

特定原子力施設 監視・評価検討会
(第47回)
資料3

陸側遮水壁（山側）の一部閉合

2016年10月19日

TEPCO

東京電力ホールディングス株式会社

1. 陸側遮水壁（山側）の未凍結箇所一部閉合について
2. 陸側遮水壁の状況
3. 陸側遮水壁（山側）の一部閉合
4. 陸側遮水壁（山側）の一部閉合後の検証

【参考資料】

1. 陸側遮水壁（山側）の未凍結箇所一部閉合について

1. ① 陸側遮水壁（山側）の未凍結箇所一部閉合について

- 地中温度分布や内外水位差より、陸側遮水壁（海側）の閉合は確認できており、建屋の海側で地下水位が、急激に低下するリスクは低いと考えられる。
- 一方で、9月末までの降雨の影響により、地下水ドレンのくみ上げ量が多く、サブドレン処理設備の容量を考慮してサブドレン稼働を減らし、くみ上げ量を制限している状況である。更に、陸側遮水壁（海側）の閉合に伴って、地下水の堰上げが生じ、建屋の海側でサブドレンのくみ上げ量が多くなっているため、建屋の山側でサブドレンの稼働を減らしている。これらの影響により、建屋周辺、特に山側の地下水位が高く、建屋流入量が多い状態が続いている。
- そのため、サブドレンが稼働を継続している範囲で、陸側遮水壁（山側）の未凍結箇所の一部（2箇所程度）を閉合することにより、山側からの地下水流入を減らし、建屋流入量を低減させる。

2. 陸側遮水壁の状況

2. ① 陸側遮水壁の状況

○陸側遮水壁の閉合状況

(海側)

- 地中温度に関しては、海水配管トレンチ下の非凍結箇所を除いた地下水位以下のほぼ全ての測温点で、9月末までに0℃を下回った。
- 陸側遮水壁内外の水位差は、8月上旬まで拡大傾向にあった。その後、降雨時に内外水位がともに上昇した後、内側のみサブドレンの稼働の影響を受けるため、水位差は拡大、または縮小している。但し、陸側遮水壁内側の水位変動が、外側の水位に影響を与えている現象は見られない。
- 4m盤のくみ上げ量は、8月下旬からの連続した降雨の影響を受けて、600~1,100m³/日程度と多い状態が継続している。4m盤のくみ上げ量による閉合効果の確認には、暫く時間が必要である。

(山側)

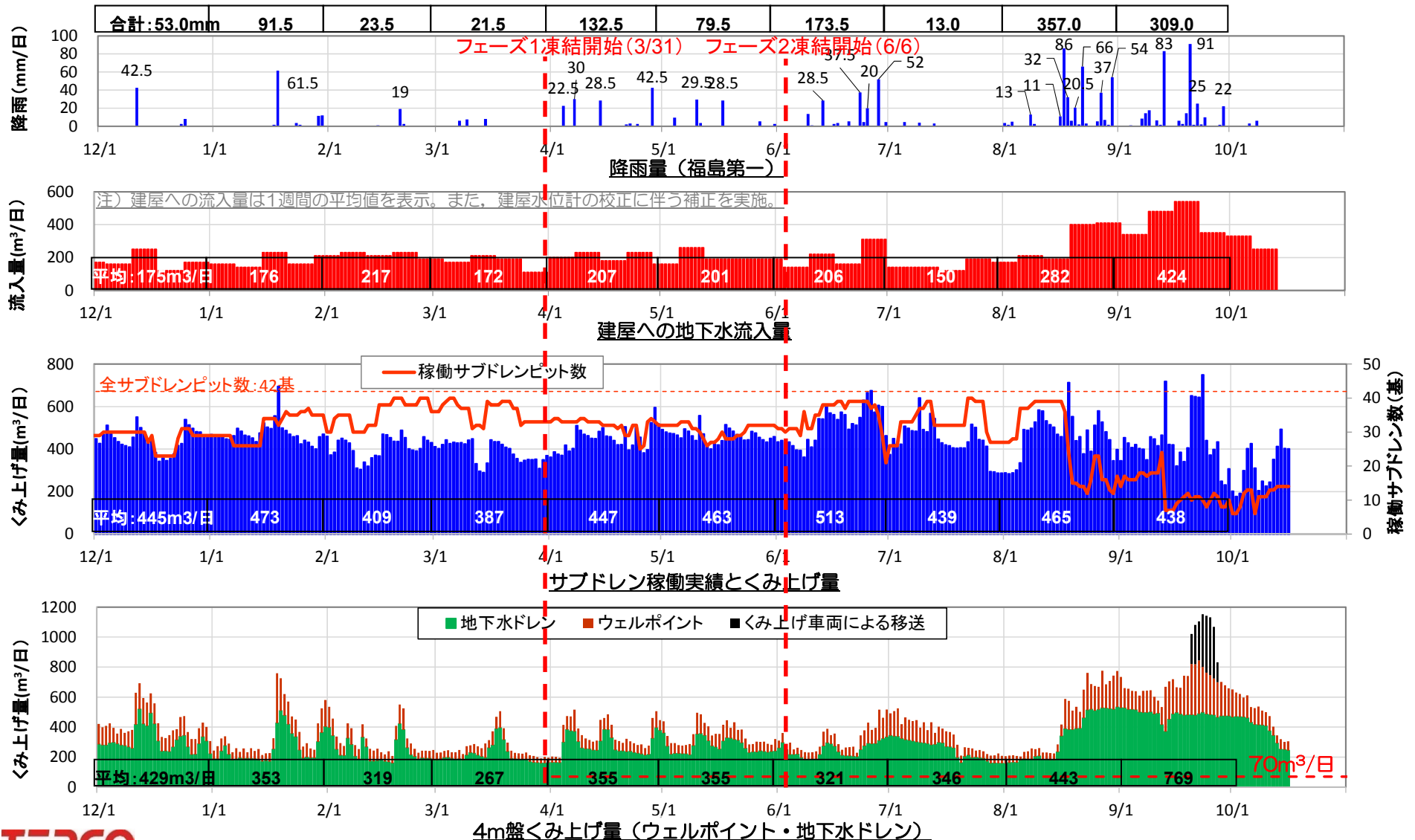
- 第一段階フェーズ2の未凍結箇所（7箇所）と凍結に至っていない箇所の両方を通じて山側から地下水が流入しており、かつ、連続した降雨の影響から、山側閉合による地下水流入量の減少傾向については、確認できる段階ではない。

○建屋への地下水流入量・サブドレンのくみ上げ量

- 地下水ドレンのくみ上げ量が多く、サブドレン処理設備の容量を考慮して、サブドレンの稼働を減らし、くみ上げ量を制限している状況である。さらに、陸側遮水壁（海側）の閉合に伴って、地下水の堰上げが生じ、建屋の海側では、サブドレンのくみ上げ量が多くなっているため、建屋の山側では、サブドレンの稼働を減らしている。これらの影響により、建屋周辺、特に山側の地下水位は高い状況が続いている。
- 降雨および上記理由により、建屋周辺の地下水位が高い状況のため、建屋流入量は、400~600 m³/日程度と多い状態となっている。
- 4m盤のくみ上げ量のうち、建屋への移送量（ウェルポイントのくみ上げ、地下水ドレンのくみ上げの一部）も多くなっている。

2. ② 1F降雨と建屋への地下水流入量・各くみ上げ量の推移

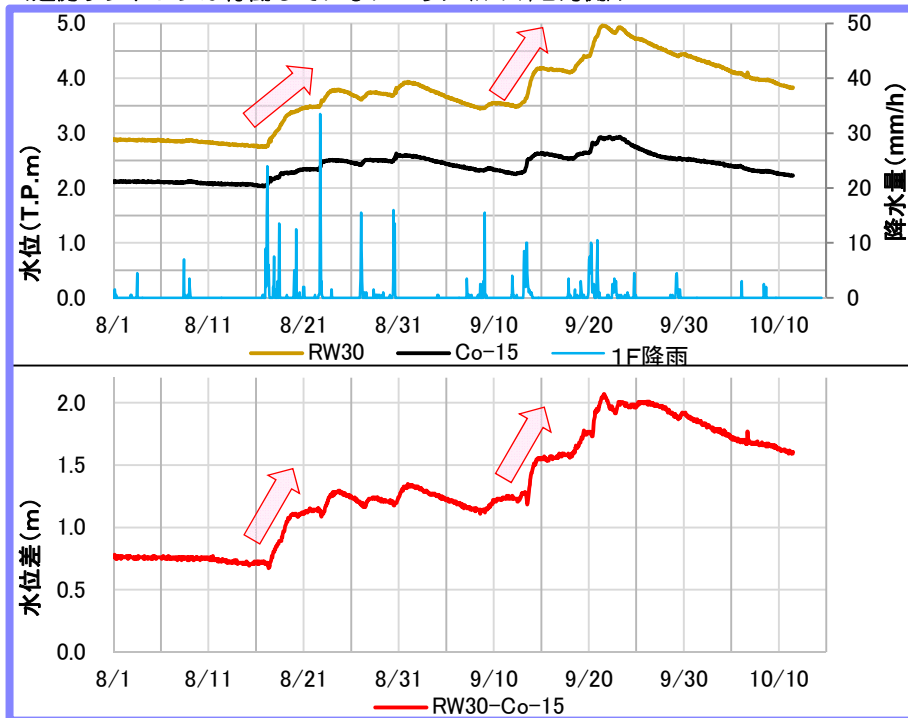
- ・建屋流入量の平均値については、7月までは200m³/日前後で推移していたが、8月中旬以降、降雨の影響により増加。
- ・サブドレンのくみ上げ量の平均値については、400~500m³/日程度で推移していたが、8月中旬以降、地下水ドレンのくみ上げ量増加に伴い稼働数が減少。
- ・4m盤くみ上げ量の平均値については、7月までは350m³/日前後で推移していたが、8月中旬以降、降雨の影響により増加。



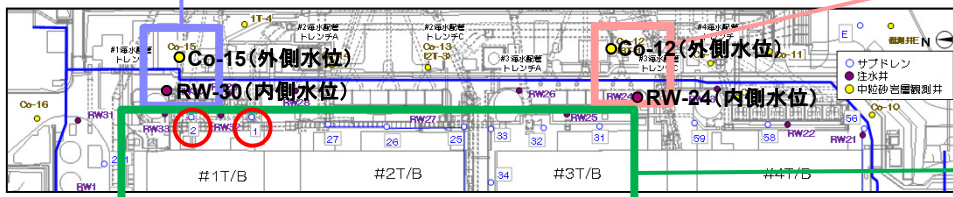
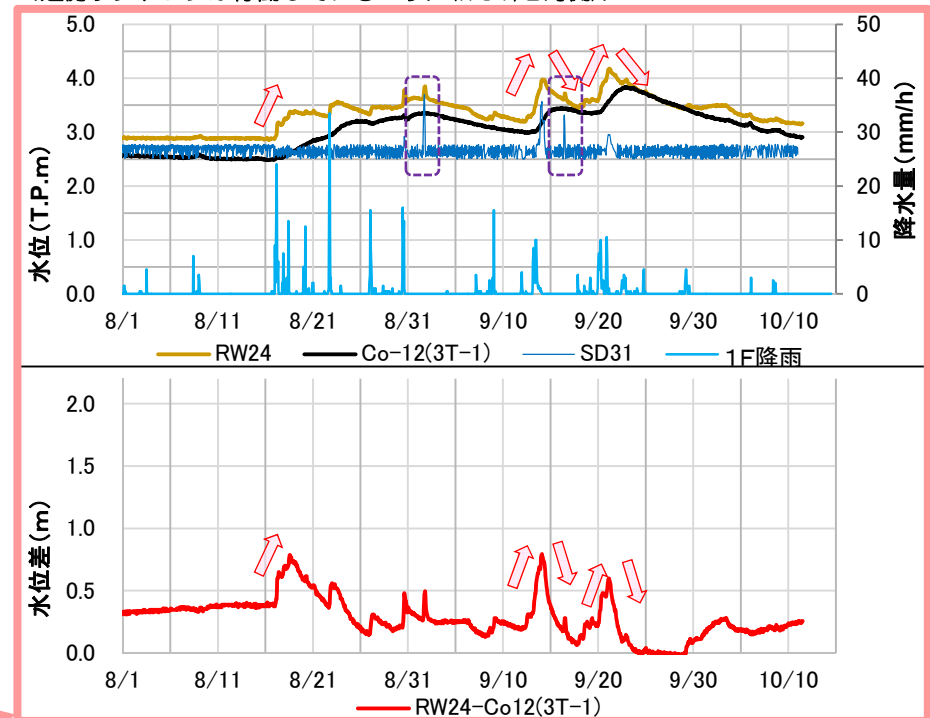
2. ③ 陸側遮水壁（海側）による地下水堰上げ（降雨時の挙動）

- 8月中旬以降の降雨の影響により、近傍サブドレンが稼働していないエリア（#1T/B海側）では、陸側遮水壁（海側）による地下水の堰上げにより、内側水位が著しく上昇し、内外水位差が拡大している。
- 近傍サブドレンが稼働しているエリア（#2-4T/B海側）では、内側水位が降雨直後に上昇し、内外水位差が拡大するが、サブドレンによる地下水のくみ上げにより、その上昇が抑制され、その後の低下速度、低下量はともに大きく、内外水位差が縮小している。
- また、降雨のない期間で、一時的にサブドレンが停止した際、内側水位は上昇するが、外側水位は変動していない。
- T/B海側のサブドレンNo.1中継系統では降雨に応じて、くみ上げ量が増加している。

＜近傍サブドレンが稼働していないエリア（#1T/B海側）＞



＜近傍サブドレンが稼働しているエリア（#3T/B海側）＞



※ SD1,2は非稼働

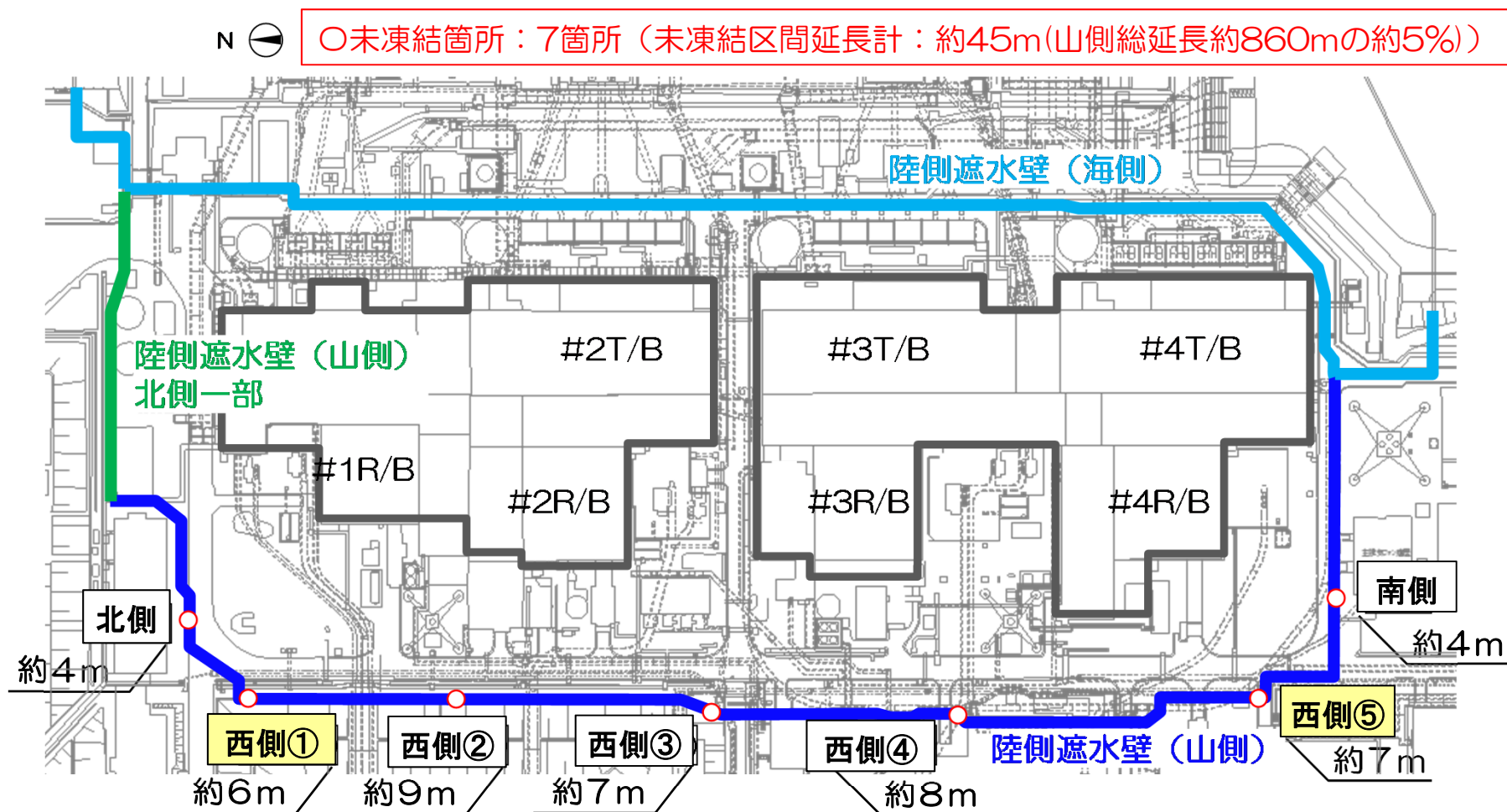
サブドレンNo.1中継系統



3. 陸側遮水壁（山側）の一部閉合

3. ① 現状の未凍結箇所と一部閉合箇所の選定

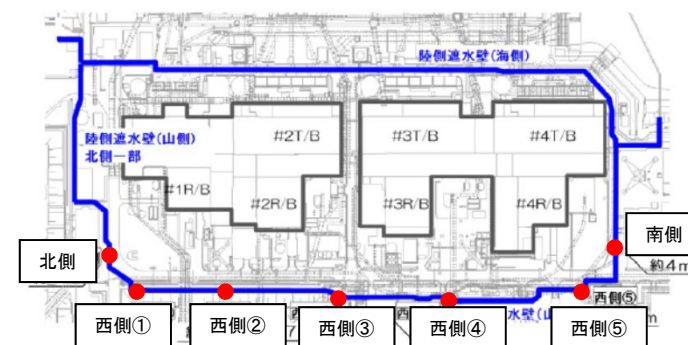
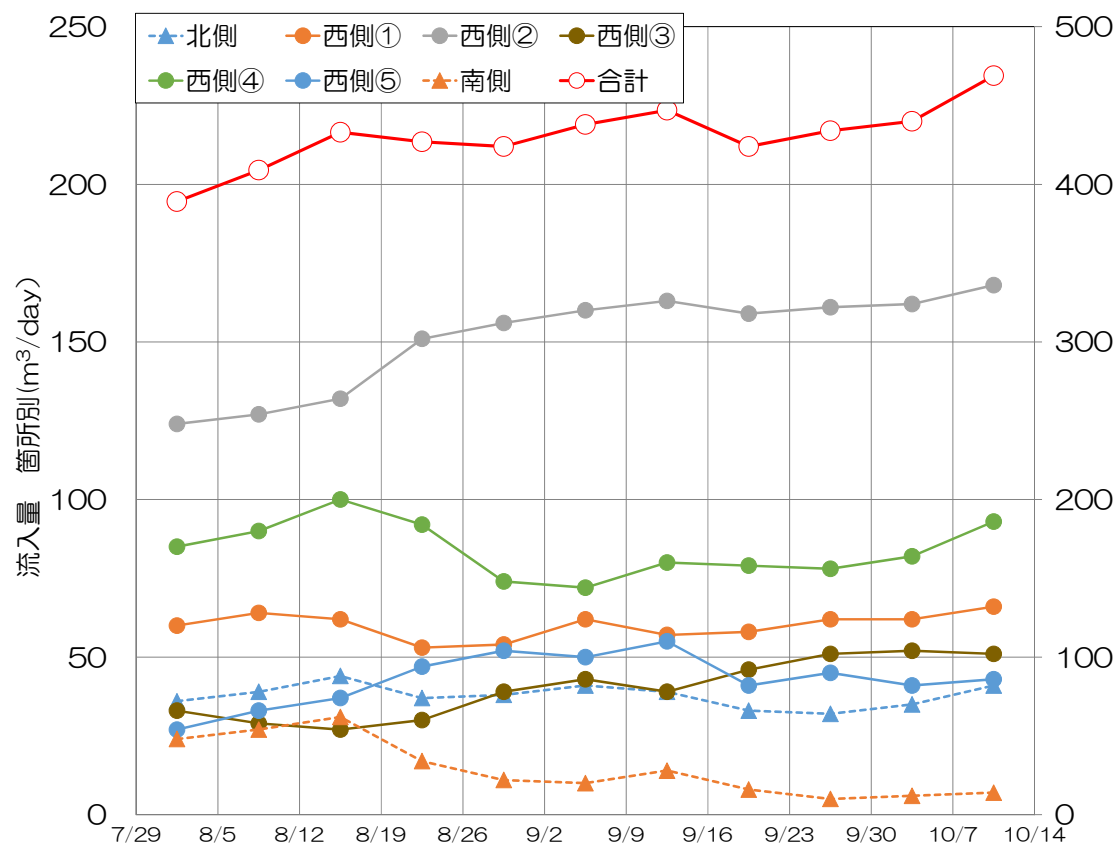
- 第一段階フェーズ2で凍結対象外としていた山側の未凍結箇所は、7箇所（山側総延長約860mの約5%）である（各未凍結箇所の位置および区間延長は、下図に示すとおり）。
- 一部閉合箇所の選定においては、閉合後の地下水流入バランスを大きく変えないことを考慮し、近くに未閉合箇所（北側および南側）があり、閉合箇所が対称となる、「西側①」と「西側⑤」の2箇所とした。



※ 図中の数値は各未凍結箇所の未凍結区間延長

3. ② 山側の未凍結全7箇所を通じた流入量評価 (平均透水係数を用いたダルシー則に基づく)

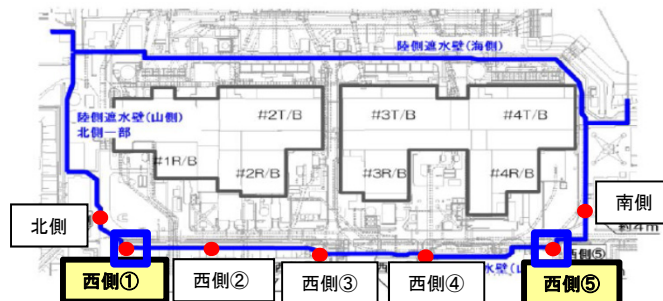
- 山側の未凍結全7箇所の流入量をダルシー則に基づき、通水面積（中粒砂岩層，互層部）と内外水位差，透水係数（平均値）を用いて評価した。
- ダルシー則に基づいた評価では，流入量が最も多い想定となっているのは，「西側②」であり，次いで「西側④」，「西側①，③，⑤」となっており，「南側」，「北側」は比較的流入量が小さい。



3. ③ 全未凍結箇所に対する一部閉合箇所の割合

- 西側①, 西側⑤の2箇所を通じた想定流入量想定合計は約100m³/日であり, 全未凍結箇所からの想定流入量(約430m³/日)の30%未満^{※1}である。
- 西側①, 西側⑤の2箇所の区間延長の合計は約13mであり, 全未凍結箇所の区間総延長(約45m)の30%未満^{※2}である。

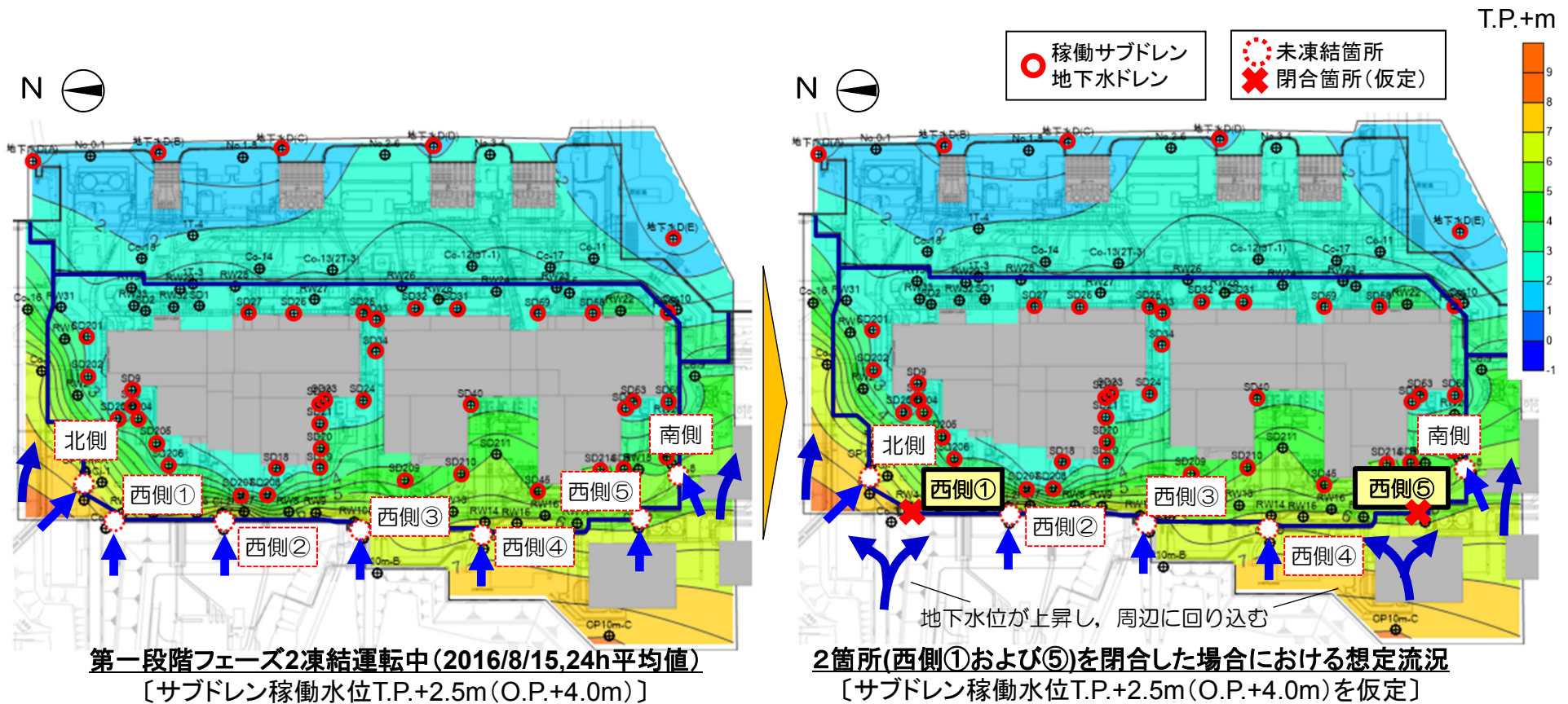
	未凍結 区間延長	想定流入量 (m ³ /日) 8/12~18時点	下流サブドレン のくみ上げ状況 (8/1~15 ^{※3})	流入先のサブドレン系統の 水位(T.P.+m) (最低・平均・最高)(8/1~15 ^{※3})
北側	約4m	約40	No.2 : 124m ³ /日	No.2 : 2.5, 3.4, 5.4
西側①	約6m	約60	No.2 : 124m ³ /日	No.2 : 2.5, 3.4, 5.4
西側②	約9m	約130	No.2 : 124m ³ /日 No.3 : 88m ³ /日	No.2 : 2.5, 3.4, 5.4 No.3 : 2.5, 3.1, 4.2
西側③	約7m	約30	No.3 : 88m ³ /日 No.1 : 48m ³ /日	No.3 : 2.5, 3.1, 4.2 No.1 : 2.5, 2.6, 2.9
西側④	約8m	約100	No.3 : 88m ³ /日 No.4 : 162m ³ /日	No.3 : 2.5, 3.1, 4.2 No.4 : 3.7, 4.9, 5.9
西側⑤	約7m	約40	No.4 : 162m ³ /日	No.4 : 3.7, 4.9, 5.9
南側	約4m	約30	No.5 : 77m ³ /日	No.5 : 2.5, 2.9, 3.1
計	約45m	約430		



- ※1 : 想定流入量比は100/430≒23%程度
- ※2 : 区間延長比は13/45≒29%程度
- ※3 : No.4系統は停止しているピットが多い期間(8/1~5を除く)

3. ④ 未凍結箇所一部閉合後の地下水の流れ

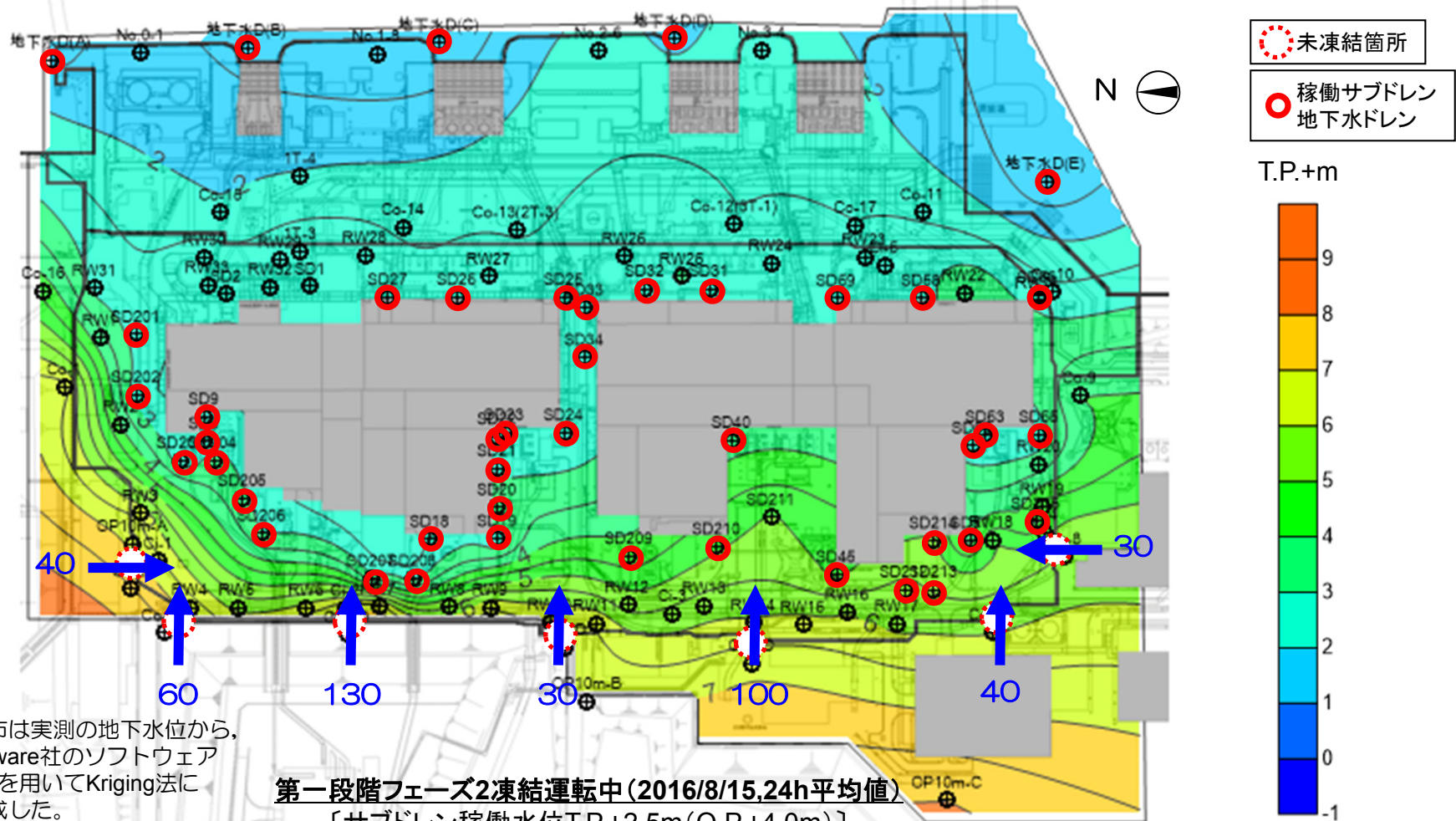
- 未凍結箇所を閉合すると、堰上げが生じて上流側の地下水位が上昇し、地下水は周辺へ回り込む。
- 西側①と西側⑤は、陸側遮水壁(山側)の隅角部付近に位置しており、この2箇所の閉合後、堰上げられた地下水の一部は海側へ回り込むが、一部は残りの未凍結箇所を通じて、陸側遮水壁内に流入する。そのため、閉合前に流入していた地下水の全てが、閉合により遮断されることはない。



地下水水位分布は実測の地下水水位から、Golden Software社のソフトウェアSurfer ver13を用いてKriging法に基づいて作成した。

【参考】未凍結箇所を通じた地下水流入と地下水位の状況（8/15時点）

- 第一段階フェーズ2開始後、陸側遮水壁の内側水位が低下傾向を示していた8月中旬の地下水位実測データに基づき、地下水位分布図を作成した。
- 1-2号機建屋周辺山側の地下水位は、サブドレン稼働によって稼働水位近くまで低下しているのに対して、3-4号機周辺地下水位は、低下していない。
- ただし、第一段階フェーズ2の山側95%閉合において、建屋海側を含め、局所的に地下水位が低下している箇所は見られない。



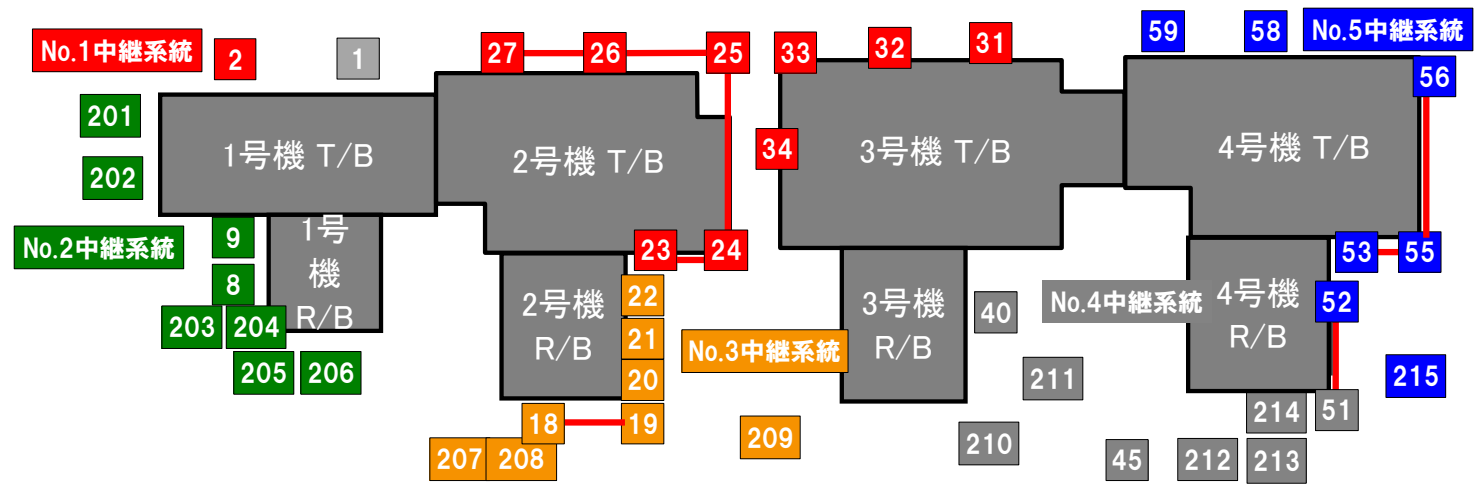
地下水位分布は実測の地下水位から、Golden Software社のソフトウェア Surfer ver13を用いてKriging法に基づいて作成した。

第一段階フェーズ2凍結運転中(2016/8/15,24h平均値)
 [サブドレン稼働水位T.P.+2.5m(O.P.+4.0m)]

【参考】サブドレンの各中継タンクシステムのくみ上げ量の推移

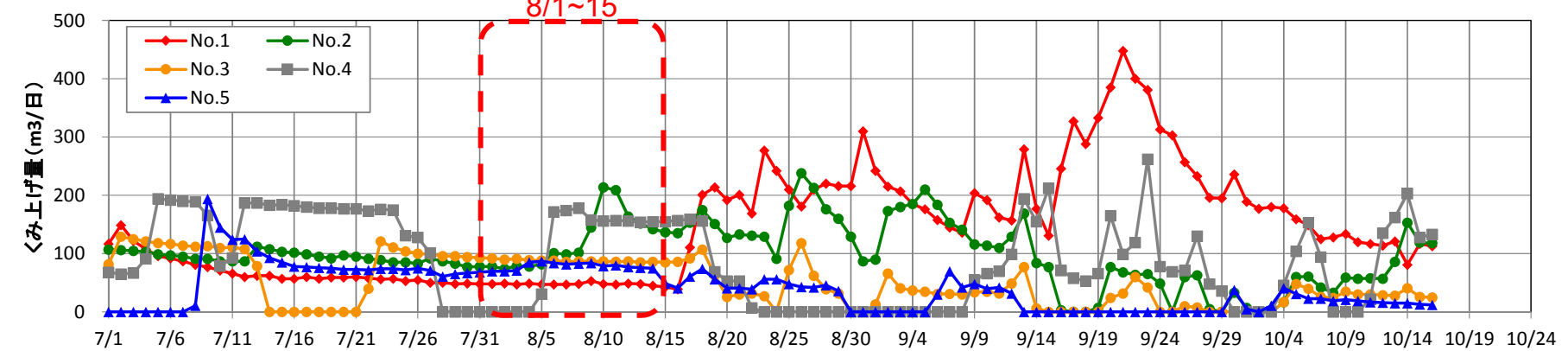
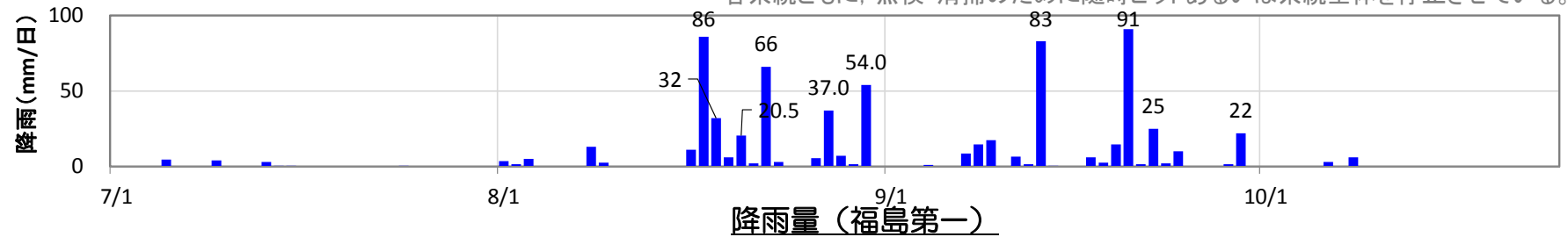
• 8/1～15頃は、全
ての中継タンク系統
のサブドレンが稼働
している状態であっ
た。

(No.4系統の停止期間(8/1
～5)およびポンプ等のメ
ンテナンスを実施中のピット
を除く)



— : 横引き管
※No.1ピットは稼働対象外

各系統ともに、点検・清掃のために随時ピットあるいは系統全体を停止させている。



サブドレン各中継タンク系統毎のくみ上げ量の推移

4. 陸側遮水壁（山側）の一部閉合後の検証

4. ① 一部閉合後の検証

○一部閉合後の検証

- 現在、山側からの地下水は「凍結に至っていない箇所」と「未凍結箇所」から流入している。「凍結に至っていない箇所」が、全て凍結して地下水流入がなくなり「未凍結箇所」のうち2箇所を閉合し、地下水流入量が減少した場合でも、残りの「未凍結箇所」からの地下水流入により、サブドレンは継続して稼働することを確認する。
- 未凍結箇所のうち、西側①と西側⑤を閉合した場合、その閉合割合は、想定流量比や延長比から未凍結全箇所の30%未満になるものと想定される。未凍結箇所からの地下水流入量は、閉合割合ほど減少しないものと考えられるものの、検証にあたっては、2箇所閉合後の地下水流入量の減少割合を保守的に30%と設定する。

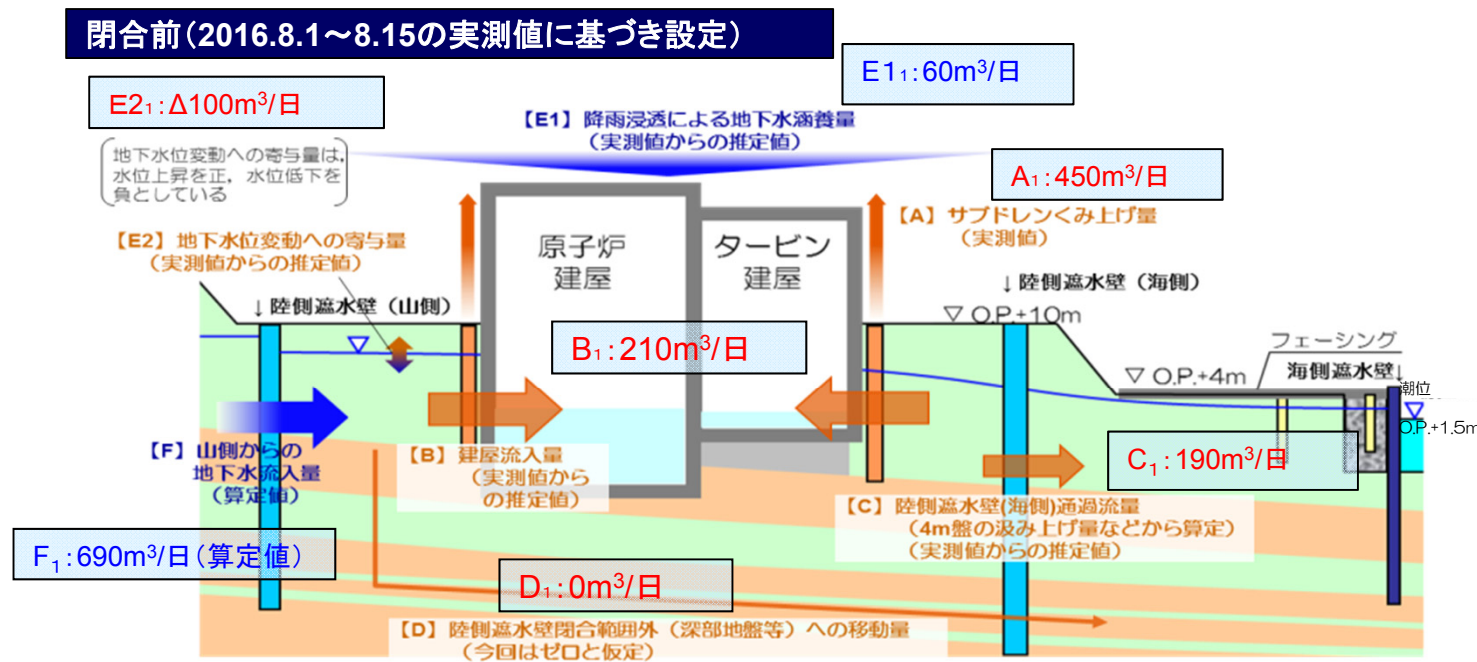
4. ② 閉合前の山側からの地下水流入量の想定

- 閉合前の地下水収支は、降雨が少ない期間（2016.8.1～8.15）の実測値に基づいて評価した。

	サブドレンくみ上げ量 A ₁	建屋流入量 B ₁	4m盤への 移動量 C ₁	閉合範囲外 への移動量 D ₁	降雨涵養量 E ₁	地下水位変動 への寄与量 E ₂
設定値 (m ³ /日)	450	210	190	0	60	Δ100

$$=A_1+B_1+C_1+D_1+E_2-E_1$$

現状の山側からの地下水流入量	F ₁
実測に基づいた値 (m ³ /日)	690

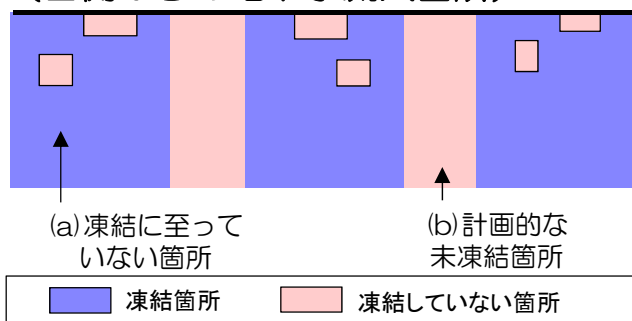


※ 現状の期間(2016.8.1～8.15)において、深部透水層(粗粒、細粒砂岩)の水頭が互層部と同程度で、上部の中粒砂岩層よりも高いことから、深部地盤等への移動量D₁をゼロとする。

4. ③ 閉合後の残りの未凍結箇所からの地下水流入量の想定

- 現状，山側からの地下水は，①凍結に至っていない箇所と，②7箇所の計画的な未凍結箇所から流入している。
- 7箇所の未凍結箇所からの地下水流入量は，未凍結箇所の2箇所（西側①，西側⑤）を閉合することで流入量の減少率は30%とする。
- 残り5箇所の未凍結箇所からの地下水流入量の想定にあたっては，山側からの地下水流入から，凍結に至っていない箇所の流入を差し引いて評価する。

(山側からの地下水流入箇所)



	実測に基づく面積 (m ²)	面積比	備考
(a)凍結に至っていない箇所	480	0.51	<ul style="list-style-type: none"> • 面積は2016.8.15時点の実測 • 中粒砂岩，埋戻土，互層部に設置された温度計を対象（構造物内と地下水位以浅を除く） • 互層部の砂岩と泥岩の割合 4：6
(b)未凍結箇所	470	0.49	

(凍結に至っていない箇所および未凍結箇所からの流入量の想定)

(単位：m³/日)

	現状	未凍結2箇所閉合後
山側からの地下水流入量 F_n ((a) + (b))	690※ ¹	240
(a)凍結に至っていない箇所からの流入量	350 (0.51) ※ ²	0
(b)未凍結箇所からの流入量	340 (0.49) ※ ²	240※ ³

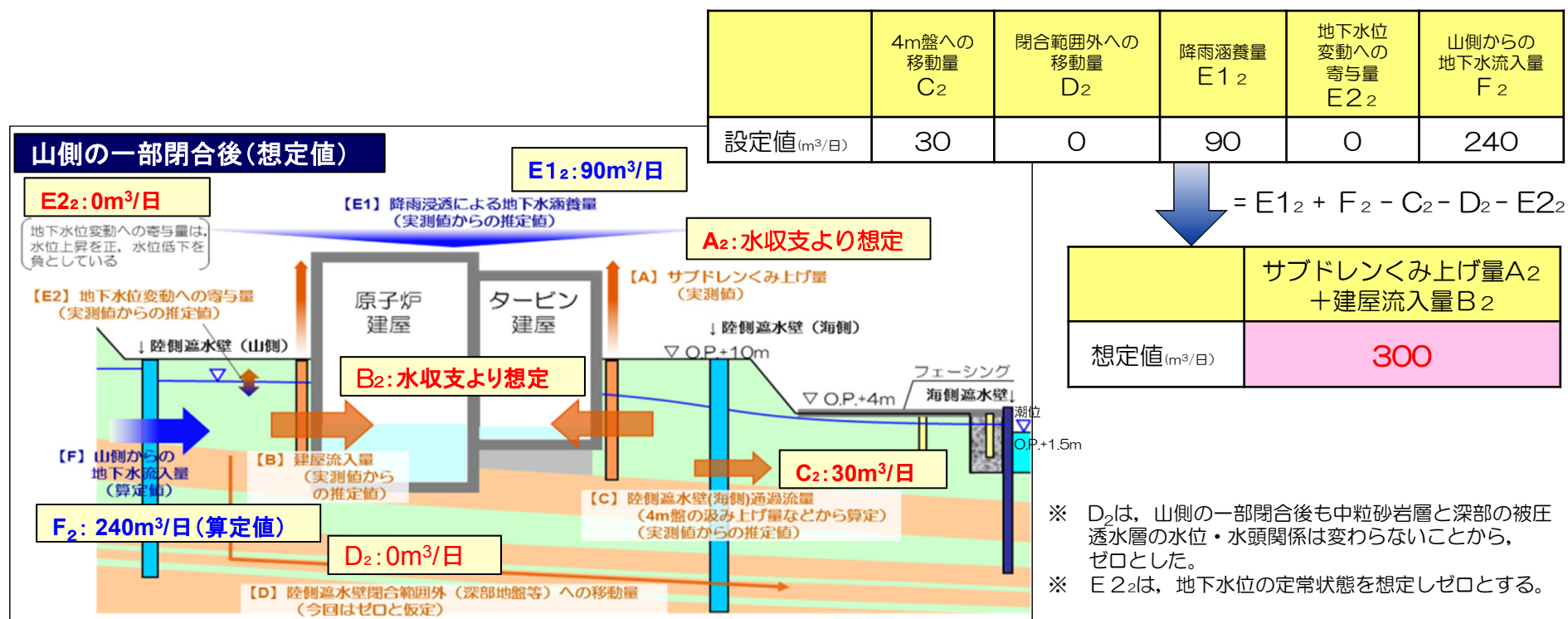
※¹：前頁の算出結果

※²：括弧内は面積比

※³：現状の未凍結箇所からの流入量の30%減

4. ④ 閉合後の山側からの地下水流入量の想定

- 閉合後に山側からの地下水流入量が240m³/日に減少した場合でも、サブドレン稼働の調整により、サブドレンが継続して稼働する運用が可能であることを確認するため、閉合後の地下水収支を想定して、サブドレンくみ上げ量 (A₂) + 建屋流入量 (B₂) を確認する。
- 閉合後の地下水収支の想定にあたっては、以下の点に留意した。
 - 凍結に至っていない箇所からの流入は、今後凍結が進めばなくなるため考慮しない。
 - 4m盤への地下水の移動量は、閉合が進むとともに今後減少し、30m³/日になるものとした。
 - 閉合後の降雨涵養量 E_{1 2} は過去 (1997~2015年) の年間最小降雨量に基づき90m³/日とした。
- 閉合後の山側からの地下水流入量は、下図に示す通り。



4. ⑤ まとめ（検証結果）

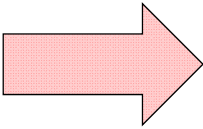
○検証結果

- 西側①と西側⑤の閉合後に山側未凍結箇所からの地下水流入量が、30%減少した場合の地下水収支を想定して、サブドレンのくみ上げ量と建屋流入量を確認した結果、少なくとも合計で300m³/日程度はあることから、閉合後も陸側遮水壁内側への地下水流入量は、十分に確保され、サブドレンは継続して稼働するものと考えられる。
- 今後、サブドレンを強化し、地下水位を低下させることで、建屋流入量を100m³/日程度にする計画としており、建屋流入量が100m³/日程度まで低下すれば、サブドレンのくみ上げ量は200m³/日程度となり、サブドレンの稼働は継続する。
- 上記より、未凍結箇所のうち西側①と西側⑤を閉合しても、地下水位管理上、問題とはならないと考えられる。

【参考】現状では確定できない変動要因の評価

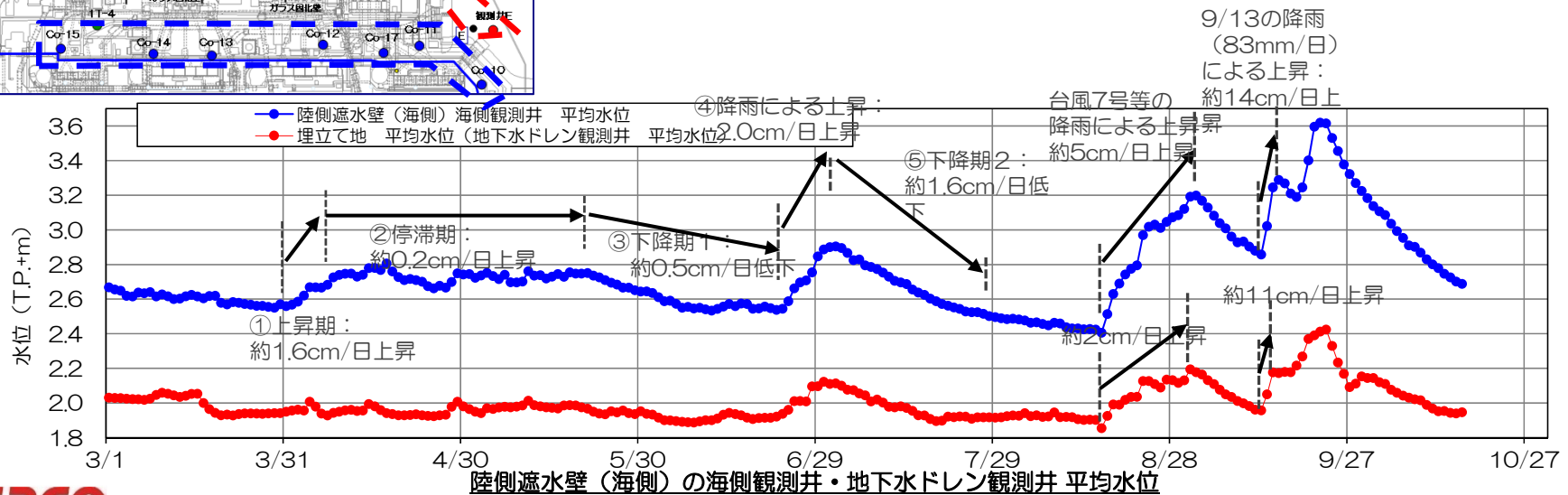
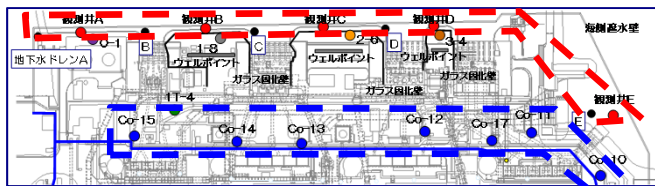
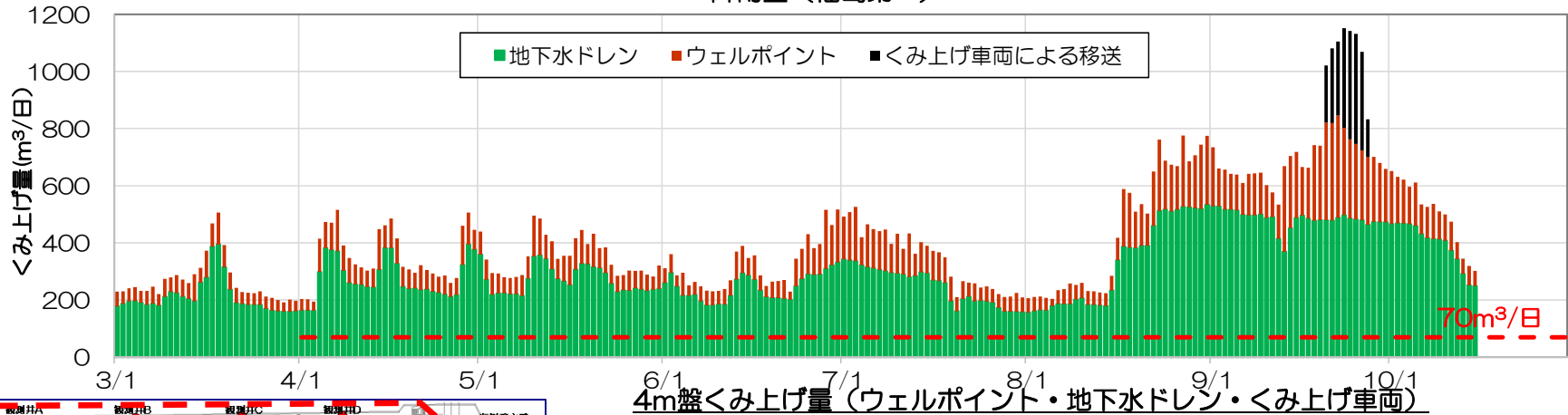
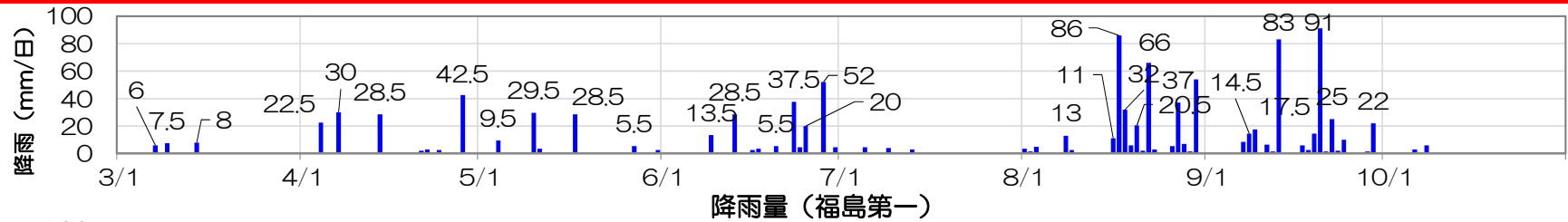
- 閉合後の地下水収支の想定において、現状では確定できない「4m盤への地下水移動量 C_2 」については、陸側遮水壁海側の閉合が進むことで、減少していくものと考えるが、ここでは C_2 は閉合前と変わらないものとして、保守的に設定し比較検討を行った。
- その結果、4m盤への地下水移動量が変わらない場合でも、陸側遮水壁内側への地下水流入量が確保され、サブドレンは継続して稼働するものと考えられる。

(水収支の想定結果)

	4m盤への移動量 C_2	閉合範囲外への移動量 D_2	降雨涵養量 $E1_2$	地下水位変動への寄与量 $E2_2$	山側からの地下水流入量 F_2		サブドレンくみ上げ量 A_2 + 建屋流入量 B_2
基本ケース ($m^3/日$)	30	0	90	0	240	 $= E1_2 + F_2 - C_2 - D_2 - E2_2$	300
比較検討ケース ($m^3/日$)	190	0	90	0	240		140

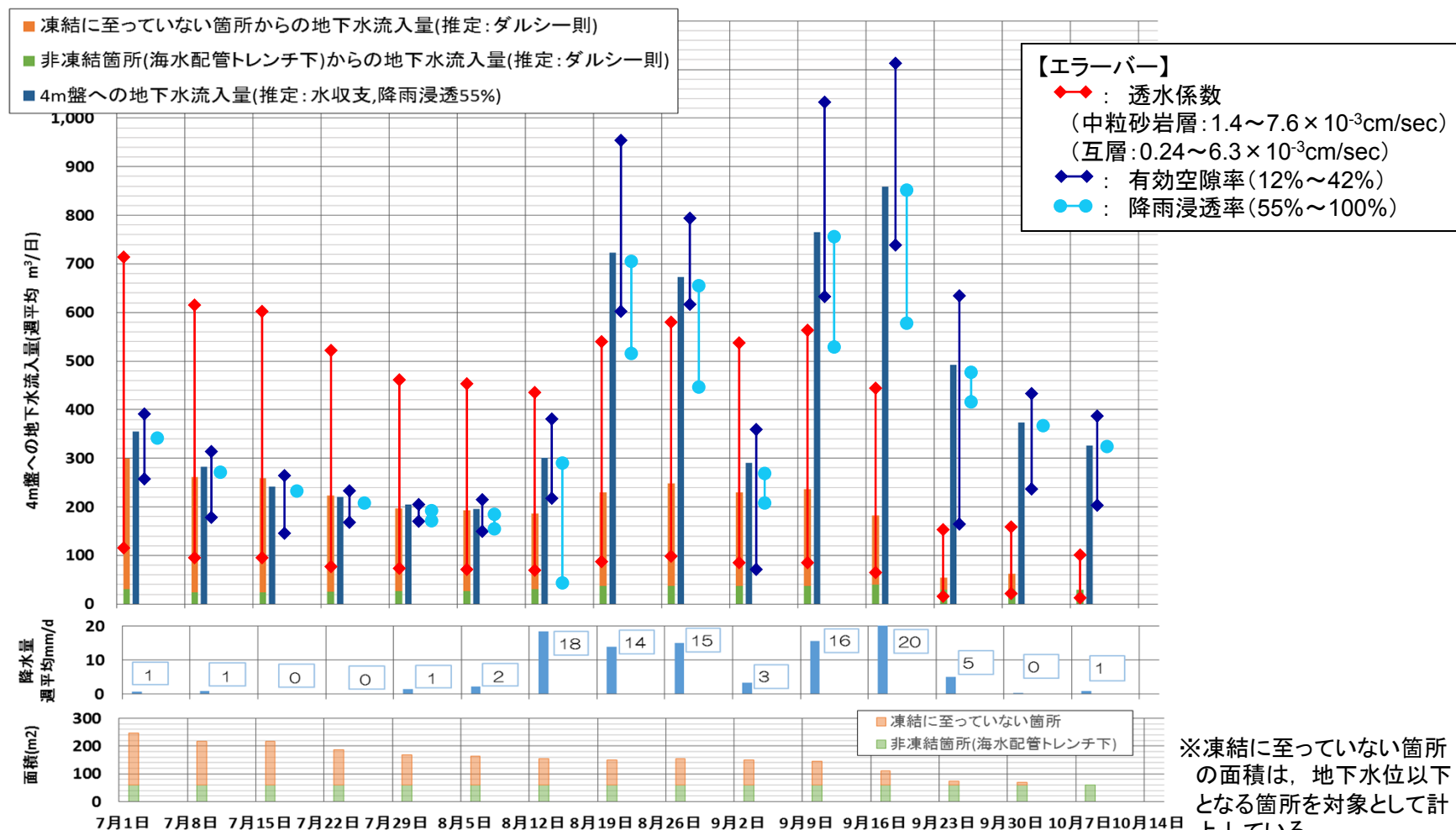
【参考資料】

【参考】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

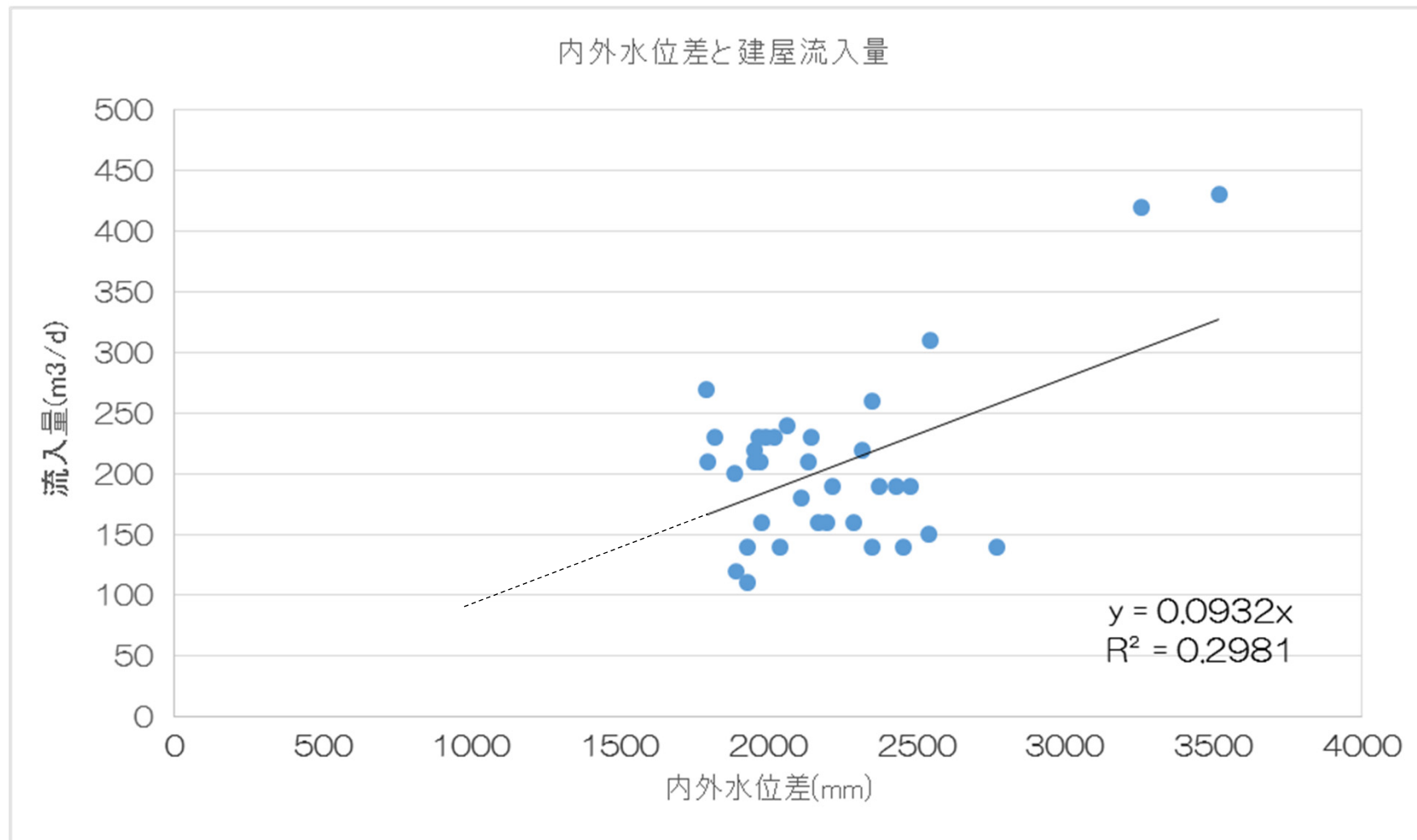
- 「水収支に基づく4m盤への地下水流入量の推定値」と「陸側遮水壁(海側)の凍結に至っていない箇所・非凍結箇所(1~4号海水配管トレンチ下)の面積と内外水位差からの推定値」について、週毎に比較した。
- どちらの推定方法も仮定条件下のものであり、不確実性を含んでいる。



※凍結に至っていない箇所の面積は、地下水位以下となる箇所を対象として計上している。

【参考】建屋内外水位差と建屋流入量

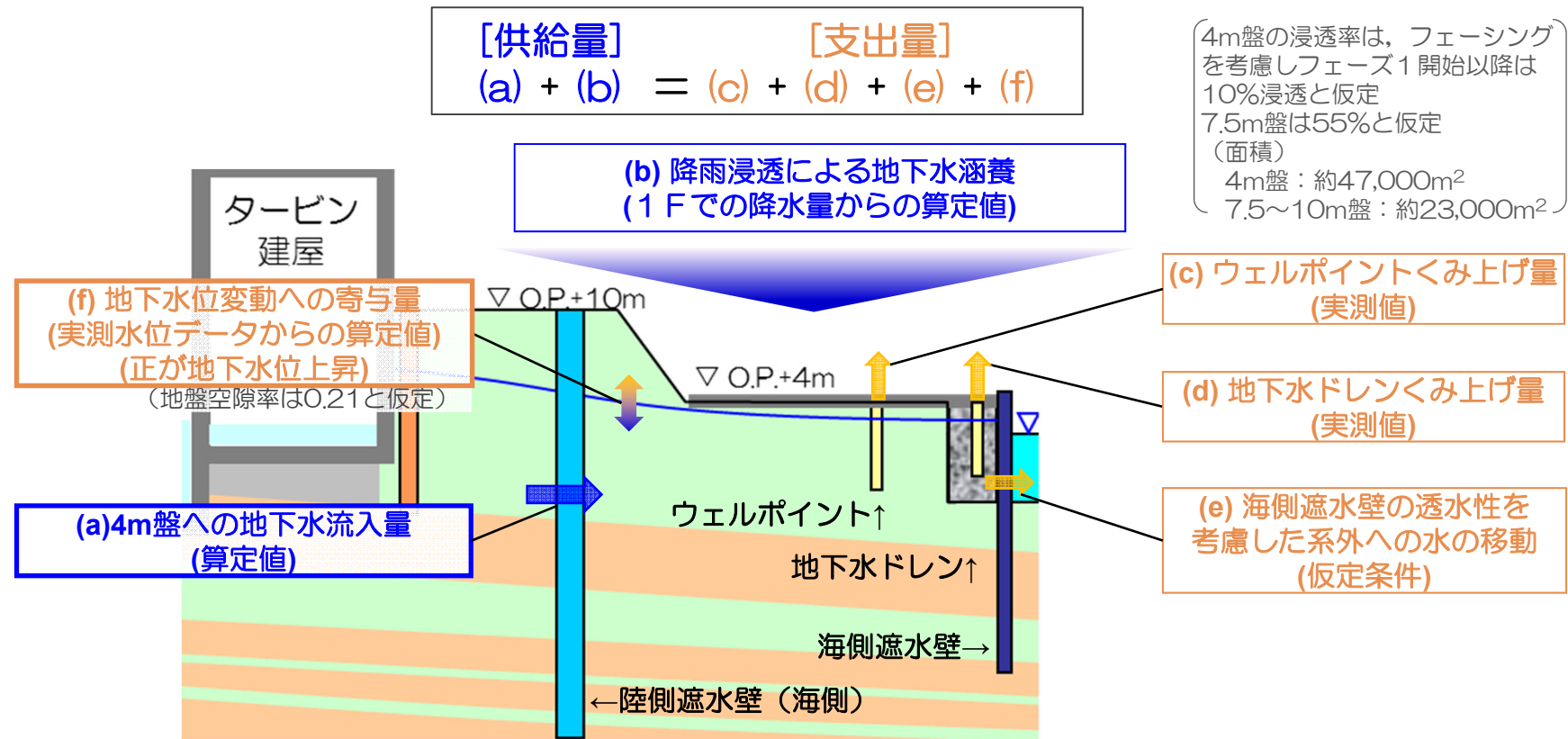
- 建屋流入量と内外水位差の関係(期間:2016.1~2016.9)から、建屋内外水位差が1 mの場合における建屋流入量は、100m³/日程度と想定される。



【参考】4m盤の地下水収支の算定の考え方（実測値・算定値・仮定条件など）

- 4m盤の地下水流入量は，下図の地下水収支に示すように，ウェルポイントおよび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，下式で算定した。

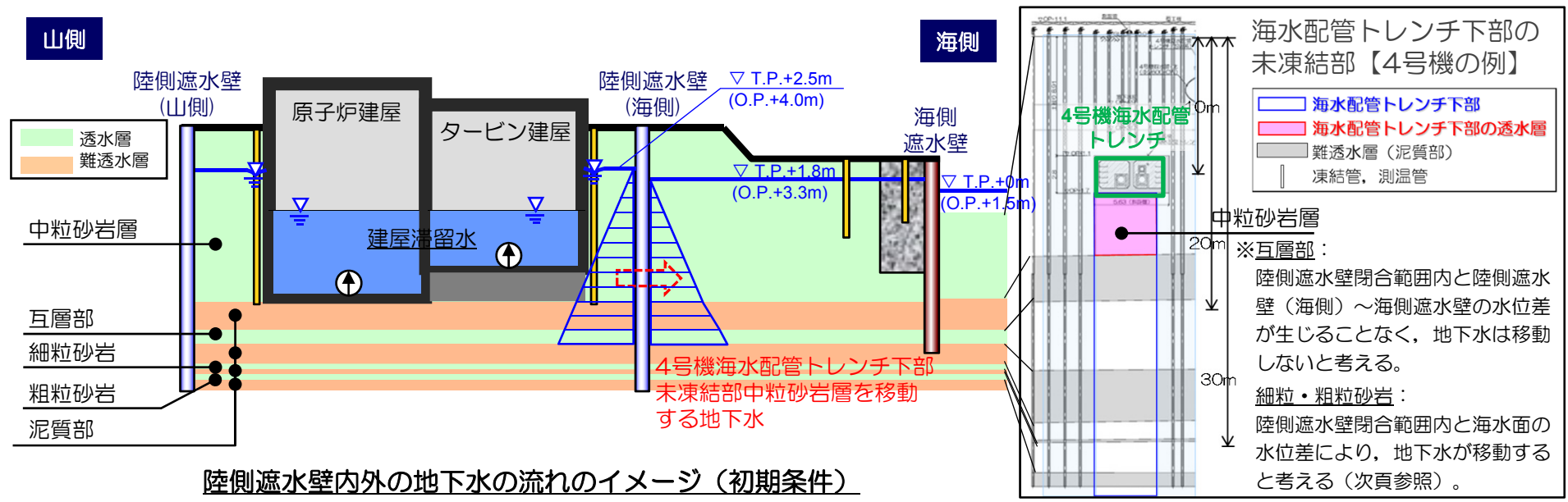
	(a)算定値	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
実測値(m ³ /日) [期間：2016.8.1～8.15]	190	30	50	180	30	△40



4m盤の地下水収支の考え方

【参考】陸側遮水壁を通過して流出する地下水（中粒砂岩）

・海水配管トレンチ下部の未凍結範囲の地下水の流出量を次のように算出することで、地下水収支の保守的事象を考慮した。



- ・「陸側遮水壁を通過して流出する地下水（中粒砂岩層）」として、陸側遮水壁閉合範囲内と陸側遮水壁（海側）～海側遮水壁との水位差により、4号機海水配管トレンチ下部の未凍結箇所の中粒砂岩層（中粒砂岩層に未凍結部があるのは4号機のみ）の地下水を考える。
- ・閉合当初の流出量：約30m³/日（陸側遮水壁閉合範囲内と陸側遮水壁（海側）～海側遮水壁との水位差低下に伴い減少）

閉合範囲内の地下水位 (T.P.+m(O.P.+m))	流出量 (m ³ /日)
2.5(4.0)	約30
2.2(3.7)	約15
1.8(3.3)	0

【試算条件】

- ・中粒砂岩層透水係数 k : 3.4×10^{-3} (cm/s, 試験結果対数平均)
- ・水位差 Δh : 0.7m
 【陸側遮水壁閉合範囲内】 T.P.+2.5m(O.P.+4.0m)
 【陸側遮水壁（海側）～海側遮水壁】 : T.P.+1.8m(O.P.+3.3m)
- ・陸側遮水壁（海側）厚さ L : 2m
- ・断面積 A : 27m²