

幌延深地層研究計画 平成24年度調査研究成果報告

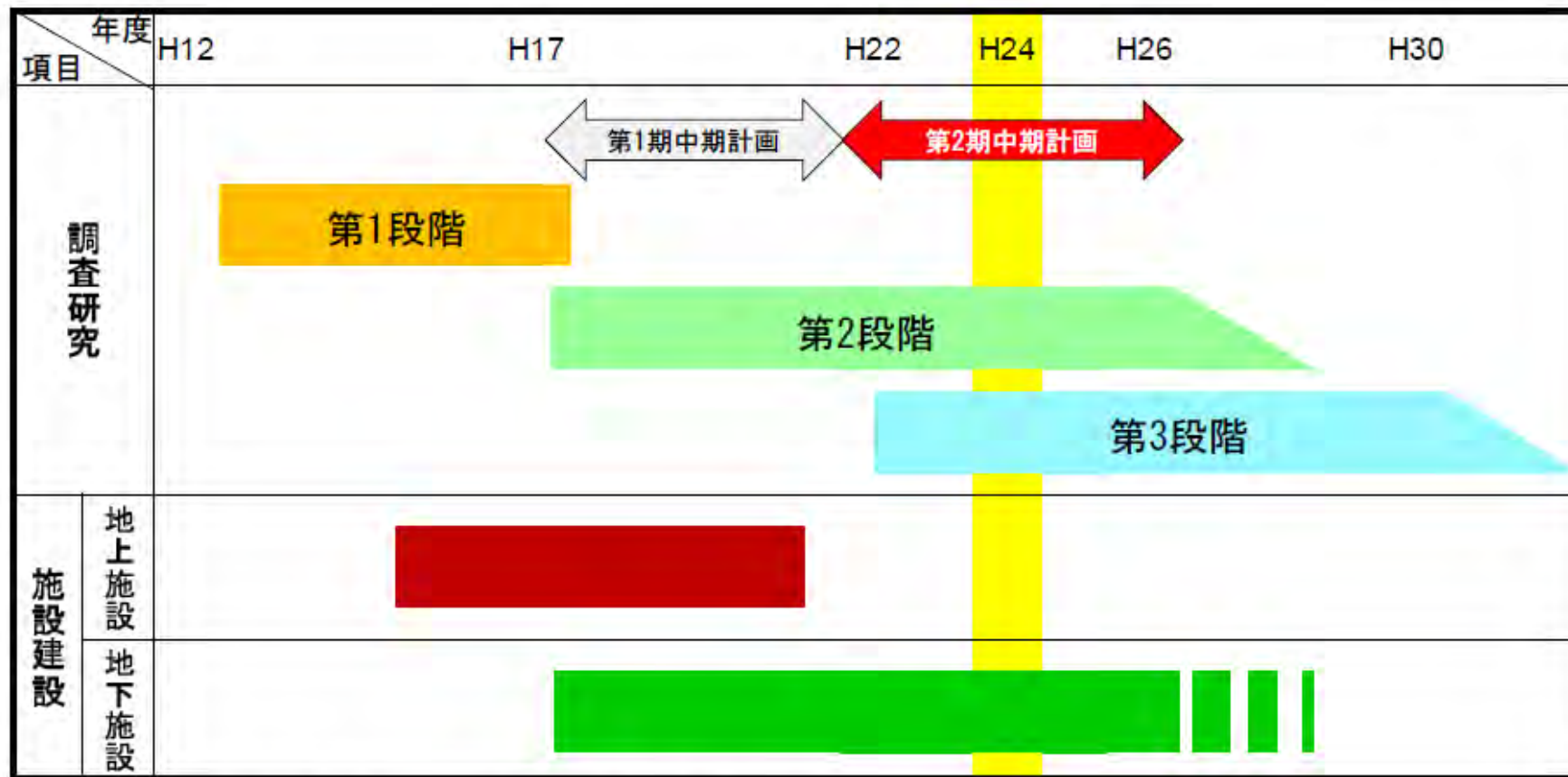
平成25年8月9日(金)



日本原子力研究開発機構
幌延深地層研究センター

深度350m調査坑道と
西立坑の接続の様子
(平成25年6月24日)

幌延深地層研究計画の全体スケジュール



第1段階：地上からの調査研究段階

第2段階：坑道掘削（地下施設建設）時の調査研究段階

第3段階：地下施設での調査研究段階

報告の概要

1. 地層科学研究

- 1.1 地質環境調査技術開発
- 1.2 深地層における工学的技術の基礎の開発
- 1.3 地質環境の長期安定性に関する研究

2. 地層処分研究開発

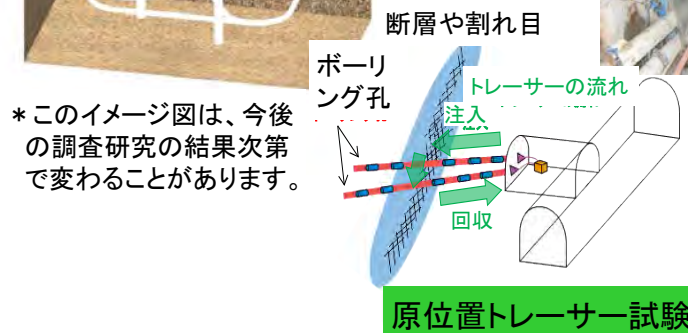
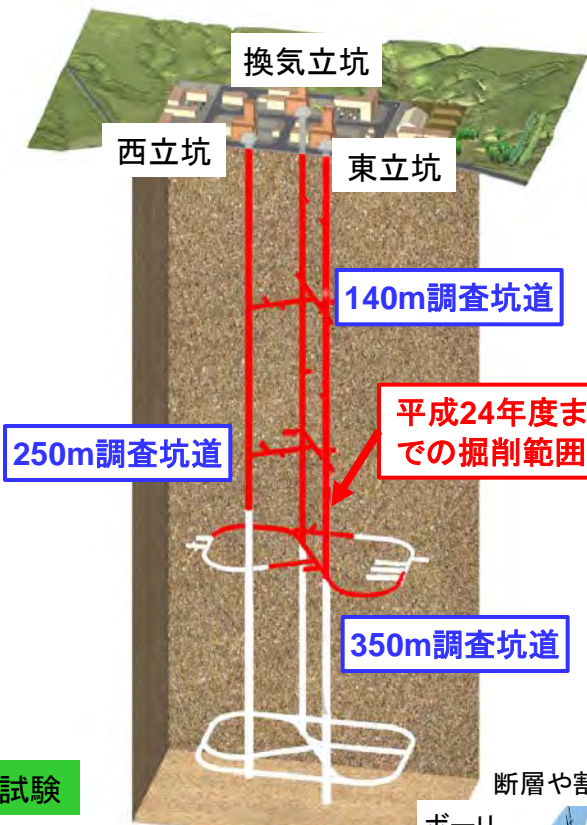
- 2.1 処分技術の信頼性向上
- 2.2 安全評価手法の高度化

3. 地下施設の建設

4. 環境モニタリング

5. 安全確保の取組み

6. 開かれた研究



1. 地層科学研究に関する成果の報告

1.1 地質環境調査技術開発

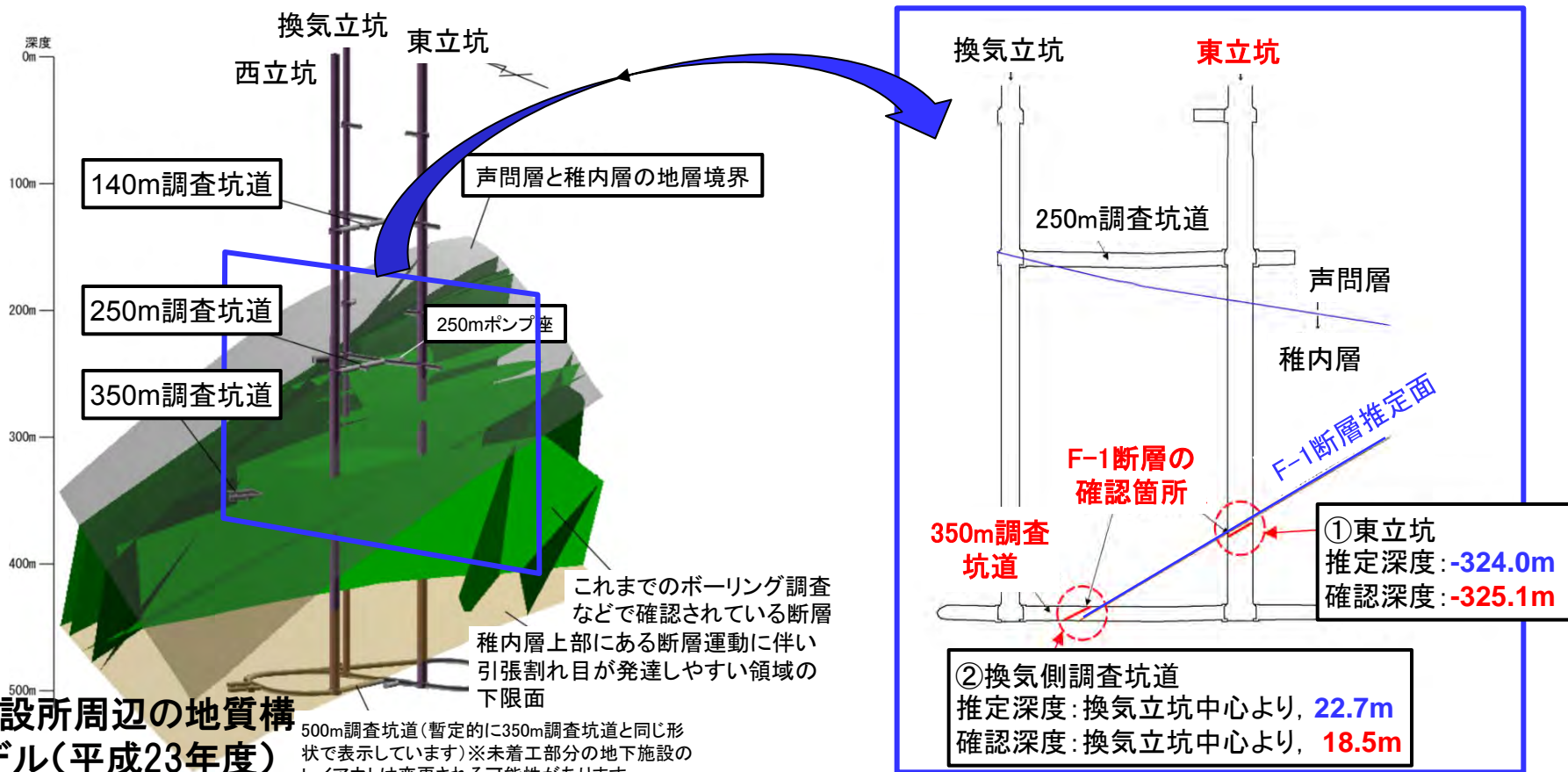
1.2 深地層における工学的技術の基礎の開発

1.3 地質環境の長期安定性に関する研究

1.1 地質環境調査技術開発

地下の地質環境をモデル化・予測する技術の開発：地質・地質構造

- 坑道内の地質観察により断層の位置を特定し、地上からの調査で予測された断層の出現位置と比較しました。



地下施設所周辺の地質構造モデル(平成23年度)

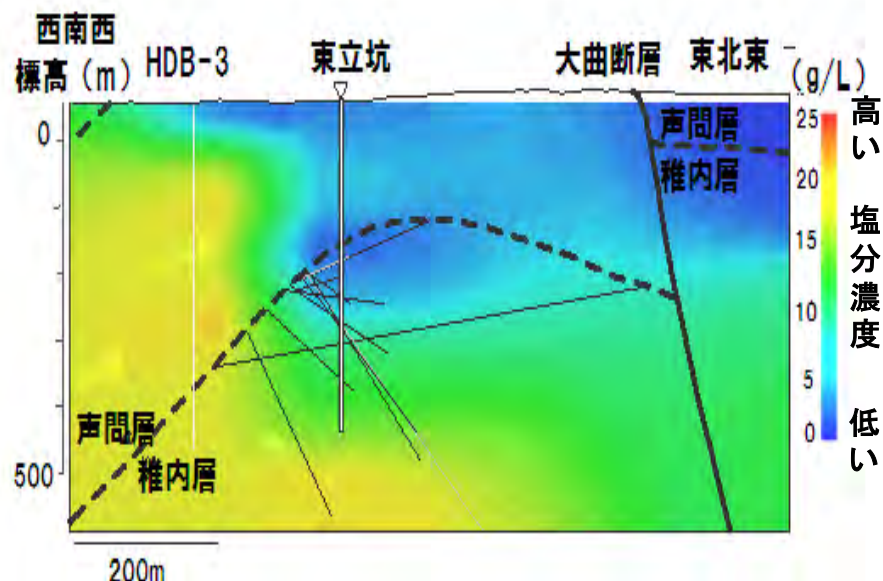
地上からの調査で予測された断層の出現位置は、坑道掘削時の調査で確認された位置と数m程度の違いであり、一定の程度で予測できることが確認されました。

1.1 地質環境調査技術開発

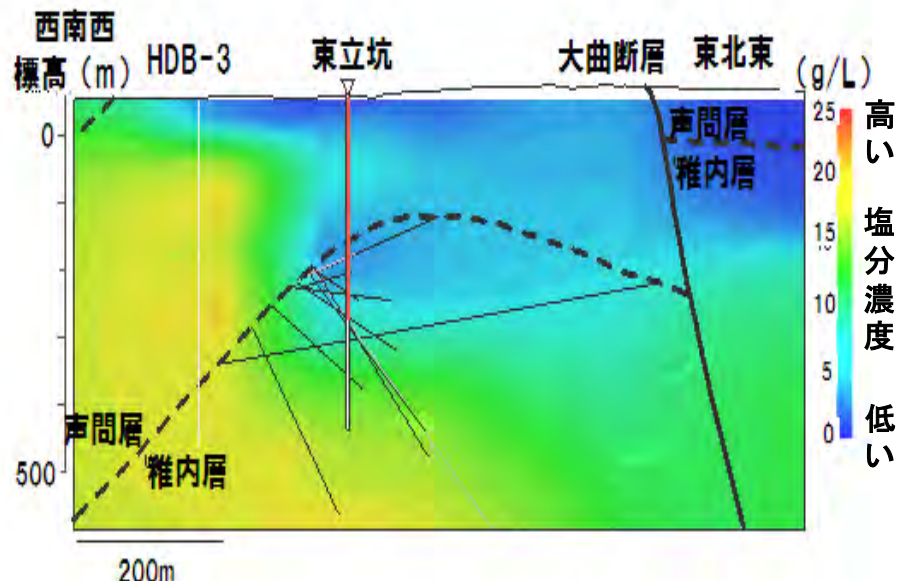
坑道周辺の地質環境の変化をモデル化・予測する技術の開発：地下水の水質

- 立坑等の掘削に伴う地下水の水質への影響を調べるため、定期的に地下水の採水・分析を行い、水質観測を継続しました。

第1段階の調査結果に基づく塩分濃度の空間分布の評価結果(立坑等掘削前)



平成24年度の調査結果を踏まえた塩分濃度の空間分布の評価結果



➤地下水の水質(塩分濃度)は、立坑等の掘削により、顕著な変化は生じていないことが確認されました。

1. 地層科学研究に関する成果の報告

1.1 地質環境調査技術開発

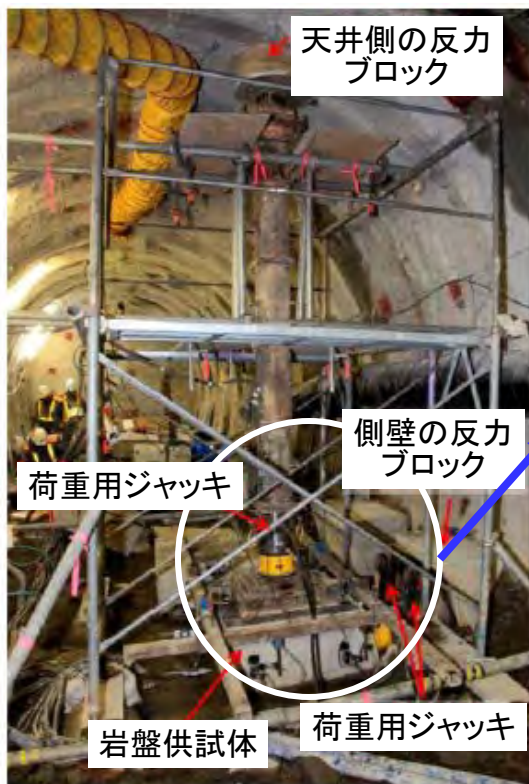
1.2 深地層における工学的技術の基礎の開発

1.3 地質環境の長期安定性に関する研究

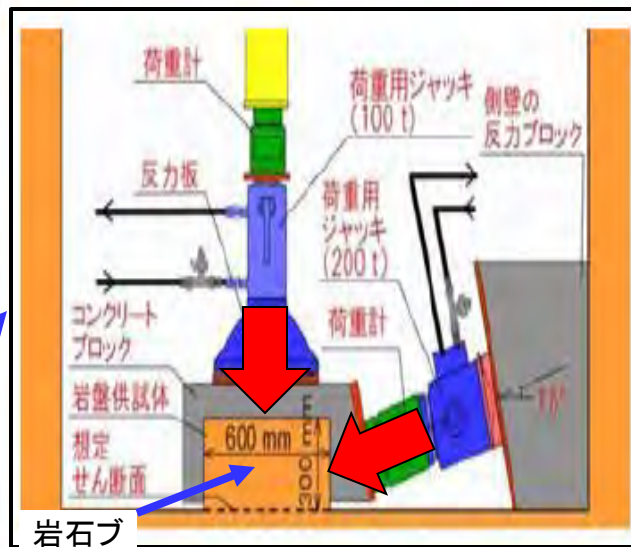
1.2 深地層における工学的技術の基礎の開発

効率的・安全に地下施設を建設するための工学的技術の開発

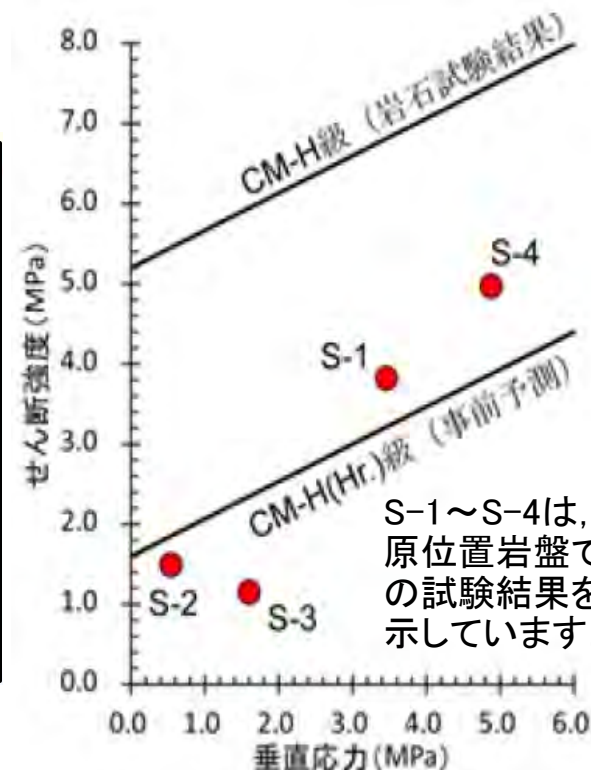
- 地下施設を安全に建設する上で必要な岩盤の硬さについて、実際に地下の坑道内において測定する技術の開発を進めました。



載荷試験状況 (350m調査坑道)



試験装置のイメージ図



原位置岩盤の破壊点と事前予測結果の比較

➤ 地下の坑道内で測定された値は、地上からの調査段階における岩石試験結果から予測された値と大きく変わらないことが確認できました。

1. 地層科学研究に関する成果の報告



1.1 地質環境調査技術開発

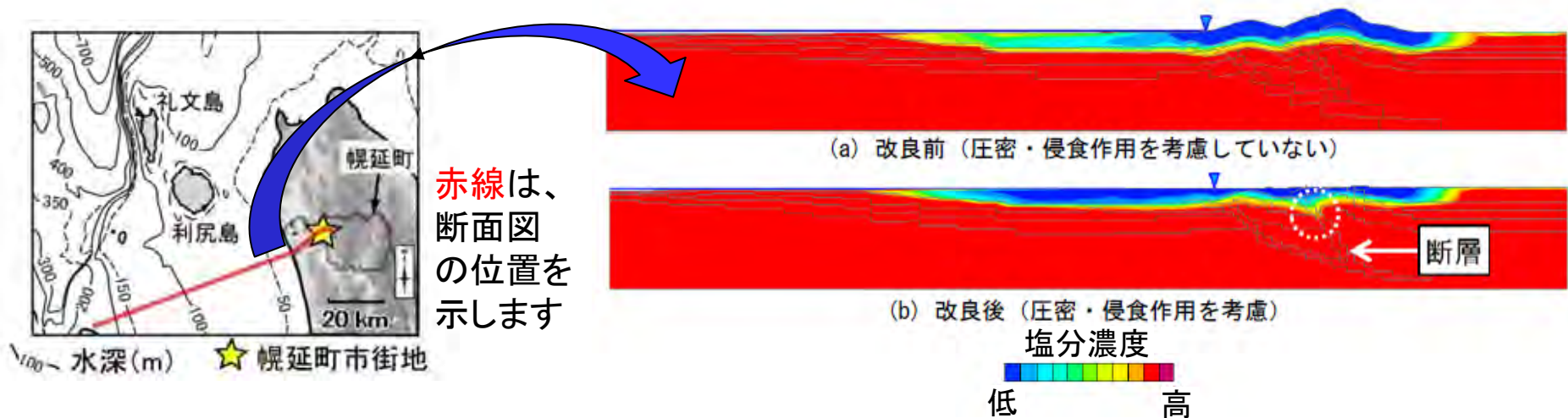
1.2 深地層における工学的技術の基礎の開発

1.3 地質環境の長期安定性に関する研究

1.3 地質環境の長期安定性に関する研究

地殻変動等が地質環境に与える影響をモデル化・予測する技術の開発

- 自然現象として、圧密（地層に圧力がかかって体積が変わる現象）・侵食（水等により地層が削られる現象）作用を考慮し、過去、長期にわたる地下水の流れや塩分濃度への影響を評価するため、評価モデルを改良しました。



- ✓ 圧密・侵食作用を考慮すると、塩分濃度の低い地下水がより深くまで到達しました（特に、断層の部分）
- ✓ このような傾向は、地上からの調査（地下の地質構造を調べる調査や水質調査）の結果からも推定されています。

➤ 評価モデルの改良により、過去から現在に至るまでの地質環境を復元するモデルの確からしさが向上しました。

2. 地層処分研究開発に関する成果の報告



2.1 処分技術の信頼性向上

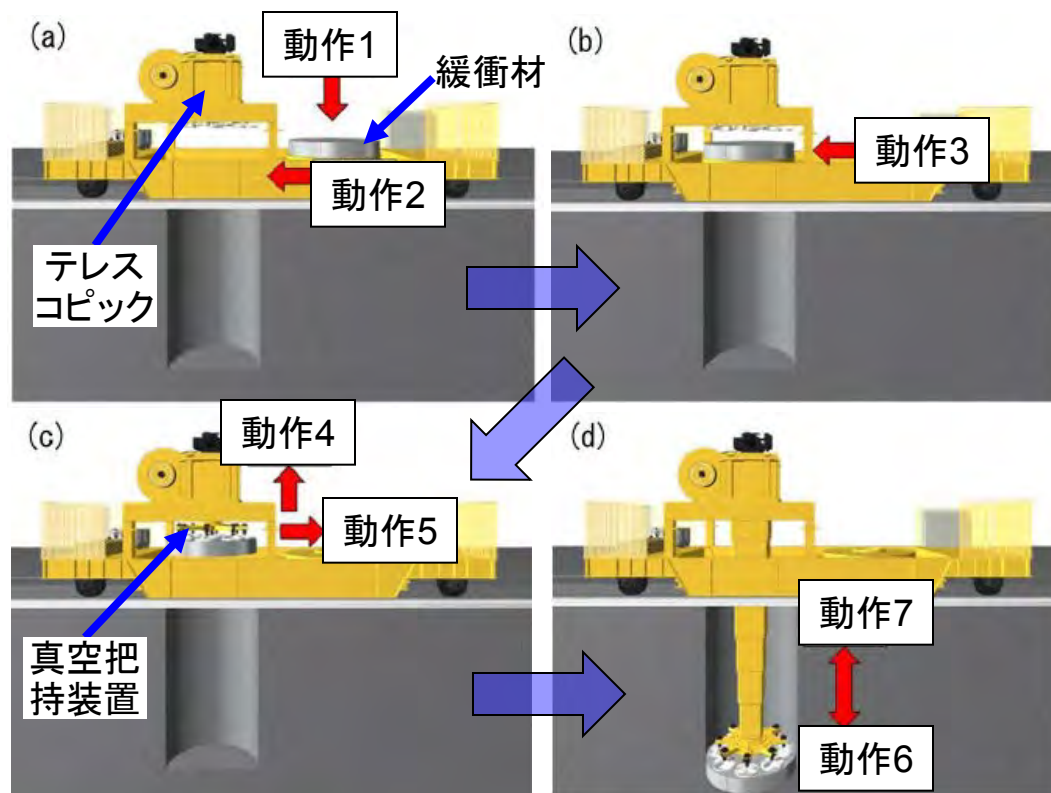
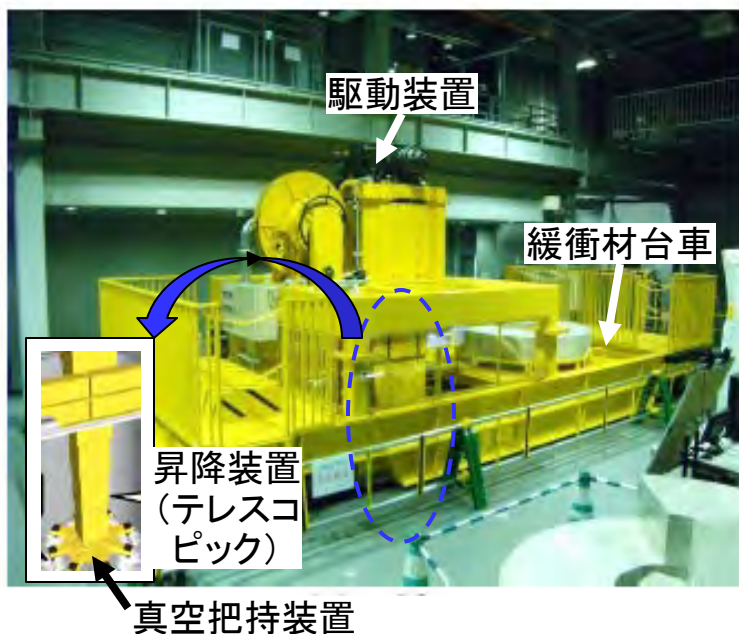
2.2 安全評価手法の高度化

2.1 処分技術の信頼性向上

人工バリアや緩衝材の定置等に必要な工学技術の開発

- 地層処分実規模設備整備事業において、緩衝材定置試験設備の整備として、緩衝材の定置に関わる一連の動作を自動化するためのソフトウェアを設計・製作しました。

緩衝材定置試験設備の概観
および各部の名称

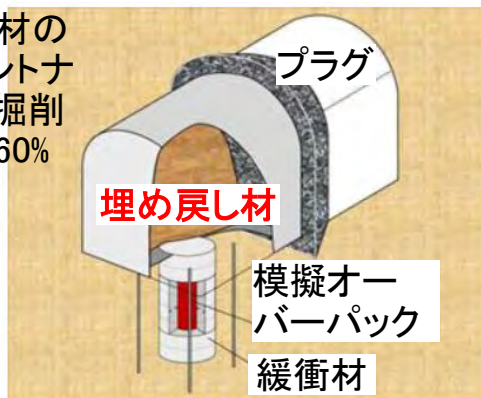


➤ 緩衝材定置試験設備の動作確認として、自動運転を計100回おこない、正常に作動することを確認しました。

2.1 処分技術の信頼性向上

人工バリアや埋め戻し材の設計手法の適用性確認

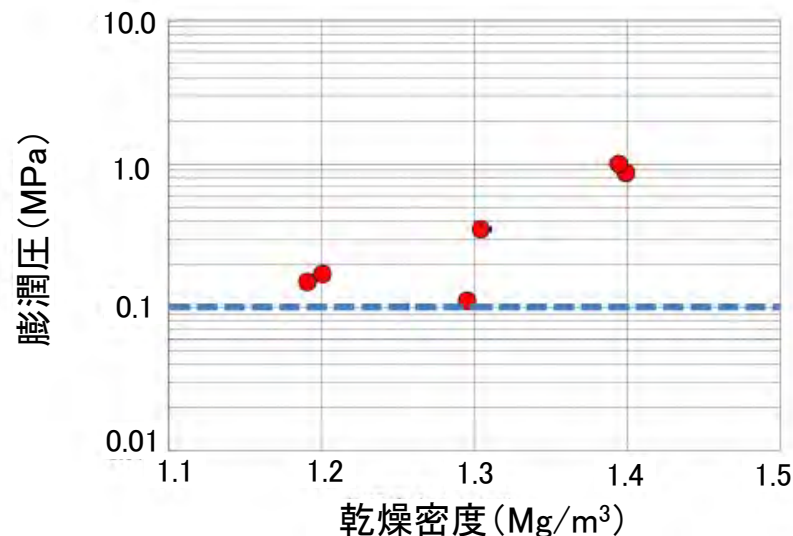
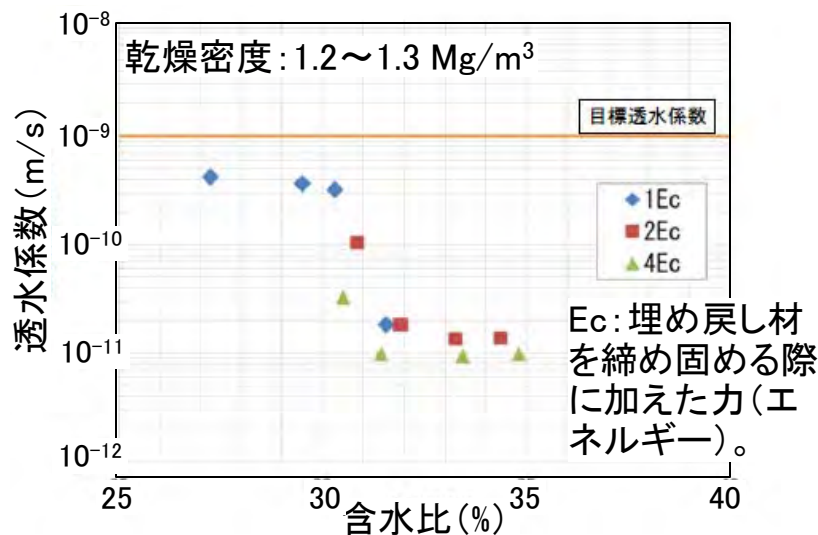
埋め戻し材の仕様: ベントナイト40%、掘削土(ズリ)60%を混合



- 人工バリア性能確認試験で使用する予定の埋め戻し材について、その性能を確認するための試験(透水試験¹⁾、膨潤試験²⁾)を行いました。

人工バリア性能確認試験の概観

- 1) 透水試験: 水の通り具合を調べる試験で、値の小さい方が水が通りにくい
- 2) 膨潤試験: ベントナイトが水を吸収して膨らむ際の圧力を調べる試験で、値の大きい方が膨らむ力が大きい。



埋め戻し材の透水性・膨潤性は、目標通りの性能が確認されました。

2. 地層処分研究開発に関する成果の報告



2.1 処分技術の信頼性向上

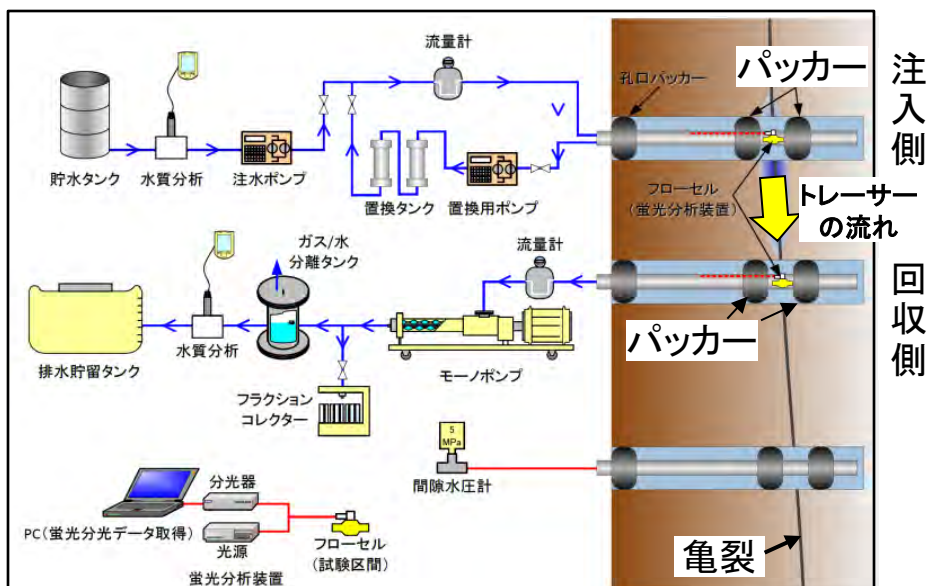
2.2 安全評価手法の高度化

2.2 安全評価手法の高度化

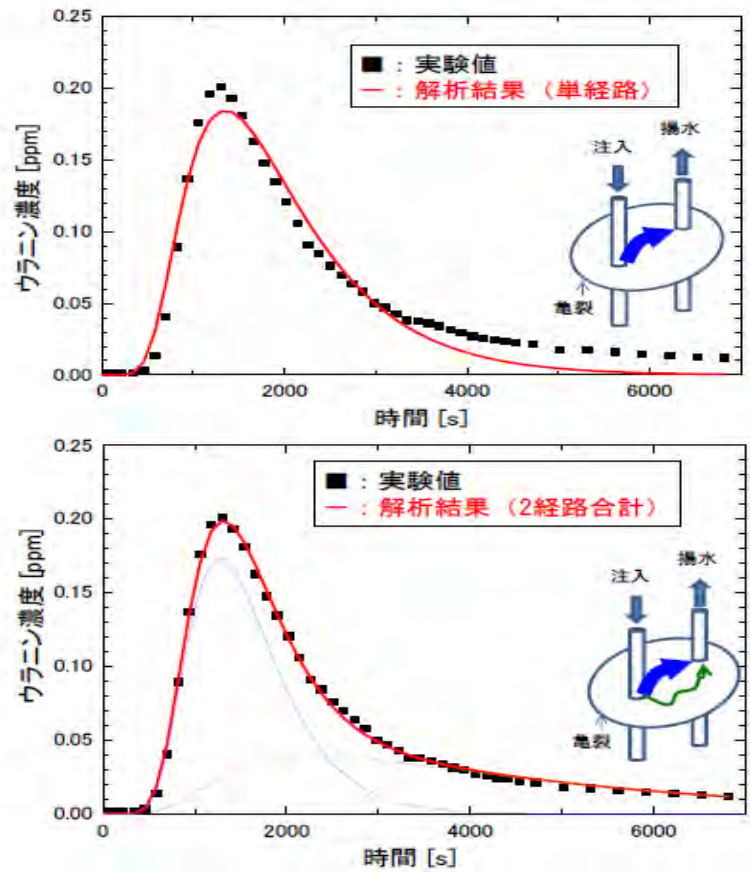
安全評価における物質移動解析に関わる技術の開発

- 平成23年度に250m調査坑道において調査技術・調査機器開発の一環として実施した物質移動試験を対象に、安全評価で用いられる評価手法により、試験結果を解釈するための試解析を行いました。

平成23年度に行われた原位置トレーサー試験の概念図



トレーサー: 地下水の流れの方向等を調べるために加える目印となる染料等のこと。この試験では、ウランという蛍光染料が利用されました。

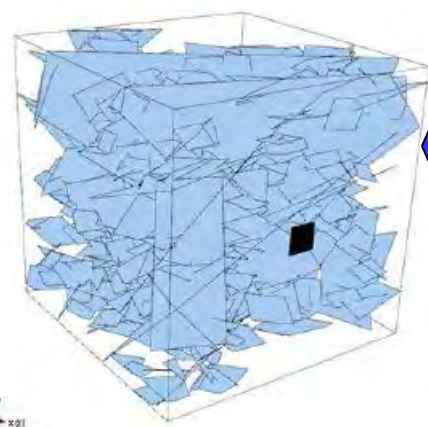
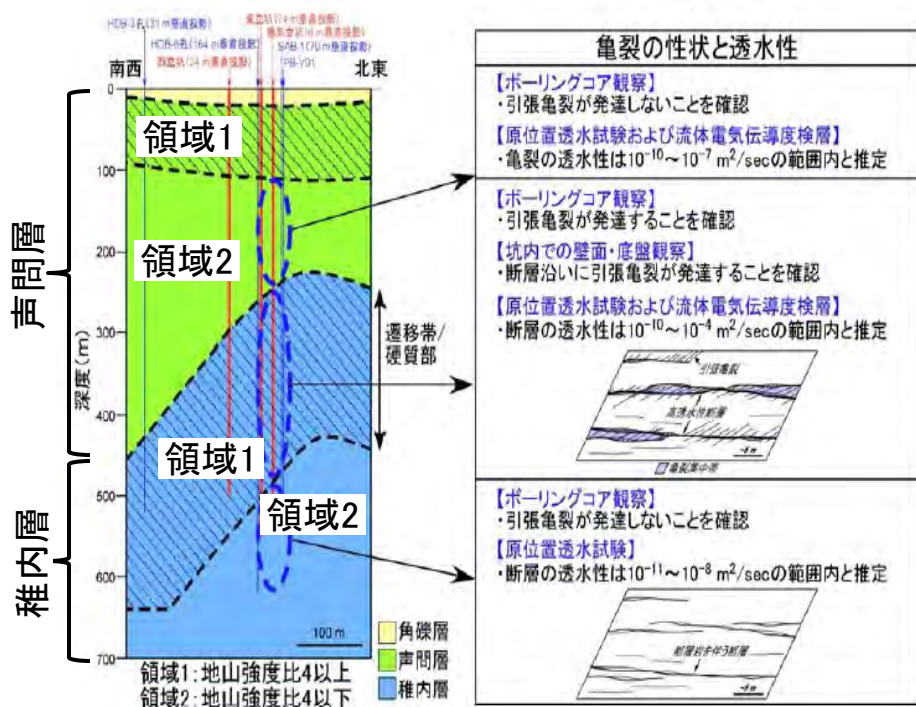


➤ 亀裂中での物質の移動現象は、複数の移動経路を考えると、より実験値と整合した解釈を行うことができました。

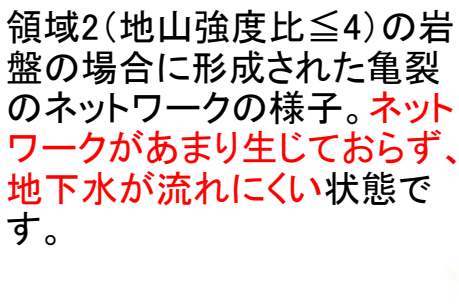
2.2 安全評価手法の高度化

安全評価における地下水の流れ方を評価する技術の開発

- 堆積岩中の地下水の流れ方について、岩盤(地山)の硬さと地山にかかる力の割合(地山強度比)との関係から評価する技術を検討しました。




領域1(地山強度比 ≥ 4)の岩盤の場合に形成された亀裂のネットワークの様子。**多数のネットワーク**が生じるため、**地下水が流れやすい状態**です。



領域2(地山強度比 ≤ 4)の岩盤の場合に形成された亀裂のネットワークの様子。**ネットワークがあまり生じておらず**、**地下水が流れにくい状態**です。

地下施設周辺の地下の岩盤に対する領域区分 (地山強度比に基づく区分の例)

➤ 地山強度比の違いにより、堆積岩中の地下水の流れ方に違いがあることがわかりました。

- 
- A photograph showing a worker in a white hard hat and dark clothing sitting on a yellow metal platform inside a large, circular tunnel. The tunnel walls are concrete and show signs of construction or maintenance. The lighting is bright, illuminating the worker and the surrounding structure.
3. 地下施設の建設
 4. 環境モニタリング
 5. 安全確保の取組み
 6. 開かれた研究

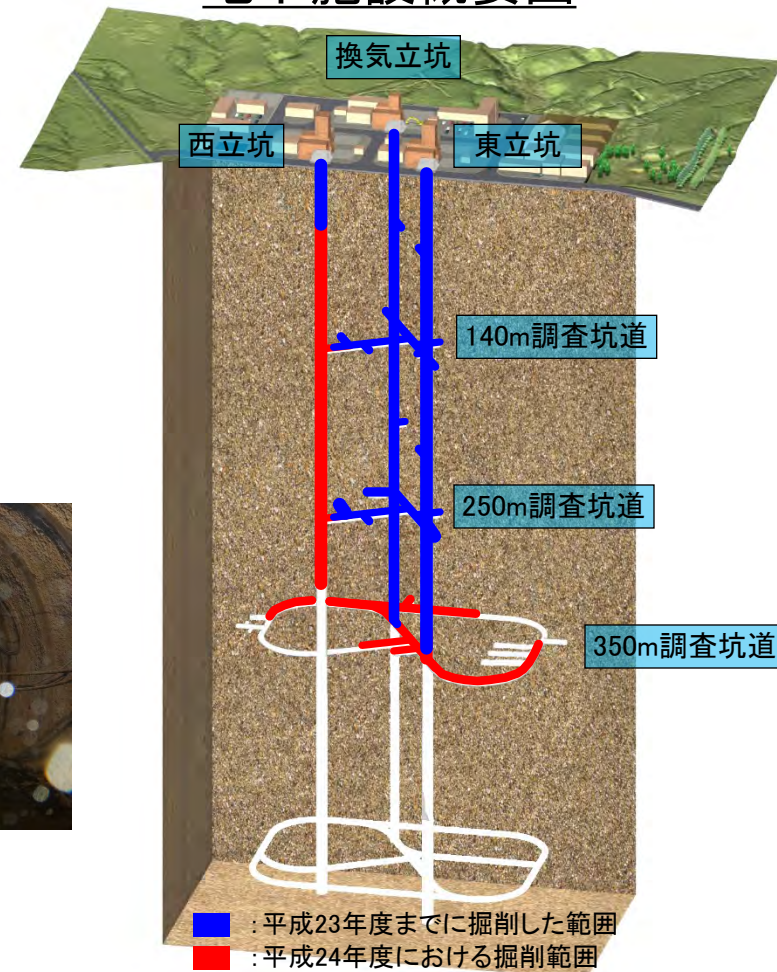
3. 地下施設の建設

地下施設の建設状況(1)

平成24年度は、平成22年度から導入した民間活力(PFI)による地下施設の建設を継続しました。

・東立坑	: 掘削長 約3m (深度 約347m ~ 約350m)
・西立坑	: 掘削長 約250m (深度 約50m ~ 約300m)
・140m調査坑道	: 掘削長 約3m
・250m調査坑道	: 掘削長 約3m
・350m調査坑道	: 掘削長 約397m

地下施設概要図



西立坑と140m調査坑道の接続
(平成24年9月)



西立坑と250m調査坑道の接続
(平成24年12月)



350m調査坑道の掘削
(平成25年1月)

西立坑および350m調査坑道の建設の様子

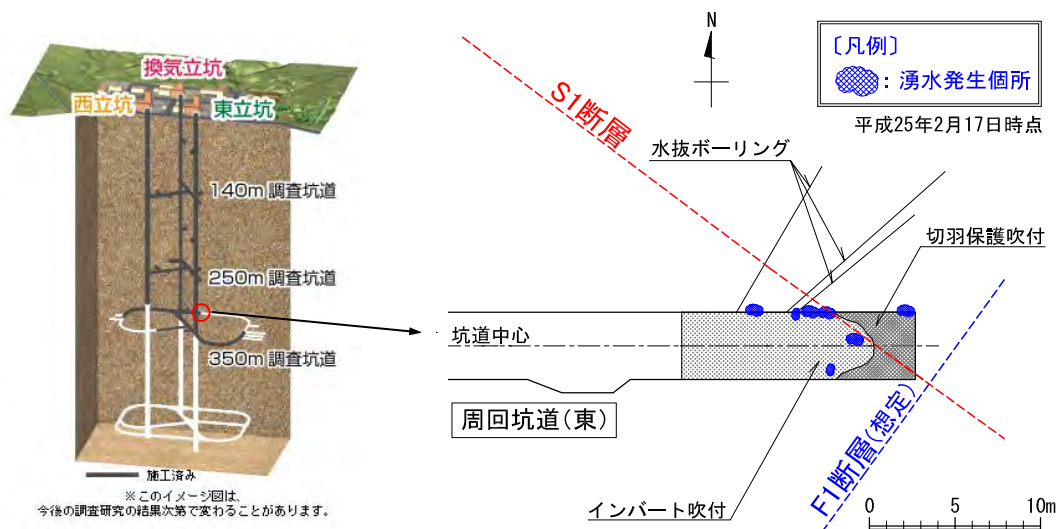
※このイメージ図は、今後の調査研究の結果次第で変わることがあります。

3. 地下施設の建設

地下施設の建設状況(2-1)

本年2月に深度350m周回坑道(東)で発生した湧水の増加、ならびにメタンガス濃度の一時的な上昇に関する原因の考察を行いました。

- 今回の大量湧水が発生した区域には、S1断層とF1断層が存在しており、湧水は両断層が交差する近傍で発生
- F1断層については、湧水の発生が予想されたため、事前にグラウト(止水対策)を行いました。グラウトは、坑道がF1断層と交差する部分を中心に行い、S1断層とF1断層との位置関係については考慮していませんでした
- S1断層に坑道が到達して大気圧に解放された際、S1断層と連結しているF1断層等からの地下水やガスの圧力によって、S1断層に充てんされていた軟質な火山灰や粘土が坑道内に押し出されたことにより、S1断層が水みちとなって坑道内への湧水の増加を招いたと推定



3. 地下施設の建設



地下施設の建設状況(2-2)

湧水の増加、ならびにメタンガス濃度の一時的な上昇について、原因の考察を踏まえ、以下のような対策を講じ、坑道掘削時の湧水等に係るリスクの低減を図ることとしました。

- S1 断層のように地下水の存在が認められない断層についても、F1 断層のような豊富な地下水を含む断層との位置関係等を確認し、これらが交差する近傍など多量の湧水が予見される場合には追加の地質調査(ボーリング調査等)を行い、湧水を導く可能性をより綿密に検討
- 調査によって把握した断層の性状に応じて、より効果的なグラウト(グラウト改良範囲の拡張や注入圧力の見直し)等を行い、湧水発生の可能性を低減
- メタンガスについては、メタンガス濃度の上昇に伴う爆発や酸欠による事故を防止するための地下坑道の強制換気、ならびに坑道内に設置したメタンガス検知器による濃度管理を徹底
- 今回の事象を踏まえ、坑道掘削前の先行ボーリングをより詳細に行い、メタンガスの噴出の可能性などを綿密に調査することとします。

3. 地下施設の建設



掘削土(ズリ)の分析結果

掘削に伴い発生する掘削土(ズリ)については、分析(公定分析)を定期的に実施しています。分析結果から、ホウ素、ヒ素、フッ素、セレンおよび鉛は自然由来(岩石に元から含まれているため)により溶出量基準値以上の値となっていますが、いずれも掘削土(ズリ)置場に保管可能な第2溶出量基準値以下でした。

掘削土(ズリ)モニタリング調査結果 (土壌溶出量：公定分析)

分析項目	単位	東立坑	西立坑	参考値 (土壌汚染対策法)	
				溶出量基準値	第2溶出量基準値
ホウ素	mg/l	6.4	4.3~12	1	30
ヒ素		0.057	0.008~0.044	0.01	0.3
フッ素		0.13	<0.08~0.38	0.8	24
セレン		0.016	0.009~0.018	0.01	0.3
カドミウム		<0.001	<0.001	0.01	0.3
鉛		0.002	0.003~0.013	0.01	0.3
シアン		不検出 (<0.1)	不検出 (<0.1)	不検出	1
六価クロム		<0.005	<0.005	0.05	1.5
水銀		<0.0005	<0.0005	0.0005	0.005
アルキル水銀		不検出 (<0.0005)	不検出 (<0.0005)	不検出	不検出

掘削土(ズリ)モニタリングは平成24年4月から平成25年3月までの試料採取における調査分析結果を記載しています。

(モニタリング結果の詳細なデータはホームページで公開しています。)

The background of the slide is an aerial photograph of a landscape. In the distance, a large, conical mountain (Mount Fuji) is visible under a clear blue sky. The foreground and middle ground show a mix of green fields, forests, and some buildings, with a river or road winding through the area.

4. 環境モニタリング

4. 1 騒音、振動、水質、動植物に関するモニタリング調査

4. 2 地下施設の建設に伴う水質モニタリング調査

4.1 騒音・振動・水質・動植物に関するモニタリング調査



調査結果の概要

幌延深地層研究センターの造成工事着手前より、環境モニタリングを継続実施しています。平成24年度においても騒音・振動や、植生、魚類等の項目は、これまでと比べ大きな変化は見られず、工事着手前の環境が維持されているものと判断されます。

調査項目	調査結果
騒音 (4回/年)	等価騒音レベルは、昼間は38～56デシベル、夜間は36～54デシベルであった。なお、夏季調査日は、風がやや強く草木の揺れる音の影響が大きかったため、全体的に高い値であった。(工事着手前:昼間39～53デシベル 夜間30未満～37デシベル)
振動 (4回/年)	昼間は35デシベル以下、夜間は30デシベル未満であり、工事着工前と同程度であった。(工事着手前:昼間30未満～33デシベル 夜間30未満～30デシベル)
水質(清水川) (4回/年)	清水川の水質については、工事の影響とみられる変化は認められなかった。
魚類 (3回/年)	春季、夏季および秋季調査で6科10種を確認した。 重要種については、スナヤツメ、ヤマメ(サクラマス)、エゾウグイ、エゾホトケドジョウ、エゾトミヨ、ハナカジカの6種を確認した。
植物 (3回/年)	植物群落は、これまでとほぼ同様な種構成が確認され、大きな変化はみられなかった。

4.1 騒音・振動・水質・動植物に関するモニタリング調査



騒音・振動・水質・動植物のモニタリング調査実施状況



騒音・振動測定(3箇所、年4回)



清水川の水質調査(2箇所、年4回)



植物群落調査(2箇所、年3回)



魚類生息調査(清水川流域、年3回)

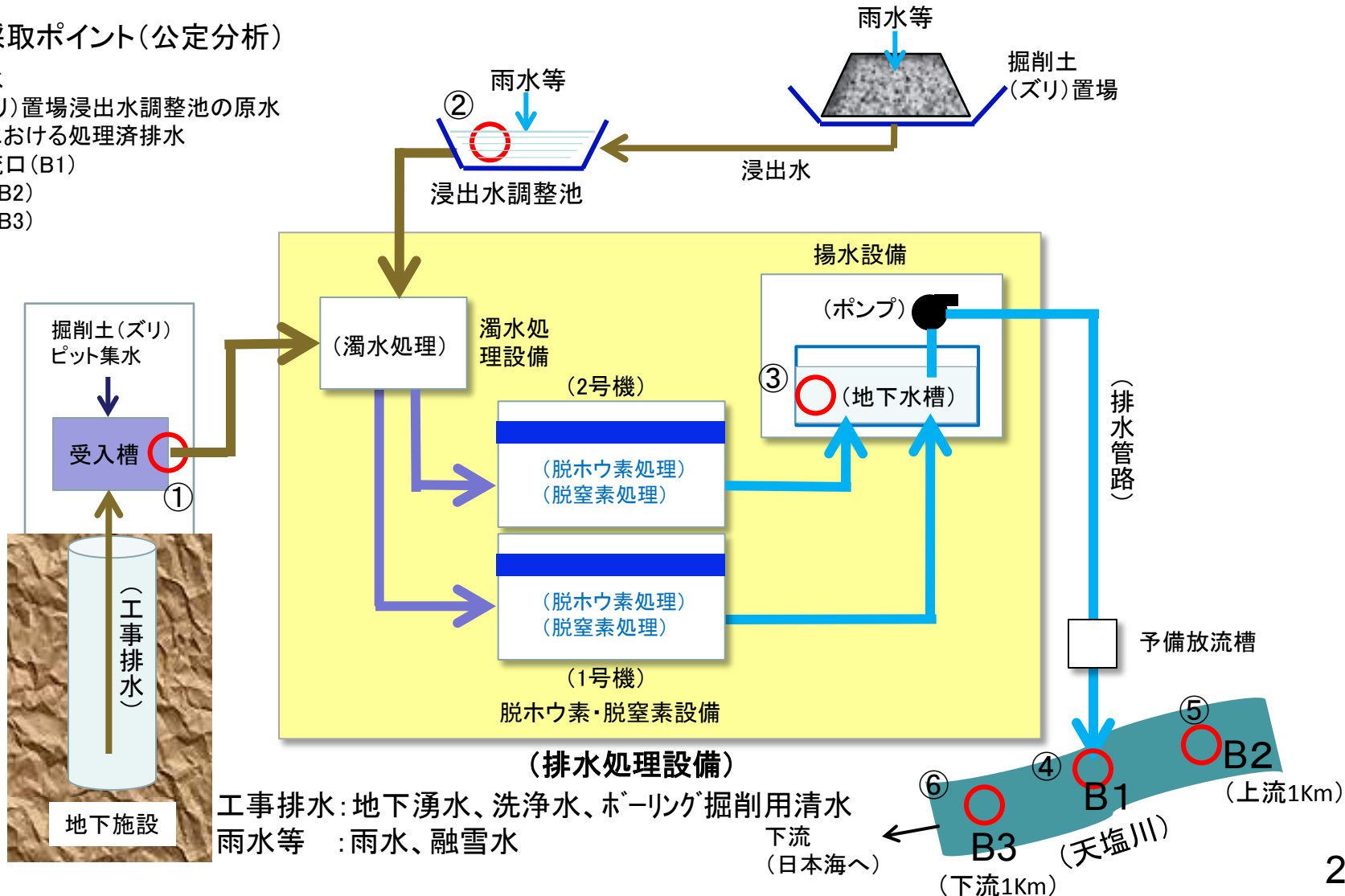


4.2 地下施設の建設に伴う水質モニタリング調査

地下施設等からの排水の処理系統図

○ : 試料採取ポイント(公定分析)

- ①立坑の原水
- ②掘削土(ズリ)置場浸出水調整池の原水
- ③揚水設備における処理済排水
- ④天塩川放流口(B1)
- ⑤上流1km(B2)
- ⑥下流1km(B3)

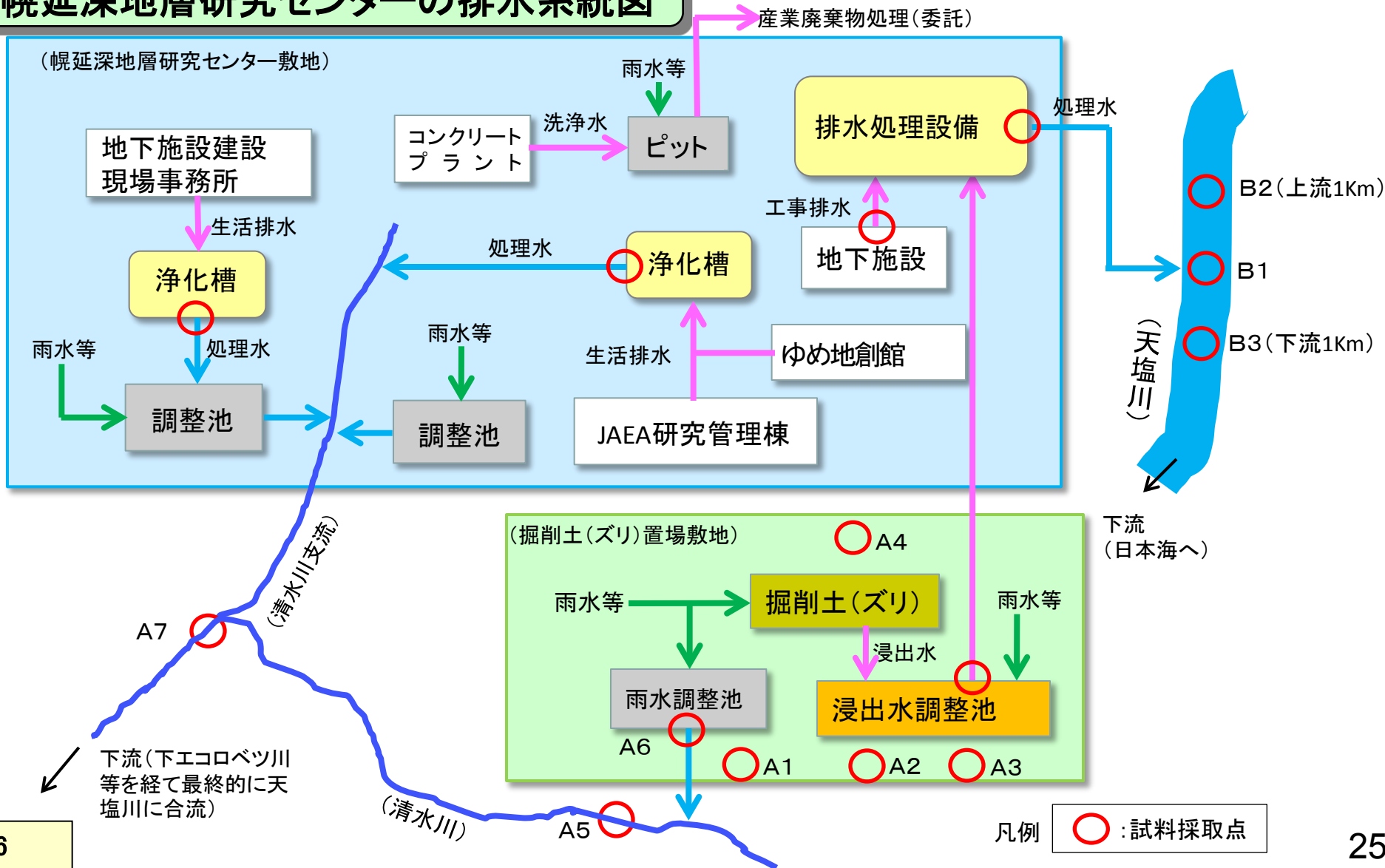


工事排水: 地下湧水、洗浄水、ホーリング掘削用清水
 雨水等 : 雨水、融雪水

4.2 地下施設の建設に伴う水質モニタリング調査



幌延深地層研究センターの排水系統図



4.2 地下施設の建設に伴う水質モニタリング調査

水質分析試料の採取状況



掘削土(ズリ)置場周辺の地下水 (A1~A4)、
清水川(A5、A7)、雨水調整池(A6)の採取状況



天塩川の水質採取状況(B1~B3)

4.2 地下施設の建設に伴う水質モニタリング調査



天塩川への排水量

排水処理設備からの処理済排水の天塩川への年間排水量は、約11万 m^3 でした。排水量が多い4月、5月は、昨年と比べると約2倍程度増加しており、その原因は融雪期による増水と思われます。また、2月の増加は地下施設からの排水の増加の影響によるものです。

月	排水量(m^3)	日最大排水量(m^3)	日平均排水量(m^3)
24年4月	14,243	670	474.8
5月	10,176	533	328.3
6月	7,531	411	251.0
7月	9,116	524	294.1
8月	9,121	457	294.2
9月	9,901	634	330.0
10月	9,150	461	295.2
11月	9,774	623	325.8
12月	6,720	434	216.8
25年1月	5,905	330	190.5
2月	11,662	701	416.5
3月	9,980	554	321.9
平成24年度	合計:113,279	日最大:701	日平均:310.4

4.2 地下施設の建設に伴う水質モニタリング調査



地下施設からの排水の分析結果

平成24年度における排水処理設備からの処理済排水は、「立坑の原水」にホウ素が高い値を示していますが、自然由来によるもので、排水処理後の揚水設備における処理済排水は排水基準以下でした。

主な分析項目	単位	採水地点			参考値 (水質汚濁防止法 排水基準)
		立坑の原水	掘削土(ズリ)置場 浸出水調整池の原水	揚水設備における 処理済排水	
pH	—	8.0～8.4	7.0～7.5	7.0～8.4	5.8～8.6
カドミウム	mg/l	<0.01	<0.01	<0.01	0.1
ヒ素	mg/l	<0.01～0.01	<0.01	<0.01～0.02	0.1
セレン	mg/l	<0.01	<0.01～0.03	<0.01	0.1
フッ素	mg/l	<0.8	<0.8	<0.8	8
ホウ素	mg/l	68～160	2.4～37	0.1～1.3	10
浮遊物質 (SS)	mg/l	7～580	22～49	<1～2	200 (日間平均: 150)
塩化物イオン	mg/l	3,100～4,100	130～1,400	700～4,200	—

(分析結果の詳細なデータは、ホームページで公開しています。)

4.2 地下施設の建設に伴う水質モニタリング調査



天塩川の水質分析結果

平成24年度においては、4月、5月に浮遊物質質量(SS)が協定値を満足しませんでした
が、融雪や降雨に伴う天塩川の増水によるものと考えられます。

主な分析項目	単位	天塩川			北るもい漁協 協定値
		B1:放流口	B2:放流口 上流1km	B3:放流口 下流1km	
ホウ素	mg/l	0.01~3.4	0.01~2.9	0.01~3.2	5以下
全窒素	mg/l	0.22~2.2	0.20~2.2	0.16~2.2	20以下
全アンモニア	mg/l	<0.05~0.41	<0.05~0.48	<0.05~0.53	2以下 (B3地点のみ)
pH	—	6.9~7.8	6.9~7.9	6.9~8.0	5.8~8.6
浮遊物質質量 (SS)	mg/l	<1~90	1~100	<1~100	20以下

(分析結果の詳細なデータは、ホームページで公開しています。)

4.2 地下施設の建設に伴う水質モニタリング調査



掘削土(ズリ)置場周辺の地下水の水質分析結果

平成24年度における掘削土(ズリ)置場周辺の地下水の水質分析結果は、過去の結果と比較しても大きな変化は見られませんでした。

主な分析項目	単位	調査地点	掘削土(ズリ)搬入前 (H18.6~H19.4)	掘削土(ズリ)搬入後 (H19.5~H24.3)	H24年度
pH	—	A1~A4	4.6~7.3	4.2~7.2	5.4~7.3
カドミウム	mg/l	A1~A4	<0.001~0.004	<0.001~0.009	<0.001
ヒ素	mg/l	A1~A4	<0.005	<0.005	<0.005~0.007
セレン	mg/l	A1~A4	<0.002	<0.002~0.005	<0.002
フッ素	mg/l	A1~A4	<0.1~0.4	<0.1~0.4	<0.1~0.2
ホウ素	mg/l	A1~A4	<0.02~50.7	<0.02~63.0	0.06~32
塩化物イオン	mg/l	A1~A4	9.7~2,910	9.3~3,400	11~2,100

(分析結果の詳細なデータは、ホームページで公開しています。)

4.2 地下施設の建設に伴う水質モニタリング調査

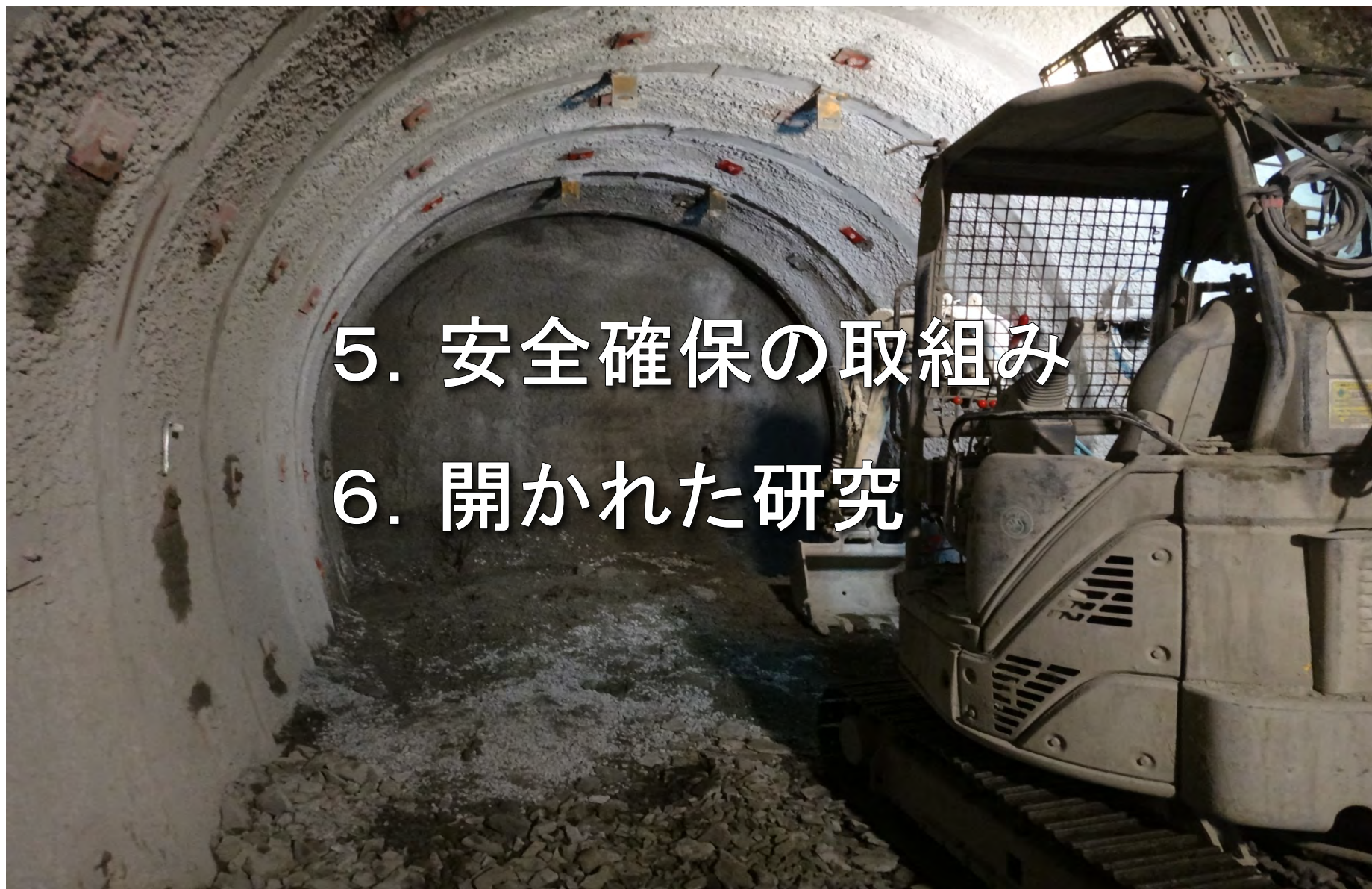


清水川及び掘削土(ズリ)置場雨水調整池の水質分析結果

平成24年度の清水川及び掘削土(ズリ)置場雨水調整池の水質は、掘削土(ズリ)の搬入前と大きな変化は見られませんでした。

主な分析項目	単位	調査地点	掘削土(ズリ)搬入前 (H18.6~H19.4)	掘削土(ズリ)搬入後 (H19.5~H24.3)	H24年度
pH	—	A5~A7	5.8~7.4	5.7~8.3	6.4~8.6
カドミウム	mg/l	A5~A7	<0.001~0.001	<0.001~0.002	<0.001
ヒ素	mg/l	A5~A7	<0.005~0.011	<0.005~0.015	<0.005
セレン	mg/l	A5~A7	<0.002	<0.002~0.003	<0.002~0.002
フッ素	mg/l	A5~A7	<0.1~0.7	<0.1~1.1	<0.1~0.1
ホウ素	mg/l	A5~A7	<0.02~0.3	0.02~0.44	0.05~0.43
浮遊物質(SS)	mg/l	A5~A7	1~173	1~500	<1~43
塩化物イオン	mg/l	A5~A7	5.1~30.5	5.8~269	3.9~41

(分析結果の詳細なデータは、ホームページで公開しています。)



5. 安全確保の取組み

6. 開かれた研究

5. 安全確保の取組み

安全活動の実績

各種の安全活動に積極的に取り組むとともに、「安全推進協議会」を組織し、センター一丸として安全活動を推進・実施しました。



安全講演会(24年7月)



所長パトロール(月例)

- 各種安全行事による意識高揚
- 定期的な安全パトロールの実施
- 作業計画書による作業前の安全対策・リスクアセスメントの確認
- 新規配属者・請負業者に対する安全教育の実施
- 事故対応訓練(年2回)、通報連絡訓練(毎月)
- 安全関係規則類の見直し改定
- 安全推進協議会活動



安全推進協議会定例会(24年8月)



役員安全巡視(24年9月)



事故対応総合訓練(25年1月)

6. 開かれた研究

国内外の研究機関との協力

◆大学との研究協力

北海道大学、静岡大学、東京都市大学、新潟大学、京都大学、東北大学、岡山大学など

◆その他の機関との研究協力

幌延地圏環境研究所、電力中央研究所、北海道立総合研究機構、産業技術総合研究所、原子力環境整備促進・資金管理センター

◆国外機関との研究協力

Nagra（放射性廃棄物管理協同組合；スイス）
 モンテリ・プロジェクト（スイスのモンテリでの国際共同研究）
 ANDRA（放射性廃棄物管理公社、フランス） など



産業技術総合研究所-原子力機構 共同研究
 既設ボーリング孔を用いた水理試験作業の様子
 （平成24年9月、於浜里地区）



ANDRA-原子力機構 情報交換
 技術検討会議の様子
 （平成25年3月、於ANDRA本社[パリ]） 34

ご清聴，ありがとうございました。

