

平成 22 年度 瑞浪超深地層研究所 事業報告

平成 23 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)においては、平成 22 年度は、平成 21 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。また、第 3 段階(「研究坑道を利用した研究段階」)の調査研究を開始しました。

平成 22 年度の研究坑道の掘削工事については、主立坑は深度 459.6 m から深度 481.3 m まで、換気立坑は深度 459.8 m から深度 497.7 m までの掘削を行いました(図 1)。

平成 22 年度の主な調査研究としては、地質や地質構造を把握するために、研究坑道の壁面調査や物理探査(振動等を利用した非破壊による地下の様子)を行うとともに、断層や割れ目と地下水の水質や水圧を調査するために、深度 300 m 研究アクセス坑道や深度 400 m の予備ステージにおいてボーリング孔を掘削し、観測装置を設置しました(図 2)。また、平成 21 年度に引き続いて地下水の水圧や水質の長期的な観測を実施しました。第 3 段階の調査研究としては、研究坑道で採取した岩石や地下水を用いた室内試験や、深度 300 m 研究アクセス坑道におけるボーリング調査等を行い、その結果に基づいて、岩盤中の物質移動に関する調査研究の計画を策定しました。

研究坑道等を活用した共同研究や施設利用では、(財)電力中央研究所と岩盤中の物質移動に関する調査研究として、深度 300 m 研究アクセス坑道において地質や地質構造の特徴や地下水の流れ等を把握するためのボーリング調査を行いました。また、(独)産業技術総合研究所と地下水中に存在する微生物を調査するための技術開発として、深度 300 m 研究アクセス坑道において平成 21 年度に掘削したボーリング孔を利用した採水調査を継続しました。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)の一部を提供する等の協力をしました。この他、名古屋大学、金沢大学等との共同研究を進めました。また、国の公募研究事業(「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」)を引き続き受託し、深度 200 m 予備ステージの避難所周辺のグラウト領域(湧水抑制対策として、地下水の通りみちとなる割れ目等にセメント系の溶液等を注入した範囲)における地下水の水圧や水質の調査等を実施しました。

1. 研究関係

1) 研究坑道における調査研究

平成 21 年度に引き続き、研究坑道の壁面調査(主立坑:深度 459.6 m から深度 481.3 m、換気立坑:深度 459.8 m から深度 497.7 m)や研究坑道への湧水量の測定、研究坑道周辺の地質や地下水の流れ方等の特徴を把握するためのボーリング調査等を行いました。

①研究坑道の壁面調査

研究坑道の壁面の地質観察や撮影、岩石や地下水の試料の採取・分析を行いました。調査の結果、深度約 460～480 m の割れ目や断層の分布と、それらの特徴を把握することができました。

②地下水の水質観測

研究坑道の掘削に伴う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 予備ステージにおいて掘削したボーリング孔(水平から約 5°下向き、長さ約 55 m)、深度 300 m 予備ステージにおいて掘削したボーリング孔(水平から約 3°下向き、長さ約 102 m)、深度 300 m 研究アクセス坑道北端において掘削したボーリング孔(水平から約 3°下向き、長さ約 103 m:(独)産業技術総合研究所との共同研究として掘削)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(図 2)。また、深度 400 m 予備ステージにおいてボーリング孔(水平から約 2°上向き、長さ約 70 m)を掘削し、水質観測を開始しました(図 2)。

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(水を集めるための桶といのようなもの)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(図 2)。

以上の結果、研究坑道周辺では、研究坑道の掘削の影響により、深度が深い場所から上昇する地下水と、深度が浅い場所から下降する地下水の混合により、水質分布が変化していることがわかりました。また、平成 22 年度においては、研究坑道の掘削が平成 23 年 1 月以降に開始されたため、それまでの期間については、水質分布の変化の程度が小さいことがわかりました。

③地下水の水圧観測

研究坑道掘削に伴う立坑近傍の地下水の水圧の変化を把握するため、深度 200 m のボーリング横坑(主立坑と換気立坑)において掘削した 2 本のボーリング孔(ともに鉛直下向き、長さ約 120 m)での水圧観測を継続しました。また、

深度 300 m のボーリング横坑(換気立坑)において掘削した 3 本のボーリング孔(いずれも鉛直下向き、長さ約 50 m)での水圧観測を継続しました。これらのボーリング孔は、平成 21 年度までに掘削したものです。また、深度 300 m 研究アクセス坑道において掘削したボーリング孔(水平方向、長さ約 110 m:④の 10MI23 号孔と同じ)で水圧観測を開始しました。

これらボーリング孔での観測結果から、これまでの観測結果と同様に、主立坑沿いに分布する北北西(NNW)走向の断層(主立坑断層)が、水を通しにくい性質であることを確認しました。また、立坑のすぐ近くで水圧が急激に低下していることを確認し(図 3)、立坑壁面から約 10 m 以内の岩盤も、水を通しにくい性質であることを確認しました。

④主立坑断層に関する調査研究

主立坑断層やその周辺岩盤の地質や地下水の流れ方等の特徴を把握するため、深度 300 m 研究アクセス坑道北端において 2 本のボーリング孔(水平方向、長さ約 145 m(10MI22 号孔)と約 110 m(10MI23 号孔))を掘削し、ボーリング孔から採取した岩石試料(コア)の観察やボーリング孔を利用した地下水の流れに関する調査を行いました(図 4)。

その結果、断層の周辺に割れ目や変質が卓越した区間が分布し、割れ目や変質が卓越する区間としない区間が繰り返すこと等の特徴があることが分かりました(図 5)。

地下水の水圧については、ボーリング孔(10MI22 号孔)掘削中の水圧観測(研究所用地と周辺のボーリング孔で実施)から、主立坑断層が水を通しにくいことを示す結果が得られました。さらに、調査終了後には、2 本のボーリング孔のうちの 1 本のボーリング孔(10MI23 号孔)に水圧観測装置を設置して地下水の水圧観測を開始しました。

⑤岩盤中の物質移動に関する調査研究

本調査研究は、平成 22 年度から開始した第 3 段階における調査研究であり、岩盤中の物質移動に関する理解を進めることや、その特性を把握するための調査技術を構築することを目的として実施するものです。

平成 22 年度は、既存の調査から分かっている割れ目の特徴に基づいて、それぞれの割れ目の特徴と物質移動の関係を把握することを目的として、断層に関する調査研究で掘削したボーリングにより採取した岩石試料(コア)を利用した室内試験を実施し、割れ目近傍の物質移動の特徴に関する情報(間隙率と収着・拡散係数)を取得しました。また、室内試験で使用した試料を用いて、

割れ目近傍の元素の分布を把握するための試験計画について検討を行いました。さらに、今後行う、研究坑道で採取される岩石や地下水を用いた室内試験、研究坑道で実施するボーリング調査等、岩盤中の物質移動に関する調査研究の計画を策定しました。これらは、茨城県にある日本原子力研究開発機構東海研究開発センターと共同で試験計画の立案等を行いました。

そのほか、(財)電力中央研究所との共同研究として、深度 300 m 研究アクセス坑道において 2 本のボーリング孔(水平から約 30°下向き、長さ約 30 m と約 35 m)を掘削し、研究坑道周辺の岩盤の地質や地質構造の特徴、地下水の流れに関する試験を実施しました(図 2)。

⑥坑道掘削と施工対策の影響評価に関する研究

坑道の掘削や設置した支保工(鋼製の枠や吹付けコンクリート等)、湧水抑制対策として地下水の通りみちとなる割れ目等にセメント系の溶液等を注入すること(グラウト)が、周辺の岩盤や地下水の流れと水質に与える影響を把握・評価するために、深度 300m 研究アクセス坑道で実施する試験の計画検討を継続しました。また並行して、国内外における調査事例を収集・整理しました。

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、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 6)。

その結果、主立坑断層を境として、研究坑道の掘削に伴う水圧変化が異なることを確認しました(図 7)。この結果は、主立坑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、ボーリング孔を利用した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、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

研究坑道周辺の岩盤の特徴や状態を推定する技術を開発するため、研究坑道内での発破やボーリング孔掘削等の工事に伴う様々な振動を、深度 300 m 研究アクセス坑道に設置した受振器で測定する弾性波探査(逆 VSP 探査)を継続して実施しました。

測定したデータを用いて解析した結果、高角度に傾斜する断層に対応すると考えられる振動の反射面の分布を把握することができました。

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、地表や坑道内に設置した電極で、この弱い電気を測定する調査)を継続しました。

その結果、研究坑道の掘削や研究坑道内でのボーリング調査において湧水が発生した際の地下水の移動に伴う自然電位の変化をとらえることができました。

5) 地質環境のモデル化・解析

平成 22 年度までに新たに取得した情報に基づき、断層や割れ目、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、断層の深度方向の分布形状や透水性が更新されました。

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、立坑への湧水量等の解析結果が、これまでの解析結果と比較して、実際の状態を、より正確に再現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 年度まで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。同様に、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、すぐに立坑の壁面をコンクリートで固める手順を繰り返して行う掘削工法)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、地下水の通りみちとなる割れ目等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、換気立坑深度 400 m 以深の透水性の低い岩盤に、超微粒子セメント(粒子の大きさが非常に小さいセメント)を用いたグラウト技術を適用し、その有効性を確認しました。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機器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 459.6 m から深度 481.3 m まで、換気立坑は深度 459.8 m から深度 497.7 m までの掘削を行いました(図 1)。また、研究坑道の掘削に際しては、掘削を行う前に長さ 10 m 程度の孔を数本掘り、事前に湧水があるかどうかを確認しながら掘削しました。

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 月に岐阜県や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 690 m³(平成 23 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実施し、平成 22 年度は約 8,500 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。

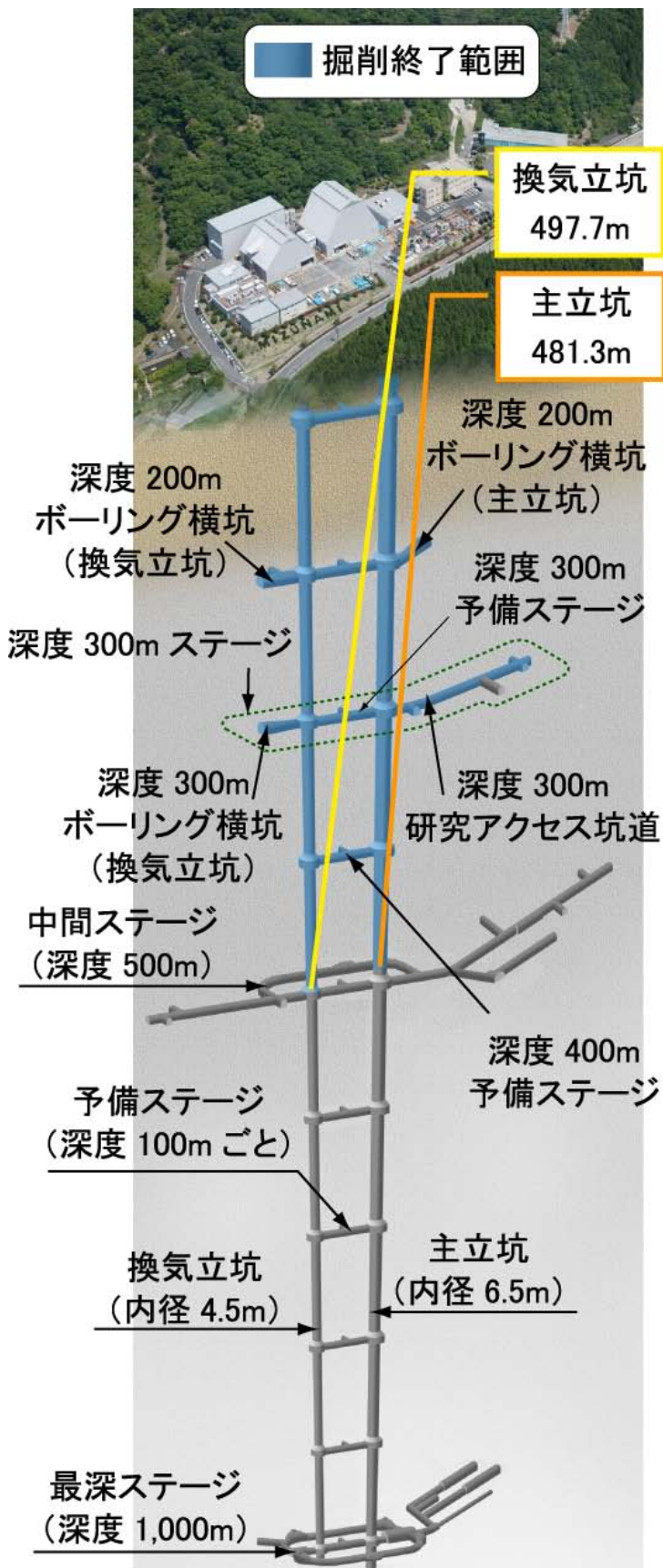
その結果、掘削工事による周辺環境への影響が法令等に照らして問題ないことを確認しました。

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、定期的な見学会の開催等による見学者の受け入れ(平成 22 年度実績:約 3,300 人)や、生徒、学生等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、ホームページや広報紙(地層研ニュース)において掘削工事の進捗状況や研究坑道の様子、「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。



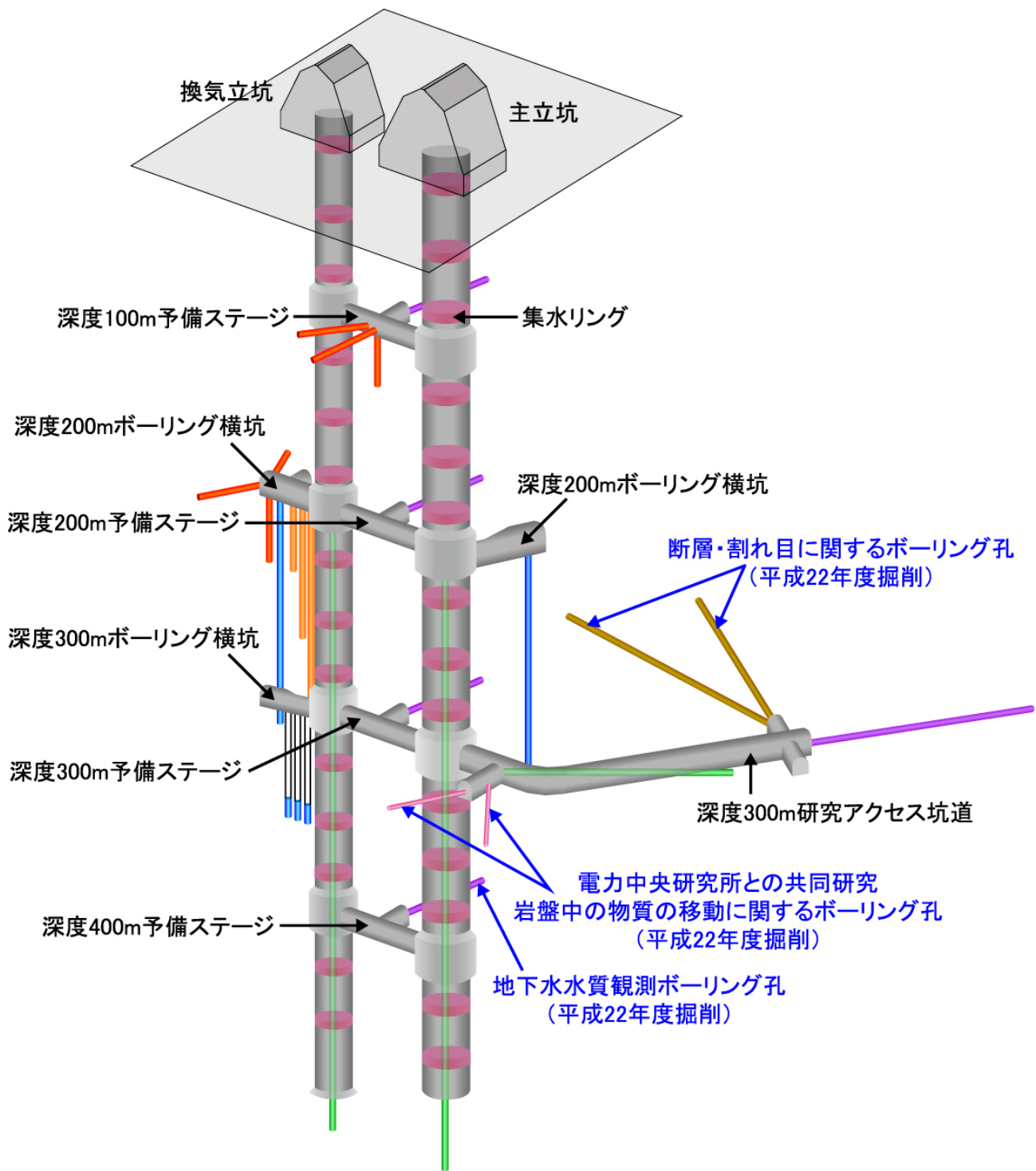
主立坑 (深度 467.1m)



換気立坑 (深度 490.4m)

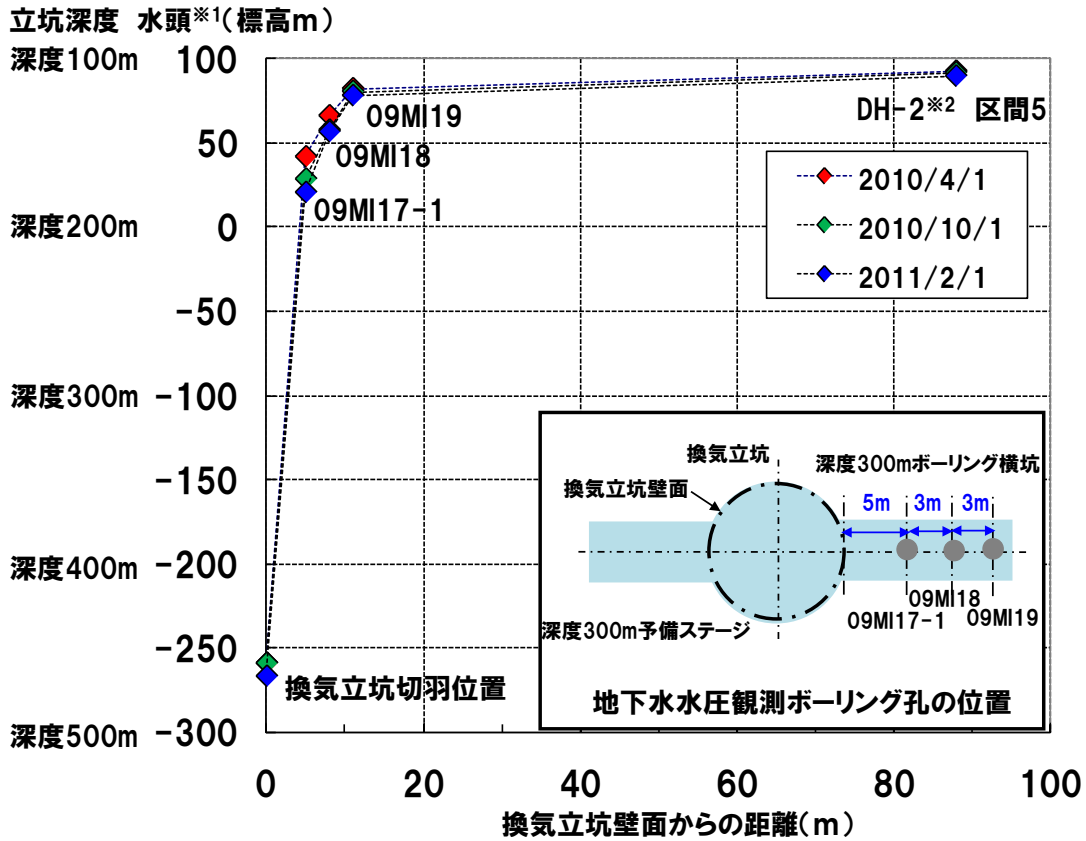
※坑道の深度や形状などは計画であり、研究ニーズ、地質環境、施工条件などにより、決定していきます。

図1 研究坑道の名称と掘削状況



- | | |
|---------------------|--------------------|
| 地下水水圧観測ボーリング孔 | 地下水水質観測ボーリング孔 |
| パイロットボーリング孔 | ひずみ計測・先行変位計測ボーリング孔 |
| 初期応力測定ボーリング孔 | 断層・割れ目に関するボーリング孔 |
| 岩盤中の物質の移動に関するボーリング孔 | 平成22年度までの掘削範囲 |

図 2 平成 22 年度における研究坑道での主な調査位置図



※¹ ボーリング孔の各区間で観測された水圧を基に水の高さに換算した値
 ※² DH-2は広域地下水流動研究の深いボーリング孔

図3 立坑周辺の水圧分布

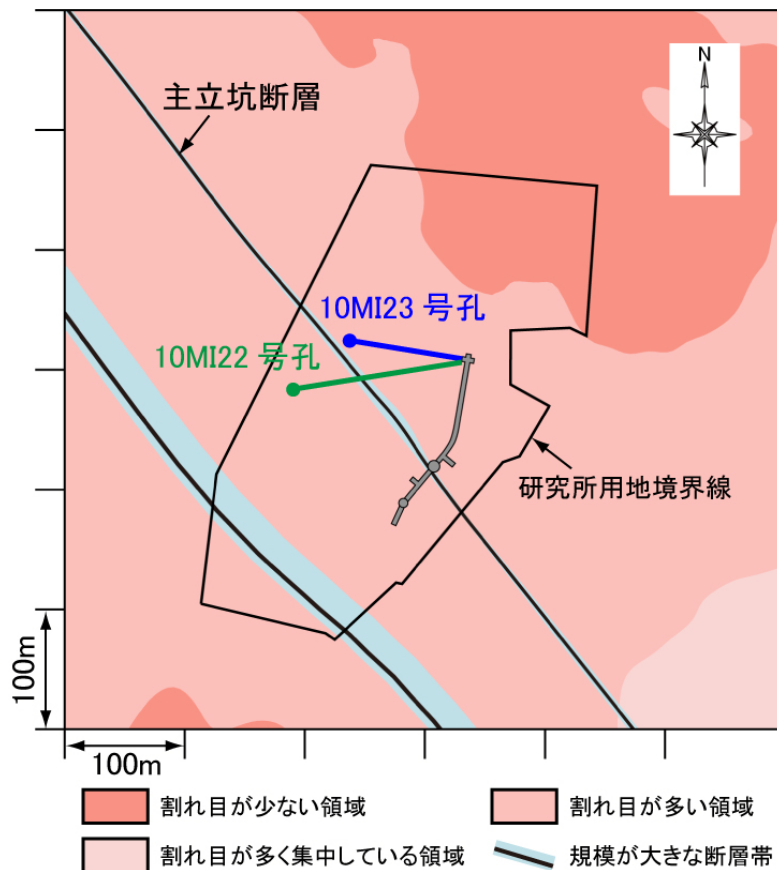


図4 主立坑断層に関する調査研究のボーリング孔の位置

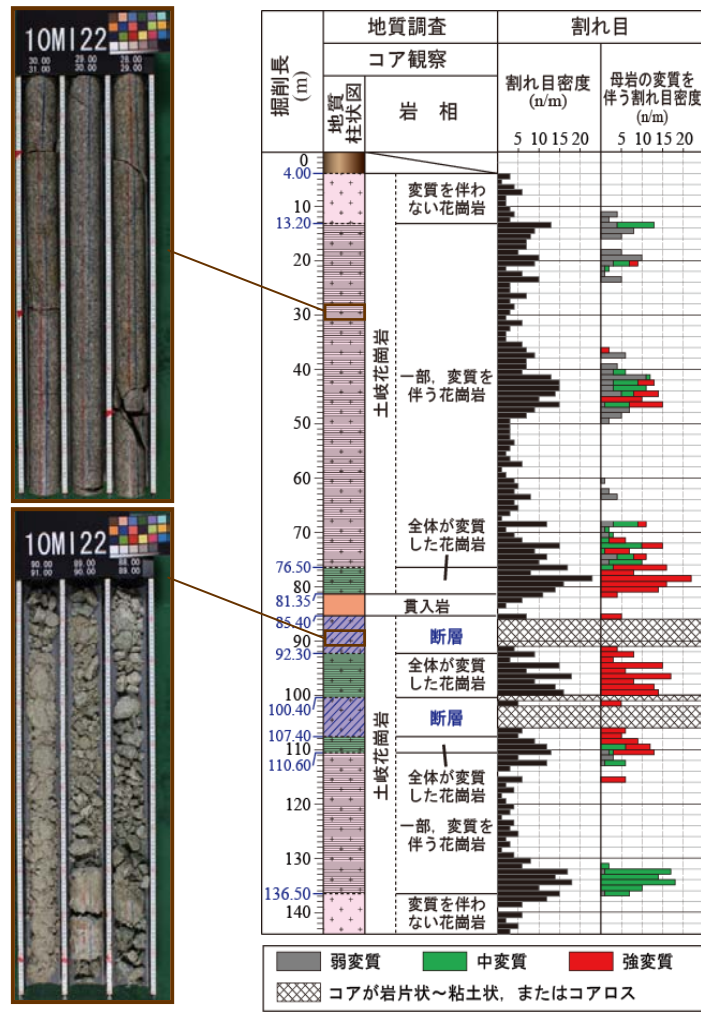


図5 ボーリングコアの観察結果(10MI22号孔)

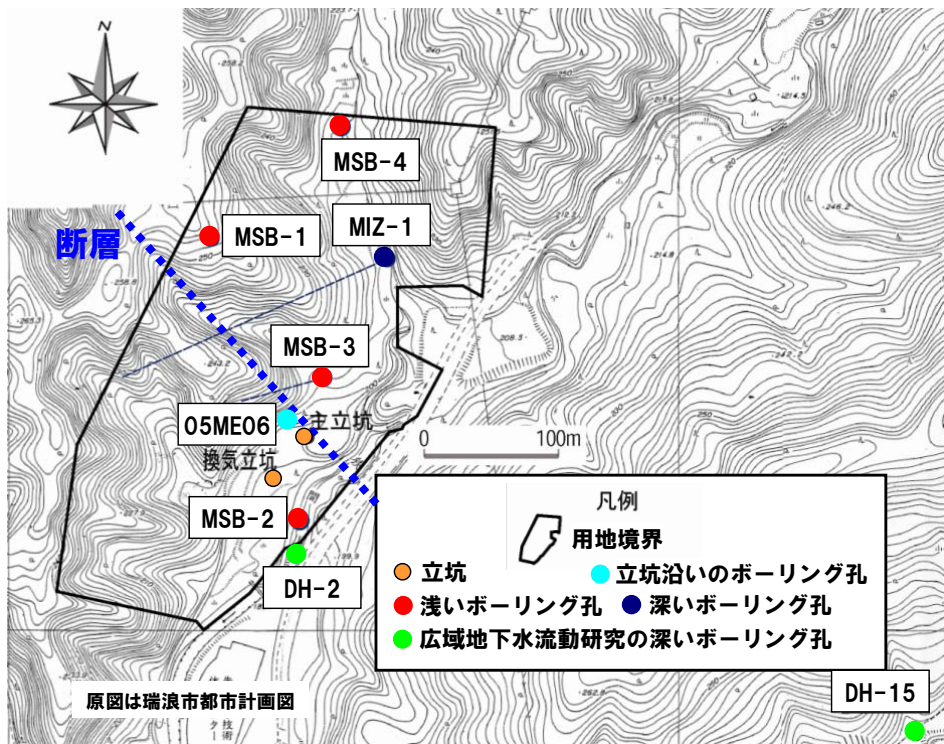
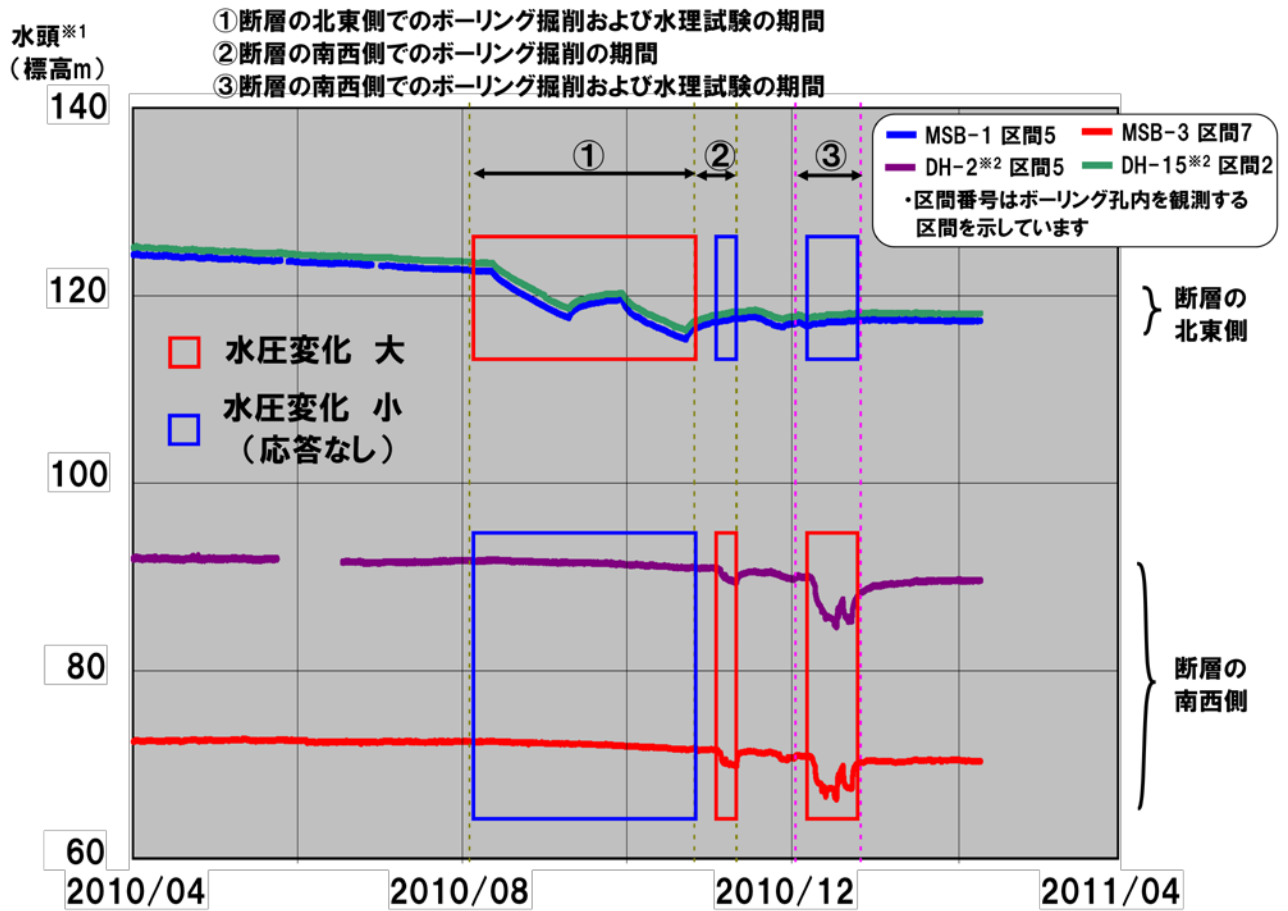


図6 地下水長期観測孔の位置図



※1 ボーリング孔の各区間で観測された水圧を基に水の高さに換算した値
 ※2 DH-2、DH-15は広域地下水流動研究の深いボーリング孔

図7 地上のボーリング孔における水圧モニタリング

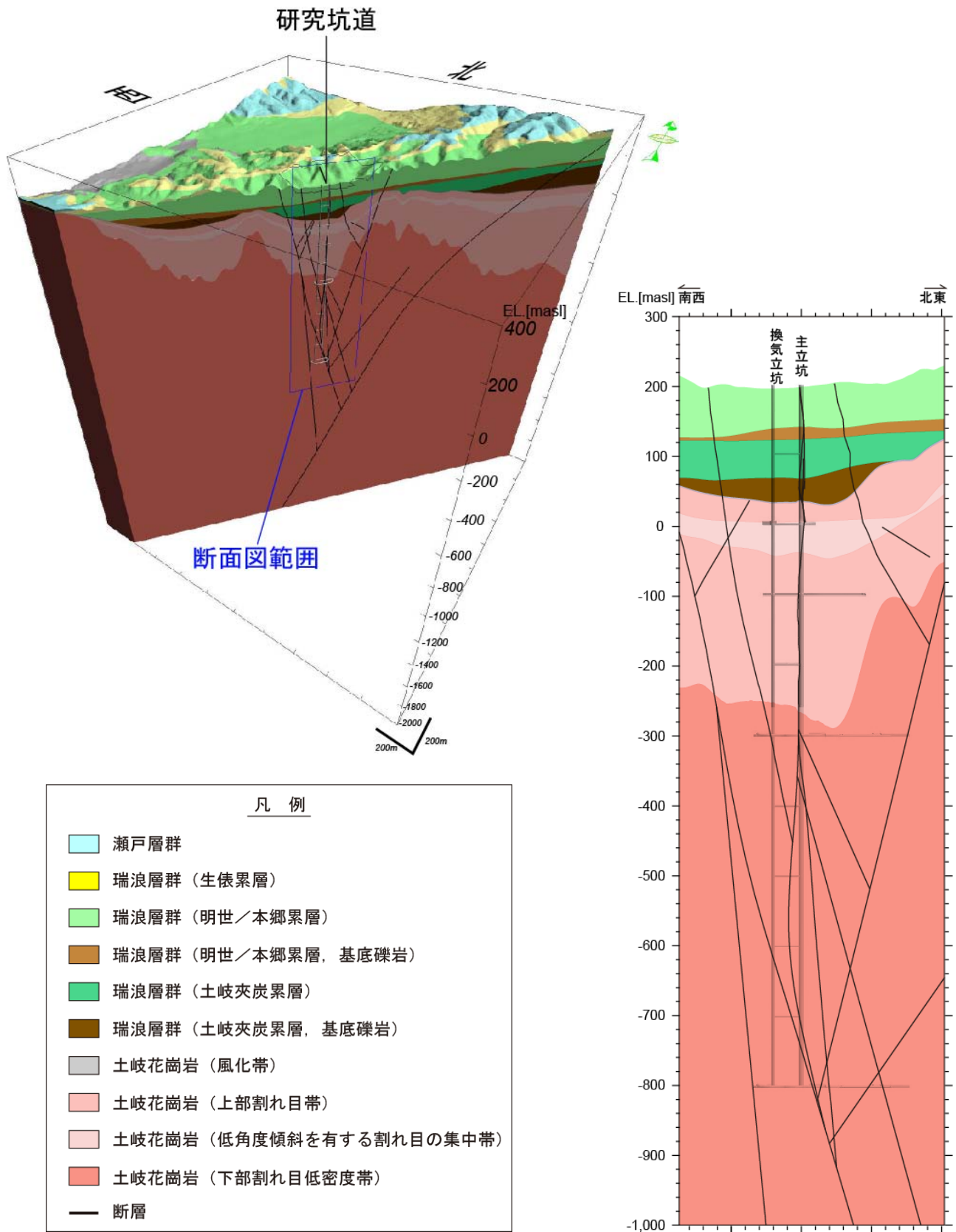


図8 改良したモデルの一例(地質構造モデル)



ボーリングコアの観察
(サイエンスキャンプ)



換気立坑 防音ハウス内の見学
(スーパーサイエンスハイスクール)



ココアとせんべいを用いた断層実験教室
(おもしろ科学館 2010 in みずなみ)



見学者数 2 万人達成
(平成 22 年 11 月 28 日)

図 9 開かれた研究施設としての取り組み