

# 福島第一原子力発電所の汚染水処理対策の状況に係る 参考資料集

2019年5月14日

---

**TEPCO**

東京電力ホールディングス株式会社

---

## 目次

- (2) 陸側遮水壁の凍結状況
- (3) 建屋周辺の地下水位の状況
- (5) 陸側遮水壁内の水収支
- (7) 雨水対策の進捗状況
- (8) タンク建設の進捗状況
- (9) 重層的な汚染水対策の効果

---

## (2) 陸側遮水壁の凍結状況

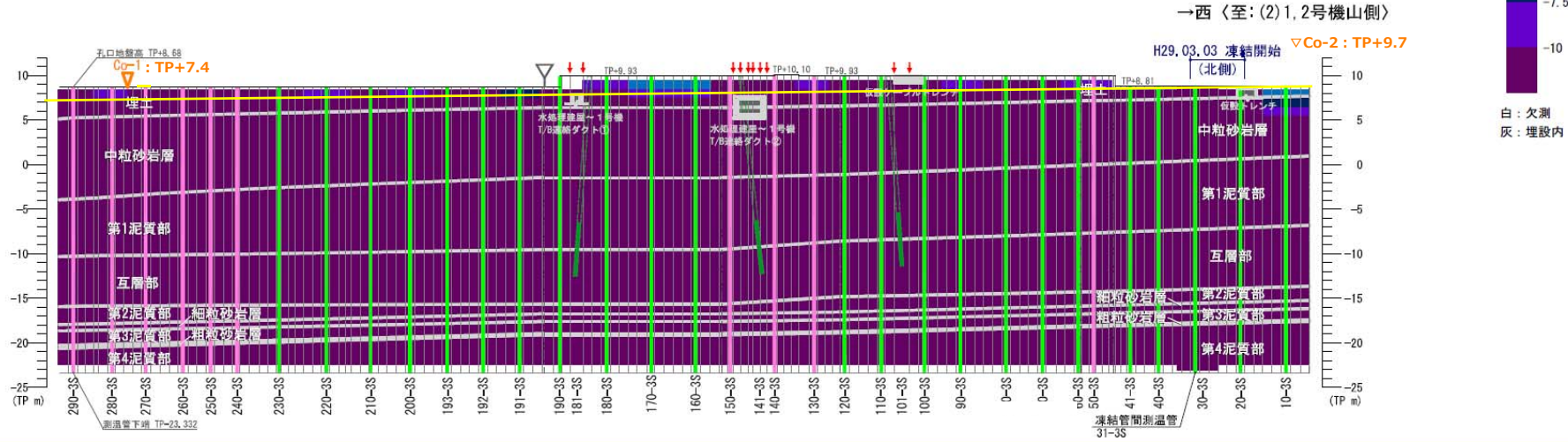
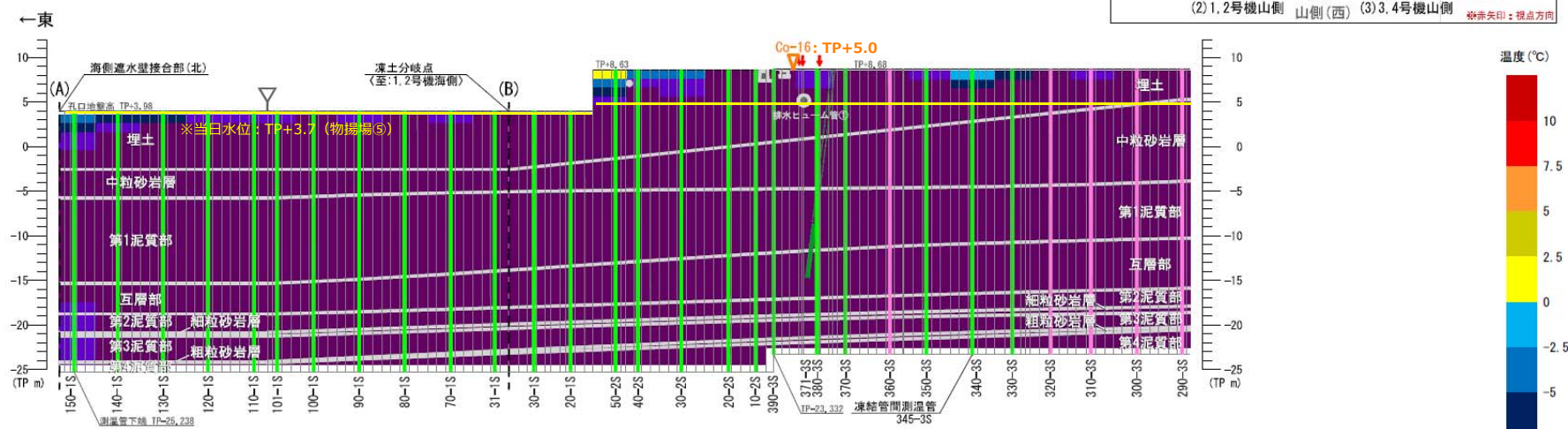
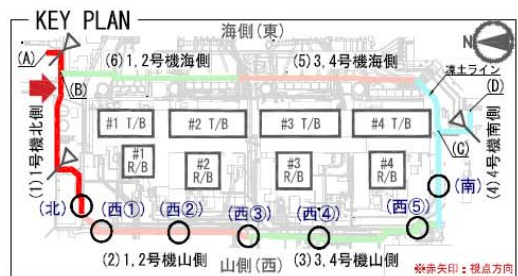
# 地中温度分布図 (1号機北側)

## ■ 地中温度分布図

### (1) 1号機北側 (北側から望む)

(温度は4/23 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 Jewel)
  - ▽ : 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 (1・2号機西側)

## ■ 地中温度分布図

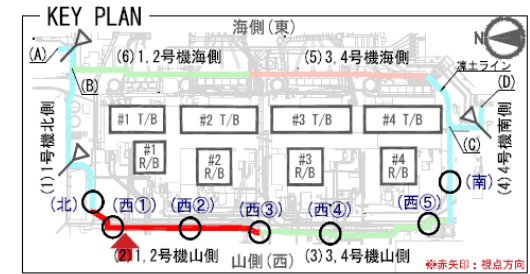
(2) 1, 2号機山側 (西側から望む)

(温度は4/23 7:00時点のデータ)

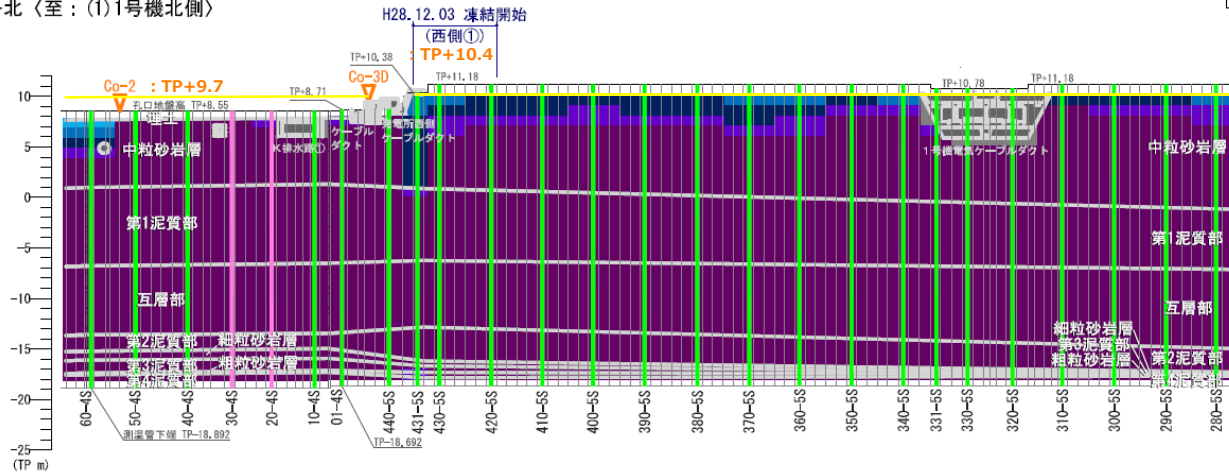
凡例

- : 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 Jewel)
- ▽ : Ci (中粒砂岩層・内側)
- ▽ : Co (中粒砂岩層・外側)
- ▽ : 凍土折れ点

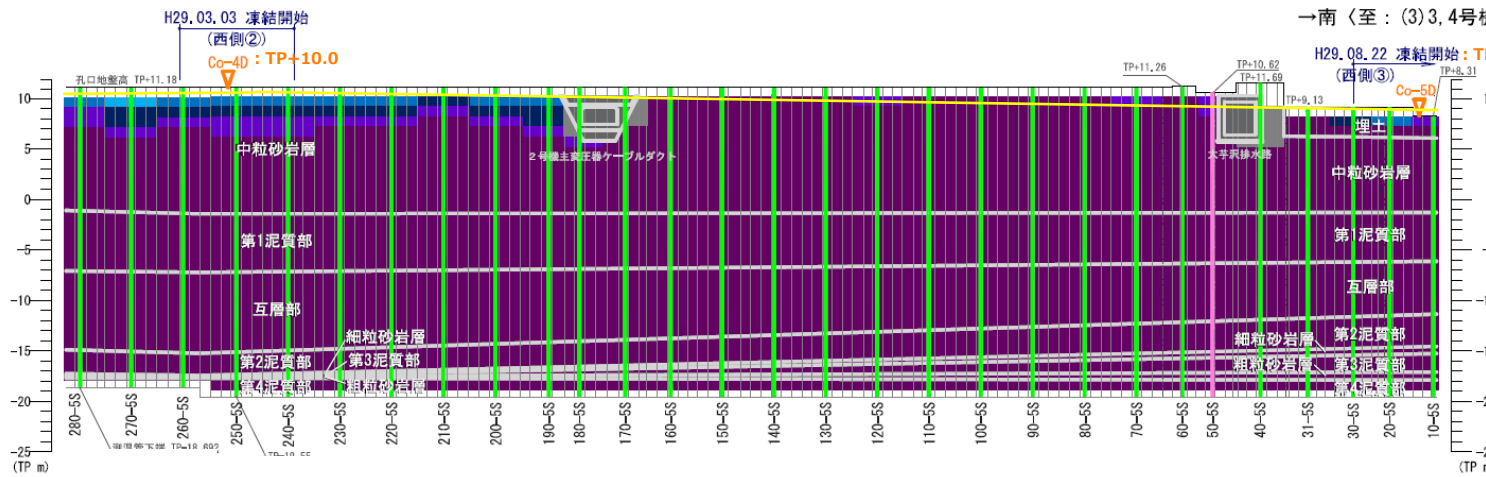
— : 凍土壁内側水位  
— : 凍土壁外側水位



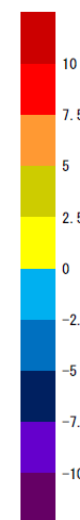
←北 (至: (1) 1号機北側)



→南 (至: (3) 3, 4号機山側)



温度 (°C)



白: 欠測  
灰: 埋設内

# 地中温度分布図 (3・4号機西側)

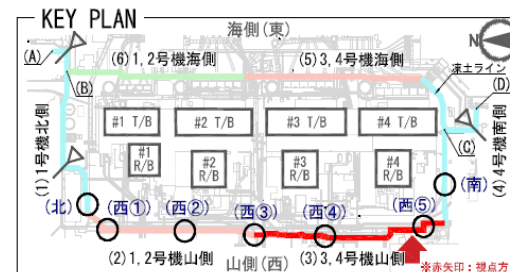
## ■ 地中温度分布図

(3) 3, 4号機山側 (西側から望む)

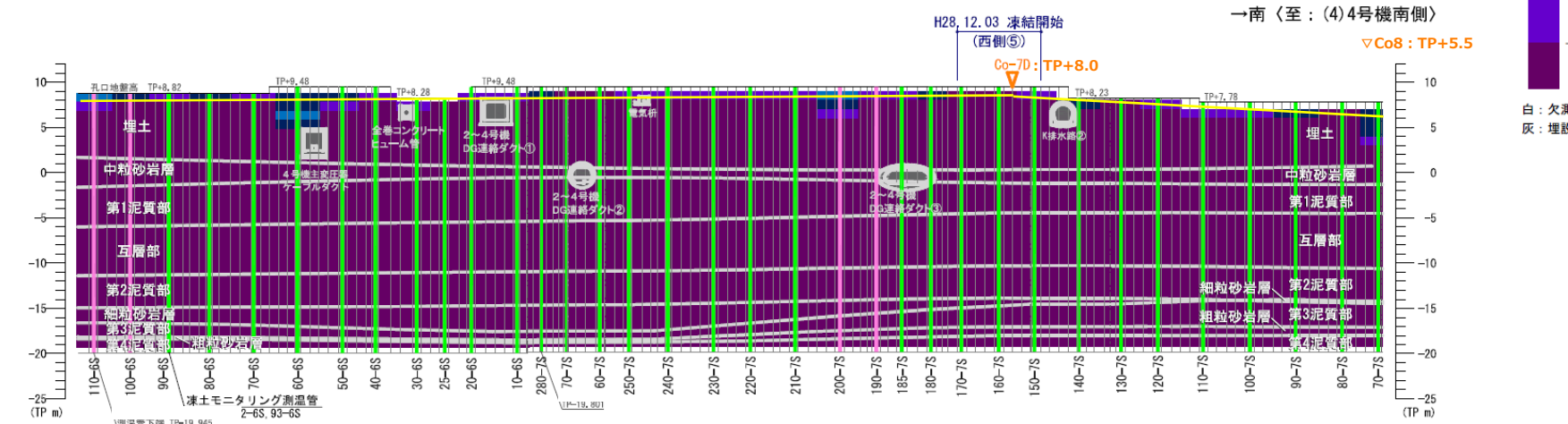
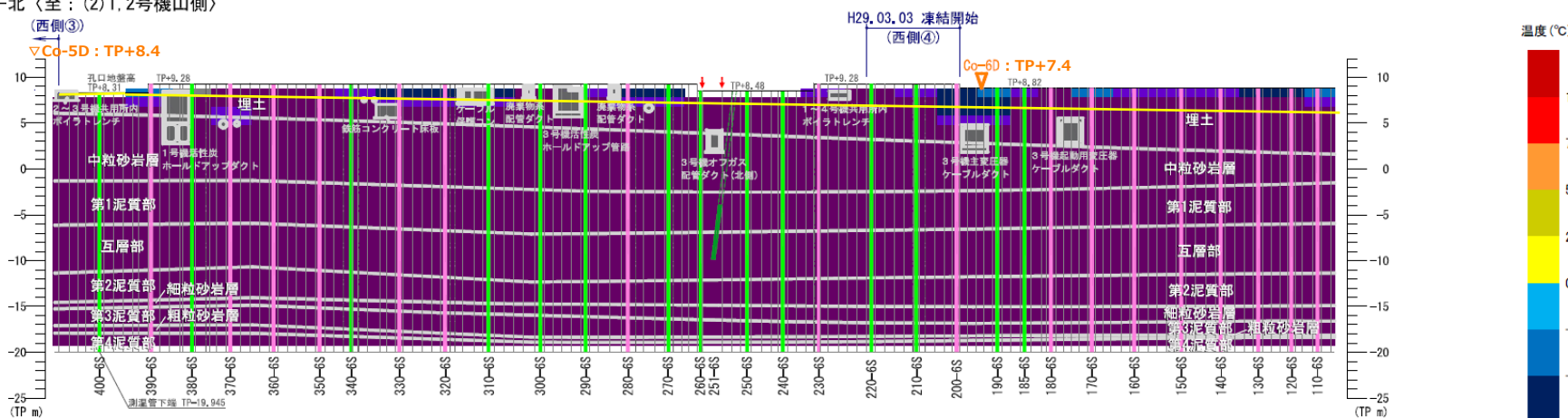
(温度は4/23 7:00時点のデータ)

- 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

— : 凍土壁内側水位  
— : 凍土壁外側水位



←北 (至: (2) 1, 2号機山側)  
(西側③)



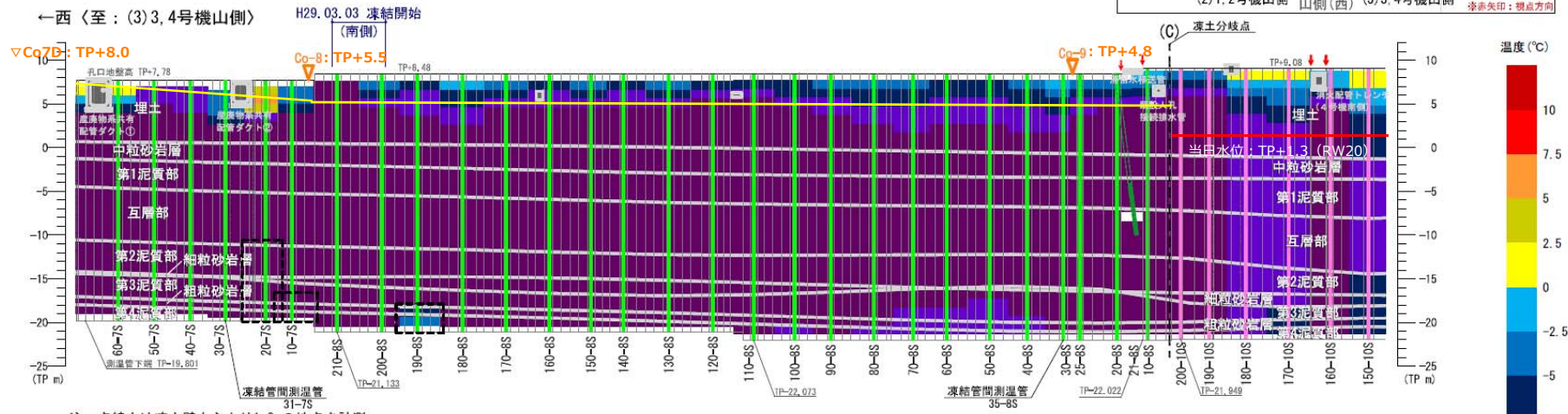
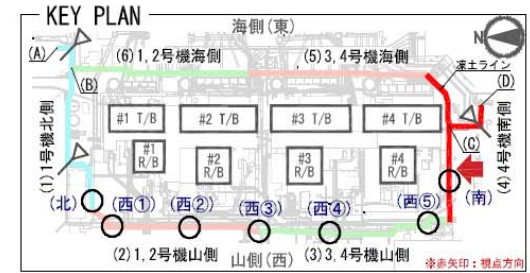
# 地中温度分布図 (4号機南側)

## ■ 地中温度分布図

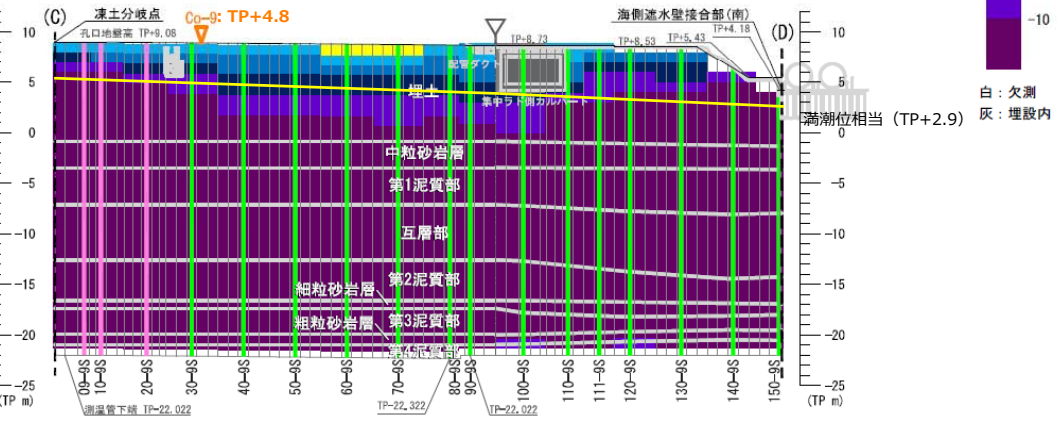
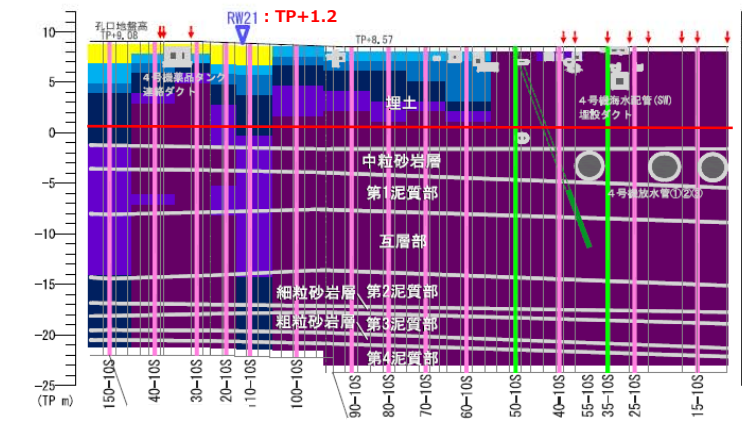
### (4) 4号機南側 (南側から望む)

(温度は4/23 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



注: 点線内は凍土壁中心より1.3mの地点を計測  
→東 <至: (5) 3, 4号機海側



白: 欠測  
灰: 埋設内

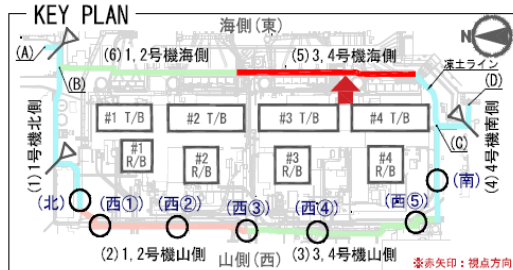
# 地中温度分布図 (3・4号機東側)

## ■ 地中温度分布図

(5) 3, 4号機海側 (西側：内側から望む)

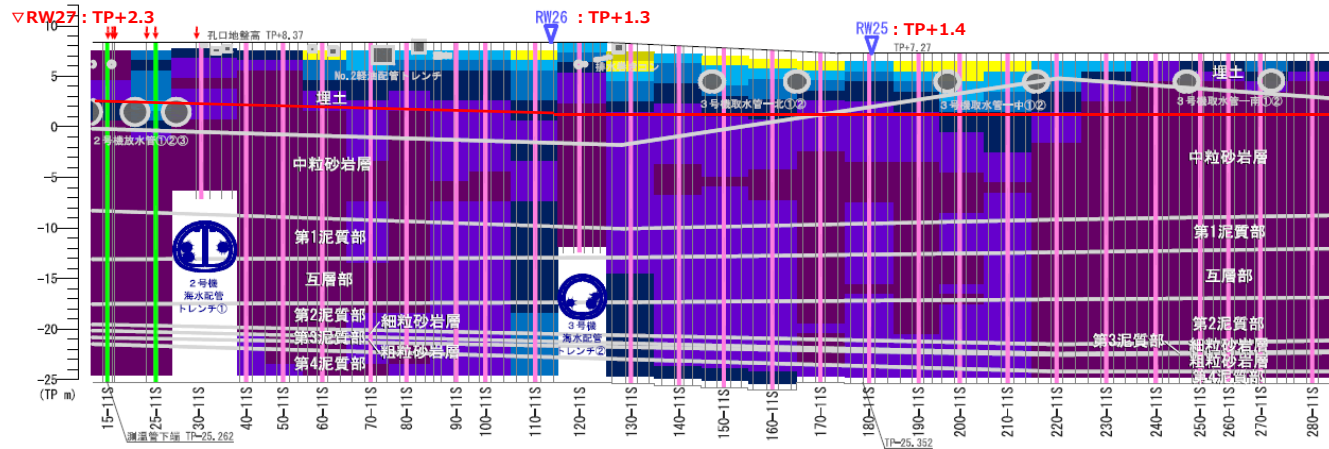
(温度は4/23 7:00時点のデータ)

- 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

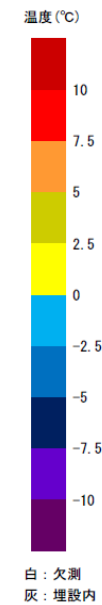
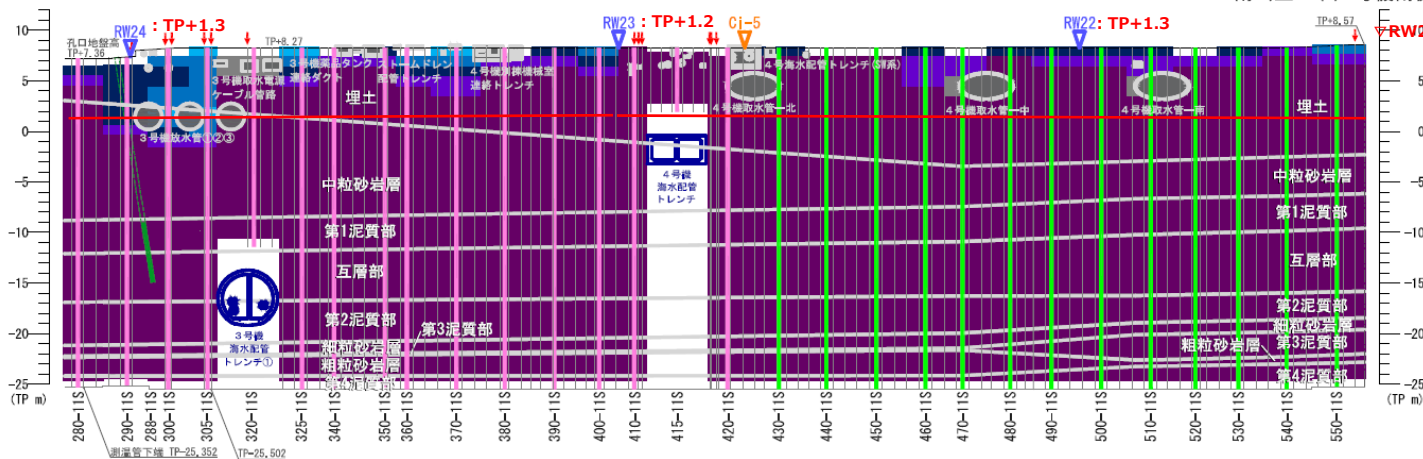


- : 凍土壁内側水位
- : 凍土壁外側水位

←北 至: (6) 1,2号機海側



→南 至: (4) 4号機南側





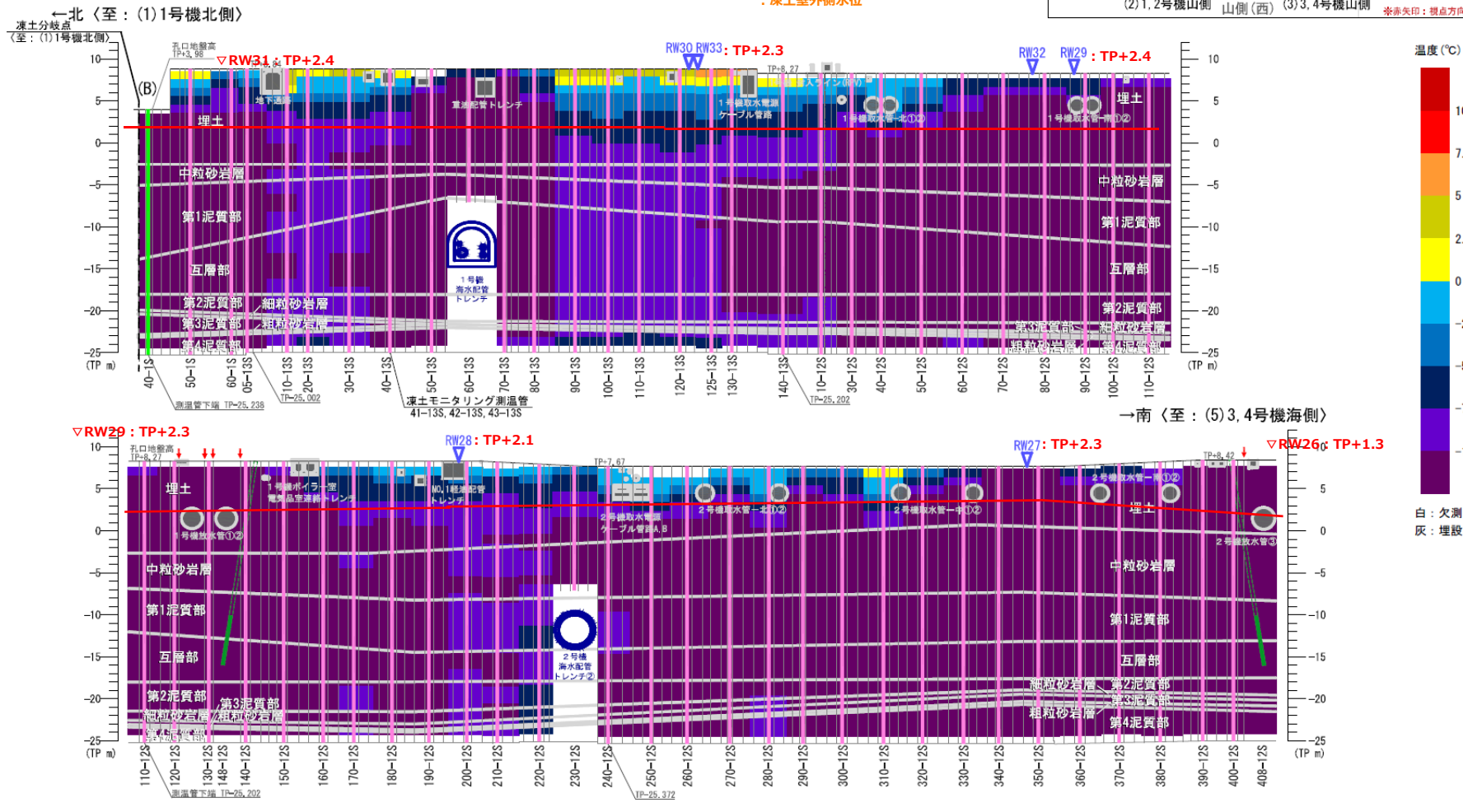
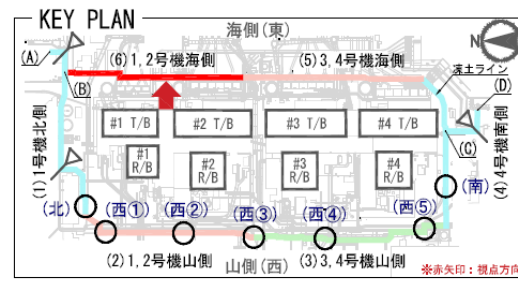
# 地中温度分布図 (1・2号機東側)

## ■ 地中温度分布図

(6) 1, 2号機海側 (西側：内側から望む)

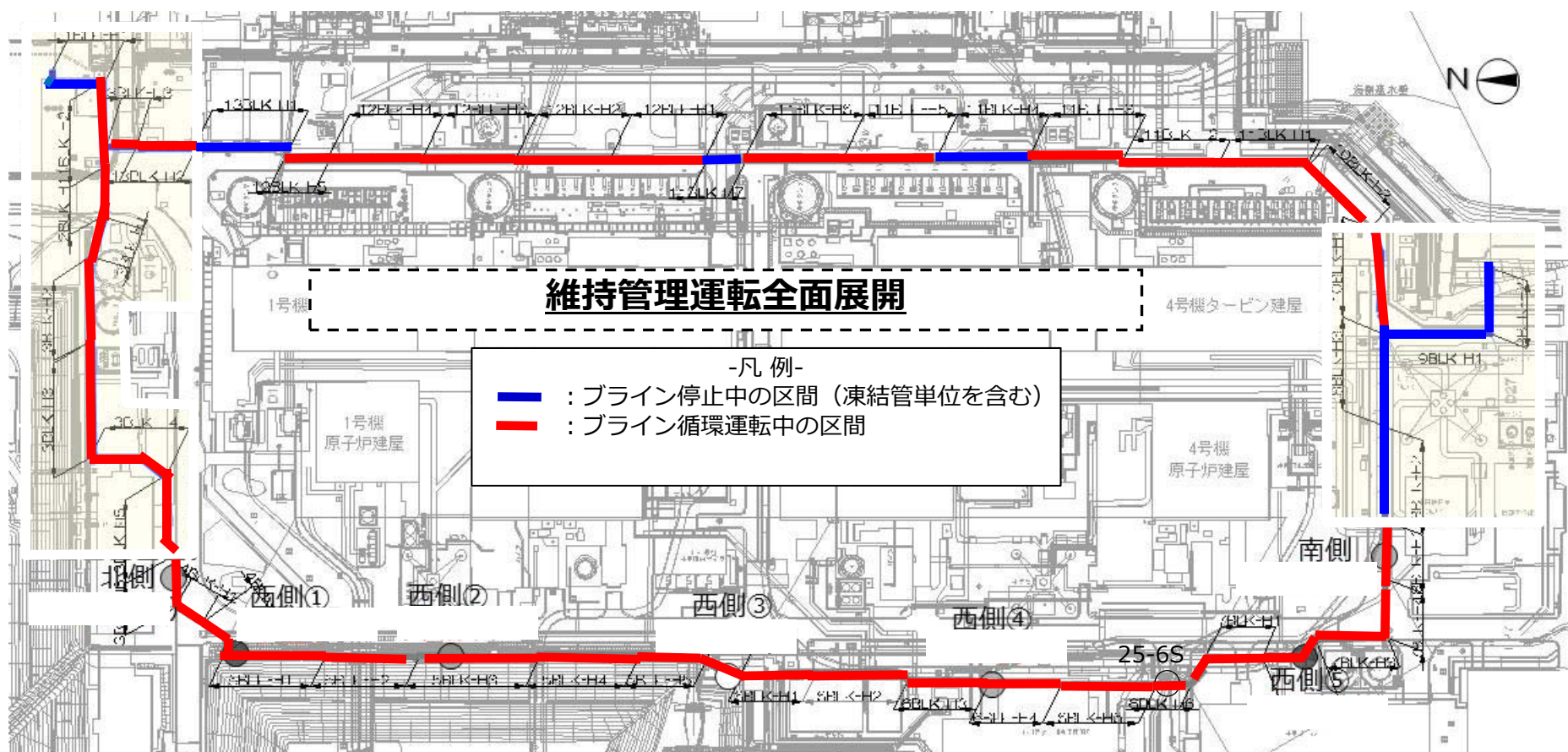
(温度は4/23 7:00時点のデータ)

- 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



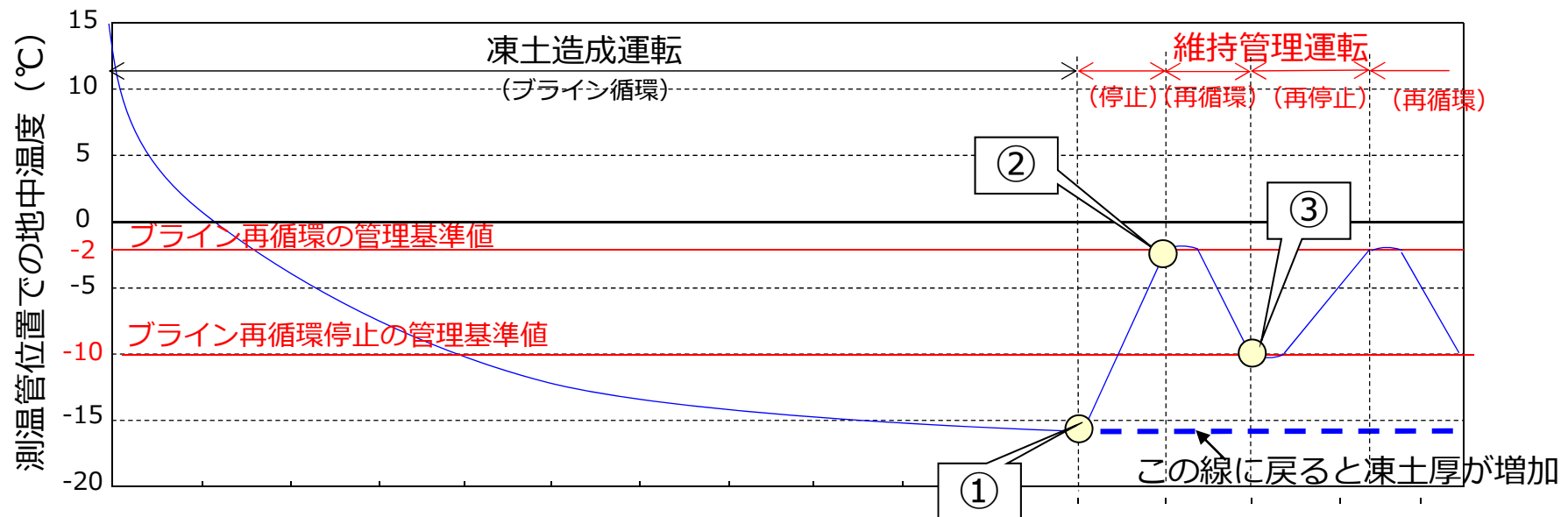
## 維持管理運転の状況 (4/22 7:00現在)

- 維持管理運転対象全49ヘッダー管（北側11，南側8，東側15，西側15）のうち、8ヘッダー管（北側1，南側4，東側3，西側0）にてライン停止中。  
【全体 8/49ヘッダー ブライン停止中】
- 維持管理運転については、現在49ヘッダー中、全ヘッダーにて実施。
- 維持管理運転を実施していなかった西側のヘッダー管については、ライン循環停止の基準温度を下回った箇所から、2019年1月22日以降、順次維持管理運転に移行し2月21日までに全て移行完了。



## ■ 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°C以上\*
- ③ : ブライン循環再停止……全測温点-5°C以下\*, かつ全測温点平均で地中温度-10°C\*以下

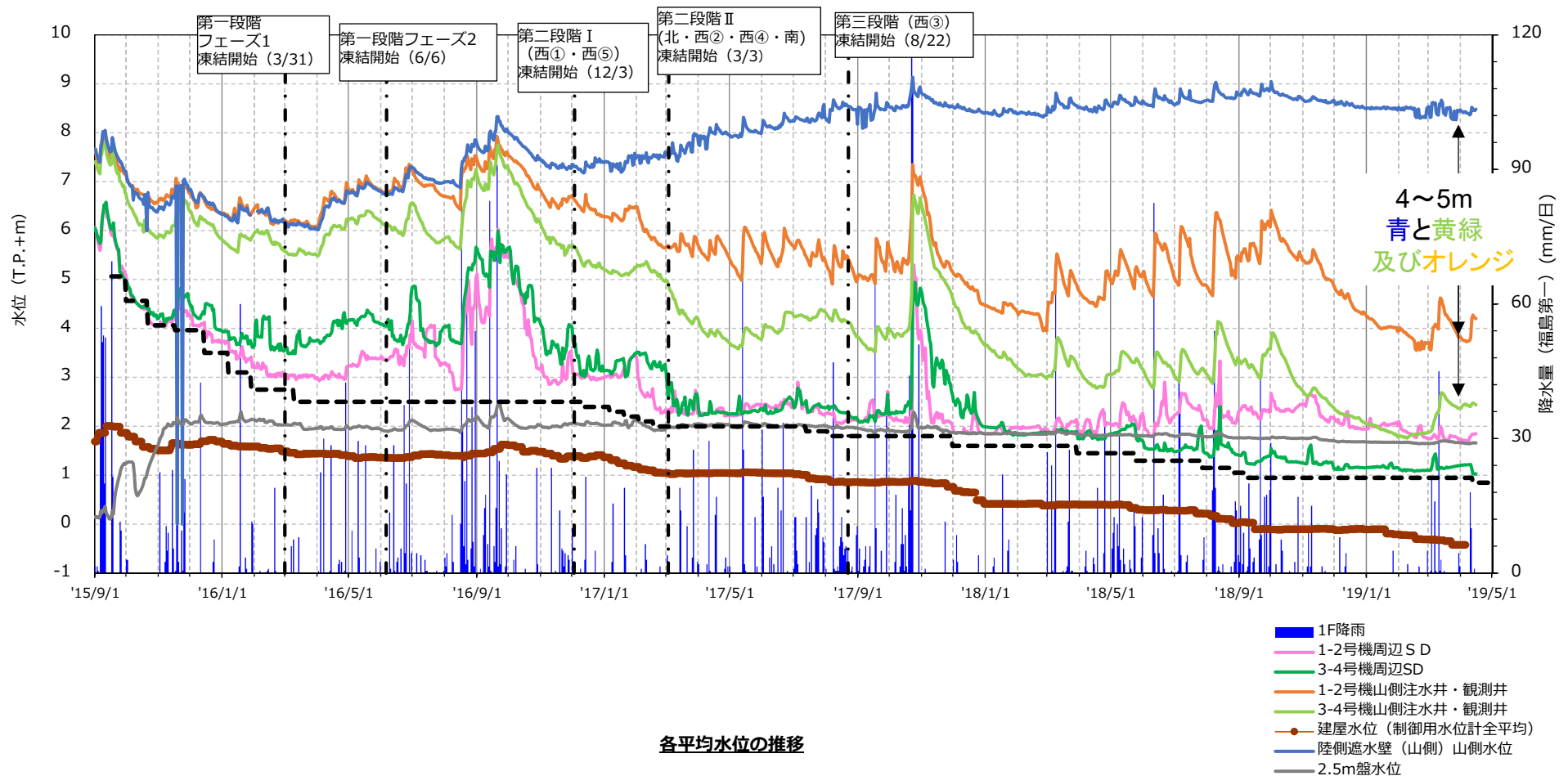
※ブライン停止および再循環の管理基準値は, データを蓄積して見直しを行っていく。  
※急激な温度上昇や局所的な温度上昇が確認された場合には, 個別に評価を行い維持管理運転の運用方法を再検討する。

---

### **(3) 建屋周辺の地下水位の状況**

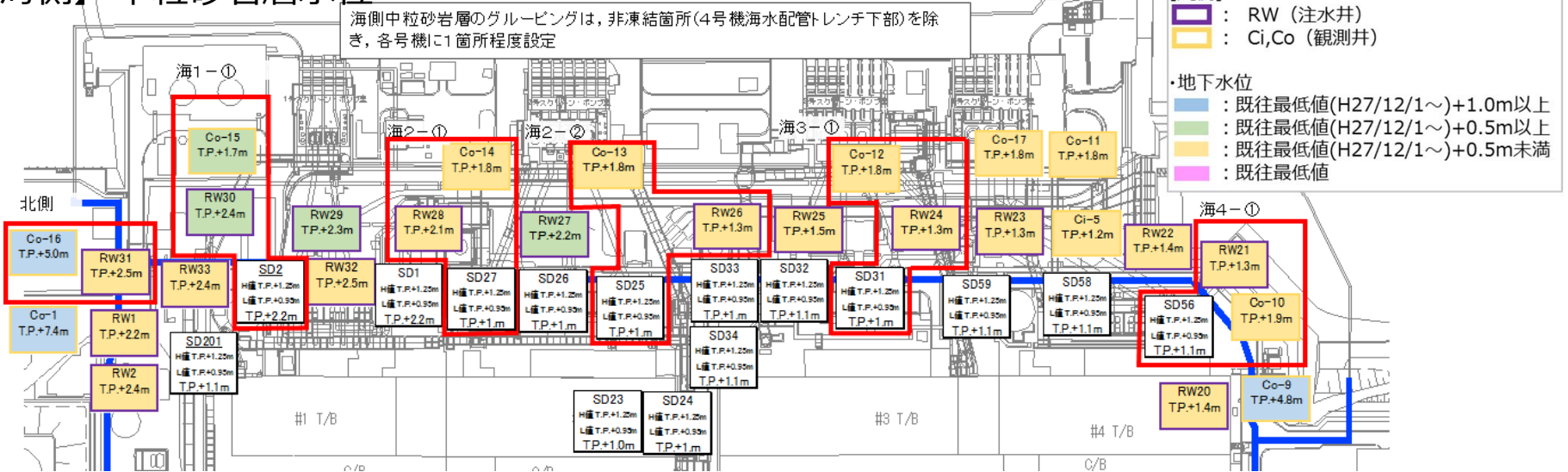
## 建屋周辺の地下水位の状況（1/2号機，3/4号機別の地下水位）

- 陸側遮水壁内側エリアの地下水位は、年々低下傾向にあり、山側では平均的に4～5mの内外水位差が形成されている。また、護岸エリア水位も地表面（T.P.2.5m）に対して低位（T.P.1.6～1.7m）で安定している状況。
- なお、山側のサブドレンについては、1/2号機周辺のトリチウム濃度上昇の影響により設定水位を上げて運用していたが、現在は、段階的に設定水位を低下させている。

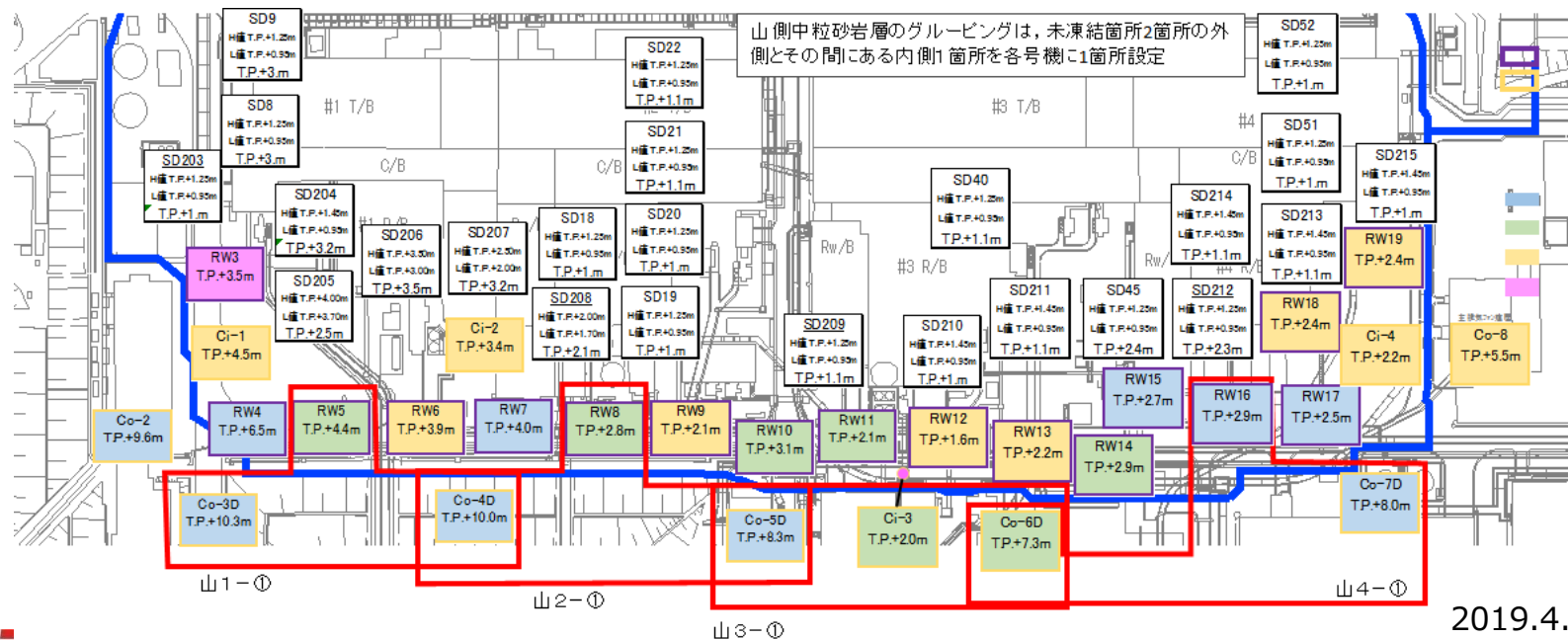


# 地下水位・水頭（中粒砂岩層）：比較対象井戸の位置図

## 【海側】 中粒砂岩層水位



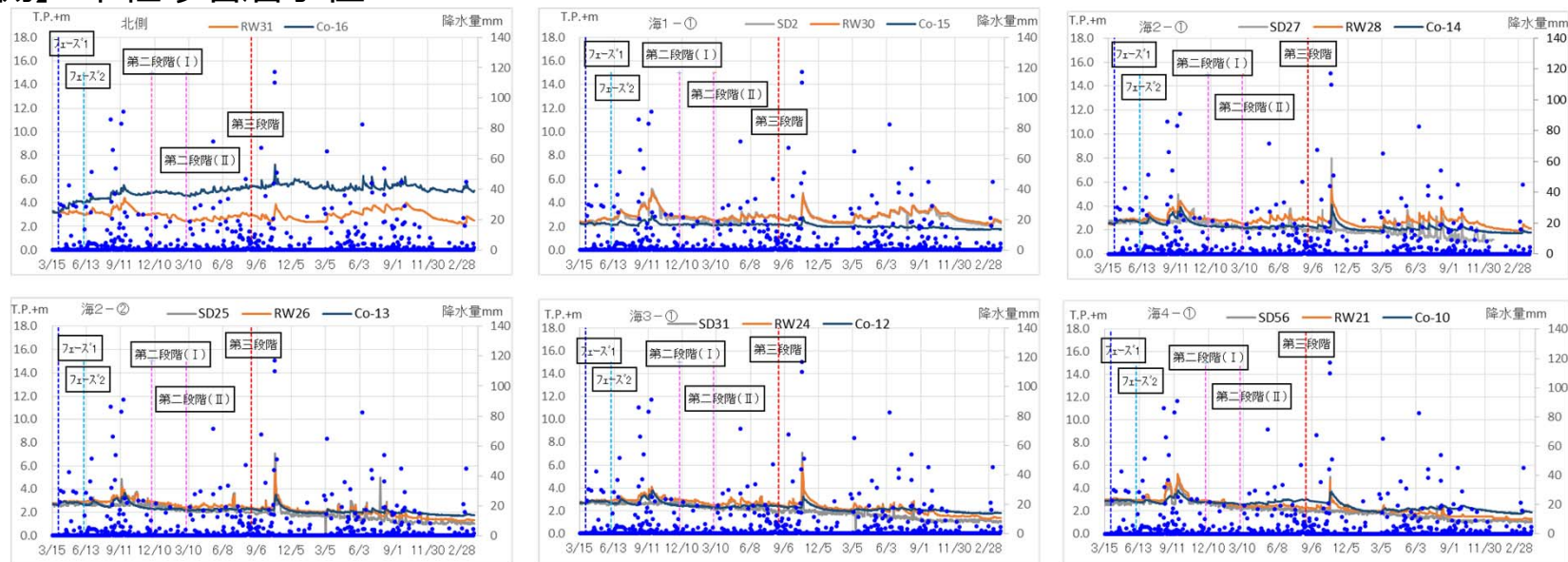
## 【山側】 中粒砂岩層水位



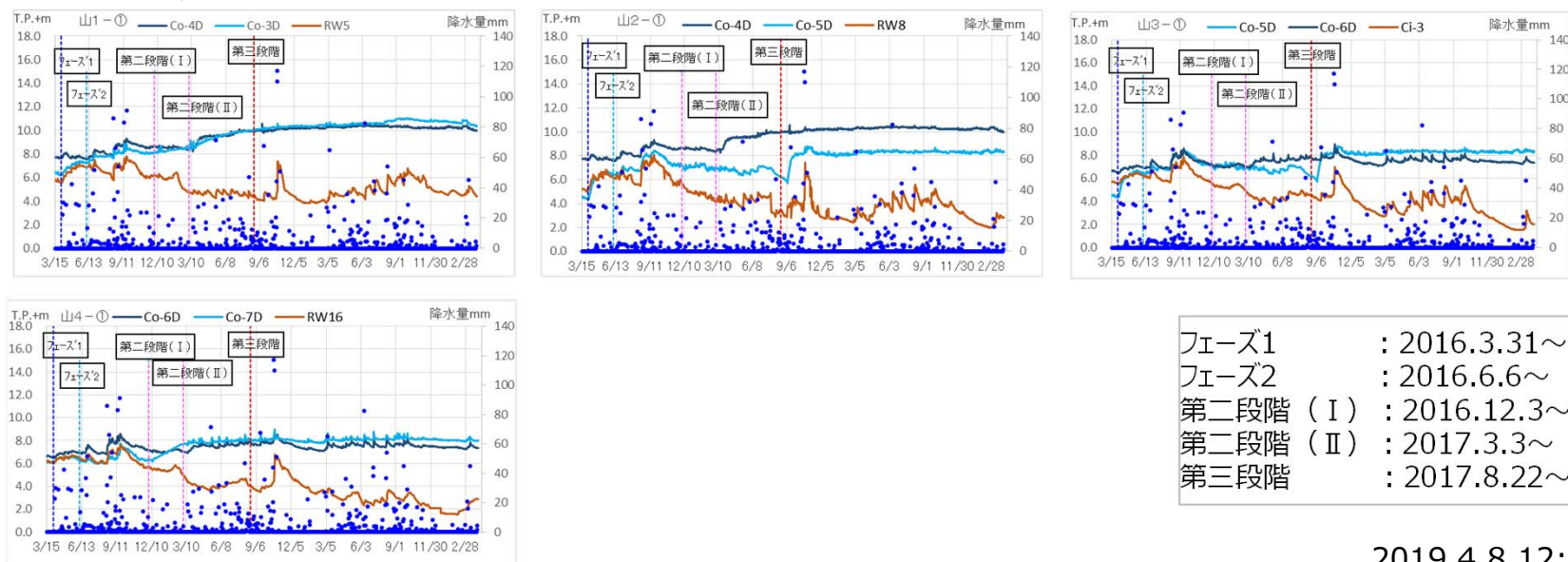
2019.4.8 12:00現在

# 地下水位・水頭（中粒砂岩層）

## 【海側】 中粒砂岩層水位



## 【山側】 中粒砂岩層水位

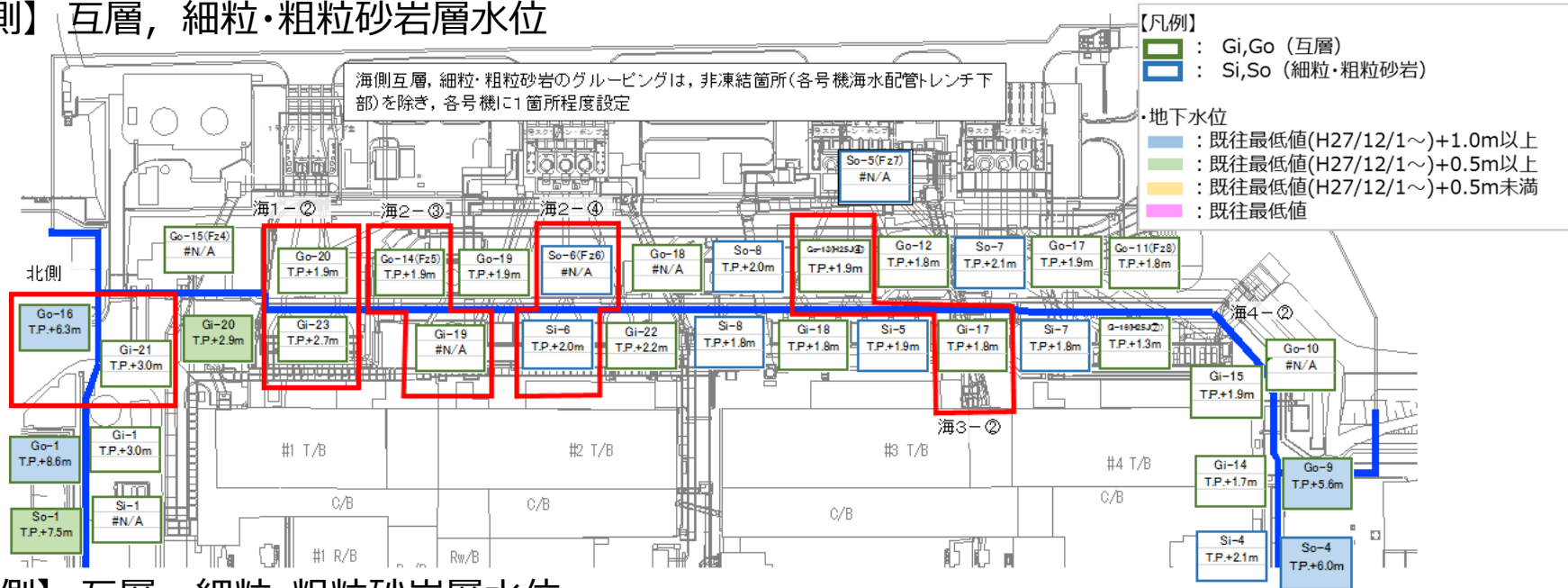


フェーズ1	: 2016.3.31~
フェーズ2	: 2016.6.6~
第二段階 (I)	: 2016.12.3~
第二段階 (II)	: 2017.3.3~
第三段階	: 2017.8.22~

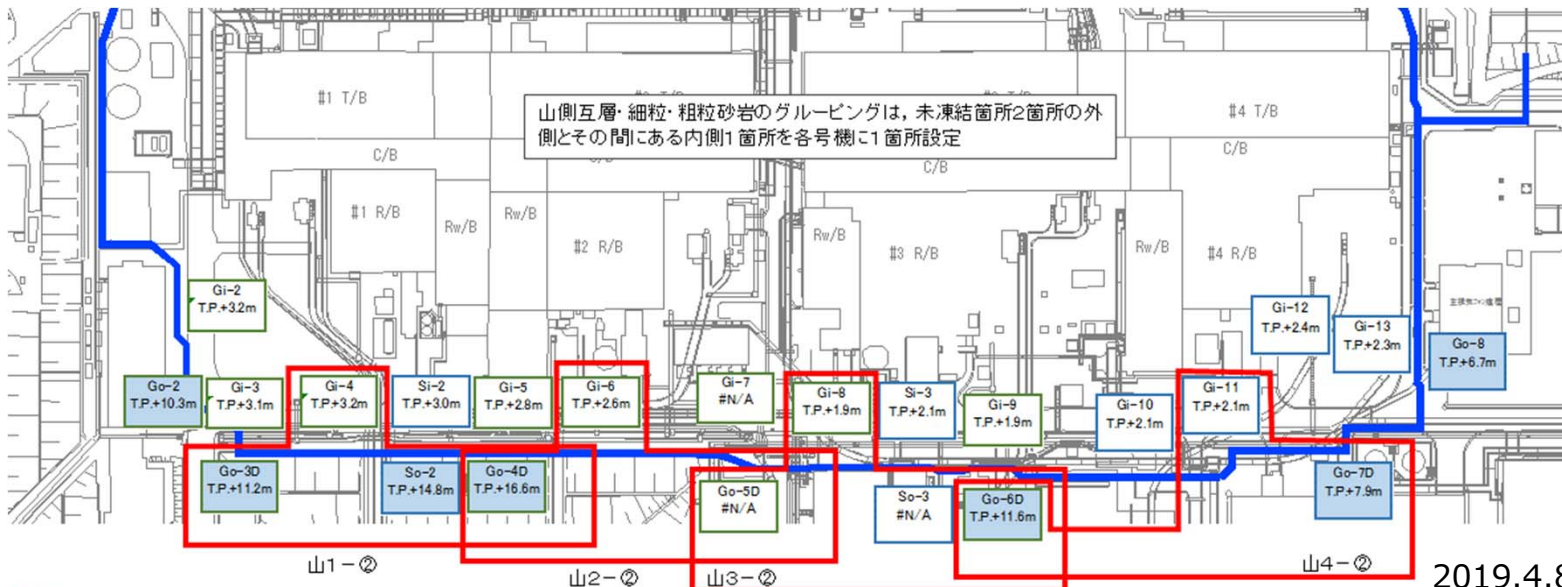
2019.4.8 12:00現在

# 地下水位・水頭（互層，細粒・粗粒砂岩層）：比較対象井戸の位置図

## 【海側】 互層，細粒・粗粒砂岩層水位



## 【山側】 互層，細粒・粗粒砂岩層水位

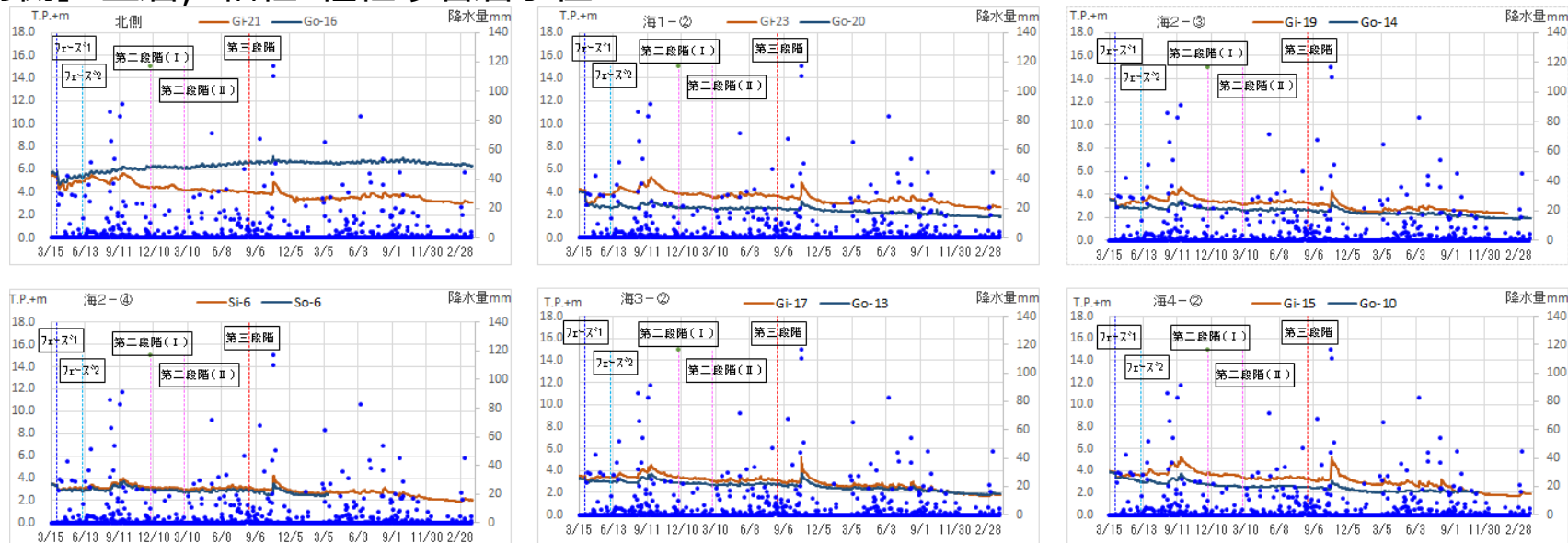


2019.4.8 12:00現在

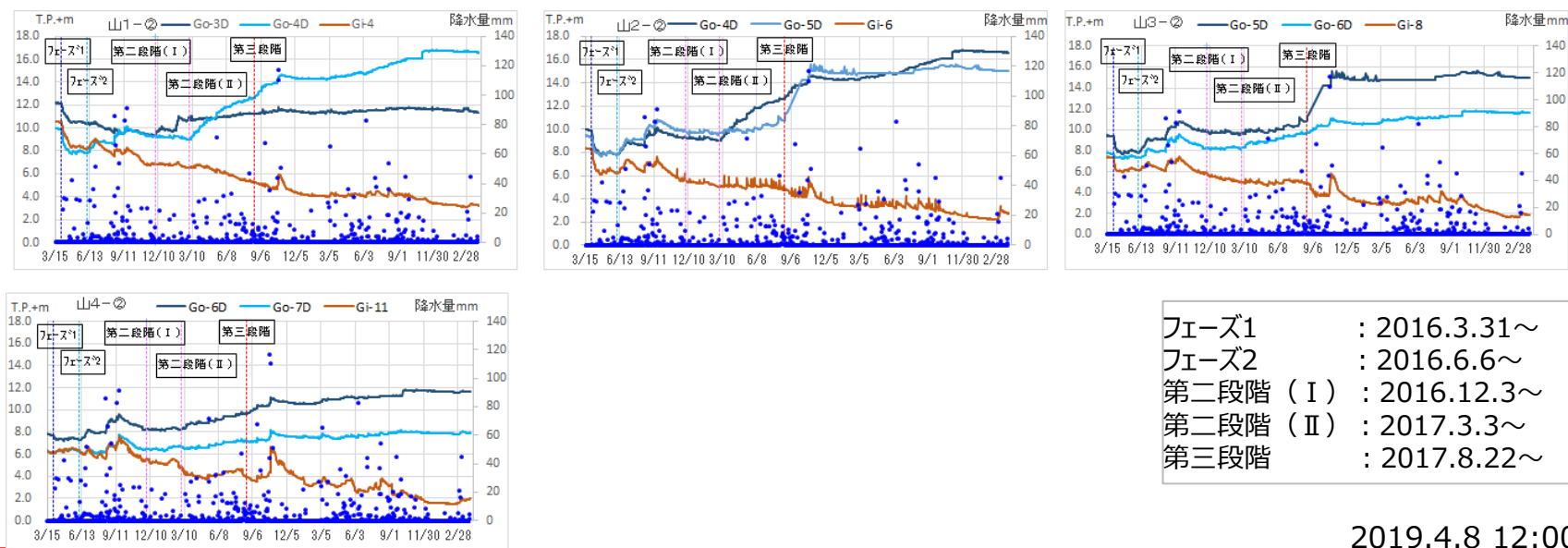


# 地下水位・水頭 (互層, 細粒・粗粒砂岩層)

## 【海側】 互層, 細粒・粗粒砂岩層水位



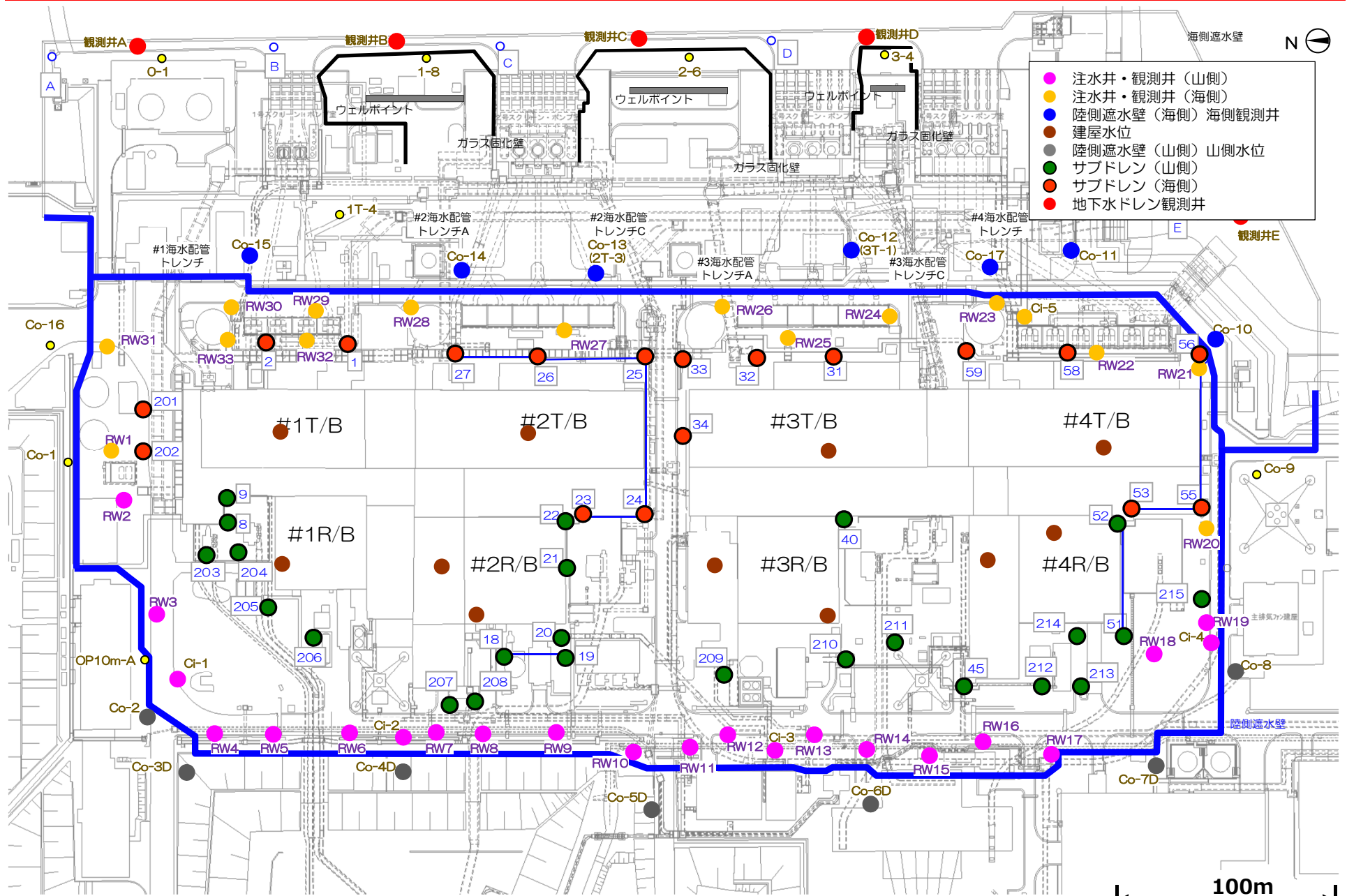
## 【山側】 互層, 細粒・粗粒砂岩層水位



フェーズ1	: 2016.3.31~
フェーズ2	: 2016.6.6~
第二段階 (I)	: 2016.12.3~
第二段階 (II)	: 2017.3.3~
第三段階	: 2017.8.22~

2019.4.8 12:00現在

# サブドレン・注水井・地下水位観測井位置図



---

## (5) 陸側遮水壁内の水収支

## 陸側遮水壁内側エリアの水収支

- 陸側遮水壁（山側）は、多くの構造物が複雑に埋設されている原子炉建屋周辺において、それらを切断等することなく、凍結により周辺の地盤の遮水性を確保するものである（横断構造物の内部は必ずしも凍結していない）。これにより、サブドレン等の機能と併せ、地下水を安定的に制御し建屋に地下水を近づけない水位管理システムが構築された。
- 陸側遮水壁を横断する比較的大型のコンクリート構造物を対象として、陸側遮水壁内への供給量を評価した。その結果、陸側遮水壁を横断するトレンチ、K排水路を通じ、時期、評価方法によって上下するが、最大で見積もると200m<sup>3</sup>/日前後の水供給の可能性が見込まれた。これらについては、陸側遮水壁内側への地下水等供給量（F）に含まれており、少雨期には主たる要因となっている。
- 構造物に起因する流入は、現時点で陸側遮水壁内の地下水管理に大きな支障を及ぼしていないことから、引き続き、モニタリングを行い、今後、必要に応じ対策の検討を行っていく。

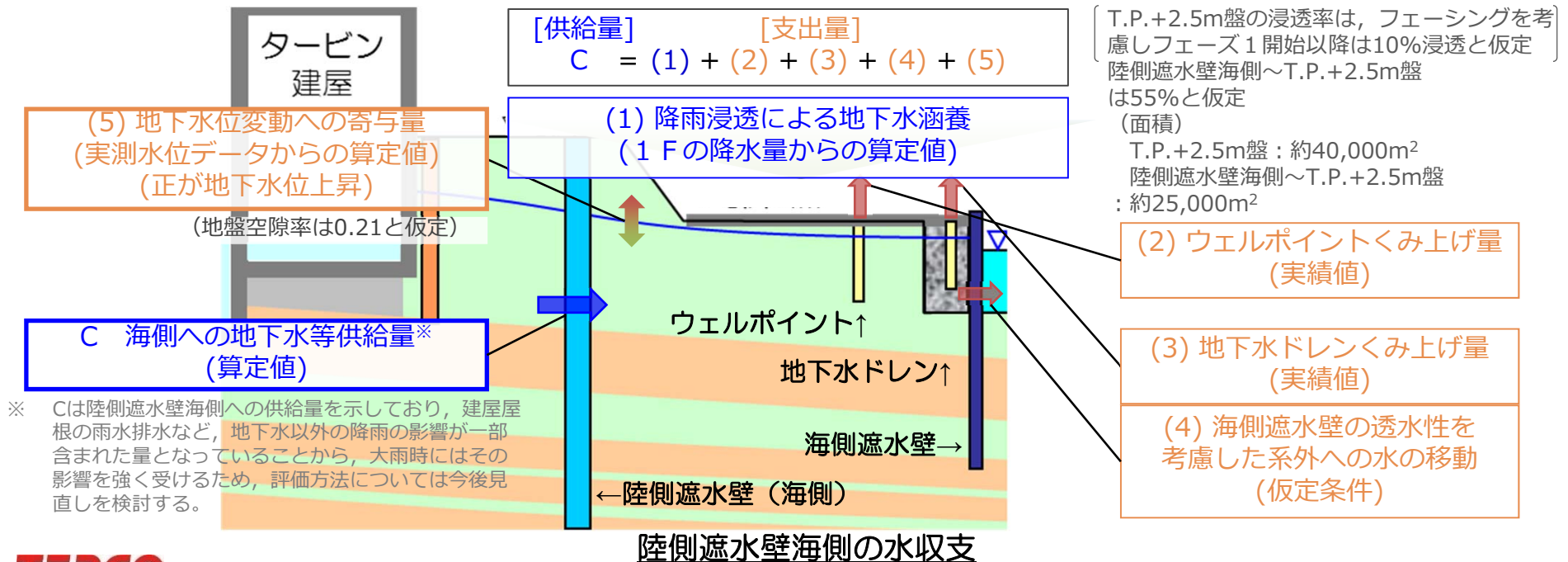
想定される水供給源	想定される量	備考
構内排水路（K排水路）	～約100m <sup>3</sup> /日	K排水路で流量調査を実施
構内排水路を除く、陸側遮水壁横断構造物	数m <sup>3</sup> /日～約100m <sup>3</sup> /日	地下水流入経路となっている可能性が高いと評価した比較的大型のダクト、トレンチ16箇所の調査結果
陸側遮水壁底部からの湧き上がり	影響は小さい	観測井の水位・水頭の計測結果から評価

# 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

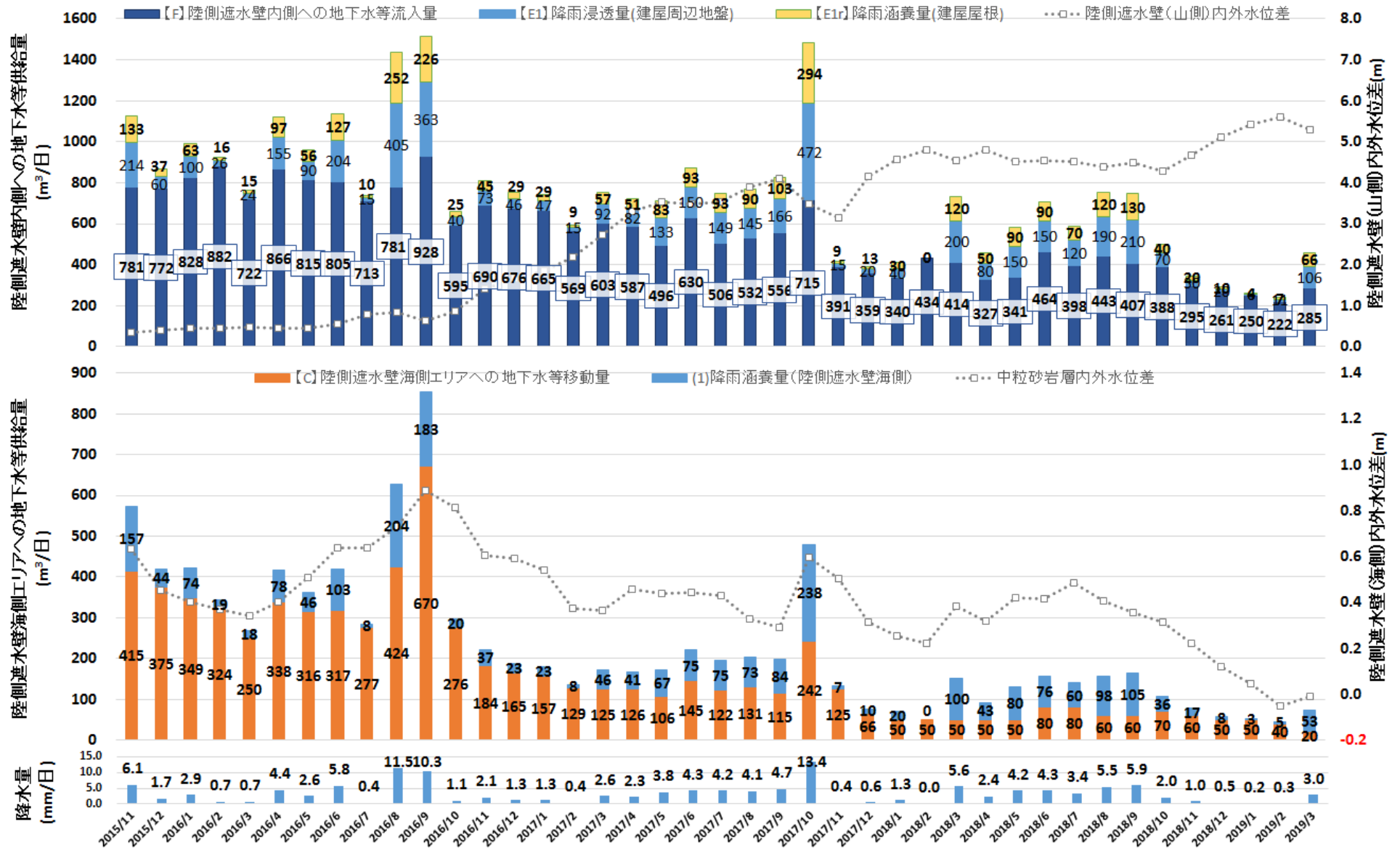
- 凍結開始前と現状の陸側遮水壁海側(T.P.+2.5m盤)の水収支を比較すると、陸側遮水壁海側への地下水等供給量は大雨による一時的な増加はあるものの、全体としては陸側遮水壁閉合前と比較して大幅に減少している。
- 減少している要因は、雨水浸透防止策（フェーシング等）、サブドレン稼働、陸側遮水壁（海側）の閉合などの複合効果によるものと考えられる。

実績値(m <sup>3</sup> /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	1.4mm/日	310	-40	80	240	50	-20
2017.1.1~3.31	1.5mm/日	140	-30	30	110	30	0
2018.1.1~3.31	2.4mm/日	50	-40	20	50	30	0
2019.1.1~3.31	1.2mm/日	40	-20	10	20	30	0
(参考)2019.4.1~4.17	2.0mm/日	30	-40	10	30	30	0


(収支計算は1の位で四捨五入している)



# 陸側遮水壁内側・海側の地下水等供給量の推移



# 水収支における建屋屋根面への降雨について

<p><b>【実現象】</b> 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。</p>		<p><b>【収支計算】</b> 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。</p>
---	--	---

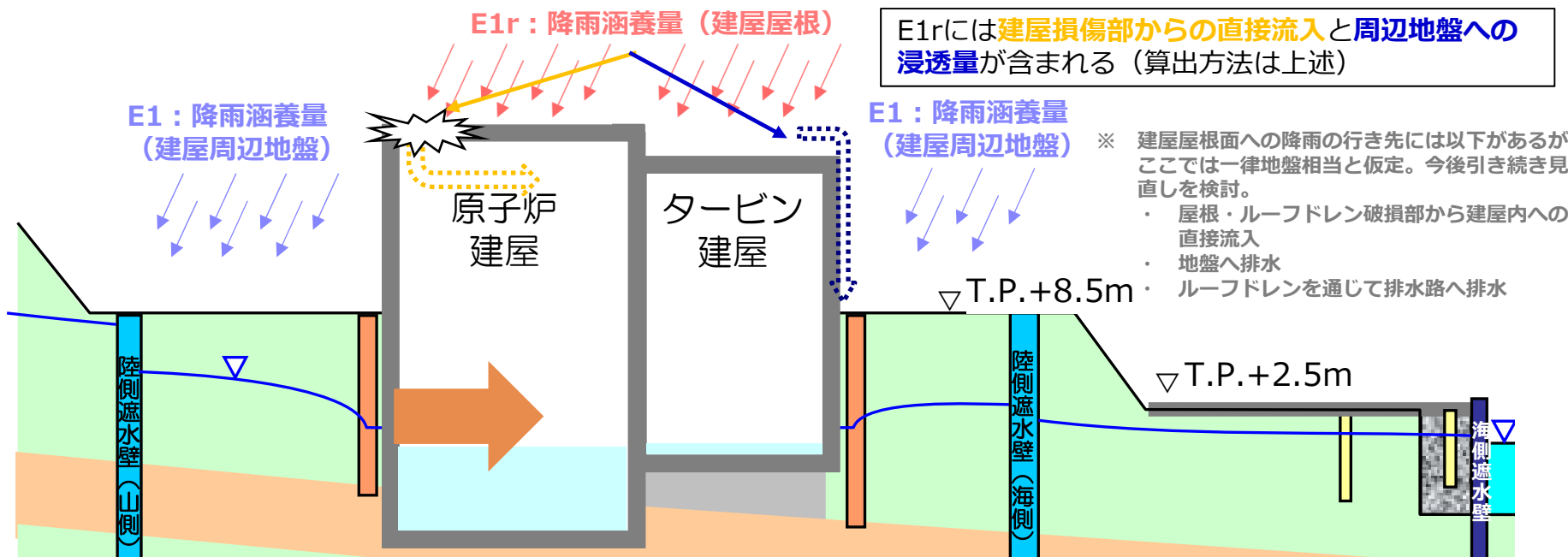
精度向上のため、水収支計算を実態に合わせて下記の通り見直し

**<従来>** 建屋屋根面(約40,000m<sup>2</sup>)※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40,000m<sup>2</sup>)※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。

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



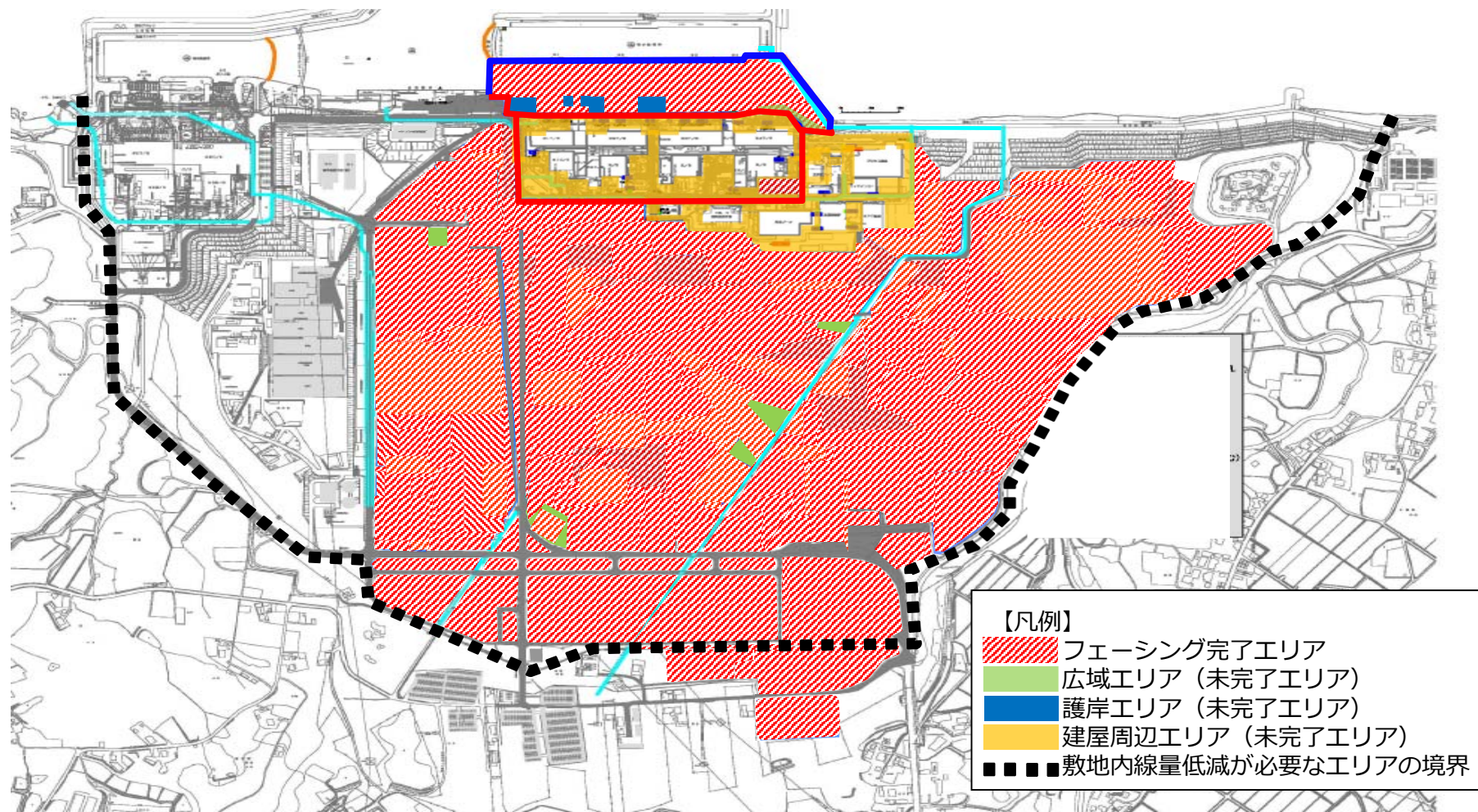
---

## (7) 雨水対策の進捗状況



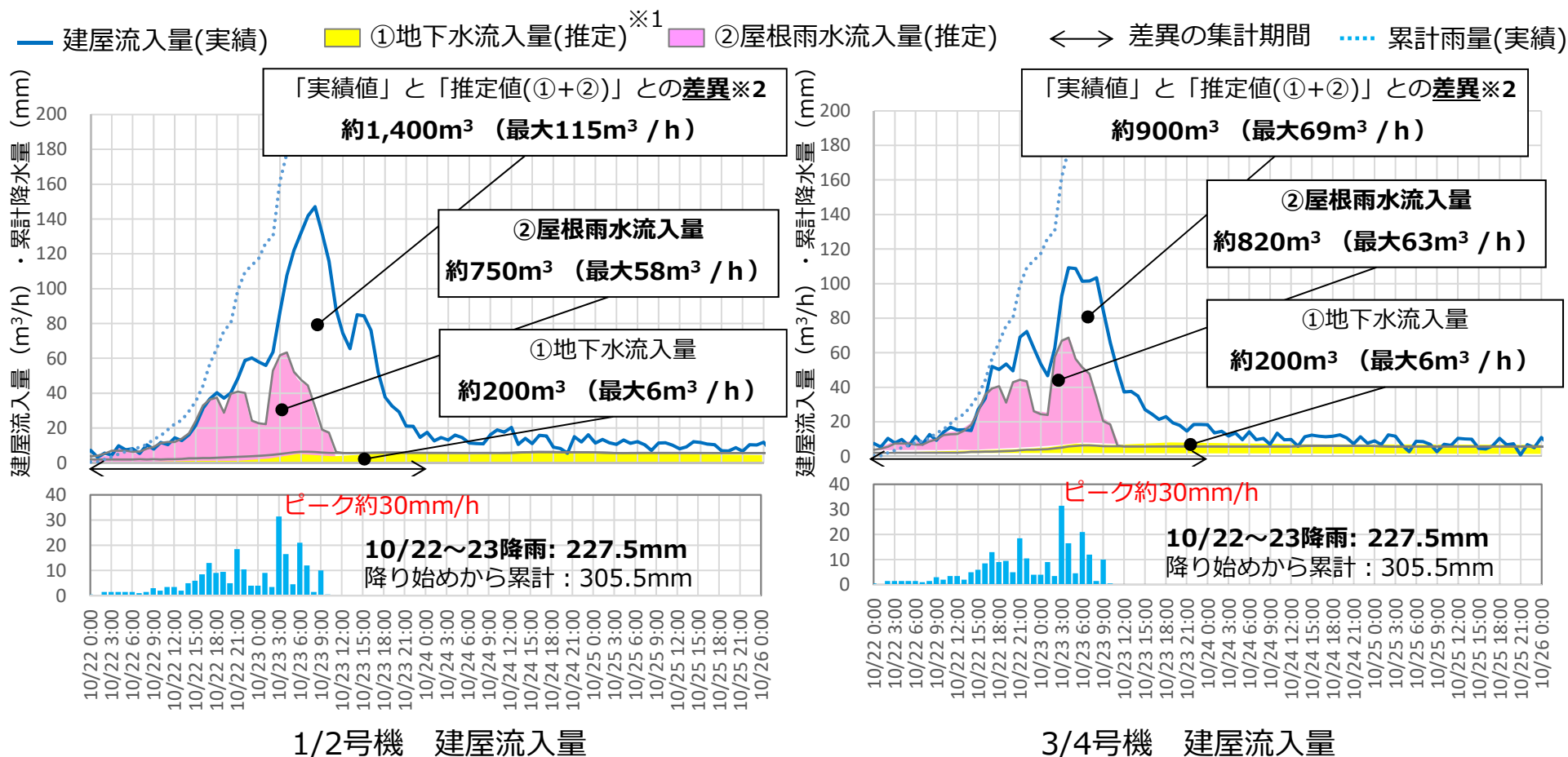
# フェーシング全体進捗状況

エリア面積 145万m<sup>2</sup> 進捗率 約94% (2019年2月28日現在)



# 雨水対策（大雨時の雨水の流入経路の推定）

■ 2017年10月台風のうち、降雨期間中の10/22~10/23の「実績値」と「推定値」において建屋流入の総量の差異は、1/2号機が約1,400m<sup>3</sup>、3/4号機が約900m<sup>3</sup>となっている。



※1: ①地下水流入量(推定)は、1,2号機-3,4号機それぞれ1~4号機全体の1/2として概略計算した。(以降同じ)

※2: 集計期間10/22 0:00 ~ 10/24 0:00で、「実績値」と「推定値(①+②)」との差分を累積加算した。

## 雨水対策（大雨時の雨水の流入経路の推定）

- 2017年10月の台風後の調査・工事・分析により、建屋流入量の推定値と実績値が大きく乖離した主な要因としては、以下を想定している。

	想定要因	概要	推定流入量(上段) ／想定面積(下段)	対策状況	
①	1号機タービン建屋 近傍トレンチを介した建屋への直接流入	建屋近傍の地盤へ排水している1/2号機タービン建屋の屋根雨水が、大雨時に急増したことで地盤浸透前に建屋近傍トレンチへ流入し、建屋貫通部を通じて建屋へ流入	<b>最大約1,500m<sup>3</sup></b>  /約6,700m <sup>2</sup> (1/2号機タービン建屋上屋の屋根面積)	2018/9/21 対策完了	1/2号 建屋
②	2号機原子炉建屋の 屋根雨水の流入	2号機原子炉建屋のルーフドレンの損傷から屋根雨水が建屋に流入	<b>最大約400m<sup>3</sup></b>  /約1,600m <sup>2</sup> (2号機原子炉建屋上屋の屋根面積)	2018/7/12 対策完了	
③	3号機タービン建屋 屋根雨水の流入	通常時は排水できているルーフドレンにおいて、大雨時に排水しきれず、3号機タービン建屋屋根の破損部から建屋へ流入	<b>最大約700m<sup>3</sup></b>  /約3,200m <sup>2</sup> (3号機タービン建屋上屋の屋根面積)	実施中 (2018年11月着手)	3/4号 建屋

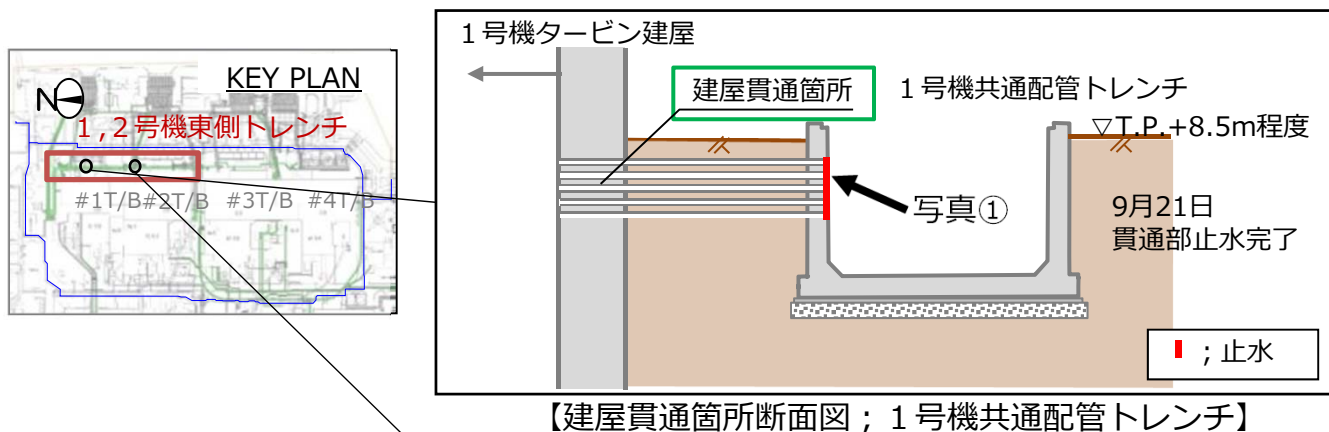
- 2017年10月22～23日の降雨（227.5mm）における建屋流入量の推定値と実績値の差異は1-4号機で約2,300m<sup>3</sup>（1/2号建屋：約1,400m<sup>3</sup>、3/4号建屋：約900m<sup>3</sup>）。

対して、建屋流入量の推定値と実績値が大きく乖離した主な要因より流入量として可能性のある最大値は約2,600m<sup>3</sup>（1/2号建屋：約1,900m<sup>3</sup>、3/4号建屋：約700m<sup>3</sup>）である。

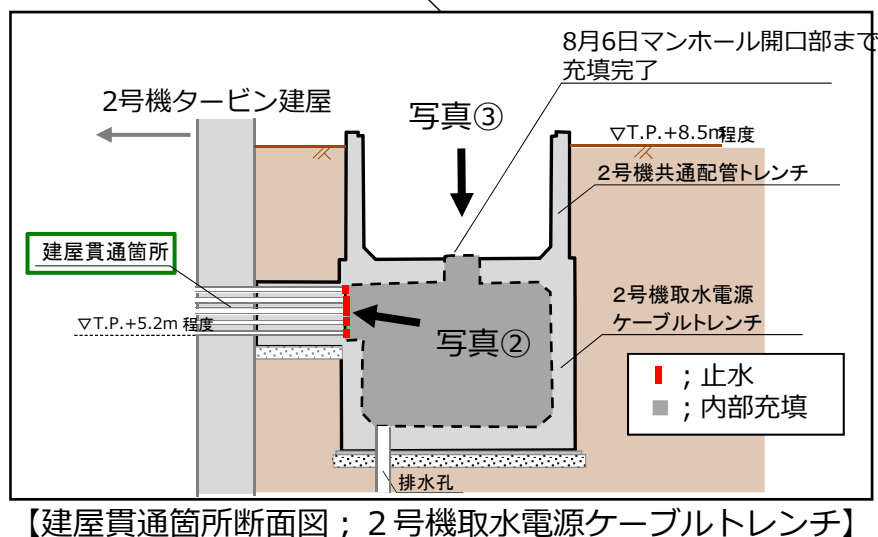
- K排水路の接続間（枝管）を通じた建屋への流入について、K排水路内の水位と接続間（枝管）の建屋接続箇所の高さ等をもとに一定の仮定をおいて試算すると流入量は、10～90m<sup>3</sup>程度となる。

# ① 1/2号機タービン建屋近傍トレンチ

- 1/2号機東側に位置するトレンチのうち、1号機共通配管トレンチ内の建屋貫通箇所、2号機取水電源ケーブルトレンチ内の建屋貫通箇所について、止水・充填等を実施。
- 2018年7月13日に着手し、同8月6日に2号機取水電源ケーブルトレンチのマンホール開口部まで充填が完了。また、1号機共通配管トレンチ内の貫通箇所の止水は2018年9月21日完了。



1号機共通配管トレンチ貫通箇所 止水状況

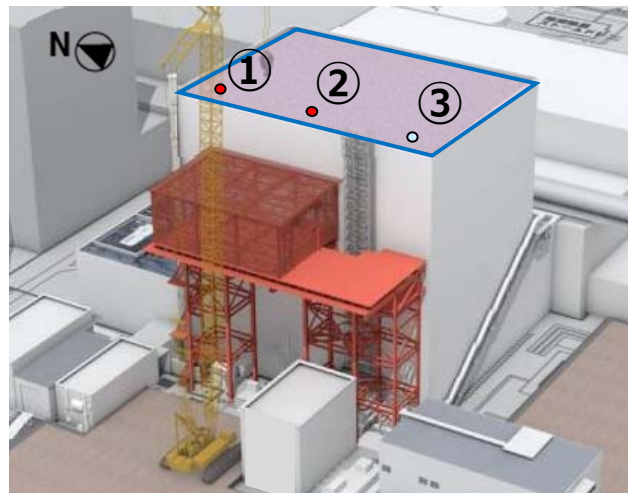


2号機取水電源ケーブルトレンチ貫通箇所 止水状況 (写真②), 充填状況 (写真③)

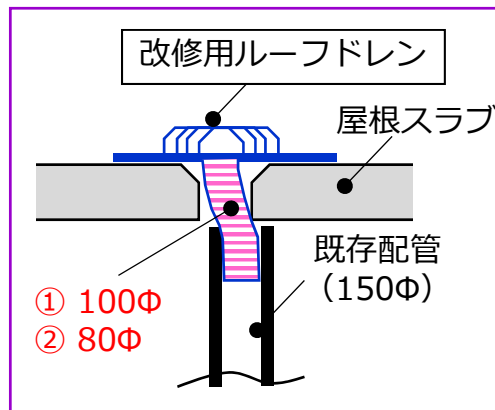


## ②2号機R/B屋根（ルーフドレン）

- 2018年6月11日の降雨時にオペフロ床面に雨水が一時的に溜まる状況を確認した。
- 調査の結果、屋上のルーフドレン2箇所(北側・中央)について、配管のズレを確認したため、雨水配管の補修を実施。（2018年7月12日完了）
- 9月30日～10月1日の台風24号接近に伴う降雨（計：47.5mm）では、雨漏れによる水たまりの発生は確認されなかった。
- ※濡れている箇所は、オペフロ調査時に飛散抑制対策として実施した散水跡



2号機原子炉建屋 鳥瞰図



①、②ルーフドレン・改修方法  
(③は、配管が確認できず閉塞)



②ルーフドレン改修着手前



②ルーフドレン改修完了

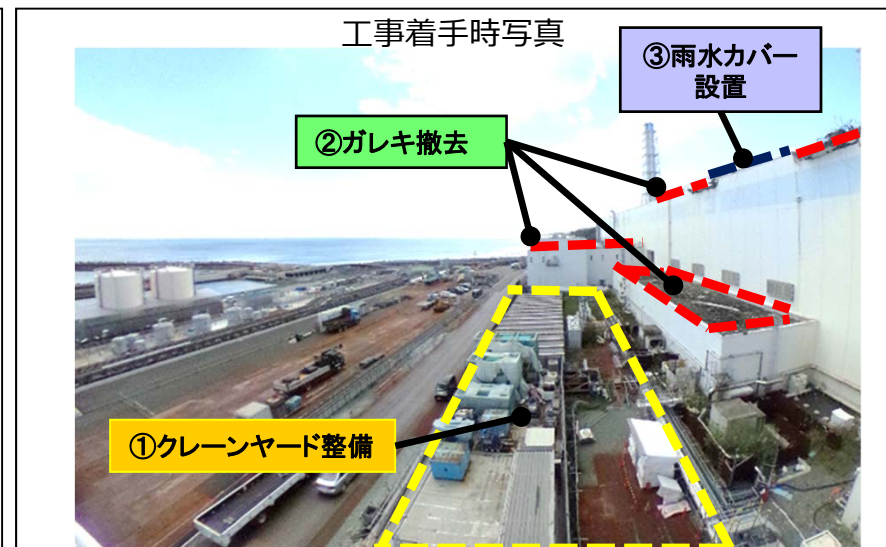
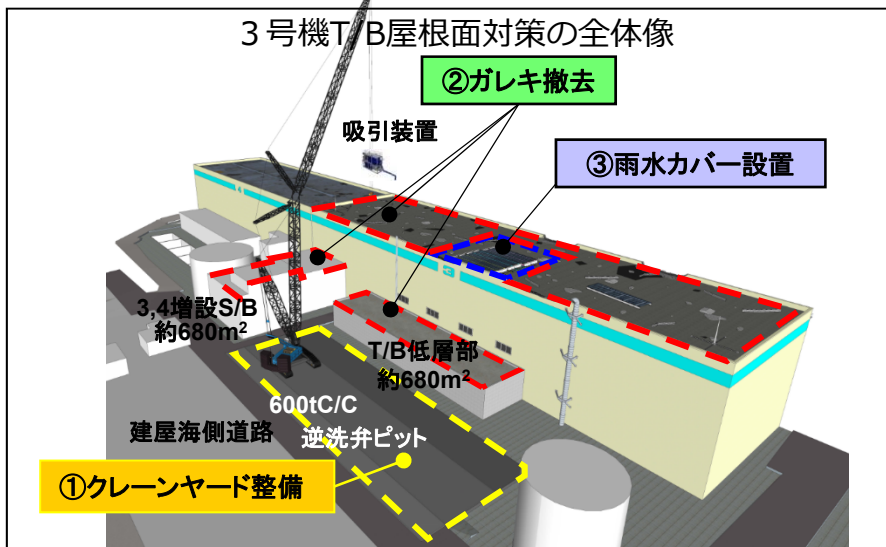
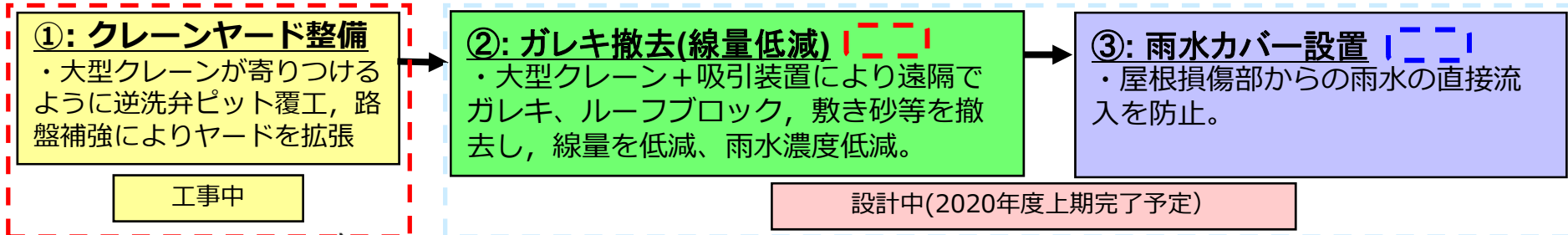
散水跡（雨漏れではない）



10月1日のオペフロ状況  
(雨漏れによる水たまりの発生は確認されていない)

# 雨水流入対策（3号機T/B屋根雨水の対策状況）

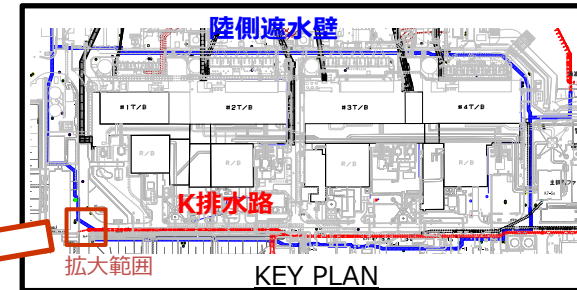
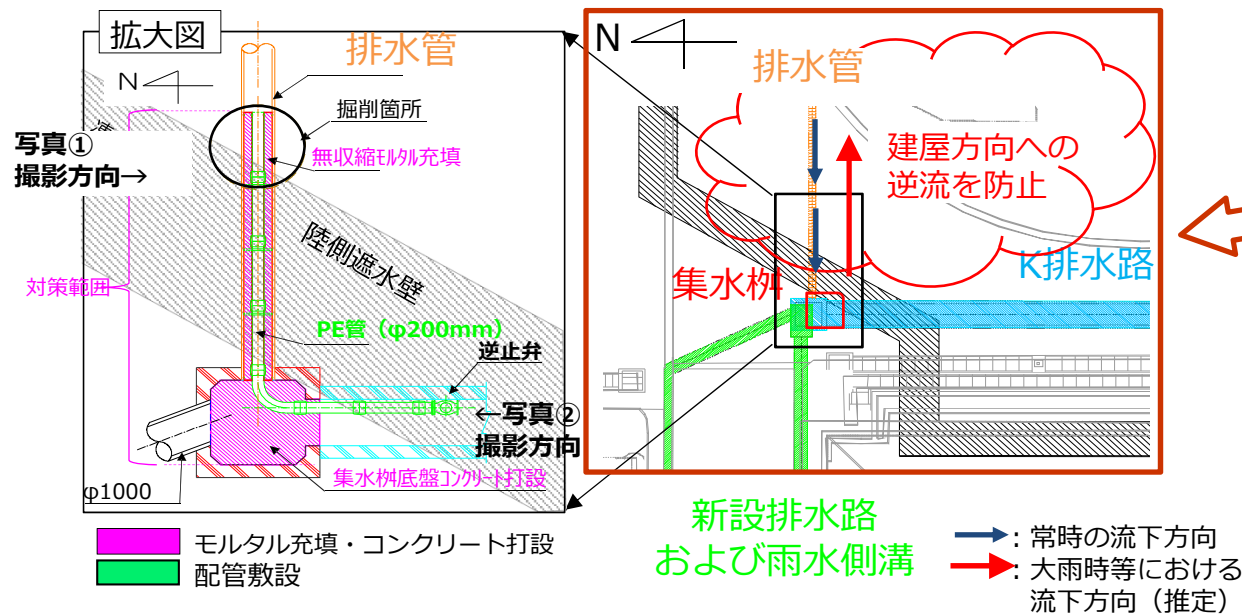
■ 屋根損傷部の流入対策の準備工事として、T/B海側を整地するヤード整備を11月より着手した。



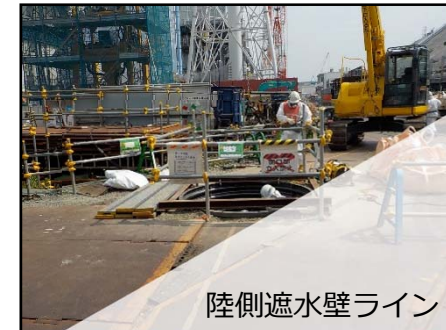
	2018年度					2019年度				2020年度			
	11月	12月	1月	2月	3月	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q
3T/B 屋根対策			ヤード整備					ガレキ撤去					▼完了予定
										雨水カバー設置			

# 雨水対策（K排水路から建屋への雨水流入防止対策）

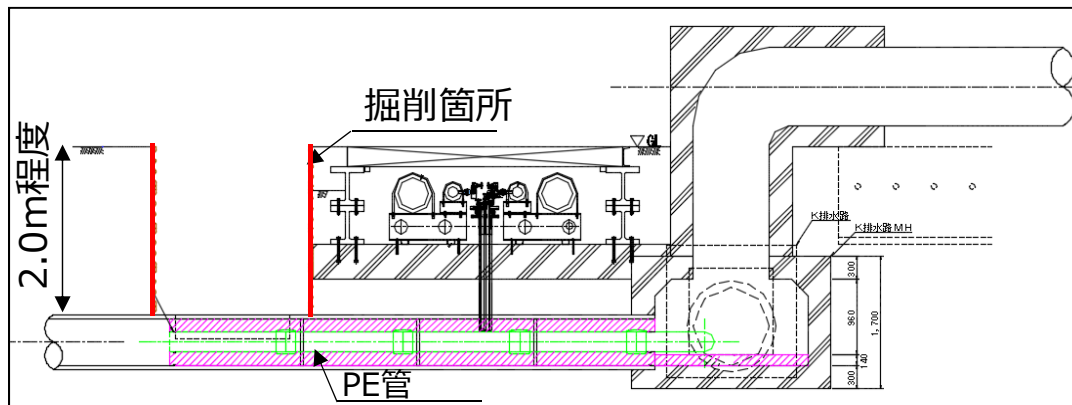
- 1号機西側 排水管へのK排水路からの逆流を防止するため、逆止弁を設けたPE管を排水管の内部に設置し、その外側を充填する工事を実施。（2018年6月22日完了）



写真① 掘削箇所（北側から撮影）

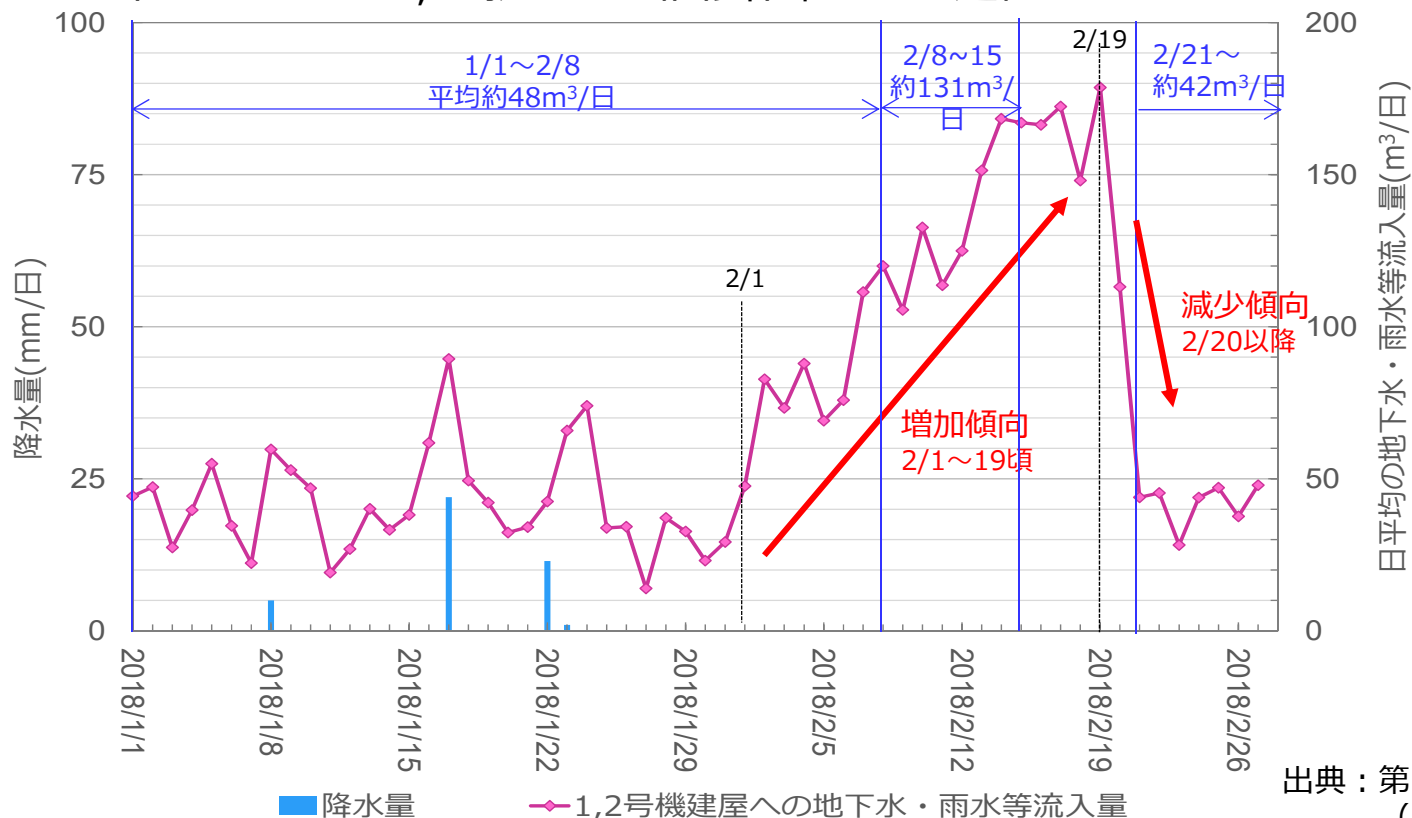


写真② 完了状況



## 雨水対策（K排水路から建屋への雨水流入防止対策）

- 1・2号機建屋の地下水・雨水等流入量は以下の通り推移。
  - 1月1日～2月8日の期間：平均約48m<sup>3</sup>/日に対し、2月8日～15日の期間は約131m<sup>3</sup>/日と増加。
  - 2月1日以降は降雨がないものの、増加傾向は2月19日頃まで継続している。
  - 2月20日からは減少傾向となり、2月21日以降は平均約42m<sup>3</sup>/日で推移し、1月時点と同程度に戻っていることを確認。
- 流入量増加要因を調べるため、1月末から2月にかけての作業内容の変化，配管破断等がおこると建屋流入量に影響する設備の健全性，増加の水源となりうる貯水タンクの状況等について確認したところ，K排水路の補修作業との関連性が認められた。



出典：第21回汚染水処理対策委員会資料  
（開催日：2018年3月7日）



## その他（K排水路補修工事）

- K排水路からの地下水供給の可能性があるため、K排水路内部（北側）の目地部補修を実施。補修方法は下記の通り。（2019年1月16日完了）



着工前



目地部カット状況  
(ベビーサンダー)



目地部カット完了



完了後



シール材充填状況

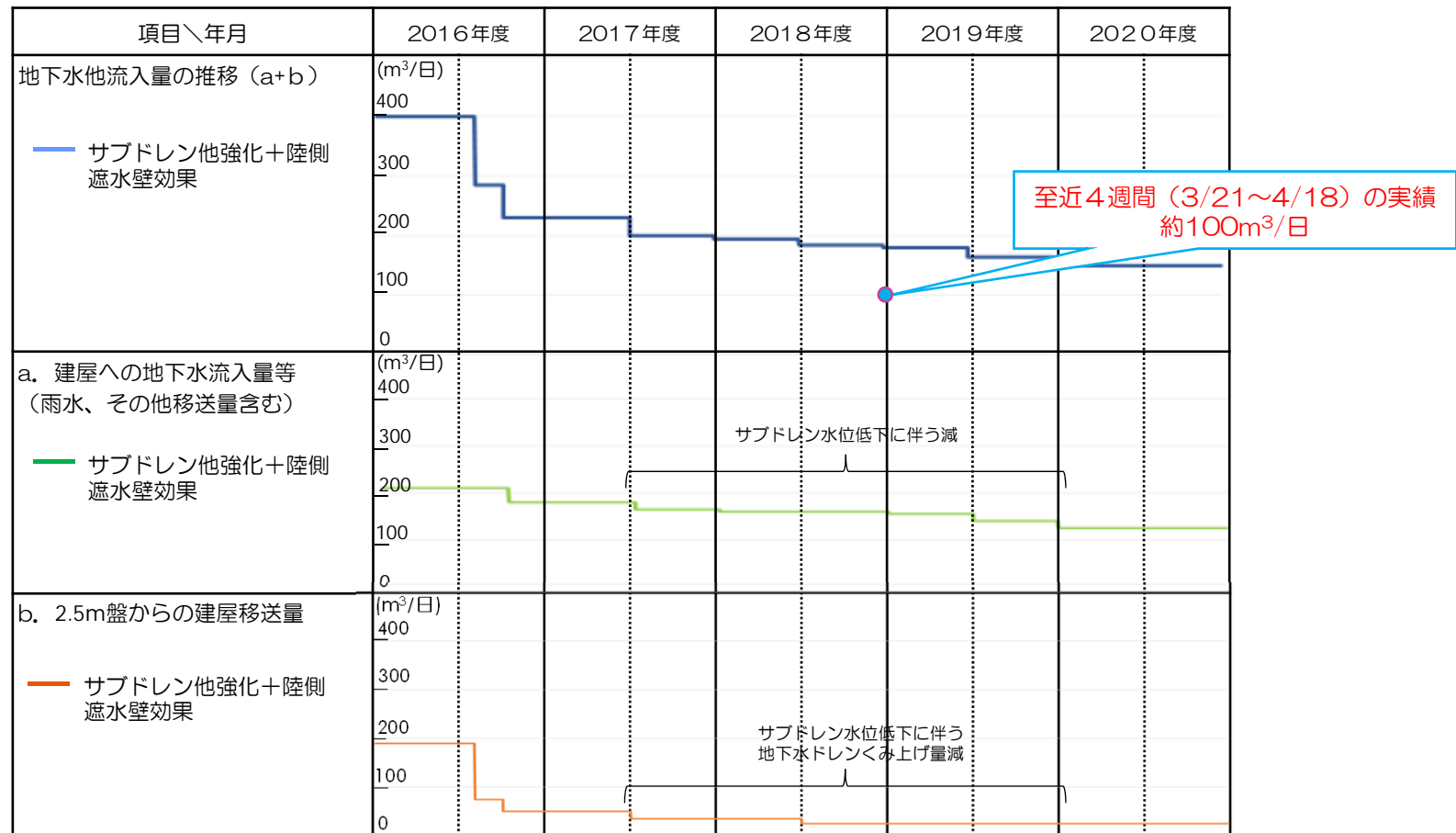
---

## (8) タンク建設の進捗状況

# 貯留水量の想定に用いる地下水他流入量の想定条件と至近の実績

## 水バランスシミュレーションの前提条件

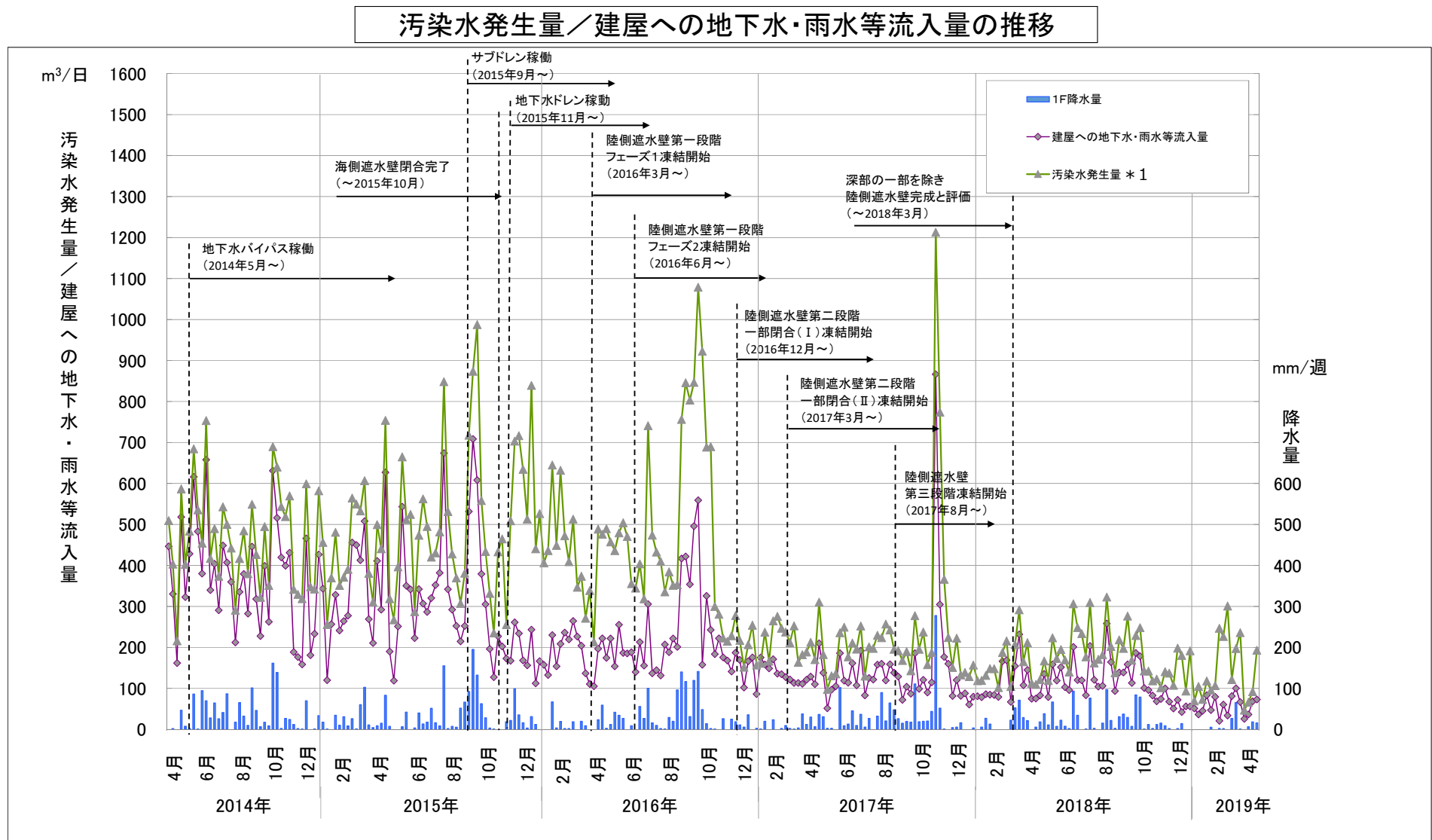
- サブドレン+陸側遮水壁の効果を見込んだケース



---

## (9) 重層的な汚染水対策の効果

# 汚染水発生量／建屋への地下水・雨水等流入量の推移



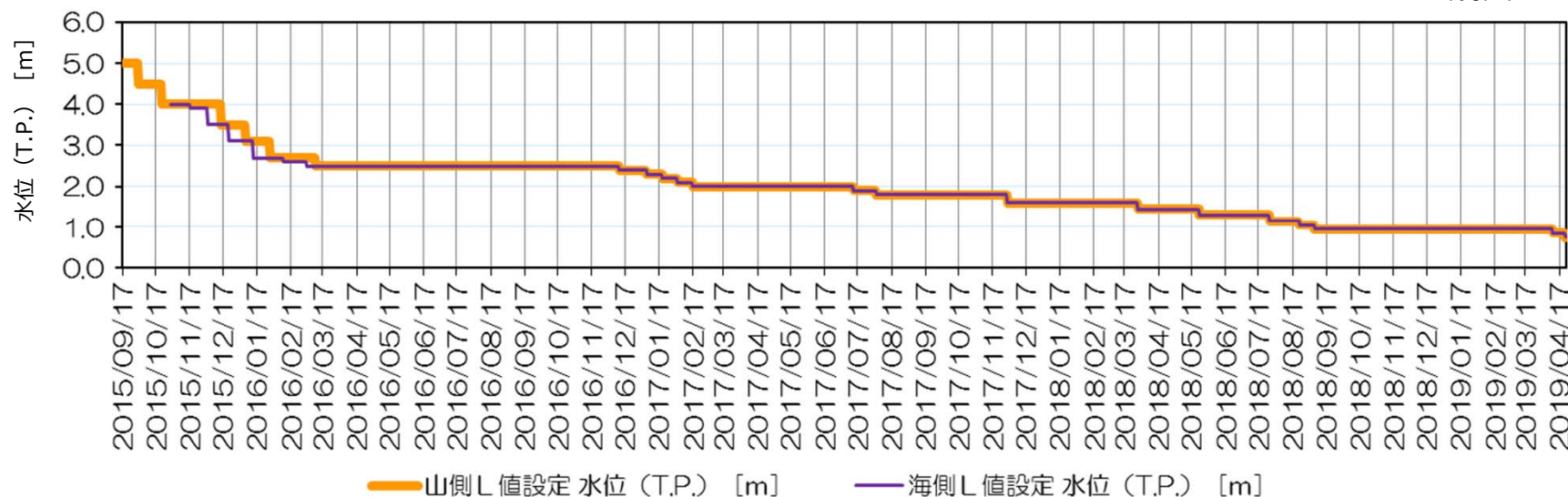
\* 1: 貯蔵量増加量の精度向上として、2017/2/9より算出方法を以下の通り見直し。(2018/3/1見直し実施)  
 [ (①建屋への地下水・雨水等流入量) + (②2.5m盤からの建屋移送量) + (③ ALPS浄化時薬液注入量) + (④廃炉作業に伴い発生する移送量) ]

## サブドレンの運転状況（24時間運転）

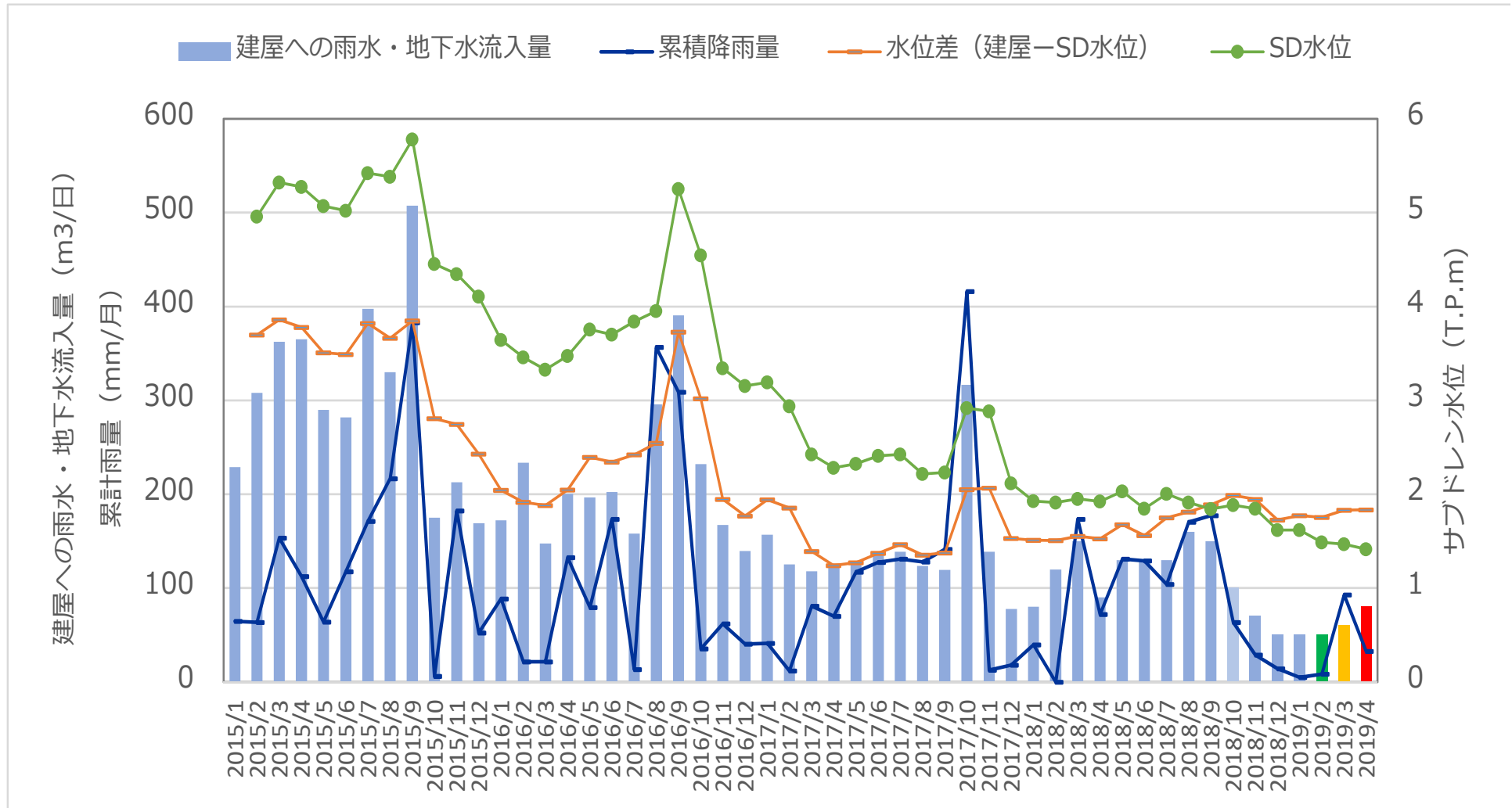
- 山側サブドレンL値をT.P.5,064 から稼働し、段階的にL値の低下を実施。  
 実施期間：2015年9月17日～  
 L値設定：2019年4月11日～ T.P.850 で稼働中。
- 海側サブドレンL値をT.P. 4,064 から稼働し、段階的にL値の低下を実施。  
 実施期間：2015年10月30日～  
 L値設定：2019年4月11日～ T.P. 850で稼働中。
- 1/2号機排気筒周辺の地盤改良の完了に伴い、周辺のサブドレンピットの設定値は下記のとおり。  
 ※稼働率向上検討、調査のため、No.205：2019年04月11日～ L値をT.P.1,500に変更。  
 No.206：2019年04月11日～ L値をT.P.1,200に変更。  
 No.207：2019年04月11日～ L値をT.P. 850に変更。  
 No.208：2019年04月11日～ L値をT.P.1,150に変更。

山側・海側サブドレン（L値設定）

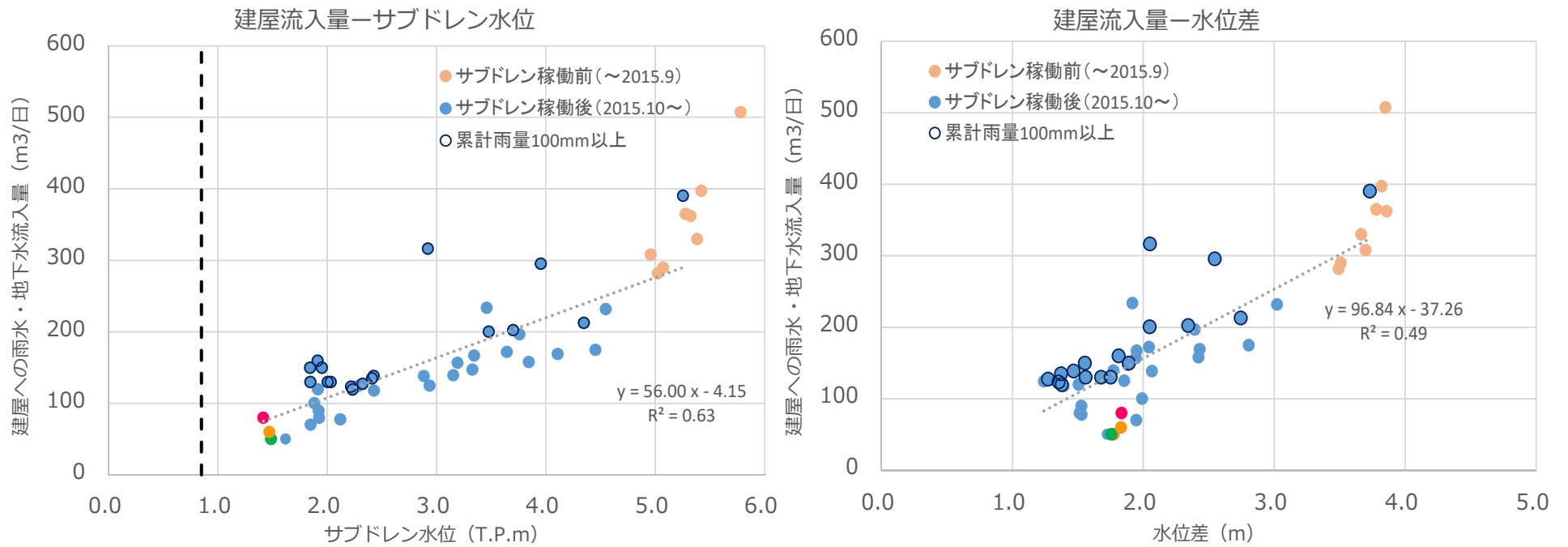
2019/4/22（現在）



# 建屋流入量とサブドレン水位の関係 (1 / 2)



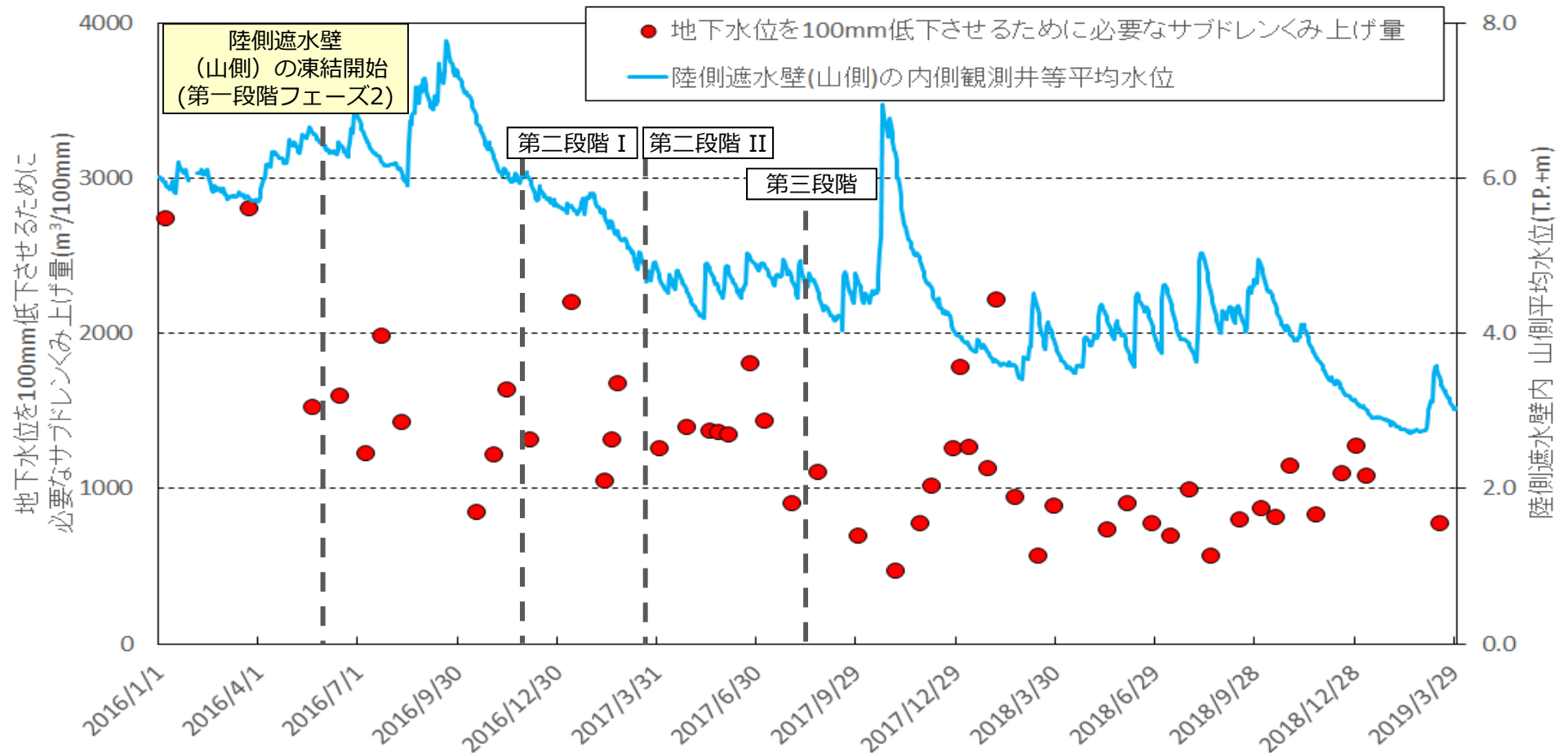
# 建屋流入量とサブドレン水位の関係 (2 / 2)





## サブドレンくみ上げ量（くみ上げ効率向上に関する試算）

- ▶ サブドレンのくみ上げ効率の指標として、陸側遮水壁（山側）の内側平均地下水位を100mm低下させるのに必要なサブドレンのくみ上げ量を算出した。
- ▶ 陸側遮水壁（山側）の凍結開始以降、凍結閉合に伴う遮水効果により地下水流入が抑制され、下流側の地下水位の制御性が維持されている。



サブドレンのくみ上げ効率（陸側遮水壁（山側）の内側）

※データ期間；～2019/3/31

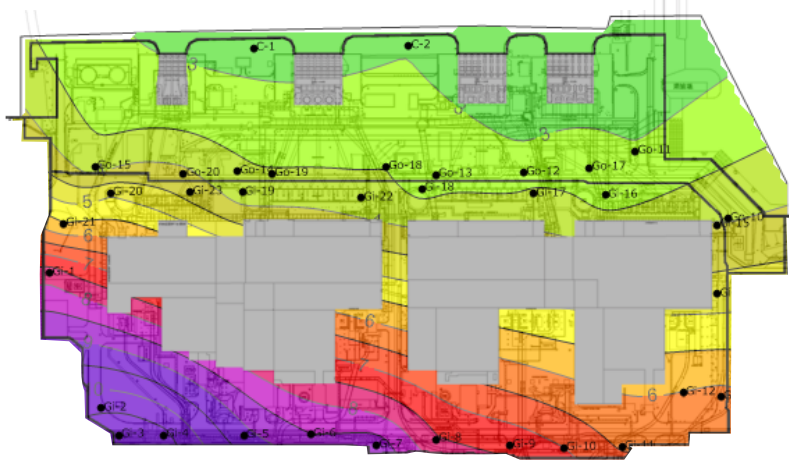
評価対象期間は、連続して5日以上水位が低下している期間とし、くみ上げ量は降雨量や稼働状況の影響を受けることから、算出にあたっては次の条件のデータは除外している。

- ・ 日降雨量4mmを超える期間、
- ・ 山側サブドレンが系統単位で停止した期間

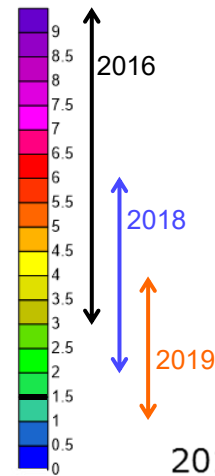
# 陸側遮水壁内の地下水位の変化【互層（各年2月）】

- 重層的な汚染水対策の進捗により、建屋回りだけでなく、陸側遮水壁内全体の互層水頭は、段階的に低下しており、至近1年でも約1m低下している。
- 2019年2月には、陸側遮水壁設置前（2016年2月）から、陸側遮水壁内全体の互層水頭は、約4m低下している。

2016/2（陸側遮水壁設置前）（22mm/月）



水頭 地下水頭分布範囲  
(T.P.m)



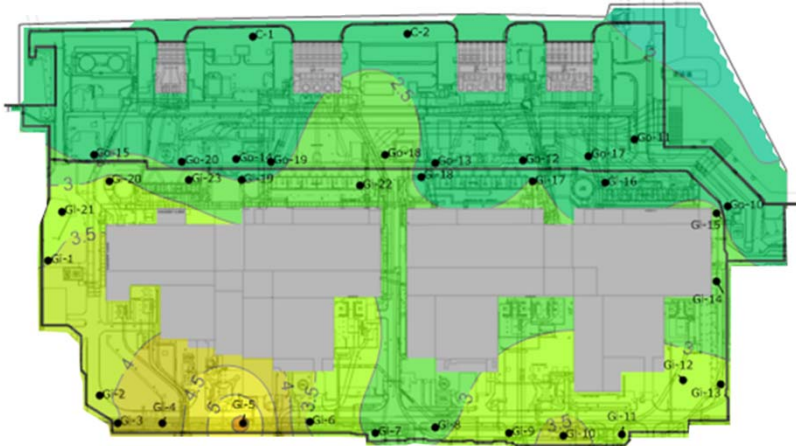
【陸側遮水壁内エリアの互層水頭とサブドレン設定水位】

	2016.2	2018.2	2019.2
地下水位※1 (T.P.m)	3.0~ 11.0 《6.4》※2	2.0~ 6.0 《3.2》※2	1.0~ 4.0 《2.2》※2
SD設定水位 (T.P.m)	2.75	1.6	0.95

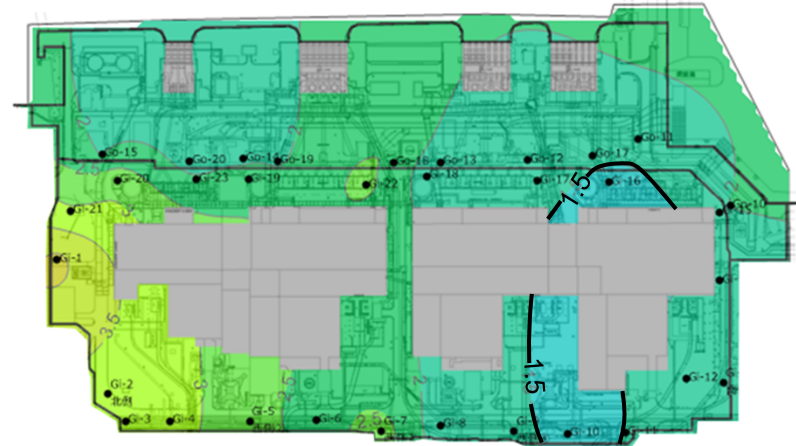
※1 観測孔の各々の水位

※2 全体の算術平均

2018/2（0mm/月）



2019/2（9mm/月）

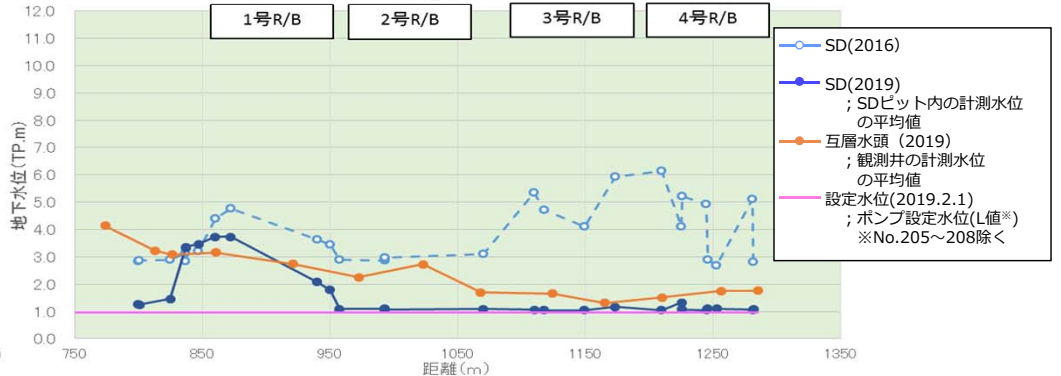
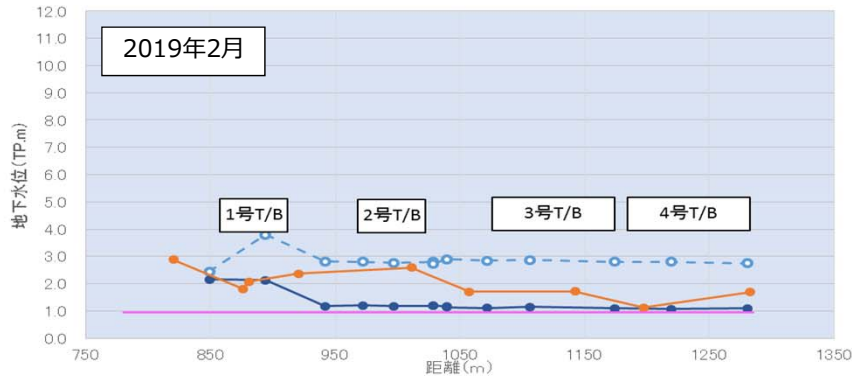
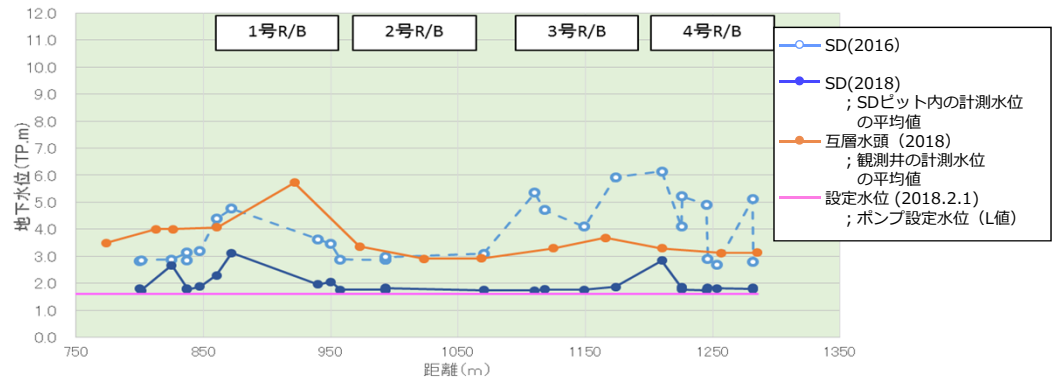
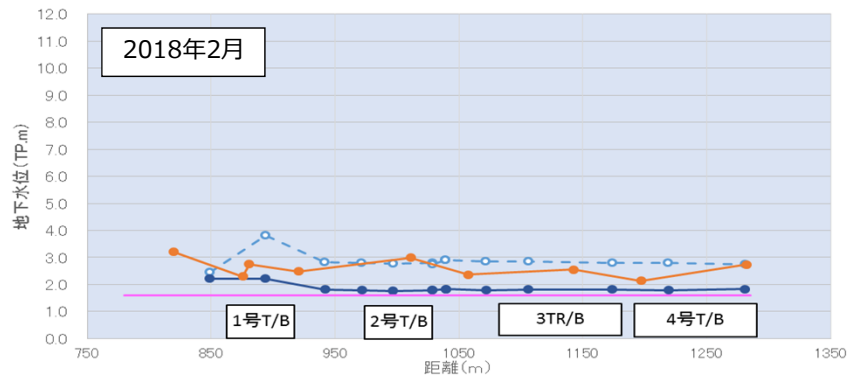
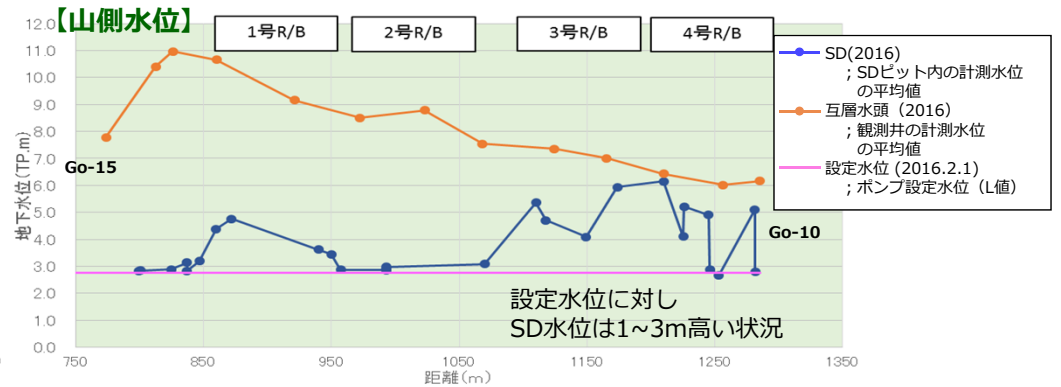
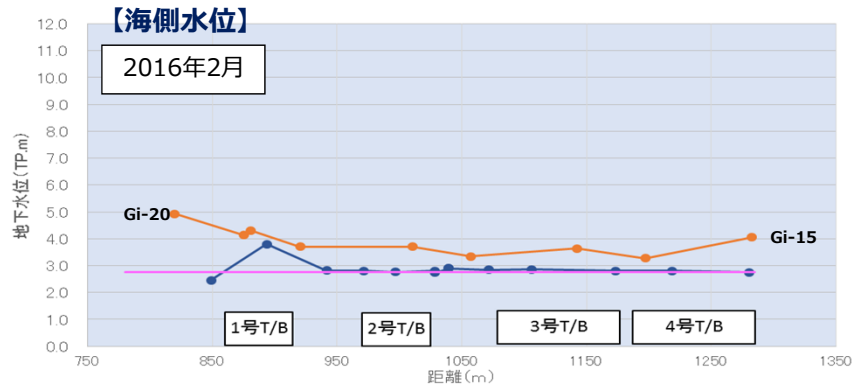


・陸側遮水壁横断構造物（K排水路）の影響と推定

・排気筒周辺対策のためSD非稼働の影響。  
・陸側遮水壁横断構造物（K排水路）の影響と推定

# 陸側遮水壁内の地下水位の変化【互層（互層水頭とサブドレン水位の比較）】

■ 陸側遮水壁、サブドレン等の重層的な対策により、陸側遮水壁内の互層水頭とサブドレン設定水位の差分が縮小。



# 中粒砂岩層地下水位分布の表示（展開）範囲

