

東京電力(株)福島第一原子力発電所における
予防的・重層的な汚染水処理対策
～総合的リスクマネジメントの徹底を通じて～

平成25年12月10日
汚染水処理対策委員会

<概要>

- 汚染水処理対策委員会は、「東京電力(株)福島第一原子力発電所における汚染水問題に関する基本方針（平成25年9月3日、原子力災害対策本部）」や、「廃炉・汚染水問題への対応方針と具体的アクションプラン（平成25年9月10日、廃炉・汚染水対策関係閣僚等会議）」に沿って、リスクの徹底的な洗い出しを行い、予防的・重層的な汚染水処理対策をとりまとめた。
- 海洋への意図しない汚染水流出と有意な環境影響が生じないよう、リスク全体の総合的なマネジメントを徹底して、個々の設備やその運用、一部の対策において支障が生じても、「全体として機能するシステム」を構築し、国内外から信頼され、安全・安心が確保されるようにすることが重要である。
- 検討に当たっては、地下水や雨水の挙動に関する技術的な検討や、汚染水が漏えいするリスクに関する分析・評価について充実を図るため、委員会の下に「地下水・雨水等の挙動等の把握・可視化サブグループ」と「リスク評価サブグループ」の2つのサブグループを設け、それらの分野の専門家の参加を得て、重点的に検討した。
- また、現場目線での検討を行うため、委員会として現地調査を行うとともに、汚染水対策現地調整会議とも連携を図った。
- さらに、既存の一般的な知見だけでは対応が困難なものも含まれるため、①汚染水貯留、②汚染水処理、③港湾内の海水の浄化、④建屋内の汚染水管理、⑤地下水流入抑制の敷地管理、⑥地下水等の挙動把握の計6分野について、国内外の叡智を結集するために技術提案を求めた。

○これらの検討の結果として、汚染水を「取り除く」対策、汚染源に水を「近づけない」対策、汚染水を「漏らさない」対策のそれぞれについて、予防的・重層的な対策として、追加して実施すべき対策や技術を抽出し、優先度等を考慮して対策の全体像を示した。

(対策の具体例)

重層的対策：「広域的なフェーシング（表面遮水）」又は「追加的な遮水とその内側のフェーシング」、
タンク堰のかさ上げ・二重化、
排水路の暗渠化・港湾内へのルート変更、
土壌中のストロンチウム捕集、
溶接型タンクの設置加速と二重鋼殻タンク等の信頼性の高い大型タンク、
タンクからの微小漏えいの検出、
沈殿・吸着・分離等による港湾内の海水の浄化、
放射性物質が除去できる汚濁防止膜等の活用、
港湾内の海底土の被覆 等

予防的対策：大規模津波対策（建屋防水性向上対策の実施、防潮堤等の追加対策の検討）
建屋の止水（建屋外壁貫通部、建屋間ギャップ、建屋周辺）
汚染水の移送ループの縮小 等

○これらの対策を実施すると、現在のリスクがどのように低減していくかという将来像を示した。

○今後、ここにとりまとめた対策を、タスクフォースにおける検討も含め、着実に実施していくとともに、国内外への適切な情報発信、必要に応じた計画の見直しが求められる。また、ここに示した対策だけでは解決に至らない大量のトリチウム水の取扱いが課題であり、これについては、委員会の下にタスクフォースを設置して、総合評価のための検討を進めることとした。

目次

<概要>	1
1. 予防的・重層的な汚染水処理対策の基本的な考え方	5
2. 汚染水処理対策の検討の流れ	8
3. 汚染水に係るリスク評価	13
(1) 汚染水の存在状況の把握（所在場所、保有水量、放射性物質濃度、保管形態など）	13
(2) 汚染水漏えい事象の発生要因、発生確率、汚染水が海へ流出するシナリオ	14
(3) 現状における汚染水漏えいリスクの分析	15
4. 地下水・雨水等の挙動の把握	16
(1) 地下水・雨水等に係る実測データの整理	16
(2) 水理水文現象・地質構造の整理	17
(3) 地下水流動解析モデルの構築（再現性の確認）	23
5. 国内外からの観智の結集	28
(1) 技術提案の募集と応募状況	28
(2) 技術提案の整理・分類	28
(3) 適用可能な技術提案の抽出	29
①汚染水貯留	29
②汚染水処理	31
③港湾内の海水の浄化	31
④建屋内の汚染水管理	32
⑤地下水流入抑制の敷地管理	32
⑥地下水等の挙動把握	33
6. 地下水流動解析やリスク評価を踏まえた対策の全体像	35
(1) 汚染水処理対策の全体像の検討方針	35
(2) 汚染水を「取り除く」対策	35
(3) 汚染源に水を「近づけない」対策、及び汚染水を「漏らさない」対策（地下水流動に影響を及ぼすもの）	36
(4) 汚染水を「漏らさない」対策（地下水流動に影響を及ぼさないもの）	40
(5) 汚染水を「漏らさない」対策（タンク容量の確保）	40
(6) 予防的・重層的な対策の全体像（実施スケジュール）	44
(7) 既存施策の着実な実施（タスクフォース等）	49
(8) その他	50
7. 予防的・重層的対策による将来像（リスク低減）	53
8. 今後の課題	60
(1) 大量のトリチウム水の取扱い	60

（２）国内外への適切な情報発信.....	60
（３）必要に応じた計画の見直し.....	60
汚染水処理対策委員会名簿.....	62
開催実績	63
陸側遮水壁タスクフォース委員名簿.....	64
高性能多核種除去設備タスクフォース委員名簿.....	64
「地下水・雨水等の挙動等の把握・可視化」サブグループ検討体制.....	65
「リスク評価」サブグループ検討体制.....	65
巻末資料	

注）本編及び巻末資料に掲載されている図表等は、今般のとりまとめに当たって、検討に用いた現時点でのものであり、精査や精度向上が必要なもの、時点により変動するものなどが含まれることに注意を要する。

1. 予防的・重層的な汚染水処理対策の基本的な考え方

汚染水処理対策委員会（以下「委員会」という。）は、平成25年4月26日に第1回委員会を開催して以降、東京電力(株)福島第一原子力発電所（以下「福島第一原発」という。）1～4号機において事故後に行われてきた汚染水処理対策を点検するとともに、汚染水問題を根本的に解決することを目的に、その方策について検討を進めてきた。また、平成25年5月30日に開催した第3回委員会においては、「地下水の流入抑制の対策」をとりまとめた。その対策の中にあるトレンチ内の放射性物質濃度の低減、海側遮水壁等、対策は1つ1つ着実に進んでいる。

一方、汚染された地下水の港湾内への流出や、汚染水貯水タンクからの汚染水（約300トン）の漏えいが判明するなど、これまでの東京電力の対応では不十分な点も明らかになってきた。

そうした状況を踏まえ、平成25年9月3日の原子力災害対策本部において、「東京電力(株)福島第一原子力発電所における汚染水問題に関する基本方針」がとりまとめられ、「今後は、東京電力任せにするのではなく、国が前面に出て、必要な対策を実施していく。その際、従来のような逐次的な事後対応ではなく、想定されるリスクを広く洗い出し、予防的かつ重層的に、抜本的な対策を講じる。」等の基本的考え方が示された。また、原子力災害対策本部の下に設置された「廃炉・汚染水対策関係閣僚等会議」の第1回会議（9月10日）において、「廃炉・汚染水問題への対応方針と具体的アクションプラン」の中で、当面の委員会での取り組みとして、以下の項目が決定・確認された。

【「廃炉・汚染水問題への対応方針と具体的アクションプラン」で決定・確認された「汚染水問題に関する具体的な対応の方向性」(抄)】(平成25年9月10日)

1) 国内外の叡智を活用するための取組

- 技術的困難性が伴う潜在的リスクについて、国内外の叡智を結集するためのチームを立ち上げ、広く対応策を募集。(寄せられた対応策は、汚染水処理対策委員会を中心に精査。)【今月中から集中的に実施し、今後、2ヶ月で当面のとりまとめ。その後も必要に応じ実施】

2) 予防的かつ重層的な取組

- 「汚染水処理対策委員会」において、現場の検討も踏まえ、更なる潜在的リスクを洗い出し、対策を随時追加。【今月中から集中的に実施し、年内でとりまとめ。その後も必要に応じ実施】
- (東電任せにせず)「汚染水処理対策委員会」が必要な現地調査を実施。【必要に応じ実施】

委員会では、以下の基本的考え方に基づいて、リスクの洗い出し、予防的かつ重層的な汚染水処理対策の検討を行った。

【汚染水処理対策の基本的な考え方】

事故発生以来、汚染水の漏えい事象が発生するたび、それに対応して追加的な対策が検討され、適宜実施されてきた。その結果、相応のリスク低減は図られてきているが、未だ汚染水の漏えい事象が発生していることも事実である。

発生した漏えい事象については、その都度、情報が公表されたものの、原因分析や漏えいによる影響評価や、発生事象に対して講ずる対策が十分に説明できるようになる前に公表することが多かったため、実際に発生した事態の深刻度以上に、国内外における懸念が高まることもあった。また、逐次的・事後的な対応となり、漏えい事象等のトラブルが起こる度に対応を迫られる事態が続いていた。

そうした状況にかんがみ、リスクの徹底的な洗い出しを行い、既存の対策が十分に機能しなかった場合を想定した重層的な対策、あるいは未だ顕在化していないものの予め想定して事前に対処しておくべき予防的な対策の充実を図る必要がある。

こうした対策を実践するための基盤として、海洋への意図しない汚染水流出と有意な環境影響が生じないように、リスク全体の総合的なマネジメントを徹底して、様々な対策の組合せとその実施時期の最適化を図り、個々の設備やその運用、一部の対策において支障が生じても、「全体として機能するシステム」を構築し、国内外から信頼され、安全・安心が確保されるようにすることが重要である。

そのため、

- 1) 汚染水の量、放射性物質濃度、存在場所を継続的に把握し、汚染水の基礎情報として体系的に整理・蓄積すること
- 2) 地形・地質・水文などの基礎情報を精査し、それに基づき地下水や雨水の挙動を把握し、発生した事象や対策実施による効果の検証に際し、水の挙動に関わる原理や特性に即して技術的な検討を行うこと
- 3) 汚染水が漏えいするシナリオを幅広く想定して潜在的なリスクを洗い出し、汚染源を「取り除く」、汚染源に水を「近づけない」、汚染水を「漏らさない」という視点から、必要な対策を抽出すること
- 4) 廃炉対策との関係も踏まえつつ、個々の対策の効果とその特徴、副作用、対策相互の影響、対策が万一機能しなくなるリスクを考慮して、リスクの最小化、重層性付与、フェールセーフの視点から、対策の優先順位を明確化するとともに組合せの最適化を図り、対策を総合的に進めること
- 5) 短期から長期までの様々なスケールの時間軸上で、対策実施・効果発揮のシナリオを吟味・設定し、リスクと対策進捗の時間管理を適切に行うこと
- 6) 対策に着手後もモニタリングを継続し、基礎情報と技術的な検討に基づき総合的なリスク評価を実施し、必要に応じて計画の見直し、対策実施の改善を行うこと

の6つの考え方を基に対策をとりまとめることとした。今後とも、この考え方に基づき対策の進捗管理を徹底していくことが重要である。

2. 汚染水処理対策の検討の流れ

1. に示した基本的な考え方に則り、委員会として、まずは、これまでに発生したことを整理して、想定されるリスクの洗い出しを行った。＜図2－1＞

東京電力が実施してきた対策に加え、国費を投入し、凍土方式による陸側遮水壁の設置や、より処理効率の高い多核種除去設備の導入が既に決定され、設計が進められているところであるが、ここでは、これらの決定済みの対策に加え、洗い出されたリスクに応じ、予防的・重層的な汚染水処理対策として必要となる対策の抽出を行った。

また、各対策の具体的内容、優先順位付け、実施スケジュール等を含めて対策の全体像を示すため、汚染源の存在状況を体系的に整理した上で、汚染源毎のリスクの程度、既存の施策の進捗・効果等の評価を行った。具体的には3. 及び4. で詳述するように、地下水・雨水等の挙動の把握・可視化による施策の効果の検証、各施策を行うことによるリスクの低減効果等を把握するリスク評価について重点的に検討を行った。また、その検討過程では、委員会としての現地調査も実施した。

ここに示した対策の中には、既存の一般的な知見だけでは対応が困難なものも含まれるため、例えば、トリチウムの分離技術や海水中の放射性物質の除去技術などについては、5. で詳述するように、国内外の叡智を結集するために技術提案を求めた。

想定されるリスクの洗い出しと必要な予防的・重層的対策について

リスク・問題点		9月3日までに実施又は実施を決定した対策
既に対策を講じていることとしているリスク・問題点	汚染された地下水が海洋に流出するリスク	海側のトレンチ内の汚染水 ○海側のトレンチ内の高濃度汚染水をくみ上げ。【取り除く】
		タービン建屋海側の汚染土壌 ○建屋海側の汚染エリア護岸に水ガラスによる壁を設置。汚染エリアから汚染水をくみ上げ。【漏らさない】 ○建屋海側の汚染エリアの地表をアスファルト等により舗装。【漏らさない】 ○港湾内に海側遮水壁を設置。【漏らさない】
		タンクに貯蔵されている汚染水 ○タンク及びその配管に係るパトロールを強化。【漏らさない】 ○水位計や漏えい検出器等の設置。【漏らさない】 ○鋼製横置きタンクのボルト締め接合部等強化、溶接型タンクへの移送。【漏らさない】 ○ボルト締め型タンクから溶接型タンクへのリプレイス加速。【漏らさない】 ○多核種除去設備（ALPS）による汚染水の浄化。【取り除く】 ○より処理効率の高い浄化処理設備による汚染水の浄化。【取り除く】 ○タンク周辺の汚染された土を回収。【取り除く】
	廃棄物が漏えいして地下水が汚染され海洋に流出するリスク（ALPS処理後などの高濃度廃棄物を貯蔵している高性能容器（HIC）等からの漏えい）	○より処理効率の高い浄化処理設備による廃棄物の減容化。【漏らさない】
	汚染水の量が増加して、貯蔵タンクの不足等により汚染水が貯蔵できなくなるリスク	○建屋山側で地下水をくみ上げ（地下水バイパス）。【近づけない】 ○建屋近傍の井戸で地下水をくみ上げ（サブドレン）。【近づけない】 ○建屋の周りを囲む凍土方式の陸側遮水壁を設置。【近づけない】 ○増加する汚染水を確実に貯留することができるよう、必要なタンクを確実に増設。【漏らさない】

予 防 的 対 策

重 層 的 対 策

重 層 的 対 策		
リスク・問題点		上記の対策に加えて必要となり得る予防的・重層的な対応策
既に対策を講じていることとしているリスク・問題点	汚染された地下水が海洋に流出するリスク	海側のトレンチ内の汚染水 ○1号機取水口北側エリアの地盤改良。【漏らさない】 ○港湾内の汚染物質への対策。【漏らさない】【取り除く】 →《技術公募：海中の放射性物質の除去技術》
		タービン建屋海側の汚染土壌 ○堰のかさ上げ、二重化、横置きタンクの堰や基礎部のコンクリート化。【漏らさない】 ○側溝を暗渠化し汚染水の流入を防止。【漏らさない】 ○溶接型タンクの更なる設置加速と信頼性向上。【漏らさない】 →《技術公募：長期間信頼性の高い溶接型タンク》
		タンクに貯蔵されている汚染水 ○タンクからの漏えい水により汚染された地下水の海洋流出防止（薬剤の注入等による汚染拡 大の防止）。【漏らさない】 ○ALPS増設による汚染水浄化の加速。【取り除く】 ○タンクからの微小漏えいの検出（微小漏えいを検出しやすくするための周辺地表の除染 等）。【漏らさない】 →《技術公募：微小漏えい検出技術》
	廃棄物が漏えいして地下水が汚染され海洋に流出するリスク（ALPS処理後などの高濃度廃棄物を貯蔵している高性能容器（HIC）等からの漏えい）	○高性能容器（HIC）からの廃棄物の漏えい対策（一時保管設備を覆う建屋を設置する 等）。【漏らさない】 ○高濃度廃棄物の更なる減容化及び安定的保管方策の策定。【漏らさない】
	汚染水の量が増加して、貯蔵タンクの不足等により汚染水が貯蔵できなくなるリスク	○地下水の更なる流入抑制策。【近づけない】 →《技術公募：追加的な遮水壁の施工技術、フェイシング技術》 ○汚染水の貯蔵容量の確保（例：タンクの大形化、洋上タンカー 等）【漏らさない】 →《技術公募：大量の汚染水を長期安定的に貯蔵できる手法》 ○トリチウム水の適切な処理（例：トリチウムの分離、大深度スペースの活用、環境に問題のない形での海洋放出 等） →《技術公募：トリチウム分離技術等》

赤字は、現地調整会議（9月9日）、総理の福島第一原子力発電所訪問（9月19日）の際に実施が決定された施策

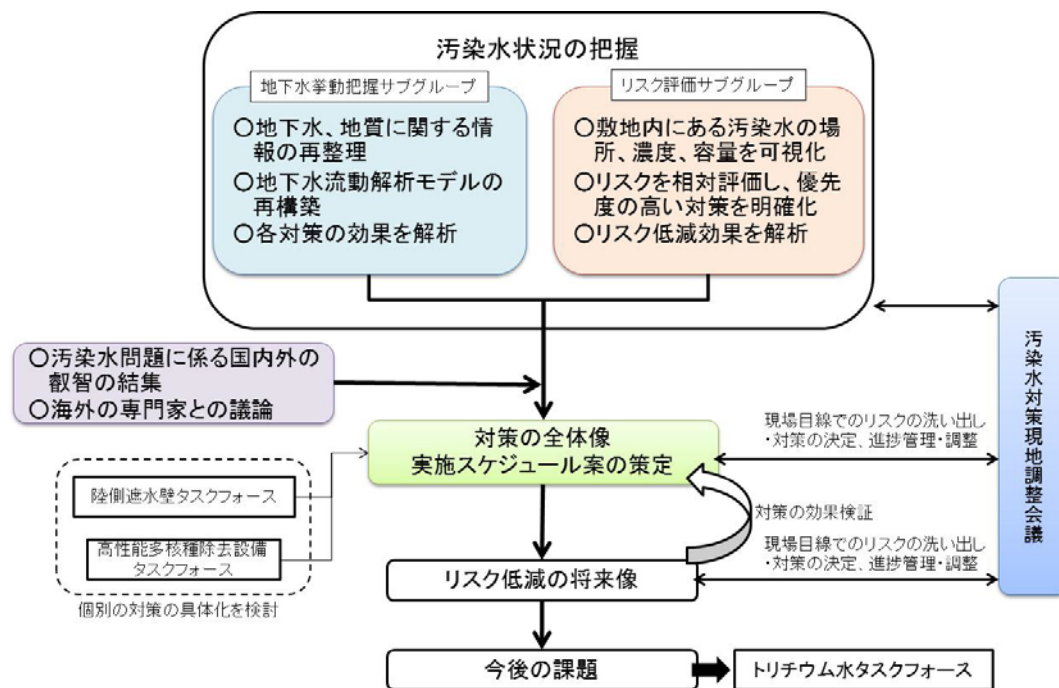
予 防 的 対 策				
リスク			今後必要となり得る対応 (現時点で想定される対策は以下のとおり。優先順位、スケジュール等については今後精査が必要。)	
今後対応の必要があるリスク	循環冷却系からの汚染水漏えい	建屋からの汚染水の漏えい	○各号機の汚染水を直接汚染水処理施設に移送する等の小ループ化。【漏らさない】 ○建屋内の汚染水の濃度低減の加速化。【取り除く】 ○汚染水が地下水に流出しないための対策 (建屋外壁貫通部、建屋間ギャップの止水、建屋周辺のグラウティング等)。【漏らさない】 →《技術公募:建屋内止水技術》 ○原子炉建屋深部への排水ポンプの設置等による地下水位と汚染水位のコントロール。【漏らさない】	
		アウターライズ津波による建屋内汚染水の海洋流出	○防潮堤の設置。【漏らさない】 ○汚染水の増加に備えたタンク容量の確保。【漏らさない】	
		移送配管部からの漏えい	○耐放射線性に優れた配管への取替え、配管の多重化等。【漏らさない】	
		セシウム除去装置からの漏えい	○セシウム除去装置からの汚染水の漏えい防止対策(漏えい受けの設置)【漏らさない】	
	セシウム除去後の高濃度廃棄物		○建屋の設置。【漏らさない】 ○減容化及び安定的保管方策の策定。【漏らさない】	
	大規模自然災害等によるタンク等の破損		○大量の汚染水を速やかに建屋等に移送する等、外部への排出を防止するシステムの構築。【漏らさない】	

＜図２－１：リスクの洗い出しと予防的・重層的対策＞
(平成２５年９月２７日 汚染水処理対策委員会（第７回）資料)

これらの成果として、今般、総合的なリスクマネジメントの徹底を前提として、現時点で提示しうる予防的かつ重層的な汚染水処理対策をとりまとめた。

委員会でのリスクの洗い出しや対策の検討に当たっては、地下水や雨水の挙動に関する技術的な検討や、汚染水が漏えいするリスクに関する分析・評価について充実を図る必要があったため、委員会の下に「地下水・雨水等の挙動等の把握・可視化サブグループ」と「リスク評価サブグループ」の２つのサブグループを設け、それらの分野の専門家の参加を得て、検討体制を強化した。

また、現地における政府、東京電力等の関係者の連携と調整を強化するために設置された汚染水対策現地調整会議での現場の視点に基づく議論や検討とも連携を図った。検討の全体フローを＜図２－２＞に示す。



＜図 2－2：検討全体フロー＞

（参考）現地調整会議における検討状況

9月3日にとりまとめられた「東京電力(株)福島第一原子力発電所における汚染水問題に関する基本方針」において、現地における政府、東京電力等の関係者の連携と調整を強化するため、「汚染水対策現地調整会議」を設置し、現地の関係者の情報共有体制の強化及び関係者間の調整を図ることも決定されている。また、「廃炉・汚染水問題への対応方針と具体的アクションプラン（9月10日 廃炉・汚染水対策関係閣僚等会議決定）」においても、「汚染水対策現地調整会議」にて、現場関係者からのあらゆる声を吸い上げ、対策の見直し・修正、潜在的リスクの洗い出しを行うことが、決定・確認されており、これに基づき種々の取り組みを進められてきた。

「汚染水対策現地調整会議」の開催実績と主な決定事項は以下のとおり。

9月9日 第1回 汚染水対策現地調整会議

- 想定されるリスクについて体系的に整理を行い、逐次、汚染水対策現地調整会議で報告する。
- タンクからの汚染水漏えいの際に、海への流出リスクを低減するため、Bラインの側溝の暗渠化（工程とスケジュールの明確化）
- タンク周辺の堰のかさ上げ（かさ上げの高さの考え方の整理、行程とスケジュールの明確化）
- 水処理循環ラインにおいて水を貯める3箇所のタンク周辺の漏えい対策強化（堰の設置と基礎部のコンクリート化）の検討。リスクの評価を踏まえ、優先順位を決めて迅速に実施。

10月9日 第2回 汚染水対策現地調整会議

- タンク周辺の堰のかさ上げとともに、タンク堰の二重化（土堰堤の強化、土堰堤のコンクリート打ち）（平成25年度内工事完了）
- 排水路の港湾内へのルート変更について検討。
- HTI（雑固体廃棄物減容焼却）建屋、プロセス建屋、原子炉建屋、タービン建屋の地下滞留汚染水の浄化と汚染水量の低減のための新たな循環ラインの設置（平成26年度半ば運用開始）
- 溶接型タンクの設置ペース（現在15基/月）を来年度までに2倍以上にする。今後のタンクの増設ペースを踏まえ、汚染水を貯蔵する容量を確保しつつ、既設のボルト締め型タンク、横置き鋼製タンクをリプレイスするため、汚染水の量の前提条件や、どのタンクからリプレイスするか等を詳細に検討した上で、早期にタンクリプレイス計画を策定する。

11月11日 第3回 汚染水対策現地調整会議

- 溶接型鋼製円筒タンクへの水位計の設置、リプレイスされたタンクの廃棄物の処理方針の検討、汚染水漏えい防止の観点からの雷対策の再評価。
- 堰のかさ上げ、二重化と併せて雨水を一時的に貯めるタンクを大型化し、短時間で水をくみ上げ計測する方策を検討。
- 既に着手している項目（タンク水位計、タンク雨樋の設置等）についての進捗状況を確認
- 現場管理体制の強化策の実施状況の管理・監督の実施。

3. 汚染水に係るリスク評価

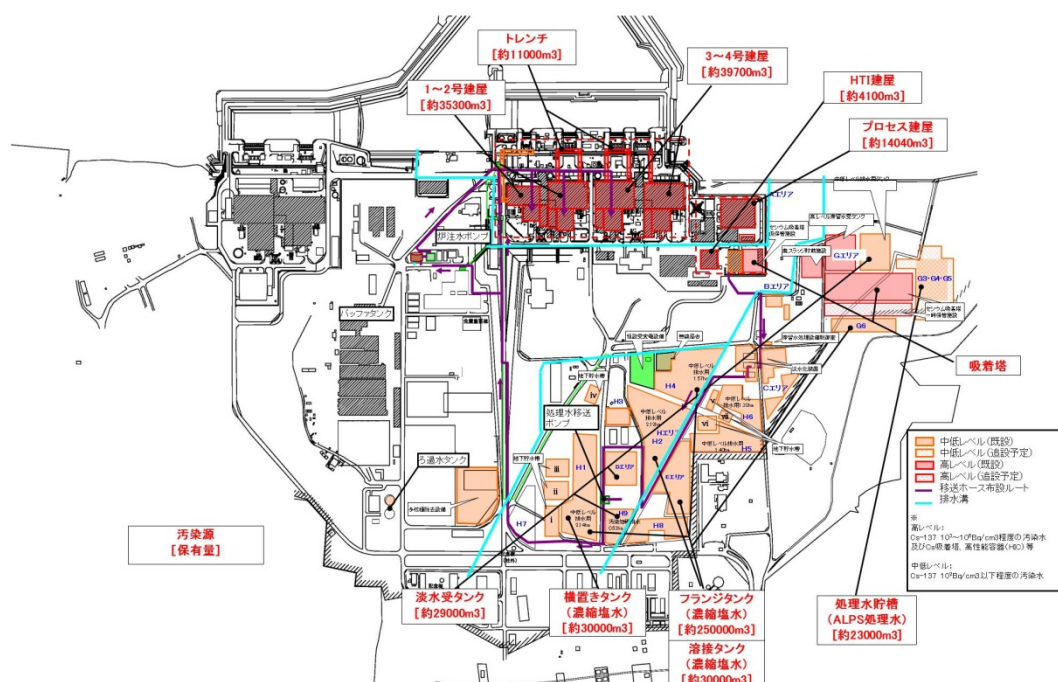
(1) 汚染水の存在状況の把握（所在場所、保有水量、放射性物質濃度、保管形態など）

福島第一原発の敷地内には、量や濃度、存在形態の異なる多種多様の汚染水が存在している。例えば、タンクに貯蔵している汚染水を見ても、セシウムのみ除去した高濃度汚染水、多核種除去設備（ALPS）により処理した後のトリチウムを含む水等がある。また、タンクの種類も様々であり、漏えいを起こしたフランジ型（ボトル締め型）のタンクの他に、溶接型タンクもある。

これらの汚染水の存在状況を正確に把握することが、現状のリスクを評価し、対策を検討し、さらには対策実施後のリスクを評価する上での前提となる。

そのため、まずは、福島第一原発の敷地内のどこに、どの程度の量や濃度の汚染水が、どのような状況で存在するかを整理した。

汚染水の所在場所毎の保有水量、放射性物質濃度の程度を、＜図3－1＞に示す。



＜図3－1：汚染水の把握 平成25年10月15日時点＞

また、これらの基礎情報をリスク評価に結びつけるために、汚染水源毎

の保有水量、放射性物質濃度を基に、核種毎の汚染水インベントリ（Bq）を整理し、（２）で記載するように、汚染水漏えい発生イベントや汚染水の海への流出シナリオを想定し、漏えいの発生頻度と漏えいが発生した場合の影響度から、相対的な評価を行えるようにした。汚染水の存在状況は、対策を検討・実施していく上で最も基礎的な情報であるため、対策の効果の確認や進捗管理を含むリスクマネジメントに活用できるよう、今後とも、状況把握、体系的な整理・蓄積を継続していくことが必要である。

なお、原発事故以降、敷地内の地下の一部には汚染水が存在するとともに、現時点で港湾外や港湾口における放射性物質濃度は低いレベルにとどまっているものの、敷地近傍の海域の一部には汚染物質が存在している。そのため、地下水や海域の水質についても継続的にモニタリングが行われているところであり、これらの把握された状況についても、今後、上記を参考として、さらに分かりやすい形で整理・蓄積していく必要がある。

汚染水のリスクは、貯蔵している汚染水が漏えいするリスクと、汚染水の増大に伴い貯蔵容量が逼迫するリスクに大別されるが、以下（２）、（３）は前者についての検討内容であり、後者については６．に記載する。

（２）汚染水漏えい事象の発生要因、発生確率、汚染水が海へ流出するシナリオ

汚染水は、その存在状況によって、漏えいの発生要因や発生頻度が異なるものと考えられる。

漏えいの発生要因としては、関連する設備等の経年劣化や損傷などの設備に起因するものや、ヒューマンエラーのような人的要因によるもの、地震や津波、豪雨災害等、自然災害によるものなどが想定される。

これらの要因による漏えい事象の発生頻度は、施設や管理体制の強化により低減を図っていく必要があるものの、それらの取り組みに期待するだけでリスクを回避できるものではない。設備の経年劣化やヒューマンエラーなどは、予防的かつ重層的な対策を十分に実施してもなお、万が一の事態の発生を見越して、年数回は発生することを見込んでおく必要がある。また、自然災害についても、集中豪雨は数十年に数回、大規模な地震や津波は数百年に数回など、施設計画で想定しているオーダーでの発生リスクがあるものとして評価した

また、汚染水の漏えい事象が発生した場合、その事象によって漏えい量が異なるとともに、汚染水の存在場所や存在状況によって海への流出経路

は異なるため、想定される流出シナリオ毎に土壌への吸着などを考慮した海への放射性物質の流出量、すなわち海への影響度は異なる。

これらの発生要因、発生頻度、海へ流出するシナリオ毎に整理した結果を、＜巻末資料 1＞に示す。

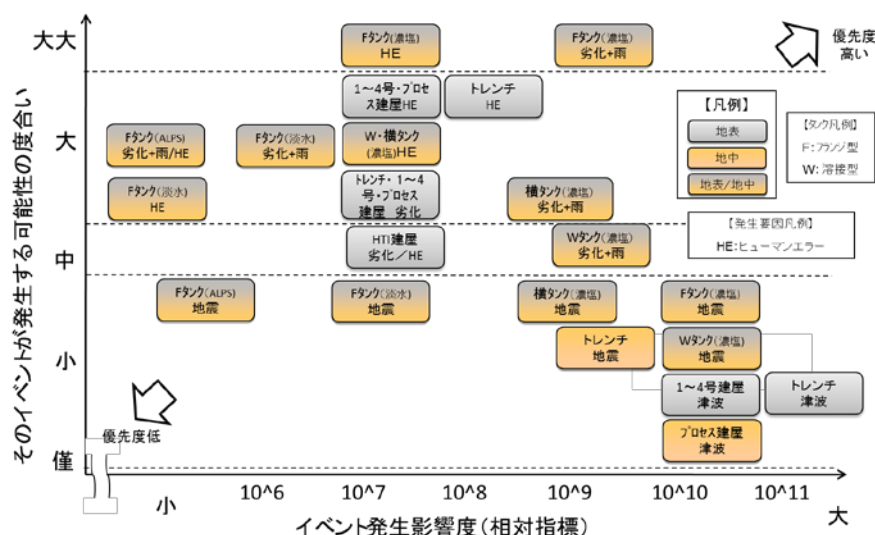
（３）現状における汚染水漏えいリスクの分析

様々な場所に存在する汚染水源毎のリスクを評価する上で、万一漏えい事象が発生してしまった場合の影響度とともに、その事象の発生頻度が重要な要素となる（影響度としては、核種毎の①漏えい量、②核種濃度、③線量係数の積の総和、を相対指標として用いた）。

たとえ発生頻度の低い大規模な地震や津波のような事象であっても、仮に漏えいが発生した場合にその影響度が甚大であれば、大きなリスクとして考慮しておく必要がある。また、たとえ漏えいした場合の影響度が小さい低濃度汚染水の漏えいのような事象であっても、発生頻度が高ければ、大きなリスクとして考慮しておく必要がある。

こうしたことから、リスクの程度を分かりやすく表現するために、縦軸に発生頻度、横軸に発生した場合の影響度を相対的に評価して、汚染水漏えい事象に関する「リスクマップ」を作成した。

現状におけるリスクマップを、＜図 3－2＞に示す。



＜図 3－2：現状のリスクマップ＞

このグラフ上の右上に位置する事象（イベント）ほど、リスクが大きく、左下に位置するほどリスクが小さいことを表している。

4. 地下水・雨水等の挙動の把握

(1) 地下水・雨水等に係る実測データの整理

福島第一原発の敷地周辺の地形・地質等に関する情報については、建設時に必要な調査が実施されており、得られた情報についての整理もなされている。特に、原子炉建屋等の重要施設周辺では詳細なボーリング調査、地下水観測等も行われている。しかし、これらのデータの一部は原発事故等に伴い確認が困難な状態なものもある。また、震災後の調査については、高線量下における作業環境の問題から、場所によっては必ずしも十分なデータ収集が行われていない。

地下水や雨水の挙動を把握し、対策の効果等を予測・評価する上で、十分な実測データが得られていることが重要であり、今後ともデータの収集が必要であるものの、日々流入する地下水により汚染水が増大している現状にかんがみ、一刻も早い対策を講ずることが喫緊の課題である。そのため、様々な制約条件の下での限られた範囲ではあるものの、地下水の流れや水循環などの水理水文現象・地質構造を把握する上で必要なデータの収集・整理を行った。

既存データを整理した結果を、＜巻末資料2＞に示す。

これらのデータを最大限活用し、地下水の流入、雨水の浸透や表面流出、さらには汚染水浄化のためのくみ上げをはじめとした人為的な作用の影響など、水の流動に関する情報（データ）を基に、メカニズム全体を把握した上で総合的に検討する観点から、前述のように、委員会の下に、地下水流動や地質に関する専門家からなる、「地下水・雨水等の挙動等の把握・可視化サブグループ」を設置し、以下の共通認識の下で、集中的に検討・討議した。

- ・ 既存の情報（データ）を最大限活用するため、徹底的な情報収集を行うとともに、収集した資料を科学的・技術的観点から十分に精査した上で整理し、有効に活用できる技術資料として整理すること
- ・ 高線量など調査が困難な現場条件ではあるものの、検討上必要となる情報が得られるよう可能な限り調査に努めること
- ・ 必ずしも十分な情報が得られていない中、各時点で得られた情報を基に可能な範囲で科学的・技術的な整理・検討を行ったことを認識し、今後とも情報の充実と蓄積が必要であること
- ・ 今後の情報の充実や解析・検討の進展により、今回整理した内容につ

いても、必要に応じ見直しを行う必要があること

(2) 水理水文現象・地質構造の整理

福島第一原発の敷地は、元々はO. P. (小名浜港工事基準面を0メートルとする標高。以下同じ。) + 3.5 m程度の台地が海岸に接する海岸段丘であったが、発電所建設に当たりO. P. + 10 m程度の平地が造成されている。その地層は、地表面付近の段丘堆積物(埋戻し土を含む。)より下層が、富岡層と呼ばれる新第三紀に堆積した地層であり、上から中粒砂岩層(I層)、泥質部(II層)、互層部(III層)等が分布している。このうち泥質部(II層)とその下部の互層部(III層)が原子力発電所建屋の支持地盤となっている。互層部(III層)よりさらに下部の泥質部(IV層)の中にも透水性の高い砂岩層(細粒砂岩層、粗粒砂岩層)が存在するが、それらの砂岩層は建屋の建設による擾乱を受けていない。

ボーリングデータや露出している地層の観察から、これらの地層は、海側への傾斜角約2度で東側に傾き、ほぼ平行して海域へ連続していることが推定される。また、中粒砂岩層(I層)を流れる地下水は主として敷地内の雨水の浸透によるものが支配的であること、互層部(III層)を流れる地下水は主として敷地内の雨水の浸透によるものであるが一部敷地外から流入する地下水が混在していること、細粒砂岩層と粗粒砂岩層を含むより深部を流れる地下水は敷地外から流入する地下水が支配的であることが推察される。

このうち、汚染水問題を考える上では、汚染源となる高濃度汚染水が存在するトレンチや建屋がある中粒砂岩層を流れる不圧地下水(地表に最も近い不透水層の上を流れる地下水)が中心的な対象であるが、建設工事により、一部において中粒砂岩層(I層)の不圧地下水と連絡している互層部(III層)を流れる被圧地下水(不透水層の間にある透水層を流れ、その最上面において大気圧より大きい圧力がかかっている地下水)にも注目する必要がある。

中粒砂岩層(I層)については観測用井戸で採取した地下水から放射性物質が検出されている。互層部(III層)の水質も現在確認を進めているが、直近に建屋海側で採取した互層部(III層)の地下水からは放射性物質がほとんど検出されていない(平成25年12月9日現在)ことを踏まえると、引き続き調査が必要であるものの、互層部(III層)の地下水は、その汚染度合いは低いと考えられる。また、互層部(III層)より下の細粒砂岩層と粗粒砂岩層を流れる地下水が汚染されている可能性は低いと考えられる。

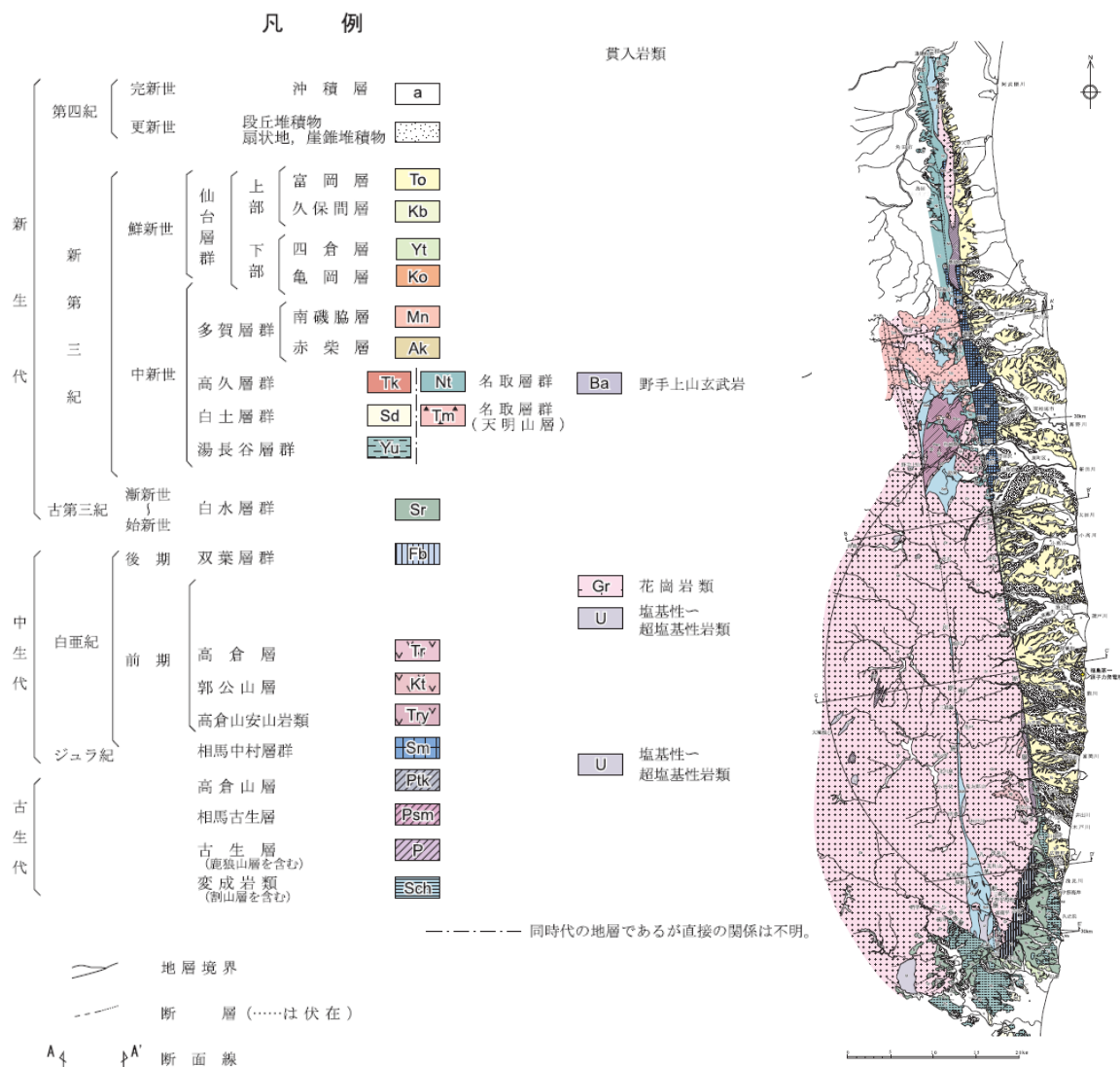
この判断の確実性を高めるためには、互層部（Ⅲ層）を流れる地下水についても継続的に放射性物質の濃度の観測を行う必要がある。

さらに地下深部には双葉断層付近で涵養された、あるいは阿武隈山系等から流入する地下水が流れる帯水層が存在するが、中粒砂岩層（Ⅰ層）や互層（Ⅲ層）を流れる地下水への影響はほとんどないと推測される。

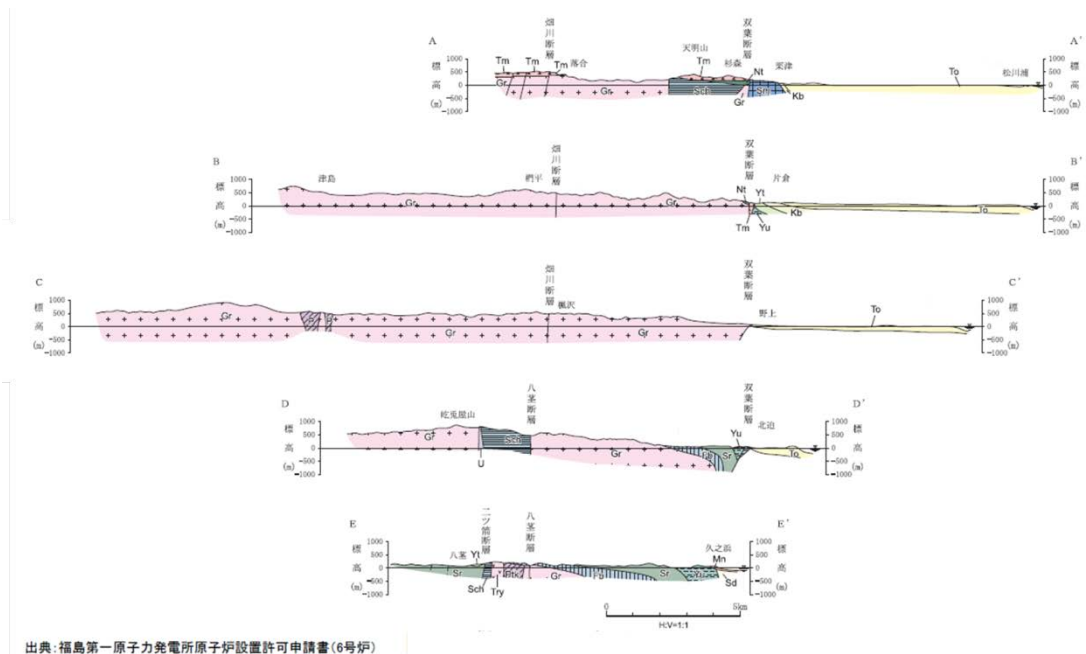
現時点では、互層部（Ⅲ層）は、汚染度合いは低いと考えられるものの、一部基礎工事において互層部下面までの掘削・埋め戻しを実施していることから、安全サイドで考えると海側遮水壁については、互層部（Ⅲ層）まで遮水することが適切と考えられる。

これらの既存データ、新たな観測結果、現地調査結果等も踏まえ、中粒砂岩層（Ⅰ層）の中への泥質のはさみ層を含め、可能な限り水理水文現象・地質構造の整理を行った。地質構造図等を整理した結果を、＜図 4－1～4－6＞に示す。

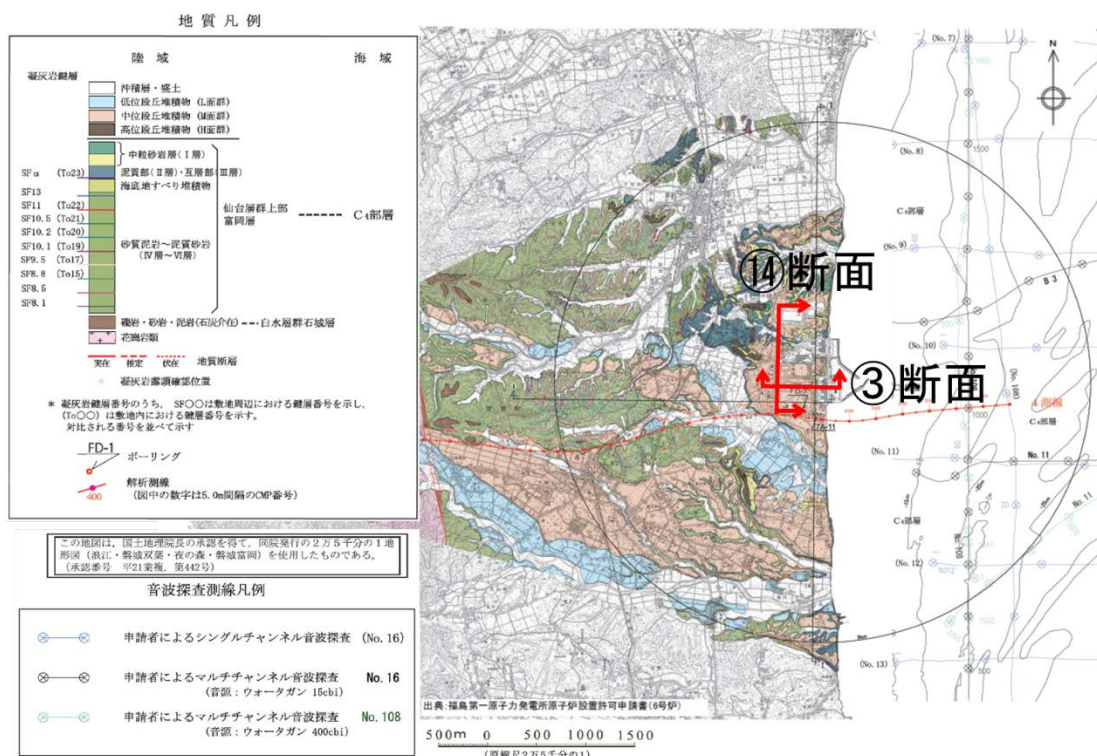
ただ、全体として観測数が十分とは言えないため、地下水位や水頭、放射性物質の濃度等の観測を継続するとともに、把握すべき内容に応じた精度を確保するなど観測の充実を図る必要がある。なお、今後さらに地下水流動解析の精度を向上させるためには、中粒砂岩層（Ⅰ層）の中の泥質のはさみ層と地下水分布との関係の詳細等を明らかにする必要がある。



<図 4 - 1 : 敷地周辺陸域の地質図>

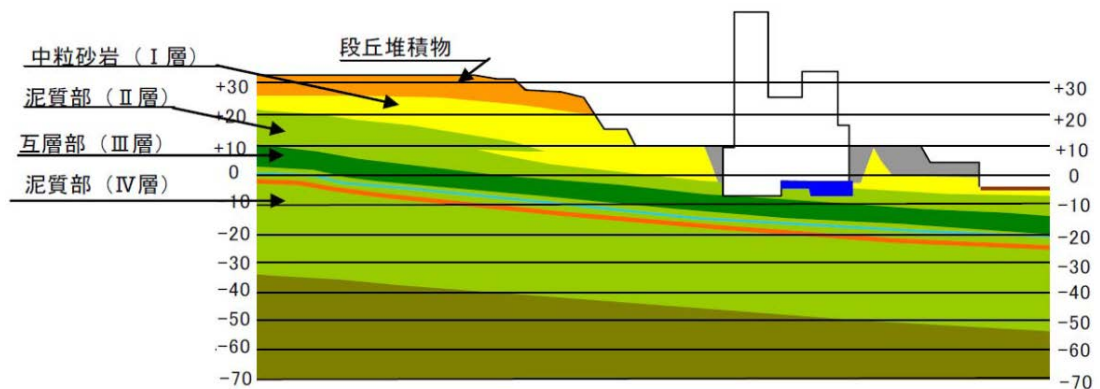


<図4-2：敷地周辺陸域の地質断面図>

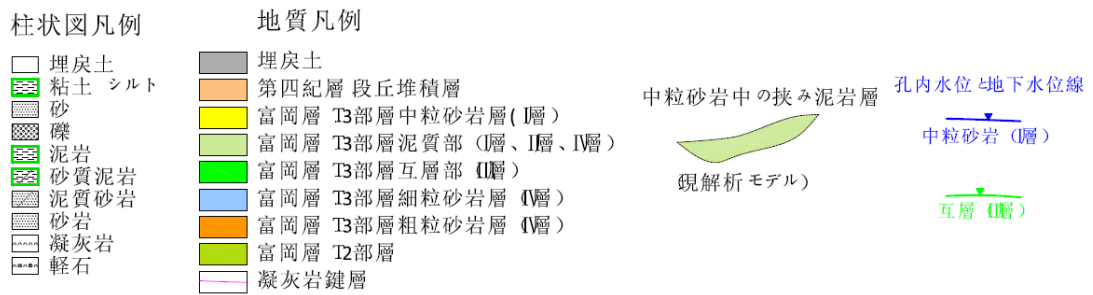
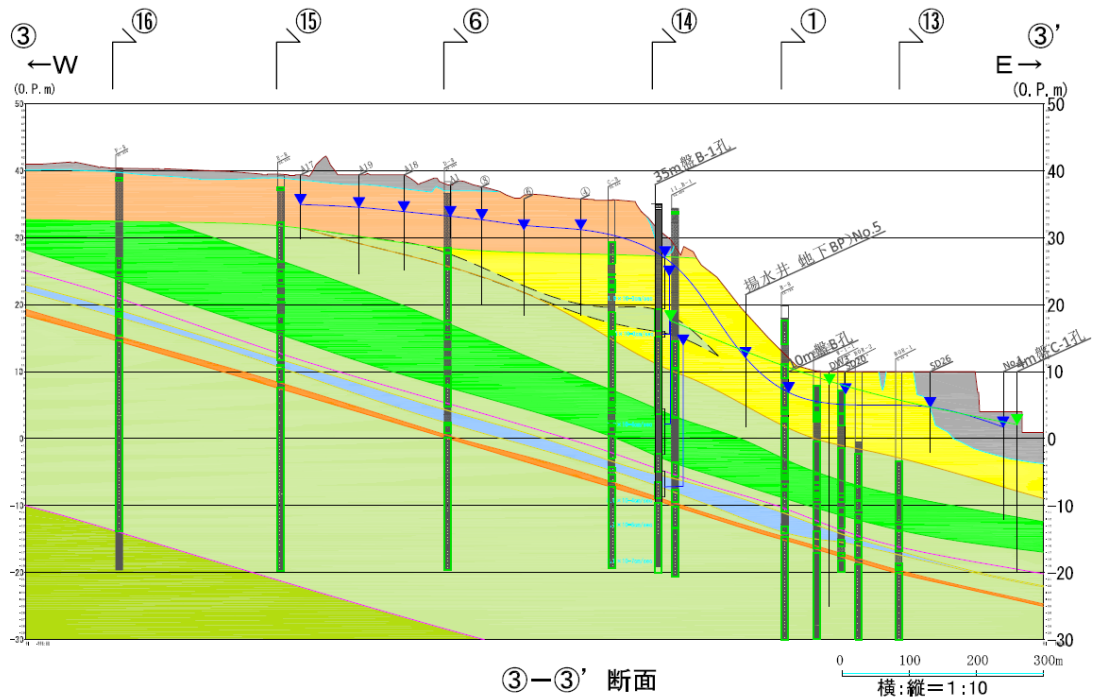


<図4-3：敷地周辺地質平面図>

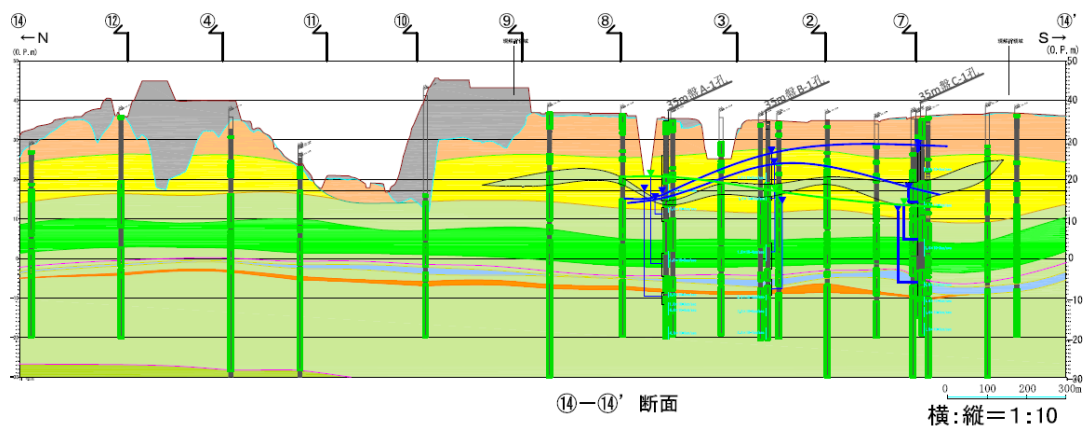
地質時代	地 層 名	主な岩相・層相	地層区分	層相	水理に関する既存の情報
第四紀	沖 積 層	暗緑灰色～褐色の粘土及び砂，未固結	段丘堆積物	中粒～粗粒の砂を主体とし径1～数cm程度の礫を含む	—
	段 丘 堆 積 物	黄褐色の砂礫及び砂，半固結		中粒砂岩 透水係数 $2.11\text{E-}03 \sim 4.14\text{E-}03$	
新第三紀	富 岡 層	T ₃ 部層	高岡層T2部層	層厚は20m程度で塊状無層理の中粒砂岩を主体とする。層厚数mのシルト岩(泥質部)を挟在する	(泥質部) 透水係数 $(1.00\text{E-}06 \sim 1.18\text{E-}06)$
		T ₂ 部層		層厚5～7m程度のシルト岩を主体とする泥質部	互層部 透水係数 $2.37\text{E-}04 \sim 8.07\text{E-}03$
		T ₁ 部層		層厚4～8m程度で、数cm～3m程度の間隔で砂質シルト岩と中粒砂岩が交互に分布する互層からなる	互層部 透水係数 $2.37\text{E-}04 \sim 8.07\text{E-}03$
	先 富 岡 層	泥質砂岩～泥岩 軽石粒，スコリア粒，凝灰岩等を挟在		層厚30m程度の無層理のシルト岩を主体とする泥質岩からなり、2層の連続性のよい砂層(細粒砂岩、粗粒砂岩)を挟在する。粗粒砂岩層下部の泥質部は砂質を呈する箇所がある。 ・細粒砂岩：Ⅲ層の下端から3m程度から層厚2m程度をもって分布する。 ・粗粒砂岩：Ⅲ層の下端から7m程度から層厚1m程度をもって分布する。	泥質部 透水係数 $1.00\text{E-}06 \sim 1.18\text{E-}06$ 細粒砂岩 透水係数 $1.00\text{E-}04 \sim 5.14\text{E-}03$ 粗粒砂岩 透水係数 $6.20\text{E-}04 \sim 4.40\text{E-}03$
古第三紀	漸新世		高岡層T1部層	層厚50m程度の泥質岩を主体とする層	—
			高岡層T2部層	層厚70m～30m程度の泥質岩を主体とする層	—



<図 4 - 4 : 福島第一原発周辺の地質層序>



<図 4-5 : 地質断面図 (③断面) (平成 25 年 12 月時点) >



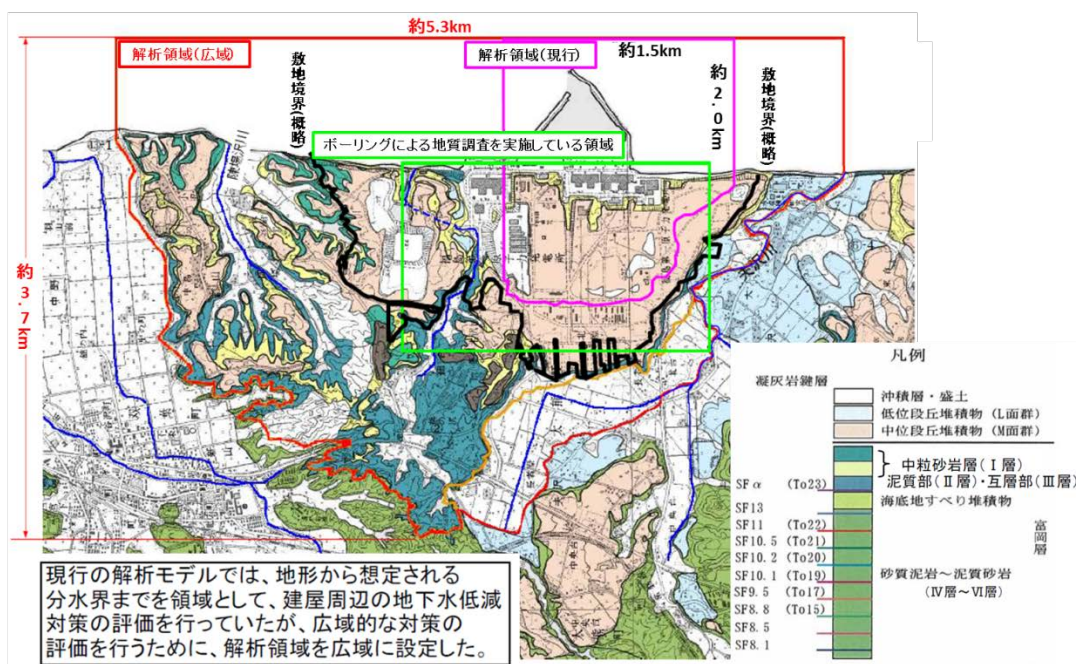
<図 4-6 : 地質断面図 (⑭断面) (平成 25 年 12 月時点) >

（３）地下水流動解析モデルの構築（再現性の確認）

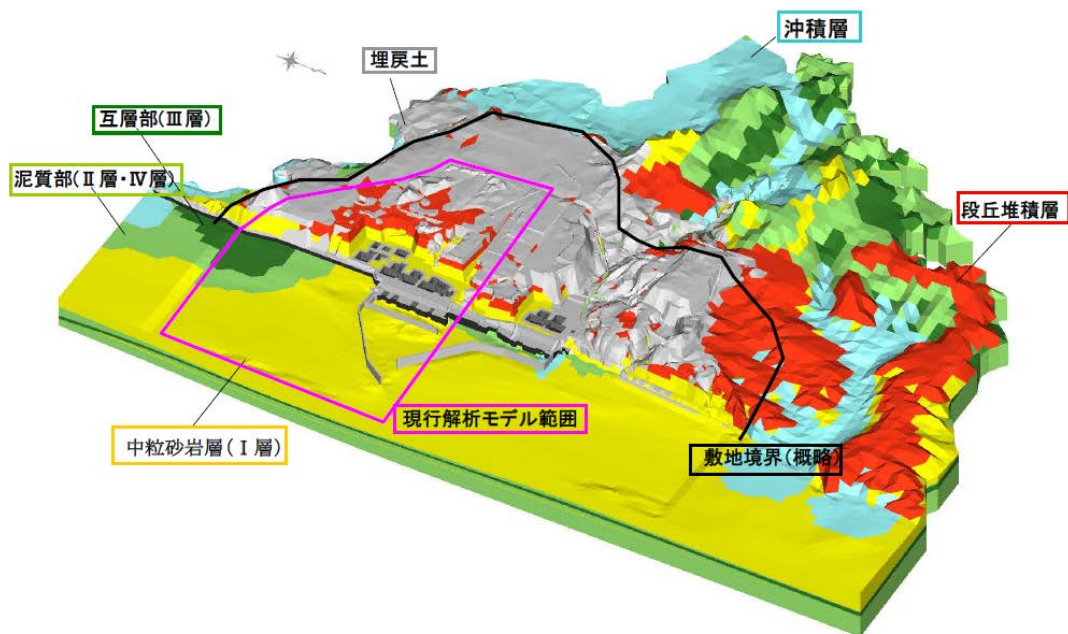
これまでも東京電力において地下水流動解析が行われており、その結果を基に幾つかの対策を計画・実施してきている。これまでの検討は、建屋周辺の地下水の流れを如何に抑制するかに着目し、敷地境界より内側の狭い解析領域における地下水流動解析を進めてきた。これまでの狭い解析領域での検討についても、その範囲における妥当性は認められたが、今回整理された水理水文現象・地質構造を踏まえるとともに、敷地境界付近における対策を含めた、より広範囲において予防的・重層的な対策を検討するに当たり、大幅に解析領域を拡張することとした。なお、データの得られている範囲や対策を講ずる内容に応じ、解析時間も考慮して解析メッシュには濃淡を設け、建屋周辺等は細かく、建屋周辺等から遠ざかるに従い粗い解析メッシュとしている。

拡張された解析領域は、陸側領域においては地下水流動解析の主対象である富岡層 T3 部層の分布（主に北側領域）と沖積河川（水の出入りが可能な静水圧境界条件となる）の分布（主に南側領域）を基に設定し、海側領域においては陸側領域の南北端を海岸線と直交方向に沖合約 2.0km まで延伸した領域とした。なお、海側領域の東側の境界条件については、水の出入りが可能な（＝静水圧境界）条件と、水の出入りが無い（＝不透水境界）条件のそれぞれの解析結果を比較することにより、解析領域を海側に更に拡張する必要があるかどうかを検討した。両解析結果を比較したところ、ほとんど差異がみられないことから、海側へこれ以上解析領域を広げる必要がないことを確認した上で、以後の検討は静水圧境界条件で行っている。解析領域、境界条件、解析条件を、＜図 4－7～4－9＞、＜表 4－10＞に示す。

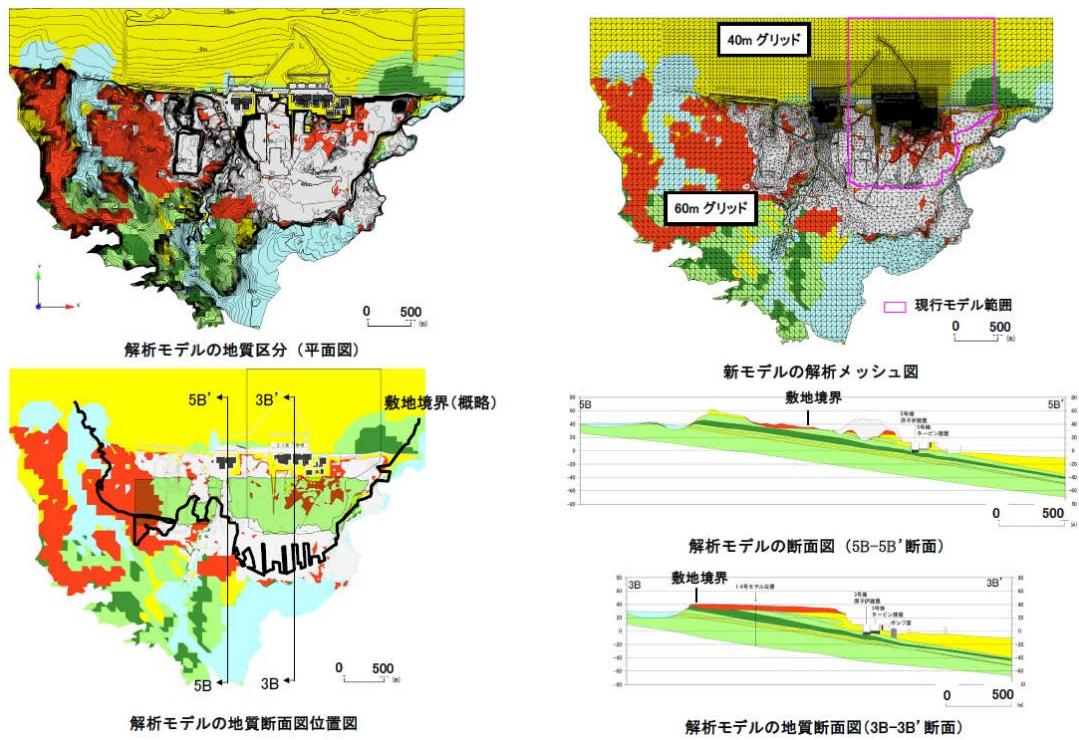
なお、効果発現に要する時間など、対策の詳細な評価を行うためには非定常解析が必要となるが、検討の緊急性にかんがみ計算時間を考慮し、対策の組合せを数多く解析して比較衡量することを優先し、主として定常解析を行ったものであり、今後、非定常解析により追加検討を行い、検討の熟度をさらに向上させることが望まれる。



<図 4 - 7 : 解析領域>



<図 4 - 8 : 解析モデルの俯瞰図>



<図 4-9 : メッシュ、断面図>

＜表 4－10：解析条件、境界条件＞

①降雨量：年平均降水量 1545mm(4.2mm／日)						
②降雨浸透率 55%(蒸発散量を年間700mmとした)						
③地山ならびに構造物の透水係数						
地層区分	震災前		震災後		間隙率	備考
	透水係数(cm/sec)		透水係数(cm/sec)			
地層名	水平	鉛直	水平	鉛直	(実流速換算時)	
盛土	2.8E-03	2.8E-03	2.8E-03	2.8E-03	0.46	
段丘堆積物	3.0E-03	3.0E-03	3.0E-03	3.0E-03	0.41	中粒砂岩層同様
沖積層	1.0E-03	1.0E-03	1.0E-03	1.0E-03	0.41	文献値
中粒砂岩	3.0E-03	3.0E-03	3.0E-03	3.0E-03	0.41	
中粒砂岩(南側、上部)	1.0E-04	1.0E-04	1.0E-04	1.0E-04	0.41	
泥岩	1.1E-06	1.1E-06	1.1E-06	1.1E-06	0.54	35m盤の3B-3B'測線以南範囲
中粒砂岩(南側、下部)	1.0E-04	1.0E-04	1.0E-04	1.0E-04	0.41	
泥岩	1.1E-06	1.1E-06	1.1E-06	1.1E-06	0.54	
互層	1.0E-03	1.1E-06	1.0E-03	1.1E-06	0.41	異方性考慮
泥岩	1.1E-06	1.1E-06	1.1E-06	1.1E-06	0.54	
細粒砂岩	2.3E-03	2.3E-03	2.3E-03	2.3E-03	0.41	
泥岩	1.1E-06	1.1E-06	1.1E-06	1.1E-06	0.54	
粗粒砂岩	2.0E-03	2.0E-03	2.0E-03	2.0E-03	0.41	
泥岩	1.1E-06	1.1E-06	1.1E-06	1.1E-06	0.54	
建屋基礎およびMMR	1.0E-06	1.0E-06	1.0E-06	1.0E-06	0.30	コンクリート相当
建屋側壁	1.0E-06	1.0E-06	5.0E-06	5.0E-06	0.30	感度解析から設定※1
既設矢板	1.0E-06	1.0E-06	1.0E-04	1.0E-04	0.30	感度解析から設定、施工幅0.8m※2
ポンプ室およびビット	1.0E-06	1.0E-06	1.0E-06	1.0E-06	0.30	コンクリート相当
4m盤グラウチング	—	—	3.0E-05	3.0E-05	0.30	中粒砂岩層の1/100相当、施工幅2m
碎石	—	—	1.0E-01	1.0E-01	0.41	埋立部
海側遮水壁	—	—	1.0E-06	1.0E-06	0.30	施工幅1m
陸側遮水壁	—	—	0.0E+00	0.0E+00	—	施工幅2m

※1：建屋への流入量が400m³/日を再現できる透水係数

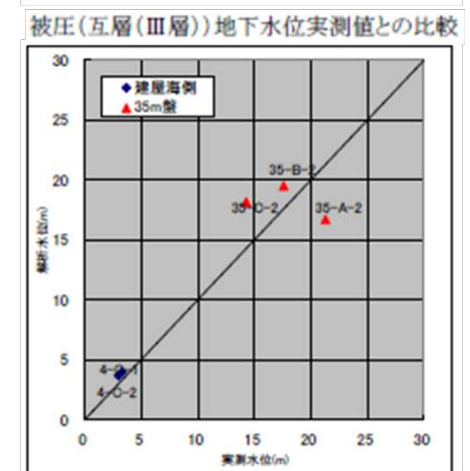
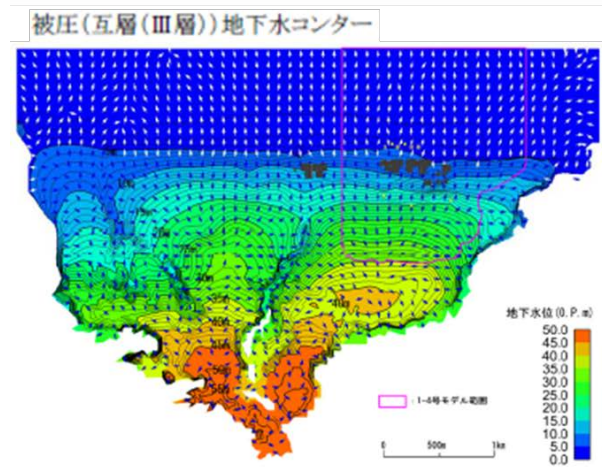
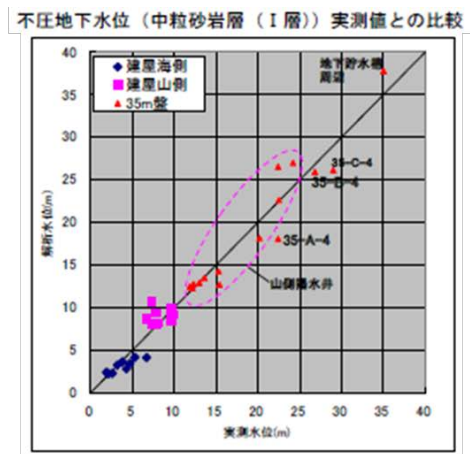
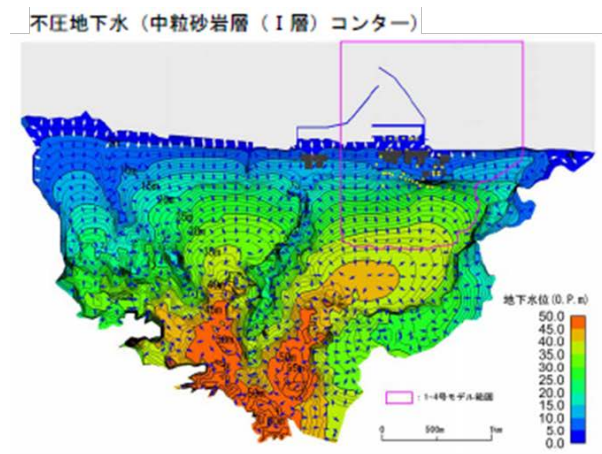
※2：地下水位(C-3, C-4, C-5)が再現できる透水係数

④境界条件	海域：平均潮位の静水圧
	陸域：地表からの静水圧

沖積層の透水係数については実測データがないため、日本の地盤を対象とした地下水データベース(梅田浩司, 柳澤孝一, 米田茂夫(1995):日本の地盤を対象とした透水係数データベースの作成, 地下水学会誌, 第37巻, 第1号, 1995)の第四紀更新世(平均値:1.2E-03 cm/sec)と第四紀完新世(平均値:5.6E-04cm/sec)の透水係数の平均値(8.1E-4cm/sec)から1E-3(cm/sec)と設定した。

これらの解析条件の下で、敷地内の複数地点で震災後に測定されている地下水位の実測データの年間を通じての代表的な値と解析結果を比較したところ、不圧地下水（中粒砂岩層）、被圧地下水（互層部）とも、定常解析において対策実施前の状況がある程度良好に再現されていること、建屋周囲のサブドレンからの地下水くみ上げ量についても実測値と解析値に比較的良い対応関係が見られたことから、この解析条件を用いた地下水流動解析に基づき、実施すべき対策やその効果等を検討することとした。陸域・海域とも限られた地下水・地質データに基づく分析であり、今後も、新たに得られた知見に基づき精度向上を図っていくことが望まれるが、この解析条件を用いた地下水流動解析結果はある程度の誤差を含むものの、実施すべき対策やその効果等を概括的に検討する上で有用と判断した。

対策実施前の地下水流動解析結果及び実測データとの比較を、＜図 4－11＞に示す。



<図4-11：実測データとの比較>

5. 国内外からの叡智の結集

(1) 技術提案の募集と応募状況

徹底的なリスクの洗い出しを行い、それを踏まえた予防的・重層的対策を検討するに当たり、技術的に困難性が伴う課題が少なからず存在したため、国内外からの叡智を結集すべく、広く技術提案を求めた。

技術提案を求めたのは、①汚染水貯留、②汚染水処理、③港湾内の海水の浄化、④建屋内の汚染水管理、⑤地下水流入抑制の敷地管理、⑥地下水・放射性核種等の挙動把握の6分野であり、その分野別の応募状況を、＜表5-1＞に示す。

＜表5-1：応募状況＞

特に技術提案・助言をお願いしたい事項として募集した分野	提案件数
①汚染水貯留（貯留タンク、微小漏えい検出技術等）	206
②汚染水処理（トリチウム分離技術、トリチウムの長期安定的貯蔵方法等）	182
③港湾内の海水の浄化（海水中の放射性Cs、Sr除去技術等）	151
④建屋内の汚染水管理（建屋内止水技術、地盤改良施工技術等）	107
⑤地下水流入抑制の敷地管理（遮水壁施工技術、フェーシング技術等）	174
⑥地下水等の挙動把握（地質・地下水データ計測システム、水質分析技術等）	115
その他（①～⑥に該当しないもの）	34

（注1）募集分野は提案者の申請によるもの。

（注2）1つの提案で複数の分野に関連するとされたものがある。

技術公募は、「技術研究組合 国際廃炉研究開発機構（以下「IRID」という。）」を通じ、平成25年9月25日から10月23日までの概ね1ヶ月間行い、その約1ヶ月間に、国内外から6分野の合計で780件の応募があり、このうち約3割が国外からの応募であった。

(2) 技術提案の整理・分類

技術提案の結果は、IRIDにおいて、整理・分類を行った。複数の分野に該当するとの提案については、特に関係が深いと思われる代表的な1つの分野について、様式への記載内容を基に、①福島第一原発と同様の環境下において実用化の実績があると示されているもの、②他分野において実用

化の実績があると示されているもの、③原理は確立されており、研究レベルで一定の成果を上げていると示されているもの、④アイデア提案と示されているものなどに分類がなされた。各分野の専門家からの意見聴取も行っている。

また、IRIDによる整理・分類に加え、現場での適用性等を考慮するため、分野毎に東京電力からのコメントも求めた。

これらをまとめた結果を＜巻末資料３＞に示す。

（３）適用可能な技術提案の抽出

技術提案の提出様式や、IRIDにおける整理・分類の結果を基に、汚染水処理対策委員会として検討を行った。

７８０件の提案の中には、直ちに実施可能な技術から、今後の研究開発を経て将来的に活用が可能となり得る技術まで、様々な技術提案があった。汚染水処理対策に係る多くの提案を頂いたことにより汚染水処理対策に係る技術の全体像を俯瞰することができ、これ自体が貴重なデータである。国、東京電力は今後の対策を講じていく上でこれらを参考にすべきものであり、御提案を頂いたすべての方々に感謝したい。

委員会としては、技術の成熟度、対応の緊急性、現場への適用性等を総合的に勘案して、予防的かつ重層的な汚染水処理対策を講ずるという視点から、直ちに活用すべき技術や、ある程度の検証等を行えば活用できる技術などに着目して、以下の考え方をとりまとめた。

①汚染水貯留

- １）汚染水貯留は、汚染水処理、建屋内止水、地下水流入抑制等、汚染水の増大を抑制するための他の対策を講じたとしても必要不可欠な課題である。また、これまでもタンクからの漏えい事象が発生していることにかんがみ、貯留施設の信頼性の向上は優先度の高い対策である。数多く寄せられた技術提案には、二重鋼殻タンク等の信頼性の高い大型タンクなど、短期間の工期、漏えい防止、大型化、耐震性などの要求機能を兼ね備えた提案があり、これらについては、輸送手段や据付・検査など現地での適用性を確認した上で、可能なものについて直ちに採用すべきである。
- ２）また、汚染水の長期安定的貯蔵のため、洋上タンカー、地下貯

蔵などの提案も数多くあった。当面は、タンクの増設・大型化を進めるが、万一、将来的に貯留容量が不足する場合に備えた予防的対策として、法的、社会的、技術的課題への対応の可能性や、汚染水の処理と貯蔵のリスクを総合的に検討する必要がある。

- 3) 微小漏えい検出技術は、漏えいの早期発見に資するため、優先度の高い対策である。ただし、数多く寄せられた技術提案には開発途上の提案や、現地での適用性を確認する必要がある提案が多いため、鉛を用いない軽量の遮蔽シート、プローブの改良、各種染料などについて、速やかに検証等を実施した上で、早急に導入を検討すべきである。
- 4) ボルト締めタンクの撤去は、信頼性の高いタンクへのリプレイスを進めることと並行して実施する必要があるため、優先度の高い対策である。ただし、除染により汚染水を増大させないことが重要であることから、数多く寄せられた技術提案のうち、超高圧液体窒素除染技術、ファイバーレーザなど水を使わない手法を中心に、検証等を実施した上で、早急に導入を検討すべきである。

大量の汚染水を長期安定的に貯蔵する手法について考慮すべき事項（例）

汚染水貯留についての技術提案の中には、タンカーやメガフロートでの洋上管理に関するものや、地下貯蔵に関するものが多く寄せられた。各手法を検討するに当たっては、以下のような法的、社会的、技術的課題を考慮する必要がある。

○洋上タンカー

- ・船舶安全法に基づく定期検査（5年毎の精密検査）、中間検査（大型船の場合は毎年簡易検査）が必要。
- ・点検時にはタンカーを空にして、人が中に入って点検することとなっているので、点検毎にタンカーの内部を除染する必要あり。
- ・汚染水を貯蔵するタンカーの船員の確保と、放射線を防護するための設備の設置が必要。

○メガフロート

- ・船舶安全法に基づく定期検査（5年毎の精密検査）、中間検査（大型の場合は毎年簡易検査）が必要。
- ・点検時にはメガフロートを空にして、人が中に入って点検することとなっ

ているので、点検毎にメガフロートの内部を除染する必要あり。

- ・津波によりメガフロートが座礁して破損して汚染水を漏えいさせないための対策が必要。

○地下貯蔵

- ・漏えいを防止する措置、漏えいを検知する手法の検討が必要。

②汚染水処理

- 1) 汚染水処理として、多核種除去設備の増設（高性能設備を含む）による加速化を進めることとしているが、トリチウムは多核種除去設備で分離することができず、これまでトリチウムを分離する有力な手法は見出せなかった。今回、トリチウムの分離について数多くの技術提案が寄せられているが、導入に当たっては効率性等を確認する必要があるため、トリチウム水の貯蔵技術と合わせ、既往の知見を収集整理するとともに、CECE 法、凍結濃縮法、ハイドレートなどの提案された手法について処理能力や費用対効果等について評価すべきである。
- 2) 一方、トリチウム水を貯蔵し続けるリスクを、環境放出など他の選択をする場合のリスクと比較衡量するなど、総合的な評価を行うべきとする技術提案が数多く寄せられており、今後のトリチウムの取扱方法を検討するための総合的な評価のための取組を行うべきである。

③港湾内の海水の浄化

- 1) 現時点で、港湾外や港湾口における放射性物質濃度は低いレベルにとどまっているものの、1～4号機取水路前の一部のエリアでは一定濃度以下に濃度が低減しない状況にあるため、汚濁防止膜など導入が容易なものについては、精度の高い効果検証を待つことなく、簡易な検証をした上で、直ちに実施すべきである。
- 2) 一方、沈殿、吸着、分離などの手法による技術提案が数多く寄せられたが、放射性物質のみを除去できると明記された提案はなく、現地での適用性を確認できていない技術も多いため、研究室レベルでの成果が確認されている技術を選定し、検証等を実施した上で、導入を検討すべきである。

④建屋内の汚染水管理

- 1) 建屋内及び建屋周辺止水は、汚染源に水を「近づけない」、汚染水を「漏らさない」という視点から、優先度の高い対策である。数多く寄せられた技術提案には、有機系・無機系材料や充填材、注入材など、国内外で実績を積み重ねた提案が多くあったため、現地での適用性を検討した上で、順次実施すべきである。
- 2) ただし、実施に当たっては、福島第一原発の現場条件を考慮して適切な手法を選定する必要があるため、あらかじめ試験等によって検討すべきである。また、様々な制約がある環境下において、適切な材料選定を行うことは困難も予想されるため、必要に応じ、試験設備を現地に導入することも検討すべきである。
- 3) また、被ばく線量を低減するための施工方法として、地下空間利用や無人化施工などの提案があった。これらの施工方法については、必ずしも高線量下での施工実績がないため、地下の状況が十分把握できていない箇所や複雑な構造の箇所を避けて試験的な施工を行い、適用性を確認しながら、施工範囲を拡大していくなどの対応が必要と考えられる。

⑤地下水流入抑制の敷地管理

- 1) 地下水流入抑制策については、凍土壁に加えた重層的な対策として、あるいは凍土壁の代替案として、新たな遮水壁を設置すべきとする提案が数多くあった。遮水壁を設置する位置は必ずしも示されていないものの、凍土壁外側や敷地外周などの提案が多く、施工方法としては、コンクリート系、鋼製あるいは粘土系の連続壁のほか、グラウト注入の提案があった。
- 2) また、敷地内への流入抑制を目的として、敷地外周等に井戸、トレンチ、トンネル等を設置すべきとする提案があった。さらに、雨水浸透抑制策として、敷地のフェーシングを実施すべきとする提案があった。
- 3) これらの対策については、地下水流入抑制策として実施又は計画されている対策が十分に機能しない場合を考慮した重層的な対策の視点から有用となる可能性が高いため、地下水・雨水等の挙動の解析を行い、個々の対策を実施した場合や、複数の対

策を組合せて実施した場合の効果と課題を整理した上で、検討の対象とすべきである。

- 4) 数多く寄せられた技術提案には、工法や材料などについて国内外で実績を積み重ねた提案が多くあったため、適切な手法を選定・活用を検討すべきである。このうち、フェーシングの手法としては、コンクリートやアスファルトなどの実績のある工法があるが、複雑な地形等の制約を考慮して、吹付等のライニング材などの提案があった。これらの施工方法については、必ずしも高線量下での施工実績がないため、検証等を行った上で現地での適用を検討すべきと考えられる。
- 5) 土壌中の放射性ストロンチウム捕集技術については、有機系、無機系の材料や微生物の活用など、各種の提案があり、また、透過壁など港湾付近での活用も期待できる技術提案もあったため、廃棄物対策の視点も含め、検証等を行った上で現地での適用を検討すべきと考えられる。

⑥地下水等の挙動把握

- 1) 地下水等の挙動把握のための技術として、データ収集、水質の分析、観測孔設置技術、地下水流動・核種移行解析などに関し、数多くの提案があった。
- 2) 地下水等の挙動把握は、汚染水処理対策委員会としても重視しており、サブグループを設置して検討を行ってきた。しかし、高線量などの制約された現場条件の下で得られた限られた情報の範囲内での検討であったため、今後、観測網を整備して観測の充実をはかり、時間的、空間的に、更なるデータ収集、解析を行い、精度の向上に努めることを推奨する。
- 3) 今後の精度向上に向けて、提案された技術の中には有望な技術が数多く含まれており、有効と考えられる技術をリストとして整理したので、調査目的に応じて適切に活用することを期待する。技術リストは＜巻末資料4＞に示す。

今般の技術公募を踏まえ新たに活用すべき主な技術 等

①現地での適用性を確認した上で早急に活用すべき技術

- 二重鋼殻タンク等の信頼性の高い大型タンク等
- 鉛を用いない軽量の遮蔽シート
- 汚濁防止膜（シルトフェンス等）
- 止水技術（建屋内止水、建屋周辺止水）
- 地質・地下水調査、観測網を整備

②施工性や費用対効果等を踏まえ実施手法を選定した上で、活用すべき技術

- 遮水対策技術（フェーシング、遮水等）

③効果が期待されるが、活用するに当たって確認・検証が必要な技術

- 微小漏えい検出技術（染料を含む）
- 水を使わないタンク除染技術
- トリチウム水の貯蔵・分離技術
- 港湾内の海水の浄化技術
- 土壌中のストロンチウムの捕集技術
- 無人ボーリング技術

※各技術の確認・検証内容に応じ、確認・検証を支援する体制を整備

④汚染水処理対策委員会等での検討を踏まえて進めて行くもの

- トリチウム水の取扱いについての総合評価
- タンカー、地下貯蔵等に係る諸問題への対応の可能性の検討

6. 地下水流動解析やリスク評価を踏まえた対策の全体像

(1) 汚染水処理対策の全体像の検討方針

汚染水処理対策は、基本的に、汚染源を「取り除く」対策、汚染源に水を「近づけない」、汚染水を「漏らさない」対策の3つに大別でき、それぞれ複数の対策がある。

時間的、人的、予算的な制約や、作業スペース等の現場における制約を考慮すると、考え得る全ての対策を同時に着手・完了することは困難であり、各対策の優先順位を踏まえ、対策の組合せや実施時期を最適化する必要がある。

しかし、汚染源を「取り除く」対策、汚染源に水を「近づけない」対策、汚染水を「漏らさない」対策では、それぞれ対策のねらいが異なるとともに、施設整備などのハード対策、パトロールの強化などのソフト対策など対策の手法も異なることから、全ての対策を同一の指標・考え方で整理することは困難である。

そのため、対策の分類毎に、優先順位、対策の組合せ、実施時期などの考え方を整理し、検討を進めた。

(2) 汚染水を「取り除く」対策

汚染源を「取り除く」対策は、汚染水処理の抜本的対策として重要なものであり、汚染源の「除去」と「浄化」に分類できるため、それぞれについて、除去や浄化によるリスク低減の程度として相対指標を考慮して優先度を検討した。

除去対策としては、建屋海側トレンチ内の高濃度汚染水のくみ上げ・閉塞の優先度が高く、次いで、漏えいが発生したタンク周辺の汚染された土壌回収・汚染水のくみ上げの優先度が高い。特に前者は、図3-2に示した現状のリスクマップからも分かるとおり、高いリスク要因となっており、直ちに実施すべきである。

浄化対策としては、多核種除去設備による汚染水の浄化と設備増設による汚染水浄化の加速、より処理効率の高い多核種除去設備の導入、建屋海側トレンチ内の高濃度汚染水の浄化の優先度が高く、直ちに実施すべきである。これらに加え、建屋内の高濃度汚染水の浄化を行うとともに、タンクからの漏えい水により汚染された地下水の海洋流出防止（薬剤の注入、

土壌中のストロンチウム捕集)や、沈殿・吸着・分離等による港湾内の海水の浄化については、検証を行った上で対応すべきである。なお、検証と並行して、簡易な設備(汚濁防止膜等)による港湾内の海水の浄化、港湾内の海底土の被覆など放射性物質が拡散しないための対策を実施すべきである。

(3) 汚染源に水を「近づけない」対策、及び汚染水を「漏らさない」対策(地下水流動に影響を及ぼすもの)

汚染源に水を「近づけない」対策については、汚染水を「漏らさない」対策のうち地下水流動に影響を及ぼすものと併せ、4. で示したモデルを用い、各対策を個別に実施した場合の効果や、建屋への流入量や海への流出量の抑制量から、個別・組合せの効果を把握し、優先度を検討する上での一つの指標とした。

複数の対策の組合せの効果を検討するに当たっては、予防的・重層的対策との視点から、検討対象とした対策の一部が十分に機能しないリスクなど、幾つかのシナリオを想定した上で、組合せの条件を設定している。

実施した50ケースを超える解析のうち、主な解析ケース及び解析結果を、<表6-1>に示す。

なお、<表6-1>において、海側遮水壁は、地下水ドレン(護岸付近の揚水施設。以下同じ。)の運用を前提とした効果を記載している。また、地下水バイパスやサブドレンは、運用条件等により効果が異なることに留意する必要がある。また、その他の解析ケースについては、<巻末資料5>に示す。

この検討の結果から、すでに実施を決定している対策(O. P. +4m盤における対策、地下水バイパス、海側遮水壁、サブドレン、陸側遮水壁)が完全に機能すれば、汚染源である建屋への流入量を相当程度軽減できることが確認された。

<表 6 - 1 : 解析ケース、解析結果（定常計算）>
（解析条件等は巻末資料 5 参照）

ケース	対策工								建屋流入量 (トン/日)		海域 への 流出 量 (トン /日) (注1)	くみ上 げ量 (トン /日)	くみ上げ量内訳 (トン/日)(注2)		
	4m 盤 対策	地下 水 パイ パス	海側 遮水 壁	山側 SD	山/ 海側 SD	陸側 遮水 壁	フェーシング ^a	山側 遮水壁	合計	1-4 号機 建屋			地下 水 パイ パス	サブド レン	地下 水 ドレン (注3)
対策 無し									400	310	290	400			
ケース1	●								410	320	220	460			50
ケース2	●	●							390 330 290	300 250 210	220 200 210	900 1210 1130	460 840 790		50 40 50
ケース3	●		●						400	320	0	750			350
ケース4	●			●					140	90	190	1000		820	40
ケース5	●				●				120	80	180	1070		920	30
ケース6	●					●			130	30	100	140			10
ケース7	●						● 約2.0km ²		130	110	90	130			
ケース7- 2	●						● 約1.7km ²		160	130	100	160			
ケース8	●						●※ 約1.0km ²		300	240	170	330			30
ケース8- 2	●						●※	●※※	170	130	140	190			20
ケース9	●							●敷地 境界内側	420	330	220	470			50
ケース10	●	●	●		●	●			70	0	0	1020	500	310	140
ケース11	●		●			●			130	30	0	270			140
ケース12	●	●	●			●			130	30	0	770	500		140
ケース13	●	●	●		●				60	20	0	1770	330	1230	150
ケース14	●	●	●		●	●	●※	●※※	30	0	0	400	130	140	90
ケース 14-2	●	●	●		●	●	● 約1.7km ²		30	0	0	320	140	130	20
ケース15	●		●			●	●※	●※※	110	30	0	200			90
ケース16	●	●	●			●	●※	●※※	100	30	0	340	150		90
ケース17	●	●	●		●		●※	●※※	60	40	0	550	10	440	40
ケース 17-2	●	●	●		●		● 約1.7km ²		60	40	0	590	20	490	20

※ : 1-4号機の東西(35m盤、10m盤)のフェーシング
 ※※: フェーシングエリア周辺に遮水対策を実施するケース
 (遮水壁長約3km)

「対策無し」の場合、1-4号機建屋以外のプロセス建屋等も含めた建屋領域における海域への流出量は約400トン/日。建屋流入量400トン/日と合わせ、地下水供給は約800トン/日。

(注1)「海域への流出量」は、1-4号機建屋領域における流出量。
 (注2)「くみ上げ量」は、建屋流入量に、地下水パイパス・サブドレン(SD)等からのくみ上げ量を加えた量。
 (注3)「地下水ドレン」とは、「護岸付近の揚水設備」の意味。
 (注4)海側遮水壁は、地下水ドレン運用を前提とした効果を記載。
 (注5)地下水パイパス、サブドレンは、運用条件等により効果が異なる。
 (注6)地下水パイパス上段は建屋流入抑制最小のケース、中段は互層まで揚水したケース、下段は中粒砂岩層に追加の井戸を設置した最大のケース。

これらの決定済みの対策のうち、すでに実施中のO. P. + 4 m盤における対策や海側遮水壁は、海への流出量を低減する効果が大きく、汚染水を漏らさない対策として必要不可欠なものである。

また、陸側遮水壁やサブドレンは、建屋への流入量を低減する効果が大きいと、汚染源に水を近づけない対策として、重要な位置付けであることが確認された《ケース4、5、6より》。このことは、裏を返せば、陸側遮水壁やサブドレンが十分に機能しない場合や、将来的に運用を停止した場合には、地下水流入抑制対策が十分に機能しない可能性を示唆している。

予防的・重層的な対策を講ずるためには、陸側遮水壁やサブドレンが機能しない場合も想定した対策を検討する必要がある。その場合の追加対策を検討したところ、敷地境界付近における遮水（遮水壁、バイパス等）はほとんど効果が期待できないことが確認された《ケース9より》。一方、敷地内における遮水について、「広域的なフェーシングによる表面遮水」の効果は大きいと、「一部領域のフェーシングによる表面遮水」の効果は施工範囲によっては限定的であることが確認された《ケース7、7-2、8より》。また、「追加的な遮水とその内側のフェーシング」を行えば、広域的なフェーシングと同様の効果が得られることが確認された《ケース7-2、8-2より》。

ただし、フェーシングについては、今後精査が必要なが非定常の地下水流動解析結果から、効果発現までに長期間を要する傾向が確認されており、早期効果発現の観点からは、陸側遮水壁等の建屋近傍における対策が優位であると言える。

また、フェーシングを行えば、降雨の地下浸透を抑制する効果がある反面、

- 1) 表流水の流量や流出速度の増大
- 2) 建屋内外の水位コントロールのため注水が必要になる可能性が高まること

などが考えられるため、必要な措置を講ずる必要がある。

このうち、1) 表流水を適切に処理するためには、①豪雨の発生や流出形態の変化等も念頭に流出量を設定すること、②設定流出量を上回る流量が生ずることも念頭に流出量に余裕を加味した排水網、排水路断面を計画すること、③計画を上回る流量が発生した場合の排水路からの溢水ルートの設定等を適切に行うこと、などにより雨水と汚染水を混在させないように留意するとともに、排水路網の水質をモニタリングする必要がある。

また、2) 建屋内外の水位コントロールへの支障が生じないように、施設計画や地下水観測を適切に行う必要がある。

追加的な遮水とその内側のフェーシングを行う場合にも、建屋内外の水位コントロールのための注水が必要になる可能性が高まるとともに、地下埋設物や他の工事等との干渉も考慮し、必要な措置を講ずる必要がある。

なお、以上に示したのは、限られた情報を基に構築したモデルを基に、主として定常解析を行った結果としての現時点での評価であり、今後さらに検討を充実させることが期待される。

上記のような、定常地下水流動解析から導かれる最終到達効果量だけを指標とするのではなく、効果発現までに要する時間、対策実行の難易度（容易さ）、建屋内外の水位コントロール、対策実施に伴う新たな水の発生の有無やその汚染の可能性、他の対策への影響、対策間の相互関係など、多様な指標を基に、総合的に評価する必要がある。

例えば、前述したとおり、広域的なフェーシングは、効果量が多いものの効果発現までに長時間を要する。そのため、広域的なフェーシングのみでは、当面の効果が見込めないが、先行する他の施策を補完する役割としては期待できる。

また、建屋周辺で実施する凍土式の陸側遮水壁やサブドレンは、効果量が大きく、効果発現も早い。しかし、技術的・社会的に対策実行の難易度が高く、単独の対策に期待すると実現できないリスクが大きくなるため、相互に補完する組合せとして並行実施を図ることで、そのリスクを低下させることができる。

これらの整理から、既存の陸側遮水壁、地下水バイパス、サブドレンなどの組合せによる既存対策を加速化させることに加え、重層的な対策として、時間は要する可能性が高いものの効果が期待できる「広域的なフェーシング」又は「追加的な遮水とその内側のフェーシング」を追加的に実施することが効果的と考えられる。

以上に示したポイントを押さえつつ、さらに他の指標についても吟味し、総合的な評価を踏まえて、重層的な対策を講じていくべきである。

なお、以上の既存対策及び追加的な対策を実施して、建屋内への地下水流入を抑制するとともに、建屋の止水（建屋外壁貫通部、建屋間ギャップ、建屋周辺）を実施することで、廃炉対策の推進を図る必要がある。

（４）汚染水を「漏らさない」対策（地下水流動に影響を及ぼさないもの）

汚染水を「漏らさない」対策のうち局所的な対策等で、敷地全体の地下水流動には影響を及ぼさないものについては、個々の対策の効果（リスク低減の程度）等を評価して優先度を検討した。

ボルト締め型タンクや鋼製横置きタンクから溶接型タンクへのリプレイス、堰のかさ上げ・二重化、排水路の暗渠化・港湾内へのルート変更、ボルト締め型タンクの底面の漏水対策、津波対策（建屋防水性向上対策の実施）、地下水位低下に備えた建屋内水位のコントロール（原子炉建屋深部への排水ポンプの設置等）の優先度が高く、直ちに実施すべきである。次いで、HTI 建屋・プロセス建屋に滞留している汚染水の量の低減、汚染水移送ループの縮小、より安全な配管ルートへの変更・耐放射線性に優れた配管への取替え等を、順次、実施していくべきである。

また、津波対策（防潮堤の設置等の追加対策）、大量の汚染水漏えい発生時に海洋流出を防止するシステムの構築については、調査・検討を行った上で、実施を検討すべきである。

（５）汚染水を「漏らさない」対策（タンク容量の確保）

汚染水の量が増加して、貯蔵タンクの不足等により汚染水が貯蔵できなくなる事態を回避するため、汚染水貯蔵タンクの増設や設置の加速化等は直ちに実施すべきである。

本年１０月に東京電力が公表した滞留水貯留タンク増設計画によると、現状（本年１０月２９日）の水処理設備で処理した水の貯蔵量は約３７万立米であり、タンクの貯蔵容量は約４１万立米となっている。平成２５年１２月以降、敷地南側のＪ１、Ｊ２、Ｊ３エリアに順次増設し、平成２５年度は月１５基（１５，０００立米）程度のタンク増設を進め、平成２６年度以降はタンク増設ペースを上げることにより、平成２７年度末までに総容量を約８０万立米まで増加させる予定である。

同計画では、以下の４ケースについて、タンク容量と汚染水の貯蔵量のバランスの評価を行っている。

	地下水バイパス	サブドレン	雨水	地下水ドレン
①	実施	くみ上げ	排水	排水
②	実施	くみ上げ	排水	貯水
③	未実施	未実施	排水	貯水
④	実施	くみ上げ	貯水	貯水

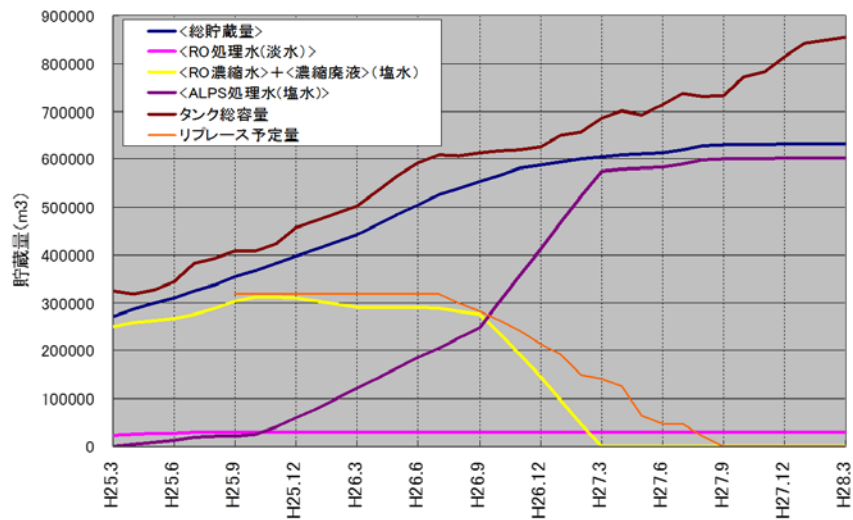
図 6－2 に示すとおり、ケース①の場合（地下水バイパス、サブドレン、地下水ドレンなどの施設が機能する場合）にはタンク容量に余裕があるが、図 6－3 に示すとおり、ケース②の場合（地下水ドレンからの水を排出できない場合）にはタンク容量に余裕がなくなり、図 6－4 に示すとおり、ケース③の場合（地下水バイパス、サブドレンとも機能しない場合）にはタンク容量が不足し、平成 27 年 4 月頃には貯蔵容量が逼迫する状況も想定される。

図 6－5 のケース④の場合、ケース②に加えて雨水も排出できないことから、タンク容量の余裕が更に不足することを示している。

このように、現時点においては、上記 4 ケース以外のシナリオも含め厳しい条件を想定すると、汚染水貯蔵容量が逼迫するリスクを排除できず、汚染水の増大を最小化することが求められる。そのため、効果が大きく、効果発現が早い地下水流入抑制効果として、陸側遮水壁、サブドレン、地下水バイパスなどの既存対策を加速化することが重要といえる。

ただし、タンク容量と汚染水の貯蔵必要量とのバランスは、施設の運用計画だけでなく、トリチウムの処理・貯蔵とも密接に関係するため、トリチウムの処理技術についての検証や、トリチウム水のリスクについて総合的に評価する取り組みが重要である。現在のタンク増設計画と貯蔵必要量の関係を考慮すると、平成 26 年度中はタンク容量の逼迫は起きないと想定されるが、地震時のスロッシングのリスクを考慮してタンクの水位に余裕を確保する場合には、タンク容量の逼迫が早まることから、平成 26 年度のできるだけ早い時期に、タンク容量が不足するリスクを見極め、必要に応じ追加対策を講じられるようにする必要がある。

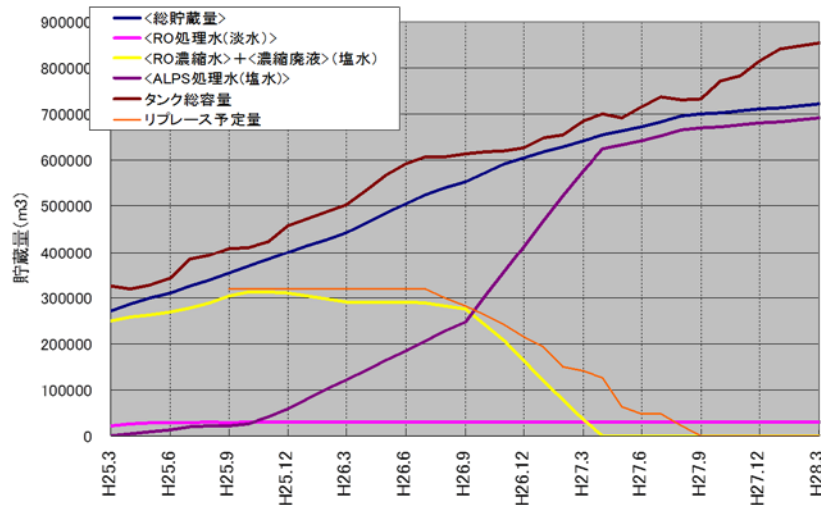
ケース1(地下水バイパス実施、サブドレン汲み上げ、雨水排水、地下水ドレン排水)



※「福島第一原子力発電所1～4号機における滞留水貯留タンク増設計画について（平成25年10月時点）」
（平成25年10月31日／東京電力株式会社）より抜粋

＜図6－2：タンク増設計画（ケース1）＞

ケース2(地下水バイパス実施、サブドレン汲み上げ、雨水排水、地下水ドレン貯水)



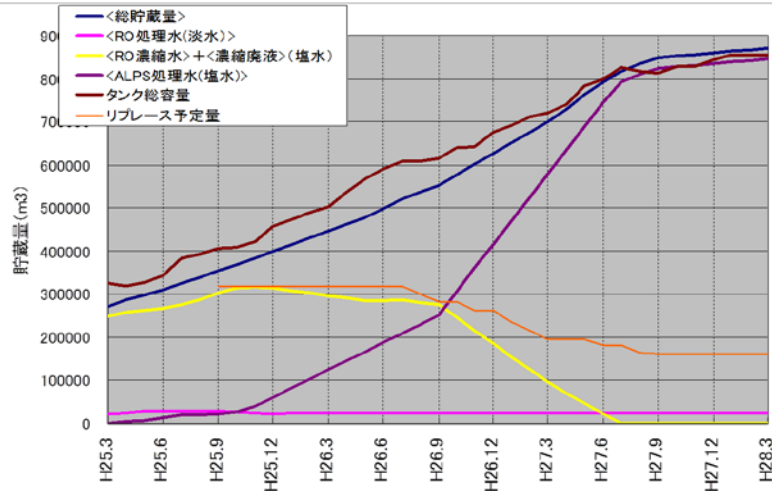
※「福島第一原子力発電所1～4号機における滞留水貯留タンク増設計画について（平成25年10月時点）」
（平成25年10月31日／東京電力株式会社）より抜粋

＜図6－3：タンク増設計画（ケース2）＞

※評価条件

地下水バイパスの稼働	平成25年11月～
サブドレンの稼働	平成26年10月～
より処理効率の高い多核種除去設備の稼働	平成26年10月～
増設多核種除去設備の稼働	平成26年10月～
陸側遮水壁による地下水流入抑制効果 （運用を開始して、本格的に効果を発揮する時期として設定）	平成27年9月～

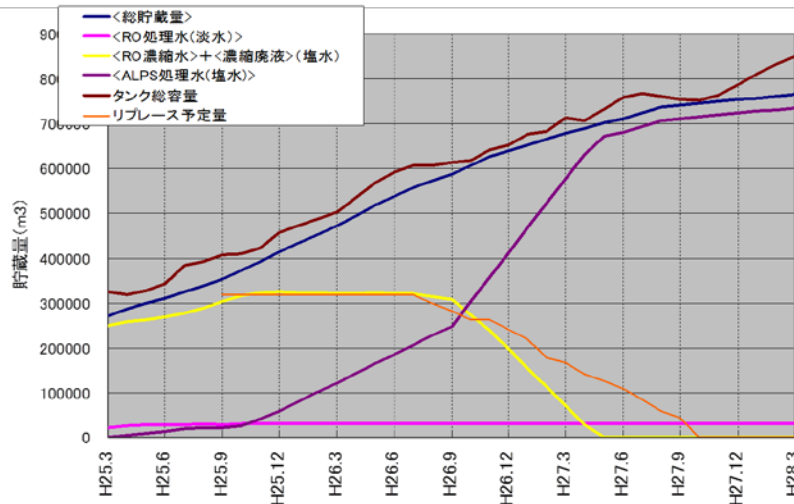
ケース3（地下水バイパス実施せず、サブドレン実施せず、雨水排水、地下水ドレン貯水）



※「福島第一原子力発電所1～4号機における滞留水貯留タンク増設計画について（平成25年10月時点）」
（平成25年10月31日／東京電力株式会社）より抜粋

＜図6－4：タンク増設計画（ケース3）＞

ケース4（地下水バイパス実施、サブドレン汲み上げ、雨水貯水、地下水ドレン貯水）



※「福島第一原子力発電所1～4号機における滞留水貯留タンク増設計画について（平成25年10月時点）」
（平成25年10月31日／東京電力株式会社）より抜粋

＜図6－5：タンク増設計画（ケース4）＞

※評価条件

地下水バイパスの稼働	平成25年11月～
サブドレンの稼働	平成26年10月～
より処理効率の高い多核種除去設備の稼働	平成26年10月～
増設多核種除去設備の稼働	平成26年10月～
陸側遮水壁による地下水流入抑制効果 （運用を開始して、本格的に効果を発揮する時期として設定）	平成27年9月～

なお、パトロールの強化などのソフト対策は、現場の管理体制に応じて検討すべき課題であり、委員会として、東京電力において適切な管理方針や運用マニュアル等を策定し、周知徹底することを強く求めるものである。

(6) 予防的・重層的な対策の全体像（実施スケジュール）

各対策の概要を＜巻末資料6＞に示すとともに、全対策の一覧を＜表6－6＞に示す。この中で、技術公募を踏まえて直ちに活用できる技術、技術を活用するに当たって、確認・検証が必要なものについても明記した。

＜表6－6：全対策の一覧＞

No.	対策項目	対策	取組の現状と予定
1	汚染源を取り除く	既存対策 建屋海側トレンチ内の高濃度汚染水のくみ上げ・閉塞	本年10月、汚染水くみ上げ・閉塞に係る準備工事着手。12月に凍結止水関連工事開始。平成26年4月に水抜き開始。同年7月に閉塞作業を開始し、平成27年3月に閉塞完了。
2		既存対策 建屋海側トレンチ内の高濃度汚染水の浄化	本年11月に汚染水の浄化を開始。トレンチ内の濃度を確認しながら運転期間を決定。
3		既存対策 漏えいが発生したタンク周辺の汚染土壌回収・汚染水くみ上げ	本年9月、汚染土壌回収開始。11月に汚染水くみ上げを開始。
4		既存対策 多核種除去設備(ALPS)による汚染水の浄化	ALPSによる汚染水の浄化を実施中。
5		既存対策 より処理効率の高い多核種除去設備による汚染水浄化の加速・廃棄物の減容化	実証事業を実施し、平成26年度中に運用を開始する予定。
6		重層的対策 多核種除去設備の増設による汚染水浄化の加速	導入に係る準備を実施中。平成26年度半ばに運用開始予定。
7		重層的対策 タンクからの漏えい水により汚染された地下水の海洋流出防止(薬剤の注入、土壌中のストロンチウム捕集、等)	土壌中のストロンチウム等の技術の確認・検証を行い、効果が確認されれば実施。
8		重層的対策 沈殿・吸着・分離等による港湾内の海水の浄化	浄化に係る技術の検証を行い、効果が確認されれば実施。
9		重層的対策 簡易な設備(汚濁防止膜等)による港湾内の海水の浄化	放射性物質を吸着できる汚濁防止膜等による浄化を早急に実施。
10		重層的対策 港湾内の海底土の被覆	海底土の被覆に係る具体的な実施方法等を検討し、可能な限り早期に着手。
11		予防的対策 建屋内の高濃度汚染水の浄化	セシウム除去後の汚染水をタービン建屋、プロセス建屋等へ戻すラインを設置して、水処理能力余裕分で建屋内の汚染水の浄化を図る。平成25年度に構成ライン設計、平成26年度上期に配管の敷設工事を完了する予定。

No.	対策項目		対策	取組の現状と予定
12	汚 染 源 に 水 を 近 づ け な い	既存 対策	建屋の周りを囲む凍土方式の陸側遮水壁を設置	陸側遮水壁の実証事業に着手し本年度内に終了予定。平成26年度中に運用開始。
13		既存 対策	建屋近傍の井戸で地下水をくみ上げ(サブドレン)	サブドレンピットの復旧工事を実施中。平成26年9月にサブドレンの浄化設備の工事が完了する予定。
14		既存 対策	建屋山側で地下水をくみ上げ(地下水バイパス)	地下水バイパスの設置工事は本年3月完了。可能な限り早期に運用。
15		既存 対策	建屋海側の汚染エリアの地表をアスファルト等により舗装	平成26年3月、舗装工事完了予定。
16		重層的 対策	タンク天板への雨樋の設置	本年12月、高線量汚染エリアのタンクへの設置完了予定。来年3月にその他エリアのタンクに設置完了予定。
17		重層的 対策	更なる地下水流入抑制策(「広域的なフェーシング(表面遮水)」又は「追加的な遮水とその内側のフェーシング」)	陸側遮水壁やサブドレンなどに追加した重層的な対策として、できるだけ早期に実施方法等を決定。対策の実施に当たっては、地表面の除染を行うなど線量低減による作業環境改善も考慮した対応や、除染に伴い発生する廃棄物の適正な処分方法等も検討

No.	対策項目	対策	取組の現状と予定
18	既存 対策	港湾内に海側遮水壁を設置	平成26年9月に工事完了予定。
19	既存 対策	建屋海側の汚染エリア護岸に水ガラス等による地盤改良の実施・汚染エリアから汚染水をくみ上げ	1～2号機間の海側水ガラスは設置済みで、くみ上げも運用中。2～3号機間、3～4号機間の海側水ガラスは平成25年12月末までに完了予定。側面(スクリーンポンプ室沿い)は平成26年3月に完了予定。 その他の箇所は汚染源を確認中。
20	重層的 対策	1号機取水口北側エリアの地盤改良	本年12月までに地下水観測孔(5本)を設置する予定。原因に応じ地盤改良の範囲等を決定。
21	既存 対策	汚染水貯蔵タンクの増設	平成27年度末までに貯蔵タンク容量を80万トンまで確保する予定。
22	既存 対策	鋼製横置きタンクのリプレイス	リプレイスの優先順位を踏まえ、可能な限り早期に着手。
23	既存 対策	ボルト締め型タンクから溶接型タンクへのリプレイス加速	準備が出来次第早急に実施予定。
24	既存 対策	タンク及び配管に係るパトロールを強化	パトロール強化を実施中。
25	既存 対策	水位計の設置	本年11月までに鋼製円筒タンク(フランジ型)への水位計を設置完了、 平成26年2月までに鋼製円筒タンク(溶接型)へ設置完了予定。
26	重層的 対策	タンクからの微小漏えいの検出	微小漏えい検出の技術について確認・検証した後、効果が確認されれば実施。
27	重層的 対策	溶接型タンクの設置加速と二重鋼殻タンク等の信頼性の高い大型タンク等の採用	前倒しを検討し、可能な限り早期に着手
28	重層的 対策	タンクリプレイスに伴う使用済みタンクの除染	除染技術について検証した後、効果確認されれば実施。
29	重層的 対策	タンク堰のかさ上げ・二重化	平成26年3月に設置工事が完了する予定。
30	重層的 対策	ボルト締めタンクの底面の漏水対策	可能な限り早期に漏水対策に着手。
31	重層的 対策	排水路の暗渠化	排水路Cラインについては暗渠化済み。排水路Bラインについて本年12月に暗渠化を完了予定。

No.	対策項目	対策	取組の現状と予定
32	漏 ら さ な い	重層的 対策 排水路の港湾内へのルート変更	平成26年3月にルート変更工事を完了予定。
33		予防的 対策 大量の汚染水漏えい発生時に海洋流出を防止するシステムの構築	具体的な実施方法を検討した後、順次実施。
34		予防的 対策 大規模津波対策(建屋防水性向上対策の実施、防潮堤等の追加対策の検討)	平成26年度下期に建屋防水性対策完了予定。防潮堤等の追加対策について検討を実施。
35		予防的 対策 地下水位低下に備えた建屋内水位コントロール(原子炉建屋深部への排水ポンプ設置等)	陸側遮水壁の設置時期に合わせ建屋深部へポンプ設置。
36		予防的 対策 HTI 建屋、プロセス建屋に滞留している汚染水の量の低減	平成25年度に 構成ライン設計、平成26年度上期に配管の敷設工事を完了する予定。その後、タンクの貯蔵量の裕度を鑑みて、建屋対流水のくみ上げを行う。
37		予防的 対策 汚染水移送ループの縮小(建屋内循環)	各号機の汚染水を直接汚染水処理施設に移送してループを縮小する建屋内循環を、平成26年度末までに工事を完了する予定。
38		予防的 対策 建屋の止水(建屋外壁貫通部、建屋間ギャップ、建屋周辺)	平成26年3月、1号機・HTI 建屋の貫通部の止水が完了予定。建屋止水方法について漏えい箇所を確認し、適用技術を選定し実施。 プロセス建屋及びHTI建屋がドライアップした後に、セシウム除去装置から漏えいが発生した場合、系外に漏えいが拡大しないよう対策を実施。
39		予防的 対策 より安全な配管ルートへの変更・耐放射線性に優れた配管への取替え	平成26年1月により安全な配管ルートへの変更工事を完了する予定。耐圧ホースからポリエチレン管への取替を順次実施。
40		重層的 対策 高性能容器(HIC)からの廃棄物の漏えい防止対策及び減容化・安定的保管	HIC 貯蔵施設は、HIC 搬入の場合、堰を閉運用することで運用中。漏えい対策の実施方法を検討後、順次実施。減容化・安定的保管は、長期的課題として調査・検討し、方策を策定。
41		予防的 対策 セシウム吸着塔からの廃棄物の漏えい防止対策及び減容化・安定的保管	漏えい対策の実施方法を検討後、順次実施。減容化・安定的保管は、長期的課題として調査・検討し、方策を策定。

予防的・重層的な対策の全体像として追加した主要な対策は以下のとおりである。

① 既存施策に支障が生じても、リスクに対応できる、より重層的な対策

1) 地下水流入抑制策【近づけない】

- ・追加施策；更なる地下水流入抑制策（「広域的なフェーシング（表面遮水）」又は「追加的な遮水とその内側のフェーシング」）

※対策の実施に当たっては、地表面の除染を行うなど線量低減による作業環境改善も考慮した対応や、除染に伴い発生する廃棄物の適正な処分方法等も検討

- ・既存施策；陸側遮水壁、サブドレンからの地下水のくみ上げ、地下水バイパスによるくみ上げ 等

2) タンク等に貯蔵している汚染水対策【取り除く】【漏らさない】

- ・追加施策；タンク堰のかさ上げ・二重化

排水路の暗渠化、排水路の港湾内へのルート変更
土壌中のストロンチウム捕集

溶接型タンクの設置加速と二重鋼殻タンク等の信頼性の高い大型タンク等の採用

タンクからの微小漏えいの検出 等

- ・既存施策；多核種除去設備による汚染水の浄化

より処理効率の高い浄化処理設備の導入

溶接型タンクへのリプレイス加速

パトロール強化、水位計の設置 等

3) 海側エリア対策【取り除く】【漏らさない】

- ・追加施策；沈殿・吸着・分離等による港湾内の海水の浄化

放射性物質が除去できる汚濁防止膜等の活用

港湾内の海底土の被覆 等

- ・既存施策；トレンチ内の高濃度汚染水のくみ上げ・閉塞

水ガラス等による地盤改良、海側遮水壁の設置等

4) 汚染水が貯蔵できなくなるリスクに備えて、総合的に評価、検討すべき事項【漏らさない】

- ・トリチウム水の取扱いに係る総合的な評価

（トリチウム水タスクフォースにおいて検討）

- ・タンカー、地下貯蔵等に係る諸課題への対応の可能性等に

係る検討

※平成26年度のできるだけ早い時期までにタンク容量が不足するリスクを見極め、必要に応じ追加対策を講じられるようにする。

② 既存施策では対応していなかったリスクに対応できる、予防的な対策

1) 大規模津波対策【漏らさない】

- ・追加施策；建屋防水性向上対策の実施
防潮堤等の追加対策の検討

2) 建屋等からの汚染水漏えい対策

- ・追加施策；建屋の止水（建屋外壁貫通部、建屋間ギャップ、
建屋周辺）
汚染水の移送ループの縮小 等

（7）既存施策の着実な実施（タスクフォース等）

これまでに決定している対策についても、着実に実施していくことが必要である。特に、汚染水が増加し続け、貯蔵容量の逼迫や漏えい事象発生のような事態を回避する上で、建屋への地下水流入抑制策や、多核種除去設備による汚染水の浄化とその加速は極めて重要な対策である。そのため政府は、技術的難易度が高く、国が前面に出て取り組む必要がある凍土方式の陸側遮水壁の構築と高性能な多核種除去設備の実現に向けて予算措置を講じてきている。

凍土方式の陸側遮水壁については、土木の専門家に加え、凍結工法の専門家を委員とするタスクフォースを委員会の下に設置している。地下水・雨水等の挙動等の把握・可視化サブグループとも連携を図りつつ、設計・施工計画等の評価、進捗管理等を行うものである。

凍土方式の陸側遮水壁の整備実証を進めるに当たっては、①凍土壁の成立性の検証、②埋設物が存在する箇所における施工技術、③地下水流速が早い場合の施工技術、④地下水位のコントロール技術の成立性の検証を目的としたフィージビリティ・スタディを行い、その結果を基に詳細な諸元を決定するとともに、整備実証が着実に効果を発揮するよう定期的に状況を確認することとしている。

また、高性能の多核種除去設備についても、水処理の専門家やプラントの専門家を委員とするタスクフォースを委員会の下に設置している。多核種の除去に伴い発生する廃棄物量の低減や、新たなフィルタ・吸着材処理

の開発による除去性能の向上を図るとともに、耐食性を確認し、整備実証を着実に実施すべきである。

(8) その他

建屋の止水（建屋外壁貫通部、建屋間ギャップ、建屋周辺）、フェーシング、追加的な遮水等の実施に当たっては、現場条件に適した材料を選定する必要があるため、現地試験が実施できる体制を整備すべきである。

なお、それぞれの対策の実施に当たっては、事業者からの実施計画の申請に基づき、規制当局が審査を行うこととなる。原子力規制庁は対策の策定にかかわる委員としてではなく、規制当局として技術的助言を行う立場で委員会に参画している。原子力規制庁から委員会の過程で示された技術的助言及び原子力規制委員会で議論されている規制要求のポイントは、それぞれ参考 1、参考 2 のとおりである。

(参考1) 第28回原子力規制委員会配布資料

東京電力福島第一原子力発電所における汚染水対策に関する
規制要求のポイント

平成25年10月23日

1. 汚染水対策は、タービン建屋等*の内部に滞留する高濃度の汚染水が地下水位の変動によって周辺の地中に漏出しないよう設計・計画されていること。

*タービン建屋、原子炉建屋、廃棄物処理建屋など汚染水が一体的に流れ込んでいる建屋及びその接続部分

2. 海水配管トレンチ等の海側に位置するトレンチについては、滞留している高濃度の汚染水を除去した上で、汚染の拡大経路とならないよう措置を講じること。

3. 汚染水タンク等の貯蔵施設は、汚染水の状態を踏まえた耐漏えい性能を備えていること。また、耐用期間内に更新する計画とすること。
貯蔵している汚染水から放射性物質の除去を進め、漏えい時の影響を小さくすること。

4. 各設備に滞留・貯蔵している汚染水の量及び放射性核種別の濃度を把握するとともに、敷地内の土壌及び地下水中の放射性物質濃度を監視すること。

5. 港湾外の海水及び海生生物に、放射性物質による有意な汚染が及ばないための措置を講じること。

6. 多核種除去設備（ALPS）から発生する高濃度放射性廃棄物を収めた容器（HIC）は、十分な遮蔽や漏えい拡大防止策を備えた貯蔵施設に保管すること。

注）損傷した炉心の冷却状態、格納容器の雰囲気温度等の確認については、より合理的な方法を検討すべき。

以 上

(参考2) 第10回汚染水処理対策委員会配布資料

平成25年12月3日
原子力規制庁

これまでの議論に対する現時点での主な見解は以下のとおりである。

1. 汚染水対策は、タービン建屋等の内部に滞留する高濃度の汚染水が地下水位の変動によって周辺の地中に漏出しないう設計・計画されていることが必要である。
2. 今回の報告書中にも記述されている横置型タンクについては、タンク間の接合部の破損等により汚染水が漏えいする可能性が高いことから、早急に具体的な対策を立案し、実施することが必要である。
3. 個々の対策の実施者及び原子炉等規制法上の位置づけ、並びに、万一汚染水の漏えいが発生した場合の責任の所在について明らかにしていく必要がある。
4. 液体放射性廃棄物の放出を行う場合には、告示等で定める規制基準に適合する必要がある。
5. 汚染水を貯留するタンクや配管類、水処理装置等について、引き続き凍結を起因とする漏えいに留意する必要がある。
6. 今回の報告書中に記載されるリスクマップ中のリスクについては、全てを網羅したものではなく、また、同報告書にある「イベントが発生する可能性の度合い」について、どのように定量的な評価を行ったのかを明らかにする必要がある。
7. 施工計画等で具体化する対策は、特定原子力施設として指定された東京電力福島第一原子力発電所の実施計画に反映されて申請がなされることとなるが、原子力規制委員会として対策に係る安全性等についての的確に評価・確認していくこととする。評価・確認にあたっての規制要求のポイントについては、今回の報告書中にも参考として掲載されているところであるが、今後、原子力規制委員会として詳細化の作業を進め、評価・確認の際の基準として用いることとしている。


7. 予防的・重層的対策による将来像（リスク低減）

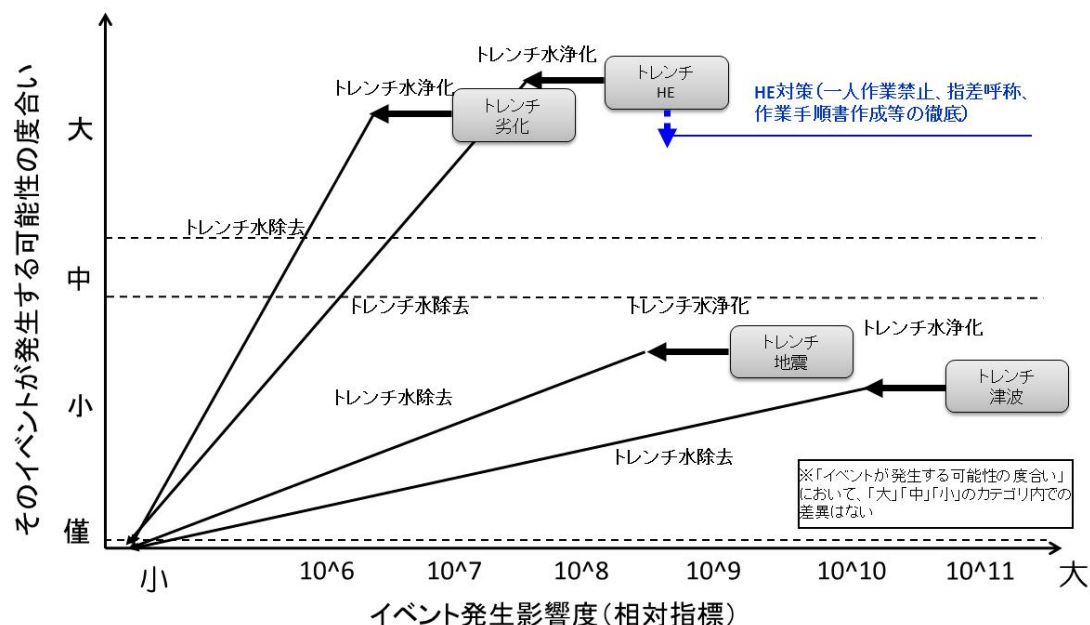
貯蔵している汚染水が漏えいするリスクと、汚染水の増大に伴い貯蔵容量が逼迫するリスクに大別されるリスクのうち、ここでは、前者を主な対象として、対策の実施によるリスク低減の見通しを提示する。

現状における汚染水漏えいリスクを、＜図３－２＞に示したところであるが、前項に示した全体工程を基に、いつまでに、どの程度のリスク低減を図ることができるかを整理した。

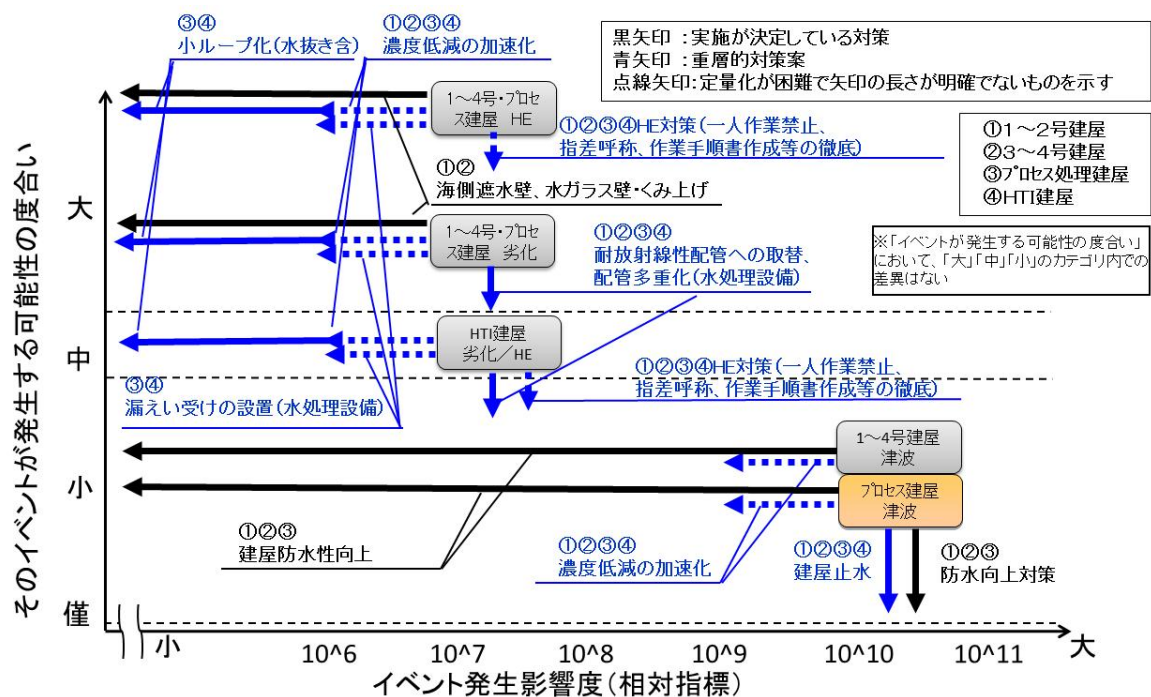
まず、各対策により、漏えい事象の発生頻度や漏えい事象が発生した場合の影響度をどの程度軽減できるかについて、主な例を、＜図 7-1～7-6＞に示す。

【凡例】

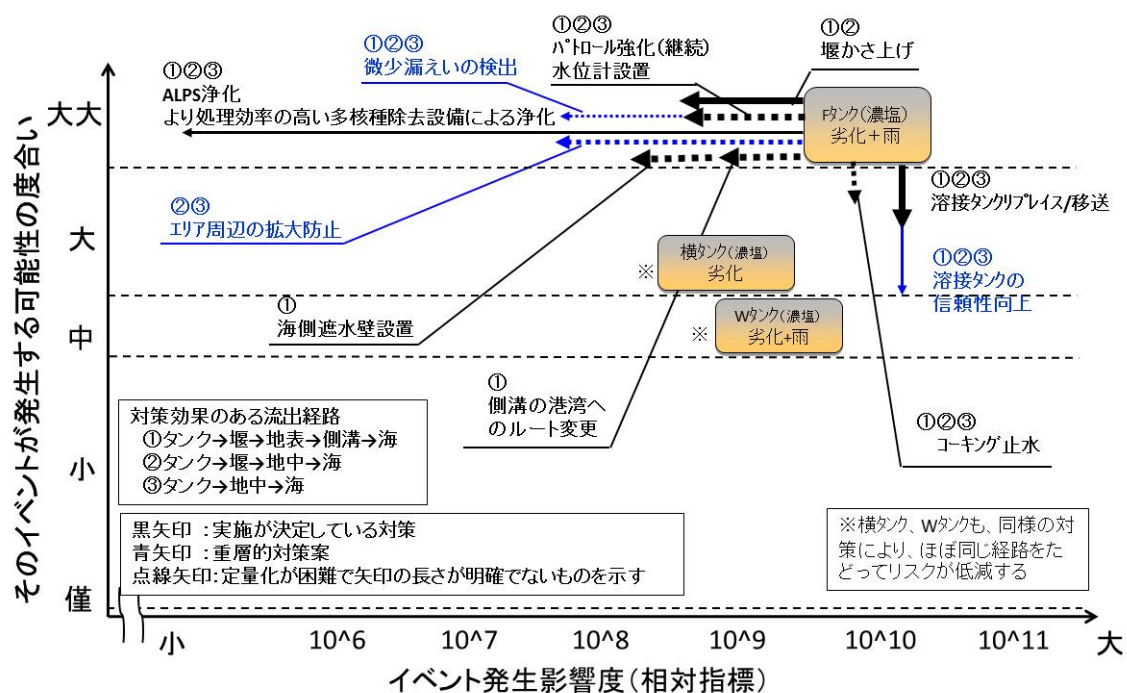
- ※  の上段は、汚染水の所在、下段は汚染水の漏えい発生の原因を記載。
- ※ リスクマップにおいて「イベント発生影響度（横軸）」は、対策効果の定量化が困難なため、一部参考程度の取扱い。
- ※ 「イベントが発生する可能性の度合い（縦軸）」において、各カテゴリー（大、中、小）に分類されるリスク間に、発生確率の差異はない。
- ※ 「HE」は「ヒューマンエラー」の意味。



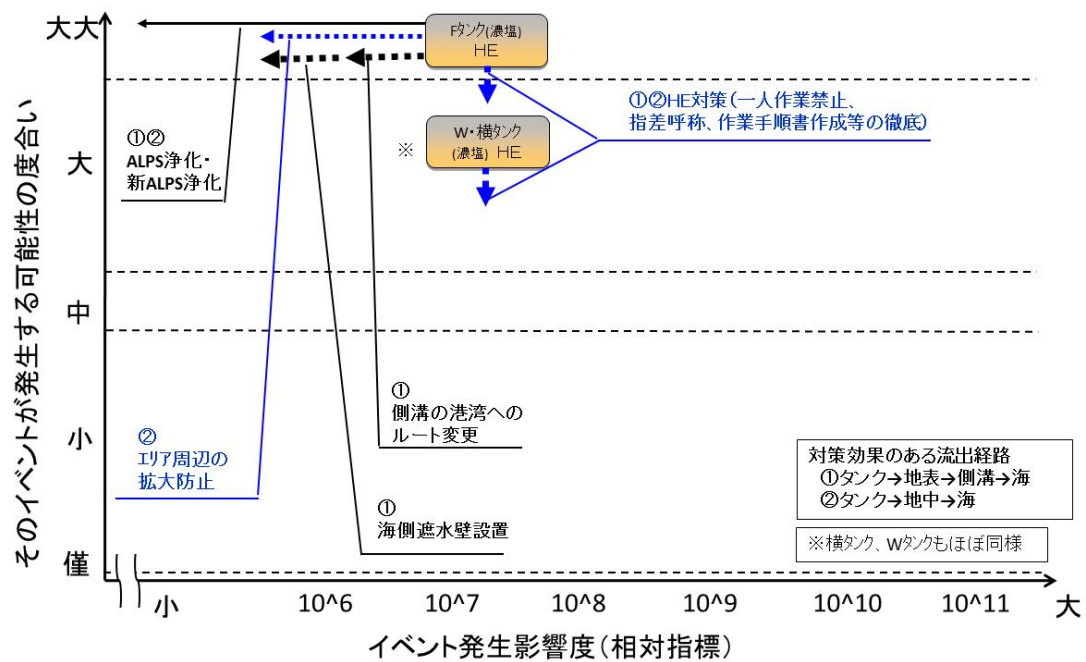
＜図7-1：汚染水イベント発生リスクマップ【トレンチ】＞



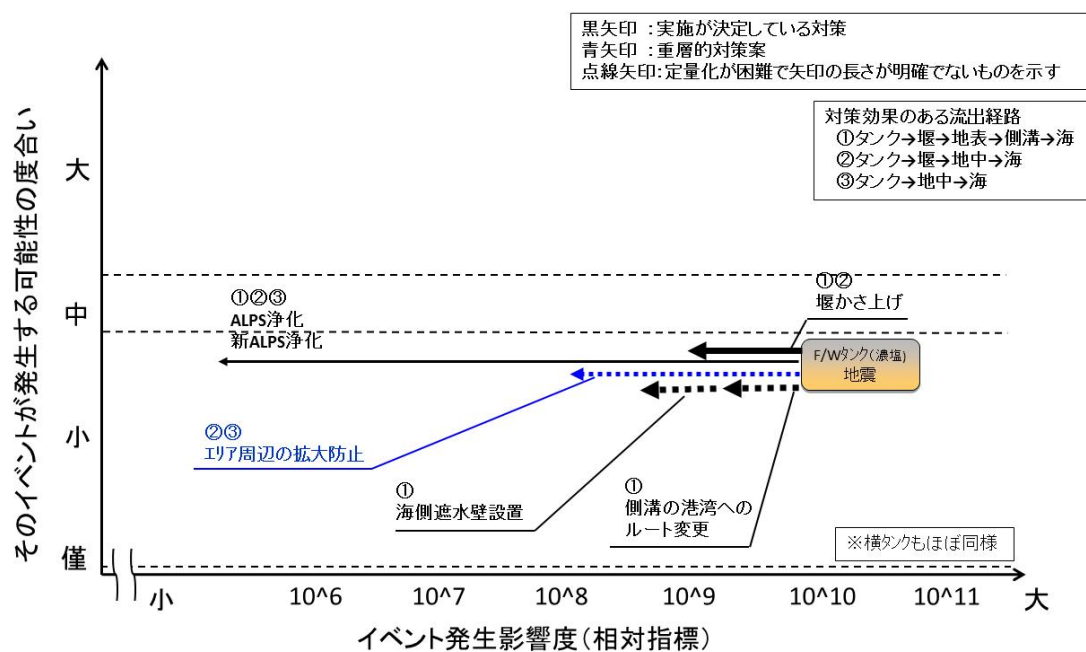
<図7-2：汚染水イベント発生リスクマップ【各建屋】>



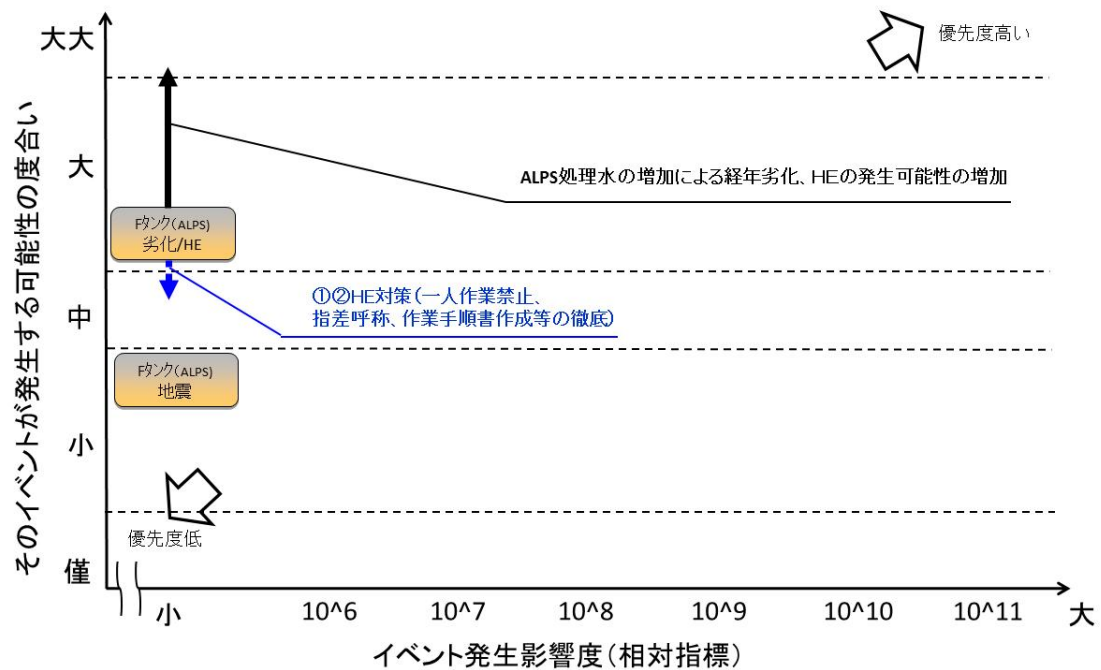
<図7-3：汚染水イベント発生リスクマップ【フランジタンク／経年劣化】>



<図7-4：汚染水イベント発生リスクマップ【フランジタンク／HE】>



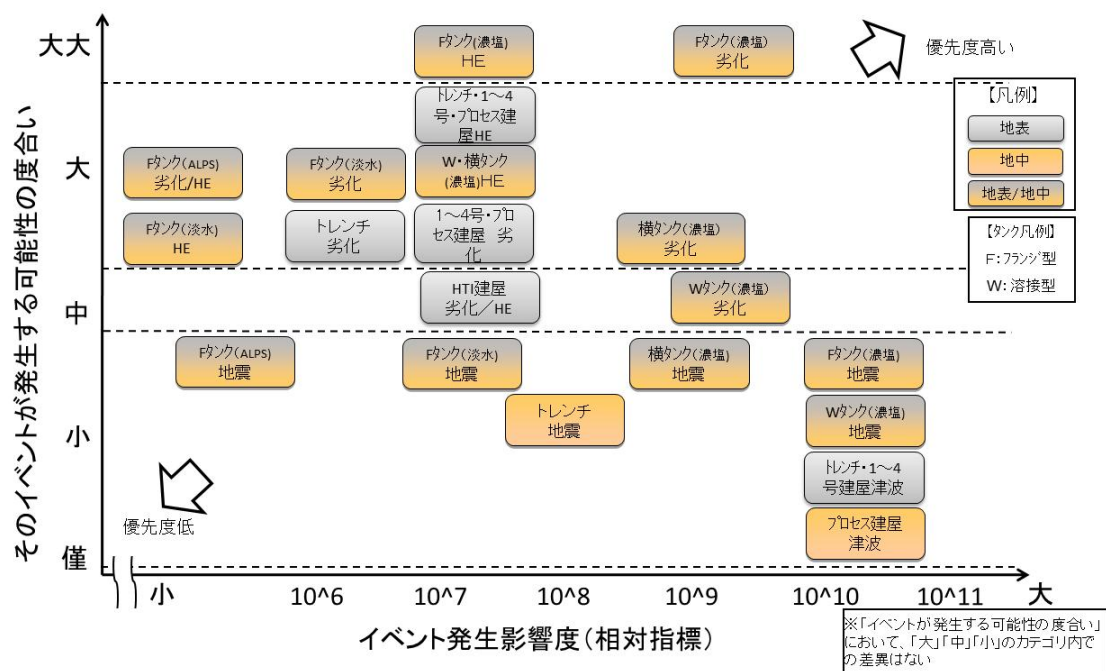
<図7-5：汚染水イベント発生リスクマップ【フランジタンク・溶接タンク／地震】>



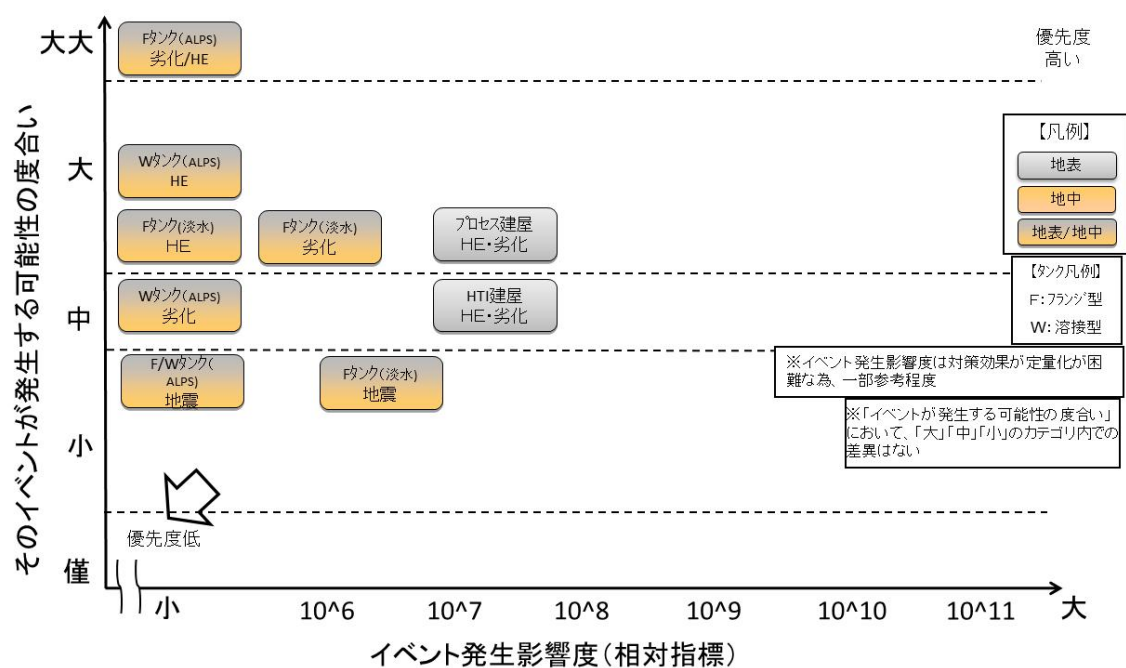
＜図 7－6：汚染水イベント発生リスクマップ【ALPS 処理水】＞

この図では、例えば、建屋海側トレンチ内の高濃度汚染水の浄化など、汚染源を除去・浄化する対策を実施すれば、漏えい事象が発生した場合の影響度を軽減でき、また、溶接型タンクへのリプレイスなど、施設の信頼性を向上させる対策を実施すれば、漏えい事象の発生頻度を軽減できることを示している。

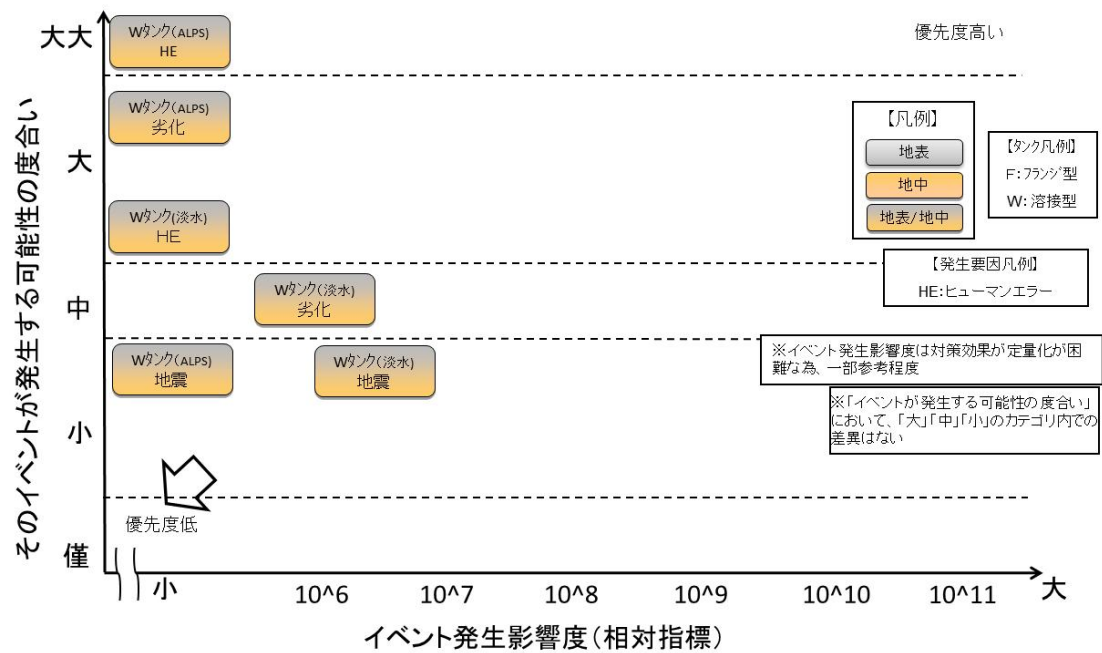
これらの各対策の効果をとりまとめ、平成 25 年度末、平成 26 年度末、平成 30 年度末、平成 32 年度末におけるリスクマップを作成した結果を、＜図 7－7～7－10＞に示す。



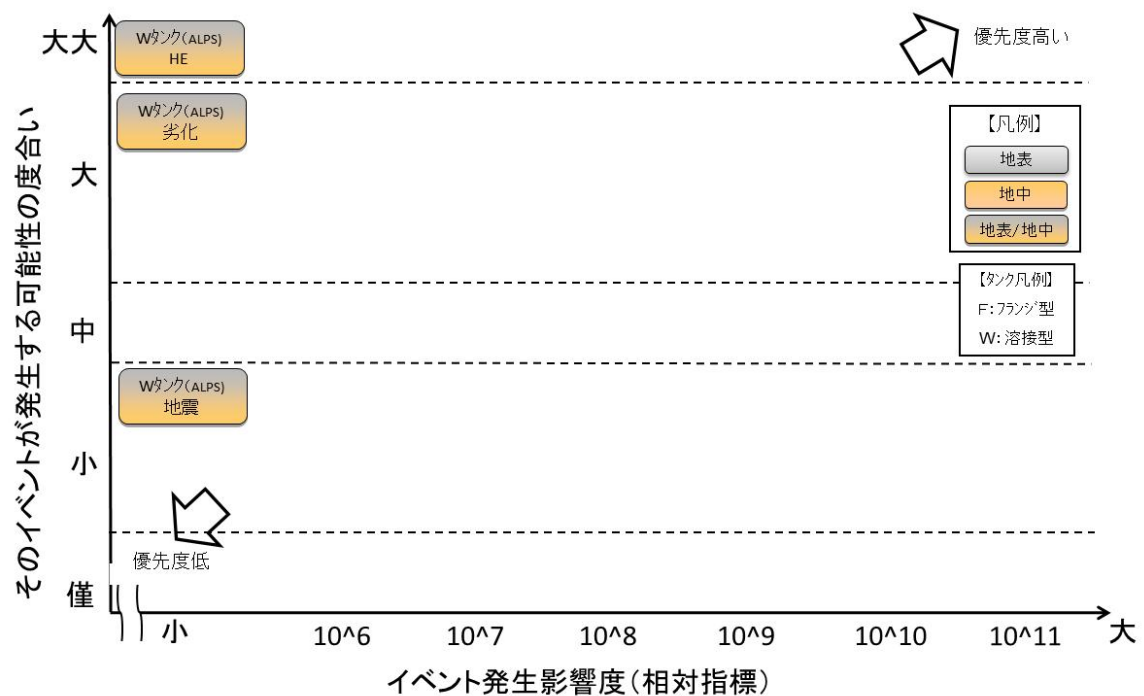
<図7-7：リスク低減効果の検証（平成25年度末想定）>



<図7-8：リスク低減効果の検証（平成26年度末想定）>



<図 7-9 : リスク低減効果の検証 (平成 30 年度末想定)>



<図 7-10 : リスク低減効果の検証 (平成 32 年度末想定)>

これらのリスクマップにより、今後の対策実施によって、いつまでに、どの程度のリスク低減が図られるかを明確にすることができた。

ここで改めて明確になったことは、今般のリスクの洗い出しを踏まえた必要な対応策を講じたとしても、最終的に、多核種除去設備で処理した水（以下「トリチウム水」という。）によるリスクだけが残ることである。タンクに貯蔵する処理水が増大し、管理すべきタンクの数が増大すれば、漏えい事象の発生頻度もまた増大し得ることとなり、大量に貯蔵するトリチウム水の取扱いが課題といえる。

8. 今後の課題

(1) 大量のトリチウム水の取扱い

前項までに、対策の全体像と、対策の実施による将来像（リスク低減効果）を示した。その結果、対策が順調に進めば、概ね平成32年度末には、かなりのリスク低減が図られるものの、施設の運用や降雨の状況次第ではタンク容量に不足が生じる可能性があることに加え、トリチウム水の大量貯蔵に伴うリスクが残存することが明確になった。

トリチウム分離技術については、国内外からの技術提案でも、即効性があると認められる技術が見受けられなかったため、今後、技術提案のあった対策について評価等を行っていく必要がある。

また、本年11月末に来日したIAEA（国際原子力機関）調査団から、「あらゆる選択肢を検証すべき」との助言があったことも踏まえ、分離技術のみならず、大量のトリチウムの長期間貯蔵や放出等のリスク、環境影響、費用対効果なども含め総合評価を行うべく、今後、委員会の下にタスクフォースを設置し、これまでの科学的知見等をリスク評価の視点も加味して整理・分析するとともに、様々な選択肢を提示した上で、社会的な合意形成に向けた取り組みを行うべきである。

(2) 国内外への適切な情報発信

福島第一原発の事故による被災地の一日も早い復旧・復興は、最重要課題である。

汚染水問題について、今般、国内外からの叡智を結集すべく行った技術公募において多くの技術提案が寄せられたことから、国内外の関心の高さも窺える。

こうした中、計画を着実に実施するだけでなく、対策の実施状況やそれによるリスクの低減効果なども含め、今後とも、科学的な根拠に基づいた適切な情報発信に努めることが重要である。

(3) 必要に応じた計画の見直し

本対策のとりまとめに当たっては、地下水や地質関係の限られたデータを基に検討を行ったものであり、今後、更なるデータの収集・分析が必要

である。

また、I A E A 調査団から、今般とりまとめた対策について、「明確に定義された総括的な一連の対策」との評価を得る一方、「努力を継続することが奨励される」との助言があったことも踏まえ、ここにとりまとめた対策を着実に実施するとともに、対策の進捗管理や現場で発生する事象のモニタリングを適切かつ継続的に実施し、状況変化等に対応して、必要に応じて対策の追加・見直しを行っていくことも必要である。

今般、汚染水処理対策の全体像を示したが、得られる情報に限界があること、想定していない事象が発生する可能性があること、技術開発要素を伴うものがあることなど、対策の進捗に不確実性を含むことを常に考慮するとともに、各時点における最適な対策を実施していくため、リスクを最小化するための総合的マネジメントの継続・徹底を基本として進めていくことが重要である。

平成25年12月10日現在

汚染水処理対策委員会名簿

委員長：大西 有三	関西大学 特任教授、京都大学 名誉教授
委員：出光 一哉	九州大学大学院 教授
西垣 誠	岡山大学大学院 教授
米田 稔	京都大学大学院 教授
山本 一良	名古屋大学 理事・副総長
大迫 政浩	(独)国立環境研究所 資源循環・廃棄物研究センター長
藤田 光一	国土交通省国土技術政策総合研究所 研究総務官
丸井 敦尚	(独)産業技術総合研究所 地圏資源環境研究部門 総括研究主幹
山本 徳洋	(独)日本原子力研究開発機構(JAEA) 再処理技術開発センター 副センター長
小林 正彦	(株)東芝 原子力事業部 技監
石渡 雅幸	日立GEニュークリア・エナジー(株)シニアプロジェクトマネージャ
鎌田 博文	(一社)日本建設業連合会 電力対策特別委員会 委員
相澤 善吾	東京電力(株) 代表執行役副社長
松本 純	東京電力(株) 原子力・立地本部福島第一対策担当部長
糟谷 敏秀	原子力災害対策本部 廃炉・汚染水対策チーム事務局長補佐
中西 宏典	原子力災害対策本部 廃炉・汚染水対策チーム事務局長補佐
吉田 延雄	原子力災害対策本部 廃炉・汚染水対策チーム事務局長補佐
規制当局：山本 哲也	原子力規制庁 審議官
オブザーバー：増子 宏	文部科学省研究開発局 原子力課長
渥美 雅裕	国土交通省水管理・国土保全局 河川環境課長
廣木 雅史	環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部 企画課長
高坂 潔	福島県 原子力専門員
鈴木 一弘	技術研究組合国際廃炉研究開発機構 専務理事

開催実績

【汚染水処理対策委員会】

汚染水処理対策委員会（第1回）	平成25年 4月26日
汚染水処理対策委員会（第2回）	平成25年 5月16日
汚染水処理対策委員会（第3回）	平成25年 5月30日
汚染水処理対策委員会（第4回）	平成25年 8月 8日
汚染水処理対策委員会（第5回）	平成25年 8月23日
汚染水処理対策委員会（第6回）	平成25年 9月13日
汚染水処理対策委員会（第7回）	平成25年 9月27日
汚染水処理対策委員会（第8回）	平成25年10月25日
汚染水処理対策委員会現地調査	平成25年11月11日
汚染水処理対策委員会（第9回）	平成25年11月15日
汚染水処理対策委員会（第10回）	平成25年12月 3日
汚染水処理対策委員会（第11回）	平成25年12月10日

【陸側遮水壁タスクフォース】

陸側遮水壁タスクフォース（第1回）	平成25年 7月 1日
陸側遮水壁タスクフォース（第2回）	平成25年 8月 8日
陸側遮水壁タスクフォース（第3回）	平成25年 8月20日
陸側遮水壁タスクフォース（第4回）	平成25年11月15日
陸側遮水壁タスクフォース（第5回）	平成25年11月27日
陸側遮水壁タスクフォース（第6回）	平成25年12月 3日

【高性能多核種除去設備タスクフォース】

高性能多核種除去設備タスクフォース（第1回）	平成25年11月29日
------------------------	-------------

【地下水・雨水等の挙動等の把握・可視化／リスク評価サブグループ】

サブグループ（第1回）	平成25年10月11日
サブグループ（第2回）	平成25年10月16日
サブグループ（第3回）	平成25年10月23日
サブグループ（第4回）	平成25年10月30日
サブグループ（第5回）	平成25年11月 6日
サブグループ（第6回）	平成25年11月13日
サブグループ（第7回）	平成25年11月20日
サブグループ（第8回）	平成25年11月27日

平成25年11月27日現在

陸側遮水壁タスクフォース委員名簿

主 査：	大西 有三	関西大学 特任教授、京都大学 名誉教授
	西垣 誠	岡山大学大学院環境生命科学研究科 教授
	伊藤 譲	摂南大学理工学部都市環境工学科 教授
	石川 達也	北海道大学大学院工学研究院環境フィールド工学部門 防災地盤工学分野地盤環境解析学研究室 教授
	藤田 光一	国土交通省国土技術政策総合研究所 研究総務官
	丸井 敦尚	(独)産業技術総合研究所地圏資源環境研究部門 総括研究主幹 兼 地下水研究グループ長
	鎌田 博文	(一社)日本建設業連合会電力対策特別委員会 委員
	赤川 敏	低温圏工学研究所 代表
事務局：	新川 達也	資源エネルギー庁原子力発電所事故収束対応室長

平成25年11月29日現在

高性能多核種除去設備タスクフォース委員名簿

主 査：	田中 知	東京大学大学院工学系研究科 教授
	山本 徳洋	(独)日本原子力研究開発機構 再処理技術開発センター 副センター長
	塚田 毅志	(一財)電力中央研究所原子力技術研究所 次世代領域リーダー
	田尾 博明	(独)産業技術総合研究所環境管理技術研究部門 部門長
	山本 正弘	(独)日本原子力研究開発機構 原子力基礎工学研究部門 副部門長
	長谷川正巳	(財)塩事業センター 海水総合研究所 所長
	沼田 守	日揮(株)第3プロジェクト本部 副本部長
事務局：	新川 達也	資源エネルギー庁原子力発電所事故収束対応室長

「地下水・雨水等の挙動等の把握・可視化」サブグループ検討体制

【検討体制】

汚染水処理対策委員会事務局、東京電力に以下のメンバーを加え、検討を実施。汚染水処理対策委員会委員は、アドバイザーとして任意参加。

【(独) 産業技術総合研究所】

塚本 齊 地質情報研究部門 長期変動研究グループ 研究グループ長
井川 怜欧 地圏資源環境研究部門 地下水研究グループ 研究員

【(独) 日本原子力研究開発機構】

三枝 博光 地層処分研究開発部門 研究副主幹
澤田 淳 地層処分研究開発部門 研究副主幹

【(独) 土木研究所】

脇坂 安彦 地質監

【国土技術政策総合研究所】

小橋 秀俊 建設マネジメント研究官
川崎 将生 河川研究部水循環研究室長
森 啓年 河川研究部河川研究室主任研究官

「リスク評価」サブグループ検討体制

【検討体制】

汚染水処理対策委員会事務局、東京電力に以下のメンバーを加え、検討を実施。汚染水処理対策委員会委員は、アドバイザーとして任意参加。

【(独) 産業技術総合研究所】

伊藤 一誠 地質情報研究部門地下環境機能研究グループ研究グループ長

【(独) 日本原子力研究開発機構】

若杉 圭一郎 地層処分研究開発部門 研究副主幹
渡辺 将久 福島技術本部 復旧技術部 技術副主幹

卷末資料1

表1-1:汚染水漏えいシナリオ(トレンチ)

汚染源				イベント				流出経路・流出量				リスク マップに 記載
汚染源		保有量 (m3)	インベントリ ＜相対指標＞ ※8	配置	発生要因	発生事象	想定 漏えい量	発生頻度	海までの経路	海への 想定流出量 (m3)	流出量 ＜相対指標＞ ※9	
トレンチ 水	高濃度 汚染水	11000	・Cs-134 : 6.6E+15 ・Cs-137 : 7.9E+15 ・H-3 : 4.6E+13 ・全β : 2.1E+15 ＜2.6E+11＞	4m盤地中埋 設	経年劣化 偶発事象	浄化中にお ける浄化装 置移送ライン の損傷	1m3 ※1	大 (数回/年)	トレンチ →地表面 →海洋	↓ 浄化設備or移送ライン ↓ 地表面 (1m3) ↓ 海洋 (1m3)	・Cs-134 : 6.0E+11 ・Cs-137 : 7.2E+11 ・H-3 : 4.2E+9 ・全β : 1.9E+11 ＜2.4E+07＞	◎
						コンクリート 壁中の拡散	0m3 ※2	中 (数回/数 十年)	—	—	—	—
					ヒューマンエ ラー	浄化運転時 の誤操作	10m3 ※3	大 (数回/年)	浄化設備or移 送ライン →地表面 →海洋	↓ 浄化設備or移送ライン ↓ 地表面(10m3) ↓ 海洋(10m3)	・Cs-134 : 6.0E+12 ・Cs-137 : 7.2E+12 ・H-3 : 4.2E+10 ・全β : 1.9E+12 ＜2.4E+08＞	◎
					将来活動の 可能性のある断層による地震の発生	トレンチ外壁 の損傷	520m3 ※4	小 (数回/数 百年)	トレンチ →地中 →海洋	↓ トレンチ ↓ 地中 (520m3) ↓ 海洋 (520m3)	・H-3 : 2.2E+12 ・全β : 9.9E+13 ＜1.5E+9＞ ※7	◎
					アウターライ ズを超える津波の発生	トレンチから 汚染水の溢 水	11000m3 ※5	小 (数回/数 百年)	トレンチ →海洋	↓ トレンチ ↓ 海洋 (11000m3)	・Cs-134 : 6.6E+15 ・Cs-137 : 7.9E+15 ・H-3 : 4.6E+13 ・全β : 2.1E+15 ＜2.6E+11＞	◎
					豪雨	豪雨によるト レンチ水の溢 水	0m3 ※7	中 (数回/数 十年)	—	—	—	—

※1： モバイル浄化設備にて浄化中の移送ライン破損事象を想定した。浄化装置の漏えい時には漏えい検出器による警報が発生すること、又ラインには受けパンを設置することから大きな漏えいには至らないと考えられる。
 ここでは、保守的に移送ラインからの漏えい水が受けパンからの溢水が少量(約1m3程度)発生したと想定。

※2： 評価の結果、トレンチ内から拡散して地下水に移行するまで約10年を要するが、
 2014年度初めにはトレンチ内の水抜き、閉塞が完了するため拡散による漏えいは無いと仮定

※3： 浄化装置の試運転時にライン構成ミス等により、10m3程度漏えいが発生したと想定。

※4： 損傷を確認してから、薬剤注入による止水を行うまでの間、約520m3流出すると想定。(H23.4の2号取水口付近からの海への推定流出量と同量と仮定)

※5： 建屋に津波が侵入することにより建屋滞留水の水位が上昇し、0.P4mを超過することによりトレンチから汚染水が全量溢水することを想定

※6： Csは土壌で吸着すると想定

※7： 1F近傍(浪江)の過去最大雨量(634mm／月)の内、約50%が建屋内、トレンチ内に流入した場合であっても、滞留水水位上昇は約320mm程度であり、水位コントロールが可能と想定

※8： 核種毎の①保有量、②核種濃度、③線量係数の積の総和、を相対指標として用いた。(表1-2～10においても同様)

※9： 核種毎の①漏えい量、②核種濃度、③線量係数の積の総和、を相対指標として用いた。(表1-2～11においても同様)

表1-2:汚染水漏えいシナリオ(1～2号建屋)

汚染源				イベント				流出経路・流出量				リスク マップに 記載
汚染源		保有量 (m3)	インベントリ ＜相対指標＞	配置	発生要因	発生事象	想定 漏えい量	発生頻度	海までの経路	海への 想定流出量 (m3)	流出量 ＜相対指標＞	
1～2号 建屋汚 染水	高濃度 汚染水	35300	・Cs-134: 9.2E+14 ・Cs-137: 1.9E+15 ・H-3: 3.9E+13 ・全β: 3.5E+15 ＜9.7E+10＞	10m盤地下	経年劣化 偶発事象	移送配管か らの漏えい	10m3 ※1	大(数回／ 年)	建屋 →地表 →海洋	↓ 建屋 ↓ 地表 (10m3) ↓ 海洋 (10m3)	・Cs-134: 2.6E+11 ・Cs-137: 5.5E+11 ・H-3: 1.1E+10 ・全β: 1.0E+12 ＜2.7E+07＞	◎
						コンクリート 壁中の拡散	0m3 ※2	中 (数回/数 十年)	—	—	—	—
					ヒューマンエ ラー	移送運転時 の誤操作	10m3 ※3	大(数回／ 年)	建屋 →地表 →海洋	↓ 建屋 ↓ 地表 (10m3) ↓ 海洋 (10m3)	・Cs-134: 2.6E+11 ・Cs-137: 5.5E+11 ・H-3: 1.1E+10 ・全β: 1.0E+12 ＜2.7E+07＞	◎
					将来活動の 可能性のある断層による地震の発生	建屋外壁の 損傷	0m3 ※4	小 (数回/数 百年)	—	—	—	◎
					アウターライ ズを超える津波の発生	汚染水を貯留する建屋 内への海水の流入による汚染水水位 上昇	17650m3 ※5	小 (数回/数 百年)	建屋 →トレンチ →海洋	↓ 建屋 ↓ 海洋 (17650m3)	・Cs-134: 4.6E+14 ・Cs-137: 9.7E+14 ・H-3: 1.9E+13 ・全β: 1.8E+15 ＜4.8E+10＞	◎
					豪雨	豪雨による滞留水の溢水	0m3 ※6	中 (数回/数 十年)	—	—	—	—

※1: 移送配管からの10m3の漏えいを想定

※2: 評価の結果、建屋内から拡散して地下水に移行するまで早くとも約20年を要するが、2020年度初めには水処理が完了するため拡散による漏えいは無いと仮定

※3: 移送運転時のライン構成ミス等により、10m3程度漏えいが発生したと想定。

※4: Ssで建屋が損壊しないことは評価済

※5: 建屋地下OP.7mレベル程度まで津波水が流入と想定。滞留水と混合し、トレンチを通じて流出すると想定。既存滞留水水位をOP.3m(保有量約35300m3)とすると、津波流入量は約68800m3(総量約104100m3)。その内、OP.4m以上の約51600m3がトレンチを通じて流出する場合、元々の滞留水の約50%が流出すると考えられる。

※6: 1F近傍(浪江)の過去最大雨量(634mm／月)の内、約50%が建屋内、トレンチ内に流入した場合であっても、滞留水水位上昇は約320mm程度であり、水位コントロールが可能と想定

表1-3:汚染水漏えいシナリオ(3～4号建屋)

汚染源				イベント				流出経路・流出量			リスク マップに 記載	
汚染源		保有量 (m3)	インベントリ ＜相対指標＞	配置	発生要因	発生事象	想定 漏えい量	発生頻度	海までの経路	海への 想定流出量(m3)		流出量 ＜相対指標＞
3～4号 建屋汚 染水	高濃度 汚染水	39700	・Cs-134: 1.0E+15 ・Cs-137: 2.2E+15 ・H-3: 4.4E+13 ・全β: 4.0E+15 ＜1.1E+11＞	10m盤地下	経年劣化 偶発事象	移送配管か らの漏えい	10m3 ※1	大(数回／ 年)	建屋 →地表 →海洋	↓ 建屋 ↓ 地表(10m3) ↓ 海洋(10m3)	・Cs-134: 2.6E+11 ・Cs-137: 5.5E+11 ・H-3: 1.1E+10 ・全β: 1.0E+12 ＜2.7E+07＞	◎
						コンクリート 壁中の拡散	0m3 ※2	中 (数回/数 十年)	—	—	—	—
					ヒューマンエ ラー	移送運転時 の誤操作	10m3 ※3	大(数回／ 年)	建屋 →地表 →海洋	↓ 建屋 ↓ 地表(10m3) ↓ 海洋(10m3)	・Cs-134: 2.6E+11 ・Cs-137: 5.5E+11 ・H-3: 1.1E+10 ・全β: 1.0E+12 ＜2.7E+07＞	◎
					将来活動の 可能性のある 断層による地震の発 生	建屋外壁の 損傷	0m3 ※4	小 (数回/数 百年)	—	—	—	◎
					アウトーライ ズを超える 津波の発生	汚染水を貯 留する建屋 内への海水 の流入による 汚染水水位 上昇	19850m3 ※5	小 (数回/数 百年)	建屋 →海洋	↓ 建屋 ↓ 海洋(19850m3)	・Cs-134: 5.2E+14 ・Cs-137: 1.1E+15 ・H-3: 2.2E+13 ・全β: 2.0E+15 ＜5.4E+10＞	◎
					豪雨	豪雨による滞 留水の溢水	0m3 ※6	中 (数回/数 十年)	—	—	—	—

※1: 移送配管からの10m3の漏えいを想定

※2: 評価の結果、建屋内から拡散して地下水に移行するまで早くとも約20年を要するが、2020年度初めには水処理が完了するため拡散による漏えいは無いと仮定

※3: 移送運転時のライン構成ミス等により、10m3程度漏えいが発生したと想定。

※4: Ssで建屋が損壊しないことは評価済

※5: 建屋地下OP.7mレベル程度まで津波水が流入と想定。滞留水と混合し、トレンチを通じて流出すると想定。
既存滞留水水位をOP.3m(保有量約39700m3)とすると、津波流入量は約78000m3(総量約117700m3)。
その内、OP.4m以上の約58500m3がトレンチを通じて流出する場合、元々の滞留水の約50%が流出すると考えられる。

※6: 1F近傍(浪江)の過去最大雨量(634mm/月)の内、約50%が建屋内、トレンチ内に流入した場合であっても、滞留水水位上昇は約320mm程度であり、水位コントロールが可能と想定

表1-4:汚染水漏えいシナリオ(プロセス処理建屋)

汚 染 源				イ ベ ント				流出経路・流出量			リスク マップに 記載	
汚 染 源		保有量 (m3)	インベントリ ＜相対指標＞	配置	発生要因	発生事象	想定 漏えい量	発生頻度	海までの経路	海への 想定流出量 (m3)		流出量 ＜相対指標＞
プロセス 処理建 屋汚染 水	高濃度 汚染水	14040	・Cs-134: 3.7E+14 ・Cs-137: 7.7E+14 ・H-3: 1.5E+13 ・全β: 1.4E+15 ＜3.9E+10＞	10m盤地下 (図参照)	経年劣化 偶発事象	移送配管から の漏えい	10m3 ※1	大(数回／ 年)	建屋 →地表 →海洋	↓ 建屋 ↓ 地表(10m3) ↓ 海洋(10m3)	・Cs-134: 2.6E+11 ・Cs-137: 5.5E+11 ・H-3: 1.1E+10 ・全β: 1.0E+12 ＜2.7E+07＞	◎
						コンクリート 壁中の拡散	0m3 ※2	中 (数回/数 十年)	—	—	—	—
					ヒューマンエ ラー	移送運転時 の誤操作	10m3 ※3	大(数回／ 年)	建屋 →地表 →海洋	↓ 建屋 ↓ 地表(10m3) ↓ 海洋(10m3)	・Cs-134: 2.6E+11 ・Cs-137: 5.5E+11 ・H-3: 1.1E+10 ・全β: 1.0E+12 ＜2.7E+07＞	◎
					将来活動の 可能性のある 断層による 地震の発生	建屋外壁の 損傷	0m3 ※4	小 (数回/数 百年)	—	—	—	◎
					アウターライ ズを超える 津波の発生	汚染水を貯 留する建屋 内への海水 の流入による 汚染水水位 上昇	7722m3 ※5	小 (数回/数 百年)	建屋 →地中 →海洋	↓ 建屋 ↓ 地中(7722m3) ↓ 海洋(7722m3)	・H-3: 8.5E+12 ・全β: 7.7E+14 ＜1.2E+10＞ ※6	◎
					豪雨	豪雨による滞 留水の溢水	0m3 ※7	中 (数回/数 十年)	—	—	—	—

※1: 移送配管からの10m3の漏えいを想定
※2: 評価の結果、建屋内から拡散して地下水に移行するまで早くとも約20年を要するが、2020年度初めには水処理が完了するため拡散による漏えいは無いと仮定
※3: 移送運転時のライン構成ミス等により、10m3程度漏えいが発生したと想定。
※4: Ssで建屋が損壊しないことは評価済
※5: 建屋地下OP.7mレベル程度まで津波水が流入し、滞留水と混合すると想定。プロセス建屋近傍の地下水位は解析にてOP.約4m程度と想定。既存滞留水水位をOP.3.5m(保有量約14040m3)とすると、津波流入量は約21700m3(総量約35740m3)。その内、地下水位OP.4m以上の約18600m3が建屋貫通部等を通じて地中に流出する場合、元々の滞留水の約55%が流出すると考えられる。
※6: Csは土壌で吸着すると想定
※7: 1F近傍(浪江)の過去最大雨量(634mm/月)の内、約50%が建屋内、トレンチ内に流入した場合であっても、滞留水水位上昇は約320mm程度であり、水位コントロールが可能と想定

表1-5:汚染水漏えいシナリオ (HTI建屋)

汚 染 源				イ ベ ント				流 出 経 路 ・ 流 出 量				リ ス ク マ ッ プ に 記 載
汚 染 源		保 有 量 (m3)	インベントリ ＜ 相 対 指 標 ＞	配 置	発 生 要 因	発 生 事 象	想 定 漏 え い 量	発 生 頻 度	海 ま で の 経 路	海 へ の 想 定 流 出 量 (m3)	流 出 量 ＜ 相 対 指 標 ＞	
HTI建屋 汚 染 水	高 濃 度 汚 染 水	4100	・Cs-134 : 5.3E+13 ・Cs-137 : 1.1E+14 ・H-3 : 4.5E+12 ・全β : 4.1E+14 ＜8.9E+09＞	10m盤地下	経年劣化 偶発事象	移送配管から の漏えい	10m3 ※1	中 (数回/数 十年) ※7	建屋 → 地表 → 海洋	↓ 建屋 ↓ 地表 (10m3) ↓ 海洋 (10m3)	・Cs-134 : 1.2E+11 ・Cs-137 : 2.8E+11 ・H-3 : 1.1E+10 ・全β : 1.0E+12 ＜2.1E+07＞	◎
						コンクリート 壁中の拡散	0m3 ※2	中 (数回/数 十年)	—	—	—	—
					ヒューマンエ ラー	移送運転時 の誤操作	10m3 ※3	中 (数回/数 十年) ※7	建屋 → 地表 → 海洋	↓ 建屋 ↓ 地表 (10m3) ↓ 海洋 (10m3)	・Cs-134 : 1.2E+11 ・Cs-137 : 2.8E+11 ・H-3 : 1.1E+10 ・全β : 1.0E+12 ＜2.1E+07＞	◎
					将来活動の 可能性のある 断層による 地震の発生	建屋外壁の 損傷	0m3 ※4	小 (数回/数 百年)	—	—	—	◎
					アウターライ ズを超える 津波の発生	汚染水を貯 留する建屋 内への海水 の流入による 汚染水水位 上昇	0m3 ※5	小 (数回/数 百年)	—	—	—	—
					豪雨	豪雨による滞 留水の溢水	0m3 ※6	中 (数回/数 十年)	—	—	—	—

※1: 移送配管からの10m3の漏えいを想定

※2: 評価の結果、建屋内から拡散して地下水に移行するまで早くとも約20年を要するが、2020年度初めには水処理が完了するため拡散による漏えいは無いと仮定

※3: 移送運転時のライン構成ミス等により、10m3程度漏えいが発生したと想定。

※4: Ssで建屋が損壊しないことは評価済

※5: 建屋地下OP.7mレベル程度まで津波水が流入し、滞留水と混合すると想定。HTI建屋近傍の地下水位は解析にてOP.約8m程度と想定。この為、滞留水は建屋外に流出しないものと想定。

※6: 1F近傍(浪江)の過去最大雨量(634mm/月)の内、約50%が建屋内、トレンチ内に流入した場合であっても、滞留水水位上昇は約320mm程度であり、水位コントロールが可能と想定

※7: HTI建屋は他の建屋と比べ汚染水量が少ない為、経年劣化、HEの発生頻度を中とした。

表1-6: 汚染水漏えいシナリオ(フランジタンク／濃縮塩水)

汚染源				イベント				流出経路・流出量			リスク マップに 記載	
汚染源		保有量 (m3)	インベントリ ＜相対指標＞	配置	発生要因	発生事象	想定 漏えい量	発生頻度	海までの経路	海への 想定流出量(m3)		流出量 ＜相対指標＞
鋼製円筒型フ ランジ接 続タンク 水	濃縮塩 水	250000	・Cs-134: 1.1E+12 ・Cs-137: 2.8E+12 ・Sb-125: 3.0E+13 ・H-3: 4.5E+14 ・全β: 8.3E+16 ＜1.3E+12＞	OP30m以上 のエリア	経年劣化 偶発事象	側面／底面 からの漏えい	1000m3 ※1	大大 (数回以上 ／年) ↓ 大 (数回/年) ※8	【堰上端から溢 水し側溝へ】 (堰内に雨水な し) タンク →堰内 →地表面 →側溝 →海洋	↓タンク ↓堰内(1000m3) ↓地表面(801m3)※5 ↓側溝(801m3) ↓海洋(801m3)	・Cs-134: 3.4E+09 ・Cs-137: 8.8E+09 ・Sb-125: 9.6E+10 ・H-3: 1.4E+12 ・全β: 2.6E+14 ＜4.1E+09＞	—
									【堰上端から溢 水し地中へ】 (堰内に雨水な し) タンク →堰内 →地表面 →地中 →海洋	↓タンク ↓堰内(1000m3) ↓地表面(801m3) ↓地中(801m3) ↓海洋(801m3)	・Sb-125: 9.6E+10 ・H-3: 1.4E+12 ・全β: 2.6E+14 ＜4.1E+09＞ ※6	—
									【堰の床面ひび から地中へ】 タンク →地中 →海洋	↓タンク(1000m3) ↓地中(1000m3) ↓海洋(1000m3)	・Sb-125: 1.2E+11 ・H-3: 1.8E+12 ・全β: 3.3E+14 ＜5.1E+09＞ ※6	◎
					ヒューマンエ ラー	タンク天板か らの溢水	10m3 ※2	大大 (数回以上 ／年) ↓ 大 (数回/年) ※8	【堰外へ溢水し 側溝へ】 タンク →地表面 →側溝 →海洋	↓タンク(10m3) ↓地表面(10m3) ↓側溝(10m3) ↓海洋(10m3)	・Cs-134: 4.2E+07 ・Cs-137: 1.1E+08 ・Sb-125: 1.2E+09 ・H-3: 1.8E+10 ・全β: 3.3E+12 ＜5.1E+07＞	◎
									【堰外へ溢水し 地中へ】 タンク →地表面 →地中 →海洋	↓タンク(10m3) ↓地表面(10m3) ↓地中(10m3) ↓海洋(10m3)	・Sb-125: 1.2E+09 ・H-3: 1.8E+10 ・全β: 3.3E+12 ＜5.1E+07＞ ※6	—
					将来活動の 可能性のある断層による地震の発生	タンク損傷による漏えい	12000m3 ※3	小 (数回/数 百年)	【堰上端から溢 水し側溝へ】 (堰内に雨水な し) タンク →堰内 →地表面 →側溝 →海洋	↓タンク ↓堰内(12000m3) ↓地表面(11801m3)※5 ↓側溝(11801m3) ↓海洋(11801m3)	・Cs-134: 5.0E+10 ・Cs-137: 1.3E+11 ・Sb-125: 1.4E+12 ・H-3: 2.1E+13 ・全β: 3.9E+15 ＜6.0E+10＞	—
									【堰上端から溢 水し地中へ】 (堰内に雨水な し) タンク →堰内 →地表面 →地中 →海洋	↓タンク ↓堰内(12000m3) ↓地表面(11801m3)※5 ↓地中(11801m3) ↓海洋(11801m3)	・Sb-125: 1.4E+12 ・H-3: 2.1E+13 ・全β: 3.9E+15 ＜6.0E+10＞ ※6	—
									【堰の床面ひび から地中へ】 タンク →地中 →海洋	↓タンク ↓堰内(12000m3) ↓地中(12000m3) ↓海洋(12000m3)	・Sb-125: 1.4E+12 ・H-3: 2.2E+13 ・全β: 4.0E+15 ＜6.1E+10＞ ※6	◎

表1-6:汚染水漏えいシナリオ(フランジタンク／濃縮塩水)

汚染源				イベント				流出経路・流出量			リスク マップに 記載	
汚染源		保有量 (m3)	インベントリ ＜相対指標＞	配置	発生要因	発生事象	想定 漏えい量	発生頻度	海までの経路	海への 想定流出量(m3)		流出量 ＜相対指標＞
鋼製円筒型フ ランジ接 続タンク 水	濃縮塩 水	250000	・Cs-134: 1.1E+12 ・Cs-137: 2.8E+12 ・Sb-125: 3.0E+13 ・H-3: 4.5E+14 ・全β: 8.3E+16 ＜1.3E+12＞	OP30m以上 のエリア	アウターライ ズを超える 津波の発生	－ ※4	－ ※4	小 (数回/数 百年)	－	－	－	－
					経年劣化 偶発事象 ＋ 降雨	－ ※7	－ ※7	大大 (数回以上 ／年) ↓ 大 (数回/年) ※8	【堰上端から溢 水し側溝へ】 (堰内は雨水 が満水) タンク →地表面 →側溝 →海洋	↓タンク ↓地表面(1000m3) ↓側溝(1000m3) ↓海洋(1000m3)	・Cs-134: 4.2E+09 ・Cs-137: 1.1E+10 ・Sb-125: 1.2E+11 ・H-3: 1.8E+12 ・全β: 3.3E+14 ＜5.1E+09＞	◎

- ※1: タンク1基の内水が全て流出した場合を想定
- ※2: 過去の人為的ミスによる漏えい事象より保守的に想定
- ※3: Ss地震において、タンクが座屈・倒壊しないことを評価しているが、
タンクの水移送中の連結弁開状態にて地震が発生したと仮定して、連結管破損により12基分の内水が漏えいしたと仮定
- ※4: OP.30m以上のエリアに設置されている為、漏えい事象は発生しない
- ※5: 濃縮塩水タンク(フランジ型)が存在する堰の内、最小堰内貯留量199m3(H5エリア)
- ※6: Csは土壌で吸着すると想定
- ※7: 降雨のみでは漏水の起因事象とはならず、経年劣化事象による流出量を増加させる要因として評価
- ※8: フランジタンク(濃縮塩水)は他のタンクと比べ、著しく汚染水量が多い為、現時点での経年劣化、HEの発生頻度を大大とした。
ただし、ALPS処理等により汚染水量が減少していく為、「大大→大」とした。

表1-7:汚染水漏えいシナリオ(溶接タンク／濃縮塩水)

汚染源				イベント				流出経路・流出量			リスク マップに 記載	
汚染源		保有量 (m3)	インベントリ ＜相対指標＞	配置	発生要因	発生事象	想定 漏えい量	発生頻度	海までの経路	海への 想定流出量(m3)		流出量 ＜相対指標＞
鋼製円筒型溶接タンク水	濃縮塩水	30000	・Cs-134: 1.3E+11 ・Cs-137: 3.3E+11 ・Sb-125: 3.6E+12 ・H-3: 5.4E+13 ・全β: 9.9E+15 ＜1.5E+11＞	OP30m以上のエリア	経年劣化 偶発事象	側面／底面からの漏えい	1000m3 ※1	中 (数回/数十年)	【堰上端から溢水し側溝へ】 (堰内に雨水なし) タンク →堰内 →地表面 →側溝 →海洋	↓タンク ↓堰内(1000m3) ↓地表面(602m3)※5 ↓側溝(602m3) ↓海洋(602m3)	・Cs-134: 2.5E+09 ・Cs-137: 6.6E+09 ・Sb-125: 7.2E+10 ・H-3: 1.1E+12 ・全β: 2.0E+14 ＜3.0E+09＞	—
									【堰上端から溢水し地中へ】 (堰内に雨水なし) タンク →堰内 →地表面 →地中 →海洋	↓タンク ↓堰内(1000m3) ↓地表面(602m3) ↓地中(602m3) ↓海洋(602m3)	・Sb-125: 7.2E+10 ・H-3: 1.1E+12 ・全β: 2.0E+14 ＜3.0E+09＞※6	—
									【堰の床面ひびから地中へ】 タンク →地中 →海洋	↓タンク(1000m3) ↓地中(1000m3) ↓海洋(1000m3)	・Sb-125: 1.2E+11 ・H-3: 1.8E+12 ・全β: 3.3E+14 ＜5.1E+09＞※6	◎
					ヒューマンエラー	タンク天板からの溢水	10m3 ※2	大 (数回/年)	【堰外へ溢水し側溝へ】 タンク →地表面 →側溝 →海洋	↓タンク(10m3) ↓地表面(10m3) ↓側溝(10m3) ↓海洋(10m3)	・Cs-134: 4.2E+07 ・Cs-137: 1.1E+08 ・Sb-125: 1.2E+09 ・H-3: 1.8E+10 ・全β: 3.3E+12 ＜5.1E+07＞	◎
									【堰外へ溢水し地中へ】 タンク →地表面 →地中 →海洋	↓タンク(10m3) ↓地表面(10m3) ↓地中(10m3) ↓海洋(10m3)	・Sb-125: 1.2E+09 ・H-3: 1.8E+10 ・全β: 3.3E+12 ＜5.1E+07＞※6	—
					将来活動の可能性のある断層による地震の発生	タンク損傷による漏えい	12000m3 ※3	小 (数回/数百年)	【堰上端から溢水し側溝へ】 (堰内に雨水なし) タンク →堰内 →地表面 →側溝 →海洋	↓タンク ↓堰内(12000m3) ↓地表面(11602m3)※7 ↓側溝(11602m3) ↓海洋(11602m3)	・Cs-134: 4.9E+10 ・Cs-137: 1.3E+11 ・Sb-125: 1.4E+12 ・H-3: 2.1E+13 ・全β: 3.8E+15 ＜5.9E+10＞	—
									【堰上端から溢水し地中へ】 (堰内に雨水なし) タンク →堰内 →地表面 →地中 →海洋	↓タンク ↓堰内(12000m3) ↓地表面(11602m3)※7 ↓地中(11602m3) ↓海洋(11602m3)	・Sb-125: 1.4E+12 ・H-3: 2.1E+13 ・全β: 3.8E+15 ＜5.9E+10＞※6	—
									【堰の床面ひびから地中へ】 タンク →地中 →海洋	↓タンク ↓堰内(12000m3) ↓地中(12000m3) ↓海洋(12000m3)	・Sb-125: 1.4E+12 ・H-3: 2.2E+13 ・全β: 4.0E+15 ＜6.1E+10＞※6	◎

表1-7: 汚染水漏えいシナリオ(溶接タンク／濃縮塩水)

汚染源				イベント				流出経路・流出量			リスク マップに 記載	
汚染源		保有量 (m3)	インベントリ ＜相対指標＞	配置	発生要因	発生事象	想定 漏えい量	発生頻度	海までの経路	海への 想定流出量(m3)		流出量 ＜相対指標＞
鋼製円筒型溶接タンク水	濃縮塩水	30000	・Cs-134: 1.3E+11 ・Cs-137: 3.3E+11 ・Sb-125: 3.6E+12 ・H-3: 5.4E+13 ・全β: 9.9E+15 ＜1.5E+11＞	OP30m以上のエリア	アウターライズを超える津波の発生	－ ※4	－ ※4	小 (数回/数百年)	－	－	－	－
					経年劣化偶発事象＋降雨	－ ※7	－ ※7	大 (数回/年)	【堰上端から溢水し側溝へ】 (堰内は雨水が満水) タンク →地表面 →側溝 →海洋	↓タンク ↓地表面(1000m3) ↓側溝(1000m3) ↓海洋(1000m3)	・Cs-134: 4.2E+09 ・Cs-137: 1.1E+10 ・Sb-125: 1.2E+11 ・H-3: 1.8E+12 ・全β: 3.3E+14 ＜5.1E+09＞	◎

- ※1: タンク1基の内水が全て流出した場合を想定
- ※2: 過去の人為的ミスによる漏えい事象より保守的に想定
- ※3: Ss地震において、タンクが座屈・倒壊しないことを評価しているが、
タンクの水移送中の連結弁開状態にて地震が発生したと仮定して、連結管破損により12基分の内水が漏えいしたと仮定
- ※4: OP.30m以上のエリアに設置されている為、漏えい事象は発生しない
- ※5: 濃縮塩水タンク(溶接型)が存在する堰の内、最小堰内貯留量398m3(H8エリア)
- ※6: CsIは土壌で吸着すると想定
- ※7: 降雨のみでは漏水の起因事象とはならず、経年劣化事象による流出量を増加させる要因として評価

表1-8:汚染水漏えいシナリオ(横置きタンク／濃縮塩水・濃縮廃液)

汚染源				イベント				流出経路・流出量			リスク マップに 記載	
汚染源		保有量 (m3)	インベントリ ＜相対指標＞	配置	発生要因	発生事象	想定 漏えい量	発生頻度	海までの経路	海への 想定流出量 (m3)		流出量 ＜相対指標＞
鋼製横 置きタン ク水	濃縮塩 水／濃 縮廃液	30000	・I-131: 9.9E+11 ・Cs-134: 2.3E+11 ・Cs-137: 1.7E+11 ・Co-60: 3.3E+11 ・Ru-103: 2.0E+12 ・Ru-106: 9.0E+12 ・Sb-124: 1.2E+13 ・H-3: 1.4E+14 ・全β: 5.1E+15 ＜7.8E+10＞	OP30m以上 のエリア	経年劣化 偶発事象	タンク間接続 ホースからの 漏えい	720m3 ※1	大 (数回/年)	タンク →地中 →海洋 コンクリート床 がないため、全 て地中へ浸透 すると想定	↓タンク (720m3) ↓地中 (720m3) ↓海洋 (720m3)	・I-131: 2.4E+10 ・Co-60: 7.9E+09 ・Ru-103: 4.7E+10 ・Ru-106: 2.2E+11 ・Sb-124: 2.9E+11 ・H-3: 3.3E+12 ・全β: 1.2E+14 ＜1.9E+09＞ ※5	◎
					ヒューマンエ ラー	移送時の誤 操作	10m3 ※2	大 (数回/年)	タンク →地中 →海洋 コンクリート床 がないため、全 て地中へ浸透 すると想定	↓タンク (10m3) ↓地表面 (10m3) ↓地中 (10m3) ↓海洋 (10m3)	・I-131: 3.3E+08 ・Co-60: 1.1E+08 ・Ru-103: 6.5E+08 ・Ru-106: 3.0E+09 ・Sb-124: 4.0E+09 ・H-3: 4.6E+10 ・全β: 1.7E+12 ＜2.6E+07＞ ※5	◎
					将来活動の 可能性のある断層による地震の発生	タンク損傷による漏えい	720m3 ※3	小 (数回/数 百年)	タンク →地中 →海洋 コンクリート床 がないため、全 て地中へ浸透 すると想定	↓タンク ↓堰内 (720m3) ↓地中 (720m3) ↓海洋 (720m3)	・I-131: 2.4E+10 ・Co-60: 7.9E+9 ・Ru-103: 4.7E+10 ・Ru-106: 2.2E+11 ・Sb-124: 2.9E+11 ・H-3: 3.3E+12 ・全β: 1.2E+14 ＜1.9E+09＞ ※5	◎

表1-8:汚染水漏えいシナリオ(横置きタンク／濃縮塩水・濃縮廃液)

汚染源				イベント				流出経路・流出量			リスク マップに 記載	
汚染源		保有量 (m3)	インベントリ ＜相対指標＞	配置	発生要因	発生事象	想定 漏えい量	発生頻度	海までの経路	海への 想定流出量(m3)		流出量 ＜相対指標＞
鋼製横 置きタン ク水	濃縮塩 水／濃 縮廃液	30000	・I-131: 9.9E+11 ・Cs-134: 2.3E+11 ・Cs-137: 1.7E+11 ・Co-60: 3.3E+11 ・Ru-103: 2.0E+12 ・Ru-106: 9.0E+12 ・Sb-124: 1.2E+13 ・H-3: 1.4E+14 ・全β: 5.1E+15 ＜7.8E+10＞	OP30m以上のエリア	アウターライ ズを超える 津波の発生	－ ※4	－ ※4	小 (数回/数 百年)	－	－	－	－
					豪雨	－ ※6	－ ※6	大 (数回/年)	タンク →地中 →海洋 コンクリート床 がないため、全 て地中へ浸透 すると想定	↓タンク(720m3) ↓地中(720m3) ↓海洋(720m3)	・I-131: 2.4E+10 ・Co-60: 7.9E+09 ・Ru-103: 4.7E+10 ・Ru-106: 2.2E+11 ・Sb-124: 2.9E+11 ・H-3: 3.3E+12 ・全β: 1.2E+14 ＜1.9E+09＞ ※5	◎

- ※1: タンク1群(6基分)が流出したと仮定
- ※2: 過去の人為的ミスによる漏えい事象より保守的に想定
- ※3: Ss地震において、タンクが座屈・倒壊しないことを評価しているが、
連結管破損により1群(6基分)の内水が漏えいしたと仮定
- ※4: OP.30m以上のエリアに設置されている為、漏えい事象は発生しない
- ※5: Csは土壌で吸着すると想定
- ※6: 降雨のみでは漏水の起因事象とはならず、経年劣化事象による流出量を増加させる要因として評価

表1-9:汚染水漏えいシナリオ(フランジタンク／淡水化処理水)

汚染源				イベント				流出経路・流出量			リスク マップに 記載	
汚染源		保有量 (m3)	インベントリ ＜相対指標＞	配置	発生要因	発生事象	想定 漏えい量	発生頻度	海までの経路	海への 想定流出量(m3)		流出量 ＜相対指標＞
鋼製円筒型フランジ接続タンク水等	淡水化処理水	29000	・Cs-134 : 1.7E+09 ・Cs-137 : 2.9E+09 ・Ru-106 : 1.2E+09 ・H-3 : 1.2E+14 ・全β : 2.9E+12 ＜4.7E+07＞	OP30m以上のエリア	経年劣化 偶発事象	側面／底面からの漏えい	1000m3 ※1	大 (数回/年)	【堰上端から溢水し側溝へ】 (堰内に雨水なし) タンク →堰内 →地表面 →側溝 →海洋	↓タンク ↓堰内(1000m3) ↓地表面(875m3)※5 ↓側溝(875m3) ↓海洋(875m3)	・Cs-134 : 5.0E+07 ・Cs-137 : 8.8E+07 ・Ru-106 : 3.8E+07 ・H-3 : 3.7E+12 ・全β : 8.8E+10 ＜1.4E+06＞	—
									【堰上端から溢水し地中へ】 (堰内に雨水なし) タンク →堰内 →地表面 →地中 →海洋	↓タンク(1000m3) ↓堰内(875m3) ↓地表面(875m3) ↓地中(875m3) ↓海洋(875m3)	・Ru-106 : 3.8E+07 ・H-3 : 3.7E+12 ・全β : 8.8E+10 ＜1.4E+06＞※6	—
									【堰の床面ひびから地中へ】 タンク →地中 →海洋	↓タンク(1000m3) ↓地中(1000m3) ↓海洋(1000m3)	・Ru-106 : 4.3E+07 ・H-3 : 4.2E+12 ・全β : 1.0E+11 ＜1.6E+06＞※6	◎
					ヒューマンエラー	タンク天板からの溢水	10m3 ※2	大 (数回/年)	【堰外へ溢水し側溝へ】 タンク →地表面 →側溝 →海洋	↓タンク(10m3) ↓地表面(10m3) ↓側溝(10m3) ↓海洋(10m3)	・Cs-134 : 5.7E+05 ・Cs-137 : 1.0E+06 ・Ru-106 : 4.3E+05 ・H-3 : 4.2E+10 ・全β : 1.0E+09 ＜1.6E+04＞	◎
【堰外へ溢水し地中へ】 タンク →地表面 →地中 →海洋	↓タンク(10m3) ↓地表面(10m3) ↓地中(10m3) ↓海洋(10m3)	・Ru-106 : 4.3E+05 ・H-3 : 4.2E+10 ・全β : 1.0E+09 ＜1.6E+04＞※6	—									

表1-9:汚染水漏えいシナリオ(フランジタンク／淡水化処理水)

汚染源				イベント				流出経路・流出量			リスク マップに 記載	
汚染源		保有量 (m3)	インベントリ ＜相対指標＞	配置	発生要因	発生事象	想定 漏えい量	発生頻度	海までの経路	海への 想定流出量(m3)		流出量 ＜相対指標＞
鋼製円筒型フランジ接続タンク水等	淡水化処理水	29000	・Cs-134: 1.7E+09 ・Cs-137: 2.9E+09 ・Ru-106: 1.2E+09 ・H-3: 1.2E+14 ・全β: 2.9E+12 ＜4.7E+07＞	OP30m以上のエリア	将来活動の可能性のある断層による地震の発生	タンク損傷による漏えい	12000m3 ※3	小 (数回/数百年)	【堰上端から溢水し側溝へ】 (堰内に雨水なし) タンク →堰内 →地表面 →側溝 →海洋	↓タンク ↓堰内(12000m3) ↓地表面(11875m3)※5 ↓側溝(11875m3) ↓海洋(11875m3)	・Cs-134: 6.8E+08 ・Cs-137: 1.2E+09 ・Ru-106: 5.1E+08 ・H-3: 5.0E+13 ・全β: 1.2E+12 ＜1.9E+07＞	—
									【堰上端から溢水し地中へ】 (堰内に雨水なし) タンク →堰内 →地表面 →地中 →海洋	↓タンク ↓堰内(12000m3) ↓地表面(11875m3)※5 ↓地中(11875m3) ↓海洋(11875m3)	・Ru-106: 5.1E+08 ・H-3: 5.0E+13 ・全β: 1.2E+12 ＜1.9E+07＞※6	—
									【堰の床面ひびから地中へ】 タンク →地中 →海洋	↓タンク ↓堰内(12000m3) ↓地中(12000m3) ↓海洋(12000m3)	・Ru-106: 5.2E+08 ・H-3: 5.0E+13 ・全β: 1.2E+12 ＜1.9E+07＞※6	◎
					アウターライズを超える津波の発生	— ※4	— ※4	小 (数回/数百年)	—	—	—	—
					経年劣化偶発事象＋降雨	— ※7	— ※7	大 (数回/年)	【堰上端から溢水し側溝へ】 (堰内は雨水が満水) タンク →地表面 →側溝 →海洋	↓タンク ↓地表面(1000m3) ↓側溝(1000m3) ↓海洋(1000m3)	・Cs-134: 5.7E+07 ・Cs-137: 1.0E+08 ・Ru-106: 4.3E+07 ・H-3: 4.2E+12 ・全β: 1.0E+11 ＜1.6E+06＞	◎

※1: タンク1基の内水が全て流出した場合を想定

※2: 過去の人為的ミスによる漏えい事象より保守的に想定

※3: Ss地震において、タンクが座屈・倒壊しないことを評価しているが、
タンクの水移送中の連結弁開状態にて地震が発生したと仮定して、連結管破損により12基分の内水が漏えいしたと仮定

※4: OP.30m以上のエリアに設置されている為、漏えい事象は発生しない

※5: 淡水化処理水タンクが存在する堰の内、最小堰内貯留量125m3(Bエリア)

※6: CsIは土壌で吸着すると想定

※7: 降雨のみでは漏水の起因事象とはならず、経年劣化事象による流出量を増加させる要因として評価

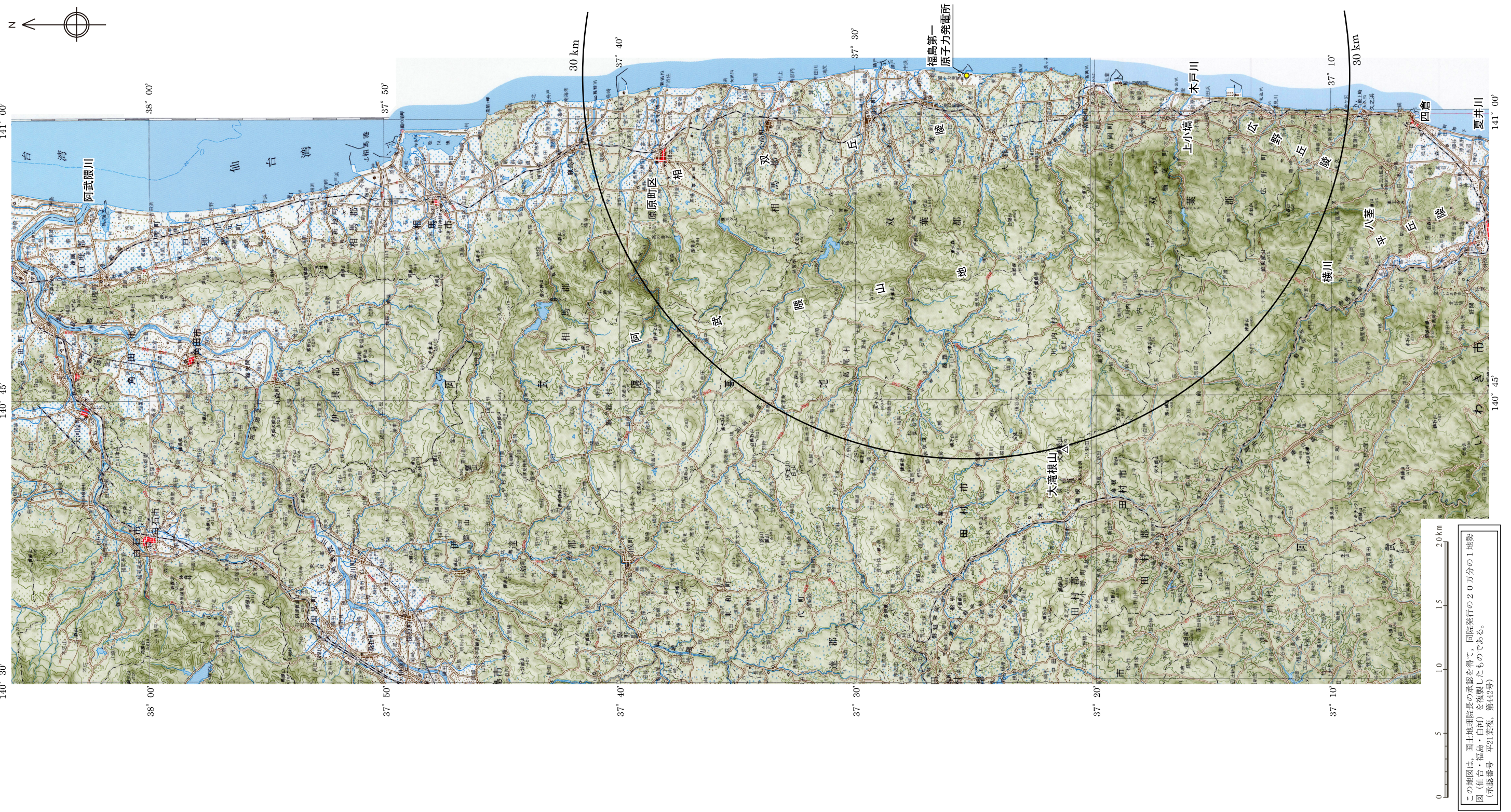
表1-10:汚染水漏えいシナリオ(フランジタンク／ALPS処理水)

汚染源				イベント				流出経路・流出量			リスク マップに 記載	
汚染源		保有量 (m3)	インベントリ ＜相対指標＞	配置	発生要因	発生事象	想定 漏えい量	発生頻度	海までの経路	海への 想定流出量(m3)		流出量 ＜相対指標＞
鋼製円筒型フランジ接続タンク水等	ALPS 処理水	23000	・Co-60: 1.6E+07 ・Ru-106: 1.6E+08 ・Sb-125: 2.3E+07 ・H-3: 2.5E+13 ＜4.6E+05＞	OP30m以上の エリア	経年劣化 偶発事象	側面／底面 からの漏えい	1000m3 ※1	大 (数回/年) ↓ 大大 (数回以上／年) ※7	タンク →堰内 →地表面 →側溝 →海洋	↓タンク ↓堰内(1000m3) ↓地表面(0m3)※5 ↓側溝(0m3) ↓海洋(0m3)	—	—
									タンク →堰内 →地表面 →地中 →海洋	↓タンク(1000m3) ↓堰内(1000m3) ↓地表面(0m3) ↓地中(0m3) ↓海洋(0m3)	—	—
									タンク →地中 →海洋	↓タンク(1000m3) ↓地中(1000m3) ↓海洋(1000m3)	・Co-60: 7.0E+05 ・Ru-106: 6.9E+06 ・Sb-125: 9.8E+05 ・H-3: 1.1E+12 ＜2.0E+04＞	◎
					ヒューマンエ ラー	タンク天板か らの溢水	10m3 ※2	大 (数回/年) ↓ 大大 (数回以上 ／年) ※7	タンク →地表面 →側溝 →海洋	↓タンク(10m3) ↓地表面(10m3) ↓側溝(10m3) ↓海洋(10m3)	・Co-60: 7.0E+03 ・Ru-106: 6.9E+04 ・Sb-125: 9.8E+03 ・H-3: 1.1E+10 ＜2.0E+02＞	—
									タンク →地表面 →地中 →海洋	↓タンク(10m3) ↓地表面(10m3) ↓地中(10m3) ↓海洋(10m3)	・Co-60: 7.0E+03 ・Ru-106: 6.9E+04 ・Sb-125: 9.8E+03 ・H-3: 1.1E+10 ＜2.0E+02＞	◎
					将来活動の 可能性のある断層による地震の発生	タンク損傷による漏えい	12000m3 ※3	小 (数回/数 百年)	タンク →堰内 →地表面 →側溝 →海洋	↓タンク ↓堰内(12000m3) ↓地表面(10257m3)※5 ↓側溝(10257m3) ↓海洋(10257m3)	・Co-60: 7.2E+06 ・Ru-106: 7.1E+07 ・Sb-125: 1.0E+07 ・H-3: 1.1E+13 ＜2.0E+05＞	—
									タンク →堰内 →地表面 →地中 →海洋	↓タンク ↓堰内(12000m3) ↓地表面(10257m3)※5 ↓地中(10257m3) ↓海洋(10257m3)	・Co-60: 7.2E+06 ・Ru-106: 7.1E+07 ・Sb-125: 1.0E+07 ・H-3: 1.1E+13 ＜2.0E+05＞	—
									タンク →地中 →海洋	↓タンク ↓堰内(12000m3) ↓地中(12000m3) ↓海洋(12000m3)	・Co-60: 8.4E+06 ・Ru-106: 8.3E+07 ・Sb-125: 1.2E+07 ・H-3: 1.3E+13 ＜2.4E+05＞	◎

表1-10:汚染水漏えいシナリオ(フランジタンク／ALPS処理水)

汚染源				イベント				流出経路・流出量			リスク マップに 記載	
汚染源		保有量 (m3)	インベントリ <相対指標 >	配置	発生要因	発生事象	想定 漏えい量	発生頻度	海までの経路	海への 想定流出量(m3)		流出量 <相対指標>
鋼製円筒型フ ランジ接 続 タンク水 等	ALPS 処理水	23000	・Co-60: 1.6E+07 ・Ru-106: 1.6E+08 ・Sb-125: 2.3E+07 ・H-3: 2.5E+13 <4.6E+05>	OP30m以上 のエリア	アウターライ ズを超える 津波の発生	- ※4	- ※4	小 (数回/数 百年)	-	-	-	-
					豪雨	- ※6	- ※6	大 (数回/年) ↓ 大大 (数回以上 ／年) ※7	タンク →堰内 →地表面 →側溝 →海洋	↓タンク ↓堰内(1000m3) ↓地表面(1000m3) ↓側溝(1000m3) ↓海洋(1000m3)	・Co-60: 7.0E+05 ・Ru-106: 6.9E+06 ・Sb-125: 9.8E+05 ・H-3: 1.1E+12 <2.0E+04>	◎

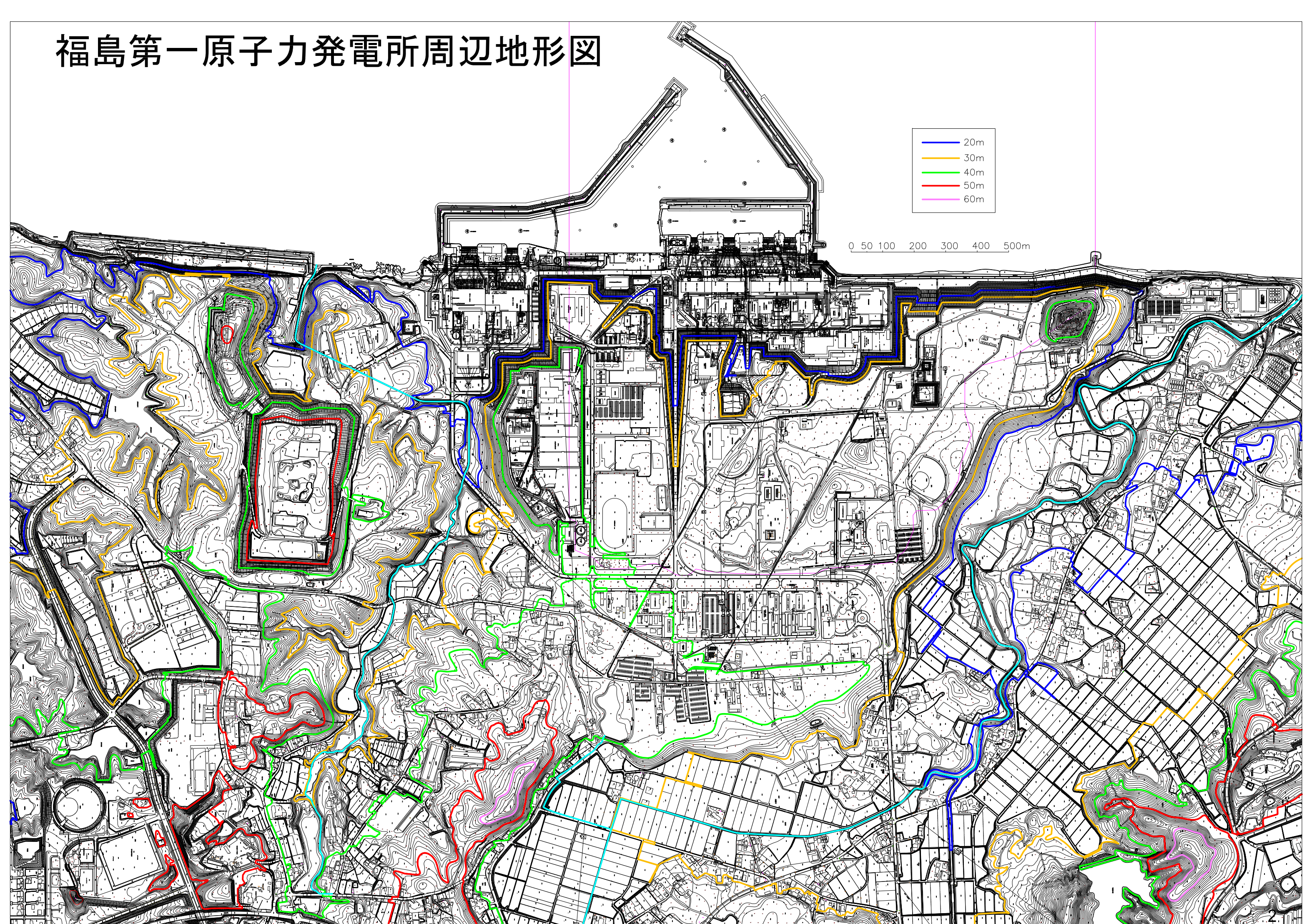
- ※1: タンク1基の内水が全て流出した場合を想定
- ※2: 過去の人為的ミスによる漏えい事象より保守的に想定
- ※3: Ss地震において、タンクが座屈・倒壊しないことを評価しているが、
タンクの水移送中の連結弁開状態にて地震が発生したと仮定して、連結管破損により12基分の内水が漏えいしたと仮定
- ※4: OP.30m以上のエリアに設置されている為、漏えい事象は発生しない
- ※5: 対象タンクのあるエリアの堰貯水量分(約1743m3)が堰内に留まると想定
- ※6: 降雨のみでは漏水の起因事象とはならず、経年劣化事象による流出量を増加させる要因として評価
- ※7: ALPS処理水は今後、水量が増加していく為、経年劣化、HEの発生頻度を「大→大大」とした。



敷地周辺陸域の地形図

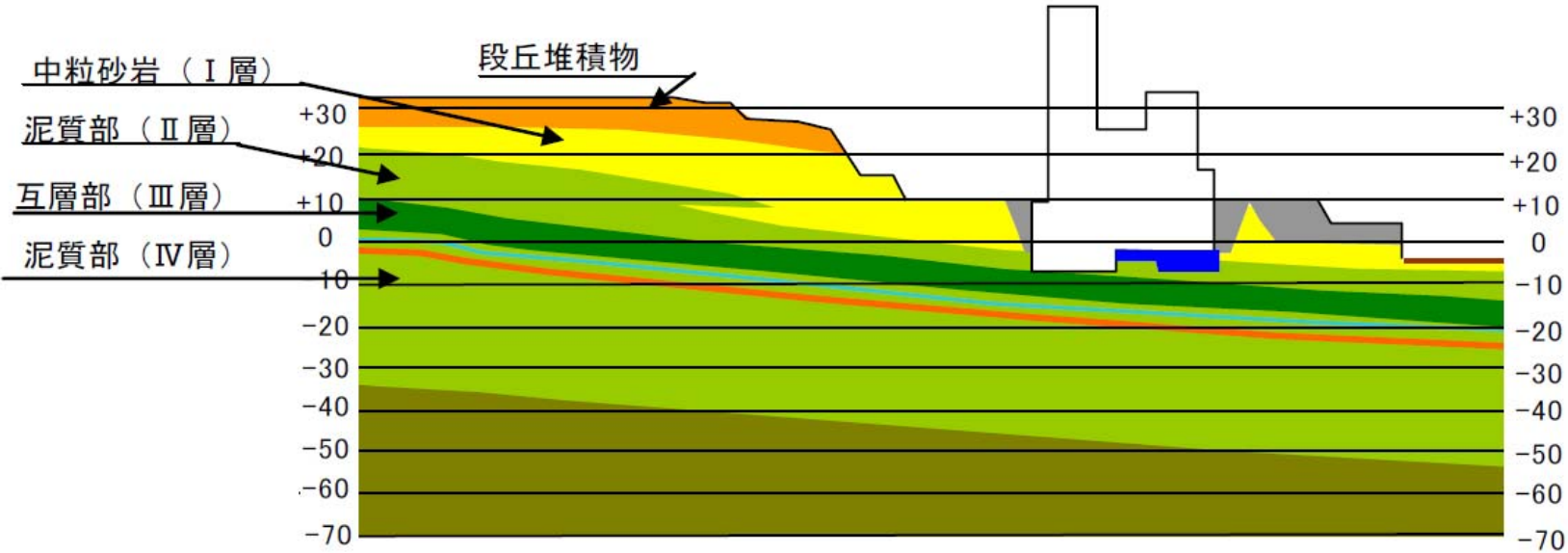
出典：福島第一原子力発電所原子炉設置許可申請書（6号炉）

福島第一原子力発電所周辺地形図

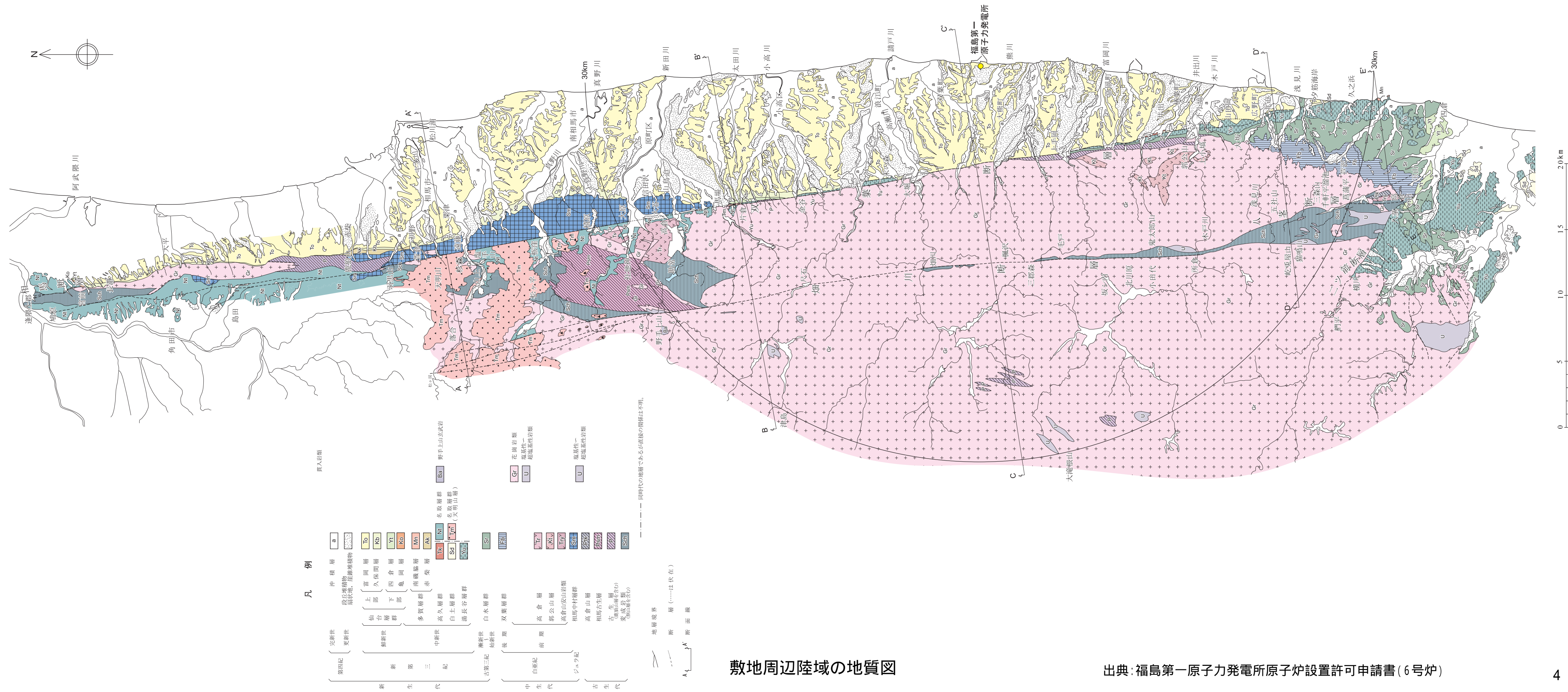


地質時代	地 層 名		主な岩相・層相
第 四 紀	沖 積 層		暗緑灰色～褐色の粘土及び砂，未固結
	段 丘 堆 積 物		黄褐色の砂礫及び砂，半固結
新 第 三 紀	鮮 新 世	T3部層	砂質泥岩～泥岩 軽石粒，凝灰岩を挟在上部に砂岩を挟在
		T2部層	泥質砂岩 軽石粒，凝灰岩を挟在
		T1部層	泥質砂岩 軽石粒，凝灰岩を多く挟在
	中 新 世	先 富 岡 層	
古 第 三 紀	漸 新 世	先 富 岡 層	
		泥質砂岩～泥岩 軽石粒，スコリア粒，凝灰岩等を挟在	

地層区分	層相	水理に関する既存の情報
段丘堆積物	中粒～粗粒の砂を主体とし径1～数cm程度の礫を含む	—
富岡層T3部層	中粒砂岩層 I層 層厚は20m程度で塊状無層理の中粒砂岩を主体とする。層厚数mのシルト岩(泥質部)を挟在する	中粒砂岩 透水係数 2.11E-03～4.14E-03
富岡層T2部層	泥質部 II層 層厚5～7m程度のシルト岩を主体とする泥質部	(泥質部) (透水係数) (1.00E-06～1.18E-06)
富岡層T1部層	互層部 III層 層厚4～8m程度で、数cm～3m程度の間隔で砂質シルト岩と中粒砂岩が交互に分布するの互層からなる	互層部 透水係数 2.37E-04～8.07E-03
富岡層T1部層	泥質部 IV層 層厚30m程度の無層理のシルト岩を主体とする泥質岩からなり、2層の連続性のよい砂層(細粒砂岩、粗粒砂岩)を挟在する。粗粒砂岩層下部の泥質部は砂質を呈する箇所がある。 ・細粒砂岩: III層の下端から3m程度から層厚2m程度をもって分布する ・粗粒砂岩: III層の下端から7m程度から層厚1m程度をもって分布する	泥質部 透水係数 1.00E-06～1.18E-06 細粒砂岩 透水係数 1.00E-04～5.14E-03 粗粒砂岩 透水係数 6.20E-04～4.40E-03
富岡層T2部層	V層 層厚50m程度の泥質岩を主体とする層	—
富岡層T1部層	VI層 層厚10m～30m程度の泥質岩を主体とする層	—

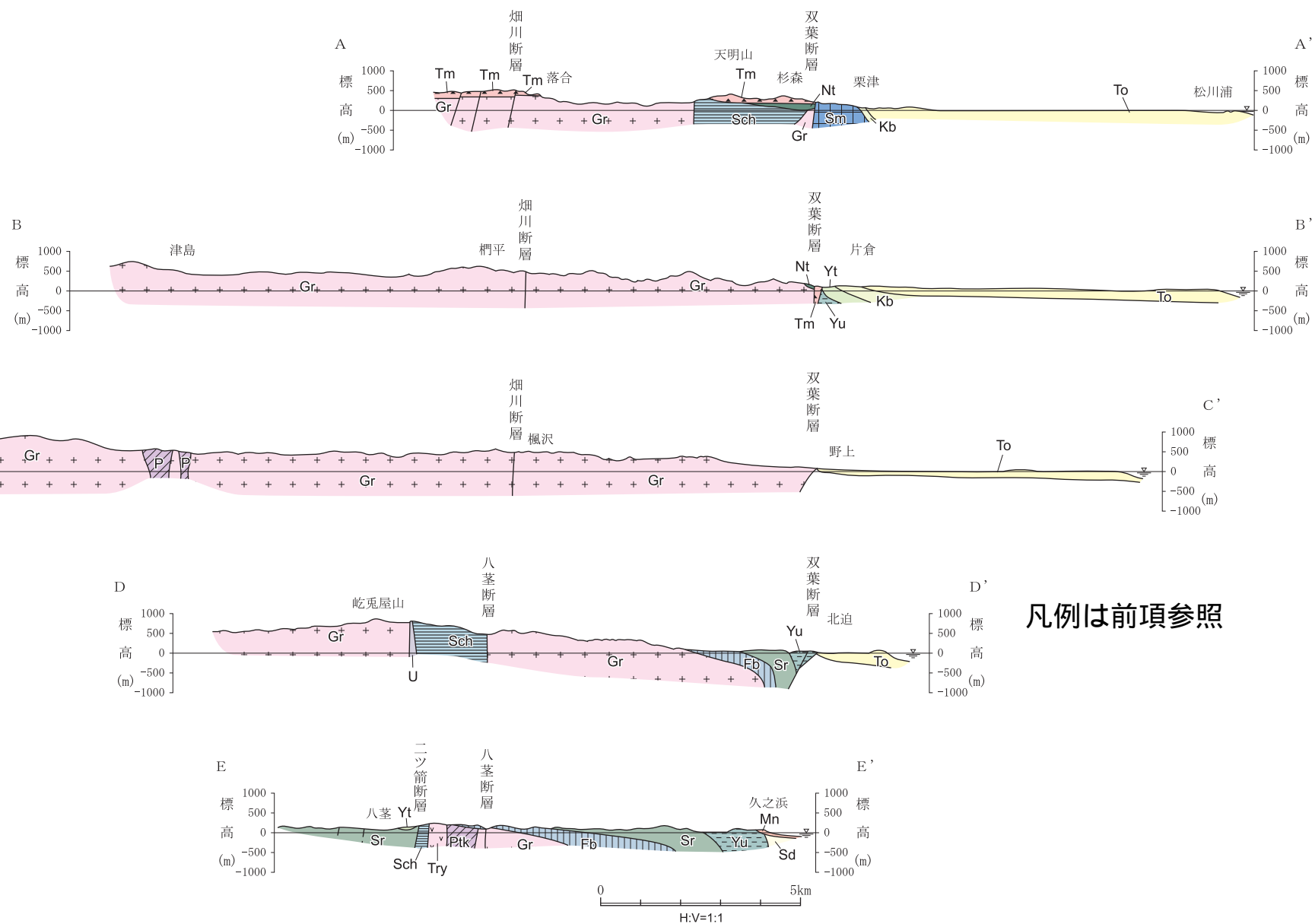


福島第一原子力発電所敷地周辺の地質層序

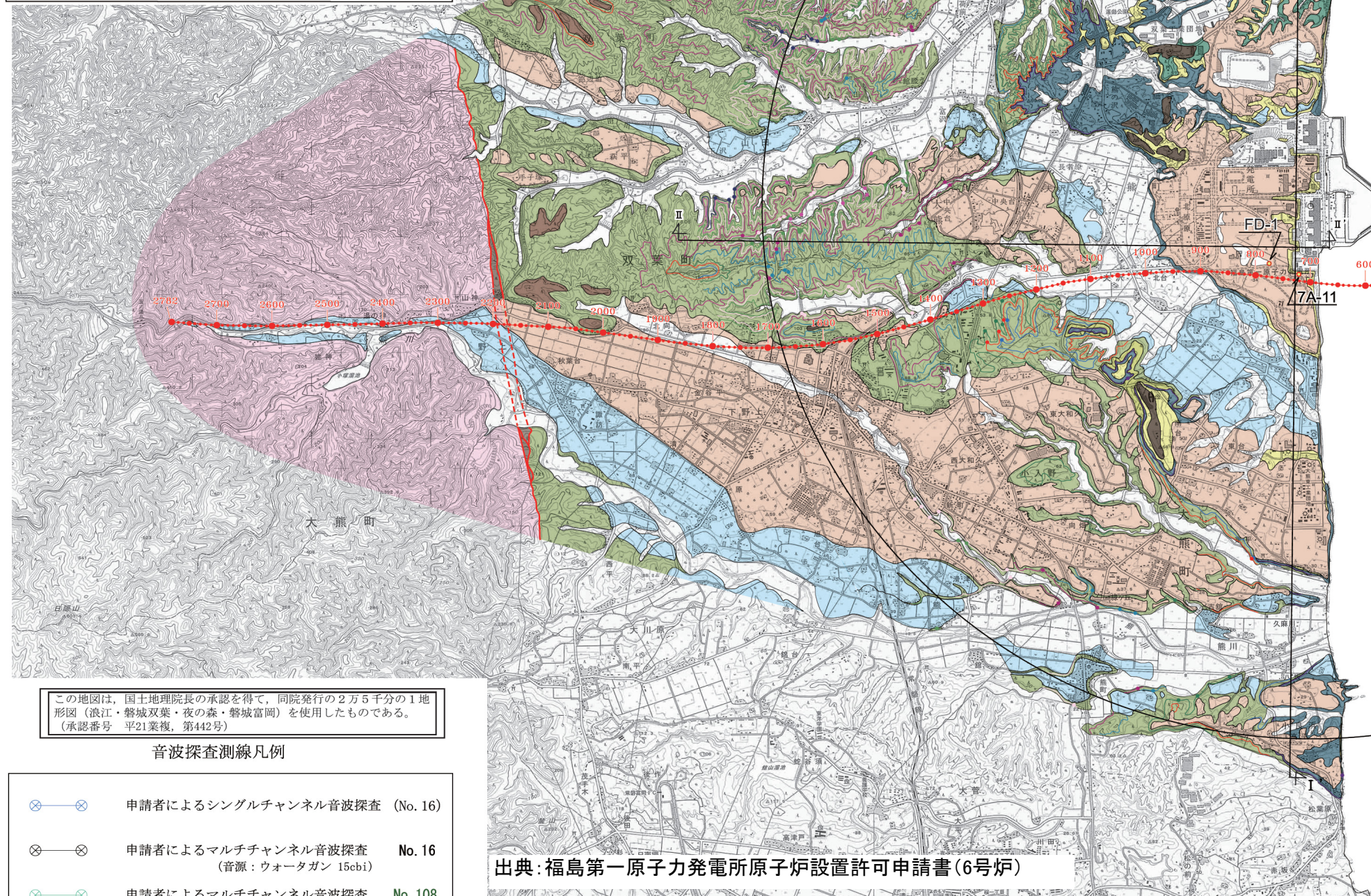
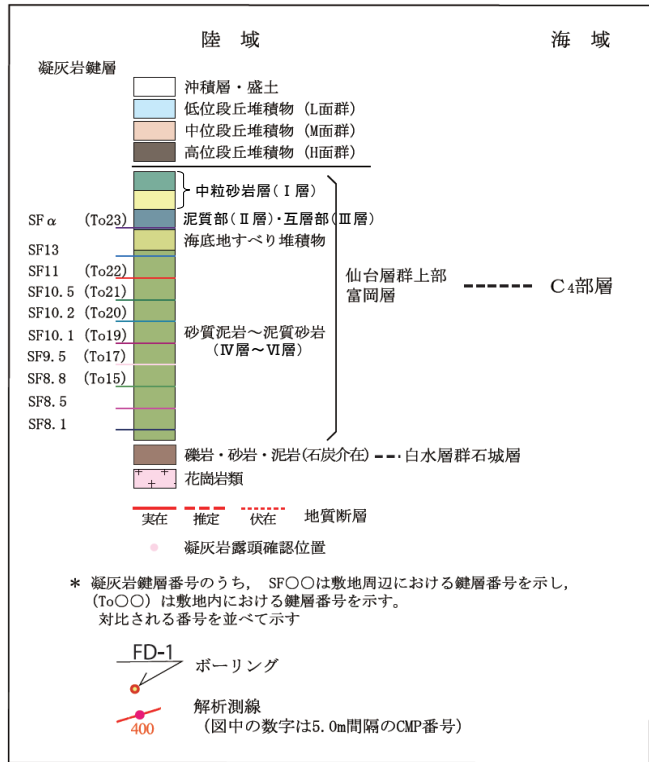


敷地周辺陸域の地質図

出典：福島第一原子力発電所原子炉設置許可申請書（6号炉）

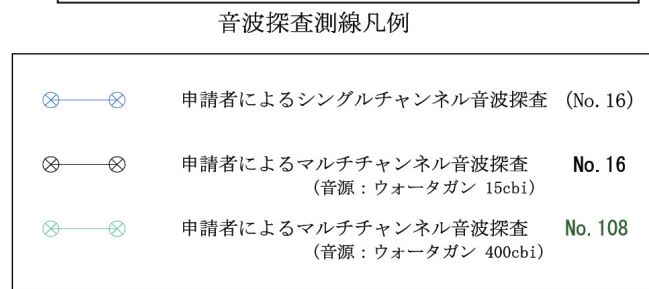
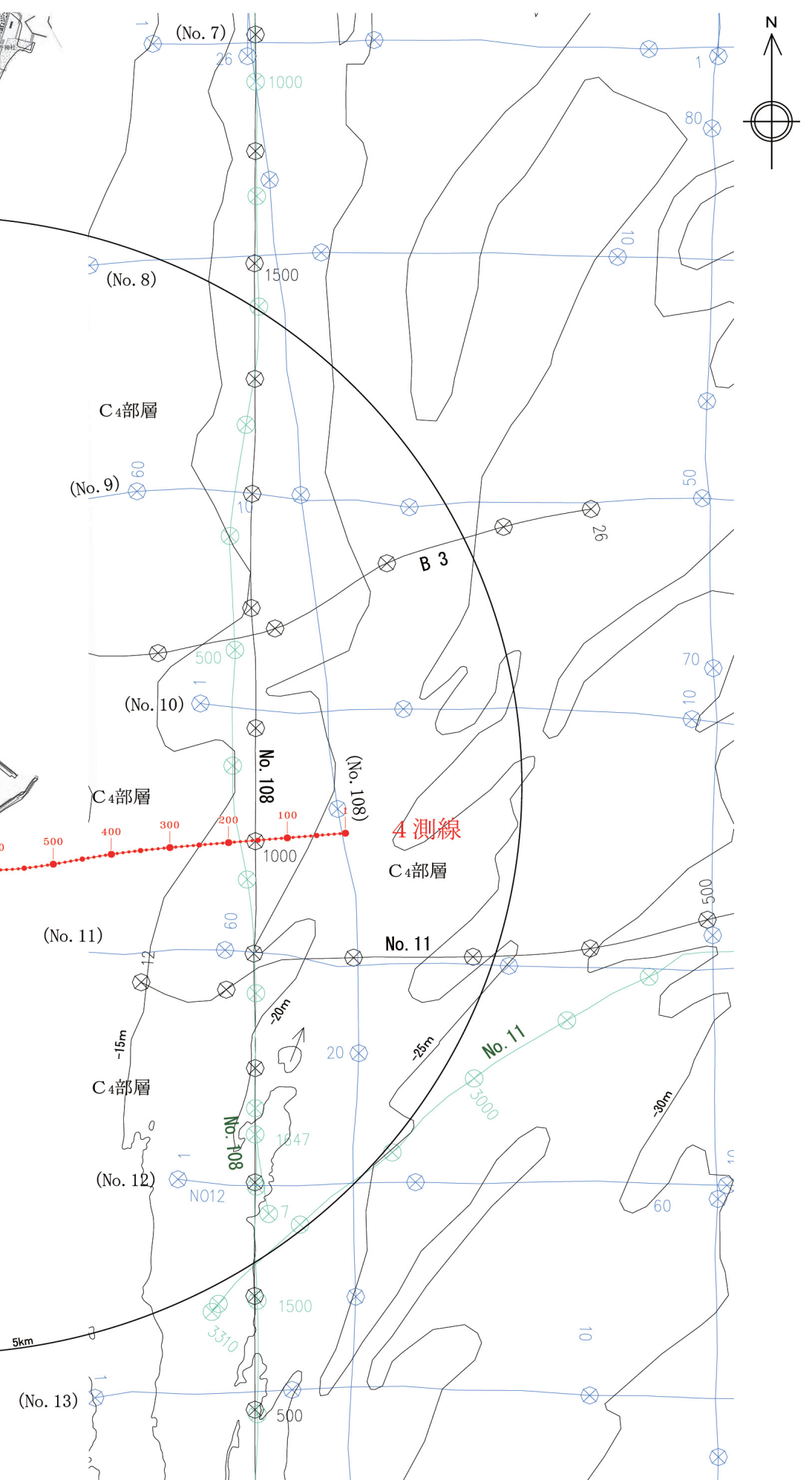


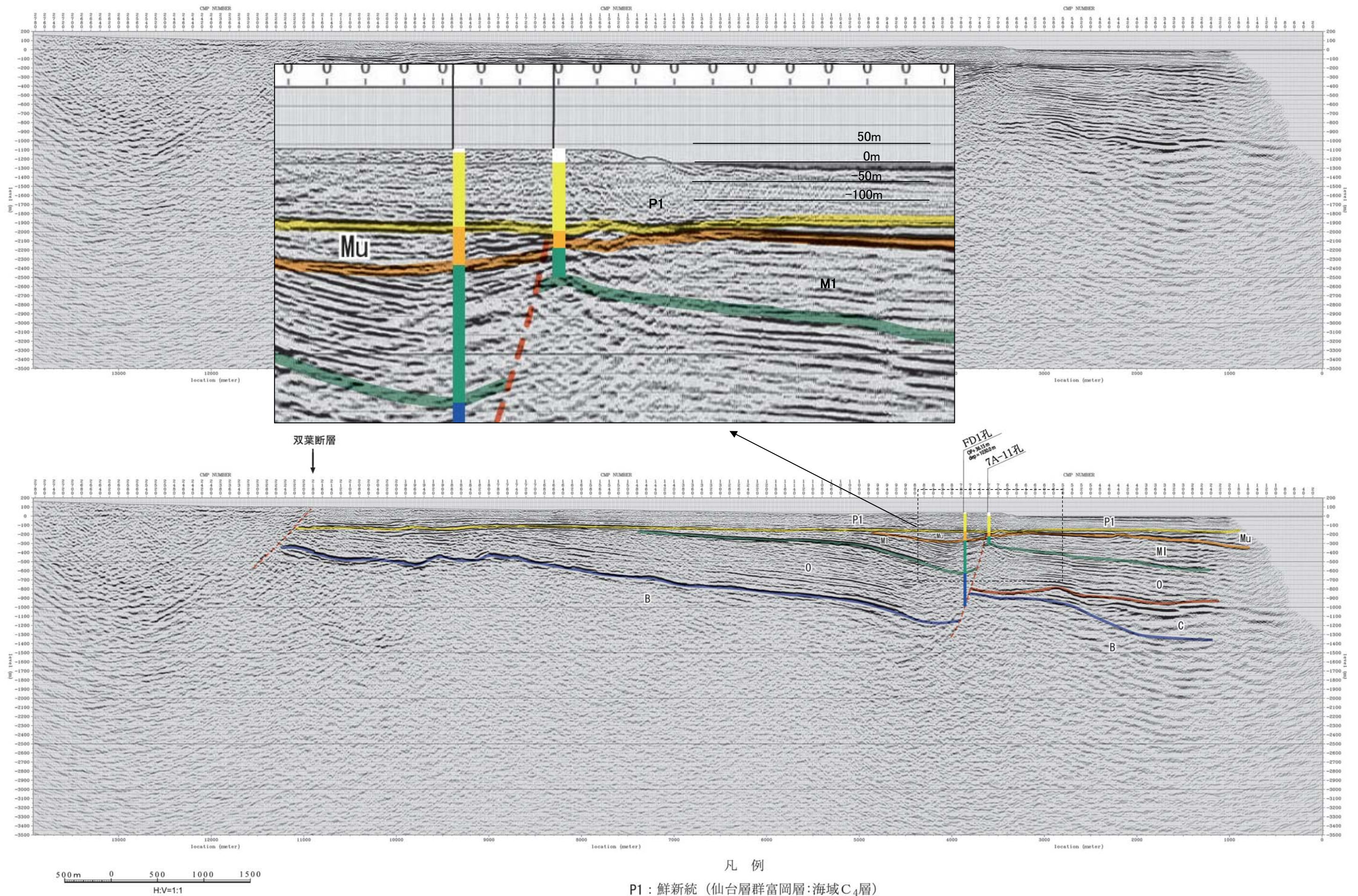
凡例は前項参照



出典:福島第一原子力発電所原子炉設置許可申請書(6号炉)

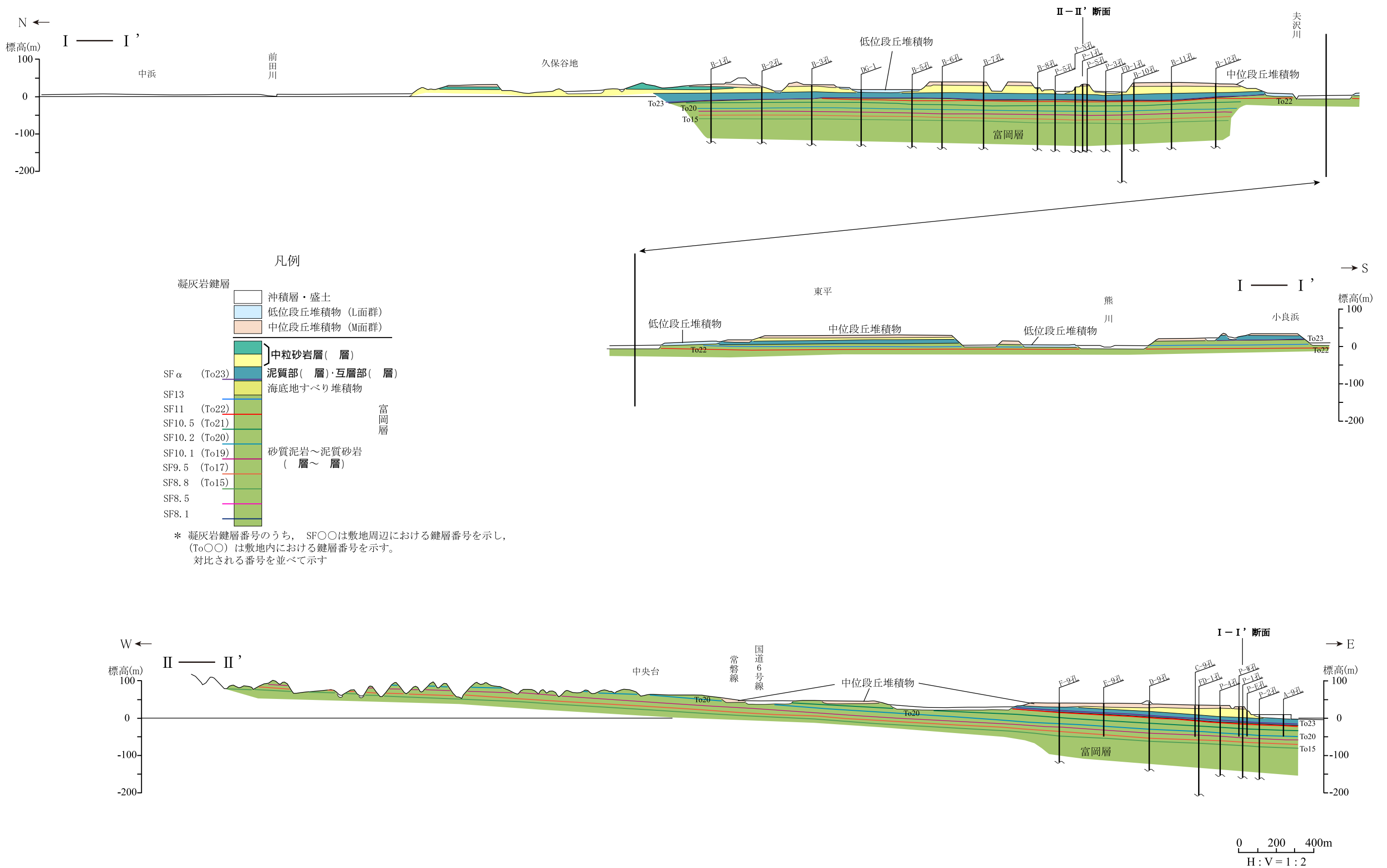
500m 0 500 1000 1500
(原縮尺2万5千分の1)

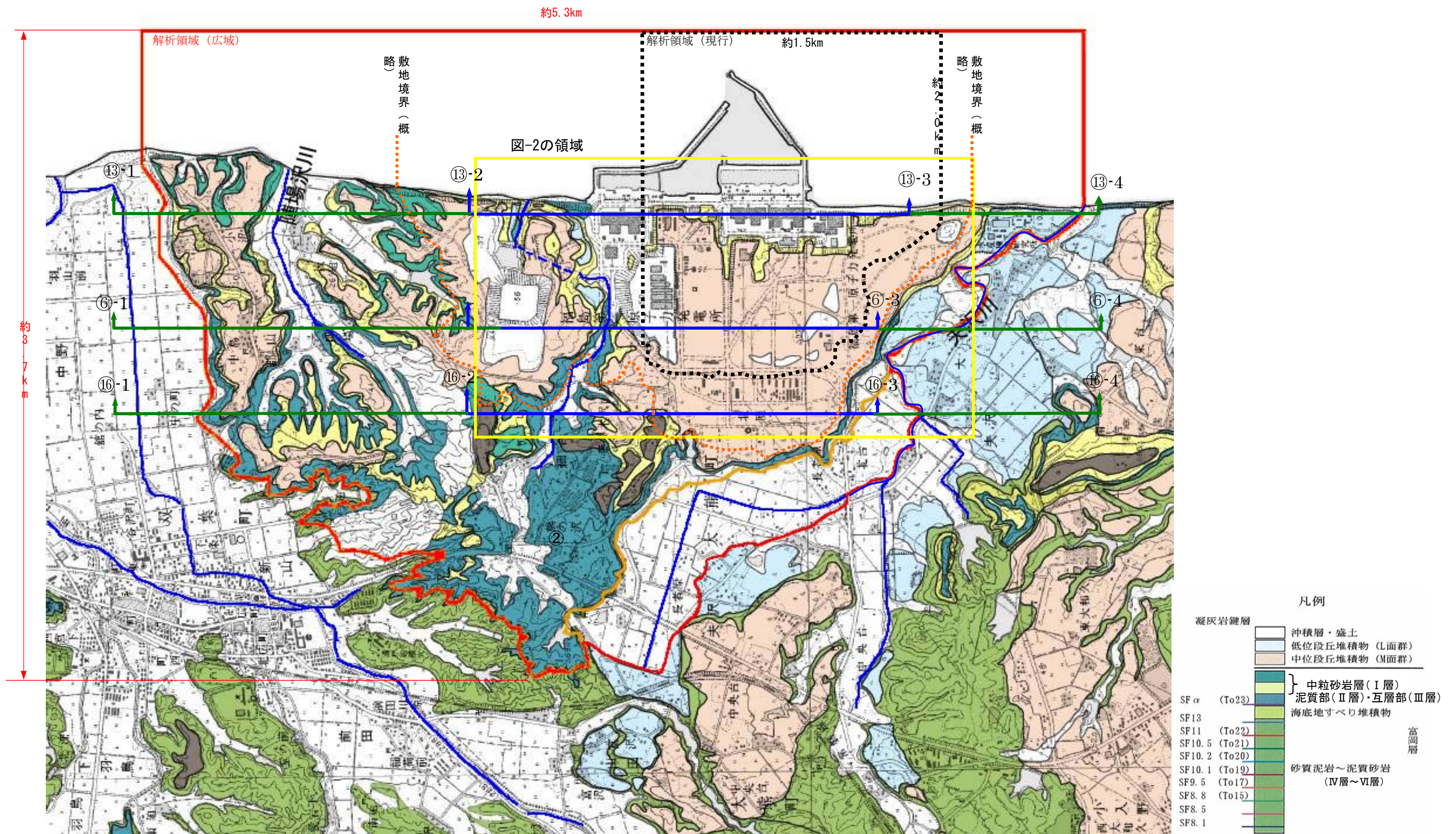


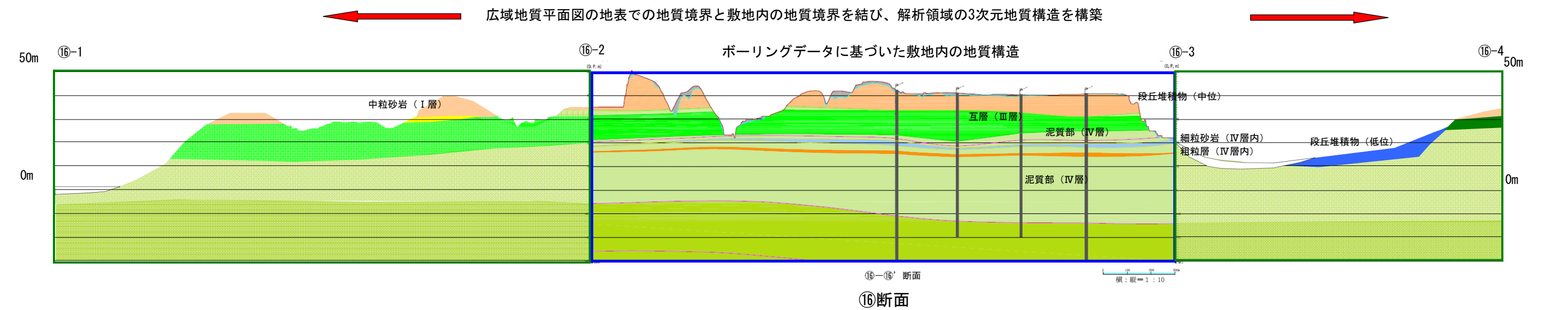
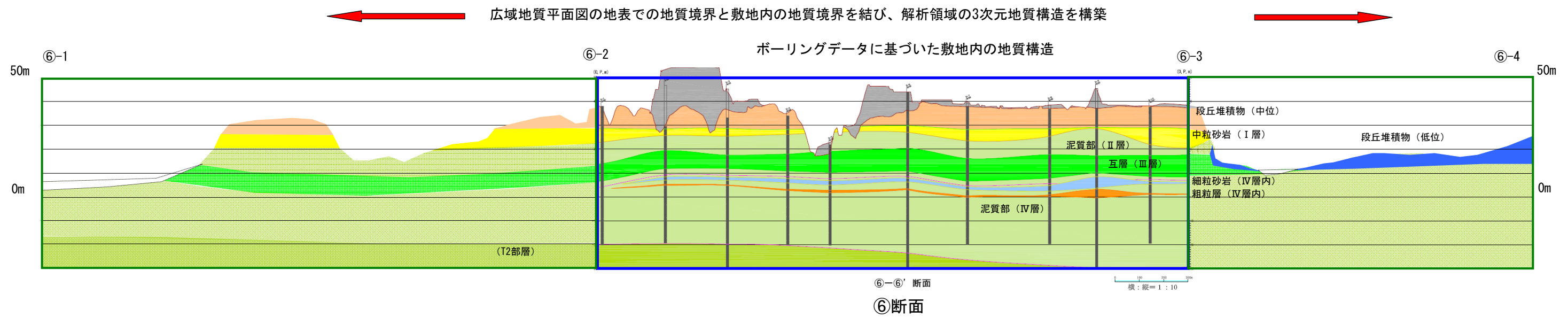
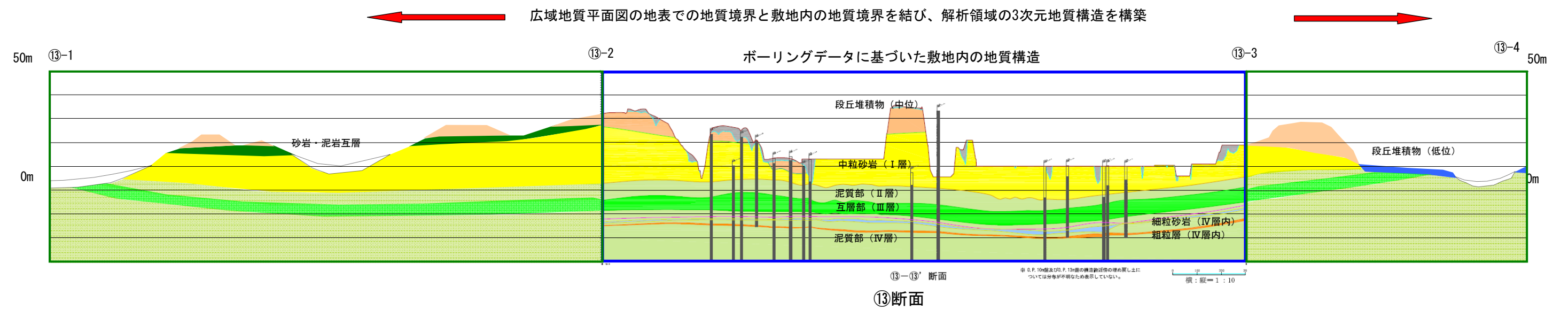


敷地近傍陸域及び海域の深度断面とその解釈

出典：福島第一原子力発電所原子炉設置許可申請書（6号炉）

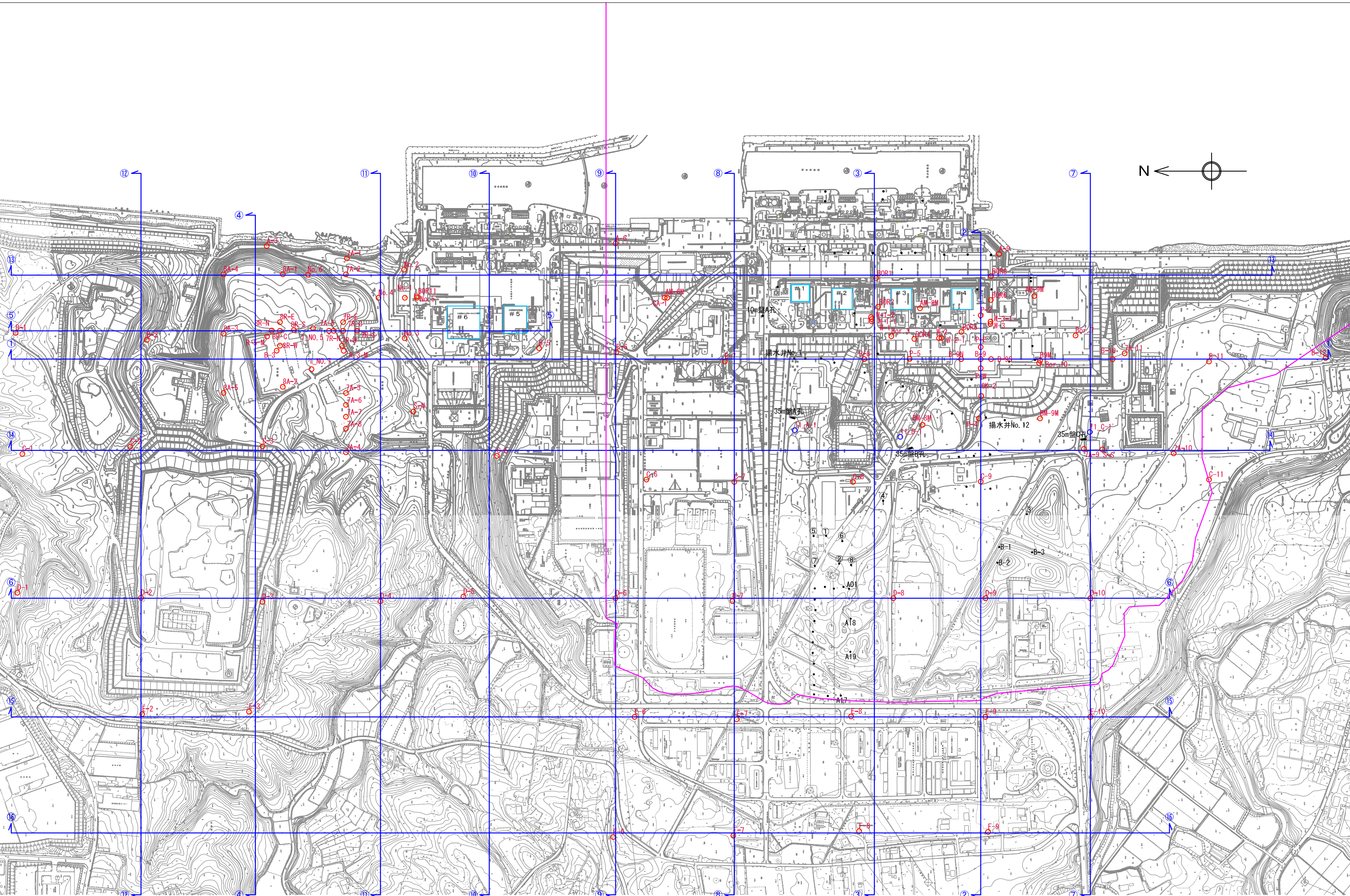






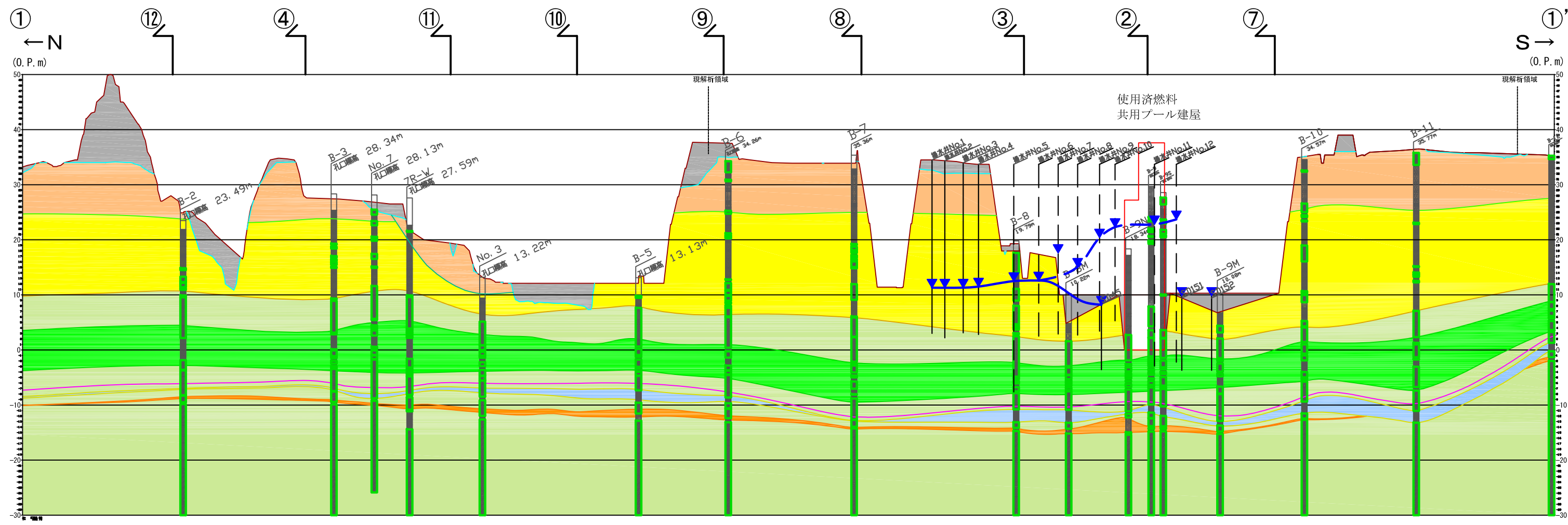
ボーリング調査に基づいて作成した敷地内の地質構造（青枠内）と詳細な地表踏査で作成した広域地質平面図の地表の地質境界を結び、広域3次元地質構造を構築する（緑枠内を作成する）。
 浸透流解析の新モデルは、広域の3次元地質構造に基づいて作成する。

新モデル（広域地質構造モデル）の作成方法



ボーリング位置図

縮尺 1/6900 ※全体が入る縮尺とした



①-①' 断面

※ 0. P. 10m盤及び0. P. 13m盤の構造物近傍の埋め戻し土の分布は不明。

横：縦＝1：10

柱状図凡例

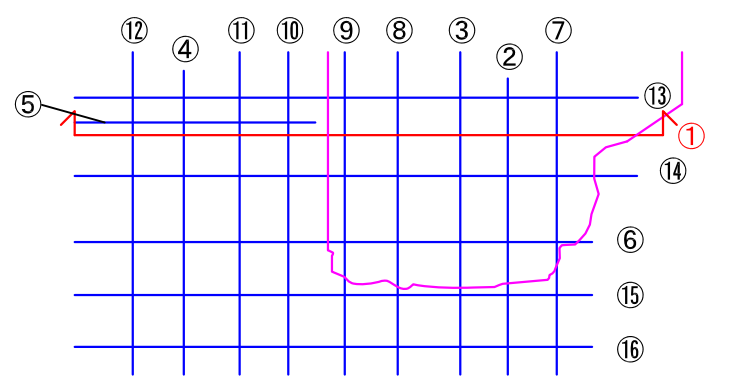
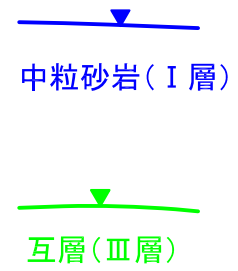
- 埋戻土
- 粘土・シルト
- 砂
- 礫
- 泥岩
- 砂質泥岩
- 泥質砂岩
- 砂岩
- 凝灰岩
- 軽石

地質凡例

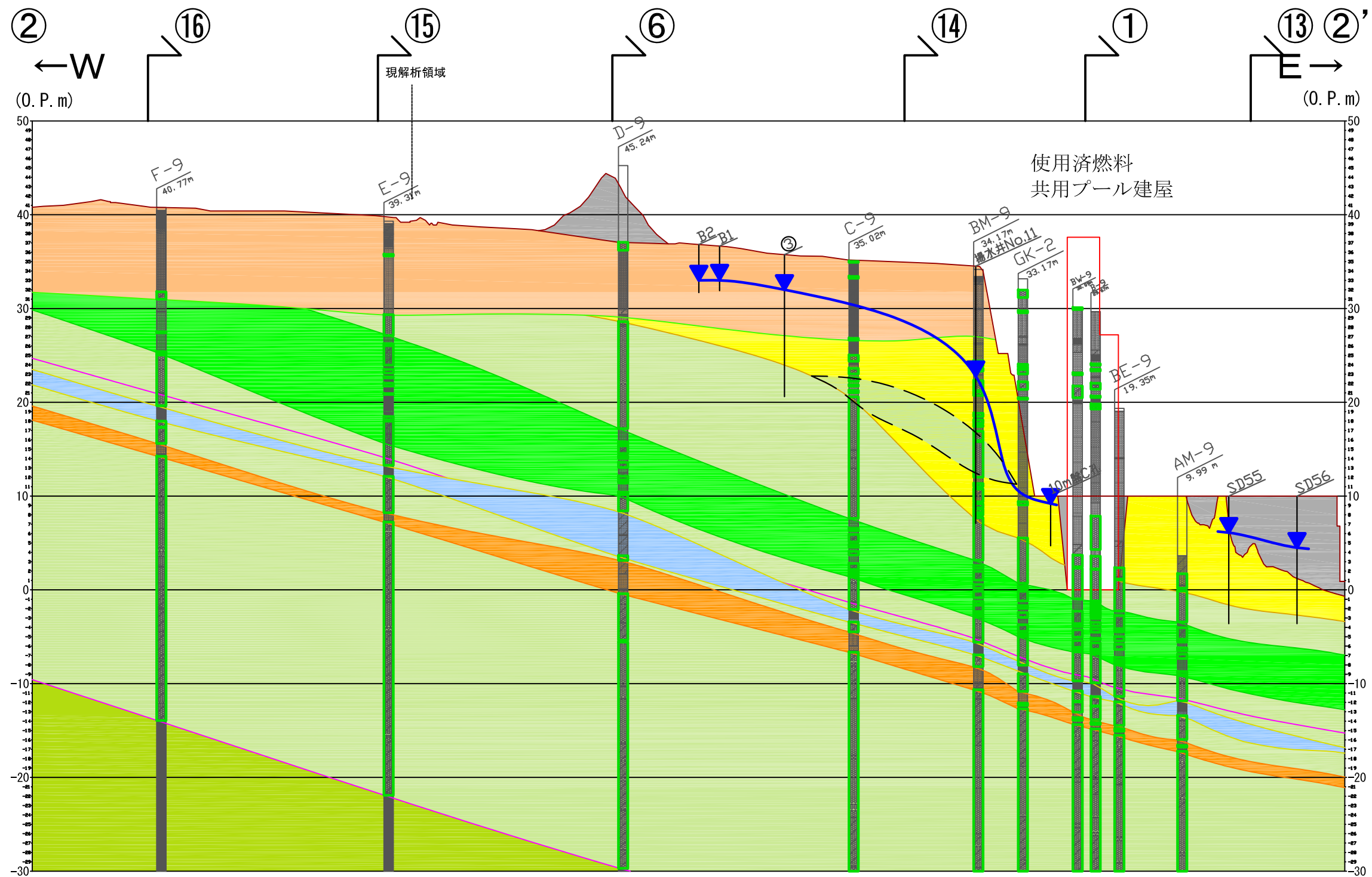
- 埋戻土
- 第四紀層 段丘堆積層
- 富岡層 T3部層中粒砂岩層（Ⅰ層）
- 富岡層 T3部層泥質部（Ⅰ層、Ⅱ層、Ⅳ層）
- 富岡層 T3部層互層部（Ⅲ層）
- 富岡層 T3部層細粒砂岩層（Ⅳ層）
- 富岡層 T3部層粗粒砂岩層（Ⅳ層）
- 富岡層 T2部層
- 凝灰岩鍵層



孔内水位と地下水位線



断面位置



※ O. P. 10m盤の構造物近傍の埋め戻し土
の分布は不明。

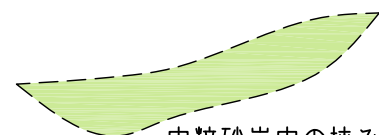
②—②' 断面

柱状図凡例

- 埋戻し土
- 粘土・シルト
- 砂
- 礫
- 泥岩
- 砂質泥岩
- 泥質砂岩
- 砂岩
- 凝灰岩
- 軽石

地質凡例

- 埋戻し土
- 第四紀層 段丘堆積層
- 富岡層 T3部層中粒砂岩層 (I層)
- 富岡層 T3部層泥質部 (I層、II層、IV層)
- 富岡層 T3部層互層部 (III層)
- 富岡層 T3部層細粒砂岩層 (IV層)
- 富岡層 T3部層粗粒砂岩層 (IV層)
- 富岡層 T2部層
- 凝灰岩鍵層



中粒砂岩中の挟み泥岩層 (現
解析モデル)

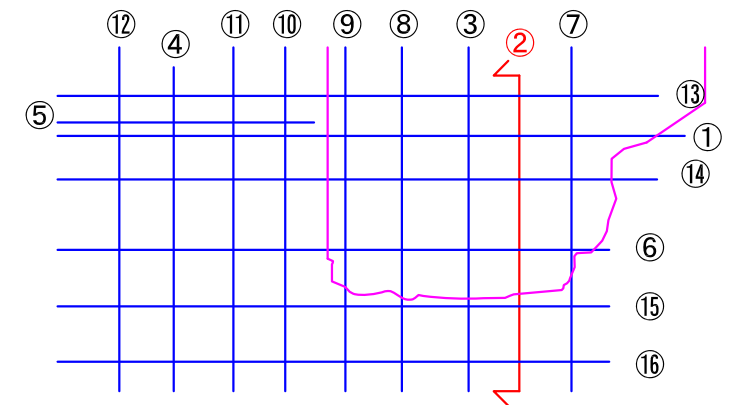
孔内水位と地下水位線

中粒砂岩 (I層)

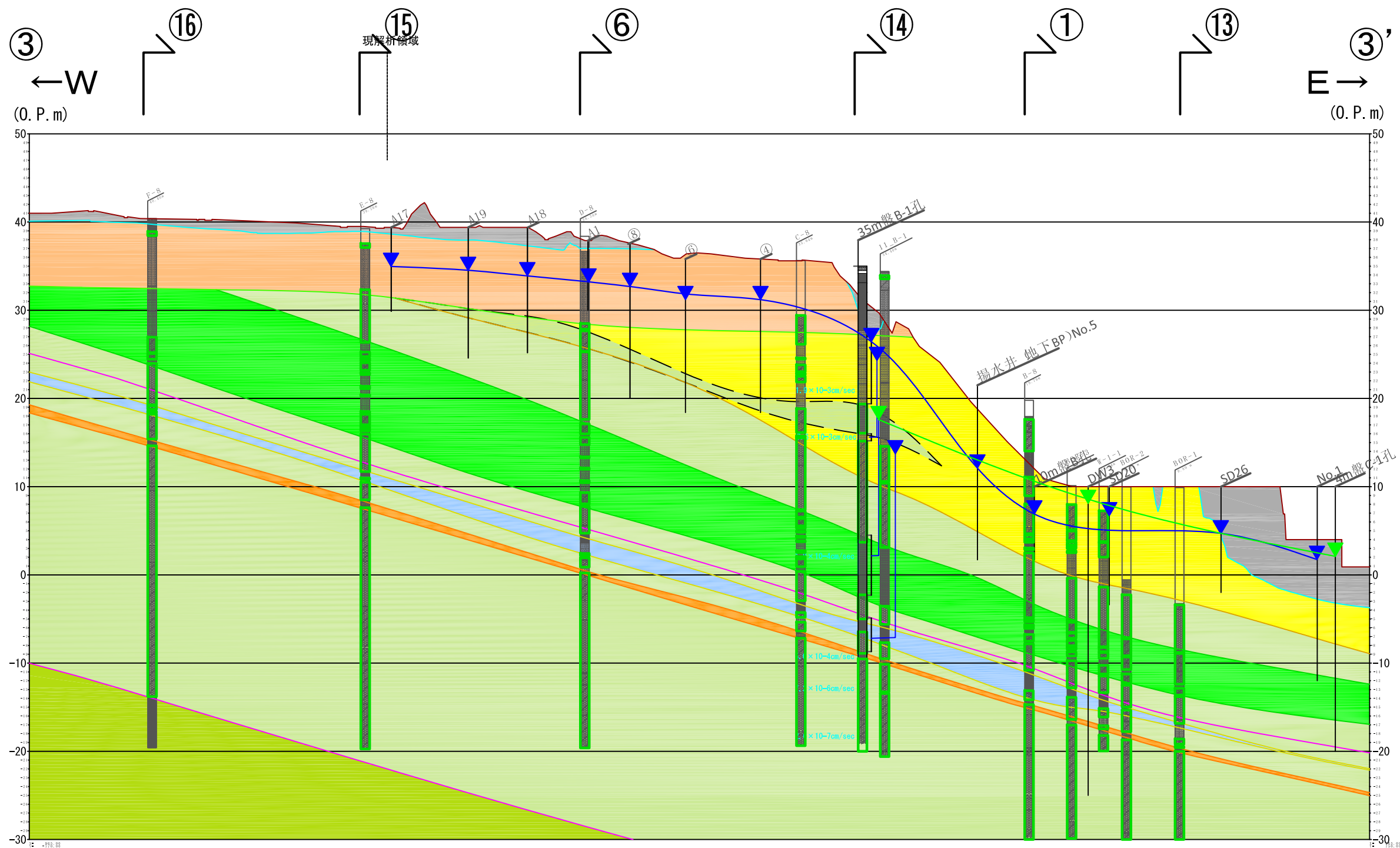
互層 (III層)

0 100 200 300m

横：縦 = 1 : 10



断面位置



③—③' 断面

横：縦＝1：10

※ O. P. 10m盤の構造物近傍の埋め戻し土の分布は不明。

柱状図凡例

- 埋戻土
- 粘土・シルト
- 砂
- 礫
- 泥岩
- 砂質泥岩
- 泥質砂岩
- 砂岩
- 凝灰岩
- 軽石

地質凡例

- 埋戻土
- 第四紀層 段丘堆積層
- 富岡層 T3部層中粒砂岩層 (I層)
- 富岡層 T3部層泥質部 (I層、II層、IV層)
- 富岡層 T3部層互層部 (III層)
- 富岡層 T3部層細粒砂岩層 (IV層)
- 富岡層 T3部層粗粒砂岩層 (IV層)
- 富岡層 T2部層
- 凝灰岩鍵層

中粒砂岩中の挟み泥岩層

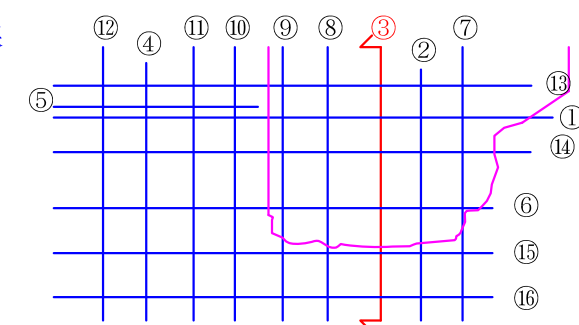
(現解析モデル)

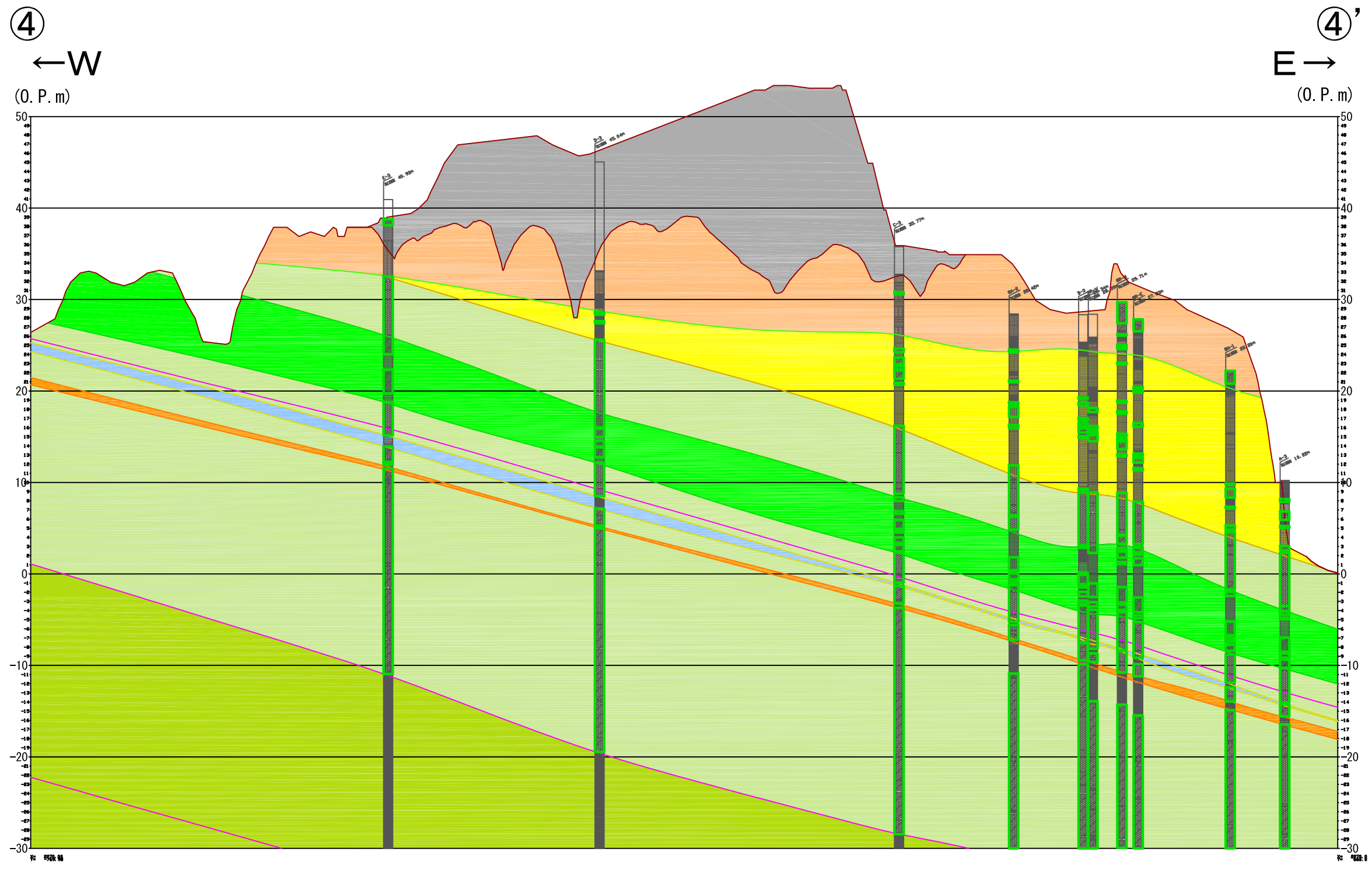
孔内水位と地下水位線

中粒砂岩 (層)

互層 (層)

断面位置





④—④' 断面

横：縦＝1：10

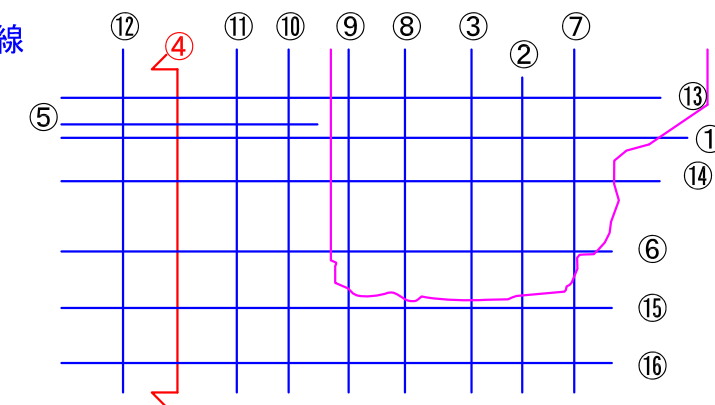
- | 柱状図凡例 | 地質凡例 |
|--------|-----------------------|
| 埋戻土 | 埋戻土 |
| 粘土・シルト | 第四紀層 段丘堆積層 |
| 砂 | 富岡層 T3部層中粒砂岩層(Ⅰ層) |
| 礫 | 富岡層 T3部層泥質部(Ⅰ層、Ⅱ層、Ⅳ層) |
| 泥岩 | 富岡層 T3部層互層部(Ⅲ層) |
| 砂質泥岩 | 富岡層 T3部層細粒砂岩層(Ⅳ層) |
| 泥質砂岩 | 富岡層 T3部層粗粒砂岩層(Ⅳ層) |
| 砂岩 | 富岡層 T2部層 |
| 凝灰岩 | 凝灰岩鍵層 |
| 軽石 | |

中粒砂岩中の挟み泥岩層(現
解析モデル)

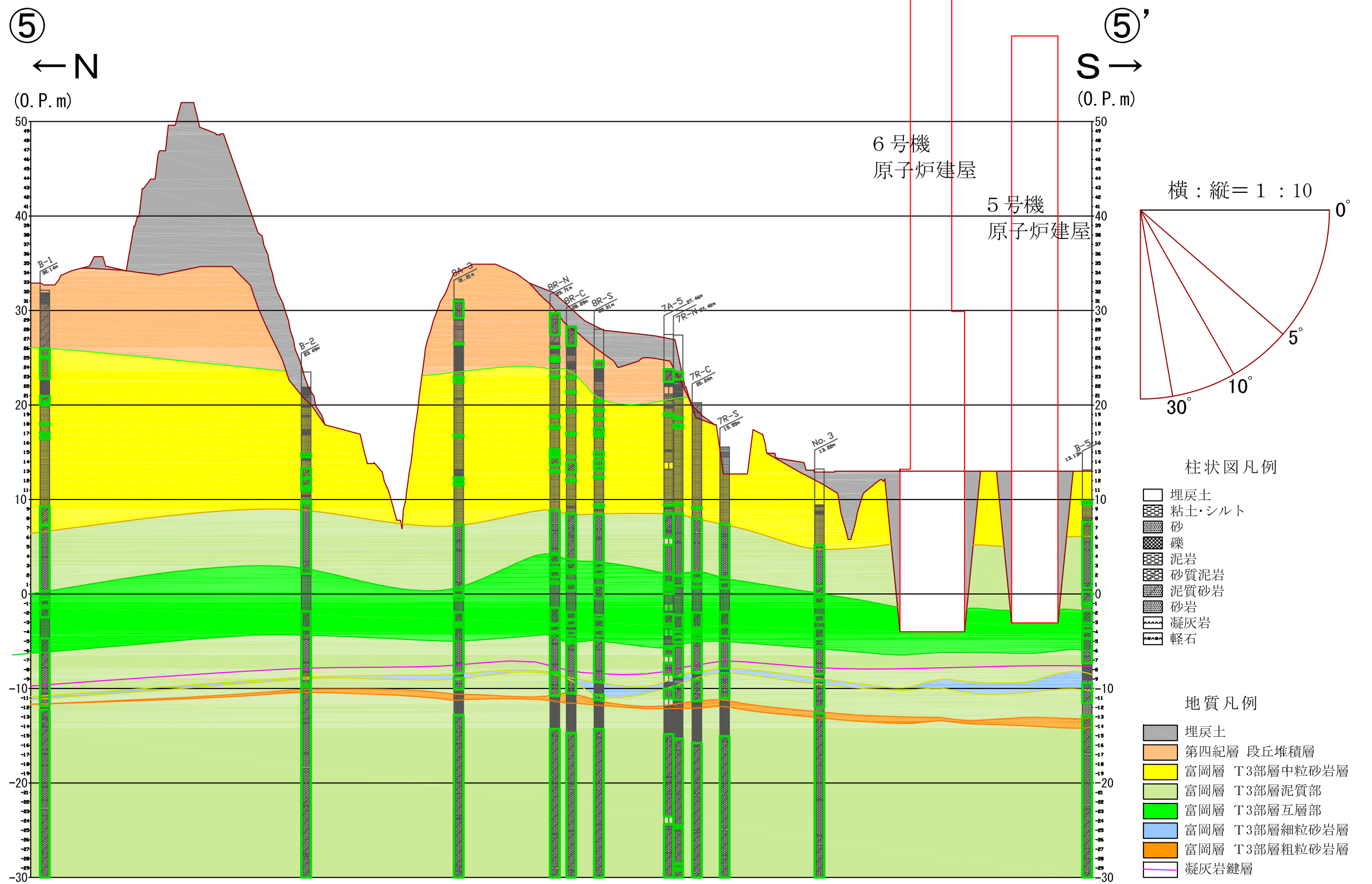
孔内水位と地下水位線

中粒砂岩(Ⅰ層)

互層(Ⅲ層)



断面位置



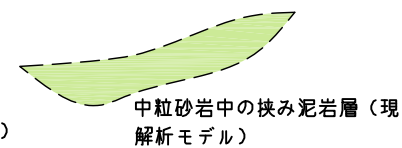
※ O. P. 13m盤の構造物近傍の埋め戻し土の
分布は不明。

⑤—⑤' 断面

0 100 200 300m

横：縦＝1：10

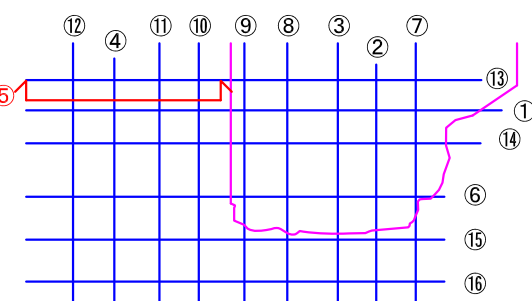
柱状図凡例	地質凡例
埋戻土	埋戻土
粘土・シルト	第四紀層 段丘堆積層
砂	富岡層 T3部層中粒砂岩層（Ⅰ層）
礫	富岡層 T3部層泥質部（Ⅰ層、Ⅱ層、Ⅳ層）
泥岩	富岡層 T3部層互層部（Ⅲ層）
砂質泥岩	富岡層 T3部層細粒砂岩層（Ⅳ層）
泥質砂岩	富岡層 T3部層粗粒砂岩層（Ⅳ層）
砂岩	富岡層 T2部層
凝灰岩	凝灰岩鍵層
軽石	

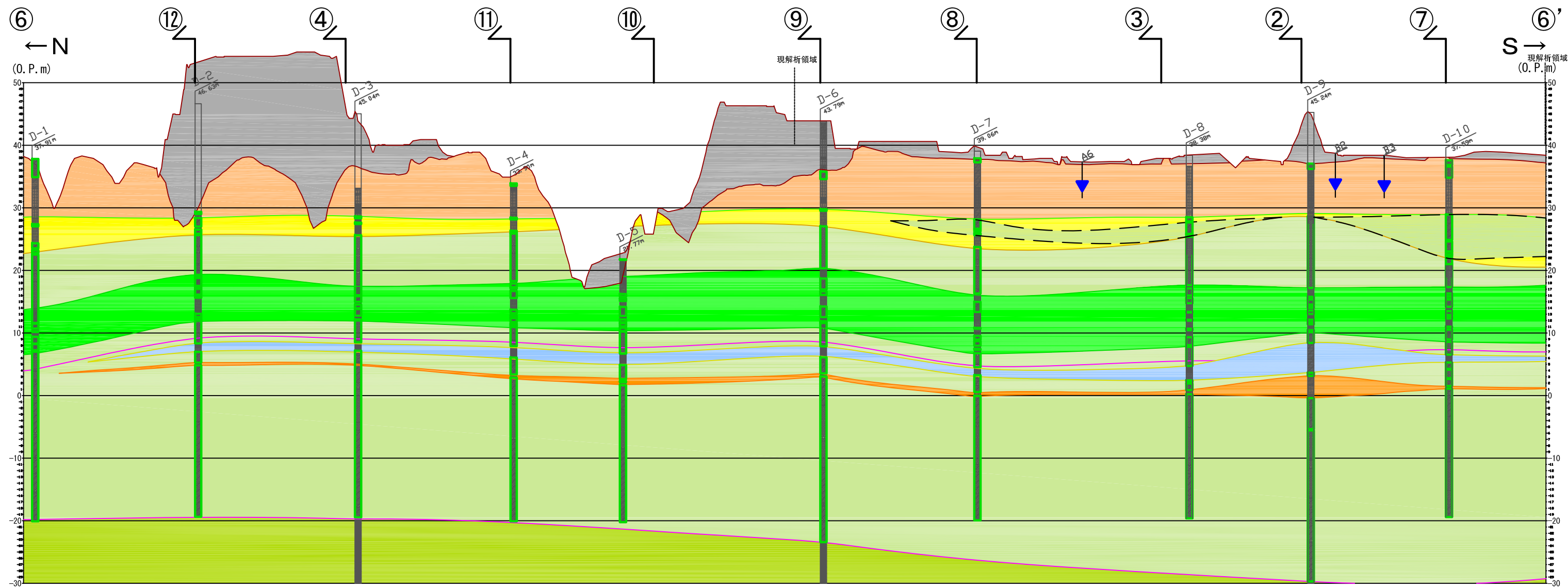


孔内水位と地下水位線

中粒砂岩（Ⅰ層）

互層（Ⅲ層）





⑥-⑥' 断面

横：縦＝1：10

柱状図凡例

- 埋戻土
- 粘土・シルト
- 砂
- 礫
- 泥岩
- 砂質泥岩
- 泥質砂岩
- 砂岩
- 凝灰岩
- 軽石

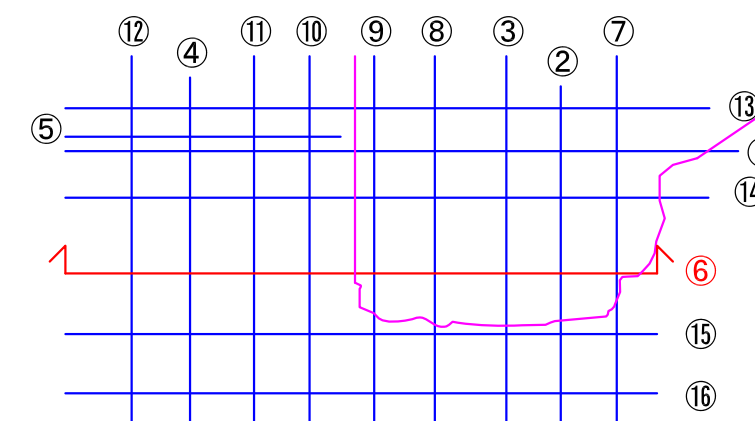
地質凡例

- 埋戻土
- 第四紀層 段丘堆積層
- 富岡層 T3部層中粒砂岩層（Ⅰ層）
- 富岡層 T3部層泥質部（Ⅰ層、Ⅱ層、Ⅳ層）
- 富岡層 T3部層互層部（Ⅲ層）
- 富岡層 T3部層細粒砂岩層（Ⅳ層）
- 富岡層 T3部層粗粒砂岩層（Ⅳ層）
- 富岡層 T2部層
- 凝灰岩鍵層

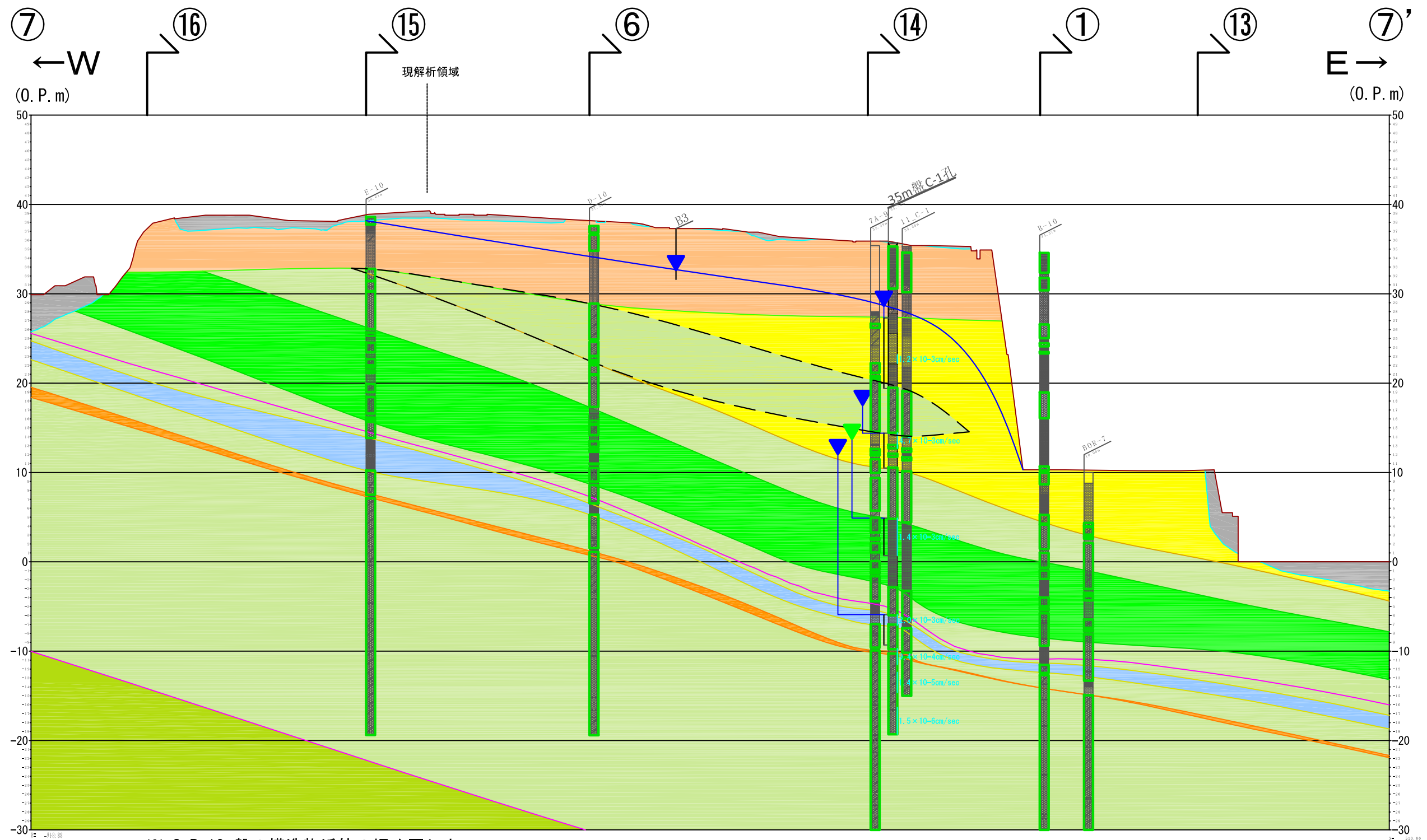


孔内水位と地下水位線

- 中粒砂岩（Ⅰ層）
- 互層（Ⅲ層）



断面位置



※ O. P. 10m盤の構造物近傍の埋め戻し土
の分布は不明。

⑦－⑦' 断面

横：縦＝1：10

柱状図凡例

- 埋戻し土
- 粘土・シルト
- 砂
- 礫
- 泥岩
- 砂質泥岩
- 泥質砂岩
- 砂岩
- 凝灰岩
- 軽石

地質凡例

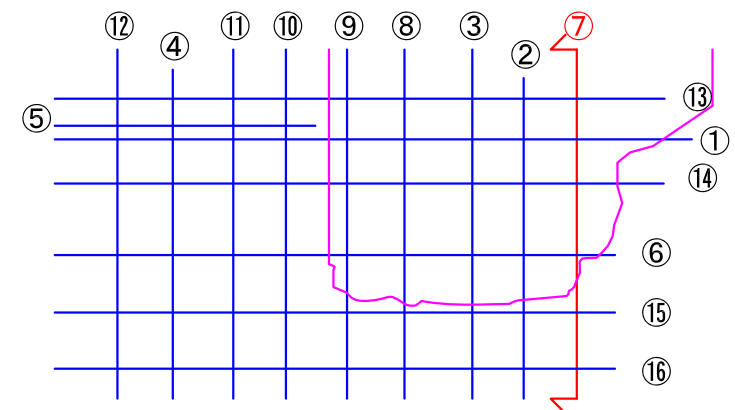
- 埋戻し土
- 第四紀層 段丘堆積層
- 富岡層 T3部層中粒砂岩層 (I層)
- 富岡層 T3部層泥質部 (I層、II層、IV層)
- 富岡層 T3部層互層部 (III層)
- 富岡層 T3部層細粒砂岩層 (IV層)
- 富岡層 T3部層粗粒砂岩層 (IV層)
- 富岡層 T2部層
- 凝灰岩鍵層

中粒砂岩中の挟み泥岩層
(現解析モデル)

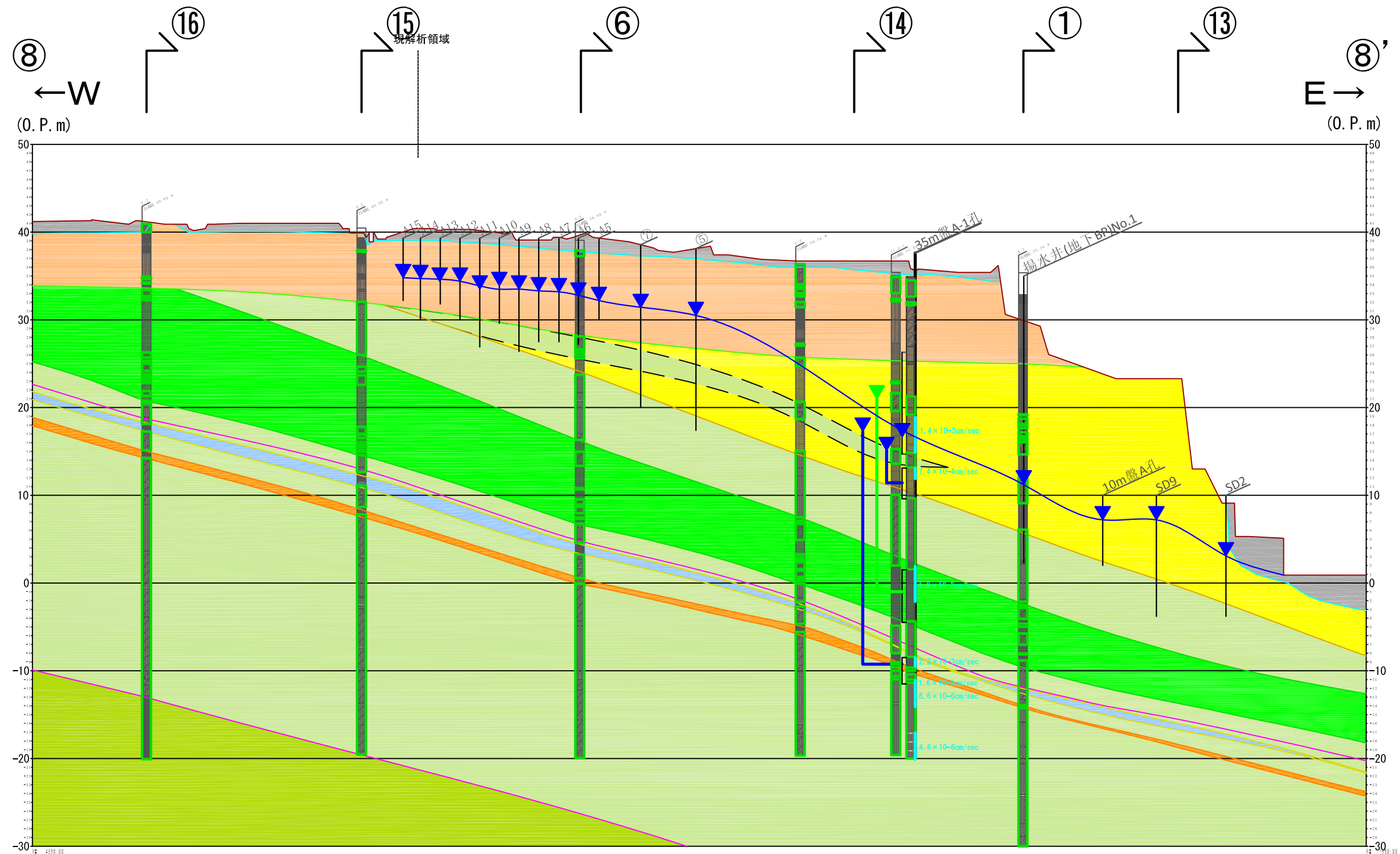
孔内水位と地下水位線

中粒砂岩 (I層)

互層 (III層)



断面位置



⑧-⑧' 断面

横：縦＝1：10

※ O. P. 10m盤の構造物近傍の埋め戻し土の分布は不明。

柱状図凡例

- 埋戻土
- 粘土・シルト
- 砂
- 礫
- 泥岩
- 砂質泥岩
- 泥質砂岩
- 砂岩
- 凝灰岩
- 軽石

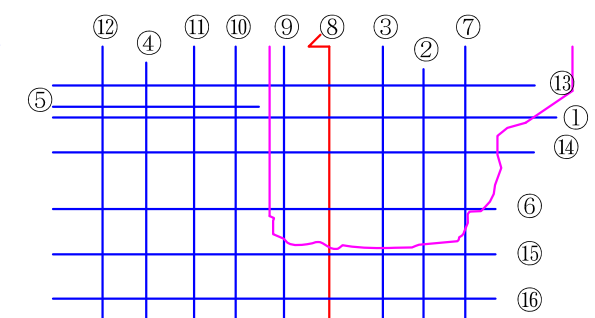
地質凡例

- 埋戻土
- 第四紀層 段丘堆積層
- 富岡層 T3部層中粒砂岩層 (I層)
- 富岡層 T3部層泥質部 (I層、II層、IV層)
- 富岡層 T3部層互層部 (III層)
- 富岡層 T3部層細粒砂岩層 (IV層)
- 富岡層 T3部層粗粒砂岩層 (IV層)
- 富岡層 T2部層
- 凝灰岩鍵層

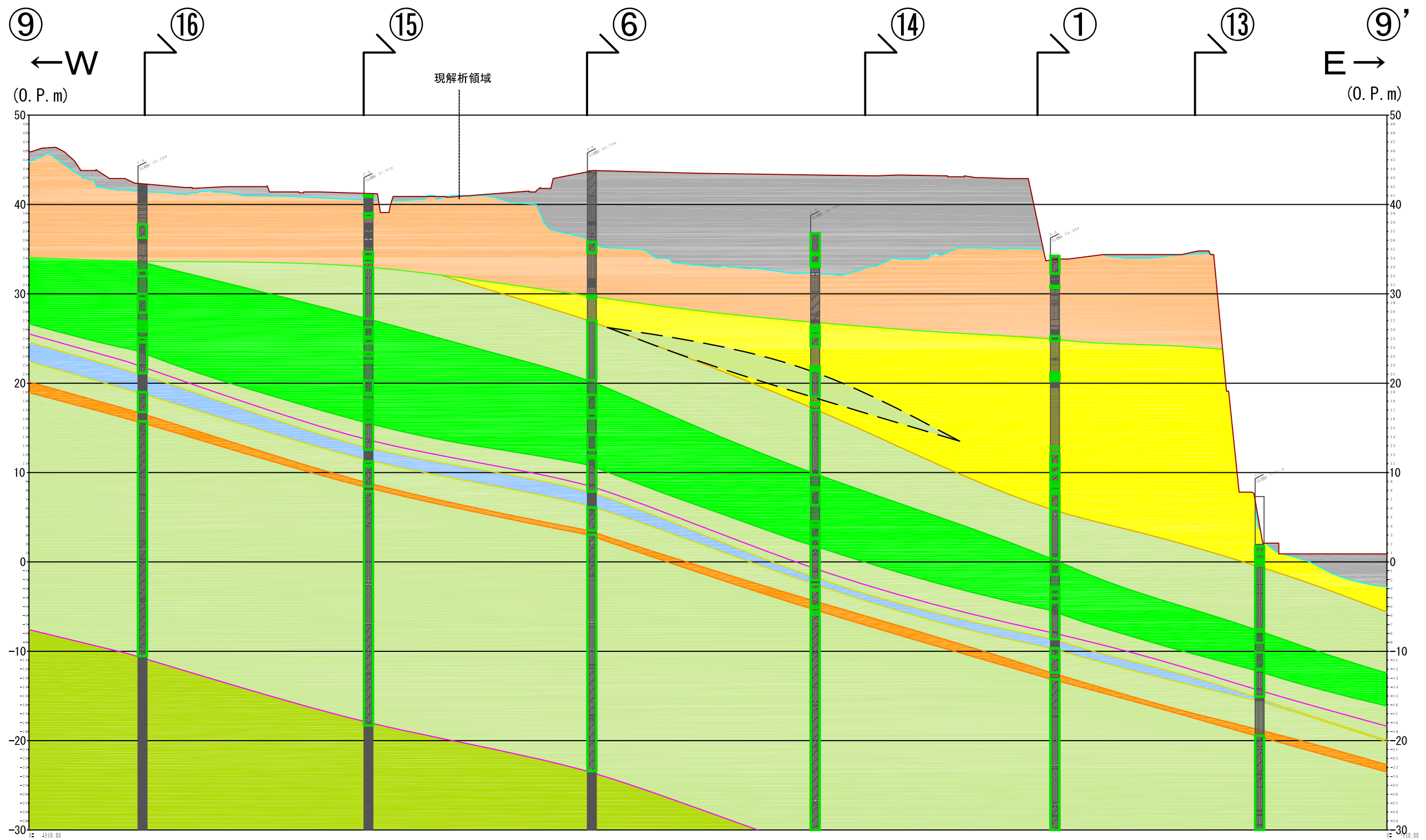
中粒砂岩中の挟み泥岩層
(現解析モデル)

孔内水位と地下水位線

- 中粒砂岩 (層)
- 互層 (層)



断面位置



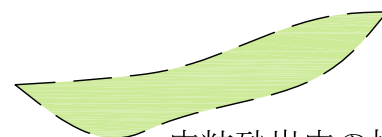
⑨－⑨' 断面

柱状図凡例

- 埋戻土
- 粘土・シルト
- 砂
- 礫
- 泥岩
- 砂質泥岩
- 泥質砂岩
- 砂岩
- 凝灰岩
- 軽石

地質凡例

- 埋戻土
- 第四紀層 段丘堆積層
- 富岡層 T3部層中粒砂岩層 (Ⅰ層)
- 富岡層 T3部層泥質部 (Ⅰ層、Ⅱ層、Ⅳ層)
- 富岡層 T3部層互層部 (Ⅲ層)
- 富岡層 T3部層細粒砂岩層 (Ⅳ層)
- 富岡層 T3部層粗粒砂岩層 (Ⅳ層)
- 富岡層 T2部層
- 凝灰岩鍵層



中粒砂岩中の挟み泥岩層
(現解析モデル)

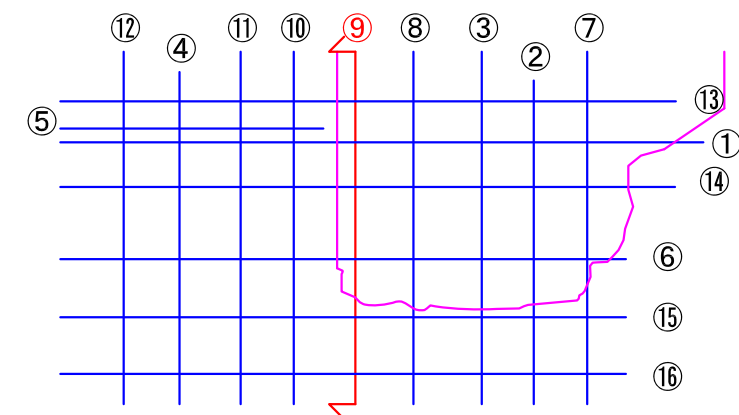
孔内水位と地下水位線

中粒砂岩 (Ⅰ層)

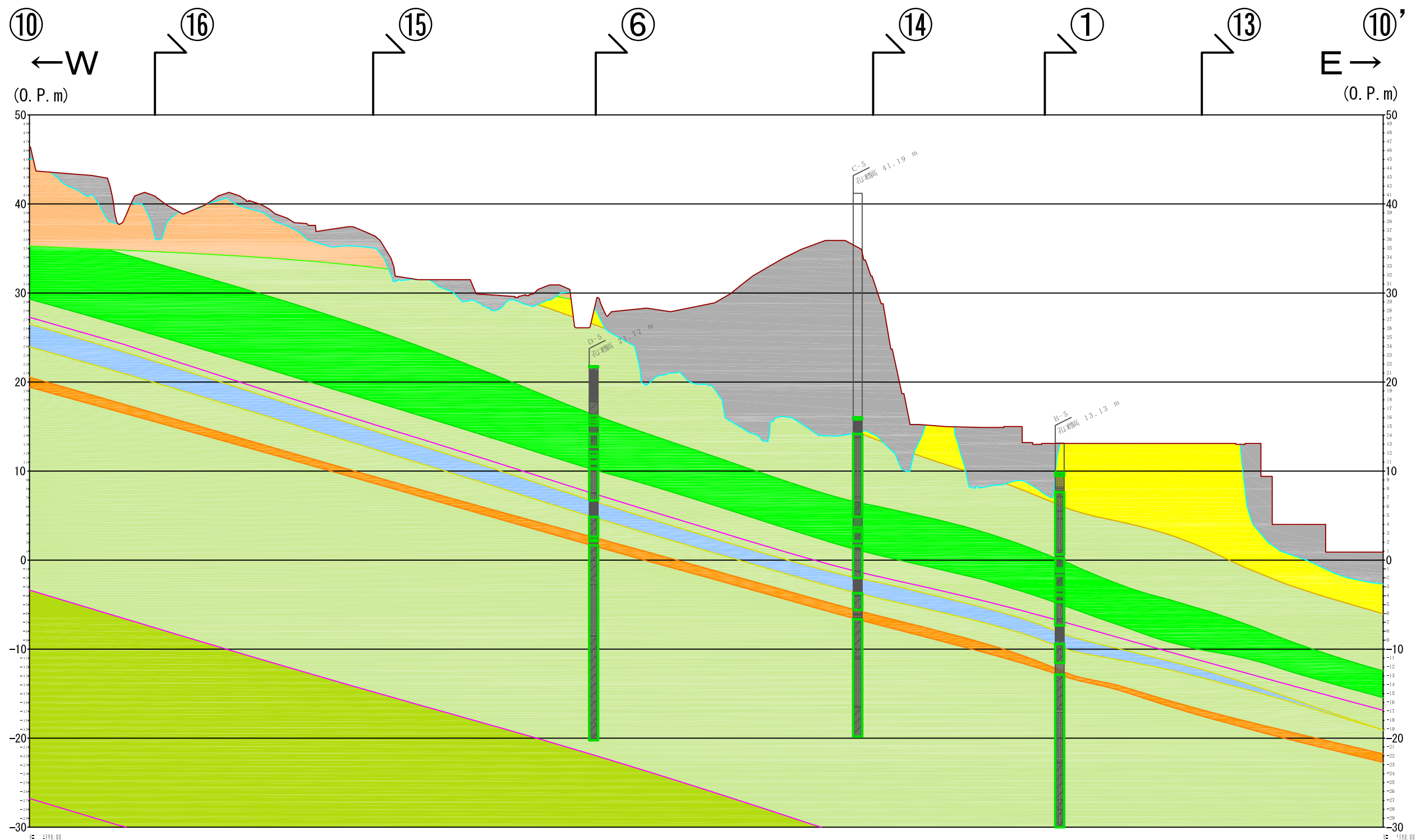
互層 (Ⅲ層)

0 100 200 300m

横：縦＝1：10



断面位置



※ O. P. 13m盤の構造物近傍の埋め戻し土の分布は不明。

⑩—⑩' 断面

0 100 200 300m
横：縦＝1：10

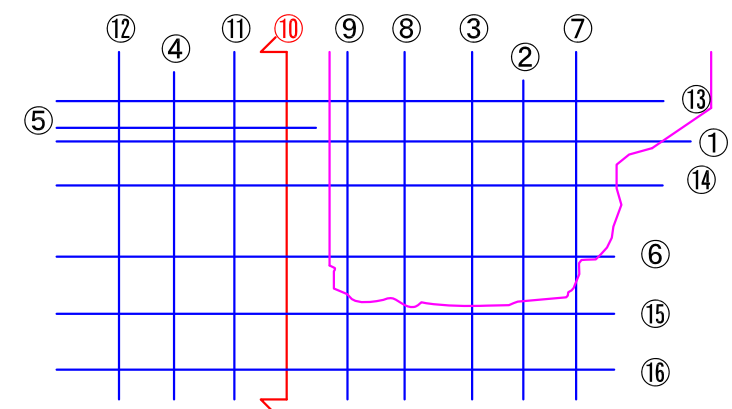
- | 柱状図凡例 | 地質凡例 |
|--------|-------------------------|
| 埋戻し土 | 埋戻し土 |
| 粘土・シルト | 第四紀層 段丘堆積層 |
| 砂 | 富岡層 T3部層中粒砂岩層(I層) |
| 礫 | 富岡層 T3部層泥質部(I層、II層、IV層) |
| 泥岩 | 富岡層 T3部層互層部(III層) |
| 砂質泥岩 | 富岡層 T3部層細粒砂岩層(IV層) |
| 泥質砂岩 | 富岡層 T3部層粗粒砂岩層(IV層) |
| 砂岩 | 富岡層 T2部層 |
| 凝灰岩 | 凝灰岩鍵層 |
| 軽石 | |

中粒砂岩中の挟み泥岩層
(現解析モデル)

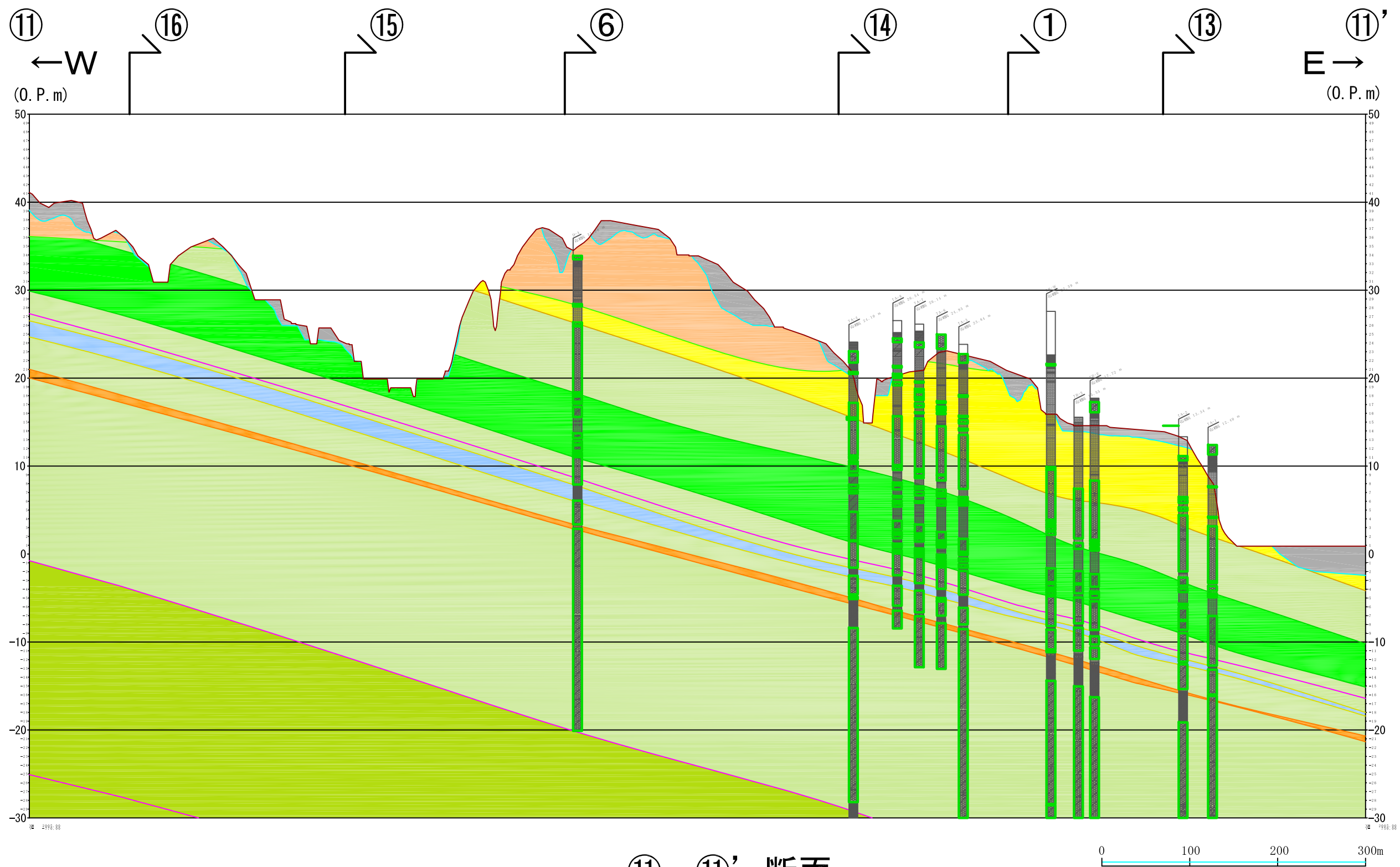
孔内水位と地下水位線

中粒砂岩(I層)

互層(III層)



断面位置



⑪－⑪' 断面

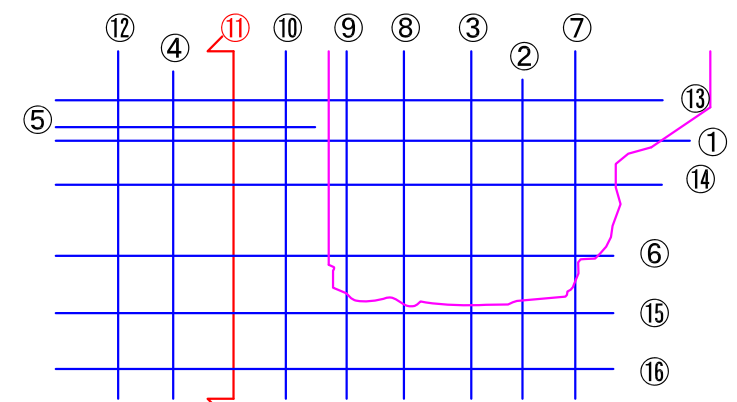
- | 柱状図凡例 | 地質凡例 |
|--------|-------------------------|
| 埋戻土 | 埋戻土 |
| 粘土・シルト | 第四紀層 段丘堆積層 |
| 砂 | 富岡層 T3部層中粒砂岩層(I層) |
| 礫 | 富岡層 T3部層泥質部(I層、II層、IV層) |
| 泥岩 | 富岡層 T3部層互層部(III層) |
| 砂質泥岩 | 富岡層 T3部層細粒砂岩層(IV層) |
| 泥質砂岩 | 富岡層 T3部層粗粒砂岩層(IV層) |
| 砂岩 | 富岡層 T2部層 |
| 凝灰岩 | 凝灰岩鍵層 |
| 軽石 | |



孔内水位と地下水位線

中粒砂岩(I層)

互層(III層)



⑫

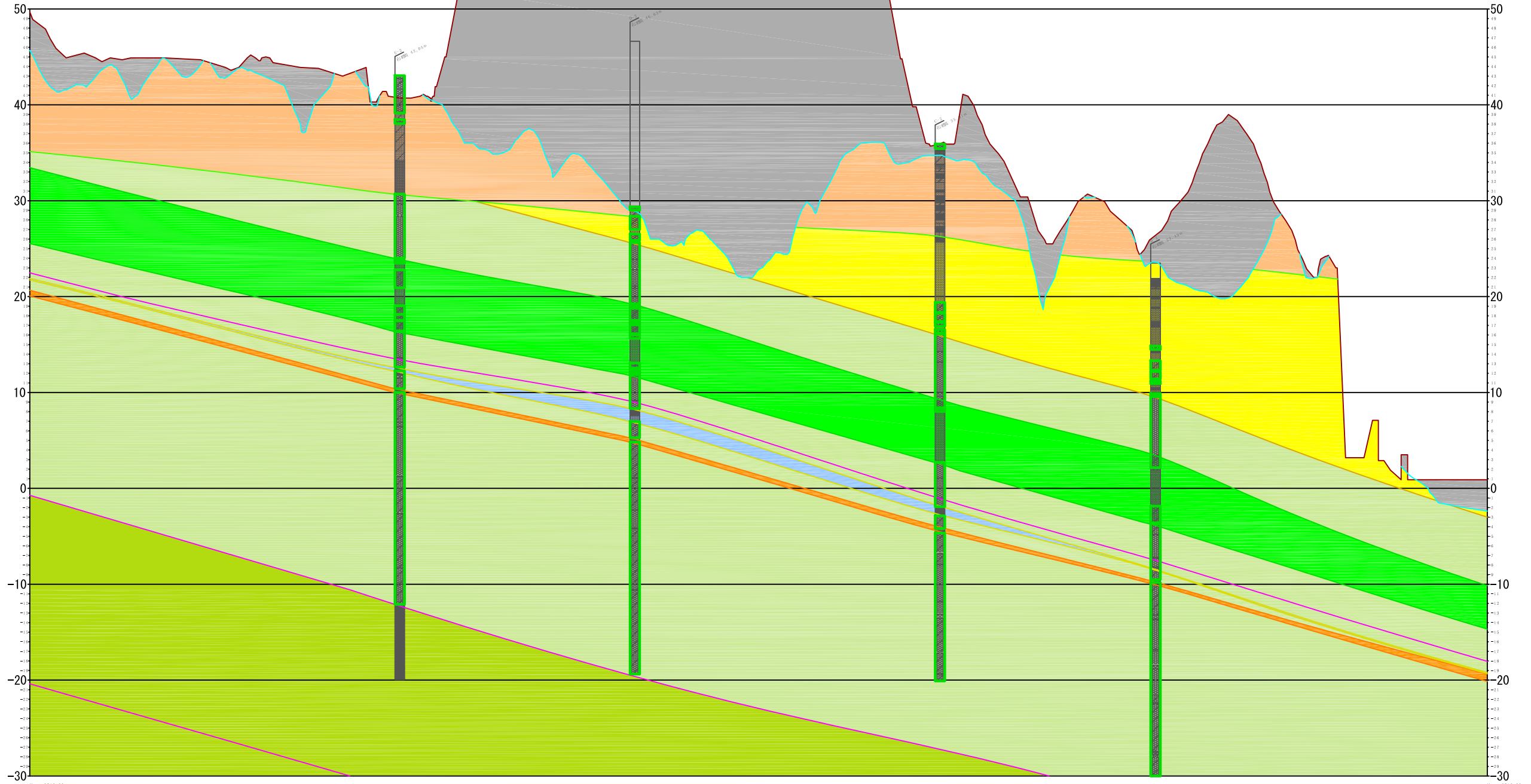
←W

(O. P. m)

⑫'

E →

(O. P. m)



⑫－⑫' 断面

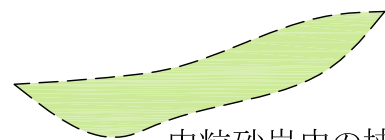
0 100 200 300m
横：縦＝1：10

柱状図凡例

- 埋戻土
- 粘土・シルト
- 砂
- 礫
- 泥岩
- 砂質泥岩
- 泥質砂岩
- 砂岩
- 凝灰岩
- 軽石

地質凡例

- 埋戻土
- 第四紀層 段丘堆積層
- 富岡層 T3部層中粒砂岩層(I層)
- 富岡層 T3部層泥質部(I層、II層、IV層)
- 富岡層 T3部層互層部(III層)
- 富岡層 T3部層細粒砂岩層(IV層)
- 富岡層 T3部層粗粒砂岩層(IV層)
- 富岡層 T2部層
- 凝灰岩鍵層

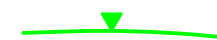


中粒砂岩中の挟み泥岩層
(現解析モデル)

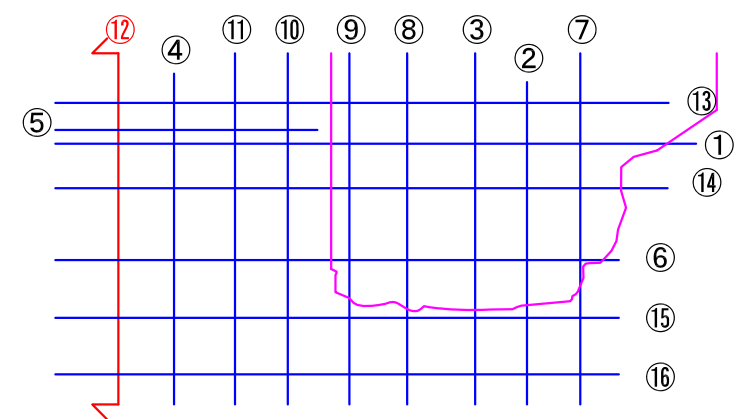
孔内水位と地下水位線



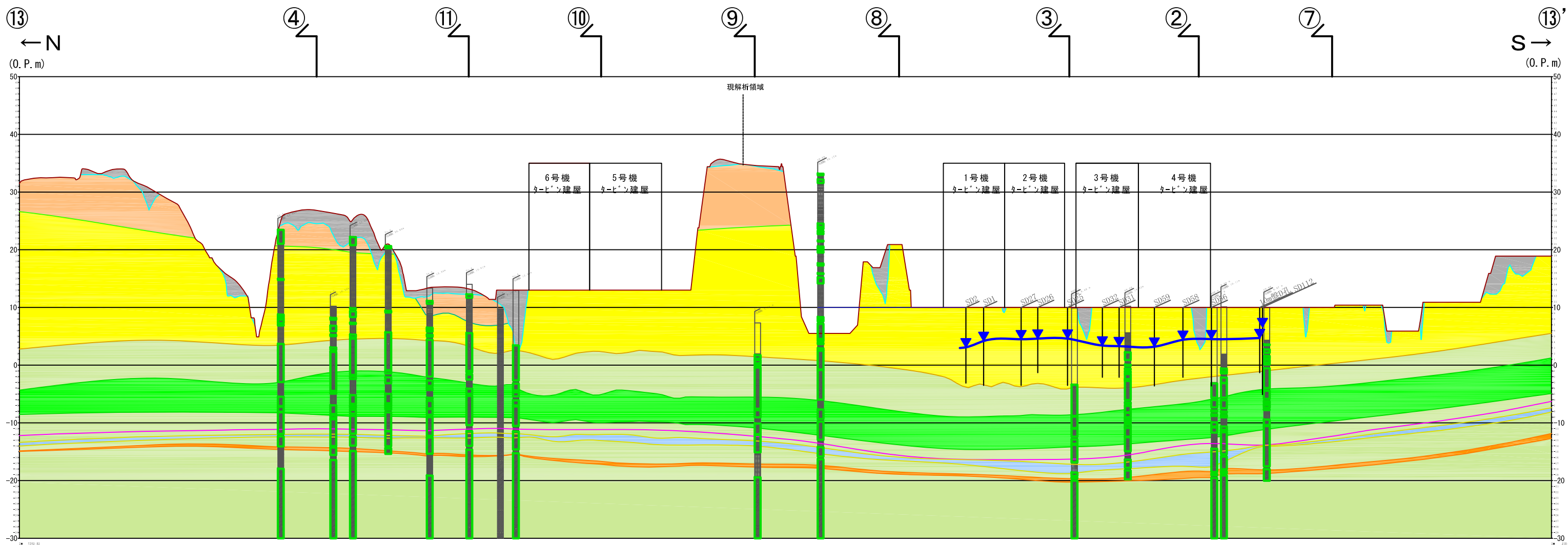
中粒砂岩(I層)



互層(III層)



断面位置



⑬—⑬' 断面

※ O. P. 10m盤及びO. P. 13m盤の構造物近傍の埋め戻し土については分布が不明なため表示していない。

横：縦＝1：10
0 100 200 300m

柱状図凡例

- 埋戻土
- 粘土・シルト
- 砂
- 礫
- 泥岩
- 砂質泥岩
- 泥質砂岩
- 砂岩
- 凝灰岩
- 軽石

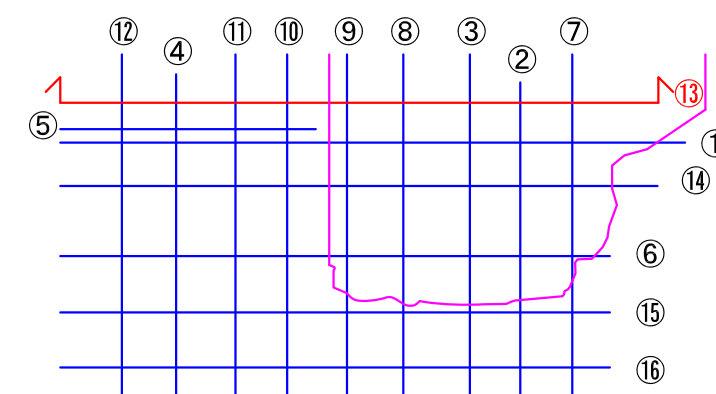
地質凡例

- 埋戻土
- 第四紀層 段丘堆積層
- 富岡層 T3部層中粒砂岩層 (Ⅰ層)
- 富岡層 T3部層泥質部 (Ⅰ層、Ⅱ層、Ⅳ層)
- 富岡層 T3部層互層部 (Ⅲ層)
- 富岡層 T3部層細粒砂岩層 (Ⅳ層)
- 富岡層 T3部層粗粒砂岩層 (Ⅳ層)
- 富岡層 T2部層
- 凝灰岩鍵層

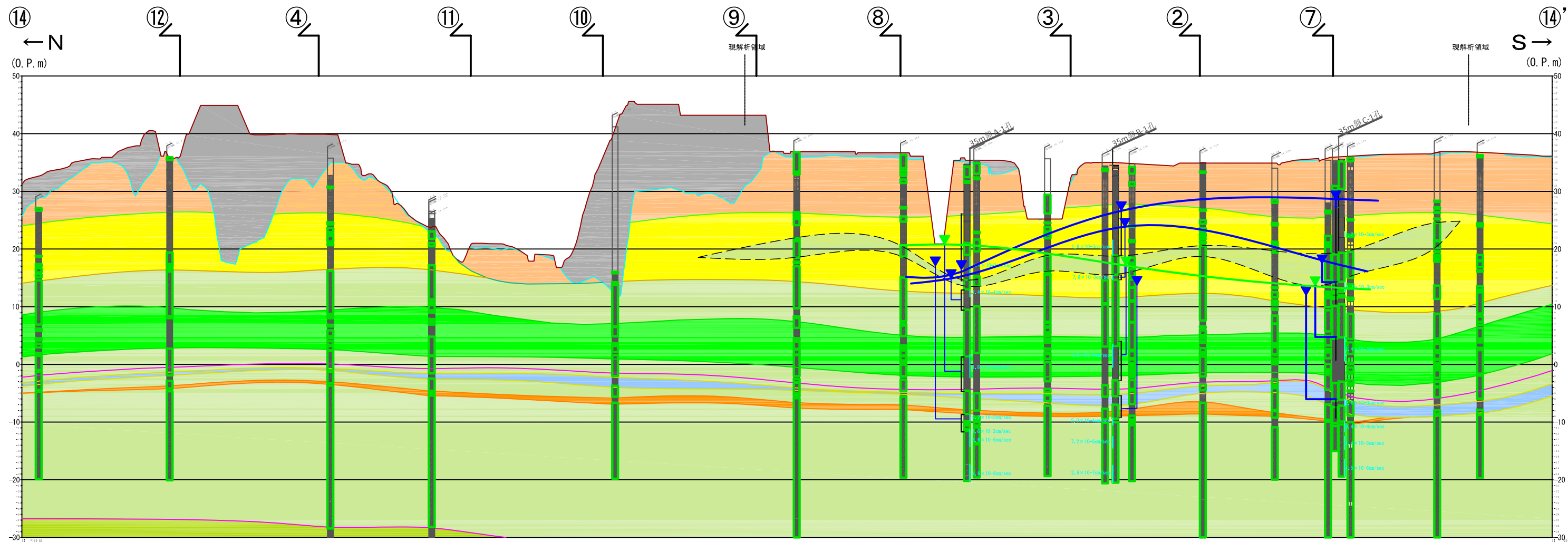
中粒砂岩中の挟み泥岩層
(現解析モデル)

孔内水位と地下水位線

- 中粒砂岩 (Ⅰ層)
- 互層 (Ⅲ層)



断面位置



⑭-⑭' 断面

横：縦＝ 1 : 10

柱状図凡例

地質凡例

- 埋戻土
- 粘土・シルト
- 砂
- 礫
- 泥岩
- 砂質泥岩
- 泥質砂岩
- 砂岩
- 凝灰岩
- 軽石

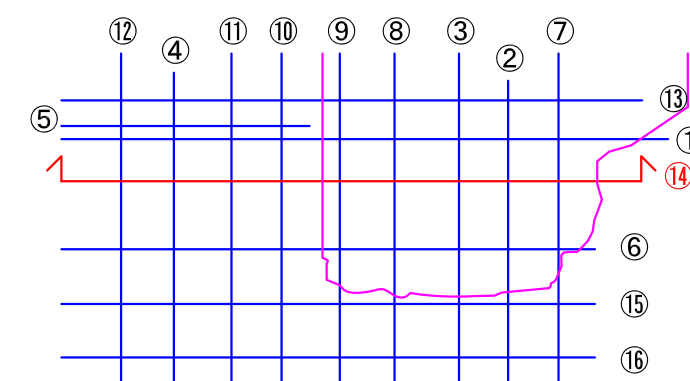
- 埋戻土
- 第四紀層 段丘堆積層
- 富岡層 T3部層中粒砂岩層 (I層)
- 富岡層 T3部層泥質部 (I層、II層、IV層)
- 富岡層 T3部層互層部 (III層)
- 富岡層 T3部層細粒砂岩層 (IV層)
- 富岡層 T3部層粗粒砂岩層 (IV層)
- 富岡層 T2部層
- 凝灰岩鍵層

中粒砂岩中の挟み泥岩層
(現解析モデル)

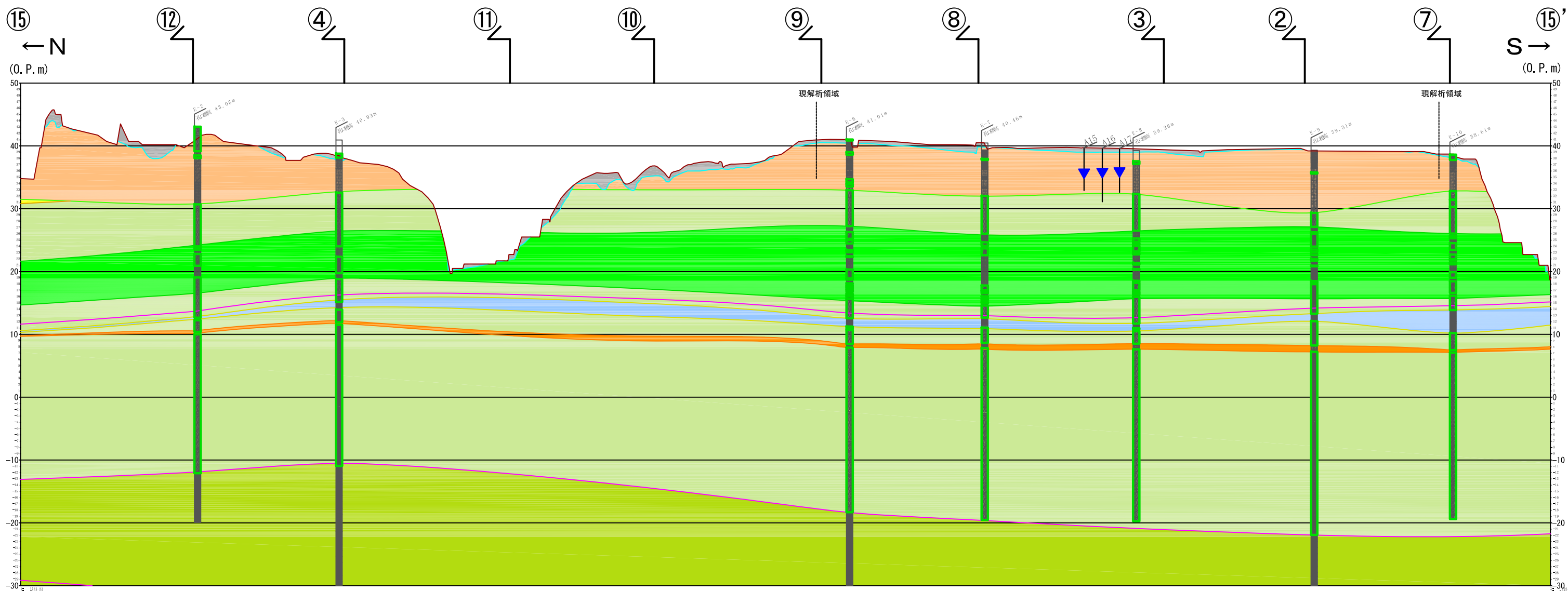
孔内水位と地下水位線

中粒砂岩 (I層)

互層 (III層)



断面位置



柱状図凡例

- 埋戻土
- 粘土・シルト
- 砂
- 礫
- 泥岩
- 砂質泥岩
- 泥質砂岩
- 砂岩
- 凝灰岩
- 軽石

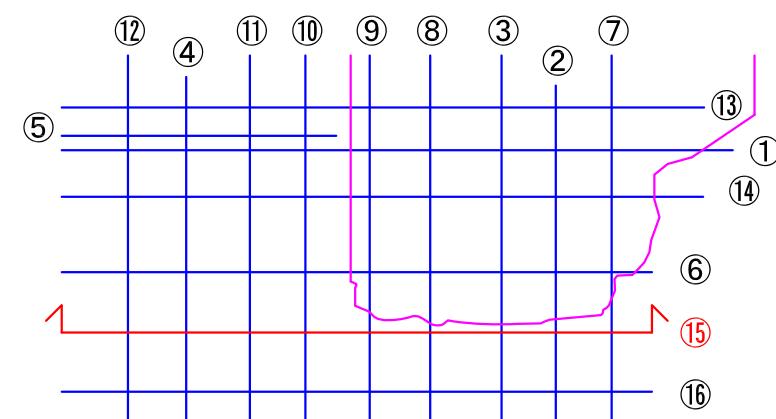
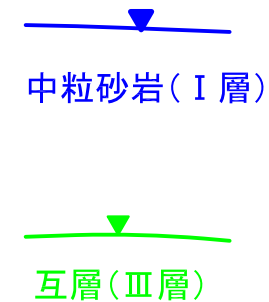
地質凡例

- 埋戻土
- 第四紀層 段丘堆積層
- 富岡層 T3部層中粒砂岩層 (I層)
- 富岡層 T3部層泥質部 (I層、II層、IV層)
- 富岡層 T3部層互層部 (III層)
- 富岡層 T3部層細粒砂岩層 (IV層)
- 富岡層 T3部層粗粒砂岩層 (IV層)
- 富岡層 T2部層
- 凝灰岩鍵層

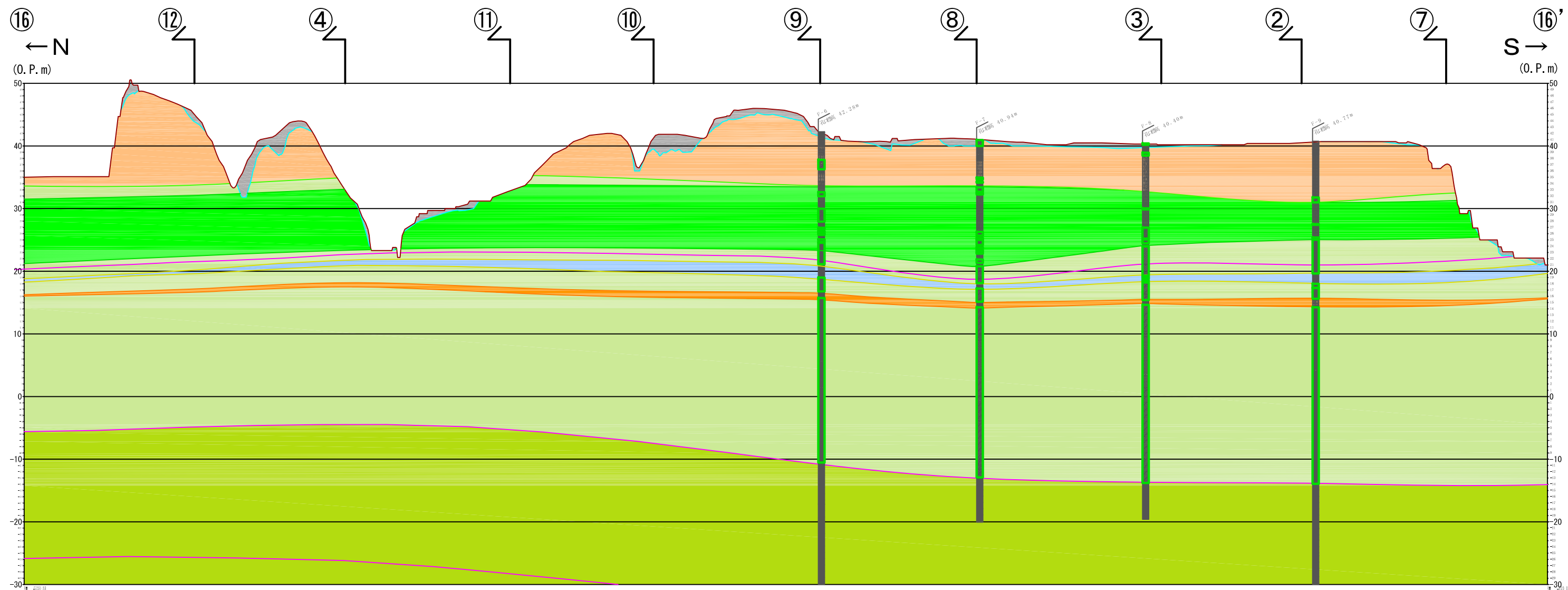
⑮—⑮' 断面



孔内水位と地下水位線



断面位置



16-16' 断面

横：縦＝1：10

柱状図凡例

- 埋戻土
- 粘土・シルト
- 砂
- 礫
- 泥岩
- 砂質泥岩
- 泥質砂岩
- 砂岩
- 凝灰岩
- 軽石

地質凡例

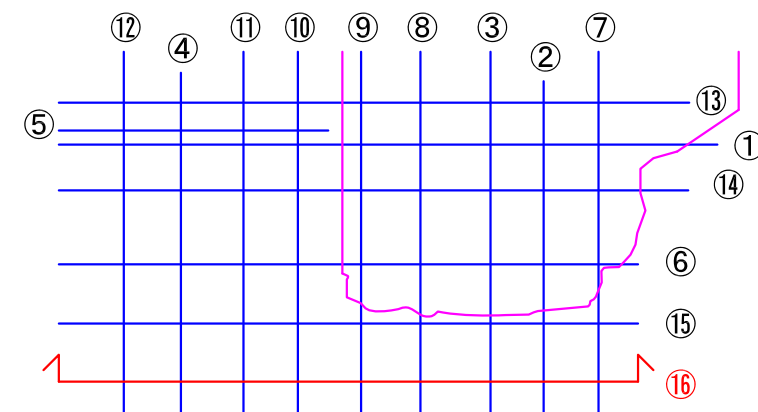
- 埋戻土
- 第四紀層 段丘堆積層
- 富岡層 T3部層中粒砂岩層 (I 層)
- 富岡層 T3部層泥質部 (I 層、II 層、IV 層)
- 富岡層 T3部層互層部 (III 層)
- 富岡層 T3部層細粒砂岩層 (IV 層)
- 富岡層 T3部層粗粒砂岩層 (IV 層)
- 富岡層 T2部層
- 凝灰岩鍵層



孔内水位と地下水位線

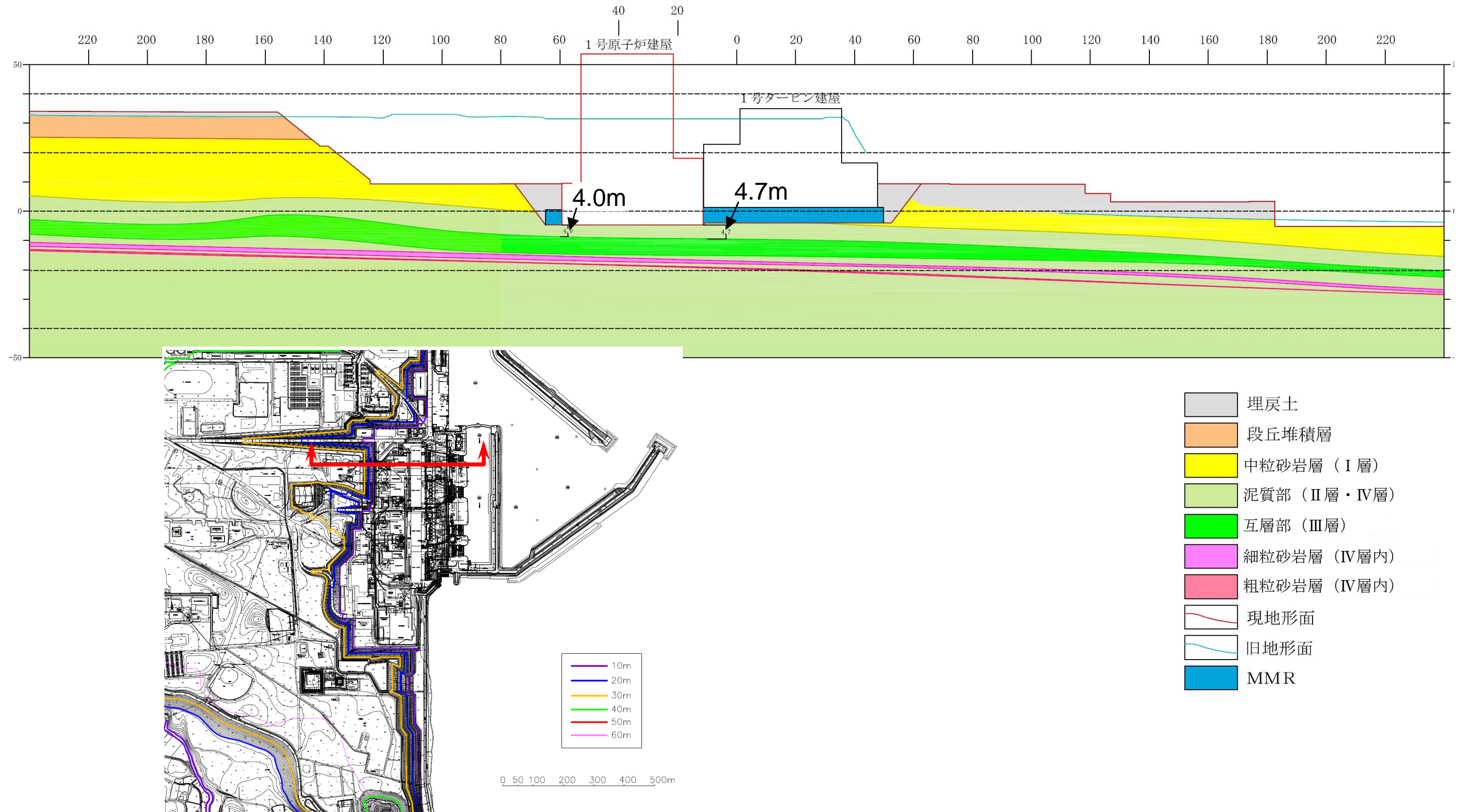
中粒砂岩 (I 層)

互層 (III 層)

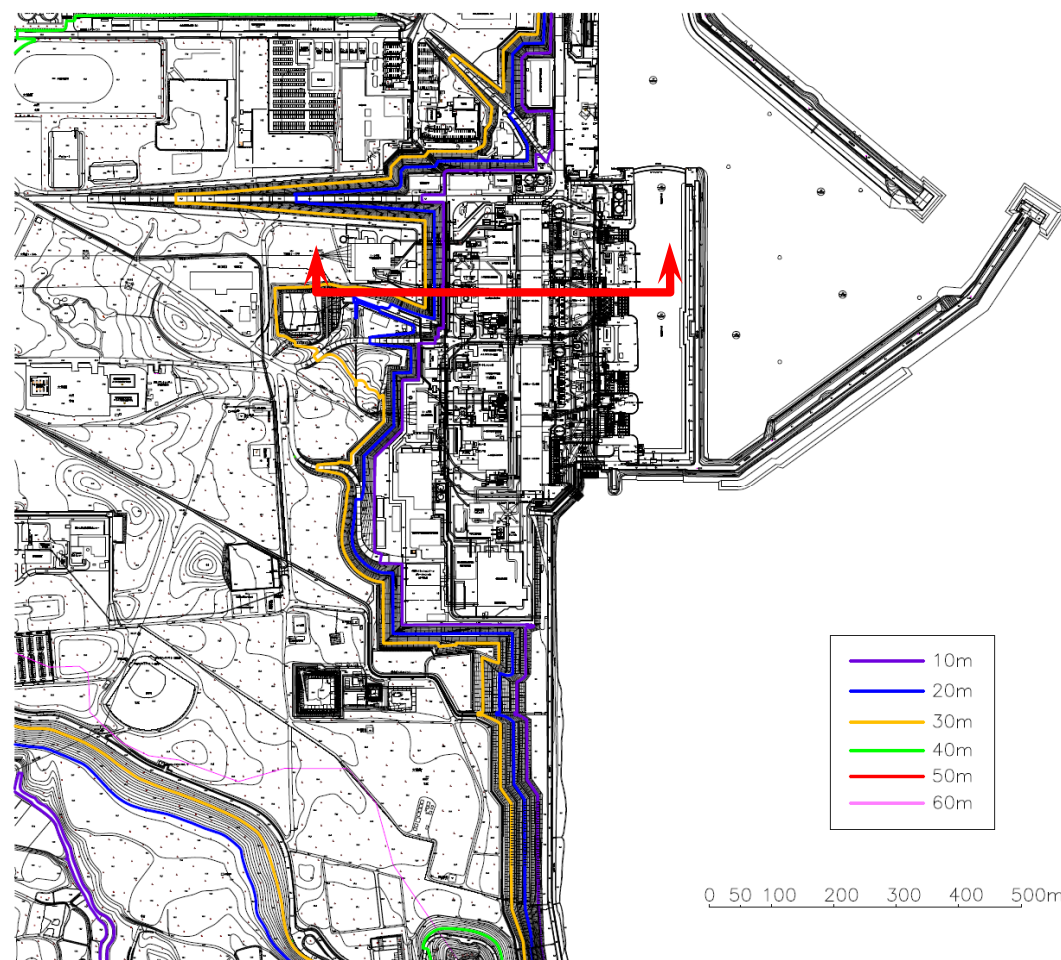
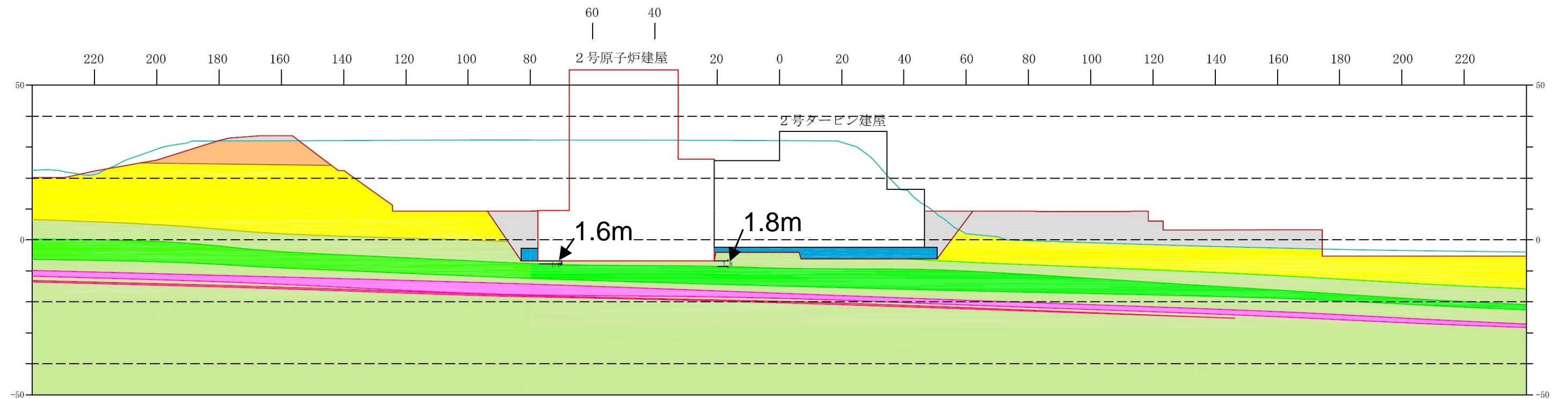


断面位置

1号建屋周辺断面図

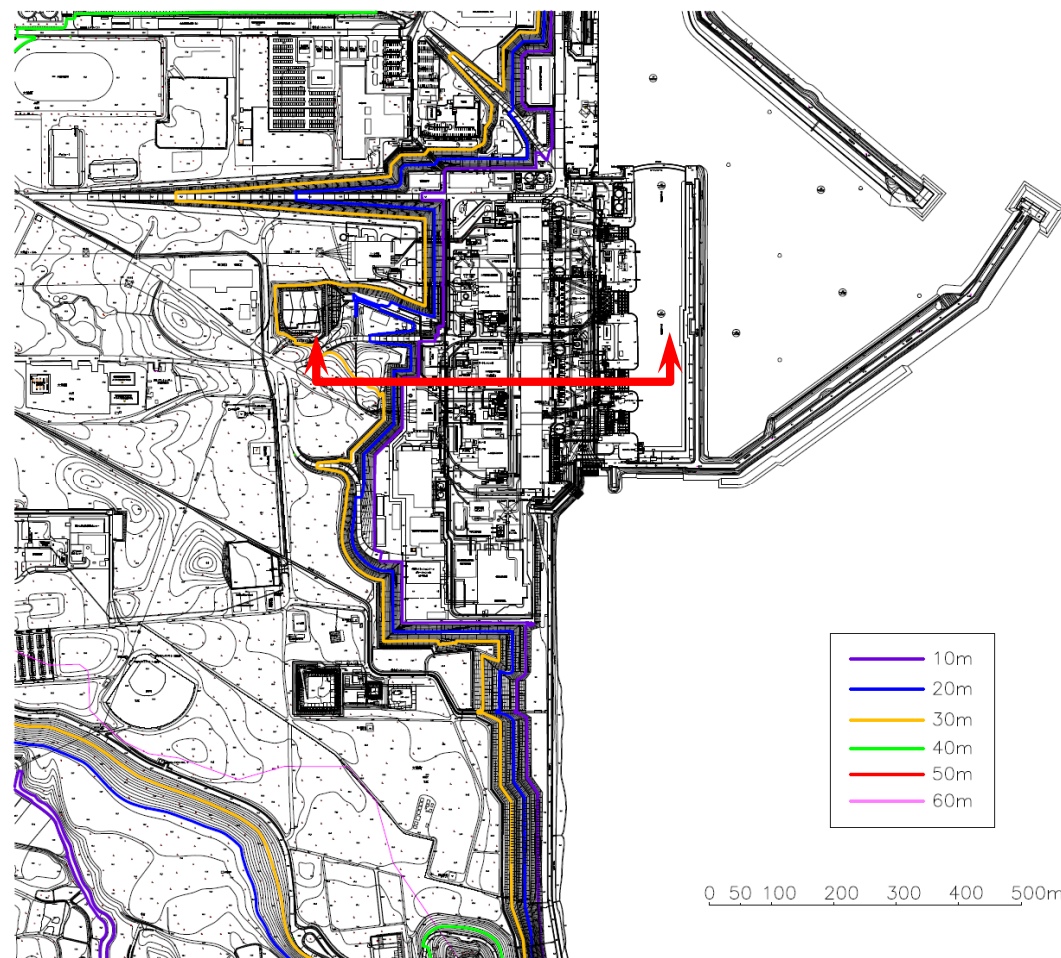
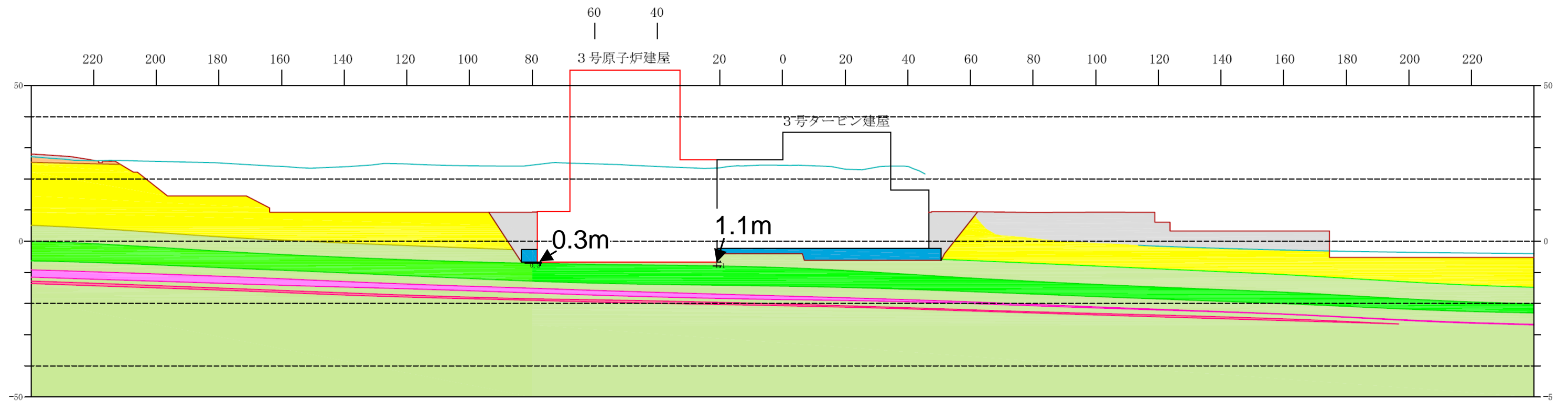


2号建屋周辺断面図



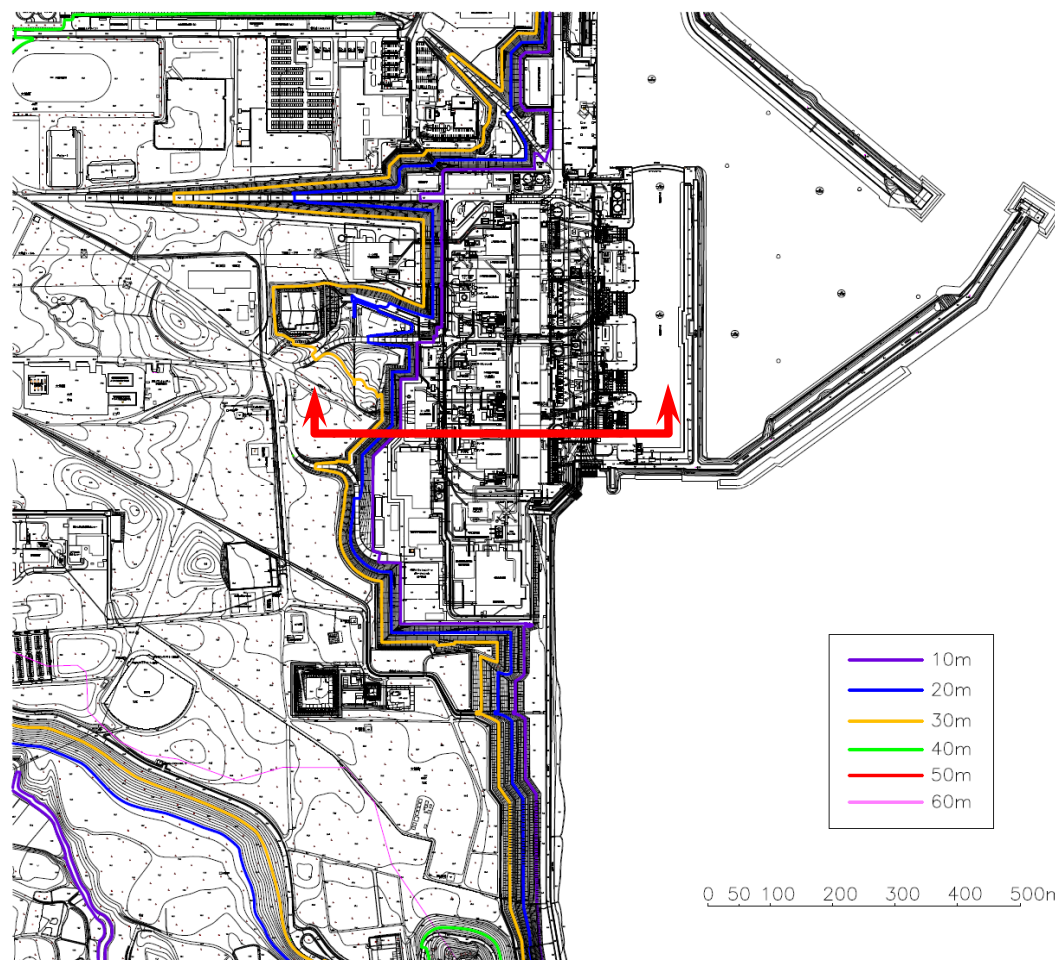
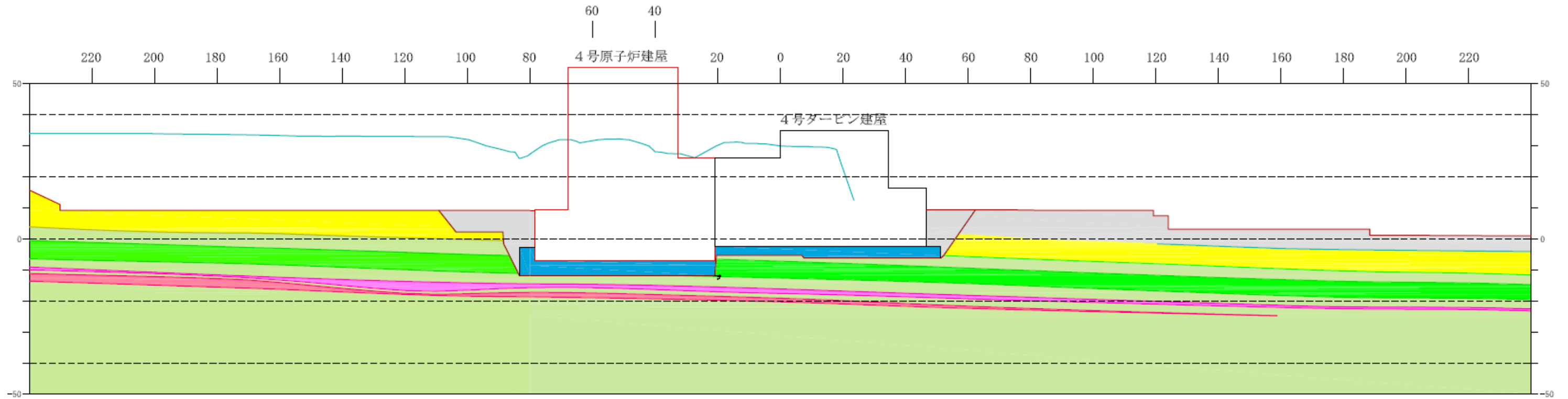
- 埋戻土
- 段丘堆積層
- 中粒砂岩層 (I層)
- 泥質部 (II層・IV層)
- 互層部 (III層)
- 細粒砂岩層 (IV層内)
- 粗粒砂岩層 (IV層内)
- 現地形面
- 旧地形面
- MMR

3号建屋周辺断面図



- 埋戻土
- 段丘堆積層
- 中粒砂岩層 (I層)
- 泥質部 (II層・IV層)
- 互層部 (III層)
- 細粒砂岩層 (IV層内)
- 粗粒砂岩層 (IV層内)
- 現地形面
- 旧地形面
- MMR

4号建屋周辺断面図

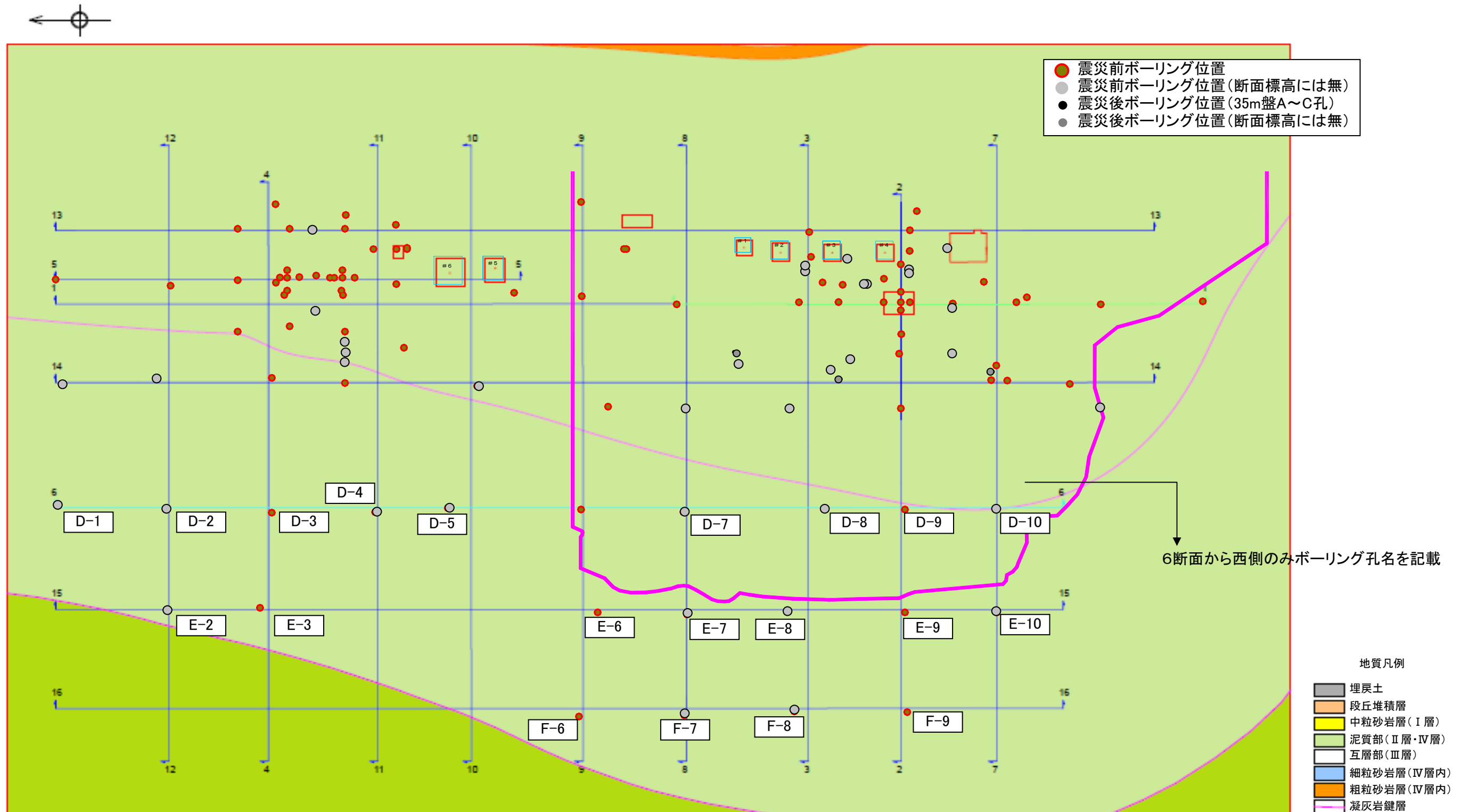


- 埋戻土
- 段丘堆積層
- 中粒砂岩層 (I層)
- 泥質部 (II層・IV層)
- 互層部 (III層)
- 細粒砂岩層 (IV層内)
- 粗粒砂岩層 (IV層内)
- 現地形面
- 旧地形面
- MMR

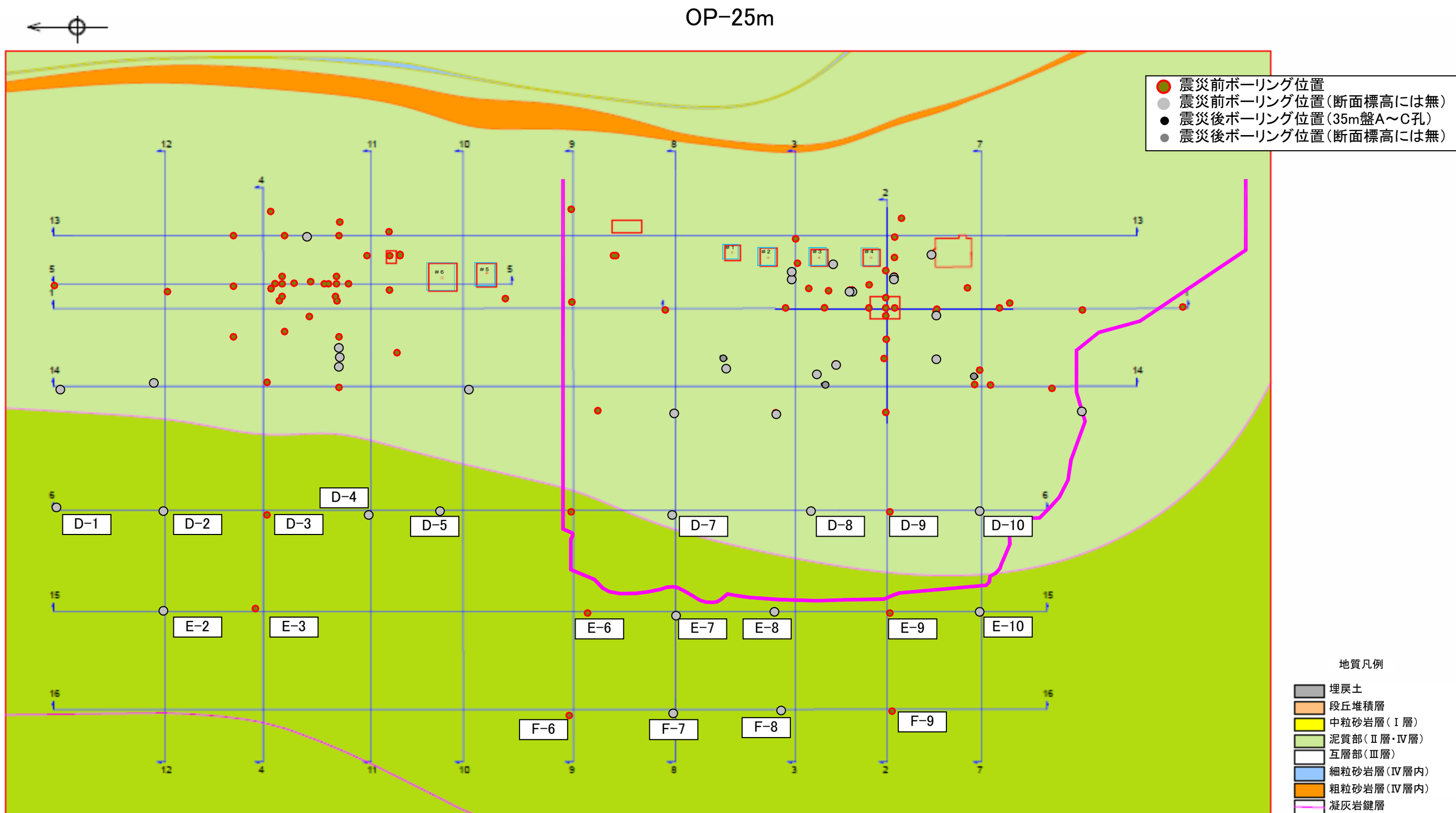
1～4号建屋周辺断面図(南北)



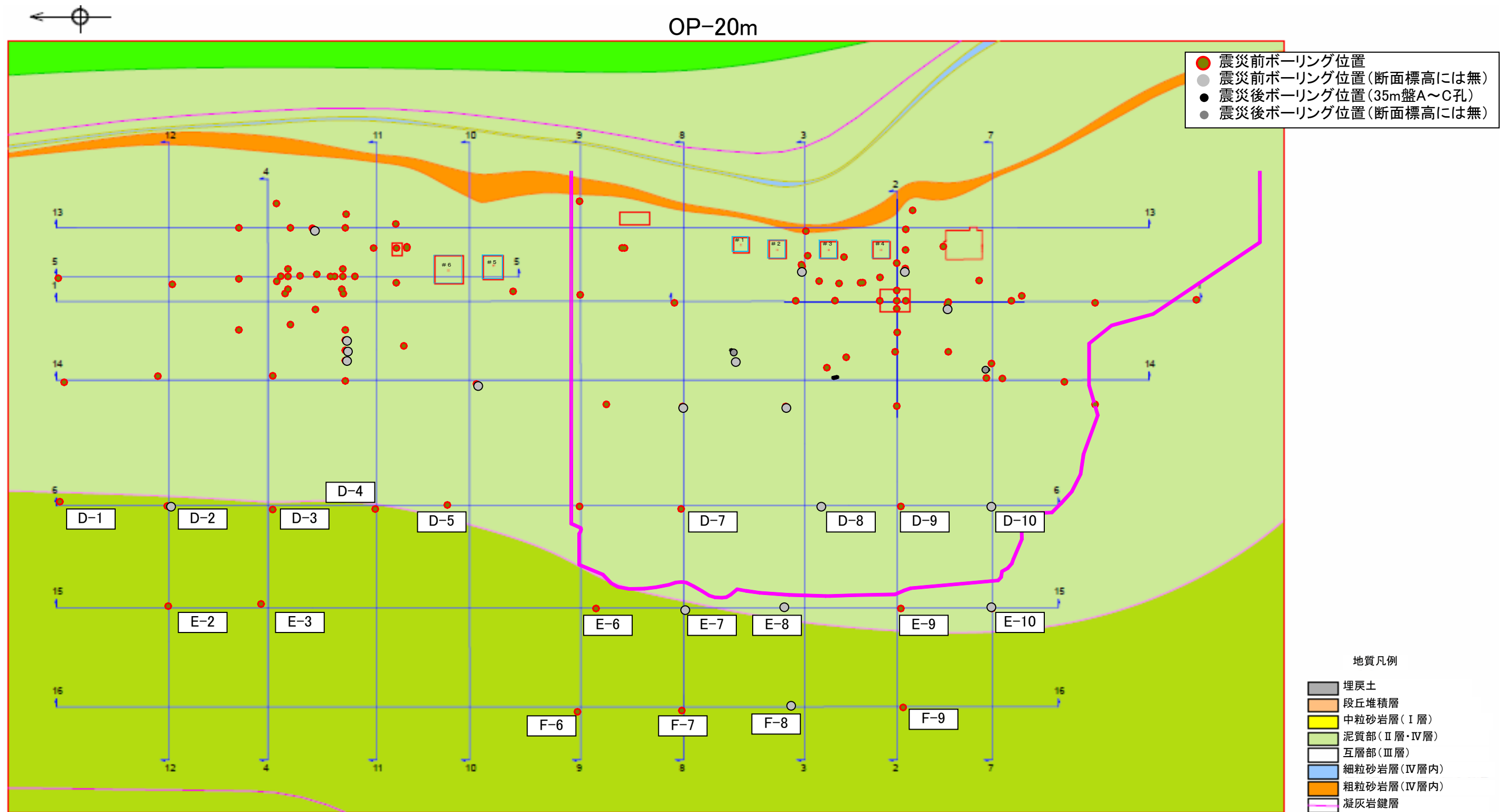
OP-30m



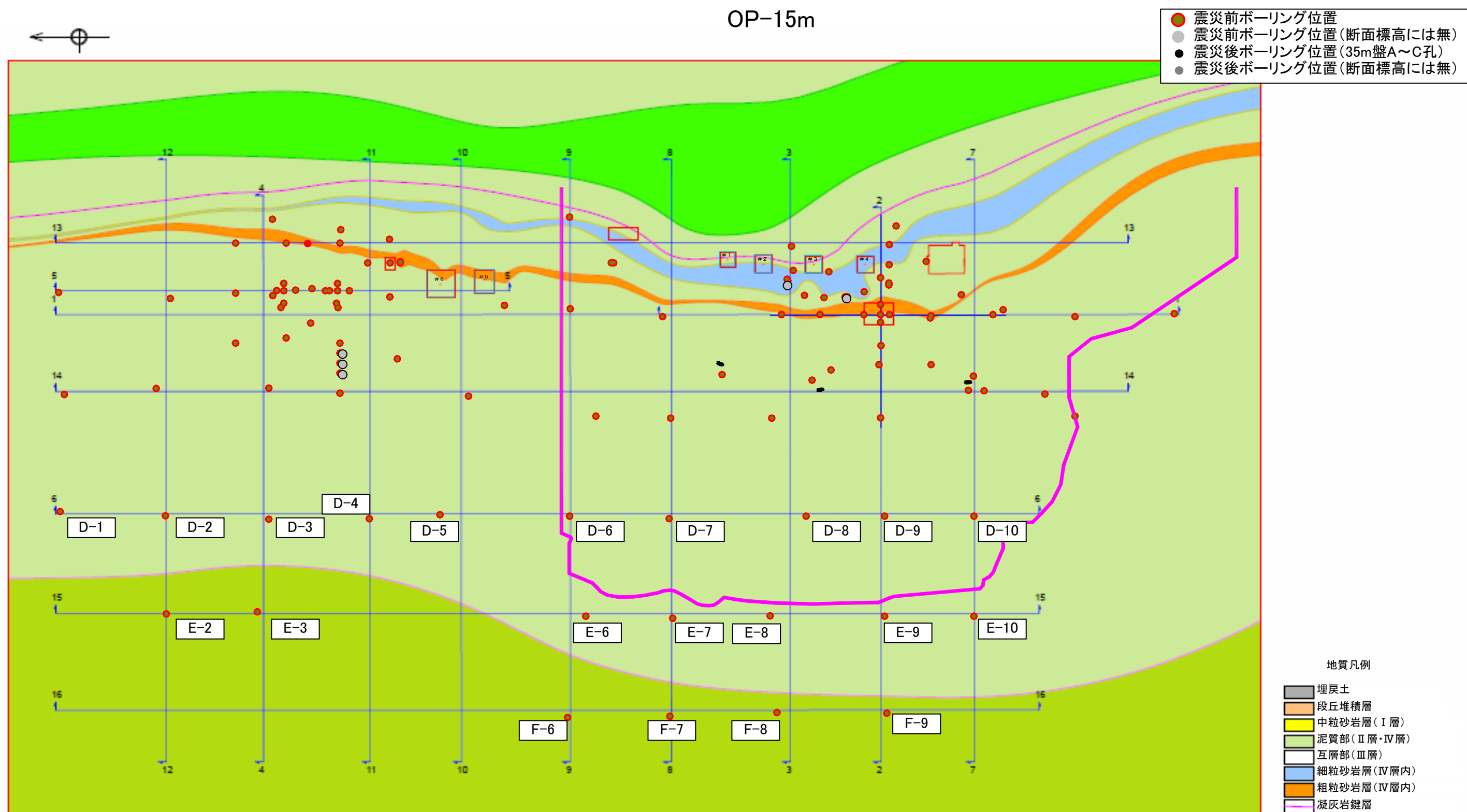
地質スライス(OP. -30m)



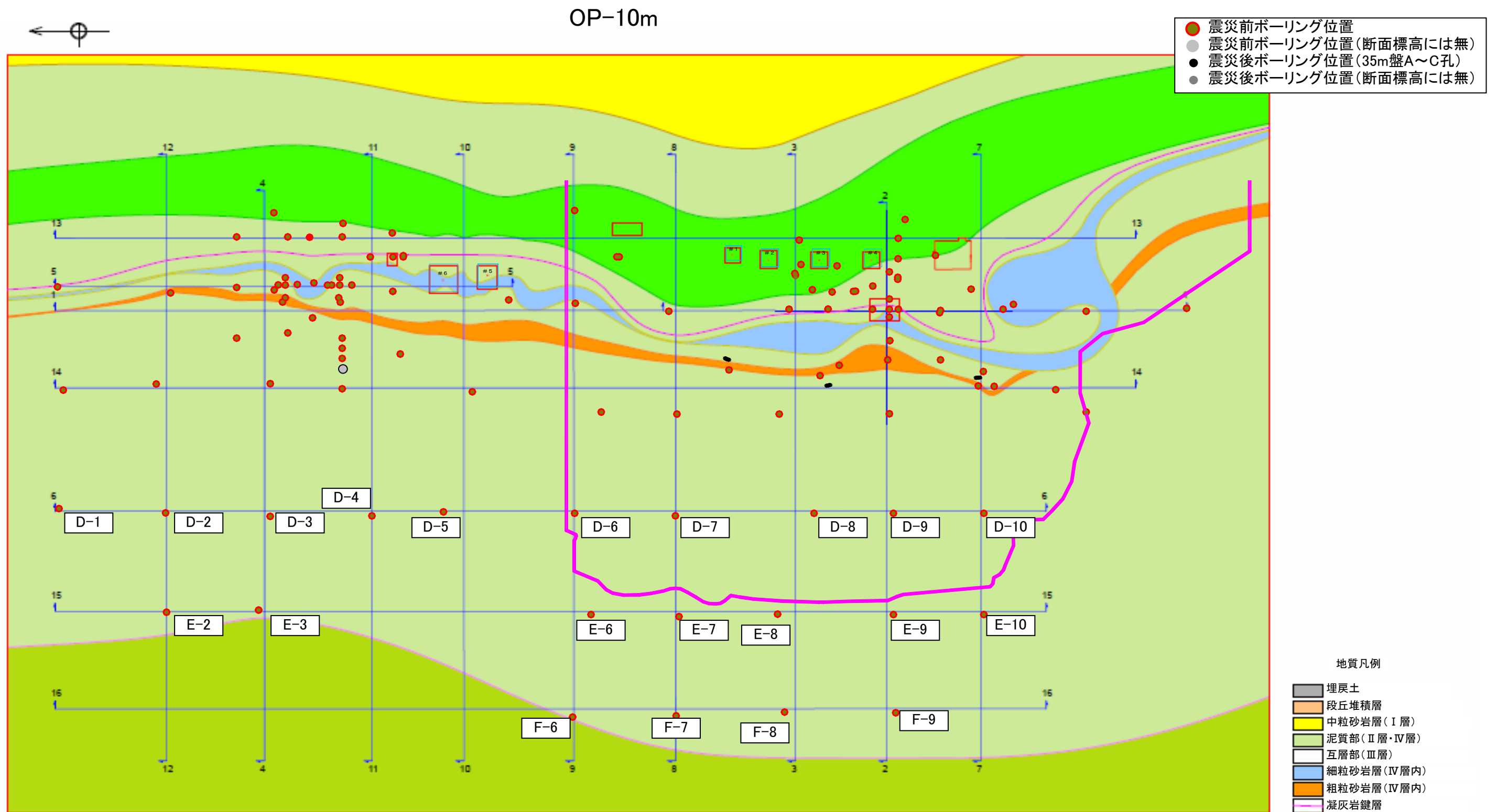
地質スライス(OP. -25m)



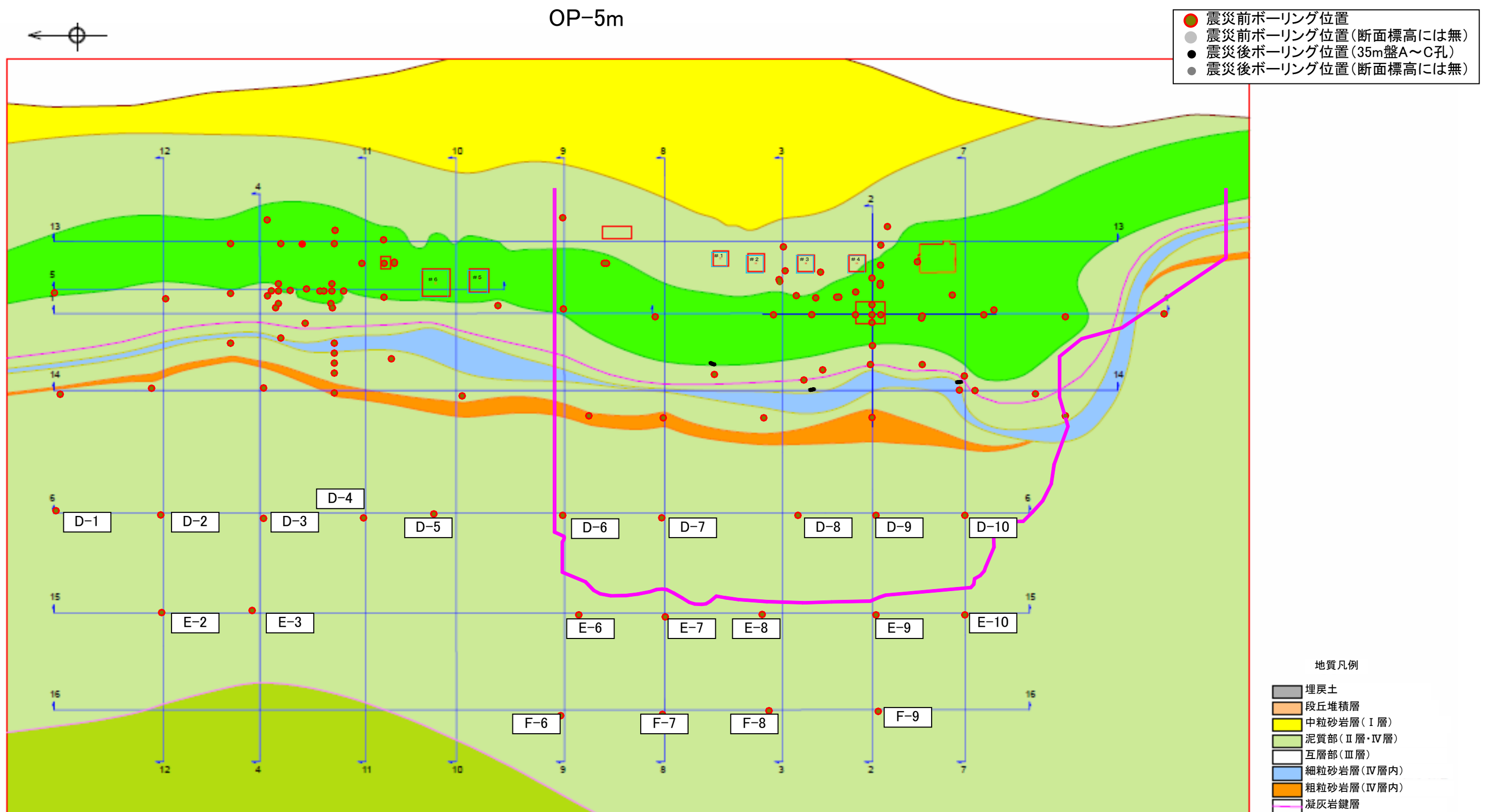
地質スライス(OP. -20m)



地質スライス(OP. -15m)

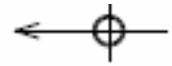


地質スライス(OP. -10m)

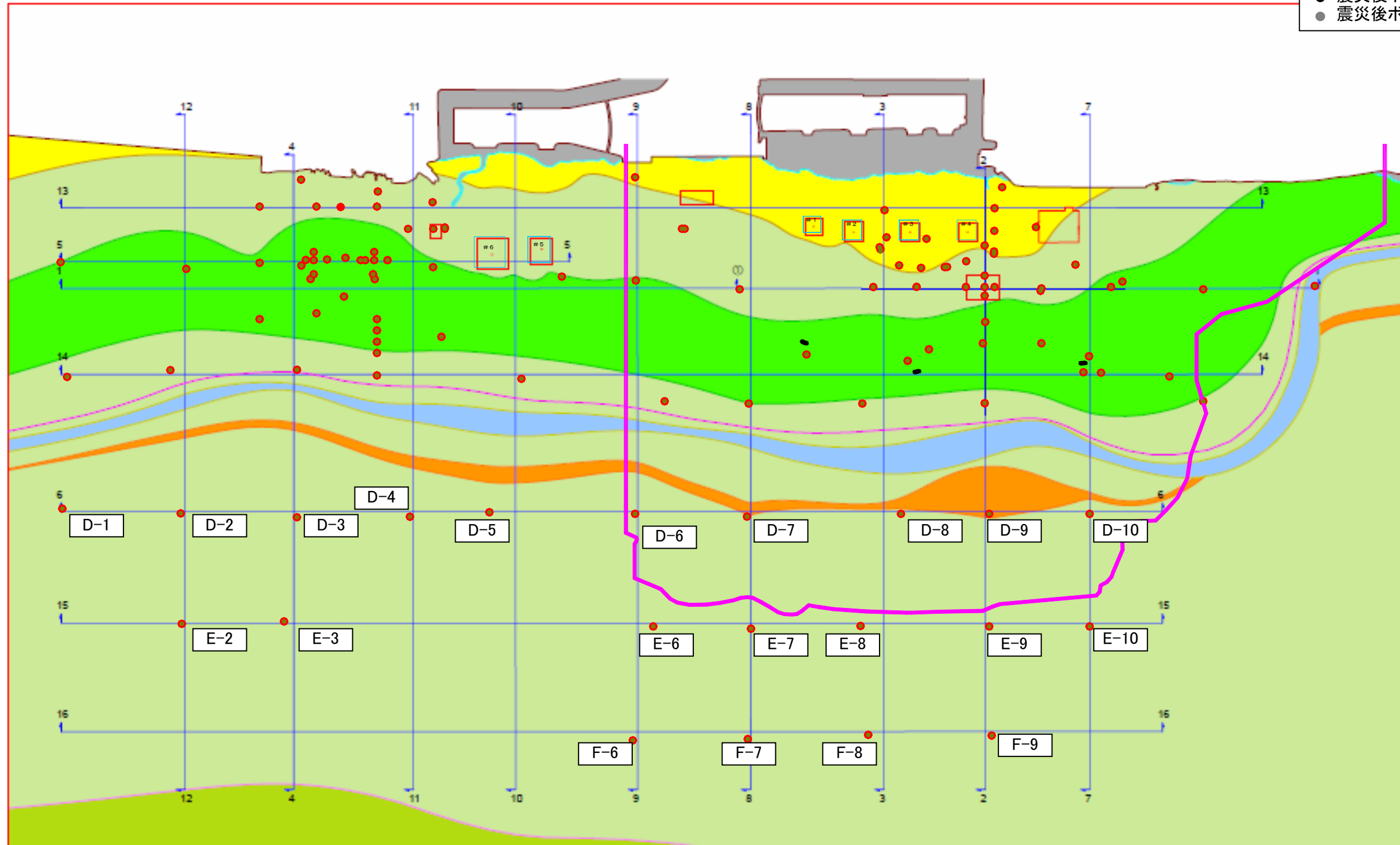


地質スライス(OP. -5m)

OP.±0m



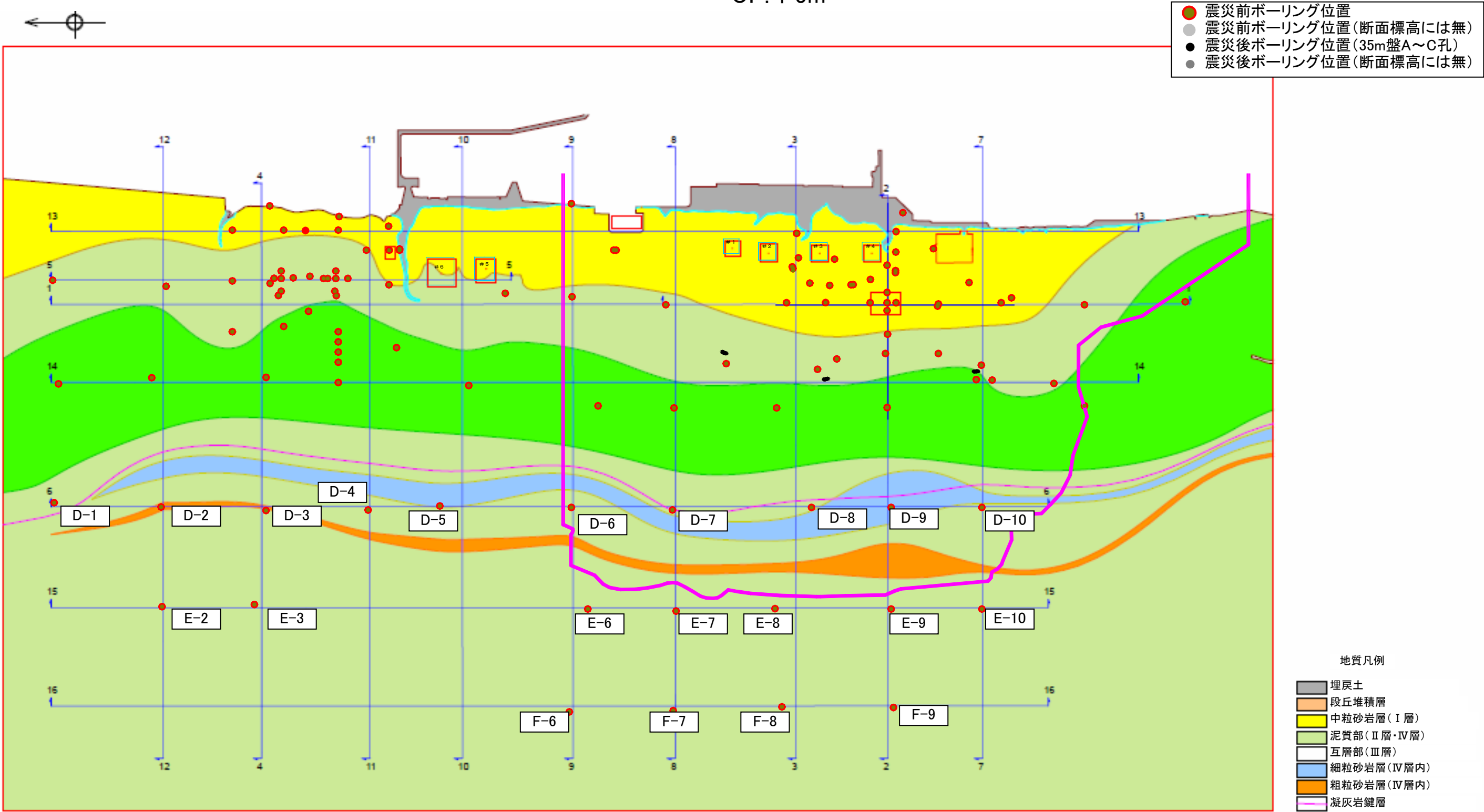
- 震災前ボーリング位置
- 震災前ボーリング位置(断面標高には無)
- 震災後ボーリング位置(35m盤A～C孔)
- 震災後ボーリング位置(断面標高には無)



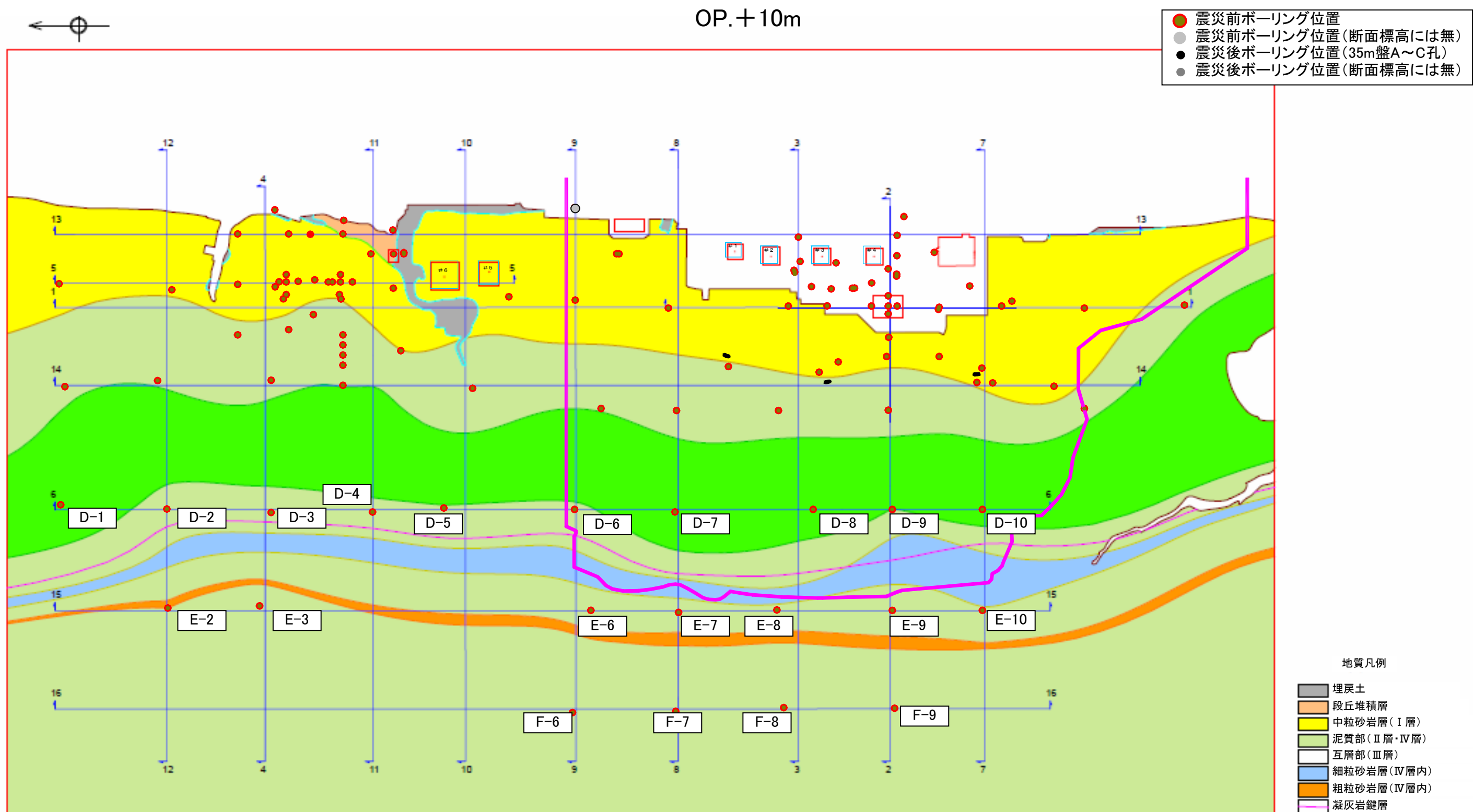
- 地質凡例
- 埋戻土
 - 段丘堆積層
 - 中粒砂岩層(Ⅰ層)
 - 泥質部(Ⅱ層・Ⅳ層)
 - 互層部(Ⅲ層)
 - 細粒砂岩層(Ⅳ層内)
 - 粗粒砂岩層(Ⅳ層内)
 - 凝灰岩鍵層

地質スライス(OP. 0m)

OP.+5m

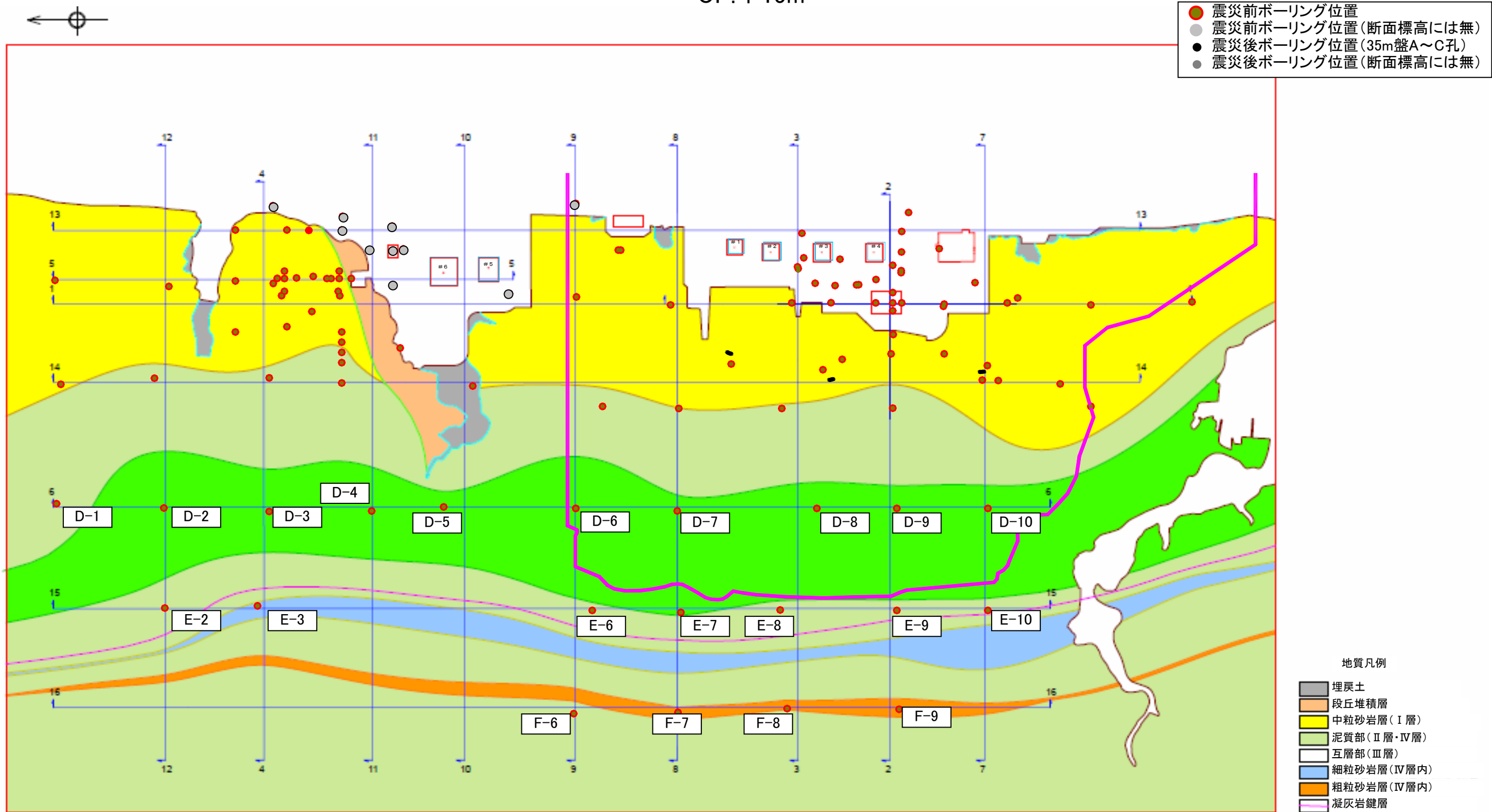


地質スライス(OP. +5m)



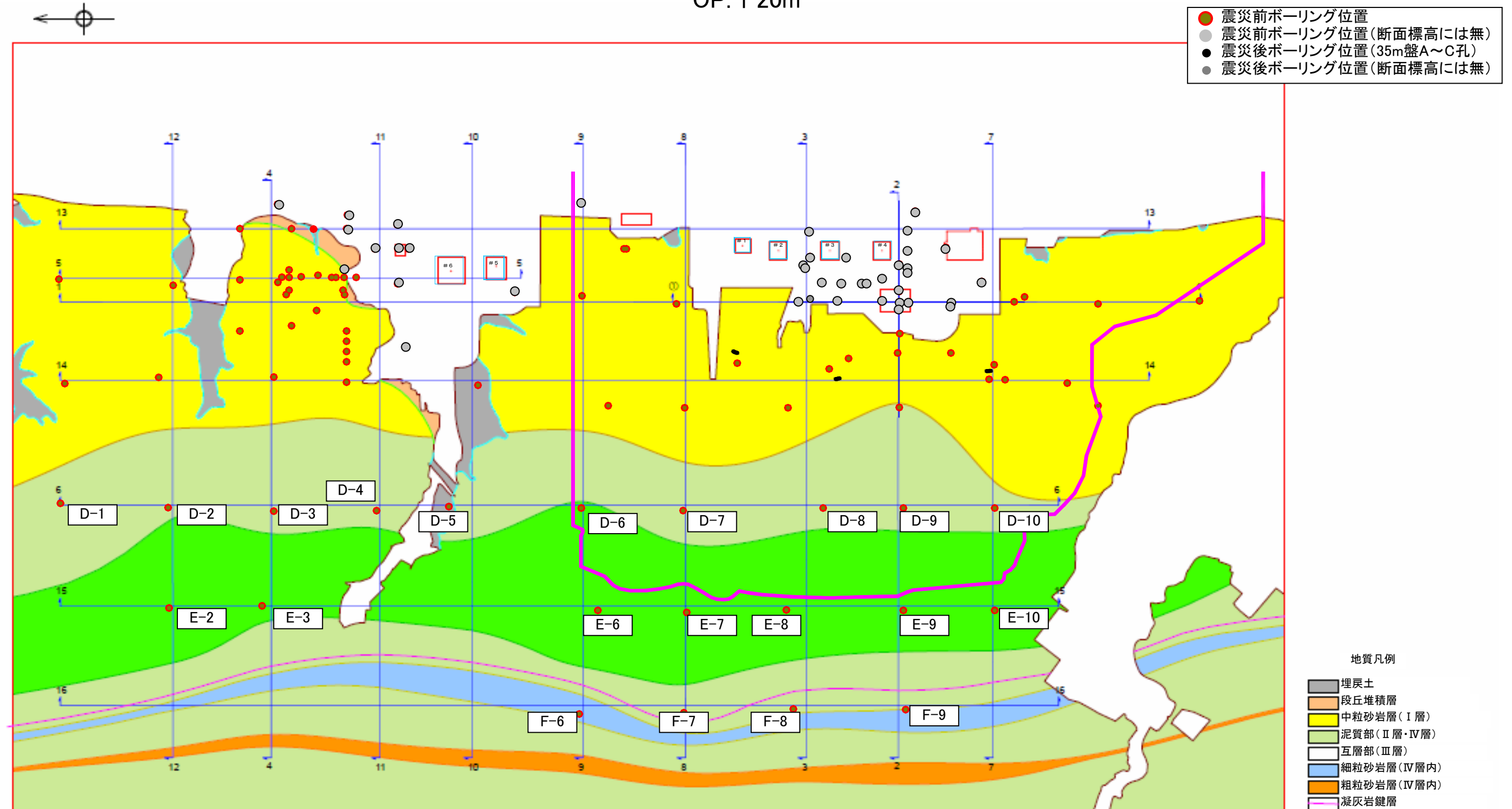
地質スライス(OP. +10m)

OP.+15m

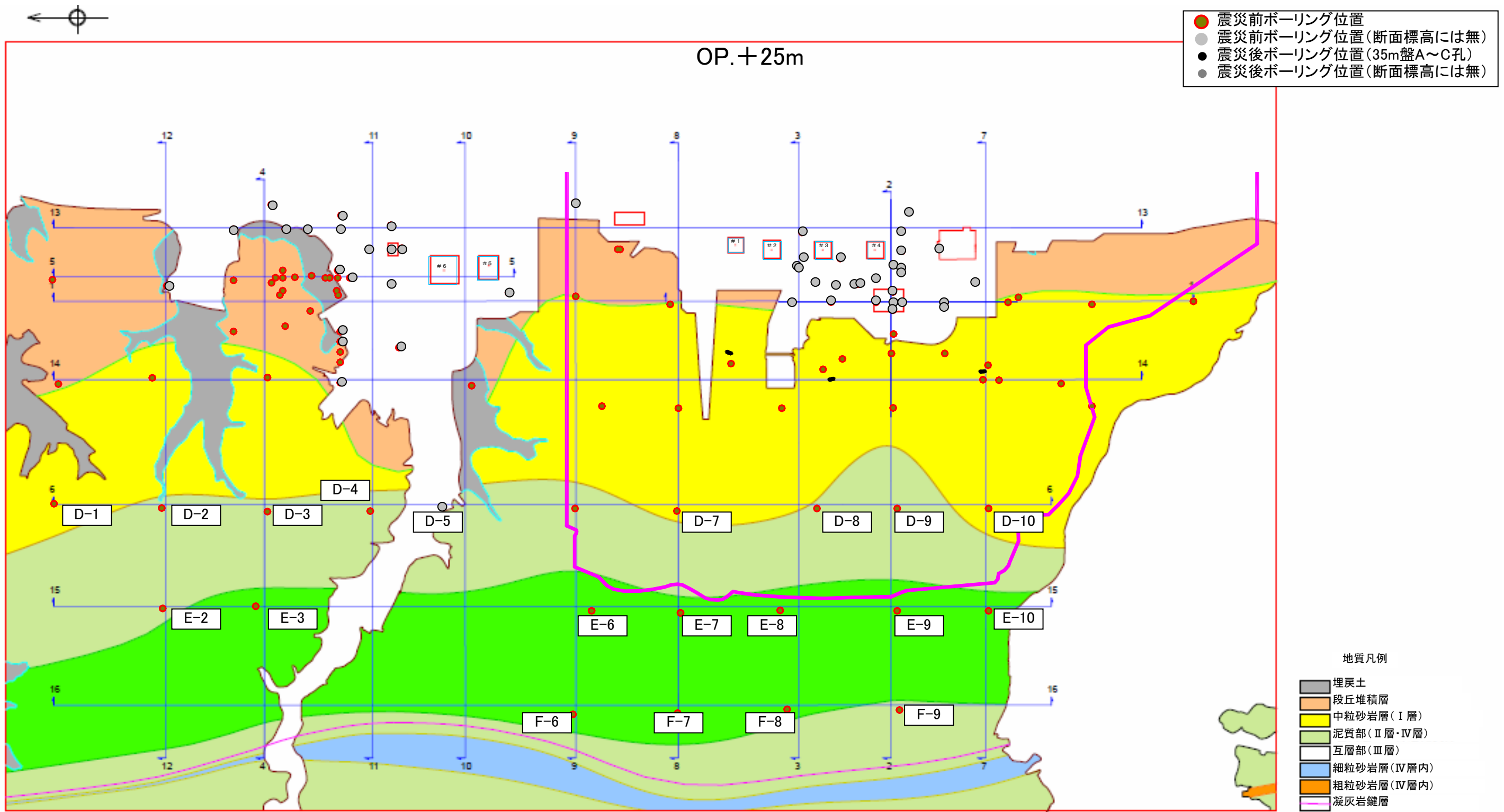


地質スライス(OP. +15m)

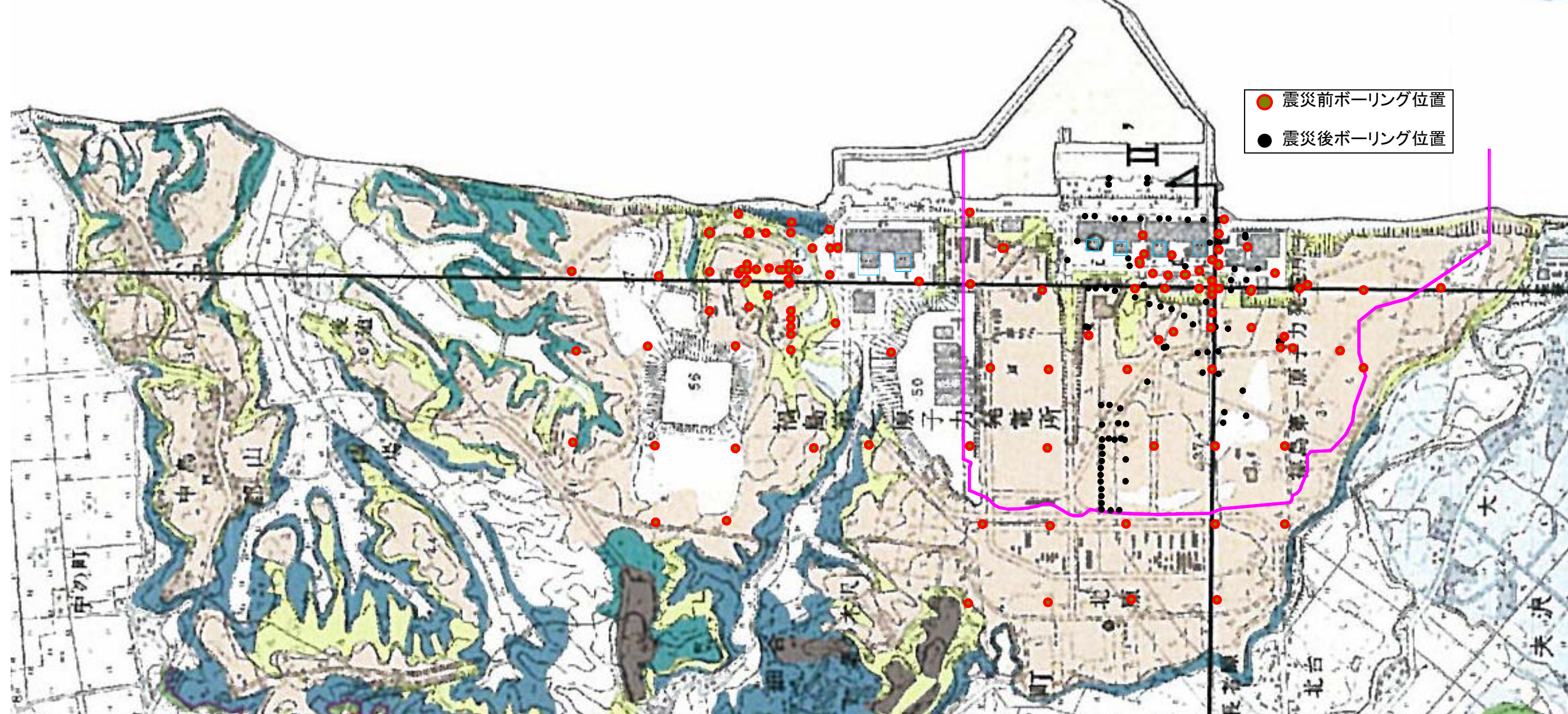
OP. +20m



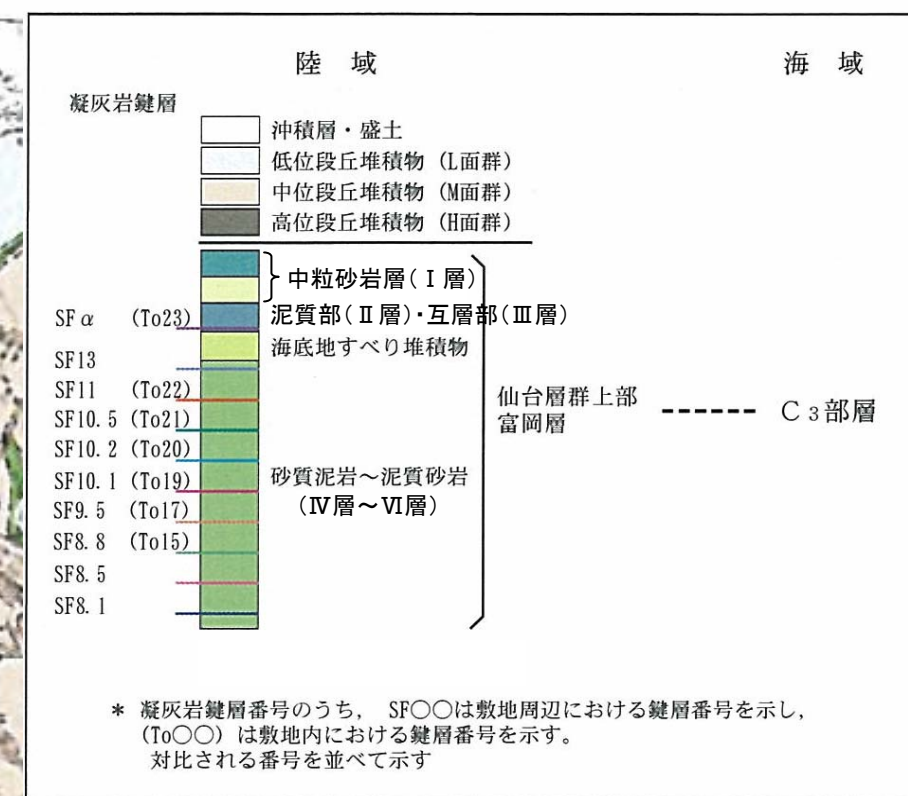
地質スライス(OP. +20m)



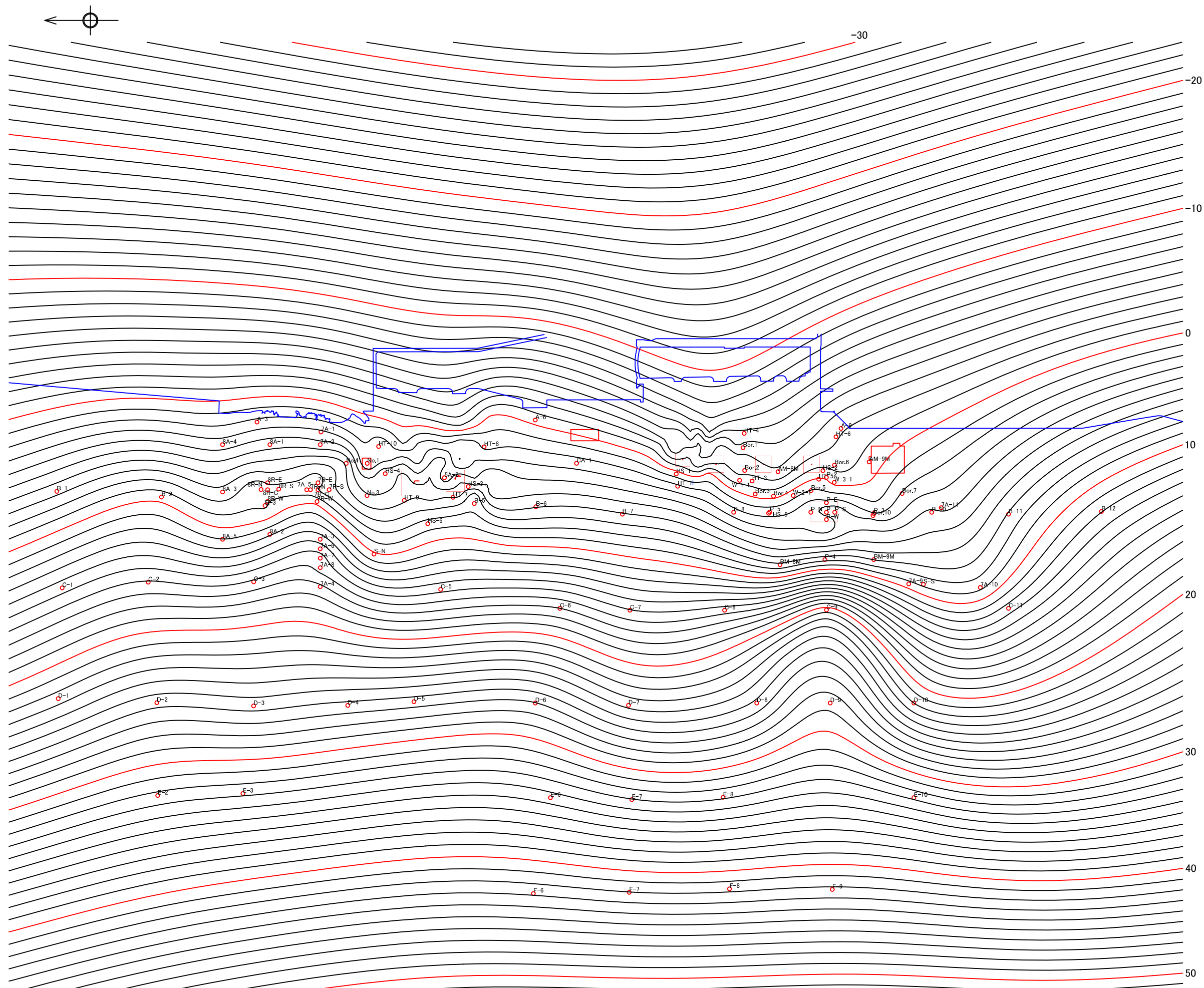
地質スライス(OP. +25m)



地質凡例



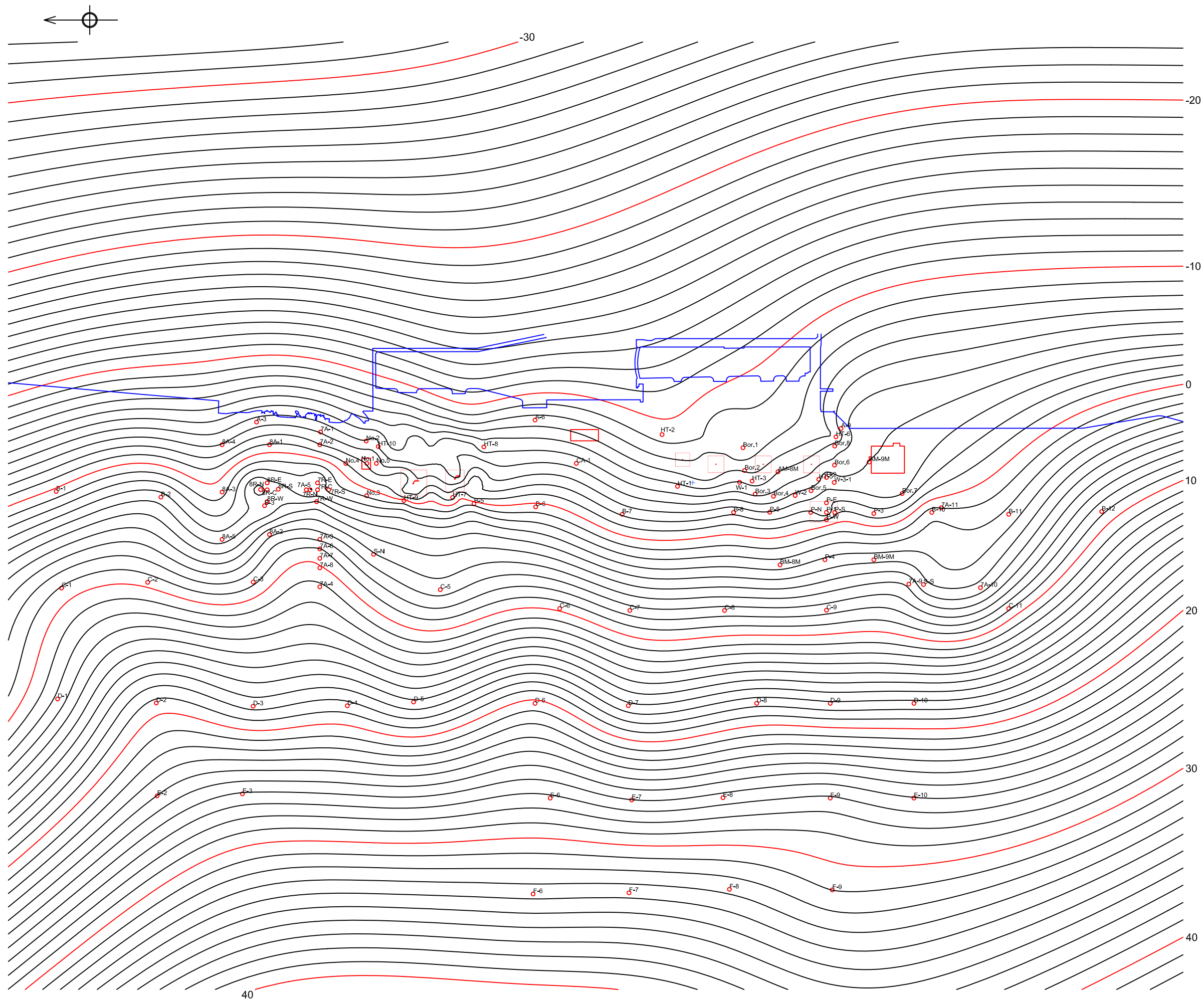
地質平面図(ボーリング位置追記)



分析対象 B o

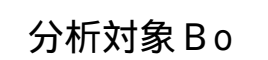
中粒砂岩層下限コンター

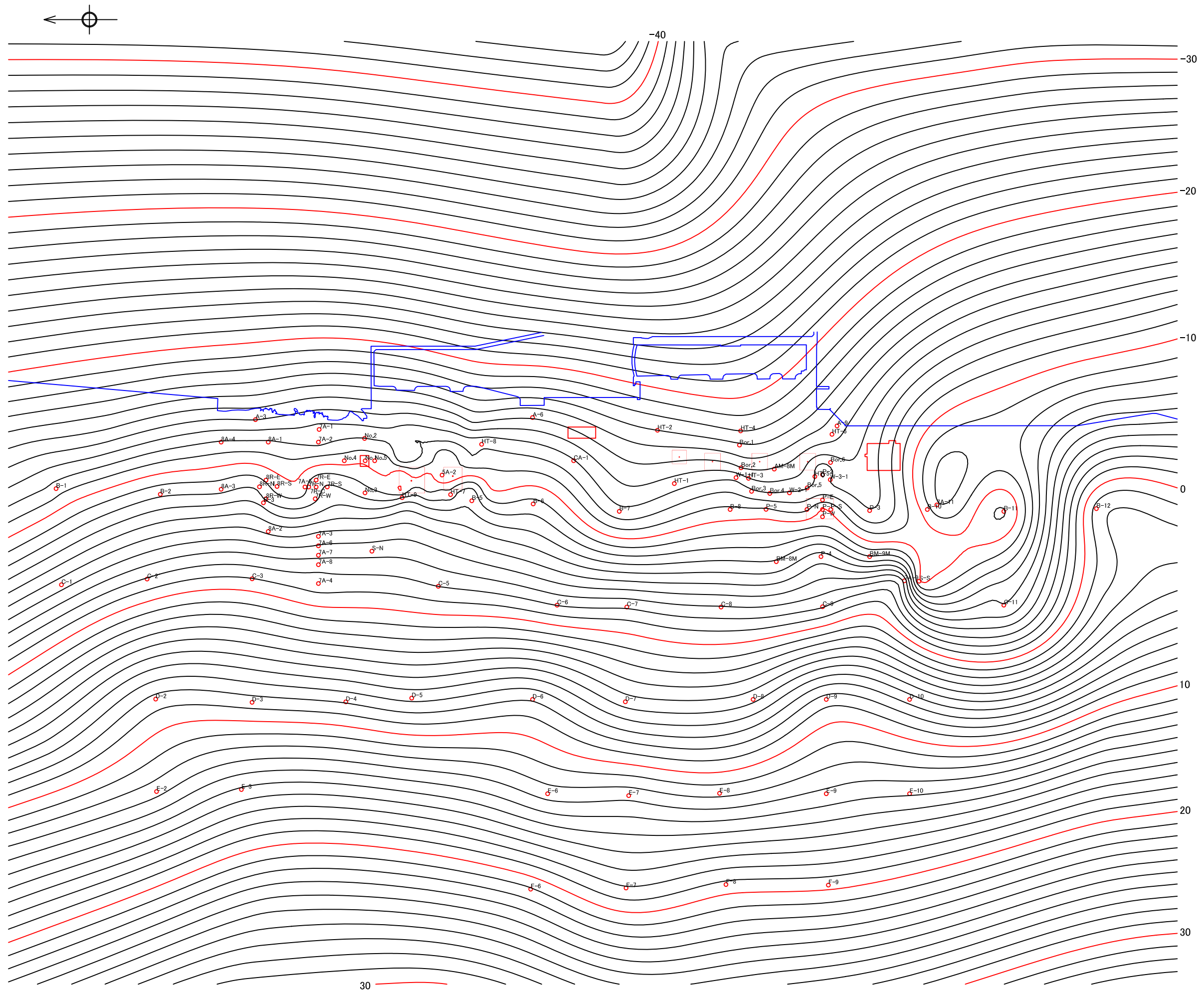
(中粒砂岩層 (層) 中には泥岩挟み層が分布する為、 層上限を明示している)



互層部上限コンター
(層)

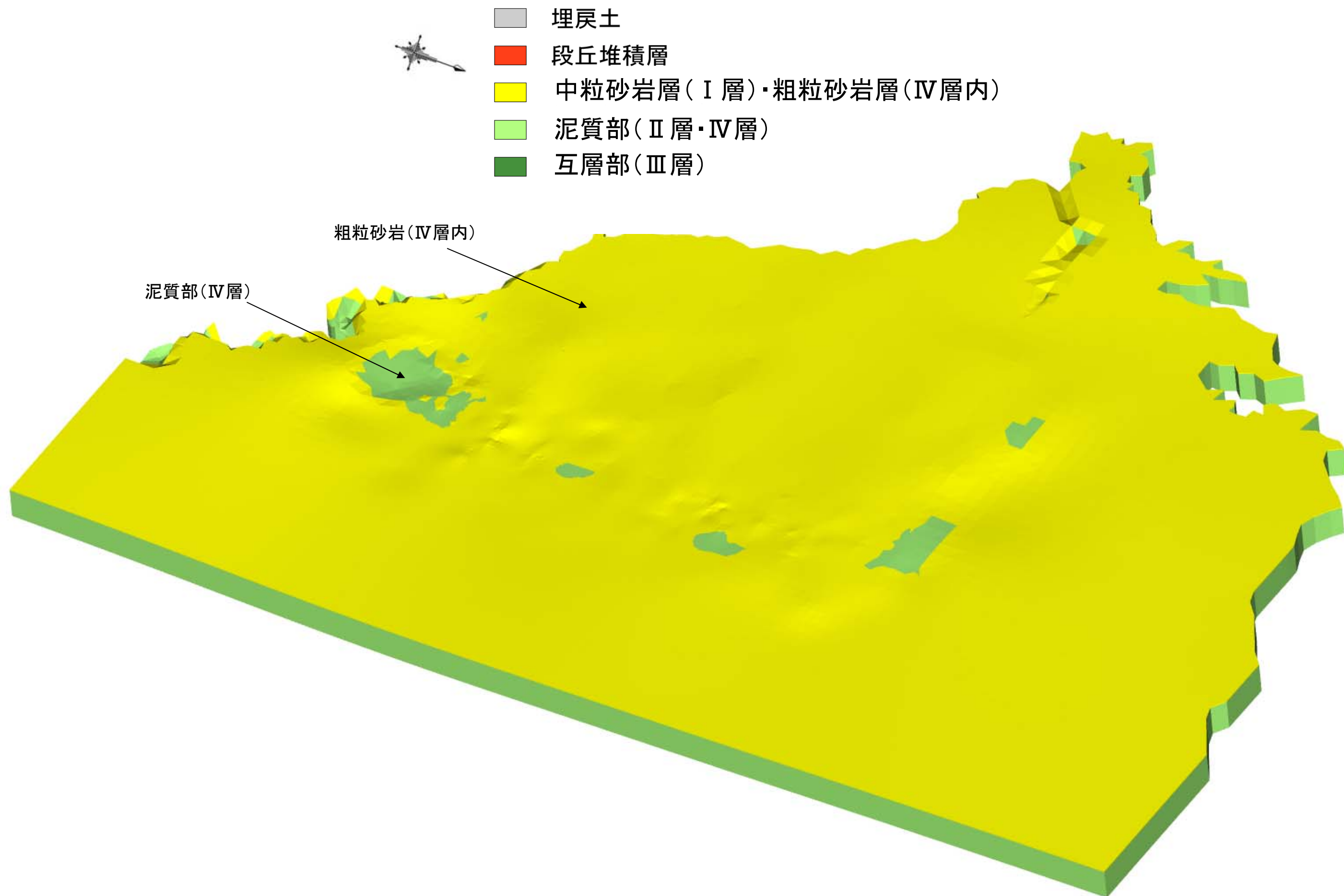
分析対象 B o



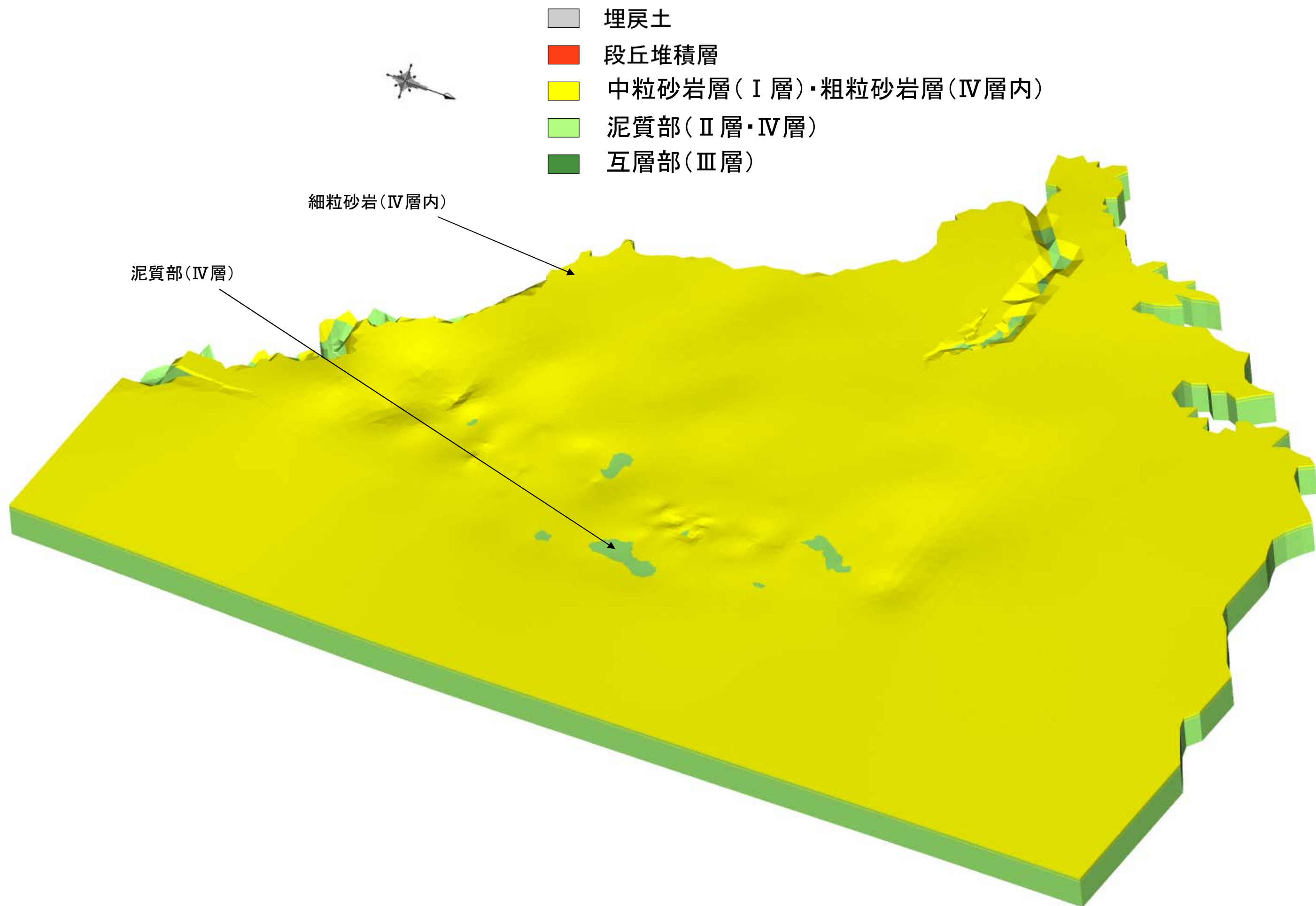


細粒砂岩上限コンター
(層)

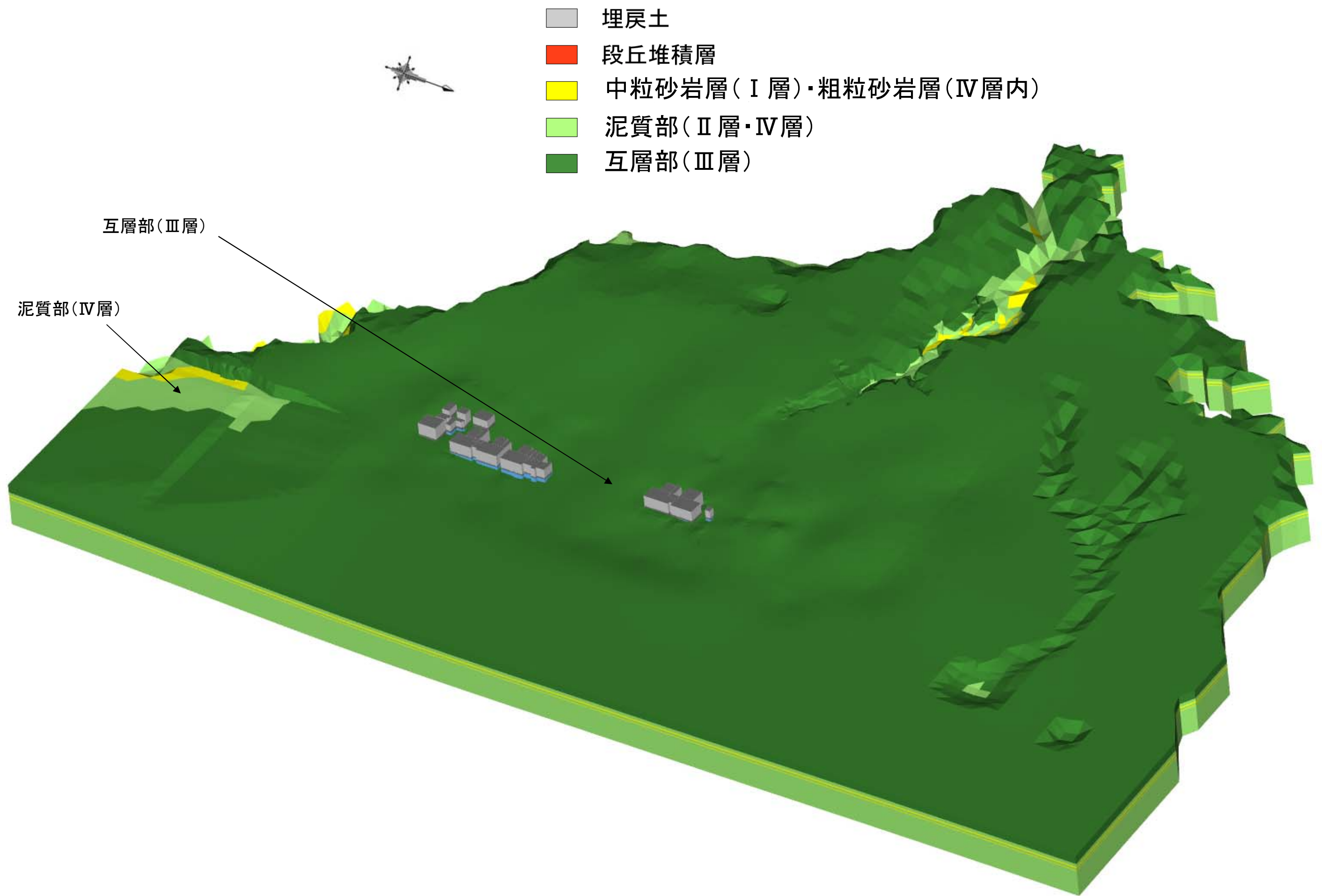
分析対象 B o



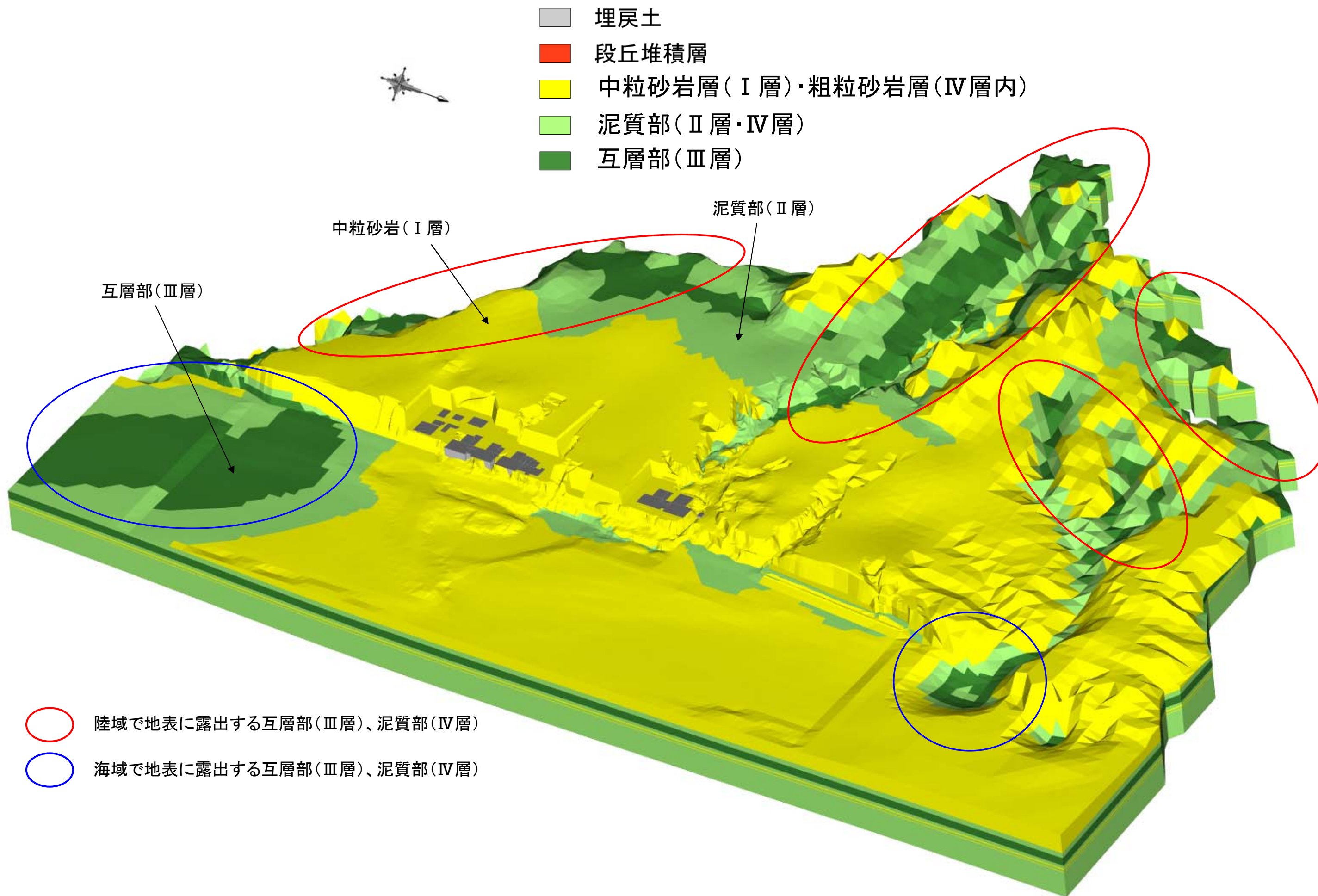
鳥瞰図1 (泥質部 (IV 層) + 粗粒砂岩 (IV 層内))



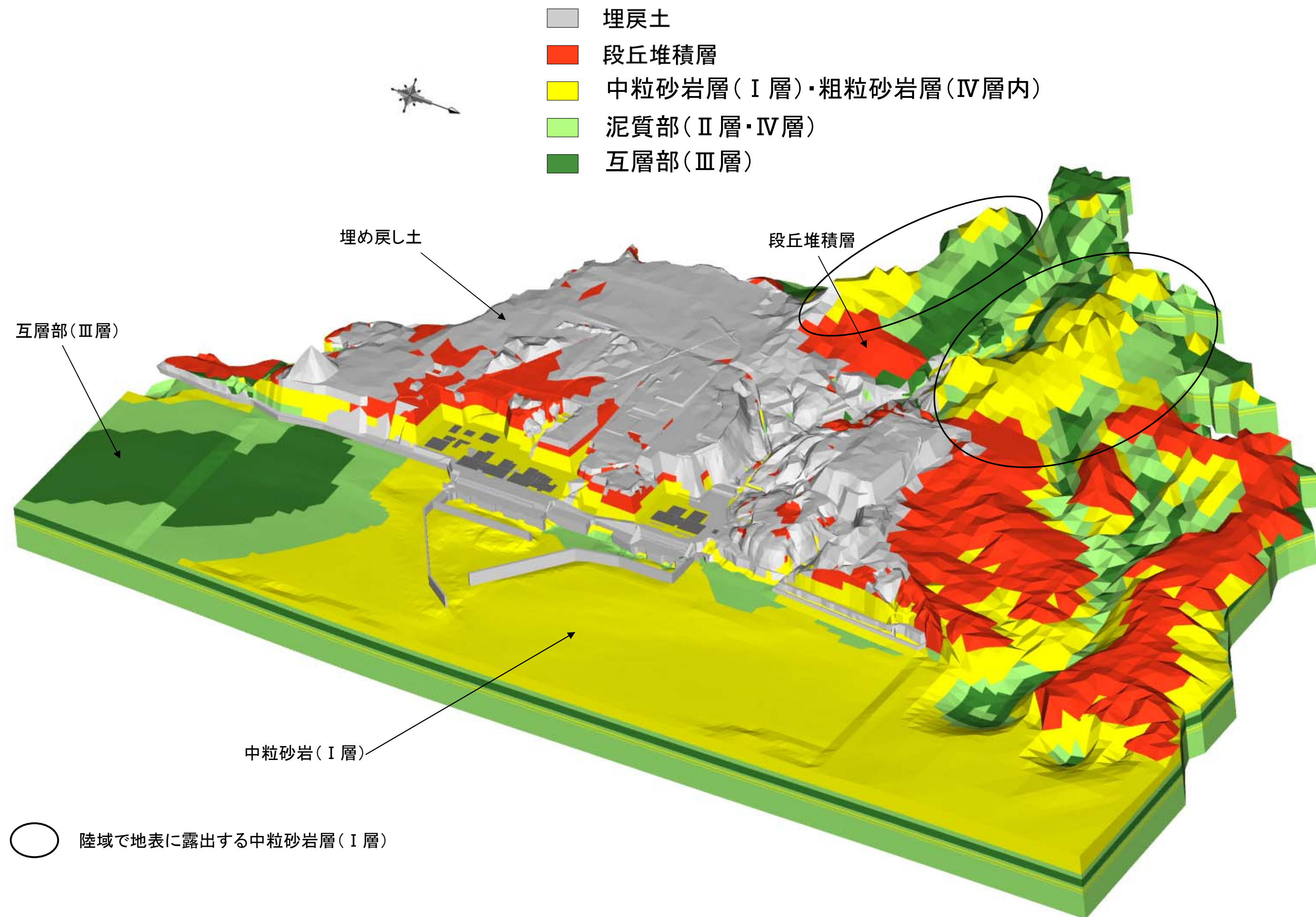
鳥瞰図2 (鳥瞰図1+泥質部 (IV 層)+細粒砂岩 (IV 層内))



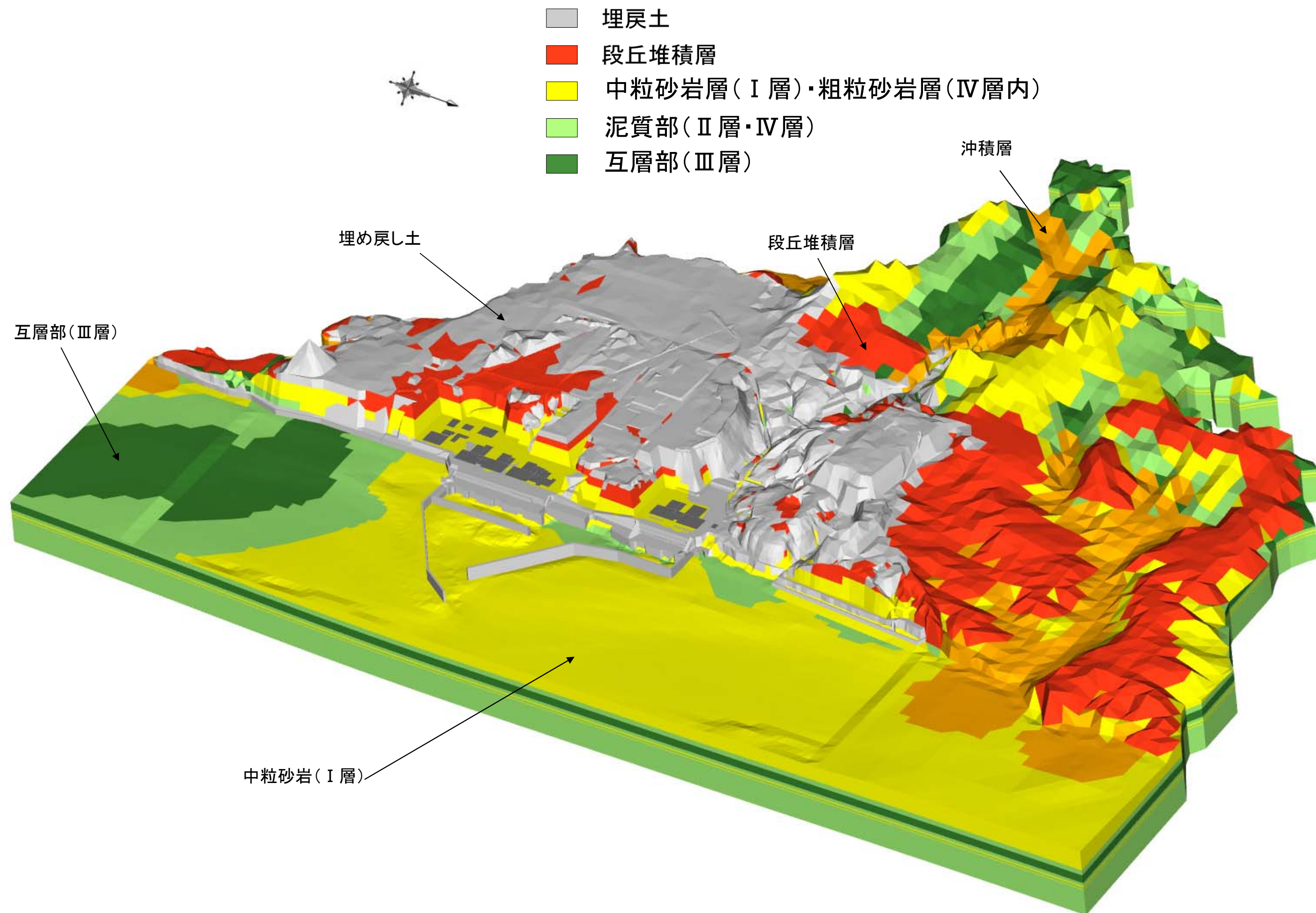
鳥瞰図3 (鳥瞰図2+泥質部 (IV層)+互層部 (III層))



鳥瞰図4 (鳥瞰図3+泥質部 (II層)+中粒砂岩 (I層))



鳥瞰図5(全体図(沖積層除く))

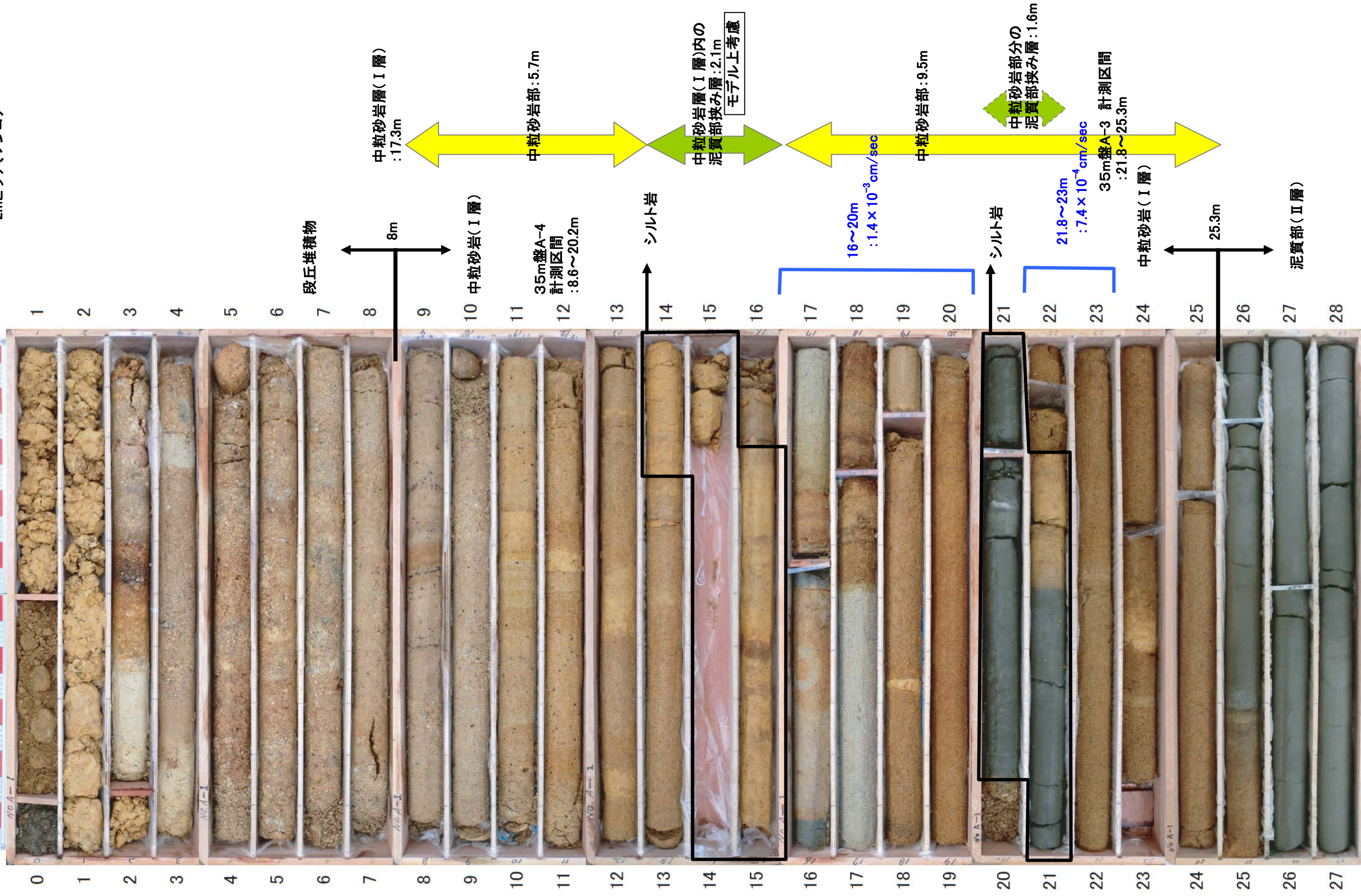


鳥瞰図6 (全体図 (沖積層除く))

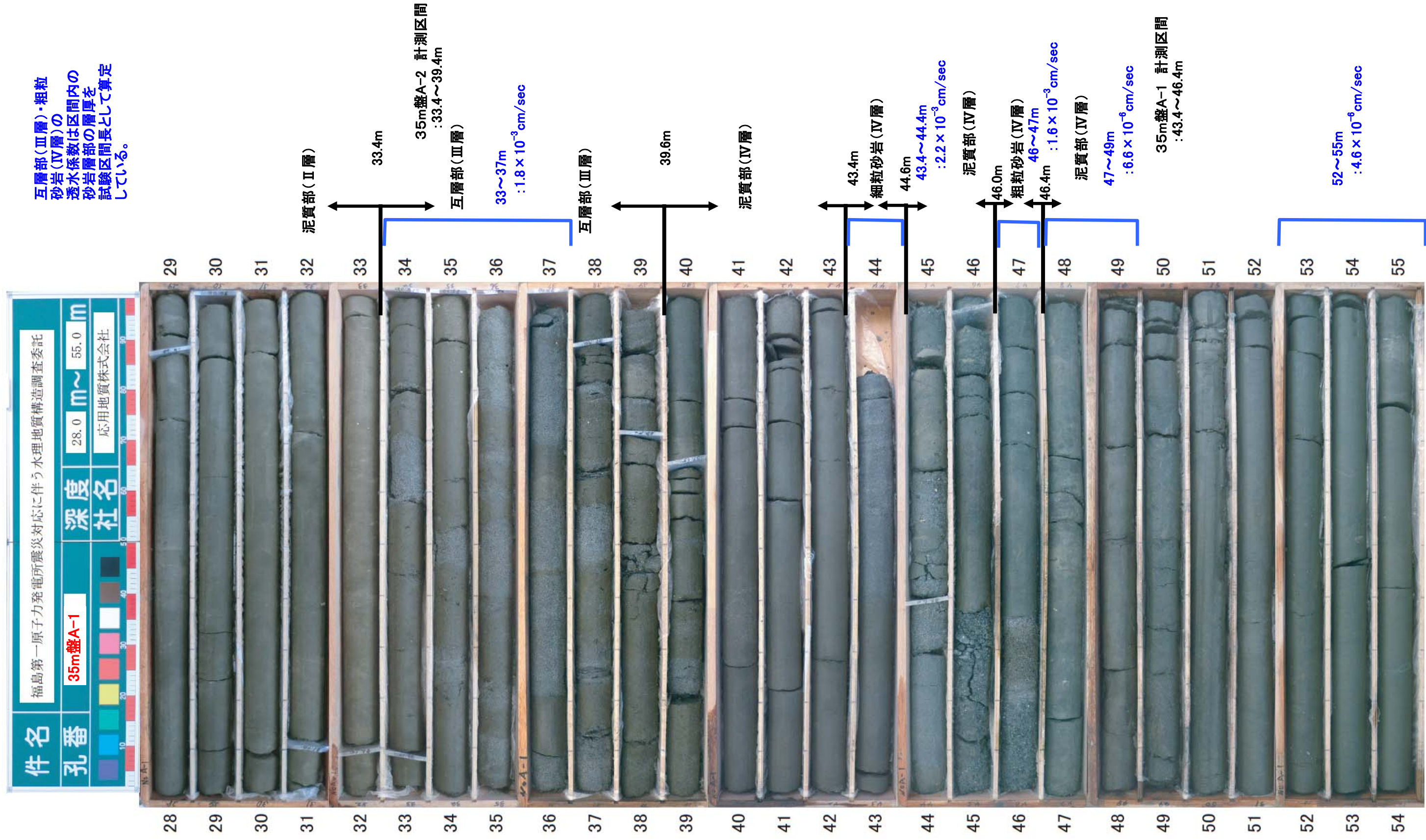
件名		福島第一原子力発電所震災対応に伴う水理地質構造調査委託	
孔番	35m盤A-1	深度	0.0 m ~ 28.0 m
社名		応用地質株式会社	

GL.0=O.P.34.6m

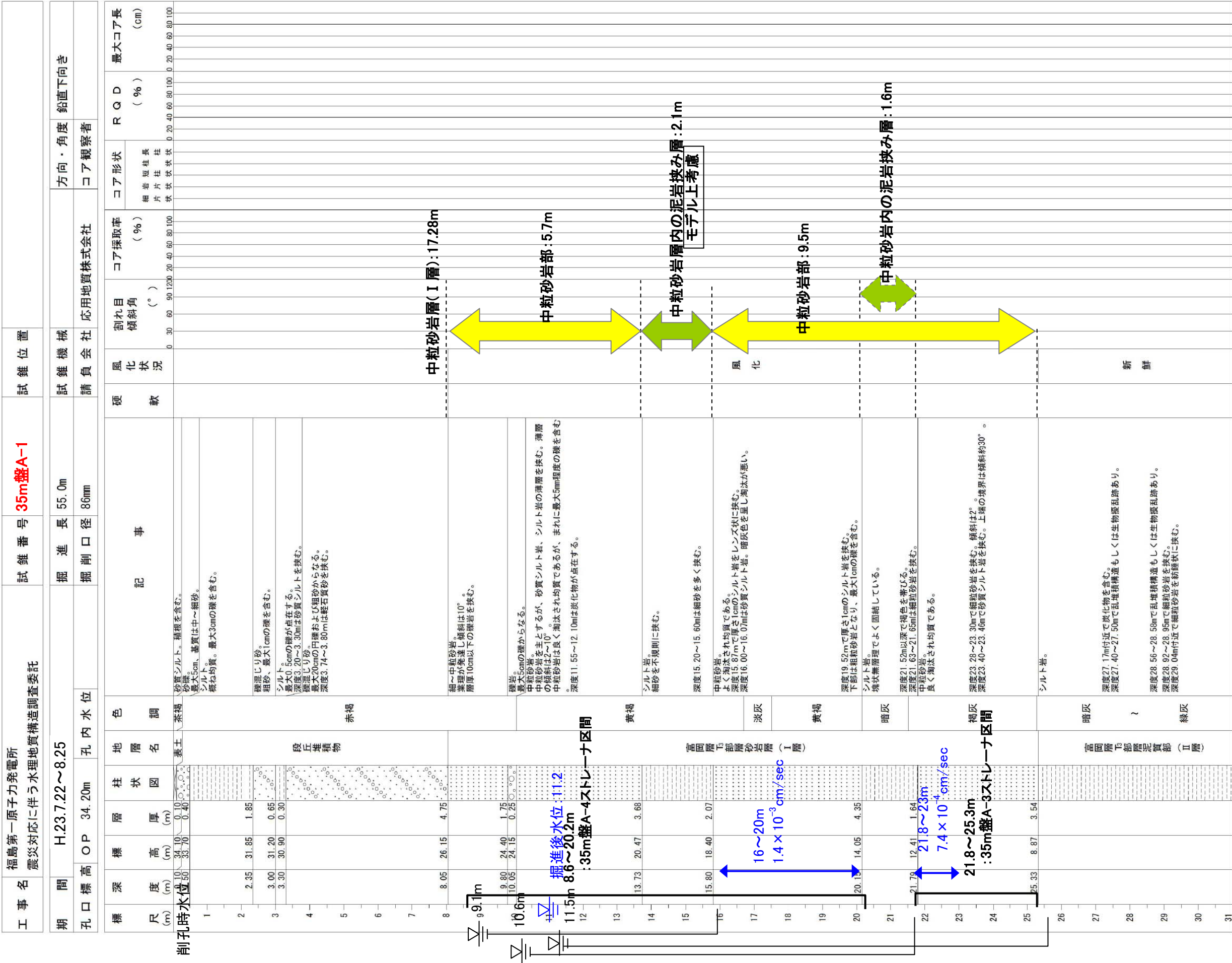
35m盤A-2~A-4は、A-1から
2mピッチ、ノンコア



GL.0=O.P.34.6m



ボーリング柱状図



9.1m

10.6m

掘進後水位:11.2

掘進後水位:8.6～20.2m

:35m盤A-4スレーナ区間

16～20m

1.4×10⁻³cm/sec

21.8～23m

7.4×10⁻⁴cm/sec

21.8～25.3m

:35m盤A-3スレーナ区間

中粒砂岩層(I層):17.28m

中粒砂岩部:5.7m

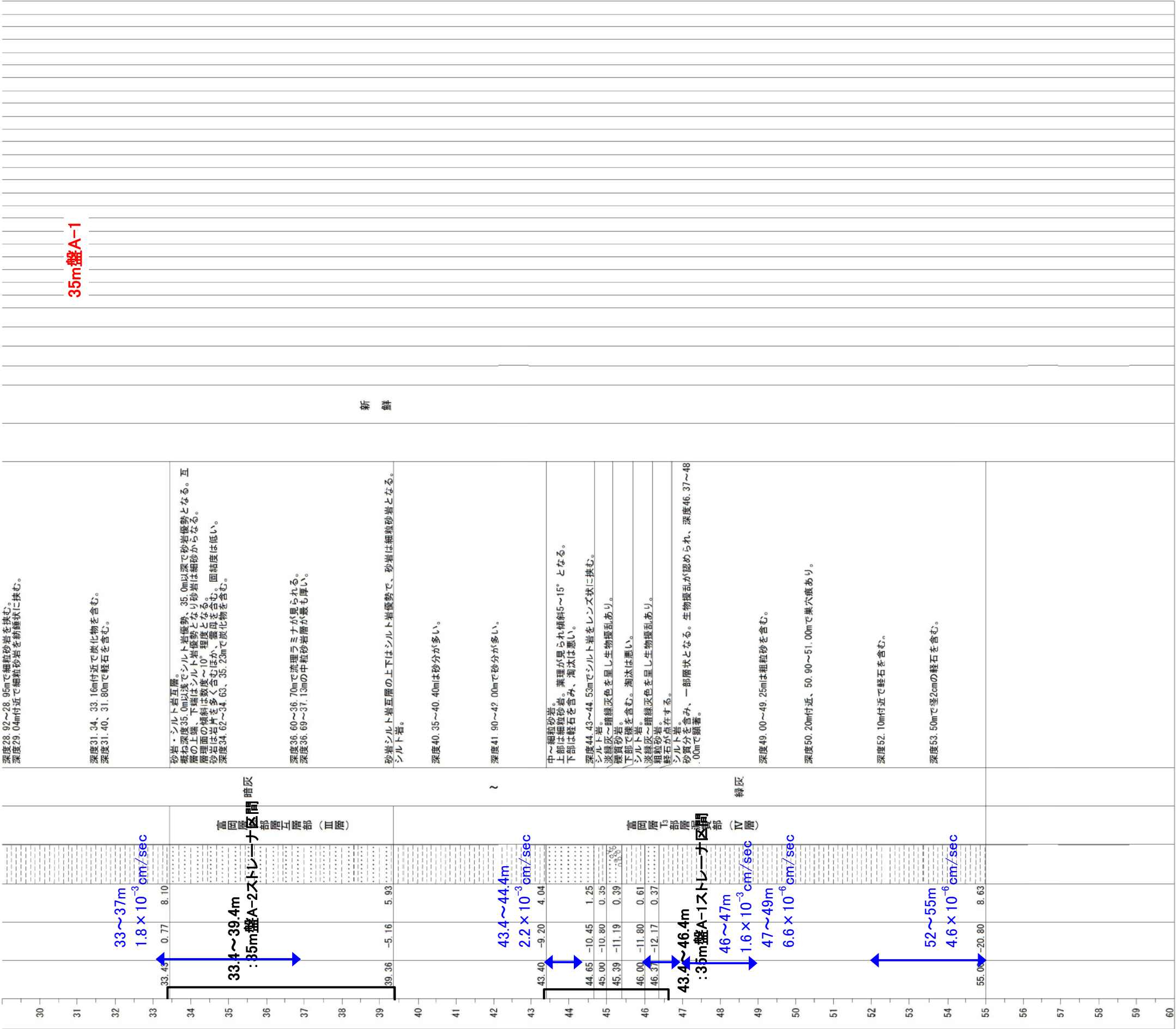
中粒砂岩層内の泥岩挟み層:2.1m

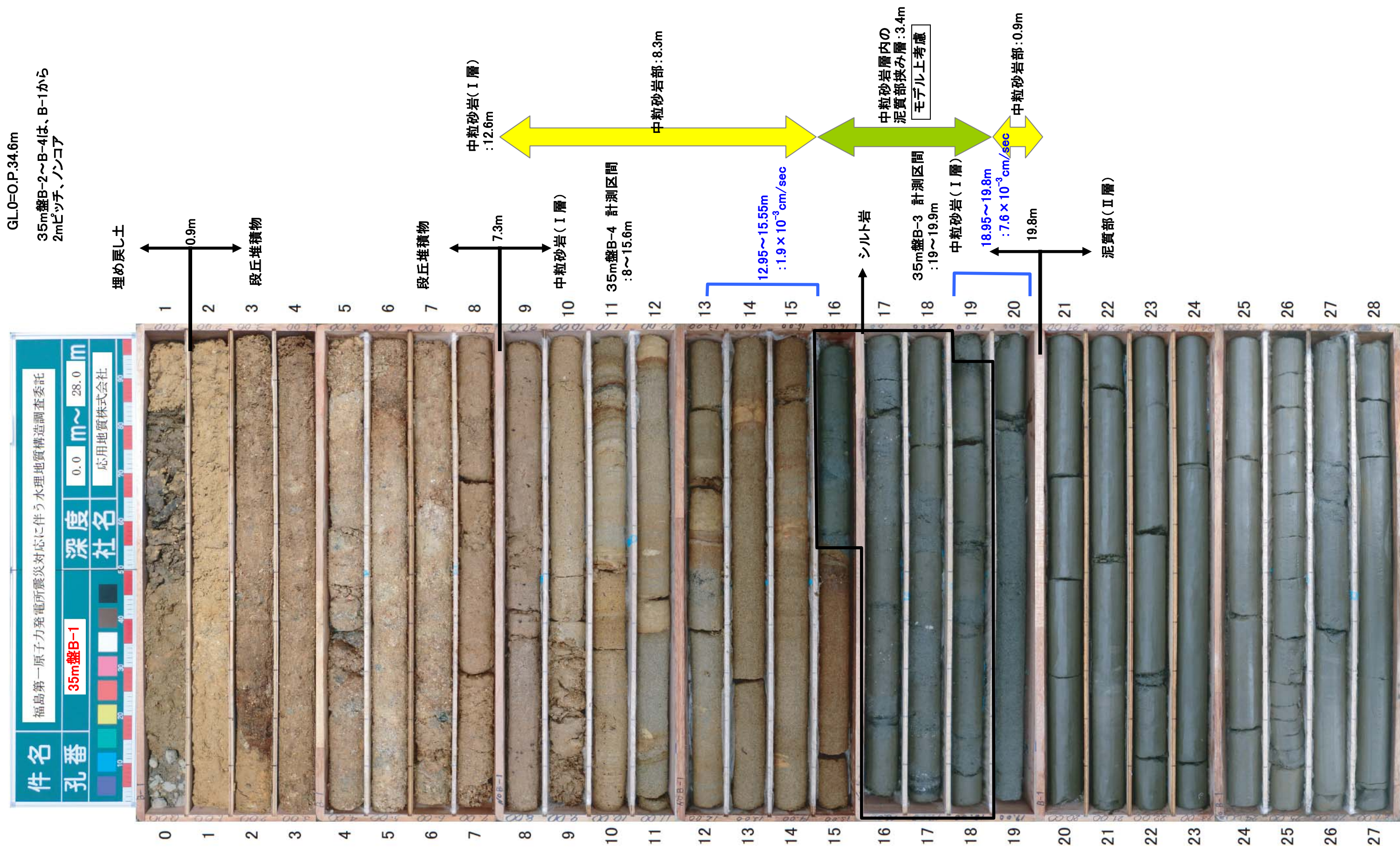
モデル上考慮

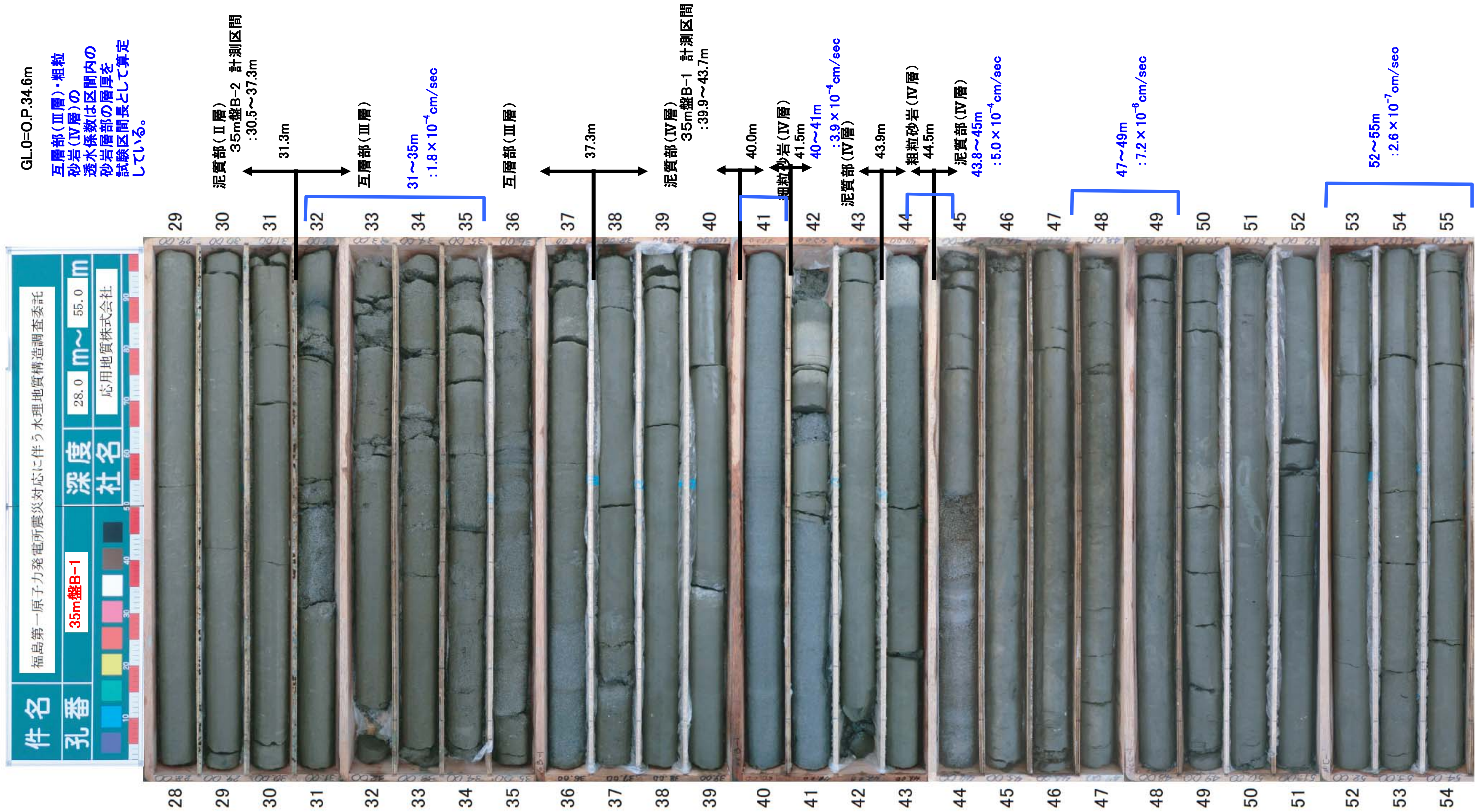
中粒砂岩部:9.5m

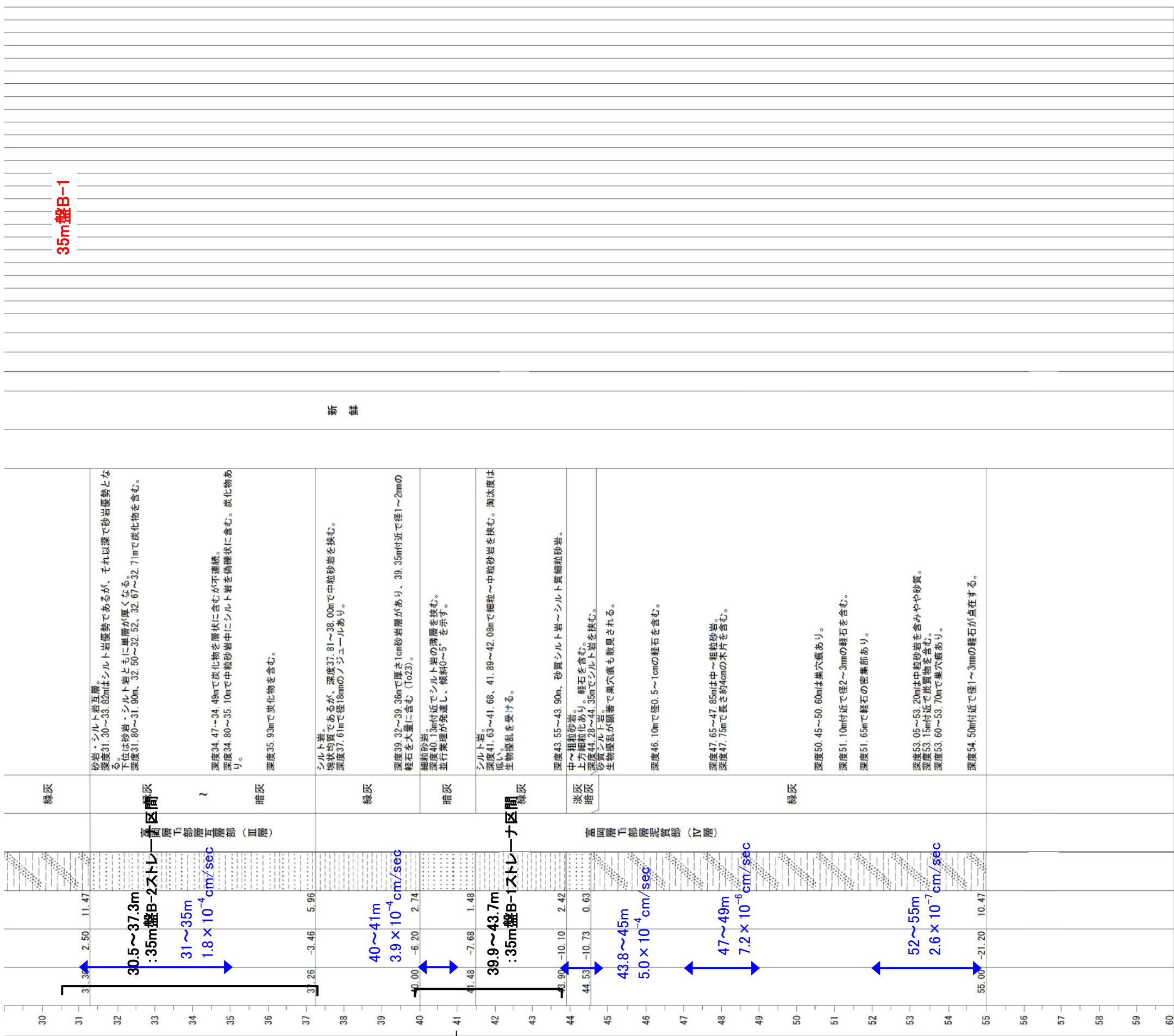
中粒砂岩内の泥岩挟み層:1.6m

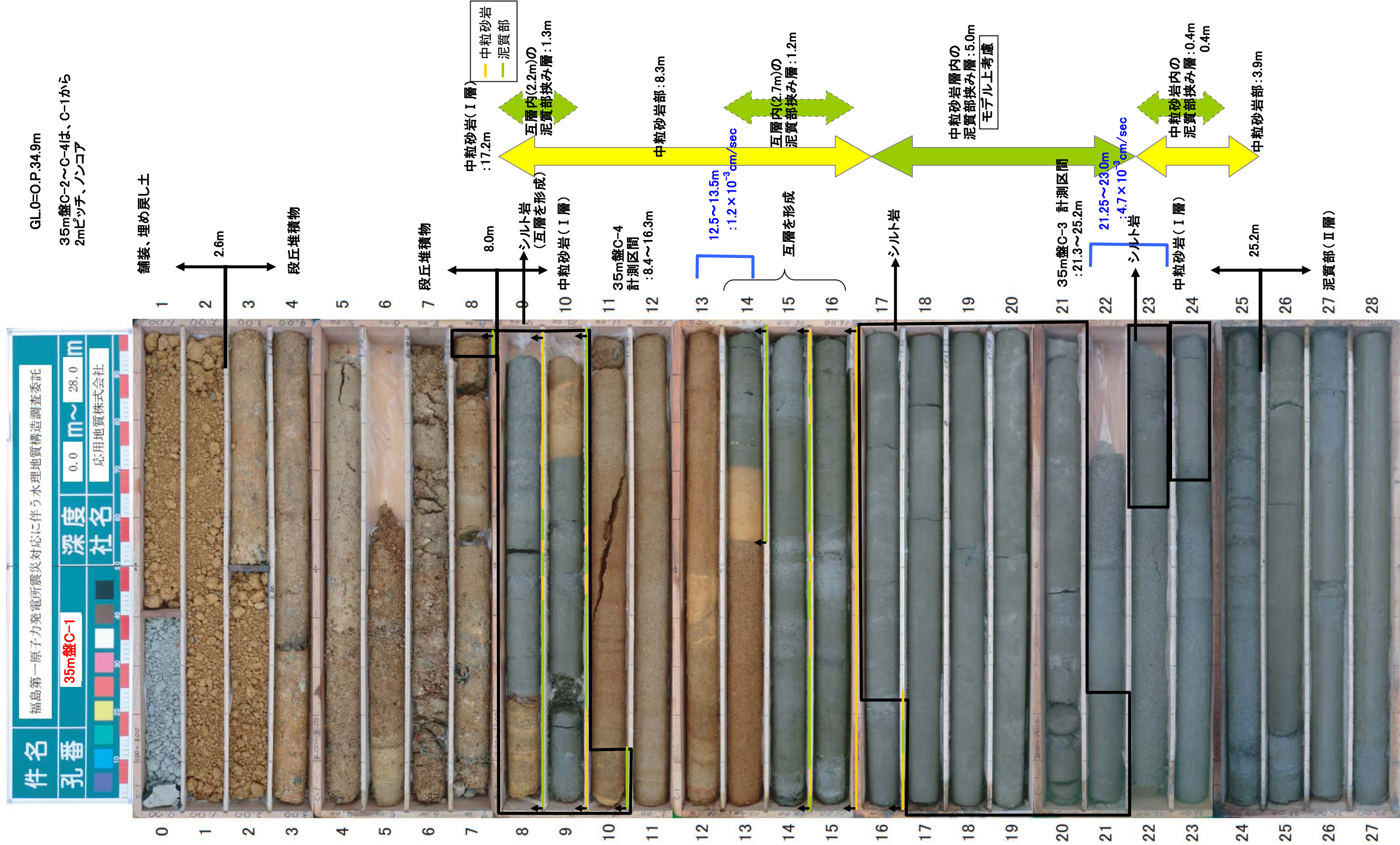
新鮮











件名

福島第一原子力発電所震災対応に伴う水理地質構造調査委託

孔番

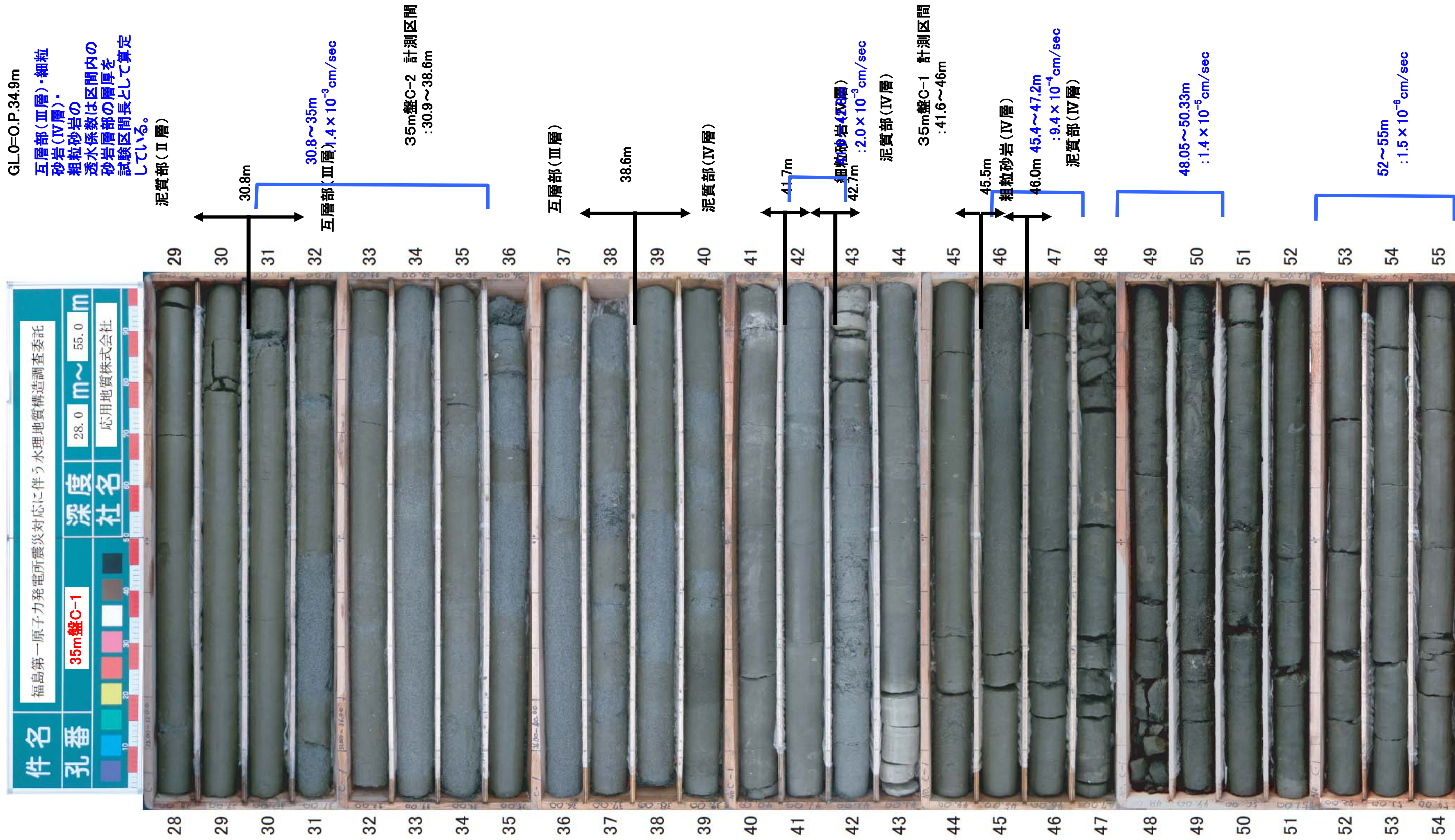
35m盤C-1

深度

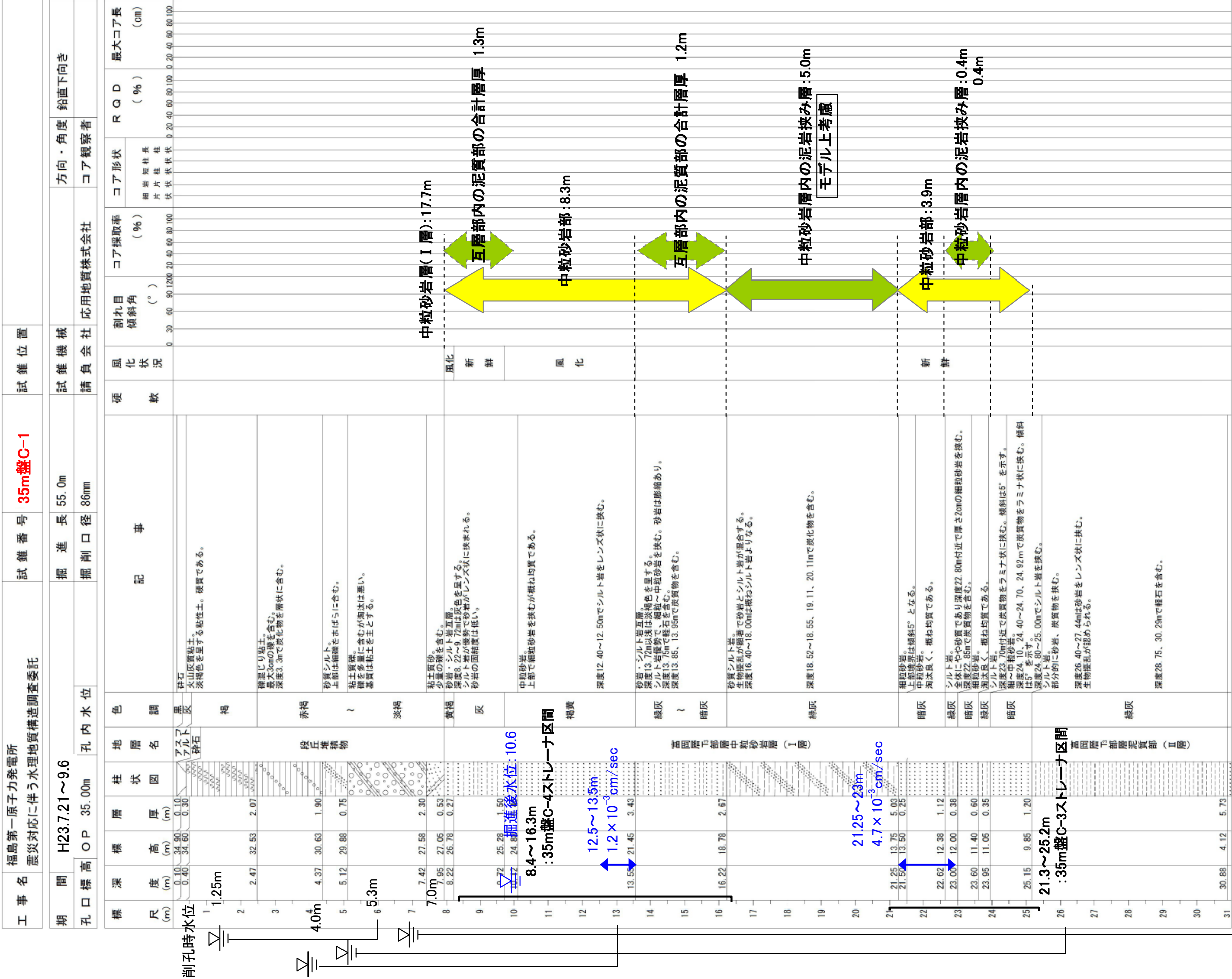
28.0 m ~ 55.0 m

社名

応用地質株式会社



ボーリング柱状図





豊水期前の不圧(中粒砂岩(I層))地下水位分布(H25.5.28)

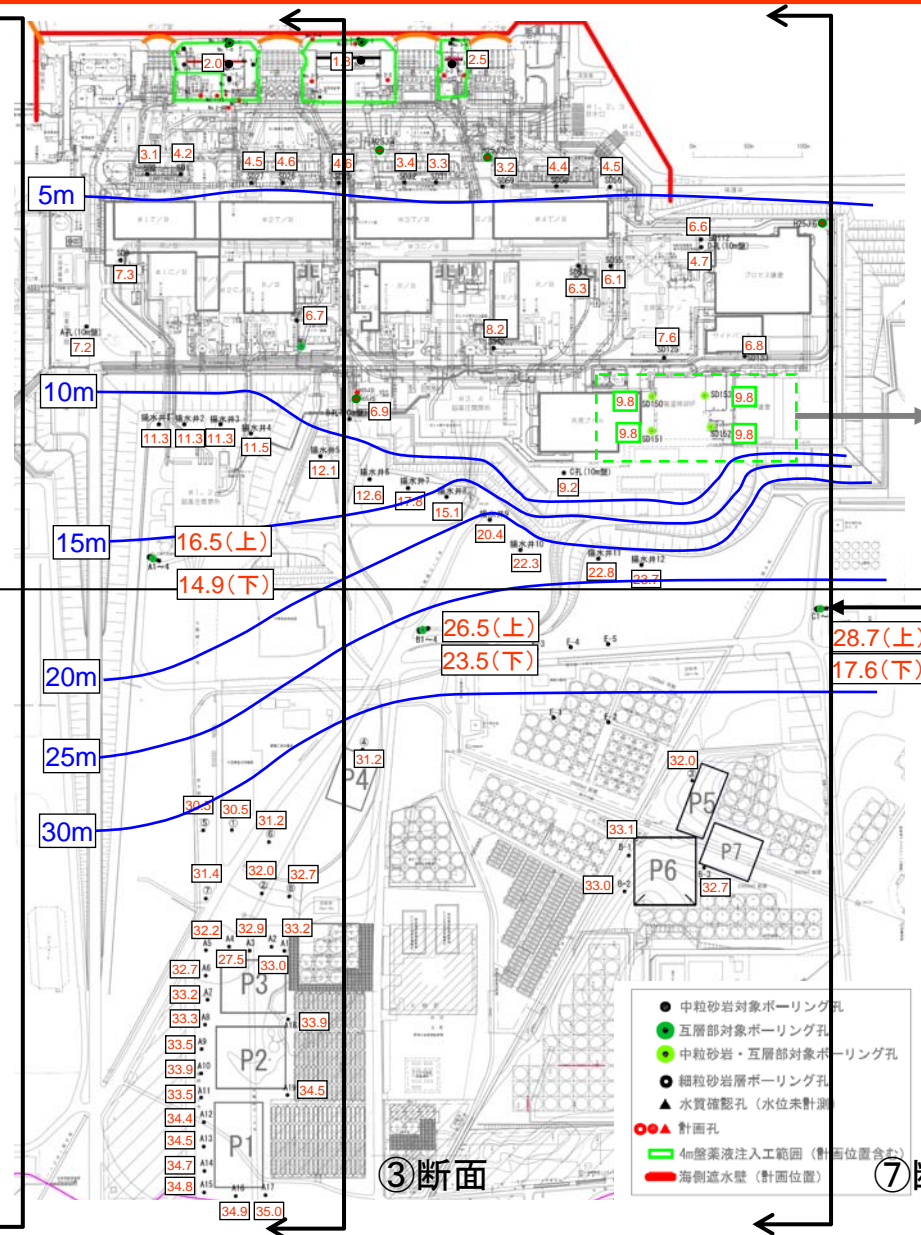
- ・図中の水位は、全て基準OP.mで記載。
- ・基準OP.mとは地震前の小名浜湾平均海面からの高さを表している。
- ・35m盤A～C孔は不圧(中粒砂岩(I層))を挟み泥岩の上・下部を計測しており、地下水位コンターは挟み上部で明示した。

⑭断面

⑧断面

③断面

⑦断面



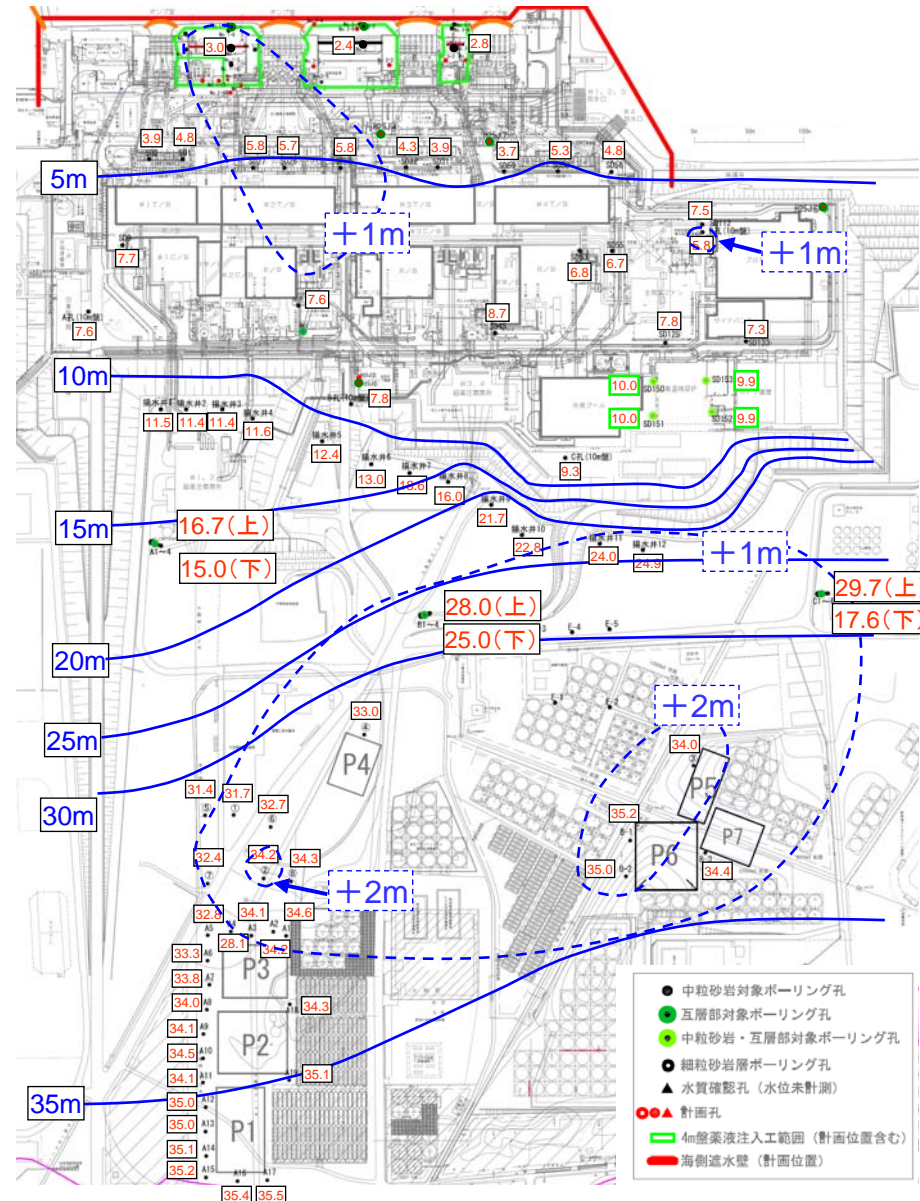
※4m盤不圧水位は、H24年以前から継続的に計測している孔のみ表示した。
(その他はH25.8以降計測開始)

※SD150～SD153は互層部と中粒砂岩を貫通して水位計測しているため、参考値とした。

● 中粒砂岩(不圧)水位計測予定孔(H25.11下旬予定)

降雨後の不圧地下水位分布(H25.8.9)

- ・図中の水位は、全て基準OP.mで記載。
- ・基準OP.mとは地震前の小名浜湾平均海面からの高さを表している。
- ・35m盤A～C孔は不圧(中粒砂岩(I層))を挟み泥岩の上・下部を計測しており、地下水位コンターは挟み上部で明示した。

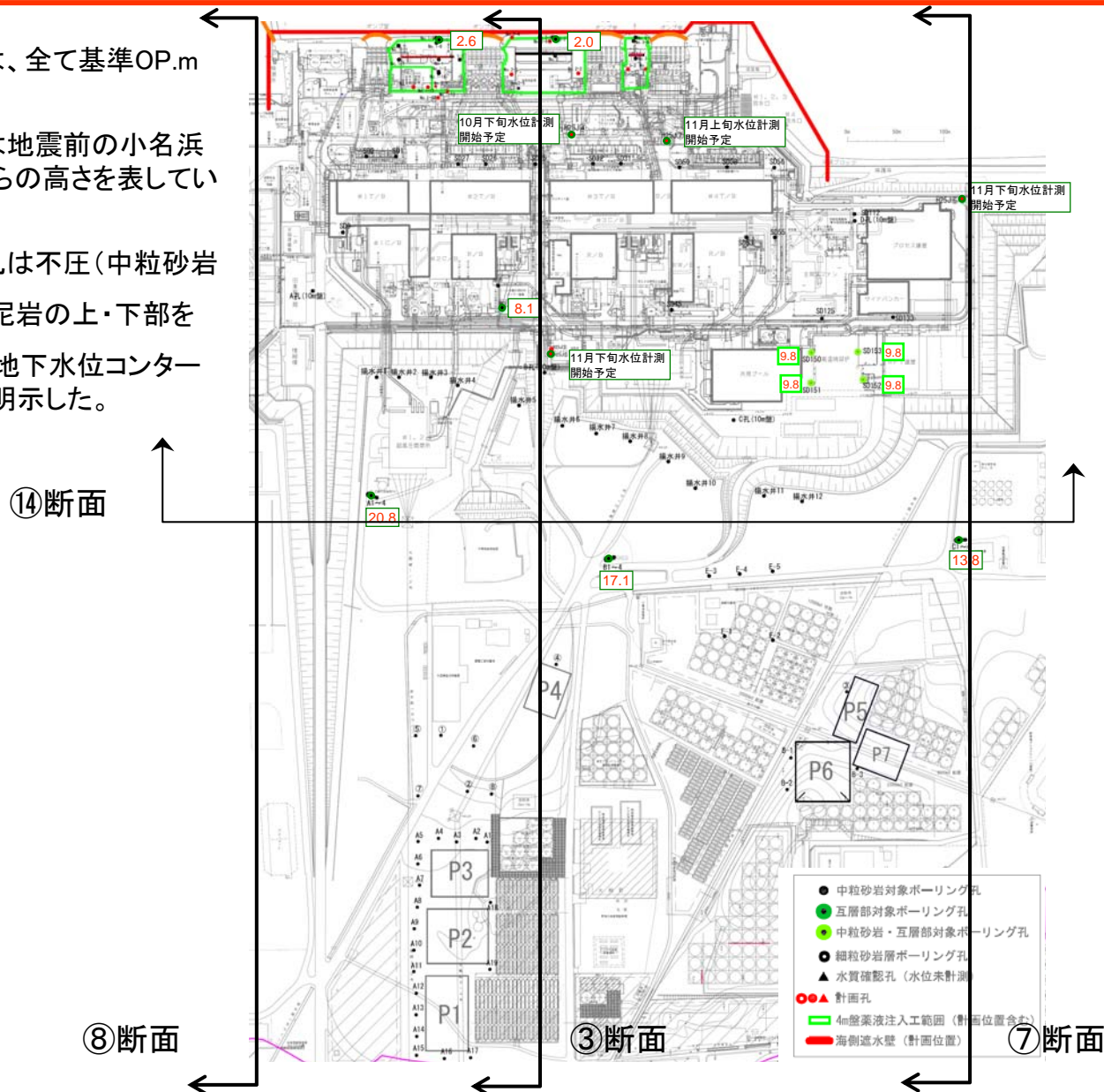


※4m盤不圧水位は、H24年以前から継続的に計測している孔のみ表示した。
(その他はH25.8以降計測開始)

H25.5からの上昇コンター

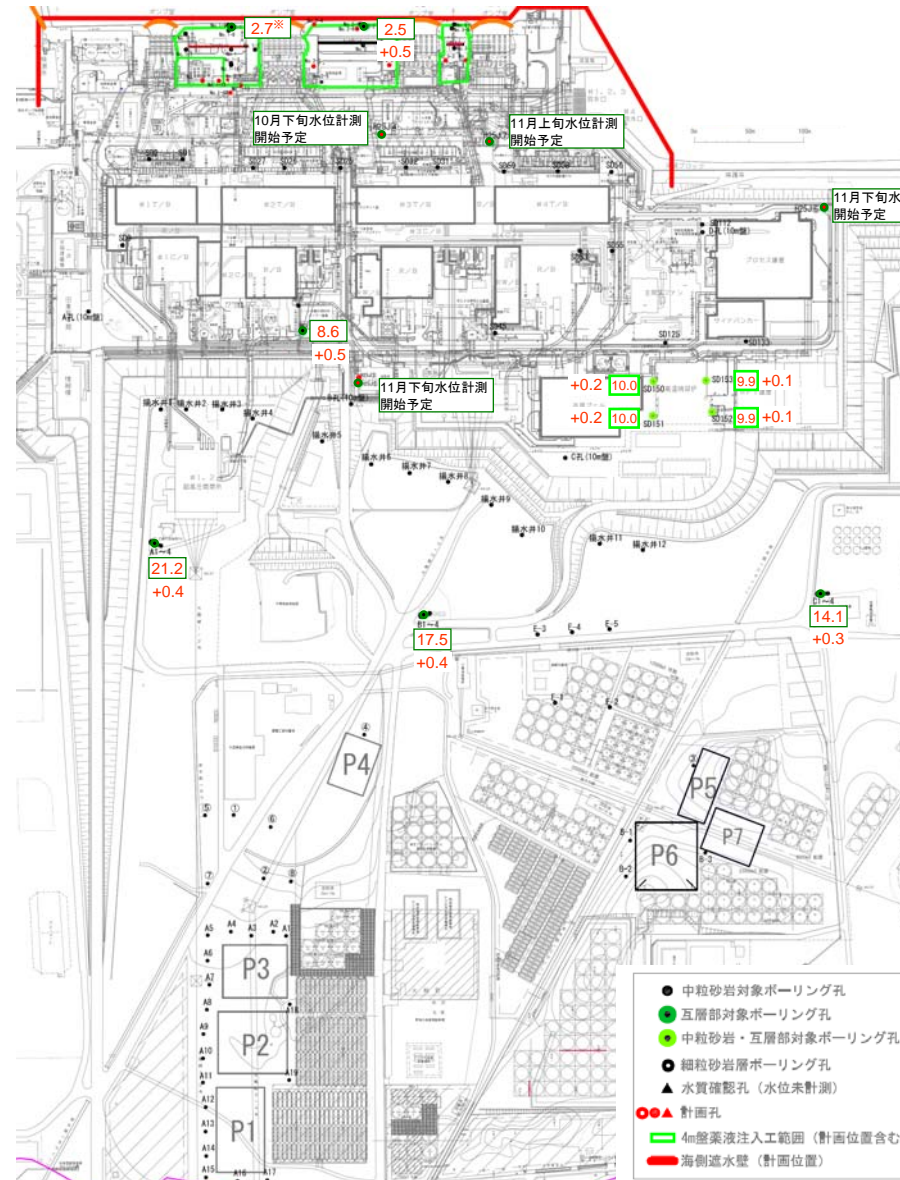
豊水期前の被圧地下水位分布(H25.5.28)

- ・図中の水位は、全て基準OP.mで記載。
- ・基準OP.mとは地震前の小名浜湾平均海面からの高さを表している。
- ・35m盤A～C孔は不圧(中粒砂岩(I層)を挟み泥岩の上・下部を計測しており、地下水位コンターは挟み上部で明示した。



降雨後の被圧地下水位分布(H25.8.9)

- ・図中の水位は、全て基準OP.mで記載。
- ・基準OP.mとは地震前の小名浜湾平均海面からの高さを表している。
- ・35m盤A～C孔は不圧(中粒砂岩 (I 層)を挟み泥岩の上・下部を計測しており、地下水位コンターは挟み上部で明示した。
- ・水位の下に、H25.5からの差分を記載した。例) +0.0



※4m盤C-1水位は、H25.8.9時点で欠測であるため、9.6時点の水位を記載した。

分野別の主な技術提案の総括 【技術分野1: 汚染水貯留】

特にご提案をお願いしたい技術		ご提案			ご提案いただいた技術の傾向	専門家レビュー会議によるコメント	東京電力(株)によるコメント
項目	小項目	分類	番号	関連するキーワード			
(1)溶接型タンクに求める要求事項	部品納入 & 現地施工期間が現状と比較して短期間であること	工場製作	558, 586, 620	工場製作一括設置大型タンク	溶接型タンクに求める要求事項として、 ・部品納入 & 現地施工期間が現状と比較して短期間であること ・タンク内面から点検 & 補修せずに10年以上漏えいを防止できること ・効率的に貯留できる構造であること ・少なくとも0.36G以上の地震に対して漏えい防止機能を維持できること ・タンク内で発生する制動X線を抑制できる遮へい機能を有すること これらをすべて満たすものとして、二重鋼殻の大型鋼製タンクの工場製作および現地一括設置が提案されている。 また、個々の要求事項に対しての提案も多数寄せられており、これらの組み合わせによる課題解決についても検討の余地がある。 納期工期の短縮については、工場製作+現地一括設置し、かつ設計から据付までのサプライチェーンを確保することで納工期短縮を実現する鋼製タンクの提案があった。 タンク内面から点検 & 補修せずに10年以上漏えいを防止することについては、鋼製タンクの内面をエポキシ、ポリエチレンまたはゴム等の樹脂でライニングする提案が多数あった。また、コンクリート二次製品にチタン等のライナーを施して耐久性を得る方法も提案された。電気防食による腐食対策も提案されている。さらに、タンクの維持管理方法に関する提案、タンクに接続する配管からの漏えいを防止する方法も提案された。 効率的に貯留できる構造であることに関する提案については、現地で部材を組み立てる案、工場で製作する案に分けられる。現地組立では最大30,000tの配水池、工場製作では2,000tの鋼製タンクが提案されている。 耐震性については、地震時の破壊を避けるためタンクの剛な連結を外すべきとの意見が示された。タンク縦横の継ぎ手部に変形追随機能を持たせる方法が提案されている。また、タンクを免震化・制震化する方法も提案されている。 制動X線遮へいについては、躯体や遮へい材の設置によりX線の遮へいを期待する案が多数示された。また、高分子材料により制動X線そのものを抑制することも示されている。	・十分に検討された実現性が高い提案が多い。 ・二重鋼殻大型タンクは挙げられたすべての技術スペックを直ちに満たせる提案と考えられる。 ・漏えい防止のための樹脂ライニングは樹脂の耐放射線性を確認する必要がある。高分子材料によるベータ線の制動輻射低減に関してはフィージビリティスタディーを実施し、設計に取り入れることも検討することが望ましい。 ・タンクの大型化は貯留効率を高める一方で、事故時のリスクを高めることに留意が必要であるが、現状の2倍程度の容量(2000t)であれば許容範囲と考えられる。大型タンクの設計・製作自体には大きな課題はないと考えられる。 ・耐震性に関しては、タンクの連結部の柔軟性確保が指摘されている。今後の地震などの災害リスクを考えると、いずれかの方法を選定して早期に着手する課題と考える。 ・石油貯蔵の分野では、タンクの1割はローテーションで空にしてメンテナンスに供するといったことが行われている。今回対象とする汚染水タンクでは汚染水を入れ替えることを頻繁に行うべきではないが、このような他分野のノウハウも技術の一つとして取り上げられるべきと考える。海外の原子力施設でも実施しており、精油施設や化学プラントにも関連するノウハウがあるはずである。	【納工期短縮】 タンクのリプレイスを加速化するため、納工期の短縮できる技術を要望している。 納工期の短縮を実現するためには、工場における製造期間に加え、輸送方法(陸送または海上輸送)、現地施工期間(据付検査、溶接検査等を含む)、効率的貯留(大型化)、構造(耐震性、信頼性等)を含めて、総合的に検討する必要がある。 【内部点検補修なしの10年漏洩防止】 汚染水を貯留するタンクについては、長期間(可能であれば10年以上)漏えい防止性能を維持できること、汚染水からの放射線により性能が劣化しないこと、タンク内面にアクセスしなくても性能維持できること、このような条件を満たしている技術を希望している。 なお、検討に際しては、設置期間、大型化、検査対応、耐震性等も含めて考慮する必要がある。 【効率的貯留(1,000tタンク以上)】 限られた敷地面積に効率的に貯留するため、タンク大型化の技術を要望している。 なお、設置時期として現在の貯蔵容量(約40万トン)を2015年度末を目途に80万トンまで増設する計画であり、目標時期までに検査も含め設置できるか、および構造(耐震性、漏えい防止対策等)も含めての検討が必要となる。 【耐震0.36G】 タンクの検討にあたっては、タンクが耐震性能を確保(0.36G以上)していることを前提に、タンク設置期間(検査対応含む)、効率的貯蔵(大型化)、漏えい防止などを含めた総合的な検討が必要となる。 【制動X線遮蔽】 タンクに貯蔵した汚染水により発生する制動X線について、敷地周辺までの影響を低減するために敷地からの離隔、内容物の低放射能化を進める予定。 なお、制動X線を低減すべくタンクの構造や材料等を変更する検討に際しては、設置期間(検査対応含む)、貯蔵効率(大型化)、構造(耐震性、漏えい防止等)も含めて総合的な判断が必要となる。
	タンク内面からの点検 & 補修せずに10年以上漏えいを防止できること	ライニング	36	チタンシート	また、個々の要求事項に対しての提案も多数寄せられており、これらの組み合わせによる課題解決についても検討の余地がある。 納期工期の短縮については、工場製作+現地一括設置し、かつ設計から据付までのサプライチェーンを確保することで納工期短縮を実現する鋼製タンクの提案があった。 タンク内面から点検 & 補修せずに10年以上漏えいを防止することについては、鋼製タンクの内面をエポキシ、ポリエチレンまたはゴム等の樹脂でライニングする提案が多数あった。また、コンクリート二次製品にチタン等のライナーを施して耐久性を得る方法も提案された。電気防食による腐食対策も提案されている。さらに、タンクの維持管理方法に関する提案、タンクに接続する配管からの漏えいを防止する方法も提案された。 効率的に貯留できる構造であることに関する提案については、現地で部材を組み立てる案、工場で製作する案に分けられる。現地組立では最大30,000tの配水池、工場製作では2,000tの鋼製タンクが提案されている。 耐震性については、地震時の破壊を避けるためタンクの剛な連結を外すべきとの意見が示された。タンク縦横の継ぎ手部に変形追随機能を持たせる方法が提案されている。また、タンクを免震化・制震化する方法も提案されている。 制動X線遮へいについては、躯体や遮へい材の設置によりX線の遮へいを期待する案が多数示された。また、高分子材料により制動X線そのものを抑制することも示されている。		
			86, 100, 286, 771	エポキシ			
			94	低密度ポリエチレンライナー			
			136	様式2なし			
			152	塑性保護コーティング			
			176, 216	繊維強化プラスチック(FRP)			
			206	タンク内部へのシートまたは吹き付けによる漏えい防止			
			219	耐放射線コーティング、高性能繊維			
			280	ゴム袋によるライニング			
			397	耐放コーティング、遮へい材重ね吹き			
			433	貯留状態でボルトタンクの内部を防水施工			
			664	タンク内に袋状構造物を配備する			
		腐食防止	373	電気防食による長寿命化			
			102	二重構造のタンクの間隙に遮水遮へい材設置			
	二重鋼殻タンク	219, 558, 620	二重鋼殻				
		400	遠隔検査、鋼材肉厚				
	鋼製タンクの維持管理	174	炭素繊維シート巻きつけ				
		603, 665	バックアップ、配管				
	タンクの補強	687, 688	補修補強技術、配管接続部				
		58	ステンレス鋼(SUS)製配水池1万～3万t製品				
	有限の敷地内に効率的に貯留できる構造であること(標準:円筒鋼製1000トンタンク)	タンクの大型化	147, 551	大口径鋼管のタンク化			
			328	現地組み立て9,000tタンク			
			334	1,000tタンク(SUSおよびグラスファイバー)			
			443	石油タンク			
			558	工場製作1,000tタンク			
			586	工場製作1,500tタンク			
			587	現地組み立て5,000tタンク			
			620	工場製作2,000tタンク			
	相当程度(少なくとも0.36G)以上の地震に対し漏えい防止機能を維持できること	タンク部材の耐震化	58, 72	機能性継ぎ手			
			152	塑性保護コーティング			
			620	二重鋼殻タンク			
		タンク本体の免震・制震	174	タンクの免震化			
			361	スロッシング制御装置			
			692	粘弾性ダンパー			
		その他	28	タンク配管の剛連結解除			
			669	耐震設計			
	可能であれば、タンク内で発生する制動X線を抑制できる遮へい機能を有すること	制動X線の遮へい	36	チタンシート			
			219	二重鋼殻間に鉛を挿入			
			549	様式2なし			
			586	遮へい設計			
			620	二重鋼殻			
		制動X線の発生抑制	274	プラスチックタンク、エポキシ樹脂			
			698	性能評価システム			

※国際廃炉研究開発機構(IRID)からの報告に、汚染水処理対策委員会事務局が東京電力(株)によるコメントを追記。

特にご提案をお願いしたい技術		ご提案			ご提案いただいた技術の傾向	専門家レビュー会議によるコメント	東京電力(株)によるコメント
項目	小項目	分類	番号	関連するキーワード			
(2)その他タンクに求める要求事項	大量の汚染水を長期的安定的に貯蔵することのできる手法(タンク以外も含む)	洋上貯留 Storage on the ocean	13, 197, 273, 335, 395, 432, 457, 517	タンカー、メガフロート等	汚染水の大量長期安定保管に関しては、外洋での汚染水の洋上貯留についての提案が多数あった。タンカーやメガフロートを用いたものが多く、中には石油の洋上備蓄の実績から、タンカー、コンテナ船、中継港での積み替え等様々な検討と提案もなされている。	・汚染水の洋上貯留は、漏えい時のリスクについて考慮する必要がある。国際的に見ても過去に実績がなく、技術面での信頼性と地元関係者の同意の点で難しいと考えられる。この場合堤防に囲まれた湾内での浮き貯留は漏えいの観点から比較的可能性があるが、津波対策を考慮することが必要となる。洋上貯留の場合には、海水中の塩素による鋼材の腐食が課題となる。	【大量長期安定保管】 ○洋上・湾内貯留 汚染水の洋上貯留を検討するに際しては、福島第一の港湾使用状況(廃炉作業のための資材運搬船舶が通過)を踏まえると港湾内に大規模設備を貯留することが困難であり、港湾外へ係留する等の処置が必要と考える。港湾外へ係留の際には、貯留設備の漏えい防止・検知機能、万が一の漏えい時の対策、荒天時の安全性、長期的な耐久性、撤去解体方法や法律的な課題等がある。 ○その他 汚染水を保管する設備の検討にあたっては、設置期間、効率貯留(大型化)、構造(耐震性、信頼性等)を含めて、総合的に検討する必要がある。 【地盤沈下への対応】 タンクの設置にあたっては、設置場所(コンクリート基礎)の地盤沈下対策として、設置時に地質調査を実施し、タンク設置に必要な地盤強度を確保するため、セメント改良等による地盤改良を実施し、変形等が生じないように施工している。 地盤改良として、セメント以外の方法を検討する際には、長期使用可能であるか、設置期間などを含めた検討が必要である。
			39	石油備蓄に基づく洋上備蓄の考察			
			493	洋上貯留のコスト工期、地上タンクとの比較			
			503	鋼製ボックス			
			555	メガフロートによる港湾内貯留			
		湾内貯留	421	フレキシブルタンク	防潮堤に囲まれた湾内に貯留する方法として、浮体を浮かべて貯留する方法、湾内に遮水材を設置して直接貯留する方法も提案された。	・地下タンクは、工事が長期間になることを考慮する必要がある。また、地下からの漏えい検知についても検討が必要である。	
			550	ダブル堤			
			668	防潮堤内の遮水、直接貯留			
			697	汚染水タンク、処理設備、処理水タンク、浮体			
		地下タンクと地下貯留	192	埋設配管の利用	トレンチ形状の地下貯水槽も多数提案され、多くがベントナイトバリアと遮水シートを組み合わせたものであった。	・汚染水の貯留が現地における非常に重要な課題である状況を鑑みると、既設の地下貯水槽を何らかの切り札として活かしておくことも策の一つとして考えられる。本年4月に漏水事故が生じたものではあるが、一定の層厚を有した粘土ライナーによる底部遮水層を設ければ遮水性能は格段に向上し、タンクに将来何らかの不具合が生じたときのフェールセーフの避難的措置として位置づけることが可能と考えられる。	
			367	地下深層部の利用			
			557	石油タンカーを流用した埋め込みタンク			
			574	50万t地下タンクの高速施工			
		トレンチ形状の地下貯水槽全般	103, 382, 478, 554, 647, 666, 667, 702	構造と材料の改良、総論的アドバイス、活用方法	小型タンクを多数用いる方法、集積する方法なども提案された。	・大量の汚染水は蒸散により減容することも考えられる。その場合、トリチウムなどの放射性核種の放出と核種および塩類の濃縮に注意を払う必要がある。	
		溶接以外の地上タンク(コンクリートタンクなど)	36, 71, 146, 360, 565, 691, 699	コンクリートタンク			
			217	大口径超長尺ホースへの貯留	また地盤沈下対応として、地盤改良により沈下を防止する方法、変形可能な継ぎ手をタンクの継ぎ目部に配置することにより、地盤沈下に対応するアイデアなどが提案された。	・今回の技術提案には海洋貯留、大型地上タンク、大型地下タンク、地下貯槽などいずれも既往の大型プロジェクトで一定の実績のある方法での提案がなされた。今後、これらの活用の可能性を検討していくにあたっては、サイトの条件や優先度、時間的制約等様々なリスクを考慮の上、課題への対応を図ることが可能かどうか検討する必要がある。その際、予期せぬ汚染水の増大に備えてのオプションを考えておくことも重要である。	
			454	アラミド繊維、補強			
			619	現地組み立て	土木学会および地盤工学会からは地下貯水槽の改良や貯水タンク基礎工の改良など、溶接型タンクに求める要求事項も含め、多数の有益なご提案をいただいた。		
			663	漏えいバックアップ			
		小型タンクの活用	54, 106	プラスチックタンク			・地盤沈下に関しては、正確な地盤情報に基づく設計が重要と考えられる。
			223	小型タンクの立体積み重ね定置			
			257, 371, 719	フレキシブルバッグ			
			502, 651	飲料缶技術			
	地盤沈下にも対応できる手法		58	機能性継ぎ手			
			578	グラウトによる地盤改良工法			

※国際廃炉研究開発機構 (IRID) からの報告に、汚染水処理対策委員会事務局が東京電力(株)によるコメントを追記。

特にご提案をお願いしたい技術		ご提案			ご提案いただいた技術の傾向	専門家レビュー会議によるコメント	東京電力(株)によるコメント	
項目	小項目	分類	番号	関連するキーワード				
(3)微小漏えいを検出できる技術	パトロール時のβ線測定能力向上	高γ線雰囲気下でのβ検知	83	フレキシブルな遮へい材料	取り扱いやすいフレキシブルな遮へい材料によりγ線遮へいを行った上でβ線を検知する方法が提案された。 プローブの改良によるβ線検知方法は多数提案されたが、いずれも開発段階とされている。その中で、薄層プラスチックシンチレータを用いる方法も研究段階であるが、提案によっては実現に近いともされている。また、既往のプローブの利用方法を工夫することでベータ線の測定を可能にする研究の提案もあった。 測定機器の軽量化に関しては、遮へい材の工夫とプローブの改良の提案があった。プローブの改良はいずれも研究段階とされている。 汚染水の漏えい視認のため、既存の染料を応用する提案があった。食品、医療で用いられている染料の提案が多数あり、これらは人体には影響ないが、除染への影響や脱色方法、環境への影響は今後検討すべき課題とされている。β線照射により有機色素が分解する特性を検知に利用する方法も研究されている。	・計測場所は線量や気象などの環境が厳しく、精緻な作業は困難である。一般に、モニタリングのエラーの95%はサンプリングに起因することを考慮すると、現場作業を簡素化することは重要である。また、漏えい検知をβ線検出により行う場合、タンク近傍での作業になる。一方で、染料により漏えい検知する場合は、ある程度離れて作業することができるため、被ばく低減の観点からメリットがある。 ・海外ではハンディのベータ線モニタを開発済みである。また、プラスチックシンチレータの実現性は高いと考えられる。今後福島サイトへの適用性を検討するため、実証の状況についてメーカー等に確認するべきである。 ・β核種の漏えい検知には、パッキン部分をスミアし、液シンバイアルに入れて液体シンチレーションカウンターにて測定する方法も考えられる。ベータ線モニター、プラスチックシンチレータとも合わせて、実作業での効率も含めて検討を行うべきである。β線の定量計測でなく検知であれば、現状のサーベイメータにγ線とβ線の物質透過力の差を応用するアタッチメントを加えることで適用可能と考えられる。 ・有機染料はβ線で分解するため、放射線量の把握とその環境下で使用可能な染料の選定が重要である。一方で、これを利用した検知は可能性がある。汚染水に添加物を入れる方法は水処理への影響も考慮しなければならない。	【測定機器の軽量化】 パトロール時のβ線測定能力向上のため、約50μSv/hのγ線雰囲気線量下でβ線表面汚染密度を計測でき、携帯しやすいよう軽量である技術を要望している。 当面は既存技術を適用する計画であるが、パトロール要員の負荷軽減(軽量化)や性能の高い機器が開発されれば、引き続き適用することを検討する。	
			304	非破壊遠隔測定				
			320, 622, 725	プラスチックシンチレータ箔				
			376, 485	プローブの改良				
			472	ガスフロー式サーベイメータ				
			559	濃縮前処理、イオン吸着剤				
			621	β表面線量計、細い窓を活用した遮へい				
			623	オンラインモニタリング、Sr90				
		測定機器の軽量化	83	フレキシブルな遮へい材料				【染料(除染影響、環境影響、脱色)】 漏えい水の視認性向上のための染料については、検出性が向上することを前提に、染料の添加による水処理時の廃棄物増加、放射性核種の除去処理への影響、炉注機器や環境への影響、脱色方法等のデメリット有無についても検証が必要である。 【その他】 検討に際しては、現場への設置性などを含めて考慮する必要がある。
			472	ガスフロー式サーベイメータ				
			485	プローブの改善				
	タンクからの漏えい水の視認性向上	染料	15, 552	染料の利用		水位計測による漏えい検知も多数提案された。差圧式センシングは燃料貯蔵用タンクおよび米軍に採用されている検出方法である。タンクの継ぎ手部の圧力変化で漏えいを検知する方法、タンク表面を分光機で監視する方法なども提案された。地上タンクの底板にアクセスできる構造を採用し、漏水または底板そのものを目視観察する方法も提案された。 ・貯留水そのものの漏えい検知方法として、差圧モニタリング式の漏えい検知方法は、石油、軍事、原子力サイトの適用されている着目すべき技術である。環境が安定している地下タンクでは有力な技術であるが、地上タンクでの適用は測定条件の確認が必要である。 ・二重鋼殻タンクについては、鋼殻の間でモニタリングすることが可能と考えられる。		
			69	汎用染料の活用				
			191	食用染料利用、タンクの部分的白色塗装				
			225, 354	蛍光色素				
			379	様式2なし				
			720	リグニン				
		照射による変色	532	照射量による色相変化				
			570	漏えい検知塗料、ゲル				
			612	顔料のβ線による変色の調査				
			水の漏えい検知	水位センサ	111		遠隔監視システム	
					176		レベル計、回転表示灯	
	331	差圧式センシング						
	498	高精度液面計						
	漏えい検知	58		機能性継ぎ手				
		121		ゼリー化、可視化				
		638, 645		レーザー分光機、遠隔同定				
	漏えい監視	214		排水溝を備えた基礎構造				
		215		監視可能なタンク底板とタンク移設方法				

※国際廃炉研究開発機構(IRID)からの報告に、汚染水処理対策委員会事務局が東京電力(株)によるコメントを追記。

特にご提案をお願いしたい技術		ご提案			ご提案いただいた技術の傾向	専門家レビュー会議によるコメント	東京電力(株)によるコメント
項目	小項目	分類	番号	関連するキーワード			
(4)ボルト締め型タンクの撤去作業の円滑化	撤去時の除染高速化・作業時の被ばく低減	除染技術	132	超高圧液体窒素除染技術	さまざまな除染技術と遠隔技術が提案された。 液体窒素、鋼球や水を高圧で吹き付ける方法、レーザーで表面を気化させる方法、タンクを電極としてタンク内で電気分解を行う方法などによる遠隔除染が提案されている。除染後のスラッジを可動長尺ノズルで遠隔回収する方法も提案された。溶断の遠隔技術、油田や原子力で実績のある遠隔解体技術も提案されている。そのほか、剥離塗料による除染の合理化も提案されている。 除染廃棄物の取り扱いに関しては、除染排水の処理方法、廃棄物の固化剤の提案や、鋼材等を溶融して減容または廃棄物容器等として再利用する方法が提案された。 そのほか、除染や解体の手順に関するノウハウ、CAD上でのシミュレーションによる手順検討などが提案されている。	・除染方法を選定する際には、汚染の状況、許容される除染期間など現地のニーズを十分に考慮する必要がある。また、二次廃棄物の処置も考慮すべきである。不必要に高性能な方法を採用する必要はなく、水だけの除染のみで効果が得られた実績もあることを踏まえて検討すべきである。 ・液体窒素吹付、ファイバーレーザー法など比較的先進的な方法については除染作業に要する時間や面的除染への有効性についても十分な検討が必要である。 ・抽出された技術は、海外で採用されているか適用を検討中のものが含まれている。 ・その他、提案されているもの以外にもドライアイスプラスト、アイスプラストなどの除染技術がある。 ・遠隔技術は原子力を含め多くの産業ですでに適用されている。 ・サイト内でのタンク材料の再利用は良い視点であり、サイト内での溶融炉設置の可能性も含めて検討に値するものである。	【撤去時の除染高速化】 タンクのリプレースを順次進めるにあたり、敷地を有効利用する観点から、撤去作業は可能な限り速やかに実施したく、除染を迅速に実施できる技術を要望している。 除染技術の検討にあたっては、除染による二次廃棄物や液体廃棄物が極力発生しないこと、あるいは廃棄物発生量が低く処理処分方法に課題がないことが重要である。なお、作業員の被ばく低減のため遠隔対応が容易であることが望ましい。また、敷地内の広範囲なエリアで作業することから、電源の確保等についても考慮する必要がある。 【作業時間短縮、遠隔解体作業】 タンクのリプレースを順次進めるにあたり、敷地を有効利用する観点から、撤去作業は可能な限り速やかに実施したく、除染を迅速に実施できる技術を要望している。 除染技術の検討にあたっては、除染による二次廃棄物や液体廃棄物が極力発生しないこと、あるいは廃棄物発生量が低く処理処分方法に課題がないことが重要である。なお、作業員の被ばく低減のため遠隔対応が容易であることが望ましい。また、敷地内の広範囲なエリアで作業することから、電源の確保等についても考慮する必要がある。 【二次廃棄物保管】 除染による廃棄物について、処理処分方法に課題がないことが望ましい。 なお、タンク設置エリア近傍に広範な作業場所が確保できない可能性があり、作業エリア及び電源の確保等についても考慮する必要がある。
			224, 588	スチールブラスト遠隔除染			
			305	ファイバーレーザーによる除染、遠隔処理			
			553	レーザー除染技術、溶断、自動化技術			
			613	電気化学分解、超音波洗浄			
			630	サンドブラスト除染			
			696	水、高圧水、遠隔除染			
		遠隔回収技術	333	リモートマニピレータによる除去物の回収			
			431	スラッジ、回収方法			
		遠隔解体作業	553	レーザー除染技術、溶断、自動化技術			
			164	ロボット技術、レーザー技術			
		その他	167	解体円滑化			
			419	剥離性樹脂によるタンク内面除染			
		除染廃棄物の取り扱い	729	剥離塗料による汚染固定と除染合理化			
	除染廃液の処理		756	電気化学的処理プロセス、塩化物の除去、錯体の酸化			
	廃棄物の固化		420	汚染廃棄物の固化剤			
	廃棄物のリサイクル		556	放射性廃棄物への作り替え			
	その他	除染作業の合理化	644	鋼材の除染とリサイクル			
			188	除染手順			
			233, 336	除染、撤去、解体技術全般			
			306	除染最適化検討ツール、CADシミュレーション			
			445	除染技術全般(除染、減容化、再利用)			

※国際廃炉研究開発機構(IRID)からの報告に、汚染水処理対策委員会事務局が東京電力(株)によるコメントを追記。

特にご提案をお願いしたい技術		ご提案			ご提案いただいた技術の傾向	専門家レビュー会議によるコメント	東京電力(株)によるコメント
項目	小項目	分類	番号	関連するキーワード			
(5)タンク本体以外のご提案	貯留水のゲル化、固化、吸着	ゲル化	64	ゲル化剤	その他、特に技術提案をお願いしたい事項以外の提案として、貯留水をゲル化または固化して漏水を防ぐ方法、漏水後に吸水または吸着する材料が提案されている。	・貯留水のゲル化・固化については、その後の処理に課題が多いと考えられる。再度液体に戻せる技術があれば可能性はあるかもしれないが、困難と考えられる。	【貯留水のゲル化、漏洩時硬化剤】 検討に際しては、滞留水を固化した後の処理を含めて考慮する必要がある。
			121	ゼリー化による漏えい防止			
		固化	37	固化剤、安定剤	雨水と汚水の混入を防ぐため、タンクに屋根をかける提案も示されている。	・非セメント・非ポリマー系の固化材は1960年代から建設に用いられている材料であり、物質の吸着性に優れる。固化後の状態はコンクリートに似ているものであり、他の1F工事への検討にも値する。	【タンクの雨除け】 タンク堰内への雨水流入を低減するため、タンク周囲に雨除けの設置を検討しているところ。多数のタンクがあることから、設置作業の簡便さ、雨除けできる範囲などを考慮することが必要。
			42	空気硬化性混和剤			
			161	無機系固化剤			
			468	非セメント非ポリマー固化材	ボルト型タンクを、除染後に内部をライニング、フランジ部を溶接または樹脂で補修する等により、再利用する方法も多数提案された。	・ボルト締めタンクをライニングして再利用する提案は、廃棄物低減、コスト削減、制動X線遮へいの観点からメリットがあると思われるが、耐震に関しては追加対策が必要である。また、貯留効率改善、作業者の被ばく低減と補修の品質管理の観点でも更なる検討が必要と考えられる。	【小型タンク】 限られた敷地面積に効率的に貯留するため、タンク大型化の技術を要望しているが、狭隘な土地の活用時など、今後必要性が生じた際の検討項目と考える。
			471	石膏、タンク全体			
		吸着、吸水	16	バイオセーフティー、ナノ複合材料吸着剤	コンクリート製の地下貯留設備と遮水壁を兼用する構造の提案があった。		【地下タンク兼遮水壁】 検討に際しては、設置期間、管理方法などを含めて考慮する必要がある。
			130	ゼオライト、タンク隙間充填、放射性核種の回収			
			171	高吸水性高分子	タンク漏えい時に吸着材をタンク周りに配置する方法、タンク内で水処理する方法、貯留水の処理方法と処分方法等についても提案があった、		【コンクリートタンク】 検討に際しては、設置期間、管理方法などを含めて考慮する必要がある。
			365	感温性高吸水性樹脂			
	タンクの雨除け		25, 127, 196, 207	屋根と樋	なお、海外の多くの組織が汚染水問題に関する実績と経験を提示している。		【汚染水問題に関する経験等】 検討に際しては、設置期間、管理方法などを含めて考慮する必要がある。
			124	屋内式タンク			
	ボルト型タンクの補修		202	ゴム充填			
			513, 689, 690, 693	接合部			
			630	二重底構造、ゴムライニング(鉛入り)、オーパフロア接続			
			722	タンク浮上工法			
	地下タンク兼遮水壁		96	遮水壁内部に汚染水を貯留			
			456	コンクリート二次製品、土留め、貯留、遮水構造			
	タンク内および漏えい時の貯留水の処理(添加剤、吸着剤の活用、凍結、蒸散など)		43	凍結、濃縮、減容			
			50	様式2なし			
			55	凝集沈殿			
			73	農薬、分解			
			115	ゼオライト、地下壁、Sr吸着			
			122	貯水頁岩			
			162	オゾン水、分離			
			178	様式2なし			
			247	ストロンチウム、セシウム、吸着処理			
			277	浄化			
			285	放射能除去機能			
			504	緊急対策、漏えい			
			525	汚染水処理			
			534, 631	水処理設備			
			715	バックアップ			
	汚染水問題に関する海外の経験の共有		142, 382, 445, 462, 539, 766	海外の原子力関連機関、電力関連研究所等			

※国際廃炉研究開発機構 (IRID) からの報告に、汚染水処理対策委員会事務局が東京電力(株)によるコメントを追記。

分野別の主な技術提案の総括 [技術分野2: 汚染水処理]

特にご提案をお願いしたい技術		ご提案			ご提案いただいた技術の傾向	専門家レビュー会議によるコメント	東京電力(株)によるコメント
項目	小項目	分類	番号	キーワード			
(1)トリチウム分離技術に求める要求	原子力分野で研究されている分離技術	1)水蒸留法	66, 261, 422, 486, 609, 685	地熱利用、減圧蒸留	トリチウムの分離技術に関しては、これまで原子力分野で研究されている分離技術の延長線上にあるものに加え、新たな発想に基づく分離技術の提案が寄せられた。 最も多くの提案が寄せられた方式は、CECE法を応用したものであった。その中には、技術的にトリチウムの分離が可能であり、福島第一への適用に関する研究を具体的に提案しているものがあったが、規模・コストの面で解決すべき課題があるとしているものもある。 今回の提案では、既存技術(水蒸留法、電解法、CECE法)の課題の一部を解決するアプローチとして、減圧蒸留や燃料電池・セラミック電極の利用や、分離に使用する触媒の改良といった改善提案が寄せられた。 また、危険な物質を扱うことから実用化が見送られているGS法については、硫化水素に代わり塩酸を用いる提案が寄せられた。	・トリチウムの分離技術については、国際的な経験では、EUのOSPAR委員会や欧米諸国で総合的な評価を行った中で、技術的な観点からはトリチウムを分離できる技術は存在するが、産業規模で実用可能な技術は無いと結論付けられており、結果として環境への管理された放出が最善の選択とされている。 ・今回寄せられた数多くの技術提案について、これまでの知見・経験から最も有望とされている方式であるCECE法の分離性能を大幅に向上させる革新的な提案は無いと見られる。 ・これらの技術について、福島第一への適用に向けた検討をおこなう際には、開発に要すると見込まれる時間、規模、コストを精査するとともに、分離のリスクを勘案することが必要である。 ・今回の技術提案でも、数多くの提案が寄せられたが、短期間で福島第一原発に適用できると示されたものは無かった。 ・一方で、研究段階にある様々な技術の動向について、今後も情報収集を行っていくことが重要である。	【原子力分野で研究されている分離技術】 トリチウム分離技術については、ALPS処理水(塩分を含んだトリチウム水)に含まれるトリチウム(1～5×10 ⁶ Bq/l)を告示濃度(6×10 ⁴ Bq/l)以下へ分離できることを前提に、処理量(建屋地下に流れ込む地下水量400m3/日以上)や装置設置面積の効率(Bq/日/m2)等に加え、設置期間、費用を含めて総合的に検討する必要がある。 【その他の分離技術】 トリチウム分離技術については、ALPS処理水(塩分を含んだトリチウム水)に含まれるトリチウム(1～5×10 ⁶ Bq/l)を告示濃度(6×10 ⁴ Bq/l)以下へ分離できることを前提に、処理量(建屋地下に流れ込む地下水量400m3/日以上)や装置設置面積の効率(Bq/日/m2)等に加え、設置期間、費用を含めて総合的に検討する必要がある。
		2)電解法	30, 135, 137, 392	燃料電池、セラミック電極、3室ダブルイン型			
		3)化学交換電解セル複合法(CECE法)	251, 292, 298, 301, 326, 412, 446, 646, 738				
		4)水-硫化水素交換法(GS法)	194	塩酸			
		5)ガスクロマトグラフ法	46, 200				
		6)二温度式水素-水交換法(BHW法)	292, 298, 301				
		7)レーザー	303				
		8)水-水素液相交換法(LPCE法)	263				
	その他の分離技術	1)凍結濃縮	48, 204, 262, 355	界面前進凍結濃縮	これらに加え、新たな概念による分離技術として、軽水とトリチウム水の凝固点の違いを利用した提案や、クラスレート・ハイドレートを利用した方式の研究などについて提案があった。 いずれの手法についても、解決すべき課題が残されており、福島第一への適用を含め実用に供するためには、更なる研究・開発を行う必要があるとされるものであった。		
		2)ナノ技術	85, 101, 287	ナノ鉄、カーボンナノチューブ			
		3)ハイドレート	616	クラスレート・ハイドレート			
		4)吸着材	17, 45, 57, 294, 511, 716, 727, 772	リチウム、活性炭、ゼオライト			
		5)比重	34, 198, 322, 458, 482	遠心分離、静置、不織布膜			
		6)その他	3, 65, 270, 366	核磁気共鳴(MRI)、電解凝集、プラズマなど			

※国際廃炉研究開発機構(IRID)からの報告に、汚染水処理対策委員会事務局が東京電力(株)によるコメントを追記。

分野別の主な技術提案の総括 [技術分野2: 汚染水処理]

特にご提案をお願いしたい技術		ご提案			ご提案いただいた技術の傾向	専門家レビュー会議によるコメント	東京電力(株)によるコメント
項目	小項目	分類	番号	キーワード			
(2) その他 処理に求める 要求事項	貯蔵・貯留	1)吸着	57, 629		トリチウムを含む水の貯蔵・貯留に関しては、固化する提案が多く、氷として貯蔵するものや、石膏での固化やゲル化することにより、漏洩リスクを低減する提案が寄せられた。 また、環境放出・関連技術の提案が多く寄せられた。 海洋への希釈放出は国際的に認められており多くの実績があるという意見のほか、具体的な方策として既設プラント(1F5・6、2F)を利用して希釈する案や、地下水バイパスで汲み上げた地下水や雨水で希釈する案などが寄せられた。 大気放出に関しても、既存の廃棄物処理系を利用するほか、地熱や自然蒸発を利用した提案などが寄せられた。 地下に関しては、トリチウムが十分減衰するまで生活環境と隔離できる点をメリットとして挙げられていたが、地下構造の詳細な把握が必要不可欠との課題も挙げられていた。 その他、分解・消滅に関する提案が寄せられた。	・分離濃縮後のトリチウム水を長期安定的に貯蔵・貯留するためには、高濃縮されたトリチウム水における放射線による影響やトリチウムの崩壊で生成するヘリウムガスの取り扱いを考慮する必要があるが、これらを考慮した提案はなかった。 ・また、高濃縮されたトリチウム水が万一漏洩した場合の影響は、濃縮前に比べて更に大きくなるため、貯蔵・貯留に関しては分離濃縮の是非を含めて慎重に判断しなければならない。 ・トリチウム水の環境放出(主に海洋への希釈放出)は、規制値未滿で実施することを前提に、国内外の原子力施設で実施されている。これは、最も技術的な実現性が高く環境へのリスクも小さい方法である。福島第一原発への適用を検討することとなる場合には、風評被害の防止を最大限に考慮するとともに、利害関係者への十分な説明が必要である。	【貯蔵・貯留】 貯蔵・貯留については、長期安定的に貯蔵できる技術を要望している。 検討に際しては、廃棄物量や長期貯蔵管理の観点も含めて考慮する必要がある。 【環境放出・関連技術】 放出については、さまざまな選択肢の中の一つとして、専門家の方々も交えた汚染水処理対策委員会でご議論いただきたい。 【分解・消滅】 分解・消滅についても、トリチウム分離技術と同様、ALPS処理水(塩分を含んだトリチウム水)に含まれるトリチウム(1~5×10 ⁶ Bq/l)を告示濃度(6×10 ⁴ Bq/l)以下へ分離できることを前提に、処理量(建屋地下に流れ込む地下水量400m3/日以上)や装置設置面積の効率(Bq/日/m2)等に加え、設置期間、費用を含めて総合的に検討する必要がある。 なお、検討に際しては実用化までの期間を含めて考慮する必要がある。
		2)固化	35, 44, 56, 129, 160, 183, 365, 491, 518, 730	凍結、石膏、樹脂、エトリンガイト、ベントナイト、ゲル化、ジオポリマー			
		3)ハイドレート	589				
	環境放出・関連技術	1)海洋	114, 148, 149, 338, 389, 392, 401, 524, 541	既存設備利用、井戸水、海水			
		2)大気	66, 252, 338, 453, 460, 477, 510, 541, 738	地熱、自然蒸発、蒸発器			
		3)地下	153, 338, 367, 427				
	分解・消滅	1)核変換	9, 59, 149, 168, 211, 271, 316, 396, 449	ナノ銀、電磁波、常温核融合、酸水素ガス、ブラウンガス			
		2)化学反応	70, 190, 218, 780	硫酸、光触媒、マイクロバブル			
		3)生物処理	40, 98, 583	生物濃縮、微生物			
	その他		47, 218, 573, 660, 754	モニタリング等			
(3) 総合的な 評価	提言等		338, 369, 401, 526, 643, 748, 762, 769	技術・システム、トリチウムの挙動及び環境影響、リスク等の総合評価に関する提言等	トリチウム水に関しては、総合的な評価を行うべきであるという意見および支援の提案が国内外の多くの組織から寄せられた。 日本原子力学会から、同位体分離方法の有効性と問題点・リスク、環境放出を選択する場合に留意しなければならない事項について声明が出されている。 検討すべき事項として、現状のままトリチウム水を貯め続けるリスク、分離濃縮する際の安全性に関するリスク、高濃度に濃縮されたトリチウム水のリスク、また、環境放出を選択する場合の環境への影響や風評被害などについて総合的に評価すべきとの指摘があった。	・今回の技術提案では、トリチウム水の取扱いに関する総合的な評価を行うべきとする意見や支援の提案が多数寄せられた。 ・現在も濃度限度を超えるトリチウム水を大量に保管するリスクを抱えていることから、国際的な知見と経験を共有しながら、利害関係者の参加を得た上で、トリチウム水の取り扱いに関する総合的な評価を直ちに開始すべきである。 ・その際、トリチウム水の分離および長期保管技術について、適用性に関する評価(安全性を含む)を行うとともに、現状のまま保管するリスク(自然災害を含む)と、環境放出を行う場合の具体的手法とリスク(風評被害を含む)を検討する必要がある。	【総合的な評価】 ご指摘のような種々のリスクを踏まえた総合的な評価を行うという観点から、汚染水処理対策委員会でご議論いただきたい。
	ツール・サービスの提案		321, 337, 383, 452, 732, 758	環境影響評価ツール、評価モデル等の提案			

※国際廃炉研究開発機構(IRID)からの報告に、汚染水処理対策委員会事務局が東京電力(株)によるコメントを追記。

分野別の主な技術提案の総括 【技術分野3:港湾内の海水の浄化】

特にご提案をお願いしたい技術		ご提案			ご提案いただいた技術の傾向	専門家レビュー会議によるコメント	東京電力(株)によるコメント		
項目	小項目	分類	番号	キーワード					
(1) 海水中の放射性Cs,Sr 除去	汲み上げ⇒ 浄化	A: 吸着	吸着剤 (主に、吸い上げ 方式を念頭に置 いた提案)	4, 12, 17, 23, 37, 45, 126, 131, 138, 139, 221, 222, 329, 353, 370, 394, 470, 505, 514, 537, 738, 753, 773	無機系(鉱物等)	海水中の放射性Cs,Sr除去に関する数多くの 技術提案について、 ・港湾から海水を汲み上げて浄化を行う場 合 ・港湾内の原位置において浄化を行う場合 ・その他 の小項目を設けて分類整理を行った。 汲み上げて浄化を行う場合について、 A:吸着、B:沈殿、C:分離、D:蒸発、E: 生物学的方法 に分類を行った。 吸着に関する提案は、吸着剤を主体する提 案(50件)に加え、吸着処理を含むシステムと しての提案(7件)があり、これらの提案のうち、プ ラント実績に基づく提案が複数あった。海水を 対象としたCs,Srの処理実績を示した提案 (No.266,466)があり、大型化／効率化、Sr吸着 容量の改善に関する課題が示されていた。 吸着剤を主体する提案については、研究室レ ベルでの確認までであり、その条件、結果に関 する情報も様々であった。 沈殿に関する提案は、凝集処理に関する提 案(13件)、共沈処理に関する提案(5件)、そ の他の処理方法に関する提案(6件)があった。海 外プラント実績に基づく提案(No.347,640,750) があった。 分離に関する提案は、RO膜に関する提案(5 件)と様々な処理方式の提案があった。 蒸発に関する提案があった。 微生物を用いて、油等を含む廃液処理を行っ ている実績をもとにした提案があった。	・実際の海水を用いたCs,Sr除去性能確認を含 めたフィージビリティスタディによるさらなる研 究が必要である。 ・化学形態を十分に理解することが重要であ り、その上で、処理方法を検討する必要がある。 海水中の放射性物質のイオン性のCsに有 効な吸着剤がある可能性が高いが、Srについ ては原理的に難しく、さらに海水の浄化には、 その膨大な量から長期間を要することが見込 まれる。このため、取り急ぎ適用する技術の有 無の評価を行うとともに、Cs,Srを除去する有望 技術を選定して、技術開発を行うことが望まし い。 ・海水中の天然Sr、Ca、Mgの存在を考慮した 場合、共沈法などで添加する沈殿剤の量も考 慮しながら、科学的根拠が明示されている提案 を優先的に採用することが現実的と考えられ る。一方、提案されているいくつかの吸着剤は 海水中のSr回収に有望であり、処理後に存在 する廃棄物量や性状を考慮し、共沈法よりも有 望となる可能性もあり比較検討すべき。 ・汲み上げ浄化と定位置浄化を比較した場合、 定位置浄化では対象の海水を十分に攪拌でき ないため、吸着等の進行が進みにくいため、汲 み上げ浄化が有効である。また、港湾内での 沈殿処理は、不確定要素が大きく、処理後の 回収等が困難となり得る。 ・対策の検討にあたっては、現状では、港湾は シルトフェンスで外洋と区切られているだけで、 外洋とつながっている点を強く意識する必要が ある。港湾内を外洋と閉鎖しないで浄化を行っ た場合、無限の量の安定Srを回収することにな り、非現実的になるので、港湾を外洋と閉鎖 する措置も検討すべき。港湾全体の閉鎖につ いて、地下水流入が未知なことや経済性の観 点から採用困難な場合は、放射能濃度が高い 開渠だけでも閉鎖して、浄化することが有効で ある。 ・微生物を用いた生物学的処理技術は、中長 期的には有用となる可能性があり、継続的に 研究の動向を情報収集するのがよい。	【汲み上げ⇒浄化】 港湾内の1～4号機取水路前の一部エリアに おいて、海水中に放射性物質(セシウム、ストロ ンチウム、トリチウム)が検出されており、このう ち告示濃度限度を上回るセシウム、ストロンチ ウムの濃度を低減する技術を要望している。 検討に際しては、海水中に塩素等の非放射性 元素が多数存在することを踏まえ、海水での除 去性能、規模、有害物質の溶出有無、現地で の設置・運用・保守を含めて考慮する必要があ る。 なお、システムとして提案頂けるとありがたい。 【定位置浄化】 検討に際しては、管理方法などを含めて考慮 する必要がある。	
				7, 201, 348, 359	有機系(イオン交換)				
				16, 22, 635, 712	ポリマー、ゲル、ゴム				
				49, 172, 256, 560	ブルシアンブルー				
				234, 249, 312, 368, 411, 414	多孔質、ナノ構造				
				97, 260, 490	植物が主成分				
				8, 27, 295, 523, 535, 614	その他 (炭、二酸化マンガ、酸化金属、膜、電気吸着)				
				処理方法	265, 266, 288, 447, 466, 714				塔構成による吸着処理 (No.447,466は吸着剤を含む提案)
					775				タンク内の攪拌による吸着処理
		B: 沈殿	凝集処理	14, 55, 144, 268, 461, 463, 495, 497, 501, 521, 531, 518, 567	凝集剤を用いた凝集処理				
			共沈処理	269, 347, 489, 640, 750	硫酸塩などを用いた共沈処理				
			その他の方法	101, 163, 235, 267, 538, 569	その他 (多層カーボンナノチューブ、特殊オゾン水、新種 微細菌類、ケイ酸水溶液＋水酸化カルシウム、 電気化学など)				
		C: 分離	RO膜処理	6, 203, 398, 450, 464	RO膜				
			RO膜処理以外	1, 26, 118, 140, 166, 198, 327, 539, 573, 682	不純物分離器、水質改善、ろ過フィルタ技術、 光触媒＋電解、親和型孔拡散法、 電荷と真空泡による粒子化、 スラッジ回収、溶媒抽出、磁気分離				
		D: 蒸発		57, 66, 116, 291, 686	蒸発濃縮				
				440, 633	膜蒸留				
		E: 生物学的方法		374, 375	従属栄養性微生物				

※国際廃炉研究開発機構(IRID)からの報告に、汚染水処理対策委員会事務局が東京電力(株)によるコメントを追記。

分野別の主な技術提案の総括 【技術分野3：港湾内の海水の浄化】

特にご提案をお願いしたい技術		ご提案				ご提案いただいた技術の傾向	専門家レビュー会議によるコメント	東京電力(株)によるコメント
項目	小項目	分類		番号	キーワード			
	原位置浄化	F:吸着	吸着剤 (主に、定位置浄化を念頭に置いた提案)	125, 364, 399, 437 438, 516, 618	プルシアンブルー	港湾内の原位置で吸着処理に関する数多くの提案があった。 不織布、粒子などの吸着剤の提案が多くなされ、そのほかとしては、粉末状吸着剤、ゼオライト、鉱物などを吸着剤とした提案(13件)があった。また、海水中へ設置することを目的にした吸着繊維としての提案(3件)があり、海水を使用した試験結果が示されているもの(No.276,408)もあった。 使用済燃料プールの浄化において、プール内へフィルタ等を沈めて浄化する方式をもとにした提案(No.315,415,641)があり、また、吸着処理装置を港湾上の浮体設備上に設置する提案(No.632,695)もあった。 また、鉱物反応を活用した沈殿処理による提案(No.74)があり、排水路で沈殿させて港湾内の沈殿池とする提案や海底土に沈殿している放射性Cs,Srをポンプで吸い上げ、洋上で凝集処理を行うという提案もあった。 さらに、微生物や菌類をもとにした生物学的処理を行うという提案もあった。		
				119, 276, 408	繊維			
				120, 544, 545, 711, 770	ゼオライト			
				76, 77, 403, 579, 684	鉱物			
				212, 356, 362	粉末状吸着剤			
		処理方法	315, 415, 641	水中浄化				
			632, 695	塔構成による吸着処理(港湾上)				
			10, 20,650	その他(海藻、吸着剤付攪拌機)				
		G:沈殿	凝集剤	74	バイオリン酸塩鉱物			
			処理方法	381, 522	排水路:凝集沈殿、港湾:沈殿池			
		H:生物学的処理		40, 584	好気性微生物、BSJ複合菌			
	その他	I:非放射化		59, 275, 479	β崩壊促進、核分離、交流電界水			
		J:実績に基づく水処理プロセス提案		351, 384, 462, 759, 768	提供可能な技術、プロセス設計			
		K:土木工学的アプローチ		296, 317, 679	地下水管理、漏洩シミュレーション			
		L:海水の性状調査		764	化学的、核物理的、物理化学的な性状分析			
(2) 放射性物質を吸着するシルトフェンスの設置	M-1: 吸着剤を組み込んだシルトフェンス			248	ゼオライトシート	放射性物質を吸着するシルトフェンスに関する技術提案については、吸着剤を組み込んだシルトフェンス(6件)、生物学的処理を応用したフェンス(2件)、その他(内壁)(1件)に分類整理した。 吸着剤に関しては、「海水中の放射性Cs,Srの除去」での整理と同様に、研究室レベルでの確認段階にあるものが多く、その条件、結果に関する情報も様々であった。 吸着剤を組み込んだシルトフェンス、生物学的処理を応用したフェンスともに、Cs,Srの吸着効果は研究室レベルの確認段階にあるものであった。 また、フェンスの構造、設置方法、二次廃棄物処理についても提案があった。	・シルトフェンス法は、大寸法での実験はされていないが、港湾内で浄化できる有望なものとなり得る。他方で、シルトフェンス法では、水処理装置と比較して、高い除去性能を得ることは困難であることに留意すべきである。 ・大量な海水がある港湾内での適用性については、実際の港湾内の一部でのフィージビリティスタディによる確認が必要である。	【シルトフェンス】 港湾内の1～4号機取水路前の一部エリアにおいて、海水中に放射性物質(セシウム、ストロンチウム、トリチウム)が検出されており、このうち告示濃度限度を上回るセシウム、ストロンチウムの濃度を低減する技術を要望している。 検討に際しては、海水中に塩素等の非放射性元素が多数存在することを踏まえ、海水での除去性能、規模、有害物質の溶出有無、現地での設置・運用・保守を含めて考慮する必要がある。 なお、システムとして提案頂けるとありがたい。
				264	不織布(プルシアンブルー、ゼオライト)			
				415	不織布(Cs, Sr吸着剤)			
				494	吸着カーテン(Cs, Sr吸着)、浮沈式シルトフェンス			
				506	ゼオライト+古紙セルロース			
				694	ゼオライトフィルター、有機、無機ファイバースシート			
	M-2: 生物学的処理を応用したフェンス			283	微生物、中空二重螺旋型担体			
				496	バイオフエンス(貝類、海藻類等)			
	M-3: その他		703	ゼオライトコンクリートパネル(内壁)				

※国際廃炉研究開発機構(IRID)からの報告に、汚染水処理対策委員会事務局が東京電力(株)によるコメントを追記。

分野別の主な技術提案の総括 〔技術分野3：港湾内の海水の浄化〕

特にご提案をお願いしたい技術		ご提案			ご提案いただいた技術の傾向	専門家レビュー会議によるコメント	東京電力(株)によるコメント
項目	小項目	分類	番号	キーワード			
(3) その他	モニタリング	N:海中の線量率測定	436	光ファイバー	特にご提案をお願いした技術項目「(1) 海中の放射性Cs,Sr除去」、「(2) 放射性物質を吸着するシルトフェンスの設置」、には直接含まれないが、港湾内の海水の浄化に係わる提案を ・モニタリング、 ・二次廃棄物処理、 ・港湾閉鎖、 ・汚泥処理、 ・その他、 の5つの小項目に分類整理した。 モニタリングは、海中の線量率測定技術に係わる提案があり、現場への適用は可能なレベルであった。 海水処理で大量に発生する二次廃棄物の処理については、廃棄物を固定化する技術(6件)、主として減容を目的とした技術(3件)と複数の提案があった。固定化技術については海外プラントで実用化されているものであった(No.99,656)。その他の固定化技術も研究室レベルで確認されているものであった。 港湾を閉鎖する技術提案があり、船舶の出入りが可能な方式もあった。 海底土の汚泥処理に関する技術提案が複数あった。 その他はアイデアレベルの提案であるが、革新的な内容も含まれていた。	・モニタリングに関しては、海中の線量率だけでなく、放射能レベルに換算できる技術が望まれる。 ・二次廃棄物の処理技術に関しては、これまで現場で使用されてきた技術との比較検討を含め、実際に適用する水処理技術で発生する二次廃棄物に応じたプロセス設計、実証が必要となる。 ・港湾を閉鎖する技術に関しては、閉鎖する必要性を検討した上で、設置に必要な期間の確認、従来工法との比較等を検討する必要がある。 ・海底土の汚泥処理技術に関しては、現在、放射濃度が比較的高い港湾の部分の海底は被覆されているため、至近での必要性は低いとしていたが、中長期的な対策として、港湾内海底付近の汚泥、浮遊性汚泥については、処理、または固定化方策を検討すべきである。	【その他】 港湾内の1～4号機取水路前の一部エリアにおいて、海水中に放射性物質(セシウム、ストロンチウム、トリチウム)が検出されており、このうち告示濃度限度を上回るセシウム、ストロンチウムの濃度を低減する技術を要望している。検討に際しては、海水中に塩素等の非放射性元素が多数存在することを踏まえ、海水での除去性能、規模、有害物質の溶出有無、現地での設置・運用・保守を含めて考慮する必要がある。 なお、システムとして提案頂けるとありがたい。 検討に際しては、管理方法などを含めて考慮する必要がある。
			533	γ 測定器付きROV			
	二次廃棄物処理	O:固定化	35	無水四ホウ酸ナトリウム			
			656	ジオポリマー			
			747	沈殿物の凍結固定			
			99, 757, 774	HIP(High Isostatic Pressure)			
		P:減容	21	フィルタープレス			
			187, 701	脱水			
	港湾閉鎖	Q:フェンス	205	水中分離カーテン、遮水シート			
			467	港湾口二重ゲート(船舶出入り可能)			
			649	港湾入口シルトフェンス、鋼鉄製水門			
	汚泥処理	R:分離	258, 642	脱水フィルタ、遠心分離			
		S:浚渫	402, 465, 527	浚渫土の浄化			
	その他	T:アイデア	220, 628, 636	貯蔵、隕石動力、地殻プレート沈み込み力			

※国際廃炉研究開発機構(IRID)からの報告に、汚染水処理対策委員会事務局が東京電力(株)によるコメントを追記。

分野別の主な技術提案の総括　【技術分野4：建屋内の汚染水管理】

特に提案をお願いしたい事項		ご提案			ご提案いただいた技術の傾向	専門家レビュー会議によるコメント	東京電力(株)によるコメント
項目	小項目	分類	番号	関連するキーワード			
(1)建屋内止水技術	建屋内開口部、亀裂部の止水	有機系材料	92, 213, 332, 339, 378, 434	ポリマー、けい酸塩、シリコン樹脂	建屋内止水技術については、国内外から止水材料について多くの提案があり、いずれも建設分野で実績があり効果を上げているものである。	・建屋内止水技術については、建設分野で実績があり、直ちに現場適用の検討に使える提案が多かった。 ・止水対策の決定においては、建屋内の状況、線量の程度を把握するとともに、建屋内の漏水箇所の検知方法を検討し、地下水の侵入防止対策を総合的に考えた上で、施工方法、材料の選定を行う必要がある。また、外部から流入する地下水を遮水した場合に、建屋内汚染水が外部漏洩する可能性などの影響も評価する必要がある。	【建屋内開口部、亀裂部の止水】 建屋への地下水流入箇所が特定できた箇所を止水する際に、状況に応じて止水工事方法や止水材料を選定し止水工事を行うことを想定している。 現地の止水箇所の状況に応じて適した止水材料を選定できるよう、止水材料の性質や適した施工方法等を評価しておくことが必要。
		無機系材料	123, 179, 721	高炉スラグ超微粒子材、超微粒子セメント、スラリー			
	建屋内充填工法	充填材料	151, 159, 226, 236, 238, 254, 363, 563, 626	水中不分離性可塑性グラウト材（コンクリート、ベントナイト、低放射性低発熱型高流動コンクリート）	建屋内充填工法として、国内外の建設分野で実績の多い水中不分離可塑性グラウト材の提案が多かった。また、各種材料の提案に加えて、施工方法についてはトンネル、長距離配管等による充填の提案があった。その中で、日本コンクリート工学会からは、放射化されにくい低発熱高流動コンクリートによるトラス室の充填や、高強度繊維補強コンクリートの吹付けにより格納容器周りを遮蔽する提案があった。	・さらに、止水対策の適用においては、様々な情報をデータベース化し、計画とリスクを適切に評価、確認しながら決定していくことが望まれる。 ・建屋内に充填する材料の検討にあたっては、後で簡単に取り壊せるようにすることも考慮した方がよい。また、充填剤などの一部が汚染水処理設備の運用の妨げにならないよう注意する必要がある。	【建屋内充填工法】 建屋内への地下水流入対策として陸側遮水壁などの対策を進めているが、建屋地下に充填材を注入することで止水できるかを見極めるべく、充填材の材料を検討しているところ。
			42, 104, 237, 255, 253, 626	その他（フライアッシュ、鉱物、クレイ、繊維補強コンクリート、発砲ウレタン）			
	汚染水の性状変更	固化（氷）	56, 390, 358, 536, 747	凍結手法（ブロック化、建屋全体凍結、滞留水凍結等）	汚染水自体を固化する方法として、LNG、液体窒素等を使用して凍結する方法の提案や、鉱石やベントナイト系材料で固化する方法の提案が寄せられた。	・燃料の冷却を続けなければならないことは、建屋内の汚染水の管理において重要な要因である。凍土壁の設置により建屋への流入水が凍結し、結果的に流入量の減少につながるようになる。	止水を目的とした建屋地下等へのグラウト材の適用に際しては以下の条件を満足して必要がある。 ① 流動性が高いこと（隅々まで充填したいため） ② 硬化時間が長いこと（隅々まで充填したいため） ③ 水中分離しないこと（滞留水の中に打設する必要も生ずるため） ④ 強度が低いこと（将来的に解体が必要になることを考慮して） ⑤ 大量に供給が可能であること
		固化（その他）	37, 88, 566, 596	材料（砂、鉱石、膨潤性クレイ、ベントナイト）			
	除染技術	手法	133	高超圧液体窒素	除染技術として、高超圧液体窒素、レーザー、ゼオライト、微生物等を使用した提案が寄せられた。それぞれ実績も多い手法である。	・除染技術については、建屋内止水としての大きなテーマではなかったため提案が少なかった。汚染箇所を特定し、既存の技術の中から最適なものを工学的に選定することが必要である。レーザー除染技術については、その処理効果（単位時間当たりの面積）についての評価が必要である。	【汚染水の性状変更】 建屋内への地下水流入対策として陸側遮水壁などの対策を進めているが、建屋間に充填材を注入することで止水できるかを見極めるべく、充填材の材料を検討しているところ。 建屋間止水に関しては、水流が大きい状態での止水を可能とする材料や工法を求めている。
			307	レーザー			
			507	ゼオライト系吸着材			
			585	微生物			
	その他	要素技術等	308	3Dシミュレーション技術	また、関連する要素技術として、3Dシミュレーション技術、自走台車による汚染水の回収技術、炉内観察用ファイバースコープ、海外の事例紹介、及び内部環境計測ツール等の提案があった。これらは、さらなる研究開発が必要としている。	・汚染水の回収工法の提案があったが、回収作業については地下水の流入量が低減された後が重要となる。その場合、建屋内には水だけでなく泥や瓦礫なども建屋底部に残留していると考えられ、それに対する対策も検討しておく必要がある。	【除染技術】 建屋地下へ流入する地下水対策として、建屋地下の汚染水をドライアップした後に地下水流入箇所を有人にて止水する方法が考えられるものの、建屋地下は高線量であるため、無人で機器等の隙間まで除染する等の環境改善することが前提となる。 ドライアップ後の除染を検討するにあたっては、個々の要素技術のみならず、遠隔除染装置等による作業の実現性など除染の全体計画につき検討する必要がある。
			575	汚染水の回収			
			652	炉内観察用ファイバースコープ			
			752	事例紹介（海外）			
			760	内部環境計測ツール			
							【要素技術】 各要素技術を検討するにあたっては、技術特性を踏まえどのような作業に適しているかの見極めが必要。

※国際廃炉研究開発機構（IRID）からの報告に、汚染水処理対策委員会事務局が東京電力(株)によるコメントを追記。

分野別の主な技術提案の総括 [技術分野4:建屋内の汚染水管理]

特に提案をお願いしたい事項		ご提案			ご提案いただいた技術の傾向	専門家レビュー会議によるコメント	東京電力(株)によるコメント				
項目	小項目	分類	番号	関連するキーワード							
(2)建屋周辺止水技術	材料	有機系材料	87, 130, 154, 156, 435	エポキシ、ゼオライト、ポリウレタン、シリコン	建屋周辺止水技術については、建屋間ギャップや建屋周囲地盤の止水材料として、国内外の建設分野で実績が多く効果を上げている有機系、無機系材料及び微生物を利用した提案が寄せられた。	・建屋周辺止水技術についても、建設分野で実績があり、直ちに現場適用の検討に使える提案が多かった。 ・建屋内止水と同様に、止水対策の適用においては、様々な情報をデータベース化し、計画とリスクを適切に評価確認しながら決定していくことが望まれる。 ・また、凍土壁の適用が困難な事態が生じた場合に備え、第二、第三の対応策を検討することが重要である。結果的に、凍土壁と追加の対応策により、漏水の特定や管理の必要性を軽減することが可能となる。 ・周辺地盤の注入については、汚染水が外部へ押し出されるおそれがあるため、汚染している地盤の範囲を把握して施工する必要がある。 ・海外の事例として、英国ドーンレイ立坑での放射性廃棄物処理に関するケーススタディが参考になる。 ・高線量下での作業の妨げを解消するために、地下トンネル方式は検討に値すると思われる。 ・国内の学会からも中立的な立場からの提案があり、これらの意見も参考にして総合的な検討を行う必要がある。 ・遠隔操作での無人化施工については、被ばく防止の観点からもその活用が必要となることから、今後、必要性に応じて、建屋周辺作業での遠隔操作手法や無人化機械の開発が望まれる。さらに、建屋内部での活用には困難が伴うと考えられるが、それについても今後検討することが期待される。	【材料】 建屋内への地下水流入対策として陸側遮水壁などの対策を進めているが、建屋間に充填材を注入することで止水できるかを見極めるべく、充填材の材料を検討しているところ。 建屋間止水に関しては、水流が大きい状態での止水を可能とする材料や工法を求めている。 【材工】 建屋地下へ流入する地下水対策として、建屋周辺の地盤を改良する方法が考えられるものの、建屋周辺は高線量であるため、地盤改良技術と無人化施工技術の組み合わせによる全体工法の検討が必要である。				
		無機系材料	95, 157, 439, 662	クレイ、超微粒子セメント							
		微生物	78	カルサイト生成							
		その他	340, 508	全般のコメント							
	施工法	注入の従来工法	63, 475, 580, 592, 670, 671	注入(地下空間利用)	施工方法については、高線量下での作業の妨げを解消するために建屋周辺にトンネル、トレンチを掘り内部から注入する工法、地上から注入する工法等の提案があった。いずれも既存技術の組合せで可能な工法である。土木学会からは、国内で高度な実績のあるシールドトンネル技術、地下空洞建設技術等を活用した地下空間利用についての提案が寄せられた。なお、地盤注入技術については、地下水流入抑制の敷地管理(分野5)にも関連した提案も含まれている。						
			11, 170, 278, 385, 546, 591	注入(地上利用)							
		注入の無人化施工(遠隔操作)	227, 520 , 582, 590, 713	遠隔操作ボーリングマシン	遠隔操作ボーリングマシンによる無人化注入の提案や除染のための重機に3Dスキャナを利用する提案が寄せられた。いずれも開発には1年程度を必要としている。						
			595	除染重機、3Dスキャナ利用							
		その他の手法	417	地盤ガラス固化	その他として、地盤をガラス固化する提案、凍土壁の内側に遮水壁を構築する提案、遮水壁を多重に作り揚水して地下水を管理する提案、さらには建屋周囲の地盤を全面的に遮水する提案もあった。						
			593	ソイルセメント、鋼管杭遮水壁							
			372, 672	多重遮水層、揚水							
			243, 297, 674	建屋全体の広域遮水層							
			721	界面動電現象法+ウエルポイント							
		(3)その他	止水技術	炉心関係	18			低融点重金属	炉心の止水技術として、低融点重金属、低温鉛を止水材とする提案が寄せられた。	・低融点金属法は、作業性、効果、その後の廃棄物処分の観点から、検討を要する。	【止水技術】 新規の止水技術については、止水性能に加え、適用できる環境、副次的影響など広範囲の検討が必要となる。
					19, 41			鉛(液状)			

※国際廃炉研究開発機構(IRID)からの報告に、汚染水処理対策委員会事務局が東京電力(株)によるコメントを追記。

分野別の主な技術提案の総括 【技術分野5: 地下水流入抑制の敷地管理】

特にご提案をお願いしたい技術		ご提案			ご提案いただいた技術の傾向	専門家レビュー会議によるコメント	東京電力(株)によるコメント
項目	小項目	分類	番号	関連するキーワード			
(1)遮水壁	粘土系連続壁	粘土系材料	228, 350, 547, 564, 581, 599	粘土系材料	遮水壁に関し募集した技術は、現在計画中の抜本対策(凍土壁等)に加え10m盤山側(原子炉建屋レベル)または35m盤での追加的な遮水壁設置の検討に関するものである。	・ 遮水壁に関しては、いくつかの斬新な考え方とともに、国内外で実績の多い従来技術による遮水壁の提案があった。実際に遮水壁を導入する計画と位置が決まれば最適な工法はこれらから選択できる。	【構造系】 汚染水処理対策委員会において、地下水流入抑制対策として「地下水バイパス」、「建屋近傍のサブドレンによる水位管理」等が十分に機能しない場合の抜本策として、凍土方式による陸側遮水壁の設置が提言され、フィージビリティ・スタディ、設備設置を経て運用開始すべく進めているところ。凍土方式による陸側遮水壁のバックアップの要否については汚染水処理対策委員会にてご議論いただいているところ。 なお、バックアップとして追加の遮水壁を検討する際には、事故収束に向け工事が錯綜しているため、施工エリア等が他の工事へ影響が少ないこと、建物周辺の地中埋設構造物に対しても遮水性のある状態で施工できること、このような条件を考慮する必要がある。 【注入系】 汚染水処理対策委員会において、地下水流入抑制対策として「地下水バイパス」、「建屋近傍のサブドレンによる水位管理」等が十分に機能しない場合の抜本策として、凍土方式による陸側遮水壁の設置が提言され、フィージビリティ・スタディ、設備設置を経て運用開始すべく進めているところ。凍土方式による陸側遮水壁のバックアップの要否については汚染水処理対策委員会にてご議論いただいているところ。 なお、バックアップとして追加の遮水壁を検討する際には、事故収束に向け工事が錯綜しているため、施工エリア等が他の工事へ影響が少ないこと、建物周辺の地中埋設構造物に対しても遮水性のある状態で施工できること、このような条件を考慮する必要がある。 【その他】 汚染水処理対策委員会において、地下水流入抑制対策として「地下水バイパス」、「建屋近傍のサブドレンによる水位管理」等が十分に機能しない場合の抜本策として、凍土方式による陸側遮水壁の設置が提言され、フィージビリティ・スタディ、設備設置を経て運用開始すべく進めているところ。凍土方式による陸側遮水壁のバックアップの要否については汚染水処理対策委員会にてご議論いただいているところ。 なお、バックアップとして追加の遮水壁を検討する際には、事故収束に向け工事が錯綜しているため、施工エリア等が他の工事へ影響が少ないこと、建物周辺の地中埋設構造物に対しても遮水性のある状態で施工できること、このような条件を考慮する必要がある。
		アスファルト材	704	アスファルトマスチック			
		泥水	186	泥水遮水壁			
		要素技術	105, 601	高比重逸水防止材、高性能ベントナイト			
	セメント系連続壁	ソイルセメント	134, 145, 185, 648, 673, 520, 776	ソイルセメント、地下ダム考え応用など	連続壁による遮水壁に関しては、建設分野で実績のある粘土系、セメント系(ソイルセメント)、鋼製、コンクリート等の提案が多かった。通常鋼製連壁等は比較的大型機械が必要であるが、遠隔操作での提案もあった。	・ 追加的な遮水壁の位置の決定のためには、地下水の挙動の把握が最も重要である。その結果を基に、実施中及び計画中の対策およびその他の現地作業との関係を考慮し、追加対策の効果、リスクを明確にして総合的に検討し決定する必要がある。	
	鋼製連続壁	鋼矢板等	29, 444, 480, 523, 726	鋼矢板等、継手部止水方法、広幅型鋼矢板など	これら提案の中で、遮水壁の設置位置に関しては、10m盤に対しては凍土壁山側の法尻または法面に設置する案が多かった。一方で35m盤に対しては法肩の近くで地下水バイパスの前後に設置する案と敷地境界付近に設置する案とに大きく分かれた。タンクからの漏水対策としてタンクエリアの周囲を遮水壁で囲む提案もあった。	・ その他検討に際しての留意点として考慮すべき点が複数あり、それらを以下に示す。 ・ まず、遮水壁を設置した場合、その上流側では水位が上がり、越流することもある。一方、下流側では水分補給がなくなり地盤沈下、海側から塩水侵入の可能性もあることから十分な注意が必要である。 ・ 土壌が汚染されているエリアで遮水壁を設置する場合には汚染域を拡大させないように、注意して工法を評価し実施することが必要である。 ・ 対策の効果が予測と異なる場合に迅速に対応できるようなモニタリングシステムが必要である。 ・ 複数の学会等から総合的な対策に関する提案・助言があった。中立的な機関の提案であり、それらについて考慮していくことが有益である。 ・ 海外での経験を参考にすることは有益であり、提案にもあるように放射性廃棄物を貯蔵しているドーンレイ立坑の事例がある。	
		鋼管矢板	53, 110, 681, 469	鋼管矢板、継手方法の提案、保有水浄化促進型など			
		鋼管杭	469	遠隔操作			
		要素技術	488	継手部止水材			
	コンクリート連続壁	コンクリート製	51, 143, 380	建屋周囲及び底部を囲む案、山側で遮水する案など	遮水壁の深さに関しては10m盤、35m盤とも2つの透水層を遮断するような深さまでの提案が多かった。		
		コンクリートパイル	500	コンクリートパイル			
		要素技術	242	高耐久性海水練コンクリート			
	注入工法	材料	241	スラグ微粉末(海水使用)	注入工法による遮水壁に関しては、建設分野で実績のあるセメント系、水ガラス系、ポリマー系の工法が提案された。その他として廃棄物固化技術を応用した提案、自己シール性材料の提案などもあった。海外からは注入にて遮水壁を構築した事例が紹介された(英国ドーンレイ立坑)。	・ 海外での経験を参考にすることは有益であり、提案にもあるように放射性廃棄物を貯蔵しているドーンレイ立坑の事例がある。	
			442	スラグ微粉末			
			607	硫酸カルシウム(凍土壁に)			
		施工	62, 627, 299	セメント系、超微粒子セメント、水ガラス系	注入工法に関しては建屋内の汚染水管理(分野4) 建屋周辺止水技術としても提案があり、別途分類されている。 日本コンクリート工学会から35m盤での注入工法による遮水壁の提案があった。さらに、建屋周辺止水に関しても、恒久的な止水の観点からコンクリート壁による遮水壁の提案があった。		
			93, 418, 441	ポリマーグラウト、ガラス固化技術応用、自己シール性遮水壁			
			313	石油掘削関連技術活用			
			600	二重管ダブルパッカー工法			
		事例紹介	38, 314	ドーンレイ立坑(Dounreay Shaft)			
	他タイプ	凍結工法	683	実績紹介			
		その他材料	90	耐水性繊維強化複合材による遮水壁			
	その他	総合対策案	281	遮水壁組合せ案(一般的)	総合的な対策の提案も複数あった。特に、土木学会、地盤工学会から、遮水壁で大きく取り囲み閉鎖領域を形成する案や粘土壁及び地下水汲み上げの組み合わせによる重層対策の提案があった。		
			107, 134, 564, 648, 672, 673, 676	遮水壁組合せ案(現地状況考慮)			
		各種工法比較	528, 341	遮水壁各種工法の比較			
			要素技術	284, 706	水流、水量検知(光ファイバー利用)、遮水シート溶着技術		
		141, 455		排水シート			
705		斜面施工					
コンセプト提案		96, 405, 541, 765	敷地境界遮水壁兼地下水槽、敷地外遮水壁設置、タンク下遮水壁設置、トンネルによるアクセス	その他の提案として、光ファイバーセンサーを使用する遮水壁からの漏洩管理の提案や山側斜面での効率的な打設方法の提案、排水材の提案などがあった。			
	60, 113, 529, 476	二重トレンチ案、省力化、建屋内外水位差調整					

※国際廃炉研究開発機構(IRID)からの報告に、汚染水処理対策委員会事務局が東京電力(株)によるコメントを追記。

分野別の主な技術提案の総括　〔技術分野5: 地下水流入抑制の敷地管理〕

特にご提案をお願いしたい技術			ご提案		ご提案いただいた技術の傾向	専門家レビュー会議によるコメント	東京電力(株)によるコメント
項目	小項目	分類	番号	関連するキーワード			
(2)フェーシング	材料、施工		89, 342, 708	ベントナイト系	フェーシングについては、国内外で実績のあるベントナイト系、アスファルト系、有機系材料による提案があった。施工法は、吹付やシートなど従来工法が多かったが、空中散布などのアイデアもあった。 その他に、フェーシング範囲の提案として、山側全体をカバーする提案や1～6号機のある低地をカバーする提案などがあった。 汚染水タンクに屋根を掛けて雨水がかからないようにする提案もあった。 全面フェーシングの場合は、表面水の排水処理やタンクから漏水した場合に汚染水がすぐに流出する恐れがあることを考慮する必要があるとの助言も頂いた。	・提案技術を評価するにあたって、万全ではなくとも速やかに着手できる手法を優先させて考えることも重要である。いずれの対策を実施する場合も、万が一その技術の施工によって問題が生じた場合でもそれが致命的な問題とはならないこと、そして必要があれば後戻りできることが求められる。地中での施工に比べ、地表面での施工は、これらの条件を満たす工法であると考えられる。 ・地表面のフェーシングと降水排水系の整備はその一例であり、梅雨～夏季～台風時期の降雨や夏季の作業効率の問題を考慮すれば、地表面のフェーシングと降水排水系の整備を速やかに着手し、できれば来年の梅雨入り前までには完成すべきものと考えられる。これにより地下水への涵養(流入)を抑えることができ、汚染水の量の増加のリスクの抑制に資するものと考えられる。また同時に、ここ数年の降水量が多い状況を考えれば、雨水対策にも役立つものと考えられる。 ・全体フェーシングのような大規模なものでなくとも、地表面を造成し排水性を高めることや部分的フェーシングさらには排水溝、排水路システムを整備することで効果はあると考えられる。	【材料】 汚染水処理対策委員会において、地下水流入抑制対策として「地下水バイパス」、「建屋近傍のサブドレンによる水位管理」等が十分に機能しない場合の抜本策として、凍土方式による陸側遮水壁の設置が提言され、フィージビリティ・スタディ、設備設置を経て運用開始すべく進めているところ。凍土方式による陸側遮水壁のバックアップの要否については汚染水処理対策委員会にてご議論いただいているところ。 なお、フェーシング技術に関しては、敷地内には震災前からある未舗装道路、林、草地、事務棟、震災後に構築した汚染水貯蔵タンク等があるため、障害物が多い広域なエリアに施工できること、フェーシング後の跡地が利用可能であること、このような条件を満たしている技術を要望する。 また、フェーシング検討に際しては、フェーシングにより地下へ浸透しなくなった雨水の排出方法や、地下水の流れが変わることの影響などの知見についても考慮する必要がある。 なお、従来技術(コンクリート・アスファルト)による施工が困難な、配管等の干渉物や取り合い部や複雑な地形での適用については、他の手法も必要であると考ええる。 【その他】 検討に際しては、施工性などを含めて考慮する必要がある。
			158	セメント系(急結剤)			
			155, 597	ポリウレタン系			
			239	アスファルト系吹付材			
			91, 487, 25	その他 連続繊維強化複合材、疎水性ナノファイバー、ナイロンシート			
	その他		107, 509	フェーシング範囲の提案 ,助言			
			196, 602	タンク屋根設置			
			598	伐採樹木減量化			
			675	高分子吸収材、空中散布			
(3)土壤中の放射性ストロンチウム捕集技術	吸着材		724	布タイプ吸着剤	土壌中の放射性ストロンチウム捕集技術については、吸着材と捕集方法に関する提案があった。 吸着材については、ゼオライトを使った提案が多かったが、微生物による提案などもあった。 捕集方法については、トレンチを掘り、その中に吸着材(反応材)を入れ捕集する方法(透過壁)や吸着材を地盤注入し壁を作り、その壁で捕集する方法などの提案が主であった。この場合の吸着材(反応材)としては、海外で実績のあるゼオライト、アパタイト(リン酸カルシウム)の提案が多かった。	・吸着材等により、土壌を改良し、土壌中に存在する放射性ストロンチウム等を固定化するのも一案であるが、その実施に当たっては、提案されている技術の有効性を総合的に判断する必要がある。 ・地下水の流れが遅い土壌中やトレンチでの除去には吸着、共沈法などが適用可能と考えられるが、適用性、発生する廃棄物の処理にも留意しつつ、検討する必要がある。 ・適切な場所に透過壁を設け、そこで放射性ストロンチウムを除去することは有効である可能性が高い。補修(除去)方法については提案されているものをもとに、その有効性、実現性、廃棄物等について更なる検討が必要である。 ・海外では一般的に透過壁は支持されており、アパタイトやゼオライトを利用した事例がある。なお、最適な設置場所の一つとして、原子炉建屋の海側が考えられるが、その場所の地下水は陸側遮水壁と海側遮水壁で隔離される予定であり、適用が難しいと考えられる。 ・放射性ストロンチウムを除去するための吸着材として微生物、植物もあるが、アパタイトの適用性は高いと考えられる。	【材料】 土壌中の放射性ストロンチウム捕集の検討にあたっては、現地の地下水流動状況、土壌の性質を踏まえ、捕集方法や規模を含めて考慮する必要がある。 なお、現地での施工性・保守までを考慮したシステムを提案頂けるとありがたい。 【材工】 土壌中の放射性ストロンチウム捕集の検討にあたっては、現地の地下水流動状況、土壌の性質を踏まえ、捕集方法や規模を含めて考慮する必要がある。 なお、現地での施工性・保守までを考慮したシステムを提案頂けるとありがたい。
			250	ストロンチウム吸着剤			
			343	ゼオライト			
			430	シートタイプ吸着剤(ゼオライト)			
			637	人工ゼオライト			
			75, 79	微生物(尿素分解)及び鉱物吸着			
	捕集方法	透過壁	180, 229, 281, 318, 404, 509, 653, 746	アパタイト、ゼオライト、その他			
			639, 751, 386, 707	微小ゼロ価鉄(Microscale Zero Valent Iron)、微小アパタイト(Micro-apatite)、取扱回収が容易な捕集薬剤開発			
		その他	121, 484	半固形(ゼリー)、凍結融解			
			343, 512	界面動電現象法			
			189	技術開発の提案			

※国際廃炉研究開発機構(IRID)からの報告に、汚染水処理対策委員会事務局が東京電力(株)によるコメントを追記。

分野別の主な技術提案の総括 [技術分野5: 地下水流入抑制の敷地管理]

特にご提案をお願いしたい技術		ご提案			ご提案いただいた技術の傾向	専門家レビュー会議によるコメント	東京電力(株)によるコメント
項目	小項目	分類	番号	関連するキーワード			
(4)山側での地下水流入抑制	敷地境界付近		107, 561	境界部排水の効果について	遮水壁とは異なる考えとして、山側敷地境界付近で地下水を集水し直接海へ導く工法の提案が相当程度あった。具体的な方法としてトレンチやトンネル、井戸などの既存技術の組み合わせである。 日本陸水学会より、原子炉建屋の汚染の影響を受けないより山側での導水路の設置とフェーシングの組み合わせの提案があった。	・敷地境界近傍での地下水バイパスや地下水低下工法は、水収支のバランスを大きく変化させることができることから良い方法である。またそのエリアは線量が相対的に低く、他の影響も少ない場所なので、アクセス、運搬が容易で建設費用が抑えられる可能性がある。 ・既存の地下水バイパスの早期稼働は非常に重要である。しかしながら現在のバイパスはタンクエリアの下流側にあり、タンクからの漏水があれば地下水が汚染されるリスクがある。よって本案のような敷地境界近傍での地下水バイパスなども含めて、さらなる対策の検討が必要である。	【敷地内への流入抑制】 汚染水処理対策委員会において、地下水流入抑制対策として「地下水バイパス」、「建屋近傍のサブドレンによる水位管理」等が十分に機能しない場合の抜本策として、凍土方式による陸側遮水壁の設置が提言され、フィージビリティ・スタディ、設備設置を経て運用開始すべく進めているところ。凍土方式による陸側遮水壁のバックアップの要否については汚染水処理対策委員会にてご議論いただいているところ。 なお、検討に際しては、施工性などを含めて考慮する必要がある。
			109, 184, 195, 393, 423, 611	トレンチ			
			2, 230, 240, 475, 577	トンネル			
			33, 728	集水井戸			
	敷地山側		31, 617, 165, 150	集水井戸、トレンチ			
(5)その他	助言、紹介	助言	739, 740	CMD (Coceptual Model Development)	その他として助言、紹介を頂いた。 凍土壁等の対策と合わせて、早期に実施可能対策を講じるべきとの意見があった。 海外からCMD(Conceptual model development)の活用の提案があった。CMD (概念モデル開発)とは、これまでのKey parameters (地質、地下水、汚染、環境など)の情報の関係を明確にしたモデルで、戦略を決定していくためのツールである。これらは住民説明など利害関係者とのコミュニケーションとしても有益とのことの助言があった。	・提案技術を評価するにあたって、万全ではなくとも速やかに着手できる手法を優先させて考えることは重要である。 ・CMD(Connectional Model development) は海外では活用されており、長期の廃炉作業のいずれの段階でも有益である。	【助言、紹介】 地下水流入抑制について総合的な意見・助言を行うという観点から、汚染水処理対策委員会にてご議論頂きたい。
			542	早期できる工法			
			748	ステイクホルダーとのコミュニケーション			
			760	内部環境把握			
			391	作業員安全対策			
		紹介	112, 736	コンサルタント紹介			
			732	Toolの紹介			

※国際廃炉研究開発機構(IRID)からの報告に、汚染水処理対策委員会事務局が東京電力(株)によるコメントを追記。

分野別の主な技術提案の総括 [技術分野6: 地下水等の挙動把握]

特に提案をお願いしたい技術		ご提案			ご提案いただいた技術の傾向	専門家レビュー会議によるコメント	東京電力(株)によるコメント
項目	小項目	分類	番号	関連するキーワード			
(1)データ収集の方法	個別の要素技術	物理探査・リモートセンシング	208	航空機探査	土木学会から、水位測定に関連した提案があった。 データ収集方法については、掘削を伴わない地下水調査方法として、航空機や人工衛星を用いたリモートセンシングや各種物理探査が提案された。	・地下水の挙動把握は、「建屋内の汚染水管理」(分野4)や「地下水流入抑制の敷地管理」(分野5)を検討するための基礎知識としても重要である。 ・汚染水に含まれる ⁹⁰ SrやBをトレーサーと見做した調査を行う提案は興味深い。土壌中の ⁹⁰ Srの分析精度が高いので、トレーサーとして有効と考えられる。 ・トリチウムは地下水と同じ挙動をし、その分析は容易で検出感度も高いので、地下水流動解析に使用できる。ただし、天然に存在するトリチウムや事故で大気放出されたトリチウムの存在についての考慮が必要である。 ・ ³ Hの娘核種である ³ Heを ³ Hの指標として用いる提案も興味深い。 ³ Heは ³ Hと組み合わせで地下水年代測定にも用いられている。ただし ³ Heの分析はコストがかかるとわれ、直接 ³ H濃度を分析できない土壌ガスに適用するのが良いと思われる。 ・物理探査手法によるモニタリングやトモグラフィ法の提案に関しては、発電所の地下に多くの構造物があることを考慮すべきである。 ・マイクロラボの提案については、リアルタイムのモニタリングの要否についても考慮すべきである。	【個別の要素技術】 データ収集の方法の検討に際しては、より詳細なサイト内の水理地質構造の把握、地下水・核種移行のモニタリング・抑制、解析・可視化に有用となり得る可能性があるものについて、サイト内の現状と照らして適用性を考慮する必要がある。 【総合的な調査】【モニタリング】 データ収集の方法の検討に際しては、より詳細なサイト内の水理地質構造の把握、地下水・核種移行のモニタリング・抑制、解析・可視化に有用となり得る可能性があるものについて、サイト内の現状と照らして適用性を考慮する必要がある。 実証試験等により今後、技術開発がされる予定の技術については、その成果を期待したい。
			344	航空・地上・孔内物理探査			
			323, 413, 481	電気探査			
		試錐孔内調査	182	水理試験、地球化学			
			272, 678	水位測定			
			282, 387	水位・水質観測、コア測定			
			571	透水試験、水みち検層			
			572	流向流速			
			654	コア試験、透水試験			
		トレーサ調査	182, 429, 661, 372	ホウ素同位体、放射性同位体(³ H, ¹⁴ C)、ヘリウム同位体(³ He)			
		その他	451	コントロール掘削孔を使った物理探査, モニタリング			
			709, 767	汚染/施設下のコントロール掘削			
			289	光ファイバセンサによる微小水量計測			
			492	LosAlamos等での経験			
			710	3成分コーン、水圧式コーン試験の無人化			
	総合的な調査		108	現地水文調査、既存水位データ解析	土木学会から、水みち・流向流速および地下水化学などを総合的に把握する手法の提案があった。 既存データの収集・整理を含め、地下水の状態を把握する手法として、複数の手法を組み合わせで調査を行い、総合的に評価を行う手法についての提案が数多くあった。		
			349	地質・水理データ			
			388	割れ目からの被圧地下水の上昇、水理地質構造解析			
			655	涵養域・広域・敷地調査			
			677	水みち、流向流速、地下水化学			
			742	Sellafield他での経験			
			745	水位、水温、pH、EC、トレーサー			
			755	モニタリングのデータベース化			
	モニタリング	試錐孔を用いたモニタリング	175, 245, 272, 349, 499	水位・間隙水圧	汚染水対策前、対策中および対策後の地下水等の状態を把握するための手法として、様々なモニタリング調査の提案があった。試錐孔を用いたモニタリングとしては、水位・間隙水圧、放射線量などを連続観測する提案があった。その他のモニタリング手法として、地表流、浸透量、土壌の状態、海域における連続観測についての提案があった。		
			606	水位、放射線量			
			407	水位、水質、流速、核種濃度			
			169, 181	ガンマ線			
			718	⁹⁰ Sr、 ¹³⁷ Csモニタリング			
			745	物理探査手法による地下モニタリングの実績紹介			
			767	水位、水温のリアルタイムテレメトリ			
		その他	272	地表流、浸透量、土壌、海洋流出など			
			372	地下水・土壌中の ³ He			
			377, 594	汚染水、放射線測定			
			661	電気探査モニタリング			
			743	リアルタイムモニタリングの実績紹介			
			744	土壌中の核種の自然減衰とモニタリング			
			330, 409	海域におけるモニタリング			

※国際廃炉研究開発機構(IRID)からの報告に、汚染水処理対策委員会事務局が東京電力(株)によるコメントを追記。

分野別の主な技術提案の総括 [技術分野6: 地下水等の挙動把握]

特に提案をお願いしたい技術		ご提案			ご提案いただいた技術の傾向	専門家レビュー会議によるコメント	東京電力(株)によるコメント
項目	小項目	分類	番号	関連するキーワード			
(2)水質の分析技術(簡易・迅速な測定)	⁹⁰ Sr分析	質量分析 (ICP-MS, TIMS)	117	分析時間:水溶液15分(>3Bq/L)、土壌8検体3時間(>5Bq/L)	90Sr分析について、従来から広く使われている液体シンチレータを使用する方法に加え、質量分析計やチェレンコフ検出器を用いた分析方法が提案されている。分析時間は、従来の24日と比較して大幅に短縮されている提案が多かった。	・提案されている技術に必要な分析時間やコストは、一般的に考えて妥当と考えられるものである。例えば、ICP-MSを用いる90Sr分析方法は、試料の前処理を簡略化しているという点で多くの利点があると考えられる。 ・チェレンコフ検出器を使用する場合は、試料の塩分濃度などSr以外の成分について注意が必要となる。 ・その他にも、マイクロカラムも用いた前処理の迅速化なども実用化されている。これを用いた液体シンチレータによる従来の技術では、3-4時間で分析ができる研究室があるが、従来法では8時間以内の分析に苦勞する研究室も存在する。 ・なお、90Sr分析技術については、開発のレベルやニーズを考慮して、複数のオプションを維持すべきである。 ・分析要員の確保という視点に立つと、従来の放射性ストロンチウムの分析はかなり経験が必要とされるが、ICP-MSは一般の現場等で用いられている技術なので、比較的容易に要員確保ができ、速やかに現場に投入できると考えられる。	【90Sr分析】【3H分析】 ○Sr-90 10Bq/L未満まで確実に測定できること、実用化の目処が近いこと、操作性やメンテナンス性が容易であること、これらの条件を満たす技術を要望する。 また、海水中のSr-90濃度を迅速に測定できる技術を要望する。 ○H-3 取扱が簡易であり、数時間で測定できる技術を要望する。 検討に際しては、実用化への目処、メンテナンス性、費用、運用性についても考慮する必要がある。
			177	塩分濃度が低いとICP-MS、高いとβ線測定			
			182	既存の分析技術を応用			
		シンチレータ(液体、ガス、プラスチック)	193	エネルギーウインドウ設定で ⁹⁰ Yのみを測定			
			209	ガスシンチレータを開発中			
			624	分析時間:20分以内(>30Bq/L)			
			659	分析時間:12時間(>0.05Bq/L)			
			717	液体シンチレータのノウハウを提供			
		チェレンコフ検出器	290, 300	分析時間:100-1000秒(10Bq/L程度)			
			540	分析時間:2-3分(2-10Bq/L程度)、1時間(1Bq/L程度)			
			723	⁹⁰ Yのベータ線の連続カウント			
			767	分析時間:20時間(>0.3Bq/L)			
		その他	282	分析時間:0.3-0.5日(0.3Bq/L)			
			357	分析時間:1日程度(実用化は2015年度)			
			625	分析時間:24時間(>0.1Bq/L)			
			749	新型α、β、γカウンタ			
			309, 311	Sr抽出技術			
	³ H分析	シンチレータ(液体、ガス)	209	ガスシンチレータを開発中	3H分析について、従来から広く使われている液体シンチレータを使用する方法の提案が多かった。分析時間については、イオン交換など試料前処理の改良によって従来の27時間よりも短縮を図る提案が主であった。		
			290, 300	分析時間:5分(>10000Bq/L)から3時間(>2Bq/L)			
			473	膜分離式トリチウムモニタ			
			474	イオン交換併用で時間短縮、同時分析			
			492	分析時間:24時間以内。移動ラボ			
			610	イオン交換とスピルオーバー法で分析時間短縮			
			615	分析時間:50分(>10Bq/L)、開発中			
			659	分析時間:4.5時間(>15Bq/L)、移動ラボ			
			717	分析時間:5時間(>60Bq/L)、ノウハウを提供			
		ベータカウンタ	352	分析時間:1分以内。プロトタイプ実証済み			
			624	分析時間:40分			
			767	分析時間:65分、3H Micro Distillation			
		その他	282	分析依頼、分析時間:0.15-0.25日(>370Bq/L)			
(3)観測孔設置技術(迅速・無人掘削)	無人掘削	遠隔	244, 448	エアハンマー	従来のような泥水を用いるロータリー掘削ではなく、遠隔操作ができる自走式掘削機による泥水を使用しないエアハンマー工法やソニックドリル工法が提案されている。	・他の産業分野で数十年にわたり広く実績がある3成分コーン貫入試験については、検討に値すると考えられる。この技術は、部分的な自動化が適当である。	柔らかい堆積層に適用出来る技術であればありがたい。 作業スペースが限られている場所が多いことから、機材が小型であることが望ましい。 地下水調査の性質上、地質情報が必要なため、コア取りが出来る無人ボーリング技術があるとありがたい。
			349	パイプレータソニックドリル、二重管掘削			
			582	リモートコントロール、コンピュータコントロール			
			710	3成分コーン、水圧式コーン試験の無人化			
		ロボット	345	リモートコントロール、ロボット	汚染混入を防止する工法では、従来と同じ二重管を用いた掘削方法のみ提案されている。		
		コントロールボーリング	451, 709, 767	低線量域に孔口設置			
	迅速掘削		492	エアハンマー			
	汚染混入防止		349, 582	二重管掘削			

※国際廃炉研究開発機構(IRID)からの報告に、汚染水処理対策委員会事務局が東京電力(株)によるコメントを追記。

分野別の主な技術提案の総括 [技術分野6: 地下水等の挙動把握]

特に提案をお願いしたい技術		ご提案			ご提案いただいた技術の傾向	専門家レビュー会議によるコメント	東京電力(株)によるコメント
項目	小項目	分類	番号	関連するキーワード			
(4)地下水流動・核種移行解析	地下水流動・核種移行モデリング		181	物理検層・モニタリングモデル検証	一般に使用される解析コードを使用した地下水流動・核種移行に関するモデリングの提案が多数あった。中には、地表水と地下水を一体解析・可視化できるとする提案があった。	・データベース化、地理情報システム（GIS）化、地下水流動から核種移行まで扱うための優秀な解析モデルが多く提案されている。例えば、解析領域は目的領域より十分に広く設定する、と言ったようなこれらを使ってどのようにモデル化するかが重要である。 ・地下水流動モデルは一般的なものではなく、実際に適用する場を表すサイト固有なものが必要であり、それに基づいて汚染水対策の効果、影響を評価する必要がある。 ・モデル化については慎重に検討すべきである。データが少なく、現場の地層の構造は不均質で単純ではないことを理解した上で実施すべきである。 ・いずれにしても、現有のデータを整理し、D/B化し、GIS表示することから始めるべきである。 ・関連するデータへのアクセスを開かれたものとするべきで、異なる遮水方法が提案された場合にも柔軟に対応でき、可視化に優れており、ステークホルダーや規制当局との対話に用いることができるモデルが望ましい。提案された多くのモデルがこれらの要件を満たしていると考えられる。 ・地下水の流動と化学組成の把握を十分に行ったうえで、どの対策をとればそれがどのように変化するかを予測することが極めて重要である。この予測の妥当性を確認するためのモニタリングを実施することが必要である。 ・地下水の敷地管理に関して完全閉鎖系にすべきとの意見があるが、現地を視察し、地盤の陥没が部分的に起きている可能性があることを踏まえると、慎重に進めるべきである。常にモニタリングを行い様子を見ながら遮水を行うのが望ましい。	【調査/データ取得から解析、ビジュアライゼーション、モニタリングまで一体化】 地下水管理システムに関しては、データベース・グラフ化に現状大きな労力を要していないが、地下水の可視化に関しては、現状のソフトでは表層水及び核種移行解析は不可能（通常の物質移行は可能）であるので、ソフト自体が有用であるなら、検討したい。 なお、現状の観測網を更に早期に充実させていくことの方が肝要であり、速やかなボーリング施工手法及び無人化が先に望まれる。 【地下水化学環境】 核種移行解析では35m盤を主に実施しており、海水の影響による離脱の考え方を至近で適用する必要性は低いが、将来的に必要なが生じた場合は参考にしたい。
			199, 246, 302, 428, 481	表流水と地下水を一体解析、可視化			
			231	地下水流動場の検証			
			279	局所モデルによる逆解析、トレーサ試験による検証			
			302	核種移行予測、凍土状態も再現可能			
			310, 605	地下水流動、核種移行			
			319	汚染物質流動解析			
			346	汚染物質輸送モデリングパッケージ			
			349	地質・水理データより地下水流動・核種移行、掘削ノウハウ			
			406	複数の評価結果を比較・考察			
			425	核種移行、海水の流入			
			562	広域、中規模、サイト領域で解析			
			604	地球統計手法			
			661	地質モデル、電気探査、トレーサ試験に基づくモデル			
			734	遮水壁設置に関連したモデリング			
			737	地下水流動と熱輸送モデル			
	リスク管理や意思決定までを含めたモデリング		199, 481	総合的な地下水管理システム	日本地下水学会から、地下水概念モデルに関連した提案、土木学会からは、エキスパートシステムに関する提案があった。 既存データの収集、データベースや概念モデルの構築、GISに基づく地下水流動の可視化を図ることにより、観測計画やモデルの修正、ステークホルダーとの対話を行い、最終的に中・長期計画に役立てるというリスク管理や意思決定までを含めた地下水流動解析の提案が多数あった。		
			232, 410, 735	汚染水流動予測シミュレーション			
			259	汚染水対策統合管理システム			
			293	地下水流動、塩淡水境界、海洋流出			
			324	遮水壁や海洋流出のシミュレーション			
			325, 530, 739	地下水概念モデル、CMD、SCM(Site Conceptual Models)			
			351	核種移行			
			416	短期的・中長期的課題に向けてアドバイス			
			424	総合マネージメント			
			576	広域地下水解析・監視システム			
			634	汚染状況の見える化			
			680	汚染水対策エキスパートシステム			
			731	凍土壁の遮水に関連したモデリング			
			733	汚染水流出リスクに備えるシステムモデル			
			740	核種移行モデリングとリスク評価			
			741	土壌汚染と汚染物質の地下水輸送モデル			
		地下水化学環境	426	帯水層に吸着されているセシウムの放出	塩水化によって帯水層内に吸着されていた放射性核種が離脱する可能性の指摘があった。		
その他	³ Heによる漏洩検知	372, 745	³ Hと ³ He濃度	汚染水の漏えいを ³ He分析で検出する提案があった。		【 ³ Heによる漏洩検知】 検討に際しては、分析期間の短縮などを含めて考慮する必要がある。	

※国際廃炉研究開発機構(IRID)からの報告に、汚染水処理対策委員会事務局が東京電力(株)によるコメントを追記。

分野別の主な技術提案の総括 [技術分野7:その他]

特にご提案をお願いしたい技術		ご提案			ご提案内容のまとめ	専門家レビュー会議によるコメント	東京電力(株)によるコメント
項目	小項目	分類	番号	関連するキーワード			
(1) 汚染水対策(トリチウム以外)	汚染水の減容化		608, 658, 700, 777	蒸発化、コンクリート化	³ H以外の放射性物質を対象とした汚染水処理に関して、汚染水の減容化や無害化に関する提案があった。	・Cs、Srを対象とした汚染水処理については、現在、多核種除去設備により計画を進めているところである。 ・今後、汚染水の減容化や無害化に関して、更に検討を行う際には、様々な技術、方策について幅広く検討を進めていくことになる。	
	汚染水の無害化		61, 84, 210, 459, 761	ナノ銀による核変換など			
	その他		568, 778	地中処分			
(2) 被ばく低減			81, 82	遮蔽シート	汚染水処理対策を進めていく上で、作業員の被ばく低減等に資する提案があった。	・今後、作業員の被ばく低減についての検討を進めていく際には、現場の状況に応じ、様々な技術・方策について幅広く検討を進めていくことになる。	
			80	視覚線量計			
			657	空間線量マッピングシステム			
(3) 炉心冷却	水以外での冷却(空気、鉛等の低融点金属利用)		5, 24, 32, 41, 52, 519, 779	空気、低融点金属の活用	汚染水を発生させないために、水以外での冷却方式を検討すべきという提案があった。	・炉心の冷却をいかに継続していくかについて検討していく際には、水以外での冷却方式を含め、様々な技術・方策について幅広く検討を進めていくこととなる。 ・ただし、鉛等の金属による冷却については、発生する廃棄物の取り扱いについて、十分な検討が必要と考えられる。	
(4) 廃炉その他			128, 763	プロセス検討	廃炉プロセスの検討を含め、今後の参考となる幅広い分野への提案があった。	・今後、廃炉プロセス、長期計画を幅広く検討していく。	
			11, 67, 68 ,141, 173, 543	長期計画、シナリオ化提案等			
			483, 515, 548	様式2なし			

※国際廃炉研究開発機構 (IRID) からの報告に、汚染水処理対策委員会事務局が東京電力(株)によるコメントを追記。

地下水等の挙動把握に関する技術リスト

特に提案をお願いしたい技術		ご提案		
項目		分類	番号	関連するキーワード
(1) データ収集の方法	既存資料・試料を活用する技術	水位データ	108	既存水位の潮汐応答・降雨応答・気圧応答や揚水後の水位回復より水理定数の推定
			245	地下水位または間隙水圧のモニタリング結果から三次元水理特性分布を評価・推定
			604	地球統計手法、地下水流動に関する特性値および不確実性の三次元空間分布を推定
			282, 349, 530, (739)	サイト概念モデル構築のためのデータギャップ調査
		航空写真、地形図など	272	地形判読解析、海底地質、気象・海洋データの収集
		地質、地盤データ	388	水理地質構造予察図の作成
		建築物確認	108	残置排水管等の調査
	現地調査を行う技術	航空機探査	108	レーザー測量
			208	レーザー測量、メッシュデータ、画像解析
			344	電気探査
			388	空中物理探査（電磁探査、放射能探査、赤外線探査、重力探査）、地下水流の大局的な把握
		衛星調査	208	衛星画像解析
		車載装置	208	車載カメラによる路線周辺の全方位写真
			293	遠隔操作できる車両に搭載した装置で物理探査（電磁気探査、地震波、ジオレーダーなど）
		水文調査	108	井戸のGPS測量、排水路の流量測定、被覆率調査、液状化調査、採水調査
			272	降雨浸透観測、地下水流動観測、地表水観測、土壌観測、海洋への流出と塩水化
			325	調査を通じて地下水概念モデルの構築、再構築、数値解析モデルの構築を行う
			387	コーン貫入試験や簡易掘削、土壌の飽和度、放射性核種濃度、地質状況
			710	コーン貫入試験を遠隔操作で行う
			742	水位、汚染水分布、帯水層特性、涵養域、流出域、水質、水頭勾配より概念モデルの構築
		側線・平面調査	323	電気探査（側線長さ700m, 2.5もしくは5m間隔）、地質構造や透水係数の推定
			344, 661, 745	電磁気探査
			349	反射法地震探査、電気探査、VLF探査にて帯水層の構造や亀裂、断層等の調査
			351	放射線測定
			388	比抵抗、電磁探査、放射能探査、地温探査、相対重力探査
			413	低周波電気探査による地質構造や帯水層透水係数の推定
			481	電気探査（側線長さ1km）、帯水層の位置の推定、モデル実験による検証
			481	ガンマ線探査、核種移行挙動の把握
			741	土壌と地下水の放射線量測定とGIS技術によって汚染量の計算、地下水流動・核種移行モデル
		既存孔における調査	169	ガンマ線検層、汚染範囲の調査
			181	ガンマ線検層、観測結果より地下水流動を推定
			279	流向流速調査、透水試験
			289	光ファイバセンサを用いた地下水脈の微小な水流の方向や水量、温度の測定
			293	温度検層によって得られた水温勾配や水温の時間変動より地下水の流速を測定
			344	水みち、流向流速、間隙率、密度、透水係数、ガンマ線、水圧、テレビューアー、パッカー試験
			349	電磁気探査による透水係数等の推定
			571	水みち検層（フローメータ検層）、パッカーを用いた水理試験
			572	蒸留水を用いる電位差式流向流速測定
			677	透水性、水みち、流向・流速、水質など
		既存孔における観測	745	中性子検層、ガンマ検層、音波検層
			349	水位の連続観測、データのネット管理
			387, 424, 677, 743, 745, 767	水位の連続観測、水質分析
			388	14C年代、同位体年代、放射性物質濃度、水質、地下水
			499	光ファイバを用いて地下水位観測や多連装水圧観測を行う
			718	90Srと137Csのリアルタイムモニタリング
		トレーサー調査	755	観測結果のデータベース化
			182	ホウ素同位体を用いた原子炉からの流出調査
			279	漏水箇所推定のための調査
			351	モデリングのための地下水流動の係数測定、リスク管理、対策に活用
		潮位観測	429	3Hや14Cを用いた流域区分、地下水の起源や滞留時間の推定
			661	CFCsを用いた調査、涵養域や地下水流動経路の推定
			108	専用港における観測
	海洋調査		330	ガンマ線検出器による海底からの汚染水湧出の調査
			409	海水中のガンマ線を測定し、データをネット上で管理
		放射線観測	413	低周波電気探査による海底湧水場所の調査
			377	汚染流水のリアルタイム放射線測定
	工事を行う技術	ボーリング調査	744	土壌中の核種の自然減衰とモニタリング
			745	土壌ガスの3Heモニタリング
		観測孔設置	231	各地層内の地下水化学および年代より地下水の起源や流速等を把握、水理地質構造モデル
			654	コア試験、透水試験による帯水層特性の把握、地表面の電磁気やGPR探査と併用
			175	水平孔を用いた水文総合観測
			182	総合水文調査、解析
			231	地下水化学、地下水年代より地下水流動解析
			272	観測システムの構築（事前解析、地下水流動、汚染物質の移行など）
			282	ソニックドリル工法、コア観察、水位観測、3Hおよび90Sr観測、データ解析、ネット上管理
			388	原位置試験、孔内湧水圧測定、流向・流速、温度検層、密度検層、ポアホールカメラ、コア比抵抗
			451	敷地境界の掘削孔やコントロール掘削孔にて孔井間トモグラフィ、間隙水圧や水質の観測
			492	ロータリー工法による無水もしくは泡掘削、水理試験、揚水試験、水質試験など
			655	涵養域、広域、敷地において総合水文調査を行う（広域、敷地においてボーリング実施）
			678	50mメッシュで透水層ごとに独立した地下水頭を観測、揚水井戸による揚水試験
			709, 767	低線量域からコントロールボーリング、各種試験など
	開発を伴う技術	3He連続分析	372	高濃度汚染水の漏洩検知のための地中ガスの3He濃度の連続観測
		マイクロ化学プローブ	407	オンラインでガンマ線、全ベータ、90Sr、3Hを分析。地下水流速計測システムの構築
		汚染水モニタリングシステム	594	二種類のGM管を用いるセシウムとストロンチウムの分別モニタリング
		水位と線量モニタリング	606	地下水位と放射能濃度を同時に計測できる装置を開発

地下水等の挙動把握に関する技術リスト

特に提案をお願いしたい技術		ご提案		
項目		分類	番号	関連するキーワード
(2) 水質の分析技術(簡易・迅速な測定)	90Sr分析	質量分析 (ICP-MS, TIMS)	117	分析時間:水溶液15分(>3Bq/L)、土壌8検体3時間(>5Bq/L)
			177	塩分濃度が低いとICP-MS、高いとβ 線測定
			182	既存の分析技術を応用
		シンチレータ(液体、ガス、プラスチック)	193	エネルギーウインドウ設定で90Yのみを測定
			209	ガスシンチレーターを開発中
			624	分析時間:20分以内(>30Bq/L)
			659	分析時間:12時間(>0.05Bq/L)
			717	液体シンチレーターのノウハウを提供
		チェレンコフ検出器	290, 300	分析時間:100-1000秒(10Bq/L程度)
			540	分析時間:2-3分(2-10Bq/L程度)、1時間(1Bq/L程度)
			723	90Yのベータ線の連続カウント
			767	分析時間:20時間(>0.3Bq/L)
		その他	282	分析時間:0.3-0.5日(0.3Bq/L)
			357	分析時間:1日程度(実用化は2015年度)
			625	分析時間:24時間(>0.1Bq/L)
			749	新型α、β、γ カウンタ
			309, 311	Sr抽出技術
	3H分析	シンチレータ(液体、ガス)	209	ガスシンチレーターを開発中
			290, 300	分析時間:5分(>10000Bq/L)から3時間(>2Bq/L)
			473	膜分離式トリチウムモニタ
			474	イオン交換併用で時間短縮、同時分析
			492	分析時間:24時間以内。移動ラボ
			610	イオン交換とスピルオーバー法で分析時間短縮
			615	分析時間:50分(>10Bq/L)、開発中
			659	分析時間:4.5時間(>15Bq/L)、移動ラボ
			717	分析時間:5時間(>60Bq/L)、ノウハウを提供
		ベータカウンタ	352	分析時間:1分以内。プロトタイプ実証済み
			624	分析時間:40分
			767	分析時間:65分、3H Micro Distillation
		その他	282	分析時間:0.15-0.25日(>370Bq/L)
(3) 観測孔設置技術(迅速・無人掘削)	無人掘削	遠隔	244, 448	エアハンマー
			349	バイブレータソニックドリル、二重管掘削
			582	リモートコントロール、コンピュータコントロール
			710	3成分コーン、水圧式コーン試験の無人化
		ロボット	345	リモートコントロール、ロボット
		コントロールボーリング	451, 709, 767	低線量域に孔口設置
	迅速掘削		492	エアハンマー
	汚染混入防止		349, 582	二重管掘削

地下水等の挙動把握に関する技術リスト

特に提案をお願いしたい技術		ご提案		
項目		分類	番号	関連するキーワード
(4)地下水流動・核種移行解析	地下水流動	地表水/地下水一体解析	199	汚染水対策の検討ツール GETFLOW; 地表/地下を一体解析, 水/放射性物質の収支評価, 放射性物質移行モデル化, 気象条件・海水面変動を詳細にモデル化, 人工構造物や人間活動を詳細モデル化),
			246	地下水流動/核種移行 解析, 解析コード HydroGeoSphere; 地表/地下水流一体解析 タンク・建屋からの漏洩水の経路把握, 潮汐、塩淡水境界変化考慮した核種の海への放出予測
			302	解析コード Amanzi-ATS, 地表と地下の現象と地下水流動モデルの一体化、地下凍結現象のモデル化、核種移行解析
			324	地下水/地表水/雨水/海の統合的なモデル化, 地下水解析コード FeflowあるいはModflow 3D, 表層水解析コードMike Flood, Mike 21
			428	地下水対策計画立案のための水循環モデル解析; 地表水と地下水の動きを一体的に解析する水循環モデル, レーダー解析雨量データ、細密空間情報基盤データ(DEM, DMC)などの活用
			481	現在及び将来の地下水・放射性核種の循環; (1)解析, GETFLOW(表流水と地下水の流れを一体的に解析), (2)可視化, GIS上に表示, (3)観測
		概念モデルの作成	282	サイト概念モデル(CSM)によりデータ不足箇所の同定から始める,
			325	地下水概念モデル(SCM)の作成と技術評価委員会(Technical Review Board)による科学技術的支援
			425	総合的な地下水流動モデル構築; 解析コード; TOUGH2ファミリーのiTOUGH, CSMには四季/周年の水位データが有効
			530	SCMアプローチ、解析コード; GWM(MODFLOW=2000), 3D visual; GMS, EVS, 3D Studio Max, 解析には経験と専門知識必要、Cross-Disciplinary Approachによる信頼性確保
			654	CMD: 富岡層は水理学的には二重空隙構造を有し、割れ目帯あるいは断層を選択的に移流する.
			739	概念モデル構築(CMD)にはGISとリンクしたデータベースが不可欠 CMDは意思決定過程で重要な役割、データギャップの同定
		核種移行解析まで	232	汚染水拡大予測シミュレーションによるリスクの抽出と低減; 地質構造モデル構築→地下水流動解析+汚染水核種移行解析→環境への影響リスク低減対策の対象範囲、施工完了時期、最大リスクの抽出、等々
			259	汚染水対策統合管理システム; 解析コード; GEOMASS 地下水流動解析, GoldSim 放射性核種移行解析
			293	サイトの地質、地下水流動の概念モデル化、iMODによる流動解析、核種移行解析、最適観測点を特定、モニタリング
			310	地下水中の核種移行シミュレーション; 解析コード; THYRSIS, HYTEC
			319	米国サイトでの環境回復とモニタリング業務実施の実績
			346	核種移行解析; 解析コード; MODFLOW, FEFLOW, PHAST, HYDRUS→サイト条件に合わせたin-house 3D 解析コード
			349	サイト概念モデル、GIS化、データ欠落部の把握、調査/データ取得、地下水流動/核種移行解析、汚染水対策の効果の評価
			351	先進的な核種移行解析, トレーサ試験, リスクアセスメント
			426	地下水中の核種移行には化学反応が大きく関与、例えば海水/淡水協会の変化によるイオン強度の変化、CrunchFlowやin-houseの先進的なTOUGHファミリーの核種移行解析コード
			605	核種移行解析技術; 非定常物質移行解析→汚染水挙動予測/対策検討に必要な時間・空間データ提供 解析コード; D-transu2D-EL, D-transu3D-EL
			733	システムモデリングアプローチによる放射線学的リスクの把握; 全てのリスクを抽出、それぞれのリスクのレベルの把握、環境、汚染水対策に反映, 解析コードAMBER , GoldSim
			734	核種移行解析コードCABARET; 化学反応と地下水流動の連成
			735	ConnectFlow=NAMMU(多孔質媒体モデル) + NAPSAC(個別亀裂ネットワークモデル)及びその汚染水対策への応用
			740	汚染の移行とリスク評価Contaminant Migration Modelling and Risk Assessment In-housのコードTRAFFIC, 市販のコードTOUGHREACT, MODFLOW-SURFACT, PHAST, GoldSim
			741	汚染源(土壌・岩石/地下水)の把握とそのGIS表示, 使用コード: TRAFFIC
			181	実測に基づく地下水流動の理解; モニタリングとモデリングの統合, 1)物探検層; direct push geoprobe, γ -検層→2)リアルタイムモニタリング
			231	地下水化学/年代データによる地下水流動場の検証; 一般水質+環境同位体+地下水年代の測定→a)地下水起源、流動経路、流速把握、→b)地下水流動解析結果との比較、モデルの検証/修正
			279	局所モデルによる逆解析を利用した地下水挙動把握システム; 建屋周辺局所モデル→地下水流動解析→.....→トレーサ試験→確実な止水対策の立案
			406	複数の方法による地下水流動解析-CW対策の評価コンペ+結果の3D表示の実施、 解析ツールと解析者の組合せ(解析ツール(例): 浸透流ボクセル解析, 混合ハイブリッド有限要素法, MODFLOW-USG)
			410	地球統計学的手法(Earth Volumetric Studio+EnterVol on GIS)によるサイトアセスメントと4D可視化
			416	東電の調査・解析のレビュー; 地下水塩分濃度分布/塩淡水境界とその変動/塩水-淡水混合の不均質性の考慮, モニタリングシステムの仕様(パラメータ、精度、頻度、生データの解釈(品質))
			424	遠隔/自動の地球物理学的手法による地下水流動に関するモニタリング
			562	複数の領域対象のGwflow解析によるサイト周辺のGwflowの理解; 1)広域, 2)中規模域, サイト領域×要素数: 数千〜数万, ニューラルネットワーク(NA)等による逆解析的アプローチ
			576	3次元地形・地質DB(Vulcan等)-3次元解析システム(Gwflow, nuclide migration; Dtransu, UNSAF, SEEPAGE, Kseep, モニタリングデータの可視化, 解析結果の検証
			604	モニタリングデータに基づく地下水流動評価手法の精緻化; 特性値および不確実性の3D空間分布を推定→不確実性を考慮した地下水シミュレーション, 次段階の観測孔設置の最適位置の提案
			737	広域地下水流動の理解が重要、地下水流動解析手法FRAC-3Dは非常に強力だが経験と専門知識が必要、GISモデル化
その他	3Heによる漏洩検知		372, 745	3Hと3He濃度

巻末資料 5

解析ケース及び解析結果 一覧表

解析条件					対策工									備考	広域モデル (m3/日)									
ケース	降雨 浸透率	境界 条件	透水 係数	建屋 水位	4m盤対 策	地下水 パイパス	海側 遮水壁	山側SD	山・海側 SD	陸側※ 遮水壁	フェーシング	敷地 境界 遮水壁	山側地 下水パイ パス		建屋 流入量		海域への流 出量	汲み上げ量				汲み上げ 量の総量 (建屋流入 含む)		
															合計	1～4号機 建屋		地下水 パイパス	山側地下水 パイパス	地下水ドレン 海側遮水壁 +4m盤対策	山・海側 SD			
0	0-1	A	a	α	①											400	310	290				1,510	400	
	0-2	B	a	α	①											360	280	220				1,050	360	
	0-3	B	b	α	①											360	280	220				1,060	360	
	0-4	B	c	α	①											360	280	220				1,050	360	
	0-5	B	a	β	①											350	280	220				1,150	350	
	0-6	C	a	α	①											420	330	330				1,680	420	
	0-7	C	b	α	①											420	330	330				1,680	420	
	0-8	C	c	α	①											420	330	330				1,680	420	
	0-9	C	a	β	①											420	330	330				1,860	420	
	0-10	C	a	β	①											490	420	420				1,420	490	
	0-11	A	a	α	①											400	310	290				1,510	400	
	0-12	D	a	β	①											620	480	650					620	
1	—	A	a	α	①	○										410	320	220			50		460	
2	2	A	a	α	①	○	○									390	300	220	460		50		900	
	2-2	A	a	α	①	○	○									290	210	210	790		50		1,130	
	2-3	A	a	α	①	○	○									330	250	200	840		40		1,210	
	2-4	A	a	α	①	○	○									210	140	180	1,210		40		1,460	
3	3	A	a	α	①	○		○								400	320	0			350		750	
	3-2	A	a	α	①	○		△								410	320	220			50		460	
	3-3	A	a	α	①	△		△								430	340	40			0		430	
	4	A	a	α	①	○			○							140	90	190			40	820	1,000	
4	4-2	A	a	α	②	○			○							160	110	170			40	870	1,070	
	4-3	A	a	α	③	○			○							220	140	150			30	920	1,170	
	4-4	A	a	α	③	○			○							100	50	80			0	1,520	1,620	
	5	A	a	α	①	○				○						120	80	180			30	920	1,070	
5	5-2	A	a	α	②	○				○						130	90	140			10	1,010	1,150	
	5-3	A	a	α	③	○				○						160	100	20			0	1,310	1,470	
	5-4	A	a	α	③	○				○						50	30	0			0	2,020	2,070	
	6	—	A	a	α	②	○				○					130	30	100			10		140	
7	7	A	a	α	①	○						○				130	110	90			0		130	
	7-2	A	a	α	①	○						○				160	130	100			0		160	
	非定常	A	a	α	①	○						○												
	8	A	a	α	①	○						○				300	240	170			30		330	
8	8-2	A	a	α	①	○						○	○			170	130	140			20		190	
	8-3	A	a	α	①	○						○				350	280	180			30		380	
	8-4	A	a	α	①	○						○				390	310	220			50		450	
	8-5	A	a	α	①	○						○				340	270	170			30		360	
	8-6	A	a	α	①	○						○				400	310	220			50		450	
	8-7	A	a	α	①	○						○	○			200	150	150			20		220	
	8-8	A	a	α	①	○						○	○			300	240	170			30		330	
	非定常	A	a	α	①	○						○												
	非定常	A	a	α	①	○	○					○												
	9	A	a	α	①	○								○			420	330	220			50		470
9	9-2	A	a	α	①	○							○			420	330	220			50		470	
	9-3	A	a	α	①	○							○			410	320	220			50		460	
	9-4	A	a	α	①	○							○			410	320	220		540	50		1,000	
	10	—	A	a	α	③	○	○	○							70	0	0	500		140	310	1,020	
11	A	a	α	②	○		○					○				130	30	0			140		270	
12	12	A	a	α	②	○	○	○								130	30	0	500		140		770	
	12-2	A	a	α	②	○	○	○					プロセス HTI建屋		○		80	30	0	500		140	210	930
13	13	A	a	α	②	○	○	○						○			60	20	0	330		150	1230	1,770
	13-2	A	a	α	②	○	○	○						○			110	70	0	360		230	830	1,530
	13-3	A	a	α	②	○	○	○						○			120	80	0	360		270	770	1,520
	13-4	A	a	α	②	○	○	○						○			60	30	0	330		170	1210	1,770
	13-5	A	a	α	①	○	○	○									380	290	0	460		350		1,190
14	14	A	a	α	③	○	○	○					○	○	○	○	30	0	0	130		90	140	400
	14-2	A	a	α	③	○	○	○					○	○	○		30	0	0	140		20	130	320
	14-3	A	a	α	③	○	○	○					○	○	○		60	0	0	300		80	200	640
15	15	A	a	α	③	○		○					○	○	○		110	30	0			90		200
16	—	A	a	α	③	○	○	○					○	○	○		100	30	0	150		90		340
17	—	A	a	α	③	○	○	○					○		○		60	40	0	10		40	440	550
	17-2	A	a	α	③	○	○	○					○		○		60	40	0	20		20	490	590

○降雨浸透

A:850mm/年(降雨浸透率:55%)
B:降雨浸透率 30%
C:降雨浸透率 70%
D:11mm/日

※陸側遮水壁(凍土)内フェーシング率:80%

○境界条件

a:陸・海:静水圧
b:陸:不透水、海:静水圧
c:陸・海:不透水

○中粒砂岩の透水性

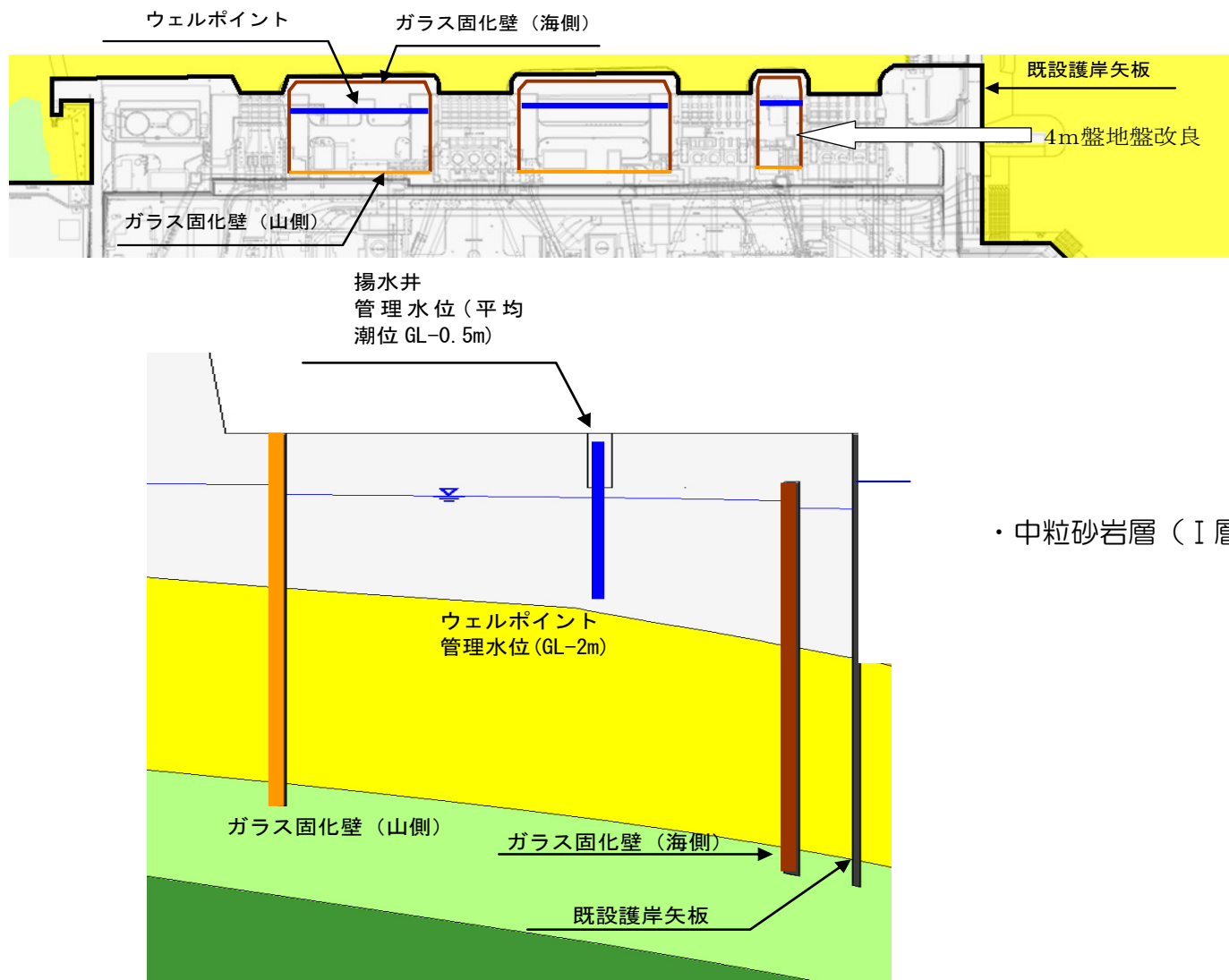
α:2分割
3号機建屋南側の泥岩の挟層を伴う 中粒砂岩の透水性を低下させる
β:均一
中粒砂岩の透水性を均一(3.0E-03/sec)

○建屋内の水位条件

建屋水位	1号機	2～4号機	プロセス	HTI (高温焼却炉)
①	OP4m	OP3m	OP4m	OP3m
②	OP3m	OP2m	OP4m	OP3m
③	ドライアップ			

ケース1（4m盤対策）

ケース1

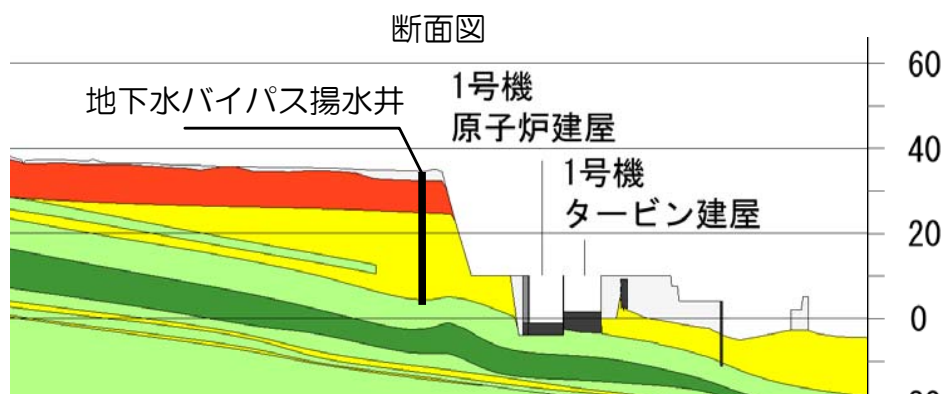
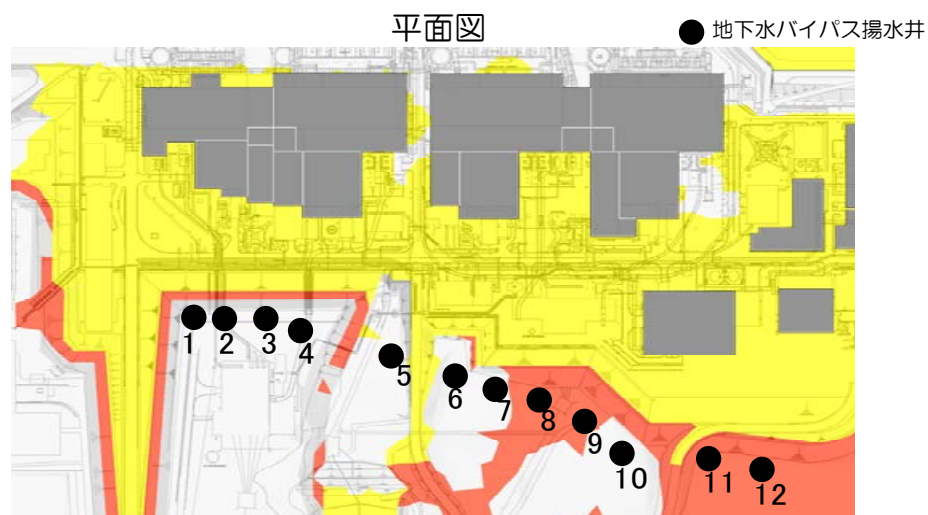


- ・中粒砂岩層（I層）の水を汲み上げ。

ケース2（4m盤対策+地下水BP稼動）

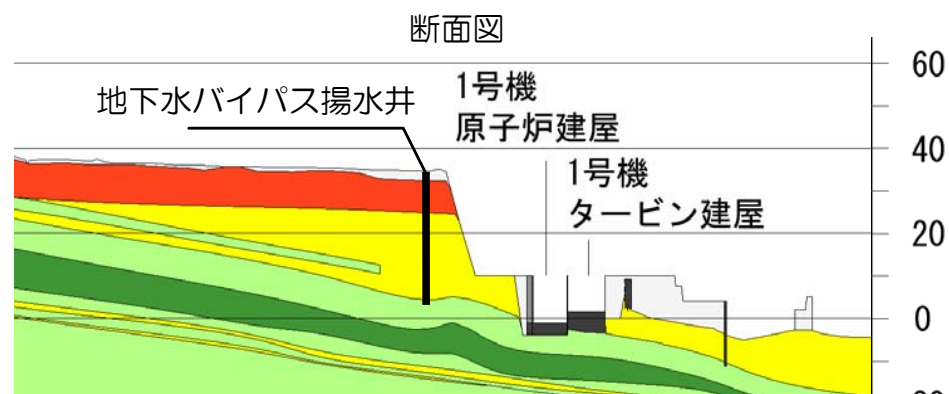
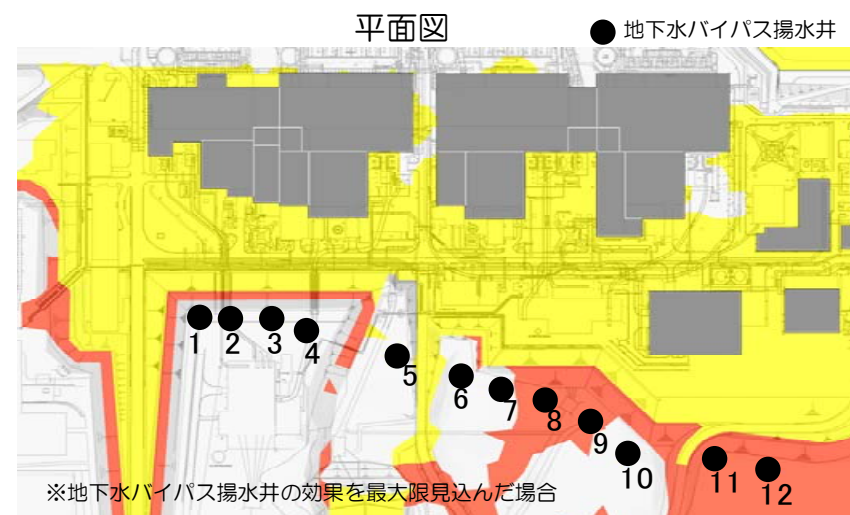
ケース2

- ・中粒砂岩層（I層）の水を汲み上げ。



ケース2-2

- ・中粒砂岩層（I層）の水を汲み上げ。



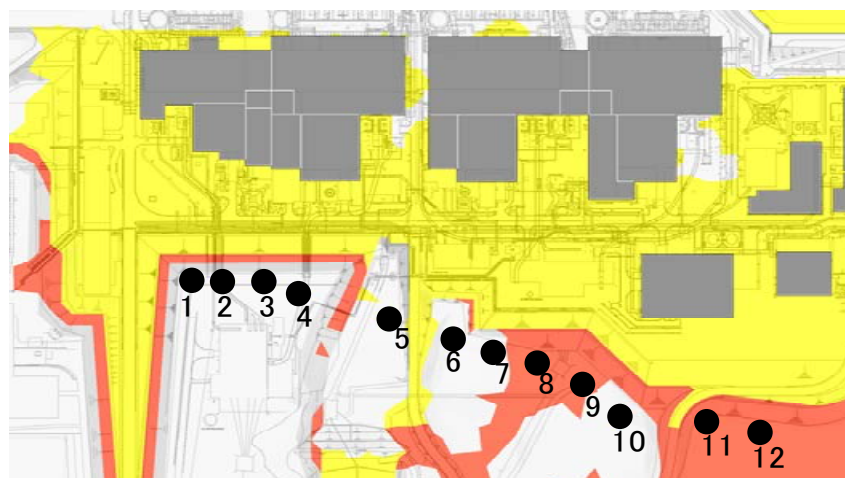
ケース2（4m盤対策+地下水BP稼動）

ケース2-3

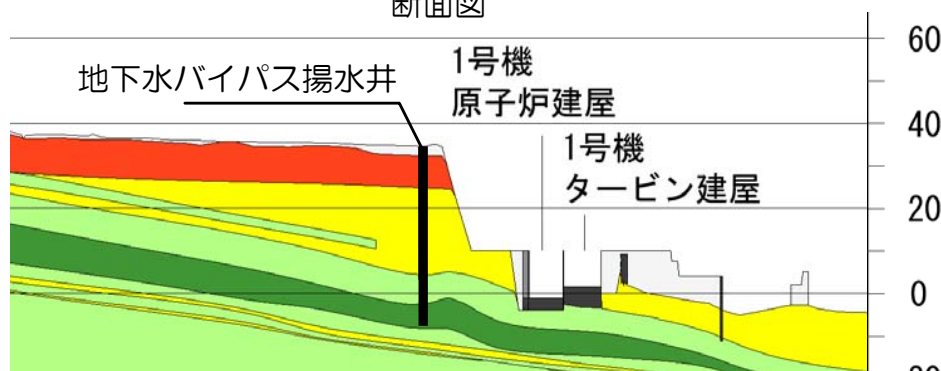
- ・中粒砂岩層（Ⅰ層）ならびに互層部（Ⅲ層）の水を汲み上げ。

平面図

● 地下水バイパス揚水井



断面図

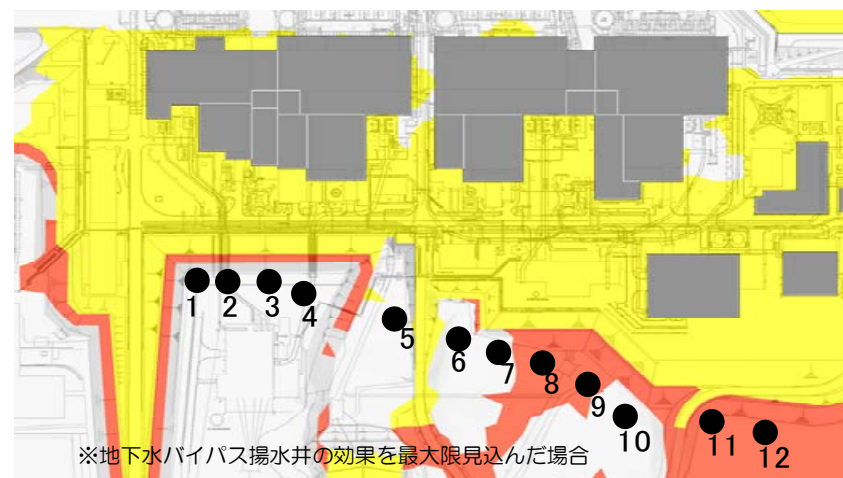


ケース2-4

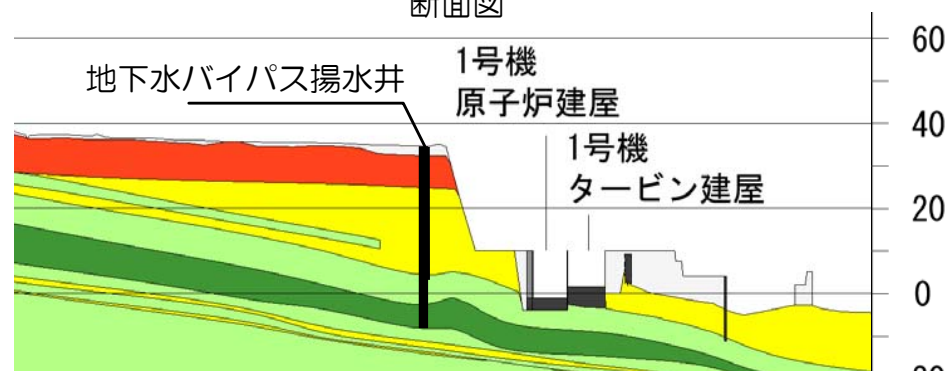
- ・中粒砂岩層（Ⅰ層）ならびに互層部（Ⅲ層）の水を汲み上げ。

平面図

● 地下水バイパス揚水井



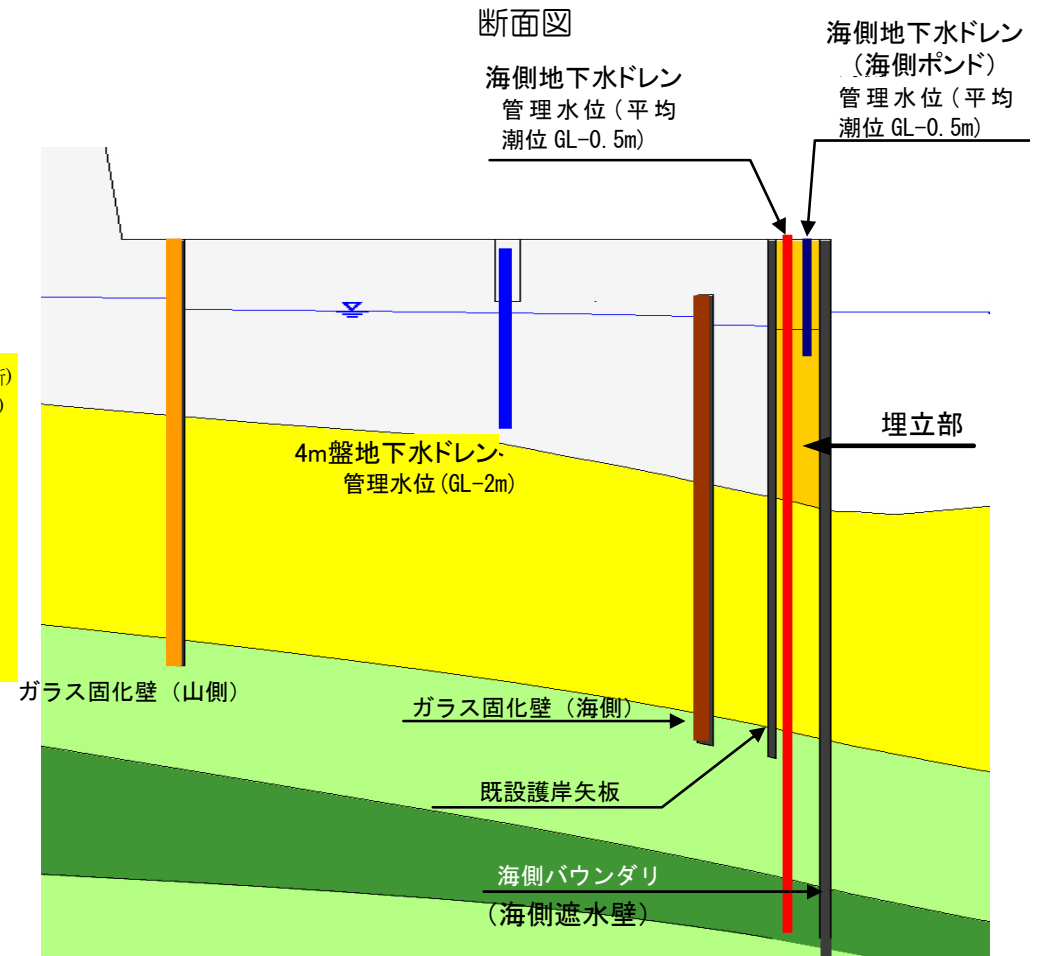
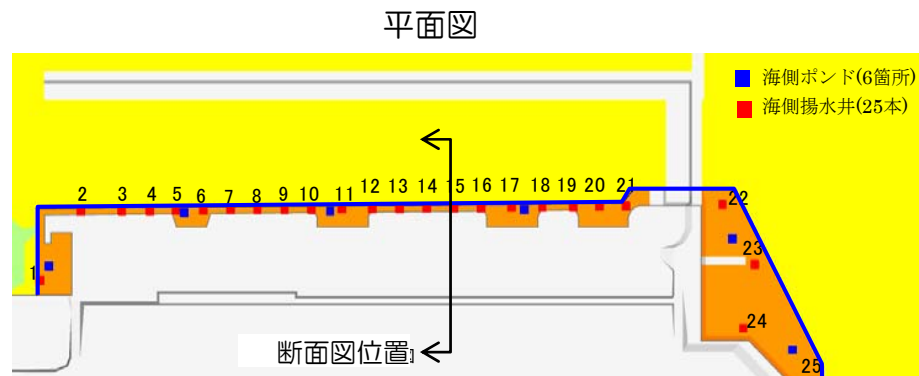
断面図



ケース3（4m盤対策+海側遮水壁）

ケース3

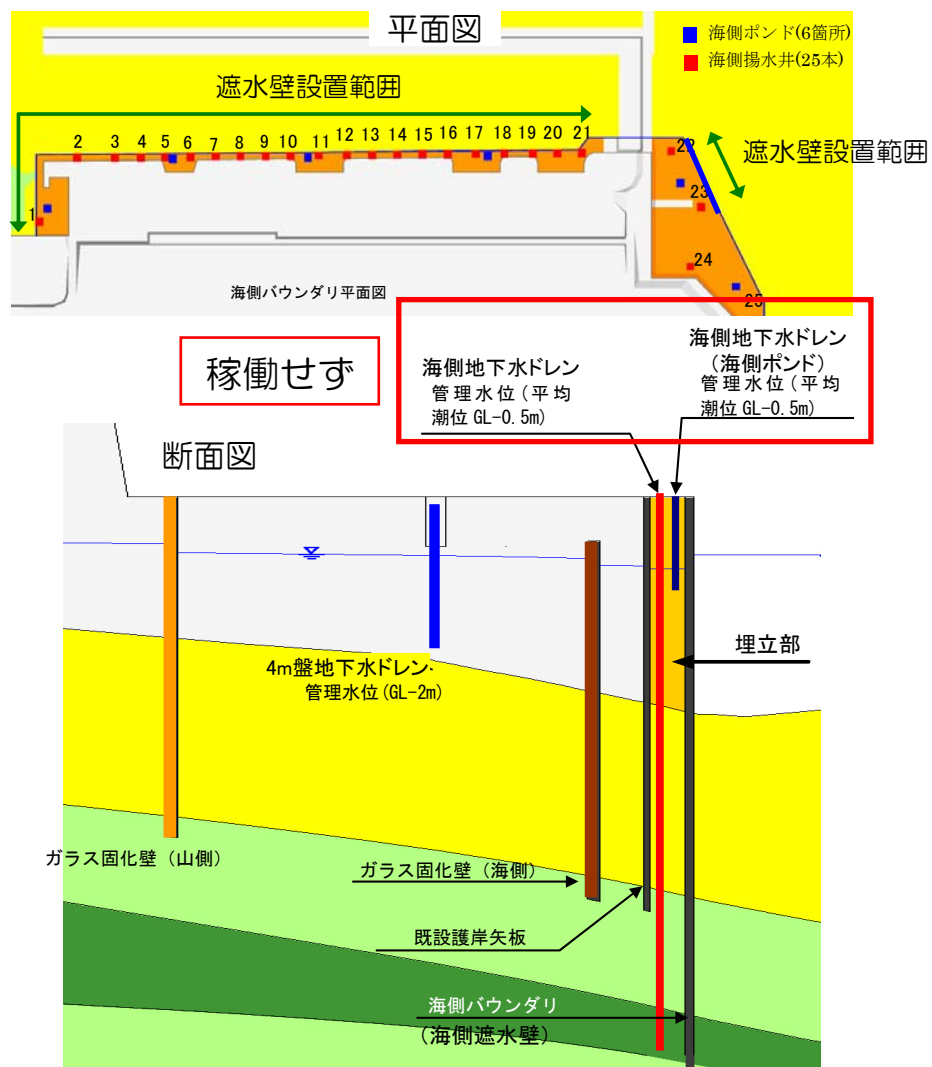
- ・海側遮水壁が完成した場合。
- ・4m盤地下水ドレン、海側地下水ドレンで水を汲み上げ。



ケース3（4m盤対策+海側遮水壁）

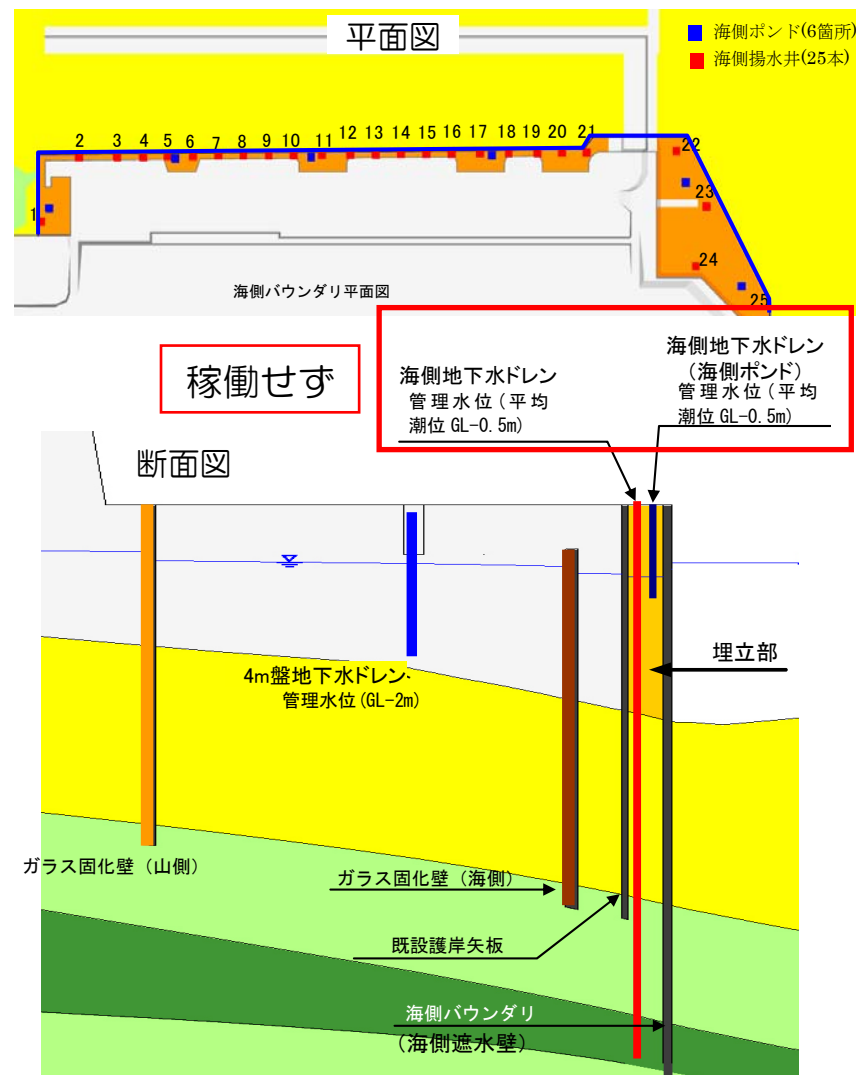
ケース3-2

- ・海側遮水壁が未完成の場合（現状再現(H25.11)）。
- ・4m盤地下水ドレン、海側地下水ドレン未完成（汲み上げず）。

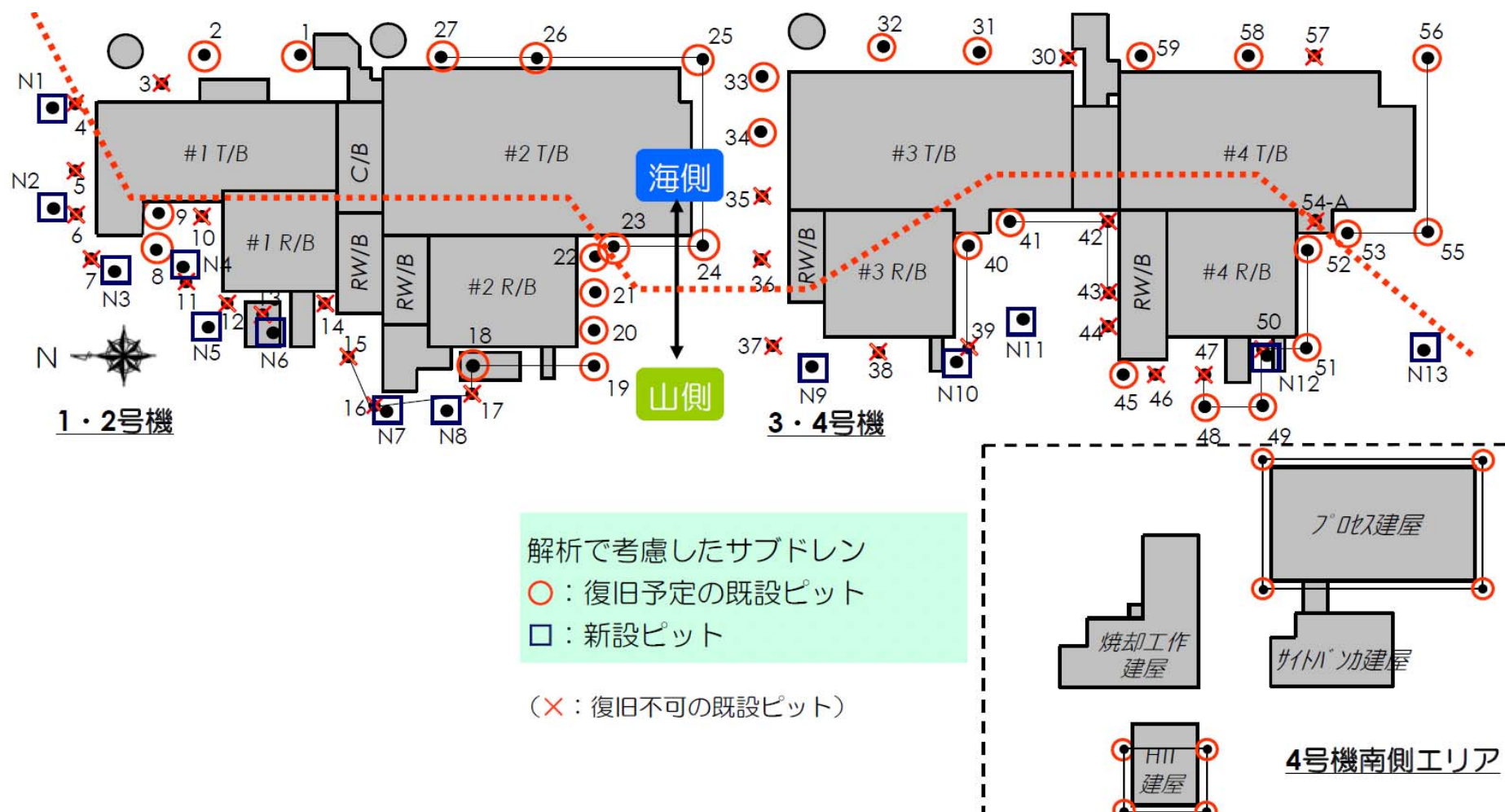


ケース3-3

- ・海側遮水壁が完成した場合。
- ・4m盤地下水ドレン、海側地下水ドレンは稼働しない。



サブドレン位置図



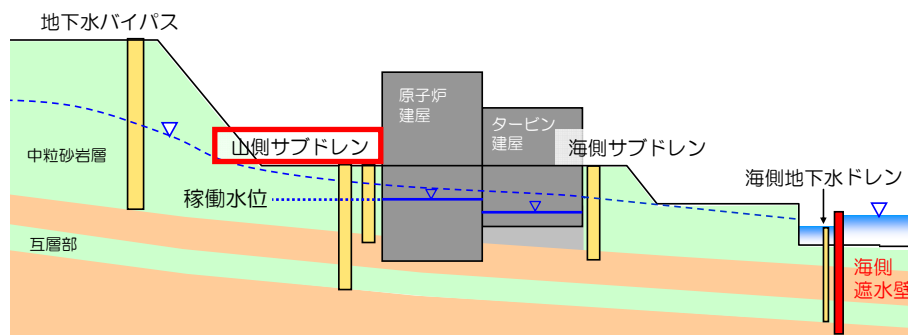
ケース4（4m盤対策+山側サブドレン）

※山側サブドレン以外のドレンは稼働せず

ケース4

・山側サブドレンのみ稼働し、サブドレン稼働水位は近傍建屋水位とした。

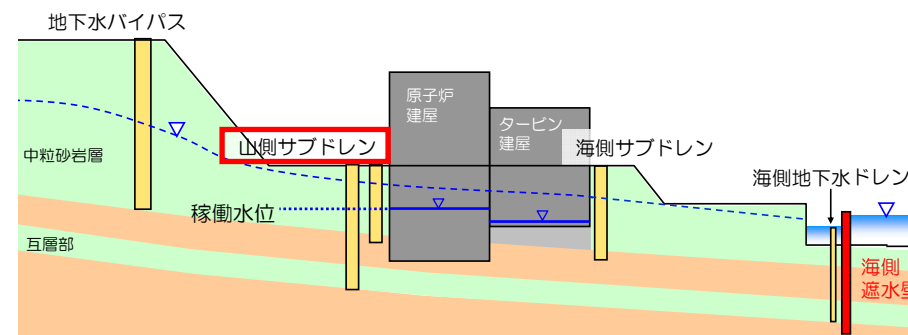
・建屋水位3～4mとした。



ケース4-2

・山側サブドレンのみ稼働し、サブドレン稼働水位は近傍建屋水位とした。

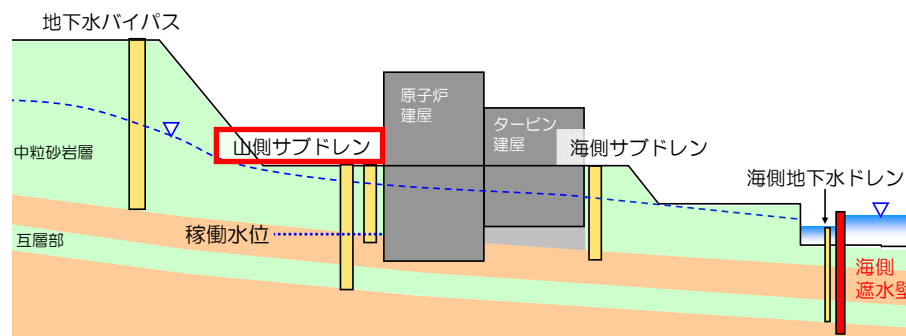
・建屋水位2～3mとした。



ケース4-3

・山側サブドレンのみ稼働し、サブドレン稼働水位は中粒砂岩層下端とした。

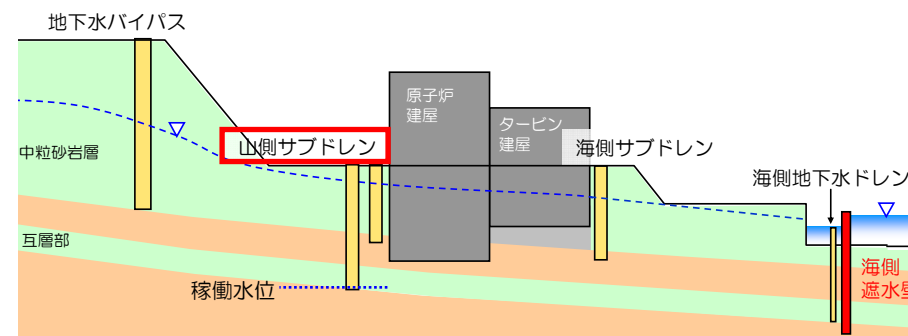
・建屋内はドライアップされている状態とした。



ケース4-4

・山側サブドレンのみ稼働し、新設サブドレンの稼働水位は互層部下端、その他のサブドレンは中粒砂岩層下端とした。

・建屋内はドライアップされている状態とした。



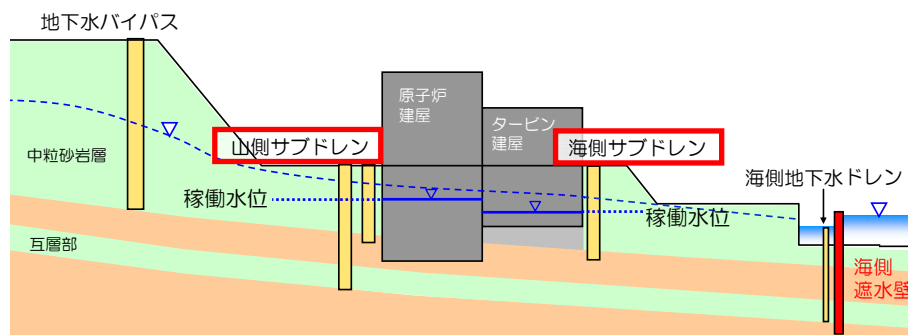
ケース5（4m盤対策+サブドレン）

※サブドレン以外のドレンは稼働せず

ケース5

・山側サブドレンのみ稼働し、サブドレン稼働水位は近傍建屋水位とした。

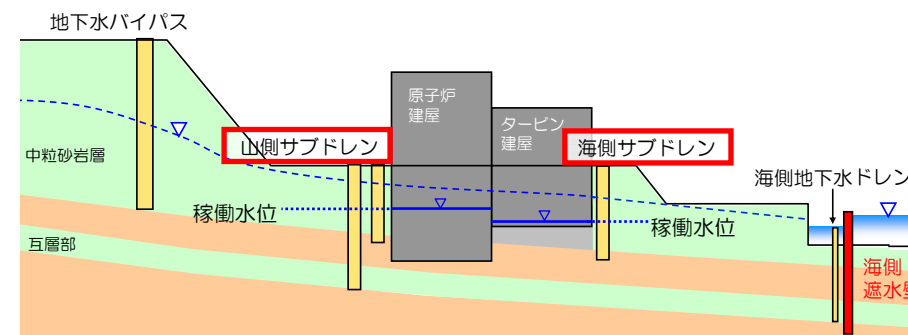
・建屋水位3～4mとした。



ケース5-2

・山側サブドレンのみ稼働し、サブドレン稼働水位は近傍建屋水位とした。

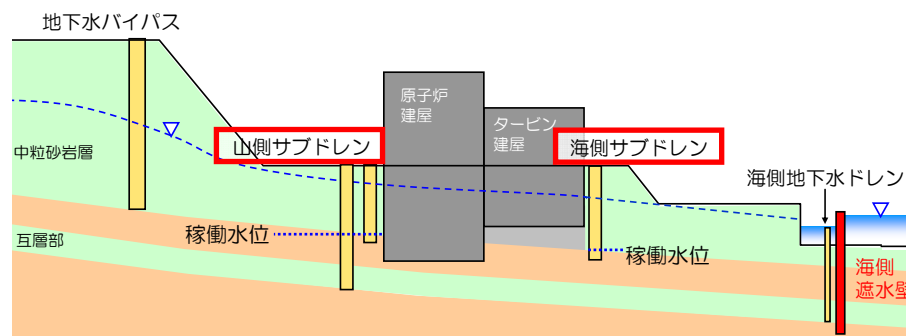
・建屋水位2～3mとした。



ケース5-3

・山側サブドレンのみ稼働し、サブドレン稼働水位は中粒砂岩層下端とした。

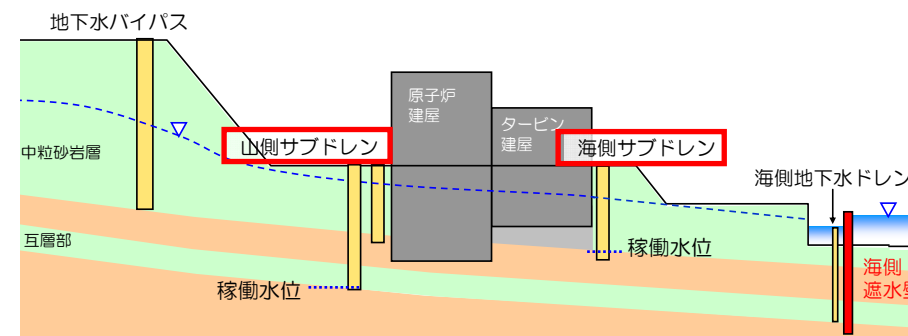
・建屋内はドライアップされている状態とした。



ケース5-4

・山側サブドレンのみ稼働し、新設サブドレンの稼働水位は互層部下端、その他のサブドレンは中粒砂岩層下端とした。

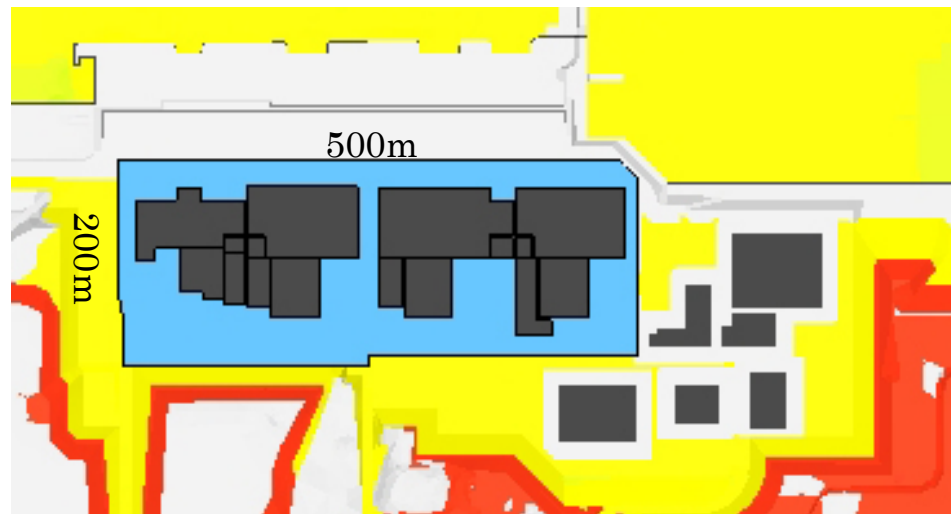
・建屋内はドライアップされている状態とした。



ケース6（4m盤対策+陸側遮水壁）

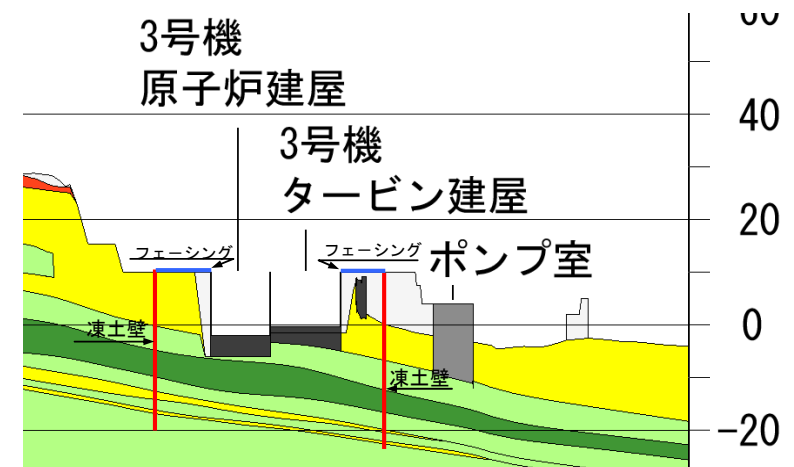
- ・凍土壁の範囲は1～4号機を囲む範囲とした。（南北約500m，東西約200m）
- ・凍土壁の深度は粗流砂岩層までとした。
- ・凍土壁の幅は2mで不透水とした。
- ・凍土壁内側の表面は、内側の面積の80%がフェーシングされているとした。

平面図



凍土壁で囲まれる領域。領域の面積の80%がフェーシングされていると仮定。残りの20%は降雨が浸透するとした。

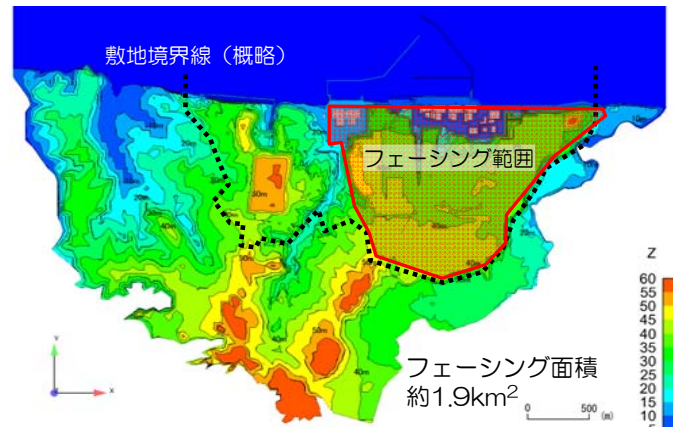
断面図



ケース7（4m盤対策+広域フェーシング）

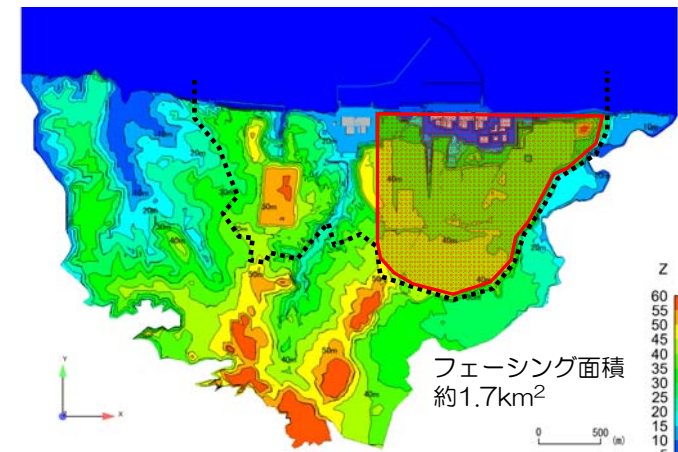
ケース7

- ・北側は6号機まで、南側および西側は敷地境界までの範囲をフェーシングした場合（1～6号機を包括）。
- ・フェーシング範囲内の降雨浸透量は0mmとした。



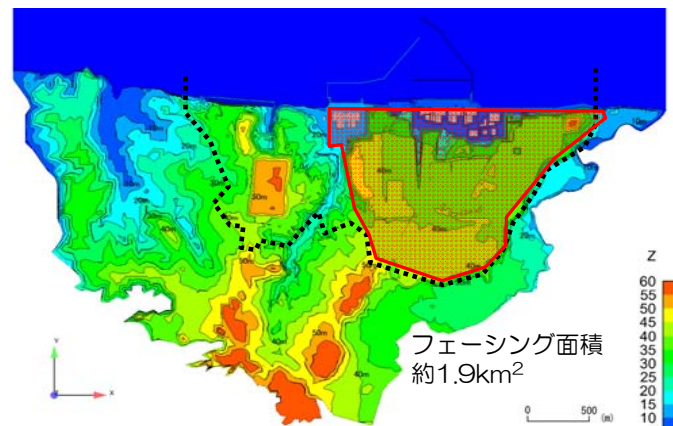
ケース7-2

- ・北側は1号機の北側まで、南側および西側は敷地境界までの範囲をフェーシングした場合（1～4号機を包括）。
- ・フェーシング範囲内の降雨浸透量は0mmとした。



ケース7非定常

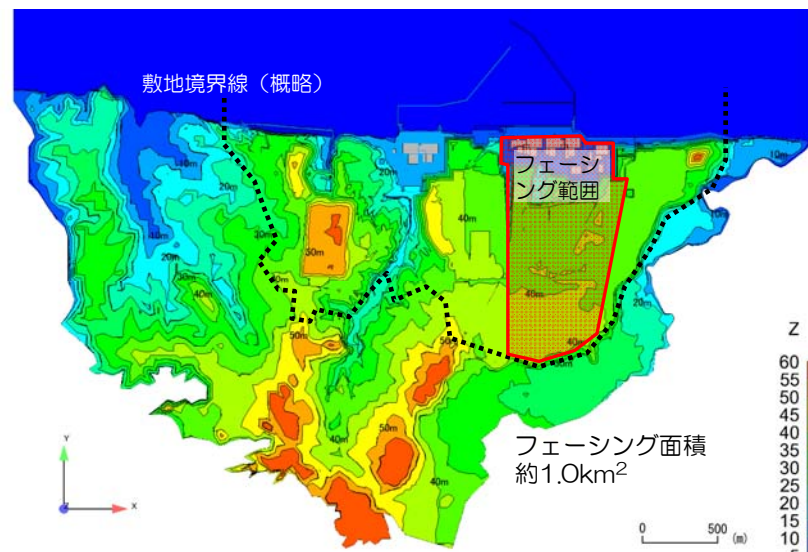
- ・ケース7と同じ条件とした。



ケース8（4m盤対策+フェーシング+敷地境界遮水壁）

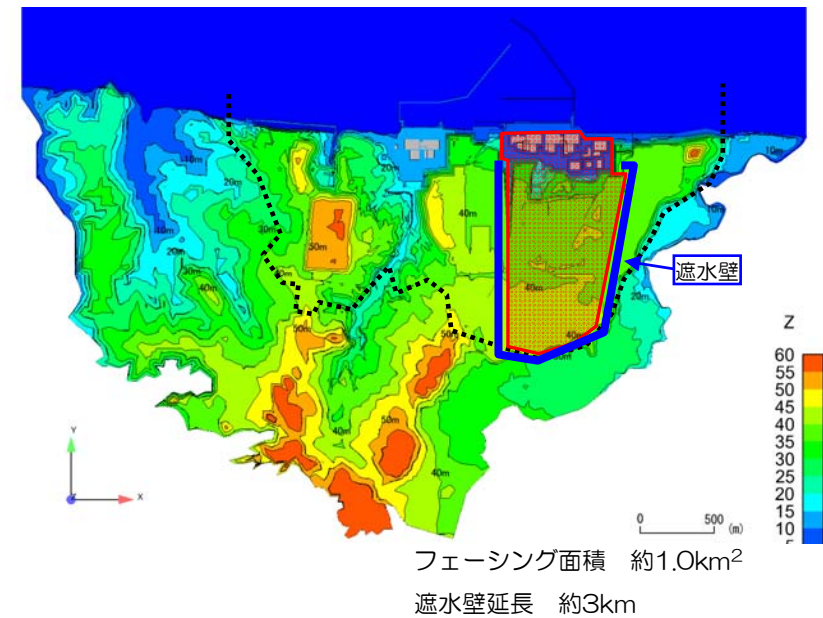
ケース8

- ・南北方向は1～4号機の範囲とし、西側は敷地境界までとした。
- ・フェーシング範囲内の降雨浸透量は0mmとした。



ケース8-2

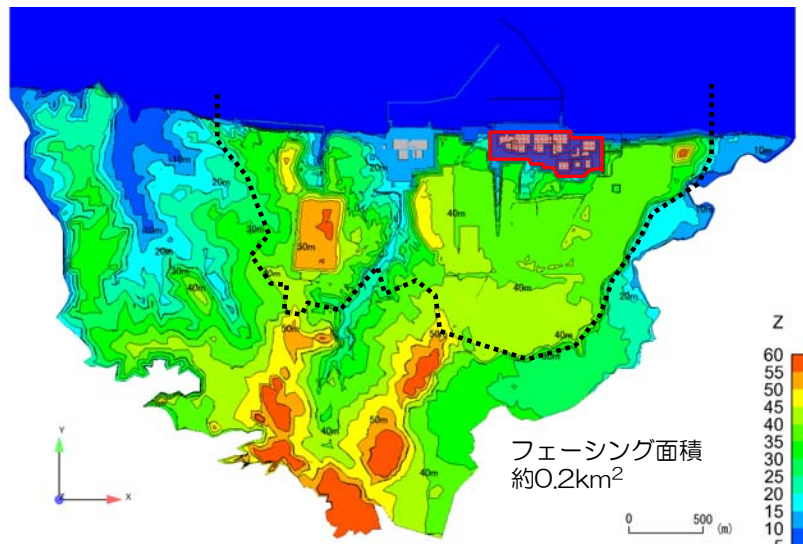
- ・フェーシング範囲はケース8と同様。
- ・フェーシングを囲むように遮水壁を設置。遮水壁の深さは粗流砂岩までとした。
- ・フェーシング範囲内の降雨浸透量は0mmとした。



ケース8（4m盤対策+フェーシング+敷地境界遮水壁）

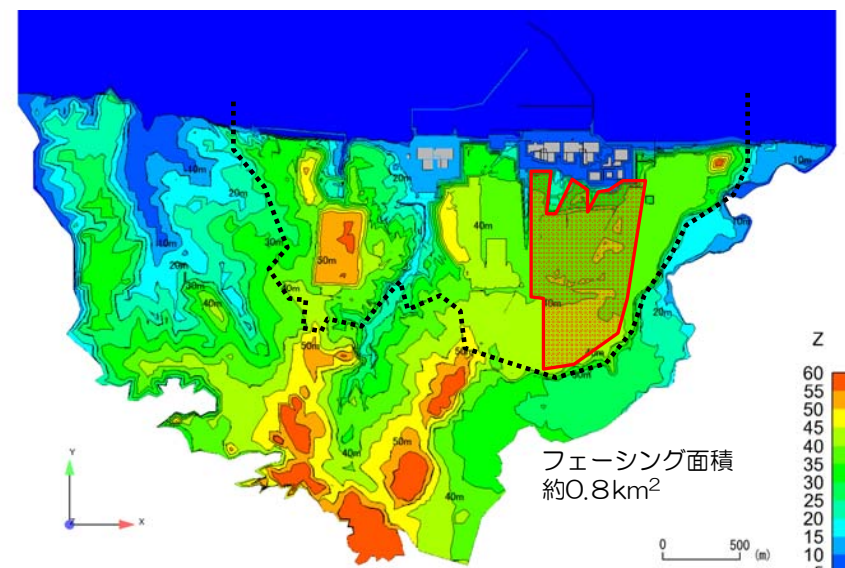
ケース8－3

- ・フェーシング範囲は1～4号機が設置されている10m盤とした。
- ・フェーシング範囲内の降雨浸透量は0mmとした。



ケース8－4

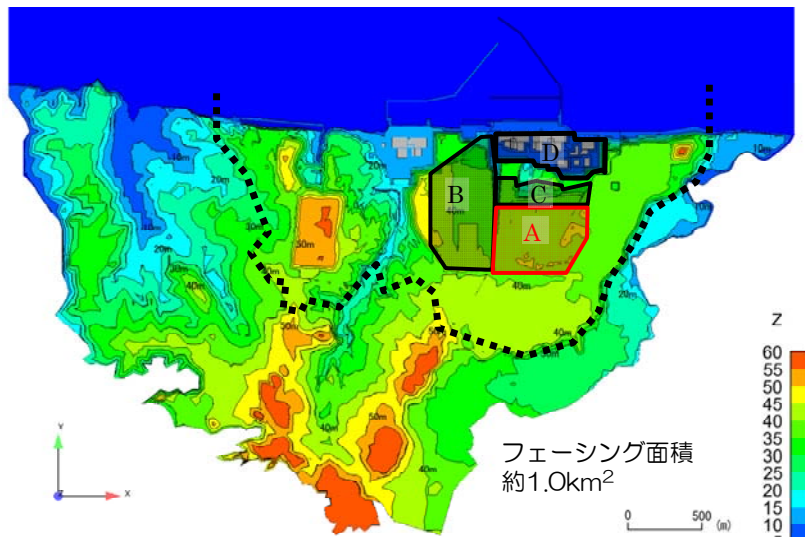
- ・フェーシング範囲は1～4号機西側の35m盤とした。
- ・フェーシング範囲内の降雨浸透量は0mmとした。



ケース8（4m盤対策+フェーシング+敷地境界遮水壁）

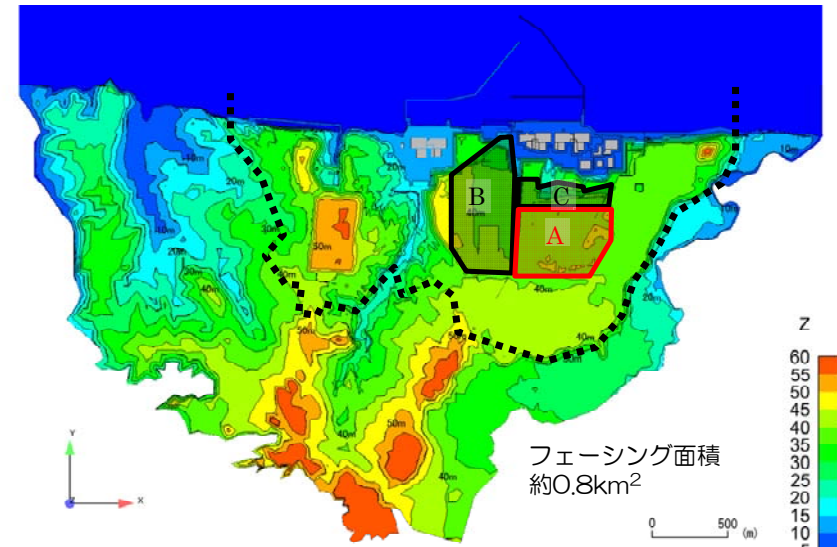
ケース8ー5

- ・フェーシング範囲は1～4号機の10m盤ならびに35m盤のタンクエリア周辺とした。（下図A～Dの領域）
- ・フェーシング範囲内の降雨浸透量は0mmとした。ただし、A領域のみ50%浸透するとした。



ケース8ー6

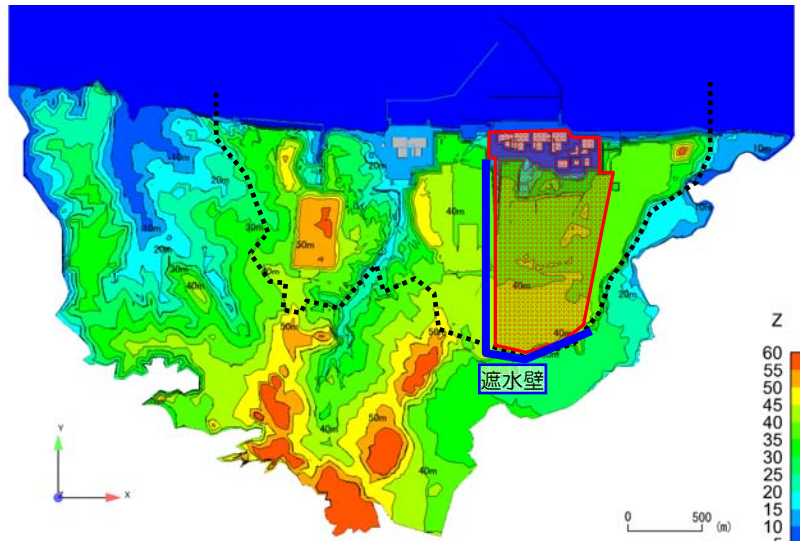
- ・フェーシング範囲は35m盤のタンクエリア周辺とした。（ケース8ー5から図中D領域を除いた範囲）
- ・フェーシング範囲内の降雨浸透量は0mmとした。ただし、A領域のみ50%浸透するとした。



ケース8（4m盤対策+フェーシング+敷地境界遮水壁）

ケース8ー7

- ・フェーシング範囲はケース8と同様。
- ・フェーシング範囲の西側、北側に遮水壁を設置。遮水壁の深度は粗流砂岩までとした。
- ・フェーシング範囲内の降雨浸透量は0mmとした。

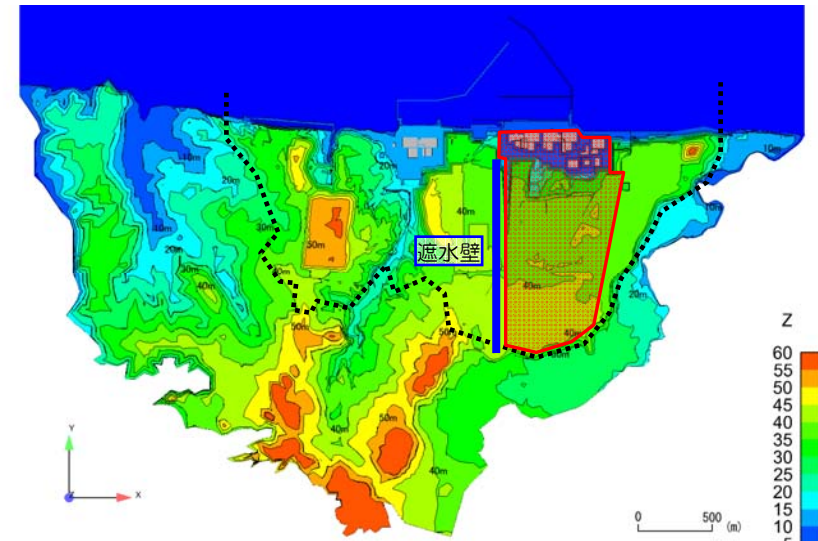


フェーシング面積 約1.0km²

遮水壁延長 約1.9km

ケース8ー8

- ・フェーシング範囲はケース8と同様。
- ・フェーシング範囲の西側に遮水壁を設置。遮水壁の深度は粗流砂岩までとした。
- ・フェーシング範囲内の降雨浸透量は0mmとした。



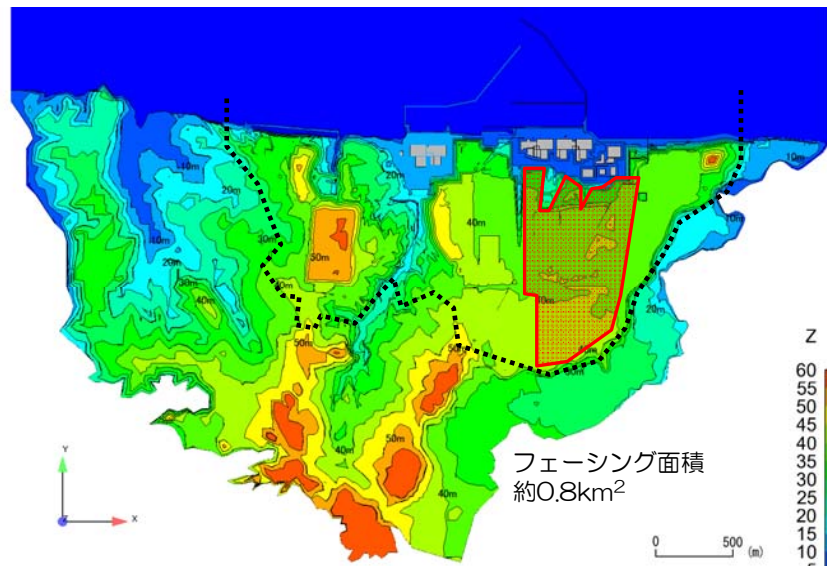
フェーシング面積 約1.0km²

遮水壁延長 約1.1km

ケース8（4m盤対策+フェーシング+敷地境界遮水壁）

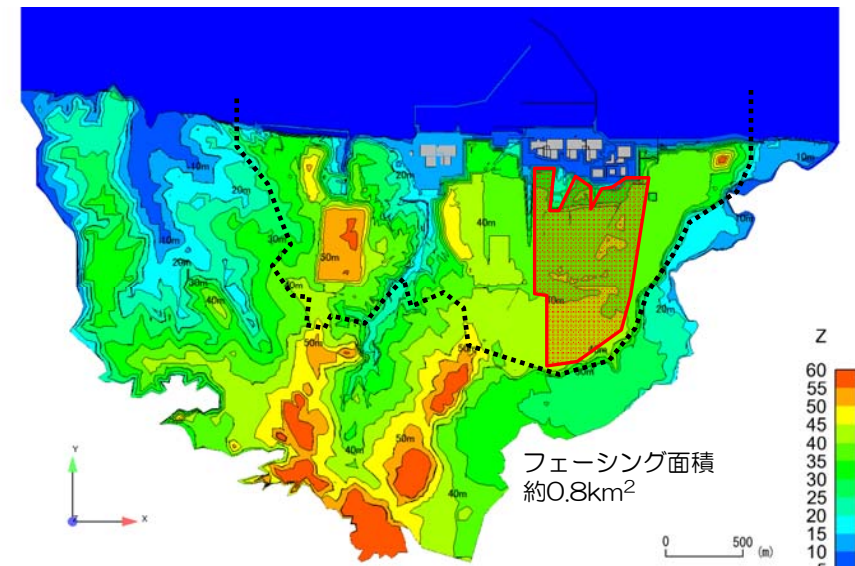
ケース8非定常①

- ・ケース8-4と同条件とした。



ケース8非定常②

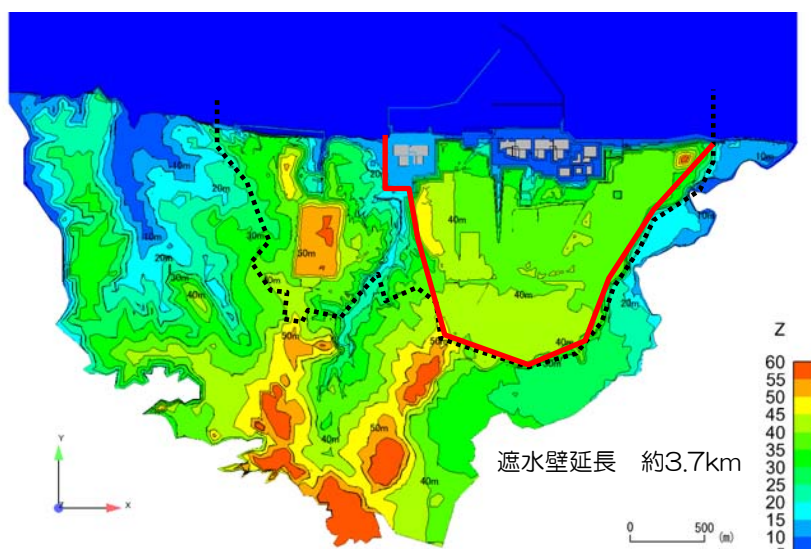
- ・ケース8非定常①の条件に、追加で地下水バイパスを稼働させた。



ケース9（4m盤対策+敷地境界遮水壁）

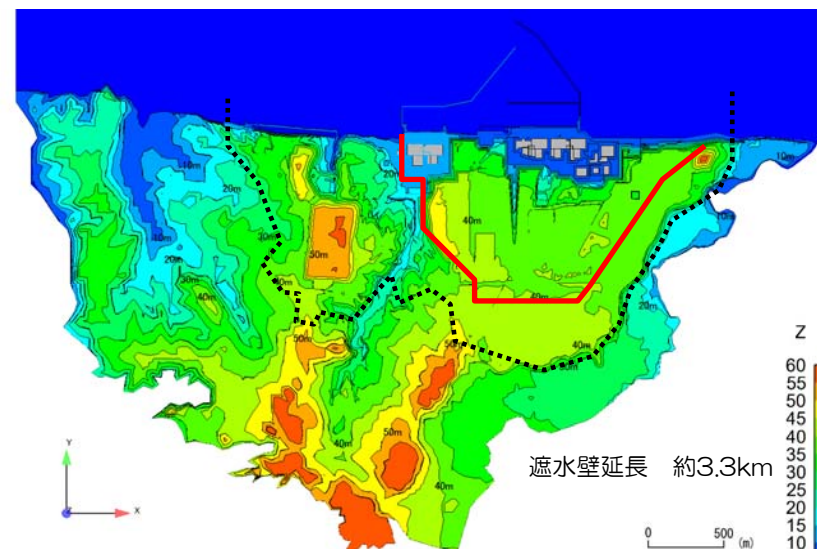
ケース9

- ・遮水壁を敷地境界付近に設置。遮水壁の深度は粗粒砂岩までとした。



ケース9-2

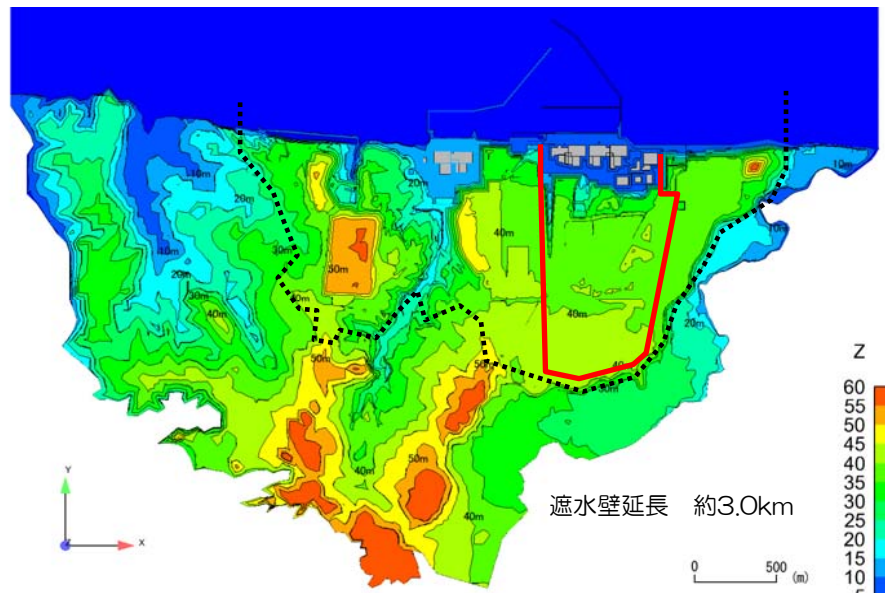
- ・遮水壁を敷地境界付近の内側にタンクエリア周辺を取り囲むように設置。遮水壁の深度は粗粒砂岩までとした。



ケース9（4m盤対策+敷地境界遮水壁）

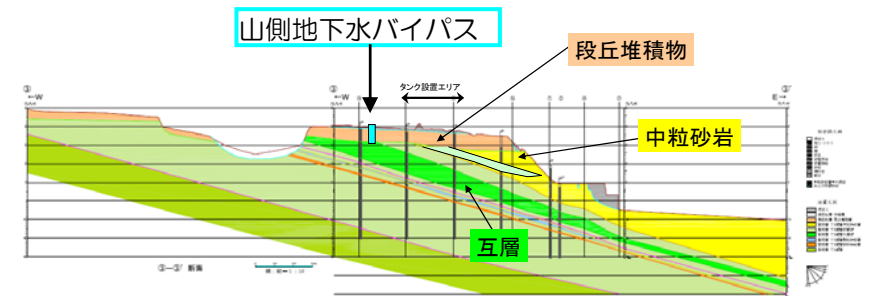
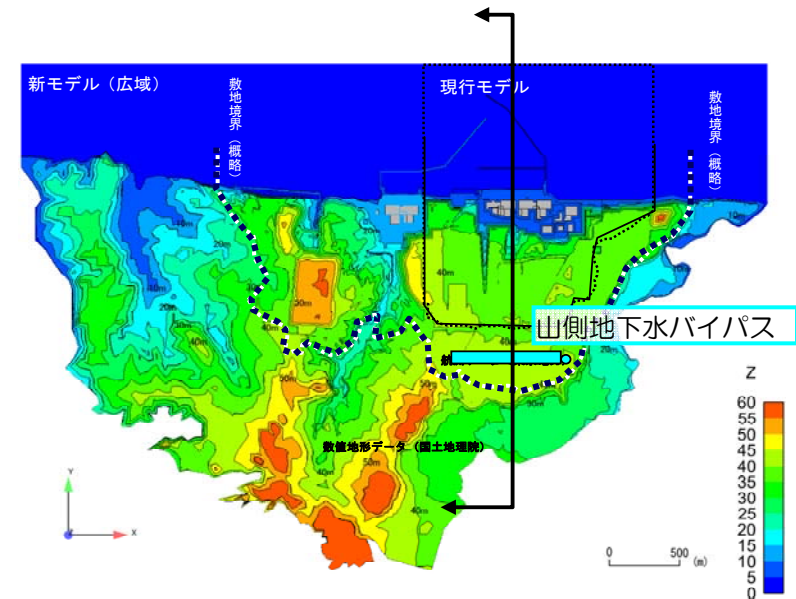
ケース9－3

- ・遮水壁を敷地境界付近に設置。遮水壁の深度は粗粒砂岩までとした。



ケース9－4

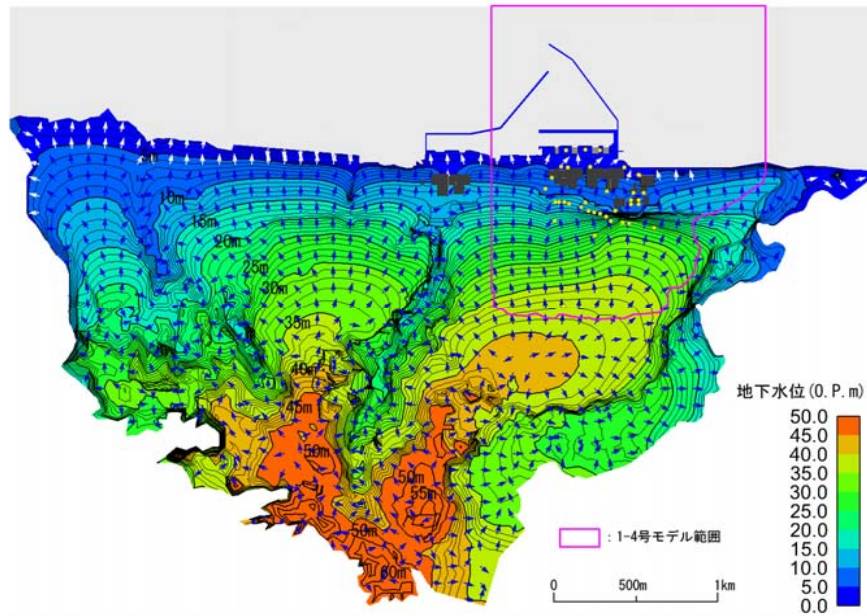
- ・敷地の西側に山側地下水バイパスを設置し水を汲み上げ。



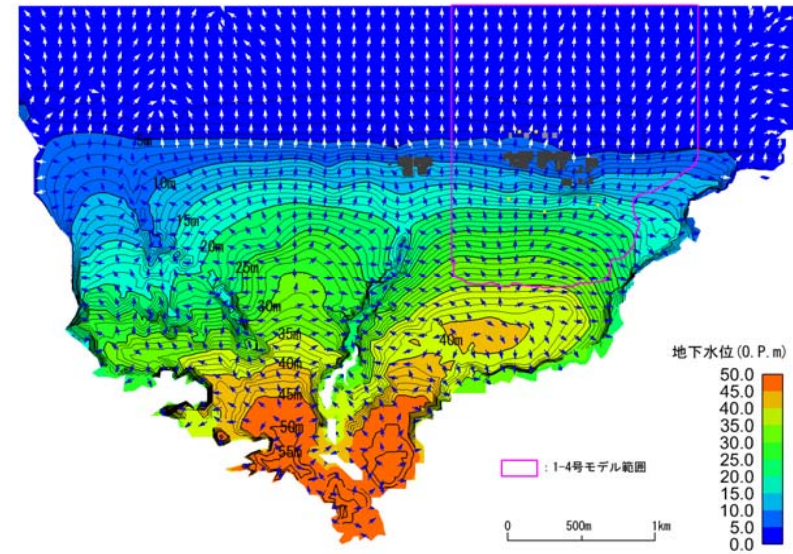
主な解析ケースの浸透流解析結果例

不圧地下水(中粒砂岩層(I層)コンター)

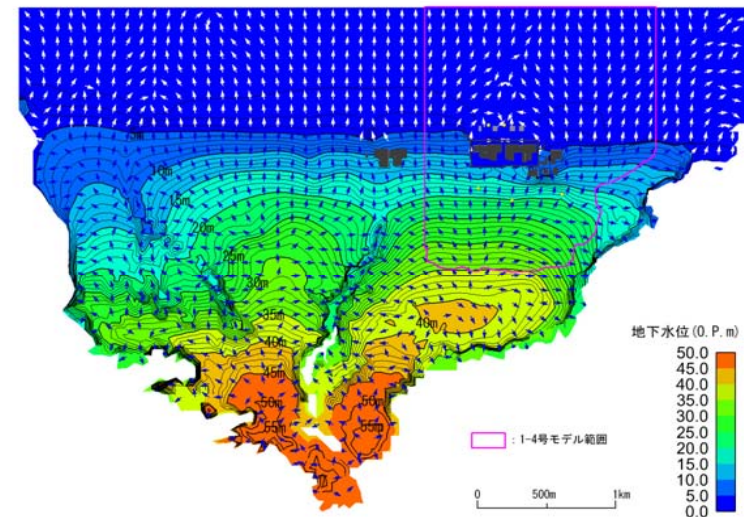
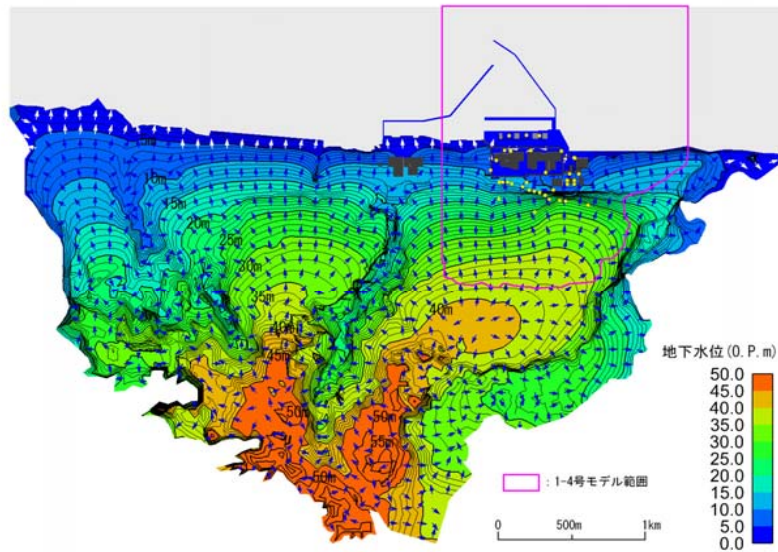
解析結果:ケース0(対策無し)



被圧地下水(互層(Ⅲ層)コンター)

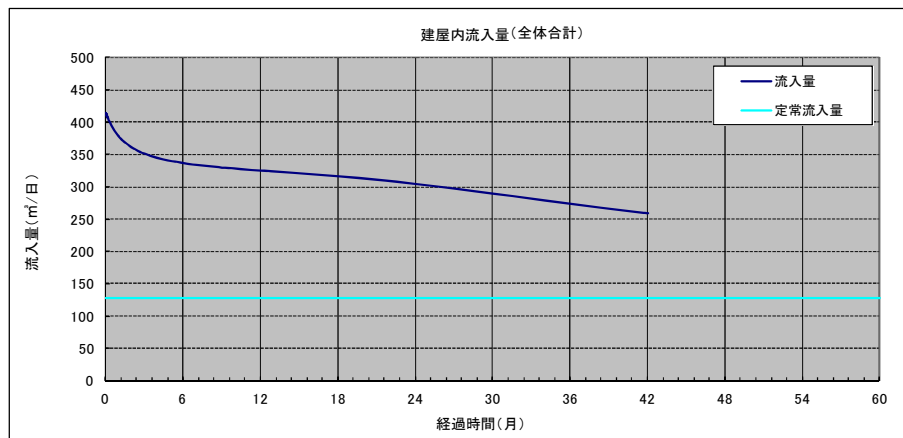


解析結果:ケース10(4m盤対策+地下水バイパス+海側遮水壁+山・海側SD+陸側遮水壁)

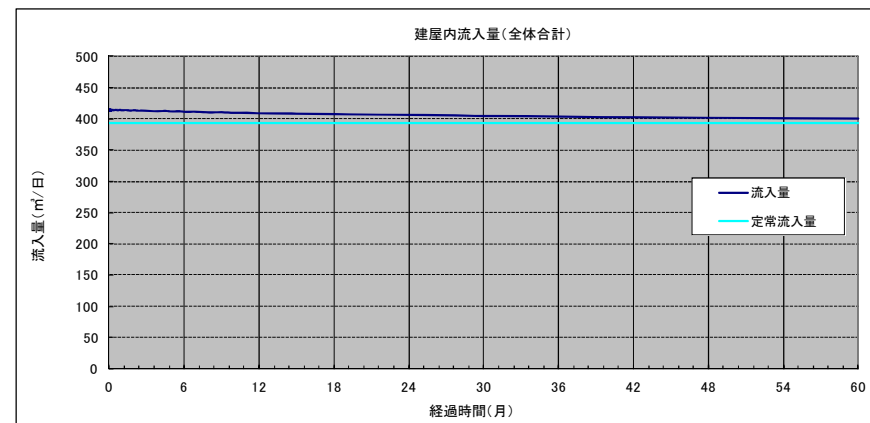


非定常解析結果(参考)

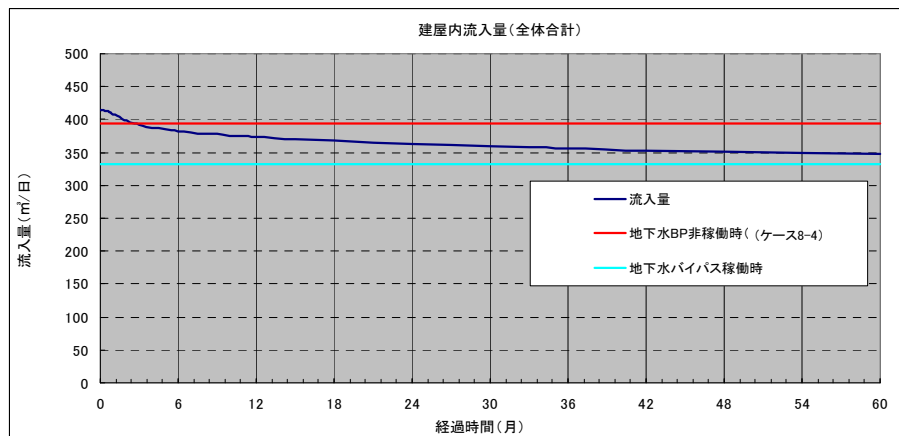
ケース7



ケース8-4



ケース8-4+地下BP



※比貯留係数の値について、その妥当性の評価が十分でないが試算の結果を参考として掲載。

各対策の概要

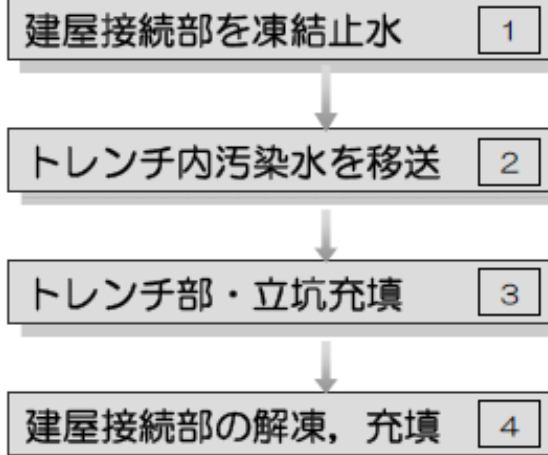
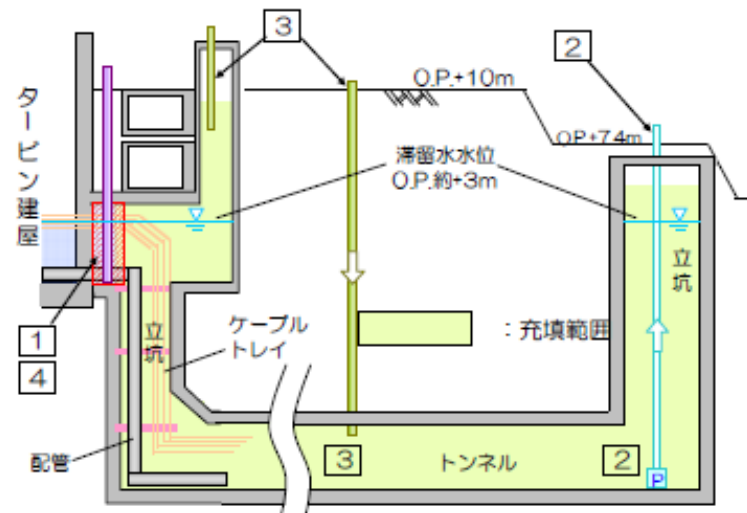
No.1: 建屋海側トレンチ内の高濃度汚染水のくみ上げ・閉塞

- ◇2, 3号機タービン建屋と海水配管トレンチを凍結止水により分離し、汚染水を汲み上げる。
(凍結止水については、凍結模型試験を実施・評価して実現性を確認した上で実施する。)
- ◇汲み上げ後、トレンチ内に充填材を充填し、閉塞する。
- ◇本年10月、汚染水くみ上げ・閉塞に係る準備工事着手。12月に凍結止水関連工事開始。平成26年4月に水抜き開始。同年7月に閉塞作業を開始し、平成27年3月に閉塞完了。

凍結止水方法の大きな課題

- 本来は、地盤中の間隙水を凍結させる工法であり、直接、水を凍結させた実績がない(凍結時に水に流れが発生し、凍結し難いという懸念がある)
- 凍結箇所には配管やケーブルトレイなどの支障物があるため、凍結時の支障となる

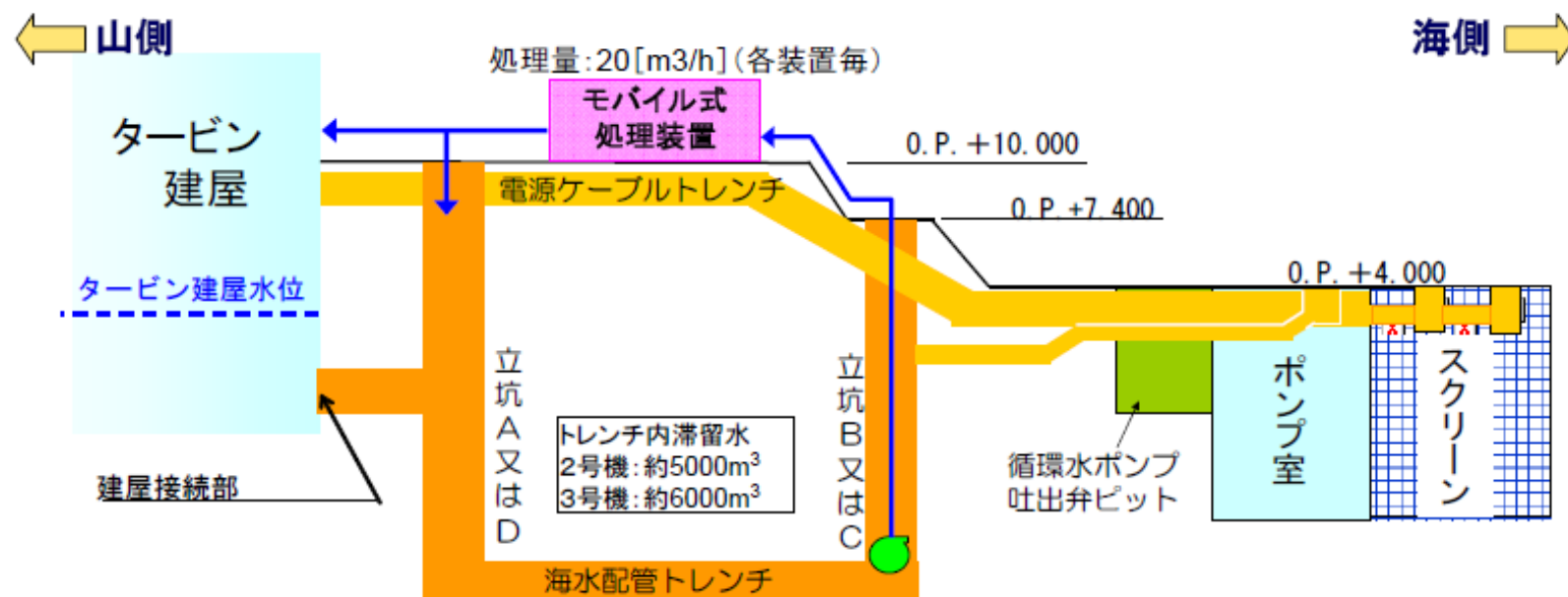
課題解決を目的として
凍結模型試験を実施、評価



【トレンチ内汚染水くみ上げの概要】

No.2: 建屋海側トレンチ内の高濃度汚染水の浄化

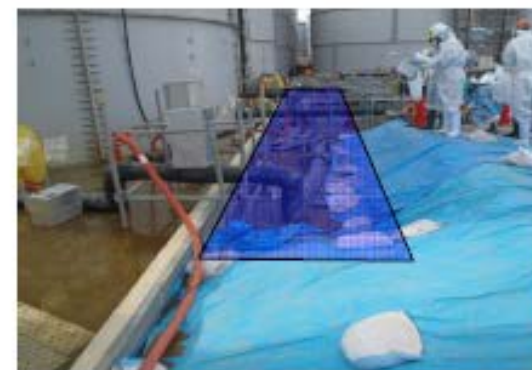
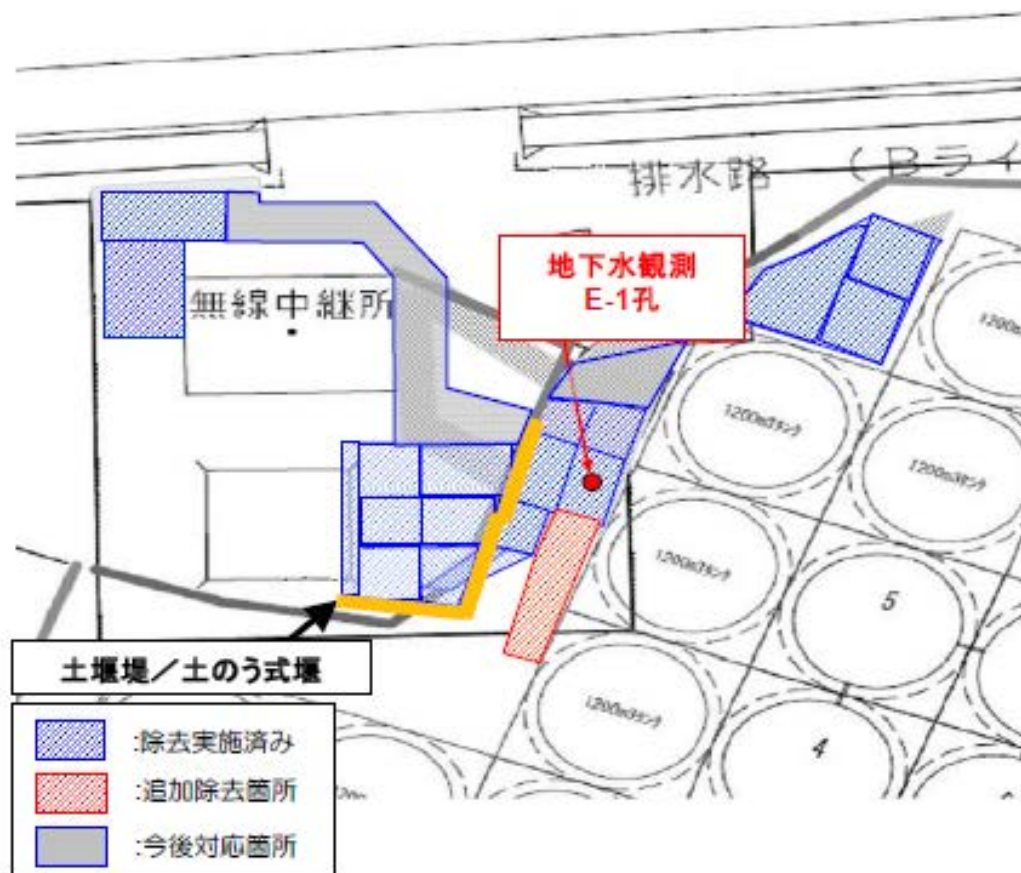
- ◇2・3号機海水配管トレンチに水中ポンプを設置し、トレンチ内の汚染水を汲み上げ、モバイル式の処理装置にて浄化する。
- ◇モバイル式の処理装置(吸着塔ユニット・弁ユニット)は各号機毎に一式設置する。
- ◇本年11月に汚染水の浄化を開始。トレンチ内の濃度を確認しながら運転期間を決定。



【トレンチ内浄化装置の概要】

No.3:漏えいが発生したタンク周辺の汚染土壌回収・汚染水くみ上げ

- ◇漏えいが発生したタンク周辺の汚染量調査結果を踏まえて汚染範囲を特定し、当該範囲の土壌を回収する。
- ◇漏えいしたエリア周辺の汚染された地下水をくみ上げて回収する。
- ◇本年9月、汚染土壌回収開始。11月に汚染水くみ上げを開始。



追加掘削範囲

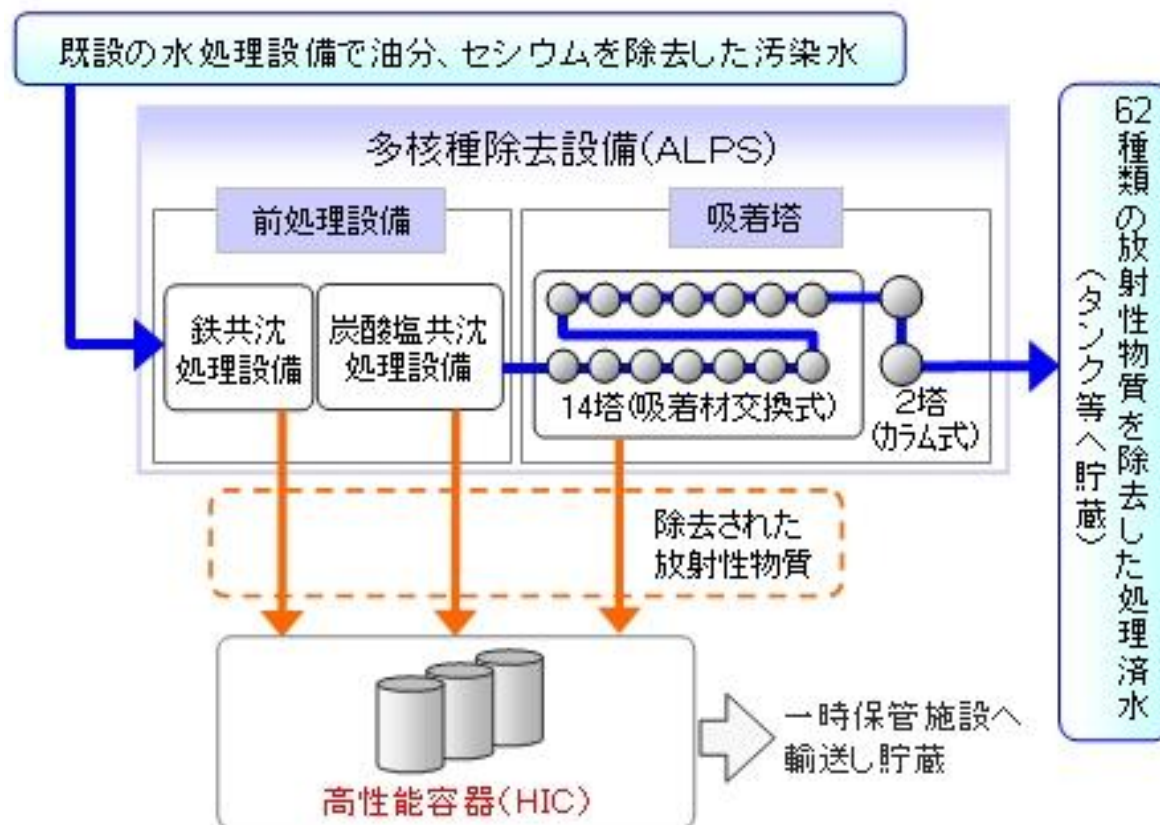


汚染土壤除去状況

【汚染土回収の実施状況】

No.4: 多核種除去設備(ALPS)による汚染水の浄化

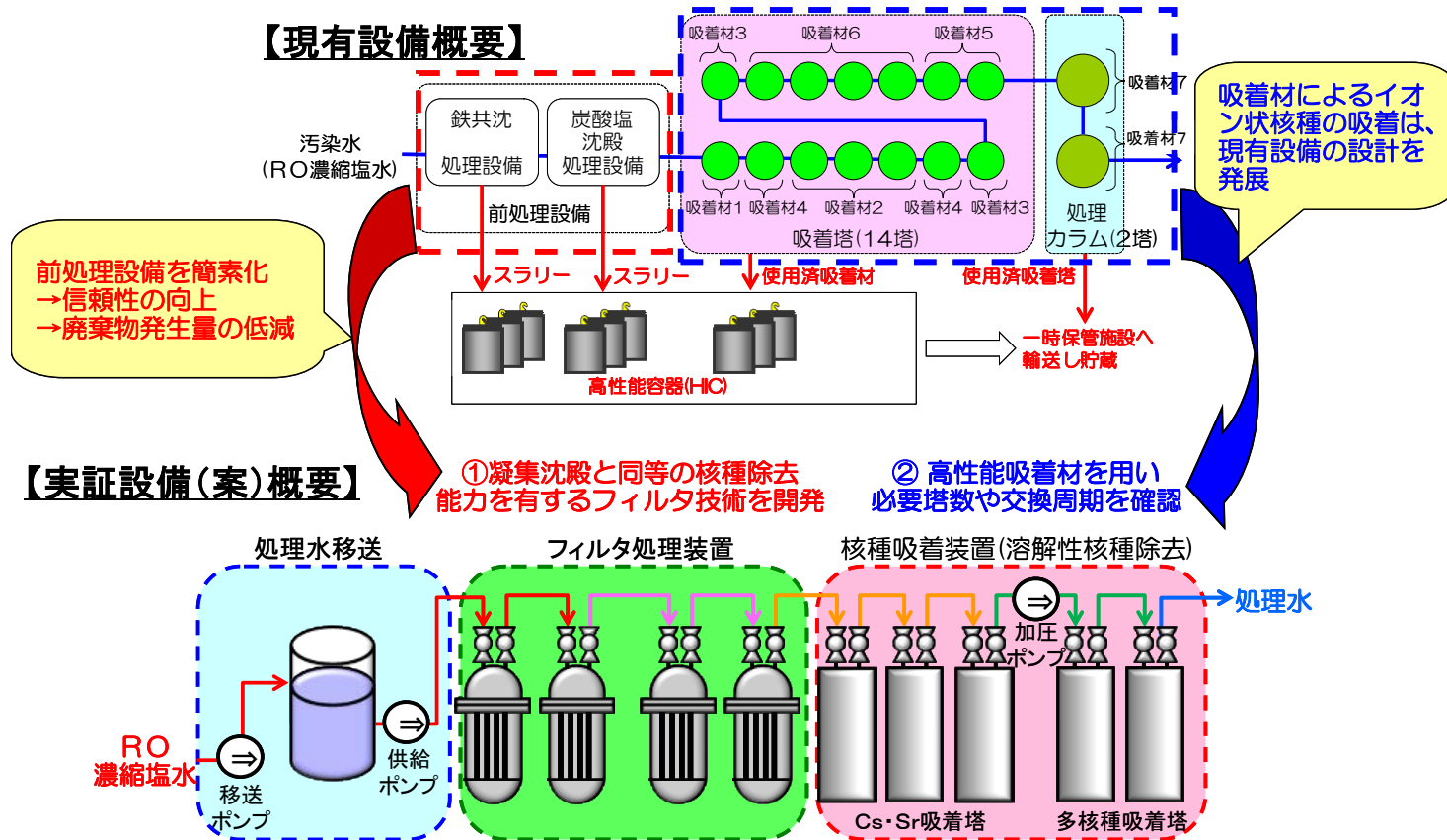
- ◇既存の多核種除去設備(ALPS)により、汚染水の浄化を実施。
- ◇既設の水処理設備で油分、セシウムを除去した汚染水を、多核種除去設備にて浄化することによりトリチウムを除く62種類の放射性物質を除去する。
- ◇現在、ALPSによる汚染水の浄化を実施中。



【多核種除去設備(ALPS)の概要】

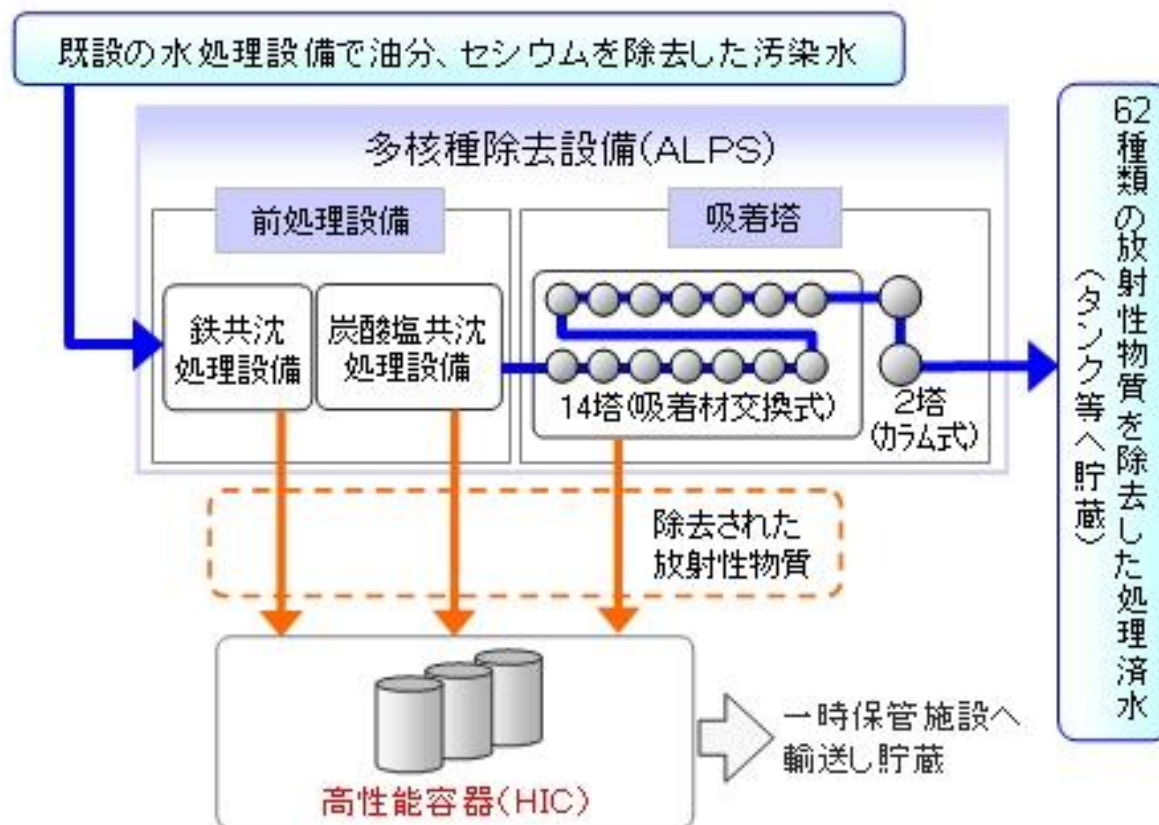
No.5: より処理効率の高い多核種除去設備による 汚染水浄化の加速・廃棄物の減容化

- ◇既存の多核種除去設備より処理効率の高い多核種除去設備により汚染水の処理を行うことで、廃棄物の減容化を図る
- ◇核種除去性能は、前処理設備を削除した場合においても、現行多核種除去設備以上
- ◇実証事業を実施し、平成26年度中に運用を開始する予定。



No.6: 多核種除去設備の増設による汚染水浄化の加速

- ◇既存の多核種除去設備(ALPS)と同等の、多核種除去設備を増設し、汚染水浄化を加速する。
- ◇既設の水処理設備で油分、セシウムを除去した汚染水を、多核種除去設備にて浄化することによりトリチウムを除く62種類の放射性物質を除去する。
- ◇導入に係る準備を実施中。平成26年度半ばに運用開始予定。



【多核種除去設備(ALPS)の概要】

No.7:タンクからの漏えい水により汚染された地下水の海洋流出防止 (薬剤の注入、土壌中のストロンチウム捕集、等)

- ◇タンクからの漏えい水により、汚染された地下水の海洋流出防止に有効な対策を検討する。
- ◇技術募集提案の結果を踏まえ、土壌中のストロンチウム捕集などの技術の確認・検証を行い、効果が確認されれば実施する。



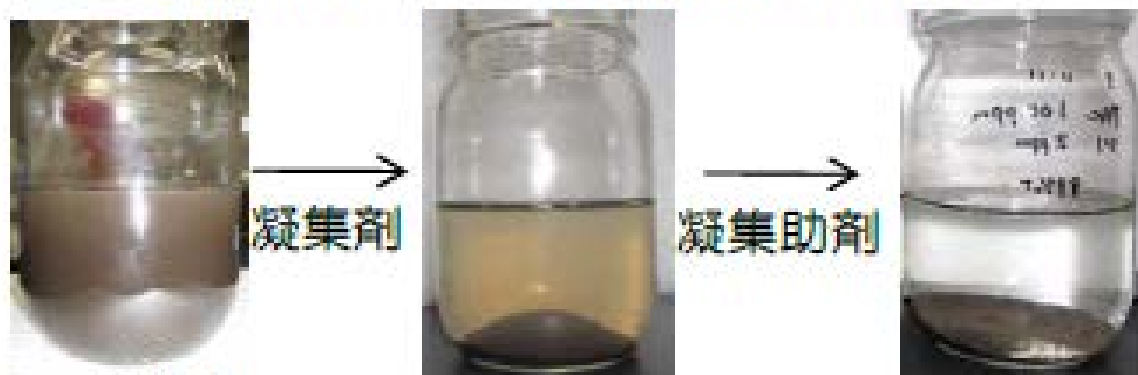
提供：日本スペースイメージング(株)、(C)DigitalGlobe

【H4エリアNo. 5タンク】

No.8: 沈殿・吸着・分離等による港湾内の海水の浄化

- ◇沈殿、吸着、分離などの手法による港湾内の海水の浄化を行う。
- ◇本技術の実用化は技術提案募集の結果を踏まえ、検証等を実施した上で、導入を検討する。
- ◇浄化に係る技術の検証を行い、効果が確認できれば実施。

<除染排水の処理試験(凝集沈殿)>

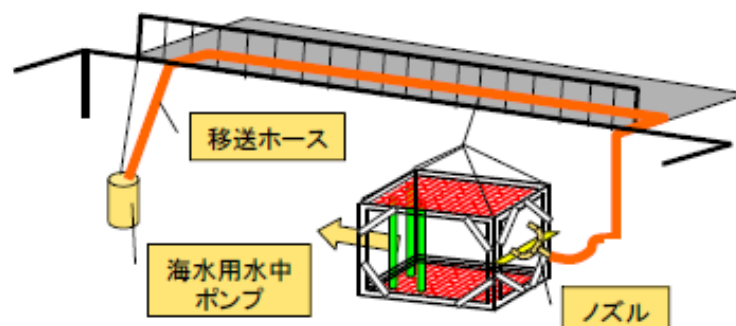
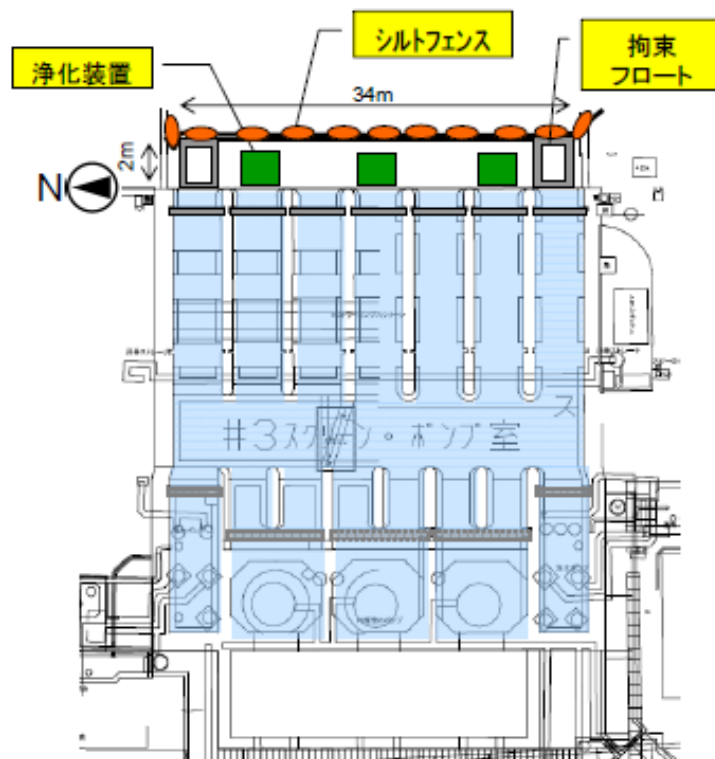


【凝集沈殿のイメージ】

No.9: 簡易な設備(汚濁防止膜等)による港湾内の海水の浄化

- ◇放射性物質を吸着できる汚濁防止膜(シルトフェンス)等による浄化を実施する。
- ◇本技術の実用化は技術提案募集の結果を踏まえ、簡易な検証をした上で実施する。
- ◇放射性物質を吸着できる汚濁防止膜等による浄化を早急に実施。

3号機シルトフェンス内の状況



水流の付与方法 (水循環)

【現行の対応状況】

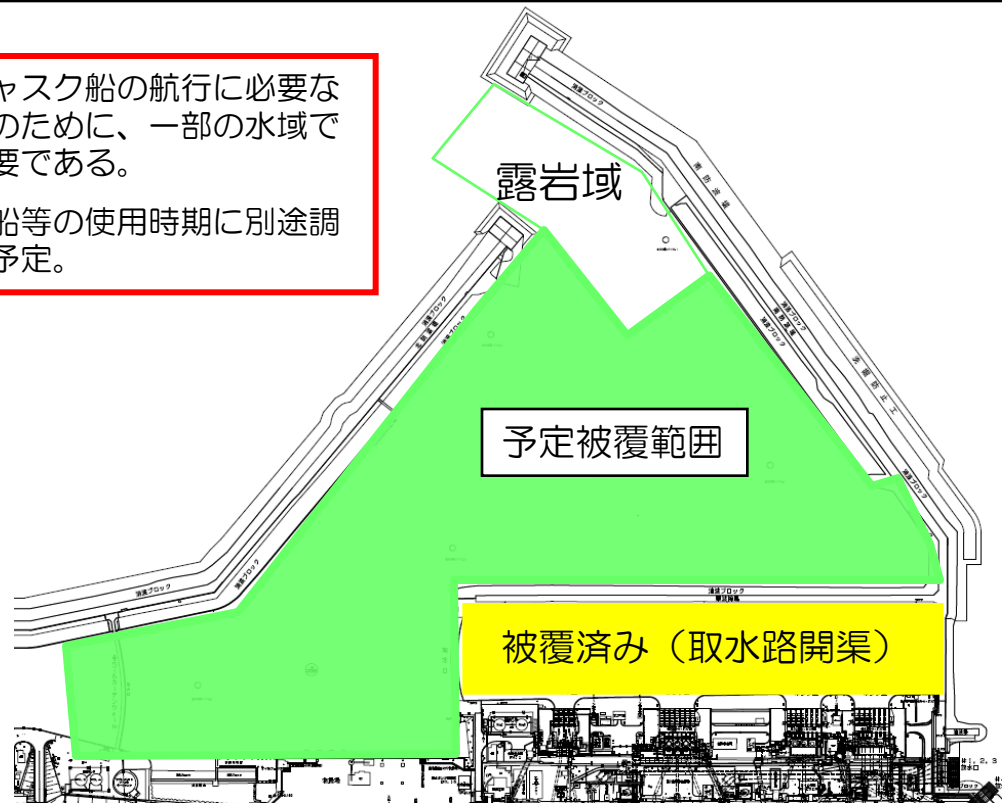
No.10: 港湾内の海底土の被覆

- ◇海底土の被覆に係る具体的な実施方法等を検討し、被覆を実施する。
- ◇具体的な実施方法等を検討し、可能な限り早期に着手。

- ・取水路開渠と同様に港湾内の海底面を被覆をする。
- ・港口部は露岩域であり、水深も深い事から被覆はしない。
- ・なお、キャスク船運用時には、航路確保のための浚渫を別途実施する必要がある、必要水深確保には、浚渫の作業が必要になる。

将来、キャスク船の航行に必要な水深確保のために、一部の水域で浚渫が必要である。

キャスク船等の使用時期に別途調整を実施予定。



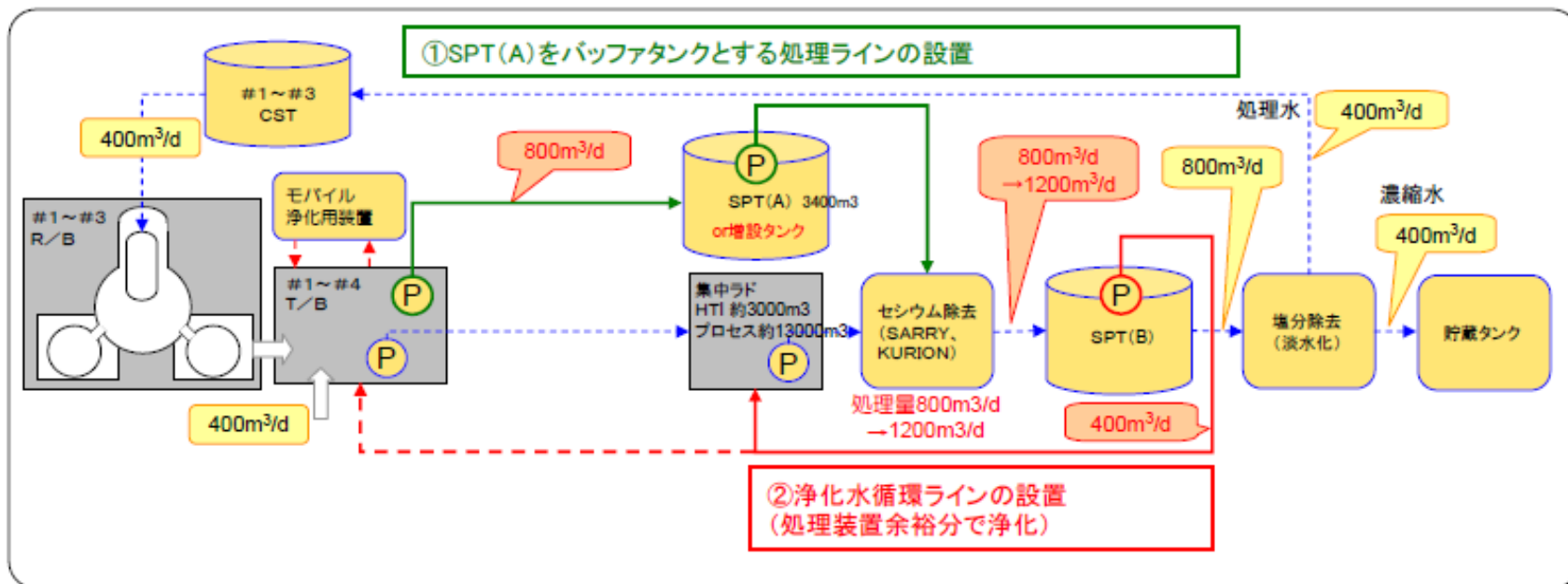
【取水路開渠の被覆状況】



【対策案の概要】

No.11: 建屋内の高濃度汚染水の浄化

- ◇既存の水処理設備によりセシウム除去後の汚染水をタービン建屋、プロセス建屋等へ戻すラインを設置して、水処理能力余裕分で建屋内の汚染水の浄化を図る。
- ◇平成25年度に構成ライン設計、平成26年度上期に配管の敷設工事を完了する予定。



【対策の概念図】

No.12: 建屋の周りを囲む凍土方式の陸側遮水壁を設置

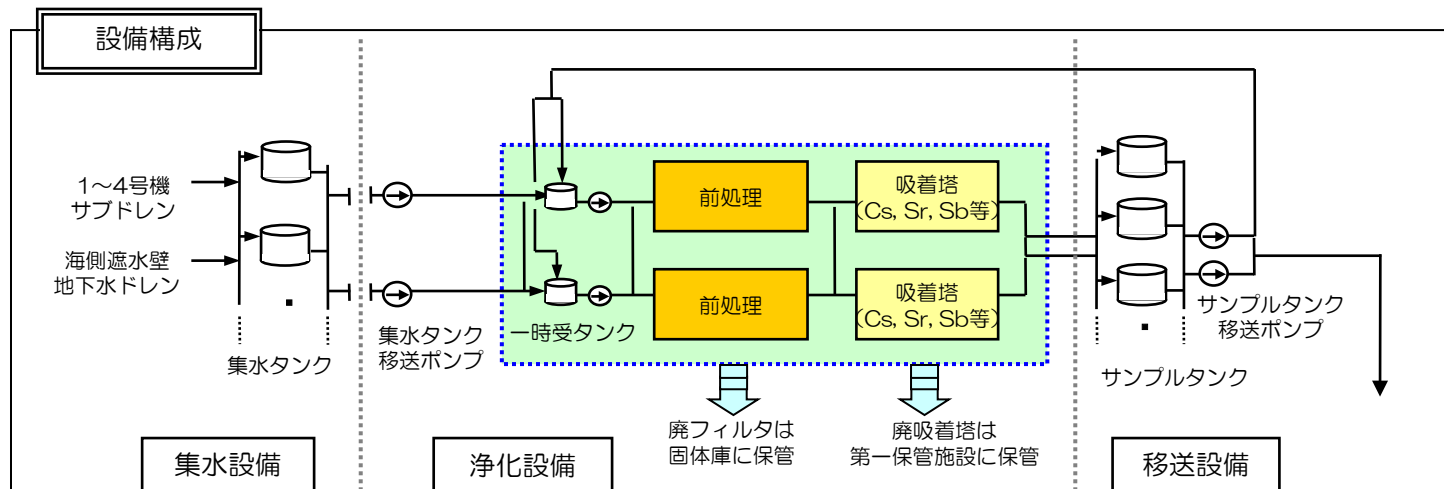
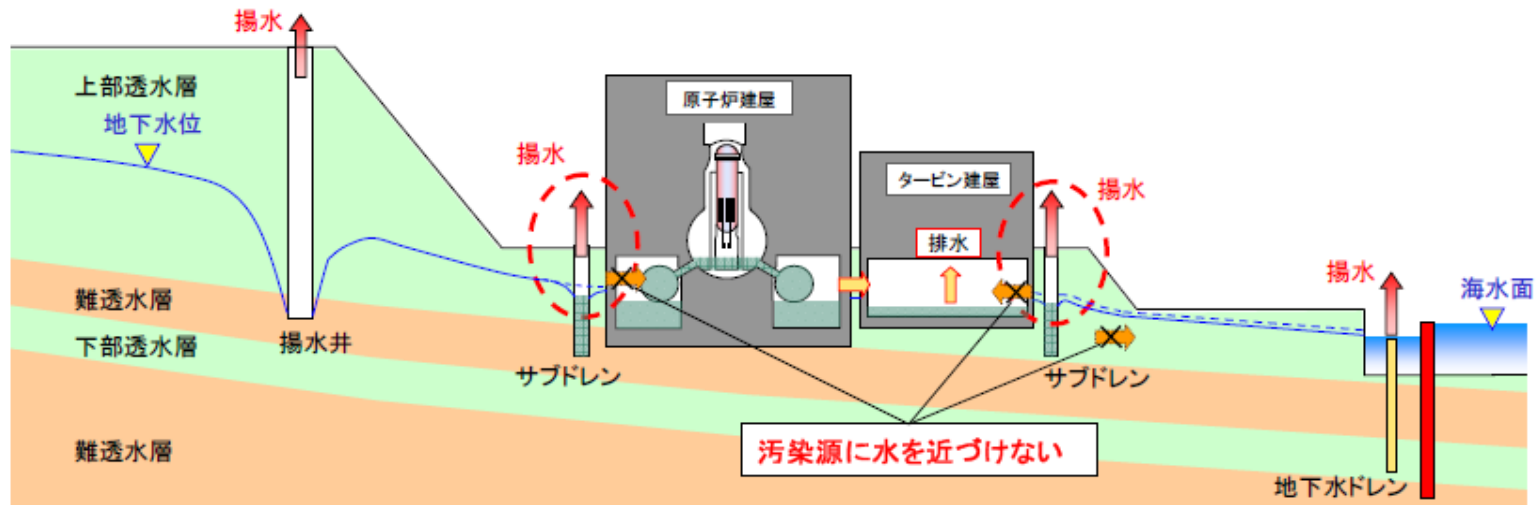
- ◇建屋周りに陸側遮水壁を設置し、建屋内への地下水流入による汚染水の増加を抑制する。
- ◇建屋内滞留水の流出防止のため水位管理を実施する。
- ◇陸側遮水壁の実証事業に着手し本年度内に終了予定。平成26年度中に運用開始。



【陸側遮水壁の概略図】

No.13: 建屋近傍の井戸で地下水をくみ上げ(サブドレン)

- ◇建屋近傍の井戸からポンプにより地下水をくみ上げ、建屋周辺水位を下げる。
- ◇建屋周辺の地下水水位を下げることで、建屋内への地下水の流入ならびに護岸への地下水流出を抑制する。
- ◇サブドレンピットの復旧工事を実施中。平成26年9月にサブドレンの浄化設備の工事が完了する予定。



【サブドレン及び浄化設備の概略図】

No.14: 建屋山側で地下水をくみ上げ(地下水バイパス)

- ◇山側から流れてきた地下水を、建屋の上流で揚水・バイパスすることで建屋内への地下水流入量を抑制する。
- ◇揚水井からくみ上げた地下水の水質確認、ならびにその水を貯蔵する一時貯留タンクの水質確認を実施し、検出限界値未満または十分に低いことを確認する。
- ◇地下水バイパスの設置工事は本年3月完了。可能な限り早期に運用。



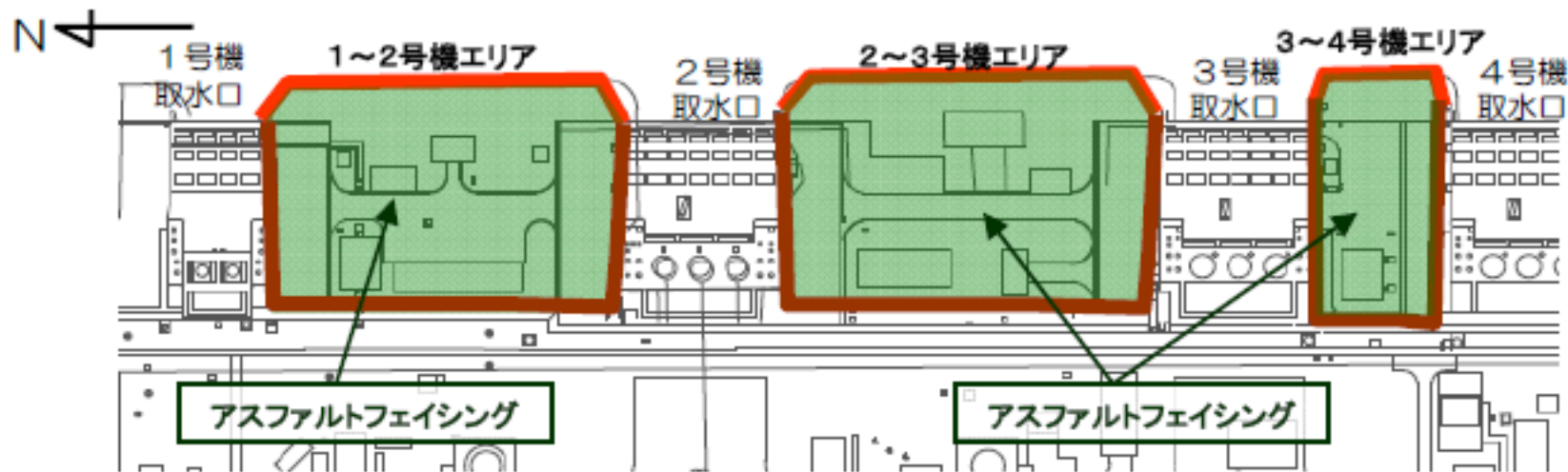
＜揚水井等の設置状況＞



【地下水バイパス揚水井設置箇所】

No.15: 建屋海側の汚染エリアの地表をアスファルト等により舗装

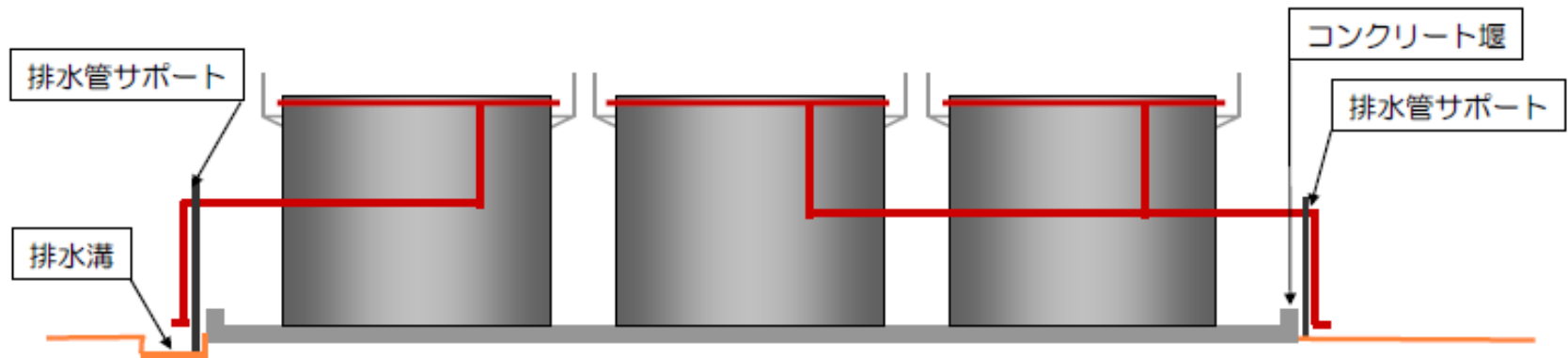
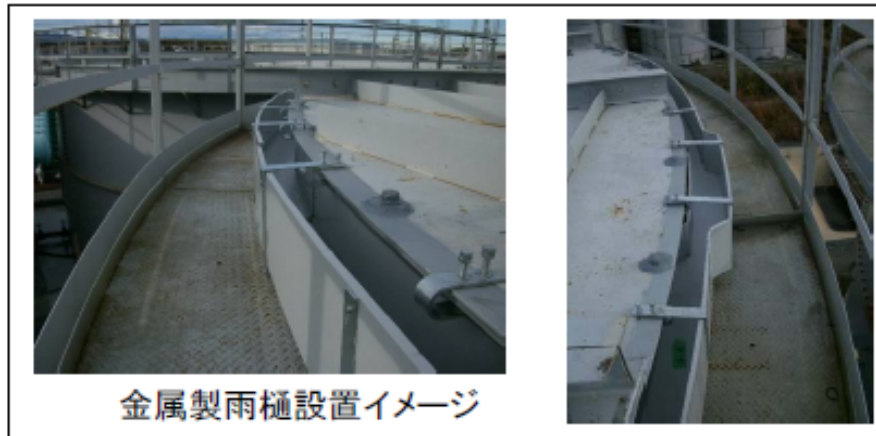
- ◇地盤改良による囲い込みエリアの雨水の浸透を抑制する為、地表面をアスファルト舗装等によりフェイシングする。
- ◇表面は勾配をつけて雨水を排水する。
- ◇平成26年3月、舗装工事完了予定。



【フェイシングエリア平面図】

No.16: タンク天板への雨樋の設置

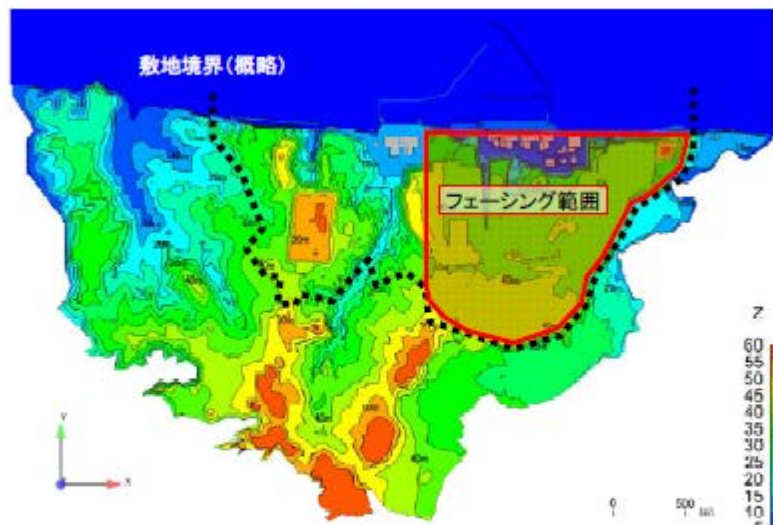
- ◇タンク天端周囲に金属製の雨樋を取り付け、雨水を集合させ配水管で堰外へ排水することで、堰内に貯留される雨水を抑制する。
- ◇本年12月、高線量汚染エリアのタンクへの設置完了予定。来年3月にその他エリアのタンクに設置完了予定。



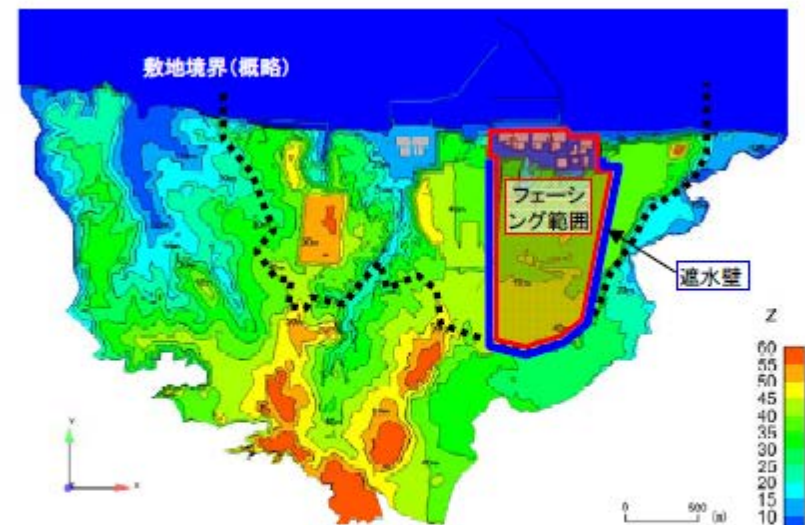
【タンク雨樋イメージ図】

No.17: 更なる地下水流入抑制対策(「広域的なフェーシング(表面遮水)」 又は「追加的な遮水とその内側のフェーシング」)

- ◇地下水の更なる流入を防止する為に敷地内に広域的なフェーシング、又は追加的な遮水とその内側のフェーシングの対策を実施する。
- ◇実施にあたっては地下水流動のシミュレーション結果等を踏まえる。
- ◇本技術の実用化は技術提案募集の結果を基に、施工性や効果等を踏まえ実施手法を選定する。
- ◇陸側遮水壁やサブドレンなどに追加した重層的な対策として、できるだけ早期に実施方法等を決定。対策の実施に当たっては、地表面の除染を行うなど線量低減による作業環境改善も考慮した対応や、除染に伴い発生する廃棄物の適正な処分方法等も検討。



フェーシング範囲面積：約1.7km²



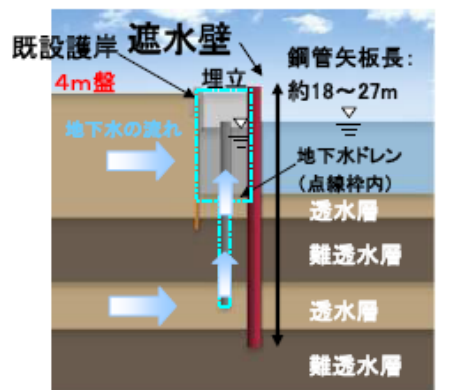
フェーシング範囲面積：約1.0km²

遮水壁(粗粒砂岩まで(GL-25~50m程度))延長：約3km

【フェーシング範囲の例】

No.18: 港湾内に海側遮水壁を設置

- ◇建屋海側に遮水壁を設置することで、汚染した地下水の海への流出を抑制する。
- ◇平成26年9月に工事完了予定。



※地表面から2層目の難透水層まで鋼管矢板を打設



提供: 日本スペースイメージング(株)、(C)DigitalGlobe

【海側遮水壁設置概略図】

No.19: 建屋海側の汚染エリア護岸に水ガラス等による地盤改良の実施・汚染エリアから汚染水をくみ上げ

- ◇地下水に高濃度の汚染が確認された建屋海側のエリアについて、地下水の海洋への汚染を抑制する。
- ◇1－2号機間、2－3号機間、3－4号機間の護岸付近に対し、水ガラスにより汚染エリアの地盤改良を行い、地盤改良天端を超えないようポンプ等にて排水する。
- ◇1～2号機間の海側水ガラスは設置済みで、くみ上げも運用中。2～3号機間、3～4号機間の海側水ガラスは平成25年12月末までに完了予定。側面（スクリーンポンプ室沿い）は平成26年3月に完了予定。その他の箇所は汚染源を確認中。



【水ガラスによる壁設置の対策箇所】

No.20: 1号機取水口北側エリアの地盤改良

- ◇1号機取水口北側エリアの調査孔でトリチウムが検出された為、トリチウムの経路を現在調査中。
- ◇原因調査の目的で観測孔3箇所(5本)を追加。原因に応じ、トリチウム拡散を抑制する地盤改良範囲を検討する。
- ◇本年12月までに地下水観測孔(5本)を設置する予定。原因に応じ地盤改良の範囲等を決定。



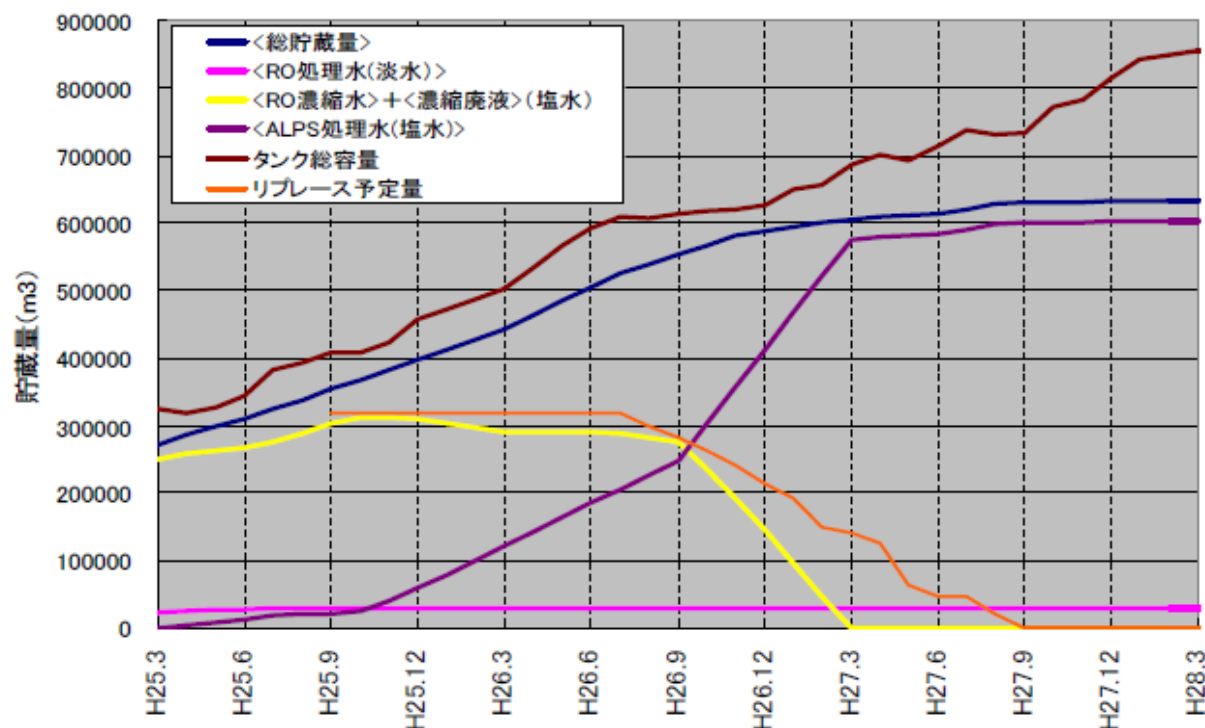
【1号機北側エリア】

No.21:汚染水貯蔵タンクの増設

◇今後発生する汚染水量をシミュレートし、必要なタンクを確実に増設することで、タンク貯蔵容量不足に至るリスクを抑制する。

◇平成27年度末までに貯蔵タンク容量を80万トンまで確保する予定。

地下水バイパス実施、サブドレン汲み上げ、雨水排水、地下水ドレン排水



※「福島第一原子力発電所1～4号機における滞留水貯留タンク増設計画について（平成25年10月時点）」
（平成25年10月31日／東京電力株式会社）より抜粋

【シミュレーションの例】

No.22: 鋼製横置きタンクのリプレイス

- ◇鋼製横置きタンクについては優先順位を踏まえ溶接型タンクへリプレイスを行う。
- ◇リプレイスの優先順位を踏まえ、可能な限り早期に着手。



鋼製横置タンク



鋼製円筒型タンク（溶接）

No.23: ボルト締め型タンクから溶接型タンクへのリプレイス加速

- ◇ボルト締め型タンクはフランジ部のパッキン類が5年程度の耐用期間であることから、溶接型タンクへのリプレイスを行い、漏えい発生の抑制を行う。
- ◇準備が出来次第早急に実施予定。



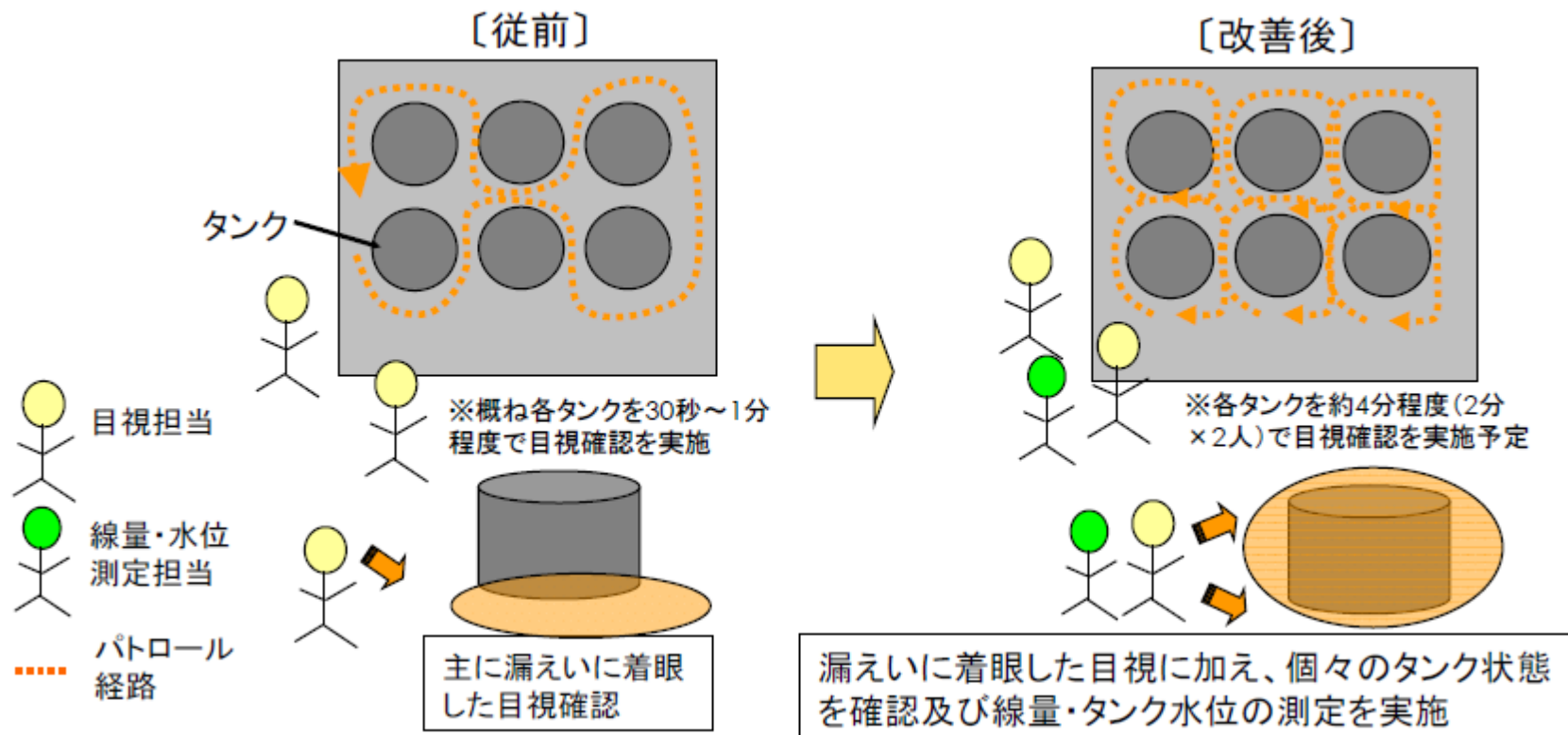
鋼製円筒型タンク(ボルト締め)



鋼製円筒型タンク(溶接)

No.24:タンク及び配管に係るパトロールを強化

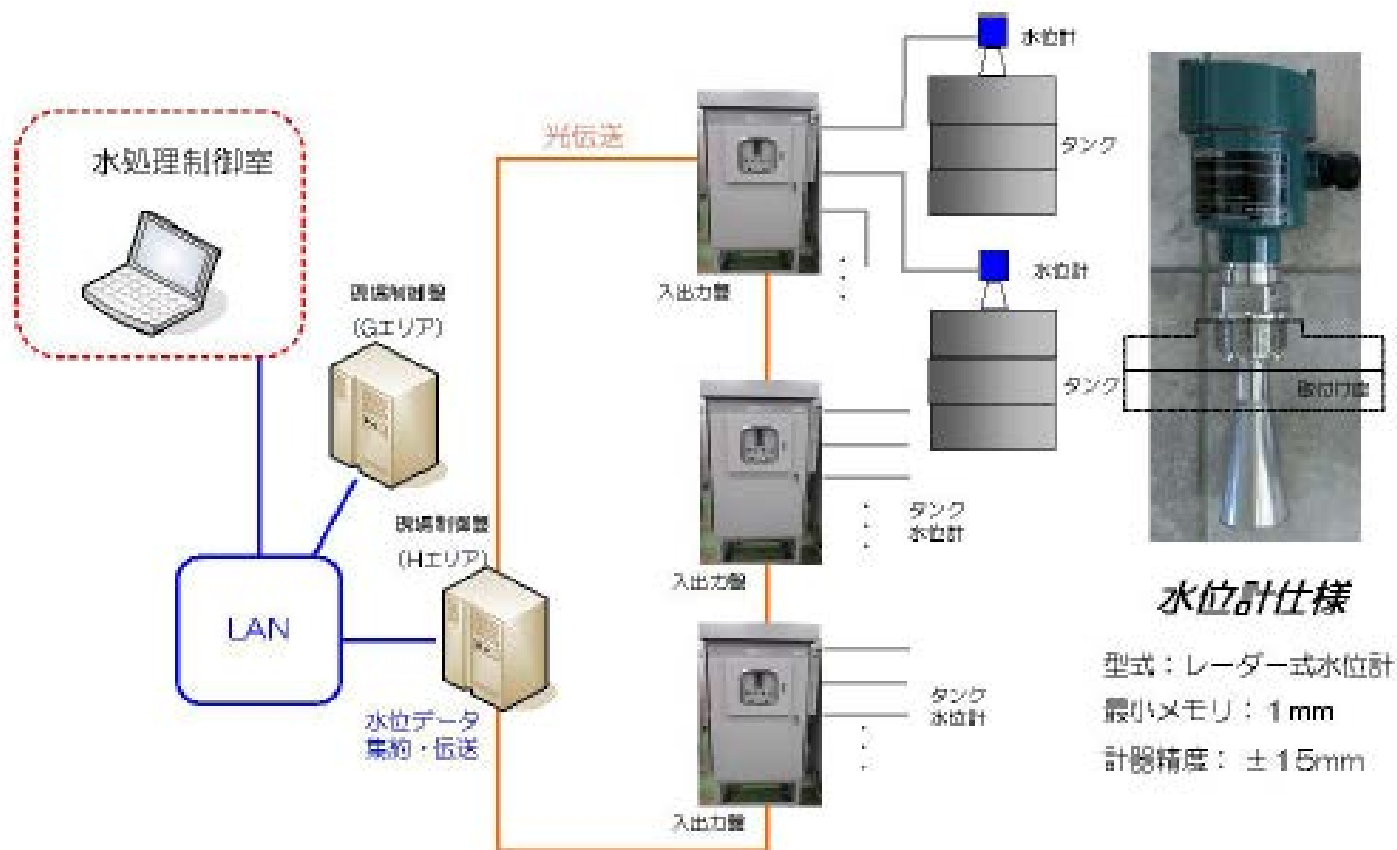
- ◇タンクの設置場所を10エリアに分割し、各エリアにつき1班3名(原則)体制で、4回／日のパトロールを実施する。
- ◇外観点検、電離箱線量計($\beta+\gamma$)による全数点検を実施する。
- ◇パトロール強化を実施中。



【タンクパトロールの強化】

No.25:水位計の設置

- ◇遠隔で常時監視が可能な水位計を設置し、漏えい監視強化を図る。
- ◇本年11月までに鋼製円筒タンク(フランジ型)への水位計を設置完了、平成26年2月までに鋼製円筒タンク(溶接型)へ設置完了予定



【水位計の構成イメージ図】

No.26: タンクからの微小漏えいの検出

- ◇タンクからの微小漏えいを検出できる技術を活用する。
- ◇微小漏えい検出の技術の実用化は技術提案募集の結果を踏まえ、確認・検証した後、効果が確認されれば実施する。



【鋼製フランジ型タンク】

No.27: 溶接型タンクの設置加速と 二重鋼殻タンク等の信頼性の高い大型タンク等の採用

- ◇汚染水増加に対するタンク貯蔵容量不足に至るリスクを抑制するため、溶接型タンクの更なる設置加速（短納期のタンクの準備等）、信頼性向上を進める。
- ◇本技術の実用化は技術提案募集の結果を踏まえ、現地での適用性を確認した上で活用する。
- ◇前倒しを検討し、可能な限り早期に着手。



鋼製円筒型タンク（溶接）

No.28:タンクリプレイスに伴う使用済みタンクの除染

◇タンクリプレイスに伴い発生する使用済みタンクについて、円滑にタンクの撤去を行う為に、可能な限り効率よく、かつ廃液の少ない手法により除染を行う。

◇本技術の実用化は技術提案募集の結果を踏まえ、検証した後、効果が確認できれば実施。

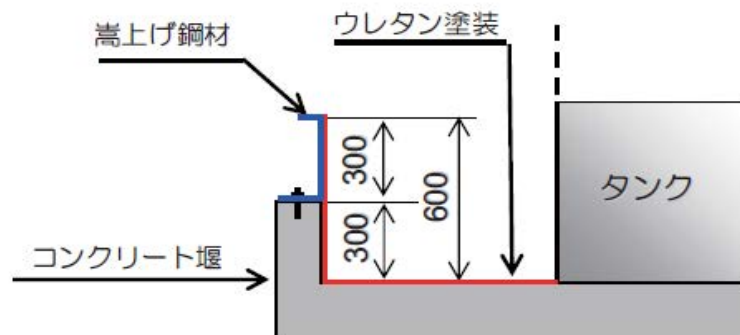


【鋼製円筒型タンク(ボルト締め)】

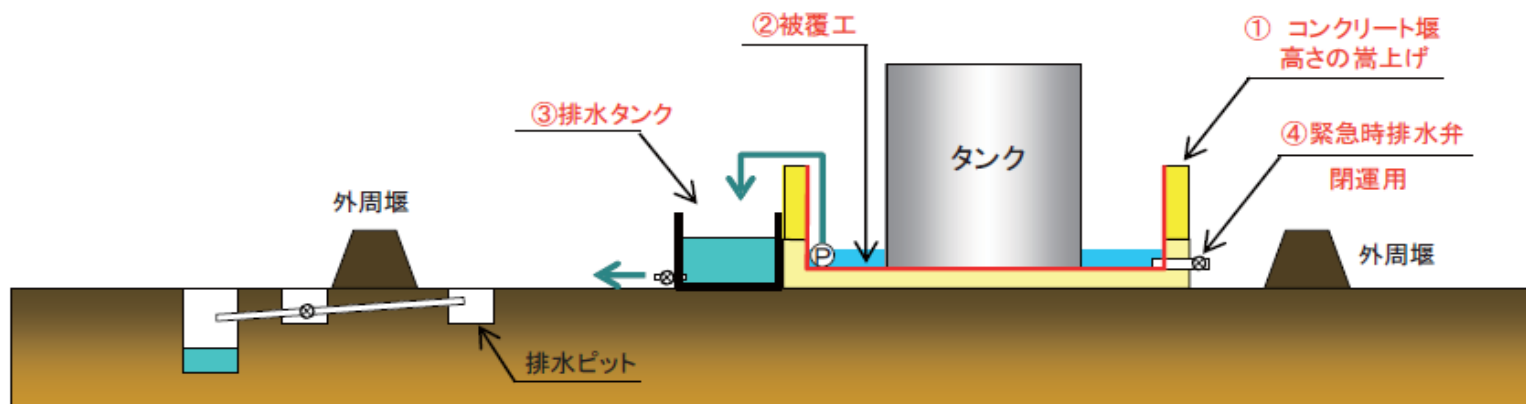
No.29:タンク堰のかさ上げ・二重化

- ◇コンクリート堰の堰高を高くして、タンク漏えいに対する信頼性を向上する。
- ◇堰と土堰堤の二重化が出来ていない箇所に土堰堤を設置する。
- ◇堰と土堰堤間の難透水化を行う。
- ◇堰内のコンクリート面を被覆し、防水性を向上する。
- ◇平成26年3月に設置工事が完了する予定。

鋼材による嵩上げ状況図



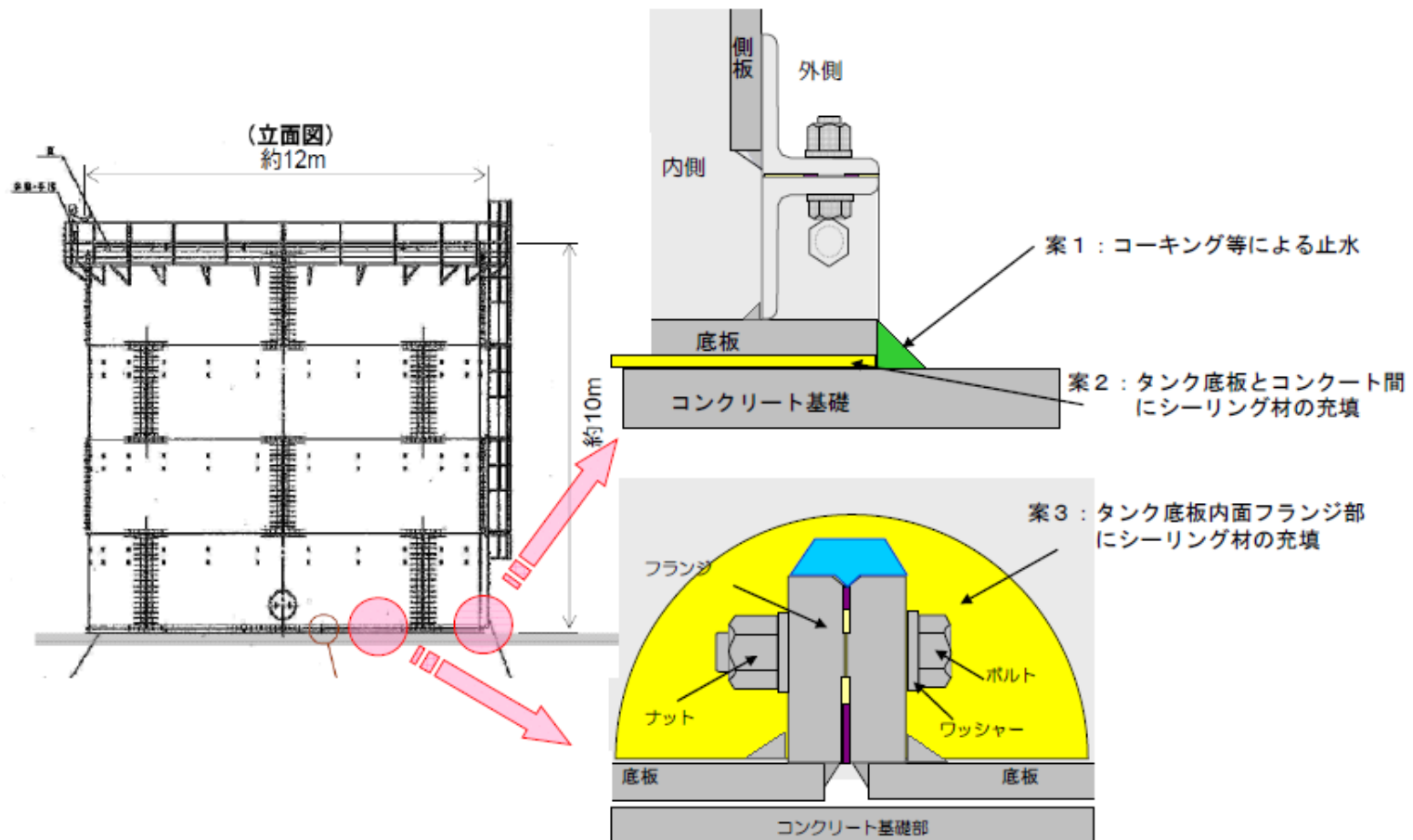
被覆状況写真



【堰対策概略図】

No.30:ボルト締めタンクの底面の漏水対策

- ◇フランジ型タンクについて、溶接タンクへのリプレースまでの間、タンク底部のコーキング等による止水、底部下部にシーリング材の充填、底板部(内部)にシーリング材の充填などを検討・実施していく。
- ◇可能な限り早期に漏水対策に着手。



【止水対策案概略図】

No.31: 排水路の暗渠化

- ◇汚染水貯留設備からの流入が想定される、B排水路(約1300m)の暗渠化を行い、タンクからの漏えい事象発生時の排水路を経由した海への流出を抑制する。
- ◇排水路Cラインについては暗渠化済み。排水路Bラインについて本年12月に暗渠化を完了予定。



【側溝暗渠化概略図】

No.32: 排水路の港湾内へのルート変更

- ◇側溝の排水先を外洋から港湾内に切り替えられるルートを設置(止水ゲートを設けルートを変更)し、タンク漏えい事象発生時等に汚染水が側溝を経由して外洋へ流出することを防止する。
- ◇タンクからの漏えいが発生した場合、海への流出経路となる排水路において放射能を検知するための連続監視用モニタを設置する。
- ◇平成26年3月にルート変更工事を完了予定。

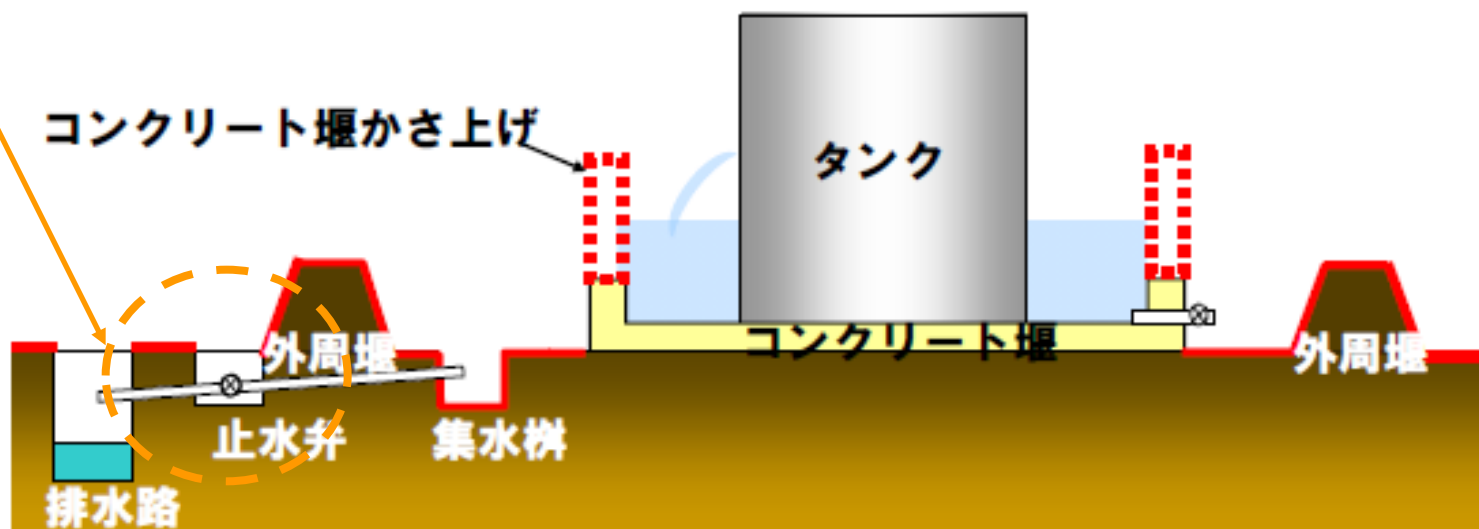


【側溝ルート変更概略図】

No.33: 大量の汚染水漏えい発生時に海洋流出を防止するシステムの構築

- ◇自然災害時にタンクから大量の汚染水の漏えいが発生した場合、汚染水の外部への流出を抑制する。
- ◇竜巻発生時の外周堰の止水弁や排水路のゲート閉を行うなど、適切な手法を検討した上で対策を講じる。
- ◇具体的な実施方法を検討した後、順次実施。

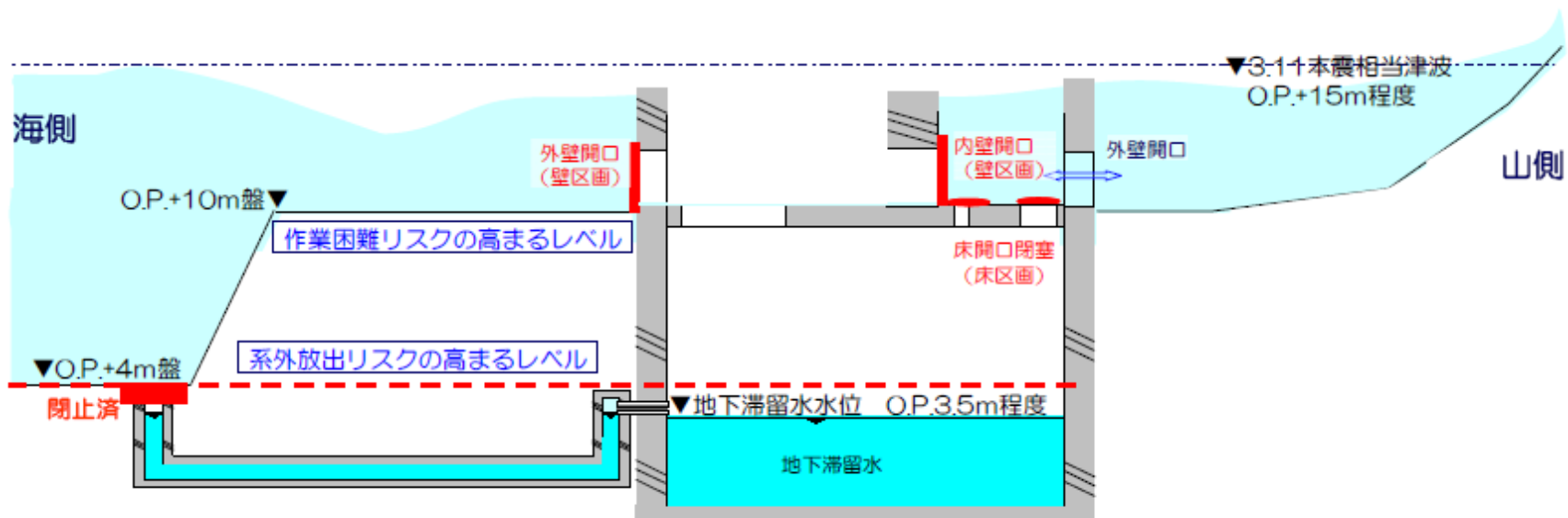
止水弁の電動弁化等により、竜巻発生時に速やかに当該止水弁を閉にすることで漏えいが発生した場合に汚染水を外周堰内留める等の対策を実施



【対策案の一例(イメージ)】

No.34: 津波対策(建屋防水性向上対策の実施、防潮堤等の追加対策の検討)

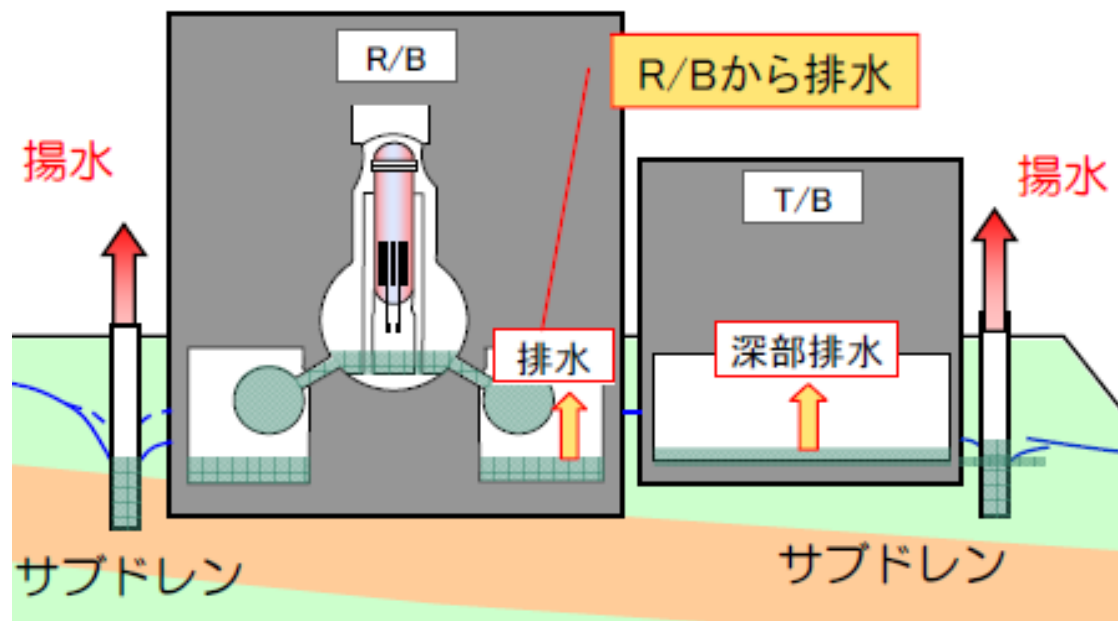
- ◇津波発生時に建屋に流入する経路(外壁にある開口、1階床開口、地下トレンチ)に対し、防水性向上対策を行うことで、津波発生時に汚染水が滞留する建屋に津波が流入することを抑制する。
- ◇新規制基準に鑑みた対応を行う為、津波の確定を行った上で、設置の必要性や成立性を含め検討を行う。
- ◇平成26年度下期に建屋防水性対策完了予定。防潮堤等の追加対策について検討を実施。



【建屋防水向上対策概略図(例)】

No.35: 地下水位低下に備えた建屋内水位のコントロール (原子炉建屋深部への排水ポンプの設置等)

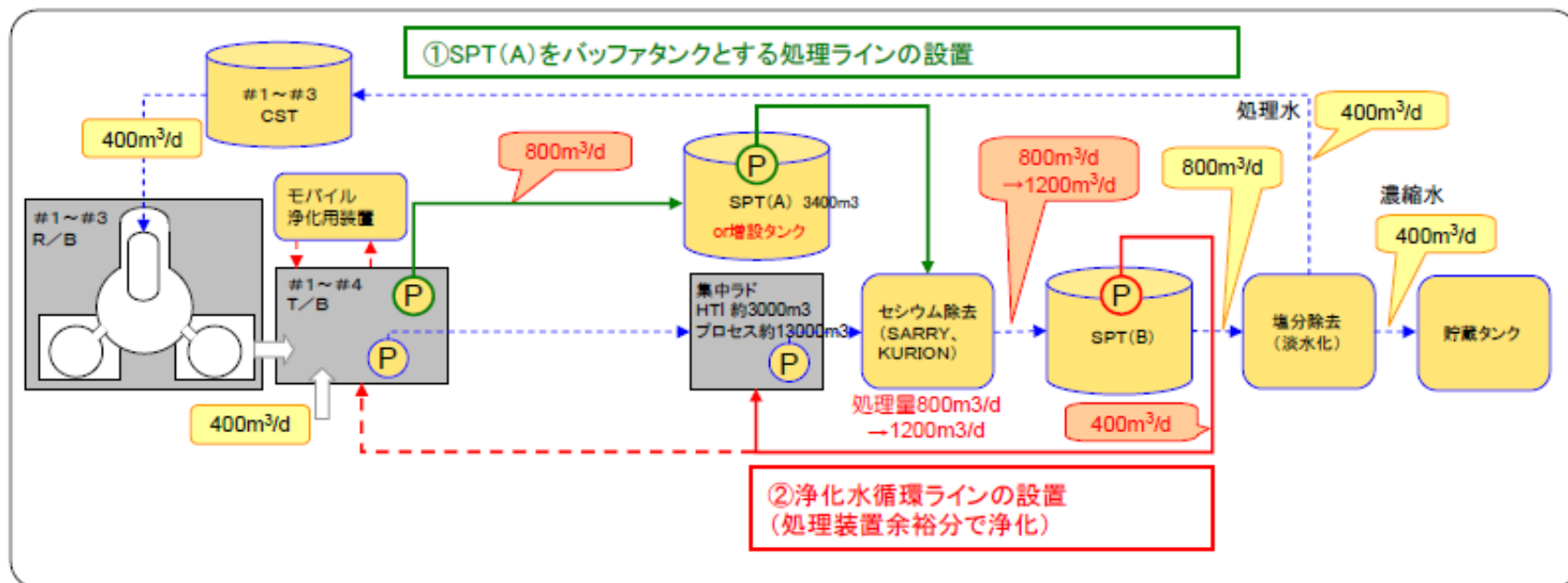
◇陸側遮水壁の設置時期に合わせ建屋深部へポンプを設置する。



【原子炉建屋からの排水イメージ図】

No.36: HTI建屋、プロセス建屋に滞留している汚染水の量の低減

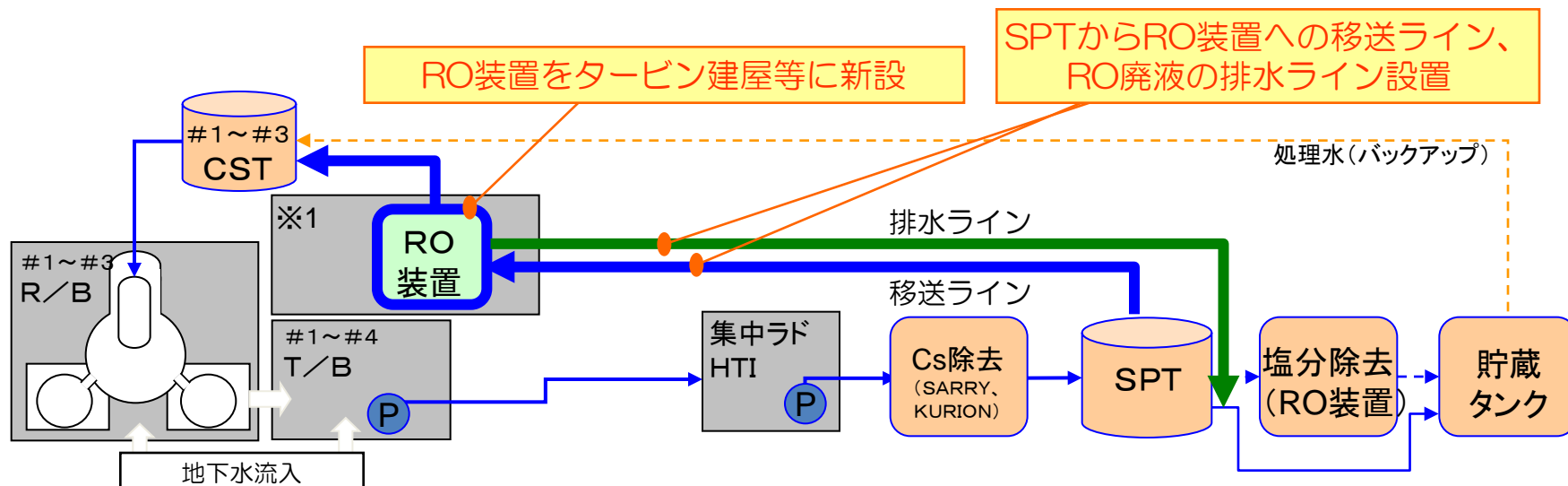
- ◇SPTをバッファタンクとして仕様する循環ループ構成とし、HTI建屋及びプロセス建屋を徐々にループから外す。
- ◇セシウム除去後の汚染水をタービン建屋、プロセス建屋等への戻りラインを設置して、汚染水の量の低減を図る。
- ◇平成25年度に構成ライン設計、平成26年度上期に配管の敷設工事を完了する予定。
- ◇その後、タンク貯蔵量の裕度を鑑みて、建屋滞留水のくみ上げを行う。



【対策の概念図】

No.37:汚染水移送ループの縮小(建屋内循環)

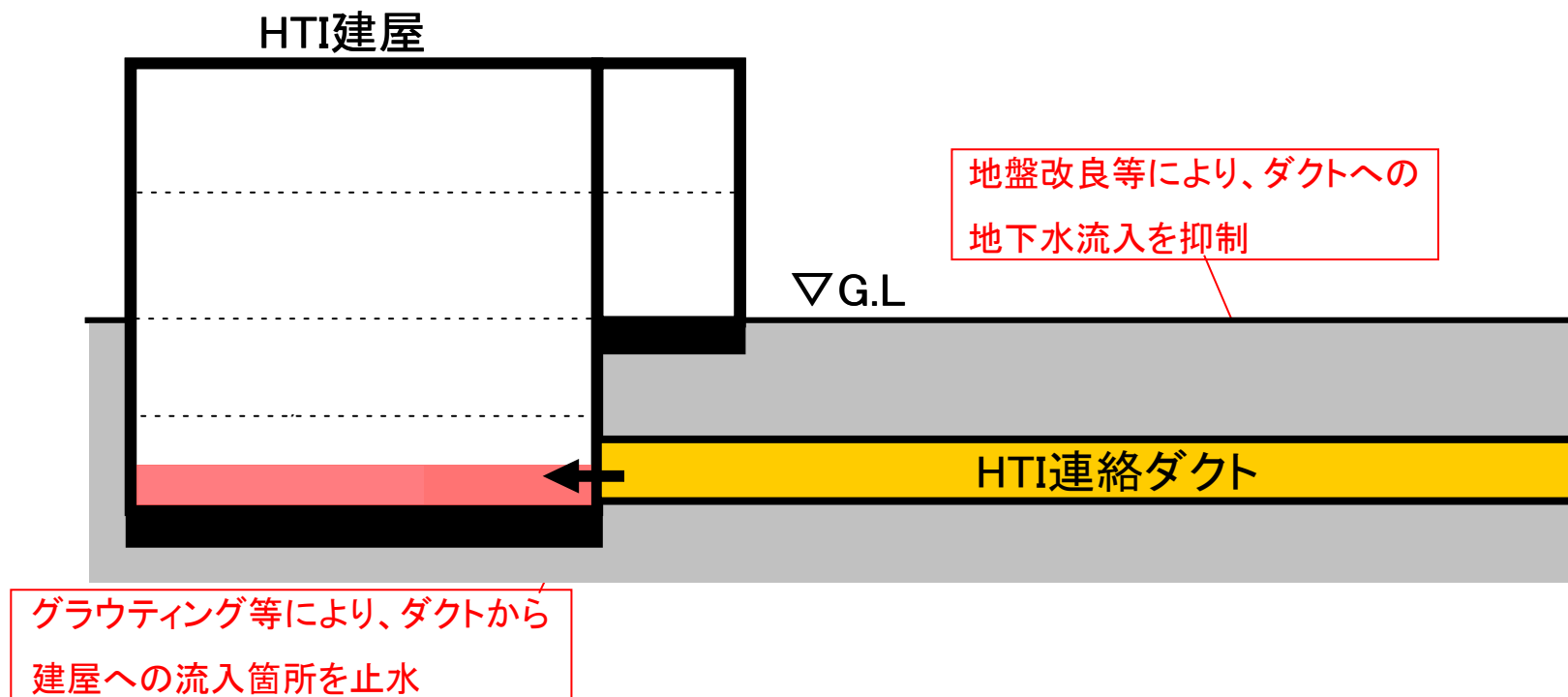
- ◇屋外の汚染水移送配管の縮小を目的として、汚染水移送ループの縮小(建屋内循環ループ)を構築する。
- ◇各号機の汚染水を直接汚染水処理施設に移送してループを縮小する建屋内循環を、平成26年度末までに工事を完了する予定。



【建屋内循環ループのイメージ図】

No.38: 建屋の止水(建屋外壁貫通部、建屋間ギャップ、建屋周辺)

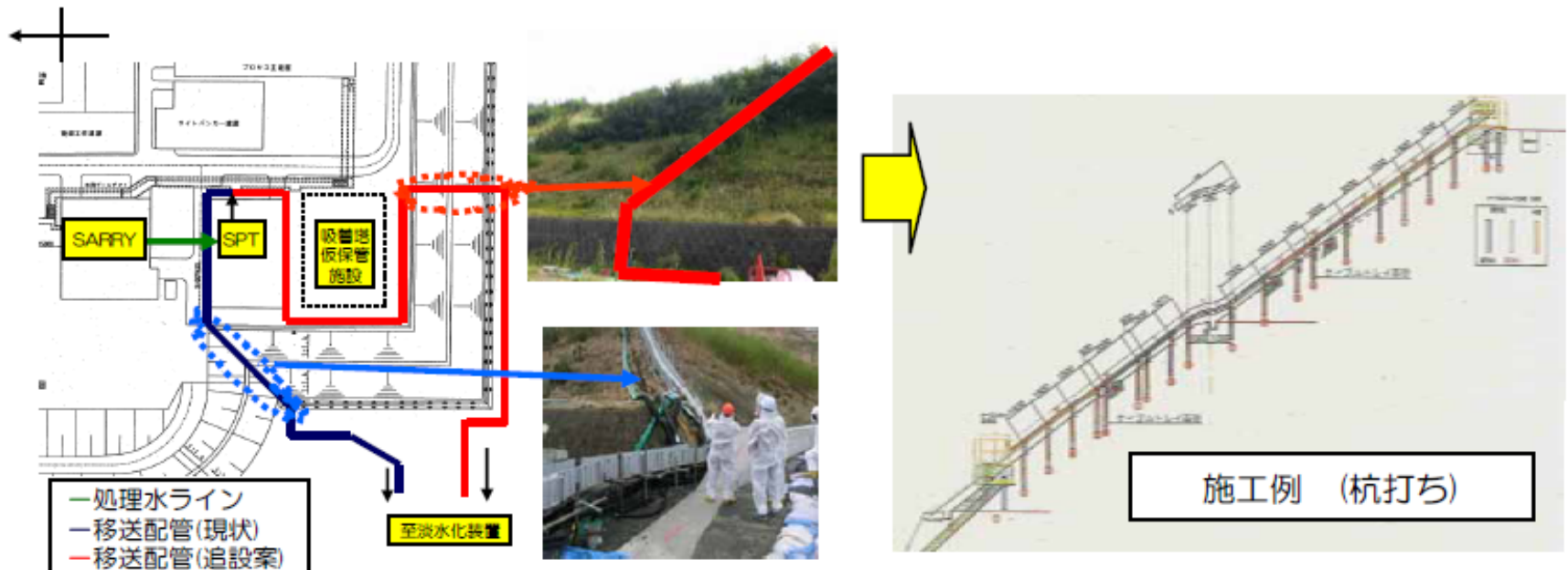
- ◇建屋外壁貫通部、建屋間ギャップの止水や建屋周辺のグラウティング等により、必要箇所の建屋止水を行い、建屋内への地下水流入及び建屋内滞留水の建屋外流出を抑制する。
- ◇本技術の実用化は技術提案募集の結果を踏まえ、現地での適用性を確認した上で活用する。
- ◇地下水流入が確認されている1号機タービン建屋のコントロールケーブルダクトとの接続箇所、及びHTI建屋の連絡ダクトとの接続部について、先行して止水を実施する。
- ◇平成26年3月、1号機・HTI建屋の貫通部の止水が完了予定。建屋止水方法について漏えい箇所を確認し、適用技術を選定し実施。
- ◇セシウム除去装置の設置箇所であるプロセス建屋及びHTI建屋がドライアップした後に、セシウム除去装置から漏えいが発生した場合、系外に漏えいが拡大しないよう対策を実施する。



【HTI建屋外壁貫通部止水の例】

No.39: より安全な配管ルートへの変更・耐放射線性に優れた配管への取替え

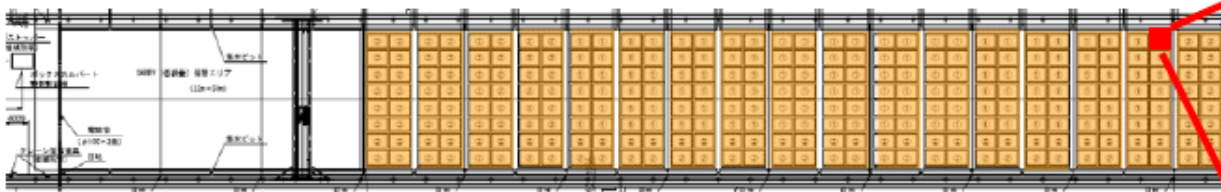
- ◇SARRY等の処理水を淡水化装置へ移送するPE管の敷設ルートに、一部法面があるが、地震等により法面が崩れた場合、移送配管の損傷が懸念される為、当該配管の新規追加ルートを設置する。なお、新規ルートの法面については配管サポート基礎の強化を図る。
- ◇水処理設備について耐放射線性に優れた配管への取替え(耐圧ホースのPE管化等)を行うことで、配管の劣化による漏えい事象発生を抑制する。
- ◇平成26年1月により安全な配管ルートへの変更工事を完了する予定。耐圧ホースからポリエチレン管への取替を順次実施。



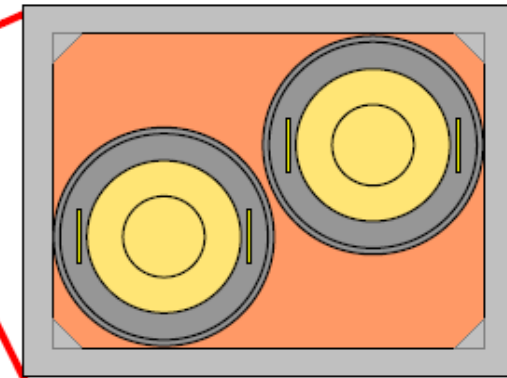
【対策概略図】

No.40: 高性能容器(HIC)からの廃棄物の漏えい防止対策 及び減容化・安定的保管

- ◇高性能容器(HIC)からの廃棄物の漏えい防止対策を行う。
- ◇必要な漏えいの早期発見、汚染水の拡大防止対策を検討する。
- ◇高性能容器(HIC)内の高濃度放射性物質の長期間の保管に向け、更なる減容・安定的保管を可能とする処理方法を開発する。
- ◇漏えい対策の実施方法を検討後、順次実施。減容化・安定的保管については長期的課題として調査・検討し、方策を策定。



拡大



【高性能容器一時保管施設】

No.41:セシウム吸着塔からの廃棄物の漏えい防止対策 及び減容化・安定的保管

- ◇セシウム吸着塔からの廃棄物の漏えい防止対策を行う。
- ◇必要な漏えいの早期発見、汚染水の拡大防止対策を検討する。
- ◇吸着塔内の高濃度放射性物質の長期間の保管に向け、更なる減容・安定的保管を可能とする処理方法を開発する。
- ◇漏えい対策の実施方法を検討後、順次実施。減容化・安定的保管については長期的課題として調査・検討し、方策を策定。



【セシウム吸着塔及び高性能容器一時保管施設】