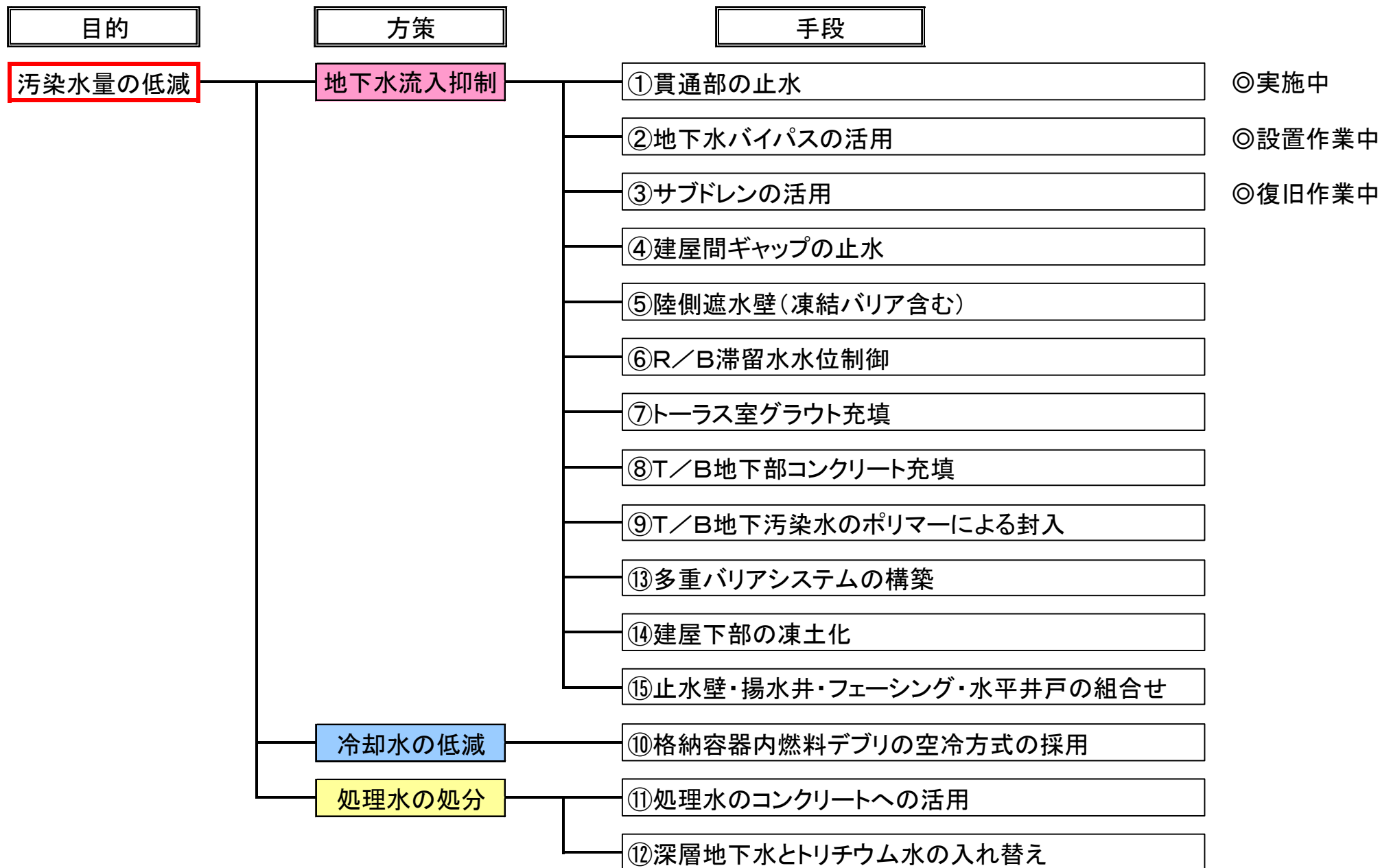
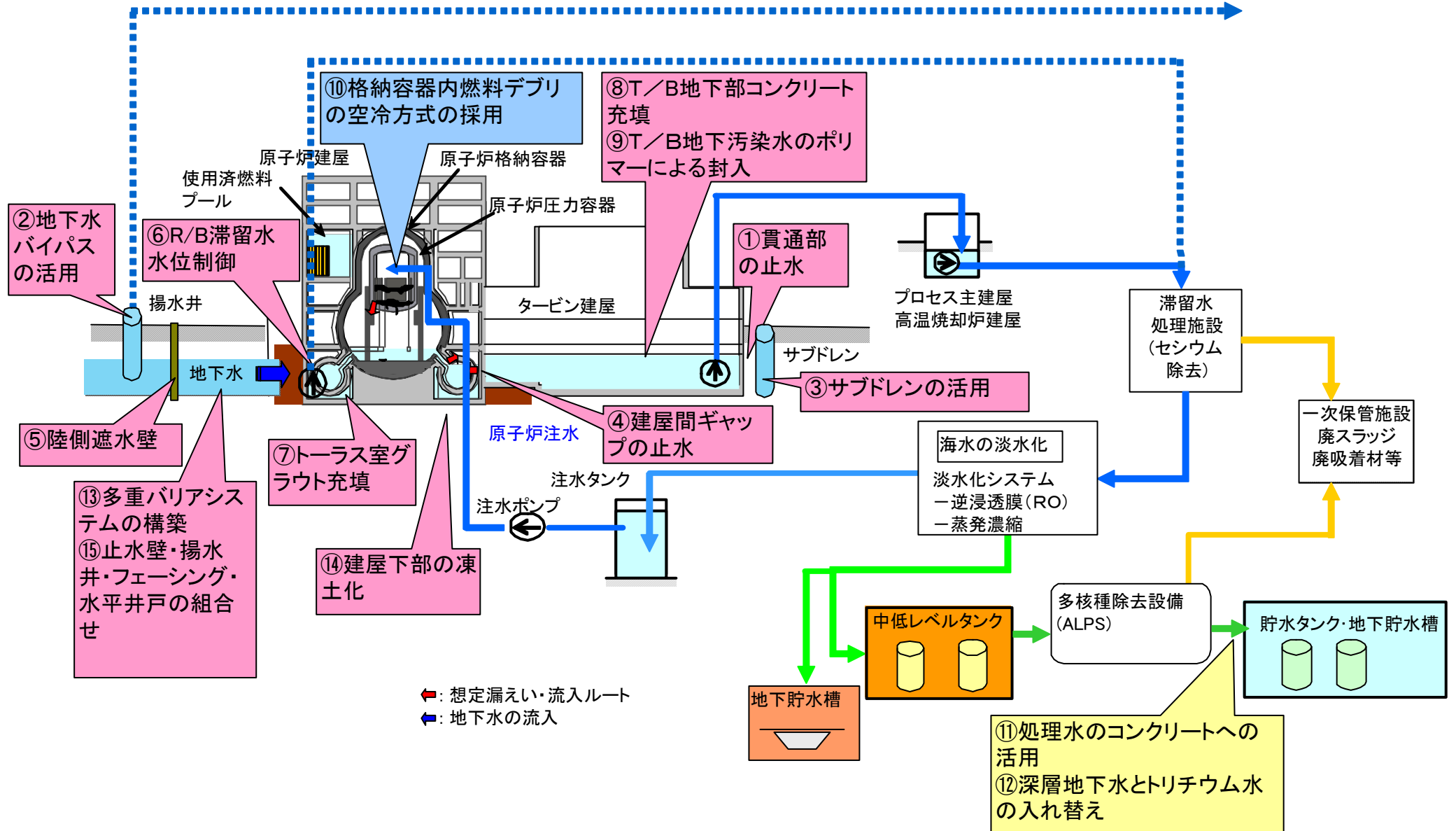


汚染水量低減対応策について

【資料3-1】



汚染水量低減対応策について



1. 貫通部の止水 地下外壁貫通部の整理 (1 / 2)

建屋貫通部の例



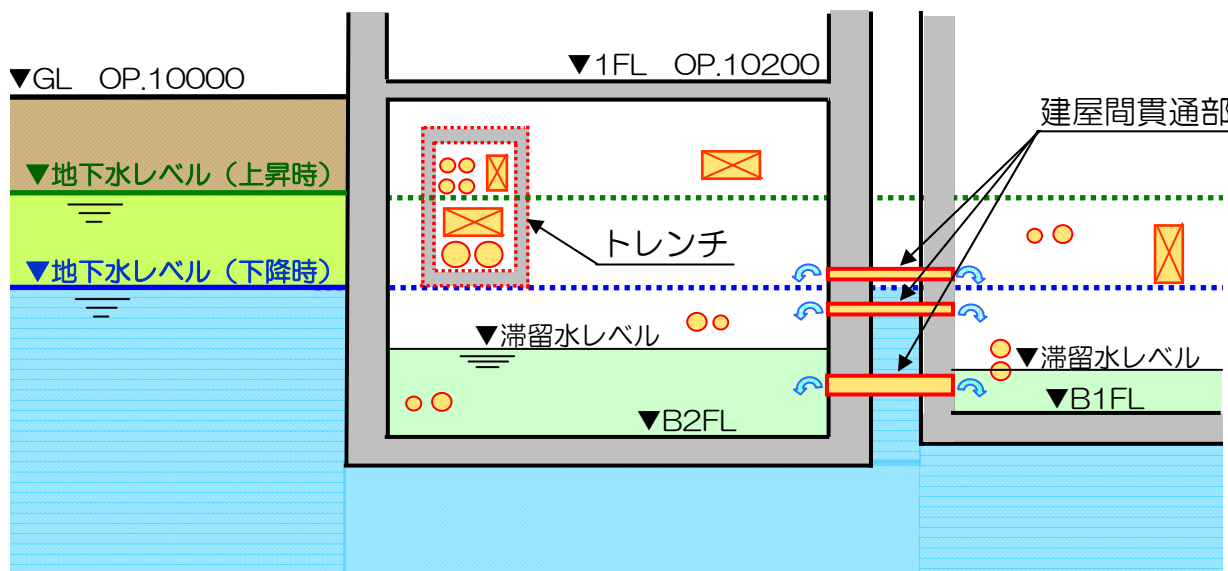
配管スリーブ貫通部



ケーブルトレイ貫通部 (トレンチ)

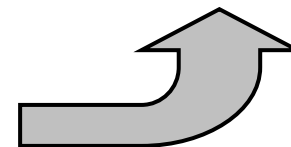


扉開口部 (建屋間ギャップ)



建屋貫通口イメージ

地下水に水没している貫通部は
地下水の流入経路となっている
可能性が高い



1. 貫通部の止水 地下外壁貫通部の整理 (2/2)

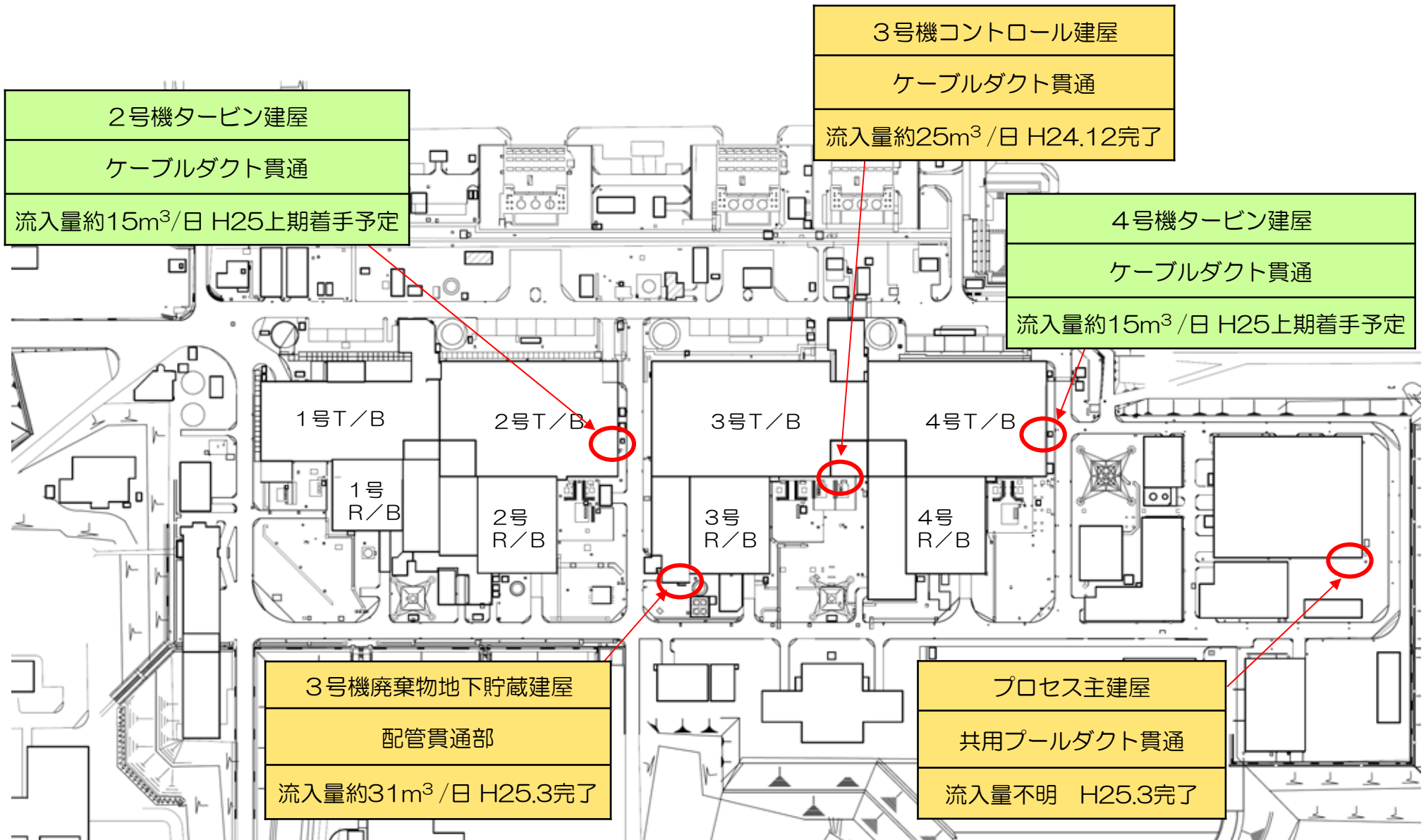
- 1～4号機本館地下外壁の貫通部について「高さ」と「部位」で分類
 - ・地下水に常時又は降雨時に水没している貫通部が全体の約67%を占める。
 - ・水没している貫通部のうち建屋間にある貫通部が約84%※1を占める。
 - ・トレンチ、共通配管ダクト等に接続する貫通部が全体の約30%ある。

号機	総数 (箇所)	高さによる分類※2 (箇所)			部位による分類 (箇所)	
		地下水レベル (下降時)	地下水レベル (上昇時)	地下水レベル 以上	水没する貫通部 のうち建屋間 にある貫通部	トレンチ 又は地中埋設
1号	218	95	36	87	88	98
2号	183	137	28	18	148	34
3号	225	126	17	82	132	43
4号	254	135	16	103	127	103
合計	880	493	97	290	495	278
		590				
全体比	—	67%		33%	56%	31%

※1 水没する貫通部のうち建屋間にある貫通部合計 (495箇所) ÷ 水没している貫通部 (590箇所) = 84%

※2 1月から7月までのサブドレン水位観測値の最大値と最小値を地下水位として分類

1. 貫通部の止水 主な止水対策実施状況



1. 貫通部の止水 今後の基本方針

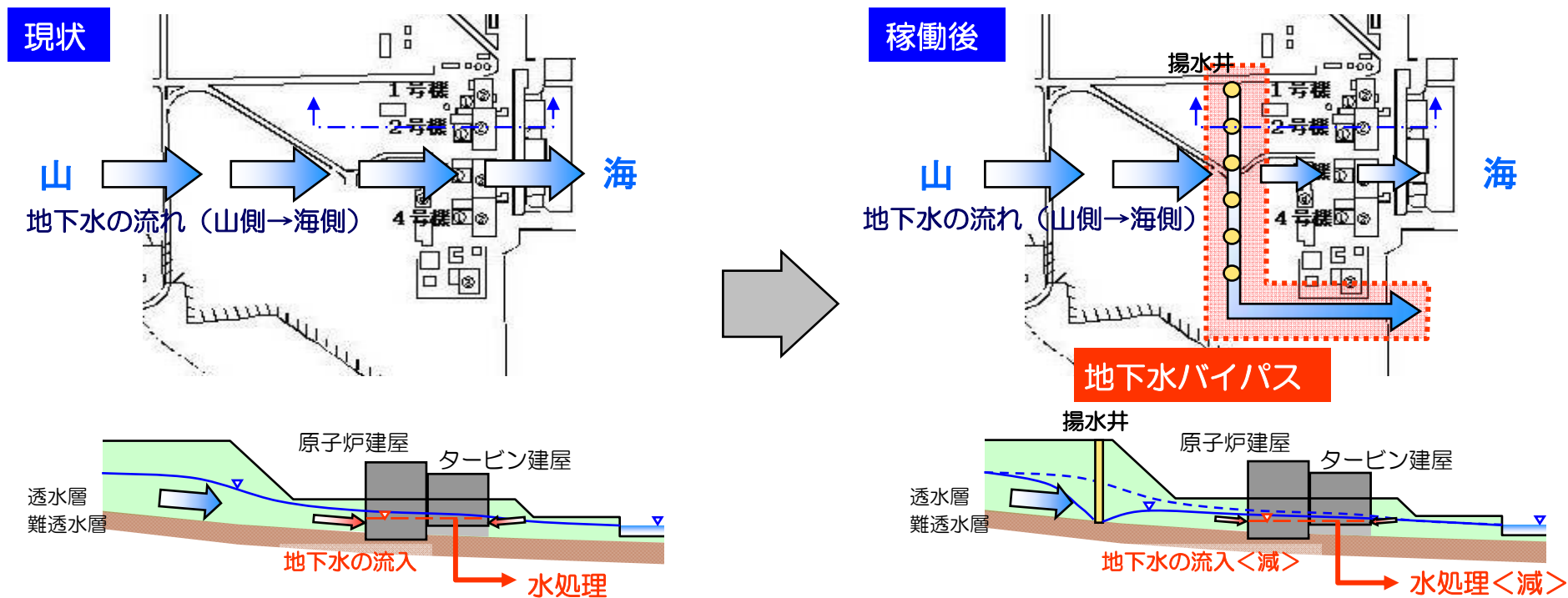
- これまでに蓄積されたデータや現場調査を元に、建屋外壁面及び屋根面の地下水流入箇所や、地下水を下げた場合の流入量抑制効果を検討し、直接的に地下水流入を止めるための効果的かつ施工可能な対策の立案を行っていく。具体的には、以下のステップを進める。

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）

2. 地下水バイパスの活用 コンセプト

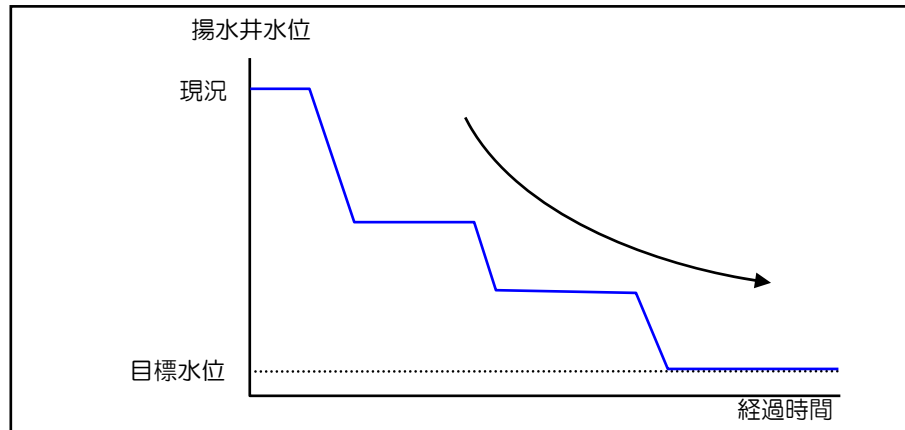
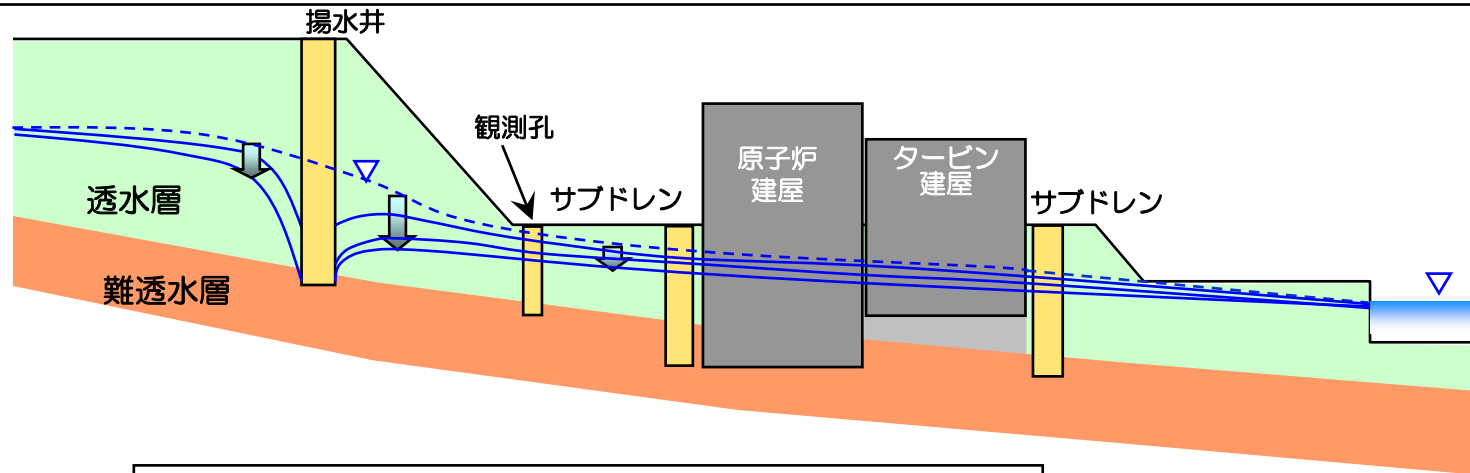


- 地下水は主に透水層を山側から海側に向かって流れている。
- 海に向かう過程で地下水の一部が建屋内に流入している。
→ 建屋内滞留水の増加

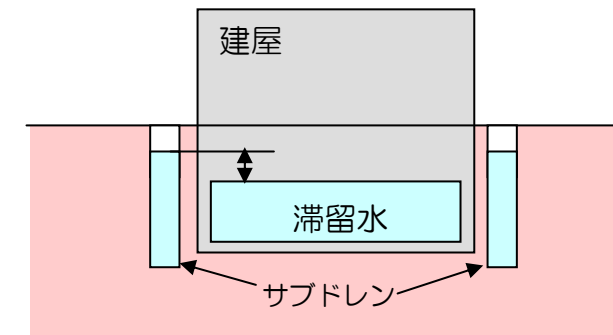
- 山側から流れてきた地下水を、建屋の上流で揚水し、地下水の流路を変更する。
(地下水バイパス)
- 地下水バイパスにより建屋周辺（主に山側）の地下水位を低下させ、建屋内への流入量を抑制する。

2. 地下水バイパスの活用 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

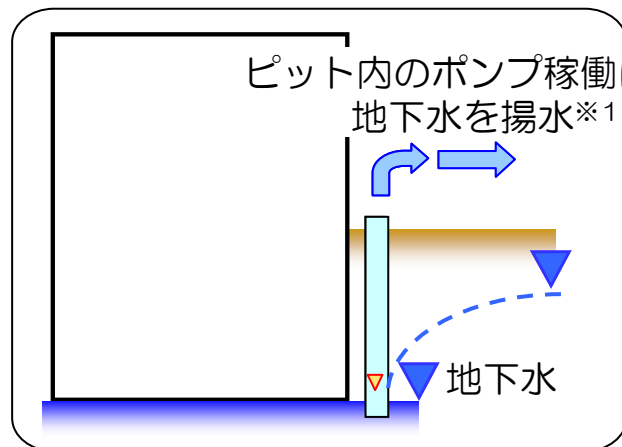
②建屋近傍の地下水の管理イメージ

3. サブドレンの活用 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。

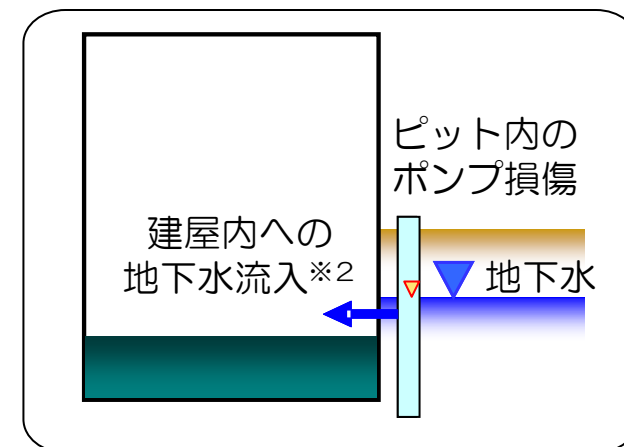


サブドレンピット内部（事故後）



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850m³/日。

※2：建屋内への地下水流入量は全体で約400m³/日。

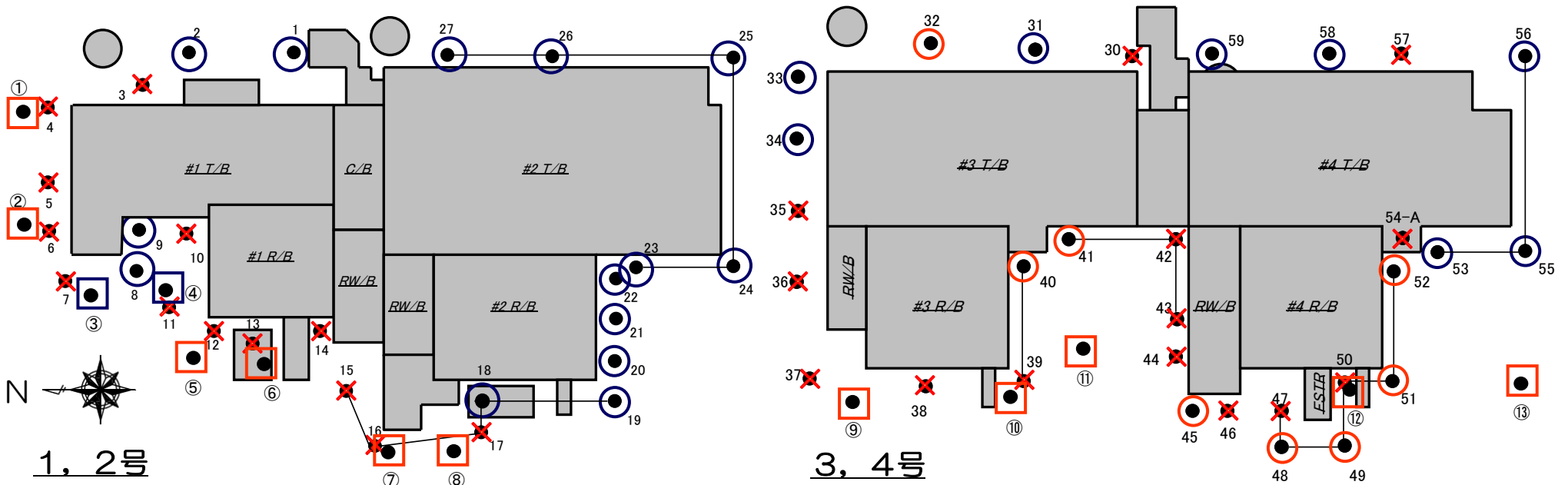
3. サブドレンの活用 サブドレンピットの復旧計画（案）

【平成24年度実施事項】

- 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 既設ピットのうち上記以外の施工可能な箇所（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。

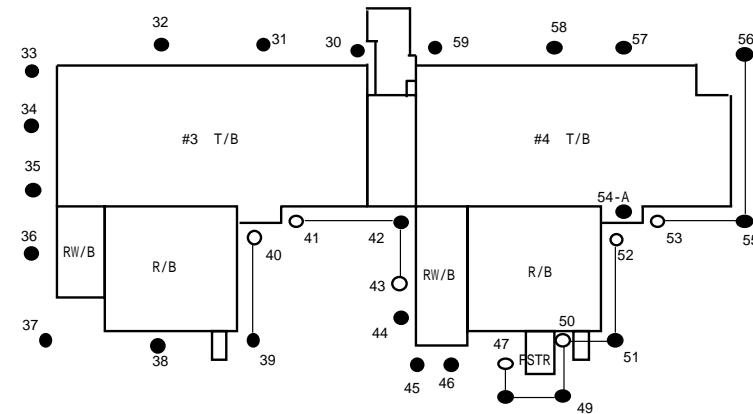
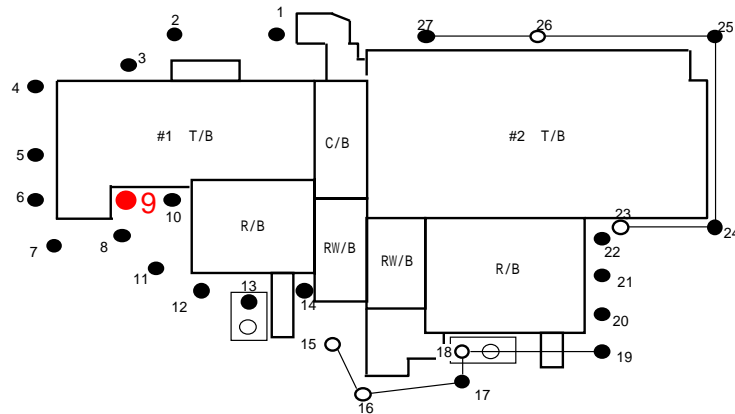


- | | |
|--------------------------|---------------|
| ○：復旧予定の既設ピット（浮遊物質除去実施済） | □：新設ピット（掘削済） |
| ○：復旧予定の既設ピット（浮遊物質除去実施予定） | □：新設ピット（掘削予定） |
| ×：復旧不可の既設ピット | |

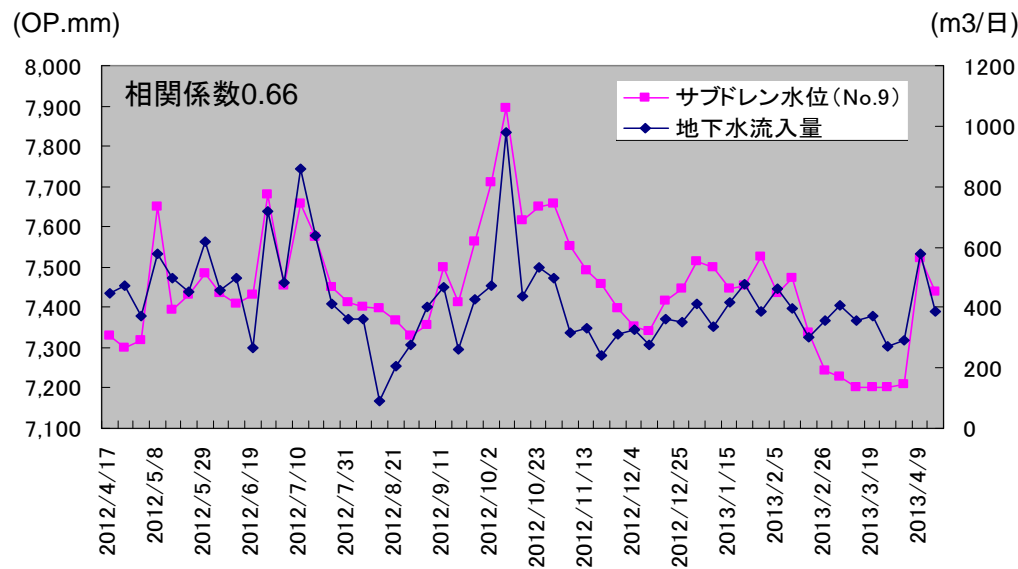
※詳細については検討中であり、今後見直す可能性あり。

【参考1】「地下水流入量」と「サブドレン水位・降雨量」の関係

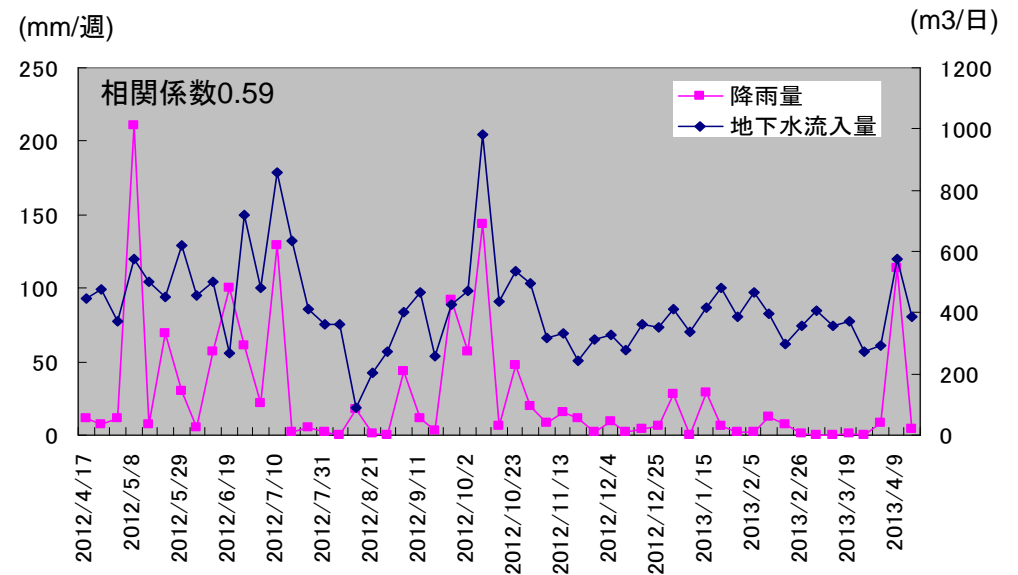
対象期間: 2012年4月17日～2013年4月16日



サブドレン配置図



サブドレン水位 (No.9) - 地下水流入量 関係



降雨量 - 地下水流入量 関係

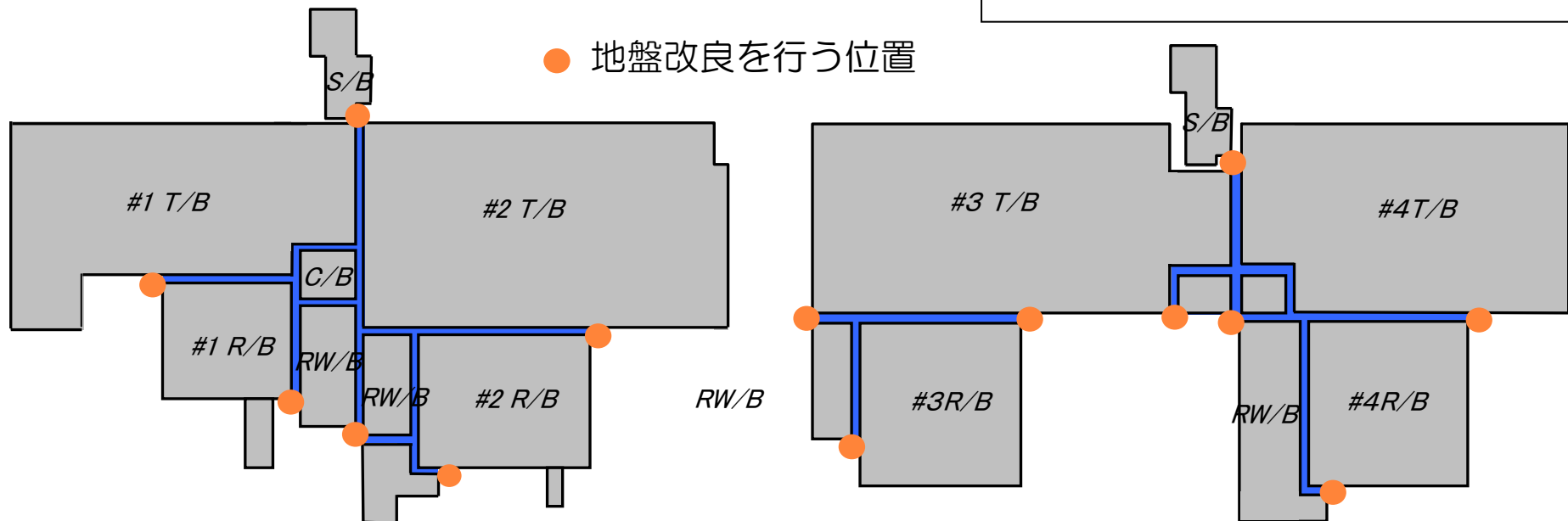
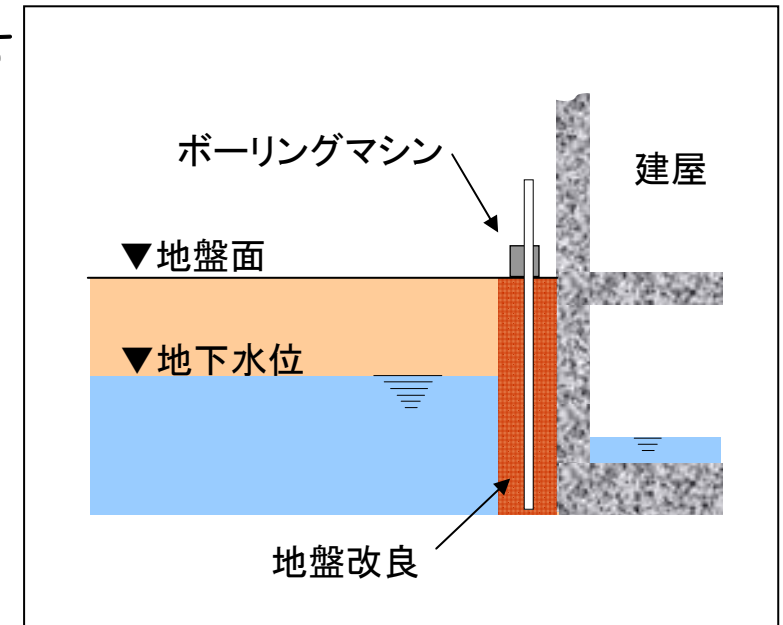
4. 建屋間ギャップの止水検討

■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。

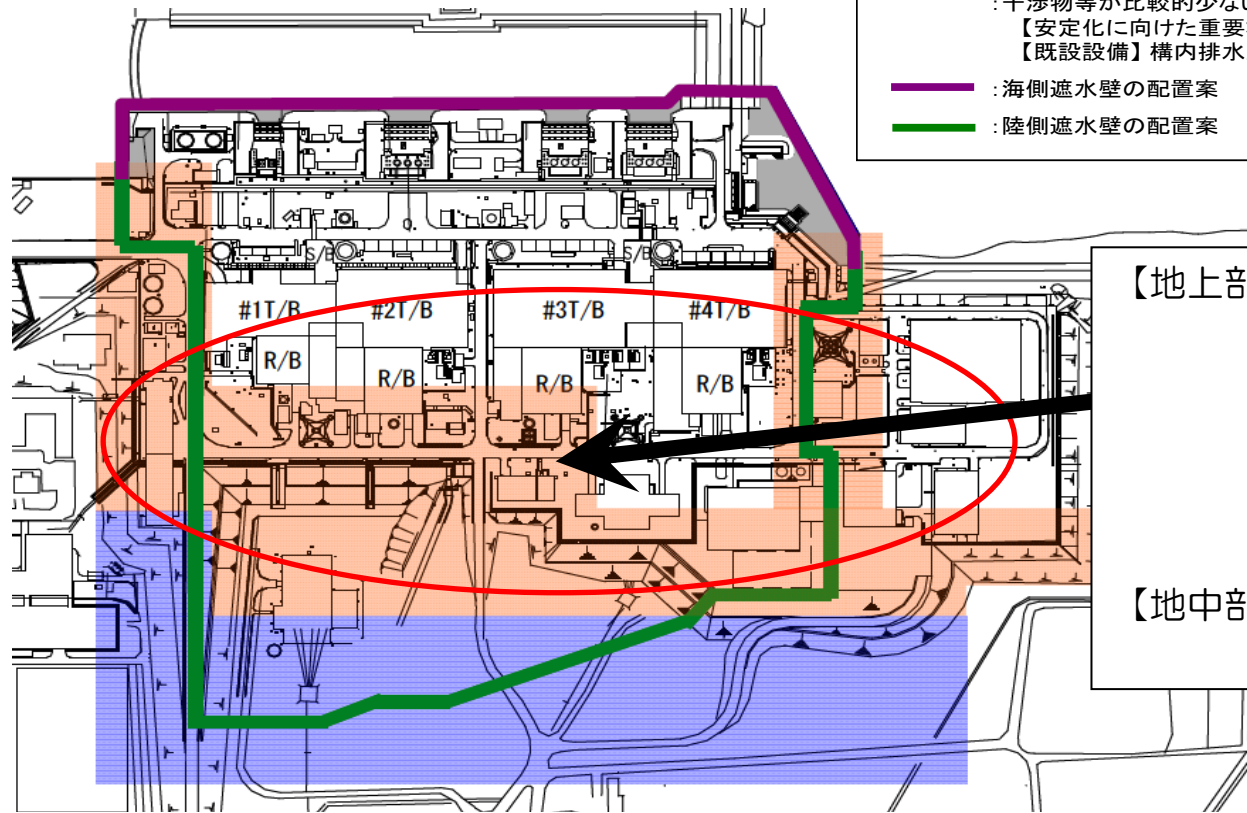
<継続検討中であるが、以下の課題の難易度が高い>

- ・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



5. 陸側遮水壁の検討 (1 / 2)

陸側遮水壁の配置案



: 干渉物等が比較的多いエリア
【安定化に向けた重要な設備・工事】 炉注水設備, 燃料プール注水設備, 窒素注入設備等
【既設設備】 共通配管ダクト等

: 干渉物等が比較的小さいエリア
【安定化に向けた重要な設備・工事】 外部電源設備, 通信設備等
【既設設備】 構内排水路等

— : 海側遮水壁の配置案

— : 陸側遮水壁の配置案

【地上部】 炉注水設備, 燃料プール注水設備, 窒素注入設備等, 並びに各設備の電気系統

滞留水移送ライン

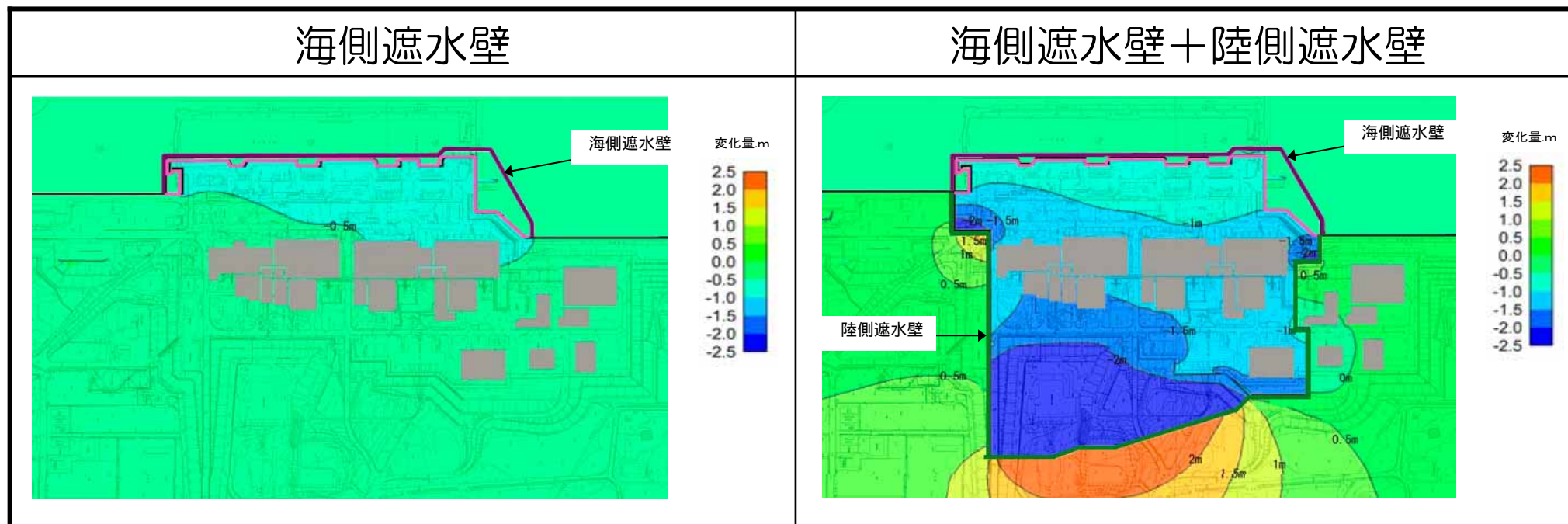
1～4号機燃料取り出し用カバー
工事

【地中部】 共通配管ダクト等埋設トレンチ
(タービン建屋～超高圧開閉所間他)

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

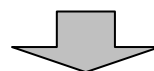
5. 陸側遮水壁の検討 (2/2)

建屋周りにおける地下水位変化量



※遮水壁の透水係数： 1.0×10^{-6} cm/sec

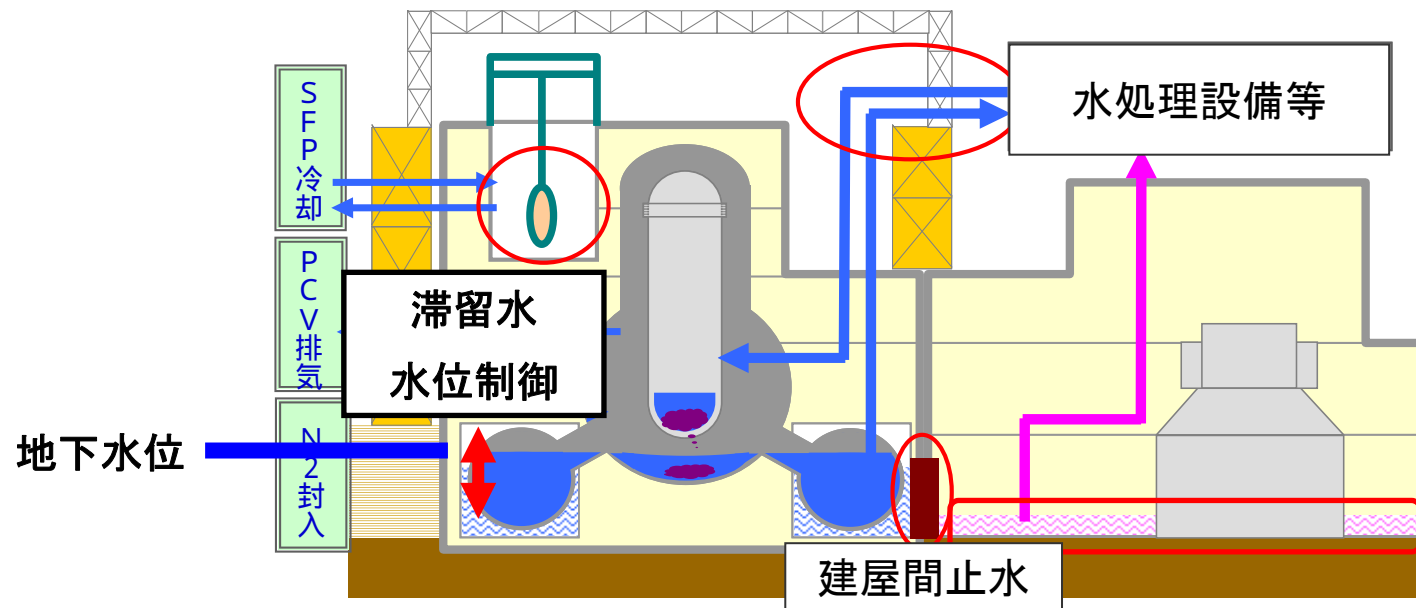
陸側遮水壁では、建屋周辺の地下水位低下量のコントロールが困難なため、特に施工期間中、建屋内滞留水位よりも建屋周りの水位が低くなる恐れがあり、滞留水が流出するリスクがある



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。

6. R/B滞留水水位制御

R/B-T/B (RW/B) 間の建屋間止水を行い、R/B滞留水位と地下水位との差を小さくしてR/Bへの地下水流入量を低減する。建屋周辺地下水位はT/B側に比較して山側にあるR/B側が高い状態にあり、R/Bを積極的に水位制御し、水位差を低減することにより地下水の流入を抑制する。



7. トーラス室グラウト充填

	ジェットデフでの止水	ベント管での止水	ダウンカマでの止水	トーラス室での止水
イメージ図				
特徴	D/Wのみがバウンダリとなり、S/Cはバウンダリから除外(バウンダリが最小)	D/W・ベント管の一部がバウンダリとなり、S/Cはバウンダリから除外	D/W・ベント管・ベントヘッダー・ダウンカマがバウンダリとなり、S/Cはバウンダリから除外	S/CおよびS/Cに接続する系統配管までがバウンダリとなる(バウンダリが最大)
主な課題	D/Wベントノズルに止水材を送るルートを確認	ベント管に止水材を送るルートを確認	<ul style="list-style-type: none"> S/C内に充てん材を送るルートの確保 止水材注入前にS/C内のデブリの有無の確認が必要 	<ul style="list-style-type: none"> 障害物が多いトーラス室内に止水材を隙間無く充てんする必要あり 止水材注入前にトーラス室内のデブリの有無の確認が必要

上図はPCV冠水バウンダリ構築のために研究・開発の中で検討しているものであるが、トーラス室での止水は地下水の流入抑制も期待できる可能性有り

<課題・成立性>

- ・流入水に対して下流側からの止水技術の確立が必要
- ・止水対策の前に、PCVから取水しRPVに戻す循環ループの構築(PCV循環)が必要

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。

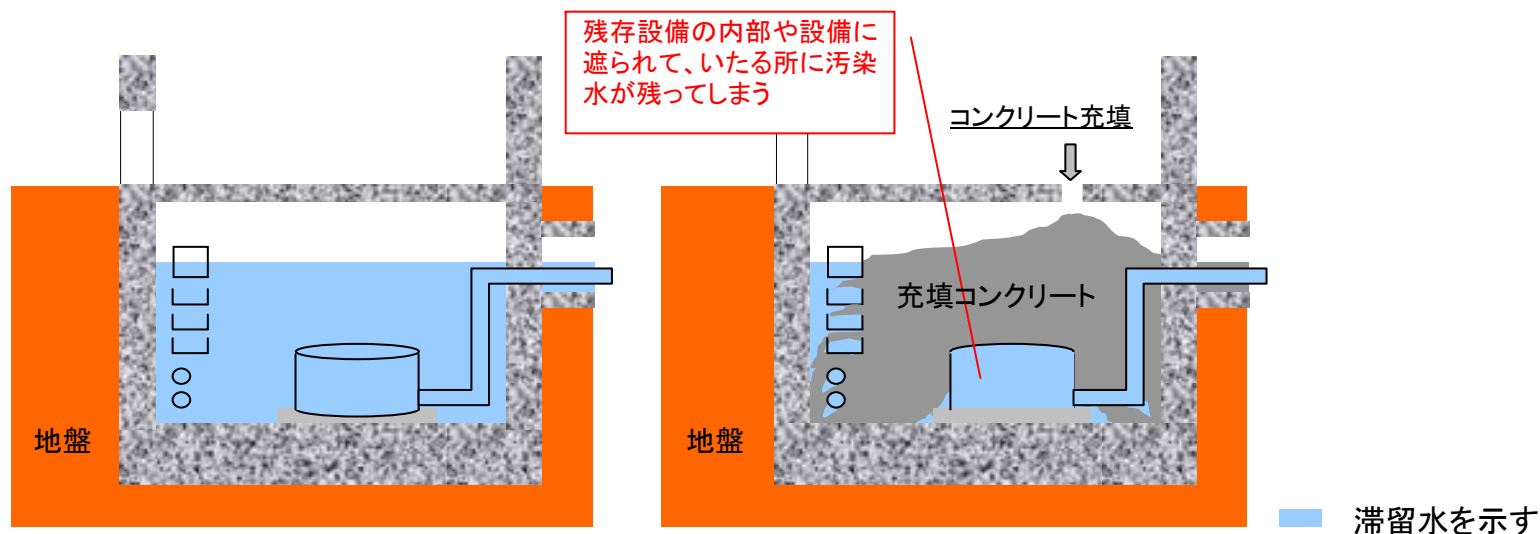


図1 現状

図2 コンクリート充填状況

9. T/B地下汚染水のポリマーによる封入

<期待する効果>

- ・タービン建屋地下階の汚染水をポリマーにより封入することで、タービン建屋への地下水流入量を低減する。
- ・地下水が流入したとしても、トリチウムを含まない水に置換できる。

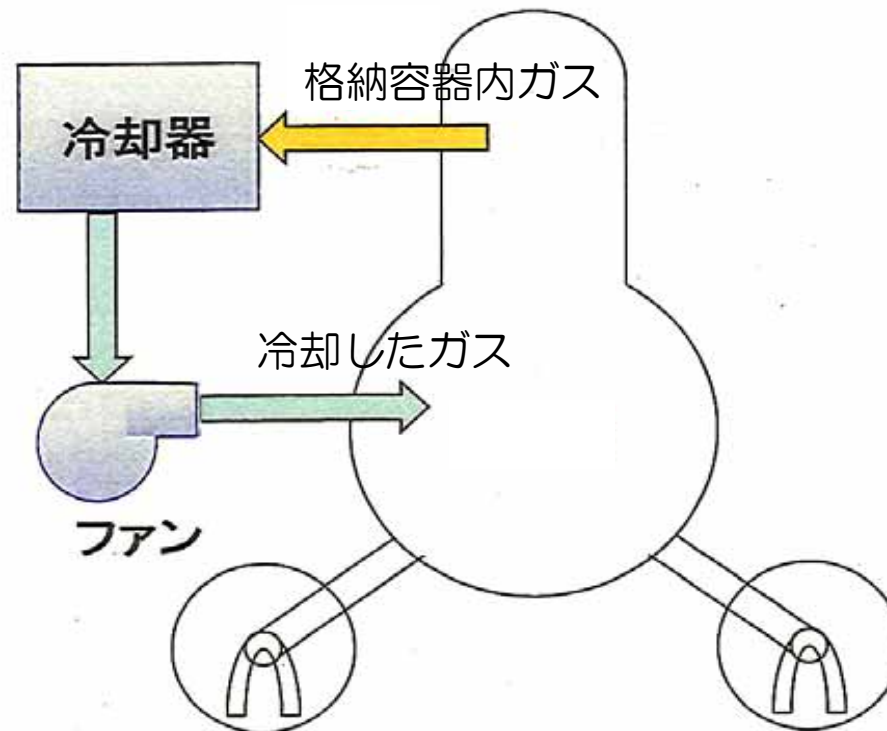
<以下の課題について検討が必要>

- ・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、ポリマー充填にあたり、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、それら内部の水をポリマーにより完全に吸水することが出来ない。
- ・ポリマーには接着性（止水性）がないため、地下水流入が考えられる。
 - 水処理方法の検討
 - ポリマーにより吸水した汚染水溶出の確認
- ・止水完了後の処理・処分技術の確立が必要。

10. 格納容器内燃料デブリの空冷方式の採用

現在、1～3号機の原子炉内あるいは格納容器内に存在する燃料デブリについては、注水による水冷方式にて熱除去しているが、将来的に崩壊熱が小さくなった際には、注水ではなく空気による冷却を行うことで、汚染水の発生を抑制する。

汚染水の追加発生がなくなることで、現在流入のある建屋（タービン建屋等）の汚染低減が見込める。



空冷概念図

メモ

サブドレンの復旧について

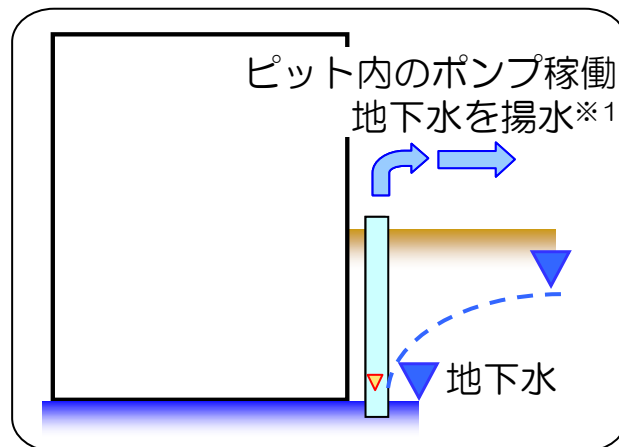
平成25年5月16日
東京電力株式会社

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。
- 1～4号機のサブドレンは、津波によりポンプ等が損傷したため、地下水が建屋内に流入し、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。

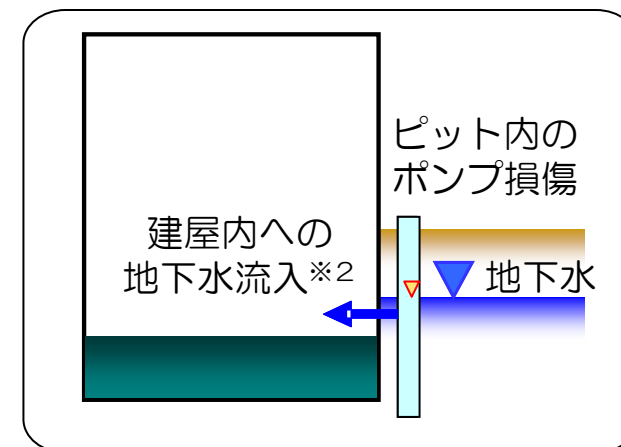


サブドレンピット内部（事故後）



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850m³/日。

※2：建屋内への地下水流入量は全体で約400m³/日。

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1 / 2 / 4号機サブドレンピットの浄化試験を実施した【対象ピット：参考1】。
なお、3号機サブドレンピットについては、高線量のため実施していない。
- サブドレンピットの浄化にあたっては、建屋滞留水漏洩防止の観点から、ピット内の水位が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、十分な浄化は困難であった。
また、現場は高線量の過酷な環境であり、十分な汚染物質混入防止対策を取ることができなかった。
このため、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した。【参考2】
(セシウム137で $10^0 \sim 10^2$ Bq/L程度)



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。

2. これまでの経緯

- サブドレンピット浄化試験後の放射能濃度は、セシウム137で $10^0 \sim 10^2$ Bq/L程度であり、建屋滞留水の濃度（ $10^6 \sim 10^7$ Bq/L程度）に比べて非常に低い。
- サブドレンピット浄化試験後の放射能濃度は、浄化試験前と比較して、概ね低下傾向が認められた。【参考2】
- 各号機サブドレン水の定例モニタリング結果によると、ピット内の浮遊物質除去作業による一時的な放射能濃度の上昇は認められるものの、全体として有意な変化は認められず、建屋滞留水などの放射性物質は継続的に混入していないものと考えられる。【参考3】
- 滞留水を貯留している建屋より下流側に位置する海側遮水壁近傍へ調査孔を設置し、採取した地下水の放射能濃度は検出限界値未満であり、建屋滞留水が地中に漏えいしているとは考え難い。【参考4】

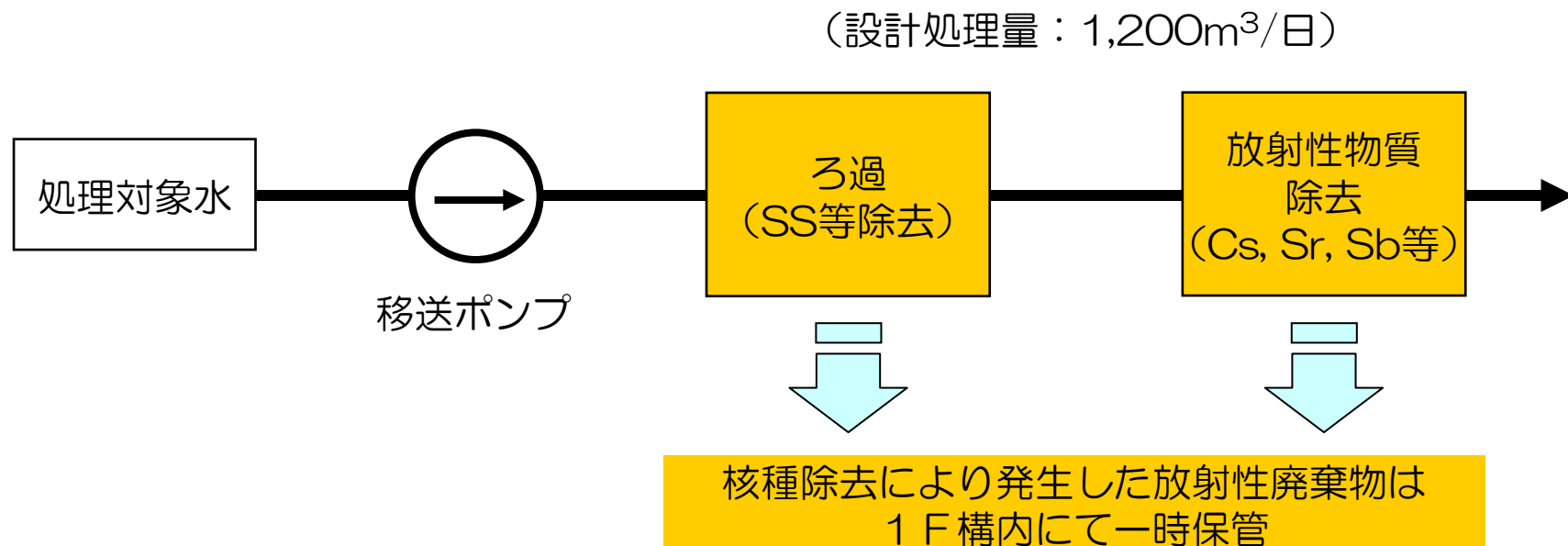


サブドレンピット内で検出された放射性物質は、震災直後に発電所構内で実施した土壌分析や、1～3号原子炉建屋上部におけるダスト分析においても検出されていることから、事故により大気中に放出された放射性物質が降雨等を媒体としてサブドレンに流入したものと考えられる。

3. サブドレン設備の復旧計画（案）

- サブドレン浄化設備として、1～4号機サブドレンピット水の核種分析結果を踏まえ、以下の設備構成を検討中
- 平成25年第2四半期より、当該設備設計に関わるラボスケールの浄化試験を予定

サブドレン浄化設備構成



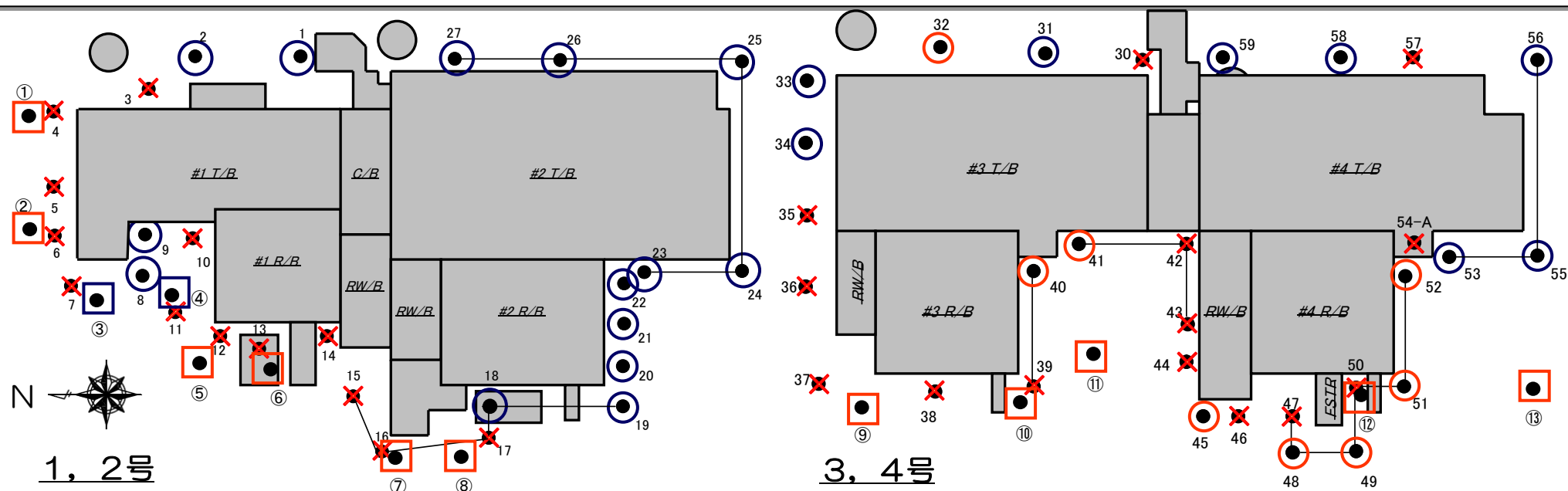
4. サブドレンピットの復旧計画（案）

【平成24年度実施事項】

- 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 既設ピットのうち上記以外の施工可能な箇所（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）	□：試験掘削
○：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	

※現在詳細設計中であり、今後見直す可能性あり。

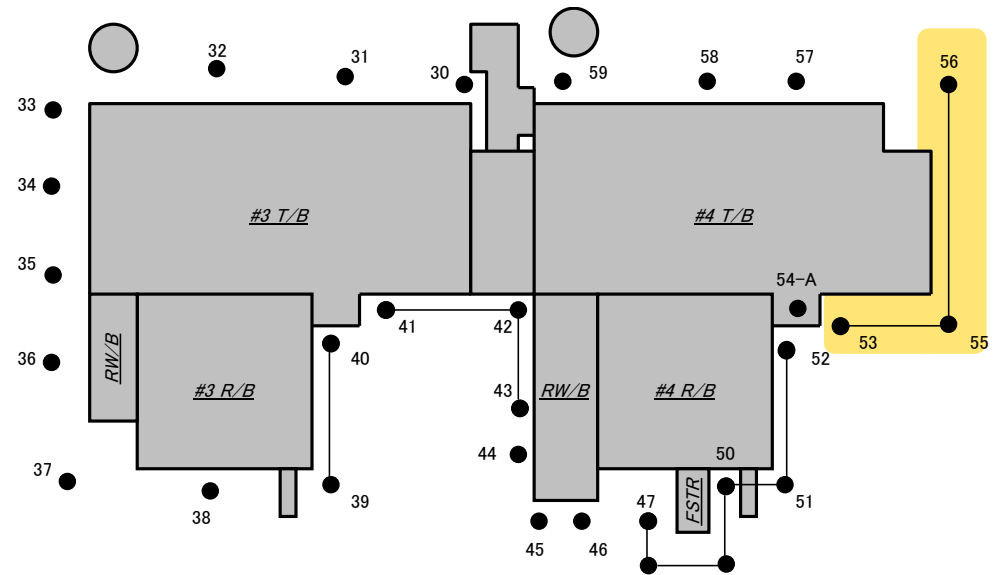
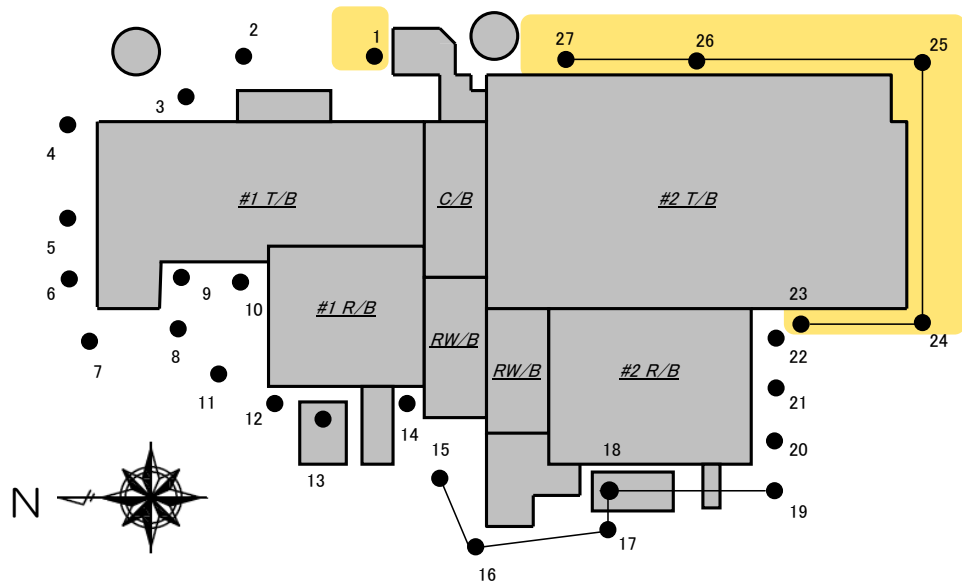
5. 今後の予定

- 滞留水を貯留している建屋周辺における地下水の水質を確認するため、既存のサブドレンピットに加えて新たな観測井を設置していく。
この際、地下水バイパスと同様、十分な汚染物質の混入防止対策を講じる。【参考5】

- また、既存のサブドレンピットにおいて、これまで同様、以下のモニタリングを週1回継続的に実施していく。
 - ① サブドレン水位が滞留水水位を下回っていないこと。
 - ② サブドレン水の核種分析を定期的の実施し、放射能濃度に有意な変化が認められないこと。

- サブドレン設備の復旧について、以下のスケジュールを目標に鋭意進めていく。
 - 平成25年度上半期：サブドレンピット復旧（新設）工事着手予定
 - 平成25年度第2／3四半期：サブドレン浄化設備設計に関わるラボスケールの試験実施予定

【参考1】サブドレンピット配置図



: 浄化試験の対象としたサブドレン

サブドレンピット浄化試験で用いた設備の例

【参考2】サブドレンピット浄化試験結果（代表核種）

平成24年7月30日
運営会議資料に加筆

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	60	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	90	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2】サブドレンピット浄化試験結果（詳細分析核種）

平成24年12月20日
事務会合にて提示

■ 詳細核種分析には長時間を要するため、各号機代表1ピットを選定して分析を実施。

表中数値上段：放射能濃度（Bq/L） 下段（）内：採取日

詳細分析核種		告示濃度 限度	1号	2号	4号
			No.1	No.25	No.56
γ核種② (29)	Sb-125	800	< 1 (6/19)	11 (6/17)	< 0.6 (8/1)
	Ba-137m ※2	800,000	131 (6/19)	181 (6/17)	27 (8/1)
	他のγ核種② (27) Rb-86, Ru-106, Rh-103m, Rh-106, Cd-113m, Cd-115m, Sn-119m, Sn-123, Sn-126, Te-123m, Te-125m, Te-127, Te-127m, Te-129, Te-129m, Cs-135, Pr-144m, Pm-146, Pm-147, Pm-148, Pm-148m, Sm-151, Eu-152, Eu-154, Eu-155, Gd-153, Tb-160	—	検出限界値未満 ※4 (6/19)	検出限界値未満 ※4 (6/17)	検出限界値未満 ※4 (8/1)
	Sr-89	300	< 0.4 (6/19)	19 (6/17)	< 0.5 (8/1)
β核種 (3)	Sr-90	30	0.4 (6/19)	27 (6/17)	1.3 (8/1)
	Y-90 ※3	300	0.4 (6/19)	27 (6/17)	1.3 (8/1)
α核種 ※1 (9)	Pu-238, Pu-239, Pu-240, Am-241, Am-242m, Am-243, Cm-242, Cm-243, Cm-244	—	< 0.3 (6/19)	< 0.3 (6/17)	< 0.3 (8/1)
特殊分析核種 (難測定核種) (4)	Tc-99, I-129, Pu-241, Ni-63	—	検出限界値未満 ※4 (6/19)	検出限界値未満 ※4 (6/17)	検出限界値未満 ※4 (8/1)

※1 α核種については、全αとして分析を実施。

※2 親核種のCs-137と放射平衡となっているため、検出。

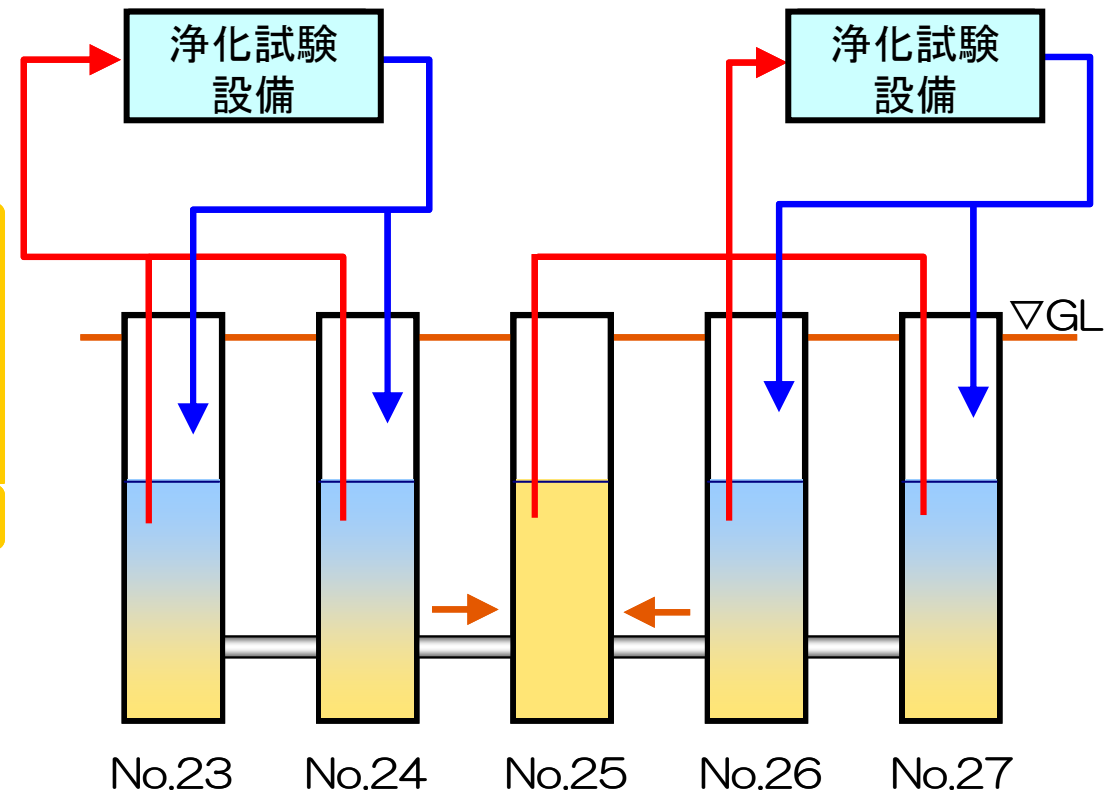
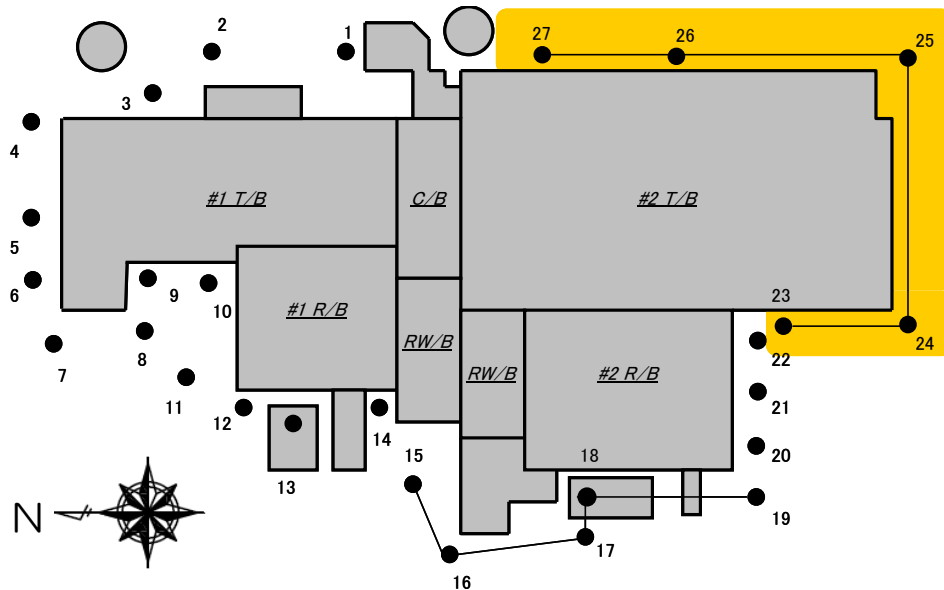
※3 親核種のSr-90と放射平衡となっているため、検出。

※4 検出限界値は核種により異なる。

【参考2補足】 2号No.25ピットでセシウムの高い要因について

- No.23～27ピットは地中の横引き管で連結されており，浄化試験ではNo.23～24及びNo.25～27をまとめて浄化。
- この際，No.25ピット周辺が高線量であったため，浄化試験設備をNo.23，24ピット付近及びNo.26，27ピット付近に設置し，浄化後の水をNo.25以外のピットに返送。

No.25ピットには浄化後の水を返送しなかったため，横引き管を通じて未浄化の水がNo.25ピットに集まり，相対的に浄化が進まなかったと考えられる。



【参考2補足】 1号No.1ピットでトリチウムの濃度が高い要因について

- 1号No.1ピットのトリチウム濃度は他のピットと比較して2～3桁高く，告示濃度限度（6万Bq/L）の2倍弱となっている。

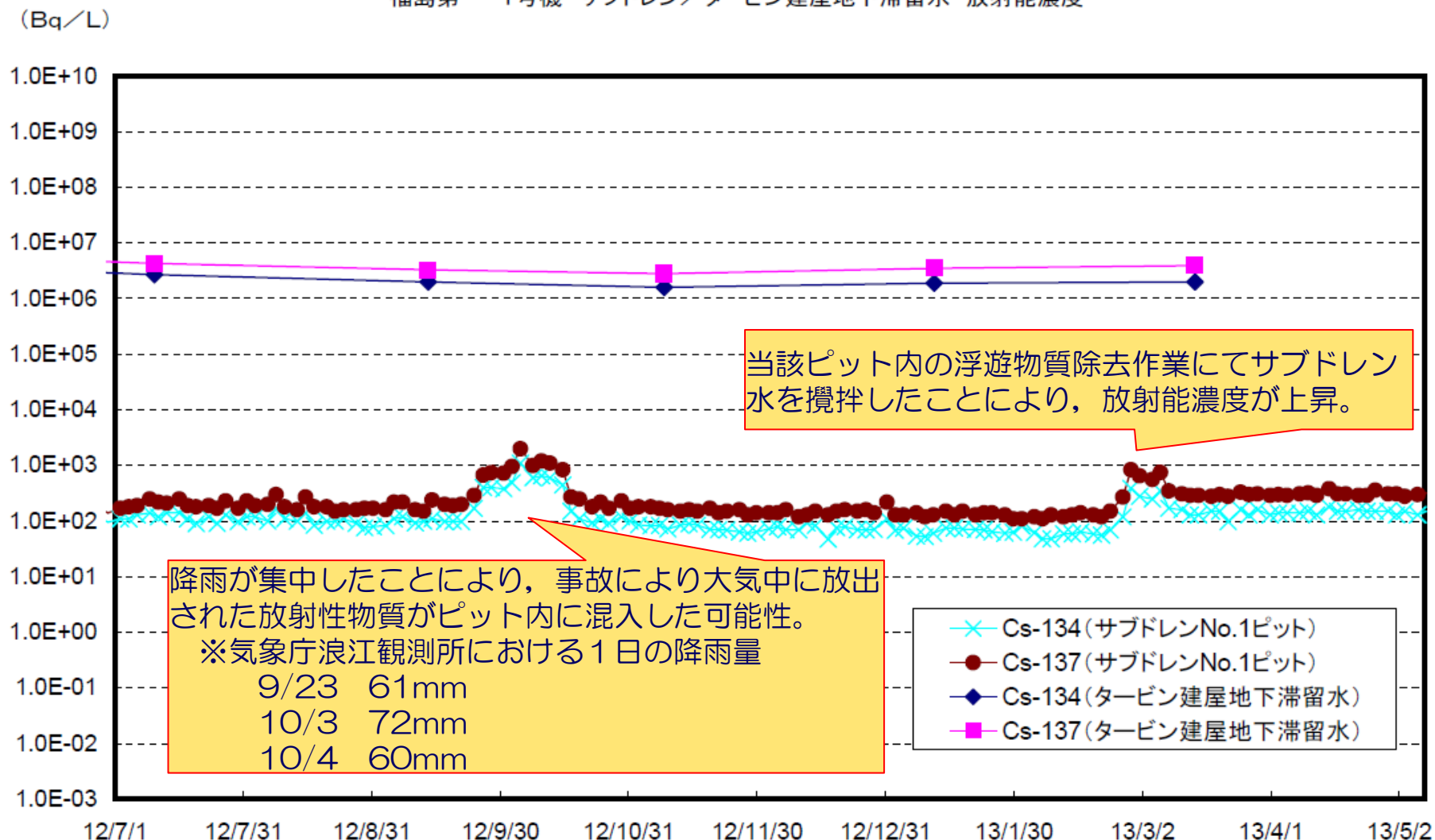
核種	告示濃度 限度	1号	2号					4号		
		No.1	No.23	No.24	No.25	No.26	No.27	No.53	No.55	No.56
トリチウム	60,000	112,800 (6/19)	2,129 (6/18)	2,407 (6/19)	1,302 (6/17)	754 (6/18)	883 (6/18)	3,826 (6/5)	6,114 (6/5)	5,430 (6/6)

- トリチウムは発電所事故に伴い水蒸気として大気放出され，地表に降下したものと考えられるが，格納容器ベントや水素爆発など，その放出状況の違いに起因して発電所構内でも場所によってトリチウム濃度に違いがあると考えられるため，当該ピットの濃度が高くなっているものと考えられる。

【参考3】 サブドレン水の定例モニタリング結果（1号No.1ピット）

- ピット内の浮遊物質除去作業による一時的な放射能濃度の上昇は認められるものの、全体として有意な変化は認められず、Cs-137の濃度は $10^2 \sim 10^3$ Bq/L程度。

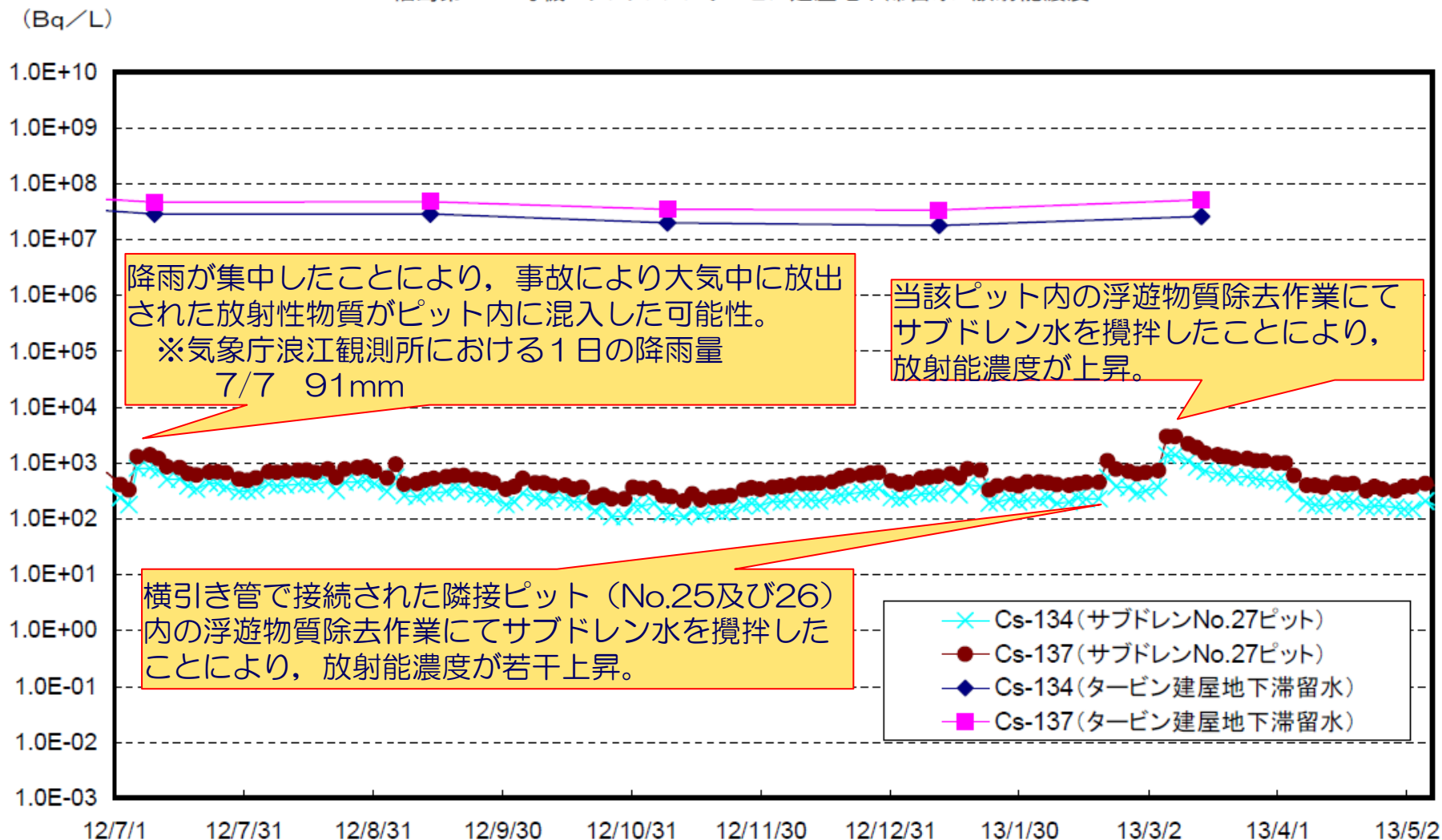
福島第一 1号機 サブドレン/タービン建屋地下滞留水 放射能濃度



【参考3】サブドレン水の定例モニタリング結果（2号No.27ピット）

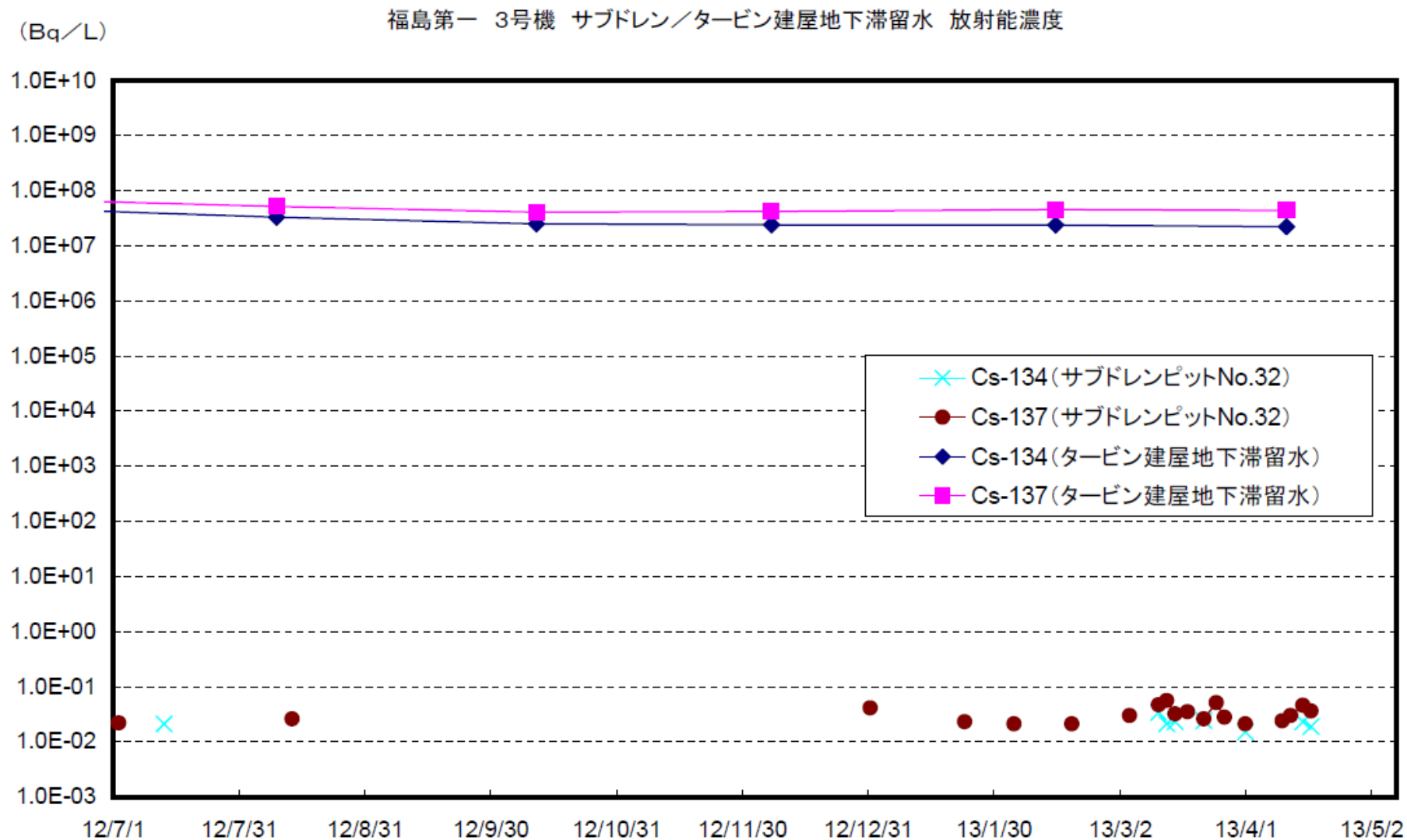
- ピット内の浮遊物質除去作業による一時的な放射能濃度の上昇は認められるものの、全体として有意な変化は認められず、Cs-137の濃度は $10^2 \sim 10^3$ Bq/L程度。

福島第一 2号機 サブドレン/タービン建屋地下滞留水 放射能濃度



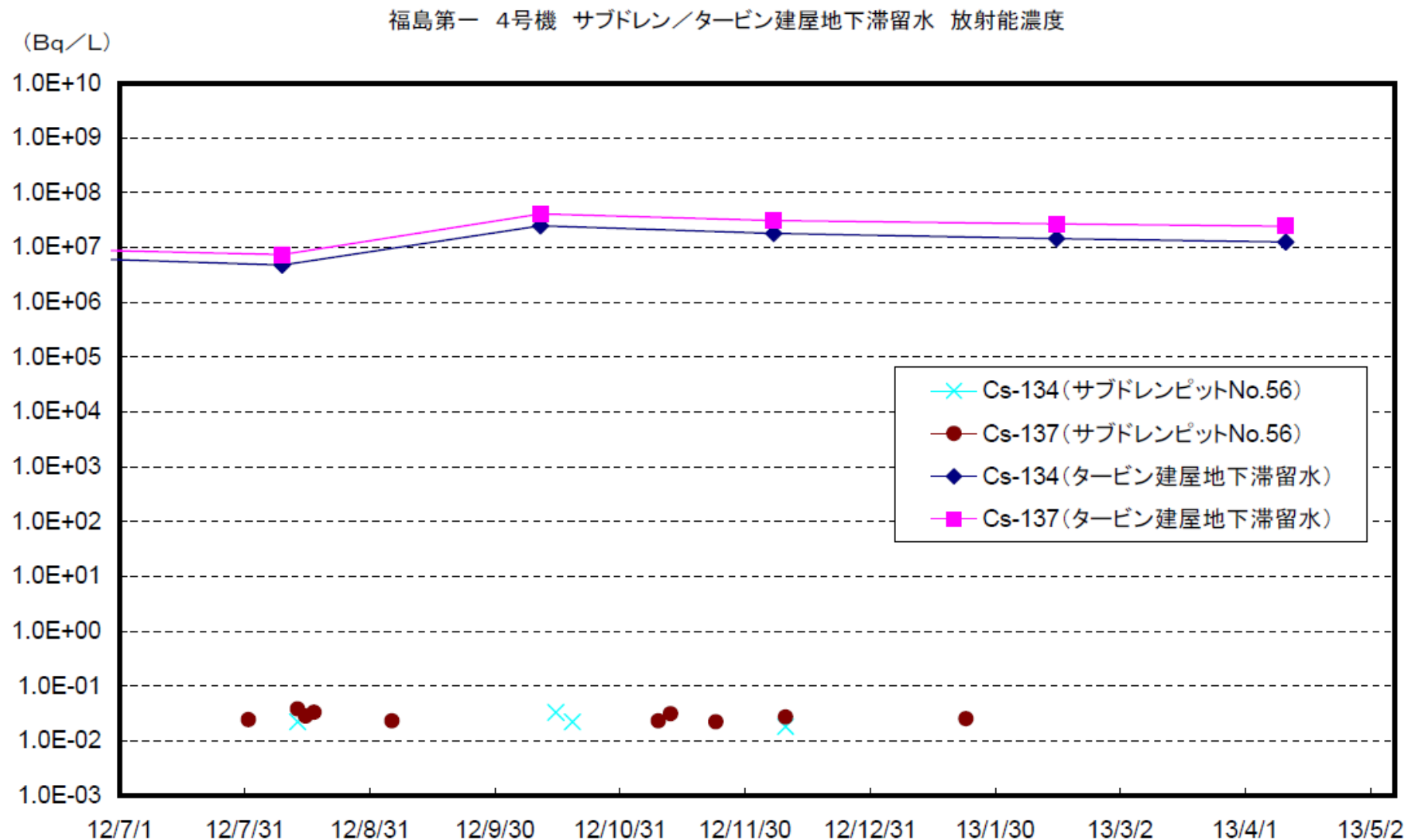
【参考3】サブドレン水の定例モニタリング結果（3号No.32ピット）

■ Cs-137の濃度は検出限界値付近で推移しており、 10^{-2} ~ 10^{-1} Bq/L程度。



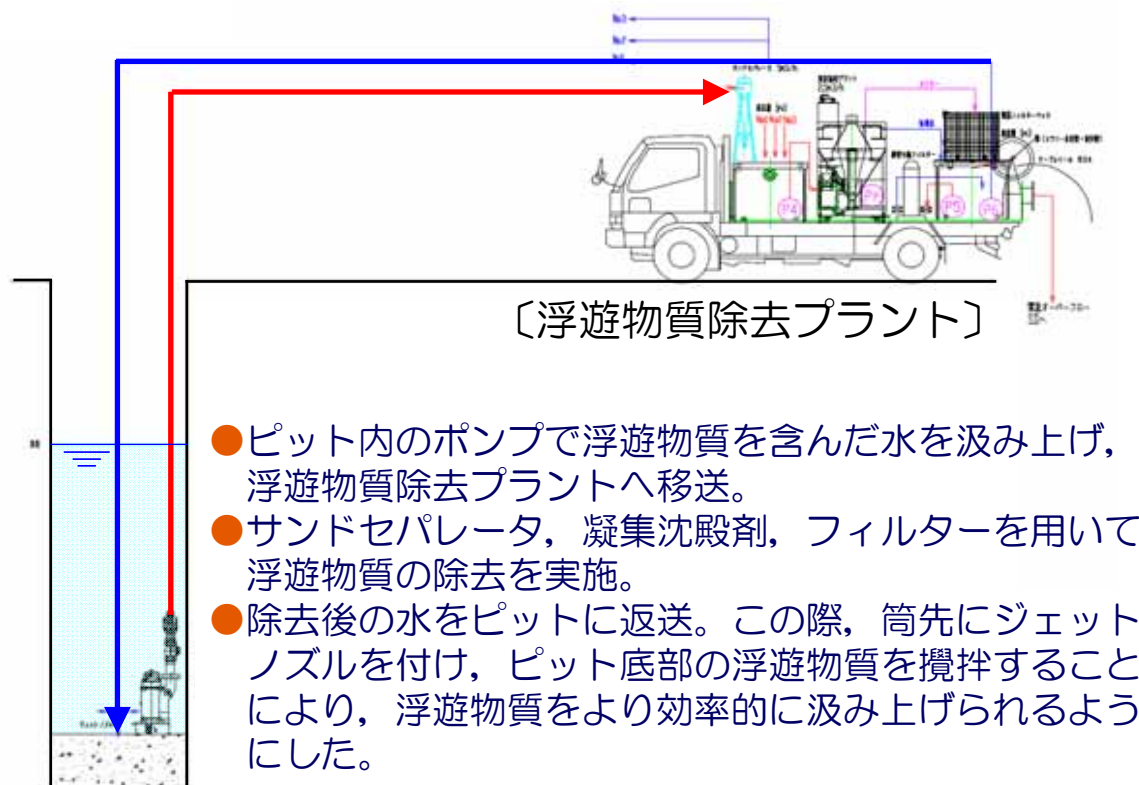
【参考3】サブドレン水の定例モニタリング結果（4号No.56ピット）

■Cs-137の濃度は検出限界値付近で推移しており、 $10^{-2} \sim 10^{-1} \text{Bq/L}$ 程度。



【参考3補足】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

【参考4】護岸付近の地下水の水質について

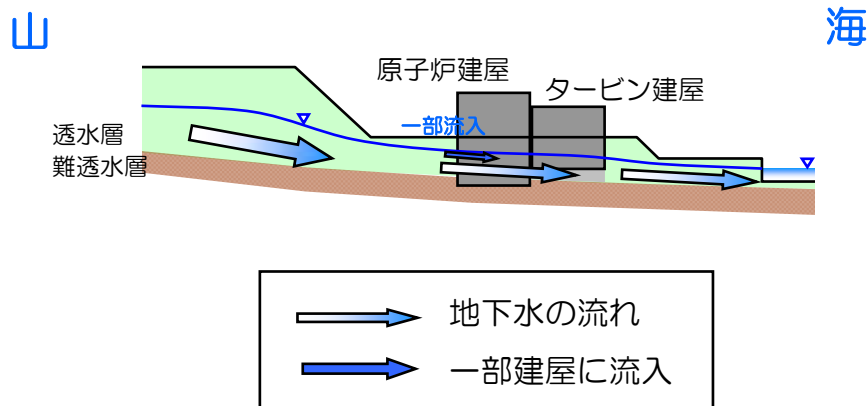


図-1 断面図（イメージ）

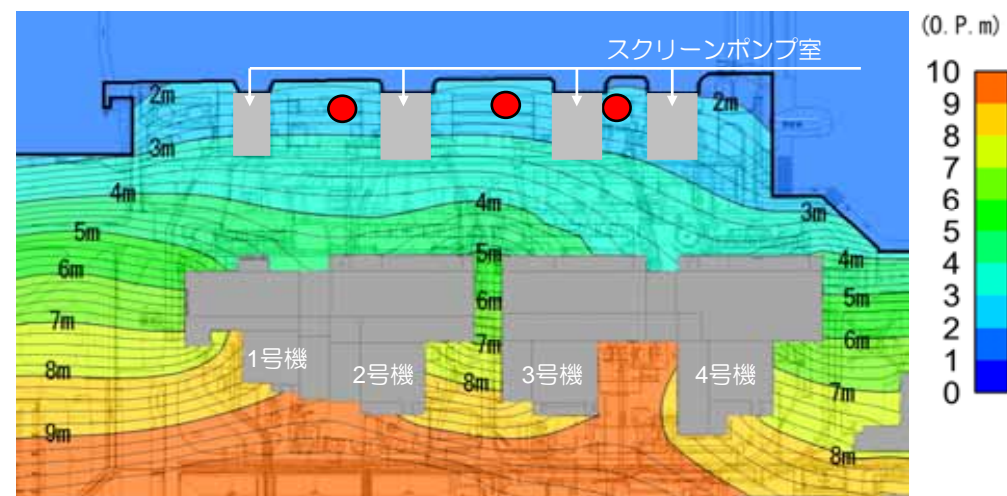
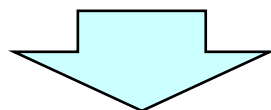


図-2 現状の地下水位（数値解析）と地下水調査場所

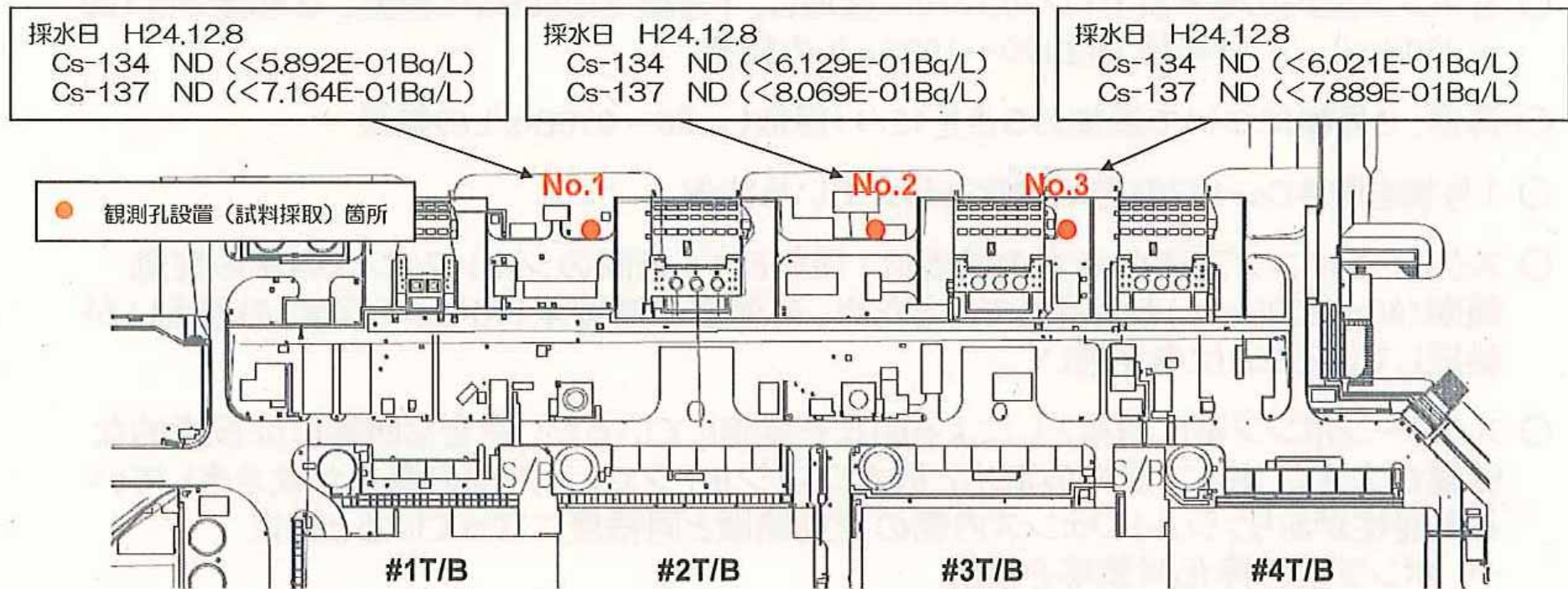
- 山側から海に向かう地下水は、難透水層に設置された建屋を迂回し、海側に向かって流れている（一部建屋に流入）（図-1）。
- その流れは海側護岸近傍ではほぼ護岸直行方向に均一な流れとなっている（図-2）。



4m盤の地下水調査ボーリングは、各スクリーンポンプ室間の3点を選定した。

【参考4】護岸付近の地下水の水質について

- 滞留水漏えいの有無を確認するため、取水路間の護岸付近3地点で調査孔（透水層底部の地下15mまで掘削）を設置し、地下水を平成24年12月に採取して測定。
- Cs-137濃度について、3地点とも検出限界値（0.8Bq/L）未満の結果であったことから、高濃度の滞留水（ 10^7 Bq/L程度）が地中に漏えいしていることは考え難く、地下水を経由しての海への新たな放射性物質の流出の可能性はないものと評価。



<参考> No.1はCo-60は $2.604E-01$ Bq/Lが検出されたが告示濃度より十分低い値である（告示濃度； $2.E+02$ Bq/L）

【参考5】地下水バイパス設置工事における汚染物質混入防止対策

- 作業内容ごとに汚染物混入防止の対策，管理基準・体制を作成して，チェックリストで実施状況の確認を実施。

＜汚染物混入対策の例＞

作業	汚染物の混入可能性	汚染物混入対策
設置工事	汚染土砂の流入	・表土除去（除去深さ・線量低下の確認）
設置工事 井戸内洗浄 採水	地表面雨水の流れ込み	・遮水性の高い材料を用いた孔内への雨水浸入対策
	資機材の汚染	・孔内に挿入する資機材は作業開始前に汚染されていない水を用いて高圧洗浄機で洗浄する。
		・作業中に資機材が汚染された可能性がある場合にはその都度汚染されていない水を用いて高圧洗浄機で洗浄する。
		・地面に触れないように仮置きし、上部をシート養生する。 ・敷材にシートを用いる場合は、長期間使用せず、使用状況に応じて頻繁に取替える。 ・仮置き場の敷材にコンパネを用いる場合は、使用状況に応じて高圧洗浄機で洗浄する。
	降雨の浸入	・泥の跳ね返りにより資機材が汚れた場合は、その都度、洗浄する。 ・作業間・作業終了後は、開口部をシート等で養生する。 ・降雨状況に応じて、作業を中止する。
	粉塵の飛来	・作業間・作業終了後は、開口部をシート等で養生する。
採水	孔内に採水用容器等の挿入時の汚染	・孔内に採水用容器（ベラー）等の挿入時は、ロープ（繊維素材）など洗浄しても汚染物が除去できない素材は使用しない。

【参考5】 地下水バイパス設置工事における汚染物質混入防止対策



資機材の汚染防止対策

汚染水量低減対応策について

No.	方策案およびその内容	課題・成立性	備考
①	貫通部の止水 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。	流入経路・流入量の予測 止水対象箇所の選定 高線量(高雰囲気線量、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	
②	地下水バイパスの活用 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、建屋周辺の地下水をコントロールする。	建屋滞留水の漏洩を防ぐための地下水位の確実な管理 適切な水質管理	
③	サブドレンの活用 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。	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 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	
④	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、ギャップを止水し地下水流入を抑制する。	高線量エリアでの作業員の被曝低減策の実施 地中構造物等の障害物がある中での工事の実施 燃料取り出し作業等の他工事との干渉	
⑤	陸側遮水壁 建屋山側(OP10m盤もしくはOP35m盤)に、スラリー壁、凍結工法等により遮水壁を設置することにより、山側から建屋に向かう地下水流を抑制し、建屋近傍の地下水位を低下させる。 低下した地下水位に合わせて建屋滞留水水位をコントロールすることで建屋への流入量を抑制する。	建屋内滞留水位制御 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	
⑥	R/B滞留水水位制御 R/B-T/B(RW/B)間の建屋間止水を行い、R/B滞留水位と地下水位との差を小さくしてR/Bへの地下水流入量を低減する。建屋周辺地下水位はT/B側に比較して山側にあるR/B側が高い状態にあり、R/Bを積極的に水位制御し、水位差を低減することにより地下水の流入を抑制する。 当該対応に必要な実施項目は、 ・R/B排水設備の設置 ・R/B-T/B(RW/B)建屋間止水 なお、現在、建屋間止水は、汚染水バウンダリを縮小させるとともに、燃料デブリ取り出し等のため原子炉建屋を覆うコンテナを設置する場合にその基礎等を設置するのに、隣接建屋を一部解体しドライアップするために計画している。	R/B水位制御 地下水位との差を監視し、R/B滞留水位を制御する技術の確立が必要である。	
⑦	トラス室グラウト充填 トラス室(原子炉建屋地下階)にグラウトを注入し貫通部等を止水することにより、原子炉建屋への地下水流入量を低減する。 当該対応に必要な実施項目は、 ・PCV滞留水取水装置の設置	止水技術の確立 流入水に対して下流側からの止水技術の確立が必要である。	
⑧	建屋(T/B)地下部コンクリート充填 タービン建屋地下階にコンクリートを充填することにより、タービン建屋への地下水流入量を低減する。	既存設備の撤去 地下階の配管、ダクト等、既存設備の撤去 滞留水処理 建屋地下滞留水の汲み出し、処理 線量低減 既存設備撤去等の作業可能な雰囲気線量の低減	

汚染水量低減対応策について

No.	方策案およびその内容	課題・成立性	備考
⑨	<p><u>T/B地下汚染水のポリマーによる封入</u> タービン建屋地下階の汚染水をポリマーにより封入することで、タービン建屋への地下水流入量を低減する。 地下水が流入したとしても、トリチウムを含まない水に置換できる。</p>	<p><u>既存設備が残存</u> 地下階の配管、ダクト等、既存設備内部の水を完全に吸水することができない。 <u>汚染水溶出の可能性</u> 吸水した汚染水の経年等による溶出可能性について確認が必要 <u>ポリマー処理技術の確立</u> 止水完了後の処理・処分技術の確立が必要</p>	
⑩	<p><u>格納容器内燃料デブリの空冷方式の採用</u> 現在、1～3号機の原子炉内あるいは格納容器内に存在する燃料デブリについては、注水による水冷方式にて熱除去しているが、将来的に崩壊熱が小さくなった際には、注水ではなく空気による冷却を行うことで、汚染水の発生を抑制する。 汚染水の追加発生がなくなることで、現在流入のある建屋（タービン建屋等）の汚染低減が見込める。</p>	<p><u>送風方法の確立</u> ・依然として崩壊熱が大きい場合、空冷による冷却を行う場合、相当の規模の送風機が必要。（現在の崩壊熱では、設置困難。） ・最速でも2018年時点の崩壊熱程度になった段階で崩壊熱値は小さくなる見込みだが、燃料デブリに対して満遍なく空気を吹き付けるためには、別途検討が必要。 <u>燃料取り出し時の対応</u> ・燃料取り出し時に格納容器を冠水させるようであれば、一時的に空冷ができた後でも、結局汚染水の発生が再開せざるを得なくなる。</p>	
⑪	<p><u>処理水のコンクリートへの活用</u> トリチウム水をコンクリートの練混ぜ水に利用した場合、コンクリート1m³につき約180%^注を利用する事が出来る。 仮に70万トンのトリチウム水をコンクリートの練混ぜ水に利用した場合約390万m³のコンクリートを作れる事になる。 コンクリート製造単価を10000～15000円/m³とすれば、コンクリート製造費は約390～585億となる。 また、コンクリートに利用する骨材に汚染ガラを砕いて再利用出来れば、廃棄物の総量低減にも寄与出来るし、広野火力のフライアッシュを使えば火力の廃棄物低減に役立つ。</p> <p>■用途例 【用途1】底辺60m 高さ30mの重力式防潮壁を1～6号機の全面に作った場合約180万m³となる 【用途2】港湾をコンクリートで埋め立てた場合 100～300万m³ 【用途3】敷地内の谷の部分コンクリートで埋め立てて、利用可能な敷地面積を増やす。100～200万m³ 【用途4】コンクリートブロックを作り、積み上げて底辺230m、高さ146mのピラミッドを造った場合 260万m³</p>	<p><u>環境影響評価</u> ・凝固後のコンクリートから析出するトリチウムによる影響評価 ・コンクリート固化時に発生する練混ぜ水の蒸発による影響評価 <u>放射性廃棄物の増加</u> 放射性廃棄物となる可能性あり</p>	
⑫	<p><u>深層地下水とトリチウム水の入れ替え</u>（米田委員提案） トリチウム水を、トリチウムが放射壊変により十分低減するまでの期間地中に留まるような深層の地下水と入れ替える。</p>	継続検討	
⑬	<p><u>多重バリアシステムの構築</u>（丸井委員提案） 複数のバリア（遮水壁？）を構築する。</p>	継続検討	
⑭	<p><u>建屋下部の凍土化</u>（米田委員提案） 凍結バリアに加えて建屋下部も凍土化する。</p>	継続検討	
⑮	<p><u>止水壁・揚水井・フェーシング・水平井戸の組合せ</u>（西垣委員提案） (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、1.0×10⁻⁶cm/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>	継続検討	

総合的流入抑制対策の提案 —短中期的対策～中長期的対策—

2013年5月16日



1

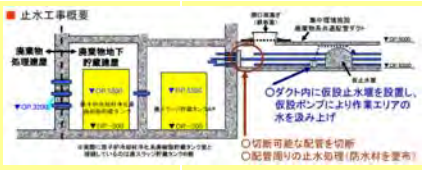


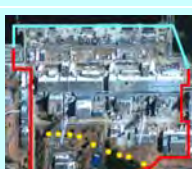


本提案の内容

1. 対策と時間軸の関係
2. 陸側遮水壁【中長期的対策】
 - 2.1 地下水流入抑制効果の試算
 - 2.2 水位コントロール方法
3. グラウト注入【短中期的対策】
 - 3.1 施工場所の選定
 - 3.2 注入工法
 - 3.3 遮蔽方法
 - 3.4 リスク
 - 3.5 工程

2

1. 対策と時間軸の関係

分類	時間軸	対象	内容	概念図
東電殿 実施中	短期的	局所	ダクト，配管貫通部，クラックなどの建屋止水	 <p>止水工事概要</p> <p>ダクト内に仮設止水壁を設置し、仮設ポンプにより作業エリアの水を汲み上げ</p> <p>○切断可能な配管も切断 ○配管周りの止水処理(防水材を塗布)</p>
	短中期的	全体	海側遮水壁 地下水バイパス サブドレン復旧	
提案	短中期的	全体	遮水体形成 グラウト注入 +高圧噴射	 <p>法尻でグラウト注入工法または高圧噴射工法により止水体を形成</p>
	中長期的	全体	陸側遮水壁	 <p>陸側に粘土系遮水壁を作成し，海側遮水壁と閉合</p>

3

【中長期的対策】

2. 陸側遮水壁

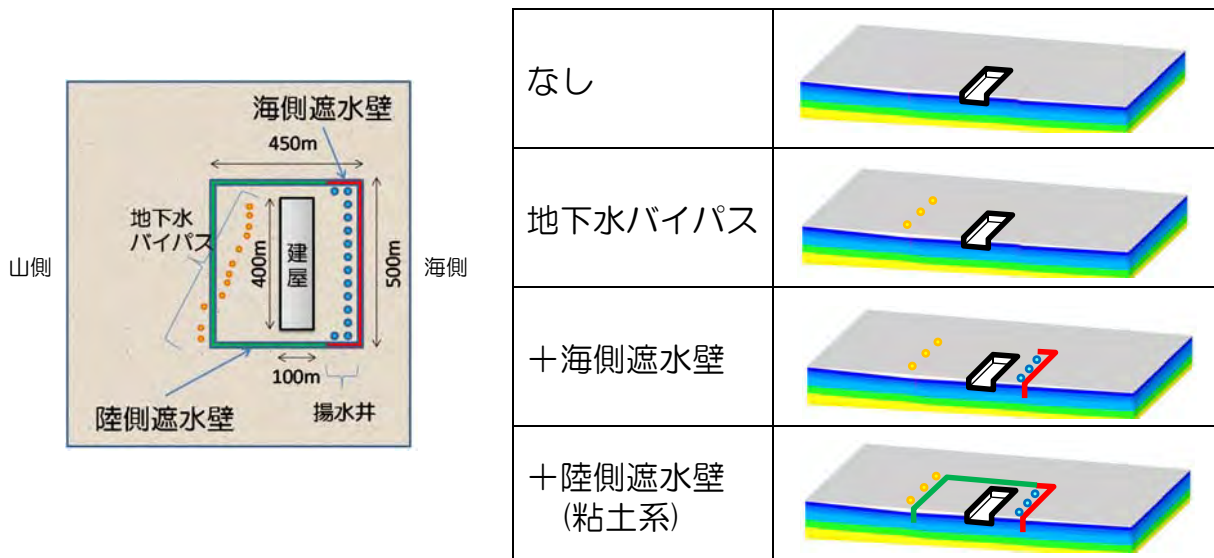
2.1 地下水流入量抑制効果の試算

2.2 水位コントロール方法

4

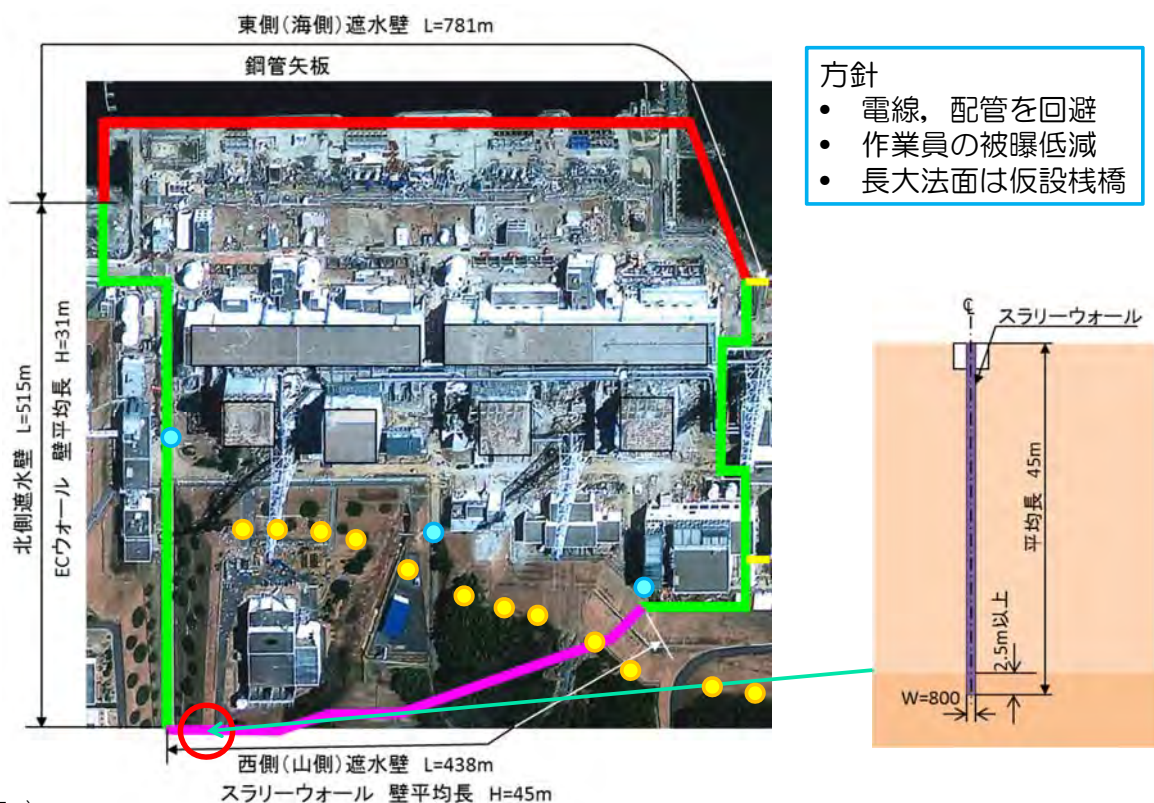
2.1 地下水流入抑制効果試算方法

- 2011年6月当時の情報を基に、対象領域の流れは地層構造に沿うと見なして3次元簡易モデルにより試算
- 現計画（地下水バイパス+海側遮水壁）に、陸側遮水壁を付加した場合を相対的に比較



5

2.1 陸側遮水壁の構造

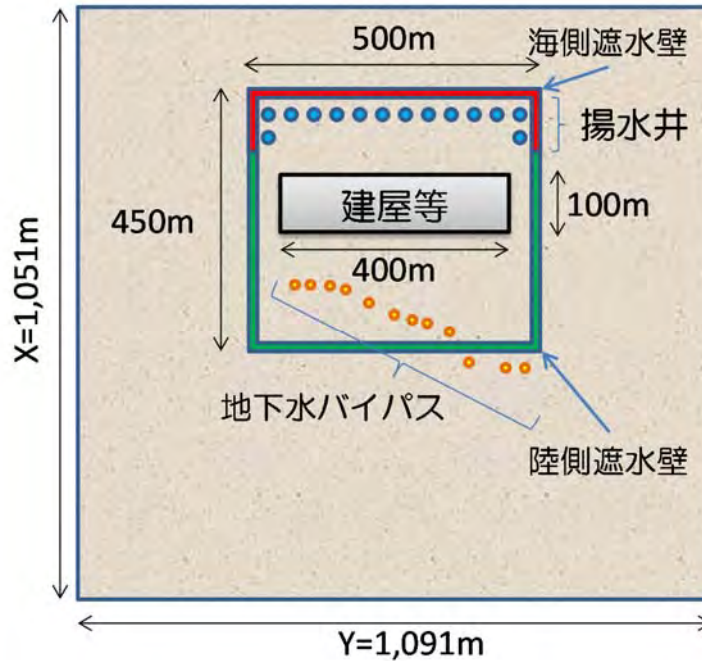


(出典 : GeoEye)

6

2.1 遮水壁の簡易モデル化

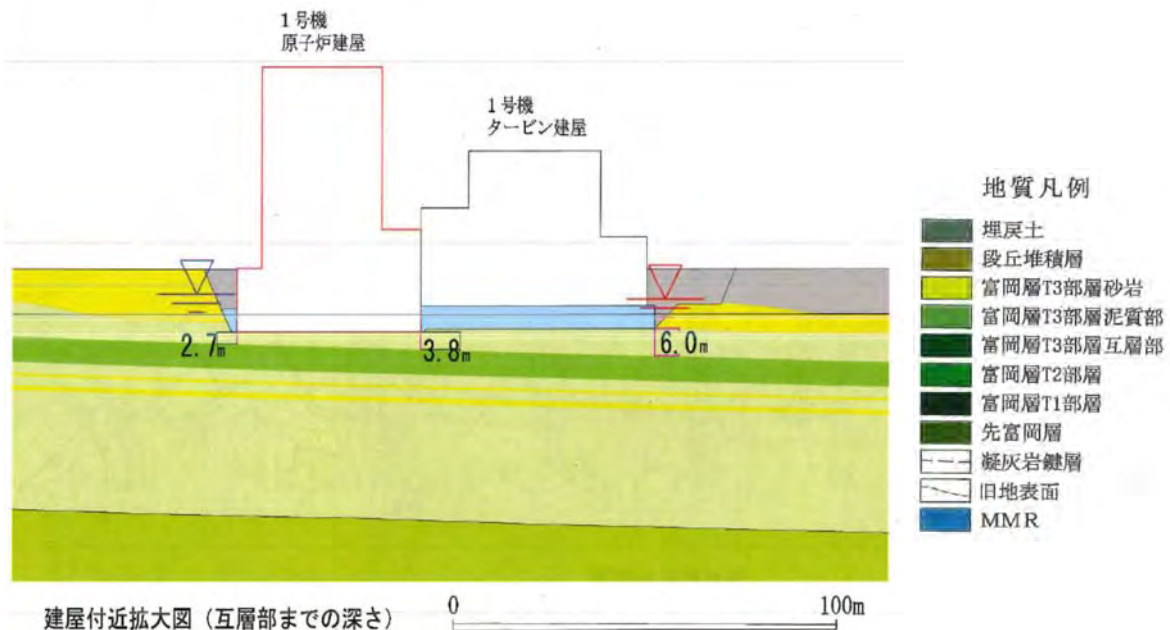
- 遮水壁をほぼ等価な面積の矩形によりモデル化
- 地下水バイパス，海側遮水壁内側での揚水をモデル化



7

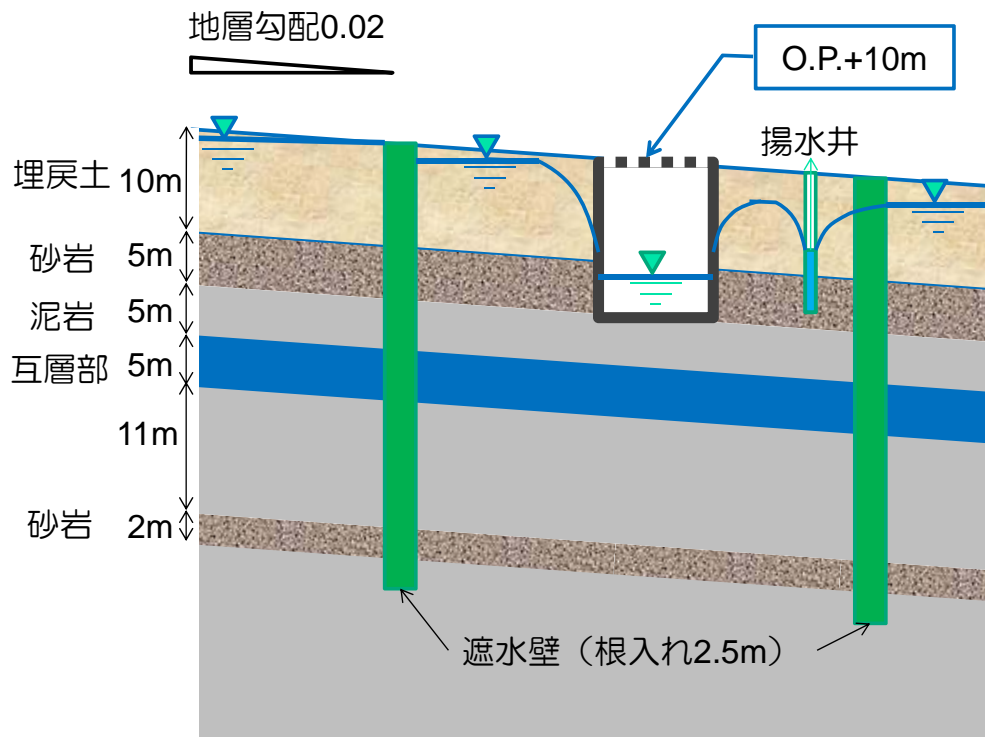
2.1 既往の地質情報

- 南北方向の地質構造は、「平成5年 福島第一原子力発電所原子炉設置変更許可申請書」に基づいて設定



8

2.1 地質構造のモデル化



9

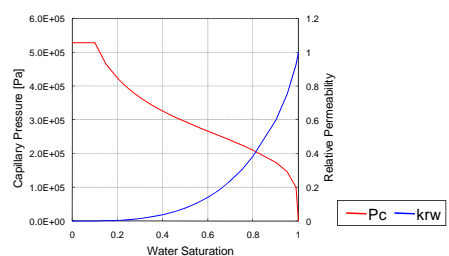
2.1 水理特性の設定

- 既往の情報および室内試験結果（スラリー壁）に基づいて設定
- 建屋壁面は，地下水流入量 $400\text{m}^3/\text{d}$ から逸脱しない値に設定

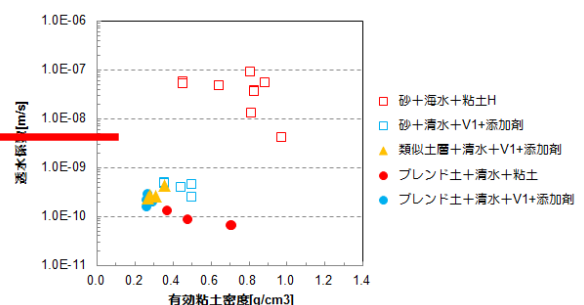
岩盤・遮水壁の透水係数

岩種・遮水壁	透水係数[m/s]	
	水平方向	鉛直方向
埋戻土・砂岩	3.0×10^{-5}	
泥岩	1.1×10^{-8}	3.0×10^{-8}
互層部	3.0×10^{-5}	1.1×10^{-8}
【海側】 鋼管矢板遮水壁	1.0×10^{-7}	
【陸側】 スラリー遮水壁	$1.0 \times 10^{-9} \sim 1.0 \times 10^{-7}$	
建屋壁面 (0.5m厚,中空洞)	1.0×10^{-7}	

※陸側遮水壁の透水係数はパラメトリックスタディを実施



岩盤・粘土系材料の不飽和特性
(van Genuchtenモデル)



スラリー壁の室内透水試験結果

10

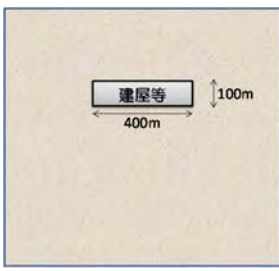
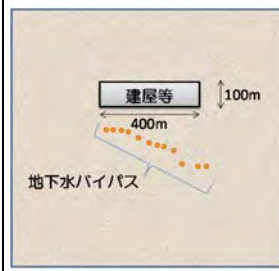
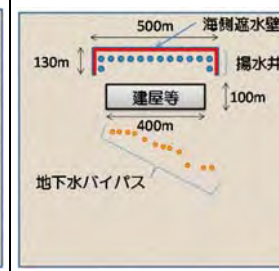
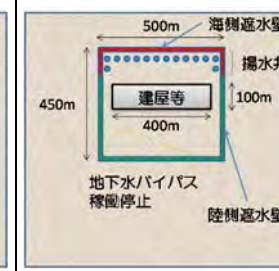
2.1 境界条件の設定

境界	設定値	設定理由
海側境界	O.P.+4mで水位固定	海側遮水壁の位置でO.P.+4mとなるように設定
山側境界	O.P.+20mで水位固定	建屋近傍の地下水位の分布が概ね実測に近づくように設定
南北側境界・底面・地表面	不透水境界	南北側の地下水流動は卓越していないこと、深度100m以深の泥岩からの流入は卓越していないと仮定
建屋内側	O.P.+3.0mで水位固定	水位一定と仮定し、O.P.+3.0mより上方は不透水境界と設定

11

2.1 解析ケースの設定

- 現状の対策に沿って4つのケースを設定した。

	ケース1	ケース2	ケース3	ケース4
対策工	なし	地下水バイパス稼働	+海側遮水壁+揚水	+陸側遮水壁
条件	—	バイパス位置でO.P.+6mに水位低下	遮水壁内側をO.P.+3mに水位低下	地下水バイパス停止 (透水係数 10^{-8} m/s以下)
平面図				

- 陸側遮水壁のケース4に関しては、
 - 遮水壁の透水係数を対象としたパラメトリックスタディを実施し、建屋流入量への感度を確認した。
 - 地下水バイパスを停止した。

12

2.1 解析結果(ケース1~4)

	ケース1 対策工なし	ケース2 地下水バイパス稼働	ケース3 +海側鋼矢板+揚水	ケース4 +陸側遮水壁
全水頭分布				
モデル中心断面における水位線				
ケース1との比率	100 %	58 %	43 %	8 %
建屋流入量	665 (実測推定値400)	388 (換算値233)	284 (換算値171)	55.2 (換算値33.2)
バイパス揚水量	—	1090	1060	—
海側揚水量	—	—	272	207

* 流入量, 揚水量の単位は[m³/day]

13

2.1 解析結果(ケース4のパラスタ)

	ケース4-1 陸側遮水壁 $k=10^{-9}$ m/s	ケース4-2 陸側遮水壁 $k=10^{-8}$ m/s	ケース4-3 陸側遮水壁 $k=10^{-7}$ m/s
全水頭分布			
モデル中心断面における水位線			
ケース1との比率	8 %	25 %	61 %
建屋流入量	55.2 (換算値33.2)	164 (換算値98.6)	405 (換算値244)
バイパス揚水量	—	—	—
海側揚水量	207	236	307

* 流入量, 揚水量の単位は[m³/day]

14

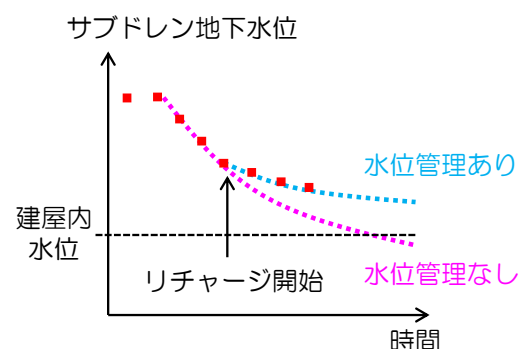
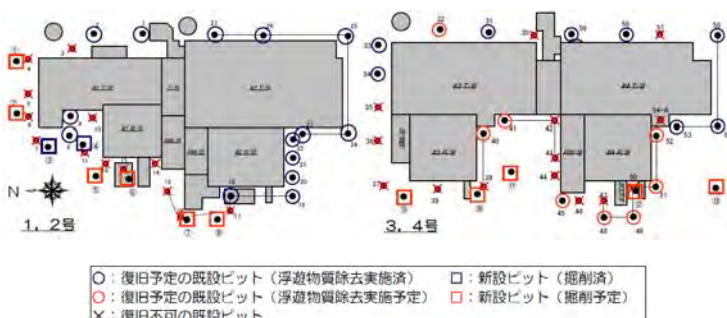
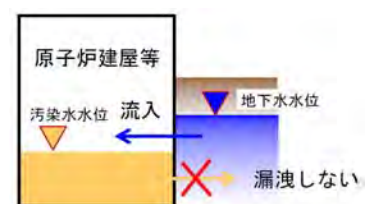
2.1 まとめ

- 地下水バイパス
 - 建屋内への流入量は対策前の**58%**まで低減した（実測 400m³/日に対して233m³/日に相当）
- 海側遮水壁
 - さらに，建屋内への流入量は対策前の**43%**まで低減した（実測 400m³/日に対して171m³/日に相当）
- 陸側遮水壁
 - 建屋内への流入量は，遮水壁の透水係数が**10⁻⁷m/s**の場合対策前の**61%**，**10⁻⁸m/s**の場合**25%**，**10⁻⁹m/s**の場合**8%**となった（それぞれ244m³/日，98.6m³/日，33.2m³/日に相当）
 - 本解析では，陸側遮水壁の透水係数が**10⁻⁸m/s**以下の場合，地下水位が低下し，地下水バイパスの稼働が不要となった。また，海側の水位調整のための揚水量も減少し，全体的に水処理量が低減する結果となった。
 - 透水係数が**10⁻⁹m/s**の場合，降雨を考慮していないため，**遮水壁内側の地下水位は建屋内とほぼ同じ**になった。

15

2.2 水位コントロール方法

- 現状，サブドレンの水位を建屋内水位よりも高く保つことによって建屋からの漏洩を防いでいる。
- 地下水流入抑制策により，サブドレンの水位が低下しはじめたら，サブドレンの水位低下が速度が緩やかになるように，**一部のサブドレンまたは新設のリチャージ井戸，遮水壁内地下水バイパスから注水**を開始し水位管理する（事前注水試験必要）。



16

【短中期的対策】

3. グラウト注入工法・高圧噴射工法

3.1 施工場所の選定

3.2 施工方法

3.3 想定されるリスク

17



3.1 施工場所の選定

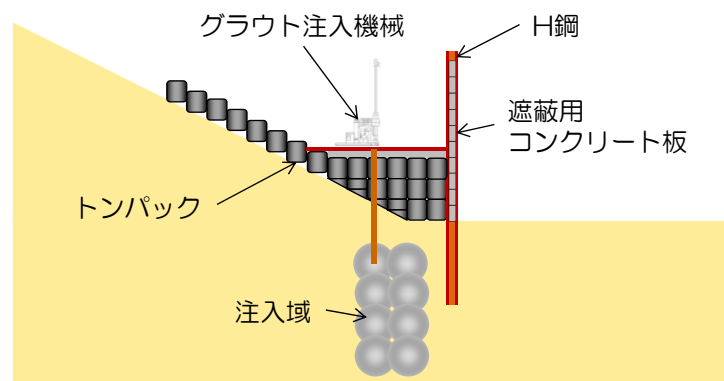
- 旧沢部の流れが卓越する所は、高止水性の高圧噴射工法を採用する
- 他工事との干渉があるため、できる場所から実施し、必ずしも完全には閉合しないこととする。
 - 他工事と干渉のある北側道路の省略、南側は道路交差部まで



18

3.2 施工方法

- 他工事との干渉を極力避けるため、**法尻部において施工**する。
- 高線量物質がある場合は除去（除染）後、トンパックを積み上げて仮設架台を作り、その上から施工する。
- 作業中の被ばく低減のため、法面部にもトンパックを、建屋側はH鋼の間にコンクリート板を設置して**遮蔽**する。



19

3.2 施工方法

- いずれの工法も泥岩～互層上部まで平均深さ約20mとする。

	一般部	一般部(旧沢部)	ダクト部
工法	グラウト注入	高圧噴射攪拌	高圧噴射攪拌
概念図			
方法	二重管ダブルパッカー工法により恒久グラウト材を注入	Φ2mのコラムを柱列状に施工し、幅1m程度の壁を形成	ダクトの両側からφ5m程度のコラムを形成
備考	排泥処理不要	排泥処理が必要	

20

3.3 想定されるリスク

対象	リスク	原因	影響	対応策
グラウト注入工法	地中埋設物境界部での注入材の流出	地盤と地中埋設物の境界で透水性が高いため	止水性能の低下	1次注入[ゲルタイムの短縮]の実施
	注入材の逸走	地下水流れが速い場所で流されてしまう	止水性能の低下	シートパイル等で地下水流れを止めてから実施または瞬結材を使用[ロッド注入]
高圧噴射工法	不完全な改良体の形成	玉石・巨礫がある場合	止水性能の低下	注入工法に切り替える
グラウト注入工法 + 高圧噴射工法	作業員の被ばく	比較的線量の高い台下の法面近傍で作業を実施するため	作業員の確保	法面の除染・作業環境の遮蔽
	他工事との干渉	道路横断時の他工事車両通行妨害	他工事の工程遅延	工事間調整, 道路回避ルート・仮設栈橋敷設等
	地中埋設物の損壊	施工位置の間違い	廃炉計画に影響	損壊させてはならない地中埋設物位置の確認

凍土遮水壁による地下水流入抑制案 課題と対応策

2013.5.16


ご説明内容

1. 全体計画
2. 凍土遮水壁施工に関するリスクと影響・対応策
3. 地下水流入抑制量の試算
4. 具体的な計画立案・施工スケジュール
5. 地下水位コントロールの具体的内容

1. 全体計画(1/2)

平面計画



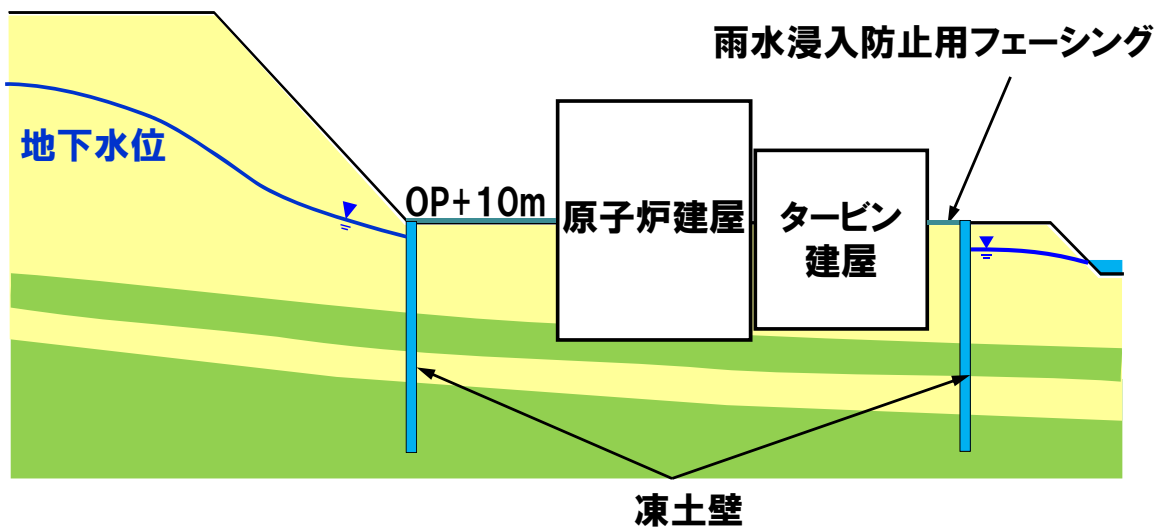
凍土壁は施工可能な**最小規模**で閉合₃

2013.5.16 鹿島

1. 全体計画(2/2)

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

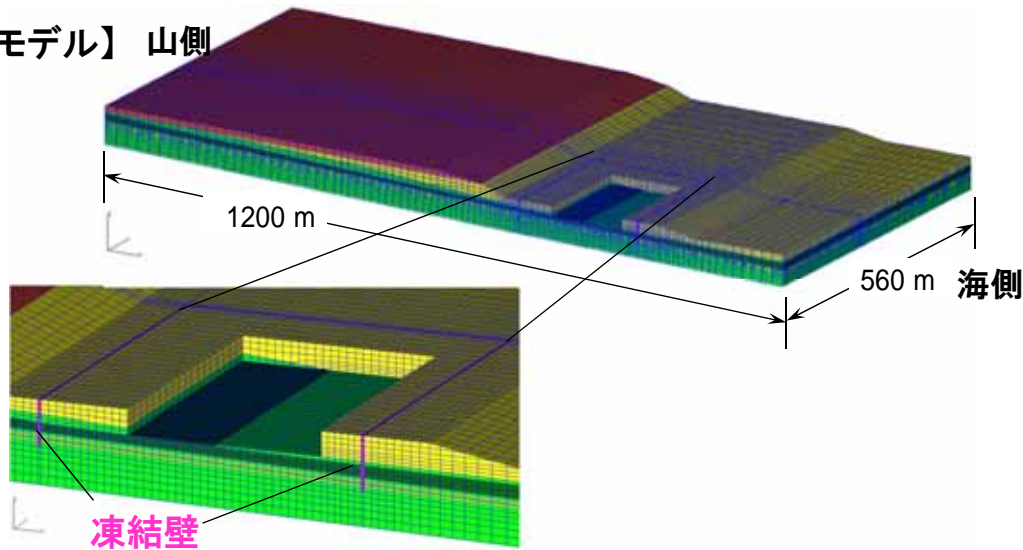
3. 地下水流入抑制量の試算(1/2)

①施工後の地下水流入抑制効果の評価(実施中)

目的—水平方向の地下水流の遮断と回り込み、及びそれによる下からの地下水湧き上がり量の低減効果を確認

3次元定常地下水流動解析を実施

【解析モデル】 山側



5

2013.5.16  鹿島

3. 地下水流入抑制量の試算(2/2)

②施工中の地下水挙動(準備中)

目的—閉合区域内の地下水位が滞留水の水位よりも常に高位を保つための条件確認

3次元非定常地下水流動解析

③施工後の滞留水の拡散による漏洩評価(準備中)

目的—閉合域内の地下水位が安定したのち、滞留水が拡散により建屋外に漏洩する程度を評価

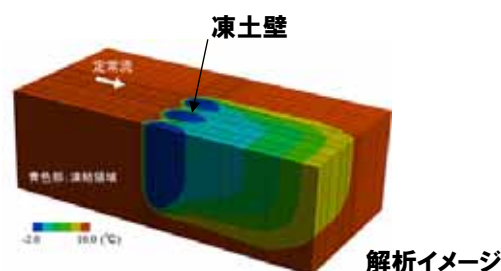
3次元拡散解析もしくは移流分散解析

④閉合中の地下水流れの評価(詳細計画時に実施)

目的—凍土遮蔽壁閉合中の地下水流速を評価し、施工計画、品質管理(測温位置)計画に反映

3次元熱(凍結)・浸透流連成解析

→凍結領域の進展と地下水位の変化状況をふまえた計画の最適化



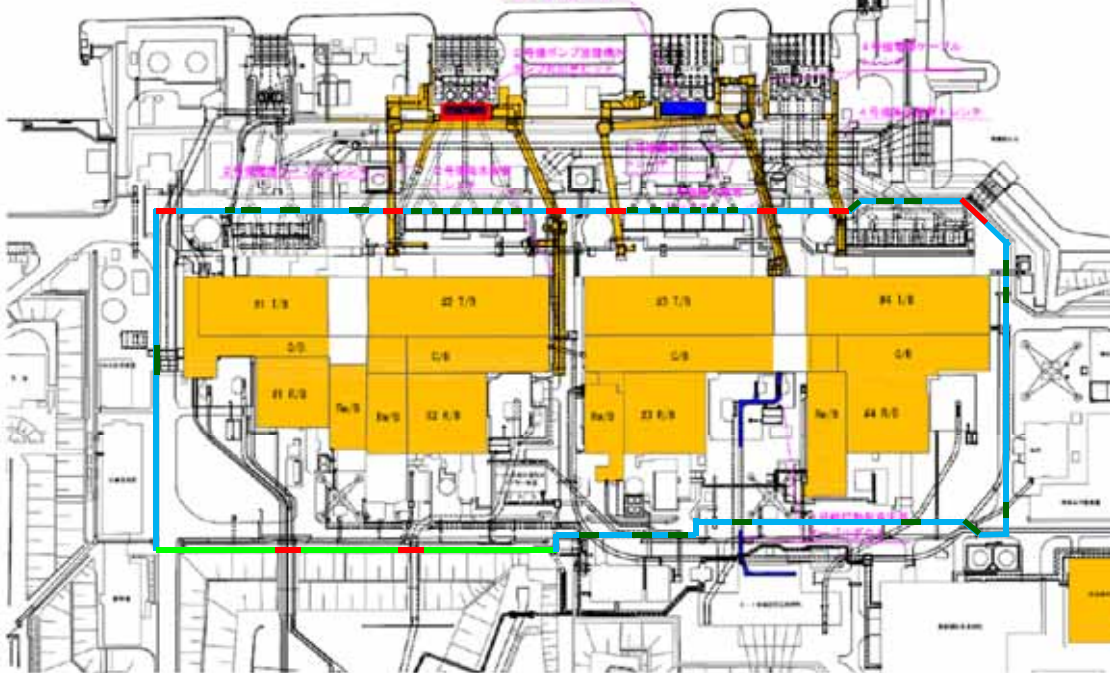
6

2013.5.16  鹿島

4. 具体的な計画立案・施工スケジュール(1/6)

埋設物等を考慮した平面計画

- 一般部(1128m)
- トレンチ部(42m)
- 埋設管部(一般部に含む)
- 法面部(230m)



建屋内滞留水の水位(東京電力、H25.4.26)に追記

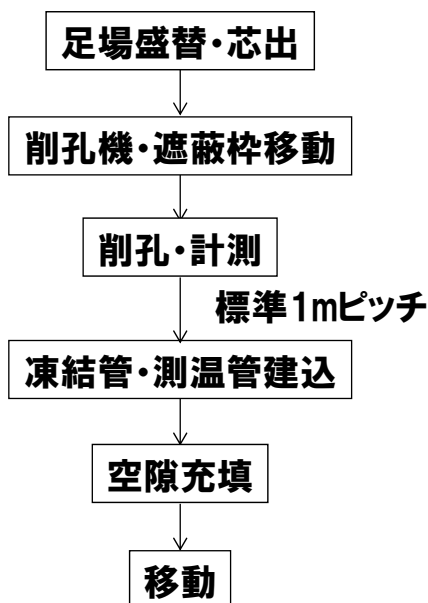
7

2013.5.16 鹿島

4. 具体的な計画立案・施工スケジュール(2/6)

施工手順

【一般部】



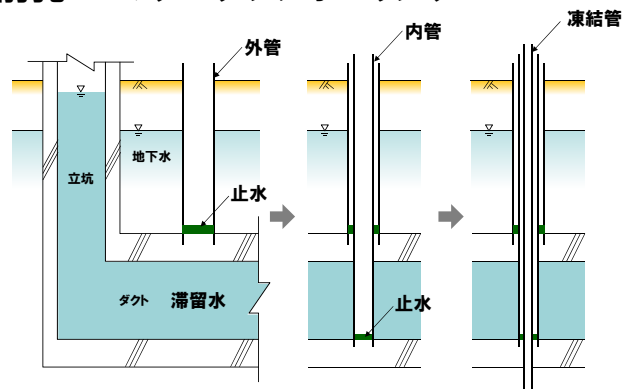
【追加作業】

埋設管部

調査:プラスチックビット使用
削孔ピッチ調整

トレンチ部

削孔:マルチステップボーリング



法面部

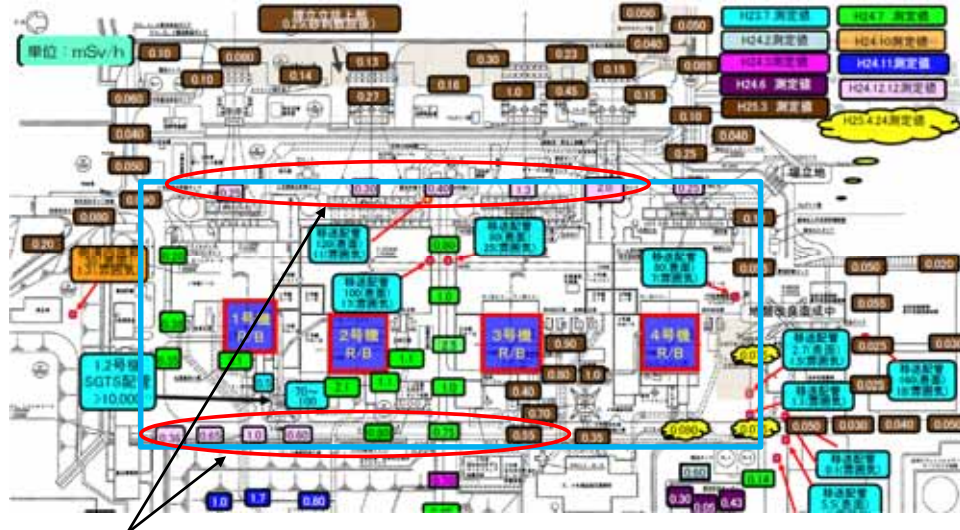
ステージ構築・移動

8

2013.5.16 鹿島

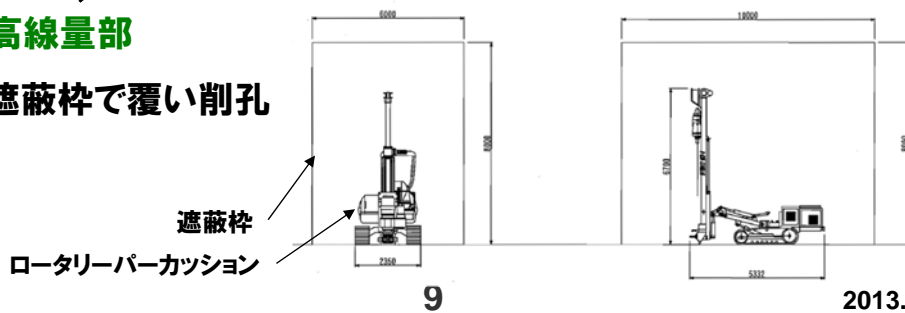
4. 具体的な計画立案・施工スケジュール(3/6)

高線量部の施工



高線量部

削孔機を遮蔽枠で覆い削孔



9

2013.5.16 鹿島

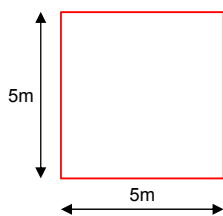
4. 具体的な計画立案・施工スケジュール(4/6)

他作業との作業ヤード調整

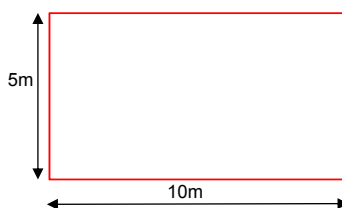
現時点から2014年度における

凍土遮水壁施工ヤード 主な他作業の施工ヤードと凍土遮水壁施工ヤード配置例

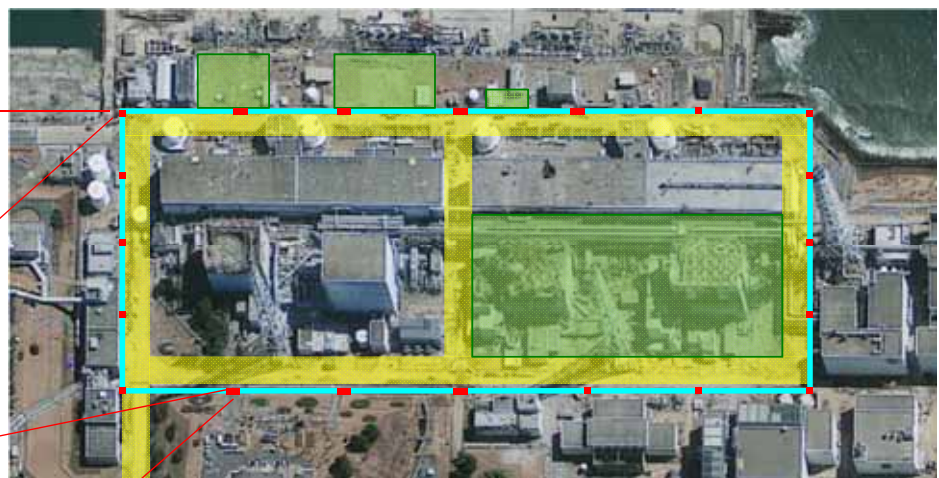
1か所あたりの施工ヤード
(削孔中)



主な施工設備: ボーリングマシン



主な施工設備: ロータリーパーカッション
(遮蔽枠つき)



3、4号SFP取り出し関連工事ヤード
 道路

1箇所あたりのヤード占有時間: 2日間
他作業との調整を図りながら作業実施
他作業との競合を避けるための、夜間作業も可

10

2013.5.16 鹿島

4. 具体的な計画立案・施工スケジュール(5/6)

工程(本施工)

前頁までの条件等を考慮

【その他の工期検討条件】

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

(延長、凍結管・測温管本数)

一般部(1128m、1241本)

トレンチ部(42m、46本)

法面部(230m、253本)

(ヶ月)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13～
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													■

11

2013.5.16



4. 具体的な計画立案・施工スケジュール(6/6)

工程(調査・実証試験・技術開発)

項目	1	2	3	4	5	6	～	本施工
調査								
埋設物、滞留水、環境(敷鉄板等)	■ 図面・現地							
難透水層の下の透水層の地下水調査	■							
施工位置における高線量ガレキの有無	■							
実証項目								
凍土壁造成実証: 現地10m程度	■ 計画							
一般部			■ 削孔・凍土壁造成					
トレンチ部			■ 削孔・凍土壁造成					
解析的評価								
施工時の地下水挙動評価	■							
凍結管・測温管ピッチ位置検討			■ 地下水位管理方法検討					
施工後の地下水抑制挙動評価	■							
計画								
施工計画				■				
技術開発								
遮蔽枠開発・一部作業無人化		■						
凍結管更新方法		■						
冷却材自動監視システム(量、温度、比重)		■						
建屋内滞留水位管理システム							■ 凍土遮水壁完成までに開発	
本施工								■

12

2013.5.16



5. 地下水位コントロールの具体的内容(1/6)

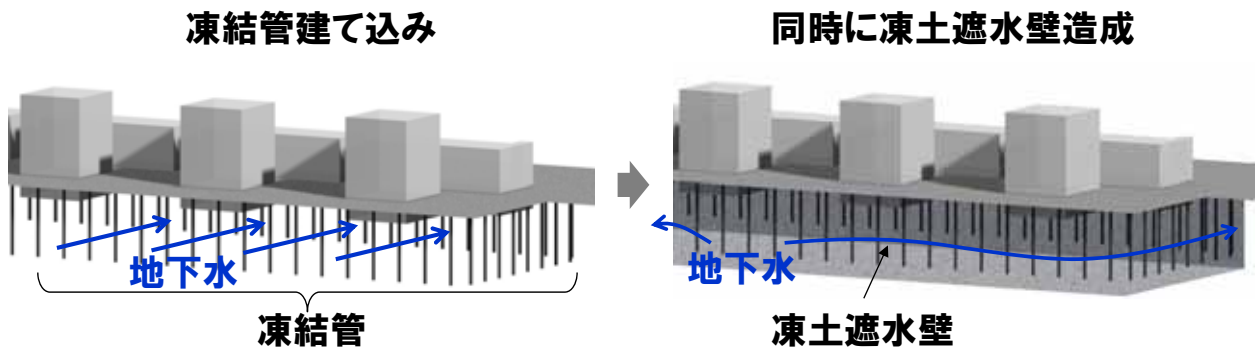
【施工中】

凍土壁閉合手順

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。

凍土造成中、建屋内滞留水のポンプアップを継続的に実施。

建屋内滞留水の水位を閉合域内地下水位よりも低く維持。
施工中の滞留水漏洩防止が可能。



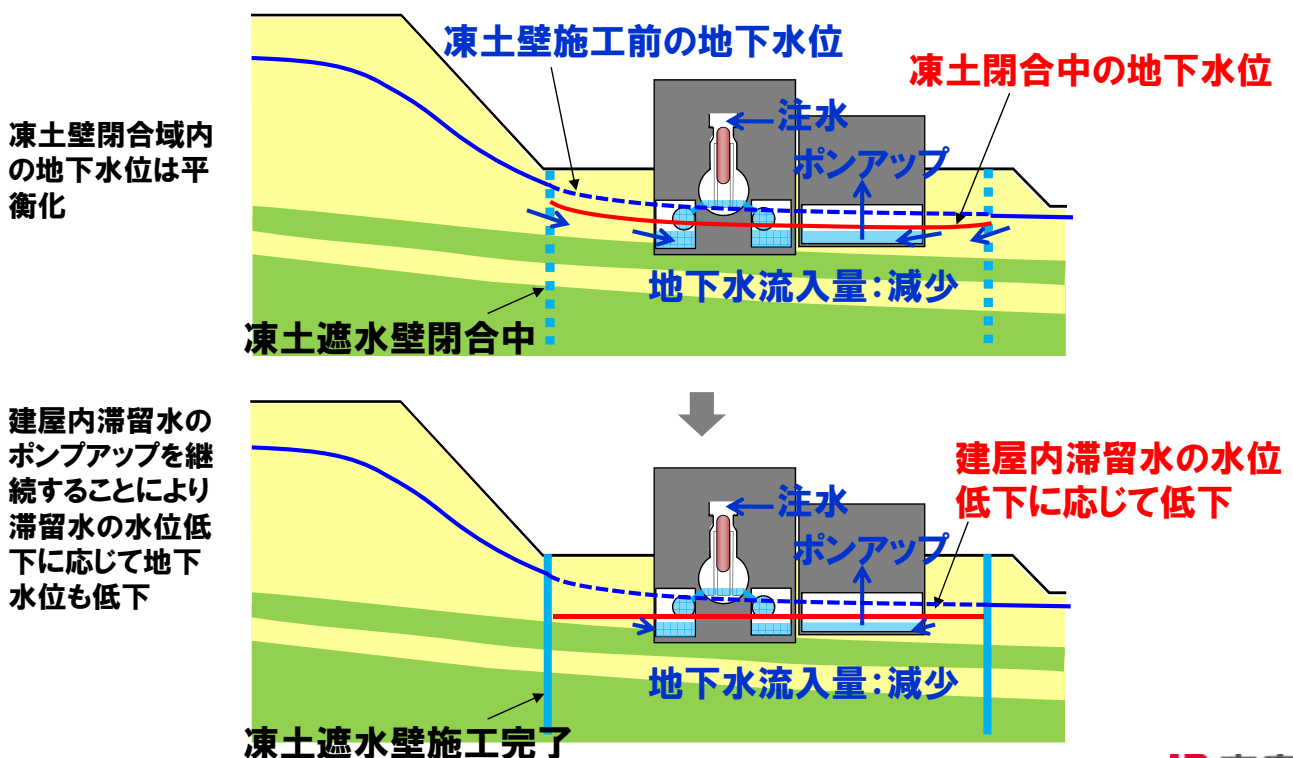
13

2013.5.16 鹿島

5. 地下水位コントロールの具体的内容(2/6)

【施工中】

滞留水と地下水の水位



14

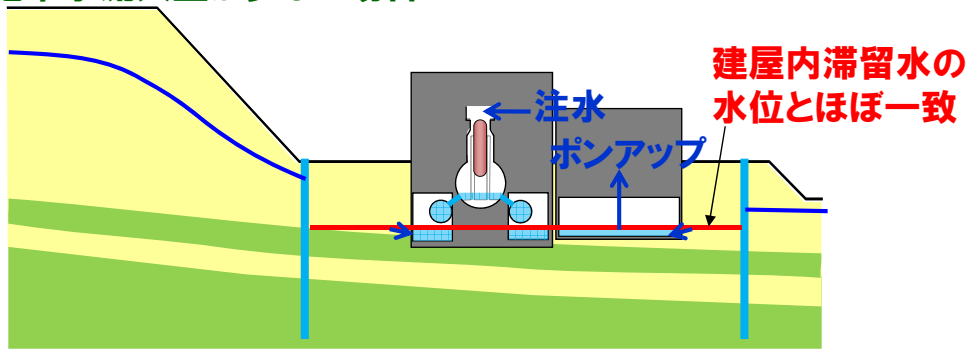
2013.5.16 鹿島

5. 地下水位コントロールの具体的内容(3/6)

【施工後】 滞留水と地下水の水位

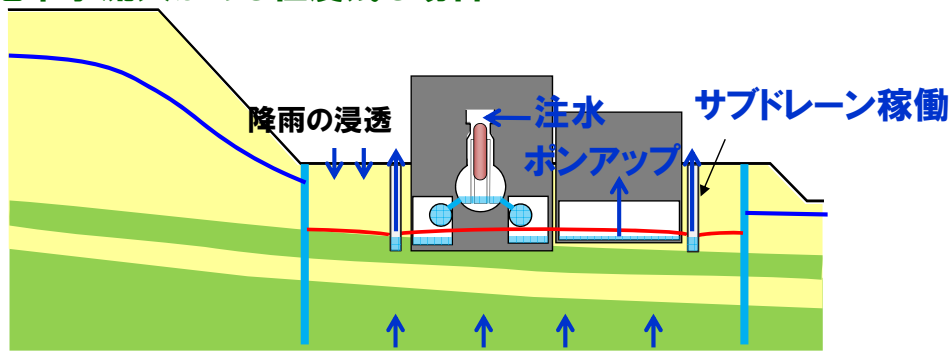
閉合域内への地下水流入量が少ない場合

建屋内滞留水のポンプアップを継続。地下水流向は建屋内部に向かう方向なので滞留水の漏洩は防止できる。



閉合域内への地下水流入がある程度残る場合

難透水層からの浸入、降雨の浸透の影響である程度地下水流入がある場合は、サブドレーンを併用する。



15

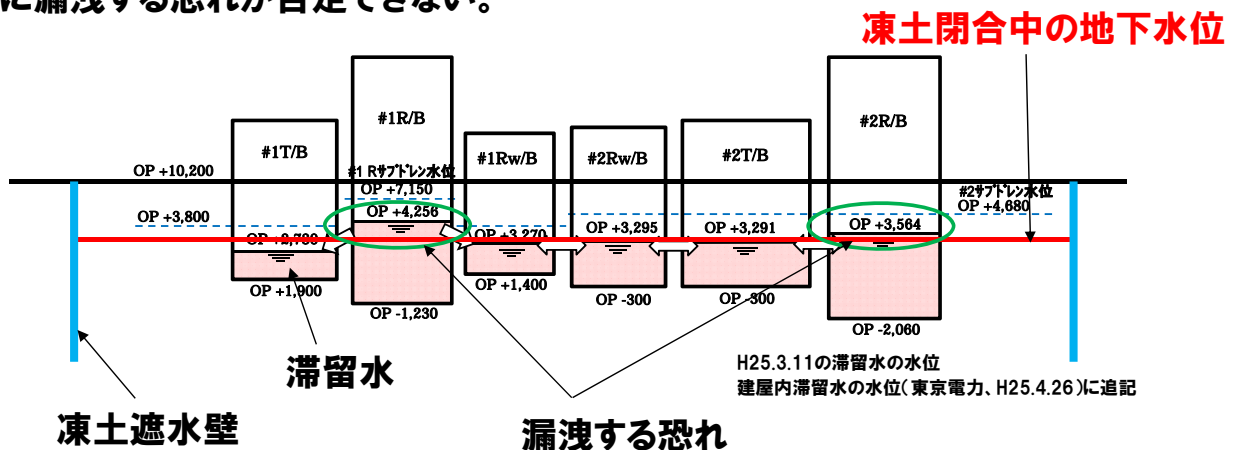
難透水層からの浸入

2013.5.16 鹿島

5. 地下水位コントロールの具体的内容(4/6)

【施工中】 課題

現状、建屋ごとの滞留水に水位差がある。施工中に、建屋ごとの水位差が維持される場合、閉合域内の地下水位が高位の滞留水の水位よりも低くなり、滞留水が建屋外に漏洩する恐れが否定できない。

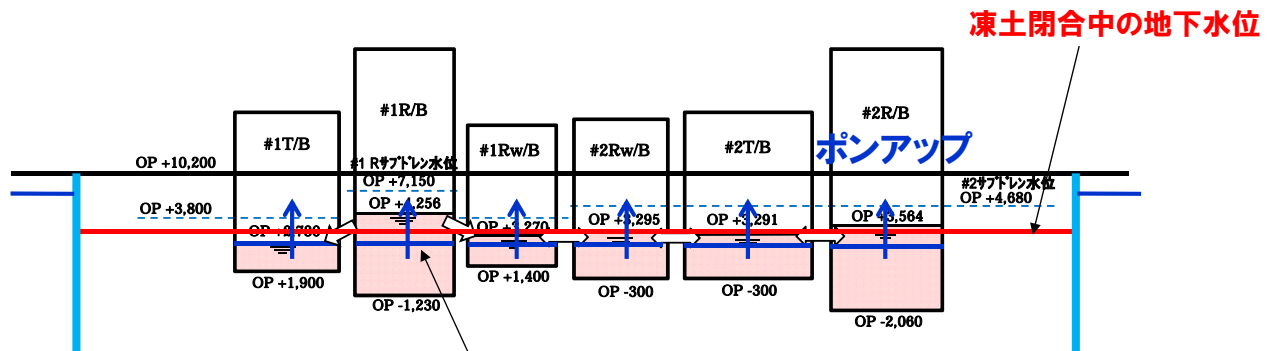


5. 地下水位コントロールの具体的内容(5/6)

【施工中】

対応策

全ての建屋にポンプを設置し、滞留水の水位を一元管理する。



建屋ごとにポンプアップし、滞留水水位を管理

H25.3.11の滞留水の水位
建屋内滞留水の水位(東京電力、H25.4.26)に追記

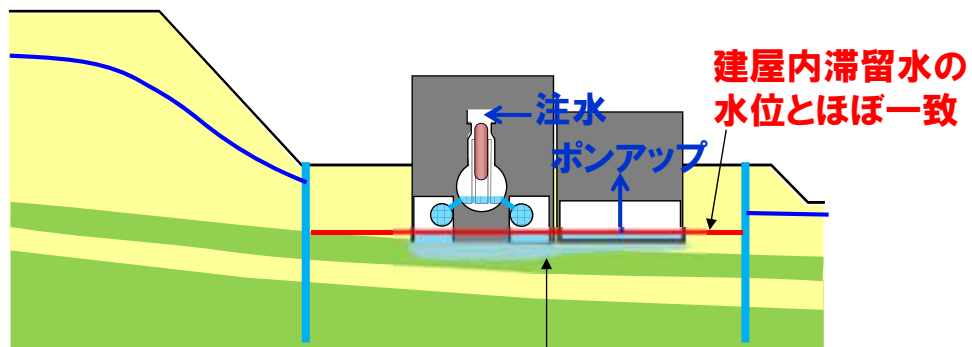
17

2013.5.16 鹿島

5. 地下水位コントロールの具体的内容(6/6)

【施工後】

課題



滞留水が拡散で漏洩

凍土遮水壁が施工されても、閉合域内には難透水層からの浸入、雨水の浸透によりある程度の地下水が供給される。閉合域内の地下水は建屋内に向かうため、滞留水の漏洩は基本的にはないと考えられる。

しかしながら、閉合域内への地下水流入が十分に遮断され、滞留水の水位と地下水位がほぼ一致する場合、滞留水が拡散で建屋外に漏洩する恐れは否定できない。

Ex 拡散による滞留水の移動量: 保守的にみて、10年間で1.5m程度
ドライアップで対応

18

2013.5.16 鹿島

表-1 建屋内流入抑制対策工の比較

項目	遮水壁（建屋廻り、OP+10m 盤）		建屋止水					
	粘土遮水壁	凍結止水壁	トンネルから建屋止水	地上から建屋止水				
概念図 (委員会資料より転記)								
	建屋陸側に粘土系遮水壁を設けて、海側遮水壁と一体化することにより、流入抑制を図る案	1号機～4号機を凍土壁で取り囲み、建屋内への地下水流入抑制を図る案	建屋近傍の地下に作業用トンネル（シールドトンネル）を構築し、トンネル内から建屋内流入箇所へ止水対策（薬注・凍結等）を行う案	放射線影響及び他工事との干渉を避けるために、建屋から離れた場所からコントロールボーリング等により建屋内流入箇所の止水対策を行う案				
流入抑制効果	雨水浸透	○	○	◎	カバリング等で対応可能			
	水平浸透	○	◎	○	流入箇所の特定が前提であり、全て塞がないと抑制効果は低い			
	底部浸透	○	○	◎	建屋底部に対する止水対策を実施することで抑制効果の向上を図ることが可能			
遮水壁内への湧水処理	△	処理等が必要	△	同左	○	建屋近傍のため湧水はほとんど生じない	○	同左
放射線影響	△	建屋廻りでは影響大	△	同左	○	トンネル内作業のため影響は小さい	△	建屋廻りでは影響大
他工事との干渉	△	調整が必要	△	同左	◎	地下作業のため干渉はほとんどない	△	調整が必要
その他の課題	<ul style="list-style-type: none"> ・ 地中埋設物への対応 		<ul style="list-style-type: none"> ・ 地中埋設物への対応 ・ 凍結止水の成立性(凍結するか?) ・ 維持管理が必要 		<ul style="list-style-type: none"> ・ トンネル内への漏水に対する安全対策 ・ 地中埋設物との干渉 ・ 将来計画への影響 (建屋廻り新設構造物基礎等) ・ 薬剤の建屋内流入時の水処理設備への影響 ・ 掘削残土の処理・処分 		<ul style="list-style-type: none"> ・ 薬剤の建屋内流入時の水処理設備への影響 ・ 同左 ・ 削孔時の水処理、残土処理 	
備考)	<p>[遮水壁内への雨水・地下水浸透量の概略計算]</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>[計算条件]</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 遮水壁内面積：A=200,000(m²) ・ 遮水壁延長：L=2,000(m) ・ 滞水層有効厚：D=5(m) ・ 遮水壁厚さ：t1=0.5(m) ・ 遮水壁透水係数：kw =1×10⁻⁶(cm/s) </div> <div style="width: 45%;"> <p>[概略計算結果]</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 降雨量：i=1,600 (mm/y) ・ 流出係数：f=0.9 ・ 遮水壁内外水位差：△h1=1.5(m)(平均) ・ 底部泥岩層水頭差：△h2=2.0(m) ・ 底部泥岩層透水係数：kc=1×10⁻⁶(cm/s) ・ 底部泥岩層厚さ：t2=3(m) </div> </div> <div style="margin-top: 10px;"> <p>[浸透量計算結果]</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 雨水浸透量：Q₁ = 88(m³/d) ・ 水平浸透量：Q₂ = 26(m³/d) (凍結止水壁の場合は、透水係数≒0のため Q₂≒0) ・ 底部浸透量：Q₃ = 115(m³/d) ・ 浸透量合計：ΣQ = 229(m³/d) </div> <div style="text-align: right; margin-top: 10px;">  </div>							



グラベル連続壁による地下水流入抑制案

【恒久対策として遮水壁への転用可能案】

2013 05 16

株式会社 安藤・間

提案のポイント



●福島第一原発が抱える課題（汚染水関連）

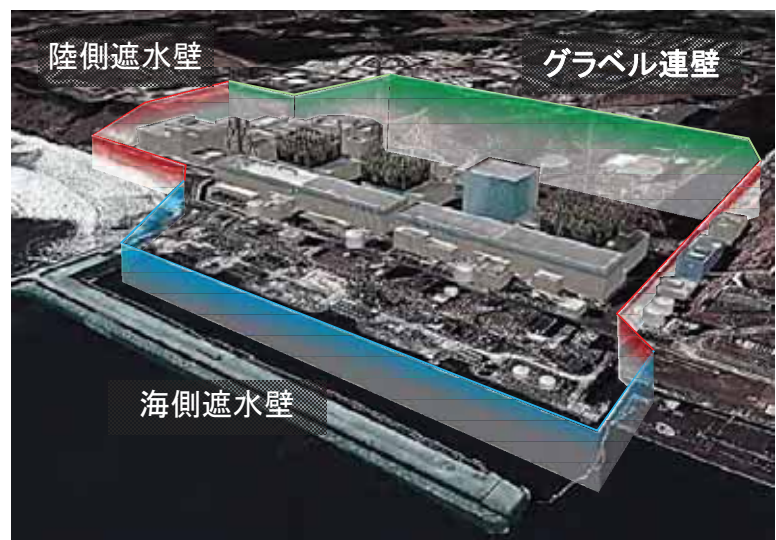
1. 増大する汚染水の貯蔵容量確保

（着目点）2. 建屋からの汚染水漏洩リスクの低減

3. 汚染水総量の低減（R/B、T/B等への流入地下水の低減）

●提案の特徴

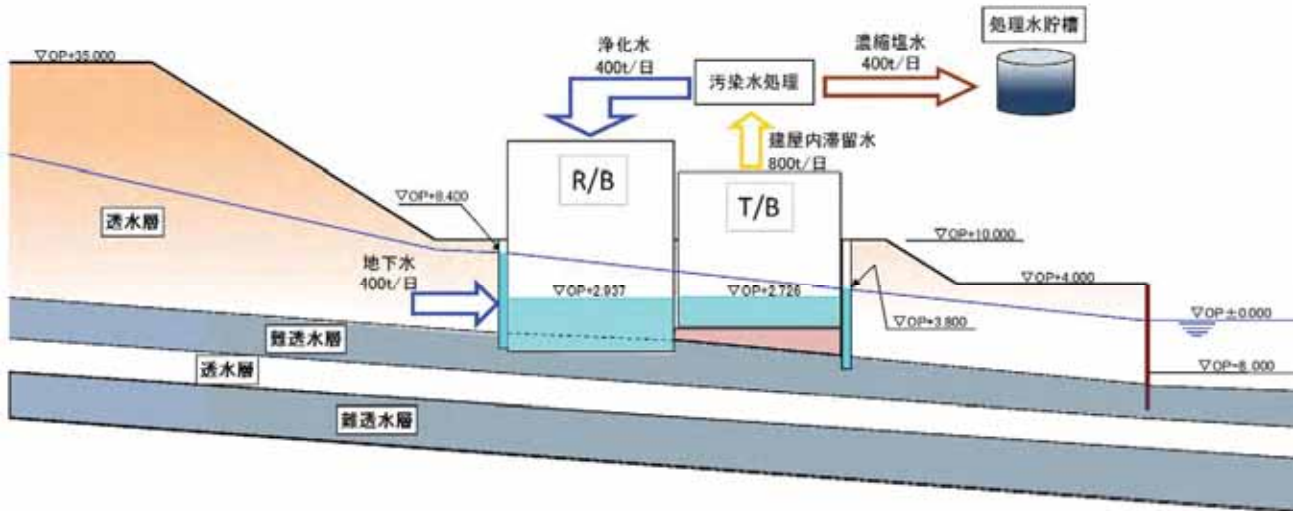
1. 砕石で充填されるグラベル連続壁を構築し、建屋周囲に向かう地下水を大きく低減
2. グラベル連続壁は遮水壁と連結し、建屋周囲の地下水位面を平坦にしてコントロール
3. 施工中の地下水位変動防止
4. 最後は、セメントミルク等をグラベル連続壁に注入し、**遮水壁に変換**





1-1 現状の整理

地下水は敷地陸側から海に向かい流れており、一部が浸透した雨水とともに建屋に流入している。建屋に流入している地下水は400m³/日と想定されている。建屋内汚染水を漏洩させないため地下水位を常に高く保持する**水封じ**の対策がとられている。



©2013 HAZAMA ANDO CORPORATION. All Rights Reserved.

2



1-2 汚染水総量低減・漏洩対策の整理

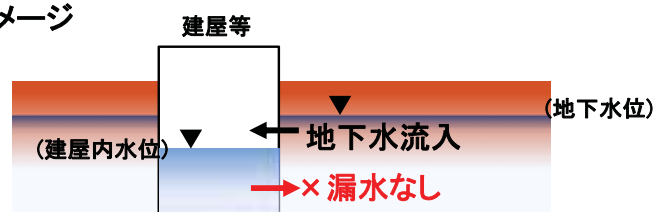
● 建屋内への流入水を食い止めるための手段

建屋躯体の止水	地下部で建屋に接続する配管、ダクト隙間の充填
サブドレンの稼働	建屋周囲の水位を下げる
建屋近傍からの止水	建屋周囲に止水材を注入する
建屋内部のコンクリート充填	建屋内部にコンクリートを充填する
遮水壁の構築	地下水の総量を抑制する ⇒ 着目

● 建屋内から滞留水を流出させないための手段

水封じ	建屋内水位より地下水位を高く保つ ⇒ 着目
開口部の封鎖	建屋周囲開口部に角落とし等を設置

水封じのイメージ



©2013 HAZAMA ANDO CORPORATION. All Rights Reserved.

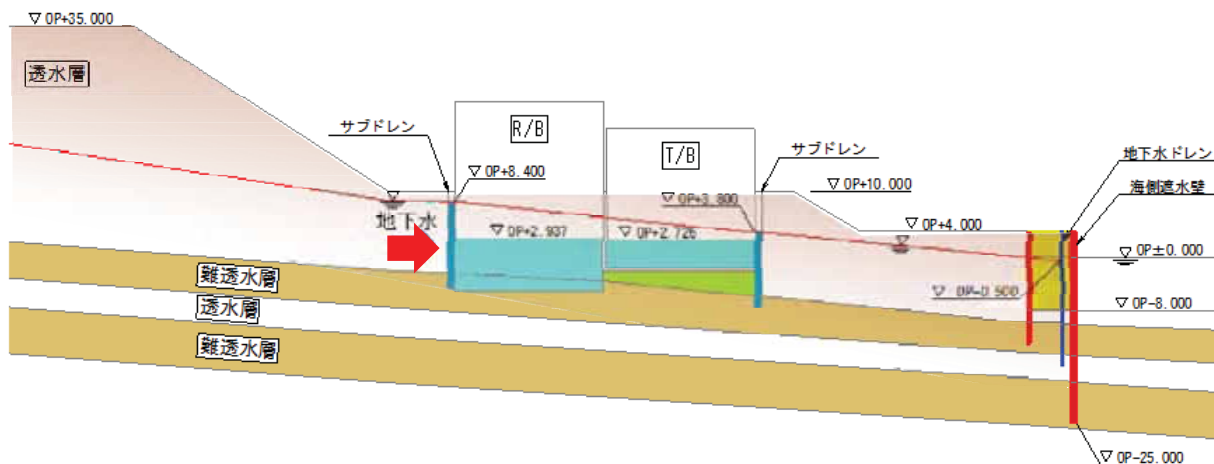
3

1-3 最終到達点へのプロセス(1)



(1) 現況

建屋内への地下水流入量 推定 400m³/日



(海側遮水壁は現在施工中)

©2013 HAZAMA ANDO CORPORATION. All Rights Reserved.

4

1-4 最終到達点へのプロセス(2)

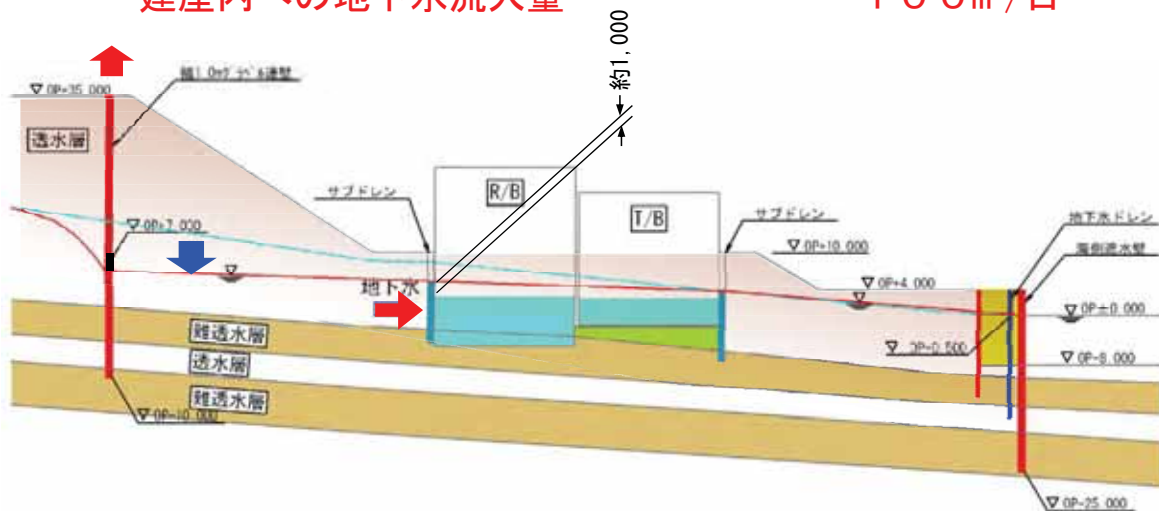


(2) グラベル連壁施工・同連壁内の水中ポンプ稼働

⇒ 建屋周囲にある地下水位低下

グラベル連続壁からの地下水揚水量 1000m³/日以上

建屋内への地下水流入量 100m³/日



©2013 HAZAMA ANDO CORPORATION. All Rights Reserved.

5

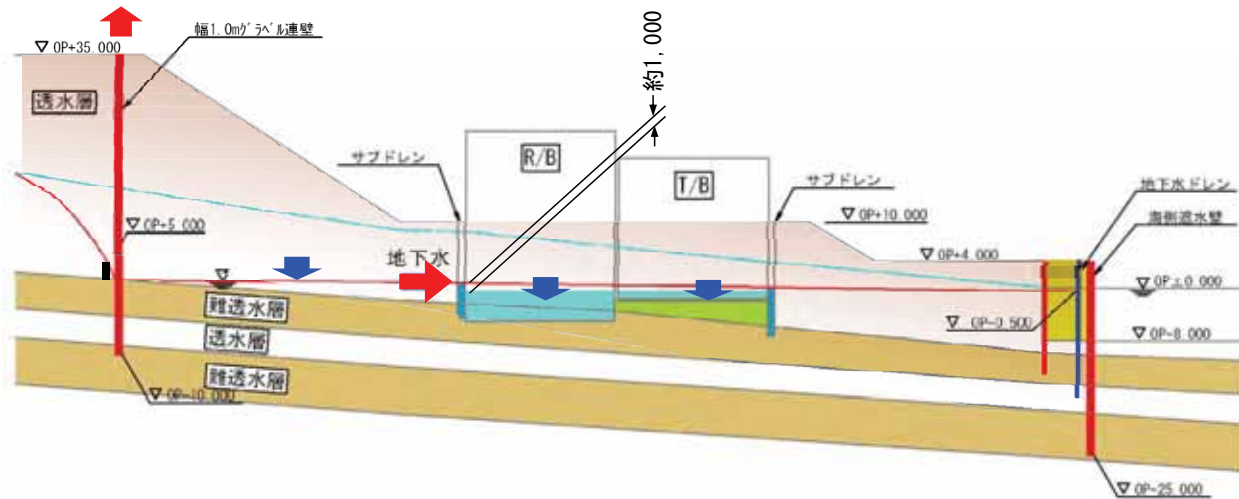
1-5 最終到達点へのプロセス(3)



(3) 建屋内汚染水位の低下と地下水位低下を徐々に行う

グラベル連続壁からの地下水揚水量 1000m³/日

建屋内への地下水流入量 1000m³/日 (維持)



©2013 HAZAMA ANDO CORPORATION. All Rights Reserved.

6

1-6 最終到達点のイメージ

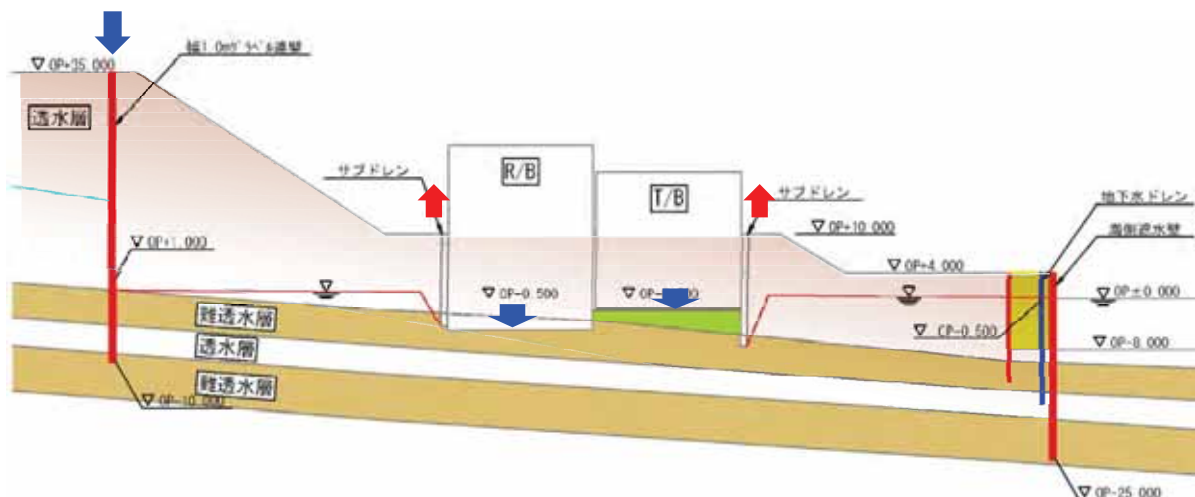


(4) 建屋内汚染水を排出、サブドレンの稼働

⇒その後、グラベル連続壁へのセメントミルク注入実施

(遮水壁への転換)

セメントミルク等注入



©2013 HAZAMA ANDO CORPORATION. All Rights Reserved.

7

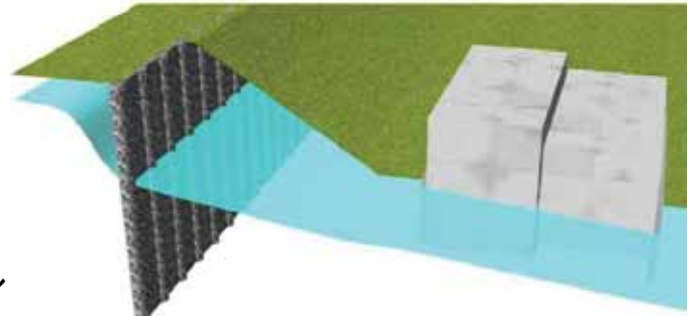
2-1 グラベル連続壁



●システム概念

(1) 建屋内汚染水除去段階

R/B、T/B周囲をグラベル連続壁で囲い、発電所西側から流入する地下水を面で捉えてポンプ等で強制排水する。グラベル連壁内に設置するポンプ高さを変えることで下流側地下水位を調節する。地下水を面で捉えているため、**比較的均一な高さの地下水位面**を保持する。



地下水位のイメージ

(2) 最終段階

グラベル連続壁内にセメントミルク等を注入して、**遮水壁に転換**する。

2-2 グラベル連壁・遮水壁の平面配置



●平面配置図

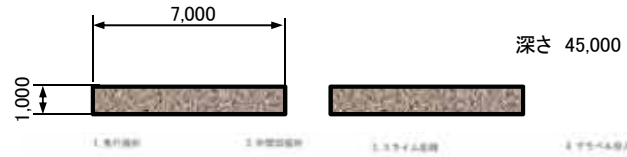


2-3 グラベル連続壁の施工方法



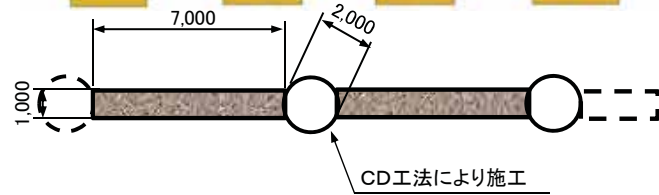
施工方法

(1) 連壁機械による施工

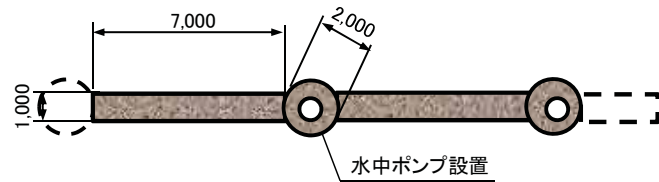


連壁の施工イメージ

(2) CD工法による施工



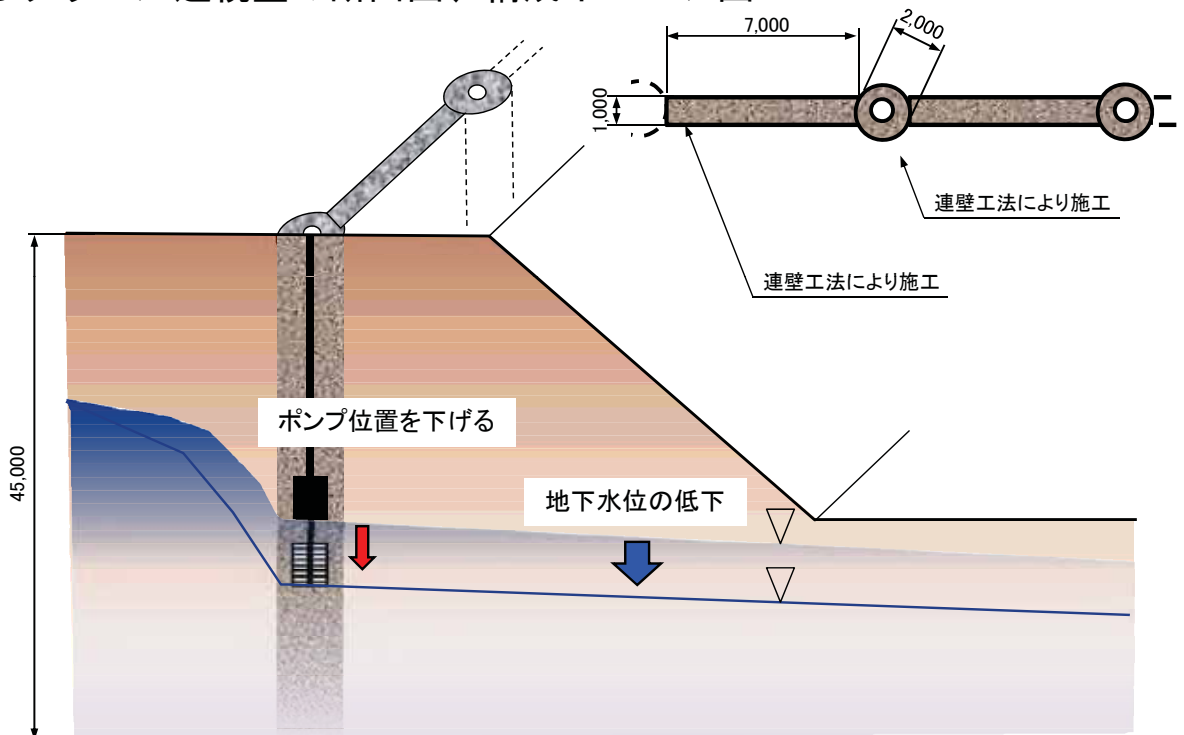
(3) 水中ポンプ設置



2-4 グラベル連続壁の断面図



●グラベル連続壁の断面図、構成イメージ図



2-5 グラベル連壁の遮水壁転用

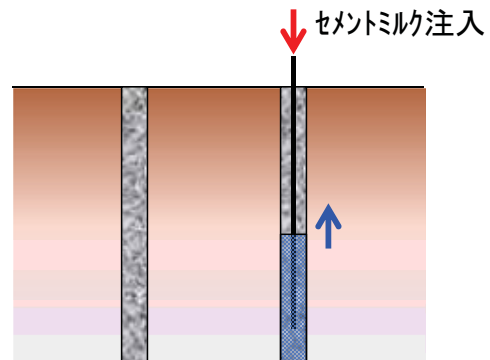


遮水壁への転用

グラベル連続壁は地下水位調整の機能が不要になった時点で、その内部にセメントミルク等を注入することで恒久的な遮水壁に変換できる。



注入イメージ



グラベル連壁注入イメージ

2-6 グラベル連続壁施工機械



施工方法の紹介



連壁部の施工機械



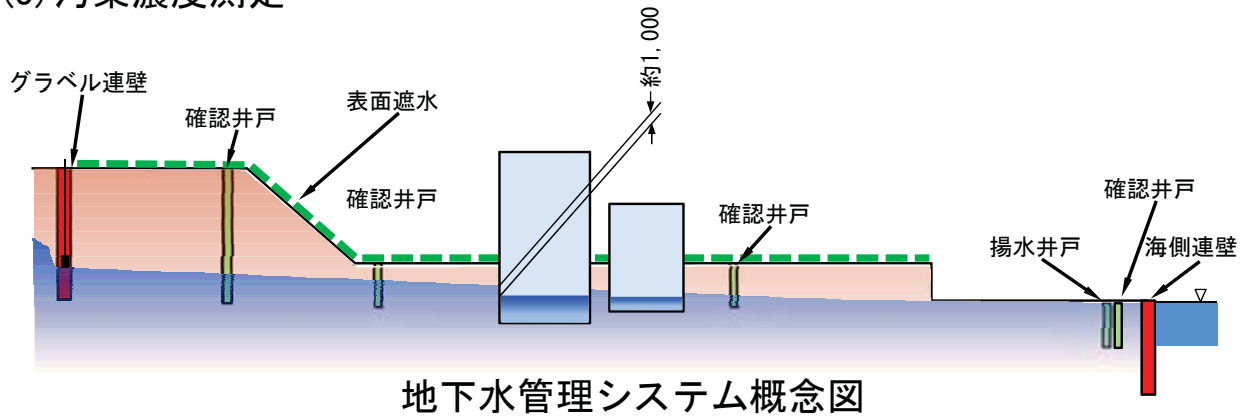
円形部の施工機械(CD工法)

4-1 地下水位管理



●地下水位管理システム

- (1) 観測井戸内の水位測定によりグラベル連続壁内のポンプ高さを管理
- (2) 海面水位より少し地下水を下げるための揚水量管理
- (3) 汚染濃度測定

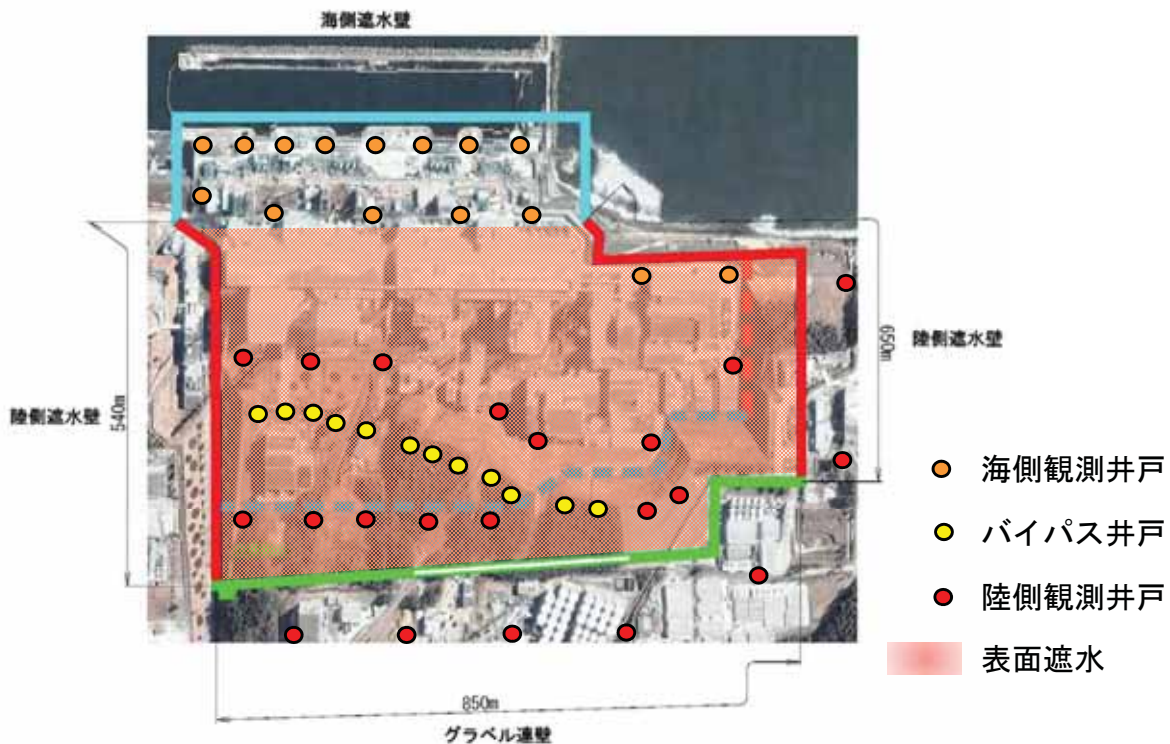


建屋周囲の敷地には表面遮水を施し、雨水の浸透を防止する。

4-2 地下水位管理概念図



地下水管理システム施設配置イメージ図



6 施工上の課題



■工程調整

他工事との競合・干渉、埋設物移設・切り回し

■施工効率

高線量対策、暑さ対策、作業員確保、資機材確保

■地下水管理

地下水監視システム、予測システム、排水管理、濃度測定

■残土処分

仮置き場所

7 まとめ



本工法は、地下水を連壁という面で捉えるため、地層構成に影響されることなく建屋周囲の地下水位を低下できる方法である。その地下水面はなだらかな平面となり、すべての建屋内汚染水の水位より高く維持できる。

グラベル連続壁施工中は、ある一定の地下水が流下しているので、地下水位の急激な変動は生じない。総合的にみて、廃炉に向けた建屋内汚染水排除工程での、建屋からの漏洩リスクを低減する工法である。

地下水位制御の必要がなくなった時点で、グラベル連続壁は恒久的な遮水壁に変換する。

本工事は、あらゆるリスクを想定して事前に上流側地下水・地盤の調査及び実証実験を行う等の慎重な計画立案を行うことが重要である。