

超深地層研究所計画(瑞浪)に関する 第4期中長期計画と 令和4年度の計画及び進捗

令和4年12月20日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

核燃料・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

報告内容

- 1. 超深地層研究所計画(瑞浪)の概要**
 - 経緯、施設概要、組織
- 2. これまでの研究開発の概要**
 - 第1期・第2期中期目標期間の概要
 - 必須の課題
 - 第3期中長期計画の成果と評価
- 3. 第4期中長期目標期間における取組み**
 - 第4期中長期目標期間における作業計画
 - 令和4年度の計画と現状

東濃地科学センターの概要

東濃地科学センターは、地層処分技術の信頼性向上のための研究開発として深地層の科学的研究（地層科学研究）を実施しています

◆ 開 所:昭和40年(1965年)9月

東濃地科学センター

保安・施設管理課

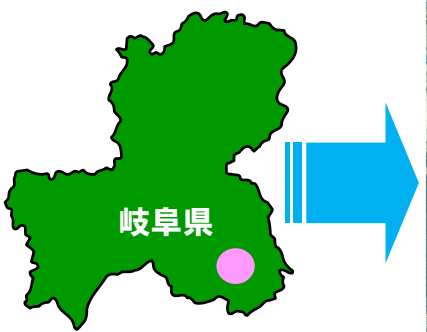
総務・共生課

地層科学研究部

計画管理Gr

ネオテクニクス研究Gr

年代測定技術開発Gr



TGR 土岐地球年代学研究所



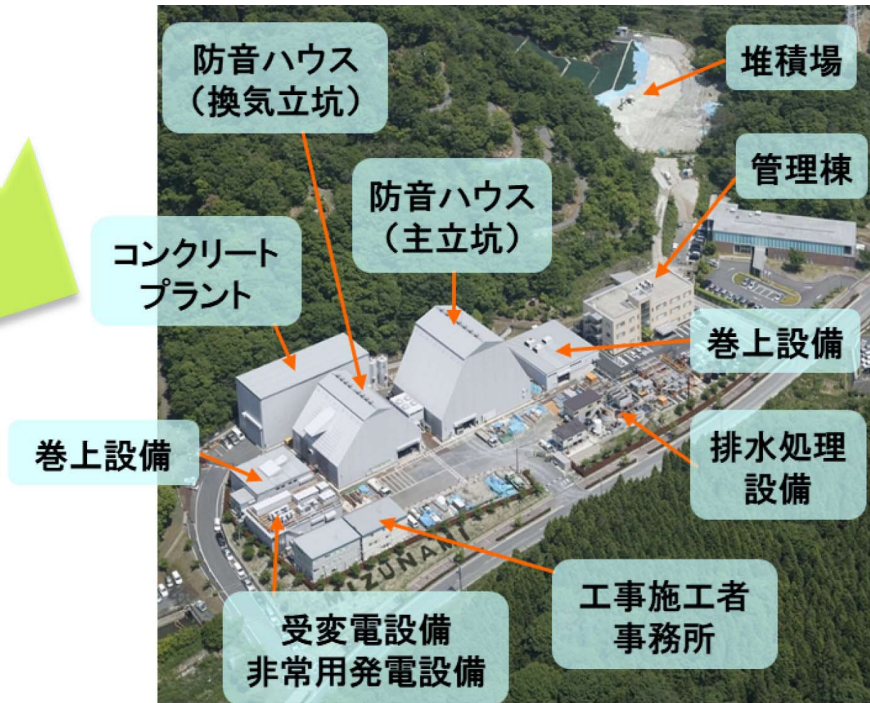
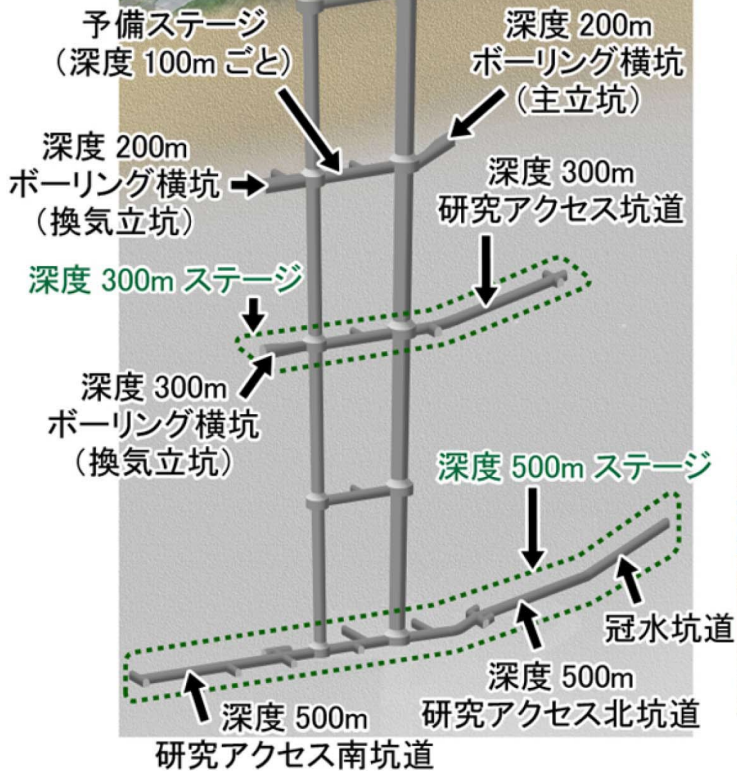
瑞浪用地



超深地層研究所計画の経緯

- 1995年8月 超深地層研究所計画の公表
- 1995年12月 **地層科学研究に係る協定**締結
- 1996年4月 正馬様用地において、超深地層研究所計画の開始
- 2002年1月 瑞浪市と**土地賃貸借契約及び協定**を締結
- 2002年4月 瑞浪超深地層研究所の開所
(市有地における第1段階の調査研究開始)
- 2002年7月 用地造成工事着工
- 2003年7月 立坑掘削工事着工
- 2005年11月 岐阜県及び瑞浪市と**環境保全協定**を締結
- 2014年9月 機構改革計画に基づく「**地層処分技術に関する研究開発報告書**」
—今後の研究課題について—の公表
- 2020年1月 令和2年度以降の超深地層研究所計画を公表
- 2020年2月 坑道埋め戻しに着手
- 2022年1月 **坑道埋め戻し及び地上施設の撤去完了**

瑞浪超深地層研究所の施設構成



【深度500m研究アクセス南坑道】



【深度500m研究アクセス北坑道】

報告内容

1. 超深地層研究所計画(瑞浪)の概要

- 経緯、施設概要、組織

2. これまでの研究開発の概要

- 第1期・第2期中期目標期間の概要
- 必須の課題
- 第3期中長期計画の成果と評価

3. 第4期中長期目標期間における取組み

- 第4期中長期目標期間における作業計画
- 令和4年度の計画と現状

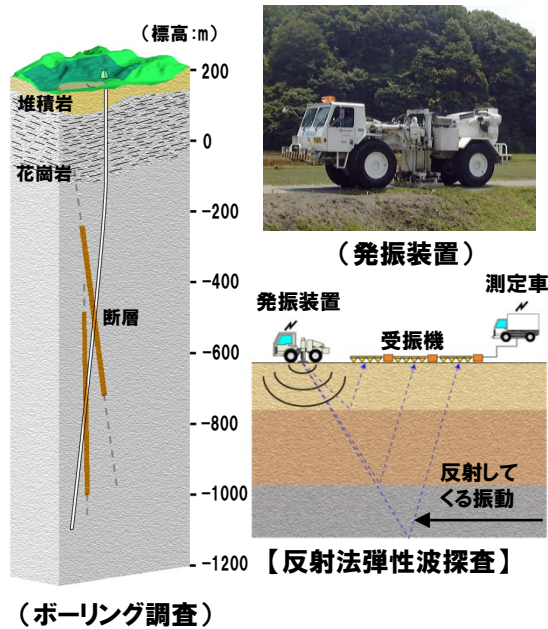
これまでの研究開発の概要

【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



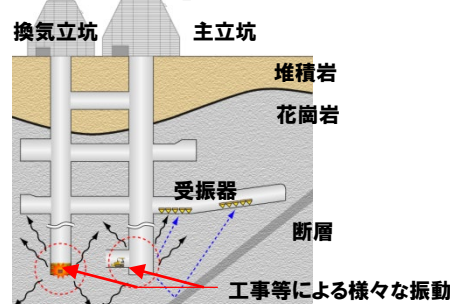
- 地表からの調査研究による地質環境モデルの構築
- 坑道建設前の深部地質環境の状態の把握

【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】

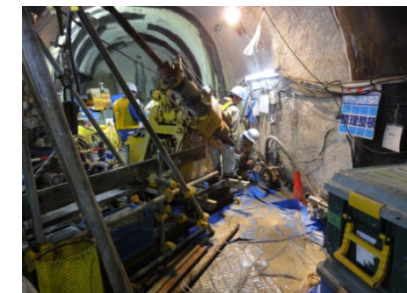
- 坑道掘削に伴う調査研究による地質環境モデルの構築
- 坑道の施工・維持・管理に関わる工学技術の有効性の確認

【第3段階:H22-R1】

研究坑道を利用した研究段階



【再冠水試験】

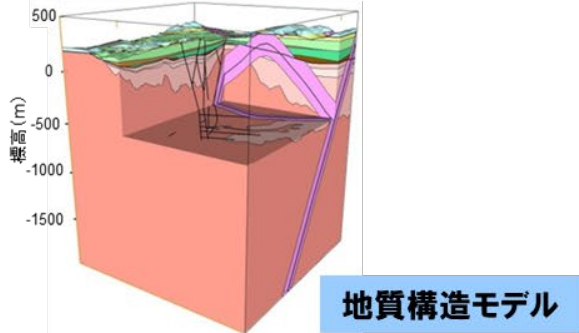
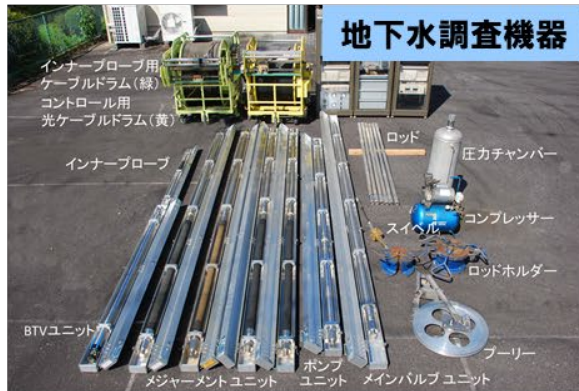


【岩盤中の物質の移動に関する調査研究】

- 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

第1段階・第2段階で得られた主な成果

地質環境の調査・モデル化 手法の開発



- ◆ 地上から地下深部の地質環境特性を把握するための調査技術及び解析技術を整備

坑道掘削に伴う地質環境の 変化に関する調査・解析 技術の開発



- ◆ 坑道掘削に伴う地下水の水圧・水質、岩盤の変位等を捉えるための観測技術及び予測解析技術を整備
- ◆ 坑道掘削工事に伴う地質環境の変化に関する知見を蓄積

地下深部に安全に坑道を 掘削する技術の確立



- ◆ 深度500mにおける高い水圧環境の中で安全に坑道を建設・維持する技術及び坑内湧水を抑制する技術などを実証

深地層の研究施設計画の「残された必須の課題」

第2期中期計画終了時(第3段階の途中)に研究計画の見直しを実施

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(中長期計画)(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)

(以下、令和2年4月1日に変更認可された計画で追記)

令和2年度以降においては、坑道埋め戻しなどのその後の進め方について定めた「令和2年度以降の超深地層研究所計画」に基づき、土地賃貸借期間の終了までに坑道の埋め戻し及び地上施設の撤去を行う。また、埋め戻し期間中は、埋め戻しに伴う地下水の回復状況を確認するために、実証研究を兼ねてモニタリングシステムの有効性を確認する。

第3期中長期目標期間の調査研究(必須の課題)

①地下坑道における工学的対策技術の開発

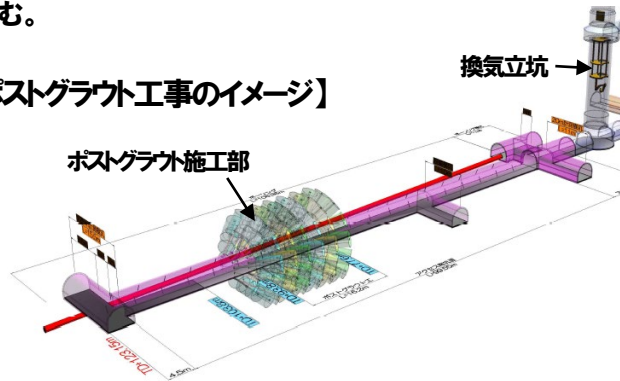
- ◆大規模湧水に対するウォータータイトグラウト技術
- ◆地下水管理技術

【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】



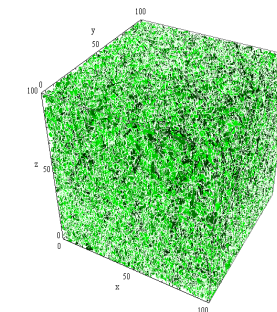
②物質移動モデル化技術の開発

- ◆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

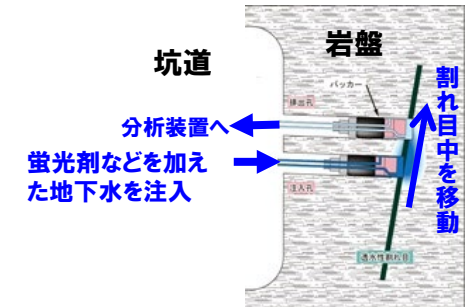
【概要】

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】



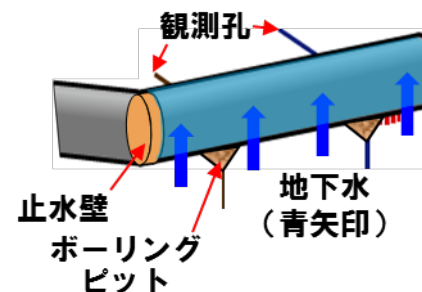
【研究坑道内での物質移動試験の例】

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】

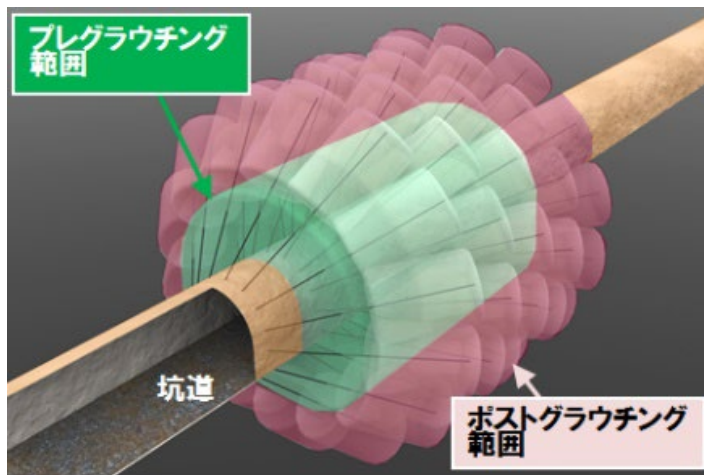
必須の課題①地下坑道における工学的対策技術の開発

ウォータータイトグラウト施工技術の実証

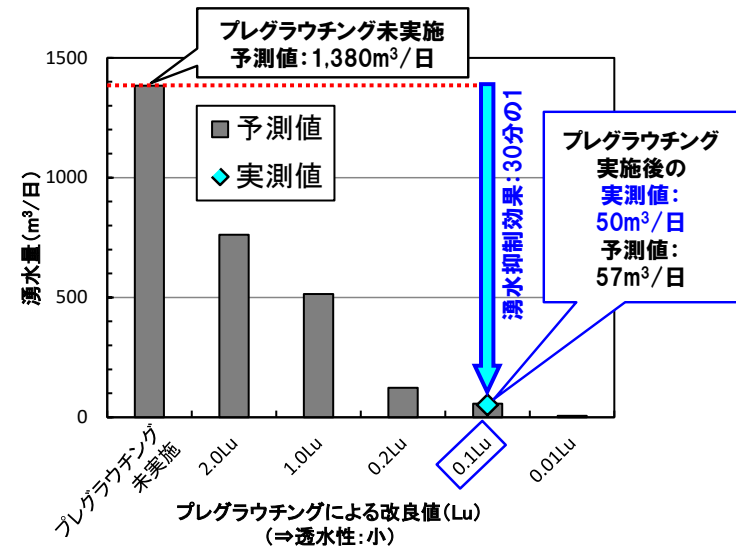
- ✓ グラウチング後の湧水抑制目標を達成するために必要な岩盤の透水性低下割合や注入範囲を設定するために、グラウチング効果を考慮できる理論式を考案し適用。
- ✓ 高水圧下においても湧水を抑制できるグラウチング技術を開発。
- ✓ 深度500mにおいては坑道掘削後にポストグラウチングを追加実施することにより、さらなる湧水抑制を実現。

➤ 地層処分場の維持コストの低減や人工バリアの施工精度の向上に寄与

- プレグラウチングとポストグラウチングの併用により、グラウチングを実施しない場合に対して約100分の1まで低減。
- 高水圧下での一般建設工事への適用を期待。



プレグラウチングとポストグラウチングの概念図



プレグラウチングの効果の評価結果

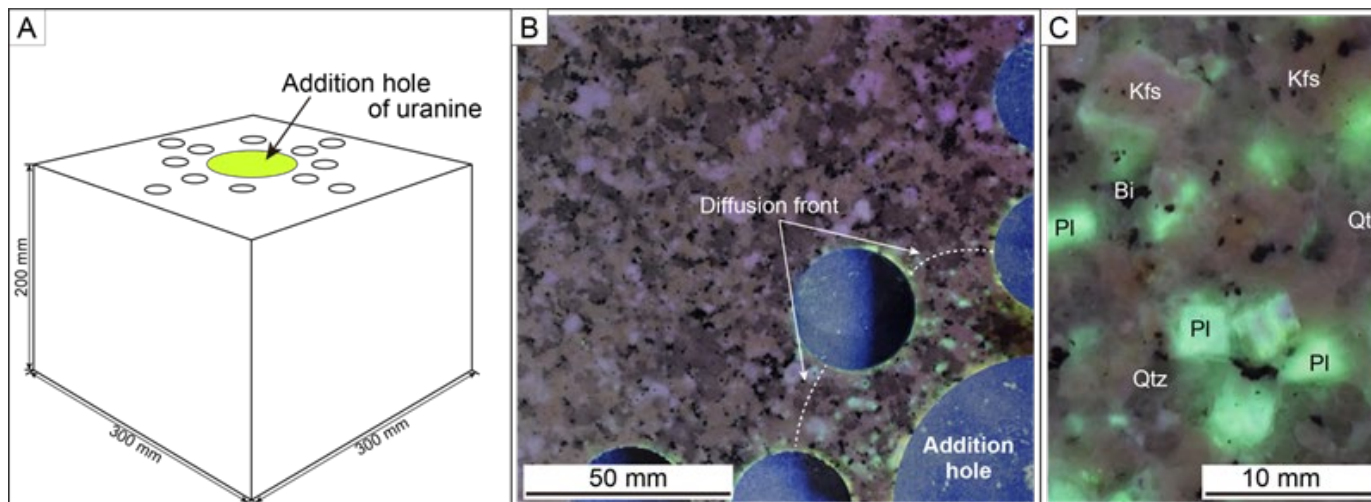
必須の課題②物質移動モデル化技術の開発

花崗岩中での物質移動現象の理解

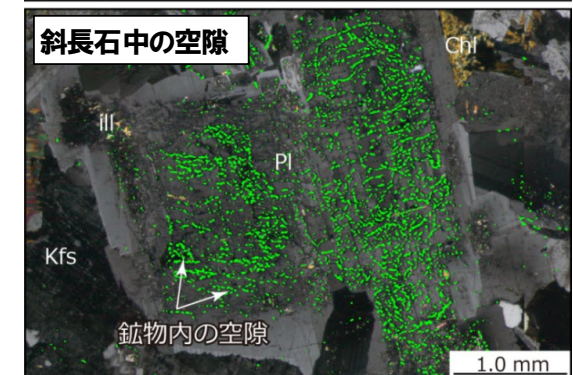
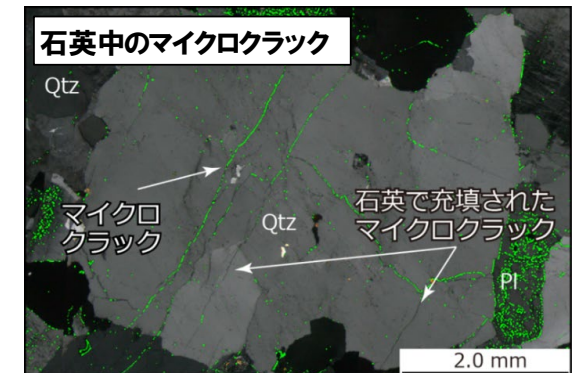
✓ 単孔式および孔間の物質移動試験、透水性割れ目およびその周辺の岩石の室内物質移動試験を実施し、物質移動に関するパラメータを取得。

➤ 花崗岩中の物質移動特性を提示

- 原位置トレーサー試験および評価技術を整備。
- 花崗岩中の微小空隙を把握する手法を整備し、**健岩部における物質移動プロセスを明示。**



Qtz: 石英, PI: 斜長石,
Kfs: カリ長石, Bi: 黒雲母



ブロック試験の概念図および写真

(A: 拡散試験に用いた岩石ブロック試料の概念図。

B, C: 紫外線光源下で撮影した拡散試験後の岩石ブロック試料)

土枝花崗岩中の微小空隙(緑色の領域)

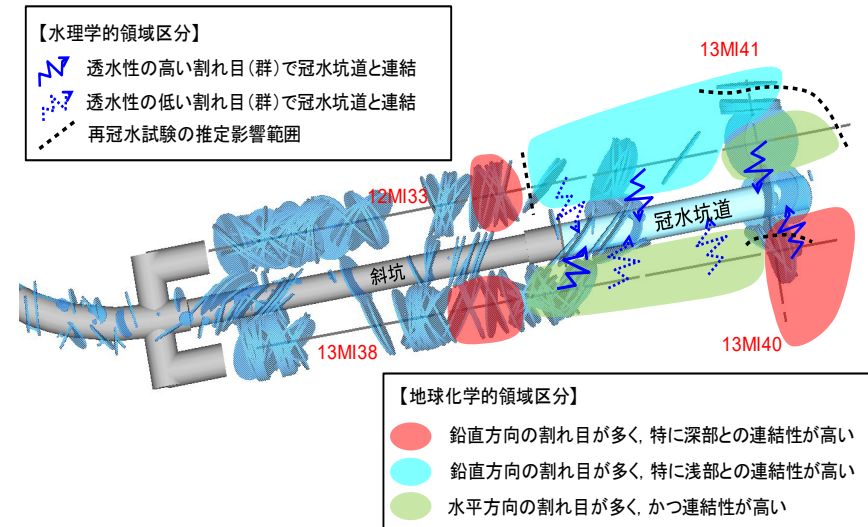
必須の課題③坑道埋め戻し技術の開発

冠水坑道での再冠水試験

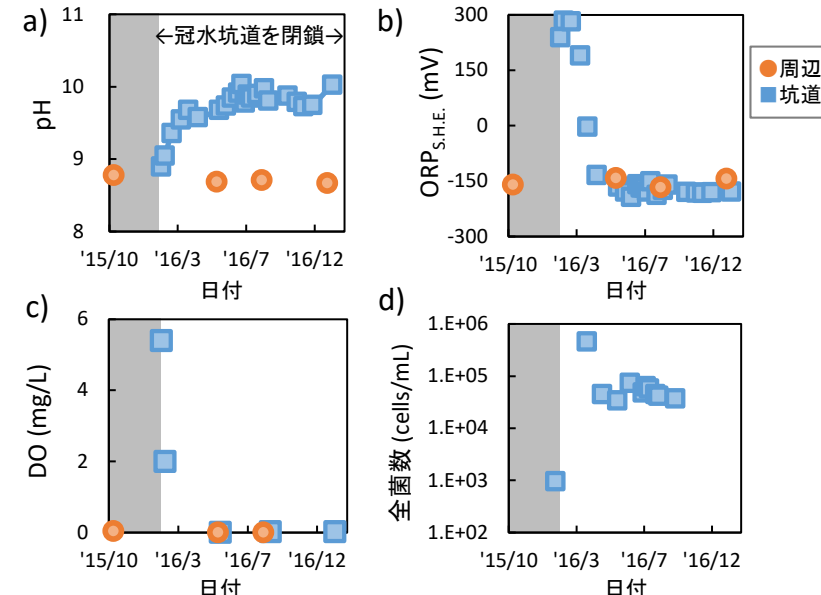
- ✓ 坑道周辺の水理地質構造の確認および物質移動特性の調査
- ✓ 止水技術の確認および冠水時の水理-力学-化学特性の観測・解析
- ✓ 予察的埋め戻し試験
- ✓ モニタリング技術開発

➤ 坑道の冠水に伴う諸現象を確認するとともに、モデル化技術を構築

- 水圧は半年程度の短期間で定常化することを確認。
- 地下水の水圧や水質分布の変化から坑道周辺岩盤の水みちとなる割れ目分布を概念化し、坑道周辺において数m～数十m程度の空間スケールで水理的な不連続性を確認。
- 閉鎖した坑道内にある人為的な影響(坑道の掘削・開放による酸化)を受けた地下水が微生物活動により還元状態への回復が促進されることを確認。
- 冠水坑道内では吹き付けコンクリート中の鉱物が反応して地下水のpHが上昇することを確認。
- 既往の連成解析ソフトウェアを、岩盤不均質性のモデル化、モデル大規模化、解析速度高速化の観点で改良し、汎用性の高いツールとして整備。



坑道周辺岩盤の水理的な不連続性



坑道および周辺の水質変化

成果公表の取り組み -技術基盤の整備、学術分野への貢献-

超深地層研究所計画の調査研究成果については、東濃地科学センター独自の取りまとめを実施、東濃地科学センターHP(<https://www.jaea.go.jp/04/tono/>)で公開

CoolRepサイト(<https://kms1.jaea.go.jp/CoolRep/index.html>)からもアクセス可能



東濃地科学センター > 研究成果とりまとめサイト

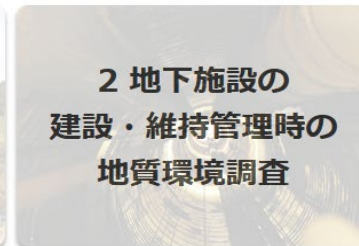


超深地層研究所計画¹⁾においては、深度1,000mまで調査可能な地下水調査機器の開発や地質環境のモデル化などの地質環境の調査解析技術、ならびに坑道掘削や坑道閉鎖に伴う地下水の水圧・水質などの変化を把握するための調査・評価技術を開発整備してきました。また、大深度の研究坑道の建設工事を通じて坑道を建設・維持するための工学技術を開発するとともに、日本特有の地質環境に係る科学的知見などを蓄積しました。

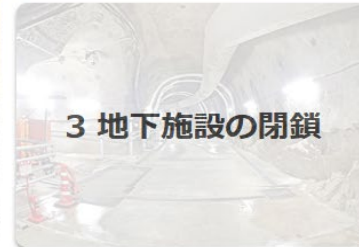
本サイトでは、超深地層研究所計画に先立って実施した広域地下水流動研究^{※1, 2)}とあわせて超深地層研究所計画の調査研究成果を取りまとめました。



1 地上からの地質環境調査



2 地下施設の建設・維持管理時の地質環境調査



3 地下施設の閉鎖



4 その他



5 各種データ



6 成果リスト

外部有識者による評価結果

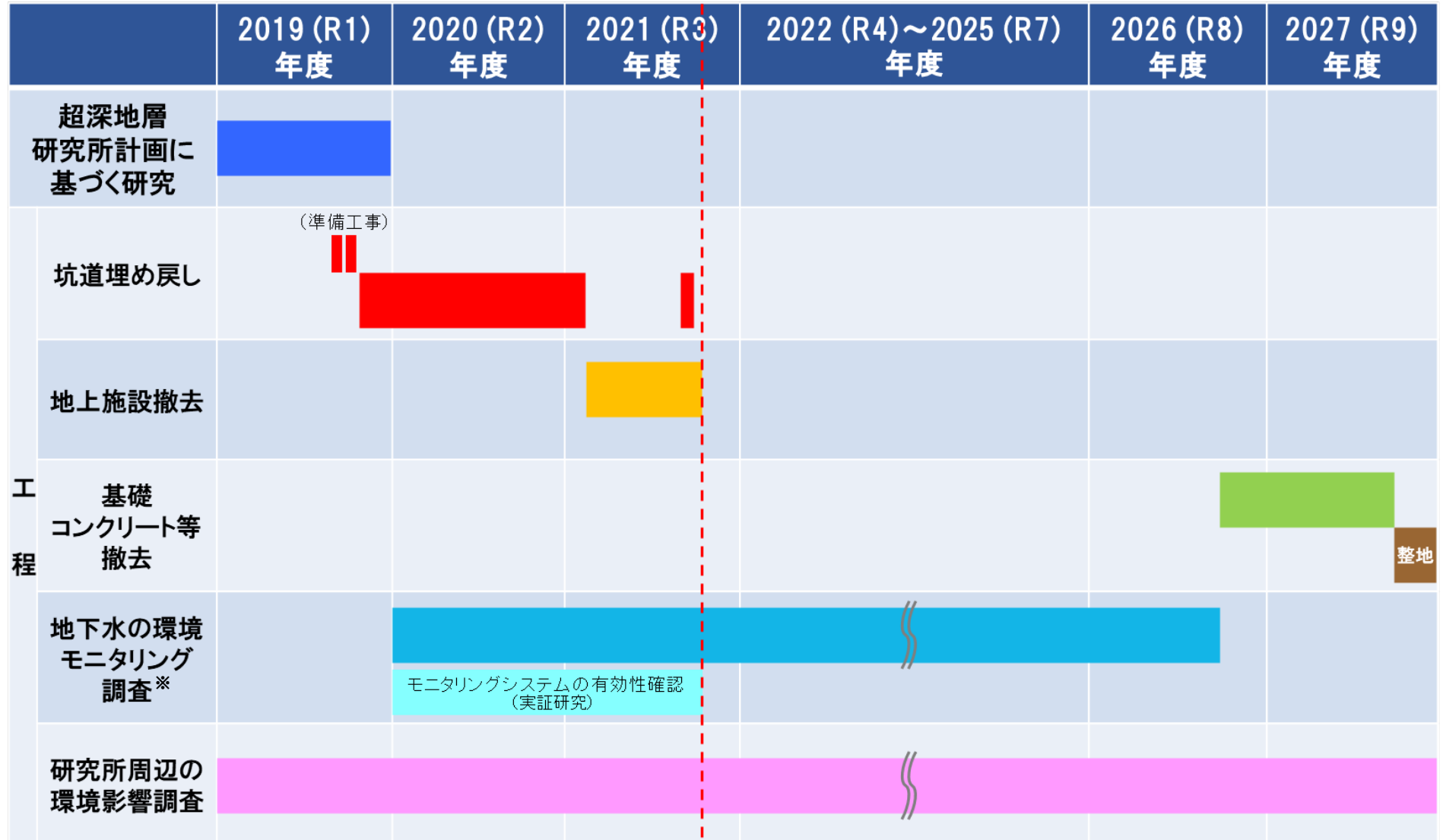
第3期中長期計画におけるこれまでの研究開発成果について、大学等の外部有識者からなる「地層処分研究開発・評価委員会」および「深地層の研究施設計画検討委員会」において技術的な評価を受け、以下のような評価結果を得た。

- ◆ 全体として概ね適切に研究が遂行され、**所期の目標を達成できた**と評価します。
- ◆ 今後は、得られたデータや知見が地層処分研究開発全体の枠組みの中にフィードバック・継承されるとともに、**関連分野の研究開発・人材育成に最大限有効に活用されるよう、国内外に広く展開されることを期待**します。

坑道等の埋め戻し -埋め戻し作業、モニタリング、環境影響調査-

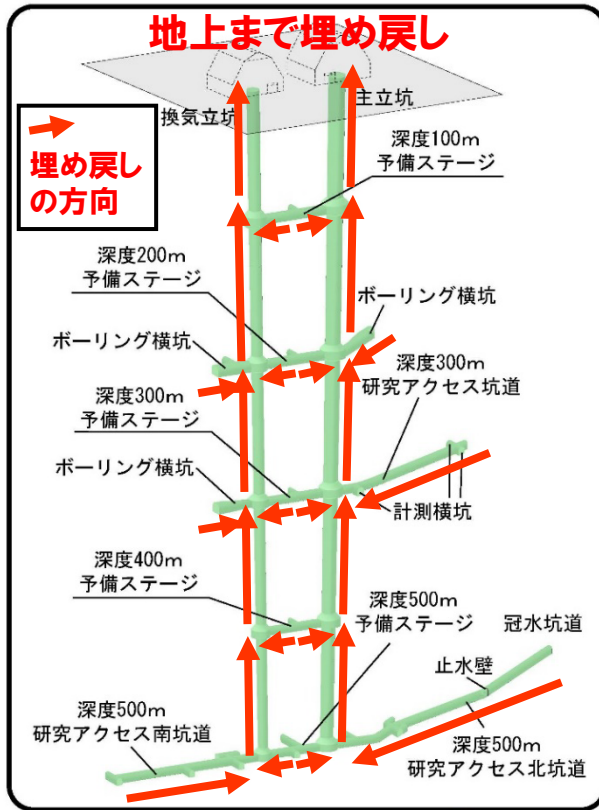
埋め戻し作業の工程計画

▼ 土地賃貸借期間の終了(2022(R4)年1月16日)



※地上観測孔を利用した坑道周辺の地下水の水圧・水質測定については、研究所設置当初から継続しています。

坑道等の埋め戻し：坑道埋め戻し



地上作業

- 埋め戻し材をキブル(運搬容器)へ投入
- キブルを地上から立坑坑底へ檜、巻上機設備を用いて運搬



水平坑道の埋め戻し作業

- 深度500m研究アクセス南坑道
- 写真の坑道規模：幅4m、高さ3.5m

坑道埋め戻し進捗状況(完了日)

- 換気立坑地上まで完了：R3年12月 2日
- 主立坑地上まで完了： R3年11月18日
(埋め戻し作業を一時休止し、地上施設撤去)
- 換気立坑深度13mまで：R3年 5月20日
- 主立坑深度32mまで： R3年 4月27日
- 深度100m水平坑道： R3年 4月15日
- 深度200m水平坑道： R3年 3月11日
- 深度300m水平坑道： R2年12月24日
- 深度400m水平坑道： R2年10月 6日
- 深度500m水平坑道： R2年 8月19日



主立坑の埋め戻し作業

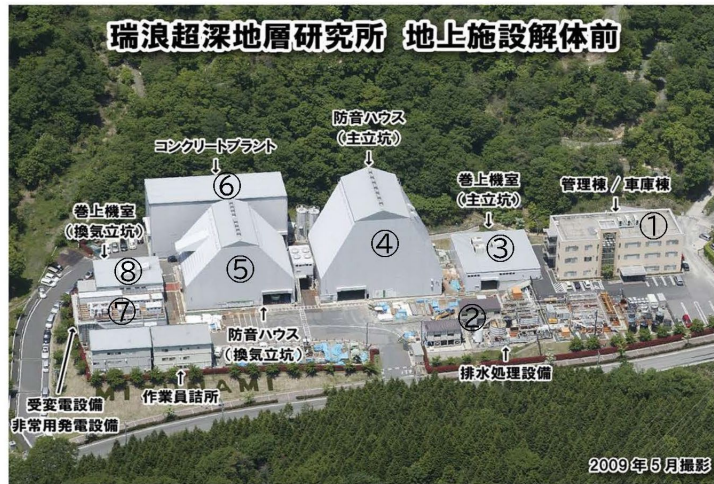
- 深度100m予備ステージ
(予備ステージ：幅3m、高さ3m)
(主立坑：直径6.5m)



換気立坑の埋め戻し作業

- 深度90m付近(直径4.5m)

坑道等の埋め戻し：地上施設撤去



瑞浪超深地層研究所 坑道埋め戻し等工事 地上施設解体作業 実績

解体着手



①管理棟・車庫棟 :完了 2021.2.12



②排水処理設備 :完了 2021.7.2



⑤換気立坑槽防音ハウス:完了 2021.9.3



⑥コンクリートプラント :完了 2021.10.12



③主立坑巻上機室 :完了 2021.7.19



④主立坑槽防音ハウス :完了 2021.9.3



⑦受変電・非常用発電設備:完了2021.10.25



⑧換気立坑巻上機室 :完了2021.10.29

解体完了



坑道埋め戻し及び地上施設撤去：2022 (R4) 年1月14日完了

報告内容

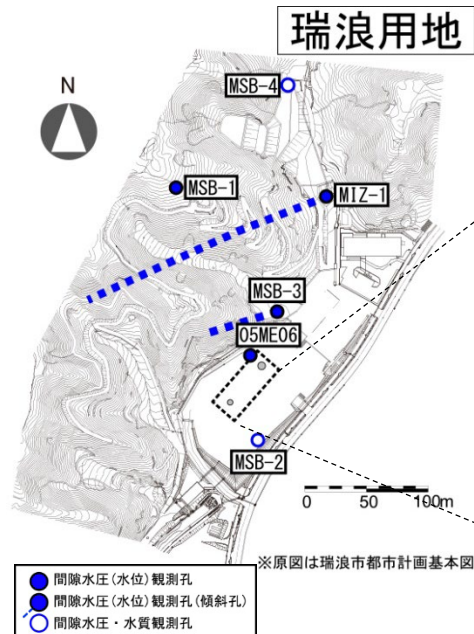
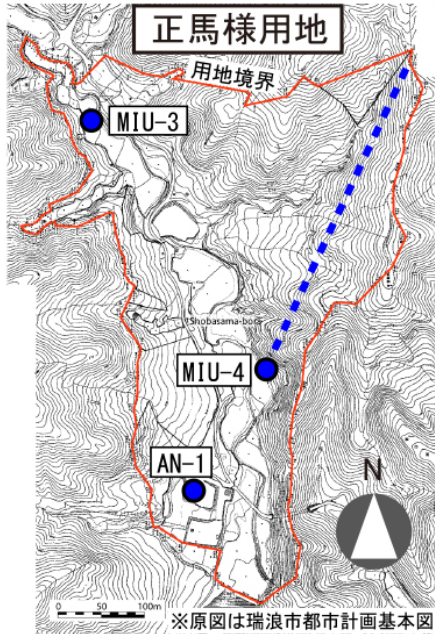
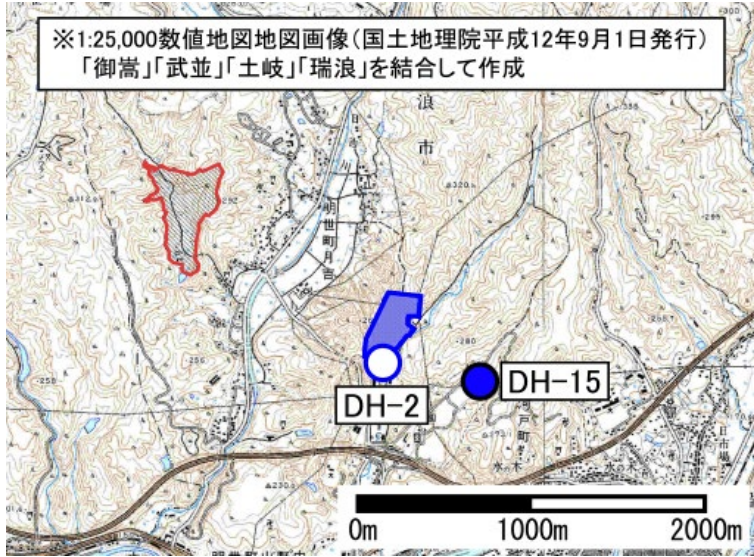
1. 超深地層研究所計画(瑞浪)の概要
 - 経緯、施設概要、組織
2. これまでの研究開発の概要
 - 第1期・第2期中期目標期間の概要
 - 必須の課題
 - 第3期中長期計画の成果と評価
3. **第4期中長期目標期間における取組み**
 - **第4期中長期目標期間における作業計画**
 - **令和4年度の計画と現状**

第4期中長期目標期間の埋め戻し作業工程計画



地下水の環境モニタリング調査

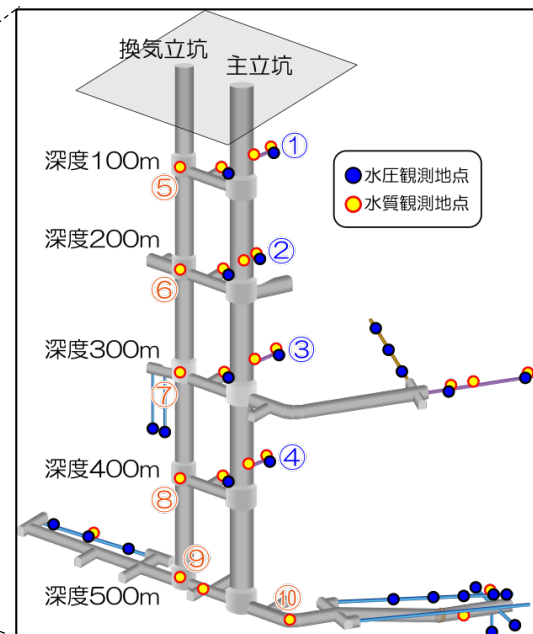
地下水の環境モニタリング調査における地上観測点



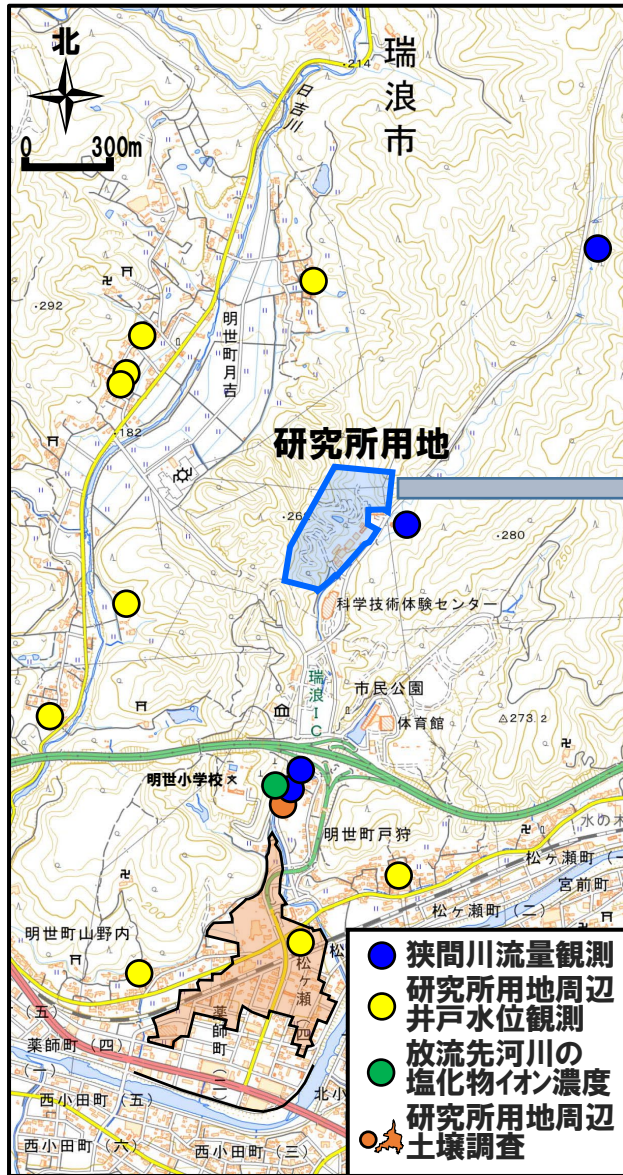
各観測点でのモニタリング実施期間(予定)

	R4	R5	R6	R7	R8	R9
DH-2	■	■	■	■	■	■
DH-15	■	■	■	■		
MIU-3	■	■	■	■		
MIU-4	■	■	■	■		
AN-1	■	■	■	■		
MSB-1	■	■	■	■	■	■
MSB-2	■	■	■	■	■	■
MSB-3	■	■	■	■	■	■
MSB-4	■	■	■	■	■	■
MIZ-1	■	■	■	■	■	■
05ME06	■	■	■	■	■	■

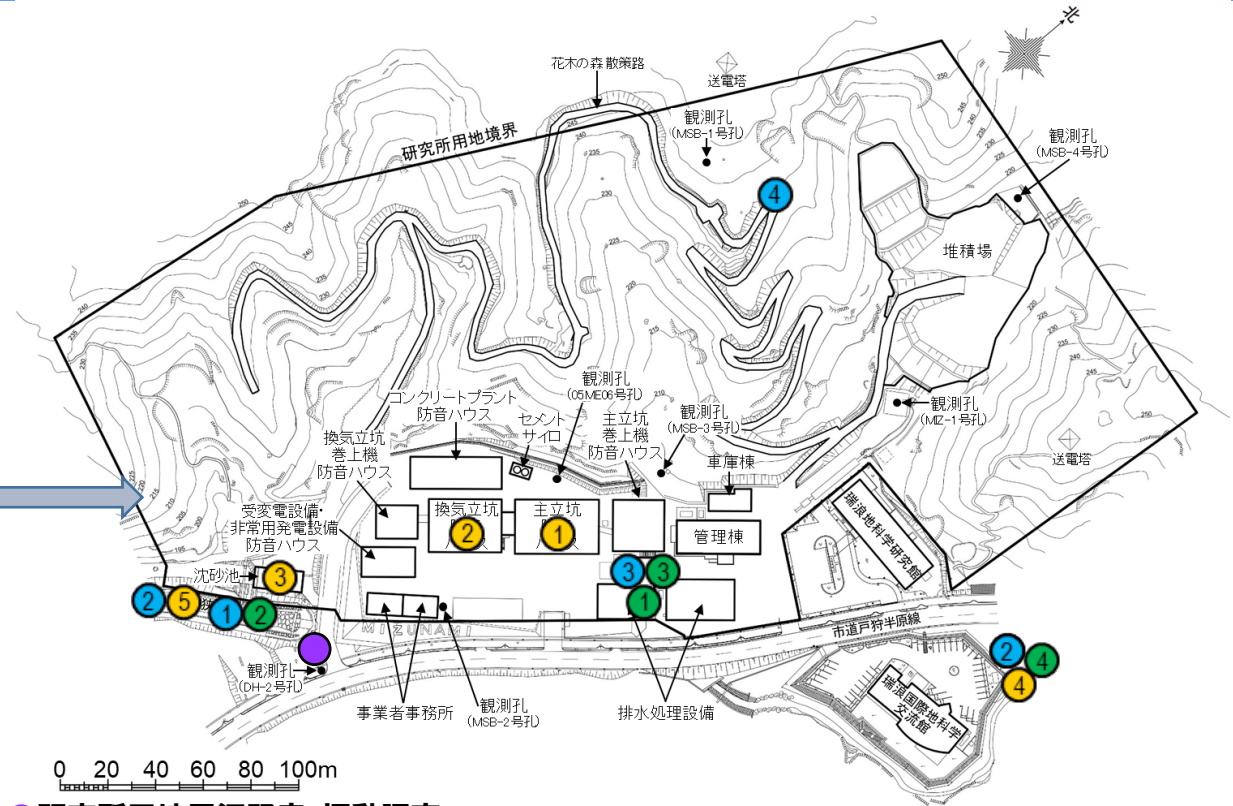
実線の期間は連続観測を実施
連続観測終了後、順次、ボーリング孔を閉塞



研究所周辺の環境影響調査



本図は電子国土Webを用いて原子力機構が作成



● 研究所用地周辺騒音・振動調査

● 研究坑道掘削土に関する環境管理測定

①掘削土①②、②水中のウラン濃度 (沈砂池③、狭間川上流④・下流⑤)

● 瑞浪超深地層研究所に係る環境保全協定に基づく測定

①排水①、②放流先河川水②、③湧水③、④花木の森散策路における空間放射線線量率④

● 日常の排水管理状況

①処理水①の日常管理 (ふっ素ほう素の簡易測定)

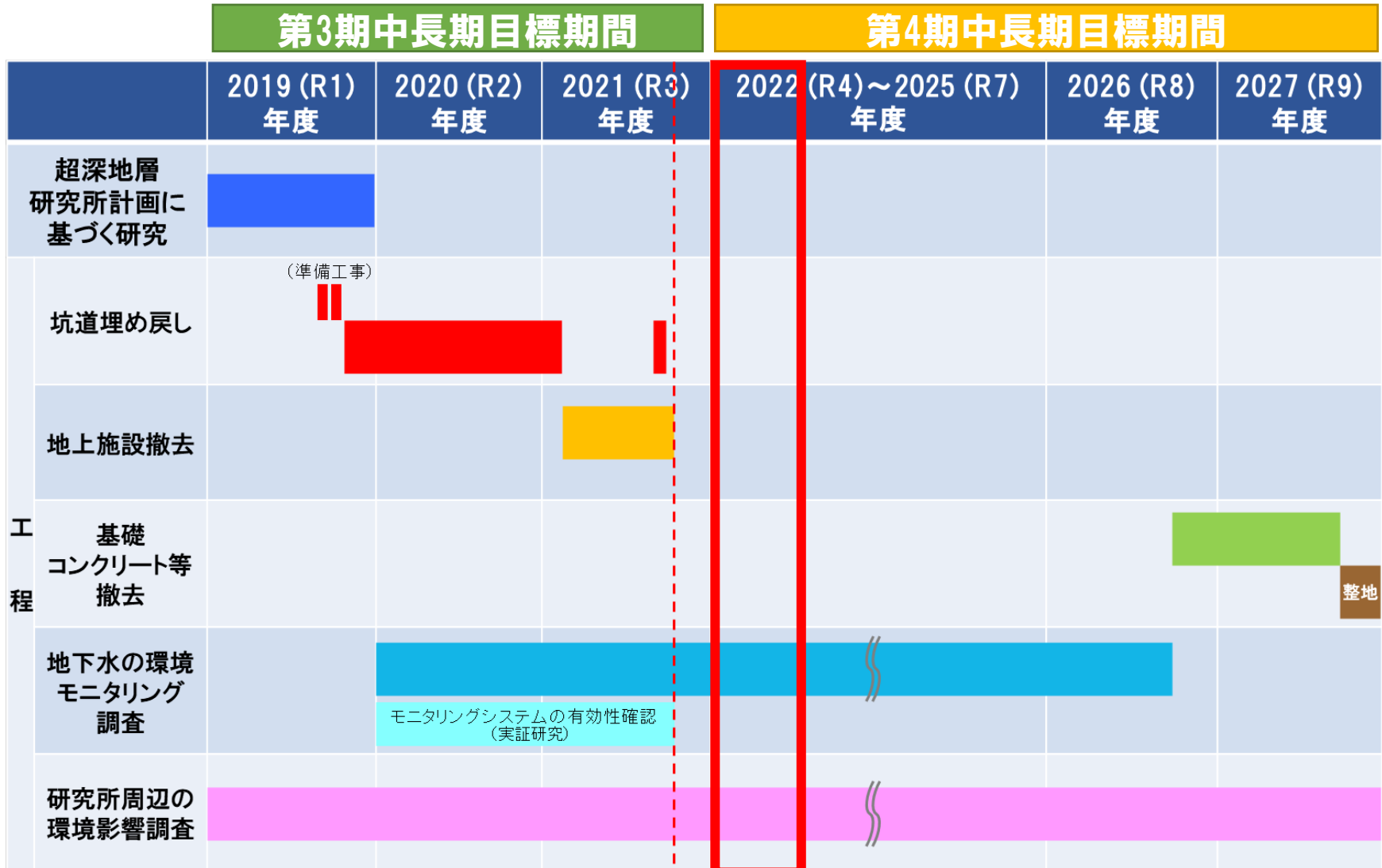
②処理水①の水質汚濁防止法に基づく自動測定 (全磷全窒素化学的酸素要求量)

③処理水と放流先河川の水質汚濁防止法に基づく自動測定

(排水①(処理水)②、湧水③、狭間川上流④、明世小学校前取水口(左図))

注:青字の項目は埋め戻し等の工事の進捗に伴い測定を終了した項目

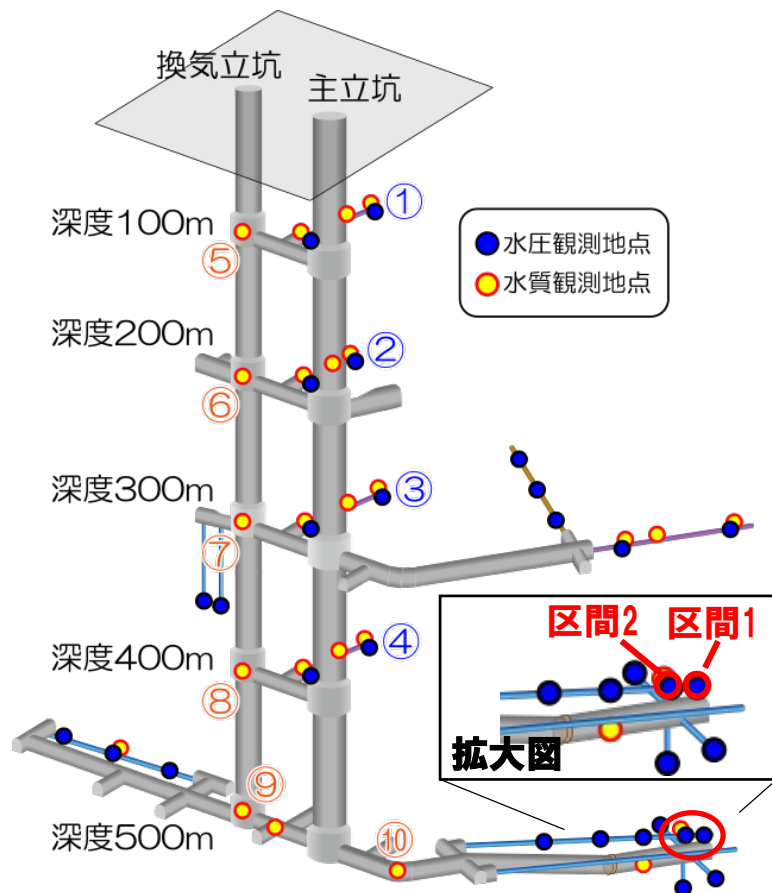
令和4年度の埋め戻し作業工程計画



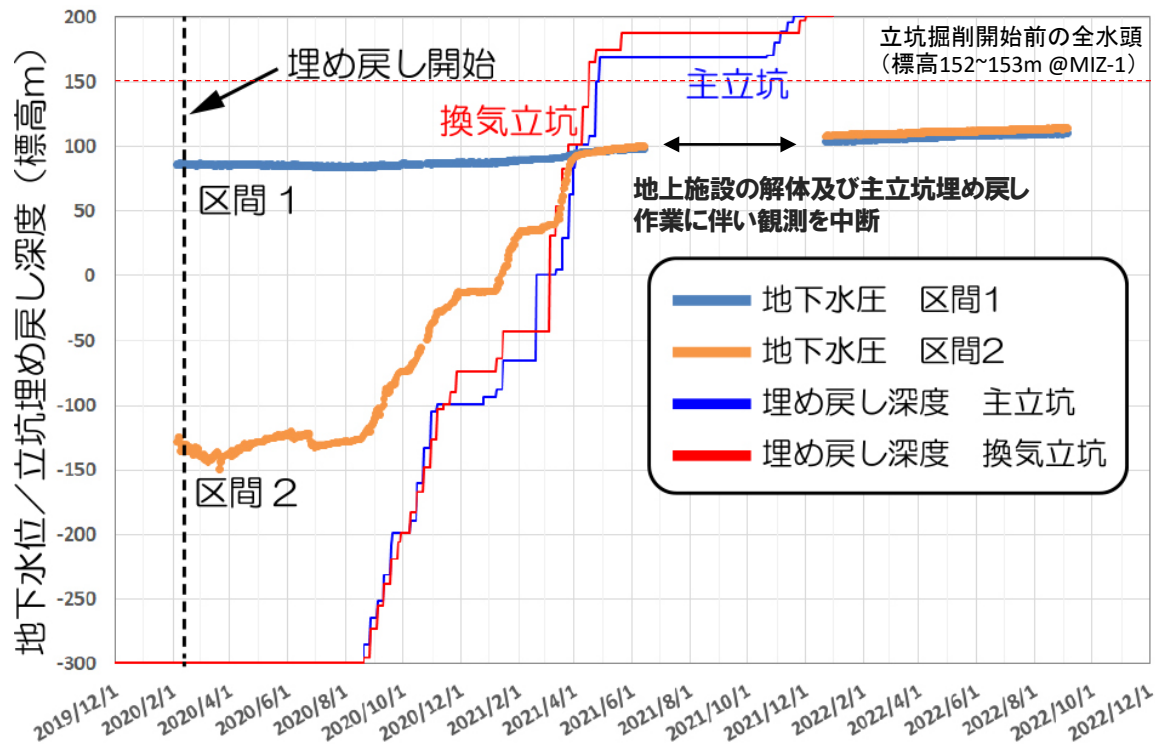
▲土地賃貸借期間の終了(2022(R4)年1月16日)

地下水の環境モニタリング調査(水位観測)

一例として深度500m研究アクセス北坑道の結果を示す



12M133 区間1および区間2



- モニタリングシステムは、地上から地下水の水圧観測を通して正常に稼働していることを確認
- 地下水の水圧は坑道の埋め戻しに伴い回復中

12M133号孔の観測区間(mabh:ボーリング孔沿いの距離)

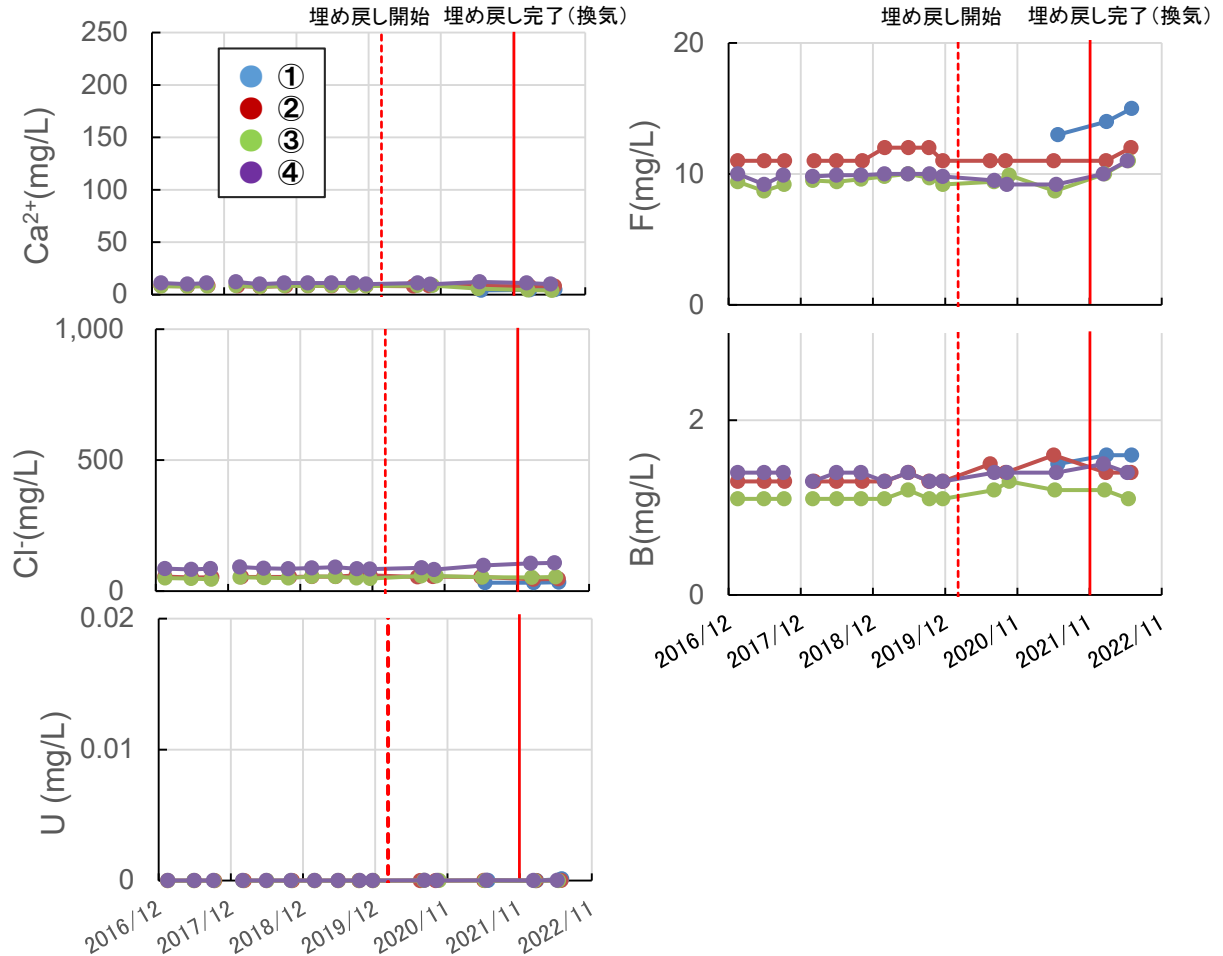
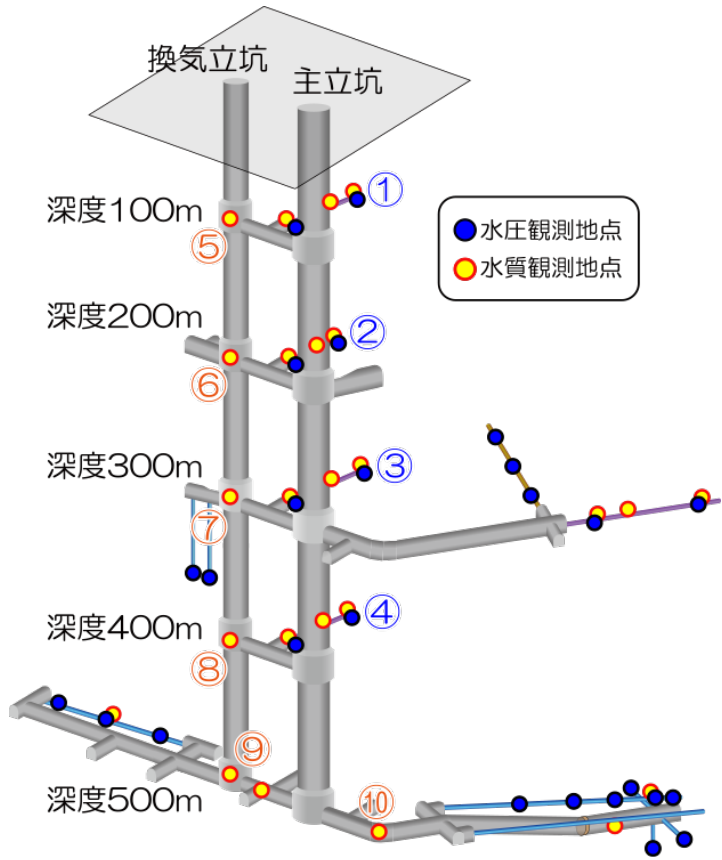
・区間1:105.4~107(mabh)

・区間2:85.7~104.5(mabh)

地下水の環境モニタリング調査(水質観測)

観測箇所18地点(地上3地点、坑内15地点)で、溶存成分等51項目の測定
一例として坑道内および坑道内から掘削した観測孔の結果を示す

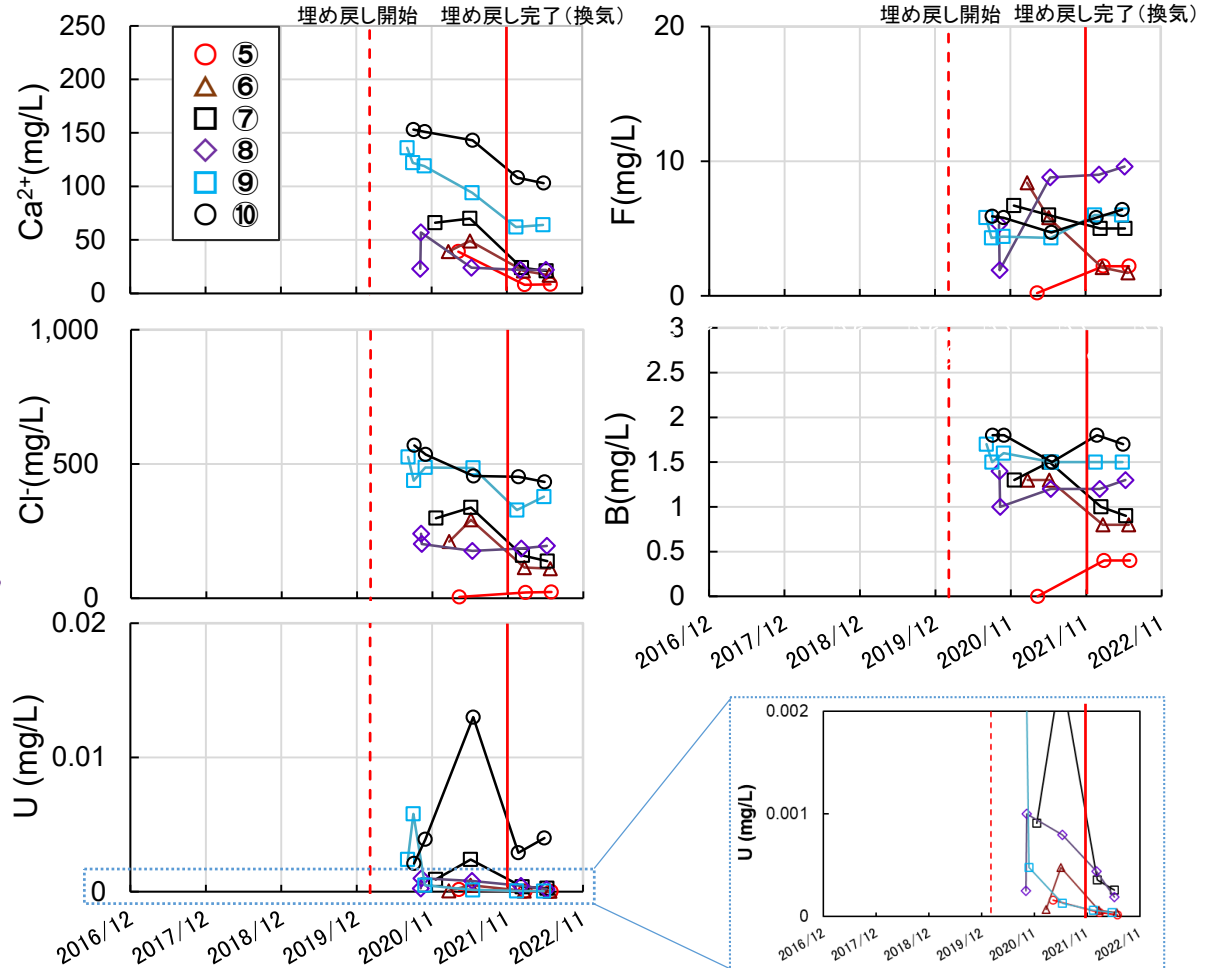
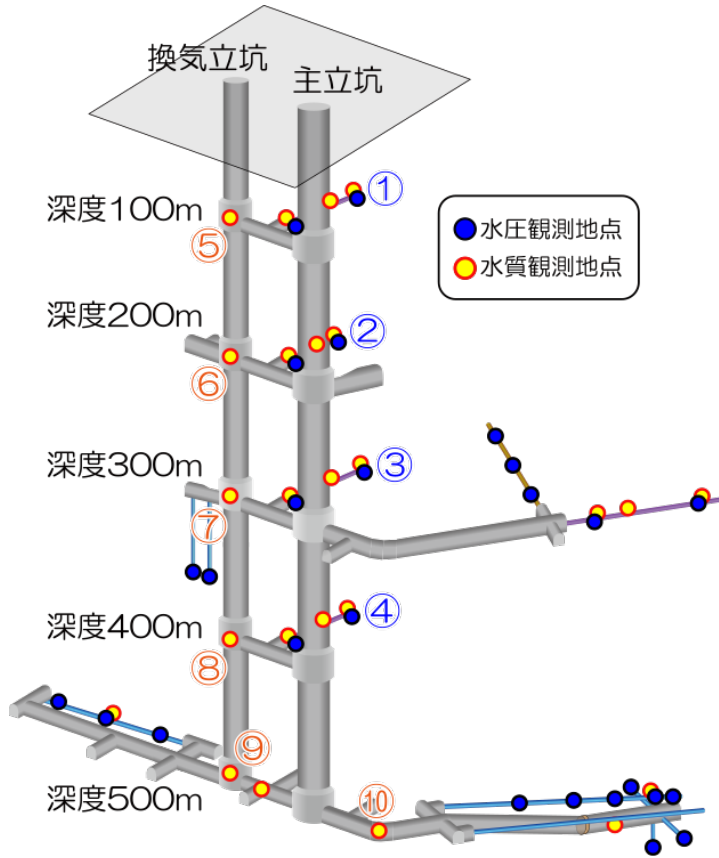
坑道内から掘削した観測孔の結果



➤ 各成分の濃度には、埋め戻しの前から大きな変化は見られない

地下水の環境モニタリング調査(水質観測)

坑道内観測孔の結果



➤ Ca²⁺やCl⁻、Uのように、埋め戻し後から徐々に濃度が下がっているものや一旦濃度が上昇したものの、下がっているもの、また、FやBのように、大きな変化が見られないものがある

➤ 坑道の埋め戻し後、5年程度継続して実施予定

➤ すべて項目の分析結果は、年度毎に報告書として取りまとめて公表する予定

ボーリング孔の閉塞

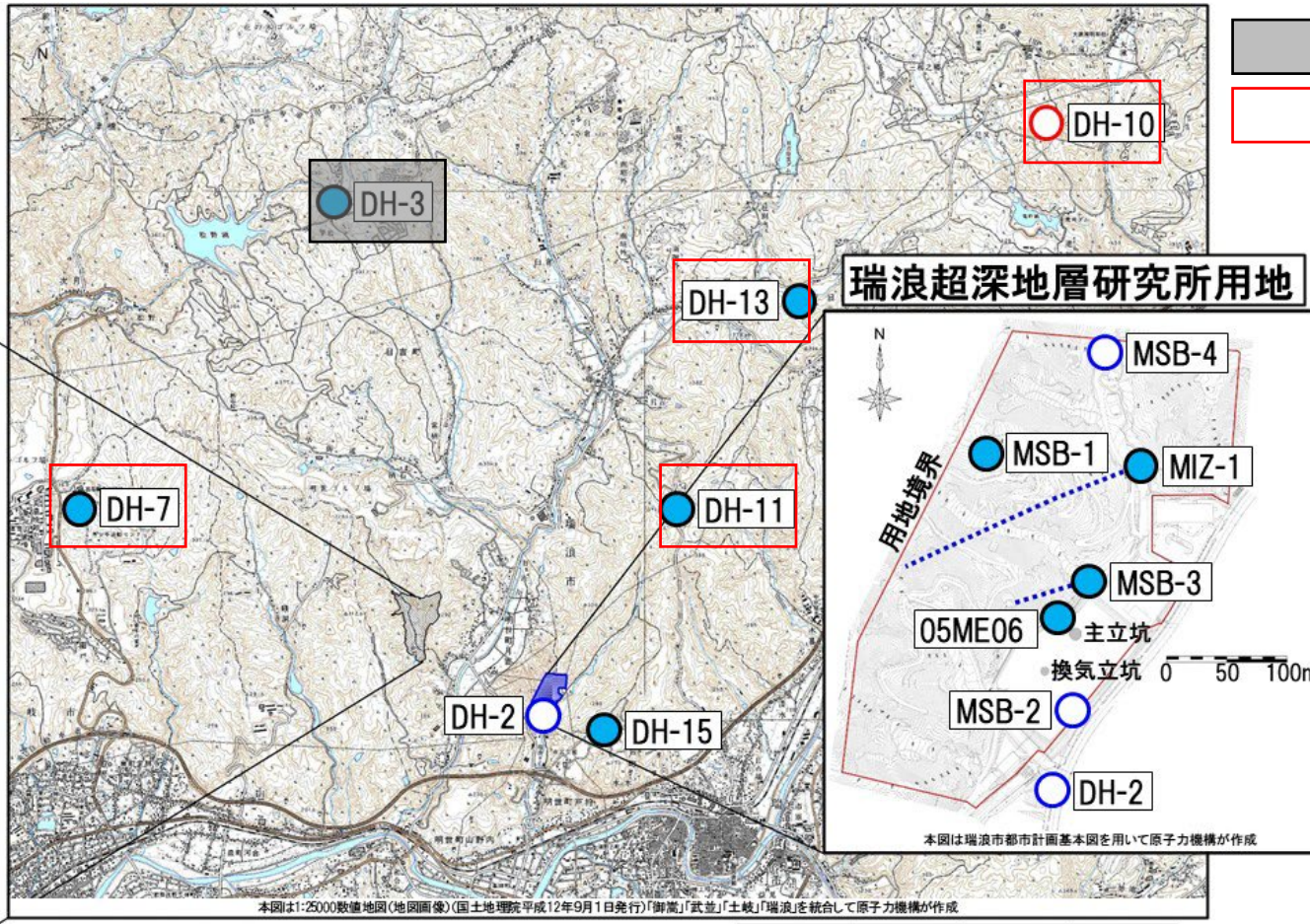
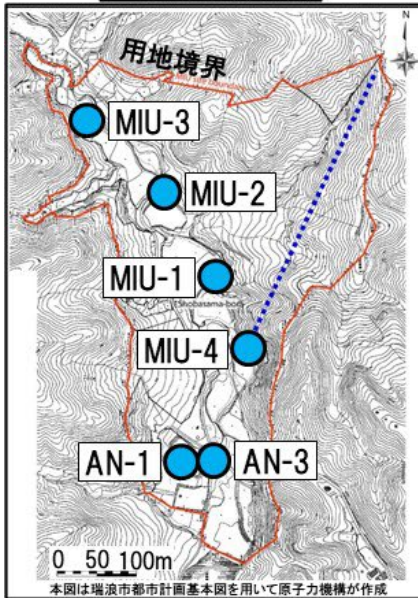
観測を終了したボーリング孔は随時閉塞

R4年度閉塞予定: DH-7、DH-10、DH-11、DH-13

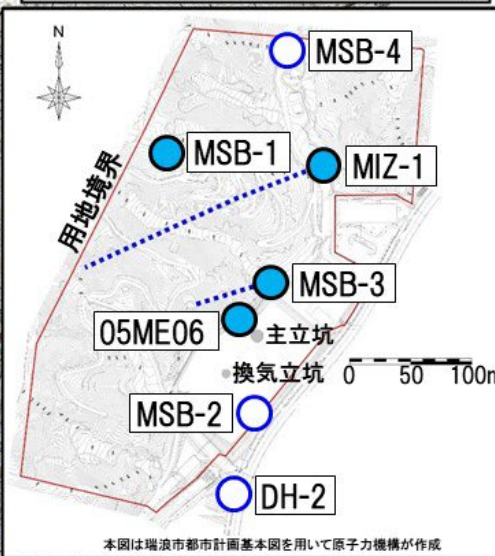
凡例

- 間隙水圧(水位)観測孔
- 間隙水圧(水位)観測孔(傾斜孔)
- 間隙水圧・水質観測孔
- 孔内水位観測孔

正馬様用地



瑞浪超深地層研究所用地



- R3年度に閉塞済
- R4年度に閉塞予定