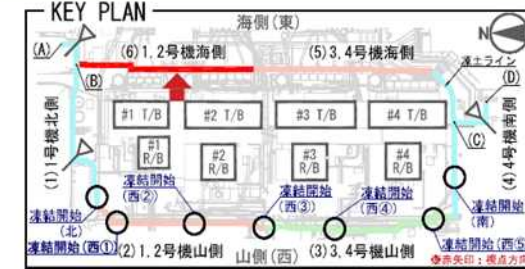
■ 地中温度分布図

(6) 1, 2号機海側 (西側：内側から望む)

(温度は1/29 7:00時点のデータ)

凡例

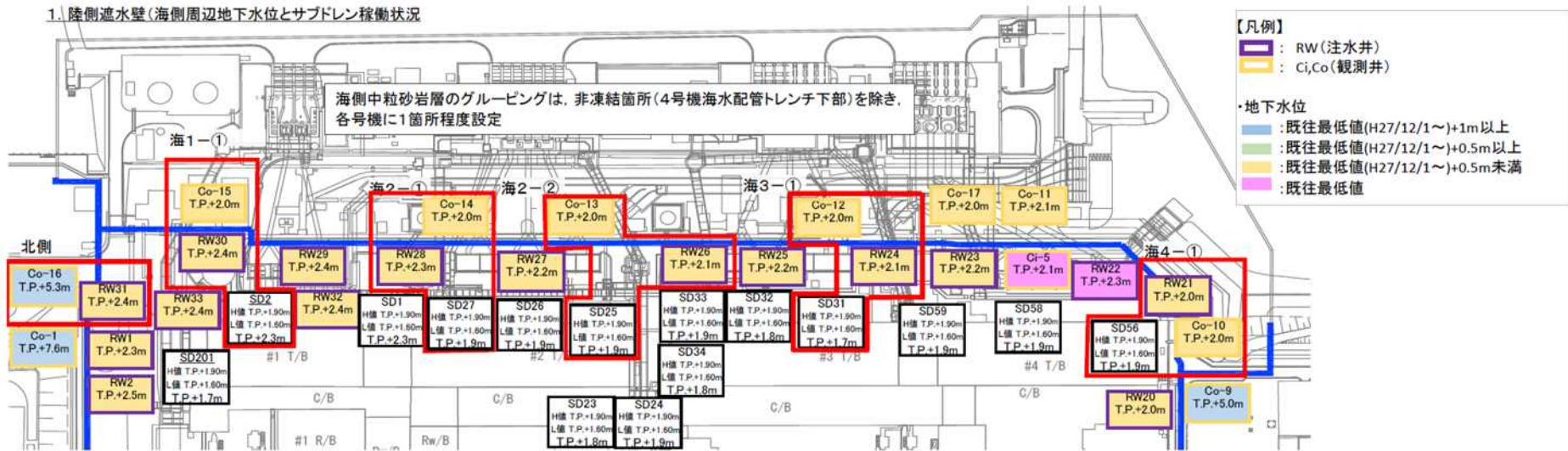
■ (緑) : 測温管 (凍土ライン外側)	▽ (青) : RW (リチャージウェル)
■ (紫) : 測温管 (凍土ライン内側)	▽ (黄) : Ci (中粒砂岩層・内側)
■ (緑) : 測温管 (複列部斜め)	▽ (黄) : Co (中粒砂岩層・外側)
■ (赤) : 複列部凍結管	▽ (紫) : 凍土折れ点



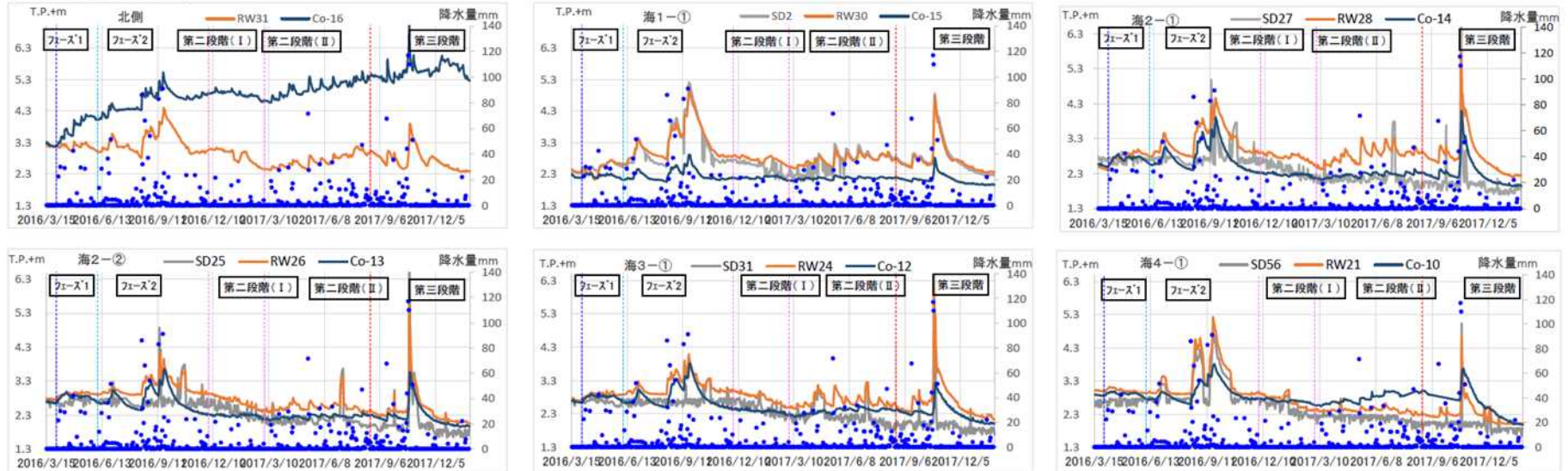
3-1 地下水位・水頭状況 (中粒砂岩層① 海側)

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



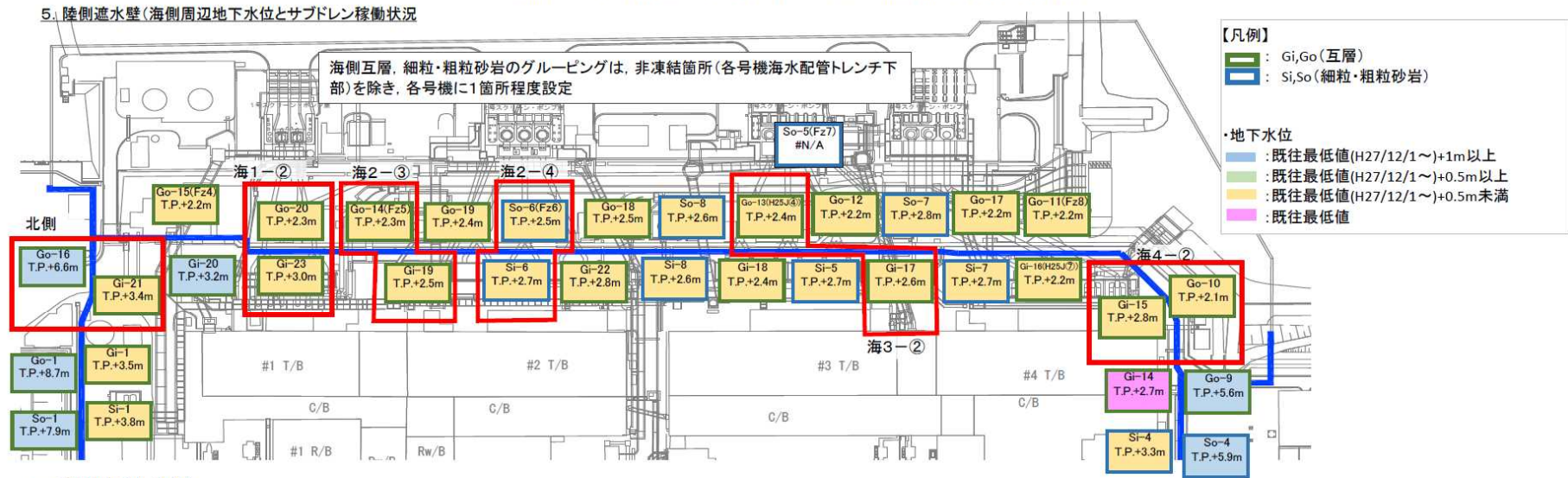
2. 陸側遮水壁内外水位



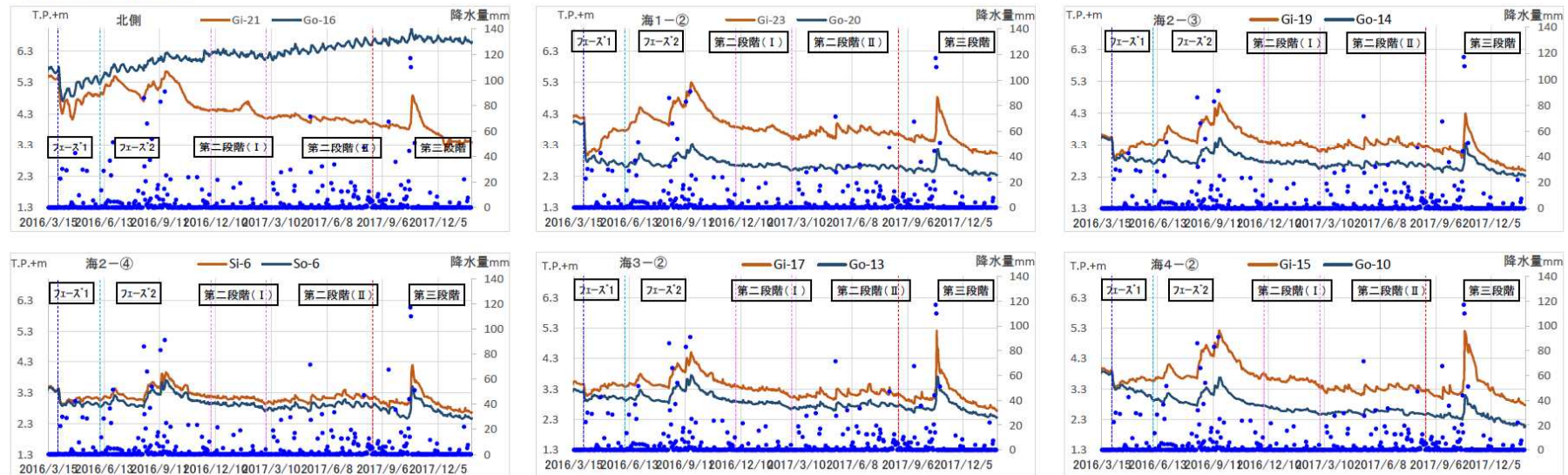
・地下水位は1/29 7:00時点のデータ

3-2 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)



6. 陸側遮水壁内外水位

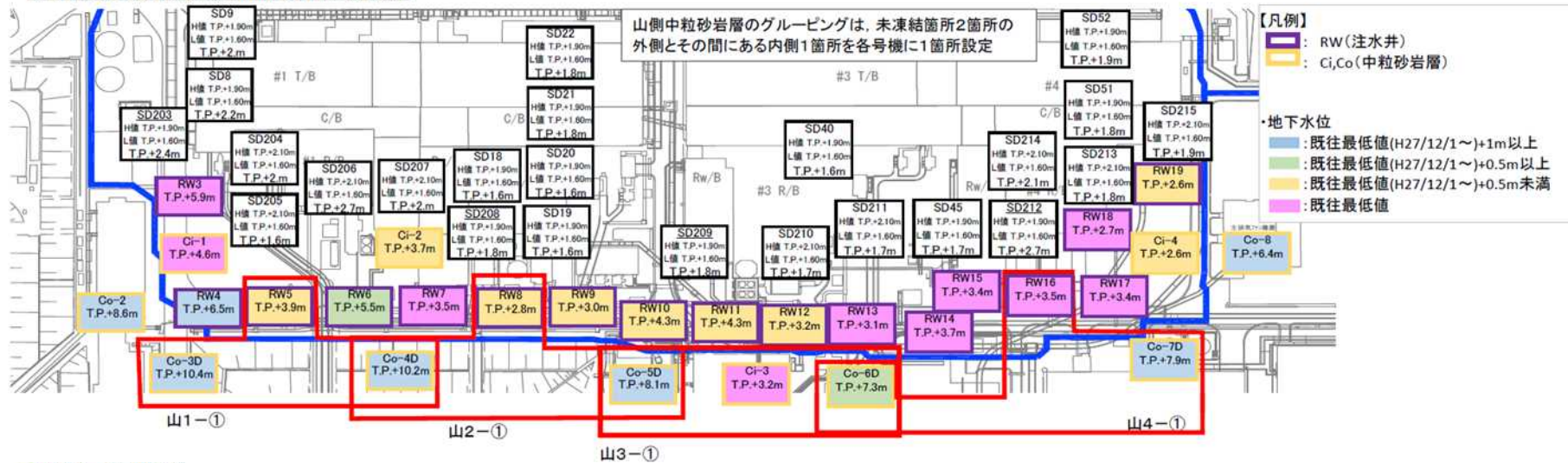


・地下水位は1/29 7:00時点のデータ

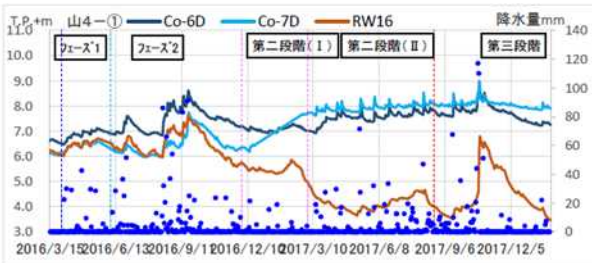
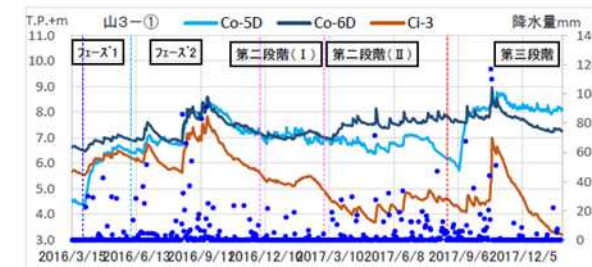
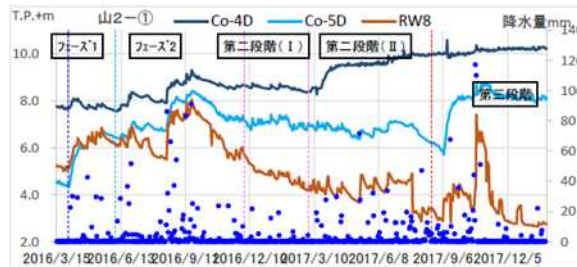
3-3 地下水位・水頭状況 (中粒砂岩層②) 山側)

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

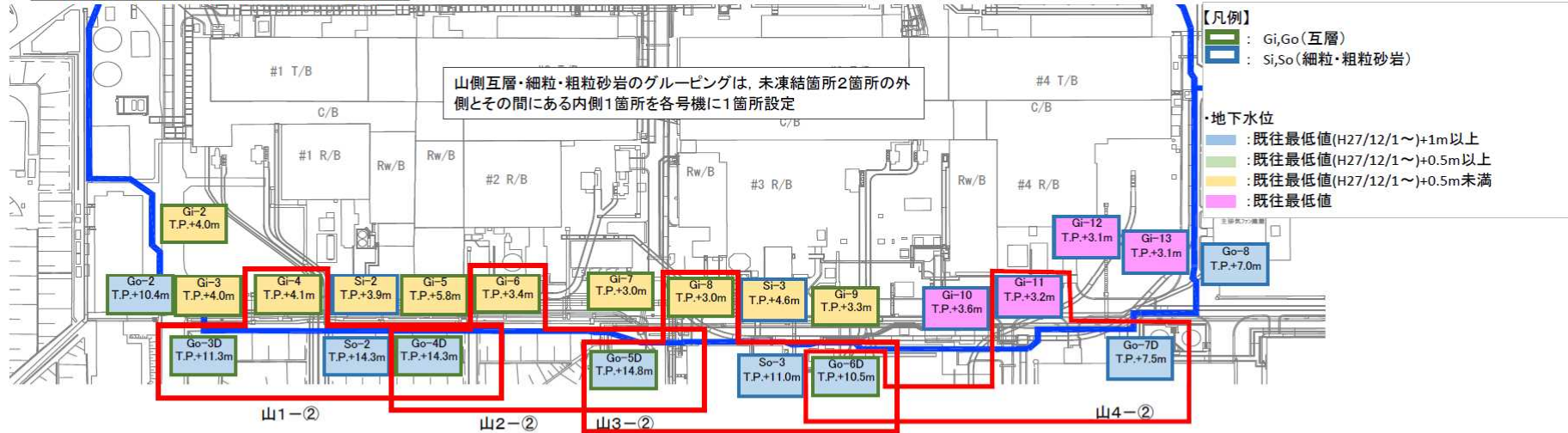


・地下水位は1/29 7:00時点のデータ

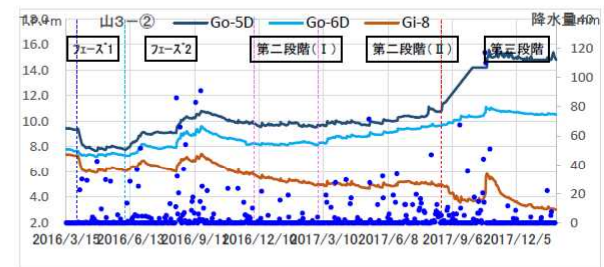
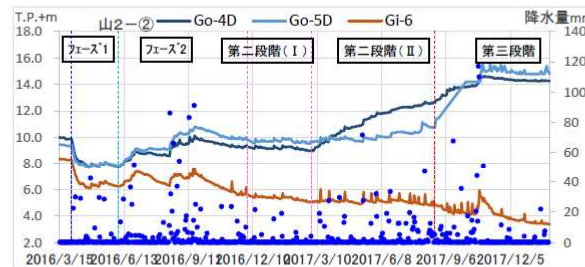
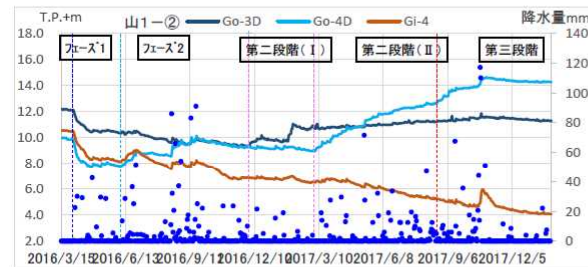
3-4 地下水位・水頭状況 (互層、細粒・粗粒砂岩層水頭②) 山側)

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)

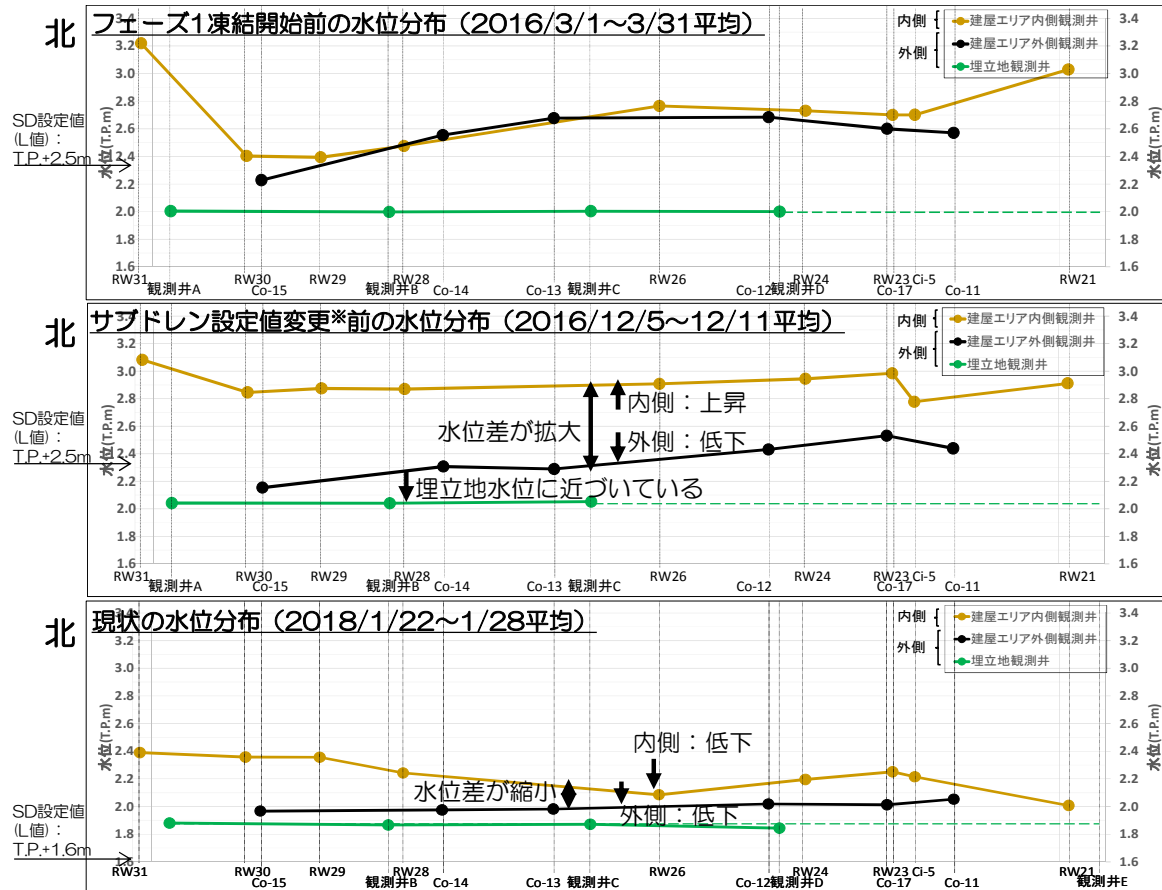


8. 陸側遮水壁内外水位



・地下水位は1/29 7:00時点のデータ

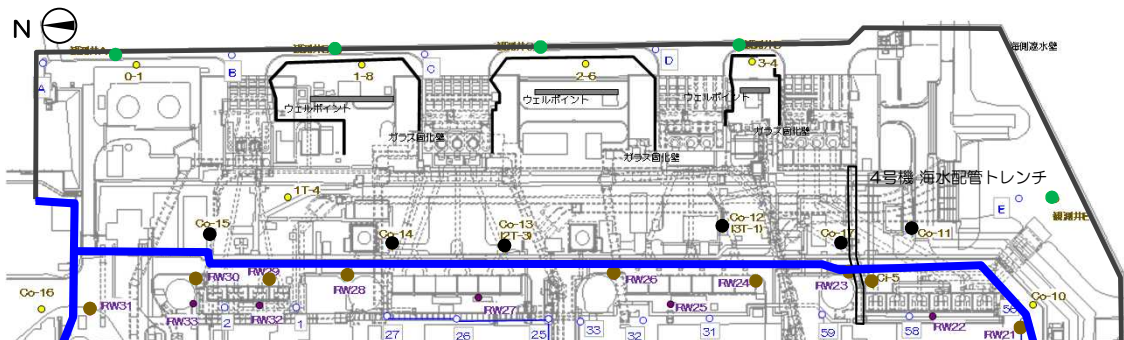
【参考】中粒砂岩層水位変化断面図 海側ライン



■ フェーズ1凍結開始以降、サブドレン設定値変更前までは内側地下水位が上昇し、内外水位差が拡大した。

■ その後、サブドレン設定値の段階的な引き下げに伴い陸側遮水壁内側エリアの地下水位が低下していることから、陸側遮水壁（海側）の内外水位差は縮小してきている。

※ 2016/12/12から2017/11/30にかけてL値を段階的に低下した(T.P.+2.5→1.6m)。



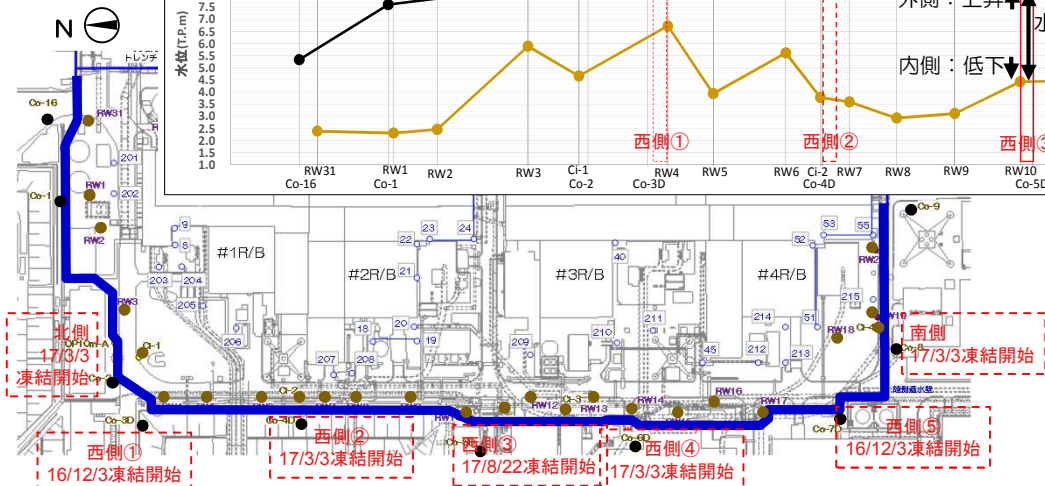
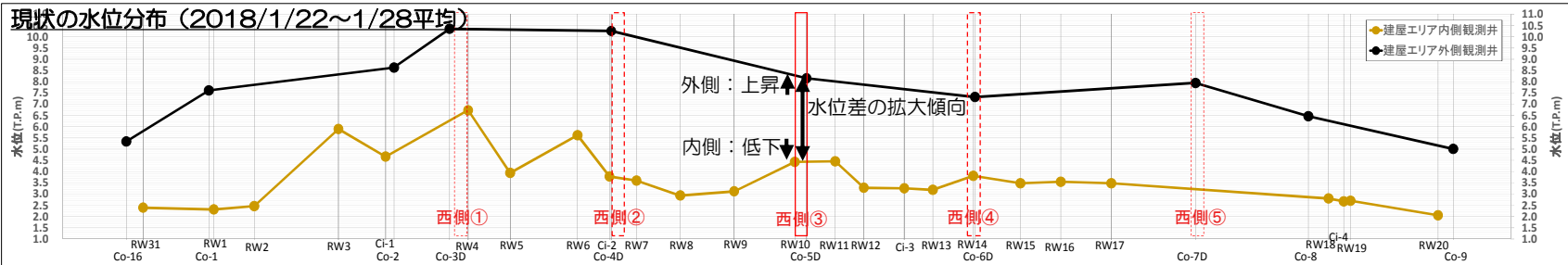
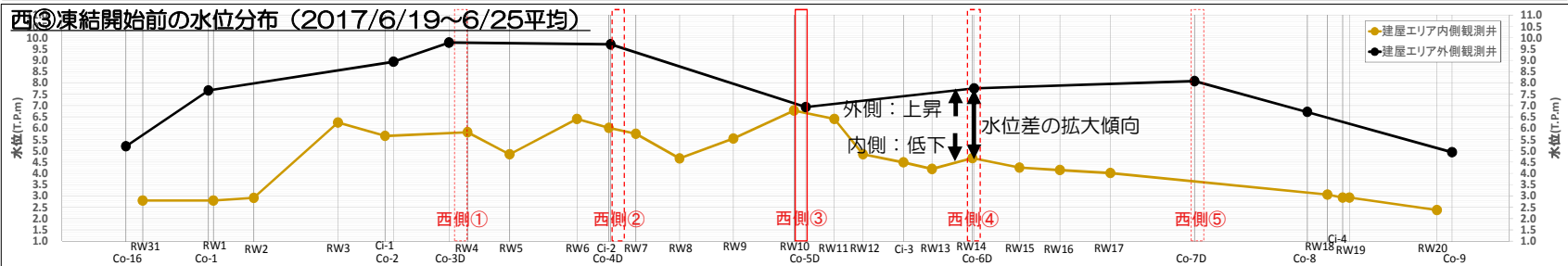
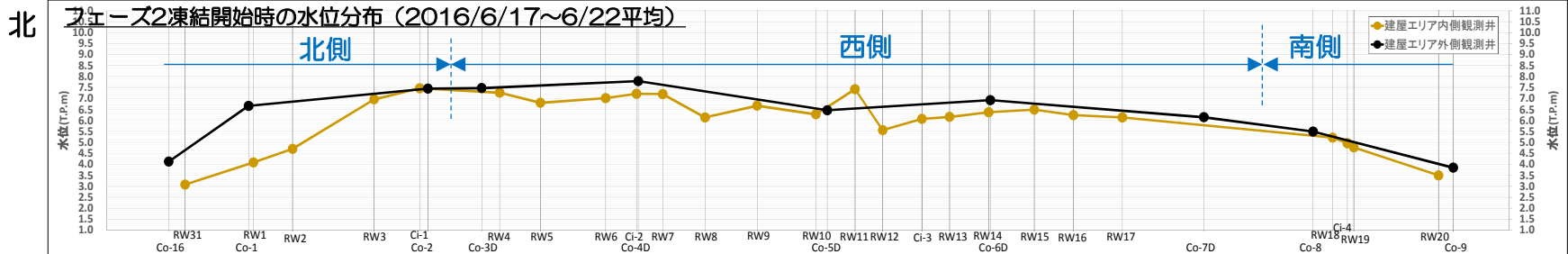
● 埋立地観測井

● 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

【参考】中粒砂岩層水位変化断面図 山側ライン

- ◆陸側遮水壁の段階的な凍結閉合に伴い、外側水位は上昇・内側水位は低下し、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おり、凍土壁によって遮られた山側からの地下水が迂回している。

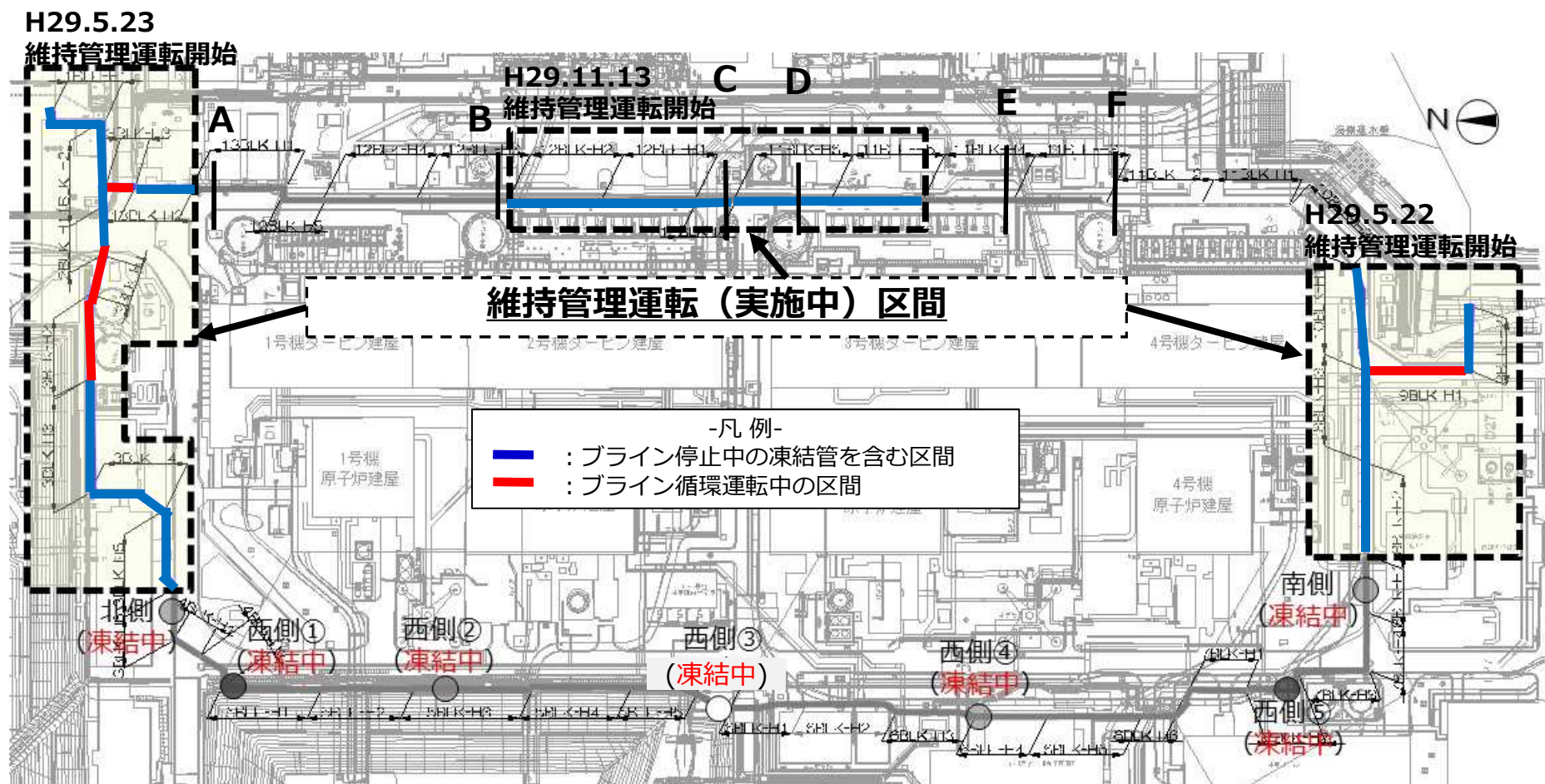


● 建屋エリア(8.5m盤)陸側遮水壁外側観測井
● 建屋エリア(8.5m盤)陸側遮水壁内側観測井

4 維持管理運転の状況 (1/29 7:00現在)

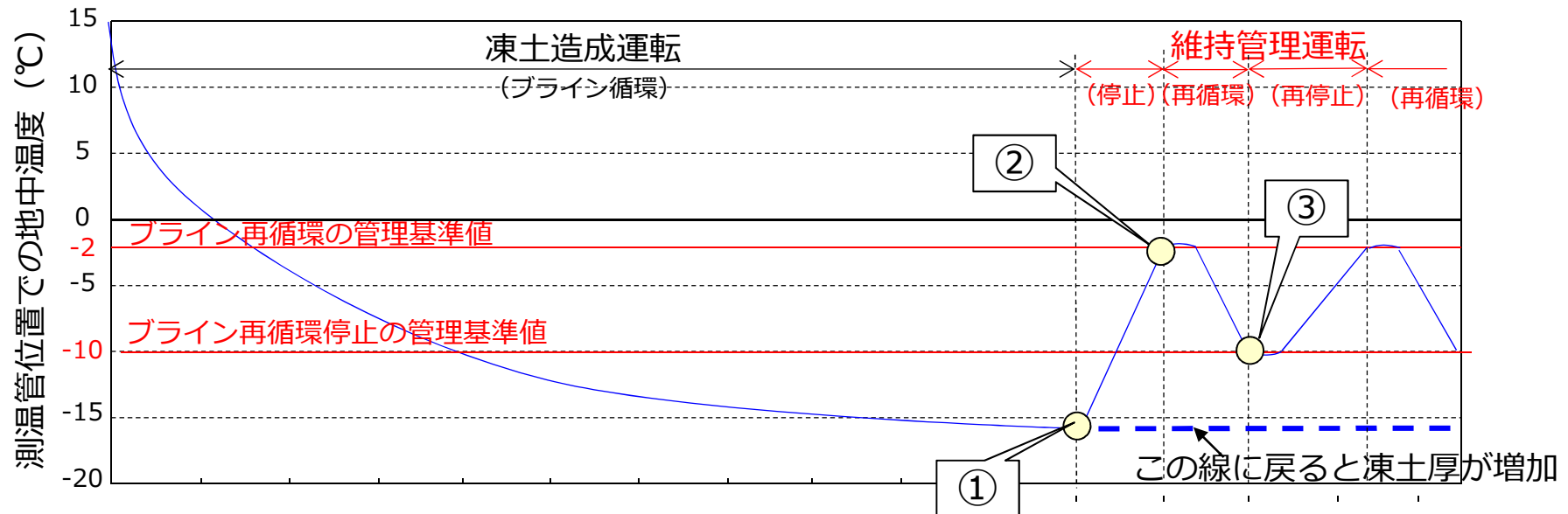
- 維持管理運転対象ヘッダー管20（北側10，南側5，東側5）のうち、16ヘッダー管（北側7，南側4，東側5）にてライン停止中。

【全体 16/20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。



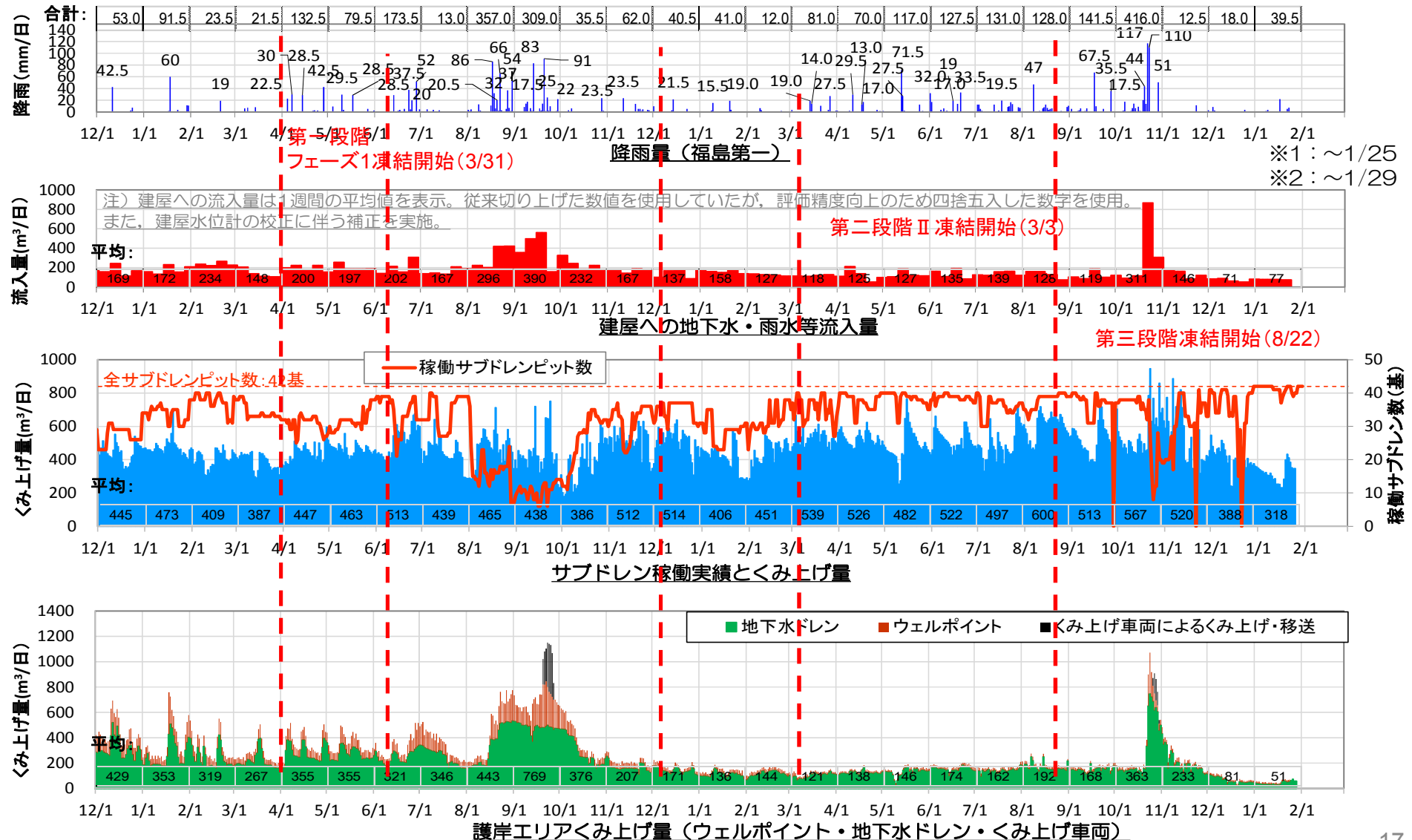
<維持管理運転の制御ポイント>

- 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℃以上*
- ③ : 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。

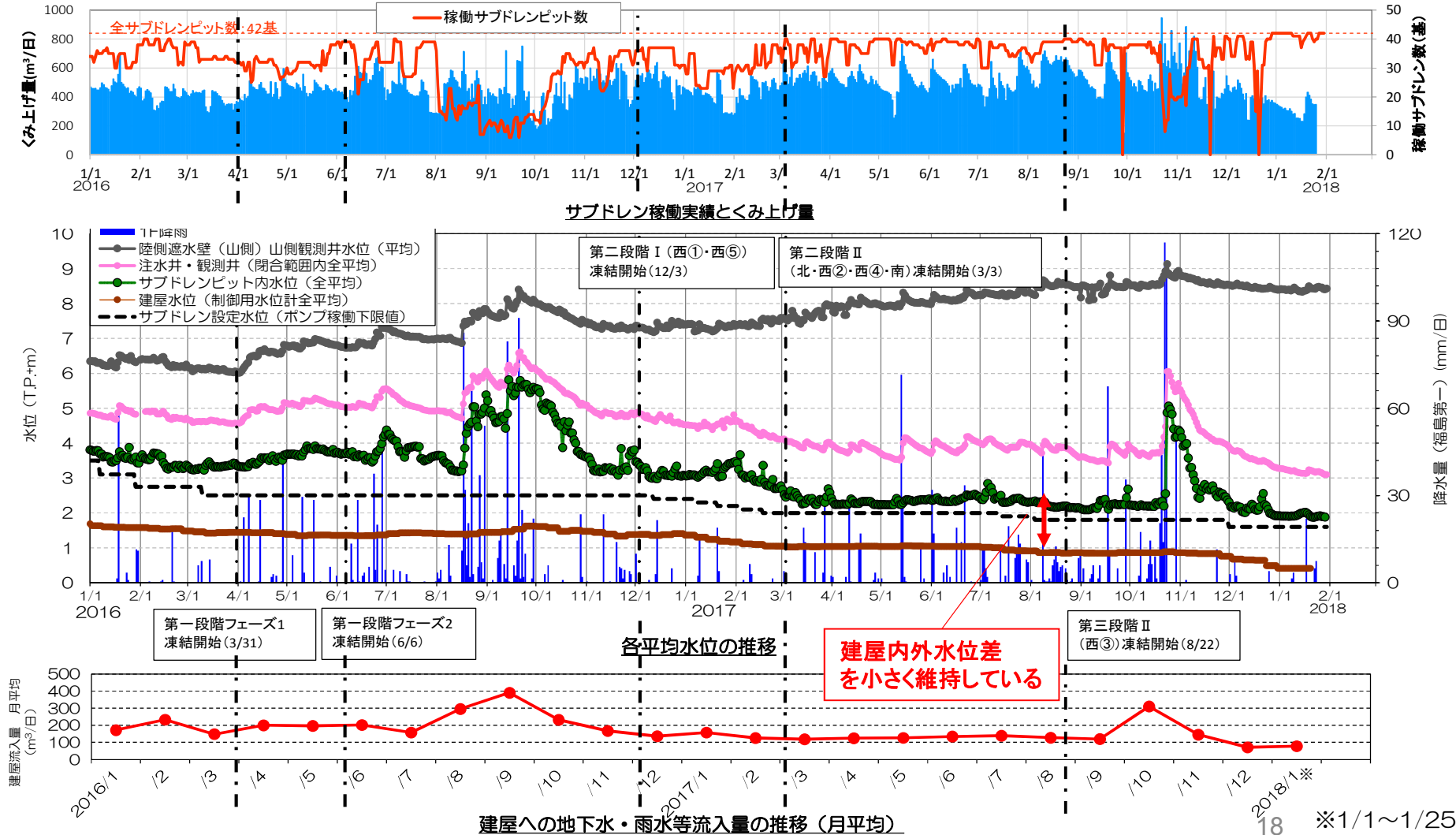
【参考】1F降雨と建屋への地下水流入量・各くみ上げ量の推移

- 建屋流入量（建屋への地下水・雨水流入量）およびサブドレンくみ上げ量は、陸側遮水壁（山側）の閉合進展に伴い減少しており、建屋流入量は2017年12月に既往最小値71m³/日、サブドレンくみ上げ量は2018年1月8日にサブドレン全基稼働状態での既往最小値304m³/日となった。
- 護岸エリアくみ上げ量は、陸側遮水壁（海側および山側）の閉合進展に伴い減少してきており、1月5日に既往最小値41m³/日となった。

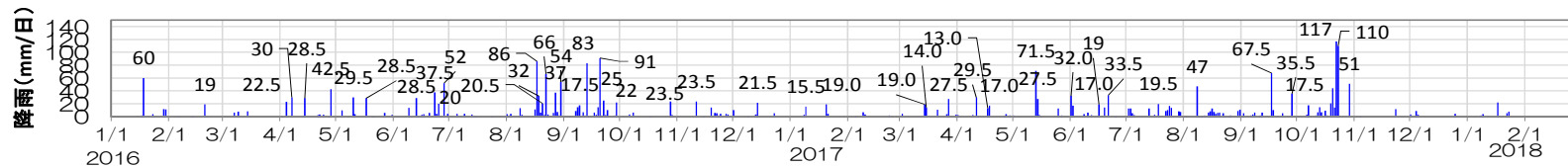


【参考】サブドレンによる地下水位制御性の向上

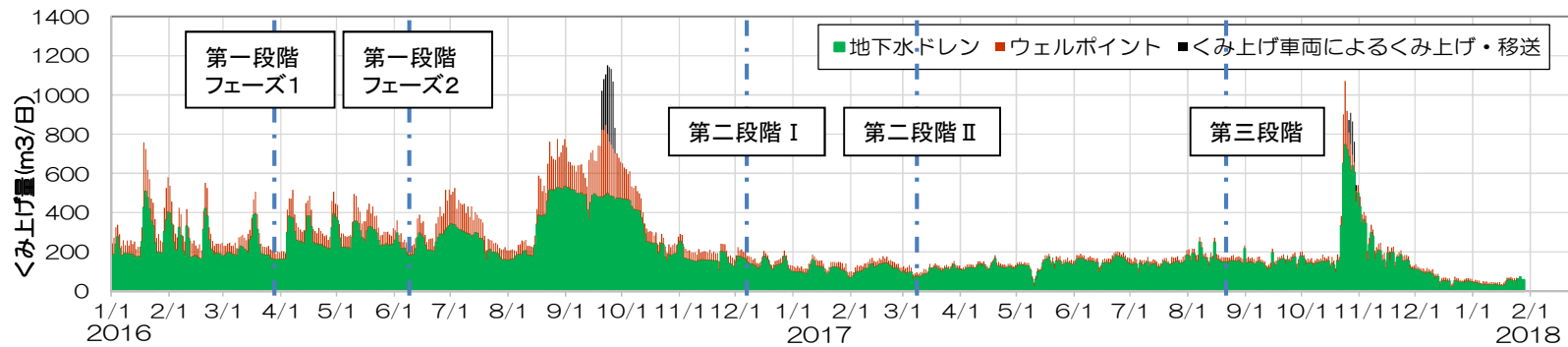
- サブドレン信頼性向上対策の一部実施完了(配管単独化等)により、サブドレンによる建屋周辺地下水位の制御性が向上し、ピット内水位をポンプ稼働設定水位の範囲内にほぼ制御出来ている。
- また、通常の降雨時において、サブドレンの停止時を除きピット内水位がほとんど上昇しておらず、サブドレン本来の動的な機能である「建屋内外水位差を拡大させない制御」が可能となっている。
- 台風21号の際には、短期的大雨による建屋周辺地下水位の上昇、および建屋屋根破損部から雨水が直接流入したことなどにより、一時的に建屋への地下水・雨水等流入量が増加したと考えられるものの、降雨後比較的早期に元の状態に戻った。



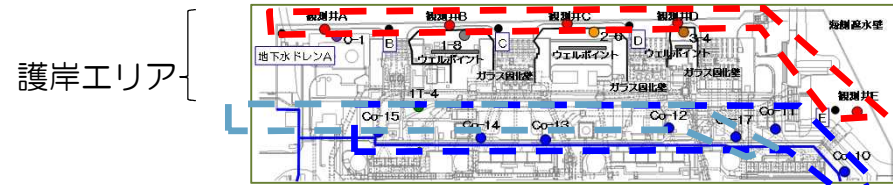
【参考】護岸エリアくみ上げ量と陸側遮水壁の海側および埋立て地水位の推移



降雨量（福島第一）



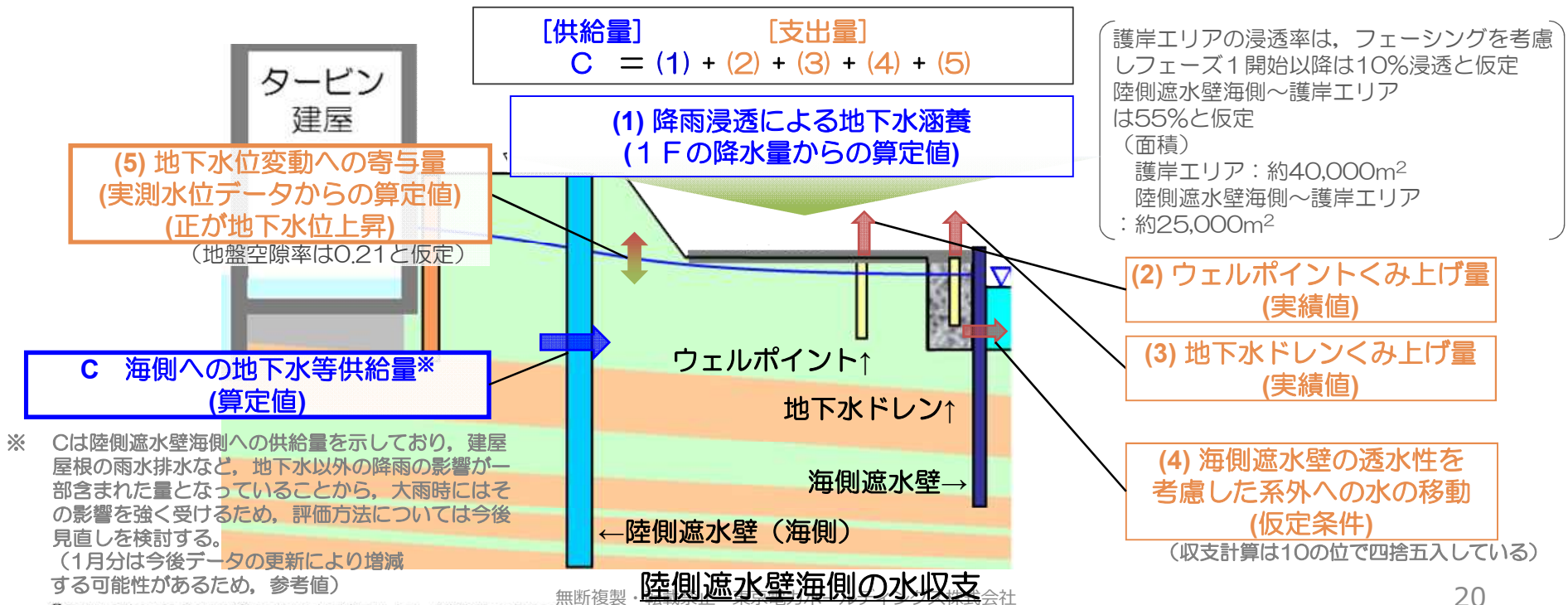
護岸エリアくみ上げ量（ウェルポイント・地下水ドレン・くみ上げ車両）



【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**

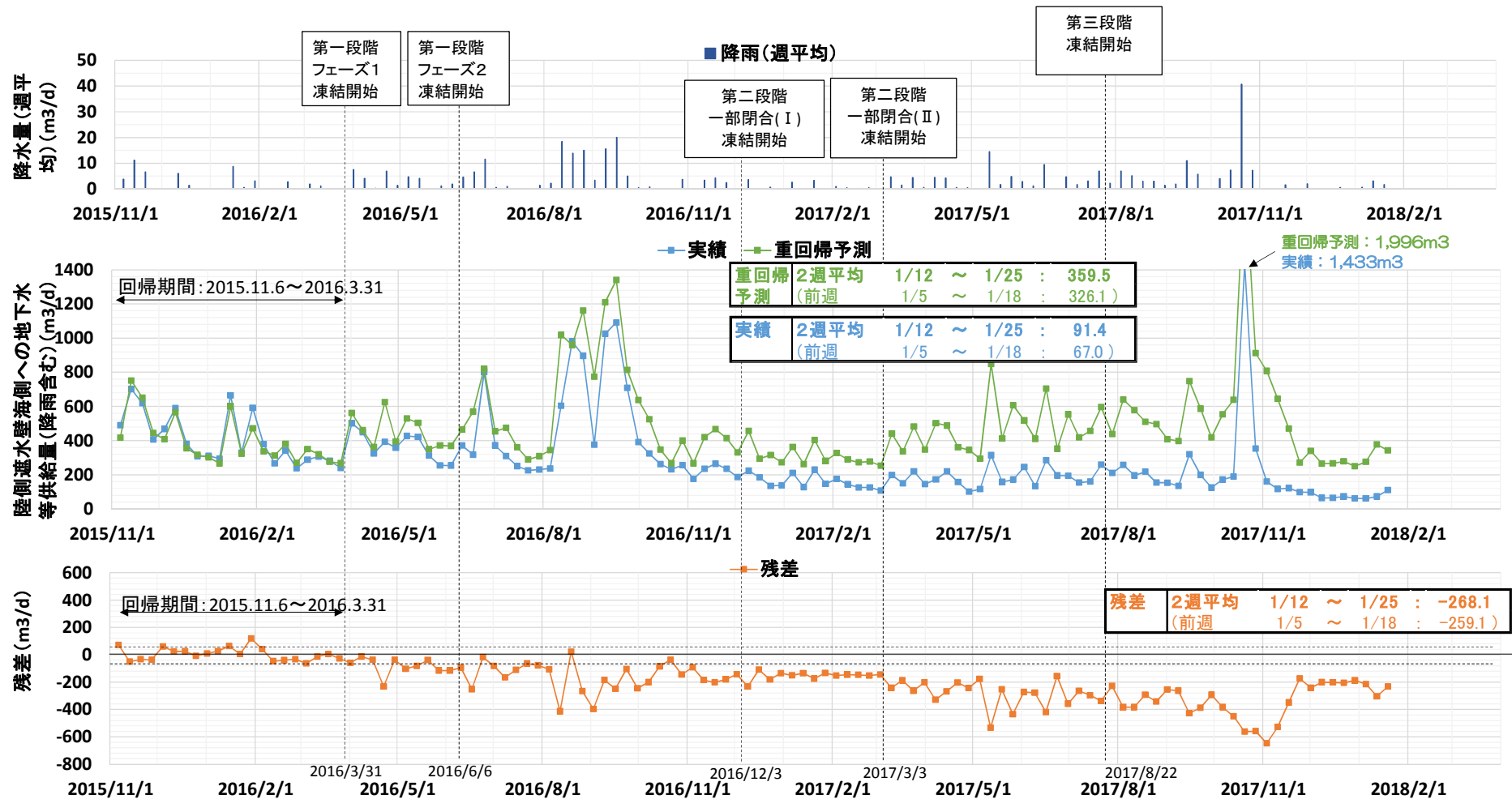
- 凍結開始前と現状の陸側遮水壁海側(T.P.+2.5m盤)の水収支を比較すると、陸側遮水壁海側への地下水等供給量は減少傾向だが、大雨により一時的に増加している。
- 減少している要因は、雨水浸透防止策（フェーシング等）、サブドレン稼働、陸側遮水壁（海側）の閉合などの複合効果によるものと考えられる。

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
2017.10.1~10.31	13.4 mm/d	250	-240	60	310	30	90
2017.11.1~11.30	0.4 mm/d	120	-10	30	200	30	-130
2017.12.1~12.31	0.6 mm/d	70	-10	20	60	30	-30
(参考値)2018.1.1~1.25	1.6 mm/d	40	-30	10	40	30	-10



【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）

- 陸側遮水壁海側エリアへの水供給量※を目的変数，降雨の影響が大きいと思われる15日前までの週間平均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，実績値と予測値の比較を行った。（※：地下水等移動量C+降雨涵養量(1)（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））
- 「陸側遮水壁海側エリアへの水供給量（C+(1)）」について，陸側遮水壁（海側）の凍結開始前の水供給量をもとに重回帰分析による予測値と実績値を比較すると，陸側遮水壁海側エリアへの水供給量が270m³/日程度減少している。



【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)	陸側遮水壁内側エリアへの地下水等供給量 (実測からの推定値) F	<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 地下水等移動量 C※1 (実測からの推定値)	閉合範囲外 への移動量 D※2	降雨涵養量 (実測からの推定値) (E1+E1r)※1	地下水位変動 への寄与量 (実測からの推定値) E2 ※1
2016.1.1~3.31	810	T.P.+3.5m	1.4mm/日	420	180	310	0	-50-30	-20
2017.10.1~10.31	720	T.P.+2.9m	13.4mm/日	570	310	250	0	-470-290	350
2017.11.1~11.30	400	T.P.+2.9m	0.4mm/日	520	150	120	0	-10-10	-370
2017.12.1~12.31	370	T.P.+2.1m	0.6mm/日	390	70	70	0	-20-10	-130
(参考値)2018.1.1~1.25	320	T.P.+1.9m	1.6mm/日	320	80	40	0	-60-30	-30

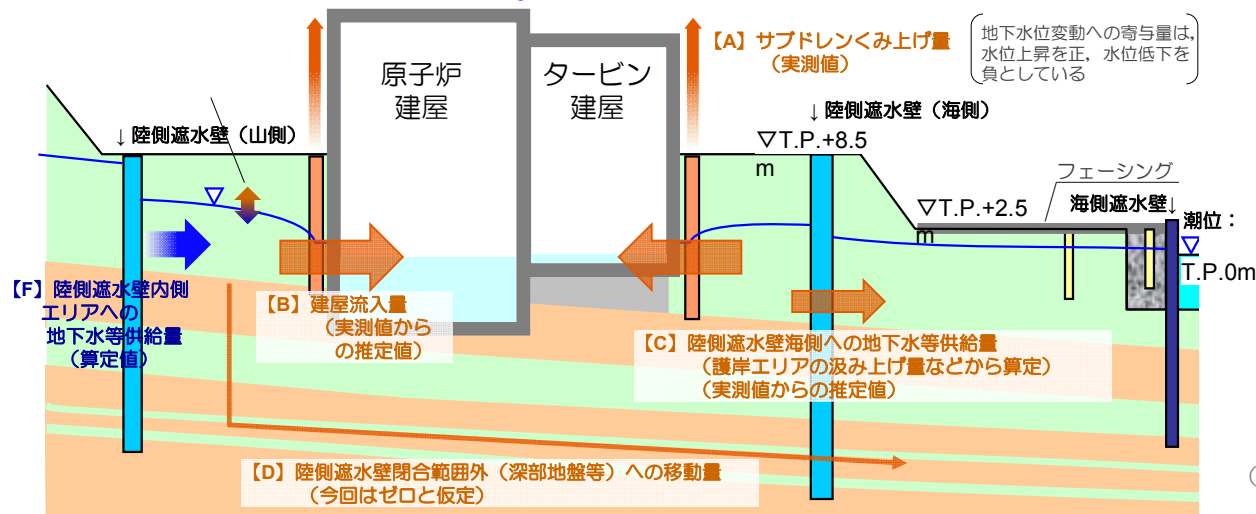
※1 FおよびCは陸側遮水壁内側および海側への地下水等の供給量を評価したものであるが、現状の評価方法では建屋への屋根破損部からの直接流入など、地下水以外の降雨の影響が一部含まれた量となっている。降雨の扱いについては、評価方法および適用期間を含め引き続きデータを分析し、その結果を踏まえて見直しを検討。

※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。

【E1】降雨涵養量（建屋周辺地盤）
(実測値からの推定値)

【E1r】降雨涵養量（建屋屋根）
(実測値からの推定値)



$$F = A + B + C + D + (E1 + E1r) + E2$$

(1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)

(建屋への流入量は、建屋水位計の校正に伴う補正を実施)

(収支計算は10の位で四捨五入している)

実測に基づく水収支の評価

【参考】水収支における建屋屋根面への降雨について

【実現象】
 建屋屋根面への降雨の一部は建屋周辺の地盤に浸透している。また、屋根破損部から建屋内に直接流入している。



【収支計算】
 建屋屋根面への降雨は陸側遮水壁内側エリアへの供給量として計上していない。

上記の乖離を解消するため、水収支計算を下記の通り見直し

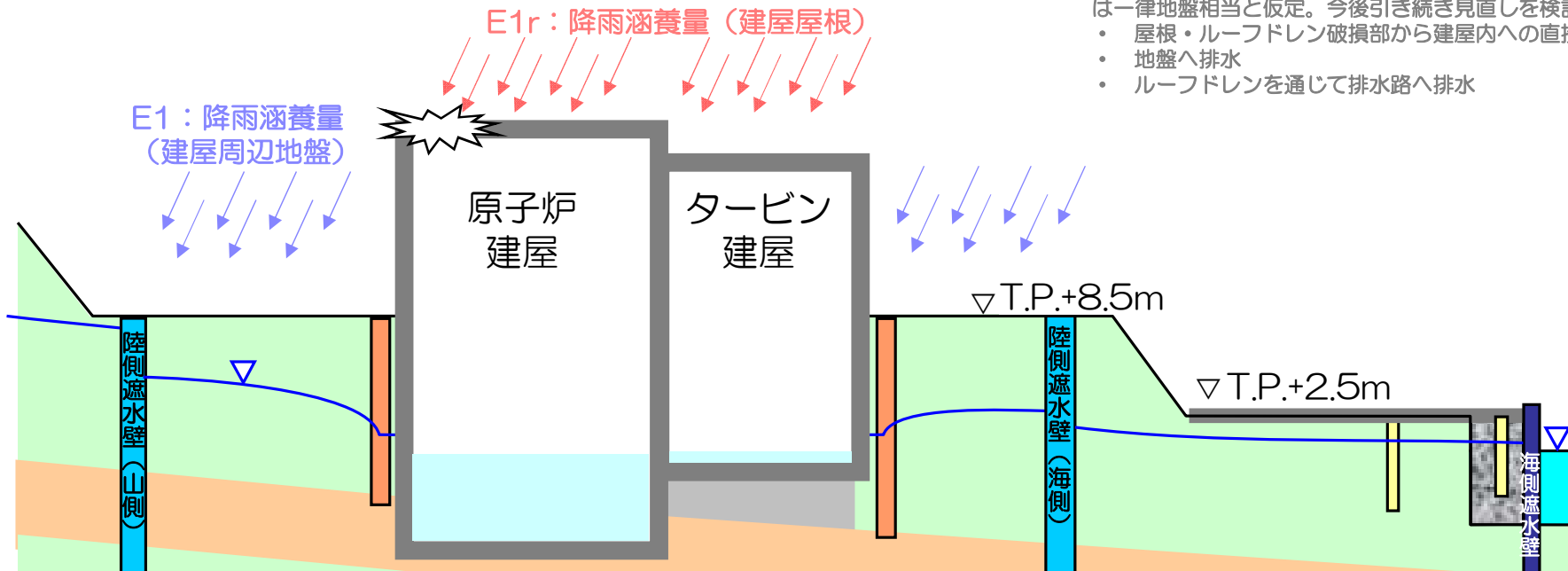
<従来> 建屋屋根面*への降雨は陸側遮水壁外へ排水されると仮定

$$F = A + B + C + D + E1 + E2$$

<修正後> 建屋屋根面（約40,000m²）*への降雨の影響について、地盤浸透相当（浸透率55%）と仮定した供給量をE1rとして評価し、建屋周辺の地盤（約64,000m²）への降雨涵養量（式中におけるE1）へ加算することで、陸側遮水壁内側エリアへの地下水等供給量から控除。ただし、評価方法および適用期間については引き続きデータを分析し、その結果を踏まえて見直しを検討。

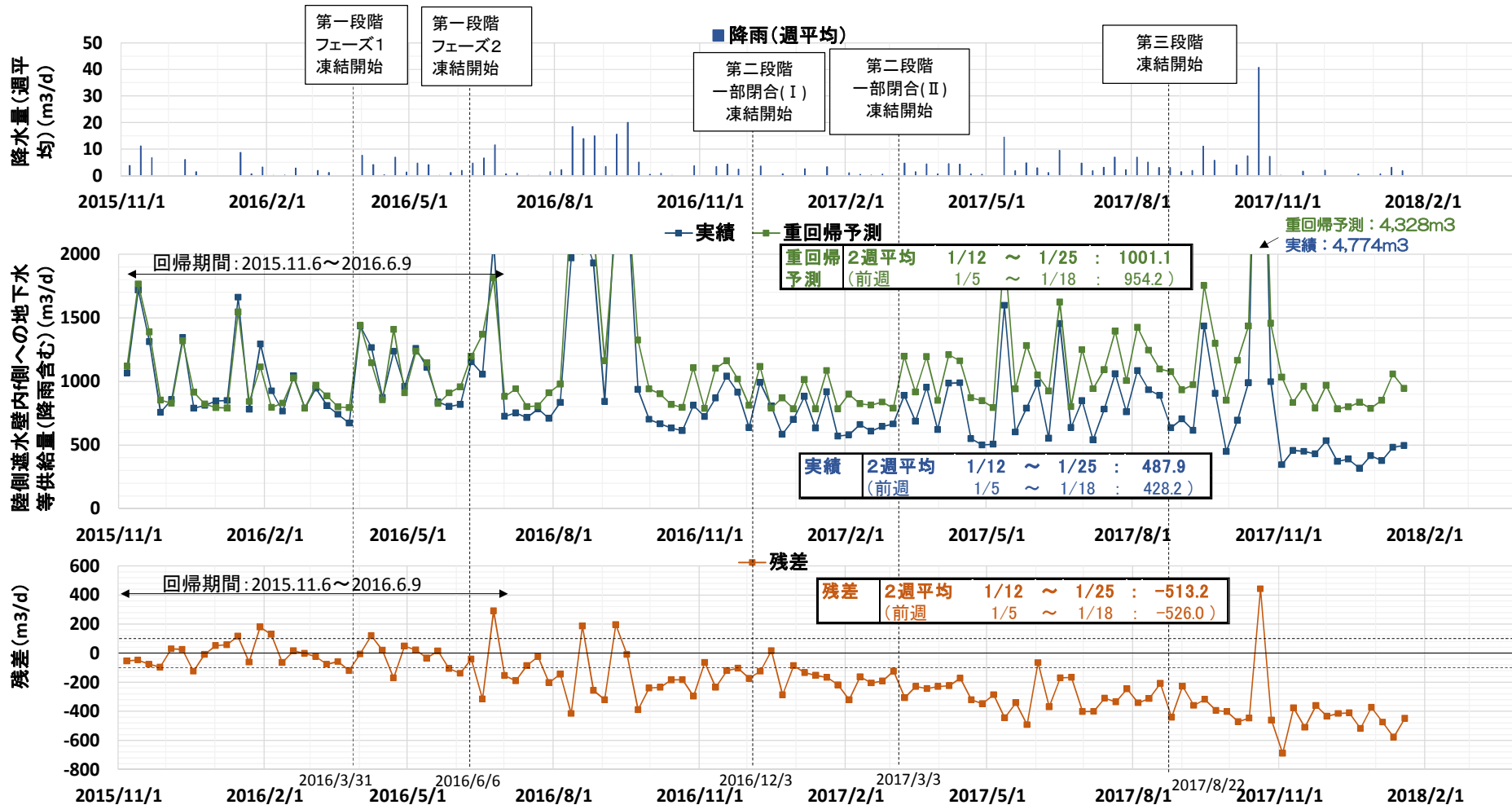
$$F = A + B + C + D + (E1 + E1r) + E2$$

- ※ 建屋屋根面への降雨の行き先には以下があるが、ここでは一律地盤相当と仮定。今後引き続き見直しを検討。
- 屋根・ルーフトレン破損部から建屋内への直接流入
 - 地盤へ排水
 - ルーフトレンを通じて排水路へ排水

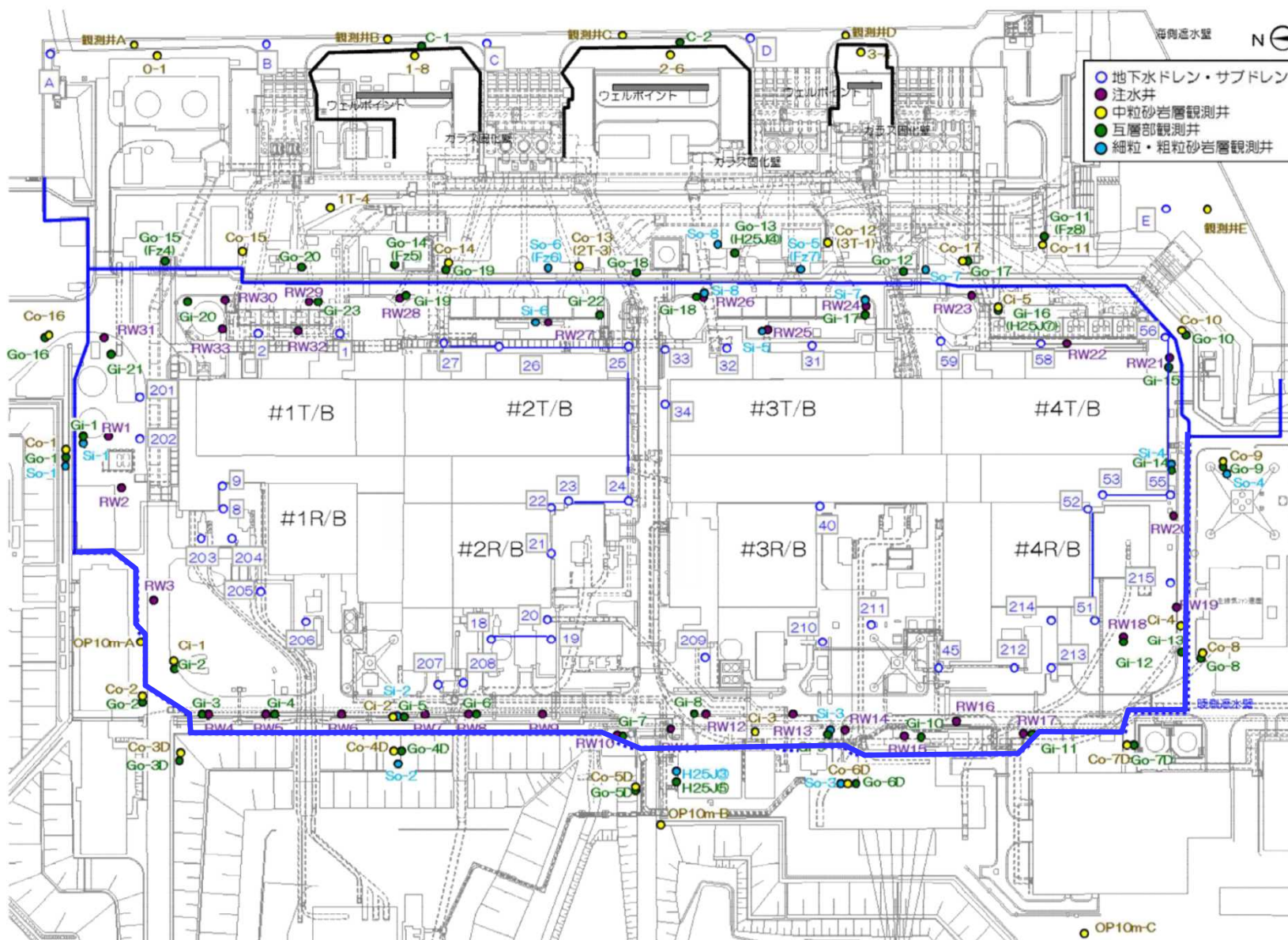


【参考】陸側遮水壁内側 重回帰予測と実績値との比較（7日間平均）

- 陸側遮水壁内側エリアへの水供給量※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，実績値と予測値の比較を行った。（※：地下水等供給量F+降雨涵養量(E1+E1r)（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））
- 「陸側遮水壁内側エリアへの水供給量（F+E1+E1r）」について，陸側遮水壁（山側）の凍結開始前の水供給量をもとに重回帰分析による予測値と実績値を比較すると，陸側遮水壁内側エリアへの水供給量が510m³/日程度減少している。

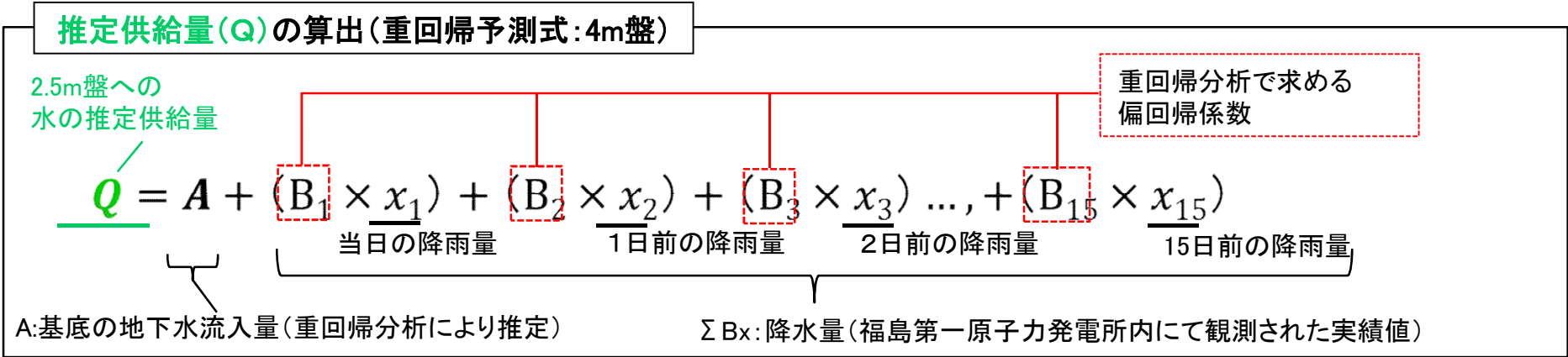


【参考】地下水位観測井位置図



【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① **TEPCO**

- 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。

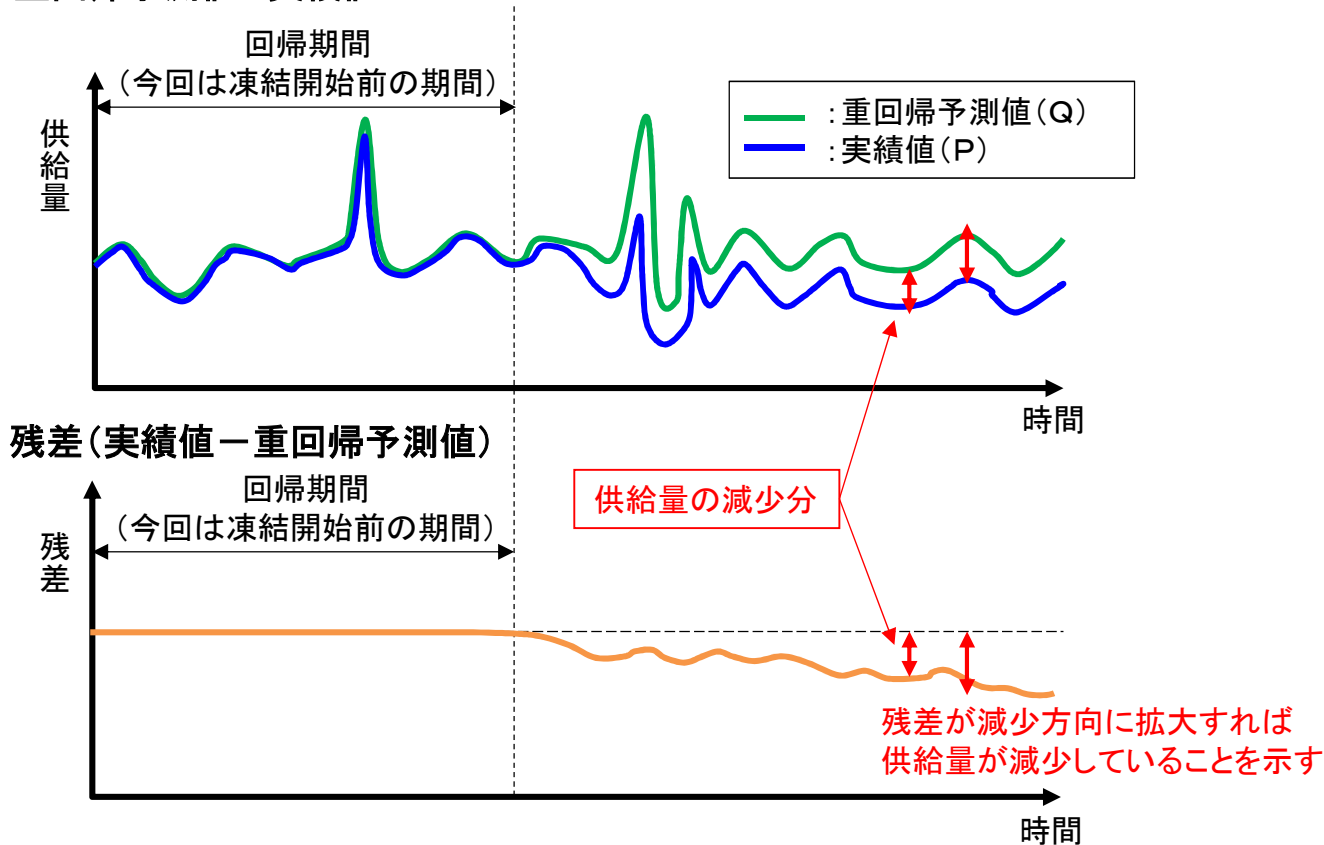


【参考】TP2.5m盤への水の供給量(地下水流入+降雨浸透)の重回帰分析による評価② **TEPCO**

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。

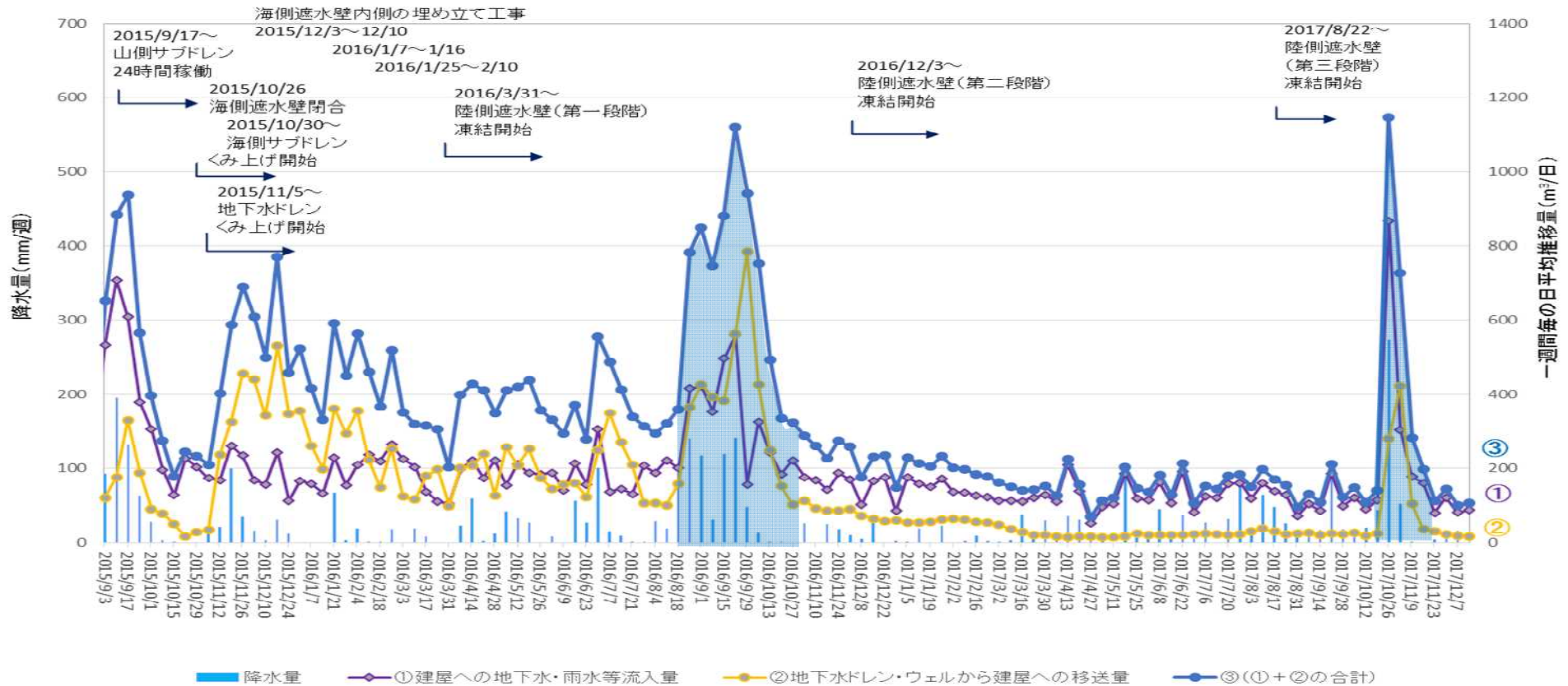
重回帰予測値と実績値



5. 「雨水や地下水に起因する汚染水発生量」の比較

5. 「雨水や地下水に起因する汚染水発生量」の比較

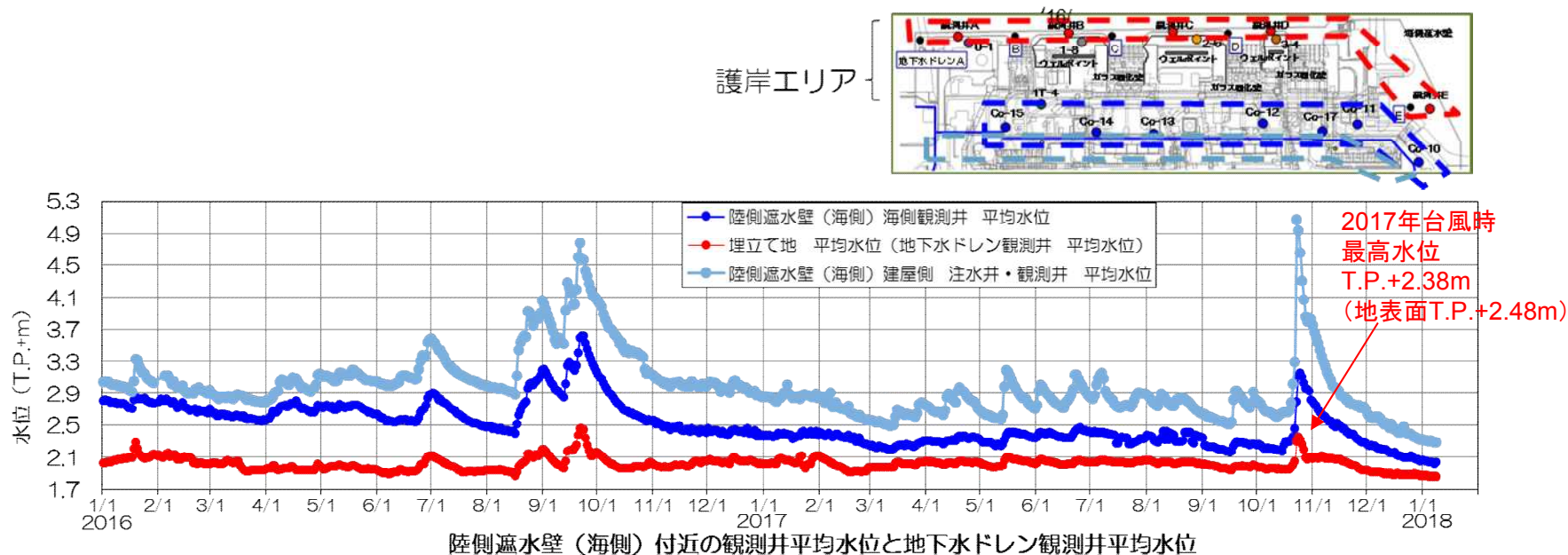
- 2016年と2017年の台風時の、「雨水や地下水に起因する汚染水発生量」を比較すると、2016年の約49,300m³に対して、2017年は約17,300m³であり、2016年比で0.35と低減している。
(降雨影響で「雨水や地下水に起因する汚染水発生量」が増加してから降雨前の状況に戻るまでの期間累積値で比較)



	累積降雨量 (mm)	①建屋への地下水・雨水 等流入量 (m ³)	②地下水ドレン・ウェルか ら建屋への移送量 (m ³)	③雨水や地下水に起因す る汚染水発生量 (m ³)
2016.8.19～10.27 (70日間)	548	23,700	25,600	49,300
2017.10.20～11.23 (35日間)	357	11,200	6,100	17,300
昨年比	0.65	0.47	0.24	0.35

【参考】 陸側遮水壁（海側）内外の地下水位

- サブドレン，陸側遮水壁，フェーシング等による重層的な汚染水対策の成果として，効率的なくみ上げ運用によるT.P.+2.5m盤水位管理が可能になり，今年の台風時には，T.P.+2.5m盤地下水位が地表面に達することを回避できた。
- また，2016年と2017年の台風時の海側地下水位挙動を比較すると，陸側遮水壁（海側）の建屋側地下水位（水色）上昇量に対する海側地下水位（青色）上昇量の比が小さくなっている。凍結閉合の進展に伴い，陸側遮水壁（海側）は海側への地下水の流下を一定程度せき止めていると考えられる。

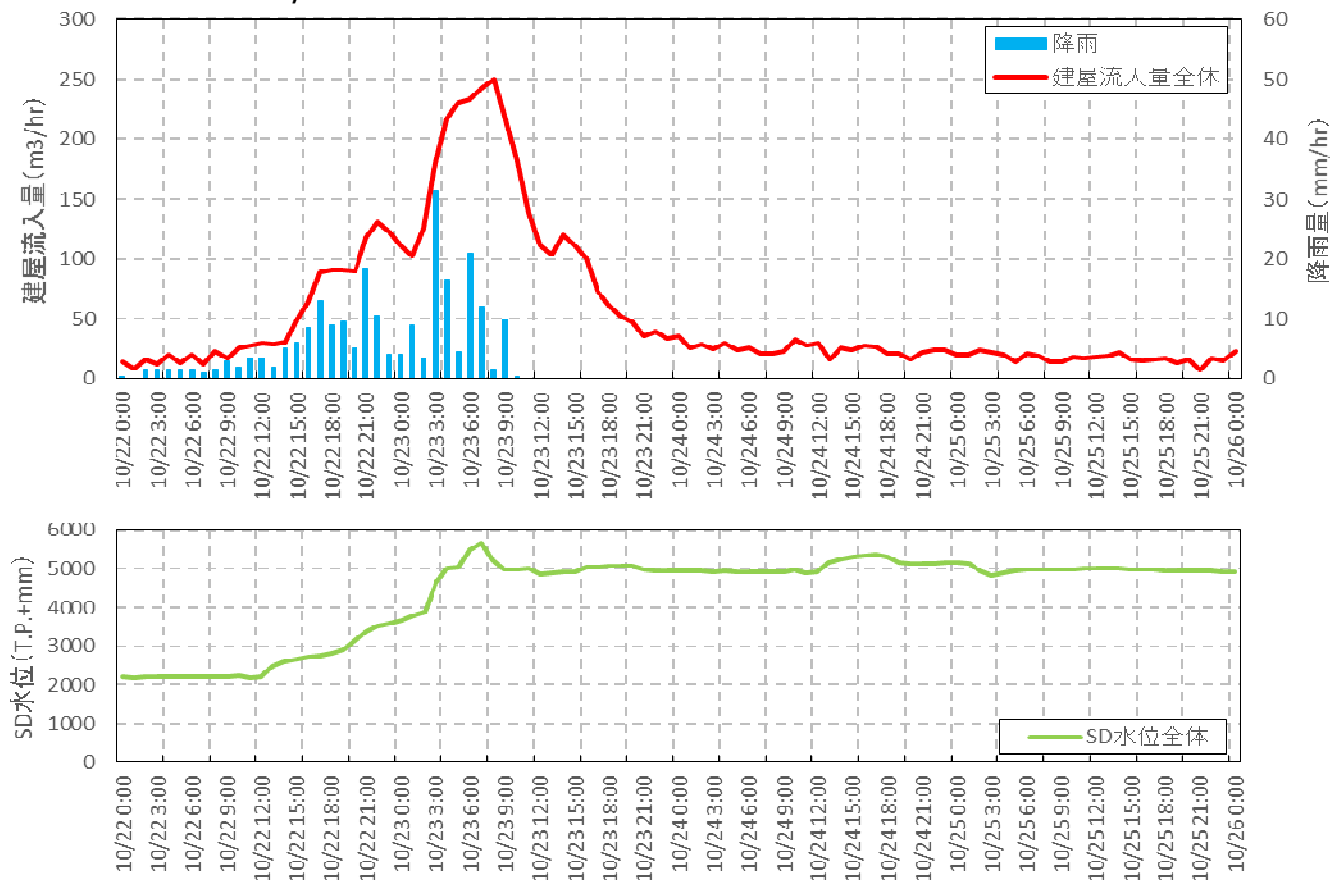


【参考】 建屋屋根への降雨が建屋流入量に及ぼす影響（降雨量および地下水位）

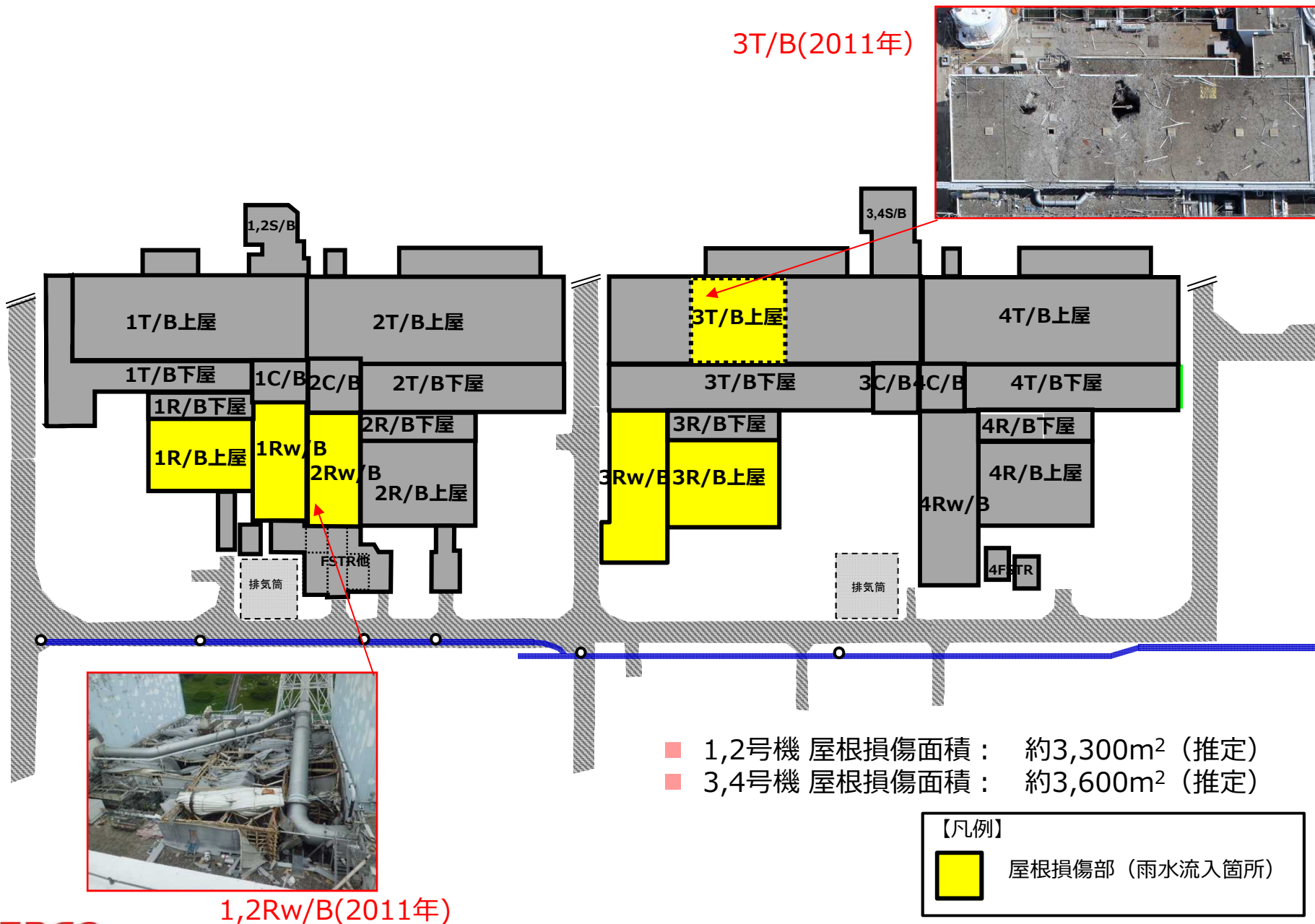
2017年10月の台風時には、建屋流入量が通常時よりも大幅に増加した（1週毎の日平均流入量870m³/日）ことから、以下、その原因について分析する。

- 降雨の増加に伴い建屋流入量が急増したが、降雨のピークと建屋流入のピークには時間差があり、降雨が止んだ後も半日程度は建屋流入が継続した。
- 降雨後もサブドレン平均水位が高止まりしているにもかかわらず、建屋流入量は減少している。

⇒ 一時的な建屋流入量の急増は、建屋周辺からの地下水の流入ではない可能性が高い。

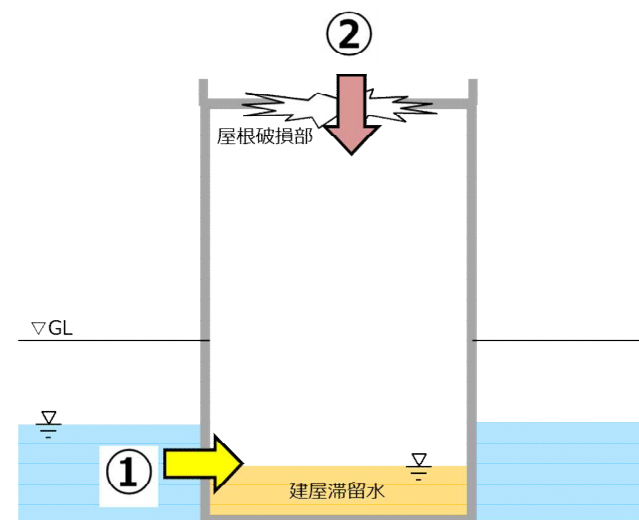
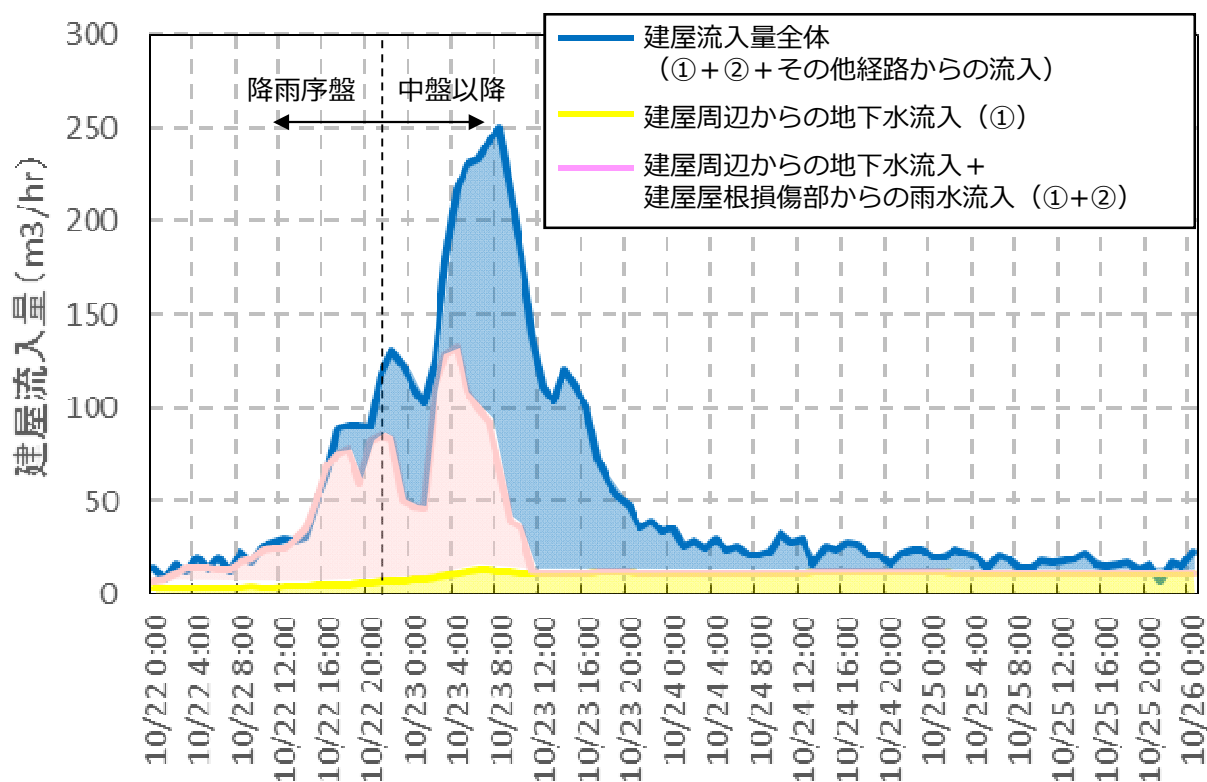


【参考】 建屋屋根の状況



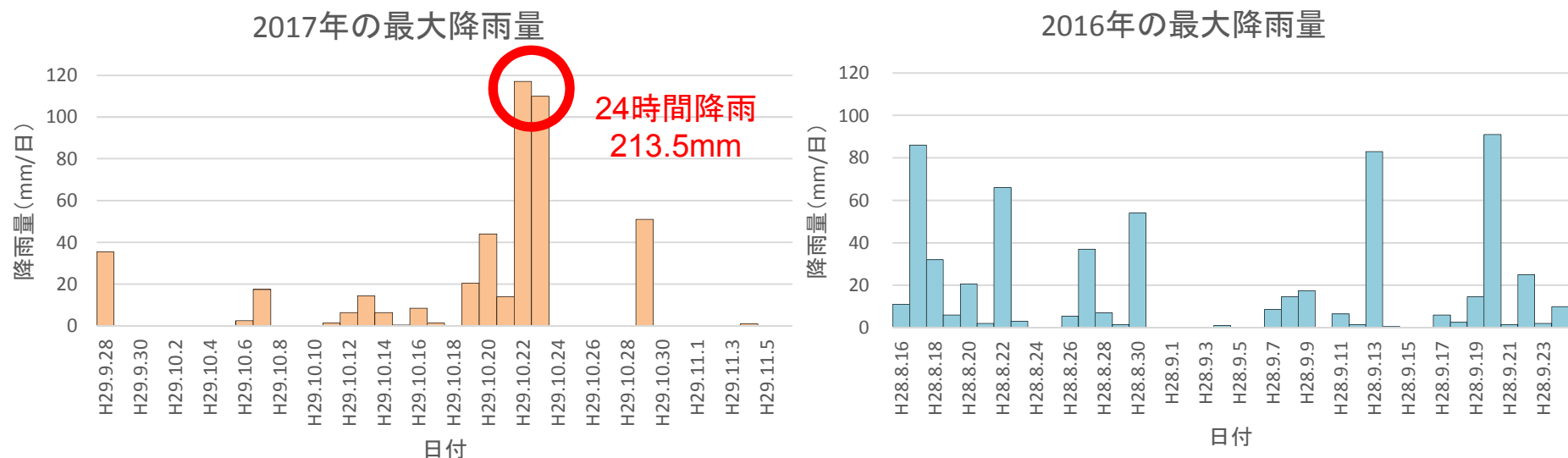
【参考】 建屋屋根への降雨が建屋流入量に及ぼす影響（流入量の試算）

- 地下水流入量（右図中①）を通常時のサブドレン平均水位と建屋流入量との相関関係、また、雨水流入量を屋根損傷面積への降雨量として試算した。
 - 地下水流入量＋雨水流入量は、降雨の序盤（10/22/18:00頃）までは実際の流入量と概ね一致しているが、その後徐々に乖離が大きくなっている。
- ⇒ 大雨時の一時的な建屋流入量の増加は、周辺からの地下水の流入（右図中①）および建屋屋根損傷部からの流入（右図中②）だけでは説明できずその他の経路を通じた流入の可能性はある。



- ① 建屋周辺からの地下水の流入
② 建屋屋根損傷部からの雨水流入

【参考】台風21号および22号による降雨の状況



最大雨量	2017年	【参考】 2016年
30日間	416.0mm (10/1~10/30)	464.5mm (8/16~9/14)
5日間	305.5mm (10/19~10/23)	155.5mm (8/16~8/20)
1日間	117.0mm (10/22 0時~23時)	91.0mm (8/17 0時~23時)
連続24時間	213.5mm (10/22 10時~10/23 9時)	94.5mm (9/20 0時~9/20 23時)

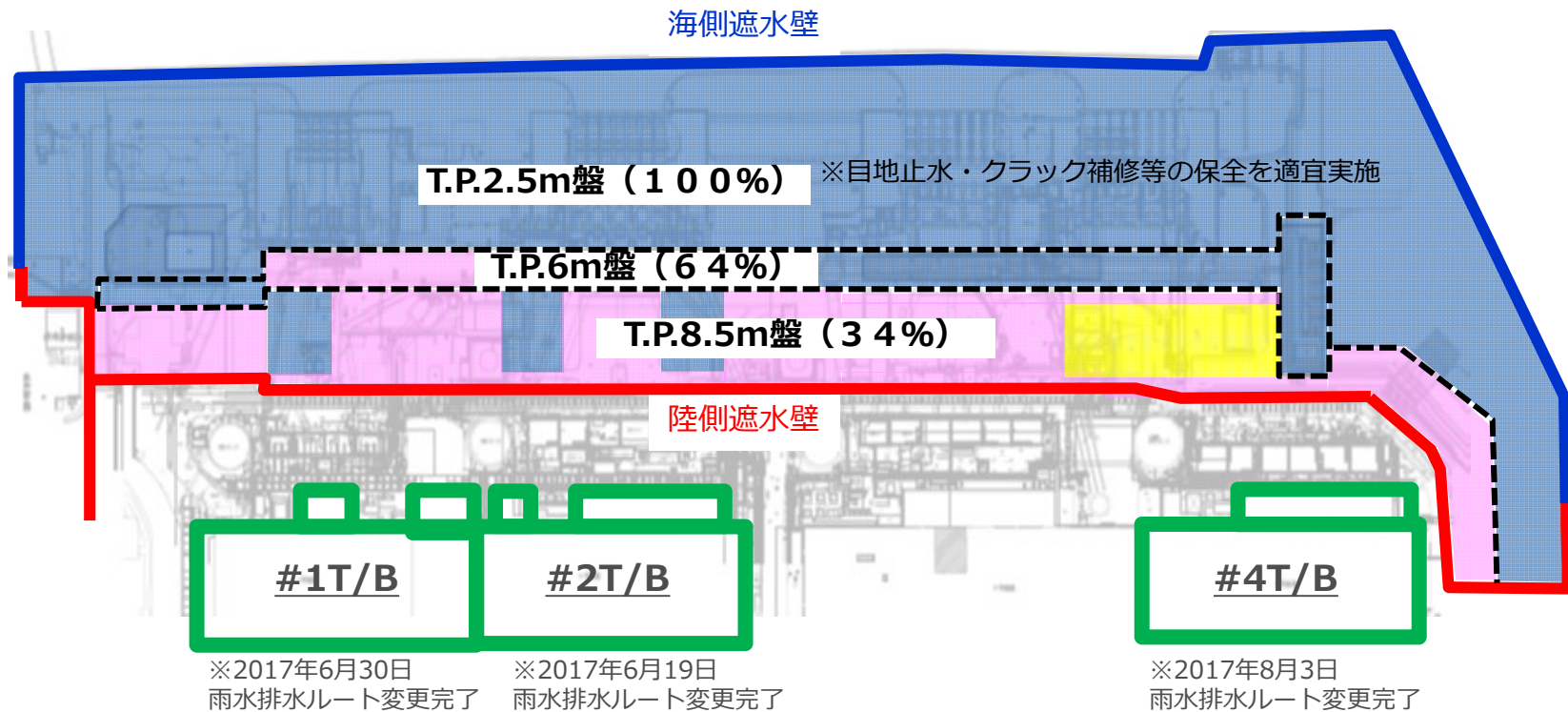
【参考】 T.P.+2.5m盤への雨水浸透防止対策 ～2017年12月末時点の対策状況～

➤ T.P.+2.5m盤への雨水浸透防止対策

- ① T.P.+2.5m盤, T.P.+6.0m盤, T.P.+8.5m盤のフェーシング・カバー掛け
- ② T/B屋根の雨水排水ルートの変更

フェーシング・カバー掛け凡例

- : 施工済
- : 2017年度 完了分
- : 2018年度 以降実施予定



【参考】 建屋への地下水流入量

- サブドレン平均水位-推定地下水流入量（※建屋流入量から推定雨水流入量を除いたもの）を示す。
- 下記回帰式にサブドレン平均水位を代入して地下水流入量を推定した。

