



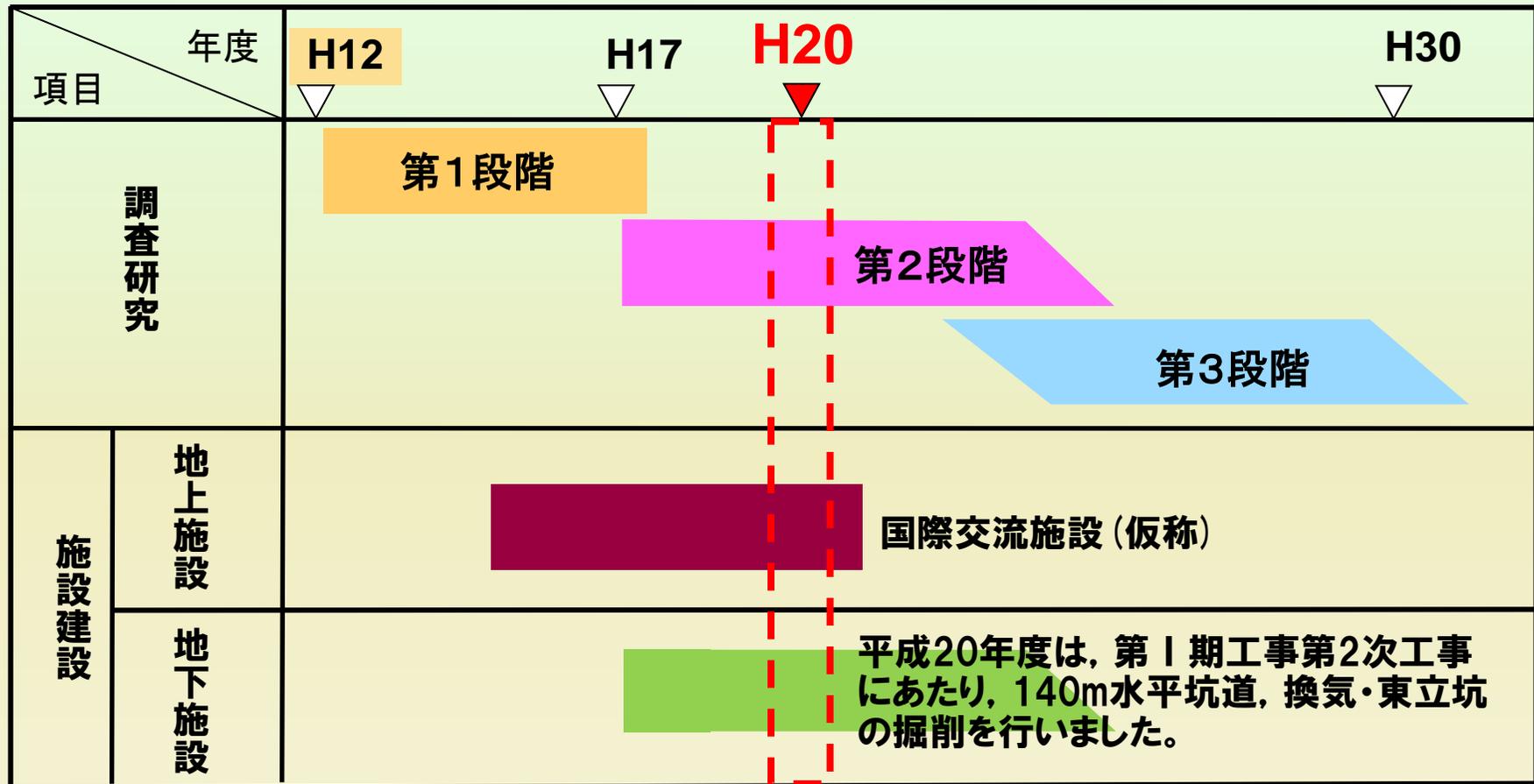
# 幌延深地層研究計画 平成20年度調査研究成果報告

平成21年7月13日

日本原子力研究開発機構

幌延深地層研究センター

# 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：坑道掘削時(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

# 調査研究成果の報告項目

## 1. 研究開発

- ・地層科学研究
- ・地層処分研究開発

## 2. 施設建設

## 3. 環境モニタリング

## 4. 開かれた研究



# 1. 研究開発

## 地層科学研究

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

## 地層処分研究開発

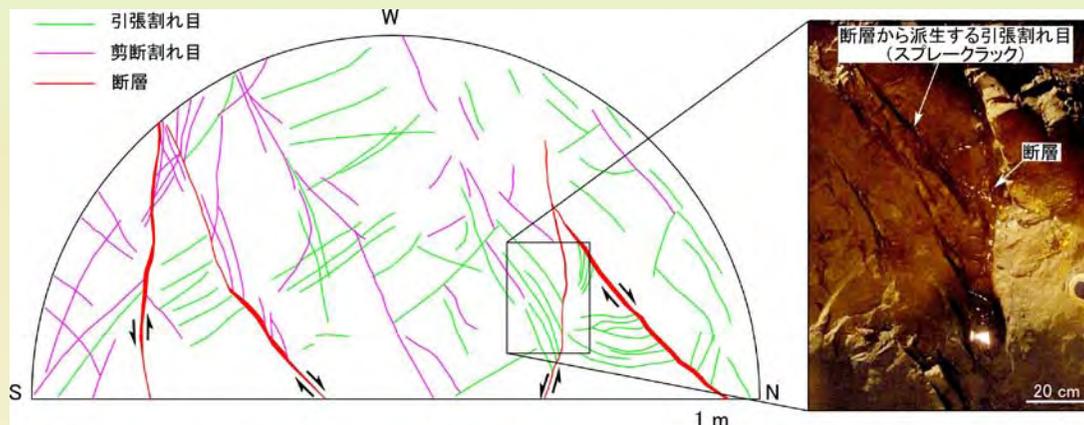
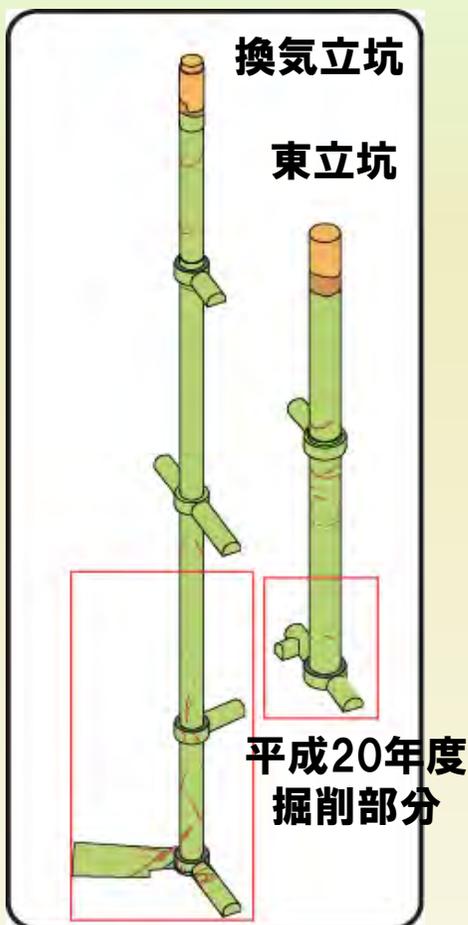
- 1.5 処分技術の信頼性向上
- 1.6 安全評価手法の高度化



# 1.1 地質環境調査技術開発

## 地質や地質構造の調査

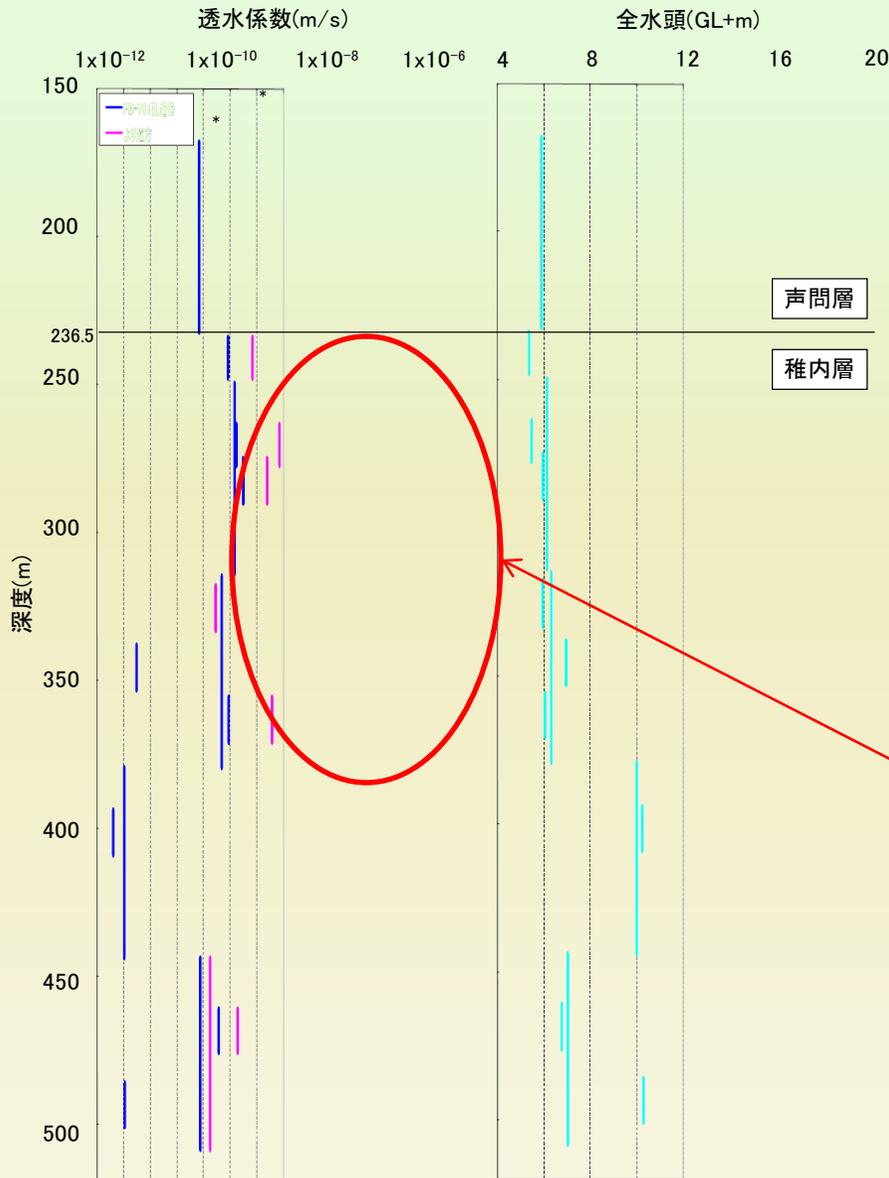
地下水の通り道の成立ちや性質を明らかにするために、坑道内で壁面の観察を行い地層の分布や割れ目の発達状況を調べました。



地下坑道における壁面観察の例(換気立坑深度248m)

稚内層の浅部に見られる断層と引張割れ目からなるネットワークが地下水の主な通り道となる、という仮説の正しさが明らかになってきました。

# 1.1 地質環境調査技術開発



## 地下水の流れを理解するための調査

地下水の流れ方を理解するために、気象観測や河川流量などの観測を継続するとともに、換気立坑近くのボーリング孔の様々な深度で水の流れやすさを調べました。

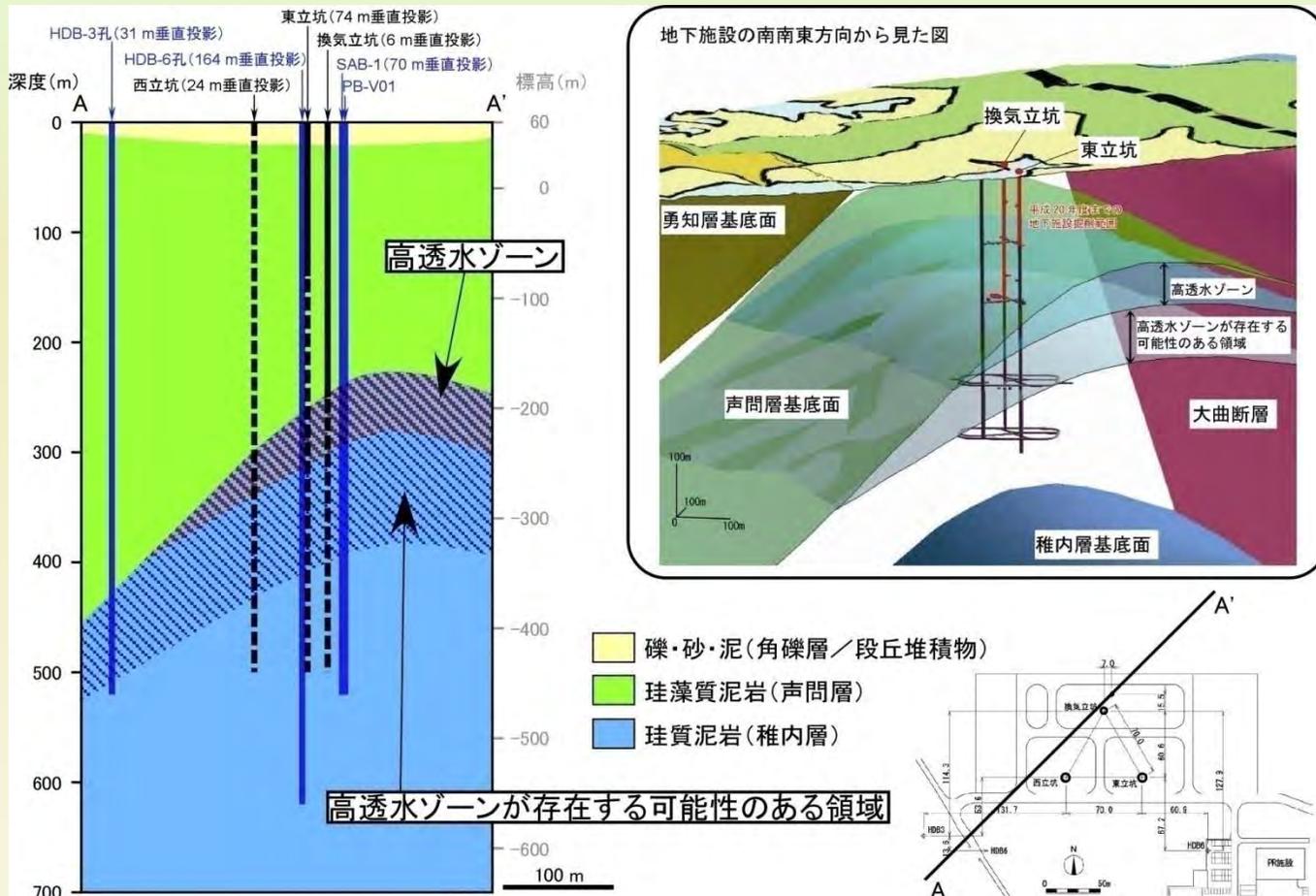
換気立坑近くのボーリング調査によって、稚内層の浅部が、他に比べて水を流しやすいことを確認できました。

また、実際に換気立坑で、掘削が稚内層まで進み、湧水量の増加を確認しています。

# 1.1 地質環境調査技術開発

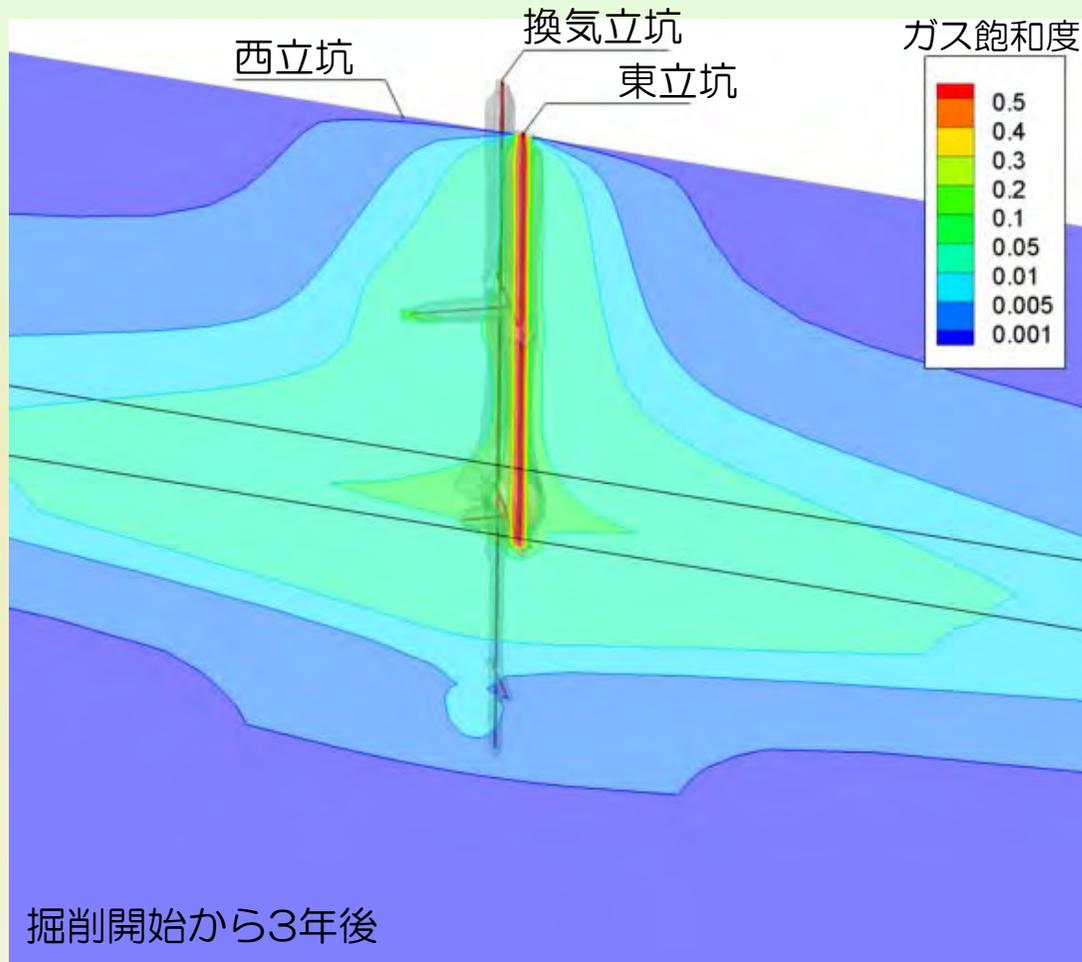
## 水理地質構造モデルの更新

地下水の流れをより精度良く推定し、地下施設のレイアウトや調査試験位置を検討するために、水理地質構造モデルを更新しました。



地質構造や地下水の流れやすさの調査と解釈に基づいて、高透水ゾーン (地下水の流れやすい領域) を推定し、水理地質構造モデルに示しました。

# 1.1 地質環境調査技術開発



## 地下水の化学状態変化の計算

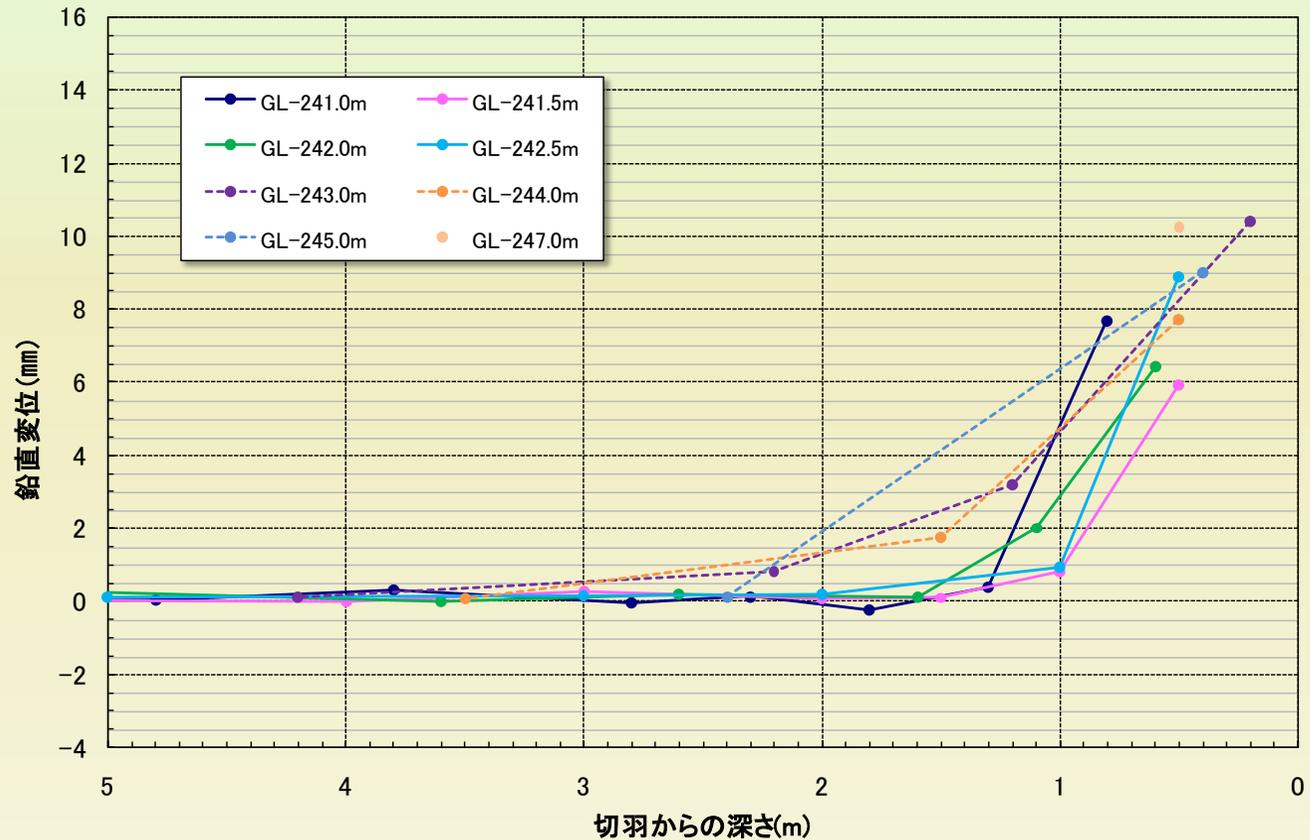
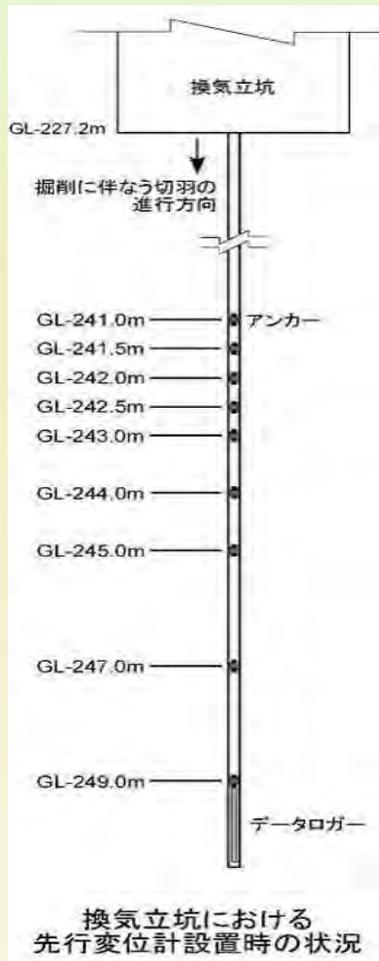
地下施設の建設に伴って、周りの地下水にどのような変化が起こるのかを理解するために、予測計算を行いました。

地下水が流れやすい深度では、地下水の間隙水圧が低下し、地下水に溶けているガスが抜けて、地下水の水質(pHなど)が変化する可能性が示されました。

# 1.1 地質環境調査技術開発

## 地下坑道における岩盤力学の調査

岩盤の力学的な特性を確認するために、岩盤が受けている圧力や掘削による岩盤の変位(動き)を計測しました。

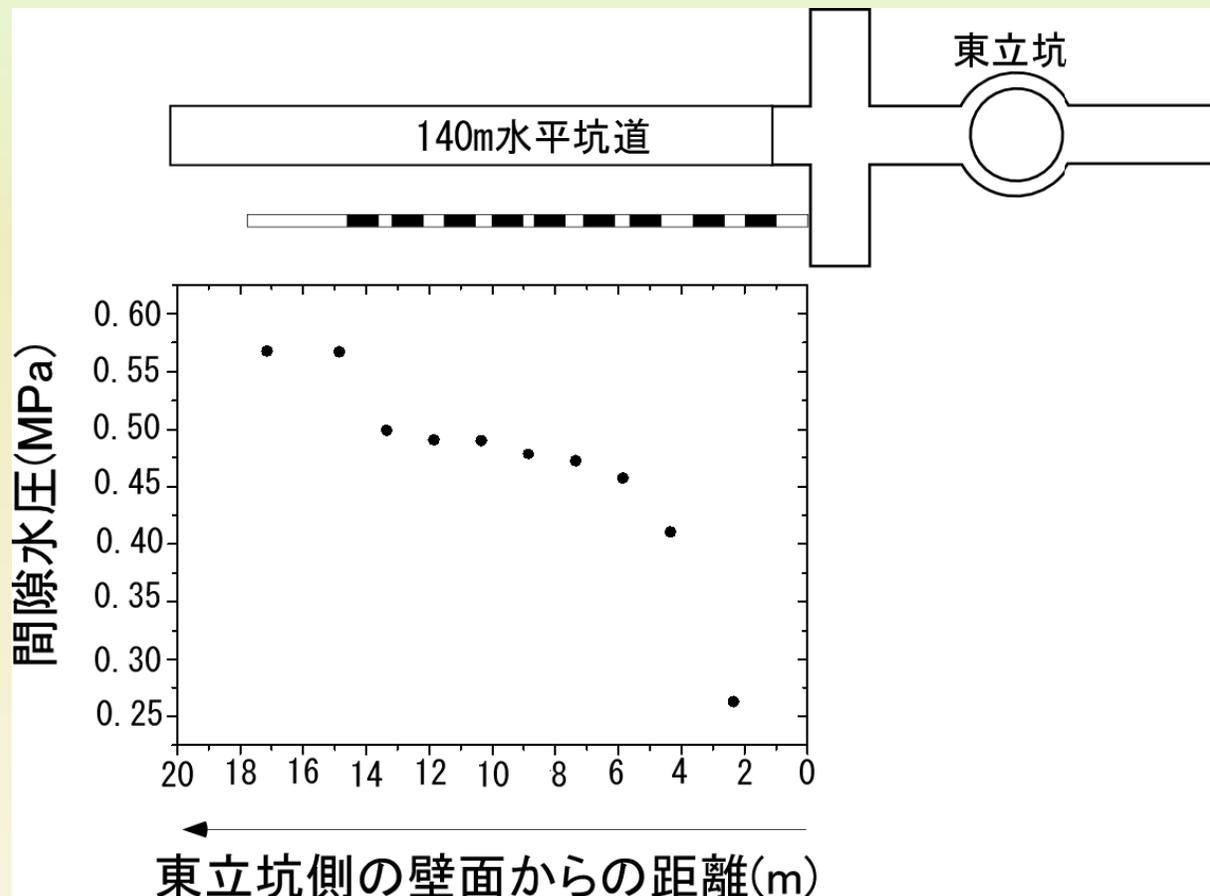


立坑では、切羽が近づくにつれて、岩盤が最大で10mm程度、もり上がることが分かりました。

# 1.1 地質環境調査技術開発

## 坑道周辺の地下水の流れやすさの変化を調べる装置の開発

坑道周辺の地下水の流れやすさの変化を調べるため、新たに装置を製作し、坑道掘削前の140m水平坑道に沿って観測を開始しました。

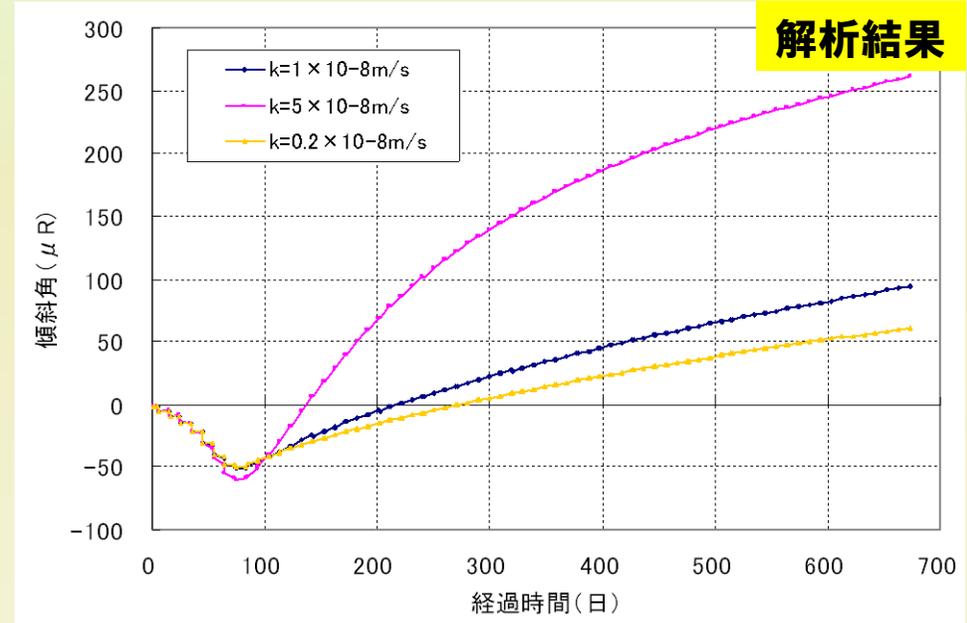
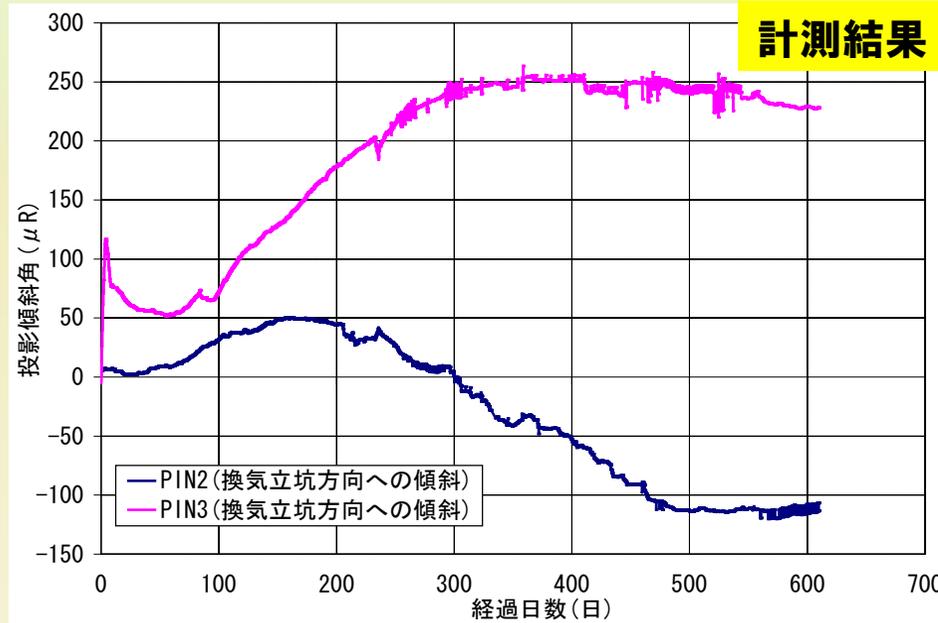


掘削前の水平坑道沿いの様々な区間における、水の流れにやすさに係わる値を把握しました。例えば、間隙水圧(地下水の水圧)は切羽に近いほど低くなっていることが確認できました。

# 1.1 地質環境調査技術開発

## 地下施設建設に伴う岩盤の変形を調べる技術の開発

地下施設建設に伴う地下深部の岩盤の変形を地表から推定する技術の開発のために、立坑周辺に配置した高精度の傾斜計による観測を継続し、数値解析結果と比較しました。



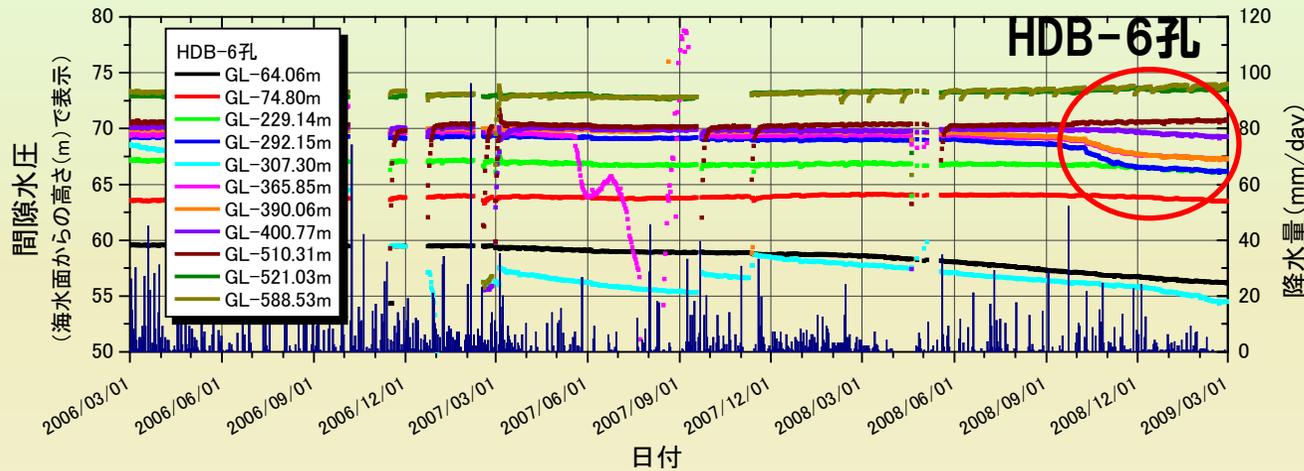
換気立坑方向に向かう傾斜量

適切なデータ処理を行うことによって、地表の傾斜変化から、立坑に向かう地下水の流れに伴って生じる岩盤の変形を推定できる可能性が示されました。

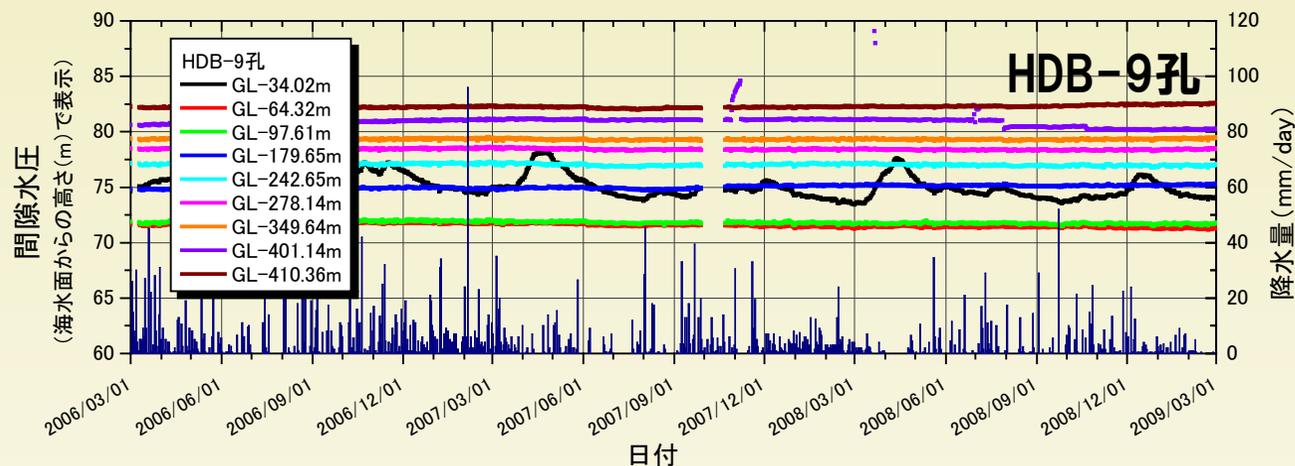
# 1.2 地質環境モニタリング技術開発

## ボーリング孔を用いたモニタリング技術開発

地下施設の建設が、周辺の地下水環境に与える影響を理解するために、地下水の水圧の連続観測を継続しました。



地下施設に近いボーリング孔(HDB-6孔とHDB-3孔)の一部の深度で、地下施設建設の影響と考えられる水圧の変化が見え始めました。

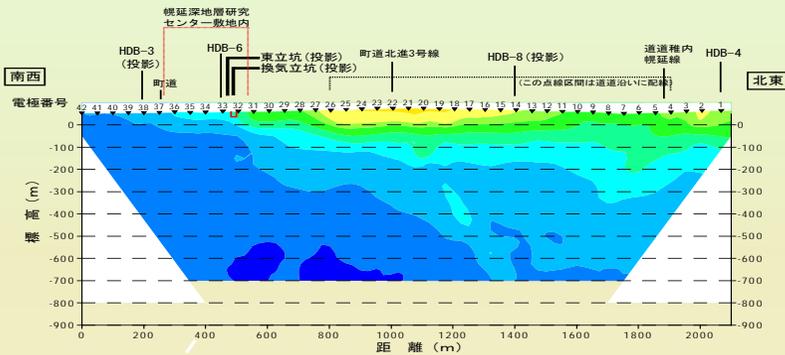


一方で、少し離れたボーリング孔(例えば約2km離れたHDB-9孔)や、地下施設近傍でも、浅いボーリング孔には影響が認められていません。

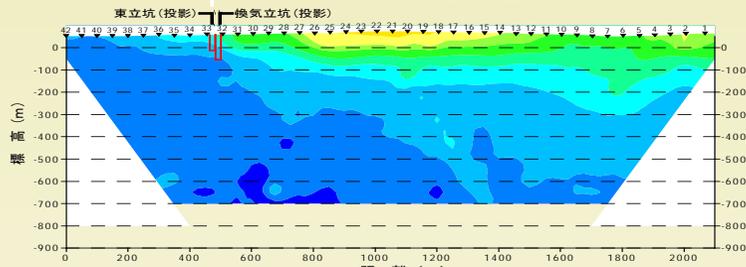
# 1.2 地質環境モニタリング技術開発

## 比抵抗モニタリング技術の適用性確認

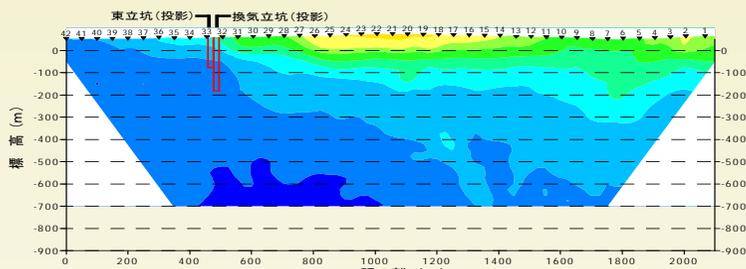
地下施設の建設に伴う地下水の流れの変化を塩分濃度の変化として既存の電気探査で捉えられるか評価する試みを平成18年度より実施しています。過去3年間の見掛け比抵抗分布を比較しました。



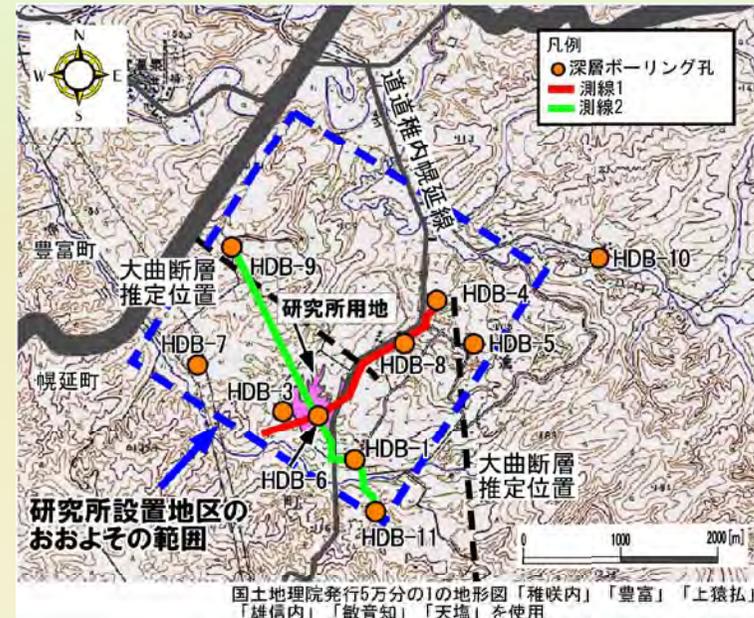
(a) 平成18年度(11月初旬実施)



(b) 平成19年度(11月初旬実施)



(c) 平成20年度(11月初旬実施)

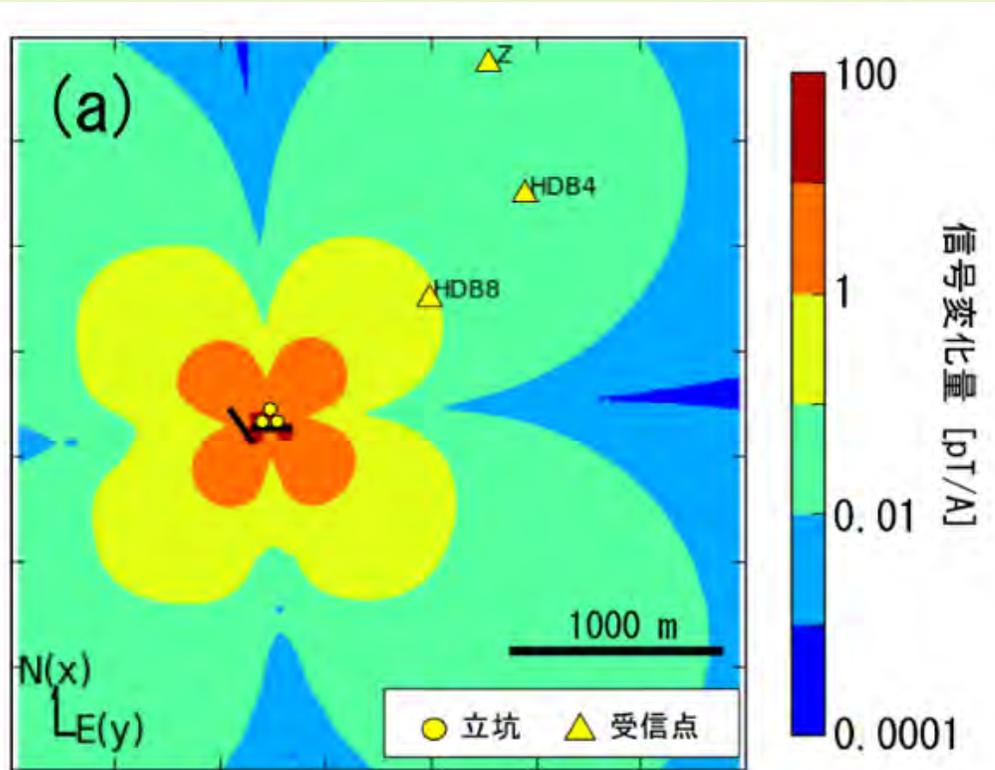


平成18, 19年度の結果と比較して, 地下施設の建設に伴う影響と考えられる変化は認められませんでした。

## 1.2 地質環境モニタリング技術開発

### 遠隔監視システムの開発

地下施設の建設に伴う地質環境の変化を地表付近から把握する技術の確立のため、精密に制御した弾性波や電磁波の連続信号を用いたシステムの長期観測を継続しつつ、数値解析を行いました。



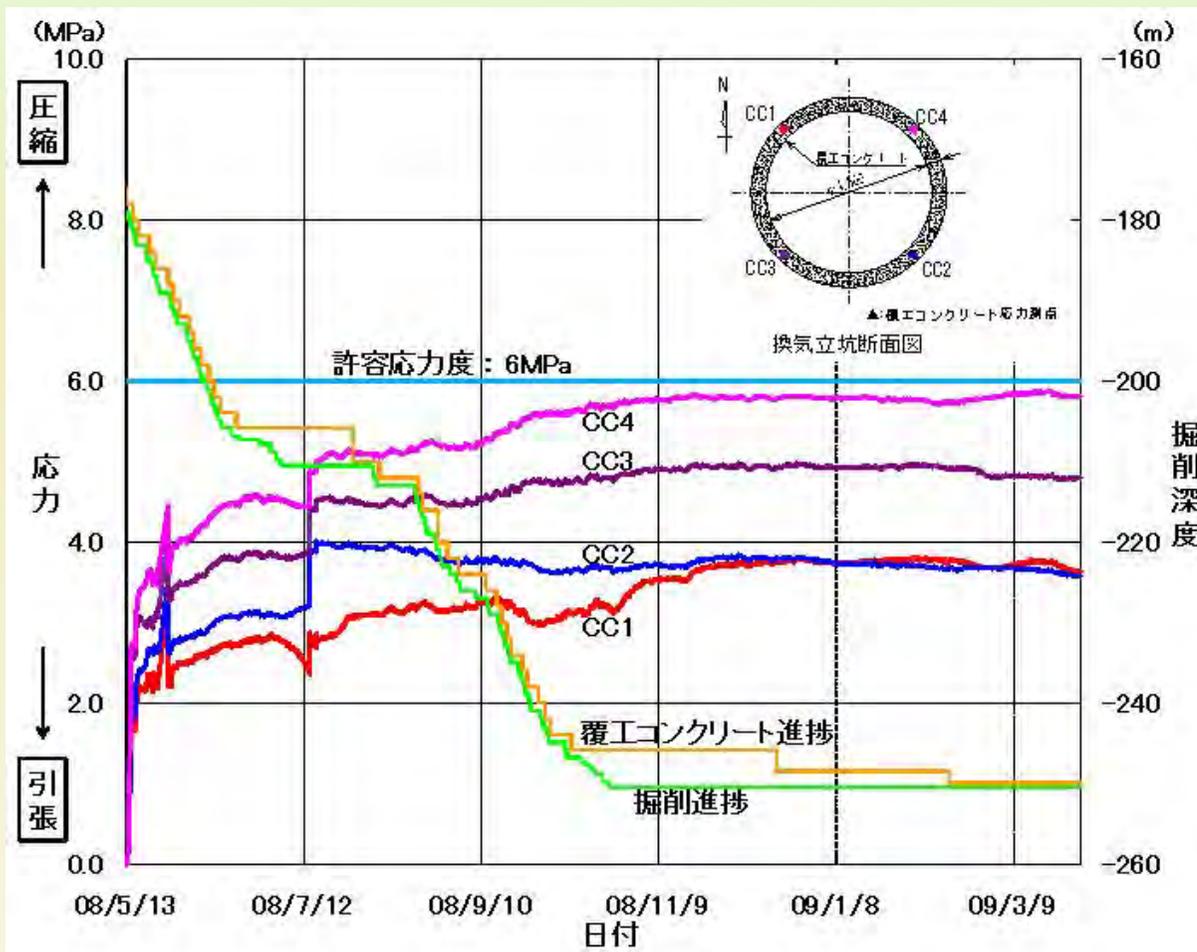
地下施設の建設に伴い周辺の地下水の分布等が変化した時に地表での観測結果にどのような変化が現れるか、計算しました。その結果、地下施設からの距離や方向と信号の周波数による変化の程度の違いが明らかになってきました。

信号の周波数を61.25Hzとした場合に地表で観測される磁場東西成分信号変化量の平面分布

# 1.3 深地層における工学的技術の基礎の開発

## 地下施設建設に関わる坑道の安定性評価

坑道の安定性評価のために、工事を進めながら取得したデータにより、これまでに施工した支保の健全性を確認しました。

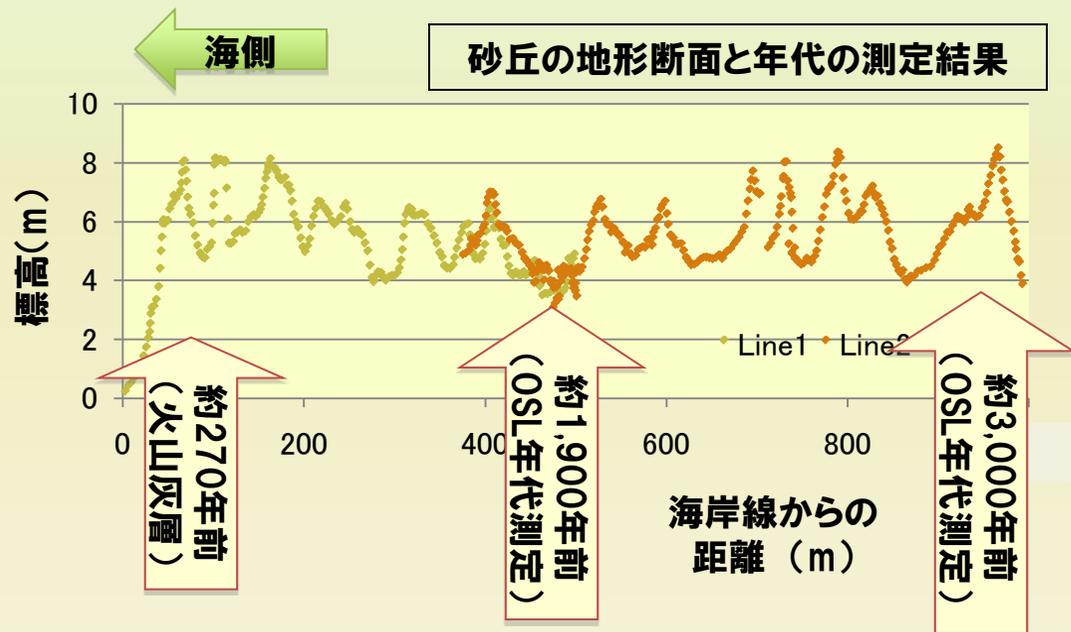


覆工コンクリート応力が、当該深度の許容応力以下であり、既設支保が健全であることが確認できました。

# 1.4 地質環境の長期安定性に関する研究

## 地質環境の長期的変遷に関する研究

地形の長期変遷を推定するために、北進および浜里北部において、空中写真の判読、地形・地質調査および砂丘列の地形測量を行いました。

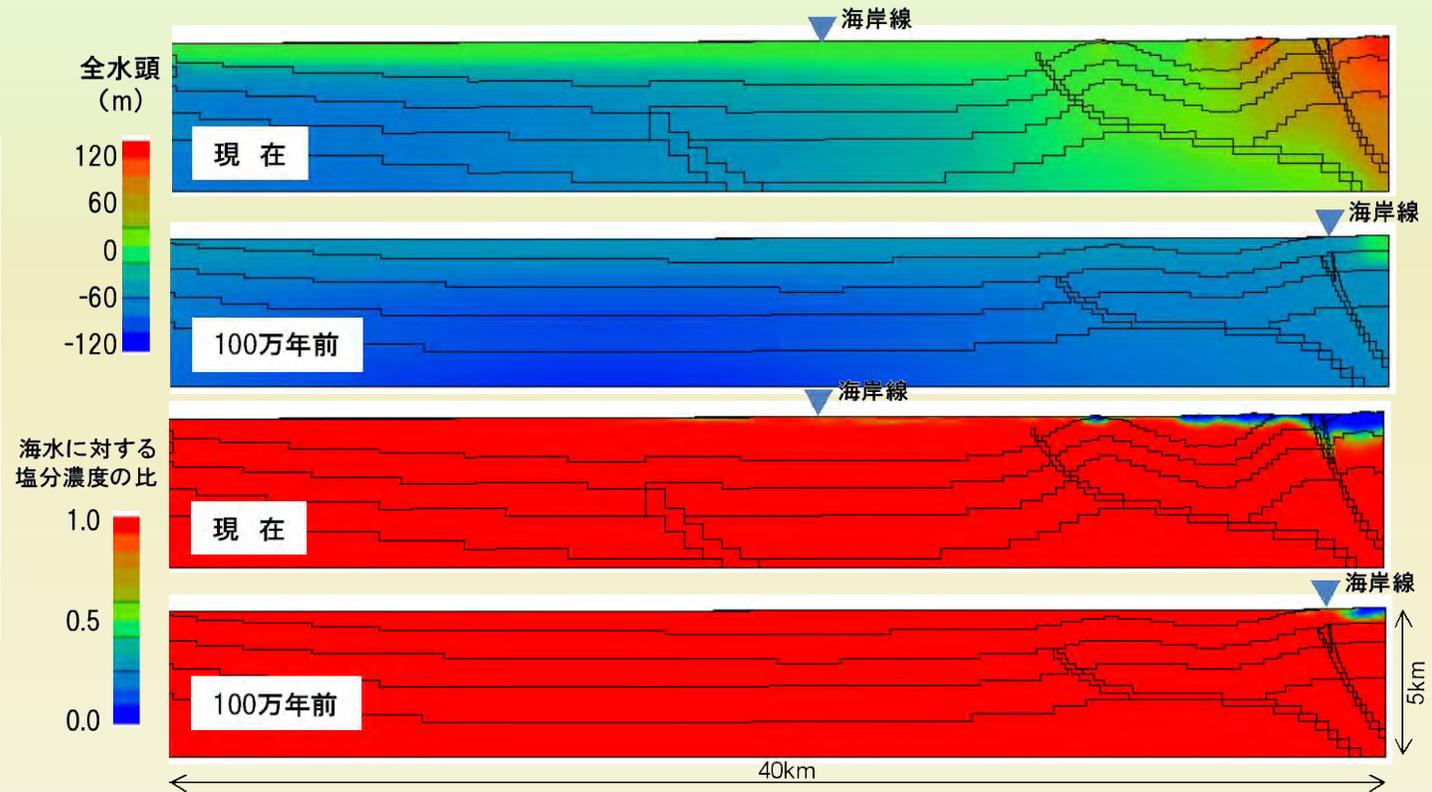
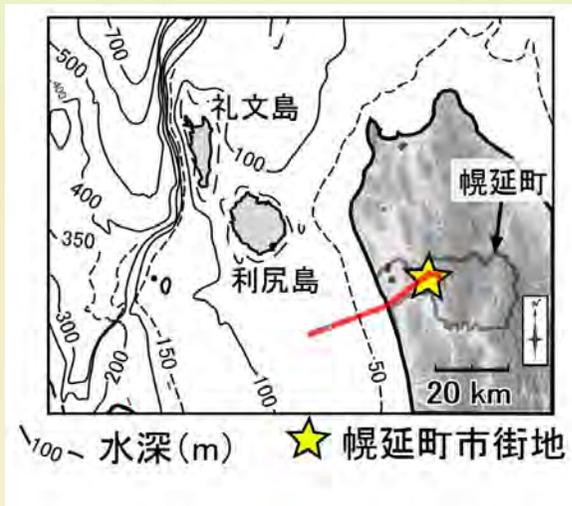


海岸線から約1kmの範囲では標高約6～8.5mの砂丘が等間隔に配列しており、海側ほどより新しい時代に形成されたことを示唆する情報が得られました。

# 1.4 地質環境の長期安定性に関する研究

## 地質環境の長期的変遷に関する研究

長期的な地下水流動変化の解析手法を構築するために、研究所設置地区を含む陸域と幌延町西方の海域を対象として地下水流動解析を行いました。

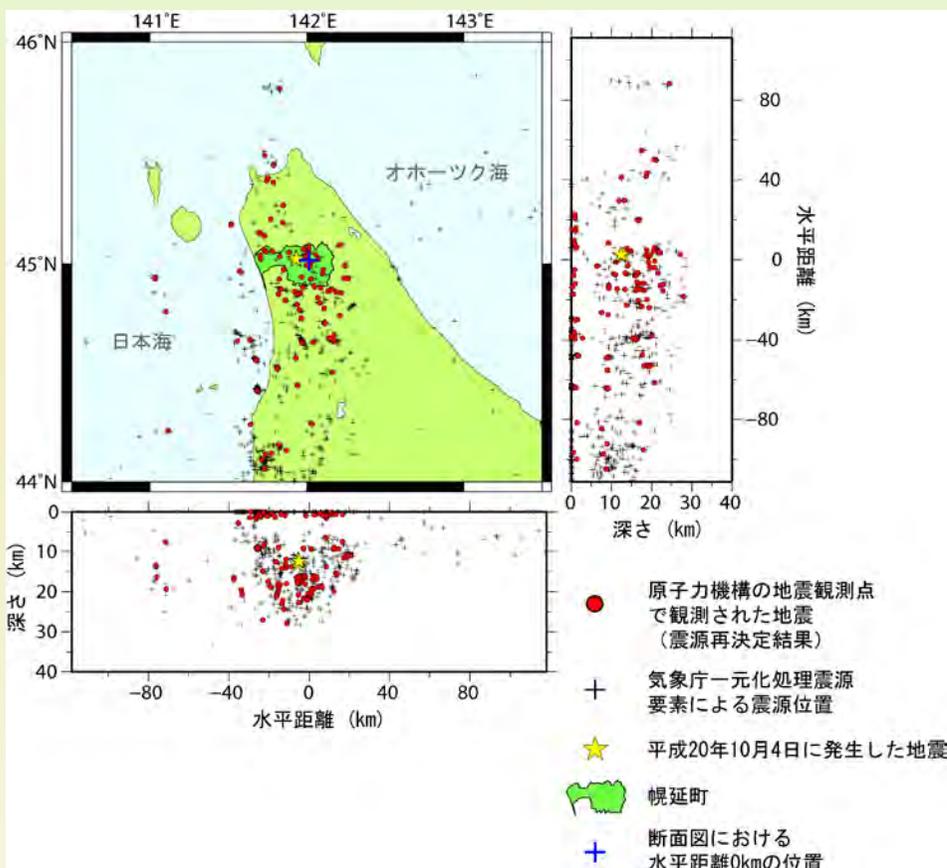


地下水の水圧や塩分濃度は、断層近傍や地表付近で変化し、水圧に比べて水質の変化の程度が小さいことが判りました。

# 1.4 地質環境の長期安定性に関する研究

## 地震研究

断層活動が地質環境に与える影響を検討する際の参考とするために、町内4箇所の地震観測点で連続観測を継続し、震源の位置などを解析しました。



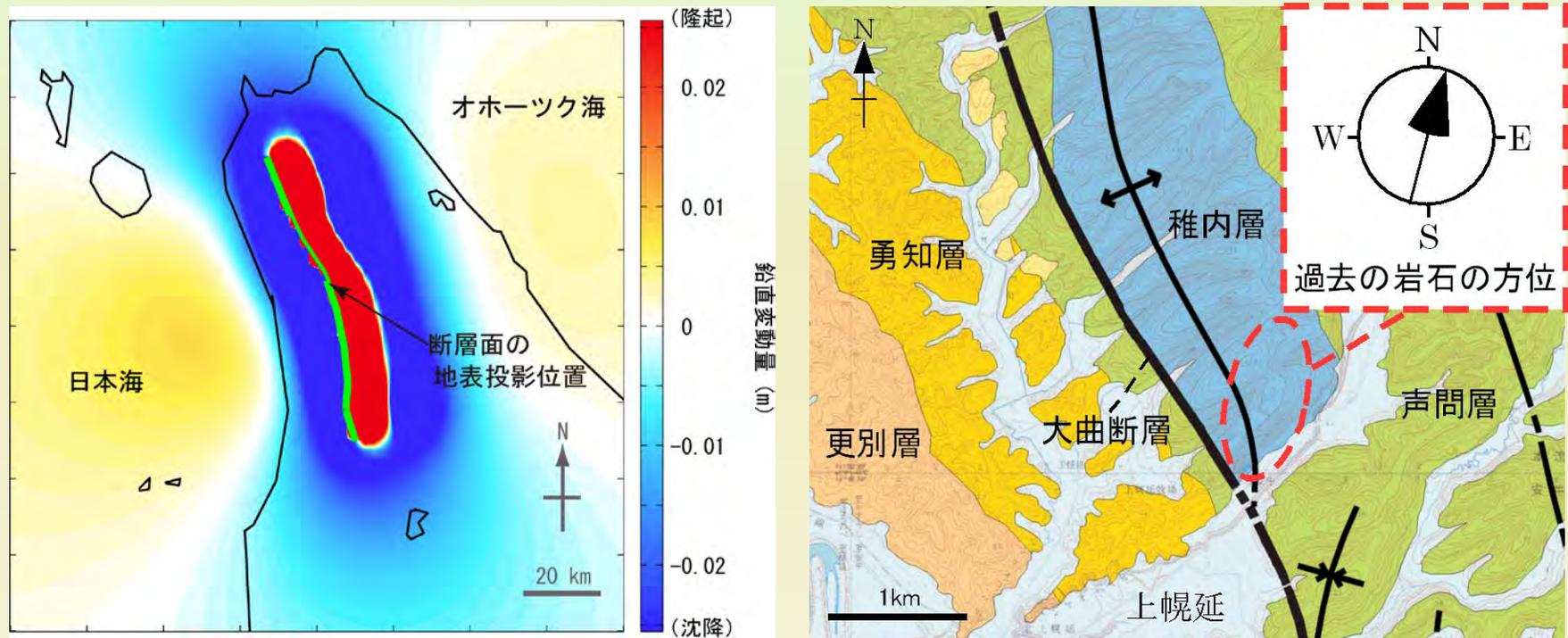
ほとんどの地震は、マグニチュード3より小さい地震でした。上幌延観測点では、地下(深度138m)の揺れが地上の揺れに比べてかなり小さいことを確認しました。

地震の震源位置は、これまでに観測されてきたものと同様の分布を示しており、同じような場所で地震が発生していることが判りました。

# 1.4 地質環境の長期安定性に関する研究

## 断層活動が地質環境に与える影響の解析

断層の活動に伴い周辺岩盤がどのように変形するか検討するために、数値解析を行いました。また、過去の断層の活動の特徴を調べるために、岩石の磁化方向の分析を行いました。

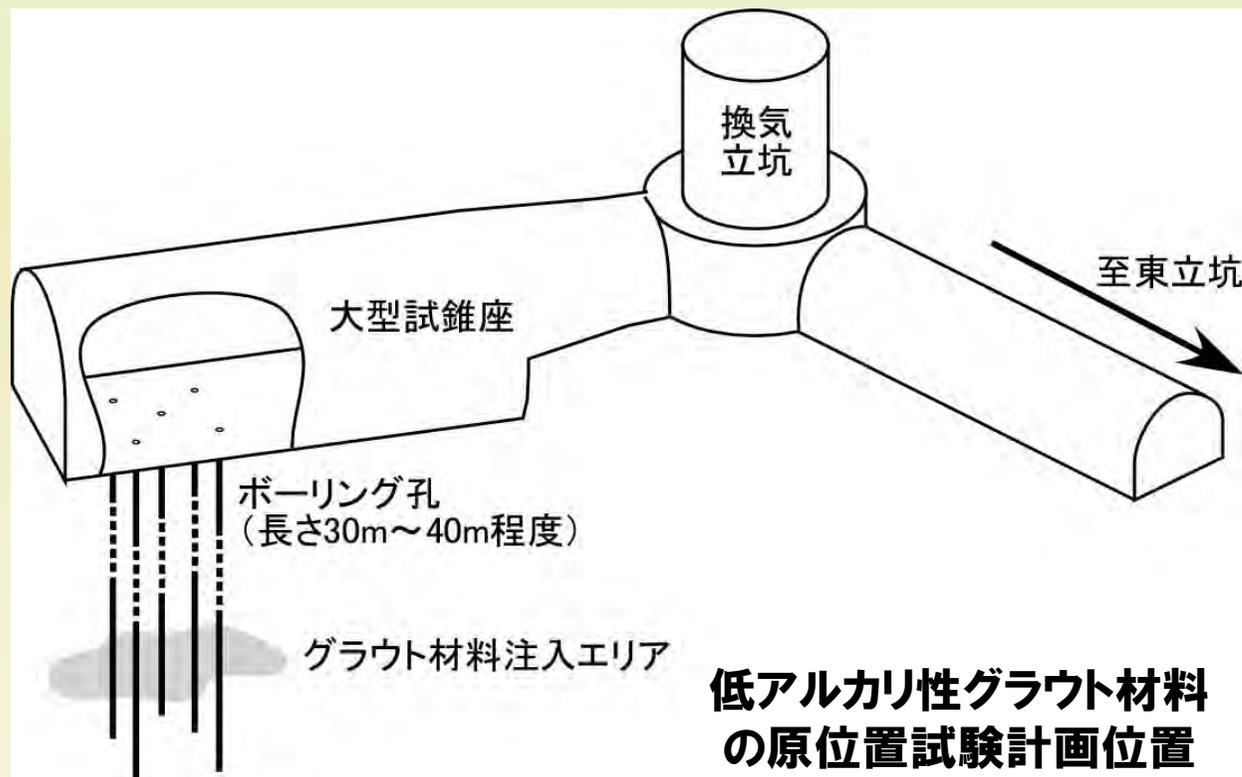


例えば、大曲断層を含む一連の断層が純粹な逆断層として活動したとすると、東側10km程度の範囲が隆起し、周辺が沈降することが分かりました。また、上幌延の大曲断層東側の磁化方向の分析で、過去に水平方向の回転がほとんどなかったと推測されました。

## 1.5 処分技術の信頼性向上

### 人工バリアなど工学技術の検証

低アルカリ性セメントを立坑の覆工コンクリートとして用いるために、セメント材料の配合の検討や初期強度の確認などを実施しました。また、低アルカリ性のグラウト材料の原位置試験計画を作成しました。



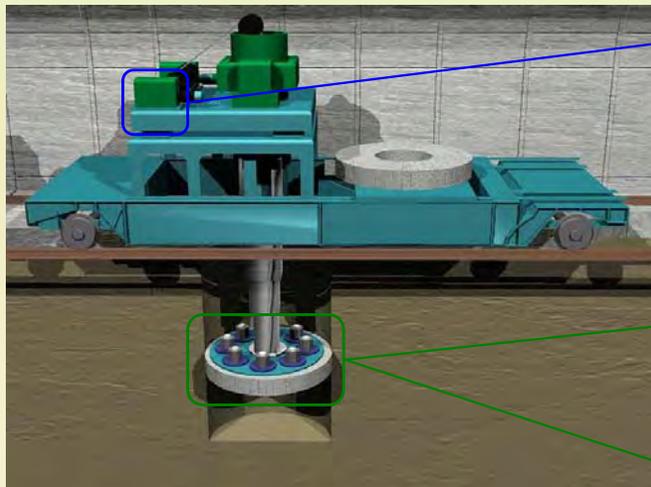
覆工コンクリートとして十分な強度を有する低アルカリ性セメントの配合を選定しました。

低アルカリ性のグラウト材料の原位置試験については、平成21年度、深度250m大型試錐座から、グラウト材料を注入して、その止水性や地下水への化学的影響などを確認することとしました。

# 1.5 処分技術の信頼性向上

## 地層処分実規模設備の整備

操業技術の開発や人工バリアの長期挙動を明らかにするため、実物大試験設備の一部を製作し、全体計画を策定しました。



真空ポンプ



把持装置  
(真空吸引パッド)



人工バリア定置試験設備のうち、緩衝材を持ち上げるための把持装置を製作しました。

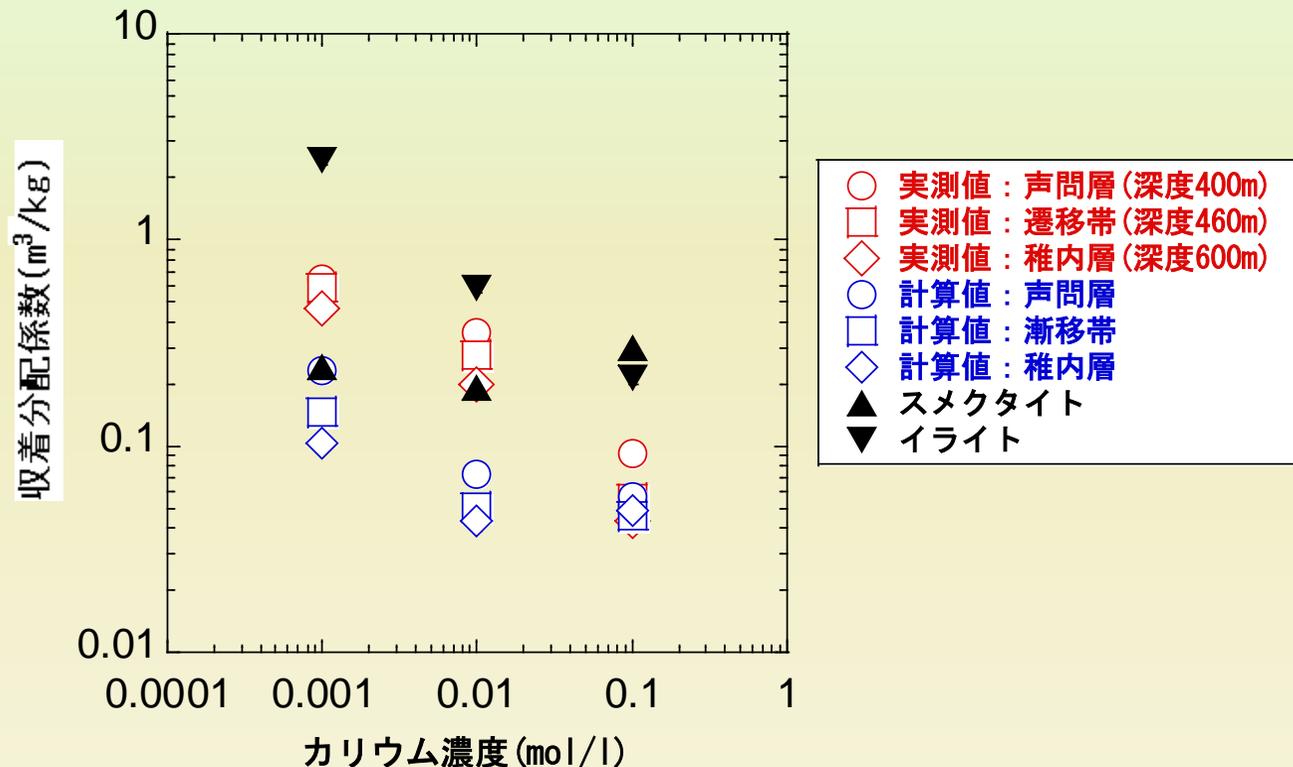
これらの試験設備を用いた試験計画の立案や設計を行いました。

緩衝材定置試験設備の概念図  
と把持装置

# 1.6 安全評価手法の高度化

## 安全評価モデルの高度化

様々な元素の移動の仕方やそれに影響する有機物や鉱物組成等を調べるために、岩石や地下水試料を用いて室内試験、分析を行いました。



セシウムやヨウ素など  
様々な元素の移動過程  
と化学条件との関連など  
に関するデータの蓄積を  
継続しました。

岩石および粘土鉱物へのセシウムの収着  
分配係数とカリウム濃度との関係の例

## 2. 施設建設

### 2.1 地下施設の建設

### 2.2 地上施設の建設



換気立坑140mから坑底を見る

## 2.1 地下施設の建設



平成17年度に開始した地下施設工事（第1期）を継続しました。

地下施設工事については換気立坑を深度約250m、東立坑を深度約140mまで掘削し、換気立坑の深度250mおよび東立坑の深度140mにおいて水平坑道の一部掘削を行いました。また、排水処理設備の増設を行いました。



立坑掘削に伴い発生する掘削土（ズリ）は、掘削土（ズリ）置場に保管しています。掘削土（ズリ）置場は土壤汚染対策法の遮水工封じ込め型に準じた二重遮水シート構造としています。

## 2.1 地下施設の建設

### 掘削土(ズリ)の分析

掘削土の分析を定期的に行っています。ホウ素, ヒ素およびセレンは, 岩石に元から含まれているため溶出量基準値以上ですが, 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	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	3.7~5.6	9.8	1	30
ヒ素		0.007~0.040	0.028	0.01	0.3
フッ素		<0.08~0.24	<0.08	0.8	24
セレン		0.015~0.022	0.024	0.01	0.3
カドミウム		<0.001	<0.001	0.01	0.3
鉛		<0.001~0.004	0.002	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

## 2.2 地上施設の建設



**国際交流施設(仮称)の建設工事を平成20年6月より開始し、鉄骨工事まで行いました。**

**本施設では、国外および国内研究者との交流活動を行うとともに、地域の方々との交流の場として講演会や報告会などを行っていきます。**

**運用開始は、平成21年の秋頃を予定しています。**



## 3. 環境モニタリング

**3.1 騒音・振動・水質・動植物に関するモニタリング調査**

**3.2 地下施設の建設に伴うモニタリング調査**



## 3.1 騒音・振動・水質・動植物に関するモニタリング調査

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。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が見られず、工事着手前の環境が維持されているものと判断されました。

モニタリング調査項目と結果

調査項目	調査結果
騒音 (4回/年)	春季～冬季を通じて、等価騒音レベル昼間 38～55デシベル、夜間 31～49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)	春季～冬季を通じて、昼間は30デシベル未満～33デシベル、夜間は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)	造成工事着手以前と同様に維持されているものと判断されました。
魚類 (3回/年)	6科7種を確認しました。 重要種はスナヤツメ、サクラマス、エゾウグイ、エゾトミヨ、ハナカジカの5種を確認しました。 造成工事着手以前と同様に魚類の生息環境が維持されていると判断されました。
ハイドジョウツナギ (2回/年)	移植地への活着および自生地の個体と同様の伸長成長が確認され、さらに多数の繁殖個体(開花個体)も確認されました。生育は良好であると判断されました。
植物群落 (3回/年)	造成工事着手以前と比較するとほぼ同様の種構成が確認され、主要種について被度・群度の大きな変化は認められませんでした。植生環境は造成工事着手以前と同様に維持されていると判断されました。

## 3.2 地下施設の建設に伴うモニタリング調査

### 地下施設からの排水

排水処理設備からの処理水は、すべて排水基準値以下でした。

主な分析項目	単位	処理前		排水処理設備にて 処理後の水	水質汚濁防止法 排水基準値
		坑内からの排水	掘削土(ズリ)置場 浸出水		
カドミウム	mg/ℓ	<0.01	<0.01	<0.01	0.1
ヒ素	mg/ℓ	<0.01~0.04	<0.01~0.02	<0.01	0.1
セレン	mg/ℓ	<0.01	<0.01~0.01	<0.01	0.1
フッ素	mg/ℓ	<0.8~2.3	<0.8	<0.8	8
ホウ素	mg/ℓ	36~61	1.2~8.0	<0.1~3.0	10
pH	—	8.2~8.6	7.5~7.9	7.0~8.6	5.8~8.6
SS (浮遊物質)	mg/ℓ	14~180	7~51	<1~1	200 (日間平均:150)
塩化物イオン	mg/ℓ	1,300~1,910	68.5~422	715~2,330	—

(モニタリング結果の詳細な結果は、ホームページで公開しています。)

## 3.2 地下施設の建設に伴うモニタリング調査

### 掘削土(ズリ)置場とその周辺の地表水

掘削土(ズリ)置場とその周辺の地表水の水質は、掘削土(ズリ)の搬入前とほとんど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~H20.3)	H20年度
カドミウム	mg/ℓ	A1~A4, A6	<0.001~0.004	<0.001	<0.001
ヒ素	mg/ℓ	A1~A4, A6	<0.005~0.011	<0.005~0.015	<0.005~0.009
セレン	mg/ℓ	A1~A4, A6	<0.002	<0.002	<0.002
フッ素	mg/ℓ	A1~A4, A6	<0.1~0.7	<0.1~1.1	<0.1~0.2
ホウ素	mg/ℓ	A1~A4, A6	<0.02~50.7	<0.02~63.0	<0.02~49.1
pH	—	A1~A4, A6	4.6~7.4	5.2~7.2	5.3~8.1
浮遊物質(SS)	mg/ℓ	A6	12~173	13~500	1~426
塩化物イオン	mg/ℓ	A1~A4, A6	5.1~2,910	9.3~2,740	5.8~2,930

(モニタリング調査の詳細な結果は、ホームページで公開しています。)

## 3.2 地下施設の建設に伴うモニタリング調査

### 清水川の水質

清水川の水質は、10月に降雨の影響による浮遊物質量の増大があったものの、掘削土(ズリ)の搬入前とほとんど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~H20.3)	H20年度
カドミウム	mg/ℓ	A5, A7	<0.001	<0.001	<0.001
ヒ素	mg/ℓ	A5, A7	<0.005	<0.005	<0.005
セレン	mg/ℓ	A5, A7	<0.002	<0.002	<0.002
フッ素	mg/ℓ	A5, A7	<0.1~0.1	<0.1	<0.1
ホウ素	mg/ℓ	A5, A7	0.03~0.3	0.11~0.44	0.03~0.31
pH	—	A5, A7	6.4~7.1	6.8~7.2	6.5~7.3
浮遊物質量(SS)	mg/ℓ	A5, A7	1~20	1~12	1~270*
塩化物イオン	mg/ℓ	A5, A7	14.4~30.5	16.3~42.4	16.0~59.0

\*:降雨による影響(10月)

(モニタリング調査の詳細な結果は、ホームページで公開しています。)

## 3.2 地下施設の建設に伴うモニタリング調査

### 天塩川の水質

天塩川では4月、5月および8月に浮遊物質(SS)が協定値を超えた場所がありましたが、融雪等による自然的要因によるもので、処理水の放流による環境への影響はない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	<0.01~4.6	0.01~4.5	0.01~4.1	5以下
全窒素	mg/ℓ	0.11~1.6	0.14~1.8	0.11~1.7	20以下
全アンモニア	mg/ℓ	<0.05~0.92	<0.05~0.89	<0.05~0.96	2以下 (B3地点のみ)
pH	—	6.9~7.7	7.0~7.7	7.0~7.9	5.8~8.6
SS (浮遊物質)	mg/ℓ	<1~100 *	<1~130 *	<1~140 *	20以下

\*:自然的要因による上昇

(モニタリング結果の詳細な結果は、ホームページで公開しています。)

## 3.2 地下施設の建設に伴うモニタリング調査

### 天塩川への排水量

排水処理設備からの処理水の天塩川への排水量は、立坑掘削の進捗に伴って増大し、19年度の約2.8倍になりました。

月	排水量( m <sup>3</sup> )	日最大排水量( m <sup>3</sup> )	日平均排水量( m <sup>3</sup> )
4月	2,057 ( 489 )	140 ( 94 )	68.6 ( 16.3 )
5月	1,042 ( 283 )	110 ( 95 )	33.6 ( 9.4 )
6月	1,255 ( 189 )	96 ( 86 )	41.8 ( 6.3 )
7月	1,489 ( 518 )	107 ( 91 )	48.0 ( 16.7 )
8月	787 ( 702 )	131 ( 87 )	25.4 ( 22.6 )
9月	1,675 ( 933 )	119 ( 91 )	55.8 ( 31.1 )
10月	3,205 ( 1,791 )	189 ( 95 )	103.5 ( 57.8 )
11月	4,398 ( 842 )	291 ( 98 )	146.6 ( 28.1 )
12月	5,756 ( 1,476 )	342 ( 95 )	185.7 ( 47.6 )
21年1月	3,809 ( 1,404 )	280 ( 99 )	122.9 ( 45.3 )
2月	3,460 ( 1,093 )	231 ( 95 )	123.6 ( 37.7 )
3月	3,667 ( 1,978 )	294 ( 99 )	118.3 ( 63.8 )
合計	32,600 ( 11,698 )	342 ( 99 )	89.3 ( 32.0 )

注) カッコ内は平成19年度の実績値

(排水量の詳細な結果は、ホームページで公開しています。)

## 3.2 地下施設の建設に伴うモニタリング調査

### 浄化槽排水

浄化槽からの排水は、12月及び3月に現場事務所排水のBODが協定値を超過しましたが、協定に基づいて適切に措置しました。それ以外は、すべて協定値以下でした。

水質調査項目	単位	研究管理棟	地下施設現場事務所	協定値
pH	—	6.0~7.4	6.8~7.5	5.8~8.6
BOD (生物化学的酸素要求量)	mg/ℓ	2.8~8.2	4.4~ <b>28*</b>	20
SS (浮遊物質)	mg/ℓ	0.5~3.9	0.5~6.2	20
全窒素	mg/ℓ	15~42	10~41	60
全リン	mg/ℓ	2.0~3.8	1.5~7.8	8
透視度	mg/ℓ	30	30	30
大腸菌群数	個/ml	0	0~62	3000

\*:20年12月(23mg/ℓ)及び21年3月(28mg/ℓ)に協定値を超過。

協定に基づいて北るもい漁協と協議を行い、協定値未滿が確認できるまで放流停止措置を実施。

(詳細な結果は、ホームページで公開しています。)

## 4. 開かれた研究

- 国内機関との研究協力:  
大学: 北海道大学, 埼玉大学, 筑波大学など  
研究機関: 幌延地圏環境研究所, 電力中央研究所, 原環センターなど
- 国外機関との研究協力:  
Nagra(スイス), モンテリ・プロジェクト(スイス)など



ウェブサイトでの情報発信  
( <http://www.jaea.go.jp/04/horonobe/> )



国際会議の様子  
(DECOVALEX-2011; 平成20年10月21~23日開催)



施設見学会の様子  
(5~10月の第4日曜日に開催)