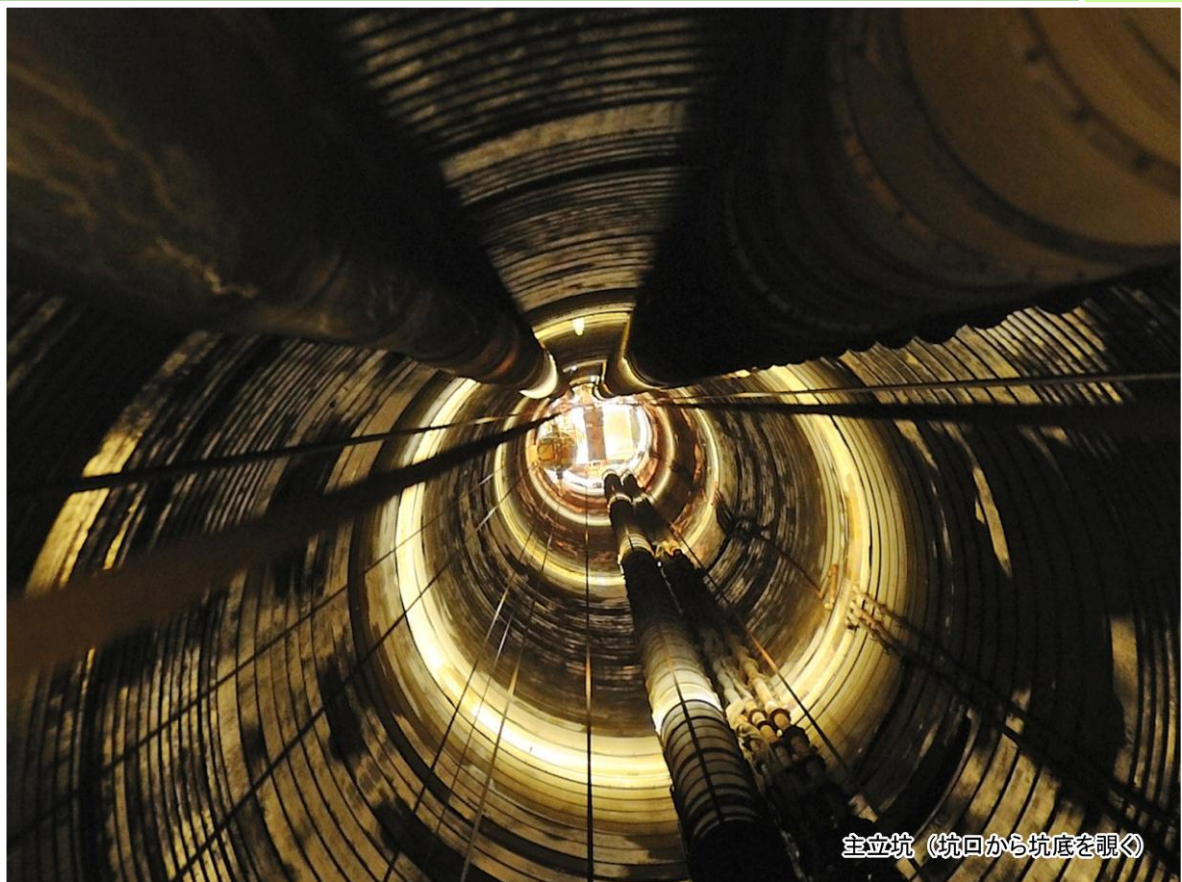


【平成 23 年度】

瑞浪超深地層研究所 事業報告



主立坑（坑口から坑底を覗く）

平成 24 年 4 月 23 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

(目次)

1. 研究報告

1) 研究坑道における調査研究	
①研究坑道の壁面調査	..... 4
②研究坑道掘削等の作業中の物理探査	..... 4
③地下水の水質観測	..... 4
④地下水の水圧観測	..... 5
⑤岩盤中の物質移動に関する調査研究	..... 6
⑥坑道掘削と施工対策の影響評価に関する研究	..... 7
2) 地上のボーリング孔を用いた地下水の長期観測	..... 7
3) 表層水理定数観測	..... 9
4) 地質環境のモデル化・解析	..... 9
5) 工学技術に関する研究	.....10
6) 研究坑道等を活用した共同研究・施設利用	.....11

2. 施設報告

1) 研究坑道の掘削	.....12
2) 研究坑道の掘削に伴う排水	.....12
3) 研究坑道の掘削土	.....12
4) 研究所用地内整備等	.....12

3. 安全対策

.....12

4. 開かれた研究施設としての取り組み

.....13

【平成 23 年度の事業報告概要】

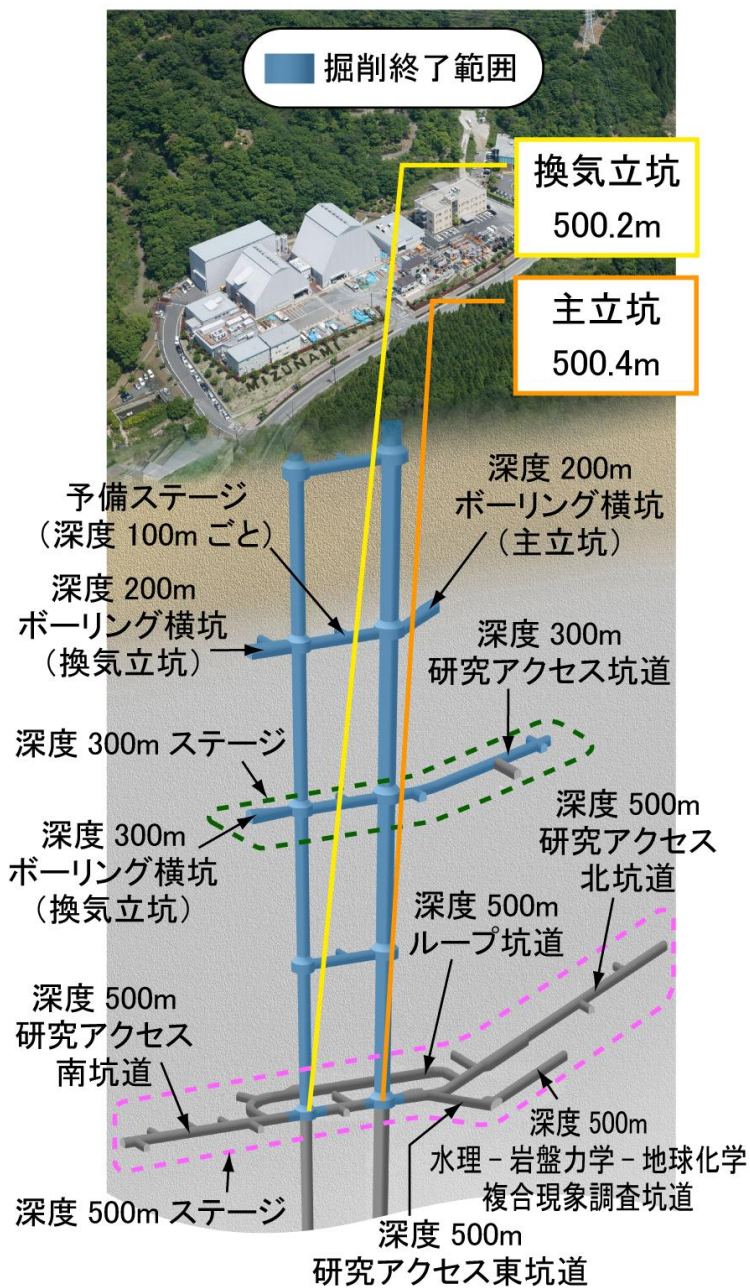
瑞浪超深地層研究所(以下、「研究所」といいます)においては、平成 23 年度は、平成 22 年度に引き続き、超深地層研究所計画における第 2 段階(「研究坑道の掘削を伴う研究段階」と第 3 段階(「研究坑道を利用した研究段階」)の調査研究を進めました。

平成 23 年度の研究坑道の掘削工事については、主立坑は深度 481.3 m から深度 500.4 m まで、換気立坑は深度 497.7 m から深度 500.2 m まで掘削しました。また、深度 500 m の水平坑道の掘削に着手し、主立坑、換気立坑ともに、立坑と水平坑道との接続部分からそれぞれ 5 m 程度の掘削を行いました(図 1)。

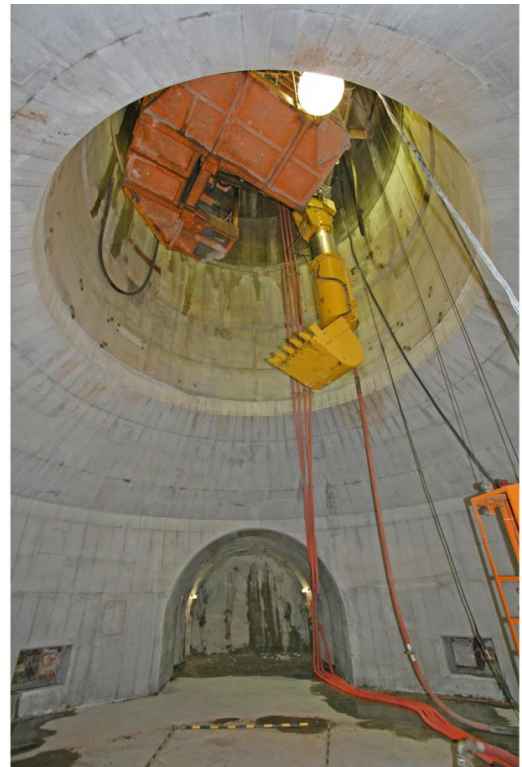
平成 23 年度の主な調査研究としては、地質や地質構造を把握するために、研究坑道の壁面調査や研究坑道掘削等の作業中の物理探査(電気を利用した非破壊による地下の調査)を行うとともに、これまでに掘削したボーリング孔に設置した観測装置を用いて、地下水の水圧や水質の長期的な観測を継続しました(図 2)。第 3 段階の調査研究としては、研究坑道で採取した岩石や地下水を用いた室内試験を行い、その結果に基づいて、岩盤中の物質移動に関する調査研究の計画を策定しました。

なお、東日本大震災の影響により、平成 23 年度に計画していた研究坑道内(深度 300 m ステージ)における新規のボーリング調査は次年度以降に延期しました。

開かれた研究施設として、(財)電力中央研究所、(独)産業技術総合研究所、(財)地震予知総合研究振興会東濃地震科学研究所、名古屋大学、東海大学、京都大学、金沢大学、西松建設等との間で、研究坑道等を活用した共同研究や施設利用を進めました。また、国の公募研究事業の受託についても、平成 22 年度に引き続き実施しました。さらに、研究所では、定期的な見学会の開催や、生徒・学生等を対象とした地球科学に関する学習、研究の支援を行うとともに、研究所の調査研究や掘削工事の状況、「環境保全協定」に基づく環境管理測定の結果等について情報発信に努めました。



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

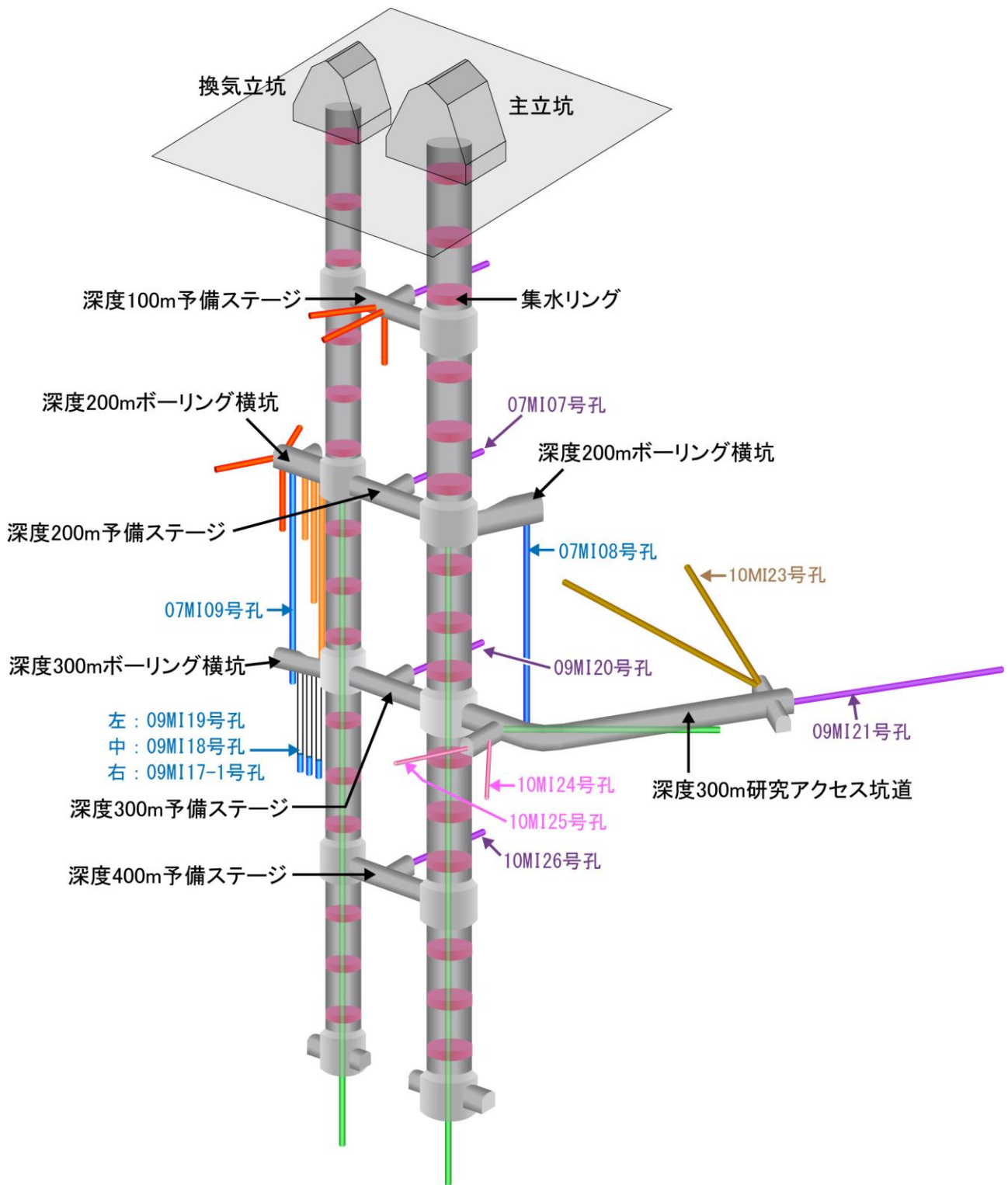


主立坑 (深度 500.4m)



換気立坑 (深度 500.2m)

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 |
| 岩盤中の物質移動に関するボーリング孔 | |
| 平成23年度までの掘削範囲 | |

図2 平成23年度における研究坑道での主な調査位置図

1. 研究報告

1) 研究坑道における調査研究

平成 22 年度に引き続き、研究坑道の壁面調査(主立坑:深度 481.3 m から深度 500.4 m、換気立坑:深度 497.7 m から深度 500.2 m)や研究坑道への湧水量の測定、地下水の水質や水圧の観測等を行いました。なお、東日本大震災の影響による事業の見直しによって、平成 23 年度に計画していた研究坑道内(深度 300 m ステージ)における新規のボーリング調査は、次年度以降に延期しました。

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 480 m から 500 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 研究坑道掘削等の作業中の物理探査

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(地下水の流れに伴って岩盤中に弱い電気が発生する現象を利用して、地表や研究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。

平成 23 年度は、研究坑道の掘削中に自然電位の変化として観測できるほどの湧水がなかったことや、地下水の流動に変化を生じさせる可能性のある研究坑道内でのボーリング調査がなかったこと等から、自然電位により地下水の流動を解析できる有意なデータは取得されませんでした。

③ 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 55.3 m:07MI07 号孔)、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 102.0 m:09MI20 号孔)、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 103.0 m:(独)産業技術総合研究所との共同研究で掘削:09MI21 号孔)、深度 400 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 2°上向き、長さ 70.6 m:10MI26 号孔)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)。合わせて、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設備)等を用いて水質観測を行いました(図 2)。

その結果、研究坑道周辺では、平成 22 年度と比較して、水質分布の変動の程度が小さいことがわかりました。また、地下深部において、研究坑道の掘削の影響により、深い場所から上昇する地下水と深度が浅い場所から浸透する地下水が混合していることを確認しました(図 3)。

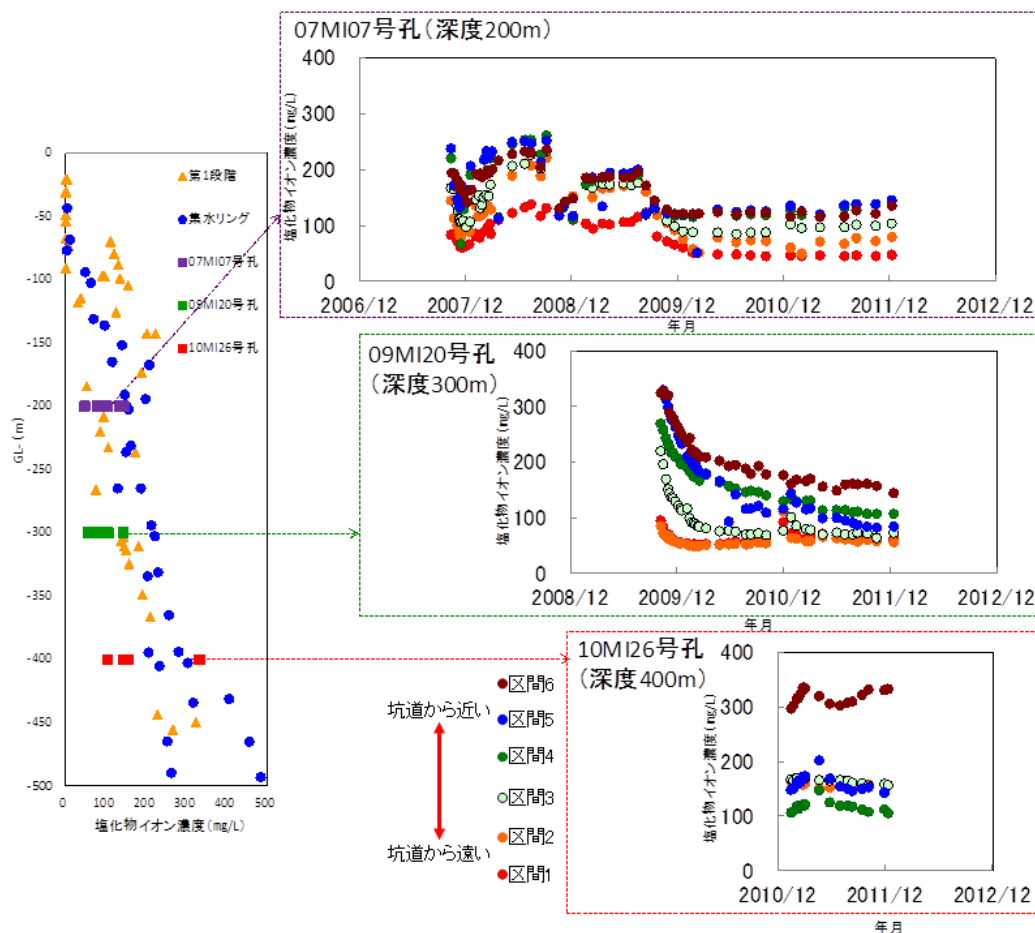


図 3 地下水の水質モニタリングデータの一例

④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変化を把握するため、深度 200 m のボーリング横坑(主立坑:07MI08 号孔と換気立坑:07MI09 号孔)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 125.0 m)、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 51.0 m: 右 09MI17-1 号孔、中 09MI18 号孔、左 09MI19 号孔)、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 109.7 m:10MI23 号孔)での水圧観測を継続しました(図 2)。

10MI23 号孔での観測結果から、深度 300 m において地質の特徴ごとに研究坑道掘削に伴う地下水の水圧変化が異なることを確認しました(図 4)。

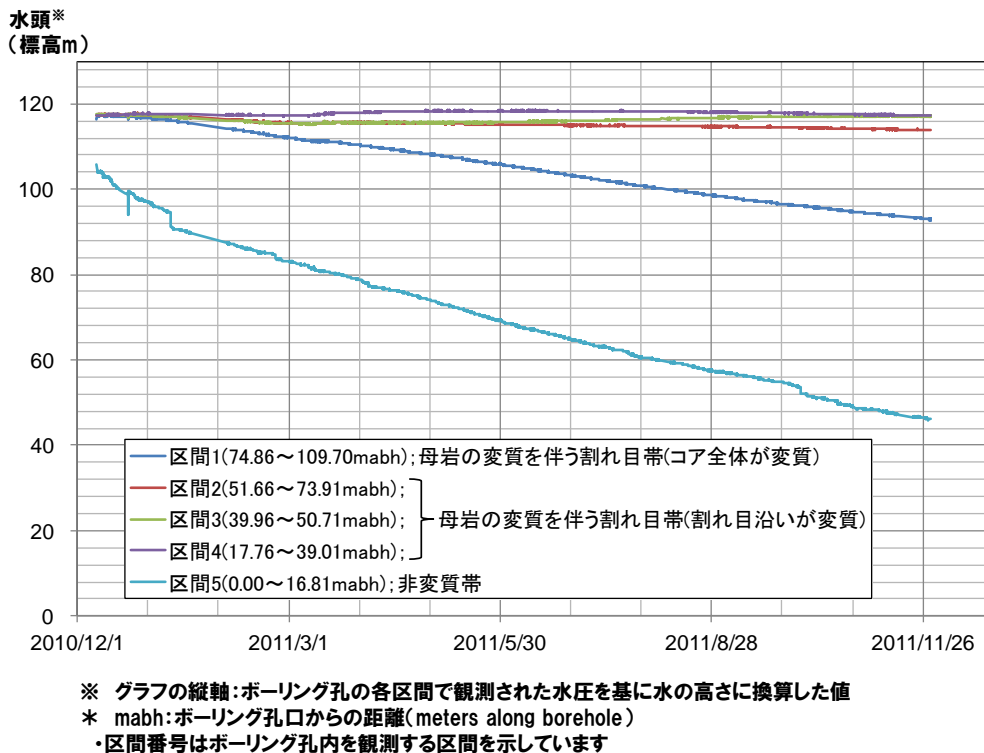


図4 深度300mにおける水圧モニタリングデータの一例

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、岩盤中の物質移動の現象に関する理解や、それに係わる調査技術や解析・評価技術を開発することを目標として実施するものです。

平成23年度は、研究坑道から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やボーリング孔を利用した物質移動試験、岩盤中の物質移動に関する現象をモデル化する方法等の調査研究計画を、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策定しました。

また、既存の調査結果に基づき研究坑道周辺の割れ目の特徴を、物質移動の観点から再整理しました。その考え方の妥当性を確認するために、研究坑道において岩石を採取し、割れ目とその周辺の岩盤について、岩石や鉱物の特徴を観察する試験(薄片観察、鉱物組織分析、電子顕微鏡観察等)を開始しました。

そのほか、(財)電力中央研究所との共同研究として、平成22年度に深度300m 研究アクセス坑道において実施したボーリング調査(水平から約30°下向き、長さ30.0m:10MI24号孔、水平から約35°下向き、長さ35.0m:10MI25号孔)(図2)により得られた岩石を用い、地質学的な観点で分類される割れ目と

その周辺の岩盤の岩石や鉱物の特徴を把握するための室内試験を実施しました。

⑥坑道掘削と施工対策の影響評価に関する研究

今後、第3段階の研究として、坑道掘削や掘削時の施工対策に使用した人工材料(鋼製の枠、吹付けコンクリート、セメントグラウト等)が、周辺の地質環境に与える影響を把握、評価するための原位置試験を実施する予定です。平成23年度は、この研究計画を検討するため、国内外で実施された同様の研究に関する既存の知見の整理等を実施しました。また、深度300mでの施工対策の影響評価に関する原位置試験のレイアウトや工程についての検討を開始しました。

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5)。

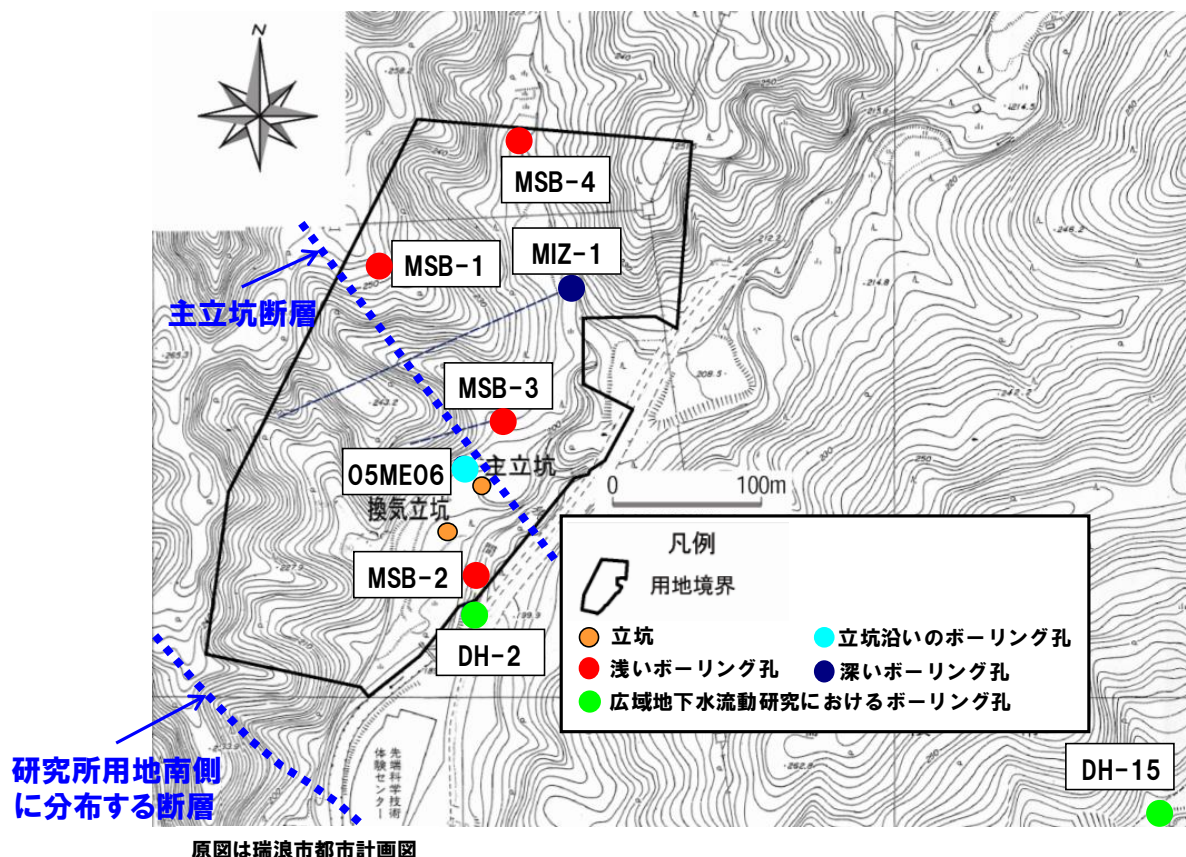


図5 地上における地下水長期観測孔の位置図

その結果、平成 23 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震や平成 23 年 12 月 14 日に発生した岐阜県美濃東部地震における地下水の水圧変化が観測されました。これらの地震による水圧変化は、研究所用地を横断する主立坑断層を境として大きく異なることを確認しました(図 5、図 6)。また、広域地下水流動研究での地下水の水圧等の長期観測の結果から、比較的広い範囲では地震発生後に地下水の水位が低下する傾向である一方、研究所用地周辺では地下水の水圧が上昇する傾向であることを確認しました(図 7)。特に、主立坑断層と研究所用地南側に分布する断層に囲まれた領域では全水頭で 10m を超える水圧の上昇を確認しました。この結果から、これらの断層が研究所用地周辺における地下水の水圧分布に大きな影響を与えている可能性が示されました。

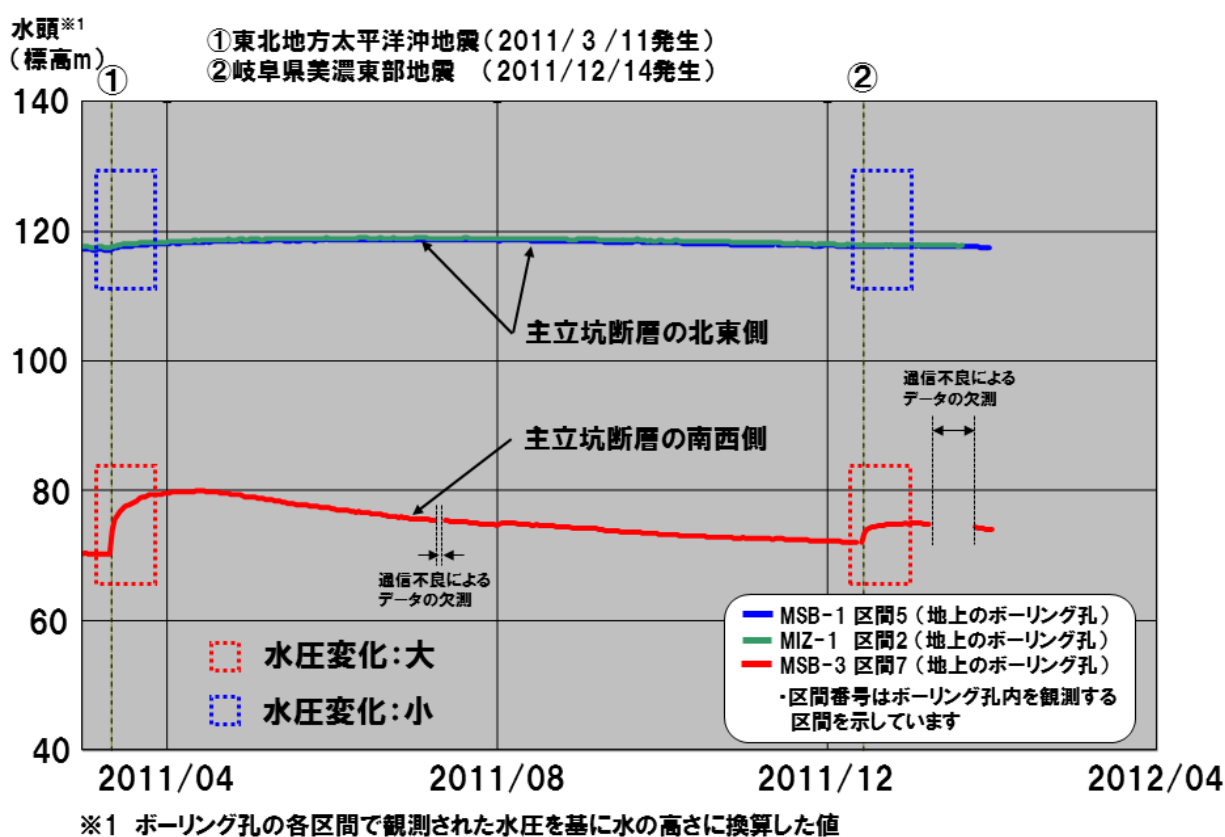


図 6 地上からの水圧モニタリングデータの一例

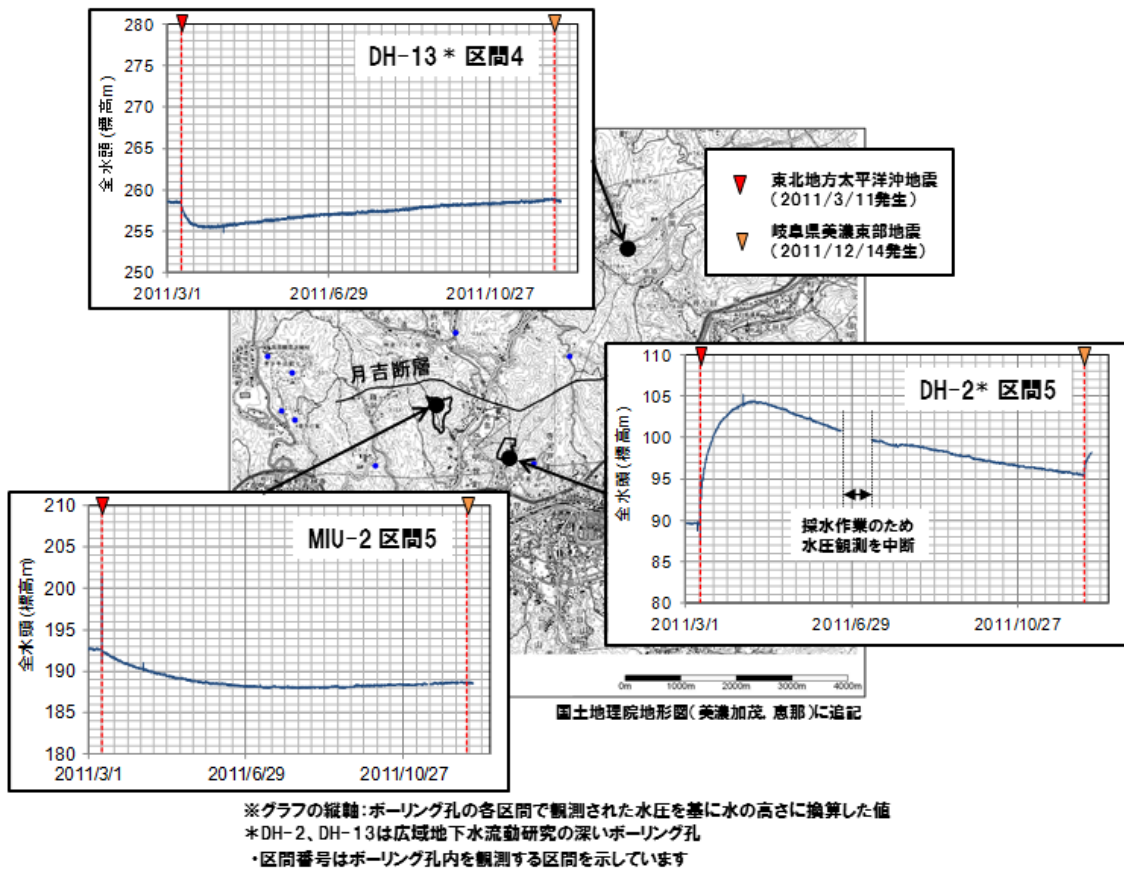


図7 東北地方太平洋沖地震における地下水の水圧変化の一例

3) 表層水理定数観測

雨水が地下深くに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。

4) 地質環境のモデル化・解析

平成23年度までに新たに取得した情報に基づき、断層や割れ目、変質帯等の地質や地質構造、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解析し、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。

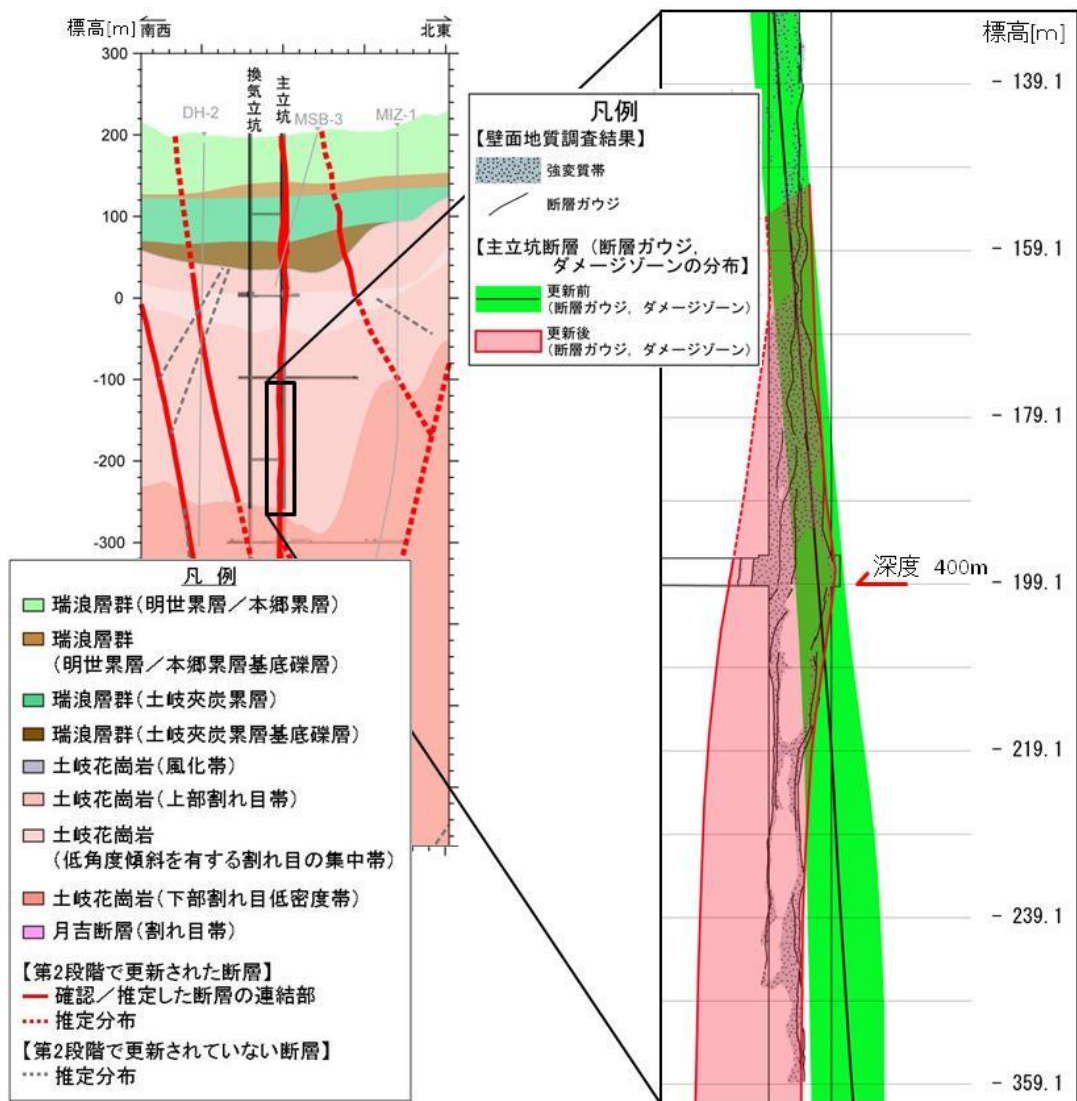


図8 更新したモデルの一例(地質構造モデル)

5) 工学技術に関する研究

研究坑道の掘削工事中の支保工(コンクリートによる覆工や吹付けコンクリート等)にかかる力や岩盤の動きに関する計測結果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(異常な出水や坑道壁面の崩壊等)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22年度までの工事で行った坑道壁面の地質観察や計測の結果から、現在適用している支保工は十分な安全性を有していることを確認し、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22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)を搬出した後、すぐに立坑の壁面をコンクリートで固めるという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。

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)については、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とともに、得られたデータの解析を行ってきました。その結果、地質環境への影響評価手法とし活用するためには、今後も基礎的な研究が必要という結論に至り、日本原子力研究開発機構が行うアクロス研究は、平成 23 年度で終了することとしました。

6) 研究坑道等を活用した共同研究・施設利用

開かれた研究施設として、研究坑道等を外部の研究機関等にも活用していただくため、(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 300m 研究アクセス坑道から採取した岩石を用いた室内試験や、(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、平成 21 年度に掘削したボーリング孔(深度 300m 研究アクセス坑道北端:09MI21 号孔、図 2)を利用した採水・分析調査を継続しました。(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、相対重力計設置等のために深度 300 m 研究アクセス坑道の一部、名古屋大学に対しては、ニュートリノ捕捉用原子核乾板保管のために深度 200 m ボーリング横坑(主立坑)の一部を提供する等の協力をしました。この他、東海大学、京都大学、金沢大学、西松建設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。

2. 施設報告

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 481.3 m から深度 500.4 m まで、換気立坑は深度 497.78 m から深度 500.2 m まで掘削しました。また、深度 500 m の水平坑道の掘削に着手し、主立坑、換気立坑ともに、立坑と水平坑道との接続部分から、それぞれ 5 m 程度掘削を行いました(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 程度のボーリング孔を数本掘り、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)に基づき定めた管理基準値以下の水質で、1 日あたり約 680 m³(平成 24 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。

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ため、研究所周辺環境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. 開かれた研究施設としての取り組み

研究所では、研究坑道等を活用した外部の研究機関、大学等との共同研究や施設活用を進めるとともに、定期的な見学会の開催等による見学者の受け入れ（平成 23 年度実績：2,565 人）や、生徒・学生等を対象とした地球科学教育に関する学習支援（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、調査研究や掘削工事の進捗状況、「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。



地下水の水質分析
（サイエンスキャンプ）



主立坑の巻上機室
（スーパーサイエンスハイスクール）



液状化現象の実験
（おもしろ科学館 in みずなみ）



深度 300m 研究アクセス坑道
（毎月 1 回の施設見学会）

図 9 開かれた研究施設としての取り組み