

陸側遮水壁の状況（第三段階）

2018年 3月 1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。

2-1 地中温度分布図（1号機北側）

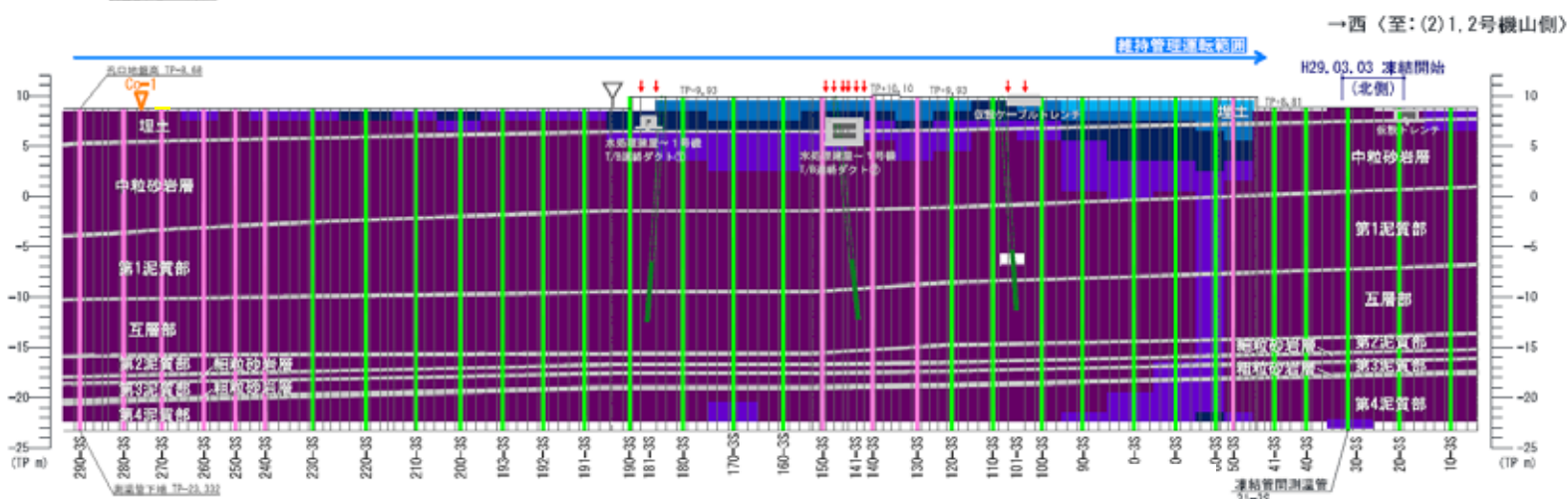
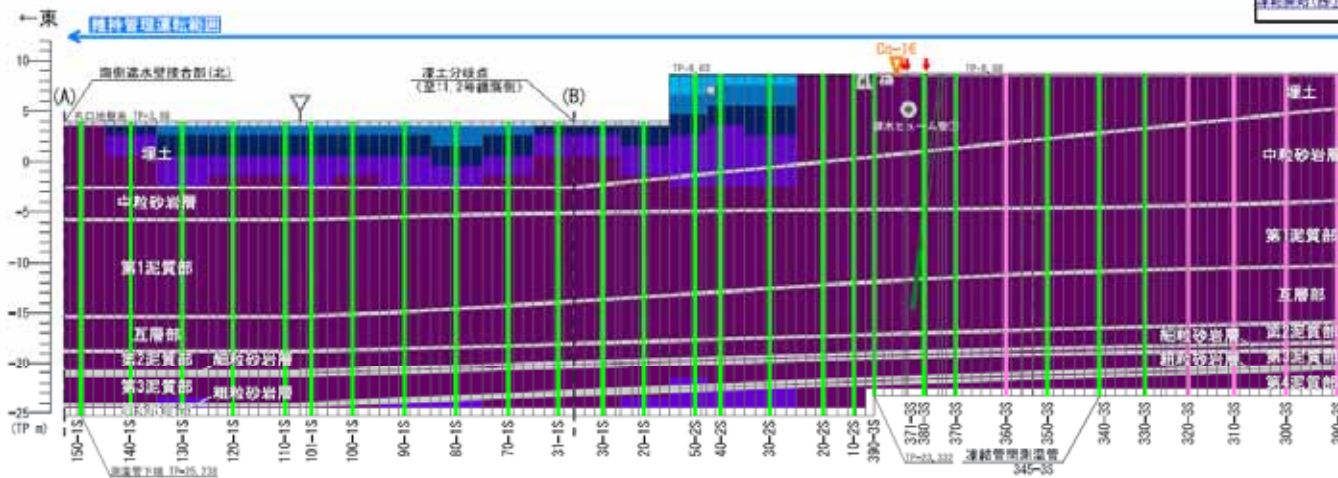
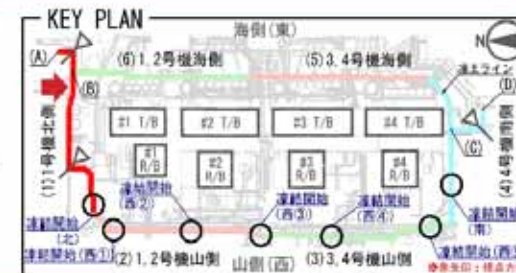
■ 地中温度分布図

(1) 1号機北側（北側から望む）

（温度は2/26 7:00時点のデータ）

凡例

■ 測温管（凍土ライン外側）	▽ R/R（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（掘削部斜め）	▽ Co（中粒砂岩層・外側）
■ 掘削部凍結管	▽ 凍土折れ点



2-2 地中温度分布図 (1・2号機西側)

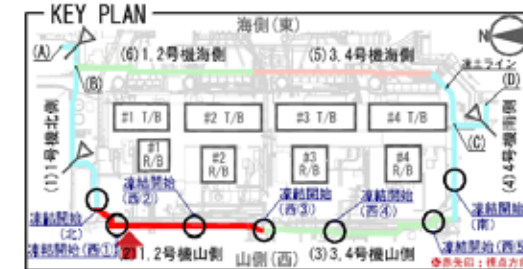
■ 地中温度分布図

(2) 1, 2号機山側 (西側から望む)

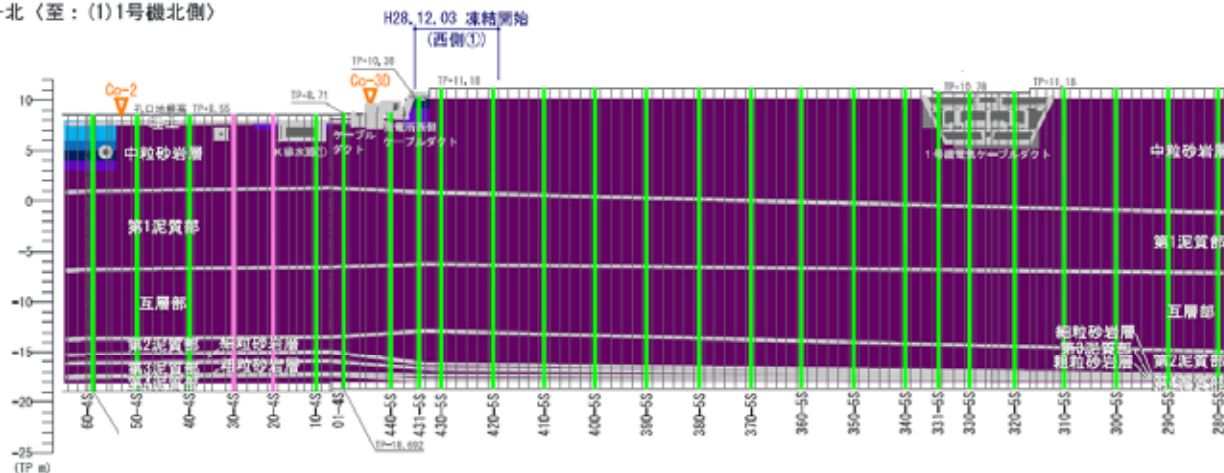
(温度は2/26 7:00時点のデータ)

凡例

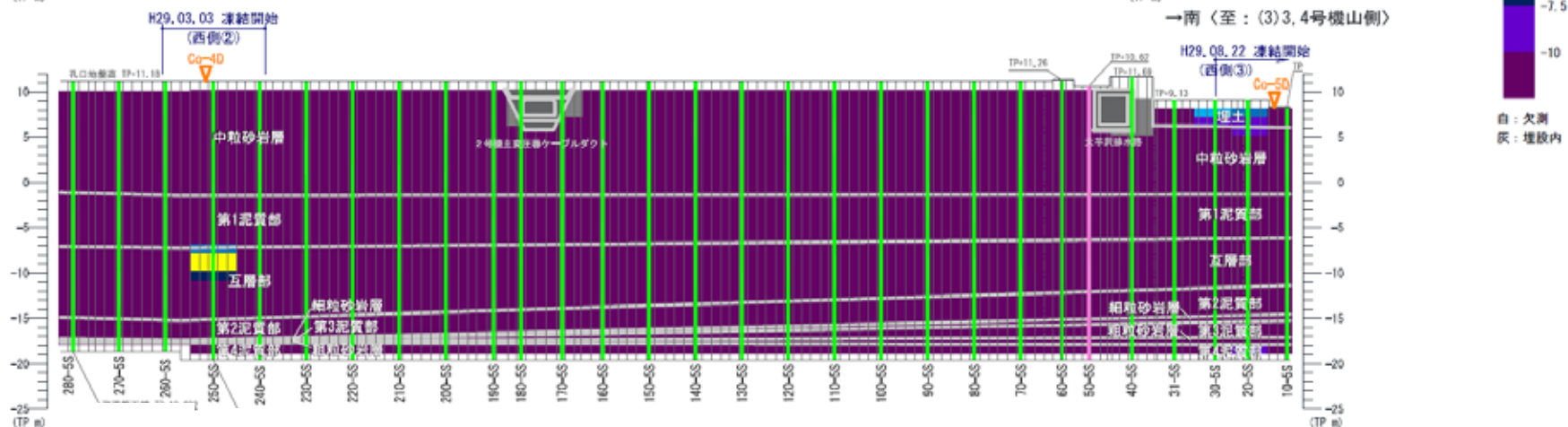
■ (緑) : 測温管 (凍土ライン外側)	▽ (青) : 照 (リチャージ Jewel)
■ (紫) : 測温管 (凍土ライン内側)	▽ (赤) : C1 (中粒砂岩層・内側)
■ (緑) : 測温管 (複列部斜め)	▽ (赤) : Co (中粒砂岩層・外側)
↓ (赤) : 複列部凍結管	▽ (青) : 凍土折れ点



←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)

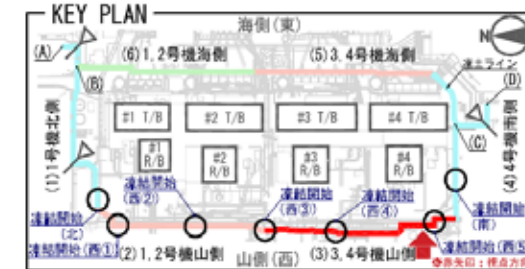
■ 地中温度分布図

(3) 3, 4号機山側 (西側から望む)

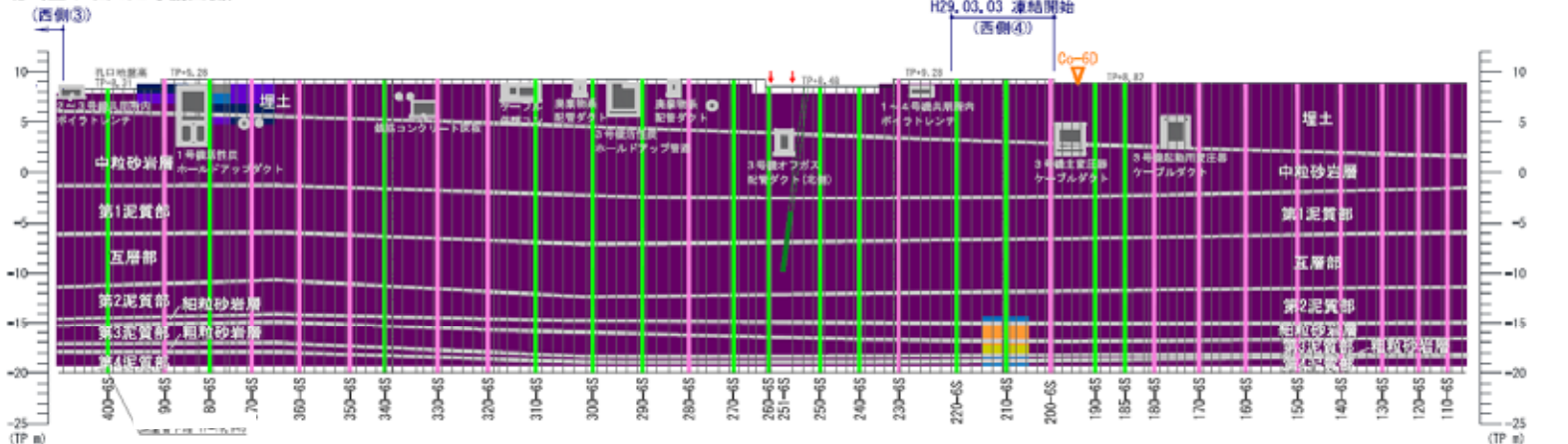
(温度は2/26 7:00時点のデータ)

凡例

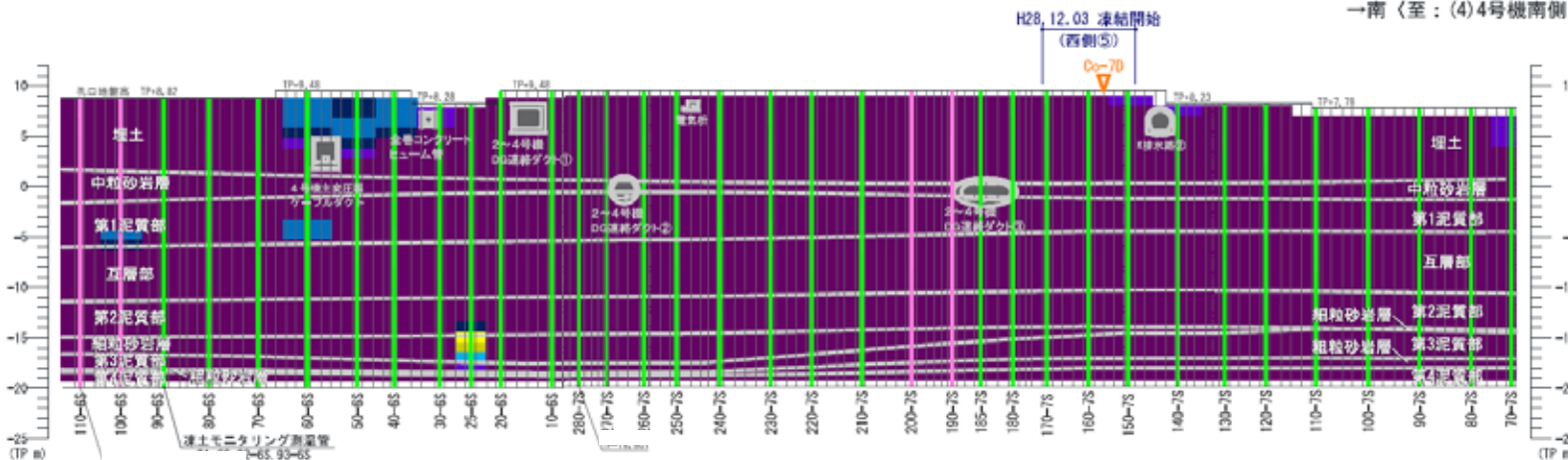
■ (緑) : 測温管 (凍土ライン外側)	▽ (青) : 隙 (リチャージ Jewel)
■ (紫) : 測温管 (凍土ライン内側)	▽ (赤) : Ci (中粒砂岩層・内側)
■ (緑) : 測温管 (複列部斜め)	▽ (赤) : Co (中粒砂岩層・外側)
↓ (赤) : 複列部凍結管	▽ (黒) : 凍土折れ点



←北 (至: (2) 1, 2号機山側)



→南 (至: (4) 4号機南側)

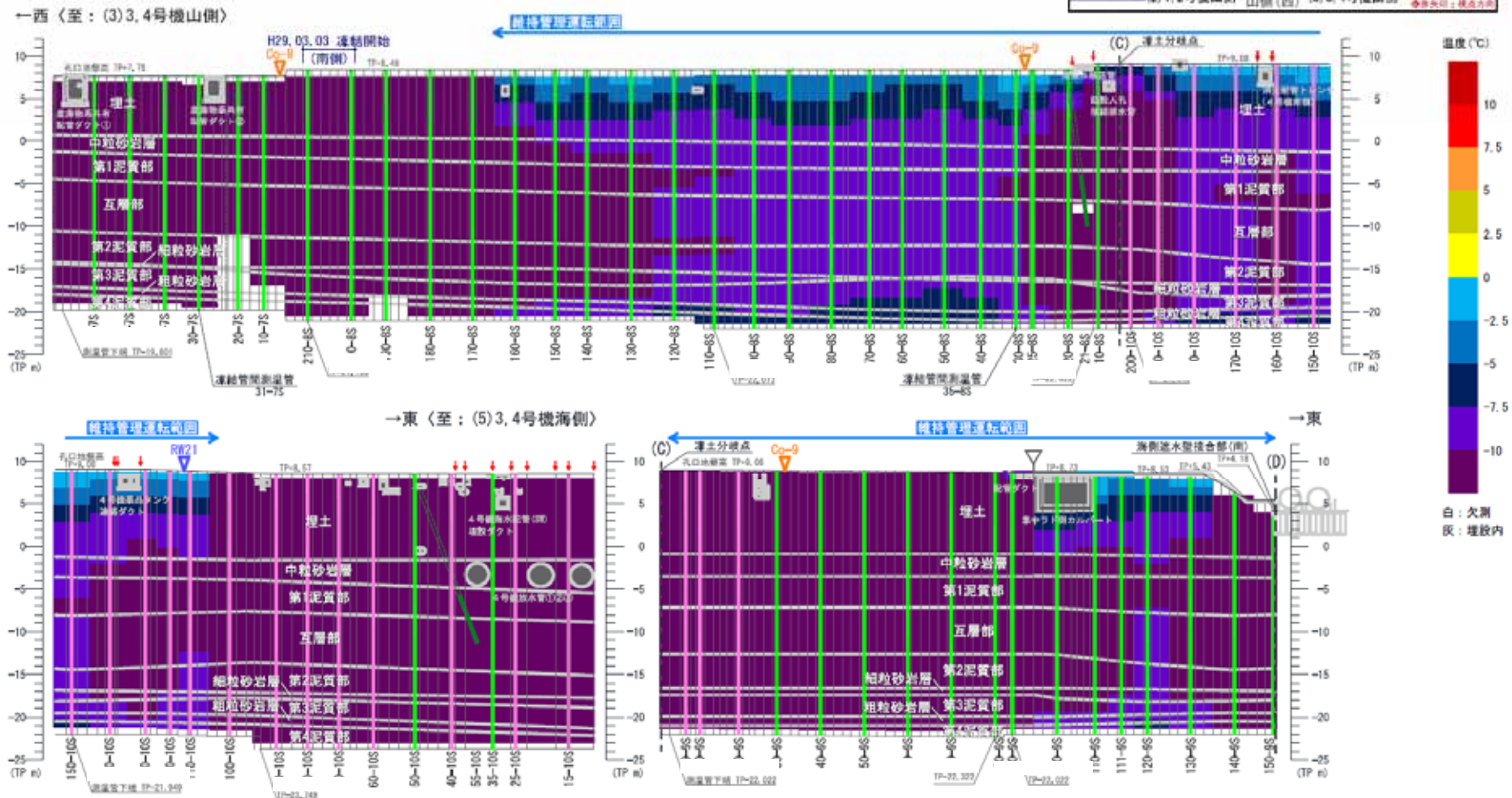


2-4 地中温度分布図（4号機南側）

■ 地中温度分布図

(4) 4号機南側（南側から望む）

（温度は2/26 7:00時点のデータ）



2-5 地中温度分布図 (3・4号機東側)

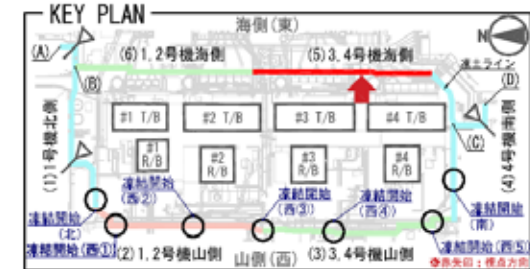
■ 地中温度分布図

(5) 3, 4号機海側 (西側: 内側から望む)

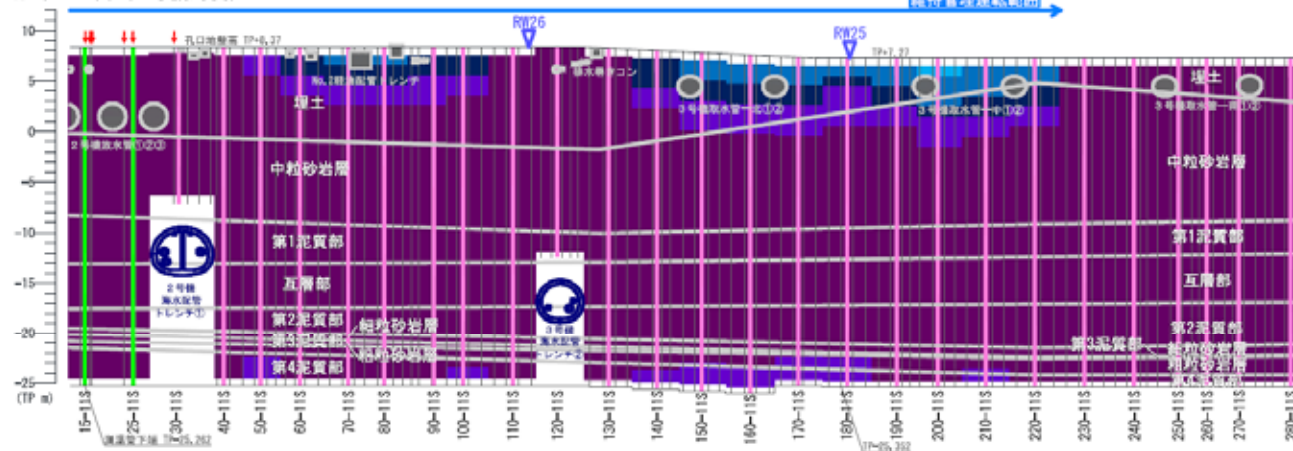
(温度は2/26 7:00時点のデータ)

凡例

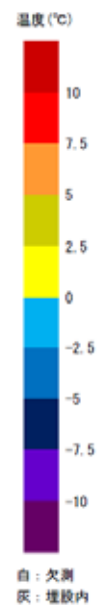
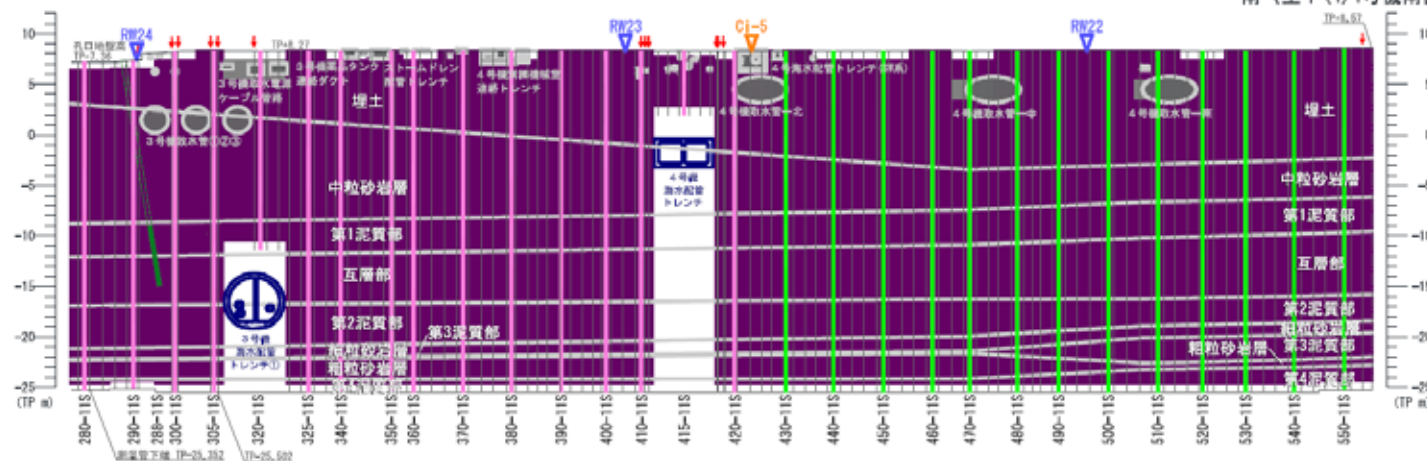
■ (緑) : 測温管 (凍土ライン外側)	▽ (青) : 障 (リチャージ Jewel)
■ (紫) : 測温管 (凍土ライン内側)	▽ (橙) : Ci (中粒砂岩層・内側)
■ (緑) : 測温管 (複列部斜め)	▽ (橙) : Co (中粒砂岩層・外側)
↓ (赤) : 複列部凍結管	▽ (黒) : 凍土折れ点



←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）

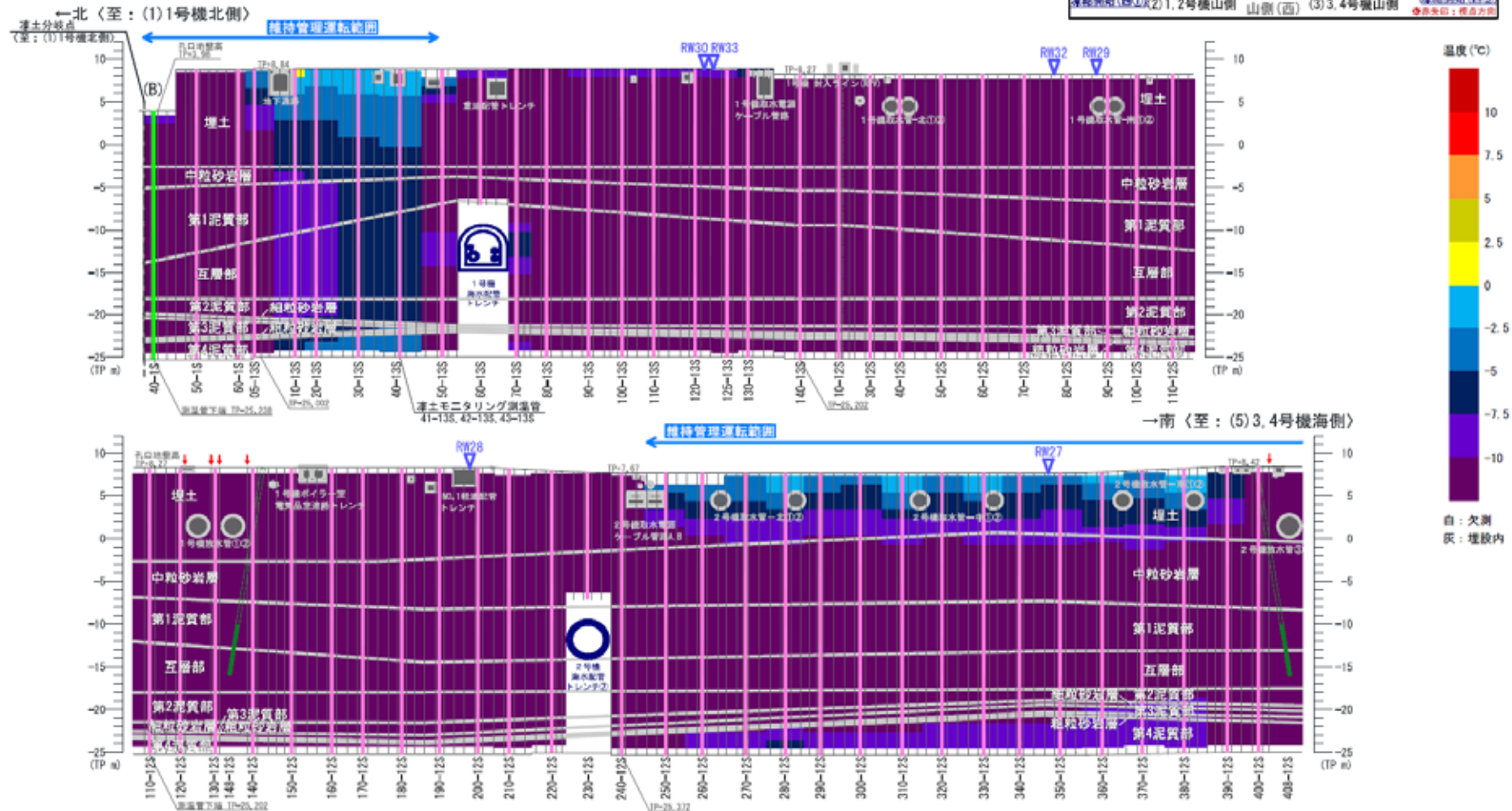
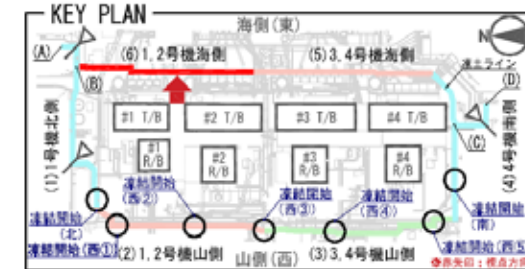
■ 地中温度分布図

(6) 1, 2号機海側（西側：内側から望む）

（温度は2/26 7:00時点のデータ）

凡例

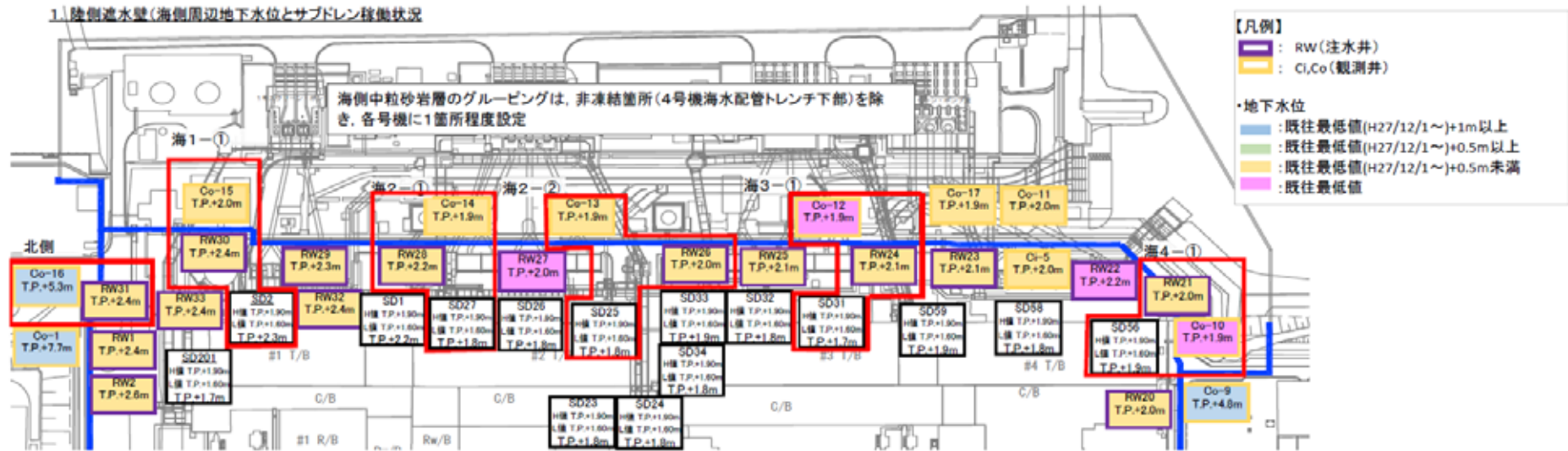
■ (緑)	: 測温管 (凍土ライン外側)	▽ (青)	: RW (リチャージウェル)
■ (紫)	: 測温管 (凍土ライン内側)	▽ (黄)	: Ci (中粒砂岩層・内側)
■ (赤)	: 測温管 (換気部側)	▽ (赤)	: Co (中粒砂岩層・外側)
↓ (赤)	: 換気部凍結管	▽ (黒)	: 凍土折れ点



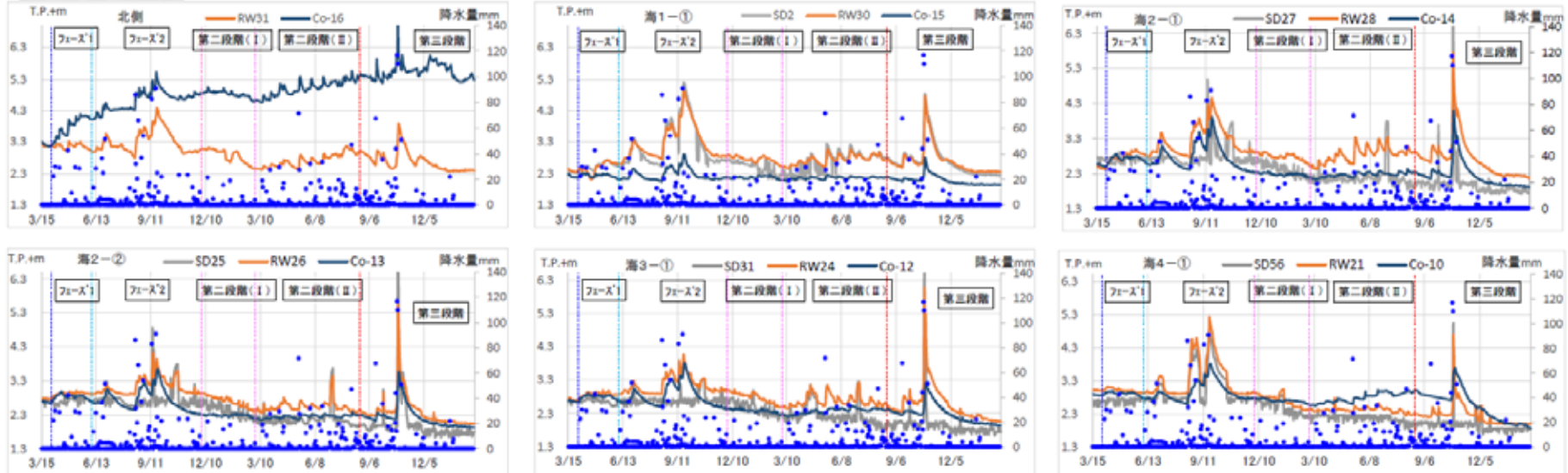
3-1 地下水位・水頭状況 (中粒砂岩層① 海側)

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

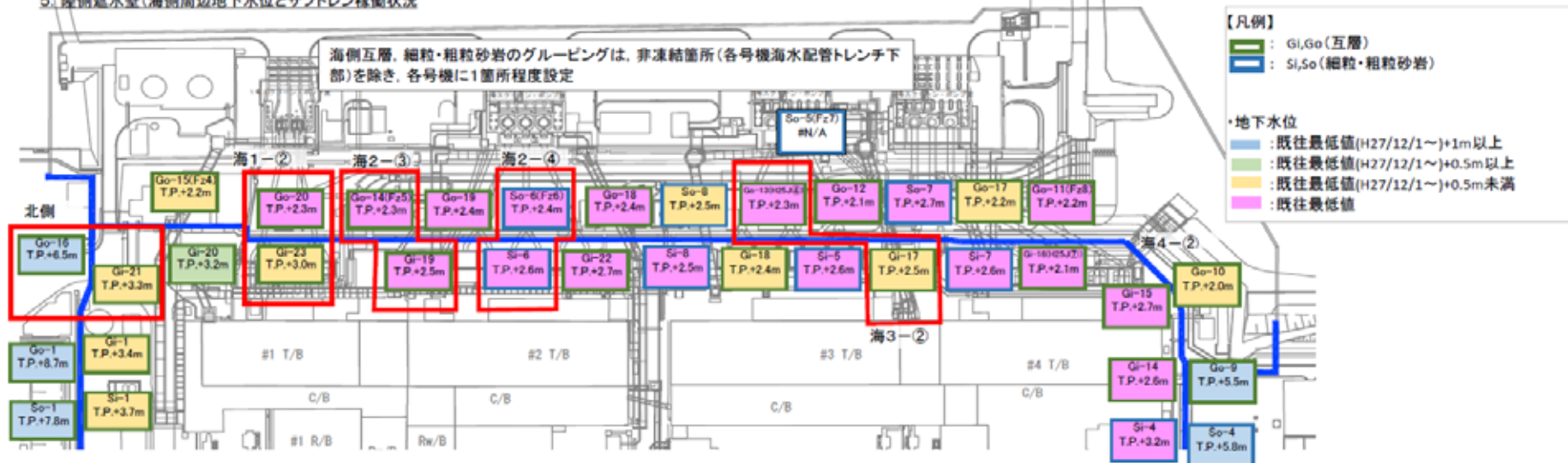


・地下水位は2/26 7:00時点のデータ

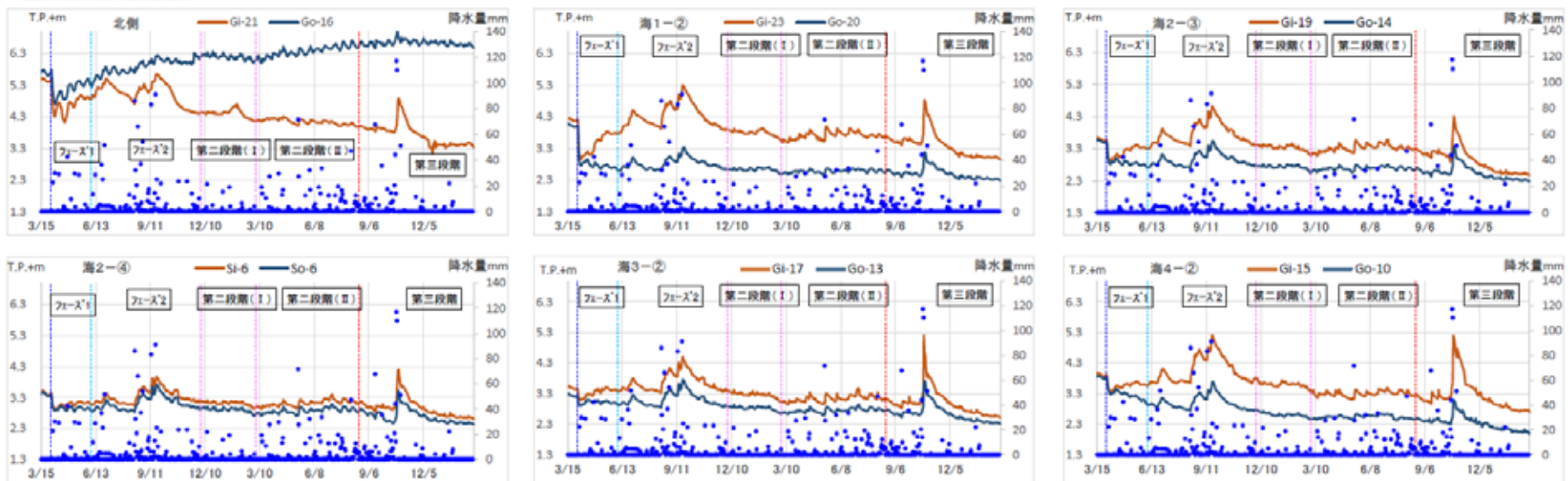
3-2 地下水位・水頭状況（互層、細粒・粗粒砂岩層水頭① 海側）

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）

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

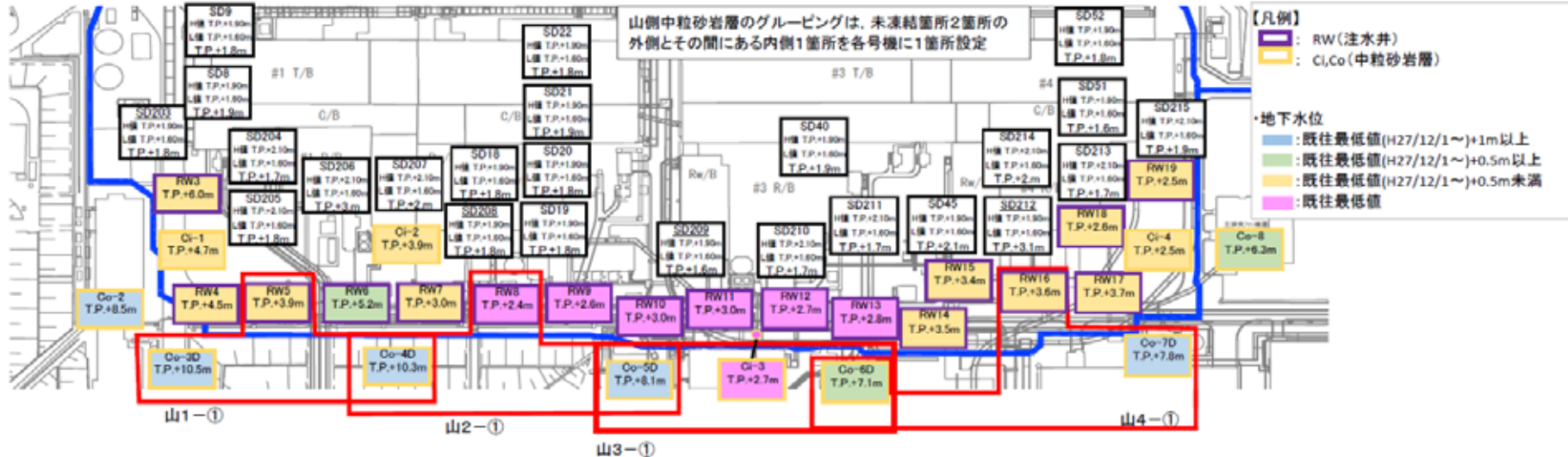


・地下水位は2/26 7:00時点のデータ

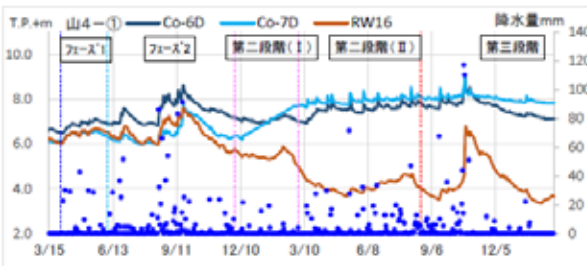
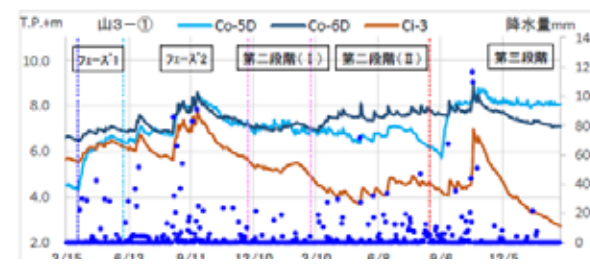
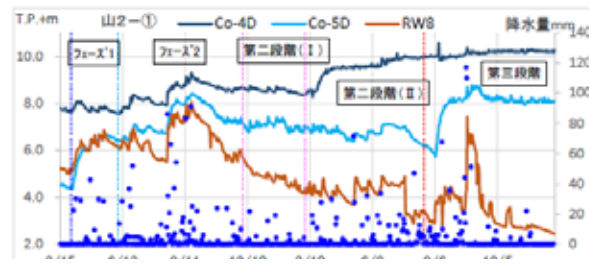
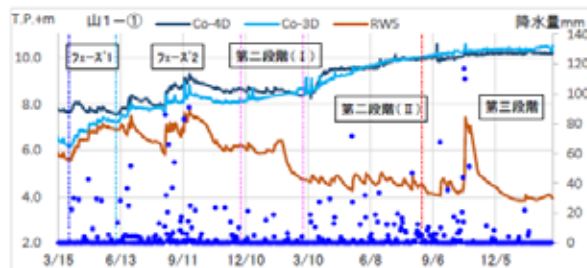
3-3 地下水位・水頭状況 (中粒砂岩層② 山側)

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

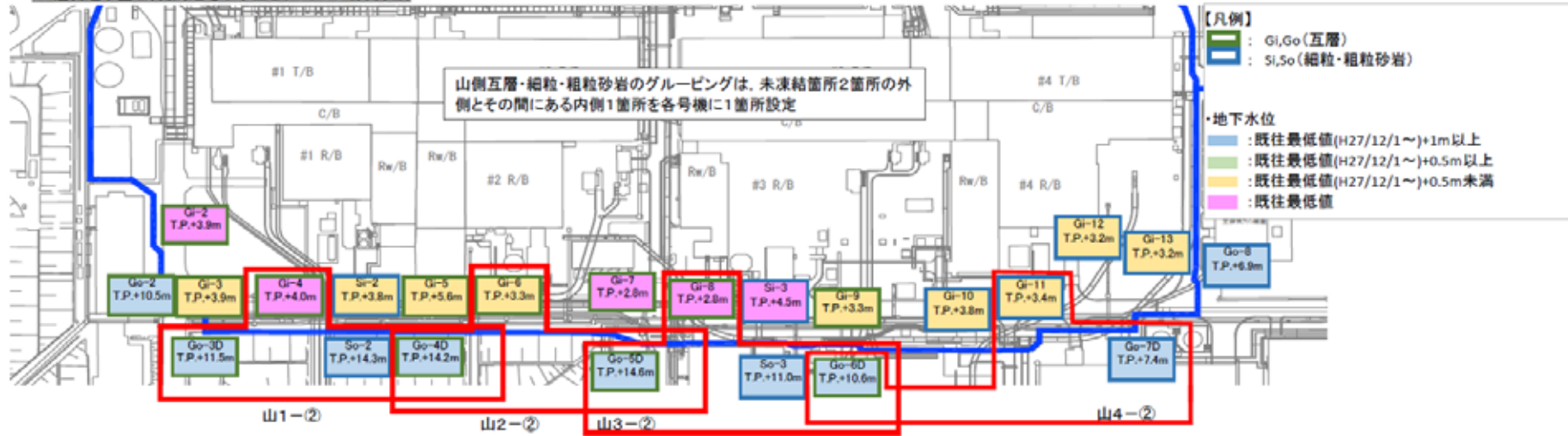


・地下水位は2/26 7:00時点のデータ

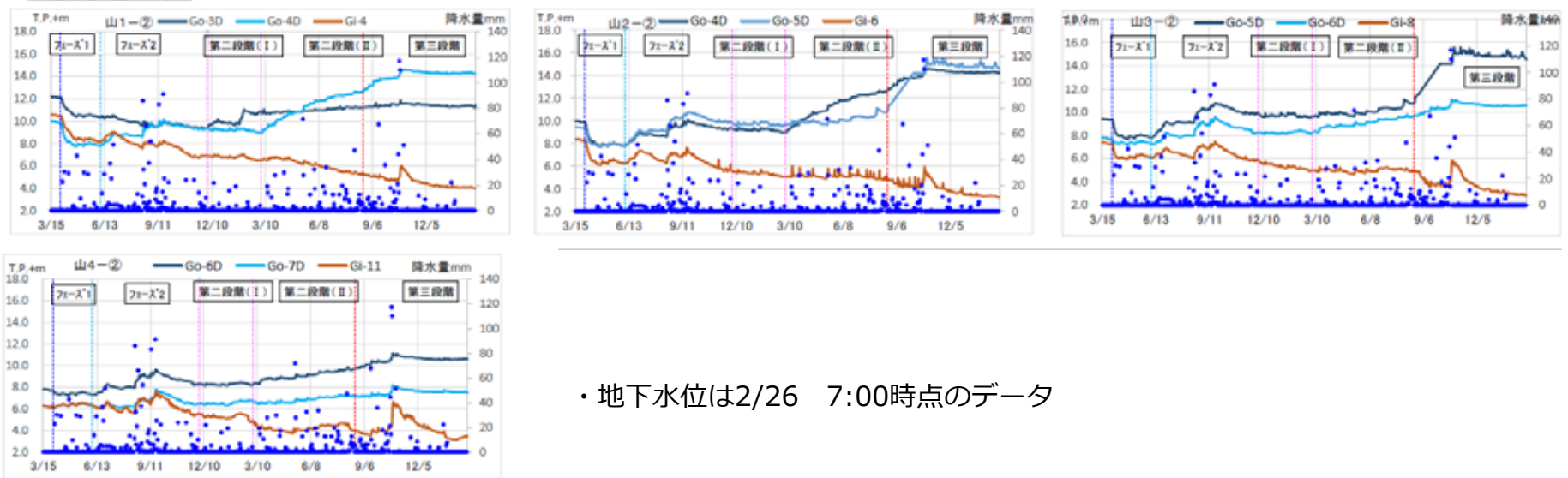
3-4 地下水位・水頭状況（互層、細粒・粗粒砂岩層水頭②） 山側）

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）

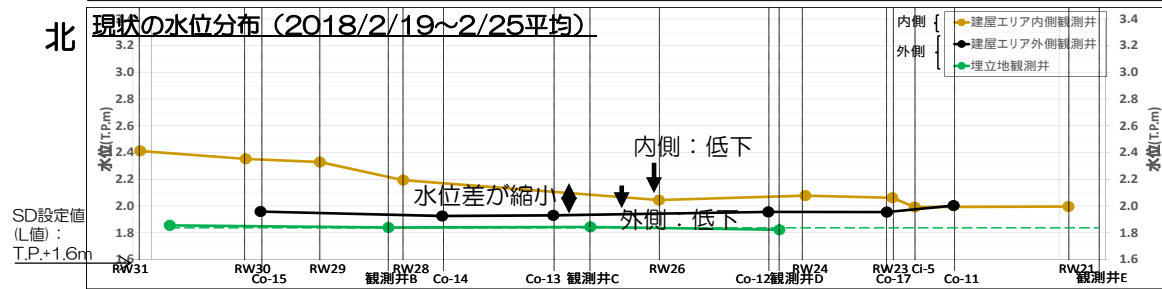
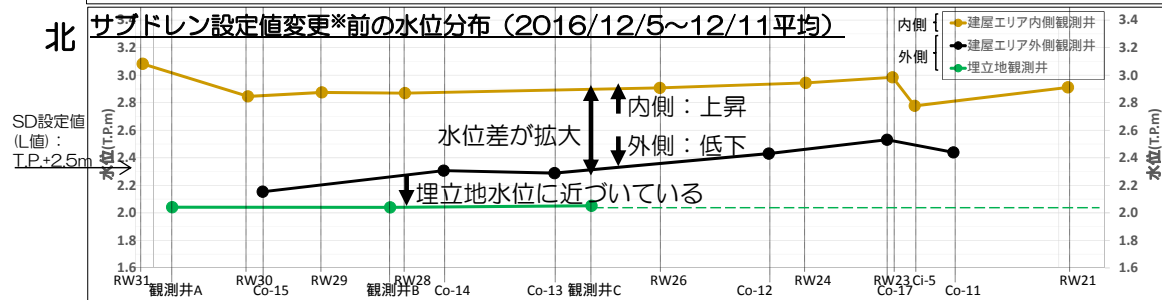
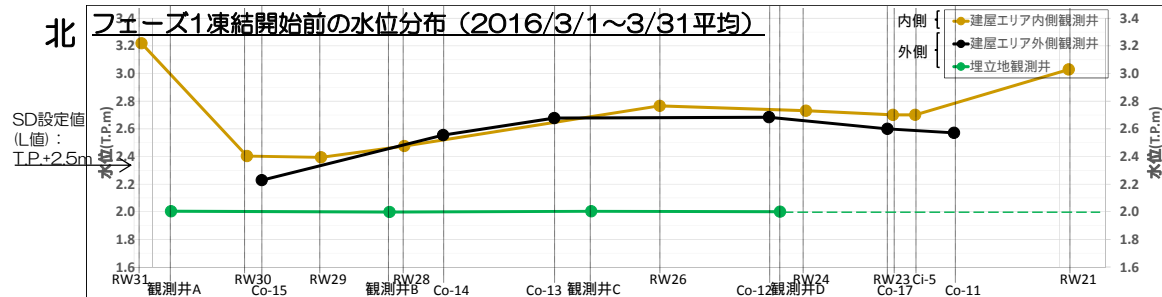


8. 陸側遮水壁内外水位



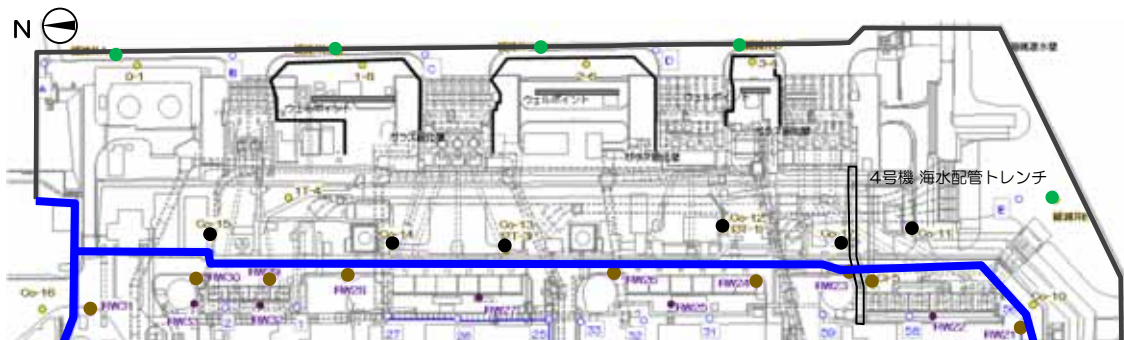
・地下水位は2/26 7:00時点のデータ

【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。

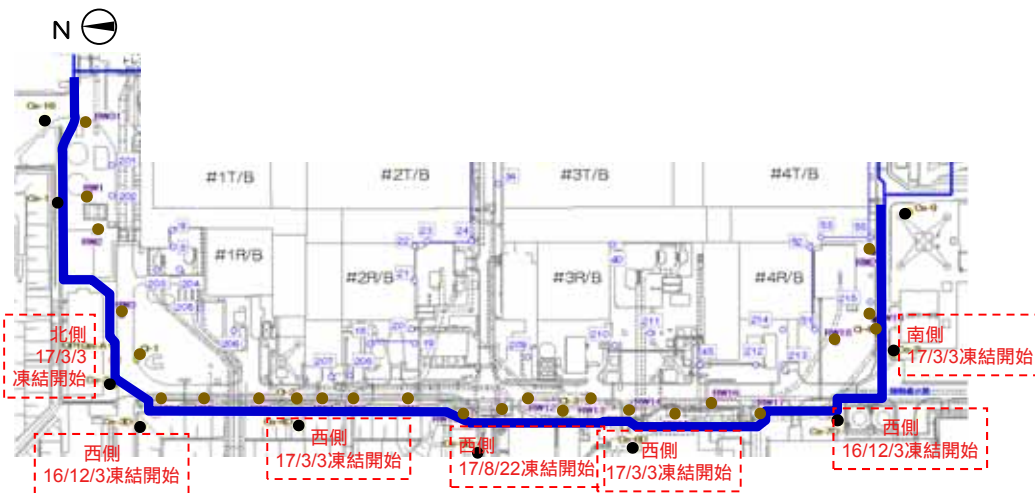
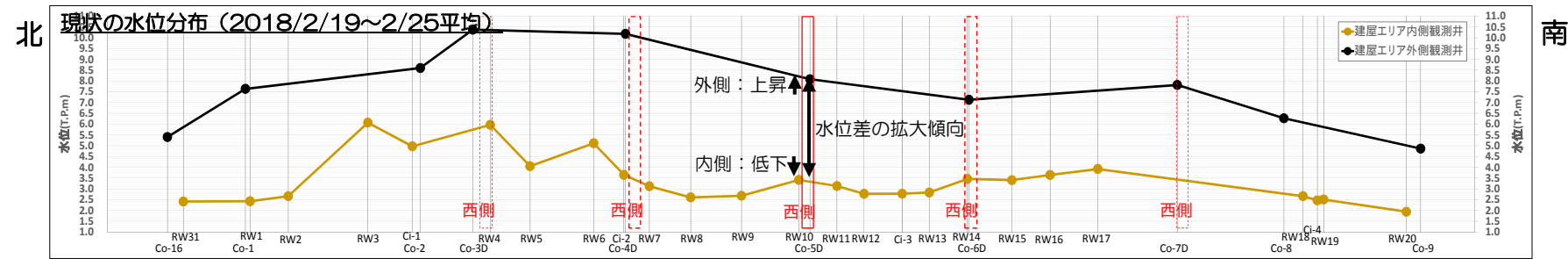
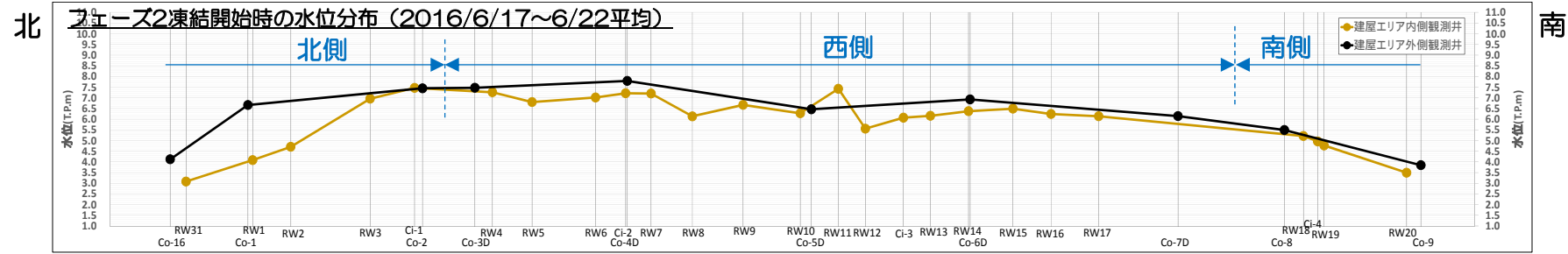
2016/12/12から2017/11/30にかけてL値を段階的に低下した (T.P.+2.5→1.6m)。



- 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。

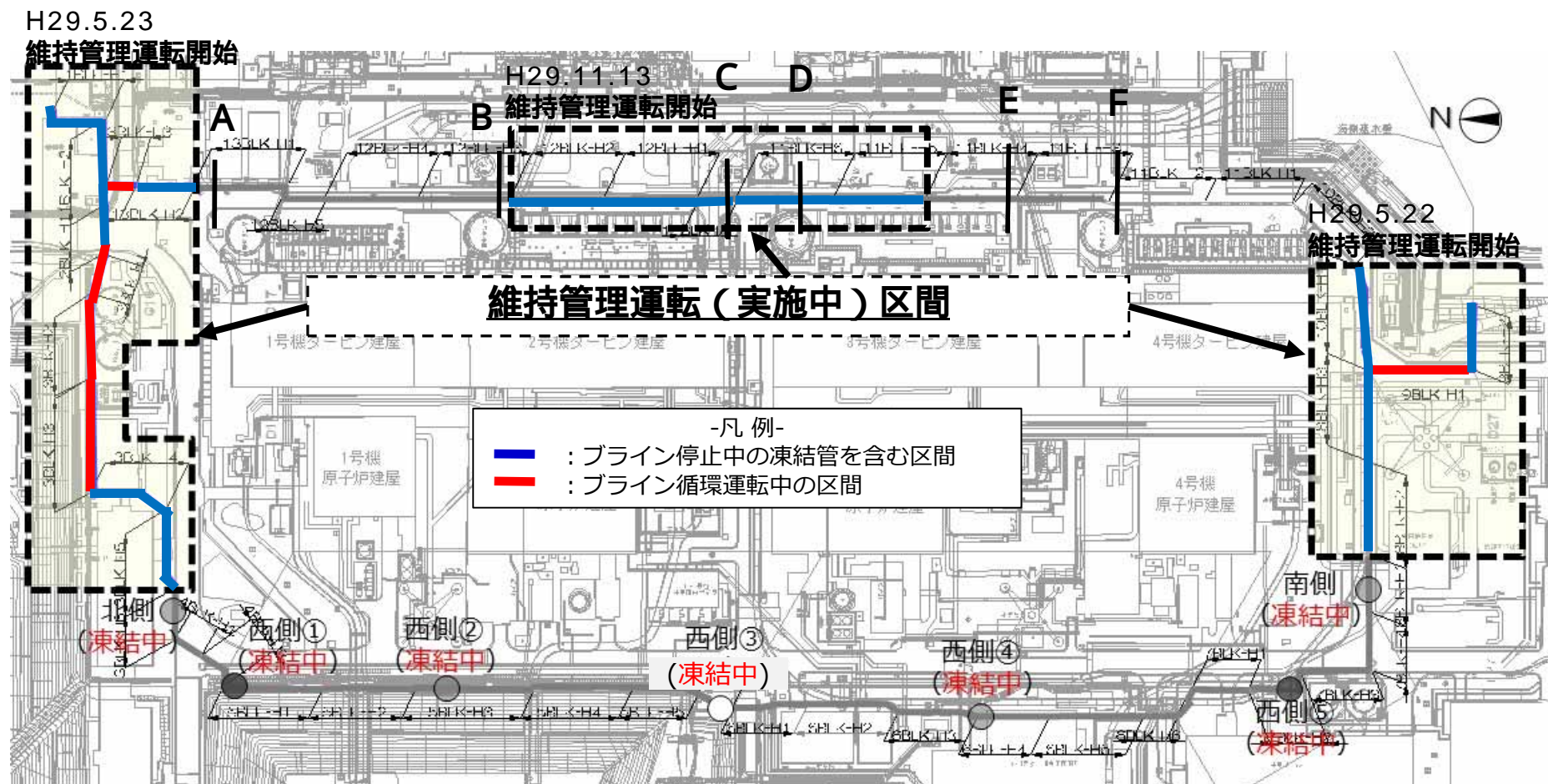


- 建屋エリア (T.P.+8.5m盤) 陸側遮水壁外側観測井
- 建屋エリア (T.P.+8.5m盤) 陸側遮水壁内側観測井

4 維持管理運転の状況 (2/26 7:00現在)

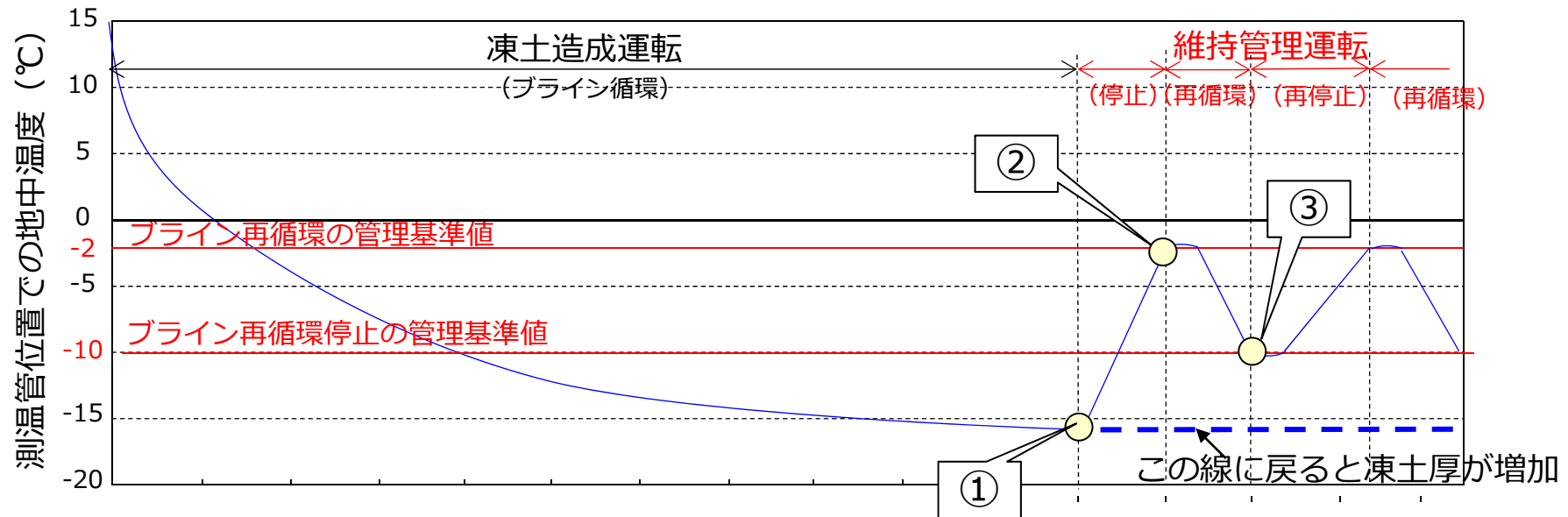
- 維持管理運転対象ヘッダー管20（北側10，南側5，東側5）のうち、16ヘッダー管（北側6，南側4，東側5）にてライン停止中。

【全体 15/20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。



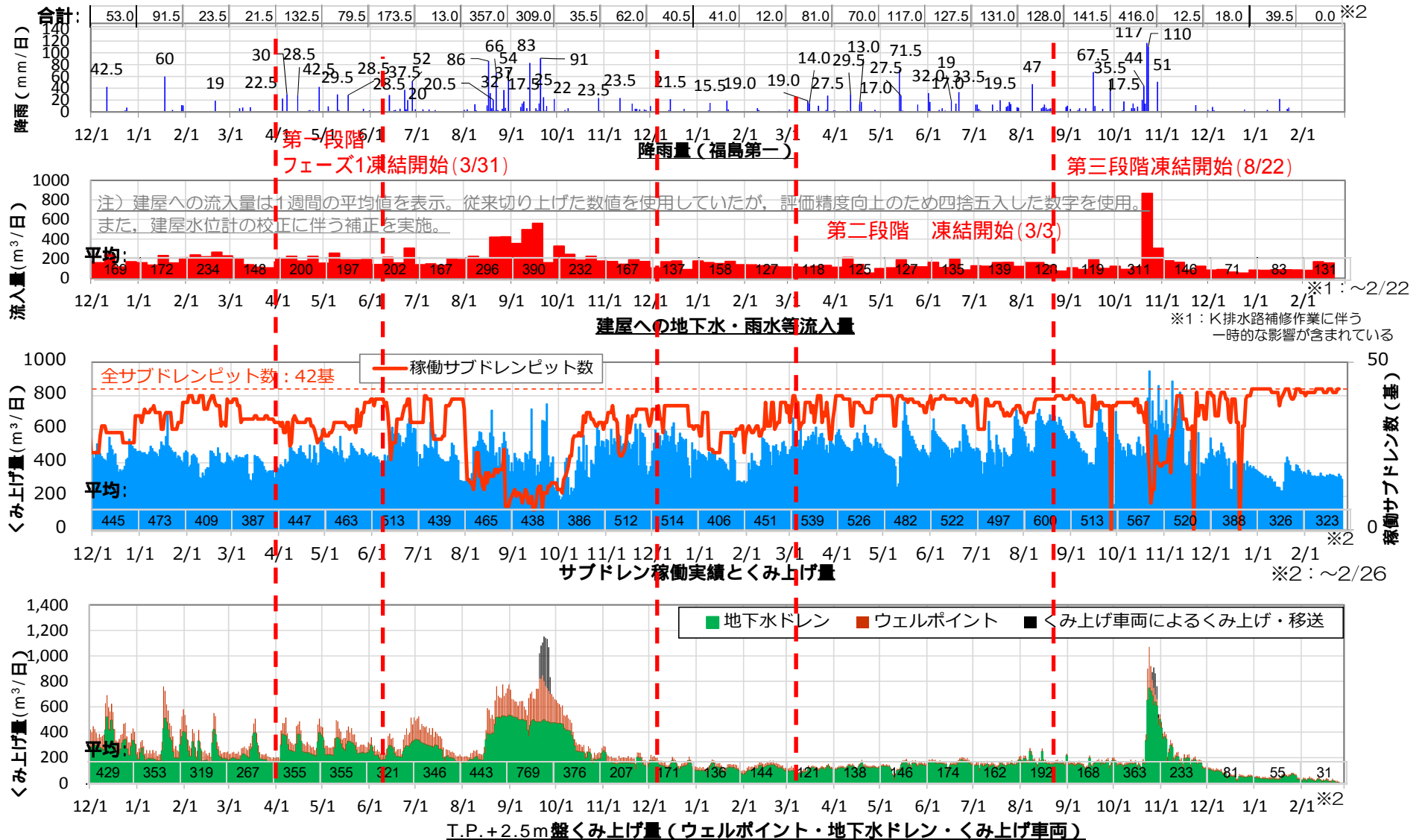
<維持管理運転の制御ポイント>

- 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。

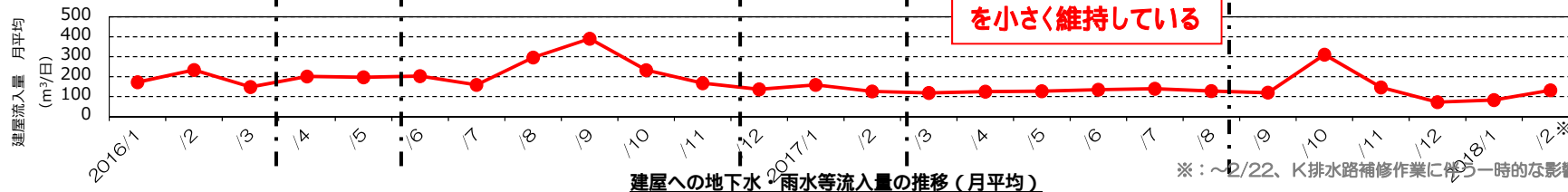
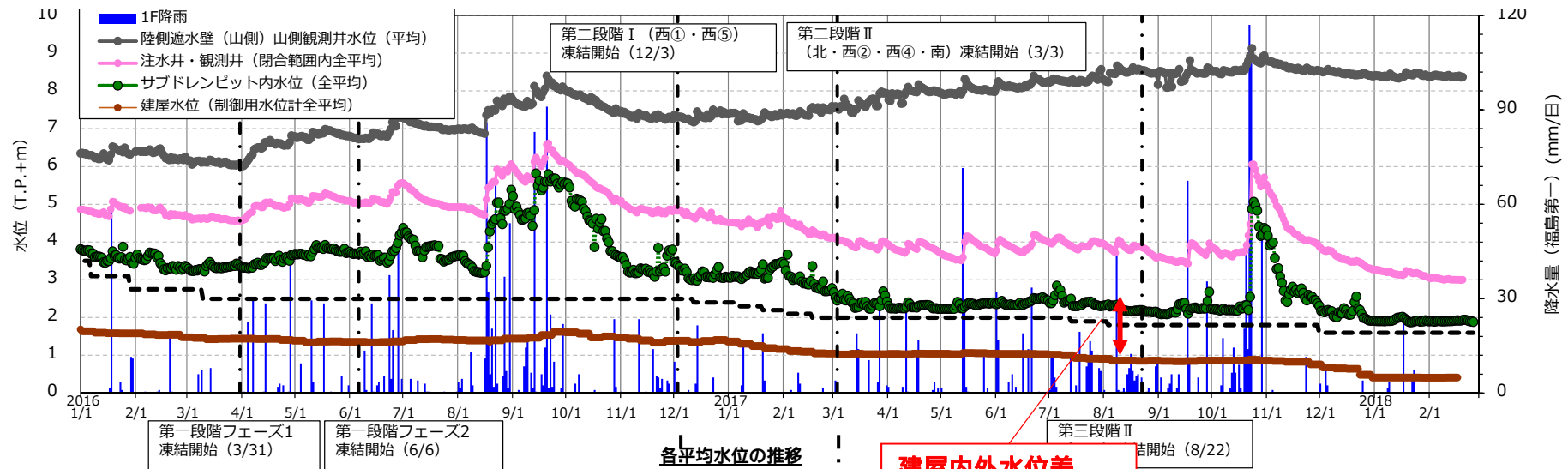
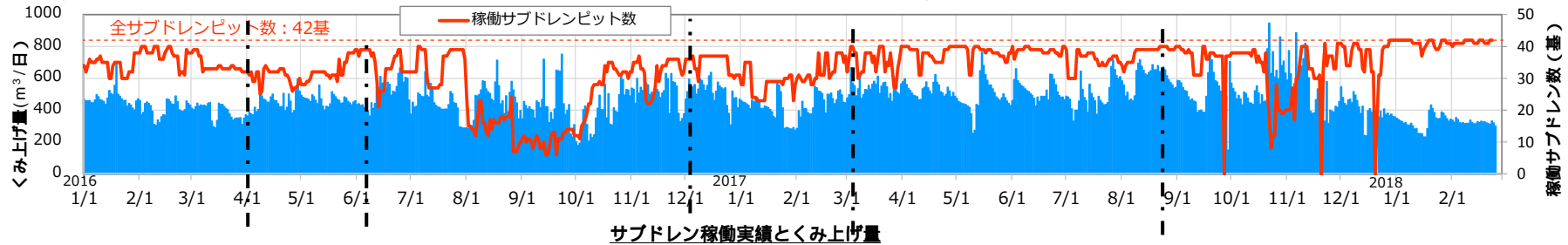
【参考】1F降雨と建屋への地下水流入量・各くみ上げ量の推移

- 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2月25日にサブドレン全基稼働状態での既往最小値300m³/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、2月25日に既往最小値約14m³/日となった。

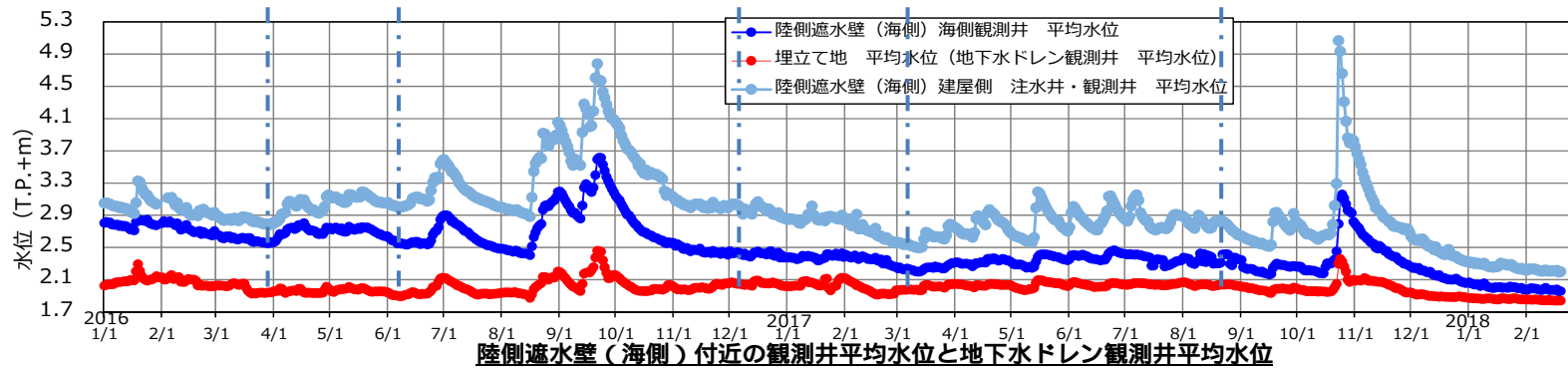
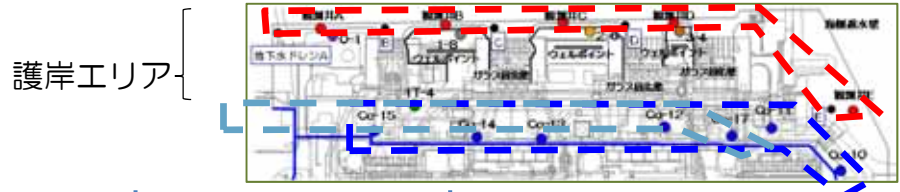
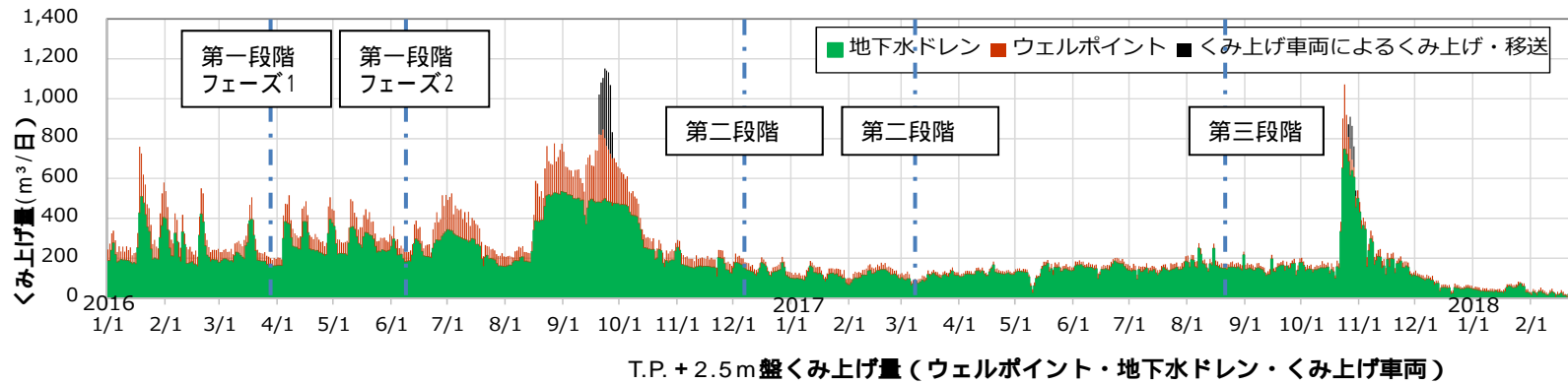
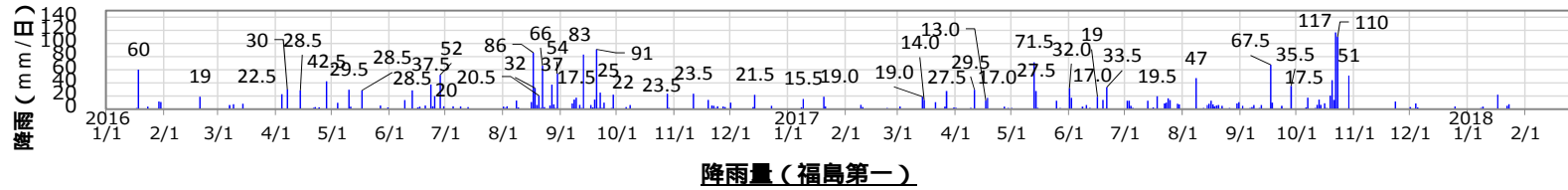


【参考】サブドレンによる地下水位制御性の向上

- 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。
- 2017年10月の台風の際には、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。



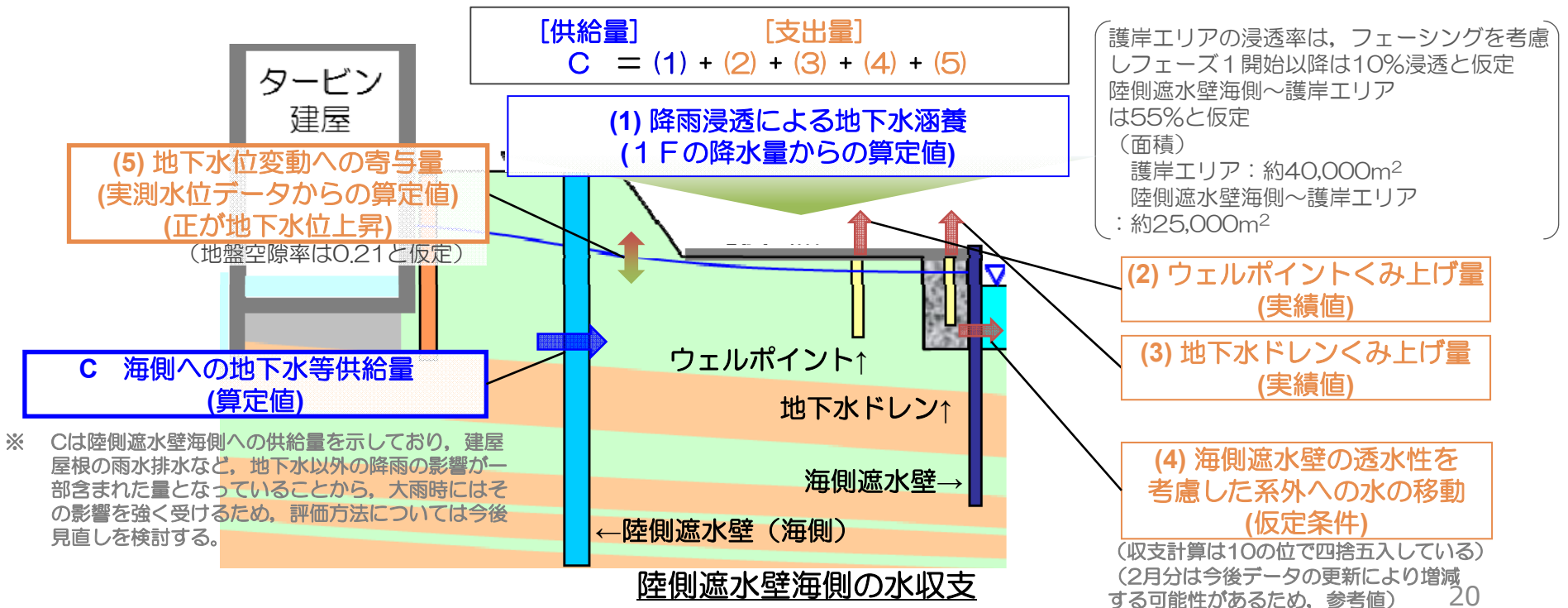
【参考】護岸エリアくみ上げ量と陸側遮水壁の海側および埋立て地水位の推移



【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。

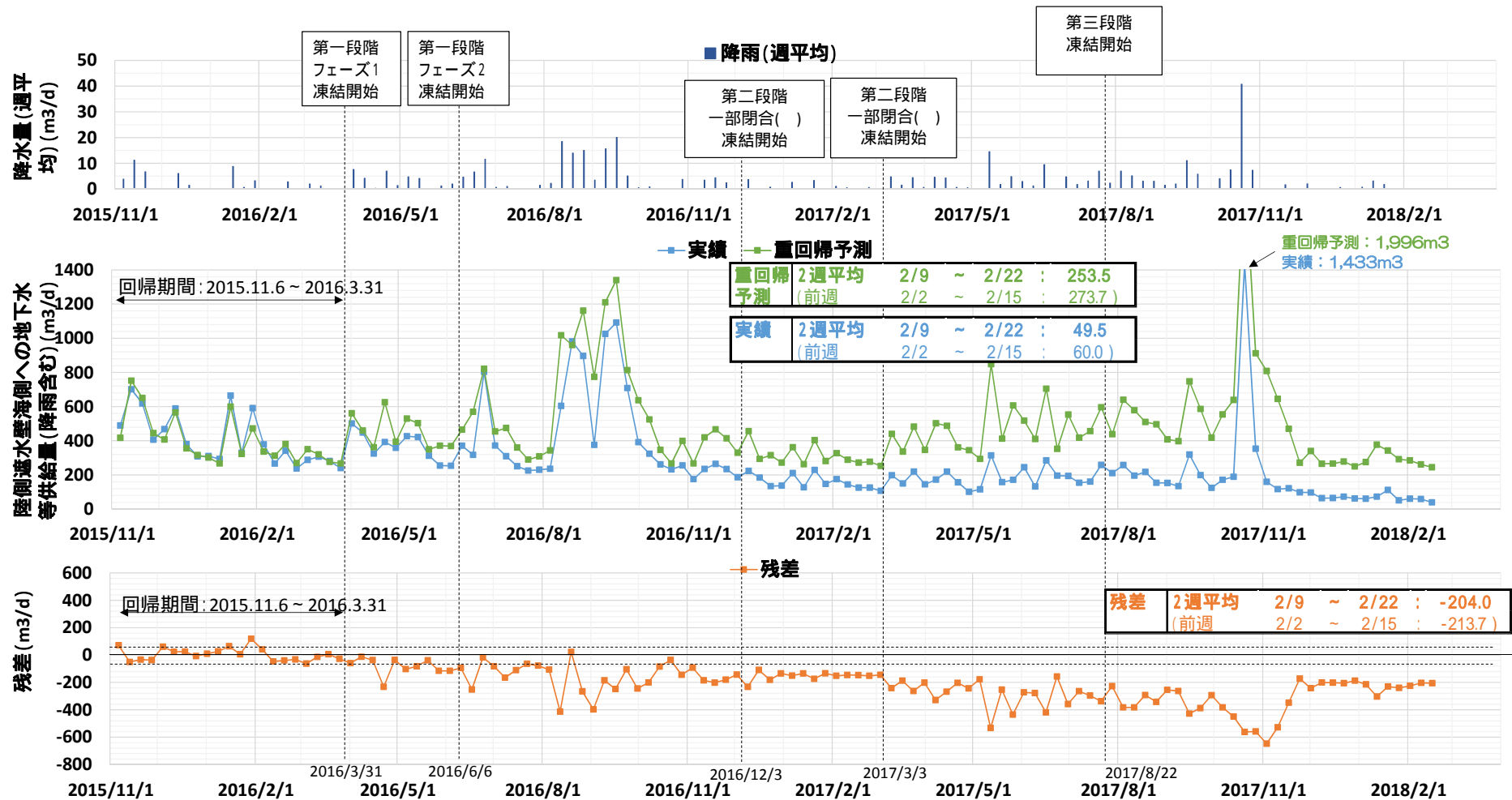
実績値(m ³ /日)	(参考)降水量	陸側遮水壁海側への地下水等供給量 C	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
2016.1.1 ~ 3.31	1.4 mm/d	310	-40	80	240	30	0
2017.11.1 ~ 11.30	0.4 mm/d	120	-10	30	200	30	-130
2017.12.1 ~ 12.31	0.6 mm/d	70	-10	20	60	30	-30
2018.1.1 ~ 1.31	1.3 mm/d	50	-20	10	40	30	-10
(参考値)2018.2.1 ~ 2.22	0.0 mm/d	50	0	10	20	30	-10



【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200m³/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。

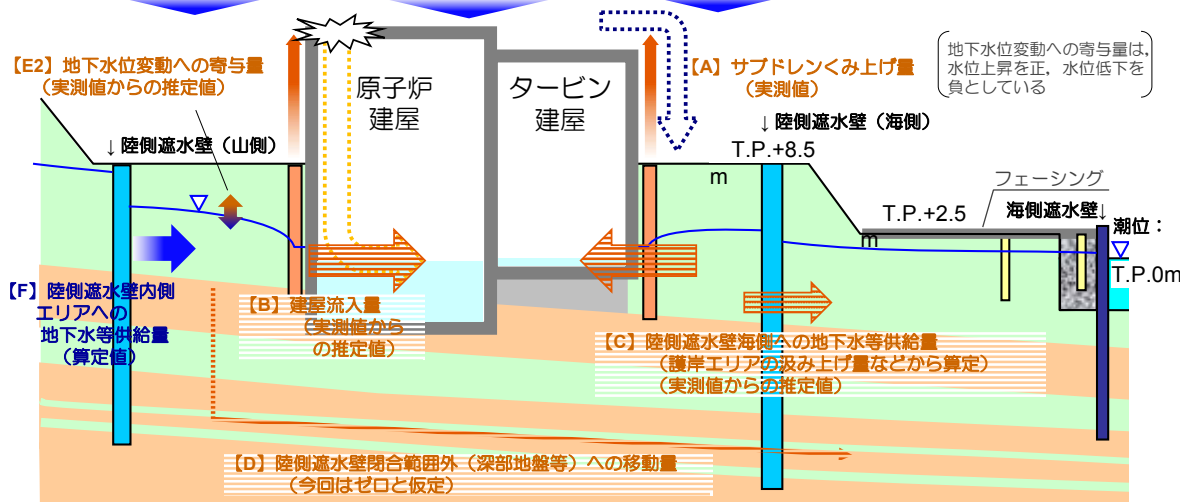
実績値(m3/日)	陸側遮水壁内側エリアへの地下水等供給量 (実測からの推定値) F	<参考> サブドレン 平均水位	<参考> 日平均降雨量	サブドレン くみ上げ量 (実測値) A	建屋流入量 (実測からの推定値) B	陸側遮水壁海側への 地下水等移動量 C※1 (実測からの推定値)	閉合範囲外 への移動量 D※2	降雨涵養量 (実測からの推定値) (E1+E1r)※1	地下水位変動 への寄与量 (実測からの推定値) E2 ※1
2016.1.1~3.31	810	T.P.+3.5m	1.4mm/日	420	180	310	0	-(50+30)	-20
2017.11.1~11.30	400	T.P.+2.9m	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
2018.1.1~1.31	340	T.P.+1.9m	1.3mm/日	330	80	50	0	-(40+30)	-50
(参考値)2018.2.1~2.22	450 ⁴	T.P.+1.9m	0.0mm/日	320※4	130※4	50	0	0	-50※4

- ※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。
- ※4 K排水路補修作業に伴う陸側遮水壁内側エリアへの水の供給による影響が含まれている。

【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）

【E1】降雨涵養量（建屋周辺地盤）
（実測値からの推定値）



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

2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
(建屋流入量には3号機コントロール建屋への流入を反映)

建屋屋根面への降雨(E1r)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

(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。

精度向上のため、水収支計算を実態に合わせて下記の通り見直し

<従来>

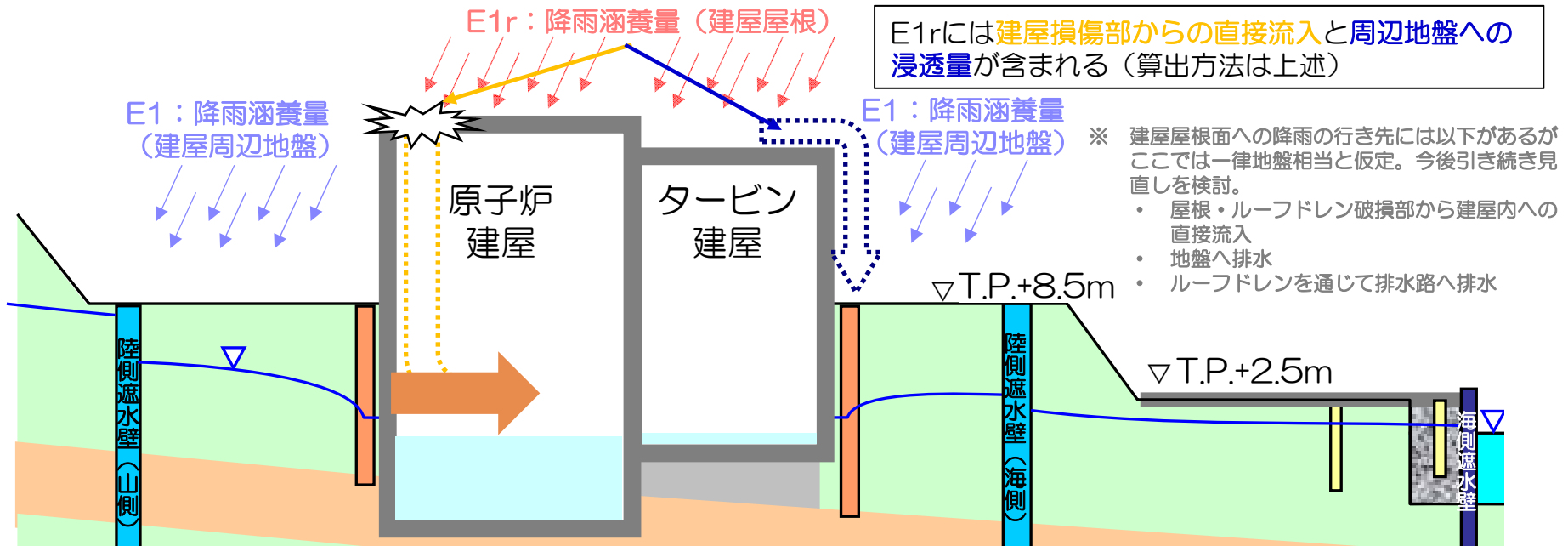
建屋屋根面(約40,000m²) *への降雨は陸側遮水壁外へ排水されると仮定し、対象外としていた。

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

<修正後>

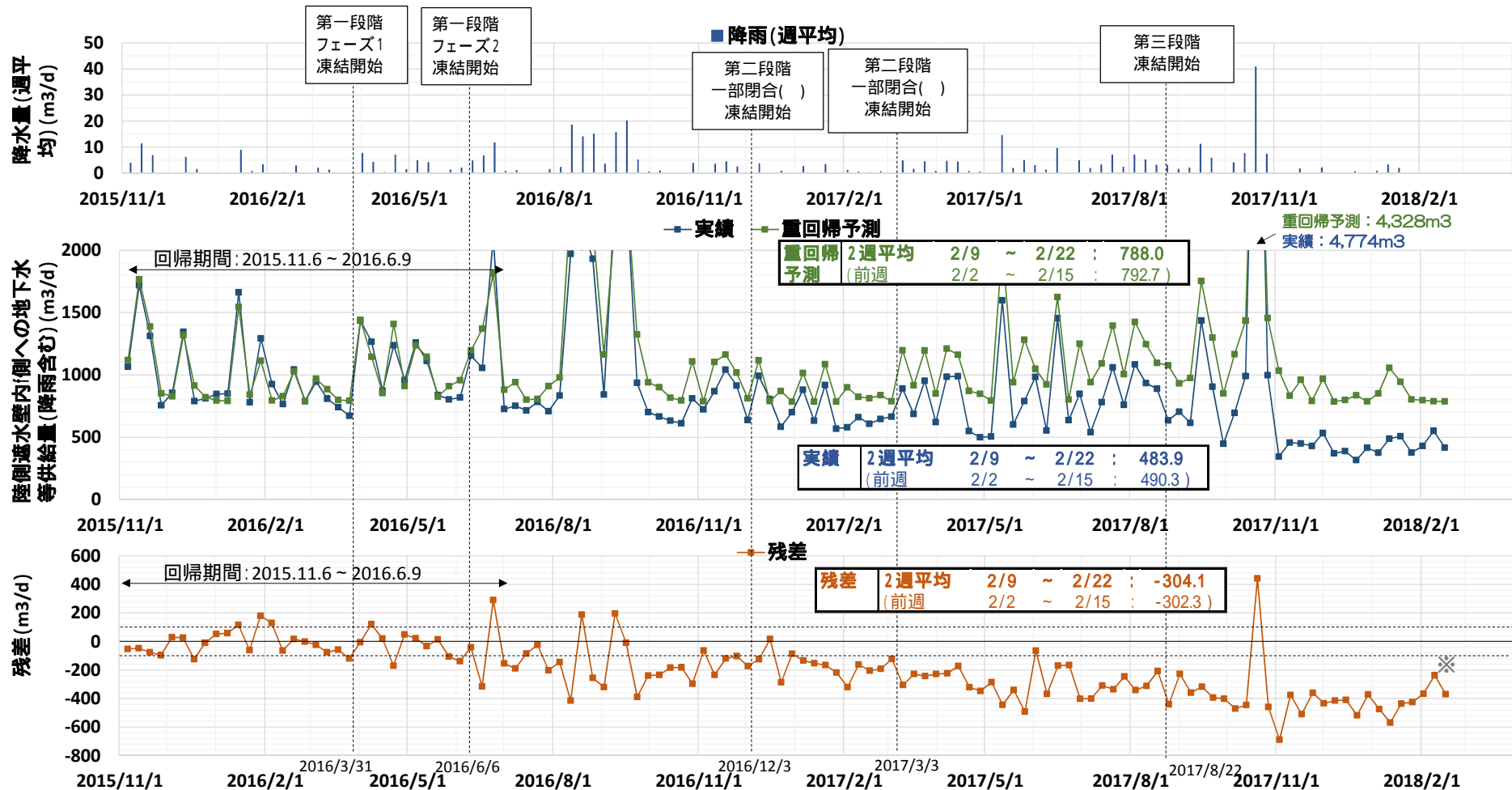
建屋屋根面(約40,000m²) *への降雨の影響について、地盤浸透相当(浸透率55%)と仮定した供給量をE1rとして評価し、建屋周辺の地盤への降雨涵養量(式中におけるE1)へ加算することで、陸側遮水壁内側エリアへの地下水等供給量から控除。ただし、評価方法および適用期間については引き続きデータを分析し、その結果を踏まえて見直しを検討。

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



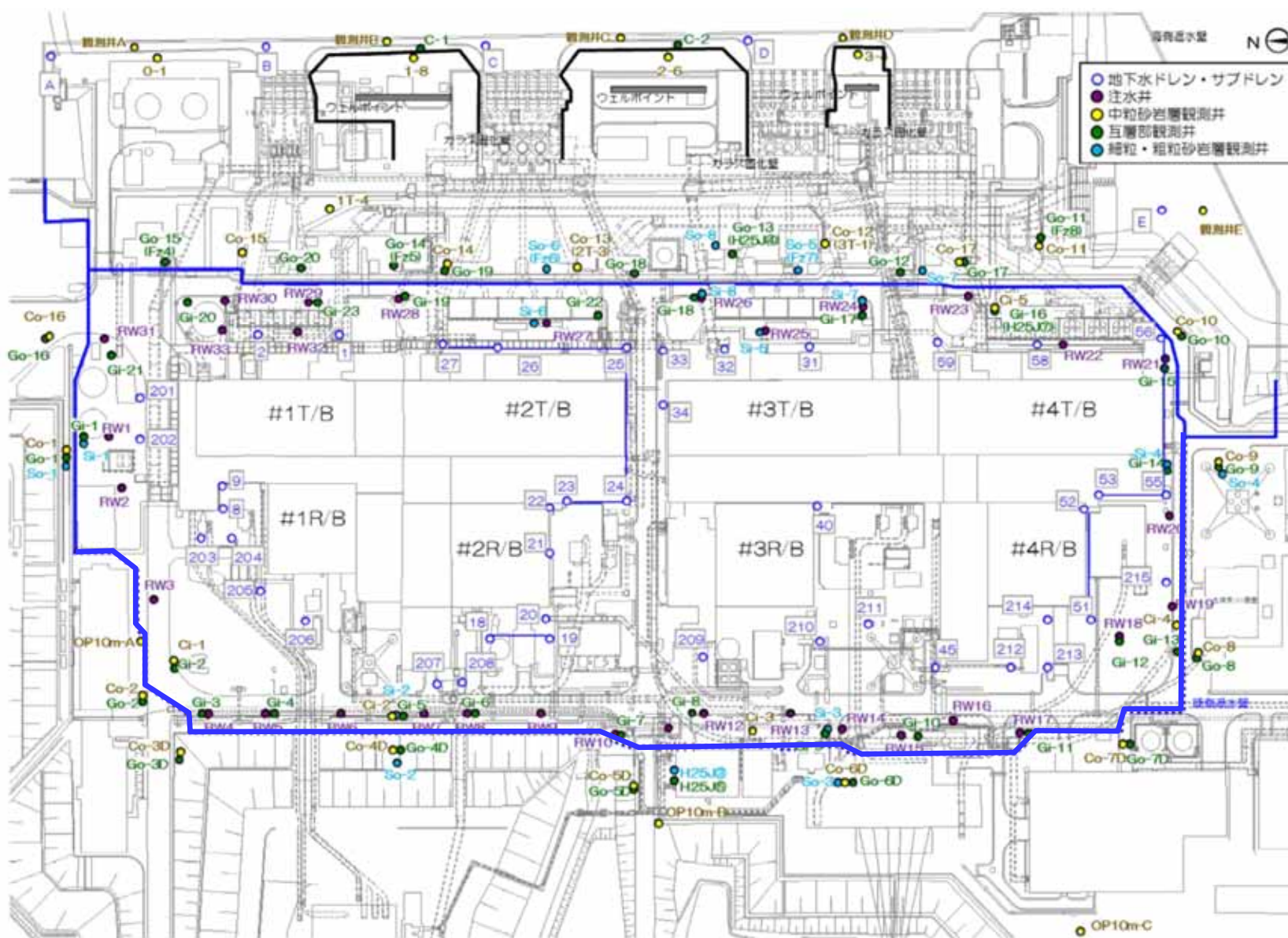
【参考】陸側遮水壁内側 重回帰予測と実績値との比較（7日間平均）

- 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300m³/日程度減少している。



※ K排水路補修作業に伴う陸側遮水壁内側エリアへの水の供給による影響が含まれている。

【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

- 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

