

# 超深地層研究所計画(瑞浪)

## 平成20年度の成果と今後の計画について

平成21年3月5日

深地層の研究施設計画検討委員会

深度300m調査研究用の水平坑道(主立坑より75m)

## 報告内容

### ○前回委員会でのコメント

### ○平成20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:

- ・事業計画の変更
- ・深度300mの調査研究用の水平坑道の掘削

#### 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21年度の施設建設と研究の計画

#### 施設建設:

- ・研究坑道の掘削計画

#### 研究:

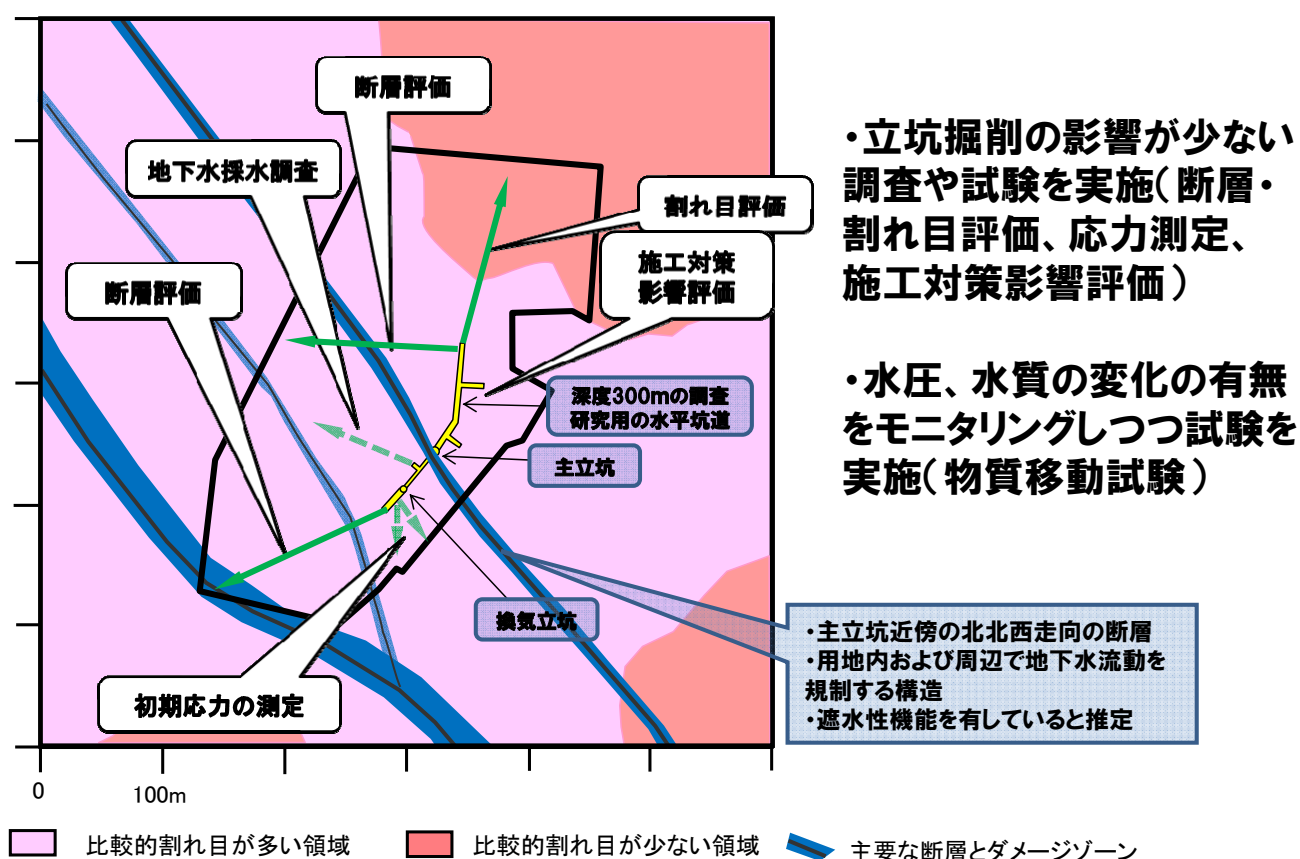
- ・深部地質環境の調査・解析・評価技術の実施予定項目
- ・深地層の工学技術の実施予定項目

## 前回（第5回：平成20年9月）委員会での ご意見・ご質問について

- 深度300mの調査研究用の水平坑道での試験への  
立坑掘削による影響について
- 調査の失敗の事例ベース化

3

## 深度300mの調査研究用の水平坑道における試験



4

# 調査の失敗の事例ベース化

## ーボーリング孔内の遺留物の回収ー



ボーリング孔内に  
挿入する装置の部品



回収用の器具  
遺留物の形状と過去の  
回収経験に基づき器具を選定



回収作業

5

## ○平成20年度の施設建設と研究の成果

### 施設建設：

- ・ 事業計画の変更
- ・ 深度300mの調査研究用の坑道の掘削

### 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

6



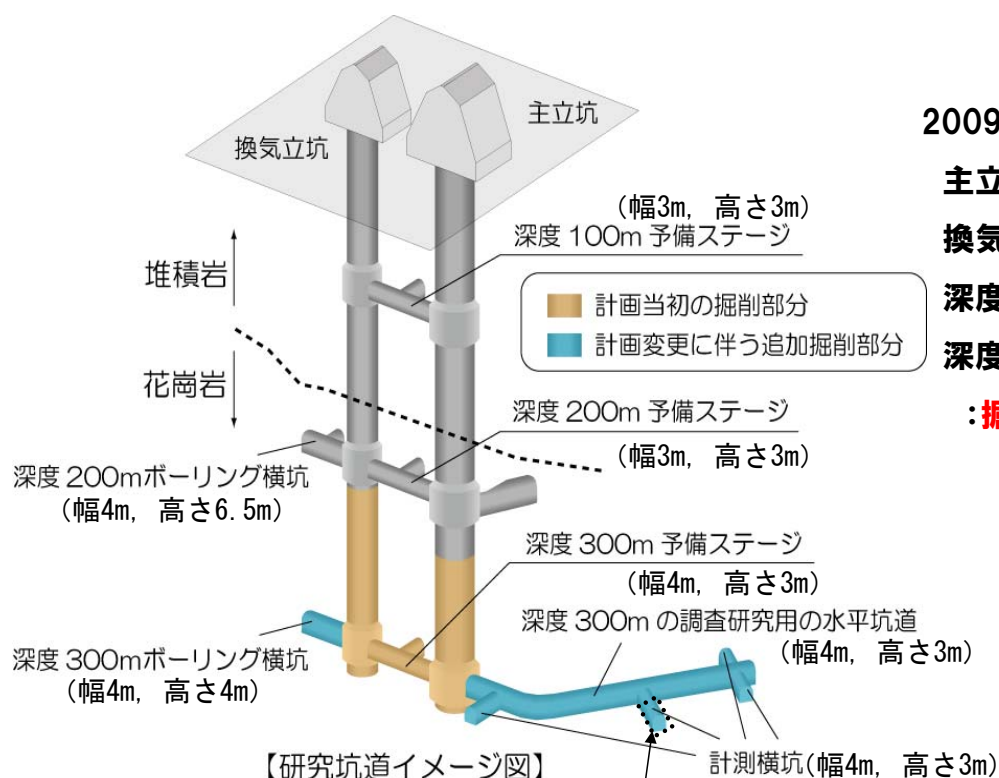
# 平成20年度の概略スケジュール

|                  |            | 平成20(2008)年度 |   |          |   |             |                      |    |    |    |              |   |   |  |
|------------------|------------|--------------|---|----------|---|-------------|----------------------|----|----|----|--------------|---|---|--|
|                  |            | 4            | 5 | 6        | 7 | 8           | 9                    | 10 | 11 | 12 | 1            | 2 | 3 |  |
| 立坑一般部<br>掘削工     |            | ~G.L.-300.2m |   |          |   |             |                      |    |    |    |              |   |   |  |
|                  |            |              |   |          |   |             |                      |    |    |    |              |   |   |  |
|                  |            | ~G.L.-300.2m |   |          |   |             |                      |    |    |    | G.L.-300.2m~ |   |   |  |
| 深度300m水平坑道       |            |              |   |          |   |             | 深度300mの調査研究用の水平坑道    |    |    |    |              |   |   |  |
|                  |            |              |   |          |   |             | 深度300m予備ステージ、ボーリング横坑 |    |    |    |              |   |   |  |
|                  |            |              |   |          |   |             |                      |    |    |    |              |   |   |  |
| 調<br>査<br>研<br>究 | 研究所用地周辺    | 逆VSP探索       |   | 各種モニタリング |   |             |                      |    |    |    |              |   |   |  |
|                  |            |              |   |          |   |             |                      |    |    |    |              |   |   |  |
|                  | 100m予備ステージ | 各種モニタリング     |   |          |   |             |                      |    |    |    |              |   |   |  |
|                  |            |              |   |          |   |             |                      |    |    |    |              |   |   |  |
| 200m予備ステージ       | 各種モニタリング   |              |   |          |   | ボーリング調査（力学） |                      |    |    |    |              |   |   |  |
|                  |            |              |   |          |   |             |                      |    |    |    |              |   |   |  |
| 正馬様用地            | 各種モニタリング   |              |   |          |   |             |                      |    |    |    |              |   |   |  |
|                  |            |              |   |          |   |             |                      |    |    |    |              |   |   |  |

■ 主立坑    ■ 換気立坑  
■ 水平坑道

7

## 研究坑道の建設の状況



2009年2月27日までの進捗

主立坑: 深度300.2m

換気立坑: 深度317.1m

深度300m予備ステージ: 掘削完了

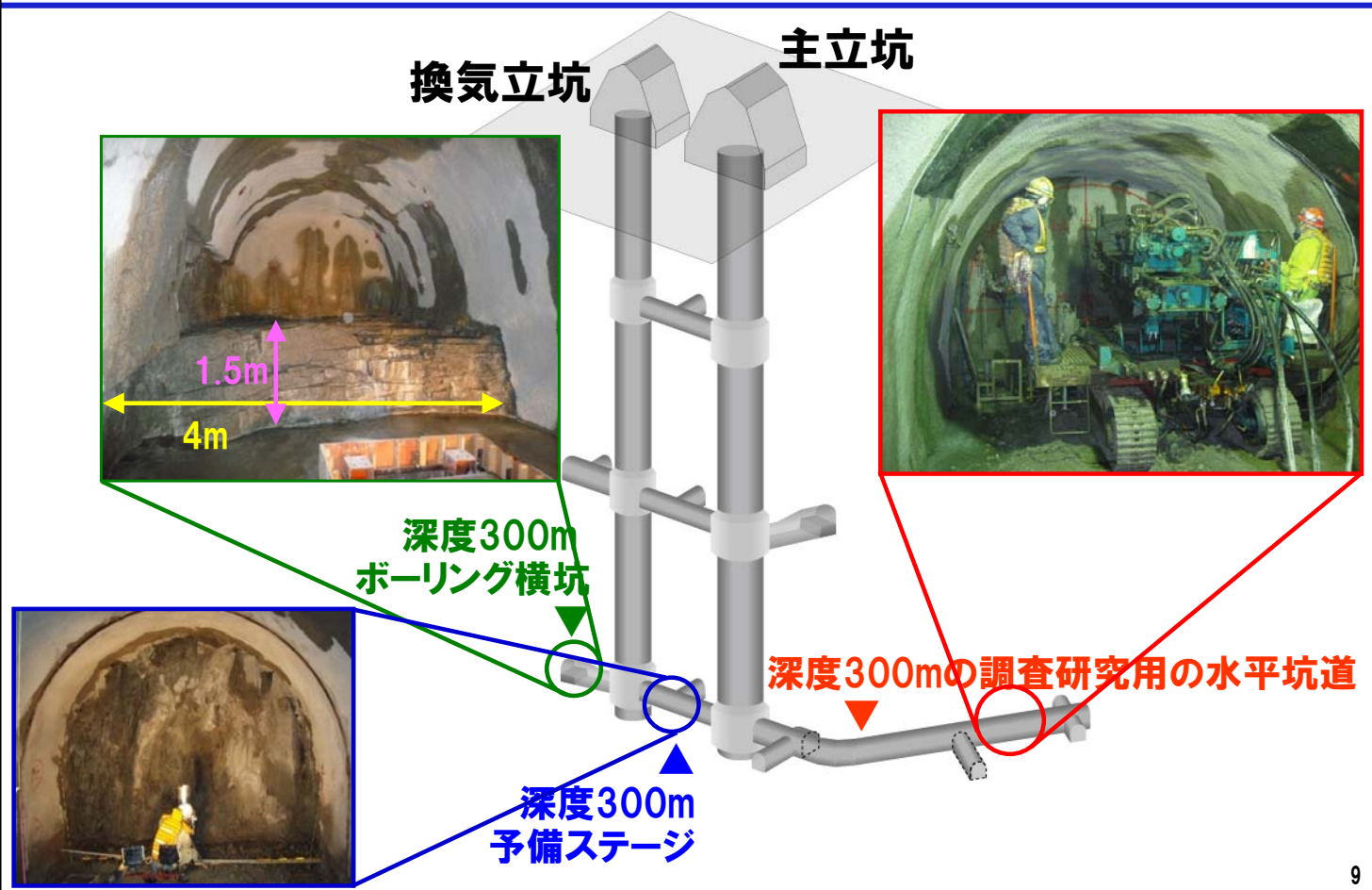
深度300mの調査研究用の水平坑道

**: 掘削完了**

平成21年度以降に施工を予定

8

# 研究坑道の建設の状況



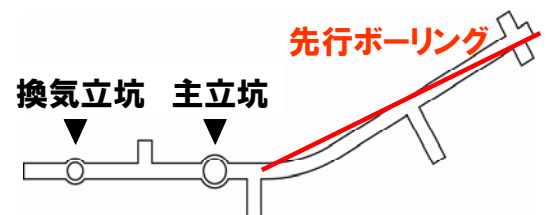
## 先行ボーリングの実施

### ●先行ボーリングの目的

深度300m調査研究用の水平坑道の掘削に先立ち、事前に掘削領域の岩盤性状や湧水状況を把握すること

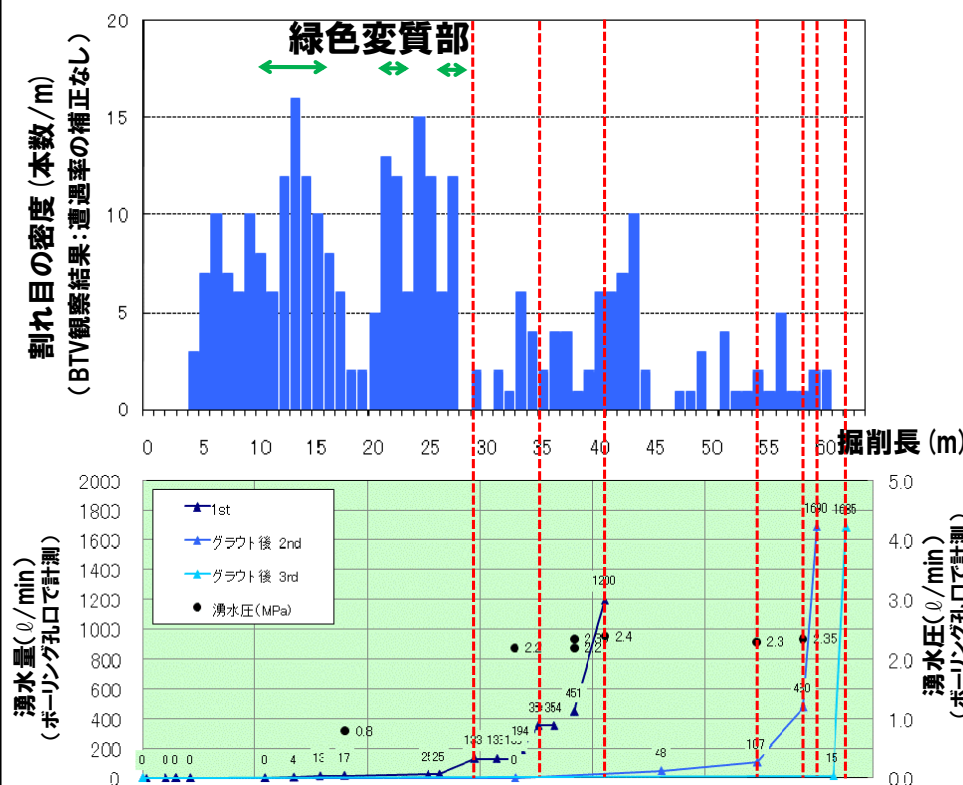
### ●先行ボーリングの掘削

- ・主立坑接続部覆工コンクリート表面から10.4mの位置まで水平坑道を掘削し、その位置から先行ボーリングを掘削
- ・水平坑道10.4mの位置まで湧水なし
- ・9月24日から10月22日までに62.5m掘削



パッカー挿入作業  
(湧水量: 1,200ℓ/min)

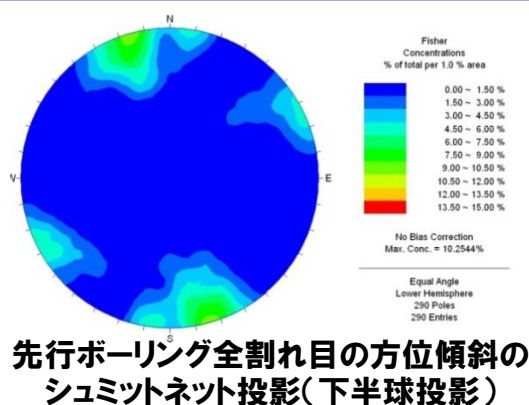
# 先行ボーリングで確認された岩盤性状・湧水状況



- **岩盤性状**
  - ・全孔を通じて硬質な岩盤 (CM ~ CH級)
  - ・変質は掘削長約28m付近まで割れ目沿いの緑色粘土化が顕著。それ以深はほとんど認められない。
- **湧水状況**
  - ・非変質岩盤 (28m以深)
  - ・主に、割れ目密度の小さい箇所では湧水が認められる。
  - ・割れ目は介在鉱物を欠くとともに、割れ目面の接合状況が悪い場合が多い。

11

# 先行ボーリングで確認された岩盤性状



- **割れ目の方位**
  - ・北北西および東西(東北東)走向の高角度の割れ目が卓越。
  - ・湧水と関連する割れ目は東西走向の割れ目が主体(坑道掘削延長と概ね直交)。
  - ・ただし、ボーリングの方向(N20E, 下向き1°)を考慮し、低角度の割れ目および南北方向の高角度割れ目と、湧水と関連する割れ目との交錯関係等について、今後の調査により評価。



12

## ○平成20年度の施設建設と研究の成果

### 施設建設：

- ・事業計画の変更
- ・深度300m調査研究坑道の掘削

### 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

13

## 平成20年度の主な実施項目 深部地質環境の調査・解析・評価技術

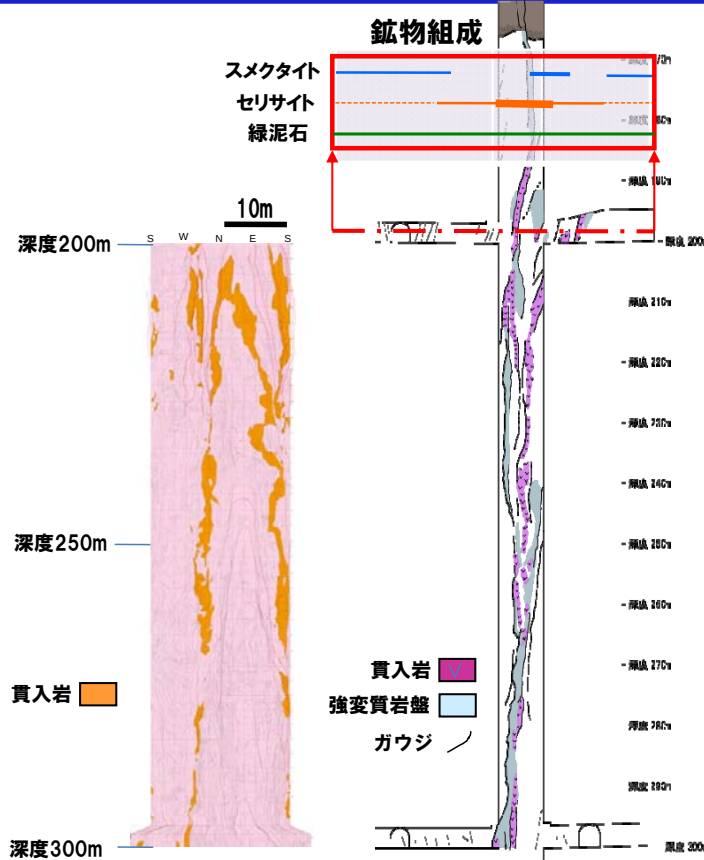
|      | 平成20年度の主な実施項目                                                                                                                                                           |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 地質   | <ul style="list-style-type: none"><li>・物理探査(逆VSP探査, 流体流動電位法探査)</li><li>・研究坑道の壁面地質調査および壁面物性計測</li><li>・地質構造モデルの構築・更新</li></ul>                                           |
| 水理   | <ul style="list-style-type: none"><li>・立坑の集水リングを用いた湧水量計測</li><li>・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</li><li>・水理地質構造モデルの構築・更新</li><li>・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</li></ul> |
| 地球化学 | <ul style="list-style-type: none"><li>・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</li><li>・予備ステージボーリング孔における地下水水質観測</li><li>・既存ボーリング孔における地下水水質観測</li><li>・地球化学モデルの構築・更新</li></ul>        |
| 岩盤力学 | <ul style="list-style-type: none"><li>・岩盤ひずみ計測</li><li>・岩盤力学ボーリング調査</li><li>・岩盤力学モデルの構築・更新</li><li>・岩盤の長期挙動評価手法の構築</li></ul>                                            |

14



# 深部地質環境の調査・解析・評価技術（地質）

## 研究坑道の壁面地質調査など



立坑壁面展開図

立坑壁面断面図(N41E方向)

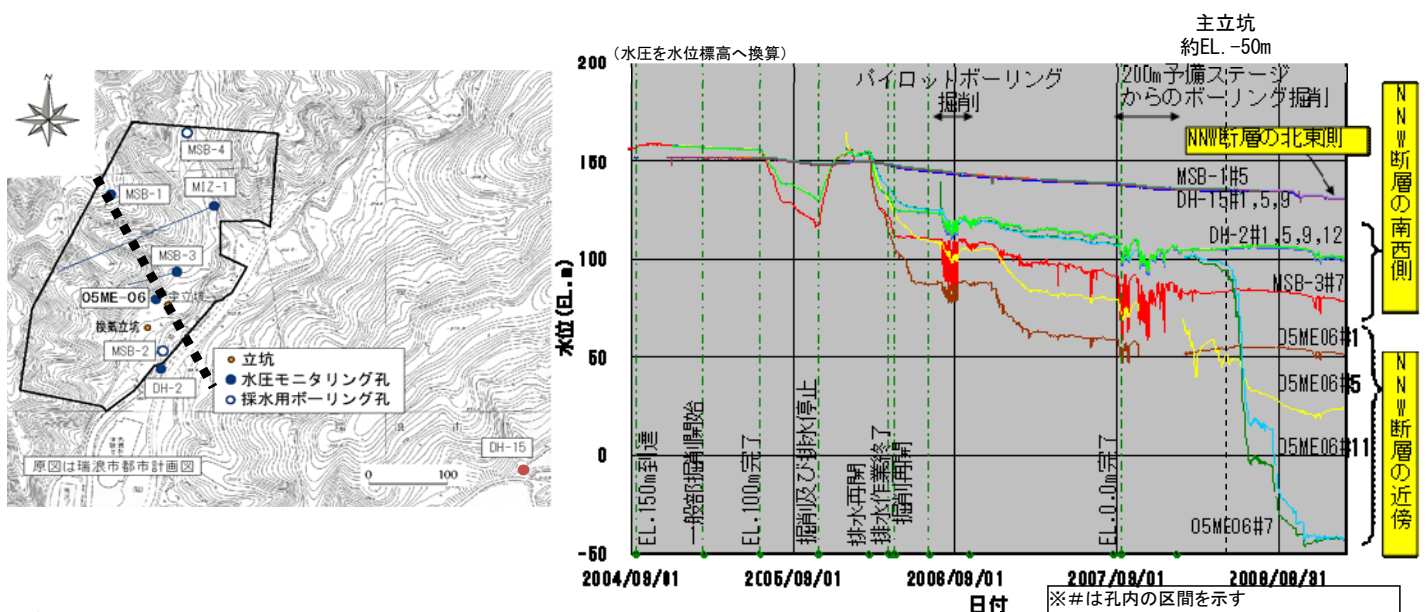
### 主な結果: 遮水性構造(主立坑)

- 遮水性断層の地質学的特徴を把握
  - ➡ 貫入岩を伴う断層変質帯が主立坑の全線に分布。
  - ➡ 強変質帯（岩盤等級でD級岩盤に相当，セリサイト卓越）は貫入岩との境界付近に発達。

15

# 深部地質環境の調査・解析・評価技術（水理）

## 既存ボーリング孔での間隙水圧モニタリング



### 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断層の北東側では南西側より水位低下小さい → NNW断層の遮水効果
  - ・ NNW断層近傍では局所的な水位低下 → NNW断層が分岐して分布する可能性

16

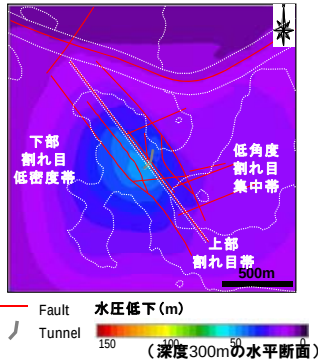


# 深部地質環境の調査・解析・評価技術（水理）

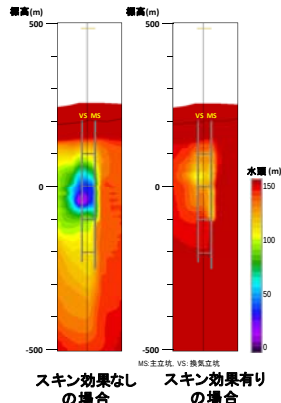
## 水理地質構造モデルの更新(1)

### 実施内容

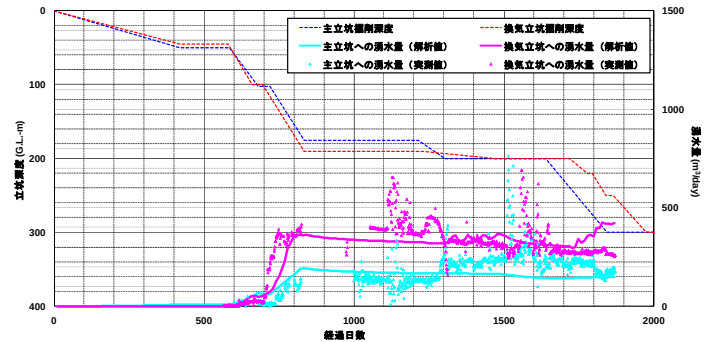
➤ 研究坑道掘削に伴う間隙水圧や湧水量の変化に関する情報に基づく水理地質構造モデルの更新およびそれを用いた地下水流動場や水質分布の変化の予測



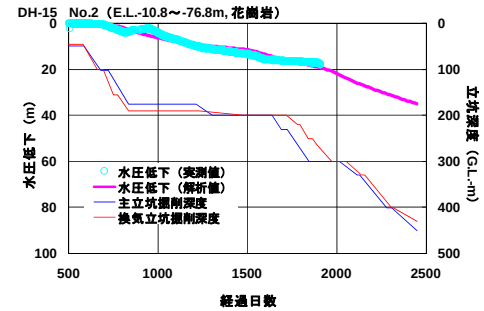
研究用地及びその周辺での  
水圧低下の解析値  
(スキニング効果有りの場合)



立坑近傍の水圧低下の解析値  
(立坑掘削深度300m)



湧水量の実測値と解析値



水圧低下の実測値と解析値

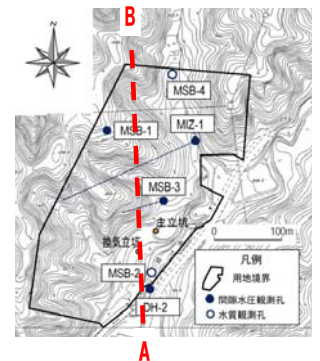
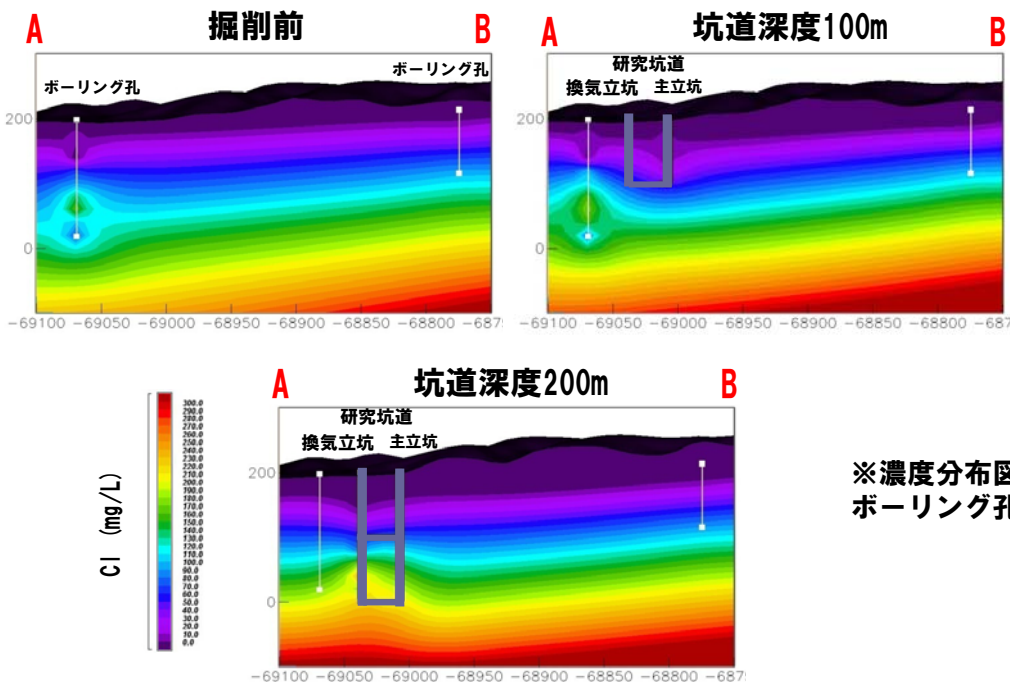
### 主な結果

- 水理地質構造モデルの更新により、明確になったモデル更新のポイント：
  - 湧水量 ⇒ 主に坑道近傍の水理特性
  - 水圧変化 ⇒ 主に断層を含む水理地質構造

\*スキニング効果：人工構造物の設置や亀裂の性状の変化、不飽和領域の形成などによる坑道近傍の透水係数が小さくなる効果

# 深部地質環境の調査・解析・評価技術（地球化学）

## 既存ボーリング孔における地下水水質観測



※濃度分布図には、研究坑道、  
ボーリング孔を投影して表示

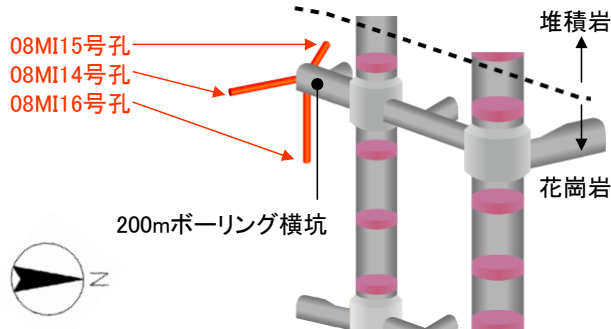
水質モニタリング結果に濃度分布図

- ・研究坑道掘削に伴う深部地下水の上昇による水質分布の変化を把握
- ・水質分布の変化はNNW断層の南西側に位置する換気立坑周辺で顕著
- ・平成21年度以降も水質モニタリングを継続

# 深部地質環境の調査・解析・評価技術（岩盤力学）

## 岩盤力学ボーリング調査

### 調査レイアウト



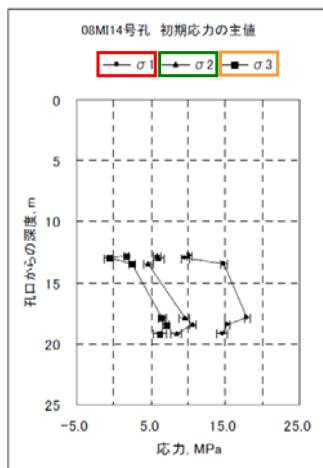
### 実施内容

- 初期応力測定（原位置）  
応力解放法※円錐孔底ひずみ法を利用
- 室内物理・力学試験

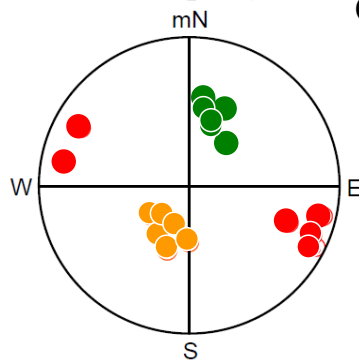
### 主な結果

- 最大主応力は10～15MPaで、ほぼ水平、ESE - WNW方向にあり、最小主応力は概ね鉛直である
- 第1段階の予測と整合した結果

### 初期応力測定結果



- $\sigma_1$  最大主応力
- $\sigma_2$  中間主応力
- $\sigma_3$  最小主応力
- ※ここで圧縮を正とする



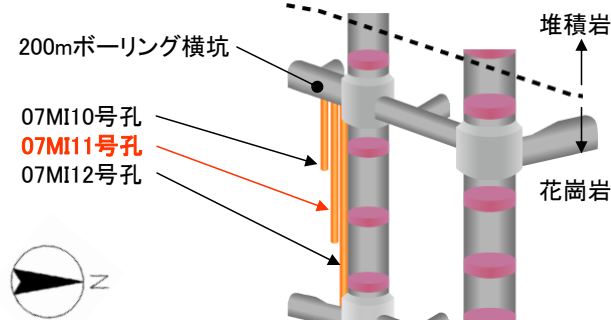
※図はウルフネット（等角・上半球投影）

19

# 深部地質環境の調査・解析・評価技術（岩盤力学）

## 岩盤ひずみ計測

### 調査レイアウト



### 実施内容

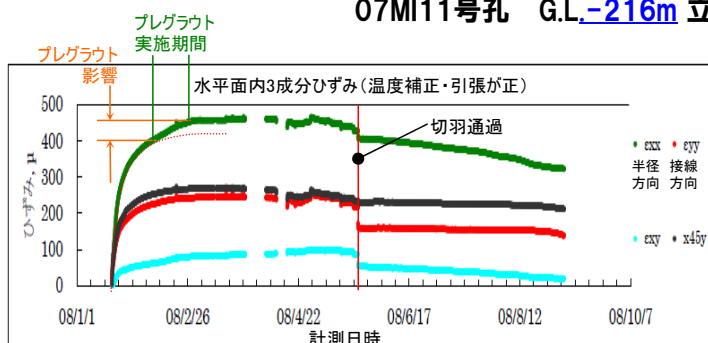
- 埋設ひずみ計、連続式傾斜計、光ファイバー計測システムを用いた、プレグラウト、換気立坑掘削時の連続計測

### 主な結果

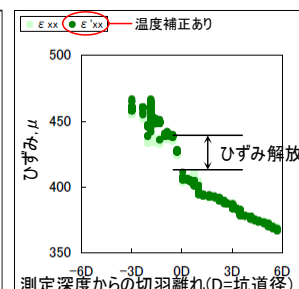
- 連続計測からプレグラウトの影響、切羽通過前後の周辺岩盤の変形の程度等を確認

### 水平面内ひずみ等測定結果

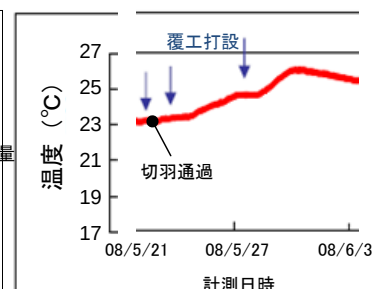
07MI11号孔 G.L. -216m 立坑離隔1.1mでの測定結果



ひずみの連続計測の状況



切羽通過での周辺岩盤の変形



覆工打設による岩盤の温度上昇

20

# 深地層における工学技術

## 平成20年の主な実施項目

### 工学技術

#### ・設計・施工計画技術

（計測結果に基づく設計・施工計画の妥当性の確認、リスクマネジメント手法の適用性評価）

#### ・建設技術（補助工法の有効性評価、掘削工法の有効性評価）

#### ・施工対策技術

（湧水抑制対策を考慮した情報化施工技術の検討、高差圧現象に対する対策工の検討）

#### ・安全確保技術

（空洞の維持・管理の観点から必要となる対象項目の検討）

21

## 設計施工計画技術

### 実施内容

①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計測結果の分析など）

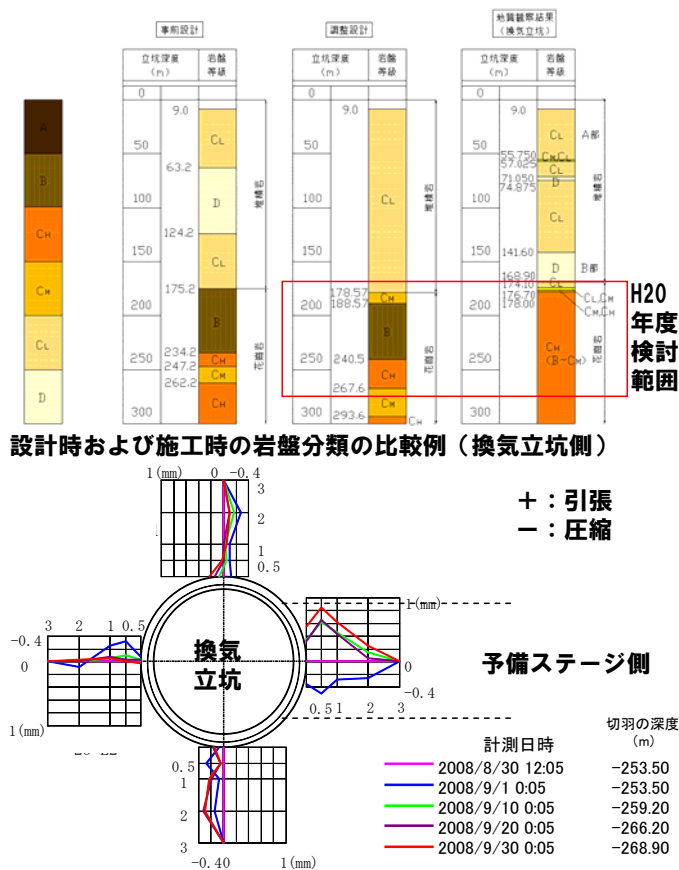
②主立坑側の岩盤（断層およびそれに付随する変質部）を対象とした岩盤分類、A, B計測結果の分析など

③研究坑道建設技術の有効性検討（ショートステップ工法、スムーズブラッシング、情報化施工技術など）

④地下深部における施工対策技術（高差圧など）の検討

### 主な結果

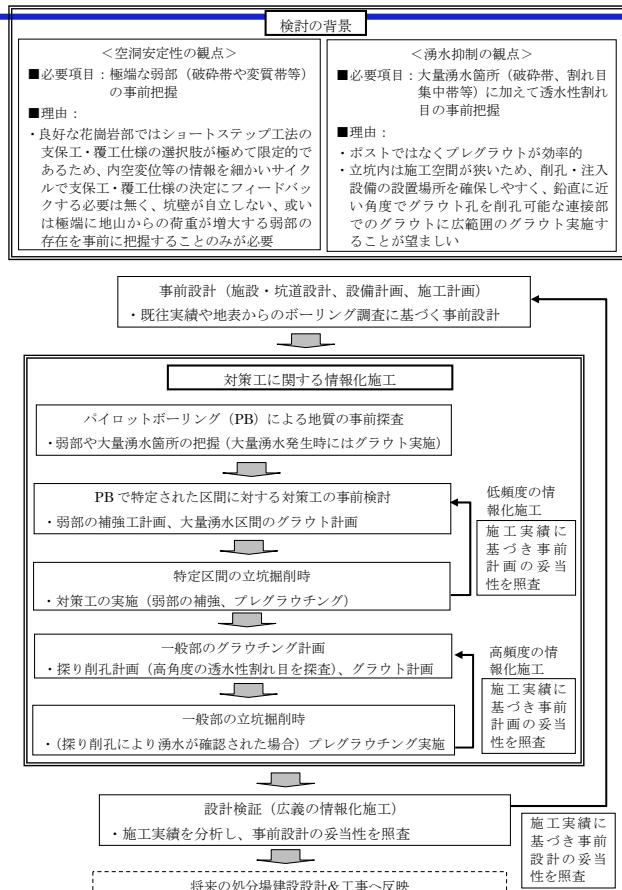
- ・設計時の分類・物性値設定；概ね妥当
- ・一般部における空洞変形挙動の把握



22



# 施工対策技術



ショートステップ工法を前提とした結晶質岩を対象とした立坑掘削時の情報化施工フローの例（湧水抑制対策が必要な場合）

## 実施内容

- ①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・逆解析など）
- ②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計測結果の分析など
- ③研究坑道建設技術の有効性検討（ショートステップ工法、スムーズプラスティング、**情報化施工技術**など）
- ④地下深部における施工対策技術（高差圧など）の検討

## 主な結果

- ・研究坑道掘削実績などを踏まえた**情報化施工フロー**の提示、今後の施工への反映

23

## ○平成21年度の施設建設と研究の計画

### 施設建設：

- ・研究坑道の建設計画

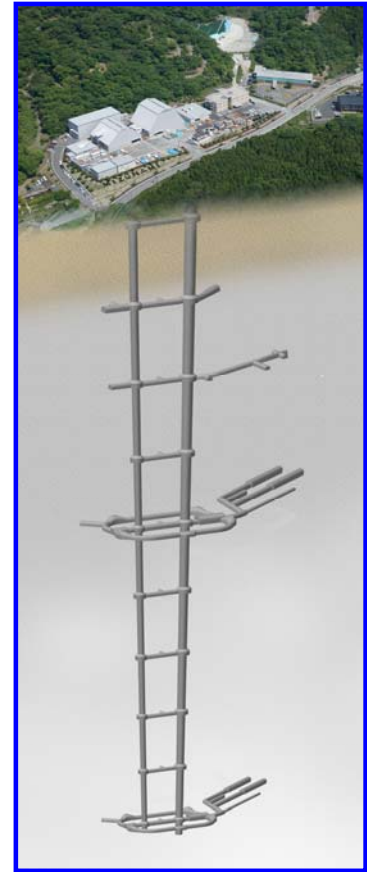
### 研究：

- ・深部地質環境の調査・解析・評価技術の実施予定項目
- ・深地層の工学技術に関する実施予定項目

24

# 平成21年度の計画 施設建設

- 深度400m以深まで掘削
- 深度400mの水平坑道の掘削に着手
- 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）



（イメージ図）

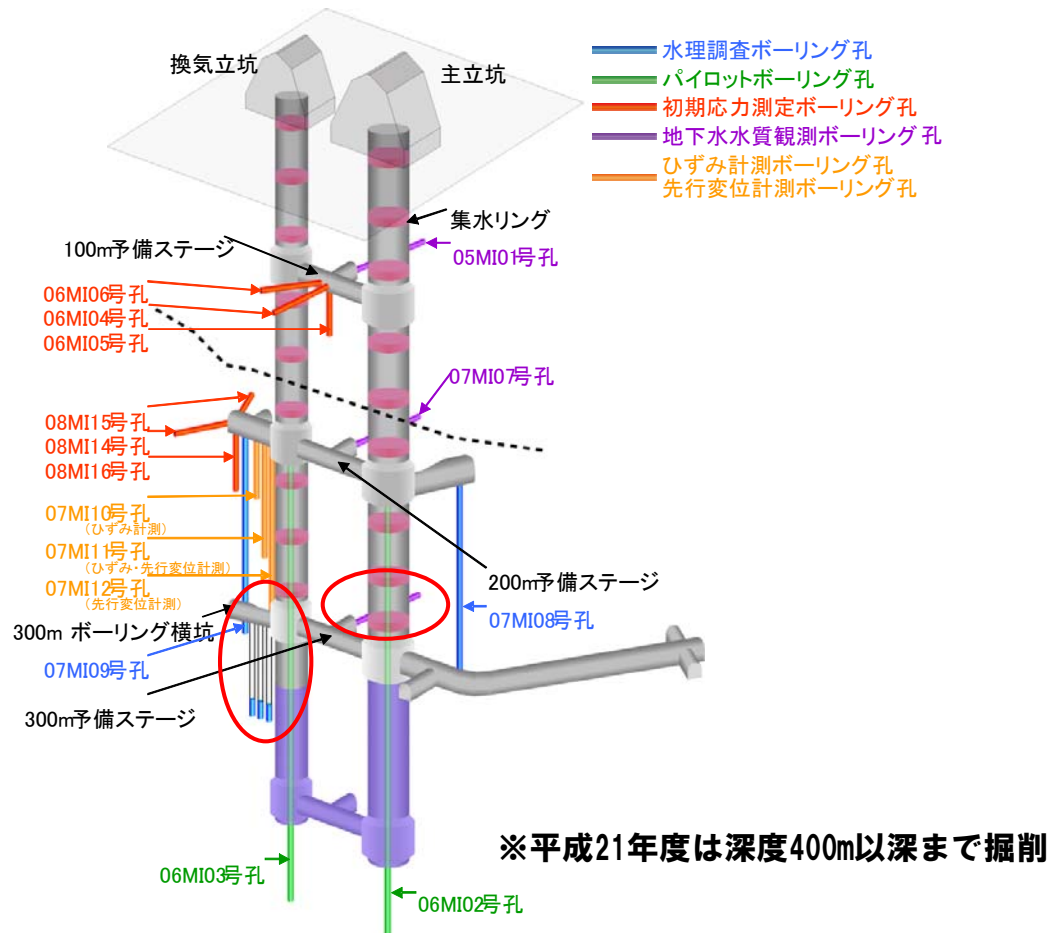
25

## 平成21年度の計画 深部地質環境の調査・解析・評価技術

|      | 平成21年度の主な実施項目（黒字は継続、赤字は新規項目）                                                                                                                                                                                  |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 地質   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・物理探査（逆VSP探査、流体流動電位法探査）</li> <li>・研究坑道の壁面地質調査および壁面物性計測</li> <li>・地質構造モデルの構築・更新</li> </ul>                                                                              |
| 水理   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・立坑の集水リングを用いた湧水量計測</li> <li>・ボーリング調査（深度300mボーリング横坑）</li> <li>・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</li> <li>・水理地質構造モデルの構築・更新</li> <li>・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</li> </ul> |
| 地球化学 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・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</li> <li>・予備ステージボーリング孔における地下水水質観測<br/>（深度300mにおいて水質観測装置設置）</li> <li>・既存ボーリング孔における地下水水質観測</li> <li>・地球化学モデルの構築・更新</li> </ul>                |
| 岩盤力学 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・岩盤ひずみ計測</li> <li>・岩盤力学モデルの構築・更新</li> <li>・岩盤の長期挙動評価手法の構築</li> </ul>                                                                                                   |

26

# 平成21年度の計画 ボーリング調査などの計画



27

# 平成21年度の計画 深部地質環境の調査・解析・評価技術

| 平成21年の主な実施項目 |                                                                                                                                                                                                                                                              |
|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 工学技術         | <ul style="list-style-type: none"> <li>・設計施工計画技術<br/>(計測結果に基づく設計・施工計画の妥当性の確認、リスクマネジメント手法の適用性評価、岩盤分類手法の評価)</li> <li>・建設技術<br/>(補助工法の有効性評価、掘削工法の有効性評価)</li> <li>・施工対策技術<br/>(これまでに適用した湧水抑制対策技術に関するとりまとめ)</li> <li>・安全確保技術<br/>(長期的な支保工劣化状況の調査手法の検討)</li> </ul> |

28



# 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   | 瑞浪超深地層研究所周辺の水理・物質移動特性評価に関する研究                                              | H18.4～H22.3                |
| 武蔵工大              | 共研   | 天然環境中における微量元素の挙動に関わる研究                                                     | H18.4～H21.3                |
| 産業技術総合研究所         | 共研   | 深部地質環境における水-岩石-微生物相互作用に関する調査技術開発<br>岩芯を用いた応力測定と掘削振動計測による掘削影響領域の評価に関する基礎的研究 | H20.4～H22.3<br>H20.8～H22.3 |
| 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～H22.3                |
| 経済産業省<br>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<br>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～                     |
| 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～                     |

29

## 研究開発成果の公表・情報発信・国際貢献（H20年度）

### ○学会等における口頭発表（約100件）

日本原子力学会（2008年秋季、2008年バックエンド夏期セミナー等）、  
土木学会（年次講演会等）、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2008年大会、など

### ○学会誌等への論文投稿（約40件）

『地質学雑誌（日本地質学会）』、『土木学会論文集（土木学会）』、  
『地下水学会誌（日本地下水学会）』、『Journal of MMIJ（資源素材学会）』  
『Water Resour. Res.』など

### ○原子力機構・研究開発報告書類の刊行（約20件）

### ○見学者の受入

3,016名（平成21年2月23日現在）

### ○地層科学研究 情報・意見交換会

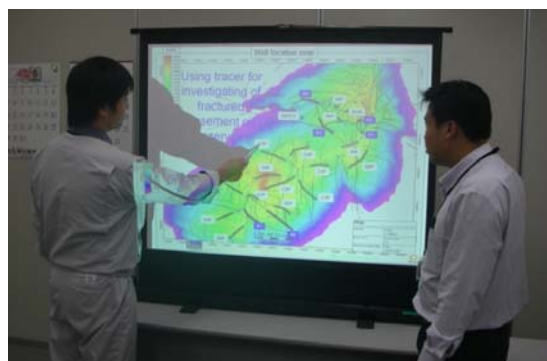
毎年1回：平成20年10月16日～17日

### ○国際貢献

ベトナム原子力研究所からの研究員受入  
（H20年6月～H20年12月）

### ○学位取得

2名予定



30

ご清聴ありがとうございました

## Monte Carlo Simulation Issues

- Screening for key input variables
- Developing proper input distributions with dependencies as needed
- Sampling to ensure optimal coverage of uncertain parameter space and correlation control
- Checking stability (convergence) and reliability (error estimates) of key statistics

平成21年2月3日  
Nagra/JAEA共同研究  
技術検討会議（於 瑞浪）