

# 試験凍結実施状況・建屋内外水位が逆転した場合の影響検討

2015年7月1日

東京電力株式会社

1. 試験凍結実施状況
2. 局所的な地下水位低下により建屋内外水位が逆転した場合の影響検討  
(前のご指摘事項)
3. 実測に基づく水位管理

# 1. 試験凍結実施状況

## 1. 1 状況概要

- 冷凍機は不具合等なく、順調に稼働継続中であり、ブライン（冷却材）供給温度は $-30^{\circ}\text{C}$ 付近で安定。凍結管近傍の地中温度については、凍結管の配置・測温管との離隔に応じた低下傾向を示している。
- エリア1～3, 5～9の試験凍結については、下記の自主評価基準に抵触するような地下水位の低下は見られていない。（ブライン供給を継続中）
- 2015年6月3日, エリア4のNo.7の試験凍結箇所近傍における地下水位観測孔Ci-1に関しては、下記自主評価基準に達したため、No.7の凍結管へのブライン供給を停止。

### <自主評価基準>

中粒砂岩層の地下水位を対象とし、試験凍結箇所近傍の地下水位が、試験凍結影響範囲外と比較して、15cm以上低下した状態が3日間以上継続した場合に当該箇所の試験凍結を休止する。

# 1. 試験凍結実施状況

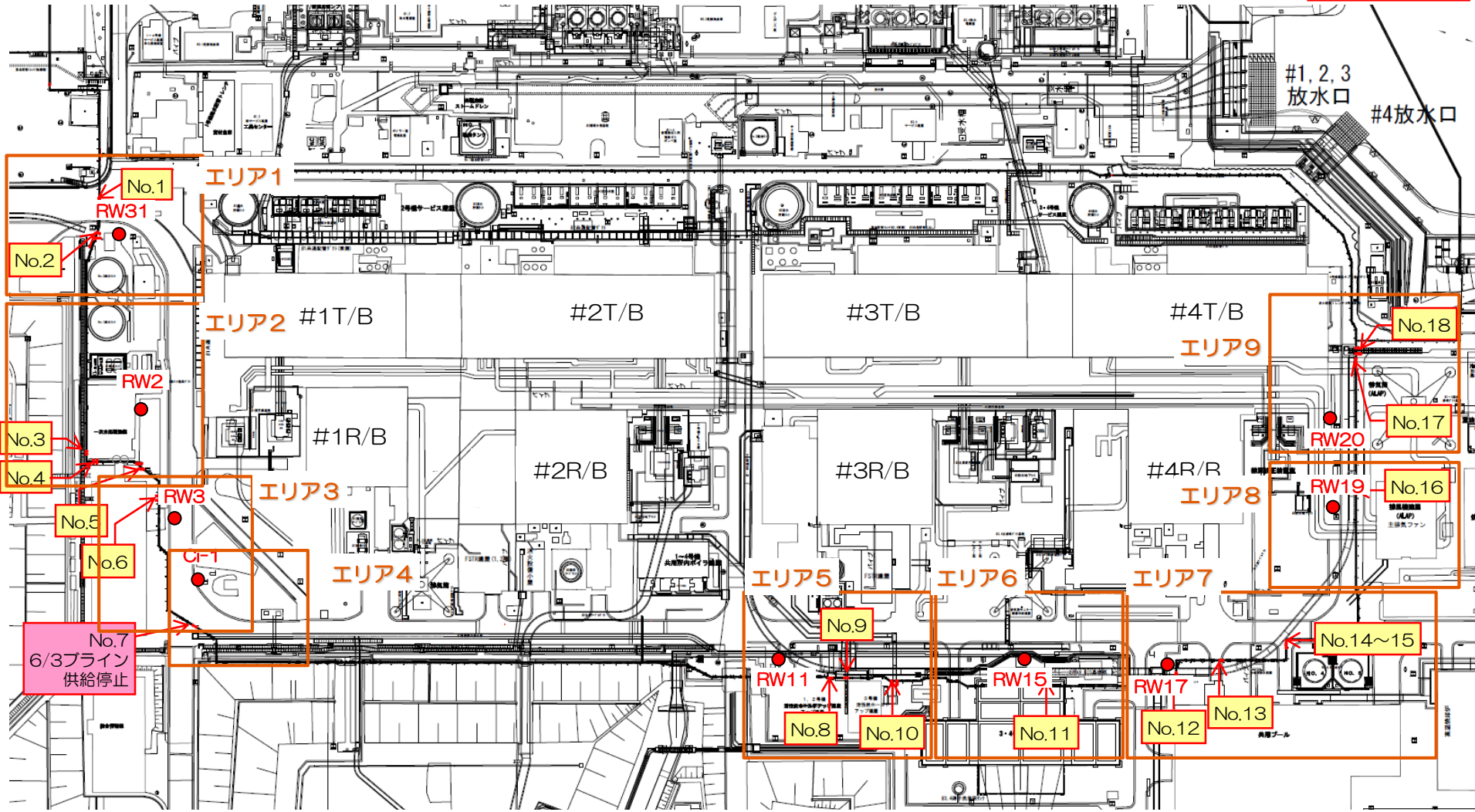
## 1.2 Ci-1の地下水位低下状況と想定原因 (1) 試験凍結箇所と中粒砂岩層地下水位観測井配置



● 中粒砂岩層の注水井※・観測井 (各試験凍結箇所近傍のみ表記)

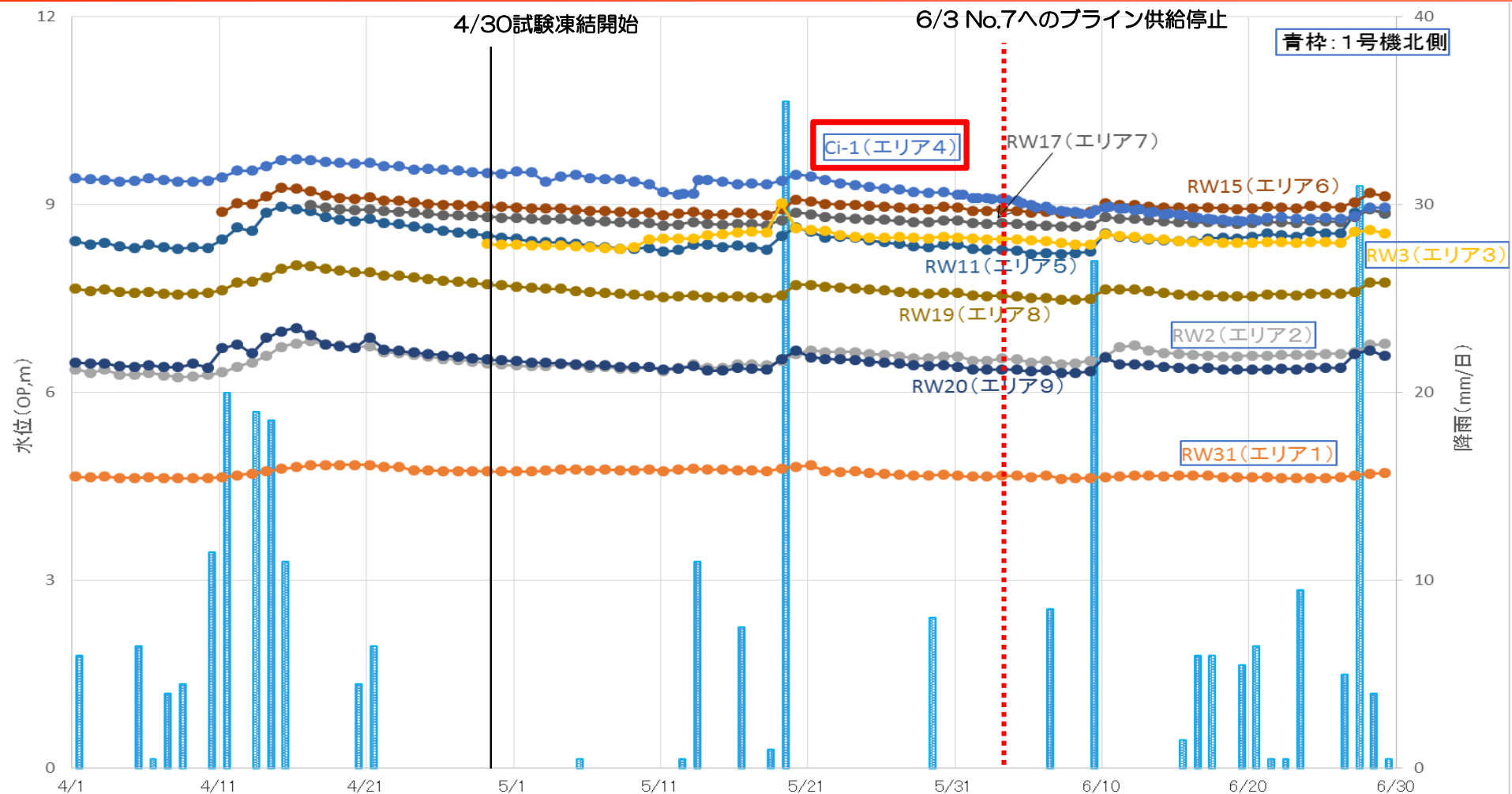
※：注水井についても水位を計測している。

試験凍結箇所



# 1. 試験凍結実施状況

## 1.2 Ci-1の地下水位低下状況と想定原因 (2) 各エリアにおける観測井の地下水位経時変化



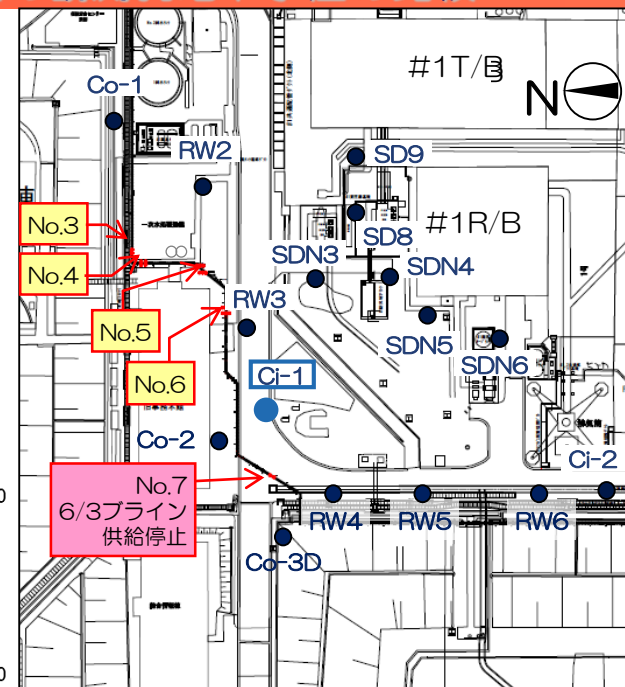
- 各観測孔共に、降雨により地下水位が上昇し、その後低下する挙動が見られる。
- Ci-1 (エリア4) の地下水位は、試験凍結開始前から他のエリアと比較して高い水位となっていたが、50cm程度低下したことにより、近傍のRW3 (エリア3) の地下水位に近づいている。
- No.7凍結箇所 (エリア4) へのライン供給停止後に各観測孔地下水位に顕著な変化は見られない。

# 1. 試験凍結実施状況

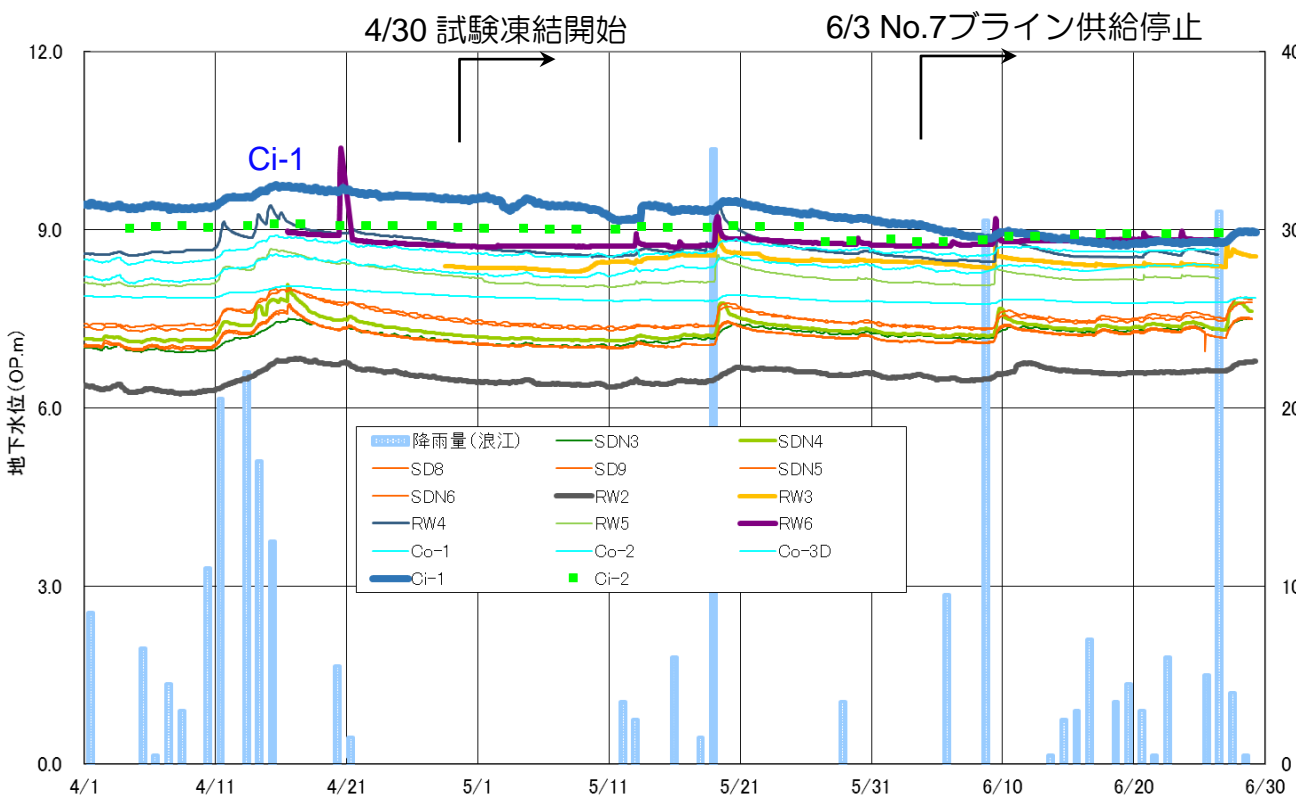
## 1. 2 Ci-1の地下水位低下状況と想定原因 (3) Ci-1孔と周辺の観測孔地下水位の比較

### ■ Ci-1孔地下水位挙動の特徴

- 凍結開始前から周辺孔の地下水位に対し50cm~1m程度高い地下水位が計測されていた。
- 試験凍結前から地下水位の低下傾向が確認されていたが、試験凍結開始後も継続した低下により、約50cm地下水位が低下した。現状は、周辺地下水位と同程度の地下水位となっている。
- 降雨に対する応答は周辺の観測孔と比較して鈍い。



1号機山側周辺観測孔平面図



Ci-1孔と周辺の観測孔水位の比較 (1号機山側周辺観測孔)

# 1. 試験凍結実施状況

## 1. 2 Ci-1の地下水位低下状況と想定原因

## (4) Ci-1孔と周辺の観測孔の地質の比較

Ci-2

標尺	深度	標高	層厚	地質		地層名
				(実績)	色調	
1				コア欠損		中粒砂岩層
2	2.00	7.28	2.00			
3				シルト岩	灰褐	
4	4.54	4.74	2.54			
5	5.62	3.66	1.08	中粒砂岩	茶褐	
6	5.83	3.45	0.71	砂岩シルト岩互層	暗灰	
7	6.17	3.11	0.34	中粒砂岩	暗灰	
8				シルト岩	灰褐	
9	7.22	2.06	1.05	砂岩シルト岩互層	褐灰	
10	7.67	1.61	0.45	粘土岩	灰褐	
11	8.81	0.47	1.14			
12	9.66	-0.38	0.85	砂岩シルト岩互層	褐灰	
13	10.25	-0.97	0.59	中粒砂岩	暗灰	
14	10.85	-1.57	0.60	砂岩シルト岩互層	褐灰	
15	12.00	-2.72	1.15	粘土岩	灰褐	
16						泥質部

Co-2

標尺	深度	標高	層厚	地質		地層名
				(実績)	色調	
1				礫混じり土砂	暗灰	埋戻し土
2	2.22	7.33	2.22			2.22
3	2.87	6.90	0.43	泥岩	暗灰～灰褐色	中粒砂岩層
4				砂岩	褐	
5						
6						
7	6.70					
8	6.95					
9	7.27	2.28	5.05	灰～暗灰褐灰		
10				シルト岩		
11	9.08	0.47	1.81		暗灰	
12	10.50	-0.95	3.23	粘土岩		
13						泥質部

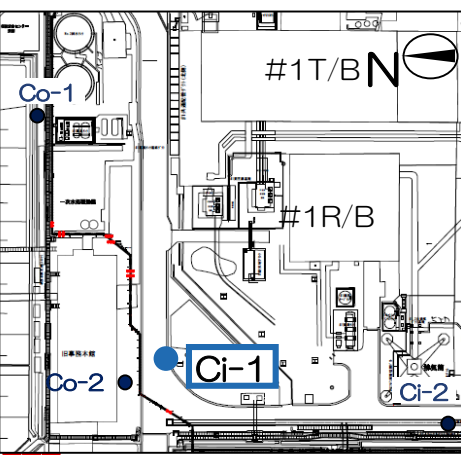
Ci-1

標尺	深度	標高	層厚	地質		地層名
				(実績)	色調	
0	6.00	6.00				砕石埋め土
1				コア欠損		中粒砂岩層
2	1.70	7.58	1.70			
3				シルト岩	灰褐	
4						
5	3.30	5.98	1.60			
6				中粒砂岩	茶褐	
7						
8						
9	7.40	1.88	4.10			
10				シルト岩	灰褐	
11	11.40	-2.12	4.00			
12	12.50	-3.22	1.10	粘土岩	灰褐	
13						

Co-1

尺	度	標高	層厚	地質		色調	地層名
				(実績)			
1	1.70	10.92	1.70				中粒砂岩層
2				コア欠損			
3							
4				中粒砂岩	茶褐		
5							
6							
7	6.79	5.83	5.09				
8	7.60	5.02	0.81	シルト岩	灰褐		
9							
10				中粒砂岩	茶褐		
11							
12							
13	13.22	-0.60	5.62			12.77	
14				シルト岩	灰褐		
15	15.14	-2.52	1.92				
16	16.04	-3.42	0.90	粘土岩	灰褐		
17	16.97	-4.35	0.93	砂岩シルト岩互層	褐灰	16.97	
18	18.00	-5.38	1.03	粘土岩	褐灰		
							泥質部
							余剰

▽ O.P. ±9.3m



■ Ci-1孔の地質構造については、周辺の観測孔の地質構造と比べて、大きな差異は見られないが、中粒砂岩層中のシルト質※2が若干卓越している。

※1：柱状図中に記載の標高（O.P.）は沈下影響（約70cm）を考慮していない数値。

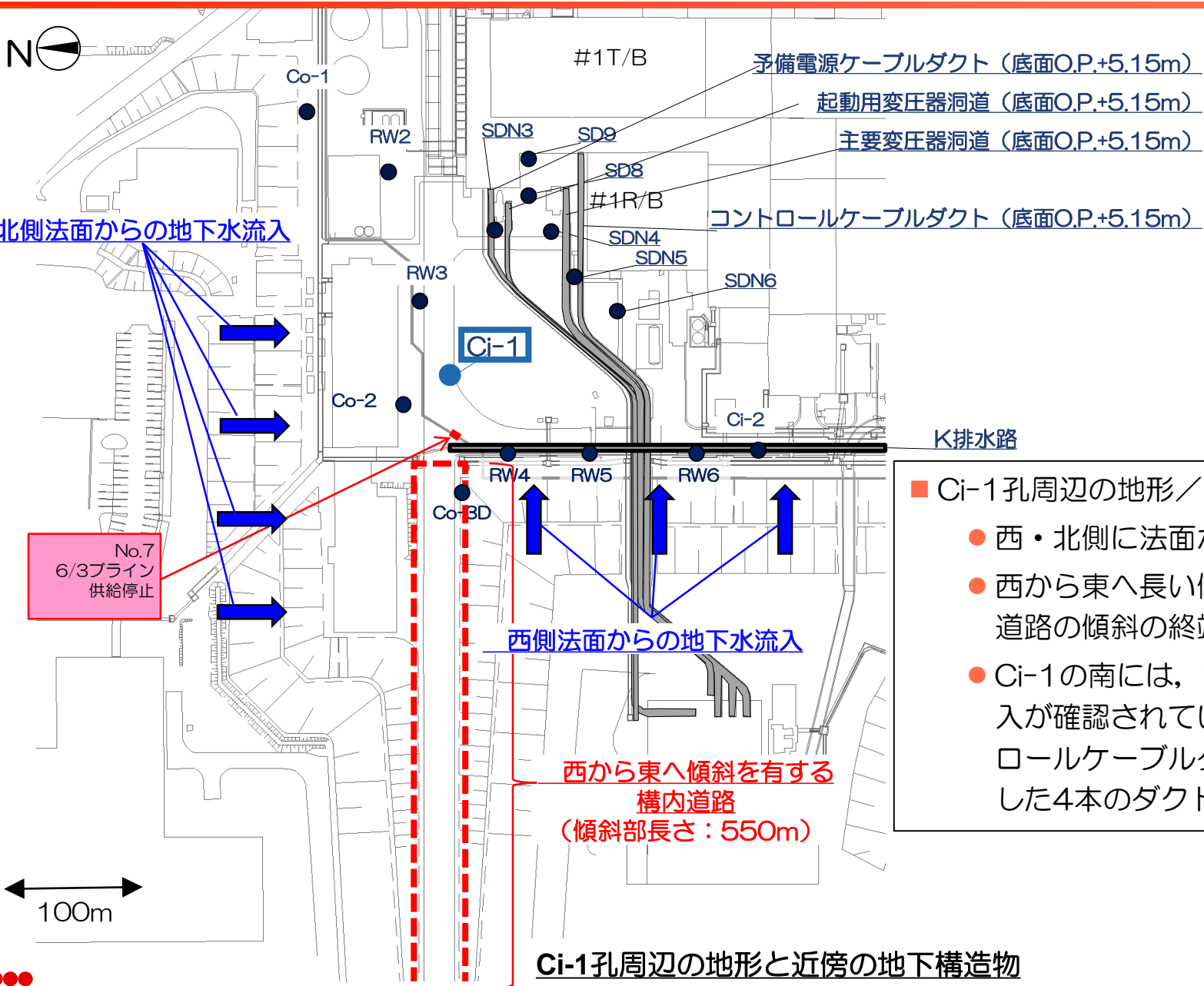
※2：砂と粘土の中間粒径の碎屑物から成る堆積岩

1号機山側周辺観測孔平面図

# 1. 試験凍結実施状況

## 1. 2 Ci-1の地下水位低下状況と想定原因

## (5) Ci-1孔周辺の地形と埋設構造物



- Ci-1孔周辺の地形／埋設構造物
  - 西・北側に法面が存在している。
  - 西から東へ長い傾斜を有する構内道路の傾斜の終端付近である。
  - Ci-1の南には、建屋への地下水流入が確認されている1号機コントロールケーブルダクトをはじめとした4本のダクト群がある。

西から東へ傾斜を有する  
構内道路  
(傾斜部長さ：550m)

Ci-1孔周辺の地形と近傍の地下構造物

100m



### ■ 推定される地下水位低下のメカニズム

Ci-1観測孔の水位挙動の特徴に関して、地下水位低下のメカニズムとしては以下が考えられる。

- ① 降雨・地形・埋設構造物等の影響を受け、Ci-1孔周辺で試験凍結前の地下水位が局所的に高かった。
- ② Ci-1孔周辺の地質構造や埋設構造物の影響により、地下水の抜け方が緩慢となっており、Ci-1孔周辺の更に外側へ地下水が徐々に逸散していくことにより、地下水位がゆっくりと低下し、周辺の地下水位と同程度の水位となった。

### ■ 今後想定される挙動

- 周辺の地下水位と同程度で地下水位が安定する、あるいは、大量降雨時などに試験凍結前程度まで地下水位が上昇する可能性がある。

■ 現時点では周辺の地下水位と同程度の地下水位に低下しており、当面水位管理上の問題は生じない。今後も観測を継続し、挙動を確認していく。

■ 陸側遮水壁閉合後においても、Ci-1孔の様に局所的に周辺と異なる地下水位低下挙動を示す箇所が発生する可能性があることから、当該箇所の地下水位だけでなく、周辺の地下水位を含めて傾向を監視する。

■ Ci-1孔の様な、局所的な地下水位挙動については、マクロなモデルによる解析では再現しきれない。解析はあくまで全体的な挙動の目安を得るために活用するものであり、ミクロな地下水挙動についてはそれぞれの観測孔等における実測の挙動に基づいて監視していく。

## 2. 局所的な地下水位低下により建屋内外水位が逆転した場合の影響検討

### 2.1 仮定したシナリオ (1/2)

#### 検討目的

建屋内滞留水は、周辺地下水位より建屋内水位を低く維持して、漏えいしないように管理しているが、仮に局所的な地下水位低下などが生じて建屋から、滞留水が漏えいした場合を設定して、周辺環境への影響を検討する

#### 局所的な地下水位低下により建屋内外水位が逆転した場合を仮定したシナリオ

サブドレンー建屋の水位差は0.5mを確保していたが、建屋海側のサブドレン間において局所的な地下水位低下が発生。

(約0.5ヶ月後と仮定)

建屋水位と局所的な水位逆転→漏えい開始と仮定

(約0.5ヶ月後と仮定)

サブドレンピット水位変動の計測あるいは揚水水質の測定により建屋内外水位の逆転の兆候を捉える。

即時対応開始

緊急対応（サブドレン稼働停止，対象建屋の滞留水移送により水位を低下 等）

緊急対応から数日と仮定

漏えい停止

#### 【局所的な水位低下は起こり難い】

- 海側遮水壁閉合後、建屋海側地下水位は現状よりも高くなる。
- 海側遮水壁閉合後、地下水の流下先は主に建屋に限定され、建屋水位以下に地下水位が下がることは考え難い。
- サブドレンポンプが稼働している場合には、稼働サブドレン間の水位は、サブドレン内の水位よりも高くなる。

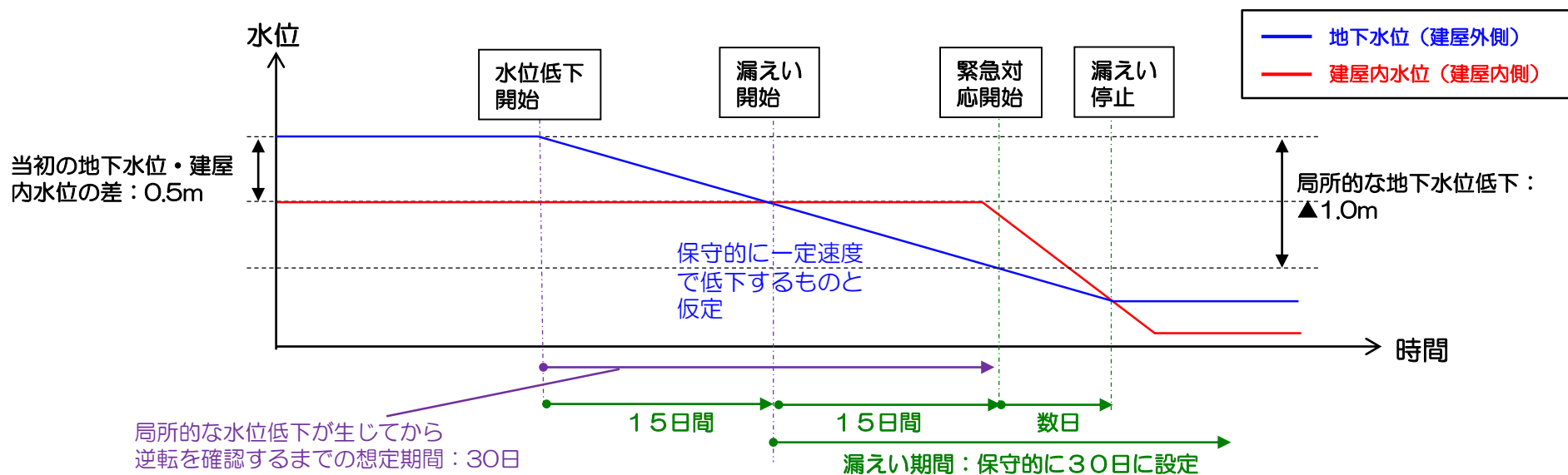
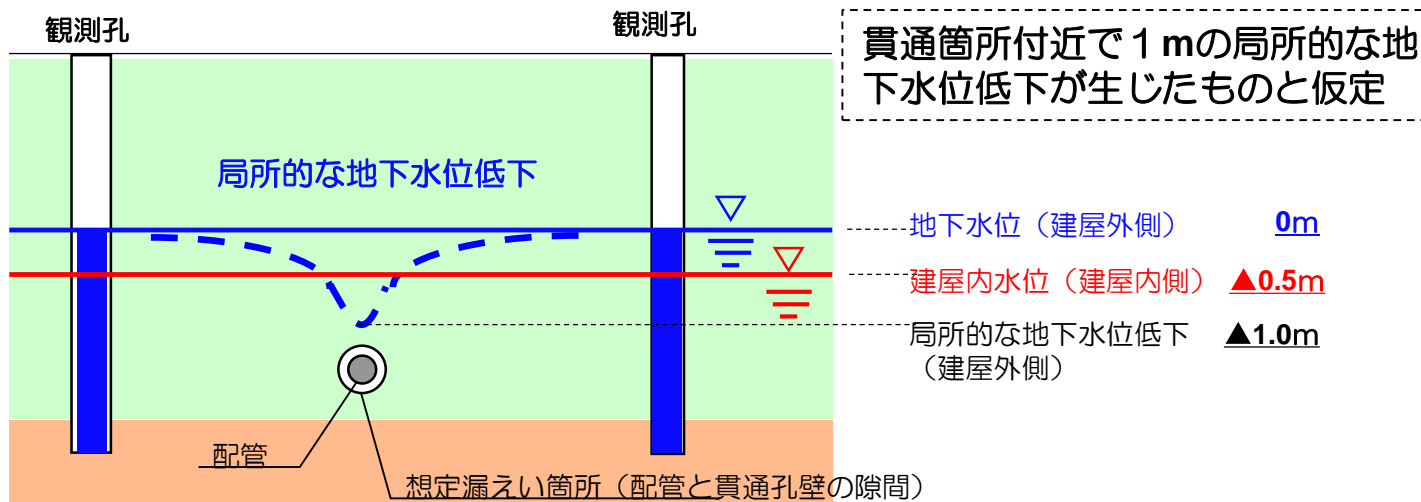
#### 【建屋滞留水が漏えいした場合の放射性物質は外部環境（港湾）まで到達し難い】

- 建屋水位<地下水位に保っていることから、建屋近傍は建屋に向かっての地下水流れが卓越するため、漏えいした建屋滞留水中の放射性物質は建屋周辺に留まる。
- サブドレン稼働・海側遮水壁閉合後、建屋海側地下水位とO.P.+4m盤地下水位の勾配が小さくなるため、漏えいした建屋滞留水中の放射性物質は海側に拡散し難くなる。
- 陸側遮水壁海側閉合後は、漏えいした建屋滞留水中の放射性物質は陸側遮水壁内に留まる。
- 更に海側まで放射性物質が拡がったとしても、海側遮水壁の遮水性により港湾への流出は抑えられる。

## 2. 局所的な地下水位低下により建屋内外水位が逆転した場合の影響検討

### 2.1 仮定したシナリオ (2/2)

#### 局所的な地下水位低下により建屋内外水位が逆転した場合の仮定



#### ■検討方法

- 局所的な地下水位低下により建屋内外水位が逆転した場合の影響について、既往の地質調査結果等に基づき、1～4号機タービン建屋から海域までの領域の水理地質構造や建屋・トレンチ等の地中構造物等をモデル化し、三次元地下水流動・核種移行解析により検討する。

#### (1) 建屋周りの地下水の流れの想定

- 三次元地下水流動解析（定常）により、1～4号機タービン建屋から海域までの領域の地下水の流れ（流向・流速）を想定



#### (2) 核種の移流・拡散の想定

- 三次元核種移行解析（非定常）により、仮に設定した汚染源を起点として移流・拡散する核種（トリチウム、ストロンチウム-90）の時間変化を想定

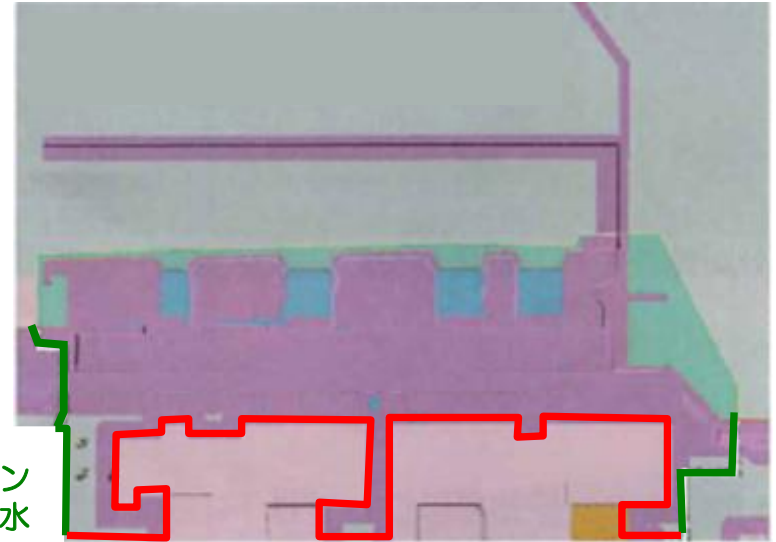
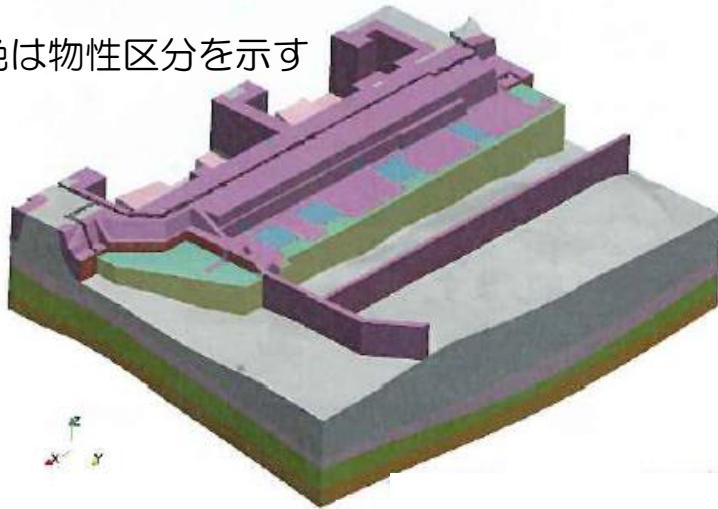
## 2. 局所的な地下水位低下により建屋内外水位が逆転した場合の影響検討

### 2. 2 検討方法(2/3)

#### ■解析モデル

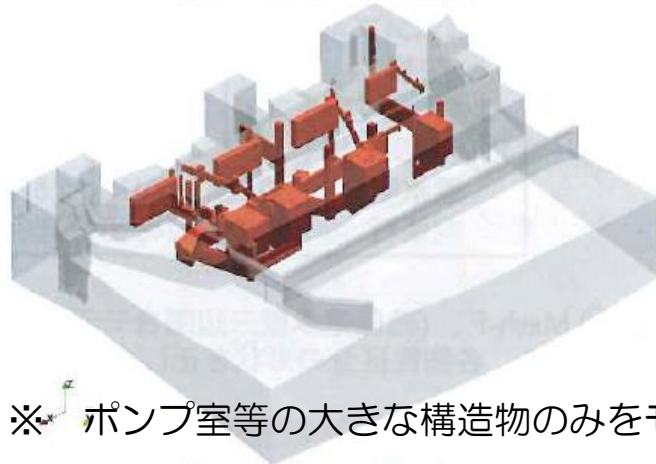
- 解析領域は1～4号機タービン建屋から海側までの領域（建屋は含まない）とし、下端は、互層部下部の泥岩層までとする。

※ 色は物性区分を示す



緑ライン  
：不透水

赤ライン：水位固定条件を与える箇所  
(2ケースを設定：O.P.+3m, O.P.+4m)



※ ポンプ室等の大きな構造物のみをモデル化。

#### サブドレンの設定条件

サブドレン運用開始後は、サブドレンを稼働しているが、稼働中は漏れい水が集水され、核種は移流・拡散しにくい条件となるため、評価上はサブドレンを非稼働とし、核種が移流・拡散しやすい条件としている。

## 2. 局所的な地下水位低下により建屋内外水位が逆転した場合の影響検討

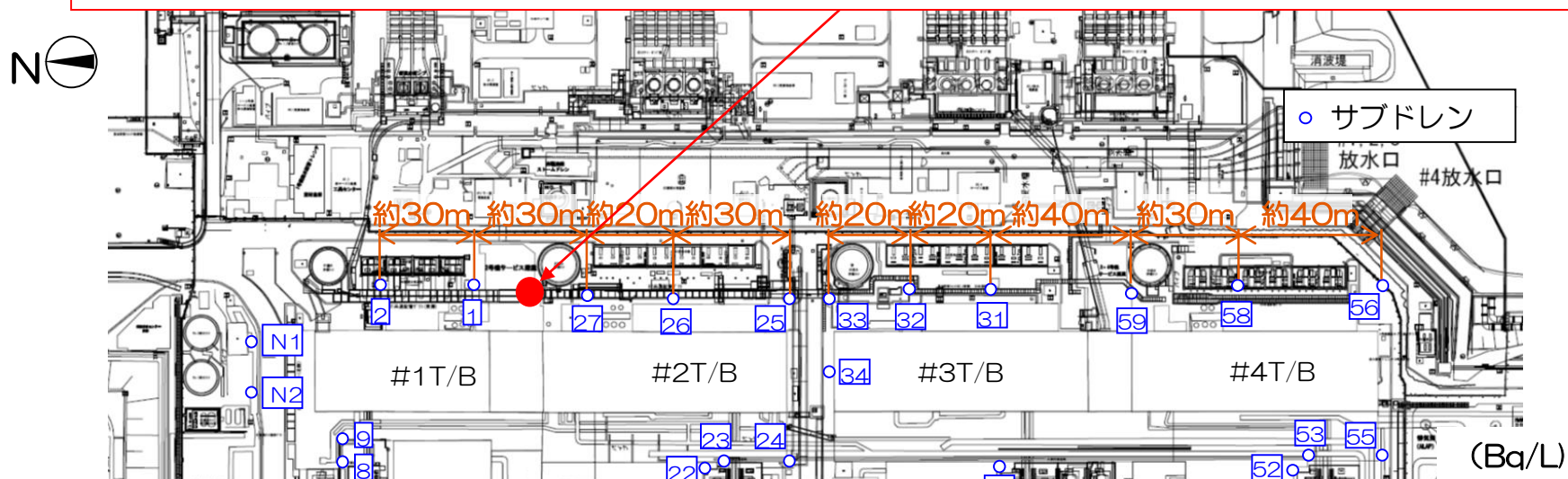
### 2.2 検討方法(3/3)

#### ■漏えい設定箇所を選定

- 漏えい設定箇所の選定にあたっては以下を考慮した。

選定条件	選定箇所
漏えいが発生した場合、外部環境（港湾）までの距離が短い。	タービン建屋海側
局所的な地下水位低下が発生した場合、サブドレン水位で検出し難い箇所	サブドレンピットの間付近
滞留水の放射性物質濃度が高い建屋	2号機タービン建屋
選定した箇所の海側に、逆洗弁ピット等の地下水の流れを阻害する地中構造物がないこと	1～4の各号機間およびその南北側

漏えい設定箇所：1・2号機タービン建屋海側のサブドレンNo.1と27の間付近



	1号機タービン建屋	2号機タービン建屋	3号機タービン建屋	4号機タービン建屋
Cs-137	1.3E+6 (2014.11.11)	1.6E+7 (2014.11.11)	2.0E+7 (2014.10.21)	3.6E+5 (2014.10.21)
Sr-90※	8.5E+5 (2014.11.11)	2.6E+7 (2014.11.11)	2.0E+7 (2014.10.21)	3.0E+5 (2014.10.21)

※ ストロンチウム-90は全βの1/2として想定した

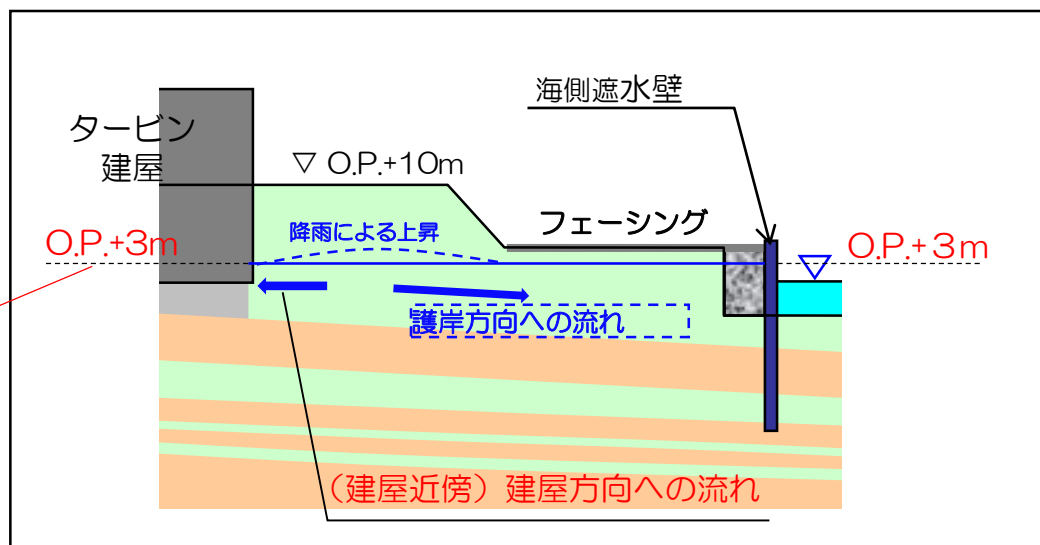
## 2. 局所的な地下水位低下により建屋内外水位が逆転した場合の影響検討

### 2.3 検討ケース(Case 1)

#### Case 1：建屋周辺と護岸付近の地下水位差がない場合

- サブドレン或いは陸側遮水壁が安定稼働後、建屋内水位を周辺地下水位よりも低くなるように水位管理をしながら建屋周辺の地下水位が低下し、建屋周辺から護岸までの地下水位が均一に近づいた状態を想定。
- 建屋水位を低く保持することから、建屋近傍では、地下水は建屋方向に向かう流れとなる。

想定時期	サブドレン或いは陸側遮水壁の安定稼働後、建屋周辺から護岸までの地下水位が均一な時期
解析期間	10年
降雨浸透率	10m盤 (55%)、4m~10m盤 (0%)、4m盤 (0%)
地下水位の設定条件	建屋周辺：O.P.+3m (建屋海側側壁の水位固定) 護岸付近：O.P.+3m (地下水ドレン・ウェルポイントの水位固定)
建屋水位	考慮していない



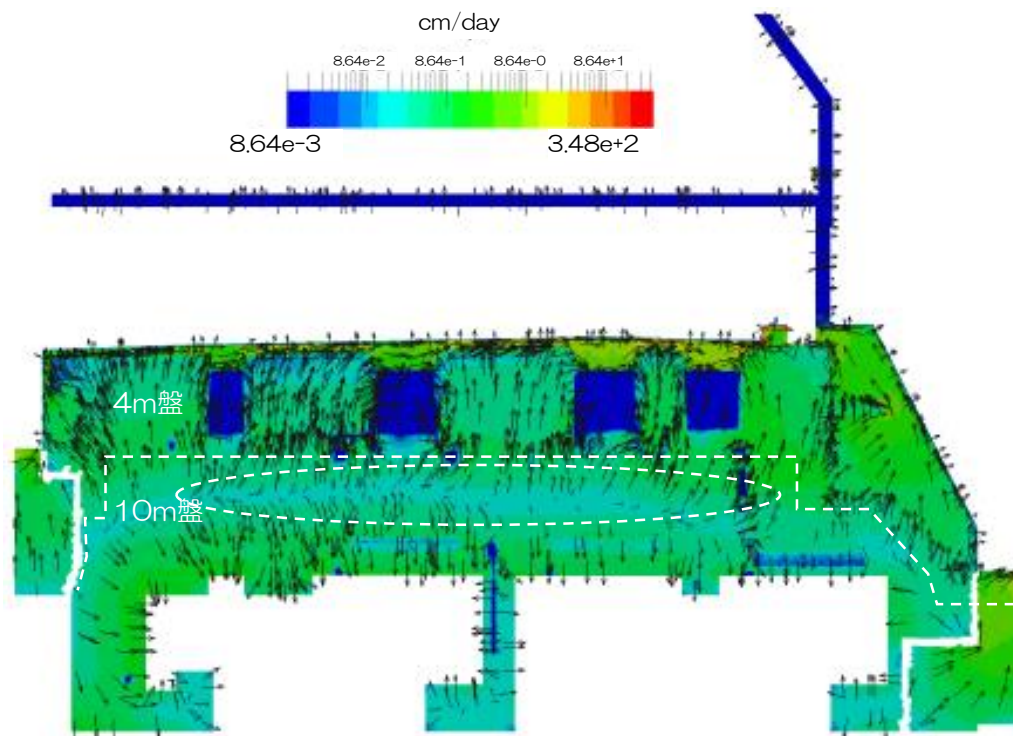
建屋海側側壁の地下水位  
O.P.+3m (固定)

## 2. 局所的な地下水位低下により建屋内外水位が逆転した場合の影響検討

### 2.4 解析結果(Case 1)(1/3)

#### ■地下水の流れ（流向・流速）

case 1：建屋周辺と護岸付近の地下水位差がない場合



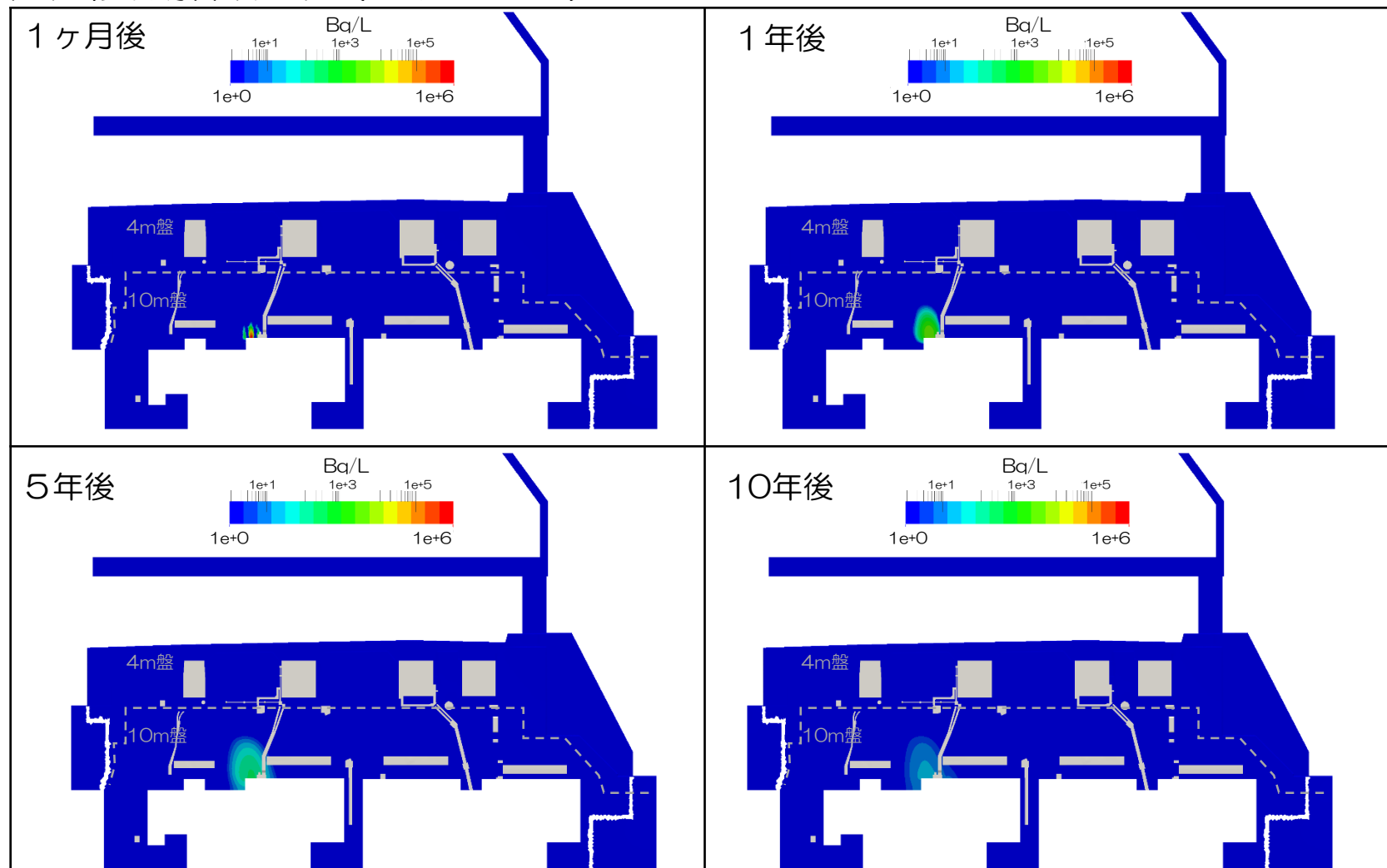
建屋近傍では建屋方向への地下水の流れが生じている。また、4m盤周辺の領域では護岸方向の地下水の流れが生じている。



## 2. 局所的な地下水水位低下により建屋内外水位が逆転した場合の影響検討

### 2.4 解析結果(Case 1)(2/3)

#### ■核種移行解析結果 (トリチウム)

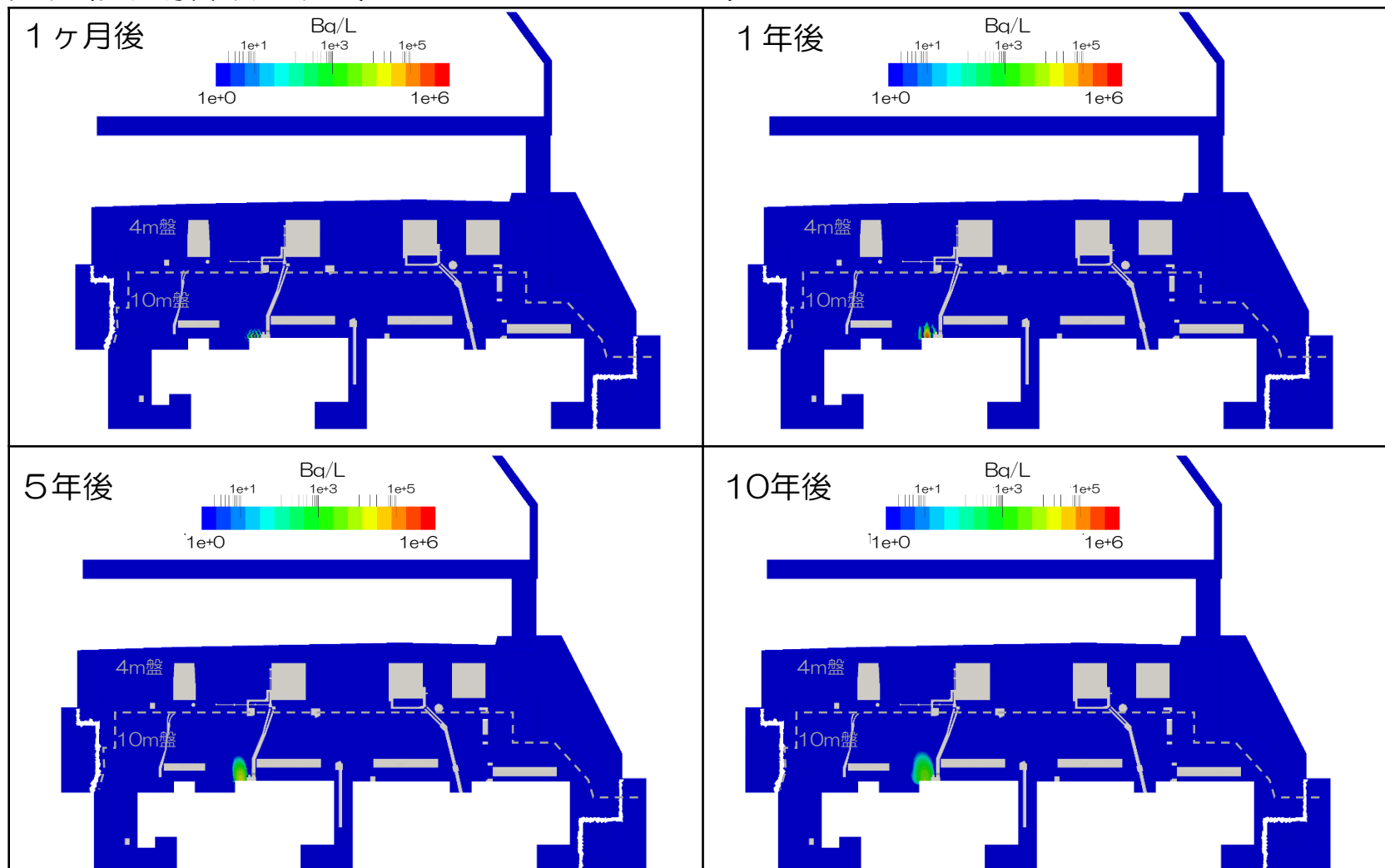


トリチウムは、1か月後、1年後、5年後、10年後のいずれも建屋周辺（10m盤）に留まり、護岸付近（4m盤）までの移流・拡散は見られない

## 2. 局所的な地下水水位低下により建屋内外水位が逆転した場合の影響検討

### 2.4 解析結果(Case 1)(3/3)

#### ■核種移行解析結果 (ストロンチウム-90)



ストロンチウム-90は、1か月後、1年後、5年後、10年後のいずれも建屋周辺（10m盤）に留まり、護岸付近（4m盤）までの移流・拡散は見られない

## 2. 局所的な地下水位低下により建屋内外水位が逆転した場合の影響検討

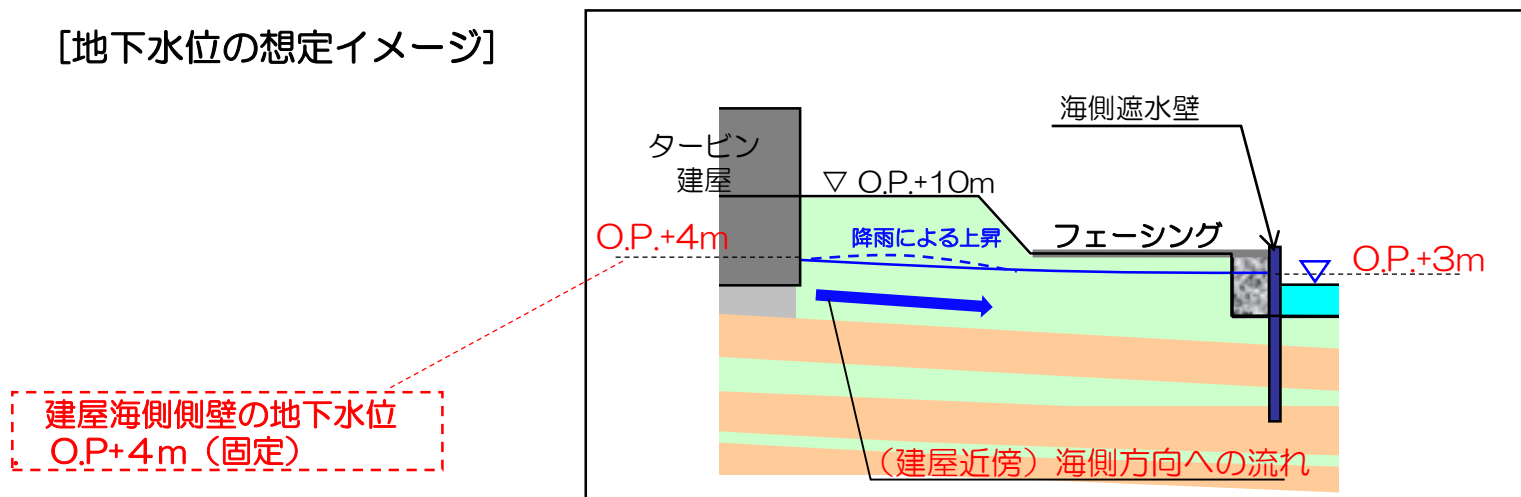
### 2.5 検討ケース(Case2)

#### Case2：建屋周辺と護岸付近の地下水位差がある場合

- 海側遮水壁閉合後、サブドレン或いは陸側遮水壁の稼働初期において建屋海側付近と護岸付近の水位差が大きい状況を想定する。
- この状況では、建屋近傍から海側に向かう地下水の流れとなり、核種が移流・拡散しやすい状況である。
- 但し、サブドレン或いは陸側遮水壁の安定稼働後は、建屋周辺の地下水位が低下し、建屋周辺から護岸付近までの地下水位差が減少し、核種は移流・拡散しにくくなることから、本ケースの状態が長期間継続されることはない。

想定時期	海側遮水壁閉合後、サブドレン、陸側遮水壁の稼働初期
解析期間	1年
降雨浸透率	10m盤(55%)、4m~10m盤(0%)、4m盤(0%)
地下水位の設定条件	建屋周辺：O.P.+4m(建屋海側側壁の水位固定) 護岸付近：O.P.+3m(地下水ドレン・ウェルポイントの設定条件)
建屋水位	考慮していない

#### [地下水位の想定イメージ]

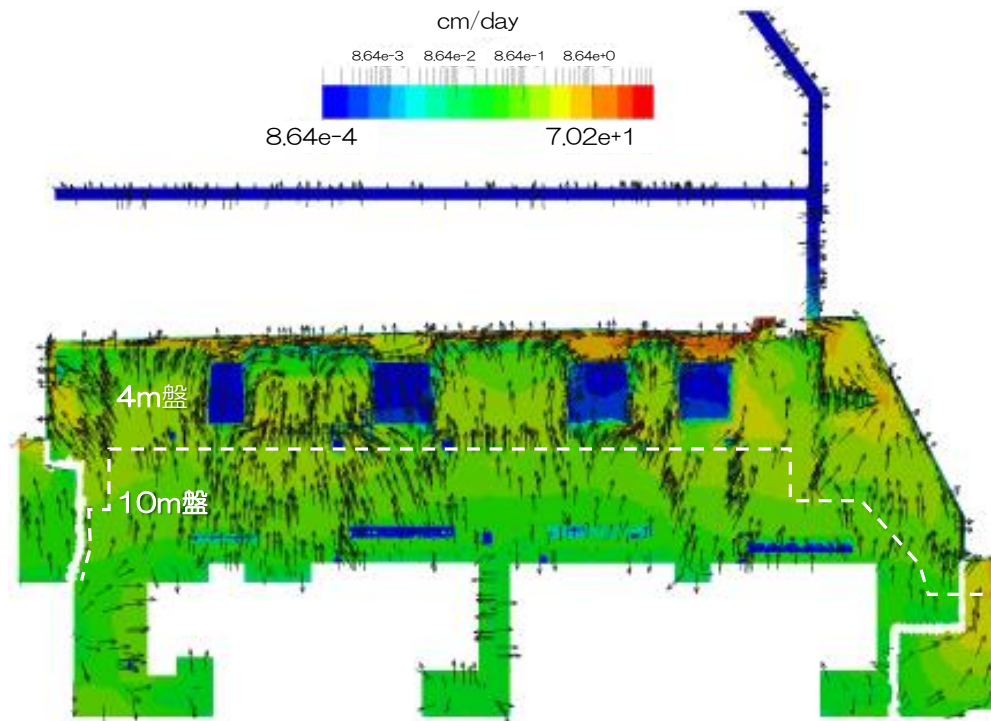


## 2. 局所的な地下水位低下により建屋内外水位が逆転した場合の影響検討

### 2.5 解析結果(Case2)(1/3)

#### ■地下水の流れ（流向・流速）

case2：建屋周辺と護岸付近の地下水位差がある場合

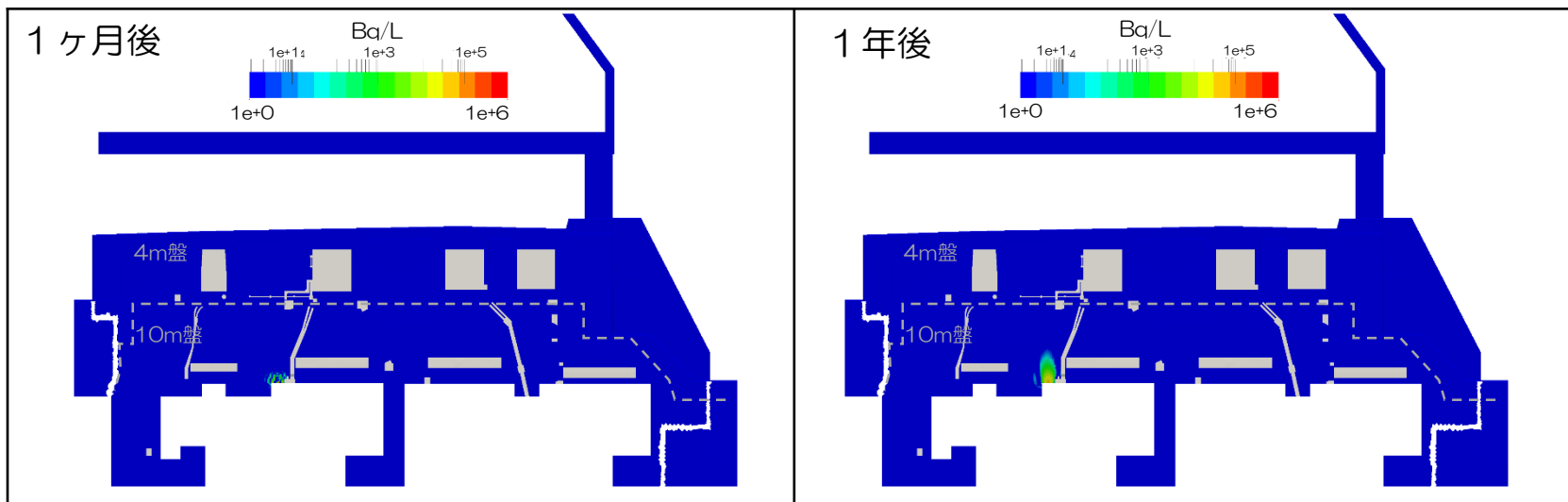


建屋周辺から護岸方向に向かう地下水の流れが支配的である。

## 2. 局所的な地下水水位低下により建屋内外水位が逆転した場合の影響検討

### 2.5 解析結果(Case2) (2/3)

#### ■核種移行解析結果 (トリチウム)

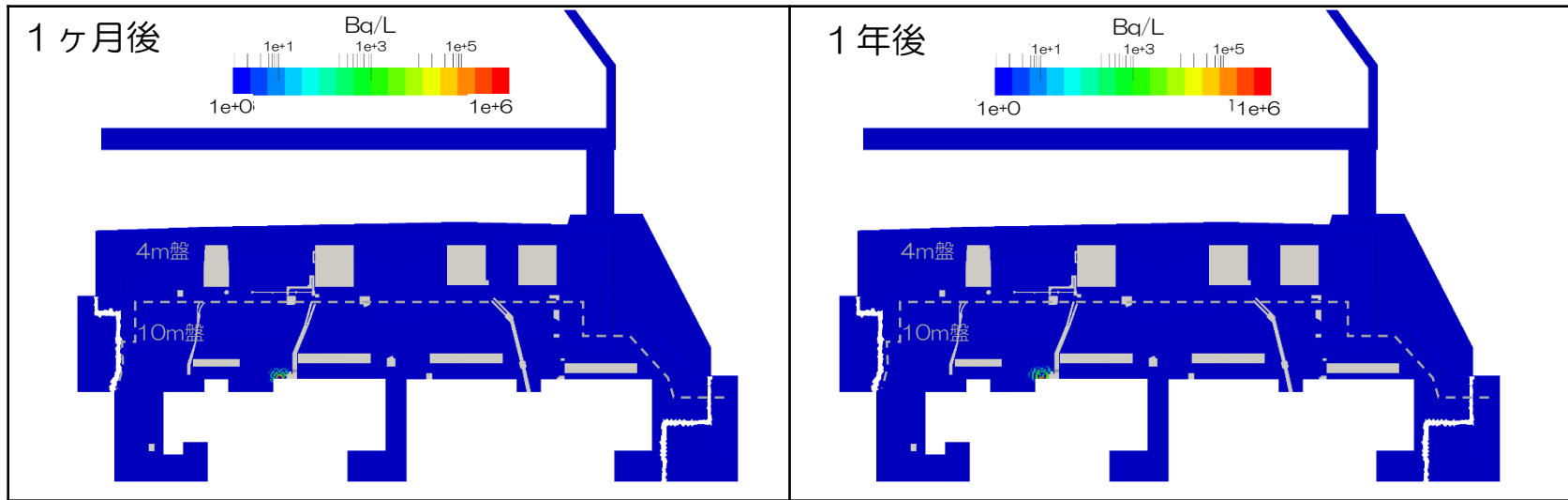


トリチウムは、1ヶ月後、1年後のいずれも建屋周辺（10m盤）に留まり、護岸付近（4m盤）までの移流・拡散は見られない。

## 2. 局所的な地下水水位低下により建屋内外水位が逆転した場合の影響検討

### 2.5 解析結果(Case2) (3/3)

#### ■核種移行解析結果（ストロンチウム-90）



ストロンチウム-90は、1ヶ月後、1年後のいずれも建屋周辺（10m盤）に留まり、護岸付近（4m盤）までの移流・拡散は見られない。

## 2. 局所的な地下水位低下により建屋内外水位が逆転した場合の影響の検討

### 2.6 まとめ

- 仮に局所的な地下水位低下などが生じて、建屋から滞留水が漏えいした場合を仮定して解析した結果は、以下の通り。

- Case 1 の結果より、地下水の流れが建屋近傍から護岸方向に向かうような、建屋周辺と護岸付近の地下水位差がある場合において、1か月後～10年後の核種の移流・拡散は、ストロンチウム-90、トリウムとともに建屋周辺に留まり、護岸付近までの拡散は見られない。
- Case 2 の結果より、地下水の流れが建屋近傍から護岸方向に向かうような、建屋周辺と護岸付近の地下水位差がある場合において、1か月後、1年後の核種の移流・拡散は、ストロンチウム-90、トリウムとも建屋周辺に留まり、護岸付近までの拡散は見られない。

- 上記のような事象が生じないように水位管理を確実にを行う。

#### 【建屋内水位の管理】

- 以下の対応により地下水位と建屋水位の水位差を確保する。
  - ①建屋滞留水移送ポンプによる移送
  - ②サブドレン水位監視・稼働制御
  - ③注水井からの注水
- また、建屋内の偏差の大きい水位計を検出することで、局所的に連通性がなくなり滞留水移送ポンプにて水位が調整できないエリア（孤立エリア）を検出する。孤立エリアが確認された場合は、仮設ポンプによる排水を行う。

#### 【今後現地にて確認する事項】

- 滞留水移送ポンプ能力の確認
- 海側遮水壁閉合後の建屋海側サブドレン水位上昇の確認
- 注水井に注水が可能であることの確認

### 3. 実測に基づく水位管理

#### 3. 1 建屋内水位計とサブドレンピットの全体配置と水位管理

■ 各号機の「タービン建屋」および「原子炉建屋・廃棄物処理建屋※1」毎に、建屋内水位の最高値と近傍のサブドレン水位の最低値とで水位差警報※2を設定し、建屋内外の水位管理をすることで、汚染水の系外放出を防止する。

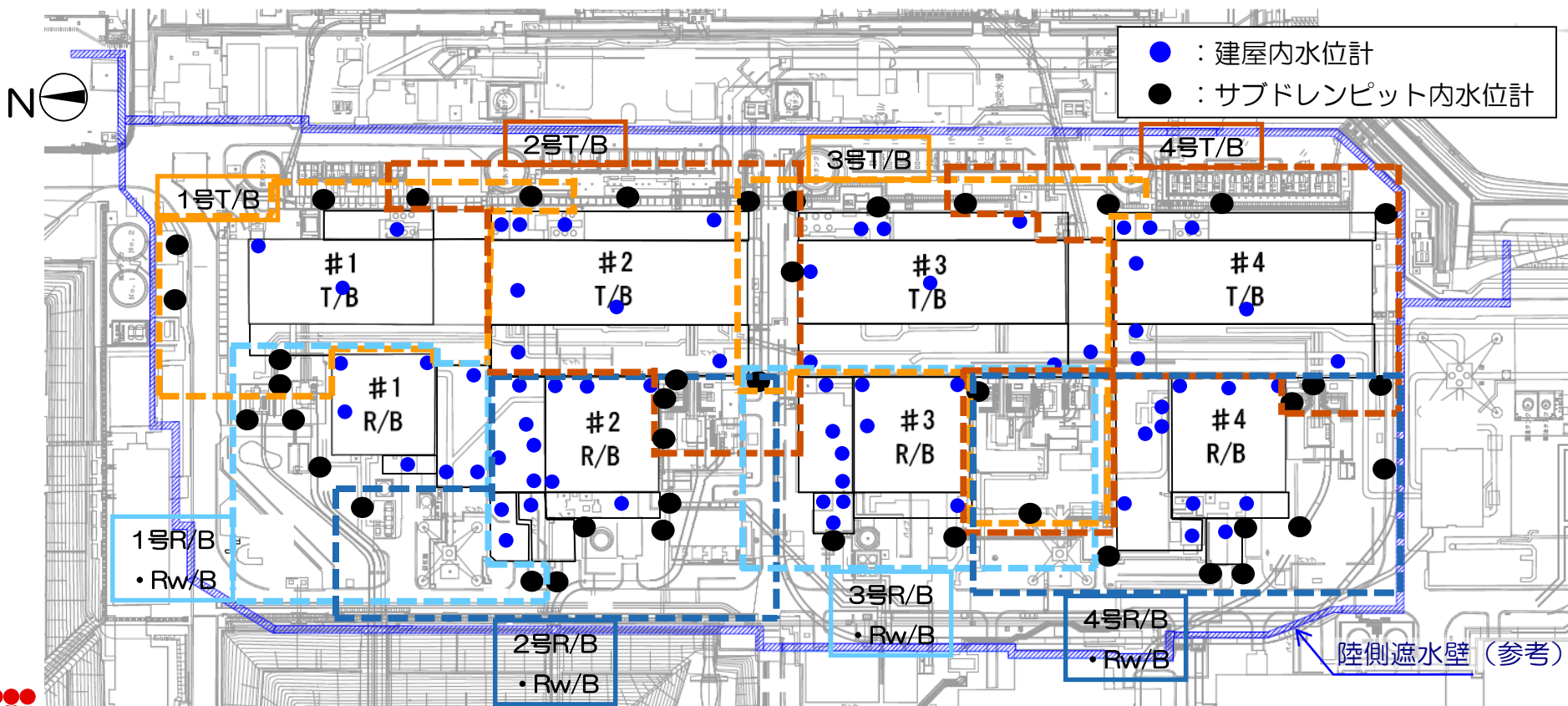
■ 建屋内外の水位計設置数量は右記の通り

建屋内水位計	69箇所
サブドレンピット内水位計	42箇所

■ 各建屋内外の水位計配置と警報設定範囲は下図の通り。

※1：警報は原子炉建屋・廃棄物処理建屋それぞれで出力される。

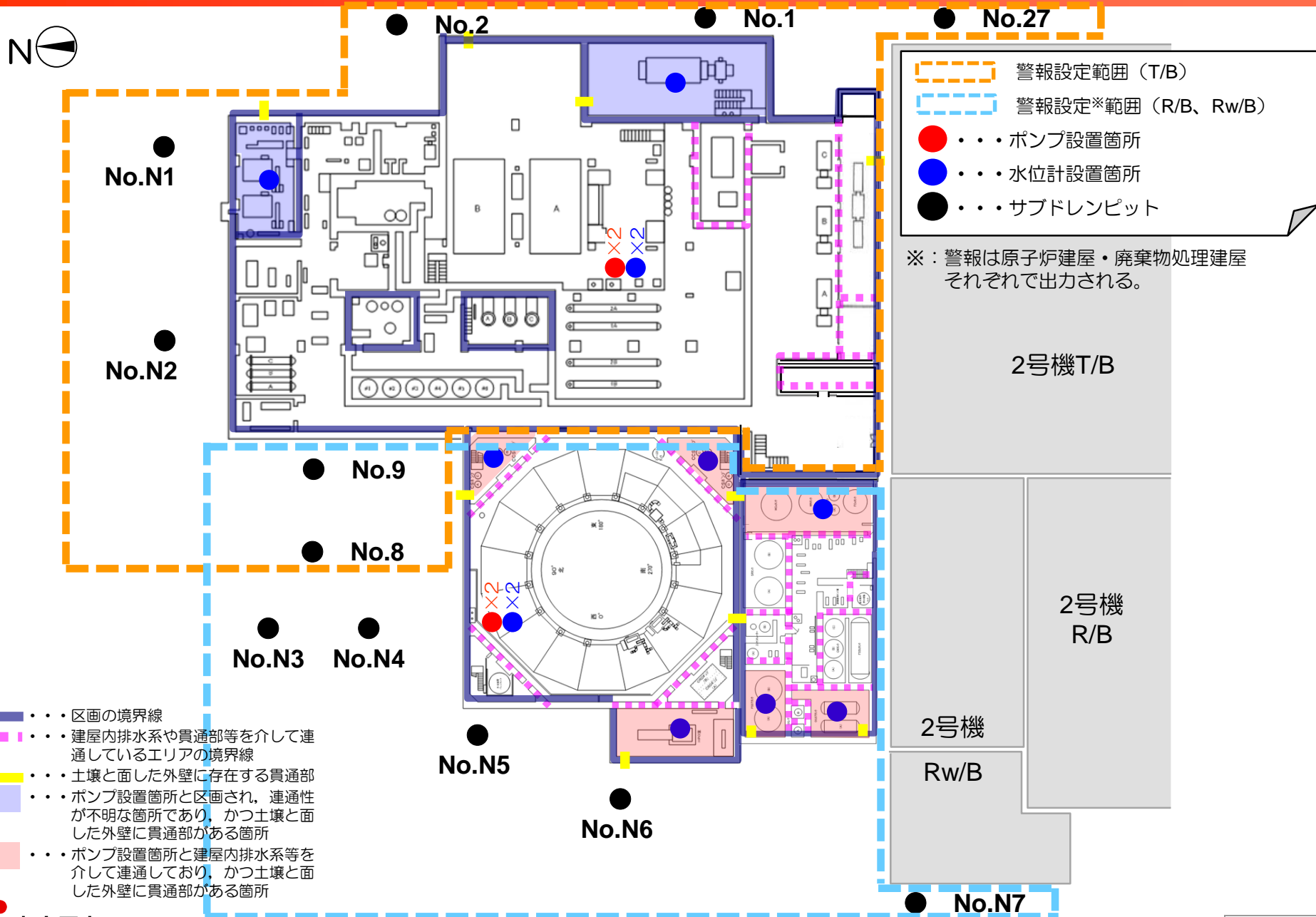
※2：滞留水移送装置にて建屋内水位調整出来ないエリア（孤立エリア）が確認された場合は、個別に管理する。





### 3. 実測に基づく水位管理

#### 3. 2 ①各建屋内外の水位計配置と警報設定範囲（1号機）



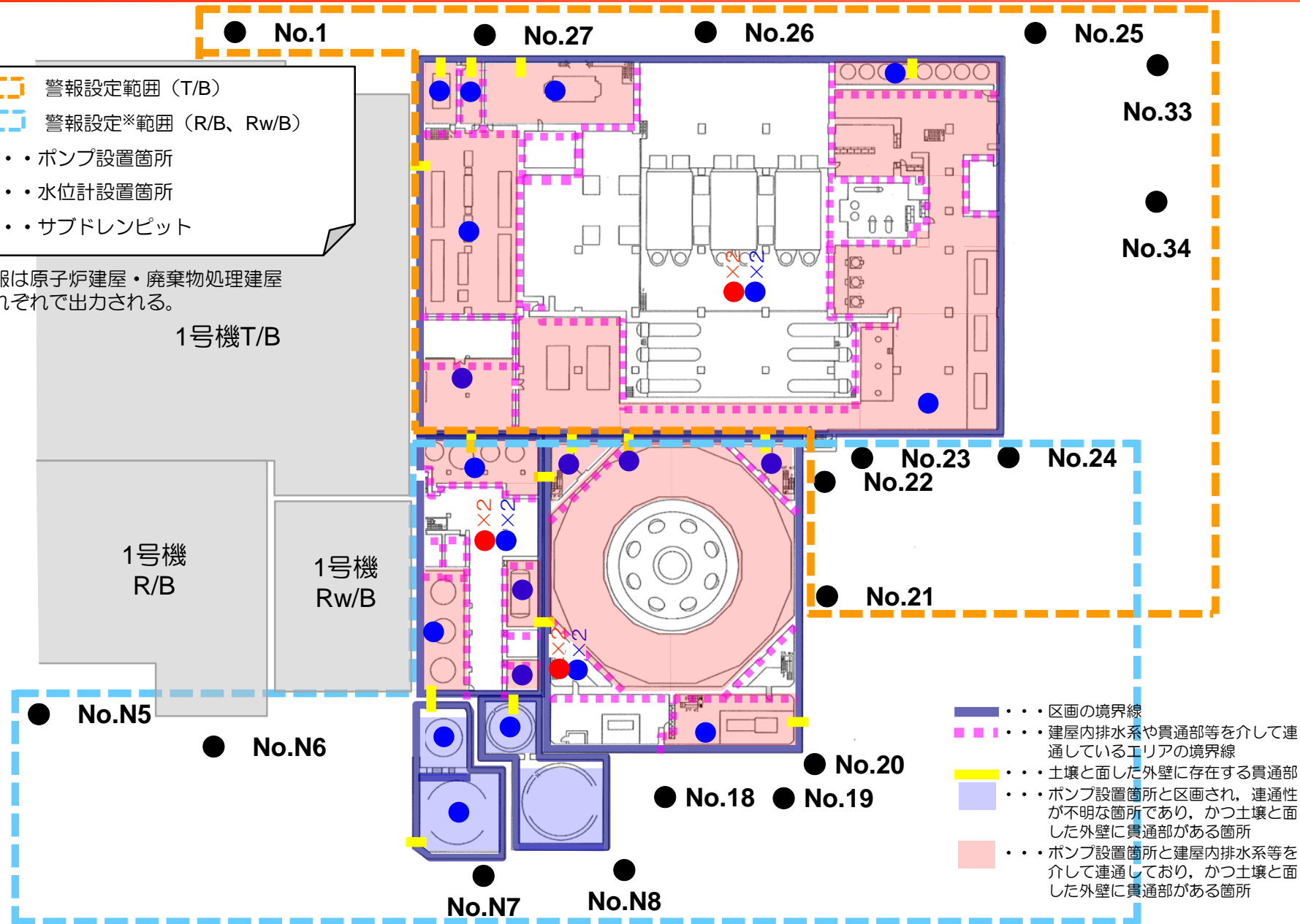
### 3. 実測に基づく水位管理

#### 3. 2 ②各建屋内外の水位計配置と警報設定範囲（2号機）



- 警報設定範囲（T/B）
- 警報設定\*範囲（R/B、Rw/B）
- . . . ポンプ設置箇所
- . . . 水位計設置箇所
- . . . サブドレンピット

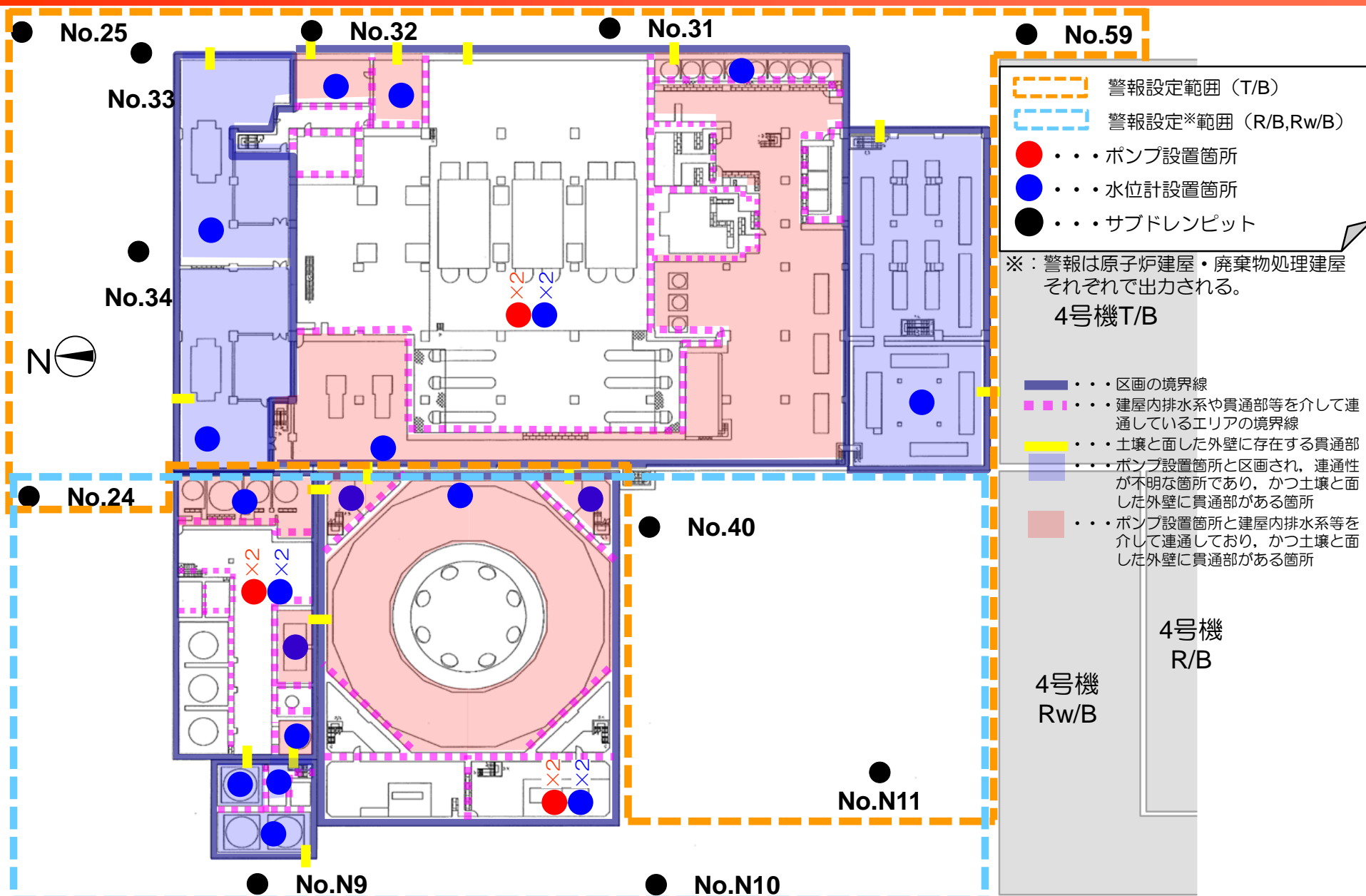
※：警報は原子炉建屋・廃棄物処理建屋それぞれで出力される。



- . . . 区画の境界線
- . . . 建屋内排水系や貫通部等を介して連通しているエリアの境界線
- . . . 土壌と面した外壁に存在する貫通部
- . . . ポンプ設置箇所と区画され、連通性が不明な箇所であり、かつ土壌と面した外壁に貫通部がある箇所
- . . . ポンプ設置箇所と建屋内排水系等を介して連通しており、かつ土壌と面した外壁に貫通部がある箇所

### 3. 実測に基づく水位管理

#### 3. 2 ③各建屋内外の水位計配置と警報設定範囲（3号機）





## 参考資料

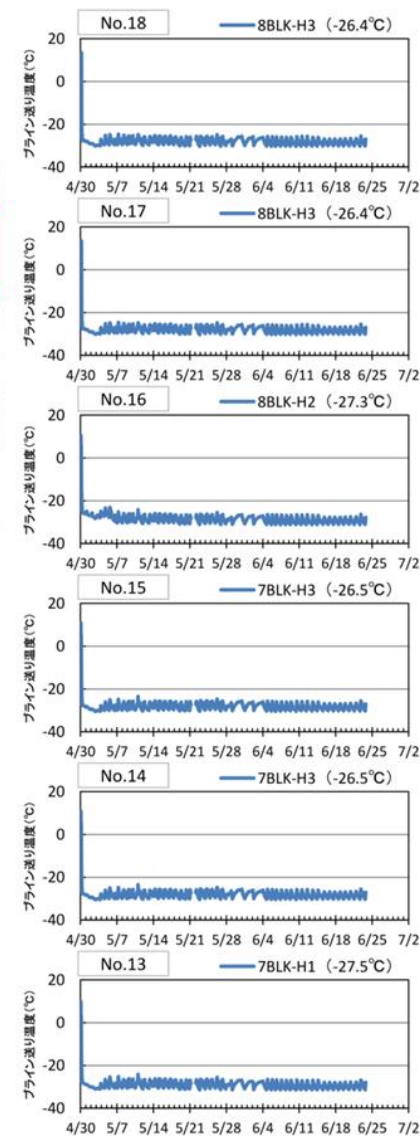
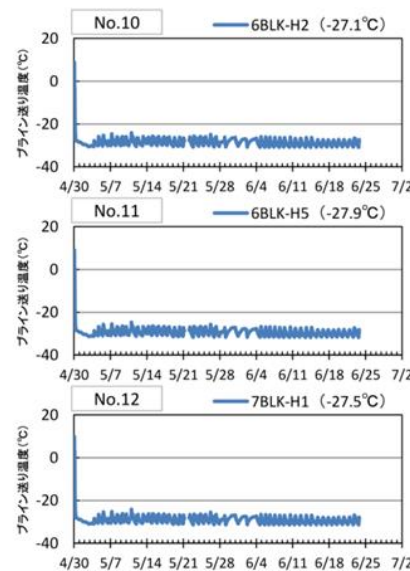
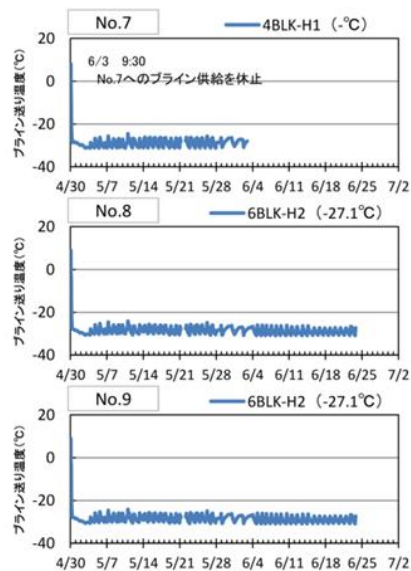
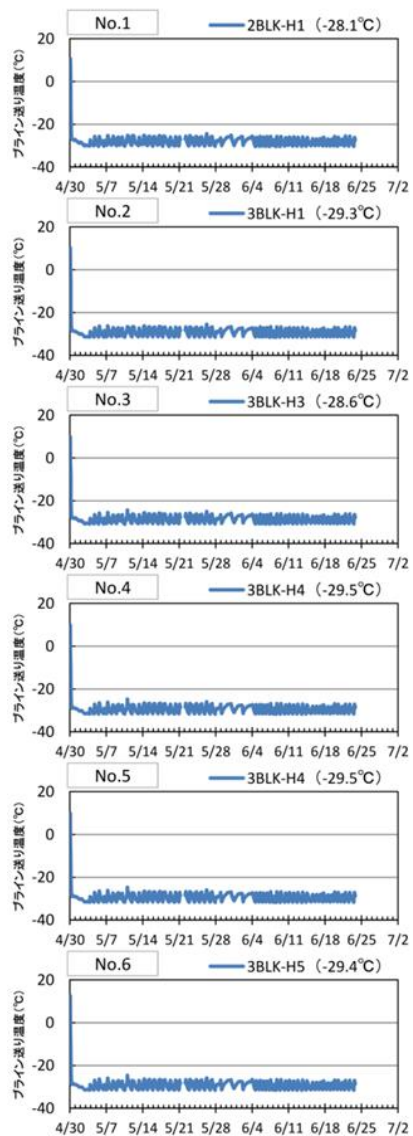
# 【参考】試験凍結開始後のライン送り温度の推移

2015/04/30 12:00 試験凍結開始

2015/6/24 7:00 現在

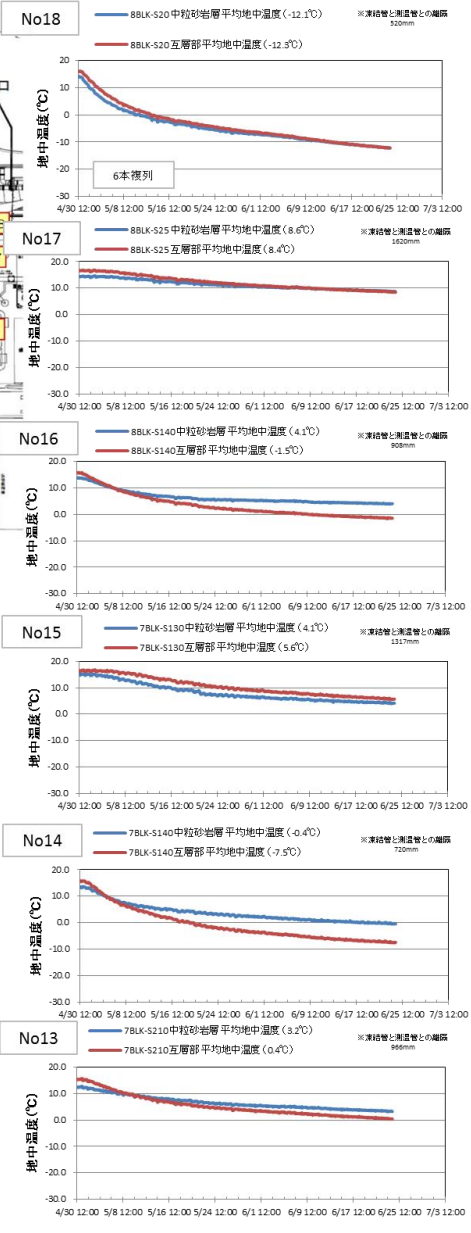
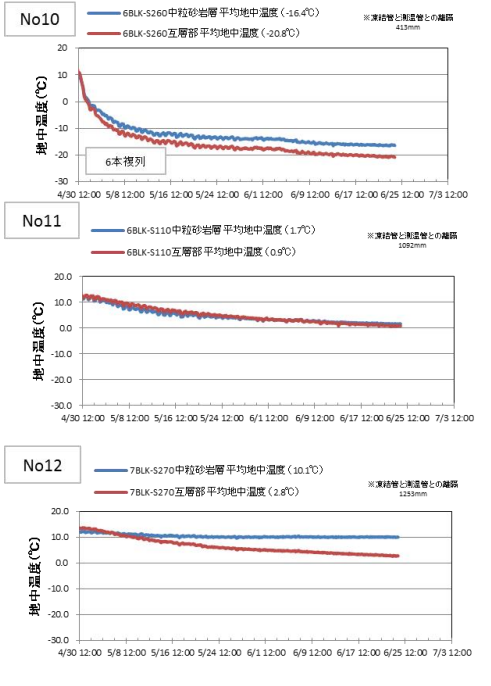
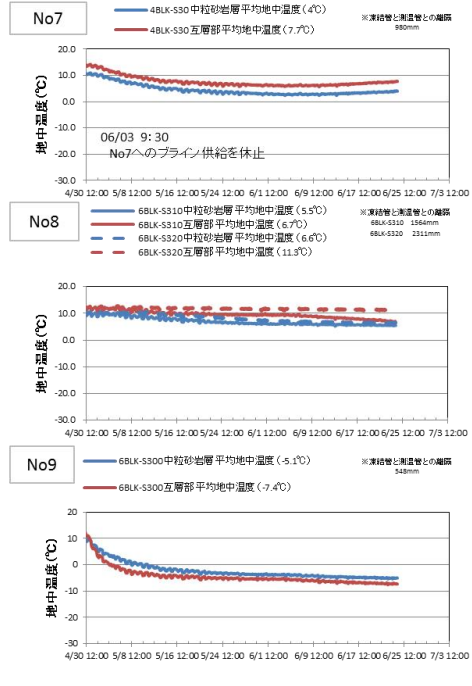
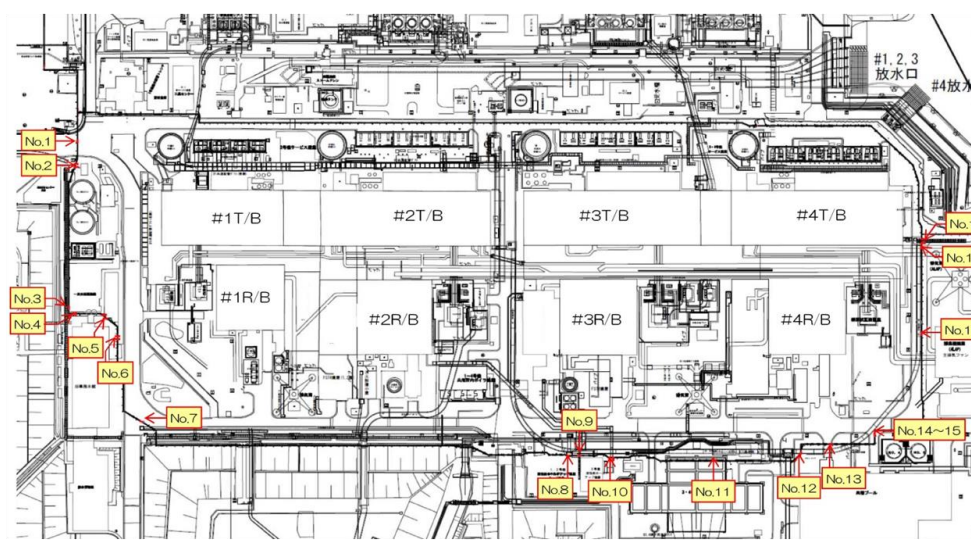
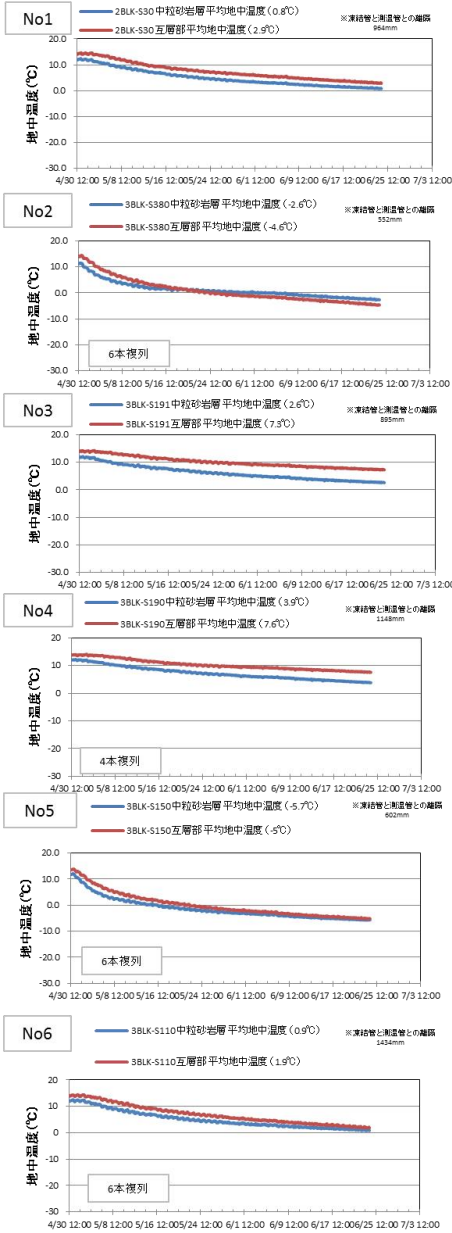
大規模整備実証事業 試験凍結 経過報告 (2) ブライン送り温度(ヘッダー管)

週報



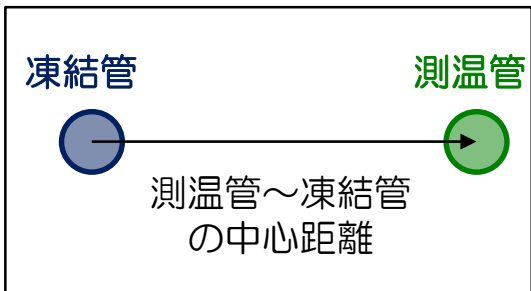
# 【参考】 試験凍結開始後の地中温度の推移

2015/6/24 7:00現在



注1) 中粒砂岩層の平均地中温度: 地表~GL-2mと第1泥質境界付近を除く1mピッチで計測されている測温管温度の平均値  
 注2) 互層部の平均地中温度: 互層部上下の層境界付近を除く、1mピッチで計測されている測温管温度の平均値

# 【参考】 凍結管との離隔と地中温度低下について

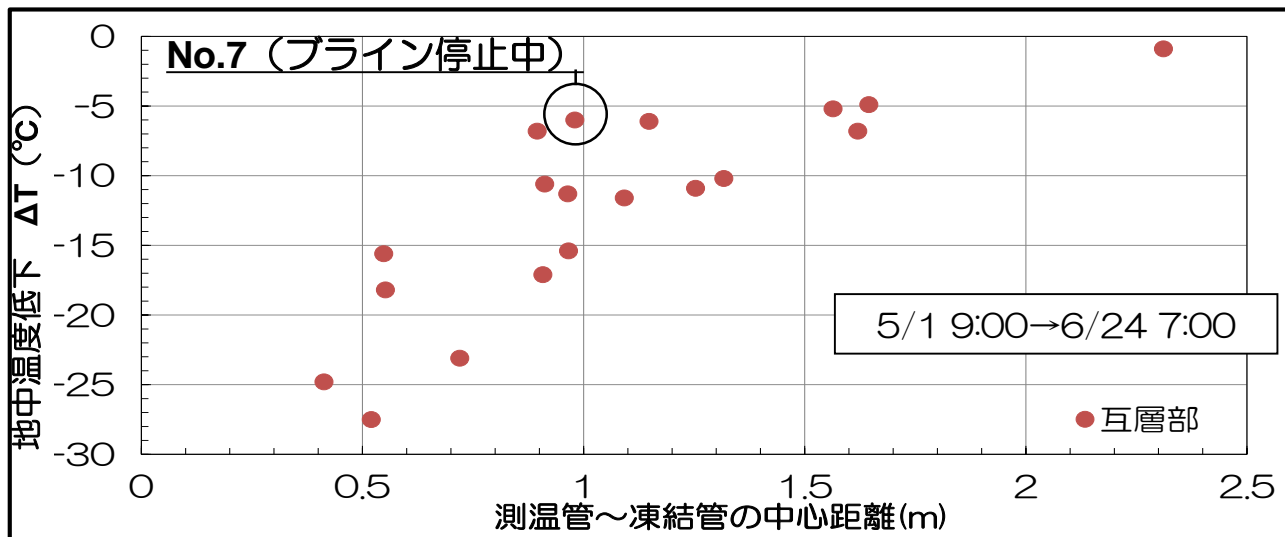
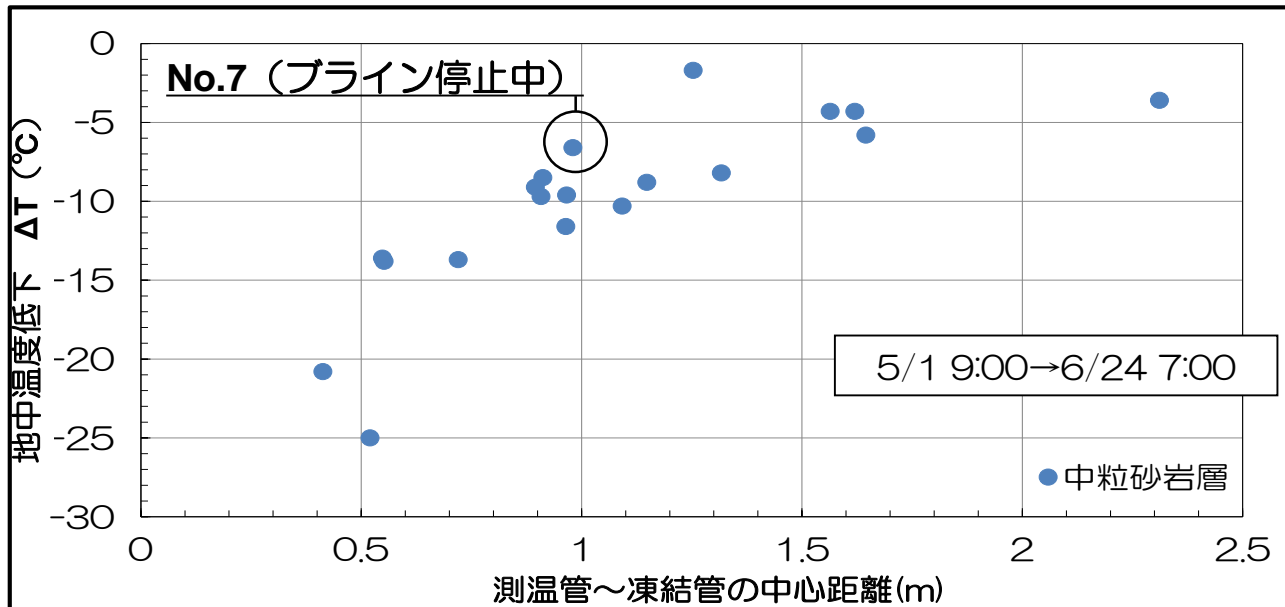


$\Delta T$  : 5/1～6/24の測温管における温度低下量

凍結管から1.5m程度の範囲においては温度低下が認められる。

距離0.5m : -30～-15°C程度

1m : -20～-5°C程度





# 【参考】試験凍結開始後の地下水位の監視例【Ci-1観測孔】①

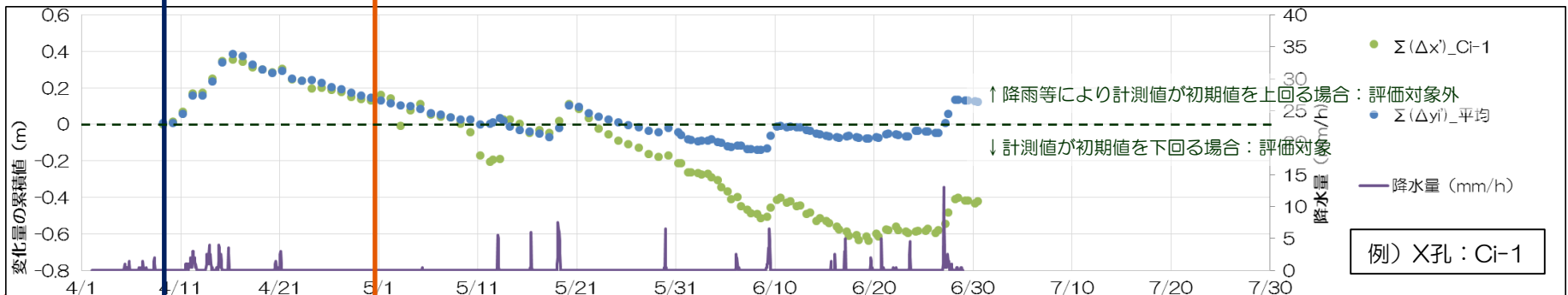
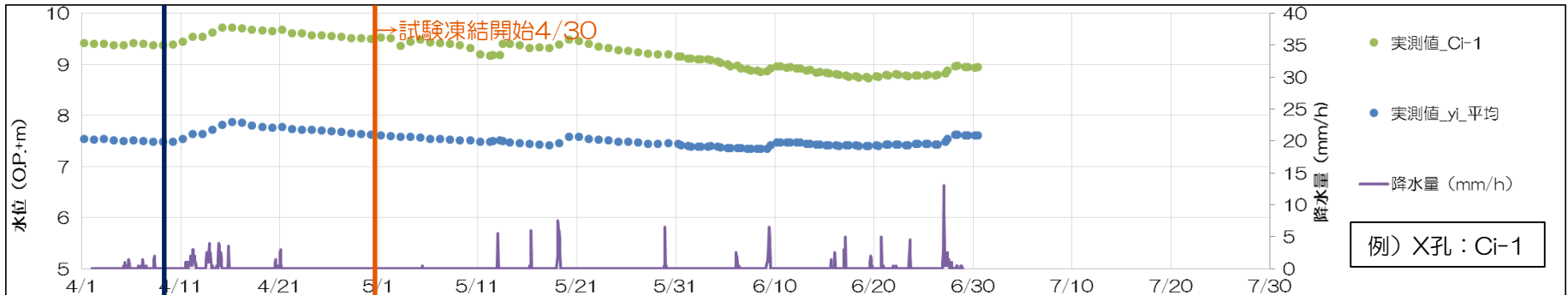
凍結影響による中粒砂岩層の水位低下が顕著であることの指標として、「凍結影響範囲外の地下水位と比較して地下水位が15cm低下すること」としている。

- 試験凍結箇所近傍及び複数の試験凍結影響範囲外の地下水位を観測し、前日計測値からの試験凍結箇所近傍の地下水位変化量 ( $\Delta x'$ )、試験凍結箇所範囲外の地下水位変化量 ( $\Delta y_i'$ ) を算出。

- 試験凍結箇所近傍の変化量  $\Delta x' = Hx_{\text{本日}} - Hx_{\text{前日}}$   
 // 変化量の累積値  $\Sigma(\Delta x')$

- 試験凍結影響範囲外の変化量  $\Delta y_i' = Hyi_{\text{本日}} - Hyi_{\text{前日}}$  : 平均値で評価  
 // 変化量の累積値  $\Sigma(\Delta y_i')$

※ 実施計画では  $\Delta x = Hx_{\text{前日}} - Hx_{\text{本日}}$ 、 $\Delta y_i = Hyi_{\text{前日}} - Hyi_{\text{本日}}$  として評価



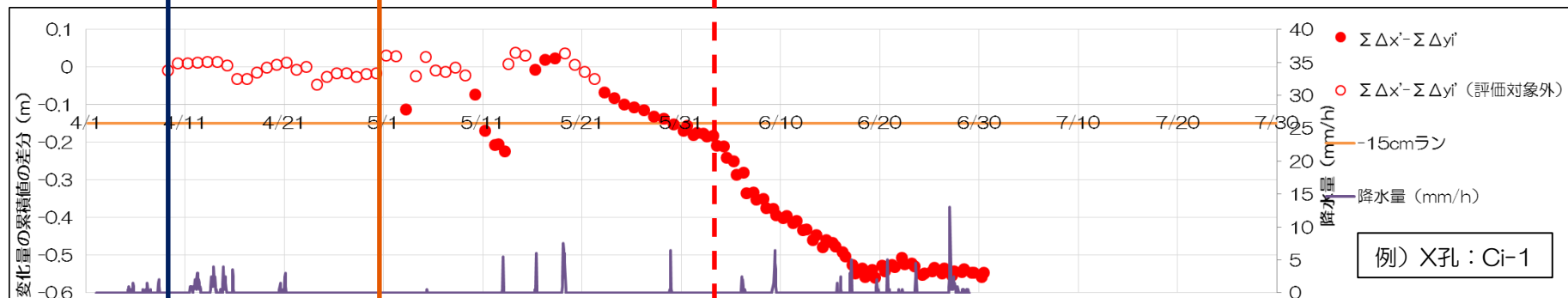
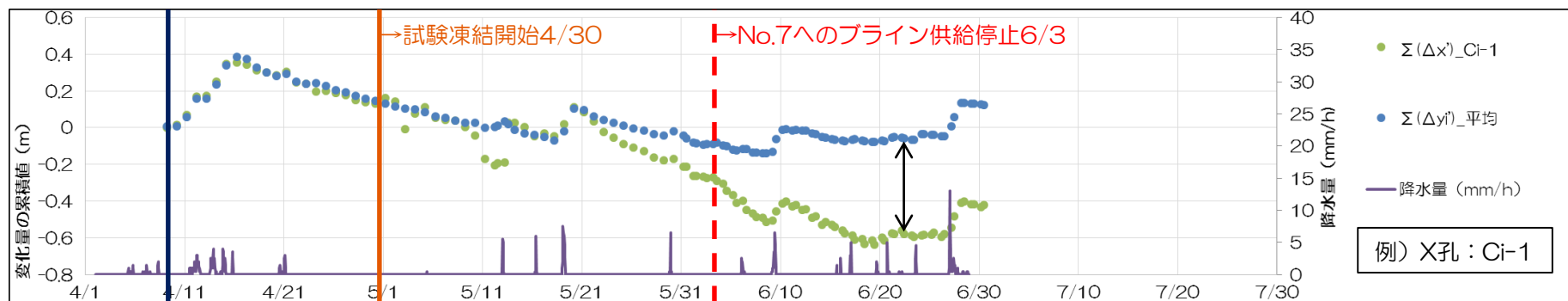
↑ 初期値: 試験凍結前で降雨等による地下水への擾乱影響が小さい時期の計測値を設定 (4/8)

## 【参考】試験凍結開始後の地下水位の監視例【Ci-1観測孔】②

- 地下水が低下し各々の変化量の累積値の差分（下記の評価式）で-15cm以下となった場合で、翌日から3日間の継続監視体制をとり2回/日の地下水位差を確認する。4日目以降においても15cmを超える場合は当該箇所の試験凍結を休止し、原因追及を行う。

・評価式  $\Sigma (\Delta x') - \Sigma (\Delta y_i') \leq -15\text{cm}$

- 休止後も2回/日の地下水観測と継続し、休止判断段階の基準水位に回復が見込めた段階で試験凍結を再開する。

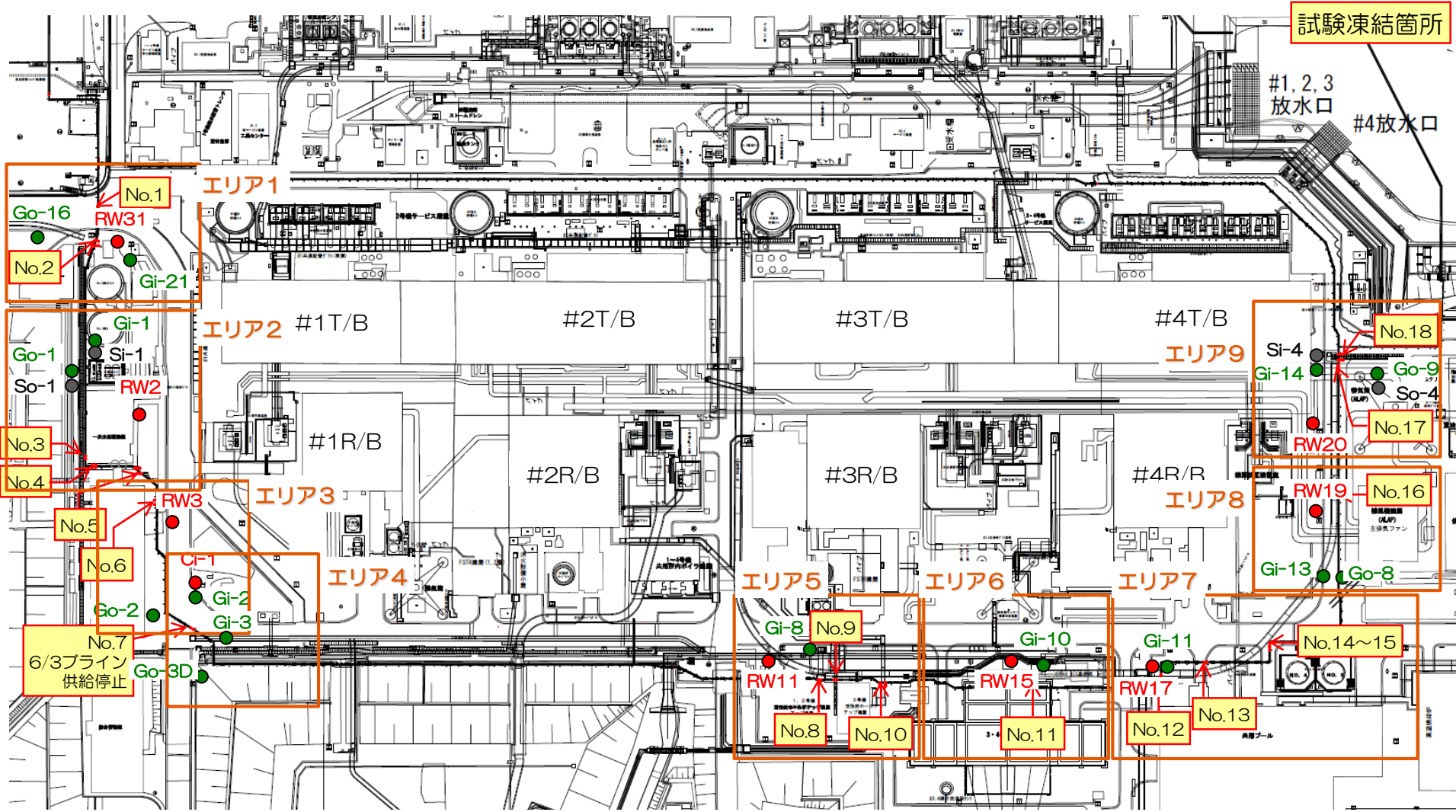


↑初期値：試験凍結前で降雨等による地下水への擾乱影響が小さい時期の計測値を設定(4/8)

# 【参考】試験凍結箇所近傍（互層部）の地下水頭観測孔

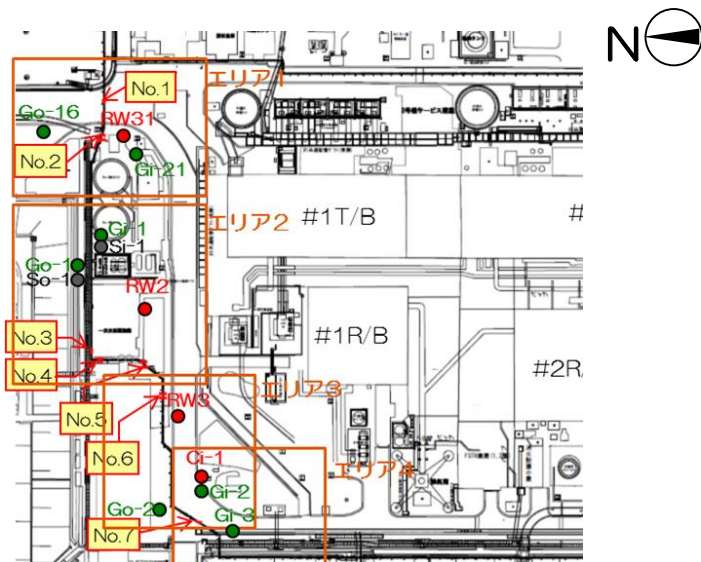
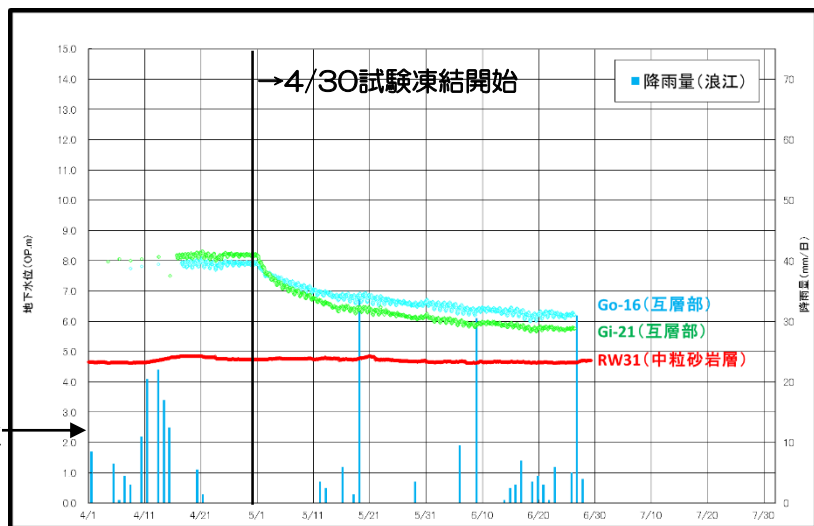


- 中粒砂岩層の注水井・観測井
- 互層部の観測井
- 細粒・粗粒砂岩層の観測井

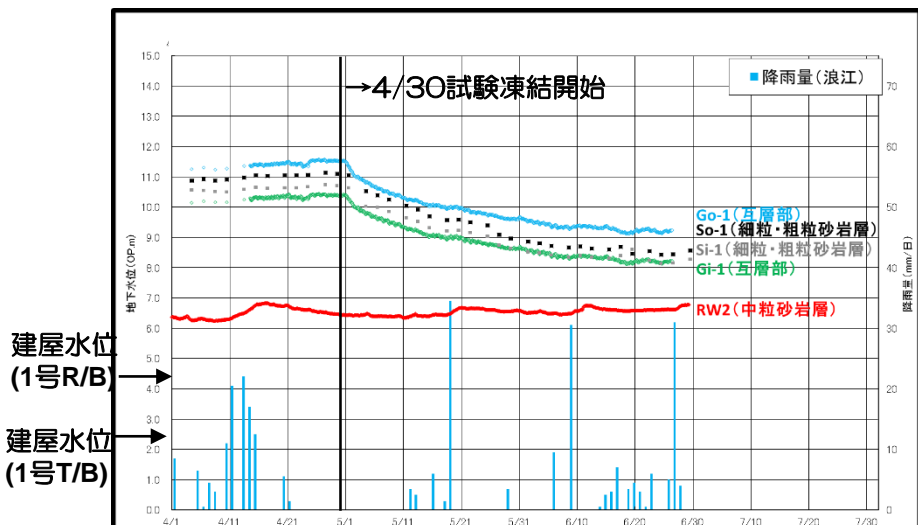


# 【参考】試験凍結箇所近傍（互層部）の水頭 経時変化①

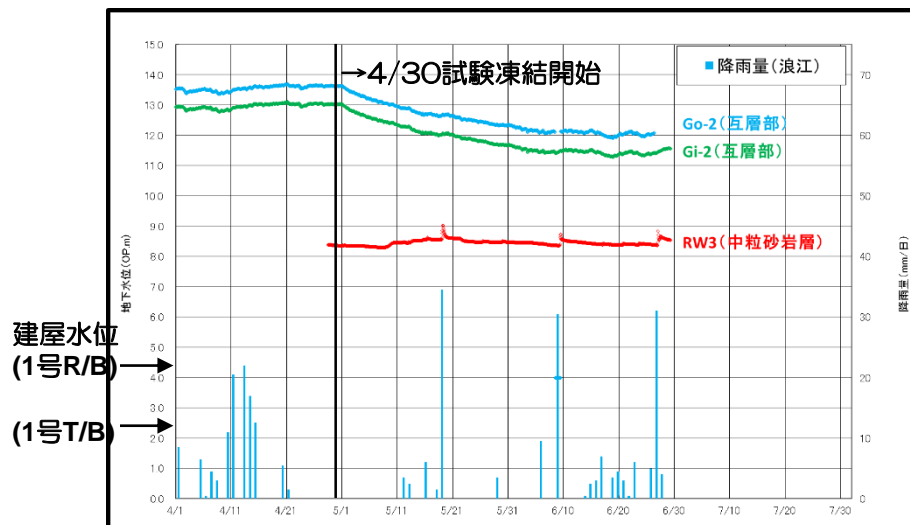
## エリア1



## エリア2



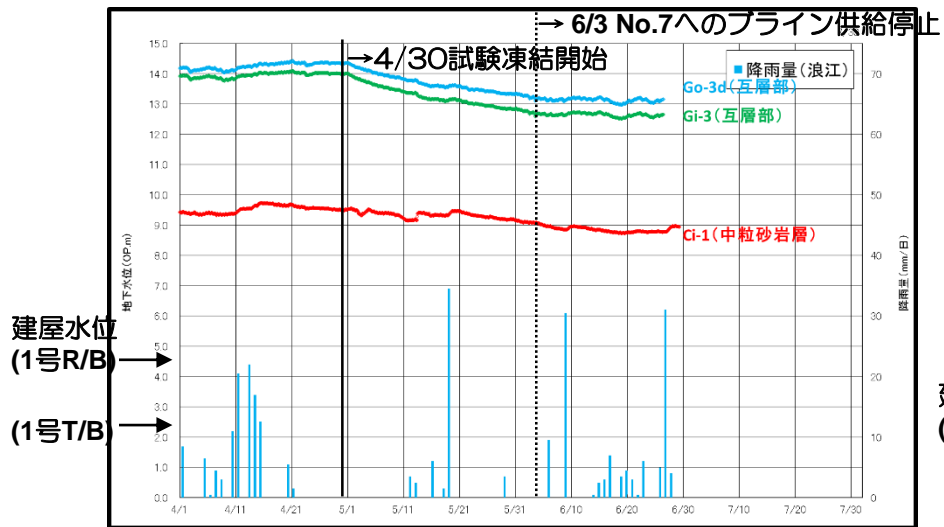
## エリア3



建屋水位：2015年3月31日現在

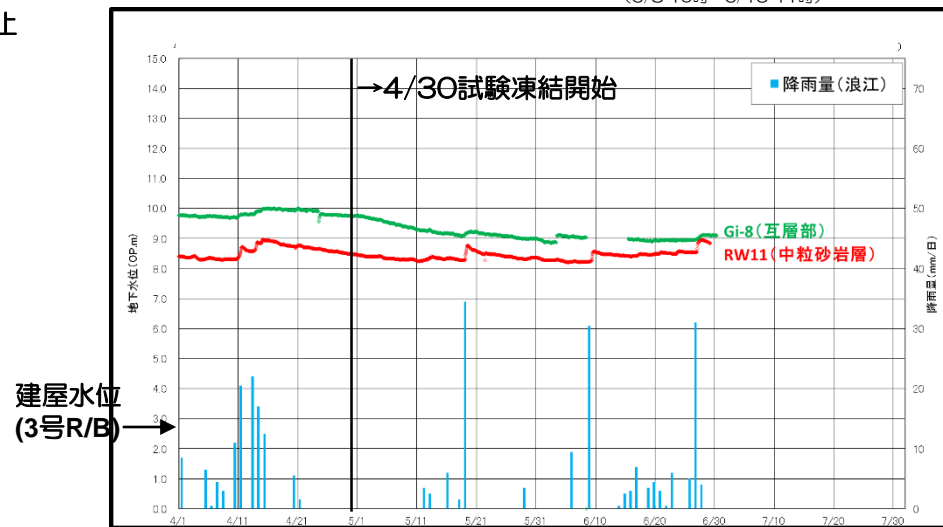
# 【参考】試験凍結箇所近傍（互層部）の水頭 経時変化②

## エリア4

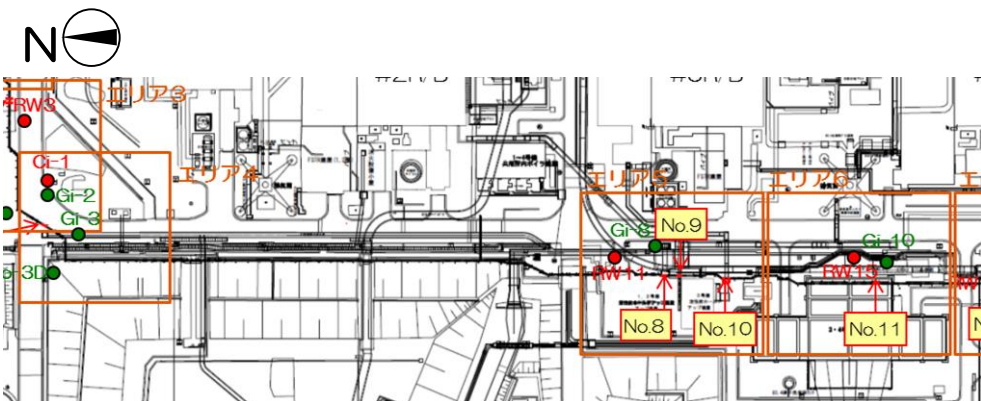
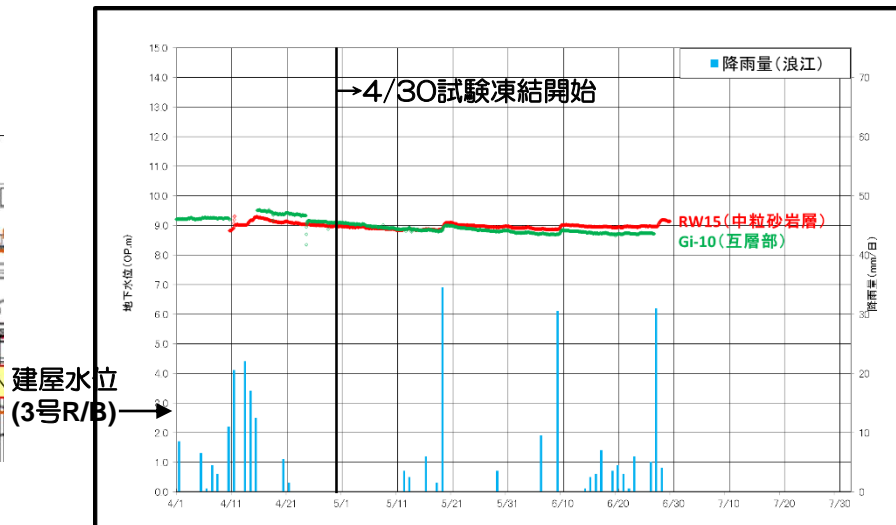


## エリア5

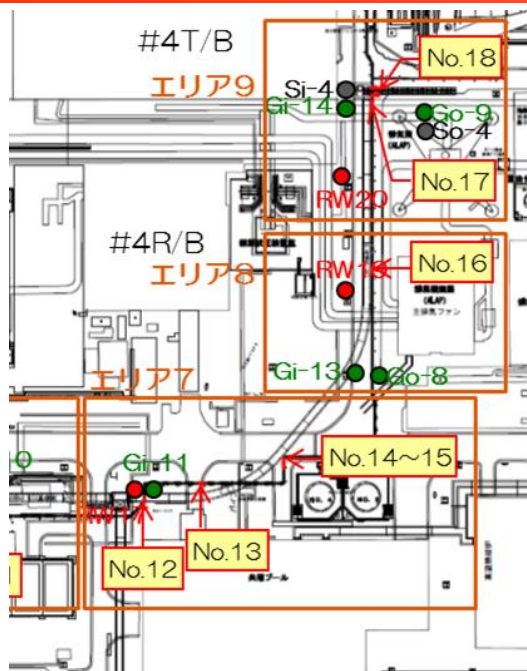
※ Gi-8については他工事との干渉により水位計を一時的に撤去したため、当該期間は欠測。  
(6/8 10時~6/15 11時)



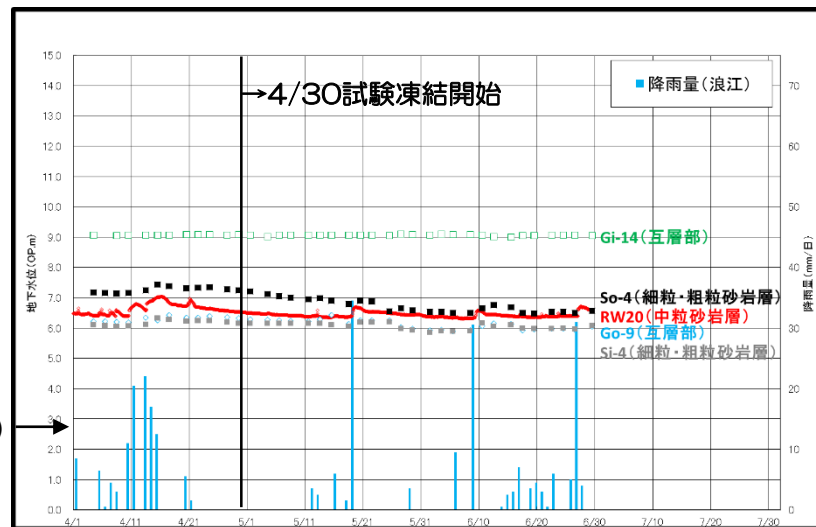
## エリア6



# 【参考】試験凍結箇所近傍（互層部）の水頭 経時変化③

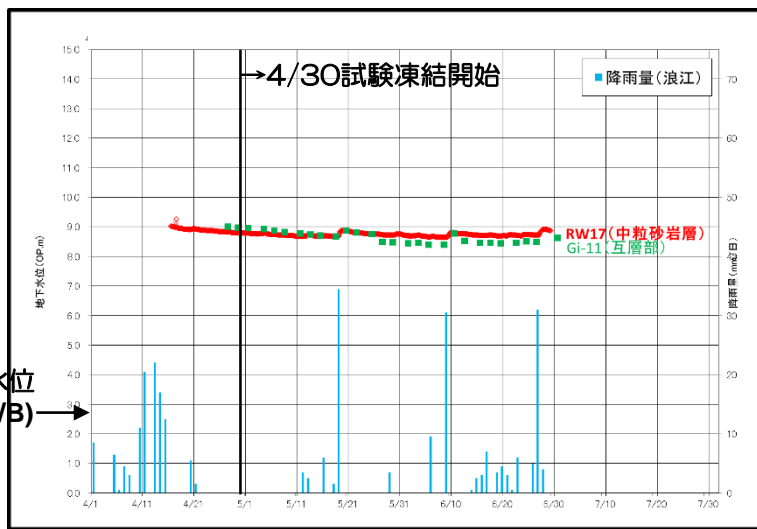


## エリア9



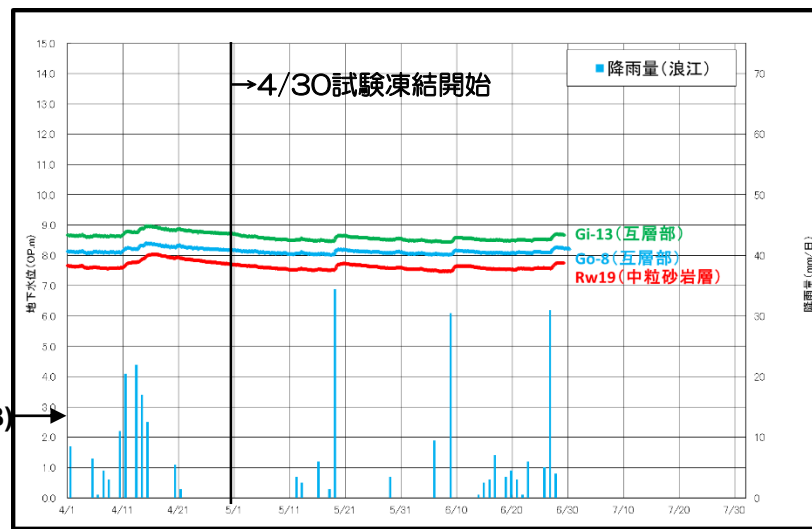
建屋水位  
(4号R/B,4号T/B)

## エリア7



建屋水位  
(4号R/B)

## エリア8



建屋水位  
(4号R/B,4号T/B)

建屋水位：2015年3月31日現在

### ■ 互層部の水頭の状況

- 試験凍結開始直後、中粒砂岩層との水頭差が3～5mと大きい1号機北側で互層部の水頭の低下傾向が確認された。
- 試験凍結開始前より中粒砂岩層との水頭差が小さい3・4号機側の互層部は、顕著な水頭低下は確認されていない。

<以上前回報告>

- 互層部の水頭の低下傾向は試験凍結開始直後に大きく、その後緩やかになり、現状は収束傾向を示しているように見えるが、降雨の影響を受けている可能性もあり、今後も観測を継続する。
  - 1号機北側における互層部の水頭低下量は、試験凍結前と比べて最大で2.5m程度であり、中粒砂岩層の水位を下回っていない。
- 被圧帯水層に対する凍結工法の適用実績についてヒアリングを行った結果、実績はあるものの、被圧帯水層の水頭変化に関するモニタリングを行った事例は確認出来なかった。なお、凍土壁構築において問題が生じたという事例も確認されなかった（前回報告）。

### ■ 互層部の水頭低下の想定原因

- 互層部の水頭低下については、試験凍結により何らかの影響を受けている可能性が高いと考えている。
- 互層部水頭に影響を与えている原因として以下の3つの可能性を想定している。これらが複合的に影響していることも考えられる。

① 凍結による互層部の体積増加による圧力低下

② 冷却による互層部地下水の体積減少による圧力低下

③ 中粒砂岩層との水みちによる連通

- 今後想定される挙動として、凍結・水温の安定に伴い、一時的な圧力低下等の要因が緩和され、互層の水頭は安定若しくは回復傾向が見られると考えられる。
- 現時点で水位管理上の問題は生じないが、傾向を確認するため、今後も観測を継続していく。

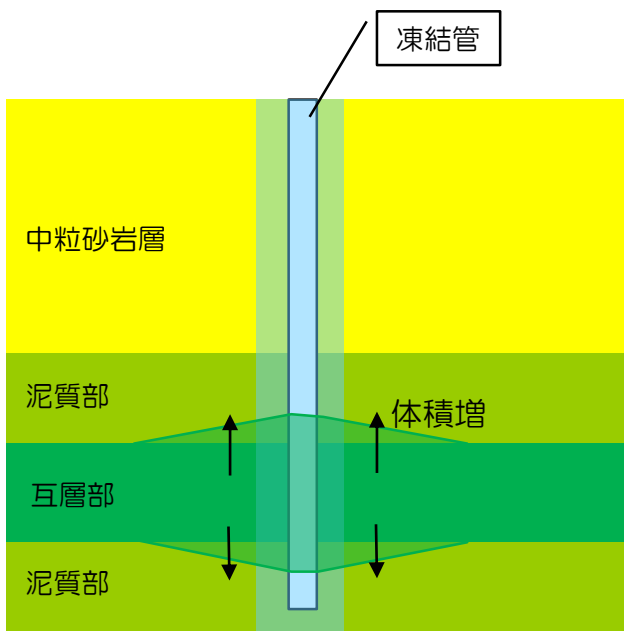


# 【参考】互層部の水頭低下原因想定

## ①凍結による互層部の体積増加

### ■ メカニズム

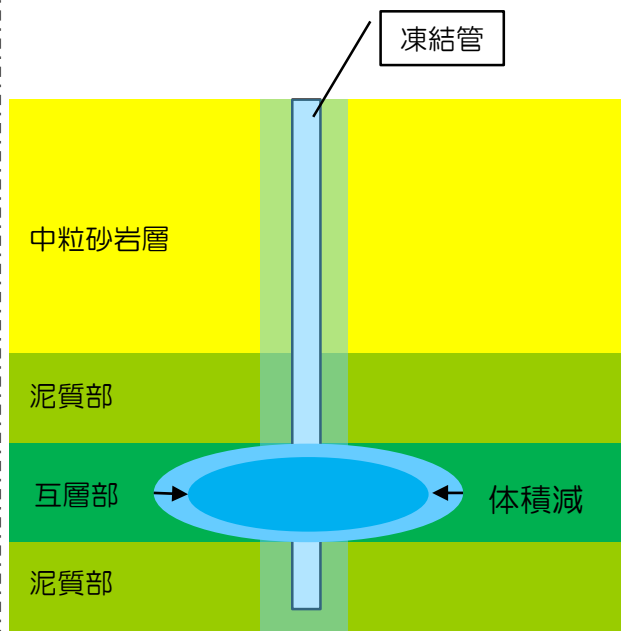
試験凍結開始により、互層部が凍結し膨張し、透水層の体積を押し広げるにより圧力低下。



## ②冷却による互層部地下水の体積減少

### ■ メカニズム

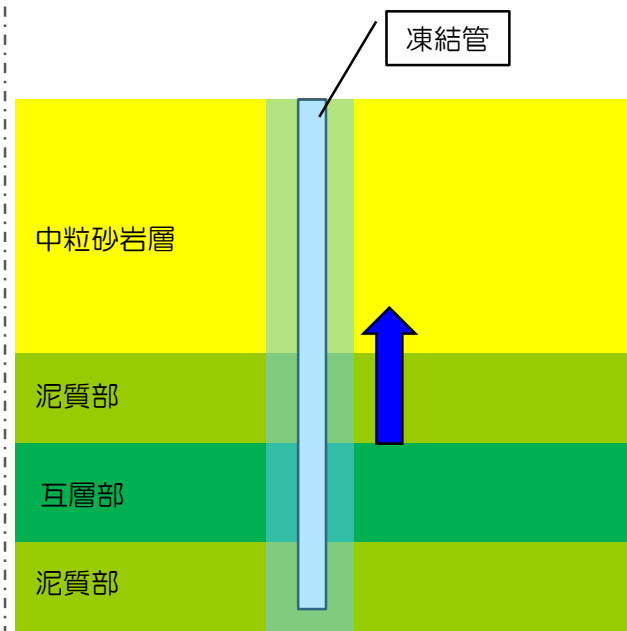
試験凍結開始により、互層部地下水が冷却されることによる体積減少により圧力低下。



## ③中粒砂岩層との水みちによる連通

### ■ メカニズム

試験凍結開始により、凍結管近傍で互層部と中粒砂岩層が水みちにより連通した。

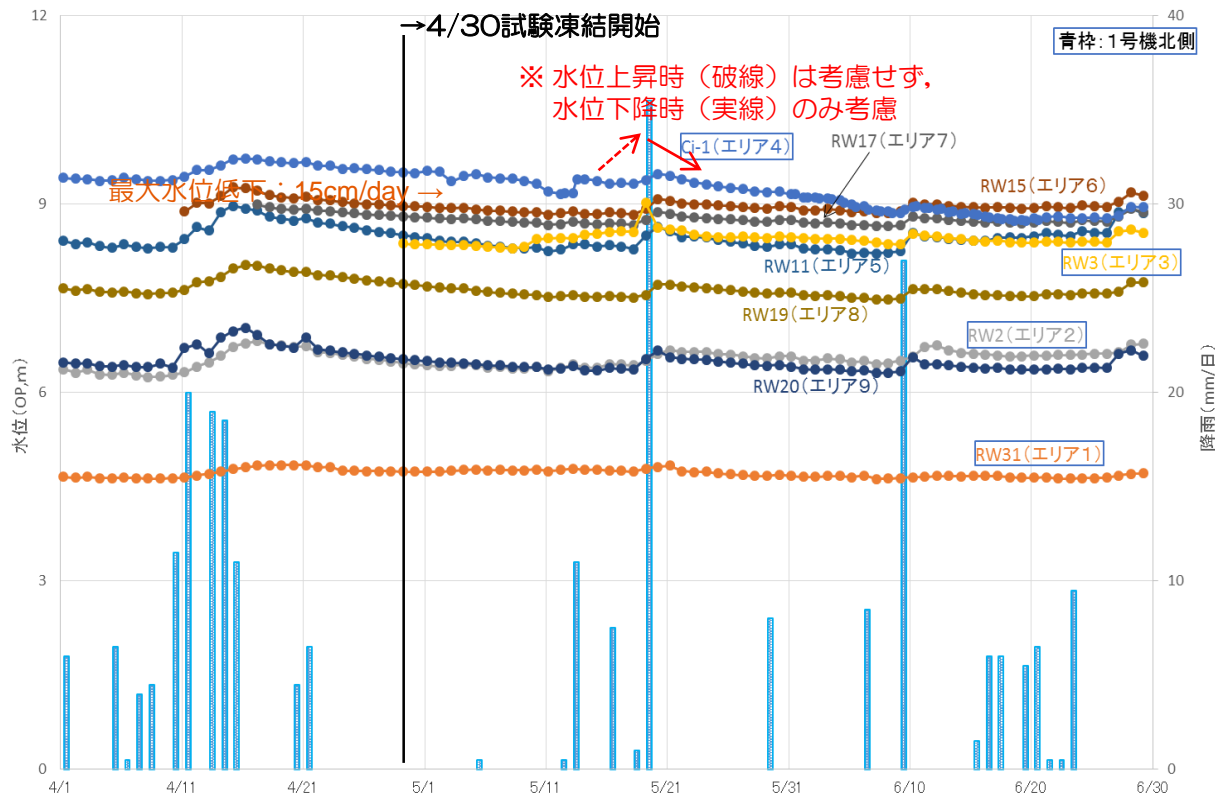


## 【参考】漏えいケースの設定(1/2)

### ■漏えいケースにおける局所的な地下水位低下の発生から漏えい確認までの期間

- 局所的な地下水位低下を1 mと仮定する\*。
- 地下水位の低下速度は1日あたり3cm~15cm程度 (Ci-1の水位変化を参考)
- 1 mの局所的な地下水位低下で漏えいが確認できるものと仮定した場合、局所的な地下水位低下の発生から漏えいの確認するまでの期間を7~33日程度となる。

\* (参考) Sichardtの式によると0.9m程度の地下水位低下で影響範囲は30m程度



試験凍結以降 (5/1~) の  
Ci-1日当たり水位低下速度

- 平均: 3cm/day
- 最大: 15cm/day (5/2→5/3)

## 【参考】漏えいケースの設定(2/2)

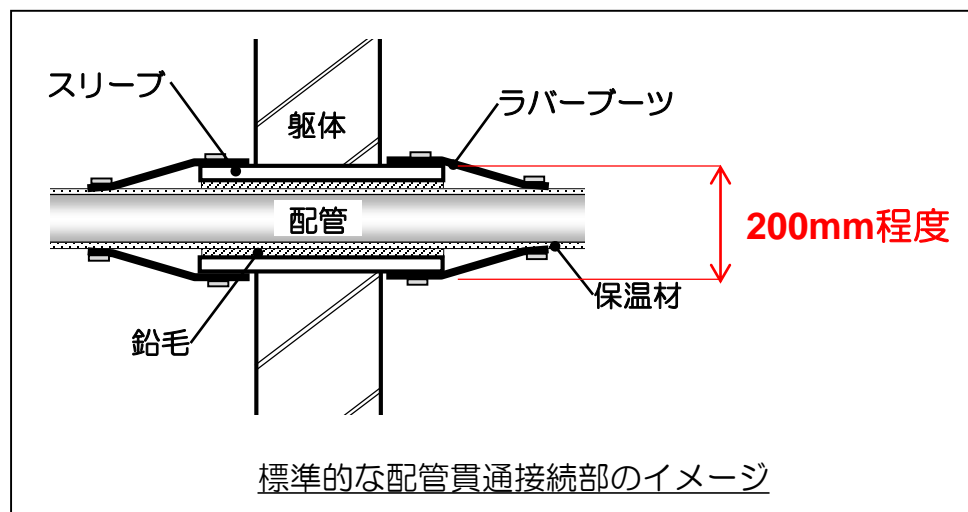
### ■ 逆転箇所からの漏えい量の設定

- 建屋への流入経路については、タービン建屋外周壁面の開口部のうち最も多い形式である配管貫通接続部が、タービン建屋海側側壁の局所的な地下水位低下の発生箇所近傍があると仮定し、Hvorslevの単孔式透水試験の解析式（定水位）※を用いて、漏えい量を1日当たり平均0.4m<sup>3</sup>/日と想定した。

（計算に用いた条件）

- 貫通孔径：200mm
- 建屋周りの地盤の透水係数； $2.8 \times 10^{-3}$ cm/sec（埋戻土）
- 逆転水位差：0.5m
- 漏えい期間：30日

※ 貫通部は配管が布設されており、開口部は配管と貫通孔壁の隙間となるが、漏えい量の想定にあたっては保守的に考えて、貫通部全断面が開口しているものとして計算した。



※ 参考文献 Hvorslev, M. J.: Time lag and soil permeability in ground water observation, Waterways, Experiment station corps of engineers, U.S. Army, Vicksburg, Mississippi, 1951.

## 【参考】解析条件(1/2)

### ■地下水流動に関する条件

各設備		設定条件
4m盤	海側遮水壁	閉合
	地盤改良	完了
	揚水工（ウエル・イト）	稼動（稼働水位：GL-1.0m（O.P.+3.0m））
	地下水ドレン	
	フェーシング	
4～10m盤	フェーシング	100%
10m盤 （陸側遮水壁内）	フェーシング	0%
	サブドレン	非稼動
	陸側遮水壁	山側を不透水とする
	建屋水位	—
	注水井からの注水	無

	設定値	備考
降雨量	4mm/日 一定 （建屋以外の領域に降雨）	年平均降雨量1,545mm
降雨浸透率	55%	汚染水処理対策委員会報告より

		設定値	
透水係数	埋戻土・盛土	$2.8 \times 10^{-3} \text{cm/sec}$	—
	砂岩層	$3.0 \times 10^{-3} \text{cm/sec}$	—
	互層部	（鉛直方向） $1.1 \times 10^{-6} \text{cm/sec}$ （水平方向） $1.0 \times 10^{-3} \text{cm/sec}$	異方性を考慮
間隙率	埋戻土・盛土	0.46	—
	中粒砂岩層	0.41	—
	互層部	0.41	—

## 【参考】解析条件(2/2)

### ■核種移行解析に関する条件

項 目		設定条件	備 考
物質投入量		1 m <sup>3</sup> /day	—
投入期間		30日	—
漏えい源		点源	側壁の地下水面に配置
放射性物質濃度		Sr-90 : 8×10 <sup>6</sup> Bq/L	2016.4頃に想定される2,3号機タービン建屋の全βの1/2
		H-3 : 3.5×10 <sup>6</sup> Bq/L	淡水化装置出口水：2015.4.7
建屋壁の境界条件		自由流出境界	建屋への流入を考慮
地盤の間隙率		0.41	<ul style="list-style-type: none"> <li>中粒砂岩相当（『福島第一原子力発電所 原子炉設置変更許可申請書』1993年4月（1993年7月一部補正））</li> <li>地盤の真密度：2650 kg/m<sup>3</sup></li> </ul>
比重		2.65	
地盤間隙の屈曲度		1.414	Kozeny-Carmanの式での定数
分散長		10m 移行距離 x の1/10	<ul style="list-style-type: none"> <li>タービン建屋から護岸近傍（4m盤）に位置する観測井までの距離（100m程度）を評価区間とし、移行距離の1/10で設定した。また、1/10については以下の文献を参考にした。</li> <li>Gelhar et al., 1992. A critical review of data on field-scale dispersion in Water Resources Research, Vol.28(7), pp.1955-1974.</li> </ul>
半減期	Cs-137	30.17年	—
	Sr-90	28.90年	—
分配係数	Cs-137	0.4m <sup>3</sup> /Kg	現地で採取した砂岩を用いた室内試験結果
	Sr-90	7×10 <sup>-3</sup> m <sup>3</sup> /Kg	
水中拡散係数	Cs-137	2.02×10 <sup>-9</sup> m <sup>2</sup> /sec	文献（Gray, 1972）からの引用
	Sr-90	7.94×10 <sup>-10</sup> m <sup>2</sup> /sec	

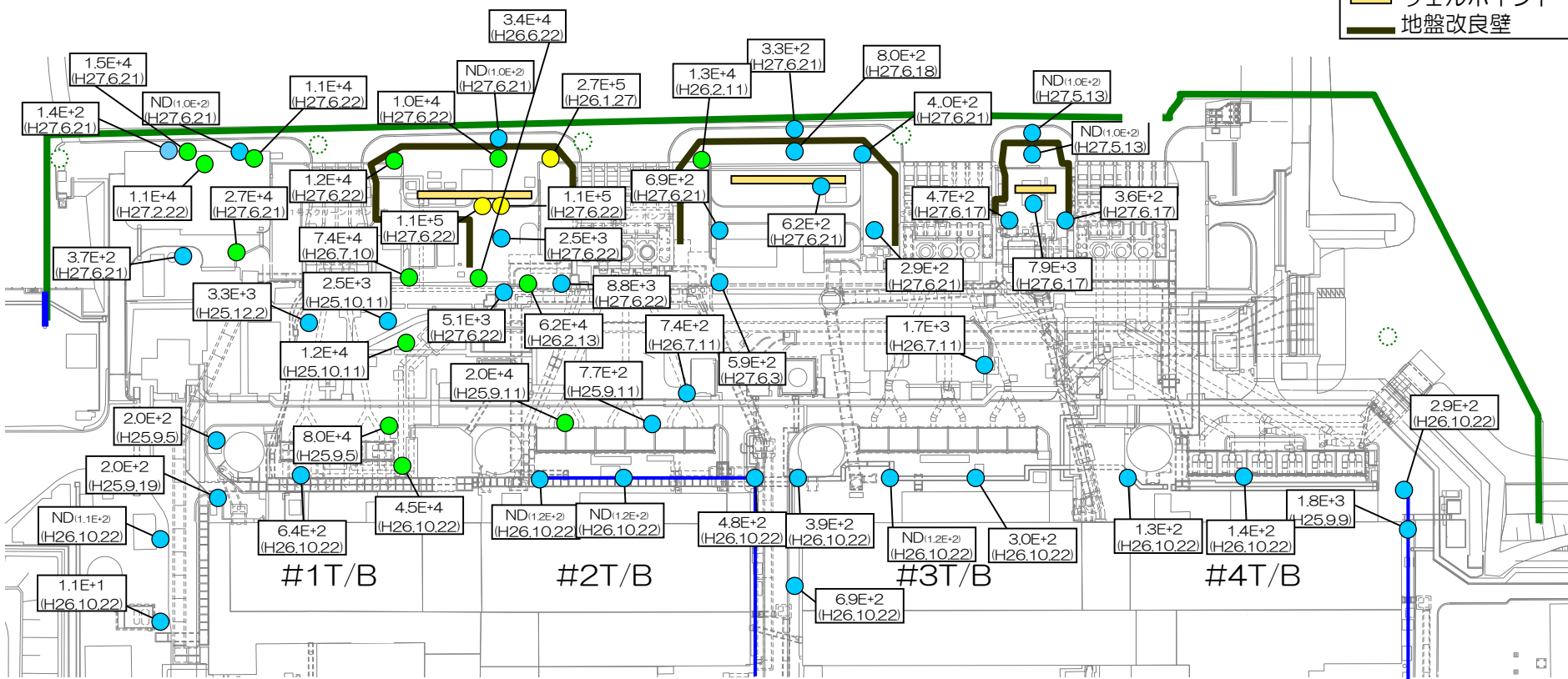
# 【参考】建屋海側のトリチウム分布状況



放射性物質濃度 (Bq/L)

- ND,  $10^1$ ,  $10^2$ ,  $10^3$ オーダー以下
- $10^4$ オーダー
- $10^5$ オーダー

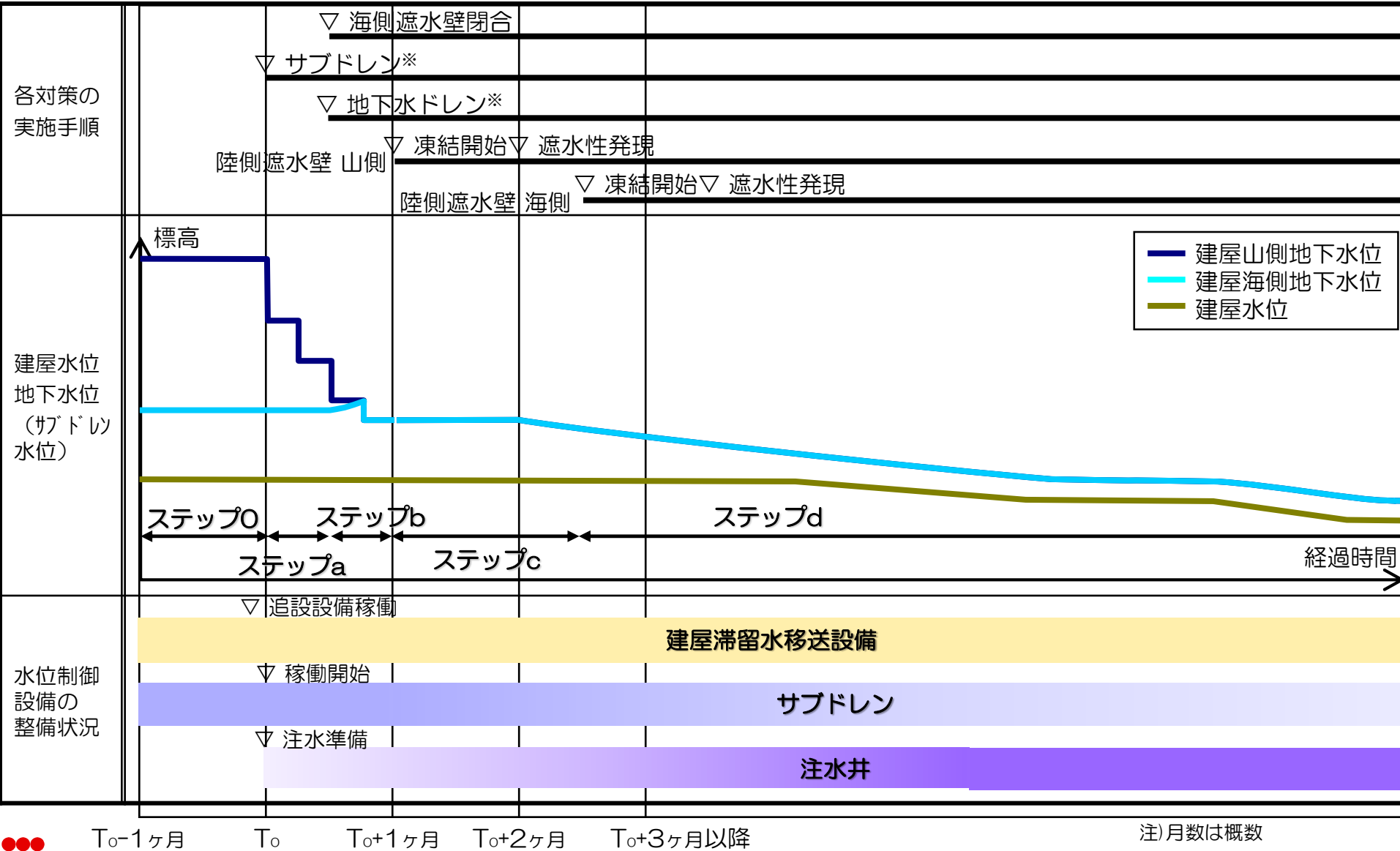
- 海側遮水壁
- 地下水ドレン
- ウェルポイント
- 地盤改良壁



# 【参考】基本シナリオ

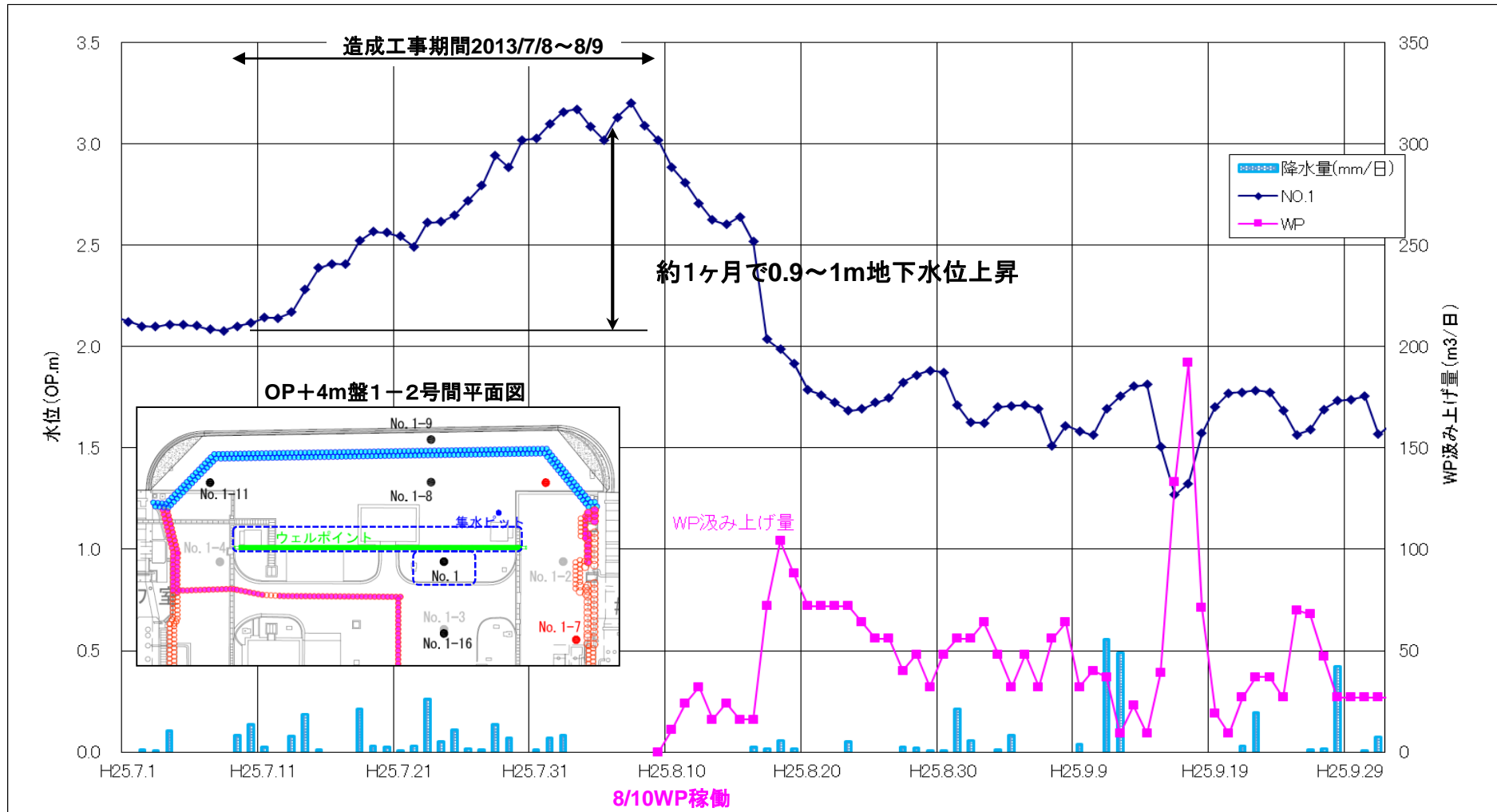
※ 関係者と調整の上、実施

- 各対策実施に伴い地下水位は以下に示すイメージで変化すると想定される。
- 各対策実施段階においては以下の水位制御設備により建屋水位が地下水位を上回らないように管理する。



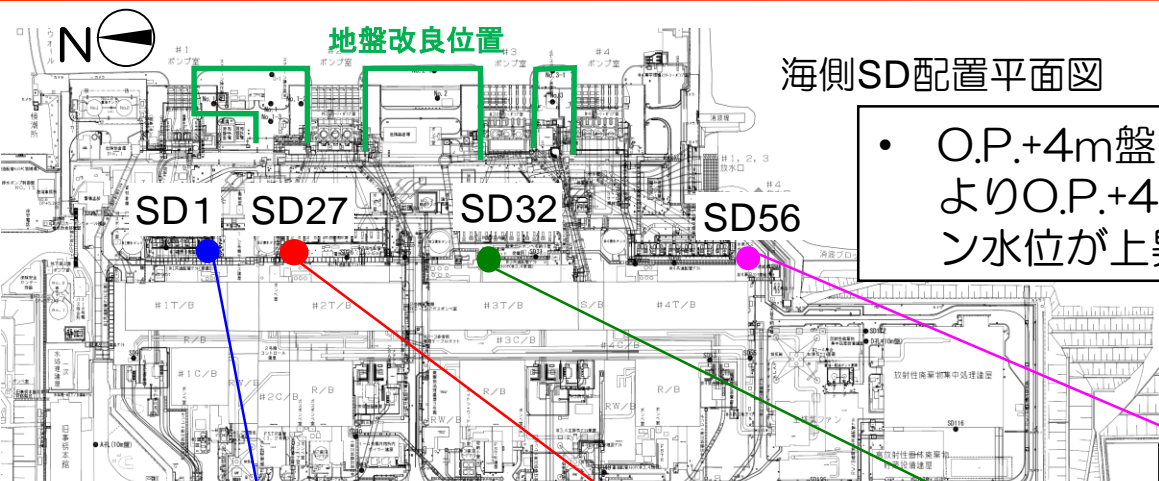
# 【参考】O.P.+4m盤の地盤改良（1-2号間）実施時の地下水位上昇

- 4m盤において地盤改良壁を造成したことにより、造成期間中から上流側の地下水位が上昇することを確認。





# 【参考】O.P.+4m盤の地盤改良実施後の海側サブドレン水位上昇量の評価

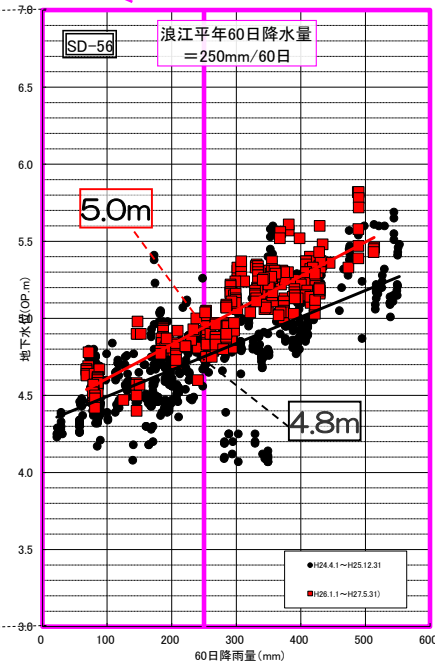
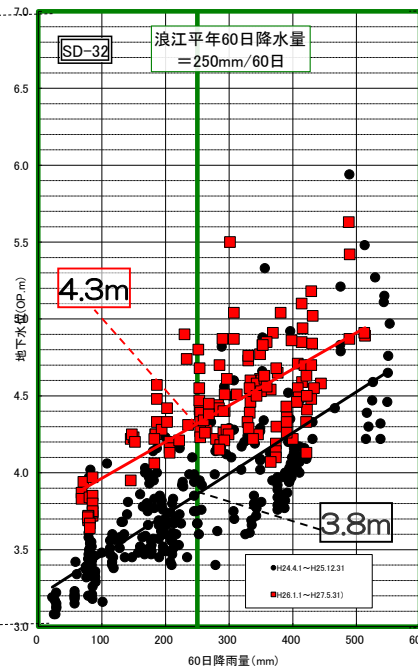
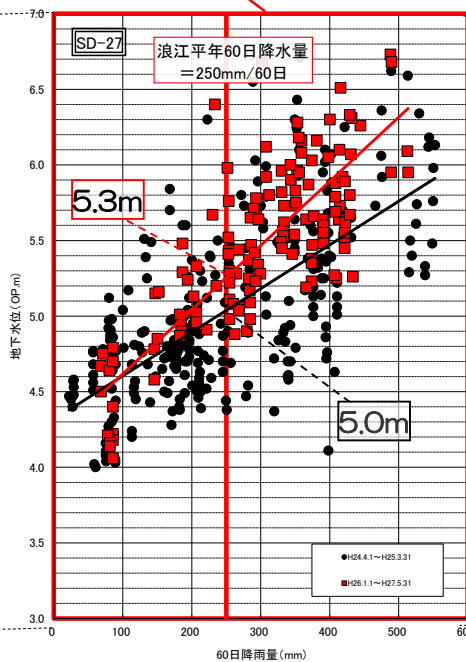
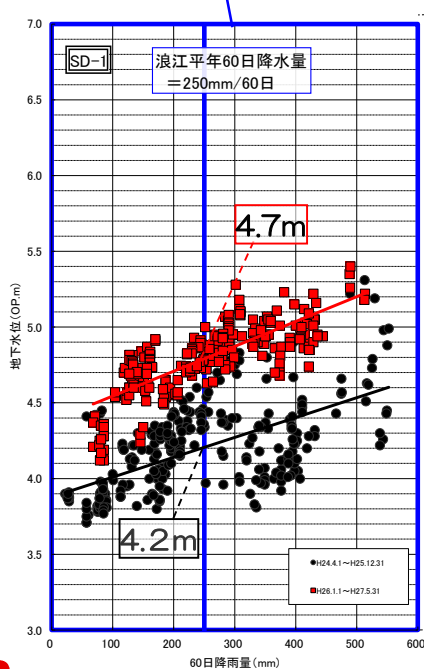


海側SD配置平面図

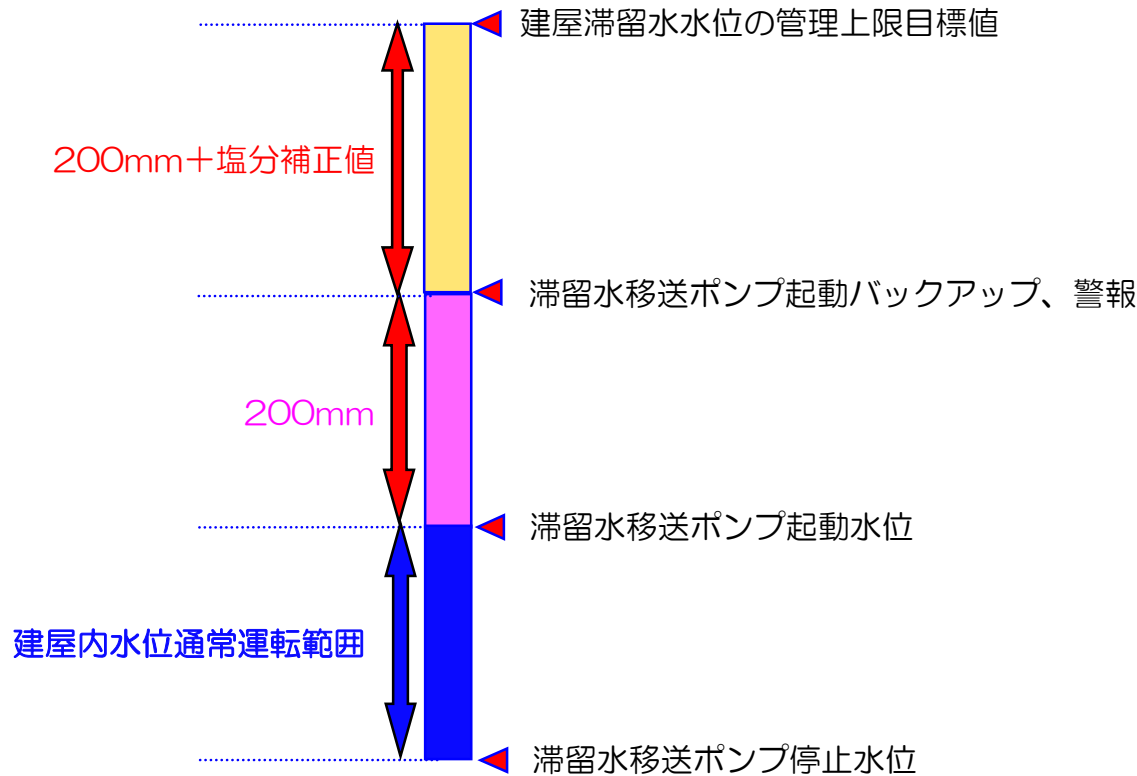
- O.P.+4m盤において地盤改良壁を造成したことによりO.P.+4m盤だけでなく、建屋海側のサブドレン水位が上昇することを確認。

— : H24.4~H25.12 データ回帰直線 (4m盤地盤改良前、実施中)  
— : H26.1~H26.10 データ回帰直線 (4m盤地盤改良後)

サブドレン水位データは週3回計測



## 【参考】建屋滞留水の水位管理



- 建屋滞留水水位は管理上限目標値に対し、以下の余裕を考慮した水位以下の範囲で制御する。
  - A. 計器誤差に余裕を見込んだ200mm+塩分補正值
  - B. 大雨時の水位上昇量200mm
- 塩分補正については各建屋内滞留水の塩分濃度による比重を考慮した補正值を用いる。
- なお、上記の余裕分については、今後の実測に基づく水位管理を行っていく中で、実績等を適切に反映させることで減少させていくことを考えている。
- 上記の建屋滞留水の水位制御に加えて、サブドレン水位と建屋水位との水位差が予め定めた設定値以下になった場合は、「水位差小」の警報を出力させ必要な水位制御を行う。