

幌延深地層研究計画  
平成 19 年度調査研究成果報告

平成 20 年 7 月

日本原子力研究開発機構  
幌延深地層研究センター

本資料に関するお問い合わせは、下記へお願いいたします。

独立行政法人 日本原子力研究開発機構

幌延深地層研究センター

地域交流課

〒098-3224 北海道天塩郡幌延町北進 432-2

TEL : 01632-5-2022

FAX : 01632-5-2033

## 目 次

1. はじめに	1
2. 平成 19 年度の主な調査研究の進め方	2
3. 地層科学研究	4
3.1 地質環境調査技術開発	4
3.1.1 地質環境データの取得	4
(1) 地質構造	4
(2) 岩盤の水理	9
(3) 地下水の地球化学	13
(4) 岩盤力学	15
3.1.2 地上からの調査・解析手法の妥当性確認と地質環境モデルの構築	19
(1) 地質構造モデル	19
(2) 岩盤の水理モデル	20
(3) 地下水の地球化学モデル	21
(4) 岩盤力学モデル	23
3.1.3 調査技術・調査機器開発	25
(1) コントロールボーリング技術の開発	25
(2) 岩盤の水理に関する調査機器開発	25
(3) 岩盤力学に関する調査機器開発	26
(4) 塩水と淡水が混在する場における地下水流動などに関する調査技術開発	27
(5) 比抵抗モニタリングを利用した水質調査技術の開発	29
3.2 地質環境モニタリング技術開発	31
3.2.1 ボーリング孔を用いたモニタリング技術開発	31
3.2.2 遠隔監視システムの開発	35
3.3 深地層における工学的技術の基礎の開発	38
3.4 地質環境の長期安定性に関する研究	42
3.4.1 地質環境の長期的変遷に関する研究	42
(1) 地質構造の変遷に関する解析	42
(2) 古気候の調査	44
(3) 現在の地殻変動の調査 (GPS 観測)	46
(4) 地殻変動に伴う地質環境特性変化の調査 (電磁探査機器による観測)	47
3.4.2 地震研究	48

4. 地層処分研究開発	50
4.1 処分技術の信頼性向上	50
4.1.1 人工バリアなどの工学技術の検証	50
4.1.2 設計手法の適用性確認	52
4.2 安全評価手法の高度化	54
4.2.1 安全評価モデルの高度化	54
4.2.2 安全評価手法の適用性確認	57
5. 地下施設の建設	58
6. 地上施設の建設	61
7. 環境モニタリング	63
7.1 騒音・振動・水質・動植物に関するモニタリング調査	63
(1) 調査位置と調査内容	63
(2) 調査結果	64
7.2 地下施設の建設に伴うモニタリング調査	66
(1) 調査位置と調査内容	66
(2) 調査結果	68
8. 開かれた研究	73
8.1 国内機関との研究協力	73
8.1.1 大学などとの研究協力	73
8.1.2 その他の機関との研究協力	75
8.2 国外機関との研究協力	77
引用文献	79
参考資料	82

## 目 次

図 1	ボーリング孔の位置および観測装置の設置場所	3
図 2	立坑における壁面の地質観察結果	6
図 3	換気立坑先行ボーリングにおけるコアの観察結果	7
図 4	ガスの採取	8
図 5	大曲断層近傍の背斜成長の概念図	8
図 6	表層水理調査位置	10
図 7	河川流量観測および気象観測結果	10
図 8	地下施設近傍の浅層ボーリング孔の位置	11
図 9	HGW-1 孔の地下水位の経時変化	12
図 10	地下施設近傍 (HGW-2 孔、HGW-3 孔、HGW-V-4 孔、HGW-E-3 孔) の地下水位の経時変化	12
図 11	換気立坑の集水リングにおける地下水の水質モニタリング結果	14
図 12	東立坑の集水リングにおける地下水の水質モニタリング結果	15
図 13	室内物理試験・力学試験結果の一例	16
図 14	初期地圧測定実施位置図	17
図 15	換気立坑小型試錐座における初期地圧測定用ボーリング孔 (図 14 の孔) の掘削状況	17
図 16	三次元初期地圧測定結果	18
図 17	各初期地圧測定結果の比較	19
図 18	三次元地質構造モデル	20
図 19	坑道掘削に伴う湧水量を予測するための解析の一例	21
図 20	坑道周辺の地球化学反応と水質変化の要因	22
図 21	坑道周辺の溶存ガスの脱ガスによる pH の変化	22
図 22	物理特性・力学特性の比較の一例	23
図 23	岩盤内変位計による計測結果と解析結果比較の一例	24
図 24	坑道の掘削長と透水係数の変化の関係	26
図 25	原位置適用性試験のレイアウト	27
図 26	最深部に設置したセンサーを不動点とした場合の累積変位量	27
図 27	既存情報に基づく地質環境概念モデル	28
図 28	電気探査の測線配置	29
図 29	電気探査で得られた見掛比抵抗分布 (測線 1)	30
図 30	電気探査で得られた見掛比抵抗分布 (測線 2)	31
図 31	HDB-5 孔におけるケーシングの設置状況	32
図 32	HDB-9 孔における地下水の間隙水圧の測定例	33
図 33	地下水の水質分析結果 (HDB-4 孔)	34
図 34	遠隔監視システムの観測機器配置図	35
図 35	弾性波の伝播 (地表の変位) についてのシミュレーション結果の例	37
図 36	日常管理計測およびステップ管理計測の主要な項目および取得データの分析・評価の流れ	39
図 37	計測結果の一例	40
図 38	坑内火災を模擬した通気挙動解析結果の一例	41
図 39	上幌延地区の大曲断層付近の珪藻化石の保存状態の違い	42

図 40	研究所設置地区から幌延町市街地付近にいたる地下の地質構造	43
図 41	幌延地域とサハリンの位置関係	45
図 42	北海道北部地域における地殻の水平変位速度	46
図 43	北星園観測点の地下における比抵抗構造	48
図 44	原子力機構の地震観測点で捉えられた観測結果に基づく北海道北部地域における地震の震源分布	49
図 45	鉄筋の腐食状況 (HFSC)	50
図 46	鉄筋の腐食状況 (OPC)	50
図 47	腐食面積率の変化	51
図 48	腐食減量率の変化	51
図 49	スメクタイトの部分密度に対する様々な塩濃度条件での膨潤圧の実測値と計算値	54
図 50	堆積岩中の拡散係数 ( $D_e$ ) を各物質の水中の拡散係数 ( $D_o$ ) で規格化した値 ( $D_e/D_o$ ) と間隙率の関係	56
図 51	地下施設関連設備の状況	58
図 52	掘削土 (ズリ) 置場の拡張整備状況	59
図 53	ゆめ地創館	61
図 54	国際交流施設 (仮称) イメージ図	62
図 56	環境モニタリング調査位置	63
図 56	掘削土 (ズリ) 置場とその周辺の水質モニタリング調査位置	67
図 57	天塩川の水質モニタリング調査位置	67

## 目 次

表 1	策定した情報化施工プログラムに基づく計測データの分析・評価結果 の反映先	40
表 2	掘削土(ズリ)モニタリング調査結果	60
表 3	地下施設からの排水に係るモニタリング調査結果	60
表 4	環境モニタリング調査実施内容(平成 19 年度)	64
表 5	確認された重要種(魚類)	65
表 6	モニタリング調査項目と結果	66
表 7	地下施設の建設に伴う水質モニタリング調査項目	68
表 8	掘削土(ズリ)置場周辺の浅い地下水の水質モニタリング調査結果	70
表 9	清水川の水質モニタリング調査結果	71
表 10	天塩川の水質モニタリング調査結果	72



## 1. はじめに

独立行政法人<sup>\*1</sup>日本原子力研究開発機構（以下、原子力機構）が、北海道幌延町で実施している幌延深地層研究計画は、平成17年10月に原子力委員会が公表した「原子力政策大綱」<sup>\*2</sup>に示された「深地層の研究施設」計画のひとつであり、堆積岩を対象に深地層の研究を行うものです。

「原子力政策大綱」においては、「日本原子力研究開発機構を中心とした研究開発機関は、深地層の研究施設等を活用して、深地層の科学的研究、地層処分技術の信頼性向上や安全評価手法の高度化等に向けた基盤的な研究開発、安全規制のための研究開発を引き続き着実に進めるべきである」と述べられており、幌延深地層研究計画の重要性が示されています。幌延深地層研究計画では、ここで示された「深地層の科学的研究」については「地層科学研究」、また、「地層処分技術の信頼性向上」と「安全評価手法の高度化」については「地層処分研究開発」として研究開発を進めています。

また、文部科学省と経済産業省が平成17年10月に公表した「独立行政法人日本原子力研究開発機構が達成すべき業務運営に関する目標（中期目標）」（以下、中期目標）<sup>\*3</sup>では、「深地層の研究計画について、中間的な深度までの坑道掘削時の調査研究を進める。あわせて工学技術や安全評価に関する研究開発を他の研究開発機関と連携して実施し、これらの成果を地層処分の安全性に係る一連の論拠を支える知識ベースとして体系化する」ことが目標として掲げられ、幌延深地層研究計画を着実に推進することとなっています。

---

本文中に“\*番号”で示した用語はページの下部に説明を示してあります。また、“(番号)”で示したものは、引用文献で、巻末に著者名、文献名などを示しました。

\*1：独立行政法人通則法 第二条には、『この法律において「独立行政法人」とは、国民生活及び社会経済の安定等の公共上の見地から確実に実施されることが必要な事務及び事業であって、国が自ら主体となって直接に実施する必要のないもののうち、民間の主体にゆだねた場合には必ずしも実施されないおそれがあるもの又は一の主体に独占して行わせることが必要であるものを効率的かつ効果的に行わせることを目的として、この法律及び個別法の定めるところにより設立される法人をいう』と規定されています。

\*2：原子力政策大綱は、国の原子力委員会が、今後10年程度の期間をひとつの目安とした、原子力の研究、開発および利用に関する基本的な考え方を明らかにしたものです。  
(<http://www.aec.go.jp/jicst/NC/tyoki/tyoki.htm>)

\*3：中期目標の対象としている期間は平成17年10月1日から平成22年3月31日までの4年6ヶ月間です。

## 2. 平成19年度の主な調査研究の進め方

幌延深地層研究計画は、「地上からの調査研究段階(第1段階)」、「坑道掘削(地下施設建設)時の調査研究段階(第2段階)」、「地下施設での調査研究段階(第3段階)」の三つの段階に分けて実施しており、平成19年度は、平成17年度から開始した第2段階の3年目にあたります。

平成19年度は、「幌延深地層研究計画 平成19年度調査研究計画」<sup>(1)</sup>に従って、調査研究および地上施設と地下施設の建設を進めました。

調査研究は、これまでと同様に、「地層科学研究」と「地層処分研究開発」に区分して行いました。具体的には、「地層科学研究」では、地質環境調査技術開発、地質環境モニタリング技術開発、深地層における工学的技術の基礎の開発、地質環境の長期安定性に関する研究、という4項目の研究課題を設定し、「地層処分研究開発」では、処分技術の信頼性向上、安全評価手法の高度化という2項目の研究課題を設定しています<sup>(2)</sup>。

原子力機構が幌延町内で実施している調査研究にかかわるボーリング孔や観測地点などの位置を図1に示します。

幌延深地層研究計画の成果は、原子力機構におけるほかの研究開発拠点での成果と合わせて一連の地層処分技術として、処分事業や安全規制に適宜反映していきます。そのため、国内外の研究機関との連携を図り、大学などの専門家の協力を得つつ、本計画を着実かつ効率的に進めます。また、研究開発業務の透明性・客観性を確保する観点から、研究計画から成果までの情報を積極的に公表し、特に研究成果については国内外の学会や学術誌などを通じて広く公開します。参考資料として、巻末に平成19年度の学会などへの発表実績を示します。

以下に、平成19年度の主な調査研究の成果について報告します。

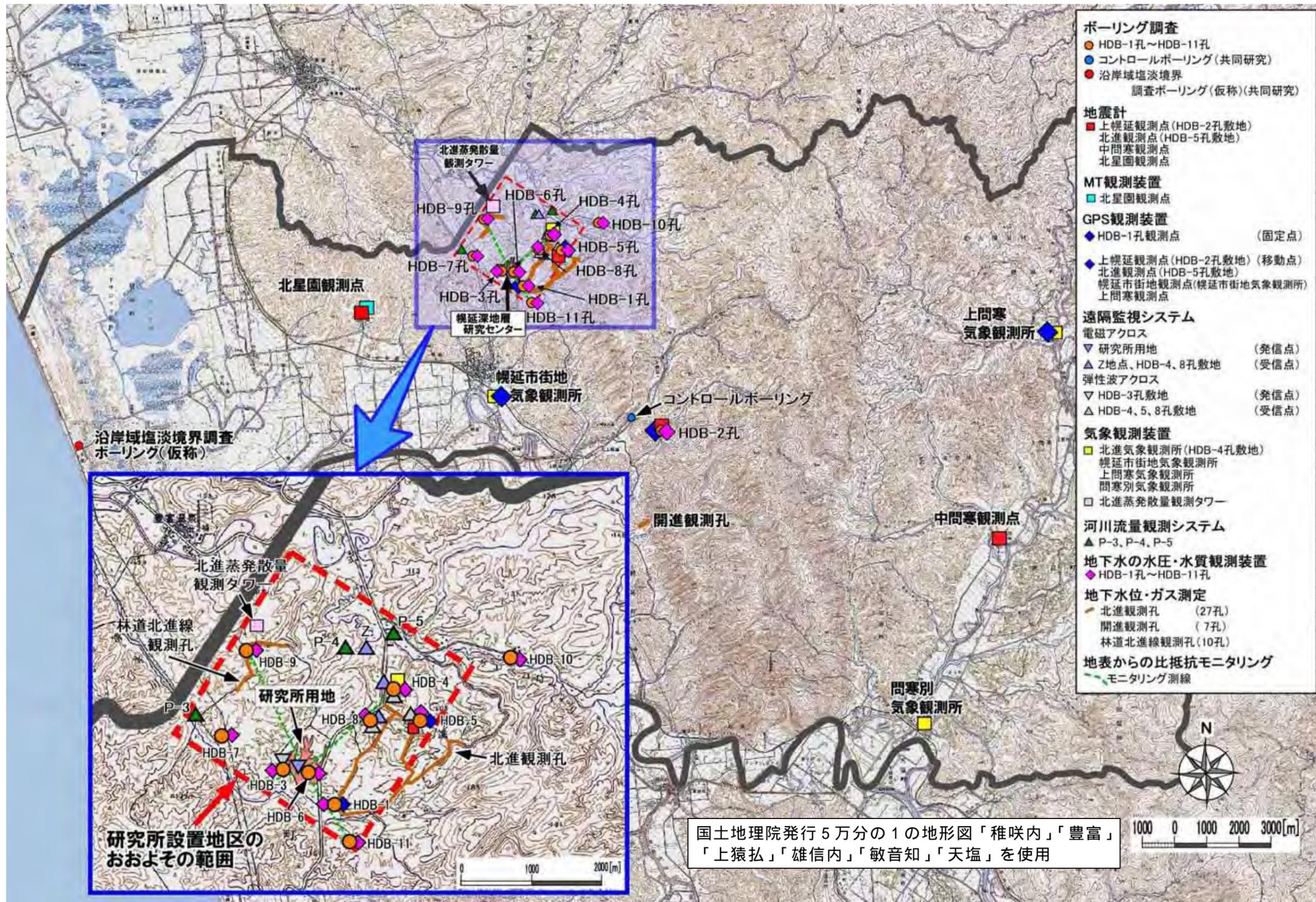


図1 ボーリング孔の位置および観測装置の設置場所

### 3. 地層科学研究

#### 3.1 地質環境調査技術開発

##### 3.1.1 地質環境データの取得

###### (1) 地質構造

坑道掘削（地下施設建設）時の調査研究段階（第2段階）では、地上からの調査研究段階（第1段階）で構築した地下施設周辺の地質構造モデルの妥当性確認と更新を目的として、坑道内における地質観察などにより地層の分布や割れ目の連続性を三次元的に把握することとしています。

平成19年度は、平成18年度に引き続き第1段階で予測した地質・地質構造の確認や不連続構造の分布を詳細に把握することを目的に、坑道壁面における地質観察を実施しました。加えて、換気立坑の掘削時の湧水抑制対策に反映するために換気立坑近傍で実施した先行ボーリング（以下、換気立坑先行ボーリング）から得られたコアの観察を行いました。また、研究所設置地区の既存浅層ボーリング孔および換気立坑内で掘削したボーリング孔から採取したガスの分析を行いました。

図2に平成19年度に掘削した換気立坑の深度約51～161mおよび東立坑の深度約41～110mの壁面の地質観察結果を示します。観察の結果、換気立坑・東立坑ともに珪藻質泥岩（声問層）が分布していることを確認しました。また、換気立坑の深度73～75m付近には南北走向で東傾斜、深度150～160m付近には東西走向で北傾斜、東立坑の深度50～56m付近に北西 - 南東走向で南西傾斜の立坑を横切る断層が存在していること、換気立坑の深度52～56m付近、東立坑の深度75～92m付近には立坑を部分的に横切る断層が複数分布していることがわかりました。なお、壁面の地質観察では、湧水箇所についても調べましたが、換気立坑・東立坑ともに、顕著な湧水を示す割れ目などは認められませんでした。図3に換気立坑先行ボーリングから得られたコアの観察結果を示します。観察の結果、深度約235m付近まで珪藻質泥岩（声問層）が分布し、それ以深には珪質泥岩（稚内層）が分布していることがわかりました。また、珪藻質泥岩（声問層）では全区間を通して、

珪質泥岩（稚内層）では深度240～290m付近、深度360～370m付近および深度510～520m付近に多数の割れ目が認められました。

一方、ガスの調査においては、8本の既存浅層ボーリング孔から採取した9試料の組成と同位体の分析を行いました。平成18年度のガス調査結果では、有機物の熱分解起源のメタンガスに微生物起源のメタンガスが混入している可能性を示しました<sup>(3)</sup>。しかし、これまでの試料採取方法では大気混入の懸念があるため、平成19年度は採取時に外気の混入を避けるため、孔口にキャップとコックを装着して試料を採取しました(図4)。その結果、メタンガスの炭素安定同位体比<sup>\*4</sup>が-66～-35‰を示しました。この値は、平成18年度の分析結果(-95～-50‰)に比べ、ばらつきが小さく外気の混入を低減できたと考えられます。また、有機物の熱分解起源に近い同位体比であり、有機物の熱分解起源のメタンガスに微生物起源のメタンガスが混入しているとする平成18年度の解釈を支持する結果となっています。一方、換気立坑の深度約70.5mから掘削したボーリング孔で採取したガスの成分分析の結果、約80%がメタンガス(炭素安定同位体比：-56‰)、約18%が二酸化炭素で、残りの成分は窒素、酸素、エタンなどであることがわかりました。なお、浅層ボーリング孔(開進観測孔、北進観測孔、林道北進線観測孔)を使用したガス調査は、平成19年度で終了しました。これに伴い開進観測孔(7孔)については、埋孔作業を実施し、原状回復を行いました。北進観測孔、林道北進線観測孔については、地下水位観測を継続しております。

また、既存のボーリング調査から得られたデータ(凝灰岩層の分布や年代、岩石の間隙率など)を見直す中で、大曲断層近傍に認められる背斜構造が約220～100万年前の間に形成され始めたことや、同背斜構造が隆起・侵食の始まる前に既に形成され始めていたことなどがわかりました(図5)。これらの知見はしゅう曲作用に密接に関連した岩盤中の割れ目の発達や分布を推定する際に役立てることができそうです。

---

\*4：炭素原子はほとんどが質量数12の<sup>12</sup>Cですが、わずかに質量数13の安定同位体<sup>13</sup>Cが含まれています。炭素安定同位体比は、国際的に定められた標準物質中の<sup>13</sup>C/<sup>12</sup>Cに対するサンプルの<sup>13</sup>C/<sup>12</sup>Cの偏差として表されます。この値は非常に小さいので1000分偏差(‰：パーミル)で表されます。たいていの物質は標準物質よりも<sup>13</sup>Cが少ないので同位対比はマイナスの値になります。

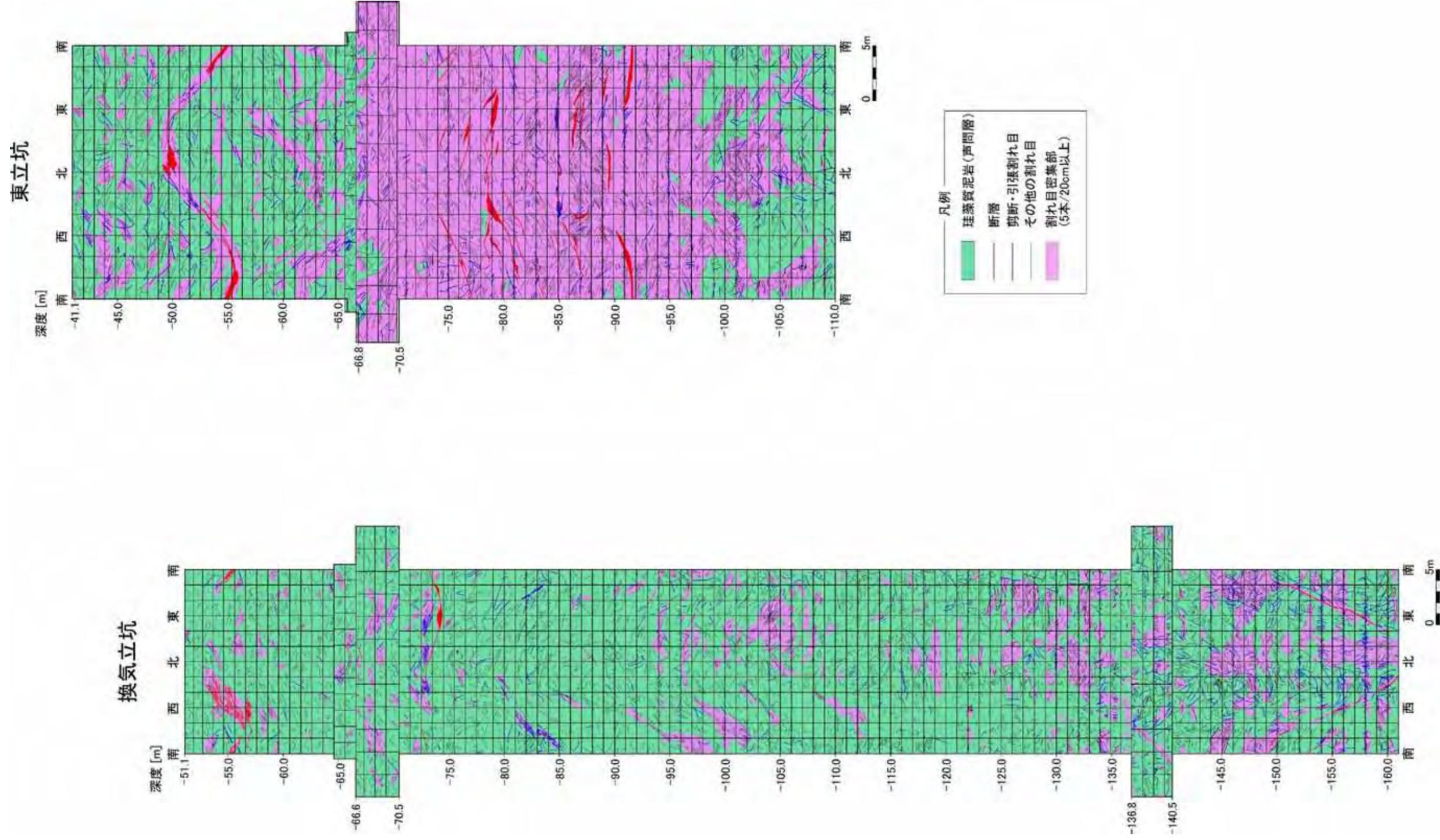
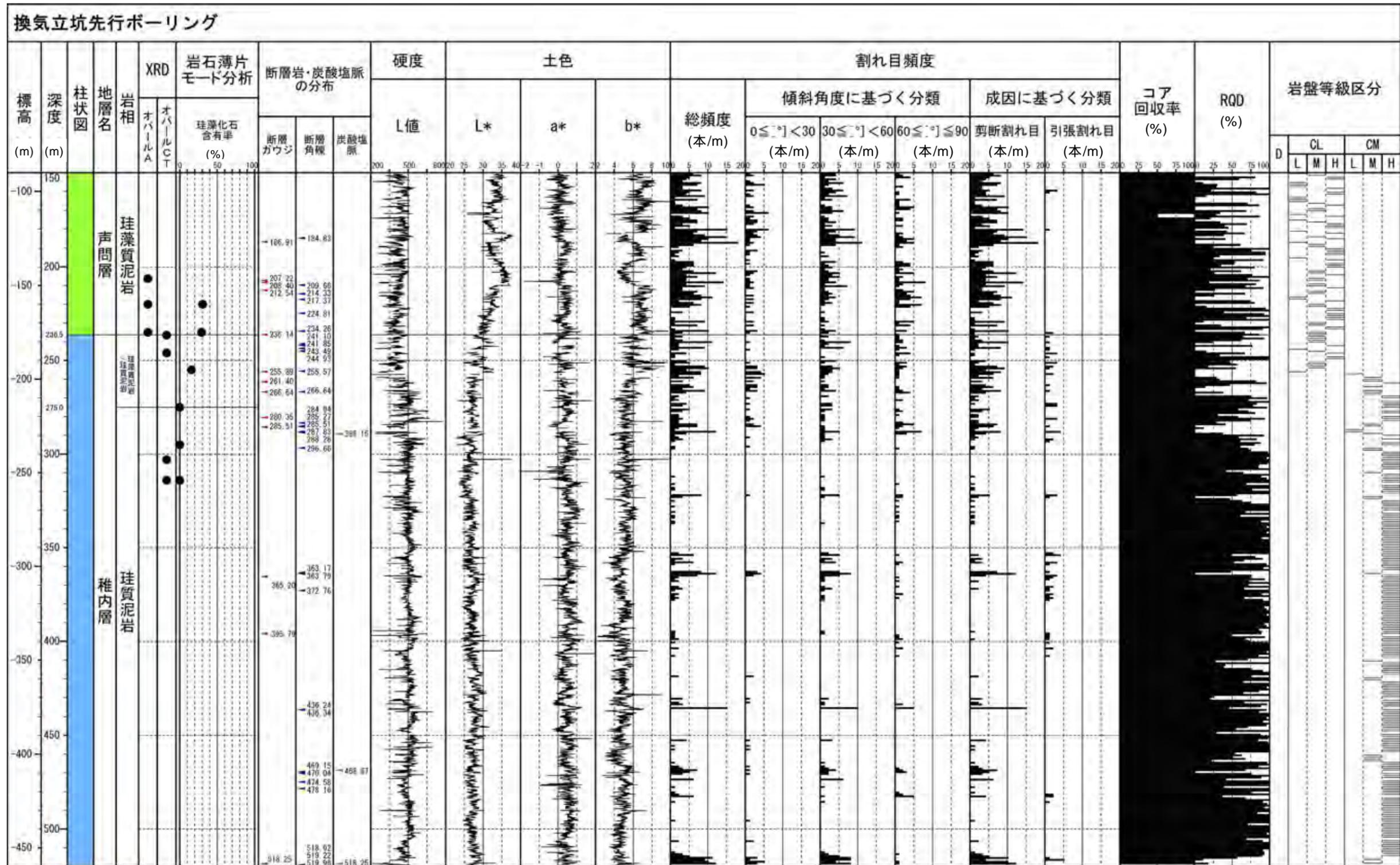


図 2 立坑における壁面の地質観察結果  
円柱状の立坑壁面の南方向を両端に展開した図



L値: 岩石の硬さ (値が大きいほど硬い)  
 土色凡例 L\*: 明度(数値が大きいほど明るい)  
 a\* →a\*(赤方向) ←-a\*(緑方向)  
 b\* →b\*(黄方向) ←-b\*(青方向)

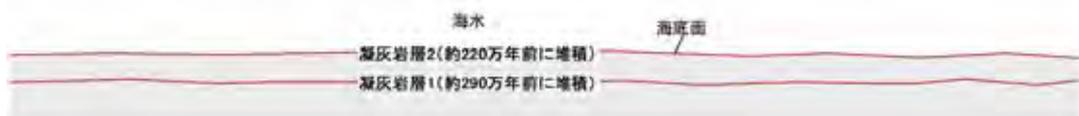
D: カッターの刃が2mm以上刺さる。コアは角礫状~岩片状~粘土状を示す  
 CL-L: カッターの刃が1mm程度刺さる。コアは角礫状~岩片状を示す  
 CL-M: カッターの刃が1mm程度刺さる。コアは概ね10cm未満の短柱状を主体とする  
 CL-H: カッターの刃が1mm程度刺さる。コアは概ね10cm以上の長柱状~棒状を主体とする  
 CM-L: カッターの刃で傷が付く程度。コアは角礫状~岩片状を示す  
 CM-M: カッターの刃で傷が付く程度。コアは概ね10cm未満の短柱状を主体とする  
 CM-H: カッターの刃で傷が付く程度。コアは概ね10cm以上の長柱状~棒状を主体とする

図 3 換気立坑先行ボーリングにおけるコアの観察結果  
 深度 0~150m 区間はコアを採取せずに掘削、深度 150~520m 区間はコアを採取し掘削した。

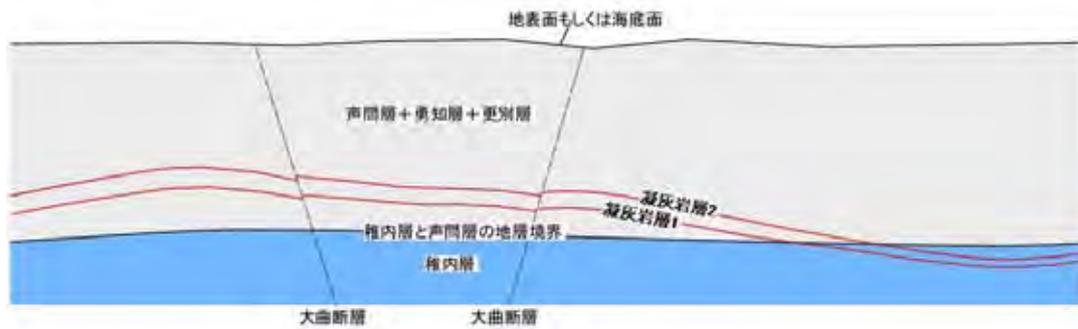


図 4 ガスの採取

(a) 凝灰岩層2が堆積した時期(約220万年前)



(b) 本地域が最も埋没した時期(遅くとも約100万年前)



(c) 現在

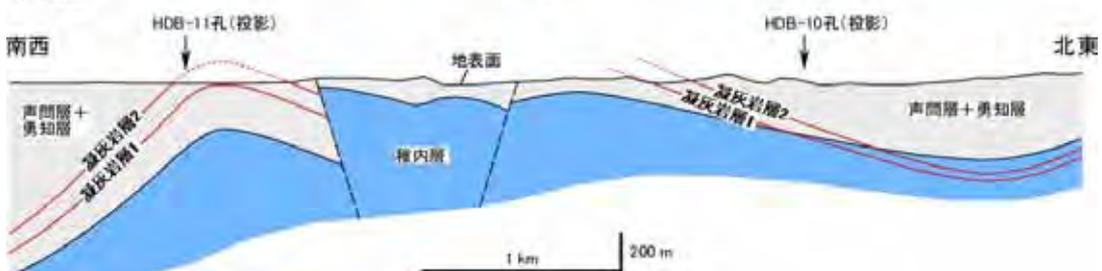


図 5 大曲断層近傍の背斜成長の概念図  
断層の分布・形状は既存の地質構造解釈による。

平成19年度は、壁面の地質観察によって、立坑近傍の地表から約161mまでの地層の分布や割れ目の連続性に関するデータを取得するとともに、換気立坑先行ボーリング調査によって地下500m程度までの地層や割れ目の分布を把握することができました。今後も壁面の地質観察や坑道内から掘削するボーリング孔のコアの観察を行い、第1段階で予測した地質・地質構造を確認するためのデータを取得していく予定です。

## (2)岩盤の水理

第2段階では、第1段階で掘削したボーリング孔を用いた地下水の水圧モニタリングや表層水理調査を継続するほか、地下施設を利用した立坑周辺の岩盤の透水性などに関する調査を行います。そして、これらの調査から得られる情報に基づいて、第1段階の調査手法、予測結果の妥当性を確認するとともに、より詳細に地下水の流れを理解するための手法の検討とその適用性の確認を行います。

平成19年度は、平成17年度までに整備した気象観測所や河川流量観測地点（図6）での降水量および積雪深、気温・水温、河川流出高<sup>\*5</sup>の観測（図7）や、これらの観測結果に基づく地下水涵養量（雨や雪などの降水が地下にしみ込む量）の推定を継続しました<sup>(4)</sup>。また、これまでに得られた地下水涵養量の推定結果の信頼性を評価するため、各観測項目についてより詳細な検討を実施しました。具体的には、地下水流動解析結果をもとに流域の涵養・流出特性に関するデータを抽出、整理することにより、図6のP-3およびP-5流域の丘陵地に比べてP-4流域周辺の谷部で区間流出高が大きくなることや、抽出された地下水の涵養域や流出域の範囲と観測結果が概ね調和的であることなどを確認しました。また、調査対象流域内において、標高や地形、土地利用状況、植生の分布状況を調査し、冬期の積雪量が、標高150m程度までは標高の上昇に従って増加し、それ以上の標高では吹き払いなどの影響により減少することなどがわかりました

---

\*5：河川流出高は、河川流量を流量観測地点から上流の流域面積で割った値で、降水量と同じくmmで表します。今回の試算では、P-3、P-4、P-5流域からの流出高の加重平均値を用いています。

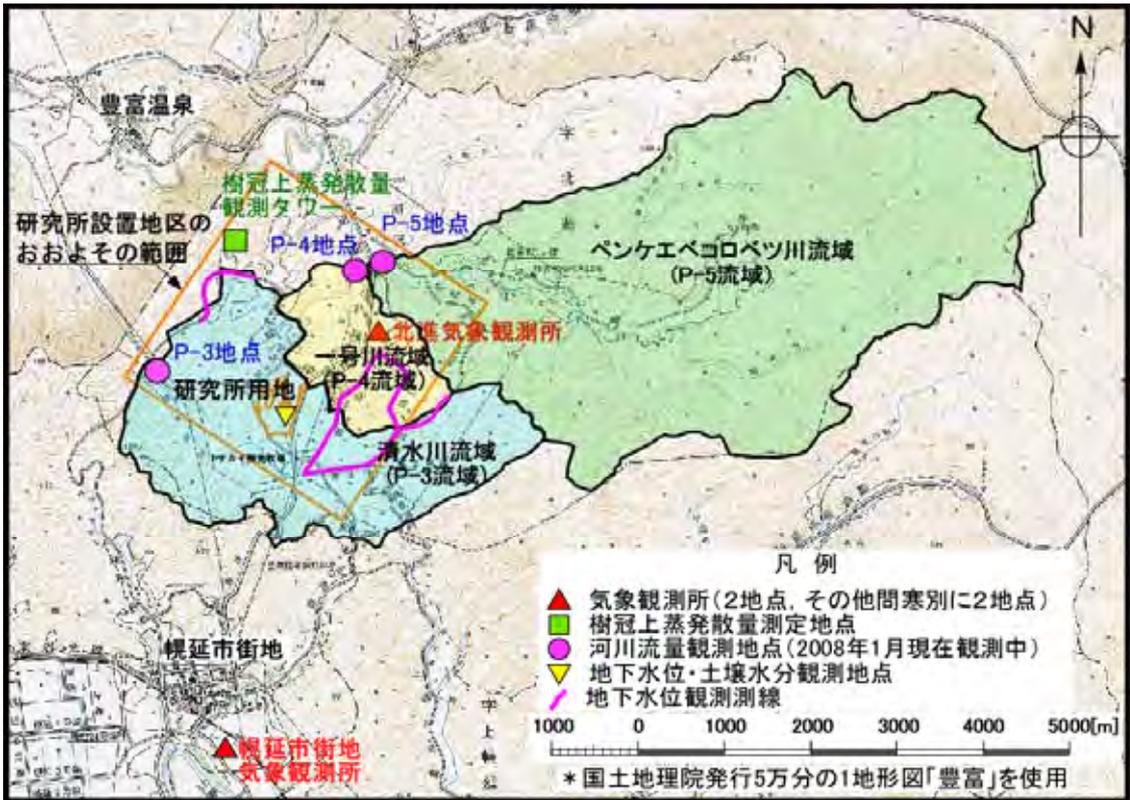


図 6 表層水理調査位置

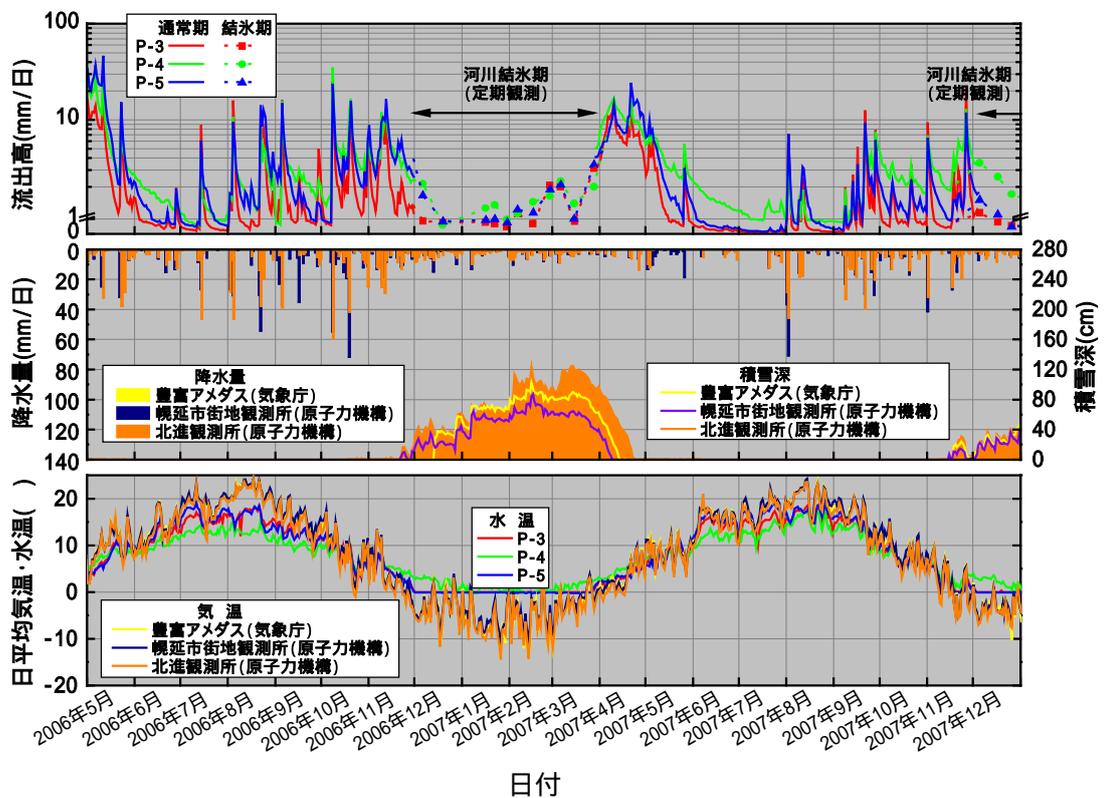


図 7 河川流量観測および気象観測結果

また、研究所設置地区およびその周辺における表層部の地下水の流れを把握するために、浅層ボーリング孔を利用した地下水位観測を継続して実施しました。

図8に地下施設近傍の浅層ボーリング孔の配置図を示します。図9は、立坑から200m程度離れたHGW-1孔の地下水位の観測結果を示しています。この結果から、同一の帯水層とみなされていた深さ13.5mおよび18.8mの地下水位の変化に違いがみられるようになり、この付近に鉛直下向きの流れが生じている可能性があることなどがわかりました。図10は立坑近傍の水位観測孔（HGW-2孔、HGW-3孔、HGW-V-4孔、HGW-E-3孔）での地下水位の観測結果を示していますが、立坑の掘削に伴うと考えられる地下水位への影響は認められていません。

以上のように、平成19年度は、表層部の地下水の流れをより詳細に予測するために必要なデータの蓄積と、観測や推定手法の妥当性についての検討を開始しました。

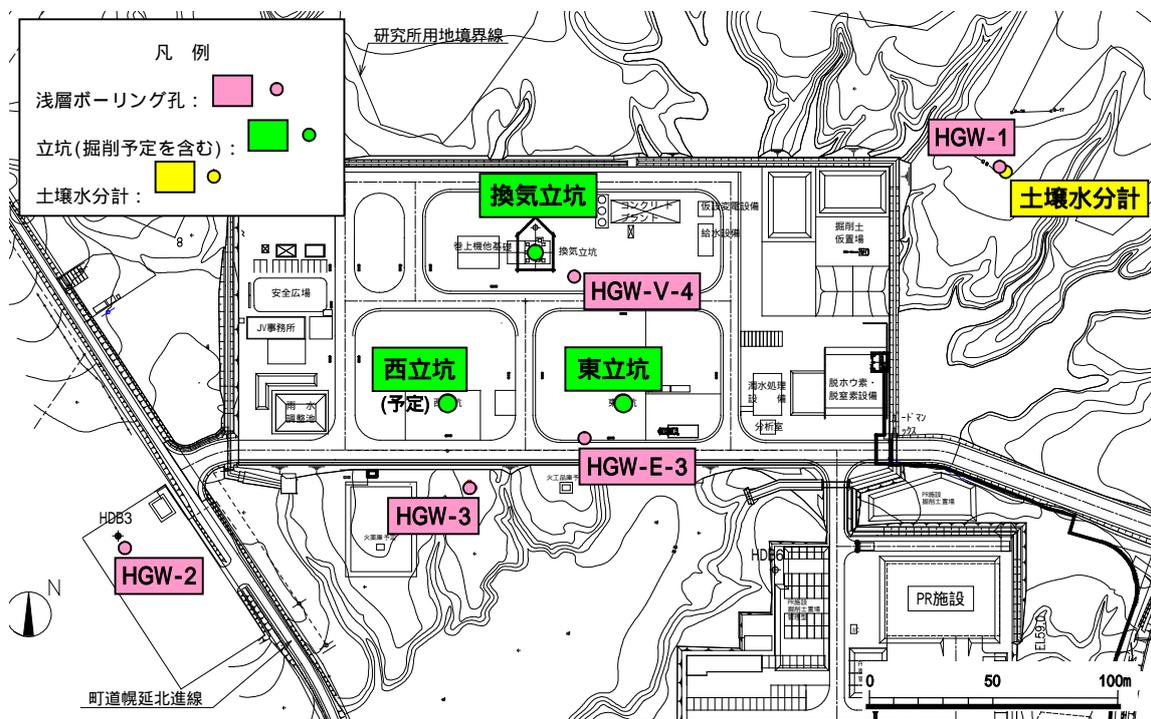


図 8 地下施設近傍の浅層ボーリング孔の位置  
西立坑は掘削予定位置を示す。

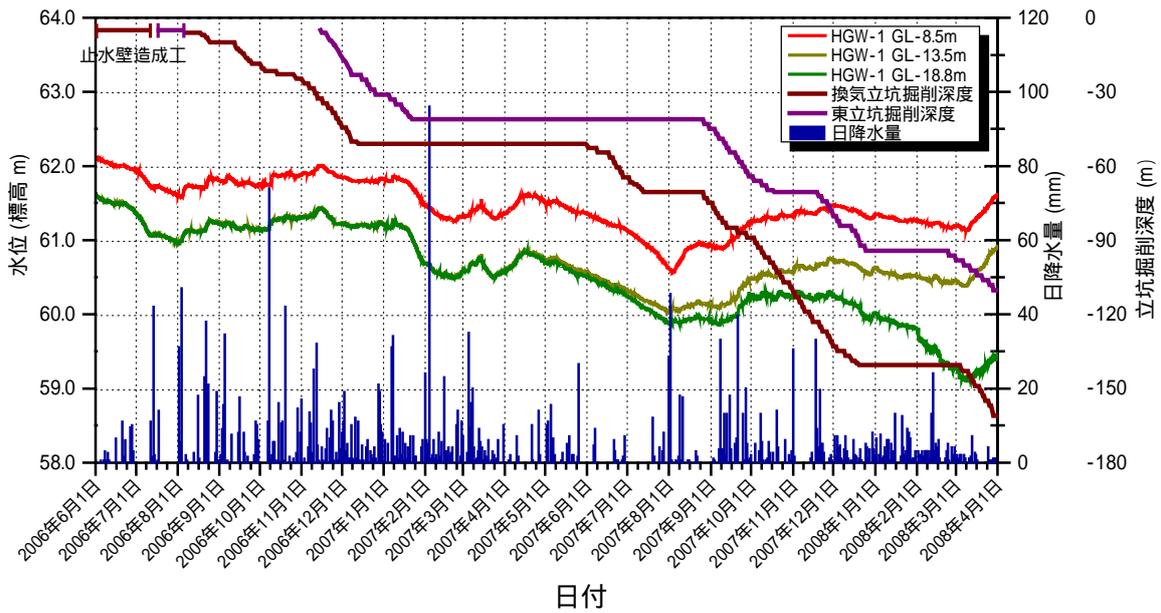


図 9 HGW-1孔の地下水位の経時変化

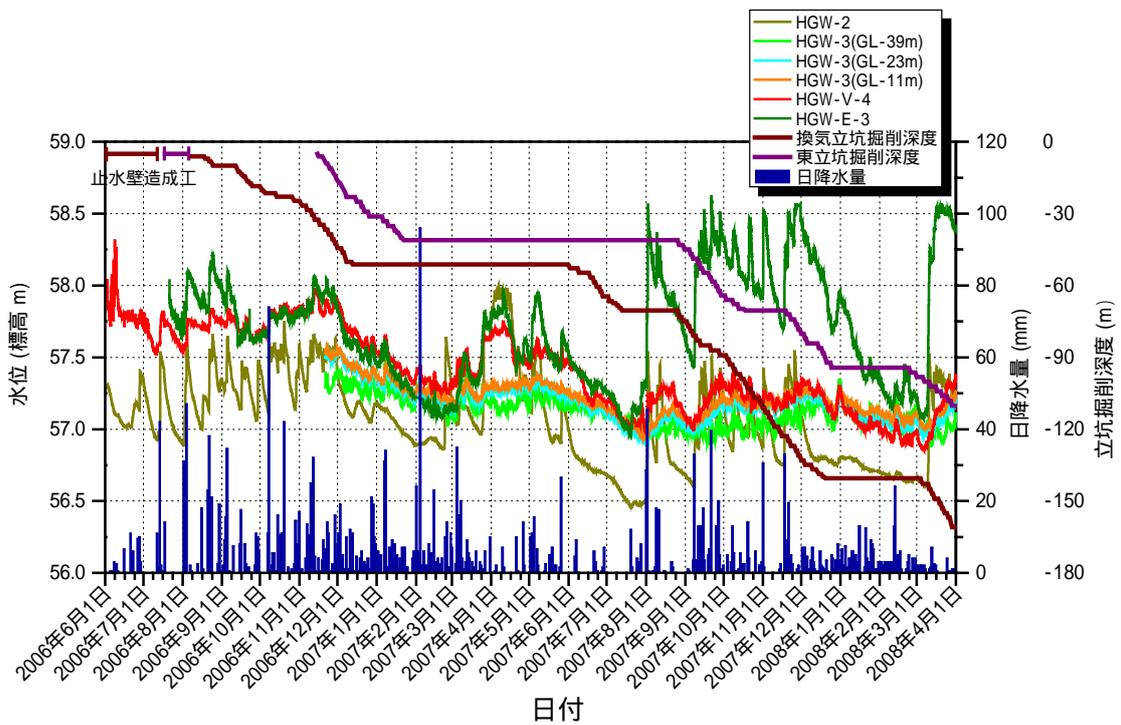


図 10 地下施設近傍 (HGW-2孔、HGW-3孔、HGW-V-4孔、HGW-E-3孔) の地下水位の経時変化

今後は、各観測を継続するとともに、降水量、蒸発散量<sup>\*6</sup>などのデータをより精密に取得するための観測装置を新たに設置し、これまでの観測結果や地下水流動解析の結果との比較を通じて、各観測の精度の向上や信頼性について検討する予定です。また、地下施設の建設が立坑周辺の地下水流動に与える影響についても検討を行っていく予定です。

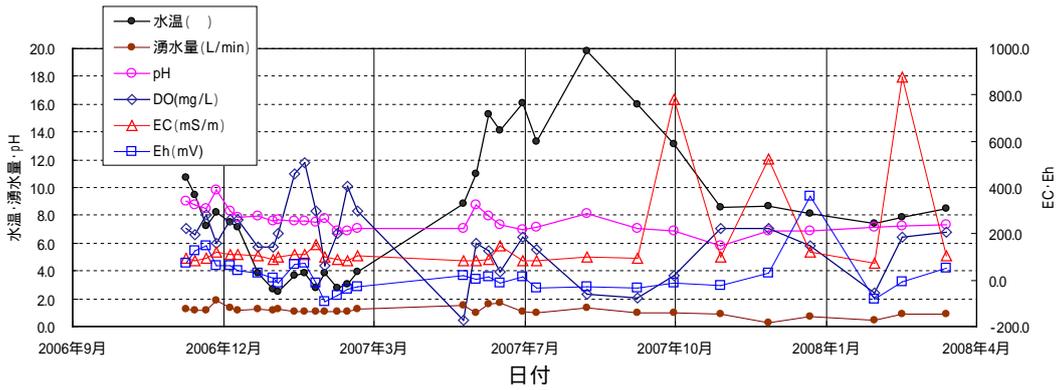
### (3)地下水の地球化学

第2段階における地下水の地球化学に関する調査試験では、第1段階で推定した地下水の水質の空間分布および地下施設の建設に伴い生じる地下水の水質変化を確認することを目的としています。また、坑道内において地下水のpHや酸化還元電位（Eh）などを測定するための装置を製作して、その適用性の確認を行うとともに、坑道近傍の地下水の水質変化を把握することとしています。

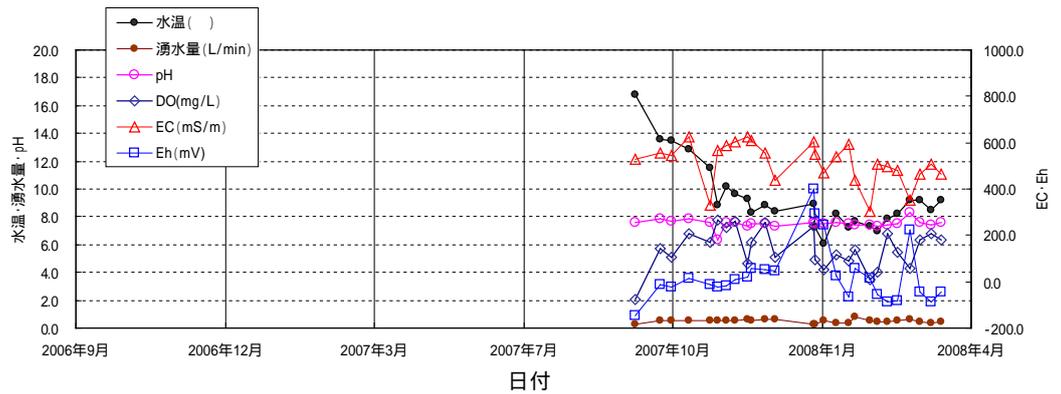
平成19年度は、換気立坑および東立坑に設置した集水リングによる地下水の水質モニタリングを行い、坑道内への湧水の水質に関する情報を取得しました。換気立坑および東立坑に設置した集水リングによる水質モニタリング結果を図11、図12に示します。換気立坑、東立坑ともに、Ehや溶存酸素濃度（DO）の値が、安定しない状態です。これは、坑道内への湧水量が少ないために集水リングに滞留している地下水が、大気中の酸素と接触するためと考えられます。また、電気伝導度（EC）については、既存の調査結果から深度が深くなるにつれて高い値を示すことを予想していました。これまでのモニタリングの結果では、深度とともに電気伝導度が高くない場合も観測されています。このように予測と異なる調査結果が得られたことについては、地質、地下水の流れ方、水質および地下施設の建設工程などのデータを総合的に解釈する必要があり、今後の検討課題となっています。湧水量については、換気立坑および東立坑ともに、深度の増加とともに増加する傾向がみられました。

---

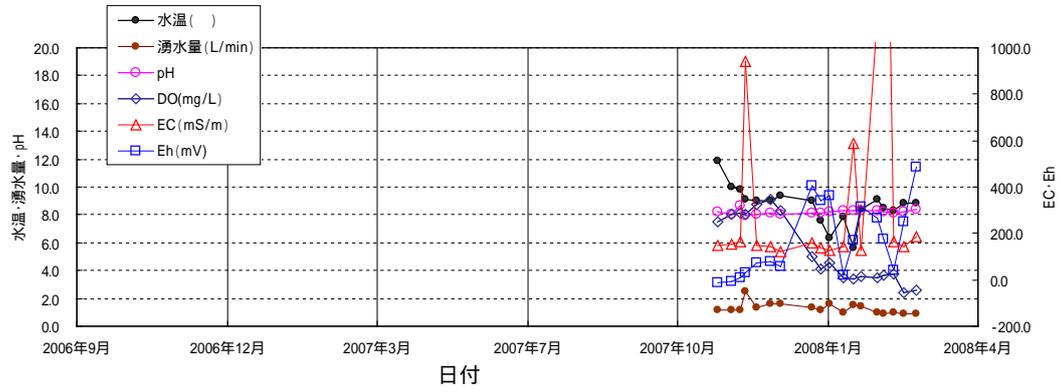
\*6：蒸発散とは、湖沼などからの水面蒸発、土壌からの蒸発と、主に植物の葉からの蒸散の総称です。蒸発散量は、風速、気温、湿度などの気象データから推定することができます。



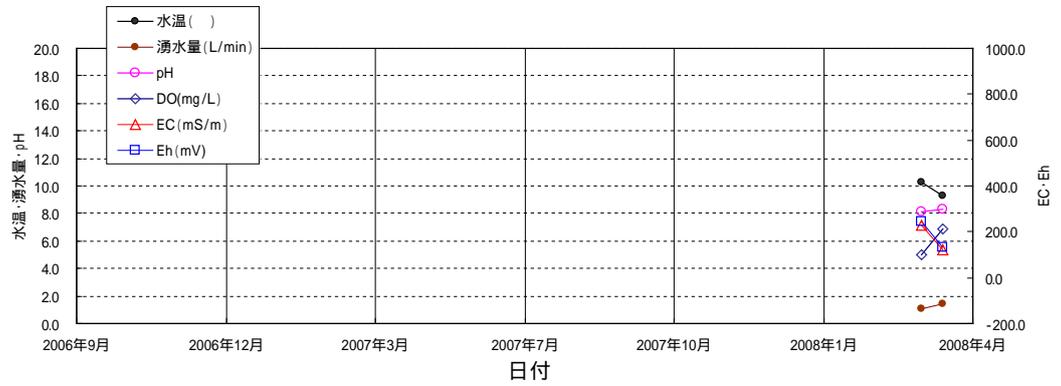
(a) 深度28.5m



(b) 深度63.8m

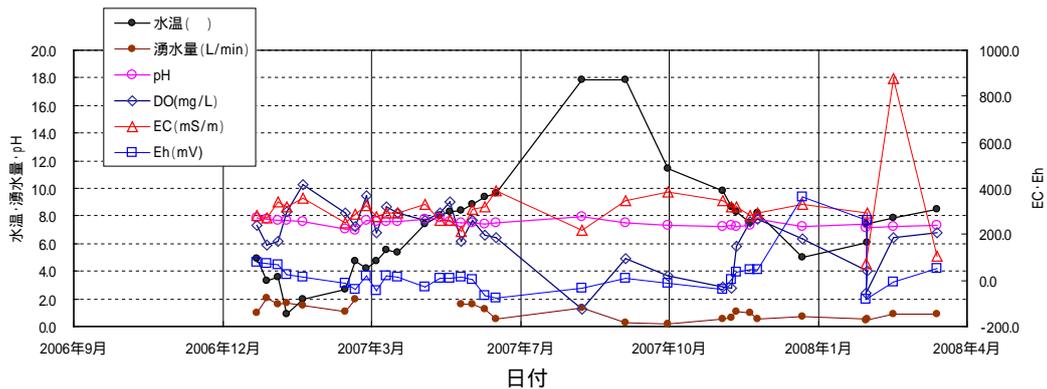


(c) 深度98.0m

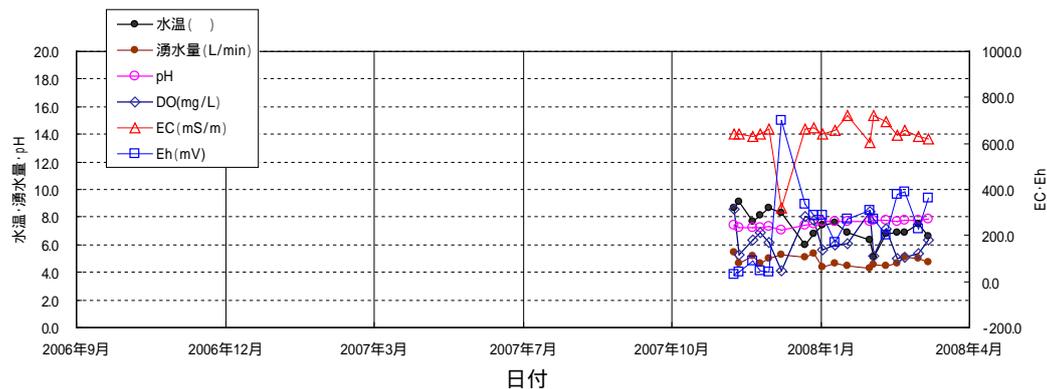


(d) 深度133.8m

図 11 換気立坑の集水リングにおける地下水の水質モニタリング結果



(a) 深度 27.0m



(b) 深度 63.9m

図 12 東立坑の集水リングにおける地下水の水質モニタリング結果

#### (4) 岩盤力学

第2段階では、地下施設周辺の岩盤力学モデルの妥当性確認と更新を目的として、地下施設において、岩盤の力学的性質の分布を確認するとともに、坑道掘削によって生じる周辺岩盤の物性変化の範囲と程度を調査することとしています。

平成19年度は、換気立坑先行ボーリング調査および換気立坑の深度80m、120mにおいて実施したボーリング調査で得られたコアを用いて室内物理試験・力学試験を実施しました。また、換気立坑の深度140mの水平坑道（小型試験錐座）で声問層を対象とした原位置での初期地圧測定を実施しました。

図13にコアを用いた室内物理試験・力学試験結果の一例として、有効間隙率、静弾性係数、一軸圧縮強さ、単位体積重量の結果を示します。図では、稚内層と声問層の境界を0mとして物性値を比較しています。これまでに取得されている換気立坑近傍のボーリング調査（HDB-3、6孔）

から取得した物性値<sup>(5)</sup> (図の×印) の分布と今回取得された物性値 (図の●印：換気立坑先行ボーリング、△印：換気立坑内からのボーリング) の分布が調和的であることが確認されました。

声問層を対象とした原位置での初期地圧測定を図14に示す換気立坑の深度140m小型試錐座において掘削した3本のボーリング孔 (図中の○～孔) にて、水圧破碎法で実施しました。図15に初期地圧測定用のボーリング孔の掘削状況を示します。

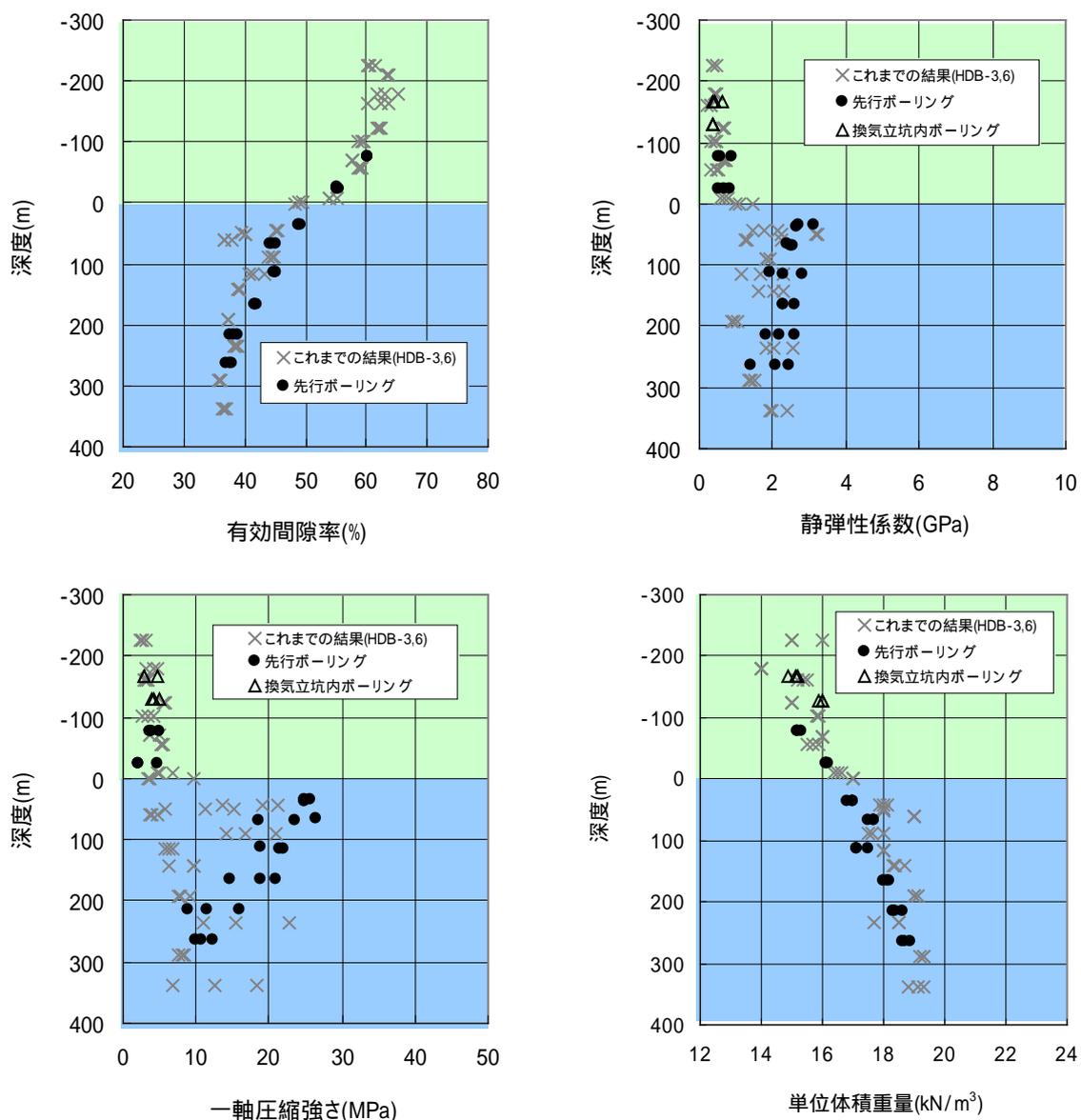


図 13 室内物理試験・力学試験結果の一例  
図の緑色が声問層、青色が稚内層

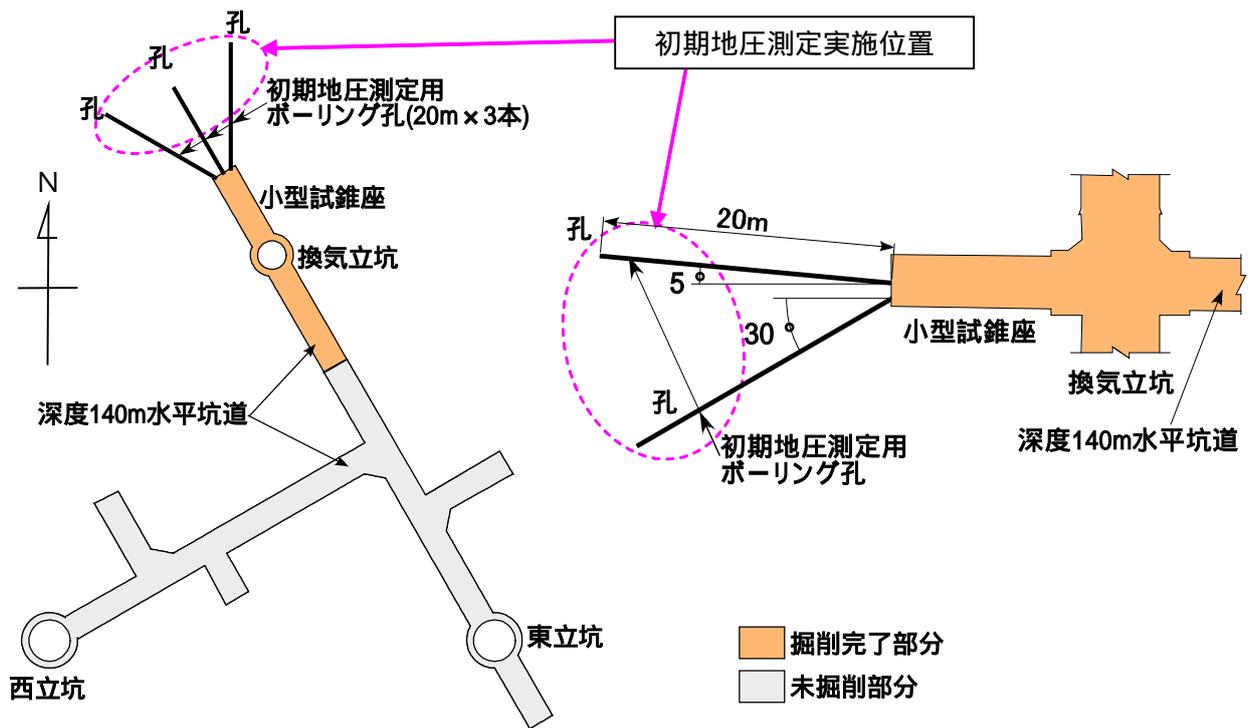


図 14 初期地圧測定実施位置図



図 15 換気立坑小型試錐座における初期地圧測定用ボーリング孔 (図 14 の 孔) の掘削状況

小型試錐座で掘削した3本のボーリング孔では、水圧破碎法から得られた型取の記録よりボアホールブレイクアウト<sup>\*7</sup>と考えられる孔壁の連続的な破壊が認められました。このため、水圧破碎法のほか、ボアホールブレイクアウトの情報からも初期地圧の評価を試みました。図16に初期地圧の測定結果を示します。これら二つの方法で評価した主応力方向の分布には比較的良い一致が認められました。主応力値（ $\sigma_1$ 、 $\sigma_2$ 、 $\sigma_3$ ）についても、 $\sigma_2$ に若干の相違はありますが、概ね整合的です。図17は、これまでに地上から実施したボーリング孔（HDB-1、3、6、9、11孔）での初期地圧測定結果と平成19年度の坑道内での測定結果を水平面内の主応力値として表示してを比較したものです。二つの方法で評価した水平面内の最大主応力値は、その深度分の岩盤の重さにほぼ一致しているものの、これまで得られている結果より小さな値となっています。また、水平面内の最大主応力の方向については、地表から深度1,000m程度までほぼ東西方向であるとの結果が得られていましたが<sup>(5)</sup>、今回の結果では、東西方向から反時計回りに約30°の方向にあるとの結果が得られました。これまでの傾向と異なる原因については、今後、声問層を対象とする深度140mの水平坑道および稚内層を対象とする坑道での初期地圧測定を通じて明らかにする予定です。

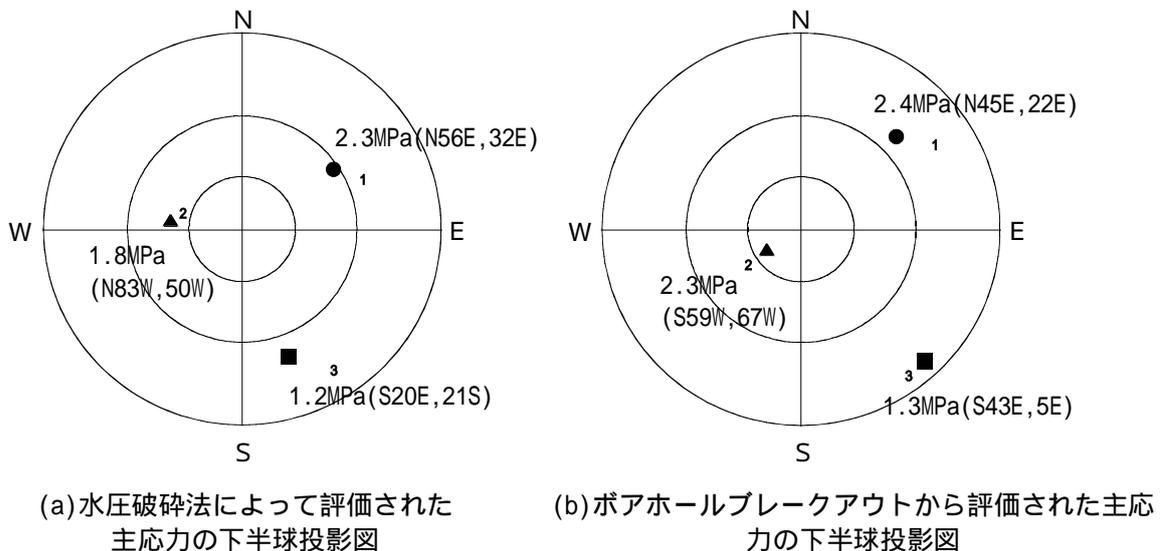


図 16 三次元初期地圧測定結果

図中括弧内は（方位、傾斜）を表す。

\*7：ボーリング孔周辺の最大主応力と最小主応力の差がある場合、ボーリング孔の掘削によって孔周辺に生じた応力集中で、最小主応力が生じている場所に破壊が生じ、それが孔軸方向に連続して生じる現象です。

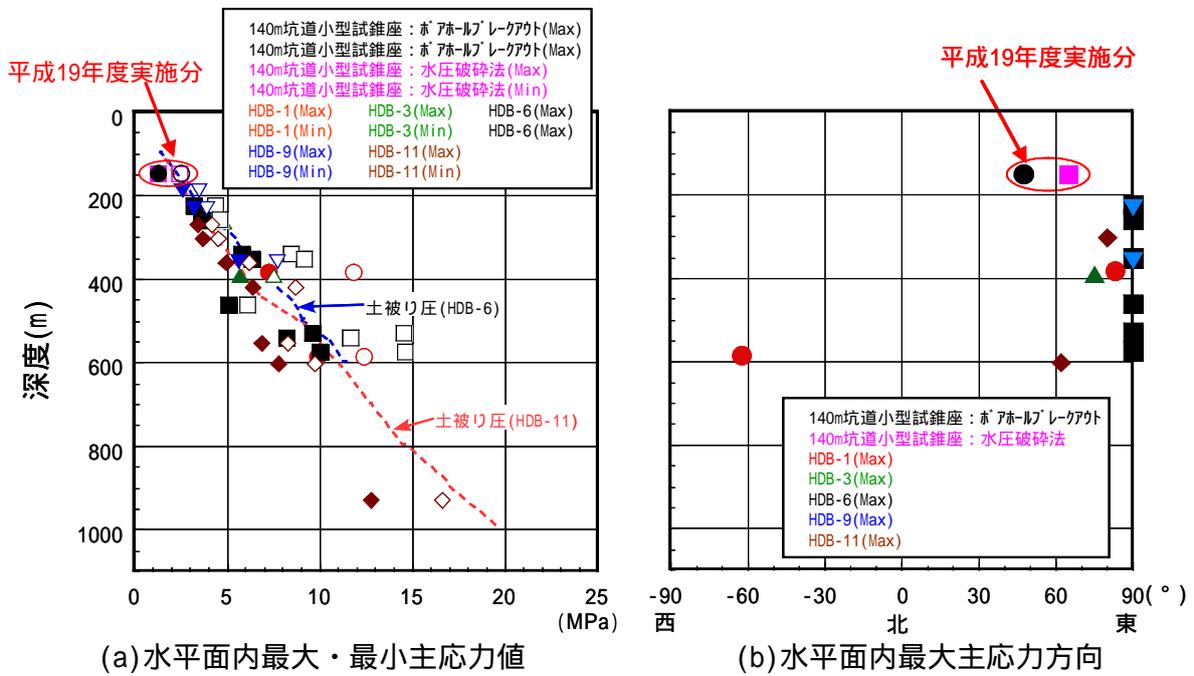


図 17 各初期地圧測定結果の比較  
 凡例の MAX は最大主応力値、Min は最小主応力値を表す。

### 3.1.2 地上からの調査・解析手法の妥当性確認と地質環境モデルの構築

#### (1)地質構造モデル

平成19年度は、坑道壁面における地質観察や換気立坑先行ボーリング調査におけるコア観察で得られた地質・地質構造に関するデータ（地層や断層の分布など）を用いて、地質構造モデルを更新しました。更新した地質構造モデルでは、図18に示すように、地下施設のレイアウト、地下施設周辺の地層境界の分布を三次元的に表現しました。

このように、坑道掘削時の調査結果を用いて、既存の地質構造モデルの更新を逐次行い、地下施設の詳細なレイアウトや地下施設内での調査試験位置の検討、ならびに地下水の流動状態を把握するための水理地質構造モデルの基盤情報として活用していきます。

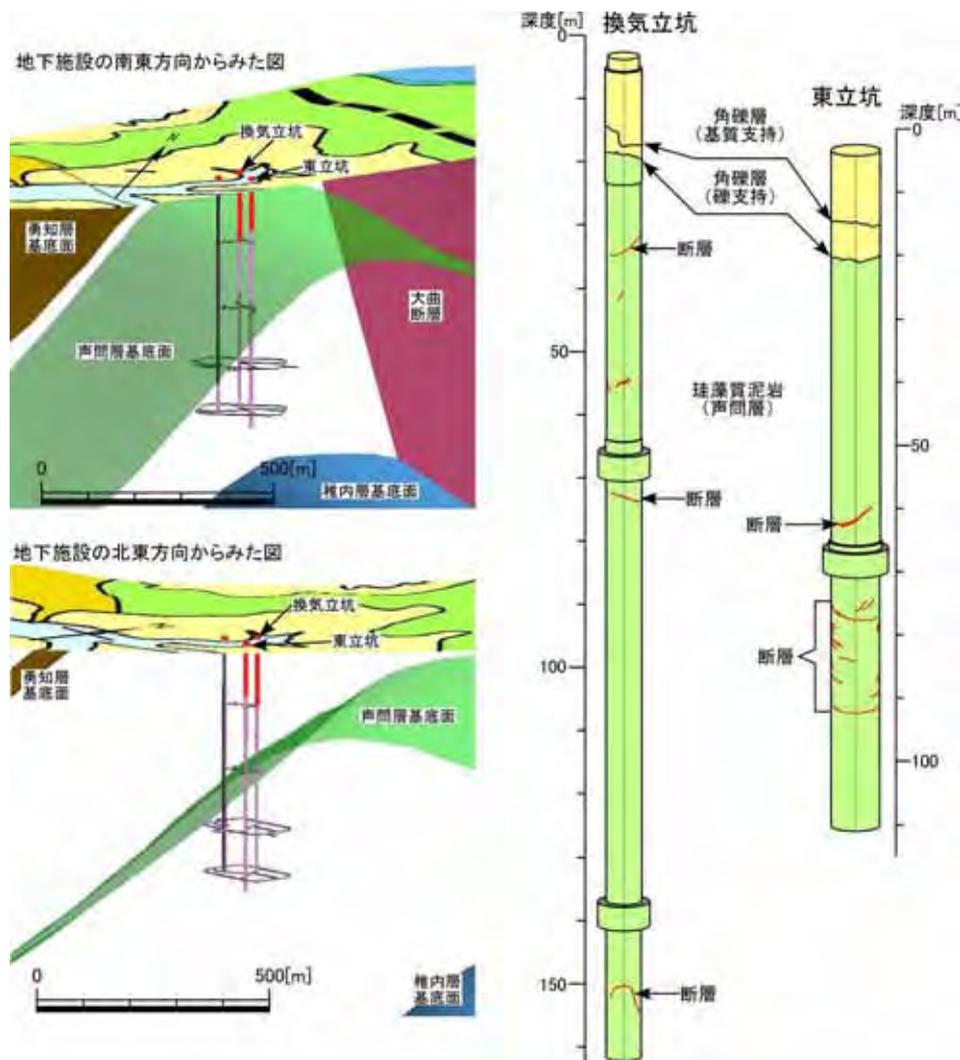
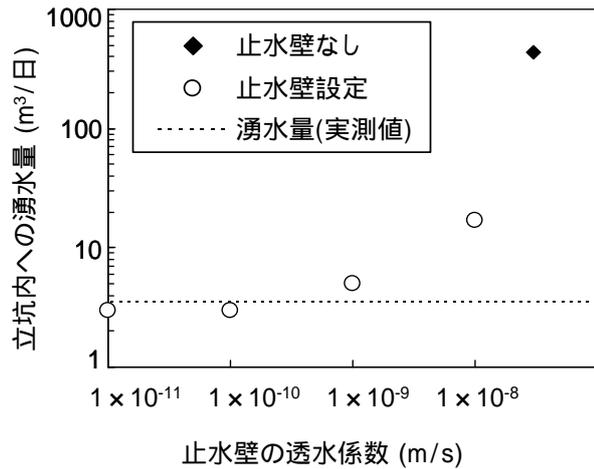
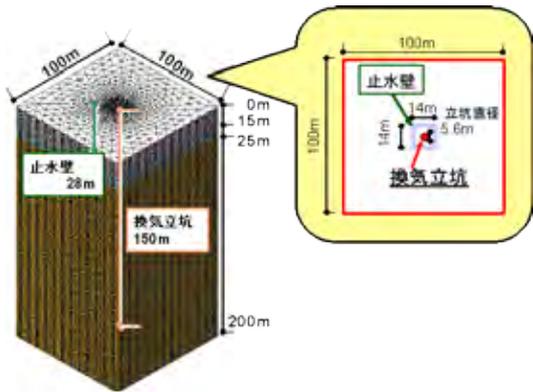


図 18 三次元地質構造モデル

## (2) 岩盤の水理モデル

坑道掘削に伴う周辺地質環境への影響の検討、および作成した水理モデル（水理地質構造モデル）の妥当性の確認を目的として、換気立坑の掘削に伴う坑道内への湧水量の予測解析、および解析結果と実測値との比較を行いました。

換気立坑の掘削前に実施した立坑周辺での浅層ボーリング孔を利用したコアの観察や水理試験結果に基づいて、換気立坑を中心とした東西100m、南北100m、深度200mの範囲における水理地質構造モデルを作成し、地下水流動解析を行いました<sup>(5)、(6)</sup>。その結果、立坑の周囲に設置したコンクリート製の止水壁の湧水抑制効果を確認しました（図19）。さらに、深度100mまで立坑を掘削した際の湧水量の実測値が解析結果と調和的で



(a)解析のために設定したモデル

(b)立坑内への湧水量と止水壁の透水性の関係  
立坑を深度50mまで掘削した場合の解析結果と実測値の比較

図 19 坑道掘削に伴う湧水量を予測するための解析の一例

あったことから、作成したモデルの妥当性を確認しました。

より詳細な湧水量の予測には、地下水流動に影響を及ぼす地質構造や岩盤の透水性などを適切に設定することが重要となります。そのため、換気立坑先行ボーリング調査の結果や、地下施設の建設の進捗に応じて、坑道壁面の地質観察や湧水量の測定、水理試験などを通じて取得される地質環境に関する情報に基づき精度の高いモデルを作成し、湧水量の予測を行う予定です。

### (3)地下水の地球化学モデル

坑道掘削を行うと、周辺の地下水圧が低下することなどにより、地下水や岩石の化学的状態が変化すると考えられます。例えば、地下水中の二酸化炭素が脱ガスすると地下水のpHがアルカリ側に変化すると考えられています。また、坑道掘削後に設置されるコンクリート支保工の近傍では、セメントと地下水の反応により地下水のpHが高くなり、これと接触する岩盤では鉱物の変質と考えられます。このようなpHの変化は、地下施設近傍における地下水の水質（溶存イオンの濃度や存在状態）を変化させると考えられます。

平成19年度は、坑道周辺における地下水の水質や鉱物の変質に関する概念モデルを検討しました（図20）。この概念モデルに基づき、地下施設の建設に伴ってその周辺で生じる地下水の水質ならびに岩石鉱物の変質

を予測する解析技術の開発を行い、試解析を実施しました（図21）。さらに、坑道周辺の溶存ガスや水質の変化を高解像度で予測するシミュレーション技術の開発にも着手しました。

今後は、予測した地下水や岩石の変化と実際の岩石の化学分析や鉱物分析の結果などを比較することにより、開発した解析技術の適用性について確認する予定です。

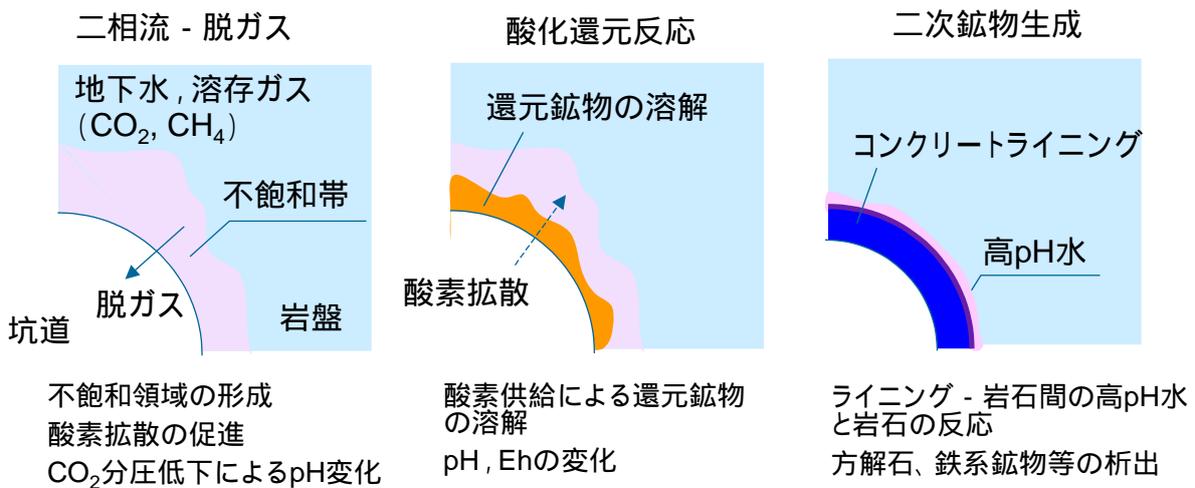


図 20 坑道周辺の地球化学反応と水質変化の要因

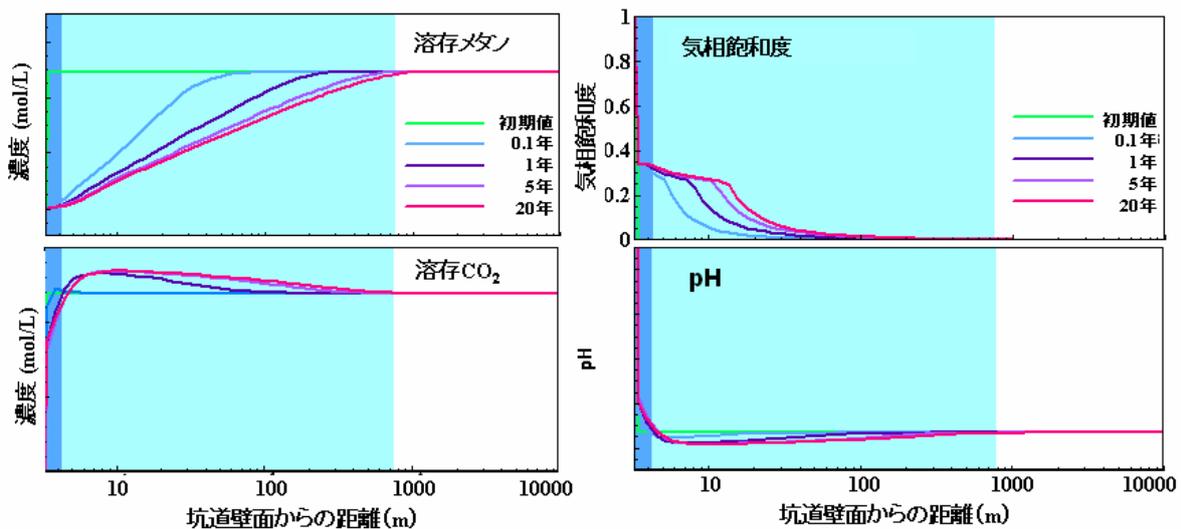


図 21 坑道周辺の溶存ガスの脱ガスによる pH の変化

#### (4) 岩盤力学モデル

平成19年度は、換気立坑先行ボーリング調査および換気立坑の深度80m、120mにおいて実施したボーリング調査で得られたコアを用いた室内物理試験・力学試験で得られた物性値を、平成18年度に設定した岩盤力学モデルの物性値と比較しました。図22に物性値の一例として単位体積重量、静弾性係数、ポアソン比、圧裂引張強さ、粘着力、内部摩擦角の比較を示します。平成18年度の岩盤力学モデルの物性値は地表からのボーリング調査で得られている結果から設定しましたが、立坑掘削時に行った原位置試験の値（静弾性係数）や坑道内で実施したボーリング調査で得られた値とは必ずしも一致しないことがわかりました。また、初期地圧に関しては、解析では水平面内の最大主応力と最小主応力の比率（最大主応力/最小主応力）を1.4と設定しましたが、3.1.1(4)で示したように換気立坑の深度140mにおける初期地圧の測定結果からは、この深度における水平面内の最大主応力と最小主応力の比率は約1.7でした。

図23は、立坑周辺の岩盤の変位を計測するために設置した岩盤内変位計による計測結果と平成18年度に設定した岩盤力学モデルの解析結果との比較の一例を示したものです。図は、換気立坑の深度83.5mと121.5mに設置した変位計の値を切羽通過後の距離に対して示しました。図22に示したように、解析で設定した物理特性・力学特性あるいは初期地圧が原位置での計測値と必ずしも一致していないことから、変位の値そのもの

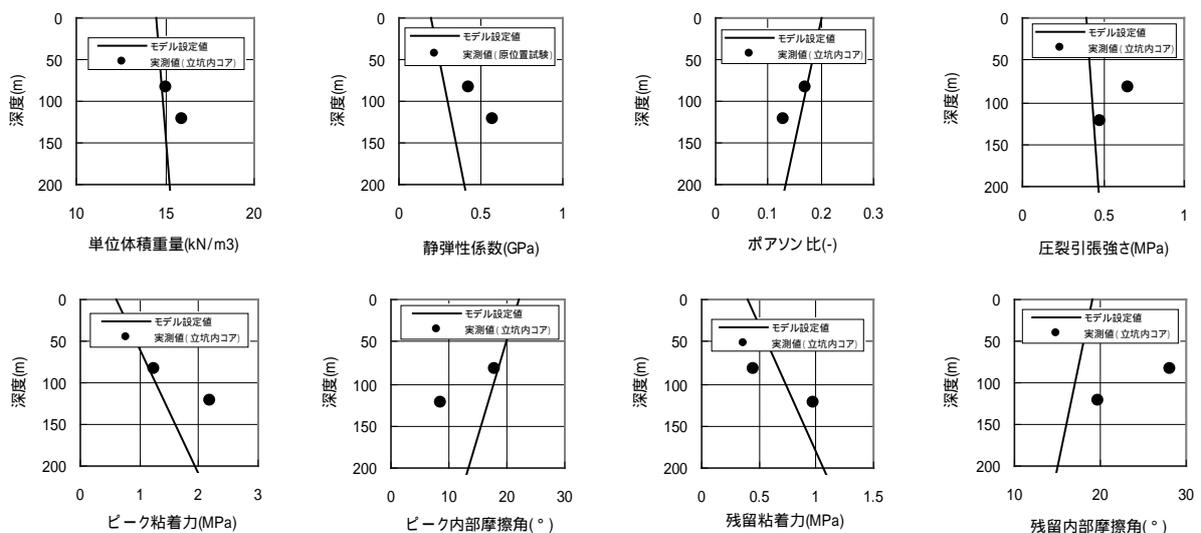


図 22 物理特性・力学特性の比較の一例

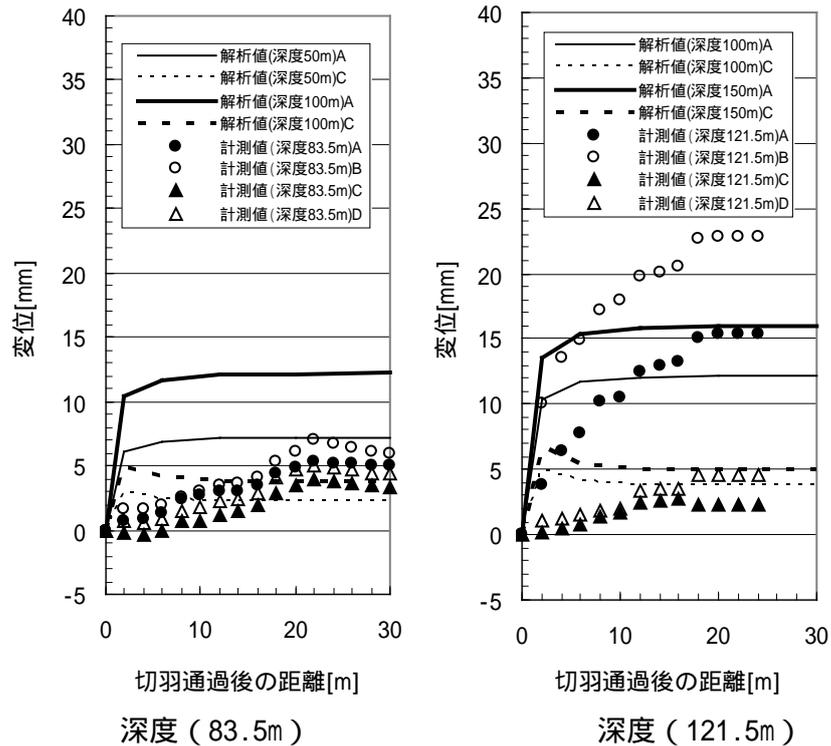


図 23 岩盤内変位計による計測結果と解析結果比較の一例

には差が生じています。しかしながら、岩盤変位の傾向については表現することができました。

これらの結果から、変位計の設置深度から掘削が進行する（切羽通過後の距離が長くなる）と、岩盤は坑道の断面を小さくする方向に変位しますが、ある程度掘削が進行すると、その変位は収束することがわかりました。この変位の大きさは、変位計の設置深度が深くなると増加します。また、同じ深度においても、計測の方向の違い（計測方向ABの線上と、それと直行するCDの線上）により変位の大きさに差が出ることをわかりました。

今後は、物理特性・力学特性や変位に関するデータの蓄積を図り、岩盤力学モデルやモデル解析に用いる物性値の見直しなどを行うとともに、坑道の周辺岩盤の物性変化の範囲やその程度について検討していきます。

### 3.1.3 調査技術・調査機器開発

#### (1) コントロールボーリング技術の開発

地表からの調査技術開発の継続として、財団法人電力中央研究所<sup>\*8</sup>（以下、電中研）との共同研究でコントロールボーリング技術の開発を継続しました。平成19年度は、平成18年度に引き続いて、上幌延地区において、大曲断層の断層破碎帯を対象とした掘削技術の適用性を確認するために、掘削長約694mまで掘削を行いました<sup>(7)</sup>。また掘削中に水理試験などを実施し、装置の適用性を確認しました。地下水の間隙水圧のモニタリングシステムの適用性を確認するため、敷地内に掘削長80m程度のボーリング孔を掘削し、モニタリング装置を設置しました。

#### (2) 岩盤の水理に関する調査機器開発

坑道掘削時の発破による振動や、応力解放および応力の再配分などの影響により、坑道周辺に力学的・水理学的性質が変化する領域が発生すると考えられています。平成19年度は、このような坑道周辺の水理学的性質の変化を計測する試験機器の適用性を確認するため、坑道内において試験を実施しました。その結果、坑道掘削前の地下水の間隙水圧は立坑の壁面からの距離に応じて高くなる傾向を示し、坑道周辺の水理特性と調和していることから、装置の適用性が確認できました。

また、坑道掘削時に実施した透水試験では、掘削に伴う間隙水圧と水理特性の変化が観測されました。図 24 に坑道掘削に伴う透水性の変化を示します。坑道の掘削に伴ってその周辺の岩盤の透水性は高くなるだけでなく、低くなる可能性も示唆されました。

---

\*8：財団法人 電力中央研究所は、電力技術の専門研究機関であり、原子力技術、先進保守技術、環境・革新技術、最適エネルギー利用技術、社会・経営リスクマネジメントを研究開発課題としています。原子力技術の一環として、高レベル放射性廃棄物の地層処分技術に関する研究開発を実施しています。

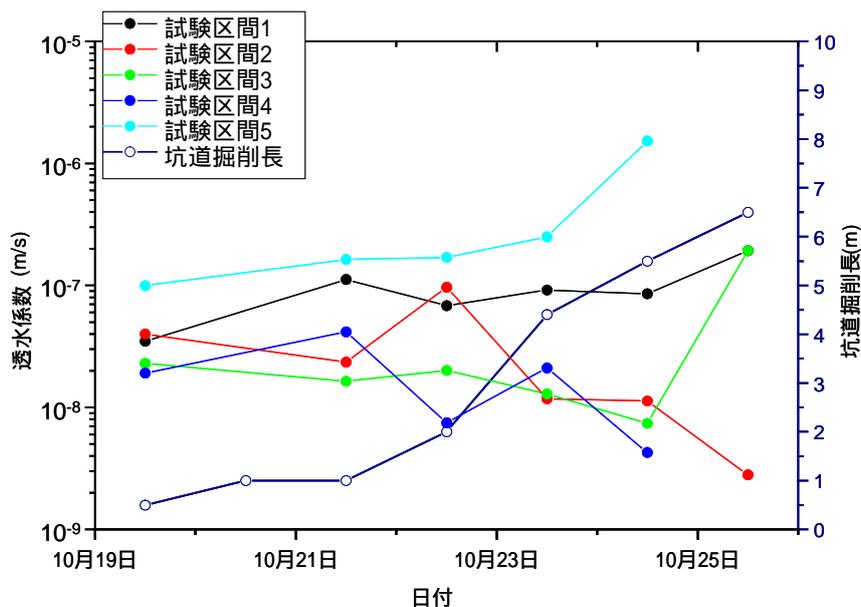


図 24 坑道の掘削長と透水係数の変化の関係

### (3) 岩盤力学に関する調査機器開発

坑道掘削直後からの岩盤の変形を長期的に安定して計測できる光ファイバー式地中変位計の開発を、平成 18 年度に引き続き行いました。

平成19年度は、開発した地中変位計の性能と作業性の確認のために換気立坑における深度70mの水平坑道にて、原位置適用性試験を行いました。図25に示すように、水平坑道から長さ12mのボーリング孔を掘削し、その孔内に地中変位計を設置しました。その後、立坑掘削に伴う岩盤の変形挙動を把握するために設置直後から約4ヶ月間の連続計測を行いました。図26に原位置適用性試験の結果の一例を示します。図の横軸は坑壁からの距離を表し、縦軸は最深部に設置したアンカーを不動点とした場合の累積変位量を示しています。時間の経過に伴い累積変位量がわずかに増加しており、岩盤が水平坑道側に変形している可能性があることを示しています。今後は、得られたデータの信頼性確認のための室内試験や原位置試験を行う予定です。

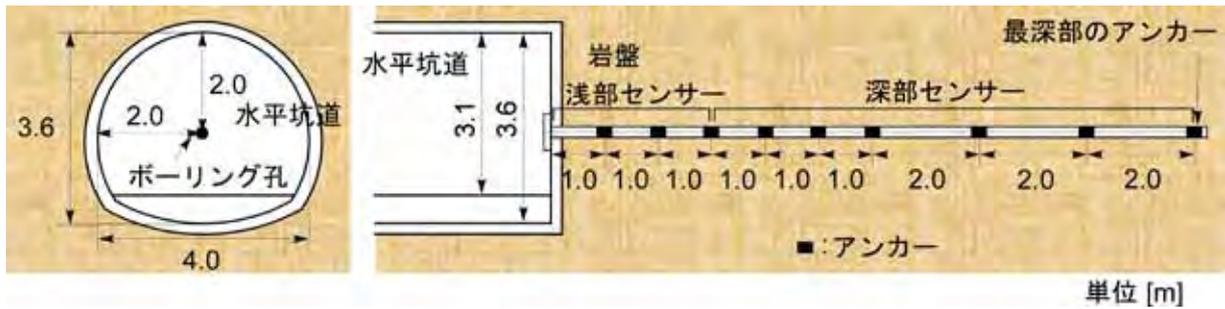


図 25 原位置適用性試験のレイアウト

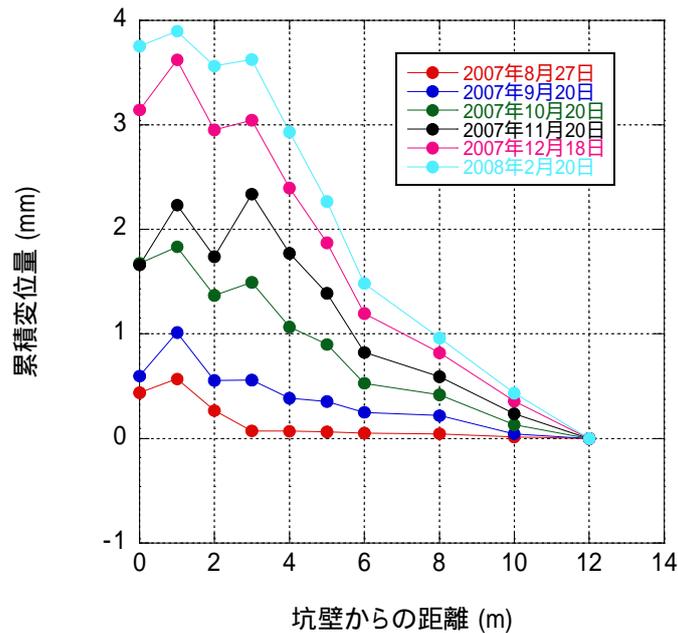


図 26 最深部に設置したセンサーを不動点とした場合の累積変位量  
変位量は水平坑道に張り出す向きを正の値とする。

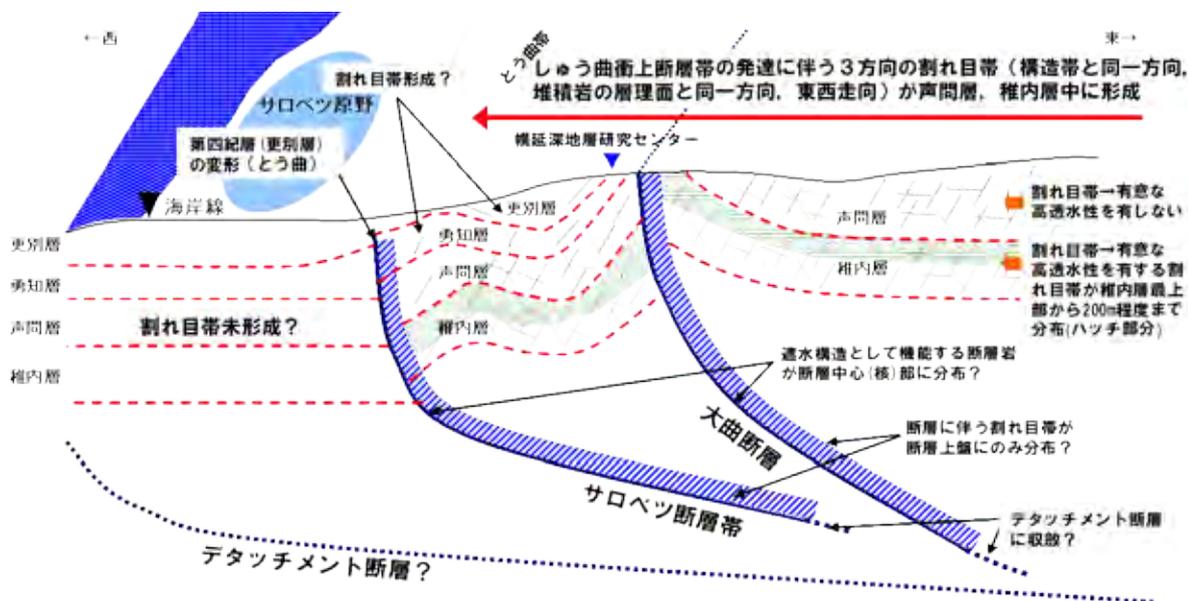
#### (4) 塩水と淡水が混在する場における地下水流動などに関する調査 技術開発

平成19年度に着手した塩水と淡水が混在する場における地下水流動、水質形成および物質移動に関する調査は、独立行政法人産業技術総合研究所<sup>\*9</sup>（以下、産総研）との共同研究、および電中研との共同研究を活用して実施しました。原子力機構は、既存情報の収集・整理と解釈を行い、図27(a)および(b)に示すような幌延町沿岸域の二つの地質環境の概念モ

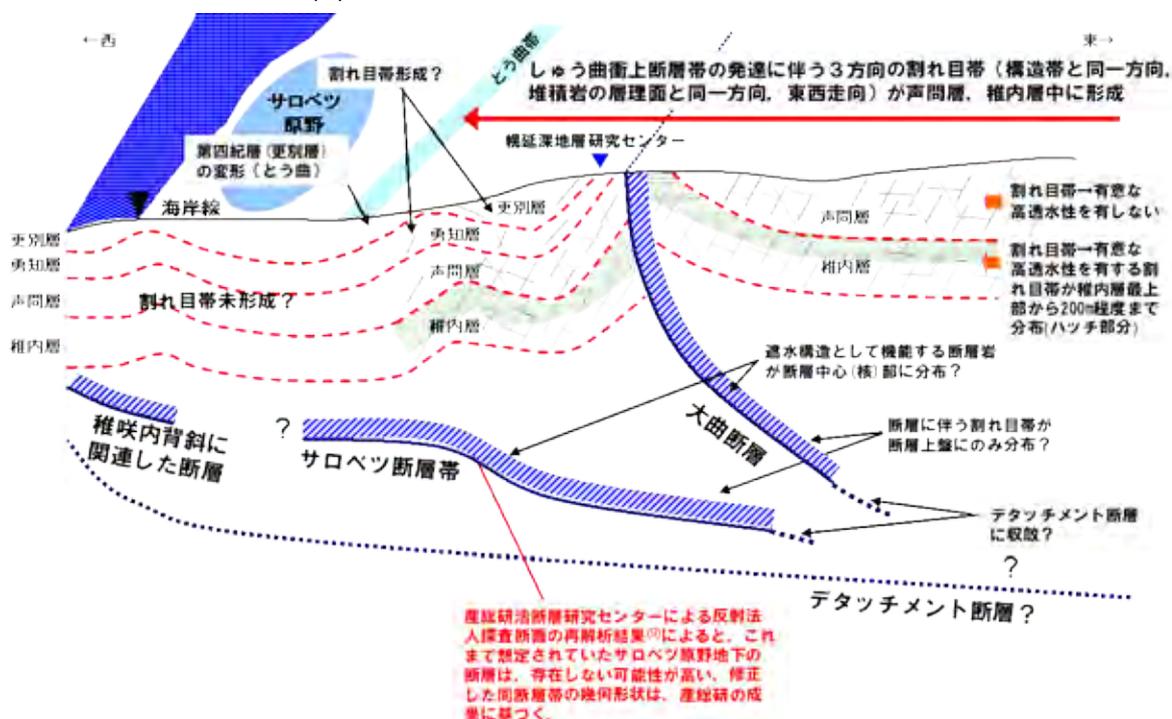
\*9：独立行政法人 産業技術総合研究所は、通商産業省工業技術院などを経て、平成13年の独立行政法人化により発足しました。産業技術の広い分野における様々な技術開発を総合的に行っている、日本最大級の研究組織です。現在の研究分野は「ライフサイエンス」、「情報通信・エレクトロニクス」、「ナノテクノロジー・材料・製造」、「環境・エネルギー」、「地質」、「標準・計測」の6分野に大別されます。

デルを構築しました。

既存情報の収集・整理と解釈の結果に基づき地質環境の概念モデルを構築することで、幌延町沿岸域における地質環境特性を把握するための課題を抽出することができました。また、原子力機構は、物理探査やボ



(a) 石油公団<sup>(8)</sup>の既存情報に基づく断面図



(b) 産総研<sup>(9)</sup>の既存情報に基づく断面図

図 27 既存情報に基づく地質環境概念モデル

デタッチメント断層：数 km 以上の地下深部に発達する大規模かつ低角度の断層。この断層の上盤側では断層やしゅう曲などの地層の変形が著しく、下盤側ではほとんど変形が認められないことが多い。また、地層境界に沿って発達することが多い。

ーリング調査の計画を立案し、産総研は、陸上での電磁探査を実施して、地下施設建設位置から海岸までの地質状況を把握するためのデータを取得しました。

原子力機構は、上記の共同研究を通じて、沿岸域を対象とした既存情報の収集・整理から調査計画の立案にいたる作業のノウハウや判断根拠を抽出・整理しました。

#### (5) 比抵抗モニタリングを利用した水質調査技術の開発

第1段階の調査研究の結果から、岩盤中の見掛比抵抗と地下水の水質との関係には良好な相関があることがわかったため、地下施設建設に伴う周辺地下水の水質モニタリングを目的として、図28に示すような既存の深層ボーリング孔間を結ぶ二つの測線を配置して電気探査により、岩盤中の見掛比抵抗分布の測定を平成18年度から実施しています。平成19年度に取得した見掛比抵抗分布を図29、図30に示します。平成18年度と平成19年度に得られた岩盤中の見掛比抵抗分布を比較すると、全体的に見掛比抵抗の値や分布形状が大きく変わる区域はみられませんでした。深度の深い部分で見掛比抵抗の変化がやや大きい箇所が認められますが、



図 28 電気探査の測線配置

これが測定誤差によるものなのか地下の比抵抗変化を捉えているものか、現段階では評価することは難しいと考えられます。立坑付近に関しては、立坑掘削に起因すると考えられる明瞭な比抵抗の変化域は認められませんでした。

今後も年1回程度、同じ測線上で電気探査を実施し地下施設建設に伴う岩盤中の比抵抗の変化を観測していく予定です。

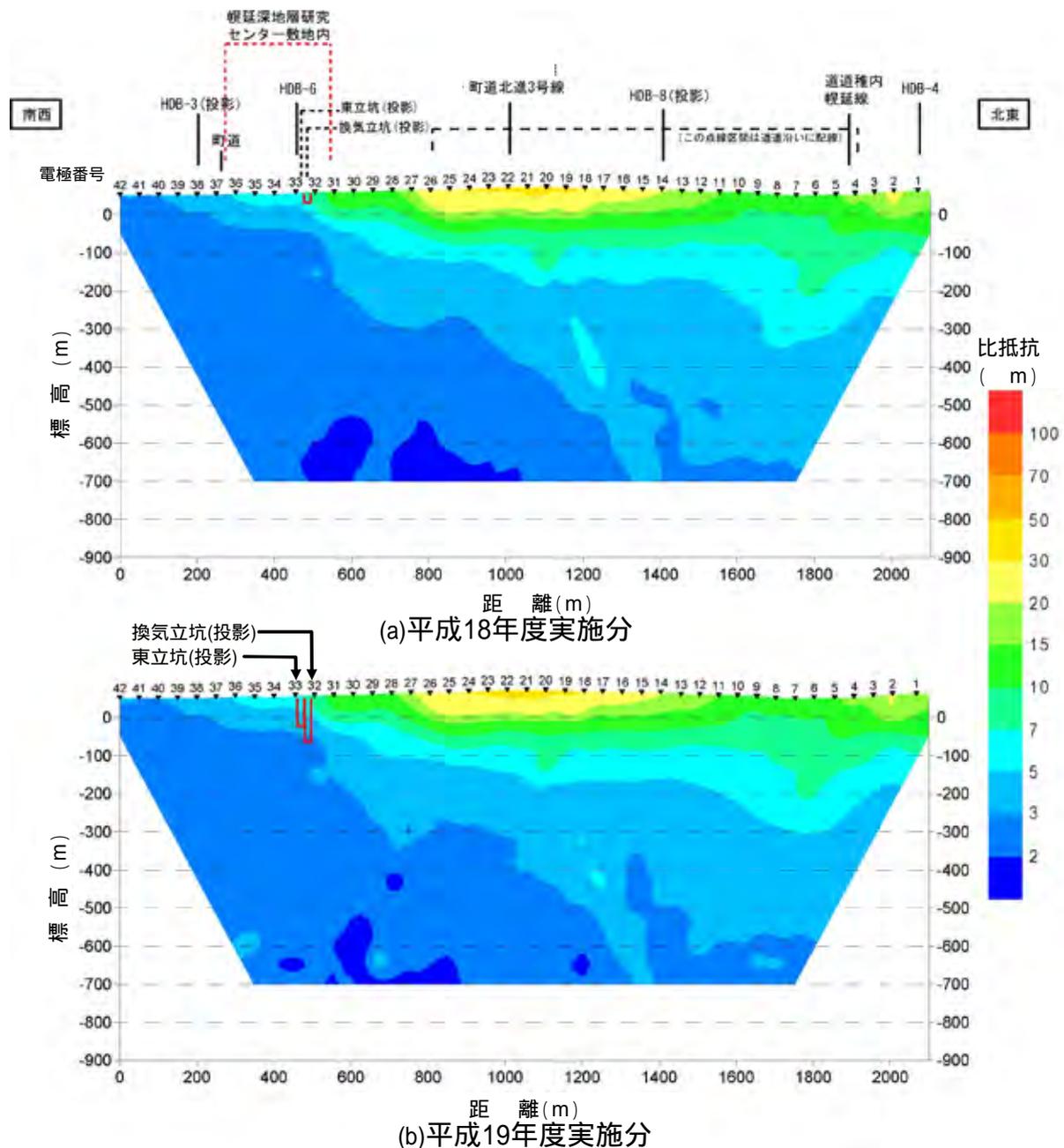
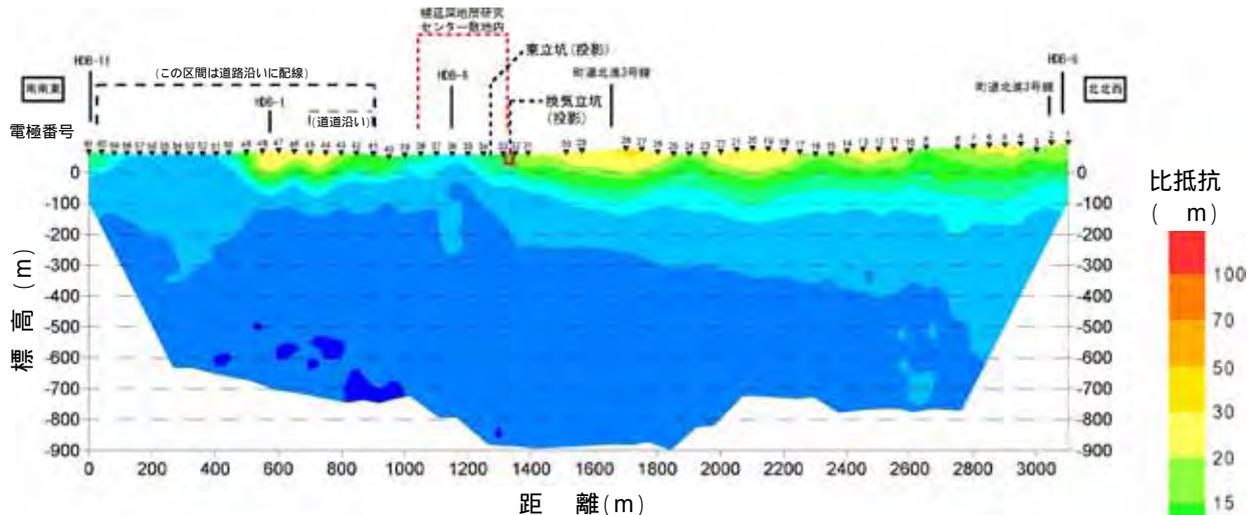
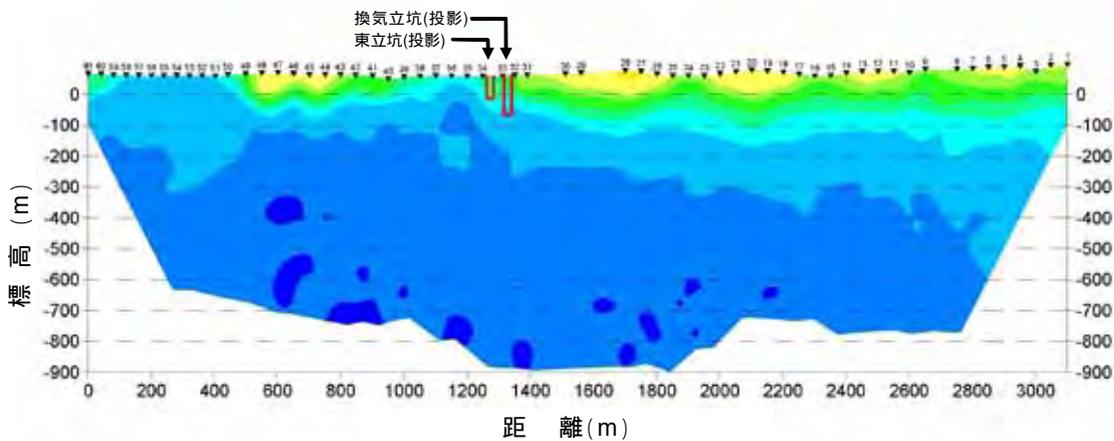


図 29 電気探査で得られた見掛比抵抗分布(測線 1)



(a)平成 18 年度実施分



(b)平成19年度実施分

図 30 電気探査で得られた見掛比抵抗分布(測線 2)

### 3.2 地質環境モニタリング技術開発

#### 3.2.1 ボーリング孔を用いたモニタリング技術開発

第2段階では、地下施設の建設が地下水の水圧・水質に与える影響を観測する技術の整備、岩盤の水理モデルや地下水の地球化学モデルの構築、地下水流動解析などに必要なデータの取得、および構築したモデルや解析結果の妥当性を確認するためのデータの取得を目的として技術開発を行っています。

平成19年度までに、HDB-1～3孔およびHDB-6～10孔に地下水の水圧・水質の長期モニタリング装置（以下、長期モニタリング装置）を設置し、モニタリングを開始しました。また、HDB-4孔では、孔壁保持のために設

置したケーシングやケーシング設置時に使用したセメントが地下水の水質に及ぼす影響について調べるため、採水・分析を継続しました。HDB-5孔には長期モニタリング装置を設置するためのケーシングを設置しました(図31)。

図32にHDB-9孔(孔口標高97.188m)の地下水圧のモニタリング結果を示します。HDB-9孔の間隙水圧の変化は、平成18年度と同様、深度34.02mの測定区間において、積雪地域にみられる雪解け時期の水圧上昇と、降雨による水圧の上昇がみられますが、立坑の掘削に伴う変化などは観測されていません。

HDB-4孔では水質観測をボーリング孔掘削時から継続しており、平成19年度までに水質がほぼ一定になったことが確認されました(図33)。このことからHDB-4孔での採水・分析を終了し、HDB-4孔に新たに地下水の水圧観測用の圧力計を設置しました。

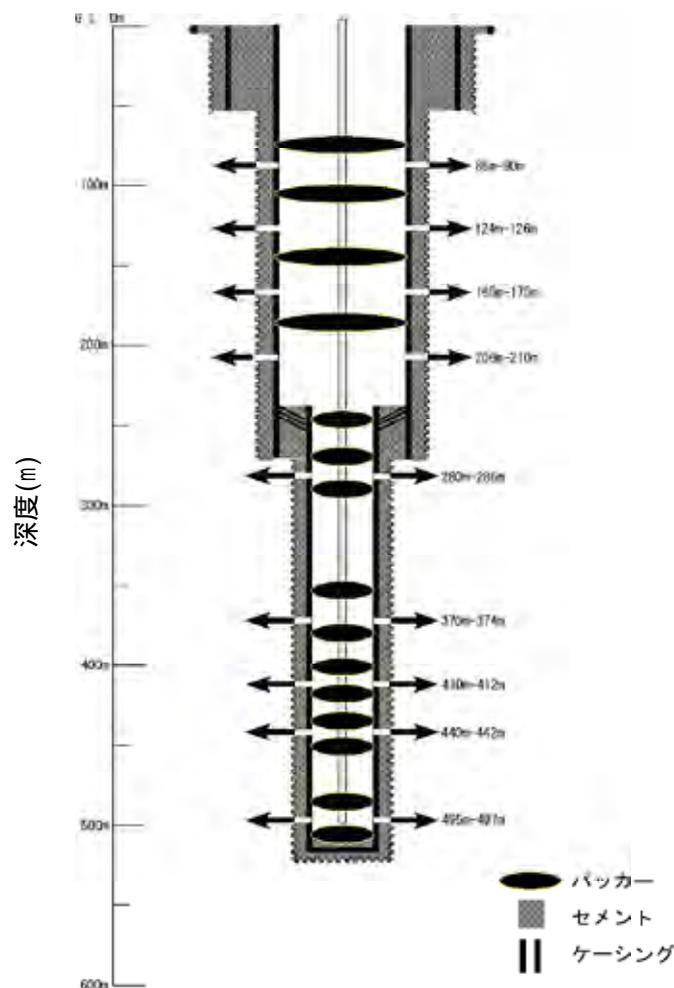


図 31 HDB-5 孔におけるケーシングの設置状況

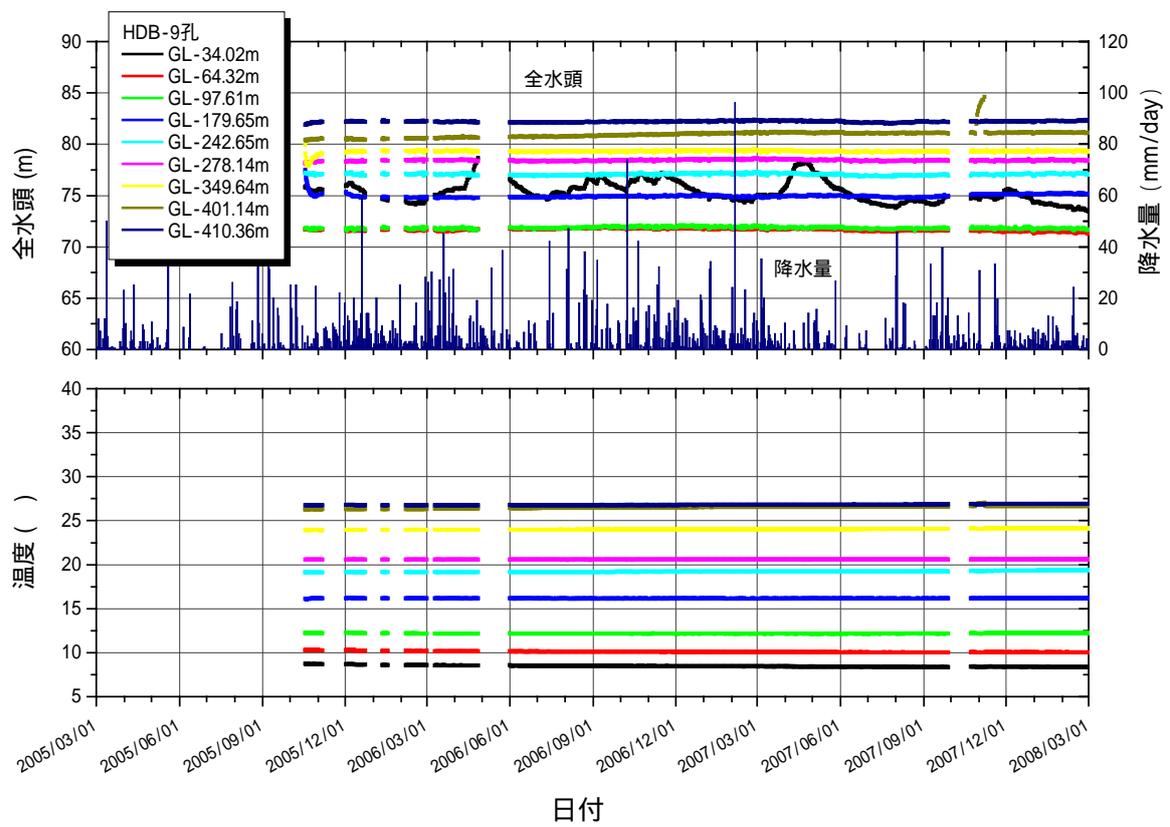


図 32 HDB-9 孔における地下水の間隙水圧の測定例

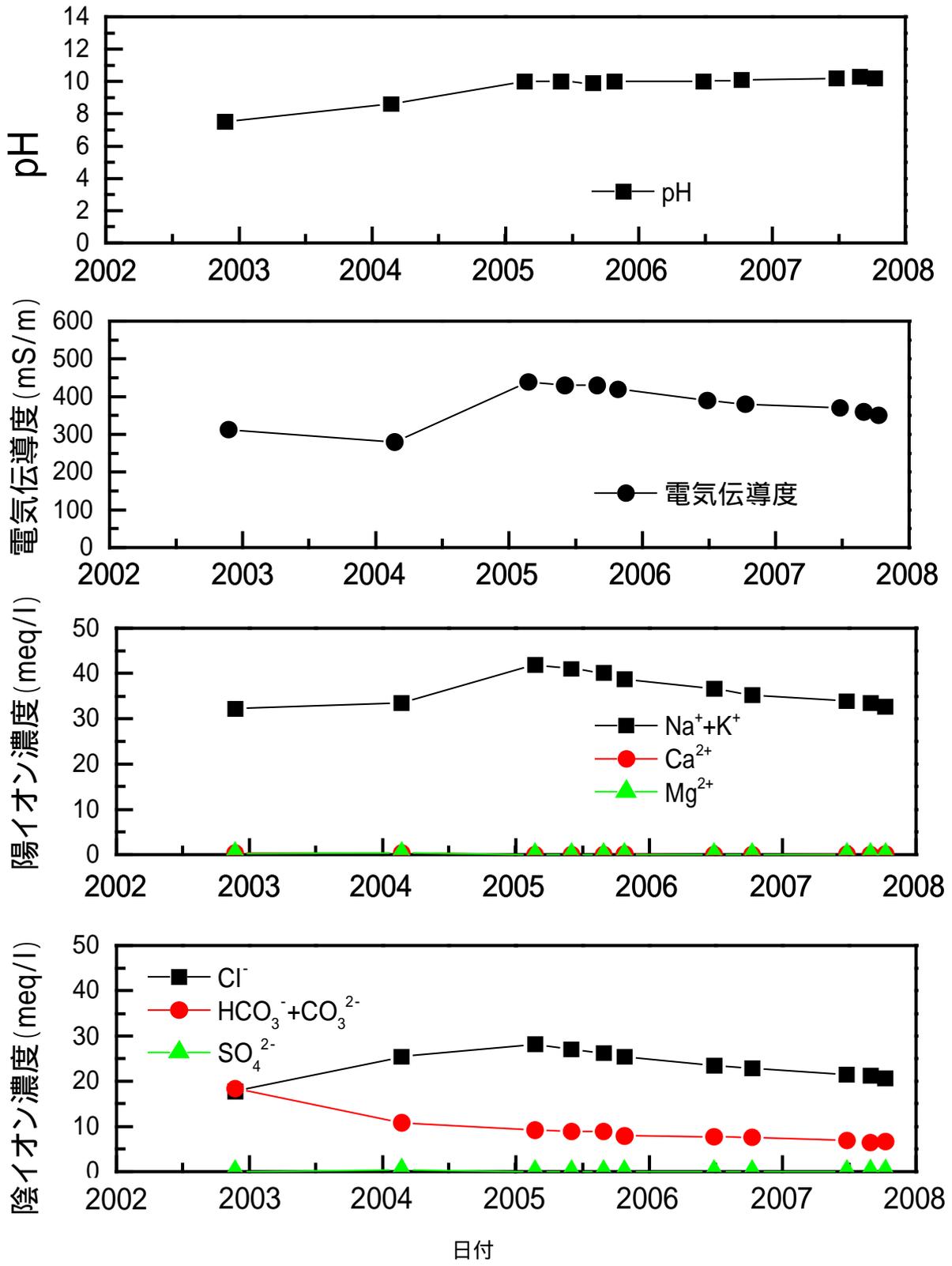


図 33 地下水の水質分析結果 (HDB-4孔)

### 3.2.2 遠隔監視システムの開発

遠隔監視システムの開発は、精密に制御した弾性波や電磁波の連続信号を用いる「アクロス」\*10と呼ばれる信号システムを応用して、地下施設の建設に伴う地質環境の変化(地下水位や岩盤の力学的物性の変化など)を地表付近から精度良く把握する技術の確立を目標としています。

平成17年度までに、弾性波と電磁波の観測システムを設置し、試験観測を経て、長期観測を開始しました。平成19年度は、これらの装置を使った長期観測を継続しました。また、地下施設建設に伴う地質環境の変化が遠隔監視システムの受信信号にどのような変化をもたらすかを検討するための波動場シミュレーションを行いました。

遠隔監視システムの送信点と受信点の配置を図34に示します。シミュレーションでは、このような送受信点の配置や、これまでの調査研究によってわかってきた研究所周辺の地下構造、さらには地下施設の建設に

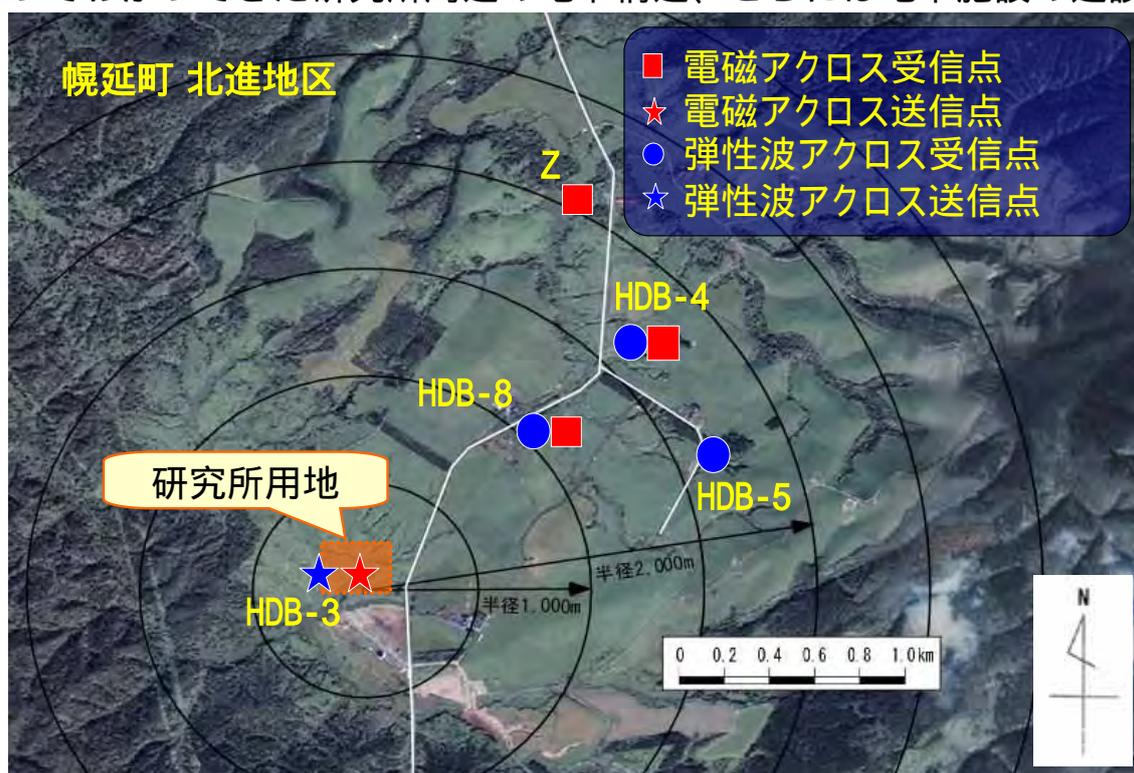


図 34 遠隔監視システムの観測機器配置図  
IKONOS衛星画像データ\*11を利用

\*10 : アクロス (ACROSS) は、「精密制御定常信号システム」の英訳、Accurately Controlled Routinely Operated Signal System の頭文字をつないだ略語です。

\*11 : IKONOS 衛星画像データの所有権・著作権は日本スペースイメージング(株)にあり、正規登録ユーザーとしての利用許諾を得て、これを使用したものです。

伴う立坑近傍の地質環境の変化を想定したモデルをもとに、送信された弾性波や電磁波がどのように伝わっていくかについて、コンピュータ上でのシミュレーションを行いました。このようなシミュレーションによって、実際に観測を行っている各受信点、あるいは仮想の受信点で、どのような信号が受信されるかを知ることができます。また、様々な地質環境の変化などの条件を想定したモデルによる計算を行うことで、地下施設建設に伴う地質環境の変化により受信信号にどのような変化が現れるかを検討することができます。

図35は、弾性波についてのシミュレーション結果の例です。この例は、送信点（HDB-3）から発せられた弾性波が、地表をどのように伝わっていくかを示しており、暖色系になるほど地表の変位（動き）が大きいことを表しています。また、(a)～(d)は、それぞれ弾性波を送信した0.2秒後、0.6秒後、1.2秒後、1.8秒後の状態を示しています。これらの図より、弾性波が時間の経過とともに、送信点を中心として同心円状に広がっていく様子がわかります。また図35(b)からは、送信点の近傍に位置する立坑で反射する弾性波と、反射せずにそのまま周囲に伝わっていく弾性波があることがわかりました。

今後は、長期観測を継続しつつ、地下施設建設に伴う地質環境の変化が観測結果にどのようなかたちで現れるかを検討するため様々なケースを想定したシミュレーションを行い、本システムによる観測結果から地質環境の変化を把握するための解析に繋げていきます。

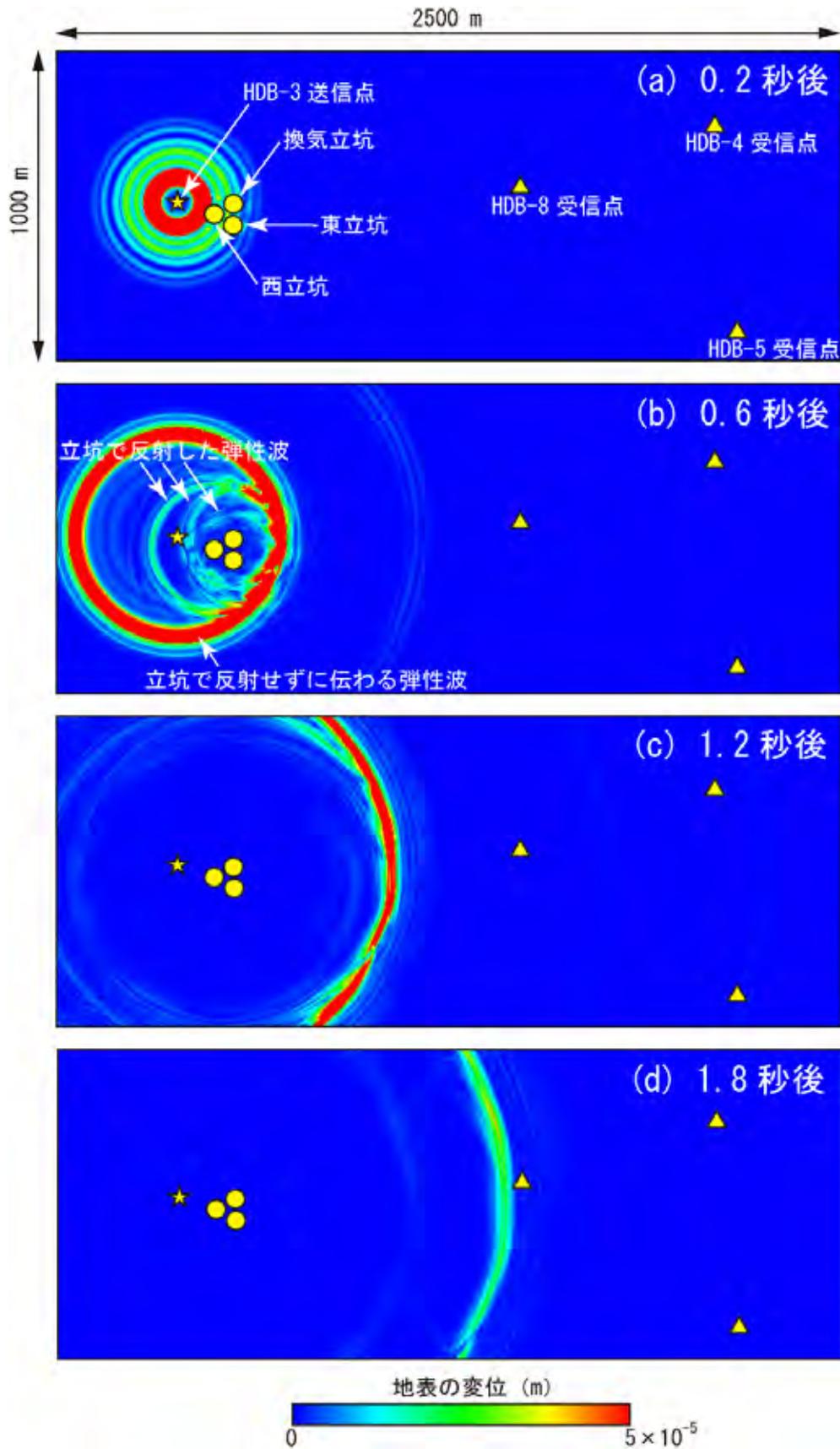


図 35 弾性波の伝播（地表の変位）についてのシミュレーション結果の例（立坑掘削後を想定）

### 3.3 深地層における工学的技術の基礎の開発

平成19年度は、情報化施工<sup>\*12</sup>プログラム<sup>(10)</sup>に基づき、地下施設建設工事を進めながら、地中変位計やコンクリート応力計などの計測機器により取得したデータを分析・評価して、これまでに施工した支保の健全性を監視することで、坑道の安定性評価を行いました。

計測項目は、日常的なデータ取得（日常管理計測）とある頻度でのデータ取得（ステップ管理計測）に区分しました（図36）。計測の実施にあたっては、地下施設実施設計<sup>(11)</sup>で設定した地山区分などを考慮して、計測の頻度・位置などを設定し、データを取得しました。取得したデータは、図36に示す流れで分析し、既設支保の健全性の監視による坑道の安定性評価を行い、次の掘削・施工方法の最適化に反映します。表1に取得したデータの反映先を示します。

これまでに取得した岩盤の変位や覆工コンクリートの応力などの計測データの一例として、図37に換気立坑深度83mにおける覆工コンクリート応力の経時変化を示します。図から、覆工コンクリート応力が当該深度の許容応力度（6MPa）以下であり、既設支保は健全であることがわかります。そのほかの深度においても、計測データを分析・評価した結果、地下施設実施設計で設定した許容応力度以内であり、既設支保の健全性が確認されました。

今後は、これまでに引き続き、地下施設建設工事を進めながら、データ取得ならびに分析・評価を行い、設計の妥当性を検証しつつ、後続箇所での施工方法の最適化に反映していく予定です。

また、坑道内における防災対策の信頼性向上を目的として、坑内火災を想定した立坑模型実験結果を踏まえて、火災時の通気網解析手法を検討しました。具体的には、平成17～18年度において実施した室内模型実験結果に基づき、短時間に火災時の通気挙動を予測できる解析手法を構築し、模型実験と同様の条件でシミュレーションを行い、検証・評価しました。その結果、模型実験で確認された逆流現象や主流逆転現象が再

---

\*12：坑道を実際に掘削している段階で、岩盤や支保工に生じる応力やそれらの変形を計測し、当初設計の妥当性を確認するとともに、必要に応じて設計や施工方法を修正しながら施工に反映させる、施工管理方法のことをいいます。

現されました。図 38 に解析シミュレーション結果の一例を示します。

今後も、坑道内における火災を想定した立坑模型実験結果を踏まえて解析手法を改良し、火災時の通気網解析手法の開発を進めていく予定です。

さらに、湧水抑制対策のための技術開発として、新たなグラウト材料や注入技術の開発、そのグラウト材料が周辺岩盤の長期挙動に与える影響を評価する手法に関する原位置試験などについて検討を開始しました。

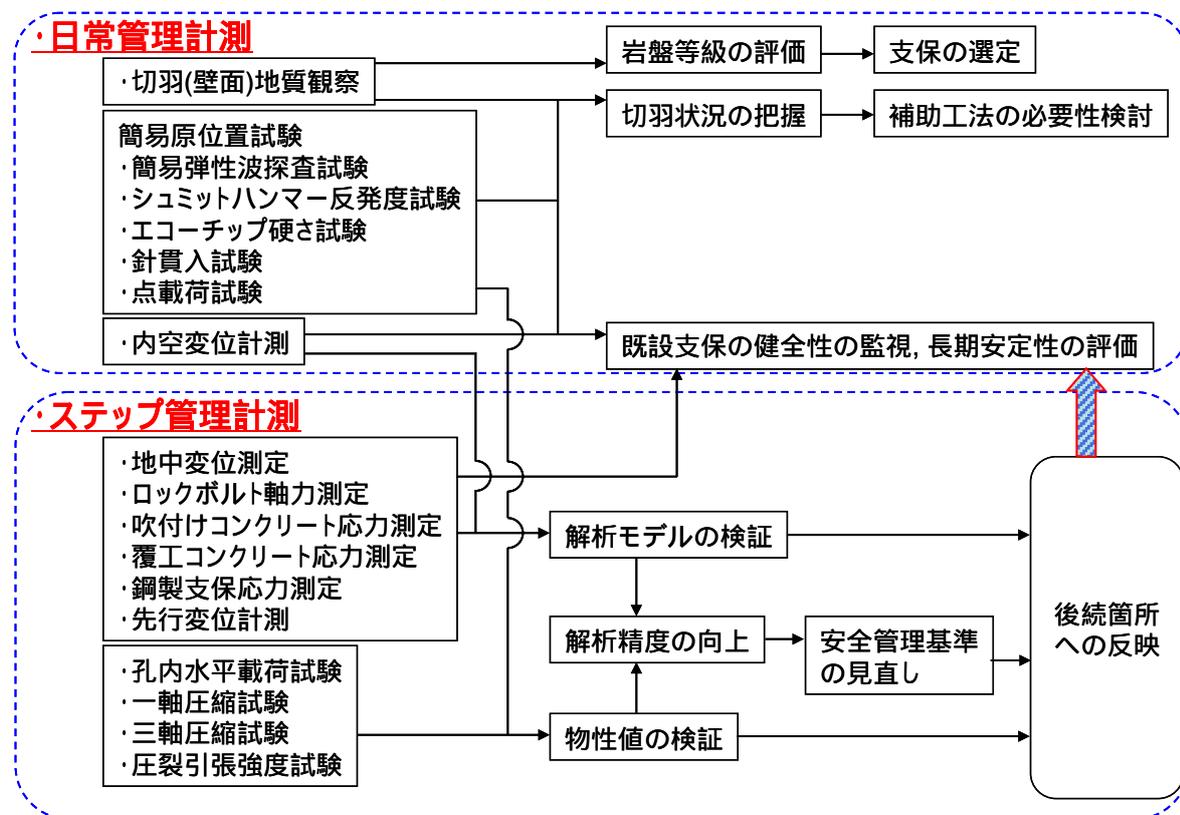


図 36 日常管理計測およびステップ管理計測の主要な項目  
および取得データの分析・評価の流れ

表 1 策定した情報化施工プログラムに基づく計測データの分析・評価結果の反映先

ステップ管理	ステップ管理計測データの分析・評価結果の反映先
・換気立坑：～深度140m	・東立坑：～深度140m，140m水平坑道 ・西立坑：～深度140m，140m水平坑道
・東立坑：～深度140m	・西立坑：～深度140m，140m水平坑道
・換気立坑：深度140m～深度280m	・東立坑：深度140m～深度280m，280m水平坑道 ・西立坑：深度140m～深度280m，280m水平坑道
・東立坑：深度140m～深度280m	・西立坑：深度140m～深度280m，280m水平坑道
・換気立坑：深度280m～深度400m	・東立坑：深度280m～深度400m，400m水平坑道 ・西立坑：深度280m～深度400m，400m水平坑道
・東立坑：深度280m～深度400m	・西立坑：深度280m～深度400m，400m水平坑道
・西立坑：深度280m～深度400m	・400m坑道
・換気立坑：深度400m～深度500m	・東立坑：深度400m～深度500m，500m水平坑道
・東立坑：深度400m～深度500m	・500m水平坑道

水平坑道におけるステップ管理は、同一深度水平坑道の後続施工のステップ管理に用います。各深度は、実施設計に基づき設定したものであり、今後の研究計画にあわせて、深度を見直すことがあります。

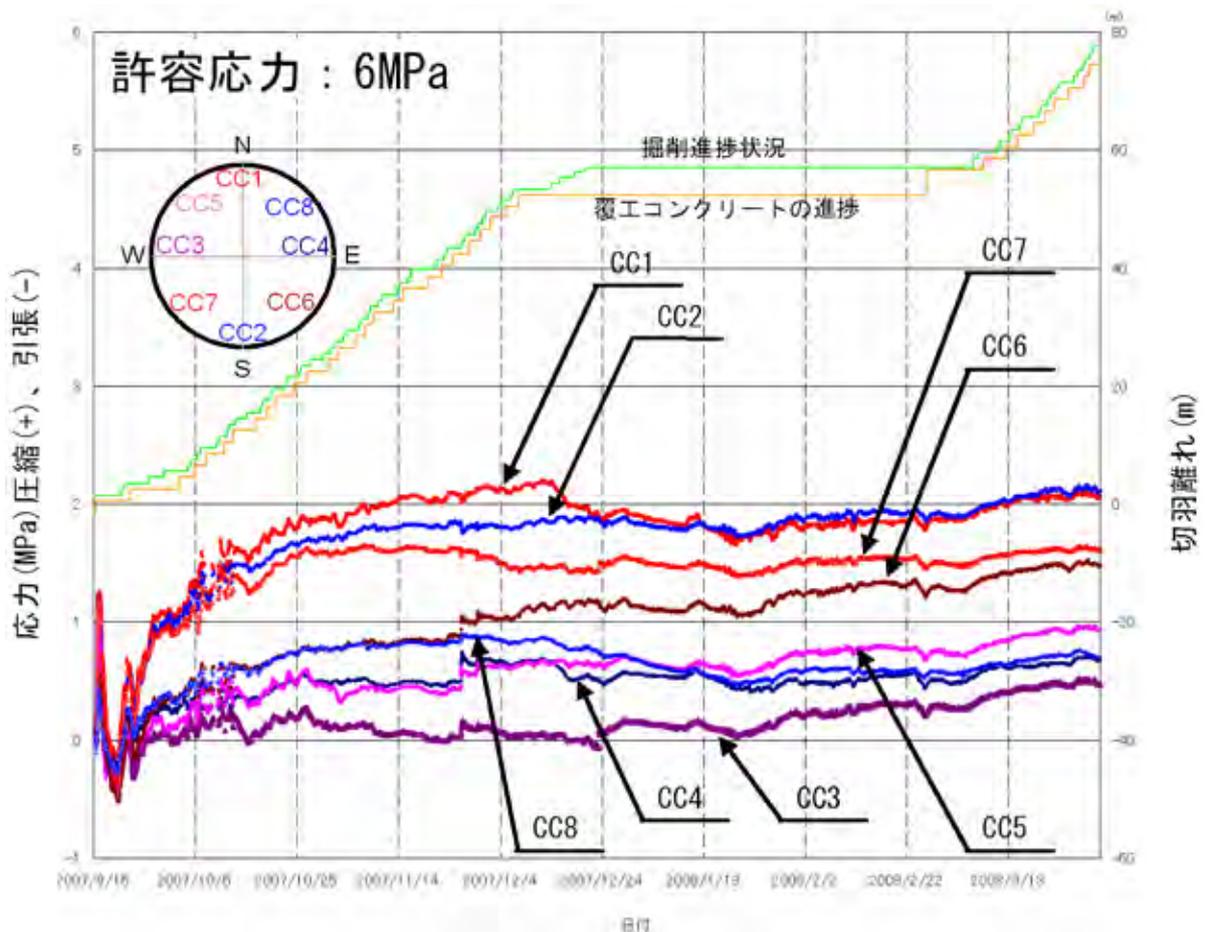
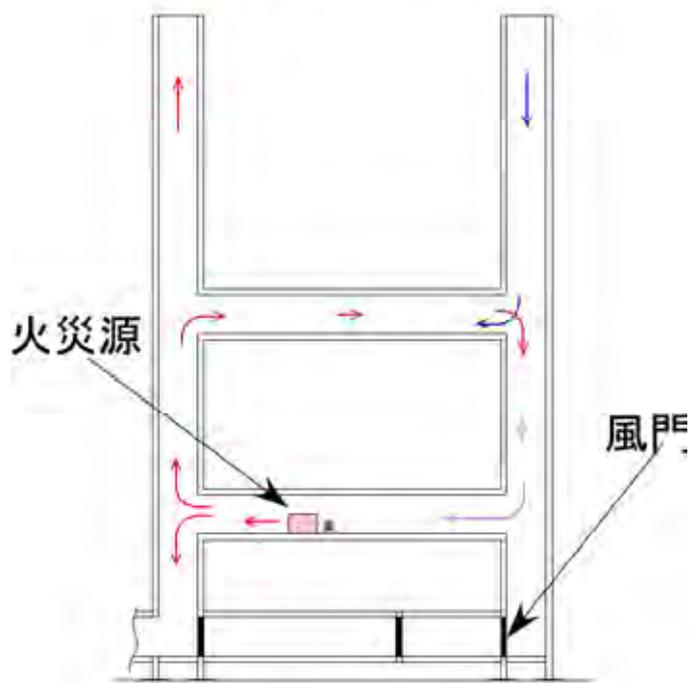


図 37 計測結果の一例  
換気立坑深度 83m の覆工コンクリート応力計測結果

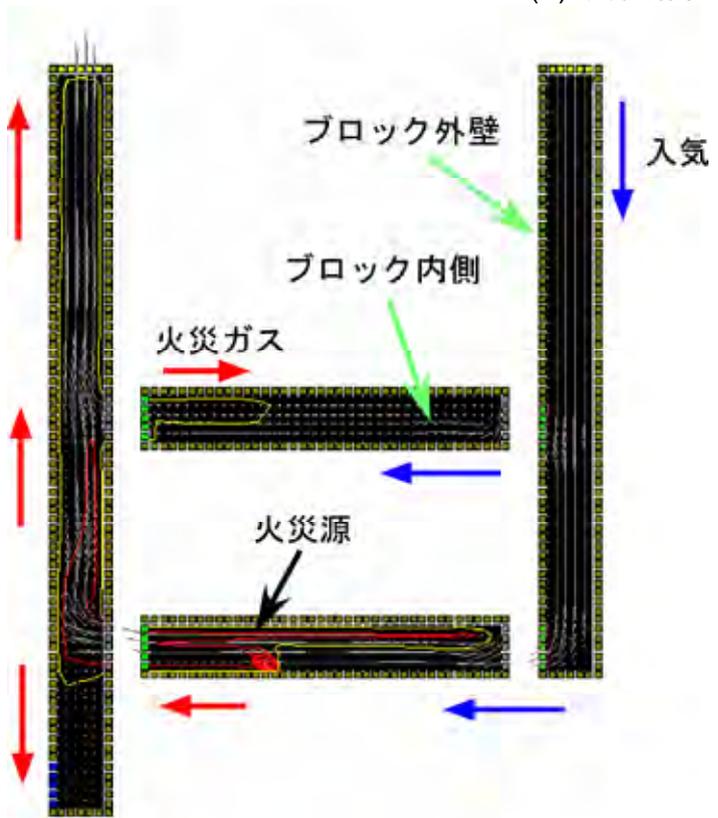


凡例

← 入気      ← 火災ガス

← 入気と火災ガスの混合

(a) 実験結果



ブロックとは、解析範囲を示し、図中では4つのブロックで解析を行っています。

凡例	
ブロック内側	火災ガス等温分布曲線
	火災ガス等温分布曲線(最低温度線)
	気流ベクトル
ブロック外壁	境界領域(立坑坑口)
	境界領域(排気ファン側)
	境界領域(立坑と水平坑道)
	境界領域(立坑と水平坑道)
	境界領域(上記以外の坑道)

(b) 解析結果

図 38 坑内火災を模擬した通気挙動解析結果の一例

### 3.4 地質環境の長期安定性に関する研究

#### 3.4.1 地質環境の長期的変遷に関する研究

第2段階では、幌延地域を事例として、断層運動や海水準変動などの天然現象の履歴に関する調査手法と地下水の流動などに関する調査・解析手法とを組み合わせ、将来の天然現象に伴う地質環境の変化を予測する手法の検討を行います。

##### (1)地質構造の変遷に関する解析

平成18年度までに、海底地質図や反射法地震探査データを対象とした既存文献の調査を実施しました。また、研究所設置地区とその周辺における断層やしゅう曲構造の分布、地層の分布とその堆積時期などに関する調査結果を統合して、幌延地域における過去数百万年間の地質構造の変遷を推定しました。

平成19年度は、幌延町内に分布する大曲断層を例として、その位置推定の信頼性を高める手法の試行として、上幌延地区で岩石を採取し、その中に含まれる珪藻化石の保存状態を観察しました。その結果、断層の推定位置の両側で珪藻化石の保存状態が異なる（図39）ことを用いて、

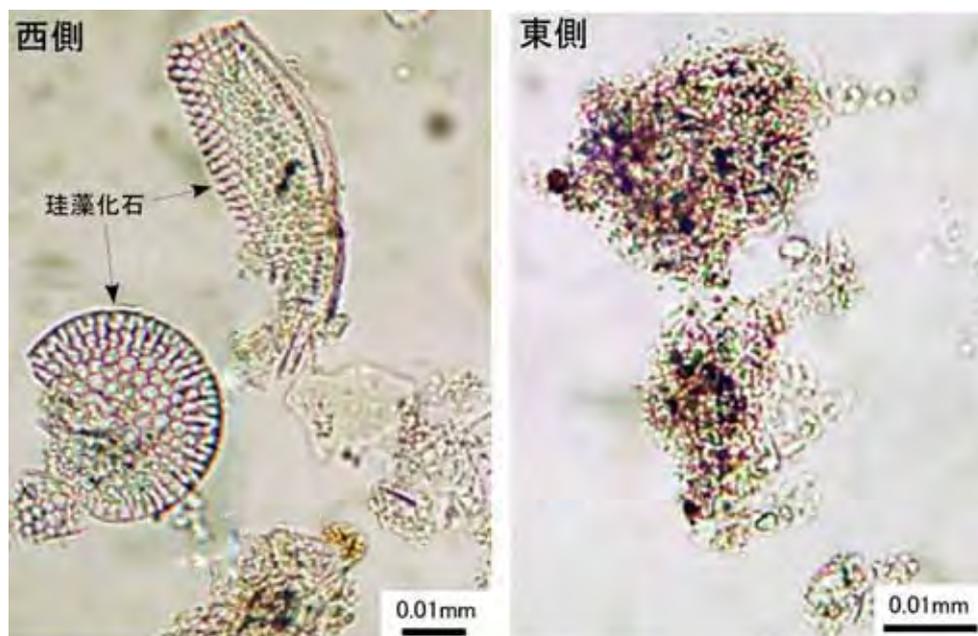
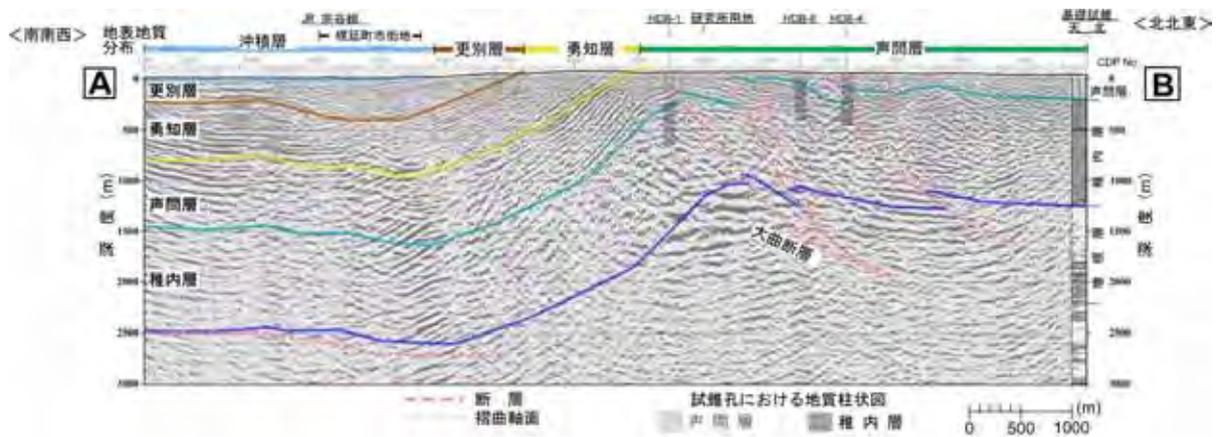


図 39 上幌延地区の大曲断層付近の珪藻化石の保存状態の違い  
上幌延地区の例：光学顕微鏡写真  
(西側の方が、東側に比べ、保存状態が良い)

異なる地層の境界をなす断層の位置推定の信頼性を高められる可能性のあることが確認できました。

また、原子力機構がこれまでに実施した反射法地震探査、地表地質調査やボーリング調査とともに、石油公団が実施したボーリング調査結果<sup>(8)</sup>を統合し、研究所設置地区から幌延町の市街地付近にいたる地下の地質構造を検討しました。検討では、地層の変形の前後において地層の体積が変化しないことを仮定するバランス断面法という地質構造の解釈手法を適用しました。その結果、地下深部から地表付近に向かって急傾斜となる断層面が存在すること、および大曲断層は地下深部から地表付近に向かって派生していく複数の断層から構成されることがわかりました(図40)。



断面図



位置図

図 40 研究所設置地区から幌延町市街地付近にいたる地下の地質構造

基礎試錐「天北」の地質柱状図は石油公団(1995)<sup>(8)</sup>より引用。地形図は、国土地理院発行 1:25,000 地形図「幌延」および「振老」を使用。

平成19年度の調査研究により、断層の位置推定の信頼性を高める新たな手法の有効性が確認できました。また、断層影響評価モデルを構築する上での基礎情報となる、研究所設置地区から幌延町市街地にかけての地質構造の概要を把握することができました。

今後は、今回対象とした反射法地震探査断面に加えて、原子力機構が取得したほかの反射法地震探査の結果<sup>(12)</sup>についてもバランス断面法を適用した地質構造の再解釈を進めていくとともに、既存の地質構造の解釈結果<sup>(12)</sup>や3.1.2で構築する地質構造モデルとの整合性を確認しつつ、地震研究(3.4.2)で使用する断層影響評価モデルを検討していく予定です。

## (2)古気候の調査

気候変動は、海岸線の位置や降水量の変化などを通じて、地下水の流れ方などに影響を及ぼします。このため、古環境や過去の気候変動の検討に基づいて、将来の気候変動に伴う地質環境の変化を推定する手法の構築を目指した研究を進めています。

これまでに、過去の植生に関する既存文献の調査とともに、幌延町内に分布する泥炭層を対象とした花粉分析を実施し、過去の植生を推定しました。その結果、泥炭層が堆積した1.4～1.2万年前の最終氷期には、幌延地域は亜寒帯針葉樹であるグイマツの純林の分布地域であり、著しく寒冷であったことが明らかとなっています<sup>(3)</sup>。

平成19年度は、これまでに得られた古植生のデータにモダンアナログ法を適用し、幌延地域における最終氷期の気温と降水量の推定を実施しました。モダンアナログ法とは、花粉分析で使用する手法のひとつで、現在の植生と気候との対応関係をもとに、過去の気候条件を推定する手法です。この手法を適用することにより、花粉分析の結果から、過去の気温や降水量を定量的に推定することができます。

花粉分析に基づいて推定した結果、約1.4～1.2万年前の最終氷期における幌延地域の植生は、現在のシベリアに分布する亜寒帯針葉樹林に相当することがわかりました。ここで、現在のサハリン北端のオハ(図41)と現在の幌延地域の気温と降水量を比較すると、オハは幌延地域に比べて、月平均気温が1月で約12℃、8月で約6℃、年平均気温で約8℃それぞれ

れ低く、年間降水量は約750～1,000mm少ないことがわかります。最終氷期における幌延地域の植生は、現在のオハよりもさらに北に位置するシベリアの植生に相当するため、最終氷期における幌延地域の気温と降水量は、上記の数値以上に差があったと考えられます。

平成19年度の調査研究により、幌延地域の最終氷期における古植生とともに、地下水の流動状態の長期的変遷を推定するための基礎情報となる、最終氷期の気温と降水量を推定することができました。

今後は、既存の文献資料を対象として、シベリアに分布する現在の亜寒帯針葉樹林における気象データを収集し、幌延地域の最終氷期における気象条件などの推定を進める予定です。また、最終氷期における降水量や地表地質環境データを用いて地下水流動解析などを実施し、気候変動に伴う地下水の流動状態の長期的変遷に関する検討を進めていく予定です。



図 41 幌延地域とサハリンの位置関係

### (3)現在の地殻変動の調査（GPS 観測）

幌延町を含む北海道北部地域における地殻変動の特徴を把握するため、平成15年度までに幌延町内のHDB-1孔敷地内などにGPS観測装置を設置し、連続観測を行っています。

平成19年度は、過去約5年間に取得したデータを使った解析によって、観測期間における北海道北部地域の変位（地殻変動）の傾向を調べました。この解析には、HDB-1孔敷地内などに設置したGPS観測装置（HDB-1孔観測点）のデータ、国土地理院により日本全国に設置されているGPS連続観測システム（GEONET）の観測データのほか、IGS（国際GPS事業）の汎世界的な観測網の観測データを用いました。また、GPS観測データの解析ソフトウェアは、米国マサチューセッツ工科大学（MIT）とスクリプス海洋研究所で開発されたGAMIT（GPS software at MIT）を使用しました。

図42は、平成17年1月から平成19年9月までの期間に、北海道北部地域にあるそれぞれのGPS観測点がどの方向にどの程度の速度で動いたかを、矢印の向きと長さで示したものです。この図は、HDB-1孔観測点を固定点として表示しているため、HDB-1孔観測点を基準として、他のGPS観測点

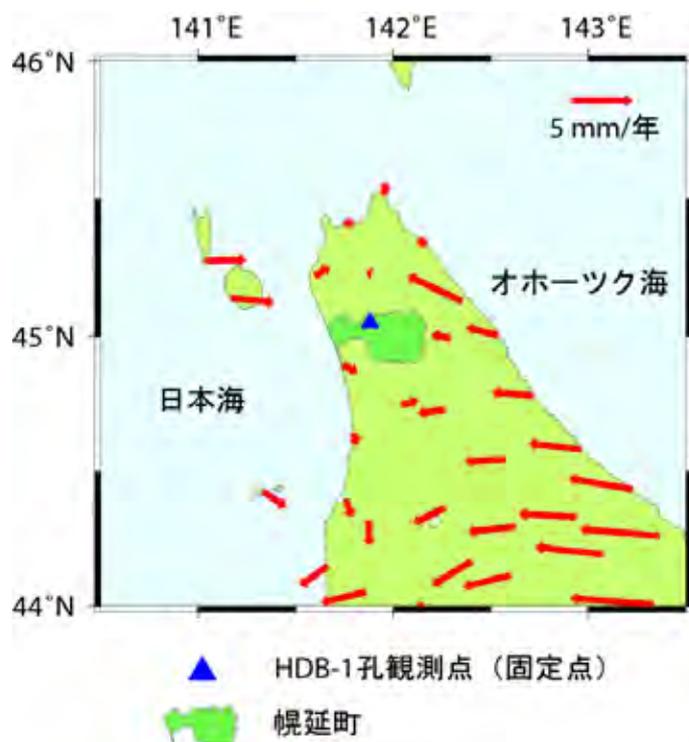


図 42 北海道北部地域における地殻の水平変位速度

がどのように動いたかがわかります。この結果より、北海道北部地域の地殻は、東西方向に縮む傾向にあることがわかりました。

平成19年度の調査研究により、北海道北部地域における現在の地殻変動の傾向を把握することができました。

今後は、GPS観測機器による観測を継続するとともに、得られた結果を地震活動や地下構造と比較することによって、研究所用地周辺に分布する断層やしゅう曲の活動性を把握する手法の検討を進めていく予定です。

#### (4)地殻変動に伴う地質環境特性変化の調査（電磁探査機器による観測）

地震が発生する場の比抵抗特性や地震発生時の比抵抗変化を把握するため、平成14年11月に電磁探査機器をHDB-1孔に隣接する地点に設置してMT法<sup>\*13</sup>による連続観測を開始しました。平成15年9月からは、地下施設建設作業に伴い発生する電磁気的なノイズを避けるため、電磁探査機器を幌延町北西部の北星園に移設して連続観測を継続しています。

平成19年度は、連続観測を継続するとともに、これまでに得られた観測データを使った解析によって、観測点の地下における比抵抗構造を推定しました。

図43は、北星園観測点における、深さと推定された比抵抗の関係を示したグラフです。この図から、北星園観測点の地下における比抵抗構造は、深さ0~100m程度では4~9 m、100~250m程度では3~7 m、250~2,500m程度では3 m以下の低比抵抗層、それより深い領域では5~20 m程度であることがわかりました。また、この比抵抗構造は観測期間を通じてほとんど変化することはありませんでした。

平成19年度の調査研究により、幌延町北西部における地下の比抵抗構造を推定することができました。

今後は、遠隔監視システムの開発(3.2.2)における電磁アクロス受信点のひとつとして、北星園観測点でのMT法による連続観測を継続する予定です。

---

\*13：MT (Magnetotelluric) 法は、時間によって変動する地磁気とそれによって誘導される地電流を測定し、地下の比抵抗分布を求める電磁探査法です。

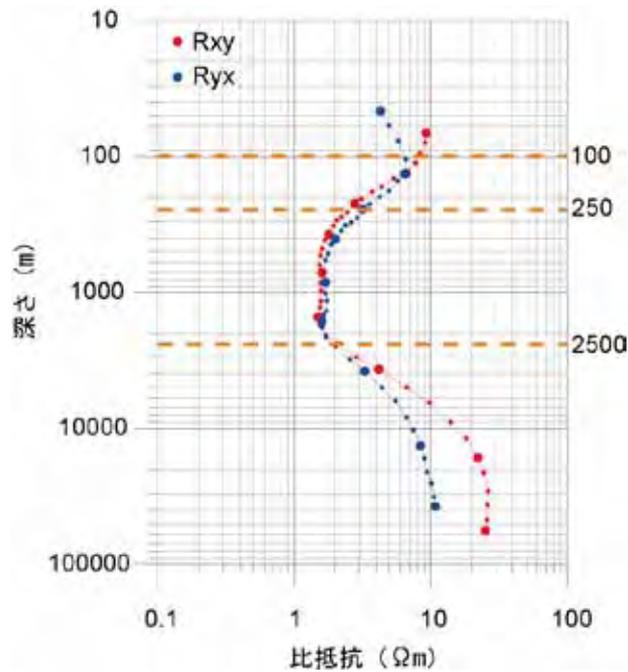


図 43 北星園観測点の地下における比抵抗構造  
Rxy と Ryx は測定に使用したセンサーの向きの違いを表す。

### 3.4.2 地震研究

幌延町を含む北海道北部地域で発生する地震の震源位置を精密に推定することによって、この地域における地震・断層活動域を把握するため、平成14年度から平成15年度にかけて幌延町内に合計4箇所の地震観測点を設置し、連続観測を実施しています。

平成19年度は、地震観測点で記録された平成14年12月以降の観測データを使って、幌延地域周辺で発生した地震の震源位置の再決定を行いました。この解析には原子力機構が取得した地震観測データに加えて、独立行政法人防災科学技術研究所が取得した観測データも利用しました。

図44は、平成14年12月20日から平成19年9月30日までに北海道北部地域で発生した地震について、原子力機構の地震観測点で観測されたデータを使って計算した震源の分布を表しています。ほとんどの地震は、地震の規模を示すマグニチュードが3よりも小さい地震でした。マグニチュードが小さい地震の地震波は、遠く離れた場所ほど観測しにくいいため、原子力機構の観測点で観測された地震の震源のほとんどが幌延地域周辺に分布する結果となっています。これらの地震の震源位置は、これまでに

推定されてきたものと同様の分布傾向を示しており、同じような場所で地震が発生していることがわかりました。

平成19年度の調査研究により、北海道北部地域における震源位置の分布について、過去約5年間の傾向を把握することができました。

今後は、地震観測を継続するとともに、これまでに蓄積した地震観測データを使って幌延地域周辺の地下構造と地震活動との関連性を検討していきます。また、断層運動に伴う地質環境の変化についての検討を進めていく予定です。

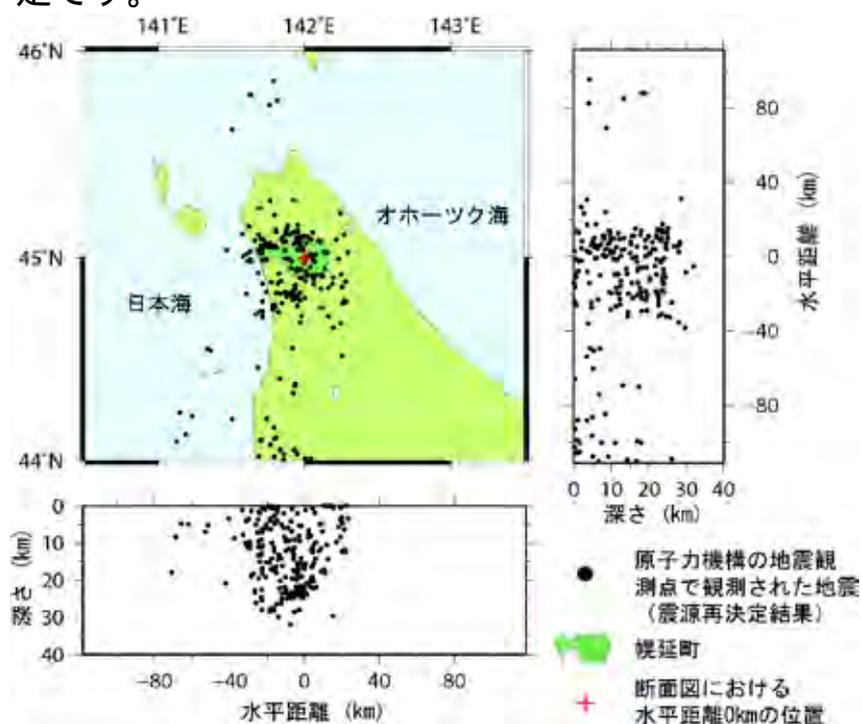


図 44 原子力機構の地震観測点で捉えられた観測結果に基づく北海道北部地域における地震の震源分布

## 4. 地層処分研究開発

### 4.1 処分技術の信頼性向上

#### 4.1.1 人工バリアなどの工学技術の検証

地下施設の建設には、支保工としてコンクリート材料を使用するため、セメントの間隙水がpH12程度の高アルカリ性となり、周辺の岩盤と地下水に影響を及ぼす可能性があります。そこで、その影響を緩和するために通常のセメントに比べて間隙水のpHが低くなるセメント（以下、低アルカリ性セメント：HFSC<sup>\*14</sup>）の開発を平成13年度から継続しています。平成18年度までに、室内試験や模擬坑道への吹付け試験を通じて、HFSCを用いた吹付けコンクリートが幌延の地下施設の建設で要求される強度を得られることなどを確認しました。

平成19年度は、HFSCを用いた鉄筋コンクリートの耐久性や施工時の品質管理の方法などについて検討しました。具体的には海中に6年間暴露したHFSCを用いた鉄筋コンクリートと、普通ポルトランドセメント（以下、OPC）を用いた鉄筋コンクリートを比較し、内部の鉄筋の腐食状態を比較しました。また、鉄筋の腐食によってコンクリートにひび割れが生じるまでの期間について検討しました。

コンクリート中の鉄筋の腐食状況を調べるため、海中に暴露したコンクリート試料から取り出した鉄筋を図45および図46に示します。両図を



図 45 鉄筋の腐食状況（HFSC）

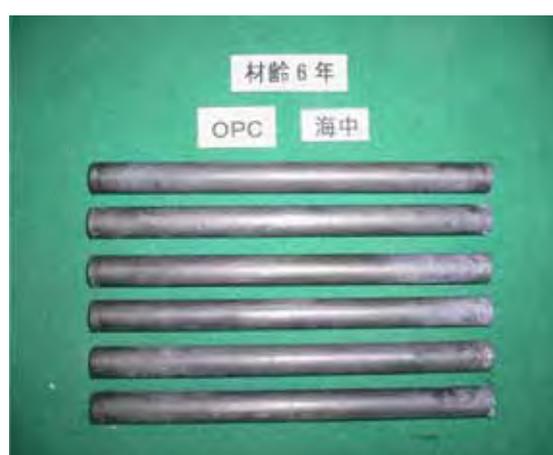


図 46 鉄筋の腐食状況（OPC）

\*14：Highly Fly-ash contained Silicafume Cement の略で通常のセメント（普通ポルトランドセメント）にシリカフューム、フライアッシュを加えて、組成を変えることで間隙水のpHを低下させたセメントのことです。

比較すると、HFSC中の鉄筋の方がOPC中のものに比べて腐食しているのがわかります。腐食している面積の割合（腐食面積率）および腐食減量率<sup>\*15</sup>を比較したものを図47と図48に示します。両図には暴露期間0～3年の結果<sup>(13)</sup>、<sup>(14)</sup>、<sup>(15)</sup>もあわせて示しました。図47から、OPC中の腐食面積率が6年間を通じてほとんど0%であるのに対し、HFSC中では全体の面積の20%程度に腐食がみられました。図48から、OPC中の鉄筋で0.2～0.3%の腐食減量がみられますが、これは鉄筋をコンクリートから取り出す際に鉄筋が傷ついたことなどによる誤差と考えられます。一方、HFSC中の鉄筋の腐食減量率は0.4～0.6%であり、腐食面積の大きさの割に小さな値となりました。これは、HFSC中の鉄筋で発生した腐食は表層部にとどまっていることを示しています。また、図48から暴露期間が1～6年では、腐食の進行が極めて遅い結果となりました。これは鉄筋が腐食するのに必要な水分と酸素の侵入が少なかったためと考えられます。

以上の試験結果をもとに、OPCおよびHFSCを用いて鉄筋コンクリートを作成した場合に、鉄筋が腐食することによってコンクリートにひび割れが発生する時期と鉄筋の径との関係を予測しました。その結果、OPCで110～170年程度、HFSCで30～150年程度で鉄筋の腐食によるひび割れが発生すること、径の細い鉄筋を用いた方がひび割れの発生時期は遅くなるこ

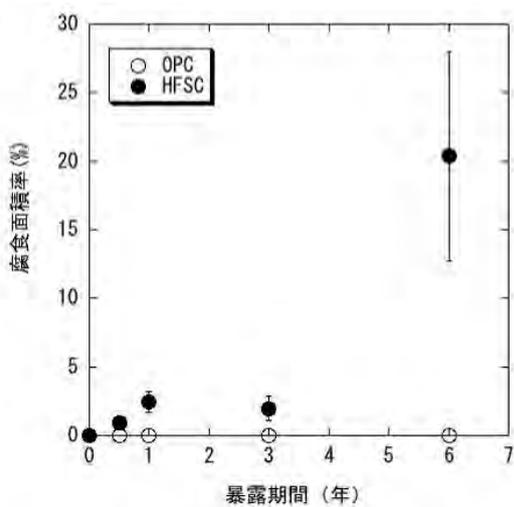


図 47 腐食面積率の変化

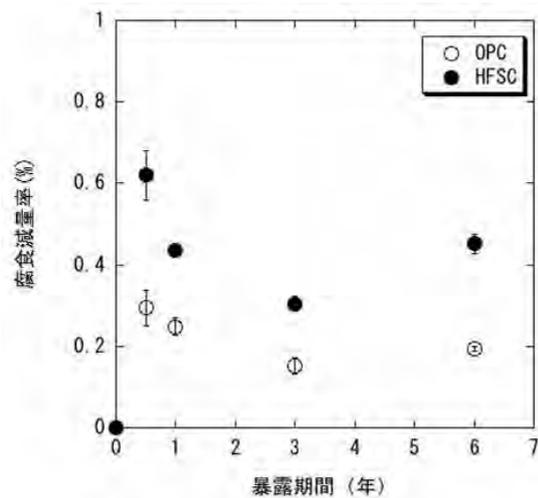


図 48 腐食減量率の変化

\*15：腐食減量率とは、腐食した鉄筋から腐食部分を除去して、もとの重さからどれだけ減少したかを示す値で、鉄筋が実際に腐食した量に相当します。

とがわかりました。

一方、平成19年度は、これまでに実施したHFSCを用いた吹付けコンクリートに関する室内試験および模擬施工試験を通じて蓄積された知見をもとに、配合選定から施工手順（製造、運搬、圧送、吹付けなど）を整理し、品質管理上の留意点を抽出するとともに、地下施設での施工に必要な品質を確保するための管理方法について検討しました。これらの検討結果は、平成21年度以降に計画している坑道でのHFSCの吹付け施工試験の詳細計画に反映されます。

また、湧水抑制対策のための技術開発の一環として、低アルカリ性のグラウト<sup>\*16</sup>材料の開発と原位置適用性試験の計画の検討を開始しました。低アルカリ性グラウト材料の開発としては、これまでにHFSCの開発で蓄積してきたデータや知見を踏まえ、セメント系材料を候補とし、グラウト材としての配合比の選定を実施しました。さらに、平成19年度から開始した換気立坑先行ボーリング調査結果と地下施設の建設工程を踏まえ、原位置適用性試験計画を検討しました。これらの計画については、今後、平成20年度まで継続される換気立坑先行ボーリング調査結果を踏まえ、詳細に検討する予定です。

#### 4.1.2 設計手法の適用性確認

幌延の地下施設で実施予定の原位置試験のうち、人工バリアに関する試験や坑道閉鎖試験などでは、緩衝材（ベントナイト<sup>\*17</sup>）を用いる予定です。しかし、緩衝材は幌延地域にみられるような塩水系地下水に対しては、淡水系地下水と異なる挙動を示すことが知られています。このため、第1段階では、塩水系地下水を用いて、緩衝材や金属材料（オーバーパック材料）などの人工バリア構成材料の特性や挙動に関する基礎データ取得のための室内試験を実施しました。また、これまでに得られた室内試験結果や第1段階で取得した地質環境データなどに基づき、「第2次取りまとめ」<sup>(16)</sup>で示された人工バリアなどの設計手法の適用性を検討し、

---

\*16：岩盤に孔をあけ、セメントなどの固化材を注入することにより、岩盤の割れ目を充填して湧水を止める技術のことです。

\*17：ベントナイトは粘土鉱物のスメクタイトと石英などの他の鉱物から構成され、地層処分における人工バリアシステムに用いる緩衝材の材料です。

更新しました。

第2段階では、これまでに十分な基礎データが取得されていない、塩水系地下水に対する人工バリア構成材料の特性や挙動について、データの取得を継続し、メカニズムの理解や、より一般化されたモデルの開発などを進めるとともに、人工バリアとその周辺岩盤の長期挙動について東海研究開発センター核燃料サイクル工学研究所と協力して検討します。また、それらの情報を整理し、第1段階で取得した地質環境データおよび坑道掘削に伴い得られるデータを用いて、第1段階で検討した人工バリアや地下施設などの設計手法を原位置試験の仕様検討に適用します。

平成19年度は、緩衝材の膨潤特性、透水特性、ガスの移行特性、オーバーパック材料の腐食特性などのほか、岩石中のガスの移行特性について室内試験やモデルの検討を継続しました。膨潤特性については、緩衝材が地下水と接触した際に発生する膨潤圧について、ベントナイトに含まれる粘土鉱物（スメクタイト）表面の水（層間水<sup>\*18</sup>）と外部から浸潤する様々な塩濃度の水の熱力学特性に基づき、使用されるベントナイトの種類や密度、あるいはケイ砂混合率などが異なっても適用可能なモデルを作成しました。これまでに幌延の地下水や様々な塩濃度に対して報告されている緩衝材の膨潤圧の実測値と比較することによりその適用性を検証しました<sup>(17)</sup>。図49にスメクタイト部分密度<sup>\*19</sup>に対する様々な塩濃度条件での膨潤圧の実測値と計算値<sup>(17)、(18)、(19)、(20)、(21)</sup>を示します。計算の結果、塩濃度の増加に伴い膨潤圧は低下するものの、スメクタイト部分密度の高い領域（特に $1.6\text{Mg}/\text{m}^3$ 以上）ではほとんど差がないことがわかりました。

---

\*18：スメクタイトは、ノートのようなシート状の結晶構造を持つ粘土鉱物であり、通常、それらが折り重なった状態（重層体や積層体などと呼ばれています）で存在しています。それらシート状の粘土鉱物の間に存在する水を層間水と言います。

\*19：ベントナイト中のスメクタイトの含有率を考慮してスメクタイトのみに着目した時の密度をスメクタイト部分密度と言います。

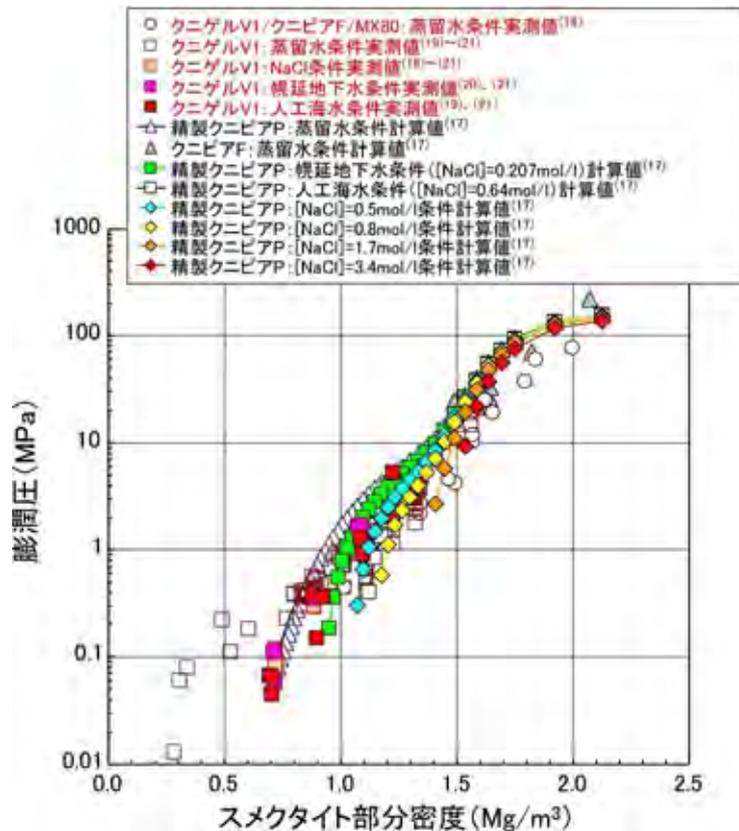


図 49 スメクタイトの部分密度に対する様々な塩濃度条件での膨潤圧の実測値と計算値<sup>(17)~(21)</sup>

ベントナイトの透水特性については、塩水系地下水に対するデータ拡充のため、幌延（HDB-6孔）の地下水を含む様々な塩濃度やセメントの影響を考慮した条件でのデータ取得を継続しました。その結果、淡水系の地下水の場合と比較して、透水係数は増加する傾向であることがわかりました。

オーバーパック材料の腐食特性については、候補材料である炭素鋼に対する塩水系地下水にセメントの影響を考慮した高pH条件での腐食試験（応力腐食割れ試験）や、代替材料であるチタンと銅に対するHDB-6孔および10孔の地下水を用いた腐食試験（電気化学試験）を継続しました。

また、ガスの移行特性については、透気特性に関するデータ拡充のため、HDB-6孔および10孔のコア試料を用いたガス移行試験を継続しました。

## 4.2 安全評価手法の高度化

### 4.2.1 安全評価モデルの高度化

第1段階の調査研究では、ボーリング調査で得られたコアや地下水を用

いて物質移動・遅延に関する室内試験を行いました<sup>(22)</sup>。これまでに、幌延地域の岩石（HDB-3孔）への物質（セシウムやセレンなどの元素）の収着分配係数を取得したほか、それらの収着メカニズムについて検討しました<sup>(23)</sup>。その結果、セシウムは岩石に含有されている粘土鉱物（スメクタイトやイライト）とのイオン交換反応により選択的に収着すること、その中でも特にイライトへの収着が重要であることがわかりました。一方、酸化還元に鋭敏なセレンは岩石中の有機物や鉄鉱物（黄鉄鉱）の部分に濃集していたことから、酸化還元反応により岩石中の有機物や鉄鉱物へ選択的に収着すると推定しました。

第2段階の調査研究では、実際の地質環境への安全評価手法の適用性を確認するにあたり、平成17年度までのボーリング調査や換気立坑先行ボーリング調査のほか、坑道掘削時の調査などで取得した岩石や地下水などを利用した室内試験を行います。その室内試験を通じて、安全評価における物質移動・遅延の解析に必要な基礎データ（拡散係数、収着分配係数、間隙率、溶解度など）の取得を東海研究開発センター核燃料サイクル工学研究所と協力して継続します。また、物質移動・遅延に影響を及ぼすと考えられる要因（有機物、コロイド<sup>\*20</sup>、微生物活動など）に関する基礎データの蓄積を進め、メカニズムや現象の理解を通じて、データの信頼性と精度の向上を図ります。

平成19年度は、既存のボーリング孔から採取したコアや地下水を用いて岩石中での物質（セシウム、ヨウ素、重水<sup>\*21</sup>）の拡散特性や収着特性、有機物およびコロイドの特性評価に関する室内試験を継続しました。

拡散試験は、間隙率や細孔径が異なる声間層（HDB-11孔、深度400m）と稚内層（HDB-11孔、深度590m）から採取したコア試料について実施し、拡散係数は間隙率の減少に伴って低下することや、陰イオンのヨウ素は岩石表面から静電的に排斥される陰イオン排除の効果によって遅延されていると推定できることなどがわかりました<sup>(24)</sup>。図50に堆積岩中の拡散

\*20：0.1～0.001 マイクロメートル程度の極微細な粒子が、液体・気体・固体などの中に分散している状態のことで、ここでは地下水中に分散した粘土鉱物などを想定しています。

\*21：水分子（ $H_2O$ ）を構成する水素原子が通常の2倍の質量数を持つ2重水素（D：重水素）で置換されている水を重水と言い、 $D_2O$ と表現します。また、片方の水素原子がDに置換されている場合、 $HDO$ と表現します。通常、濃度が薄い場合は、 $HDO$ になっています。この重水素原子と酸素原子間の結合による赤外線吸収の違いを分析することにより、 $HDO$ の濃度を求めることができます。

係数 (De) を各物質の水中の拡散係数 (Do) で規格化した値 (De/Do) と間隙率の関係を示します<sup>(24)</sup>。De/Doの対数は間隙率と直線的な相関性を持っていることがわかります。他の堆積岩も含めて本試験で得られた幌延の堆積岩 (珪藻質泥岩 (声問層) 珪質泥岩 (稚内層)) に対するDe/Doもこの関係とよく一致し、幌延の堆積岩は他の堆積岩と類似した間隙構造を有していると考えられます。

コロイドについては、HDB-10孔 (深度500~550m) から採取した地下水の特性評価を実施し、地下環境と地上での環境との相違がコロイドに及ぼす影響について検討しました。その結果、地下環境下での地下水におけるコロイドの特性について信頼性の高いデータを取得するためには、サンプリングによる地下水水質に及ぼす擾乱の影響を推定しておく必要のあることがわかりました<sup>(25)</sup>。

また、平成19年度より、経済産業省資源エネルギー庁委託業務の一環として、既存のボーリング孔から採取したコアや地下水を用いて岩石中の物質 (セシウム、セレン、トリウム) の拡散特性や収着特性のほか、微生物の特性評価に関する室内試験を開始しました。

拡散試験は、HDB-6孔やHDB-10孔から採取した岩石 (稚内層) を用いて、セシウムとセレンを例として3種類の異なる方法で実施し、それぞれの方

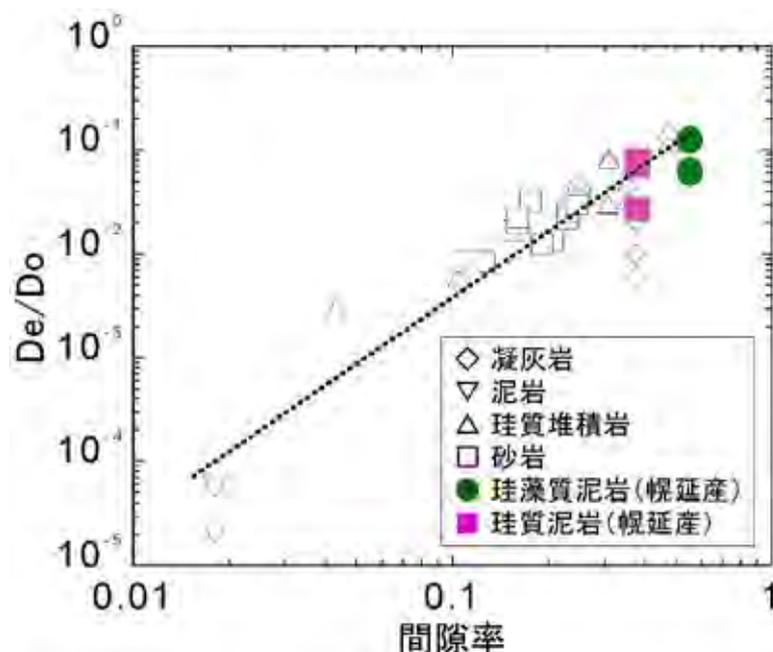


図 50 堆積岩中の拡散係数(De)を各物質の水中の拡散係数(Do)で規格化した値(De/Do)と間隙率の関係<sup>(24)</sup>

法から得られた拡散係数と、収着試験から得られた収着分配係数との整合性などについて検討しました。また、セレンとトリウムについては、有機物（フミン酸）の存在が拡散係数や収着分配係数に及ぼす影響について検討し、セレンはフミン酸の影響をほとんど受けないことなどがわかりました。

微生物については、HDB-10孔（深度 500～550m）と浅層ボーリング孔（深度 35m）から採取した地下水中の微生物の種類や数などについて評価し、化学環境と微生物生態系の相関などについて検討しました。

#### 4.2.2 安全評価手法の適用性確認

第2段階の調査研究では、第1段階で地下水流動や物質移動の解析に用いたモデルの妥当性を確認するとともに、換気立坑先行ボーリング調査や坑道内で取得される岩石などを用いた透水性などの物性データの拡充<sup>(26)</sup>や、解析に影響を及ぼす現象のモデル化に関する検討<sup>(27)</sup>を継続します。また、地下水流動や物質移動の解析を試行する過程で得られる知見を整理・統合することにより、安全評価手法の高度化を進めます。

平成19年度は、第2段階の調査研究の一環として、実際の地質環境データによる安全評価手法の適用性の確認を目的とした調査や解析などの具体的な取り組みについて検討を継続しました。検討にあたっては、第1段階の調査研究で取得したデータによる幌延地域の地質環境を事例とした物質移動の解析結果<sup>(28)</sup>、<sup>(29)</sup>に基づき、地下水流動や物質移動の解析の結果に大きな影響を及ぼす地質環境の特性やパラメータなどを確認しながら、それらの知見の拡充を目的とした調査試験を調査研究計画に反映することなどにより、信頼性を向上させることとしました。

今後の調査研究においては、この検討を踏まえた第2段階の調査研究計画に基づいて調査や解析を進めます。

## 5. 地下施設の建設

平成19年度は、平成17年度に開始した地下施設工事（第 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161m、東立坑を深度約110mまで掘削するとともに、換気立坑の深度70m、140mおよび東立坑の深度70mにおいて水平坑道の一部掘削を行いました。また、地下施設関連設備（立坑掘削に必要となる設備）として、換気立坑・東立坑の槽設備、坑口暖房設備を整備しました。立坑掘削の進捗に伴い発生する湧水量の推定および湧水箇所を特定するため、換気立坑先行ボーリング調査を開始しました。立坑および水平坑道の掘削では、可燃性ガスの存在を考慮し、切羽での防爆仕様機器の使用やガス濃度測定などの可燃性ガス対策を行いながら掘削を進めました。平成20年3月28日現在の地下施設関連設備の状況を図51に示します。

なお、平成19年11月21日に地震調査研究推進本部地震調査委員会より公表された「サロベツ断層帯の評価」に基づき、地下施設への地震動の影響について検討を行い、十分な耐震安全性を有していることを確認しました。

また、立坑掘削に伴い発生する掘削土(ズリ)の保管場所として掘削土(ズリ)置場を累積53,000m<sup>3</sup>に拡張整備しました（図52）。掘削土(ズリ)置



図 51 地下施設関連設備の状況



図 52 掘削土(ズリ)置場の拡張整備状況

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ました。

立坑掘削に伴い発生する排水<sup>\*22</sup>および掘削土(ズリ)は、建設現場における簡易分析や公的機関による詳細な分析(公定分析)を定期的を実施し、適切な管理を行いながら掘削を進めています。表2および表3に掘削土(ズリ)と地下施設からの排水に係るモニタリングの公定分析の結果を示します。

掘削土(ズリ)の分析結果(表2)から、ホウ素、ヒ素およびセレンは自然的原因(岩石に元から含まれているため)により溶出量基準値を超えていますが、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。地下施設からの排水は、坑道からの湧水<sup>\*22</sup>に含まれるホウ素が自然的原因(地下水に元から含まれているため)により高い値を示していますが、排水処理設備からの排水処理後の水はいずれも排水基準値以下となっています(表3)。

なお、掘削に伴い発生する坑道からの排水および掘削土(ズリ)置場浸出水については、排水処理設備にて処理した後に排水管路を經由して天塩川に放流しています。

\*22:「排水」とは、地下施設工事掘削に伴って発生する水とし、「湧水」とは、坑道内に自然に発生する水のことを指します。

表 2 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	0.1~10	7.2~9.9	1	30
ヒ素		0.005~0.067	0.045~0.058	0.01	0.3
フッ素		<0.08~0.17	<0.08~0.15	0.8	24
セレン		0.015~0.024	0.016~0.017	0.01	0.3
カドミウム		<0.001	<0.001	0.01	0.3
鉛		0.001~0.004	0.003~0.005	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

表 3 地下施設からの排水に係るモニタリング調査結果  
(水質分析:公定分析)

分析項目	単位	坑道からの湧水	掘削土(ズリ)置場 浸出水	排水処理設備にて 処理後の水	参考値 (水質汚濁防止法 排水基準値)
カドミウム	mg/l	<0.01	<0.01	<0.01	0.1
ヒ素		<0.01~0.06	<0.01~0.02	<0.01	0.1
セレン		<0.01	<0.01	<0.01	0.1
フッ素		<0.08~1.10	<0.08~0.16	<0.08~0.17	8
ホウ素		1.00~68.00	<0.10~2.50	<0.10~0.47	10
pH	-	8.2~9.5	7.0~8.7	7.2~8.4	5.8~8.6
浮遊物質	mg/l	24~390	7~170	<1~4	200 (日間平均150)
塩化物 イオン		50.9~4,000	18.2~175.0	142~2,090	-

## 6. 地上施設の建設

PR施設ゆめ地創館は、平成19年5月に建物本体工事および内装展示物工事が竣工し、平成19年6月末に開館しました。ゆめ地創館は、地層処分の考え方や地底の世界、幌延深地層研究センターが行っている地下深部での研究内容について紹介する展示施設であり、地上50mの展望室や地下展示室へ降下するバーチカル・トランスポーター（疑似体験エレベーター）を備えています。図53にゆめ地創館の外観と地下1階展示室の様子を示します。

また、国内外の研究者の交流活動の拠点、および地元住民との交流の場に資することを目的とする国際交流施設（仮称）の実施設計を行いました。建設は平成20年度より行い、平成21年秋頃の運用開始を予定しています。

図54に国際交流施設（仮称）のイメージ図（外観および内観）を示します。



(a)外観



(b)地下1階 展示室

図 53 ゆめ地創館



(a) 外観イメージ図



(b) 内観イメージ図

図 54 国際交流施設（仮称）イメージ図

## 7. 環境モニタリング

### 7.1 騒音・振動・水質・動植物に関するモニタリング調査

#### (1) 調査位置と調査内容

平成19年度は、幌延深地層研究センターの造成工事着手前より実施しているモニタリング調査に引き続き、研究所設置地区を対象として、モニタリング調査を実施しています。環境モニタリング調査位置を図55に示します。

調査項目は、これまでと同様、造成工事、地上施設工事および地下施設工事により発生する可能性のある「騒音」、「振動」、変化する可能性のある「水質」、水質・水量などの変化による影響を受ける可能性がある工事範囲下流域の「魚類」、「植物」を対象としました。

また、平成15年度の調査において環境保全措置として移植を行ったハイドジョウツナギの、移植先での生育状況の調査を継続しました。

調査の実施時期、調査方法を表4に示します。

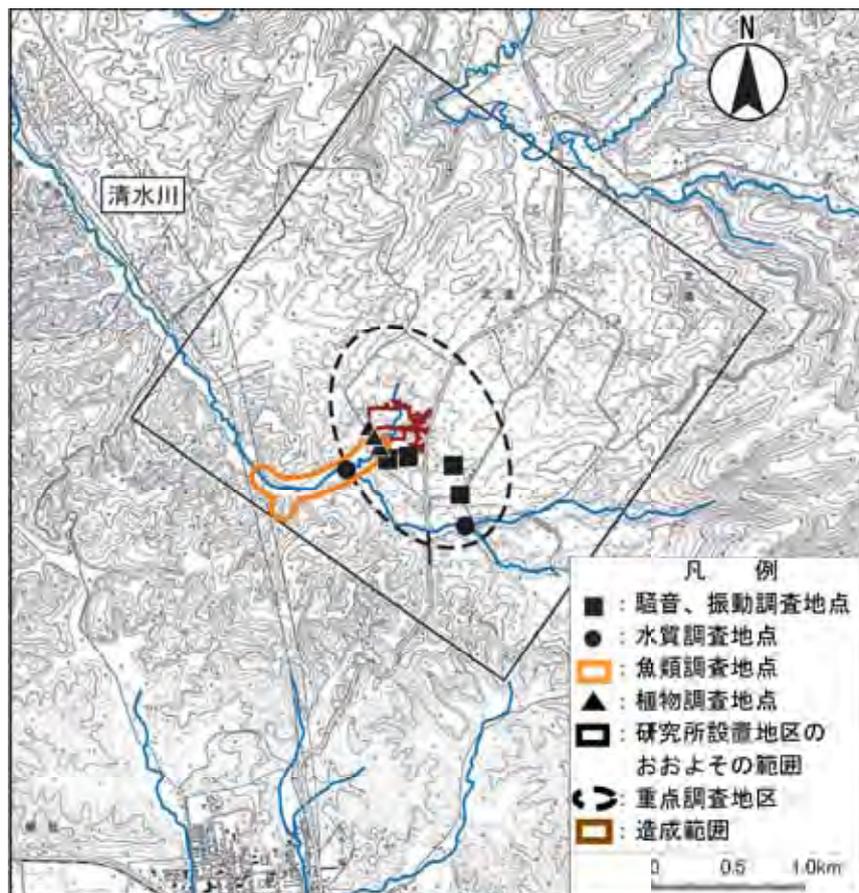


図 55 環境モニタリング調査位置

表 4 環境モニタリング調査実施内容(平成 19 年度)

調査項目	調査実施日	調査方法
騒音	春季：平成19年 6月 5日～ 6日 夏季：平成19年 9月 5日～ 6日 秋季：平成19年10月30日～31日 冬季：平成20年 2月 5日～ 6日	「特定建設作業に伴って発生する騒音の規制に関する基準」および「騒音に係る環境基準の評価マニュアル」に示す方法
振動	春季：平成19年 6月 5日～ 6日 夏季：平成19年 9月 5日～ 6日 秋季：平成19年10月30日～31日 冬季：平成20年 2月 5日～ 6日	「特定建設作業の規制に関する基準」に示す方法
水質	春季：平成19年 6月 5日 夏季：平成19年 9月 4日 秋季：平成19年11月 8日 冬季：平成20年 2月 5日	「水質汚濁に係る環境基準、生活環境の保全に関する環境基準（河川）」に示す方法
魚類	春季：平成19年 6月 4日 夏季：平成19年 9月 5日 秋季：平成19年10月 9日	目視観察・採捕調査
ハイドジョウツナギ	春季：平成19年 6月 4日 夏季：平成19年 8月29日	目視観察
植物群落	春季：平成19年 6月 4日 夏季：平成19年 8月29日 秋季：平成19年10月 9日	コドラート調査 <sup>*23</sup>

## (2) 調査結果

騒音・振動および水質については、平成19年度に地下施設関連設備の工事と、東立坑一般部での発破掘削を開始しましたが、いずれもそれ以前と比較して大きな変化は認められませんでした。

魚類は、これまでと較べて大きな変化がみられず、6科8種が確認されました。法指定種や環境省のレッドリストなどで絶滅のおそれのある魚類を抽出したものを重要種として表5に示します。確認された重要種は、スナヤツメ、ヤマメ、ヤチウグイ、エゾウグイ、エゾトミヨ、ハナカジカの計6種でした。

ハイドジョウツナギは、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、さらには平成18年度と同様に多数の繁殖個体（開花個体）も確認されました。

植物群落は、主要種において造成工事などの着手前と比較して生育状

\*23：1m×1m程度の調査区（コドラート）を設定し、調査区内の植物の生育状況（種類、占有面積、生育密度など）を詳細に把握し、毎年度の調査によって、変化の状況を確認する方法です。

況に変化は認められませんでした。

なお、これらの調査のうち、魚類およびハイドジョウツナギを含む植物の調査計画および調査結果については、有識者からの助言をもとに評価しています。モニタリング調査項目と結果を、表6にまとめて示します。

表 5 確認された重要種（魚類）

目	科	種	選定根拠					
ヤツメウナギ	ヤツメウナギ	スナヤツメ			VU		希	
サケ	サケ	ヤマメ (サクラマス)				N*	減**	
コイ	コイ	ヤチウグイ			NT			
		エゾウグイ				N		
トゲウオ	トゲウオ	エゾトミヨ			NT	R		
カサゴ	カジカ	ハナカジカ				N		

重要種の選定根拠

- : 「文化財保護法」(昭和25年 法律第214号)に基づく天然記念物および特別天然記念物
- : 「絶滅のおそれのある野生動植物の種の保存に関する法律」(平成4年 法律第75号)に基づく野生動植物種
- : 「改定・日本の絶滅のおそれのある野生生物 - レッドデータブック - 4 汽水・淡水魚類」(環境省2003年)の記載種
- EN: 絶滅危惧IB類 VU: 絶滅危惧類 NT: 準絶滅危惧
- : 「北海道の希少野生生物 北海道レッドデータブック2001」(北海道 平成13年)の記載種
- Cr: 絶滅危機種 R: 希少種 N: 留意種
- : 「日本の希少な野生水生生物に関するデータブック(水産庁編)」(日本水産資源保護協会1998年)の記載種
- 危: 危急種 希: 希少種 減: 減少種
- : 「緑の国勢調査 - 自然環境保全調査報告書 - 」(環境庁 昭和51年)に基づく選定種
- : 「第2回自然環境保全基礎調査報告書(緑の国勢調査)」(環境庁 昭和57年)に基づく選定種
- : 調査対象種

\*: ヤマメが対象

\*\* : サクラマスが対象

表 6 モニタリング調査項目と結果

調査項目	調査結果
騒音	等価騒音レベルは、春季～冬季を通じて、昼間は 40 から 59 デシベル、夜間は 30 から 50 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	春季～冬季を通じて、昼間は 38 デシベル以下、夜間は 30 デシベル未満でした。(工事着手前：昼間 39～53 デシベル 夜間 30 未満～37 デシベル)
水質	造成工事着手以前と同様に、水質が維持されているものと判断されました。
魚類	6 科 8 種を確認しました。 重要種はスナヤツメ、ヤマメ、ヤチウグイ、エゾウグイ、エゾトミヨ、ハナカジカの 6 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	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、さらには多数の繁殖個体(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	植物群落は、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。造成工事による生育地の改変や植物への影響はみられず、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。

## 7.2 地下施設の建設に伴うモニタリング調査

### (1) 調査位置と調査内容

水質モニタリング調査については、立坑掘削に伴い発生する排水、掘削土(ズリ)置場からの浸出水、排水処理設備にて処理後の水、掘削土(ズリ)置場とその周辺の地表水、清水川および排水の放流先である天塩川において、水質モニタリング調査を実施しました。掘削土(ズリ)置場とその周辺の水質モニタリング調査位置を図56に、天塩川の水質モニタリング調査位置を図57に示します。

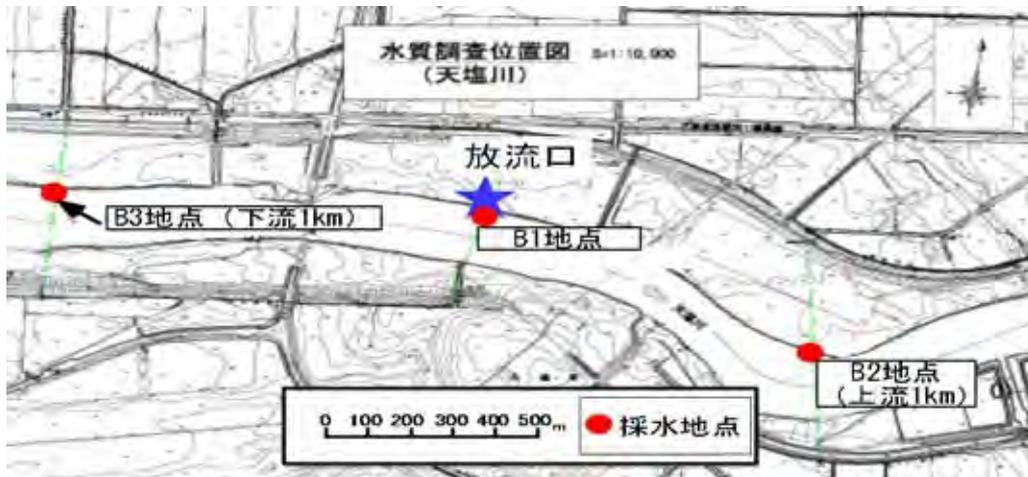
水質モニタリングの調査項目は、表7に示すとおりであり、水質汚濁防止法の排水基準および北るもい漁業協同組合との協定書に記載されている分析項目などです。



(a) 掘削土(ズリ)置場周辺の浅い地下水

(b) 清水川

図 56 掘削土(ズリ)置場とその周辺の水質モニタリング調査位置



採水は、各地点において、表層、中層および深層の3層で行った。

図 57 天塩川の水質モニタリング調査位置

表 7 地下施設の建設に伴う水質モニタリング調査項目

調査対象	調査地点	調査頻度	主要な分析項目*
坑道からの排水**	排水処理施設（原水槽）	1回/月	カドミウム ヒ素 セレン フッ素 ホウ素 pH 浮遊物質 塩化物イオン濃度、 ほか
掘削土（ズリ）置場 浸出水**	掘削土（ズリ）置場浸出水調整池		
排水処理設備にて 処理後の水**	排水処理施設（揚水設備）		
清水川	掘削土（ズリ）置場の近傍および幌延深地層研究センターの近傍（計2地点）		
天塩川	放流口前面（河口から19km）および放流口の上流・下流（各1km）の表層・中層・深層（計9地点）		

\*：水質汚濁防止法および北るもい漁業協同組合との協定書等により、「主要な分析項目」以外の分析項目については、別途、4回/年実施している。また、「掘削土（ズリ）置場周辺の浅い地下水」については、土壌汚染対策法に準じて、4回/年実施している。

\*\*：調査結果については、表3に示す。

## (2) 調査結果

掘削土（ズリ）置場とその周辺の地表水および天塩川の水質モニタリング調査結果を表8～表10に示します。なお、モニタリングの調査項目が多いため、本報告書では表8の「主要な分析項目」に示した項目について抜粋して掲載しています。モニタリング調査の詳細な結果は、ホームページ<sup>\*24</sup>で公開しています。以下に表8～表10に示す水質モニタリング調査結果について説明します。

掘削土（ズリ）置場周辺の浅い地下水の調査結果を表8に示します。平成19年5月より掘削土（ズリ）置場へ掘削土（ズリ）の搬入を開始しており、掘削土（ズリ）搬入前後でのA1～A4地点、A6地点の水質分析結果については、季節変動があるものの、ほぼ同じような値と傾向を示しました。この結果から、掘削土（ズリ）搬入による周辺環境への影響はないものと考えられます。

清水川の水質モニタリング調査結果を表9に示します。A5地点およびA7

\*24：ホームページURL；<http://www.jaea.go.jp/04/horonobe/>

地点の水質分析結果は、掘削土(ズリ)の搬入前後でほとんど変化がみられないことから、地下施設や幌延深地層研究センターから環境への影響はないものと考えられます。

天塩川の調査結果を表10に示します。5月、7月および8月の結果では、浮遊物質量が協定値を超えましたが、上流の降雨の影響によるもので、自然的要因と考えられます。また、その他の分析値においては、協定値を下回る結果となりました。天塩川への放流前後において、明瞭な変化が確認されないことから、放流口周辺環境への影響はないものと考えられます。

表 8 掘削土(ズリ)置場周辺の浅い地下水の水質モニタリング調査結果

分析項目	採水地点	平成18年6月 ～平成19年3月 掘削土(ズリ) 搬入前	平成 19 年			平成 20 年	平成 19 年 5 月 ～平成 20 年 2 月
			5 月	8 月	11 月	2 月	
カドミウム mg/l	A1	< 0.001 ~ 0.004	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001
	A2		< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	
	A3		< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	
	A4		< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	
	A6		< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	
ヒ素 mg/l	A1	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005 ~ 0.015
	A2		< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	
	A3		< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	
	A4		< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	
	A6		< 0.005	0.008	< 0.005	0.015	
セレン mg/l	A1	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002
	A2		< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	
	A3		< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	
	A4		< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	
	A6		< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	
フッ素 mg/l	A1	< 0.1 ~ 0.4	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1 ~ 1.1
	A2		< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	
	A3		< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	
	A4		< 0.1	< 0.1	0.1	< 0.1	
	A6		< 0.1	< 0.1	0.1	1.1	
ホウ素 mg/l	A1	< 0.02 ~ 50.7	46.8	48.4	49.5	63.0	< 0.02 ~ 63.0
	A2		2.85	8.99	5.88	5.76	
	A3		30.7	25.2	32.3	41.8	
	A4		0.02	0.03	< 0.02	< 0.02	
	A6		0.05	0.08	0.08	0.13	
pH	A1	4.6 ~ 7.4	7.1	7.0	7.0	7.0	5.2 ~ 7.1
	A2		6.1	6.2	6.0	5.9	
	A3		6.9	6.8	6.9	6.9	
	A4		5.8	5.4	5.2	5.8	
	A6		6.0	6.2	6.5	6.4	
浮遊物質 mg/l	A1	12 ~ 173	-	-	-	-	24 ~ 500
	A2		-	-	-	-	
	A3		-	-	-	-	
	A4		-	-	-	-	
	A6		51	377	24	500	
塩化物イオン mg/l	A1	9.7 ~ 2910	2,690	2,620	2,730	2,740	9.3 ~ 2,740
	A2		237	585	387	313	
	A3		1,490	1,100	1,460	1,490	
	A4		9.6	9.3	9.7	9.5	
	A6		15.2	70.3	51.1	55.6	

表7に示した「主要な分析項目」のみを抜粋。

表 9 清水川の水質モニタリング調査結果

分析項目	採水地点	平成 18 年 12 月 ～平成 19 年 3 月 掘削土(ズリ) 搬入前	平成 19 年									平成 20 年			平成19年4月 ～平成20年3月
			4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	
カドミウム mg/l	A5	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
	A7		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	
ヒ素 mg/l	A5	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
	A7		<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	
セレン mg/l	A5	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
	A7		<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	
フッ素 mg/l	A5	<0.1～0.1	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
	A7		<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	
ホウ素 mg/l	A5	<0.02～0.3	0.03	0.15	0.16	0.28	0.25	0.28	0.11	0.14	0.11	0.24	0.44	0.40	0.03～0.44
	A7		0.03	0.17	0.21	0.33	0.27	0.31	0.16	0.17	0.13	0.26	0.42	0.34	
pH	A5	6.4～7.1	6.4	7.0	7.1	7.0	6.8	7.1	7.0	6.9	6.8	7.0	6.9	6.9	6.4～7.2
	A7		6.5	7.1	7.0	7.1	6.9	7.2	7.1	7.1	6.9	6.9	7.0	7.0	
浮遊 物質 mg/l	A5	2～20	20	4	3	2	5	3	9	1	1	2	2	6	1～20
	A7		11	4	4	3	12	5	4	4	2	1	5	2	
塩化物 イオン mg/l	A5	1～109	14.7	19.2	21.4	20.2	18.1	26.6	22.8	20.7	16.3	42.4	24.4	25.5	14.7～42.4
	A7		15.6	22.3	23.5	26.6	22.4	32.1	25.1	23.1	18.5	36.4	38.4	26.8	

表7に示した「主要な分析項目」のみを抜粋。

表 10 天塩川の水質モニタリング調査結果

分析項目	採水地点		平成18年6月～11月 (放流前)	平成18年12月 ～平成19年3月 (放流後)	平成19年								平成20年			平成19年4月 ～平成20年3月	北るもい 漁業協同組合 協定値	
					4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月			3月
ホウ素 mg/l	B1	表層	< 0.02 ~ 3.35	0.02 ~ 0.04	0.02	0.01	0.02	0.04	0.01	0.27	0.12	0.02	0.03	0.04	0.02	0.02	0.01 ~ 4.1	5
		中層			0.02	0.01	0.02	0.20	0.01	0.26	0.01	0.02	0.03	0.05	0.02	0.02		
		深層			0.02	0.01	0.02	3.5	0.01	3.9	1.2	0.02	0.03	0.37	0.02	0.02		
	B2	表層			0.02	0.01	0.02	0.02	0.01	0.27	0.07	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02		
		中層			0.03	0.01	0.02	0.17	0.02	0.33	0.01	0.02	0.02	0.03	0.02	0.01		
		深層			0.02	0.01	0.02	2.8	0.03	4.1	0.04	0.02	0.03	0.13	0.02	0.02		
	B3	表層			0.02	0.01	0.02	0.09	0.02	0.26	0.02	0.02	0.03	0.04	0.02	0.01		
		中層			0.02	0.02	0.02	0.14	0.02	0.36	0.04	0.02	0.02	0.04	0.02	0.02		
		深層			0.02	0.01	0.03	1.6	0.01	3.8	0.12	0.02	0.03	0.06	0.01	0.02		
全窒素 mg/l	B1	表層	0.37 ~ 1.50	0.44 ~ 1.10	1.00	0.59	0.34	0.21	1.2	0.26	0.54	0.42	0.74	0.89	0.62	0.71	0.17 ~ 2.3	20
		中層			1.00	0.73	0.39	0.21	1.0	0.23	0.57	0.73	0.68	0.86	0.61	0.67		
		深層			0.98	0.9	0.46	1.20	1.1	1.7	0.80	0.58	0.71	1.3	0.59	0.68		
	B2	表層			1.00	0.93	0.33	0.17	1.0	0.24	0.61	0.47	0.84	0.85	0.59	0.79		
		中層			1.00	0.59	0.37	0.19	1.0	0.31	0.54	0.42	0.88	0.93	0.57	0.63		
		深層			1.00	0.89	0.32	1.60	1.1	2.3	0.70	0.41	0.71	1.1	0.58	0.63		
	B3	表層			0.97	0.72	0.34	0.16	1.2	0.27	0.66	0.47	0.78	0.97	0.58	0.60		
		中層			1.00	0.61	0.36	0.19	1.0	0.28	0.64	0.59	0.74	0.88	0.59	0.63		
		深層			0.99	0.54	0.38	0.57	1.1	2.1	0.60	0.65	0.73	0.81	0.59	0.59		
全アンモニア mg/l	B1	表層	< 0.05 ~ 0.35	< 0.05 ~ 0.18	0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0.06	<0.05	<0.05	<0.05	0.08	0.19	0.12	0.10	< 0.05 ~ 0.26	2 <sup>注)</sup>
		中層			0.08	0.05	<0.05	<0.05	0.07	<0.05	<0.05	<0.05	0.08	0.23	0.11	<0.05		
		深層			0.06	<0.05	<0.05	<0.05	0.10	0.10	0.24	<0.05	0.09	0.26	0.11	0.07		
	B2	表層			0.06	<0.05	<0.05	<0.05	0.08	<0.05	<0.05	<0.05	0.08	0.20	0.10	0.11		
		中層			0.09	0.05	<0.05	<0.05	0.10	<0.05	<0.05	<0.05	0.08	0.21	0.10	0.09		
		深層			<0.05	<0.05	0.06	0.10	0.10	0.18	<0.05	<0.05	0.06	0.22	0.09	0.14		
	B3	表層			0.06	<0.05	<0.05	0.05	0.13	0.05	<0.05	<0.05	0.08	0.21	0.10	0.11		
		中層			0.07	<0.05	<0.05	0.09	0.10	0.07	0.05	<0.05	0.08	0.20	0.09	0.09		
		深層			0.06	<0.05	<0.05	0.09	0.14	0.17	0.06	<0.05	0.07	0.21	0.10	0.10		
pH	B1	表層	7.0 ~ 7.6	7.0 ~ 7.3	7.1	7.3	7.4	7.7	7.2	7.5	7.5	7.3	7.3	7.3	6.9	7.1	6.9 ~ 7.9	5.8 ~ 8.6
		中層			7.2	7.2	7.4	7.5	7.2	7.5	7.5	7.3	7.3	7.2	6.9	7.1		
		深層			7.1	7.2	7.4	7.9	7.2	7.3	7.4	7.2	7.3	7.1	6.9	7.1		
	B2	表層			7.1	7.2	7.4	7.8	7.2	7.6	7.5	7.2	7.3	7.4	7.0	7.1		
		中層			7.1	7.2	7.4	7.5	7.2	7.4	7.5	7.2	7.3	7.2	7.0	7.1		
		深層			7.2	7.2	7.4	7.5	7.1	7.2	7.2	7.2	7.3	7.2	6.9	7.2		
	B3	表層			7.4	7.6	7.6	7.6	7.3	7.5	7.5	7.5	7.4	7.3	7.0	7.1		
		中層			7.2	7.4	7.5	7.5	7.1	7.4	7.4	7.4	7.4	7.3	7.0	7.1		
		深層			7.2	7.3	7.4	7.5	7.1	7.2	7.4	7.3	7.3	7.2	7.0	7.1		
浮遊物質 mg/l	B1	表層	1 ~ 120	1 ~ 14	10	46	3	3	14	3	3	4	4	1	1	1	< 1 ~ 47	20
		中層			11	40	2	3	17	3	2	4	2	1	1	1		
		深層			9	40	3	7	25	8	5	6	2	1	1	1		
	B2	表層			9	42	3	3	14	4	3	3	5	1	<1	<1		
		中層			10	44	3	4	15	4	3	3	6	1	<1	<1		
		深層			18	47	3	36	16	5	4	3	8	1	<1	1		
	B3	表層			15	40	3	2	15	3	3	3	2	1	<1	1		
		中層			15	44	2	2	17	3	4	5	2	<1	<1	1		
		深層			22	45	2	4	18	5	4	5	2	1	<1	1		

表7に示した「主要な分析項目」のみを抜粋。

注)北るもい漁業協同組合との確認により、放流口下流1km(B3)地点の値としている。

## 8. 開かれた研究

幌延深地層研究計画で実施する地下深部を対象とした研究は、以下に示す研究機関との共同研究や研究協力をはじめ、そのほかにも広く関連する国内外の研究機関や専門家の参加を得て進めています。平成19年度の主な調査や解析の結果は以下のとおりです。

### 8.1 国内機関との研究協力

#### 8.1.1 大学などとの研究協力

##### 北海道大学

「圧縮ベントナイト中の溶存ガスおよび溶存物質の移動経路の評価に関する研究」というテーマで研究協力を行いました。平成19年度は、平成18年度に引き続いて水の動きをみるためのトレーサとして $\text{H}_2^{18}\text{O}$ を使用<sup>\*25</sup>し、ベントナイトに含まれる主要な粘土鉱物であるスメクタイト中の拡散実験と電場勾配をかけた電気浸透実験をスメクタイトの密度を変えて実施しました。水のトレーサとして従来から用いられているトリチウム水<sup>\*26</sup>の拡散係数と比較した結果、全ての条件でほぼ同程度であり、水分子の解離<sup>\*27</sup>による拡散係数への影響はほとんどないことがわかりました。また、電気浸透実験から、スメクタイト中に存在する層間水と間隙水は完全に混合していると考えられることがわかりました。塩濃度やスメクタイトの層間に存在する陽イオン（層間陽イオン）は層間距離や粘土表面の電場に影響を及ぼすことが知られているため、今後、間隙水の塩濃度や層間陽イオンの種類を変えた試験を行い、間隙水の種類と移動するイオンの種類との関係を詳細に検討する予定です。

---

\*25：水分子（ $\text{H}_2\text{O}$ ）を構成する酸素原子のほとんどは質量数が16ですが、この研究では、質量数が18の酸素原子に置換された特殊な水を使用します。この酸素原子の質量数の違いを分析することにより、水の中の水の動きを測定します。

\*26：水分子（ $\text{H}_2\text{O}$ ）を構成する水素原子が通常の水素原子の3倍の質量数を持つ3重水素（T：トリチウム）で置換されている水をトリチウム水と言います。Tは低いエネルギーの $\beta$ 線を放出することから、この $\beta$ 線を検出することにより水の動きを見ることができ、水のトレーサとして生物学など様々な研究に使用されています。

\*27：水分子（ $\text{H}_2\text{O}$ ）は、ある一定の割合で $\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{OH}^-$ に解離しており、 $\text{H}^+$ （水素イオン）と $\text{OH}^-$ （水酸化物イオン）の割合は水素イオン濃度（pH）によって変化します。特にスメクタイトの間隙水中では、通常の水と異なる解離状態となる可能性があり、間隙水中でそれぞれ解離したイオンの移行挙動に大きな違いがある場合、水の動きを見るためのトレーサとして使用したトリチウム水と $\text{H}_2^{18}\text{O}$ とは拡散係数に違いが生じると考えられます。

## 埼玉大学

研究所設置地区周辺に分布する新第三紀堆積岩（稚内層、声問層）を対象に、換気立坑先行ボーリング調査で取得したコア試料からガスを抽出し、その成因を炭素の同位体組成から検討するとともに、同位体組成の深度方向の変化から、ガスの流れを遮る地層・地質構造の存在について推定を試みました。

## 筑波大学

岩石などに対する地球化学的研究として、幌延地域の岩石や地下水を用いてカラム試験などの室内試験や化学分析を実施しました。その結果をもとに、岩石の反応性、特にpHの緩衝作用についての考察を行い、幌延地域のような黄鉄鉱を含む堆積岩では、酸化的環境下では黄鉄鉱の溶解反応により水素イオンが生じpHの低下が生じる可能性が示唆されました。また、実際の環境を室内試験で模擬することが困難であることがわかり、試験方法の改良および解析による評価手法を検討しました。

## 東京大学

「塩素安定同位体比を用いた水理地質構造モデル評価技術」について共同研究を行いました。本研究では、地下水中の塩素の安定同位体に着目し、地下水の流れの速さを推定する技術を構築することを目的としました。その結果、塩素安定同位体比の変動は、地下水の流速が十分に小さい（拡散が支配する）場において起こり、移流が支配的な場においては、塩化物イオン濃度の変動はみられるものの、塩素安定同位体比の変動は認められないことが示されました。このことは、塩素安定同位体比は、地下水流動が十分に遅いことを直接的に示すことができるツールになる可能性があることを示しています。

## 武蔵工業大学

「微量元素の放射化分析手法に関する研究」というテーマで共同研究を行いました。平成19年度は、声問層と稚内層の岩石を対象として、

岩石中に含まれる微量元素の放射化分析手法の検討を行い、分析可能な微量元素の種類を確認するとともに、岩石の種類や鉱物の種類ごとに、微量元素の分布状態を確認しました。また、微量元素が岩石中に保持される化学条件を確認するための予備実験を行いました。

名古屋大学、静岡大学

「精密制御定常信号システムデータの解析技術の高度化」というテーマで共同研究を行い、遠隔監視システムなどの観測データを使って地下の散乱体（使用する信号の波長に比べて短波長の不均質構造）を推定するための理論的検討や計算プログラムの開発を進めました。

京都大学、広島大学

「断層帯及び亀裂を考慮した堆積岩地盤の水理学的構造の決定と地下水の移動解析」というテーマで共同研究を行いました。平成19年度は、ボーリング調査で採取した稚内層、声問層、勇知層の岩石試料を用いて、各地層の透水係数や間隙率と、各地層が過去に受けた応力との関係を室内試験などにより調べました。

#### 8.1.2 その他の機関との研究協力

電力中央研究所

「地質・地下水環境特性評価に関する研究」というテーマで共同研究を継続して実施しました。平成19年度は、大曲断層の断層破碎帯を対象としたコントロールボーリング掘削技術の適用性を確認するための掘削を上幌延地区において継続しました。また、新たに掘削長80m程度のボーリング孔を掘削し、モニタリング装置を設置しました。

幌延地圏環境研究所<sup>\*28</sup>

「(財)北海道科学技術総合振興センターとの地層の研究に関する

---

\*28：幌延地圏環境研究所は、財団法人 北海道科学技術総合振興センターが設置した研究所であり、国の補助を受けて、幌延深地層研究センターの施設や設備を活用した地下空間利用を中心とする研究を実施しています。

協力協定」に基づき、室内試験や種々の分析に必要な岩石コアや地下水の提供を行うとともに、定期的に研究に関する情報交換会や原子力機構および幌延地圏環境研究所の所有する試験設備を利用した技術的な交流を行いました。

#### 北海道立地質研究所\*<sup>29</sup>

幌延町北進地区の地形を対象として、現在進行している隆起や侵食などに伴う地形変化の様式について、意見交換を実施しました。また、幌延町下沼地区に分布する地層が堆積した当時の環境を推定しました。

#### 清水建設株式会社

「化学平衡論解析を用いた地下水流動調査に関する研究」というテーマで共同研究を行いました。本研究は、地上で計測された水質データと平衡論解析を用いて、原位置におけるpHや地下水の酸化還元電位を定量的に推定する技術の構築を目指しています。

また、「地質環境モデル構築技術の高度化に関する研究」というテーマで共同研究を行いました。平成19年度は、平成18年度までに実施した電気探査で得られた比抵抗分布を用い、平成18年度までに構築した三次元比抵抗モデルと水質分布モデルの更新を行いました。

#### 三井住友建設株式会社

「溶存メタンガスセンサーによる原位置メタン量測定法に関する研究」というテーマで共同研究を行いました。本研究では、平成18年度までに開発したメタンガスセンサーの測定効率化を目的とする調査手法を提案し、その有効性をHDB-5孔を用いた孔内試験により検証しました。また、長期モニタリング試験を実施してモニタリング機器として必要な耐久性能を確認しました。

---

\*29:北海道立地質研究所は、北海道の地質と地下資源に関する研究機関（北海道立地下資源調査所）として設立されました。現在、地域資源の開発・利用・管理に関する研究、国土利用保全、地下環境保全に関する研究、地質災害の要因解明と防止に関する研究、地学情報のセンター機能の充実、などを行っています。

## 産業技術総合研究所

塩水と淡水が混在する場における地下水流動、水質形成および物質移動に関する調査を共同研究として実施しました。幌延町市街地付近海岸に至る陸域での電磁法探査を実施し、その領域の二次元（一部、三次元）比抵抗構造を推定しました。また、浜里地区でのボーリング用地の造成に着手しました。

## 原子力安全基盤機構<sup>\*30</sup>・産業技術総合研究所

原子力機構を含めた三者の共同研究として、安全評価手法のうち、特に地下水流動・物質移動解析手法の適用性について、データ整理および安全評価シナリオの検討を実施しました。

## 原子力環境整備促進・資金管理センター<sup>\*31</sup>

これまでに共同研究で実施した物理探査などの研究成果の取りまとめを行いました。

## 8.2 国外機関との研究協力

### Nagra<sup>\*32</sup>（スイス）

幌延深地層研究計画における第1段階成果報告書の英語版の作成にあたり、技術レビューワークショップを行いました。また、換気立坑先行ボーリング調査に関する技術的なサポートを得るとともに、モニタリング装置に関する意見交換を適宜行いました。

---

\*30: 独立行政法人 原子力安全基盤機構は、平成15年に設立され、規制行政庁である経済産業省原子力安全・保安院とともに、原子力エネルギーの利用における安全の確保を目的とした機関です。

\*31: 財団法人 原子力環境整備促進・資金管理センターは、放射性廃棄物処理処分の専門研究機関として発足しました。現在は、原子力発電環境整備機構を通して積み立てられる最終処分積立金の管理などを行う資金管理業務も実施しています。

\*32: Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (National Cooperative for the Disposal of Radioactive Waste): 放射性廃棄物管理協同組合

Nagraは、スイスにおける放射性廃棄物の地層処分の実施機関で、スイス国内の地下研究施設（グリムゼルなど）や幌延と同種の堆積岩のサイトにおいて地層処分に係る様々な調査研究を行っています。

## モンテリ・プロジェクト<sup>\*33</sup>

モンテリ・プロジェクトで実施されている各種試験のうち、原子力機構は「難透水性堆積岩の地球化学的評価試験」および「鉄材料の腐食に関する原位置試験」に参加しています。平成19年度は、モンテリ岩盤研究所の調査坑道に設置しているモニタリング装置を回収するための現地試験計画を策定するとともに、現地試験に参加しました。これらの現地試験に関する経験は、幌延深地層研究計画における坑道内での調査研究に反映しています。

上記のほか、ANDRA<sup>\*34</sup>（フランス）と堆積岩を対象とした地質環境調査技術や地下施設における調査手法や原位置試験などについて情報交換を行いました。

---

\*33:モンテリ・プロジェクト(Mont Terri Project)は、堆積岩を対象とした地層処分研究に関する国際的な原位置試験プロジェクトです。現在、原子力機構を含め6ヶ国から12機関が参加し、スイスのモンテリ・トンネル内において地層処分に関連する各種の原位置試験が実施されています。

\*34: Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (National radioactive waste management agency):放射性廃棄物管理公社

ANDRAは、フランスにおける放射性廃棄物処分の実施機関であり、低中レベルの放射性廃棄物処分場を操業するとともに、高レベル放射性廃棄物および長寿命の中レベル放射性廃棄物処分に関する研究開発の中核機関で、現在、幌延と同種の岩石である堆積岩を対象に深地層の研究施設計画を進めています。

## 引用文献

- (1) 松井裕哉，中山雅，真田祐幸，山口雄大（編）(2007)：“幌延深地層研究計画 平成19年度調査研究計画”，JAEA-Research 2007-048.
- (2) 核燃料サイクル開発機構(2005)：“平成16年度研究開発評価（中間評価）報告書評価課題「幌延深地層研究計画」”，JNC TN1440 2005-002，参考資料4，pp.18-23.
- (3) 松井裕哉，中山雅，真田祐幸（編）(2007)：“幌延深地層研究計画 平成18年度調査研究成果報告”，JAEA-Research 2007-092.
- (4) 戸村豪治，操上広志，柴野一則，國丸貴紀，原稔(2007)：“幌延深地層研究計画における表層水理調査の現状”，JAEA-Research 2007-063.
- (5) 太田久仁雄，阿部寛信，山口雄大，國丸貴紀，石井英一，操上広志，戸村豪治，柴野一則，濱克宏，松井裕哉，新里忠史，高橋一晴，丹生屋純夫，大原英史，浅森浩一，森岡宏之，舟木泰智，茂田直孝，福島龍朗(2007)：“幌延深地層研究計画における地上からの調査研究段階（第1段階）研究成果報告書 分冊「深地層の科学的研究」”，JAEA-Research 2007-044.
- (6) 柴野一則，尾留川剛，安江健一，舟木泰智，操上広志(2007)：“換気立坑掘削深度50mまでの湧水量解析”，JAEA-Research 2008-033.
- (7) 宮川公雄，木方建造，金内昌直(2008)：“泥水コントロール掘削用透水・採水複合試験ツールの開発”，第46回試錐研究会講演資料集，pp.45-54.
- (8) 石油公団(1995)：“国内石油・天然ガス基礎調査 基礎試錐「天北」調査報告書”.
- (9) 産業技術総合研究所(2006)：“サロベツ断層帯の活動性および活動履歴調査”，「基盤的調査観測対象断層帯の追加・補完調査」成果報告書，No.H17-1.
- (10) 森岡宏之，山口雄大，舟木泰智，尾留川剛(2007)：“幌延深地層研究計画における立坑掘削時の計測計画及び情報化施工プログラム”，JAEA-Research 2007-050.
- (11) 核燃料サイクル開発機構(2005)：“幌延深地層研究計画 地下施設実施設計 - 設計報告書”，JNC TJ5410 2005-002.
- (12) 核燃料サイクル開発機構(2005)：“幌延深地層研究計画 平成16年度調査研究成果報告”，JNCTN5400 2005-001.

- (13)入矢桂史郎，三上哲司，秋好賢治，上垣義明(2002)：“幌延深地層研究センターにおけるコンクリート材料の施工性に関する研究(II)”，JNC TJ8400 2002-013 .
- (14)入矢桂史郎，三上哲司，竹田宣典，秋好賢治(2003)：“幌延深地層研究センターにおけるコンクリート材料の施工性に関する研究(III)”，JNC TJ5400 2003-002 .
- (15)入矢桂史郎，栗原雄二，納田勝(2005)：“幌延深地層研究センターにおけるコンクリート材料の施工性に関する研究(V)”，JNC TJ5400 2005-003
- (16)核燃料サイクル開発機構(1999)：“わが国における高レベル放射性廃棄物処分の技術的信頼性 - 地層処分研究開発第2次取りまとめ - 分冊2 地層処分の工学技術”，JNC TN1400 99-022 , p. -2.
- (17)佐藤治夫(2008)：“緩衝材及び埋め戻し材の膨潤圧に及ぼす塩濃度の影響に関する熱力学的アプローチ”，日本原子力学会2008年春の年会要旨集I1，p.404.
- (18)鈴木英明，柴田雅博，山形順二，広瀬郁朗(1992)：“緩衝材の特性試験(I)”，PNC TN8410 92-057.
- (19)鈴木英明，藤田朝雄(1999)：“緩衝材の膨潤特性”，JNC TN8400 99-038.
- (20)菊地広人，棚井憲治(2005)：“幌延地下水を用いた緩衝材・埋め戻し材の基本特性試験”，JNC TN8430 2004-005.
- (21)日本原子力研究開発機構(2006)：緩衝材基本特性データベース。  
(<http://bufferdb.jaea.go.jp/bmdb/>).
- (22)核燃料サイクル開発機構(2005)：“幌延深地層研究計画 平成16年度調査研究成果報告”，JNC TN5400 2005-001.
- (23)Xia, X.，柴田雅博，亀井玄人(2004)：“海水系地下水条件下での堆積岩に対するセレンの収着”，日本原子力学会バックエンド部会，第20回バックエンド夏期セミナー資料集，ポスター7-1～7-9.
- (24)石寺孝充，黒澤精一(2007)：“幌延堆積岩中の核種の拡散係数の取得”，日本原子力学会2007年秋の大会，予稿集I15，p.494.
- (25)久野義夫，笹本広(2008)：“地下水中のコロイドの特性評価に及ぼす水質擾乱影響の予察的検討”，JAEA-Research 2008-16.
- (26)下茂道人，熊本創，唐崎建二，澤田淳，前川恵輔，佐藤久(2008)：“亀裂を

有する堆積岩の水理・物質移行評価のためのデータ取得・解析”，  
JAEA-Research 2008-029.

(27)高須民男，前川恵輔，澤田淳(2008)：“多孔質媒体均質層及び二層不均質層  
を対象とした塩淡境界面の挙動”，JAEA-Research 2008-030.

(28)藤田朝雄，谷口直樹，松井裕哉，棚井憲治，西村繭果，小林保之，平本正  
行，前川恵輔，澤田淳，牧野仁史，笹本広，吉川英樹，柴田雅博，若杉圭  
一郎，濱克宏，操上広志，國丸貴紀，石井英一，竹内竜史，中野勝志，太  
田久仁雄，瀬尾俊弘，宮原要，内藤守正，油井三和(2007)：“幌延深地層研  
究計画における地上からの調査研究段階(第1段階)研究成果報告書 分冊  
「地層処分研究開発」”，JAEA-Research 2007-045.

(29)梅田浩司，大井貴夫，大澤英昭，大山卓也，小田治恵，亀井玄人，久慈雅  
栄，黒澤英樹，小林保之，佐々木康雄，佐藤治夫，真田祐幸，澤田淳，仙  
波毅，谷口直樹，竹内真司，棚井憲治，田力正好，鶴田忠彦，内藤守正，  
中山雅，新里忠史，久野義夫，藤島敦，藤田朝雄，藤原健壯，舟木泰智，  
本田明，前川恵輔，三原守弘，宮原要，安江健一(2007)：“地層処分技術に  
関する知識基盤の構築 平成18年度報告 ”，JAEA-Review 2007-050 .

## 参 考 資 料

(平成19年度外部発表資料)

\*著者アルファベット順に記載

- 青木和弘, 杉田裕, 千々松正和, 田崎和江(2007): “Impacts of the thermo-hydro-mechanical experiments on the microbial activity in compacted bentonite at Kamaishi Mine, northeast Japan”, Specialist Workshop on Long-Term Performance of Smectitic Clays Embedding Canisters with Highly Radioactive Waste, 2007年11月.
- 舟木泰智, 尾留川剛, 名合牧人, 安江健一, 新里忠史, 富永英治(2007): “大規模な地下施設を建設する際の水理地質調査; 北海道北部, 幌延地域における例”, 日本地質学会第114年学術大会, 2007年9月.
- 市原三馨, 尾留川剛, 山上光憲, 名合牧人, 土井崇志(2007): “大深度立坑坑口部のマスコンクリート構造物の温度ひび割れ対策, 2; 解析結果と対策効果の確認”, 土木学会平成19年度全国大会第62回年次学術講演会論文集, 5-591, 2007年9月.
- 井尻裕二, 名合牧人, 木ノ村幸士, 杉原豊, 重廣道子, 里優, 國丸貴紀(2007): “高精度傾斜計による岩盤挙動のモニタリング手法の開発”, 日本原子力学会バックエンド部会第23回バックエンド夏期セミナー, 2007年7月.
- 今井久, 塩崎功, 山下亮, 操上広志, 新里忠史, 前川恵輔, 安江健一(2007): “地形・地質構造の変化を考慮した地下水流動解析の試み”, 日本地下水学会2007年秋季講演会講演要旨, pp.54-59, 2007年11月.
- 今井久, 塩崎功, 山下亮, 操上広志, 新里忠史, 安江健一, 前川恵輔(2008): “気候・海水準変動が地下水流動に与える影響に関する解析的検討; 北海道幌延地域を例として”, ハザマ研究年報, (2007.12), pp.1-7, 2007年12月.
- 石井英一, 舟木泰智, 真田祐幸(2007): “北海道北部幌延地域の珪質泥岩中に認められる透水係数の深度依存性の要因”, 日本地質学会第114年学術大会, 2007年9月.
- 石井英一, 安江健一, 大平寛人, 古澤明, 長谷川健, 中川光弘: “北海道北部, 大曲断層近傍の背斜成長の開始時期”, 地質学雑誌, (印刷中).
- 岩月輝希, 吉田治生, 加藤修, 今北毅, 栗本宜孝, 濱克宏(2007): “金属有機錯体形成にかかわる有機物特性の圧力依存性について”, 日本地球惑星科学連合2007年大会, 2007年5月.
- 唐崎建二, 前川恵輔(2007): “Numerical simulation of saltwater intrusion experiment”, American Geophysical Union 2007 Fall Meeting, 2007年12月.
- 川村淳, 大井貴夫, 梅田浩司, 新里忠史, 江橋健, 北村暁, 河内進, 牧野仁史, 石丸恒存, 柳川玄永, 大久保博生(2007): “放射性廃棄物地層処分に係わる天然現象影響評価研究 - 地質環境の長期安定性研究から影響評価にいたるまでの一連の研究開発”, 日本地球惑星科学連合2007年大会, 2007年5月.
- 川村淳, 大井貴夫, 梅田浩司, 新里忠史, 牧野仁史, 河内進, 石丸恒存, 柳川玄永, 大久保博生(2007): “放射性廃棄物地層処分に係わる天然現象影響評価研究 - 地質環境条件変化の検討 - ”, 日本地球惑星科学連合2007年大会,

2007年5月.

川村淳, 新里忠史, 安江健一, 常盤哲也, 大井貴夫, 河内進, 石丸恒存, 梅田浩司, 牧野仁史(2007):“高レベル放射性廃棄物処分における隆起・侵食に起因する変動シナリオのための情報整理の考え方”, 日本地質学会第114年学術大会, 2007年9月.

川村淳, 島田耕史, 丹羽正和, 黒澤英樹, 石丸恒存, 大井貴夫, 安江健一, 新里忠史, 浅森浩一, 河内進, 牧野仁史(2007):“高レベル放射性廃棄物処分における地震・断層活動に起因する変動シナリオのための情報整理の考え方”, 日本地震学会第2007年秋季大会, P3-083, 2007年10月.

川村淳, 梅田浩司, 大井貴夫, 石丸恒存, 新里忠史, 安江健一, 牧野仁史(2007):“Study on potential changes in geological and disposal environment caused by ‘natural phenomena’ on a HLW disposal system”, 2007 AGU Fall Meeting, H41E-0830, 2007年12月.

木ノ村幸士, 小川豊和, 青木智幸, 山本卓也, 松井裕哉, 真田祐幸(2008):“堆積軟岩地山のひずみ軟化挙動を考慮した立坑の掘削時安定性評価”, 第37回岩盤力学に関するシンポジウム講演集(CD-ROM), pp.307-312, 2008年1月.

小林保之, 山田勉, 中山雅, 三原守弘, 内藤守正, 油井三和(2007):“低アルカリ性セメントを用いた吹付けコンクリートの実用性検討, (1)トンネル支保工への適用性検討”, 日本原子力学会2007年秋の大会, 2007年9月.

小島亘, 山上光憲, 尾留川剛, 北川義人, 須網功二, 齋藤綾佑(2007):“大深度立坑掘削に伴い発生するズリのモニタリング手法”, 土木学会平成19年度全国大会第62回年次学術講演会論文集, 6-243, 2007年9月.

國丸貴紀, 平田洋一, 松波伸次朗(2008):“幌延深地層研究計画(4)立坑掘削に伴う水理学的影響調査研究の概要”, 日本原子力学会2008年春の年会, 2008年3月.

國丸貴紀, 太田久仁雄, 阿部寛信, 山口雄大, 石井英一, 操上広志, 戸村豪治, 柴野一則, 濱克宏, 松井裕哉, 新里忠史, 高橋一晴, 丹生屋純夫, 大原英史, 浅森浩一, 森岡宏之, 舟木泰智, 茂田直孝, 福島龍朗(2007):“幌延深地層研究計画における地上からの調査研究段階(第1段階)研究成果報告書の概要”, 日本原子力学会バックエンド部会第23回バックエンド夏期セミナー, 2007年7月.

國丸貴紀, 山本肇(2007):“Investigation and modeling of 3D distribution of water chemistries in Horonobe, Hokkaido, Japan”, 3rd International Meeting on Clays in Natural and Engineered Barriers for Radioactive Waste Confinement, 2007年9月.

操上広志, 竹内竜史, 藪内聡(2007):“Scale effect and heterogeneity of hydraulic conductivity of sedimentary rocks at Horonobe URL site”, 3rd International Meeting on Clays in Natural and Engineered Barriers for Radioactive Waste Confinement, 2007年9月.

前川恵輔, 唐崎建二, 高須民男(2007):“Laboratory experiments for seawater intrusion into freshwater aquifer with heterogeneity”, American Geophysical Union 2007 Fall Meeting, 2007年12月.

前川恵輔, 柴野一則, 操上広志(2008):“幌延深地層研究計画(3)幌延深地層研究計画における立坑掘削予測解析”, 日本原子力学会2008年春の年会, 2008

年3月.

松井裕哉, 操上広志, 國丸貴紀, 森岡宏之, 畑中耕一郎(2007): "Horonobe URL project; Present status and future plan", Rock Mechanics: Proceedings of the 1<sup>st</sup> Canada-US Rock Mechanics Symposium, pp.1193-1201, 2007年7月.

松井裕哉, 丹生屋純夫, 名合牧人, 山本俊也(2007): "深層ボーリング孔における新第三紀堆積岩を対象とした初期応力測定事例", 第42回地盤工学研究発表会予稿集(CD-ROM), pp.157-158, 2007年7月.

水戸義忠, Chang, C.S., 青木謙治, 松井裕哉, 丹生屋純夫, 南将行(2007): "Evaluation of fracturing process of soft rocks at great depth by AE measurement and DEM simulation", Proceedings of 11th Congress of the International Society for Rock Mechanics (ISRM 2007), Vol.1, pp.273-276, 2007年8月.

三浦律彦, 小西一寛, 入矢桂史郎, 中山雅, 松井裕哉(2007): "ポゾランを高含有した吹付けコンクリート", セメント・コンクリート, No.728, pp.63-67, 2007年10月.

名合牧人, 井尻裕二, 木ノ村幸士, 里優, 重廣道子, 國丸貴紀(2007): "高精度傾斜計による立坑掘削に伴う岩盤挙動のモニタリング", 土木学会平成19年度全国大会第62回年次学術講演会論文集, 3-432, 2007年9月.

中田英二, 中川加明一郎, 石井英一, 岩月輝希, 早稻田周(2007): "土木地質調査におけるガス炭素安定同位体比の利用", 平成19年度研究発表会, 2007年10月.

中嶋誠門, 瀬尾昭治, 戸井田克, 國丸貴紀(2007): "堆積岩を対象とした間隙水圧長期観測データの解析的検討, 1; 地震時応答及びトレンド分析に関する検討", 日本地下水学会2007年秋季講演会, 2007年11月.

中山雅, 小林保之, 入矢桂史郎, 小西一寛(2007): "低アルカリ性セメントを用いた吹付けコンクリートの実用性検討, (2)幌延URLにおける原位置試験への適用性検討", 日本原子力学会2007年秋の大会, 2007年9月.

根木健之, 梅田浩司, 浅森浩一(2007): "MT法スペクトル・データの効果的なスタッキング方法", 物理探査学会学術講演会講演論文集, 116, pp.176-179, 物理探査学会.

根木健之, 梅田浩司, 松尾公一, 浅森浩一(2007): "MT法データのロバスト・スムージング手法の開発とスタッキングへの応用", 物理探査学会学術講演会講演論文集, 117, pp.195-198, 物理探査学会.

新里忠史(2007): "北海道北部, 幌延地域を事例とした地質環境の長期的変遷: 将来予測における考え方", 日本地質学会第114年学術大会(札幌大会)シンポジウム「地質環境の将来予測と地層処分: 予測科学としての地質学」, 2007年9月.

新里忠史, 舟木泰智, 安江健一(2007): "北海道北部, 幌延地域における後期鮮新世以降の古地理と地質構造発達史", 地質学雑誌, vol.113, (補遺), pp.119-135, 2007年9月.

新里忠史, 安江健一(2007): "北海道北部, 幌延地域における後期鮮新世以降のテクトニクス: 沈降史解析による検討", 日本地質学会構造地質部会2007年度新潟討論会および巡検 - 日本海沿岸褶曲・断層帯の形成・成長と地震活動

- , P-10 , 2007年11月 .

新里忠史 , 安江健一 , 操上広志 (2007) : “ Impacts of natural events and processes on groundwater flow conditions: a case study in the Horonobe area, Hokkaido, northern Japan ” , Stability and buffering capacity of the geosphere for long-term isolation of radioactive waste: Application to crystalline rock, Geosphere stability workshop on crystalline rock, Manchester, United Kingdom, 13-15 November 2007, OECD/NEA , 2007年11月 .

新里忠史 , 安江健一 , 重野聖之 , 宮坂省吾 (2007) : “ 北海道北部 , 幌延地域における地形変化について ” , 日本地球惑星科学連合2007年大会 , 2007年5月 .

小川豊和 , 木ノ村幸士 , 青木智幸 , 山本卓也 , 松井裕哉 , 真田祐幸 (2008) : “ ひずみの局所化に注目したボーリング孔形状のシミュレーション ” , 第37回岩盤力学に関するシンポジウム講演集 (CD-ROM) , pp.301-306 , 2008年1月 .

小川豊和 , 青木智幸 , 木ノ村幸士 , 松井裕哉 (2007) : “ ひずみ軟化挙動を考慮した堆積軟岩中の立坑逐次掘削解析 ” 土木学会平成19年度全国大会第62回年次学術講演会論文集 , 3-433 , 2007年9月 .

尾留川剛 , 山上光憲 , 操上広志 , 柴野一則 , 舟木泰智 , 名合牧人 , 本間和人 , 萩原健司 (2007) : “ 大深度立坑周囲に構築した止水壁による地盤の透水性の低減及び立坑湧水量の予測解析結果 ” , 土木学会平成19年度全国大会第62回年次学術講演会論文集 , 3-380 , 2007年9月 .

尾留川剛 , 山上光憲 , 市原三馨 , 名合牧人 , 土井崇志 (2007) : “ 大深度立坑坑口部のマスコンクリート構造物の温度ひび割れ対策 , 1; 検討方針と解析方法の概要 ” , 土木学会平成19年度全国大会第62回年次学術講演会論文集 , 5-590 , 2007年9月 .

尾留川剛 , 松井裕哉 , 操上広志 , 舟木泰智 , 森岡宏之 (2008) : “ 幌延深地層研究計画における地下研究施設建設時の課題と対応策 (<小特集>大型プロジェクトの地盤工学的な問題と対処法) ” , 土と基礎 , Vol. 56 , pp. 32-35 , 2008年1月 .

太田久仁雄 (2007) : “ Tono Natural Analogue Project (TAP) ” , Utilisation of Natural Analogues in Waste Disposal , 2007年10月 .

太田久仁雄 , 茂田直孝 , 岩月輝希 (2008) : “ 幌延深地層研究計画 (1) 第2段階における調査研究の現状 ” , 日本原子力学会2008年春の年会 , 2008年3月 .

真田祐幸 , 松井裕哉 , 山本卓也 , 青木智幸 , 小川豊和 , 城まゆみ , 藤井義明 (2007) : “ 珪質岩盤中の坑道掘削に伴う水-応力連成挙動に関する数値解析的検討 ” , 平成19年度資源・素材学会北海道支部予稿集 , pp.9-10 , 2007年6月 .

真田祐幸 , 山口真基 , 藤井義明 , 福田和寛 , 松井裕哉 (2007) : “ 幌延地域に分布する新第三紀珪質岩の等方圧縮試験 ” , 平成19年度資源・素材学会秋季大会予稿集 , pp.83-64 , 2007年9月 .

真田祐幸 , 花川敏幸 , 太田久仁雄 , 阿部寛信 , 山口雄大 , 國丸貴紀 , 石井英一 , 操上広志 , 戸村豪治 , 柴野一則 , 濱克宏 , 松井裕哉 , 新里忠史 , 高橋一晴 , 丹生屋純夫 , 大原英史 , 浅森浩一 , 森岡宏之 , 舟木泰智 , 茂田直孝 , 福島龍朗 (2007) : “ 幌延深地層研究計画における地上からの調査研究段階 (第1段階) 研究成果報告書の概要 ; 「堆積岩を対象とした深地層における工学技術の基礎の開発 , 地下施設建設に伴う周辺地質環境への影響調査 ” , 日本原子力学

- 会バックエンド部会第23回バックエンド夏期セミナー，2007年7月。
- 佐藤治夫(2007):“Thermodynamic understanding on swelling pressure of bentonite buffer”，ICONE15-10207，2007年4月。
- 佐藤治夫(2007):“Thermodynamic model on swelling of bentonite buffer and backfill materials”，3rd International Meeting on Clays in Natural and Engineered Barriers for Radioactive Waste Confinement，2007年9月。
- 佐藤治夫(2007):“月布産スメクタイト層間中の交換性陽イオンの定量”，日本原子力学会2007年秋の大会，2007年9月。
- 佐藤治夫(2008):“緩衝材及び埋め戻し材の膨潤圧の熱力学的計算”，第10回放射性廃棄物地層処分に関する情報交換会(Sapporo Conference 2008)，2008年3月。
- 佐藤治夫(2008):“緩衝材及び埋め戻し材の膨潤圧に及ぼす塩濃度の影響に関する熱力学的アプローチ”，日本原子力学会2008年春の年会，2008年3月。
- 瀬尾昭治，戸井田克，渡辺邦夫，Sohail, A.R.，國丸貴紀(2007):“堆積岩を対象とした間隙水圧長期観測データの解析的検討，2；遺伝的アルゴリズム及びニューラルネットワークを用いた検討”，日本地下水学会2007年秋季講演会，2007年11月。
- 田中真悟，野田菜摘子，佐藤正知，小崎完，東原知広，佐藤治夫，畑中耕一郎(2007):“Diffusion of H<sub>2</sub>O and electro-osmosis in water-saturated compacted Na-montmorillonite using H<sub>2</sub><sup>18</sup>O as a tracer”，3rd International Meeting on Clays in Natural and Engineered Barriers for Radioactive Waste Confinement，2007年9月。
- 戸村豪治，前川恵輔，操上広志，柴野一則，國丸貴紀，原稔(2008):“幌延深地層研究計画(2)表層水理調査の現状”，日本原子力学会2008年春の年会，2008年3月。
- 津坂仁和，谷本親伯，御手洗良夫，青木俊彦(2007):“A Study on development of loosening zone and allowable limit of deformation in tunnelling”，11th Congress of the International Society for Rock Mechanics (ISRM 2007)，2007年7月。
- 津坂仁和，谷本親伯，中根達人，上野宇顕，小泉悠(2008):“TBM施工における掘削ずりと二次破碎の評価”，第37回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集(CD-ROM)，pp.31-36，2008年1月。
- 上原真一，嶋本利彦，操上広志，舟木泰智，大西有三(2007):“北海道幌延地域における新第三紀及び第四紀堆積岩のガス浸透率及び間隙率の応力依存性に関する実験的研究”，日本地球惑星科学連合2007年大会，2007年5月。
- 上原真一，嶋本利彦，操上広志，新里忠史，舟木泰智，大西有三(2007):“室内試験結果を用いた新第三紀及び第四紀堆積岩地盤の浸透率及び間隙率の深度分布の推定；北海道幌延地域を例として”，土木学会平成19年度全国大会第62回年次学術講演会論文集，3-294，2007年9月。
- 上原真一，嶋本利彦，操上広志，新里忠史，舟木泰智，大西有三(2007):“Estimation of porosity and permeability as a function of depth in Neogene and Quaternary sedimentary basin at Horonobe, Hokkaido, Japan, based on laboratory tests”，EIT-JSCE Joint Seminar on Rock Engineering 2007，2007年9月。

- 安江健一，新里忠史(2007)：“北海道北部，幌延地域における後期鮮新世以降の堆積物の年代と古地理復元”，日本地質学会構造地質部会2007年度新潟討論会および巡検 - 日本海沿岸褶曲・断層帯の形成・成長と地震活動 - ，P-14 . 2007年11月 .
- 安江健一，三箇智二，野上道男，田力正好，新里忠史(2007)：“地質分布を考慮した河床縦断形のシミュレーション”，日本地質学会第114年学術大会，2007年9月 .
- 安原英明，木下尚樹，操上広志，中島伸一郎，岸田潔(2007)：“温度・応力に依存する化学溶解・沈殿現象を考慮した珪藻質岩石の透水性経時評価”，土木学会論文集C，Vol. 63，No. 4，pp.1091-1100，2007年12月 .