

第2期中期計画取りまとめ

②深地層の研究施設計画成果の取りまとめの考え方について － f. 深地層における工学技術の基礎の整備 －

平成25年11月29日

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

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	➤ 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 ・湧水, ガス対策 ・崩落対策 等	➤ 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	△
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	➤ 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	△

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

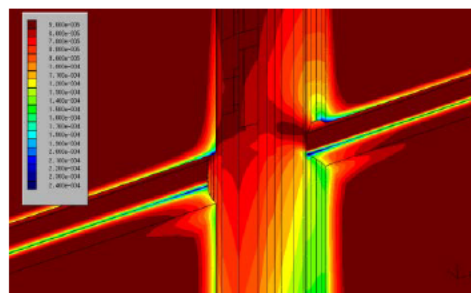


図1 3次元FEM解析の結果
(最大せん断ひずみ分布)

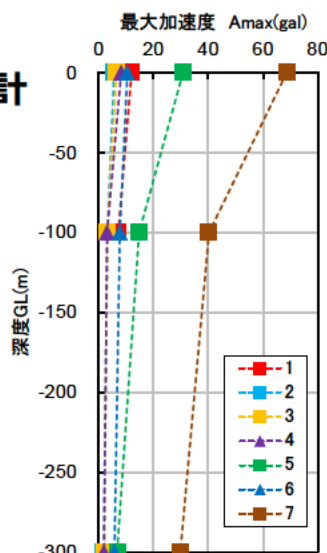


図2 地震動観測結果(最大加速度)

- 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
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

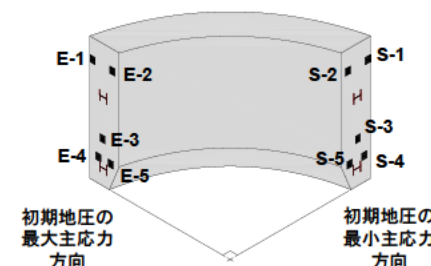


図2 覆工コンクリート応力の計測位置 (S-1~5, E-1~5)

- 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。

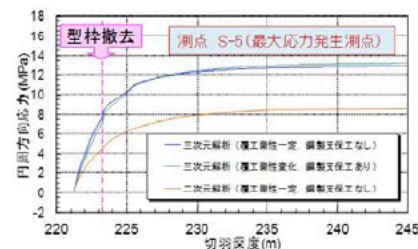


図3 2次元と3次元の数値解析の比較

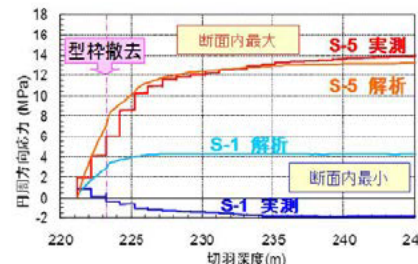


図4 解析と計測の結果の比較

処分施設の設計時に適用する技術の提示

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)

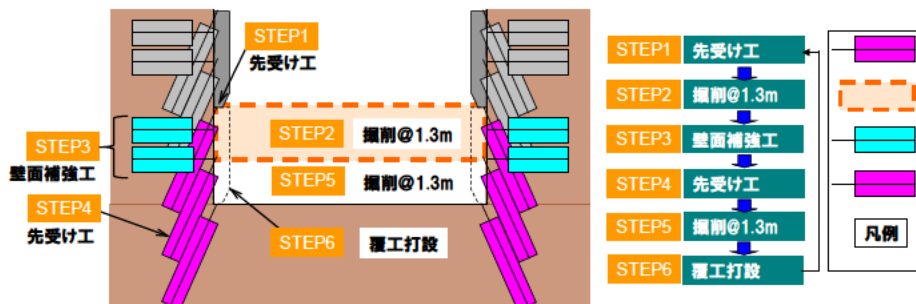


図1 崩落地山に対する地山安定化対策
(ボルトによる補強とシリカレジン注入により安定性を向上)

- 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)

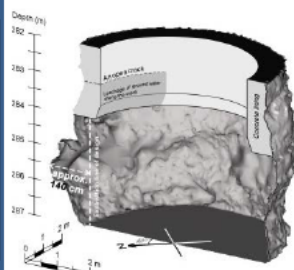


図1 坑壁崩落の計測結果
(換気立坑深度286m付近)

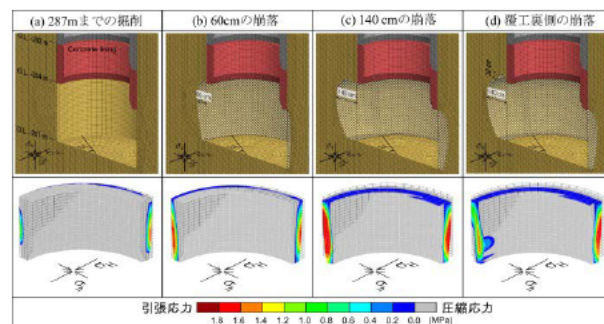


図2 坑壁崩落に伴う覆工コンクリート応力の変化

- 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。

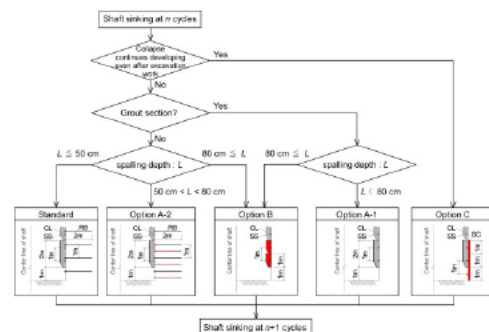


図3 崩落量に基づく支保選定フロー
(Tsusaka et al. (2013))

- 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)

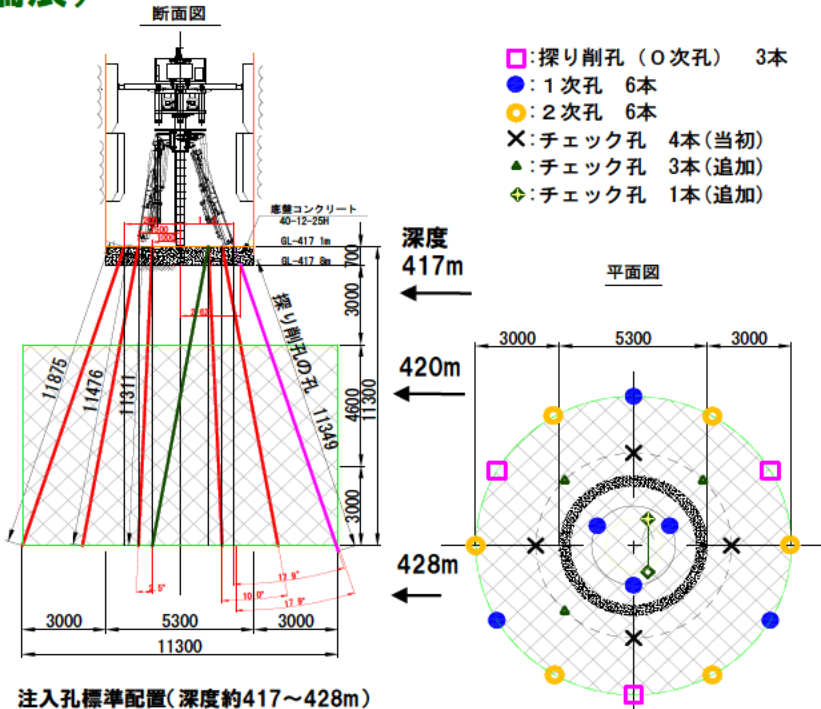


図1 立坑に適用したグラウト孔の配置図(左:断面図, 右:平面図)

- 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。

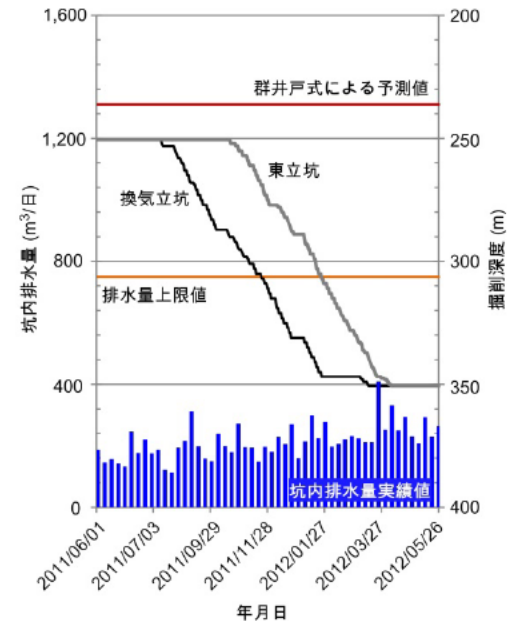
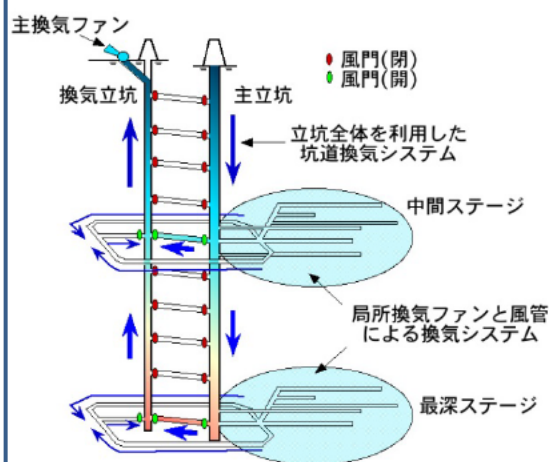


図3 坑内排水量の予測と実績

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)



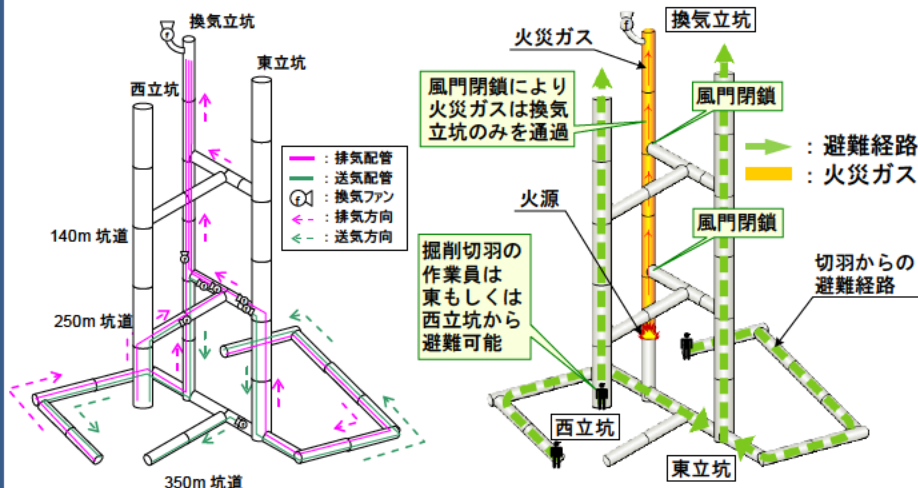
- 通気システムの検討
 - ・立坑: 深度500m到達: 風管通気→坑道通気
 - ・水平坑道: ファンと風管の延長
- 通気網解析
 - ・通気設備(ファン・風管)の仕様の決定
- 火災時解析
 - ・火災状況の把握
 - ・避難の基本コンセプトの決定
 - ・待避所位置・広さの設定

図1 瑞浪に適用した通気システム

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)



送排気ルート

通気制御した場合の避難ルート

解析結果を反映した350m坑道掘削時の例

- 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。

成果ダイジェスト メッセージ案(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

成果ダイジェスト メッセージ案(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

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	➤ 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・埋め戻し材)	◎
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	➤ 適用した技術の有効性の確認	○
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	➤ 同上	○
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	➤ 同上	○

今後の課題 メッセージ案(深地層工学技術)

A1) 地質環境の初期状態の理解(サイト選定～処分開始に関する意思決定ポイントへの反映):



A2) 地質環境の短期変動・回復挙動の理解(処分開始～最終閉鎖に関する意思決定ポイントへの反映):

➤ **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・埋め戻し材)**

➤ **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**