

# 地下水流入抑制のための対応方策

平成25年4月26日

東京電力株式会社



無断複製・転載禁止 東京電力株式会社

## 目次

1. 現状分析
2. 止水方策
3. 貫通部の止水
4. 地下水バイパスの活用
5. サブドレンの活用
6. 建屋間ギャップ止水の検討
7. 陸側遮水壁の検討
8. 建屋地下部コンクリート充填の検討
9. 止水方策の課題

参考1：基礎マット部からの流入について

参考2：高濃度の汚染水が滞留している建屋・トレンチ等

参考3：滞留水の流れのイメージ

参考4：滞留水の塩分濃度の推移

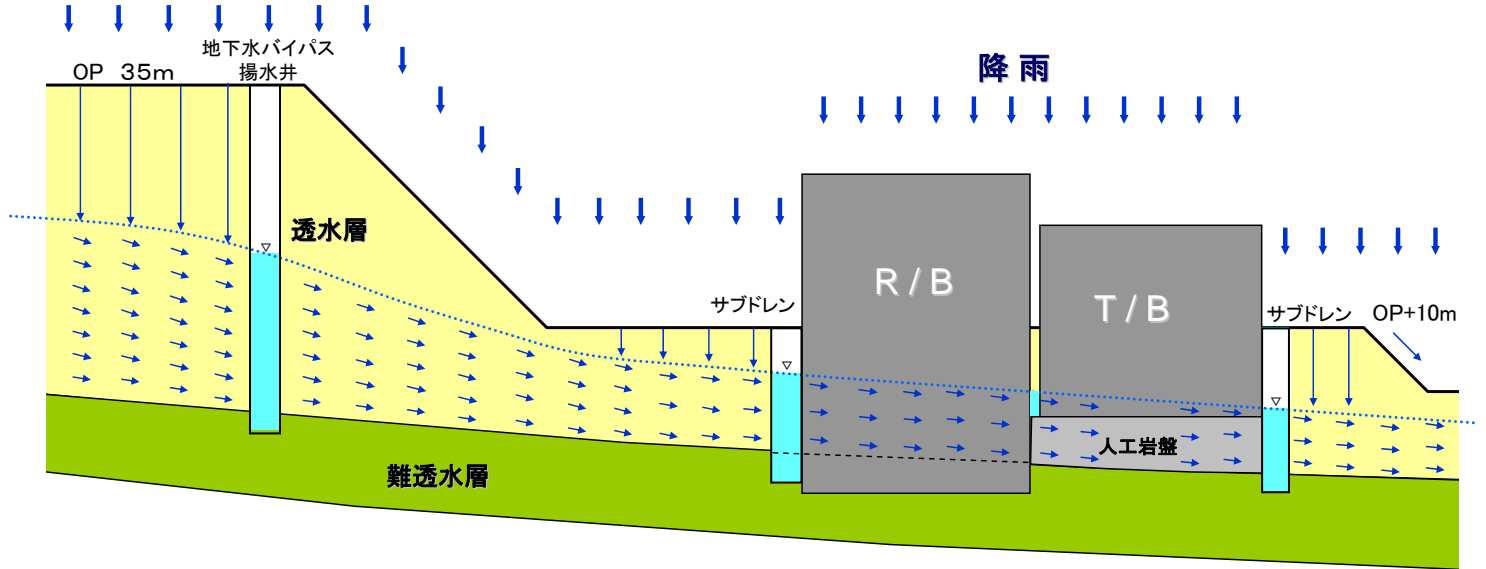
参考5：海洋汚染拡大防止対策～海側遮水壁の計画～

参考6：地下水バイパス補足資料

参考7：サブドレン補足資料

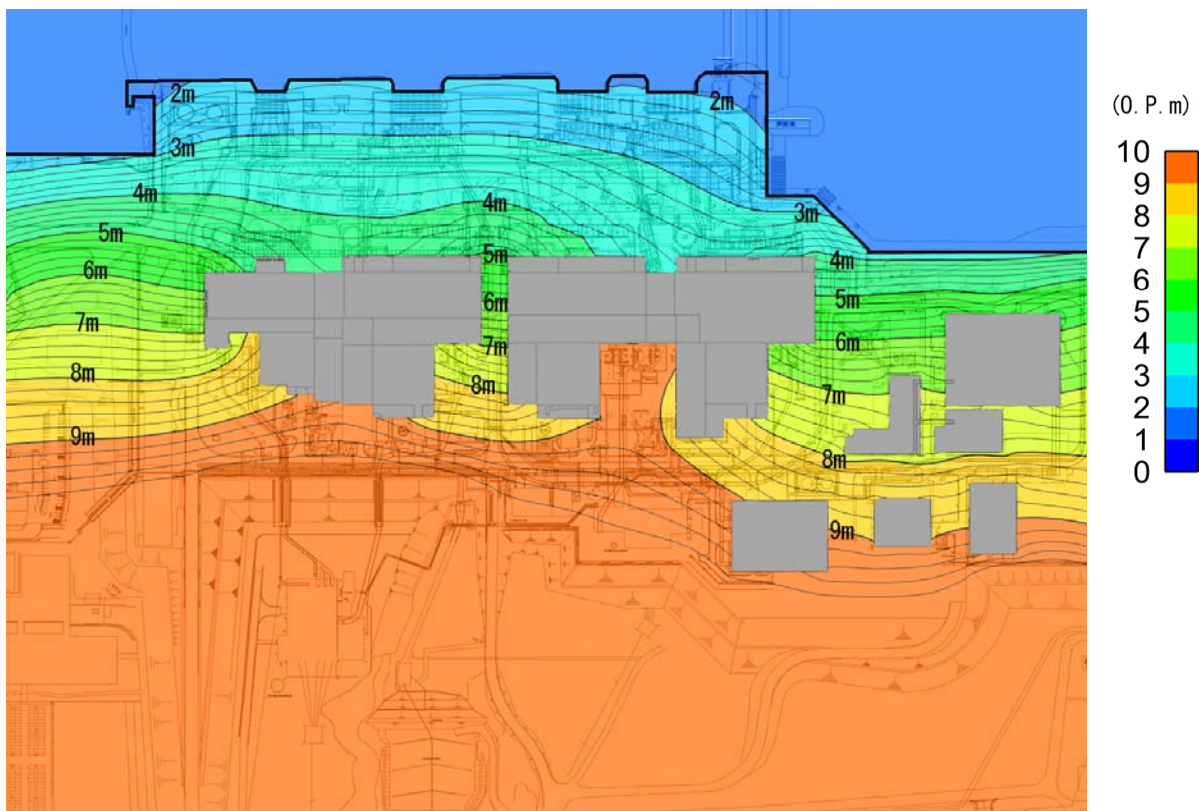
# 1. 現状分析 ① 地下水の流れ

地下水は、敷地西側(山)から東側(海)に向かって流れており一部が建屋地下から流入する。  
雨水は、地下に浸透して建屋に流入している。  
建屋に流入している地下水は、これまでの実績に基づき約400m<sup>3</sup>/日と想定している。

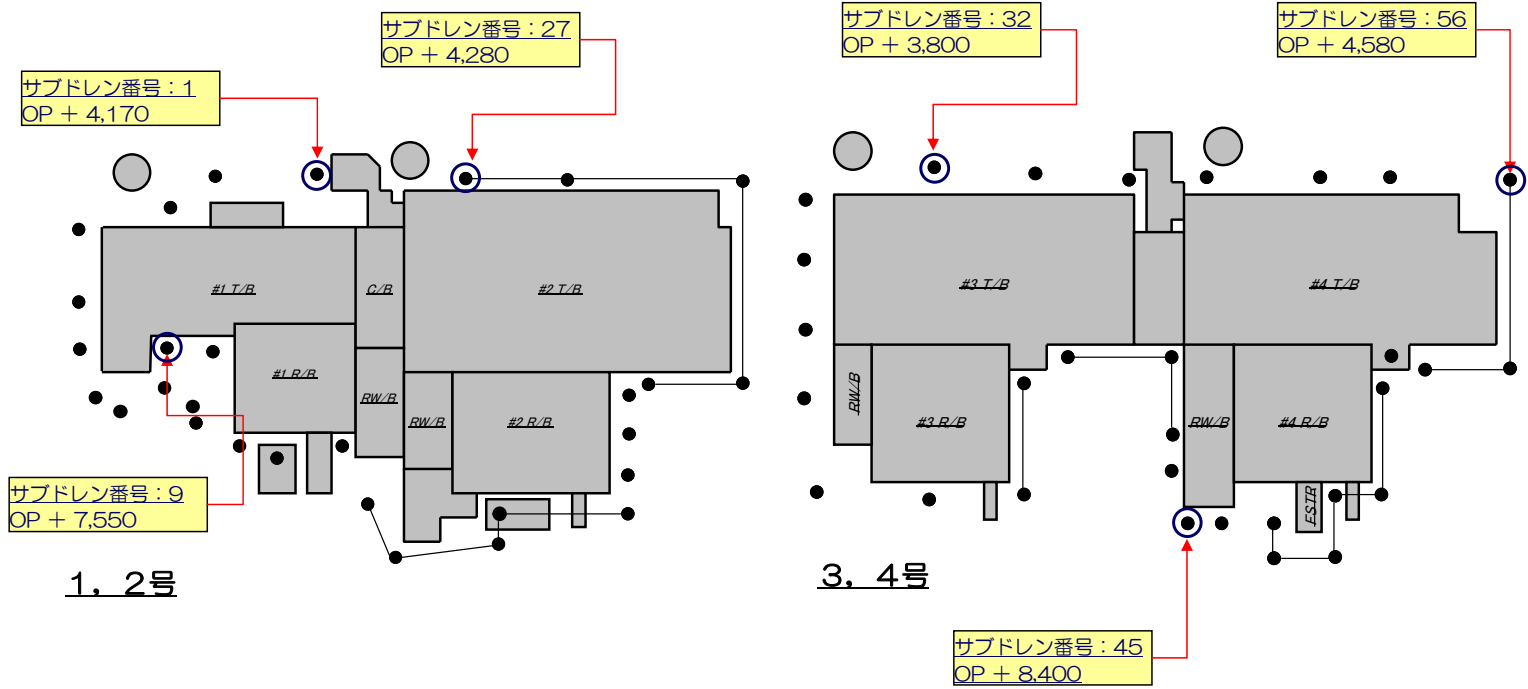


# 1. 現状分析 ② 地下水位の現況 (推定)

浸透流解析による地下水位の分布を示す。  
地下水位は、汀線にほぼ平行に山側が高く、海側が低くなっている。

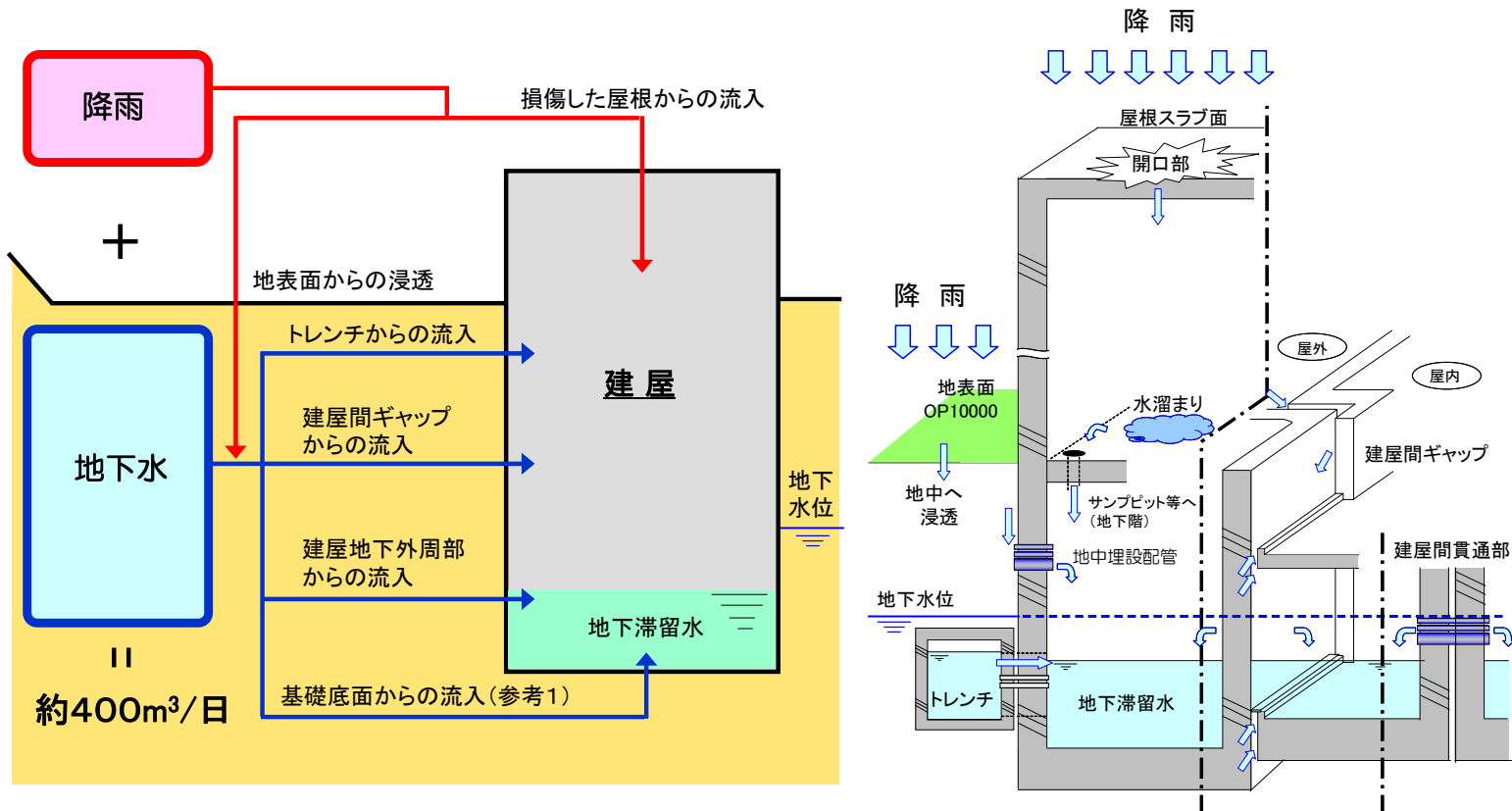


# 1. 現状分析 ③ 1～4号機周辺サブドレンピット水位（4/22測定）



# 1. 現状分析 ④ 地下水の建屋内流入経路の想定

建屋流入量（約400m<sup>3</sup>／日）は「降雨」と「地下水」に分けられ、それぞれ以下の経路から流入していると想定している。



## 2. 止水方策 ① 止水方策一覧

止水方策	機能・概要	主な対応状況
<a href="#">貫通部の止水</a>	地下部で建屋に取り付くトレンチや配管の貫通部からの流入を開口や隙間を塞ぎ抑制する	<ul style="list-style-type: none"> <li>・3箇所の貫通部の止水を完了</li> <li>・今後、2箇所の貫通部の止水を実施予定</li> </ul>
<a href="#">地下水バイパスの活用</a>	地下水の流れの上流側にあたる建屋の西側に井戸を掘り、建屋側へ流れる地下水を強制的にバイパスさせることで、建屋周辺の地下水位をコントロールする。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・揚水井設置完了</li> <li>・浄化・水質分析中</li> <li>・配管等の移送設備の設置作業実施中</li> </ul>
<a href="#">サブドレンの活用</a>	建屋近傍にある井戸から地下水を汲み上げて建屋周辺の地下水位を下げる	<ul style="list-style-type: none"> <li>・復旧作業中</li> </ul>
建屋間ギャップの止水	隣り合わせた建屋の地下外壁は50mm程度の間隔を空けて（ギャップと呼ぶ）配置されており、建屋間を貫通する配管が集中するため、ギャップ部を止水し地下水流入を抑制する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・継続検討中であるが、以下の課題の難易度が高い</li> <li>※建屋外壁周辺の地上部は高線量のため作業可能な線量になるまで除染や遮へいが必要</li> <li>※地中にトレンチなどの構造物があるため止水工事の実現が困難</li> </ul>
遮水連壁（陸側遮水壁）	地下水の流れの上流側にあたる建屋の西側に、地下水の流れを遮断する壁を構築して、建屋側への地下水の流れを止める。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・陸側遮水壁は地下水位のコントロールが出来ないため、滞留水流出を招く恐れがあることから代替として地下水バイパスを構築中。</li> </ul>
建屋地下部コンクリート充填	滞留水が溜まっているタービン建屋等の地下部分をコンクリート等で充填する事で、地下水の建屋への流入を抑制する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・継続検討中であるが、以下の課題の難易度が高い</li> <li>※コンクリート充填による循環注水冷却システムへの影響を考慮することが必要。</li> <li>※滞留水を全て汲み上げる必要があり、早期の実施が困難。</li> </ul>

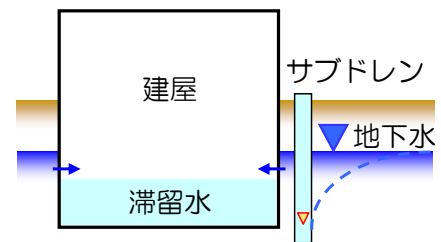
無断複製・転載禁止 東京電力株式会社

6

## 2. 止水方策 ② 止水の考え方

### ■地下水流入抑制の最終ゴール

地下水流入の抑制は、[サブドレンを復旧後フルに運用し](#)、[事故前と同様に地下水位を建屋基礎以下に下げる](#)ことで実現出来ると考えている。



### ■課題

- ①現在建屋内に滞留水があり、この滞留水を外に出さない対策として、建屋周辺の[地下水位を建屋内の滞留水水位より高く保ち、水封](#)する方法を採用している。このため、地下水位を滞留水水位より高く保ちながら、[地下水位及び滞留水水位を低下させ、地下水位を建屋基礎下まで下げる前に、建屋内の滞留水を全て汲み上げる必要](#)がある。
- ②建屋内の[滞留水をゼロにするには、PCVからの漏水を止める必要](#)があり、そのためにはPCVバウンダリを補修するとともに、PCVバウンダリ内から取水して、原子炉へ注水する循環ループを構築する必要がある。
- ③サブドレンピット内はフォールアウトが雨水により流入して汚染されている。このため、サブドレンを稼働させるには[サブドレン水を浄化する設備の設置と浄化済み水の取り扱い](#)が課題。

無断複製・転載禁止 東京電力株式会社

7

## 2. 止水方策 ② 止水の考え方

### ■サブドレンフル稼働までの地下水流入抑制ステップ

1. トレンチ開口部や配管貫通部の流入が確認されている箇所の止水を可能な範囲で実施する。
2. 地下水バイパスを先行して運用し地下水位を可能な範囲で下げて流入を抑制する。(H25年4月以降)
3. サブドレンのポンプや配管の復旧を進める。(～H26年秋)
4. サブドレン復旧完了後、滞留水と地下水の水位差が大きいエリアに関してサブドレンを稼働させ、建屋内への流入量を可能な限り抑制する。(H26年秋以降)
5. PCVバウンダリ補修が完了し、炉注水が建屋に流出しなくなった段階で、サブドレンをフル稼働させ建屋周辺の地下水位を基礎下まで下げて、地下水の流入を完全に抑制する。

## 3. 貫通部の止水 ① 地下水流入箇所の推定

地下水の水位が高いため、多くの「配管スリーブ貫通部」「ケーブルダクト貫通部」「扉開口部」が水没し、地下水の流入経路となっていると推定する。

建屋貫通部の例



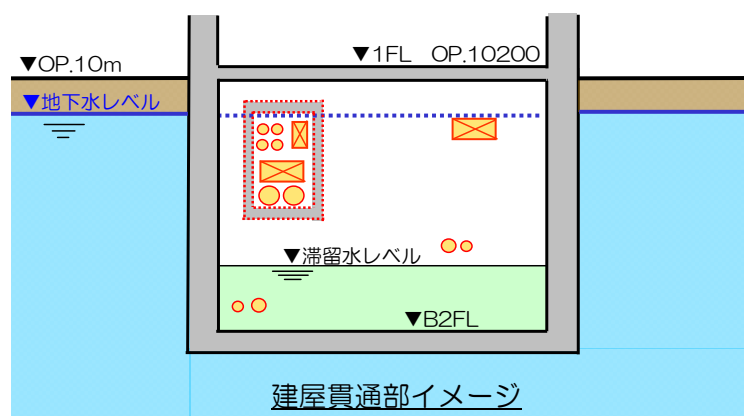
配管スリーブ貫通部



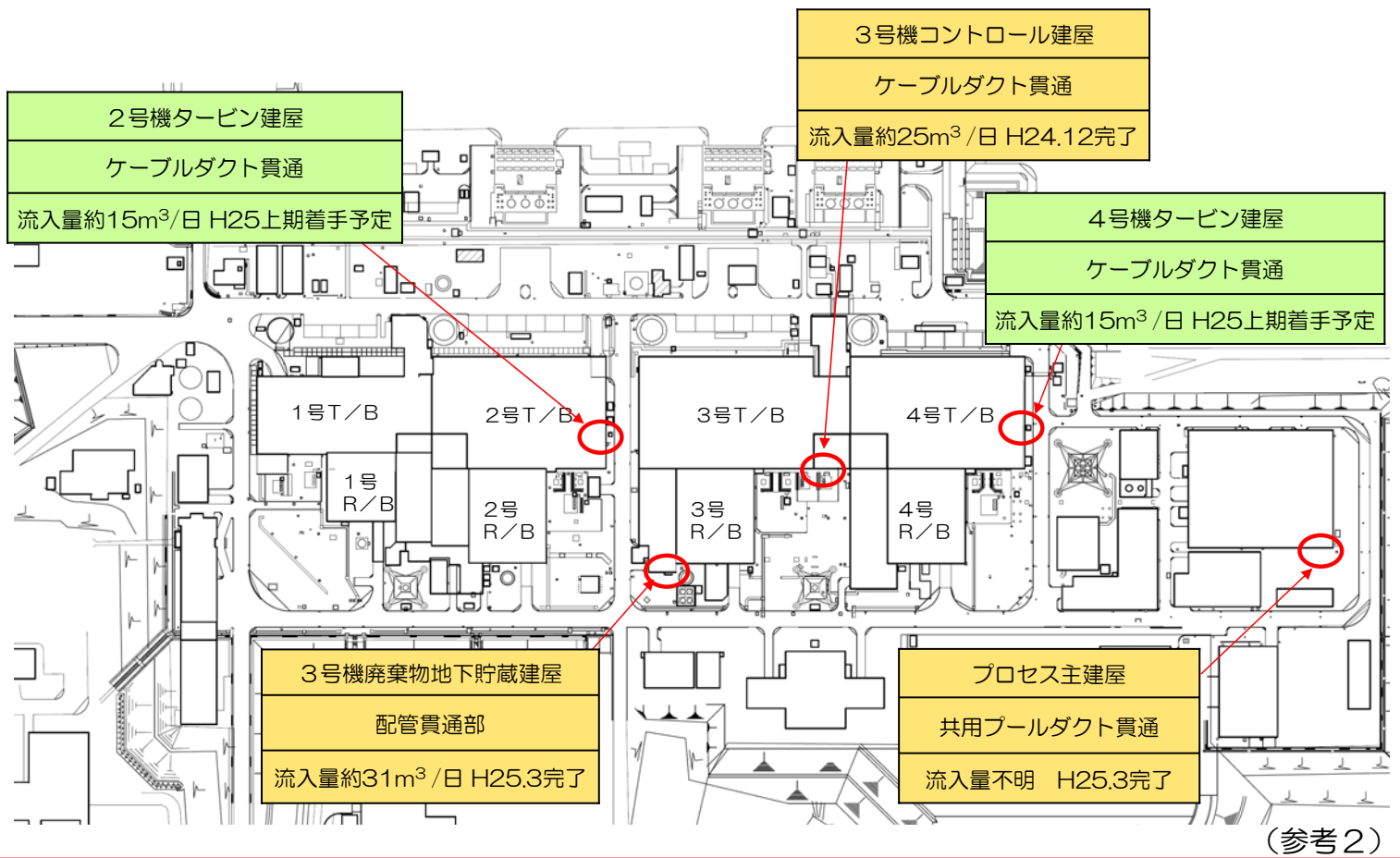
ケーブルダクト貫通部 (トレンチ)



扉開口部



### 3. 貫通部の止水 ② 主な止水対策実施状況



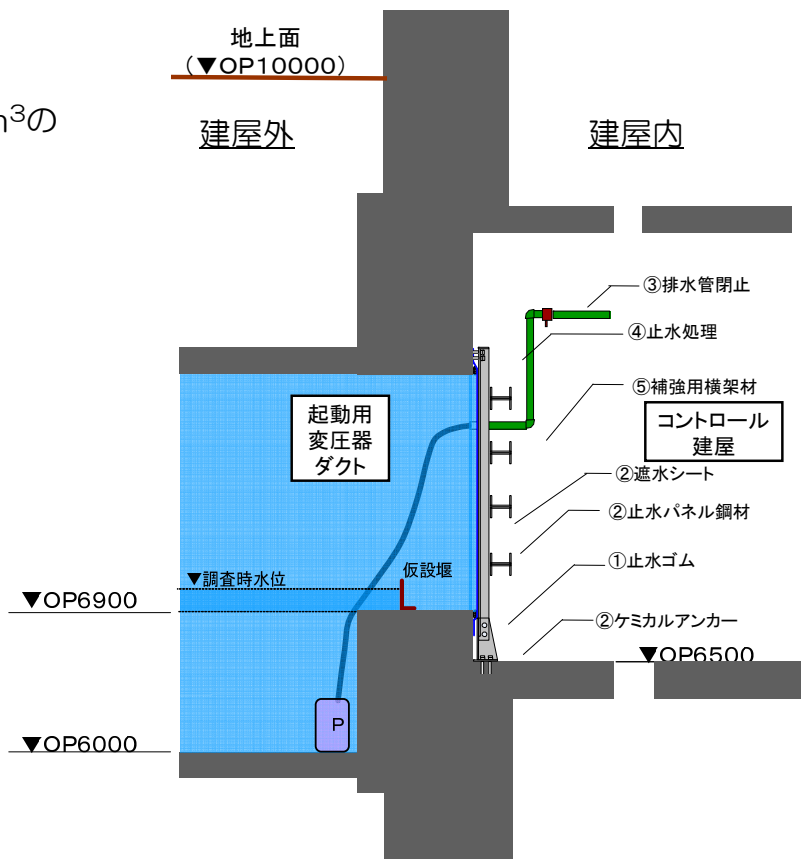
無断複製・転載禁止 東京電力株式会社

### 3. 貫通部の止水 ③ ケーブルダクト貫通部（3号機コントロール建屋）

#### ■ 止水工事概要

- 平成24年7月16日より止水工事に着手。  
12月4日に止水工事が完了。
- 今回の止水工事完了により、1日あたり約25m<sup>3</sup>の  
3、4号機タービン建屋滞留水の減少に寄与。

止水工事箇所断面図



<着手前>



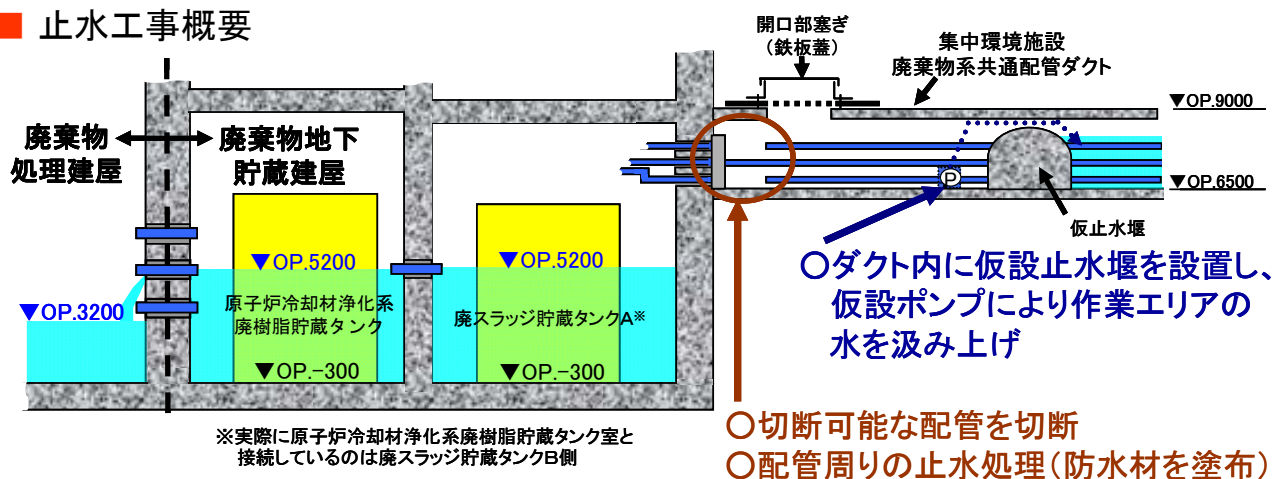
<止水完了>



無断複製・転載禁止 東京電力株式会社

### 3. 貫通部の止水 ④ 配管スリーブ貫通部（3号機廃棄物地下貯蔵建屋）

#### ■ 止水工事概要



<着手前>



<止水完了>



### 3. 貫通部の止水 ⑤ 今後の基本方針

- これまでに蓄積されたデータや現場調査を元に、建屋外壁面及び屋根面の地下水流入箇所や、地下水を下げた場合の流入量抑制効果を検討し、直接的に地下水流入を止めるための効果的かつ施工可能な対策の立案を行っていく。具体的には、以下のステップを進める。

#### I. 対策立案：

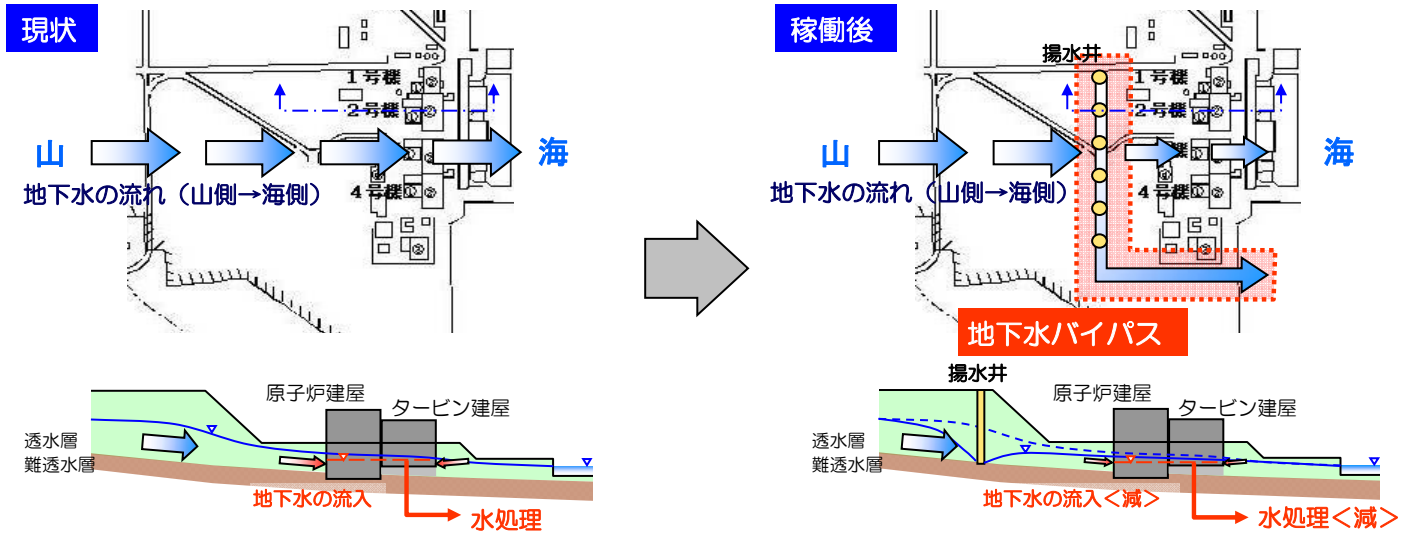
～H25上半期（予定）

- ・ 地下水流入経路及び流入量の分析・検討・予測
- ・ 止水対象箇所の選定（上記検討結果を踏まえ、線量・アクセス性等を考慮）
- ・ 止水方法の検討

#### II. 止水工事（設計・工事）：

H25下半期～（予定）

## 4. 地下水バイパスの活用 ① コンセプト



- 地下水は主に透水層を山側から海側に向かって流れている。
- 海に向かう過程で地下水の一部が建屋内に流入している。  
→ 建屋内滞留水の増加

- 山側から流れてきた地下水を、建屋の上流で揚水し、地下水の流路を変更する。  
(地下水バイパス)
- 地下水バイパスにより建屋周辺(主に山側)の地下水位を低下させ、建屋内への流入量を抑制する。

## 4. 地下水バイパスの活用 ② 施工進捗状況

### ■ 実施中の主な作業 (4/22時点)

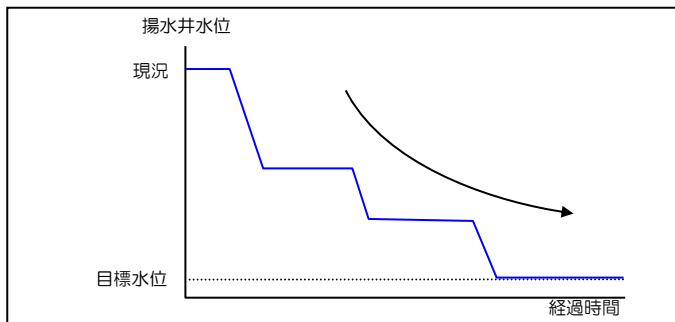
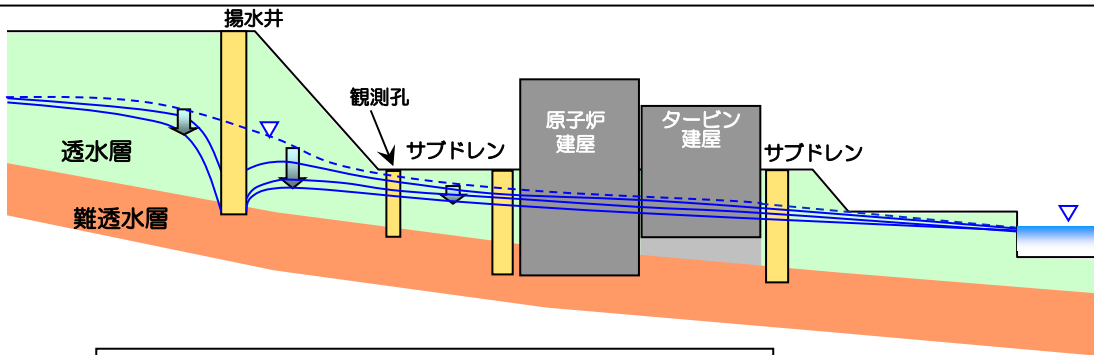
- ・ 揚水井設置完了 (12/12箇所)
- ・ 水質分析完了 (5/12箇所)
- ・ 配管等の移送設備の設置



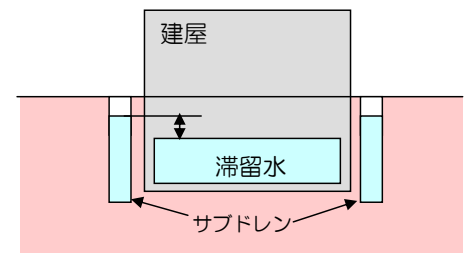


## 4. 地下水バイパスの活用 ③ 地下水バイパス運転時の建屋内滞留水水位の制約

- ① 地下水バイパスの実施にあたっては、段階的に地下水位を低下させることとし、地下水位低下状況及び水質等をモニタリングしながら、建屋内滞留水が建屋外に漏れ出さないように慎重な水位管理を実施していく。
- ② 建屋内滞留水の管理にあたっては、建屋内滞留水が建屋外に漏れ出さないよう、建屋内の滞留水の水位がサブドレン水の水位より低くなるようにする。



①段階的な地下水位低下のイメージ

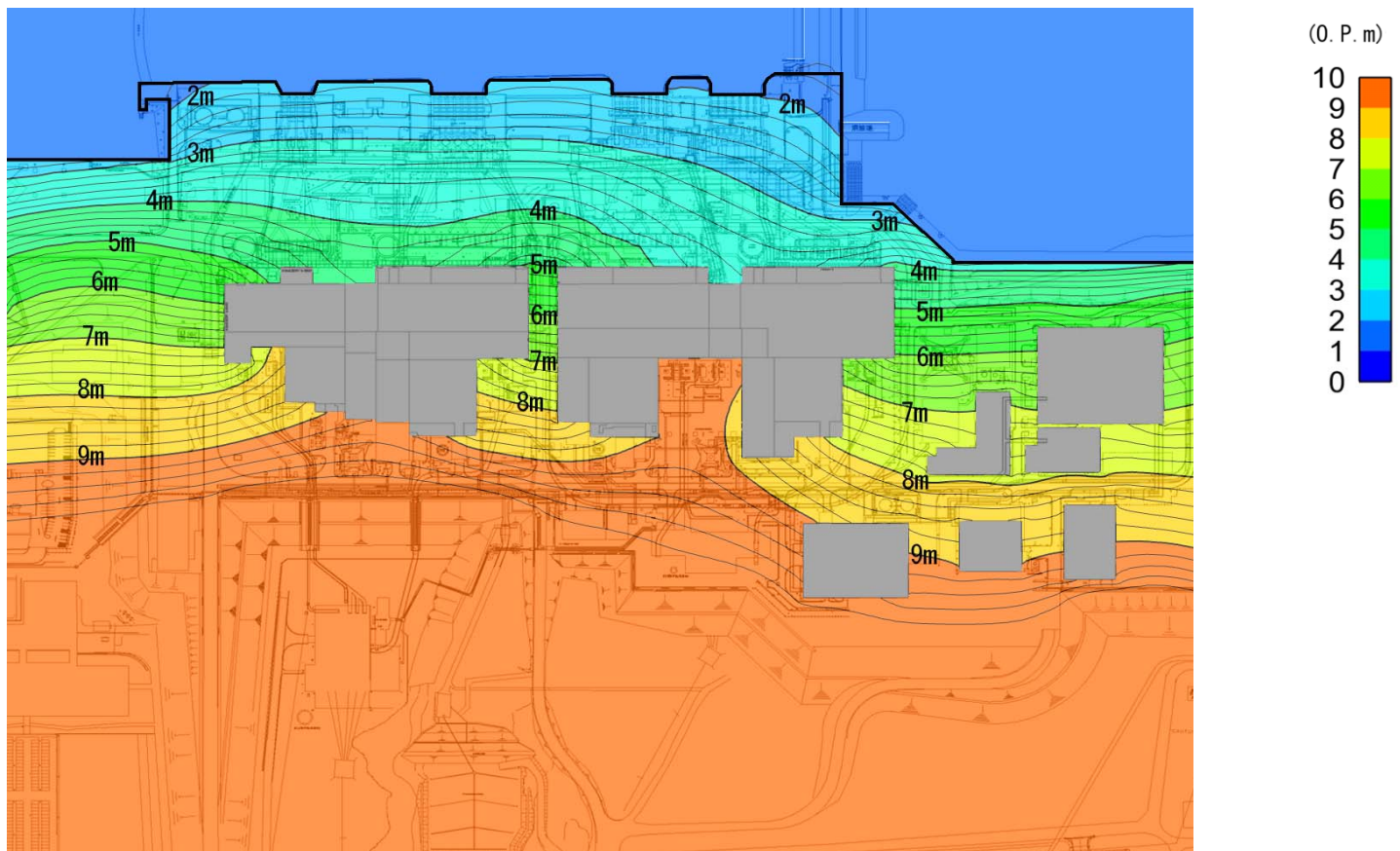


サブドレン水の水位 > 建屋内滞留水の水位

②建屋近傍の地下水の管理イメージ

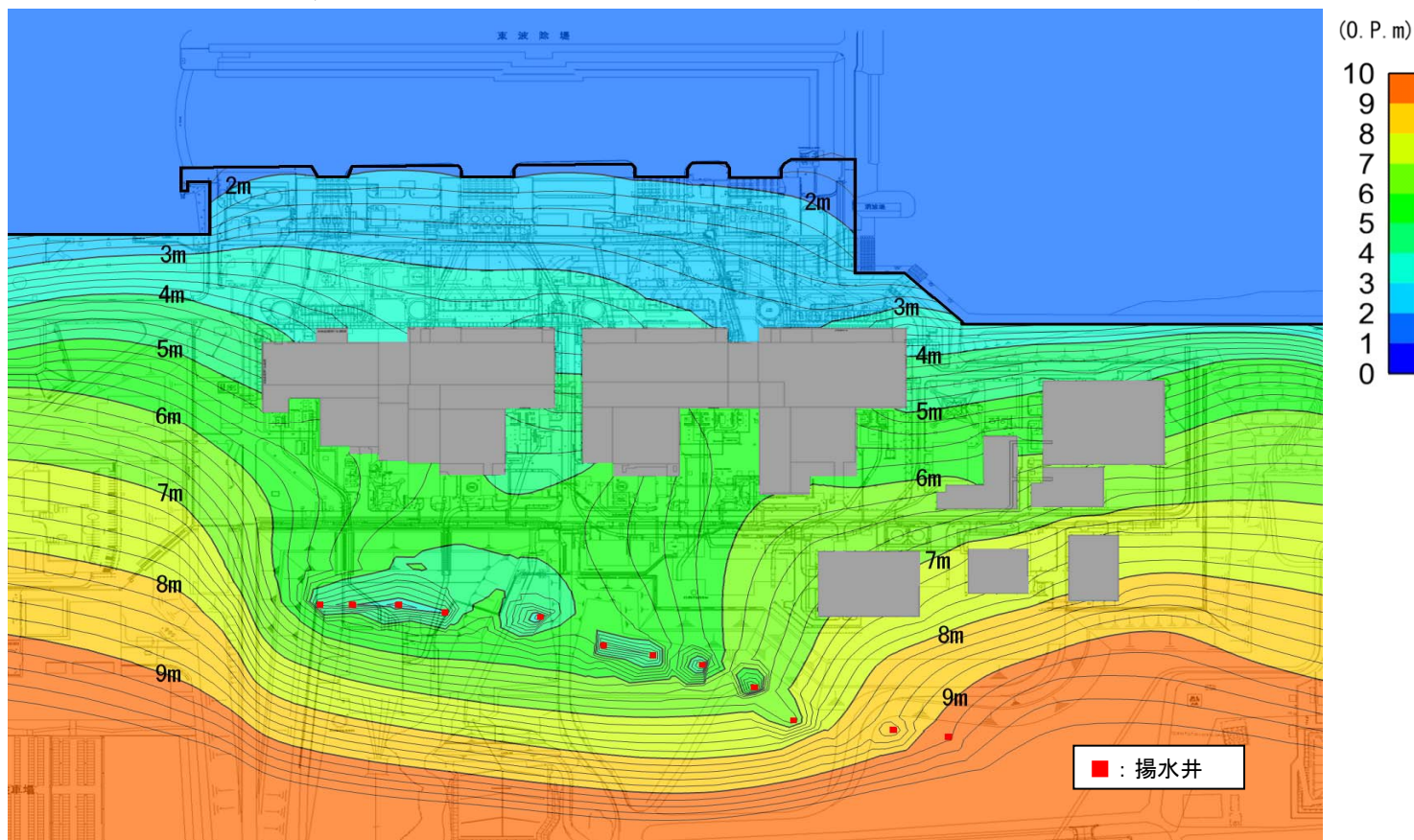
## 4. 地下水バイパスの活用 ④ 地下水バイパス効果の試算（浸透流解析結果）1 / 3

### A. 現状（建屋周辺のサブドレン停止中）の地下水位



## 4. 地下水バイパスの活用 ④ 地下水バイパス効果の試算（浸透流解析結果）2 / 3

B. 地下水バイパス稼働後の地下水位（全揚水井(12箇所)の水位を底部まで低下させた場合）

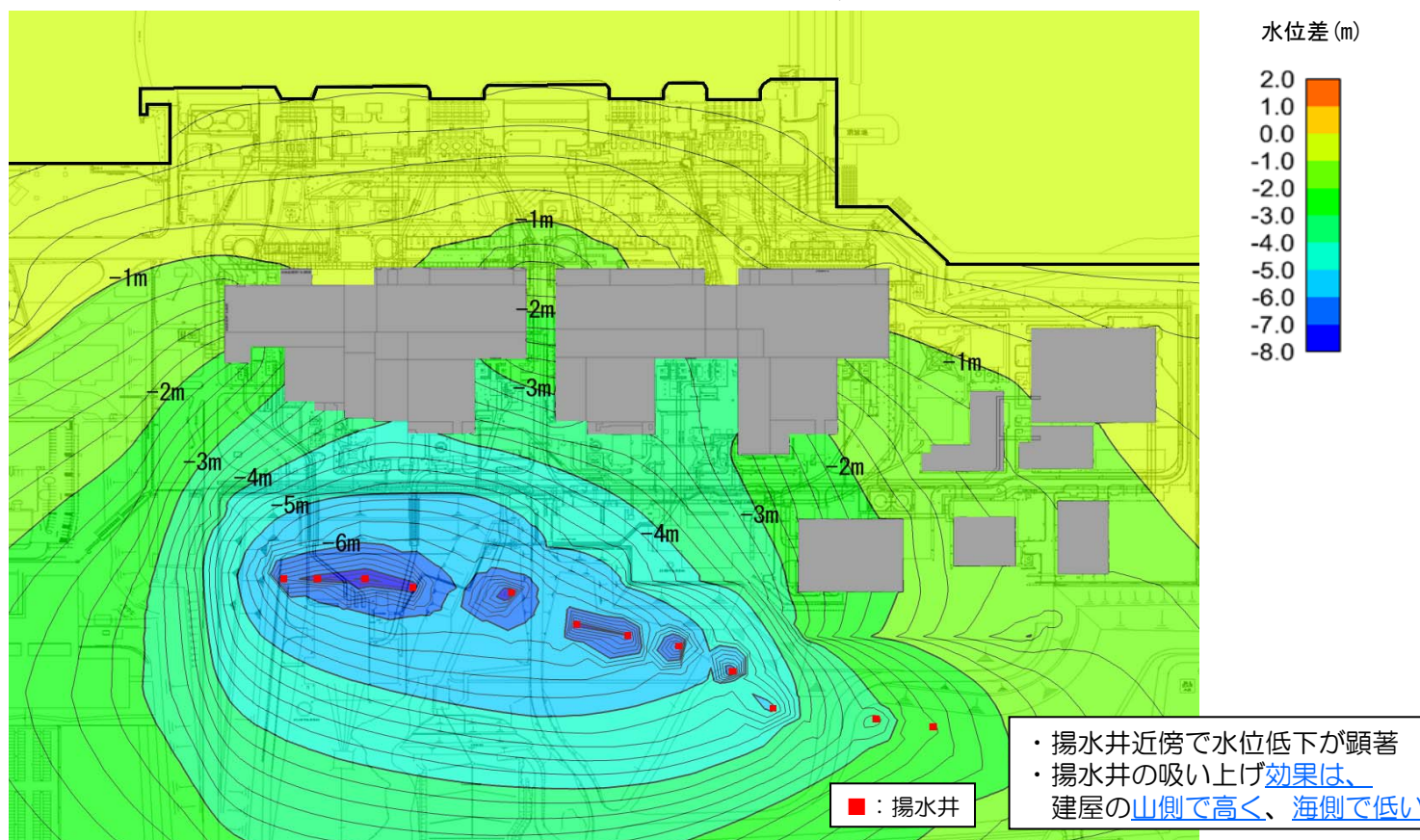


無断複製・転載禁止 東京電力株式会社

18

## 4. 地下水バイパスの活用 ④ 地下水バイパス効果の試算（浸透流解析結果）2 / 2

C. 建屋周りの地下水位の低下量（現況と地下水バイパス稼働後の差分）



無断複製・転載禁止 東京電力株式会社

19

## 4. 地下水バイパスの活用 ⑤ 全体スケジュール

### ■現在の状況（4/23現在）

- ・揚水・移送設備設置工事：移送配管、一時貯留タンク廻り配管設置作業実施中（A,C系統完了）
- ・揚水・移送設備試運転：機器・設備試験、系統試験、移送試験実施中（A系統完了）
- ・水質確認：A系統の揚水井の水質確認が完了（参考6）

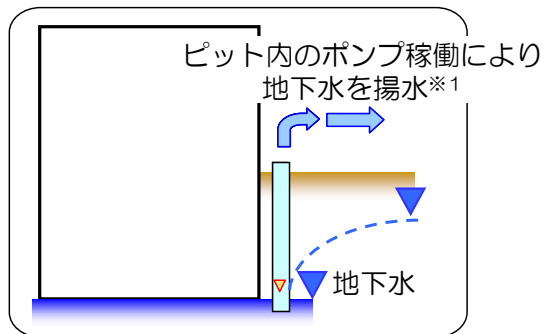
項目	平成24年度				平成25年度		
	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月～
揚水井設置		設置工事	掘削完了	▽設置完了			
揚水・移送設備設置	A系統	設置工事			試運転・水質確認		
	B系統	設置工事			試運転・水質確認	4/22 試運転・水質確認完了	
	C系統	設置工事			試運転・水質確認		
地下水バイパス稼働				4/17試運転開始	水質確認ができた箇所から、関係者のご理解を得て、順次稼働開始		

## 5. サブドレンの活用 ① 背景及び復旧の目的

- サブドレン設備は、建屋に働く浮力防止を目的として、ピット内のポンプにより地下水を汲み上げ、地下水位のバランスを取るために設置されたものである。
- サブドレン設備は、津波によりポンプ等が損傷したため、稼働を停止しており、汚染水の増加要因となっている。
- また、既設サブドレンピット57箇所のうち、27箇所についてはピット内へのがれき混入、建屋カバー基礎との干渉等により復旧が困難な状況。
- 地下水バイパスの稼働のみでは、建屋周囲の地下水位を十分にコントロールすることはできないため、サブドレン設備を復旧し、建屋周囲の地下水位をコントロールしながら低下させる必要がある。

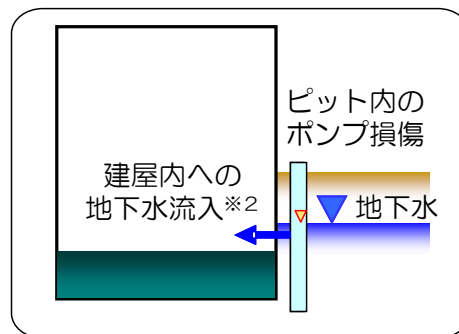


サブドレンピット内部（事故後）



事故前

〔イメージ図〕



事故後

※1：事故前の1～4号機サブドレンにおける揚水量は約850m<sup>3</sup>/日。

※2：建屋内への地下水流入量は全体で約400m<sup>3</sup>/日。

## 5. サブドレンの活用 ② これまでの経緯

- 1～4号サブドレンは、降雨等を通じて、事故により大気中に放出された放射性物質が混入している状況であることから、[平成24年1月から6月](#)にかけてサブドレンピットの浄化試験を実施。
- 浄化試験後に行った核種分析の結果、建屋滞留水に比べて非常に濃度は低いものの、セシウム等幾つかの放射性物質を検出。（セシウム137で $10^0 \sim 10^2 \text{Bq/L}$ 程度）  
（参考7）
- ピットの浄化にあたっては、建屋滞留水漏えい防止の観点から、[ピット内の水位が建屋滞留水の水位を下回らないように管理する必要](#)があったため、[ピット内の十分な浄化は困難](#)であった。
- したがって、浄化試験後に放射性物質を検出した理由は、地下水自体の汚染によるものではなく、ピットの浄化が十分に行えなかったことによると考えられる。



サブドレン設備の復旧にあたっては、ピット内の浄化ではなく、より効率的な方法である[浄化設備の設置を検討](#)する。

## 5. サブドレンの活用 ③ サブドレンピットの復旧計画（案）

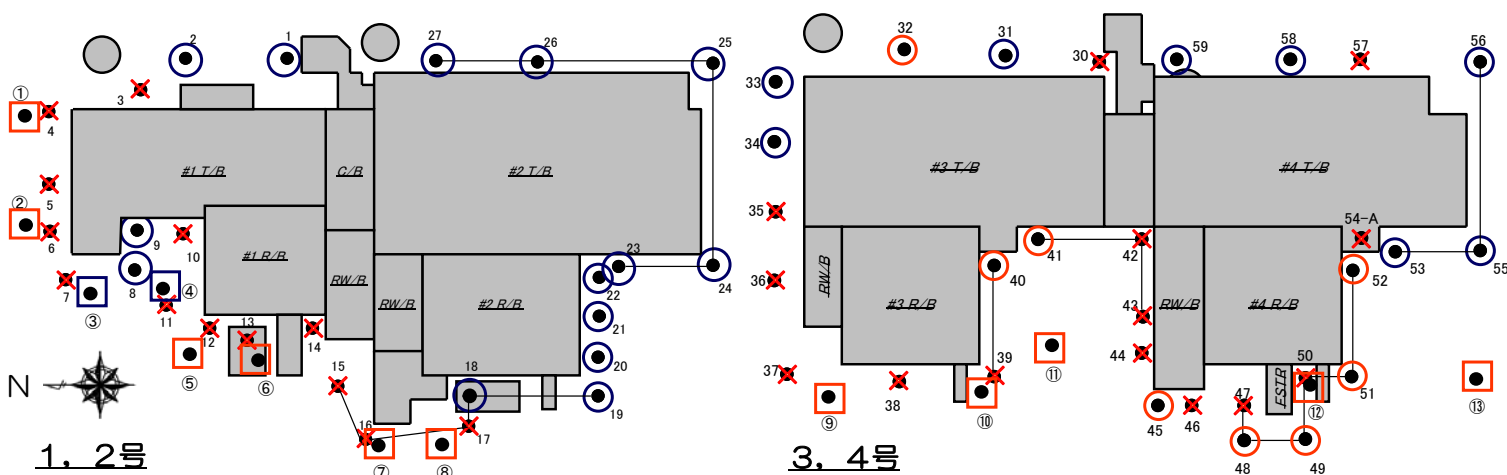
### 【平成24年度実施事項】

（参考8）

- 既設ピットのうち施工可能な箇所（青丸：22箇所）を対象に、ピット内の浮遊物質除去を実施。
- 新設ピット予定箇所において施工性確認のための試験掘削を実施（青四角：2箇所）。

### 【今後の計画】

- ① 既設ピットのうち施工可能な箇所（橙丸：8箇所）を対象に、ピット内の浮遊物質除去を実施。
- ② 新設ピットを設置（橙四角：11箇所）。
- ③ 復旧予定の全てのピット（既設及び新設）について、ポンプを設置。

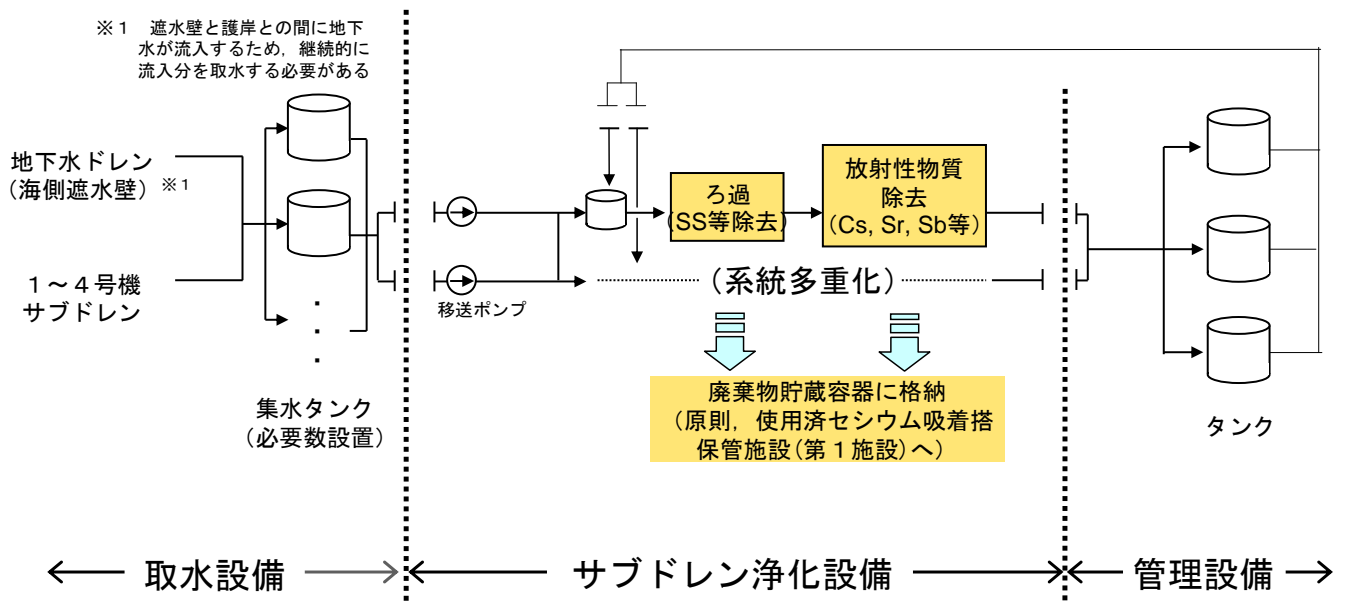


- ：復旧予定の既設ピット（浮遊物質除去実施済）
- ：新設ピット（掘削済）
- ：復旧予定の既設ピット（浮遊物質除去実施予定）
- ：新設ピット（掘削予定）
- ×：復旧不可の既設ピット

※詳細については検討中であり、今後見直す可能性あり。

## 5. サブドレンの活用 ④ 浄化設備の概要（案）

■サブドレン浄化設備として以下の設備構成を検討中



## 5. サブドレンの活用 ⑤ 今後の予定

### 【主な工程】

- H25.上半期 サブドレンピット新設工事着手予定
- H25.下半期 サブドレン浄化設備設置工事着手予定
- H26.秋 サブドレン設備復旧予定
- H26.秋 海側遮水壁設置完了予定 (参考5)

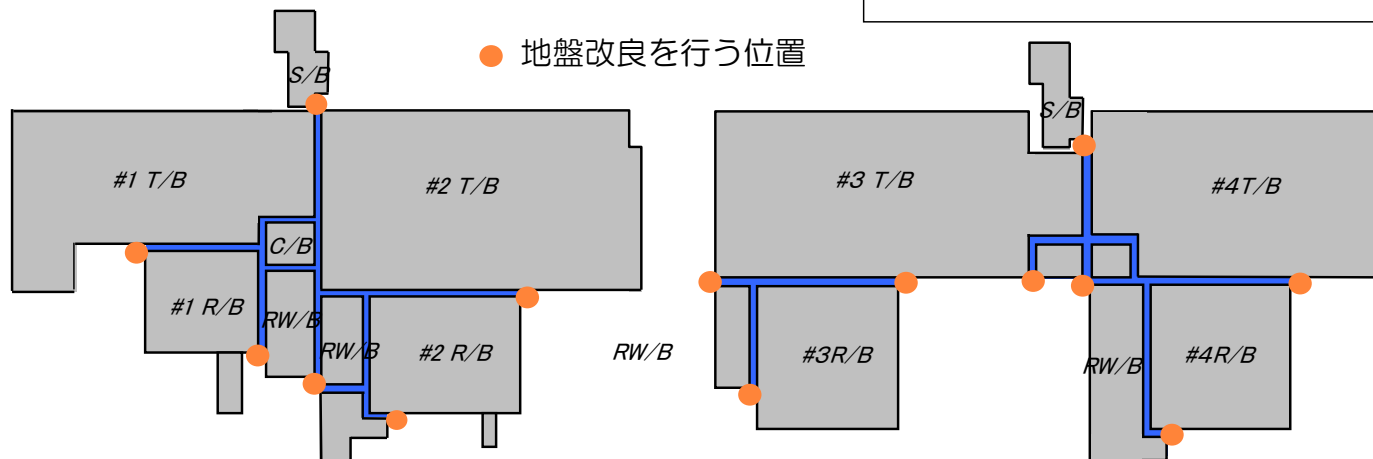
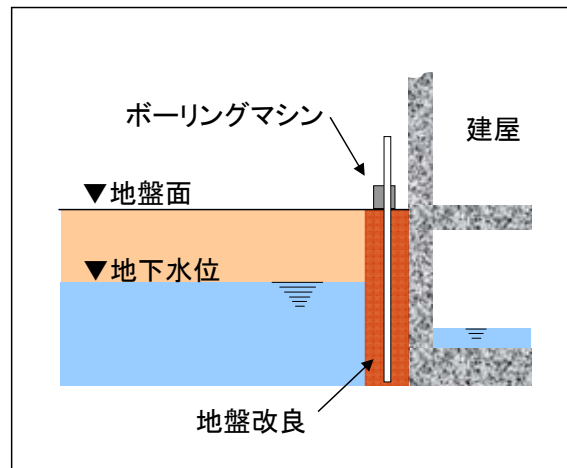
## 6. 建屋間ギャップの止水検討

■建屋間（50～150mmギャップ）へ地下水供給を遮断することで、建屋間貫通部からの地下水流入を抑制する。

「水ガラス」または「シリカゾル」などにより地盤改良を行う。

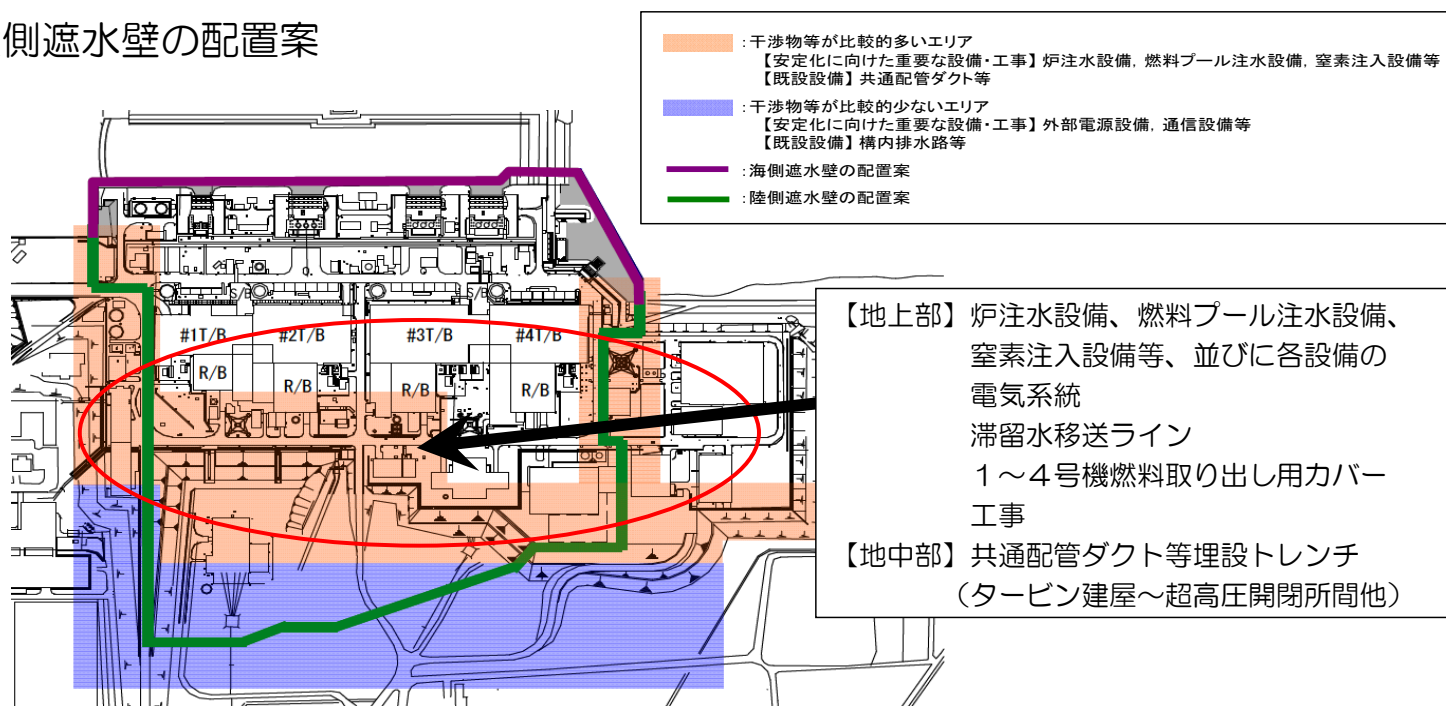
<継続検討中であるが、以下の課題の難易度が高い>

- ・建屋外壁周辺の地上部は高線量のため作業可能な線量になるまで除染や遮へいが必要
- ・地中にトレンチなどの構造物があるため止水工事の実現が困難



## 7. 陸側遮水壁の検討（1 / 2）

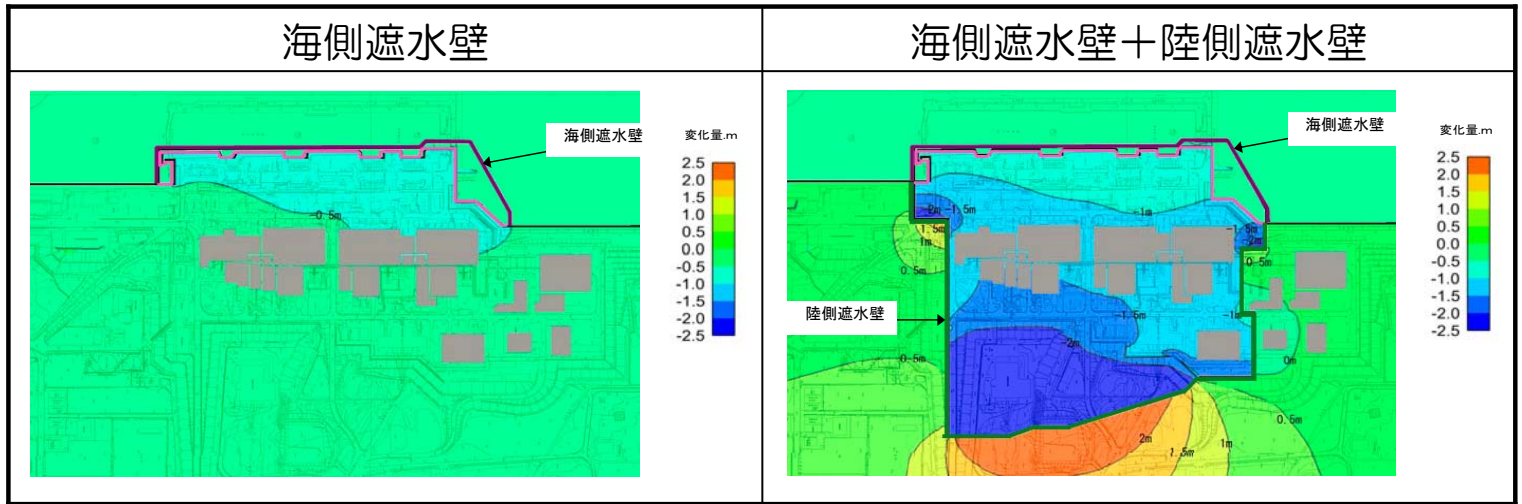
### 陸側遮水壁の配置案



安定化に向けた他プロジェクト等との干渉から、陸側遮水壁は建屋から離れた位置となる

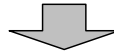
## 7. 陸側遮水壁の検討 (2/2)

### 建屋周りにおける地下水位変化量



※遮水壁の透水係数： $1.0 \times 10^{-6}$  cm/sec

陸側遮水壁では、建屋周辺の地下水位低下量のコントロールが困難なため、特に施工期間中、建屋内滞留水位よりも建屋周りの水位が低くなる恐れがあり、滞留水が流出するリスクがある



建屋周りの水位コントロールが可能な「地下水バイパス」方式により、山側からの地下水の流れを抑制する方法を採用することとした。

## 8. 建屋地下部コンクリート充填の検討

<継続検討中であるが、以下の課題の難易度が高い>

- ・ 現在、燃料デブリの冷却は、建屋滞留水を水処理して炉に注入することで行っており、コンクリート充填にあたり、当該システムの維持を考慮することが必要であるため、至近での対応が困難。
- ・ 本館地下階には、配管、ダクト、ケーブル、タンクなどの設備が残存しており、それらの内部や周囲をコンクリートで完全に充填することが出来ない（下図参照）。コンクリートの投入に先立ち、全ての滞留水の汲み上げが必要であり、至近の実施は困難。
- ・ 滞留水の汲み上げ完了時に向けて、充填方法の検討を引き続き行う。

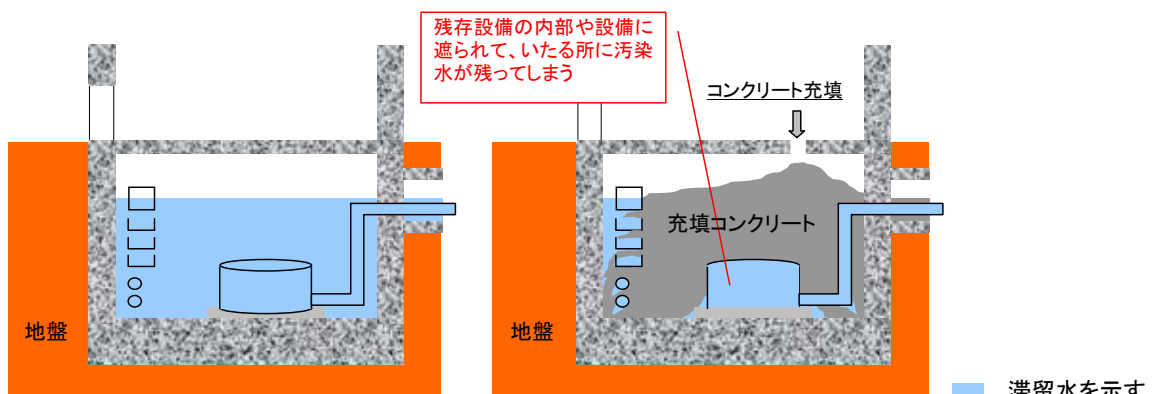


図1 現状

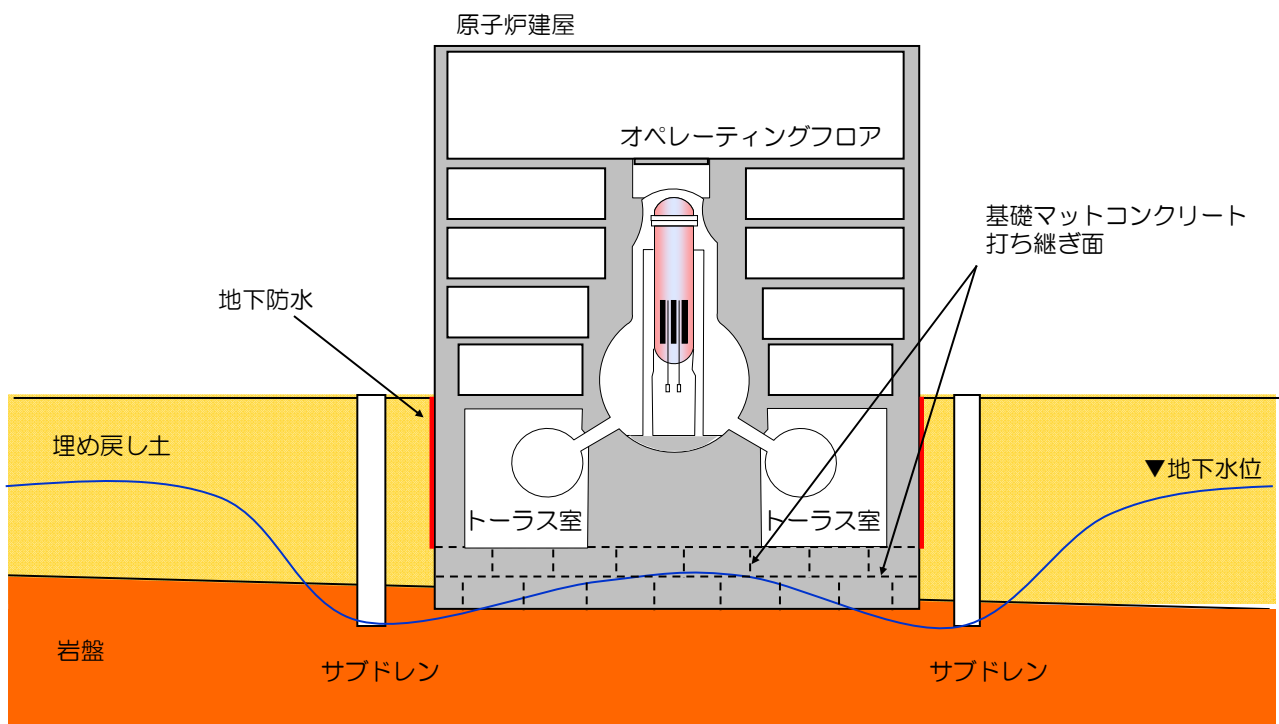
図2 コンクリート充填状況

## 9. 止水方策の課題

止水方策	課題
貫通部の止水	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 流入経路・流入量の予測</li> <li>・ 止水対象箇所を選定</li> <li>・ 高線量（高汚染気線量、高濃度汚染水の存在等）箇所での作業員の被曝低減策の実施</li> </ul>
地下水バイパスの活用	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 建屋滞留水の漏洩を防ぐための地下水位の確実な管理</li> <li>・ 適切な水質管理</li> </ul>
サブドレンの活用	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 高線量エリアかつ他工事との干渉がある中でのサブドレンの復旧・増設</li> <li>・ 建屋滞留水の漏洩を防ぐための地下水位の確実な管理の下での、滞留水の汲み上げに合わせたサブドレンの稼働</li> <li>・ サブドレンの浄化済み水の取り扱い</li> </ul>
建屋間ギャップの止水	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 高線量エリアでの作業員の被曝低減策の実施</li> <li>・ 地中構造物等の障害物がある中での工事の実施</li> <li>・ 燃料取り出し作業等の他工事との干渉</li> </ul>
遮水連壁（陸側遮水壁）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 施工期間中の地下水位の管理、あるいは別の方策による建屋滞留水の漏洩防止</li> <li>・ 他工事との干渉、地中・地上部の障害物が存在する中での遮水壁の設置</li> <li>・ 設置後の遮水壁内側地盤及び建屋内の水位管理</li> </ul>
建屋地下部コンクリート充填	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 地下階の配管、ダクト等、既存設備の撤去</li> <li>・ 建屋地下滞留水の汲み出し、処理</li> <li>・ 高線量（高汚染気線量、高濃度汚染水の存在等）箇所での作業員の被曝低減策の実施</li> </ul>

### 参考1：原子炉建屋 基礎マット部からの地下水流入について

- ・ 通常時は、原子炉建屋に生じる浮力低減や地下水流入抑制として、サブドレン設備で地下水を汲み上げ、原子炉建屋周辺の地下水位を下けている

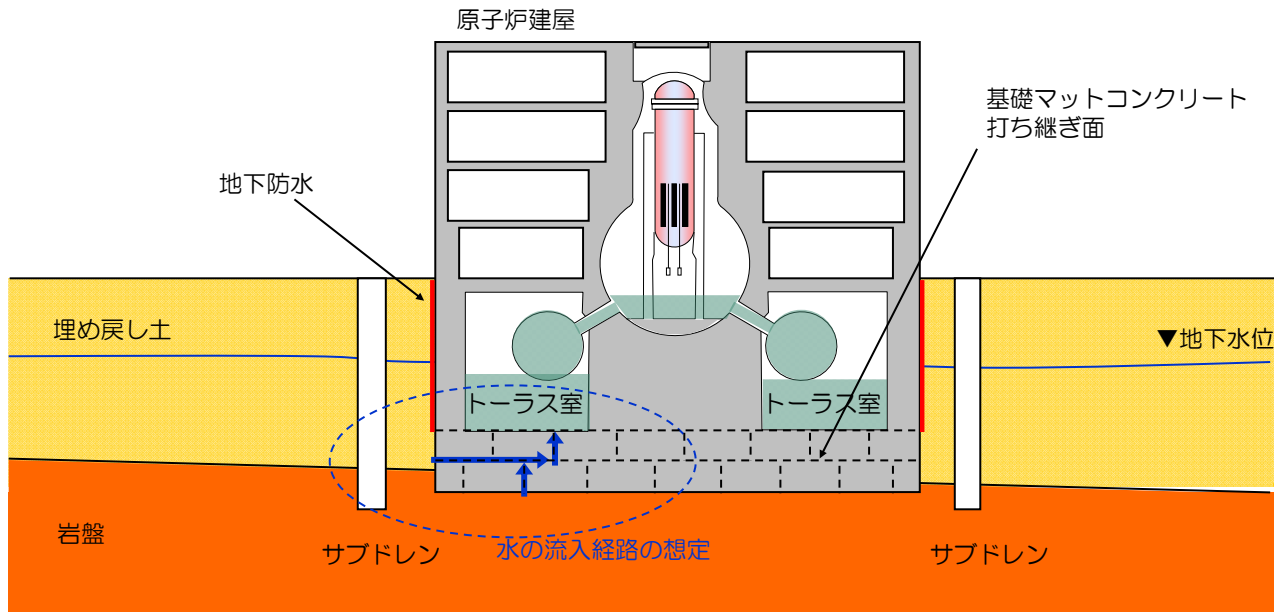


※イメージ図であり、実際の断面とは異なる部分があります



# 参考1：原子炉建屋 基礎マット部からの地下水流入について

- ・東日本大震災時に既存サブドレン設備の機能が損傷し、地下水位が上昇
- ・地表より基礎マットまでは地下防水があるが、基礎マット側面は地中土に接しており、この部分から建屋内に流入しているものと想定
- ・コンクリートの乾燥収縮によりコンクリートの打ち継ぎ面がひび割れ状となり水道が出来ていると想定
- ・震災前に実施した解析により、東日本大震災と同等の地震に対し耐震安全性を確認している地震による基礎マットを大きく損傷させるひび割れはないと想定している

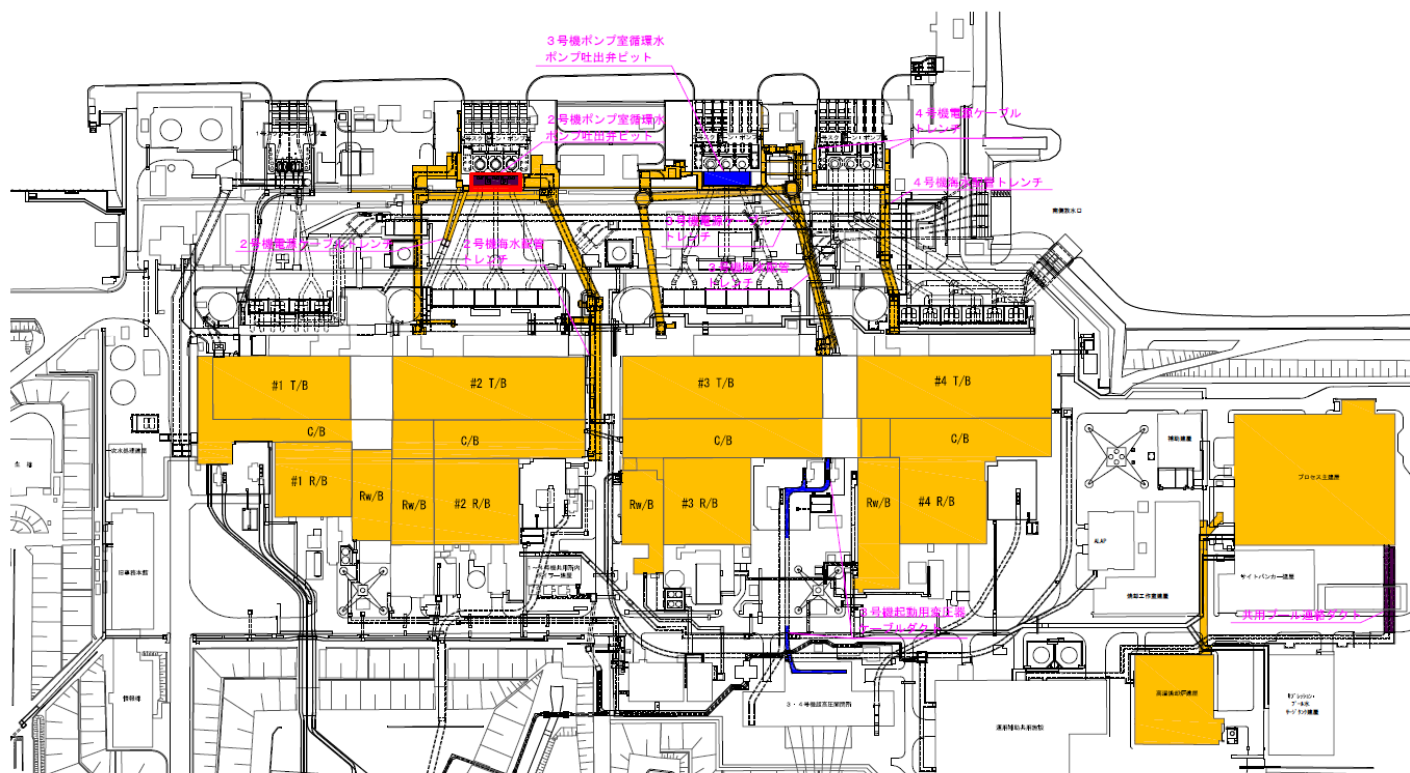


※イメージ図であり、実際の断面とは異なる部分があります

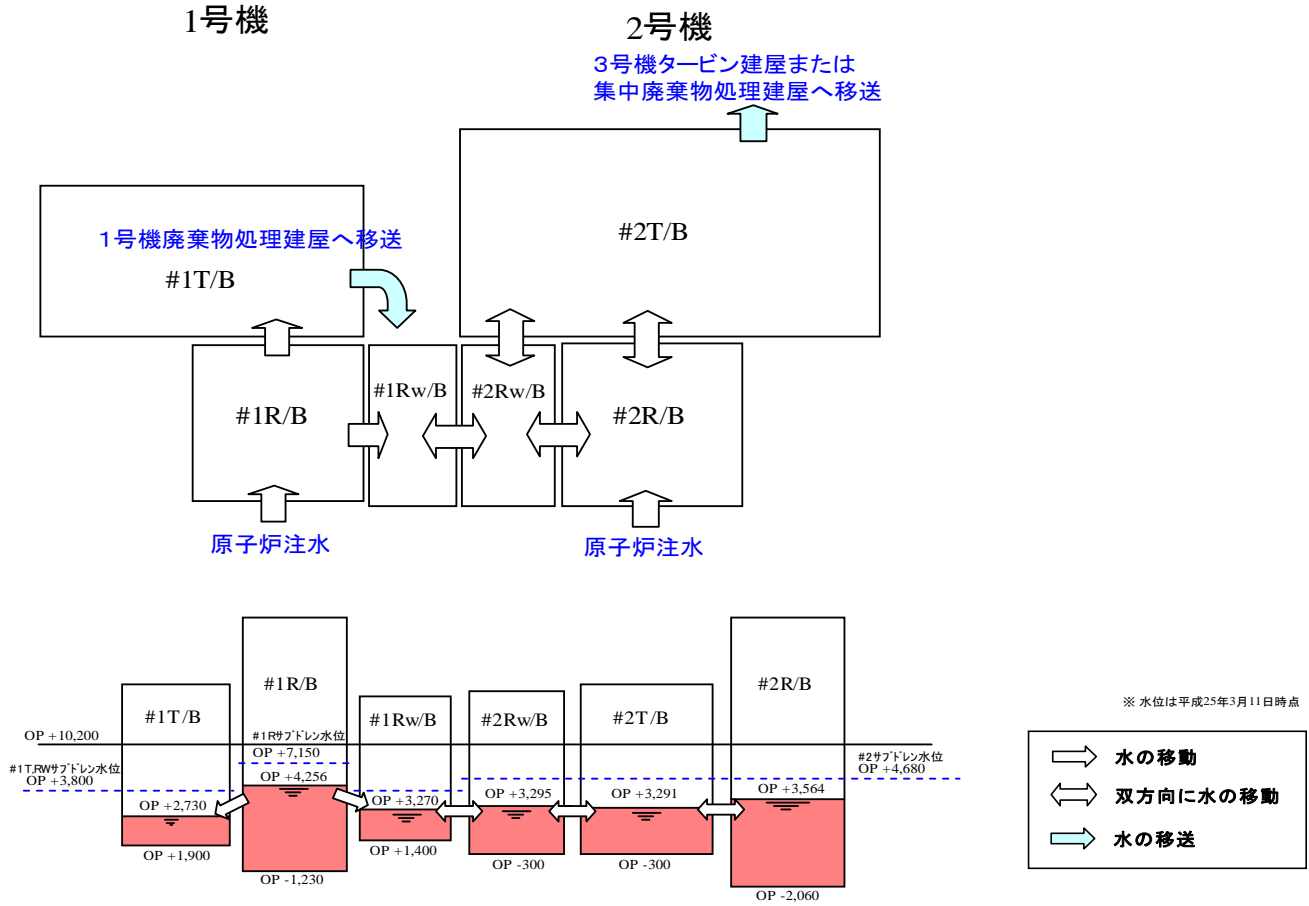
# 参考2：高濃度の汚染水が滞留している建屋・トレンチ等



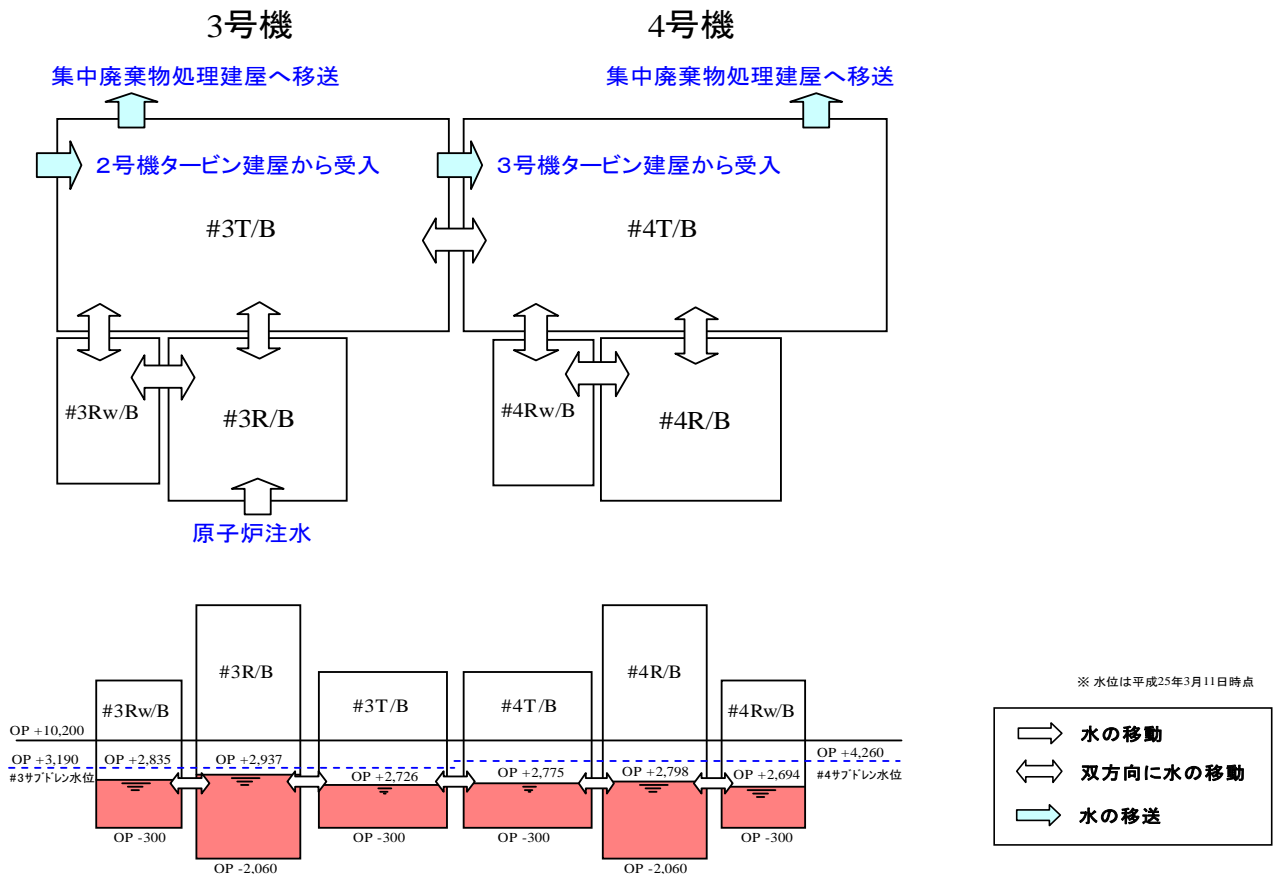
- a. 溜まり水有り (建屋内滞留水または同レベル)
- b. 溜まり水有り ( $10^2 \sim 10^3 \text{ Bq/cm}^3$  レベル)
- c. 溜まり水有り ( $10^4 \text{ Bq/cm}^3$  レベル)
- d. 水移送及び充填済



# 参考3：滞留水の流れのイメージ 1/2号炉建屋間

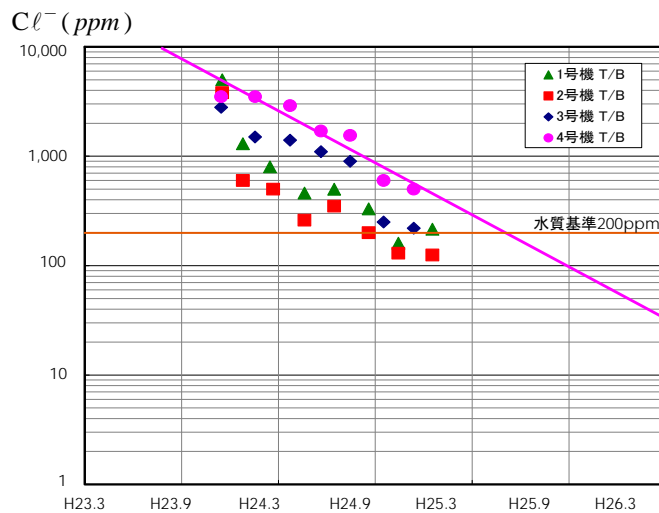
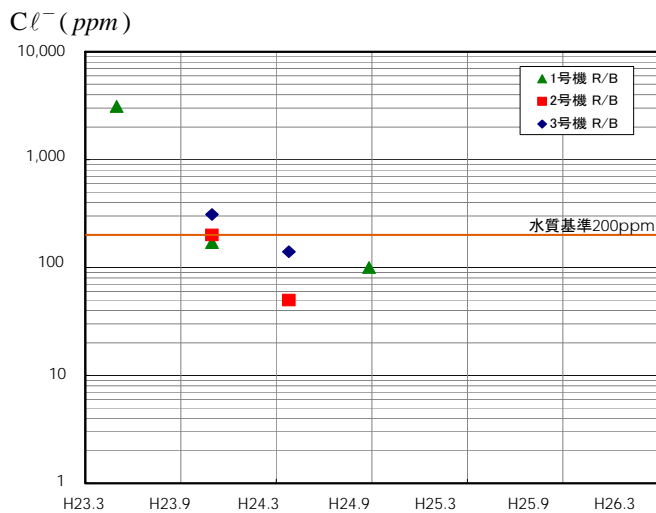


# 参考3：滞留水の流れのイメージ 3/4号炉建屋間



## 参考4：滞留水の塩分濃度の推移 — 建屋地下滞留水 —

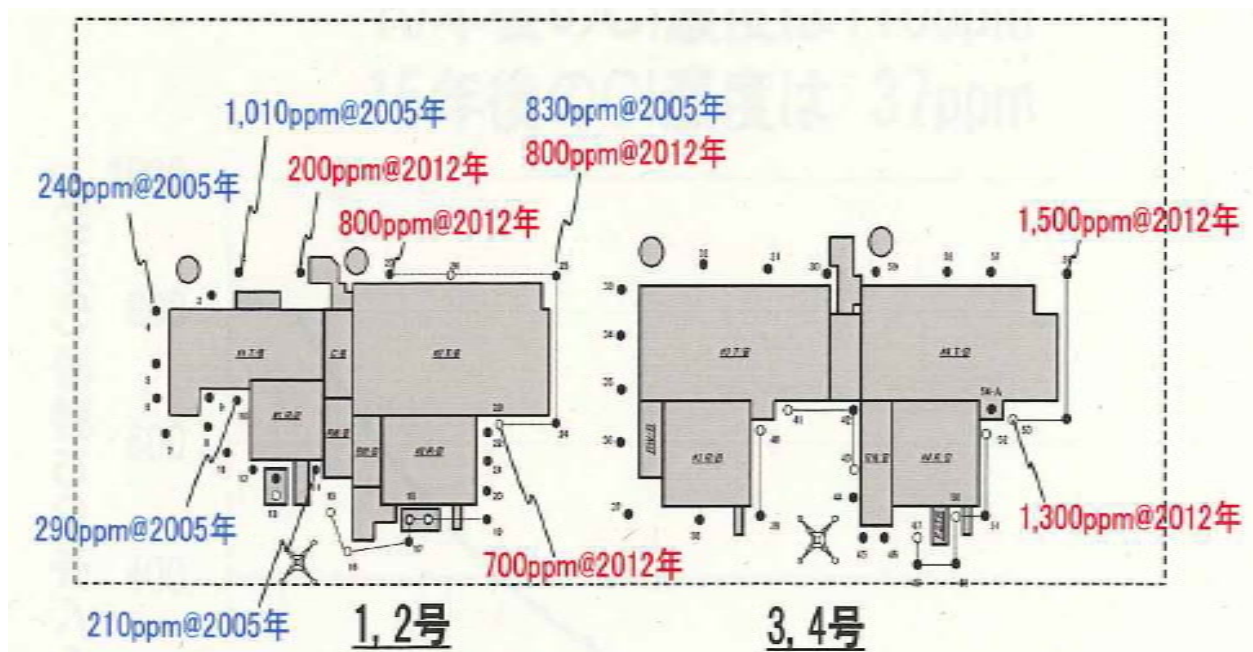
- 塩分除去した水を注水することにより、地下滞留水の塩素イオン濃度は、経時的に減少している。
- ・原子炉建屋では、すでに水道水の塩素イオン基準値200ppmを下回っている。
  - ・タービン建屋では、平成25年上半期には、概ね200ppm以下になると推定している。



地下滞留水塩素イオン濃度経時変化

## 参考4：滞留水の塩分濃度の推移 — サブドレン水 —

震災前後のサブドレン水塩分濃度を比べたところ、塩分濃度は震災前からあまり変化が無い。



## 参考5：海洋汚染拡大防止対策 — 海側遮水壁の計画 —

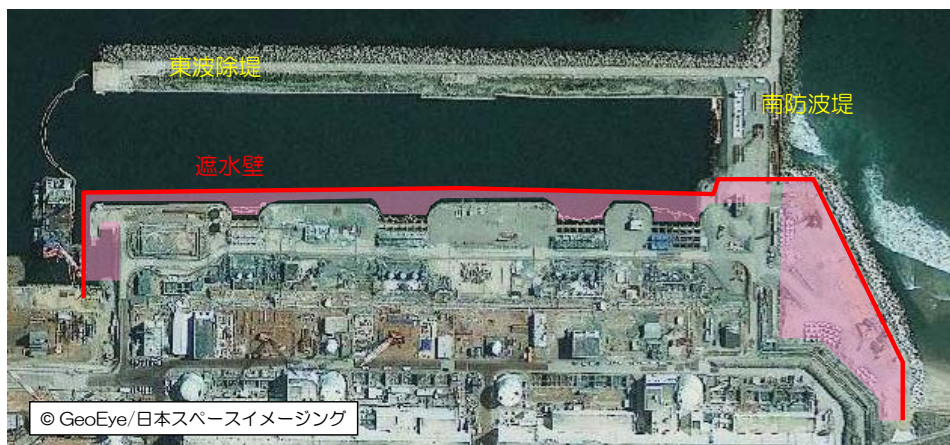
### ■海側遮水壁の概要

- ・1～4号機建屋内滞留水が地下水に流出しないよう万全を期しているが、万一、滞留水が地下水に流出した場合においても、海洋汚染を拡大させないように、1～4号機の既設護岸の前面に十分な遮水性を有する鋼管矢板による遮水壁を設置する。
- ・遮水壁は建屋の設置レベル等を考慮して、下部透水層の下端まで打ち込み、これと併せて地下水管理（アウトリーク防止）を行うことによって、地下水による海洋汚染拡大防止を図る。

### ■地下水管理

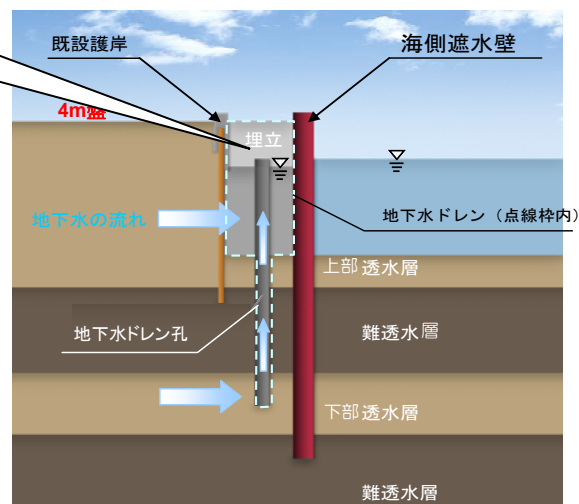
- ・海側遮水壁と既設護岸との間に地下水ドレンを設置し地下水を揚水することで、地下水ドレン位置での地下水位を平均潮位以下とし、海側遮水壁の設置後に地下水が海洋へ流れ出さないように管理する。

遮水壁と既設護岸の間（地下水ドレン）の地下水位を平均潮位以下として、海洋汚染防止を管理する。



© GeoEye/日本スペースイメージング

無断複製・転載禁止 東京電力株式会社



海側遮水壁設置後の護岸付近の断面図イメージ

38

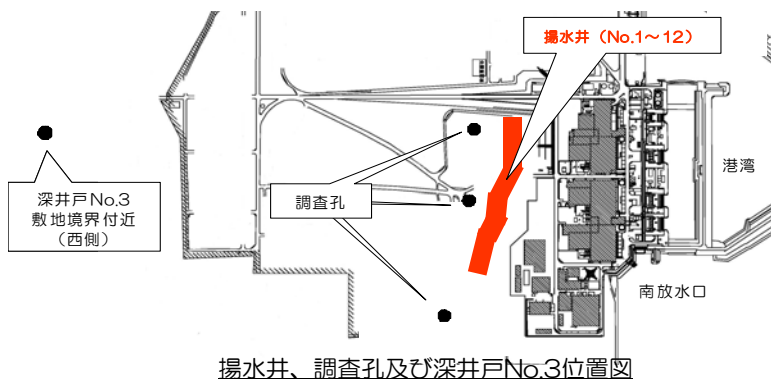
## 参考6：地下水バイパス補足資料 水質確認状況（概況）

### 【揚水井】

- 平成24年12月から本年3月にかけて、各揚水井（計12本）から地下水を採水し、水質確認を実施中。
  - ✓ A系統（揚水井No.1～4）の水質確認を完了。
  - ✓ その他の系統（揚水井No.5～12）について、セシウム※、ストロンチウムの分析を継続。  
※セシウムは、許容目安値1ベクレル/リットル以下を確認しているが、更に測定精度を上げて分析を実施中。
- 本資料において、分析結果を取り纏め、第三者機関と併せて経過を報告する。
- 敷地内の調査孔（3地点）及び敷地境界付近（西側）の深井戸（1地点）においても過去に地下水を採水しており、これらのデータについて比較対象として取り扱う。

### 【一時貯留タンク】

- 水質確認を完了した揚水井No.1～4の地下水を汲み上げて一時貯留タンク（Gr-A-1タンク）へ受け入れ後、水質確認を実施。
  - ✓ 許容目安値1ベクレル/リットル以下（セシウム-137）であることを確認。
  - ✓ 周辺の海域や河川で検出された放射能濃度に比べて十分に低いことを確認。



揚水井、調査孔及び深井戸No.3位置図

無断複製・転載禁止 東京電力株式会社

39

## 参考6：地下水バイパス補足資料 揚水井[No.1~6]の水質確認結果（経過報告）

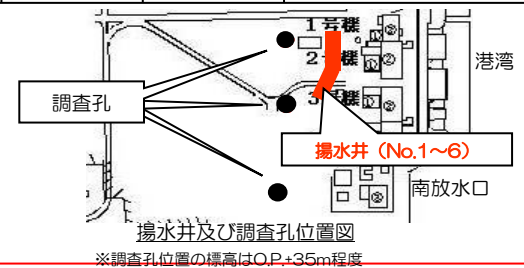
- 各揚水井（No.1~12）の地下水を採取し、当社ならびに第三者機関にて水質確認を実施中。  
このうち、A系統（No.1~4）について水質確認を完了。

（バクレル/リットル）

確認項目	A系統				B系統		法令値 告示濃度	＜参考＞ 福島第一敷地内の 調査孔及び深井戸No.3
	地点名称 (採水日)	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5		
セシウム-134	H25.1.24	H25.2.5	H24.12.11	H25.2.1	H25.2.23	H25.2.20	60	ND ~ 0.087 (<0.0084)
セシウム-137							90	ND ~ 0.13 (<0.0088)
ストロンチウム-89	ND (<0.079)	ND (<0.059)	ND (<0.236)	ND (<0.065)	(分析中)	ND (<0.048)	300	ND (<0.017~0.046)
ストロンチウム-90	ND (<0.024)	ND (<0.021)	ND (<0.068)	ND (<0.022)	(分析中)	ND (<0.018)	30	ND (<0.0067~0.0072)
トリチウム	9	15	10	39	22	60	60,000	7~184
全アルファ	ND (<1.7)	ND (<1.7)	ND (<1.0)	ND (<1.7)	ND (<2.2)	ND (<2.0)	—	ND (<2.8~3.0)
全ベータ	ND (<2.7)	ND (<6.6)	ND (<2.7)	ND (<6.5)	ND (<6.5)	ND (<6.5)	—	ND (<5.9~6.7)

※ NDは「検出限界値未満」を示し、（ ）内の数字は検出限界値である。  
※本表は、社内データを示した。

- \*1 各揚水井の地下水についてセシウムの分析を行い、セシウム137の許容目安値1バクレル/リットル以下であることを確認済み。  
現在、更なる詳細分析を実施中。

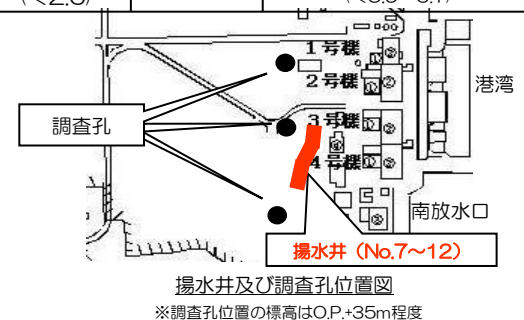


## 参考6：地下水バイパス補足資料 揚水井[No.7~12]の水質確認結果（経過報告）

（バクレル/リットル）

確認項目	B系統				C系統		法令値 告示濃度	＜参考＞ 福島第一敷地内の 調査孔及び深井戸No.3
	地点名称 (採水日)	No.7	No.8	No.9	No.10	No.11		
セシウム-134	H25.3.1	H25.3.13	H25.3.4	H25.3.11	H25.2.12	H25.2.16	60	ND ~ 0.087 (<0.0084)
セシウム-137							90	ND ~ 0.13 (<0.0088)
ストロンチウム-89	(分析中)	(分析中)	(分析中)	(分析中)	ND (<0.055)	ND (<0.056)	300	ND (<0.017~0.046)
ストロンチウム-90	(分析中)	(分析中)	(分析中)	(分析中)	ND (<0.019)	ND (<0.020)	30	ND (<0.0067~0.0072)
トリチウム	30	20	13	76	57	450	60,000	7~184
全アルファ	ND (<2.2)	ND (<1.7)	ND (<2.2)	ND (<2.6)	ND (<1.7)	ND (<1.7)	—	ND (<2.8~3.0)
全ベータ	ND (<6.7)	ND (<6.4)	ND (<6.6)	ND (<6.5)	ND (<2.6)	ND (<2.6)	—	ND (<5.9~6.7)

※ NDは「検出限界値未満」を示し、（ ）内の数字は検出限界値である。  
※本表は、社内データを示した。



(ベクレル/リットル)

確認項目	系統 地点名称	A系統				B系統	
		No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6
セシウム-134		ND (<0.0074)	ND (<0.0087)	ND (<0.01)	0.015	ND (<0.0089)	ND (<0.0084)
セシウム-137		ND (<0.0075)	ND (<0.0077)	ND (<0.01)	0.037	ND (<0.0069)	ND (<0.0080)
ストロンチウム-89		ND (<0.013)	ND (<0.012)	—	ND (<0.012)	(分析中)	ND (<0.018)
ストロンチウム-90		ND (<0.005)	ND (<0.005)	ND (<0.005)	ND (<0.005)	(分析中)	ND (<0.006)
トリチウム		2	3	ND (<3.7)	6	12	48
全アルファ		ND (<1.8)	ND (<1.8)	ND (<0.1)	ND (<1.8)	ND (<1.5)	ND (<1.8)
全ベータ		ND (<4)	ND (<4)	ND (<0.2)	ND (<4)	ND (<3.9)	ND (<3.9)

確認項目	系統 地点名称	B系統				C系統	
		No.7	No.8	No.9	No.10	No.11	No.12
セシウム-134		ND (<0.0075)	ND (<0.0089)	ND (<0.0087)	ND (<0.0075)	0.0088	ND (<0.0087)
セシウム-137		ND (<0.0066)	ND (<0.0077)	ND (<0.0080)	0.011	0.016	ND (<0.0079)
ストロンチウム-89		ND (<0.015)	(分析中)	ND (<0.012)	(分析中)	ND (<0.011)	(分析中)
ストロンチウム-90		ND (<0.005)	(分析中)	ND (<0.005)	(分析中)	ND (<0.005)	(分析中)
トリチウム		17	15	3	71	49	440
全アルファ		ND (<1.8)	ND (<1.5)	ND (<1.8)	ND (<1.5)	ND (<1.8)	ND (<1.5)
全ベータ		ND (<3.9)	ND (<3.9)	ND (<3.9)	ND (<3.9)	ND (<4)	ND (<3.9)

※ NDは「検出限界値未満」を示し、( )内の数字は検出限界値である。  
 ※本表は、第三者機関データを示した。

## 参考6：地下水バイパス補足資料 揚水井の水質確認結果のまとめ

■ A系統の揚水井No.1～4について、水質確認結果を取り纏めると、以下の通り。

### ■ セシウム

- 揚水井No.1～4について、測定精度を上げて分析した結果、極微量（セシウム137：0.012～0.12ベクレル/リットル）検出されたが、許容目安値1ベクレル/リットル以下を十分に満足。
- 平成24年4月～平成25年3月に発電所周辺河川で検出された濃度（1～2ベクレル/リットル程度）と比べて大幅に低く、発電所敷地内の調査孔や敷地境界付近にある深井戸No.3と同程度。
- 法令値（セシウム137の告示濃度：90ベクレル/リットル）の数百～数千分の1程度以下。

### ■ トリチウム

- 揚水井No.1～4について、9～39ベクレル/リットルであることを確認。
- また、これらを含む全ての揚水井では、9～450ベクレル/リットルで検出されたが、法令値（告示濃度：60,000ベクレル/リットル）の百～数千分の1程度以下。
- なお、平成24年3～6月に発電所敷地内の調査孔や敷地境界付近にある深井戸No.3※で検出された濃度は7～184ベクレル/リットル程度。  
 （※ H24.5採水時、9ベクレル/リットル）

### ■ ストロンチウム、全アルファ、全ベータ

- No.1～4を含む全ての揚水井について、全て検出限界値未満であることを確認。

## 参考6：地下水バイパス補足資料 一時貯留タンクの水質確認結果（稼働開始前）

- 水質確認を完了した揚水井No.1～4の地下水を汲み上げて一時貯留タンク（Gr-A-1タンク）へ受け入れ後、水質確認を実施。
- Gr-A-1タンクの水質確認結果は以下の通り。
  - (1) 許容目安値1ベクレル/リットル以下（セシウム-137）であることを確認。
  - (2) 周辺の海域や河川で検出された放射能濃度（セシウム-137【代表目安核種】で1～2ベクレル/リットル）に比べて十分に低いことを確認。
- 仮にGr-A-1タンクの水を直接経口摂取した場合の人体への影響は、揚水井の地下水と同様、極めて小さいと考える。

（ベクレル/リットル）

確認項目	系統 (採水日)	一時貯留タンク (Gr-A-1タンク)		＜参考＞揚水井（A系統）[再掲]				法令値 告示濃度	＜参考＞ 福島第一 敷地内の 調査孔及び 深井戸No.3
		H25.4.16		No.1	No.2	No.3	No.4		
分析目的		(1)許容目安値との比較	(2)詳細分析	詳細分析（稼働前の地下水の水質確認）				—	—
セシウム-134		ND (<0.42)	ND (<0.042)	0.047	0.021	0.011	0.060	60	ND～0.087 (<0.0084)
セシウム-137		ND (<0.59)	ND (<0.059)	0.074	0.033	0.012	0.12	90	ND～0.13 (<0.0088)
トリチウム			21	9	15	10	39	60,000	7～184
全アルファ			ND (<3.0)	ND (<1.7)	ND (<1.7)	ND (<1.0)	ND (<1.7)	—	ND (<2.8～3.0)
全ベータ			ND (<6.3)	ND (<2.7)	ND (<6.6)	ND (<2.7)	ND (<6.5)	—	ND (<5.9～6.7)

※ NDは「検出限界値未満」を示し、（ ）内の数字は検出限界値である。

## 参考6：地下水バイパス補足資料 発電所周辺河川の水質（事故後）

採水場所		濃度（ベクレル/リットル）	
		セシウム-134	セシウム-137
太田川	南相馬市	ND (<1) ～ 1	ND (<1) ～ 2
前田川	双葉町	ND (<1) ～ 1	ND (<1) ～ 1
	浪江町	ND (<1) ～ 1	ND (<1) ～ 1
請戸川	浪江町	ND (<1)	ND (<1) ～ 1
熊川	大熊町	ND (<1)	ND (<1)
富岡川	富岡町	ND (<1)	ND (<1)
木戸川	川内村	ND (<1)	ND (<1)
	楢葉町	ND (<1)	ND (<1)

※環境省調査におけるセシウム-134及びセシウム-137の検出限界値は1ベクレル/リットル

※「福島県内の公共用水域における放射性物質モニタリングの測定結果について（4月-6月採取分）」（平成24年7月31日公表）、  
「同（7月-9月採取分）」（平成24年10月11日公表）、「同（9月-11月採取分）」（平成25年1月10日公表）、  
「同（12-3月採取分）」（平成25年3月29日公表）より（環境省にて公表）

## 参考6：稼働後の水質確認方法（案）

- ①放水の許容目安値は、各種規制値、公共用水等の検出限度、運用を考慮し、セシウム-137で 1ベクレル/リットル以下とする。
- ②これとは別に、長期的な変化を監視するため、定期的（1回/3ヶ月程度（初期の3ヶ月程度は1回/月程度）に詳細分析を実施する。（第三者機関においても並行してデータ確認を実施）

地下水バイパス稼働後のモニタリング		
目的	放水可否の判断	長期的な濃度変動の監視
頻度	放水の都度（事前測定）	定期的〔1回/3ヶ月程度、 初期の3ヶ月程度は1回/月程度〕 ・3ヶ月分のサンプル水を混ぜて（ <b>コンポジット試料</b> ）分析する。
場所	一時貯留タンク	一時貯留タンク
確認事項	許容目安値1ベクレル/リットル以下（セシウム-137）であること	周辺の海域や河川で検出された放射能濃度（セシウム-137を代表目安核種とする）に比べて十分に低いこと 〔詳細分析〕
分析項目 (検出限界値)	セシウム-137 (1ベクレル/リットル以下)	セシウム-137 (0.01ベクレル/リットル) ストロンチウム-90 (0.01ベクレル/リットル) トリチウム (3ベクレル/リットル) 全アルファ (4ベクレル/リットル) 全ベータ (7ベクレル/リットル)

【参考】放射性セシウム濃度に関する規制値等の例

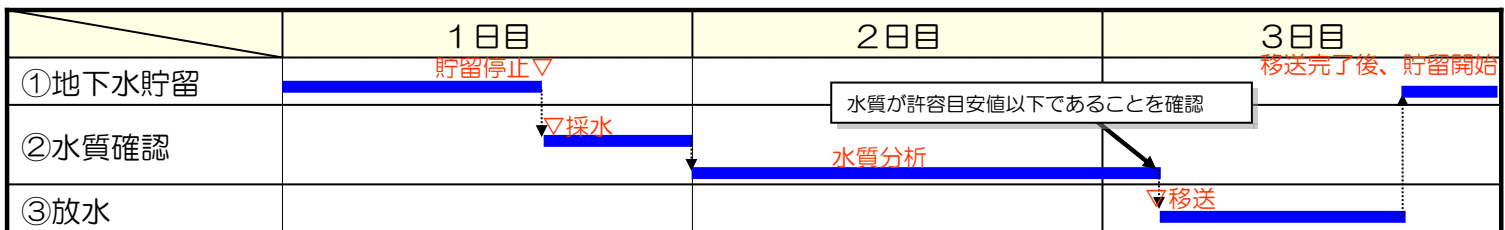
(飲料水)	セシウム-134 + セシウム-137	≤ 10ベクレル/リットル
(魚介類)	セシウム-134 + セシウム-137	≤ 100ベクレル/kg
(告示濃度)	セシウム-134 : 60ベクレル/リットル, セシウム-137 : 90ベクレル/リットル	
(環境省調査※)	セシウム-134, 137の検出限界値	= 1ベクレル/リットル

## 参考6：地下水バイパス補足資料 運用方法

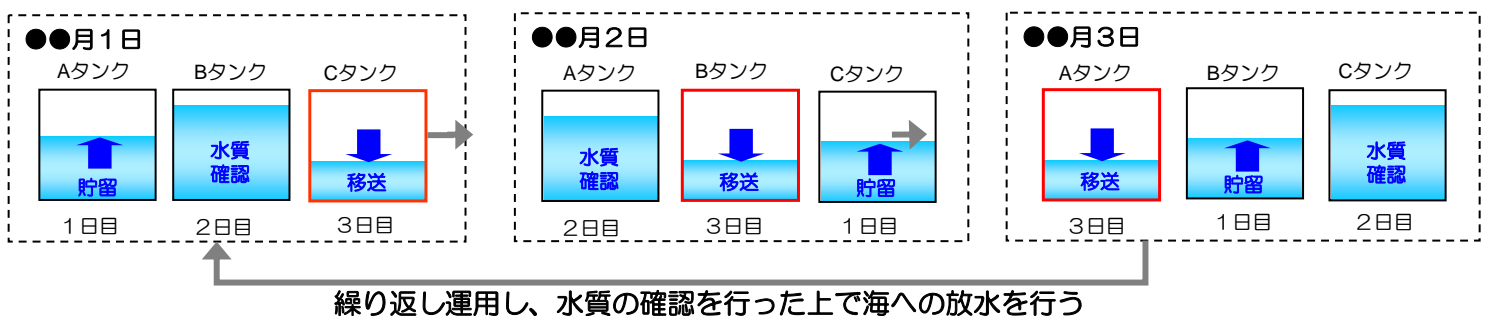
### ■基本方針

- ・汲み上げた地下水は、一旦タンクに貯留し、水質が許容目安値以下であることを確認した上で海に放水する。

### ■運用サイクル



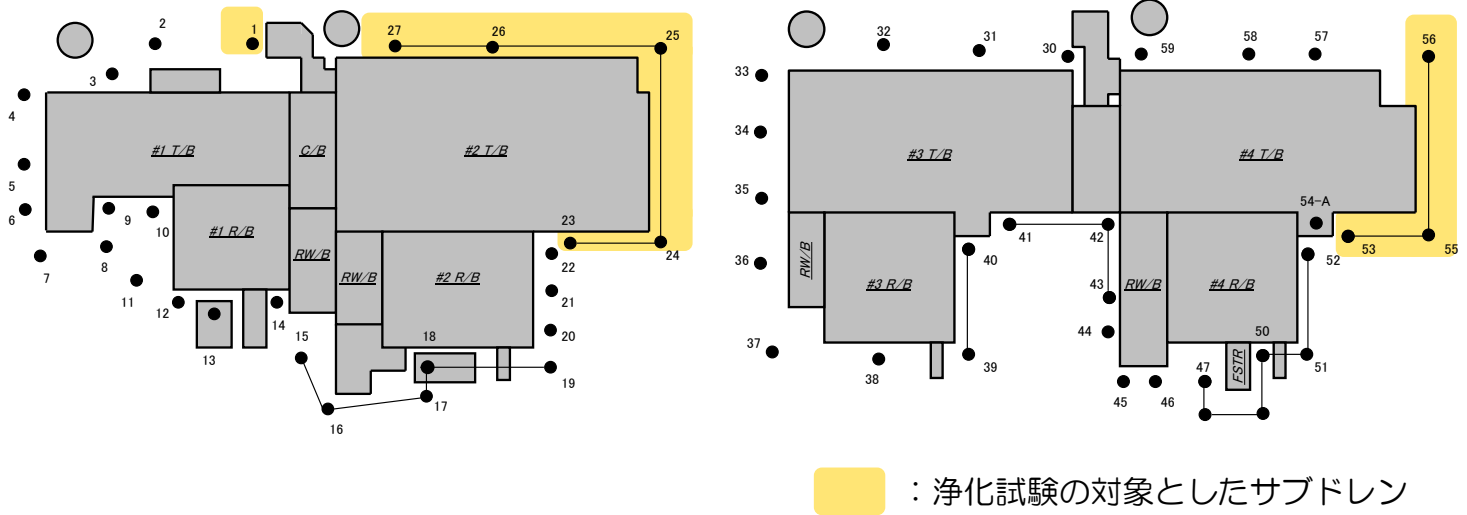
- ・3セット×3日サイクルで運用する。





# 参考7：サブドレン補足資料 サブドレン浄化試験の概要

■建屋内の滞留水が外に漏れ出さないように、サブドレン水位を下げずに汚染したサブドレンを浄化するため、地上仮設タンクにサブドレン水を汲み上げて浄化し、浄化した水をサブドレンに戻す方法で行った。



# 参考7：サブドレン補足資料 1～4号機サブドレン浄化試験結果

表中数値上段：放射能濃度 (Bq/L) 下段 ( ) 内：採取日

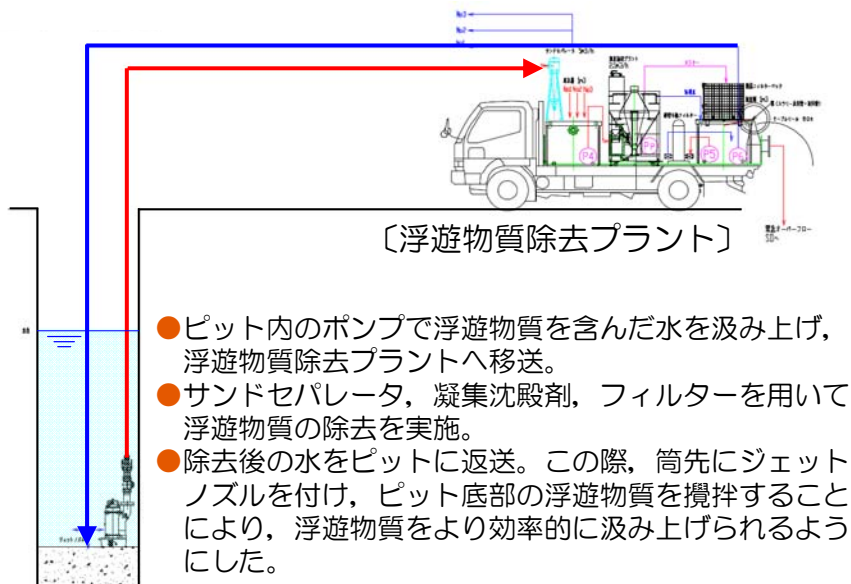
代表核種		告示濃度 限度	1号		2号			4号			
			No.1	No.23	No.24	No.25	No.26	No.27	No.53	No.55	No.56
γ核種 ① (18)	Cs-134	試験前	2,313 (3/15)	37,120 (10/21)	335 (1/17)	296 (1/17)	7,012 (10/25)	271 (1/17)	17 (3/15)	49 (1/20)	13 (1/20)
		試験後	95 (6/19)	276 (6/18)	116 (6/19)	645 (6/17)	122 (6/18)	131 (6/18)	1.7 (5/17)	2.0 (5/17)	0.89 (5/17)
	Cs-137	試験前	3,661 (3/15)	46,180 (10/21)	451 (1/17)	384 (1/17)	9,630 (10/25)	358 (1/17)	11 (3/15)	61 (1/20)	18 (1/20)
		試験後	161 (6/19)	425 (6/18)	179 (6/19)	990 (6/17)	185 (6/18)	219 (6/18)	2.6 (5/17)	3.4 (5/17)	2.0 (5/17)
他のγ核種① (16) Fe-59, Co-58, Y-91, Nb-95, Ru-103, Ag-110m, Sb-124, Cs-136, Ba-140, Ce-141, Ce-144, Pr-144, Mn-54, Co-60, Zn-65, I-131 ※1		—	検出限界値 未満 ※2 (6/19)	検出限界値 未満 ※2 (6/18)	検出限界値 未満 ※2 (6/19)	検出限界値 未満 ※2 (6/17)	検出限界値 未満 ※2 (6/18)	検出限界値 未満 ※2 (6/18)	検出限界値 未満 ※2 (5/17)	検出限界値 未満 ※2 (5/17)	検出限界値 未満 ※2 (5/17)
全α ※1		—	< 10.6 (6/19)	< 10.6 (6/18)	< 10.6 (6/19)	< 10.6 (6/17)	< 10.6 (6/18)	< 10.6 (6/18)	< 11.6 (6/5)	< 11.6 (6/5)	< 11.6 (6/6)
全β ※1		—	268 (6/19)	1,052 (6/18)	284 (6/19)	1,737 (6/17)	499 (6/18)	699 (6/18)	< 24.4 (6/5)	< 26.1 (6/5)	< 26.1 (6/6)
トリチウム ※1		60,000	112,800 (6/19)	2,129 (6/18)	2,407 (6/19)	1,302 (6/17)	754 (6/18)	883 (6/18)	3,826 (6/5)	6,114 (6/5)	5,430 (6/6)

※1 I-131, 全α, 全β及びトリチウムは62核種の対象外。

※2 検出限界値は核種により異なる。

## 参考8：サブドレン補足資料 サブドレンピット内の浮遊物質除去作業

- 既存サブドレンピット内に混入している砂や浮遊物質等は、サブドレンの浄化方法に関係なく障害となることから、平成24年12月から平成25年3月にかけて、他の復旧工事との工程調整が不要なピット内の浮遊物質除去作業を順次実施。
- 各ピット内溜まり水の浮遊物質濃度は、以下のとおり減少。  
作業開始前：数百mg/L程度  
作業完了後：11～58mg/L



構外における浮遊物質除去プラントの組立状況

# 総合的流入抑制対策の提案 —粘土系遮水壁による恒久的対策—

2013年4月26日



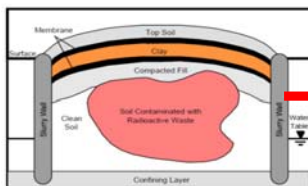
## 提案のコンセプト

- ねらい
  - 陸側にも遮水壁を構築することにより、地下水流入量を大幅に低減する。
- 提案の特徴
  - 残土発生量が少ない工法を用いて粘性土の地中壁を構築
  - 海側遮水壁と一体化することで建屋周囲を閉合
  - 現地に即した設置位置の選定（高線量部と埋設物設置箇所回避）
  - 構築後はメンテナンスフリーかつ撤去が不要

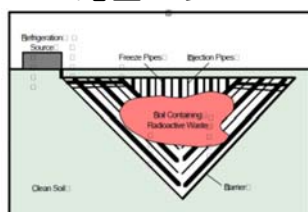


1. 海外事例の調査
2. 遮水壁の技術的成立性の検討
  - 2.1 遮水壁の選定
  - 2.2 スラリーウォール・ECウォール
    - 【参考】粘土系材料の選定例
  - 2.3 設置位置の選定
  - 2.4 現対策（海側遮水壁，地下水バイパス）との関係
3. 全体工程・コスト
4. 今後の課題

- 米国の核軍事施設ハンフォード等の情報収集・現地視察と意見交換を行い、汚染水の管理手法として遮水壁と地下水位管理の有効性を確認
  - 遮水壁 → スラリーウォールで全周包囲
  - 遮水壁内の地下水位を外側より若干低くして漏洩管理

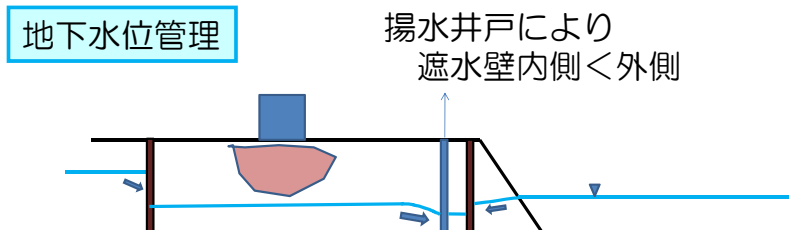


鉛直バリア



凍結バリア

(米国規制, IAEA, US-EPAより)



## 2.1 遮水壁の選定

構造	鋼製	粘土系	セメント系	RC連壁
種類	①鋼矢板 ②鋼管矢板	①スラリーウォール, ECウォール(エコレイ) ②+鋼矢板	①ソイルセメント (SMW,TRD,CRM) ②+鋼矢板	鉄筋コンクリート
概念図	① ②	① ②	① ②	
透水係数	$10^{-7} \sim 10^{-8}$ m/s	$10^{-8} \sim 10^{-9}$ m/s	$10^{-7}$ m/s	$10^{-7}$ m/s
耐震性	ジョイント部の 破損の恐れ	追従性高い	クラックの恐れ	クラックの恐れ
残土発生	○	スラリー; △ EC; ○	△	△
判定	○	◎	○	○

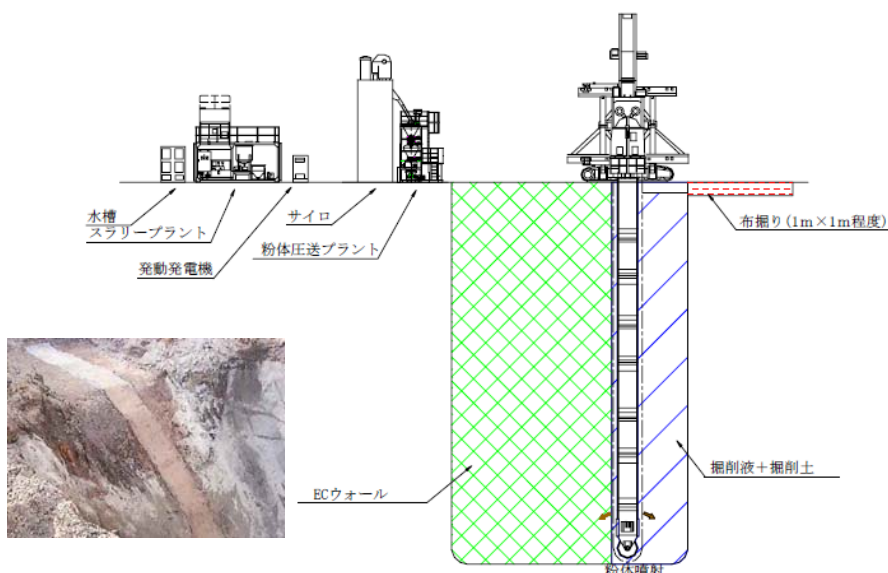
5

## 2.2 スラリーウォール・ECウォール

- ①十分な遮水性能；透水係数は $1 \times 10^{-8} \sim 10^{-9}$  m/s 以下
- ②長期難透水性能；無機の粘土鉱物を主体とし長期な耐用年数
- ③変形追従性；クラック等の亀裂が生じにくい
- ④安全性；無機の粘土鉱物を主体とするため、環境に安全
- ⑤経済性；遮水壁の掘削深さにより適切な機械を選定



スラリーウォール(低空頭BMX)



ECウォール(TRD)

6

# 【参考】粘土系材料の選定例(1)

## 選定試験に用いた材料

分類	材料
水	① 海水 ② 清水
土	① 砂 ② ブレンド土（砂：砂シルト互層：粘土=70：10：20） ③ 類似土層
粘土	① 粘土H ② ベントナイト（クニゲルV1）

## 最適テーブルフロー値

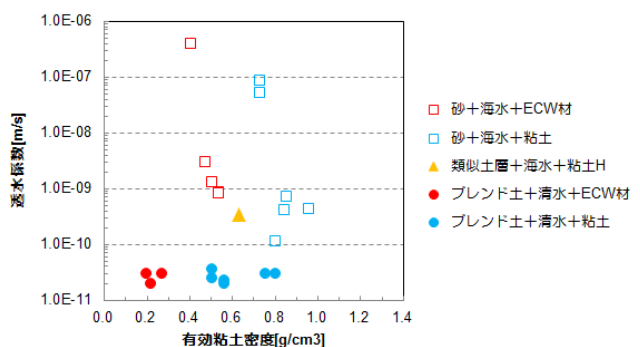
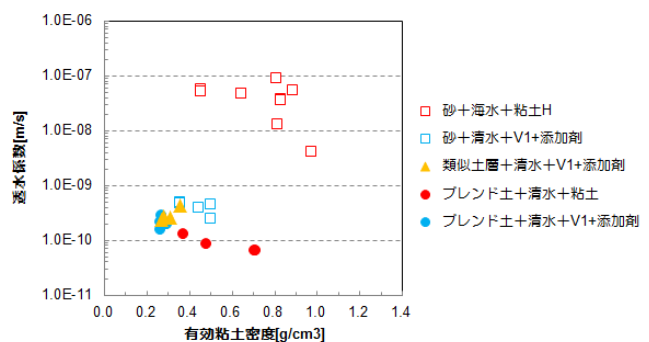


壁材	適値	試験様子
スラリーウォール	170mm以上	
ECウォール	130mm以下	

7

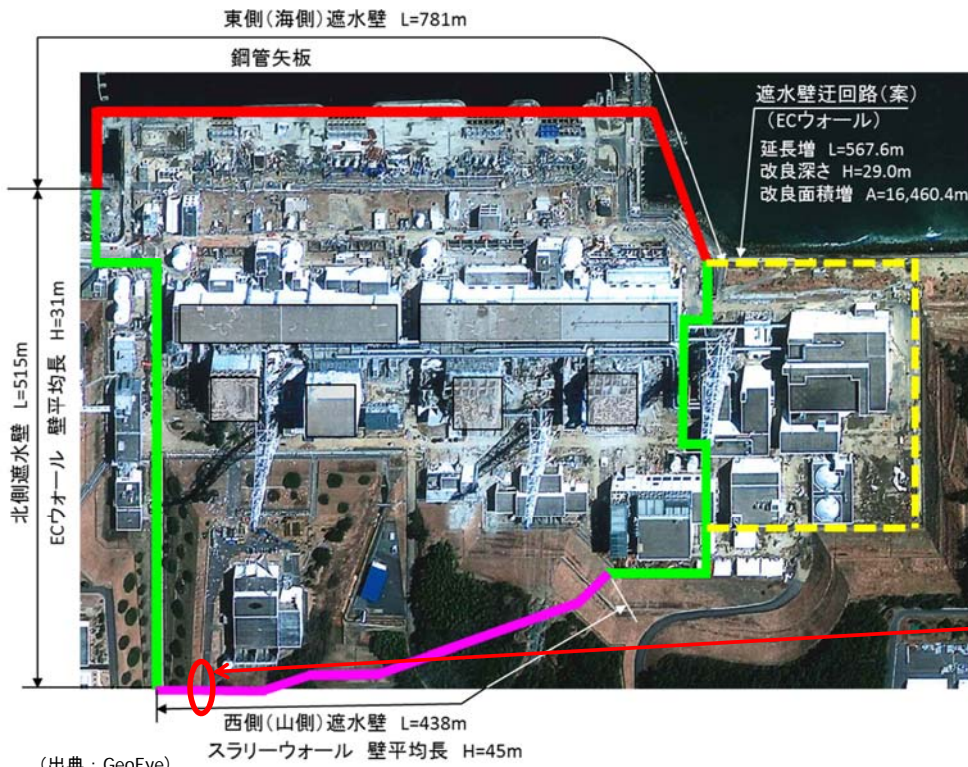
# 【参考】粘土系材料の選定例(2)

- スラリーウォール
  - ベントナイトを使用した場合は $10^{-10}m/s$ オーダーを確保
  - ブレンド土+清水+粘土Hの場合は、 $1.0 \times 10^{-10}m/s$ を確保
- ECウォール
  - 海水環境でもECウォール材または粘土の量を増加することにより $10^{-10}m/s$ オーダーを確保
  - 清水環境では少ない粘土量でも $10^{-11}m/s$ オーダーを確保でき、コストも低減可能



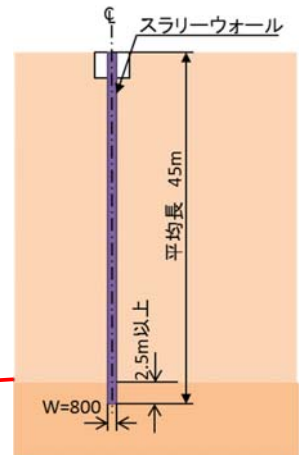
8

## 2.3 設置位置の選定

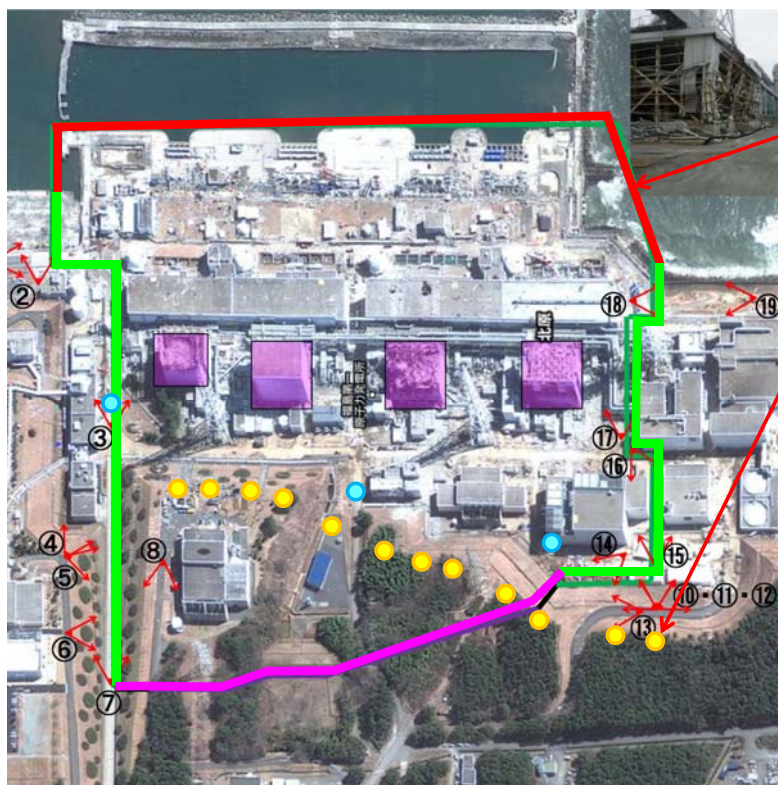


### 方針

- 電線、配管を回避
- 作業員の被曝低減
- 長大法面は仮設栈橋



## 2.4 現対策との関係



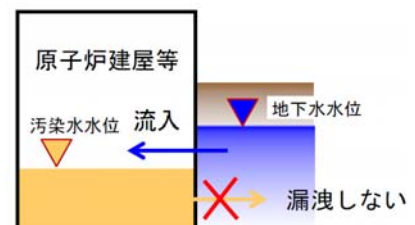
## 4. 今後の課題

- 4.1 遮水壁築造後の地下水管理
  - 地下水管理の問題
  - 地下水管理の概念の構築
  - 地下水管理システム概念図
- 4.2 施工上の課題
- 4.3 地下水流入量低減効果の評価
- 4.4 短期的対策について

12

## 4.1 地下水管理の問題

- 地下水位の管理
    - 遮水壁内側<外側
      - 大雨時に、遮水壁により地下水流出が遮断され、地下水流入量の増加が懸念
    - 原子炉・タービン建屋内側<建屋外側
      - 遮水壁内部の地下水位低下が過大となった場合、建屋内の汚染水の漏洩が懸念
- ↓
- 遮水壁内外の地下水位のコントロールが極めて重要となる。



13



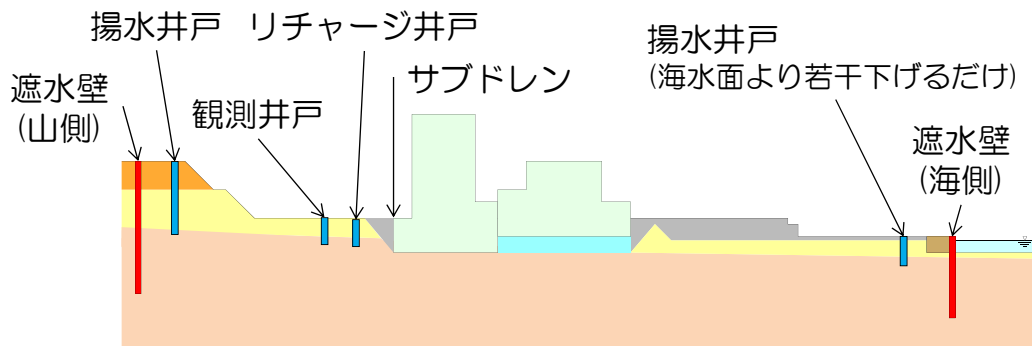
## 4.1 地下水管理の概念の構築

### ■ 地下水位管理システム

- 独立した揚水井戸（地下水バイパス、海側遮水壁）とリチャージ井戸による地下水位の管理

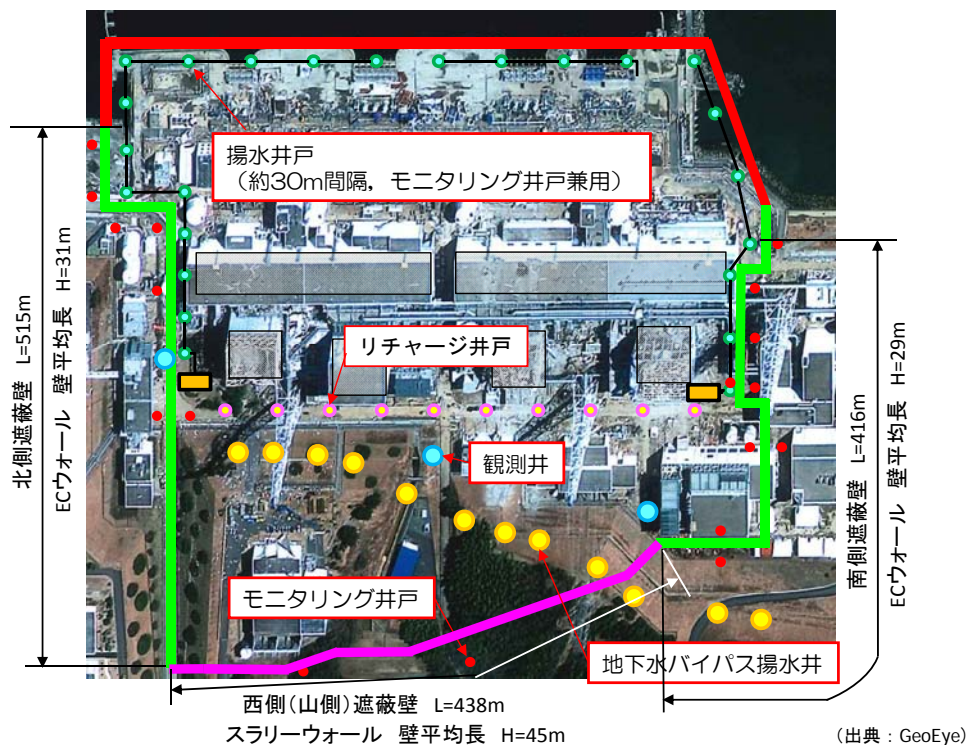
### ■ モニタリングシステム

- 地下水位観測井戸
- 汚染濃度測定



14

## 4.1 地下水管理システム概念図



15

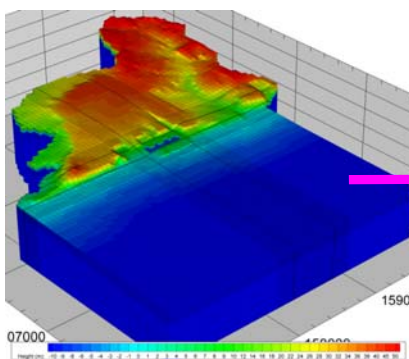
## 4.2 施工上の課題

- 工程調整
  - 他工事との干渉（電源ケーブル・配管等・道路の遮断；切替・迂回路・高架橋など）
  
- 施工位置
  - 現地の電源ケーブル，処理水配管等との取り合いを反映した遮水壁ルート
  - 既設揚水井戸（地下水バイパス）との取り合い
  - 遮水壁ルート上の線量の確認
  - 傾斜地における平坦なヤードの造成
  - プラントヤード及び施工ヤードの確保
  - 発生残土の取扱い
  
- 効果向上
  - 降雨涵養域でのフェーシングの検討

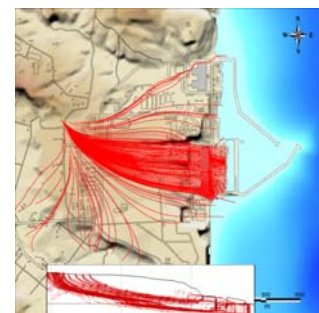
16

## 4.3 地下水流入量低減効果の評価(1)

- 現地の理解【再現解析】
  - 地下水バイパス・海側遮水壁の影響再現解析による水理地質構造モデルの検証
  
- 陸側遮水壁の効果の確認【予測解析】
  - 3次元水理地質構造モデルによる地下水流入量低減効果の算定
  - 地下水管理システムの構築（井戸の配置）



水頭コンター

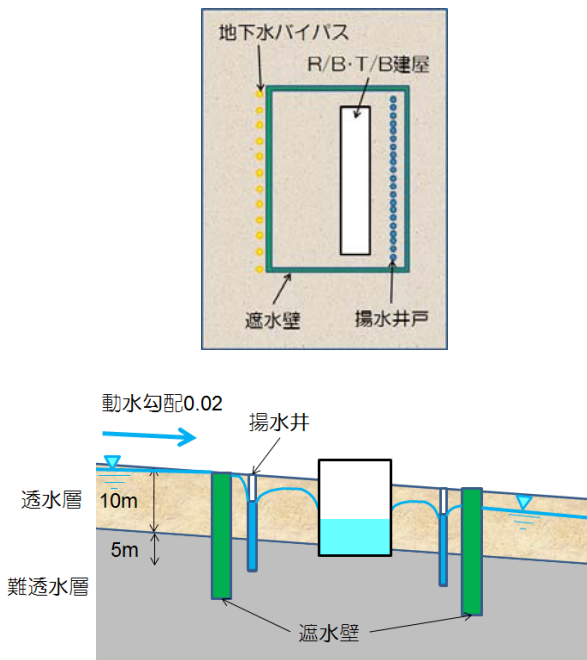


流線

17

## 4.3 地下水流入量低減効果の評価(2)

3次元詳細モデルの結果より、対象領域の流れは地層構造沿いと判断して、3次元簡易モデルを作成



なし	
地下水バイパス	
+海側遮水壁	
+陸側遮水壁 (セメント系)	
+陸側遮水壁 (粘土系)	

18

## 4.4 短期的対策について

**短期的対策 [現状対策]**  
【局所】止水

■ 止水工事概要

建屋クラック、ダクト、配管貫通部など

**短中期的対策 [現状対策]**  
【全体】海側遮水壁・地下水バイパス

地下水の流入<減> 水処理<減>

**中長期的対策 [抜本的対策]**  
【局所】注入等の局部止水 + 【全体】遮水壁[全周]・地下水バイパス

建屋近傍での注入により水みちを閉塞

地下水流入量抑制+汚染拡大防止

19

## 凍土遮水壁による地下水流入抑制案

2013.4.26  
 鹿島

### ご説明内容

1. 概要
2. 全体計画
3. 施工性及び効果
4. 品質管理・維持管理
5. 施工中・施工後の地下水管理
6. 工期・工費
7. まとめ

# 1. 概要

## 建屋内への地下水流入抑制のための**抜本的対策**の実施案

- 1～4号機を地表から適切な深度まで**凍土壁**で**取り囲み**、建屋内に流入する地下水を遮断
- 凍土壁は施工可能な**最小規模**で閉合

### 留意点

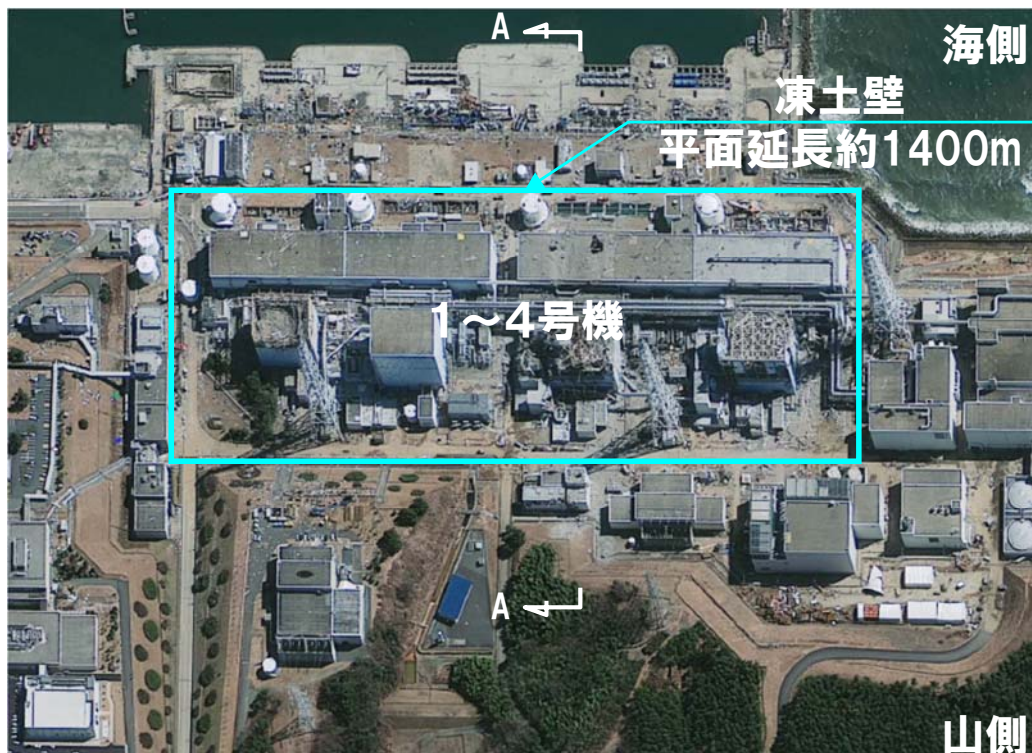
- ① **埋設物設置個所も含めて均一な遮水壁を施工**
- ② 既設構造物とのとりあい
- ③ 施工中、施工後の地下水管理(滞留水の漏出防止)
- ④ 遮断領域は必要最小限に限定する
- ⑤ 安定化にむけた他工事との干渉を回避
- ⑥ 短期間で施工完了
- ⑦ 汚染物質(掘削土)を発生させない
- ⑧ 作業時の被ばく低減

3

2013.4.26  鹿島

# 2. 全体計画

## 平面計画



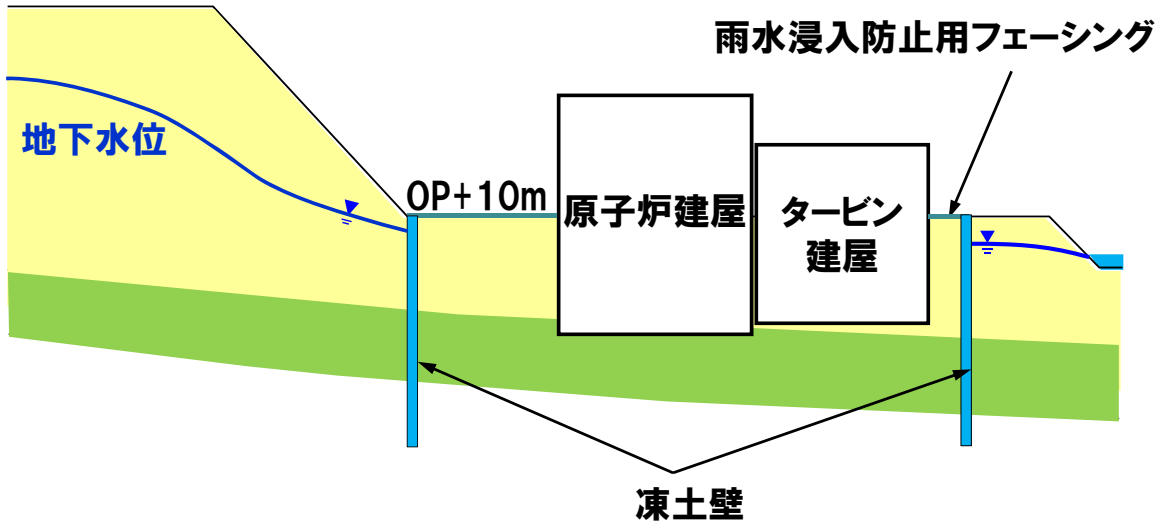
凍土壁は施工可能な**最小規模**で閉合

4

2013.4.26  鹿島

## 2. 全体計画

### 断面計画 (A-A断面)

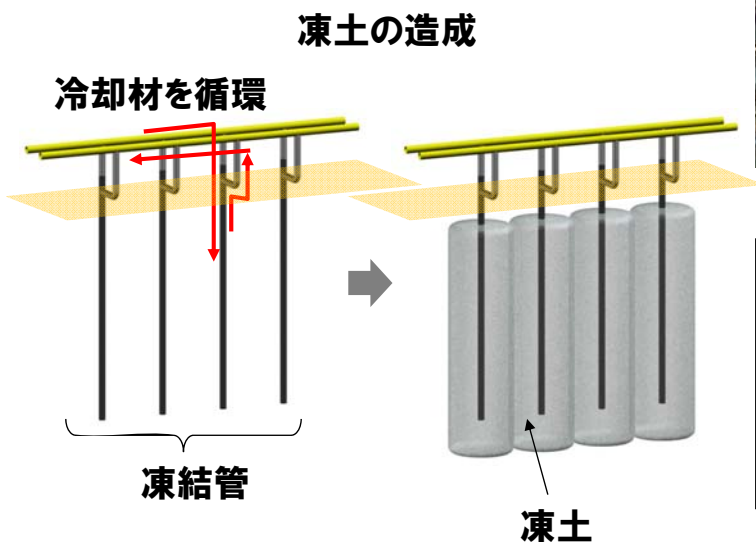


適切な深度まで凍土壁で取り囲み、建屋内に流入する地下水を遮断

## 2. 全体計画

### 凍土壁とは？

凍結管を地盤中に所定間隔(例えば1m)で設置  
凍結管内に冷却材(例えば-40℃)を循環  
凍結管まわりに凍土の壁を造成



### 冷却材

冷却材	溶質	濃度例 (%)	凝固点 (°C)	氷点付近の粘性	防食性
コールドブライン	ギ酸カリウム	50	-55	低	高
ナイブライン	エチレングリコール・プロピレングリコール	50	-45	中	中
塩化カルシウム	塩化カルシウム	30	-55	高	低

## 2. 全体計画

### 凍土壁の特長(1)

#### ■ 遮水機能

透水係数0

凍土が融けないかぎり完全な遮水機能を維持

#### ■ 長期健全性

地震時にクラックが入っても直ちに再固結する  
自己修復性を有する

凍土は、完成後電源が喪失しても数か月  
から1年程度は完全融解しないため遮水性は維持

## 2. 全体計画

### 凍土壁の特長(2)

#### ■ 施工性

埋設物設置個所の施工(削孔)が可能  
埋設物内の汚染水の漏洩を防止しながら施工(削孔)  
が可能

コンパクトな施工設備(廃炉作業との競合が小)  
撤去が容易(解凍し凍結管を撤去するのみ)

#### ■ 二次廃棄物

施工時、汚染土壌、汚染水の発生量が微少  
撤去時は、凍土を融解させるだけ。凍結管のみが廃材。

## 2. 全体計画

### 凍土壁の特長(3)

#### ■ 品質管理

凍土壁の温度が所定温度以下であることを確認することにより遮水性を保証(遠隔温度モニタリング)  
視認不能な地中の壁の健全性を温度により保証

#### ■ 維持管理

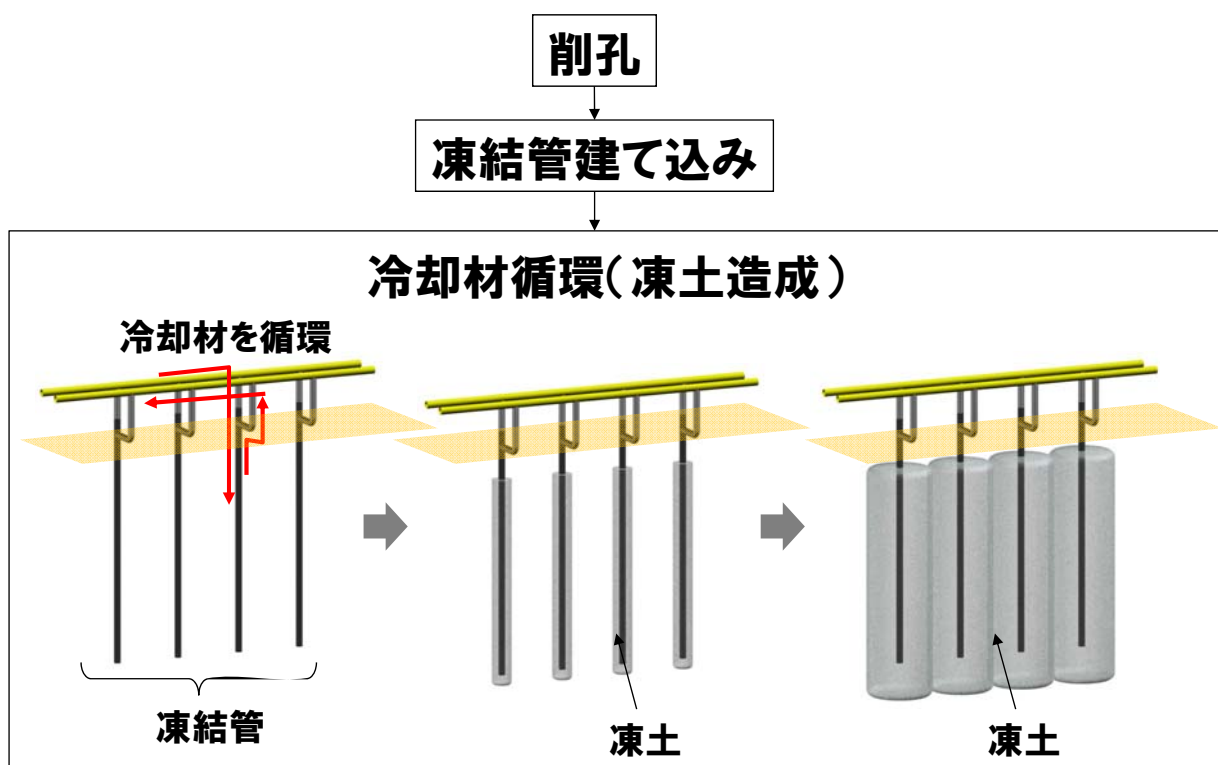
冷却材、凍結管、配管を定期的に交換することにより  
長期間運用

#### ■ 地下水管理

施工中・施工後の地下水管理が可能  
建屋内滞留水の漏出防止が可能

## 3. 施工性及び効果

### 施工手順

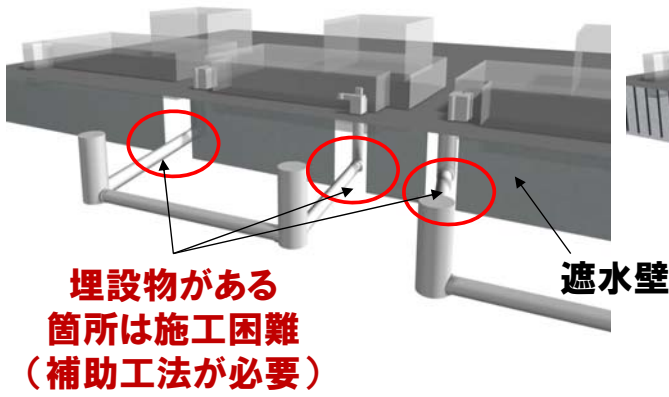




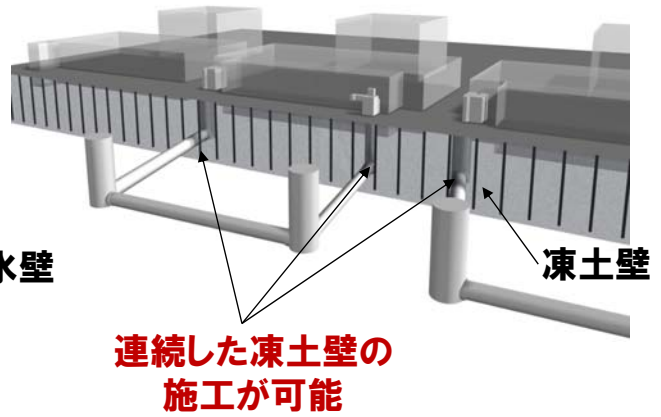
### 3. 施工性及び効果

#### 埋設物設置個所の施工(削孔)が可能

##### 一般的な遮水壁の場合



##### 凍土壁の場合

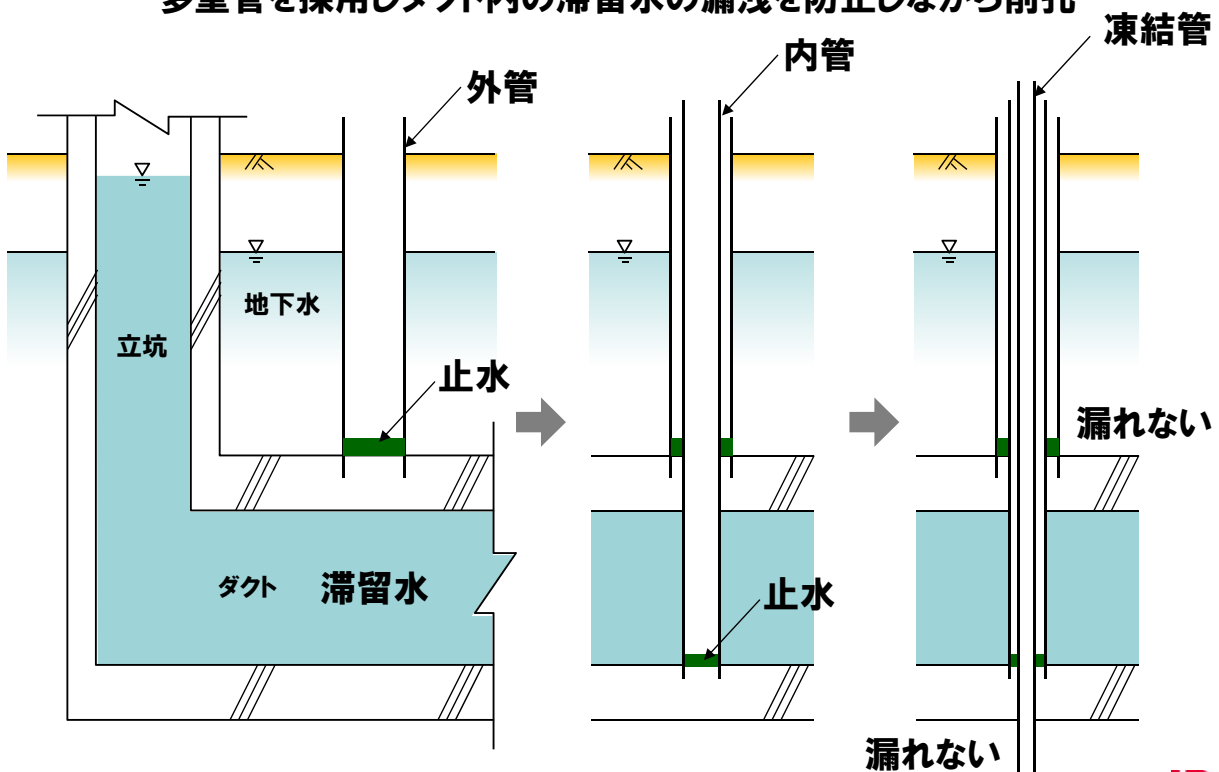


埋設物がある場所も補助工法等を用いることなく連続して凍土壁を施工することが可能

### 3. 施工性及び効果

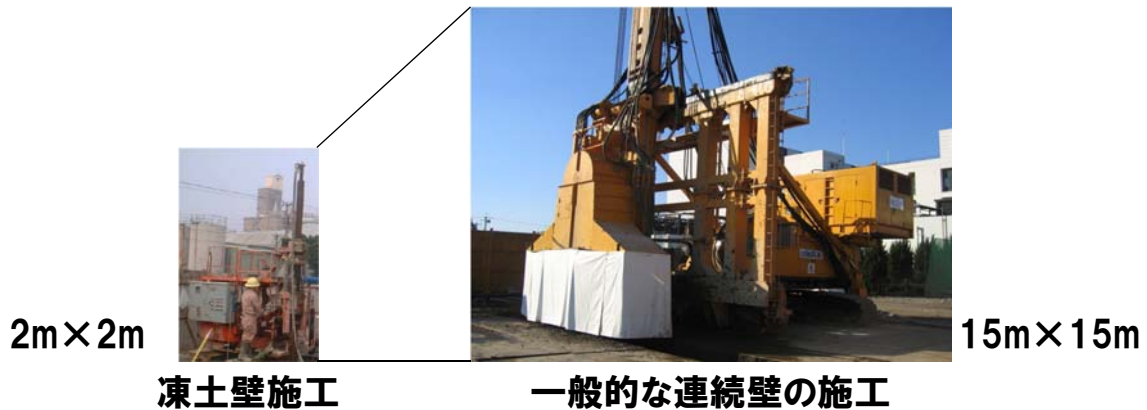
#### 汚染水漏洩防止可能

多重管を採用しダクト内の滞留水の漏洩を防止しながら削孔



### 3. 施工性及び効果

#### コンパクトな施工設備



**主な施工設備:ボーリングマシン**

**他作業との作業エリア調整が容易**

**平面線形を自由に計画可能**

**遮へい車に設備を搭載することで作業員被ばく対策が可能**

**汚染掘削土、泥土をほとんど排出しない**

**突発的な高線量汚染水の出水等による作業員被ばくの恐れがない**

### 3. 施工性及び効果

#### 施工時二次廃棄物の低減

ソイルモルタル壁施工(0.6m厚):25000m<sup>3</sup>

凍結工法:**微少**

#### 撤去時

ソイルモルタル壁施工(0.6m厚):25000m<sup>3</sup>

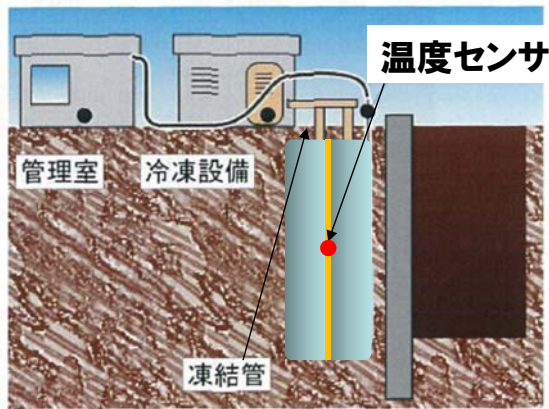
凍結工法:**凍結管のみ**

## 4. 品質管理・維持管理

### 品質管理

#### 温度を遠隔モニタリング

温度を監視することで、凍土壁の健全性(温度が所定温度以下)を遠隔地で監視できる。

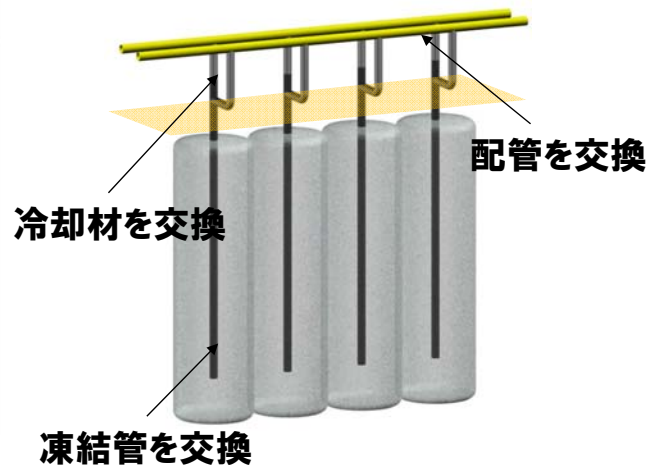


### 維持管理

#### 冷却材の循環

#### 冷却材交換

#### 凍結管・配管交換



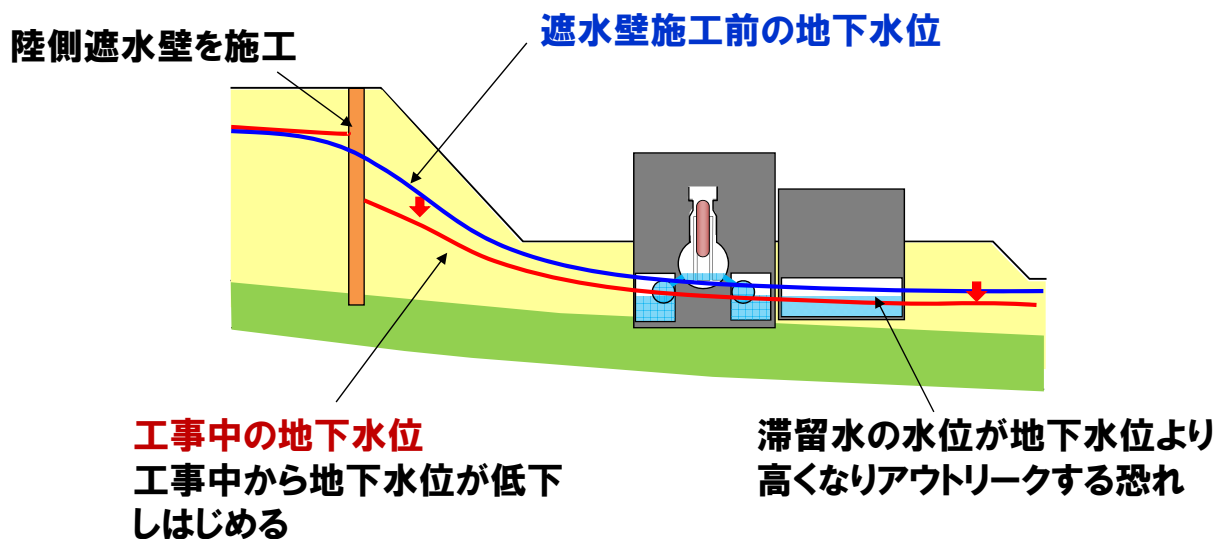
15

2013.4.26  鹿島

## 5. 施工中・施工後の地下水管理

### 施工中の地下水挙動(一般的な連続遮水壁の場合)

陸側遮水壁施工中は地下水位のコントロールができないため、滞留水流出を招く恐れがある(特定原子力施設監視・評価検討会(第8回)資料5)。



16

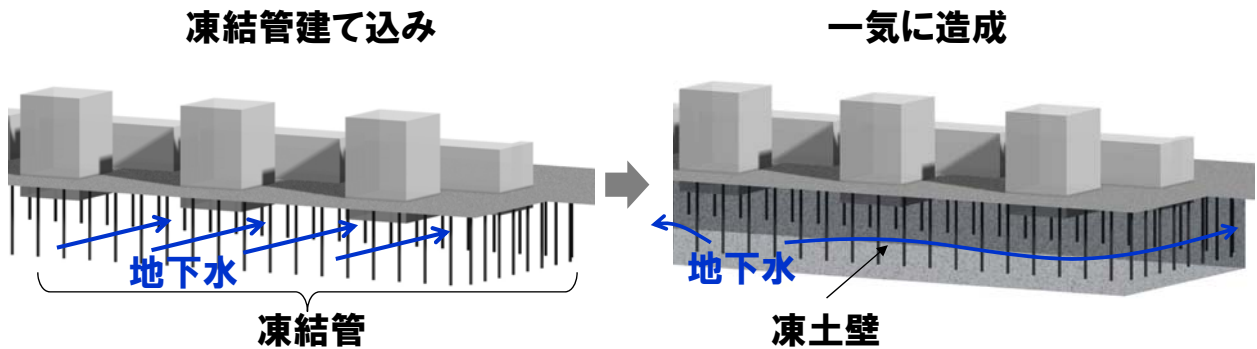
2013.4.26  鹿島

## 5. 施工中・施工後の地下水管理

### 施工中の地下水挙動(凍土遮水壁の場合)

凍土壁全ての凍結管の建て込みが完了してから、**同時に凍土壁造成を開始、短期間に閉合させる。**

建屋内滞留水の揚水を継続的に実施。  
凍土壁閉合エリア内の地下水は建屋内滞留水の水位よりも高位を維持。  
施工中の滞留水漏洩防止が可能。



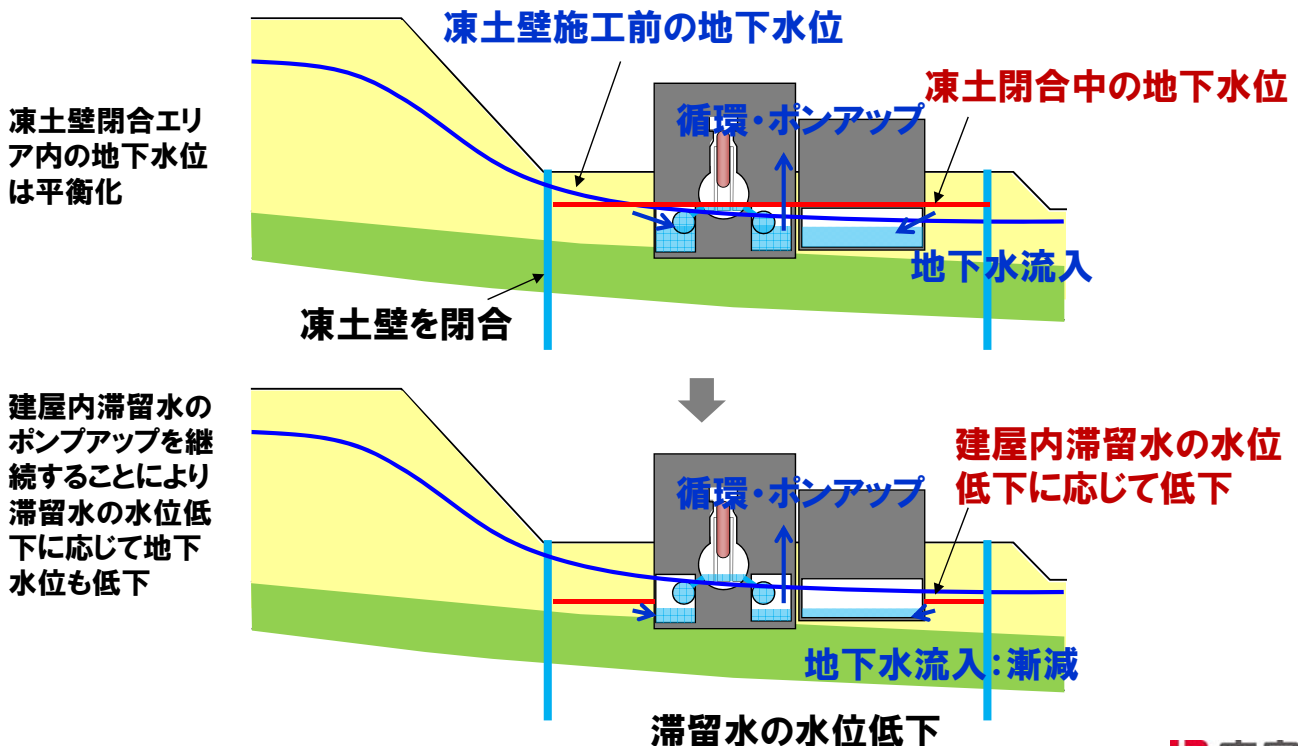
17

2013.4.26  鹿島

## 5. 施工中・施工後の地下水管理

### 施工中の地下水挙動(凍土遮水壁の場合)

凍土壁閉合エリア内の地下水は建屋内滞留水の水位よりも高位を維持



18

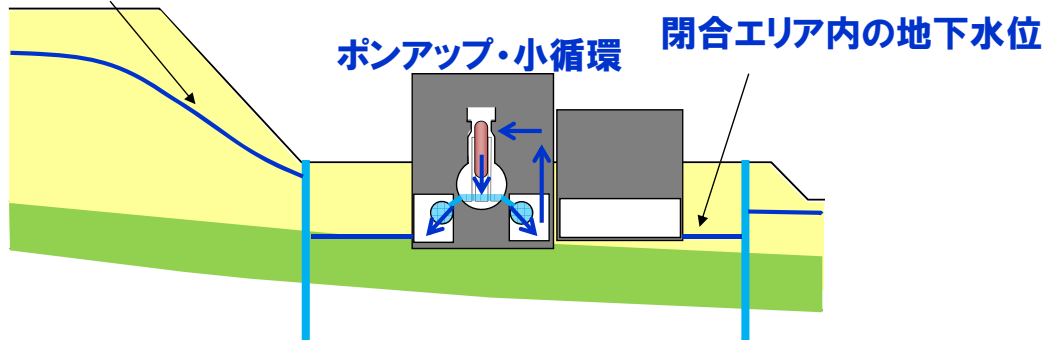
2013.4.26  鹿島

## 5. 施工中・施工後の地下水管理

### 凍土壁施工後

凍土壁閉合エリア内の地下水は建屋内滞留水の水位より若干高い位置で保持  
雨水により地下水が高くなることはあるが、建屋内滞留水のポンプアップが維持  
される限り、基本的には地下水位が滞留水の水位よりも低くなることはない。

閉合エリア外の地下水位



R/B、T/Bの滞留水を全てポンプアップし、小循環に移行  
トラス室の止水、格納容器の止水作業へ。

## 6. 工期・工費

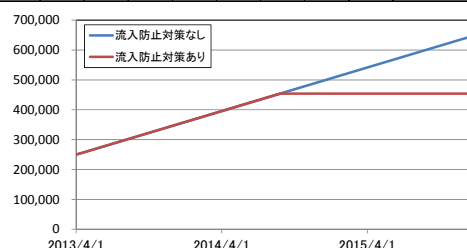
### 工期

着工から概ね1年間

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13~	(ヶ月)
凍結設備設置														
凍結管・測温管設置	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
冷凍機組立				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
配管工				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
防熱工						■	■	■	■	■	■	■	■	
計測設備工								■	■	■	■	■	■	
凍土造成														
冷凍機試運転・凍土造成												■	■	
凍土維持運転													■	

【工期検討条件】

凍結管・測温管ピッチ：1000mm  
削孔設備：20セット  
冷凍機：400kW、14ユニット  
冷却液温度：-20~-40℃



Cf処理水貯蔵量  
Max：45万m<sup>3</sup>

\*工期は施工条件（トレンチ、ピット等の  
地下埋設物、放射線安全対策等）により変動

## 7. まとめ

**凍土壁は地下水流入を抜本的に解決できる方法である。**

**しかし、今回の特殊な施工条件に鑑み、下記、課題に対する対応策の実証・確認をすることが重要である。**

### 凍土壁の特長

- 遮水機能が高い(透水係数0)
- 埋設物のある箇所の施工が可能
- 長期健全性を維持
- 施工性がよい
- 二次廃棄物が少ない
- 品質管理(温度で健全性を保証)
- 維持管理が可能
- 地下水管理が可能

### 課題(実証・確認事項)

- 高線量下での施工  
埋設物位置・滞留水の詳細調査  
滞留水のあるトレンチ部の削孔方法  
最適な凍結管ピッチ、冷却材種類・温度  
作業員の被ばく低減  
地表面フェーシング
- 品質管理・維持管理方法の確立
- 地下水挙動予測と管理  
施工時・施工後の地下水位  
施工後、建屋内滞留水の拡散による建屋外への移動  
閉合エリア難透水層からの地下水流入

## 局所的(ピンポイント)な止水

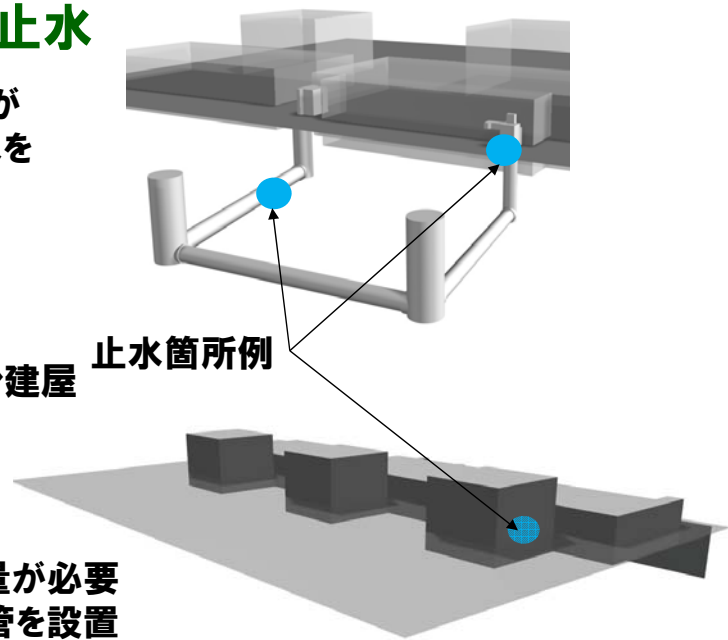
ダクト、配管等、地下水流入部が特定できる場合、局所的な止水を実施(凍結・グラウト注入等)

## 建屋間の止水

原子炉建屋、タービン建屋間の止水(建屋外、あるいはタービン建屋内から注入管を挿入)

## 建屋内滞留水の凍結

液体窒素注入の場合:膨大な量が必要  
冷却材循環方式の場合:凍結管を設置できることが条件



**止水箇所もしくはその近傍へ作業員がアクセスできることが条件**

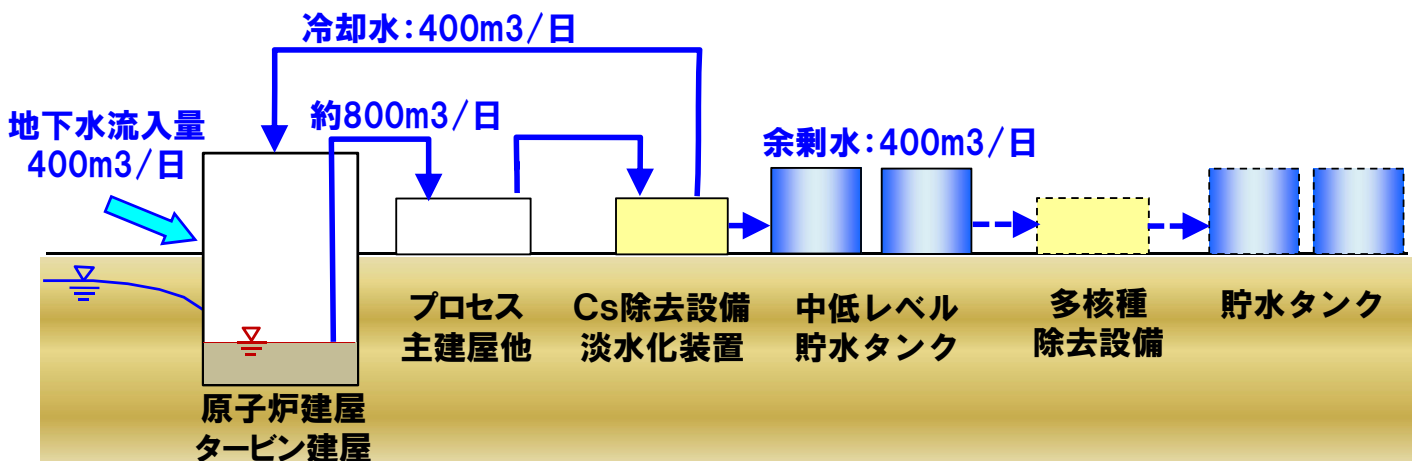
東京電力株式会社福島第一原子力発電所  
建屋内地下水流入抑制対策工に関する提案

平成25年4月26日

清水建設株式会社

## 1 汚染水に係わる課題

- ① 地下水流入量を抑える ←----- [本日のテーマ]
- ② 余剰水の貯水容量を確保する
- ③ 残留核種の取扱い

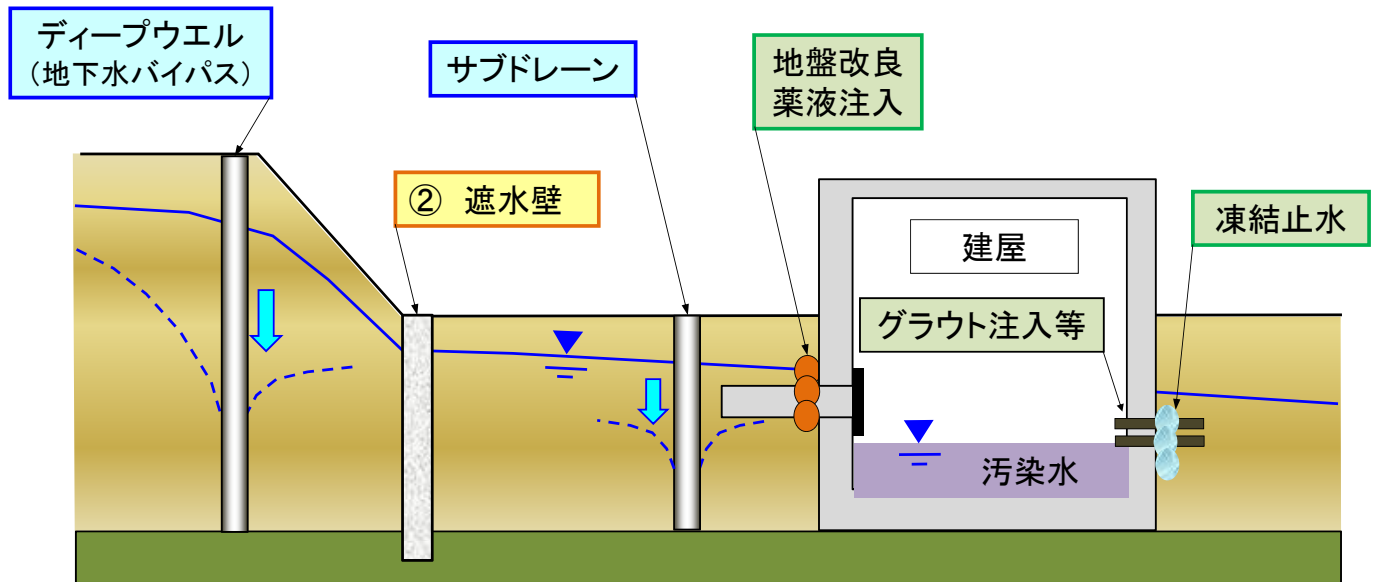




## 2 地下水流入量抑制対策

### (1) 主な対策工法

地下水流入量抑制対策工は、①建屋止水、②遮水壁、③周辺地下水位低下に大別できる。



2

## 2 地下水流入量抑制対策

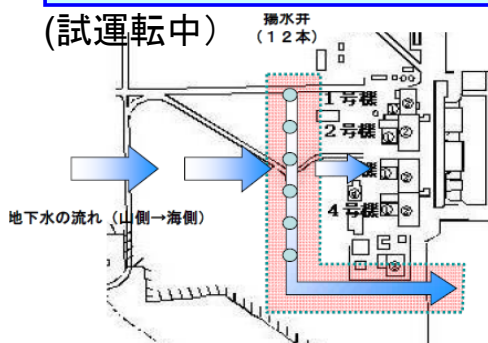
### (2) 検討事例、実施事例

#### ① 建屋止水

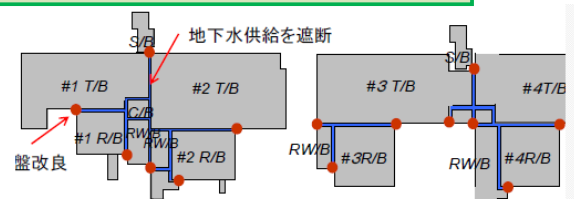
#### ② 遮水壁 → (次頁)

#### ③ 周辺地下水位低下

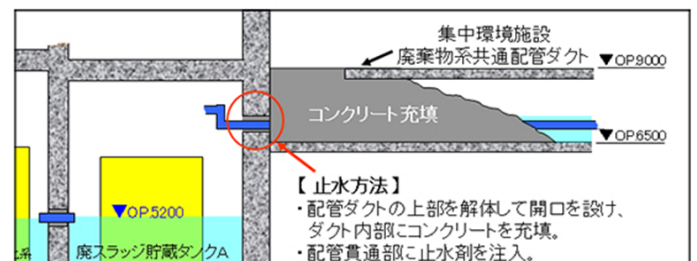
##### ③-1 地下水バイパス工事 (試運転中)



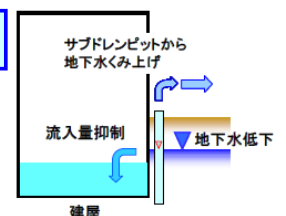
##### ①-1 建屋間止水対策 (検討中)



##### ①-2 3号機 廃棄物地下貯蔵建屋 (実施済)



##### ③-2 サブドレーンの復旧



註) 本ページの図は東京電力(株)ホームページより転載

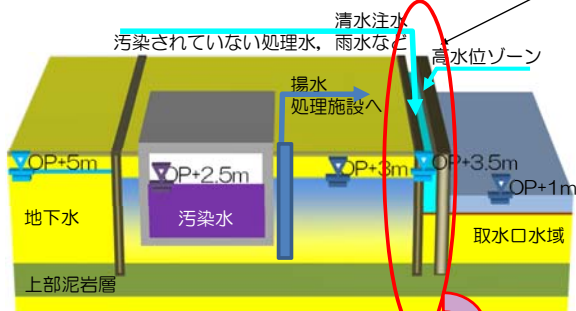
3

## 2 地下水流入量抑制対策

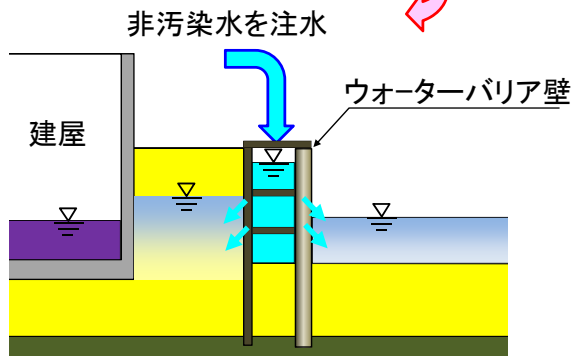
### ②-1 建屋廻り遮水壁

目的: 海洋汚染拡大防止

実施中



本案は、平成23年6月頃にご提案した遮水壁案であり、今後は現状に即した形に見直す必要がある。



## 3 対策工

### (1) 対策工選定上の考慮事項

- ・ 地中埋設物 ..... 地中埋設物への対処が可能か？
- ・ 施工スペース ..... 仮設ヤード、施工機械の大きさ、他工事との干渉など
- ・ 建屋内汚染水漏洩リスク..... 汚染水が建屋外側に漏洩しないか？
- ・ 放射線影響 ..... 人が作業できる環境か？
- ・ 止水性 ..... 止水に対する信頼性など
- ・ 維持管理 ..... 維持管理が必要になるか？

### 3 対策工

#### (2) 対策工の比較

表3-1 対策工の比較

対策工		① 建屋止水			② 遮水壁		③ 地下水位低下	
		建屋外から		建屋内から	地盤改良薬液注入	打込み壁造成壁	バイパス	サブドレーン
具体的工法例		地盤改良薬液注入*2	凍結止水	グラウト等				
施工時	地中埋設物	○	○	—	○	△	◎	◎
	施工スペース*1	△	△	△	△	○~△	◎	○
	汚染水漏洩リスク	◎	◎	◎	○	○	△	△
	放射線影響	○	○	△	○	○	◎	○
完成後	止水性(対流入水)	○	◎	○	△	△	—	—
	維持管理	◎	△	◎	◎	◎	○	○
コスト(維持管理含む)		○	△	◎~○	○	◎	—	—

注) 実施に対する容易さを3段階(◎、○、△)の相対比較で表示 (コストは、①内および②内での相対評価)  
 \*1 施工スペースとは、施工に要する面積、施工機械の大きさ、他工事との干渉等を考慮  
 \*2 建屋近傍で薬液注入を実施する場合は、薬液の汚染水への混入に対して留意する必要がある

### 4 地下水流入量抑制対策に対する提案

#### (1) 概要

当該工事は、厳しい環境の中で様々な制約条件を受けながら実施する必要があり、燃料取り出し等の難工事との干渉を避けながら進めなければならない。また、着手可能な地下水流入量抑制対策は既に実施されているのが現状である。

一方、当該工事は、地下水流入量を限りなくゼロにすることを目標にしつつも、仮に50%まで低減できれば、その効果は大きいと考えられる。

これらの点を考慮すると、

**「施工可能で対策効果の大きい箇所から、その場に適した対策工を組み合わせ実施し、その対策効果を評価した上で、さらに範囲を広げる、追加の対策を実施する等の次のステップに進む」**

手順が適切だと考える。

## 4 地下水流入量抑制対策に対する提案

### (4) まとめ

- ・ 今後は、建屋周辺地盤の水理調査(流向流速等)を実施して、対策効果の大きい箇所や適切な対策方法を見極めることが重要と思われる。
- ・ 建屋止水は、他工事と干渉しやすく高線量下での工事になる半面、建屋内汚染水の漏洩リスクがほとんどなく、直接的な対策工であることから、遮水壁や地下水位低下工法と合わせて検討していくべきと思われる。
- ・ 前述の解析のような傾向が現実的に確認できれば、建屋の陸側、海側の水位差を小さく維持した上で、建屋内汚染水の水位レベルを上げることにより、建屋内への流入量を抑制できる可能性がある。

#### 〔課題〕

- ・ 建屋周辺地盤水位の維持および変動抑制
- ・ 水位低下時の対応策(注水設備等)

