

平成 21 年度 瑞浪超深地層研究所 事業報告

平成 22 年 4 月 21 日
独立行政法人
日本原子力研究開発機構
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、平成 20 年度に引き続き、超深地層研究所計画における第 2 段階(「研究坑道の掘削を伴う研究段階」)の調査研究を進めました。

平成 21 年度の研究坑道の掘削工事では、主立坑は深度 459.6 m、換気立坑は深度 459.8m までの掘削を行い、深度 400 m においては予備ステージの掘削を行いました。また、深度 300 m ステージの整備(安全設備設置等)を行いました(図 1)。

平成 21 年度の調査研究は、地質や地質構造を把握するために、物理探査や研究坑道の壁面の調査を実施するとともに、地下水の水圧や水質を調査するために、深度 300 m の予備ステージやボーリング横坑(換気立坑)においてボーリング孔の掘削をしました。また、地下水の水圧や水質の長期的な観測や岩盤のひずみ・変位計測等の調査を平成 20 年度に引き続いて実施しました(図 2)。

外部研究機関等との共同研究については、(独)産業技術総合研究所との共同研究として、地下水中に存在する微生物を調査するために技術開発を目的としたボーリング孔を深度 300 m の研究アクセス坑道に掘削し、水質観測装置を設置しました。名古屋大学とは、地下深部岩盤のひずみの変化に係るメカニズムに関する研究を継続しました。東北大学とは、傾斜計を用いたモニタリング技術の開発等を行いました。さらに、(財)地震予知総合研究振興会東濃地震科学研究所が進めている研究に対して、地震計設置等のために深度 200 m ボーリング横坑(換気立坑)の一部を提供し、協力しました。また、国の公募研究事業を引き続き受託し、「地下坑道施工技術高度化開発」、「地質環境総合評価技術高度化開発」を実施しました。

1. 研究関係

1) 研究坑道における調査研究

平成 20 年度に引き続き、坑道壁面の調査(主立坑:深度 300.2 m から深度 459.6 m、換気立坑:深度 331.2 m から深度 459.8 m)や坑道への湧水量の測定等を行いました。

①坑道壁面の調査

この調査では、地質観察、三次元レーザースキャナー等による坑道壁面の撮影のほか、岩石や地下水の試料を採取し、分析を行いました。

それらの調査の結果、深度約 300~450 m の割れ目や断層の分布とそれらの特徴を詳細に把握することができました(図 3)。

②地下水の水質観測

研究坑道周辺の地下水の水質変化を把握するため、深度 200 m 予備ステージから掘削されたボーリング孔(水平から約 5°下向き、長さ約 55 m、図 2)に設置している観測装置を用いて地下水の水質観測を継続しました。また、深度 300 m 予備ステージからボーリング孔(水平から約 3°下向き、長さ約 102 m、図 2)を掘削し、水質観測を開始しました。

そのほか、立坑の深度約 25 m ごとに設置している集水リング(水を集めるための樋といのようなもの、図 2)等を用いて地下水を定期的に採水・分析し、立坑周辺の地下水の水質を把握しました。

それらの結果、研究坑道の深い部分では、研究坑道掘削の影響により、より深い部分の地下水が上昇していることがわかりました。また、研究坑道掘削の影響の程度は、主立坑に沿って分布する断層が水を通しにくい性質であるため、換気立坑でより大きいことがわかりました。

③立坑掘削に伴う岩盤のひずみ・変位計測

深度 200 m の換気立坑側のボーリング横坑において、ボーリング孔(鉛直下向き、長さは約 20 m・約 40 m・約 50 m、図 2)に設置したひずみ計や傾斜計、光ファイバー変位計を用いて、立坑周辺の岩盤のひずみ・変位を継続して測定しました。

これにより、立坑壁面から 1 m 程度離れると、岩盤は掘削による損傷を受けていないことがわかりました。また、岩盤の長期的なひずみ・変位の程度やこれまでのひずみ計測技術の適用性が確認されました。なお、ひずみ・変位が変化しなくなったことにより、この計測は平成 21 年度内で終了することとしました。

④地下水の水圧観測

研究坑道掘削に伴う立坑付近の水圧の変化を調べるため、研究坑道の深度 200 m における主立坑側と換気立坑側のボーリング横坑に掘削したボーリング孔(鉛直下向き、長さ約 120 m、図 2)での水圧観測を継続しました。また、研究坑道の深度 300 m において、換気立坑側のボーリング横坑に 3 本のボーリング孔(鉛直下向き、長さ約 50 m、図 2)を掘削し、水圧観測を開始しました。

深度 200 m の主立坑側のボーリング孔における水圧観測結果から、地下水の水圧は単純に深度とともに増加するのではなく、複雑な分布をしていることがわかりました。また、ボーリング孔内の場所により水圧の変化の大きさが異なることがわかりました。これは主立坑沿いに分布する北北西(NNW)走向の断層の水の通しやすさが場所により異なることを示していると考えられます。

また、深度 200 m と深度 300 m の換気立坑側における水圧観測では、換気立坑付近(換気立坑の壁面から約 10 m の範囲)において、現在では立坑切羽よりも水の高さに換算して 200 m 以上高い水圧を保っていることが確認されました。この水圧は換気立坑に近いボーリング孔ほど小さくなっており、換気立坑から数 m の範囲で水圧が大きく変化していることがわかりました(図 4)。これは、研究坑道の掘削やコンクリートによる覆工(コンクリート壁)の影響により、立坑のごく近くの透水性が低くなったためと考えられます。

2)地上のボーリング孔を用いた地下水の長期観測

岩盤中での地下水の流れや水質の長期的な変化を把握するため、地上からのボーリング孔(4本の浅いボーリング孔、1本の深いボーリング孔および1本の立坑沿いのボーリング孔)において地下水の水圧や水質の観測を継続しました(図 5)。

その結果、主立坑沿いに分布する北北西(NNW)走向の断層を境として、研究坑道掘削に伴う水圧変化が異なることが引き続き観測されました。具体的には断層の北東側に位置する深度 300 m 研究アクセス坑道でのボーリング孔掘削の影響による水圧の変化は、南西側に比べ北東側の方が大きいことが引き続き示されました(図 6)。また、断層の南西側に位置する深度 300 m 予備ステージでのボーリング孔掘削の影響による水圧変化は、北東側に比べ南西側の方が大きいことが示されました(図 6)。この結果は、主立坑沿いに分布する北北西(NNW)走向の断層が水を通しにくい性質であるというこれまでの推定結果と整合します。

3) 表層水理定数観測

雨水が地下深くまでしみ込む量や研究坑道の掘削に伴う地表付近の地下水位等の変化を把握するため、研究所用地内に設置した気象観測装置による降水量等の観測、地表付近の地下水位の観測、土壌水分の観測を継続しました。

その結果、地表付近の地下水の水位や土壌中の水分量に、研究坑道の掘削による影響と考えられる変化はこれまでと同様に認められませんでした。

また、衛星画像を用いた植生調査(植物の種類やその分布を把握する調査)については、衛星データを用いて解析手法の検討を行いました。

地下水の水圧の変化を地表付近のわずかな傾きにより推定するために設置した傾斜計による観測では、研究坑道内での作業や地震による変化が観測されました。

4) 研究坑道掘削等の作業中の物理探査

研究坑道の掘削を予定している深い部分の岩盤や研究坑道周辺の岩盤状態を推定する技術を開発するため、逆 VSP 探査(研究坑道内での発破やボーリング掘削等の工事に伴う様々な振動を、地表や坑道内に並べた受振器で測定する弾性波探査)を継続して実施しました。測定したデータを用いて、断層の分布に着目した三次元的な解析を実施しました。その結果、研究坑道周辺に分布する断層を抽出することができました。また、研究坑道での試験として、深度 300 m 研究アクセス坑道でボーリング掘削時の振動を測定し、水平な割れ目の分布に着目した解析を実施しました。その結果、深度 300 m 以深において連続性のある割れ目からと考えられる連続性の良い反射波が抽出されました(図 7)。

また、地下水の流れる方向や範囲を推定する技術を開発するため、自然電位測定による地下水流動のモニタリング(地下水の流れ等に伴って岩盤中に弱い電気が発生する性質を利用して、地表等に設置した電極で、この弱い電気を測定する調査)を継続しました。その結果、長期的な自然電位の変化(バックグラウンドノイズ)を取得することができました。なお、地表の測定については、一部(瑞浪市民公園の地下壕内)を除いて終了し、測定機材を撤去しました。

5) 地質環境のモデル化・解析

平成 21 年度に新たに取得した情報に基づき、断層や割れ目(帯)、変質帯等の地質、地下水の流れやすさを示す透水性、水質や岩盤の初期応力等の地下の状態を模式的に表したもの(モデル)の更新を行いました(図 8)。その結果、平成 20 年度に推定したモデルは多少の更新を行ったものの、大きく変更する必要がないことが確認されました。

また、更新したモデルを用いて地下水の流れを把握するための解析を行い、立坑掘削前の自然状態における地下水の流れの速さや立坑への湧水量等の解析結果がこれまでの予測結果と同様の傾向を示していることを確認しました。

6) 工学技術に関する研究

研究坑道の掘削工事中の計測結果等を次の段階の工事に反映させていく技術や突発的な事象に対する施工対策技術、安全を確保する技術等について、これまでに検討してきた技術を実際の研究坑道の掘削工事へ適用しました。平成 21 年度の工事で行った観察や計測の結果から、現在、適用している支保工(鋼製の枠や吹付けコンクリート等)は十分な安全性を有していること等を確認し、研究坑道の設計や施工計画の妥当性を検証しました。また、平成 21 年度までの掘削工事の実績を分析し、立坑掘削に対するショートステップ発破工法(発破し、掘削土(ズリ)を出した後、すぐに立坑の壁をコンクリートで固める手順を繰り返して行う手法)の有効性を検討しました。

また、これまでの研究坑道の掘削工事の中で構築したグラウト技術(湧水抑制対策として、岩盤のすきまにセメント系の溶液等を注入する技術)の適用結果を集約するとともに、深度 300 m 研究アクセス坑道掘削時のグラウト計画を立案し、実際の工事に適用して、その妥当性を確認しました。さらに、アクロス技術(周波数を精密に制御した非常に弱い振動や電磁波を地面に与え、その伝わり方を観測することにより、地下の様子を連続的に調べる技術)について、研究坑道の掘削に伴う地質環境への影響を評価する手法として利用可能かどうかを検討するために、研究所用地内等に設置した装置を用いた基礎データの取得を継続しました。

2. 施設関係

1) 研究坑道の掘削

研究坑道の掘削工事を継続して行い、主立坑は深度 300.2 m から深度 459.6 m、換気立坑は深度 331.2 m から深度 459.8 m までの掘削、主立坑と換気立坑をつなぐ深度 400 m 予備ステージの掘削や深度 300 m ステージの整備(電気設備、給排水設備、安全設備の設置)を行いました(図 1)。また、研究坑道の掘削に際しては、湧水が多いと考えられる箇所には事前にグラウト作業を行い、地下水の湧水量を抑制しました。

2) 研究坑道の掘削に伴う排水

研究坑道の掘削工事に伴い湧き出してくる地下水は、地上に設置している排水処理設備により処理し、平成17年11月に岐阜県および瑞浪市との間で締結した「瑞浪超深地層研究所に係る環境保全協定」(以下、「環境保全協定」といいます)に基づく管理基準値以下の水質で、1日あたり約670 m³(平成22年3月平均)を近くの河川へ放流しています。また、排水処理設備により処理した後の水質等を測定し、その結果を関係自治体へ毎月報告するとともにホームページ等で公表しています。

3) 研究坑道の掘削土

研究坑道の掘削工事に伴い発生する掘削土(ズリ)については、「環境保全協定」に基づき管理しています。

用地内に堆積した掘削土(ズリ)の一部については、瑞浪市残土処分場への搬出を平成21年9月から開始し、平成21年度は約6,200 m³を搬出しました。

4) 研究所用地内整備等

研究所用地の美化に努め、環境整備を継続して行いました。掘削工事による周辺の河川や井戸等への影響の有無や、工事中の振動、騒音等の影響を確認し、研究所周辺での現況調査を継続して行いました。

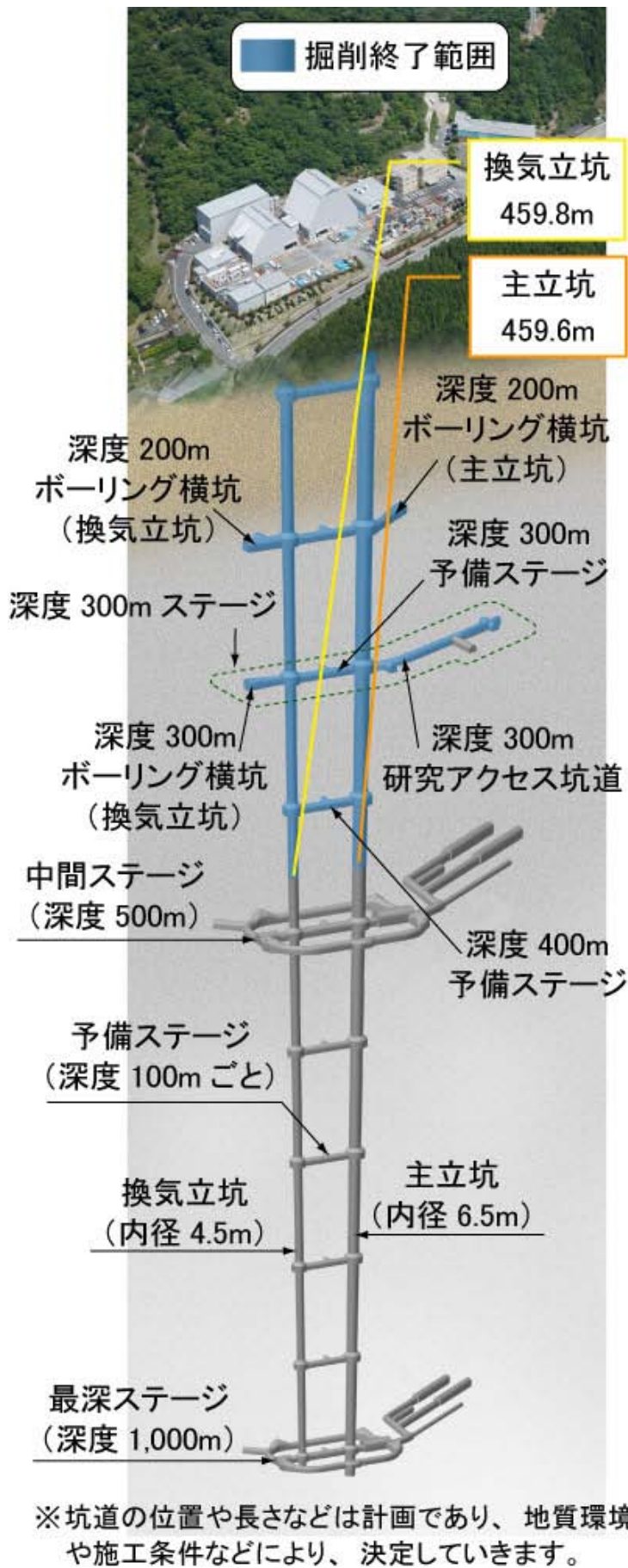
その結果、掘削工事による周辺環境への影響が法令等に照らして問題ないことを確認しました。

3. 安全対策

地層科学研究や研究坑道の掘削をはじめとする工事は、環境に配慮しながら、安全第一で進めています。

4. 開かれた研究施設

研究所では、定期的な研究所の見学会の開催等による見学者の受け入れ(平成21年度実績:約3,700人)や、学生を対象とした地球科学に関する学習支援(サイエンスキャンプの開催、スーパーサイエンスハイスクールへの協力)等を行いました(図9)。また、ホームページや地層研ニュースにおいて掘削工事の進捗状況や地層の様子、「環境保全協定」に基づく環境管理測定の結果を公表する等、情報発信に努めました。



深度 300m 研究アクセス坑道



深度 400m 予備ステージ



主立坑 (深度 418m)

図 1 研究坑道の名称と掘削状況

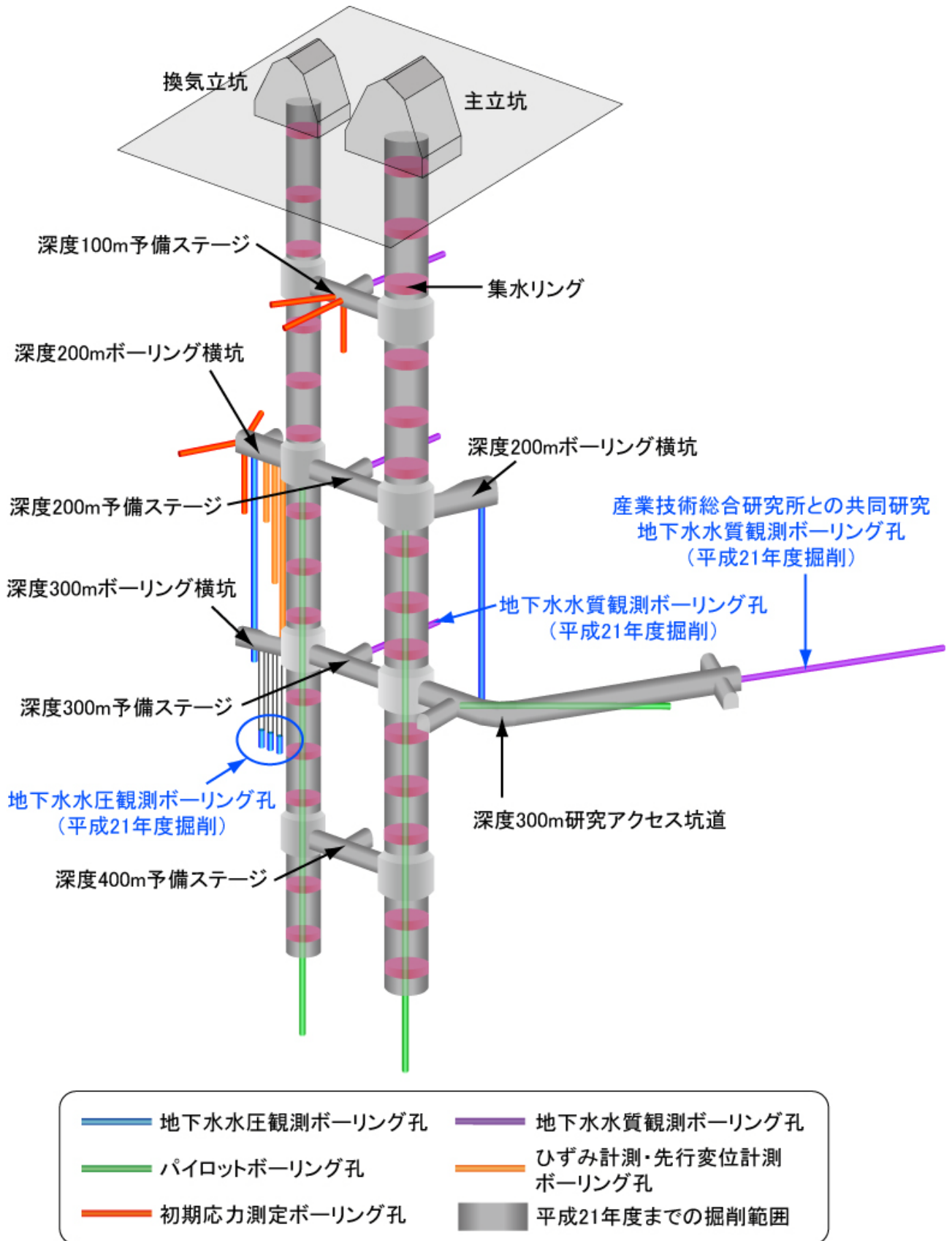
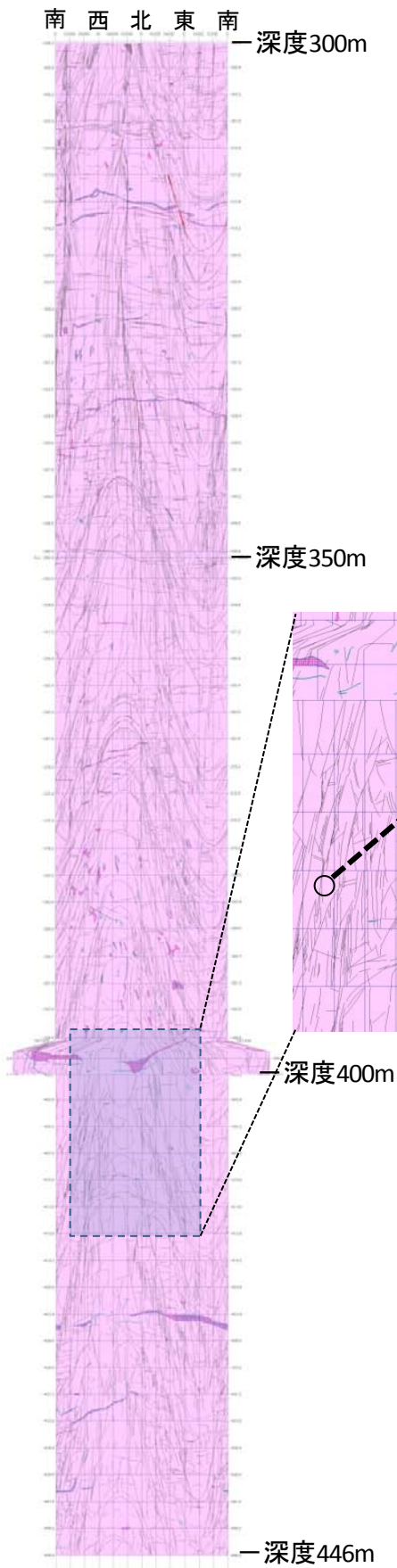


図2 平成21年度における研究坑道での主な調査位置図



立坑(換気立坑)の壁面展開図



坑道壁面の調査(換気立坑深度360m付近)



割れ目(換気立坑深度408m付近:
石英や方解石により充填されている)



立坑の掘削に先行して注入した
グラウト材が認められた割れ目
(換気立坑深度456m付近)

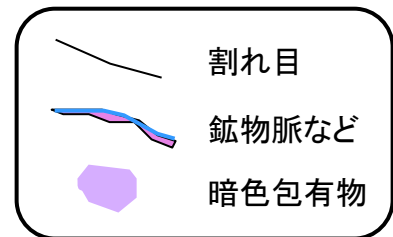


図3 坑道壁面の調査(換気立坑)

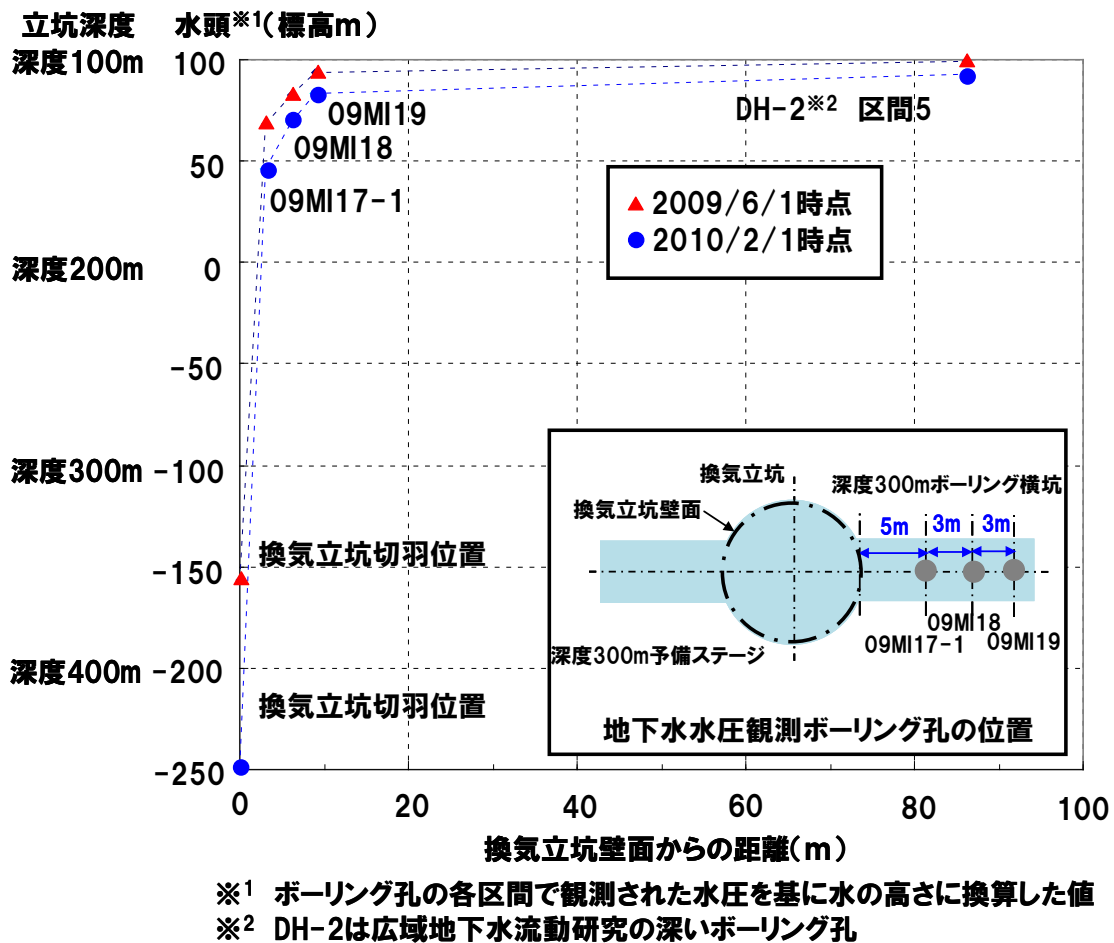


図4 立坑周辺の水圧分布

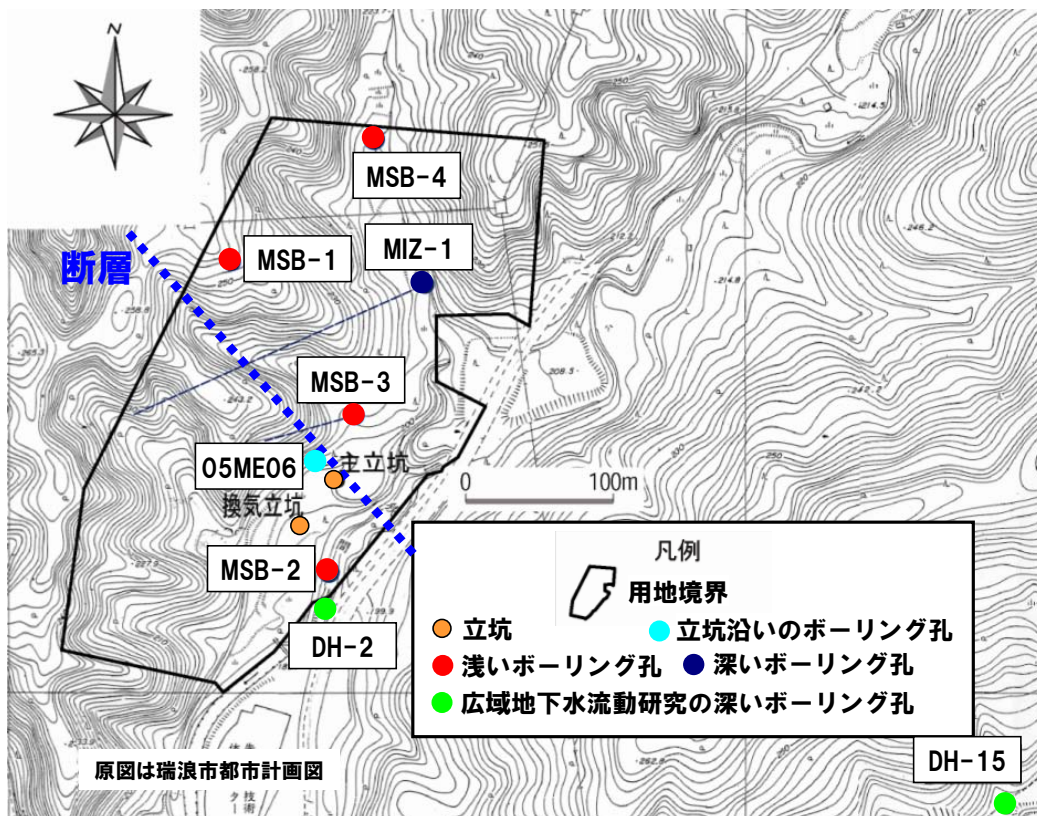


図5 地下水長期観測孔の位置図

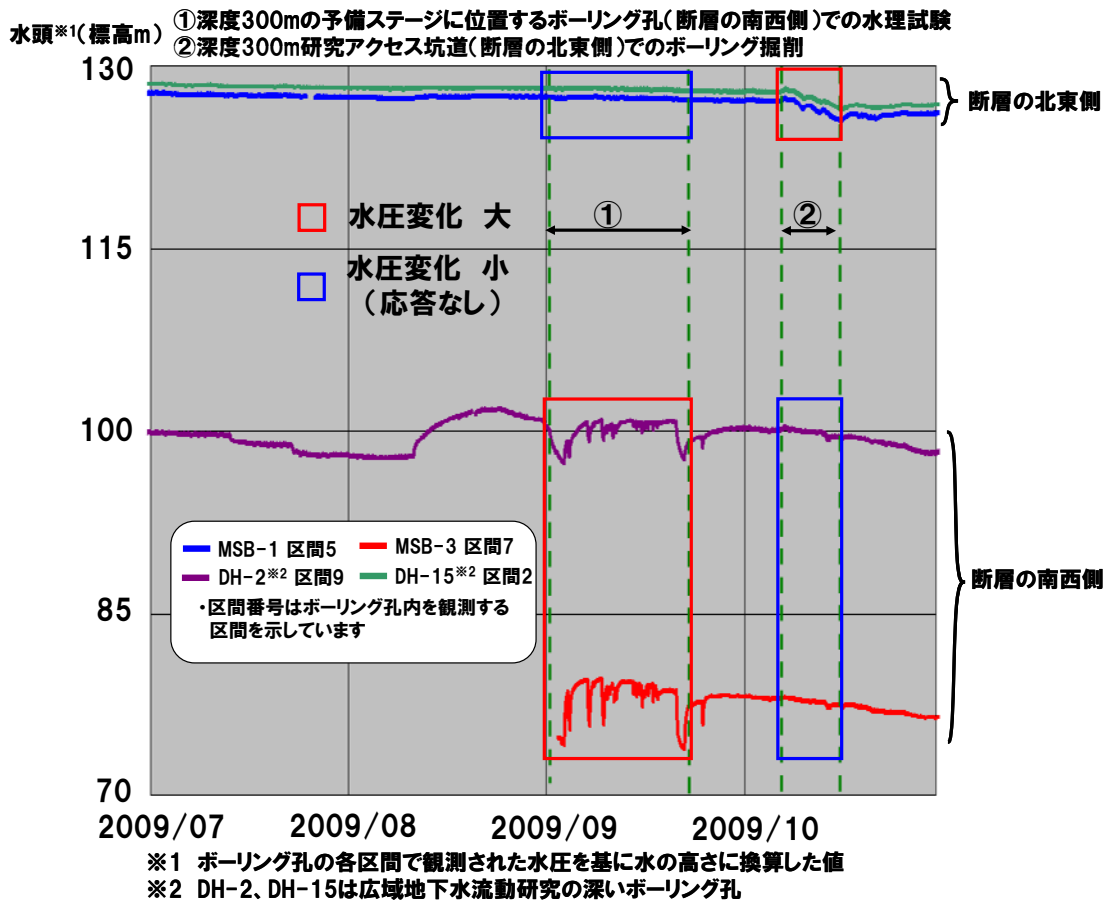


図 6 地上のボーリング孔における水圧モニタリング

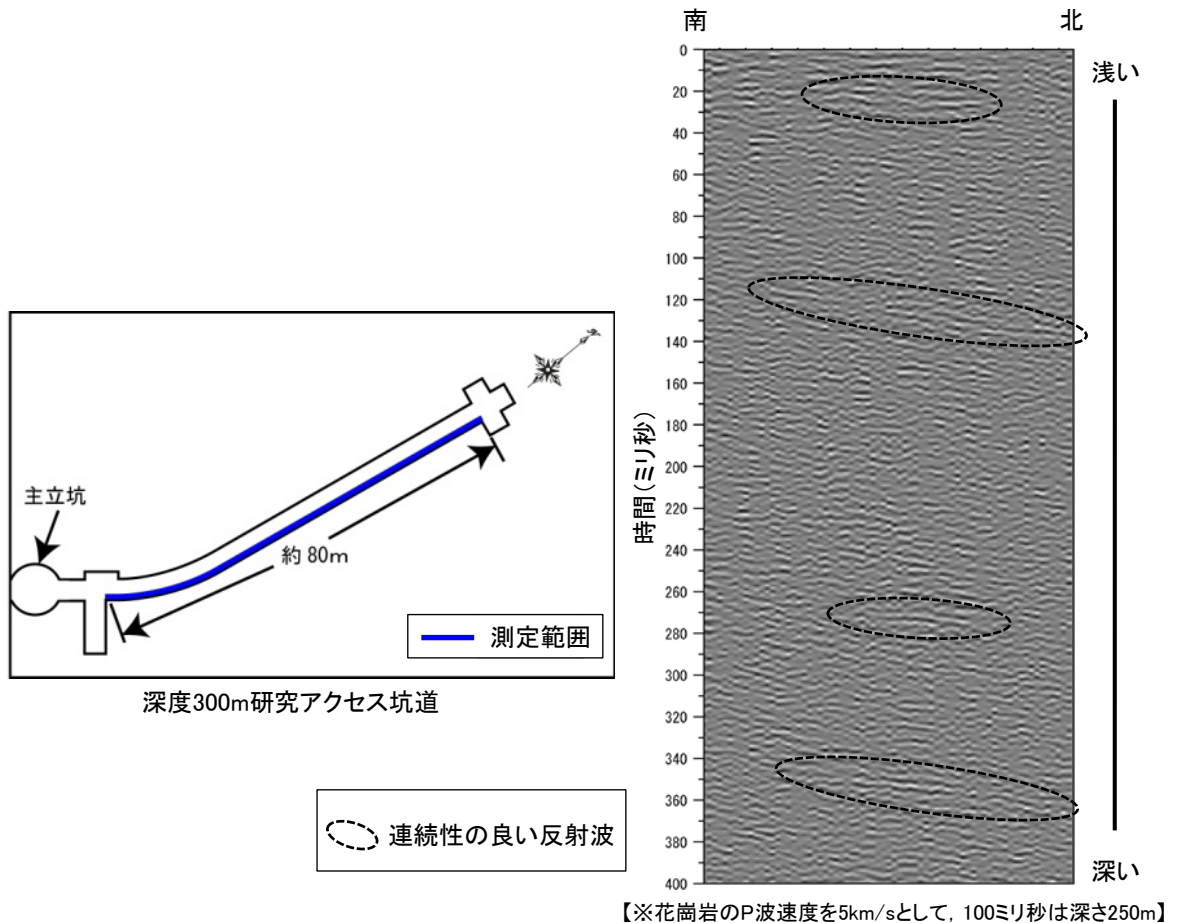


図 7 深度 300m 研究アクセス坑道を利用した振動測定の結果

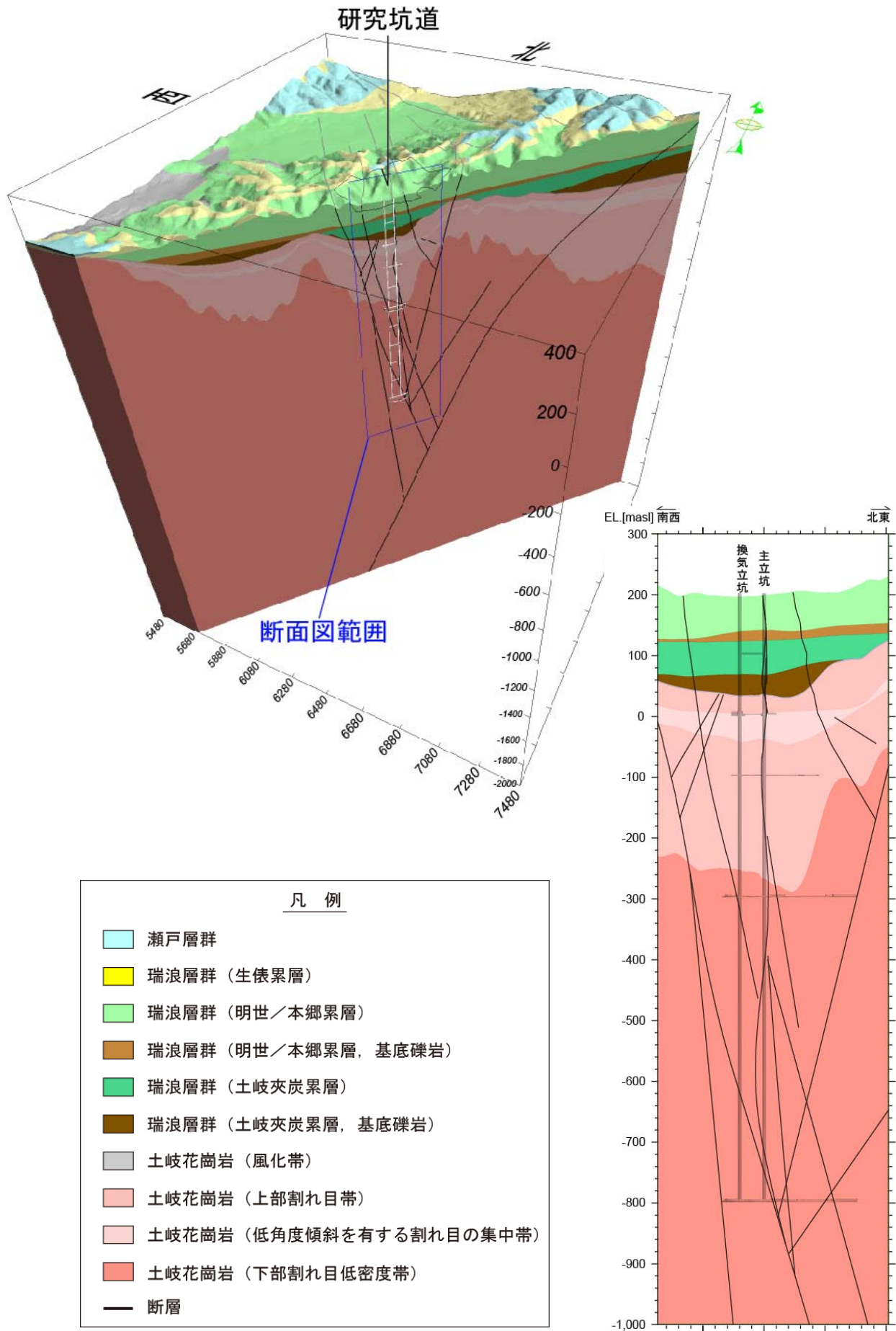


図8 地質構造モデルの一例



活断層の空中写真判読
(サイエンスキャンプ)



コンクリートプラントの見学
(スーパーサイエンスハイスクール)



ココアと煎餅を用いた断層実験教室
(サイエンスフェア)



深度 300m 研究アクセス坑道での見学
(施設見学会)

図 9 開かれた研究施設としての取り組み