



超深地層研究所計画(瑞浪)に関する 必須の課題成果取りまとめ結果と今後の計画

2020年2月13日

国立研究開発法人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

第3期中長期計画

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)

本日の説明内容

1. 必須の課題に関する成果取りまとめ報告書

(1) 現状

- URL検討委員会委員からのコメント対応
- 研究成果の追記

(2) 今後の予定

2. 令和2年度以降の超深地層研究所計画

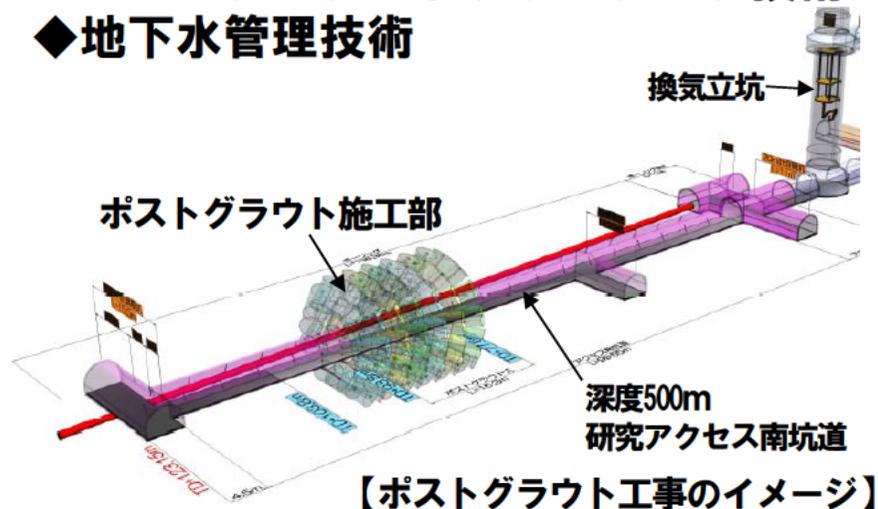
(1) 経緯

(2) 内容

中長期計画における超深地層研究所計画の研究課題

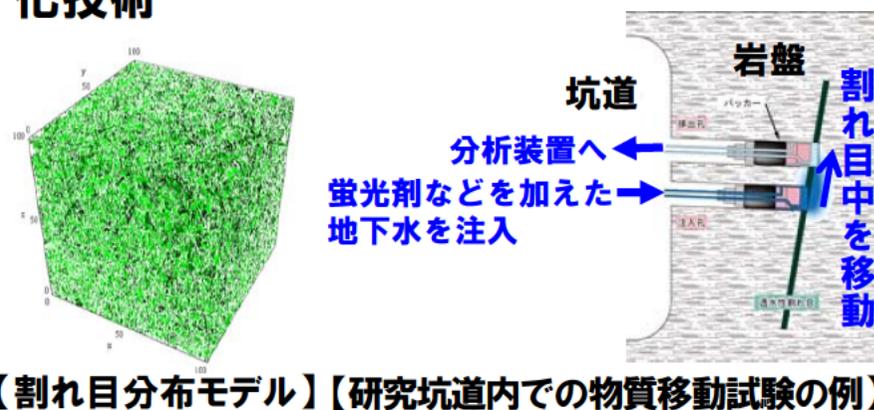
①地下坑道における工学的対策技術の開発

- ◆大規模湧水に対するウォータータイトグラウチング技術
- ◆地下水管理技術



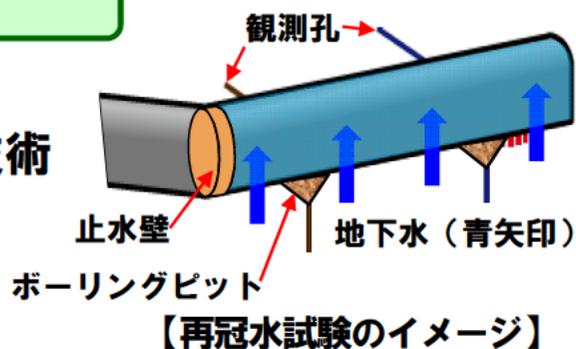
②物質移動モデル化技術の開発

- ◆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



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



研究開発項目

1. 地下坑道における工学的対策技術の開発

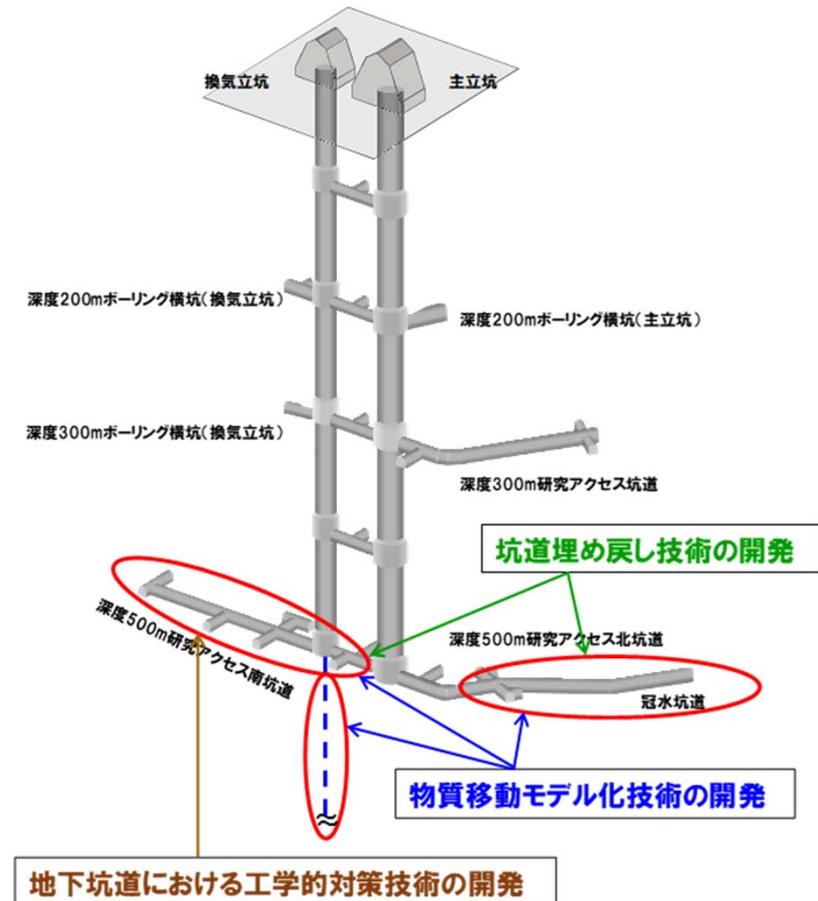
- 1.1 地下水抑制技術の開発
- 1.2 地下水管理技術の開発

2. 物質移動モデル化技術の開発

- 2.1 不均質な割れ目ネットワークのモデル化手法の開発
 - 2.1.1 実際の割れ目の性状を考慮した割れ目ネットワークのモデル化手法の整備
 - 2.1.2 花崗岩中での物質移動現象の理解
 - 2.1.3 物質移動におけるコロイド，有機物，微生物の影響因子の評価
- 2.2 地質環境の長期変遷に関する解析・評価技術の開発
 - 2.2.1 断層などの影響を含めた地質環境特性の長期変遷解析技術
 - 2.2.2 地下水の長期隔離に関する深部塩水地下水の起源・滞留時間の把握

3. 坑道埋め戻し技術の開発

- 3.1 坑道閉鎖に伴う環境回復試験技術の開発
 - 3.1.1 冠水坑道での再冠水試験
 - 3.1.2 岩盤の破壊現象評価
 - 3.1.3 500m坑道での埋め戻し試験
- 3.2 モニタリング技術の開発



成果報告書レビューの経緯および今後の予定

1.第23回委員会(2018年10月1日)

- ✓ 研究成果の説明
- ✓ 取りまとめ報告書原案の説明
- ✓ レビュー依頼

2.第24回委員会(2019年1月15日)

- ✓ コメント対応結果の説明
- ✓ 取りまとめ報告書の説明

3.評価結果受領(2019年2月15日)

4.最終版の作成

- ✓ 第24回委員会でのコメント反映
- ✓ 個別評価結果における意見反映
- ✓ 2020年3月末公開予定

必須の課題成果の総括的まとめ

第24回URL検討委員会
(2019年1月15日開催)
にて使用した資料

①地下坑道における工学的対策技術の開発

達成目標	<ul style="list-style-type: none">・湧水量を制御するウォータータイトグラウト施工技術の実証・地下水排水処理技術等の高度化
成果のまとめと達成度	<ul style="list-style-type: none">・プレグラウチングとポストグラウチングを併用により湧水抑制効果を確認・適用した手法はグラウチングの目標設定、計画策定及び結果の検証に有効な手法であり、排水処理費の削減や、人工バリア施工時の作業環境において湧水箇所や湧水量を低減することにより施工精度の向上に寄与・排水処理技術開発は環境分野などでも盛んに行われており、施設計画時点で求められる基準値に適した手法をの選択により対応可能・今回実証された多量の排水処理技術は、日本全国に分布する鉱山跡地から湧水する汚染水処理にも応用可能 <p style="text-align: right;">→目標達成</p>
さらなる技術レベルの向上に向けた方策・提案	<ul style="list-style-type: none">・長期的な耐久性を有するグラウト材やグラウチング方法の検討

成果総数： 技術開発報告書類：21件、学術論文15件

必須の課題成果の総括的まとめ

②物質移動モデル化技術の開発

第24回URL検討委員会
(2019年1月15日開催)
にて使用した資料

<p>達成目標</p>	<ul style="list-style-type: none"> 物質移動現象の理解・モデル化 割れ目の透水性, 地下水流動・水質の長期変化, 地下水流動の緩慢さの例示
<p>成果のまとめと達成度</p>	<ul style="list-style-type: none"> 地下坑道で得られる情報を用いた割れ目モデル化手法を提示 地下坑道からの調査データに基づく割れ目の湧水の有無に着目したデータ解析や割れ目半径との相関性を考慮した透水性の設定の考え方を組み込んだDFNモデルの構築手法を開発 大深度の地点におけるトレーサー試験に関する調査技術を構築 ボーリング孔を利用したコロイドおよび微生物の調査技術を構築 <p style="text-align: right;">→目標達成</p>
<p>さらなる技術レベルの向上に向けた方策・提案</p>	<ul style="list-style-type: none"> 結晶質岩を対象とした地下水流動解析結果の妥当性確認手法の構築(坑道スケールから広域スケールへの透水不均質性のアップスケーリング手法など)

成果総数: 技術開発報告書類:43件、学術論文49件

必須の課題成果の総括的まとめ

—③坑道埋め戻し技術の開発—

第24回URL検討委員会
(2019年1月15日開催)
にて使用した資料

<p>達成目標</p>	<ul style="list-style-type: none"> •坑道の一部埋め戻し，冠水時の地質環境の回復能力等を評価 •地質環境に応じた埋め戻し技術の構築 •長期観測に必要なモニタリング技術の開発
<p>成果のまとめと達成度</p>	<ul style="list-style-type: none"> •再冠水試験に伴う地下水の水圧変化や水質変化の観測，冠水前後の2次元比抵抗分布，冠水坑道周辺における湧水量変化のデータ取得 •既往の連成解析ソフトウェア(COUPLYS)を，岩盤の不均質性のモデル化，モデルの大規模化，解析速度の高速化の観点で改良し，汎用性の高いツールとして整備 •5MPaの水圧環境下においても，埋め戻し材内部の土圧や水圧の観測機器は十分な耐久性を保持しており信頼性の高い観測が可能 •既往の無線通信技術は掘削された稼働中の坑道内での結晶質岩中での計測に適用可能であることを確認 •止水壁のような高い耐圧性能を有する地下構造物の建設・補修方法を事例として提示し，技術的ノウハウとして蓄積 <p style="text-align: right;">→目標達成</p>
<p>さらなる技術レベルの向上に向けた方策・提案</p>	<ul style="list-style-type: none"> •埋戻し材による坑道埋戻し時の地質環境回復過程のモニタリングおよびシミュレーション技術の開発

成果総数： 技術開発報告書類：35件、学術論文7件

第24回委員会および評価結果におけるコメントと回答/対応結果

－①地下坑道における工学的対策技術の開発－

No.	コメント	回答/対応結果
1	<p>技術がどこまで整備されたのか、次にやるべき事が何かを、研究開発と事業とのつながりを意識した形で整理してほしい。地下研で有効性が確認された技術についても、インプットからアウトプットに至るまでの過程がわかるように、成果を取りまとめるとともに、関係者への情報共有を図って欲しい。</p>	<p>今回の成果は、瑞浪の地質環境を前提とした必須の課題として設定したものに關するものであり、計画を作る段階でご指摘のような視点は考慮していなかった。ご指摘の点を考慮して、今後の取りまとめ(Coolrepなど)の中で提示していく。</p>
2	<p>先進孔などによるプレグラウトの評価は本坑掘削の前にできないものでしょうか。</p>	<p>先行ボーリング調査(先進孔)の結果をもとに坑道(本坑)掘削前にプレグラウチングのケーススタディを行い、湧水抑制の計画を策定したうえでプレグラウチングに着手している。さらに、プレグラウチング実施後の評価として、坑道掘削後の実測値とケーススタディとの比較を行うことにより湧水抑制効果を評価している。</p>

第24回委員会および評価結果におけるコメントと回答/対応結果

－②物質移動モデル化技術の開発－

No.	コメント	回答/対応結果
1	<p>亀裂ネットワークモデルの検証は、非常に難しい課題であり、最初に目標設定をしておかないと結論に至らない可能性がある。確率論モデルで検証可能な亀裂の規模等を予め見定めておく必要があるのではないか。</p>	<p>ご指摘のとおり、確率論的な手法で構築されるDFNモデルの検証方法やモデルから得られる結果の評価方法の体系化については、今後の課題と認識している。本報告書に取りまとめたDFNモデルの構築に関しては、岩盤の特徴(割れ目の分布頻度や岩盤の透水性のばらつきなど)の統計量の再現を目的と設定しています。その旨を、背景および概要に記載した。</p>
2	<p>物質移動現象の理解、コロイド等の影響因子の評価については、達成目標レベルが示されていないので、判定が難しい。</p>	<p>物質移動現象の理解、コロイド等の影響因子の評価について、達成目標がわかるように記述を修正した。</p>

第24回委員会および評価結果におけるコメントと回答/対応結果 —③坑道埋め戻し技術の開発—

No.	コメント	回答/対応結果
1	冠水前後の比抵抗分布の変化は、見せ方の良い成果の一例である。一方、1mと30cmという2つの数字が出てくるので、より分かりやすく整理してほしい。	表面から30cmまでの領域と30cm～の領域の説明を分けて記載した。
2	等価連続多孔質媒体モデル(ECPM: Equivalent Continuous Porous Model)と亀裂ネットワークモデル(DFN: Discrete Fracture Network Model)は、今回の成果の結果、どのように整理され、どのように利用されていくことが必要と考えているのか。個々のグループの研究成果はお互いに共有され、有機的につながっているのでしょうか。	水理-力学-化学の連成解析に用いたECPMモデルは、DFNモデルに基づき構築している。その旨を本文に追記した。

坑道埋め戻し技術の開発

500m坑道での埋め戻し試験

■目的

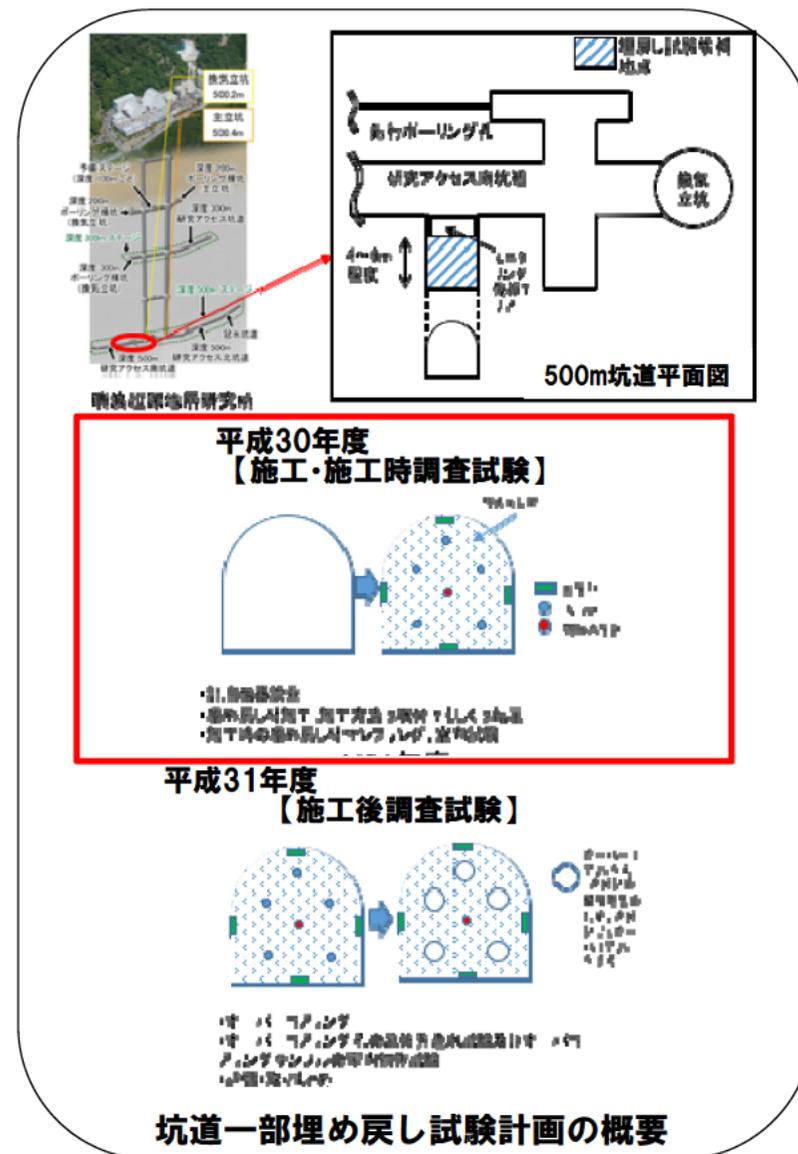
これまでに事例がほとんどない小断面坑道の吹付けによる埋め戻し材の施工試験を実施し、同工法を実際の地質環境に適用する上での品質管理・施工管理体系に関する基盤情報を整備する。

■実施内容

- 地上での予備試験、研究坑道内での埋め戻し材(ベントナイト15%wt+砂)の吹付け施工
- モニタリング装置の設置、吹付け施工中の計測、吹付け施工後のモニタリング
- 吹付け施工領域の室内試験・原位置透水試験

	平成30年度				平成31年度			
	第1四半期	第2四半期	第3四半期	第4四半期	第1四半期	第2四半期	第3四半期	第4四半期
施工・施工時調査試験		■	■	■				
施工後調査試験					■	■	■	■
取りまとめ								■

平成30年度高レベル放射性廃棄物等の地層処分に関する技術開発事業(地層処分施設閉鎖技術確認試験)の成果を活用



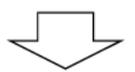
坑道埋め戻し技術の開発

500m坑道での埋め戻し試験

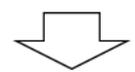
室内試験、地上における予備試験結果を踏まえて設定した施工ステップ

小断面坑道の吹付けによる埋め戻し材の施工試験
基本的な進め方

室内試験



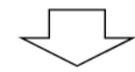
地上における予備試験



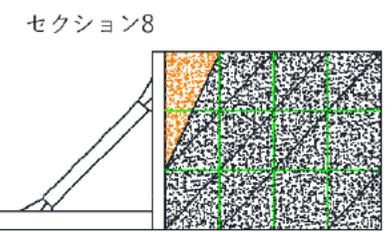
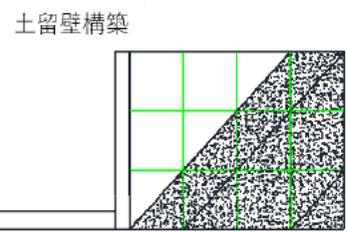
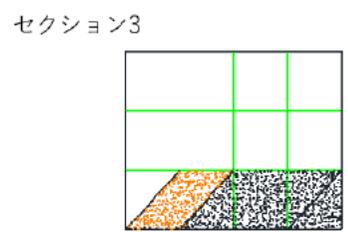
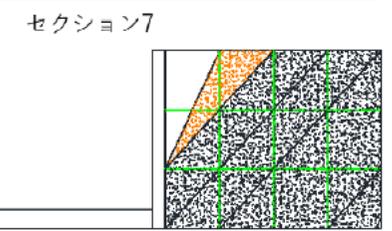
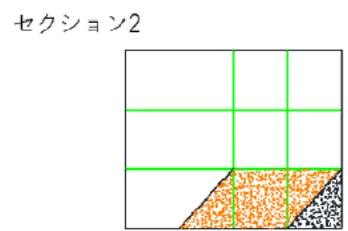
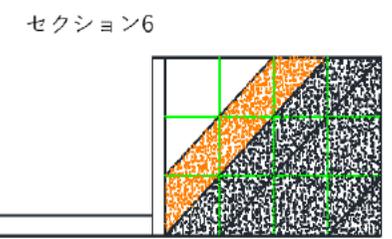
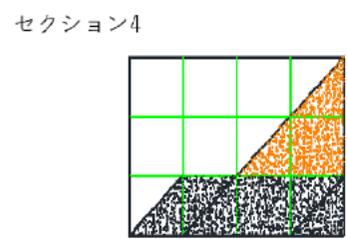
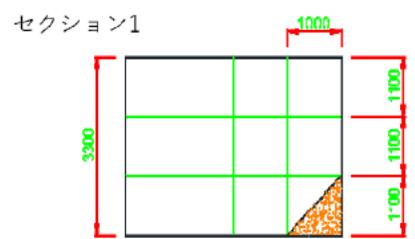
詳細な試験施工計画の策定



試験施工及び計測の実施



結果の分析・評価



土留め壁の組立検査(地上)の様子



支保工建込み後の様子

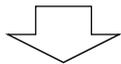
平成30年度高レベル放射性廃棄物等の地層処分に関する技術開発事業
(地層処分施設閉鎖技術確認試験)の成果を活用

坑道埋め戻し技術の開発

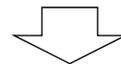
500m坑道での埋め戻し試験

小断面坑道の吹付けによる埋め戻し材の施工試験
基本的な進め方

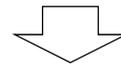
室内試験



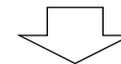
地上における
予備試験



詳細な試験施工
計画の策定



試験施工及び
計測の実施

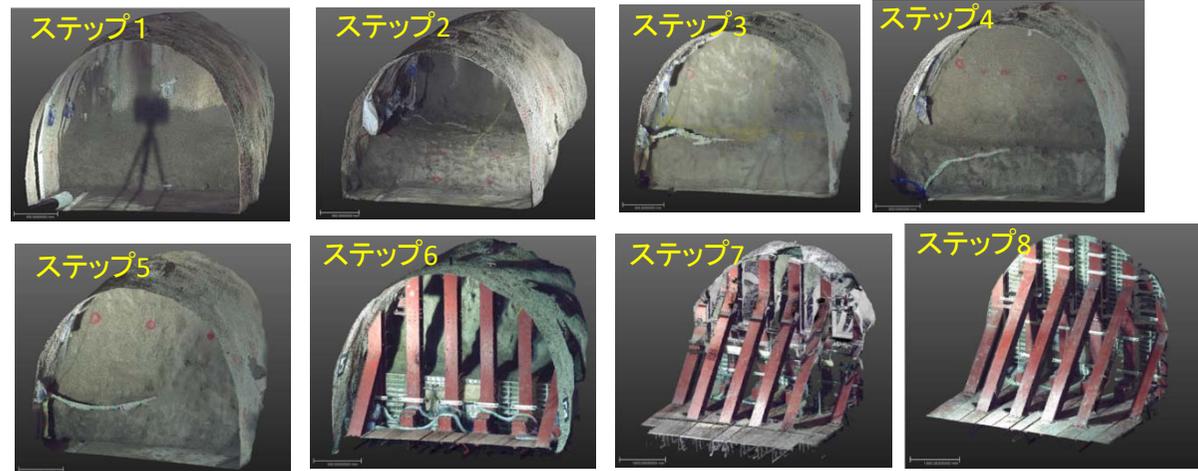


結果の分析・評価

【試験施工時の計測：3Dスキャナーによる出来型計測結果(一部)】

- ・3Dスキャナによる出来形は、カラーデジタル再生された点群データで構成されているため、現物にきわめて近いかたちで表現されている。また、坑道壁面や吹付け後の起伏も表現できており、各セクションの吹付け面の変化の様子を確認することができる。
- ・計測時間は今回の断面の大きさ(3m×3m)であれば、1計測あたり準備含めて20分程度。また、試料採取のように作業者の危険が伴うことはない

俯瞰図



断面図
(坑道軸方向)



平成30年度高レベル放射性廃棄物等の地層処分に關する技術開発事業
(地層処分施設閉鎖技術確証試験)の成果を活用

坑道埋め戻し技術の開発

500m坑道での埋め戻し試験

■主な成果

①埋め戻し技術という観点からの全断面吹付け施工の適用性

- ✓ 埋め戻し工法として実用に耐える工法の一つと評価
- ✓ 作業員の慣れや吹付け条件(ノズルの位置、向き)、施工環境(換気環境や供給可能な電力量)が施工性や品質に大きな影響を与えることを確認

②適用した品質管理手法の有効性

- ✓ 施工した埋め戻し材の密度は、当初目標値を上回っており、本試験で適用した品質管理のための管理基準や計測項目は質・量とも適切
- ✓ 3Dスキャナによる計測は、長大なトンネル群の埋め戻しに関する品質管理では、試料採取による品質管理と合わせて利用することで、合理的・効率的な品質管理に活用可能

本日の説明内容

1. 必須の課題に関する成果取りまとめ報告書

(1) 現状

- URL検討委員からのコメント対応
- 研究成果の追記

(2) 今後の予定

2. 令和2年度以降の超深地層研究所計画

(1) 経緯

(2) 内容

令和2年度以降の超深地層研究所計画

計画の構成

- ① はじめに
- ② 研究開発の進捗状況について
- ③ 令和2年度以降の計画について

① はじめに

第3期中長期計画に基づき、機構改革で抽出した3つの研究課題の研究開発を令和元年度末までに成果を出すことを前提に取り組み、また、土地賃貸借期間の終了(令和4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を検討してきた。

その結果を「令和2年度以降の超深地層研究所計画」として取りまとめた。

令和2年度以降の超深地層研究所計画

② 研究開発の進捗状況について

【外部専門家による評価結果】

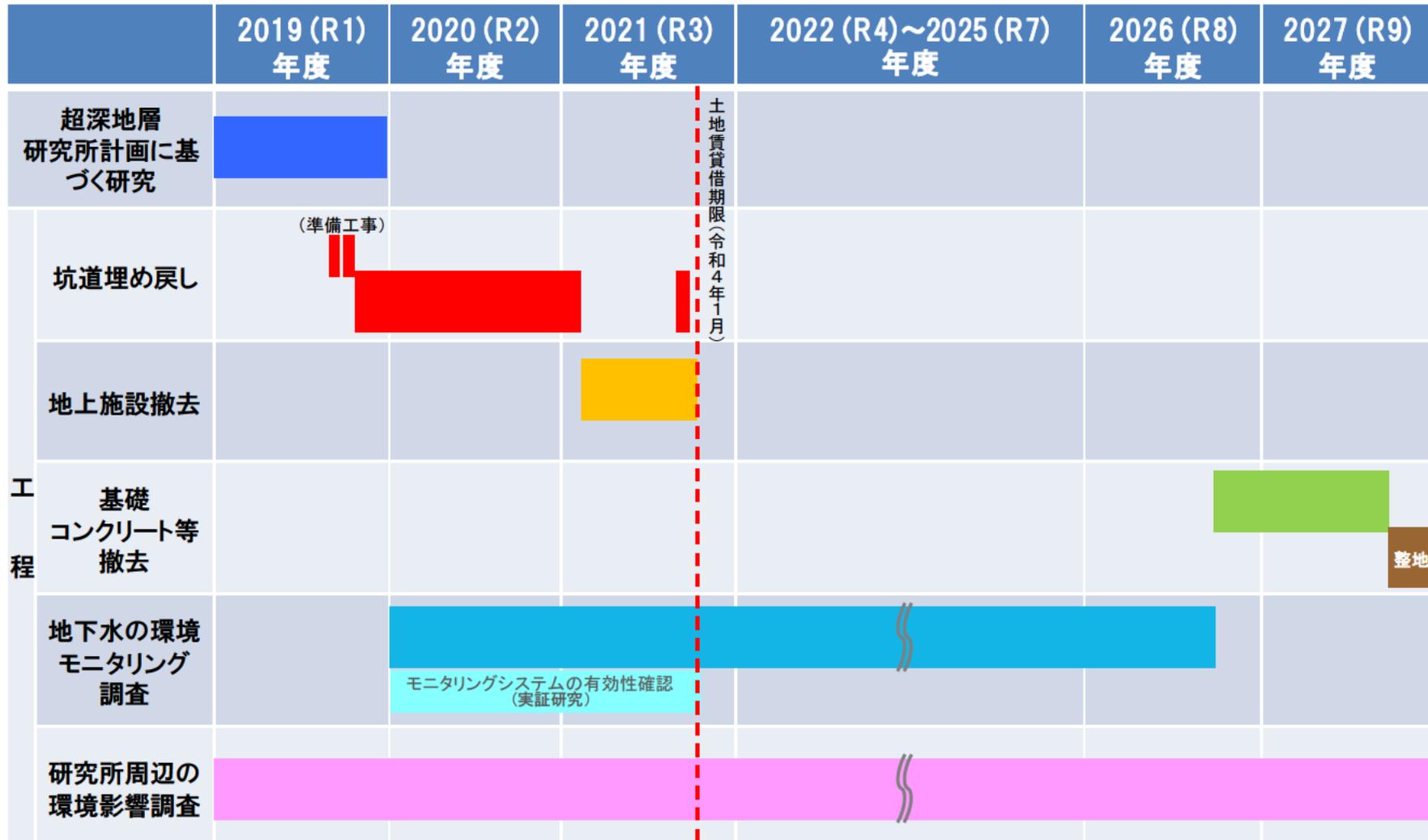
第3期中長期計画におけるこれまでの研究開発成果について、大学等の外部専門家からなる「深地層の研究施設計画検討委員会」において技術的な評価を受け、以下のような評価結果を得た。

- ◆全体として概ね適切に研究が遂行され、**所期の目標を達成できた**と評価
- ◆今後は、得られたデータや知見が地層処分研究開発全体の枠組みの中にフィードバック・継承されるとともに、**関連分野の研究開発・人材育成に最大限有効に活用されるよう、国内外に広く展開されることを期待**

令和2年度以降の超深地層研究所計画

③ 令和2年度以降の計画について (1)

【埋め戻し作業の工程計画案】



* 地上観測孔を利用した坑道周辺の地下水の水圧・水質観測については、研究所設置当初から継続しています。

令和2年度以降の超深地層研究所計画

③ 令和2年度以降の計画について（2）

【計画の要点】

- ◆ 超深地層研究所計画における研究開発は、令和元年度をもって終了
- ◆ 土地賃貸借期間の終了（令和4年1月）までに坑道の埋め戻し及び地上施設の撤去を完了するため、坑道埋め戻し等の作業を実施（今年度下期に着手）
- ◆ 研究所用地は、土地賃貸借期間終了時に一旦用地全体を返還した上で改めて下記作業に必要な部分を借用予定
- ◆ 坑道の埋め戻し期間中は、埋め戻しに伴う地下水の回復状況を確認するために整備するモニタリングシステムにより、坑道埋め戻し作業中の地下水の水圧・水質の変化を実際に観測し（地下水の環境モニタリング調査：既存の地上観測孔も使用）、実証研究を兼ねてモニタリングシステムの有効性を確認
- ◆ 坑道の埋め戻し後は、地下水の環境モニタリング調査を5年程度継続実施、また、作業期間を通して研究開始当初から実施している環境影響調査（河川水等の水質分析及び騒音・振動測定等）も継続実施
- ◆ 地下水の環境モニタリング調査終了後、地上施設の基礎コンクリート等の撤去及び地上観測孔の埋め戻し・閉塞、用地の整地を実施して全ての作業を完了

ご清聴、ありがとうございました。