

平成27年度における個別研究開発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28年3月14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 地層科学研究部

内 容

- 1. 超深地層研究所計画の目標と進め方**
- 2. 中長期計画**
- 3. 研究坑道の工事状況**
- 4. 研究坑道内における主な調査試験**
- 5. 共同研究と施設利用**
- 6. 今後の予定**

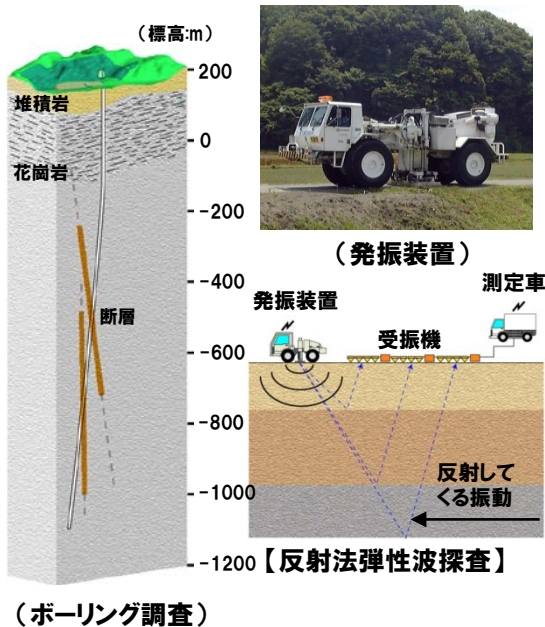
超深地層研究所計画の目標と進め方

【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



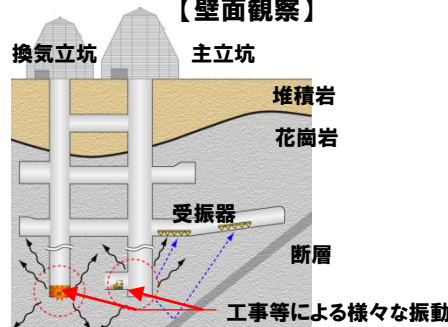
- 地表からの調査研究による地質環境モデルの構築
- 坑道建設前の深部地質環境の状態の把握

【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係抜粋)

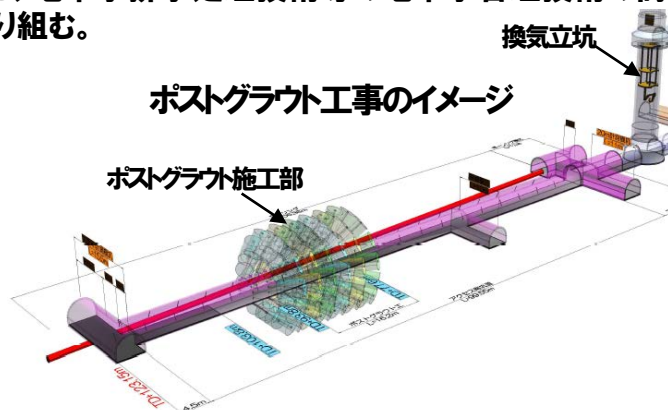
中長期計画における研究課題(当面5年間)

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、坑道への湧水量をブ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。



③坑道埋め戻し技術の開発

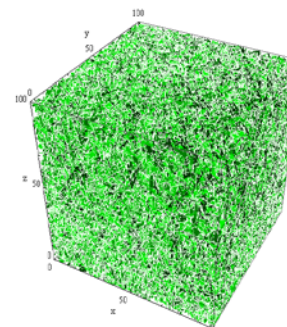
- ◆坑道閉鎖に伴う環境回復試験技術
- ◆長期モニタリング技術など

〔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。

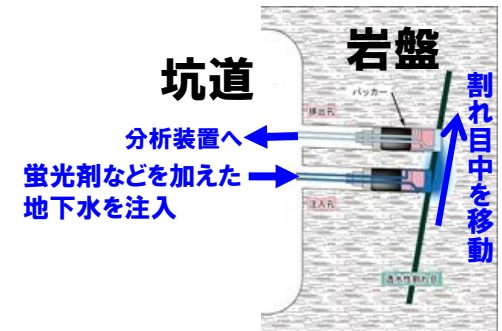
②物質移動モデル化技術の開発

- ◆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

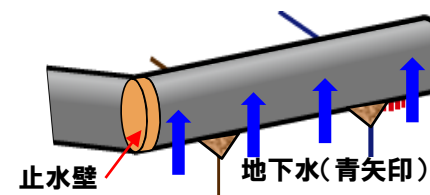
〔概要〕 深度500mの研究坑道において、花崗岩中の割れ目での物質の移動現象を理解し、モデル化するための調査解析を実施する。また、割れ目の透水性及び地下水の流動・水質の長期的変化や地下水流動の緩慢さを明らかにするための調査を実施する。



割れ目分布モデル



研究坑道内での物質移動試験の例



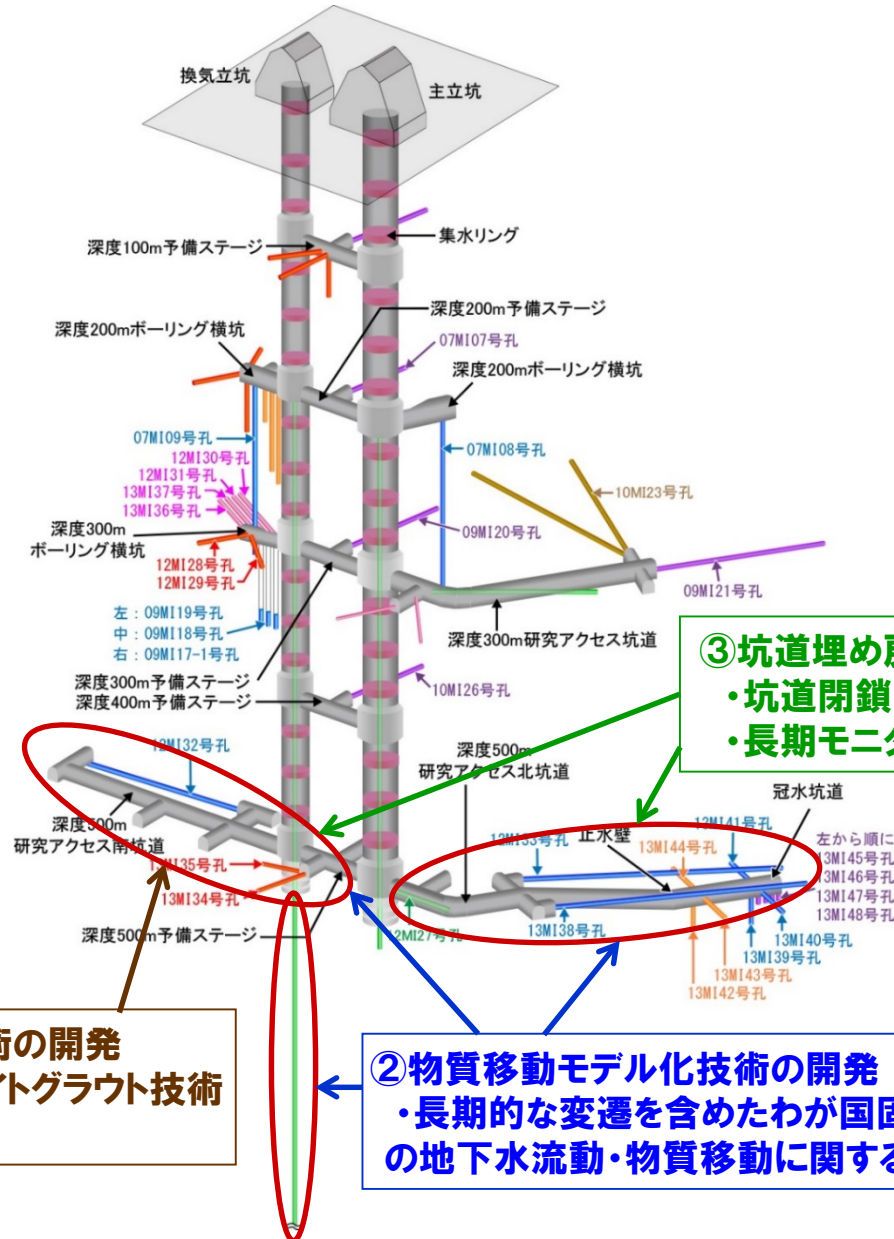
再冠水試験のイメージ



モニタリング装置

調査研究の位置

- 地下水水質観測ボーリング孔
- 岩盤変位計測・ひずみ計測ボーリング孔
- 断層・割れ目に関するボーリング孔
- 地下水水圧観測ボーリング孔
- パイロットボーリング孔
- 初期応力測定ボーリング孔
- 岩盤中の物質移動に関するボーリング孔



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

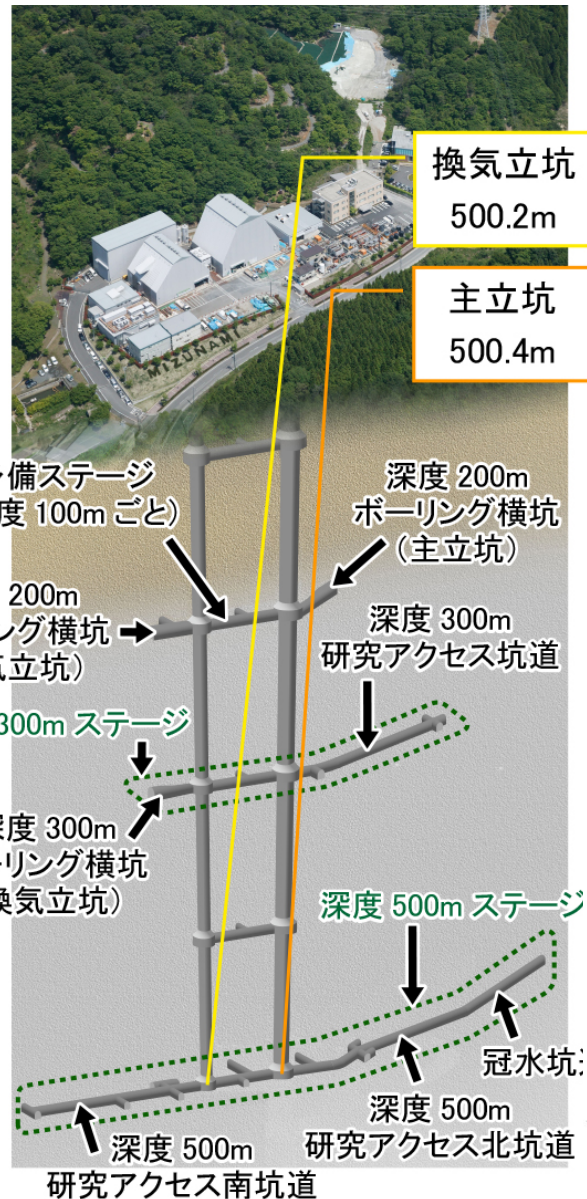
② 物質移動モデル化技術の開発

- ・長期的な変遷を含めた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

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

研究坑道の工事状況

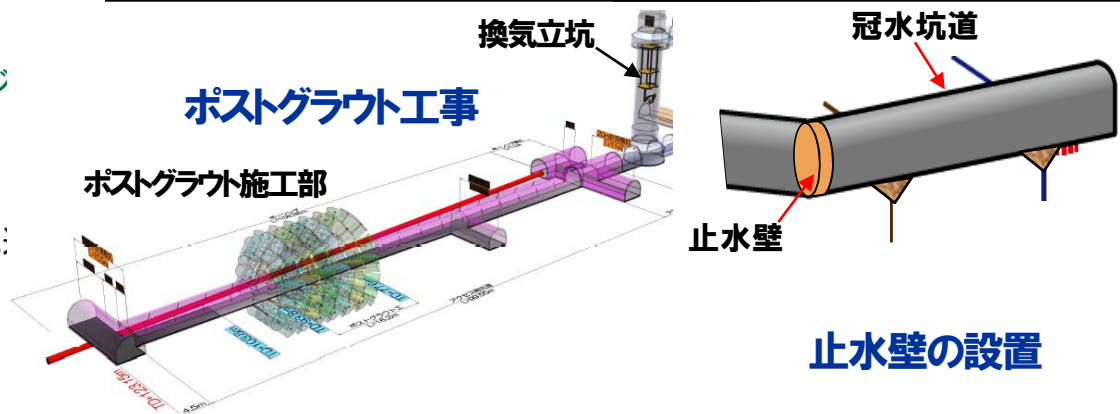


湧水抑制対策
(深度500m研究アクセス南坑道)



止水壁の設置作業
(深度500m研究アクセス北坑道)

平成26年度の研究坑道の工事	平成27年度の研究坑道の工事
【深度500mステージ】 《研究アクセス北坑道》 ・冠水坑道への止水壁の設置 《研究アクセス南坑道》 ・湧水抑制対策	【深度500mステージ】 《研究アクセス北坑道》 ・再冠水試験のための止水壁の補修 《主立坑部》 ・アクセスのための螺旋階段設置



平成27年度の主な調査研究

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

●ポストグラウトの結果の評価に基づく検討

(2) 地下水管理技術 ●文献調査

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

●室内試験／モデル化・解析、●ボーリング孔の掘削〔電中研との共研〕

(2) 地質環境の長期変遷解析技術の開発 ●断層の形成過程等の検討

(3) 深部塩水系地下水の起源・滞留時間の理解 ●実施計画等の検討

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

①再冠水試験

●ボーリング孔を用いた観測（地下水の水圧・水質、岩盤変位、岩盤の透水性）

●ピット埋め戻し試験（水理・化学・力学的な変化の計測）

②岩盤の破壊現象評価 ●原位置試験〔京都大学・大林組との共研〕

③埋め戻し試験 ●計画立案

(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）

②長期モニタリング技術の開発 ●長期モニタリング方法等の検討

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

4. 研究成果の取りまとめ ●地質環境モデルの更新等

地下坑道における工学的対策技術の開発

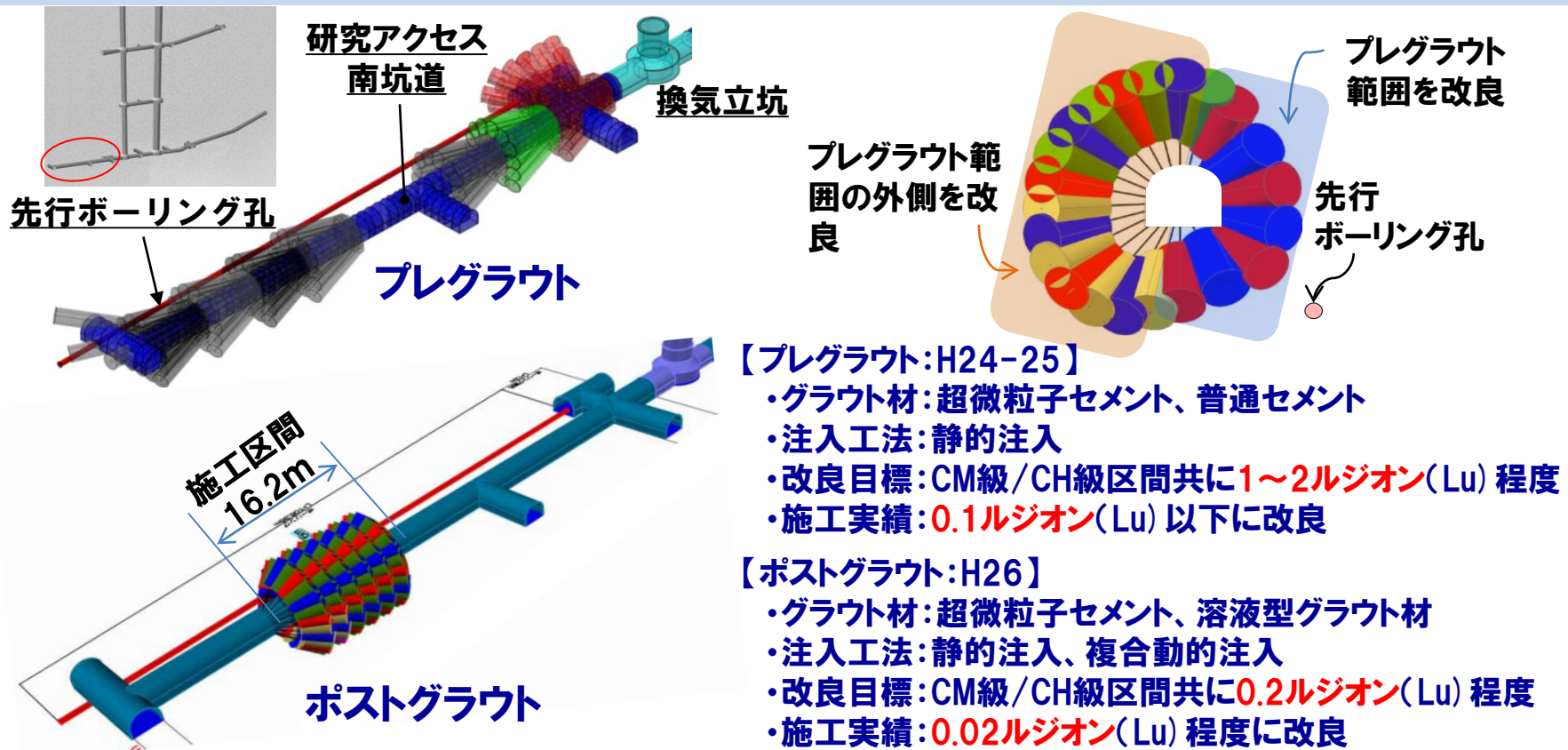
目的:ウォータータイトグラウト技術の実証

地下水浸透理論に基づく解析による湧水抑制の評価手法の構築

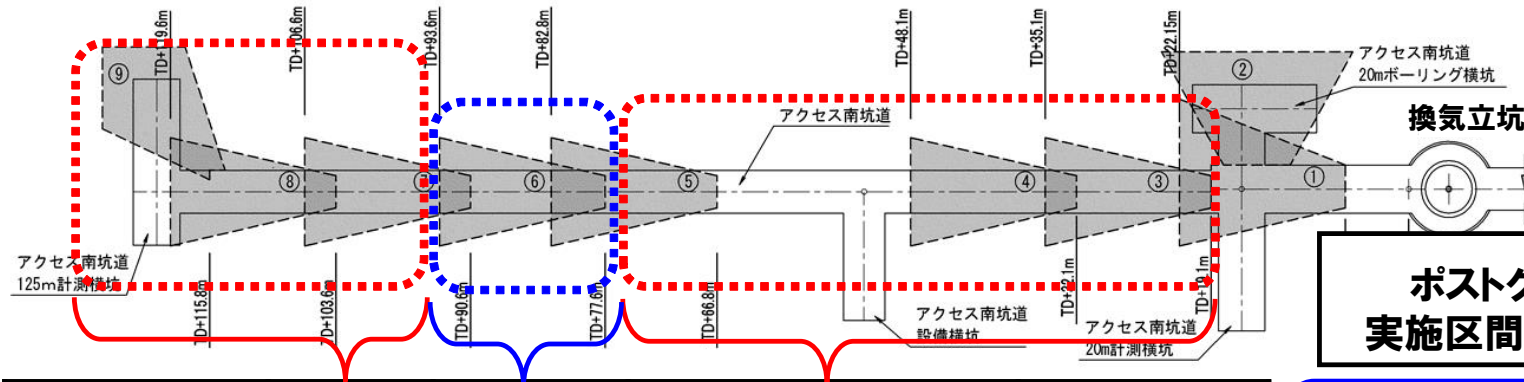
施工内容:ポストグラウト(超微粒子セメントと溶液型グラウト材)

施工対象:深度500m研究アクセス南坑道の割れ目帯部分(約16m)

施工期間:H26年7月14日～9月26日



ポストグラウトによる湧水抑制効果



ポストグラウト 実施区間周辺の変化

湧水量 (m³/日)	南側	実施区間	換気立坑側	測定区間合計
実施前	50	50	40	140
実施後	55	15	50	120
変化量	5増加	35減少	10増加	20減少

- 実施区間: 50⇒15m³/日(30%)
(35m³/日減少)
- 実施区間の南側と換気立坑側
において増加
- 測定区間合計: 20m³/日減少

坑道延長1m当り
湧水量(41m)

実施前: 1.2m³/日/m
実施後: 1.3m³/日/m
変化量: 0.1m³/日/m
(増加)

坑道延長1m当り
湧水量(16m)

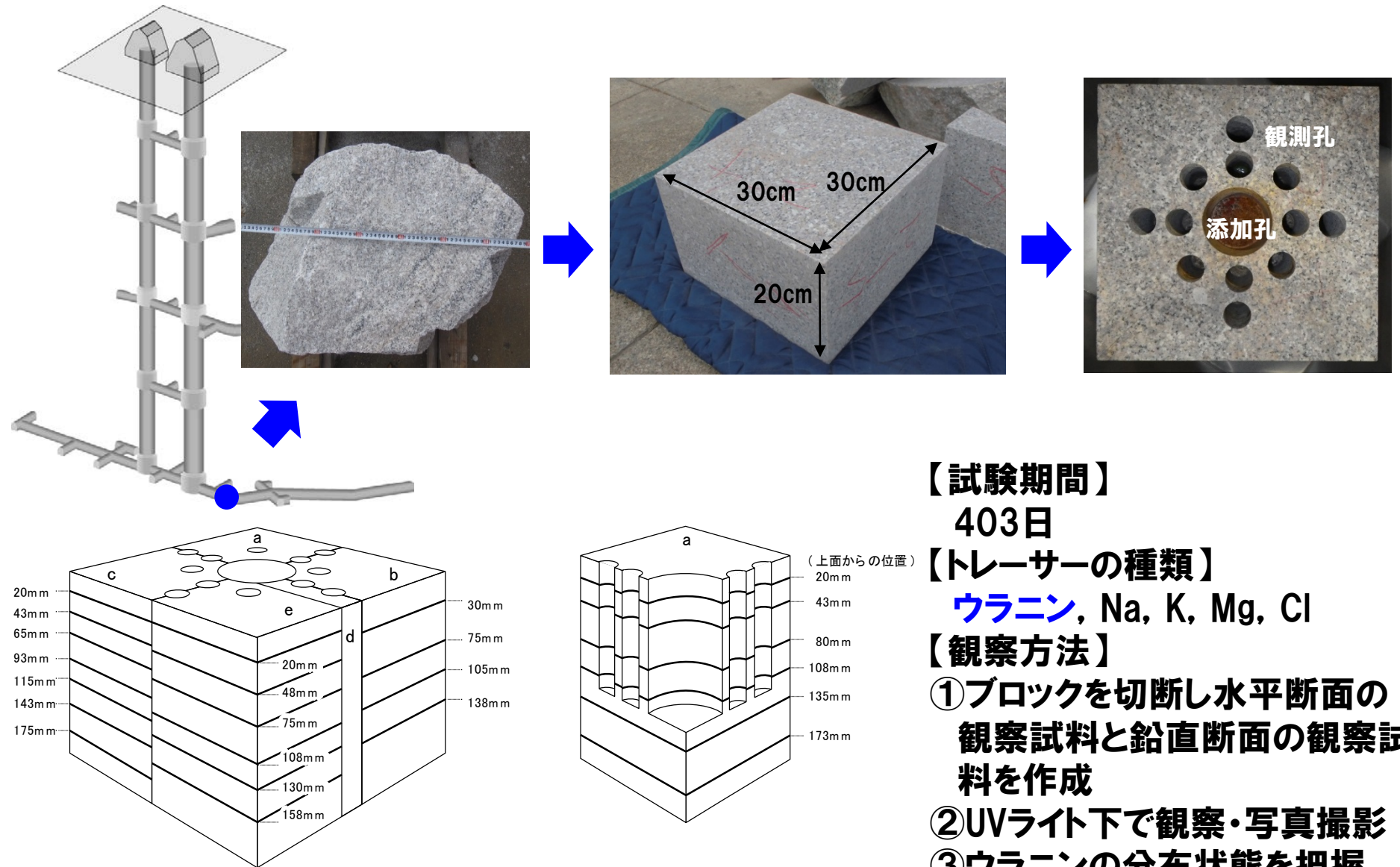
実施前: 3.1m³/日/m
実施後: 0.9m³/日/m
変化量: 2.2m³/日/m
(減少)

坑道延長1m当り
湧水量(69m)

実施前: 0.6m³/日/m
実施後: 0.7m³/日/m
変化量: 0.1m³/日/m
(増加)

※ポストグラウト実施区間
周辺へ湧水が回り込む
傾向がみられる

物質移動モデル化技術の開発



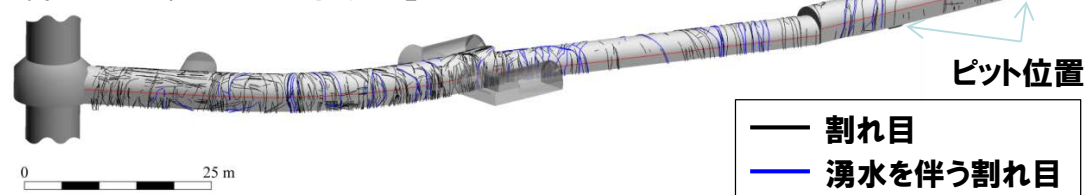
深度300m, 500m坑道における割れ目分布

- 坑道壁面観察の結果, 割れ目密度は
深度300mで2.4 本/m², 深度
500mで1.1本/m²
- 冠水坑道部は特に割れ目密度が小さい
- 湧水を伴う割れ目は, 深度300mで
約11%, 深度500mで約7%
- 割れ目方位分布は, 深度300m,
500m共に類似

【深度300m研究アクセス坑道】

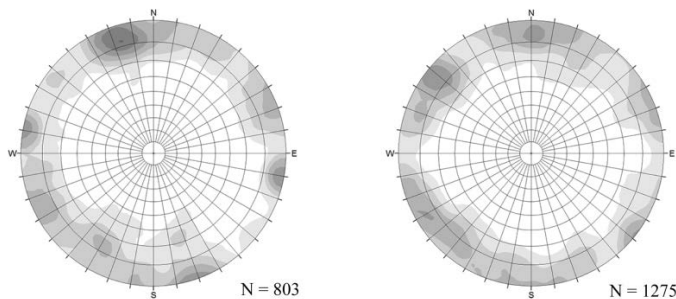


【深度500m研究アクセス北坑道】

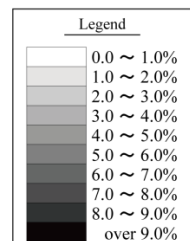


坑道壁面における割れ目の分布

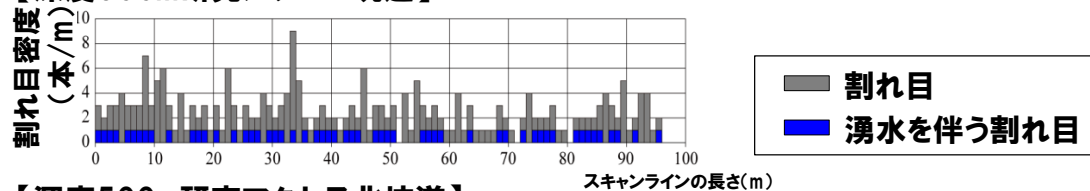
【深度300m研究アクセス坑道】 【深度500m研究アクセス北坑道】



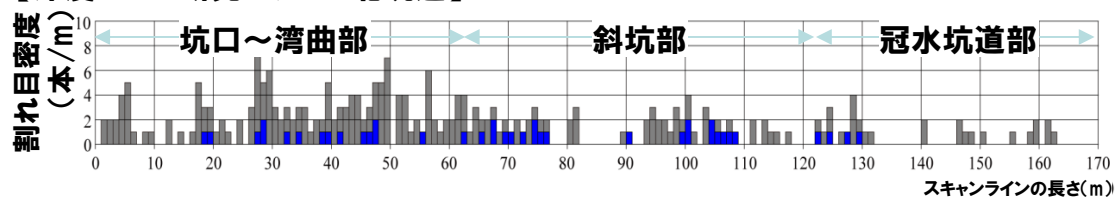
各坑道で認められた割れ目の
走向傾斜分布



【深度300m研究アクセス坑道】



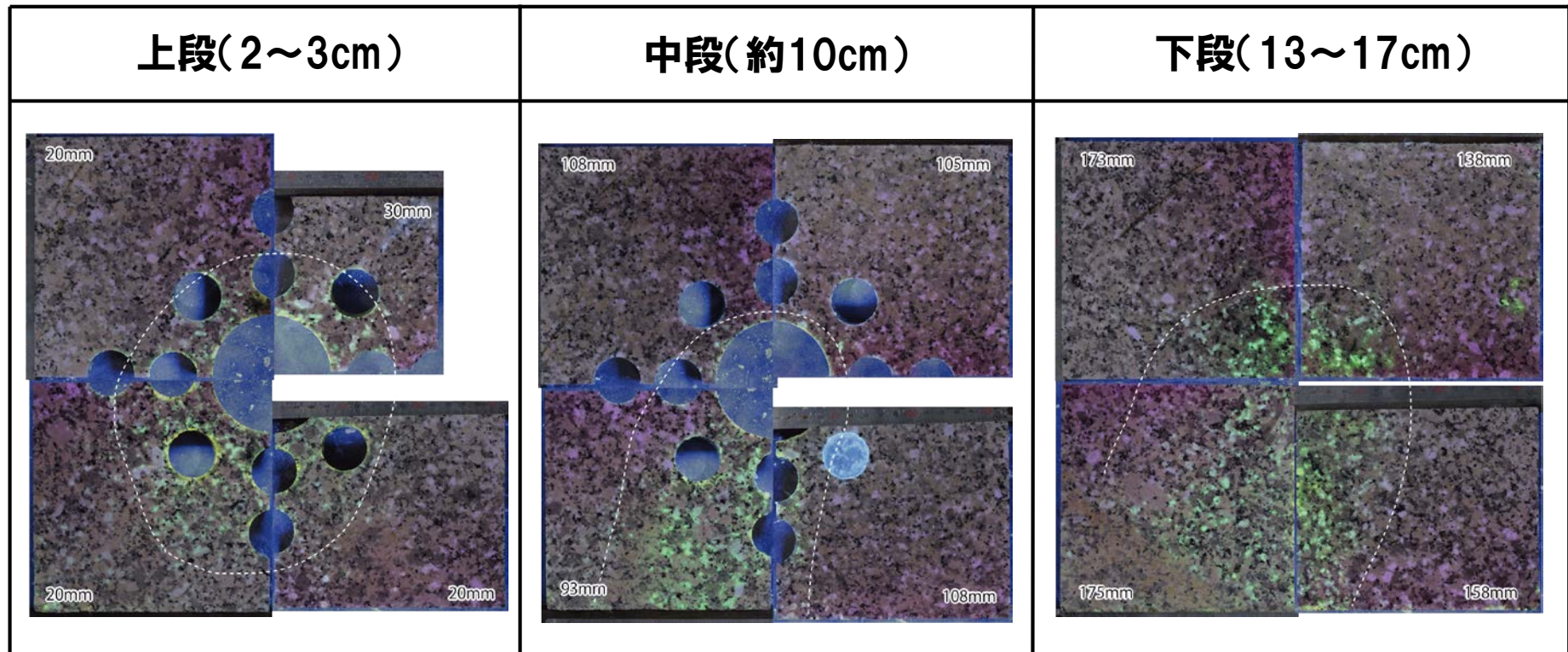
【深度500m研究アクセス北坑道】



スキャンラインと交差する割れ目密度分布

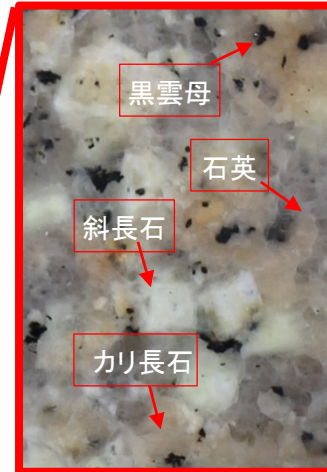
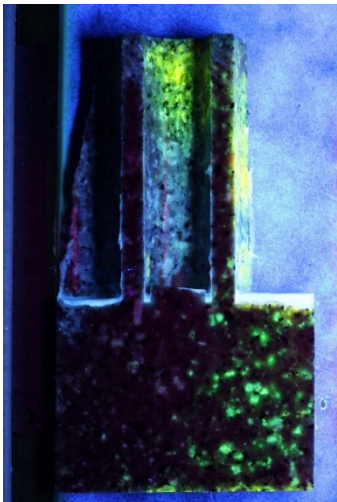
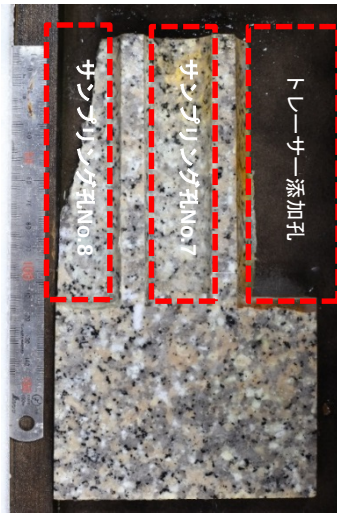
室内拡散試験による物質移動特性調査

水平断面観察結果

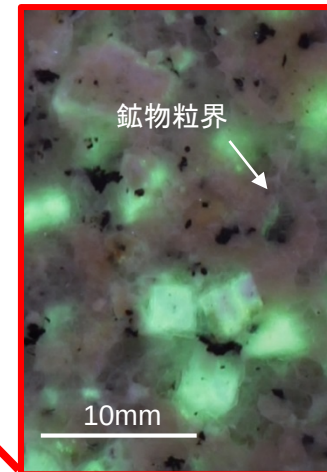


室内拡散試験による物質移動特性調査

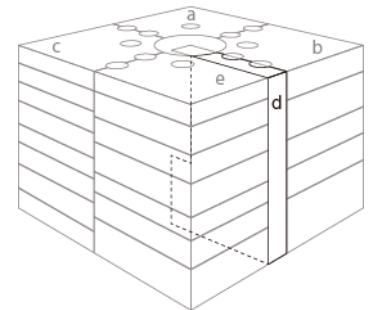
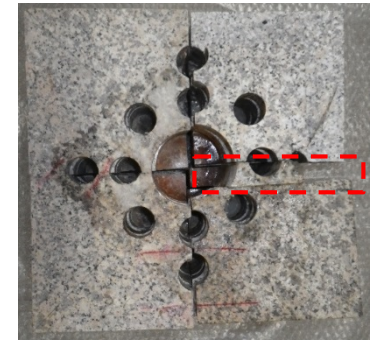
鉛直断面観察結果



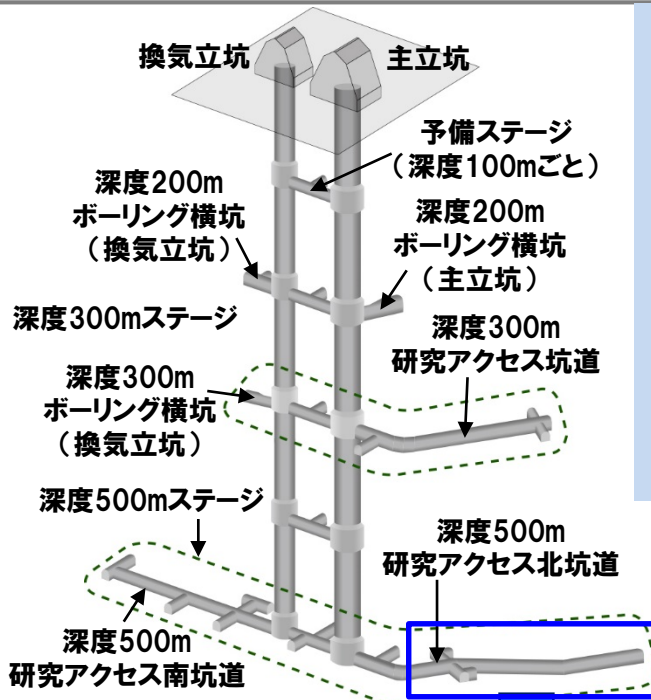
可視光



紫外線



坑道埋め戻し技術の開発

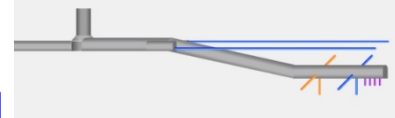


【目的】

- 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

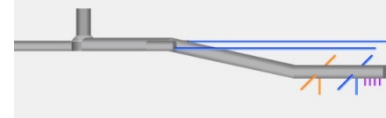
《再冠水試験の手順》

①水圧・水質モニタリング孔掘削



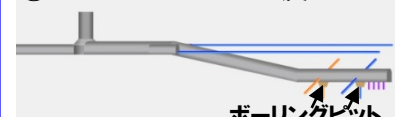
坑道掘削後の初期状態の把握

⑥埋戻し材の回収・分析



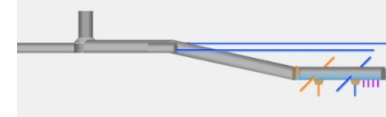
埋戻し材の変質状態の把握

②ボーリングビットの埋戻し



埋戻し材の初期状態の把握

⑤排水



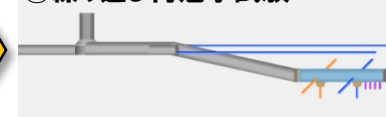
坑道内及び周辺観測孔での水圧レスポンスと科学条件変化の確認

③止水壁の施工

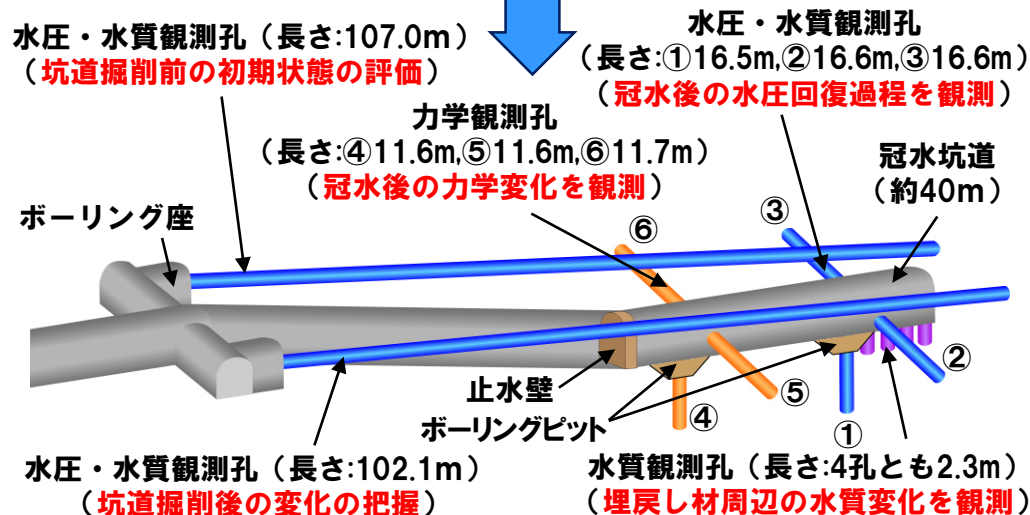


止水技術の確認

④繰り返し再冠水試験



周辺観測孔での水圧レスポンスと化学特性変化の確認



止水壁設置作業

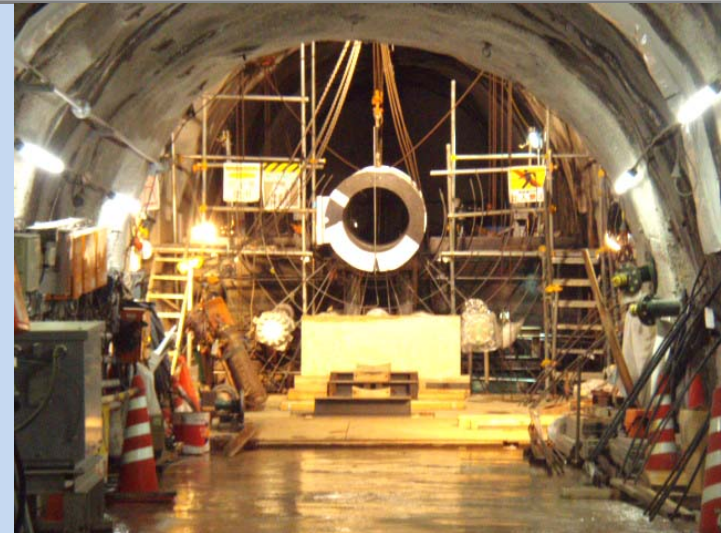
躯体形状:アーチ型(マンホール含)

躯体構造:鉄筋コンクリート造

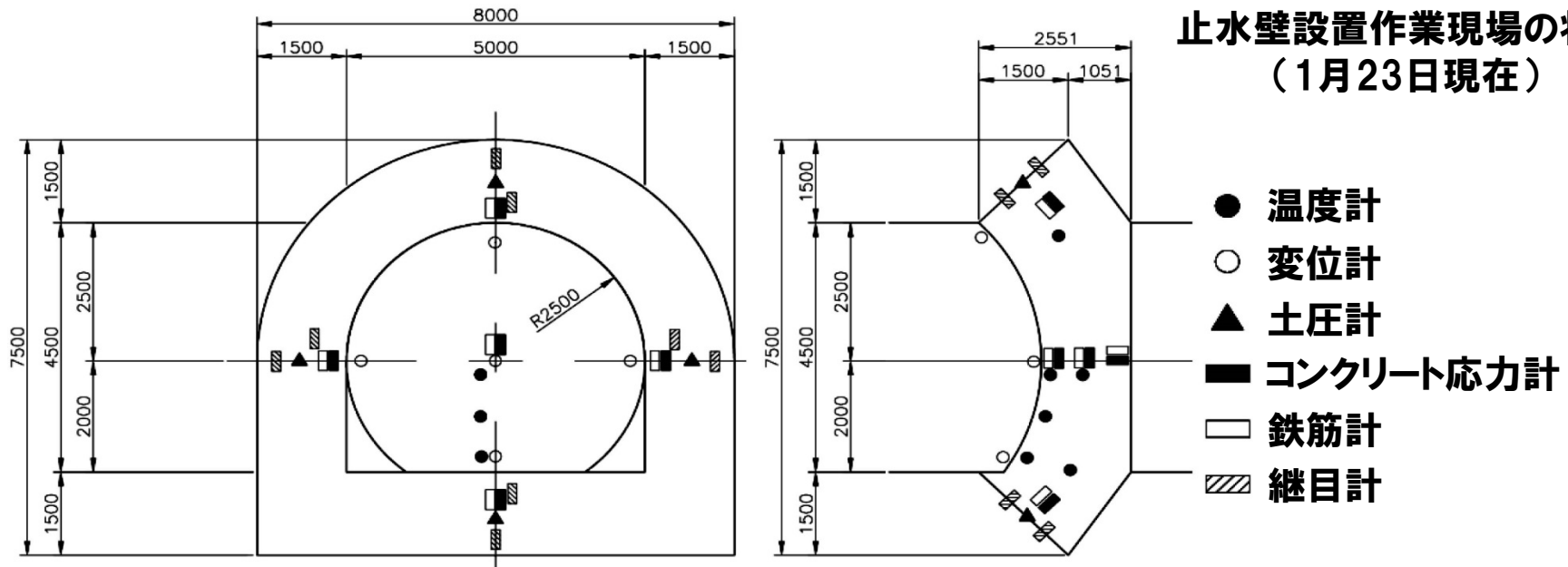
施工期間:H26年11月~H27年3月

センサー:温度計、変位計、土圧計、鉄筋計
コンクリート応力計、継目計

その他 :クーリング用配管
グラウト用配管(1次・2次)

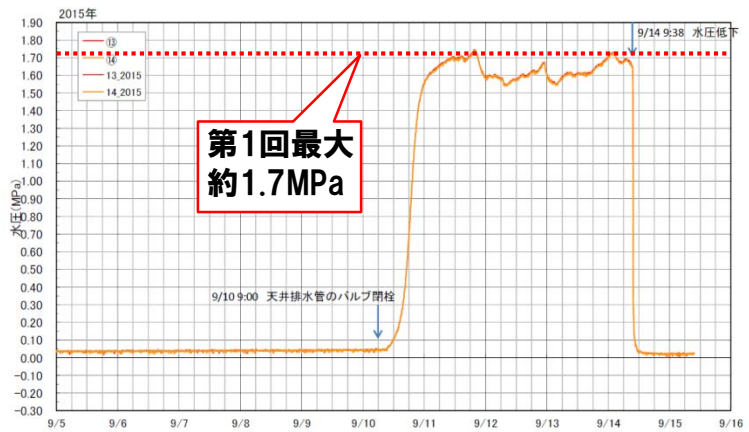


止水壁設置作業現場の状況
(1月23日現在)



止水壁躯体サイズとセンサー配置(単位:mm)

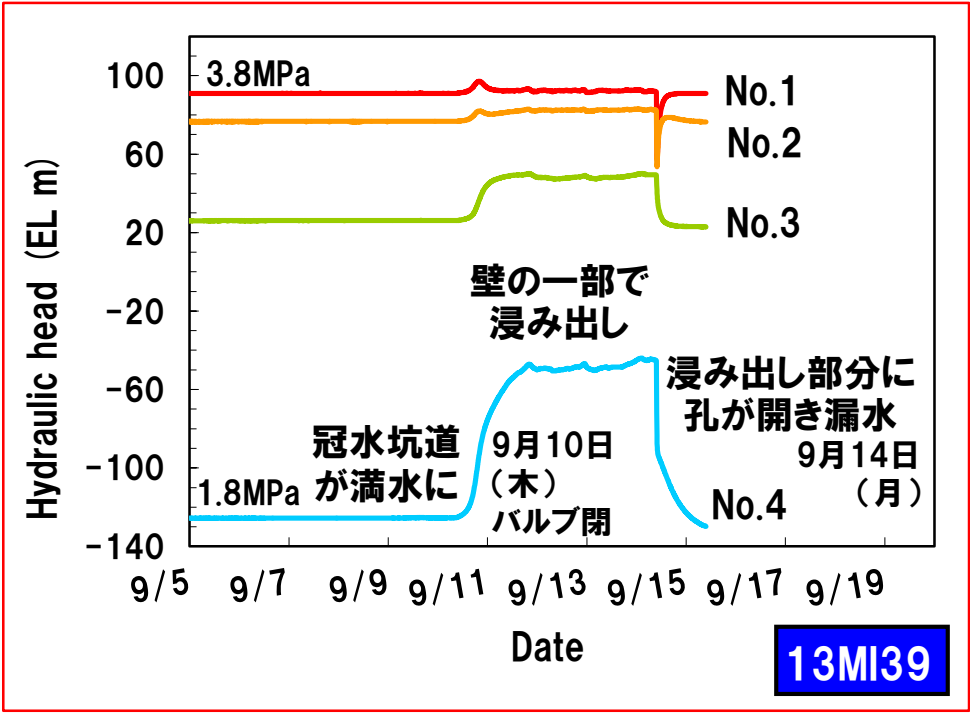
止水壁機能確認試験時の水圧回復(第1回:平成27年9月)



冠水坑道内の水圧変化

センサーの設置位置と水圧

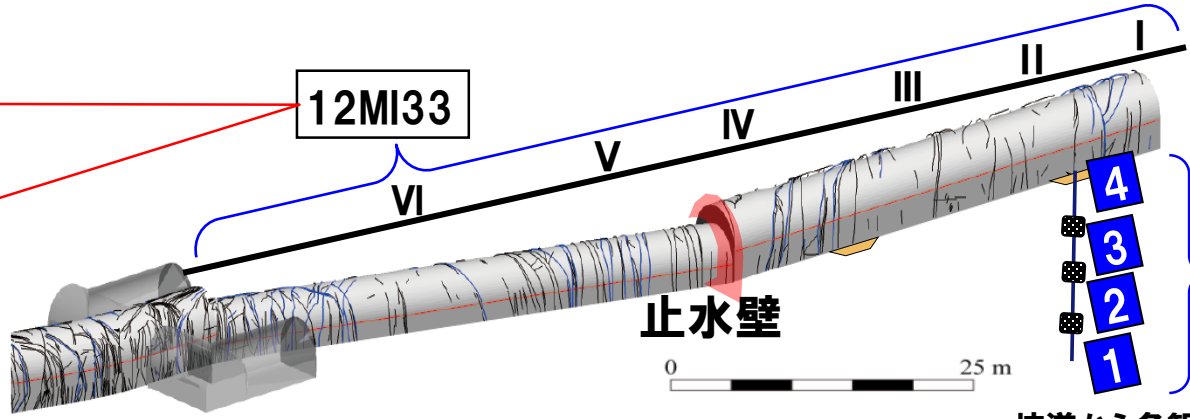
- ・水圧センサーは冠水坑道床面のコンクリート盤直上に設置
- ・床面～天井間が高さ4.5mあるため、天井まで満水した時点で0.045MPaとなる



13MI39

斜坑、冠水坑道掘削前の各観測区間の水圧

区間	位置(mabh)	水圧(MPa)
I	105.4～107.0	4.0
II	85.7～104.5	4.0
III	64.0～ 84.8	4.1
IV	53.8～ 63.1	4.1
V	44.1～ 52.9	4.1
VI	0.0～ 43.2	4.0



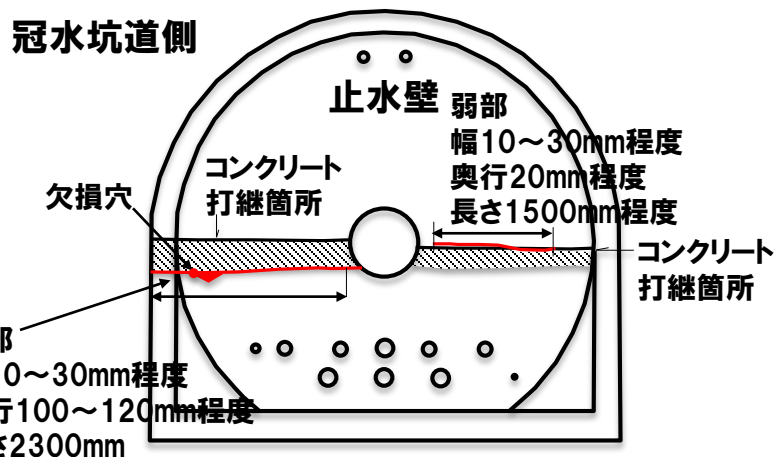
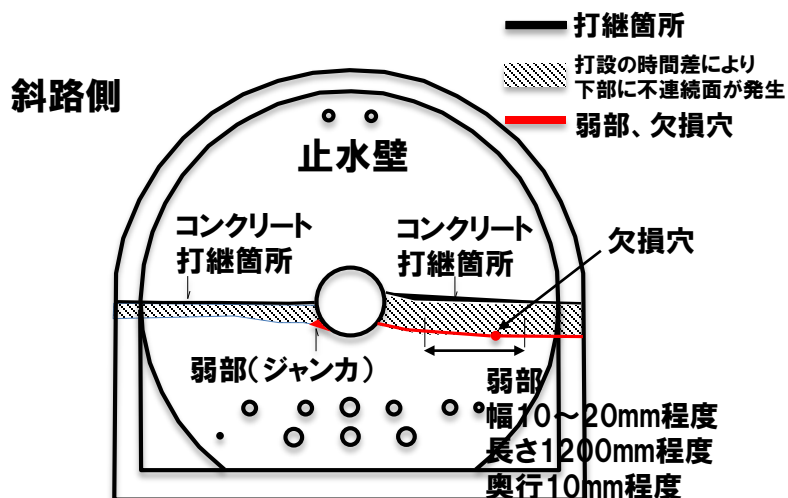
13MI39

坑道から各観測区間までの
離間距離は約0～15m

研究坑道の工事(止水壁補修作業:平成27年10～12月)

性能確認試験で把握された止水壁の損傷箇所

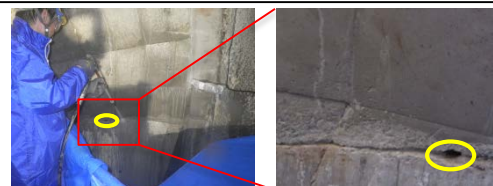
- ・ダメージ箇所は打継部と健全部の境界付近に集中し、冠水坑道側から斜路側に貫通している箇所がある
- ・斜路側に比べ、冠水坑道側のダメージが大きい



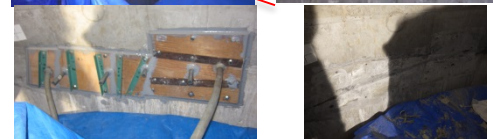
損傷状況を踏まえた補修作業

1. 欠損箇所の穴埋め(両側)

はつり、高圧洗浄
(黄色丸が欠損穴)



モルタル注入
による穴埋め



2. 弱層部への注入(両側)

エポキシ樹脂注入



3. カバーライニング(冠水坑道側)

下地処理、カーボン繊維積層ポリエステル樹脂シート貼り



4. 全面防水(冠水坑道側)

ポリエチレン系エマルジョン防水塗装



止水壁機能確認試験の履歴(平成28年1月以降)

1月 7日 8:30 排水ポンプ撤去(自然冠水開始:※1)
1月 7日 15:00 マンホール閉
1月 8日 10:00 注水ポンプ始動※2
1月 9日 16:00 注水ポンプ停止
1月 12日 8:30 注水ポンプ始動
1月 20日 9:40 注水ポンプ停止, オーバーフロー前に撤去
1月 21日 16:08 エア抜き管からオーバーフローを確認
1月 25日 9:28 エア抜き管を閉栓, 水圧上昇
2月 1日 9:30-15:30 採水(12M33, 13M38, 39, 40, 41...各1L)
2月 2日 9:30-15:30 採水(冠水坑道内...5×2L)
＜現在、機能確認継続中＞

※1: 自然冠水(冠水坑道湧水量) = $20\text{m}^3/\text{day}$

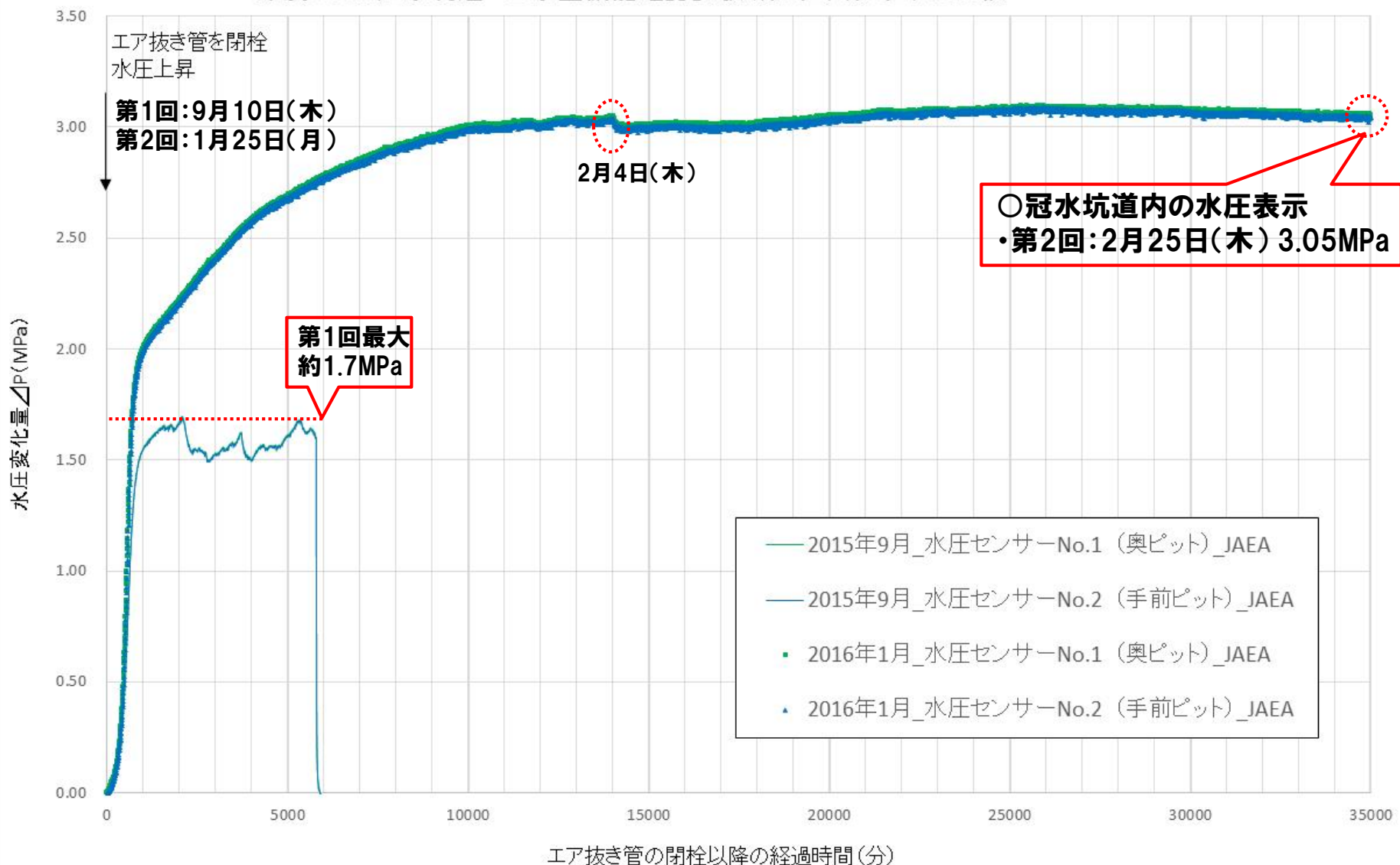
※2: ポンプ注水量 = $60\text{m}^3/\text{day}$

センサーの設置位置と水圧

- ・水圧センサーは冠水坑道床面のコンクリート盤直上に設置
- ・床面～天井間が高さ4.5mあるため、天井まで満水した時点で0.045MPaとなる

止水壁機能確認試験時の水圧回復(冠水坑道内の水圧変化)

深度500m冠水坑道 止水壁機能確認試験(第1回, 第2回)の比較



共同研究と施設利用

共同研究

電力中央研究所	・ 水理・物質移動特性評価に関する研究
産業技術総合研究所	・ 岩盤の水理・化学・生物連成現象に関わる研究
原子力環境整備促進 ・ 資金管理センター	・ 無線計測技術の適用性に関する研究
東京大学	・ 深部微生物活性の分析・解析技術の研究 - 地下環境の形成に関わる微生物プロセスの評価技術の研究
京都大学・大林組	・ 粘性流体注入に伴う周辺岩盤への影響に関する共同研究
鹿島建設	・ 地中レーダーによる坑道周辺岩盤における水理特性評価に関する研究
静岡大学	・ 大深度地球化学モニタリング技術に関わる研究
清水建設	・ 逆解析を用いた地下水流動のモデル化・解析に関する共同研究

施設供用

東濃地震科学研究所	・ 坑内への地震計・歪計の設置
名古屋大学	・ ニュートリノ捕捉用原子核乾板の保管・観測
早稲田大学	・ ダークマター観測に資するための環境中性子線の観測

今後の予定

平成28年度：

(主な調査研究)

- ・地下坑道における工学的対策技術の開発に係るセメントの地質環境への影響を調査するための試験を実施。
- ・物質移動モデル化技術の開発に係わる現場調査として、深度500m研究アクセス南坑道において、原位置トレーサー試験の実施。
- ・坑道埋め戻し技術の開発に係る再冠水試験として、地下水による冠水と、周辺地下水圧・水質等のモニタリングの実施。
- ・基盤情報として必要な地質環境データを取得するとともに、地質環境の調査技術やモデル化手法の妥当性等の評価を実施。

(工事)

- ・湧水抑制対策(ポストグラウト)
- ・坑内外仮設備の補修・交換(ワイヤーロープ等)等の安全対策。

ご清聴ありがとうございました