

深地層の研究施設計画の進捗と 今後の課題について

①瑞浪超深地層研究所計画

平成30年2月8日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
バックエンド研究開発部門
東濃地科学センター 地層科学研究部

中長期計画

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構の中長期目標を達成するための計画(平成27年4月1日～平成34年3月31日)

《深地層の研究施設計画》

- ◆ 超深地層研究所計画については、
地下坑道における工学的対策技術の開発
物質移動モデル化技術の開発
坑道埋め戻し技術の開発

に重点的に取り組む。これらに関する研究については、平成31年度末までの5年間で成果を出すことを前提に取り組む。また、同年度末までに、跡利用を検討するための委員会での議論も踏まえ、土地賃貸借期間の終了(平成34年1月)までに埋め戻しができるようにという前提で考え、坑道埋め戻しなどのその後の進め方について決定する。

(瑞浪超深地層研究所関係抜粋)

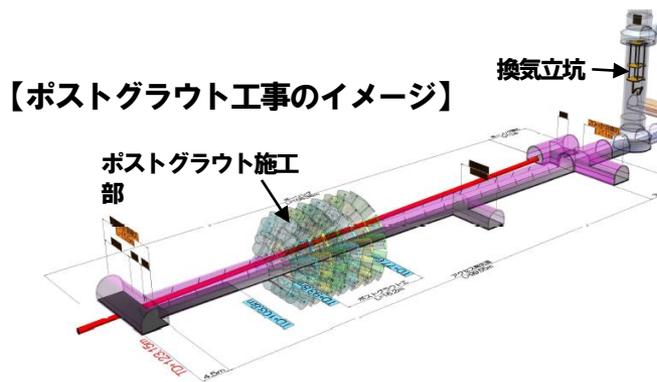
中長期計画における研究課題(平成31年度末まで)

①地下坑道における工学的対策技術の開発

- ◆大規模湧水に対するウォータータイトグラウト技術
- ◆地下水管理技術

【概要】

湧水をプレグラウトとポストグラウトの組合せによって制御可能とするウォータータイトグラウト施工技術の実証
地下水排水処理技術等の地下水管理技術の高度化

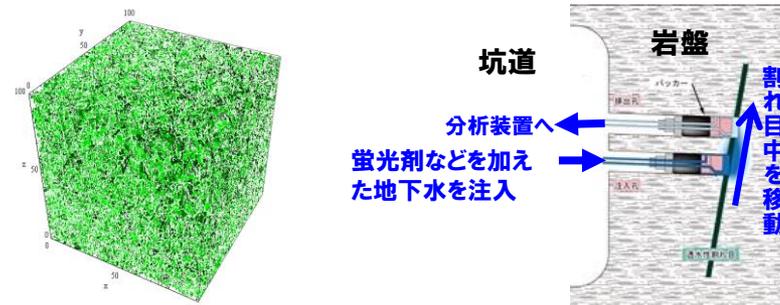


②物質移動モデル化技術の開発

- ◆長期的な変遷を含む亀裂ネットワーク中の地下水流動・物質移動に関する試験及びモデル化技術

【概要】

花崗岩中の割れ目での物質移動現象のモデル化
割れ目の透水性及び地下水の流動・水質の長期的変化や地下水流動の緩慢さを明らかにするための調査



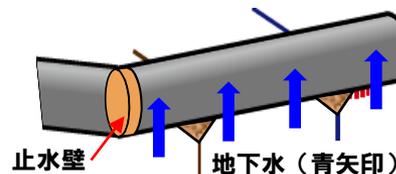
【割れ目分布モデル】 【研究坑道内での物質移動試験の例】

③坑道埋め戻し技術の開発

- ◆坑道閉鎖に伴う環境回復試験技術
- ◆長期モニタリング技術など

【概要】

坑道の一部を閉鎖し地下水で自然冠水させ、地質環境の回復能力等を評価。地質環境に応じた埋め戻し技術の構築。長期観測に必要なモニタリング技術の開発



【再冠水試験のイメージ】



【モニタリング装置】

平成29年度までの実施状況

1. 地下坑道における工学的対策技術の開発

- (1) 大規模湧水に対するウォータータイトグラウト技術の開発：湧水量低減のためのポストグラウト技術の確認(済)、グラウト影響調査(継続中)
- (2) 地下水管理技術：文献調査結果の取りまとめ(済)

2. 物質移動モデル化技術の開発

- (1) 低透水性領域での亀裂ネットワークモデル化手法の開発：ボーリング調査及びトレーサー試験〔電力中央研究所との共研〕を実施(済)
- (2) 地質環境の長期変遷解析技術の開発：断層の形成過程などの検討(継続中)
- (3) 深部塩水系地下水の起源・滞留時間の理解：調査解析技術の情報収集

3. 坑道埋め戻し技術の開発

- (1) 坑道閉鎖に伴う環境回復試験技術の開発
 - ①再冠水試験：水圧・水質、岩盤変位モニタリング、解析技術開発(継続中)
 - ②岩盤の破壊現象評価：試験結果の取りまとめ(済)
 - ③埋め戻し試験：試験計画の検討(継続中)
- (2) 長期モニタリング技術の開発など
 - ①長期モニタリング：既存の地上・坑内ボーリング孔を用いた観測(継続中)
 - ②長期モニタリング技術の開発：地上からの長期モニタリングの検討(継続中)
 - ③モニタリングデータの取りまとめ・評価：データ集の作成等(継続中)

1. 地下坑道における工学的対策技術の開発

(1) 大規模湧水に対するウォータータイトグラウト技術の開発：湧水量低減のためのポストグラウト技術の確認を実施(済), グラウト影響調査(継続中)

(2) 地下水管理技術

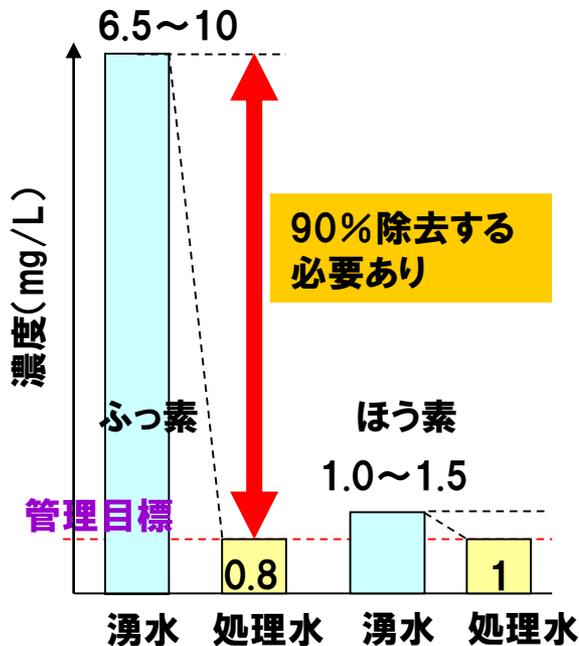
★ふっ素, ほう素の処理技術に関する文献調査

➤ふっ素

- ✓凝集・沈殿処理（フッ化カルシウム等の生成）
排水基準（8mg/L以下）までの除去が可能
- ✓吸着処理（吸着剤として hidroタルサイト等）
環境基準（0.8mg/L以下）までの除去が可能

➤ほう素

- ✓凝集・沈殿処理（エトリンサイト等の生成）
高濃度排水（数百mg/L）に対して排水基準（10mg/L以下）までの除去が可能
- ✓吸着処理（吸着剤としてN-メチルグルカミン等）
低濃度排水（数十mg/L）に対して環境基準（1mg/L以下）までの除去が可能

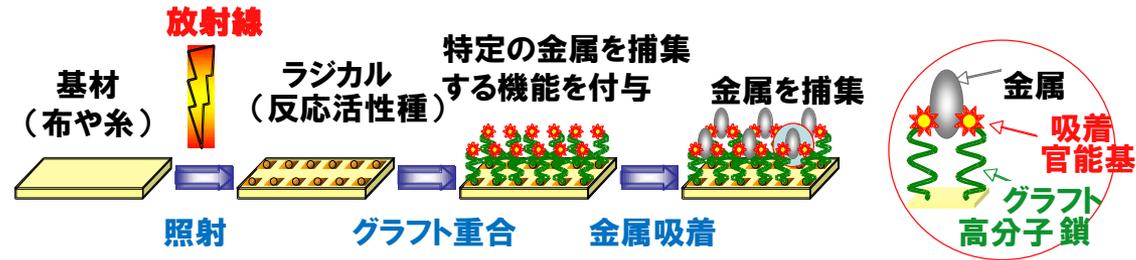


1. 地下坑道における工学的対策技術の開発

(1) 大規模湧水に対するウォータータイトグラウト技術の開発：湧水量低減のためのポストグラウト技術の確認を実施(済), グラウト影響調査(継続中)

(2) 地下水管理技術

放射線グラフト重合法



放射線グラフト重合法により作製した捕集材を用いて湧水処理を実施。既往の吸着樹脂と比較して低濃度のほう素含有水の高速処理が可能となった。しかし、高pH条件では吸着性能が低下

凝集・沈殿・吸着処理



➤ 湧水中のふっ素の凝集・沈殿処理

⇒硫酸アルミニウム, 無機水処理剤, 高分子凝集剤の添加及びpHの調整によりを除去

➤ 湧水中のほう素の吸着処理

⇒イオン交換樹脂(N-メチルグルカミン)が充填された可搬式吸着塔に通水してほう素を除去

☞2007年から処理量1500m³/日対応の設備を用いて約800m³/日の湧水を約10年間にわたって連続処理。大規模地下施設の恒常的湧水処理方法として実績を蓄積

2.物質移動モデル化技術の開発

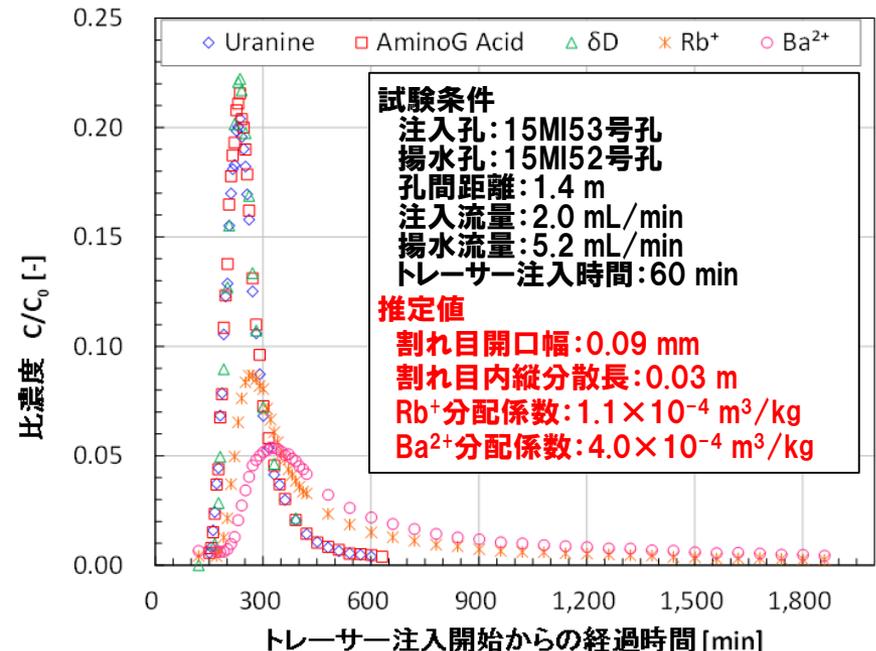
- (1) 低透水性領域での亀裂ネットワークモデル化手法の開発：ボーリング調査及びトレーサー試験〔電力中央研究所との共研〕を実施(済)
- (2) 地質環境の長期変遷解析技術の開発
- (3) 深部塩水系地下水の起源・滞留時間の理解

●これまでの実施内容

- ・ボーリング調査（深度300mおよび500m，約30m×8孔）
- ・原位置トレーサー試験（単孔試験34回，孔間試験30回）
- ・割れ目の特性評価（ラドン濃度計測試験，高粘性流体試験など）

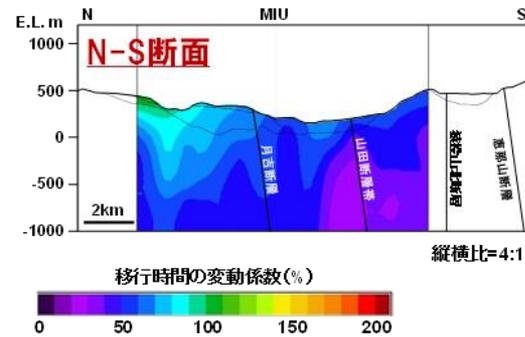
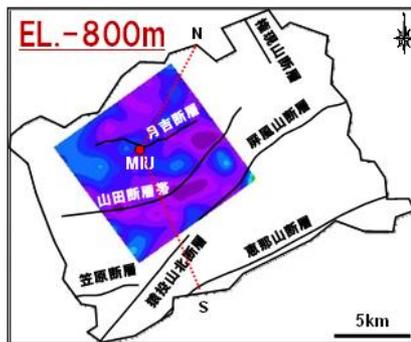
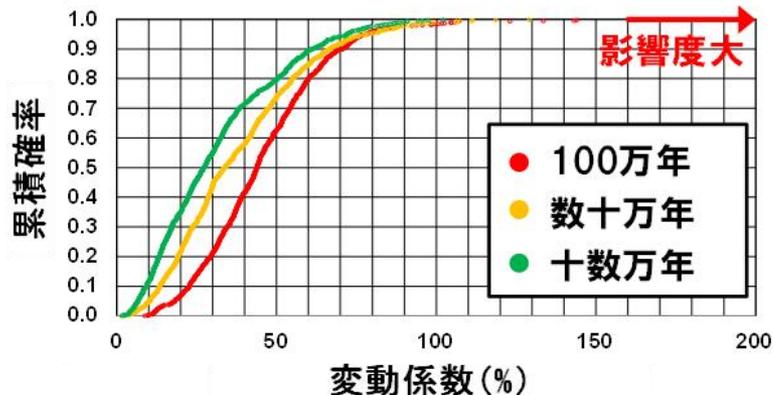
●主な成果

- ・試験場の水みち割れ目の特定と孔間での連続性の確認
- ・割れ目の物質移行特性（開口幅・分散長・分配係数）を推定
- ・水みち割れ目の流動次元を推定
- ・調査・評価手法の適用性を確認

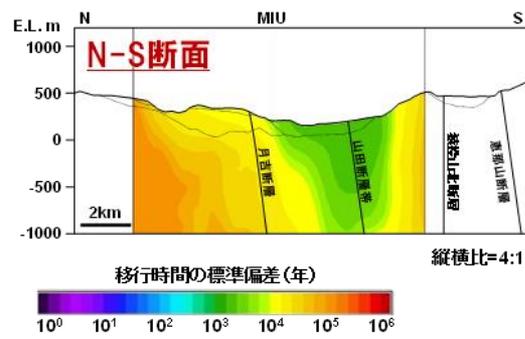
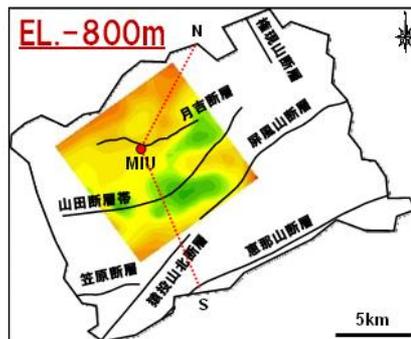
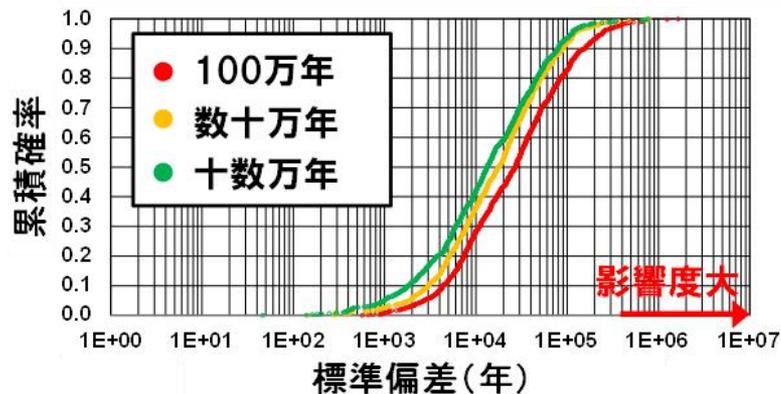


2.物質移動モデル化技術の開発

- (1) 低透水性領域での亀裂ネットワークモデル化手法の開発
- (2) 地質環境の長期変遷解析技術の開発
- (3) 深部塩水系地下水の起源・滞留時間の理解



変動係数分布



標準偏差分布

統計解析結果(累積確率分布)

地下水流動状態の長期的な変動性の空間分布(100万年スケール)

100万年前から現在までの地形変化, 地表環境の変化を踏まえて得られた多数の地下水流動解析結果を統計処理し, 地下水流動状態の長期的な変動性を評価する手法を提示

3. 坑道埋め戻し技術の開発

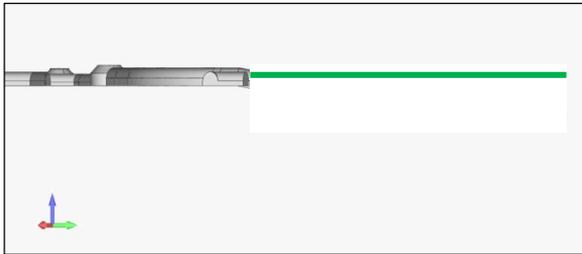
(1) 坑道閉鎖に伴う環境回復試験技術の開発

(2) 長期モニタリング技術の開発

再冠水試験

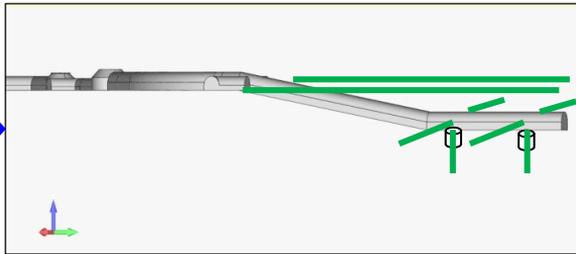
~2013.7

初期状態の把握



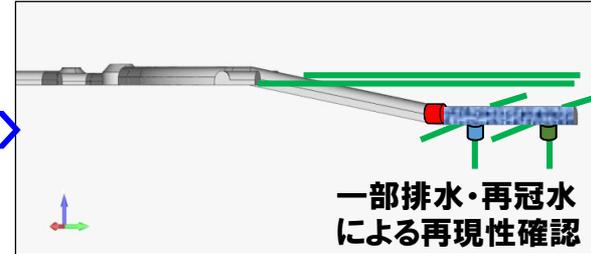
~2015.9

坑道掘削影響の把握



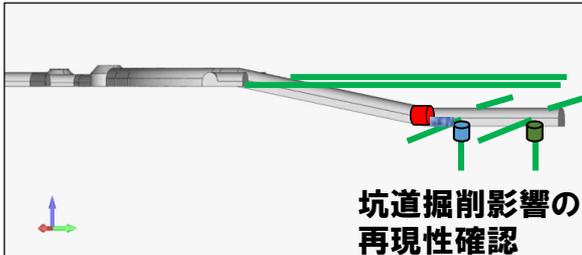
~2016.1

坑道閉鎖後の環境変化の把握



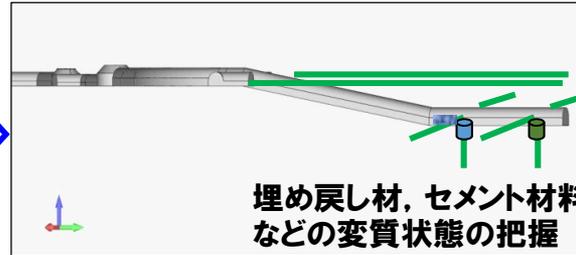
~2017.11

坑道開放後の環境変化の把握



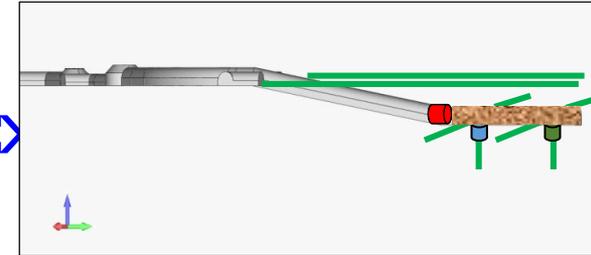
~2018.3

坑道内試料の採取・分析



2018.4~

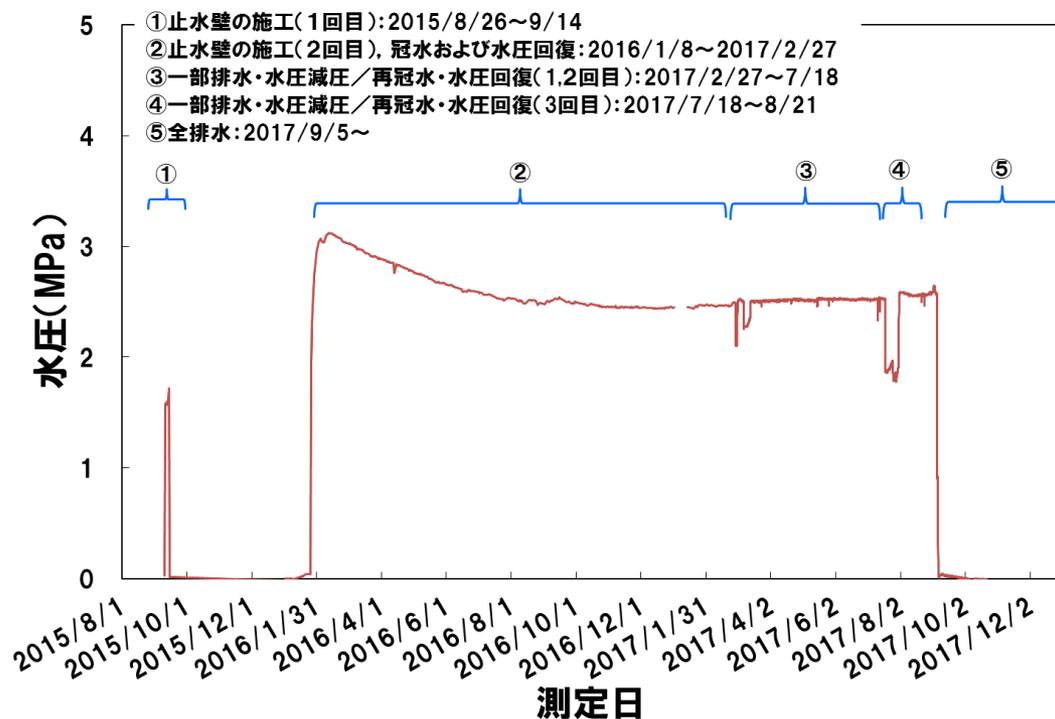
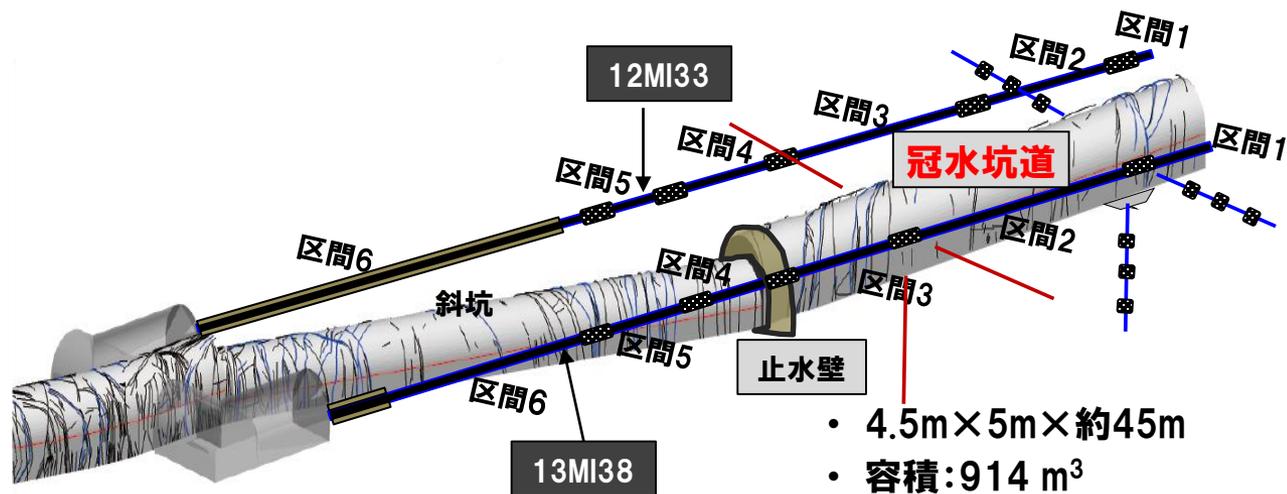
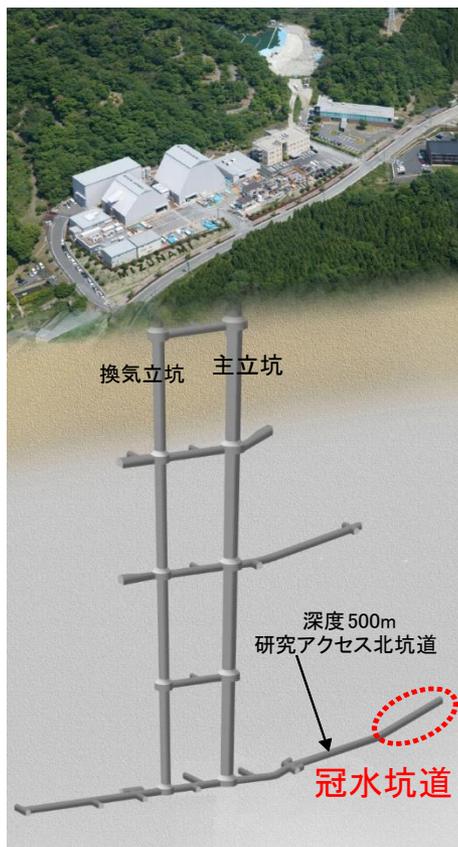
坑道埋め戻し方法の検討



目的: 坑道の掘削・維持管理により乱された地質環境特性の回復・定常化過程, 閉鎖坑道における物質の閉じ込め機能の知見を蓄積

実施内容: 坑道閉鎖前から閉鎖・冠水, 全排水までの周囲の岩盤変位, 水圧・水質の変化を約5年間にわたり連続観測

坑道閉鎖中の試験・観測の内容



- ✓ 約22か月間にわたり岩盤や地下水の変化や冠水坑道内の物質の移動状態を観察
- ✓ 岩盤の水理特性を確認するために、異なる条件下で、水圧減圧/回復試験を実施

岩盤変位の確認

【目的】

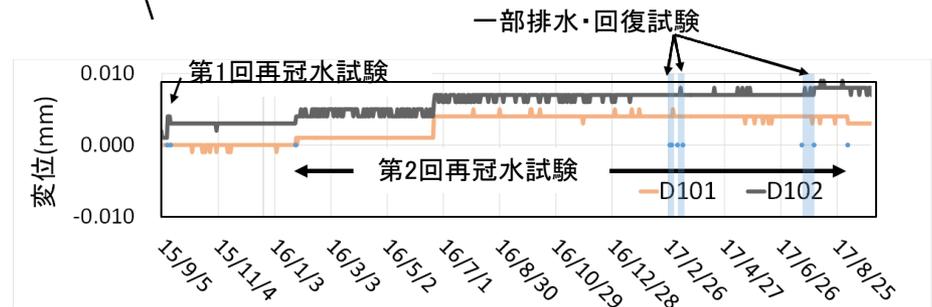
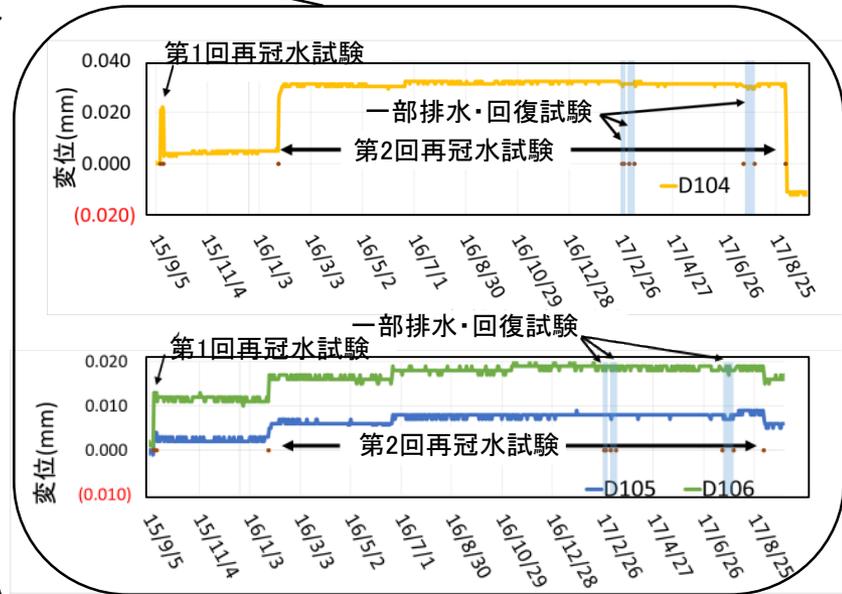
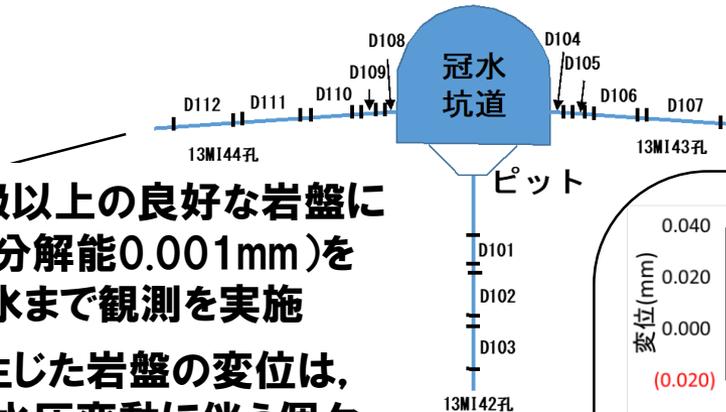
冠水坑道の冠水時・冠水中及び冠水後における周辺岩盤の変形挙動の把握

【結果の概要】

冠水坑道の周囲のCH級以上の良好な岩盤に光ファイバー式変位計(分解能0.001mm)を設置し、冠水前～全排水まで観測を実施

冠水～全排水により生じた岩盤の変位は、0.01mmオーダー以内。水圧変動に伴う個々の割れ目での変形ではなく、坑道周辺岩盤への地下水の流入・流出による体積変化で生じたものであると推定された。

今後のモデル化・解析では、坑道周辺岩盤を等価連続体としてモデル化し、力学的な解析評価を行ったものと比較する。

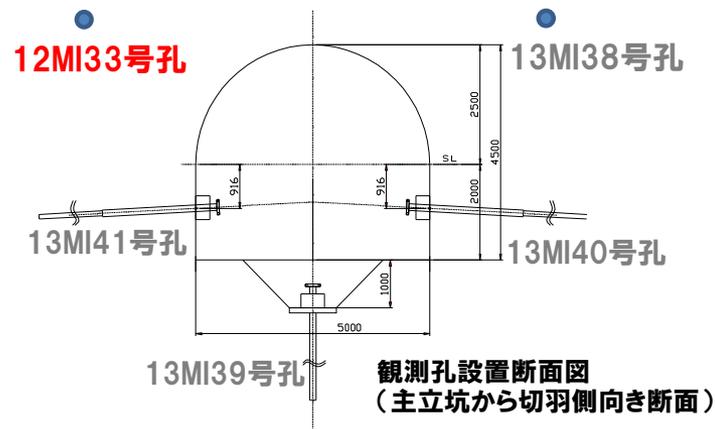
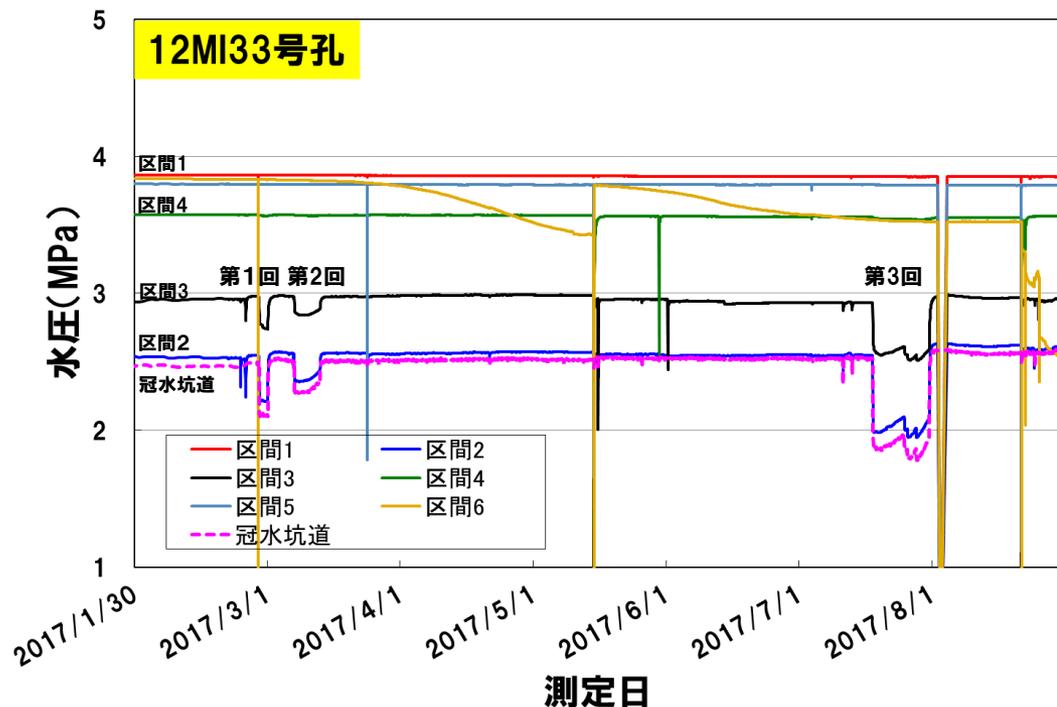


水圧低下と回復の確認

【目的】

冠水坑道内及び周辺岩盤の水圧低下／回復挙動の確認

【結果の概要】



一部排水に伴う水圧減圧／回復試験により、水圧回復に再現性があることを確認



坑道閉鎖後の岩盤内の地下水圧は、初期状態まで回復することが期待できる。

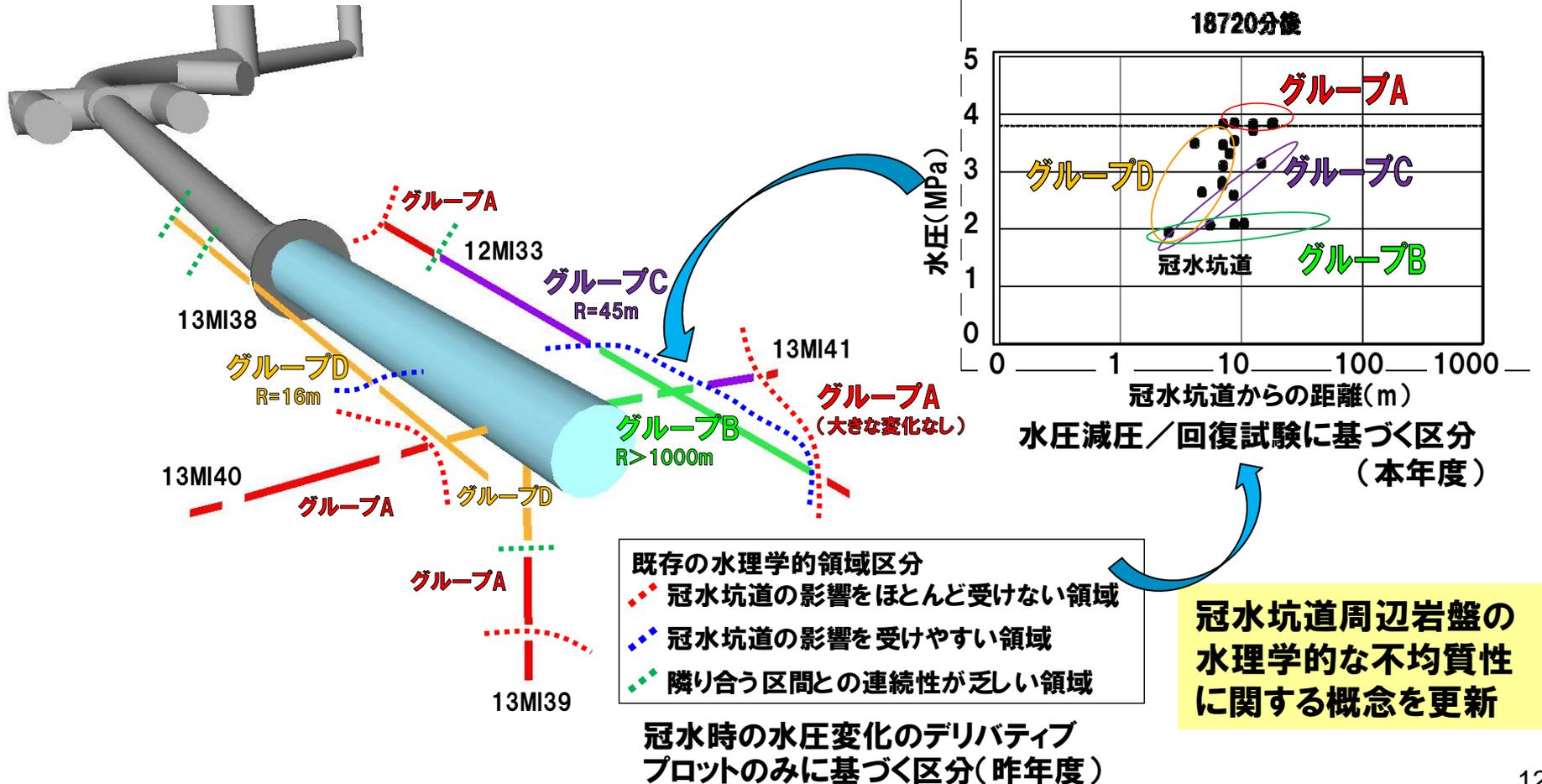
岩盤の水理特性の確認

【目的】

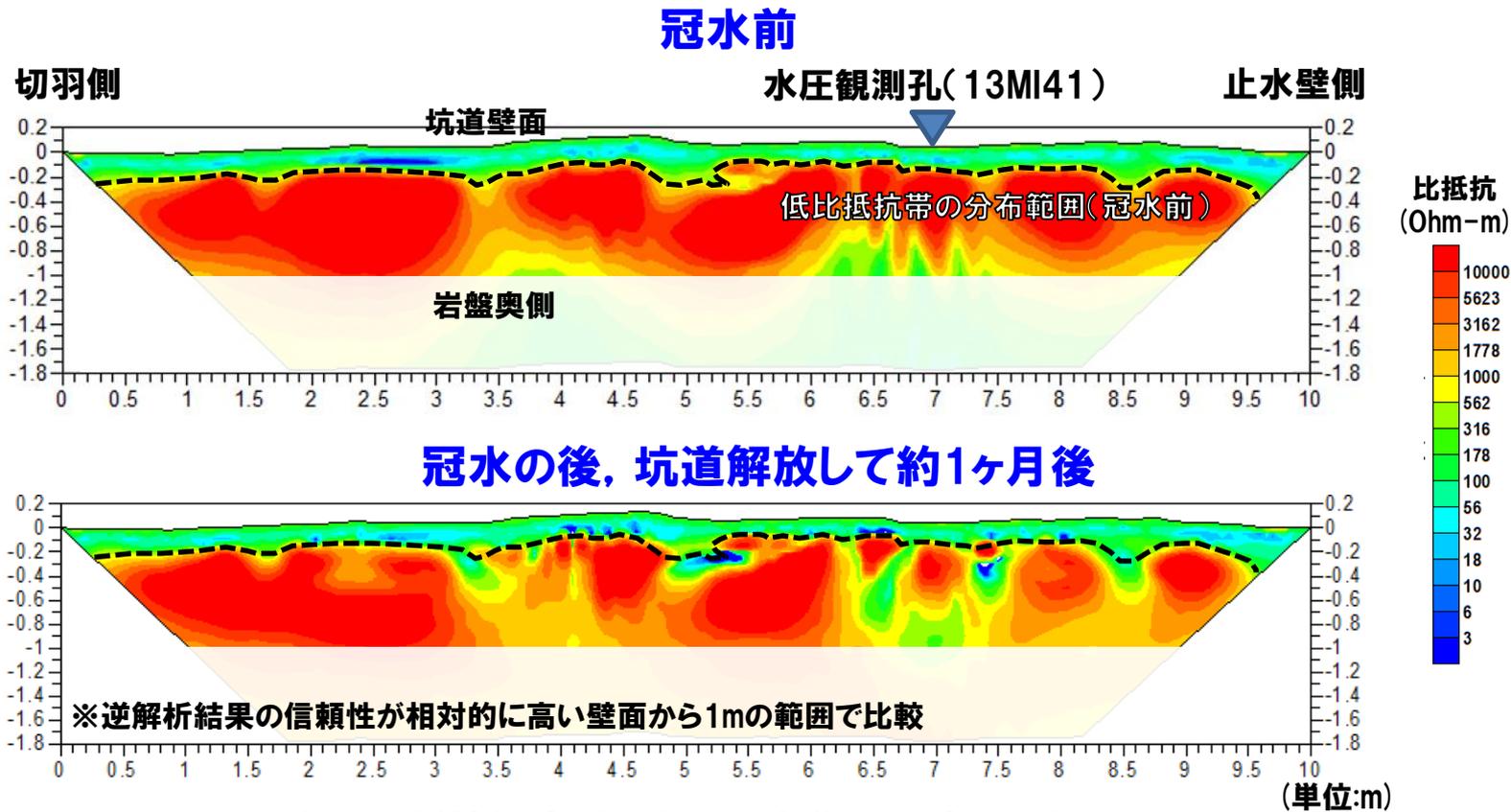
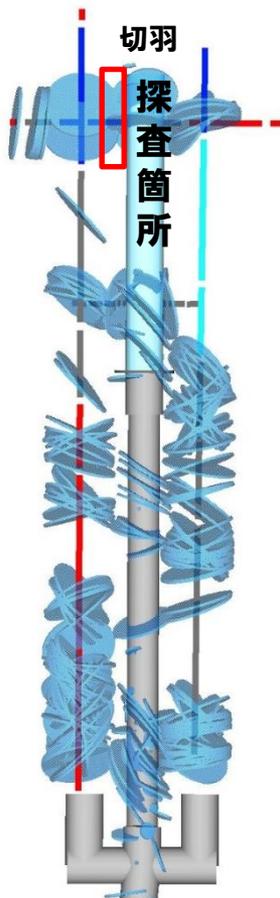
冠水坑道周辺岩盤の水理学的な不均質性の推定

【結果の概要】

各観測点における水圧減圧／回復試験時の水圧の経時変化データから、同様の水圧応答を示す観測区間を分類し、水理特性の空間分布、坑道掘削・閉鎖時の影響範囲を推測



坑道壁面近傍の物性変化の確認

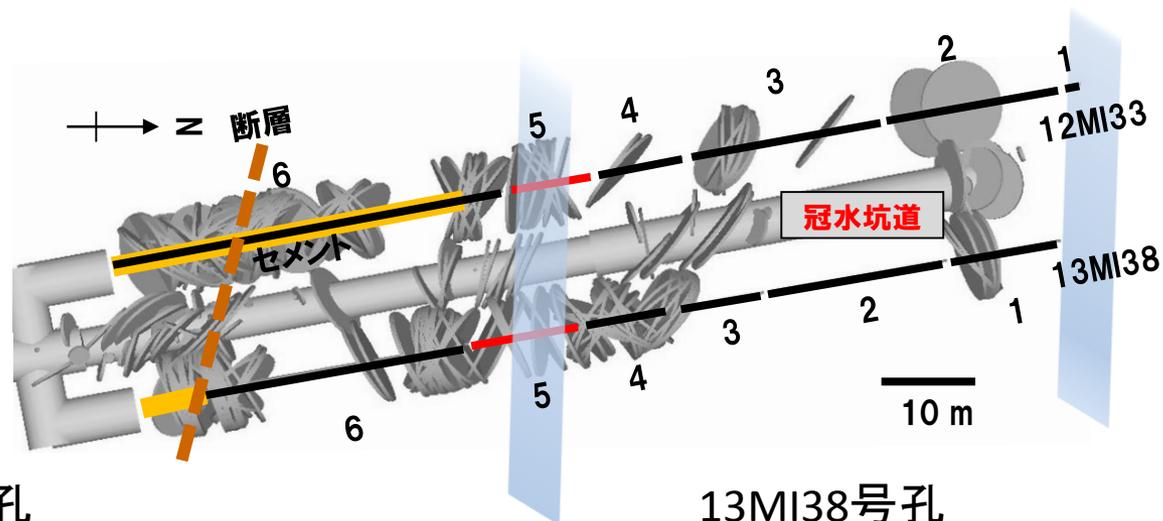


2次元比抵抗探査結果(冠水坑道西側壁面部)

冠水前後で2次元比抵抗探査を実施し、坑道壁面近傍の比抵抗分布を比較

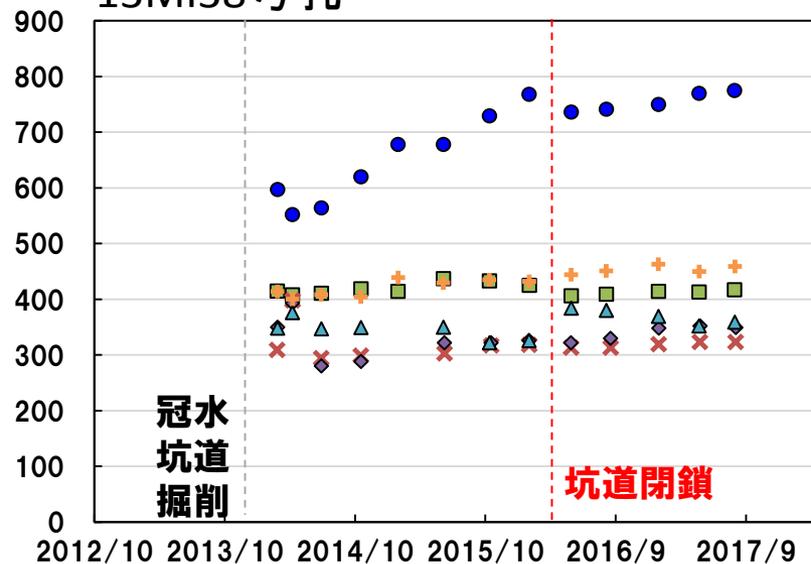
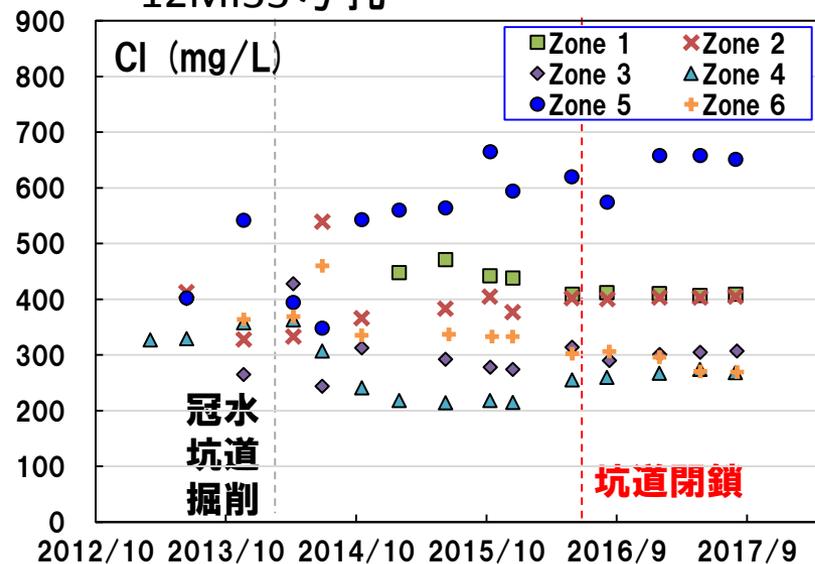
- 冠水後、一部の領域で比抵抗が低下
- 2018年2月に坑道解放して約4ヶ月後の2次元比抵抗探査を実施し、冠水前の比抵抗特性と再度、比較予定

坑道掘削および閉鎖に伴う坑道周囲の水質変化



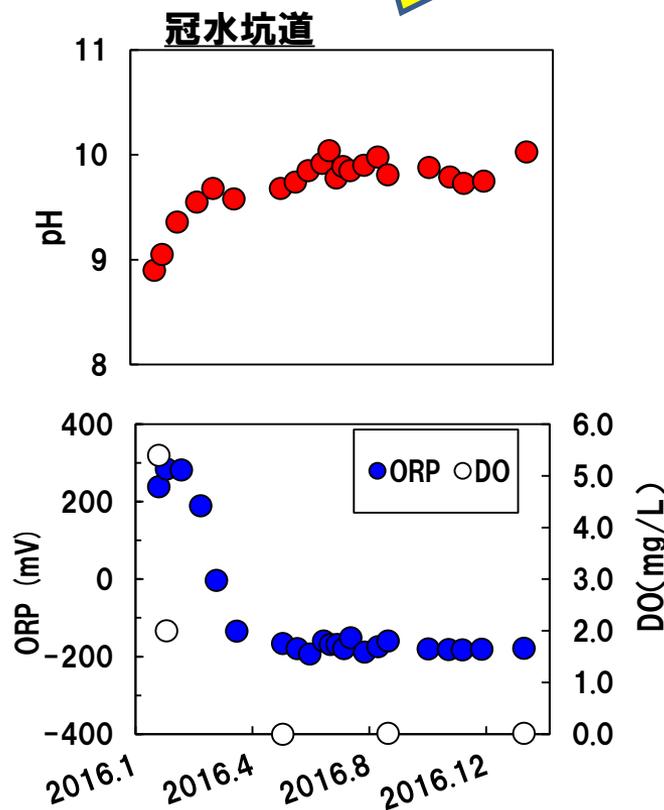
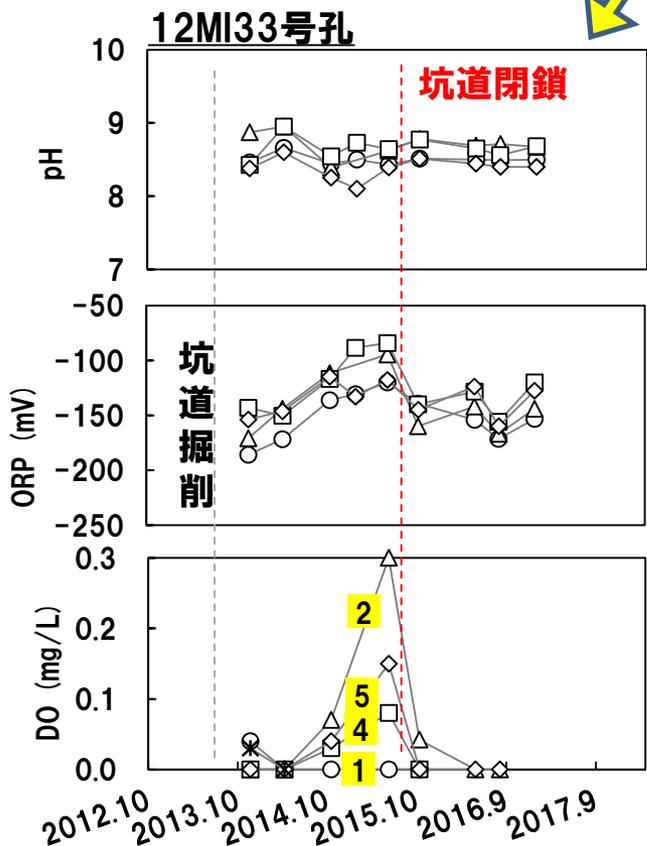
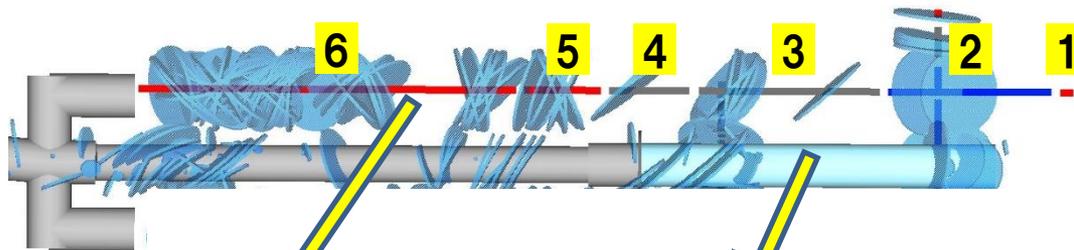
12MI33号孔

13MI38号孔



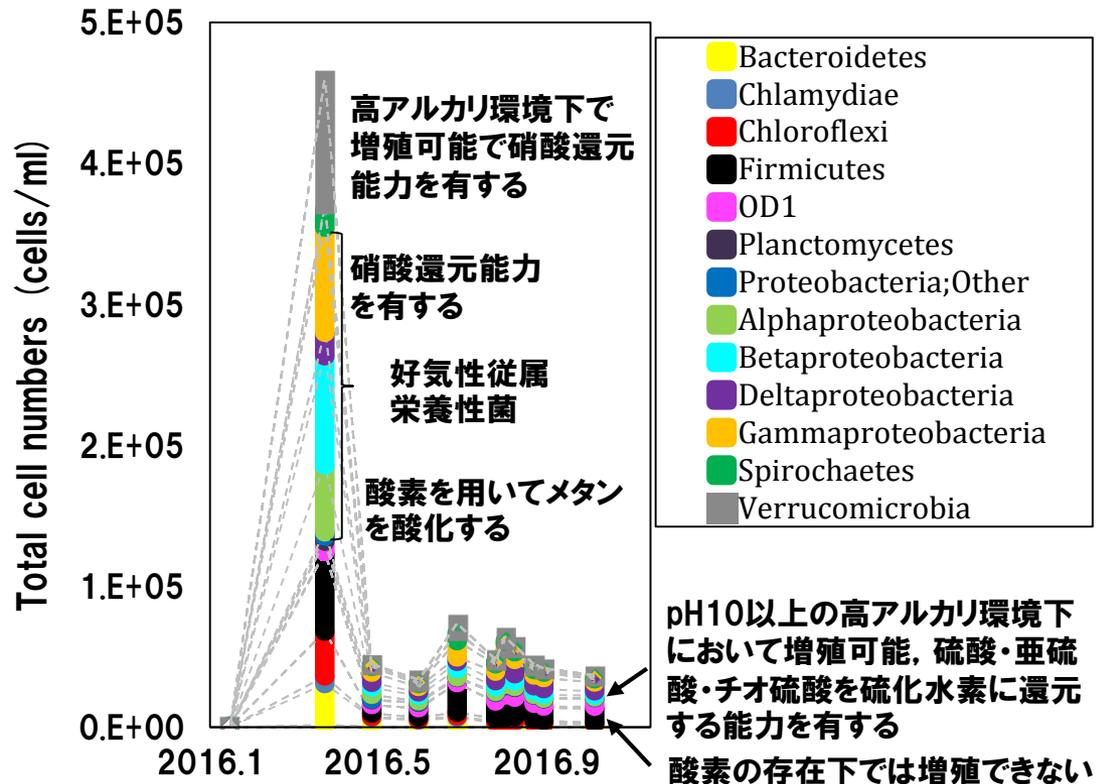
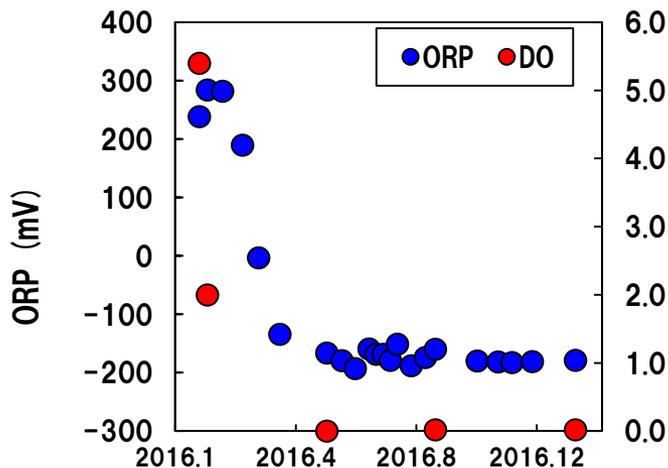
連続性の高い割れ目を含む観測区間で坑道への定常的湧水により水質が大きく変化
 水質モニタリングで“物質移動経路になりやすい割れ目とそれらが少ない領域”を明確化

坑道掘削および閉鎖に伴う坑道周囲の水質変化



- 坑道掘削後，坑道周囲は徐々に酸化的に変化
- 坑道閉鎖後，坑道開放部も含めて無酸素状態が復元
- 冠水坑道内は，数か月で還元状態が復元，pHはアルカリ性に変化
- 今後，冠水坑道開放後の坑道周辺の酸化過程を再確認する。

酸化還元状態の回復に関わるプロセス



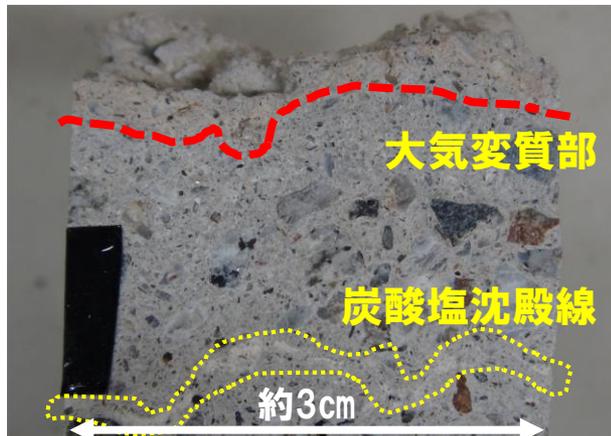
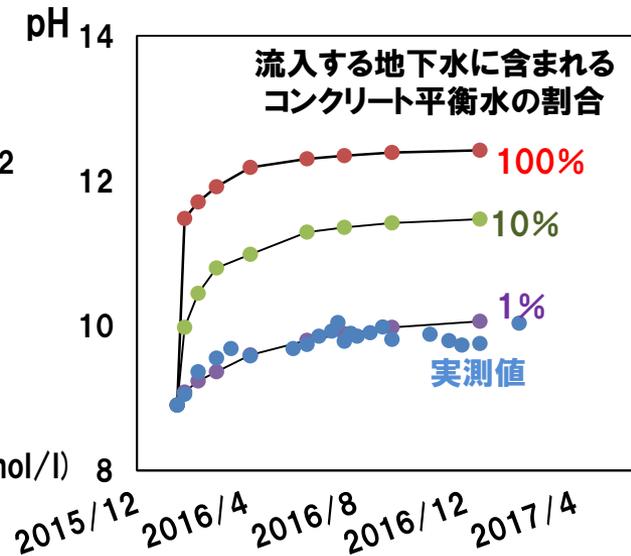
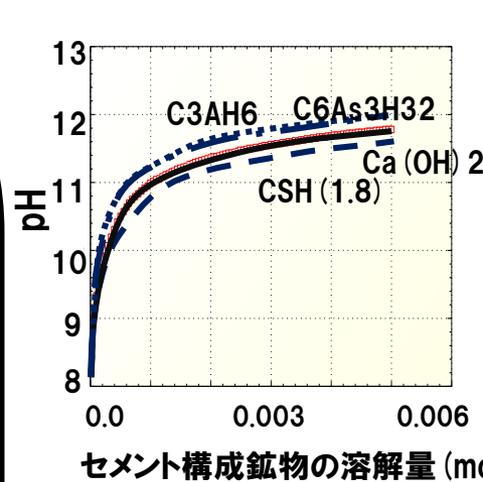
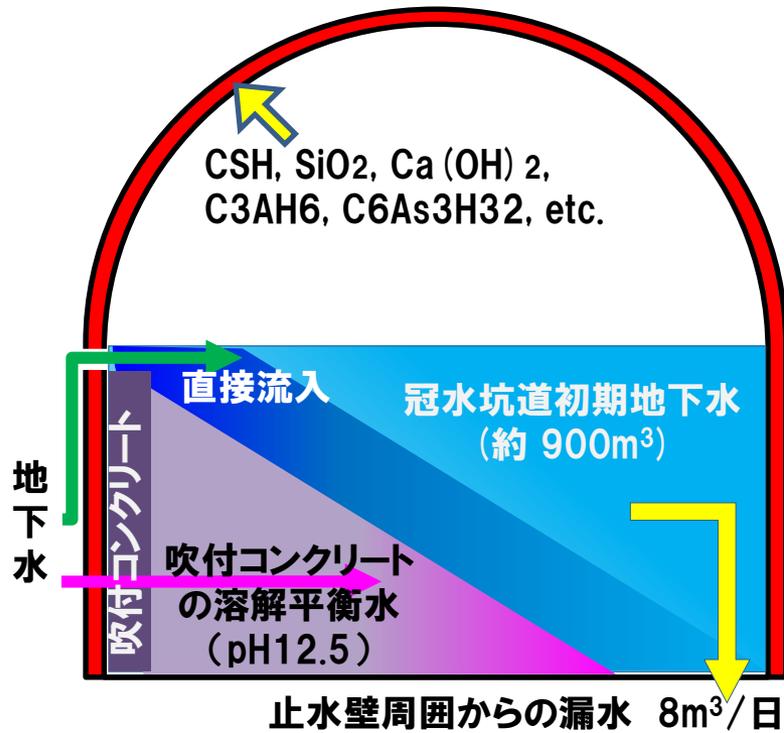
微生物による還元作用に特徴的な NO_3^- , NO_2^- , SO_4^{2-} 濃度が順次減少
 微生物は、時間とともに好気性菌主体から嫌気性菌主体の生態系へ変化



地下水は、坑道閉鎖前に坑道床面に生成した有機物(バイオフィルム)を還元剤として微生物的に還元された可能性がある。

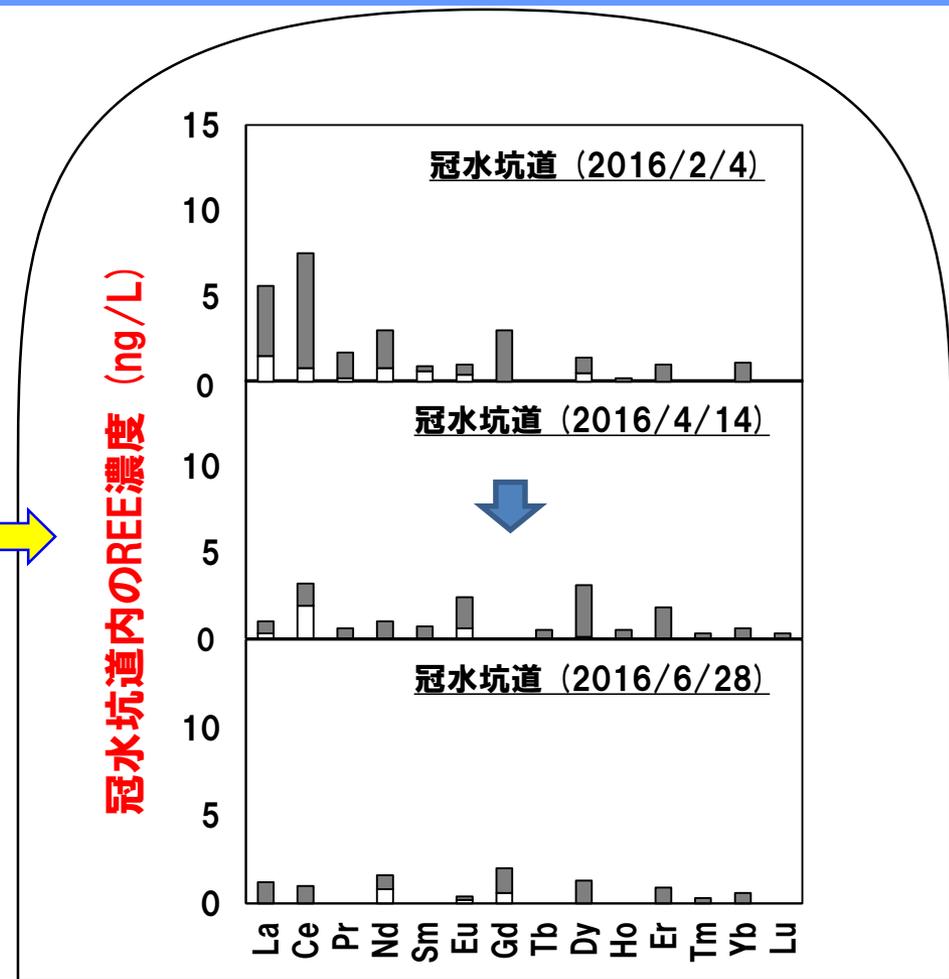
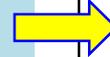
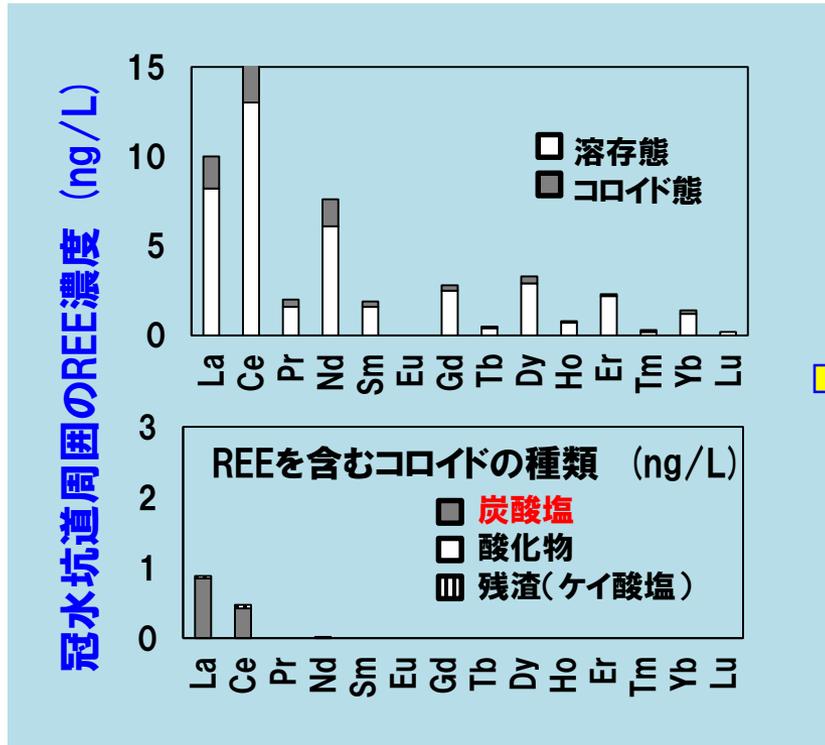
pH変化に関わるプロセス

PHREEQCによる地下水の流入, セメント成分の溶脱のマスバランス解析



- pHの変化量に基づき, 一年間で溶脱したポルトランドイト量を推定(約680mol; 吹付使用量約30m³のうち約0.3m³分に相当)
- 高アルカリ地下水は千年後に20m先まで進む(深度500mの地下水年代約2.5万年に基づき地下水流速を0.02m/yrと仮定した場合)
- 今後は, 岩盤側でのpHの緩衝反応の確認を行う。

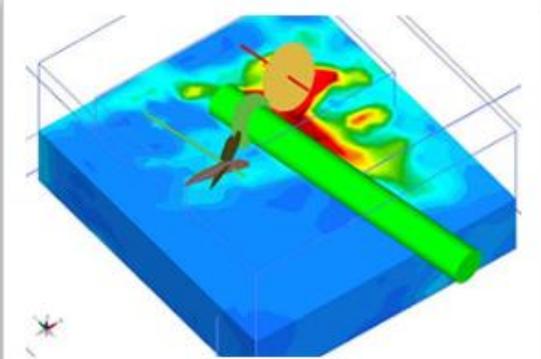
高pH条件の冠水坑道での物質移動特性



- 冠水坑道内では、希土類元素濃度(溶存態/コロイド態のREE)が時間とともに減少
- 希土類元素の数十%が炭酸塩コロイドと共に移動しており、高pH条件で凝集/沈殿により液相から除去される。閉鎖坑道では希土類元素が動きにくい環境が形成される。

連成解析に関わる国際共同研究

TASK C



Hydrogeological condition is modelled based on the data obtained through geological observation and cross-hole hydraulic test.

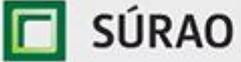
The intention of Task C is to validate the simulation methodologies used to understand the long-term variation of hydro-mechanical-chemical (HMC) conditions during drift closure and resaturation in crystalline, fractured host rocks. The experimental basis for the modelling is the Groundwater REcovery Experiment in Tunnel (GREET) project, currently underway at the Mizunami underground research laboratory, Japan. The task will focus on the HMC couplings with a view to improving the predictive power of modelling tools for radioactive waste disposal. [More »](#)

亀裂媒体内での坑道閉鎖後の長期的な**水理-力学-化学 (H-M-C) 連成挙動**の理解とそれらのモデル化・解析技術の開発・実証

再冠水試験の数値解析を、

- ✓ 掘削影響
- ✓ 坑道閉鎖・回復
- ✓ 長期定常状態

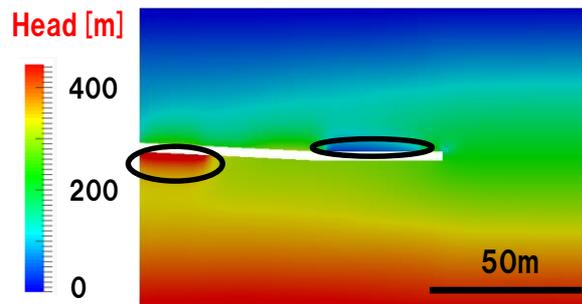
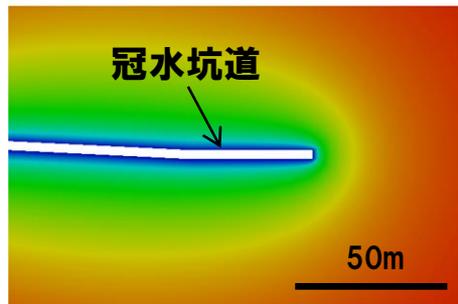
の3つの課題に分けて実施

参加機関	解析方法・コード
	<p>Couplys+FracMan 多孔質媒体近似</p>
	<p>PFLOTRAN+FracMan 多孔質媒体近似</p>
  <p>SPRÁVA ÚLOŽIŠT RADIOAKTIVNÍCH ODPADŮ</p> <p>TECHNICAL UNIVERSITY OF LIBEREC Faculty of Mechatronics, Informatics and Interdisciplinary Studies</p>	<p>Flow123d 亀裂埋め込みモデル</p>

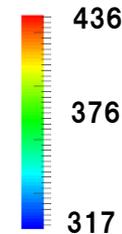
坑道掘削時の水圧・水質・岩盤変位予測

坑道掘削終了時の鉛直断面

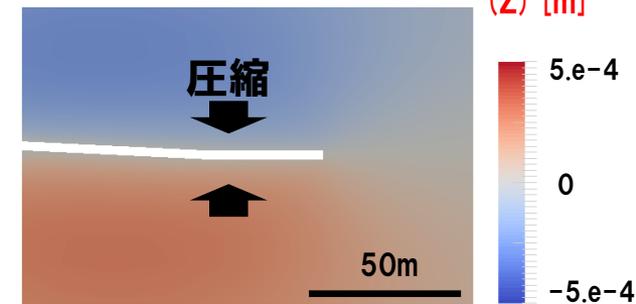
均質モデル (岩盤の $K=10^{-8}m/s$)



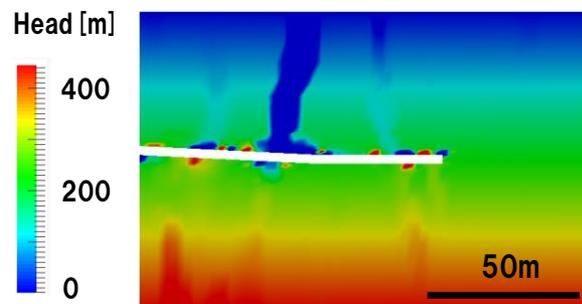
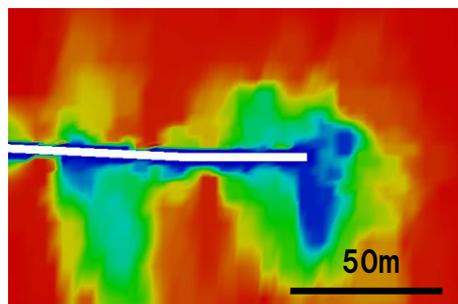
Cl conc.
(mg/L)



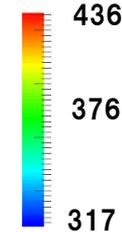
Displacement
(Z) [m]



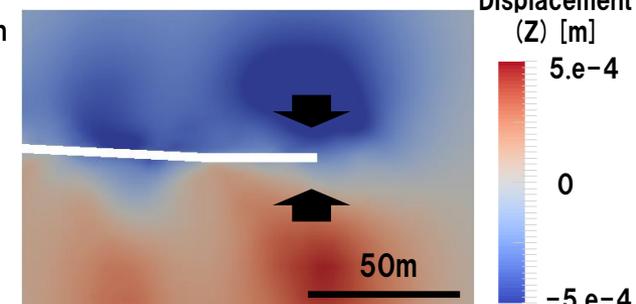
不均質モデル



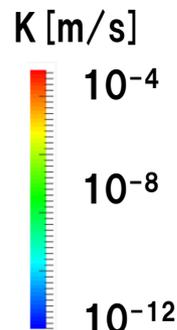
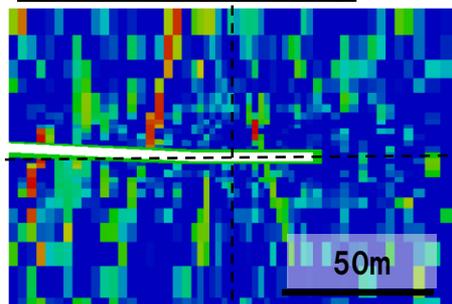
Cl concentration
(mg/L)



Displacement
(Z) [m]



亀裂の透水性分布



- ✓ 水頭分布
亀裂の透水性，連続性を反映した不均質な分布を再現
- ✓ 塩化物イオン濃度分布
主要な水みちとなる亀裂に沿った局所的な変化を再現
- ✓ 岩盤変位分布
水圧の低下に対応した水理-力学挙動を再現

再冠水試験で得られた成果

坑道閉鎖環境における環境回復・物質移動特性に関わる知見

- 堅硬な花崗岩においては、坑道閉鎖時の岩盤変位はごくわずか。
- 坑道閉鎖後、水圧は数日～数週間で坑道掘削前の状態に回復。水圧の回復特性は、割れ目分布などに依存する。
- 坑道閉鎖後、酸化的な地下水は数週間～数か月で還元状態になる。微生物活動や地下水の流動に依存する。
- セメント材料が残置された場合、地下水がpH10～12程度にアルカリ化
- 閉鎖坑道の環境条件では、放射性核種と化学的性質が類似する希土類元素の移動が抑制される。

構築された技術

- 力学-水理-化学モニタリング技術：有線／無線式のモニタリング技術の実用性を提示
- 連成解析技術：定性的な変化の再現は可能だが、割れ目分布に依存する局所的な変化の予測は困難。今後、解析技術の適用可能範囲を明確にする。

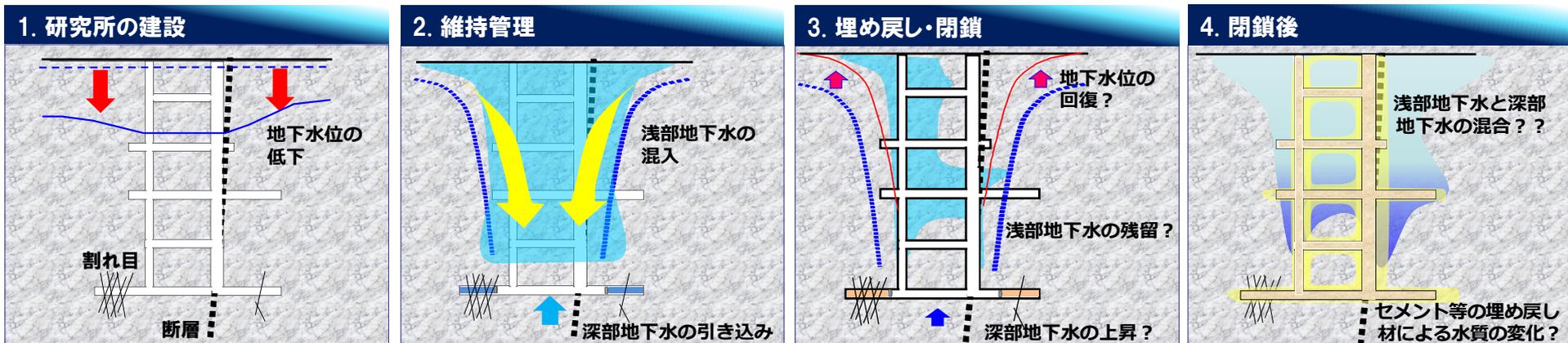
今後

- 地下水のアルカリ化、セメントによる透水性変化などを踏まえ、長期的な環境条件の変遷を解析
- 坑道の一部埋め戻し試験について実施検討

3. 坑道埋め戻し技術の開発

(1) 坑道閉鎖に伴う環境回復試験技術の開発

(2) 長期モニタリング技術の開発

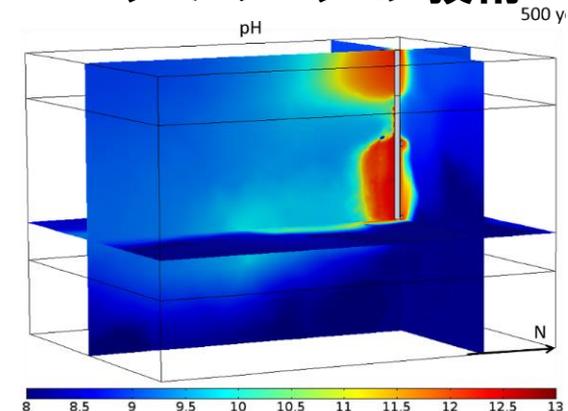


研究の背景

- ✓ 処分事業においては、安全性の評価に必要な各パラメータの条件設定のために、施設閉鎖後に形成される環境条件を把握・推定することが必要
- ✓ 施設スケールでの長期的な環境条件の変遷の予測解析に関わる基礎データの取得のため、施設埋め戻し後を念頭においたモニタリング環境の整備を行う。

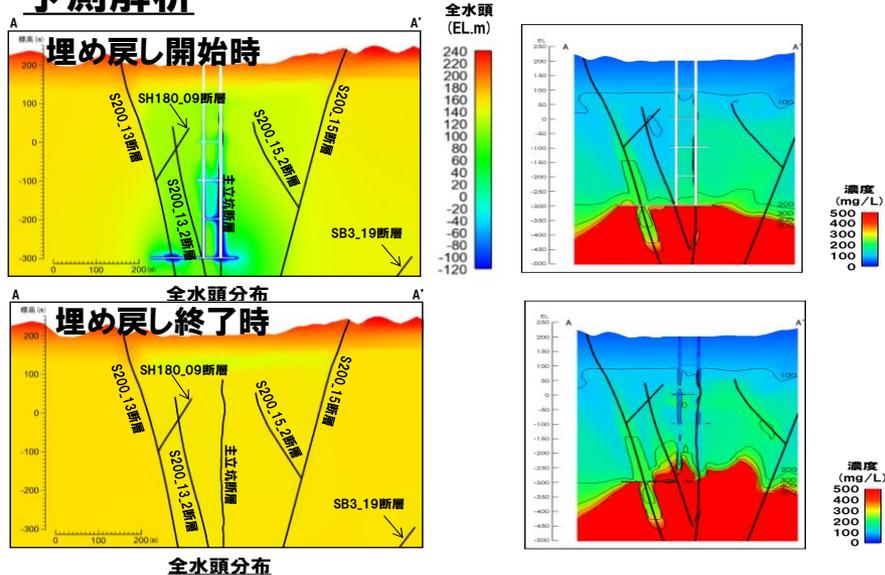
モニタリング技術

シミュレーション技術

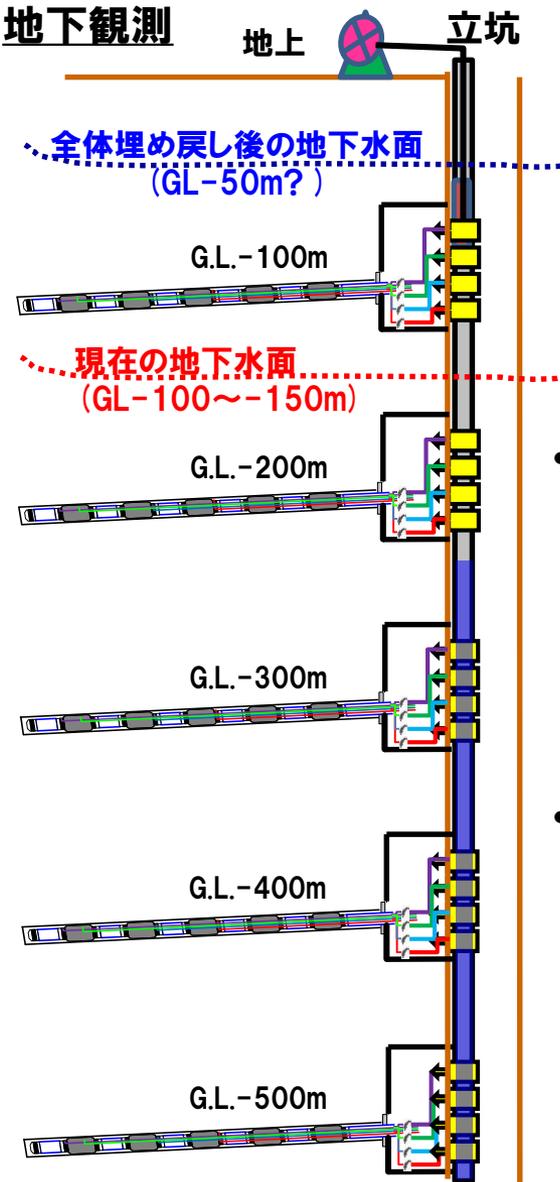


3. 坑道埋め戻し技術の開発

予測解析

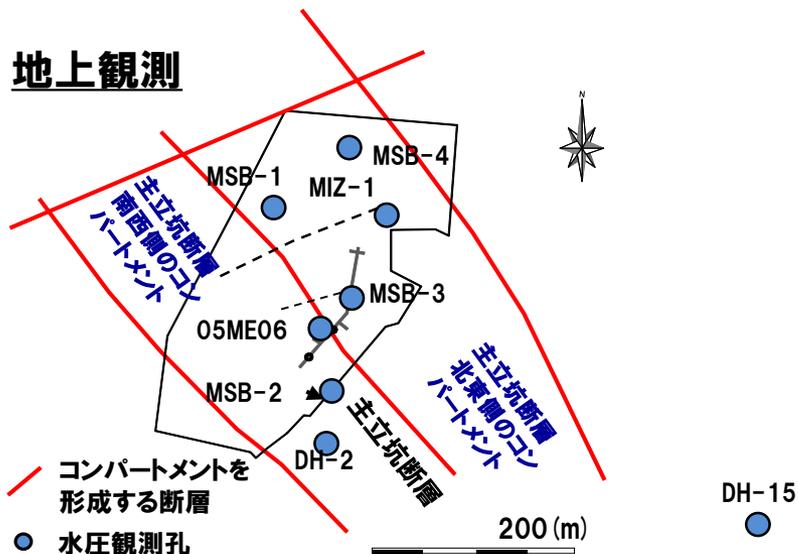


地下観測



- 坑道周囲の地下水を対象とした採水用配管と水圧計測用光ファイバ(ファブリペロー方式)を製作
- 無線式データ転送システムの検討

地上観測



プレゼンス向上のための取り組み

- ・ 小中学生を対象としたサイエンス体験イベント
- ・ 地元の一一般の方を対象としたサイエンスカフェ
- ・ 学会（地盤工学会）主催による講習会 など

東濃地盤科学研究所 × 東濃地科学センター

夏休みサイエンス体験イベント

大地の体験！ ゆがみ × 地下500m と地震の世界

毎周ほどのように発生し、私たちの生活に大きな影響を及ぼす地震。そのメカニズムを体験しよう！

地下深くの岩石や地下水はどんな状態があるのだろうか？ 実際に地下500mにもくわって岩石や地下水の様子を体験しよう！

2017年7月26日(水) 事前申込制

対象：小学4年生～中学生
定員：各回定員24名

① 9:00～12:30 (8:55集合)
② 13:30～17:00 (13:25集合)

お申し込み・お問い合わせ先
〒500-8132 瑞浪市鳴野町山部内1-84
岡文彦 瑞浪市人日本原力開発機構
東濃地科学センター 瑞浪地盤科学研究所
受付期間：7月6日(水) 18:00～24時
体験イベント会場まで
(受付：TEL 0572-66-2244)
受付時間：9:00～16:00 (土日祝日を除く)

高速/ICで利用について
【高速利用】JR瑞浪北ICから
車で約：8分 徒歩約：15分



東濃地科学センター

サイエンスカフェ

第一線で活躍中の研究者による
最新の最先端科学のお話です

場所：瑞浪市地域交流センターとときわ【11月11日(土)・2月17日(土)】
土岐市産業文化振興センターセラビア土岐【12月16日(土)・1月20日(土)】
時間：午前10:00～午前11:15【午前9:45開場】
定員：先着20名【事前申込み制、10月2日(月)午前9:00受付開始】

参加無料

地下を旅する地下水のなぞ

2017年11月11日(土)

地下水の地下生活。深い山や川、植物の根など様々な影響を受けて湧き出します。数メートルから数百メートルまで、その深さや成分が異なる地下水が存在しています。地下深くの岩石や地下水の様子を体験しよう！

日本の地下数百kmの世界を映し出す

2017年12月16日(土)

私たちの身近な日本も、世界でも数多くの地震・火山があり、このうち地震が起きている国、その数は約100ヶ国に達しています。その中でも、日本は地震の多い国です。その中でも、地下深くの岩石や地下水の様子を体験しよう！

加速器で年代を調べてみよう

2018年2月17日(土)

瑞浪市地域交流センターとときわ

不思議な陶土のおはなし

2018年2月17日(土)

お申し込み・お問い合わせ先
日本原力開発機構
東濃地科学センター
瑞浪超深地層研究所
TEL 0572-66-2244
受付時間 9:00～16:00
(土日祝日を除く)



地盤工学会

学会概要 入会案内 行事・活動 会誌・論文 会員ページ

【終了】11/27(月)開催「現場実験から把握する地下水の実流速」

会講習会

主催：本部 時期：2017年11月 開催地：東京都世田谷区 担当部署：調査・研究部
下記のとおり講習会（公開実験）を開催いたします。奮ってご参加いただければ幸いです。

日 時：2017年11月27日(月) 9:00-17:00
場 所：日大文理学部(弥生橋下高井戸) 119教室(1号館) 日大文理学部アクセス (<https://www.chs.nihon-u.ac.jp/access/>)
主 催：地盤工学会(瑞浪地盤工学会) 後 援：日本地下水学会
定 員：30名 費 用：無料

プログラム：
9:00～9:10 挨拶
9:10～9:50 地盤の水理調査計画の考え方
9:50～10:30 トレーサ試験のための事前地質調査
10:30～10:40 休憩
10:40～11:40 トレーサ試験の結果評価
11:40～12:40 昼休み
12:40～13:00 現場実習：灌水試験/トレーサ試験(投入)
13:00～14:00 地表からの調査に関する先行事例(瑞浪超深地層研究所)
14:00～14:10 休憩
14:10～15:30 現場実習：スラグ試験、トレーサ試験(途中結果)
15:30～17:00 トレーサ試験の理論解説



今後

1. 地下坑道における工学的対策技術の開発 成果の取りまとめ

- (1) 大規模湧水に対するウォータータイトグラウト技術の開発
- (2) 地下水管理技術

2. 物質移動モデル化技術の開発

- (1) 低透水性領域での亀裂ネットワークモデル化手法の開発 成果の取りまとめ
透水量係数分布を把握するためのボーリング調査
- (2) 地質環境の長期変遷解析技術の開発 成果の取りまとめ
- (3) 深部塩水系地下水の起源・滞留時間の理解 成果の取りまとめ

3. 坑道埋め戻し技術の開発

- (1) 坑道閉鎖に伴う環境回復試験技術の開発
 - ①再冠水試験 成果の取りまとめ, 連成解析技術の検討
 - ②岩盤の破壊現象評価 成果の取りまとめ
 - ③埋め戻し試験 坑道の一部埋め戻し試験・観測
- (2) 長期モニタリング技術の開発など
 - ①長期モニタリング ルーチン観測の継続, モニタリング孔埋め戻しの試験検討
 - ②長期モニタリング技術の開発 地上からの長期モニタリングシステムの構築
 - ③モニタリングデータの取りまとめ・評価 データ集の随時公開

おわり

以下, これまでの委員会で頂いた主なコメントと対応状況

これまでの委員会で頂いた主なコメントと対応状況①

主なコメント	対応状況
<p>湧水量の予測と実測との関連性について、更に詳細な説明を加えてほしい。第1段階のモデルで整合しなかった背景や第2段階の調査データによるモデルの更新で整合するようになった理由、第1段階調査にフィードバックできる点などが十分に説明されていない。(第18回)</p>	<p>第2段階での坑道掘削に伴う湧水量や水圧変化に基づくモデル更新の成果や、その成果を踏まえた地下施設建設時の地下水流動のモデル化・解析手法については、論文として取りまとめて公開しました。(尾上ほか(2016):土木学会論文集C(地圏工学))</p>
<p>坑道掘削に伴う水質変化として考えられている深部地下水の上昇や表層水の混合は、その影響程度の大きさから、疑問を持つ専門家がでてくる可能性がある。再冠水試験に加えて、より広範囲を対象とした水質の時間変化を調査し、その確からしさを示してほしい。(第18回)</p>	<p>より広範囲の地下水の湧昇、表層水の浸透に関しては、これまでの10年間にわたる観測結果・解析結果を取りまとめて論文公開しました。https://doi.org/10.1007/s12665-015-4337-3</p>
<p>水質が本来の地下水に回復するかどうか確認することは、非常に重要な研究テーマである。トンネルでは、セメント材に起因したアルカリ性の排水が10年程度続くこともあり、影響が長期に及ぶものと考えておいた方が良い。また、深部地下水の上昇などの現象を理解するためには、1,000mよりも深部のデータ取得が大変重要である。(第18回)</p>	<p>セメント材料に由来するアルカリ性地下水の長期影響については、実験や解析で多数の研究があるものの、実際の施設で示した例は少ないため、今後観測が続けられるようにしたい。1000m以深の地下水については、調査方法について検討を行っています。</p>

これまでの委員会で頂いた主なコメントと対応状況②

主なコメント	対応状況
<p>モニタリング関係ではバッテリーの持続時間が大きな課題である。日本の技術は特に優れていることから、最新の技術動向を確認すると良い。(第19回)</p>	<p>EUで行われている国際プロジェクトなどの内容を随時確認しています。</p>
<ul style="list-style-type: none">EDZ に関しては、今回トモグラフィで示された物性変化に加えて、透水性の変化に関する情報が必要である。坑道面と割れ目の交差角度に応じて、閉塞性が異なるはずであり、そういった面にも着目してほしい。(第19回)探査深度の観点では、電磁波トモグラフィも有効ではないか。(第19回)	<ul style="list-style-type: none">透水性の変化に関する情報はないものの割れ目との対比を交えた解釈は今後詳細に実施する予定。他方、今回実施した比抵抗探査は、EDZを比抵抗探査で見た場合は、割れ目等の分布にあまり依存しないことを示す新たな知見ではないかと考えています。別手法でも同様な検討は可能だが、電気探査は信頼性が非常に高い手法であるため今回適用しました。
<p>深部起源の地下水の水質変化は、坑道を展開する上で避けるべき割れ目等の基準や考え方を整理する上でも重要な知見と考えられる。(第19回・第20回)</p>	<p>坑道やモニタリング孔での長期観測に基づいて、多数の割れ目から物質の移動経路になり得る割れ目の抽出を検討しています。</p>
<p>光ファイバは、温度・水圧をはじめとする多くのセンサーが開発されており、複数項目の同時計測なども検討されたい。(第19回)</p>	<p>情報収集を行っています。</p>

これまでの委員会で頂いた主なコメントと対応状況③

主なコメント	対応状況
<p>止水壁の機能が満たされなかった点については、その原因を十分に精査し、今後の施工計画等に反映すべきである。(第19回・第20回)</p>	<p>止水壁の施工に関して、計画、作業内容、発生した設備の不具合等について原因と対策を検討し、機構の技術資料として建設工事記録に取りまとめました。</p>
<p>湧水に関しては、成功・失敗事例とも国内外で様々なノウハウの蓄積があり、それらの経験を共有・活用できるような仕組みを考えていかなければいけない。(第19回)</p>	<p>瑞浪の事例として、止水壁の設計、施工、補修に関して、共有、引用できる内容として上記の技術資料に取りまとめました。</p>
<p>亀裂構造と地下水の水圧との関連性について、今後詳細を明らかにしていくのか。(第20回)</p>	<p>冠水坑道周辺岩盤を対象として、再冠水時や一部排水試験時の水圧変化を再現しうる亀裂ネットワークモデルのモデル化の検討を実施中。検討成果については、必須の課題の成果として取りまとめを行う予定です。</p>
<p>再冠水時の水圧変化に関して、地質分布や水質分布、物理探査結果等と合わせた形で評価されるのか。(第20回)</p>	<p>複合的に水理地質構造モデルに反映しています。</p>

これまでの委員会で頂いた主なコメントと対応状況④

主なコメント	対応状況
<p>止水壁の補修については、PDCA サイクルやリスクマネジメントの一環として、説明の仕方を工夫すると良い。(第20回)</p>	<p>止水壁補修の説明として、段階ごとに実施した補修対策に関して、それぞれの段階での対策の目的と実施内容を示すとともに、補修後の止水壁の健全性に関する考察を示す内容としました。</p>
<p>水圧の予想としてはその通りだが、機能を確認するという観点では、目標値として示す方が良いのではないかと。目標値の方が、非専門家に対しても理解しやすい。(第20回)</p>	<p>冠水坑道周辺岩盤における再冠水時の水圧予測が2～4MPaであることから、これと同等の範囲で冠水坑道内の水圧が保持できることを機能確認の目標としました。</p>
<ul style="list-style-type: none">表層土壌や不透水層の調査では、ダルシー則で説明できない事例も確認されている。湧水量の予測値と実測値が異なる場合は、そのような事例も参考にすると良い。(第20回)湧水量の予測解析では、気相の影響も考慮すると良いのではないかと。(第20回)	<p>第2段階での坑道掘削に伴う湧水量や水圧変化に基づくモデル更新の成果や、その成果を踏まえた地下施設建設時の地下水流動のモデル化・解析手法については、論文として取りまとめて公開しました。(尾上ほか(2016):土木学会論文集C(地圏工学))</p>

これまでの委員会で頂いた主なコメントと対応状況⑤

主なコメント	対応状況
<p>再冠水試験の結果は世界的に見ても、貴重なデータである。止水壁周辺の地下水流動等については、3次元の亀裂ネットワークモデルによって評価できると良い。(第21回)</p>	<p>冠水坑道周辺岩盤を対象として、再冠水時や一部排水試験時の水圧変化などの情報に基づく亀裂ネットワークモデルのモデル化の検討を実施中。検討成果については、必須の課題の成果として取りまとめを行う予定です。</p>
<p>特定の事象・空間スケールに絞って評価するだけでなく、数百mスケール規模で複数の事象が同時に捉えられるデータで評価できるようになると良い。今後予定されている埋め戻しにおいても重要な知見となる。(第21回)</p>	<p>拝承いたします。施設閉鎖後のモニタリングに関連して、モニタリング項目や配置、期間を熟考する上で左記の観点で情報を整理したい。</p>
<p>拡散に寄与する空隙構造の特徴は、重要な情報である。国内外の花崗岩との比較を通じて成果をまとめてもらいたい。(第21回)</p>	<p>必須の課題の成果として取りまとめを行う予定です。</p>
<p>再冠水試験の成果を第三者にも活用してもらえよう、モデルで評価する項目(水圧等)を明示すべきである。(第21回)</p>	<p>必須の課題の成果として取りまとめを行う予定です。</p>