

【資料2-1】

地下貯水槽からの漏えい量の推定

平成25年5月16日
東京電力株式会社



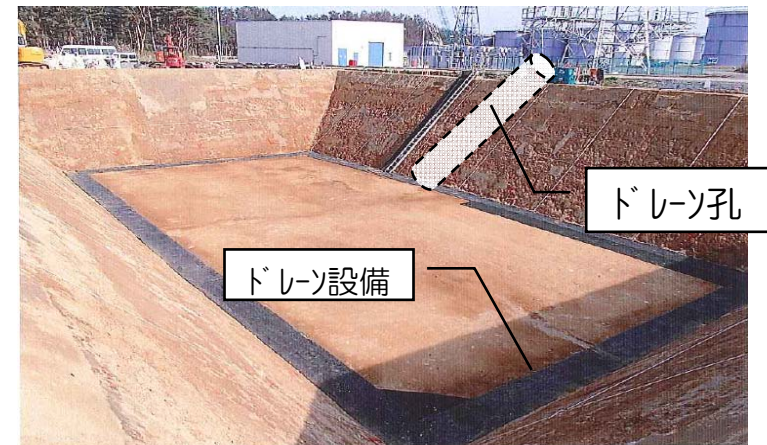
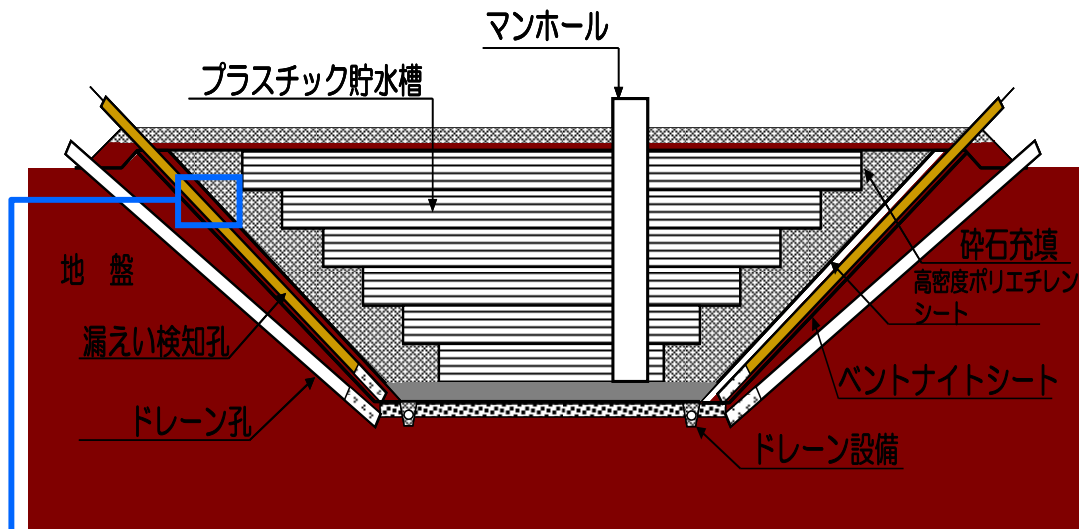
東京電力

1. 漏えい量に関する調査

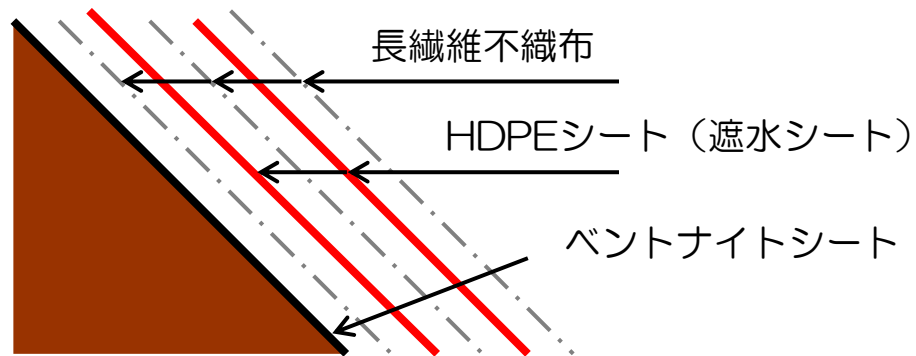
当初、NO.2地下貯水槽から約120m³の漏えいがあるとしていたが、漏えい検知孔の水位が低いことや放射能濃度に偏りがあることなど、約120m³の漏えいがあると考えた場合、不自然な状況もあることから、以下の詳細な調査を進めてきた。

- ボーリング調査
 - 漏えい検知孔からの水の回収・分析
 - ドレーン設備内からの水の回収・分析
- <参考>水位計の点検

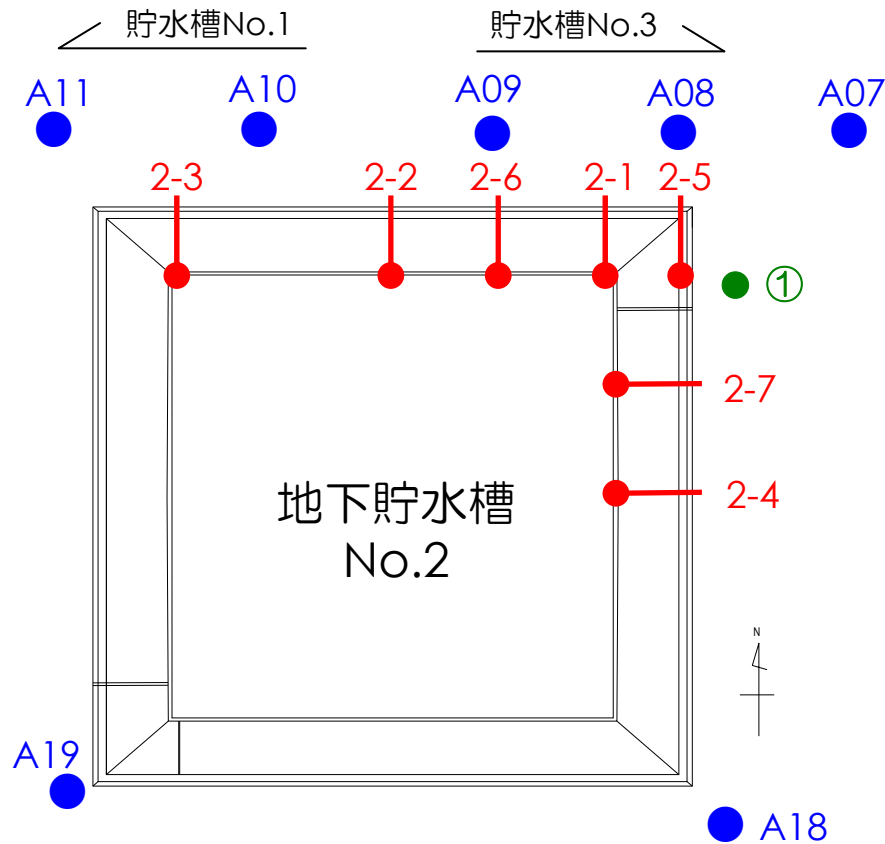
2. 地下貯水槽の構造図



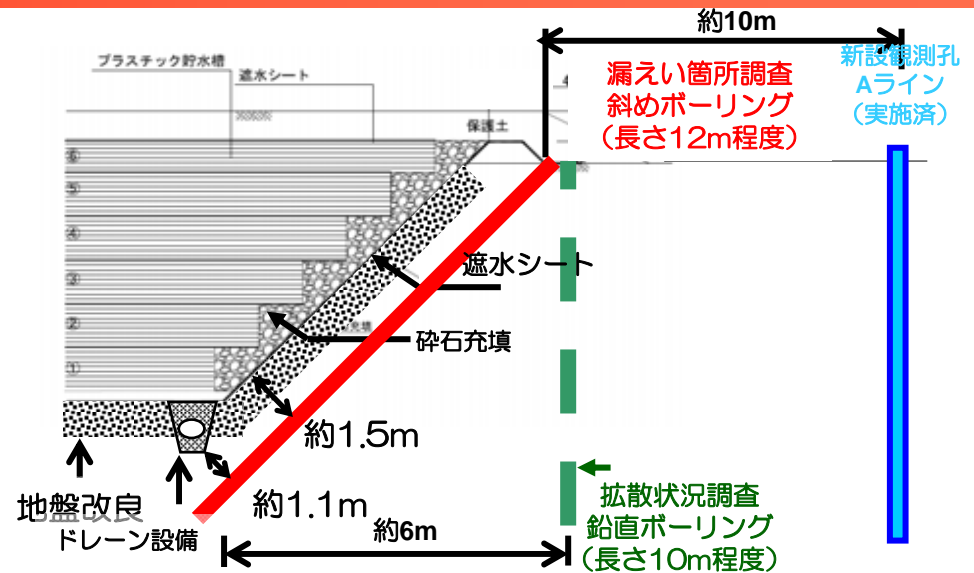
<法面のシート構造拡大図>



3. ボーリング調査 (1) 水分析結果



- : 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) [鉛直ボーリング]
- : 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]



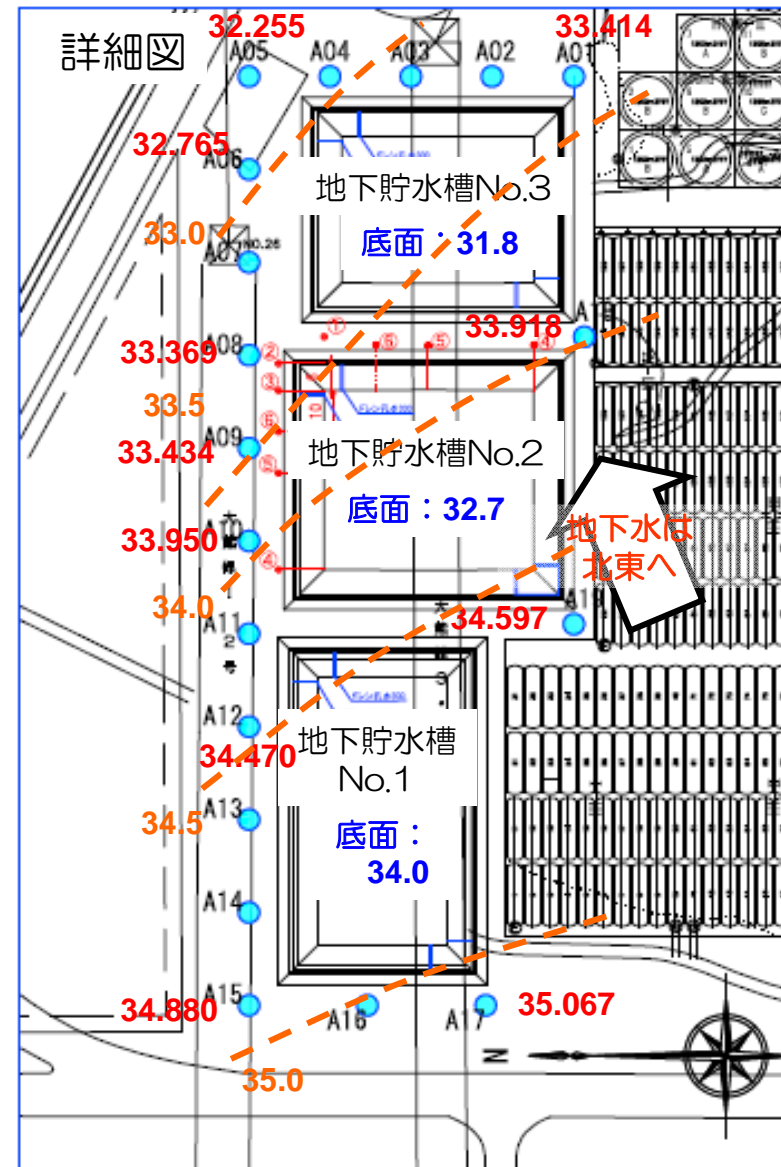
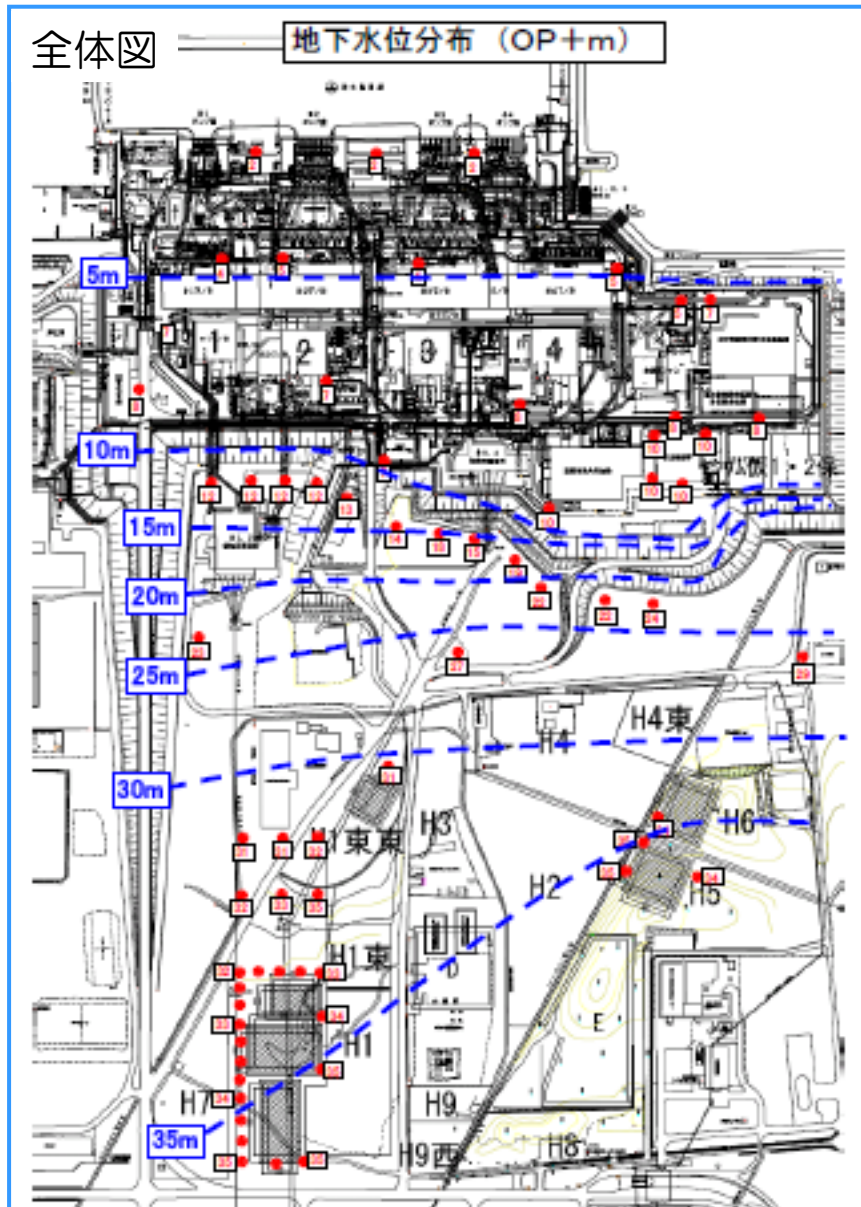
地下貯水槽 No.2観測孔	採取日	全β (Bq/cm ³)
2-1	5月10日	ND
2-2	5月10日	ND
2-3	5月8日	ND
2-4	5月8日	ND
2-5	5月12日	ND
2-6	5月12日	ND
2-7	5月13日	ND

地質調査孔	採取日	全β (Bq/cm ³)
①	5月12日	ND

地下貯水槽 観測孔	採取日	全β (Bq/cm ³)
A-7	5月12日	ND
A-8	5月12日	ND
A-9	5月12日	ND
A-10	5月12日	ND
A-11	5月12日	ND
A-18	5月12日	ND
A-19	5月12日	ND

3. ボーリング調査 (2)

地下水位分布

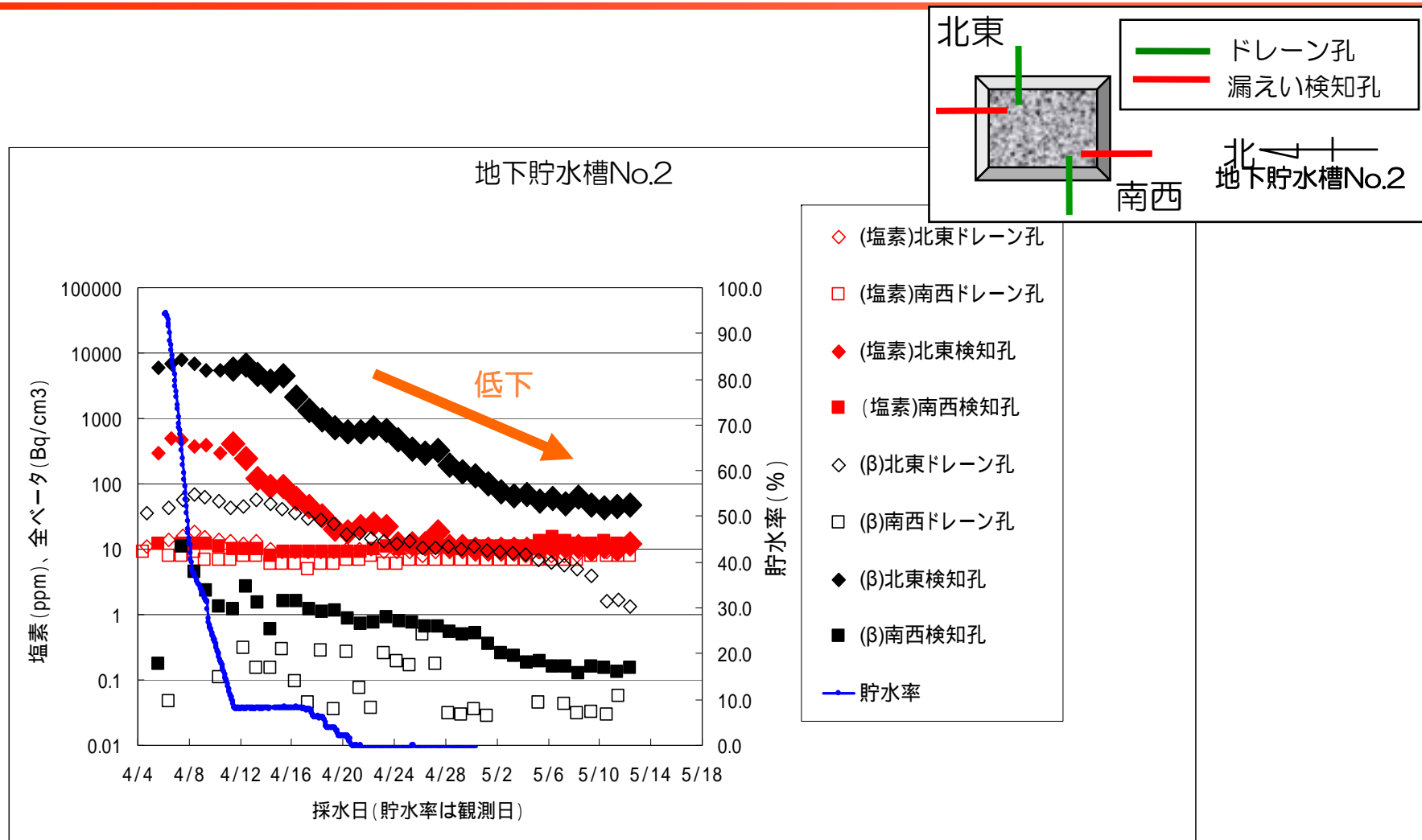


3. ボーリング調査（3）

- 地下貯水槽周辺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 $2\text{m}/200\text{m}=0.01$ 程度である。この周辺の地盤の透水係数が $5 \times 10^{-4}\text{cm}/\text{sec}$ （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。

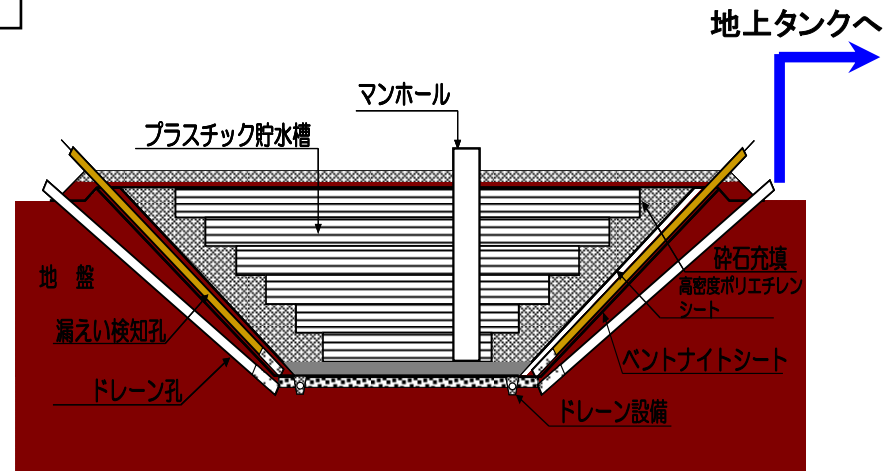
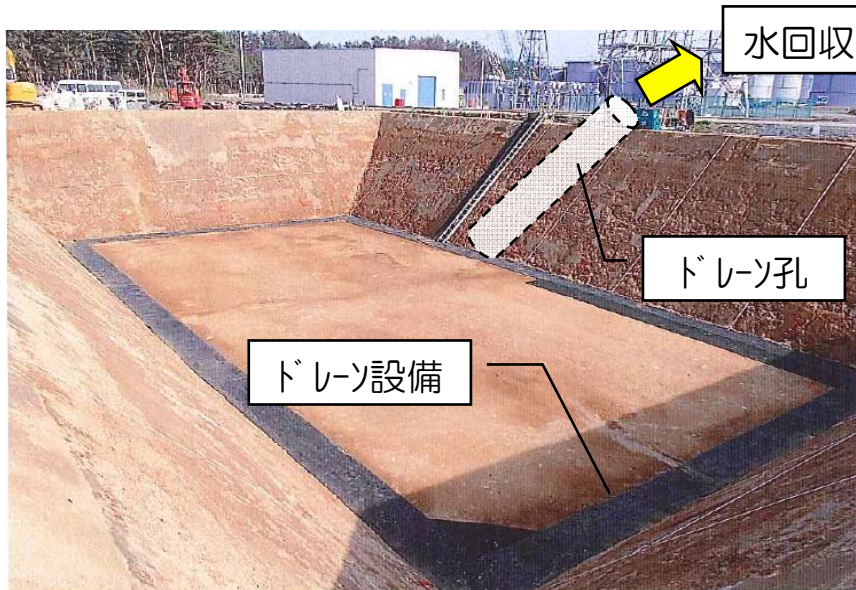
漏えい箇所は特定できなかったが、ベントナイトシート外部への汚染水漏えい量は極めて少量と推定される。

4. 漏えい検知孔からの水の回収・分析

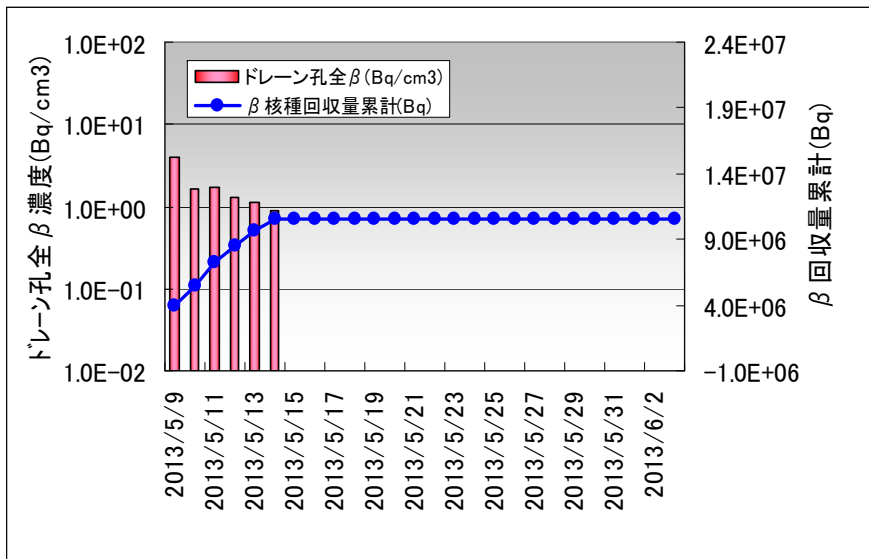


検知孔からの汚染水回収を50%/日程度（原水換算数リットル程度）で開始したところ、汚染レベルが急激に低下したため、もともとの漏えい量は少量

5. ドレーン設備内からの水の回収・分析



■ ドレーン設備水回収結果



- 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、6m³の水の回収を完了（ドレーン設備の全体の容量は約17m³）
- 回収した水の汚染レベルは最高で3.9Bq/cm³
- 放射性物質の回収量は1.1 × 10⁷ 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ないことから、ベントナイトシートの外側には微量の汚染水しか漏えいしていなかったと考えられる

6m³（原水換算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。

6. 漏えい量に関する調査のまとめ

これまでの調査によって分かったことは、以下の通り。

- 追加ボーリング調査の結果から、地下貯水槽周辺の土壌中への汚染水の広がりはなく、ほとんどがHDPEシートとベントナイトシートの間やドレーン設備内にとどまっているものと考えられる。

以上のことから、

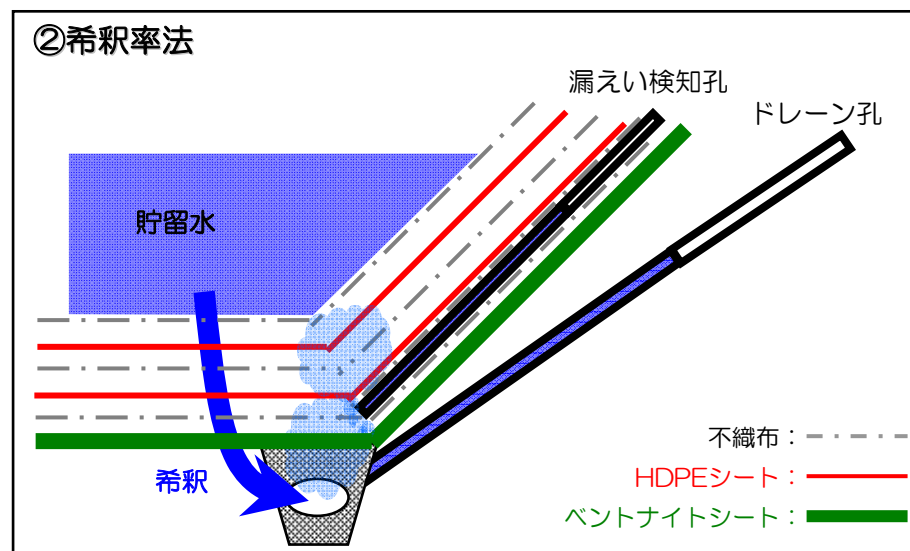
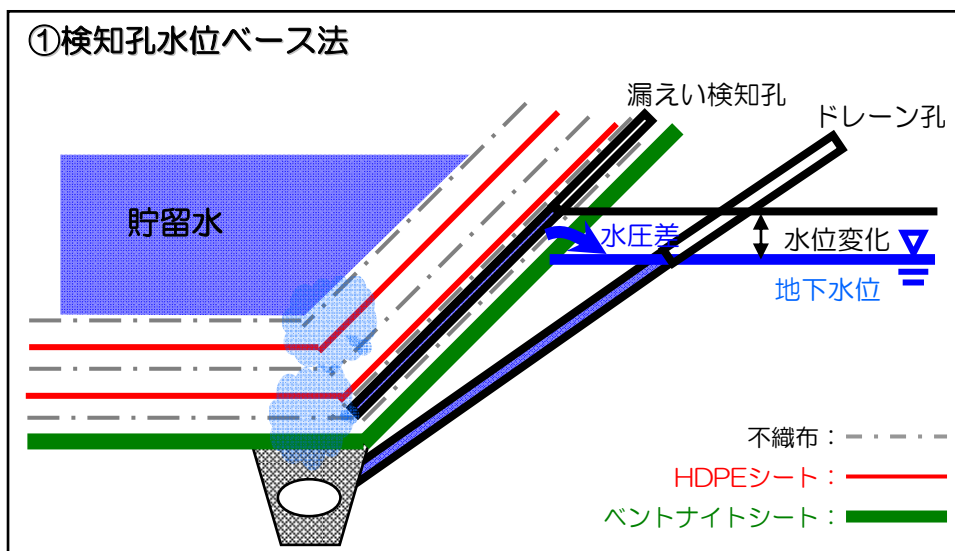
NO.2地下貯水槽からの漏えい量は当初考えていた約120m³よりも極めて少量であることが考えられる

7. 漏えい量の推定

■ 漏えい量の推定方法

① 漏えい検知孔と地下水の水位変化に着目して漏えい量の算定（検知孔水位ベース法）

② $\frac{\text{ドレーン孔内全 } \beta \text{ 濃度}}{\text{貯留水全 } \beta \text{ 濃度}}$ （希釈率） \times ドレーン設備容量（希釈率法）



8. 漏えい量の推定結果

評価の詳細は参考に示すが、評価結果については下記の通り。

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㍓	— (注2)
	希釈率法	約70㍓	約300㍓	約20㍓
ベントナイト シート外部	検知孔水位ベース法	— (注1)	約20㍓	— (注2)
	希釈率法	約10㍓	約10㍓	— (注3)

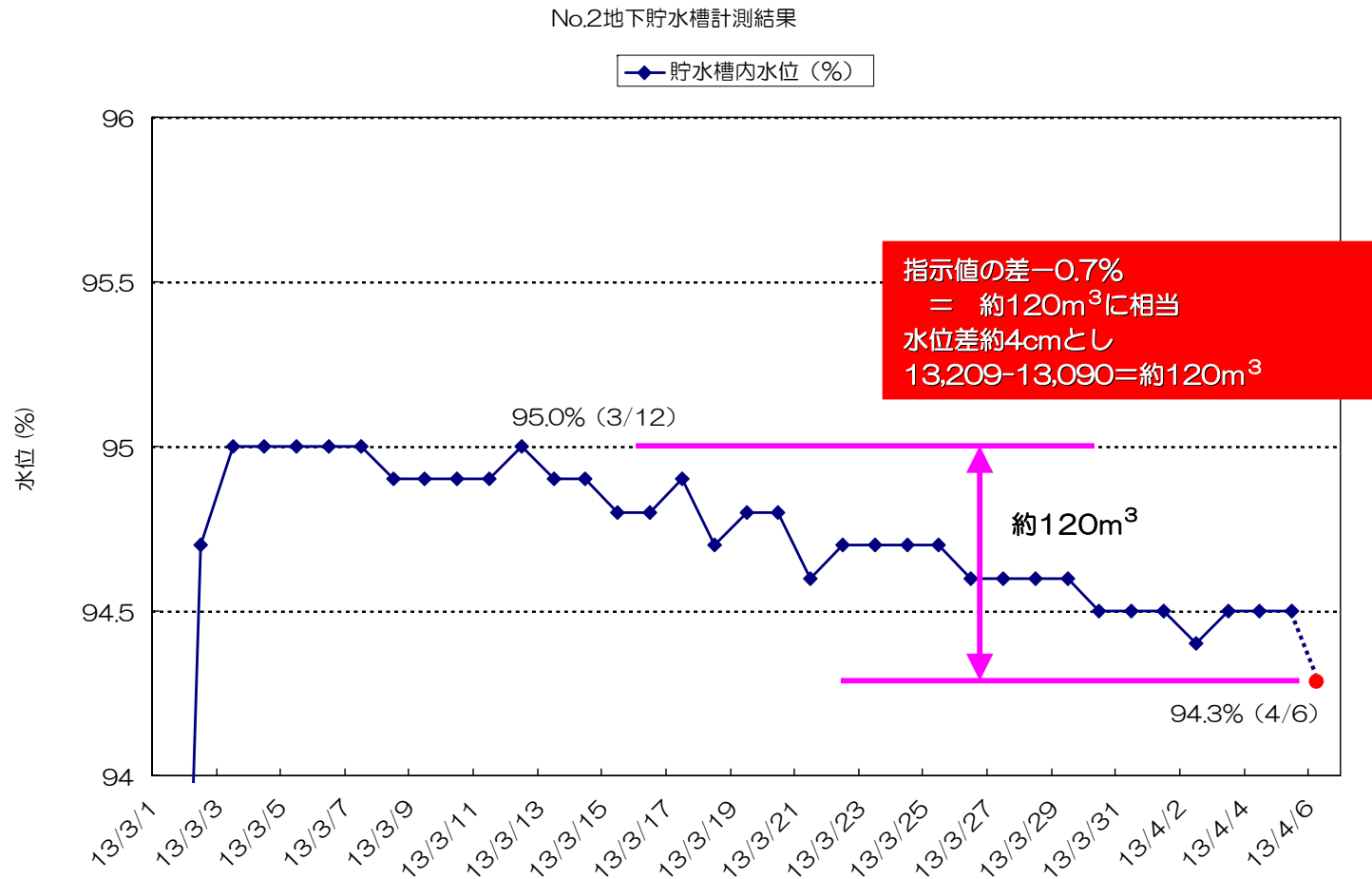
(注1) 漏えい検知孔水位データ無し

(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) 有意な漏えい確認無し

<参考>水位計の点検（1）

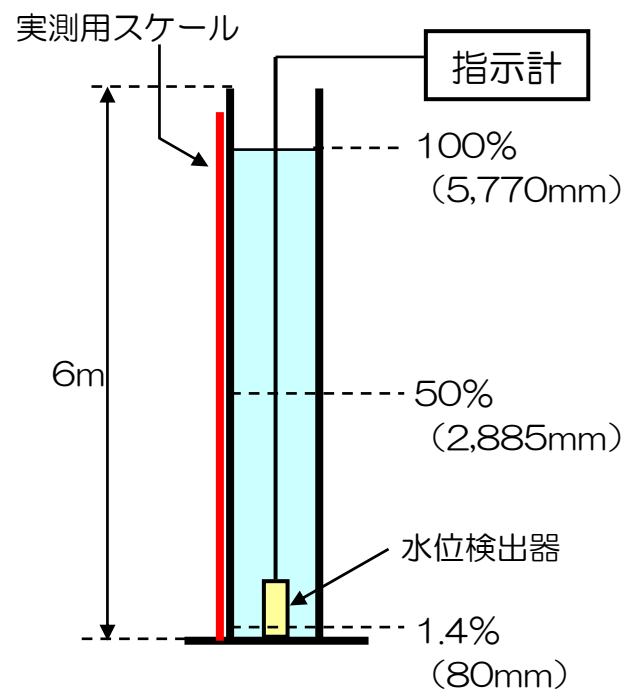
- 当初、NO.2地下貯水槽の漏えいの可能性があることを確認した際（平成25年4月6日時点）、貯水槽内に設置していた水位計の指示値の低下量0.7%から、漏えい量は最大約120m³と推定。



<参考>水位計の点検（2）

- 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%

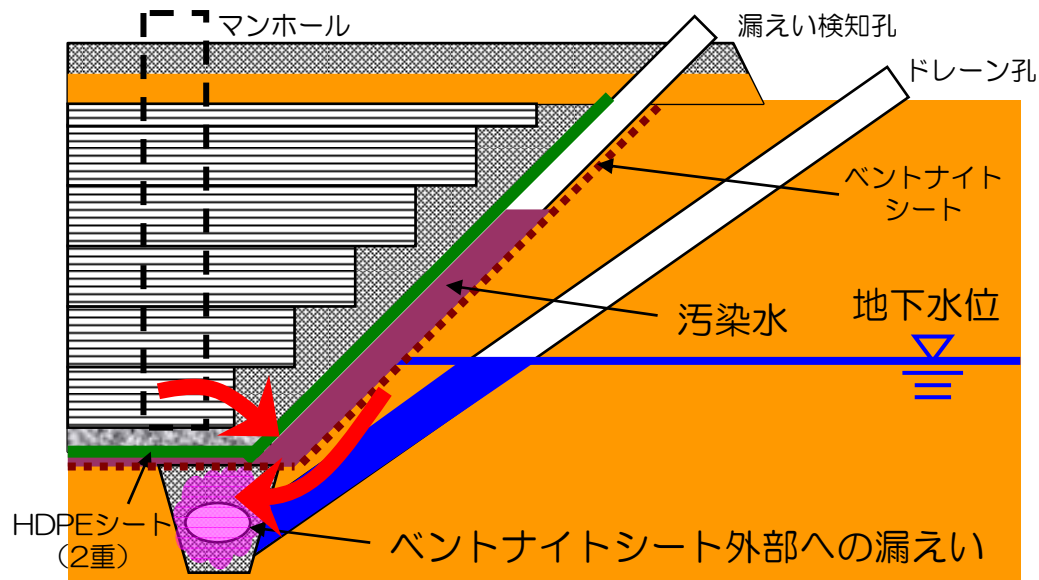
そのため、NO.2地下貯水槽に設置した水位計は、実際の水位低下を表していないと考えられる。

9. まとめ

- NO.2地下貯水槽における漏えい量は、ベントナイトシート内側で約300リットルと推定。ベントナイトシートの外側で約20リットル、そのほとんどはドレーン設備にとどまったものと推定。同様の方法で、NO.1およびNO.3地下貯水槽からの漏えい量を推定した結果、さらに少量であった。
- 漏えい量の大小に関わらず、NO.2地下貯水槽から漏えいが発生した事実が変わりはないことから、今後もしっかりと監視するとともに、モニタリングの結果についても、引き続き公表していく。また、地下貯水槽から漏えいした原因と対策については、今後も検討を進めていく。

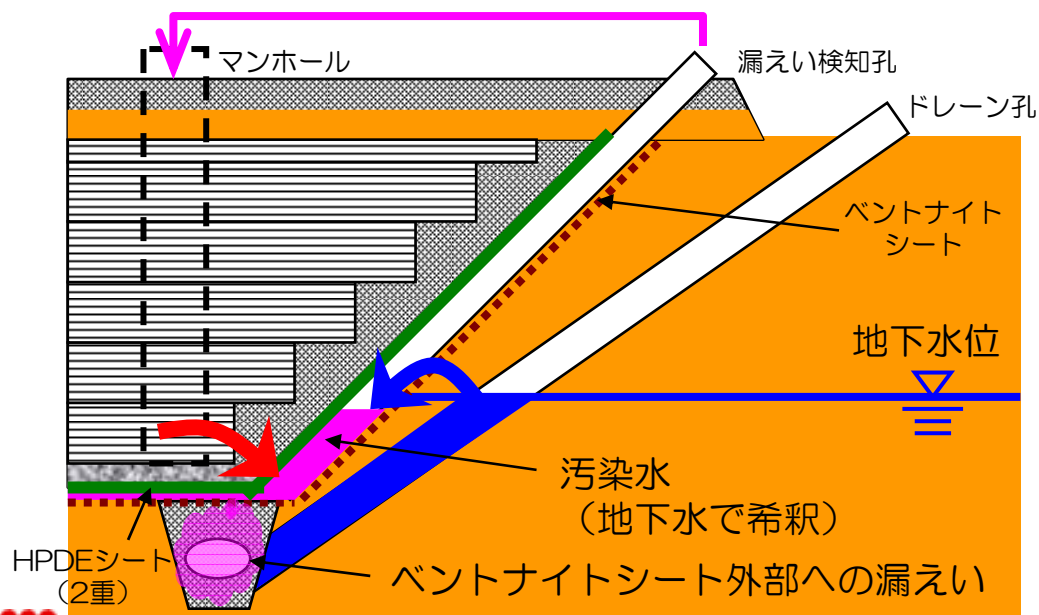
参考資料

【参考1】 漏えいメカニズム



【漏えい発生初期】

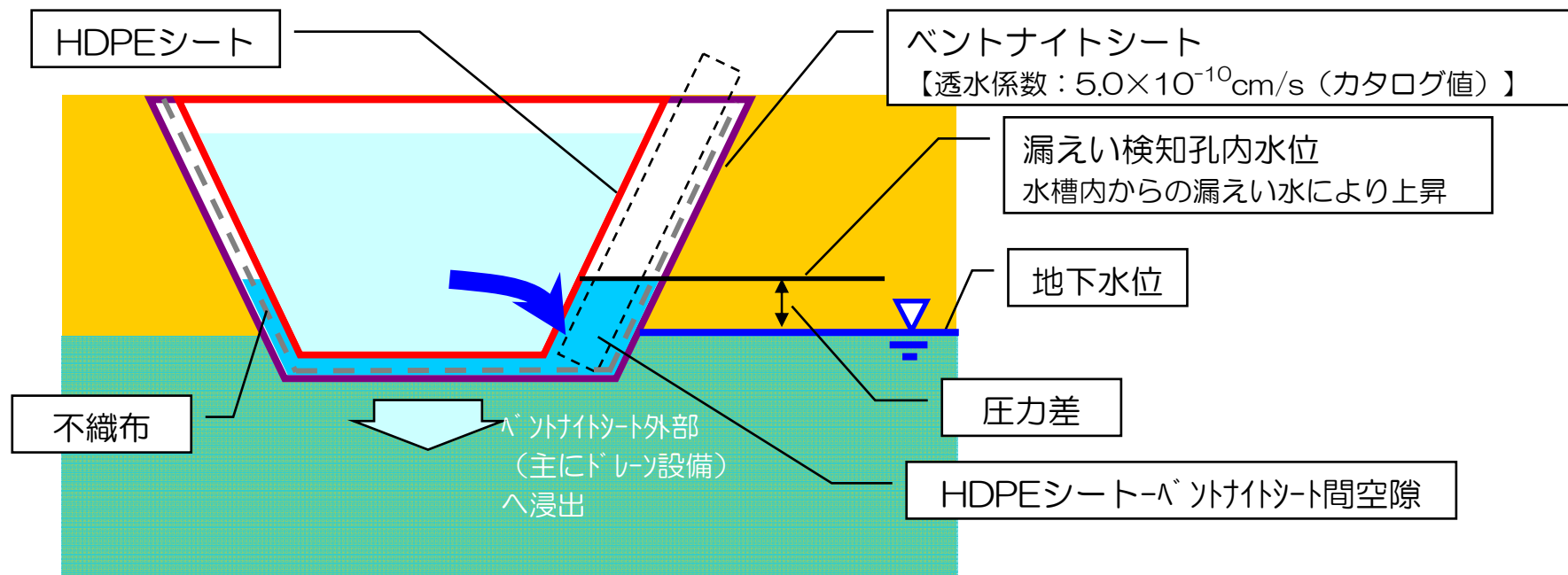
- 汚染水がHDPEシートとベントナイトシート間（不織布、漏えい検知孔内の空隙）に浸出
- 漏えい検知孔水位と地下水位の圧力差から、ベントナイトシートを通じて、ベントナイトシート外部に微量の汚染水が漏えい
- 底面・法面は地盤改良を実施しているため、ベントナイトシート外部に漏えいした水は、相対的に透水性の高いドレーン設備の方向に浸出すると考えられる



【汚染水の回収実施時】

- 漏えい検知孔からの汚染水回収により、漏えい検知孔内水位が低下
- 漏えい検知孔内には、ベントナイトシートを通じて微量の地下水が流入し、汚染水を希釈
- 希釈された汚染水は回収
- これにより、ベントナイトシート外部への汚染水漏えいは減少～停止

【参考2-1】 漏えい量の推定方法（概要）～ 検知孔水位ベース法



- 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

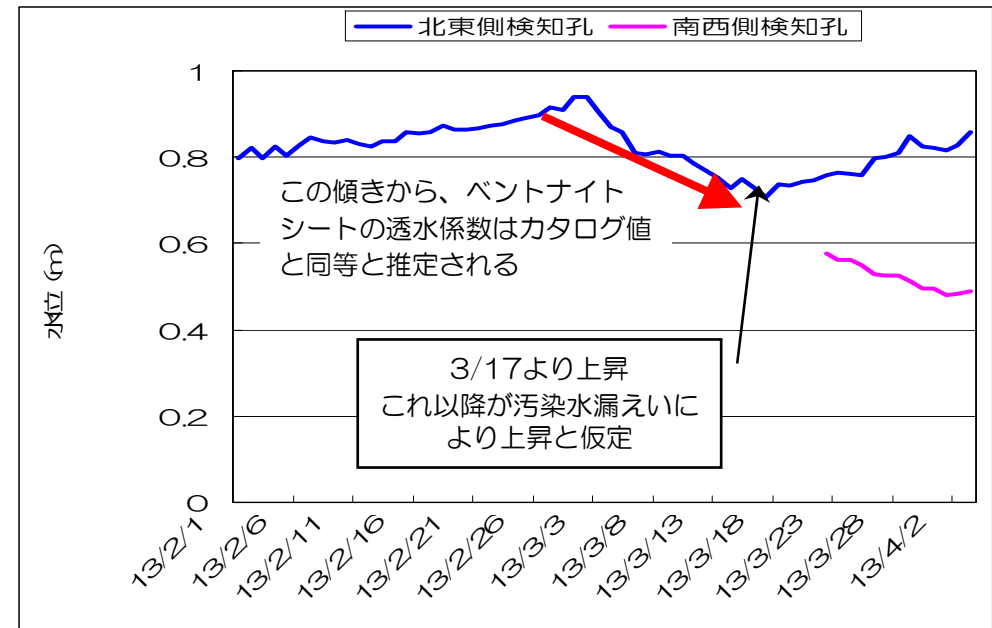
【参考2-2】 漏えい量の推定方法（詳細） ～ 検知孔水位ベース法

■ 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

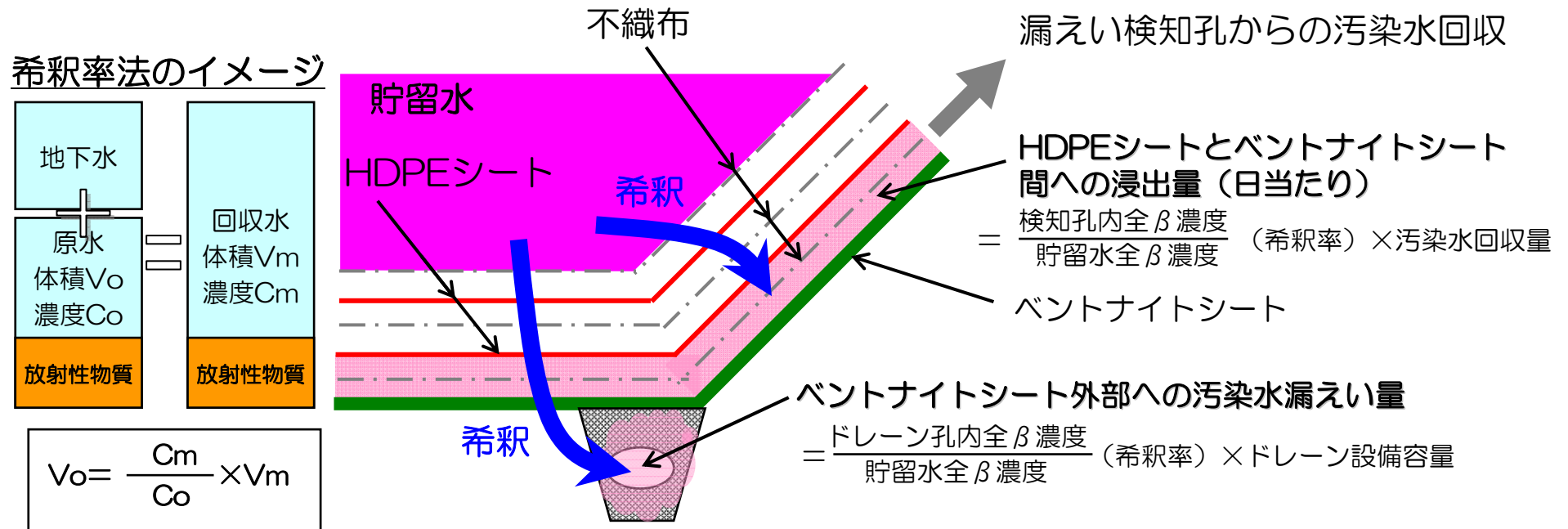
- ベントナイトシート内作用水圧：検知孔水位に基づき算出
- ベントナイトシート透水係数：
 $5 \times 10^{-10} \text{cm/sec}$ （カタログ値）
- 透水量：212リットル*
（※地下水を含む量）
- 透水量のうち、汚染水（貯水槽内原水）の比率は $285 \text{リットル} / 4385 \text{リットル} = \text{約}7\%$
- よって、ベントナイトシートを通過する汚染水（貯水槽内原水）は
 $212 \text{リットル} \times 7\% = \text{約}15 \text{リットル}$



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

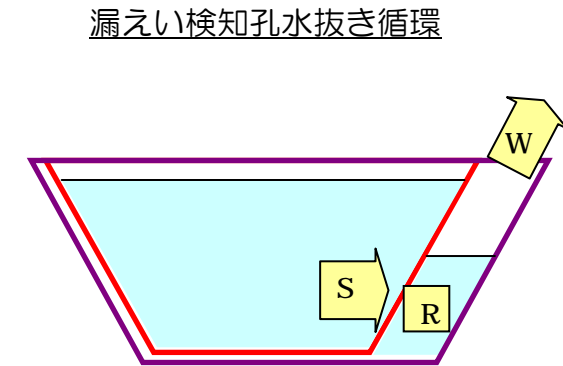
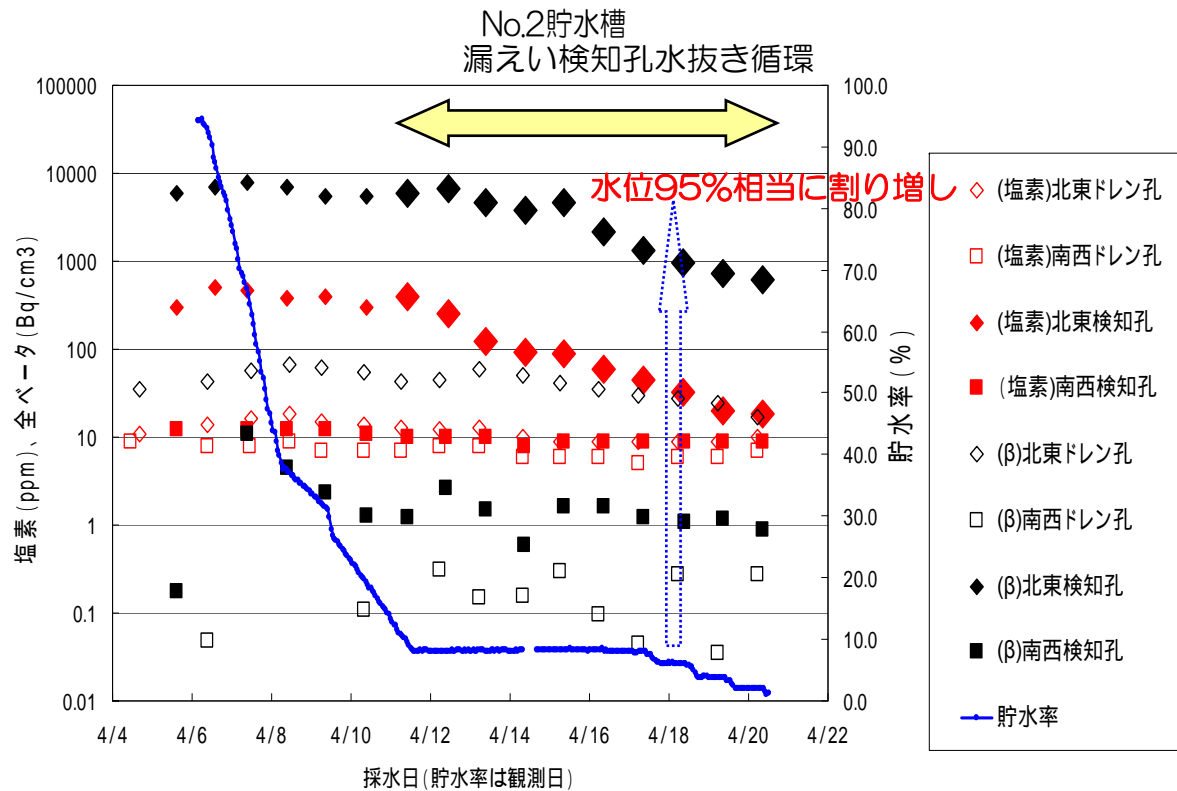
【参考3】 漏えい量の推定方法（概要）～ 希釈率法

- 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の全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地下貯水槽貯留水の全β濃度（Bq/cm³）は、 6.6×10^4 、 1.4×10^5 の2つの測定結果があるが、より保守的な 6.6×10^4 を採用

【参考3-1】HDPEシート・バツナイトット間漏えい量：希釈率法



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)

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

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

- 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β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β)は、 $6.6 \times 10^4 \text{ Bq/cm}^3$
- 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までの間に約288 リットル漏えいしたと考えられる

【参考3-2】バトナット外部への漏えい量：希釈率法

■ドレーン設備の空隙量と希釈率からの推定

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

- 原水濃度（全 β ）： $6.6 \times 10^4 \text{Bq/cm}^3$

- ドレーン孔内最大濃度（全 β ）： 68Bq/cm^3

- ドレーン設備容量（注）： 9m^3

- 漏えい量：
$$\frac{6.8 \times 10 (\text{Bq/cm}^3) \times 9000 (\text{リットル})}{6.6 \times 10^4 (\text{Bq/cm}^3)} = \underline{9 \text{リットル}}$$

（注）ドレーン設備全体の容量は約 17m^3 であるが、No.2地下貯水槽では北東側のドレーン孔のみで汚染が確認されていること、ドレーン設備には中心から南北方向に水勾配が設けられていることから、全体の半分の 9m^3 として計算している

【参考4】 No.1およびNo.3地下貯水槽漏えい量計算結果

■ No.1漏えい量の算出

● HDPEシートとベントナイトシート間への漏えい量（全β）

- ◆ 算出方法、原水濃度の条件はNo.2と同様
- ◆ 4/10-22において漏えい量と水抜き量が均衡しているとしてその間の1日の漏えい量は次の通りとなる

$$\frac{\text{抜水平均全}\beta\text{濃度(Bq/cm}^3\text{)} \times \text{抜水平均量(リットル)}}{\text{貯水槽内原水全}\beta\text{濃度(Bq/cm}^3\text{)}} = \frac{3.2 \times 10^4 \text{ (Bq/cm}^3\text{)} \times 36 \text{ (リットル)}}{6.6 \times 10^4 \text{ (Bq/cm}^3\text{)}} = 17\%/\text{日}$$

- ◆ No.1貯水槽は4月6日-9日の4日間、汚染水の回収ができていないので漏えい量は約68リットル
- ◆ ただし、これに関しては回収を実施

● ベントナイトシート外部への漏えい量

- ◆ ドレーン孔内の最高全β濃度は $6.8 \times 10 \text{ Bq/cm}^3$
- ◆ これより漏えい量は次のように求められる

$$\frac{\text{ドレーン孔全}\beta\text{濃度(Bq/cm}^3\text{)} \times \text{ドレーン設備空隙量(リットル)}}{\text{貯水槽内原水全}\beta\text{濃度(Bq/cm}^3\text{)}} = \frac{6.8 \times 10 \text{ (Bq/cm}^3\text{)} \times 9000 \text{ (リットル)}}{6.6 \times 10^4 \text{ (Bq/cm}^3\text{)}} = 9\text{リットル}$$

■ No.3漏えい量の算出

● HDPEシートとベントナイトシート間への漏えい量（全β）

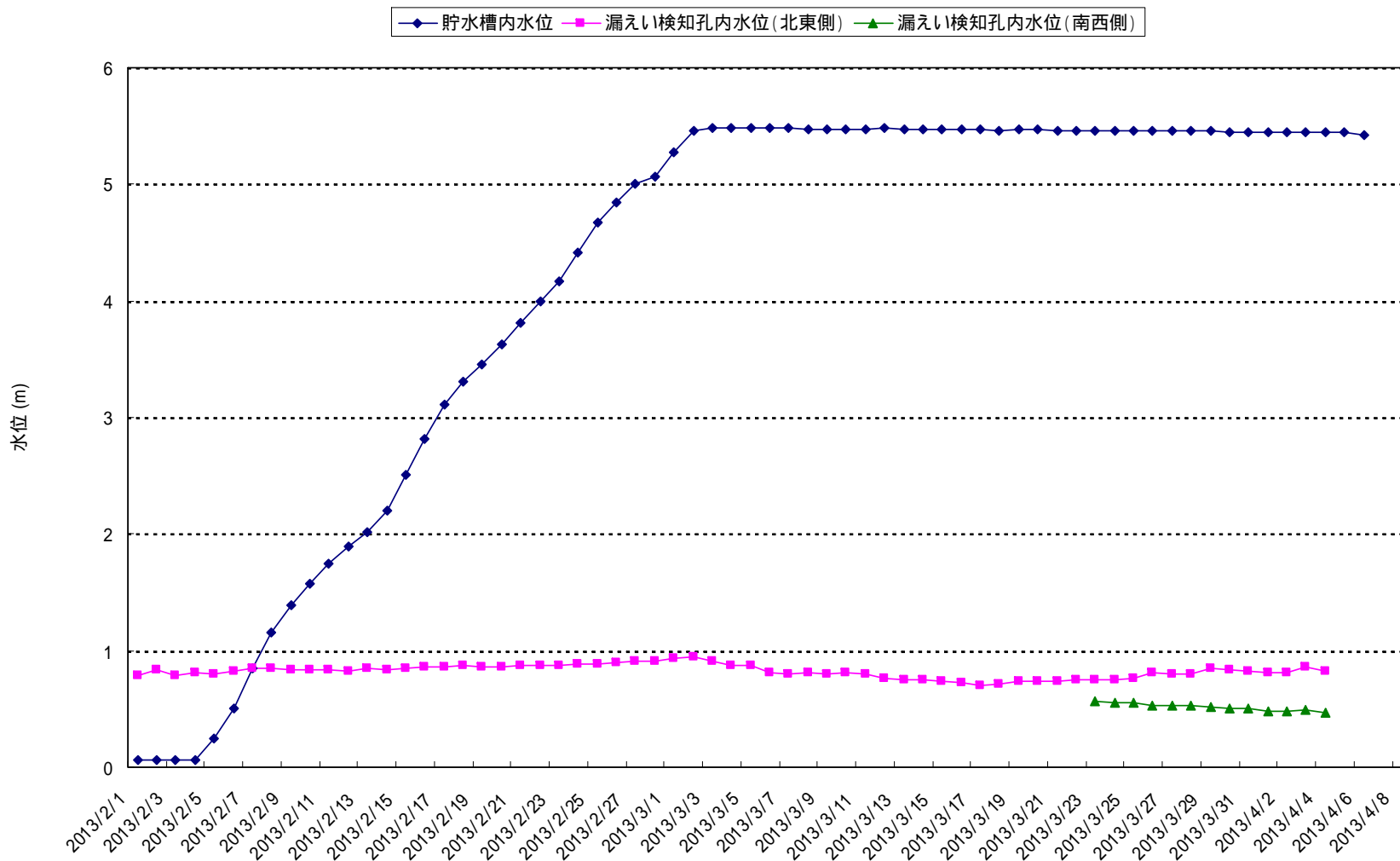
- ◆ 4/15-29の間においてNo.1と基本的には同様計算（ただし、貯水槽の水位を95%に補正）した結果は0.3%~~日~~となる（全β濃度 $6.3 \times 10^4 \text{ Bq/cm}^3$ ）
- ◆ 満水になった2/8から汚染水の回収が始まる4/15までの間20リットル漏えいしたと考えられる
- ◆ ただし、ベントナイトシート内にとどまっていると考えられるので、回収可能と考えられる

● ベントナイトシート外部への漏えい量

- ◆ ドレーン孔内の最高全β濃度は 1.1 Bq/cm^3 であり、有意な漏えいはないと考えられる

【参考5】 NO.2地下貯水槽と漏えい検知孔の水位

地下貯水槽(iiエリア)計測結果



2 ~ 4号機海水配管トレンチについて

平成25年5月16日

東京電力株式会社

報告概要

2～4号機海水配管トレンチ 汚染水処理に関する取組み

海水配管トレンチの概要

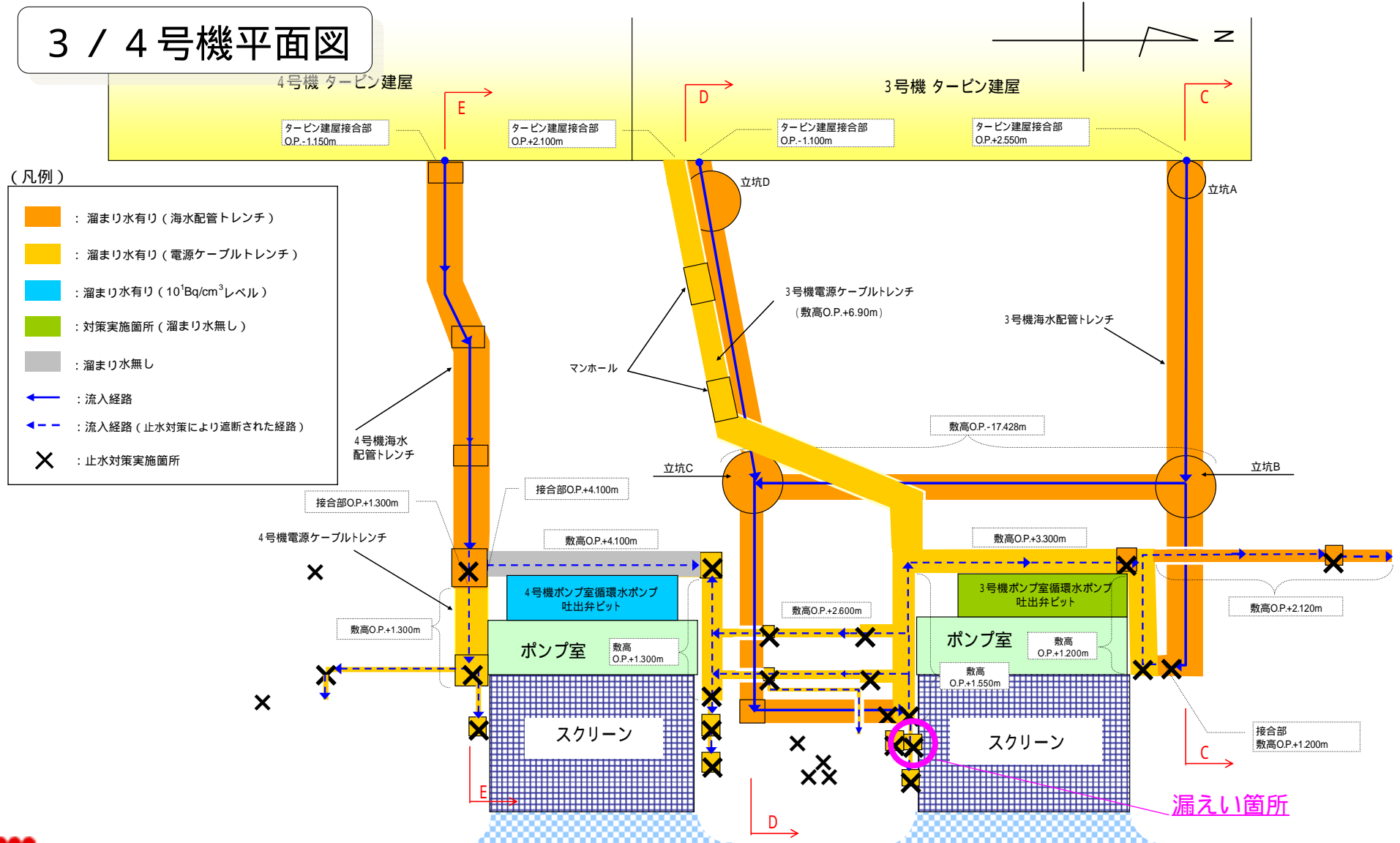
- 平面図，断面図
- トレンチの内部状況

トレンチ内の汚染水処理

- 汚染水処理方針
- 処理方法概要
- 課題と今後の取組み

2 ~ 4号機海水配管トレンチの概要 (2)

3 / 4号機平面図



2 ~ 4号機海水配管トレンチの概要 (3)

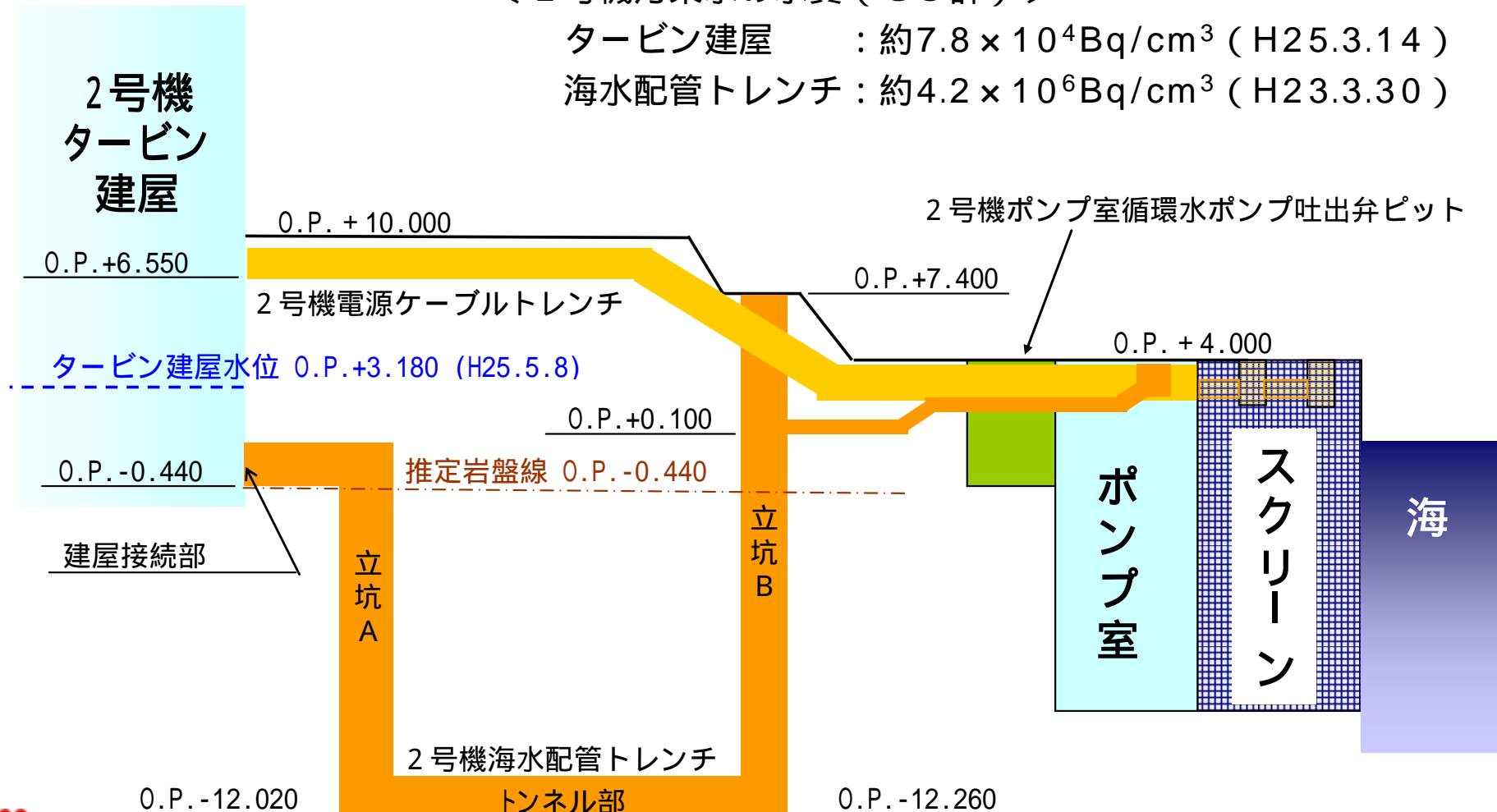
2号機 A-A断面

〔トレンチの構造〕トンネル部：直径約4m×延長約300m

〔2号機汚染水の水質 (Cs計)〕

タービン建屋：約 $7.8 \times 10^4 \text{Bq/cm}^3$ (H25.3.14)

海水配管トレンチ：約 $4.2 \times 10^6 \text{Bq/cm}^3$ (H23.3.30)



2～4号機海水配管トレンチの概要（4）

2号機海水配管トレンチの内部状況



立坑内（上 下）



建屋接続部（奥：配管貫通部）



トンネル部

トレンチ内の汚染水処理（１）

- トレンチ内汚染水処理方針

【基本方針】

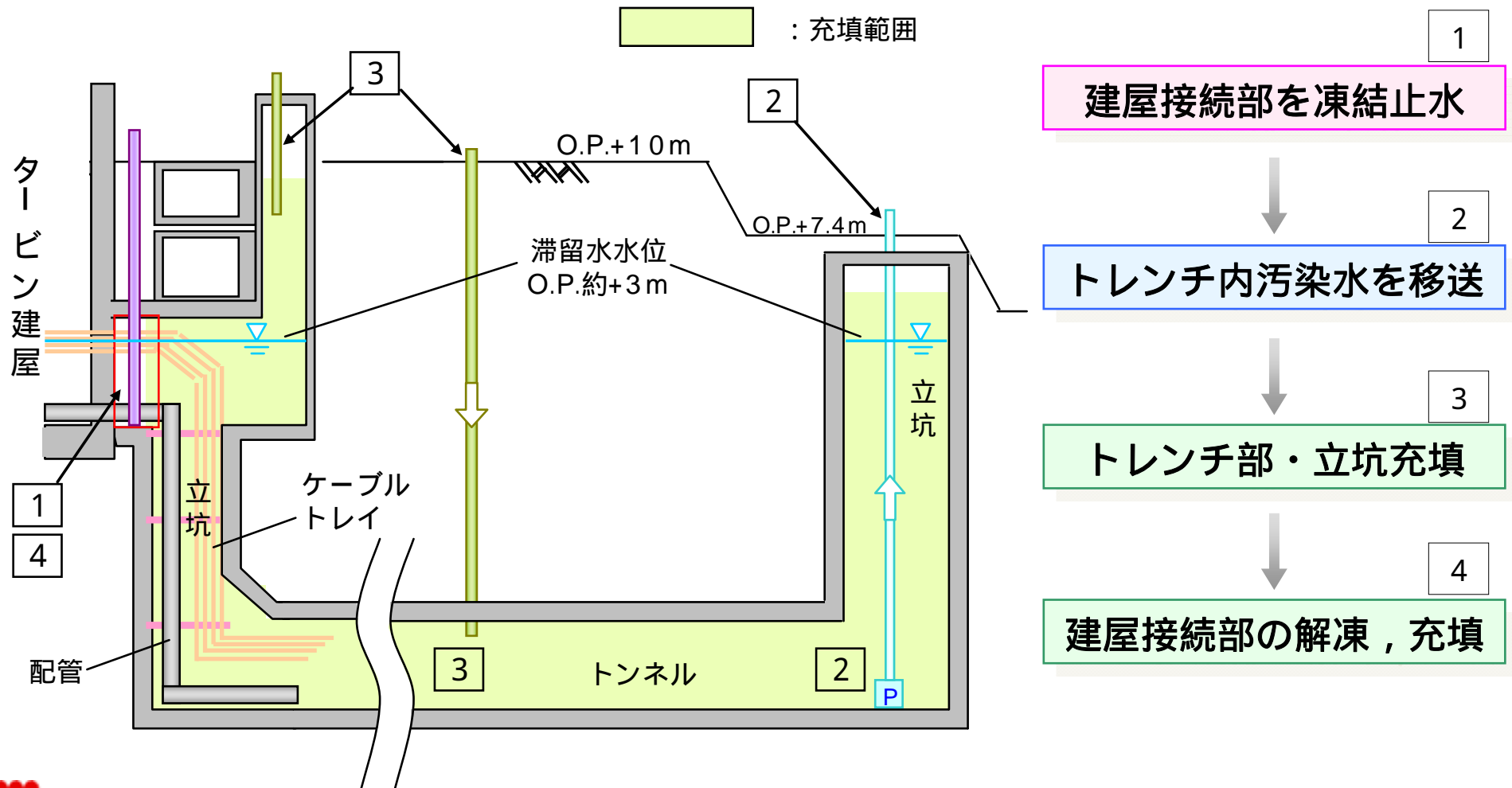
タービン建屋内の水位を海水配管トレンチ接続部（建屋接続部）より低下させた後，トレンチ内の水を抜き，内部を充填する
タービン建屋水位低下，H32年度を予定

〔早期処理案〕

建屋接続部を止水後，トレンチ内の水を抜き，内部を充填する
接続部の止水が困難（検討中）

トレンチ内の汚染水処理（２）

● 早期処理案の概要（２号機施工案）



トレンチ内の汚染水処理（ 3 ）

- 早期にトレンチ内汚染水処理を実施するためには、以下の課題があり、H25年度以降、止水・水抜き・充填方法の検討・成立性確認等を実施していく

1) 建屋接続部の止水方法の成立性

- 汚染水の凍結可否
- 凍結時のトレンチ・配管への影響

2) トレンチ部の水抜きと充填方法

- 立坑へのポンプ設置時の干渉物撤去（配管・サポートなど）
- 水抜きから充填までの間の地下水流入防止
- トンネル部（G.L.-20m以深）への充填管設置
- 配管等の干渉物があるトレンチ内への充填方法
- 充填完了時の確認方法

トレンチ内の汚染水処理（４）

3) 高線量下作業

- タービン建屋，立坑周辺の線量（１～数mSv/h）
- トレンチ内汚染水のサンプリング

4) 汚染水の処理・保管

- 水処理設備への影響（線量上昇等）
- 処理水の貯蔵タンク確保（約1.5万～2万m³）

循環注水冷却の小ループ化について

平成25年 5月16日

東京電力株式会社

H25.3.28 第1回廃炉推進対策会議事務局会議 提示資料

「建屋内循環ループの早期実現及び循環ライン縮小に向けた検討について」



東京電力

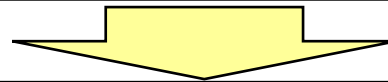
検討の概要及び結果について

建屋内循環ループ早期実現及び循環ライン縮小に関する検討状況

- 信頼性向上対策の一環として炉注水循環ループの縮小を目的とした、建屋内循環ループ構築時期（平成28年度末）の早期実現に向けた検討を行い、早期実現の可否を判断。
- 滞留水処理側の循環ライン縮小も合わせて検討し、上記検討結果も踏まえ、実施要否を判断。

検討内容

- 建屋内循環ループ早期実現に向け、以下を検討。
 - 機器設置時の作業性（線量等）確保を踏まえた取水位置（他作業との干渉の観点）
 - 建屋内滞留水の水質動向（設備への影響及び作業員の被ばく低減の観点）
- 循環ライン（滞留水処理側）縮小に向けたルート選定
 - 縮小ライン敷設可否（敷設作業に伴う作業性等の観点）
 - 縮小ラインの有効性（ループ縮小量の観点）

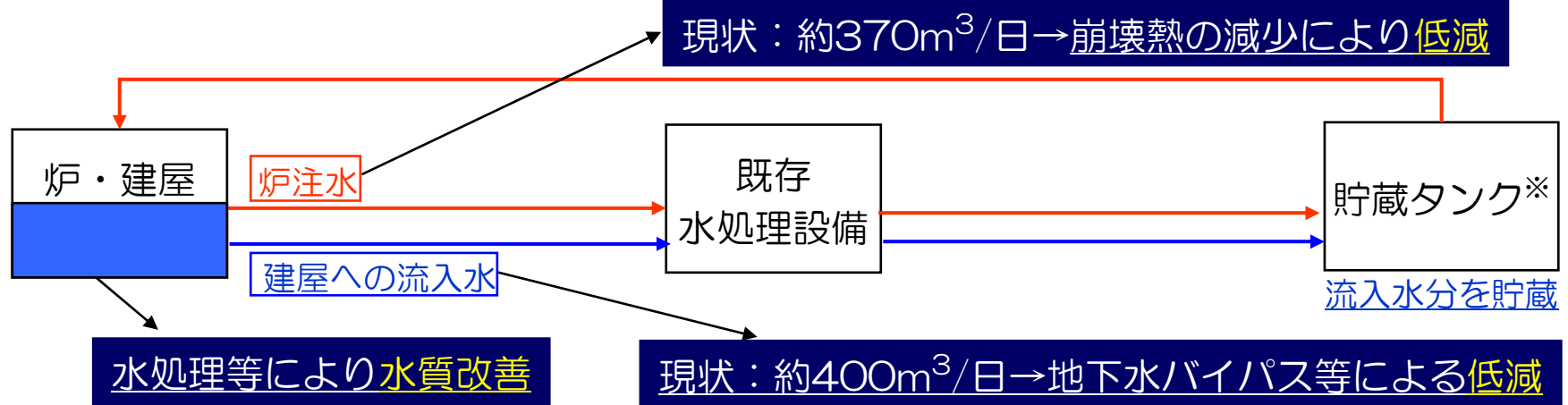


検討結果

効果的なループ縮小という観点から、至近の水処理側ループ縮小ではなく、建屋内循環ループ構築目標を平成26年度末に前倒し、検討を継続することが有効と判断。

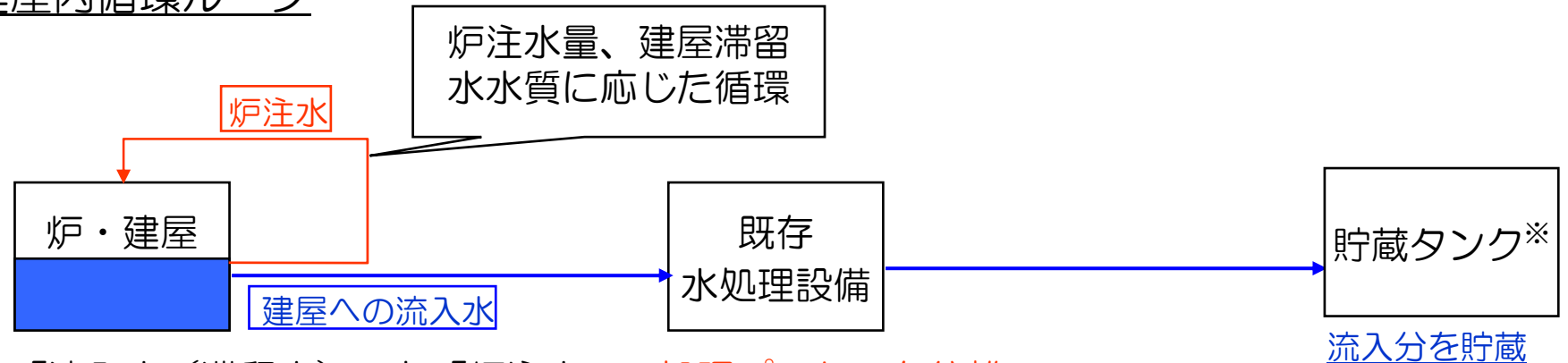
建屋内循環ループ（イメージ）について

現行の循環ループ（復水貯蔵タンクを水源とした循環（CST循環）を含む）



⇒ 「流入水+炉注水分」が水処理、貯蔵を経由するため、貯蔵タンクからの戻りラインが必要

建屋内循環ループ



⇒ 「流入水（滞留水）」と「炉注水」の処理プロセスを分離

⇒ 炉注水側の信頼性向上、既存水処理設備の負担低減、貯蔵タンク戻りラインの削減が可能

炉注水に求められる水質について

炉注水に要求される基準は導電率であり、塩化物イオン濃度が支配的。（保安規定第133条 水質管理）

項目		基準値
処理水バッファタンク水および3号炉復水貯蔵タンク水	導電率	40mS/m以下（25℃において）
	塩化物イオン濃度 （導電率が40mS/mを超える場合）	100ppm以下

- ⇒ 上記基準は、炉内構造物の腐食防止の観点で設けたものであり、更なる水質改善を目的に、窒素やヒドラジン注入を実施。
- ⇒ 窒素やヒドラジン注入を行うには注入設備やタンク等が必要であり、合理的かつ早急に達成する上で、各号機のCSTを介した注入を行うことが有効。

炉注水設備のメンテナンスや設備周辺の作業等を鑑み、内包する流体の放射性物質濃度が低減されていることが必要。（現状は、水処理設備を介して放射性物質濃度に支配的なCs等を除去）

- ⇒ 炉注に用いる水の水質（放射性物質濃度）が改善されていることが必要。

各グループ主要構成の移り変わり（イメージ）

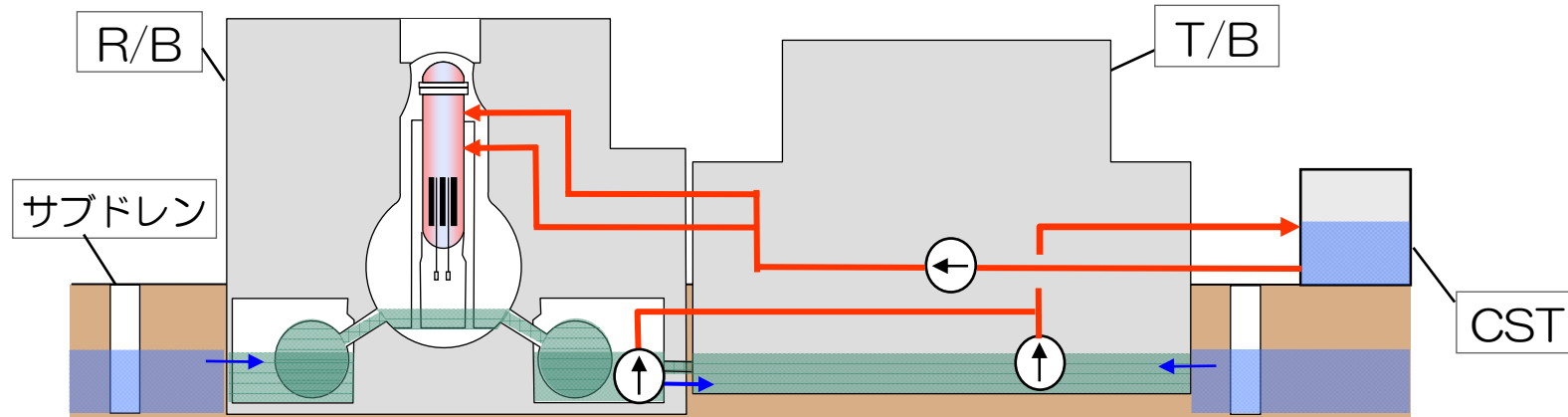
	概略系統構成	備考
現行大循環		
CST循環		<ul style="list-style-type: none"> • 炉注水の水源の信頼性向上（バッファタンク→CST）を目的に実施。（H25.6運用開始予定）
建屋内循環		<ul style="list-style-type: none"> • 建屋外の滞留水移送に伴う系外への放出リスクを可能な限り低減する目的で実施。 <ol style="list-style-type: none"> ① 取水位置は環境、水質等に応じて判断（R/B、T/B） ② 地下水流入分の移送は必要 ③ 炉注水水質改善を目的とした窒素・ヒドラジン注入要

各ループの移送ルート（屋外）の構成

	現行大循環	CST循環	建屋内循環
ループ配置図			
ループ長	<p>約4km（炉注） 約4km（全長）</p>	<p>約3km（炉注） 約3km（全長）</p>	<p>約0km（炉注） 約1.3km（全長）</p>
備考	<ul style="list-style-type: none"> バッファタンクから各号機に向けて炉注水ラインを設置 	<ul style="list-style-type: none"> 建屋周辺にあるCSTを水源とすることにより炉注ループ全長は縮小 	<ul style="list-style-type: none"> 炉注ループは建屋～CST間のみ 建屋への流入地下水を移送するラインが必要

機器設置時の作業性を踏まえた取水位置について

建屋内循環ループ構築における取水箇所として、大きくはR/B、T/Bが考えられるが、それぞれの取水箇所のメリット、課題は以下の通り。



取水箇所	メリット	課題
R/B (トールス室等)	<ul style="list-style-type: none"> 水処理後（特に塩分）の注水箇所に近く、水質が比較的良化。 底部の高さがT/Bと比較して低く、滞留水の水位を低減する上で有効。 	<ul style="list-style-type: none"> PCV止水は調査、検討中であり、ポンプ設置が干渉する可能性あり。 靄囲気線量が高く（5～200mSv/h程度※）、除染等を含めた対応が必要。
T/B	<ul style="list-style-type: none"> 靄囲気線量は比較的低く（0.01～10mSv/h程度※）、早期の対応に有用。 PCV止水等との干渉を心配する必要がない。 	<ul style="list-style-type: none"> R/Bの滞留水と比べ、当初の海水や移送水の塩分濃度の影響が高い。

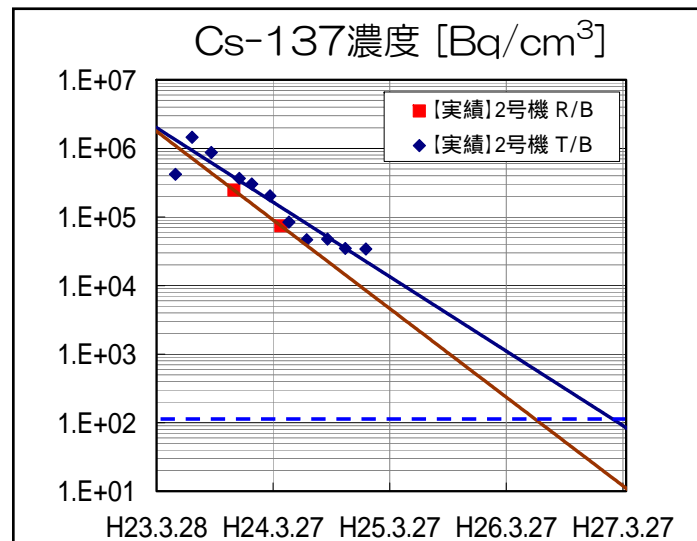
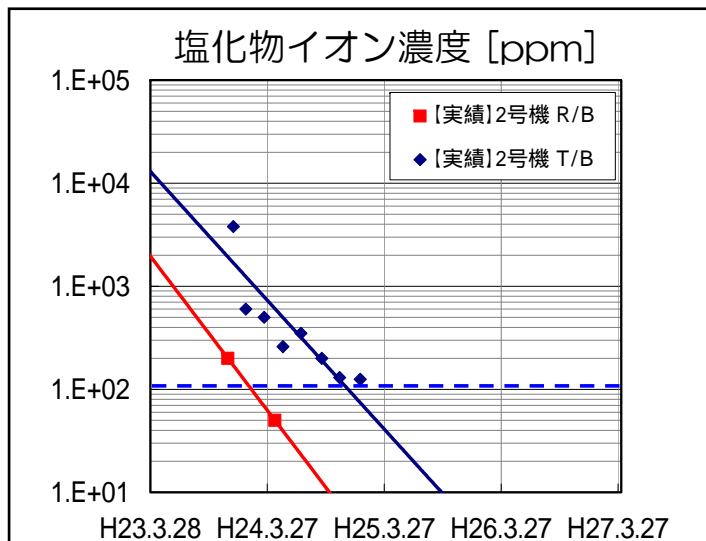
※ 機器設置時のアクセスが想定される1～3号 R/B1F, R/B中地下, T/B1Fエリアの代表的線量（H25.2迄の測定実績より）

PCVの止水方法等、現在検討中のものもあり、**早期実現をする上では、R/BだけでなくT/Bからの取水も視野に入れた対応を行うことが必要。**

建屋内滞留水の水質動向

建屋内滞留水の水質は、R/B、T/B共に、地下水の流入や水処理設備での浄化を通して改善傾向。

各建屋の塩化物イオン濃度、Cs-137濃度の推移（2号機を例）は以下の通り。



炉注水に利用するという観点から、滞留水の水質の目安としては、以下の様に設定。

水質項目	水質目安	判断理由
塩化物イオン濃度	100ppm未満	炉内構造物の腐食防止の観点で設定（保安規定記載値）
Cs-137濃度	10 ² Bq/cm ³ オーダー	作業員等の線量を可能な限り低減する観点で設定（セシウム除去設備設置時の出口除去性能）

現時点の水質動向を踏まえると、R/B、T/B含めH26年度末での対応が妥当。

建屋内循環ループ構築の早期実現に向けた検討について

建屋内循環ループ構築の早期実現に向けた検討を行った結果、

- 設置箇所の作業環境、PCV止水作業との干渉等も踏まえ、R/BだけでなくT/Bでの取水を視野に入れた対応を検討することが必要。
- 炉注水条件や作業環境に主な影響を与える塩化物イオン濃度、放射性物質濃度の動向を整理し、H26年度末での早期実現を目標（当初はH28年度）とした対応を行うことが妥当と判断。

ただし、滞留水の水質の良化に従い、以下の要因等による水質悪化が懸念

- 建屋に流入する地下水に含まれる塩分流入
- 炉内デブリからの放射性物質の追加溶出
- 今後実施する建屋除染等による放射性物質の建屋滞留水への流入



上記状況を踏まえ、H26年度末での建屋内循環ループ構築を目標として、以下を実施予定。

- 建屋内滞留水の水質測定及び動向予測の継続
- 上記水質や炉注水量、作業環境等も考慮した系統構成の検討

循環ライン（滞留水処理側）縮小について

- 循環ライン（滞留水処理側）縮小の目的は、屋外に敷設された建屋内滞留水等を移送するルートをも縮小し、汚染水漏えいポテンシャルの低減を図ること。
- ラインの縮小及び作業安全、負荷低減の観点から縮小ルートを検討した結果、**水処理設備への移送ラインに重複させる形で処理水を戻す（下図参照）**のが**有効**と判断。
 - 屋外に敷設される滞留水、処理水移送ラインが極力縮小されること
 - ライン（PE管）敷設にあたって付帯設備（トレンチ等）や他作業との干渉が少ないこと



縮小ルート案

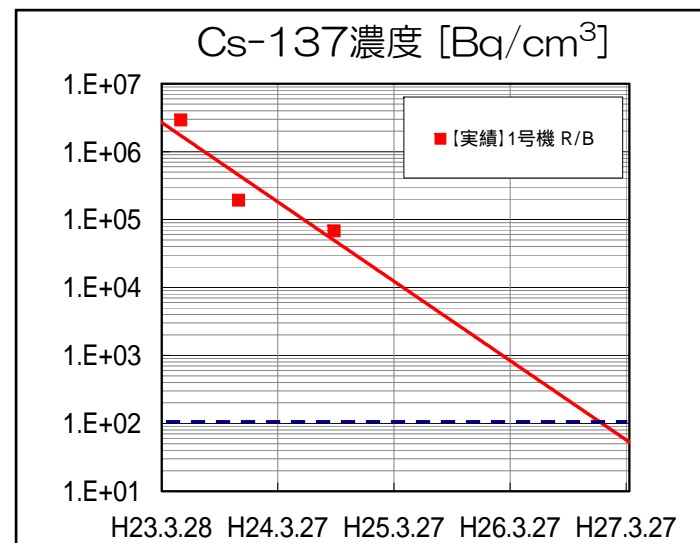
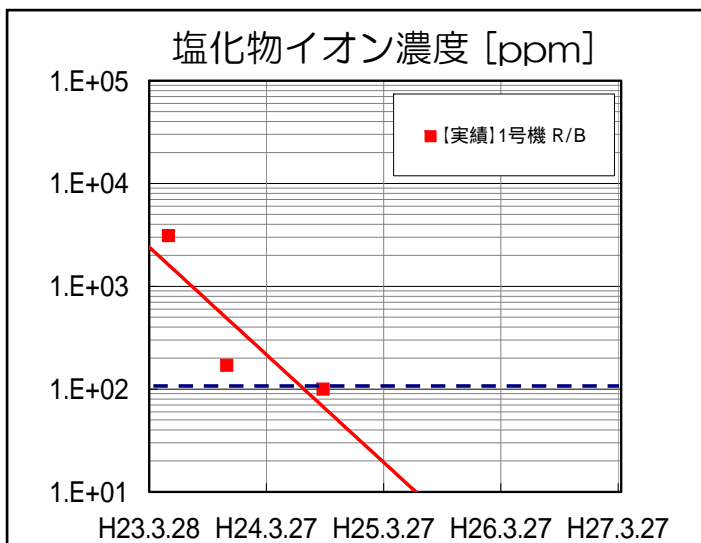
上記ライン設置の結果、**炉注で約1.8km、全長で約2.4km**に縮小。（CST循環：各ルート共、約3km）

- ・ 建屋への**流入地下水の移送（貯蔵タンクまで）が必要**で、処理水戻りラインの縮小が屋外移送ルート縮小につながりにくい。（当該作業に伴う作業員の被ばくを考慮するとルート縮小の効果が小）
- ・ **移送配管のPE管化（耐圧ホースからの変更）**により漏えいポテンシャルの低減が図られている。

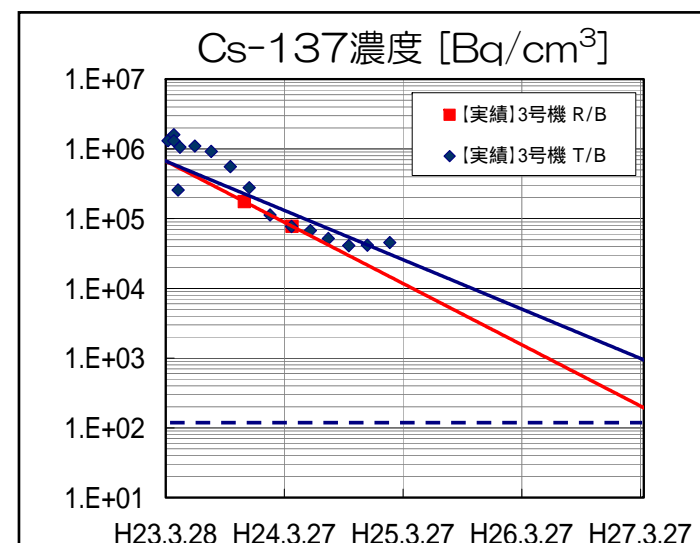
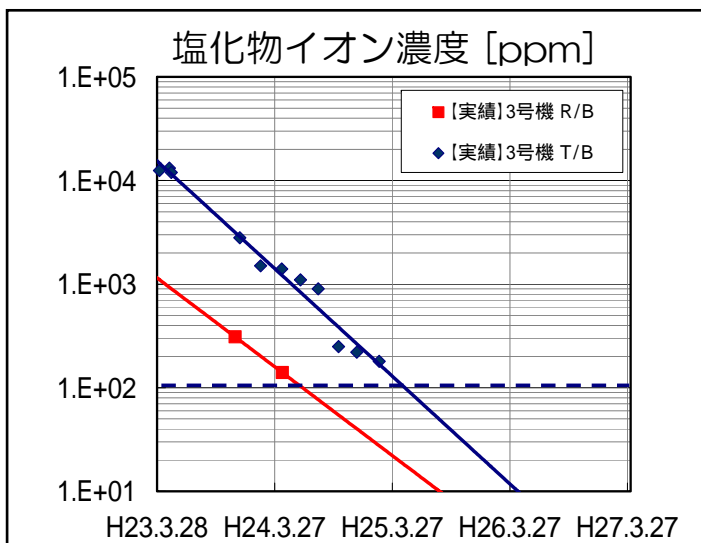
効果的なループ縮小という観点から、**至近の水処理側ループ縮小ではなく、建屋内循環ループ構築目標の前倒し（平成26年度末目標）**を行うことが有効。

参考資料（各号機、各建屋の水質データ）

1号機



3号機



1号T/Bは滞留水量が少ないことから除外。

汚染水貯留タンクの保全について

平成25年5月16日
東京電力株式会社



東京電力

タンク設置状況（1）

水処理設備の処理水、処理廃液は鋼製円筒型タンク、鋼製角形タンク、鋼製横置きタンクに貯蔵している（地下貯水槽については水抜き中）。

現在の貯蔵総量は約29万m³であり、このうち約25万m³は淡水化装置（RO装置）の濃縮塩水であり、そのほとんどが鋼製円筒タンク（フランジ接合）に貯蔵されている。



鋼製円筒型タンク



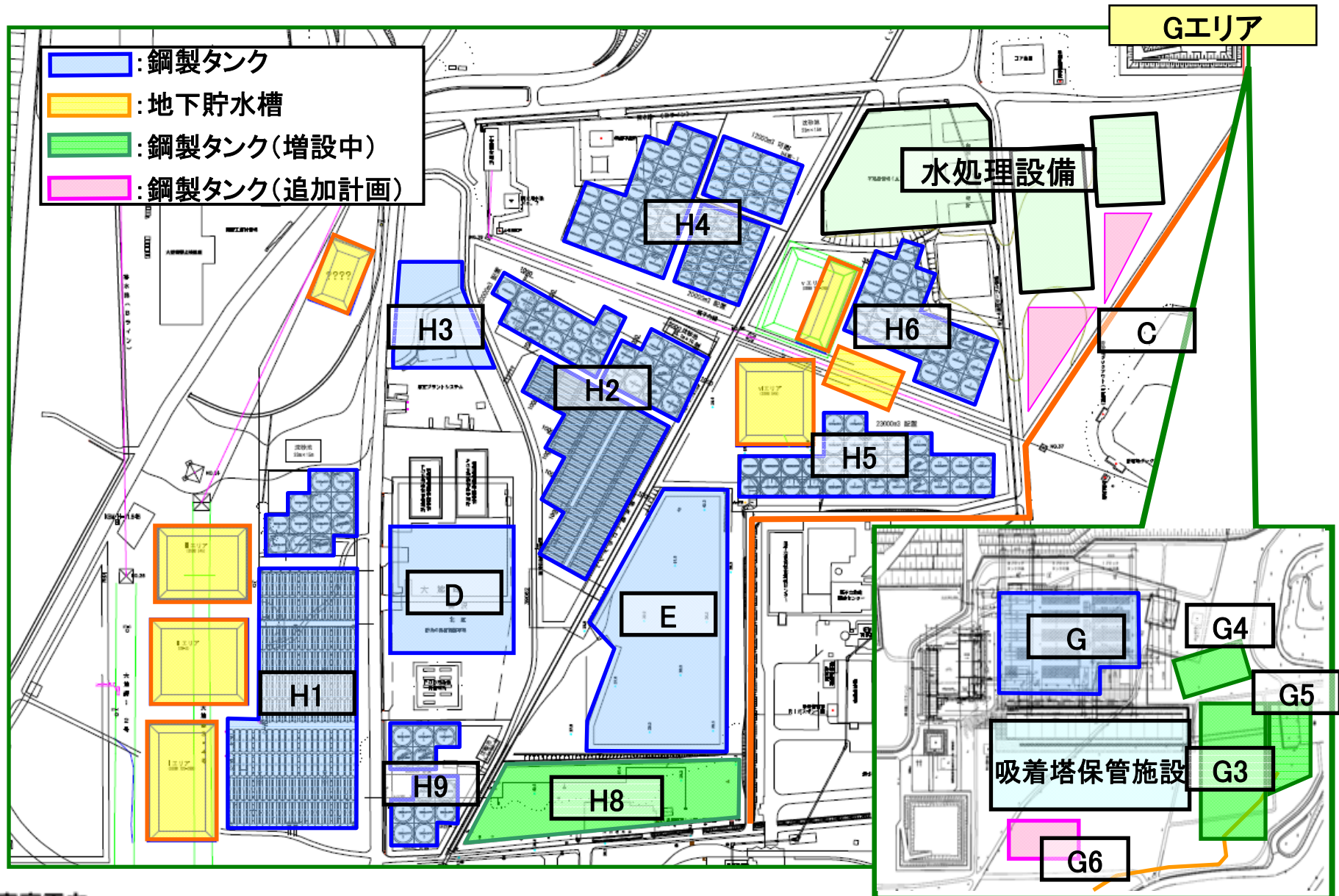
鋼製角形タンク



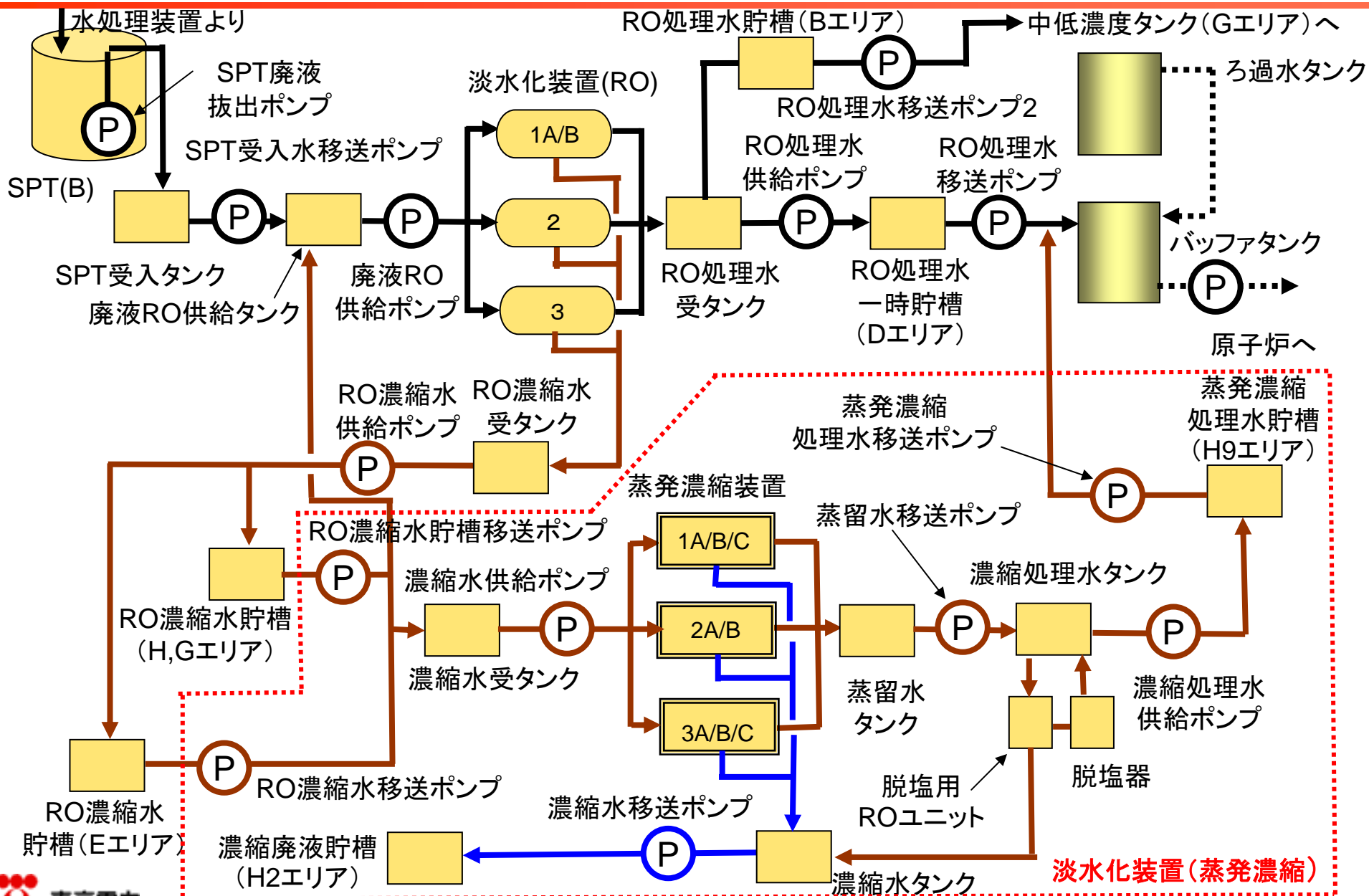
鋼製横置きタンク

タンク種別	構造	腐食対策	貯蔵水	個数
鋼製円筒型タンク	フランジ接合	外面：塗装 内面：タールエポ	RO廃液 RO淡水 ALPS処理水	247
	溶接接合	外面：塗装 内面：タールエポ	ALPS処理水 RO廃液	22
鋼製角形タンク	溶接接合	外面：塗装 内面：タールエポ	RO廃液 RO淡水	262
鋼製横置きタンク	溶接接合	外面：塗装 内面：FRP塗装	RO廃液 蒸発濃縮廃液	370

タンク設置状況 (2)



淡水化装置概略系統図



貯蔵タンクの保全について（1）

1. 鋼製円筒型タンク

（1）タンク本体

内外面が塗装された鋼製タンクであり、淡水化装置（RO装置）濃縮廃液を貯蔵しても長期間使用可能と考えられるが、タンク外面については目視点検を実施し、必要に応じて補修塗装を行う。タンク内面については、使用期間等を考慮の上、水中TVカメラ等による内部目視点検を計画し、内面の劣化状況を確認し、必要に応じて補修塗装等について検討する。

鋼製円筒タンクのほとんどがフランジ接合による組み立てタンクであり、長期的にはフランジリークが懸念されることから、定期的にフランジボルトの増し締めを実施する（H24年度は10～12月に実施済み）。また、フランジに使用されているパッキンについて劣化評価を行う。なお、タンク本体フランジからのリークに対する予防保全対策として、外面からの補修工法（止水技術）について適用性を検討中。

（2）接続ホース

タンク間の連結には耐圧ホースが使われているが、満水状態のタンクについてはそれぞれのタンクに設置されている仕切り弁により隔離されている。また、ホース接続フランジに吸水材設置済み。

ホース、弁、フランジについて目視点検を行い、必要に応じて吸水材、ホース交換等を実施する。

（3）漏えい時の影響

タンクはコンクリート基礎上に設置されており、基礎外周には堰（コンクリート）が設置されており、更にタンク設置エリアの外周部には土堰堤を設置しており、漏えい拡大防止対策を実施している。

貯蔵タンクの保全について（2）

2. 鋼製角形タンク

（1）タンク本体

タンク内外面が塗装された溶接構造の鋼製タンクであり、タンク外面について目視点検を行い、必要に応じて補修塗装を実施する。タンク内面については、使用期間等を考慮の上、水中TVカメラ等による内部目視点検を計画し、内面の劣化状況を確認し、必要に応じて補修塗装等の修理を検討する。

（2）接続ホース

タンク間の連結には耐圧ホースが使われており、連結した複数のタンクの出入口に仕切り弁が設置されている。また、ホース接続フランジに吸水材設置済み。ホース、弁、フランジについて目視点検を行い、必要に応じて吸水材、ホース交換等を実施する。

なお、RO装置周りのタンクについては接続ホースはPE管への取替済みである。

（3）漏えい時の影響

コンクリート基礎（外周に堰設置）に設置されているタンク（廃液RO供給タンク）と地表面に直接設置されたタンク（RO処理水等）がある。地表面に設置、タンク間の接続に耐圧ホースを使用しているタンクについては、万一、漏えいが発生した場合、地表に漏えい水が浸透することから漏えい水の受け等の漏えい拡大防止対策について検討する。

貯蔵タンクの保全について（3）

3. 鋼製横置きタンク

（1）タンク本体

防災用タンクとして土中埋設を考慮したGエリアタンク（100基）はタンク内外面に、H1・H2エリアタンク（270基）はタンク内面にFRP塗装がされており、長期使用可能なタンクである。タンクマンホール等にボルトが使用されており、発錆が確認されていることから定期的に点検を行い、必要に応じて手入れを実施。

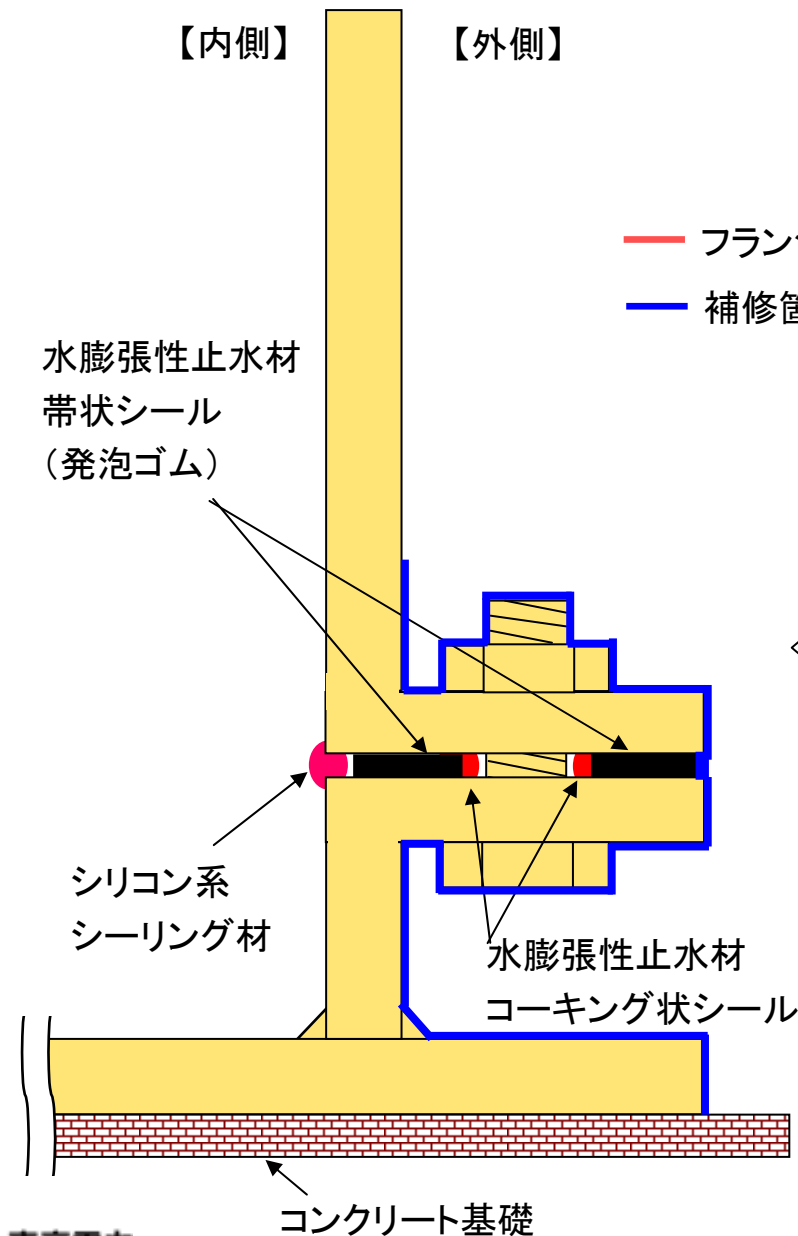
（2）接続ホース

タンク間の連結には耐圧ホースが使われており、連結した複数のタンクの出入口に仕切り弁が設置されている。また、ホース接続フランジに吸水材設置済み。ホース、弁、フランジについて目視点検を行い、必要に応じて吸水材、ホース交換等を実施する。

（3）漏えい時の影響

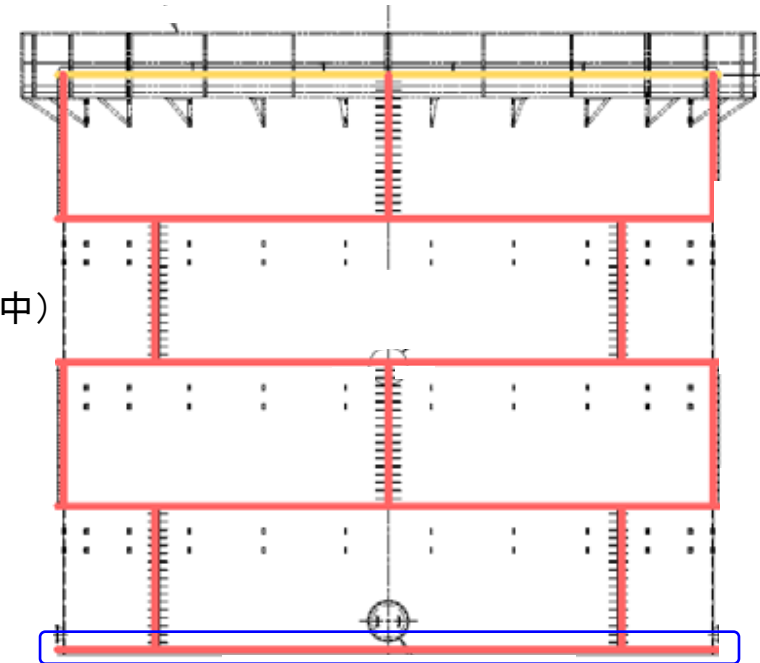
地表面に直接設置されており、タンク設置エリアの外周部に土堰堤が設置されている。万一、漏えいが発生した場合、地表に漏えい水が浸透することから漏えい水の受け等の漏えい拡大防止対策について検討する。

鋼製円筒型タンクのフランジ接合部補修方法

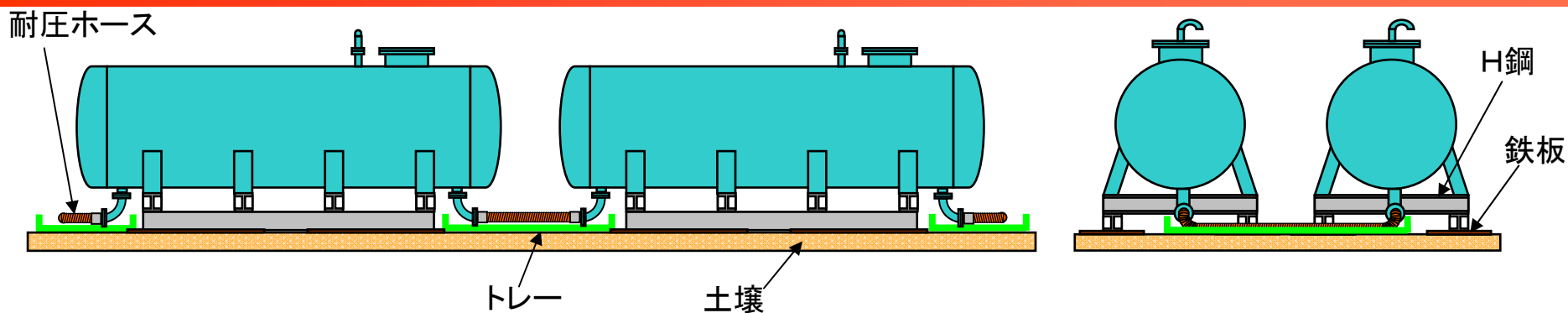


— フランジ接合部
— 補修箇所(検証中)

拡大
←



鋼製横置きタンクの外觀及び漏えい拡大防止対策（案）



発錆状況(ボルト)



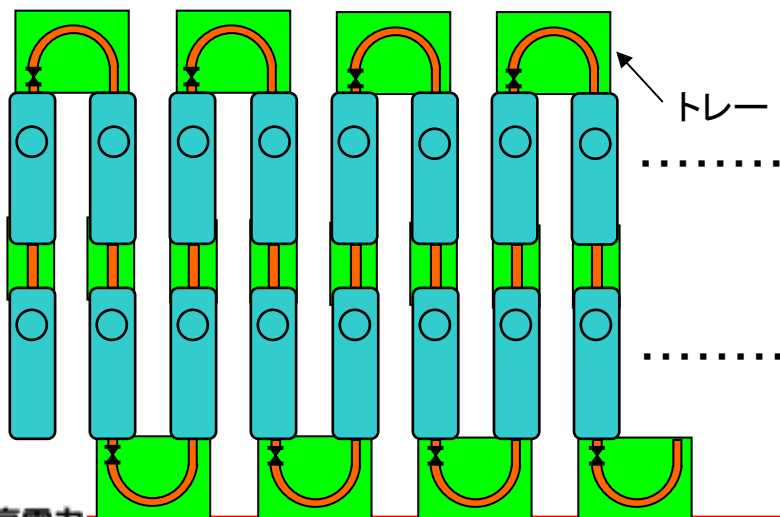
タンク連結ホース



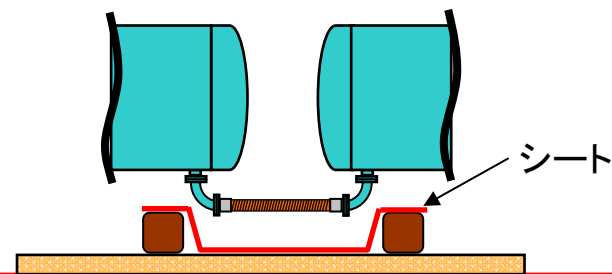
フランジ部吸湿剤



タンク連結ホース

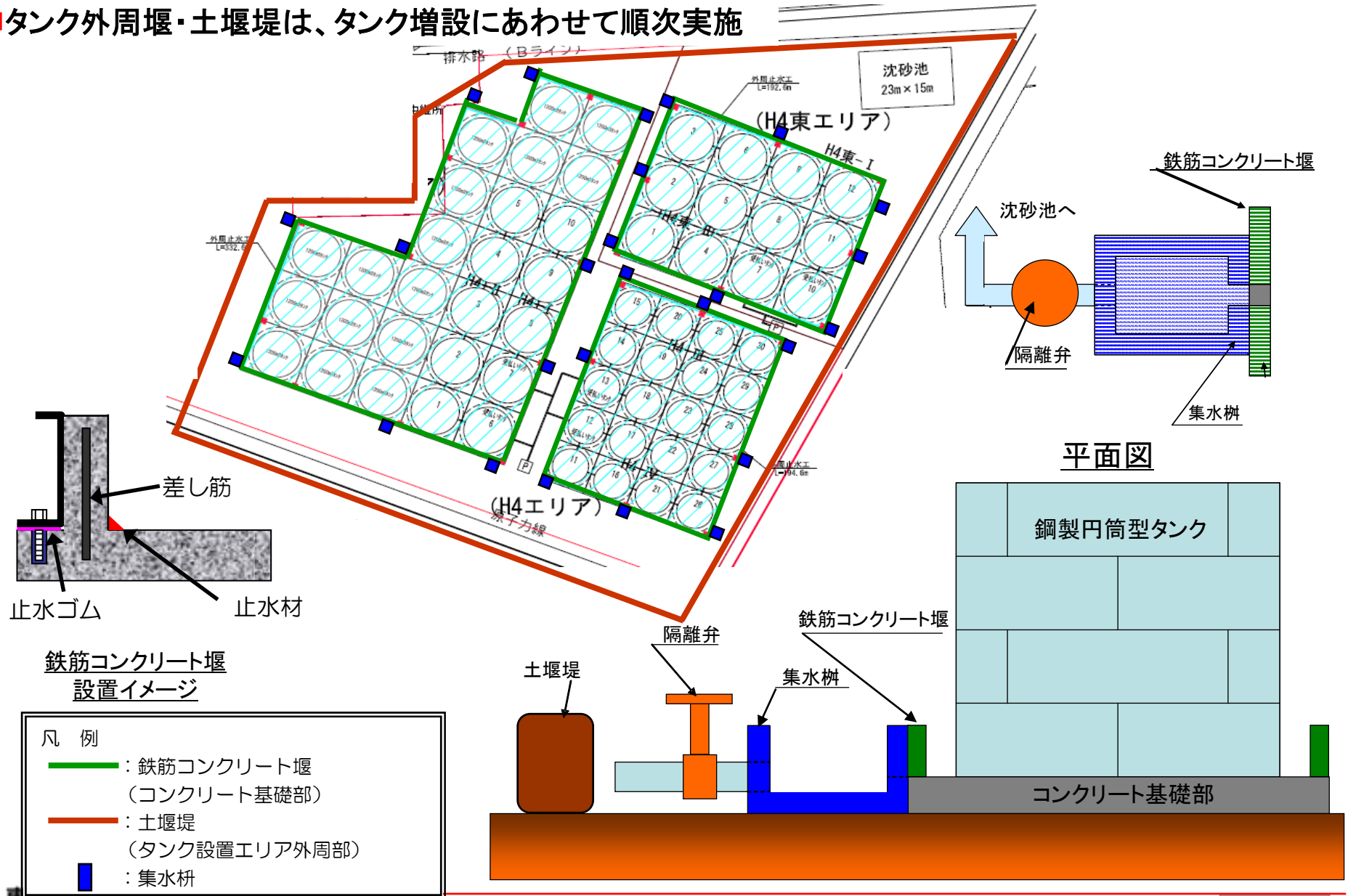


耐圧ホース及び接続フランジ部から万一、漏えいが発生した場合、漏えい水が地表面に浸透することから耐圧ホース及び接続フランジ下部にトレー、シート等を設置し、地表に浸透させない方法について検討する。



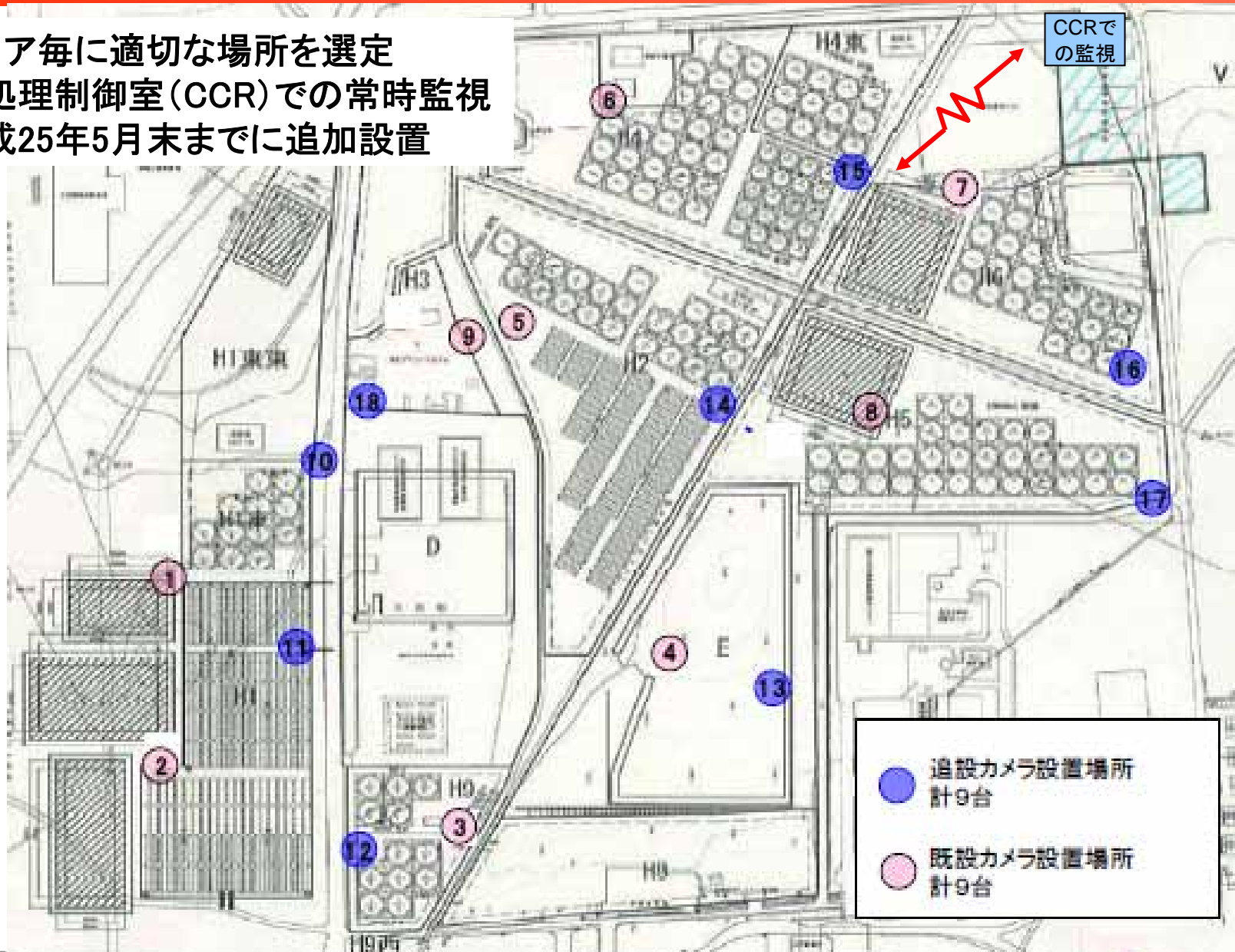
(参考) タンク設置エリアへの堰の設置

■ タンク外周堰・土堰堤は、タンク増設にあわせて順次実施



(参考) タンクエリアの監視カメラ

- エリア毎に適切な場所を選定
- 水処理制御室(CCR)での常時監視
- 平成25年5月末までに追加設置



(参考) 水処理設備等の漏えい発生の防止等に係る設計方針

汚染水処理設備等は、放射性物質の設備からの漏えい及び系外への放出を防止するため、以下の漏えいの発生防止、漏えいの早期検知、漏えいの拡大防止を考慮した設計・運用としている。

- a.漏えいの発生を防止するため、機器等には設置環境や内部流体の性状等に応じた適切な材料を使用する。
- b.機器等の周辺に漏えい検知器、タンクに水位検出器等を設け、漏えいの早期検出を可能とする。また、漏えい検知等の警報についてはシールド中央制御室に表示し、異常を確実に運転員に伝え適切な措置をとれるようにする。さらに、適切にパトロールを行い漏えいの有無を確認する。
- c.汚染水処理設備等は可能な限り建屋内に設置し、漏えいが発生しても建屋外への流出を防止する。また、タンク等の屋外設置機器については、漏えい水の拡大を抑制するための堰等を設ける。

(参考) 水処理設備の漏えいの防止 (事象発生から漏えいに至るまでの対策)

機器の故障, 設計不良, 施工不良や誤操作, 停電, 地震による損傷, 津波による浸水などを仮定しても有意な漏えいに繋がらないための設備, 手順, 教育訓練などが十分に備わっているか。

《設備面・運用面 (運転操作, 訓練等) における早期漏えい検知》

滞留水移送装置	<ul style="list-style-type: none">・ 建屋内滞留水水位の監視・ 遠隔カメラによる監視 (屋外)・ 線量モニタによる監視 (屋外)・ 漏えい検知器設置 (建屋内)・ 巡視点検 (屋外)
処理装置 (AREVA, KURION, SARRY)	<ul style="list-style-type: none">・ 遠隔カメラによる監視・ 漏えい検知器設置・ 巡視点検
淡水化装置 (RO装置, 蒸発濃縮装置)	<ul style="list-style-type: none">・ 遠隔カメラによる監視・ 漏えい検知器設置・ 巡視点検
タンク類	<ul style="list-style-type: none">・ 水位計による監視・ 遠隔カメラによる監視・ 巡視点検

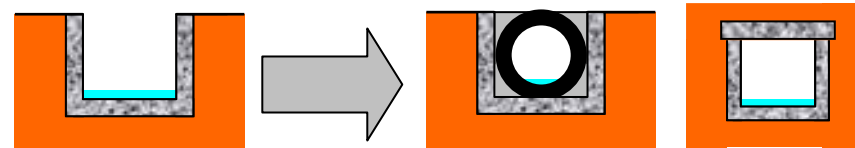
遠隔カメラによる監視方法や漏えい検知器からの警報発生時の対応, 巡視点検の頻度等については, 具体的な方法等を手順書, ガイド等に規定

(参考) 水処理設備の拡大の防止 (漏えい後の措置に関する対策等)

漏えいに至った場合、これを速やかに止めることができるのか。漏えいの拡大を防ぐことができるのか。特定の区域内への漏えいを地表等への移行に拡大させないための対策は十分に備わっているか。

《漏えいの早期検知とともに、堰等を設け漏えいの拡大を防止》

滞留水移送装置	<ul style="list-style-type: none"> ・タービン建屋内は漏えい拡大防止堰を設置
処理装置 (AREVA, KURION, SARRY)	<ul style="list-style-type: none"> ・既設建屋内に設置しており、さらに漏えい拡大防止堰を設置 ・建屋床面, 壁には防水塗装を実施
淡水化装置 (RO装置, 蒸発濃縮装置)	<ul style="list-style-type: none"> ・建屋内設置であり、さらに漏えい拡大防止堰を設置 ・建屋床面, 堰に防水塗装を実施
タンク類	<ul style="list-style-type: none"> ・コンクリート基礎上にタンクを設置 (溶接構造のタンクを除く) ・タンク満水後, 連絡弁を閉じる運用 (大量漏えいの防止) ・コンクリート基礎の外周に堰を設置 ・タンク設置エリアを囲む土堰堤を設置 ・タンク近傍の一般排水路を暗渠化



暗渠化のイメージ

各委員からの指摘事項回答

【資料2-5】

	指摘・コメント	5/16時点でのご回答
1	資料3-1、p33のデータなどを見ると、震災前からサブドレン水は汽水化しており、塩水楔が発生していると思われます。つまり、 <u>数値シミュレーションにおいては、密度流を考慮した3次元解析が必要かと思えますが、どのような条件で計算しているのか、もっと情報が必要です。</u>	塩水楔、潮汐を考慮した解析は実施しておりません。解析の実施についてご相談させていただきたいと思えます。
2	また <u>海岸近くの浅層地下水では、潮汐の影響がトリチウムなどの拡散に影響すると思われませんが、このような非定常解析はされているのでしょうか。</u> 塩水楔が発生しているだけでも地下水の実流速が上がる可能性がありますから、漏出したトリチウムが海まで行くのに10年というのは、言わない方が良いのではないかと思います。このような比較的透水性の高い地域では、水みちを通して、数十倍速く汚染物質が流出する場合もあるかと思えますので、注意が必要ではと思えます。	潮汐の影響を考慮した非定常解析は実施しておりません。ご指摘の点を踏まえて今後検討させていただきます。
3	トリチウムの処理方法として、今回ご提出頂いたような、除去以外の方法は検討外なのでしょうか。半減期12.3年ですので、 <u>200年程、地表に出てこず、地下水の利用もない(たとえば汽水化している)比較的深い地層に溜めておく(深い地層の地下水とトリチウム水を入れ替える)という保管減衰処理の可能性も検討してみてくださいませでしょうか。</u>	処理水の取扱の検討の中で、その可能性について検討させていただきます。
4	各対策法では地下水の量的シミュレーションはされているようですが(ただし計算条件を明示して欲しいと思えます。)、各手法のフェールセーフの度合いを明らかにするため、 <u>地下水位を下げた後、再び建屋から汚染水がもれた場合の移流拡散シミュレーションなども行って欲しいと思えます。</u>	ゼネコン殿にも依頼中 (東京電力ではシミュレーションは実施しておりません。)
5	凍土バリアを使用する方法では、 <u>冷却管を斜めに挿入して建屋下部も含めて、凍土に変えてしまう、という方法はありませんでしょうか？</u> 不透水層が連続して存在することが不明な場合、あり得ない方法でもないかと思えます(建物の基礎に影響するなら論外ですが。)。但し、この凍土バリアを利用する方法では、 <u>地下水の流速による適用限界はないのでしょうか(実流速が速すぎると、凍結に長時間を要する?)。バリア完成に要する時間などを熱拡散シミュレーションなどから明らかにして欲しいと思えます。</u> また、凍結条件として地下水の塩分濃度も関係しますので、ここでも塩水楔などを考慮する密度流としてのシミュレーションが必要ではと思えます。	ゼネコン殿に依頼中
6	地下水バイパスのための揚水については、 <u>揚水井での揚水量や全体のバランスをコントロールすることは、効果が出るまでに相当の時間遅れがあるので、結構大変ではないか。</u>	地下水バイパス揚水井は建屋から離れていることから長期的な地下水変動に対応し、降雨による短期的な変動にはサブドレンでの対応が有利です。地下水バイパスのみ稼働する際には、少しずつ水位低下させ、建屋周辺地下水位の大きな変動がないことを確認しながら実施してまいります。
7	建屋と地下水バイパス揚水井の間に、観測井を増やして、揚水による観測井での水位変化を迅速に捉えて、揚水のフィードバック制御をおこなうような方法をとる必要があるのではないか。	観測孔の設置位置については現場と相談のうえ可能な場所を選定、設置しました。現地の状況から追加設置は難しいことから、設置した観測孔とサブドレンの水位を観測・評価することとさせていただきます。
8	地下水バイパス揚水井の内側に遮水壁を打って、揚水した水を遮水壁内側にリチャージするなどして、揚水井と遮水壁の組み合わせプラス水のリチャージにより、水位をコントロールする方法もあるのではないか。	今後の遮水壁の検討の中で、その可能性について検討させていただきます。

各委員からの指摘事項回答

【資料2-5】

	指摘・コメント	5/16時点でのご回答
9	<p>現地データについて： 今回の説明図にありました地下水流動は全て概念図であつたり解析的なものでした。解析も重要ですが、もし可能であれば、地質も含め、帯水層や地質の物性値、地下水の3次元的な実データを提示する方が国民に対しての説得力があるように感じました。地下水が3次元的に見てどう流れているかを示し、現状で確実に分かっているところと今後観測網を整備してこれから明らかにすべきところなどをはっきり分ける必要もあろうかと存じます。抜本的な対策をより効果的にするために<u>地質・地下水の3次元実データの充実</u>とできれば公開をお願いいたします。</p>	<p>既にデータを示させていただいているものも有りますが、データを追加いたします。今後の観測網については、ご指導いただきながら検討させていただきます。</p>
10	<p>抜本的な対策について： 本日3社のプレゼンがありましたが、それぞれよくできているのですが、これまでのミスを繰り返さないためにも多重バリアシステムをご検討いただきたくお願いいたします。理論上(計算)では大丈夫だというものでも想定外の破損があつたりしますので、単一のバリアで安心しない方がよいかと思ひました。今後、国民の信頼をより一層高めていくためにも、複数のバリアを組み合わせることをご検討いただきたいと考えています。</p>	<p>汚染水管理全体の中で、流入量抑制にどれだけ冗長性を持たせるかは、費用対効果も含め検討させていただきたいと思ひます。</p>
11	<p>施設の上流側に揚水用の井戸を設置して、その井戸群からの揚水によって、汚染地帯への流入流量を減少させようとしている。この方法は、一次的な対策としては良い方法であるが、抜本的な対策とは言えないと考えられる。</p>	<p>地下水バイパスは建屋までの距離があることから抜本的な対策とはなりえないのはご指摘のとおりです。抜本的対策であるサブドレンに先行して稼働するものです。</p>
12	<p>抜本的な対策としては、以下の手順が考えられる。 (a) 地層の情報を得るための調査を実施する。 (b) 難透水層と考えられている地層の連続性が評価できる調査を実施し、この難透水層の透水係数が、1.0×10^{-6}cm/s程度で、その厚さが5m程度あるかを確認する。 (c) 難透水層が十分、下流からの地下水の上昇を防止できるのなら、境界線上くらいの所に止水壁を設置して、上流からの汚染域への地下水の流入を遮断する。 (d) 上流の遮水壁より上部からの地下水の流入水は遮水壁を迂回して下流に浸透するが、遮水壁をオーバーフローして汚染域に流入するようであれば、その箇所に揚水井を設置して、上流の水位上昇を防止する。 (e) 上流からの地下水の浸透が遮断されても、地表からの降雨浸透流は遮断しにくいので、降雨が浸透しにくいように、地表面にウレタン系の止水層かアスファルト層を設置して、その浸透流量を減少する。 (f) 難透水層より下部の帯水層からの上部への漏洩してくる地下水に対しては、下部の帯水層内に水平井戸を設置して、その地下水圧を低下する。 (g) 上部帯水層内の水位が低下すると、R/BやT/Bからの汚染水が流出してくる可能性があるが、これに関しては、建物の周囲の地盤を止水する層を設置する。</p> <p>施工によるコストに関してはあまり考えていないが、将来の廃炉までを考えての止水工法として、ここまでを検討してほしい。</p>	<p>バックアップ対策工の検討を進める中で、頂いたアドバイスを参考に検討させていただきたいと思ひます。追加の調査については、調査方法についてご相談させていただきたいと思ひます。</p>