

超深地層研究所計画（瑞浪）

平成19年度の成果と平成20年度の計画 について

平成20年3月18日

深地層の研究施設計画検討委員会

報告内容

○平成19年度の施設建設と研究の成果

概略スケジュール

施設建設：

- ・前方探査と地質モデルの変遷
- ・グラウトと200m予備ステージ・ボーリング横坑掘削
- ・主立坑掘削、換気立坑グラウト

研究：

- ・深部地質環境の調査・解析・評価技術の実施項目と主要な成果
- ・深地層の工学技術の実施項目と主要な成果

○平成20年度の施設建設と研究の計画

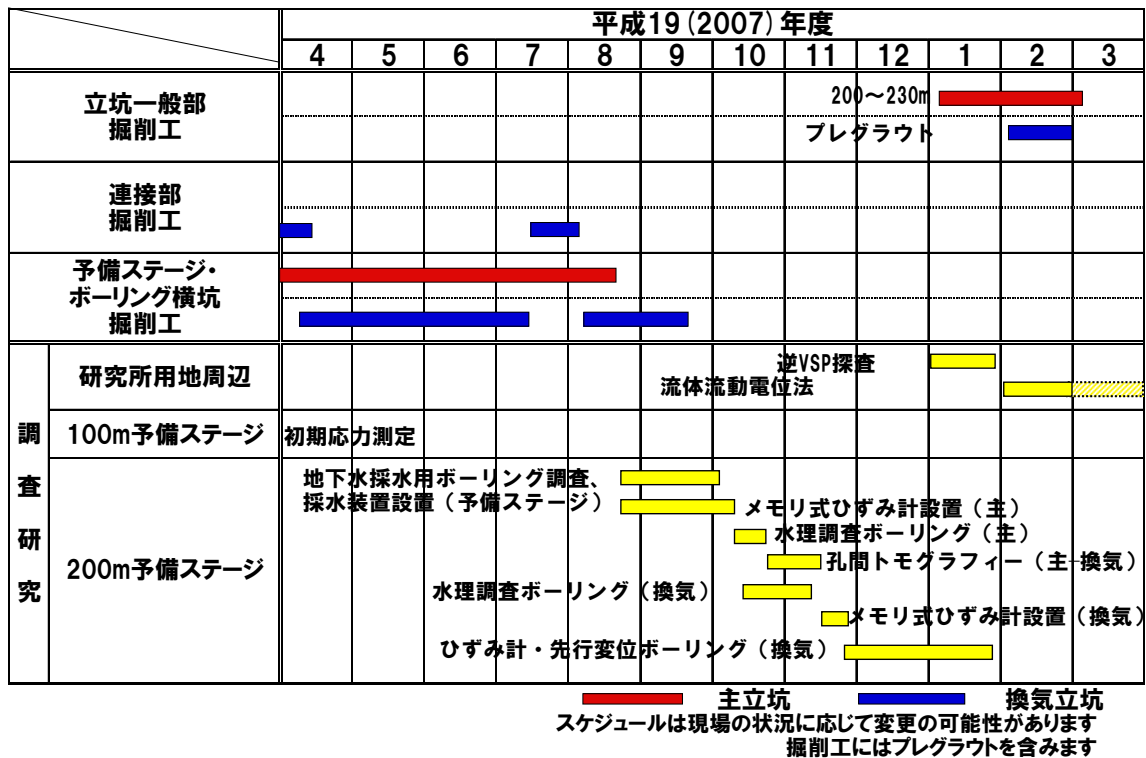
施設建設：

- ・主立坑、換気立坑、水平坑道の掘削計画

研究：

- ・深部地質環境の調査・解析・評価技術の実施予定項目と主要な計画
- ・深地層の工学技術の実施予定項目と主要な計画

平成19年度の概略スケジュール



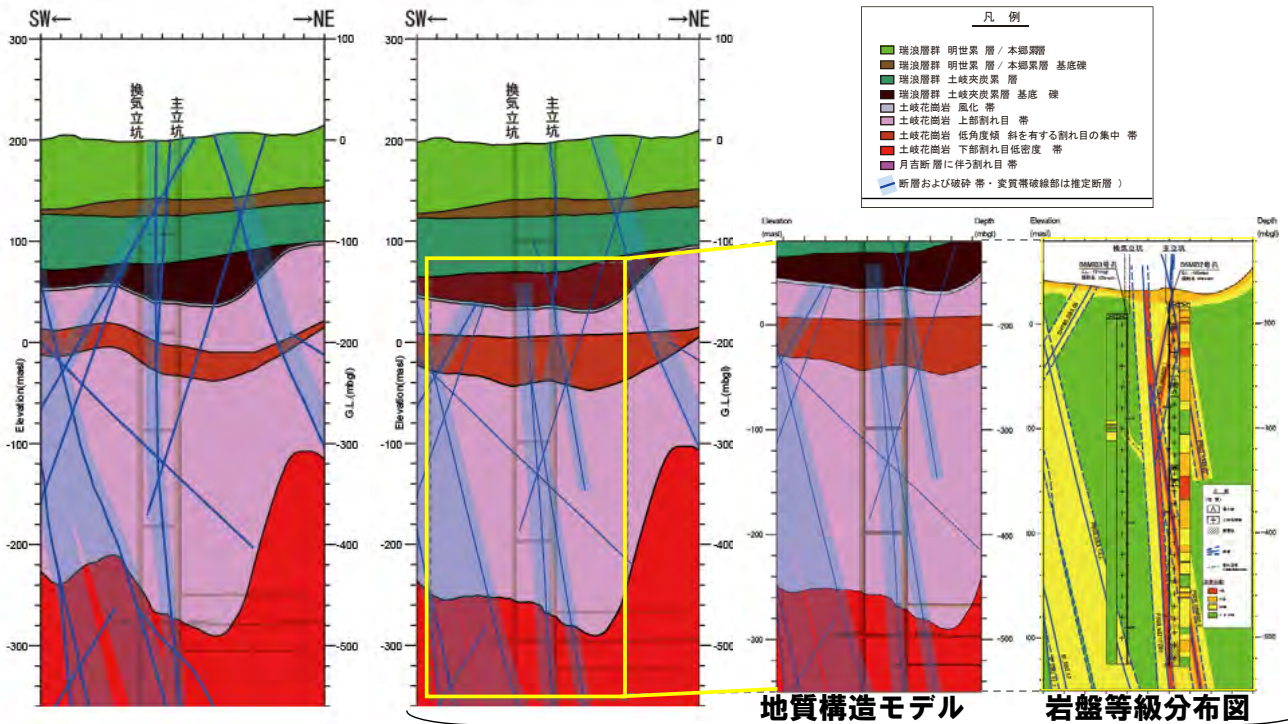
平成19年度の成果

○施設建設

○研究

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

前方探査と地質モデルの変遷① (第1段階後とパイロットボーリング後との比較)



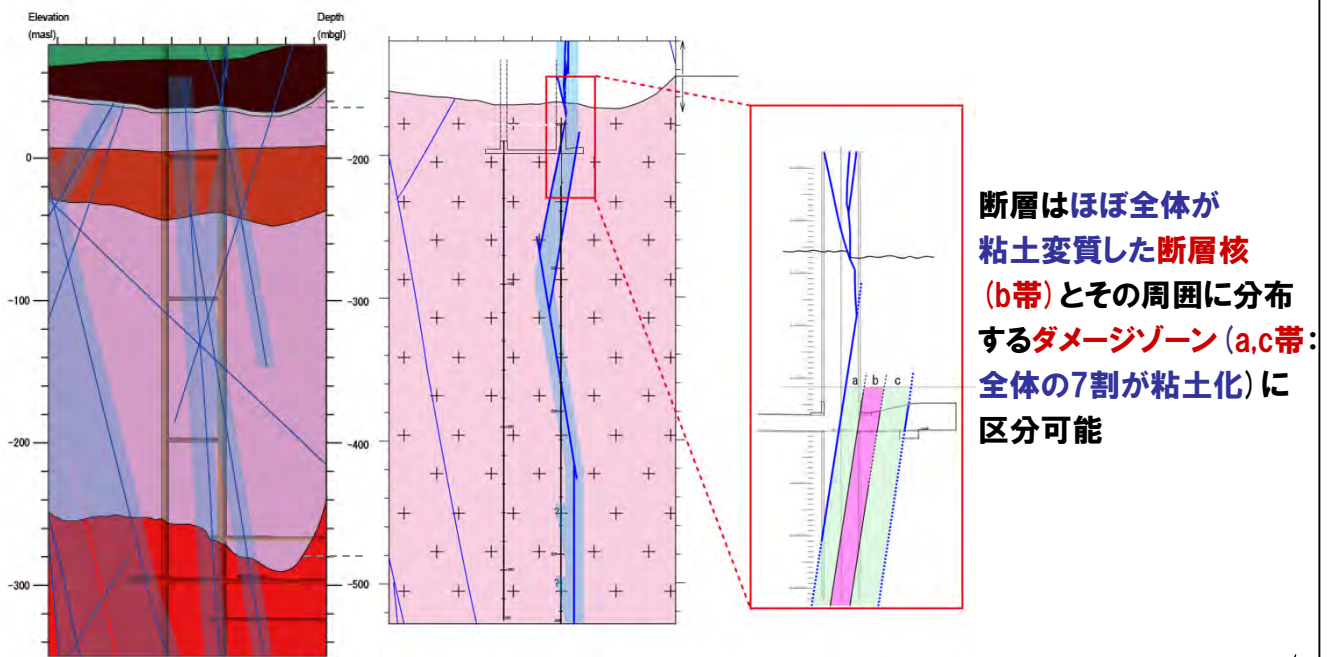
第1段階後

地質構造モデル

岩盤等級分布図

- パイロットボーリング後
- ・主立坑と換気立坑の間の断層の位置確認
 - ・低角度割れ目帯の出現位置確認

前方探査と地質モデルの変遷② (パイロットボーリング後と予備ステージ掘削後の比較)



地質構造モデル

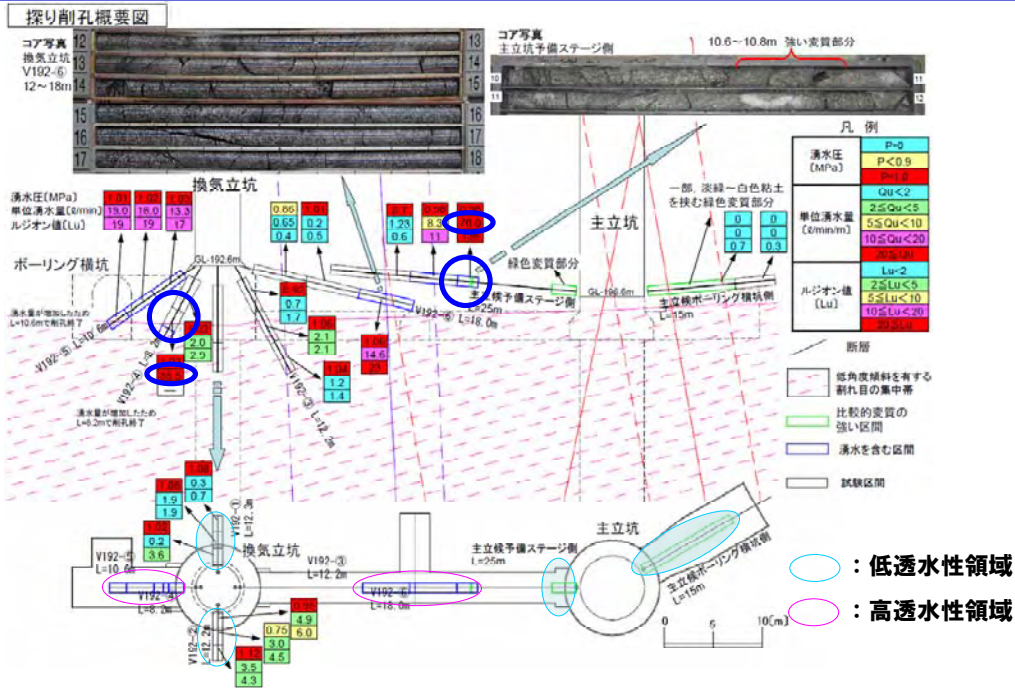
パイロットボーリング後

200m予備ステージ掘削後

断層はほぼ全体が
粘土変質した断層核
(b帯)とその周囲に分布
するダメージゾーン (a,c帯:
全体の7割が粘土化)に
区分可能

- ・主立坑付近の断層は複雑な雁行構造を示すものと推定
- ・主立坑付近の断層の内部構造を3層に区分

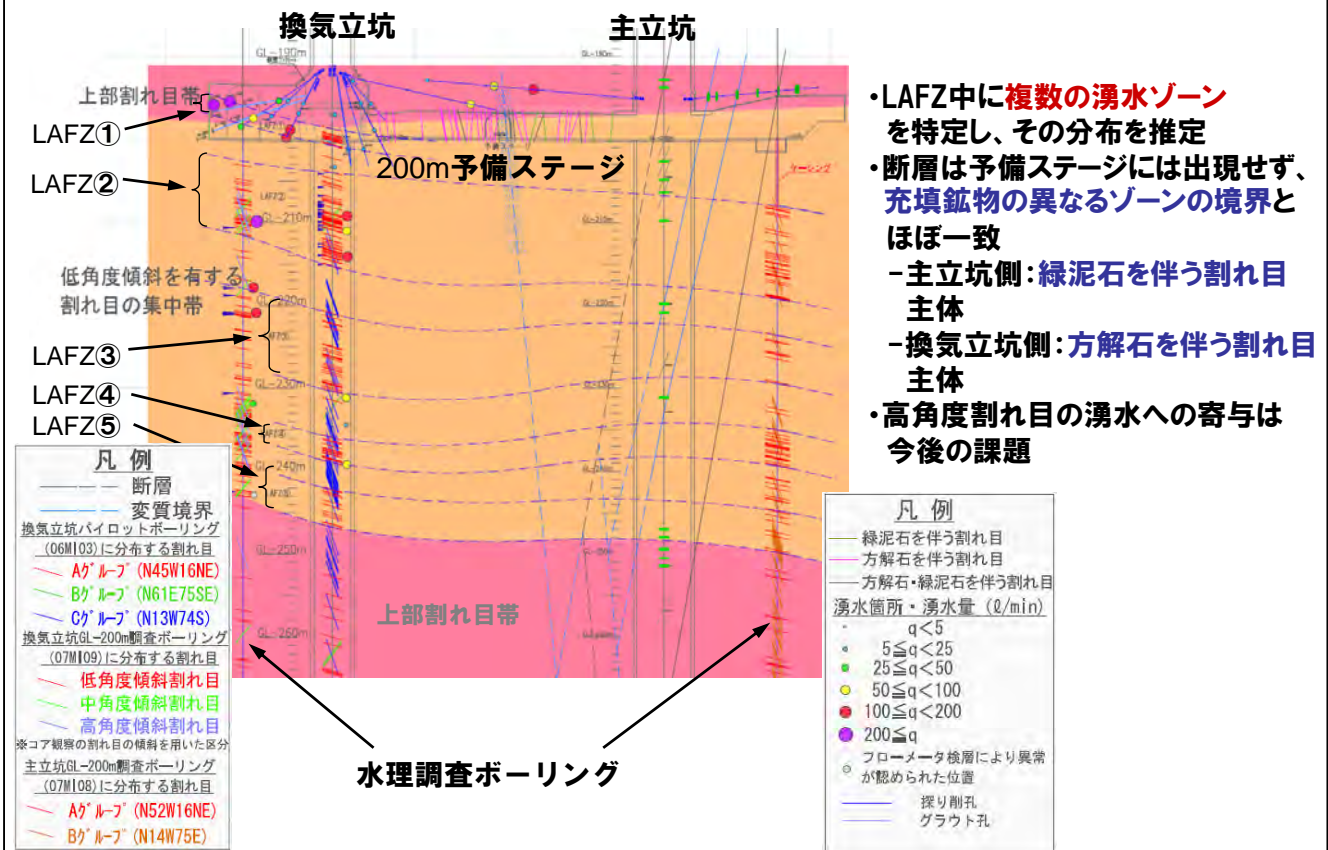
前方探査（探り削孔と水みちの把握）



避難所付近および換気立坑側ボーリング横坑で高透水性領域を特定

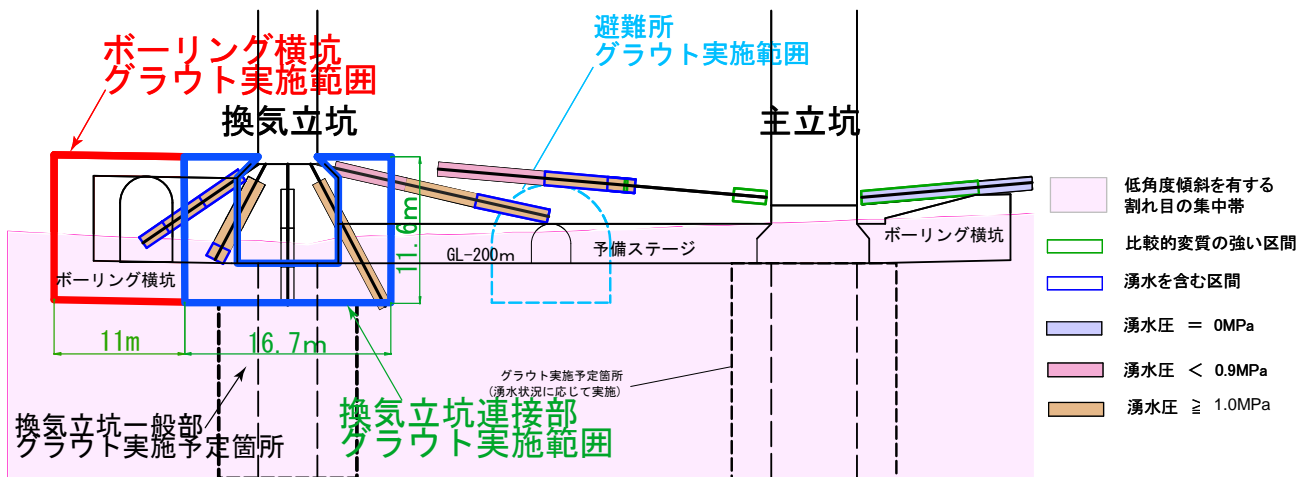
Lu (ルジオン値) : ボーリング孔の一定区間に水を注入し、10kgf/cm²の圧力時における単位区間の注入量 (ℓ/min/m) を示す値 (建設省: ルジオンテスト技術指針・同解説, 1984) 1933年にスイスの地質学者Lugeon (ルジオン) によって提案された試験 (Lugeon, M, 1933)

前方探査による主要な水みちの分布 (200m予備ステージからの水理ボーリング後)



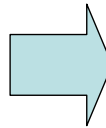
- LAFZ中に**複数の湧水ゾーン**を特定し、その分布を推定
- 断層は予備ステージには出現せず、**充填鉱物の異なるゾーンの境界とほぼ一致**
 - 主立坑側: **緑泥石を伴う割れ目** 主体
 - 換気立坑側: **方解石を伴う割れ目** 主体
- **高角度割れ目の湧水への寄与は今後の課題**

前方探査に基づくグラウト施工箇所



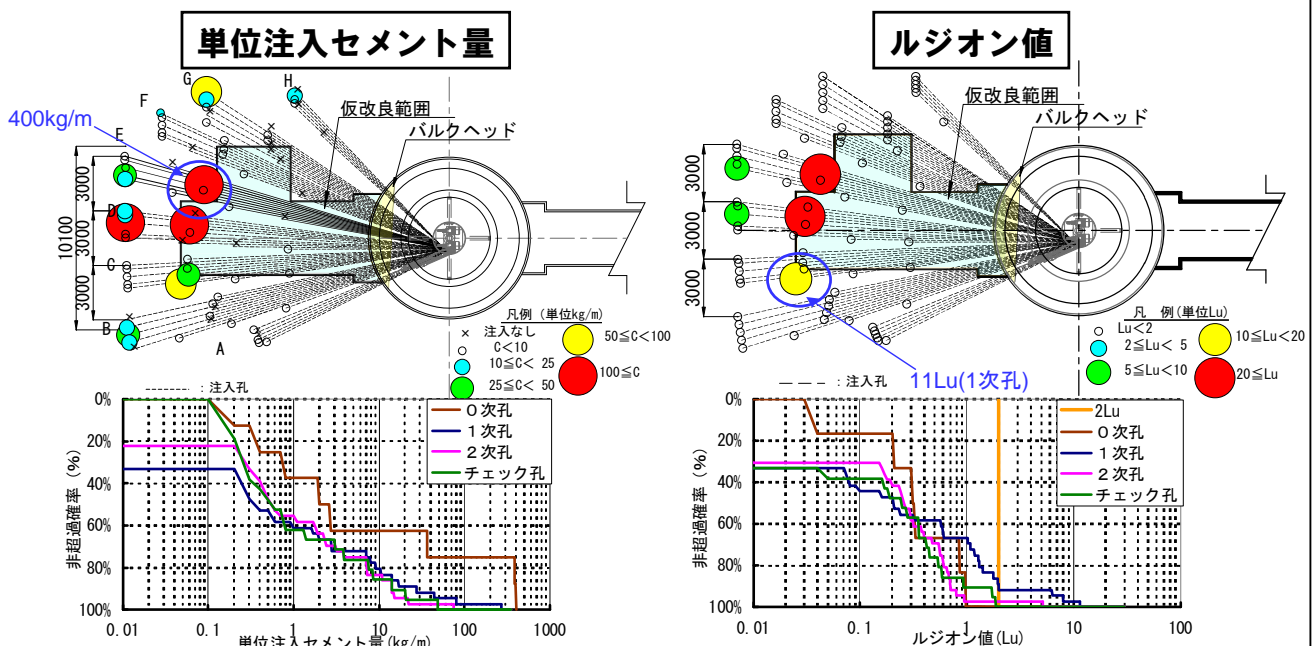
探り削孔結果による改良対象範囲の概要

- ・ 湧水圧：1MPa
- ・ 湧水量：40～100ℓ/min
- ・ ルジオン値：17～230Lu



透水係数改良目標
 10^{-6}m/s オーダー
 ↓
 10^{-7}m/s オーダー (2Lu以下)

換気立坑ボーリング横坑グラウト注入実績

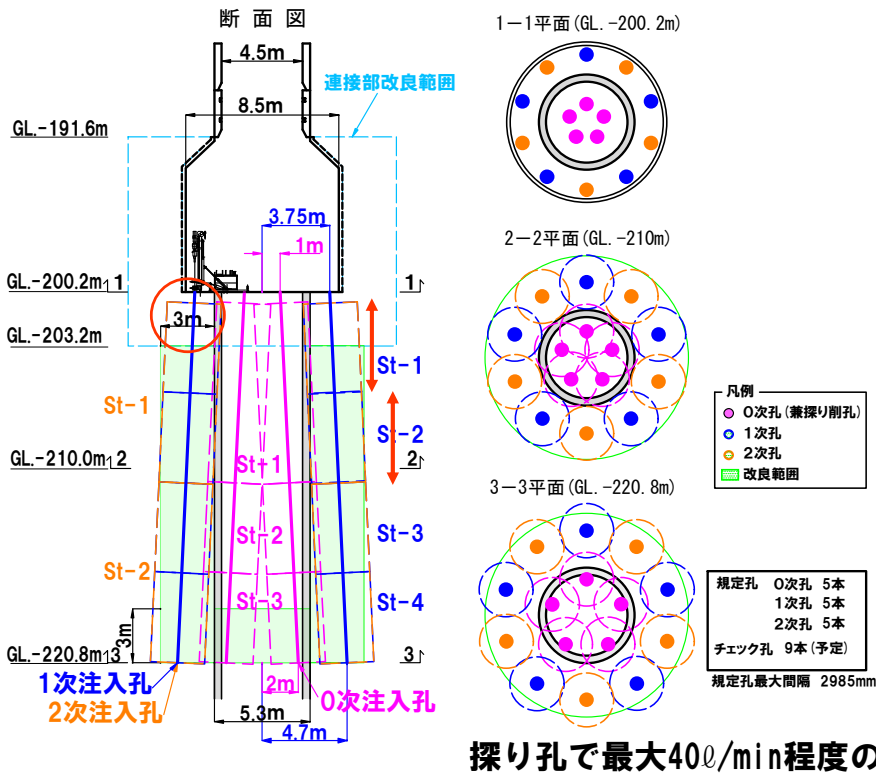


- 最大単位注入セメント注入量400kg/m
- 平均注入量16kg/m(全孔)
- 1次孔→2次孔に進むに従い、注入量が減少

- 最大ルジオン値11Lu(規定孔中)
- チェック孔にて改良目標の2Lu以下を達成していることを確認

200m以深の換気立坑グラウト計画概要

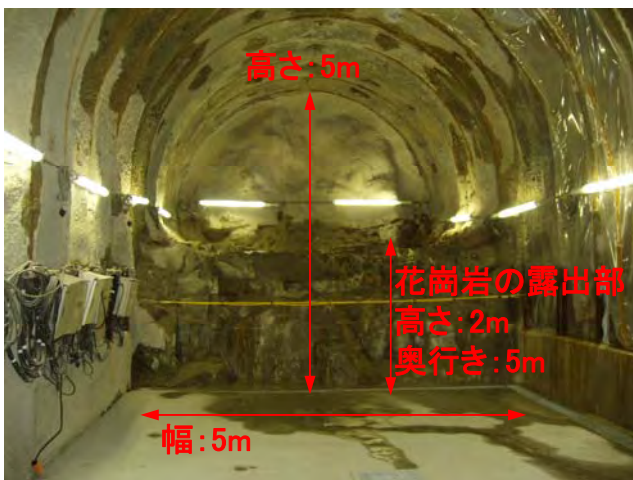
深度210m付近の湧水帯を改良するためプレグラウトを実施



- 0次孔 (探り削孔) → 1次孔 → 2次孔 → チェック孔の順で施工
- 設計改良範囲 (立坑周辺地山3 m) を網羅するように0次孔, 1次孔, 2次孔とも 各5孔 施工
- ステージ長は, 0次孔:5~10m, 1次孔:5m, 2次孔:10mとする

施設建設状況 (主立坑深度200m~230m)

・主立坑:平成20年3月3日 231.2m到達



主立坑深度200mボーリング横坑
ボーリング横坑
奥行き:主立坑との交差部から17m
幅:5m、高さ:5m
ボーリング横坑奥から5m程度に
わたり高さ2m程度花崗岩を露出



主立坑深度228. 6~231. 2m
壁面観察
観察区間のスケールバー設置状況

施設建設状況（換気立坑深度200m）

- ・換気立坑：パイロットボーリングから210m付近で湧水ゾーンと遭遇することが予測され、19年度は220mまでのグラウトを実施



換気立坑水理調査ボーリングモニタリング装置設置状況

ボーリング横坑

奥行き：換気立坑との交差部から10m

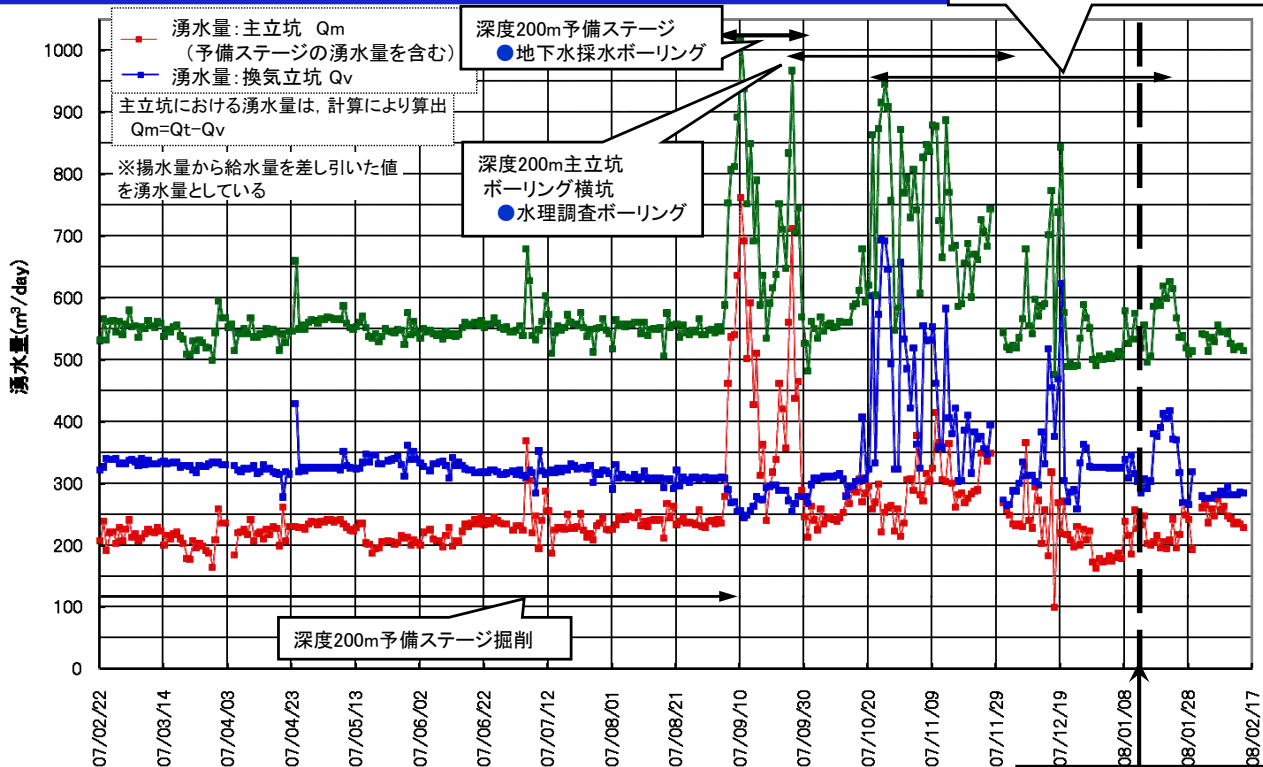
幅：4m、高さ：6.5m

換気立坑深度200mにおけるグラウト作業状況

13

施設建設状況（湧水量の推移）

深度200m換気立坑ボーリング横坑
 ●水理調査ボーリング
 ●先行変位ボーリング



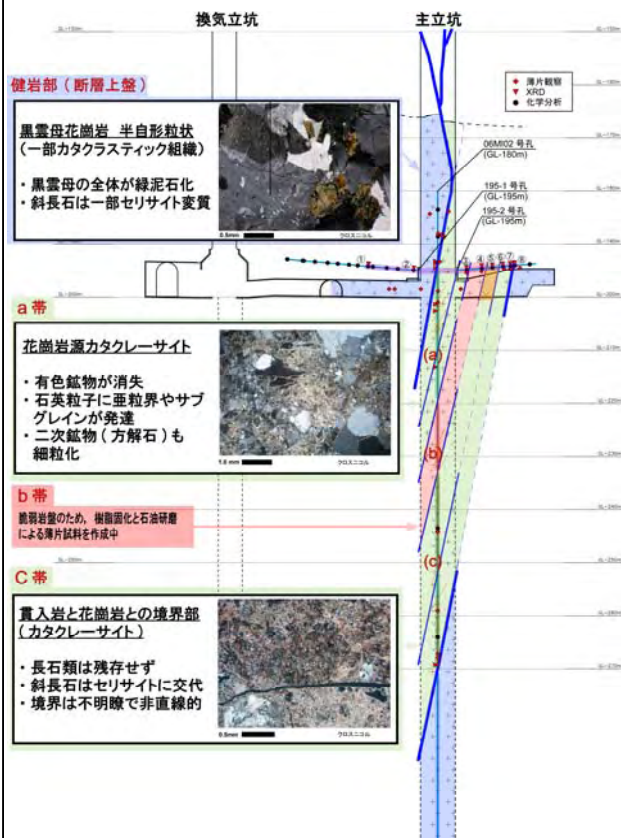
主立坑および換気立坑における湧水量の推移

2008年1月11日
 主立坑深度200m以深の掘削開始

4

深部地質環境の調査・解析・評価技術（地質）

壁面地質調査、物理探査、ボーリング孔地質調査



目的

- 安全評価や地下施設の設計・施工を行う上で重要な地質・地質構造を把握するための体系的な調査・解析・評価技術の構築

実施内容

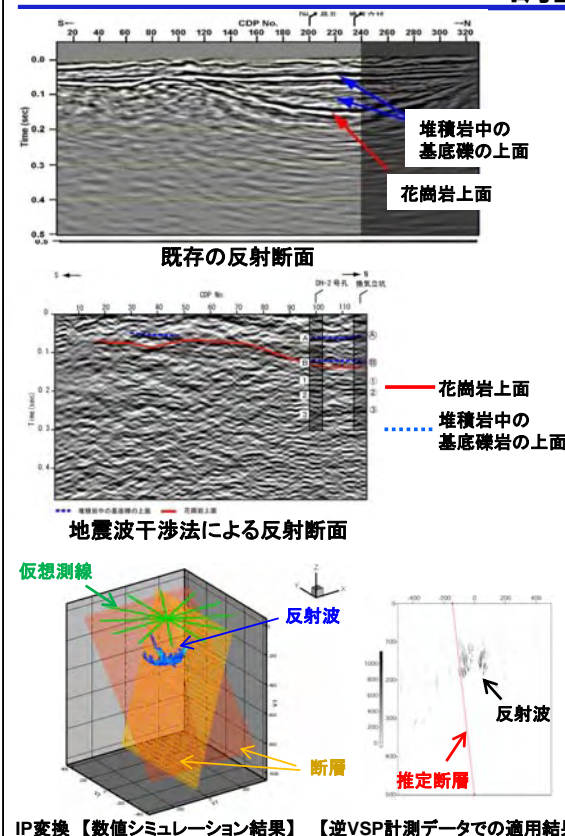
- 研究坑道の壁面地質調査
- 物理探査（逆VSP探査、流体流動電位法探査）
- ボーリング孔を用いた地質調査・物理探査

主な結果（遮水性構造の例）

- 遮水性断層（構造を境に間隙水圧の伝播挙動や水位の異なる断層）の地質学的特徴を把握
 - 断層はほぼ全体が粘土変質した断層核（b帯）とその周囲に分布するダメージゾーン（a,c帯：全体の7割が粘土化）に区分可能（左図）
 - セリサイトを生成するような強い変質作用やダメージゾーンまで粘土変質作用が及んでいることが特徴

深部地質環境の調査・解析・評価技術（地質）

調査技術の開発



目的

- 建設段階における地質構造モデルの信頼性を向上させるための調査技術の開発

実施内容

- 立坑内の工事振動を地表に展開した受振器で記録する逆VSP型のレイアウトによる計測データに対し、
 - ①地震波干渉法を利用した反射イメージング
 - ②IP変換法を利用した反射イメージングを実施

主な結果

- 【地震波干渉法】
 - 既存の地表からの反射法地震探査による結果（左図上段）と調和的な反射面（左図中段：A、B）を確認。さらに、既存の反射断面では不明瞭な花崗岩中の低角度の割れ目帯に相当する反射波（左図中段：①～③）を抽出
 - ➡地上からの調査では困難な被覆された岩盤中の割れ目帯や断層の抽出に有効
 - ➡地上に発振点を必要とせず、受振器のみ設置できれば実施可能（⇒地上から3次元探査が困難な場合には特に有効）
- 【IP変換法】
 - 第1段階で推定された高角度傾斜を有する断層（北西系断層）からの反射波を抽出（左図下段右）
 - ➡従来困難な高角度傾斜を有する断層の抽出に有効

深部地質環境の調査・解析・評価技術（水理）

目的

- 第1段階の予測結果の妥当性の確認
 - ・研究坑道掘削に伴う影響の把握
 - ・水理地質構造モデル
- 研究成果の知識化

実施内容

- 1.研究坑道からのボーリング調査
- 2.研究坑道及び研究所周辺での水圧モニタリング
- 3.研究坑道掘削に伴う地下水流動場及び水質分布の変化の将来予測
- 4.ルールベースに基づくエキスパートシステムの構築

主な結果

- 1.200m予備ステージ周辺の水理特性を取得
- 2.200m予備ステージボーリング孔での観測体制の整備
- 3.研究坑道掘削に伴う地下水流動場の変化の把握及び将来予測

次年度以降の計画

- 1.第1段階の水理地質構造モデルの妥当性の確認のための水圧モニタリングの継続
- 2.坑道掘削に伴う地下水の水圧分布などの変化に関するデータに基づくモデルの更新及び将来予測の継続
- 3.主として第1段階研究成果の知識化

17

深部地質環境の調査・解析・評価技術（水理）

研究坑道からの水圧モニタリング（1）

目的

- 第1段階の予測結果の妥当性の確認
 - ・研究坑道近傍の水圧分布と**その変化の把握**

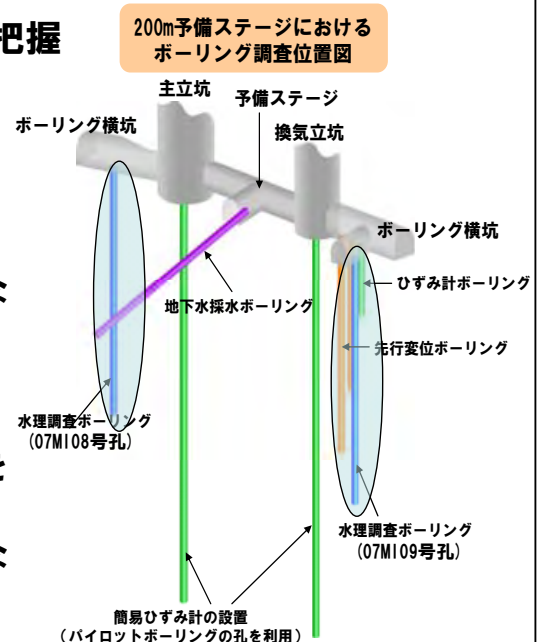
実施内容

主立坑（07M108号孔）

- MPシステムを設置
- 地質・地質構造，湧水量，流体検層結果などを基に，7区間を設定

換気立坑（07M109号孔）

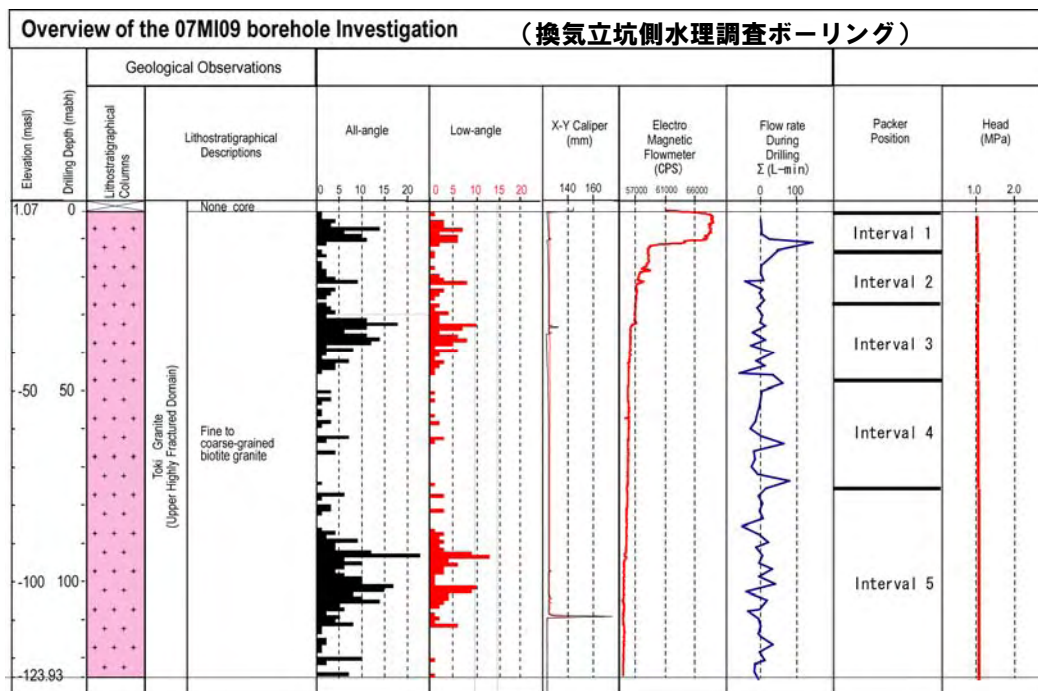
- 湧水環境を前提に口元での水圧観測方式を採用したモニタリングシステムを設置
- 地質・地質構造，湧水量，流体検層結果などを基に5区間を設定



18

深部地質環境の調査・解析・評価技術（水理）

研究坑道からの水圧モニタリング（2）

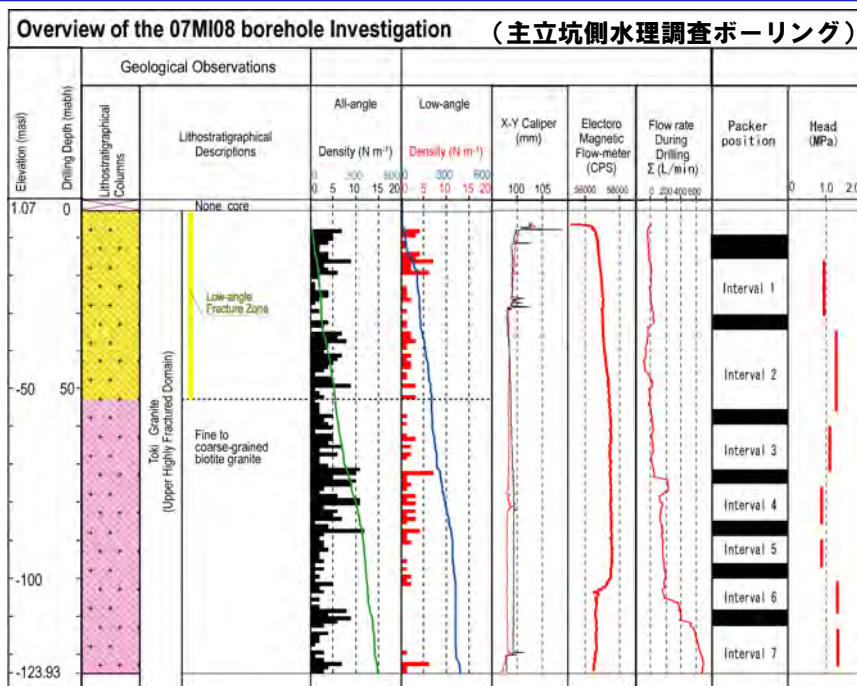


- ・岩芯観察、物理検層、流体検層結果に基づき、間隙水圧観測区間を設定
- ・今後、立坑掘削時の水圧変動から立坑周辺のスキン効果の評価を実施
- ・水圧は概ね1MPaでパイロットボーリングと整合的

19

深部地質環境の調査・解析・評価技術（水理）

研究坑道からの水圧モニタリング（3）



- ・岩芯観察、物理検層、流体検層結果に基づき、間隙水圧観測区間を設定
- ・今後、立坑掘削時の水圧変動から立坑周辺のスキン効果の評価を実施
- ・定常状態ではないが、一部区間で07MI09孔より高い水圧を観測。
→断層の北東側では水圧低下が少ない可能性を示唆

20

深部地質環境の調査・解析・評価技術（水理）

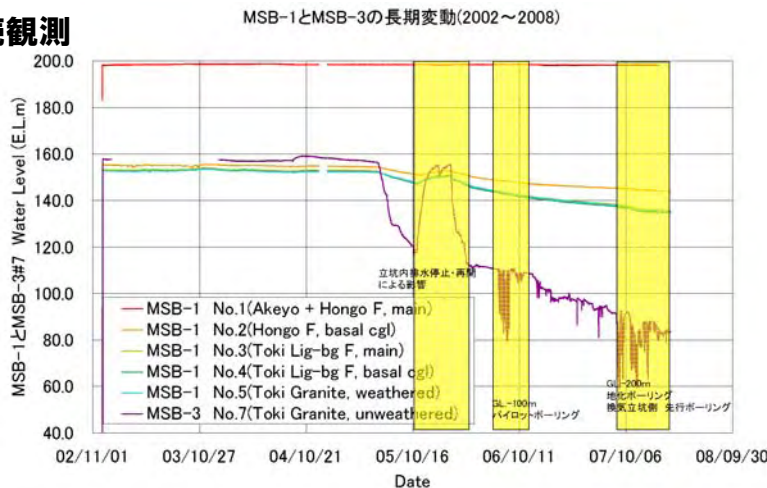
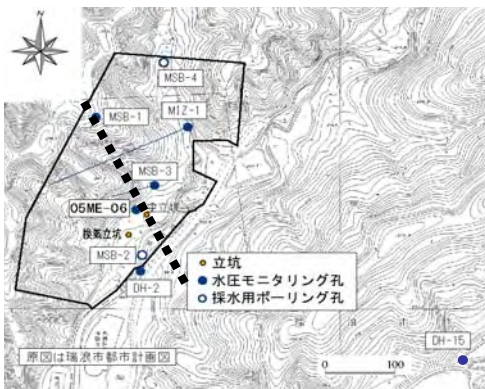
周辺観測孔における水圧応答

目的

- ▶ 第1段階の予測結果の妥当性の確認
 - ・ 研究坑道およびボーリング掘削に伴う研究所周辺の水圧変化を用いて水理地質構造モデルの妥当性を確認

実施内容

- ▶ 既存ボーリング孔における連続観測



主な結果

- ▶ 水圧モニタリングによる水理地質構造モデルの妥当性確認の有効性を例示
 - ・ **NNW断層の東側では西側より水位低下小さい** → **NNW断層の遮水効果**
 - ・ **表層部は立坑掘削の影響を受けない** → **本郷累層中の不透水層の効果**

21

深部地質環境の調査・解析・評価技術（地球化学）

目的

- 第1段階の予測結果の妥当性の確認
 - ・ 地下水の水質分布
 - ・ 研究坑道掘削に伴う影響
- 第3段階調査研究に備えた原位置試験の試行
- 研究成果の知識化

実施内容

1. 研究坑道からのボーリング調査（200m予備ステージ）
2. 集水リングからの地下水採取、分析
3. 坑道壁面からの湧水の採取、分析
4. 限外ろ過による金属元素のサイズ分布の測定
5. ルールベースに基づくエキスパートシステムの構築

主な成果

1. 研究坑道掘削中の地下水の地球化学特性データの蓄積
2. 200m予備ステージボーリング孔での観測体制の整備

次年度以降の計画

1. 研究坑道掘削に伴う地下水の水質などの変化の予測手法の構築および予測結果の妥当性確認
2. 第3段階調査研究に備えた原位置試験の試行
3. 主として第1段階研究成果の知識化

22

深部地質環境の調査・解析・評価技術（地球化学）

研究坑道からのボーリング調査（1）

目的

- 第1段階の予測結果の妥当性の確認
 - ・ 地下水の水質分布
 - ・ 研究坑道掘削に伴う影響

地下水採水・水質モニタリング装置 (200m予備ステージ) の概要

- 5連装パッカーにより孔内を6区間に分割
- 自動切り替えによる各区間の物理化学パラメータ連続測定が可能
- 被圧不活性状態での地下水試料採取が可能



水質連続モニタリング装置

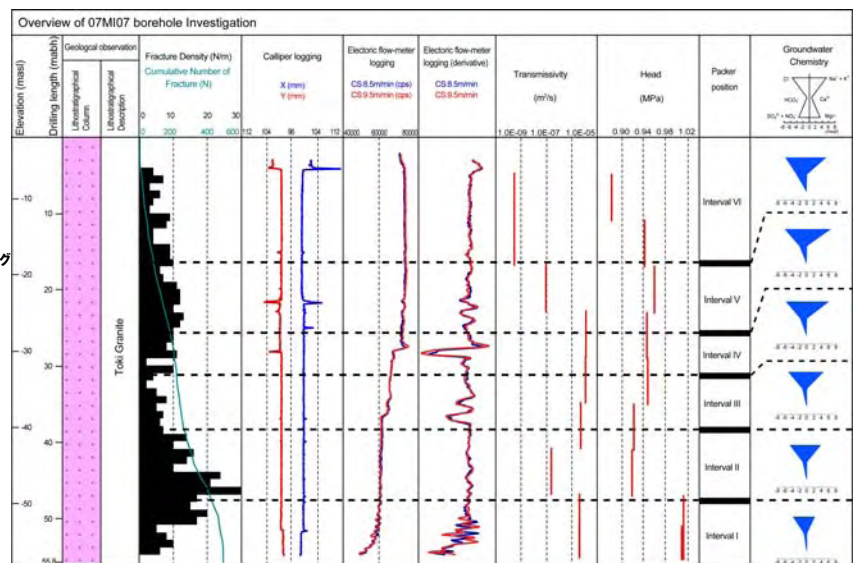
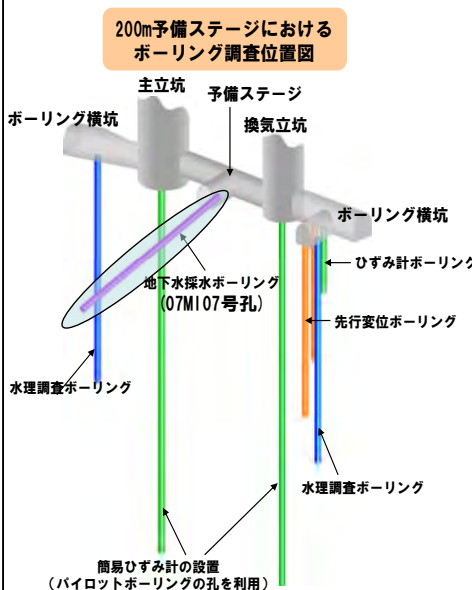
主な調査内容

- 物理化学パラメータ（pH, ORP, Temp., DO, EC）の連続モニタリング
- 主要元素分析：1回/週程度
- 水素・酸素・炭素・塩素同位体：1回/月程度
- 有機物・微生物・コロイド調査：適宜
- 溶存ガス分析：適宜

深部地質環境の調査・解析・評価技術（地球化学）

研究坑道からのボーリング調査（2）

ボーリング柱状図 (07MI07号孔)

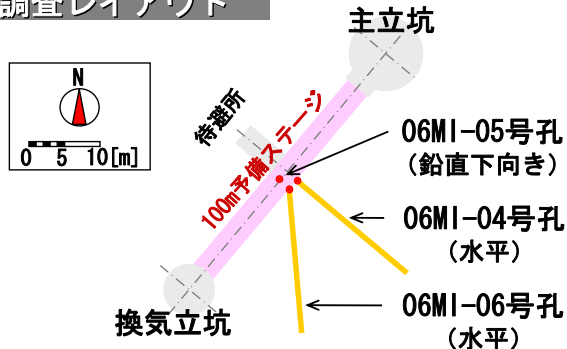


- ・ 立坑掘削の地下水化学に与える影響を把握するための**モニタリング体制を拡充**
- ・ モデル化による予測との比較を通じて第1段階のモデルの妥当性確認に利用

深部地質環境の調査・解析・評価技術（岩盤工学）

100m予備ステージにおける岩盤力学調査

調査レイアウト

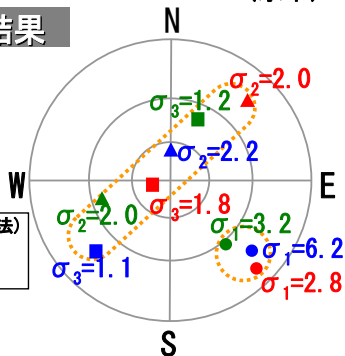


初期応力測定結果

$\sigma_v = 1.9$ (土被り圧)
数字の単位はMPa

- 応力解放法 (円錐孔底ひずみ法)
- 水圧破砕法
- AE/DRA法

※図はウルフネット
(等角・下半球投影)



目的

- 堆積岩部（土岐夾炭累層）の力学特性を把握（初期応力, 岩盤物性）
- 第1段階での予測の妥当性を評価
- 開発した測定装置の適用性を評価（初期応力測定装置, 孔壁貼付け法）

実施内容

- 初期応力測定（原位置および室内試験）
(応力解放法, 水圧破砕法, AE/DRA法)
- 室内物理・力学試験

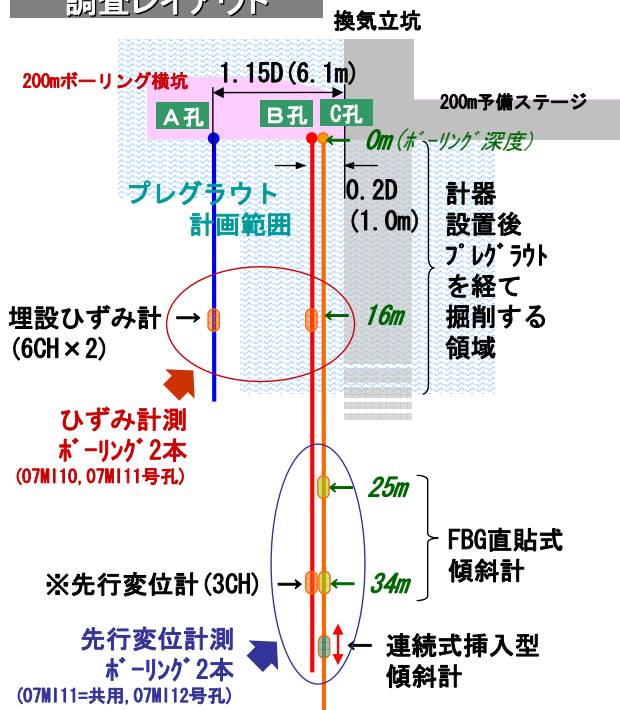
主な結果

- 堆積岩部での最大主応力の方向は第1段階での予測と一致した（NW方向）
- 堆積岩部での初期応力測定法として円錐孔底ひずみ法が適切

深部地質環境の調査・解析・評価技術（岩盤工学）

200mボーリング横坑における岩盤力学/工学技術調査

調査レイアウト



目的

岩盤ひずみ計測

- プレグラウト、立坑掘削により立坑周辺岩盤に生じる力学的な擾乱（ひずみ・応力変化）の程度、範囲を把握

先行変位計測

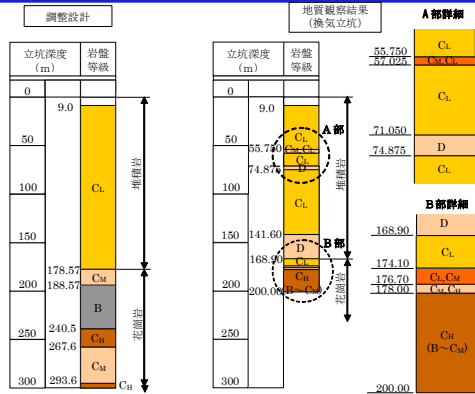
- 立坑の掘削（切羽進捗）にともなう坑道周辺岩盤の変形を切羽到達前から連続計測することにより掘削解放率を把握する
- 先行変位計測における光ファイバー計測システムの有効性を検証

実施内容

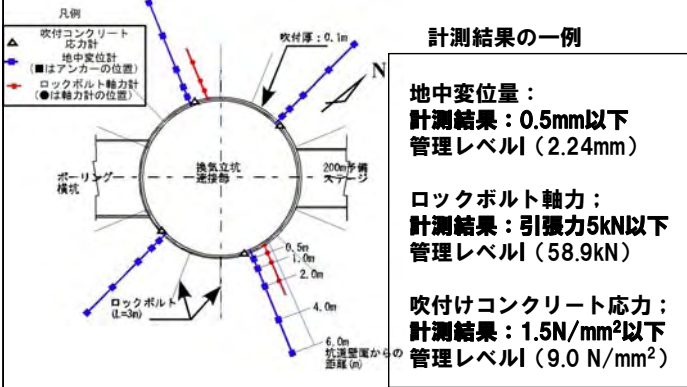
- 計器埋設の施工
バックグラウンド値の計測を開始

深地層における工学技術の基盤の整備

①設計・施工計画技術（換気立坑）



設計時および施工時の岩盤分類の比較例（換気立坑側）



換気立坑接続部における計測配置 *管理レベルはI-IIの順に危険側となる

目的

事前設計の妥当性の検証とその結果に基づく地表からの調査段階での設計技術の構築

実施内容

事前設計（実施設計（H16年度）、調整設計（H17年度））で設定した岩盤分類および物性値等と、計測結果（地質観察で評価した岩盤分類、A,B計測結果の分析、逆解析など）との比較・分析

*A計測：切羽観察、内空・天端沈下測定など
B計測：地中変位計測、各種支保工応力計測など

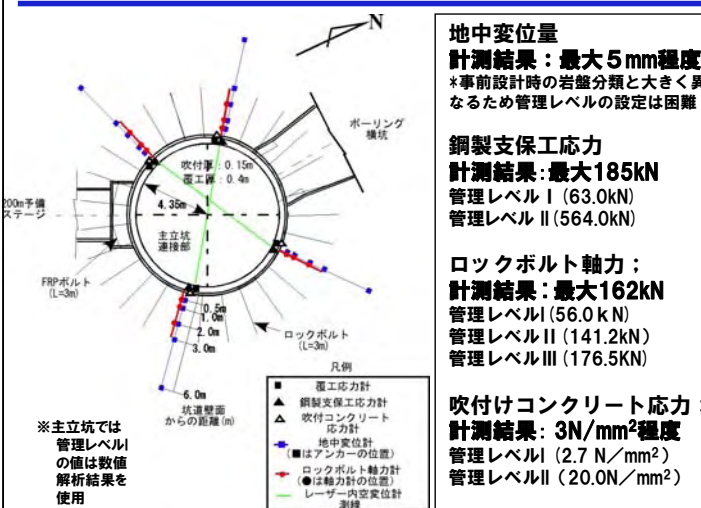
主な結果

妥当性の検証として、掘削時に取得したデータに基づく岩盤物性、岩盤・支保工の変形挙動の評価を実施

- 設計時の岩盤分類・物性値設定：**概ね妥当**
- A,B計測結果の分析：**接続部においても生じた変形は微小**
- 逆解析：解析結果の検討中

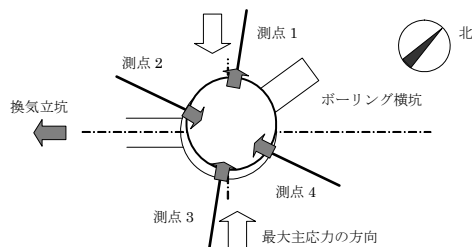
深地層における工学技術の基盤の整備

①設計・施工計画技術（主立坑）



主立坑接続部における計測配置

※主立坑では管理レベルの値は数値解析結果を使用



各種計測結果からの推定した主立坑周辺の変形モード

目的

事前設計の妥当性の検証とその結果に基づく地表からの調査段階での設計技術の構築

実施内容

主立坑側の岩盤（断層およびそれに付随する変質部）を対象とした岩盤分類、A,B計測結果の分析・逆解析などを実施し、脆弱部の岩盤物性を把握する

主な結果

岩盤分類：**事前設計では設定しなかったD級部分が卓越 → 断層などの影響**

A,B計測結果の分析：

総合的な解釈により主立坑岩盤の変形モードを推定

逆解析：解析結果の検討中

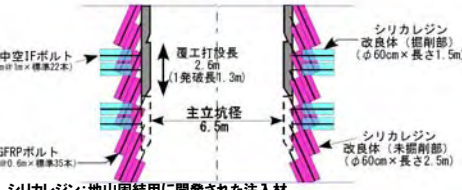
今後の施工への反映

深地層における工学技術の基盤の整備

②建設技術



坑壁崩落の発生状況
(主立坑)



シリカレジン: 地山固結用に開発された注入材。連続ノードを組成とする溶液の反応によりその効果を発揮する。

地山薬液注入工の概念図

目的

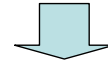
研究坑道掘削に対して適用した掘削工法の有効性を評価する

実施内容

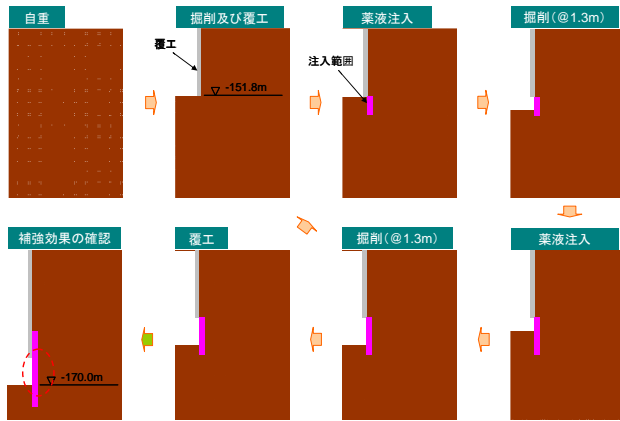
主立坑側岩盤を対象に実施しているレジン注入による地山改良効果の検討

主な結果

堆積岩部については、岩盤の掘削時に生じた余掘量(発破掘削によって設計掘削断面より拡大した量)は、**レジン注入による改良を施した場合減少したことを確認**



力学的岩盤改良効果の定量的な把握を目的とした感度解析を実施中



軸対称モデルによる注入効果の解析の流れ

平成20年度の計画

○施設建設

○研究

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

平成20年度の計画（施設建設）

- **主立坑**
深度300m程度までの掘削
- **換気立坑**
深度300m程度までの掘削
- **深度300mにおいて両立坑をつなぐ
水平坑道の掘削**
- **地質環境の状況に応じた対策の実施
(グラウト、補強工など)**



31

平成20年度の計画 深部地質環境の調査・解析・評価技術

	平成20年度の実施項目(黒字は継続、赤字は新規項目)
地質	<ul style="list-style-type: none"> ・物理探査(逆VSP探査, 流体流動電位法探査) ・研究坑道の壁面地質調査および壁面物性計測 ・地質構造モデルの構築・更新 ・物理探査手法・地質調査手法・地質構造モデル化手法の高度化
水理	<ul style="list-style-type: none"> ・立坑の集水リングを用いた湧水量計測 ・調査ボーリング孔を用いた間隙水圧測定(水理ボーリング調査) ・既存ボーリング孔での間隙水圧モニタリングおよび表層水理観測 ・水理地質構造モデルの構築・更新 ・データベース・地質環境データ解析・可視化システムの構築
地球化学	<ul style="list-style-type: none"> ・立坑壁面および集水リングを用いた坑内湧水の採水・分析 ・予備ステージボーリング孔における地下水水質観測 ・既存ボーリング孔における地下水水質観測 ・地球化学モデルの構築・更新 ・溶存ガスの定量・定性分析のための技術開発
岩盤力学	<ul style="list-style-type: none"> ・岩盤ひずみ計測 ・岩盤力学ボーリング調査 ・岩盤力学モデルの構築・更新 ・岩盤の長期挙動評価手法の確立

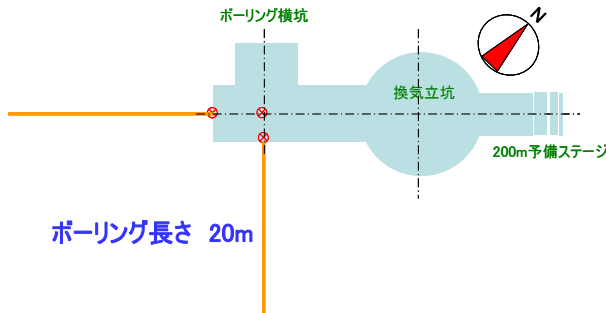
32

平成20年度の計画

深部地質環境の調査・解析・評価技術（岩盤力学）

200mボーリング横坑における岩盤力学調査

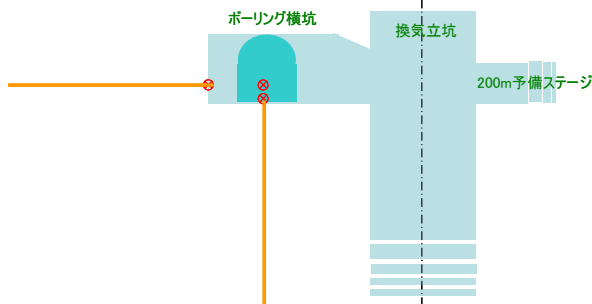
調査レイアウト（平面図）



目的

- 花崗岩部（土岐花崗岩）のうちLAFZでの力学特性を把握（初期応力, 岩盤物性）
- 第1段階での予測の妥当性を評価

調査レイアウト（断面図）



実施内容

- 初期応力測定（原位置）（応力解放法, 水圧破碎法）
- 室内物理・力学試験

33

平成20年度の計画

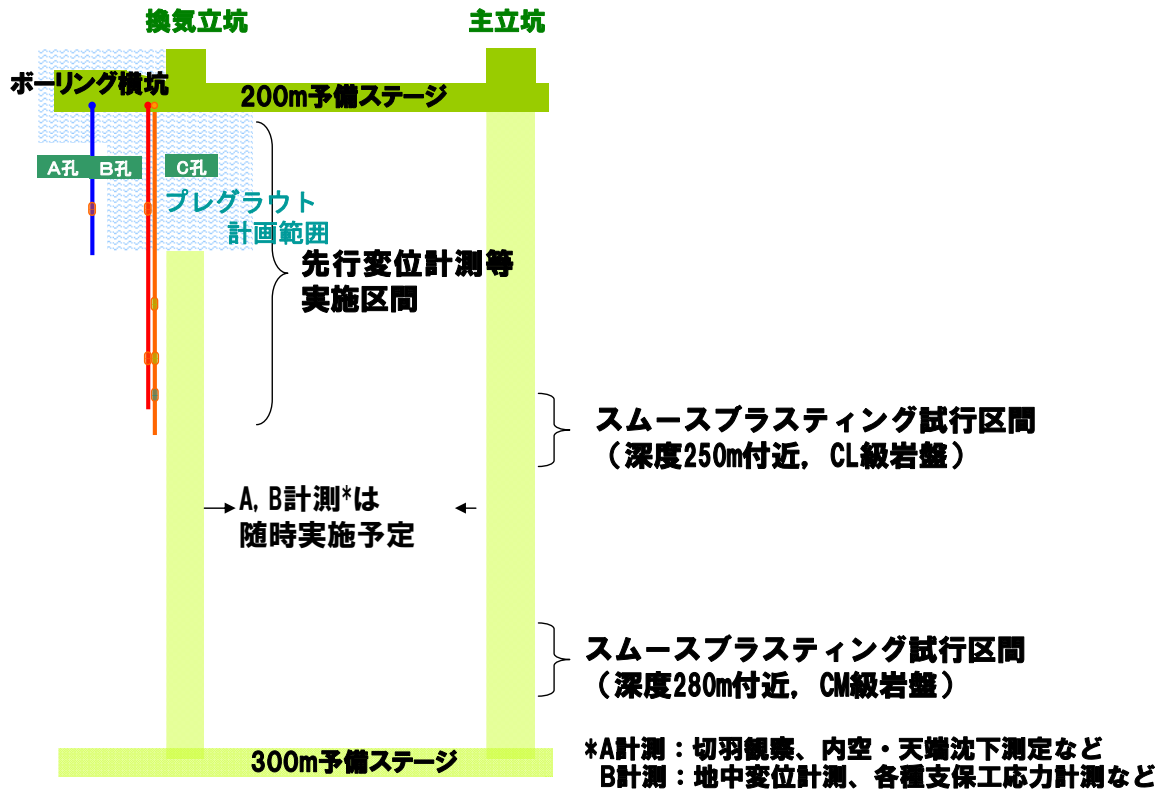
深地層における工学技術の基盤の整備

平成20年度の主な実施項目（黒字は継続、赤字は新規項目）	
設計・施工計画技術	・換気立坑側の岩盤を対象とした設計の妥当性検証（岩盤分類、A,B計測結果の分析・掘削解放率の検討など）
建設技術	・立坑掘削に対するスムーズブラッシング工法の適用性検討（主立坑）
施工対策技術	・レジン注入による地山改良効果の検討（主立坑）、既往の湧水対策技術（グラウト技術）に関するとりまとめ
安全確保技術	・プロジェクト全体を対象としたリスクマネジメント手法の検討

34

平成20年度の計画

深地層における工学技術の基盤の整備



35

共同研究・受託業務・施設供与

相手先	種別	内容	期間
東北大学	共研	傾斜計を用いたモニタリング技術の開発	H17.4~H21.3
熊本大学	共研	東濃地域を対象とした亀裂分布のマルチスケールモデリング技術の開発	H18.4~H21.3
電力中央研究所	共研	・安定同位体や放射性同位体による地下水年代測定 ・岩盤中物質移行特性原位置評価技術高度化調査	H18.4~H22.3
武蔵工大	共研	放射化分析手法を用いた微量元素分布に関わる研究	H18.4~H21.3
名古屋大学	共研	瑞浪超深地層研究所における地下深部岩盤のひずみ変化のメカニズムに関する研究	H19.6~H22.6
経済産業省 資源エネルギー庁	受託	地質環境総合評価技術高度化開発	H19年度~
経済産業省 資源エネルギー庁	受託	地下坑道施工技術高度化開発	H19年度~
日立GEニュークリアエナジー	受託	地質環境診断用マイクロ化学プローブに関する技術開発	H19年度~
東濃地震科学研究所	施設供与	坑内への地震計・ひずみ計の設置	H18年度~

36

研究開発成果の公表・情報発信・国際貢献 (H19年度)

○学会等における口頭発表（約70件）

日本原子力学会（2007年秋季，2007年バックエンド夏期セミナー等），
土木学会（年次講習会等），日本応用地質学会（研究発表会等），
物理探査学会（学術講演会等），日本地下水学会（秋季講演会），
日本地球惑星科学連合2007年大会，他

○学会誌等への論文投稿（約20件）

『原子力バックエンド研究（日本原子力学会バックエンド部会）』，
『応用地質（日本応用地質学会）』，『地下水学会誌（日本地下水学会）』，
『Journal of Hydrology（Elsevier）』，他

○原子力機構・研究開発報告書類の刊行（約20件）



○東濃地科学センター 地層科学研究 情報・意見交換会（毎年1回）



○国際貢献

韓国原子力研究所からの研究員受入れ（H19年12月～H20年3月）

