

幌延深地層研究計画 平成23年度調査研究成果報告

平成24年8月9日



日本原子力研究開発機構
幌延深地層研究センター

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

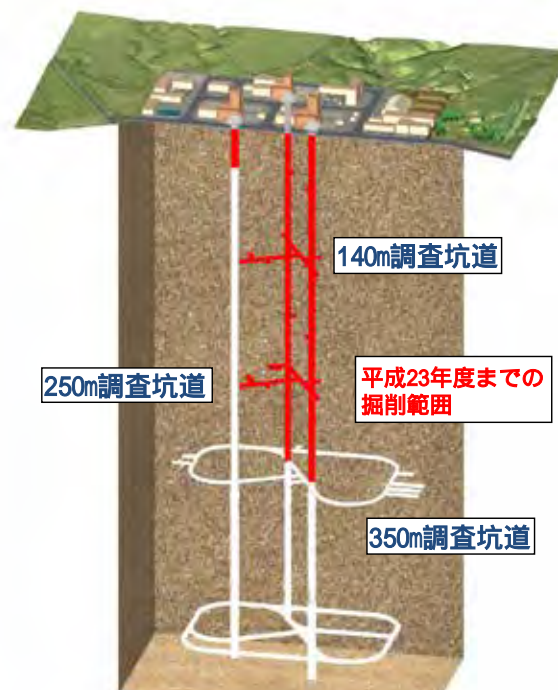
3. 地下施設の建設

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

平成23年度の調査研究のイメージ



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。



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

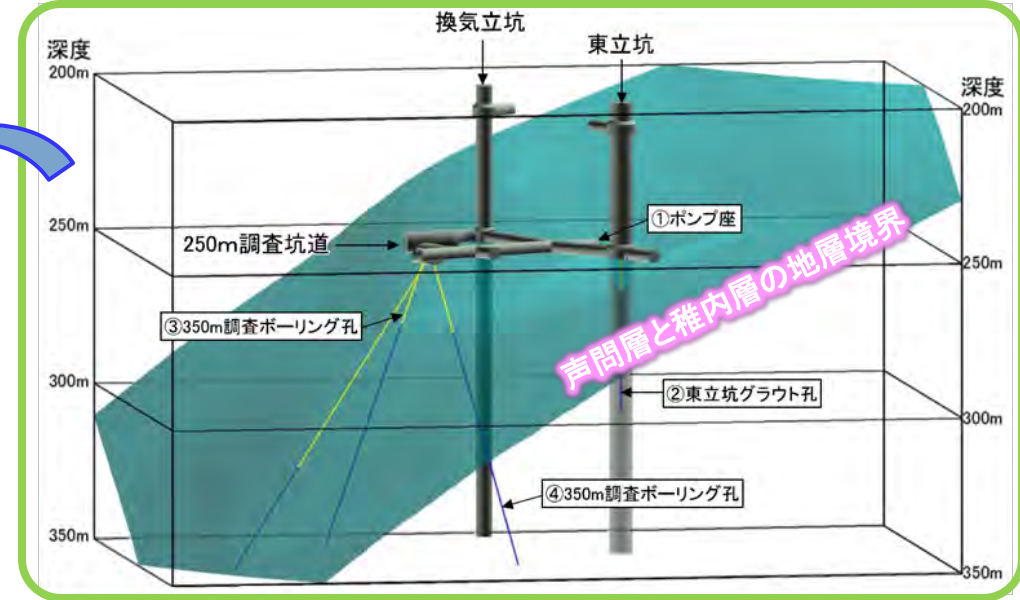
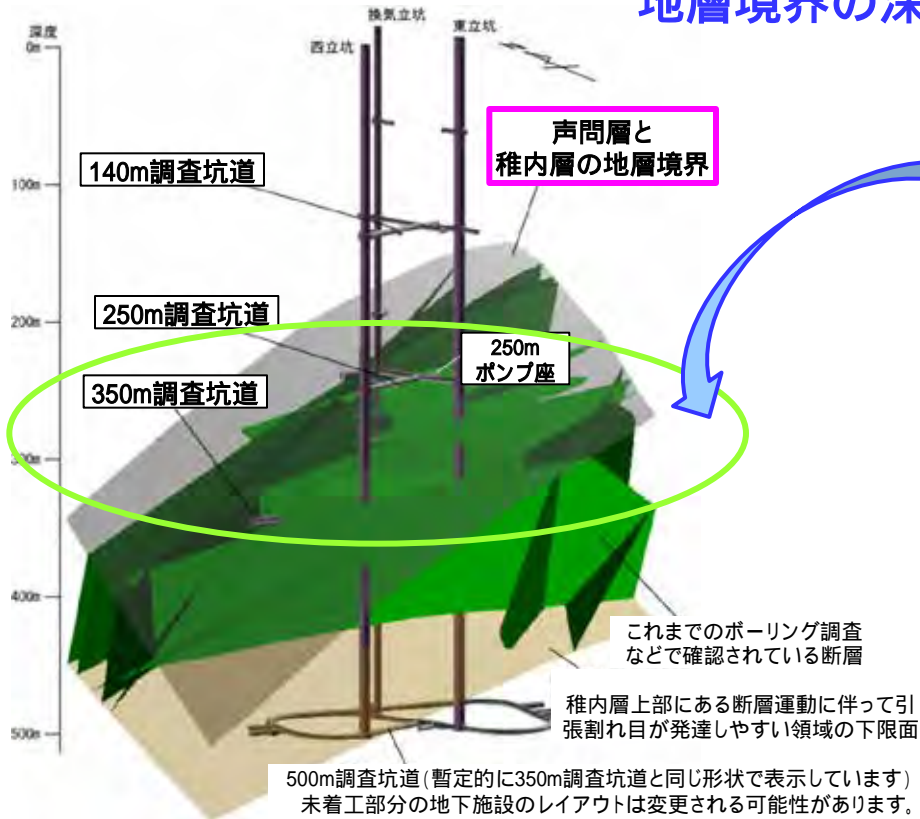
2.1 処分技術の信頼性向上

2.2 安全評価手法の高度化

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

○坑道内の地質観察と岩石の分析により地層境界を特定し、地上からの調査で予測した地層境界の深度と比較しました。



確認位置	観察箇所と確認の方法	予測深度	確認深度
	ポンプ座の底盤地質観察	GL-249m	GL-251m
	東立坑グラウト孔のコアの分析	GL-260m	GL-261m
	350m調査ボーリング孔のコアの分析	GL-275m	GL-274m
	350m調査ボーリング孔のコアの分析	GL-276m	GL-275m

地下施設周辺の地質構造モデル

地層と主な断層の三次元的な分布を、立坑近傍でのボーリング調査および坑道の壁面観察のデータから推定

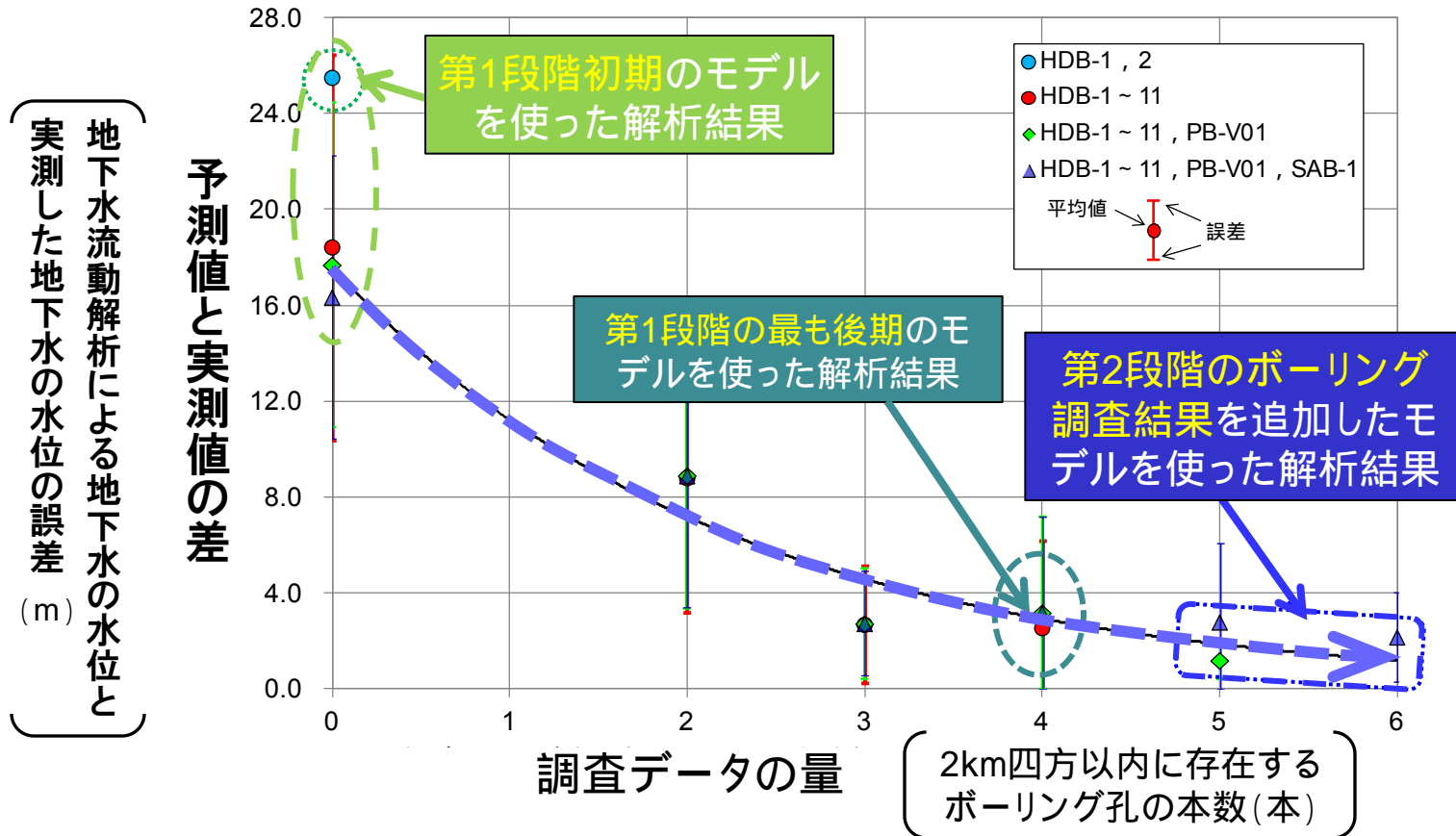
地層境界の深度 (確認位置の丸数字は、上図に対応)

地上からの調査で予測した地層境界の深度は、坑道掘削時の調査で確認された深度と、数m程度の違いしかありませんでした。

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：地下水の流れ

○予測と観測の結果を比較し、調査およびモデル化手法の妥当性を検討しました。



幌延地域の場合、

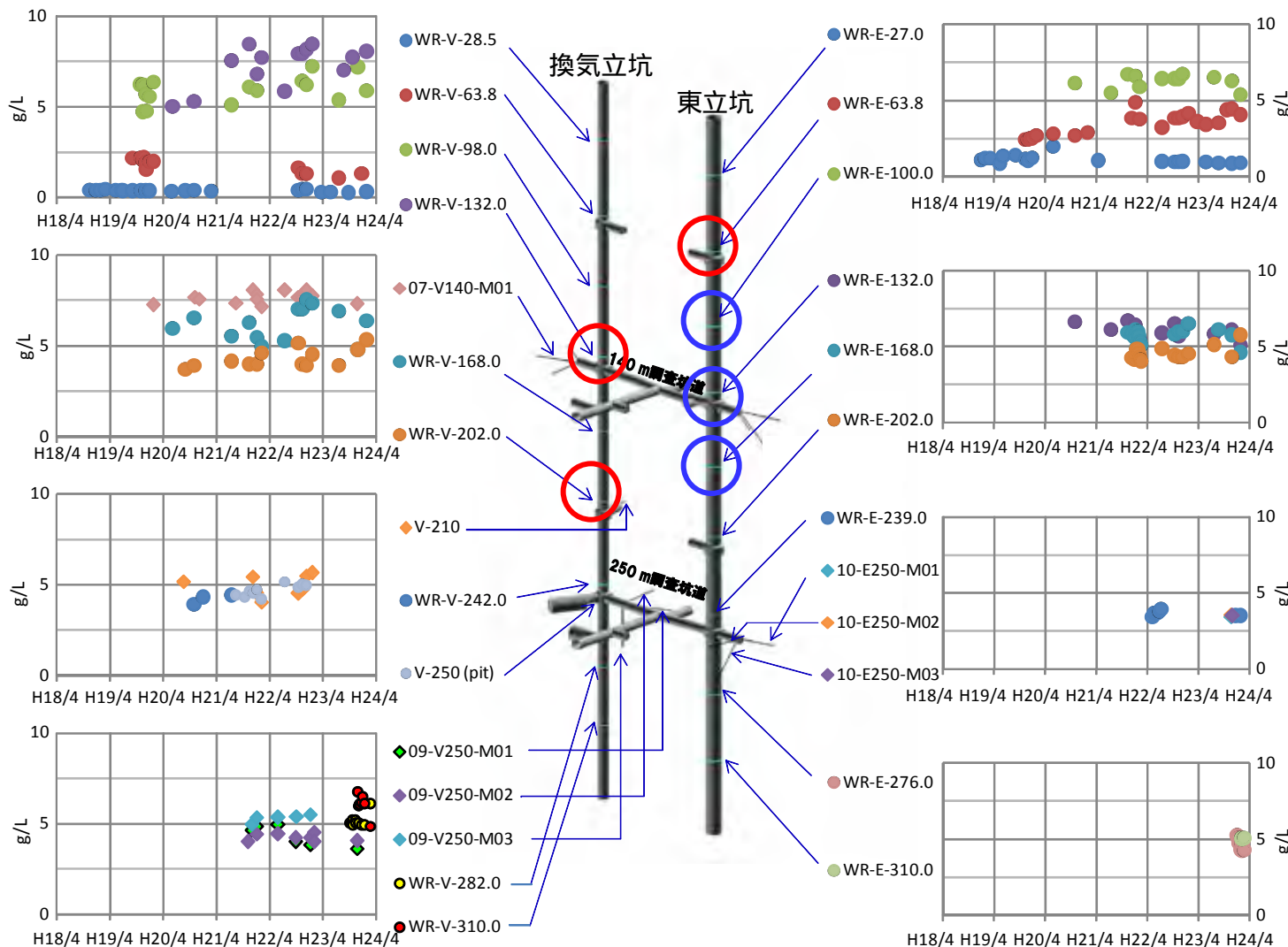
- ü 2km四方の範囲に5本以上のボーリング調査を実施すると、地下水の水位で2～3m程度の誤差で予測することができる
- ü それ以上のボーリング調査を実施しても、誤差はあまり減少しない、ことが分かりました。

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

坑道掘削に伴う地球化学環境の変化を調べるため、地下水の水質の観測を継続しました。

地下施設で採取した地下水の塩分濃度が、上昇あるいは低下する区間が確認されました。



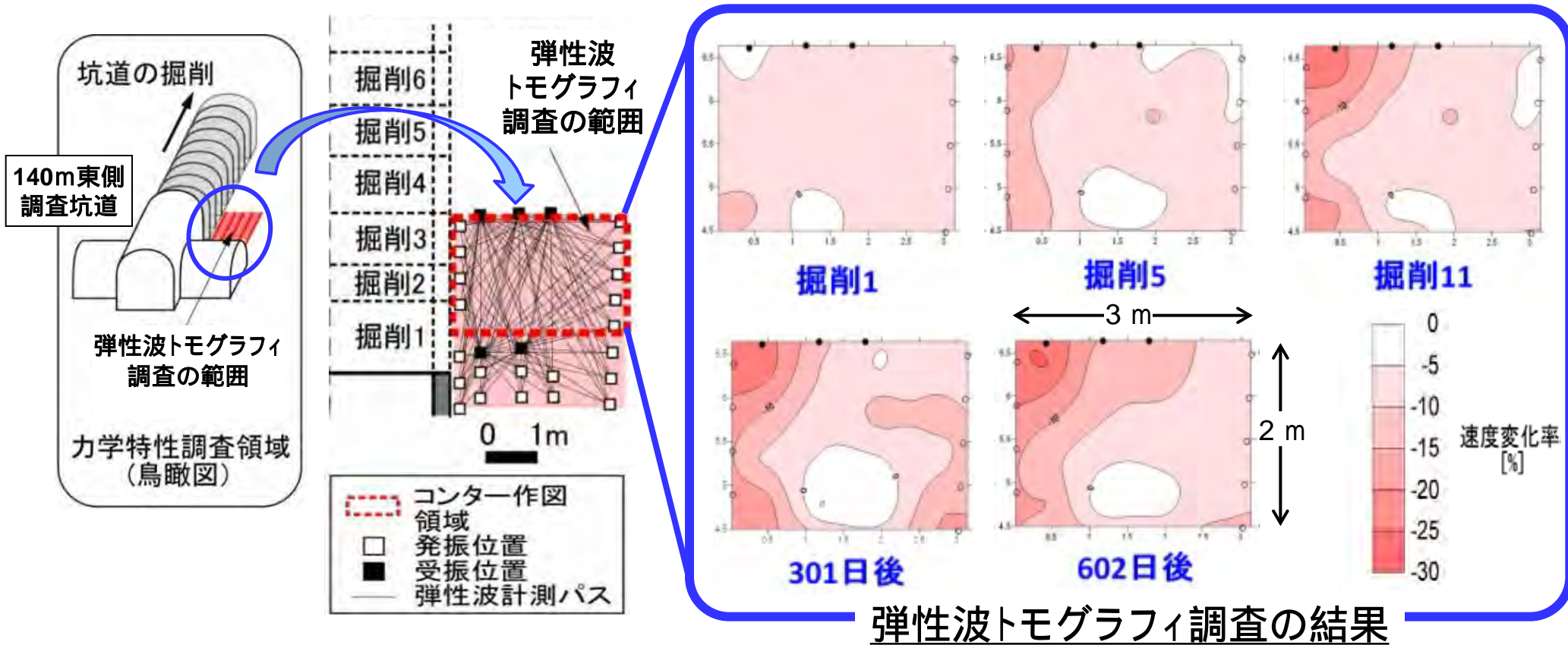
- 塩分濃度が上昇している採水地点
- 塩分濃度が減少している採水地点

地下水の塩分濃度の経時変化

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: 岩盤の力学特性

○岩盤中の振動の伝わり易さを利用して、坑道掘削に伴う“岩盤のゆるみ”を調べました。

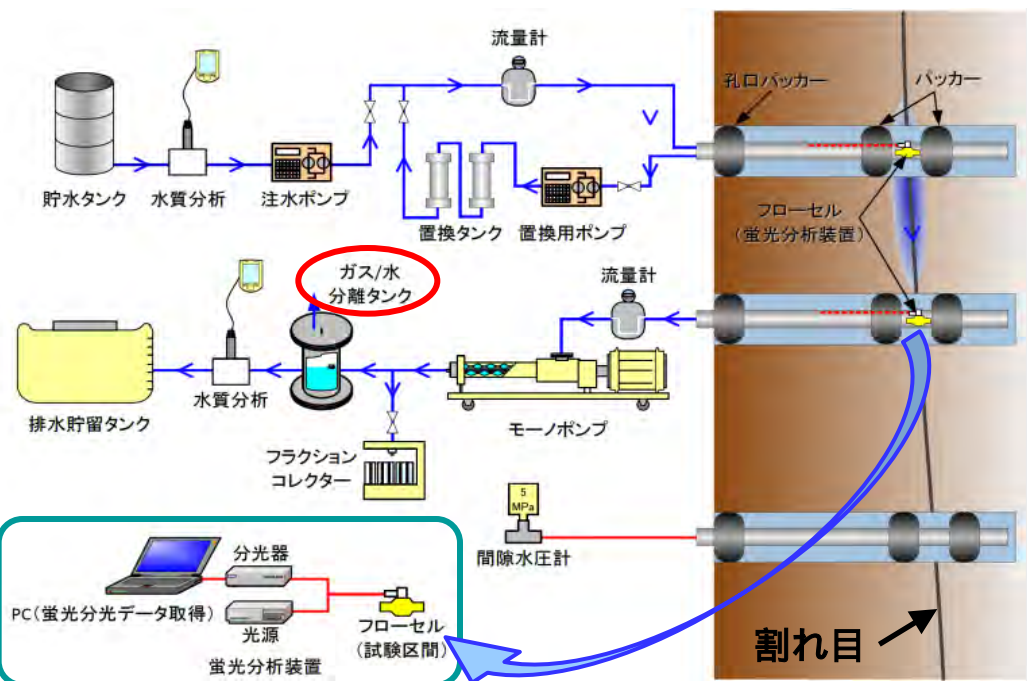


坑道の掘削時と掘削後にかけて、弾性波速度の変化する部分は、坑道の壁面近傍から数mの範囲であることが分かりました。

1.1 地質環境調査技術開発

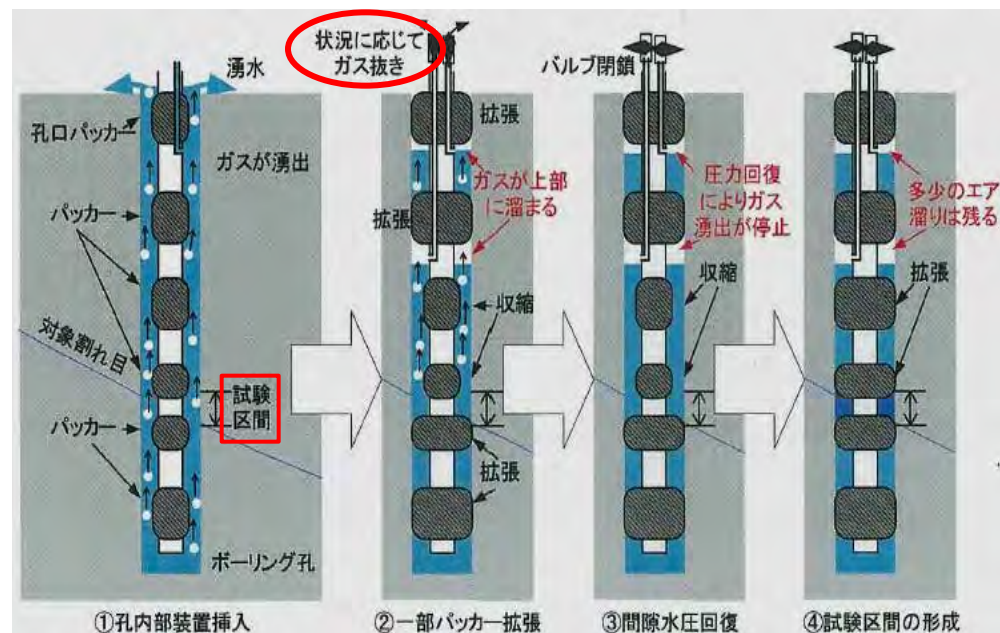
地下深部の地質環境を原位置で調査するための技術の開発：物質移動特性

〇坑道周辺の岩盤の割れ目を対象として、物質の移動特性を調べるための試験装置と試験手順を検討し、250m調査坑道で実際に試験を行いました。



物質移行試験装置の概念図

(改良点: ガスの排除機能の追加、原位置フローセルの追加)



試験手順

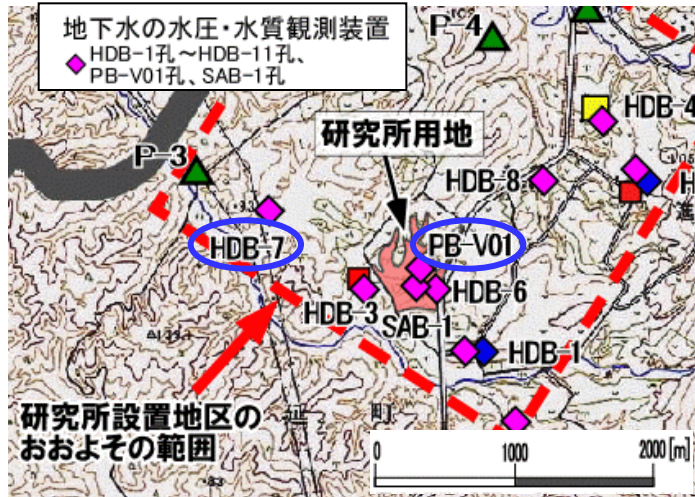
(地下水から分離したガスを試験区間から取り除くための試験手順)

ガスの発生するような場所でも、今回使用した試験装置と試験手順を適用することにより、割れ目中の物質の移動特性を調査できるようになりました。

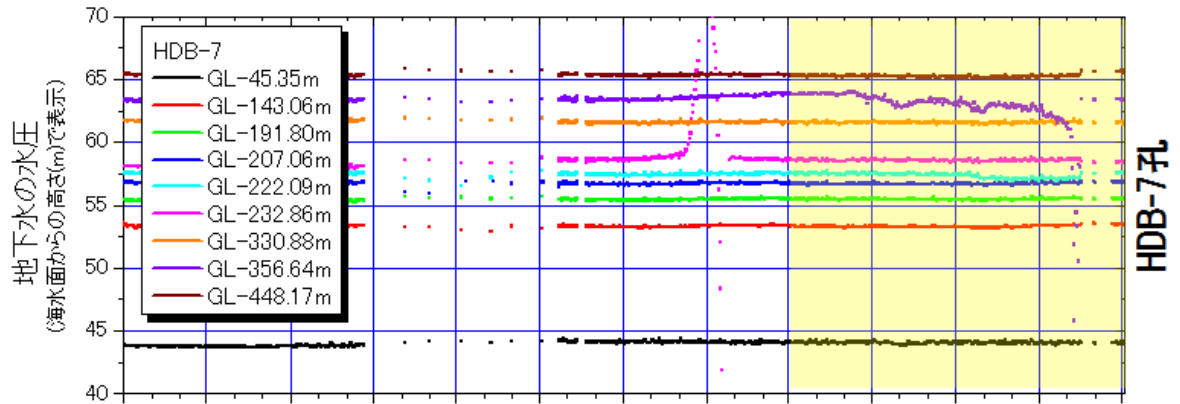
1.1 地質環境調査技術開発

地下施設周辺の地質環境の変化をモデル化・予測する技術の開発: 地下水の流れ

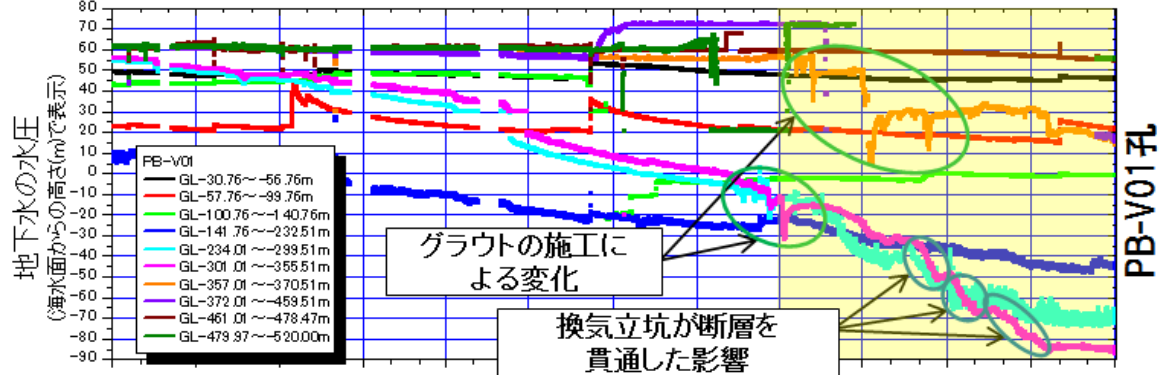
施設周辺の地下水水圧の観測を継続して実施しました。



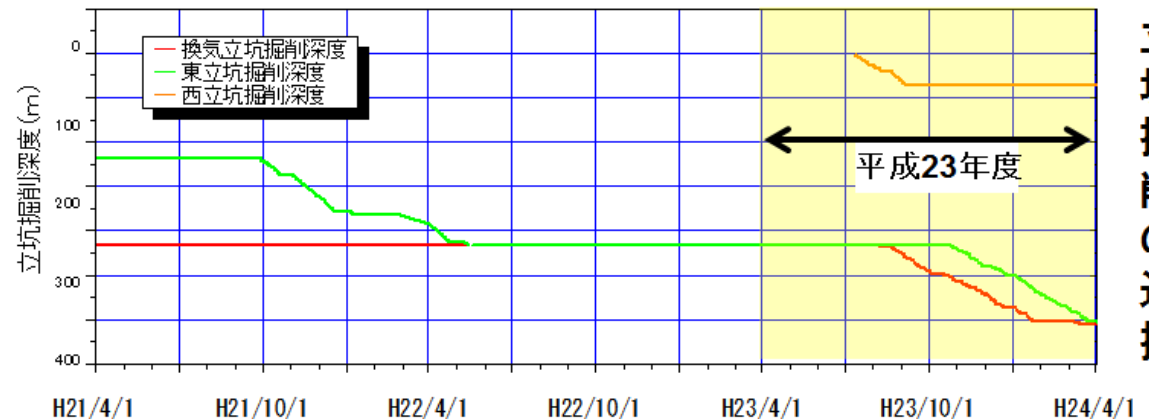
立坑の掘削に伴う地下水水圧の変化は、
 〇地下施設に近いボーリング孔(PB-V01孔)で観測され、
 〇地下施設から離れたボーリング孔(HDB-7孔)では、観測されませんでした。



地下水水圧の測定結果



立坑掘削の進捗



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

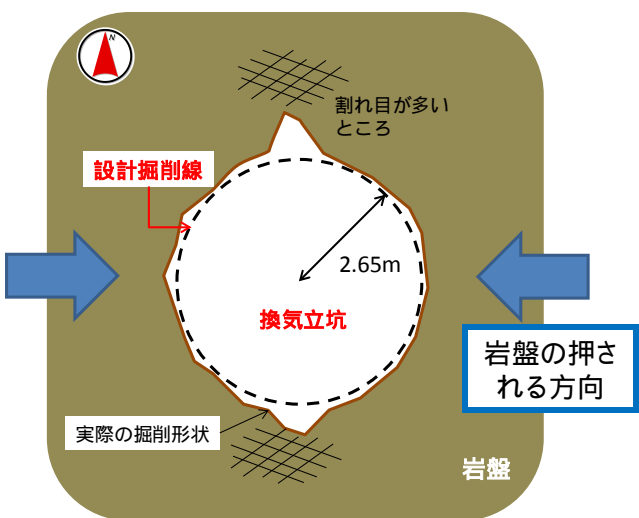
2.1 処分技術の信頼性向上

2.2 安全評価手法の高度化

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

○三次元レーザースキャナにより、坑道掘削後の岩盤表面の凹凸を計測し、岩盤の抜け落ちの状態を調べました。

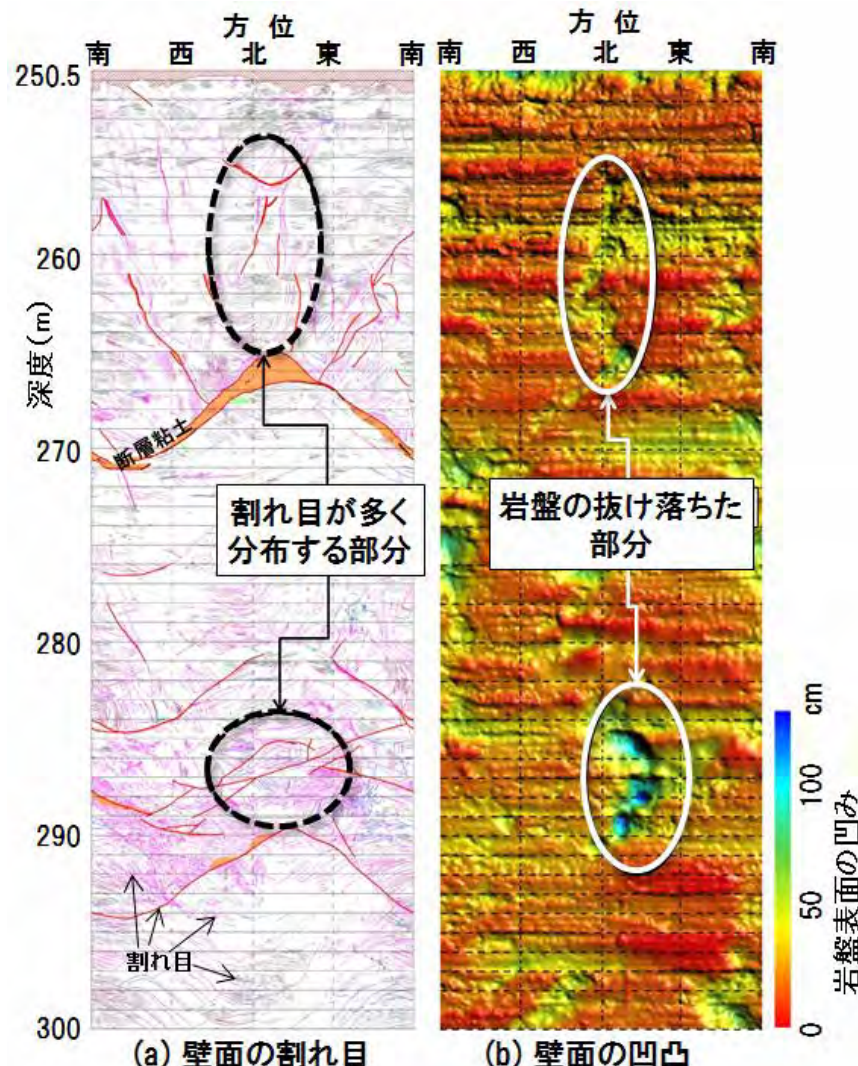


岩盤の抜け落ちイメージ



三次元レーザースキャナによる岩盤壁面の計測

- 三次元レーザースキャナにより、岩盤表面の凹凸を三次元的・定量的・短時間に把握することができました。
- 岩盤の抜け落ち状態は、広域的な力の向きと、元々の割れ目の分布に関連していることが分かりました。



(a) 壁面の割れ目 (b) 壁面の凹凸

立坑壁面の割れ目分布と凹凸状況
(換気立坑の深度250.5m~300m)

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

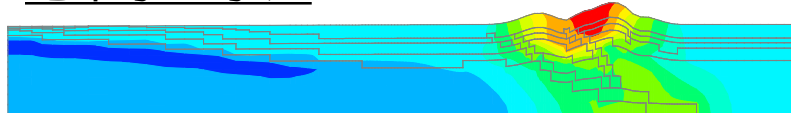
1.3 地質環境の長期安定性に関する研究



地殻変動や海水準変動など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

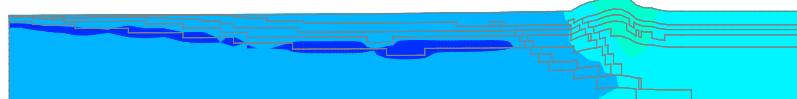
原子力機構が開発した数値解析手法を用いて、過去130万年前から現在までの地下水の流れと塩分濃度の長期的な変化を解析しました。

地下水の水圧



現在

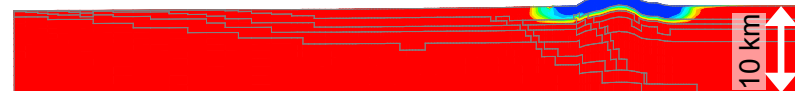
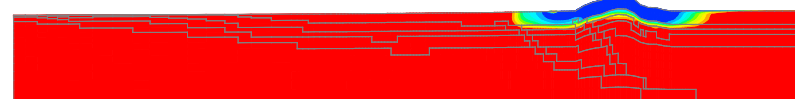
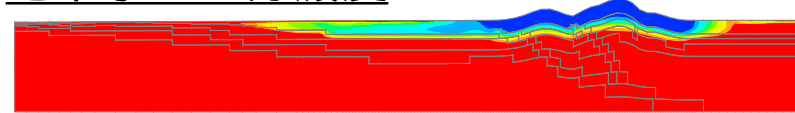
90万年前



130万年前



地下水の塩分濃度



- 地形・地質構造のデータを利用して、地形・地質構造の変遷モデルが構築できること、
- 雨や雪などの降水が地下の岩盤にしみ込む量(地下水涵養量)と海水準の変動を考慮して、地下水の流れと塩分濃度の解析が可能であること、を確認できました。



赤線は、断面図の位置を示します

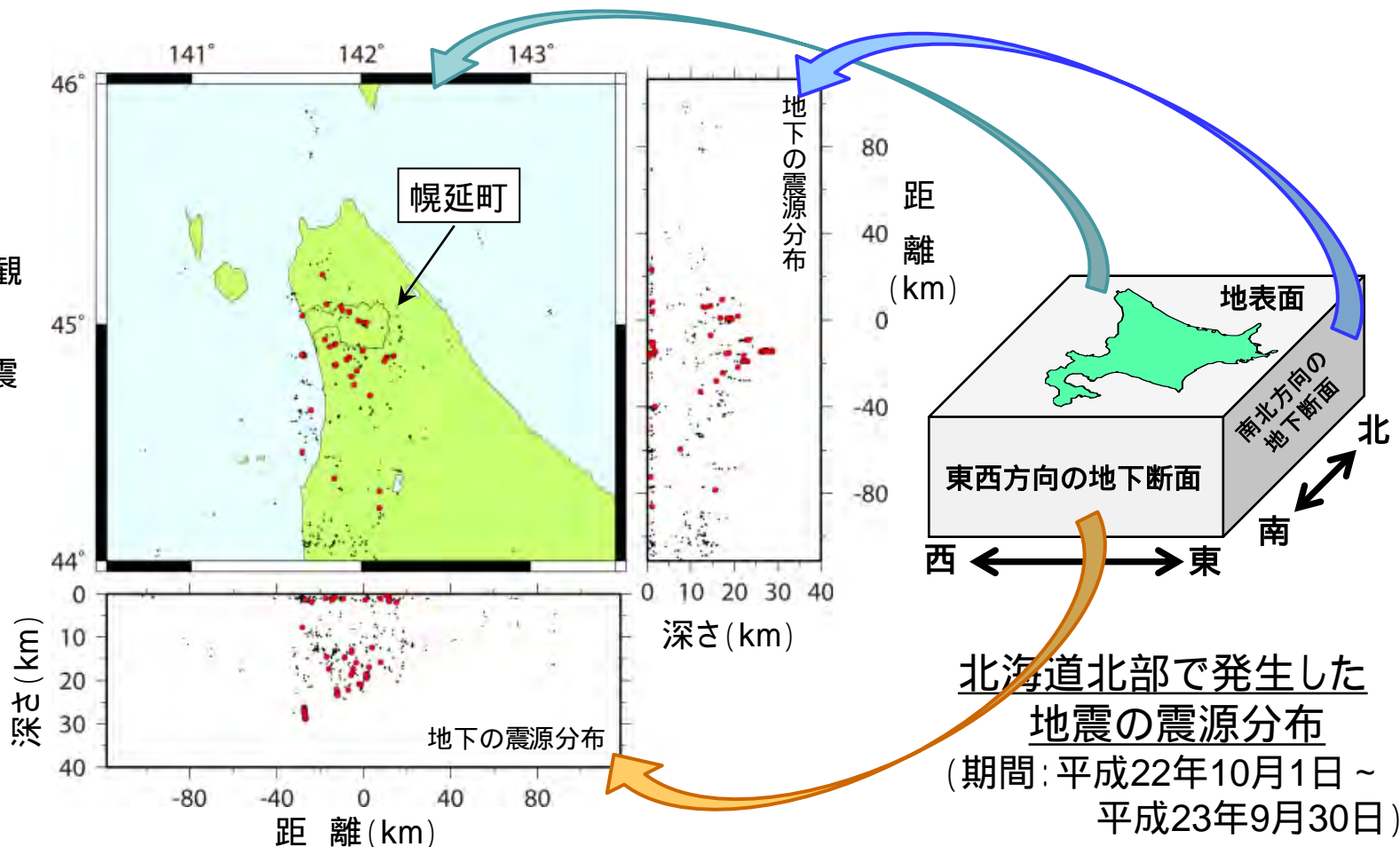
1.3 地質環境の長期安定性に関する研究



地殻変動や海水準変動など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

○地震観測を継続し、震源分布を解析しました。

原子力機構の
地震観測点で観
測された地震
上記以外の地震



北海道北部で発生した地震の震源分布を解析した結果、
これまでに観測された地震と同様の分布を示すことが分かりました。

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

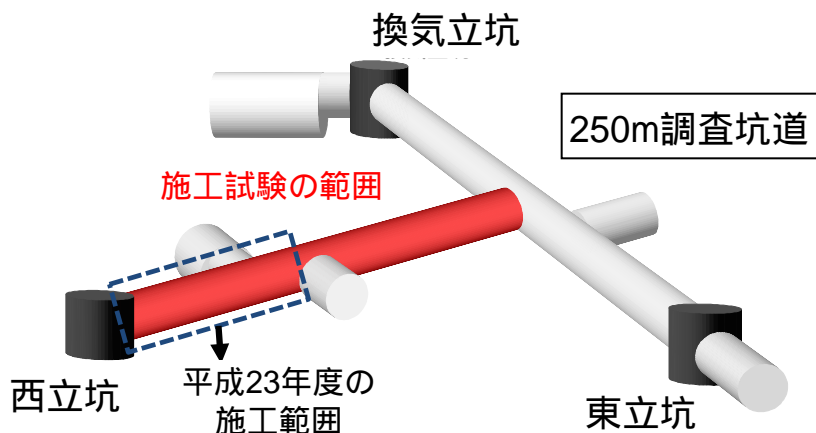
2.2 安全評価手法の高度化

2.1 処分技術の信頼性向上

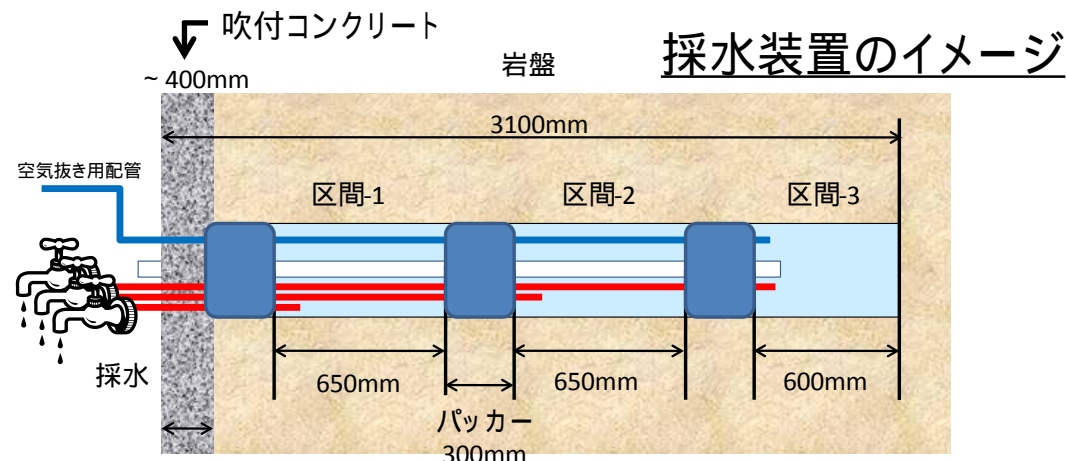
人工バリアや緩衝材の定置などに必要な工学技術の開発

低アルカリ性セメントの吹付けコンクリートを250m坑道の一部に施工し、施工性の確認と坑道周辺への影響を調査しました。

低アルカリ性セメント(HFSC)を用いた吹付けコンクリートの施工試験の範囲



施工試験の実施状況



低アルカリ性コンクリートの施工箇所 (140m調査坑道)

測定項目	区間-1		区間-2		区間-3		140m調査坑道のボーリング孔から採取した地下水
	施工後 3ヵ月	施工後 21ヵ月	施工後 3ヵ月	施工後 21ヵ月	施工後 3ヵ月	施工後 21ヵ月	
pH	7.3	7.3	7.5	7.3	湧水量不足のため採水できず		7.4

低アルカリ性コンクリートを施工した坑道周辺の地下水は、ほとんど影響を受けていないことが分かりました。

2.1 処分技術の信頼性向上

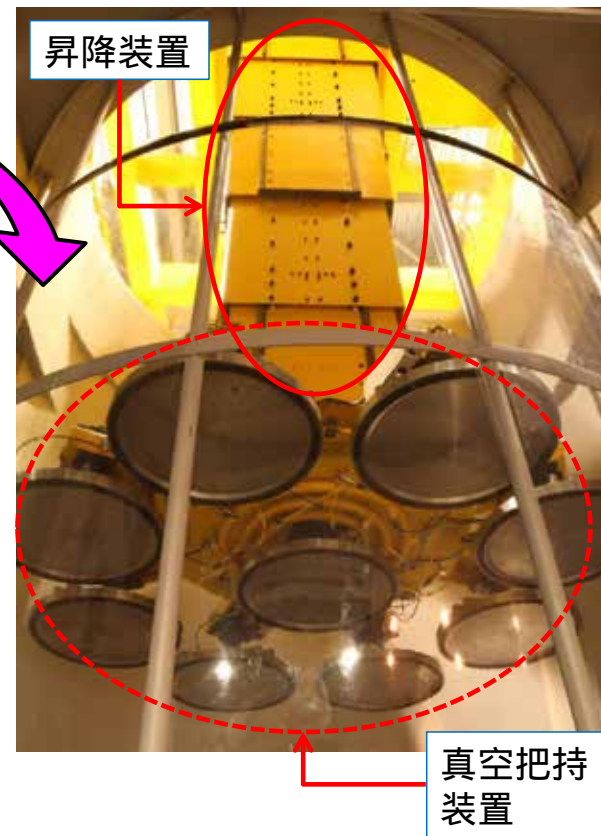
人工バリアや緩衝材の定置などに必要な工学技術の開発

地層処分実規模設備整備事業における操業技術や人工バリアの長期挙動について、実物大での試験設備を検討し、一部の設備を製作しました。

原子力環境整備促進・資金管理センター(原環センター)との共同研究として実施



緩衝材の定置試験設備の製作状況

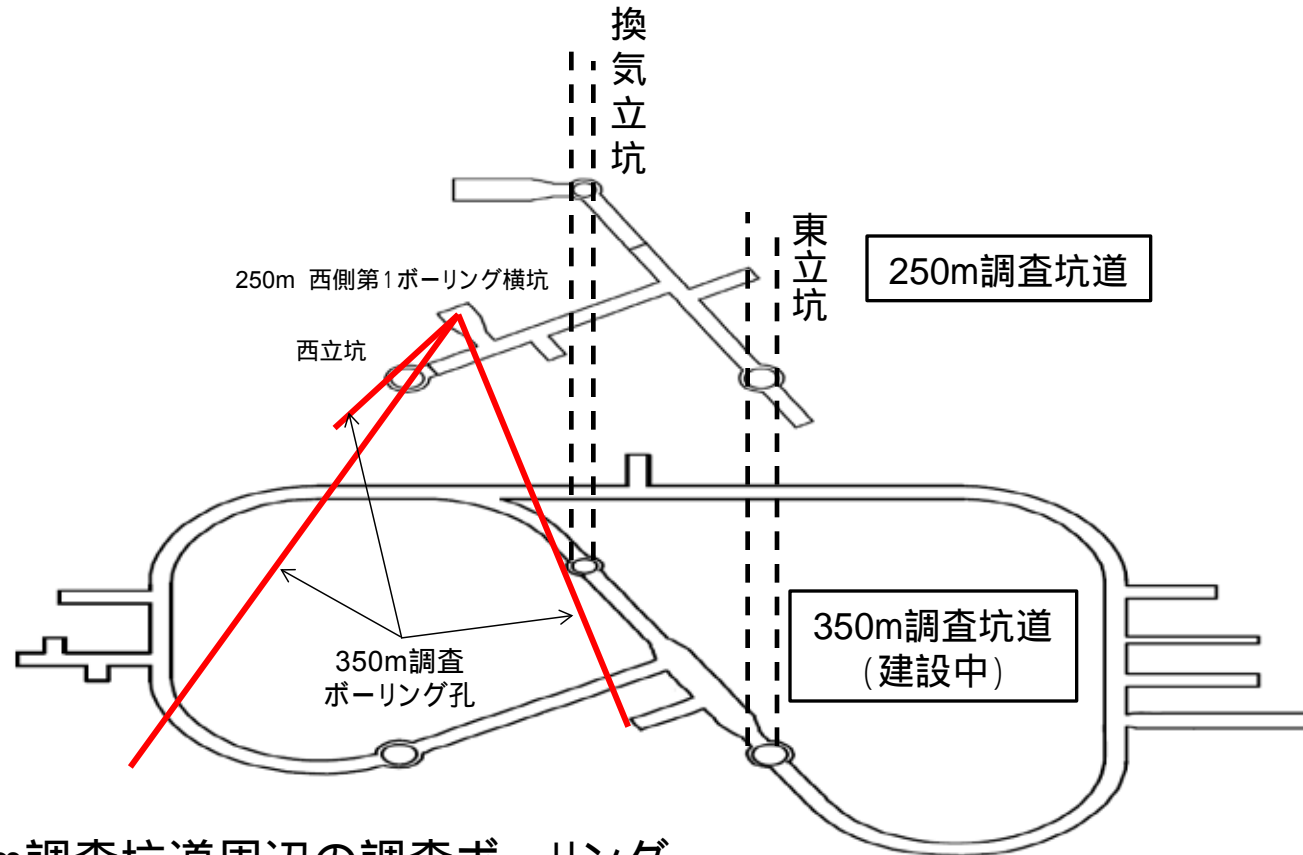


緩衝材の定置試験設備のうち、縦置きで緩衝材(ベントナイトブロック)を定置するための昇降装置(テレスコピック)を製作しました。

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

○350m調査坑道での物質移行試験に関する検討を開始しました。

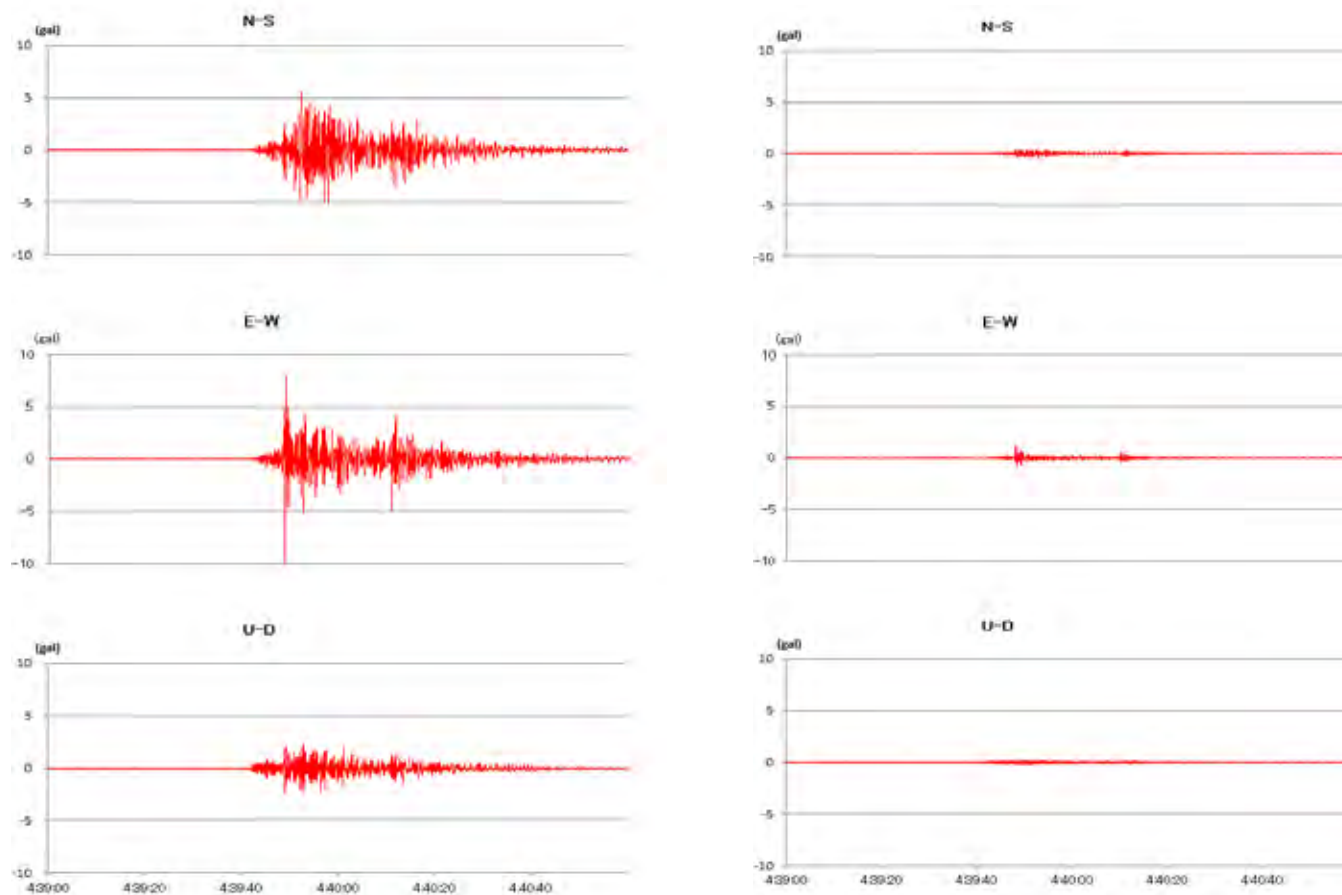


350m調査坑道周辺の調査ボーリング

350m調査坑道における物質移行試験の方法と実施箇所を選定するために、ボーリング調査 (コア観察、物理・流体検層、比抵抗トモグラフィ調査) を行いました (H24年度継続中)。

原子力機構が研究所用地内に設置した地震計による観測データ

○地震観測データをリアルタイムで受信可能なシステムを利用



2012年7月18日4時39分の地震

地上(HDB-3)(最大:水平 約10gal、上下 約2gal)

地下(250m坑道)(最大:水平 約1.3gal、上下 約0.3gal)

A photograph showing the interior of a large, circular underground construction site. The walls are made of corrugated metal. In the center, there is a large circular opening. Various pieces of equipment, including yellow cranes and a large spherical light fixture, are visible. The scene is dimly lit, with the primary light source being the large spherical light fixture in the foreground.

3. 地下施設の建設

3. 地下施設の建設

地下施設の建設状況(1)

平成23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。

- ・換気立坑、東立坑 : 掘削長 約100m
(深度 約250m ~ 約350m)
- ・西立坑 : 掘削長 約50m
- ・250m調査坑道 : 掘削長 約38m
- ・350m調査坑道 : 掘削長 約9m



スcaffold投入(23年9月)



やぐら設備設置(23年10月)



建屋完成(23年12月)

西立坑の建設の様子

地下施設概要図



■ : 平成22年度までに掘削した範囲
 ■ : 平成23年度における掘削範囲

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)

その他、平成23年度は下記工事を実施しました。

○ 掘削土(ズリ)置場整備工事(第4次)

造成範囲
(容量約27,000m³)

置场外周に保安柵を設置しました。



掘削土(ズリ)置場(23年11月)

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)を定期的を実施しています。分析結果から、ホウ素、ヒ素、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	換気立坑	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	3.2 ~ 5.8	3.6 ~ 5.1	0.1 ~ 6.3	1	30
ヒ素		0.011 ~ 0.048	0.029 ~ 0.047	0.004 ~ 0.010	0.01	0.3
フッ素		<0.08 ~ 0.11	<0.08 ~ 0.10	<0.08 ~ 0.15	0.8	24
セレン		0.006 ~ 0.017	0.013 ~ 0.024	0.006 ~ 0.015	0.01	0.3
カドミウム		<0.001	<0.001	<0.001 ~ 0.10	0.01	0.3
鉛		<0.001 ~ 0.002	<0.001 ~ 0.002	0.005 ~ 0.014	0.01	0.3
シアン		不検出 (<0.1)	不検出 (<0.1)	不検出 (<0.1)	不検出	1
六価クロム		<0.005	<0.005	<0.005	0.05	1.5
水銀		<0.0005	<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 (<0.0005)	不検出	不検出

掘削土(ズリ)モニタリングは平成23年4月から平成24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 a wide-angle photograph of a rural landscape. It shows rolling green hills under a bright blue sky with scattered white clouds. In the foreground, there are fields of green grass and some patches of brown earth. A road or path is visible on the right side, leading into the distance. The overall scene is peaceful and natural.

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

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)



魚類生息調査(清水川流域、年3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)

4.1 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。23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39～60デシベル、夜間は32～51デシベルでした。 (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30デシベル未満～37デシベル。夜間とも30デシベル未満でした。 (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 (4回/年)	清水川の水質については、工事着工前と大きな変化はありません。
魚類 (3回/年)	春季、夏季および秋季調査で6科7種を確認しました。重要種はスナヤツメ、ヤマメ(サクラマス)、エゾウグイ、エソトヨミ、ハナカジカの5種を確認され、昨年と大きな変化はありません。
植物群落 (3回/年)	植物群落は、平成23年度とほぼ同様な種構成が確認され、大きな変化はみられません。

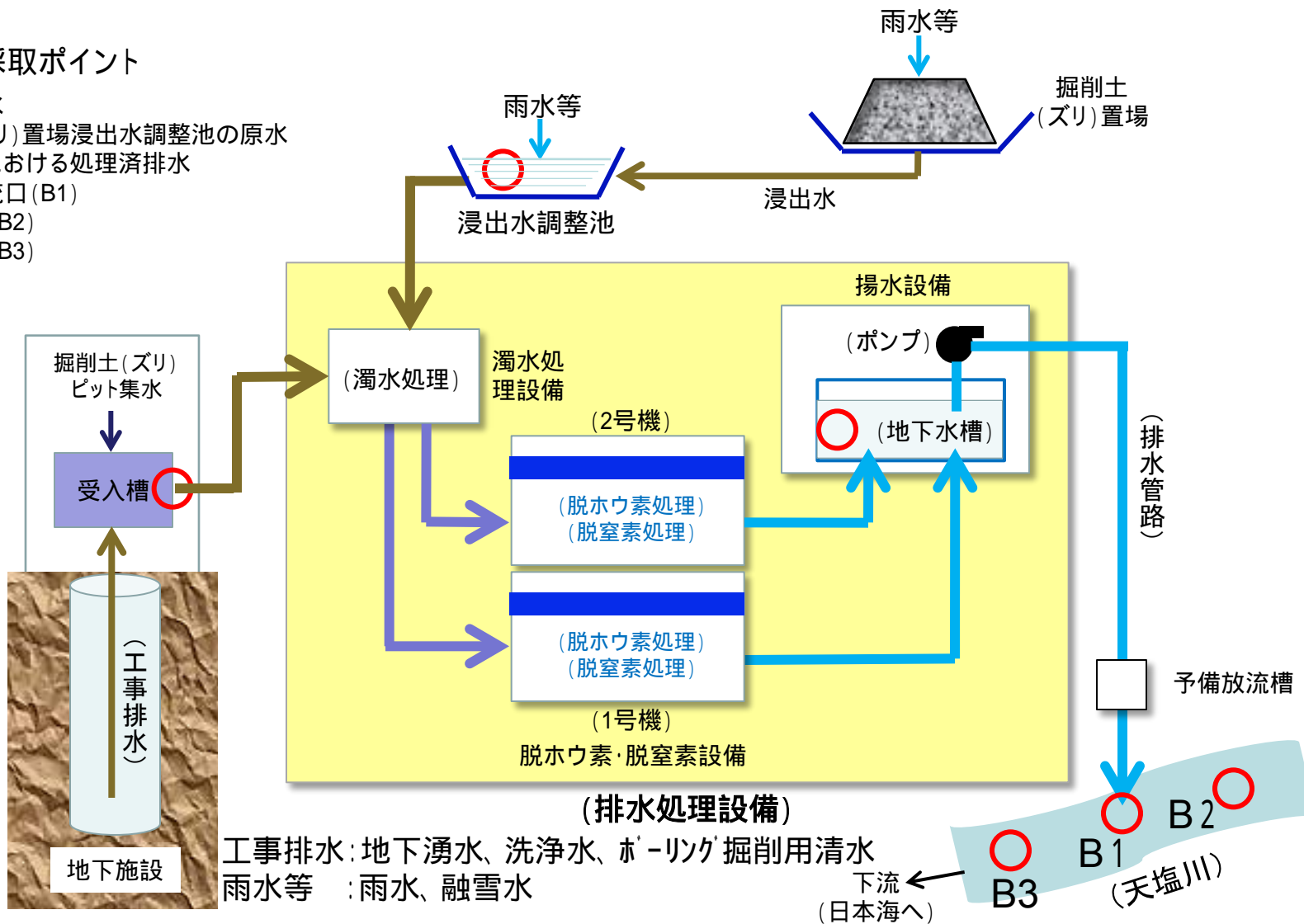
4.2 地下施設の建設に伴う水質モニタリング調査



地下施設等からの排水の処理系統図

○ : 試料採取ポイント

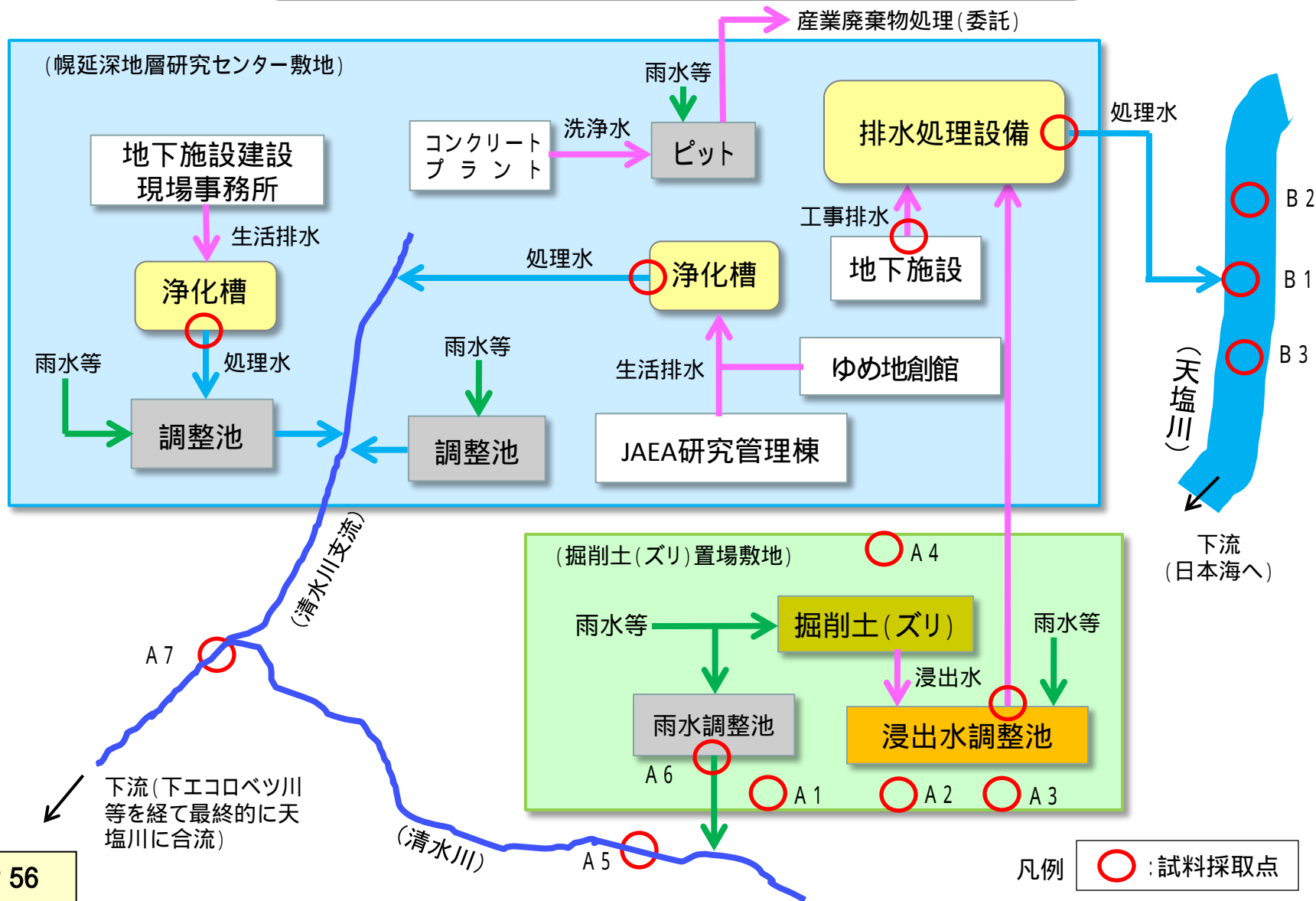
- 立坑の原水
- 掘削土(ズリ)置場浸出水調整池の原水
- 揚水設備における処理済排水
- 天塩川放流口 (B1)
- 上流 1 km (B2)
- 下流 1 km (B3)



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97,644 m³でした。
排水量が多い9月～11月は、昨年と比べると約2倍程度増加しており、その原因は降雨による増水と思われます。

月	排水量(m ³)	日最大排水量(m ³)	日平均排水量(m ³)
23年4月	6,863	362	228.8
5月	6,160	382	198.7
6月	5,695	347	189.8
7月	7,858	428	253.5
8月	5,923	416	191.1
9月	10,846	684	361.5
10月	10,961	597	353.6
11月	10,991	601	366.4
12月	8,485	430	273.7
24年1月	8,223	544	265.3
2月	7,131	441	245.0
3月	8,508	532	274.5
平成23年度	合計:97,644	日最大:684	日平均:266.8

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

23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」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。24年度も継続して実施します。

主な分析項目	単位	採水地点			参考値 (水質汚濁防止法 排水基準値)
		立坑の原水	掘削土(ズリ)置場 浸出水調整池の原水	揚水設備における排水 処理済排水	
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	< 0.01	0.1
セレン	mg/l	< 0.01	< 0.01 ~ 0.01	< 0.01	0.1
フッ素	mg/l	< 0.8	< 0.8	< 0.8	8
ホウ素	mg/l	54 ~ 79	1.6 ~ 5.9	0.3 ~ 1.0	10
pH	-	8.1 ~ 8.4	7.1 ~ 8.1	7.2 ~ 7.9	5.8 ~ 8.6
浮遊物質 (SS)	mg/l	26 ~ 330	11 ~ 52	< 1	200 (日間平均:150)
塩化物イオン	mg/l	2,500 ~ 3,300	46 ~ 250	1,200 ~ 3,400	—

(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

23年度においては、4月、5月、10月に浮遊物質質量(SS)が協定値を満足しませんでした。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	B3:放流口下流	
ホウ素	mg/l	0.01 ~ 4.9	0.01 ~ 5.0	0.01 ~ 4.5	5以下
全窒素	mg/l	0.25 ~ 2.1	0.23 ~ 2.1	0.25 ~ 2.0	20以下
全アンモニア	mg/l	< 0.05 ~ 0.11	< 0.05 ~ 0.16	< 0.05 ~ 0.17	2以下 (B3地点のみ)
pH	-	6.7 ~ 7.5	6.8 ~ 8.0	6.7 ~ 8.0	5.8 ~ 8.6
浮遊物質質量 (SS)	mg/l	< 1 ~ 400	1 ~ 460	< 1 ~ 650	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



研究所用地からの排水(浄化槽排水)の水質分析結果

23年度における浄化槽排水の水質分析結果は、すべて協定を満足していました。

主な調査項目	単位	研究管理棟	地下施設現場事務所	北るもい漁協 協定値
		23年4月～24年3月	23年4月～24年3月	
pH	—	5.9～7.0	7.3～7.9	5.8～8.6
生物化学的酸素要求量 (BOD)	mg/l	6.3～17	<2.0～9.2	20
浮遊物質 (SS)	mg/l	1.7～6.1	<2.0～4.0	20
全窒素	mg/l	10～37	3.0～19	60
全リン	mg/l	1.4～3.8	0.7～3.0	8
透視度	cm	30	30	30
大腸菌群数	個/ml	0～30	0～1,100	3000

(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

23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)	H23年度
カドミウム	mg/ℓ	A1～A4	< 0.001～0.004	< 0.001～0.009	< 0.001～0.002
ヒ素	mg/ℓ	A1～A4	< 0.005	< 0.005	< 0.005
セレン	mg/ℓ	A1～A4	< 0.002	< 0.002	< 0.002～0.004
フッ素	mg/ℓ	A1～A4	< 0.1～0.4	< 0.1～0.3	< 0.1～0.3
ホウ素	mg/ℓ	A1～A4	< 0.02～50.7	< 0.02～63.0	0.04～62
pH	-	A1～A4	4.6～7.3	5.2～7.2	5.2～7.0
塩化物イオン	mg/ℓ	A1～A4	9.7～2,910	9.3～2,930	12～3,400

(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

23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)	H23年度
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	< 0.005～0.010
セレン	mg/l	A5～A7	< 0.002	< 0.002	< 0.002～0.003
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	0.02～0.36
pH	-	A5～A7	5.8～7.4	5.7～8.1	6.3～8.3
浮遊物質(SS)	mg/l	A5～A7	1～173	1～500	< 1～100
塩化物イオン	mg/l	A5～A7	5.1～30.5	5.8～269	11～70

(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。)

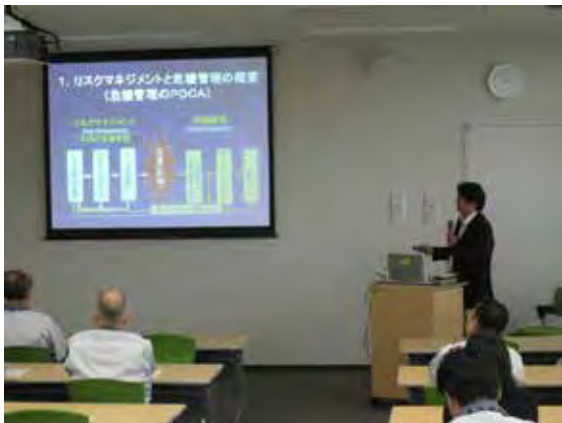


5. 安全確保への取組み

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・実施している。



安全講演会 (平成23年5月)



役員安全巡視 (平成23年8月)

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 (平成23年8月)



所長パトロール (平成23年9月)



坑内パトロール (平成24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：地質環境調査データの品質確保
- ・静岡大学：地下深部の微生物の種類や性質
- ・東京都市大学：微量元素の分布状態や移動
- ・岡山大学など：光ファイバーを用いた水分計測技術
- ・広島大学：微量元素の化学状態を解析する手法
- ・新潟大学：地形・地質発達モデルに関する調査・解析手法
- ・京都大学：地質発達モデルに関する実験・シミュレーション
- ・東北大学、京都大学：微量元素/コロイド/有機物/微生物の相互反応

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、原子力安全基盤機構、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物理検層の様子
(平成23年10月、於浜里地区)



Nagra-原子力機構 共同研究
技術検討会議の様子
(平成23年5月、於国際交流施設)

ありがとうございました。

