

【平成 24 年度】

瑞浪超深地層研究所 事業報告



平成 25 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	4
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 初期応力の測定	6
⑥ 岩盤中の物質移動に関する調査研究	6
⑦ 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	8
3) 表層水理定数観測	10
4) 地質環境のモデル化・解析	10
5) 工学技術に関する研究	11
6) 研究坑道等を活用した共同研究・施設利用	12
2. 施設報告	13
1) 研究坑道の掘削	13
2) 研究坑道の掘削に伴う排水	13
3) 研究坑道の掘削土	13
4) 研究所用地内整備等	13
3. 安全対策	14
4. 開かれた研究施設としての取り組み	14

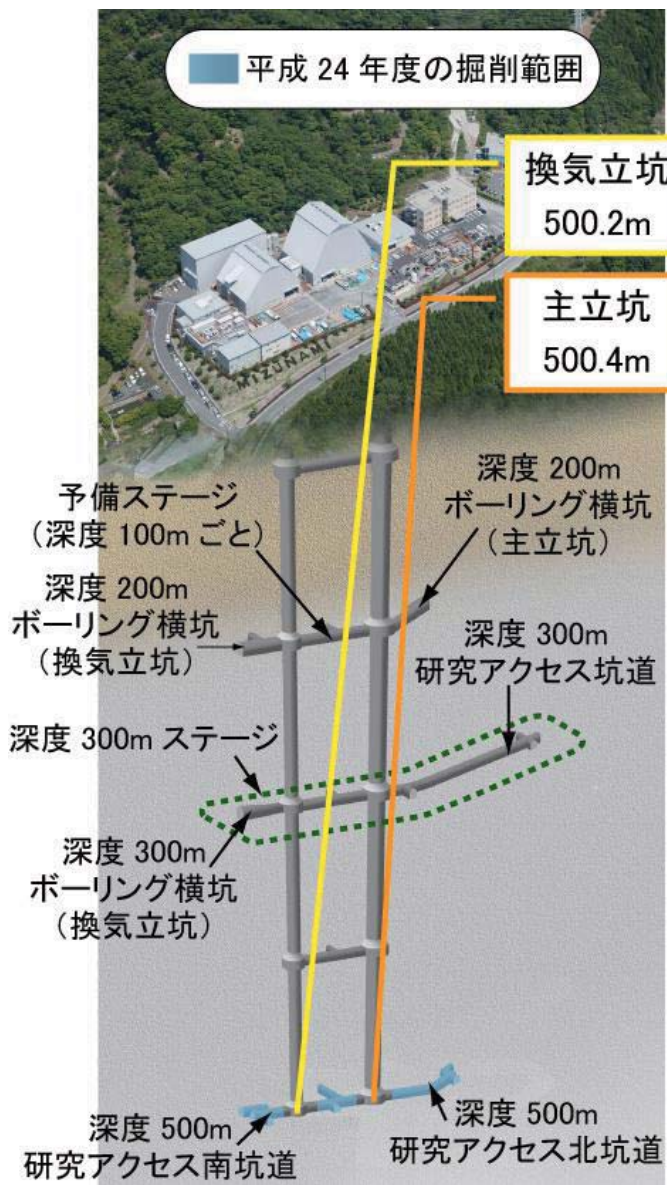
【平成 24 年度の事業報告概要】

瑞浪超深地層研究所(以下「研究所」といいます。)の、平成 24 年度の事業は、平成 23 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 24 年度の研究坑道の掘削工事としては、深度 500 m の水平坑道(予備ステージ、研究アクセス北及び南坑道)の掘削工事を継続して行い、合わせて約 150 m を掘削しました(図 1)。また、研究アクセス北及び南坑道を掘削するにあたっては、事前に 3 本のパイロットボーリング調査(深度 500m 研究アクセス南坑道のパイロットボーリング孔については、平成 25 年 3 月末現在、掘削長 71.9m で掘削中)を行い、湧水の量や岩盤の硬さなどを確認しました。

平成 24 年度の主な調査研究としては、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)、新規のボーリング孔(2 本)を用いた初期応力(岩盤にかかっている力)の測定を行うとともに、これまでに掘削したボーリング孔等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。工学技術に関する研究としては、研究坑道の掘削工事中の支保工(鋼製の枠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。

なお、開かれた研究施設として、深度 300m ボーリング横坑において、新規のボーリング孔(2 本)を用いた岩盤中の物質移動に関する調査研究を、電力中央研究所との共同研究として実施するとともに、産業技術総合研究所、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を含む研究協力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 23 年度に引き続き実施しました。さらに、研究所では、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や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、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」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。



深度 500m 研究アクセス北坑道



深度 500m 研究アクセス南坑道

図 1 研究坑道の掘削状況

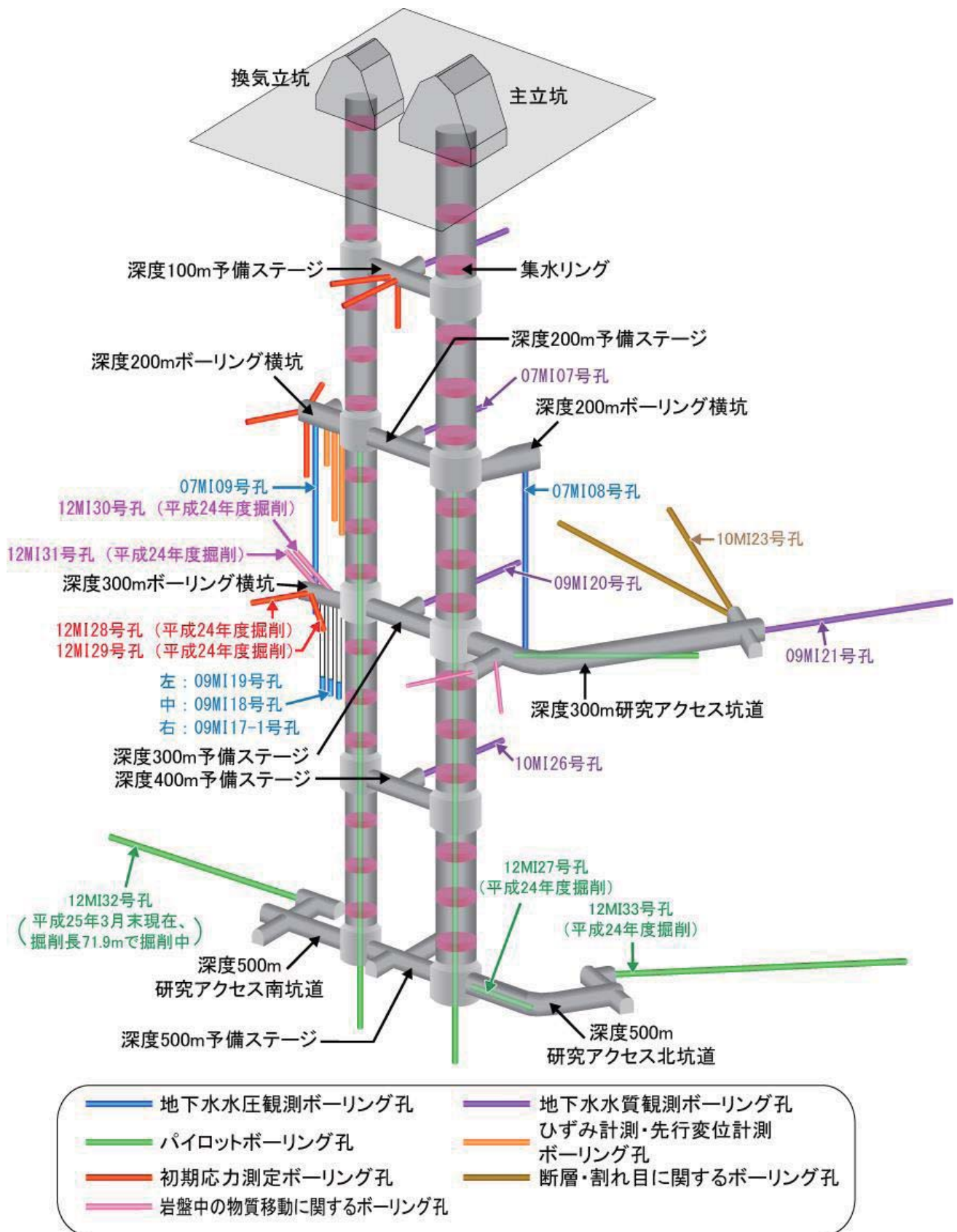


図2 平成24年度における研究坑道での主な調査位置図

1. 研究報告

1) 研究坑道における調査研究

平成 23 年度に引き続き、研究坑道の壁面調査や研究坑道への湧水量の測定、地下水の水圧や水質の観測等を行いました。また、深度 300 m ボーリング横坑(換気立坑)において、岩盤の初期応力(岩盤にかかっている力)を測定するため、2 本の新規のボーリング調査を行いました。

①研究坑道の壁面調査

平成 24 年度に掘削した研究坑道において、地質観察やデジタルカメラによる撮影、岩石や地下水試料の採取、分析を行いました。調査の結果、深度 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(図1の掘削範囲参照)。

②研究坑道掘削等の作業中の物理探査

研究坑道周辺の断層や割れ目の分布を推定する技術を開発するため、研究坑道内での坑道掘削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物理探査(逆 VSP 探査)を実施しました。

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し、地下水の流れが変化した箇所を捉える調査)を継続しました。

さらに、これまでに研究坑道内で取得してきたデータの解析を行い、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把握することができました。

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(07MI07 号孔:水平から約 5° 下向き、長さ 55.3m)、深度 300 m 予備ステージにおいて掘削したボーリング孔(09MI20 号孔:水平から約 3° 下向き、長さ 102.0m)、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(産業技術総合研究所との共同研究で掘削:09MI21 号孔:水平から約 3° 下向き、長さ 103.0m)、深度 400 m 予備ステージにおいて掘削したボーリング孔(10MI26 号孔:水平から約 2° 上向き、長さ 70.6m)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。あわせて、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)。

継続的に得られた観測値を用いて水質の変動に関する主成分解析を行った結果、深度 400 m までの研究坑道の周辺(坑道から数十～百 m の範囲)において、花崗岩浅部(深度 200 m 付近)の地下水が徐々に浸透しつつあることが分かりました。

④地下水の水圧観測

研究坑道の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 のボーリング横坑において掘削した 2 本のボーリング孔(主立坑 07MI08 号孔と換気立坑 07MI09 号孔:いずれも鉛直下向き、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(09MI17-1 号孔、09MI18 号孔、09MI19 号孔:いずれも鉛直下向き、長さ 51.0 m)、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(10MI23 号孔:水平方向、長さ 109.7 m)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、土岐花崗岩中の研究坑道の掘削に伴う地下水の水圧変化は、地質の特徴の違いによって異なることを確認しました(図 3)。

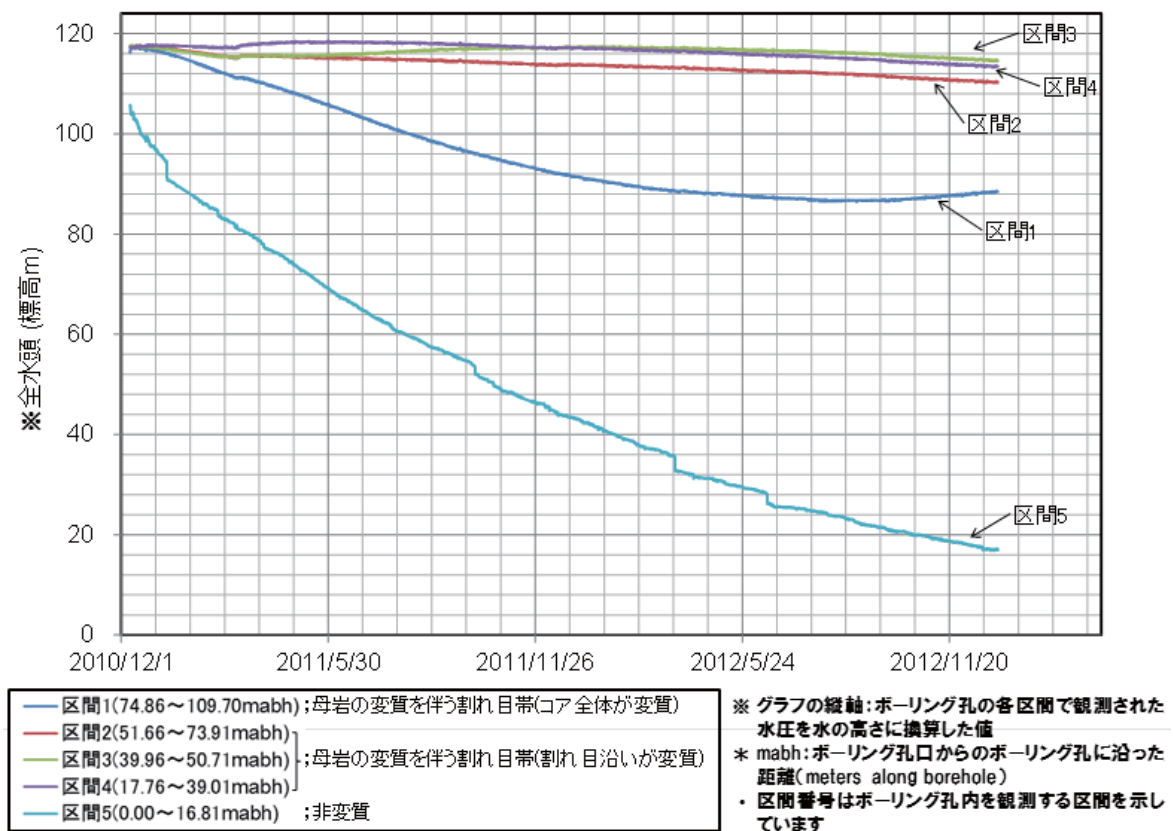
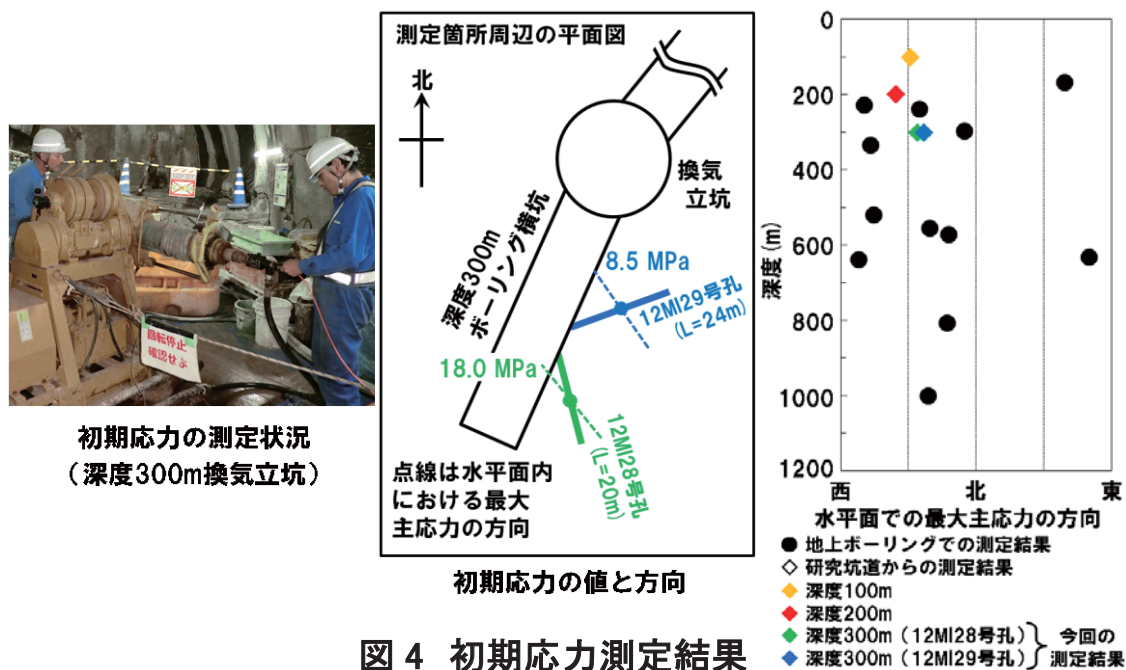


図 3 深度 300m における水圧モニタリングデータの一例

⑤初期応力の測定

深度 300 m のボーリング横坑(換気立坑)において、ボーリング孔(12MI28 号孔:水平から約5° 上向き、長さ20.0m/12MI29 号孔:水平から約5° 上向き、長さ24.0m)を掘削し、初期応力(岩盤にかかっている力)の測定を実施しました。この結果、測定位置周辺の岩盤では、水平面において北西-南東方向に最大で約 9 ~18MPa の初期応力が作用していることが分かりました。この結果は、第1段階で推定した結果と整合的であり、第1段階の推定結果の信頼性が確認されました(図4)。

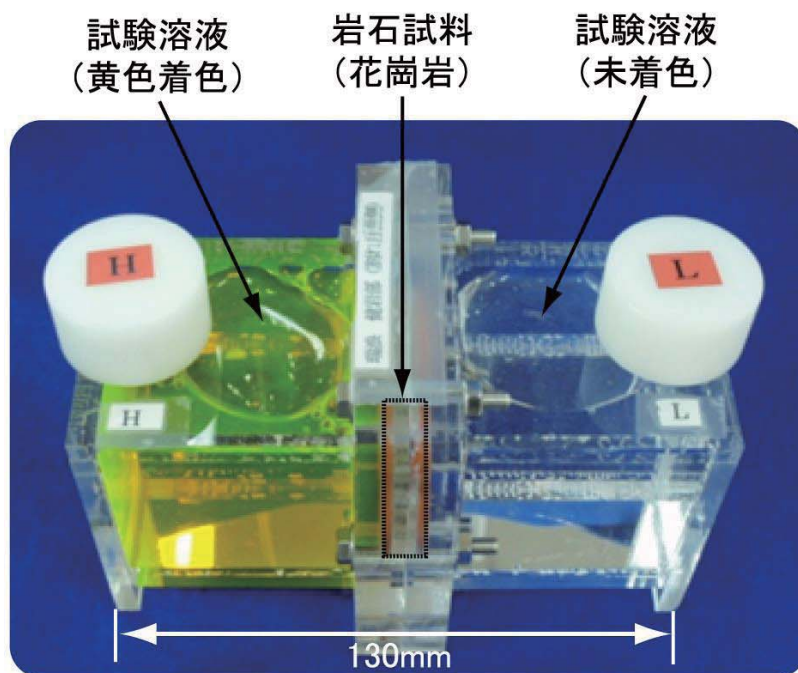


⑥岩盤中の物質移動に関する調査研究

本調査研究は、第3段階における調査研究であり、岩盤中を物質が移動する現象の理解や、それに必要となる調査・解析・評価技術を開発することを目標として実施しています。

平成24年度は、これまでに研究坑道から実施したボーリング調査で採取したコアを用いた室内での透過拡散試験(図5)や、研究坑道の掘削に伴って得られるブロック状の岩石を用いた室内での拡散試験を開始しました。また、岩盤中を物質が移動する場を地質・地質構造の調査に基づいてモデル化(地下の状態を模式的に表すこと)を行いました。

そのほか、今後、原位置トレーサー試験を実施する場所を選定するための情報を取得することを目的として、深度300mボーリング横坑において、2本のボーリング調査(12MI30号孔:水平から約35°下向き、長さ27.5m、12MI31号孔:水平から約35°下向き、長さ26.0m)を電力中央研究所との共同研究として行いました。その結果、2本のボーリング孔に連続する割れ目を複数の深度で確認しました。



岩石試料（花崗岩）の両側にトレーサーを添加した溶液（写真左側の黄色の溶液）とトレーサーを添加しない溶液（写真右側の透明な溶液）を配置し、両方のタンク中のトレーサー濃度の変化を測定することにより、岩石中を物質が移動する現象を把握する試験

図 5 室内での透過拡散セルを用いた試験

⑦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 24 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前年度に引き続き実施しました。また、深度 300 m 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行いました。

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)。

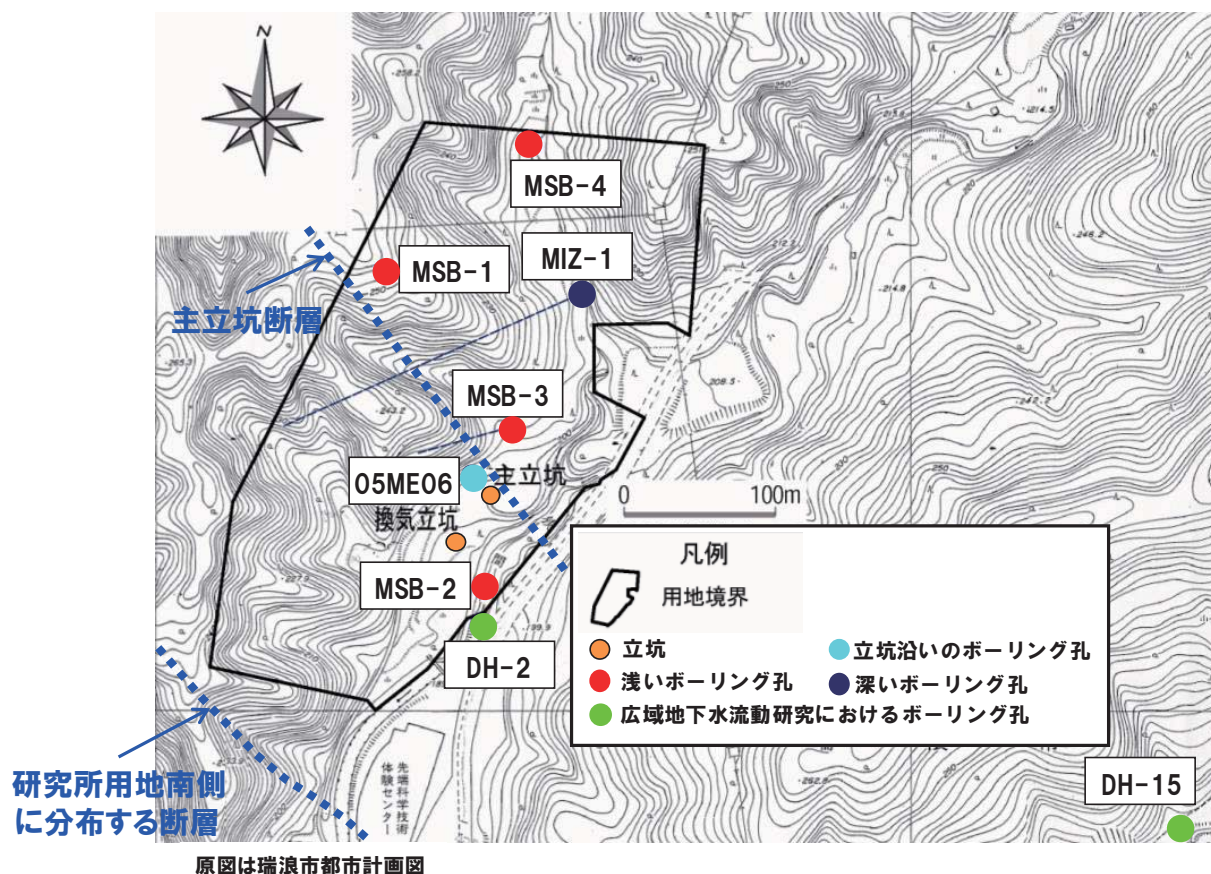


図6 地上における地下水長期観測孔の位置図

地上のボーリング孔を用いた地下水の水圧や水質の観測では、主立坑断層を境として、立坑内で行われた作業や地震に伴う水圧変化の量が異なっており、主立坑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ことを引き続き確認しました。(図7)。

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伴い、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に位置する水圧観測孔(MSB-3号孔、DH-2号孔)では全水頭で10mを超える水圧の上昇が生じていましたが、地下水圧は地震前の水圧分布に回復しつつあることを確認しました(図7、図8)。また、上記の地震に伴い発生した水圧変化の回復傾向は、広域地下水流動研究における地下水の水圧等の長期観測の結果からも確認されました(図8)。

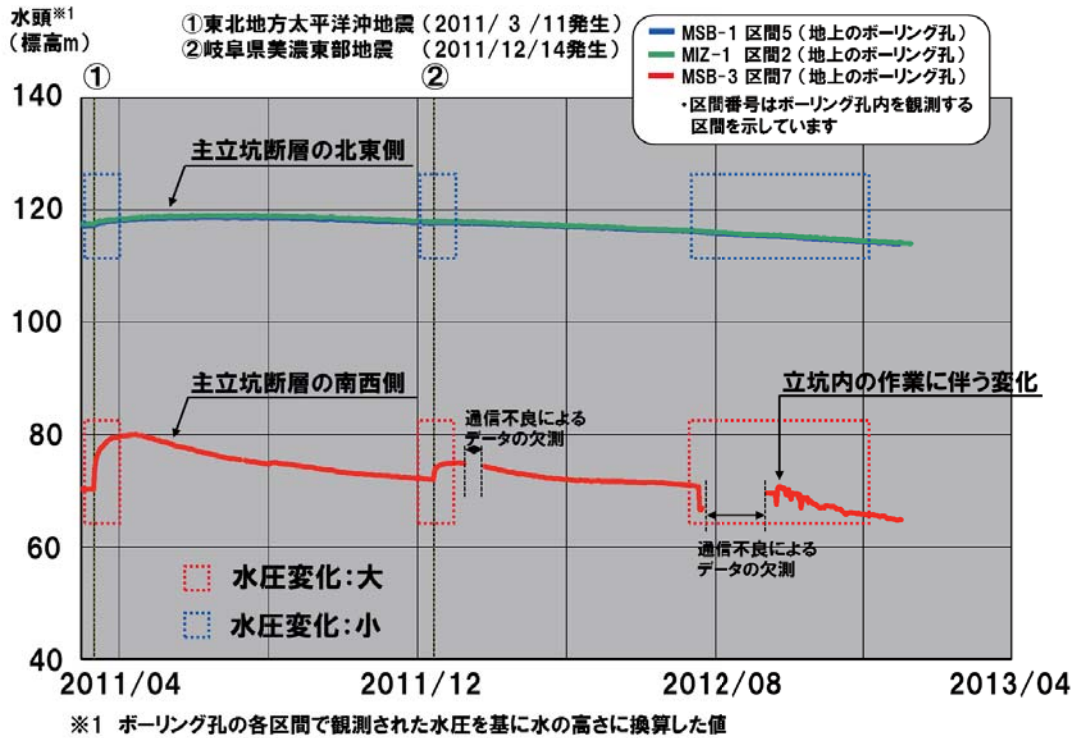
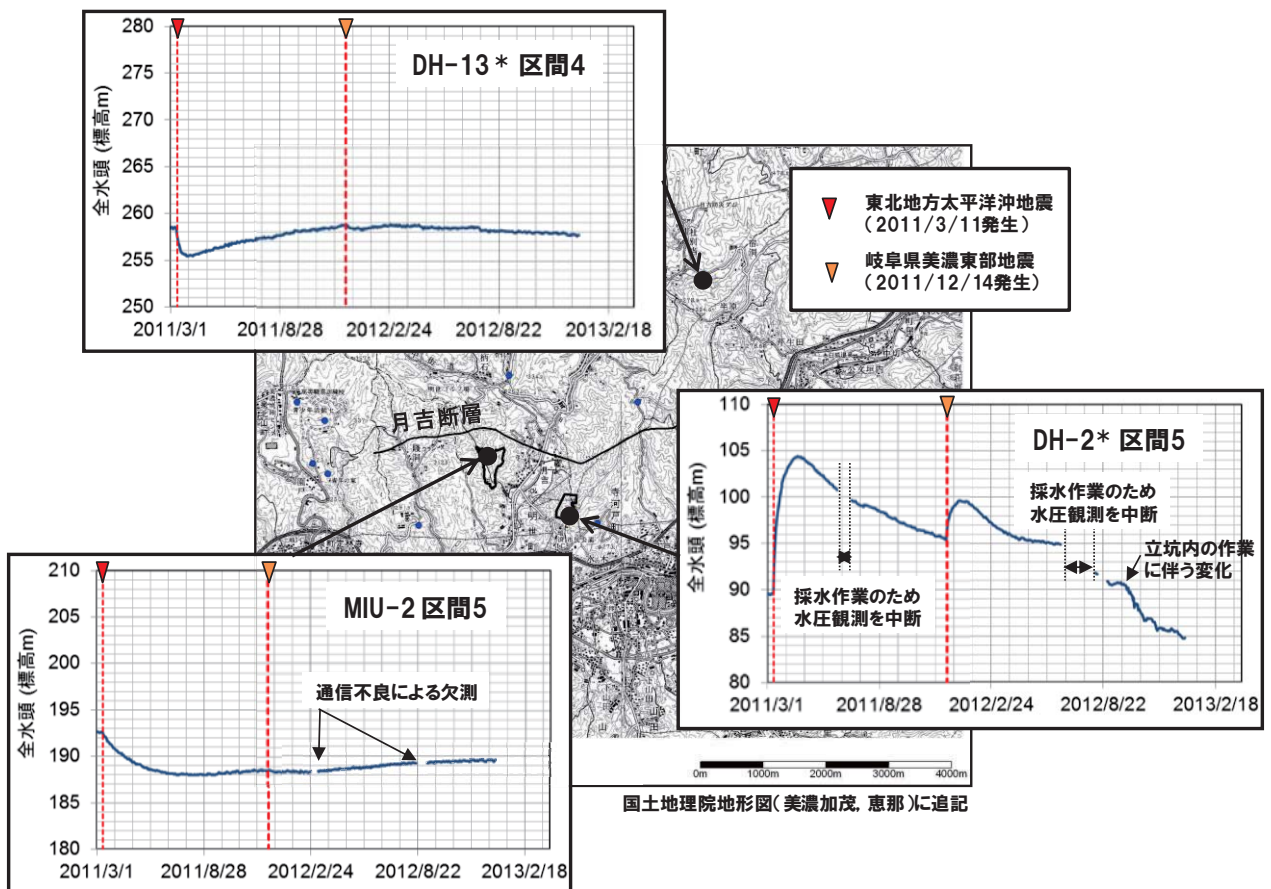


図 7 地上からの水圧モニタリングデータの一例



※グラフの縦軸: 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
*DH-2、DH-13は広域地下水流動研究の深いボーリング孔
・区間番号はボーリング孔内を観測する区間を示しています

図 8 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

降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の水位や土壌の水分量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 24 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。

また、更新したモデルを用いて地下水の流れを解析し、研究坑道の掘削に伴う坑道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するとともに、研究所周辺における地下水の水圧変化の量や範囲を推定しました(図 9)。

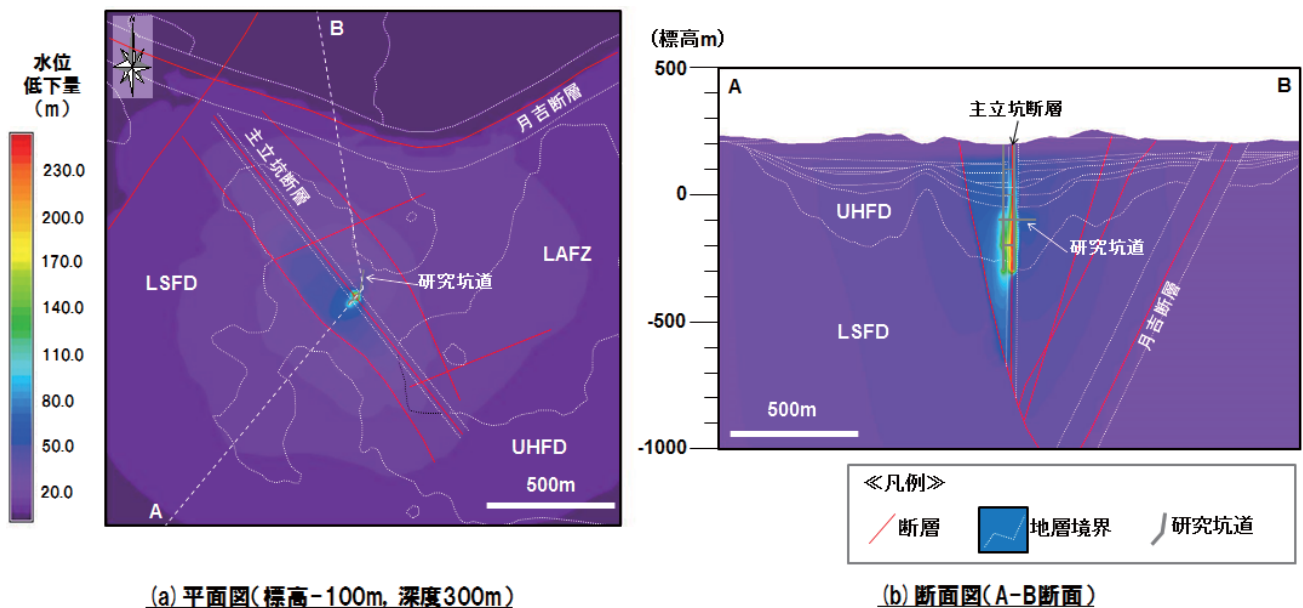


図 9 解析による地下水の水位変化の推定結果(両立坑掘削深度:500m 時点)

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(鋼製の枠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 23 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 23 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)の有効性を確認しました。安全を確保する技術の一環として、デジタルビデオカメラを用いた撮影による立坑覆工の健全性を確認する調査(図 10)を実施し、迅速に立坑覆工の健全性を確認できる技術として有効性を確認しました。また、湧水抑制対策技術の高度化の観点から、国際共同研究(清水建設、シャルマル工科大学(スウェーデン)、当機構の 3 者)の準備を進めました。

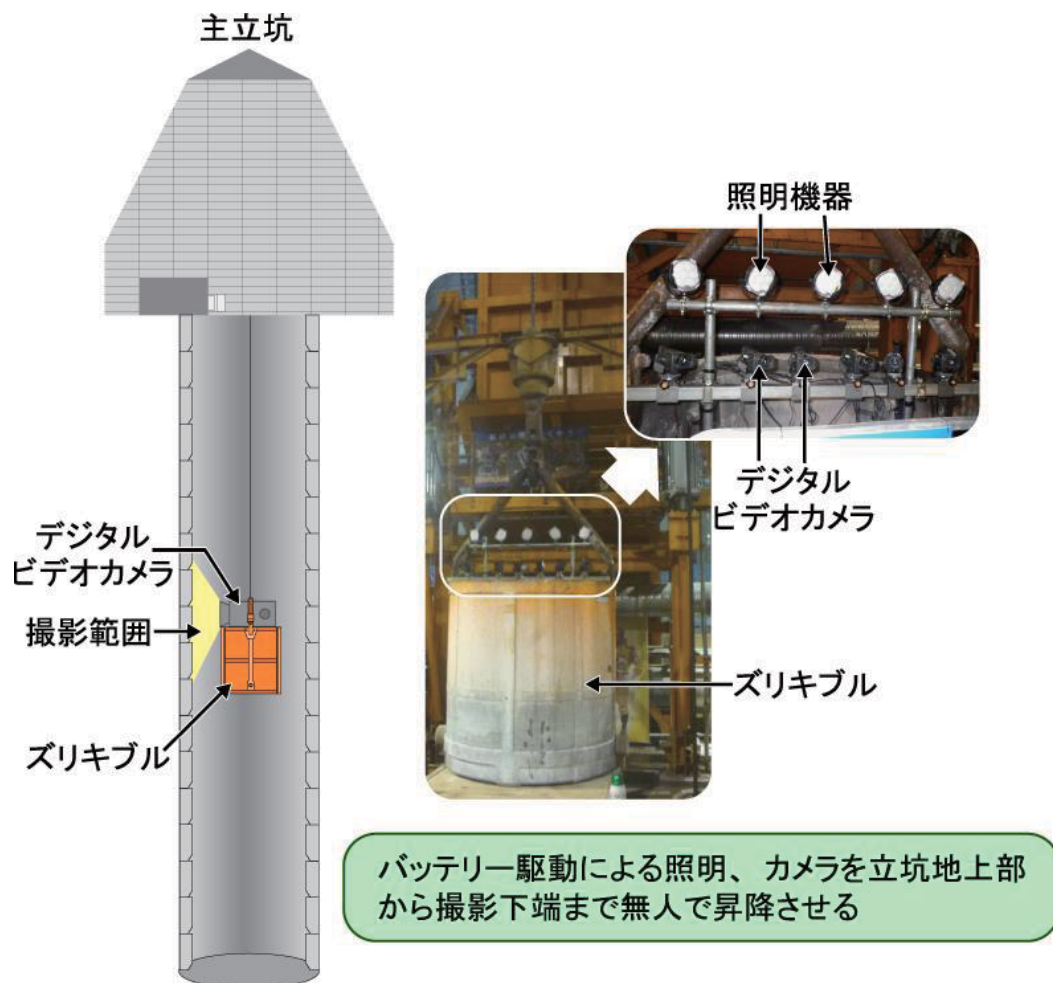


図 10 デジタルビデオカメラを用いた立坑覆工の健全性調査

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、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 研究アクセス坑道から採取した岩石を用いた室内試験や、深度 300 m ボーリング横坑において 2 本のボーリング調査(12MI30 号孔:水平から約 35° 下向き、長さ 27.5 m、12MI31 号孔:水平から約 35° 下向き、長さ 26.0 m、図 2)、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(09MI21 号孔:水平から約 3° 下向き、長さ 103.0 m、図 2)を利用した採水や分析調査を継続しました。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、応力計や地震計設置等のために深度 300 m 研究アクセス坑道の一部や各深度の予備ステージ等の一部、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。その他、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を行うとともに、岩石試料を採取して各種の室内分析を実施しました。

2. 施設報告

1) 研究坑道の掘削

深度 500 m の水平坑道の掘削工事を継続して行い、予備ステージ、研究アクセス北坑道及び研究アクセス南坑道を合わせて約 150 m 掘削しました(図 1)。水平坑道を掘削するにあたっては、掘削を行う前に長さ約 10 m のボーリング孔を数本掘り、事前に湧水の量を確認しながら水平坑道の掘削を行いました。また、これらの水平坑道を掘削するにあたっては、事前に 3 本のパイロットボーリング調査を、研究アクセス北坑道(12MI27 号孔:水平から約 1° 下向き、長さ 37.0 m、12MI33 号孔:水平から約 3° 下向き、長さ 107.0 m)及び研究アクセス南坑道(12MI32 号孔:水平から約 3° 下向き、平成 25 年 3 月末現在、掘削長 71.9m で掘削中)で行い、湧水の量や岩盤の硬さなどを確認しました(図 2)。なお、研究アクセス北坑道(12MI33 号孔)及び南坑道(12MI32 号孔)のパイロットボーリング調査は、今後地下水の水圧や水質の観測孔としても活用していくため、それぞれの坑道から約 5m 離して実施し、そのために必要な作業スペースとして横坑の掘削も行いました。

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 914 m³(平成 25 年 3 月平均)を近くの河川へ放流しています。

また、排出水等の測定結果については、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。深度 500 m の水平坑道の掘削で「環境保全協定」のふっ素の参考値(0.8mg/L)を超える掘削土(ズリ)が約 1,170 m³発生したため、専門処理会社に搬出し適正に処理しました。

4) 研究所用地内整備等

研究所用地の美化等の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

研究所における研究や研究坑道の掘削を始めとする工事は、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を含む研究協力や施設活用を進めるとともに、見学会の開催等による見学者の受け入れ(平成24年度実績:2,231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)、サイエンスワールドとの共催で地層観察や水の分析、岩石の顕微鏡観察を行うなど研究所における体験学習を行いました(図11)。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。



野外での断層の観察
(サイエンスキャンプ)



深度 300m 研究アクセス坑道
(スーパーサイエンスハイスクール)



断層の実験教室
(おもしろ科学館 2012in みずなみ)



地下水等の分析
(サイエンスワールドとの共催)

図 11 開かれた研究施設としての取り組み