



# **(4) 深地層の研究施設計画に関する 第2期中期計画取りまとめ案について**

## **②個別の成果の取りまとめ案について — f. 深地層における工学技術の基礎の整備 —**

**地層処分研究開発部門**

**東濃地科学研究ユニット**

**幌延深地層研究ユニット**

# A1) 取りまとめの着眼点（深地層工学技術）

## A1) 地質環境の初期状態の理解:

### 設計・施工計画立案技術

- 着目した工学技術
  - 空洞の力学的安定性, 支保設計
  - 計測結果のフィードバック方法
  - 耐震設計
  
- 達成目標
  - 地下施設の設計, 施工計画が立案できる

# 成果ダイジェスト メッセージ（深地層工学技術）

---

## A1) 地質環境の初期状態の理解:

### 地上からの調査で得られた情報に基づく地下施設の設計手法の適用事例の提示

- 瑞浪および幌延の地質状況に応じて適用した空洞安定性評価、支保設計の事例を提示
- 計測結果をフィードバックする技術、ショートステップ工法の特徴を考慮した覆工応力の計測位置に関する知見を提示
- 大深度における耐震設計の事例を提示

### 地下施設の施工計画を立案する技術の提示

- 瑞浪および幌延の地質状況に応じて適用した研究坑道掘削の施工計画の立案事例を提示

## 【共通事項・相違点】

瑞浪および幌延で適用した設計技術は、道路や鉄道トンネルを中心とする土木技術をベースとしている。瑞浪と幌延では、慎重に取り扱うべき事項は異なるものの、ほとんど全ての岩種に適用できる汎用的な技術と言える

# 成果ダイジェストA1) 地質環境の初期状態の理解 —地下施設の設計・施工計画技術—

計測結果を設計にフィードバックする技術や耐震設計技術などの有効性を確認

## (瑞浪)

- (1) 空洞の力学的安定性, 支保設計
- (2) 計測結果のフィードバック方法
- (3) 耐震設計

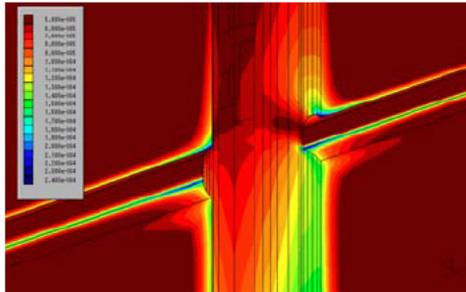


図1 3次元FEM解析の結果  
(最大せん断ひずみ分布)

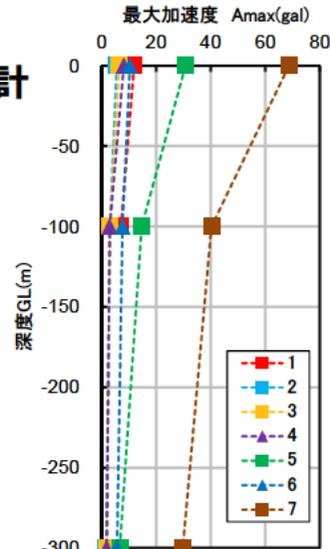


図2 地震動観測結果(最大加速度)

- 岩盤等級に応じて設定した支保に対して, 2次元および3次元有限要素解析により, 坑道の力学安定性を評価し, 支保発生応力が許容応力を満足することを確認した。計測工で許容値を満足していることを確認
- 歴史地震, 周辺の活断層, 東海・東南海地震を想定した地震波を作成し立坑および覆工コンクリートの許容応力度を照査した。さらに, 鉛直地震動について検討し, 耐震性を確認した。地震動データを蓄積中

## (幌延)

津坂ほか(2012)の図14  
[https://www.jstage.jst.go.jp/article/jscejte/68/1/68\\_7/\\_article](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jscejte/68/1/68_7/_article)  
 中のURLリンク先の論文を参照

図1 掘削手順を考慮した数値解析による覆工コンクリート応力の分布

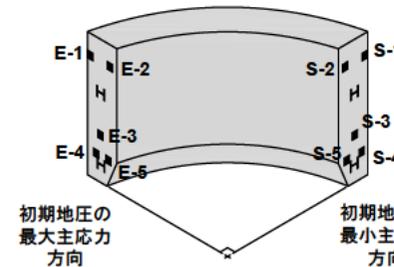


図2 覆工コンクリート応力の計測位置  
(S-1~5, E-1~5)

- 堆積軟岩を対象としたショートステップ工法では, 覆工コンクリート内応力に顕著な差が生じるため, 応力の計測位置を初期地圧分布と施工手順を考慮して判断することが必要

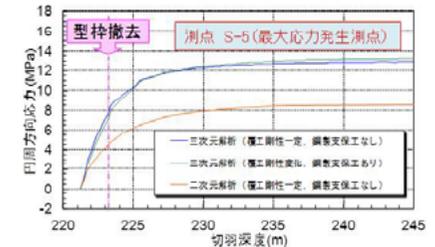


図3 2次元と3次元の数値解析の比較

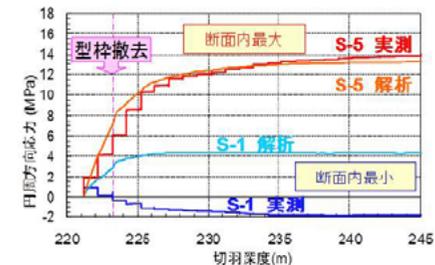


図4 解析と計測の結果の比較

処分施設の設計時に適用する技術の提示

## A2) 取りまとめの着眼点（深地層工学技術）

### A2) 地質環境の初期状態の理解:

#### 立坑掘削技術

施工対策技術(湧水抑制対策など)に関する技術

処分施設の建設・操業時の安全性を確保する技術

#### ➤ 着目した工学技術

- ショートステップ工法
- グラウト技術(含む溶存ガス at 幌延)
- 地山崩落対策
- 通気網解析に基づく安全管理システム
- ビデオカメラを用いた立坑壁面観察 等

#### ➤ 達成目標

- 建設技術・施工対策技術が適用できる
- 地下施設の維持管理, 安全確保ができる

# 成果ダイジェスト メッセージ（深地層工学技術）

---

## A2) 地質環境の短期変動・回復挙動の理解:

### 地下施設の建設技術の適用事例の提示

- 瑞浪および幌延の地質状況に応じて適用した立坑掘削工法(ショートステップ工法, 機械掘削)の事例を提示
- 立坑崩落対策をショートステップ工法のサイクルタイムに取り込んだ事例を提示  
同工法の柔軟性を提示

### 地下施設建設時の施工対策技術の適用事例の提示

- 湧水抑制対策としてグラウト技術の有効性を提示
- 溶存ガス対策の適用事例を提示

### 地下施設の安全確保技術, 坑道の維持管理技術適用事例の提示

- 通気網解析に基づく, 通気システム・防災設備の設計, 火災時対応を検討した事例を提示

### 【共通事項・相違点】

瑞浪および幌延で適用した設計技術は, 道路や鉄道トンネルを中心とする土木技術をベースとしている。瑞浪と幌延では, 慎重に取り扱うべき事項は異なるものの, ほとんど全ての岩種に適用できる汎用的な技術と言える

# 成果ダイジェストA2) 地質環境の短期変動・回復挙動の理解 —地下施設の建設技術—

## 立坑掘削に適用したショートステップ工法などの有効性を確認

(瑞浪)

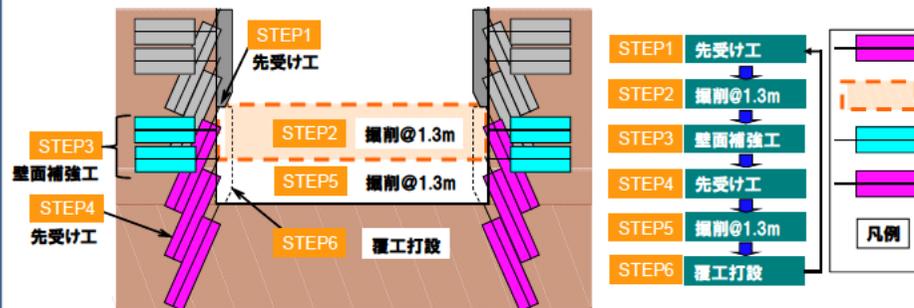


図1 崩落性地山に対する地山安定化対策  
(ボルトによる補強とシリカレジン注入により安定性を向上)

- 断層や割れ目が集中する岩盤の崩落対策として、ボルト補強とシリカレジンの発砲による周辺地山の縫い付け効果による安定化対策を実施
- 主立坑の深度152m～318m, 394m～416mに適用
- 上記の地山安定化対策を、立坑掘削のショートステップ工法の掘削サイクルに取り入れて実施  
→ 地山状況に応じた柔軟な対応が可能



図2 抜け落ち箇所  
(深度147m, 奥行き1.2m)

(幌延)

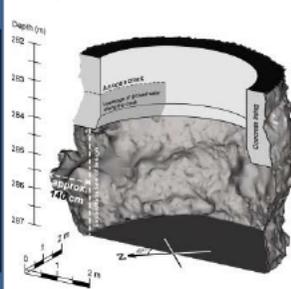


図1 坑壁崩落の計測結果  
(換気立坑深度286m付近)

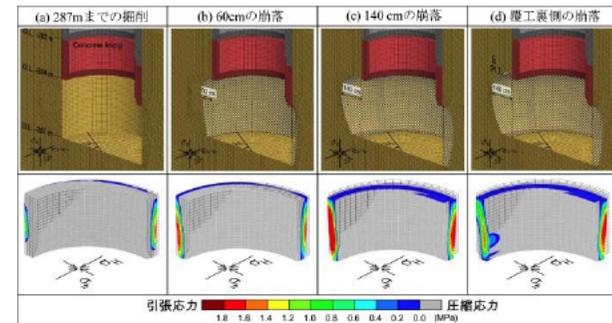


図2 坑壁崩落に伴う覆工コンクリート応力の変化  
(換気立坑深度286m付近)

- 坑壁崩落に伴う覆工コンクリートの応力分布の変化を分析。その結果に基づいて、掘削時の坑壁崩落量に基づいた支保選定フローを構築し、立坑の施工に適用

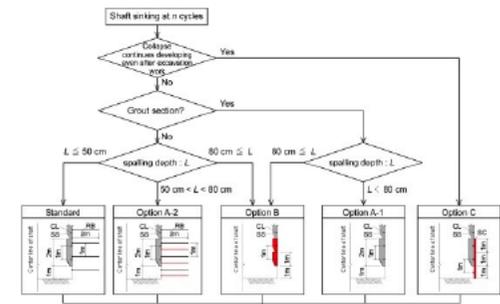


図3 崩落量に基づく支保選定フロー  
(Tsusaka et al. (2013))

- 断層が多数分布する区間の施工であっても、ショートステップ工法によって、覆工コンクリートの構築高さの変更や追加のロックボルトの施工によって、高抜け等の坑壁崩落を適切に抑制することが可能

処分施設の立坑掘削技術の提示

# 成果ダイジェストA2) 地質環境の短期変動・回復挙動の理解 —地下施設建設時の施工対策技術—

## 施設建設時の湧水抑制対策(グラウト技術)の有効性を確認

(瑞浪)

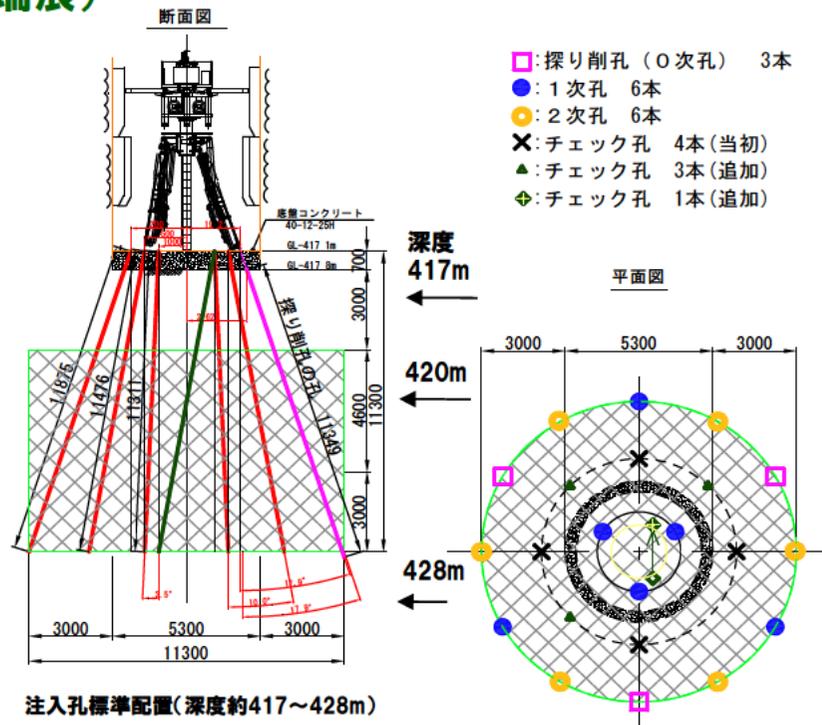


図1 立坑に適用したグラウト孔の配置図(左:断面図, 右:平面図)

- 立坑における湧水抑制対策として、超微粒子セメントにより、普通ポルトランドセメントで止水が困難な1Lu程度までの低透水性岩盤を改良できることを確認

(幌延)

Tsusaka et al. (2011)の  
Figure 3  
<http://jolissrch-inter.tokai-sc.jaea.go.jp/search/servlet/search?5029956>  
中のURLリンク先の論文を参照

図1 予測した断層と単位注入量



図2 立坑壁面でのグラウト材

- 溶存ガス環境下において、試錐に伴う溶存ガス等の噴発や掘削ビットの締付等に遭遇しながらも、岩盤の透水性を改良できることを確認

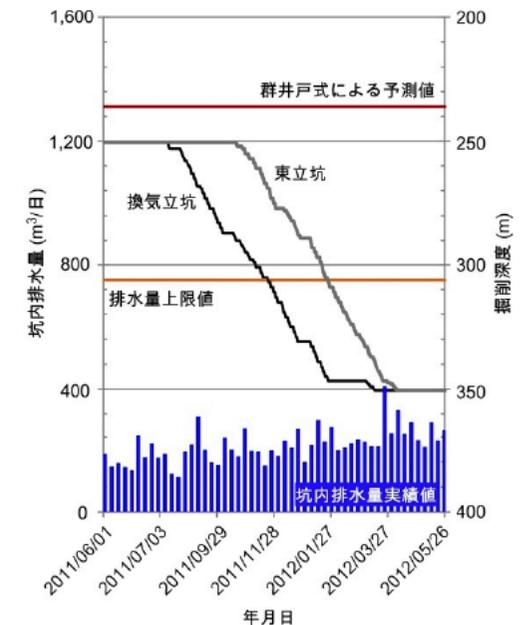


図3 坑内排水量の予測と実績

処分施設の建設・操業時の湧水抑制対策に関する技術の提示

# 成果ダイジェストA2) 地質環境の短期変動・回復挙動の理解 —地下施設の安全性を確保する技術—

## 通気網解析結果に基づく安全管理システムの運用の有効性を提示

### (瑞浪)

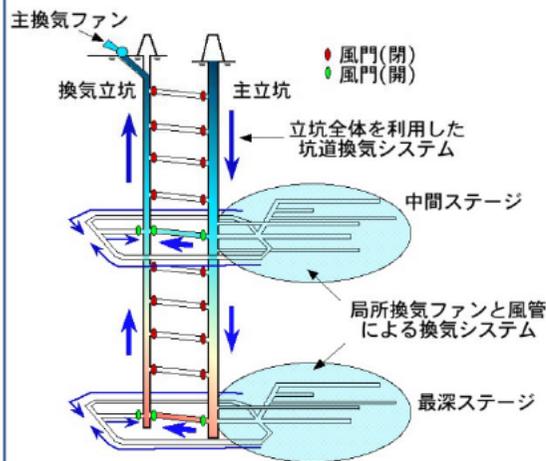


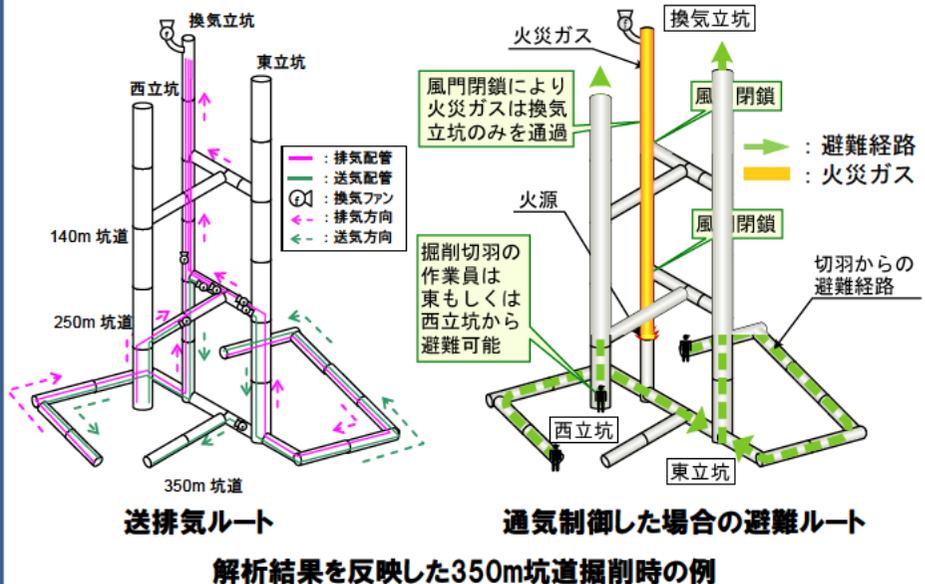
図1 瑞浪に適用した通気システム

- 通気システムの検討
  - ・立坑: 深度500m到達: 風管通気→坑道通気
  - ・水平坑道: ファンと風管の延長
- 通気網解析
  - ・通気設備(ファン・風管)の仕様の決定
- 火災時解析
  - ・火災状況の把握
  - ・避難の基本コンセプトの決定
  - ・待避所位置・広さの設定

図2 通気網解析に基づく検討事項

- 通気網解析に基づく、入出坑管理、環境管理、火災管理および通信に関するシステムの設計により坑内管理システムを構築し、安全確保に関する基本コンセプトを立案
- 入出坑管理、環境管理、火災管理および通信に関するシステムを瑞浪超深地層研究所研究坑道掘削工事に導入し、運用中

### (幌延)



- 施工段階ごとの通気網解析を行い、換気計画に反映
- 坑壁内における防災対策の信頼性向上を目的として、地下施設内における火災時の通気挙動を簡易に予測できるツールを整備
- 施工段階ごとに火災時解析を実施し、坑道内に設置した風門を制御することにより、避難ルートを確保

## 処分施設の建設・操業時の安全性を確保する技術の提示

# 成果ダイジェストA2) 地質環境の短期変動・回復挙動の理解 —地下施設の安全性を確保する技術—

## 坑道の維持管理技術の有効性を提示

(瑞浪)

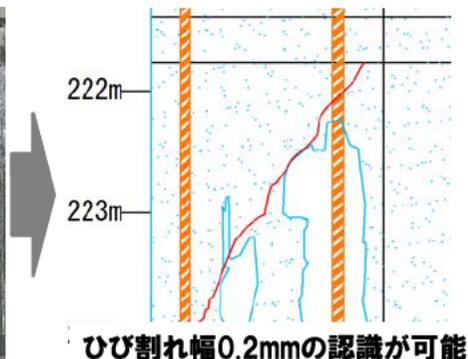
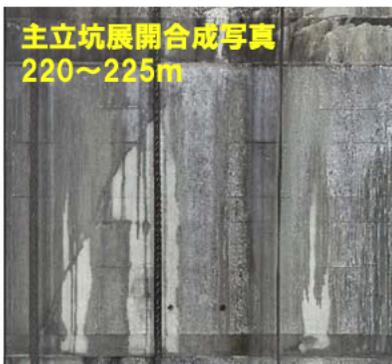


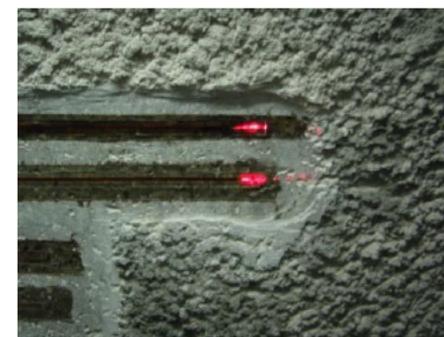
図1 ビデオ撮影による立坑壁面観察

- 坑道の維持管理技術の一環として、ビデオカメラ撮影による立坑覆工コンクリートの健全性を確認する技術を適用し、その有効性を確認

(瑞浪・幌延)



坑道内の計測箇所



点灯状態の確認

図1 光ファイバひび割れセンサ耐久性試験

- 坑道の維持管理技術の一環として、光ファイバひび割れセンサーの長期耐久試験を実施中(株式会社東京測器研究所との共同研究)

処分施設の建設・操業時の安全性を確保する技術の提示

# まとめ（深地層工学技術）

---

## A1) 地質環境の初期状態の理解

- 瑞浪および幌延の地下施設建設に伴って、空洞安定性評価、支保設計、耐震設計等の設計・施工計画に関わる既存技術の有効性を確認  
→ **概ね完了**

## A2) 地質環境の短期変動・回復挙動の理解

- 瑞浪および幌延の地下施設建設に伴って、掘削技術、施工対策技術(グラウト・地山崩落対策)、耐震設計等の設計・施工計画に関わる既存技術の有効性を確認  
→ **実施中**

## 必須の実施項目

- **施工対策技術開発**
  - ✓ **ポストグラウトを含むウォータータイトトンネル技術開発**
  - ✓ **人工材料の周辺岩盤、地下水への影響評価(プラグ・埋戻し材)**
- **坑道維持管理技術の有効性の確認**
- **地震時の施設安定性評価**
- **坑道閉鎖技術開発**

---

**(参考資料)**

# 前回委員会のコメント

---

## ➤ グラウトについて

- ✓ 設計透水係数と改良幅の設定
- ✓ ポストグラウトの実績(薬液注入でバルクヘッド構成し背面に注入)をまとめる
- ✓ グラウト時の溶存ガスについて
- ✓ 改良された岩盤の力学特性(グラウト注入データからの推定)
- ✓ 山はねとの関係

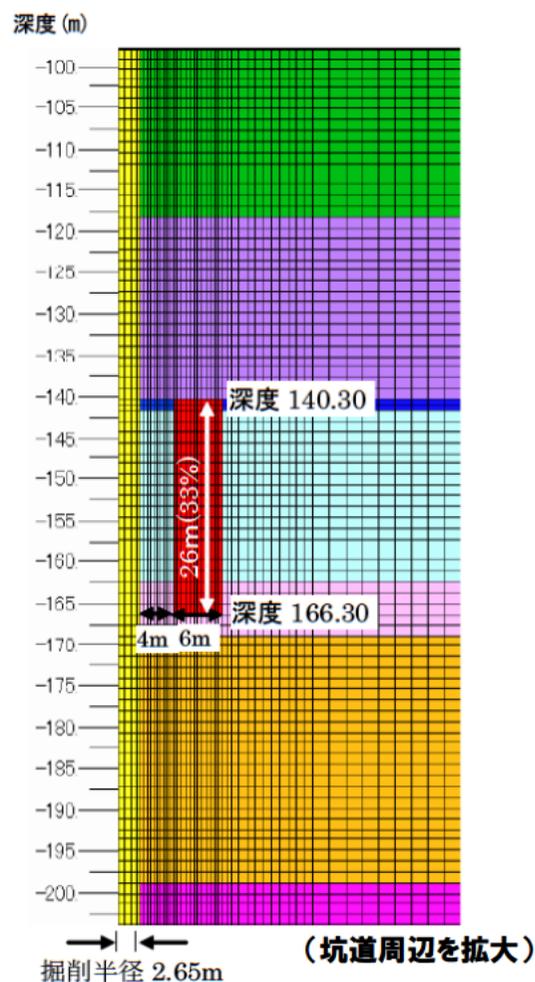
※グラウトデータベース

<https://groutdb.jaea.go.jp/grout/>

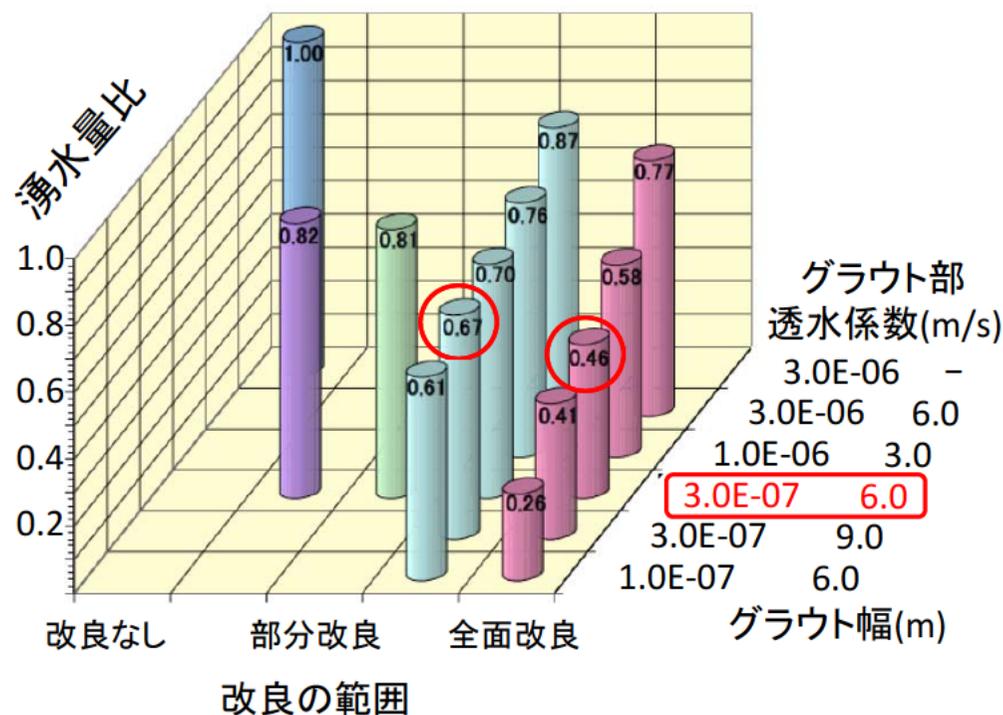
(資源エネルギー庁委託事業「地下坑道施工技術高度化開発」で整備)

# 前回委員会のコメント

## 【事前解析による注入効果の評価】



ポストグラウトを模擬した解析モデル  
(換気立坑の深度26m区間を幅6mで部分改良)



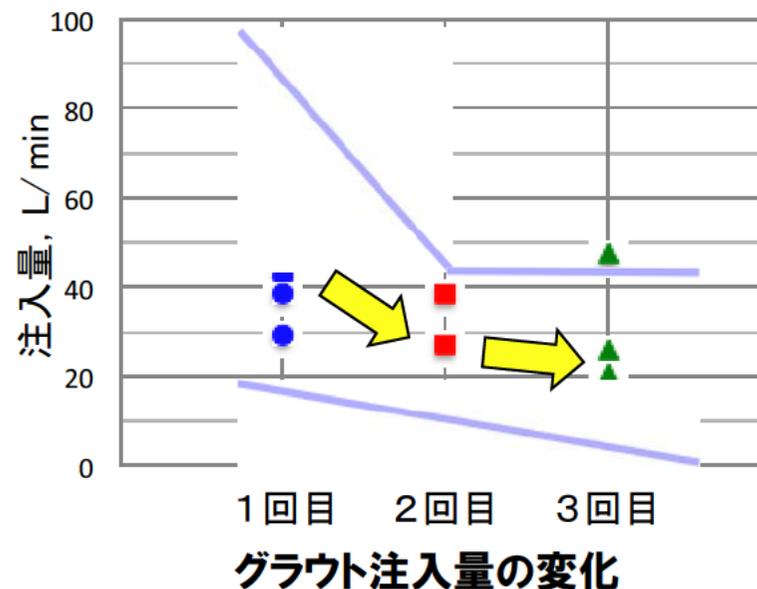
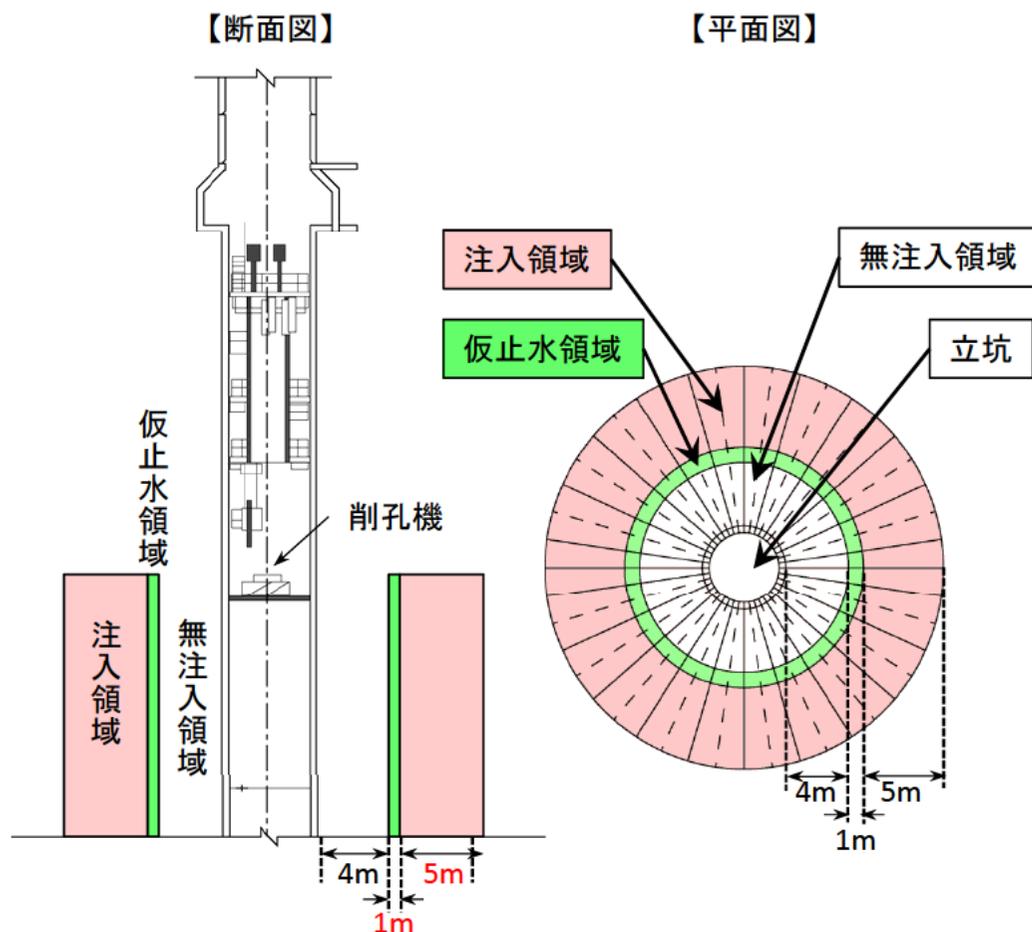
ポストグラウトを模擬した浸透流解析結果の例

幅6mのグラウト部分の透水係数を1.0E-07に低減

部分改良で3割、全面改良では5割ほど湧水量が低減

# 前回委員会のコメント

## 【ポストグラウトの試験施工：換気立坑】



- グラウト材の注入量は、注入回数が増えるにつれて減少
- 注入範囲の透水係数は1オーダー減少
- 湧水量はほぼ0に減少

設計どおりに注入領域の透水係数が改善

## 【グラウト注入範囲の設定】

- 立坑覆工に直接圧力が作用しないように、仮止水領域を設定し、その外側に注入領域を設定(合計6m)

# 前回委員会のコメント

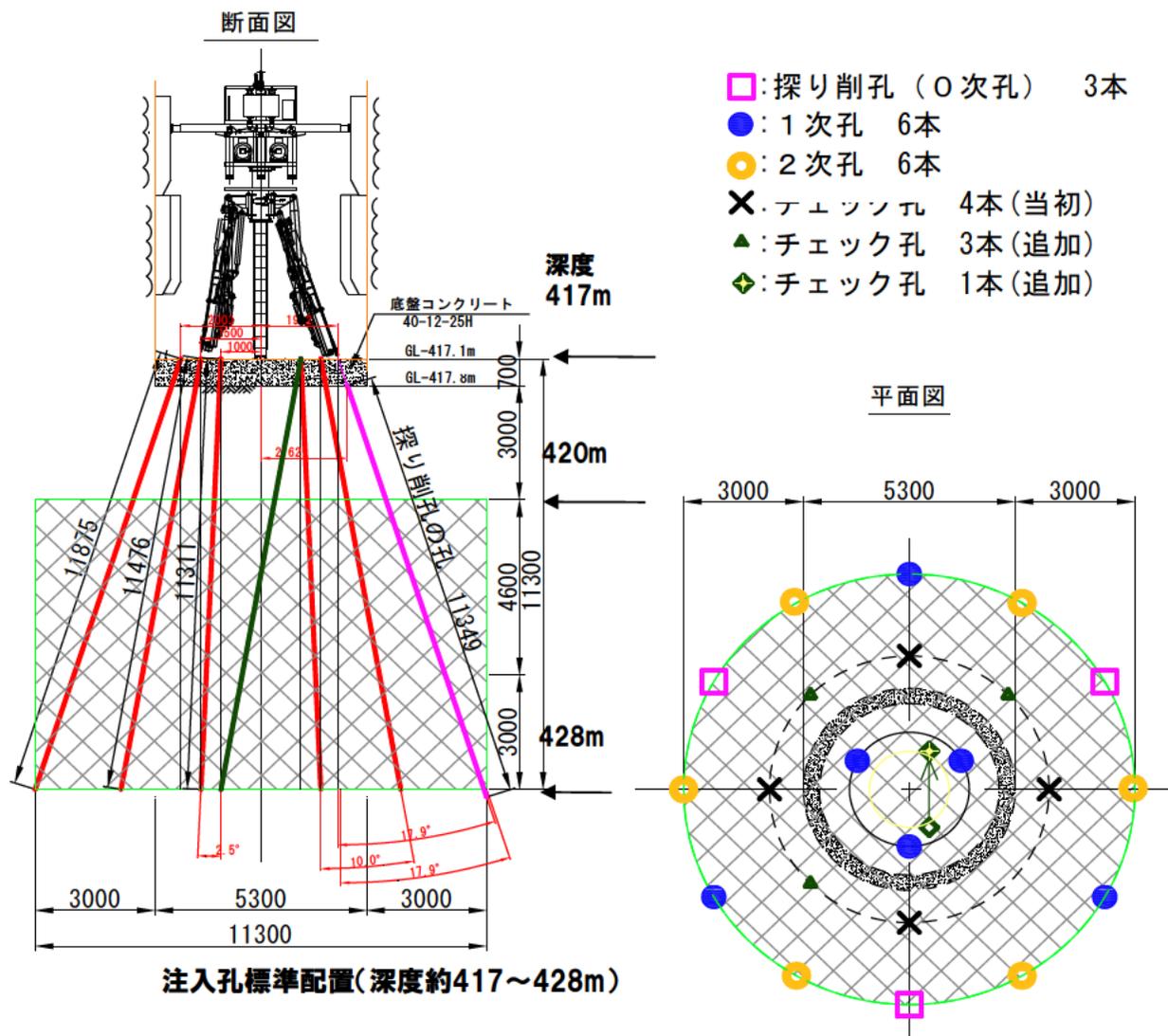
## 【プレグラウトの施工：換気立坑】

### ➤ 湧水状況

- 湧水量：最大54ℓ / min
- 透水性：1～10ルジオン  
( $10^{-7} \sim 10^{-6} \text{m/sec}$ オーダー)

### ➤ グラウト施工計画

- 改良範囲：3 m
- 改良透水係数：0.2ルジオン  
( $2.5 \times 10^{-8} \text{m/sec}$ )
- 注入材：超微粒子セメント
  - 浸透性に優れる超微粒子セメントを使用
  - 探り孔・注入孔に傾斜角を持たせて、割れ目遭遇率を向上

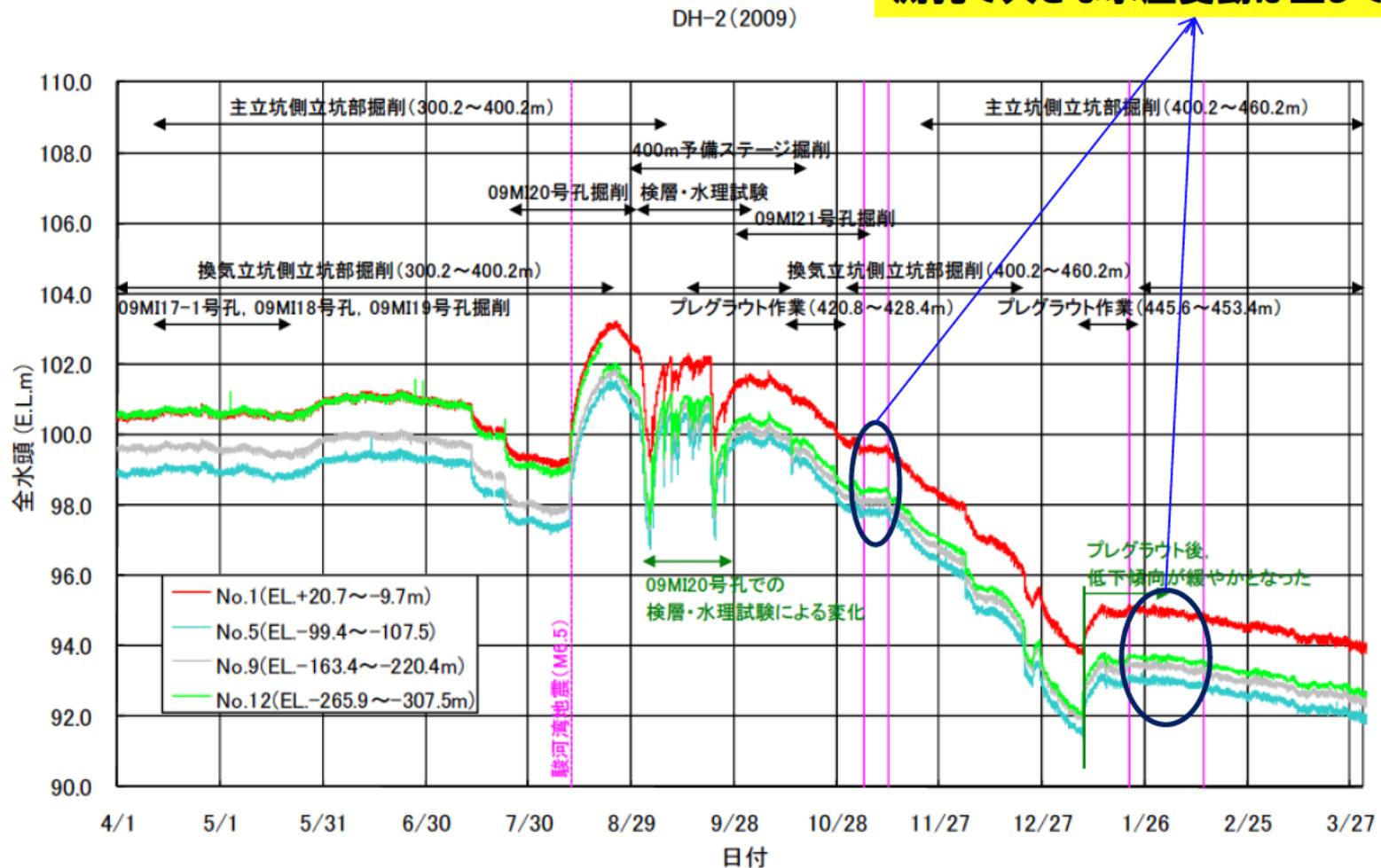


# 前回委員会のコメント

## 【プレグラウトの施工：換気立坑】

### ➤ グラウト効果の確認(周辺観測孔モニタリング)

プレグラウト区間の掘削中に、周辺観測孔で大きな水圧変動は生じていない



# 前回委員会のコメント

## 【プレグラウトの施工】

### ➤ グラウト効果の確認(プレグラウト施工区間の坑道湧水量の変化:2011.3.11)

主立坑

区間	地質	プレグラウト工		地震後湧水量 (m <sup>3</sup> /day)
		実施有無	実施前湧水量	
深度 0~100m	堆積岩	×		—
深度100~200m	堆積岩 花崗岩	×		+15
深度200~300m	花崗岩	×		+5
深度300m研究 アクセス坑道	花崗岩	○	2,400	—
深度300~400m	花崗岩	×		—
深度400~500m	花崗岩	×		—

換気立坑

区間	地質	プレグラウト工		地震後湧水量 (m <sup>3</sup> /day)
		実施有無	実施前湧水量	
深度 0~100m	堆積岩	×		—
深度100~200m	堆積岩 花崗岩	○	860	+60
深度200~300m	花崗岩	○		—
深度300~400m	花崗岩	×		—
深度400~500m	花崗岩	○	80	—

換気立坑深度100~200m区間

ウォーターリング 深度	プレグラウト工	地震後湧水量 (m <sup>3</sup> /day)
深度102.6m		—
深度131.2m		+10
深度165.0m		+45
深度191.0m		+5
深度200.0m	○	—

➤ プレグラウト工を実施した区間においては、地震後に湧水量は増加していない

# 論文・学会発表リスト（深地層工学技術）

## 【瑞浪】

- 今津雅紀, 佐藤稔紀, 見掛信一郎, 永崎靖志, 水野雅: 瑞浪超深地層研究所立坑における騒音・振動対策, トンネル工学報告集第14巻2004年11月報告集(36), pp.245-250(2004).
- 坂井哲郎, 柏瀬陽一, 見掛信一郎, 佐藤稔紀: 地下施設における情報管理システムの構築, 第36回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集(2006).
- 今津雅紀, 佐藤稔紀, 坂巻昌工: 地下1,000mの立坑工事に着手 瑞浪超深地層研究所研究坑道掘削工事, トンネルと地下, Vol.35, No.6, pp.31-42(2004).
- M. Shimono, S. Suzuki, Y. Taguchi, K. Kamemura, S. Mikake, T. Sato: Risk assessment approach for Underground Research Laboratory, Proceedings of the 3rd ARMS (Asian Rock Mechanics Symposium), Kyoto (2004).
- T. Sato, M. Imazu, S. Mikake, T. Tamai, M. Yamamoto & M. Sakamaki: Status of Japanese Underground Research Laboratory -Design and Construction of 1000 m-deep Shafts and Research Tunnels-, ITA-AITES-05, May 9-11, 2005, Istanbul, Turkey, pp.335-341 (2005).
- 櫻井春輔, 清水則一, 芥川真一, 吉田秀典, 佐藤稔紀, 山地宏志: 国内超大深度立坑工事の地山崩壊形態から見た崩壊発生機構に関する考察, 土木学会論文集F, Vol.62, No.4, 662-673(2006).
- M. Kuji, M. Hara, T. Sato, M. Minamide, S. Mikake, K. Sugihara: COUNTERMEASURES PLANNED FOR REDUCING WATER INFLOW INTO DEEP SHAFTS AT THE MIZUNAMI UNDERGROUND RESEARCH LABORATORY, Proceedings of ICON15, 15th International Conference on Nuclear Engineering, April 22-26, 2007, Nagoya, Japan, ICON15-10413 (2007).
- J. Nobuto, S. Kobayashi, M. Nishigaki, S. Mikake, T. Sato: GROUTING METHODOLOGY IN CRYSTALLINE ROCK, Proceedings of ICON15, 15th International Conference on Nuclear Engineering, April 22-26, 2007, Nagoya, Japan, ICON15-10445 (2007).
- 久慈雅栄, 原雅人, 南出賢司, 竹内真司, 見掛信一郎, 佐藤稔紀: 大深度立坑における湧水抑制対策のためのプレグラウチング, 第37回岩盤力学に関するシンポジウム講演集, pp.251-256(2008).
- 延藤 遵, 西垣 誠, 見掛信一郎, 小林伸司, 佐藤稔紀: 注入圧力によるグラウトの目詰まり現象抑制効果, 土木学会論文集C, Vol.64, No.4, pp.813-832(2008).
- 延藤 遵, 見掛信一郎, 西垣 誠: 大深度岩盤掘削工事を対象とした効率的なプレグラウチング概念に関する提案, 土木学会論文集C, Vol.65, No.4, pp.806-821 (2009).
- Kobayashi, S., Nobuto, J., Sugiyama, H., Kusano, T., Tsuji, M., Mikake, S. and Matsui, H.: Grouting experiment with colloidal silica at 300 m depth of the Mizunami URL, Proceedings of European Rock Mechanics Symposium (EUROCK 2012) (CD-ROM) (2012).
- 見掛信一郎, 山本 勝, 池田幸喜: 瑞浪超深地層研究所における研究坑道掘削と施工対策技術の適用, 第40回岩盤力学シンポジウム講演論文集(2011).
- 石井洋司, 見掛信一郎, 神谷 晃, 渡辺和彦, 延藤 遵, 草野隆司: 瑞浪超深地層研究所深度 400m以深の立坑掘削におけるプレグラウチングの施工, 第40回岩盤力学シンポジウム講演論文集(2011).
- 小林慎二, 延藤 遵, 杉山博一, 草野隆司, 辻 正邦, 見掛信一郎, 松井裕哉: 瑞浪超深地層研究所深度300mにおける耐久性に優れた溶液型グラウトの試験施工, 第40回岩盤力学シンポジウム講演論文集(2011).
- K. Niimi, S. Kobayashi, J. Nobuto, H. Matsui, M. Yamamoto: Analysis and Numerical Simulation of Seismic Events Recorded in the Ventilation Shaft at the Mizunami URL, Proceedings of European Rock Mechanics Symposium (EUROCK 2012) (CD-ROM) (2012).
- 橋詰 茂, 松井裕哉, 堀内泰治, 畑 浩二, 秋好賢治, 佐藤 伸, 柴田千穂子, 丹生屋純夫, 納多 勝: 結晶質岩中の立坑掘削を対象とした脆弱部における空洞および周辺岩盤の力学的挙動に関する検討, 第13回岩の力学国内シンポジウム講演論文集, pp.121-126 (2013).
- 見掛信一郎, 西垣 誠, 佐藤稔紀: グラウチングの注入範囲設定に関する浸透力を考慮した評価理論の構築, 土木学会論文集C, Vol.70, No.1, pp.33-43(2014).
- 堀内泰治, 見掛信一郎, 佐藤稔紀: 瑞浪超深地層研究所における地震時の湧水量変化と水圧応答について, 第42回岩盤力学に関するシンポジウム講演集, pp.96-100(2014).
- H. Sanada, T. Sato, Y. Horiuchi, S. Mikake, M. Okihara, R. Yahagi, S. Kobayashi: Analysis of excavation cycle time during sinking of the Ventilation Shaft at the Mizunami Underground Research Laboratory, ARMS 8 (8th Asian Rock Mechanics Symposium) (in press).
- H. Sanada, T. Sato, Y. Horiuchi, S. Mikake: Analysis of excavation cycle time during a deep shaft sinking in the crystalline rock -A case example of the Ventilation Shaft in the Mizunami URL-, Tunnelling and Underground Space Technology (in press).

# 論文・学会発表リスト（深地層工学技術）

## 【幌延】

- 福井勝則, 大久保誠介, 稲垣大介, 羽出山吉裕, 山本卓也: “ブームヘッダの掘削体積比エネルギーと岩盤物性”, 平成21年度資源・素材関係学協会合同秋季大会, pp.109-112 (2009).
- 稲垣大介, 津坂仁和, 井尻裕二, 小池真史, 羽出山吉裕: “幌延深地層研究所における立坑掘削に伴う周辺岩盤及び支保の挙動分析(その1)”, 第40回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集, pp.1-6 (2011).
- 津坂仁和, 山崎雅直, 羽出山吉裕, 山本卓也: “幌延深地層研究所の立坑掘削に伴うコンバージェンス曲線の評価”, 第12回岩の力学国内シンポジウム講演論文集, pp.311-317 (2008).
- K. Tsusaka, M. Yamasaki, Y. Hatsuyama: “Rock deformation and support load in shaft excavation in Horonobe URL Project”, Rock Engineering in Difficult Ground Conditions; Soft Rocks and Karst (EUROCK 2009), pp.589-594 (2009).
- 津坂仁和: “堆積軟岩における立坑掘削の内空変位計測に基づく岩盤挙動分類の提案”, 土木学会論文集F, Vol.66, No.1, pp.181-192 (2010).
- 津坂仁和, 稲垣大介, 小池真史, 井尻裕二, 羽出山吉裕: “幌延深地層研究所における立坑掘削に伴う周辺岩盤及び支保の挙動分析(その2)”, 第40回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集, pp.7-12 (2011a).
- K. Tsusaka, D. Inagaki, M. Koike, Y. Ijiri, Y. Hatsuyama: “A study on mechanical behaviors of concrete lining and rock caused by shaft sinking at the Horonobe Underground Research Laboratory”, Proceedings of the 12th Congress of International Society for Rock Mechanics, pp.305-308 (2011b).
- 津坂仁和, 稲垣大介, 羽出山吉裕, 小池真史, 島田智浩, 井尻裕二: “ショートステップ工法による立坑掘削に伴う支保部材の力学挙動に関する研究”, 土木学会論文集F1, Vol.68, No.1, pp.7-20 (2012a).
- 津坂仁和, 常盤哲也, 稲垣大介, 羽出山吉裕, 小池真史, 井尻裕二: “幌延深地層研究所におけるショートステップ工法による立坑掘削に伴う岩盤の力学挙動に関する研究”, 土木学会論文集F1, Vol.68, No.2, pp.40-54 (2012b).
- K. Tsusaka, T. Tokiwa: “Influence of fracture orientation on excavatability of soft sedimentary rock using a hydraulic impact hammer: A case study in the Horonobe Underground Research Laboratory”, Tunnelling and Underground Space Technology incorporating Trenchless Technology Research, 38, pp.542-549 (2013).
- 山崎雅直, 関谷美智, 藤川助け, 北川義人: “幌延深地層研究計画における立坑工事の施工実績とサイクルタイム分析”, 地下空間シンポジウム論文・報告集, 第14巻, pp.191-196 (2008).
- 山崎雅直, 津坂仁和, 羽出山吉裕, 南出賢司, 高橋昭博: “立坑掘削における内空変位の初期変形率と覆工コンクリート応力の相関”, 第38回岩盤力学に関するシンポジウム講演集, pp.196-201 (2009a).
- 山崎雅直, 羽出山吉裕, 山本卓也, 福井勝則: “軟岩用自由断面掘削機の掘削体積比エネルギーを利用した岩盤強度の推定”, 第44回地盤工学研究発表会, pp.1267-1268 (2009b).
- 山崎雅直, 福井勝則, 南出賢司, 羽出山吉裕: “泥岩を対象とした掘削体積比エネルギーと割れ目頻度に関する一考察”, 土木学会第64回年次学術講演会(平成21年度), CS5-060 (2009c).
- 山崎雅直, 森岡宏之, 羽出山吉裕, 津坂仁和: “幌延深地層研究所における立坑掘削の情報化施工と挙動計測”, 第12回岩の力学国内シンポジウム講演論文集, pp.305-310 (2008).

# 個別研究成果における達成度(深地層工学技術)

反映先	達成すべき技術要件	技術要件を満たすための研究開発項目	具体的成果(ノウハウなどの一例)	達成度
サイト選定に関する意思決定	地下施設の設計, 施工計画が立案できる	地上からの調査で得られた情報に基づく地下施設の設計手法 ・空洞安定性評価 ・支保設計 ・耐震設計 等	➤ 瑞浪および幌延の地質状況に応じて適用した空洞安定性評価, 支保設計の事例を提示 ➤ 計測結果をフィードバックする技術の提示 ショートステップ工法の特徴を考慮した覆工応力の計測位置に関する知見を提示 ➤ 大深度における耐震設計の事例を提示	○
		地下施設の施工計画を立案する技術	➤ 瑞浪および幌延の地質状況に応じて適用した研究坑道掘削の施工計画の立案事例を提示	○

# 個別研究成果における達成度(深地層工学技術)

反映先	達成すべき技術要件	技術要件を満たすための研究開発項目	具体的成果(ノウハウなどの一例)	達成度
建設に関する意思決定	建設技術・施工対策技術が適用できる	地下施設の建設技術	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 瑞浪および幌延の地質状況に応じて適用した立坑掘削工法(ショートステップ工法, 機械掘削)の事例を提示</li> <li>➢ 立坑崩落対策をショートステップ工法のサイクルタイムに取り込んだ事例を提示。同工法の柔軟性を提示</li> </ul>	○
		地下施設建設時の施工対策技術 ・湧水, ガス対策 ・崩落対策 等	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 湧水抑制対策としてグラウト技術の有効性を提示</li> <li>➢ 溶存ガス対策の適用事例を提示</li> </ul>	△
処分開始に関する意思決定	地下施設の安全が確保できる坑道の維持管理ができる	地下施設の安全確保技術, 坑道の維持管理技術	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 通気網解析に基づく, 通気システム・防災設備の設計, 火災時対応を検討した事例を提示</li> </ul>	△

## 次の研究計画において対象とすべき課題

反映先	達成すべき技術要件	技術要件を満たすための研究開発項目	課題	重要度
建設に関する意思決定	建設技術・施工対策技術が適用できる	地下施設建設時の施工対策技術 ・湧水, ガス対策 ・崩落対策 等	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ ポストグラウトを含むウォータータイトトンネル技術開発</li> <li>➤ 人工材料の周辺岩盤, 地下水への影響評価(プラグ・埋め戻し材)</li> </ul>	◎
処分開始に関する意思決定	地下施設の安全が確保できる 坑道の維持管理ができる	地下施設の安全確保技術, 坑道の維持管理技術	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 適用した技術の有効性の確認</li> </ul>	○
埋戻しに関する意思決定	埋戻しの計画が立案できる	埋戻し技術 ・プラグ ・坑道埋戻し	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 同上</li> </ul>	○
廃棄体定置終了・最終閉鎖に関する意思決定	埋戻し技術が適用できる	埋戻し技術 モニタリング	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 同上</li> </ul>	○