

# 地下貯水槽からの漏えい事故に関する 現状報告・原因究明について

平成25年5月17日  
東京電力株式会社



東京電力

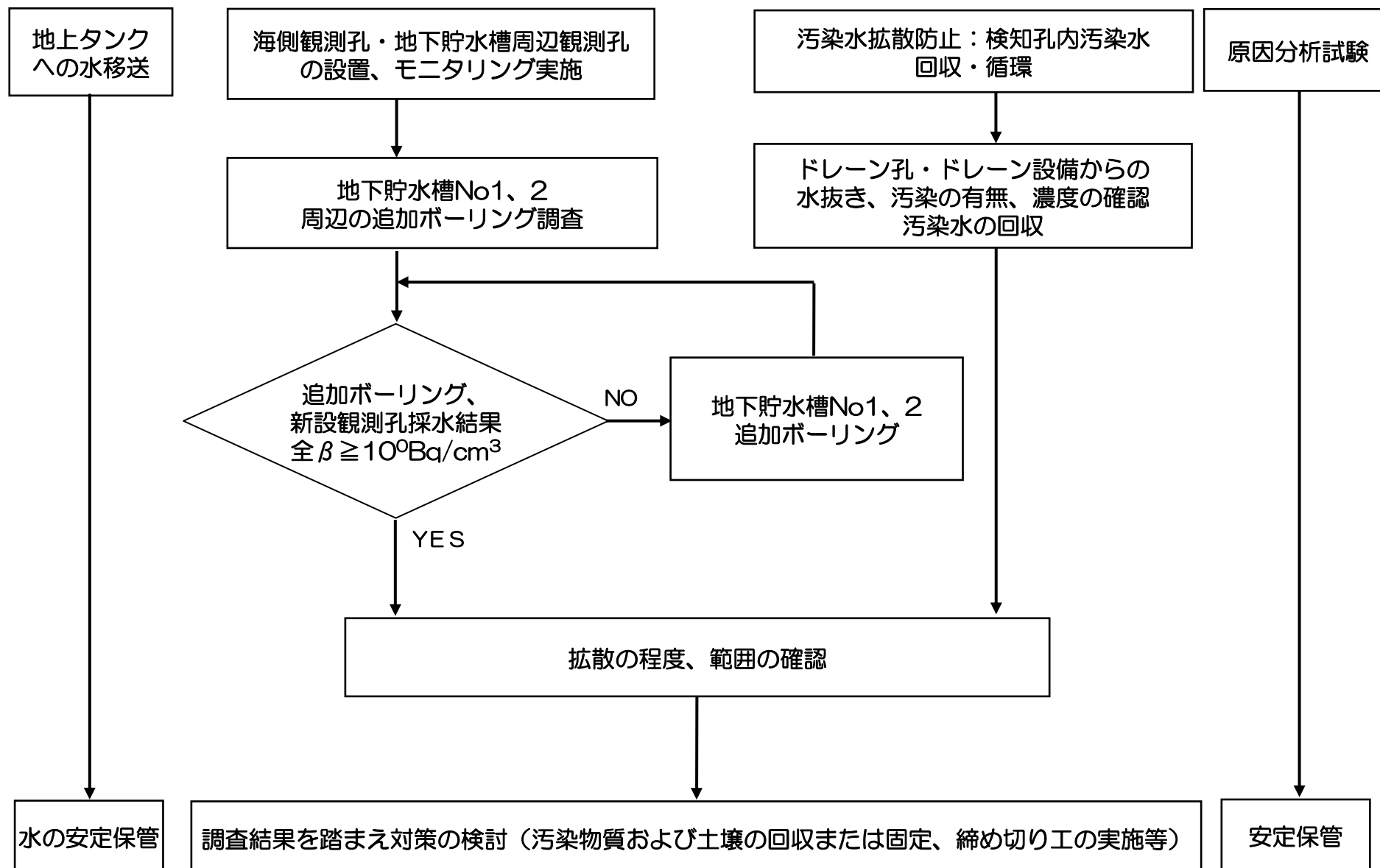
---

# 目次

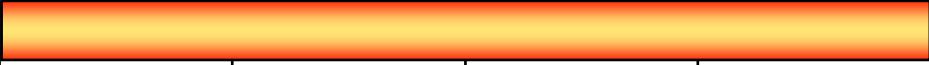







---

1. 漏えい事故への対応の全体概要
2. 地下貯水槽内汚染水の移送状況
3. 環境モニタリング・追加調査結果と汚染水拡散防止対策の実施状況
4. 地下貯水槽からの漏えい量の推定
5. 原因分析試験計画

# 1-1. 漏えい事故への対応の全体概要

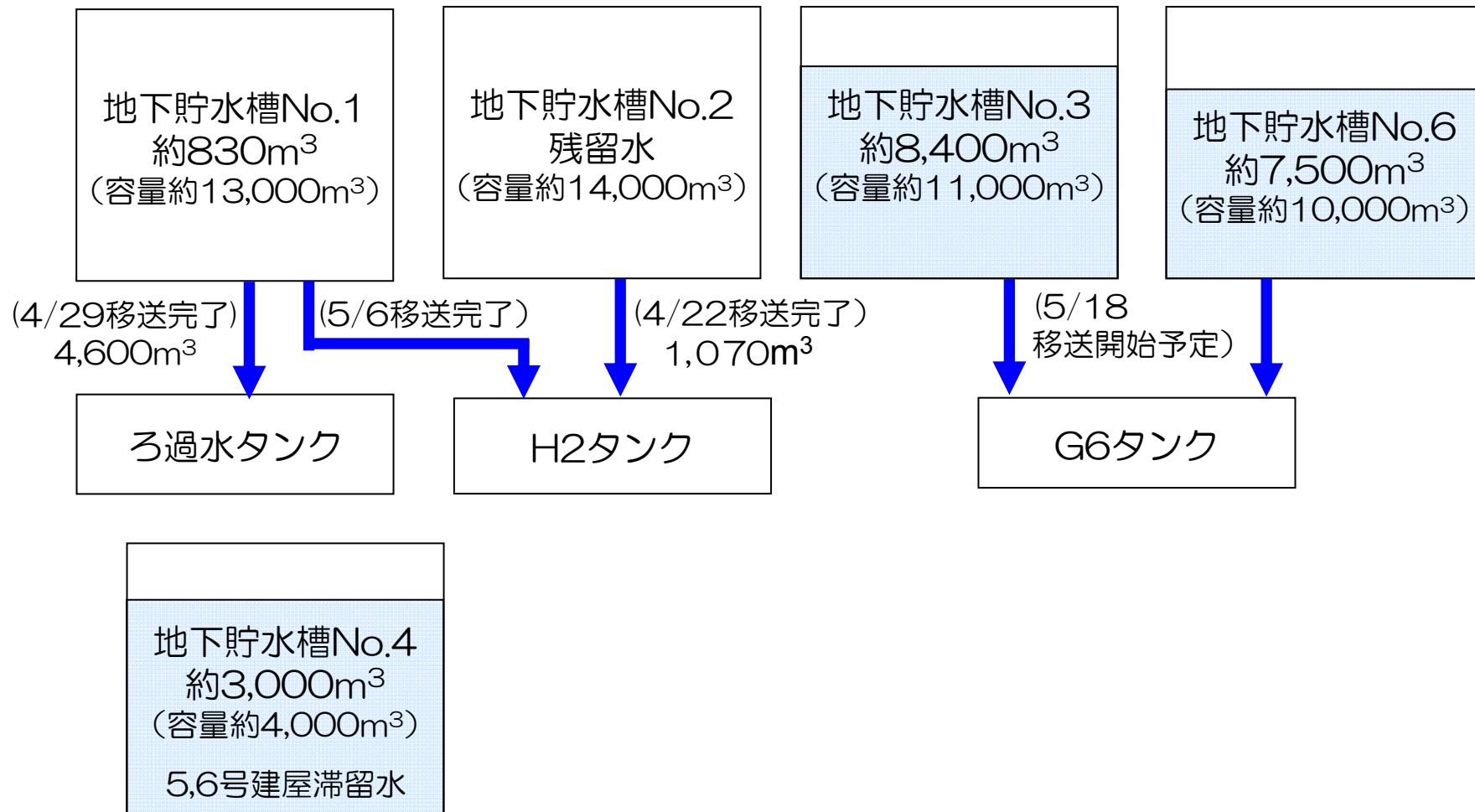


# 1-2. 全体スケジュール

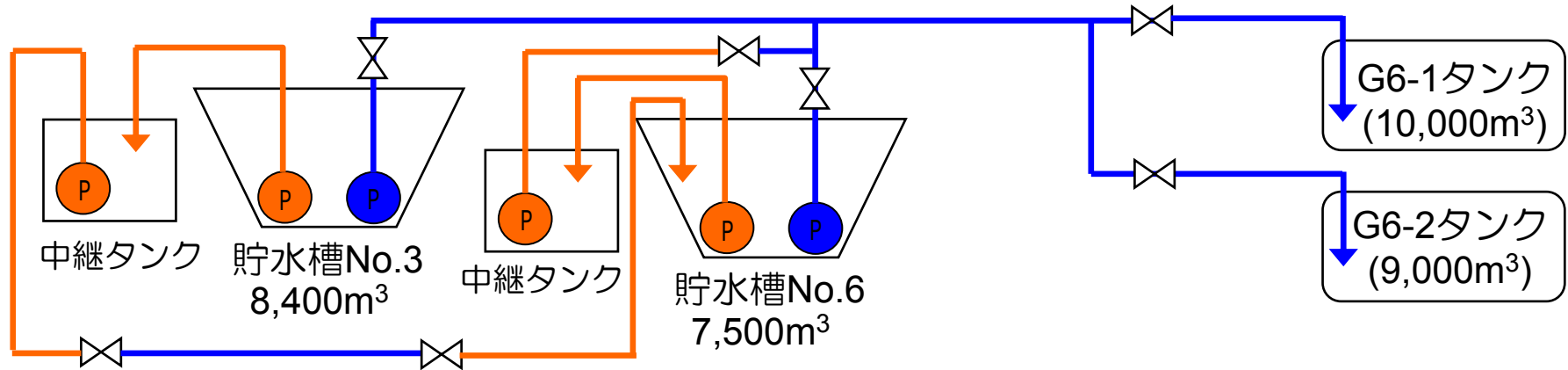
	5月			6月		
	1	11	21	1	11	21
イベント				中間報告 ▼		
水移送						
拡散状況調査 ・ 周辺観測孔 ・ 貯水槽背面						
				No.2ボーリング		
				水分析		
拡散防止対策 ・ 検知孔水回収 ・ ドレーン水回収						
				No.2ドレーン		
						
原因分析試験				試験片・モデル作成		
						

## 2-1. 各地下貯水槽の現在の貯水量（5/16現在）

- 地下貯水槽No.1、2の水は移送完了
- 5月18日にNo.3貯水槽の水を移送開始予定
- 6月初旬にはNo.6貯水槽の水まで移送完了予定

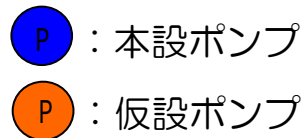


## 2-2. 地下貯水槽No.3, 6からG6タンクへの移送方法

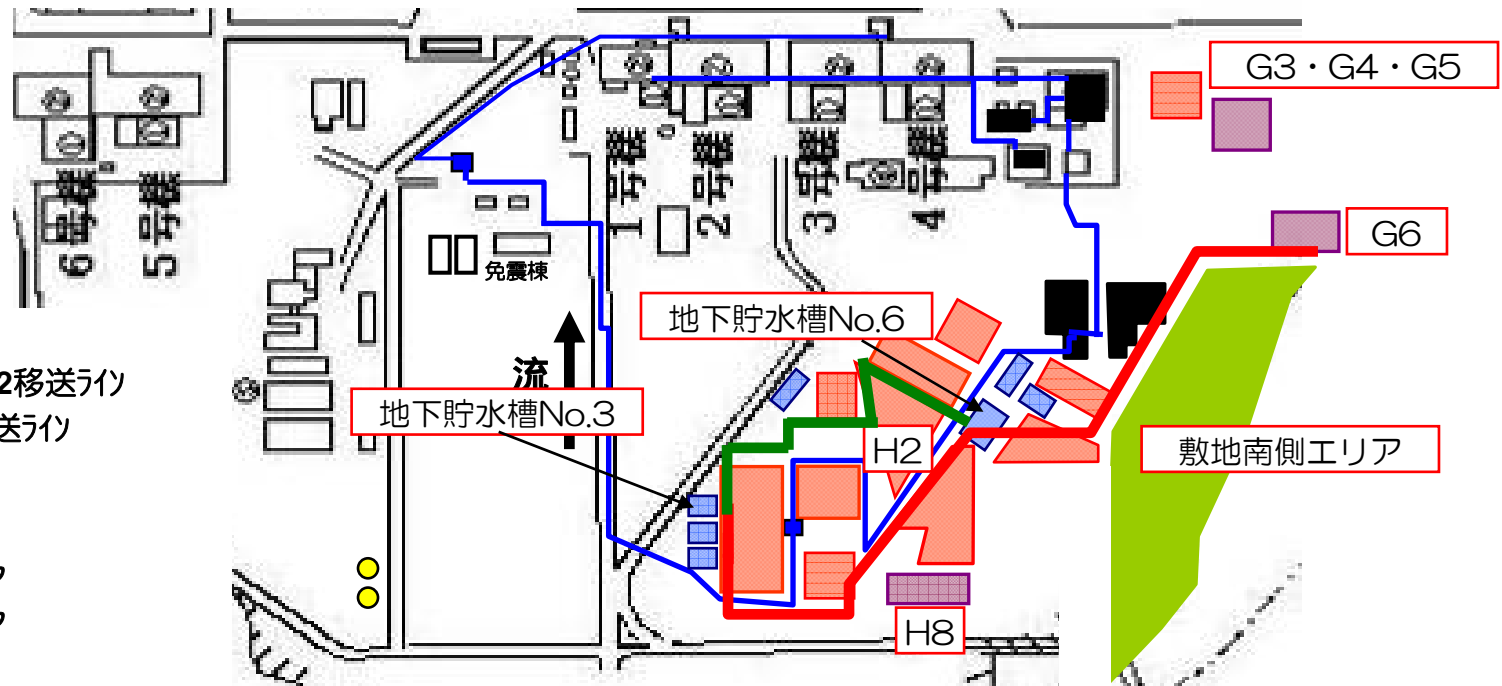


—: 本設PE管 (No.3→G6: 約1,200m, No.6→G6: 約450m)

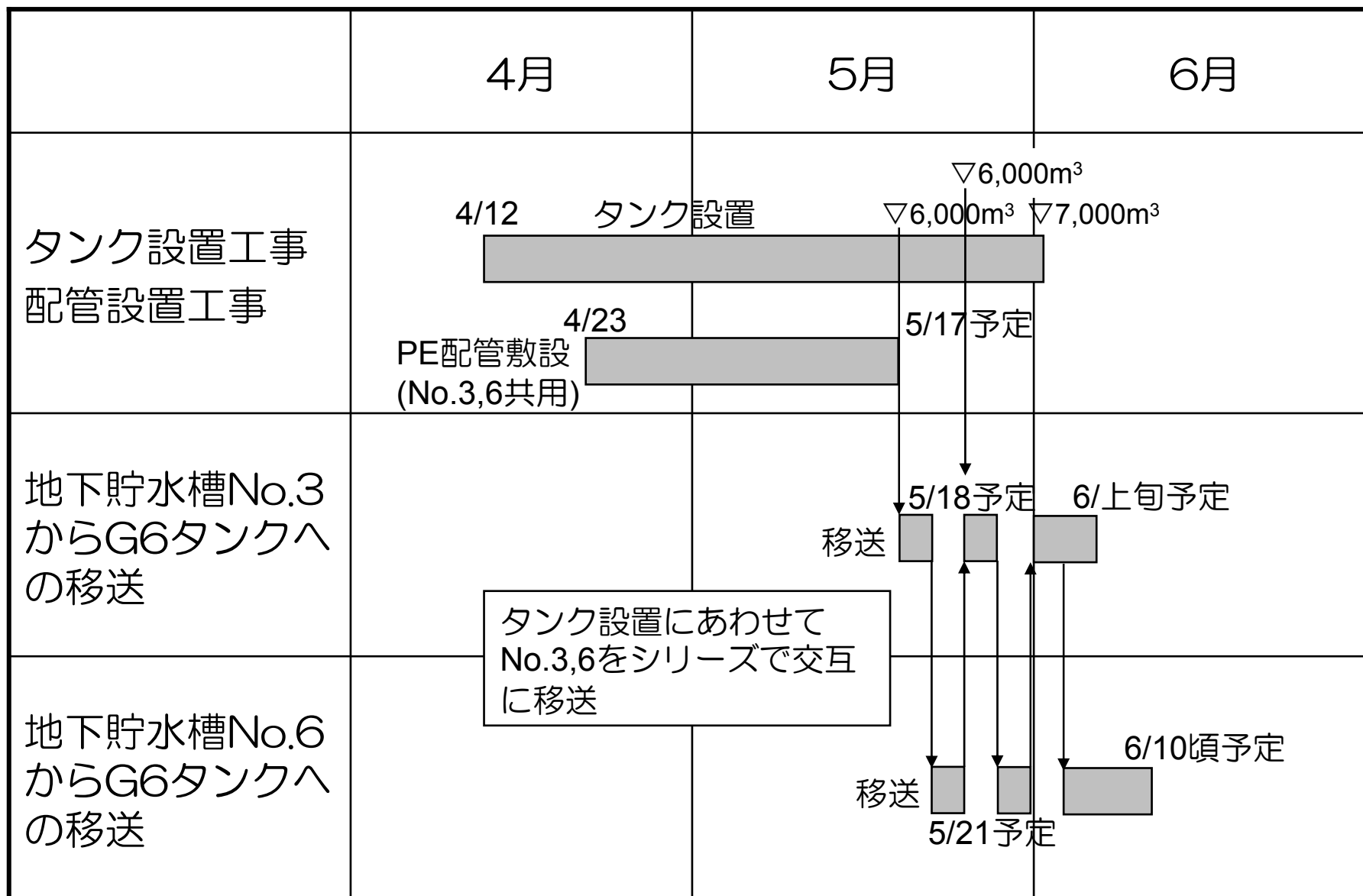
—: 仮設耐圧ホース (約350m)



- : 循環注水ライン
- : No.3,6→G6-1,2移送ライン
- : No.3→No.6移送ライン
- : 鋼製タンク
- : 地下貯水槽
- : 増設計画エリア
- : 増設検討エリア



## 2-3. G6タンクへの移送作業工程



## 2-4. 移送配管, G6タンクの構造健全性等

---

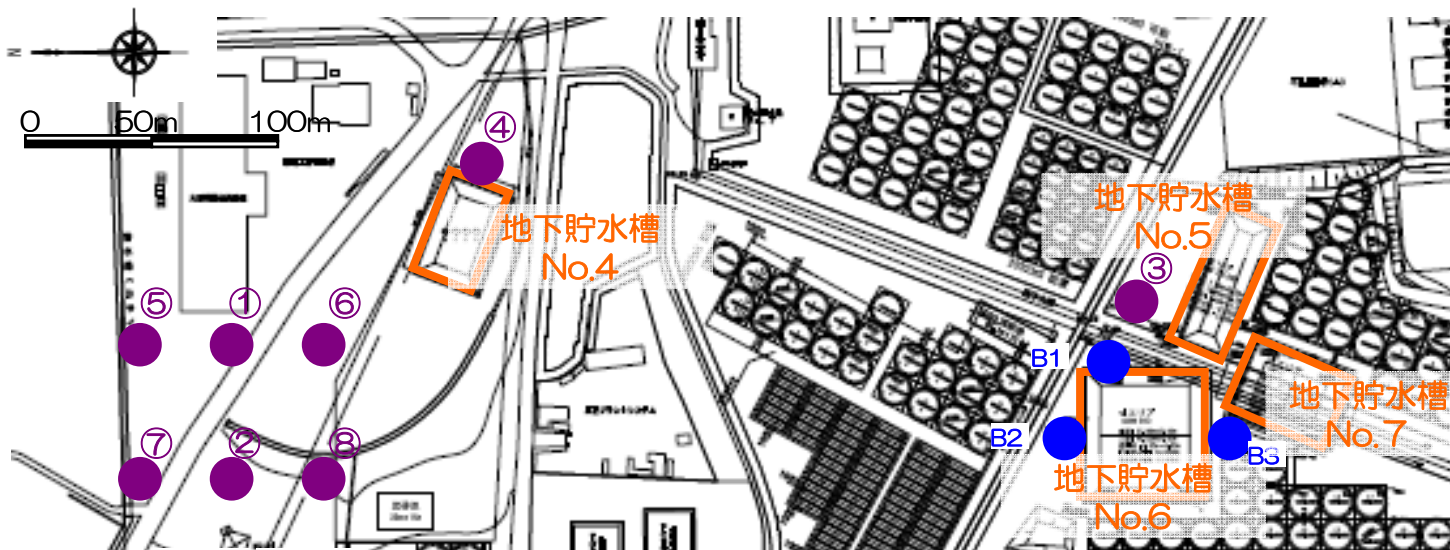
- (1) 配管仕様：ポリエチレン管（残水処理は一部耐圧ホースを使用）
- (2) タンク仕様：鋼製円筒タンク（フランジ接合構造）、内外面塗装
- (3) 構造健全性
  - ポリエチレン配管継手部は融着、仮設耐圧ホース継手部はフランジ接続
  - タンクは構造健全性評価及び漏えい試験を実施
- (4) 移送手順等
  - 本設ポンプ・ポリエチレン管による移送は、移送開始時は監視人を配置し、24時間連続運転
  - 仮設ポンプ・仮設耐圧ホースによる残水移送は、日中帯のみ移送を行い移送中に仮設ラインへの監視人を配置
- (5) 漏えい防止・監視
  - 水処理制御室で水位監視
  - パトロールによる監視
  - タンク基礎周辺に堰設置



## 3-1. 汚染水の拡散状況について

- 地下貯水槽周辺、海側観測孔のモニタリング結果は検出限界値未満
- 観測孔内の水位から、地下貯水槽周辺では地下水は北東の方向に流れており、海岸に近づくと真東に流れを変える
- 地下貯水槽周辺の地下水位を分析すると地下水面の動水勾配は $2\text{m}/200\text{m}=0.01$ 程度。この周辺の地盤の透水係数を $5 \times 10^{-4}\text{cm}/\text{sec}$ （透水試験速報値）とすると、地下貯水槽周辺の地下水面付近の流速は約1cm/日である
  
- 前回委員会の後、漏えい箇所特定のために、地下貯水槽背面において調査孔の掘削を実施
  - 貯水槽法面からの距離1.5m  
（汚染水が存在するドレーン設備までの距離1.1m）
- 調査孔の全β分析値は全て検出限界値未満で場所の特定には至らず  
→ 追加ボーリングを検討
  
- 漏えい箇所は特定できなかったが、ベントナイトシート外部への汚染水漏えい量は極めて少量と推定される

# 3-2. 新設観測孔モニタリング結果 (5/15現在)



● 新設観測孔(22箇所)  
(地下貯水槽周辺  
の汚染状況の把握)  
深度；約7~15m

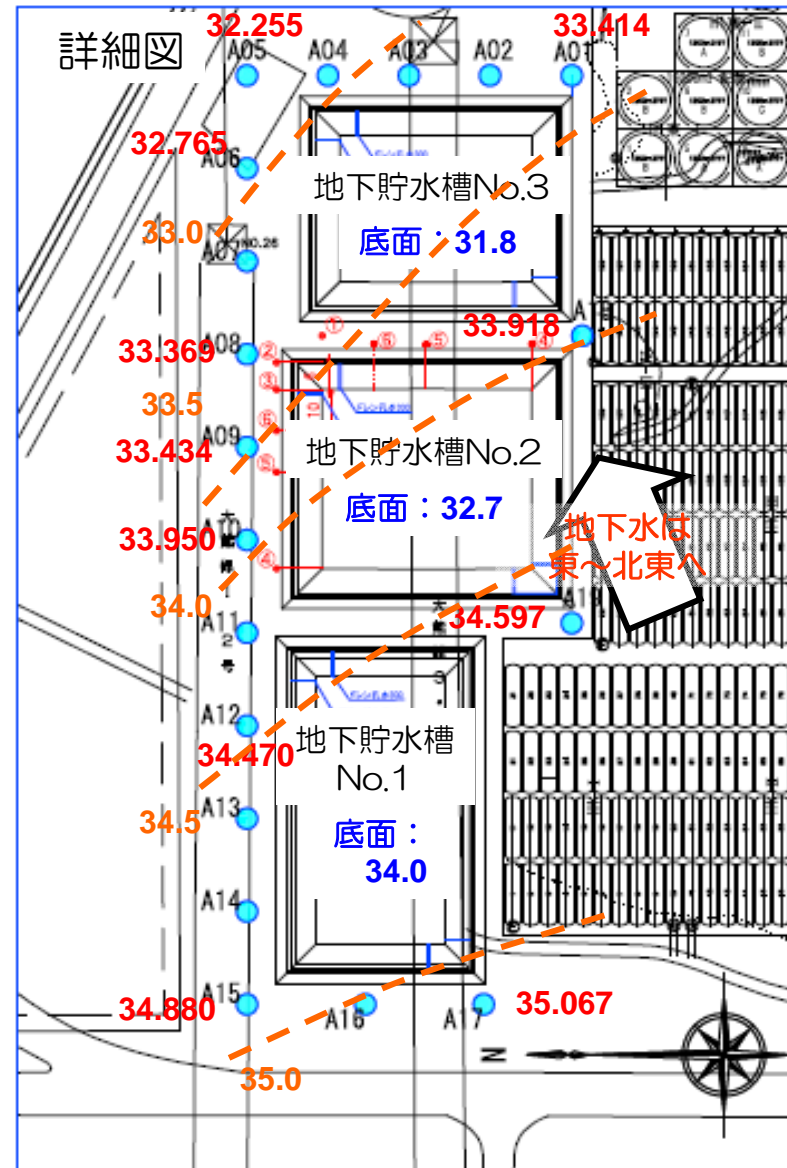
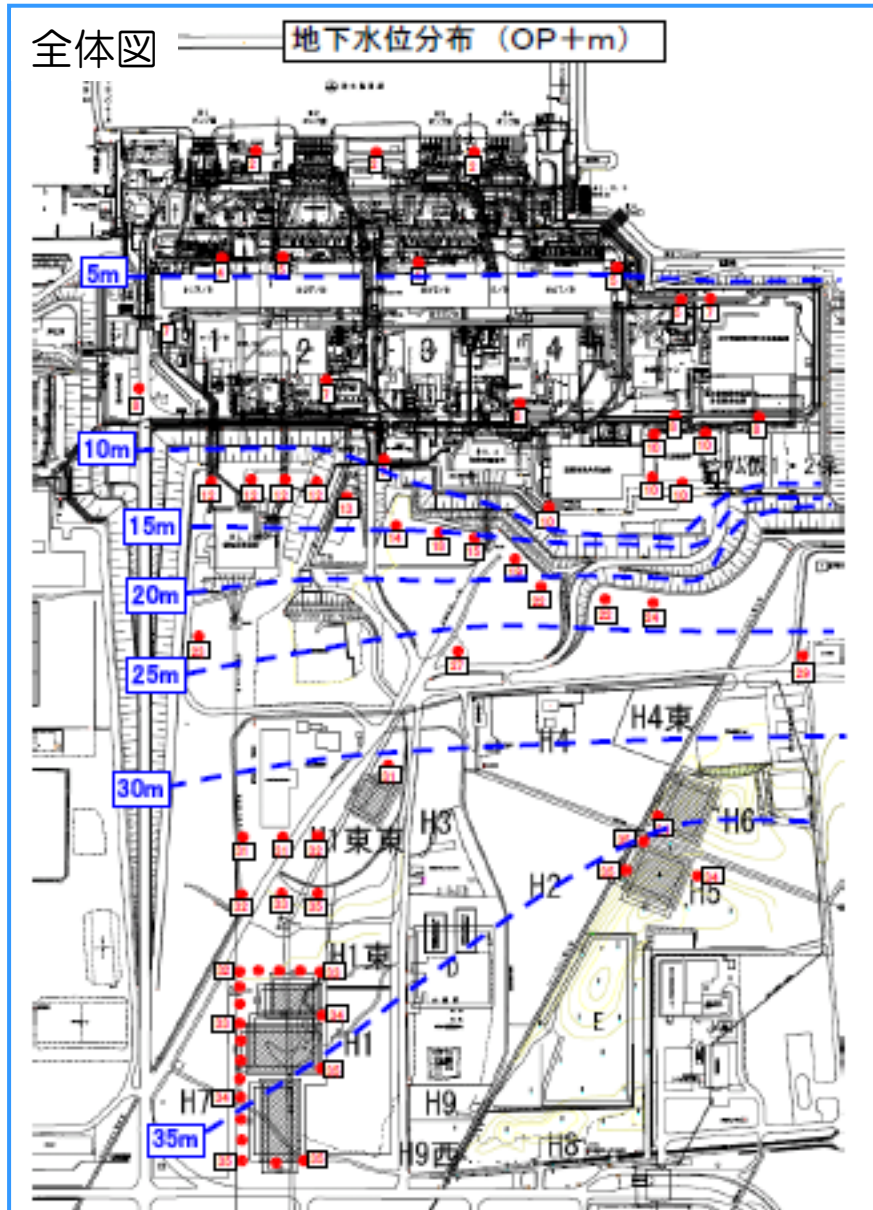
● 新設観測孔(8箇所)  
(海側への汚染拡大  
の継続的な監視)  
深度；約20~30m

観測孔 (深さ)	塩素濃度 ppm	全β Bq/cm <sup>3</sup>	観測孔 (深さ)	塩素濃度 ppm	全β Bq/cm <sup>3</sup>	観測孔 (深さ)	塩素濃度 ppm	全β Bq/cm <sup>3</sup>
A-1 (7.0m)	9	ND	A-12 (8.5m)	9	ND	① (21.4m)	8	ND
A-2 (11.3m)	10	ND	A-13 (7.0m)	10	ND	② (17.0m)	7	ND
A-3 (7.0m)	11	ND	A-14 (8.5m)	10	ND	③ (17.5m)	9	ND
A-4 (12.7m)	7	ND	A-15 (7.0m)	9	ND	④ (17.0m)	11	ND
A-5 (7.0m)	8	ND	A-16 (8.5m)	13	ND	⑤ (19.0m)	8	ND
A-6 (10.0m)	7	ND	A-17 (7.0m)	8	ND	⑥ (17.5m)	10	ND
A-7 (10.0m)	8	ND	A-18 (7.0m)	9	ND	⑦ (17.0m)	18	ND
A-8 (10.0m)	9	ND	A-19 (10.0m)	10	ND	⑧ (16.0m)	9	ND
A-9 (11.5m)	9	ND	B-1 (7.0m)	26	ND	備考	・分析は週1回実施 ・分析開始以降、全βは検出限界値未 満 (ND(<3.2E-02))	
A-10 (8.5m)	8	ND	B-2 (7.0m)	14	ND			
A-11 (11.5m)	35	ND	B-3 (7.0m)	9	ND			
備考	・分析は当面の間1日1回実施 ・分析開始以降、全βはほぼ検出限界値未満 (ND(<3.0E-02)) ※							

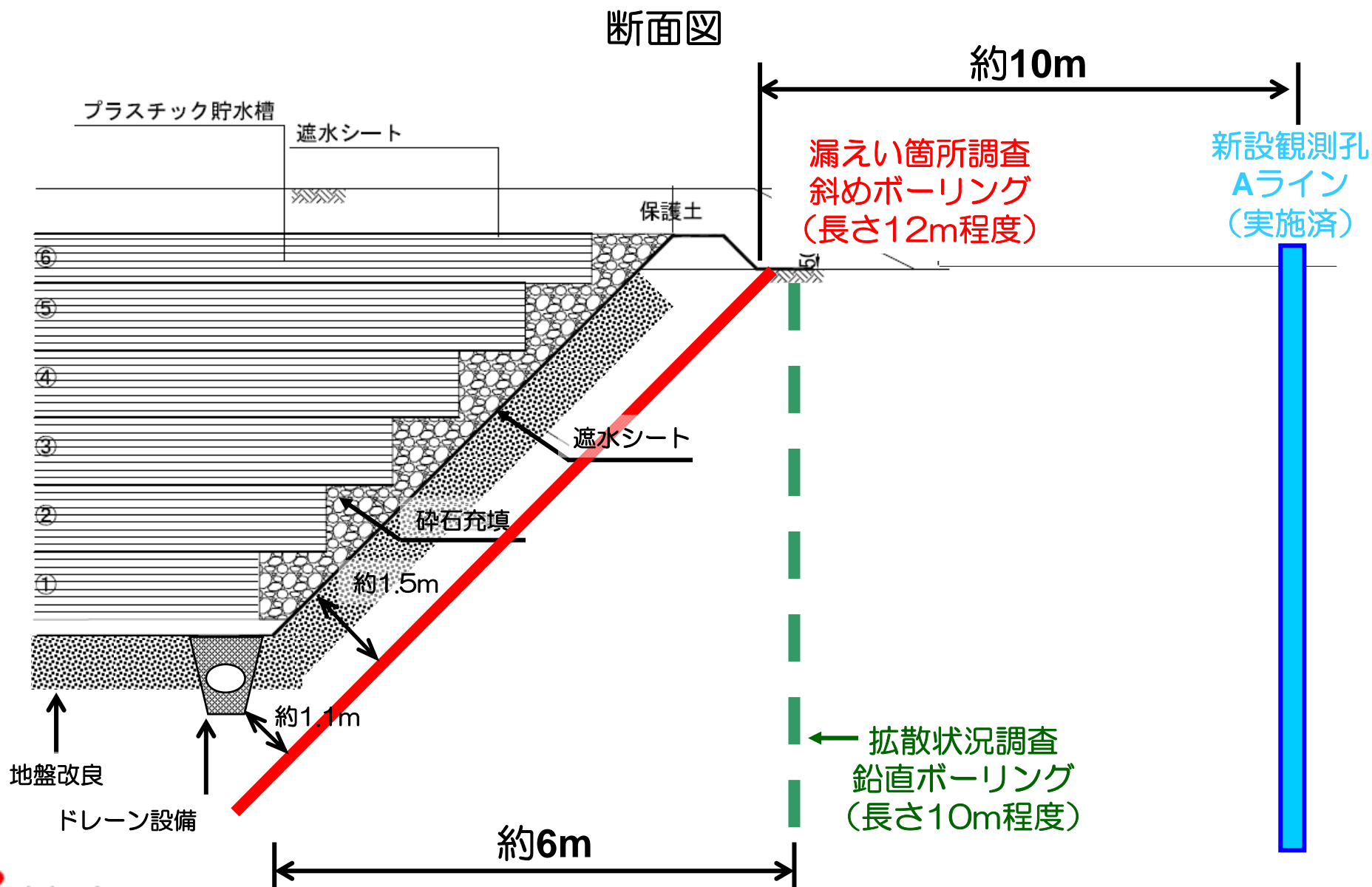
※ 4/26採水分において一部ND値を超えた測定結果があったが、その後は全てND

■ 5/15採水分の分析結果  
■ 5/13~14採水分の分析結果

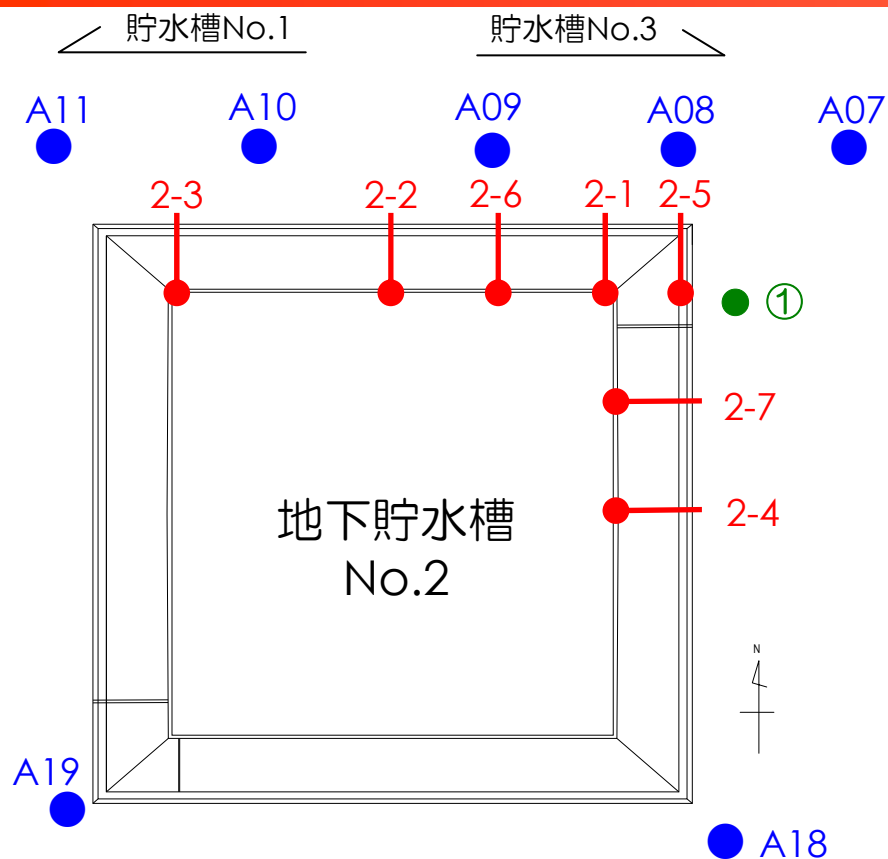
### 3-3. 地下貯水槽周辺地下水モニタリング結果 (5/13現在)



### 3-4. 漏えい箇所・拡散状況追加調査（拡散状況）



# 3-5. No.2地下貯水槽周辺ボーリング調査結果



- : 地下貯水槽観測孔Aライン  
(全19箇所のうち、周辺の7箇所抜粋)
- : 地質調査孔 (拡散状況調査)  
(1箇所)
- : 地下貯水槽No.2観測孔 (漏えい箇所調査)  
(7箇所) [斜めボーリング]

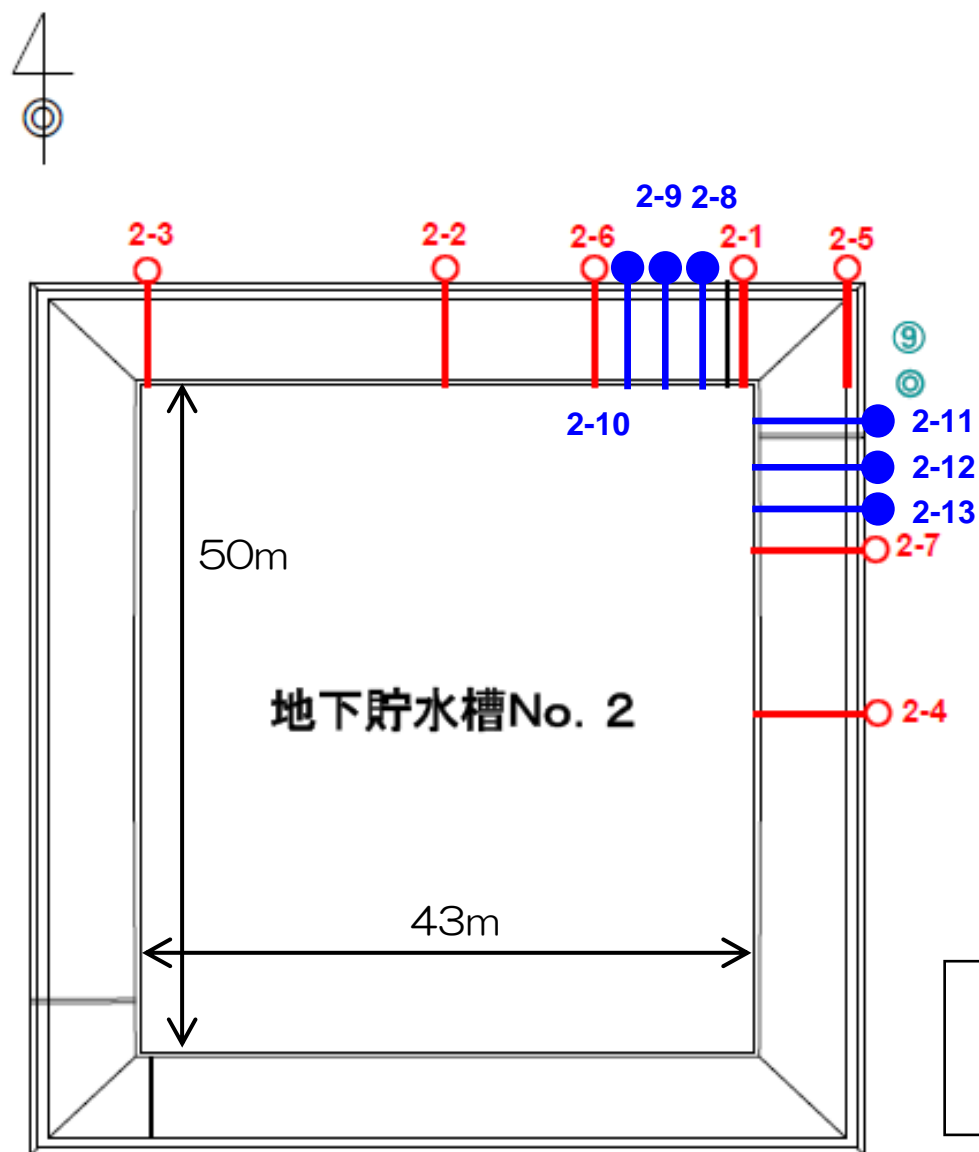
地下貯水槽 No.2観測孔	採取日	全β (Bq/cm <sup>3</sup> )
2-1	5月10日	ND
2-2	5月10日	ND
2-3	5月8日	ND
2-4	5月8日	ND
2-5	5月12日	ND
2-6	5月12日	ND
2-7	5月13日	ND

地質調査孔	採取日	全β (Bq/cm <sup>3</sup> )
①	5月12日	ND

地下貯水槽 観測孔	採取日	全β (Bq/cm <sup>3</sup> )
A-7	5月15日	ND
A-8	5月15日	ND
A-9	5月15日	ND
A-10	5月15日	ND
A-11	5月15日	ND
A-18	5月15日	ND
A-19	5月15日	ND

ND : 検出限界値未満  
( $2.8 \sim 3.2 \times 10^{-2} \text{Bq/cm}^3$ )

### 3-6. 今後のNo.2地下貯水槽背面ボーリング調査計画



■これまでの調査では地下水の汚染が確認されず、漏えい箇所の特定に至っていないことから、汚染水の存在が確認されている北東側の漏えい検知孔・ドレーン孔周辺において、2～3m間隔で斜めボーリングを追加実施し、地下水汚染の有無を確認する

- 調査済みの箇所
- 今後の調査予定箇所

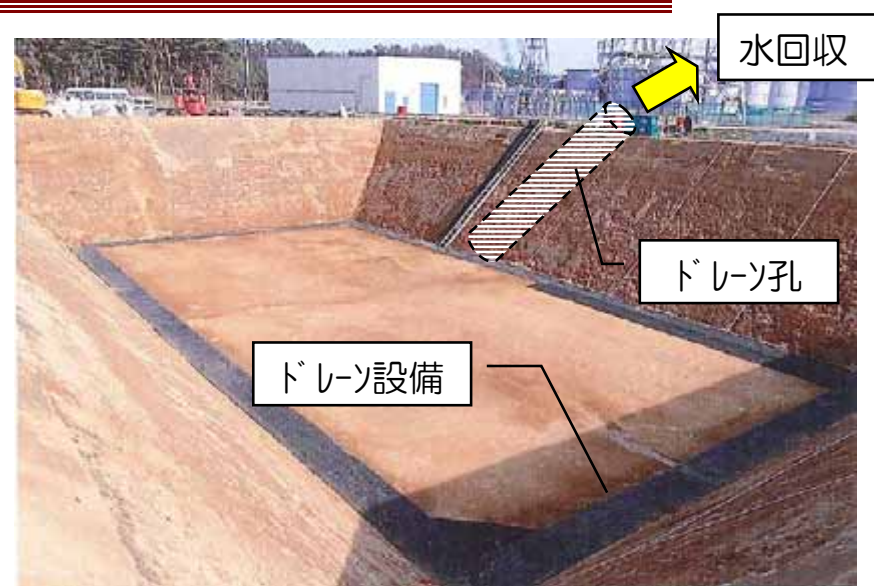
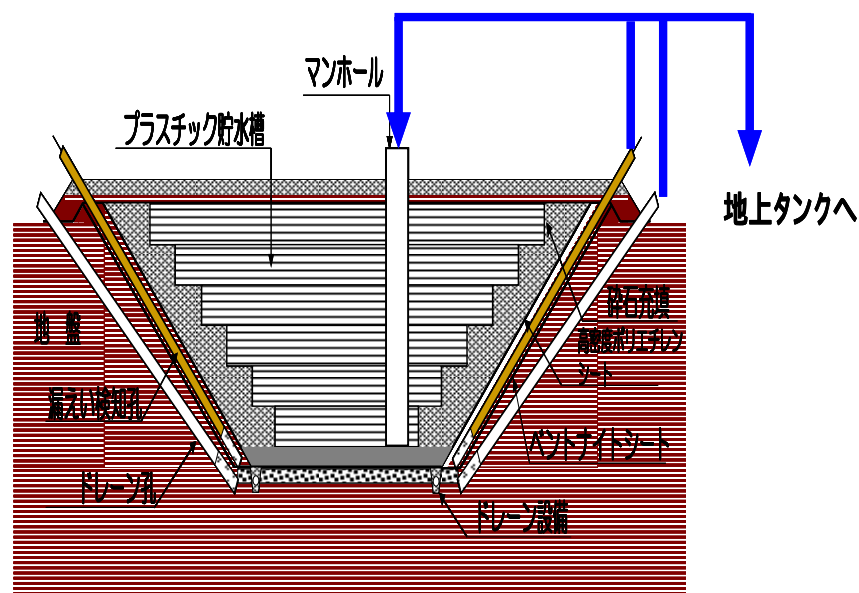
## 3-7. 拡散防止対策（検知孔内水・ドレーン内水回収）

### 【検知孔からの汚染水回収】

- 漏えいが確認された地下貯水槽No.1,2,3に関しては、汚染水拡散防止の観点から、H25.4.10のNo.1貯水槽を皮切りに順次検知孔内（ベントナイトシート内側）の汚染水の回収を実施してきた。H25.5.13までの回収量はNo.1：約2m<sup>3</sup>、No.2：約4m<sup>3</sup>、No.3：約5m<sup>3</sup>
- この対策により、3つの貯水槽の検知孔内の塩素イオン濃度、全βの値とも大幅に下がっていることから、ベントナイトシート内側に存在する汚染水の大半を回収できたものと考えられる

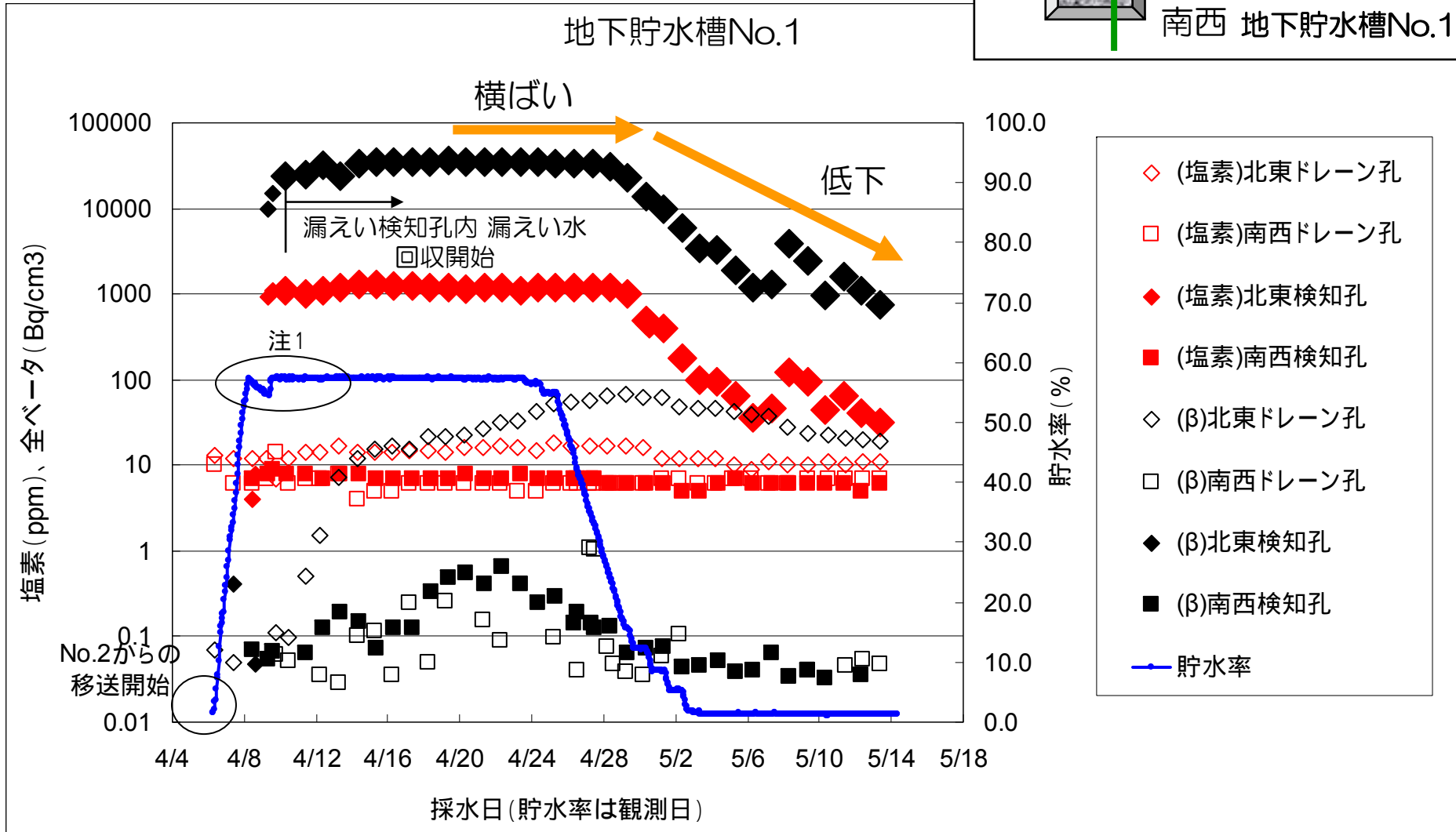
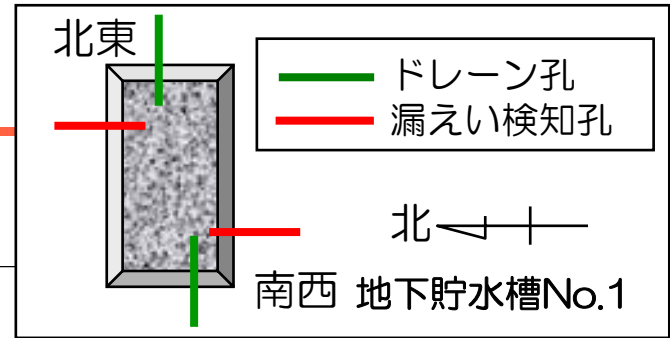
### 【ドレーン設備からの汚染水回収】

- また、H25.5.9より、ドレーン設備からの水の回収を開始
- H25.5.14現在、6m<sup>3</sup>の水の回収を完了（ドレーン設備の全体の容量は約17m<sup>3</sup>）
- 回収した水の汚染レベルは全β濃度で最高3.9Bq/cm<sup>3</sup>
- 放射性物質の回収量は1.1×10<sup>7</sup>Bq
- 最も漏えい水が滞留しやすいと考えられるドレーン設備から高レベルの汚染水が発見されず、6m<sup>3</sup>の水（原水換算0.2リットル）の回収で全β濃度が1/4になったところから、大量の汚染水は存在しないと考えられる



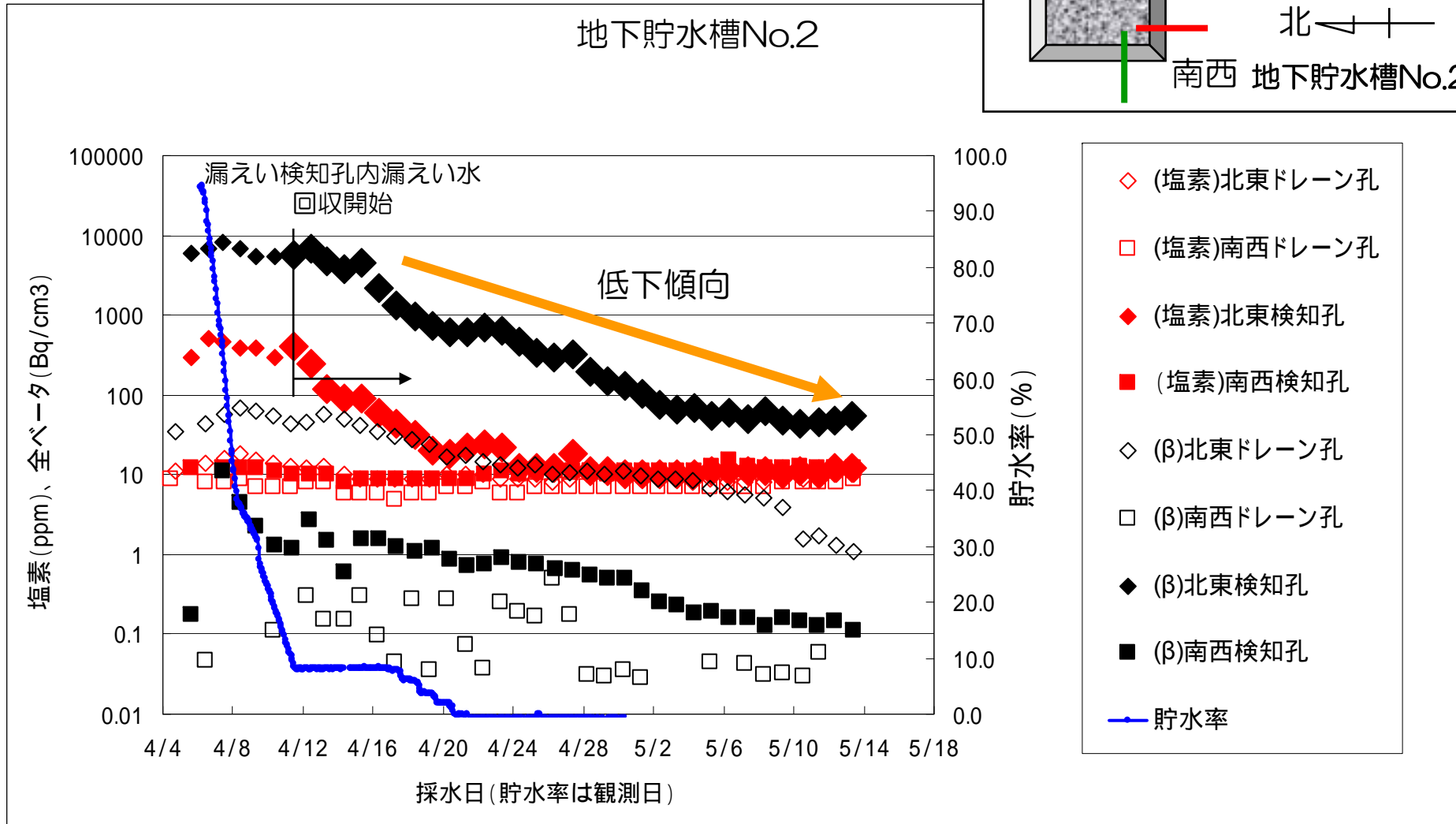
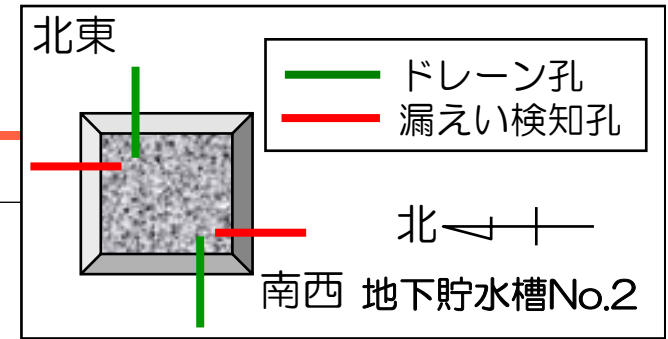
# 3-8. 地下貯水槽 No.1データ

注1：地下貯水槽No.2からNo.1への移送ポンプ停止後、サイフォン効果によりNo.2に水が一部戻ったため水位低下。4/9に再度移送。



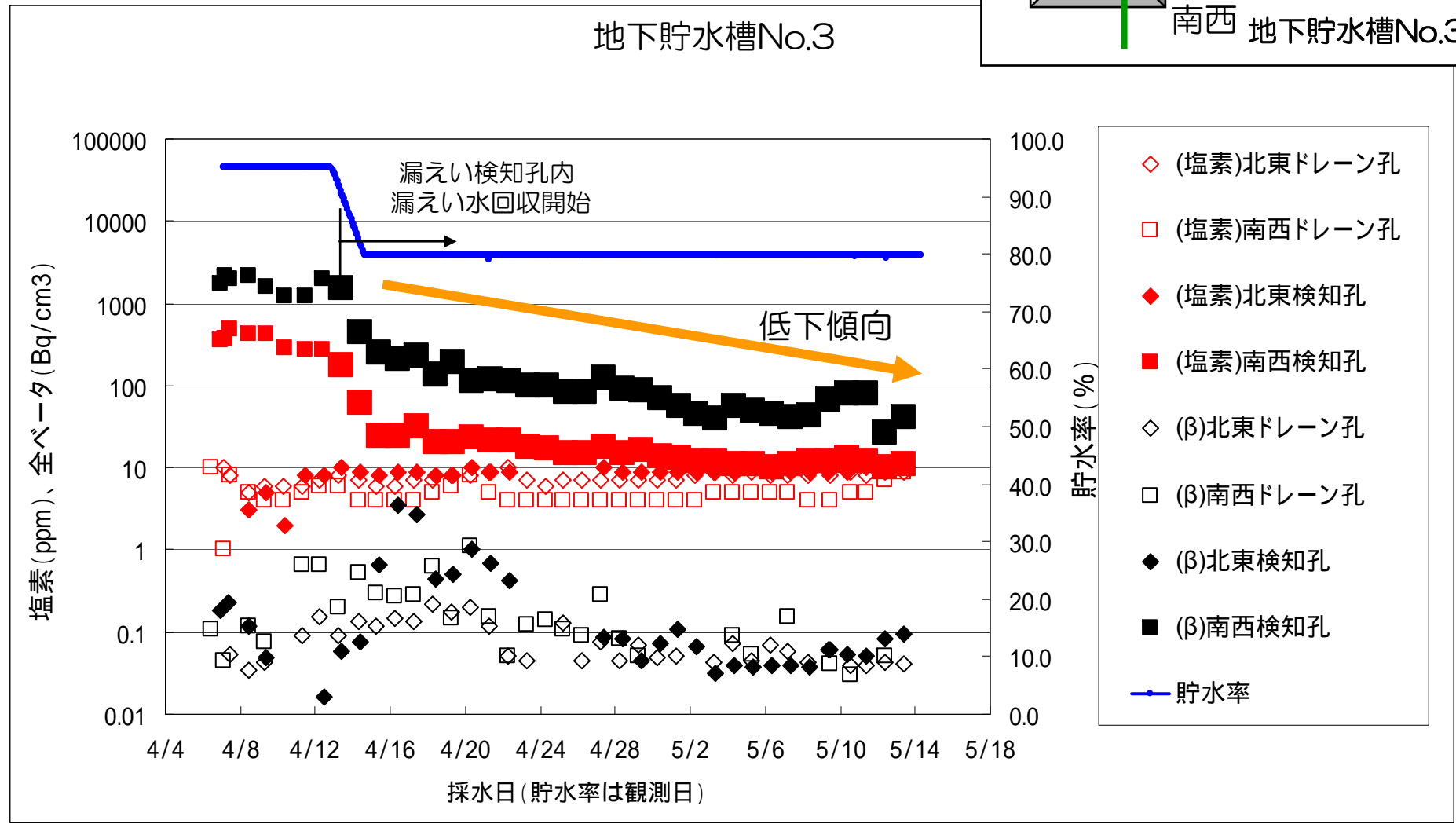
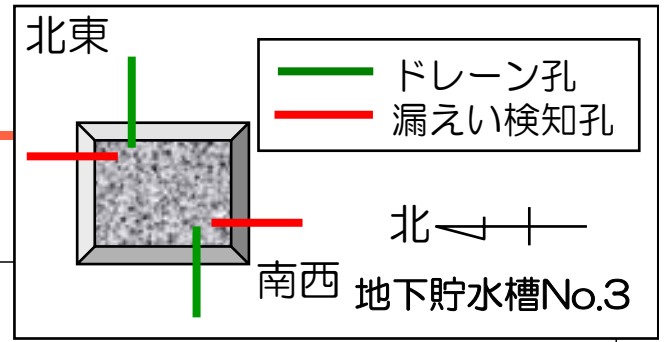


# 3-9. 地下貯水槽 No.2データ



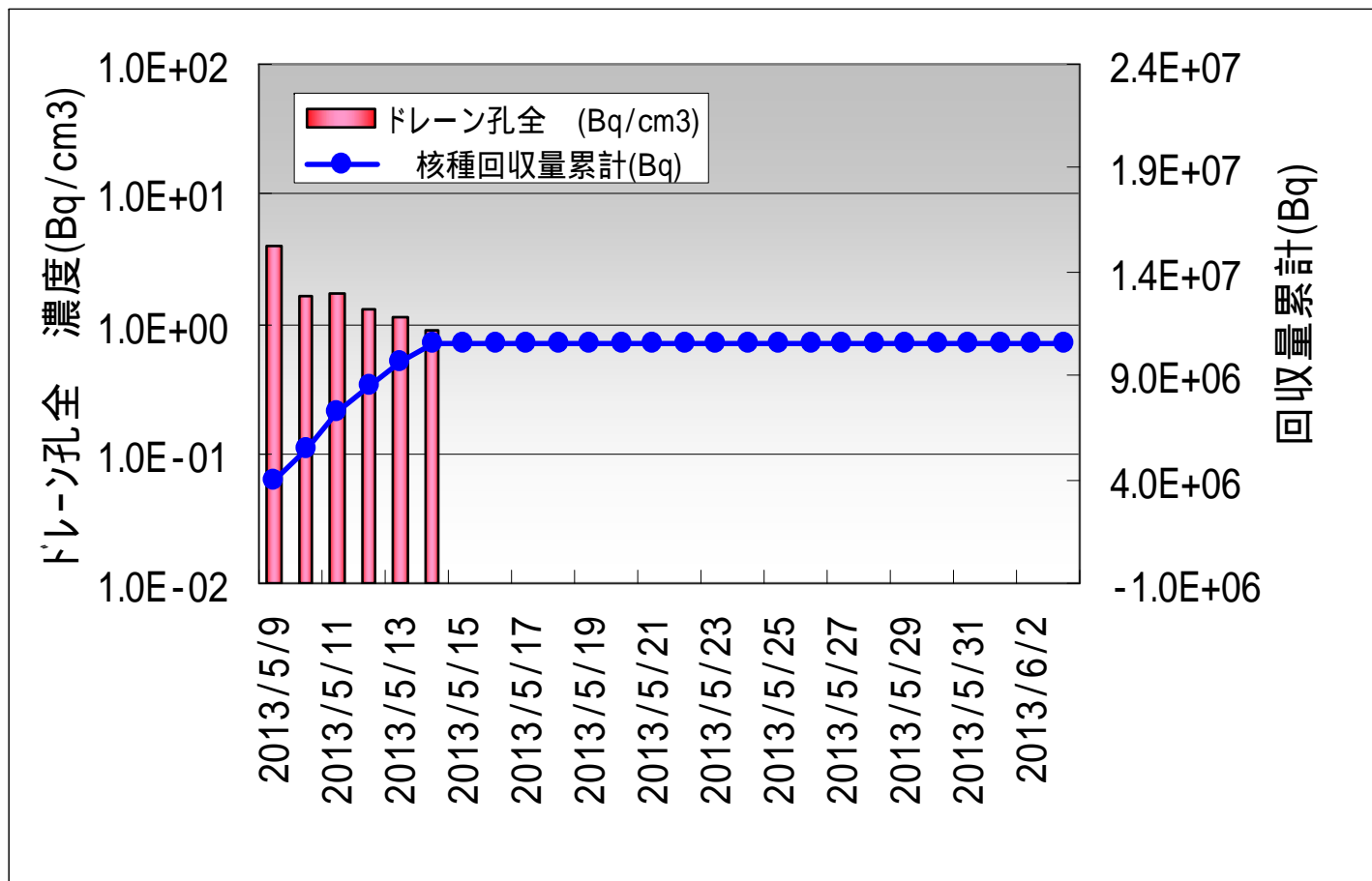
検知孔からの汚染水回収を50ℓ/日程度（原水換算数リットル程度）で開始したところ、汚染レベルが急激に低下したため、もともとの漏えい量は少量

# 3-10. 地下貯水槽 No.3データ



# 3-11. ドレーン孔・ドレーン設備の水抜き結果

No.2地下貯水槽



6m<sup>3</sup> (原水換算で0.2リットル) を回収しただけで、全β濃度は1/4程度に低下 → 大量の汚染水は存在しない

## 4-1. 漏えい量の推定

- (1) No.2地下貯水槽背面ボーリング孔からの採水により近傍で地下水汚染が確認されていないこと、(2) ドレーン孔からの水の回収結果から放射性物質は少量しか確認されなかったこと、(3) 当該水位計に不具合が認められることから、**漏えい量は当初考えていた120m<sup>3</sup>よりも極めて少量であることが考えられる**
- そのため、漏えいのメカニズムを想定し、次の2つの方法により漏えい量を推定した
  - **検知孔水位ベース法**：漏えい検知孔の水位変化に着目して、高密度ポリエチレンシート（HDPE）－ベントナイトシート間の浸出量は空隙の容量、ベントナイトシート外部への漏えい量については透水計算に基づきそれぞれ計算
  - **希釈率法**：高密度ポリエチレンシート（HDPE）－ベントナイトシート間の浸出量とベントナイトシート外部への漏えい量は、それぞれ検知孔内汚染水回収量・濃度（全β）ならびにドレーン設備内の水量・濃度（全β）と貯水槽内の水の濃度比（希釈率）から計算

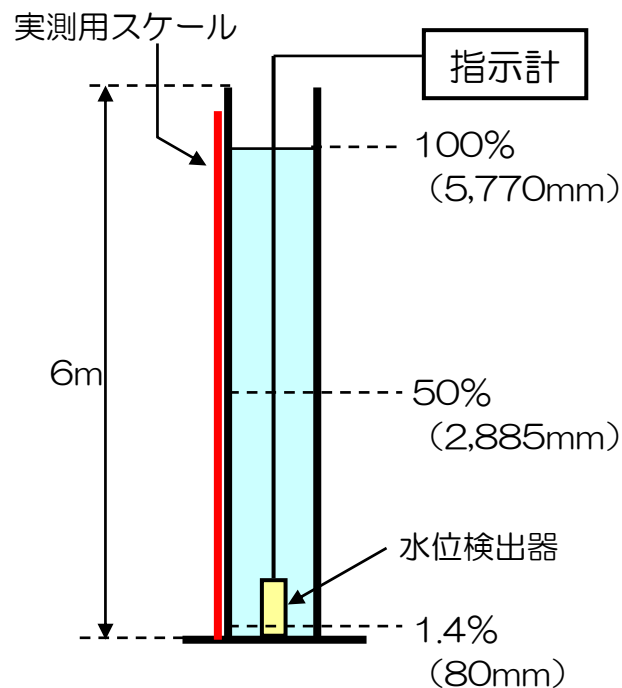
場 所	推定方法	No.1 地下貯水槽	No.2 地下貯水槽	No.3 地下貯水槽
HDPEシートと ベントナイト シートの間	検知孔水位ベース法	— (注1)	約300 <sup>リットル</sup>	— (注2)
	希釈率法	約70 <sup>リットル</sup>	約300 <sup>リットル</sup>	約20 <sup>リットル</sup>
ベントナイト シート外部	検知孔水位ベース法	— (注1)	約20 <sup>リットル</sup>	— (注2)
	希釈率法	約10 <sup>リットル</sup>	約10 <sup>リットル</sup>	— (注3)

(注1) 漏えい検知孔水位データなし、(注2) 漏えい検知孔水位の上昇が見られないため、推定不可、(注3) 有意な漏えい確認なし

## 4-2. No.2地下貯水槽の水位計点検結果

- 仮設水柱（ろ過水）による水位計指示値と実測値の比較を行ったところ、本来100%であるべき水位に対し、水位計指示値に-0.6%のドリフト※が生じていることが確認された。

※経時的に指示値がずれていくこと

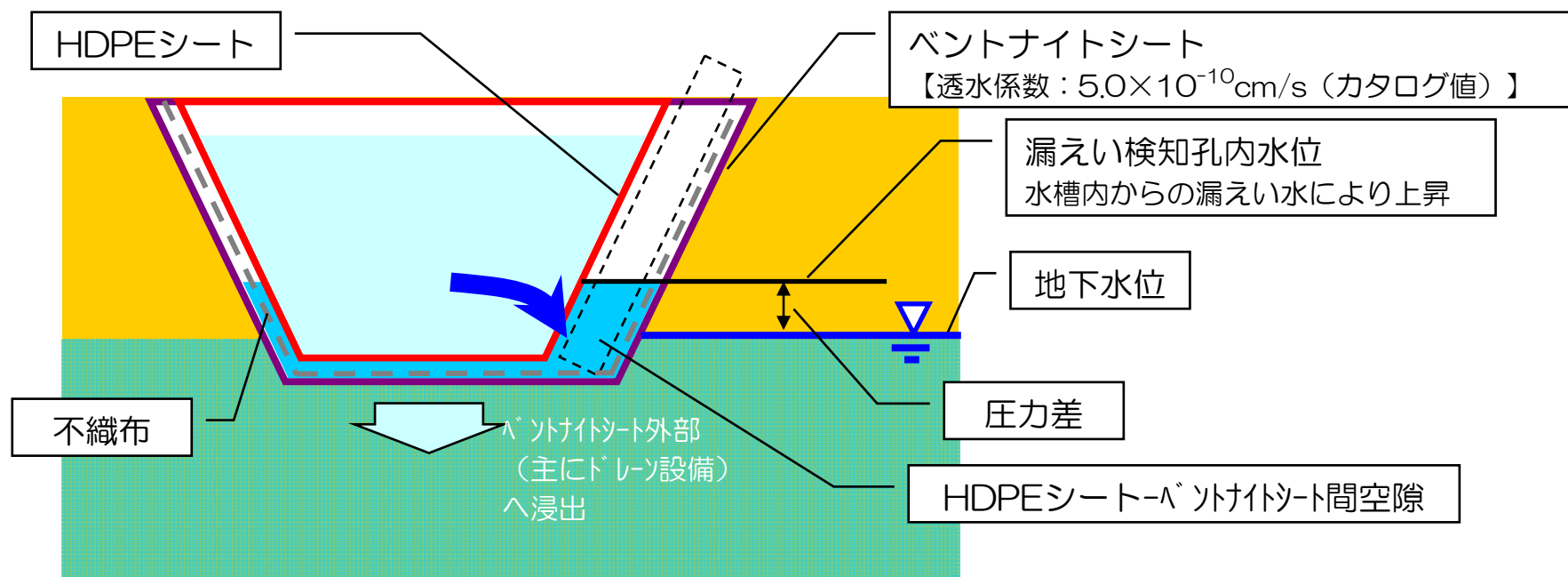


水位計点検の詳細

	水位実測値	水位計指示値	差分
NO.2地下貯水槽 竣工時	98.06% (5,658mm)	98.0% (5654.6mm)	-0.06%
水位計点検時 (4月25日)	100% (5,770mm)	99.4% (5,735mm)	-0.6%

そのため、NO.2地下貯水槽に設置した水位計は、実際の水位低下を表していないと考えられる。

## 4-3. 漏えい量の推定方法 ～ 検知孔水位ベース法（概要）



- 2重のHDPEシートから漏えいした汚染水は、ベントナイトシートとHDPEシートの間（不織布）の空隙とここに設置されている漏えい検知孔の空隙に浸出
  - 漏えい検知孔の水位上昇分と空隙のボリュームから浸出量を計算
- 漏えい検知孔内水位と周辺地下水位の圧力差が生じ、ベントナイトシートから外部（主に透水性の高いドレーン孔）に汚染水が漏えい
  - 圧力差とベントナイトシートの透水係数、水に接している面積からベントナイトシート外部への漏えい量を計算

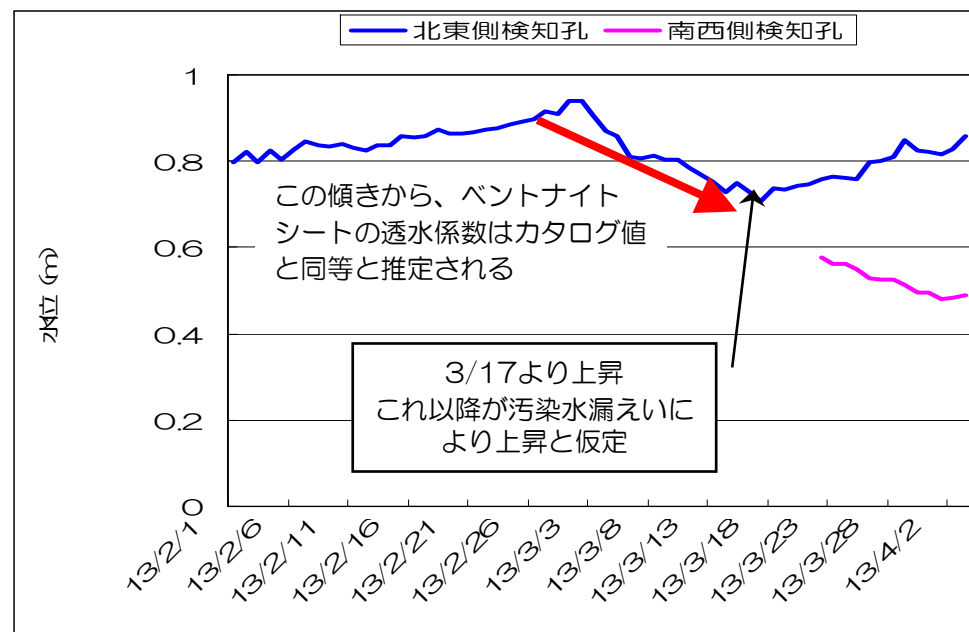
## 4-4. 漏えい量の推定方法 ～ 検知孔水位ベース法（詳細）

### ■ 空隙量の計算に基づく漏えい量

- 計算式：漏えい量＝漏えい検知孔内水位の上昇分（3/17の北東側検知孔水位0.71mからの上昇分）  
×漏えい検知孔内水に浸潤している不織布の面積×不織布厚  
＋漏えい検知孔内水位上昇分の容量
- 水位条件：北東漏えい検知孔の水位分、汚染水が充填している
- 不織布の状態：シート間は6.5mmの不織布が敷設されているが、満水時の水頭5.5m作用時には試験結果より体積歪：41%、気孔容積：90%となっていると仮定
- 計算の結果：3/17～4/10の間、73%の水が増えている。  
下のベントナイトシートの透水性に基づいた計算の結果、同期間でベントナイトシート外に 212リットルの水がベントナイトシートの外に出ていることから、HDPEシートからベントナイトシート間への漏えい量は 285リットルと推定される

### ■ ベントナイトシートの透水性に基づいた推定

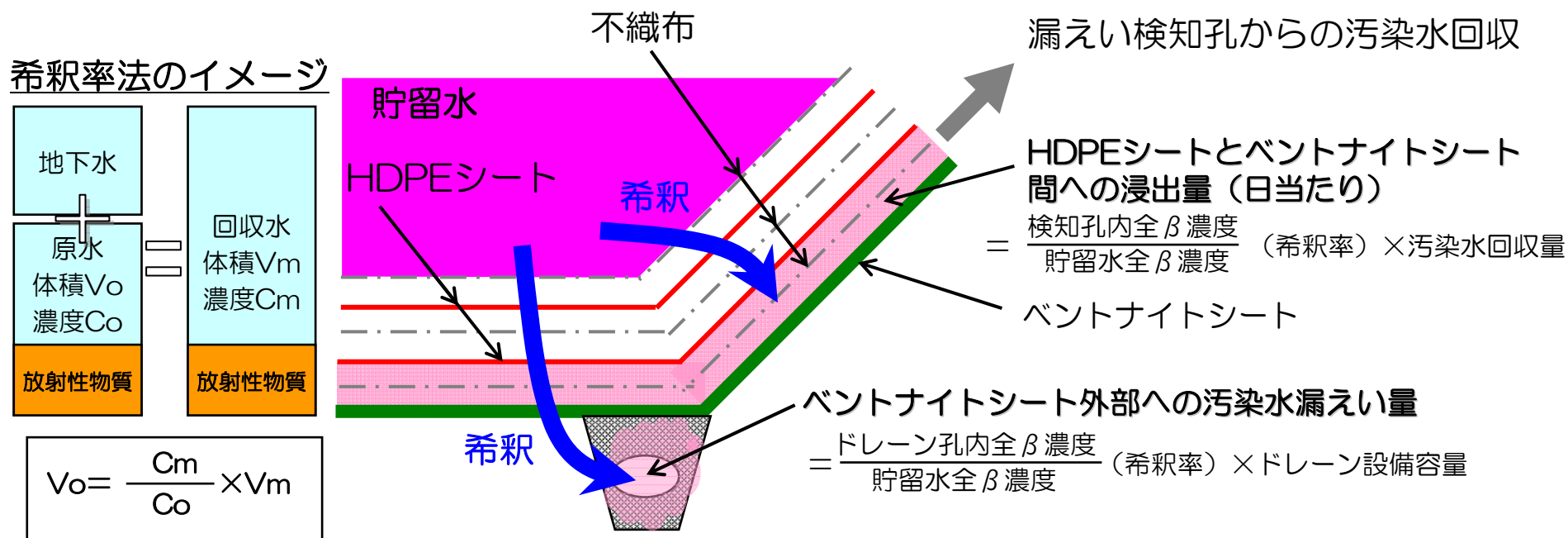
- ベントナイトシート内作用水圧：検知孔水位に基づき算出
- ベントナイトシート透水係数：  
 $5 \times 10^{-10} \text{cm/sec}$ （カタログ値）
- 透水量：212リットル\*  
（※地下水を含む量）
- 透水量のうち、汚染水（貯水槽内原水）の比率は  $285 \text{リットル} / 4385 \text{リットル} = \text{約} 7\%$
- よって、ベントナイトシートを通過する汚染水（貯水槽内原水）は  
 $212 \text{リットル} \times 7\% = \text{約} \underline{15 \text{リットル}}$



（参考）ドレーン孔水位【4/14】：約0.78m（北東）、約0.62m（南西）

## 4-5. 漏えい量の推定方法 ～ 希釈率法（概要）

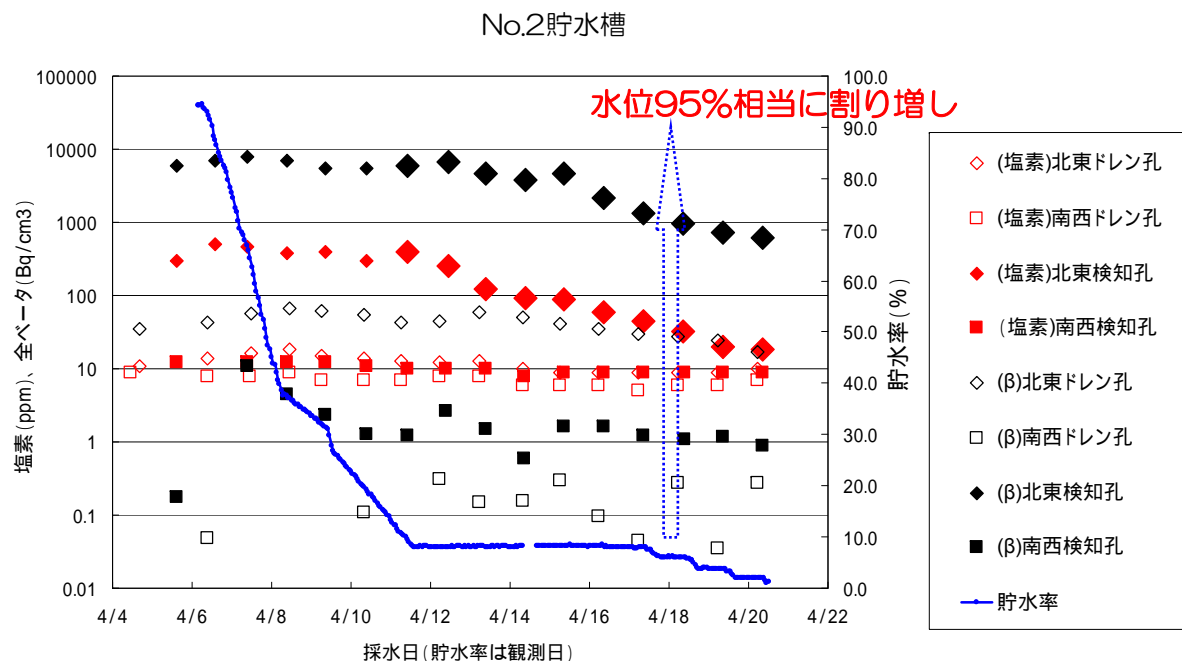
- 漏えい検知孔からの汚染水回収により、漏えい検知孔内の汚染レベルが低下
  - 回収された汚染物質質量 > HDPEシートとベントナイトシート間に浸出した汚染物質質量
  - 評価は保守側に推定して、回収された汚染物質質量 = HDPEシートとベントナイトシート間に浸出した汚染物質質量と仮定
- HDPEシートとベントナイトシート間への浸出量は、漏えい検知孔から回収した水の量と全β濃度と貯留していた水的全β濃度\*の比（希釈率）から計算
- ベントナイトシート外部への漏えい量については、ドレーン設備の容量と全β濃度と貯留していた水の濃度\*の比（希釈率）から計算



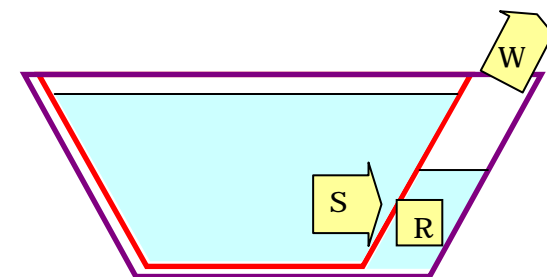
\* No.2地下貯水槽貯留水的全β濃度 (Bq/cm<sup>3</sup>) は、 $6.6 \times 10^4$ 、 $1.4 \times 10^5$ の2つの測定結果があるが、より保守的な $6.6 \times 10^4$ を採用



# 4-6. 漏えい量の推定方法 ～ 希釈率法（詳細）



漏えい検知孔水抜き循環



抜水の放射性物質含有量 $W$ (Bq)  $\gg$  漏えい水の放射性物質含有量 $S$ (Bq)

$$W = \text{抜水量 } Q_w \times \text{検知孔濃度 } B_w$$

$$S = \text{漏えい量 } Q_s \times \text{原水濃度 } B_s$$

## 【HDPE-ベントナイトシート間への漏えい量】

- No.2では4/11～20の間の漏えい検知孔水抜き循環で検知孔内の全 $\beta$ 濃度が下がったということは「抜水の放射性物質含有量 $W \gg$  漏えい水の放射性物質含有量 $S$ 」になったと考えられる
- しかしながら、ここでは保守的な推定として「 $W=S$ 」と仮定する
- No.2貯水槽の原水濃度（全 $\beta$ ）は、 $6.6 \times 10^4 \times 10^5 \text{ Bq/cm}^3$
- 日漏えい原水量は、 $\text{Ave.}(Q_w \times B_w / B_s) = 12 \text{ リットル/日}$   
(4/11～20には貯水槽内水位が低下しているため、95%水位相当に割り増して算出)
- 漏えいが3/17に発生したと仮定した場合、漏えい検知孔の汚染水回収前の4/10までの間に**288リットル**漏えいしたと考えられる

## 【ベントナイトシート外部への漏えい量】

■ 算出方法：漏えい量 =  $\frac{\text{ドレン孔全 } \beta \text{ 濃度 (Bq/cm}^3) \times \text{ドレン設備空隙量 (\%)}}{\text{貯水槽内原水全 } \beta \text{ 濃度 (Bq/cm}^3)}$  = **9リットル**

- 原水濃度（全 $\beta$ ）： $6.6 \times 10^4 \text{ Bq/cm}^3$
- ドレン孔内最大濃度（全 $\beta$ ）： $68 \text{ Bq/cm}^3$
- ドレン設備： $9 \text{ m}^3$ （ドレン設備の容量は $17 \text{ m}^3$ だが、汚染が北東のみであること、中央で水勾配がついていることから半分の容量で計算した）

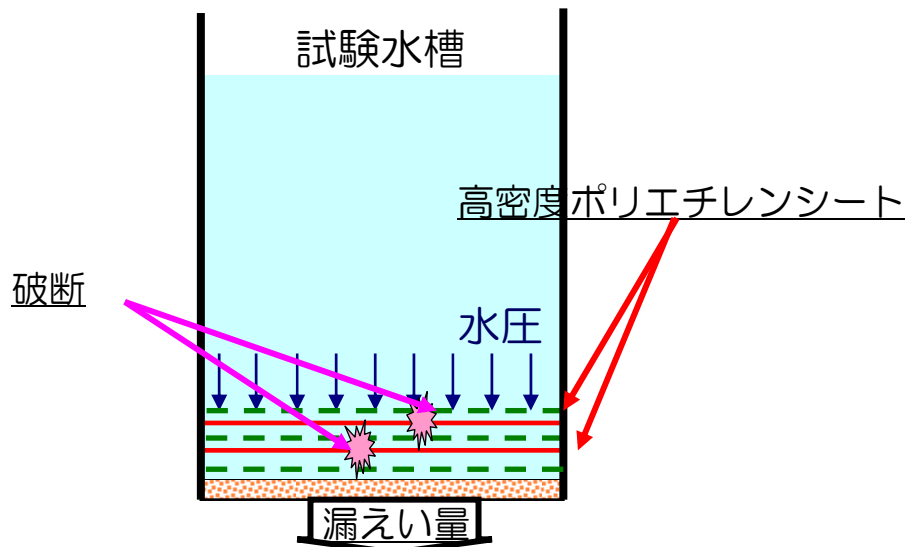
## 5-1. 原因分析試験計画

---

- 漏えい量が少量である可能性が高いことから、まずは高密度ポリエチレンシートの破断規模を確認する試験を実施（これにより破断原因の絞込みができる可能性あり）
- その後、推定破断メカニズムを模擬した試験を実施予定

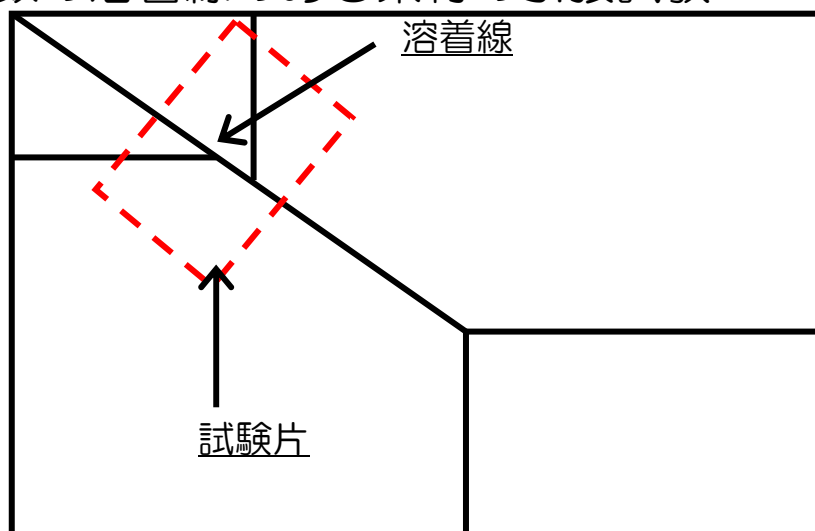
## 5-2. モデル試験計画（概要）

### ■破断の大きさと漏えい量の関係を確認する素材試験

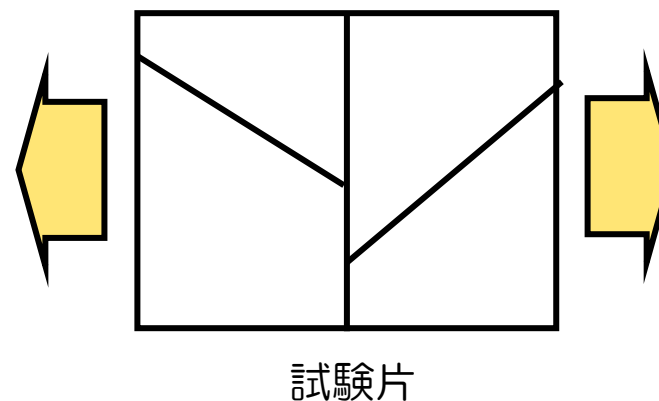


- 直径1mm～数cmの貫通孔をHDPEに設ける
- 三軸試験機を使用して、水頭5～6m程度をかけて漏えい量を測定する
- 目的としては、今回の漏えい量はどの程度の傷で発生しているかを確認する

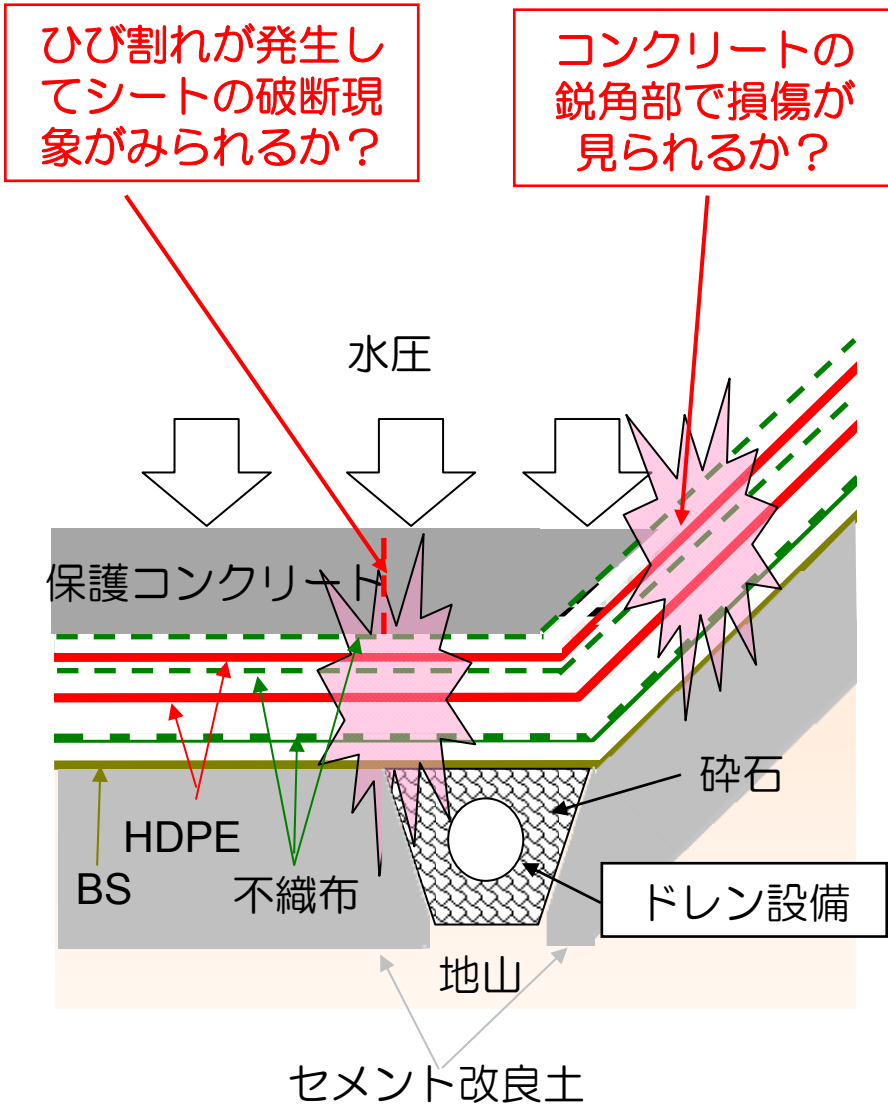
### ■複数の溶着線のある素材の引張試験



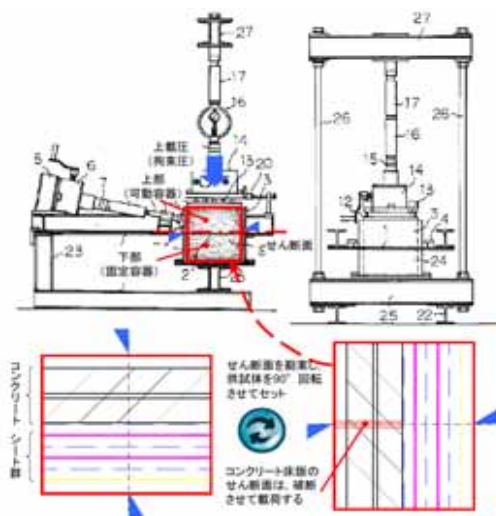
- 自動溶着を下図のように実施し、引張試験機で載荷する



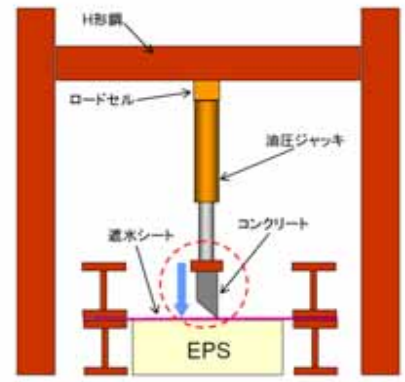
# 5-3. 底盤コンクリート部のモデル試験計画（概要）



- コンクリートひび割れ発生による破断：一面せん断試験機を利用した要素試験（下左図）
- コンクリート鋭角部による破断：コンクリート鋭角部を模擬した载荷試験（下右図）



一面せん断試験



载荷試験