平成29年度における個別研究課題の現状および今後の予定

① 深地層の研究施設計画

a) 超深地層研究所計画

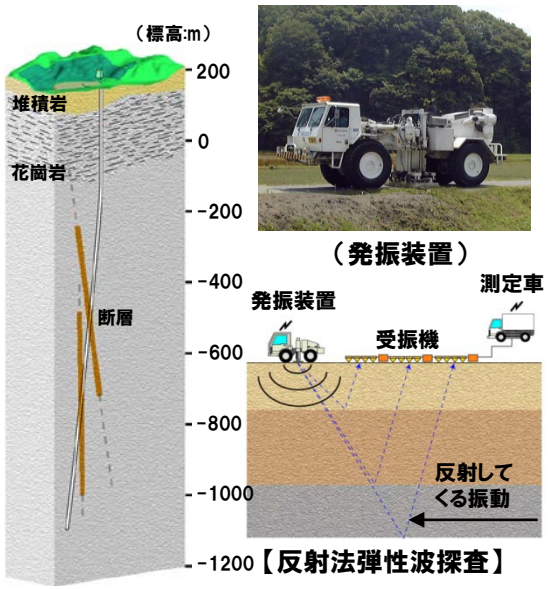
平成30年3月13日

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

超深地層研究所計画の目標と進め方

【 目 標 】
①深部地質環境の調査・解析・評価技術の基盤の整備
②深地層における工学技術の基盤の整備

【第1段階:H8-16】
地表からの調査予測研究段階



（発振装置）

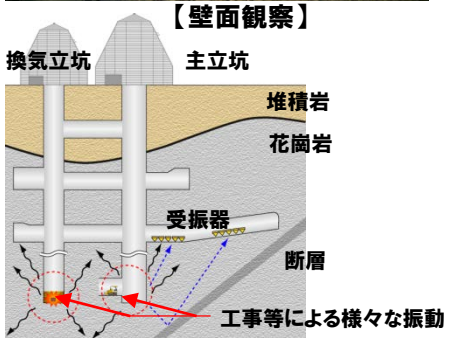
【反射法弾性波探査】

（ボーリング調査）

●地表からの調査研究による地質環境モデルの構築
●坑道建設前の深部地質環境の状態の把握

【第2段階:H16-25*】
研究坑道の掘削を伴う研究段階

【壁面観察】



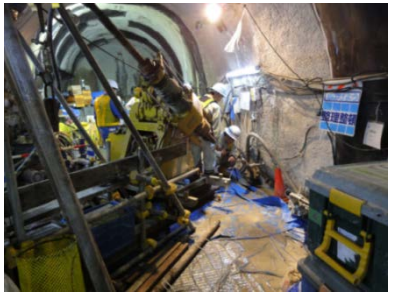
【研究坑道内での物理探査】

●坑道掘削に伴う調査研究による地質環境モデルの構築
●坑道の施工・維持・管理に関わる工学技術の有効性の確認

(*:一旦終了)

【第3段階:H22-】
研究坑道を利用した研究段階

【再冠水試験】



【岩盤中の物質の移動に関する調査研究】

●坑道を利用した調査研究による地質環境モデルの構築
●深地層における工学技術の有効性の確認

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及び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。

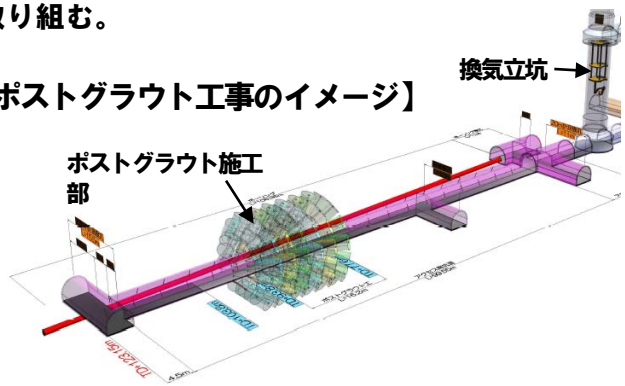
（瑞浪超深地層研究所関連抜粋）

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

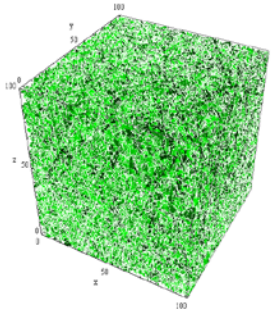
◆大規模湧水に対するウォータータイトグラウト技術
◆地下水管理技術
【概要】
深度500mの研究坑道において、坑道への湧水量をプレグラウトとポストグラウトの組合せによって制御可能とするウォータータイトグラウト施工技術を実証する。
また、地下水排水処理技術等の地下水管理技術の高度化にも取り組む。

【ポストグラウト工事のイメージ】

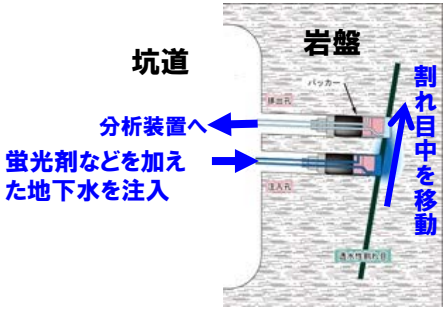


②物質移動モデル化技術の開発

◆長期的な変遷を含めた地下深部におけるわが国固有の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】
深度500mの研究坑道において、花崗岩中の割れ目での物質の移動現象を理解し、モデル化するための調査解析を実施する。
また、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を実施する。



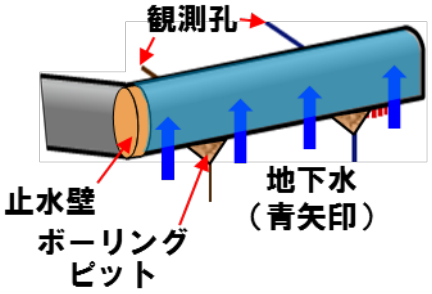
【割れ目分布モデル】



【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】
深度500mの研究坑道において、坑道の一部を埋め戻し、地下水を自然に冠水させることによって、地下水の水圧・水質及び坑道周辺岩盤の化学的・力学的変化を観察し、地質環境の回復能力等を評価すると共に、地質環境に応じた埋め戻し技術の構築を目指す。また、長期の観測に必要なモニタリング技術の開発も実施する。



【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）

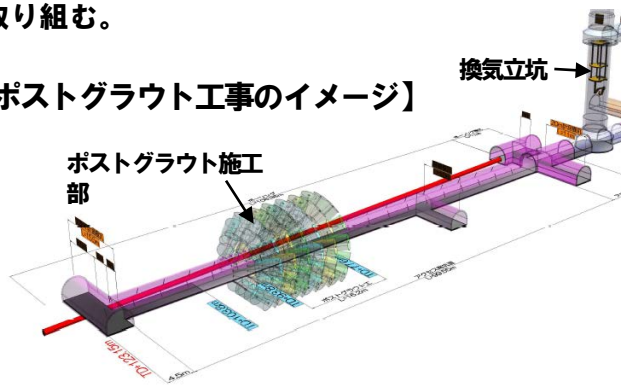
③モニタリングデータの取りまとめ・評価：データ集の作成等（継続中）

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

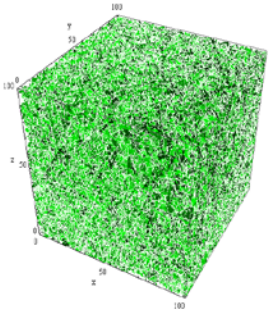
◆大規模湧水に対するウォータータイトグラウト技術
◆地下水管理技術
【概要】
深度500mの研究坑道において、坑道への湧水量をプレグラウトとポストグラウトの組合せによって制御可能とするウォータータイトグラウト施工技術を実証する。
また、地下水排水処理技術等の地下水管理技術の高度化にも取り組む。

【ポストグラウト工事のイメージ】

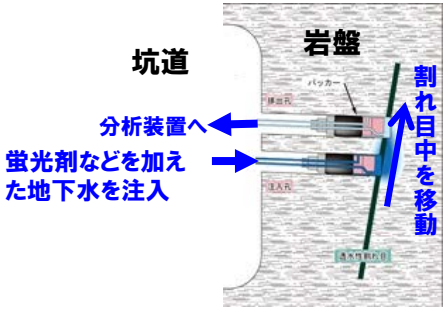


②物質移動モデル化技術の開発

◆長期的な変遷を含めた地下深部におけるわが国固有の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】
深度500mの研究坑道において、花崗岩中の割れ目での物質の移動現象を理解し、モデル化するための調査解析を実施する。
また、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を実施する。



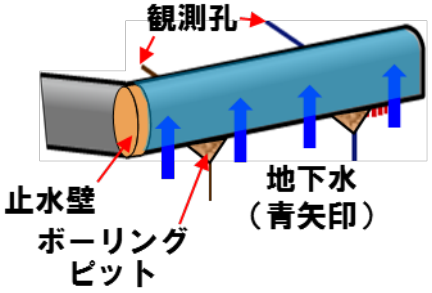
【割れ目分布モデル】



【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】
深度500mの研究坑道において、坑道の一部を埋め戻し、地下水を自然に冠水させることによって、地下水の水圧・水質及び坑道周辺岩盤の化学的・力学的変化を観察し、地質環境の回復能力等を評価すると共に、地質環境に応じた埋め戻し技術の構築を目指す。また、長期の観測に必要なモニタリング技術の開発も実施する。

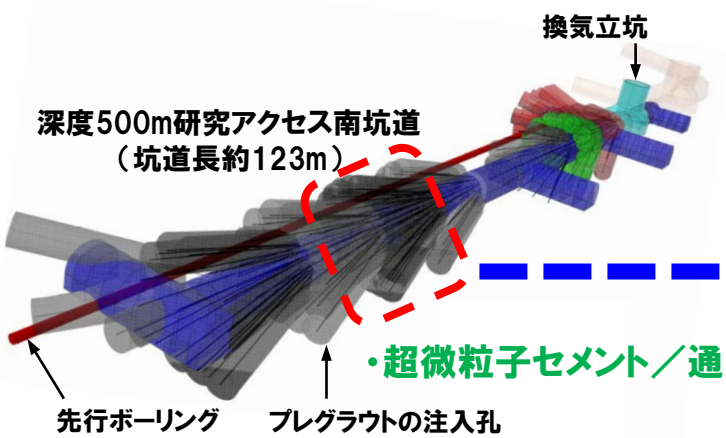


【再冠水試験のイメージ】

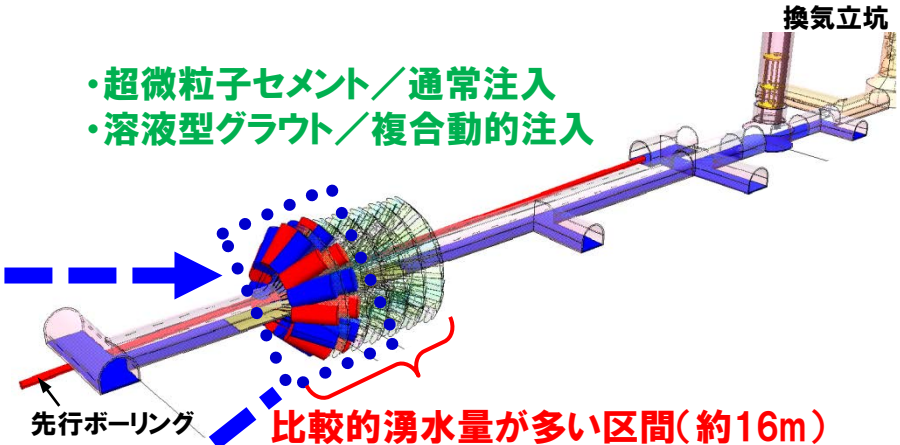
【モニタリング装置】

ポストグラウトによる湧水抑制効果の確認

【平成23～25年度：プレグラウト及び坑道掘削】



【平成26年度：ポストグラウト実施】

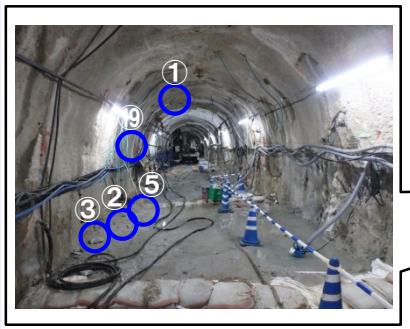


比較的湧水量が多い区間（約16m）
を対象にポストグラウトを実施

【平成28年度：ポストグラウトの追加実施】

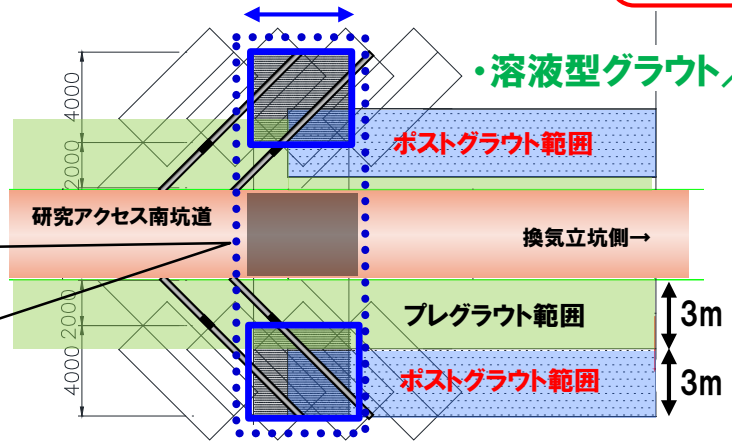
グラウト未実施の場合の予測湧水量に対して、プレグラウト及びポストグラウトの実施により湧水量を約100分の1まで低減（1380m³/日→15m³/日）

毎分1L以上の湧水箇所
（写真上の○の位置）



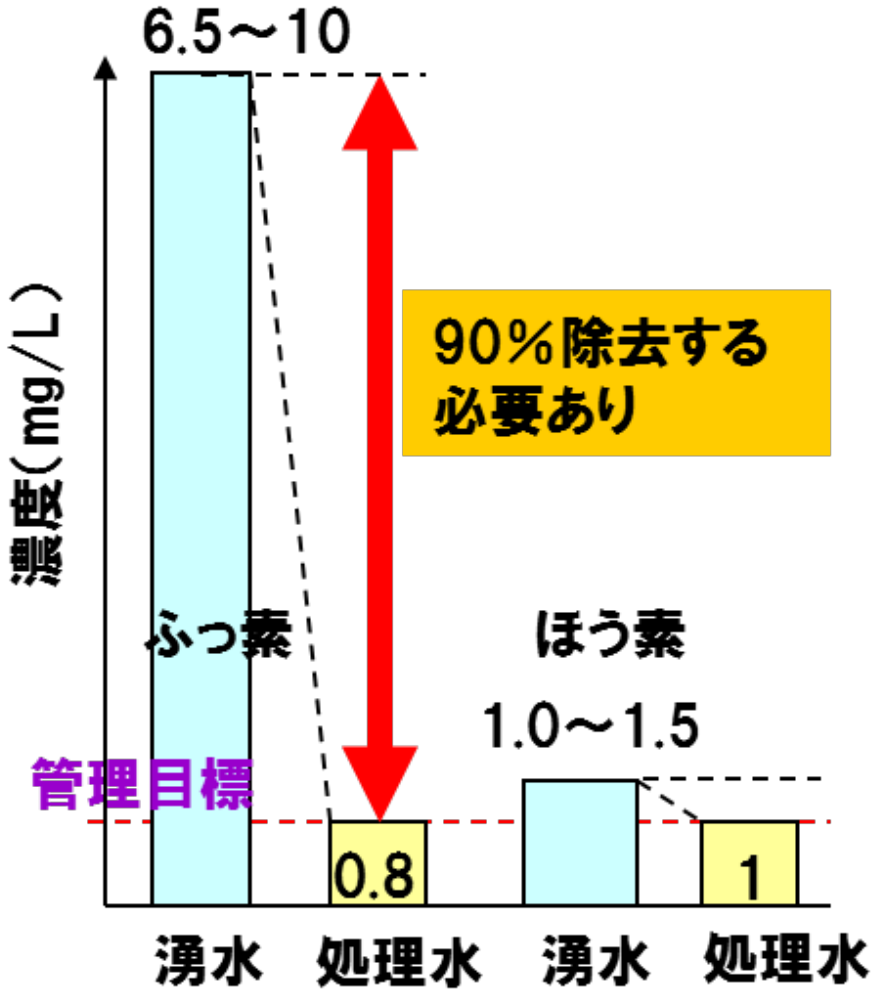
坑道幅4m、高さ3.5m

湧水箇所が多い区間（約4m）を
対象にポストグラウトを追加実施



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（吸着剤としてハイドロタルサイト等）
環境基準（0.8mg/L以下）までの除去が可能

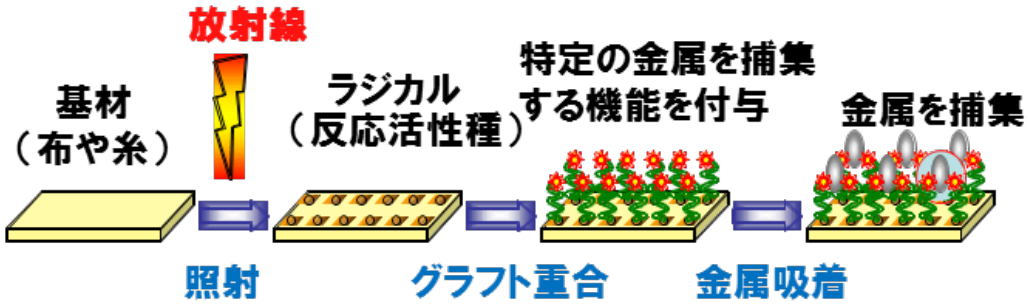
➢ほう素

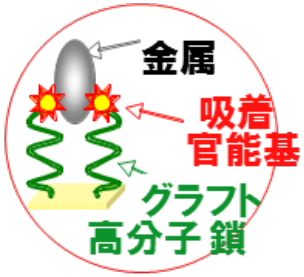
✓凝集・沈殿処理（エトリンガイト等の生成）
高濃度排水（数百mg/L）に対して排水基準（10mg/L以下）までの除去が可能

✓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

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

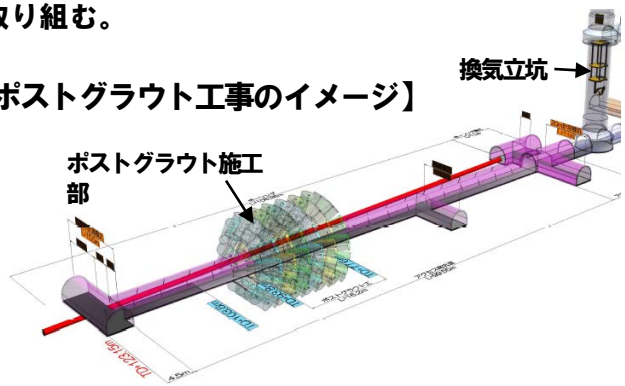
☞2007年から処理量1500m^3/日対応の設備を用いて約800m^3/日の湧水を約10年間にわたって連続処理。大規模地下施設の恒常的湧水処理方法として実績を蓄積

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

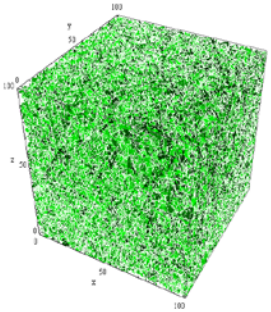
◆大規模湧水に対するウォータータイトグラウト技術
◆地下水管理技術
【概要】
深度500mの研究坑道において、坑道への湧水量をプレグラウトとポストグラウトの組合せによって制御可能とするウォータータイトグラウト施工技術を実証する。
また、地下水排水処理技術等の地下水管理技術の高度化にも取り組む。

【ポストグラウト工事のイメージ】

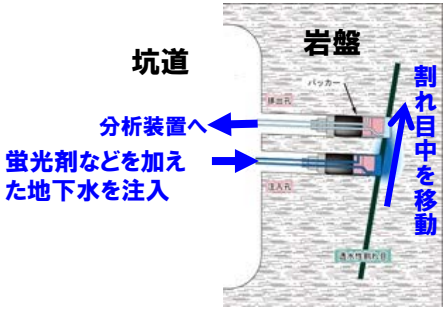


②物質移動モデル化技術の開発

◆長期的な変遷を含めた地下深部におけるわが国固有の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】
深度500mの研究坑道において、花崗岩中の割れ目での物質の移動現象を理解し、モデル化するための調査解析を実施する。
また、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を実施する。



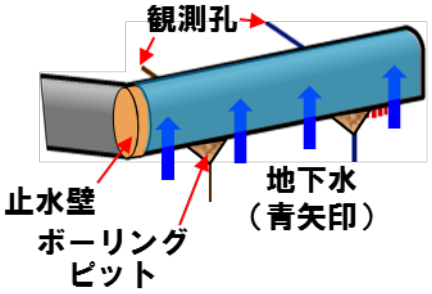
【割れ目分布モデル】



【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】
深度500mの研究坑道において、坑道の一部を埋め戻し、地下水を自然に冠水させることによって、地下水の水圧・水質及び坑道周辺岩盤の化学的・力学的変化を観察し、地質環境の回復能力等を評価すると共に、地質環境に応じた埋め戻し技術の構築を目指す。また、長期の観測に必要なモニタリング技術の開発も実施する。



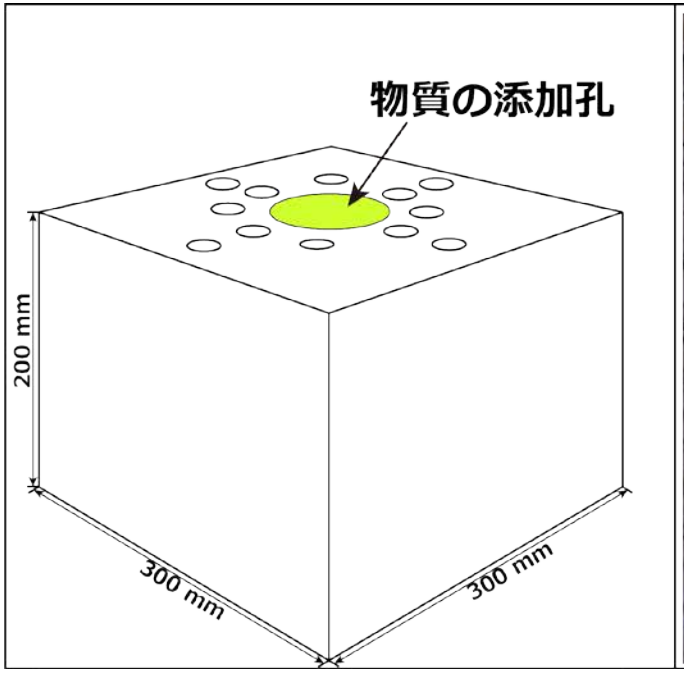
【再冠水試験のイメージ】

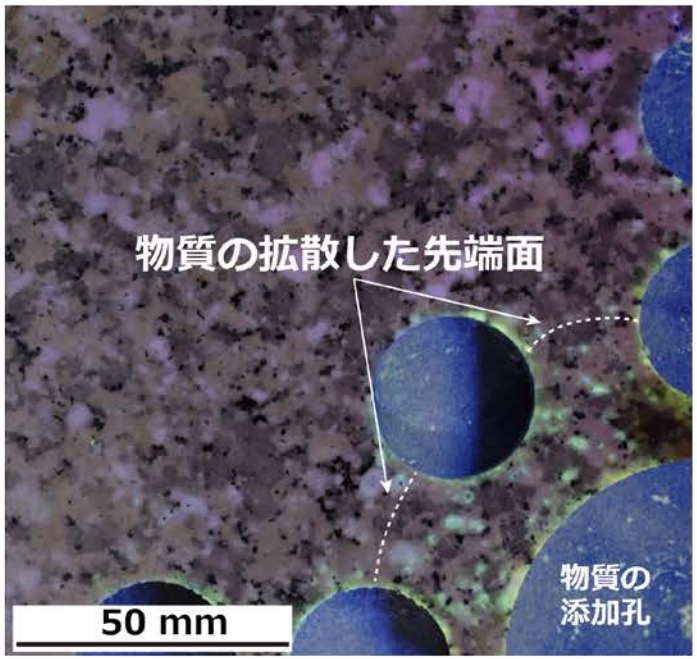
【モニタリング装置】

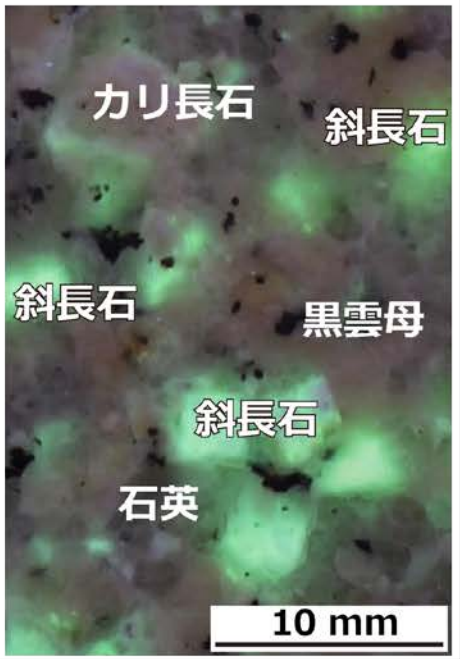
花崗岩健岩部におけるマトリクス拡散の可能性

- 2015年度までに実施した拡散試験(トレーサ物質:ウラニン)に使用した岩石ブロックを切断し、紫外光で観察した結果
  - 健岩部においてもウラニンが拡散していることを確認
  - ウラニンの蛍光は主に斜長石中で確認

⇒斜長石が主なマトリクス拡散経路として機能している可能性有り



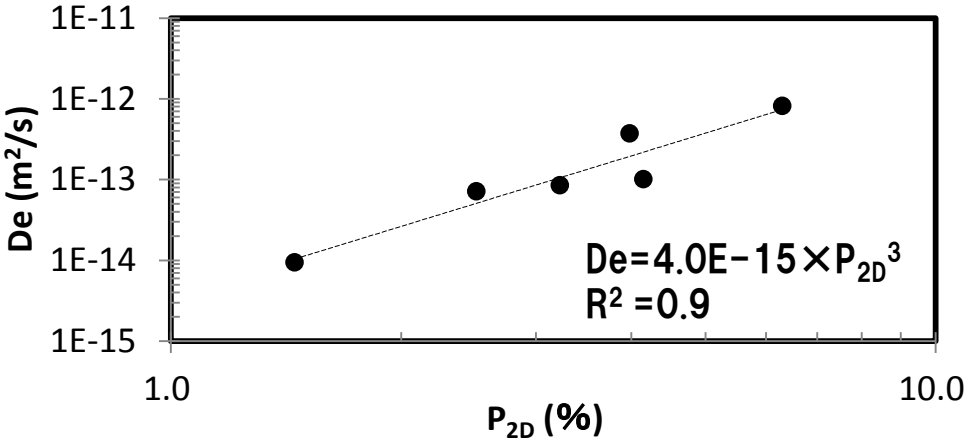




観察された空隙と物質移動特性との関係

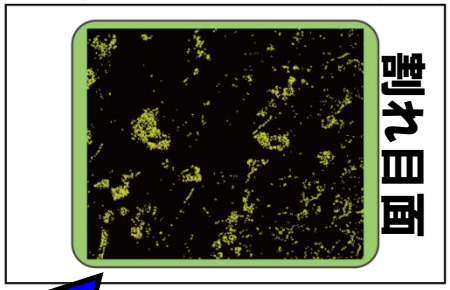
- 実効拡散係数(De)[A)]と，観察された空隙の割合(P_{2D})との間には**強い正の相関**を確認

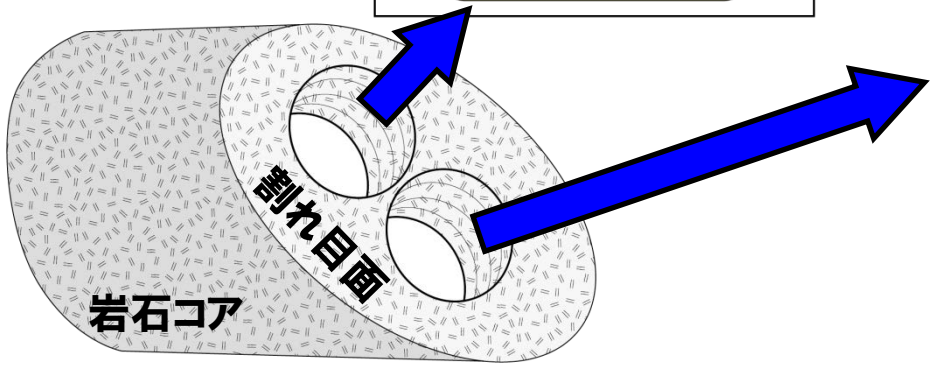
⇒観察された空隙は**マトリクス拡散経路として機能**している可能性有り

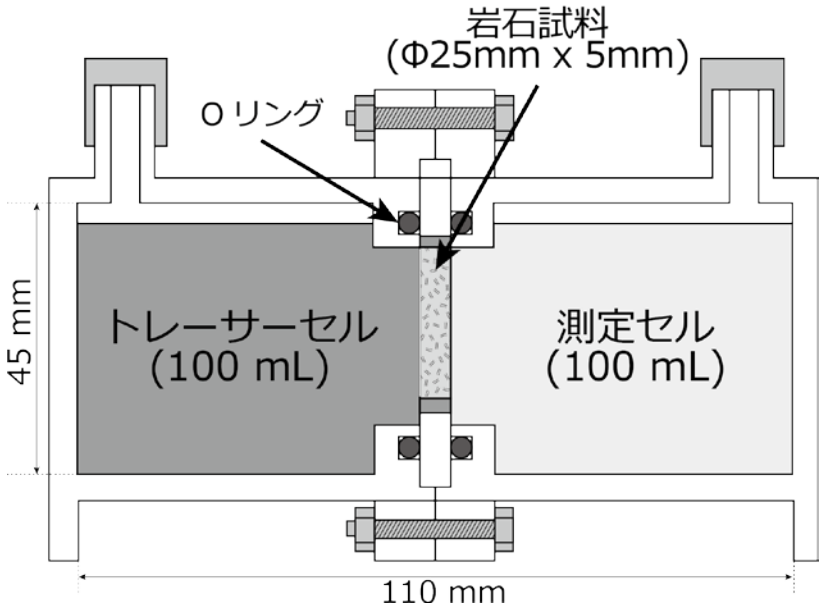


空隙の割合と実効拡散係数との関係

P_{2D}算出用の薄片試料
（25mm×30mm）







透過拡散試験

A) 西尾・弥富，JAEA-Review 2015-041，2015.

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

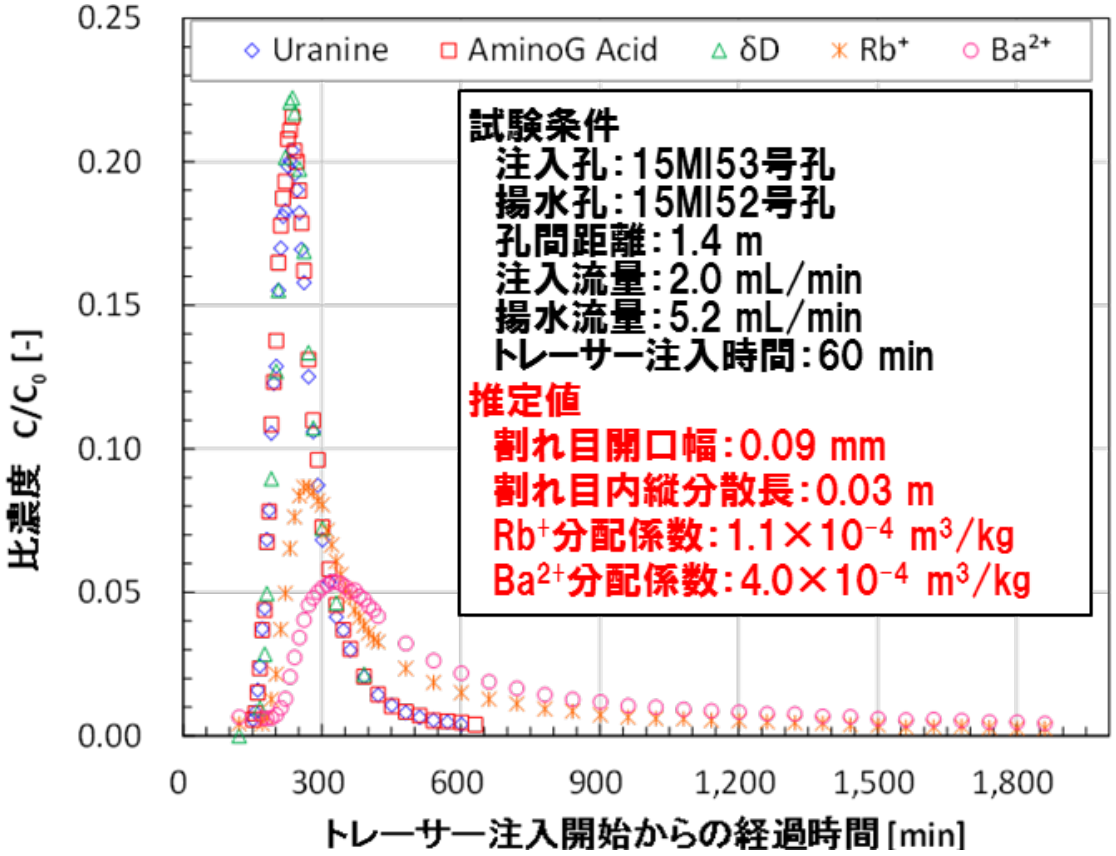
●これまでの実施内容

- 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）

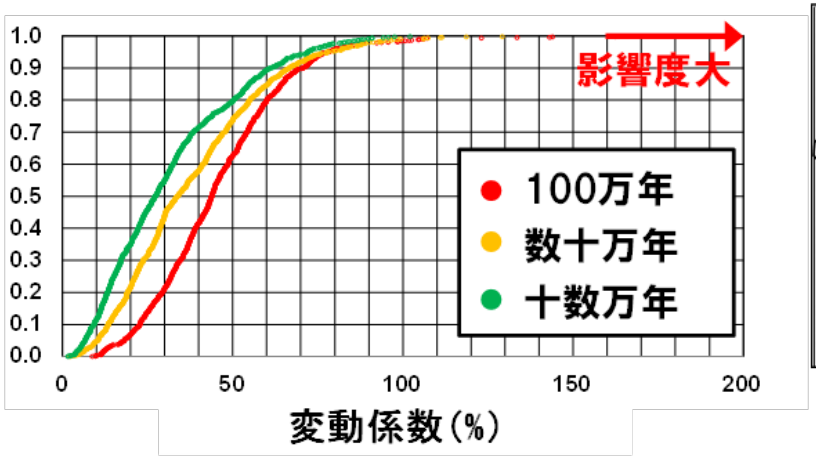
●主な成果

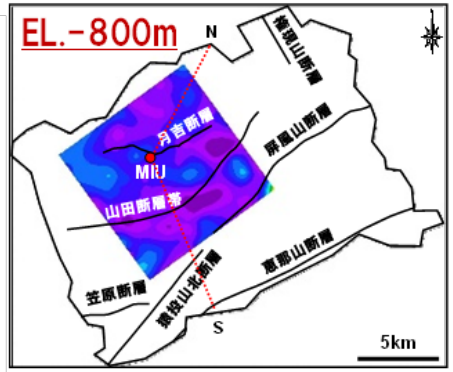
- 試験場の水みち割れ目の特定と孔間での連続性の確認
- 割れ目の物質移行特性（開口幅・分散長・分配係数）を推定
- 水みち割れ目の流動次元を推定
- 調査・評価手法の適用性を確認

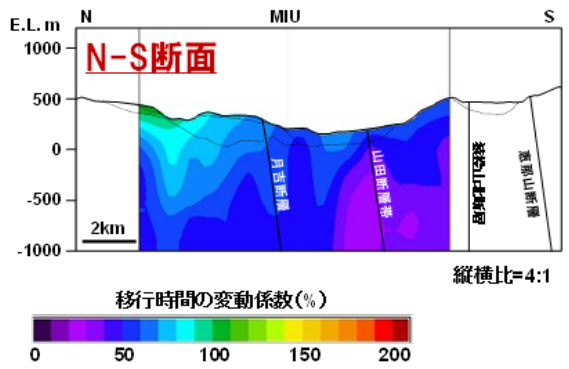
（本研究開発は，電力中央研究所との共同研究として実施）



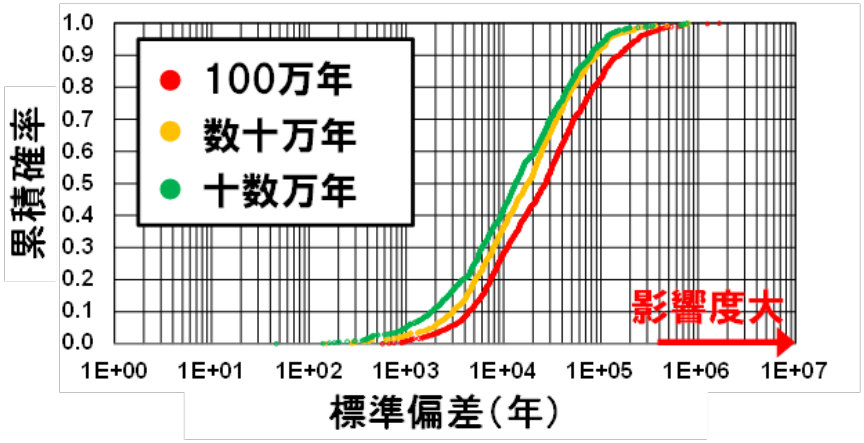
地質環境の長期変遷解析技術の開発

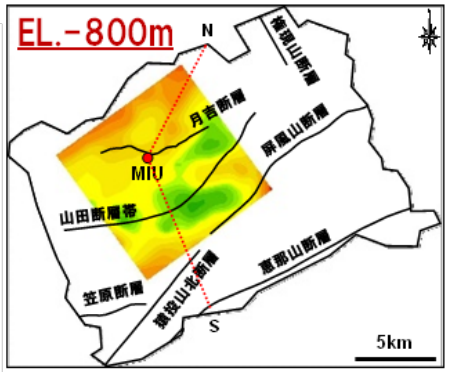


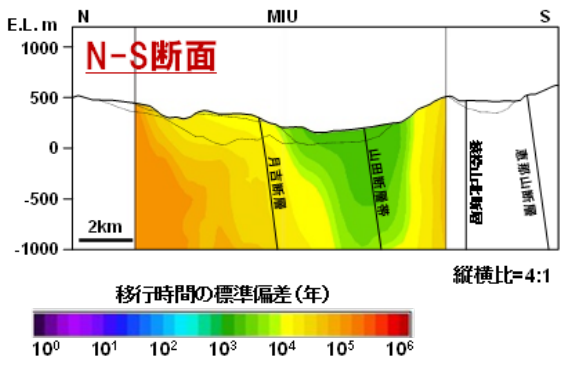




変動係数分布







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

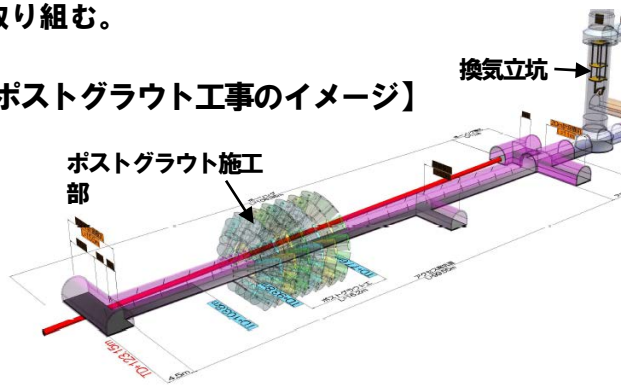
（本研究開発は，資源エネルギー庁からの受託事業として実施）

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

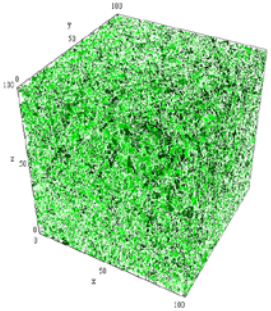
◆大規模湧水に対するウォータータイトグラウト技術
◆地下水管理技術
【概要】
　深度500mの研究坑道において、坑道への湧水量をプレグラウトとポストグラウトの組合せによって制御可能とするウォータータイトグラウト施工技術を実証する。
　また、地下水排水処理技術等の地下水管理技術の高度化にも取り組む。

【ポストグラウト工事のイメージ】

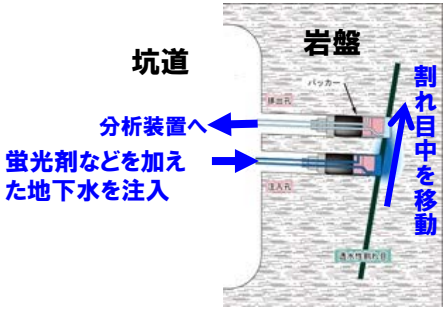


②物質移動モデル化技術の開発

◆長期的な変遷を含めた地下深部におけるわが国固有の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】
　深度500mの研究坑道において、花崗岩中の割れ目での物質の移動現象を理解し、モデル化するための調査解析を実施する。
　また、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を実施する。



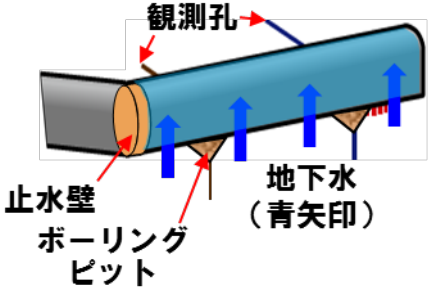
【割れ目分布モデル】



【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

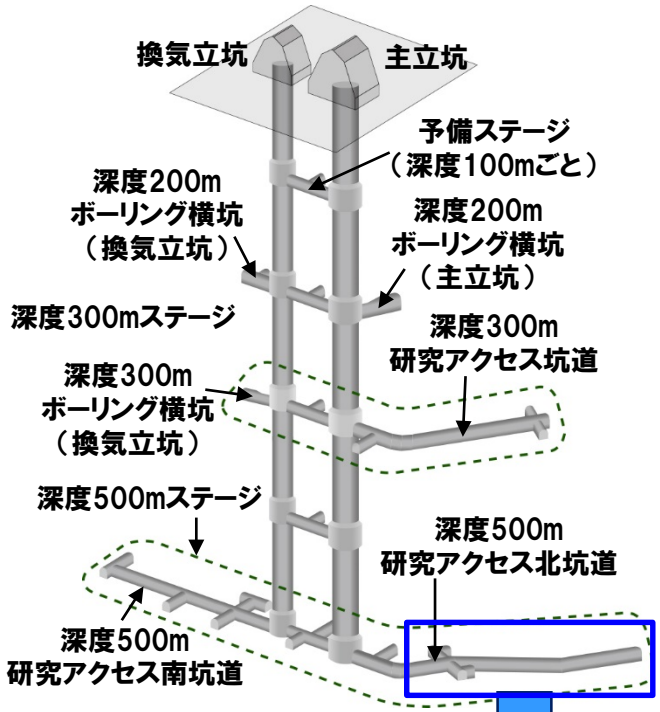
◆坑道閉鎖に伴う環境回復試験技術
◆長期モニタリング技術など
【概要】
　深度500mの研究坑道において、坑道の一部を埋め戻し、地下水を自然に冠水させることによって、地下水の水圧・水質及び坑道周辺岩盤の化学的・力学的変化を観察し、地質環境の回復能力等を評価すると共に、地質環境に応じた埋め戻し技術の構築を目指す。また、長期の観測に必要なモニタリング技術の開発も実施する。

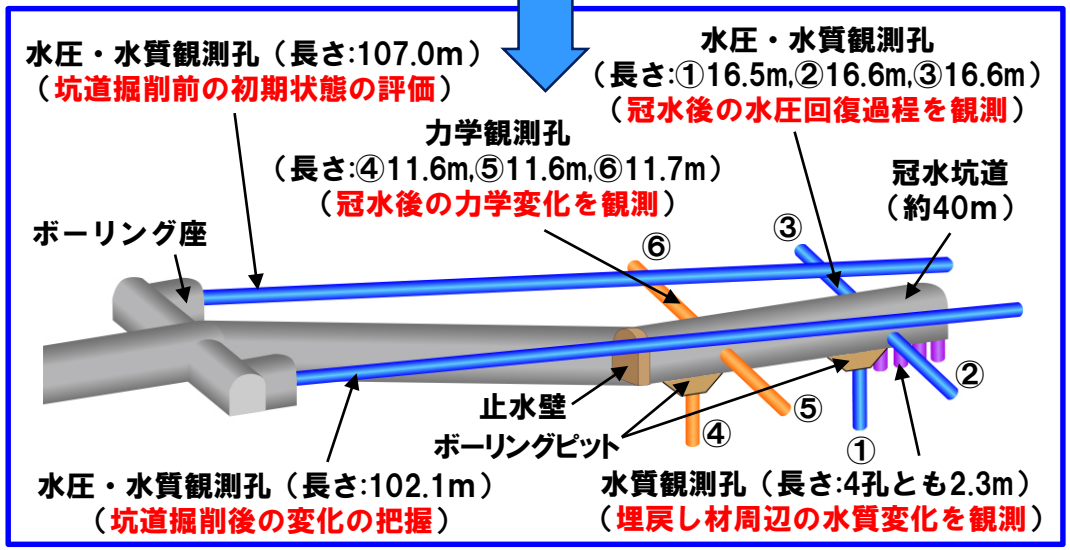


【再冠水試験のイメージ】

【モニタリング装置】

坑道埋め戻し技術の開発

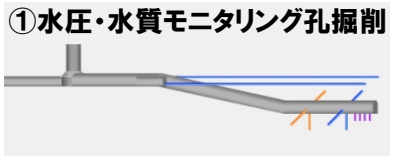




【目的】
地層処分の長期安全性に関わる不確実性低減に向け、

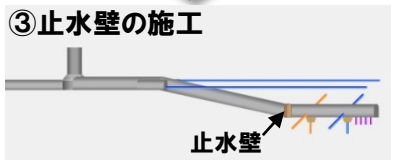
- **坑道掘削・閉鎖に伴う地質環境の変遷等の現象理解及び予測技術の構築**
- **坑道周辺の地質環境調査技術（特にモニタリング技術）の整備**
- **地質環境の回復に有効な坑道閉鎖手順・工法等の坑道閉鎖技術の整備**

≪再冠水試験の手順≫

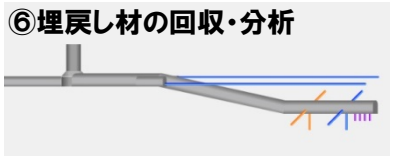


坑道掘削後の初期状態の把握

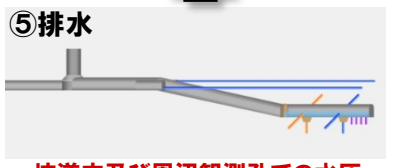
埋戻し材の初期状態の把握



止水技術の確認



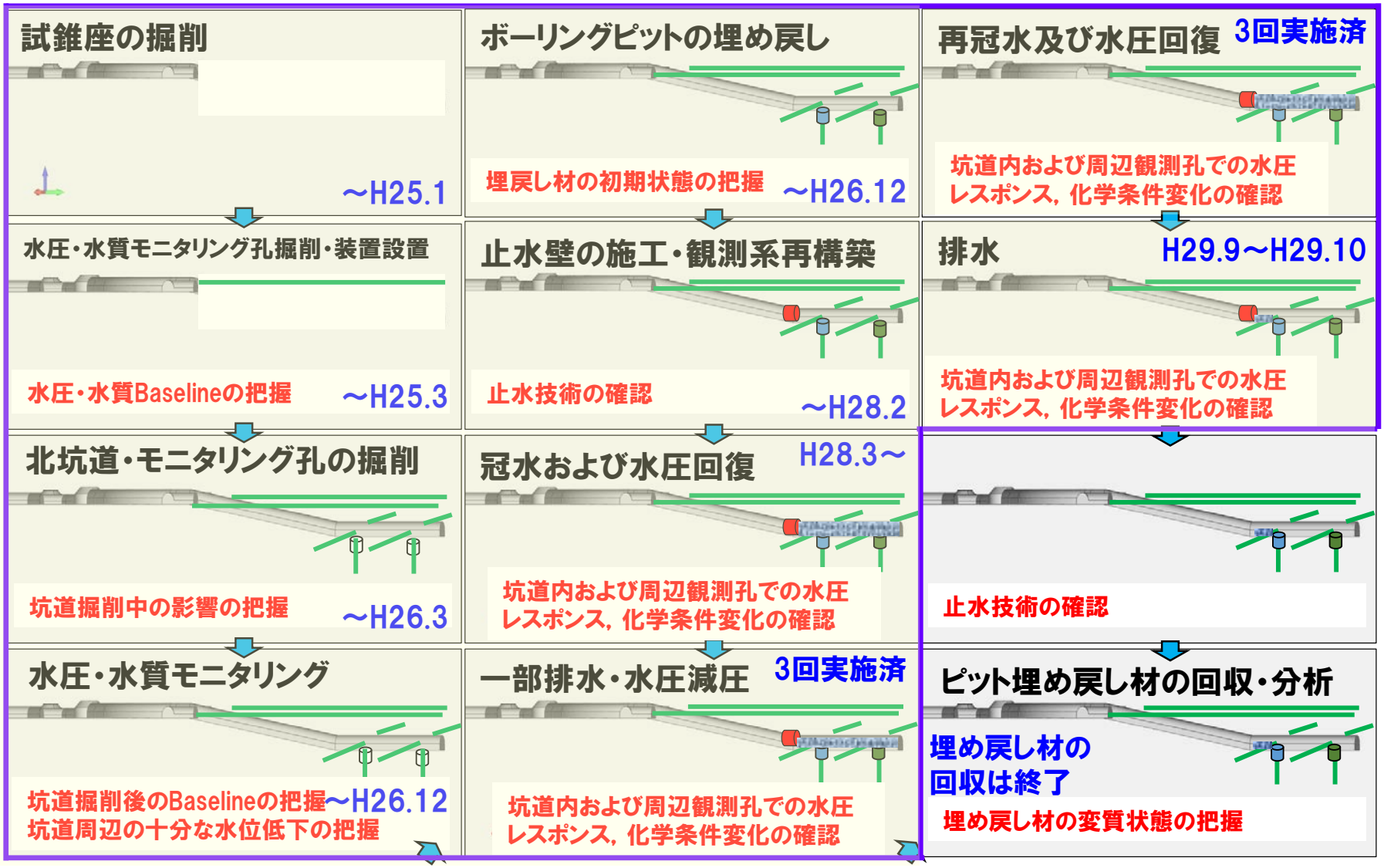
埋戻し材の変質状態の把握



坑道内及び周辺観測孔での水圧レスポンスと化学条件変化の確認

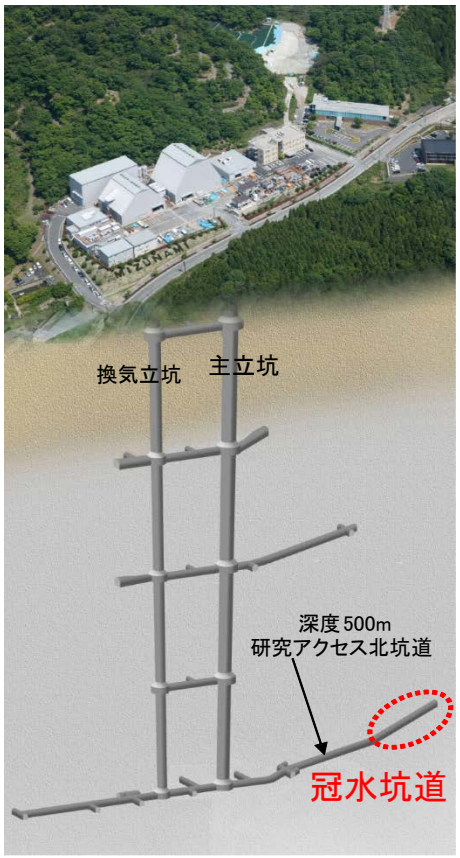
周辺観測孔での水圧レスポンスと化学特性変化の確認

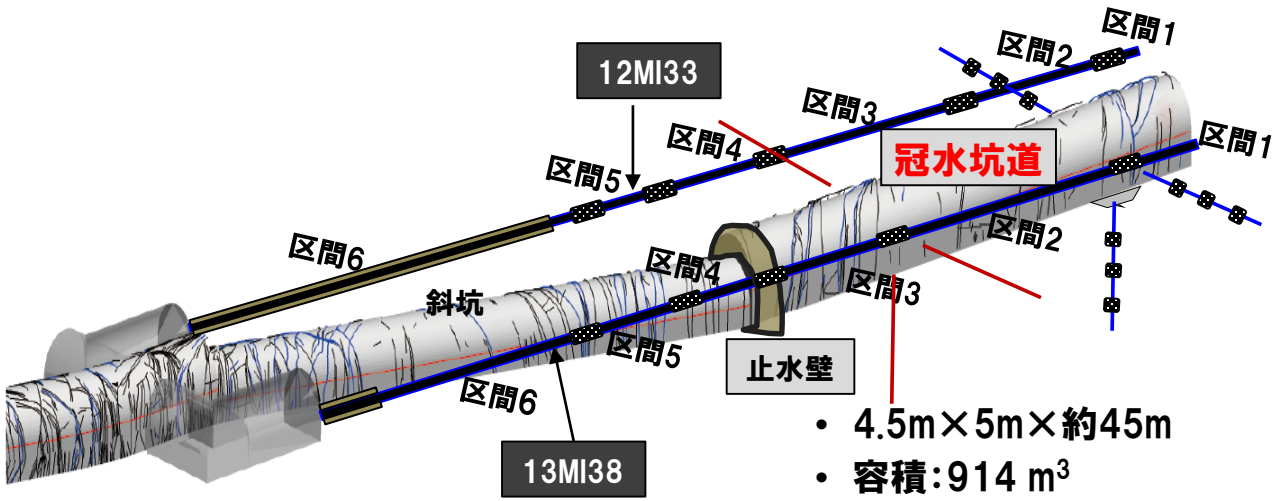
再冠水試験の流れ

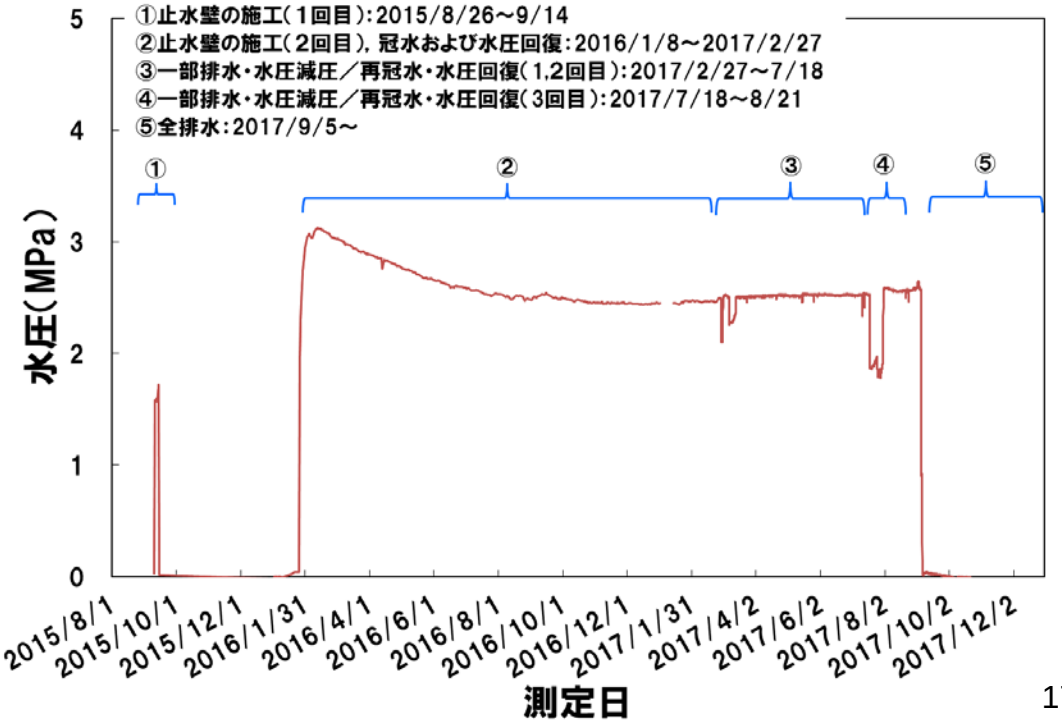


＊黄色網掛けは終了した項目

坑道閉鎖中の試験・観測の内容







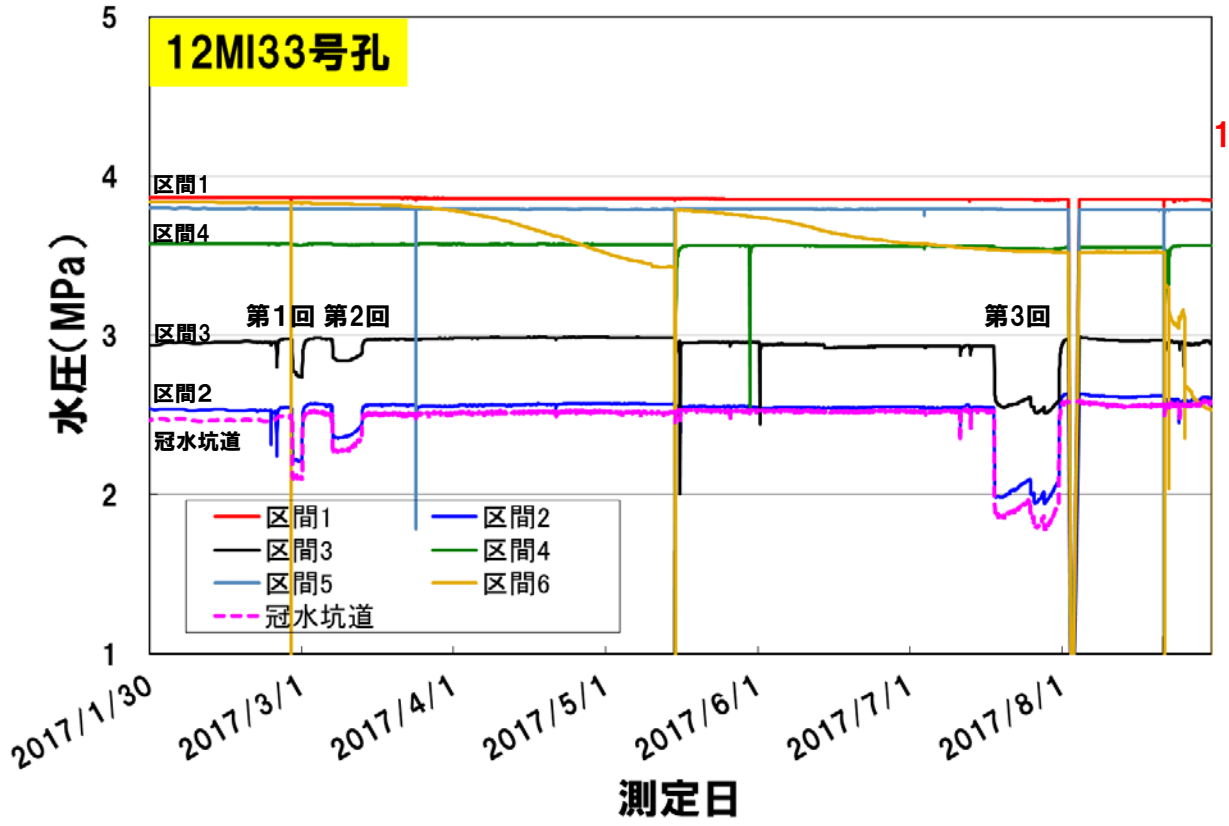
- ✓ 約22か月間にわたり岩盤や地下水の変化や冠水坑道内の物質の移動状態を観察
- ✓ 岩盤の水理特性を確認するために，異なる条件下で，水圧減圧／回復試験を実施

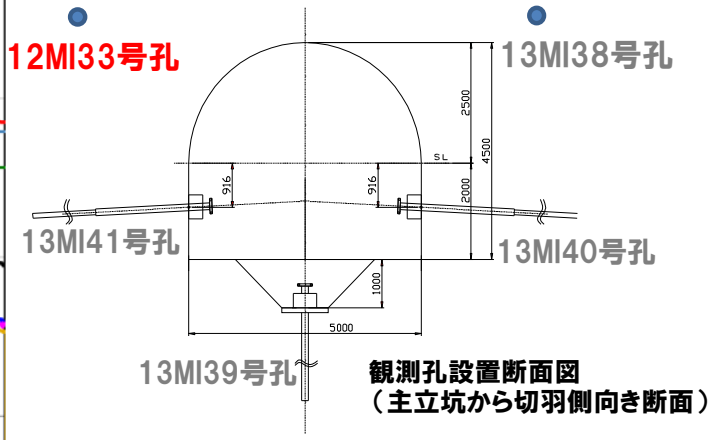
水圧低下と回復の確認

【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。

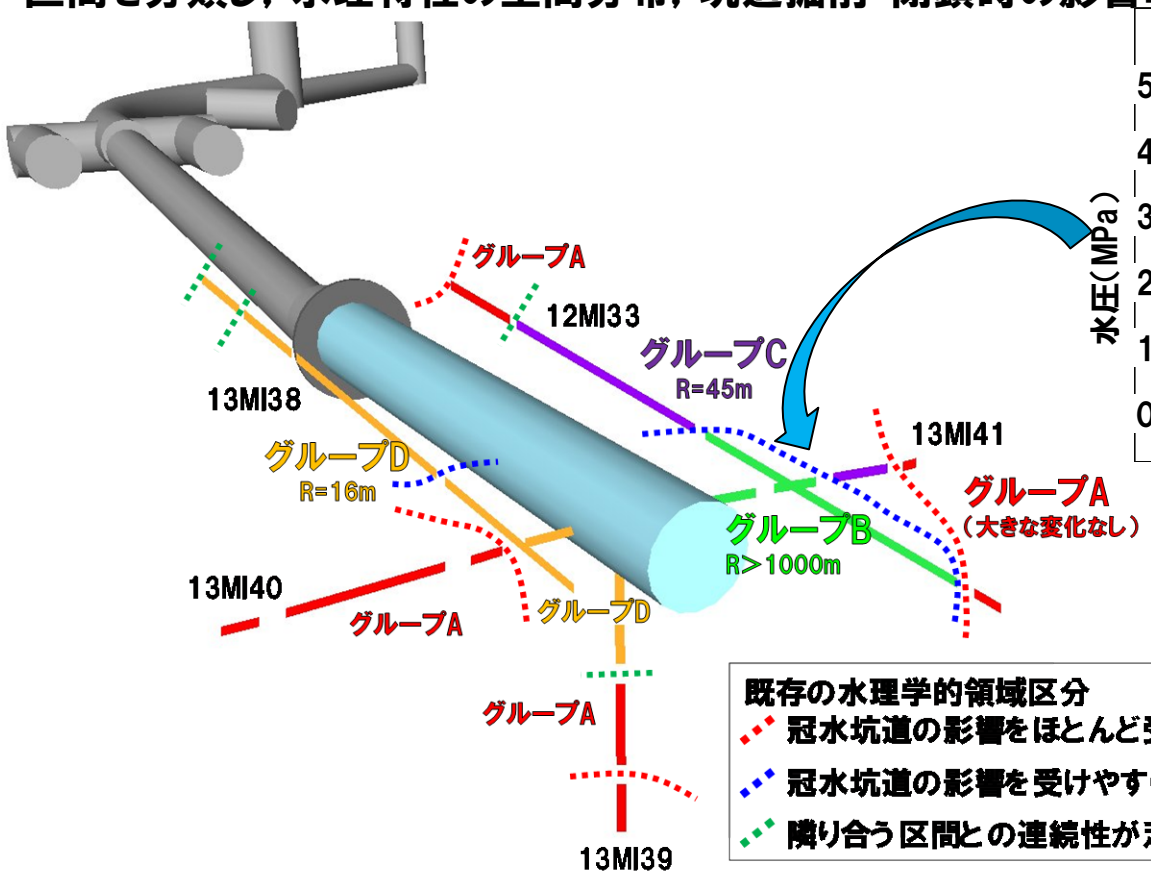
岩盤の水理特性の確認

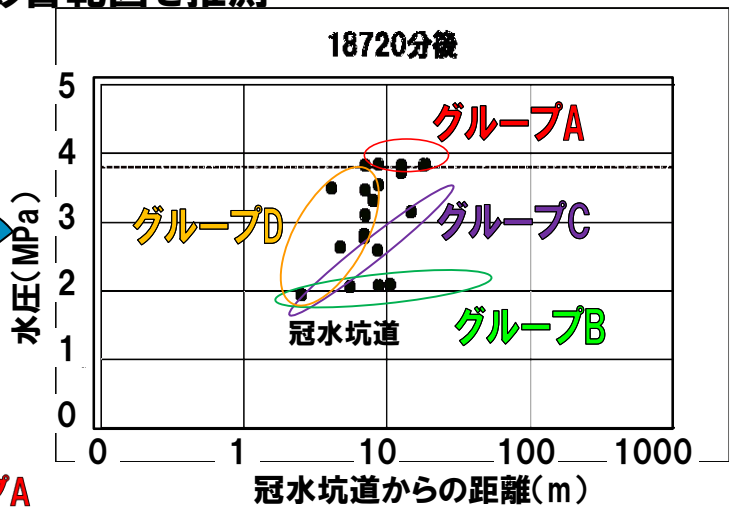
【目的】

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





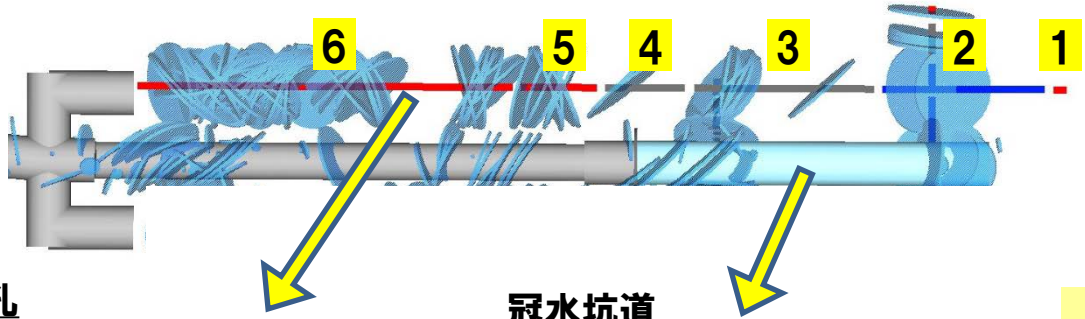
水圧減圧／回復試験に基づく区分（本年度）

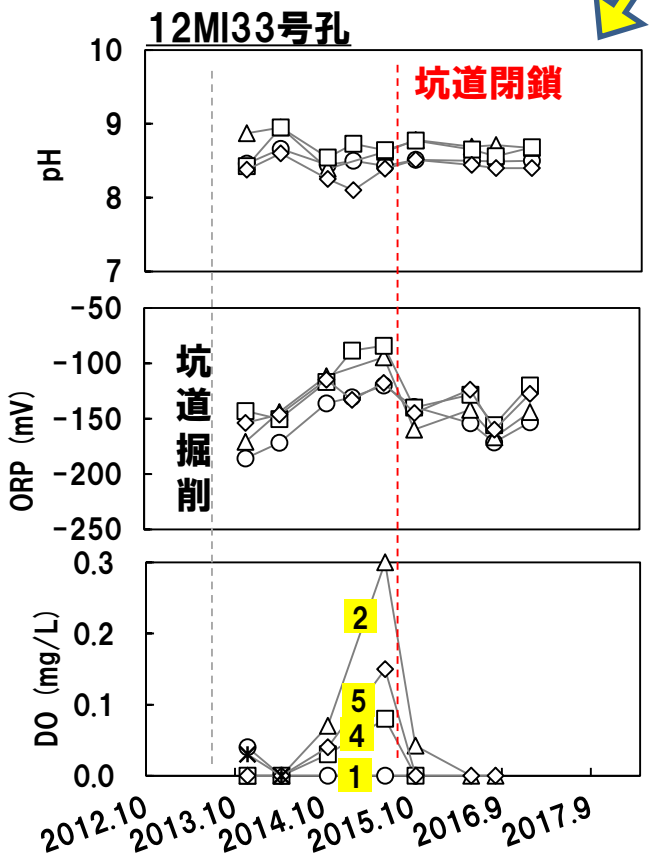
既存の水理学的領域区分
- 冠水坑道の影響をほとんど受けない領域
- 冠水坑道の影響を受けやすい領域
- 隣り合う区間との連続性が乏しい領域

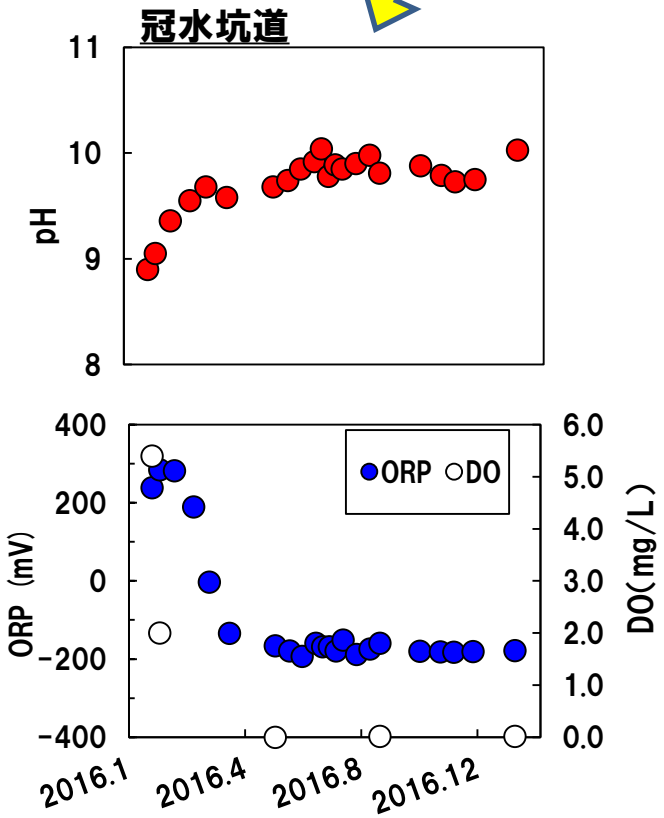
冠水時の水圧変化のデリバティブプロットのみに基づく区分（昨年度）

冠水坑道周辺岩盤の水理学的な不均質性に関する概念を更新

坑道掘削および閉鎖に伴う坑道周囲の水質変化

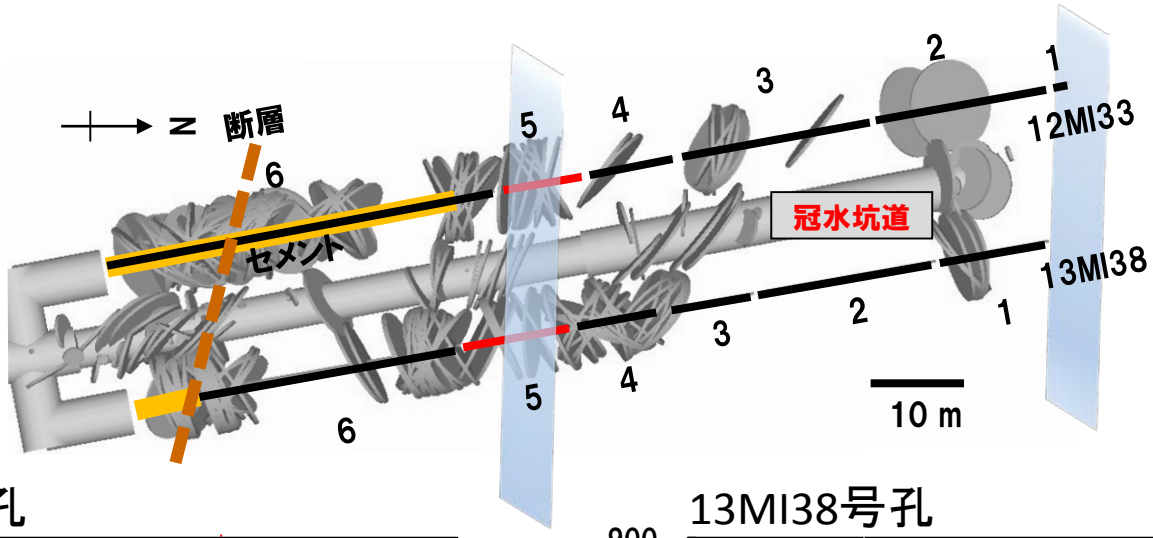




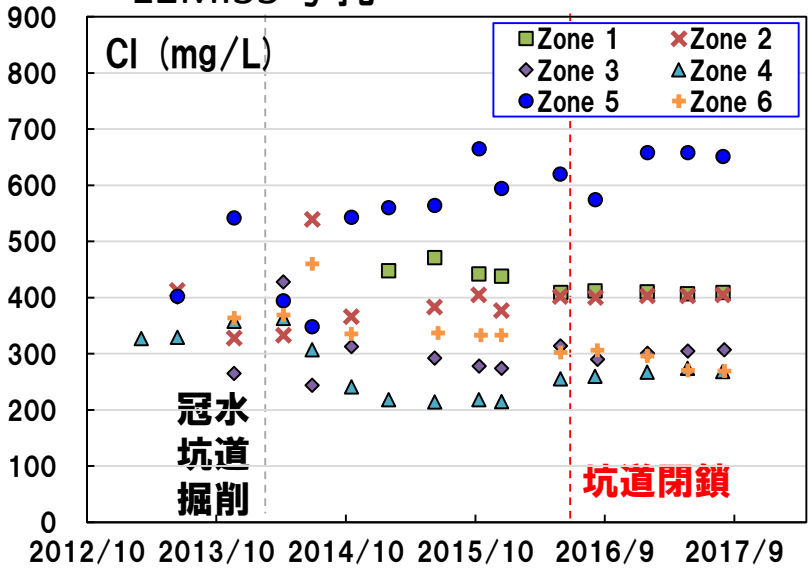


- 坑道掘削後，坑道周囲は徐々に酸化的に変化
- 坑道閉鎖後，坑道開放部も含めて無酸素状態が復元
- 冠水坑道内は，数か月で還元状態が復元，pHはアルカリ性に変化
- 今後，冠水坑道開放後の坑道周辺の酸化過程を再確認する。

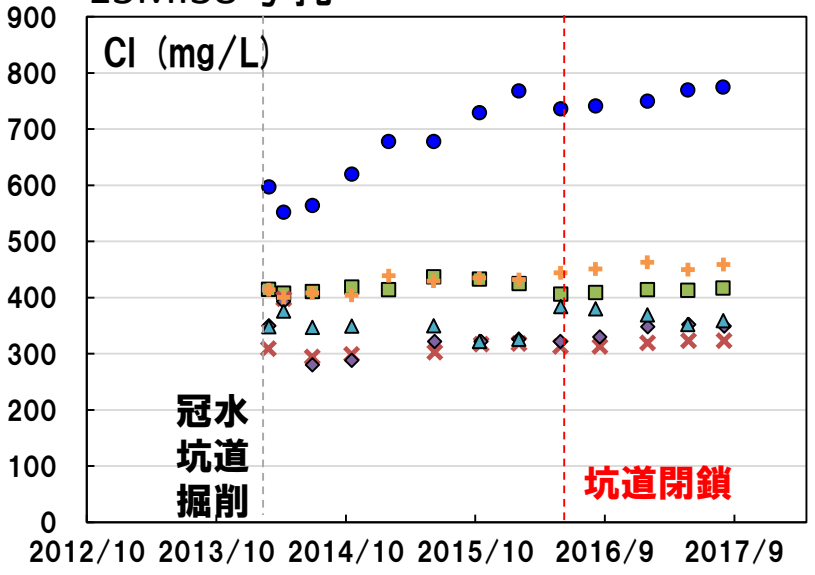
坑道掘削および閉鎖に伴う坑道周囲の水質変化



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

岩盤変位の確認

【目的】

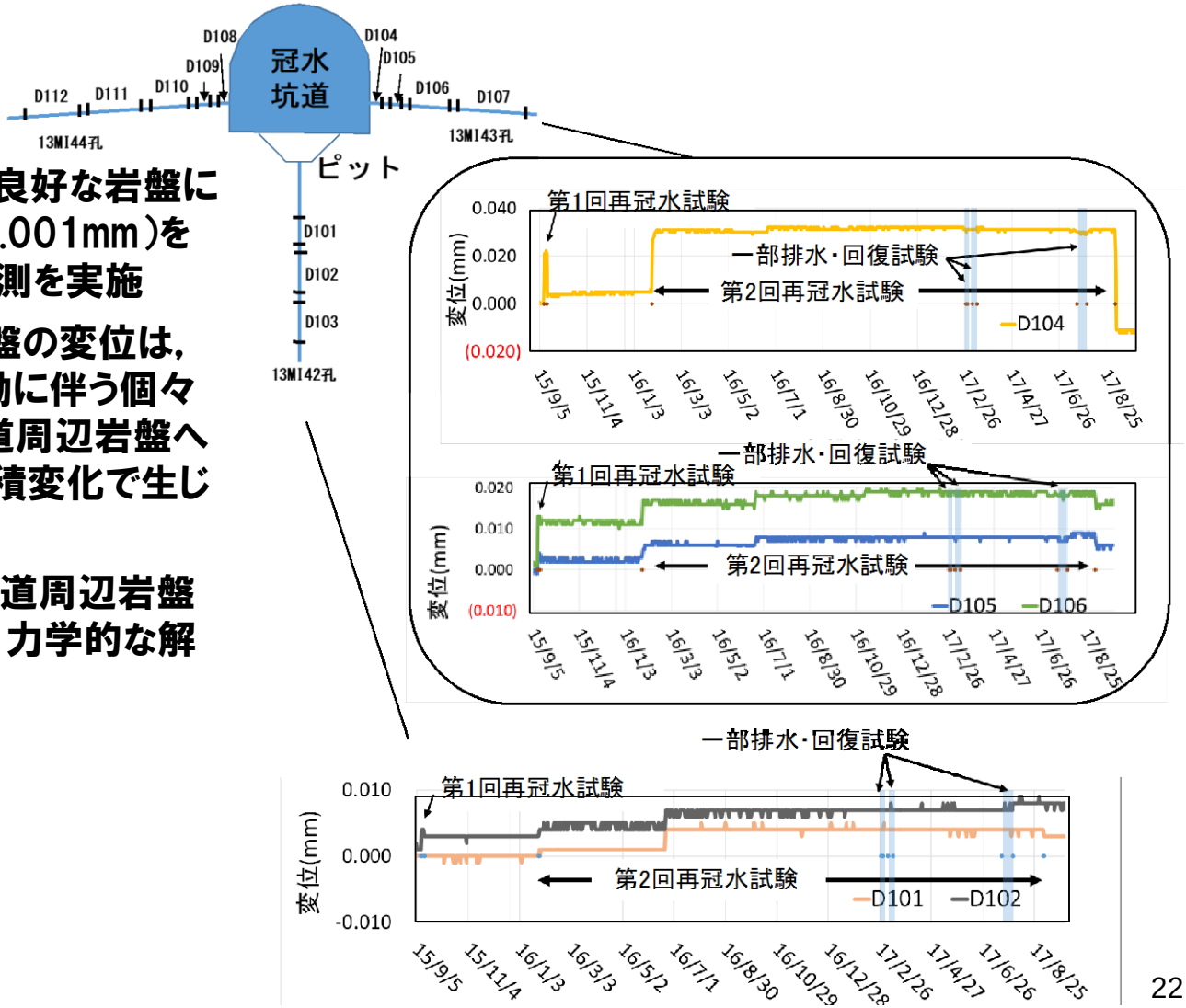
冠水坑道の冠水時・冠水中及び冠水後における周辺岩盤の変形挙動の把握

【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。

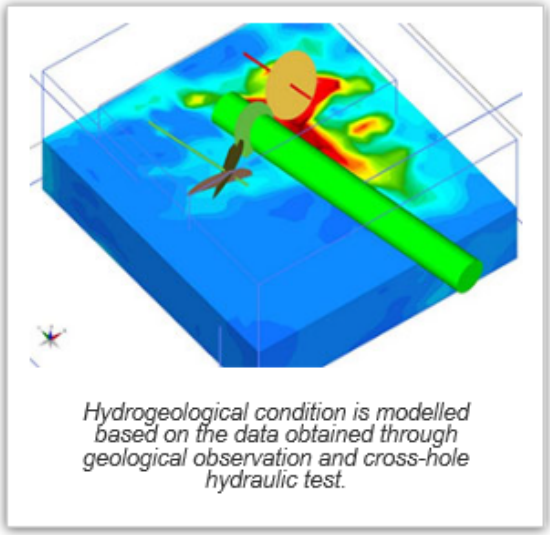
今後のモデル化・解析では，坑道周辺岩盤を等価連続体としてモデル化し，力学的な解析評価を行ったものと比較する。



連成解析に関わる国際共同研究

DECOVALEX 2019

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 »

http://decovalex.org/index.html

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

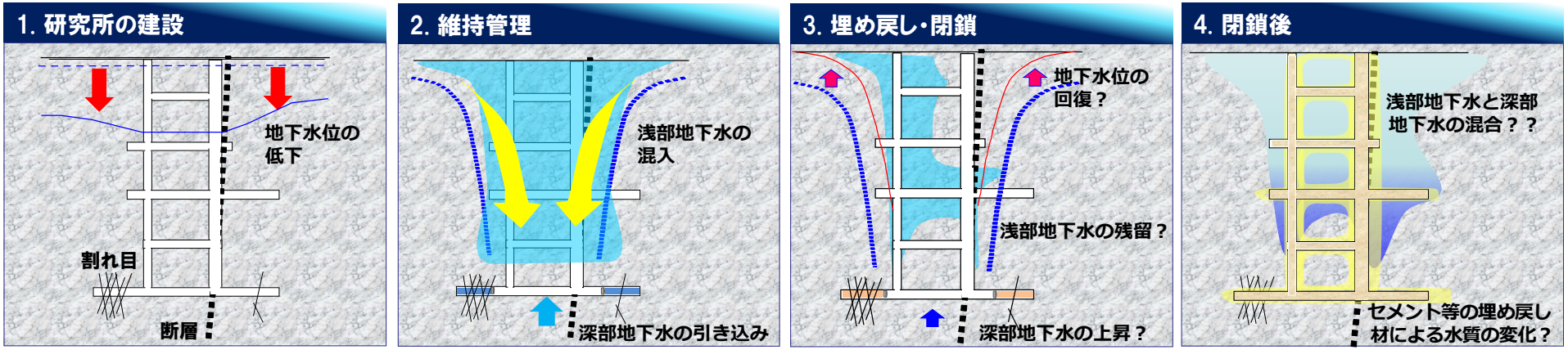
再冠水試験の数値解析を，

- ✓ **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
JAEA	Couplys+FracMan 多孔質媒体近似
Sandia National Laboratories	PFLOTRAN+FracMan 多孔質媒体近似
SÚRAO SPRÁVA ÚLOŽIŠŤ RADIOAKTIVNÍCH ODPADŮ TECHNICAL UNIVERSITY OF LIBEREC Faculty of Mechatronics, Informatics and Interdisciplinary Studies	Flow123d 亀裂埋め込みモデル

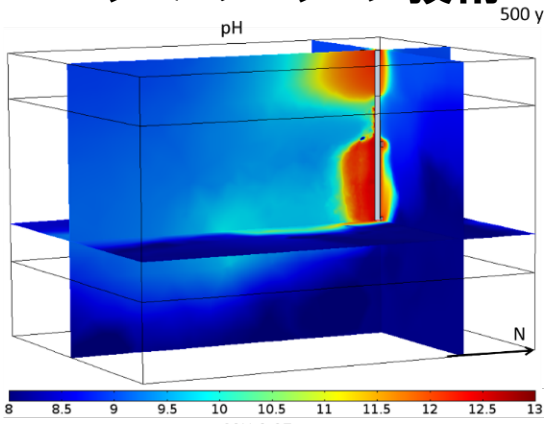
長期モニタリング技術の開発



モニタリング技術

▪

シミュレーション技術

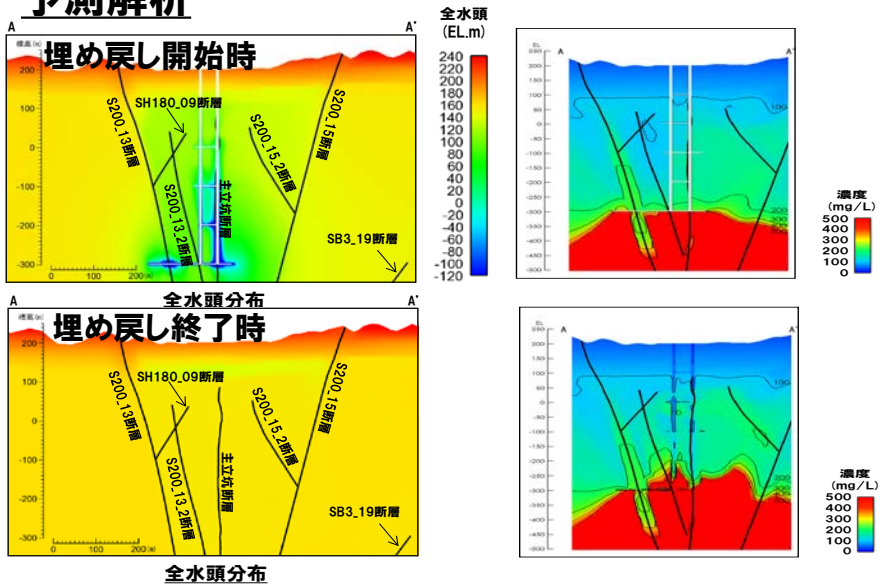


➢研究の背景

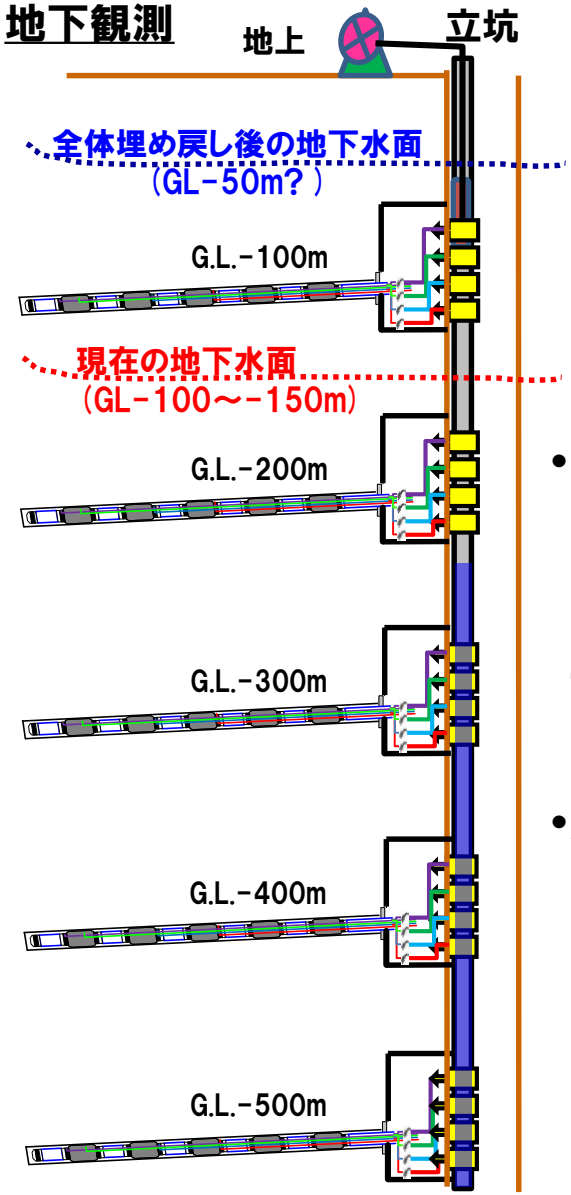
- ✓ 処分事業においては，安全性の評価に必要な各パラメータの条件設定のために，施設閉鎖後に形成される環境条件を把握・推定することが必要
- ✓ 施設スケールでの長期的な環境条件の変遷の予測解析に関わる基礎データの取得のため，施設埋め戻し後を念頭においたモニタリング環境の整備を行う。

長期モニタリング技術の開発

予測解析

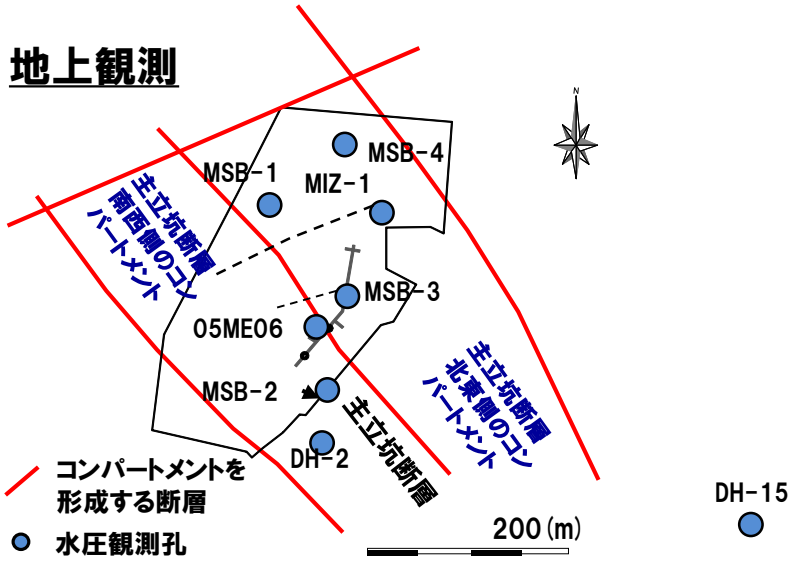


地下観測



- 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

研究成果（論文6本・学会発表21件）⇨ホームページでのトピックス紹介⇨プレス発表（2件）

【本件リリース先】
平成 29 年 7 月 7 日（金）
（資料配付）
文部科学記者会、科学記者会、
原子力規制庁記者会（仮称）、
経済産業記者会、
岐阜県政記者クラブ、多治見市政記者クラブ

平成 29 年 7 月 7 日
国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

坑道閉鎖環境において物質の移動を抑制する現象を解明

【発表のポイント】
- 瑞浪超深地層研究所では、深度 500m の研究坑道の一部（冠水坑道）を閉鎖し、水圧回復と減圧を繰り返す世界初の再冠水試験を平成 28 年 1 月に開始し、地下水の水質変化などを観測している。冠水坑道の閉鎖・水没後、約1年間の水質データを解析評価した。
- その結果、高レベル放射性廃棄物に含まれる放射性元素と化学的な性質が似ている天然の元素（希土類元素）の冠水坑道内における濃度が、本来の地下水中の濃度に比べて明らかに低下していることを発見し、そのメカニズムを明らかにした。
- 本研究成果は、坑道閉鎖後の物質の閉じ込め能力を実際の坑道を用いて示した世界初の事例であり、地層処分の安全性を評価するうえで重要な知見の一つと考えられる。

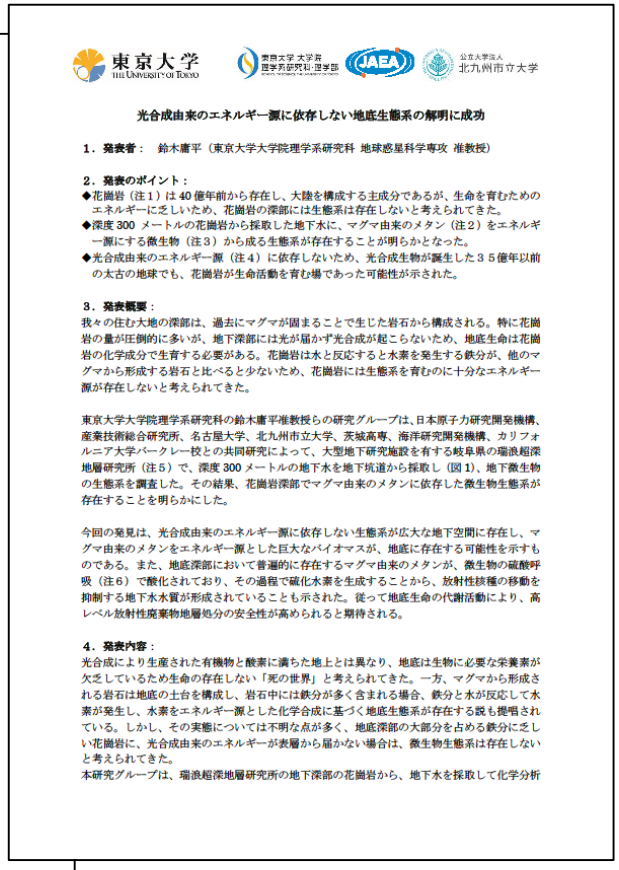
国立研究開発法人日本原子力研究開発機構（理事長 児玉敏雄）東濃地科学センター結晶質岩地質環境研究グループの岩月輝希主任研究員らの研究チームは、坑道の閉鎖に伴う地質環境の回復現象に関する研究の一環として、岐阜県瑞浪市にある瑞浪超深地層研究所の深度 500m の研究坑道の一部（冠水坑道：幅 5m、高さ 4.5m、長さ約 45m：総容量約 900m³）を閉鎖し、地下水の水圧回復と減圧を繰り返す世界初の再冠水試験を行っています。この試験は平成 28 年 1 月に開始しており、このほど、試験開始から約 1 年間にわたる水質データの解析評価を行いました。特に、高レベル放射性廃棄物に含まれる放射性元素と化学的な性質が似ている地下水中の天然の希土類元素（レアアース）の挙動を観察しました。

その結果、希土類元素は、地下水に溶けた状態と 0.1 μm～数百 μm の微細な粒子に付着した状態で存在していること及び閉鎖・水没した冠水坑道内の地下水中の希土類元素の濃度は時間とともに低下していることが明らかになりました。この希土類元素の濃度低下は、地下水中に溶けている希土類元素が坑道壁面の吹付コンクリートに沈着したり、微細粒子に付着した希土類元素が粒子同士で凝集して沈殿することによって、その分が地下水から取り除かれるために起きることが判りました。このことは、坑道を閉鎖した場合、坑道内では希土類元素が移動しにくい環境が形成されることを示しています。以上の科学的知見は、実際の地下深部の坑道閉鎖環境で長期にわたって観測を行うことで得られた世界初の成果であり、高レベル放射性廃棄物の地層処分の安全性にとって重要な、坑道閉鎖後の物質の閉じ込め能力を示すものです。なお、本研究成果は、日本の地下の研究施設で得られた重要な研究成果として、国際論文誌「*Applied Geochemistry*、2017、82 巻」に掲載されました。

坑道閉鎖後、希土類元素を含む微細粒子が時間とともに凝集・沈殿して減少していく様子

【本件に関する問い合わせ先】
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
（研究内容について）
結晶質岩地質環境研究グループリーダー 岩月輝希
TEL:0572-66-2244 FAX:0572-66-2245
（報道対応について）
総務・共生課長 飯島克彦
TEL:0572-66-2244 FAX:0572-68-7717

1



東京大学 THE UNIVERSITY OF TOKYO　JAEA　北九州市立大学

光合成由来のエネルギー源に依存しない地底生態系の解明に成功

1．発表者： 鈴木庸平（東京大学大学院理学系研究科 地球惑星科学専攻 准教授）

2．発表のポイント：
◆花崗岩（注1）は 40 億年前から存在し、大陸を構成する主成分であるが、生命を育むためのエネルギーに乏しいため、花崗岩の深部には生態系は存在しないと考えられてきた。
◆深度 300 メートルの花崗岩から採取した地下水に、マグマ由来のメタン（注2）をエネルギー源にする微生物（注3）から成る生態系が存在することが明らかとなった。
◆光合成由来のエネルギー源（注4）に依存しないため、光合成生物が誕生した３５億年以前の太古の地球でも、花崗岩が生命活動を育む場であった可能性が示された。

3．発表概要：
我々の住む大地の深部は、過去にマグマが固まることで生じた岩石から構成される。特に花崗岩の量が圧倒的に多いが、地下深部には光が届かず光合成が起こらないため、地底生命は花崗岩の化学成分で生育する必要がある。花崗岩は水と反応すると水素を発生する鉄分が、他のマグマから形成する岩石と比べると少ないため、花崗岩には生態系を育むのに十分なエネルギー源が存在しないと考えられてきた。

東京大学大学院理学系研究科の鈴木庸平准教授らの研究グループは、日本原子力研究開発機構、産業技術総合研究所、名古屋大学、北九州市立大学、茨城高専、海洋研究開発機構、カリフォルニア大学バークレー校との共同研究によって、大型地下研究施設を有する岐阜県の瑞浪超深地層研究所（注5）で、深度 300 メートルの地下水を地下坑道から採取し（図1）、地下微生物の生態系を調査した。その結果、花崗岩深部でマグマ由来のメタンに依存した微生物生態系が存在することを明らかにした。

今回の発見は、光合成由来のエネルギー源に依存しない生態系が広大な地下空間に存在し、マグマ由来のメタンをエネルギー源とした巨大なバイオマスが、地底に存在する可能性を示すものである。また、地底深部において普遍的に存在するマグマ由来のメタンが、微生物の硫酸呼吸（注6）で酸化されており、その過程で硫化水素を生成することから、放射性核種の移動を抑制する地下水水質が形成されていることも示された。従って地底生命の代謝活動により、高レベル放射性廃棄物地層処分の安全性が高められると期待される。

4．発表内容：
光合成により生産された有機物と酸素に満ちた地上とは異なり、地底は生物に必要な栄養素が欠乏しているため生命の存在しない「死の世界」と考えられてきた。一方、マグマから形成される岩石は地底の土台を構成し、岩石中には鉄分が多く含まれる場合、鉄分と水が反応して水素が発生し、水素をエネルギー源とした化学合成に基づく地底生態系が存在する説も提唱されている。しかし、その実態については不明な点が多く、地底深部の大部分を占める鉄分に乏しい花崗岩に、光合成由来のエネルギーが表層から届かない場合は、微生物生態系は存在しないと考えられてきた。
本研究グループは、瑞浪超深地層研究所の地下深部の花崗岩から、地下水を採取して化学分析

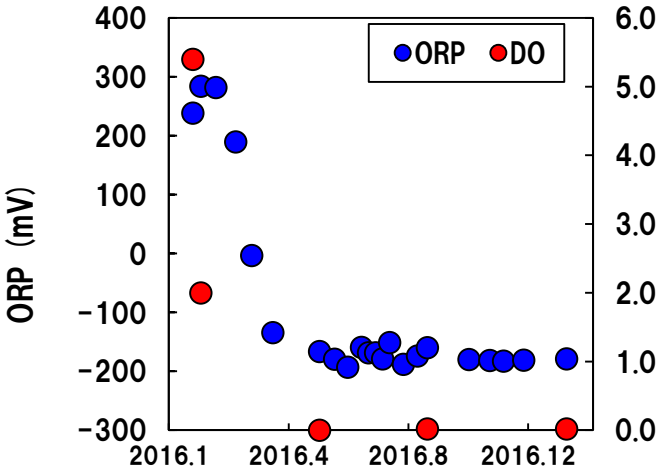
プレゼンス向上のための取り組み

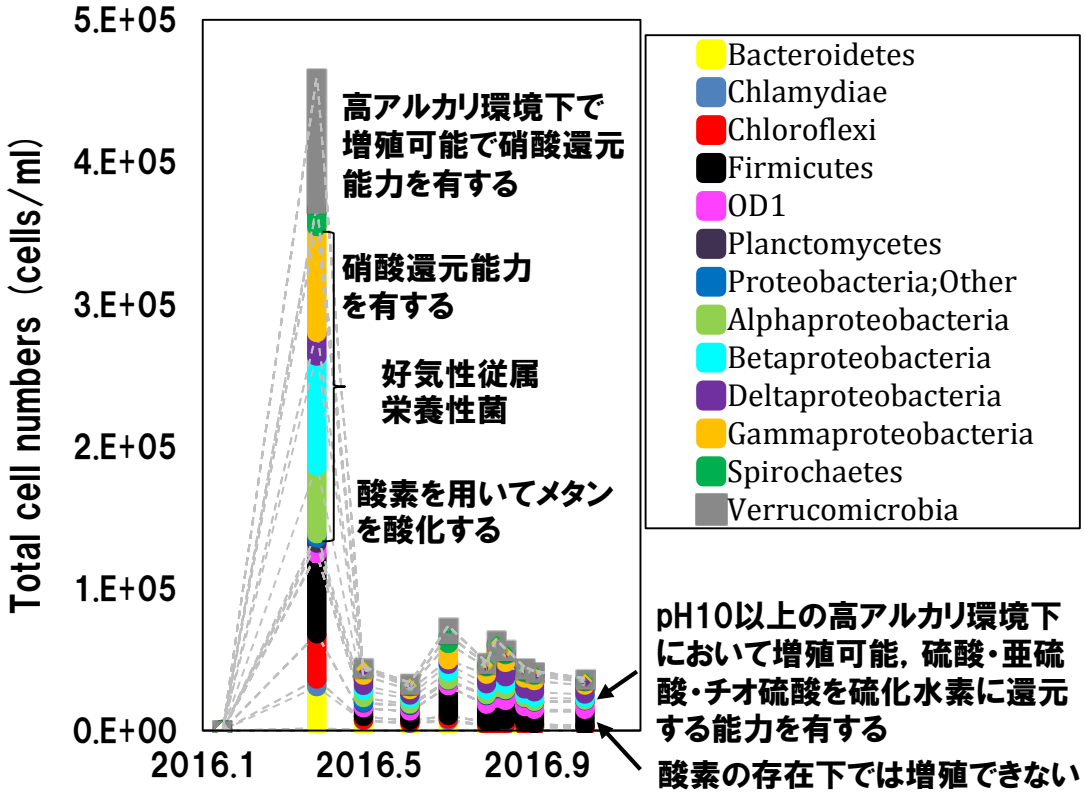
- 小中学生を対象としたサイエンス体験イベント
- 地元の一般の方を対象としたサイエンスカフェ
- 学会（地盤工学会）主催による講習会　など

ご清聴ありがとうございました
排水後の冠水坑道内部

参考資料

酸化還元状態の回復に関わるプロセス





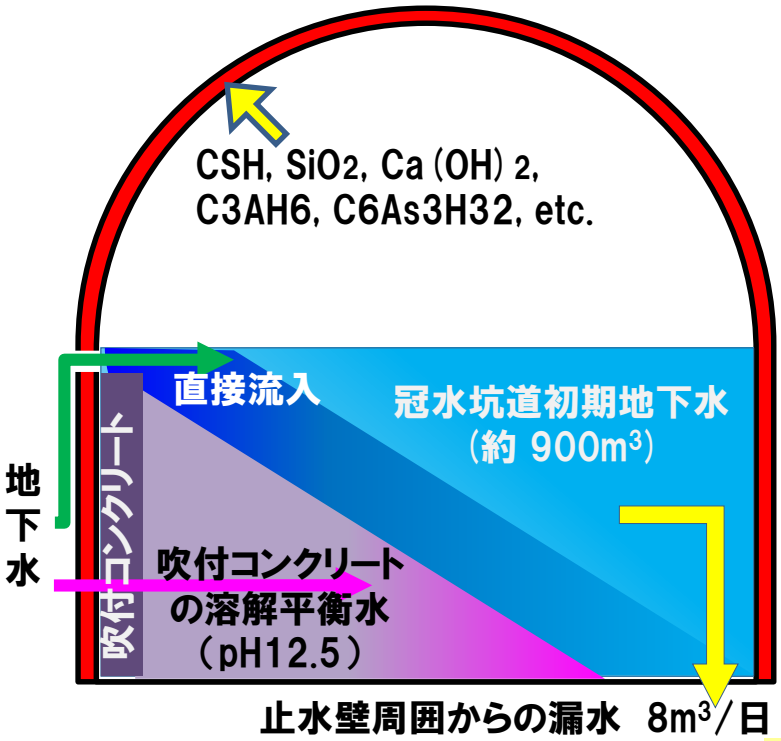
微生物による還元作用に特徴的なNO_3，NO_2，SO_4濃度が順次減少
微生物は，時間とともに好気性菌主体から嫌気性菌主体の生態系へ変化

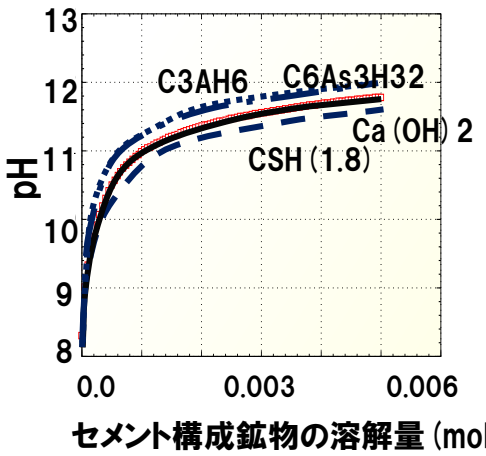
↓

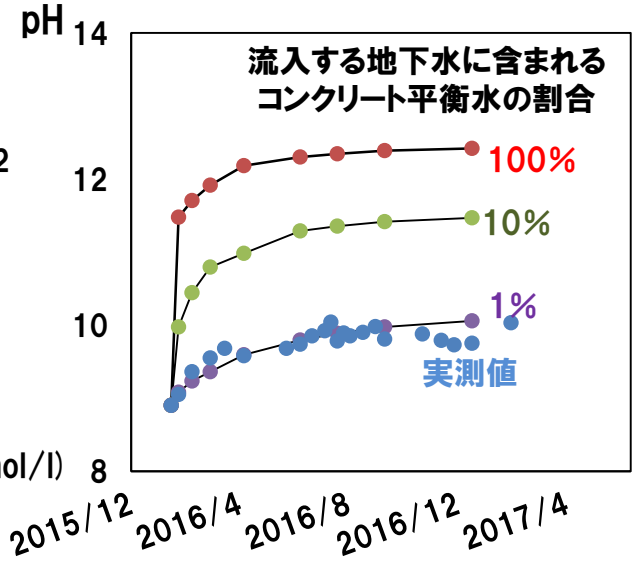
地下水は，坑道閉鎖前に坑道床面に生成した有機物（バイオフィルム）を還元剤として微生物的に還元された可能性がある。

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ダイト量を推定（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。