汚染水問題への対応状況

平成25年９月１３日

東京電力株式会社

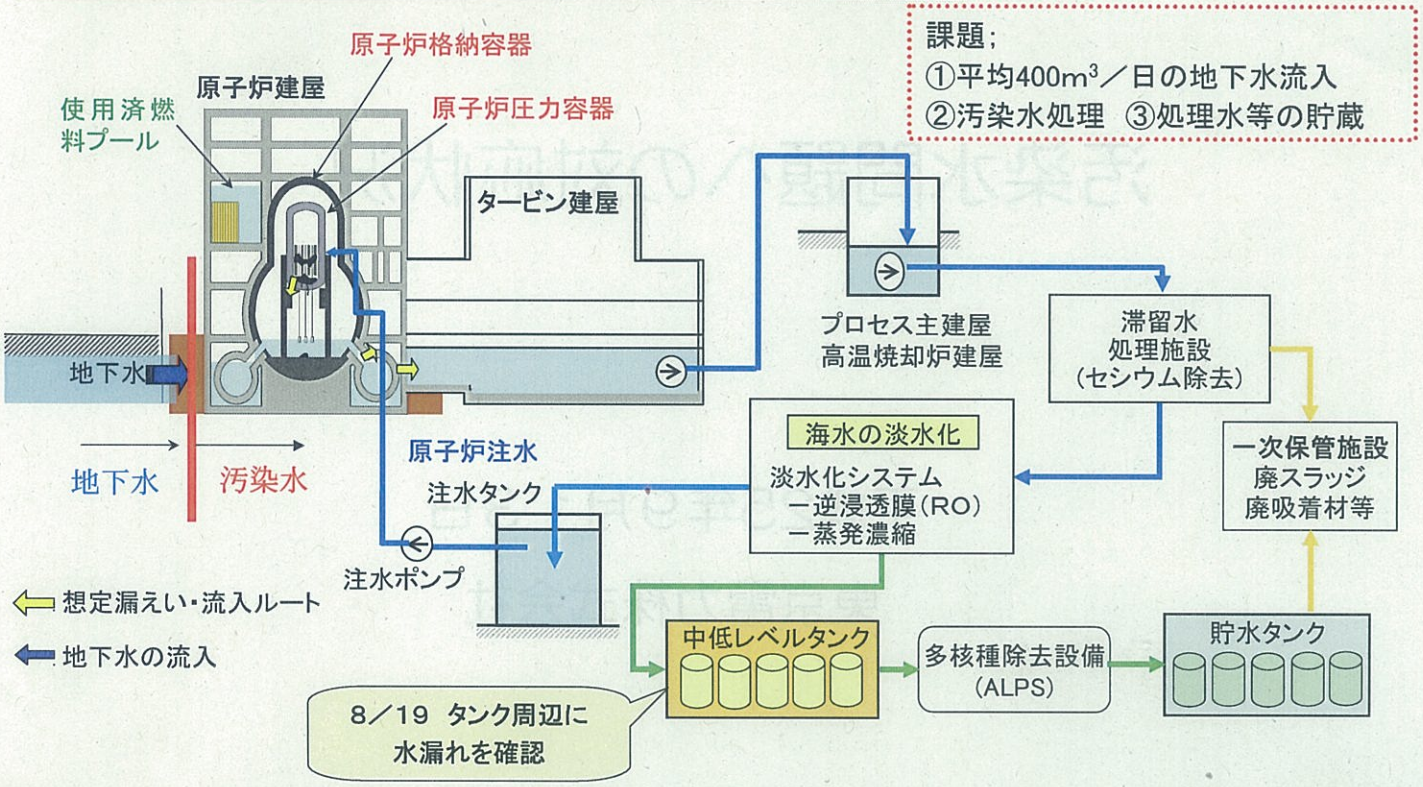
無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

１．汚染水貯留タンクからの漏えいへの対応状況

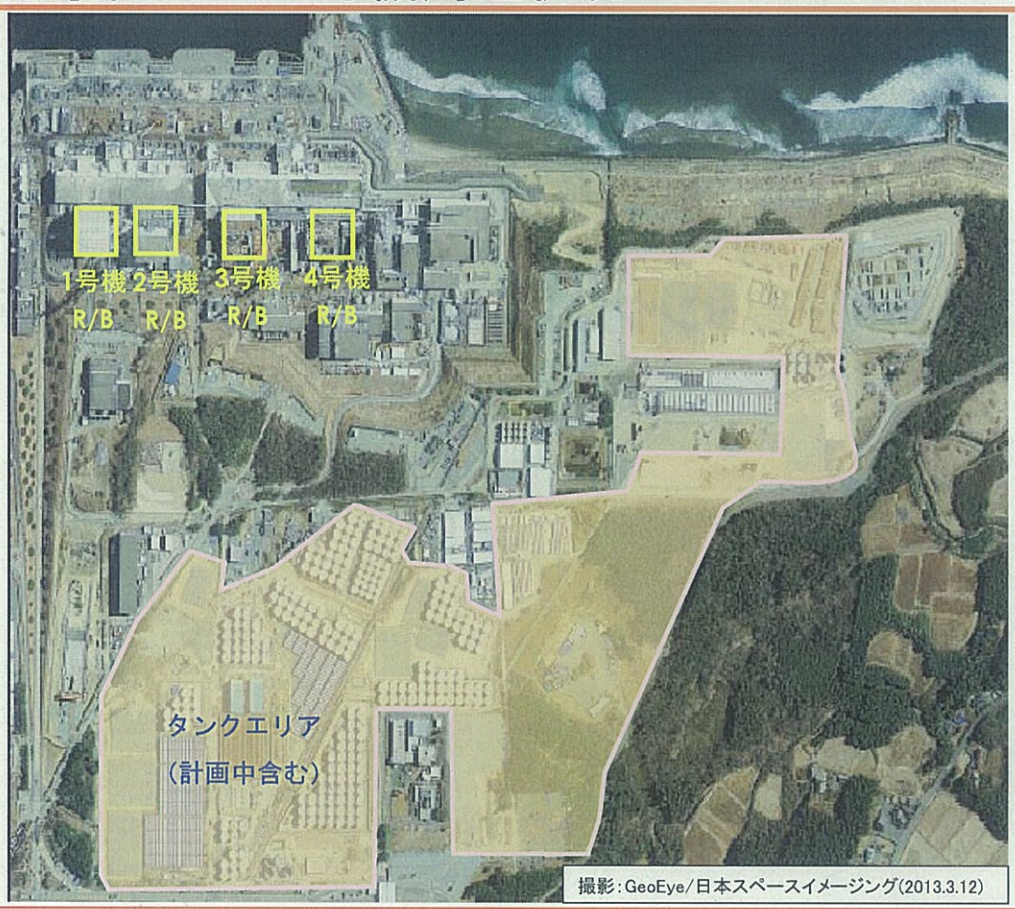
無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

【参考】滞留水の循環注水冷却システム

建屋内の滞留水を処理（セシウム除去、淡水化）し、再利用。

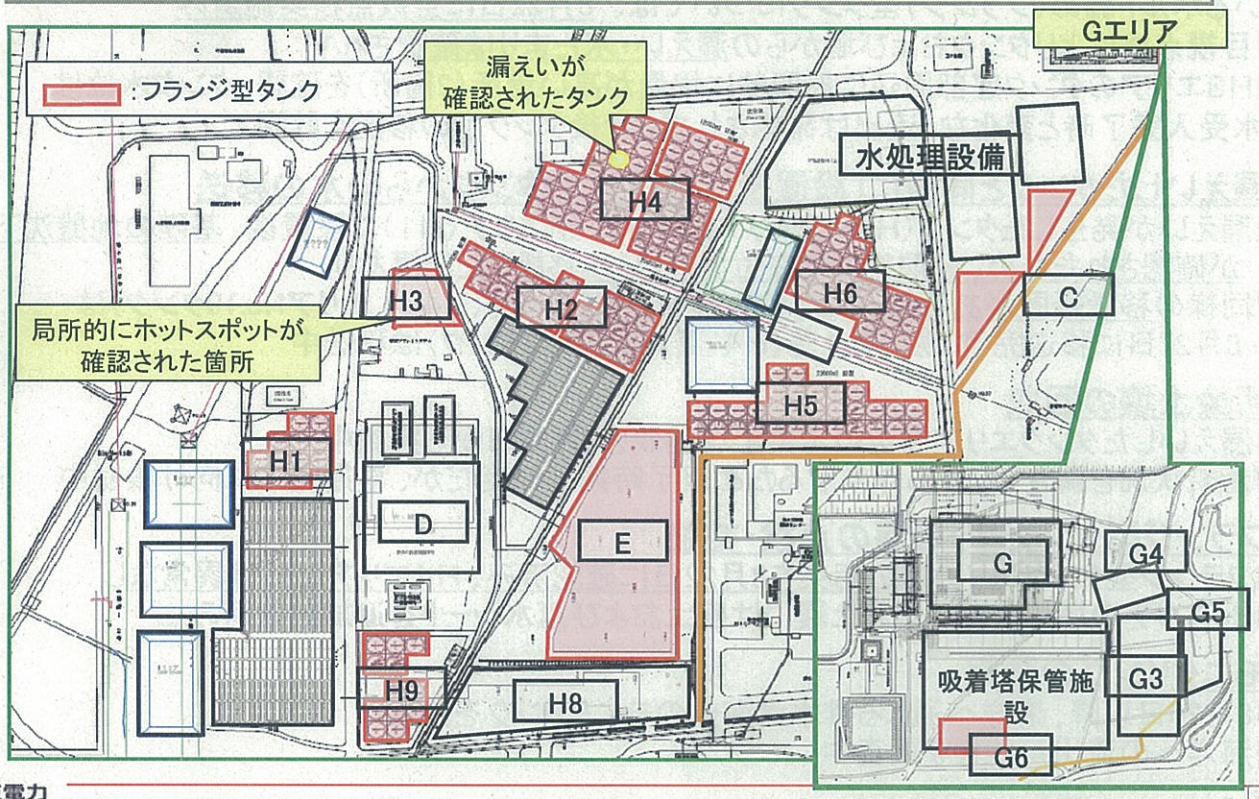


1－1. 福島第一1～4号機周辺状況



1－2. タンクの設置状況

H4エリアのフランジ型タンクから汚染水の漏えいを確認
1～4号機の汚染水貯留タンク約930基のうち、同型タンクは約300基設置済み



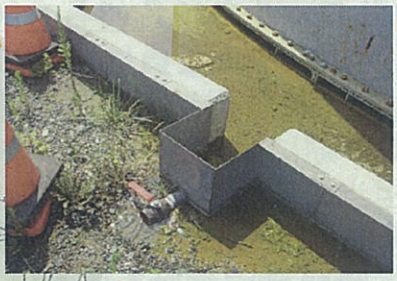
無断複製・転載禁止 東京電力株式会社

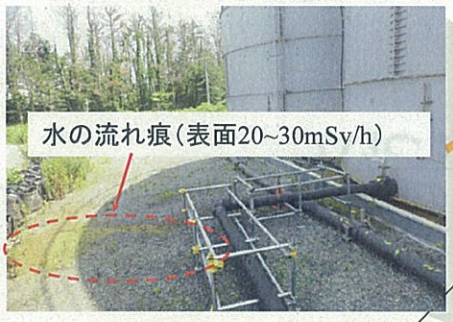
1－3. タンクからの漏えい発生状況

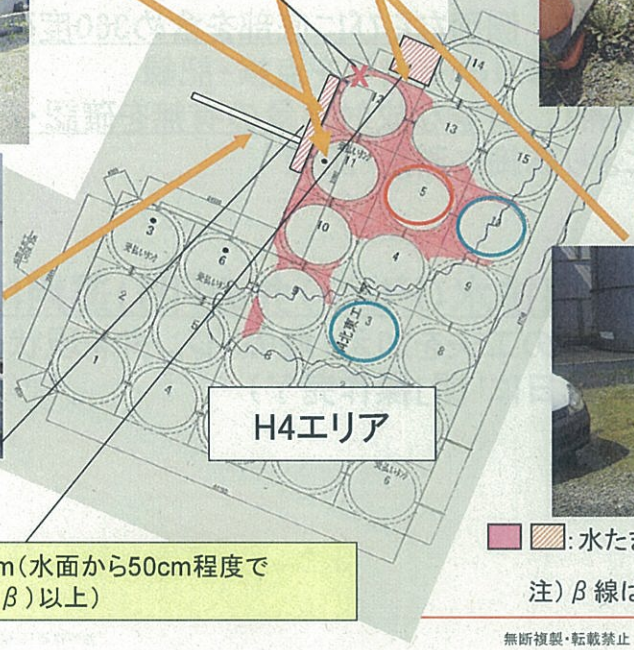
2013年8月19日に、鋼製タンク（フランジ型）の周辺に汚染水の水たまりを確認。
8月20日にタンク水位低下を確認（約3m：約300トンに相当）、残水を別タンクに移送（8月21日完了）。



堰内：水面から50cm程度で10mSv/h（γ＋β）







○ 漏えいが確認されたタンク
○ 移設した経歴のあるタンク



約0.5m×6m×1cm

約3m×3m×1cm（水面から50cm程度で100mSv/h（γ＋β）以上）

■ ▨：水たまりエリア（8/19　16時時点）

注）β線は70μm線量当量率

無断複製・転載禁止 東京電力株式会社

1－4. タンク漏えいに対する対策

① フランジ型タンクの全数点検

□漏えいが発生したタンク（H4－Ⅰ－エリアNo.5）と同じく1～4号機汚染水の貯留を行っているボルト締め（フランジ）型タンクについては、8月22日に全数点検実施済み
□目視点検によりタンクおよび堰からの漏えい・水たまりは確認されず
□H3エリアのタンク底部周辺に局所的に線量が高い箇所（2箇所）を確認、タンク水位は水受入完了時と変化なく流出は確認されず、今後タンク水の移送を計画

② 漏えいしたタンクと同様に「設置後に移設」したタンクからの水の移送

□漏えいが発生したタンク（H4－Ⅰエリア No.5）は、別エリア（H1）に設置後、基礎の地盤沈下が確認されたため、分解後に現在位置（H4）へ移設した経歴あり
□同様の移設経歴があるタンク2基の水移送を実施。1基（H4－Ⅰエリア No.10タンク）は8月27日に移送完了、残りの1基（H4－Ⅱエリア No.3タンク）は移送中

③ 汚染土壌の回収

□漏えいしたタンクエリア周辺の汚染土壌回収を8月23日から実施中
□汚染状況を調査しながら作業するため終了時期は未定だが、早期完了に向け検討中

④ フランジ型タンク廻りの堰の点検・補強

□フランジ型タンク廻りの堰の汚染を8月22日に確認済み、H4エリア以外は異常なし
□H4エリアの堰の外部にある土嚢には盛土および遮水シートを追加設置済み

⑤ モニタリングの強化

□8月20日以降、海洋へ通じる排水溝海側のモニタリングを強化
□海洋への流出可能性を調査中

無断複製・転載禁止 東京電力株式会社

1－4. タンク漏えいに対する対策（続き）

⑥ パトロールの強化

□パトロールを30名（3名×10班）の体制で日中3回、6名の体制で夜間1回実施
（パトロール要員は、これまで約10名から増強し60名以上、頻度を4回／日に増加）
□エリア毎に担当者を固定する「持ち場制」導入、状況をきめ細かく把握することで早期に異変を感知
□担当エリアのタンクごとに、側面ならびに底部を含め360度確実に網羅し、漏えい・漏痕・疑わしい水たまりの有無等を点検・記録
□常時簡易線量計を携帯し、有意な放射線量の有無を確認・記録。変動 があれば、電離箱線量計により詳細に測定・記録

⑦ 汚染水タンク廻りの堰排水（ドレン）弁の「閉」運用について

□ 堰内の雨水管理方法等の工夫を加え、堰のドレン弁を現状の「開」運用から「閉」運用に変更（8月28日に「閉」操作完了）

無断複製・転載禁止 東京電力株式会社

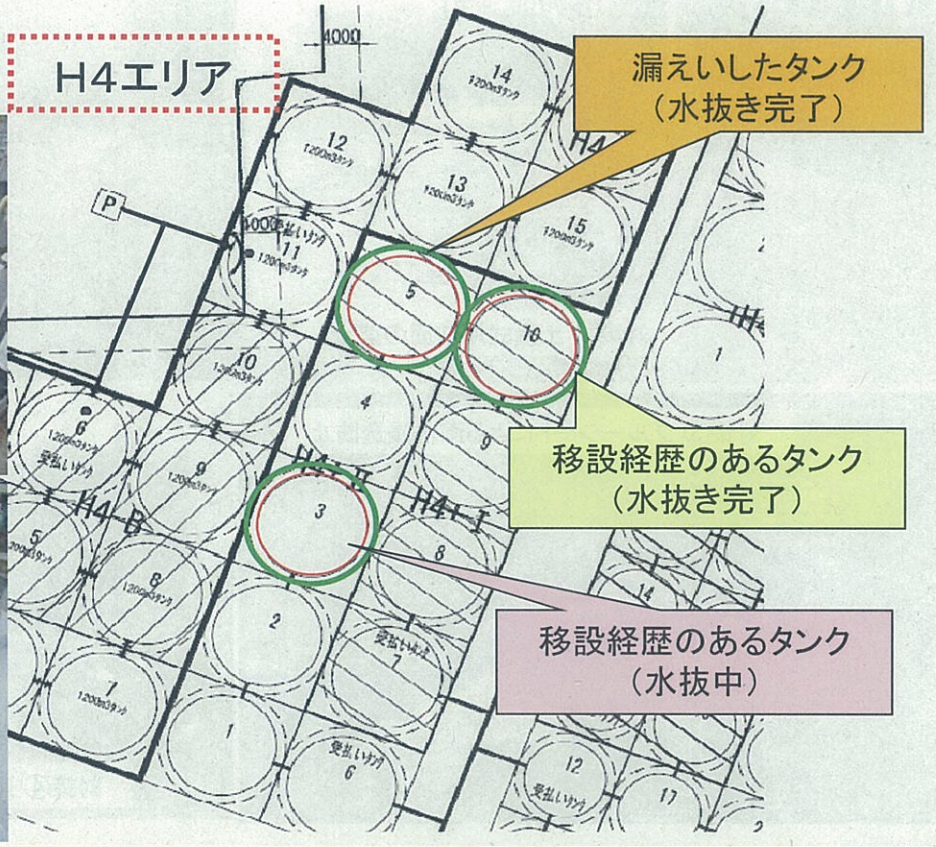
1－5. 対策②移設した経歴のあるタンクからの水抜き



H4－Ⅰ－No.5タンク
（水中ポンプ投入）



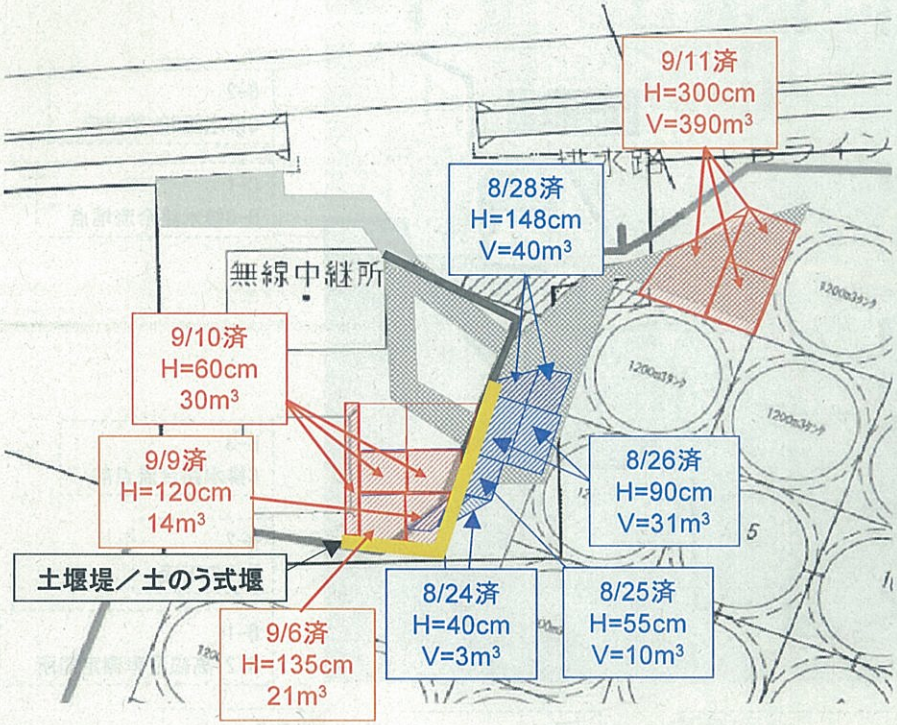
H4－Ⅰ－No.10タンク
（移送先タンク）



無断複製・転載禁止 東京電力株式会社

1－6　汚染土壌の回収の実施状況について（9/11現在）

■ 土のう式堰内の汚染土壌の除去を8月23日から開始、約540m³の土壌を回収



【掘削（H=300cm）完了状況】



【埋戻完了状況】



無断複製・転載禁止 東京電力株式会社

1－7. 対策④堰周辺の盛土および遮水シート施工状況



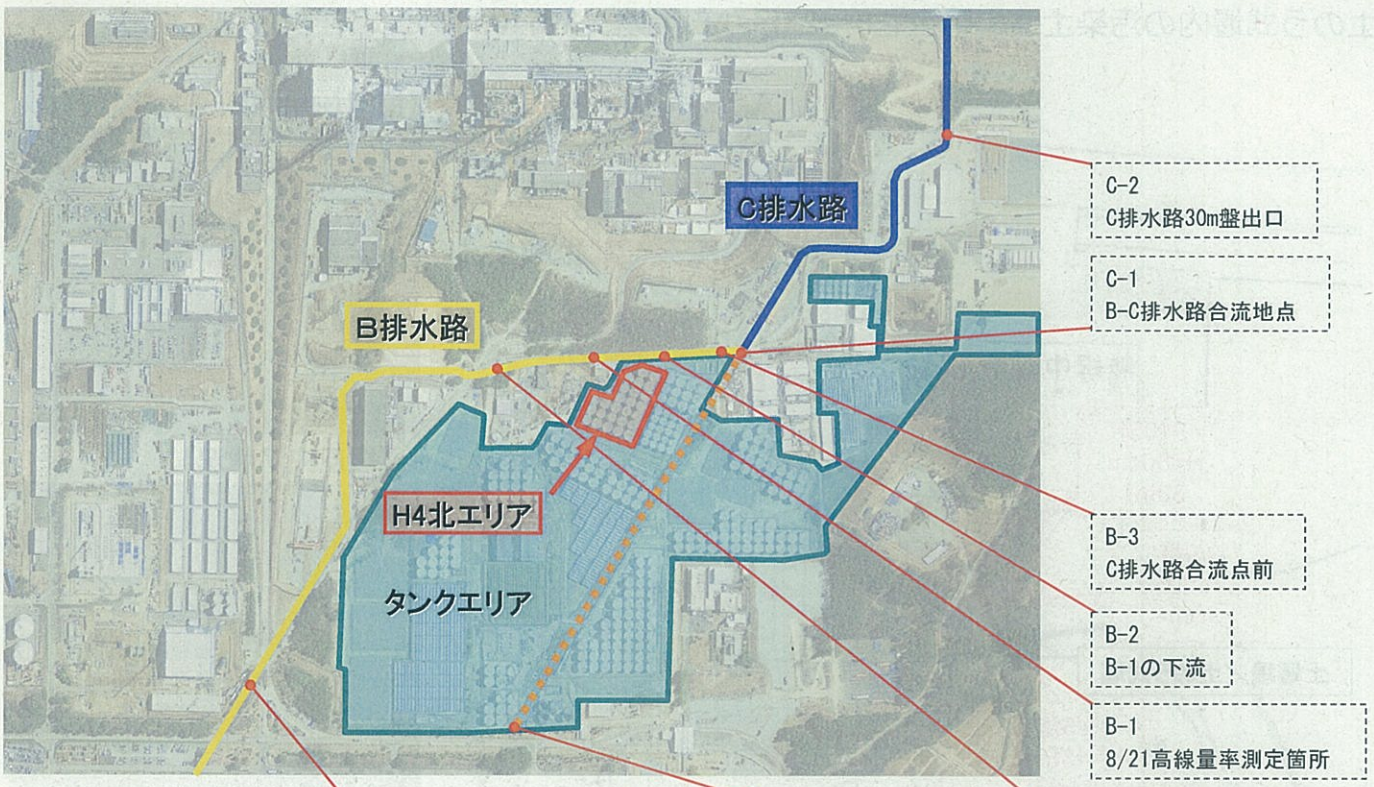






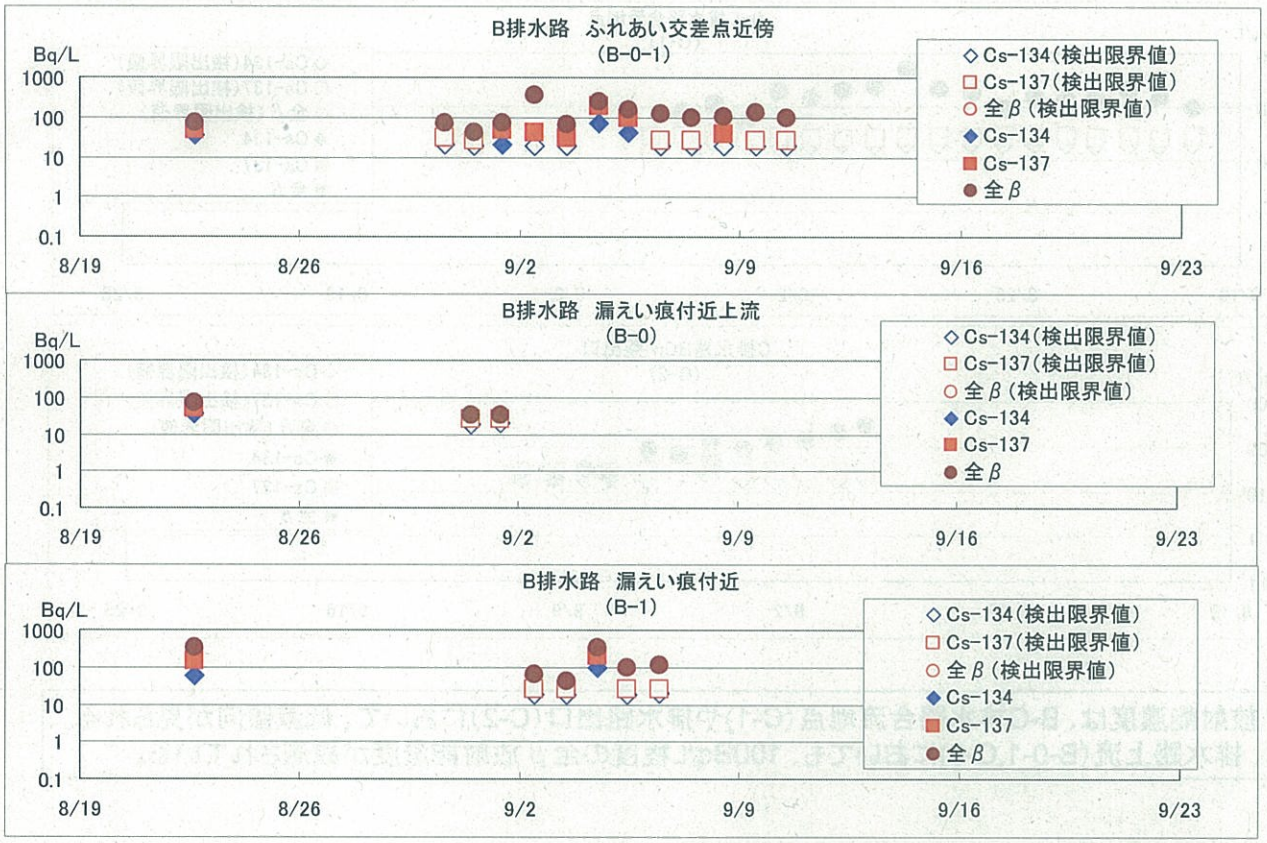
無断複製・転載禁止 東京電力株式会社

1－8. 対策⑤（B，C排水路等の試料採取地点）



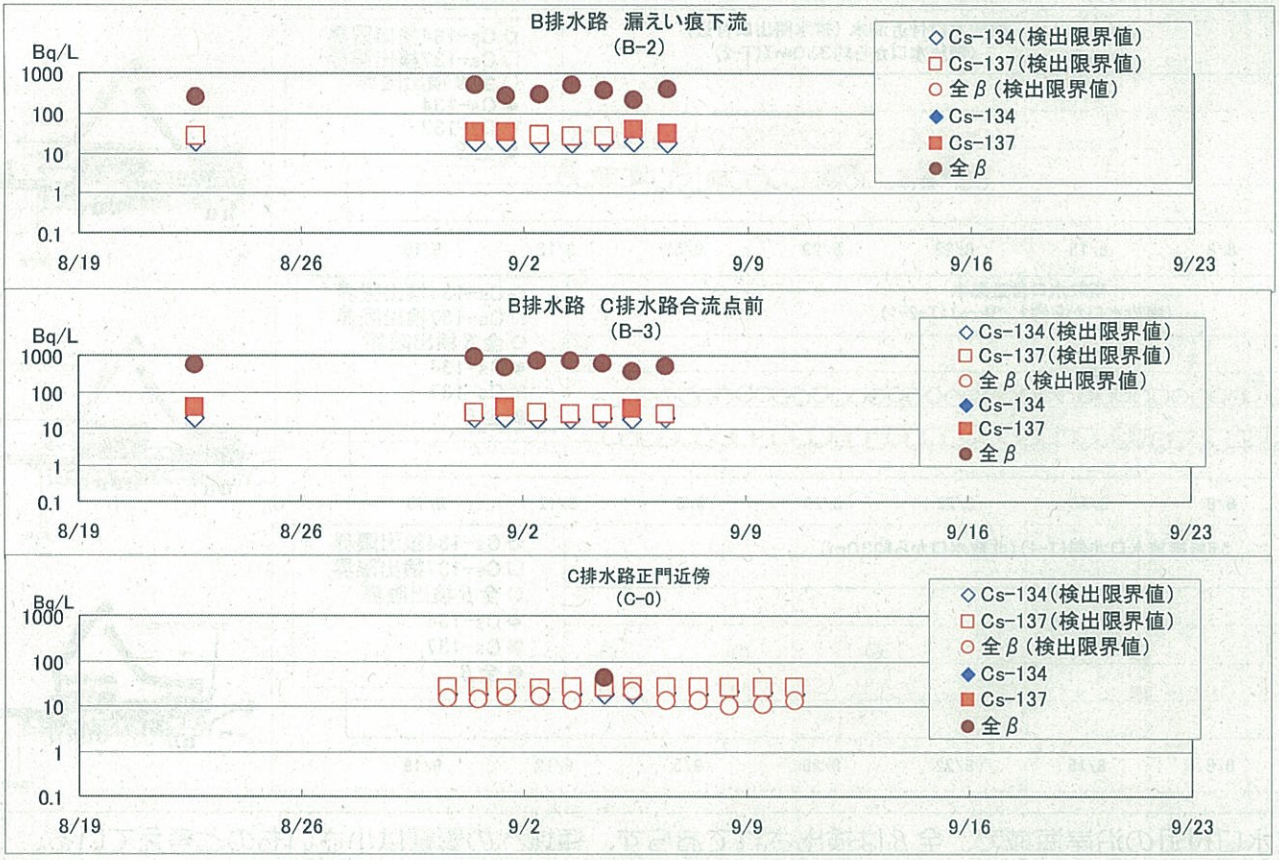
無断複製・転載禁止 東京電力株式会社

1－8 排水路の調査結果（排水）



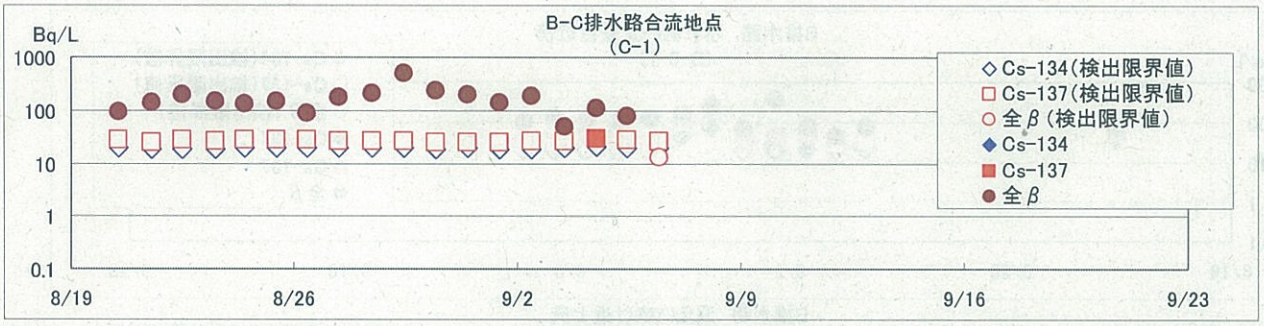
無断複製・転載禁止 東京電力株式会社

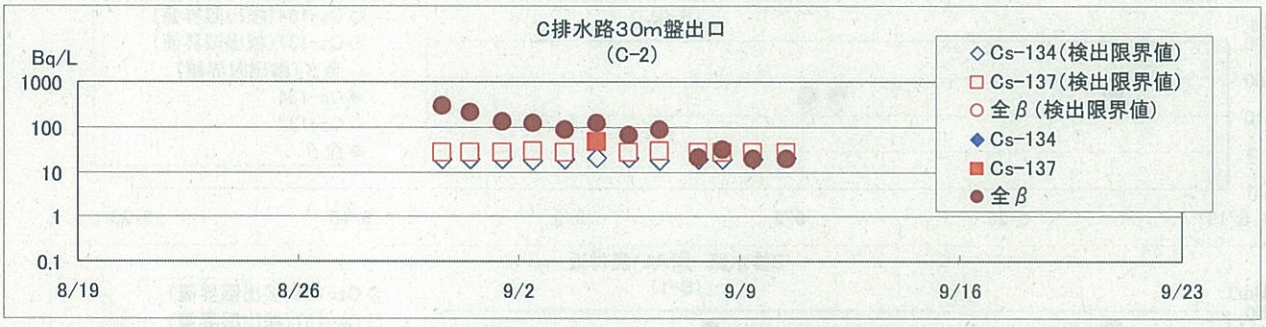
1－8 排水路の調査結果（排水）



無断複製・転載禁止 東京電力株式会社

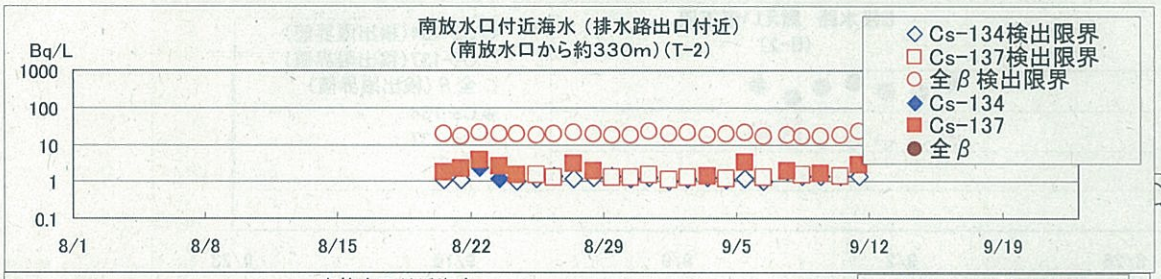
1－8　排水路の調査結果（排水）

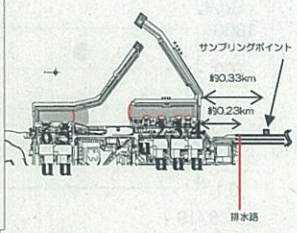


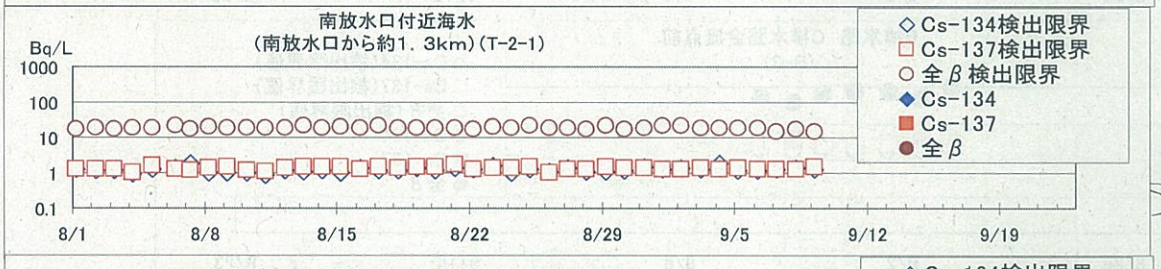


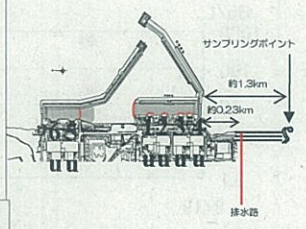
全β放射能濃度は、B-C排水路合流地点（C-1）や排水路出口（C-2）において、低減傾向が見られる。
なお、排水路上流（B-0-1,C-0）においても、100Bq/L程度の全β放射能濃度が観測されている。

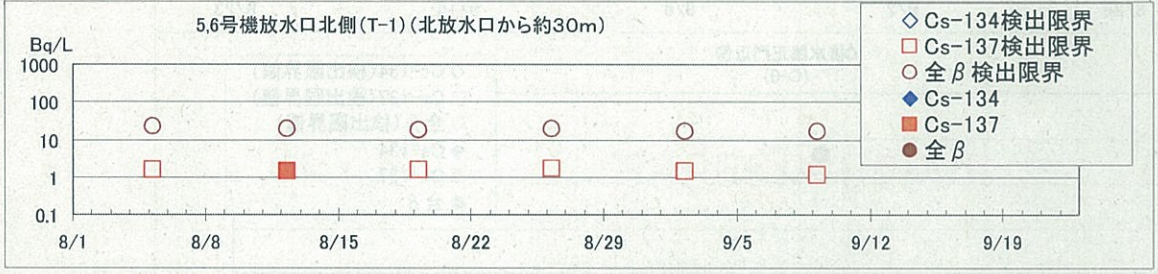
1－8.　海水濃度の状況（1／2）

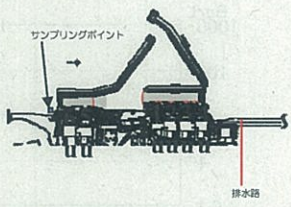






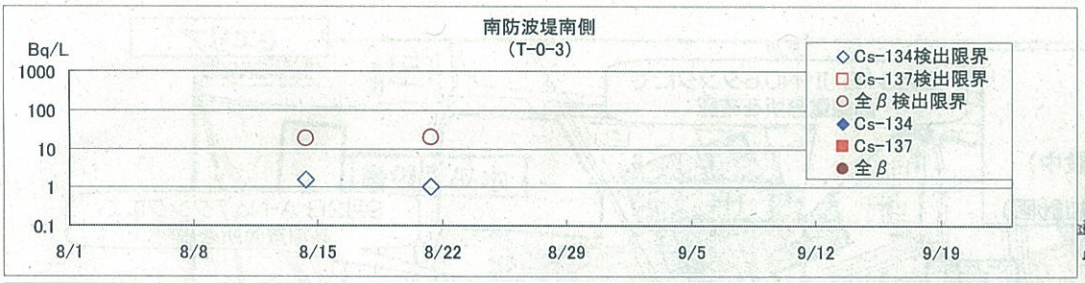


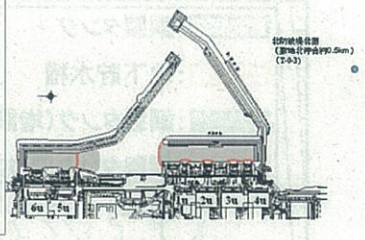


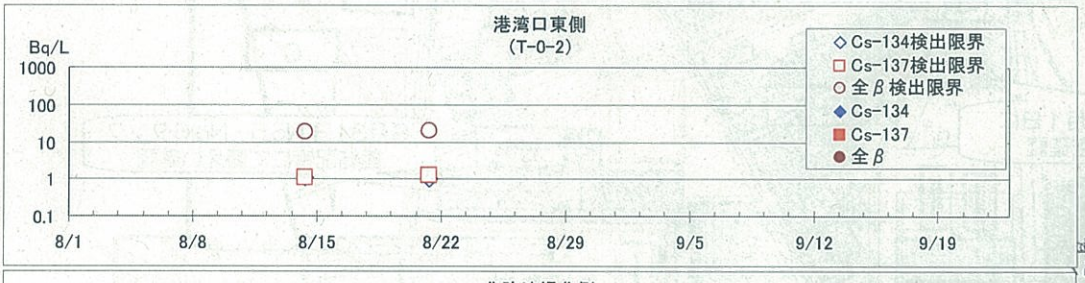


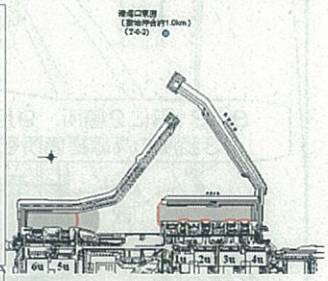
南北放水口付近の沿岸海域で、全βは検出されておらず、海域への影響は小さいものと考えている。

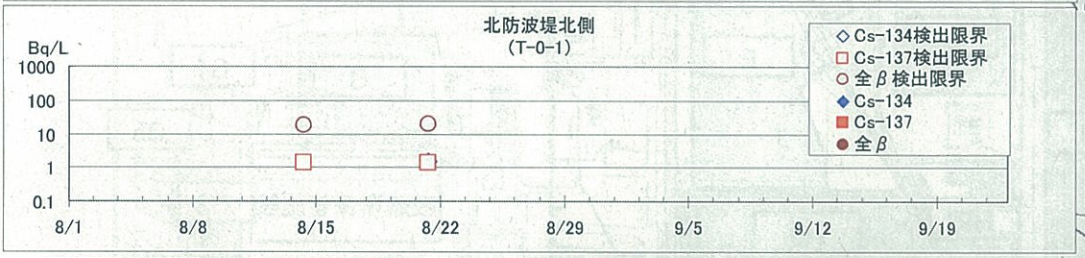
1－8.　海水濃度の状況（2／2）

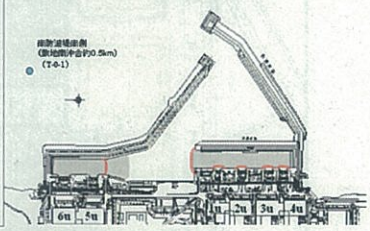










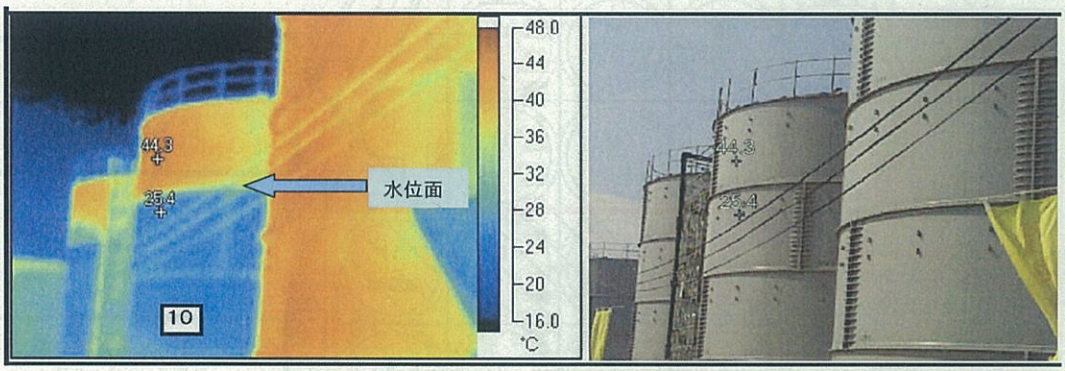


海域で、全βは検出されておらず、海域への影響は小さいものと考えている。

無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

1－9. 対策⑥パトロールにおける水位管理方法

全フランジ型タンクに、優先順位を決め順次水位計を設置し、最終的には警報機能を設け、遠隔による常時監視を可能とする
当面は、1日1回サーモグラフィを使用してタンクに内包する汚染水量（水位）を確認し、漏えいを示す様な水位の下降等の有無を確認する。

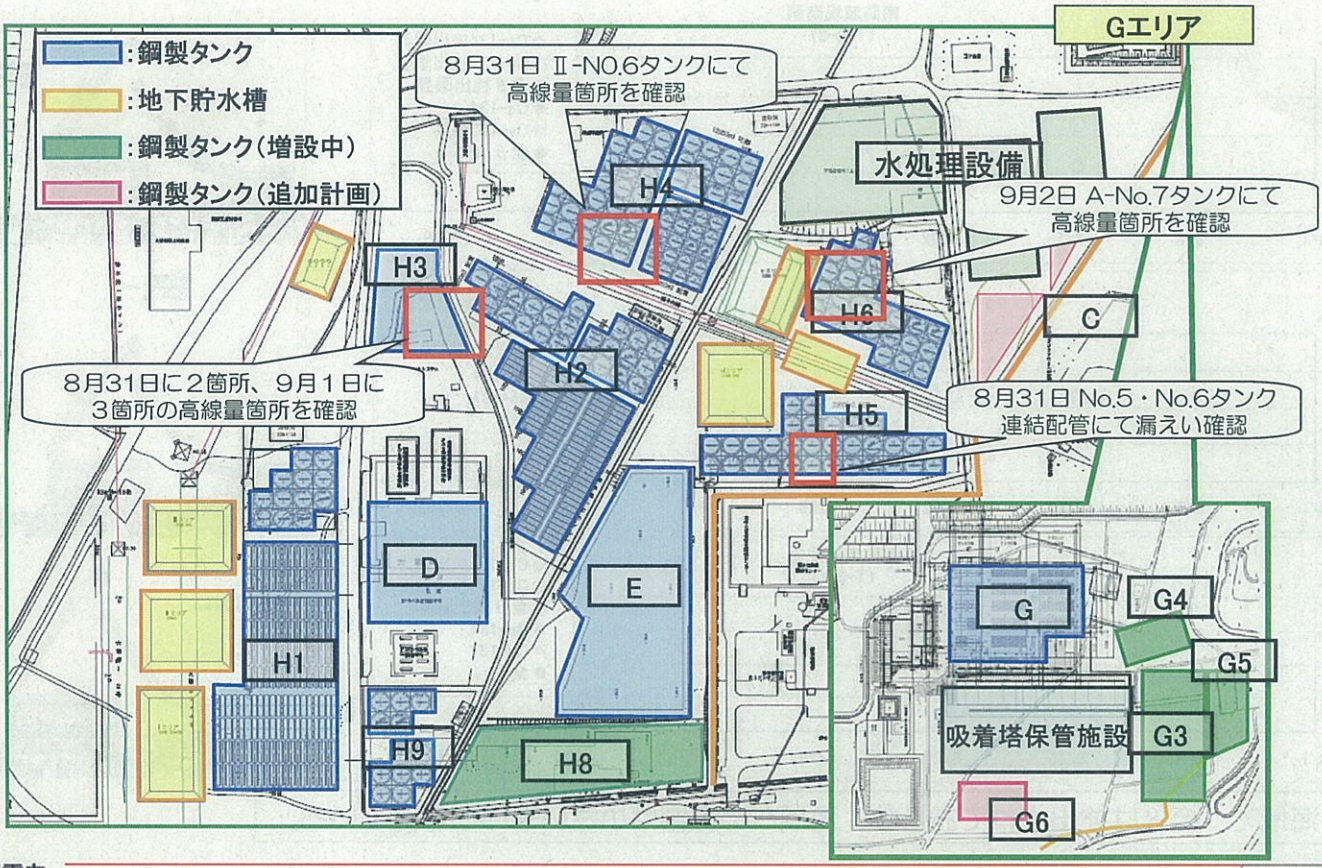


水位測定を目的としたサーモグラフィ写真

無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

1－10. 対策⑥パトロール結果

9月2日時点

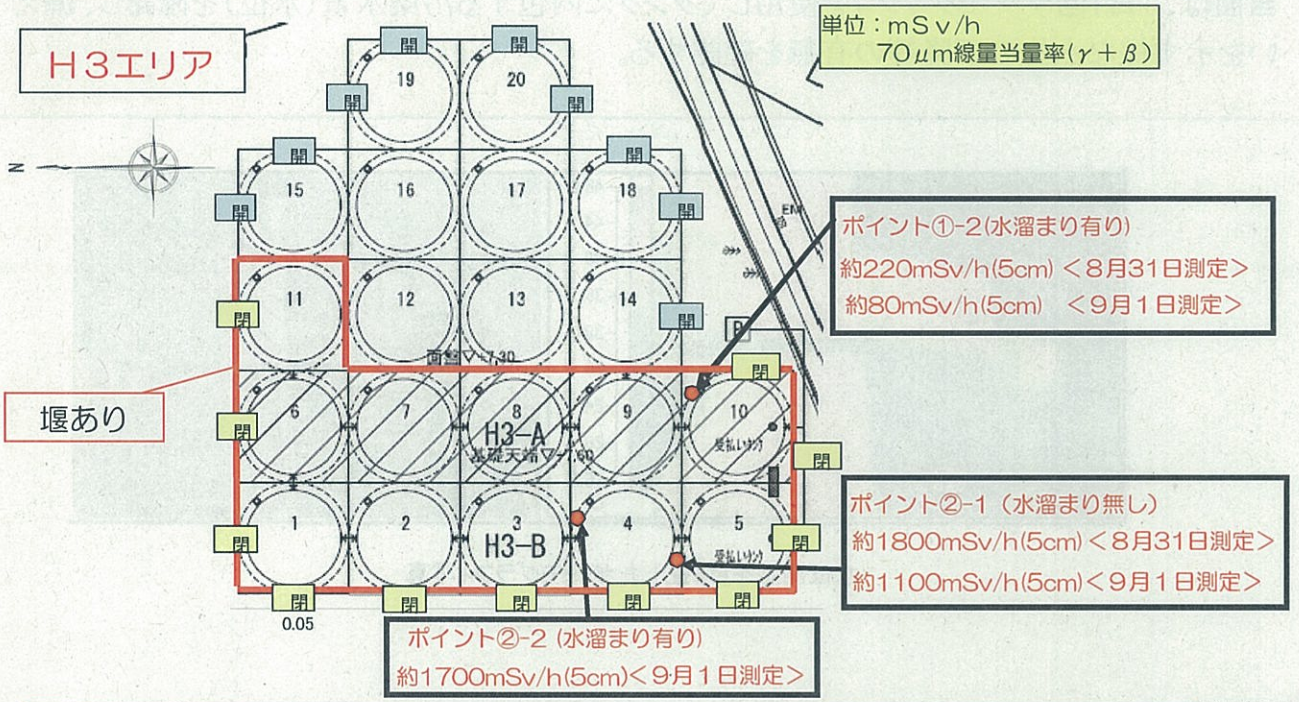


無断複製・転載禁止 東京電力株式会社

1－10. 対策⑥パトロール結果（H3エリアの例）

9月2日時点

・8月31日のパトロールにて高線量（5cmの高さにて約70mSv/h〔70μm線量当量率〕）が測定された、
H4-Ⅱ-No.6タンク→ 9月1日には50cmの高さにて10mSv/h以下であり、高線量箇所確認されず
・H3-B-NO.4タンクにて、9月1日に高線量箇所を1箇所（②－2）追加で発見→50cmの高さにて約60mSv/h
5cmの高さにて約1700mSv/h



無断複製・転載禁止 東京電力株式会社

1－10. 対策⑥パトロール結果（H5エリアの例）

9月2日時点

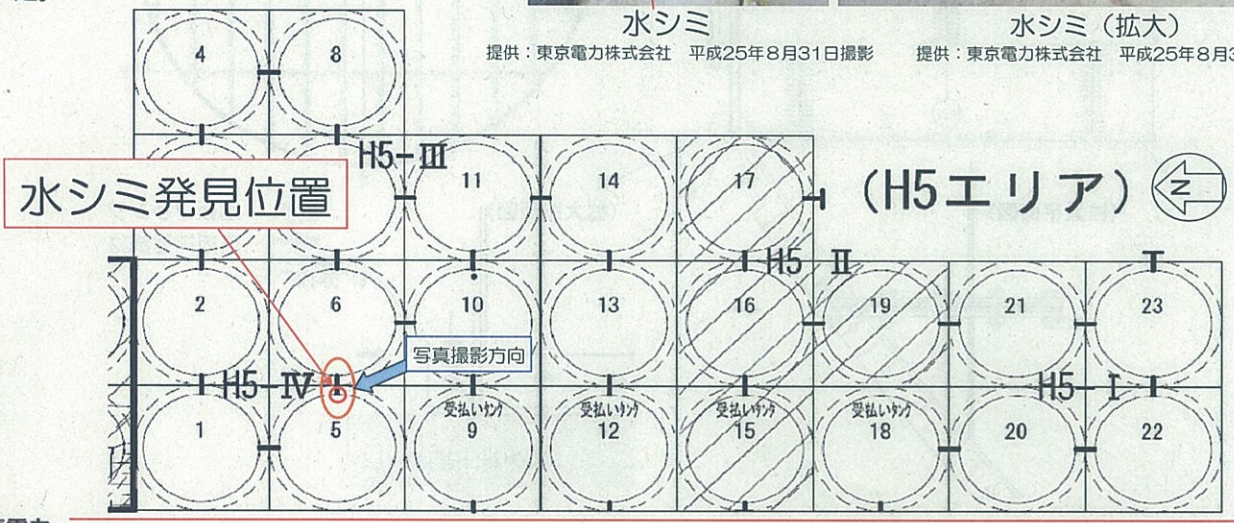
水シミ発見日：平成25年8月31日
場所　：H5-Ⅳ-No.5・No.6タンク連結配管
状況　：H5-Ⅳ-No.5タンク出入り口弁の外側フランジ下の床面に水シミが確認されており、90秒に一滴程度滴下していた（8月31日 午後11時10分頃滴下を確認）。
対応　：フランジの増し締め後、30分間観察し、漏えいが止まったことを確認（9月1日午後2時20分）。当該弁下にドレン受けを設置し、監視を継続する（3日程度）。その後、漏えいのないことを再確認のうえ保温を復旧する予定。



水シミ
提供：東京電力株式会社　平成25年8月31日撮影



水シミ（拡大）
提供：東京電力株式会社　平成25年8月31日撮影



無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

【参考】フランジ型タンク以外のタンク点検について

■横置き防災タンク等のフランジ面点検

＜現状＞
フランジ締結型以外のタンクについては、1日2回のパトロールにて「巡視点検」を行っており、漏えい等の異常の有無をポケット線量計及び必要に応じた電離箱線量計（β線量計）による確認を実施

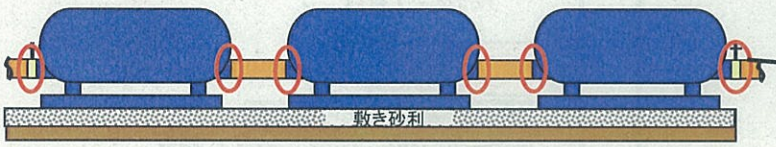


H5-Ⅳ-No.5タンク
出口弁フランジ(8/31)

＜改善案＞
（1）今般のフランジ締結部不具合を受け、設置期間の長いタンクを優先とし、横置き防災タンクフランジ接続部について、電離箱線量計（β線量計）を用い、全数を対象に漏えい確認を速やかに実施することで計画中。

（2）上記確認と並行してフランジ接続部の養生手直し（ビニル、吸水ポリマー交換・清掃、ボルトの点検）を実施予定。

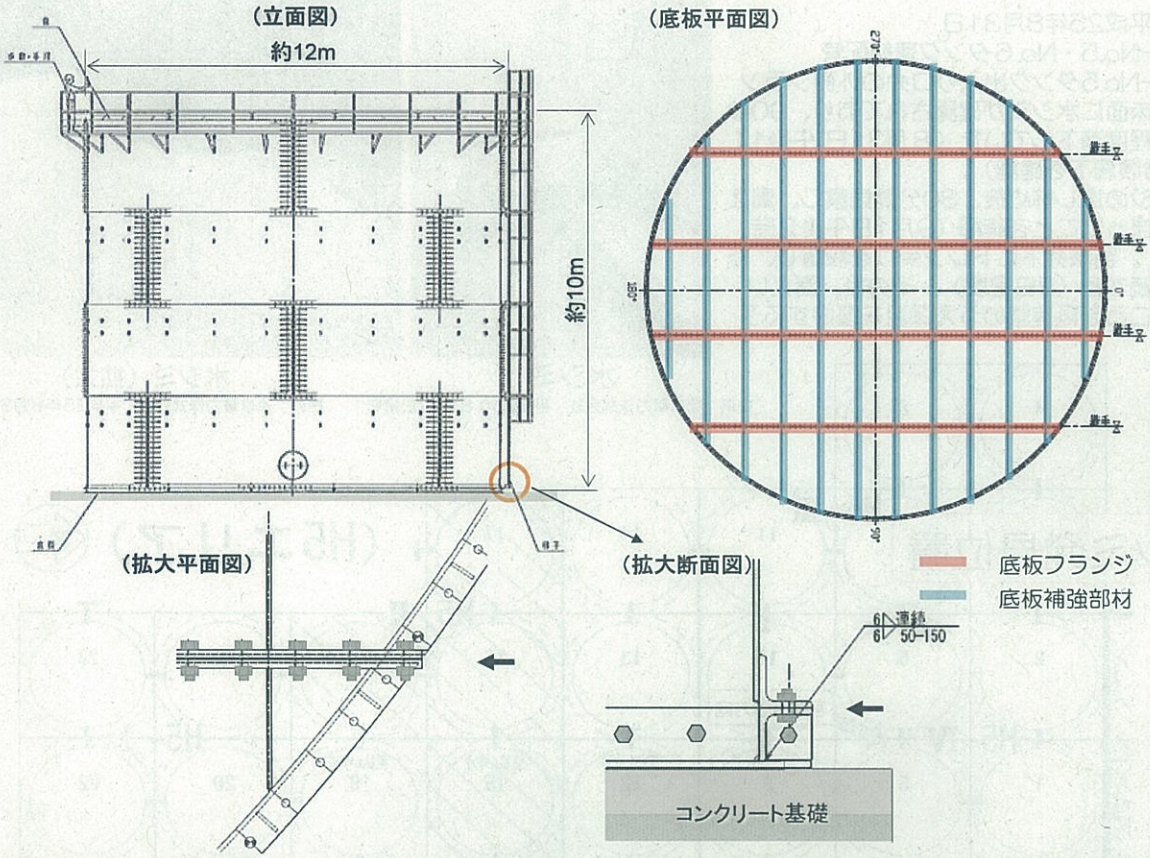
（3）以降、定期的な電離箱線量計（β線量計）による漏えい確認を実施
【1回／月を目途】





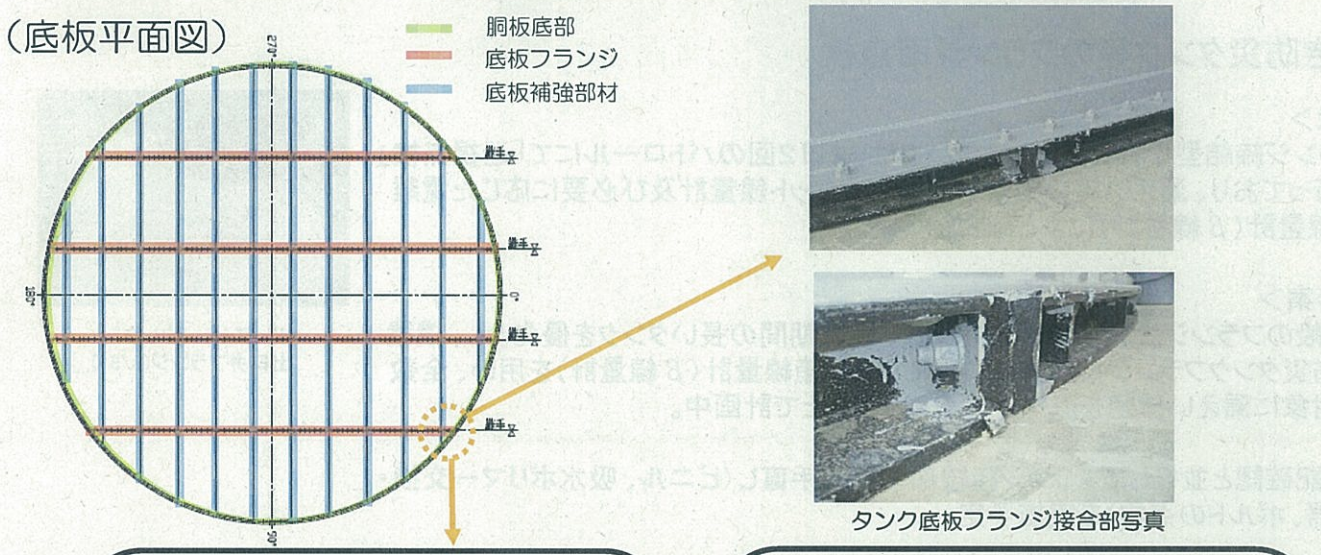
無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

1－11.　フランジ型タンク構造図

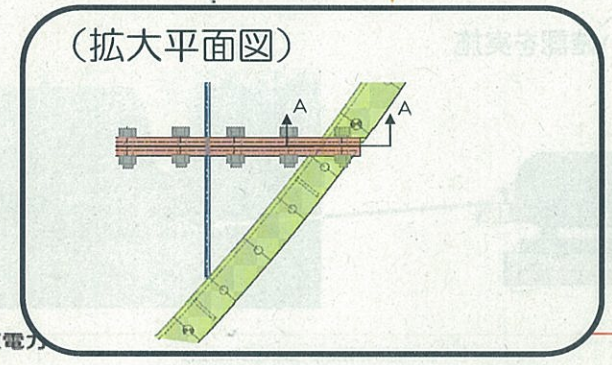


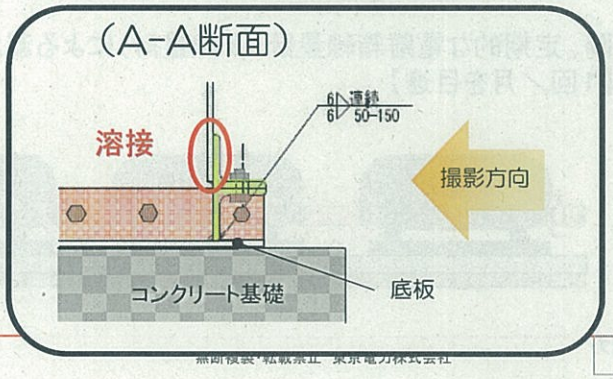
無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

1－11.　フランジ型タンク底板構造図



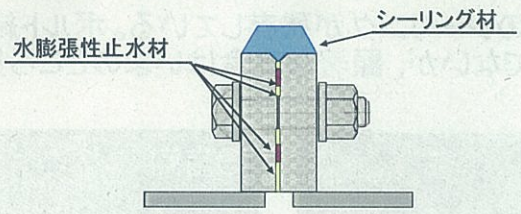
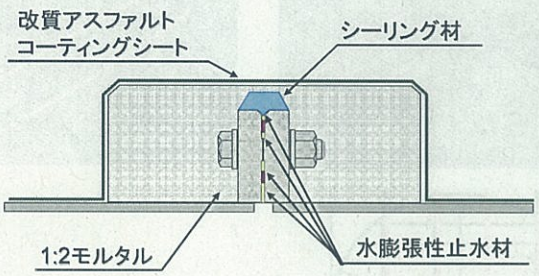
タンク底板フランジ接合部写真





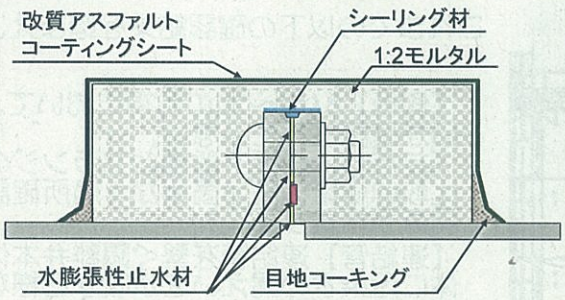
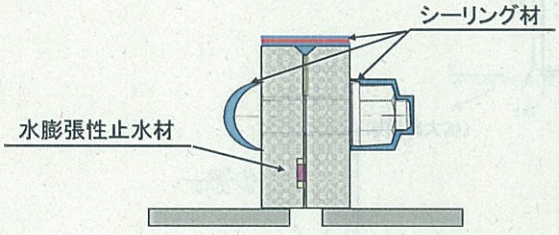
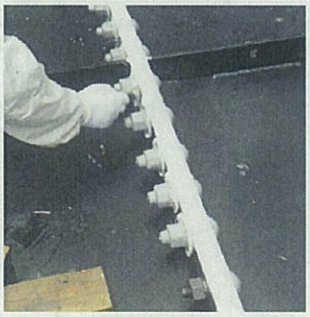
無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

1－11.　底板継手部構造の種類（1／2）

	底板止水構造断面図	施工例
Type-1		
Type-2		

無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

1－11.　底板継手部構造の種類（2／2）

	底板止水構造断面図	施工例
Type-3,4		
Type-5		

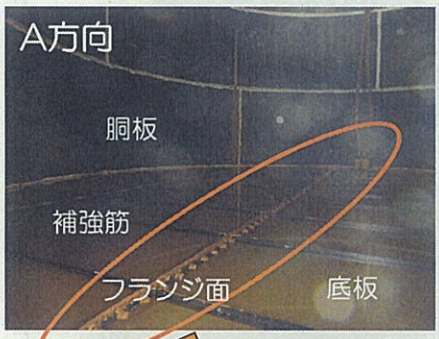
無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

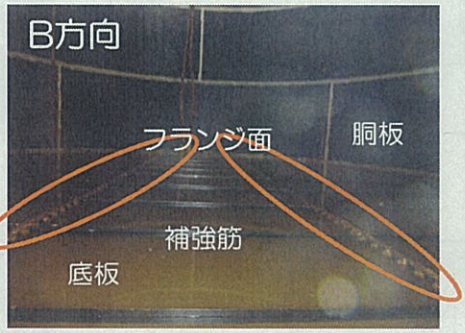
1－12.　カメラによる内部確認

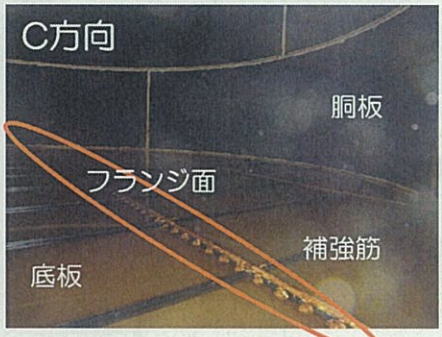
得られた知見

・胴板一般部について，外見上異常なし。接合部にはシーリング材が残存している。

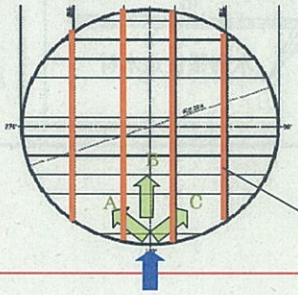
・底板については，残水のため一般部の観察ができていない。フランジ部については，クラッドが若干堆積しているものの，接合部のシーリングが残存している。ボルト締結部は，シーリングとクラッドにより形状がやや明確でないが，顕著な腐食はいまのところ見られていない。









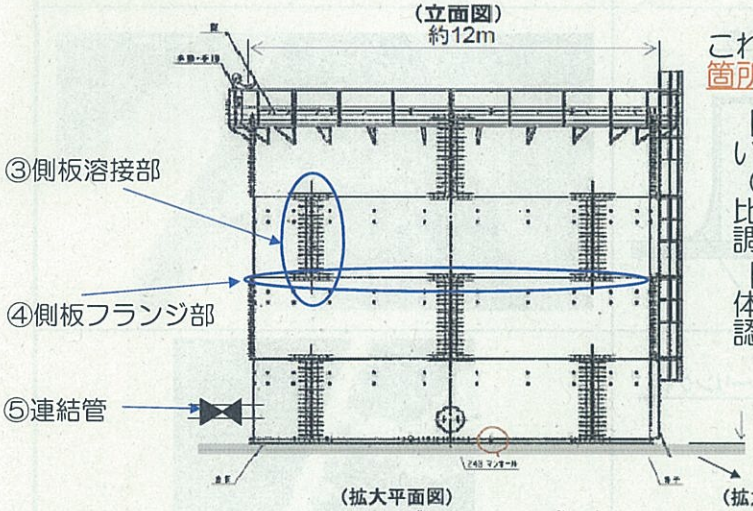


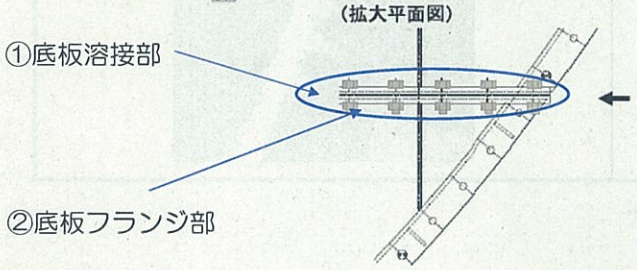
フランジ面（直角に交差しているのは補強筋）

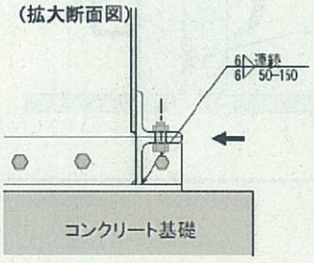
無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

1－13　タンク漏えい箇所の調査

タンク漏えい箇所として、底板（底板溶接部、フランジ部）、側板（側板溶接部、側板フランジ部）、連結管を想定。







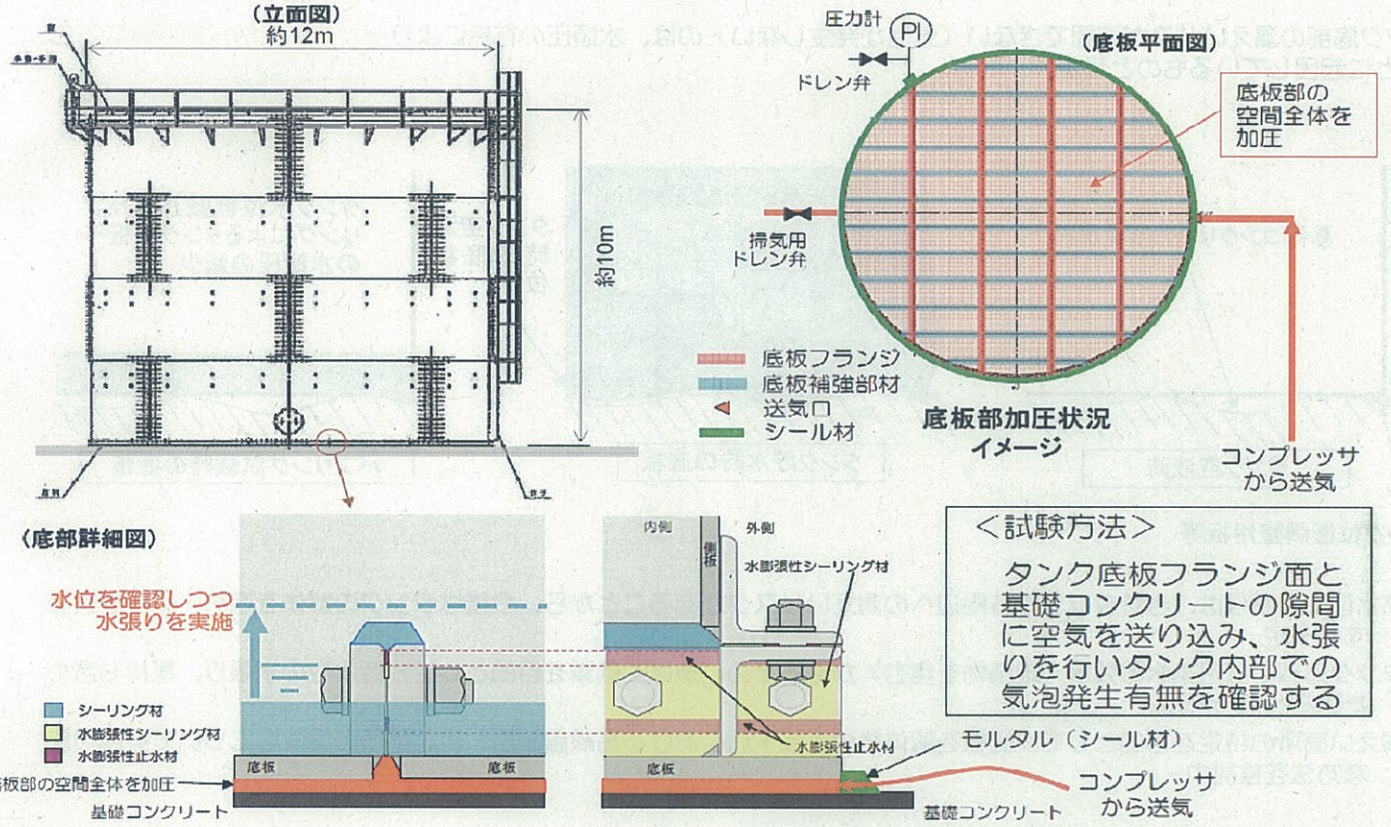
これまでの以下の確認結果を踏まえ、底板の漏えい箇所調査（バブリング試験）を優先的に実施。

【側板】8/19～20の目視において、側板部の漏えいが確認されていない。
（ただし、側板一般部とフランジの溶接部近傍で比較的線量の高い箇所が１箇所確認されたため、調査を継続する。）

【連結管】連結管を繋ぐ隔離弁本体及び連結管自体に汚染水の漏えいを示唆する様な高い線量が確認されていない。

無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

1－13　タンク漏えい原因の調査（バブリング試験）



1－13　タンク漏えい原因の調査（バブリング試験結果）

・8月30日から準備を進めて試験を実施していたが、タンク底板と基礎コンクリートの間から、エアリークが生じたため、試験箇所（底板フランジ面）を加圧することが困難であった。
・このため、加圧ラインの変更（タンク底板と基礎コンクリートの間に直接エアを注入するラインを設置）や、コーキング箇所にモルタルを追加施工する等の方法により、エアリーク量の低減対策等の改善を行い、試験箇所を加圧できるよう施工。

・９／５、漏えいた　　験を実施。　　験実施時間・・・
１２：４５～１４
・試験の結果、気



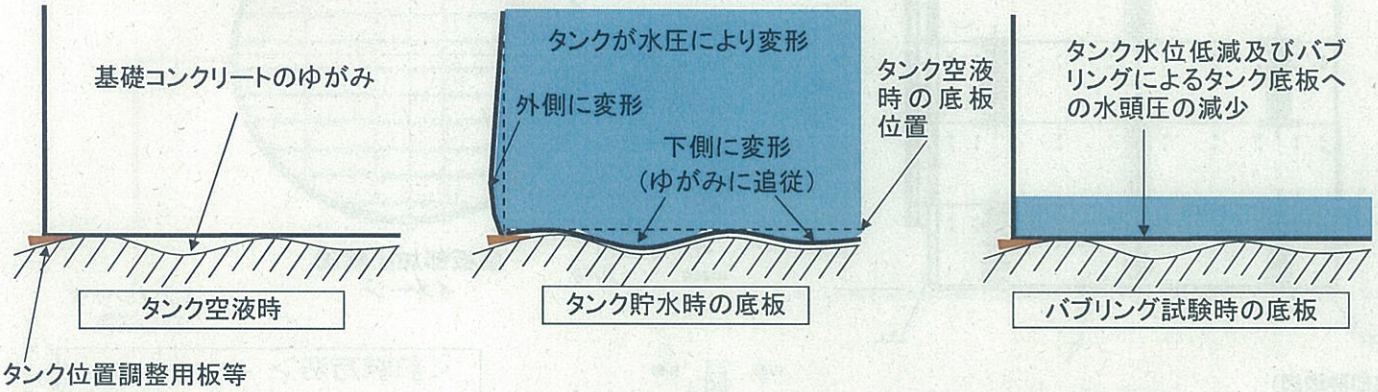
8/30時点



9/5改善後

1－13　バブリング試験結果の考察

タンク底部の漏えいパスが確認できない（気泡が発生しない）のは、水頭圧の有無によりタンクの変形状態が異なることに起因しているものと想定。



高水位の水張りは、当該タンクから周辺への漏えいリスクがあることから、今後はタンクの解体を進め、調査を実施する予定。

タンク底部には汚染水の残水（堆積物を含む）があるため、被ばく低減を目的として、低水位の水張り、攪拌も含めた除染を行う計画。

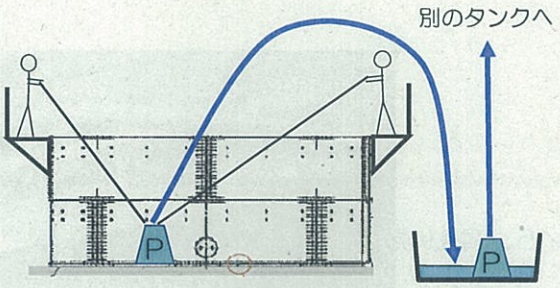
漏えい箇所の特定を目的として、側板を解体後の底板下面における高線量箇所・変色箇所の調査等について実現可能な方法を検討中。

1－14　タンク除染・解体方法

漏えいの起きたNo.5タンクへの重機アクセスのため、先行してNo.10タンクを解体する。

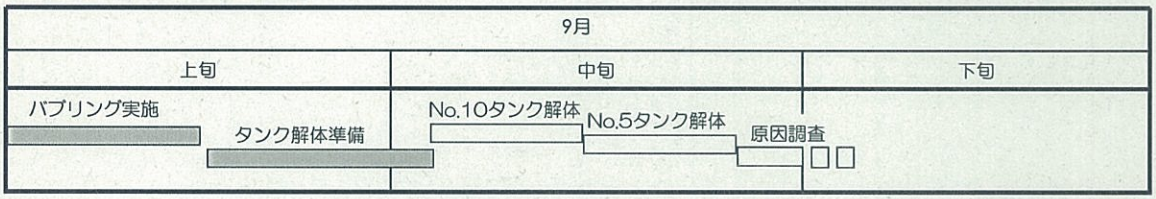
タンク１基分の解体の流れ
準備作業（下部マンホール「閉」、歩廊設置等）
タンク内部ダスト測定（タンク天板取外し可否判断）
タンク天板撤去
４段目側板の除染※（散水＋デッキブラシ）
４段目側板の撤去
３段目側板の除染※、３段目側板の撤去
底板の除染、２段目・１段目側板の除染※
２段目・１段目側板の撤去

※：線量測定結果に応じて必要により実施



底板除染イメージ

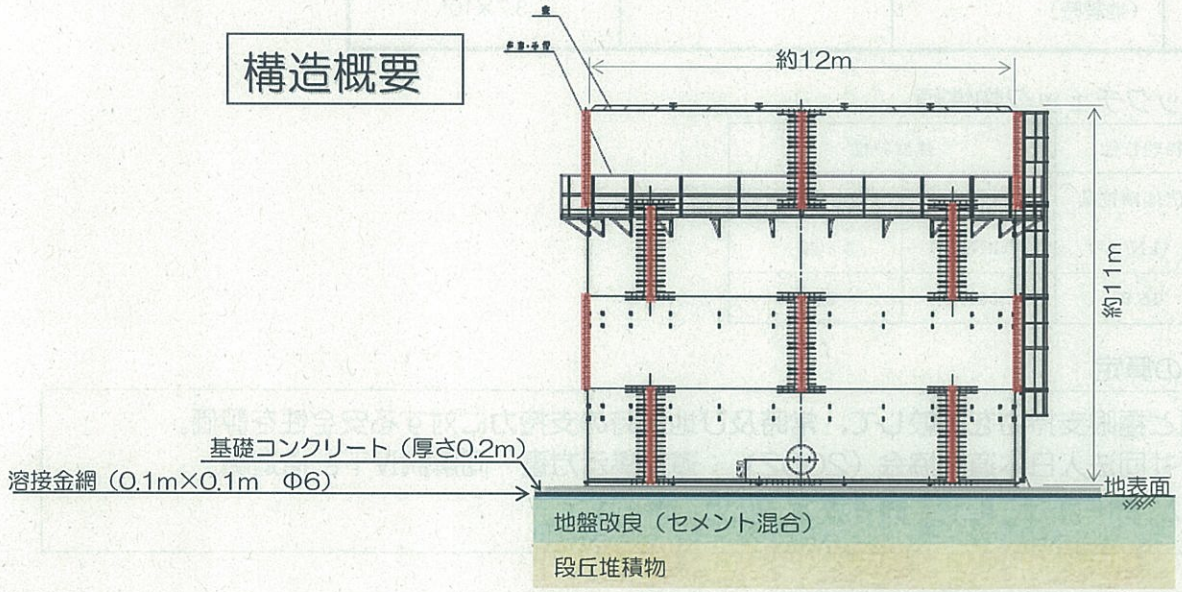
以下のスケジュールで実施を検討



1－15. Hエリア鋼製タンク基礎の健全性確認

Hエリア鋼製タンク基礎の健全性を確認するため、以下を実施。
（1）現地試験・調査結果に基づく支持力評価
（2）現状のタンク傾き測定

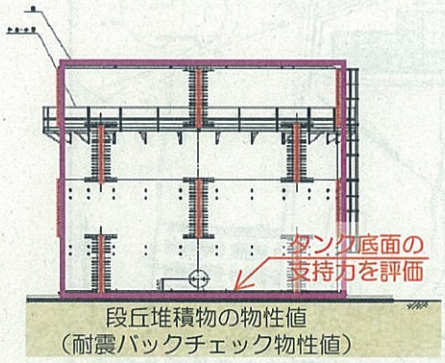
構造概要



1－15　現地試験・調査結果に基づく支持力評価 －評価の概要

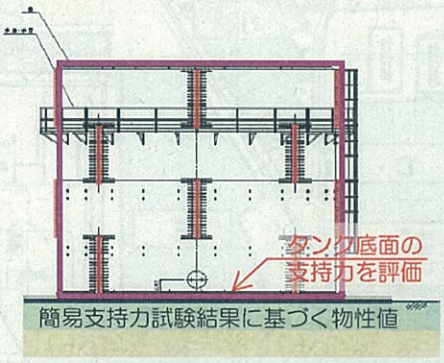
当初設計

- 耐震Bクラス相当（水平震度0.3*）で評価
- 支持層は段丘堆積物とし、タンク底面で支持力評価を実施。



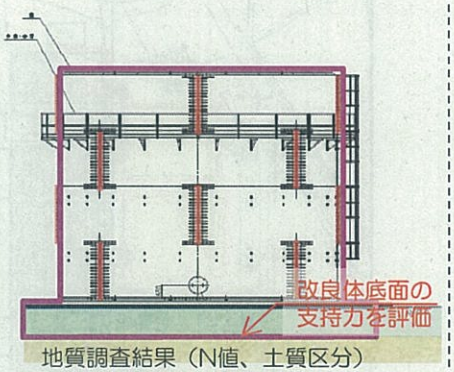
簡易支持力試験結果に基づく評価

- 耐震Bクラス相当（水平震度0.3*）で評価
- 支持層は地盤改良体とし，タンク底面で支持力評価を実施。
- 施工後に実施した簡易支持力試験結果に基づき物性値を設定。



地質調査結果に基づく評価

- 耐震Bクラス相当（水平震度0.3*）で評価
- 支持層は改良体下の地盤とし，改良体底面で支持力評価を実施。
- 施工時に実施した地質調査結果に基づき物性値を設定。



＊基礎の評価におけるBクラス相当の水平深度は，一般構造物の水平震度0.2の1.5倍

1－15　現地試験・調査結果に基づく支持力評価 －当初設計の評価結果

評価結果

項目		鉛直荷重	極限支持力
支持力（kN）	（常時）	1.2×10^4	9.5×10^4
	（地震時）		3.7×10^4

（参考１）耐震バックチェック物性値

	物理特性	強度特性	
地盤分類	単位体積重量 γ_t（kN/m³）	粘着力 C（kN/m²）	内部摩擦角 ϕ（度）
段丘堆積層	15.9	39.0	24.7

（参考２）支持力の算定

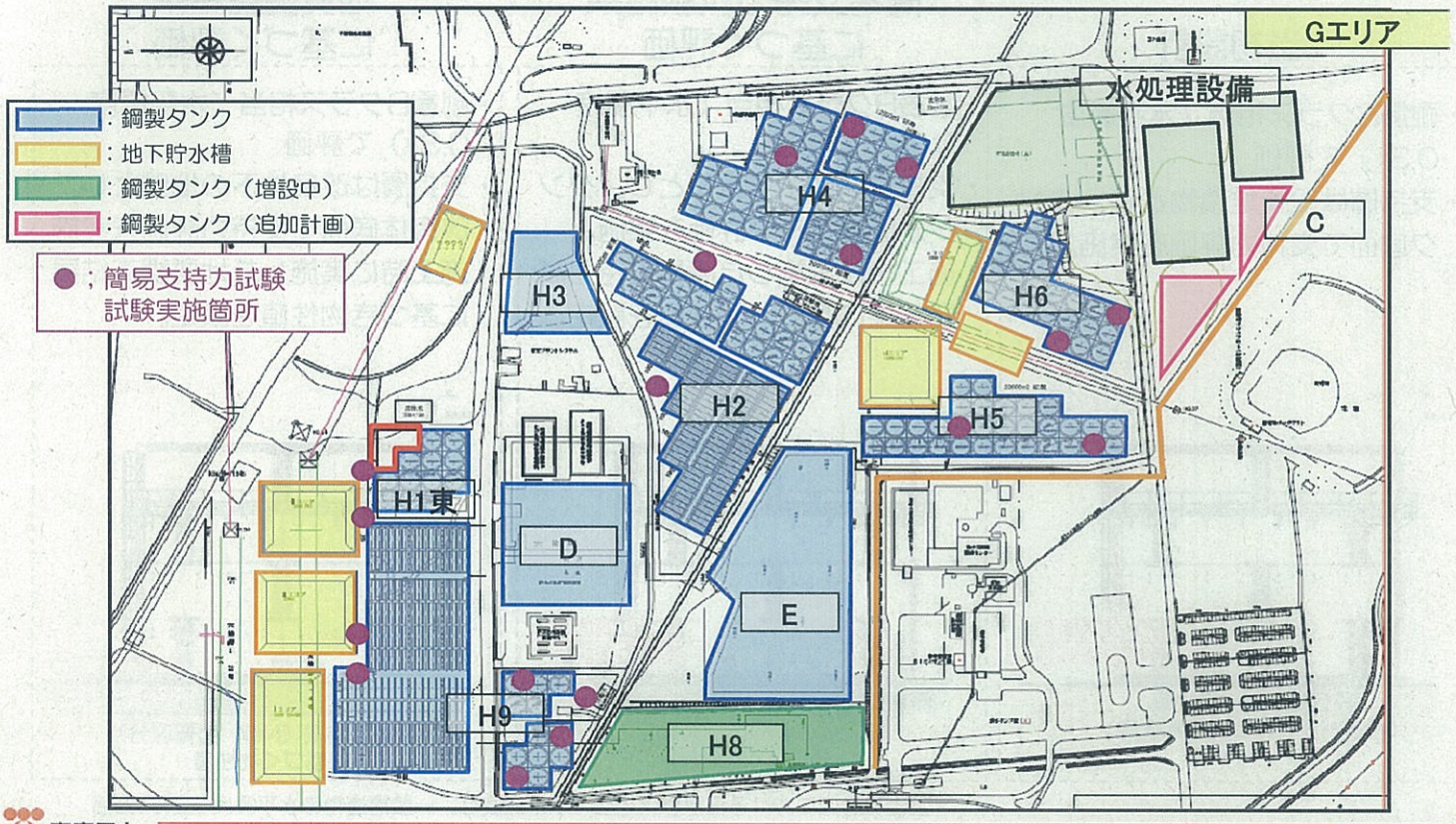
タンクの鉛直荷重と極限支持力を比較して，常時及び地震時の支持力に対する安全性を評価。
支持力算定式は「社団法人日本道路協会（2002）：道路橋示方書・同解説Ⅳ下部構造編」に

$$Q_u=A_e\{\alpha\kappa c\ N_c S_c+\kappa q N_q S_q+\frac{1}{2}\gamma_1\beta B_e N_\gamma S_\gamma\}$$

無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

1－15.　現地試験・調査結果に基づく支持力評価 －簡易支持力試験の概要①

施工後に地盤改良の強度を確認するため、施工エリア毎に簡易支持力試験を実施。

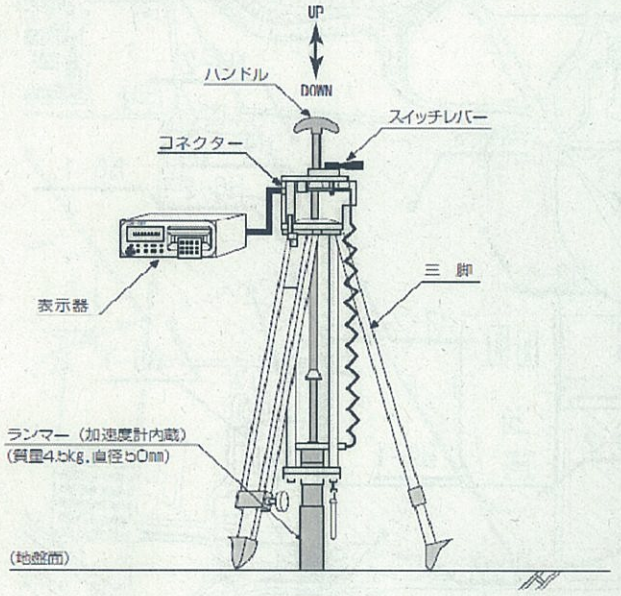


無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

1－15.　現地試験・調査結果に基づく支持力評価 -簡易支持力試験の概要②

簡易支持力測定器（キャスポル）による支持力試験

簡易支持力測定器（キャスポル）
・ランマー（重錘）を一定の高さから地盤に自由落下させたときに生ずる衝撃加速度の最大値と地盤強度特性値と相関させる衝撃加速度法を基本原理とした簡易な測定器。



図－1　キャスポルの構造

近畿地方整備局 近畿技術事務所HPより抜粋
（一部加筆、修正）


簡易支持力試験状況（H6エリア）

無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

1－15.　現地試験・調査結果に基づく支持力評価 -簡易支持力試験結果に基づく評価結果

評価条件

○ 支持層は地盤改良体とし，タンク底面で支持力評価を実施。
　　→　施工後に実施した簡易支持力試験結果に基づき物性値を設定。

評価結果

項目		H1東エリア		H2エリア	
		鉛直荷重	極限支持力	鉛直荷重	極限支持力
支持力（kN）	（常時）	1.2×10^4	5.0×10^4	1.2×10^4	5.1×10^4
	（地震時）		2.5×10^4		2.6×10^4

項目		H4エリア		H5エリア	
		鉛直荷重	極限支持力	鉛直荷重	極限支持力
支持力（kN）	（常時）	1.2×10^4	6.4×10^4	1.2×10^4	10.5×10^4
	（地震時）		3.3×10^4		5.3×10^4

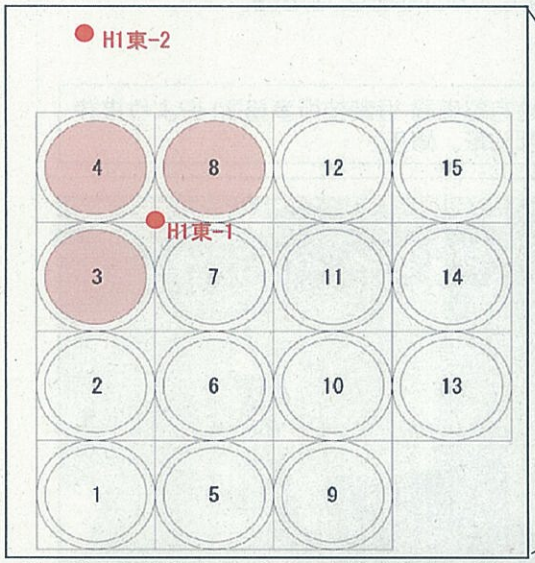
項目		H6エリア		H9エリア	
		鉛直荷重	極限支持力	鉛直荷重	極限支持力
支持力（kN）	（常時）	1.2×10^4	4.9×10^4	1.2×10^4	7.8×10^4
	（地震時）		2.5×10^4		3.9×10^4

現在タンクが据付けられているエリアで所用の支持力を確保していることを確認。

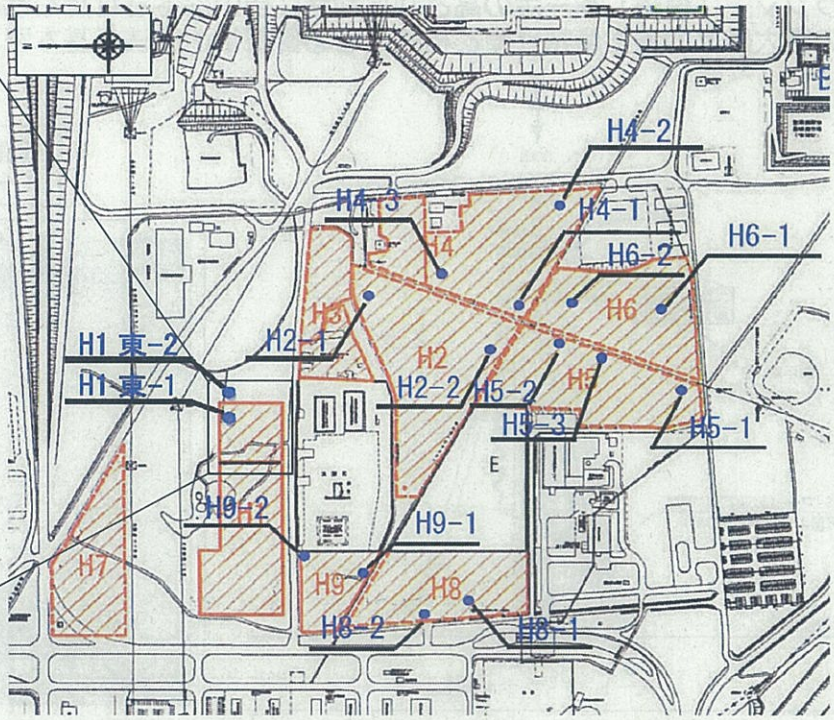
無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

1－15.　現地試験・調査結果に基づく支持力評価 －地質調査の概要

H1東エリアにて段丘堆積物弱部の地盤沈下が確認されたことを受け，施工エリア毎に地質調査を実施。



※　次頁のH1東エリアの支持力評価では「H1東-1」の調査結果に基づき物性値を設定。



無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

1－15.　現地試験・調査結果に基づく支持力評価 －地質調査結果に基づく評価結果①

評価条件

○ 支持層は地盤改良体下の地盤とし，改良体底面で支持力評価を実施。
　　→　施工時に実施した地質調査結果（N値，地質区分）に基づき物性値を設定。

評価結果

項目		H1東エリア		H2エリア	
		鉛直荷重	極限支持力	鉛直荷重	極限支持力
支持力（kN）	（常時）	1.6×10^4	9.5×10^4	1.6×10^4	16.0×10^4
	（地震時）		2.9×10^4		5.1×10^4

項目		H4エリア		H5エリア	
		鉛直荷重	極限支持力	鉛直荷重	極限支持力
支持力（kN）	（常時）	1.6×10^4	13.3×10^4	2.0×10^4	24.5×10^4
	（地震時）		4.1×10^4		8.2×10^4

項目		H6エリア		H9エリア	
		鉛直荷重	極限支持力	鉛直荷重	極限支持力
支持力（kN）	（常時）	2.4×10^4	36.1×10^4	1.6×10^4	4.5×10^4
	（地震時）		10.7×10^4		2.1×10^4

現在タンクが据付けられているエリアで所用の支持力を確保していることを確認。

無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

（参考）地盤改良の概要

地盤改良後または地盤改良中に地質調査を実施（H1東、H2、H4、H9エリア）

○ 改良深さをG.L.-1mに設定し、地盤改良を実施。

地盤改良前に地質調査を実施（H5、H6エリア）

○ 軟らかい粘土・腐植土層を現地で確認し、当該の地層全体の地盤改良を実施。



地盤改良の施工状況（H1東エリア）

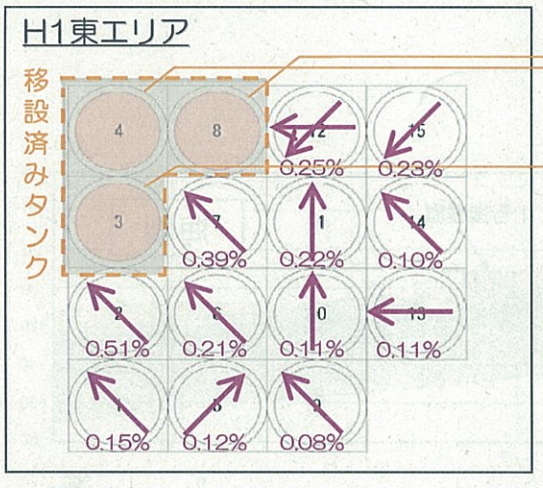


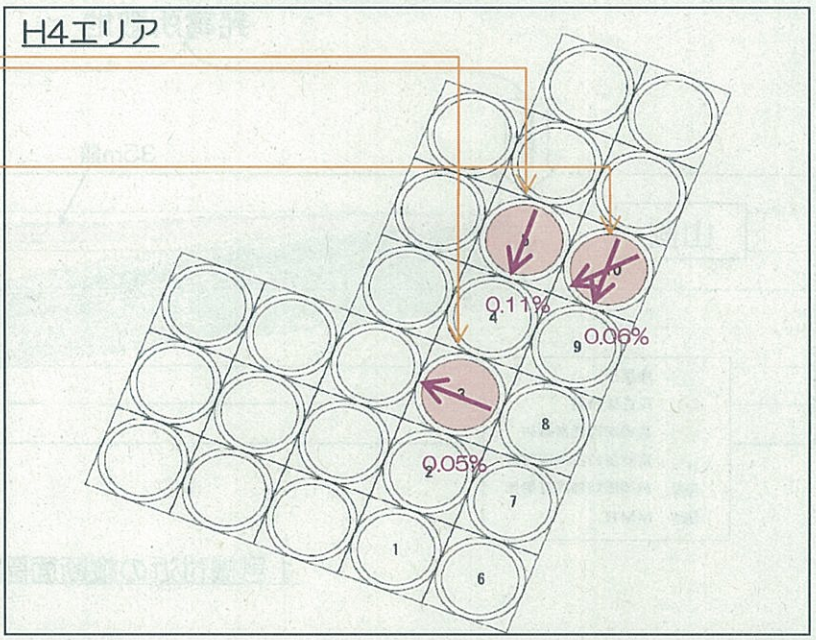
地盤改良の施工状況（H6エリア）

無断複製・転載禁止 東京電力株式会社

1－16. 現状のタンク傾き測定

・運用中の鋼製タンクを対象に現状の傾き測定を，H25.9より開始
・先行してH4エリアNo.3、5、10移設タンクおよびH1東エリアのタンク傾きを測定（H25.9.4～9）
→ タンク傾きは，すべて1%未満であることを確認





←；傾きの方向（先が低い）
○%；傾き（=相対変位/直径）

無断複製・転載禁止 東京電力株式会社

1－17.　設計概要　横置きタンク（120m³）基礎の耐震評価

設計概要

○ 構造安定性；支持力評価、転倒、滑動
○ 耐震性能；Bクラス相当（水平震度0.3）

検討条件

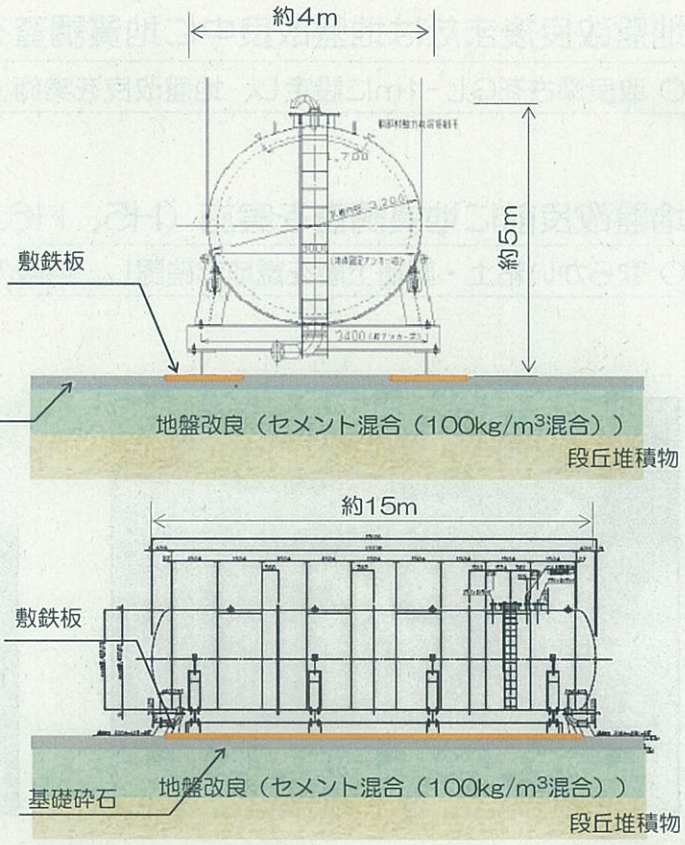
○ 地盤改良範囲については段丘堆積物の物性値を使用。
（耐震バックチェック物性値を流用）
○ タンク底面で評価。

評価結果

項目		鉛直荷重	極限支持力
支持力（kN）	（常時）	7.9×10^2	2.6×10^3
	（地震時）	1.1×10^3	2.6×10^3

（参考）耐震バックチェック物性値

	物理特性	強度特性	
地盤分類	単位体積重量 γ_t（kN/m³）	粘着力 C（kN/m²）	内部摩擦角 ϕ（度）
段丘堆積層	15.9	39.0	24.7

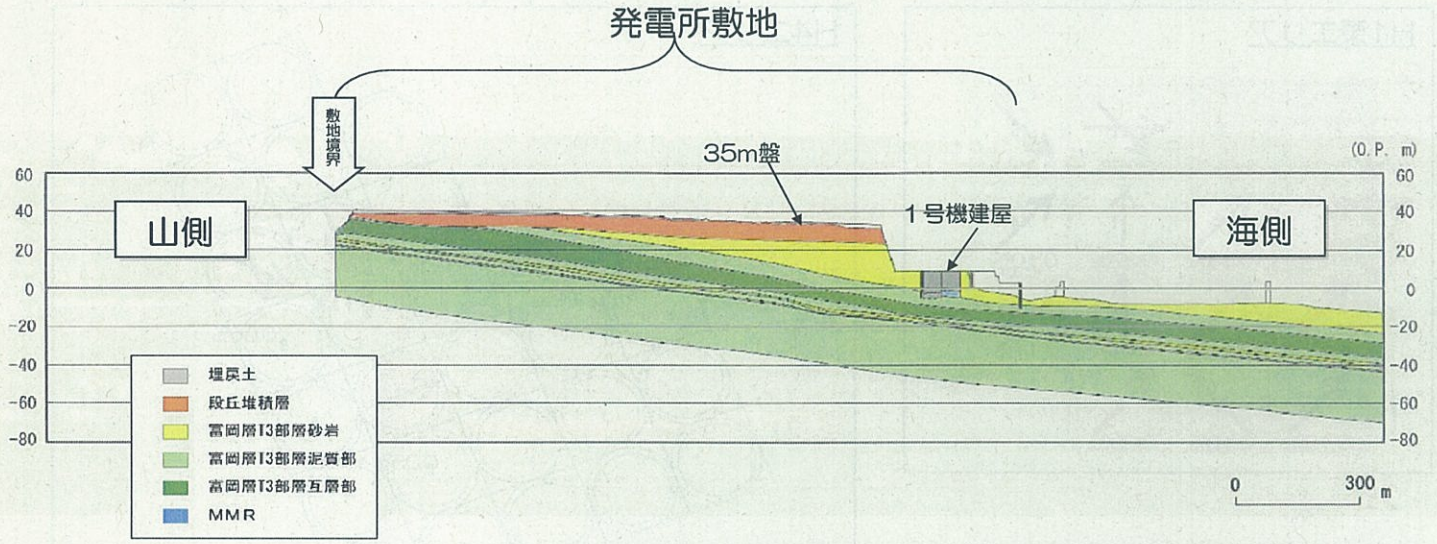


無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

【参考】地下水関連　（中粒砂岩層と互層部の広域分布）

透水層である中粒砂岩層および上位の段丘堆積物は、発電所敷地の35m盤台地より西方には分布せず、その地下水の供給源は、敷地内への降雨が主であると想定される。

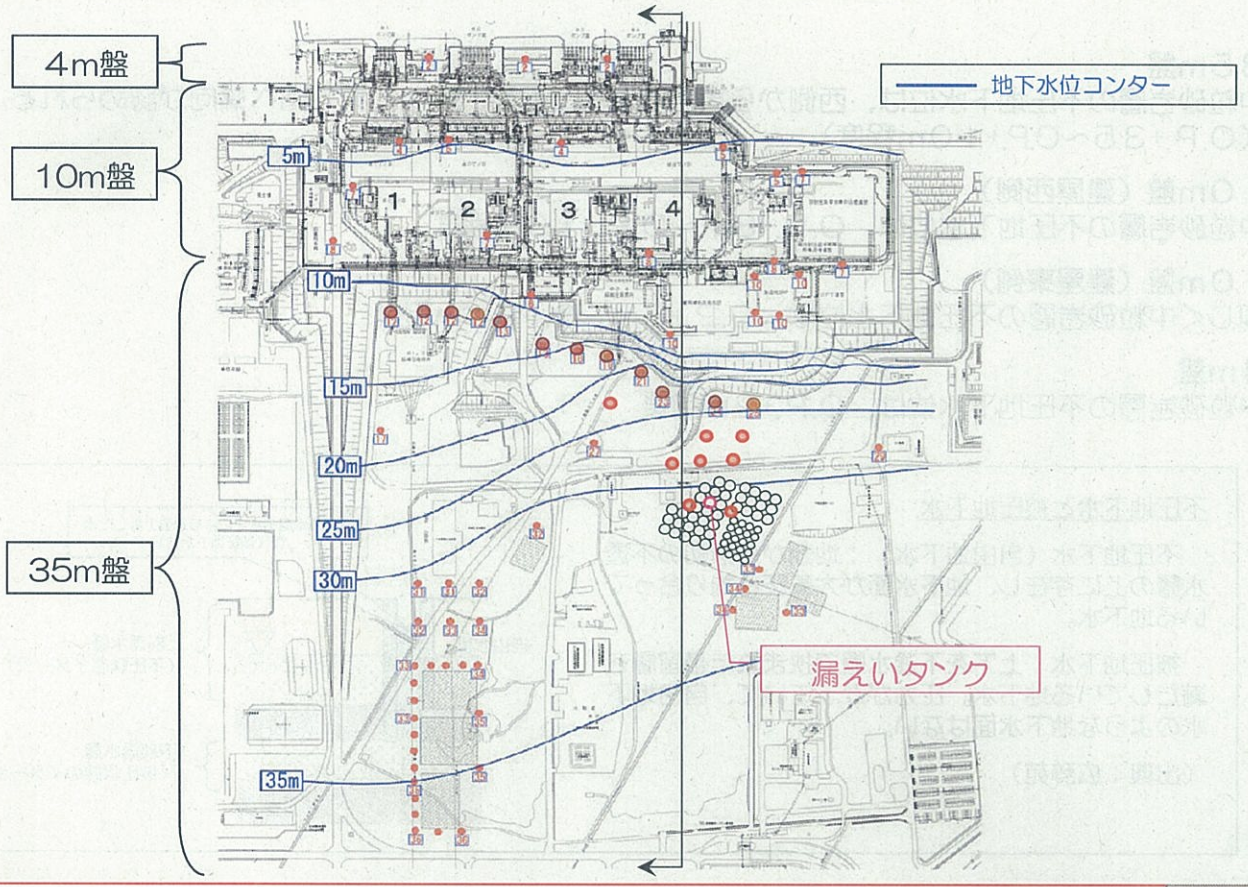
下部の透水層である互層部は、敷地西方で地表に露出しており、その付近が互層部の地下水供給源と想定される。



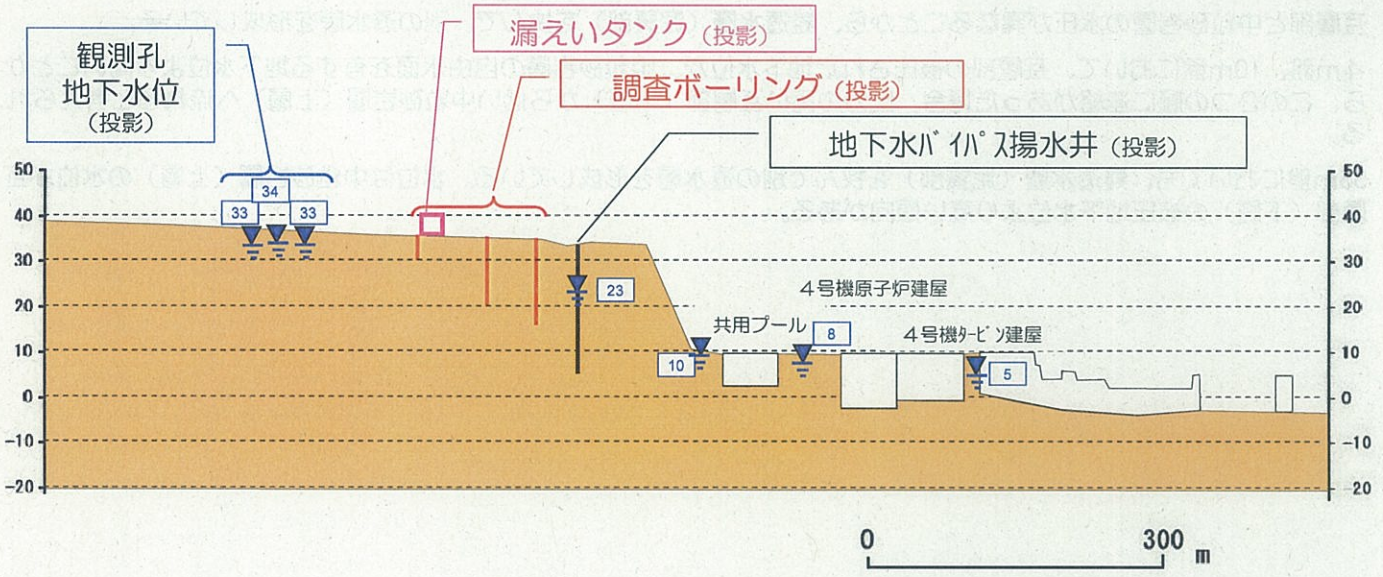
1号機付近の縦断面図

無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

【参考】不圧地下水分布平面図（断面図は次頁）



【参考】 不圧地下水位断面図



【参考】（不圧地下水位のまとめ）

■３５m盤
・中粒砂岩層の不圧地下水位は、西側から東側へ流れており、やや北東方向へ偏向が認められる。
（O.P.+３５～O.P.+１０m程度）

■１０m盤（建屋西側）
・中粒砂岩層の不圧地下水位は、O.P.+８m～O.P.+１０m程度

■１０m盤（建屋東側）
・同じく中粒砂岩層の不圧地下水位は、O.P.+３m～O.P.+４m程度

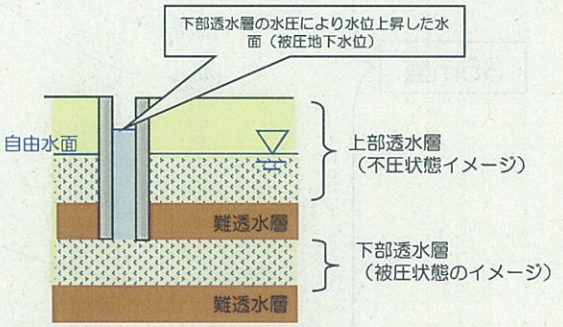
■４m盤
・中粒砂岩層の不圧地下水位は、O.P.+２m前後

不圧地下水と被圧地下水

不圧地下水（自由地下水）；地表から最初の不透水層の上に存在し、地下水面が大気圧と釣り合っている地下水。

被圧地下水；上下を不透水層で挟まれた帯留層を満たしている地下水。圧力がかかっていて、自由地下水のような地下水面はない。

（出典；広辞苑）



無断複製・転載禁止 東京電力株式会社

【参考】 建屋周辺の被圧地下水位と不圧地下水位の比較

互層部と中粒砂岩層の水圧が異なることから、難透水層（泥質部）を挟んで、別の透水層を形成している。

４m盤、10m盤において、互層部の被圧された地下水位が、中粒砂岩層の自由水面を有する地下水位より高いことから、この２つの層に連絡があった場合、圧力の高い互層部（下層）から低い中粒砂岩層（上層）へ流れると考えられる。

35m盤においても、難透水層（泥質部）を挟んで別の透水層を形成している。水位は中粒砂岩層（上層）の水位が互層部（下層）の被圧地下水位より高い傾向がある。

無断複製・転載禁止 東京電力株式会社

【参考】 三次元浸透流解析モデル（解析モデルの修正履歴）

現状モデル

初期モデル

・海側遮水壁の設計検討（平成23年8～9月頃）のために中長期対策会議地下水サブチームにて作成した解析モデルを構築

モデル１

・海側遮水壁の鋼管矢板の根入れ長を確定するためのボーリング調査から得られた地層情報を反映

修正モデル

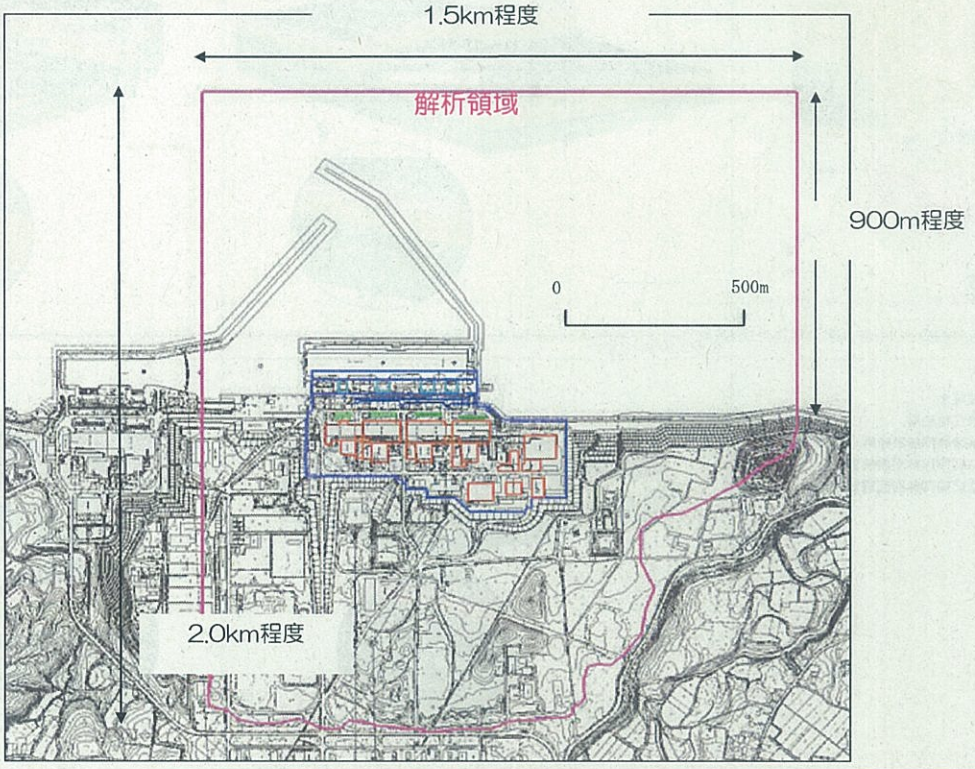
修正モデル

・これまでの調査・検討で新たに得られたデータ、汚染水処理対策委員会委員の指摘等を反映した解析モデル

無断複製・転載禁止 東京電力株式会社

【参考】三次元浸透流解析モデル （解析領域）

解析領域は尾根筋等を考慮し、１号機～４機号建屋周辺を中心に南北1.5km程度、東西に２km程度

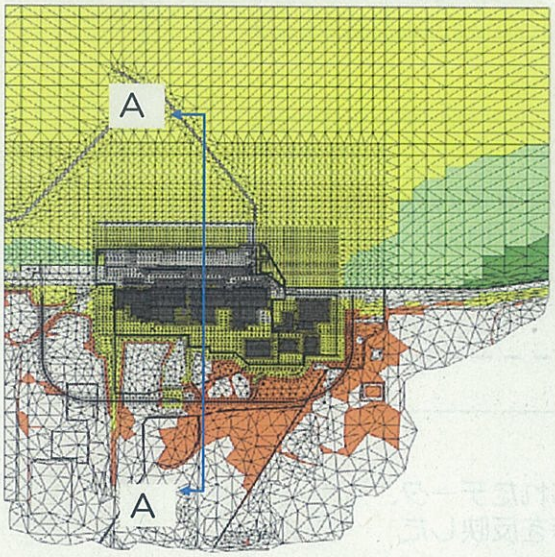


無断複製・転載禁止 東京電力株式会社

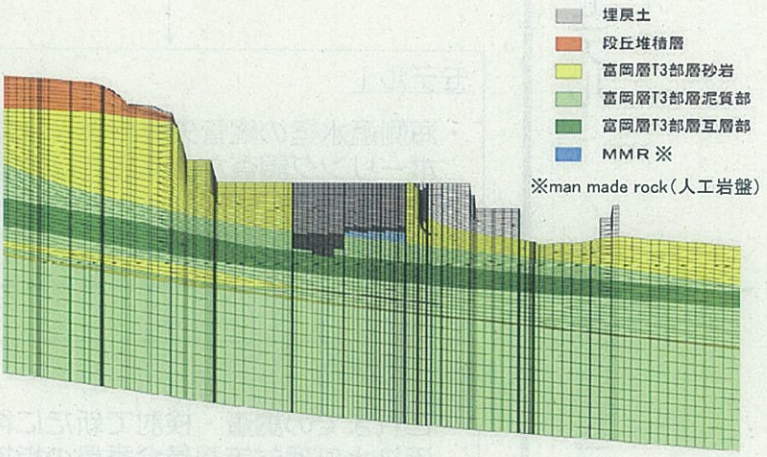
【参考】 三次元浸透流解析モデル （解析メッシュ）

現状・修正モデル

解析領域の下端は、下部の泥質部（富岡層T３層）の下端までをモデル化する



解析メッシュ（全体平面）

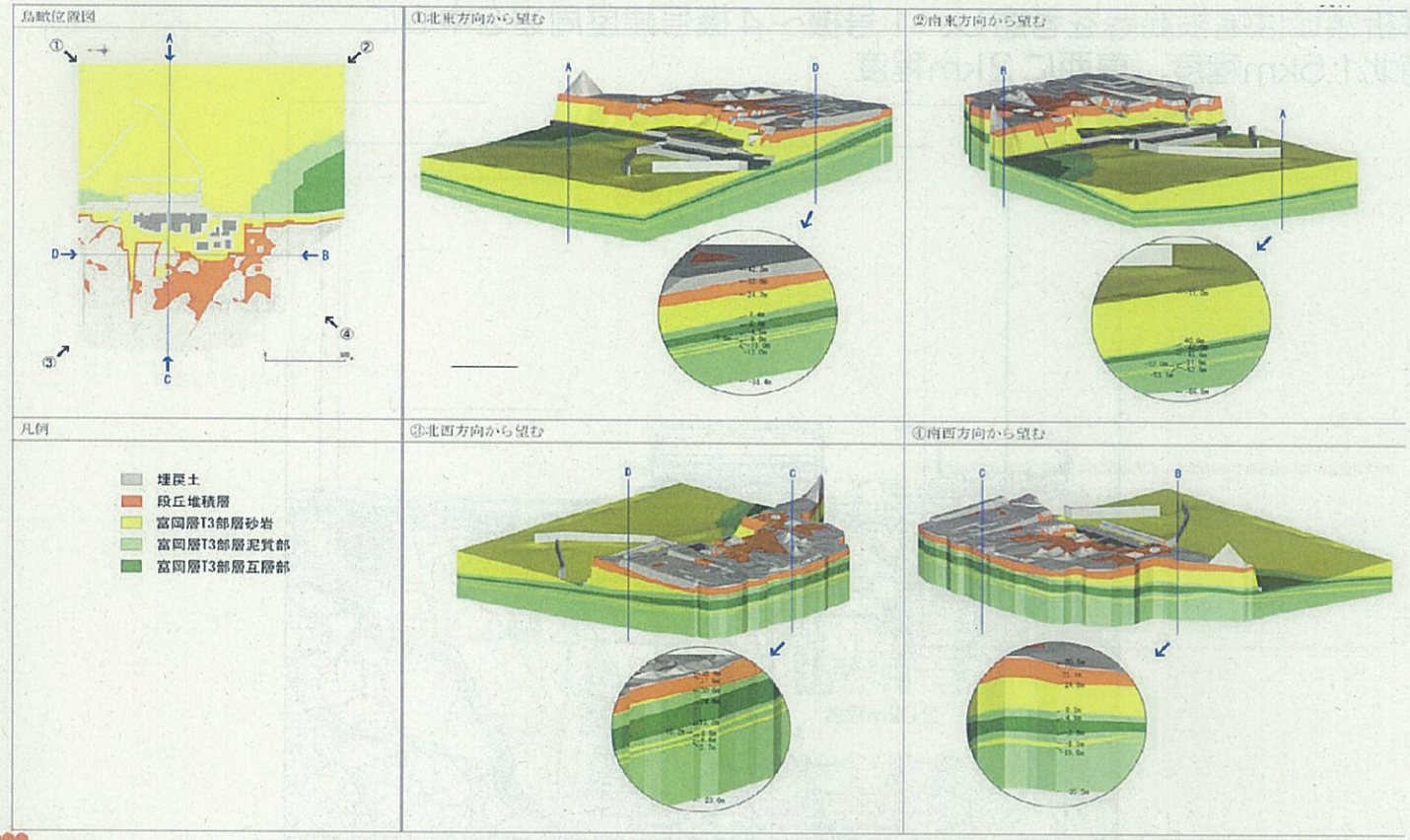


解析用メッシュ（A-A断面図）

無断複製・転載禁止 東京電力株式会社

【参考】 三次元浸透流解析モデル（解析モデル鳥瞰図）

現状・修正モデル



無断複製・転載禁止 東京電力株式会社

【参考】 三次元浸透流解析モデル （解析物性値）

現状・修正モデル

既往の物理試験結果および山側ボーリング調査結果等を元に設定

地層区分		透水係数(cm/sec)		間隙率	備考
地層名	記号	水平	鉛直		
盛土	bk	2.8E−03	2.8E−03	0.46	−
段丘堆積物	tm	3.0E−03	3.0E−03	0.41	中粒砂岩と同じ値で設定
中粒砂岩	ss	3.0E−03	3.0E−03	0.41	−
泥岩	m1	1.1E−06	1.1E−06	0.54	−
互層	al	1.0E−03	1.1E−06	0.41	異方性を考慮
泥岩	m2	1.1E−06	1.1E−06	0.54	−
細粒砂岩	fs	2.3E−03	2.3E−03	0.41	−
泥岩	m3	1.1E−06	1.1E−06	0.54	−
粗粒砂岩	cs	2.0E−03	2.0E−03	0.41	−
泥岩	m4	1.1E−06	1.1E−06	0.54	−
人工岩	MMR	1.0E−05	1.0E−05	0.30	建屋への流入量（400m3/日）を再現できるよう、建屋コンクリートの透水係数を1.0E−05cm/secとする
ピット	−	1.0E−05	1.0E−05	0.30	
建屋内	−	1.0E−05	1.0E−05	0.30	
建屋の壁	−	1.0E−05	1.0E−05	0.30	
建屋の床	−	1.0E−05	1.0E−05	0.30	
既設矢板	−	1.0E−04	1.0E−04	0.30	地震による影響を考慮し、透水係数1.0E−04cm/secとする

段丘堆積層は、砂岩と同じ物性値を採用

無断複製・転載禁止 東京電力株式会社

【参考】 三次元浸透流解析モデル （降雨及び境界条件）

現状モデル

項 目		設定条件	備 考
降雨条件	年間平均降雨量	1,545mm/年	気象庁データ （福島県富岡：30年平均）
	降雨浸透率	30%	−
境界条件	水位固定境界（海側）	O.P.+1.6m	平均潮位O.P.+0.9 ＋平均沈下量分（0.7m）
	水位固定境界（山側）	O.P.+20.7	建屋サブドレン水位・揚水量に基づく解析により設定
	モデル北側・南側境界	不透水層	−
	モデル底部境界	不透水層	富岡層T3部層下面

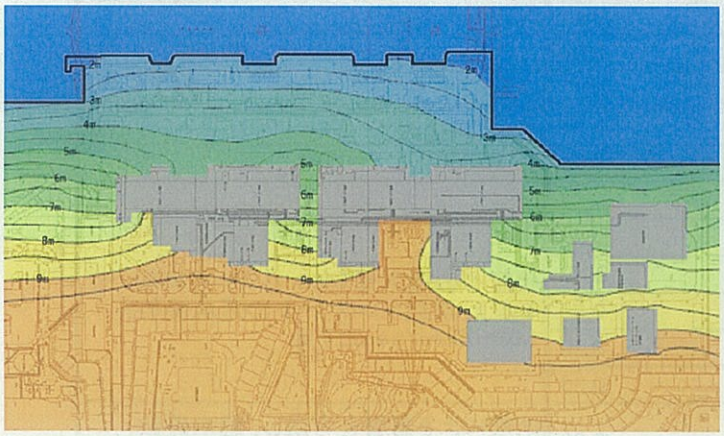
無断複製・転載禁止 東京電力株式会社

【参考】 三次元浸透流解析モデル （再現性の確認　地下水位分布）

現状モデル

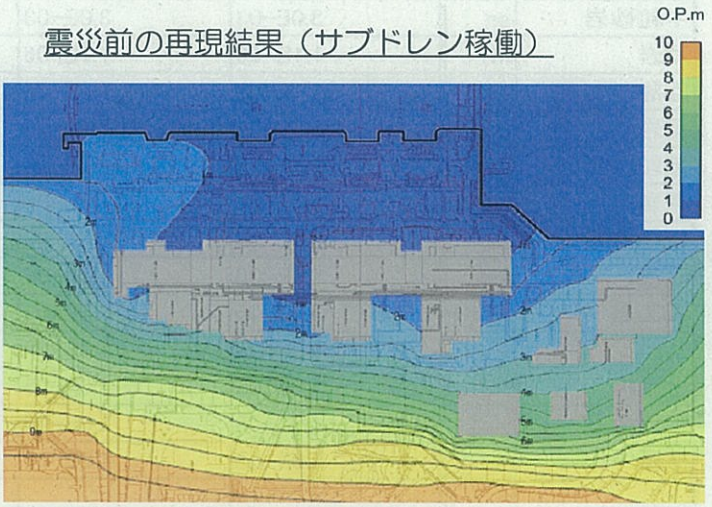
■検討目的
・解析モデルの再現性を確認するため、地下水位（震災後）とサブドレン揚水量（震災前）について、実測値と解析値を比較した。
■検討ケース
・震災後の再現結果（①）、サブドレン（⑤）

震災後の再現結果（サブドレン停止）



図：ケース①【初期モデル】

震災前の再現結果（サブドレン稼働）



図：ケース⑤【初期モデル】

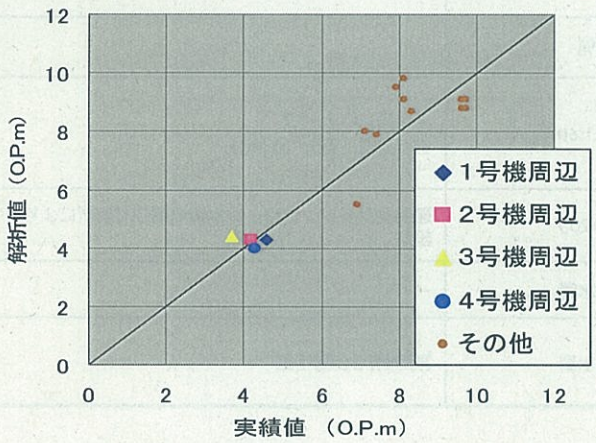
無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

【参考】 三次元浸透流解析モデル （再現性の確認　結果）

現状モデル

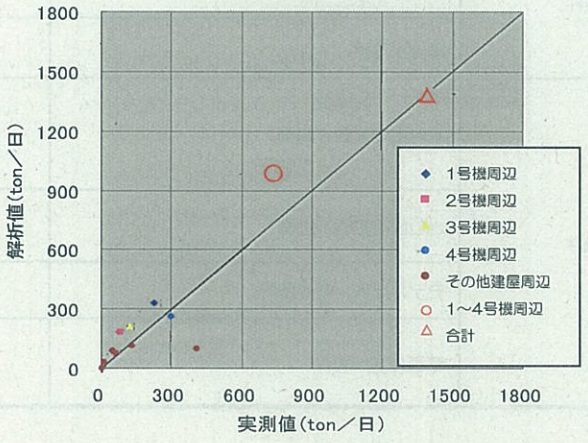
■実測値と解析値の比較

地下水位（震災後）と解析値の比較



観測日（2011.5.12、2011.7.16）

サブドレン揚水量（震災前）と解析値の比較



観測期間（2008.3～2011.2）

地下水位と揚水量の実測値と解析値の比較をした結果、近似した値をとることから（45度の直線に近い）建屋廻りの地下水位および揚水量を概ね再現できている

無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

【参考】 検討ケースと実施状況

現状・修正モデル

1～4号機建屋周り全体の水理地質構造を対象とした検討ケース

検討ケース	検討の概要	実施状況	
		現状モデル	修正モデル
①震災後の地下水位の再現	・震災後の建屋周り地下水位を再現し解析モデルの再現性を評価	実施済	実施済
②陸側遮水壁	・陸側遮水壁による建屋周辺地下水位低下量の評価	実施済	–
③海側遮水壁	・海側遮水壁設置による集水量の評価	実施済	–
④地下水バイパス	・フル稼働時の建屋周辺地下水位低下、揚水量の評価 ・段階的稼働時の建屋周辺地下水位低下、揚水量の評価 ・稼働後の建屋周辺水位低下、揚水量の時間遅れ評価の非定常解析	実施済	–
⑤サブドレン（既往）	・フル稼働時の建屋周辺地下水位低下、揚水量の評価	実施済	–
⑥地下水バイパス＋サブドレン	・地下水バイパス、サブドレンフル稼働時の建屋周辺地下水位低下、揚水量の評価	実施済	–
⑦地下水バイパス＋海側遮水壁	・地下水バイパス稼働時、海側遮水壁設置による建屋周辺地下水位低下、揚水・集水量の評価	実施済	準備中（9月上旬目途）
⑧地下水バイパス＋サブドレン＋海側遮水壁	・地下水バイパス、サブドレンフル稼働、海側遮水壁設置時の建屋周辺地下水位低下、揚水・集水量の評価	実施済	準備中（9月上旬目途）
	・地下水バイパス、山側のみサブドレンフル稼働、海側遮水壁設置時の建屋周辺地下水位低下、揚水・集水量の評価	–	準備中（9月上旬目途）
⑨護岸背面の地盤改良	・護岸背面の地盤改良の陸側に設置するポンプでの揚水量の予測	実施済	–
⑩凍土式陸側遮水壁	・遮水壁設置時の地下水位の評価 ・地下水位低下速度、リチャージによる水位上昇の評価	–	準備中（9月上旬目途）
⑪陸側遮水壁＋地下水バイパス＋サブドレン＋海側遮水壁	・凍土式遮水壁の検討結果を踏まえ、各対策工による地下水位、揚水・集水量の評価	–	準備中（9月中旬目途）

個別エリアの水理地質構造を対象とした検討ケース

検討ケース	検討の概要	実施状況
⑫地下貯水槽	・地下貯水槽～海域の一次元核種移流拡散解析による核種の海域への到達時間の評価 ・地下貯水槽近傍の核種拡散範囲の評価	実施済
⑬4m盤核種移流解析	・三次元地下水流動解析および核種移流拡散解析による4m盤1-2号機SP室間における核種移流の推定	実施中 （8月末目途）

無断複製・転載禁止 東京電力株式会社

【参考】 解析結果のまとめ

現状モデル

ケース		検討条件	解析モデル	揚水量(m3/日)				建屋内への流入量(m3/日)	海域への流出量(m3/日)
				1～4号機サブドレン揚水量	地下水バイパス揚水量	海側遮水壁集水量	合計		
①	震災後の再現	–	初期モデル	–	–	–	0	–	–
②	陸側遮水壁	・海側遮水壁；内側水位を平均潮位−0.5mに固定 ・サブドレン；フル稼働	初期モデル	660	–	60	720	–	–
③	海側遮水壁	・海側遮水壁；内側水位を平均潮位−0.5mに固定 ・サブドレン；フル稼働	初期モデル	0	–	570	570	–	–
④	地下水バイパス	・地下水バイパス；フル稼働 ・サブドレン；フル稼働	モデル1	–	920	–	920	–	–
⑤	サブドレン	・サブドレン；フル稼働	初期モデル	990	–	–	990	–	–
⑥	地下水バイパス＋サブドレン	・地下水バイパス；フル稼働 ・サブドレン；フル稼働時	モデル1	1140	490	–	1630	–	–
⑦	地下水バイパス＋海側遮水壁	・地下水バイパス ・海側遮水壁；内側水位を平均潮位−0.5mに固定	モデル1	0	910	440	1350	–	–
⑧	地下水バイパス＋サブドレン＋海側遮水壁	・地下水バイパス；フル稼働 ・サブドレン；フル稼働 ・海側遮水壁；内側水位を平均潮位−0.5mに固定	モデル1	1140	410	80	1630	–	–
		・地下水バイパス；中間水位（O.P.+8.0m） ・サブドレン；山側のみ中間水位（O.P.+3.5m） ・海側遮水壁；内側水位を平均潮位−0.5mに固定	モデル1	380	450	430	1260	–	–

無断複製・転載禁止 東京電力株式会社

【参考】 浸透流解析モデルの修正 （見直しに至る経緯）

新たに35m盤の地下水位のデータが得られため、改めて実測値と解析値を比較することで、解析モデルの再現性を高めたモデル（修正モデル）を作成した。

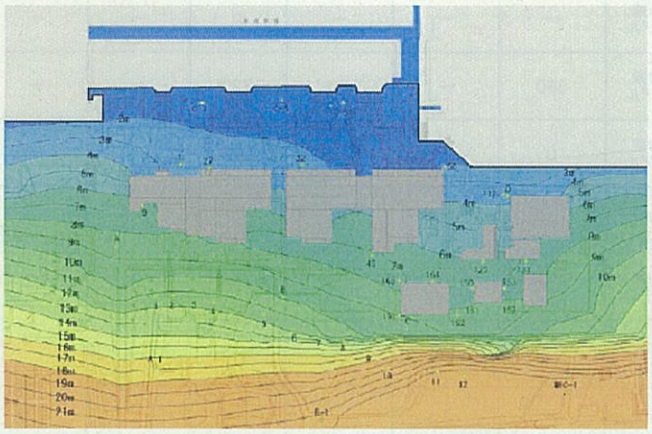
修正点は、不圧地下水と被圧地下水各々に別の固定境界水位を設定、中粒砂岩層中に挟在する泥岩層の影響等を評価（３５m盤南側の中粒砂岩透水を１×10^{-4}ｃｍ／ｓｅｃに変更）、地下水の建屋への流入をモデル内で計算する、等を考慮したモデルとした。

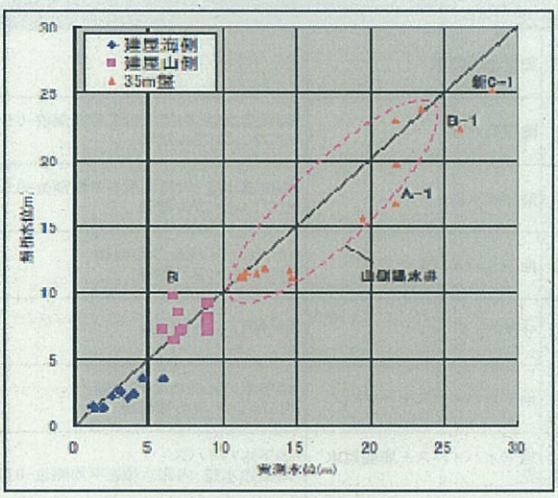
無断複製・転載禁止 東京電力株式会社

【参考】 浸透流解析モデルの修正 （修正モデルでの現状再現結果（1／3））

修正モデル

■不圧地下水位での解析値と実測値の比較





観測期間
山側揚水井 （2012.12～2013.3）
その他 （2013.3.12）

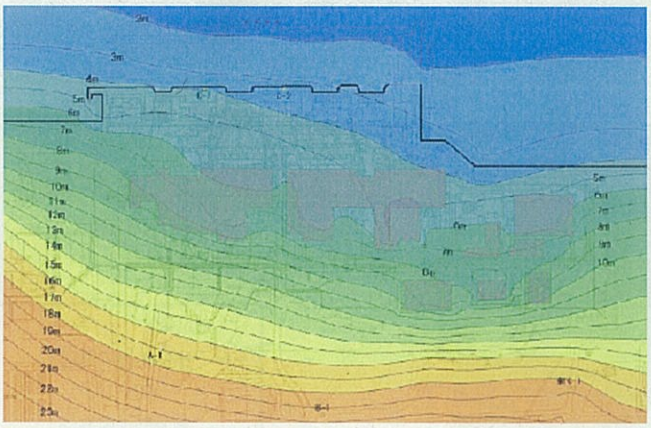
不圧地下水位における解析による再現性はほぼ認められる

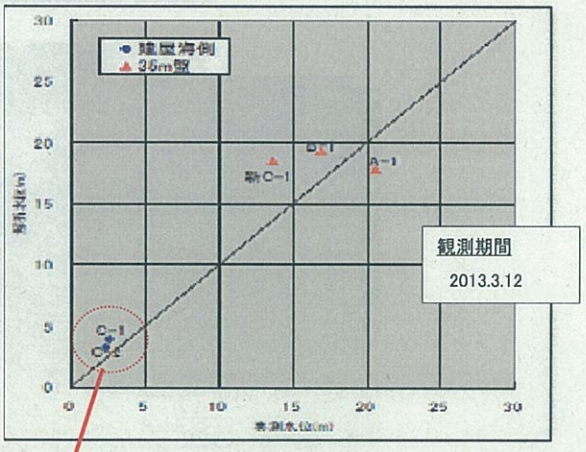
無断複製・転載禁止 東京電力株式会社

【参考】 浸透流解析モデルの修正（修正モデルでの現状再現結果（2／3））

修正モデル

■被圧地下水位での解析値と実測値の比較





実測値との比較

観測位置	地点名	測定日時（被圧水位）	被圧水位（互層）		解析値/実測値（%）
			実測水位（O.P. m）	解析水位（O.P. m）	
海側バウンダリ付近	C-1	2013/03中旬	2.6	3.9	150%
	C-2	2013/03中旬	2.3	3.2	139%

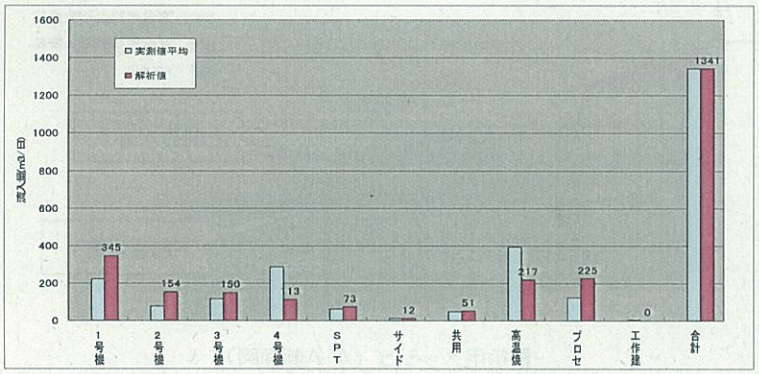
被圧地下水位における解析による再現性はほぼ認められる

無断複製・転載禁止 東京電力株式会社

【参考】 浸透流解析モデルの修正 （修正モデルでの現状再現結果（3／3））

修正モデル

■震災前サブドレン流入量での解析値と実測値の比較



建屋名	流入量（m3／日）		実測値に対する解析値の割合（%）
	実測値（平均）	解析値	
1号機	228	345	151
2号機	80	154	193
3号機	121	150	124
4号機	298	113	38
SPT建屋	63	73	116
サイトバンカ	13	12	92
共用プール	48	51	106
高温焼却炉建屋	405	217	54
プロセス建屋	129	225	174
工作建屋	3	0	0
合計	1388	1340	97

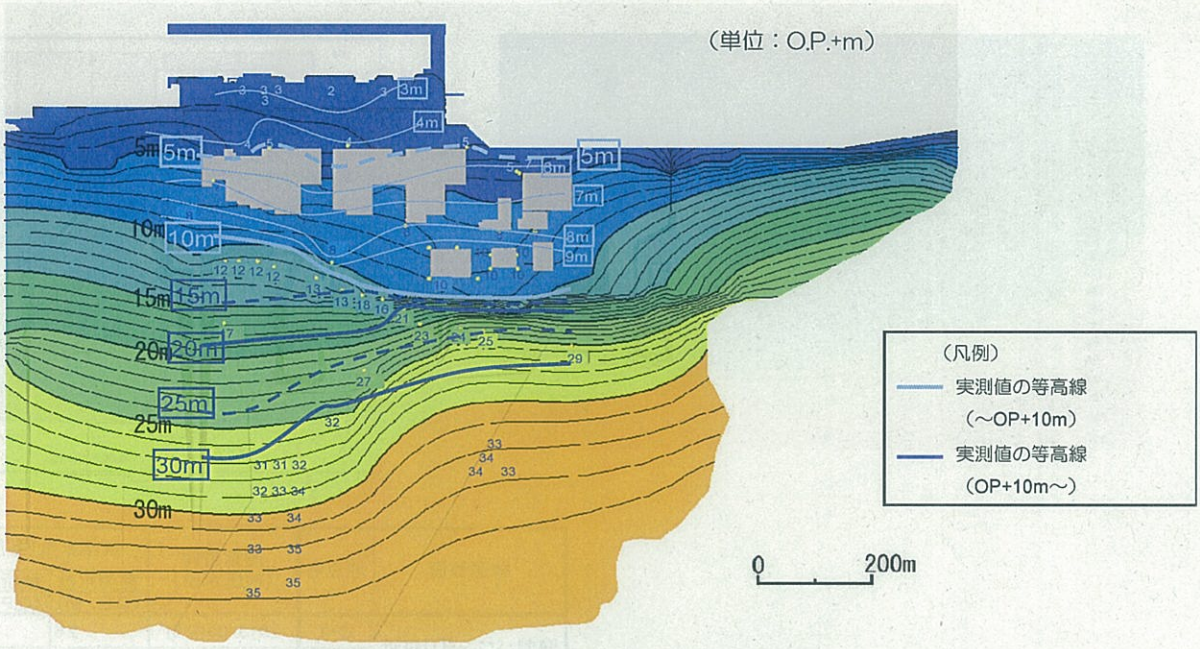
サブドレン流入量における解析による再現性はほぼ認められる

無断複製・転載禁止 東京電力株式会社

【参考】 浸透流解析モデルの修正 （地下水位コンターの比較）

修正モデル

解析(色コンター)と実測(等高線)の比較



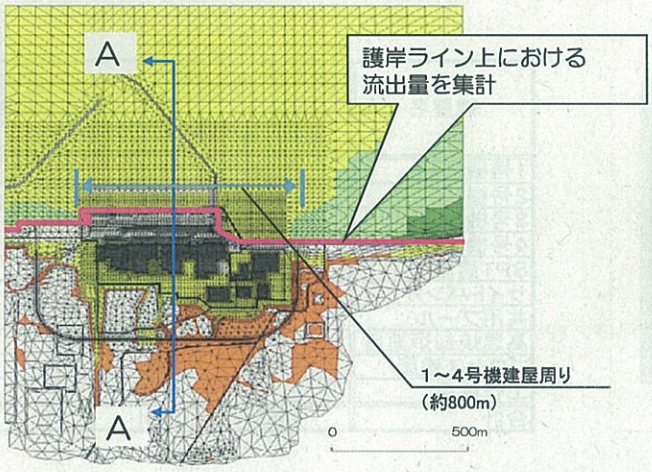
海側および山側で解析値が実測値より低いものの、解析による再現性がおおよそ認められる

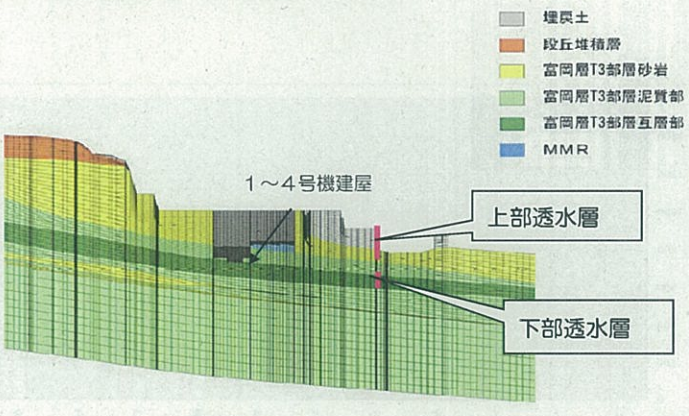
【参考】 浸透流解析モデルの修正 （海域への流出量の評価（1／2））

修正モデル

■流出量の算出

・護岸付近の海域への流出量について、上部透水層と下部透水層を対象に集計した。





解析用メッシュ（A-A断面図）

	海域への流出量（m^3/day）		建屋への流入量（m^3/day）
	モデル全体	1～4号機建屋周り（800m区間）	
修正後	約1100	約400	約400

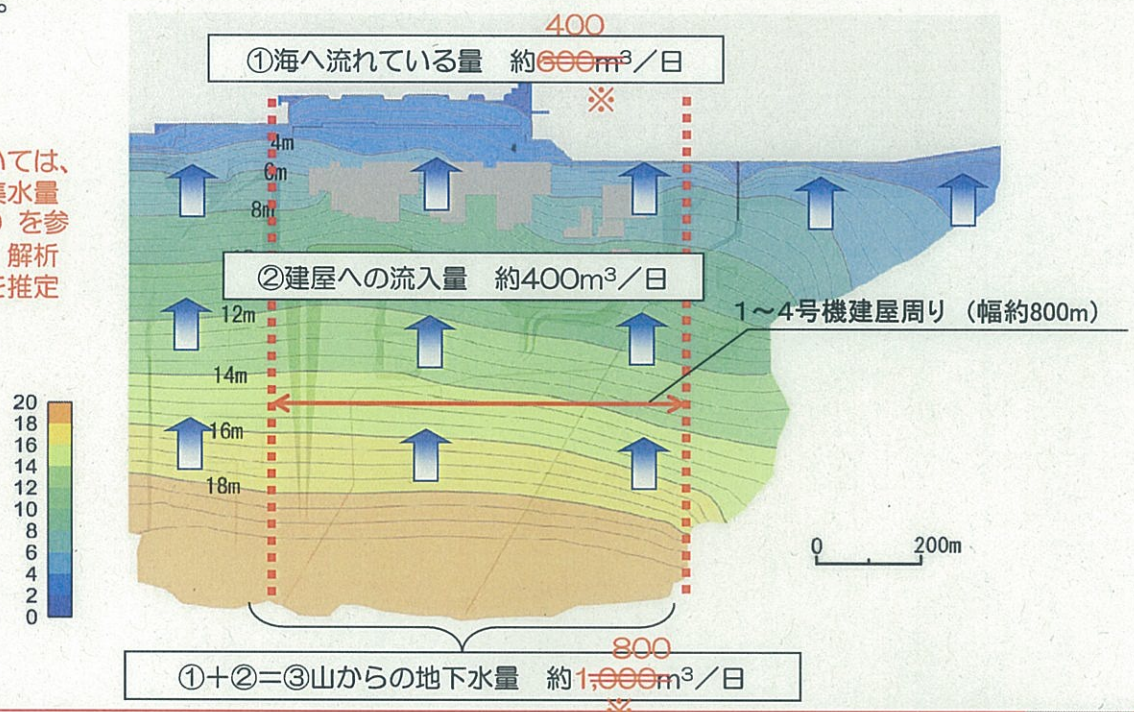
【参考】 浸透流解析モデルの修正 （海域への流出量の評価（2／2））

修正モデル

■地下水流下のイメージ

・１～４号機建屋周りの地下水は、山側から約800m3/日程度の地下水が流れ込み、このうち建屋内へ約400m3/日流入し、残りの約400m3/日が海域へ流出しているものと想定される。

※海に流れている量については、これまで海側遮水壁の集水量の解析結果（600m3/日）を参考にしていたが、今回、解析により海域への流出量を推定した。



無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

【参考】モデル修正（モデル1）

【参考】 現状モデル

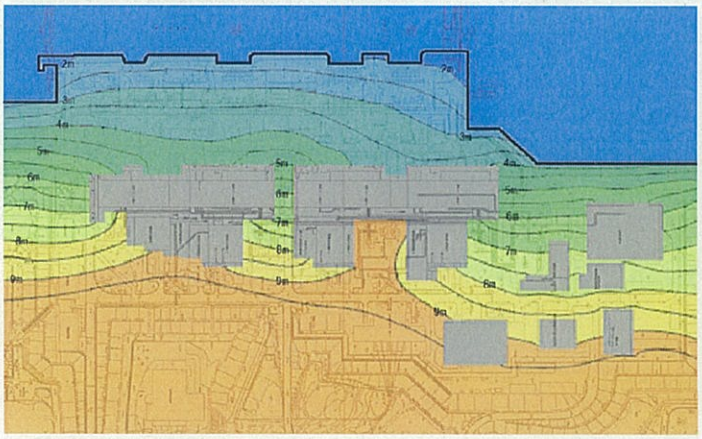
■概要

・海側遮水壁の鋼管矢板の根入れ長を確定するためのボーリング調査（７箇所）したところ、全体的に地層構成が数m程度深かったころから、解析メッシュの修正を行った。

■検討ケース

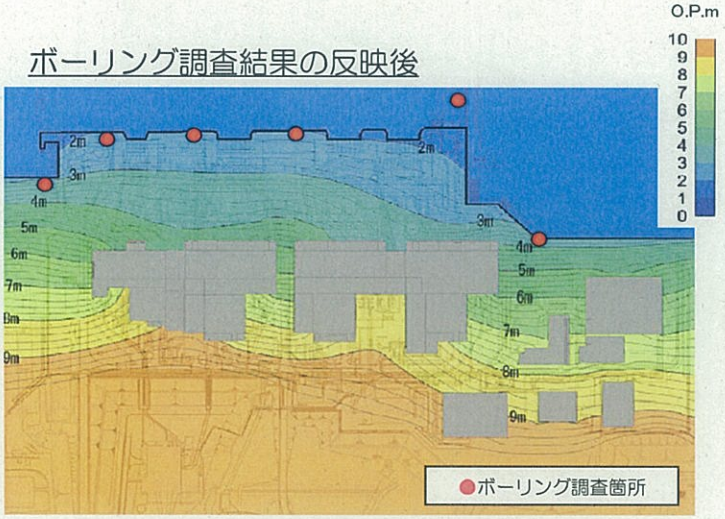
・震災後の再現（ケース①）

ボーリング調査結果の反映前



ケース①；震災後の地下水位の再現【初期モデル】

ボーリング調査結果の反映後



ケース①；震災後の地下水位の再現【モデル１】

初期モデルに比べて、モデル１は護岸付近で若干低い傾向が見られるが大きな変化は見られない。

無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

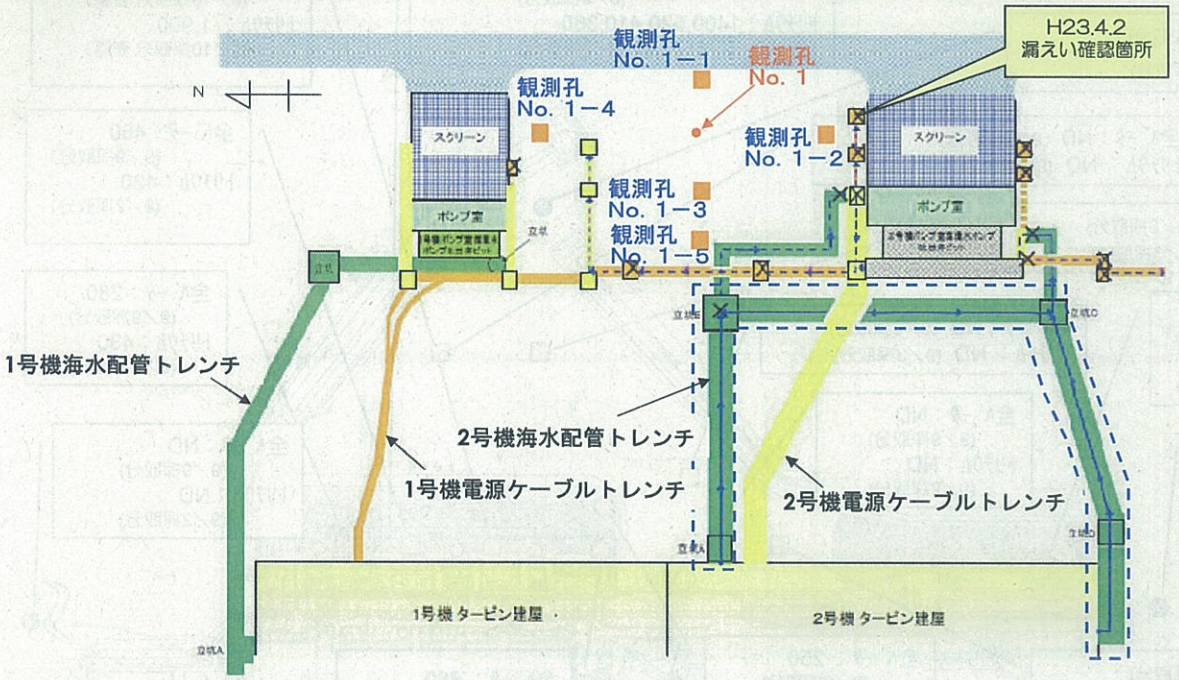
無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

2．汚染水の海への漏えいへの対応状況

2－1．汚染水の海への流出

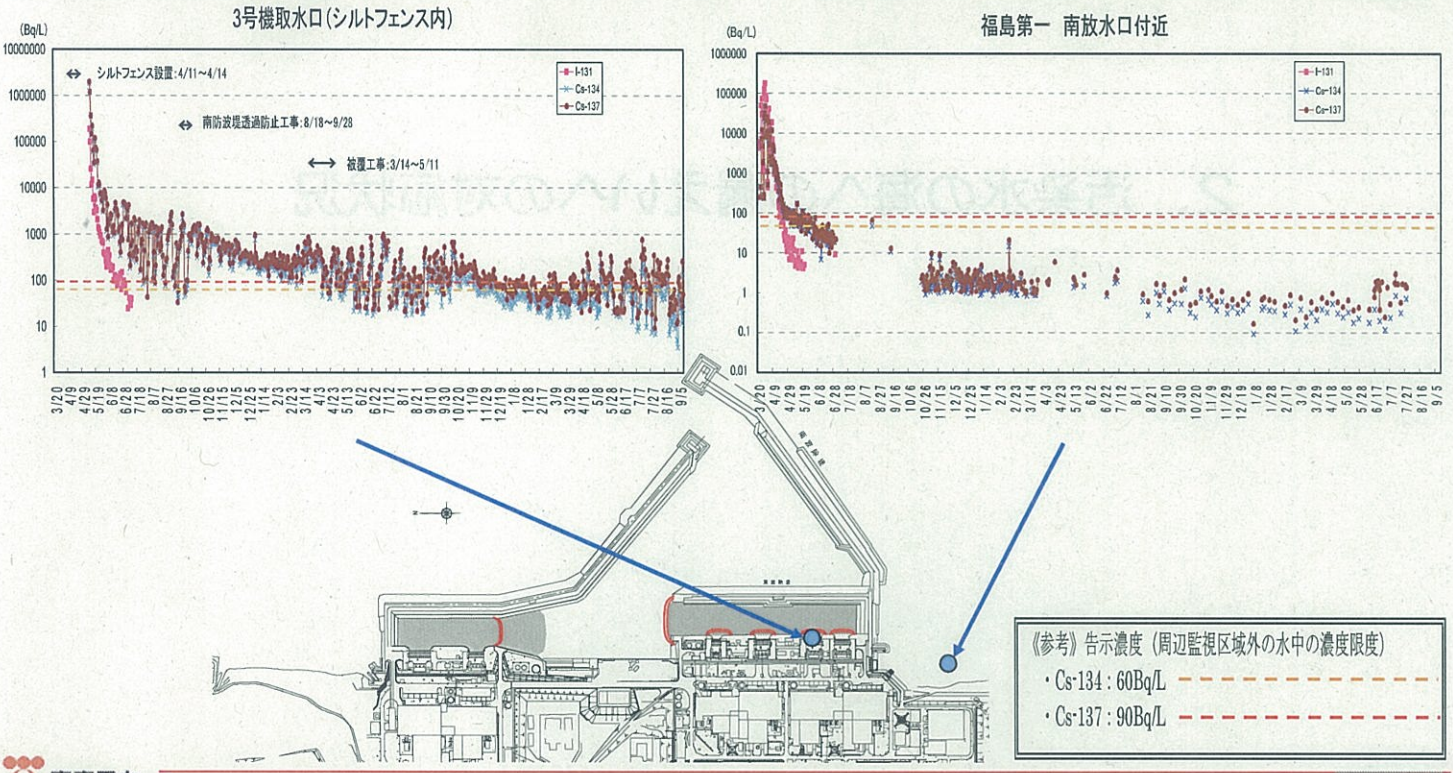
事故発生直後に、タービン建屋地下の高濃度汚染水が地下トレンチを経由して港湾内へ流出した経歴あり



■事故直後に建屋内に溜まった汚染水がトレンチ等を通じて取水口から海に流出
　➢流出部は止水済だが汚染水は地下構造物中に残留

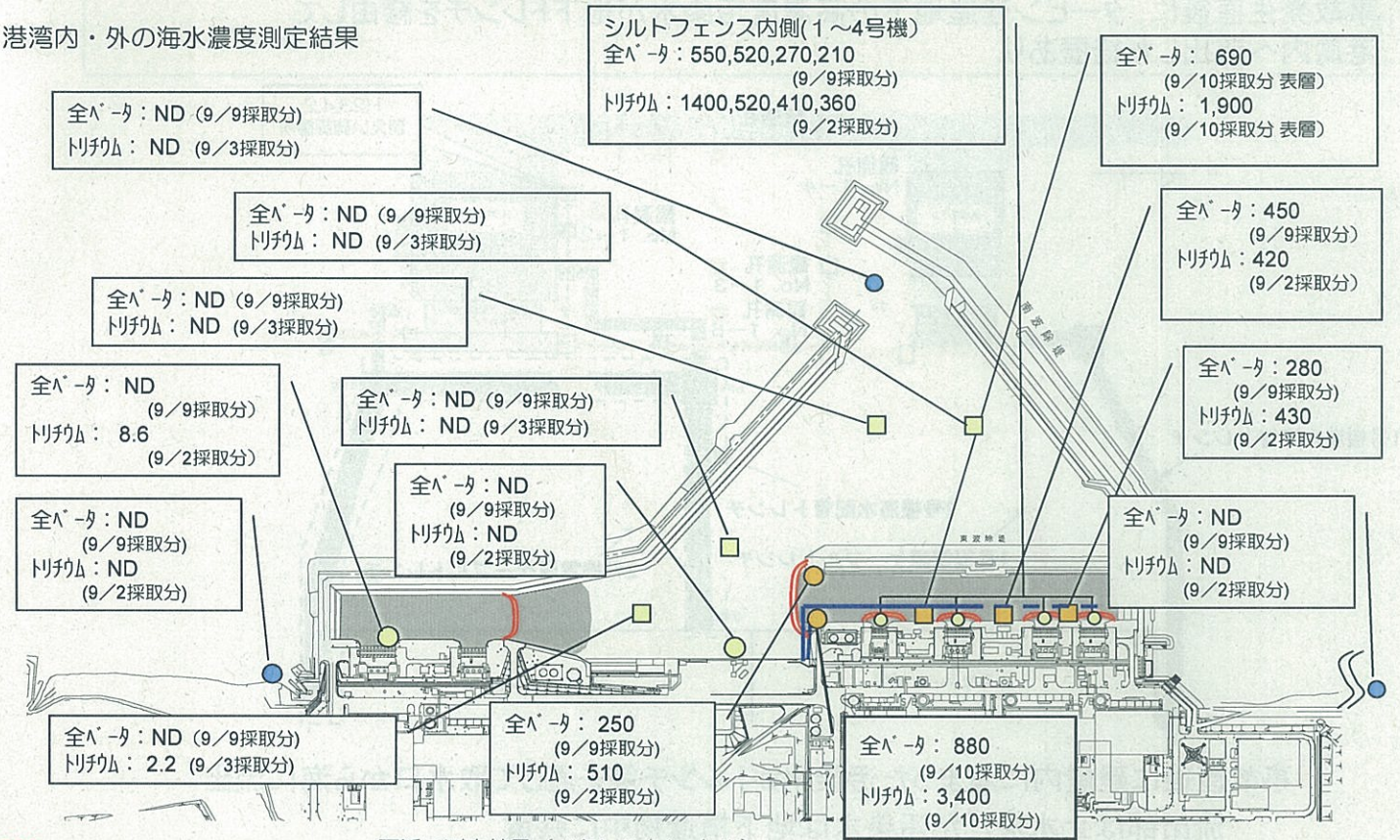
2－2. 海水分析結果

港湾内の海水を継続的にサンプリング、事故後、徐々に濃度が低下するも横ばい
1～4号機の取水口付近では現在も10～100Bq／Lオーダーの Cs－137が観測されている



2－2. 地下水、海水のモニタリングデータ

港湾内・外の海水濃度測定結果

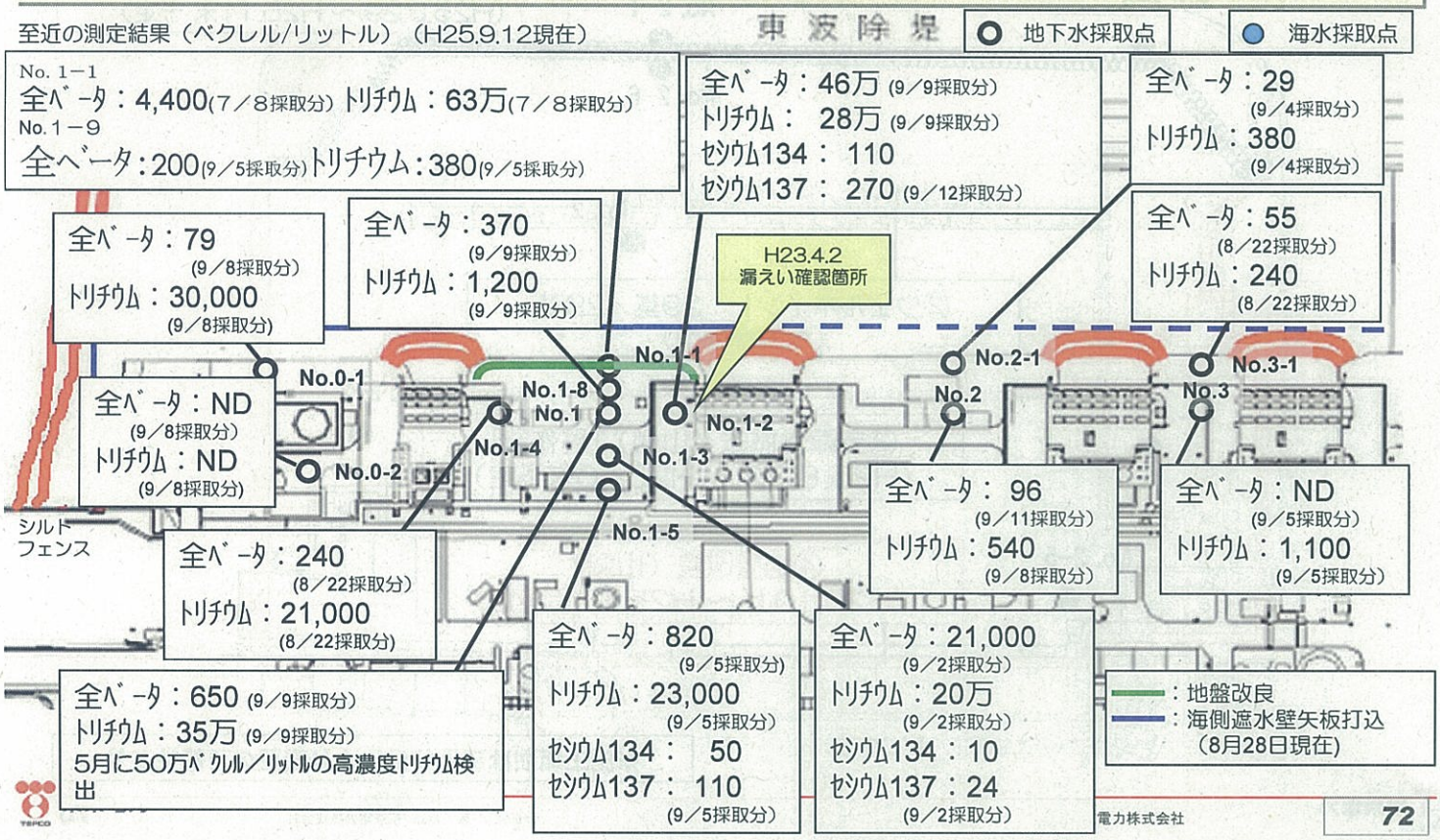


至近の測定結果（ベクレル/リットル）
（H25.9.10現在）

2－3. 地下水分析結果

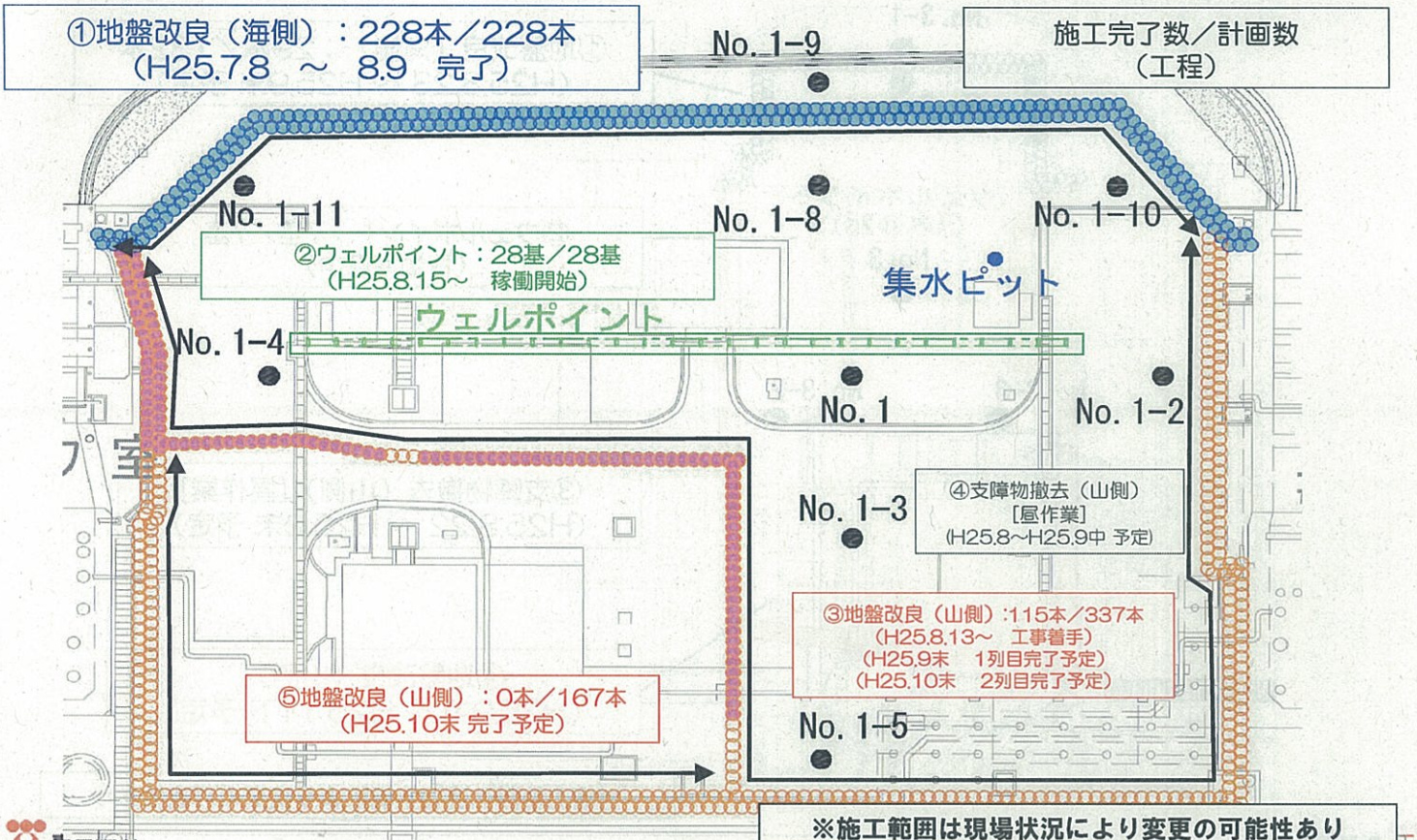
護岸付近の地下水をサンプリングし、1－2号取水口間の地下水からは数万～数十万Bq／L オーダーのトリチウムが検出されている

至近の測定結果（ベクレル/リットル）（H25.9.12現在）



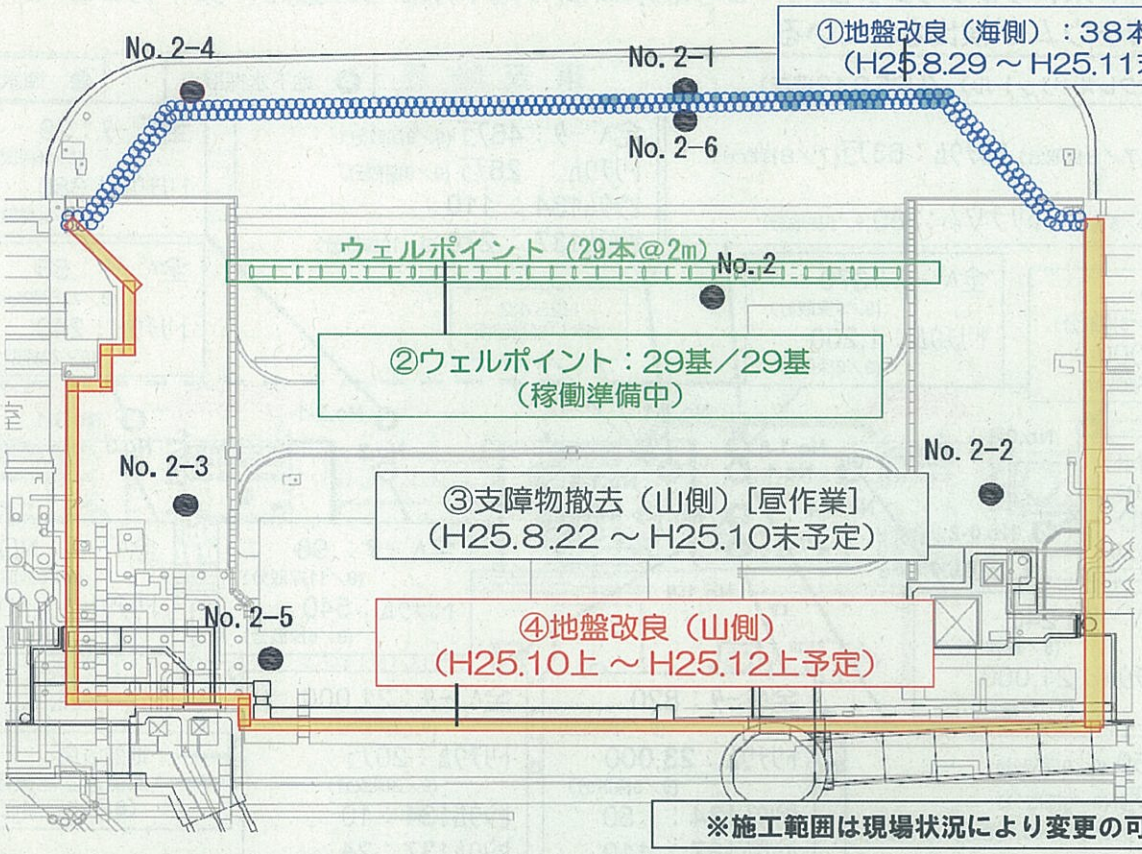
無断複製・転載禁止 東京電力株式会社

2－4. 護岸エリア対策の進捗および計画 [1－2号機間進捗]



無断複製・転載禁止 東京電力株式会社

2－4. 護岸エリア対策の進捗および計画 [2－3号機間進捗および計画]



①地盤改良（海側）：38本／249本
（H25.8.29 ～ H25.11末 予定）

②ウェルポイント：29基／29基
（稼働準備中）

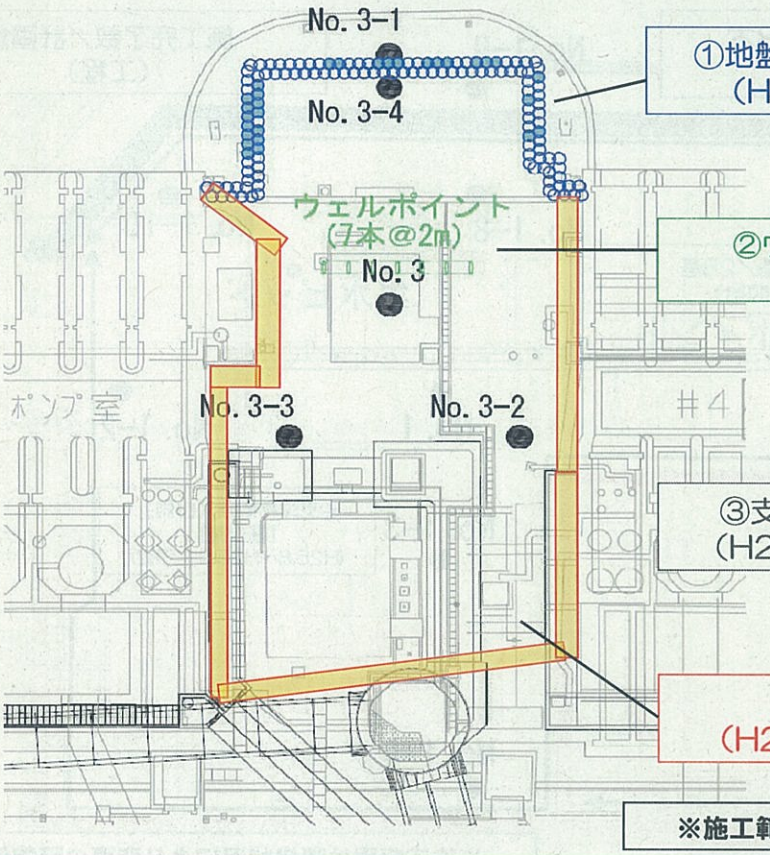
③支障物撤去（山側）[昼作業]
（H25.8.22 ～ H25.10末予定）

④地盤改良（山側）
（H25.10上 ～ H25.12上予定）

※施工範囲は現場状況により変更の可能性あり

無断複製・転載禁止 東京電力株式会社

2－4. 護岸エリア対策の進捗および計画 [3－4号機間進捗および計画]



①地盤改良（海側）：29本／132本
（H25.8.23 ～ H25.9末 予定）

②ウェルポイント：7基／7基
（稼働準備中）

③支障物撤去（山側）[昼作業]
（H25.8.22 ～ H25.9末 予定）

④地盤改良（山側）
（H25.9中 ～ H25.11下 予定）

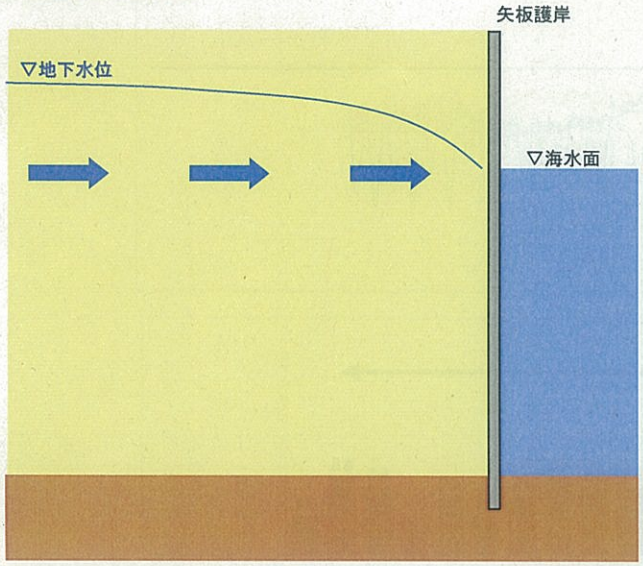
※施工範囲は現場状況により変更の可能性あり

無断複製・転載禁止 東京電力株式会社

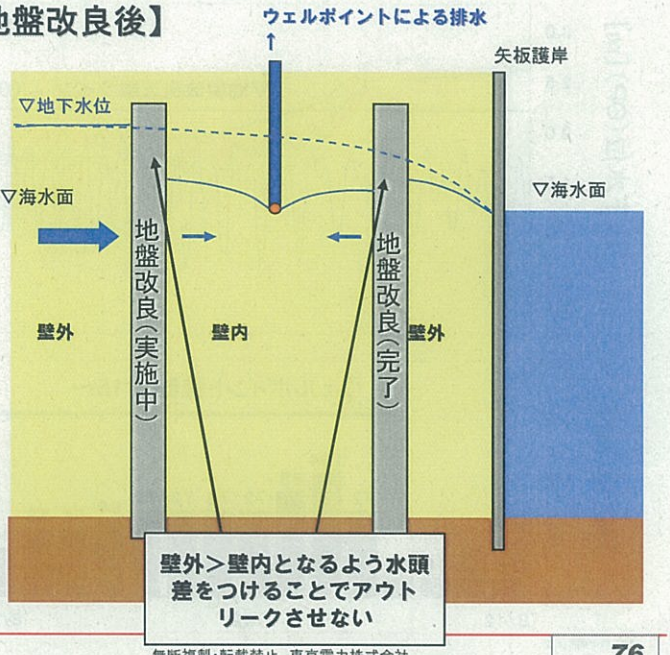
2－5. 地盤改良・ウェルポイントによる対策の概念

- 地盤改良前の地下水位は山側から海側に向かって低くなるため、地下水も同様に山側から海側に向かって流れる
- 地盤改良後は、地盤改良壁内でウェルポイントによる地下水汲み上げを行い、地盤改良壁内外に水頭差を生じさせ、汚染された地下水を閉じこめる。

【地盤改良前】

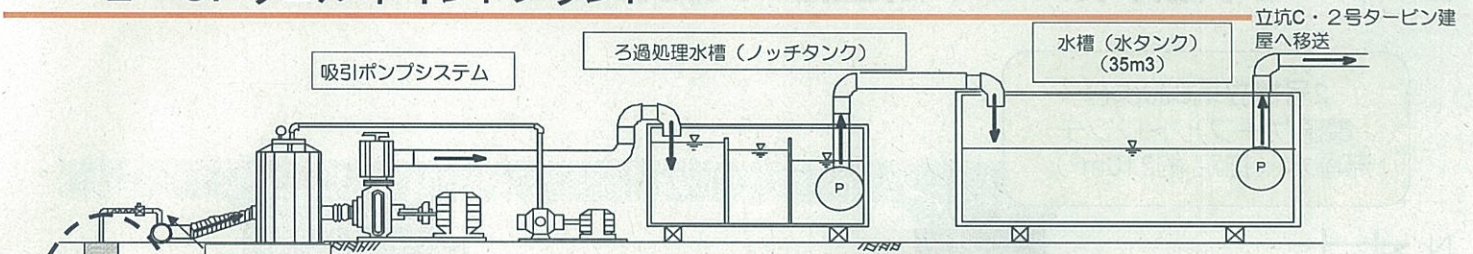


【地盤改良後】



無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

2－5. ウェルポイントプラント



集水パイプの接続状況





集水パイプの敷設状況

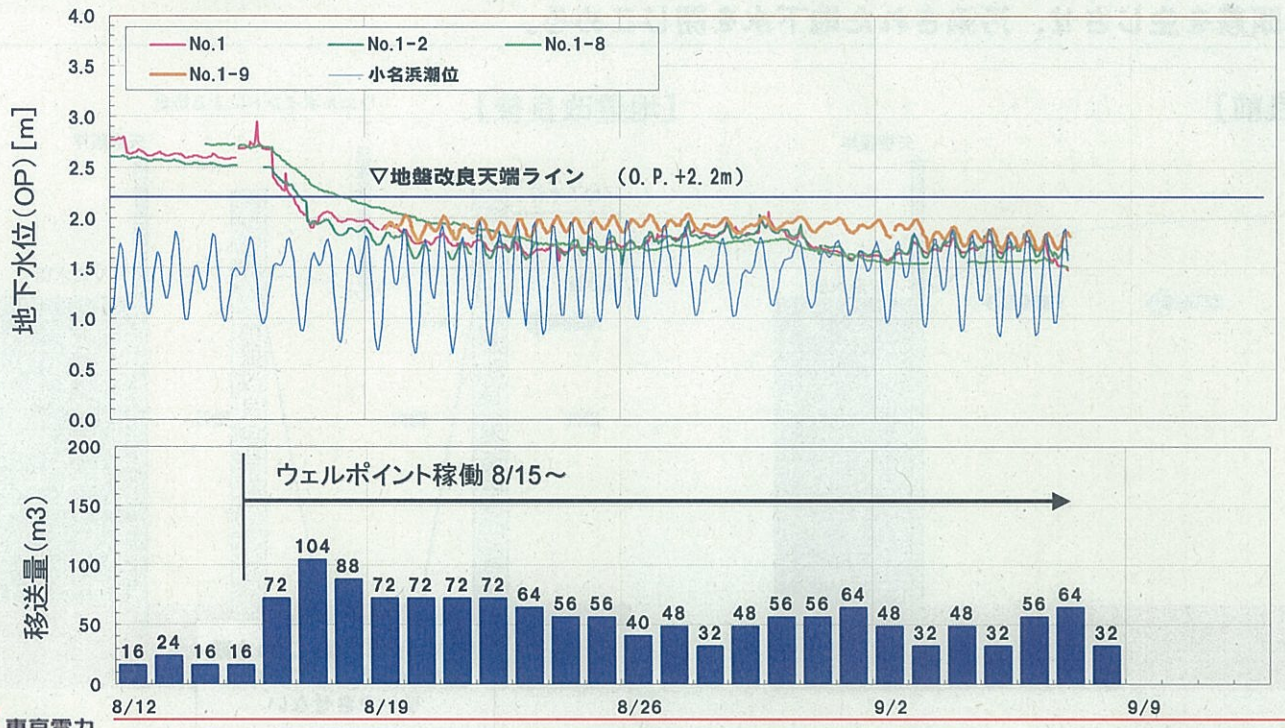


取水パイプ設置の様子

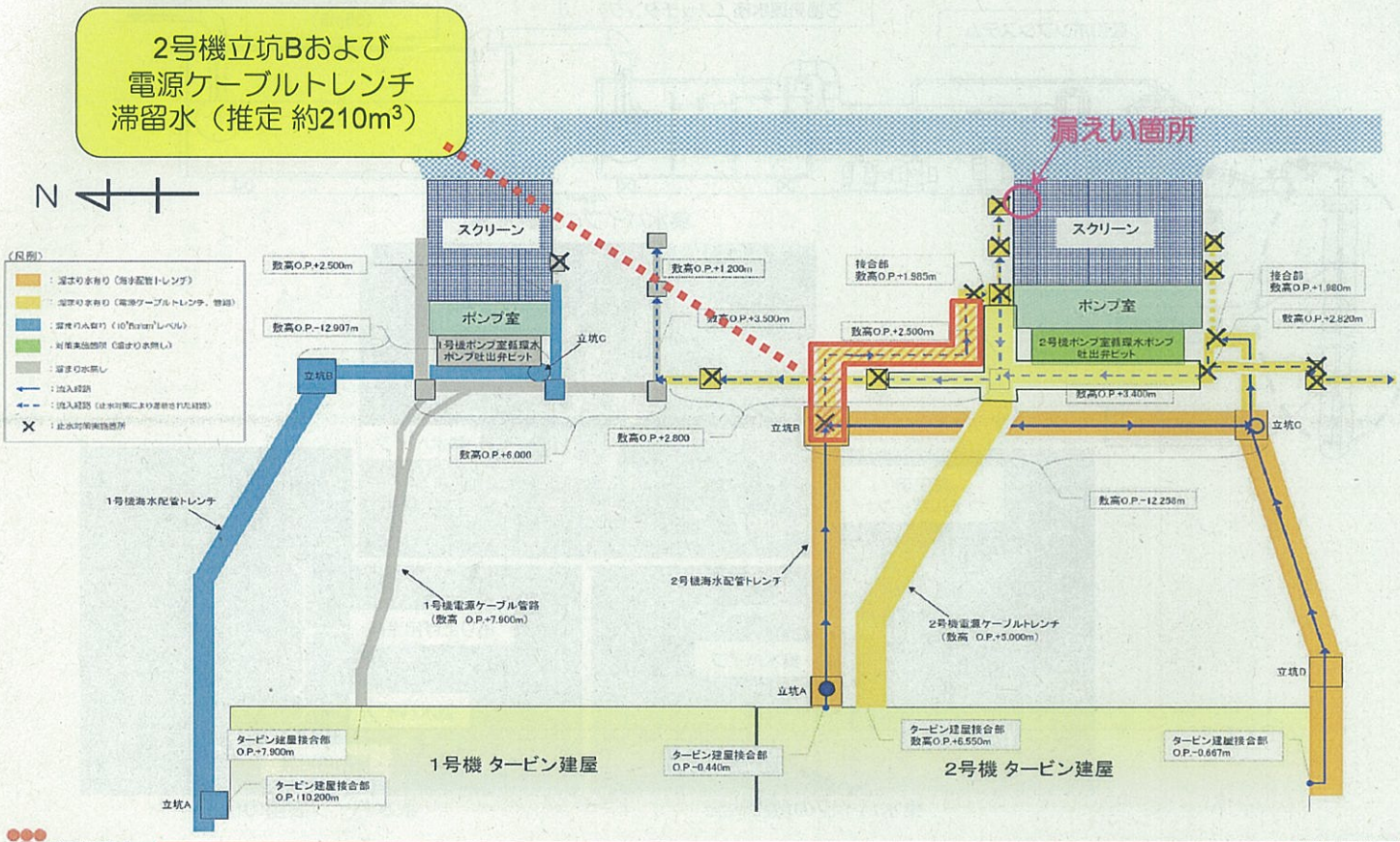
無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

2－5. 薬液注入による地盤改良の効果（#1-2号機間）

■地盤改良範囲内の地下水位（No.1,No.1-2,No.1-8）は、ウェルポイントでの排水により、地盤改良天端レベル（O.P.+2.20m）以下で推移している。

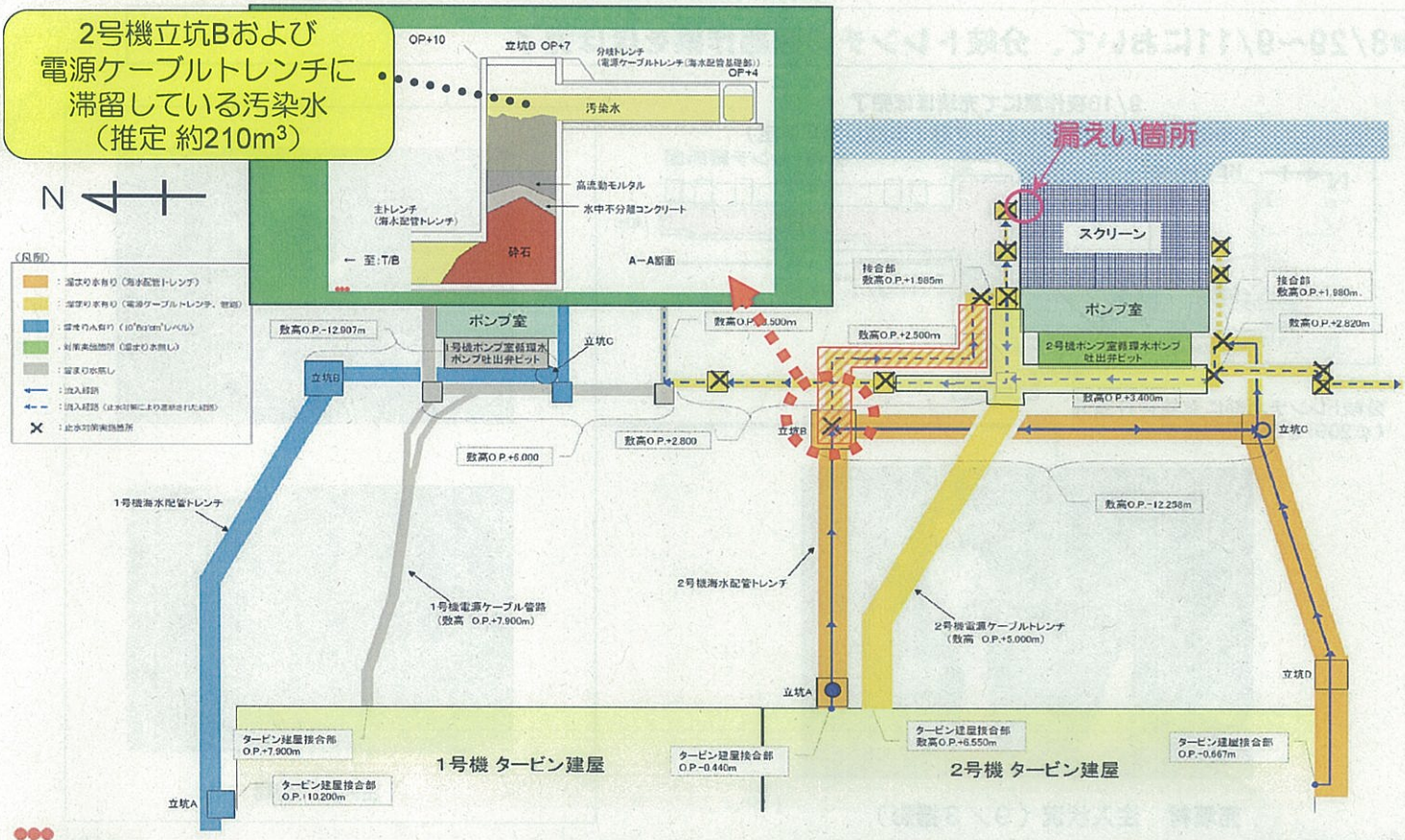


2－6. 2号機分岐トレンチ閉塞施工実施状況



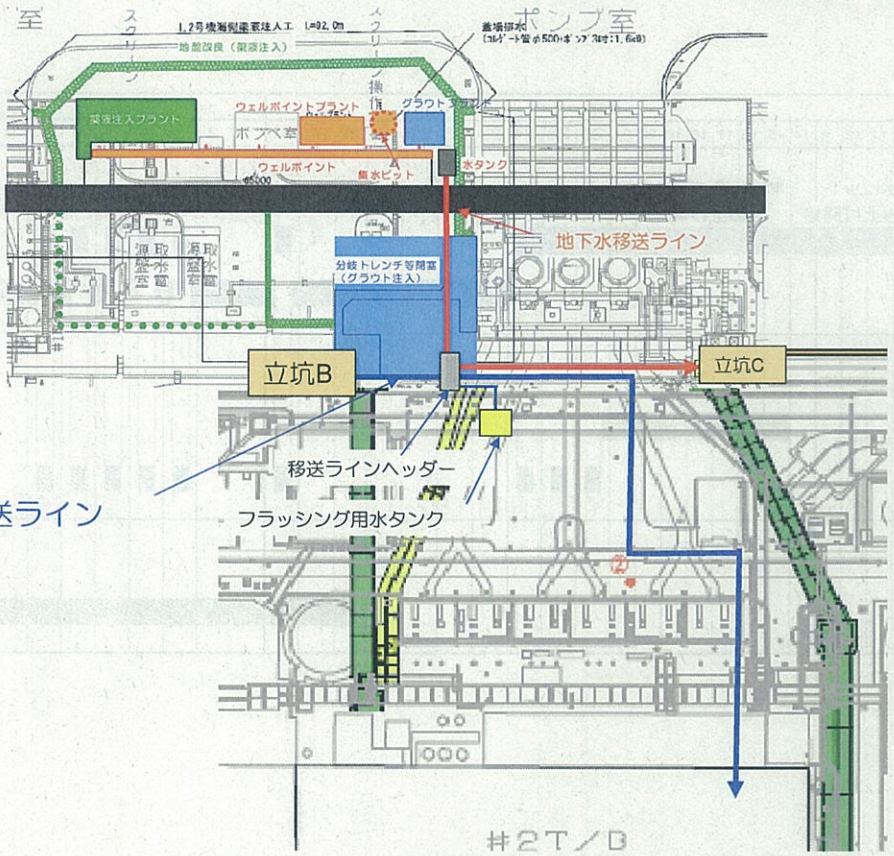
2－6.　2号機分岐トレンチ滞留水の移送

2号機立坑Bおよび
電源ケーブルトレンチに
滞留している汚染水
（推定 約210m³）



無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

2－6.　2号機 分岐トレンチ滞留水移送ラインの概要



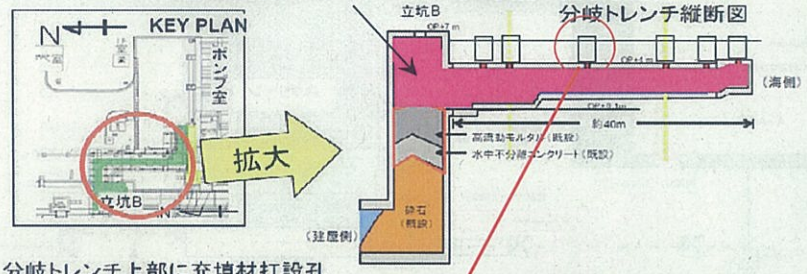
分岐トレンチ移送ライン

無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

2－6　2号機分岐トレンチ閉塞施工実施状況

■8/29～9/11において、分岐トレンチの閉塞作業をほぼ完了

9/10夜作業にて充填ほぼ完了
（今後コア孔部のキャッピング等を実施し完了予定）



分岐トレンチ上部に充填材打設孔
（φ200）を6箇所削孔する。



充填材　注入状況（９／３撮影）

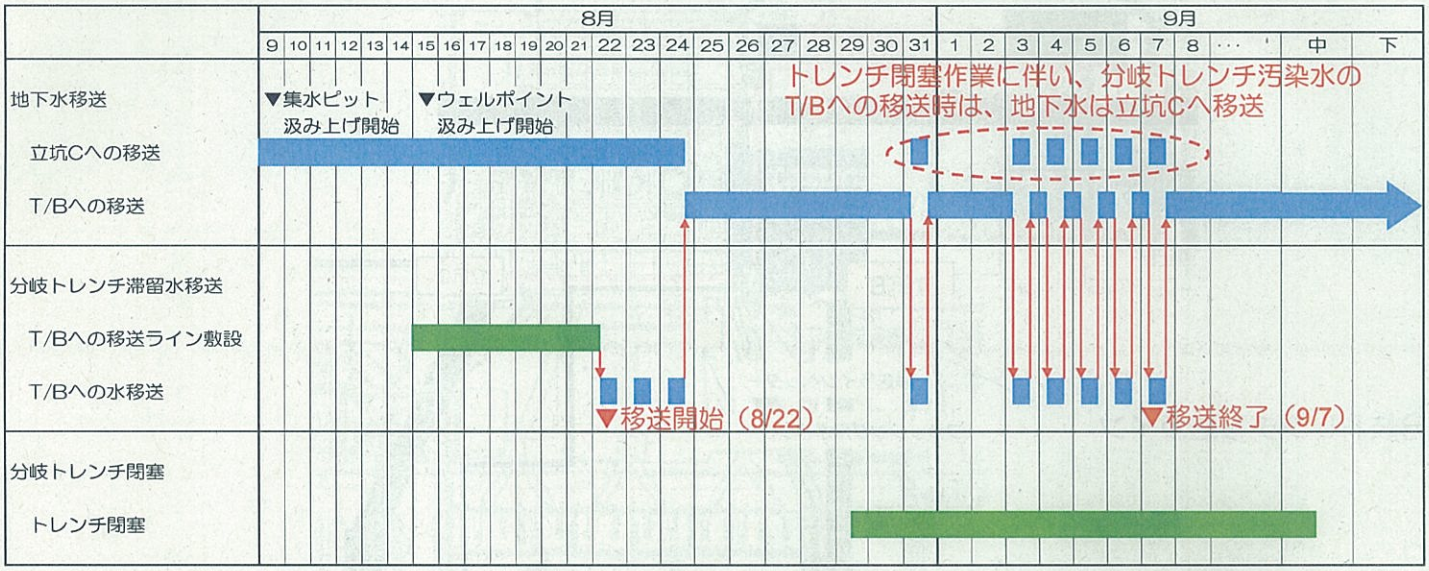




注入状況確認

無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

2－6.　2号機分岐トレンチ滞留水移送及び閉塞施工実施状況

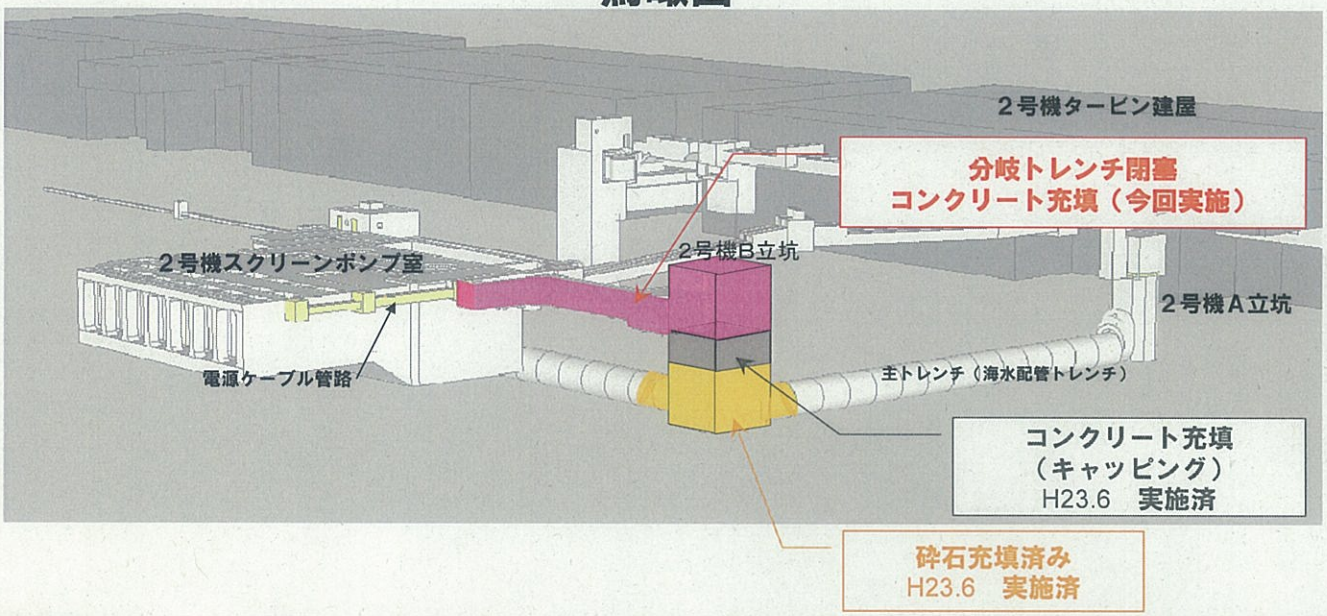


無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

[参考] H23.6に実施した立坑閉塞の状況

■タービン建屋の汚染水が、主トレンチを経由して分岐トレンチに流入しないようにすることを目的として、立坑中段をキャッピングする計画であった。

鳥瞰図



無断複製・転載禁止　東京電力株式会社