

福島第一原子力発電所の汚染水処理対策の状況

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

- (1) 重層的な汚染水対策の概要
- (2) 陸側遮水壁の凍結状況
- (3) 建屋周辺の地下水位の状況
- (4) サブドレン・護岸エリアのくみ上げ量の推移
- (5) 陸側遮水壁内の水収支
- (6) サブドレン信頼性向上対策の進捗状況
- (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

(1) 重層的な汚染水対策の概要

■ 汚染水対策は、3つの基本方針のもと、予防的・重層的な対策を進めている。

「汚染水対策」の3つの基本方針

原則1. 汚染源を取り除く

- ①多核種除去設備（ALPS）による汚染水浄化
 - ②トレンチ*1内の汚染水除去
 - ③建屋内滞留水処理
- (*1) 配管などが入った地下トンネル

原則2. 汚染源に水を近づけない

- ④地下水バイパスによる地下水の汲み上げ
- ⑤建屋近傍の井戸での地下水の汲み上げ（サブドレン水位低下）
- ⑥凍土方式の陸側遮水壁の設置
- ⑦雨水の土壌浸透を抑える敷地舗装（凍土周辺（内側含む））
- ⑧屋根破損部の補修

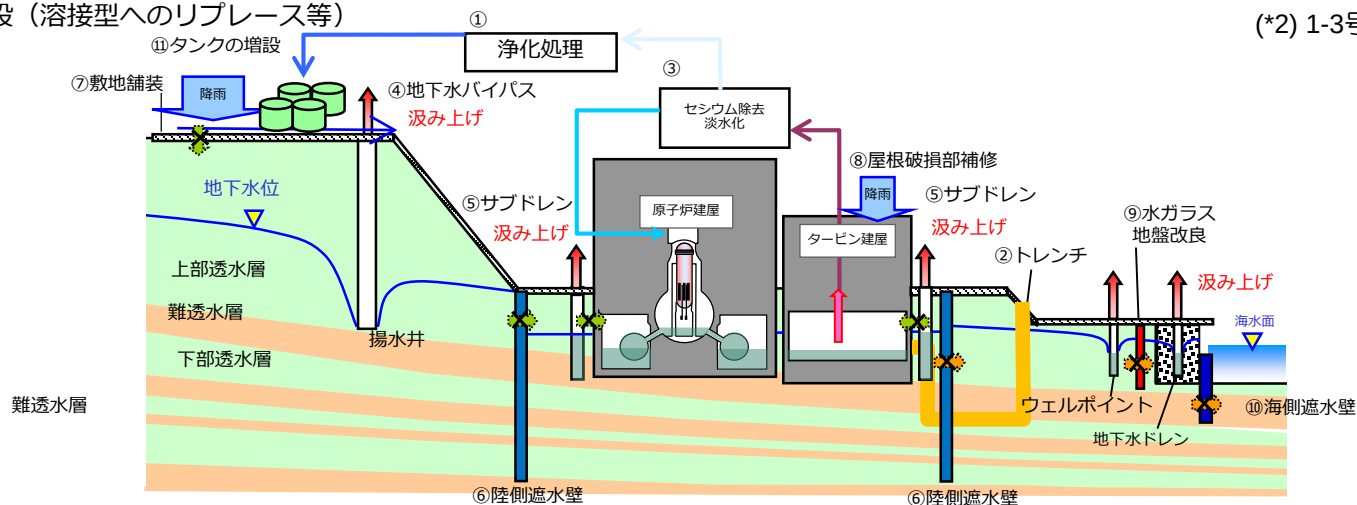
原則3. 汚染水を漏らさない

- ⑨水ガラスによる地盤改良
- ⑩海側遮水壁の設置
- ⑪タンクの増設（溶接型へのリブレース等）

汚染水対策の中長期ロードマップ目標

内容		時期
汚染水発生量を150m ³ ／日程度に抑制		2020年内
浄化設備等により浄化処理した水の貯水を 全て溶接型タンクで実施		2018年度
建屋内滞留水処理	1, 2号機間及び3, 4号機間の連通部の 切り離し	2018年内
	建屋内滞留水中の放射性物質量を2014 年度末の1/10以下に低減	2018年度
	建屋内滞留水処理完了(*2)	2020年内

(*2) 1-3号機原子炉建屋除く



建屋周辺の汚染水の発生要因

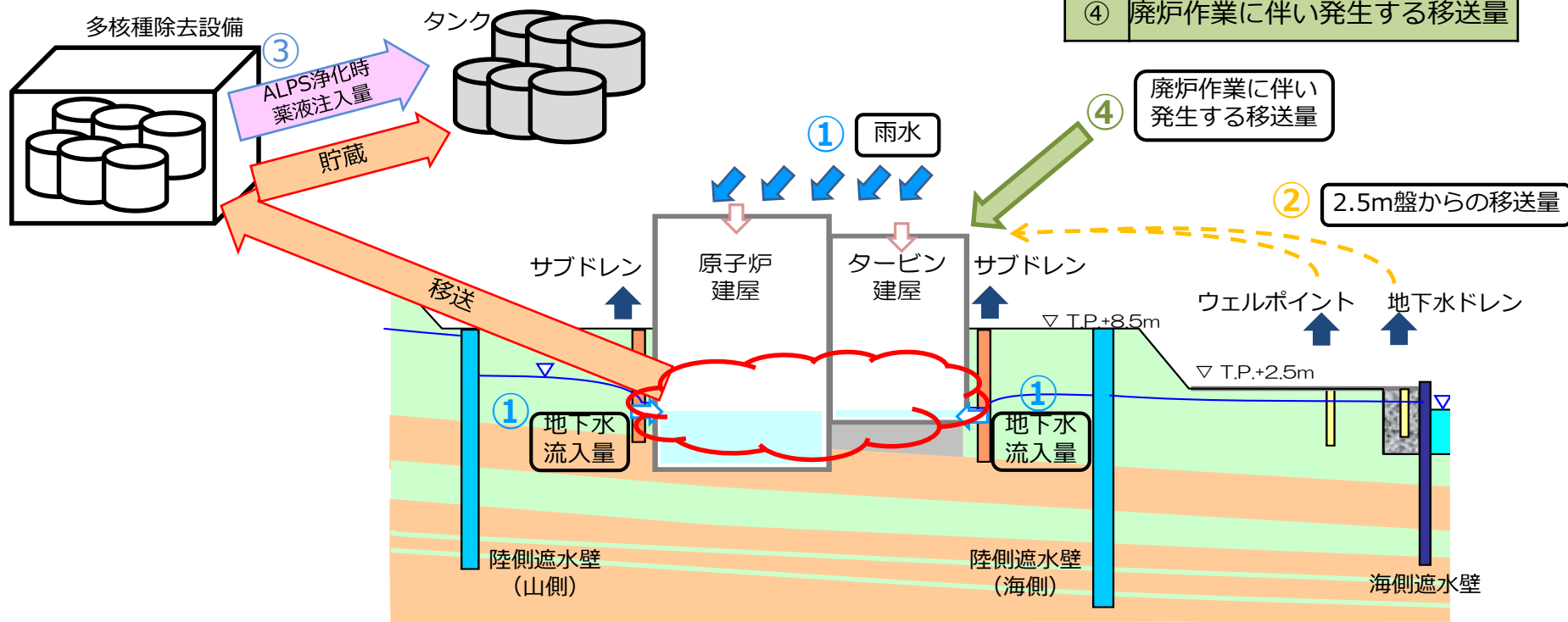
■ 汚染水の発生要因は大別すると、下記に区分される。

雨水や地下水に起因するもの：建屋流入量（①）、T.P.+2.5m盤からの建屋移送量（②）

その他：ALPS浄化時薬液注入量（③）

廃炉作業に伴い発生するもの（④）

	汚染水発生要因
①	建屋流入量
②	T.P.+2.5m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



建屋周辺における水の出入り概念図

汚染水発生量の要因別実績と低減に向けた主な方策

- 汚染水発生量は、2015年度の約490m³/日に対して、2018年度は約170m³/日に低減している。
- 発生要因に応じた対策を計画的に実施していくことにより、中長期ロードマップに示す“平均的な降雨に対して、2020年内に汚染水発生量を150m³/日程度に抑制する”を達成できる見込みである。

汚染水発生の要因 (項目)		2015年度 実績(m ³)※3	2017年度 実績(m ³)	2018年度 実績(m ³)	150m ³ /日達成に向けた 主な汚染水発生量低減方策	2018年度実績から の低減の個別目標 (m ³ /日)
①	建屋流入量 (雨水・地下水等の流入)	98,000 (約270m ³ /日)	50,000 (約140m ³ /日)	36,000 (約100m ³ /日)	・ サブドレンの水位低下 ・ 陸側遮水壁の構築 ・ 屋根破損部補修 ・ 建屋周辺フェーシング ・ トレンチ閉塞 ・ ルーフドレンの健全性確保	△10～
②	T.P.+2.5m盤からの 建屋移送量	60,000 (約160m ³ /日)	13,000 (約35m ³ /日)	5,000 (約10m ³ /日)	・ 陸側遮水壁の構築 ・ 2.5m盤のフェーシング ・ 8.5m盤海側(陸側遮水壁外)カバー・ フェーシング ・ サブドレン水位低下	0～△10
③	ALPS浄化時薬液注入量 ※1	10,000 (約25m ³ /日)	8,000 (約20m ³ /日)	5,000 (約10m ³ /日)	・ ALPS処理系統内の移送水の循環利用	△20～△25
④	廃炉作業に伴い 発生する移送量※2	13,000 (約35m ³ /日)	9,000 (約25m ³ /日)	17,000 (約50m ³ /日)	・ サイトバンカ建屋流入対策他	
汚染水発生量		181,000 (約490m ³ /日)	80,000 (約220m ³ /日)	63,000 (約170m ³ /日)	<目標値> 55,000 (約150m ³ /日)	—
参考	降水量 (mm)	1,429 (3.9mm/日)	1,375 (3.8mm/日)	997 (2.7mm/日)	平均的な降雨	

※1 多核種除去設備の前処理設備に注入している薬液

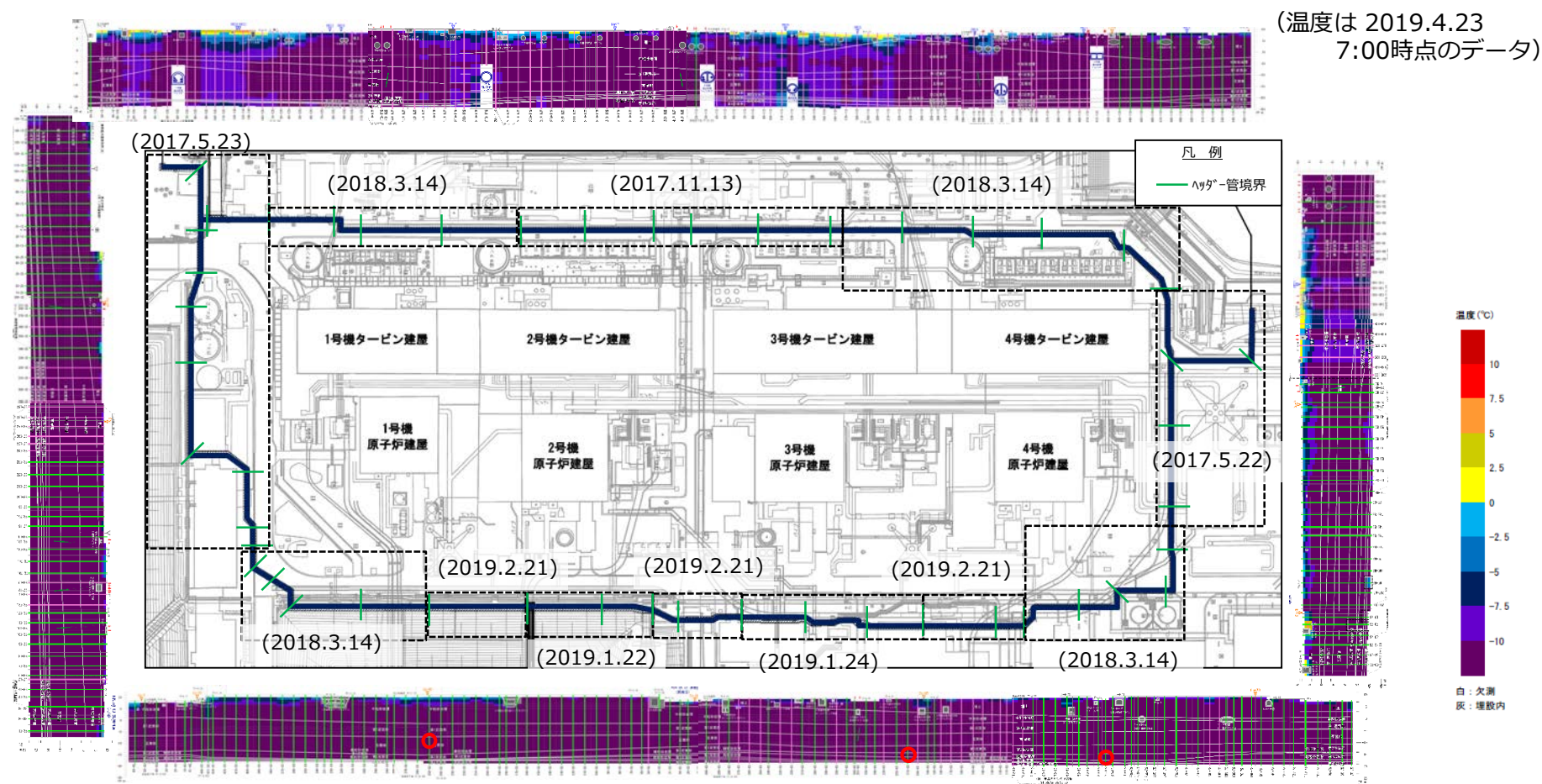
※2 オペレーティングフロアへの散水や、凍土外建屋への流入およびトレンチ溜まり水の移送を含む

※3 2017.1までの汚染水発生量(貯蔵量増加量)は、建屋滞留水増減量(集中ラド含む)と各タンク貯蔵増減量より算出しており、気温変動の影響が大きい。2017.2以降は上表の凡例に示す発生量の内訳を積み上げて算出する方法に見直している。よって、2017.1以前のデータを含む2016年度実績の数値は参考値である。

黒字；対策済み 赤字；継続実施中 青字；検討中・今後実施予定
(降雨以外の数字は百の位で四捨五入)

(2) 陸側遮水壁の凍結状況

- 陸側遮水壁については、2018年3月時点で未凍結であった深部も2018年9月までに凍結しており、造成が完了している。
- ブライン循環停止の基準温度を下回った箇所から順次維持管理運転※¹に移行し、2019年2月21日で全ての区間の移行が完了。(日時は、維持管理運転開始日)



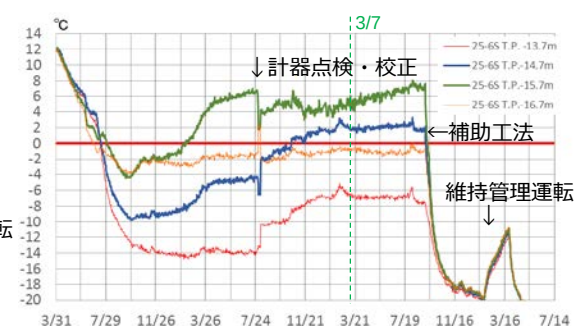
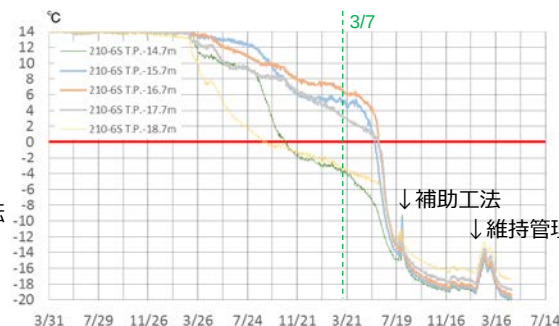
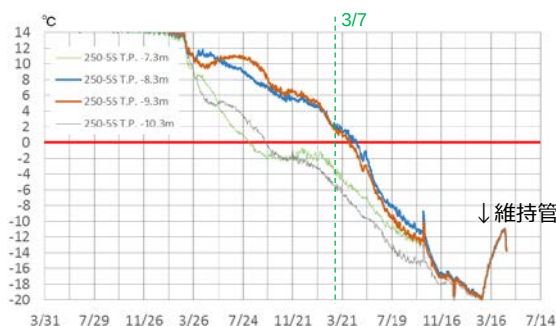
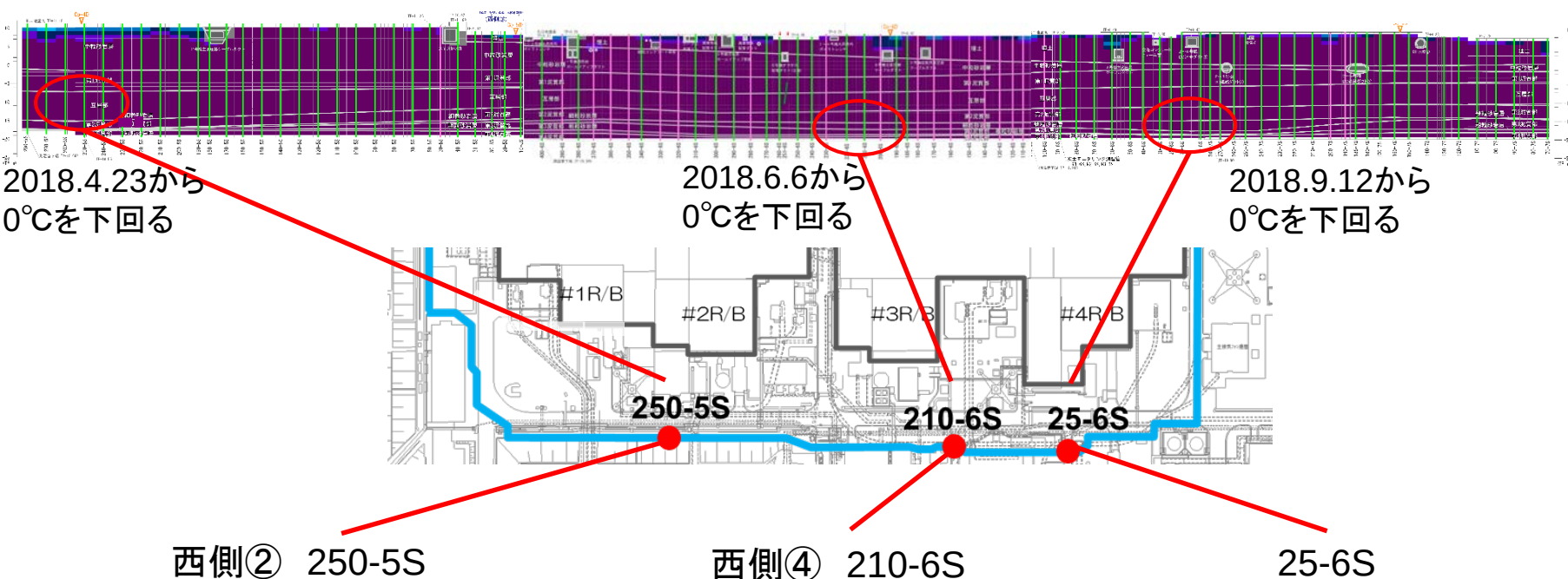
※1 維持管理運転の方法は参考資料1の10頁参照

○ 2018.3時点
深部の未凍結箇所

陸側遮水壁の凍結状況（2018年3月時点の深部未凍結箇所）

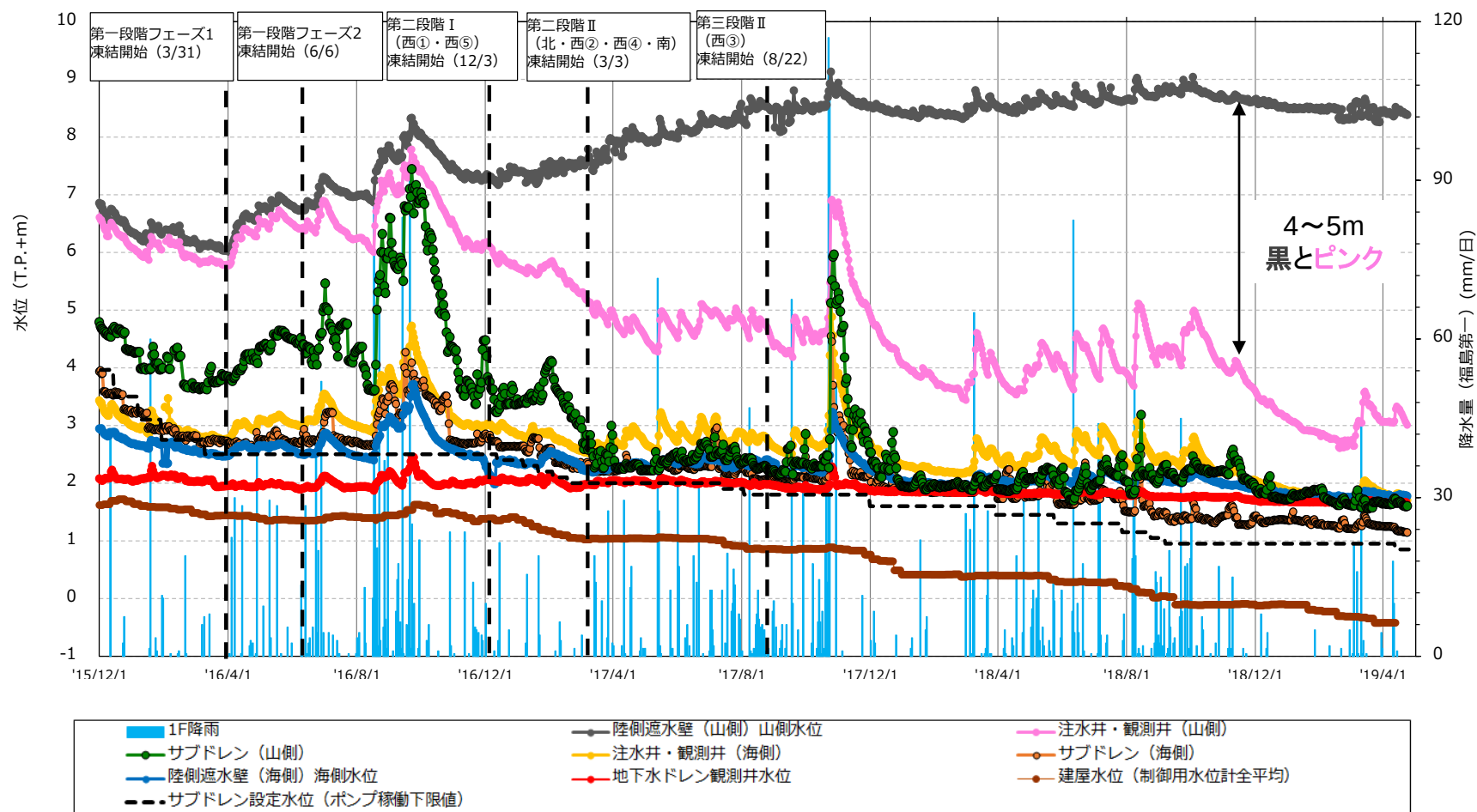
■ 2018年3月時点で未凍結であった深部3箇所については、2018年9月までに全て0℃を下回った。

（温度は 2019.4.23
7:00時点のデータ）



(3) 建屋周辺の地下水位の状況

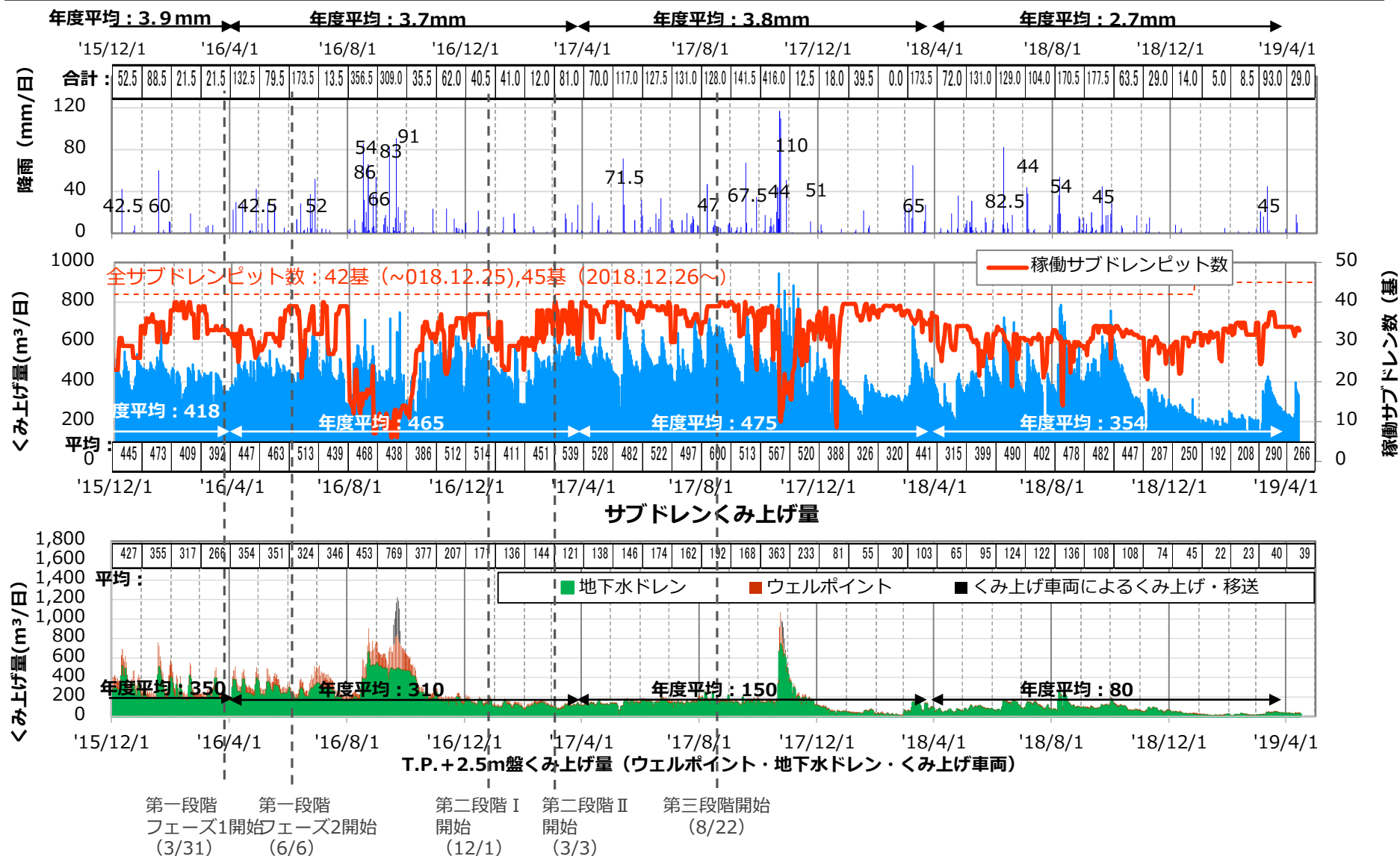
- 陸側遮水壁内側エリアの地下水位は、年々低下傾向にあり、山側では平均的に4～5mの内外水位差が形成されている。また、護岸エリア水位も地表面（T.P.2.5m）に対して低位（T.P.1.6～1.7m）で安定している状況である。
- なお、山側のサブドレンについては、1/2号機周辺のトリチウム濃度上昇の影響により設定水位を上げて運用していたが、現在は、段階的に設定水位を低下させている。



陸側遮水壁 内外の各平均水位の推移

(4)サブドレン・護岸エリアのくみ上げ量の推移

■ 重層的な汚染水対策により、サブドレンくみ上げ量及び護岸（T.P.2.5m盤）エリアのくみ上げ量が低減し、低い水準で推移している。



(5) 陸側遮水壁内の水収支

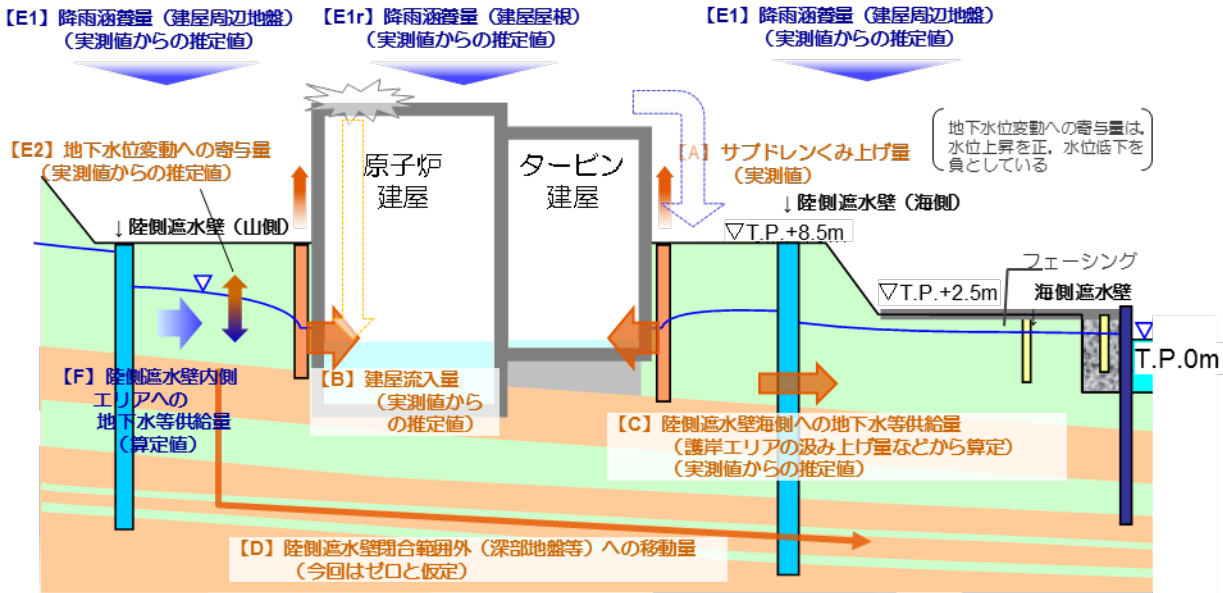
- 凍結開始前と現状で陸側遮水壁内側の水収支を比較すると、陸側遮水壁内への地下水等供給量は減少している。

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※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 地下水等移動量 C※1,2 (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+E1r)※1,2	地下水位変動 への寄与量 (実測からの推定値) E2 ※1,2
2016.1.1～3.31	810	T.P.+3.5m	1.4mm/日	420	180	310	0	-(50+30)	-20
2017.1.1～3.31	620	T.P.+2.8m	1.5mm/日	470	130	140	0	-(50+30)	-40
2018.1.1～3.31	400	T.P.+1.9m	2.4mm/日	360	120	50	0	-(80+50)	0
2019.1.1～3.31	250	T.P.+1.5m	1.2mm/日	230	60	40	0	-(40+40)	0
(参考)2019.4.1～ 4.17	290	T.P.+1.4m	2.0mm/日	270	70	40	0	-(70+40)	20

※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、地下水以外の影響が一部含まれた量となっている。

※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。



$$\text{式(1)} \quad F = A + B + C + D + (E1 + E1r) + E2$$

4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・ルーフドレン破損部から建屋内への直接流入
- ・ 地盤へ排水
- ・ ルーフドレンを通じて排水路へ排水

2019.4.25 廃炉・汚染水対策チーム会議／事務局会議で示した値の一部に計算誤りが確認されたため、訂正している。

実測に基づく水収支の評価

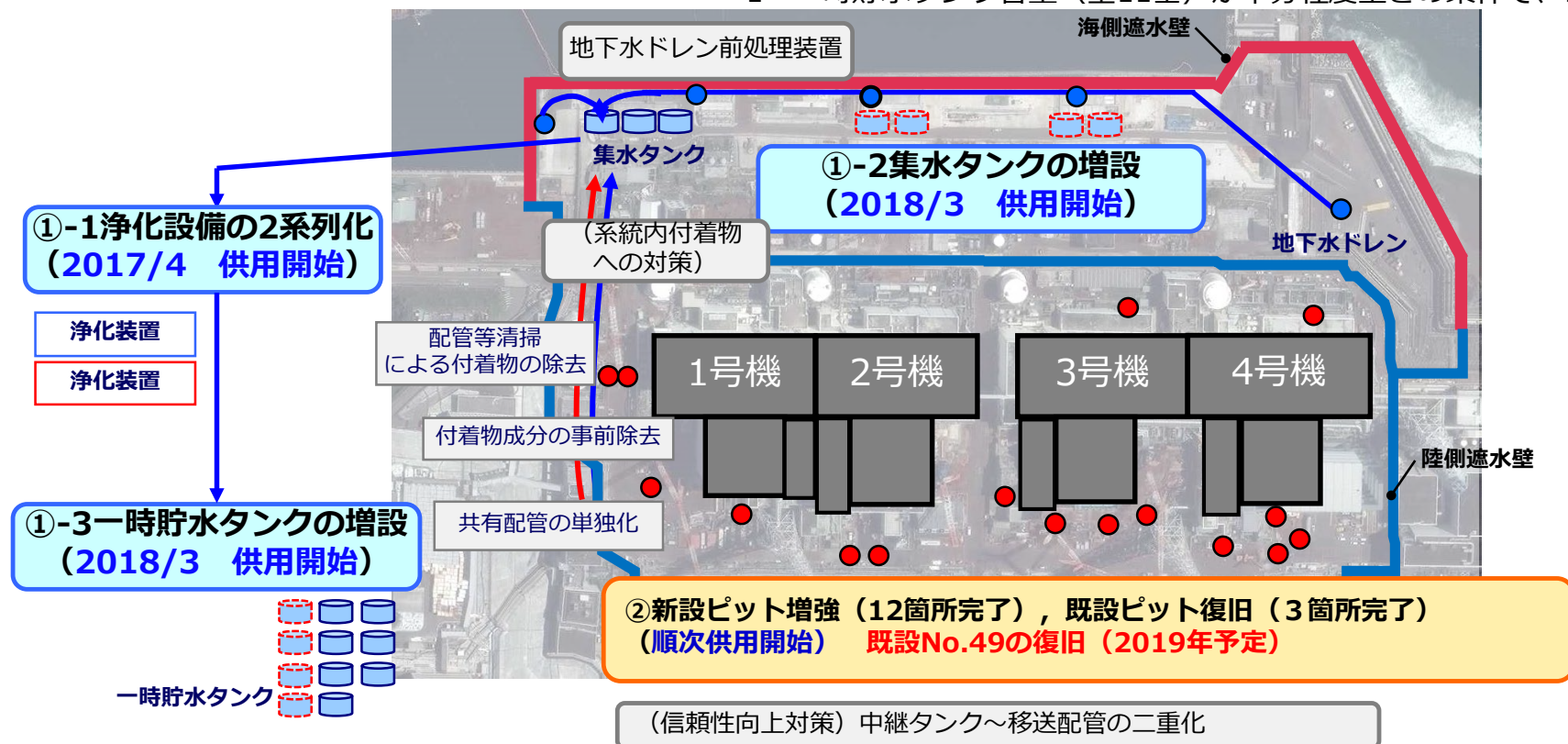
【参考】陸側遮水壁内の水収支に関する補足

- 地中温度や地下水位の状況から判断して、陸側遮水壁（凍土壁）は造成されており、これにより、地下水の流れは遮断されていると考えることができる。
- 一方、これまでと同様に式(1)により、陸側遮水壁内側への地下水等供給量Fを計算すると、2019年1月～3月時点で約 $250\text{m}^3/\text{日}$ と算定されるが、これはK排水路など陸側遮水壁を横断している地下構造物の影響により、一定量の水が供給されていることによるものと考えている。
- なお、式（1）で用いる降雨浸透率などの定数や屋根からの降雨涵養量などを正確に測定することは困難であることから、これらについては、一定の仮定をおいて計算しているため、Fの算定値そのものは必ずしも実際の供給量を正確に表しているものではないと考えている。

(6) サブドレンの信頼性向上対策

- サブドレンの系統処理能力については、対策を実施し、 $900\text{m}^3/\text{日}$ から $1,500\text{m}^3/\text{日}$ の増強が2018年3月に完了した。（最大 $2,000\text{m}^3/\text{日}^{*1}$ ）（ ）
- 汲み上げ能力向上は、2018年12月時点で新設ピットの増強が12箇所、既設ピットの復旧は3箇所完了した。今年度は既設ピットのNo.49ピットを復旧する予定である。（ ）
- また、サブドレンの中継タンク～集水タンクの移送配管の二重化も完了しており、移送配管などの清掃による停止頻度を低減している。（ ）

*1 一時貯水タンク容量（全11基）が半分程度空きの条件で、1週間弱



提供：日本スペースイメージング(株), ©DigitalGlobe

(7) 雨水対策の進捗状況

- 2017年10月の台風時の一時的な建屋流入量の増加に関する調査・分析により、大雨時の建屋流入経路として、2号機原子炉建屋屋根ルーフトレン損傷部、3号機タービン建屋屋根損傷部、1号タービン建屋近傍のトレンチを推定。
- 各箇所の対策を含め、建屋屋根損傷部の補修、建屋接続トレンチ等からの雨水流入対策を進めるとともに、降雨の土壌浸透を抑制するフェーシングを実施中。

➤ 建屋屋根損傷箇所の補修

- ・ 降雨が建屋屋根の破損箇所から建屋内へ流入することを防止するため、屋根損傷箇所の補修を計画的に実施していき、建屋ガレキ撤去作業中の1号原子炉建屋を除いて、2020年度上期までに完了予定。
- ・ 1号原子炉建屋は、ガレキ撤去後、2023年度にカバー設置完了予定。

➤ 建屋接続トレンチ等の止水

- ・ 建屋と接続しているトレンチ等から雨水が流入することを防止するため、建屋接続トレンチ等の止水を実施。2017年10月の台風時の流入経路と推定したトレンチ等（2箇所）の止水は2018年9月までに完了。
- ・ 上記に加え、建屋流入リスクが高い（建屋接続高が既往最高地下水位以下）7箇所について2019年度末を目途に止水予定。

➤ フェーシングの実施

- ・ 降雨の土壌浸透を抑制するため、敷地舗装を実施。2019年3月末で計画エリア（護岸エリア※1、建屋周辺エリア※2、広域エリア※3）のうち全体の94%が完了している。

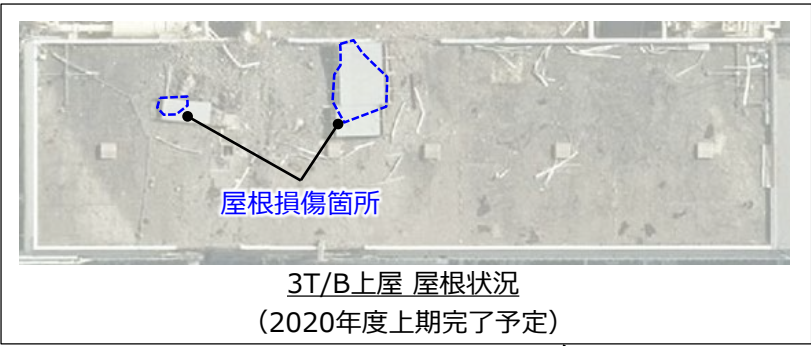
※1 護岸エリア：T.P.2.5m盤～T.P.6.0m盤（法面）～T.P.8.5m盤（陸側遮水壁外海側）

※2 建屋周辺エリア：T.P.8.5m盤のうち護岸エリア除く（陸側遮水壁内側含む）

※3 広域エリア：T.P.8.5m盤とT.P.33.5m盤の間の法面、T.P.33.5m盤

- ・ 護岸エリアのうちT.P.2.5m盤は完了し、T.P.8.5m盤の陸側遮水壁より外側の海側に関して現在実施中。（2019年度完了予定）
- ・ 建屋周辺エリアについて、陸側遮水壁内側において、実施可能な箇所から計画的に実施予定。

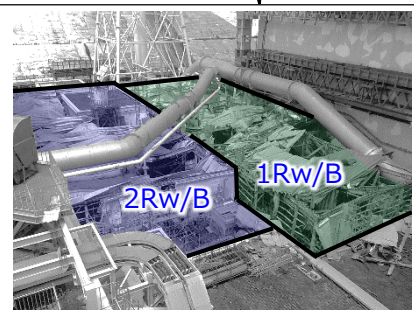
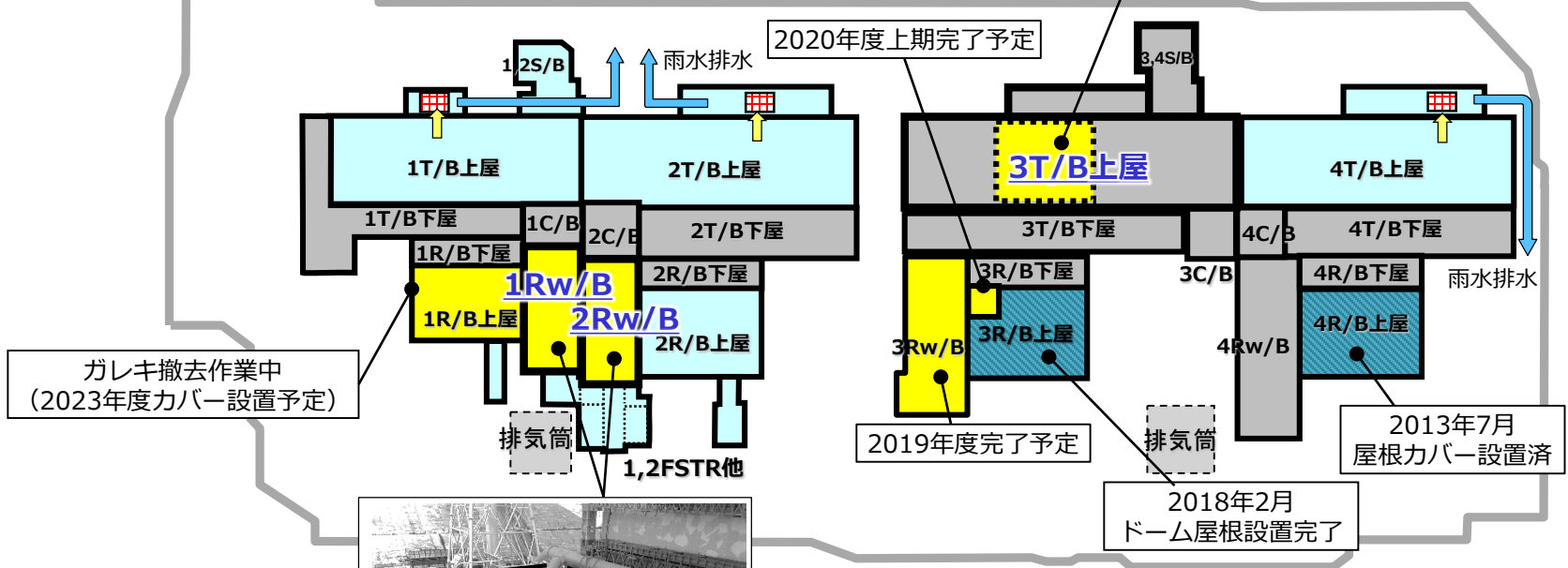
建屋屋根損傷箇所への補修



3T/B上屋 屋根状況
(2020年度上期完了予定)

【凡例】

- 雨水流入対策予定
- 汚染源除去対策済
- カバー屋根設置済
- 陸側遮水壁

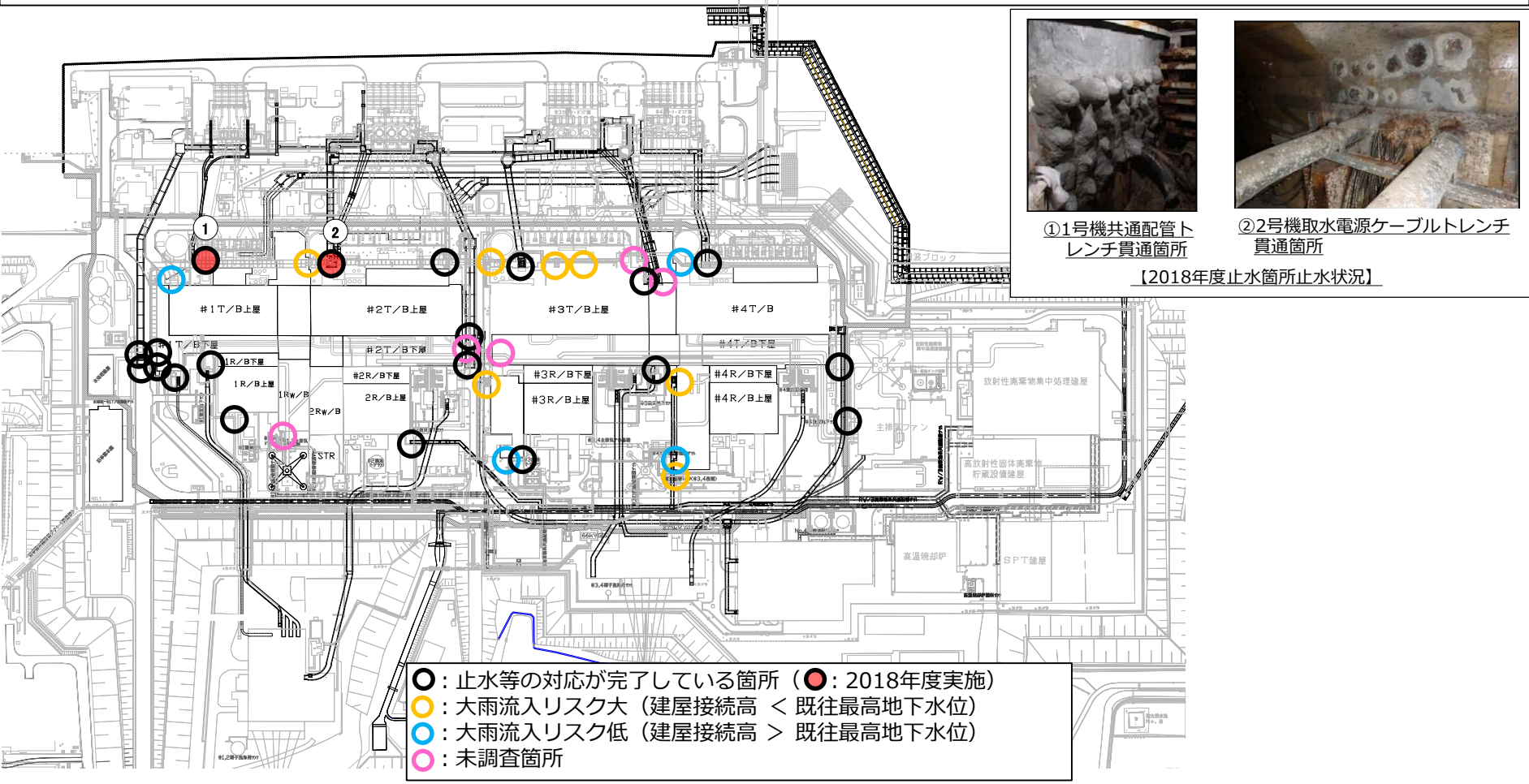


1,2Rw/B上屋 屋根状況
(2020年度上期完了予定)

- R/B : 原子炉建屋
- T/B : タービン建屋
- Rw/B: 廃棄物処理建屋
- C/B : コントロール建屋

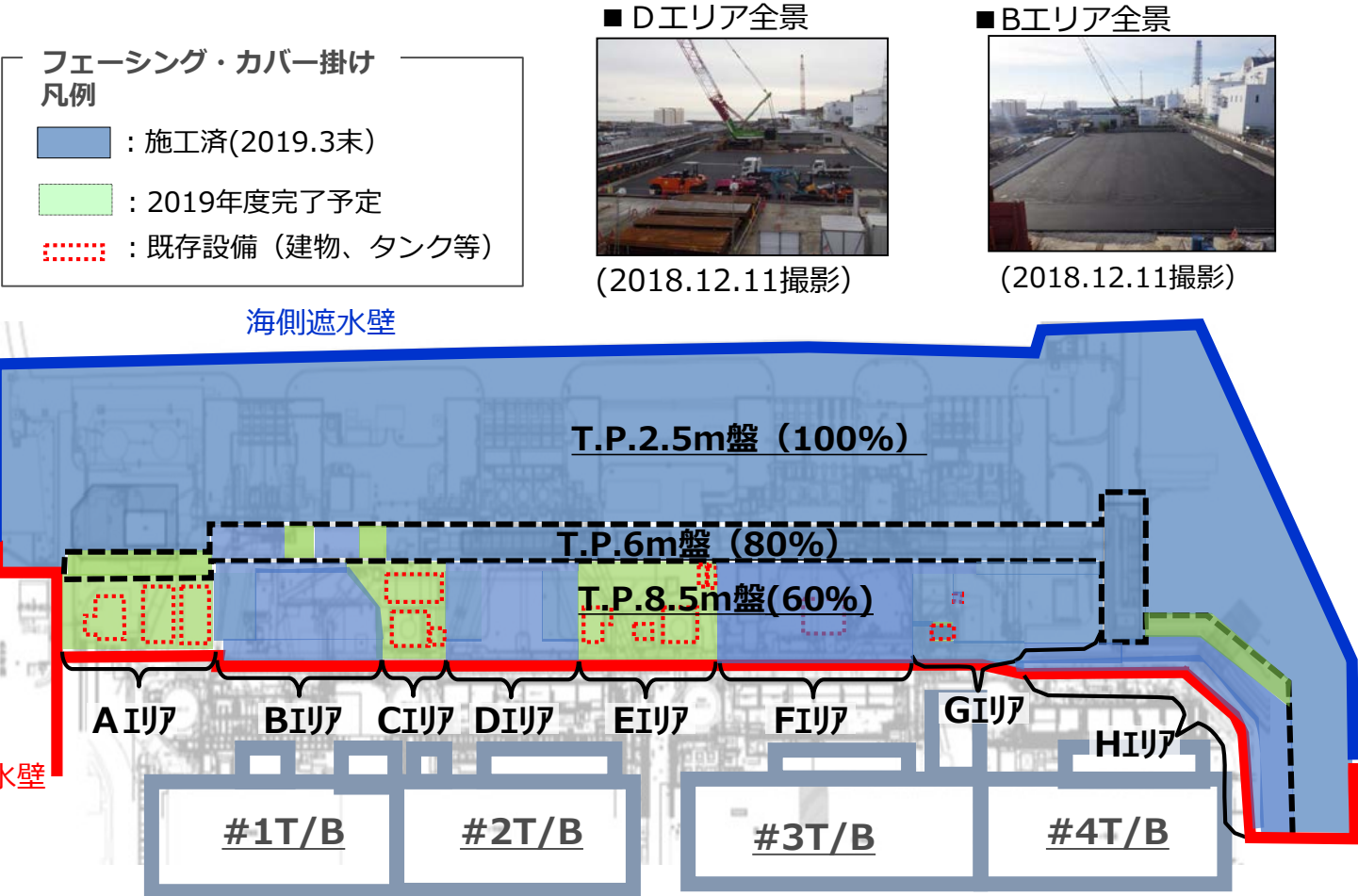
建屋接続トレンチ等の止水

- 降雨時に、建屋と接続しているトレンチ等を通じ、雨水が流入することを防止するため、建屋接続トレンチ等の止水を実施。
- 2017年10月の台風時の流入経路と推定したトレンチ等（●2箇所）の止水は2018年9月までに完了。
- 上記に加え、建屋流入リスクが高い（建屋接続高が既往最高地下水位以下）7箇所（下記○）について2019年度末目途に止水予定。
- また、アクセスできないために未調査となっている箇所（下記○5箇所）は、内部調査の方法を検討。



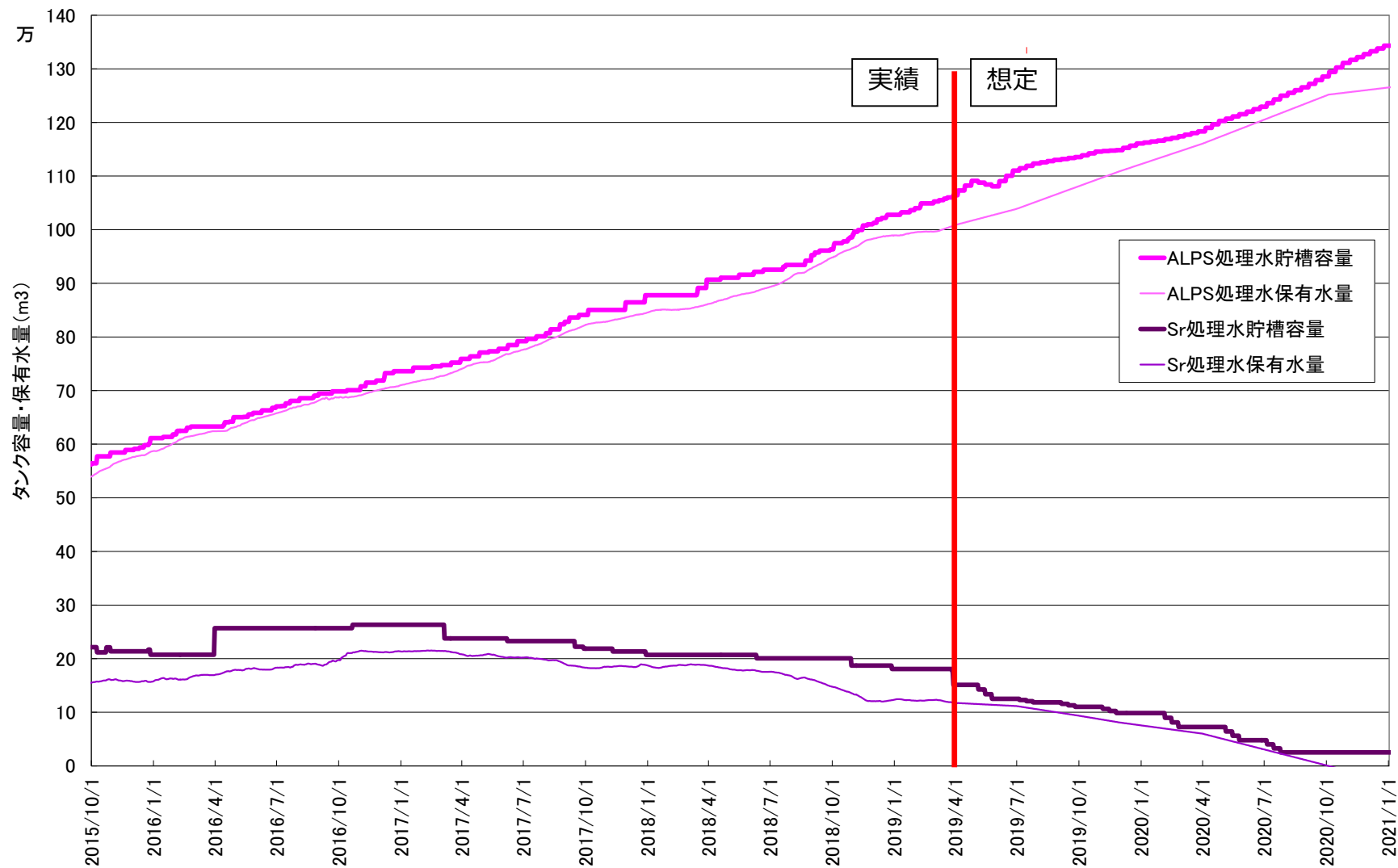
護岸エリア及び建屋周辺エリアのフェーシング進捗状況

- 護岸エリアのフェーシングに関しては、T.P.2.5m盤は完了し、T.P.6.0m盤～8.5m盤は2019年度中に完了する予定である。
- 建屋周辺エリアにおける陸側遮水壁内のフェーシングは、周辺ヤードとの調整を行い、実施可能な箇所から計画的に行っていく。



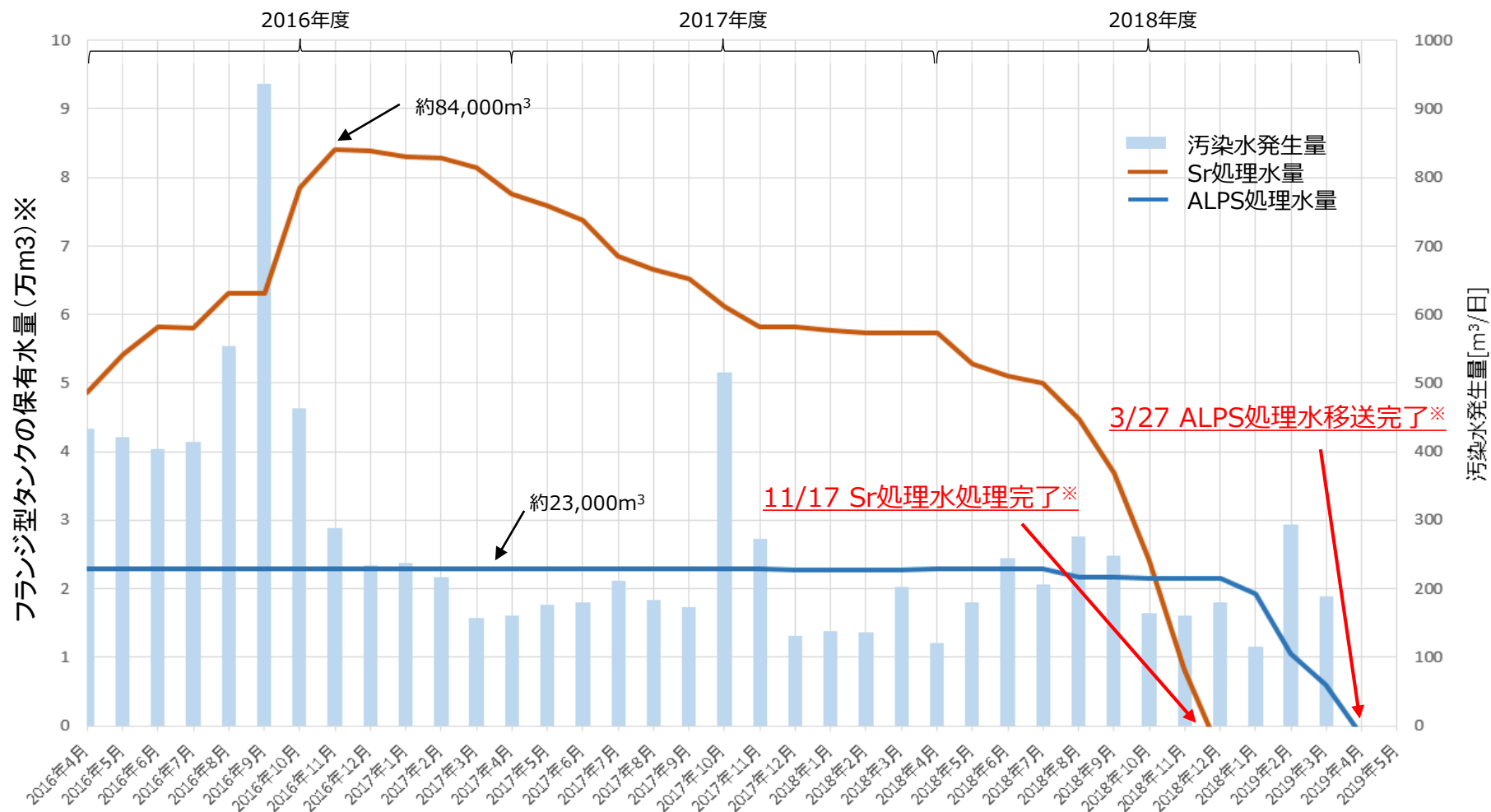
(8) タンク建設の進捗状況

- 2020年末までに約137万m³のタンク容量の確保に向け、タンクを計画的に建設中。
- 2019年4月1日時点で約106万m³を確保済み。



フランジ型タンクの保有水量の推移

- 下記の通り、浄化設備等により浄化処理した水の貯水を全て溶接型タンクで実施。
- ・ フランジ型タンクに貯留していたSr処理水の浄化処理を完了（2018/11/17）。
 - ・ フランジ型タンクに貯留していたALPS処理水を溶接型タンクへ移送（2019/3/27）。

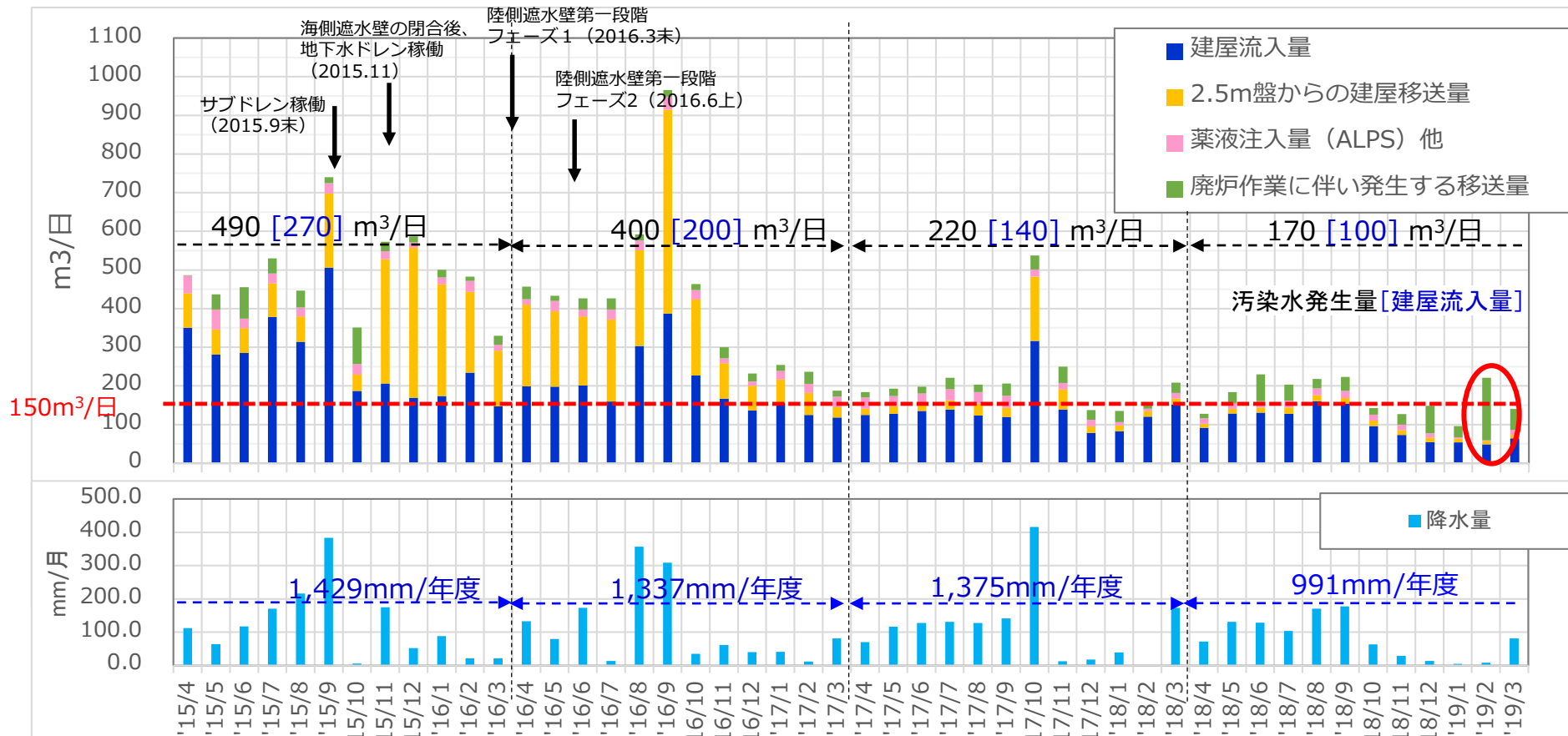


フランジ型タンクのSr処理水及びALPS処理水貯留量の推移

※ 残水を除く

(9) 重層的な汚染水対策の効果

- 陸側遮水壁、サブドレン等の重層的な対策の進捗に伴って、建屋流入量・汚染水発生量共に減少している。2018年度は、汚染水発生量は170m³/日であり、2015年度の約1/3に低減している。冬期などの降雨量が比較的少ない時期には150m³/日を下回る傾向にある。
- 2019年2月の汚染水発生量の増加（赤丸箇所）は、陸側遮水壁の外にあるサイトバンカ建屋からの移送量の増加等に起因したものである。

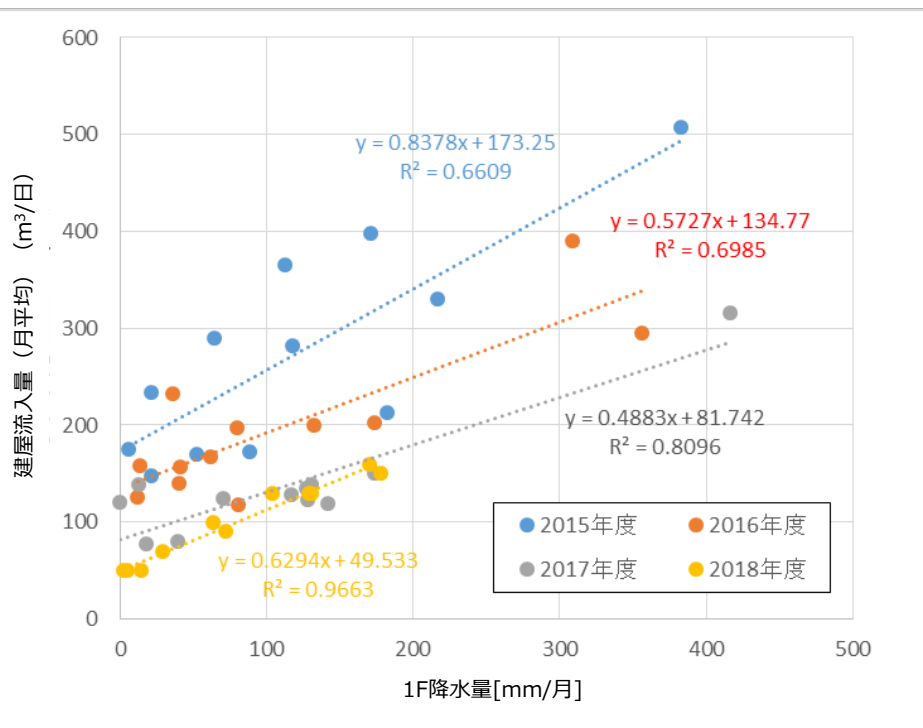


注) 2017.1までの汚染水発生量(貯蔵量増加量)は、建屋滞留水増減量(集中ラド含む)と各タンク貯蔵増減量より算出しており、気温変動の影響が大きい。2017.2以降は上表の凡例に示す発生量の内訳を積み上げて算出する方法に見直している。よって、2017.1までの発生量の内訳は参考値である。

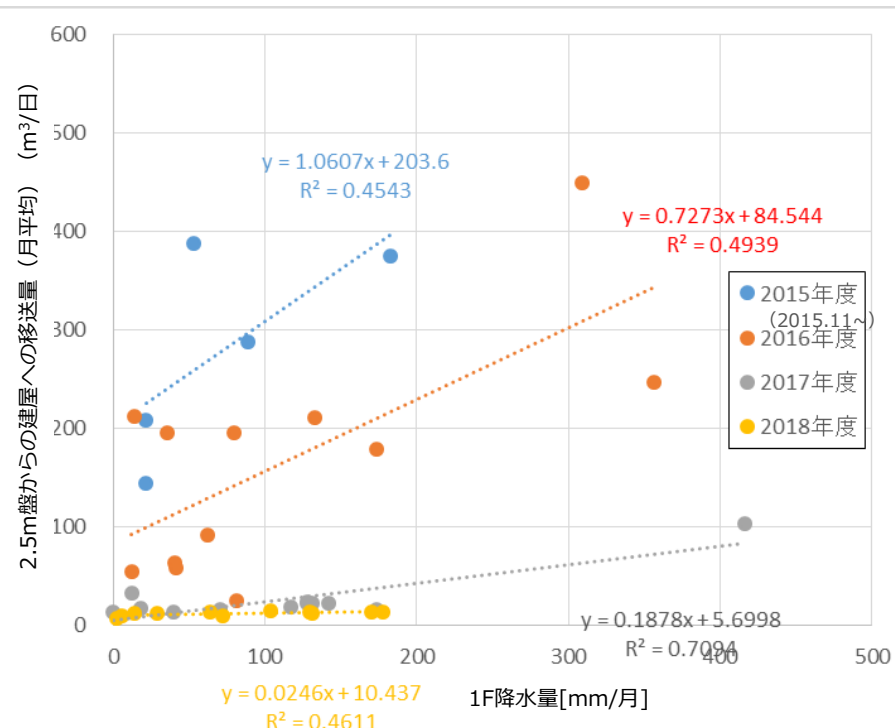
①汚染水発生量と降雨量との関係

- 建屋流入量は、降雨により増加する傾向はあるものの、年々抑制されており、降雨時の流入量は、低減傾向となっている。
- 2.5m盤からの建屋への移送量は、降雨による増加傾向は大幅に抑制され、2018年度では降雨による増分は殆どなくなっている。

建屋流入量



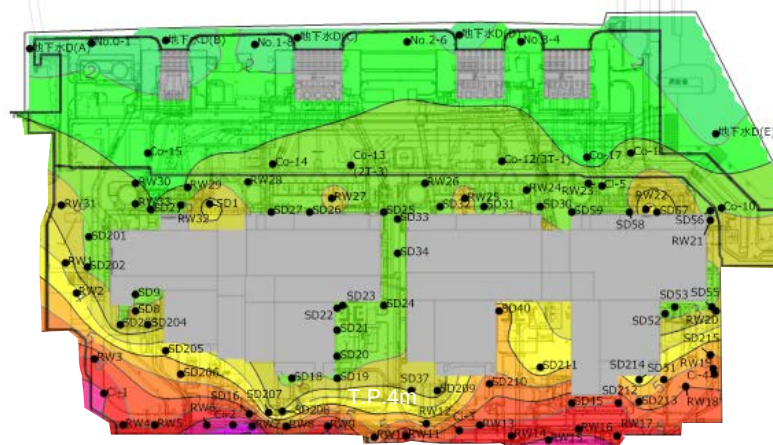
2.5m盤からの建屋への移送量



②陸側遮水壁内の地下水位の変化【中粒砂岩層（各年2月）】

- 重層的な汚染水対策の進捗により、陸側遮水壁内の地下水位は、建屋周辺だけでなく、陸側遮水壁内全体で年々低下している。
- 2019年2月には、陸側遮水壁設置前（2016年2月）から、陸側遮水壁内の全体の地下水位が約2.5m低下している。

2016/2（陸側遮水壁設置前）



水位
(T.P.m) 1号機山側除く
地下水分布範囲

2016

2018

2019

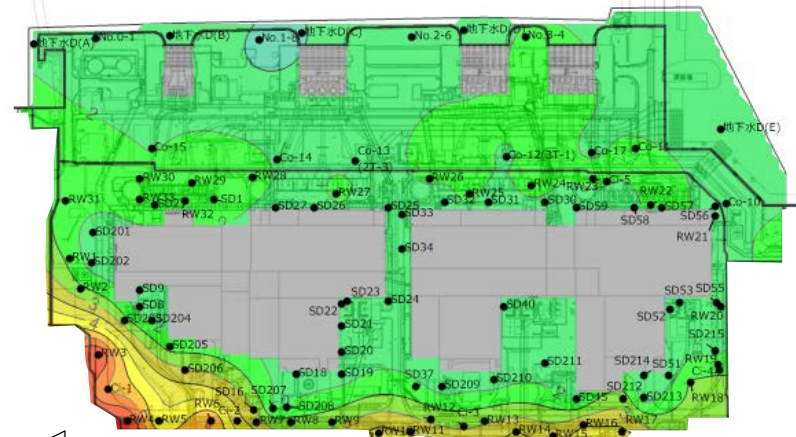
【陸側遮水壁内エリアの地下水位とサブドレン設定水位】

	2016.2	2018.2	2019.2
地下水位※1 (T.P.m)	3.0~ 7.5 《4.7》※2	2.0~ 4.5 《3.0》※2	1.5~ 3.5 《2.3》※2
SD設定水位 (T.P.m)	2.75	1.6	0.95
月雨量(mm)	22	0	9

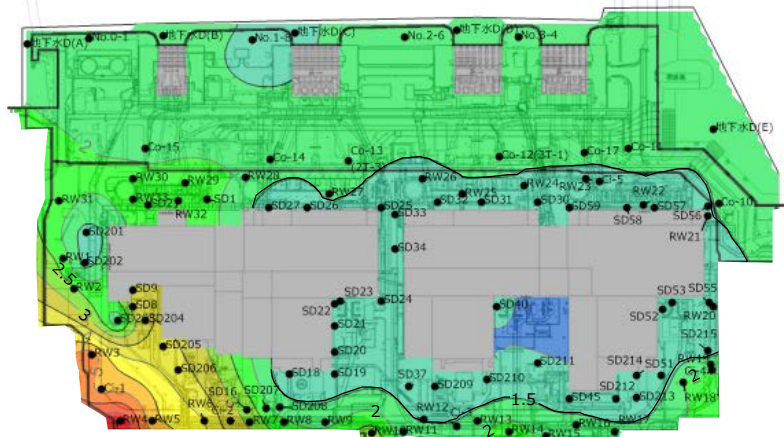
※1 観測孔、RW内の各々の水位

※2 全体の算術平均

2018/2



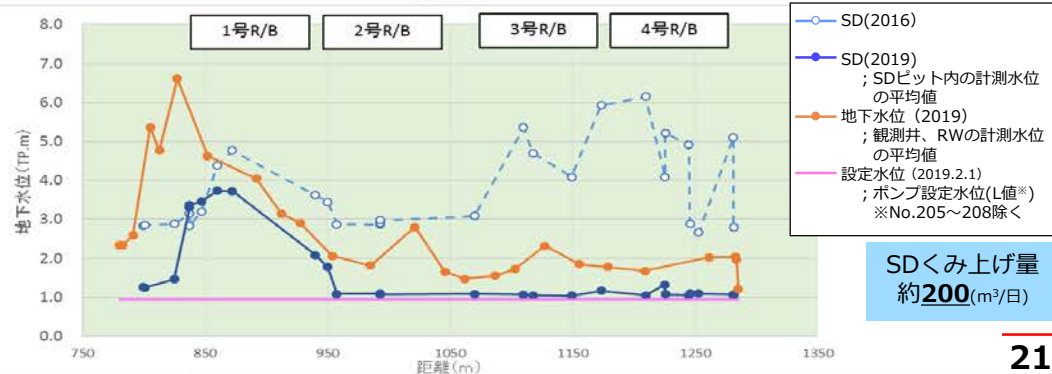
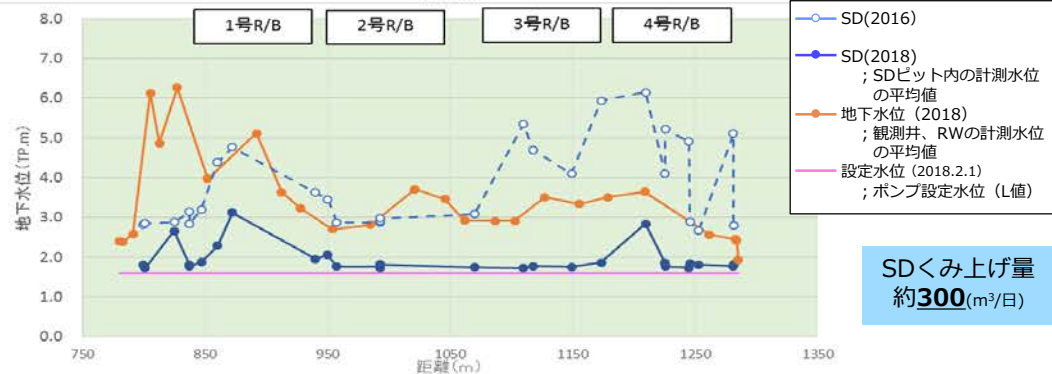
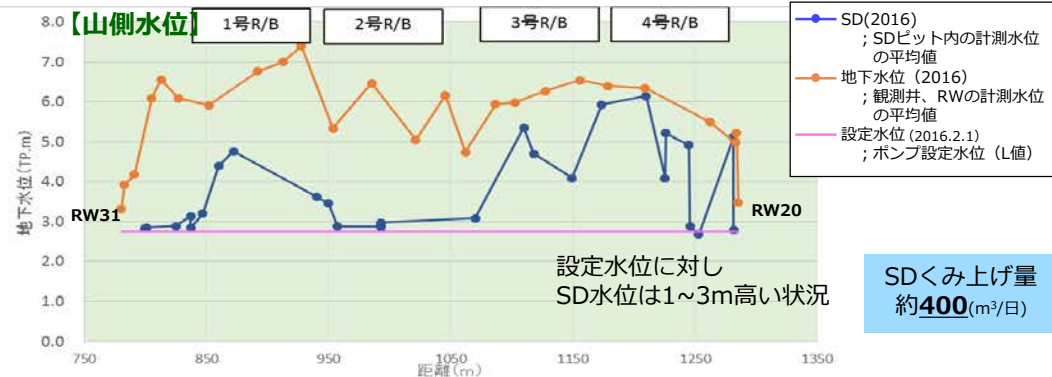
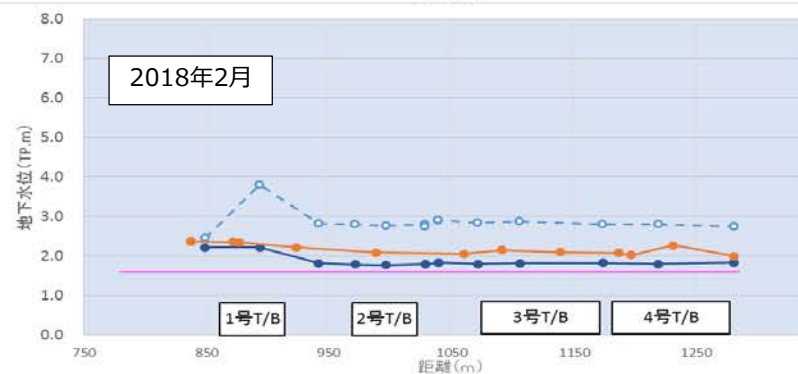
2019/2



※北西部については、陸側遮水壁を横断するK排水路の影響（漏えい）や、排気筒周辺対策のためのサブドレン非稼働の影響により、部分的に地下水位が高くなっていると推定。

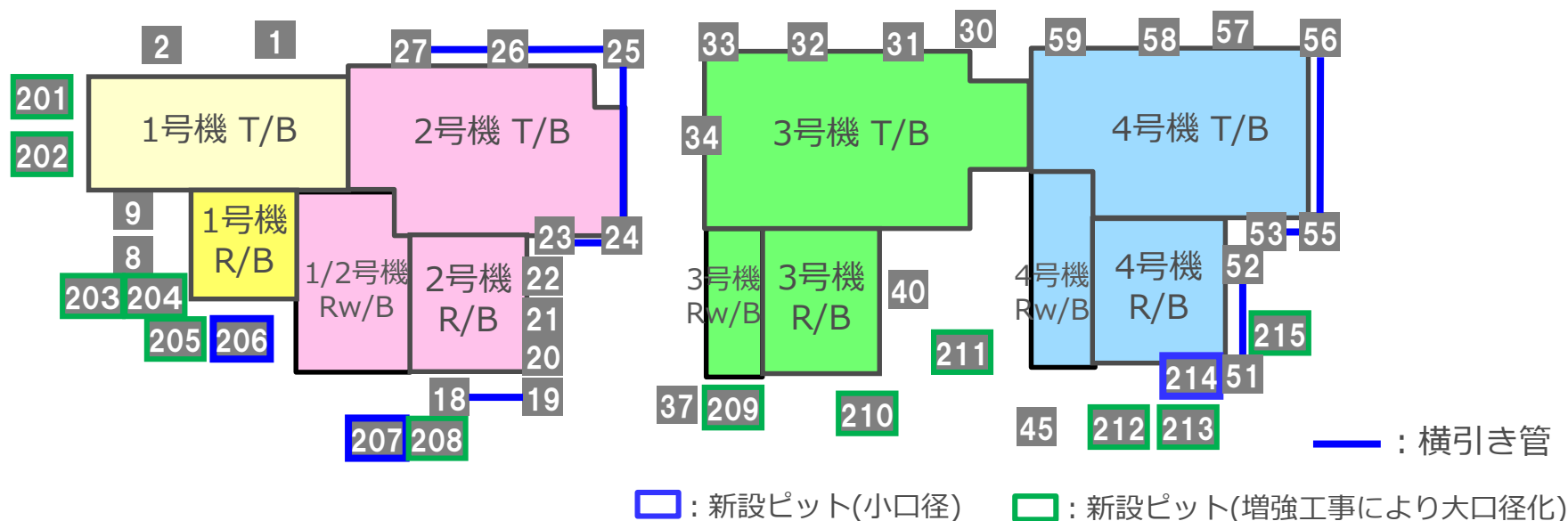
陸側遮水壁内の地下水位の変化【中粒砂岩層（地下水位とサブドレン水位の比較）】

- 1/2号排気筒周辺を除き、陸側遮水壁設置前（2016年2月）と比べ、2019年2月には、SD水位はほぼ設定水位に制御できている。また、陸側遮水壁周辺の地下水位（観測井、注水井）とサブドレンの設定水位との差も低減している。
- 陸側遮水壁内の地下水位が全体的に低下し、SD設定水位との相対的な水位差が低減したことから、SD設定水位が低下する中、SDのくみ上げ量は半減している。
- 陸側遮水壁の遮水効果により、SDによる地下水位の制御性が向上している。



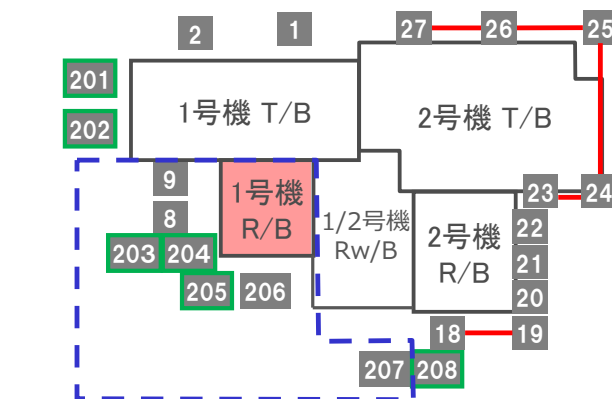
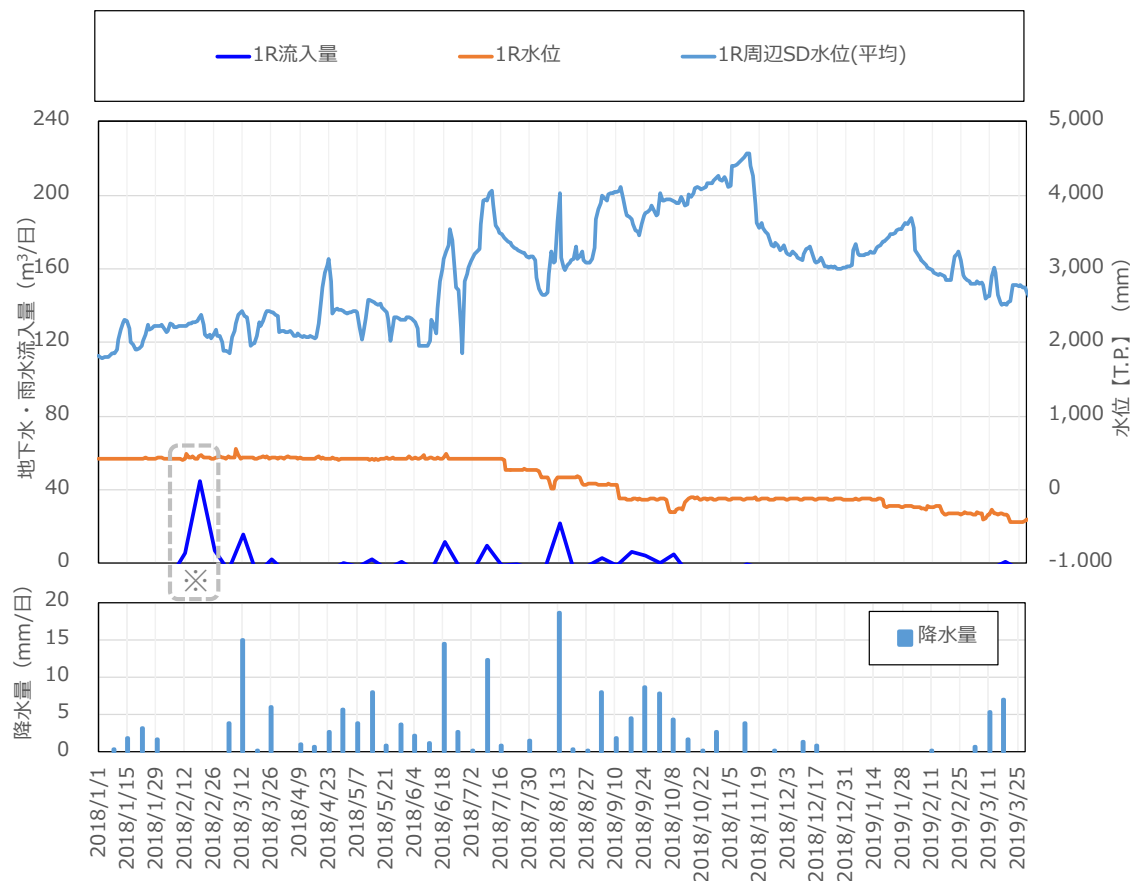
③建屋・号機ごとの地下水等流入量

- 今後の建屋流入量の抑制対策や建屋滞留水処理計画を検討するため、これまで1～4号機の合計として評価してきた建屋流入量について、連通部の切り離しが完了した建屋又は号機毎の流入量評価を実施。
- 現時点では、各号機毎に地下水等の流入状況は異なっており、2号機の建屋流入量が最も多い状況となっているが、限られた期間のデータであるため、今後も傾向を監視し、要因分析等を進める。



1号機原子炉建屋の流入量

- 1R/Bの流入量は、屋根が全面的に損傷しており、降雨時に流入があるが、非降雨時の流入量は、ほとんどない状況となっている。
- 1,2号機排気筒周辺のサブドレン設定水位引き上げ等の影響により、周辺サブドレン水位は高い状況が続く。



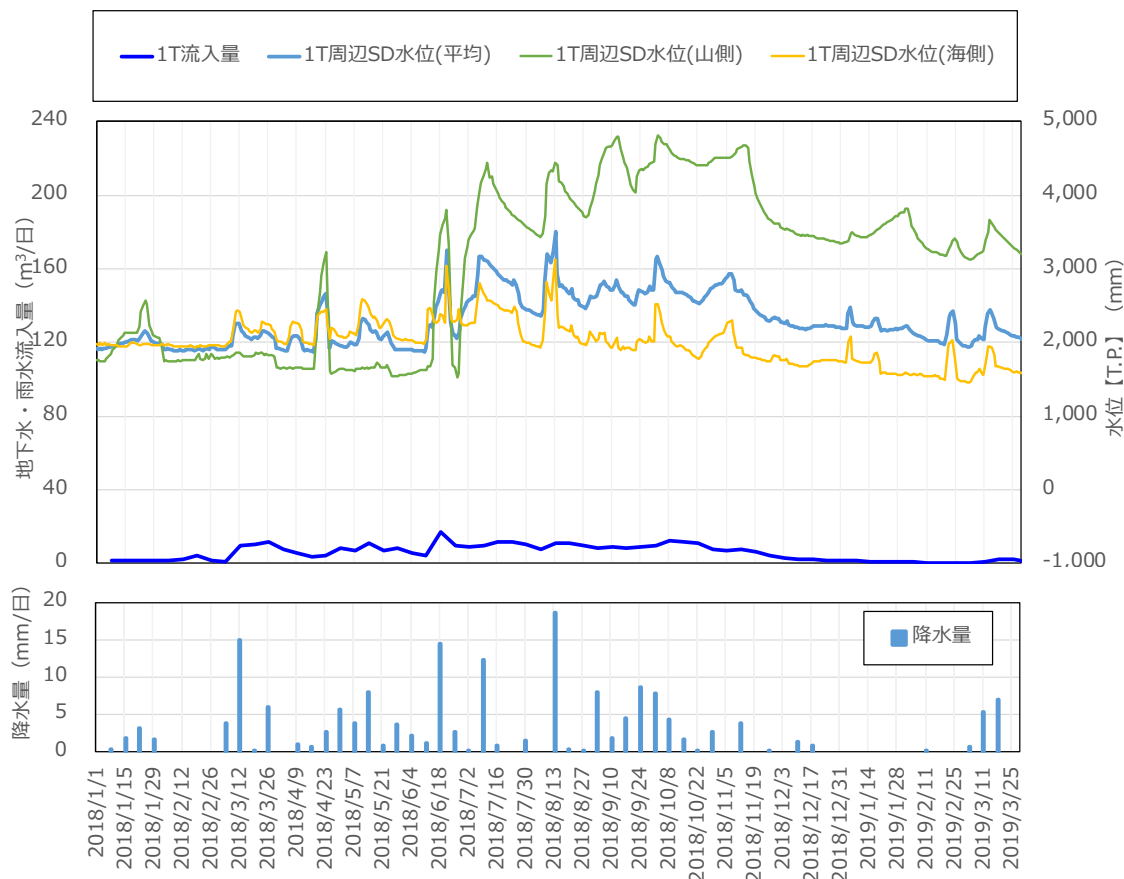
：建屋周辺SD範囲

※：図中 は、増強工事(大口径化)が完了した新設ピット

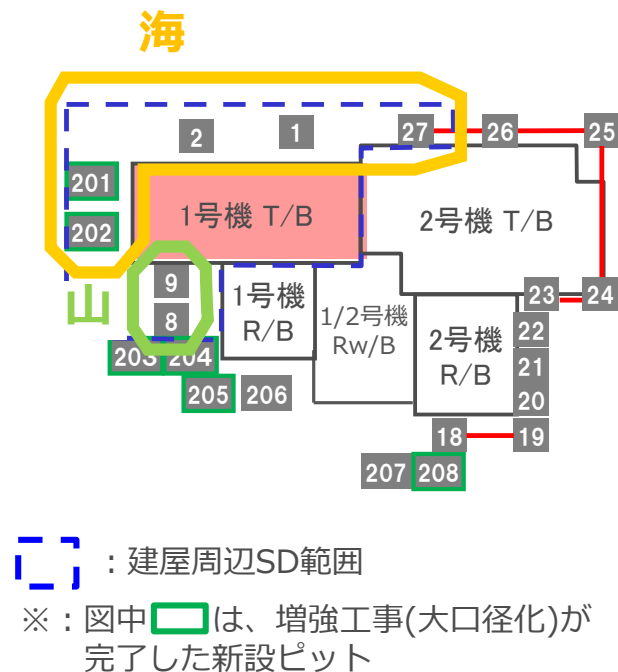
※：K排水路補修作業の影響で、建屋への流入量が増加

1号機タービン建屋の流入量

- 1T/Bの流入量は、年間通じて10m³/日以下。
- 1T/Bは屋根は損傷しておらず、地下水が流入している状況。降雨の多い3月から10月に流入量が増加する傾向。
- 周辺サブドレン水位は、稼働抑制の影響により、高い状況が継続。

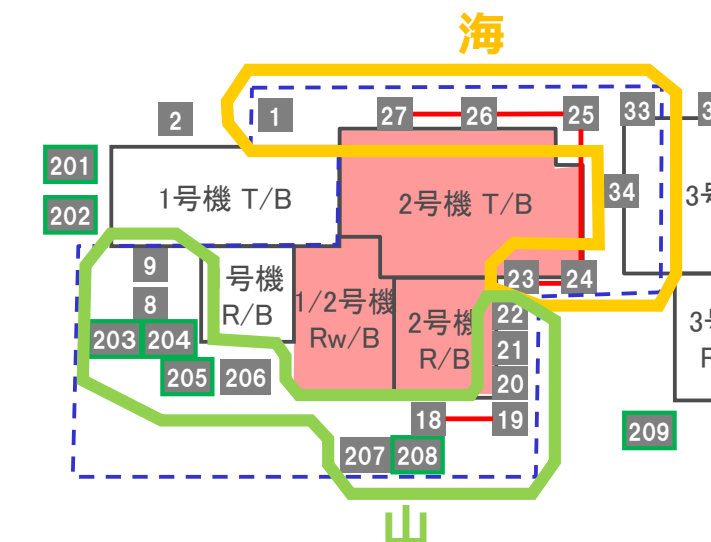
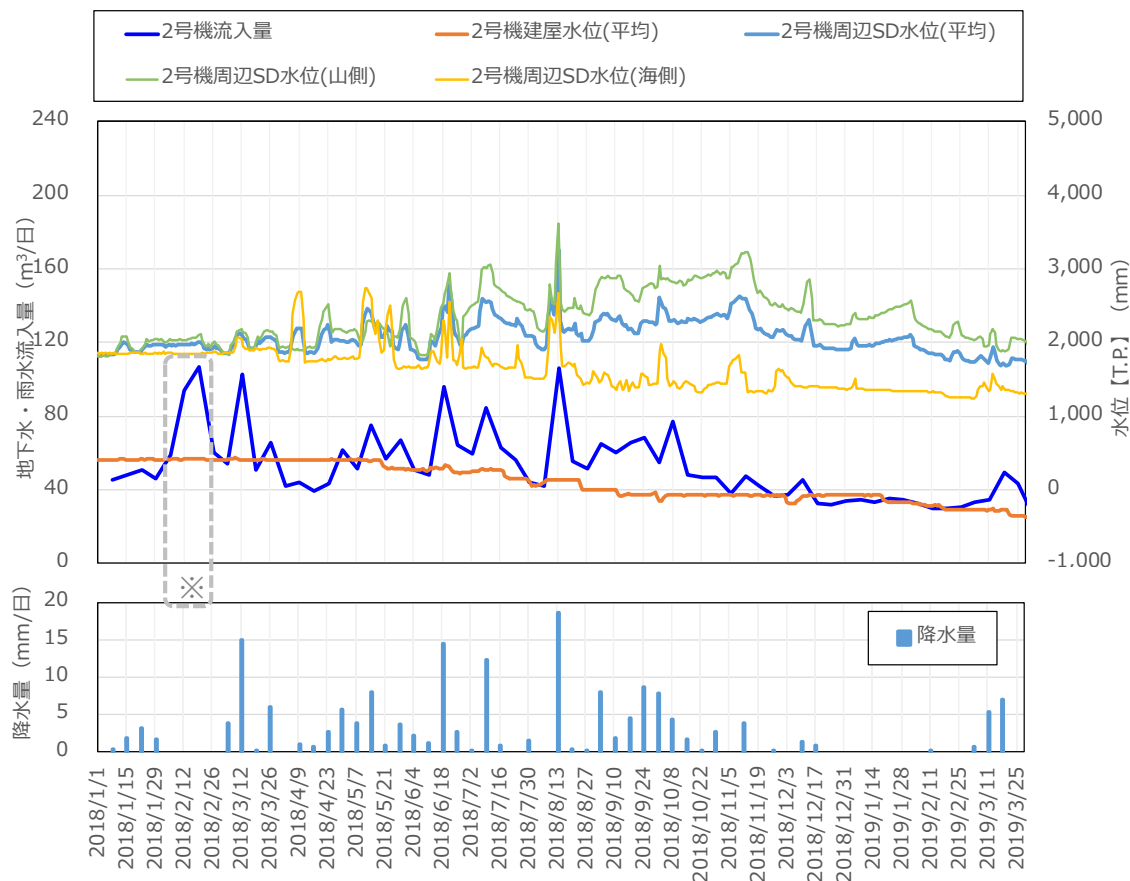


※ 1号機タービン建屋は、床ドレンサンプ内で水位管理を実施



2号機の流入量

- 2号機の流入量は最も多く、2018年は降雨量が少ない時期で、50～60m³/日前後で推移。2018年11月以降は減少傾向で、30～40m³/日まで低下してきている。
- 1/2号機排気筒周辺のサブドレン設定水位引き上げ等の影響により、周辺サブドレン水位は高い状況が続いている。
- なお、屋根の破損箇所(1/2Rw/B)があるため、降雨量が多い時期に流入の増加が見られる。



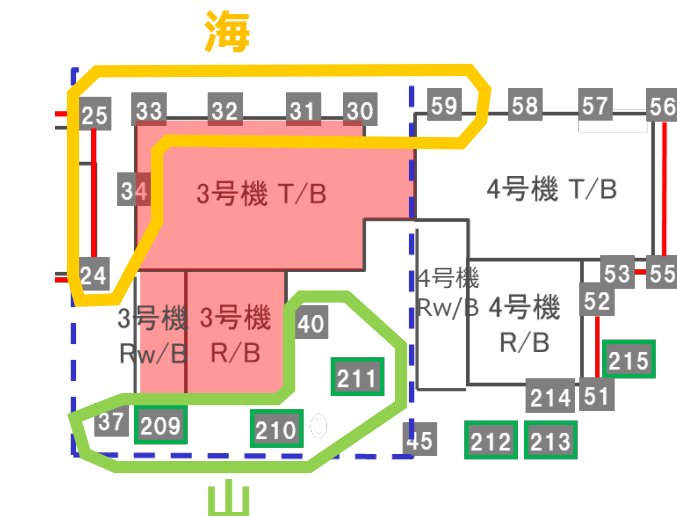
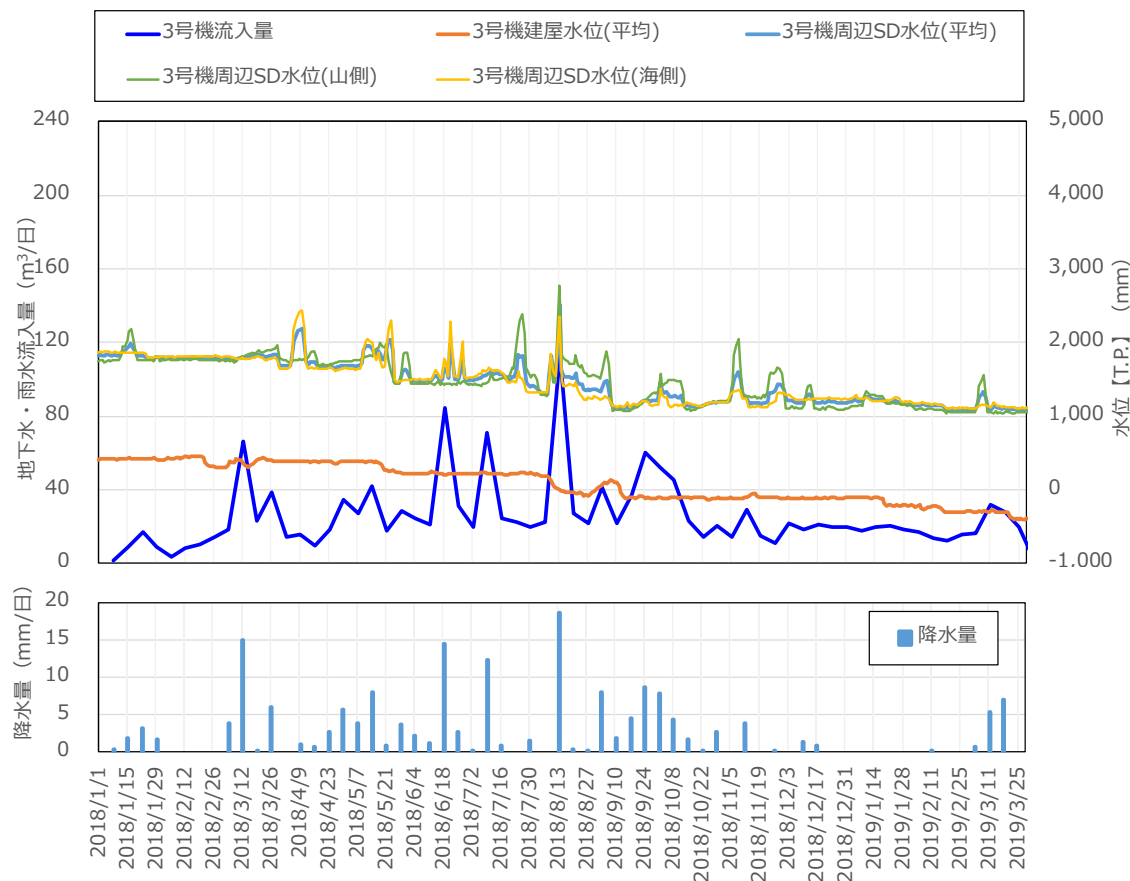
□ : 建屋周辺SD範囲

※ : 図中□は、増強工事(大口径化)が完了した新設ピット

※ : K排水路補修作業の影響で、建屋への流入量が増加

3号機の流入量

- 3号機の流入量は2号機に次いで多く、周辺サブドレン水位は低下してきているものの、降雨が無い場合は20m³/日前後で推移。
- 屋根の破損箇所(3T/B, 3Rw/B, 3R/B北東部)があるため、降雨量が多い時期に流入の増加が見られる。

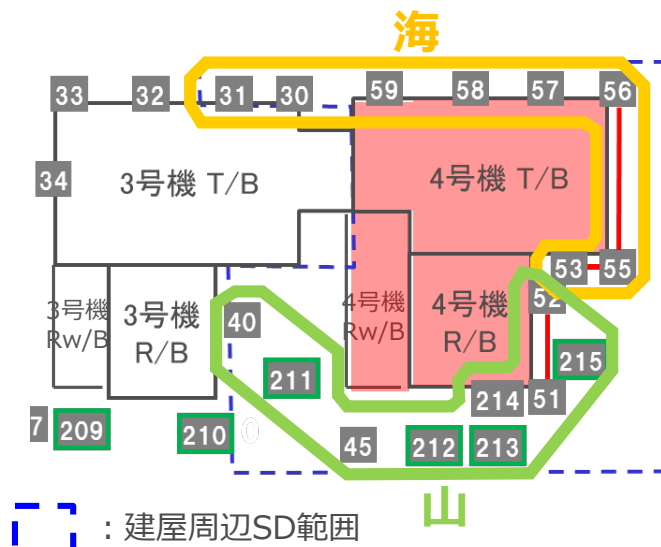
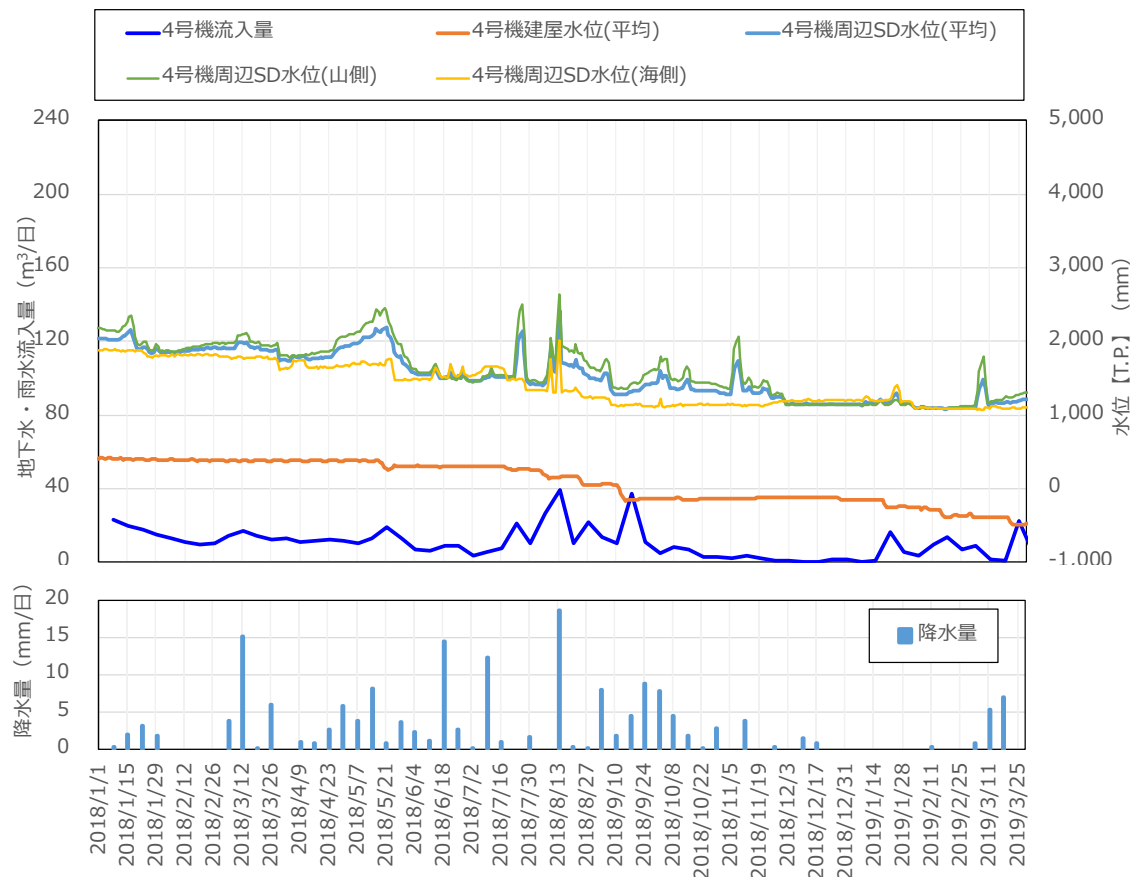


□ : 建屋周辺SD範囲

※ : 図中 は、増強工事(大口径化)が完了した新設ピット

4号機の流入量

- 4号機の流入量は降雨の多い時期を除き、最大で約20m³/日であったが、周辺サブドレン水位の設定水位の低下と共に低下してきている。
- 4号機の屋根は損傷しておらず、地下水が流入している状況。降雨の多い3月から10月に流入量が増加する傾向。



※：図中 は、増強工事(大口径化)が完了した新設ピット

重層的な汚染水対策の効果のまとめ

- 陸側遮水壁やサブドレン、フェーシング等の重層的な汚染水対策は、建屋周辺の地下水位の低位で安定的な管理に効果を発揮しており、汚染水発生量は、約490m³/日（2015年度平均）から約170m³/日（2018年度平均）と約1/3に低減している。
- 重層的な汚染水対策により、建屋周辺だけでなく、陸側遮水壁内側の地下水位は全体的に低下し、陸側遮水壁設置前と比べて、約2.5m低下している。陸側遮水壁の遮水効果により、サブドレンによる地下水位の制御性が向上している。
- 陸側遮水壁内の地下水位が全体的に低下し、サブドレン設定水位との相対的な水位差が低減したことから、設定水位が低下する中、サブドレン汲み上げ量は半減している。
- 汚染水発生量の更なる低減のため、陸側遮水壁やサブドレンの確実、かつ継続的な運用により、1-4号機建屋周辺の地下水位を低位に維持するとともに、建屋の屋根破損部の補修やフェーシングなどの雨水対策を計画的に進めていく。