

平成 20 年度 瑞浪超深地層研究所 事業報告

平成 21 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 19 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 20 年度の研究坑道の掘削は、主立坑は深度 300.2m、換気立坑は深度 331.2m までの掘削を行いました。また、深度 300m において、主立坑と換気立坑をつなぐ水平の坑道（以下、「予備ステージ」といいます）、調査研究を行うための水平の坑道（以下、「研究アクセス坑道」といいます）、ボーリング調査を行うための水平の坑道（以下、「ボーリング横坑」といいます）の掘削を行いました（なお、深度 300m の水平の坑道をまとめて、以下、「深度 300m ステージ」といいます）。

平成 20 年度の調査研究は、研究坑道の壁面調査を行うとともに、深度 200m の換気立坑側のボーリング横坑から掘削した 3 本のボーリング孔及びその岩石試料を用いて、岩盤へ加わる力（以下、「初期応力」といいます）の測定や、研究坑道掘削等の作業中の物理探査などを行いました。

外部研究機関等との共同研究については、平成 19 年度に引き続き、名古屋大学と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実施したのをはじめ、東北大学との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、研究坑道を提供し、協力しました。また、国の公募研究事業を引き続き受託し、「地下坑道における施工技術高度化開発」及び「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 19 年度に引き続き、坑道壁面の調査（主立坑：深度 231.2m から深度 300.2m、換気立坑：深度 202.6m から深度 331.2m、深度 300m ステージ）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、デジタルカメラ・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採取を行いました（図 1）。

坑道壁面の調査の結果、平成 18 年度に行ったパイロットボーリング調査等で明らかになった水平に近い割れ目が集中する場所や、主立坑を通過する断層について、それらの分布や、内部構造の詳細を把握することができました（図 2）。また、深度 300m 研究アクセス坑道では、湧水を伴う鉛直に近い割れ目が分布することが明らかになりました。

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 100m 毎の予備ステージから掘削されたボーリング孔（深度 100m：水平から約 25°下向き・長さ約 90m、深度 200m：水平から約 5°下向き・長さ約 55m、図 3 の地下水水質観測ボーリング孔）に設置している観測装置を利用して、地下水の水質の観測を継続しました。ただし、深度 100m 予備ステージのボーリング孔では、水圧の低下に伴って採水が困難となったため、水質観測を中断しました。

また、立坑の深度約 25m 毎に設置している集水リング（水を集めるための堰せきのようなもの、図 3 の集水リング）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、より深い部分の地下水が上昇している可能性があることがわかりました。

③初期応力の測定

深度 200m の換気立坑側のボーリング横坑から、ボーリング孔（水平より約 7°上向き・長さ約 20m のボーリング孔を 2 本、鉛直下向き・長さ約 20m のボーリング孔を 1 本、図 3 の初期応力測定ボーリング孔）を掘削し、これらのボーリング孔及びそのボーリング孔から採取した岩石試料を用いて、岩盤の初期応力等を測定しました。

その結果、測定された初期応力は、地表からの調査における予測と整合していることを確認しました。

④立坑掘削に伴う岩盤のひずみ・変位計測

深度 200m 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 20m・約 40m・約 50m、図 3 のひずみ計測・先行変位計測ボーリング孔) 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、換気立坑における湧水抑制対策として岩盤の隙間にセメント系の溶液等を注入する(以下、「グラウト」といいます)作業や換気立坑の掘削が岩盤に及ぼす影響(岩盤のひずみ・変位や初期応力の変化)の程度を調べるための測定を行いました。

その結果、掘削が岩盤に及ぼす影響を定量的に把握することができました。また、これを踏まえて、研究坑道を設計したときの解析条件の妥当性を確認するとともに、光ファイバー計測技術の有効性の評価を実施しています。

⑤地下水の水圧観測

平成 19 年度に深度 200m の主立坑側と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・長さ約 120m、図 3 の地下水水圧観測ボーリング孔) に設置した地下水の水圧観測装置を用いて立坑掘削に伴う立坑近傍の水圧の変化を調べました。

その結果、主立坑近傍では立坑掘削の影響により、観測区間によって地下水の水圧の変化量が異なることを確認しました。これは主立坑に沿って分布する断層の透水性が不均一であることに起因して生じたものと考えられます。また、換気立坑近傍では深度約 250m までの地下水の水圧の変化量は観測区間によらず概ね同じであり、岩盤中の水みちが連続性を有していると考えられます。なお、換気立坑近傍の深度約 250m 以深については、他の観測区間より大きな水圧の変化量が生じたことから、ボーリング孔と立坑またはボーリング横坑とをつなぐ水みちの存在を示していると考えられます。

2) 地上のボーリング孔を用いた地下水の長期観測

地層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、4 本の浅いボーリング孔及び 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 4、5)。

その結果、これまでの観測と同様に、北北西方向の断層を境として北東側は南西側よりも水圧の変化が小さく、また細かな変化がほとんど認められないのに対し、南西側では、坑道掘削に伴う水圧の細かな変化が頻繁に生じているなど、水圧の変化が異なる傾向が観測されました(図 6)。

3) 表層水理定数観測

雨水が地下深くにしみ込む量等を評価するため、研究所用地内に設置した雨量等を計測する気象観測装置や地表付近の地下水の水位を測定するボーリング孔、土壌水分計による長期観測を継続しました（図 5）。

その結果、地表付近の地下水の水位や土壌中の水分量の変化に、立坑の掘削による影響は見られませんでした。

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、解析用の衛星データを収集しました。地下水の水圧の変化を地盤の微小な傾きにより推定するための傾斜計による観測では、立坑内のボーリング孔掘削や地震に伴う微小な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

掘削する研究坑道のまだ掘削していない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孔掘削等の工事に伴う様々な振動を、地表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。測定したデータに対して断層の分布に着目した解析を実施したところ、これまでに構築した地質構造モデルに示された断層の分布と概ね整合する結果が得られました。また、これまでに取得したデータを用いて、岩盤の状態を精度よく推定する上で、より効果的な振動の種類や測定の方法などについて検討を行いました。その結果、本手法では発破とボーリング孔掘削の振動を複数の深度で取得して解析に利用することが効果的であるとわかりました（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、流体流動電位法（地下水の流れに伴って弱い電気が発生する性質を利用して、地表に設置した電極でこの弱い電気を測定する方法）による調査を継続しました。

5) 地質環境のモデル化・解析

これまで実施した調査によって新たに取得した情報に基づき、断層や割れ目（帯）、変質帯等の地質分布、地下水の流れやすさを示す透水性分布、水質分布及び岩盤の初期応力分布等の地下の状態を模式的に表したもの（以下、「モデル」といいます）の更新を行いました（図 8）。

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の推定及び立坑への湧水量の予測等を行いました。

これらの結果、深度 300m 付近の花崗岩は、深い部分と異なる地質条件（低角度の割れ目が相対的に多く、かつ湧水の可能性がある）を有していることを推定しました。

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及び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 20 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（鉄製の枠や吹付けコンクリートなど）は十分な安全性を有していることを確認するなど、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、主立坑掘削に際して通常の発破工法のほか、スムーズブラスティング工法（岩盤に与える影響の少ない発破工法）を適用し、立坑掘削に同工法が適用可能であることを確認しました。

また、深度 300m 研究アクセス坑道の掘削に先立ち実施した先行ボーリング調査結果に基づき、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を集約しつつ、深度 300m 研究アクセス坑道掘削時のグラウト計画を立案するとともに、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、研究所用地内に設置した装置を用いて基礎データを取得しました。

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 231.2m から深度 300.2m 及び換気立坑は深度 202.6m から深度 331.2m までの掘削、深度 300m ステージの掘削を完了しました（図 9）。

なお、研究坑道の掘削に際しては、必要に応じて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（湧水）は、地上に設

置している排水処理設備により適切に処理し、平成 17 年 11 月に岐阜県及び瑞浪市との間で締結している「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 735 m³（平成 21 年 3 月平均）を近傍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。

溶出試験において、一部の掘削土は自然由来によるふっ素、砒素が「環境保全協定」に基づいて定めた参考値を超えましたが、これらの掘削土は専門の処理施設に搬出しました。

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。また、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する基礎資料とするため、研究所周辺での現況調査を継続して行いました。

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 20 年度実績：約 3,300 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 10）。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。



図1 壁面調査(深度 300m 研究アクセス坑道)

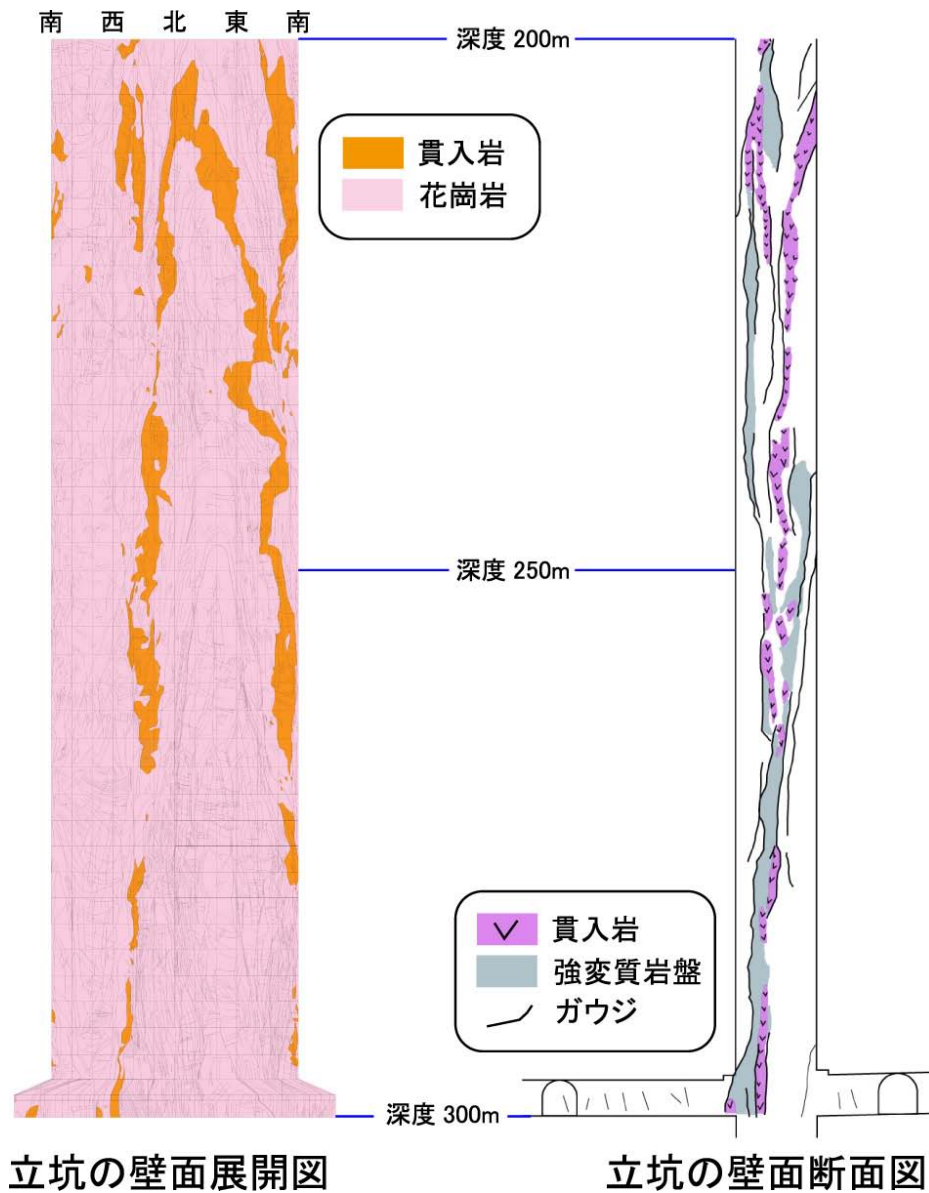


図2 壁面調査の結果

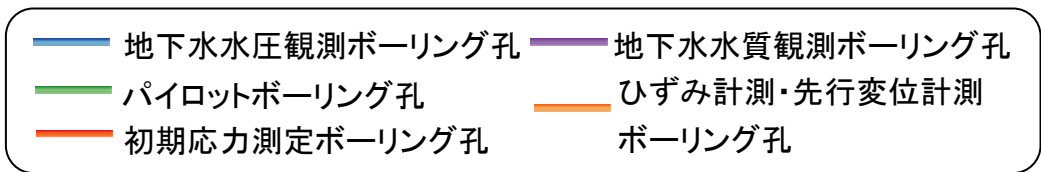
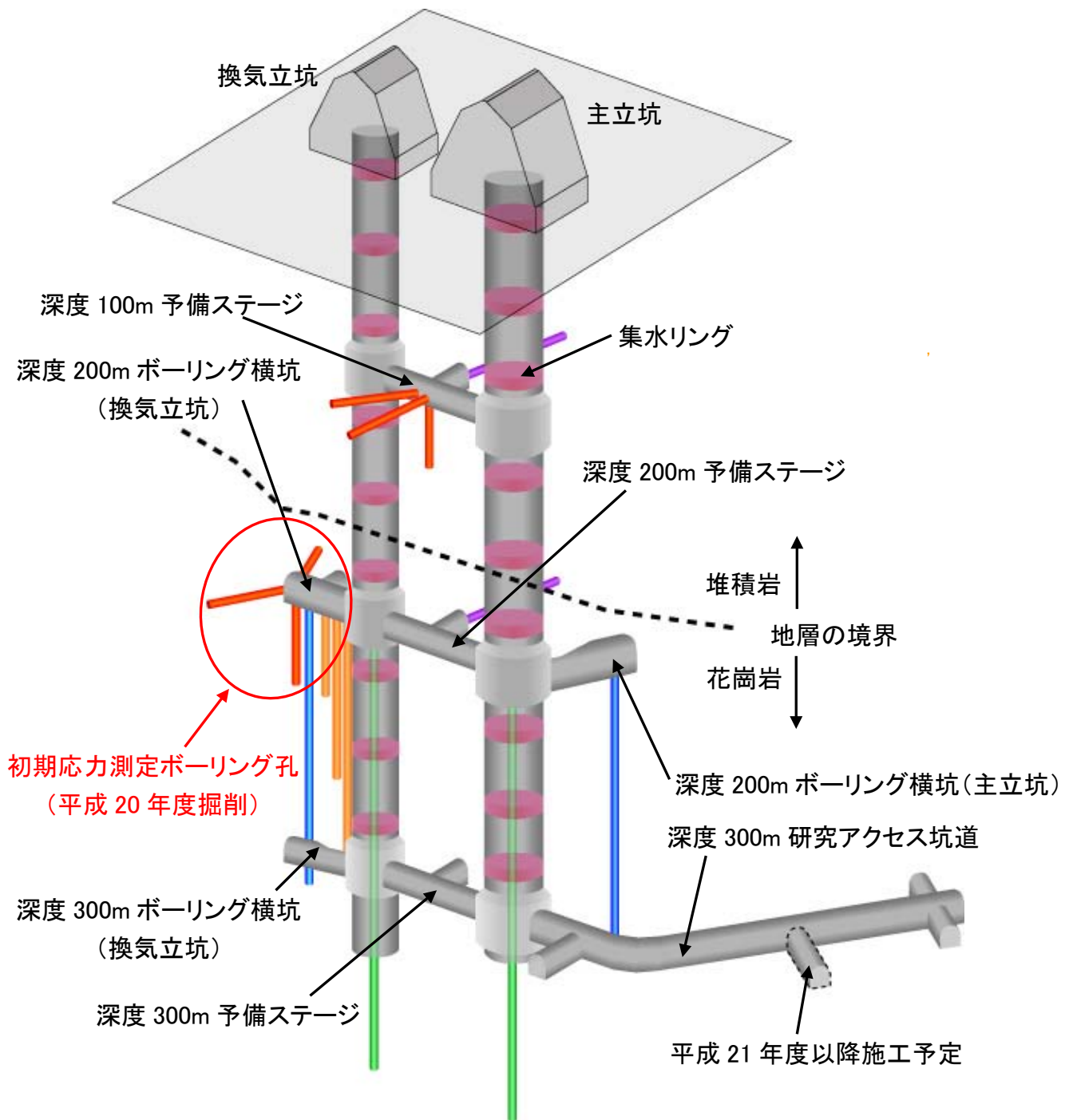


図 3 平成 20 年度における研究坑道での主な調査位置図

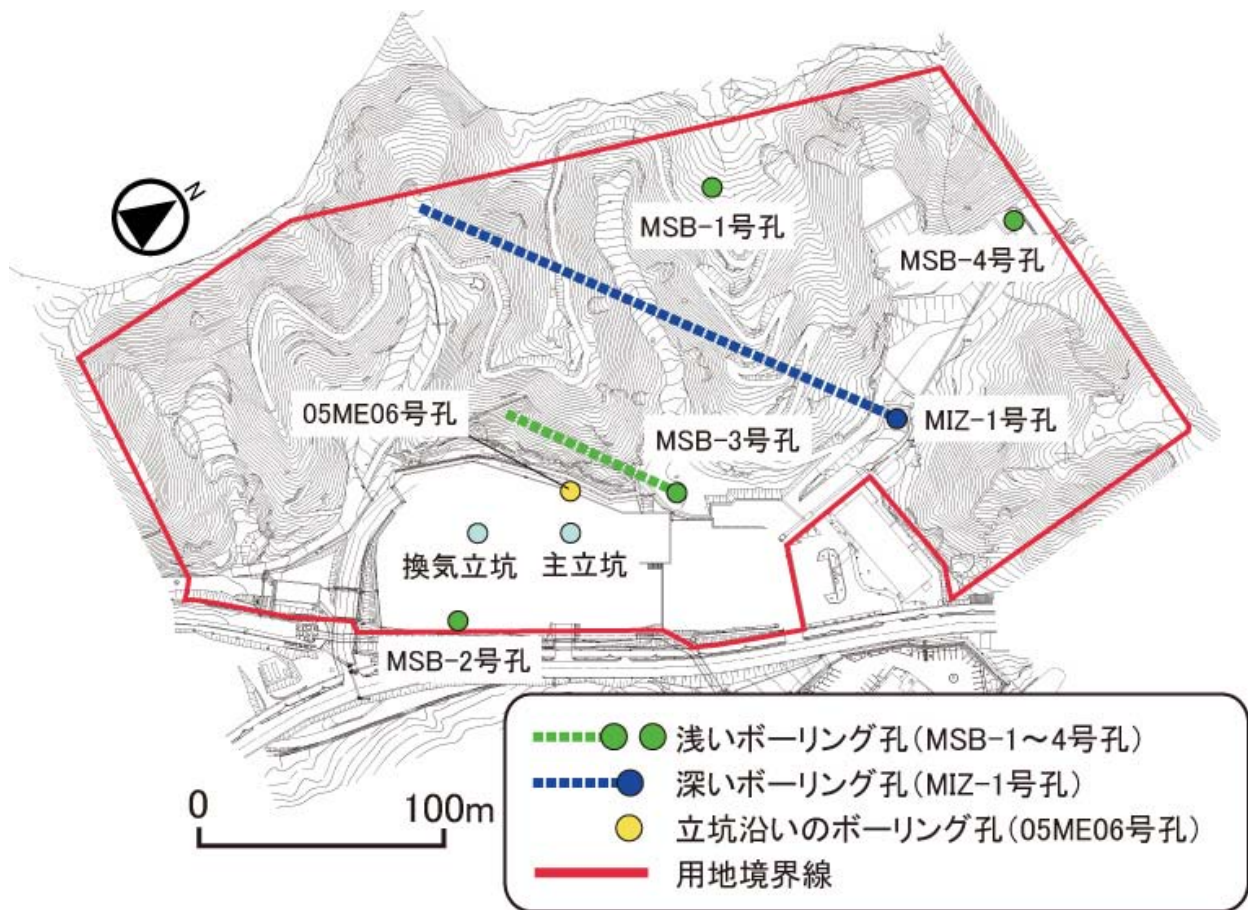


図4 地下水長期観測孔の位置図

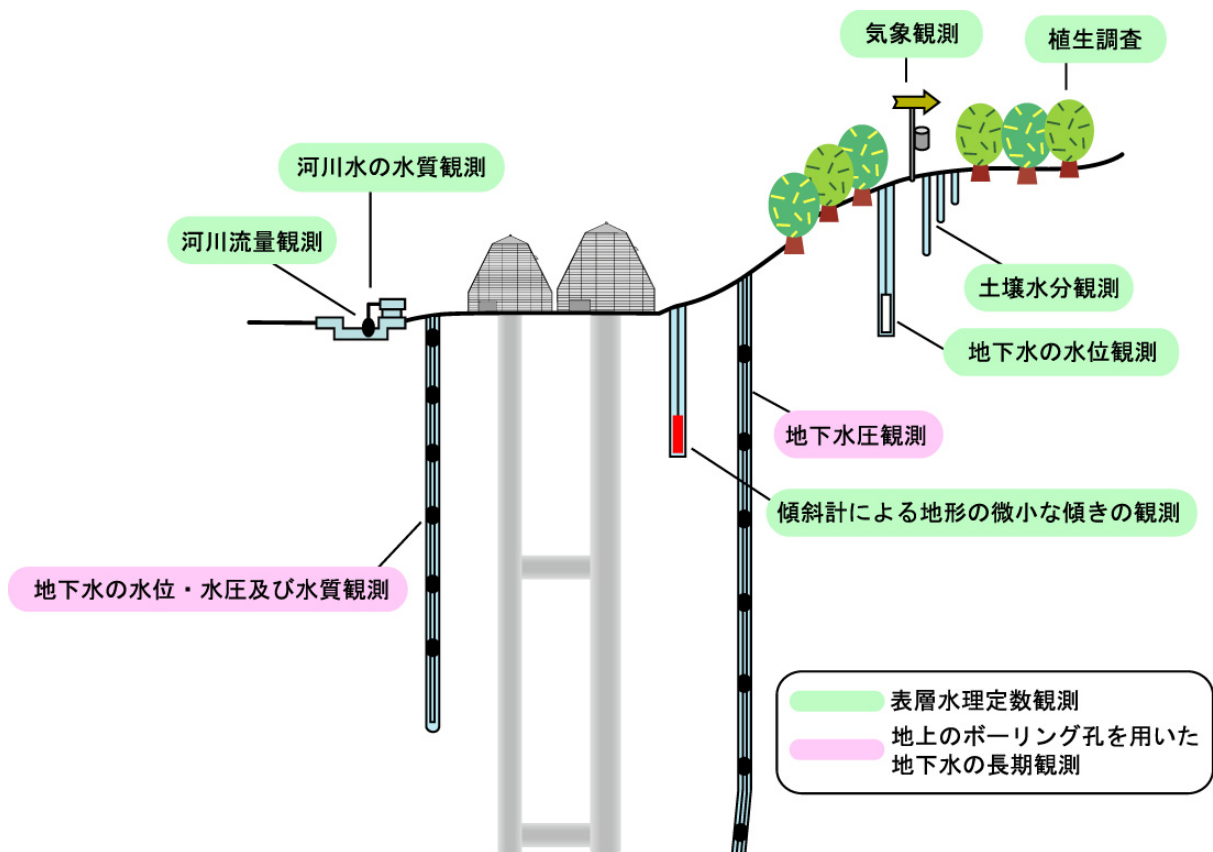
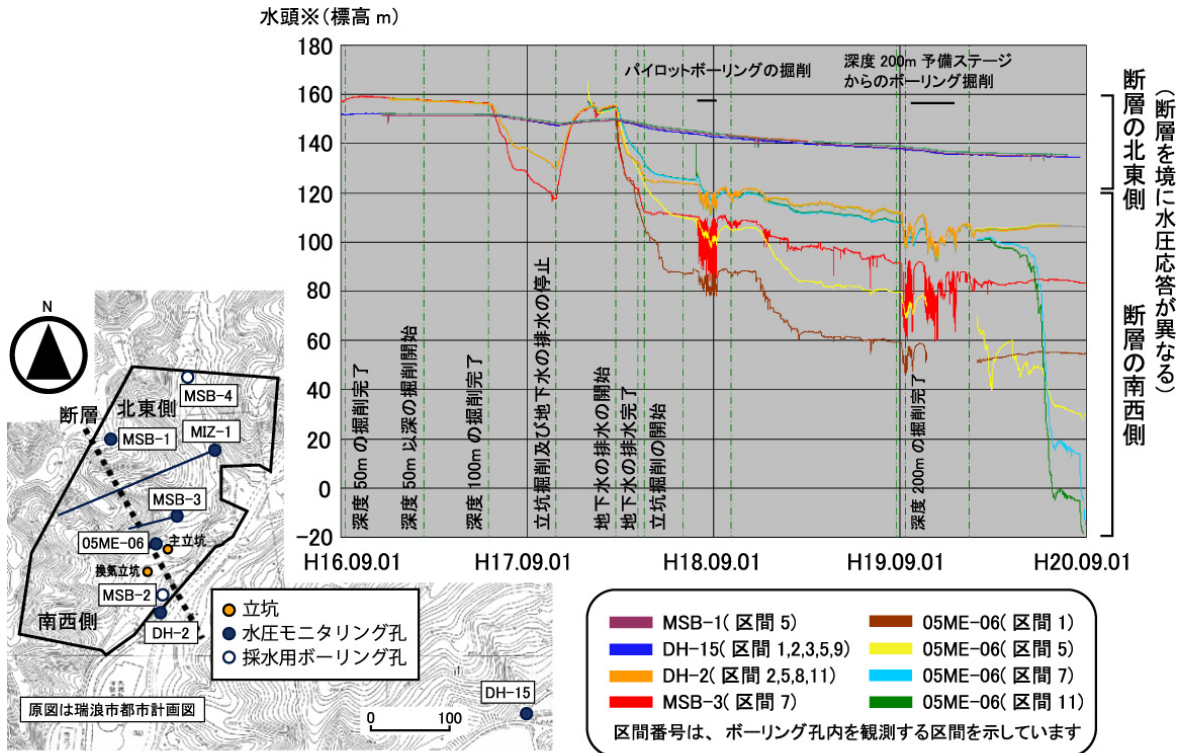
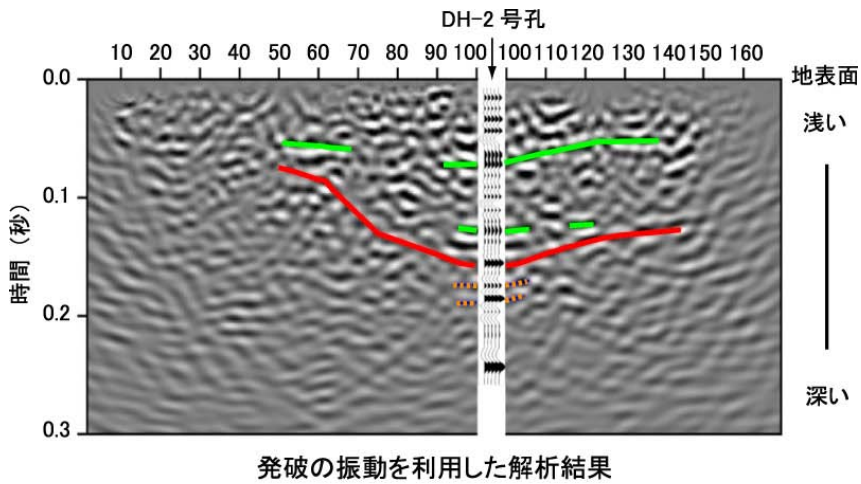


図5 第2段階における地上からの長期観測の概念

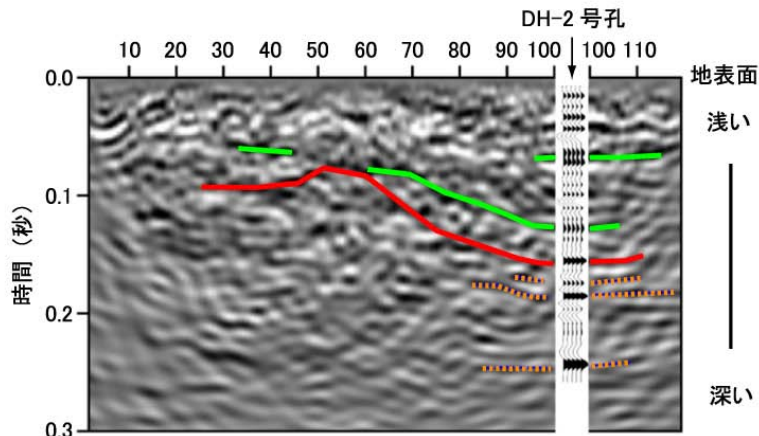


※ボーリング孔の各区間で観測された圧力を基に水位に換算した値

図6 地上のボーリング孔における水圧応答モニタリング

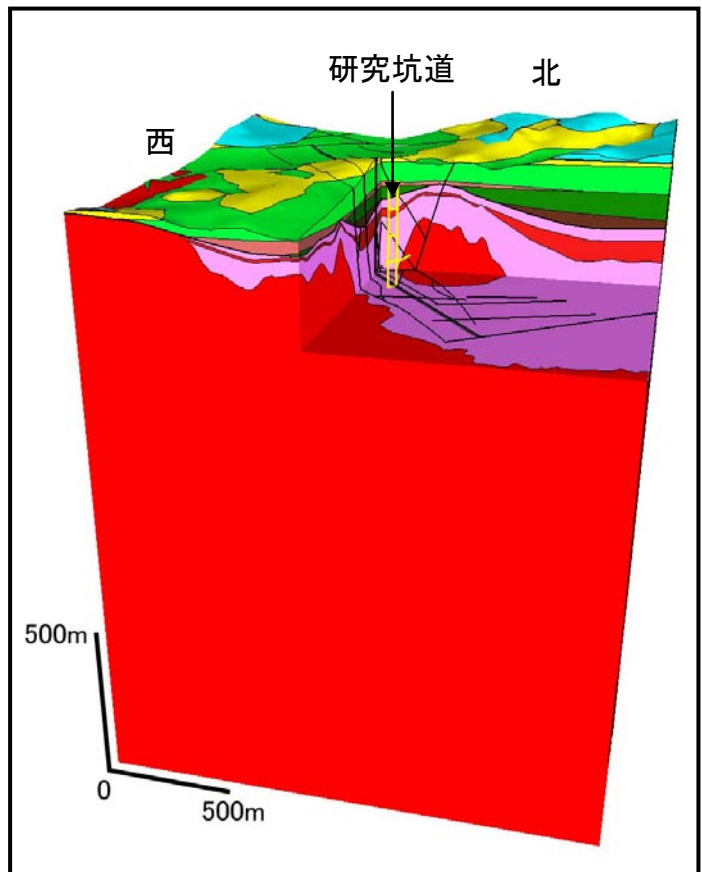
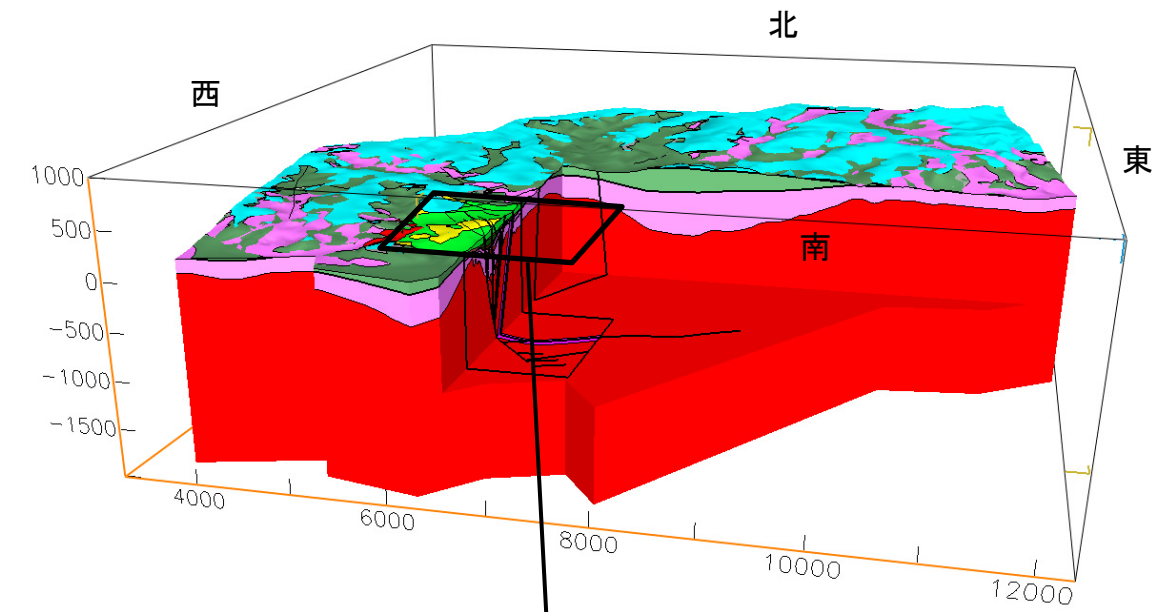


— 堆積岩中の基底礫の上面 — 花崗岩の上面 — 花崗岩内部の割れ目帯



ボーリング孔の掘削振動を利用した解析結果

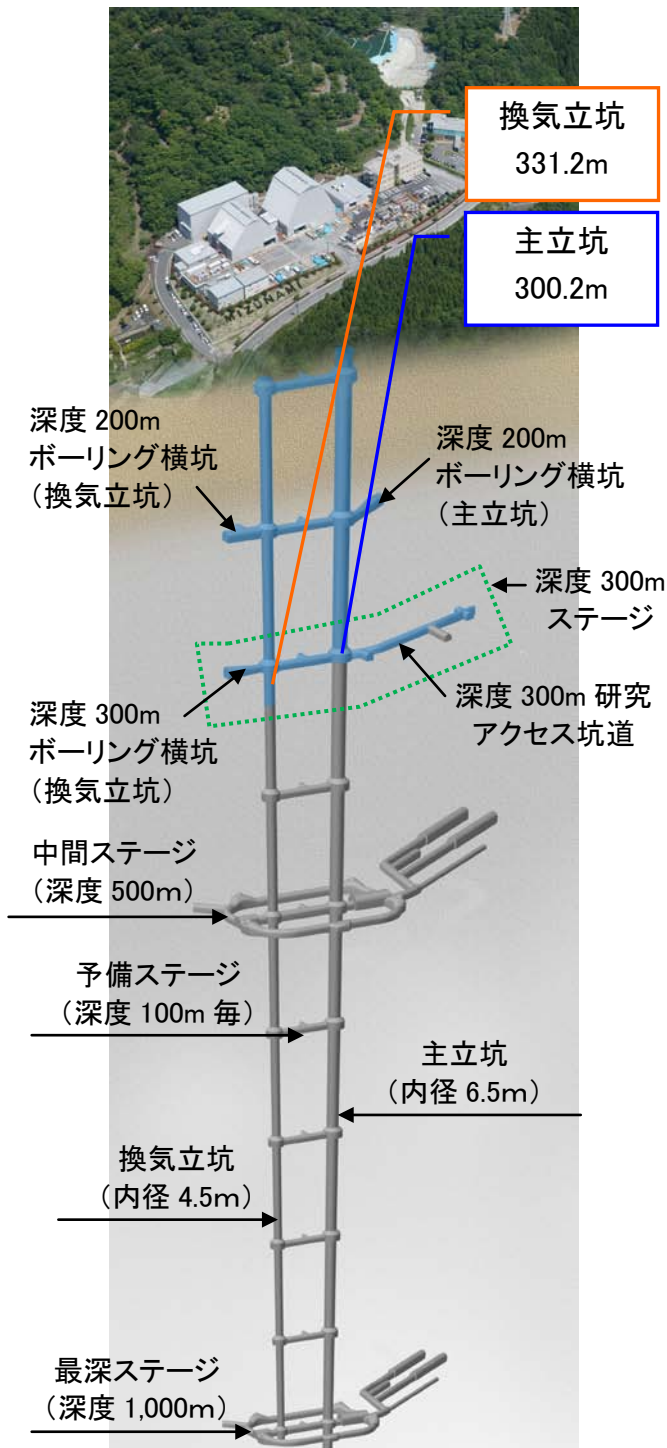
図7 逆VSP探査の結果



- 瀬戸層群
- 瑞浪層群
- 生俵累層
- 明世/本郷累層(本体)
- 明世/本郷累層(基底礫岩)
- 土岐夾炭累層(本体)
- 土岐夾炭累層(基底礫岩)
- 土岐花崗岩(上部割れ目帯)
- 土岐花崗岩(低角度傾斜を有する割れ目の集中帯)
- 土岐花崗岩(下部割れ目低密度帯)
- 月吉断層に伴う割れ目帯
- 主立坑を通過する断層及び変質帯
- 断層

図 8 地質構造モデルの一例

掘削終了範囲



深度 300m ボーリング横坑(換気立坑)



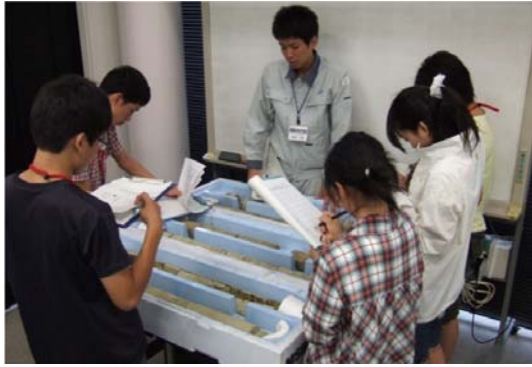
深度 300m 研究アクセス坑道



深度 300m 予備ステージ

※坑道の位置や長さなどは計画であり、地質環境や施工条件などにより、決定していきます。

図 9 研究坑道の掘削状況



ボーリングのコアのスケッチ
(サイエンスキャンプ)



換気立坑の防音ハウス内の見学
(スーパーサイエンスハイスクール)



ココアと煎餅を用いた断層実験教室
(サイエンスフェア)



深度 200m 予備ステージでの見学
(施設見学会)

図 10 開かれた研究施設としての取り組み