

# 平成 16 年度 瑞浪超深地層研究所 事業報告

平成 17 年 4 月 19 日  
核燃料サイクル開発機構  
東濃地科学センター

瑞浪超深地層研究所(以下「研究所」といいます)では、第 1 段階である「地表からの調査予測研究段階」の調査研究として、平成 14 年度に開始した深層ボーリング(1 孔)の掘削とこのボーリング孔を利用した各種の調査を完了するとともに、平成 14 年度に掘削を完了した浅層ボーリング孔(4 孔)を用いた地下水の長期観測などの調査を継続して行いました。また、雨水が地下にしみ込む量などを評価するための気象観測装置などの表層水理定数観測装置の設置を行い、第 1 段階の現場作業を終了しました。

また、平成 16 年度からは、第 2 段階である「研究坑道の掘削を伴う研究段階」の調査研究を開始し、研究坑道(主立坑・換気立坑)の壁面調査や立坑掘削時の発破を利用した弾性波探査を実施しました。さらに、これまでの調査により新たに得られた情報を基に、地下の状態を模式的に表したもの(「モデル」といいます)を更新し、研究坑道掘削工事により地下の環境がどのように変化するかを予測するための解析を実施しました。

施設については、掘削用の櫓(やぐら)などの地上設備の設置などを行い、地上設備を用いた研究坑道の掘削工事を開始しました。また、構内の整備なども継続して行いました。

また、独立行政法人産業技術総合研究所との深層ボーリングの岩石サンプル(コア)を用いた岩盤強度に関する共同研究を実施しました。

## 1. 研究

### 1) 深層ボーリング調査

平成 15 年 3 月から開始した主に地下深部の花崗岩の状態を調べるための深層ボーリング調査(MIZ-1 号孔)を継続し、8 月末には掘削長 1,300m に到達し、掘削を完了しました(図 1)。

この深層ボーリング調査では、次の調査を行いました。

ボーリングにより採取した岩石サンプル(コア)を用い、岩石の化学成分や岩石の形成年代の分析および岩盤中の割れ目の調査。

岩盤中の割れ目や地下水などの状態を調べるための試験。

地下水の水圧や岩盤の透水性を調べるための試験。

地下水の水質などを調べるための採水および分析。

岩石の強度や割れ目付近の物質の分布などを調べるための岩石試料を用いた室内試験。

また、これらの調査の後に、深層ボーリング孔(MIZ-1号孔)を用いて、人工的な振動を用いた調査(VSP 探査、弾性波トモグラフィ調査)、岩盤の電気抵抗の分布を調べる調査(比抵抗トモグラフィ調査)、岩盤への力のかかり具合を測定する調査(初期応力測定)、水みちの連続性や透水性などを調べる調査(孔間水理試験)を実施しました。

以上の調査の結果、以下のことが明らかになりました。なお、ここでの「深さ」については、「ボーリング孔に沿った孔口からの距離」を表します。

深層ボーリング調査地点の堆積岩(瑞浪層群)と花崗岩(土岐花崗岩)の境界(不整合面)は、地表から110m付近の深さにあり、花崗岩上部では割れ目の多い部分(上部割れ目帯)が深さ310m付近まで分布していることが分かりました。断層は、210m付近、670m付近、970m付近の3ヶ所で確認されました。このうち670m付近と970m付近の断層は、調査前に予想した深度に現れました。上部割れ目帯とこれらの断層付近以外は、割れ目の少ない岩盤であることが分かりました(図2)。また、岩盤中の振動の伝わる速さや電気的な抵抗の分布から、深層ボーリング孔と用地近傍の既存ボーリング孔(広域地下水流動研究において掘削されたDH-2号孔)の間に断層と考えられる地質構造の存在が推定されました。

花崗岩の透水性については、深くなるほど透水性が低く(水が流れ難く)なる傾向が見られます。花崗岩の浅い部分に位置する上部割れ目帯(深さ210m付近の断層も含まれる)および深さ670m付近の断層は、透水性が高く(透水量係数: $10^{-3} \sim 10^{-6} \text{m}^2/\text{秒}$ )、それ以外の割れ目の少ない部分や深さ970m付近の断層の透水性は低い(透水量係数: $10^{-7} \sim 10^{-11} \text{m}^2/\text{秒}$ )ことが分かりました(図3)。

花崗岩中の地下水の水圧は、深さによって異なり、深さ970m付近の断層を境に地下水の水圧が異なる(水圧の違いを地下水面の高さの差で表すと10~15m程度の違いがある)可能性があることが推定されました。このことから、深さ970m付近の断層は地下水の動きを遮る壁のような役割を果たしていると考えられます(図3)。

地下水の水質については、堆積岩中の深さ70m付近を境に異なる水質の地下水が存在することが分かりました。浅い部分の地下水には、ケイ素・ナトリウム・カルシウム・硫酸・炭酸イオンなどが含まれています。一方、深い部分の地下水は、ナトリウム・塩化物イオンを多く含み、塩化物イオンの濃度は、深さ200m付近で海水の約200分の1、深さ600m付近で約100分の1

と、深くなるとともに濃度が増加することが分かりました。また、研究所用地近傍で実施された広域地下水流動研究におけるボーリング調査(DH-15号孔)の結果から、研究所用地の深さ1,000m付近には、塩化物イオンの濃度が海水の約10分の1程度の地下水が存在することが推定されました(図4)。これらのことから、研究所用地の地下深い部分には塩化物イオンの濃度の高い地下水が存在し、これが浅い部分の地下水と混じり合っていることが推定されます。

研究所用地の岩盤への力のかかり具合(初期応力)については、岩盤に最も力がかかっている方向(最大主応力の方向)が南北方向から西北西-東南東方向であることが分かりました。これは、太平洋プレートとフィリピン海プレートの移動方向から予想される方向と一致しています(図5)。

花崗岩の強度については、岩盤の状態によって強度が変化します。室内試験(一軸圧縮試験という岩石を上下に押しつぶす試験)の結果、深層ボーリング調査により採取した岩石試料の強度(平均値で166MPa)は、日本の岩盤(結晶質岩)の平均的な値に対してやや高いことが分かりました(図6)。なお、不整合面に近い割れ目の多い花崗岩から採取した岩石試料については、一般的な花崗岩の強度の平均値の半分程度のものもありました。これは、風化の影響などで脆くなっていること(軟質化)が影響していると考えられます。

研究所用地の地温は、深さ500mで約29℃、深さ1,000mで約38℃であることが分かりました。このことから深さに対する地温の上昇率(地温勾配)は、深さ100mあたり1.8℃ほどで、これは火山地帯を除く日本の平均的な地温勾配(深さ100mあたり約3℃上昇する)に比べやや小さい値です。

## 2) 地下水の長期観測

地下水の流れや水質の長期変動を把握するため、平成14年度に掘削を行った4本の浅層ボーリング孔(図7のMSB-1,2,3,4号孔:掘削長さ100~200m程度)において地下水の水圧の観測を継続するとともに、地下水を採取し水質の分析を行いました。

その結果、深層ボーリング調査での水理試験・採水や浅層ボーリング孔(MSB-2,4号孔)での採水による地下水の水圧変化の様子から、研究所用地を通る北北西方向の断層は、地下水の動きを遮断していると推測されます。

平成17年3月には、深層ボーリング孔へ観測装置を設置して、地下水の長期観測を開始しました(図7)。

## 3) 反射法弾性波探査

研究所用地を横切る地形にわずかに読み取れる直線的な模様(リニアメン

ト)が、地下の断層などの地質構造を反映したものかどうか、また、地表での地質調査などで認められた断層が地下深部までどのように延びているのかを確認するため、研究所用地周辺で人工的な振動を用いた調査(反射法弾性波探査)を実施しました。その結果、リニアメントや地表の地質調査によって推定や確認された北北西 - 南南東方向、東西方向、北東 - 南西方向の断層などに対応する構造の存在を地下深部において推定することができました(図8)。

#### 4) 表層水理定数観測装置の設置

雨水が地下深部にしみ込む量などを評価するため、研究所用地内に雨量などを観測する気象観測装置、地表付近の地下水位を測定する観測孔、土壌中の水分量を測定する土壌水分計を設置し、平成17年3月より観測を開始しました(図9)。また、地下水位の変化を地盤の微妙な傾きにより推定するための傾斜計を研究所用地内に設置し、平成17年3月より観測を開始しました。

#### 5) 研究坑道における調査研究

第2段階の調査研究の一環として、研究坑道(主立坑・換気立坑)の壁面調査を実施しました。壁面調査では、地質観察、デジタルカメラ・赤外線カメラによる壁面撮影・計測(図10)および岩石や地下水の試料採取を行いました。

#### 6) 立坑を掘削する際の発破を利用した弾性波探査

第2段階の調査研究の一環として、研究坑道の周辺や掘削する立坑の前方(まだ掘っていない深い部分)の岩盤状態を掘削する前に推定する技術を開発するため、立坑を掘削する際の発破を利用して、発破による振動を地表に並べた受振器で測定する弾性波探査(逆VSP調査)を実施しました(図11)。この調査では、調査が技術的に実施できるかどうかや品質の高いデータを取得する方法などを検討しました。その結果、立坑を掘削する際の発破の振動を弾性波探査の震源として利用できることを確認しました。また、受信器の設置の仕方などの測定方法を決定することができました。

#### 7) 地質環境のモデル化・解析

昨年度および今年度を実施した調査によって新たに取得された情報に基づき、地層や断層、割れ目の分布、地下水の流れや水質、岩盤中の力のかかり具合などに関するモデルの更新を行いました(図12)。また、更新されたモデルを用いて、地下水の流れや水質、岩盤中の力のかかり具合が、

研究坑道掘削工事によりどのように変化するのかを予測するための解析を行いました。

## 8) 工学技術に関する研究

工事中の計測結果などを次のステップの工事に反映させていく技術、工事や研究の品質を保証するシステム、突発湧水に対する施工対策技術、研究坑道に対する地震動評価および安全を確保する技術など、昨年度に検討した技術や計画に対し、今年度の工事で行った岩盤の観察や地下水の流量を測定した情報などを用いて再検討を実施しました。この検討結果をもとに、今後の立坑掘削工事へ適用するための計画の詳細化や準備を実施しました。

## 2. 施設

### 1) 研究坑道の掘削

平成 15 年 7 月から開始した主立坑と換気立坑の 2 本の立坑の掘削工事を継続して行いました。平成 16 年度には、深さ 50m 程度(坑口下部)まで掘削した後、櫓(やぐら)や巻上機などの立坑掘削設備を設置しました(図 13、14)。平成 17 年 2 月からは、これらの立坑掘削設備を用いた掘削を開始し、2 月からは 24 時間体制での掘削作業を開始しました(平成 16 年度末の掘削深度は、主立坑 64.5m、換気立坑 71.0m)。

### 2) 地上設備の製作

研究坑道掘削工事に必要な櫓や巻上機、受変電設備、排水処理プラントなどの地上設備の基礎工事を行った後、工場で作成した各設備を搬入し設置しました。

### 3) 構内整備等

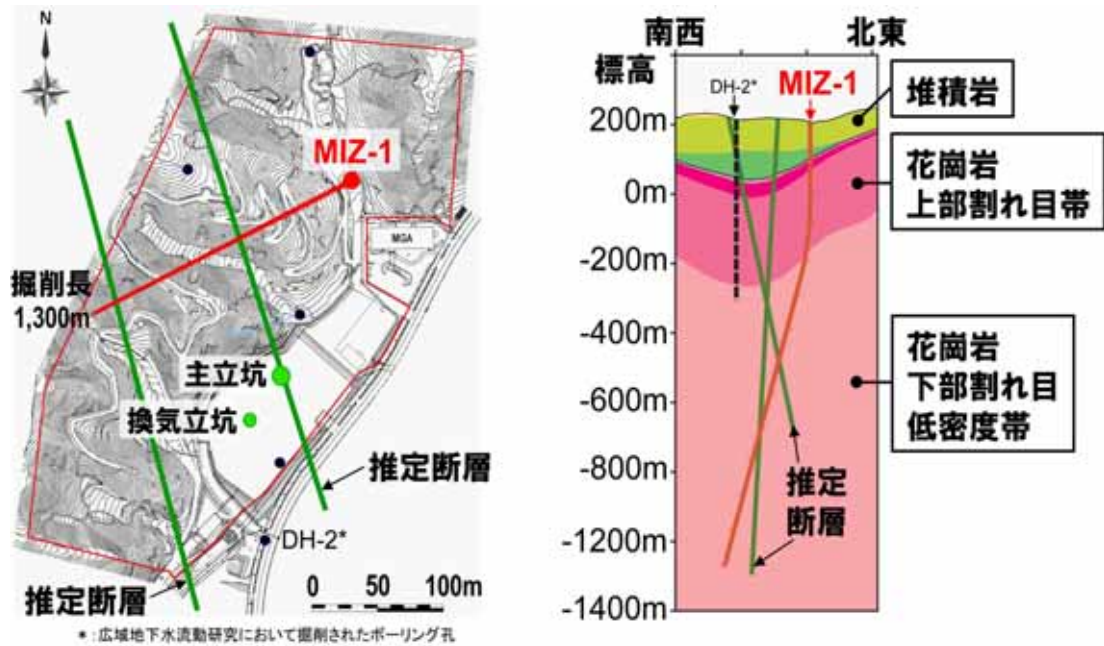
研究所用地の環境整備を継続して行いました。

さらに、周辺の河川水や井戸などへの掘削工事の影響の有無や、工事中の振動、騒音などの影響を確認する基礎資料とするため研究所周辺での現況の調査を継続して行いました。

## 3. 安全対策等

瑞浪超深地層研究所では、研究所における作業の安全を確保するとともに、見学者の受け入れやお問い合わせなどに対応して参りました。また、掘削作業

の進捗状況などについて、東濃地科学センターのホームページに掲載し、情報発信に努めて参りました。



【目的】

- 地表から深度1,000m以深にいたる地質環境特性の把握
- 研究坑道掘削前の地質環境状態の把握
- 地下水長期観測のためのモニタリング孔

【調査項目】

- コア観察、物理検層、ボアホールテレビ、ボアホールレーダー、ボアホールテレビューフ、流体検層、水理試験、地下水採水
- 室内試験(化学・鉱物試験、力学・物性試験)

図1 深層ボーリング孔 (MIZ-1号孔) の位置およびレイアウト

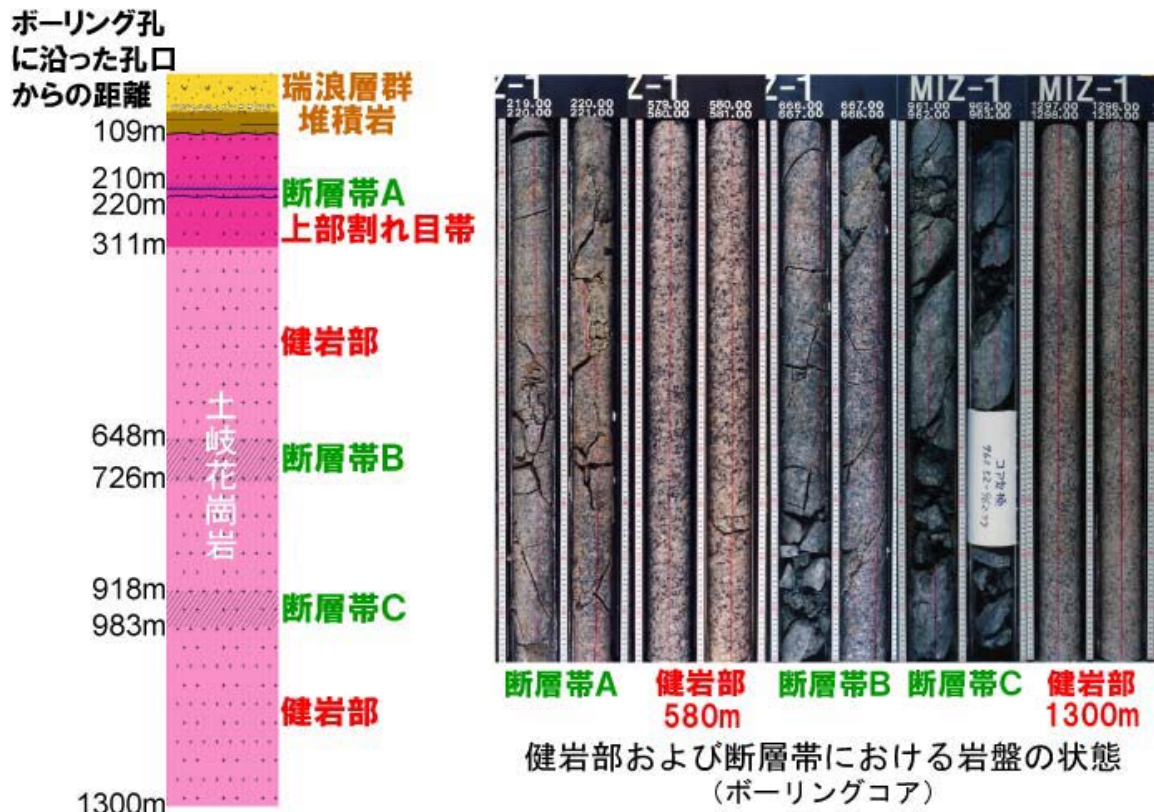


図2 深層ボーリング調査(MIZ-1号孔)の結果 (岩石の種類と地質構造)

ボーリング孔  
に沿った孔口  
からの距離

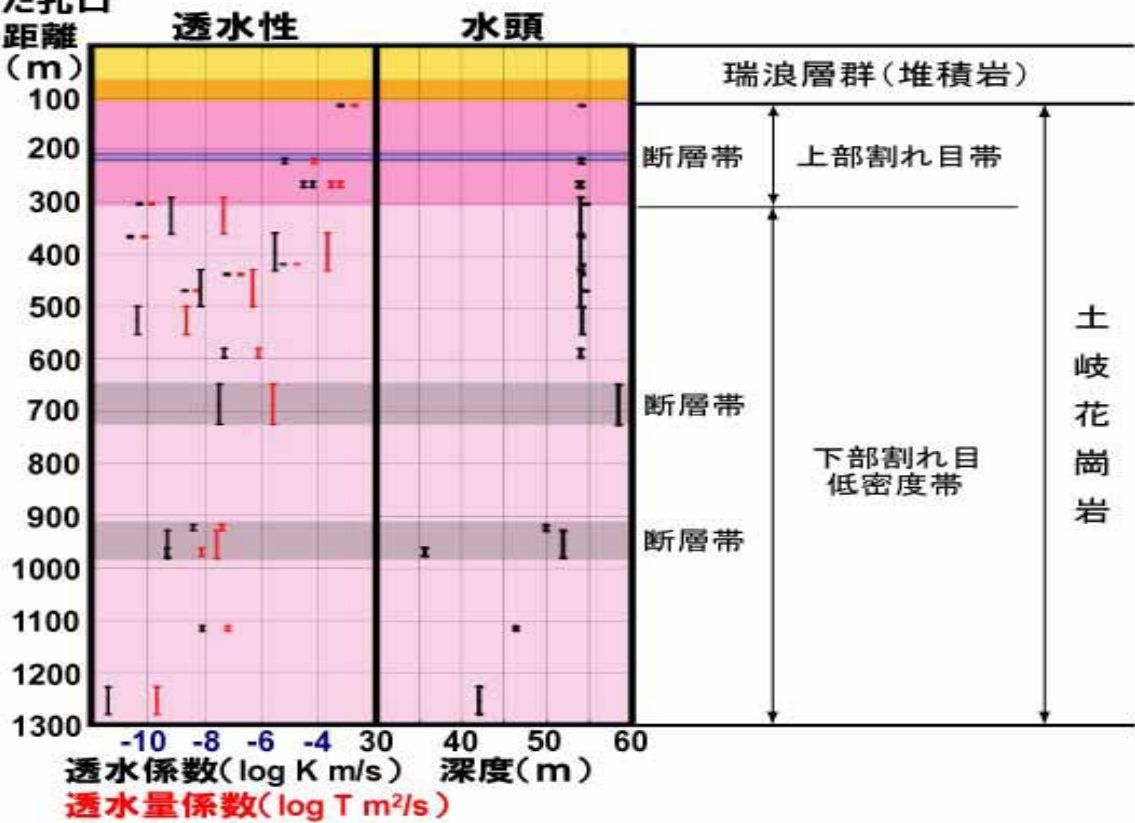


図3 深層ボーリング調査(MIZ-1号孔)の結果  
(岩盤の透水性と地下水の水頭)

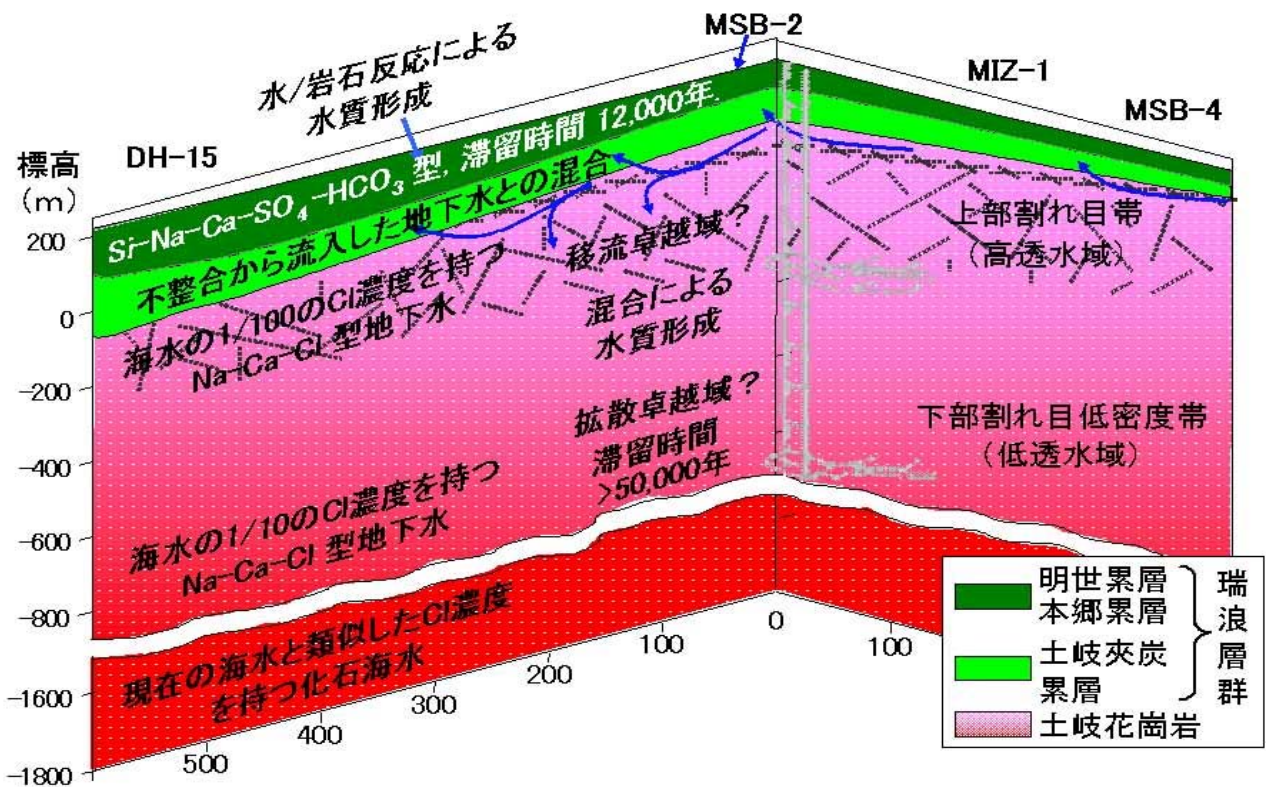
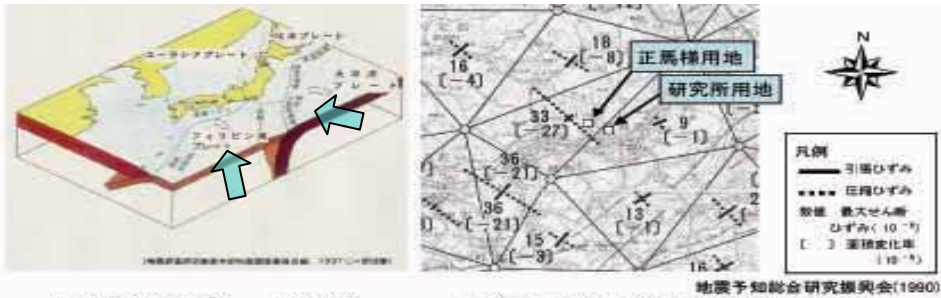


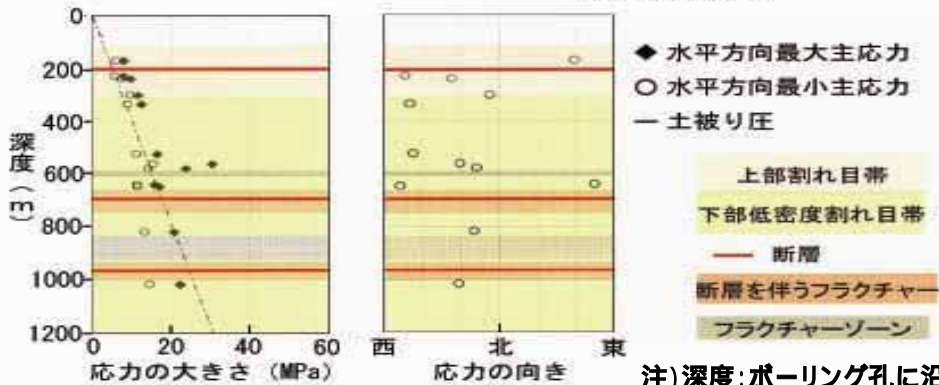
図4 地下水の地球化学概念モデル





日本近辺のプレートの動き

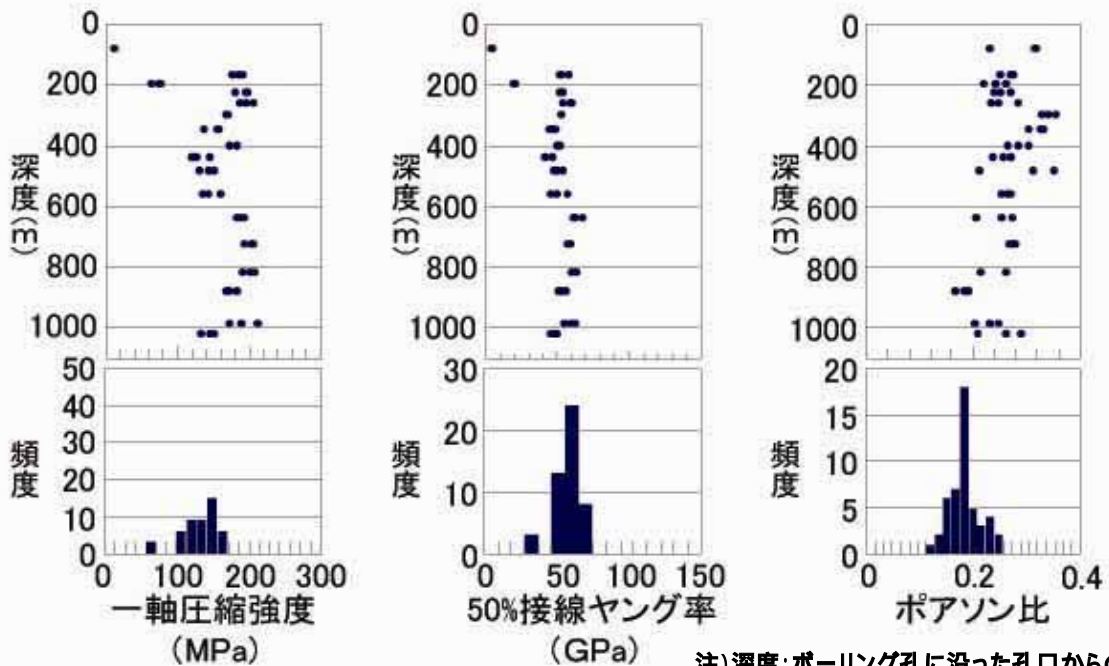
三角測量結果(国土地理院)による  
広域ひずみ分布



注) 深度: ボーリング孔に沿った孔口からの距離

深層ボーリング孔における初期応力測定結果

**図5 深層ボーリング調査(MIZ-1号孔)の結果  
(初期応力測定の結果と広域応力場との関係)**



注) 深度: ボーリング孔に沿った孔口からの距離

一軸圧縮強度 : 岩石試料を上下に押した際の岩石試料が破壊する時の圧力の大きさ  
 50%接線ヤング率 : 岩石試料を上下に押した際の圧力と変形量の比  
 ポアソン比 : 岩石試料を上下に押した際の上下の変形量と横方向の変形量との比

**図6 深層ボーリング調査(MIZ-1号孔)の結果  
(岩盤の強度)**

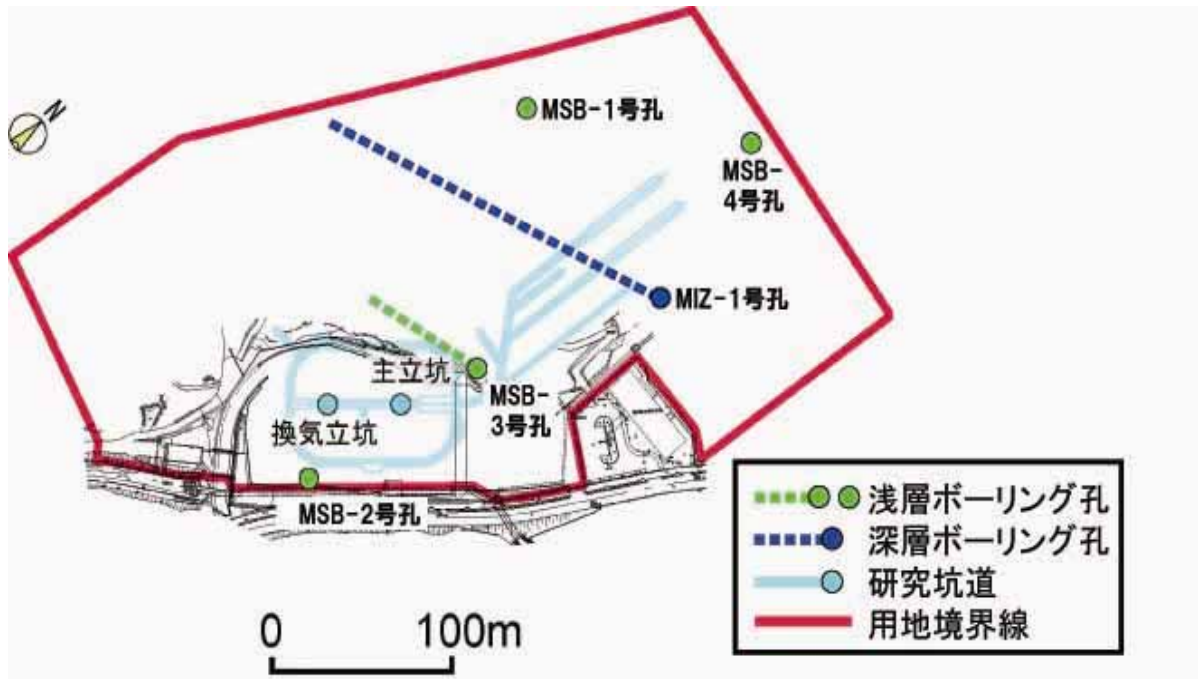


図7 地下水長期観測孔の位置  
(浅層・深層ボーリング孔)

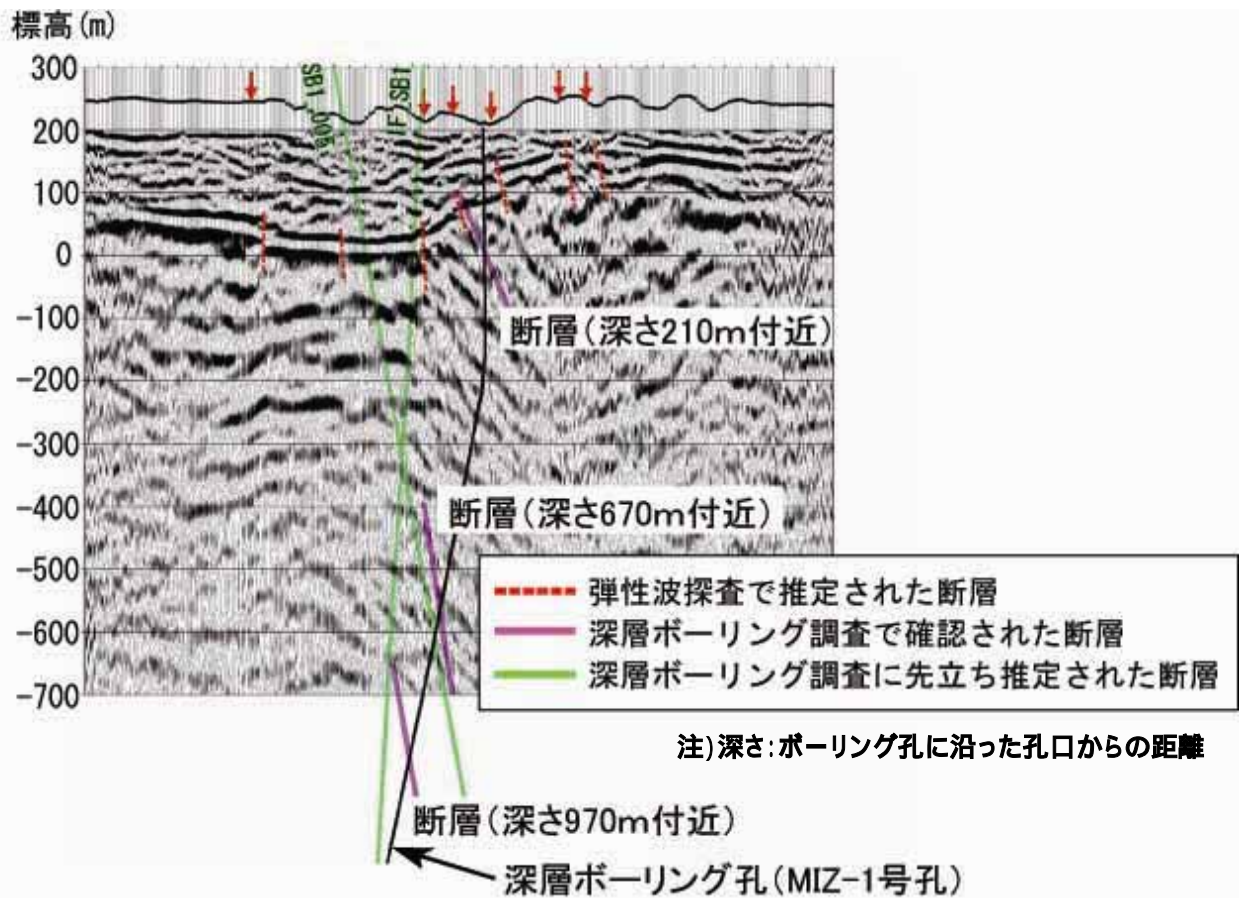


図8 反射法弾性波探査の結果



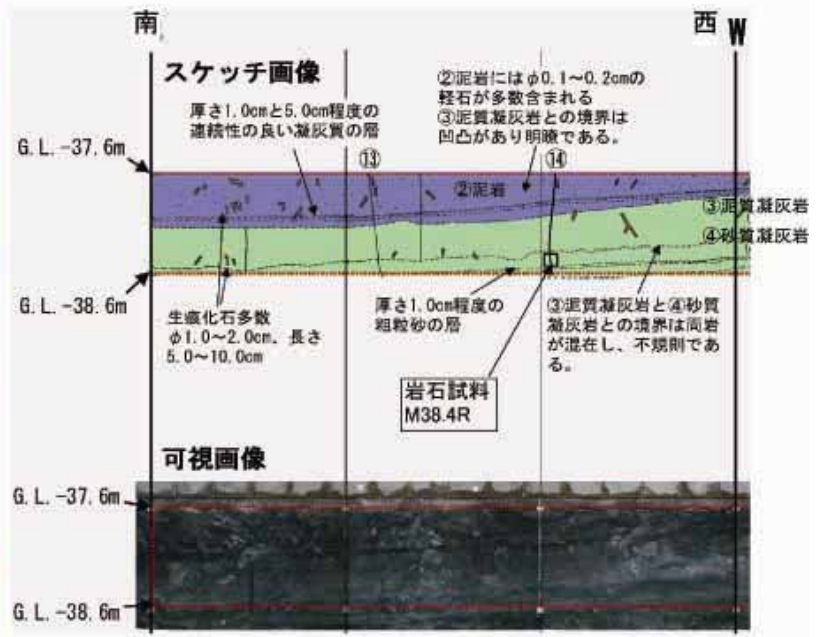
図9 表層水理定数観測(気象観測装置)



立坑壁面状況



立坑壁面の観察風景



立坑壁面の地質記載例 (G.L.-37.6~-38.6 m)

図10 研究坑道(立坑)における壁面調査

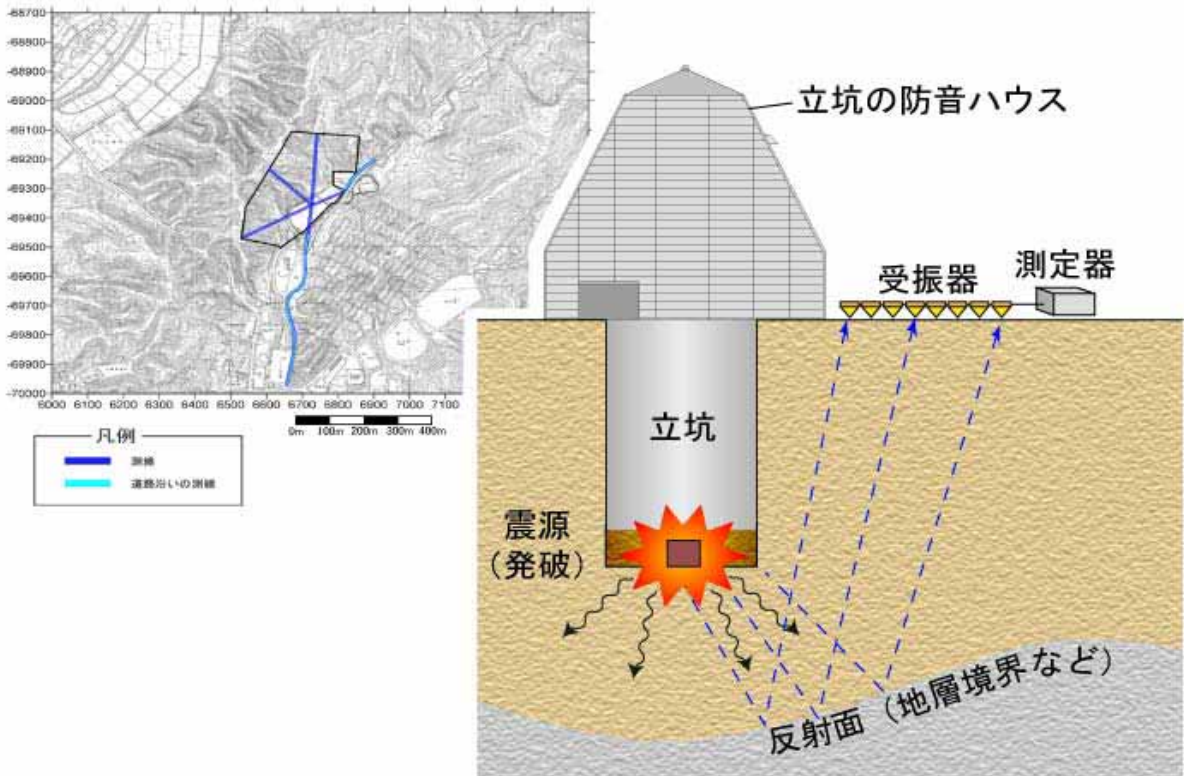


図11 立坑を掘削する際の発破を利用した弾性波探査  
(逆VSP調査)

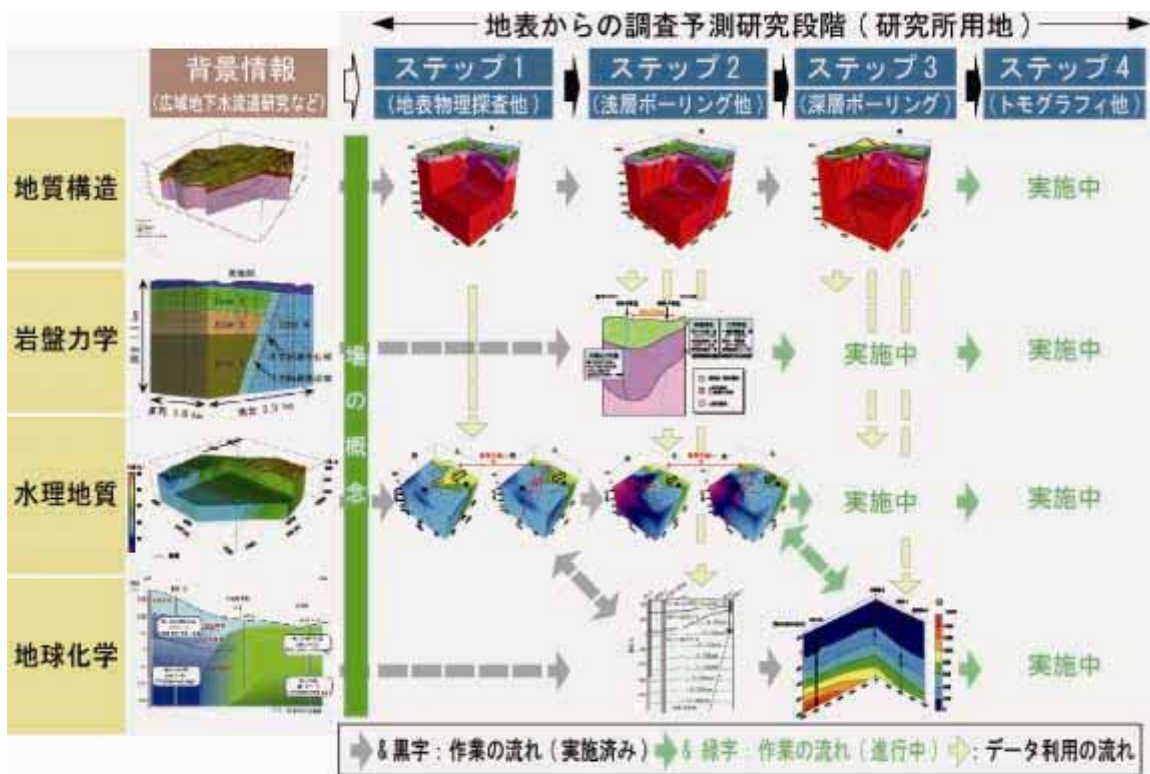
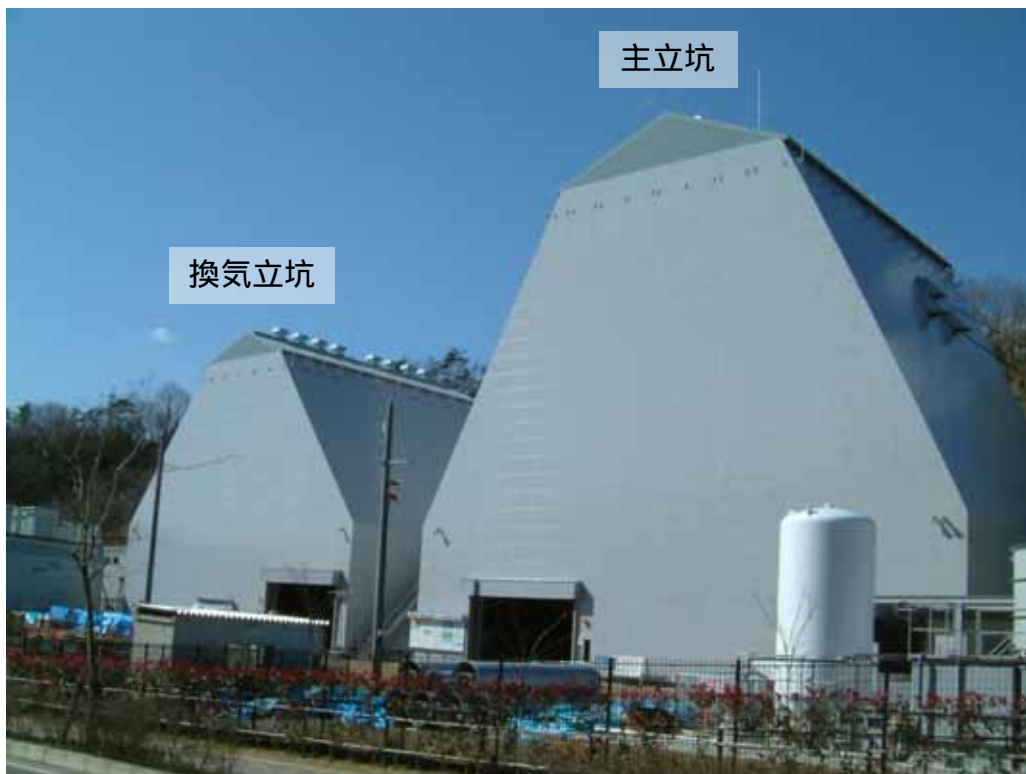


図12 地質環境モデルの構築・更新作業の状況



航空写真（平成 17 年 3 月撮影）



用地東側より（平成 17 年 2 月撮影）

図 13 地上設備の設置状況（外観）



換気立坑櫓（やぐら）設備



主立坑櫓（やぐら）設備



主立坑スcaffold（作業用吊り足場）

図 14 地上設備の設置状況（防音ハウス内部）