

汚染水処理対策委員会
陸側遮水壁の進捗状況

2016年9月27日

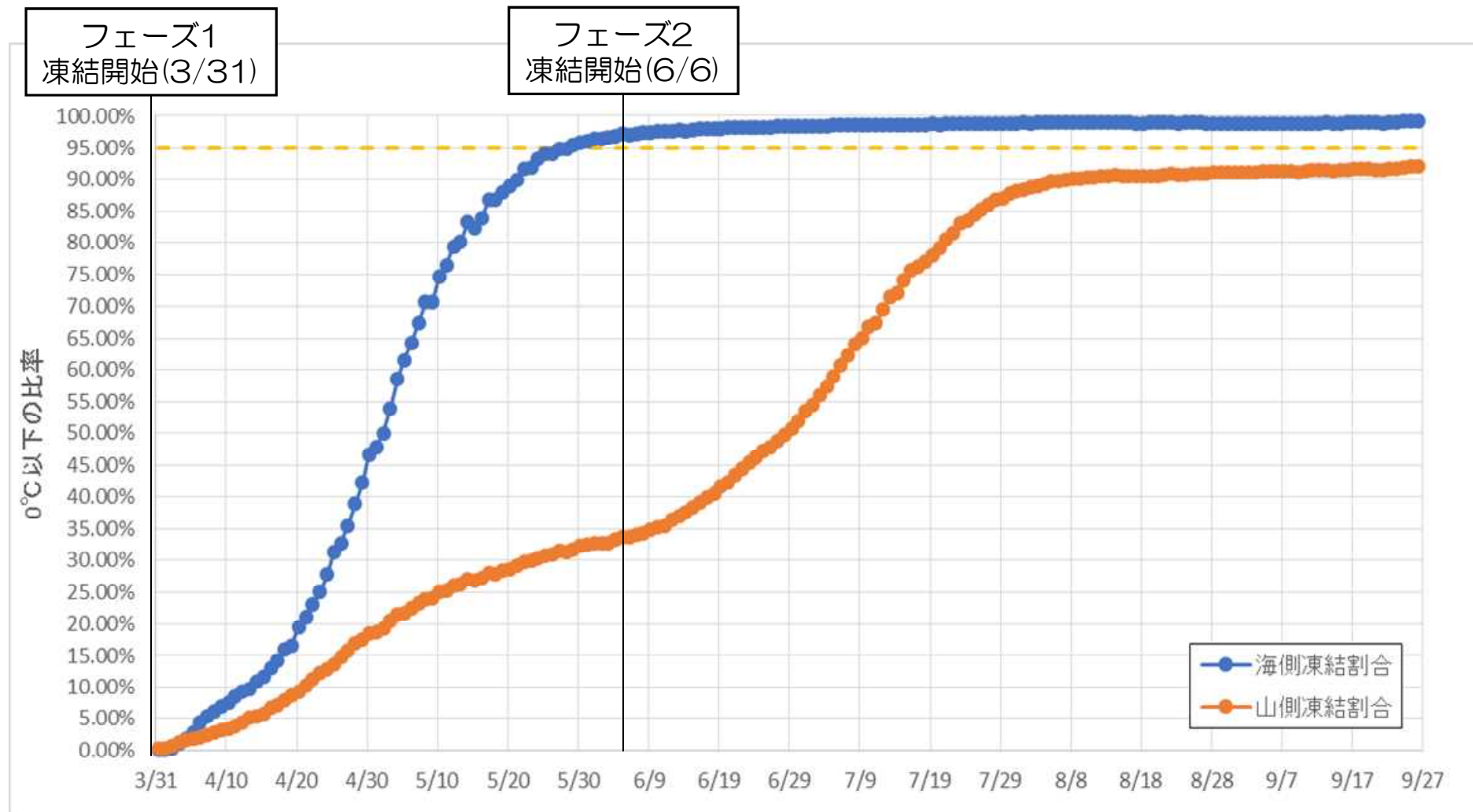
TEPCO

1. 陸側遮水壁の凍結状況
2. 陸側遮水壁の内／外水位差
3. 各種くみ上げ量の状況と4m盤への地下水移動量
4. 陸側遮水壁（海側）の補助工法実施状況

1. 陸側遮水壁の凍結状況

1.① 地中温度状況

- 地中温度計測点における0°C以下の比率の推移を下図に示す。
- 海側の地中温度計測点の0°C以下の比率は、9/26時点で99.2%となっている。
- 山側の地中温度計測点の0°C以下の比率は、9/26時点で92.1%となっている。

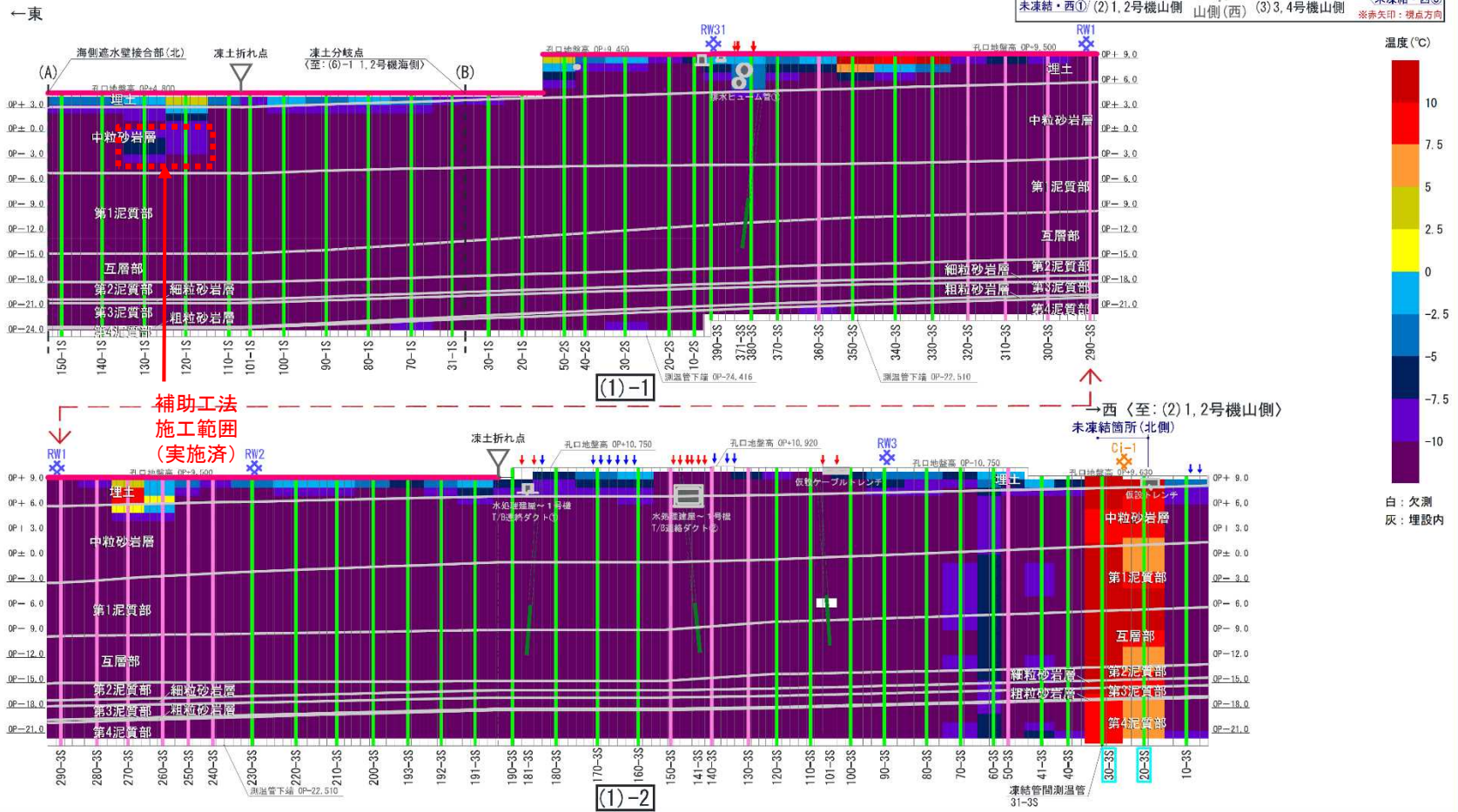
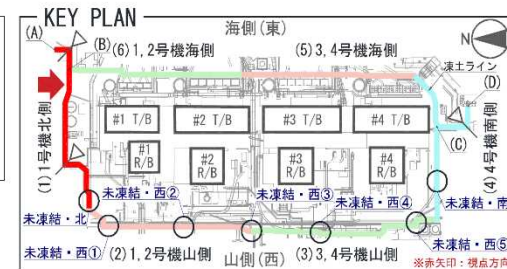


1.② 地中温度分布（1号機北側）

■ 地中温度分布図

(1) 1号機北側（北側から望む）
 （温度は9/26 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）
 - 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
 - 海側・北側一部凍結箇所

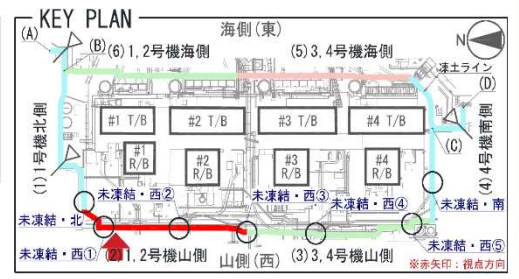


1.③ 地中温度分布 (1, 2号機山側)

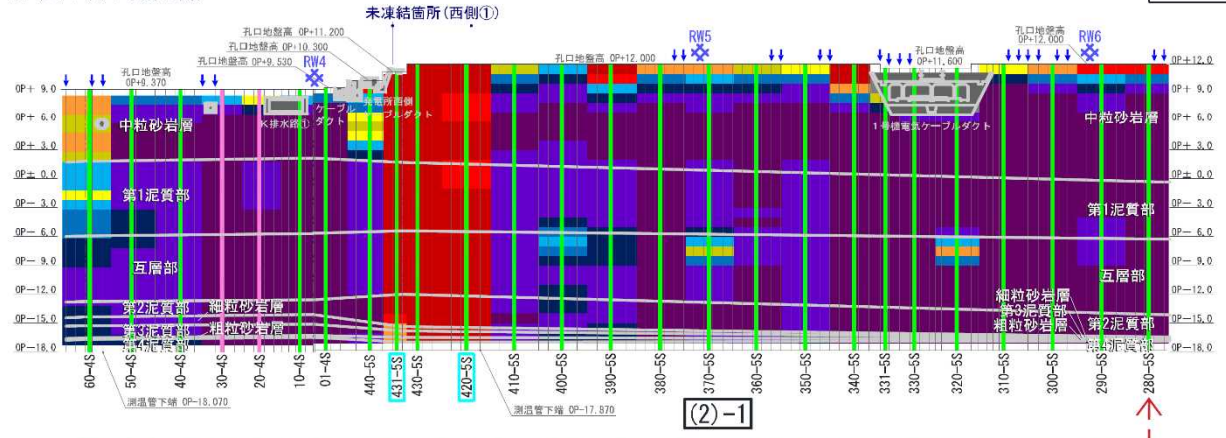
■ 地中温度分布図

(2) 1, 2号機山側 (西側から望む)
 (温度は9/26 7:00時点のデータ)

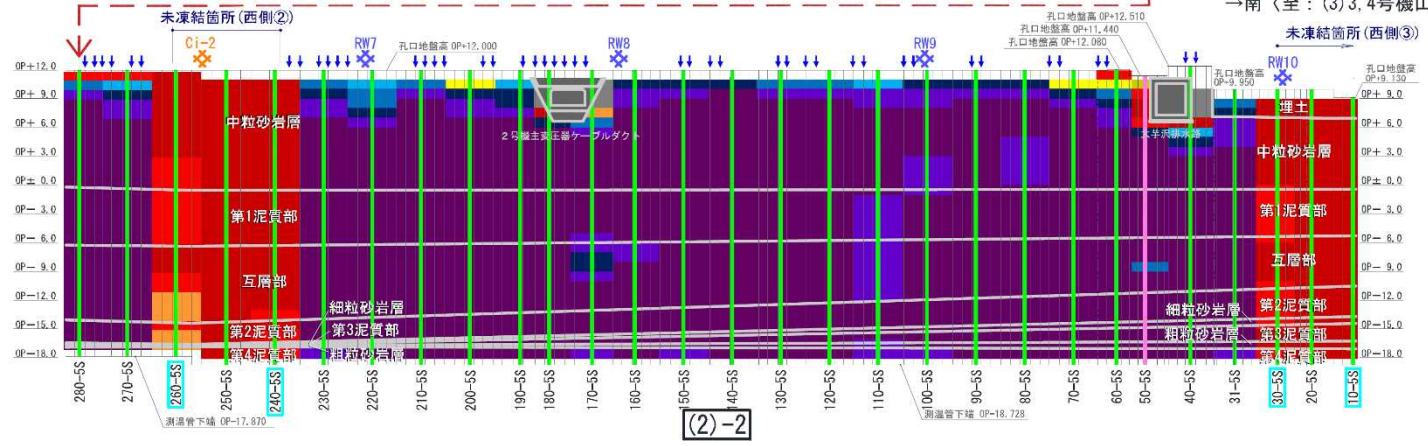
- 凡例
- : 測温管 (凍土ライン外側)
 - : 測温管 (凍土ライン内側)
 - : 測温管 (複列部斜め)
 - : 未凍結箇所管理測温管
 - ▽ : 凍土折れ点
 - ⊗ : RW (リチャージウェル)
 - ⊗ : C1 (中粒砂岩層・内側)
 - ↓ : 単列部凍結管 (先行)
 - ↓ : 複列部凍結管
 - : 海側・北側一部凍結箇所



←北 (至: (1) 1号機北側)



→南 (至: (3) 3, 4号機山側)

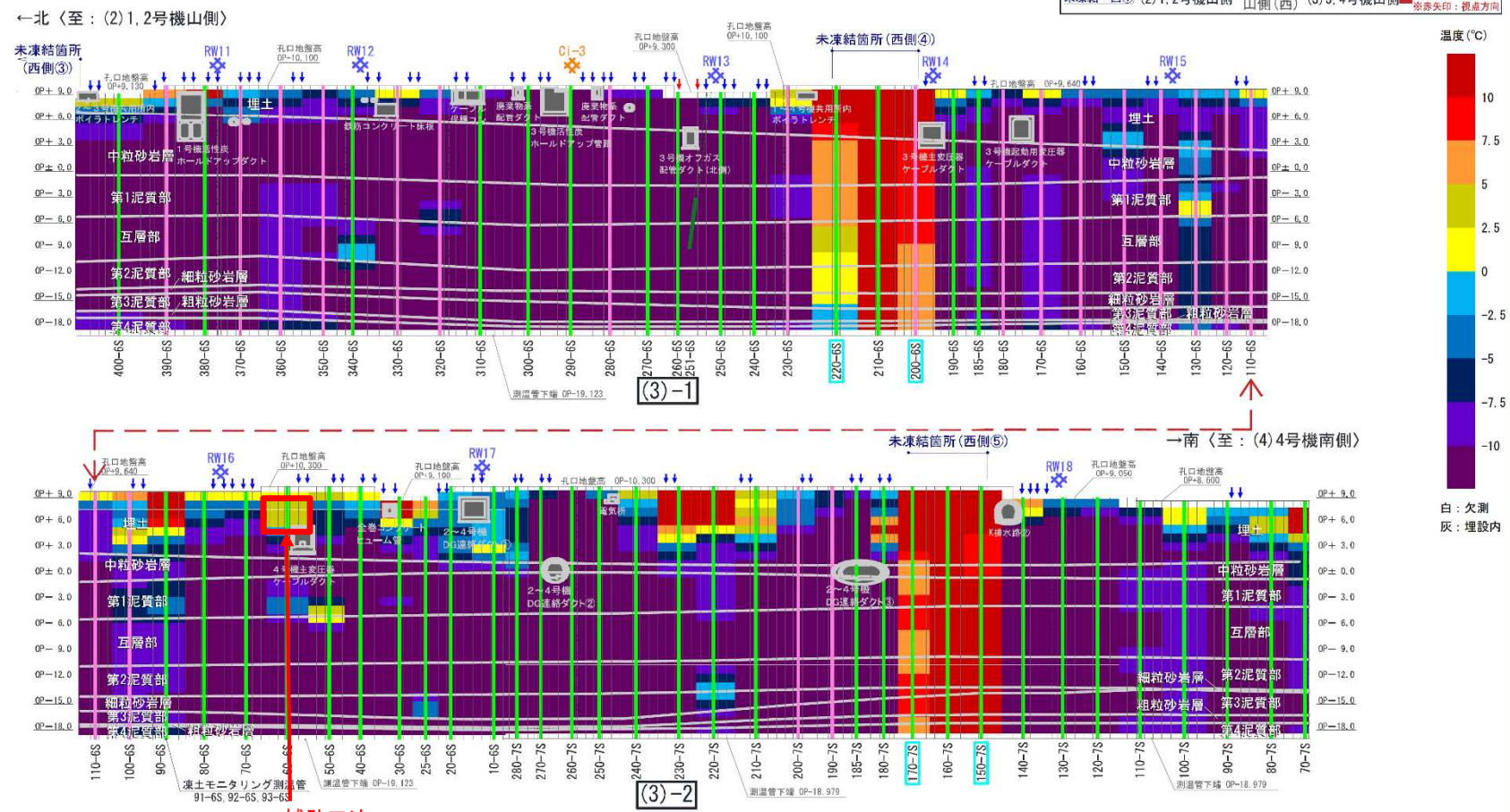
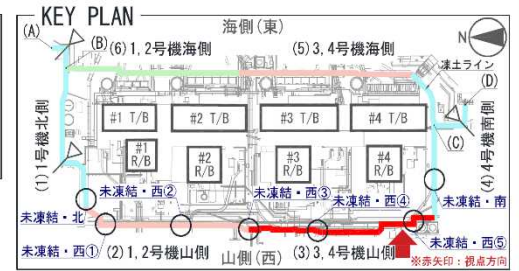


1.④ 地中温度分布 (3, 4号機山側)

■ 地中温度分布図

(3) 3, 4号機山側 (西側から望む)
(温度は9/26 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)
 - : 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
 - : 海側・北側一部凍結箇所



補助工法
施工範囲
(実施中)

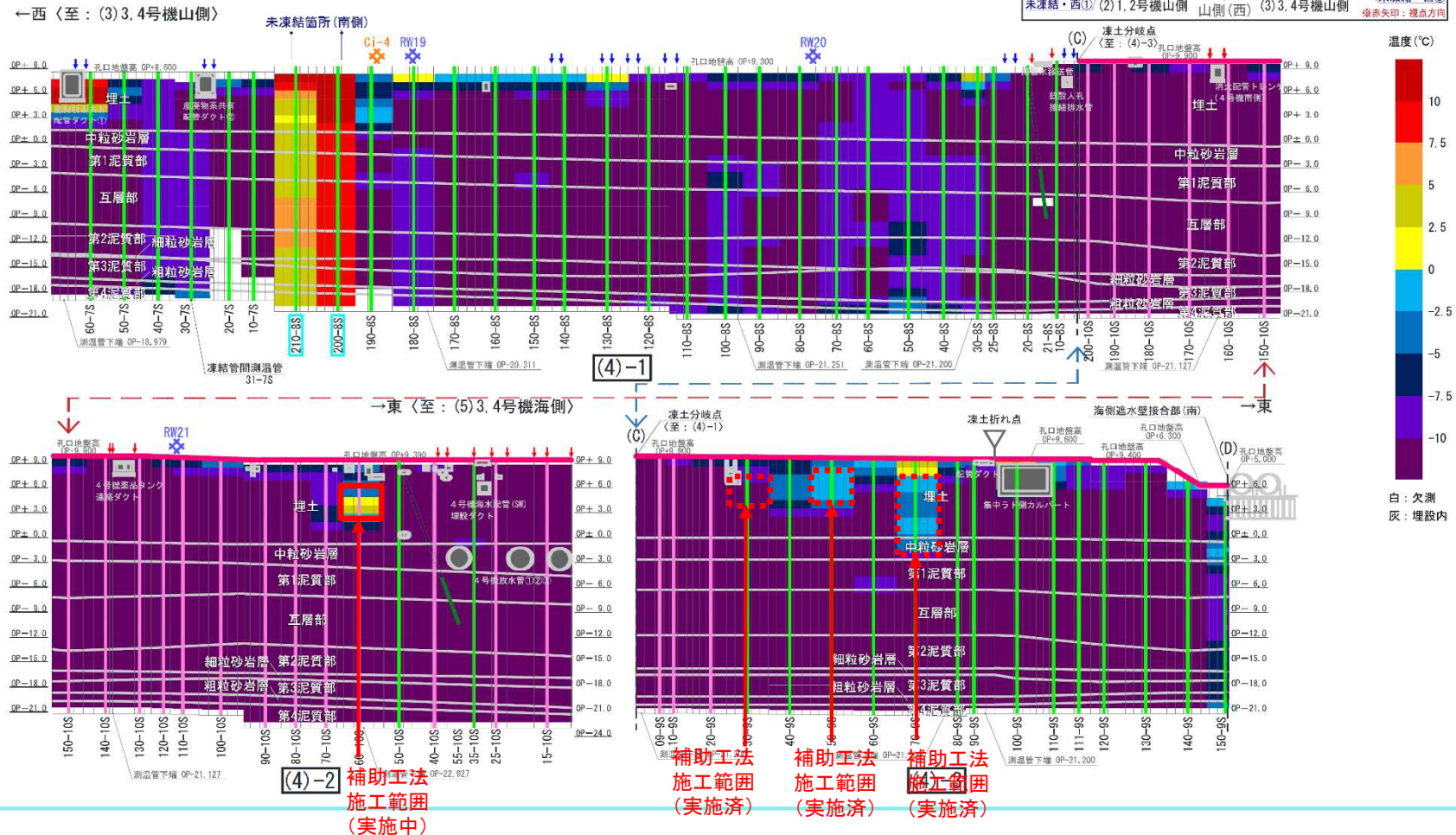
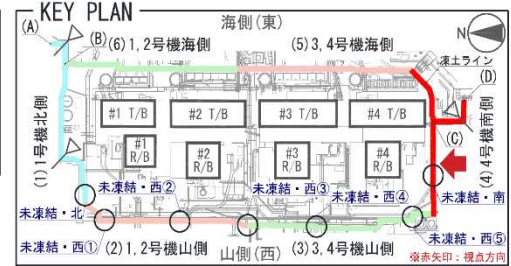
1.⑤ 地中温度分布（4号機南側）

■ 地中温度分布図

(4) 4号機南側（南側から望む）

（温度は9/26 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）
 - 未凍結箇所管理測温管
 - ▽ 凍土折れ点
 - ※ RW（リチャージ Jewel）
 - ※ CI（中粒砂岩層・内側）
 - ↓ 単列部凍結管（先行）
 - ↓ 複列部凍結管
 - 海側・北側一部凍結箇所



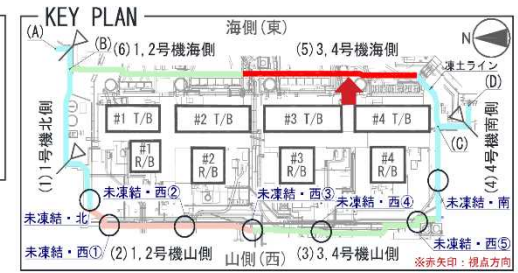
1.⑥ 地中温度分布 (3, 4号機海側)

■ 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9/26 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)
 - : 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
 - : 海側・北側一部凍結箇所

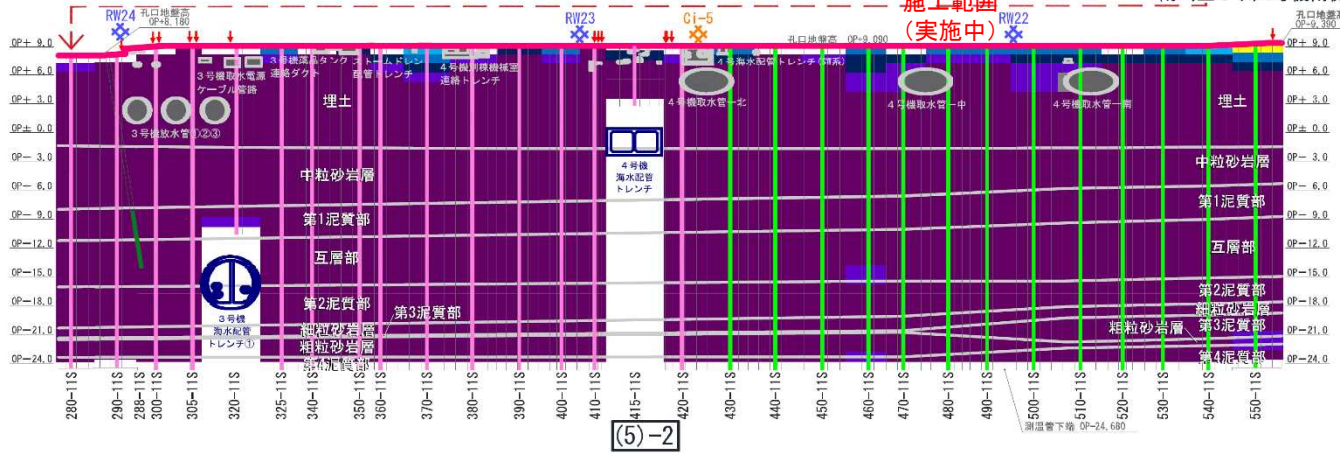


←北 (至: (6) 1, 2号機海側)



補助工法
施工範囲
(実施中)

→南 (至: (4) 4号機南側)



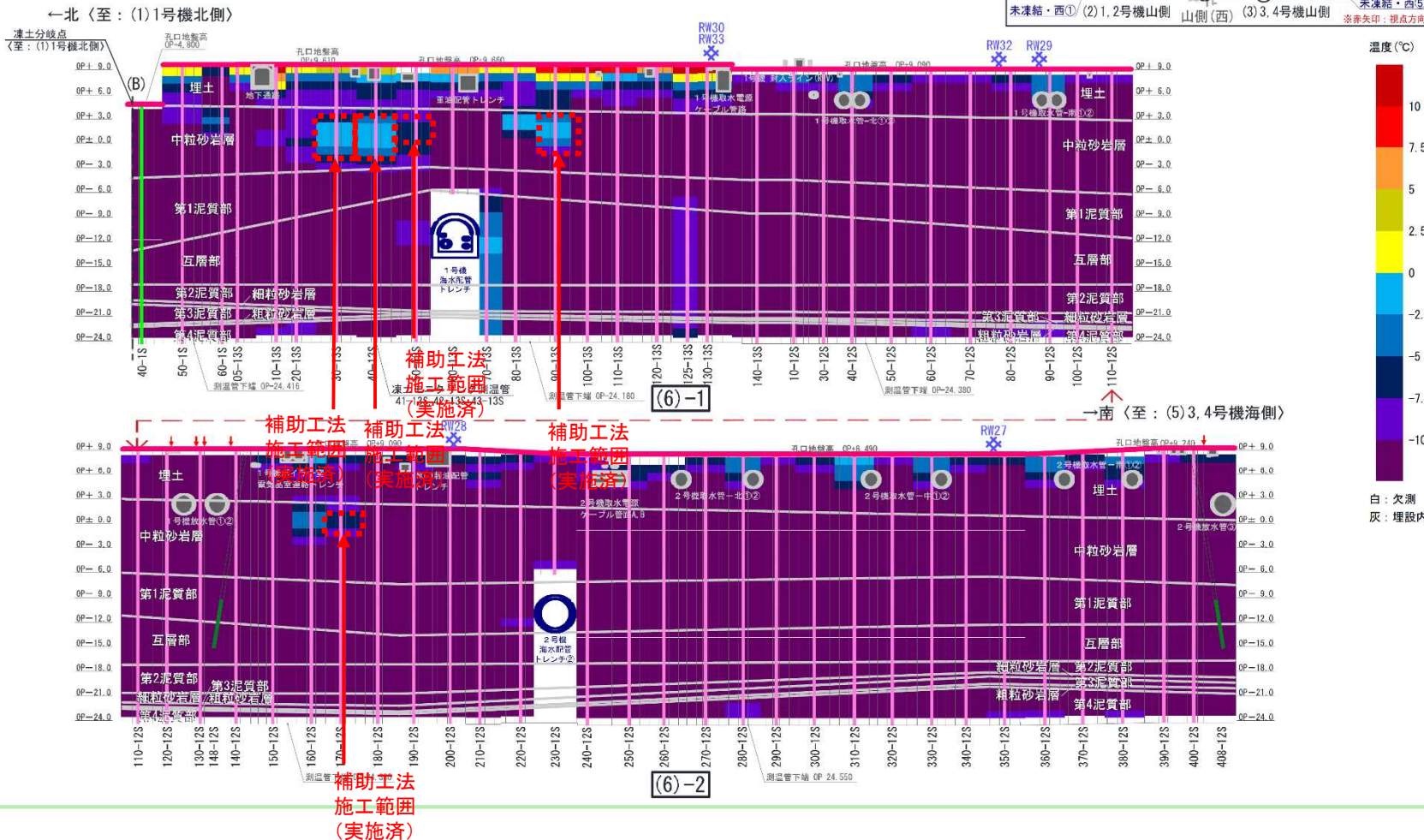
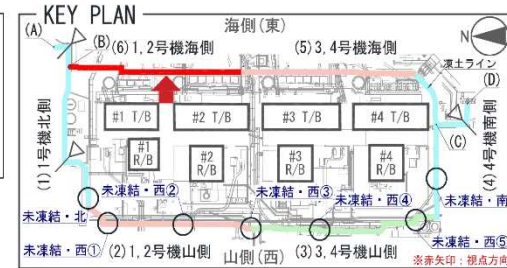
1.⑦ 地中温度分布（1, 2号機海側）

■ 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9/26 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）
 - 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
 - 海側・北側一部凍結箇所



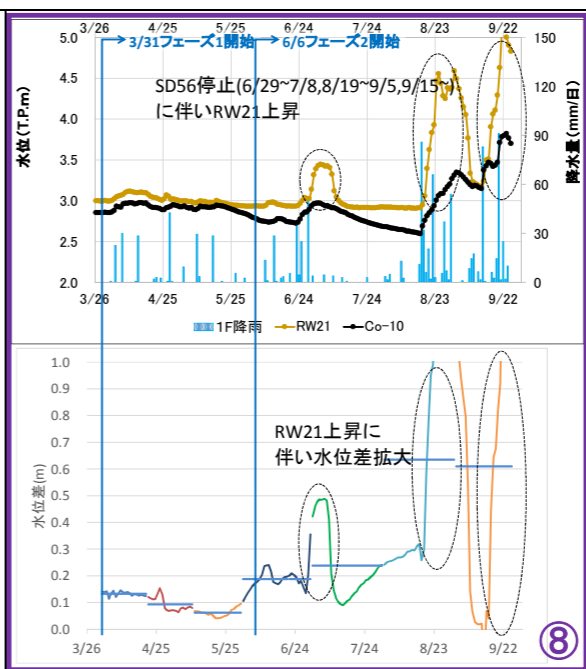
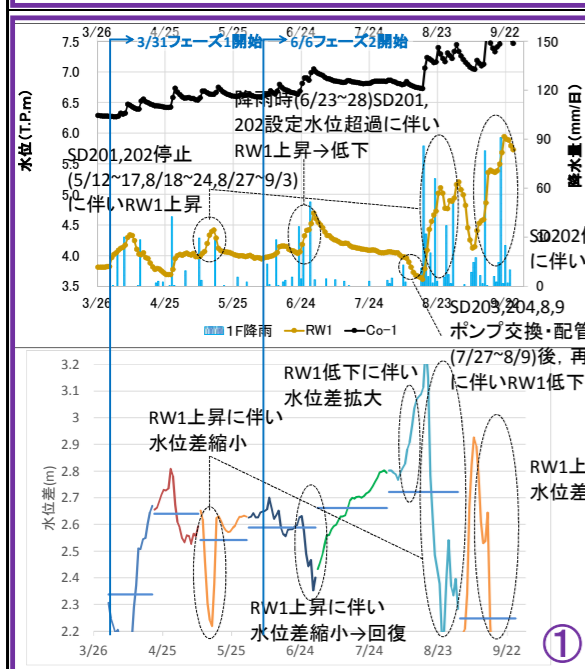
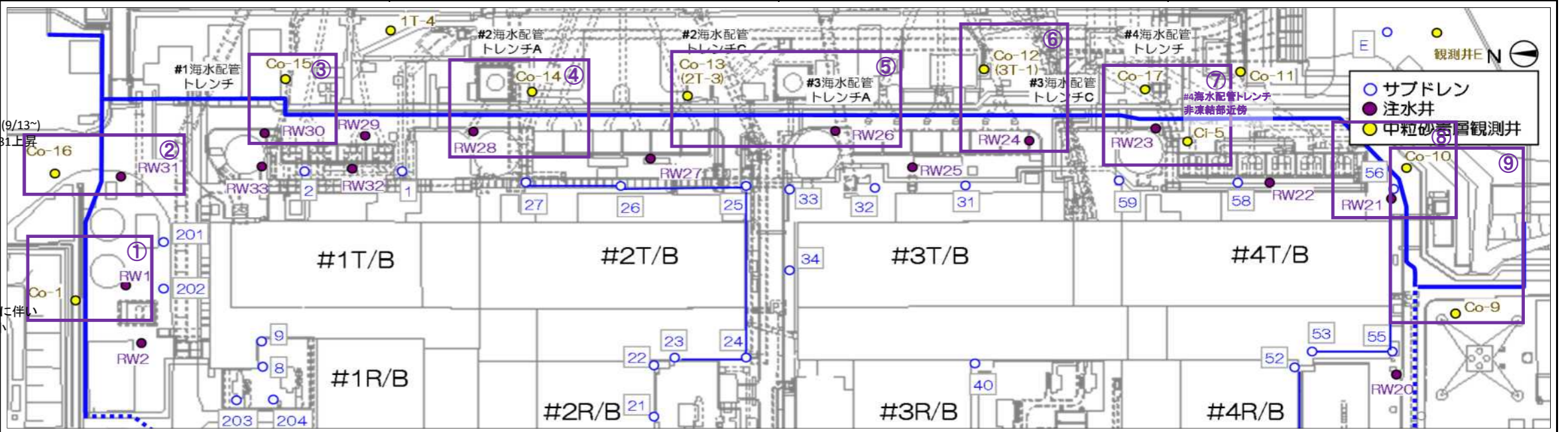
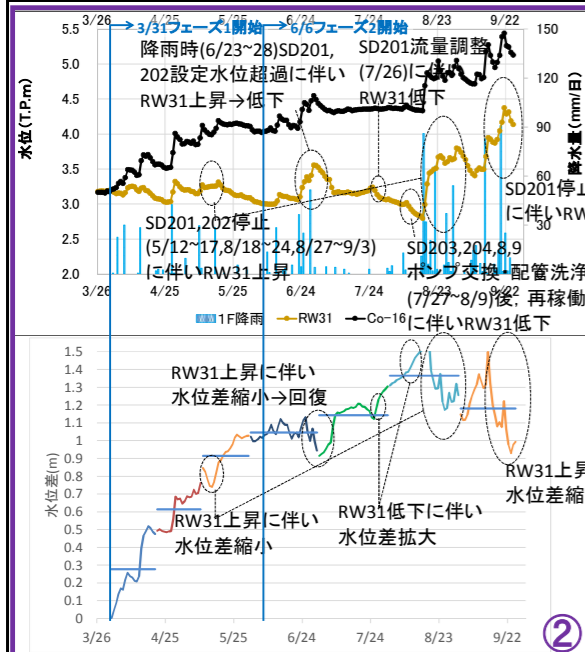
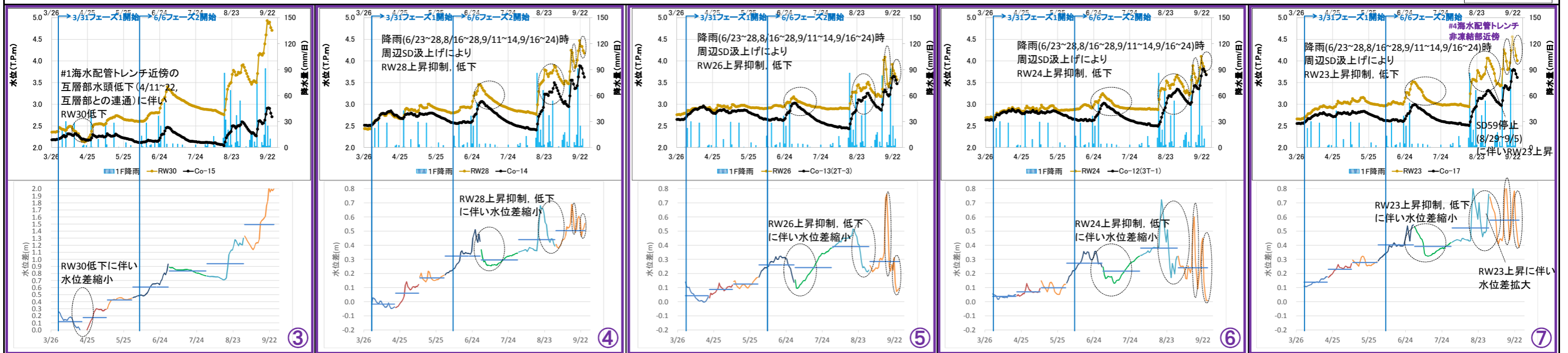
2. 陸側遮水壁の内／外水位差

2.① 陸側遮水壁の内／外水位差

- 陸側遮水壁周辺の地下水位は、流れの上流側のほうが下流側に比べて高く、その差は拡大する傾向にある。
- 陸側遮水壁内側の地下水位は、サブドレン稼働状況の影響を受けて推移している。
- 降雨時には、陸側遮水壁（海側）を挟んで上流側の水位の上昇が顕著であり、内外水位差が拡大するものの、サブドレン稼働の影響により、内側（上流側）の水位上昇が抑制され、内外水位差は低下する傾向にある。

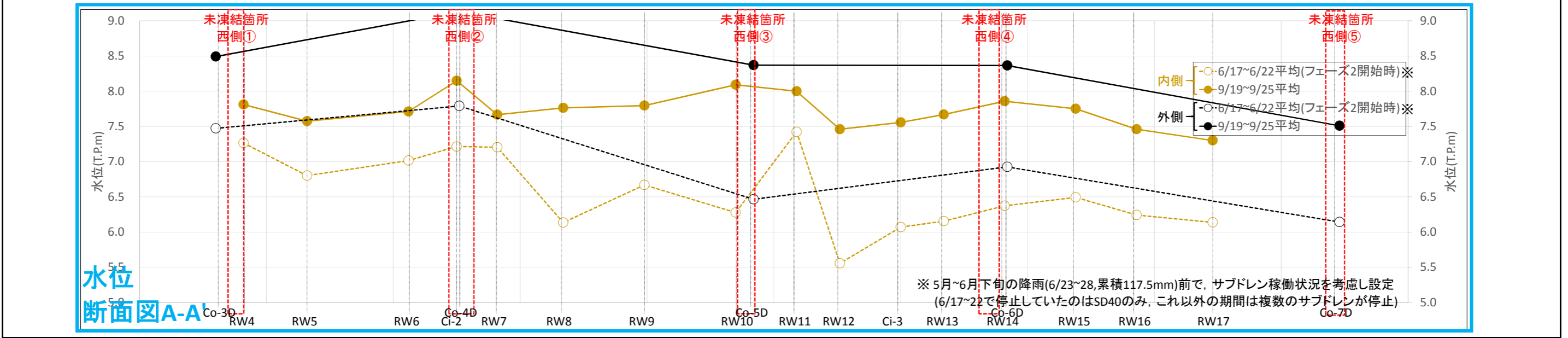
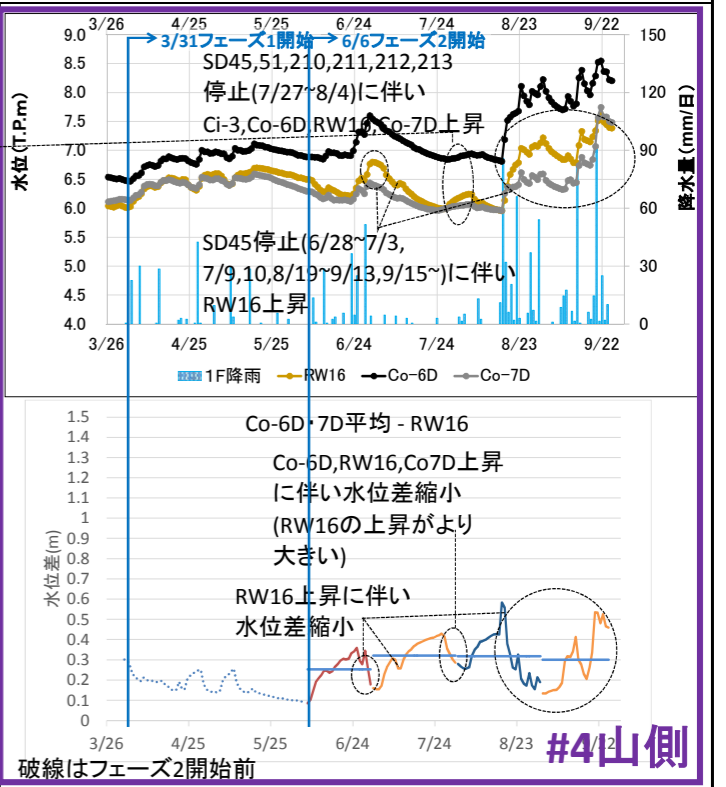
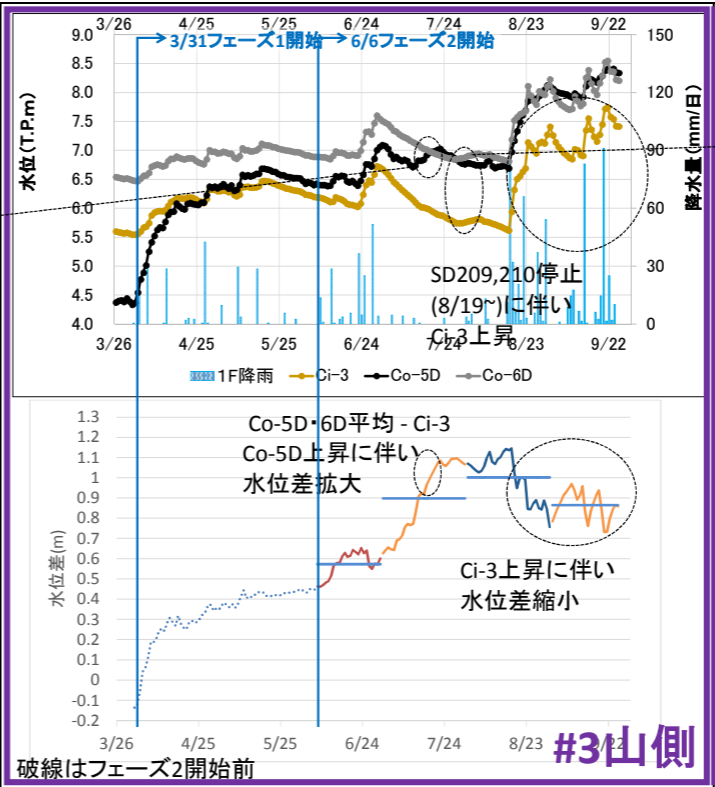
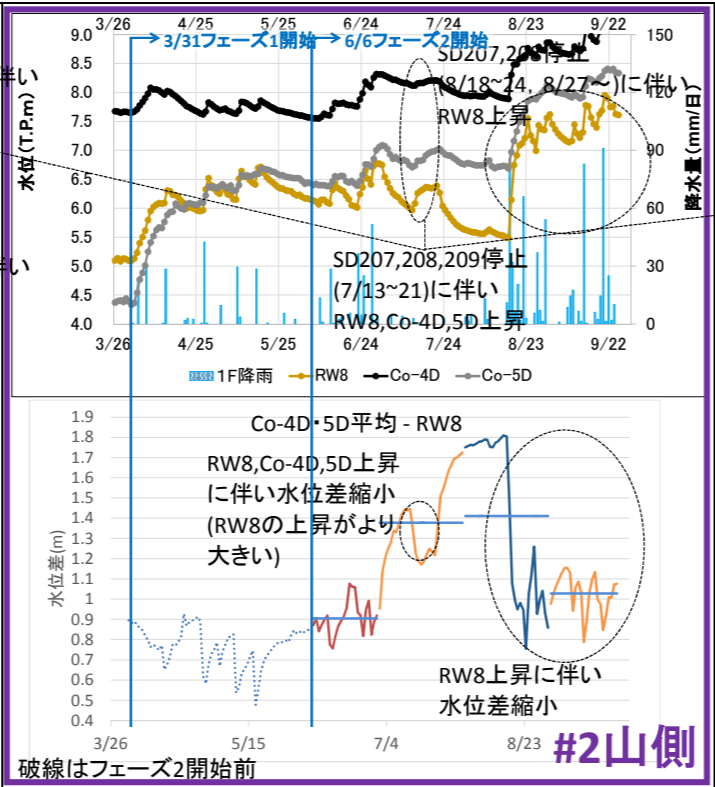
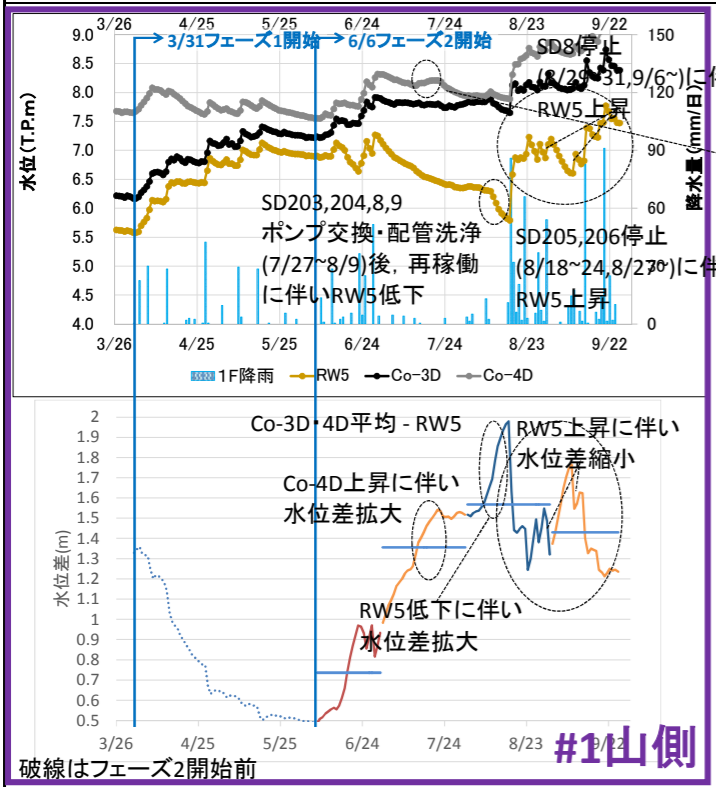
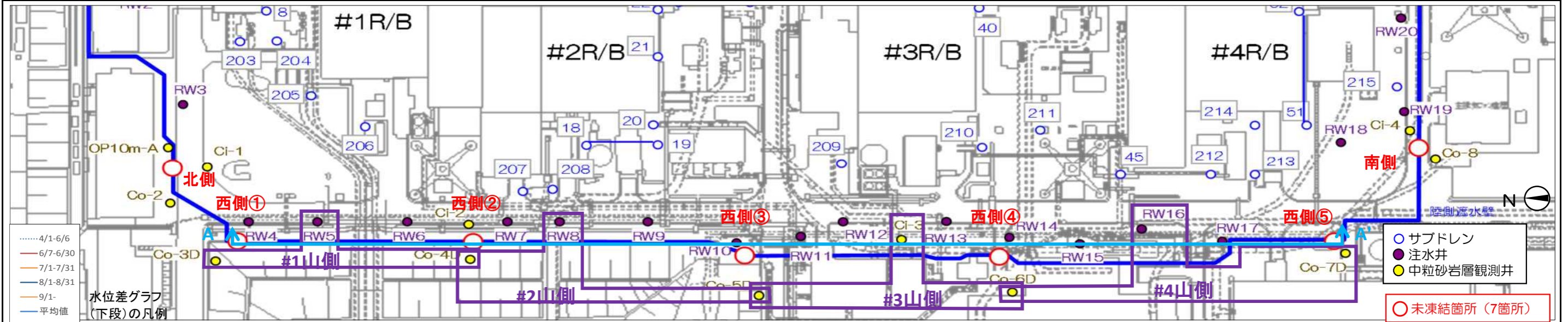
陸側遮水壁(海側) 中粒砂岩層 内/外水位差

2016/9/25更新



水位差グラフ(下段)の凡例

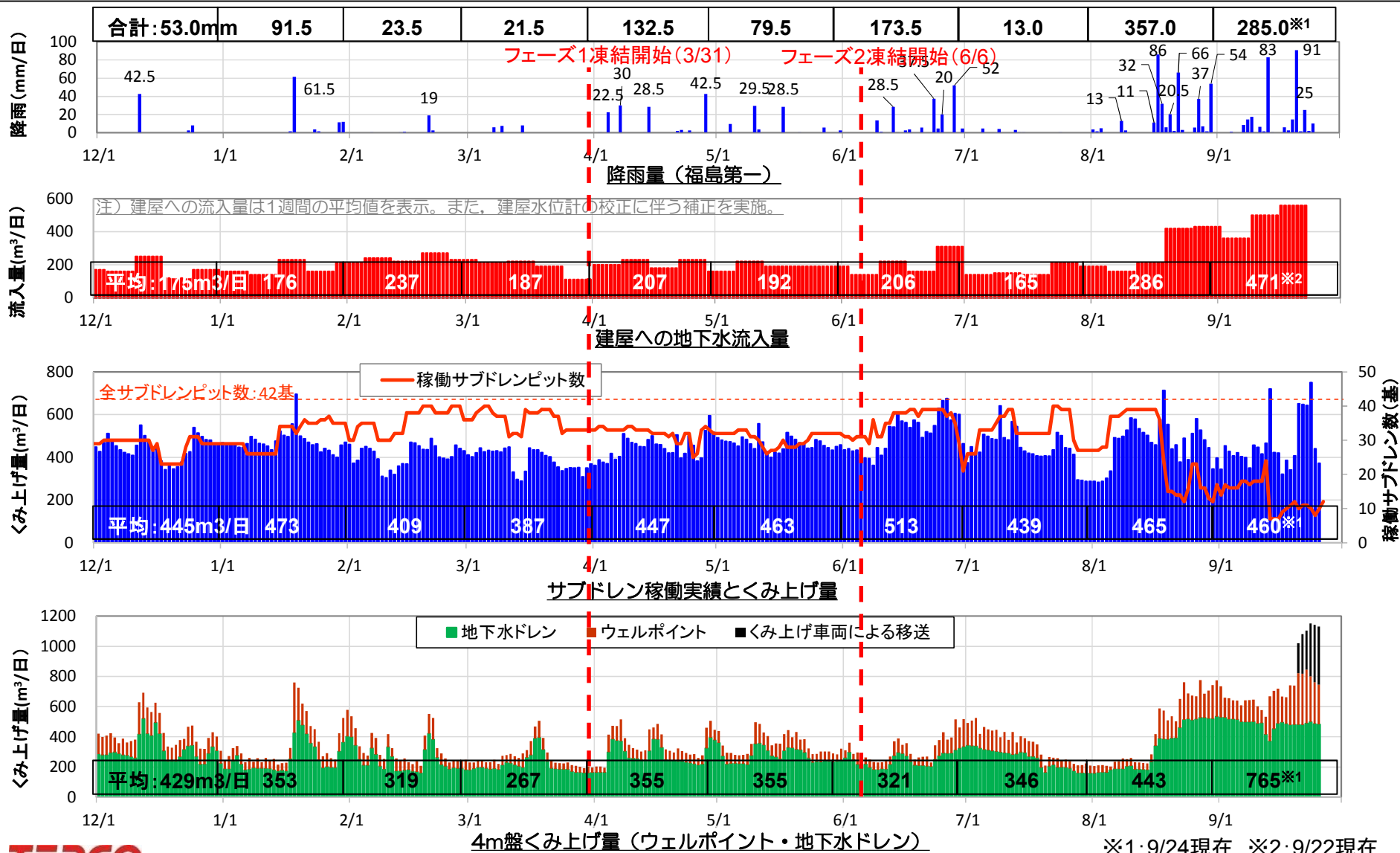
- 4/1-4/20
- 4/21-5/10
- 5/11-5/31
- 6/1-6/30
- 7/1-7/31
- 8/1-8/31
- 9/1-
- 平均値



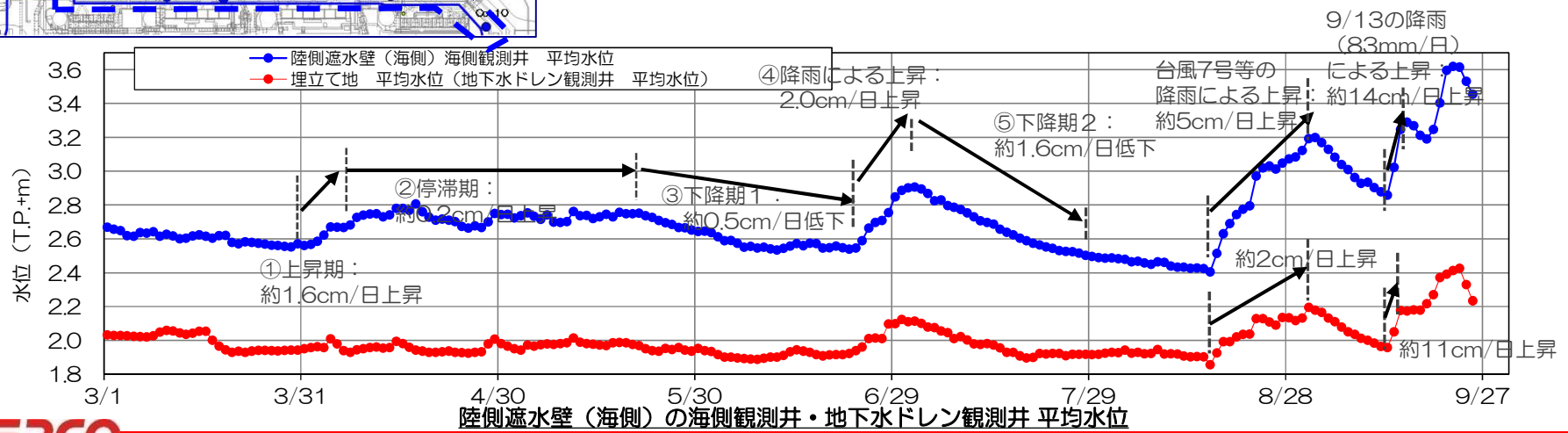
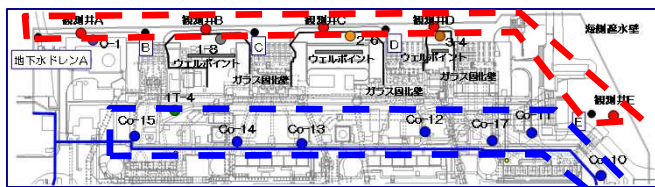
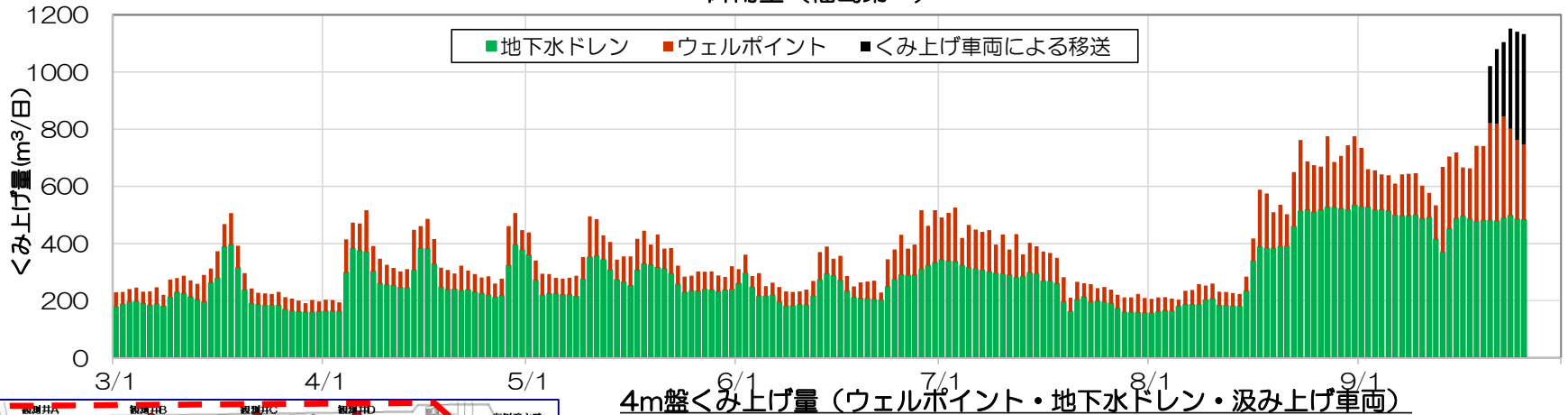
3. 各種くみ上げ量の状況と4m盤への地下水移動量

3.① 1F降雨と建屋への地下水流入量・各くみ上げ量の推移

- 建屋流入量の平均値は、7月までは200m³/日前後で推移していたが、8月中旬以降、降雨の影響により増大。
- サブドレンくみ上げ量の平均値は400~500m³/日程度で推移。
- 4m盤くみ上げ量の平均値は7月までは350m³/日前後で推移していたが、8月中旬以降、降雨の影響により増大。



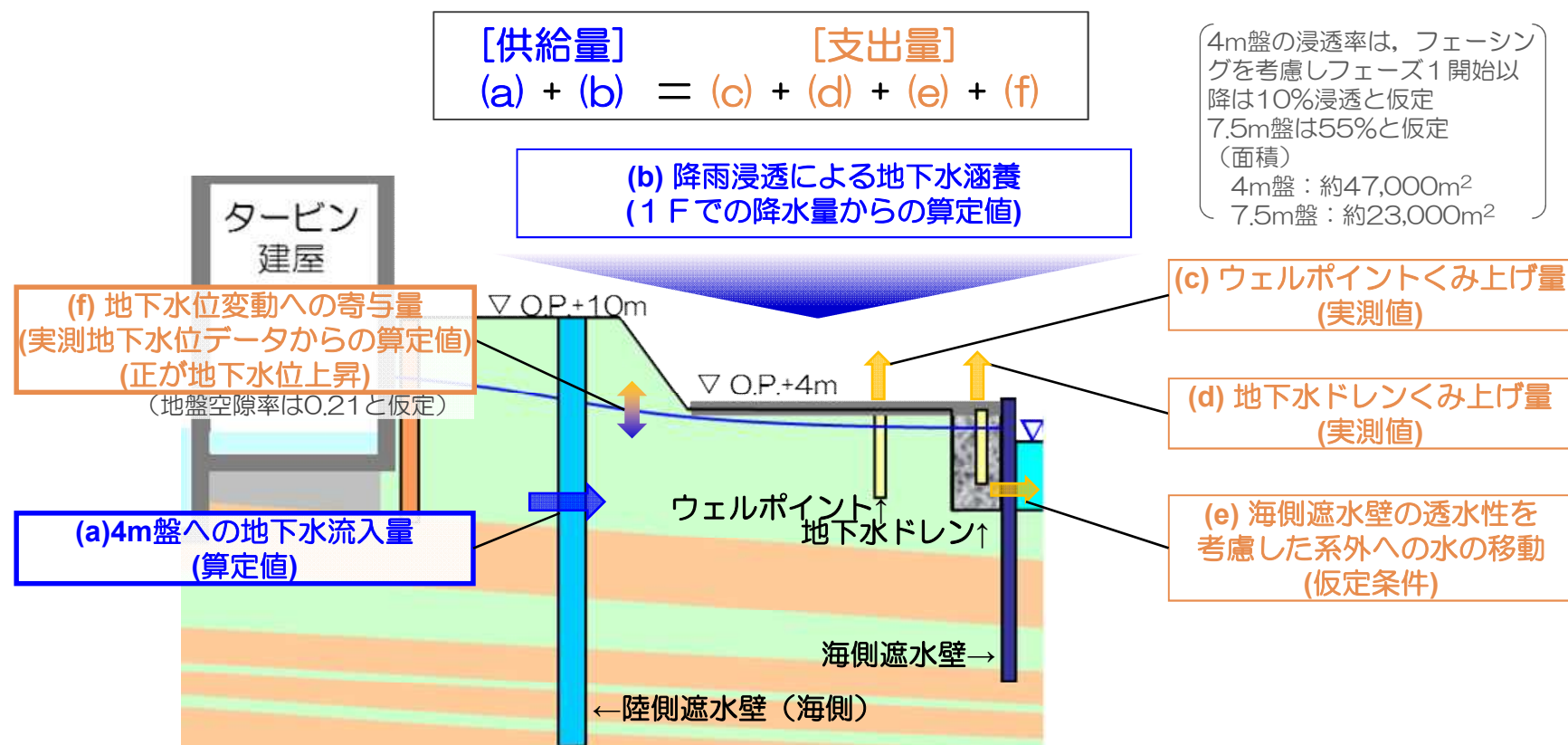
3.② 4m盤くみ上げ量と陸側遮水壁の海側および埋立て地水位の推移



【参考】4m盤の地下水収支の算定の考え方（実測値・算定値・仮定条件 等）

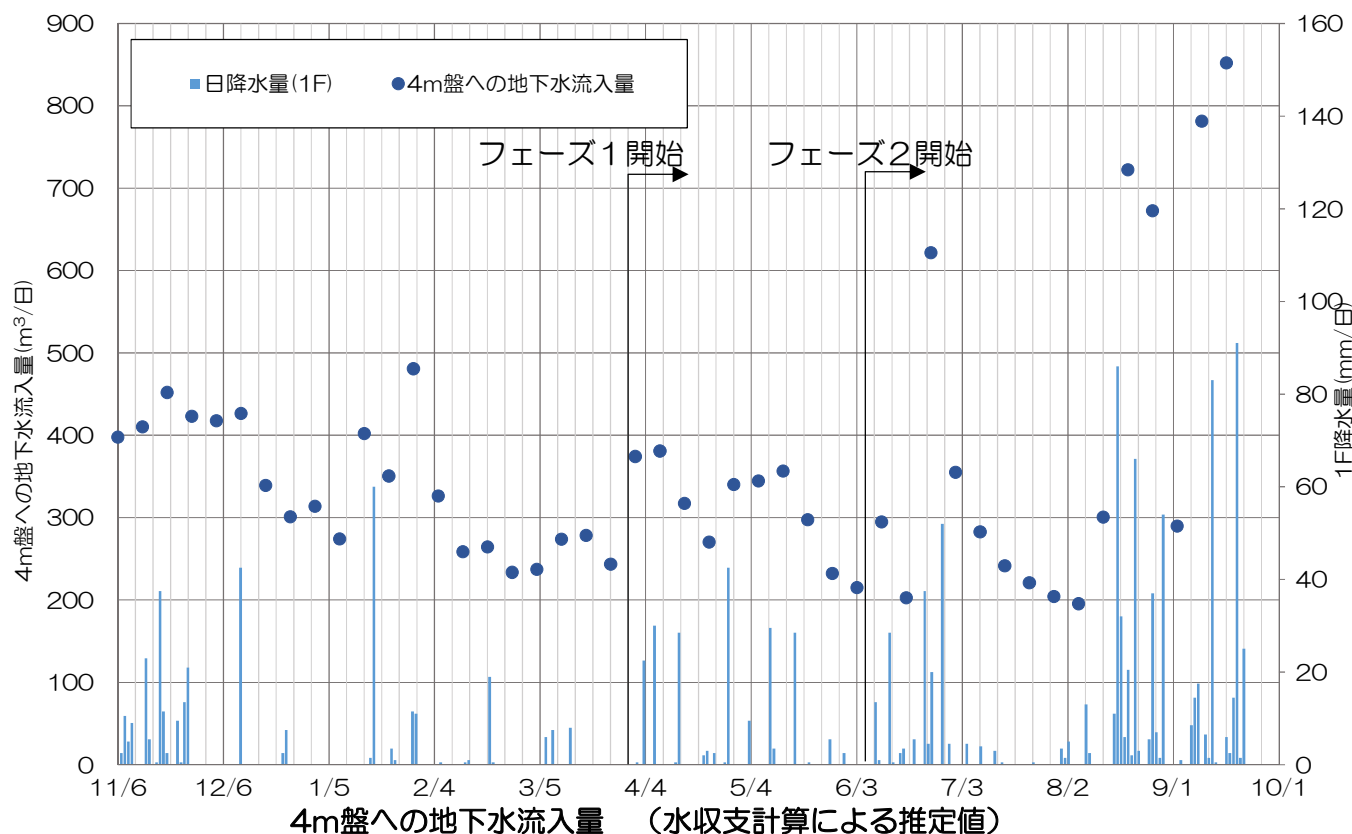
- 4m盤の地下水流入量は，下図の地下水収支に示す通り，ウェルポイント・地下水ドレンのくみ上げ量の実績に地下水位変動等を考慮し，下式(1)にて算定のうえ，減少傾向を確認していく。

$$\begin{aligned}
 \text{(a) 4m盤への地下水流入量 (算定値)} &= \text{(c) ウェルポイントくみ上げ量 (実測値)} \\
 &+ \text{(d) 地下水ドレンくみ上げ量 (実測値)} \\
 &+ \text{(e) 海側遮水壁の透水性を考慮した系外への水の移動 (仮定条件)} \\
 &+ \text{(f) 地下水位変動への寄与量 (実測地下水位データからの算定値)} \\
 &- \text{(b) 降雨浸透による地下水涵養 (1 Fでの降水量からの算定値)} \quad \dots(1)
 \end{aligned}$$



3.③ 4m盤への地下水流入状況の変化

- 4m盤のくみ上げ量（地下水ドレン・ウェルポイント）と地下水位の変動から、4m盤への地下水流入量を算定した。
- 4m盤への地下水流入量は、降雨の多寡によって変動があるが、7月以降、減少傾向が見られており、凍結開始前の降雨の少ない1～3月に250～400m³/日程度であったのに対し、8月上旬には200m³/日まで減少している。
- 8月後半や9月上旬などの降雨後は、その影響を受け、4m盤への地下水流入量は増加している。



（算定方法）

$$\text{4m盤への地下水流入量}^* = \text{地下水ドレン・ウェルポイントのくみ上げ量} + \text{地下水位変動への寄与量} - \text{降雨浸透による地下水涵養量}$$

（算定条件）

※ 但し、4m盤への地下水流入量の算定に当たっては、現在補助工法を実施中の箇所からの流入分を含む

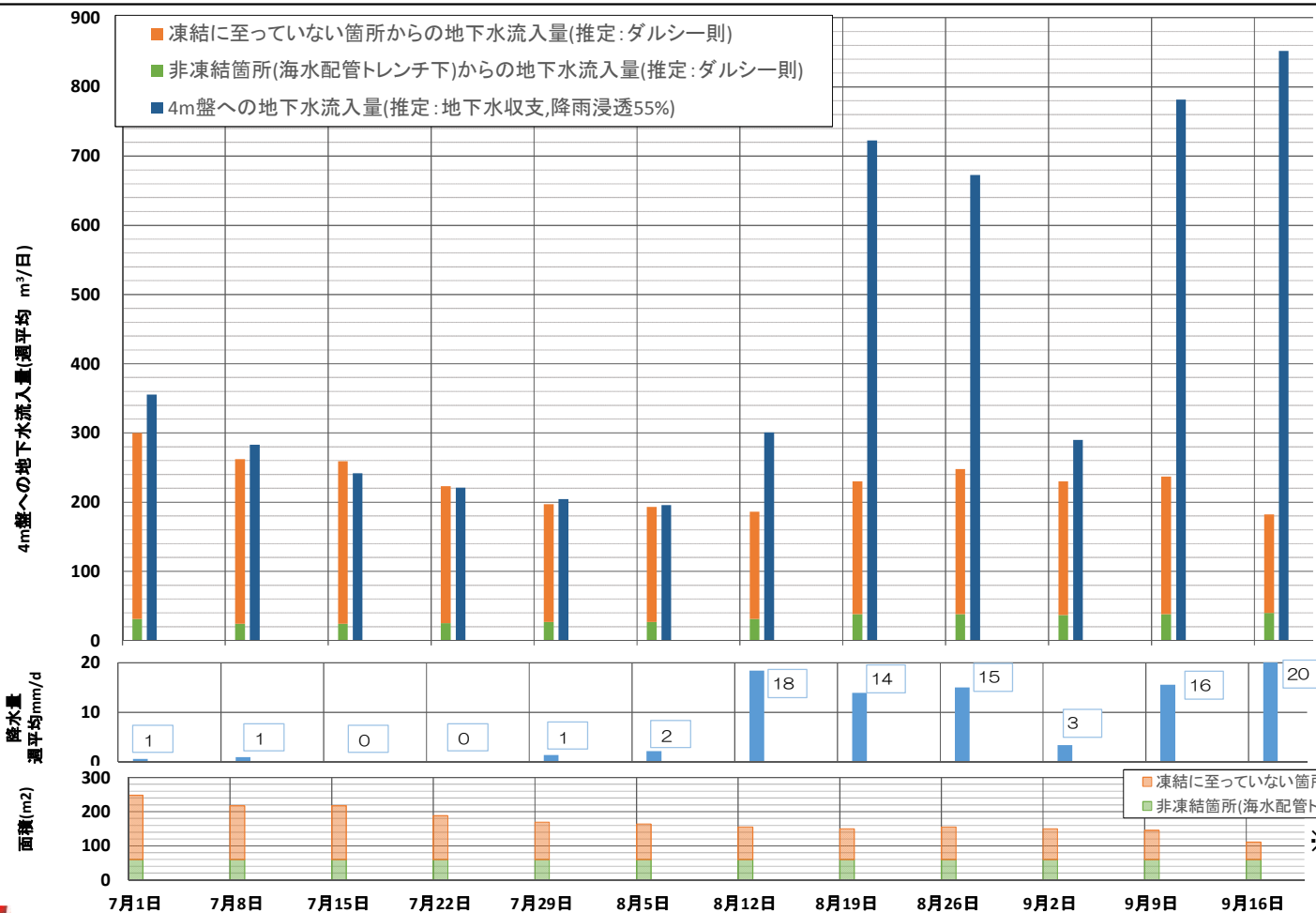
【地下水位変動への寄与量】の算定に当たり、地盤空隙率は0.21と設定した。

3.④ 4m盤への地下水流入量 「水収支による推定値」と「未凍結面積と内外水位差による推定値」の比較

- 「水収支に基づく4m盤への地下水流入量の推定値」と「陸側遮水壁(海側)の凍結に至っていない箇所・非凍結箇所(1~4号海水配管トレンチ下)の面積と内外水位差からの推定値」について、週毎に比較した。
- 両者の値は、少雨時(7/1週~8/5週)においては概ね同程度となっている。ただし、どちらの推定方法も仮定条件下のものであり、不確実性を含んでいる。

参照スライド：【参考】4m盤の地下水収支の算定の考え方、【参考】未凍結面積と内外水位差による4m盤への地下水流入量推定方法(ダルシーの法則に基づく)

- 一方で、8月後半や9月上旬の大雨時には両者に隔たりが生じている。



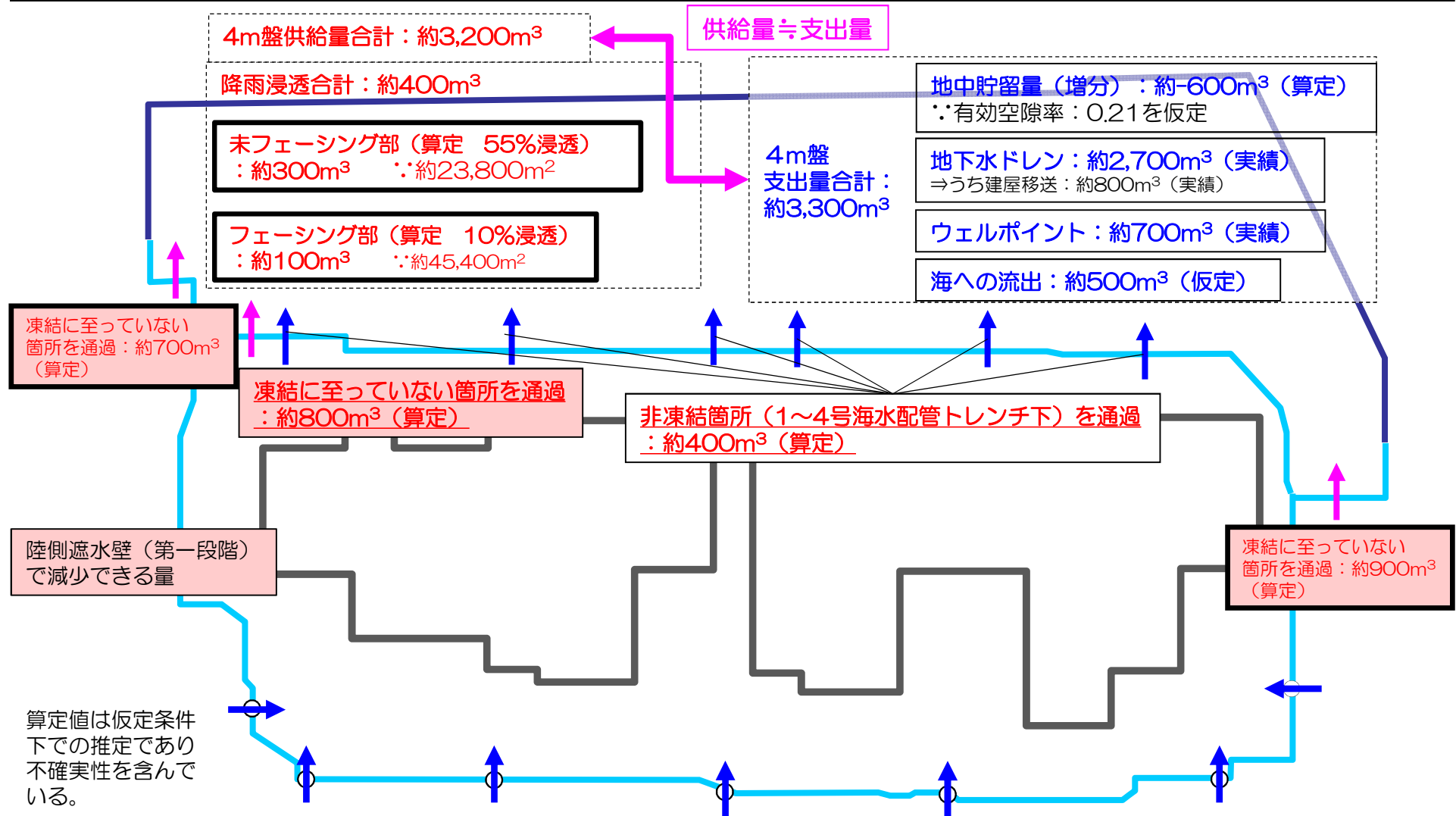
※凍結に至っていない箇所の面積は地下水位以下の面積としている。

3.⑤ 4m盤水収支の推定 (8/1~15 降雨量：25.5mm)

- 8/1~15の4m盤の水収支について供給量と支出量を以下の式によりそれぞれ算定したところ、概ね同程度の量となっている。

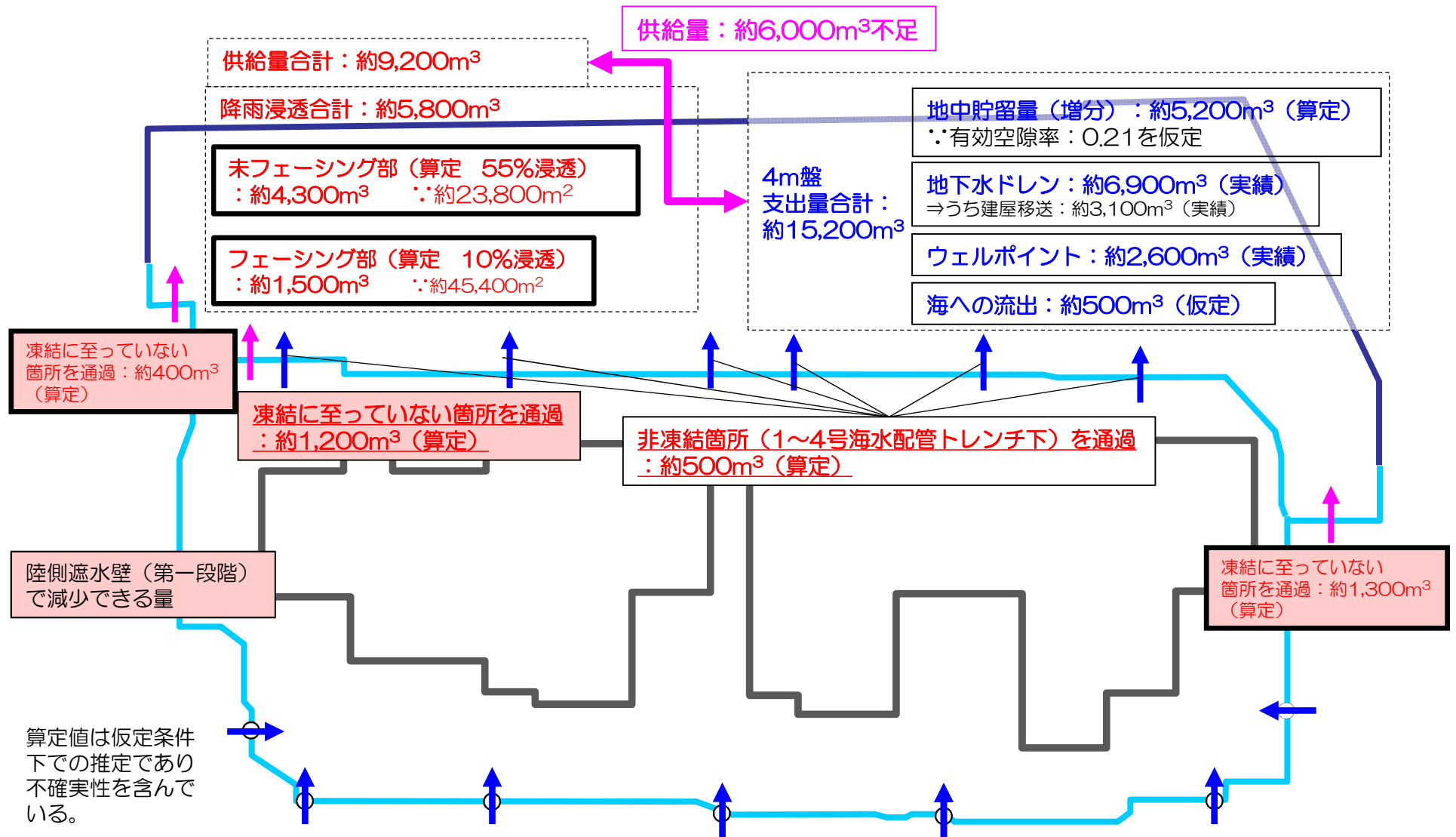
$$\text{供給量} = \text{降雨浸透} + \text{凍結に至っていない箇所を通じた地下水流入量} + \text{非凍結箇所 (1~4号海水配管トレンチ下) を通じた地下水流入量}$$

$$\text{支出量} = \text{4m盤くみ上げ量 (地下水ドレン・ウェルポイント)} + \text{地中貯留量} + \text{海への流出量}$$



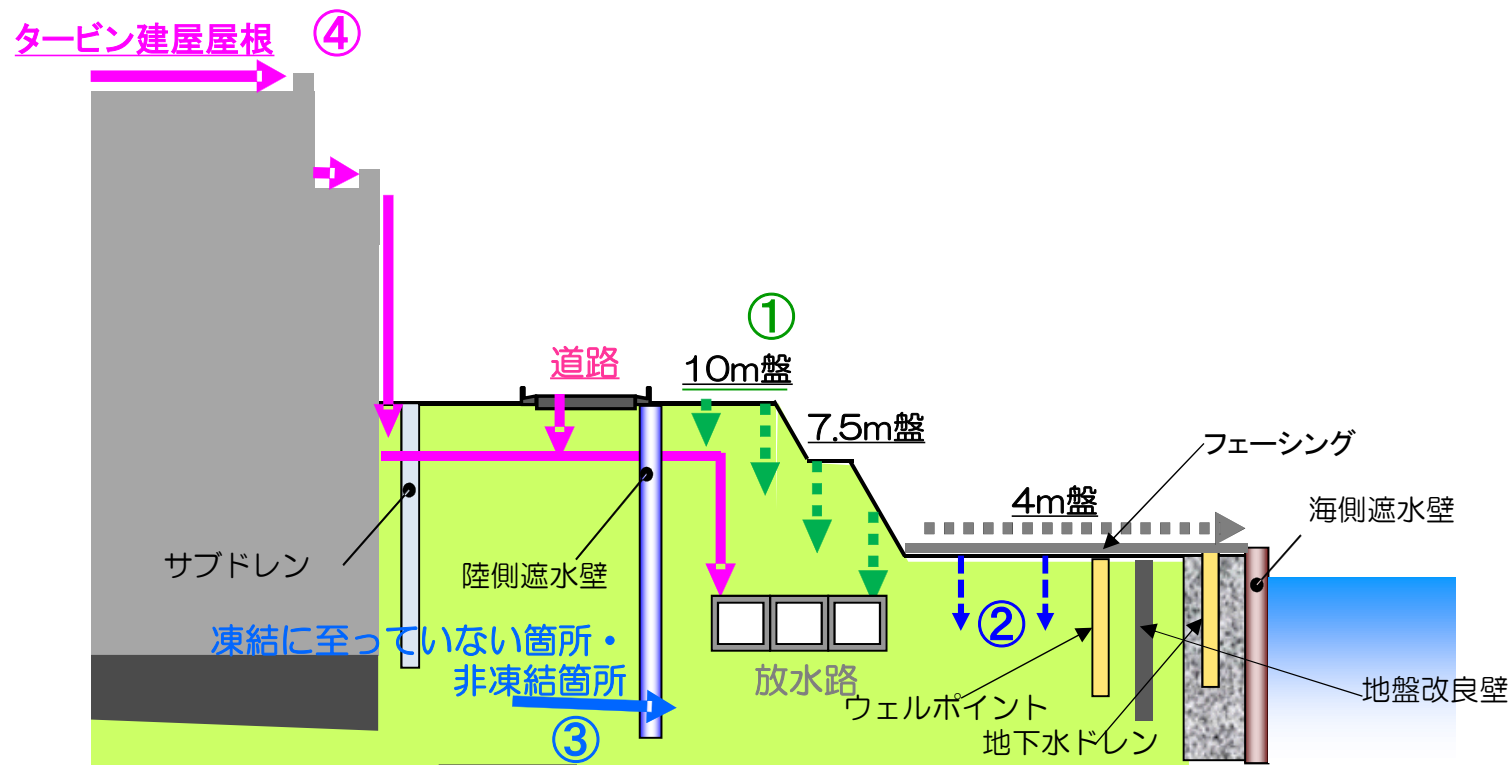
3.⑥ 4m盤水収支の推定（8/16～30 降雨量：331.5mm）

- 降雨が多い8/16～30の4m盤の水収支について、供給量と支出量を前頁と同様の方法によりそれぞれ算定したところ、供給量が6,000m³程度不足していた。



3.⑦ 降雨が多い期間の水収支から推定される4m盤地盤への水の供給状況

- 降雨が多い期間の4m盤地盤の水収支分析の結果を踏まえて、水の供給源を再整理した。
- 4m盤地盤への水の供給源は下記の①～④が考えられる。
 - ①雨水浸透防止策（フェーシング等）未実施箇所での降雨浸透
 - ②雨水浸透防止策（フェーシング等）実施済み箇所での降雨浸透
 - ③陸側遮水壁の凍結に至っていない箇所・非凍結箇所（海水配管トレンチ下）の地下水通過
 - ④その他
 - ・タービン建屋等の屋根排水・建屋東側道路排水⇒放水路⇒4m盤地盤へ浸透 等



3.⑧ 4m盤の水収支分析による降雨時のくみ上げ量増加要因

降雨が多い期間の4m盤地盤の水収支分析の結果、降雨時に4m盤のくみ上げ量が多い原因として、以下が挙げられる。

フェーシング未実施箇所の降雨浸透が想定よりも大きかった可能性

- 前頁までの検討では、フェーシング未実施箇所の降雨浸透率は年間平均で55%程度と考えていたが、8月以降の降雨が多い期間の水収支の検討から、多量の降雨が連続する時期の降雨浸透は想定よりも大きくなっている可能性がある。
- 想定よりも降雨浸透が大きくなる主な要因は以下と考えられる。
 - ①降雨が連続する場合には水の蒸発量や地盤粒子表面への付着量が少なくなり、浸透量に対して蒸発量や付着量が小さいこと
 - ②事前の降雨によって地盤が湿潤状態にある場合に、降雨浸透が大きくなること

陸側遮水壁の凍結に至っていない箇所・非凍結箇所（海水配管トレンチ下）の地下水通過が想定よりも多い可能性

- 以前の想定では、地盤の透水係数は現地盤での試験値の対数平均を用いていたが、試験値においても局所的なバラツキ等があることから、陸側遮水壁の凍結に至っていない箇所・非凍結箇所（海水配管トレンチ下）から想定以上に流入している可能性がある。

タービン建屋等の屋根排水・建屋東側の道路排水などが放水路へ流れ込み、放水路の継目や放水口などから4m盤地盤へ浸透している可能性

- タービン建屋等の屋根排水・建屋東側の道路排水は、震災前から構内の排水系統を通じて放水路へと流入しており、降雨が少ない時期には、その影響は小さいものの、短期間で多量の降雨が連続する場合には、無視できない量となっている可能性がある。

【参考】未凍結面積と内外水位差による4m盤への地下水流入量推定方法（ダルシーの法則に基づく）

- 未凍結面積と内外水位差による4m盤への地下水流入量の推定は、以下に示す方法で行った。
- 透水係数・動水勾配・未凍結面積について仮定条件に基づいており、不確実性を含んでいる。

ダルシーの法則に基づき、流速 $v(=k \times i)$ 、 k ：透水係数、 i ：動水勾配)を求め、通水断面積 A （凍結に至っていない箇所、非凍結箇所(1～4号海水配管トレンチ下)を乗じることにより4m盤への流入量 Q を算定した。

$$Q = v \times A = k \times i \times A$$

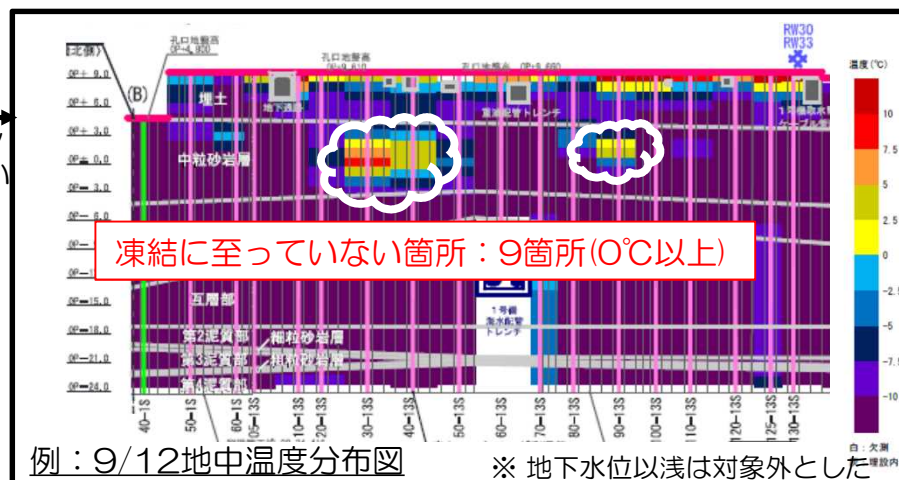
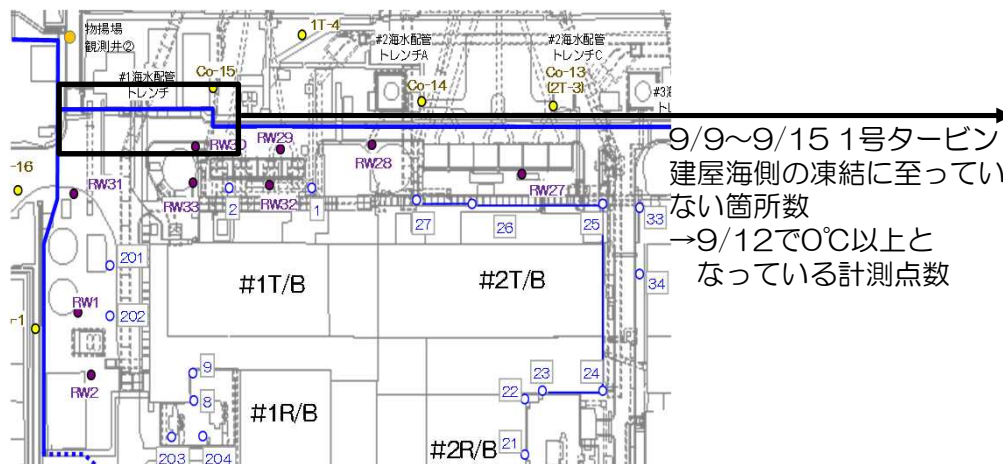
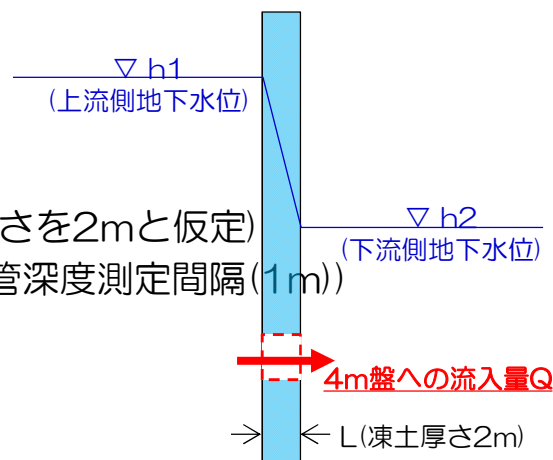
ここで、

- k (中粒砂岩層)： $1.0 \times 10^{-2} \text{cm/s}$ (1号機北側，礫相当)
 $3.4 \times 10^{-3} \text{cm/s}$ (上記以外，中粒砂岩層平均)
- k (互層部)： $1.3 \times 10^{-3} \text{cm/s}$ (互層部平均)
- i ： $\Delta h / L$ ， $\Delta h = h1$ (上流側水位※1) - $h2$ (下流側水位※1)， $L = t$ (凍土厚さを2mと仮定)
- A ：凍結に至っていない箇所面積(計測点数※2×測温管配置間隔※3×測温管深度測定間隔(1m))
 および非凍結箇所(1～4号海水配管トレンチ下)の面積
 なお、互層部面積の構成比は砂層：泥質部 = 4:6とした

※1 水位：各週の平均値

※2 凍結に至っていない箇所計測点数：各週の中間日で 0°C 以上となっている計測点数（下図参照）

※3 測温管配置間隔：1号機北側・4号機南側 5m，左記以外 4.8m



例：9/12地中温度分布図

※ 地下水位以浅は対象外とした

【参考】4m盤くみ上げ量の抑制対策方針

- 降雨浸透防止対策（フェーシング・屋根掛け等）により、降雨を地盤に浸透させず、かつ汚染源に触れさせずに系外に排水する。

（降雨浸透防止対策状況（2016年8月25日現在）

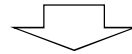
10m盤のフェーシング割合 0%（0m²/約20,000m²）

7.5m盤の屋根掛けの割合 約27%（約800m²/約3,000m²）

- 陸側遮水壁閉合範囲内から放水路への水の流れ込み（建屋屋根排水・道路排水）を減少させる。

【留意する事項】

- 10m盤，7.5m盤およびタービン建屋屋根にはフォールアウトが残っている。
- タービン建屋屋根の排水はCs137で数百～数千Bq/Lオーダーの濃度である。



具体的な対策方針（詳細検討中）

下記は対策方針例



砂利部のアスファルト舗装



屋根塗装＋雨樋設置



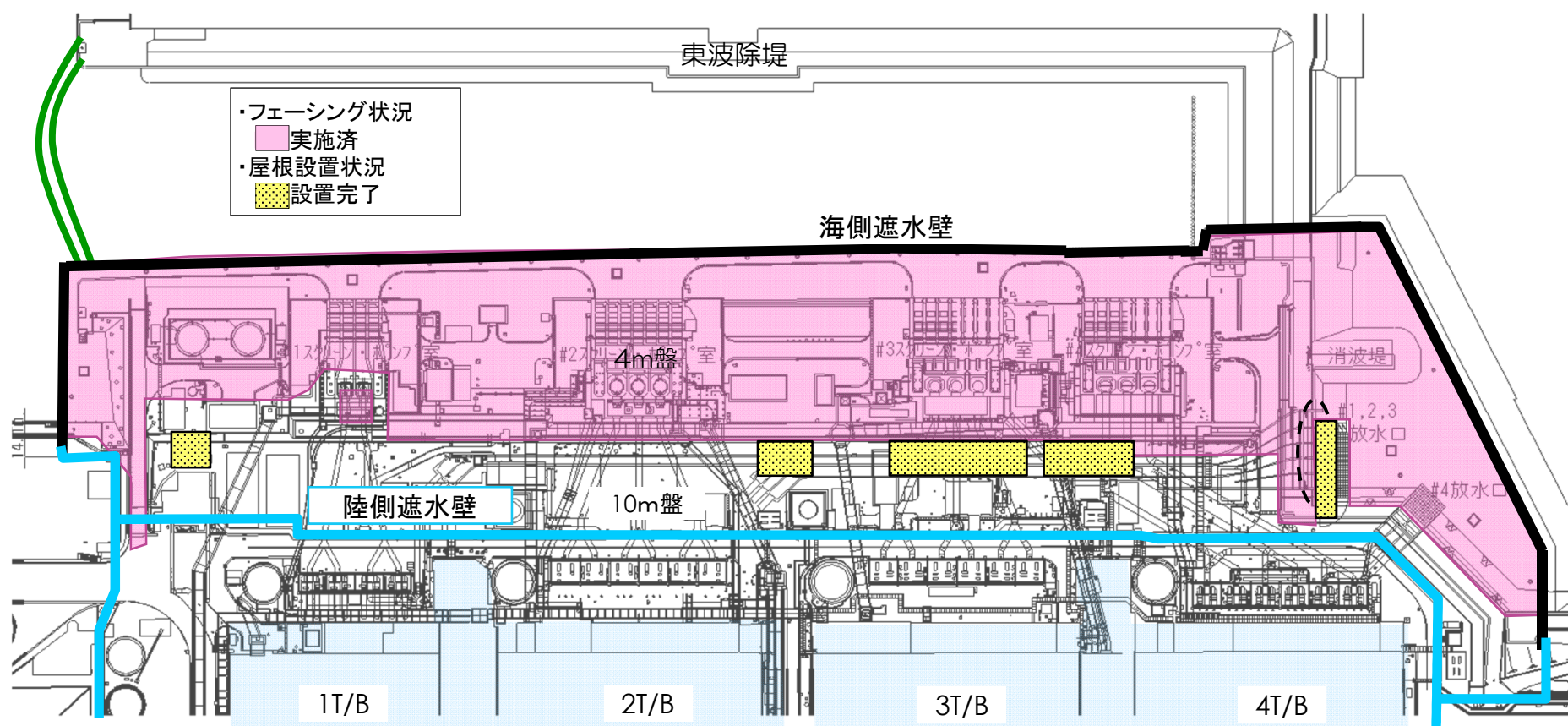
ヤード整備後に遠隔ガレキ撤去＋防水（3T/B）

10m盤の対策方針例

タービン建屋屋根の対策方針例

【参考】降雨が多い時期の4m盤くみ上げ量が増加する主な影響要因－降雨浸透防止策実施状況－

- 海側遮水壁～陸側遮水壁（海側）の閉合範囲内の降雨浸透防止策（フェーシング・屋根設置）実施済みの範囲を示す。



フェーシング・屋根設置実施済の範囲

注) 図はおおよその範囲を示している。

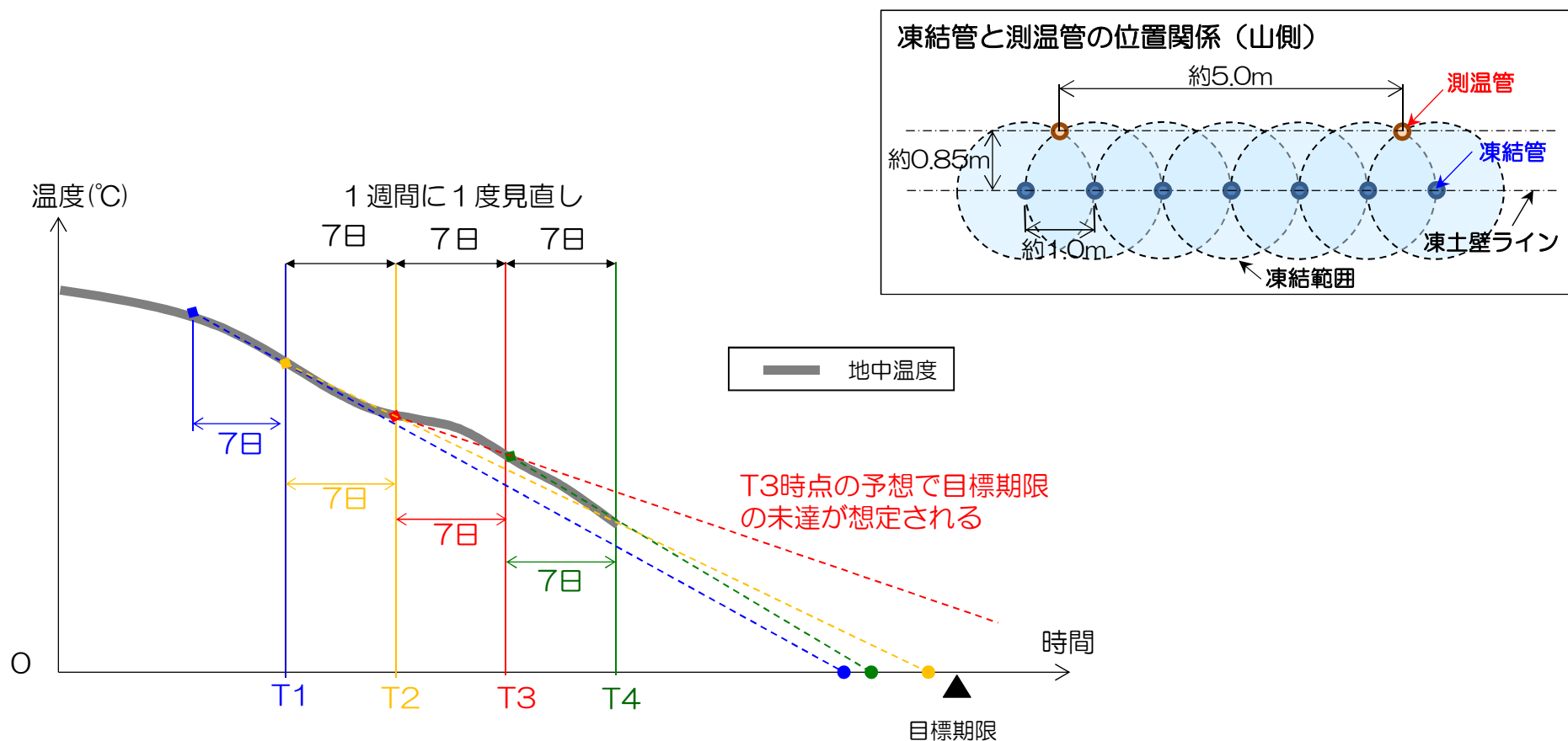
4. 陸側遮水壁（海側）の補助工法実施状況

- 陸側遮水壁タスクフォースにおいて、モニタリングの結果より、凍結に至っていない箇所
の閉合に時間を要する箇所がある場合は、補助工法を併用し、凍結を促進させる旨※1、現場の
状況によっては更なる補助工法が必要になる旨※2を議論頂き、現在、同手法を用いて凍結に
至っていない箇所に対応中。

※1：2014年10月22日 第13回陸側遮水壁タスクフォース
※2：2013年11月15日 第4回陸側遮水壁タスクフォース

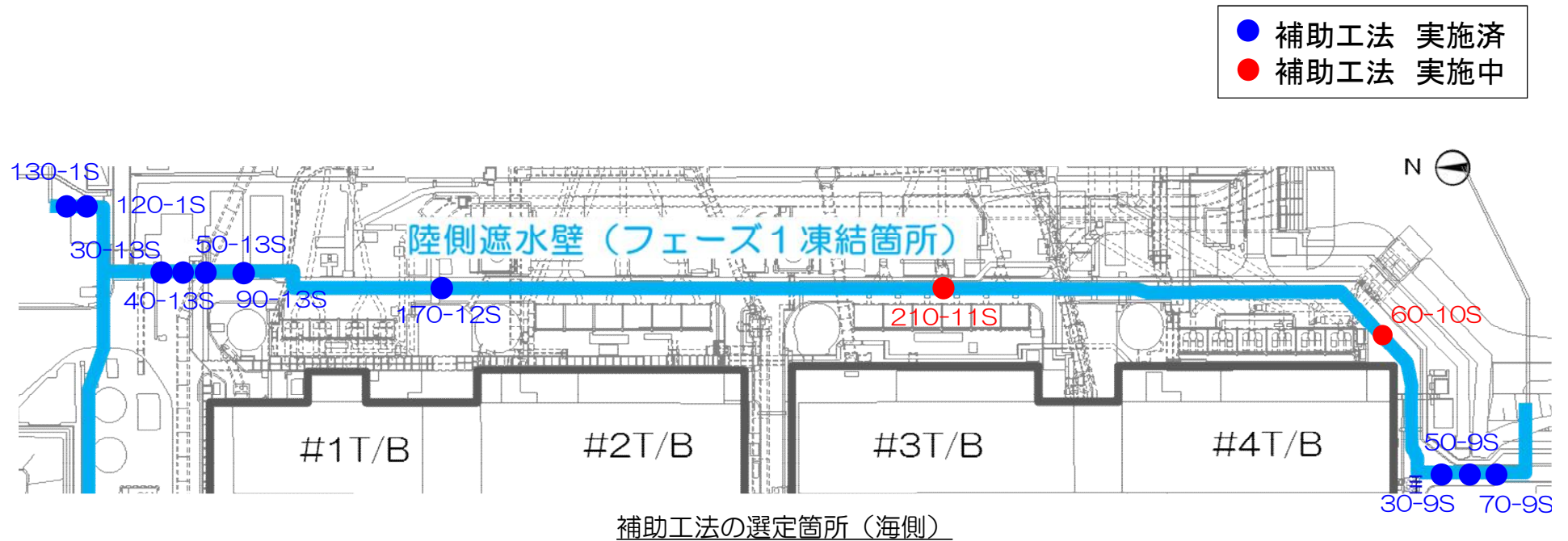
4.① 補助工法の実施箇所選定の考え方

- 凍土壁ラインから約85cm離れた位置に設置（約5m間隔）した各測温管の地中温度の経時変化から、直前7日間の温度低下勾配を外挿して0℃未満に達する時期を予測し、目標期限より遅れが想定される箇所に対して、補助工法を実施する。
- 上記の予測を、1週間に1度の頻度で実施し、計画に反映する。



4.② 補助工法の選定箇所

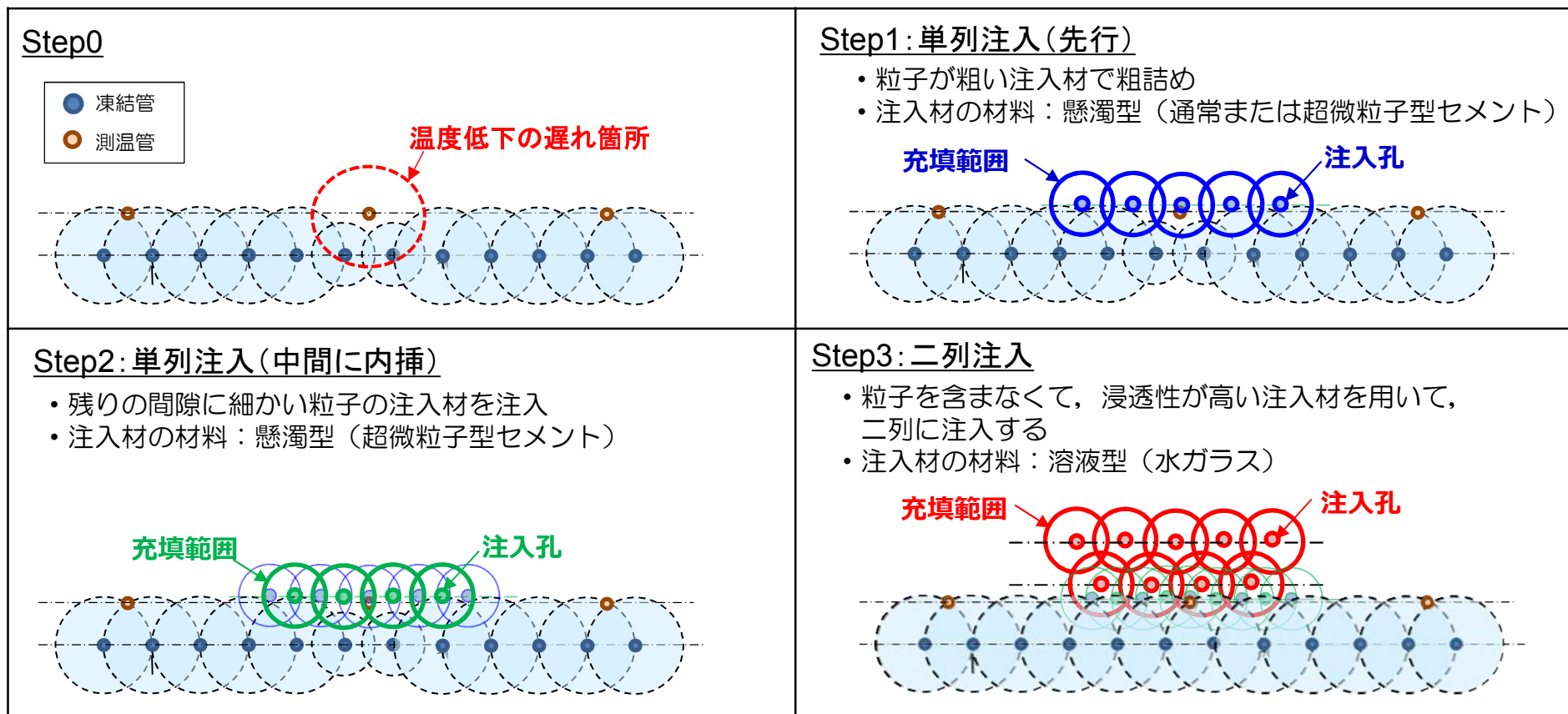
- 海側における補助工法の選定箇所を下図に示す。
(2016年9月26日時点)



4.③ 補助工法の実施内容

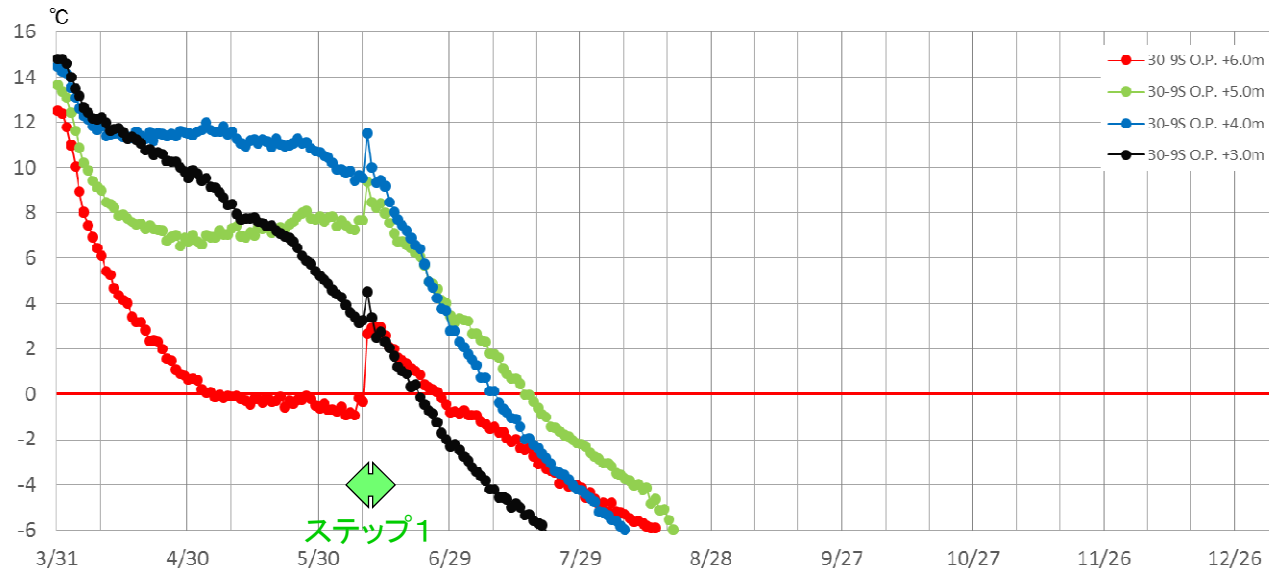
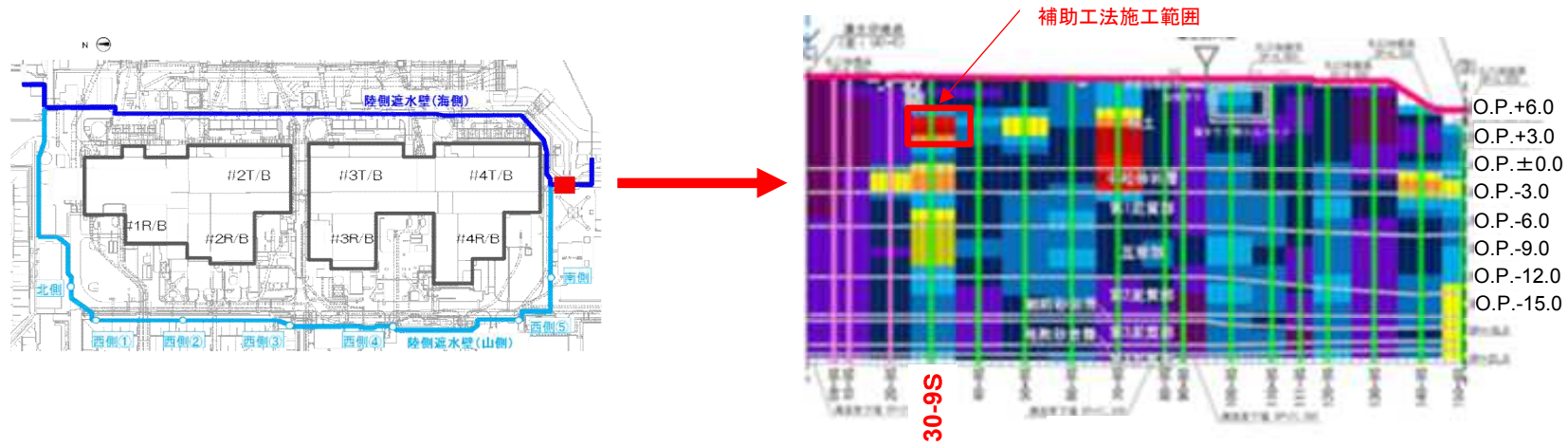
- 一般社団法人日本グラウト協会によると、大きな間隙が存在する時の注入は、「この部分をまず粗詰めし、その後、礫や玉石の間隙を埋める砂に浸透注入を行う2段階の注入が必要」※としており、補助工法については、周辺のサブドレン等の設備への影響も考慮して以下のようなステップで実施している。
- なお、地盤の間隙、温度低下、周辺設備等の状況に応じて、Step3から実施する場合もある。
- 表層については、圧力をかけて地盤中に注入できないことから、注入以外の対策を実施する。

※ 出典 「新訂 正しい薬液注入工法 -この一冊ですべてがわかる-」 一般社団法人日本グラウト協会編



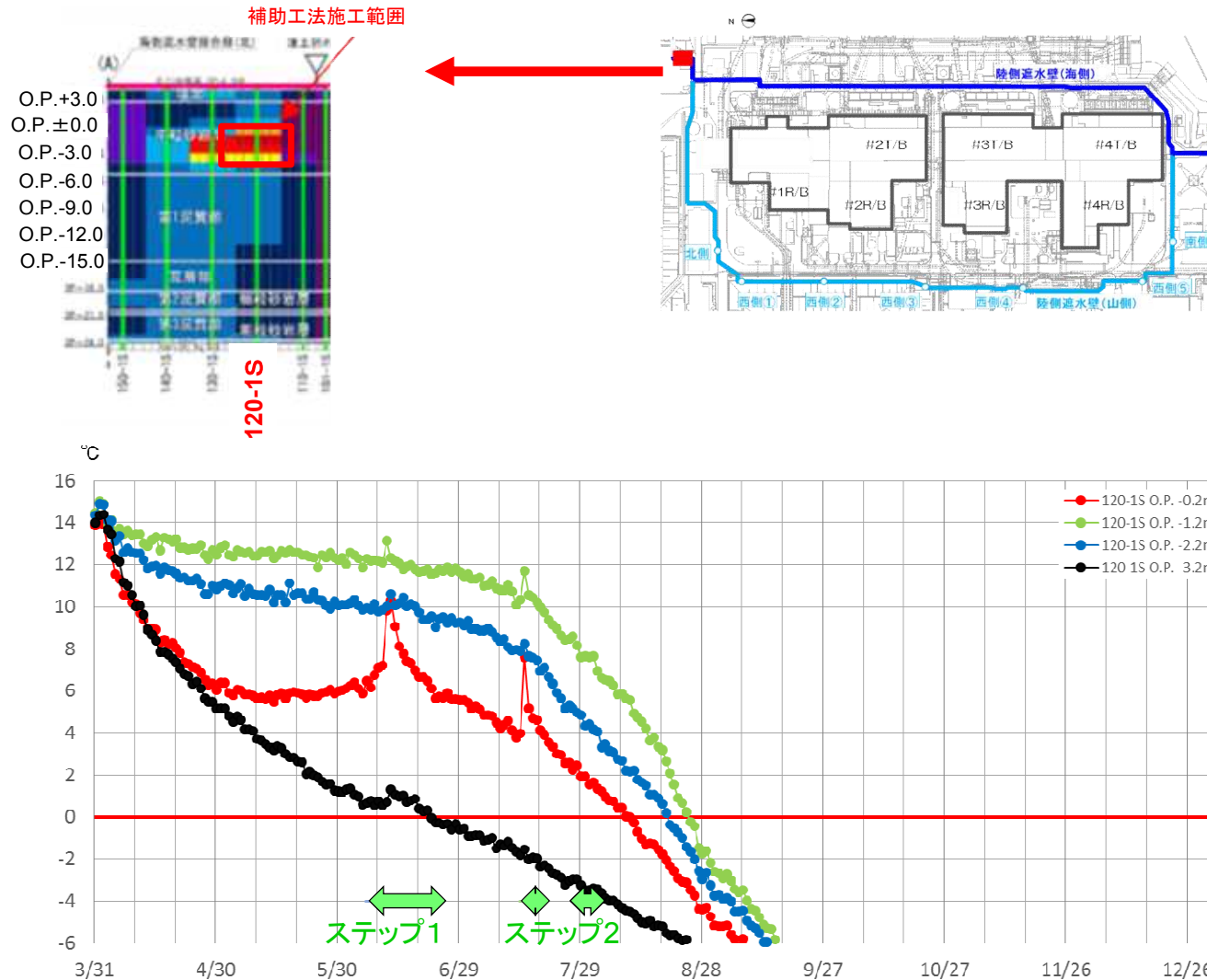
4.④ 補助工法実施後の温度変化の例（海側）

○ Step1で完了した例（測温管30-9S）



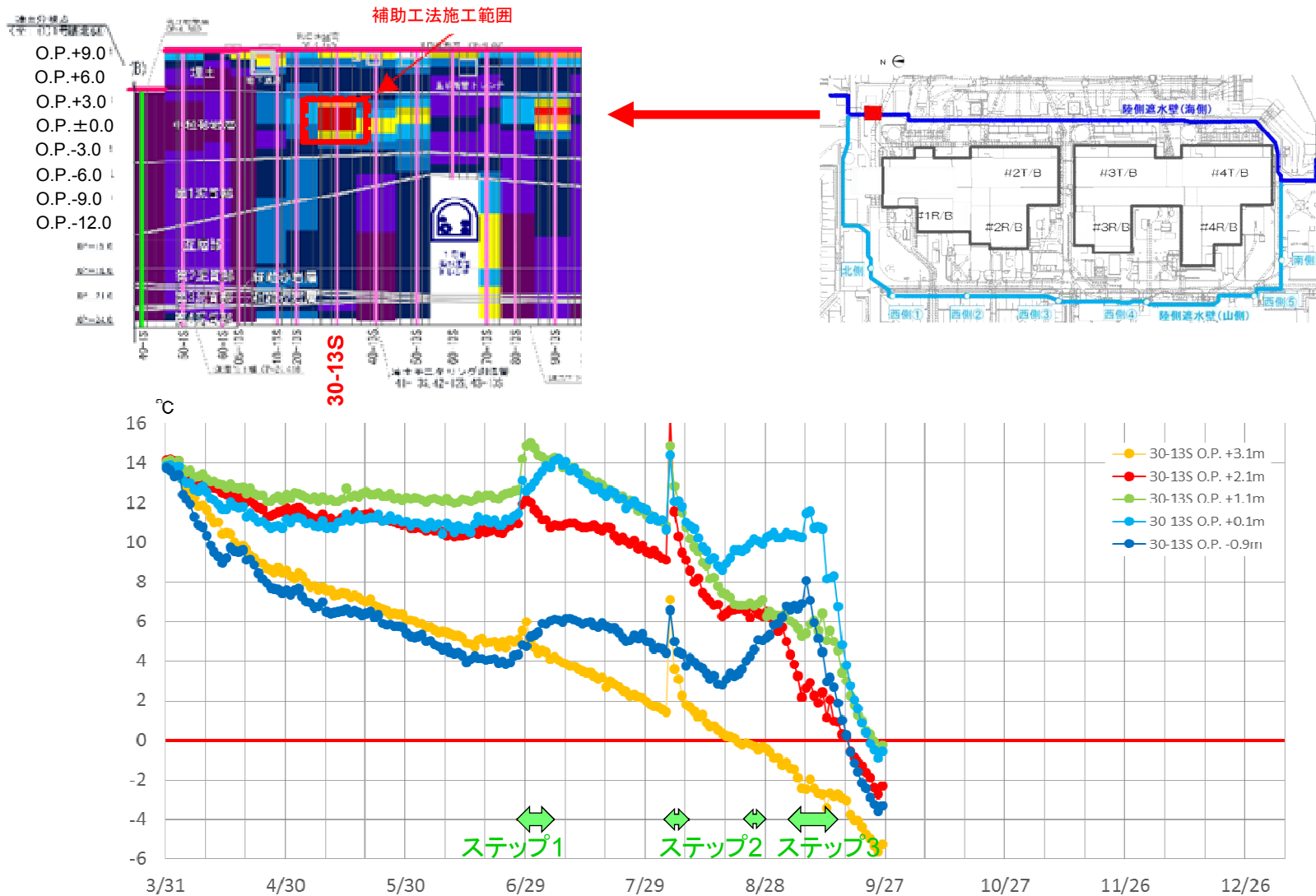
4.⑤ 補助工法実施後の温度変化の例（海側）

○ Step1,2で完了した例（測温管120-1S）

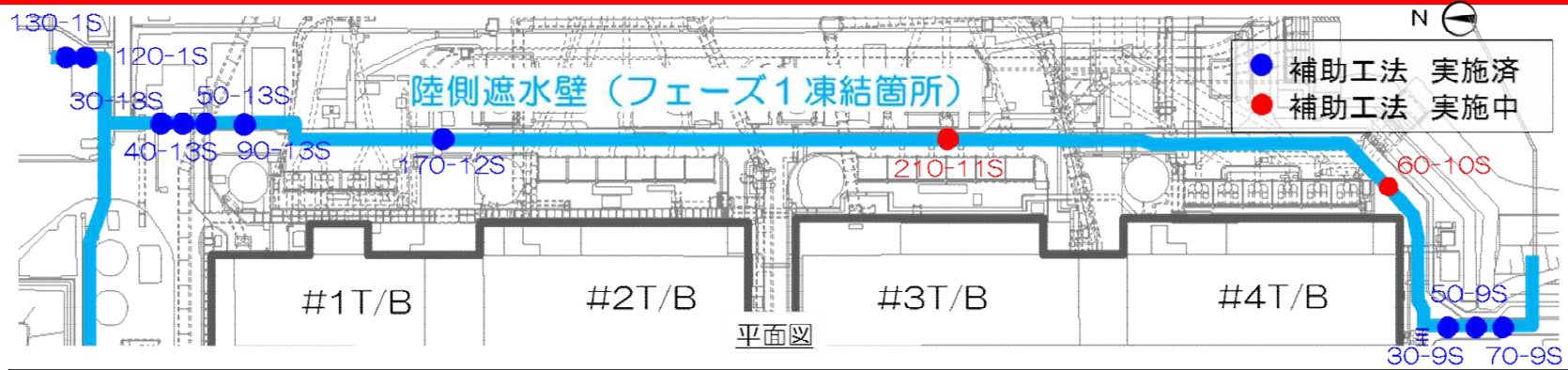


4.⑥ 補助工法実施後の温度変化の例（海側）

○ Step1,2後にStep3まで実施した例（測温管30-13S）



4.⑦ 補助工法の実施状況



	6月		7月				8月		9月		10月	
120,130-1S	6/6	6/30	7/14	7/20	7/27	8/2				9月26日現在		
30-13S		6/27	7/5		8/3	8/8	8/23	8/27	9/3	9/14		
40-13S							8/29		9/13			
50-13S			7/7	7/14								
90-13S		6/27	7/2						9/15	9/21		
170-12S		7/1	7/6									
210-11S									9/20	9/24		
60-10S									9/19	9/24		
30-9S	6/6	6/15										
50-9S									9/10	9/16		
70-9S	6/6	6/24	7/22	7/28	8/24	8/26	9/2	9/10				

