

瑞浪超深地層研究所の坑道埋め戻し等事業における 立坑埋め戻し面の沈下と沈下部分の再埋め戻し

Surface Settlement of Backfilled Shafts and Rebackfilling of Settled Shafts
at the Mizunami Underground Research Laboratory

國分(齋藤) 陽子 竹内 竜史 西尾 和久 池田 幸喜

Yoko SAITO-KOKUBU, Ryuji TAKEUCHI, Kazuhisa NISHIO and Koki IKEDA

東濃地科学センター

Tono Geoscience Center

March 2025

Japan Atomic Energy Agency

日本原子力研究開発機構

JAEA-Review

本レポートは国立研究開発法人日本原子力研究開発機構が不定期に発行する成果報告書です。本レポートはクリエイティブ・コモンズ表示 4.0 国際 ライセンスの下に提供されています。本レポートの成果（データを含む）に著作権が発生しない場合でも、同ライセンスと同様の条件で利用してください。（<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ja>）
なお、本レポートの全文は日本原子力研究開発機構ウェブサイト（<https://www.jaea.go.jp>）より発信されています。本レポートに関しては下記までお問合せください。

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 研究開発推進部 科学技術情報課
〒319-1112 茨城県那珂郡東海村大字村松4番地49
E-mail: ird-support@jaea.go.jp

This report is issued irregularly by Japan Atomic Energy Agency.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en>).

Even if the results of this report (including data) are not copyrighted, they must be used under the same terms and conditions as CC-BY.

For inquiries regarding this report, please contact Library, Institutional Repository and INIS Section, Research and Development Promotion Department, Japan Atomic Energy Agency.

4-49 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-1112, Japan
E-mail: ird-support@jaea.go.jp

瑞浪超深地層研究所の坑道埋め戻し等事業における 立坑埋め戻し面の沈下と沈下部分の再埋め戻し

日本原子力研究開発機構 東濃地科学センター

國分（齋藤） 陽子，竹内 竜史，西尾 和久*，池田 幸喜

(2024年12月26日受理)

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構東濃地科学センターでは、令和2年度以降、瑞浪超深地層研究所の坑道の埋め戻しや地下水の環境モニタリング調査等を含めたその後の進め方について定めた「令和2年度以降の超深地層研究所計画」に基づき、瑞浪超深地層研究所の坑道埋め戻し等事業を行っている。令和4年1月までに坑道の埋め戻しを終え、以降埋め戻し面を観察していたところ、令和5年11月6日に主立坑及び換気立坑にて埋め戻し面の沈下が確認され、令和5年12月5日までに埋め戻し面は主立坑で約12.9 m、換気立坑で約27.7 mに達した。そのため、沈下の状況とその後の対策を超深地層研究所安全確認委員会で確認の後、安全上の観点から、沈下部を埋め戻すこととした。本書は、立坑埋め戻し面の沈下と沈下部分の埋め戻し及び令和6年6月までの再埋め戻し面の状況を取りまとめたものである。

**Surface Settlement of Backfilled Shafts and Rebackfilling of Settled Shafts
at the Mizunami Underground Research Laboratory**

Yoko SAITO-KOKUBU, Ryuji TAKEUCHI, Kazuhisa NISHIO* and Koki IKEDA

Tono Geoscience Center
Japan Atomic Energy Agency
Akiyo-cho, Mizunami-shi, Gifu-ken

(Received December 26, 2024)

The Tono Geoscience Center of the Japan Atomic Energy Agency has undertaken backfilling and restoration activities at the Mizunami Underground Research Laboratory (MIU) site since fiscal year 2020. These activities are being conducted in accordance with “The MIU Project from FY2020 Onwards,” outlining the procedures for backfilling, restoration, and environmental monitoring at the MIU site.

The backfilling activity was completed in January 2022, and thereafter, the observation of the backfilled shafts was commenced. On November 6, 2023, the settlement of the backfilled surface was observed in the Main Shaft and the Ventilation Shaft. By December 5, 2023, the depth of the settlement reached 12.9 m in the Main Shaft and 27.7 m in the Ventilation Shaft. After an evaluation by the MIU safety confirmation committee, which assessed the settlement condition and recommended countermeasures, the affected areas were backfilled for safety reasons. This report summarizes the observed settlement of the backfilled surface, the subsequent rebackfilling efforts, and the condition of the surface settlement areas. The condition of the backfilled sections has been confirmed up to June 2024.

Keywords: Mizunami Underground Research Laboratory, Settlement, Rebackfilling

* PESCO Co., Ltd.

目次

1. はじめに	1
2. 立坑埋め戻し面の沈下の状況	6
3. 沈下部の再埋め戻しとその後の状況	9
4. 立坑埋め戻し面の沈下原因	16
5. まとめ	19
参考文献	20
付録 1 令和 2 年度以降の超深地層研究所計画	21
付録 2 令和 5 年度第 1 回超深地層研究所安全確認委員会報告資料	27
付録 3 令和 5 年度第 2 回超深地層研究所安全確認委員会報告資料	37
付録 4 立坑埋め戻し面の沈下観測の結果	47
付録 5 立坑周辺地盤測量の結果	59
付録 6 安全対策	63
付録 7 立坑沈下部の埋め戻し完了報告書	65

Contents

1. Introduction	1
2. Surface settlement state in backfilled shafts	6
3. Backfilling of surface settlement in backfilled shafts and subsequent conditions	9
4. Causes and analysis of surface settlement	16
5. Conclusions	19
References	20
Appendix 1 The MIU Project from FY2020 Onwards	21
Appendix 2 Materials used in the report submitted to the first safety confirmation committee (FY2023)	27
Appendix 3 Materials used in the report submitted to the second safety confirmation committee (FY2023)	37
Appendix 4 Results of surface settlement observations	47
Appendix 5 Results of surrounding ground surveys	59
Appendix 6 Safety measures	63
Appendix 7 Report on the completion of rebackfilling	65

表リスト

表 1-1	立坑埋め戻し面の沈下に関する時系列	5
表 3-1	主立坑及び換気立坑の埋め戻し工程	10
表 3-2	主立坑の埋め戻し工程及び埋め戻しに用いた土量と注水量	11
表 3-3	換気立坑の埋め戻し工程及び埋め戻しに用いた土量と注水量	11

図リスト

図 1-1	瑞浪超深地層研究所位置図	1
図 1-2	瑞浪超深地層研究所の施設概要	2
図 1-3	瑞浪超深地層研究所の坑道埋め戻し等事業の工程	3
図 1-4	主立坑地表部埋め戻し終了時（令和 3 年 11 月 19 日撮影）	4
図 1-5	換気立坑地表部埋め戻し終了時（令和 3 年 12 月 3 日撮影）	4
図 2-1	沈下量の測定結果	6
図 2-2	立坑埋め戻し面の沈下の状況	7
図 2-3	立坑覆工コンクリートに固定されたモニタリングシステム	8
図 3-1	埋め戻しの作業イメージ	9
図 3-2	主立坑の安全ネット(a)及び埋め戻し面の余盛後の状況(b)	10
図 3-3	主立坑の埋め戻しの様子	12
図 3-4	換気立坑の埋め戻しの様子	14
図 4-1	コラプス現象の概念図	16
図 4-2	当初（令和 4 年 1 月まで）の埋め戻しの状況	17
図 4-3	坑道埋め戻し中の立坑内の様子（推測図）	17
図 4-4	坑道埋め戻し後の立坑内の様子（推測図）	18

This is a blank page.

1. はじめに

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構（以下、原子力機構）東濃地科学センターでは、高レベル放射性廃棄物等の地層処分技術に関する研究開発の一つである深地層の科学研究（地層科学研究）の一環として、結晶質岩（花崗岩）を対象とした超深地層研究所計画を平成8年度から開始した。平成14年1月に瑞浪市と土地の賃貸借契約を締結し、その市有地（図1-1：瑞浪超深地層研究所用地）に立坑や水平坑道等の地下施設及び地上施設等からなる瑞浪超深地層研究所（以下、研究所）（図1-2）を設置し、調査研究を行った。



地図出典：国土地理院

図 1-1 瑞浪超深地層研究所位置図

瑞浪超深地層研究所用地は、市有地の土地賃貸借契約の終了以降、改めて必要な部分を賃借し「瑞浪用地」と呼称している。

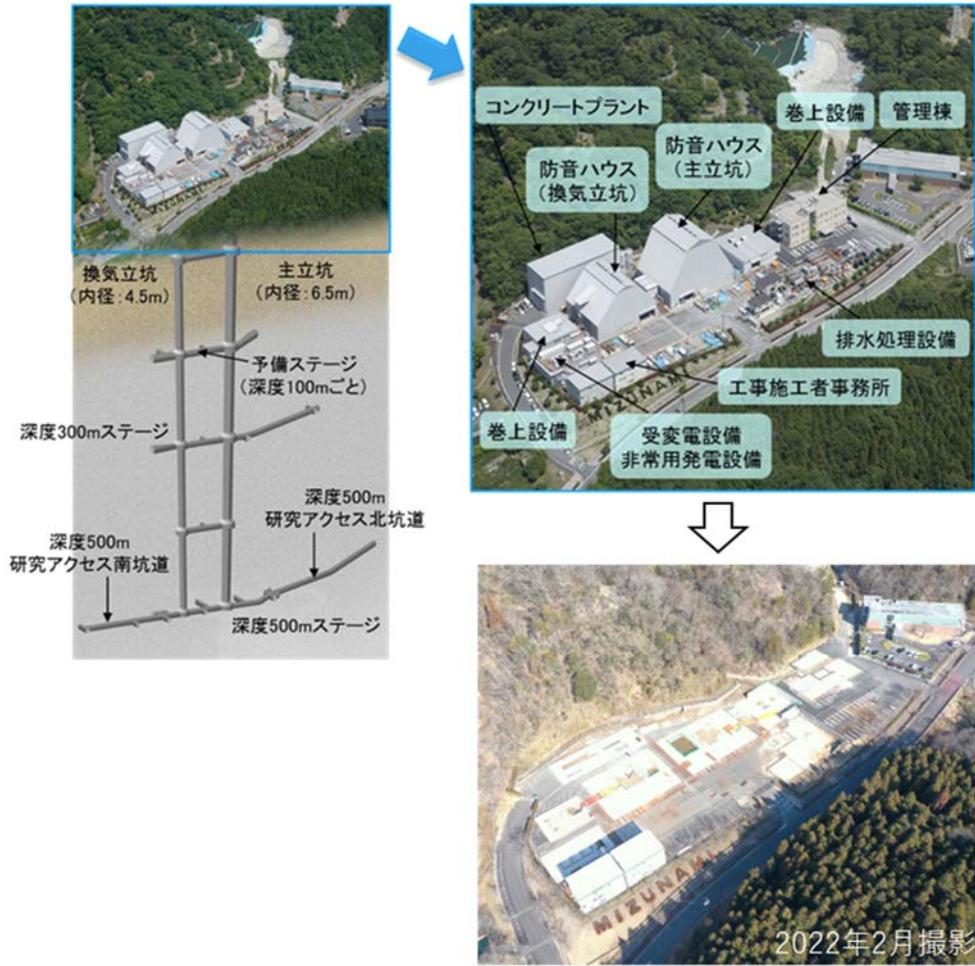


図 1-2 瑞浪超深地層研究所の施設概要

本計画における調査研究は令和元年度をもって終了し、令和 2 年度以降、坑道の埋め戻し等のその後の進め方について定めた「令和 2 年度以降の超深地層研究所計画」(付録 1) ¹⁾に基づき、「瑞浪超深地層研究所の坑道埋め戻し等事業」として、これまでに研究所の坑道の埋め戻し及び付随する地上設備撤去を進めた。埋め戻し後は地下水の環境モニタリング調査を 5 年程度継続し、地上施設の基礎コンクリート等の撤去、用地整備を行い全ての作業を完了する計画である(図 1-3) ¹⁾。坑道の埋め戻し及び付随する地上設備の撤去は令和 4 年 1 月 16 日までに完了し(図 1-4 及び図 1-5) ²⁾、市有地の土地賃貸契約を終了した。その後、改めて作業に必要な土地を賃借(「瑞浪用地」と呼称)し、地下水の環境モニタリング調査とあわせて埋め戻し状態の確認を行ってきた。令和 5 年 11 月 6 日に、主立坑及び換気立坑で埋め戻し面の沈下が確認され、最終的には埋め戻し面は主立坑で約 12.9 m、換気立坑で約 27.7 m に達した。そのため、沈下の状況とその後の対応を超深地層研究所安全確認委員会* ³⁾(以下、安全確認委員会)で確認し、安全確保のため沈下部を埋め戻した。表 1-1 に今回発生した立坑埋め戻し面の沈下に関する時系列を示す。本稿では、この埋め戻し面の沈下の状況とその後の埋め戻し等について示す。

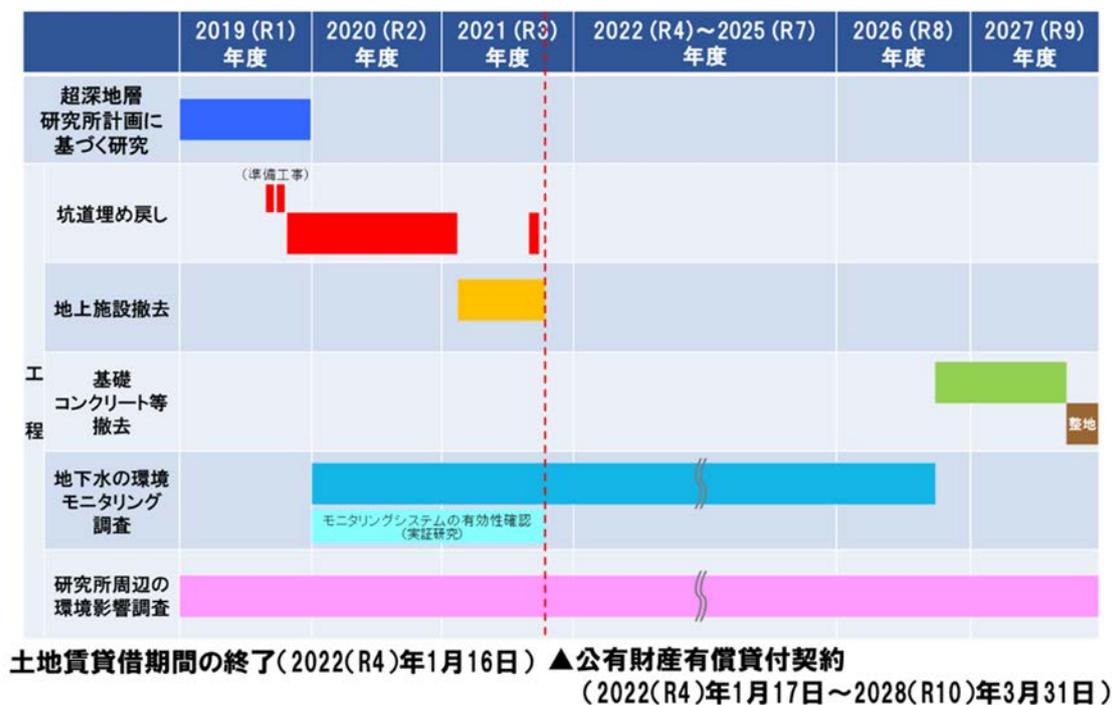


図 1-3 瑞浪超深地層研究所の坑道埋め戻し等事業の工程

* 超深地層研究所安全確認委員会

本委員会は、瑞浪市、土岐市及び岐阜県が国立研究開発法人日本原子力研究開発機構[旧動力炉・核燃料開発事業団]が設置する超深地層研究所について、平成 7 年 12 月に締結した「東濃地科学センターにおける地層科学研究に係る協定書」の第一項に規定する事項「事業団は、研究所について、放射性廃棄物を持ち込むことや使用することは一切しないし、将来においても放射性廃棄物の処分場とはしない。」を確認することを目的として、平成 10 年 6 月に瑞浪市が設置したものの。



図 1-4 主立坑地表部埋め戻し終了時（令和 3 年 11 月 19 日撮影）



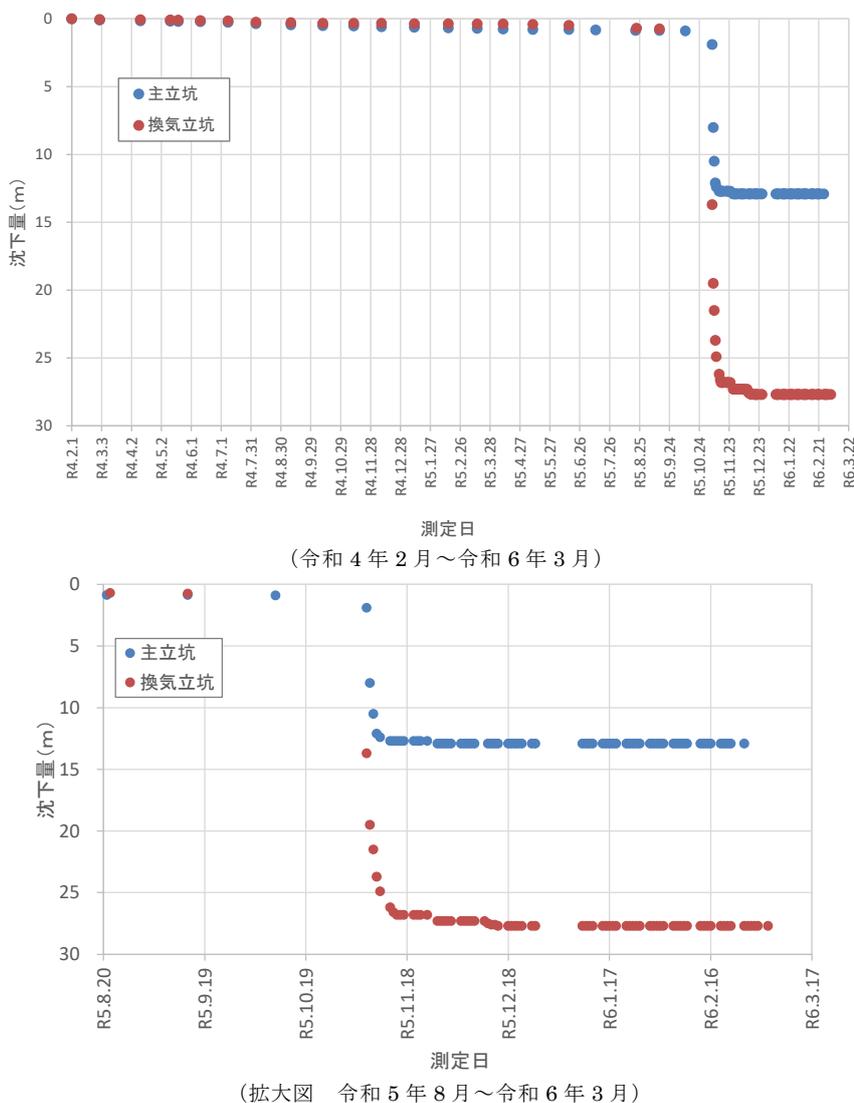
図 1-5 換気立坑地表部埋め戻し終了時（令和 3 年 12 月 3 日撮影）

表 1-1 立坑埋め戻し面の沈下に関する時系列

日付	事象
令和 5 年 11 月 6 日	主立坑及び換気立坑埋め戻し面の沈下確認。 以後、埋め戻し面の状況確認
	自治体による埋め戻し状況確認
11 月 20 日	岐阜県と連名でプレス発表 ⁴⁾
11 月 24 日	第 1 回安全確認委員会（状況・原因説明）：付録 2
12 月 8 日	立坑安全ネット設置
令和 6 年 2 月 13 日	第 2 回安全確認委員会（埋め戻し対策説明）：付録 3
2 月 26 日	埋め戻し作業開始、自治体による作業確認
3 月 7 日	埋め戻し完了、自治体による埋め戻し状況確認
3 月 19 日	埋め戻し完了報告書を自治体に提出
3 月 8 日～6 月 30 日	埋め戻し面の状態確認及び周辺地盤の測量・ホームページへの掲載

2. 立坑埋め戻し面の沈下の状況

令和 5 年 11 月 6 日に主立坑及び換気立坑で埋め戻し面が約 2 m 及び約 13.7 m 沈下したことが確認され、その後も徐々に沈下し、令和 5 年 12 月 15 日以降は沈下が収まったが、最終的には埋め戻し面は主立坑で約 12.9 m、換気立坑で約 27.7 m に達した（図 2-1、図 2-2、付録 4）。



沈下量 : 令和 4 年 2 月 1 日から令和 5 年 10 月 10 日までは、令和 4 年 1 月の立坑埋め戻し完了以降の毎測定日の沈下量の合計、令和 5 年 11 月 6 日以降は地表面の基準点から立坑埋め戻し面までの深度を示す。

主立坑 : 立坑坑口への転落防止ネット設置のため、令和 5 年 12 月 11 日は測定中止
 年末年始休暇のため、令和 5 年 12 月 27 日～令和 6 年 1 月 8 日は測定休止
 埋め戻し作業に伴い、令和 6 年 2 月 27 日～令和 6 年 3 月 1 日は測定休止
 令和 6 年 3 月 1 日埋め戻し完了。

換気立坑 : 令和 5 年 7 月 12 日及び同年 10 月 10 日は、降雨等による周辺埋め戻し土（山砂）の流入により測定点が覆われたため測定中止
 年末年始休暇のため、令和 5 年 12 月 27 日～令和 6 年 1 月 8 日は測定休止
 埋め戻し作業に伴い、令和 6 年 3 月 5 日～令和 6 年 3 月 7 日は測定休止
 令和 6 年 3 月 8 日埋め戻し完了。

図 2-1 沈下量の測定結果



令和 5 年 12 月 15 日
換気立坑 総沈下量 27.7 m



令和 5 年 12 月 15 日
主立坑 総沈下量 12.9 m

図 2-2 立坑埋め戻し面の沈下の状況

主立坑及び換気立坑は深度約 500 m の立坑を砂で埋め戻したことから、当初から、埋め戻し後の地下水の浸透等による水締めにより埋め戻し面が沈下することを想定しており、今回の事象もその過程による埋め戻し面の沈下と考えられた。

立坑周辺で沈下の有無を確認するために立坑周辺の地盤測量を行った結果、立坑周辺での地盤沈下の兆候は見られなかった（付録 5）。また、立坑は厚さ 40 cm 以上の覆工コンクリートで覆われており、そのコンクリートにはモニタリングシステムが固定されている（図 2-3）。覆工コンクリートが破損し、立坑周辺まで沈下が及んでいる場合は、モニタリングシステムも破損し、モニタリングデータが取得できない状態になると考えられるものの、立坑埋め戻し面の沈下後も、各測点において、水圧測定は問題なく実施できていた。これらのことから、覆工コンクリートの破損は生じて、沈下は立坑内部でのみで起こった事象であることが確認された。

なお、立坑埋め戻し面が沈下したことから、立坑部への物や人などの落下防止のため、立坑周辺の既設の柵に安全ネットを設置した（付録 6）。



図 2-3 立坑覆工コンクリートに固定されたモニタリングシステム

3. 沈下部の再埋め戻しとその後の状況

今回沈下した部分については、埋め戻し方法・手順及びスケジュールを第 2 回安全確認委員会で確認した後(付録 3)、安全上の観点から埋め戻しを行った。埋め戻し方法・手順は以下のようを行った(図 3-1)。

- ① 購入した山砂を 10 t ダンプトラックにて瑞浪用地まで運搬し、立坑近傍に荷下ろした。
- ② 0.45m³ のショベルカーで立坑内に砂を投入した。その際、立坑内に設置されているモニタリングシステムを破損しないように、システムの反対側から投入した。
- ③ 立坑内での作業は危険が伴うことから投入した砂を直接転圧できないため、瑞浪用地に隣接する狭間川の河川水をポンプで汲み上げ、散水しながら行うことで水締めを実施した。河川水の汲み上げにあたっては、河川管理者の許可を得た。なお、埋め戻しが進み、ショベルカーのアームが届く範囲は、ショベルカーによる転圧を行った。埋め戻し後にも砂の締まりが想定されることから、安全ネット(図 3-2(a))と接触しない高さ(0.4 m 程度)まで余盛を行った(図 3-2(b))。

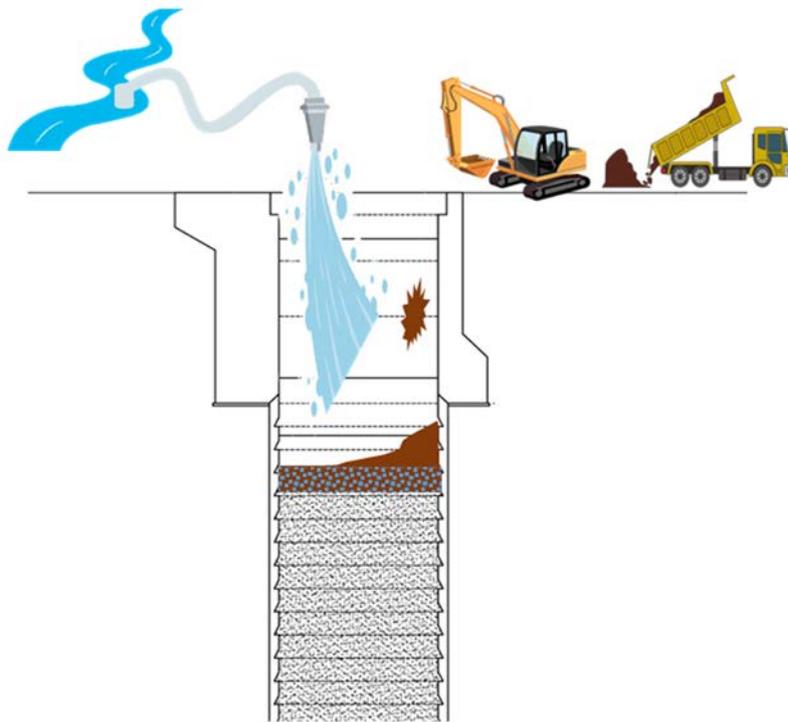


図 3-1 埋め戻しの作業イメージ



(a) 安全ネット

(b) 埋め戻し面の余盛後の状況

図 3-2 主立坑の安全ネット(a)及び埋め戻し面の余盛後の状況(b)

なお、埋め戻し土は、坑道全体の埋め戻しと同様、購入した山砂を用いた。スケジュール表を表 3-1 に示す。周辺地域の方々、作業の安全確保及び作業の誤操作を防ぐため、また、作業に伴う車両の交通量増加による周辺地域への影響を最小限とするために、主立坑の作業終了後、換気立坑の埋め戻しを行った。

表 3-1 主立坑及び換気立坑の埋め戻し工程

令和 6 年		作業内容等
2/26	月	立坑への注水浸透確認、岐阜県及び瑞浪市、土岐市による確認
2/27	火	主立坑埋め戻し
2/28	水	主立坑埋め戻し
2/29	木	主立坑埋め戻し
3/1	金	主立坑埋め戻し、岐阜県及び瑞浪市、土岐市による確認
3/4	月	換気立坑埋め戻し
3/5	火	換気立坑埋め戻し
3/6	水	換気立坑埋め戻し
3/7	木	換気立坑埋め戻し
3/8	金	岐阜県及び瑞浪市、土岐市による確認

また、沈下部の埋め戻しは、瑞浪超深地層研究所の坑道埋め戻し等事業として、令和 4 年までに実施した埋め戻し作業と同様、主立坑は大林・大成・安藤間特定建設工事共同企業体、換気立坑は清水・前田特定建設工事共同企業体が施工した。

表 3-2 及び表 3-3 に、各作業日に投入した砂の量及び河川水の量を、図 3-3 及び図 3-4 に主立坑及び換気立坑の埋め戻し時の状況を示す。

作業終了後、作業報告を岐阜県及び瑞浪市、土岐市に提出した。報告書を付録 7 に示す。

表 3-2 主立坑の埋め戻し工程及び埋め戻しに用いた土量と注水量

施工日		作業内容	ダンプトラック台数 (台) *1		搬入土量 (m ³)		埋め戻し高 (m) *2		注水量 (m ³)	
			当日	累計	当日	累計	当日	累計	当日	累計
2/26	月	立坑への注水浸透確認	-	-	-	-	-	-	26.5	26.5
2/27	火	主立坑埋め戻し開始	25	25	137.5	137.5	4.1	4.1	0	26.5
2/28	水	主立坑埋め戻し	35	60	192.5	330.0	4.3	8.4	1.5	28.0
2/29	木	〃	35	95	192.5	522.5	4.5	12.9	22.0	50.0
3/1	金	主立坑埋め戻し完了	15	110	82.5	605.0	2.0	14.9	8.8	58.8

*1 ダンプトラックによる土積載量：5.5 m³

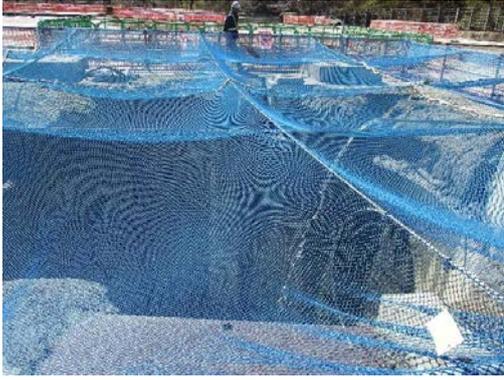
*2 埋め戻し高は、想定高 14.9 m とし、累計沈下量 (12.9 m) に立坑底すり鉢形状分 (1.0 m) 及び余盛分 (1.0 m) を含むものとした。なお、実際は余盛分を 0.4 m とした。

表 3-3 換気立坑の埋め戻し工程及び埋め戻しに用いた土量と注水量

施工日		作業内容	ダンプトラック台数 (台) *1		搬入土量 (m ³)		埋め戻し高 (m) *2		注水量 (m ³)	
			当日	累計	当日	累計	当日	累計	当日	累計
3/4	月	換気立坑埋め戻し開始	20	20	110.0	110.0	5.9	5.9	25.7	25.7
3/5	火	換気立坑埋め戻し	35	55	192.5	302.5	10.0	15.9	30.1	55.8
3/6	水	〃	35	90	192.5	495.0	10.2	26.1	13.2	69.0
3/7	木	換気立坑埋め戻し完了	14	104	77.0	572.0	3.6	29.7	7.3	76.3
3/8	金	設備撤去・片付け	-	-	-	-	-	-	-	-

*1 ダンプトラックによる土積載量：5.5 m³

*2 埋め戻し高は、想定高 29.7 m とし、累計沈下量 (27.7 m) に立坑底すり鉢形状分 (1.0 m) 及び余盛分 (1.0 m) を含むものとした。なお、実際は余盛分を 0.4 m とした。



令和6年2月26日
立坑への注水浸透確認



令和6年2月26日
岐阜県及び瑞浪市、土岐市による確認



令和6年2月27日
山砂投入開始：その1



令和6年2月29日
山砂搬入の様子

図3-3 主立坑の埋め戻しの様子



令和6年2月29日
山砂投入の様子：その2



令和6年3月1日
岐阜県及び瑞浪市、土岐市による確認



令和6年3月1日
埋め戻し作業完了



令和6年3月1日
安全ネット設置復旧完了

図 3-3 主立坑の埋め戻しの様子（つづき）



令和6年3月4日
山砂搬入の様子



令和6年3月4日
山砂投入開始



令和6年3月6日
作業の様子



令和6年3月7日
整形作業

図3-4 換気立坑の埋め戻しの様子



令和 6 年 3 月 7 日
岐阜県及び瑞浪市、土岐市による確認



令和 6 年 3 月 7 日
埋め戻し作業完了



令和 6 年 3 月 7 日
安全ネット設置作業



令和 6 年 3 月 7 日
安全ネット設置復旧完了

図3-4 換気立坑の埋め戻しの様子（つづき）

埋め戻し後もさらなる沈下の可能性が考えられるため、埋め戻し面の状況の確認を継続した。ただし、沈下部の埋め戻しを、地表面より高い位置まで余盛を行ったことから、沈下部の埋め戻し後の状況の確認については、主立坑及び換気立坑で各々基準点を設け、基準点の変化を沈下量として測定した。また、埋め戻し面の様子（ひび割れや窪みの発生）を目視で確認した。その結果、令和 6 年 3 月中旬、主立坑及び換気立坑で数 cm の沈下、同年 4 月に主立坑及び換気立坑で部分的な窪み、ひび割れが認められたが、同年 6 月までで両立坑ともに沈下量は 10 cm 程度（部分的な最大の沈下量は 15 cm）に収まっている状況であることを確認した（付録 4 の 2.2 の表 A1-2）。

4. 立坑埋め戻し面の沈下原因

立坑内部での沈下の主な原因は、立坑埋め戻し後の地下水位の回復に伴い埋め戻し土が水締め（コラプス現象：図 4-1、砂が水浸時に生じる体積圧縮現象）された結果、立坑内に空洞が形成され、空洞より上部の埋め戻し土が沈下したことによると考えられる。

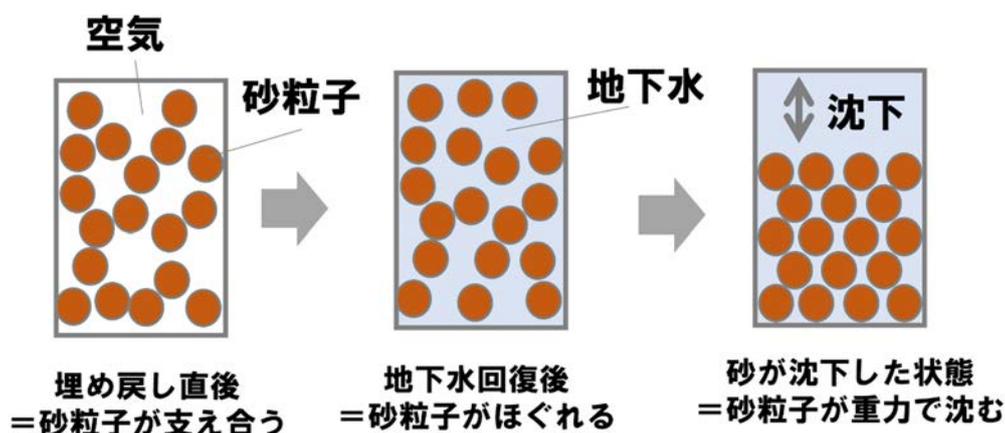


図 4-1 コラプス現象の概念図

以下に、当初の立坑の埋め戻し時から沈下が発生するまでの状態について推測されたことを解説する。

① 埋め戻し作業中

主立坑及び換気立坑ともに、深度 500 m から順に上層に向かって機械による締固めを行いながら埋め戻しを行った（図 4-2）。主立坑の深度 500～100 m、換気立坑の深度 500～200 m 付近の埋め戻しは、機械による締固めに加え、湧水した地下水を活用した水締めを行った。これにより、埋め戻し土は、密に締まった状態であったと考えられる（図 4-3：水色枠で囲んだ部分）。一方、主立坑の深度 100 m、換気立坑の深度 200 m 付近から地表までの埋め戻しでは、地下水の湧水が少なく、特に浅部の地下水面より上部の埋め戻しは一部を除いて機械による締固めのみとなった。これにより深部に比べると、埋め戻し土は緩く締まった状態であったと考えられる（図 4-3：赤枠で囲んだ部分）。このような作業時の坑道への湧水量の違いにより、埋め戻し作業中は埋め戻し土の締まり方に差が生じていたと考えられる。

② 埋め戻し後～沈下発生

埋め戻し後、地表付近は、雨水や表層水により水締めが進み、埋め戻し土は締まった状態となり、栓のような役割をする層（プラグ部）が形成されていたと考えられる（図 4-4 左：橙色で囲んだ部分）。一方、それより下の部分では、地下水水位が回復して上昇することにより、埋め戻し土が徐々に地下水に満たされるようになったと考えられる（図 4-4 左：赤枠で囲んだ部分）。立坑内の地下水水面は、立坑の周辺観測孔等のデータから見積もると、埋め戻し直後は地上から -90 m 付近であったが、令和 5 年 11 月の沈下発生直前では、地上から -80～-70 m 付近であった。このような地下水水位の上昇により、埋め戻し土の水締めが起こり、

砂が締まるとともに次第に砂が沈下し、空洞が発生したと考えられる。その後、その空洞が地下水水位の上昇に伴う水締め進行により徐々に大きくなり、上部のプラグ部が耐えきれなくなり、沈下が発生したと思われる。

なお、上記で示したコラプス現象による空洞の発生に伴う沈下に加え、沈下による一時的な水圧上昇が更なる水締めを促進し、その後の沈下に繋がった可能性も考えられる。



主立坑深度 500～400 m 埋め戻し



主立坑深度 500～400 m 締固め

図 4-2 当初（令和 4 年 1 月まで）の埋め戻しの状況

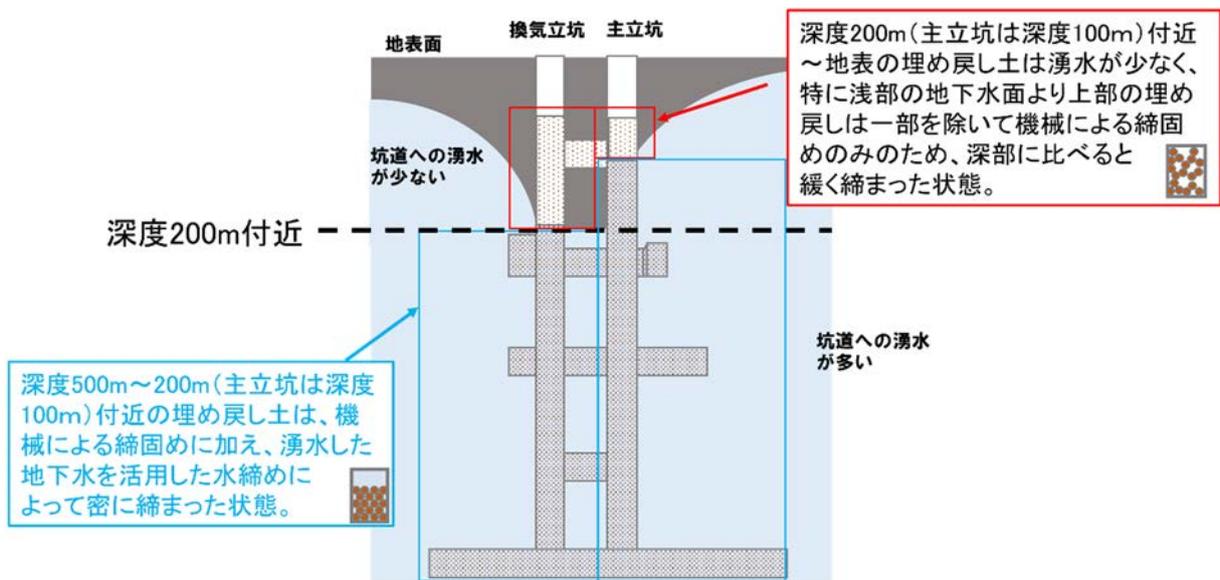


図 4-3 坑道埋め戻し中の立坑内の様子（推測図）

* 地下水面は周辺観測孔等のデータから算出したもの

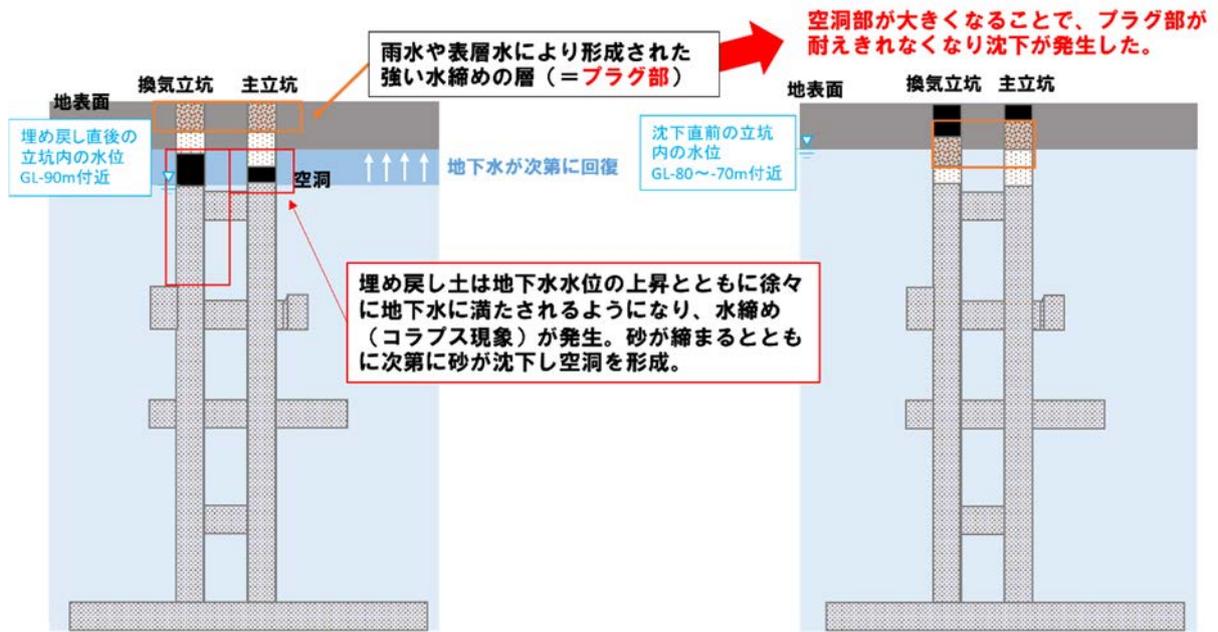


図 4-4 坑道埋め戻し後の立坑内の様子 (推測図)

* 地下水面は周辺観測孔等のデータから算出したもの

5. まとめ

超深地層研究所計画は、令和元年度末に調査研究を終え、「令和 2 年度以降の超深地層研究所計画」に基づき瑞浪超深地層研究所の坑道を埋め戻した²⁾。当初の埋め戻しは深度 500 m 水平坑道と主立坑深度 453 m まで及び換気立坑深度 438 m までは掘削土を使用し、これより上の坑道は経済性及び施工性の観点から砂で埋め戻した。その際、高さ 30 cm ずつ砂を敷き均した後、振動コンパクターによる転圧を行うことを繰り返し、また立坑への湧水を活用して締固めた（水締め）。しかし、深度 200 m 付近より浅い箇所では湧水が減少する（あるいは無い）状態で埋め戻したことから締固め（水締め）が十分ではなかった。このため当初から徐々に沈下することは想定していたが、今回埋め戻しから 2 年程度経過した令和 5 年 11 月に立坑埋め戻し面が短期間に 10 m 以上の沈下が一度に発生したことは想定を上回る事象であった。

当初の立坑の埋め戻しでは、埋め戻し材料の土量変化率と締固め試験結果を基に投入する砂量を決定していた。しかし、今回の事象の発生を考えると、投入する砂量は上記に加え、水密による締固め密度の変化量を加えた施工条件（方法、期間）を重要な要素として考慮することが必要であったと考えられた。また、本発生事象を元に沈下を抑制する方法を考えると、埋め戻し作業中に機械転圧とあわせて強制的な注水による水締めで締固めることや、全てを砂で埋め戻すのではなく、一定施工区間ごとにグラウト材による固定や水理学的特性や地層の境界にコンクリートプラグの設置することなどがあげられる。両立坑の埋め戻し面については、今後も立坑内への地下水面の回復や雨水等による水締め等による埋め戻し土の収縮により、沈下は継続すると考えられる。引き続き、安全に配慮しつつ埋め戻し面の確認を行う。また、本立坑は坑道の埋め戻しに伴う地下水の回復状況を確認するために行っている地下水の環境モニタリングの終了後、深さ 10 m に鉄筋コンクリート蓋を設置し、その上部を砂で埋め戻す予定である。

参考文献

- 1) 日本原子力研究開発機構東濃地科学センター，令和 2 年度以降の超深地層研究所計画，2022，<https://www.jaea.go.jp/04/tono/miu/pdf/r020127koutei.pdf>（参照：2024 年 8 月 28 日）。
- 2) 竹内竜史、見掛信一郎、池田幸喜、西尾和久、國分陽子、花室孝弘，瑞浪超深地層研究所の坑道埋め戻し及び原状回復業務に関する工事記録，JAEA-Review 2023-007，2023，114p.
- 3) 岐阜県，超深地層研究所安全確認委員会，<https://www.pref.gifu.lg.jp/page/7472.html>（参照：2024 年 8 月 28 日）。
- 4) 岐阜県，東濃地科学センター瑞浪用地における立坑埋め戻し面の沈下について（お知らせ），<https://www.pref.gifu.lg.jp/uploaded/attachment/375878.pdf>（参照：2024 年 8 月 28 日）。

付録 1

令和 2 年度以降の超深地層研究所計画

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

核燃料・バックエンド研究開発部門

東濃地科学センター

令和 2 年 1 月 24 日

1. はじめに

平成 26 年 9 月 30 日に策定した日本原子力研究開発機構改革報告書において、地層処分の事業や安全規制を進めていく上で、次段階に実施することが不可欠な必須の課題として、超深地層研究所計画については、3つの課題が抽出されました。これを受けて、第3期中長期計画（平成 27 年度～平成 33 年度）においては、これらの課題について「平成 31 年度末までの 5 年間で成果を出すことを前提」に取り組み、研究開発の進捗状況等を「外部専門家による評価等により確認する」とこととしました。その上で「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」とこととしました。

東濃地科学センターでは、上記に基づき、平成 27 年度以降、必須の課題に重点を置いた研究開発を着実に進めてきました。平成 30 年度には、研究開発成果の取りまとめに着手するとともに、研究開発の進捗状況等について外部専門家による評価を受けました。

本資料では、研究開発の進捗状況を報告するとともに、坑道埋め戻しなどのその後の進め方についての検討結果を示します。

2. 研究開発の進捗状況について

機構改革において設定した 3 つの必須の課題に対する主な成果は以下のとおりです。

- ① 「地下坑道における工学的対策技術の開発」においては、高水圧下においても湧水抑制の効果を期待できるグラウチング技術（岩盤の割れ目にセメント等を充填して止水する技術）を開発するなどの成果を上げました。
- ② 「物質移動モデル化技術の開発」においては、地下坑道で得られる情報を用いて、岩盤中の割れ目分布をモデル化する手法を提示するなどの成果を上げました。
- ③ 「坑道埋め戻し技術の開発」においては、坑道の冠水に伴う地下水の水圧や水質分布の変化の情報を取得し、坑道冠水後、数か月で元の状態に戻ることを実証するなどの成果を上げました。

以上のように、各課題について十分な研究成果を上げることができました。これにより、超深地層研究所計画における当初の研究開発目標を達成することができました。

なお、必須の課題に関する成果については、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ました。

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します。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します。

また、上記の評価結果については、外部有識者からなる「地層処分研究開発・評価委員会」による「地層処分技術に関する研究開発」に関する中間評価において、妥当なものであると判断されました。

3. 令和2年度以降の計画案について

2.で示したように、3つの必須の課題について十分な研究成果を上げることができたことから、令和元年度をもって超深地層研究所計画における研究開発を終了します。そして、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行います。埋め戻しには砂及び掘削土を使用する計画ですが、坑道の接続部等においては流動化処理土やコンクリート等の使用も含めて検討します。これら作業については、令和元年度下期に着手します。

また、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地上で地下水の水圧や水質に関するデータを取得可能な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、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します。

なお、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、環境モニタリング調査として引き続き実施します。

坑道の埋め戻し後は、有効性を確認したモニタリングシステムを用いた地下水の調査と地上観測孔による地下水調査を環境モニタリング調査として5年程度継続して実施します。

このために必要な土地については、土地賃貸借期間終了時に一旦用地全体をお返しした上で、改めて必要な部分をお借りする予定です。

地下水の環境モニタリング調査終了後は速やかに、地上施設の基礎コンクリート等の撤去及び地上から掘削したボーリング孔の埋め戻し、閉塞を行います。その後、用地の整地を行い、全ての作業を完了します。

また、坑道埋め戻し及び地上施設の撤去等の作業に伴う研究所周辺の環境への影響の有無を確認するため、研究開始当初より実施している河川水等の水質分析及び騒音・振動測定といった環境影響調査を継続して実施します。

なお、本計画において取得された貴重な試料やデータについては、今後の地層処分技術に関する研究開発において有効に活用していきます。

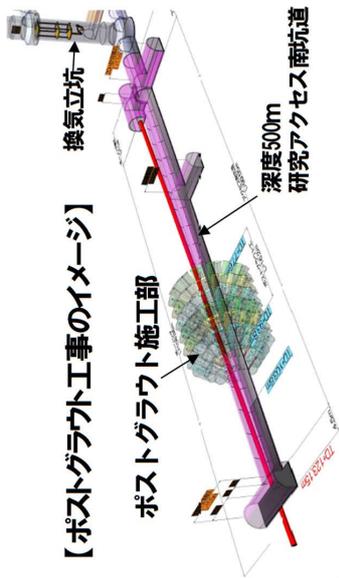
東濃地科学センターでは、これまでどおり地元自治体との協定を遵守するとともに、安全確保を第一に作業を進めていきます。

以上

(別紙 1)

①地下坑道における工学的対策技術の開発

- ◆ 坑内湧水量を減らす技術の実証
 - 深度500mの坑道掘削前(プレグラウト)と後(ポストグラウト)のグラウト施工を併用することにより、坑道への湧水量をグラウト未施工での予測値の1/100に低減することに成功。
 - 深度500mの高い水圧下においても湧水抑制の効果を期待できるグラウト施工技術を開発。



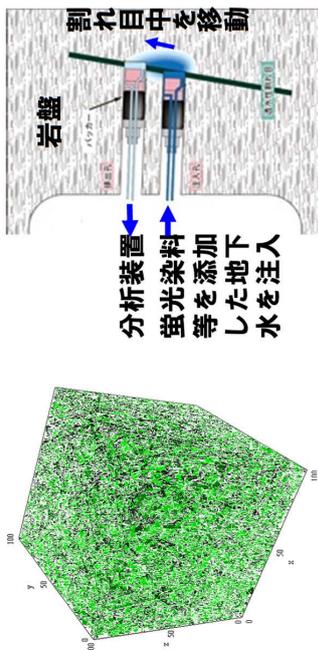
【ポストグラウト工事のイメージ】

③坑道埋め戻し技術の開発

- ◆ 坑道を埋め戻した時に地質環境が元の状態へ回復していく現象の観測・評価
- ◆ 坑道を埋め戻す技術の構築
 - 坑道の冠水に伴う地下水の水圧や水質分布の変化の情報を取得し、坑道冠水後以降数ヶ月で元の状態に戻ることを実証。

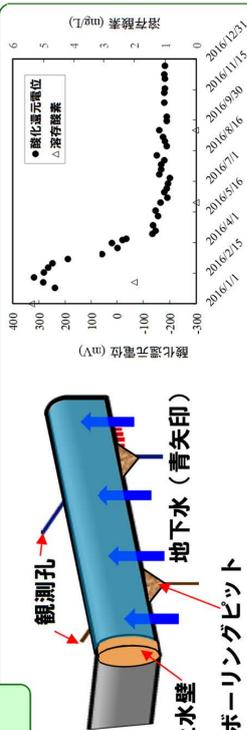
②物質移動モデル化技術の開発

- ◆ 地下水中の物質の岩盤内での移動現象に関する調査・解析技術の開発
 - 物質移動経路となり得る構造を特定。
 - 物質の移動を抑制する地下水環境や微生物による地下水水質の形成過程などを把握。
 - さらに、岩盤中の透水性のばらつきを統計的に再現がでる割れ目の分布をモデル化する技術を開発。



【坑道内での物質移動試験】

【割れ目分布モデル】



【冠水に伴う水質変化】

【再冠水試験のイメージ】

必須の課題の主な成果

(別紙 2)

▼土地質貸借期間(令和4年1月)

	2019 (R1) 年度	2020 (R2) 年度	2021 (R3) 年度	2022 (R4) ~ 2025 (R7) 年度	2026 (R8) 年度	2027 (R9) 年度
超深地層 研究所計画に 基づく研究						
	(準備工事) 					
坑道埋め戻し						
地上施設撤去						
基礎 コンクリート等 撤去						
地下水の環境モニタ リング調査						
					 モニタリングシステムの有効性確認(実証研究)	
研究所周辺の環境 影響調査						

※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。

埋め戻し作業の工程計画案

付録 2

令和 5 年度第 1 回超深地層研究所安全確認委員会報告資料

「東濃地科学センターにおける地層科学研究に係る協定書」の第 1 項「事業団は、研究所について、放射性廃棄物を持ち込むことや使用することは一切しないし、将来においても放射性廃棄物の処分場とはしない。」を確認するために設置された超深地層研究所安全確認委員会では、これらの確認に加え、これまで、安全対策や環境影響などに関しても本委員会で報告・確認が行われてきた。今回の立坑埋め戻し面の沈下についても、周辺への環境影響、その埋め戻しの方法を確認する必要性が生じたため、本委員会が開催された。以下に、本件に関連して開催された本委員会での報告資料を示す。

令和 5 年 11 月 24 日に開催された令和 5 年度第 1 回委員会では、沈下の現状について報告し、令和 6 年 2 月 13 日に開催された第 2 回委員会（付録 3）では、沈下部の埋め戻しの方法等についての確認が行われた。なお、両委員会の本報告資料を含む資料は、瑞浪市の公開ホームページ¹⁾から閲覧可能である。

参考文献

- 1) 瑞浪市，超深地層研究所安全確認委員会の議事録 令和 5 年度，
<https://www.city.mizunami.lg.jp/shisei/keikaku/1009684/1009730/1009749/1009761/1009762.html>（参照：2024 年 8 月 28 日）。

瑞浪用地における立坑埋め戻し面の沈下について

令和5年11月24日
国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
核燃料・バックエンド研究開発部門
東濃地科学センター

報告内容

1. 令和2年度以降の超深地層研究所計画の概要

- (1) 瑞浪超深地層研究所研究坑道埋め戻し等事業の工程
- (2) 瑞浪用地の現状
- (3) 埋め戻しの方法
- (4) 地下水の環境モニタリング調査

2. 現在の状況及び安全対策

- (1) 立坑の沈下の状況
- (2) 周辺地盤への影響

3. 今後の監視体制(当面の安全対策及び今後の方針)

1. 令和2年度以降の超深地層研究所計画の概要

(1) 瑞浪超深地層研究所研究坑道埋め戻し等事業の工程



土地賃貸借期間の終了(2022(R4)年1月16日) ▲ 公有財産有償貸付契約 (2022(R4)年1月17日~2028(R10)年3月31日)

2

1. 令和2年度以降の超深地層研究所計画の概要

(2) 瑞浪用地(旧瑞浪超深地層研究所)の現状



坑道埋め戻し及び地上施設撤去:2022 (R4) 年1月14日完了 3

1. 令和2年度以降の超深地層研究所計画の概要

(3) 埋め戻しの方法(立坑)

↑ 地上

槽

巻上機

キブル (運搬容器)

スカフォード

立坑

↑ 地上

- 埋め戻し材をキブル(運搬容器)へ投入
- キブルを地上から立坑坑底へ、槽、巻上機設備を用いて運搬
- バックホウにより埋め戻し
- 振動コンパクターにより締め固め
- キブルを地上から立坑坑底へ運搬

4

1. 令和2年度以降の超深地層研究所計画の概要

(3) 埋め戻しの方法(水平坑道)

↑ 地上

立坑

ズリキブル

スカフォード

水平坑道

キャリアダンプ

バックホウ

バケット

油圧駆動装置

振動プレート

振動バケット

振動コンパクター

- 坑道天端付近: 振動バケット装着バックホウにより埋め戻し、締め固め
- 立坑
- キャリアダンプ
- バックホウ
- キャリアダンプ

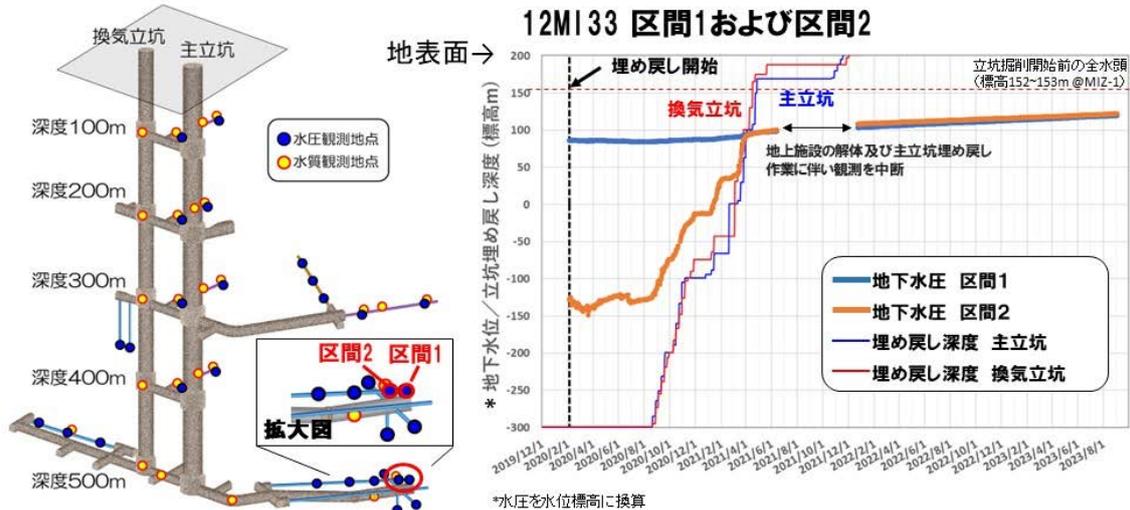
5

1. 令和2年度以降の超深地層研究所計画の概要

(4) 地下水の環境モニタリング調査(水圧観測)

一例として深度500m研究アクセス北坑道の結果を示す

観測頻度: ≥1回/日



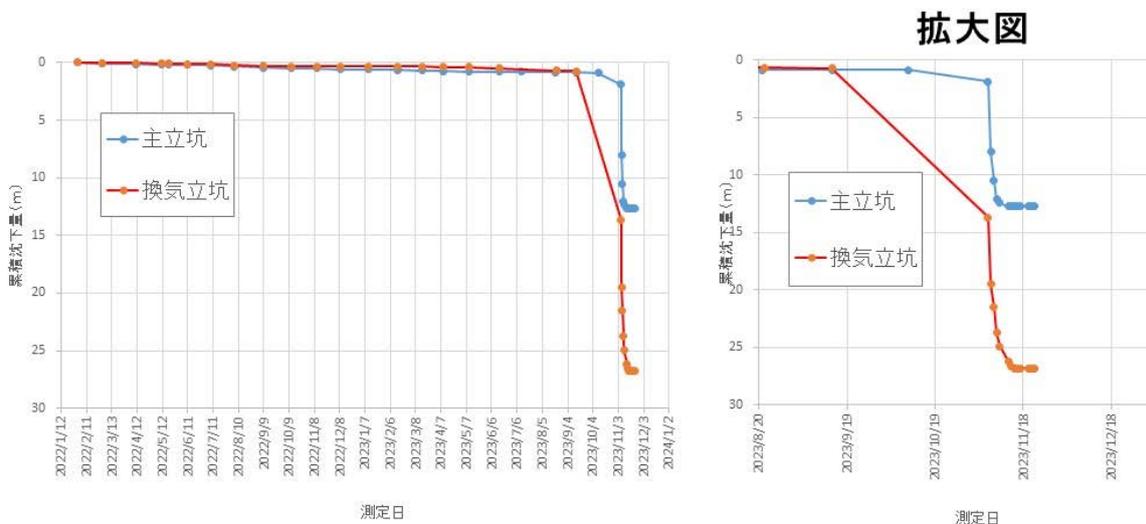
12M133号孔の観測区間(mabh: ボーリング孔沿いの距離)
 ・区間1: 105.4~107(mabh)
 ・区間2: 85.7~104.5(mabh)

➤ 地下水の水圧は坑道の埋め戻しに伴い回復中

2. 現在の状況及び安全対策

(1) 立坑の沈下の状況(沈下量測定)

11/22までのデータ



測定頻度: R4年2月~: 1回/月、R5年11月6日~: 1回/日

主立坑 沈下状況写真



定期測定時 (2023/10/19)



2023/11/06
総沈下量 2.0 m



2023/11/07
総沈下量 8.0 m



2023/11/08
総沈下量 10.5 m



2023/11/13
総沈下量 12.7 m



2023/11/21
総沈下量 12.7 m 変化なし →

換気立坑 沈下状況写真



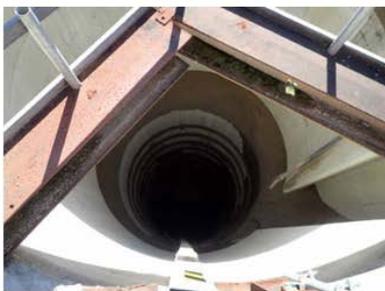
定期測定時 (2023/10/13)



2023/11/06
総沈下量 13.7 m



2023/11/07
総沈下量 19.5 m



2023/11/08
総沈下量 21.6 m



2023/11/15
総沈下量 26.8 m 変化なし →

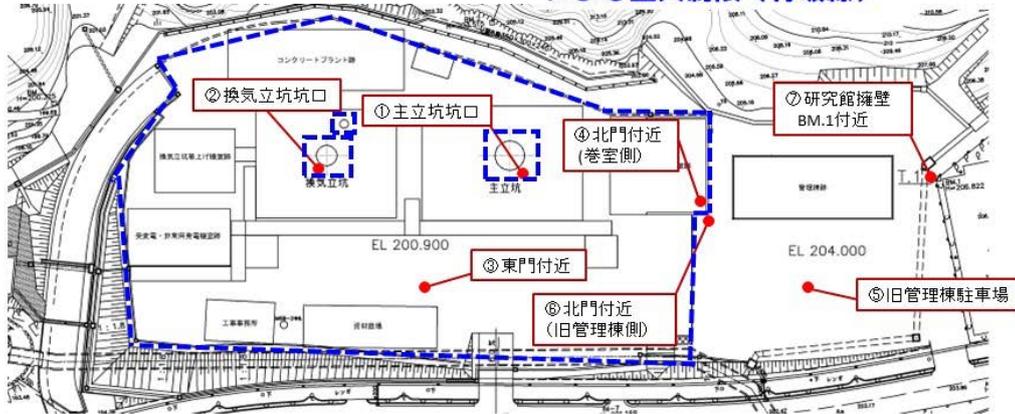


2023/11/21
総沈下量 26.8 m

2. 現在の状況及び安全対策

(2) 周辺地盤への影響

外周フェンス及び坑口周辺のフェンス設置による立入制限（青破線）



測点箇所	設計値 標高(m)	R5.11.20 測量		備考
		標高(m)	差(m)	
① 主立坑坑口	201.00	201.00	0.00	
② 換気立坑坑口	201.00	201.00	0.00	
③ 東門付近	200.90	200.83	-0.07	当初より下がっていた可能性が高い
④ 北門付近 (巻室側)	201.00	201.00	0.00	
⑤ 旧管理棟駐車場	204.00	204.00	0.00	
⑥ 北門付近 (旧管理棟側)	204.00	203.86	-0.14	当初より下がっていた可能性が高い
⑦ 研究館擁壁 (旧管理棟側)	204.00	204.00	0.00	

※) 測量値はBM.1 (H=206.822) より計測

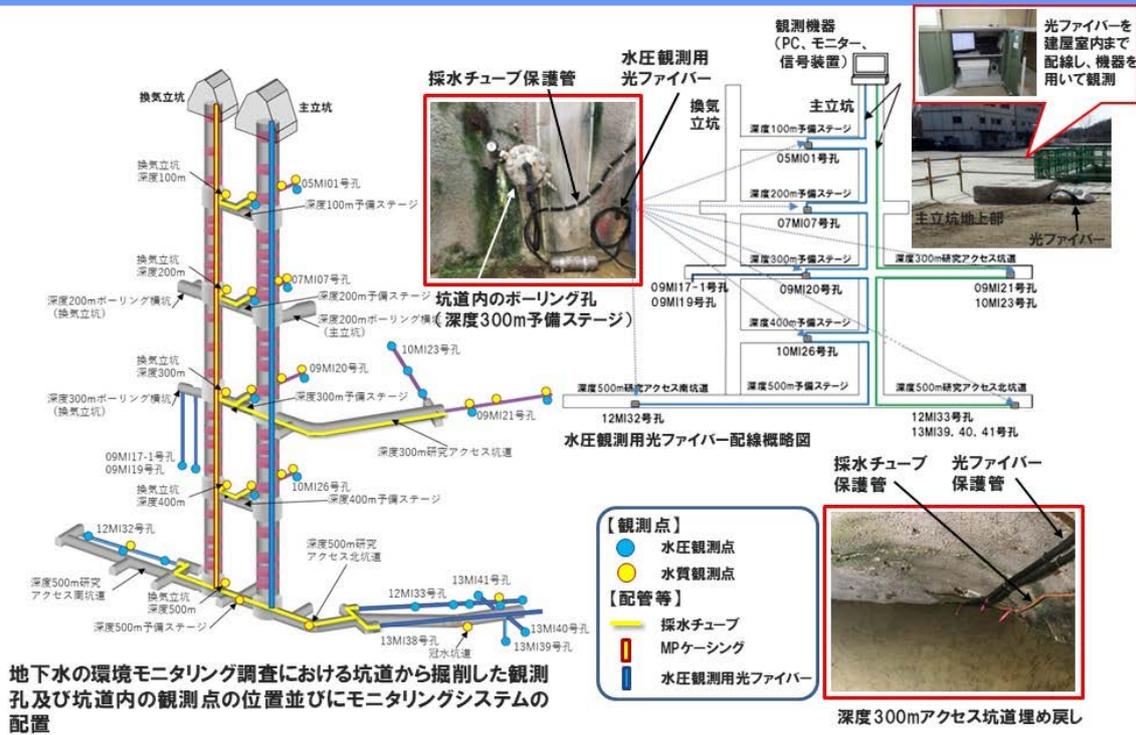
10

3. 今後の監視体制(当面の安全対策及び今後の方針)

- 外周フェンス及び坑口周辺のフェンス設置による立入制限を継続する。
- 沈下の現象理解及び原因について、専門家等のご意見も参考に検証を行う。
- 原因を確認し、安全性を確認した上で埋め戻しを計画し、関係自治体等へ説明の上実施する。
- 沈下量測定を継続し、関係自治体へ結果を報告するとともに、機構HPに掲載する。

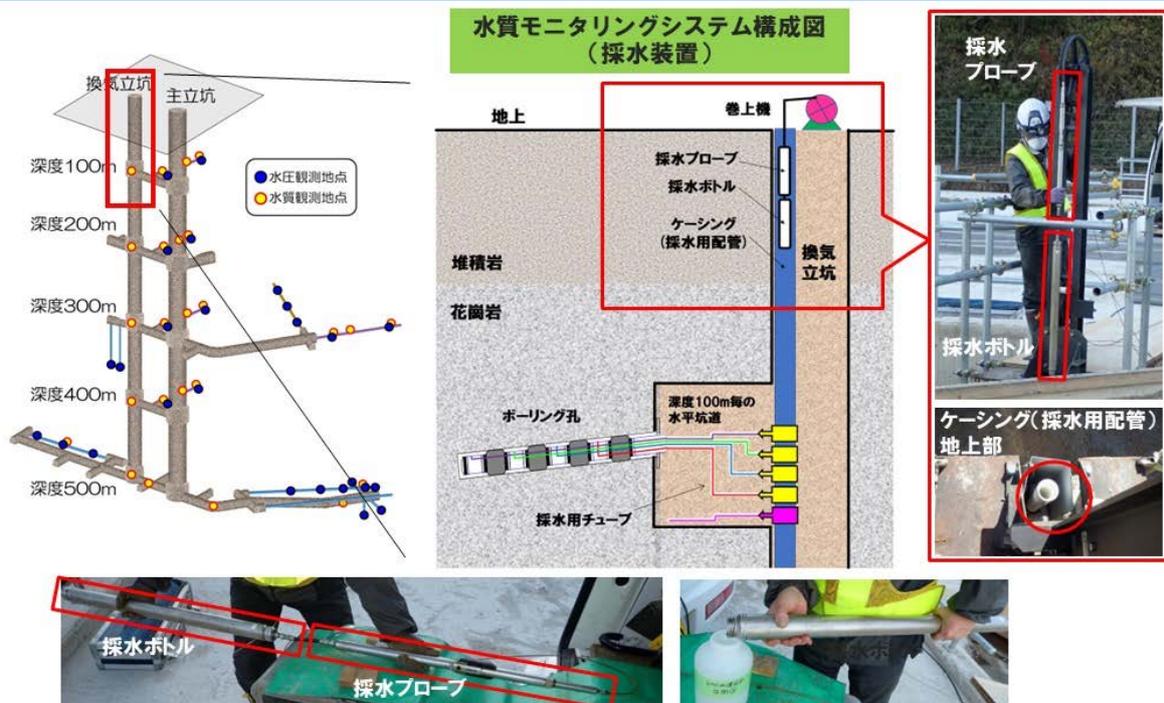
11

【参考】 地下水の環境モニタリング調査(水圧モニタリングシステム)



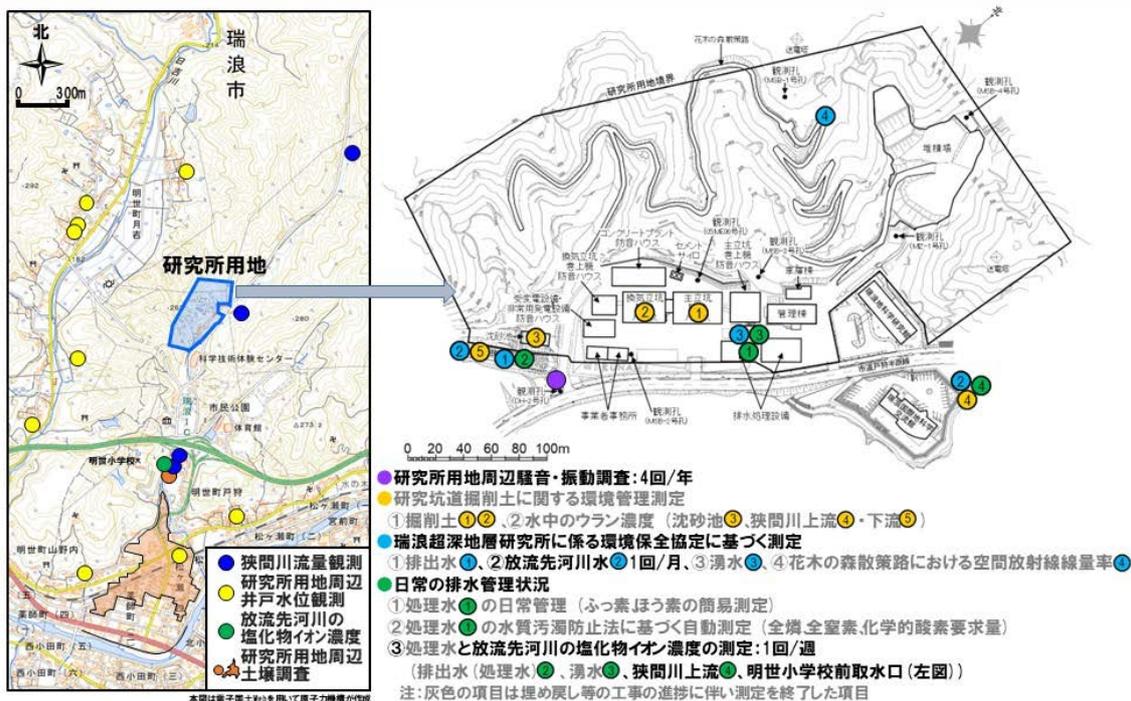
12

【参考】 地下水の環境モニタリング調査(水質モニタリングシステム)



13

【参考】 研究所周辺の環境影響調査



This is a blank page.

付録 3

令和 5 年度第 2 回超深地層研究所安全確認委員会報告資料



資料1
令和6年2月13日
第2回安全確認委員会

瑞浪用地における立坑埋め戻し面の沈下について

令和6年2月13日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
核燃料・バックエンド研究開発部門
東濃地科学センター



報告内容

1. 現在の状況及び安全対策
2. 沈下の現象理解及び原因
3. 今後の方針案

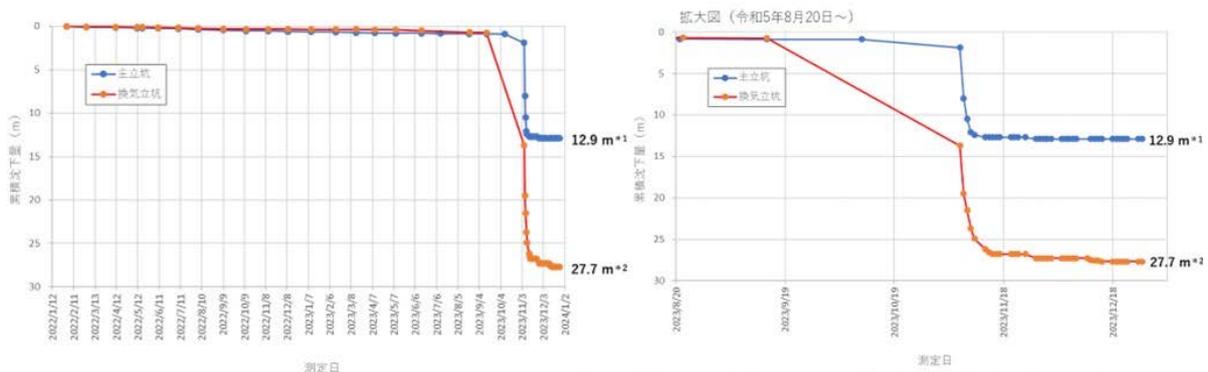
1



1. 現在の状況及び安全対策

(1) 立坑の沈下の状況

主立坑及び換気立坑の坑道埋め戻し完了後からの累積沈下量変化（2/9現在）



*1 主立坑：立坑坑口への転落防止ネット設置のため、令和5年12月11日は測定中止
 *2 換気立坑：令和5年7月、10月データ欠損

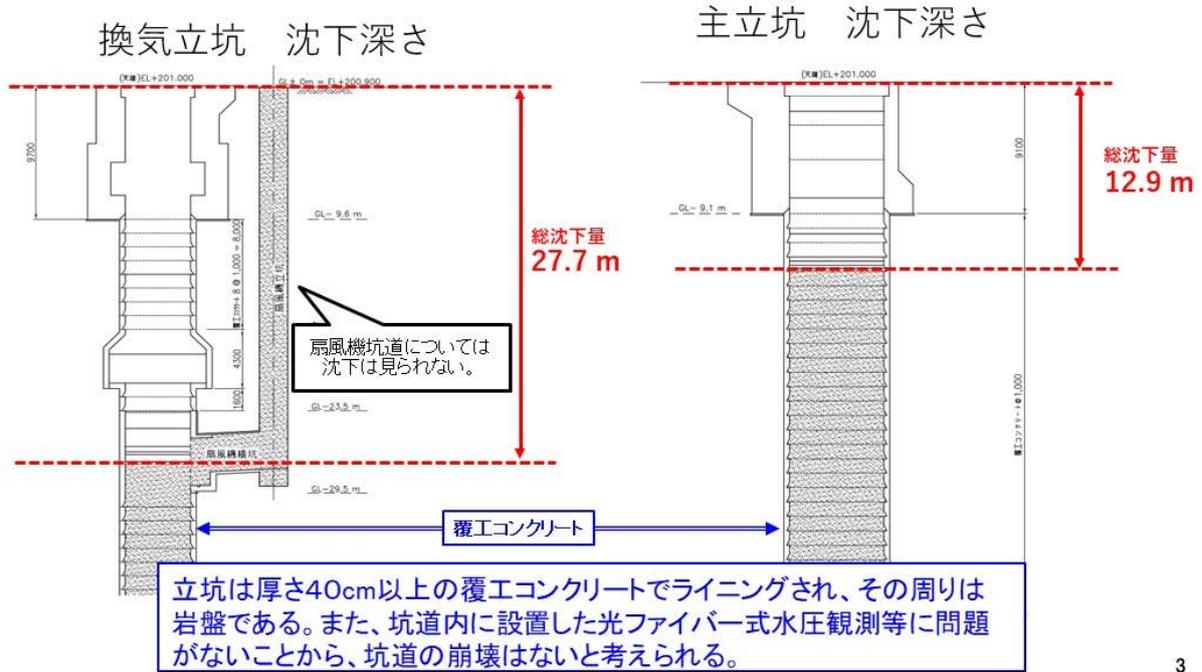
12/15より沈下量に変化がないことから、現在沈下は落ち着いている状況と考えられる

2



1. 現在の状況及び安全対策

(1) 立坑の沈下の状況



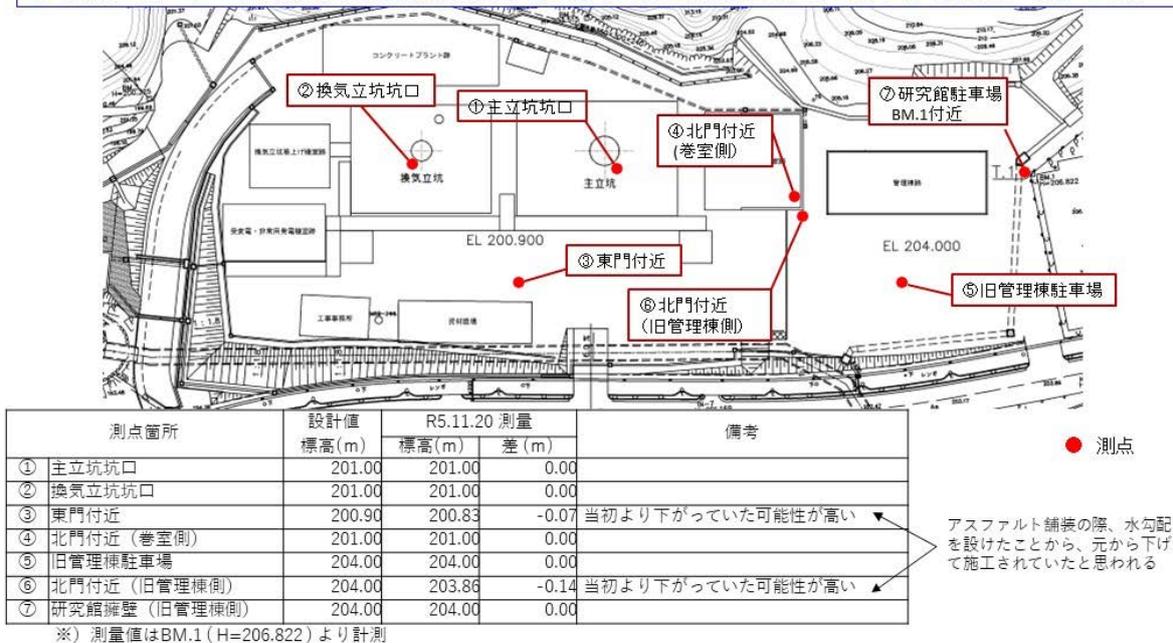
3



1. 現在の状況及び安全対策

(2) 周辺地盤の状況

水準測量を11/20に実施。結果、設計値との差はなく、立坑周辺地盤に沈下は確認されなかった。



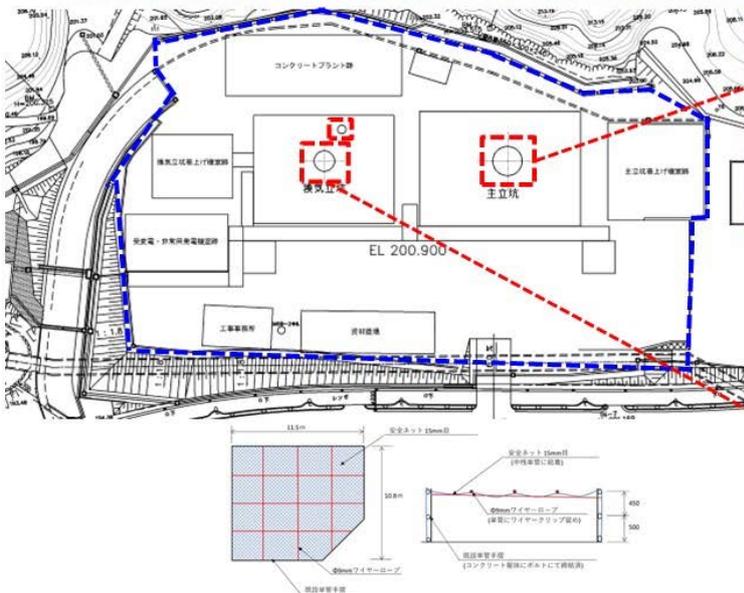
4



1. 現在の状況及び安全対策

(3) 立入制限及び立坑坑口落下防止措置

- ・外周フェンスによる立入制限（青破線）
- ・坑口上部に安全ネット設置による落下防止（赤破線）



主立坑口 安全ネット設置状況



換気立坑口 安全ネット設置状況



5



1. 現在の状況及び安全対策

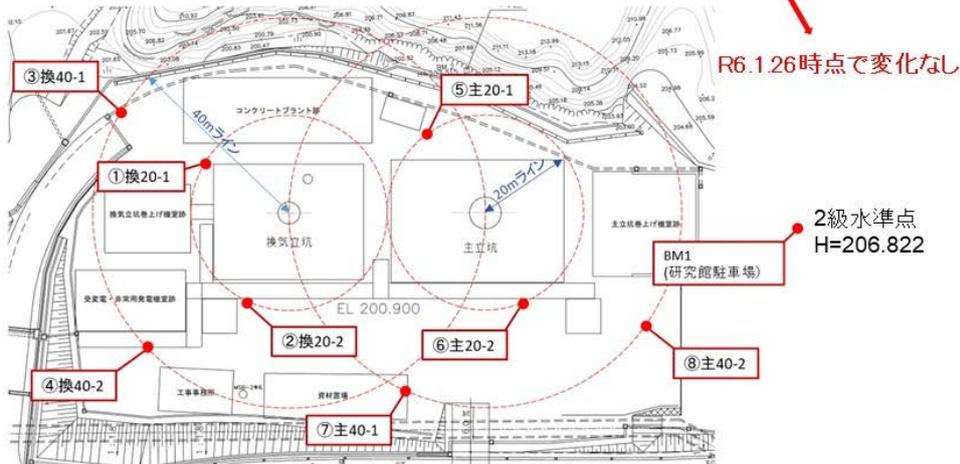
(4) 周辺地盤の測量

工学系の専門家からのご意見を踏まえ、立坑を中心とした同心円上に測点を設定。比較できる設計値や過去のデータが無いため、12/1の結果を基準として今後、当面の間は月に1回測量を実施し、変化の有無を確認するとともにHPへ結果を掲載する予定。

測点箇所	換気立坑からの距離	主立坑からの距離	R6.12.1 標高(m)	R6.12.26 標高(m)	R6.1.26 標高(m)	備 考
① 換20-1	20.0m	58.0m	200.86	200.86	200.86	アスファルト面
② 換20-2	20.0m	51.5m	200.82	200.82	200.82	カ
③ 換40-1	40.0m	77.1m	200.25	200.25	200.25	カ
④ 換40-2	40.0m	74.2m	200.83	200.83	200.83	カ
⑤ 主20-1	32.8m	20.0m	201.11	201.11	201.11	カ
⑥ 主20-2	51.1m	20.0m	200.86	200.86	200.86	カ
⑦ 主40-1	43.6m	40.0m	200.73	200.73	200.73	カ
⑧ 主40-2	76.2m	40.0m	201.11	201.11	201.11	コンクリート面

※) 測量値は2級水準点 (BM.1) H=206.822より計測

追加測点

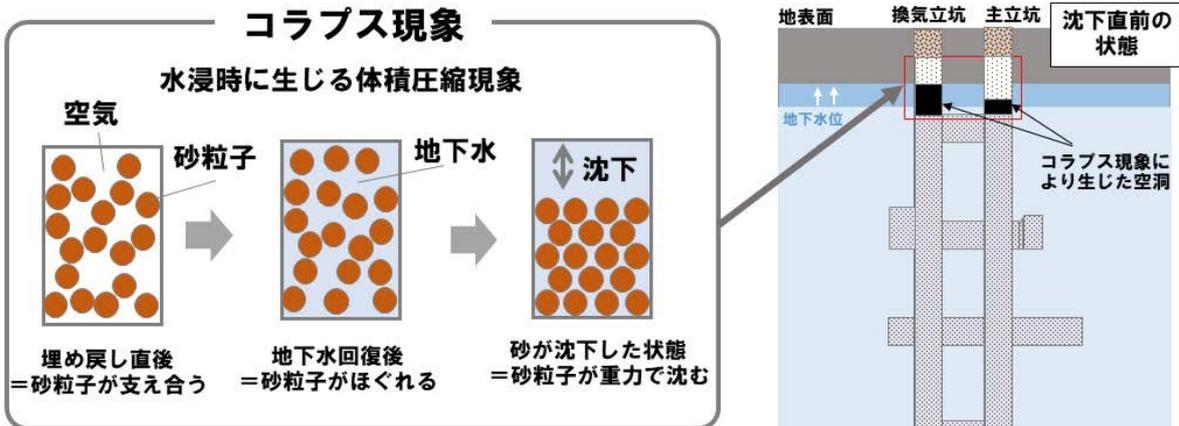


6



2. 沈下の現象理解及び原因

沈下の主な原因は、地下水位の回復（上昇）に伴い埋め戻し土が水締め（コラプス現象）された結果、立坑内に空洞が形成され、空洞より上部の埋め戻し土が沈下したことによると考えられる。

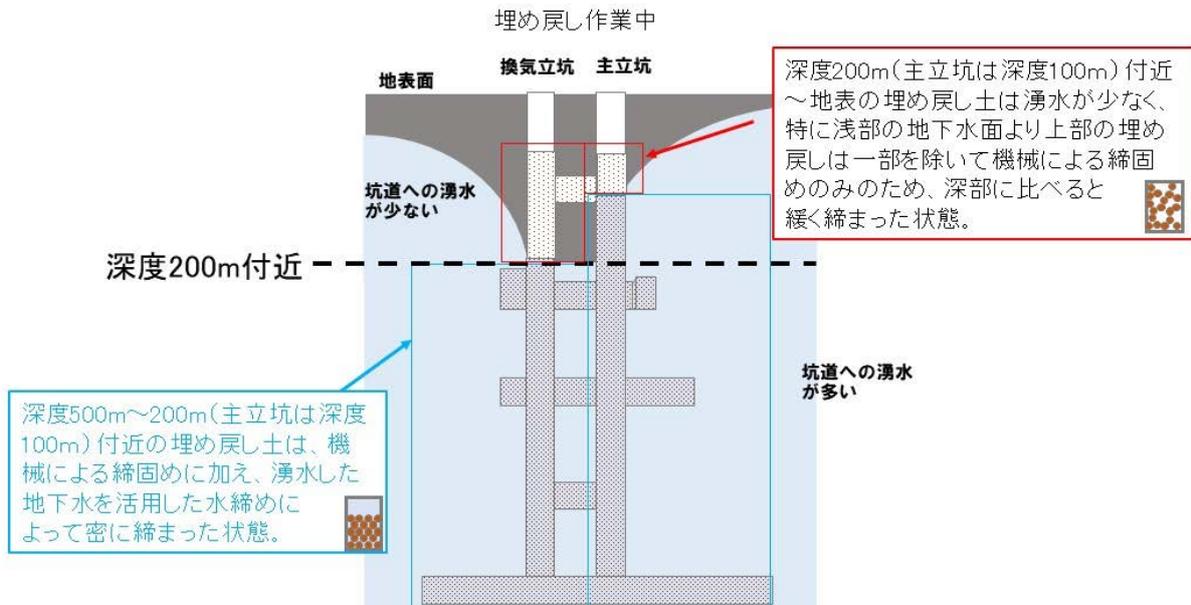


さらに、沈下によって起きた一時的な水圧上昇が更なる水締めを促進し、その後の沈下に繋がった可能性も考えられる。



2. 沈下の現象理解及び原因

①埋め戻し作業時の坑道への湧水量の違いにより、埋め戻し土の締め方に差が生じていた。

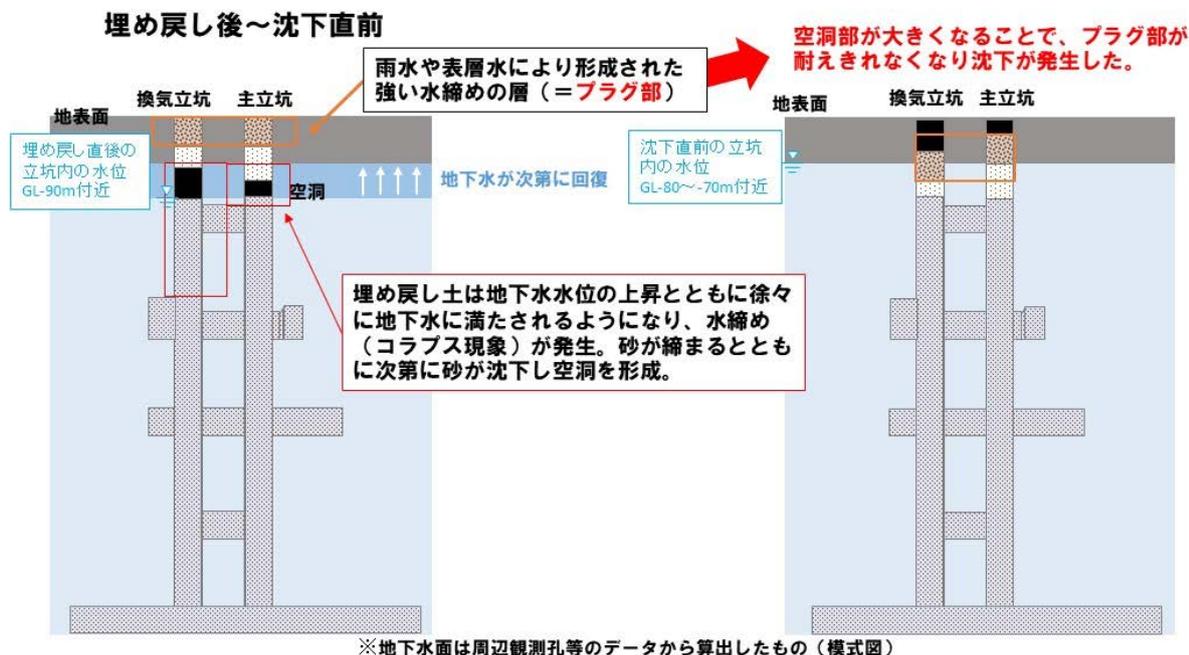


※地下水面は周辺観測孔等のデータから算出したもの（模式図）



2. 沈下の現象理解及び原因

②埋め戻し土は地下水水位の上昇とともに徐々に地下水に満たされるようになり、水締め（コラプス現象）が発生。砂の体積圧縮が生じ、雨水等により水締めされた表層部との間に空洞が形成された。



9



3. 今後の方針案

沈下の主な原因は、地下水水位の回復（上昇）に伴い埋め戻し土が水締め（コラプス現象）された結果、立坑内に空洞が形成され、空洞より上部の埋め戻し土が沈下したことによると考えられる。

また、12/15より沈下量に変化がないことから、現在沈下は落ち着いている状況と考えられるものの、地下水水位の上昇は継続することから今後の沈下の可能性は否定できない。

坑道内に設置した環境モニタリングシステムを用いた地下水の水圧観測等は実施できており、坑道の崩壊などはない。

なお、立坑周辺地盤標高の測量結果において、周辺地盤への影響は確認されていない。



これらから、沈下は立坑内で生じた事象であると判断できるため、坑口安全ネットの設置に加え、更なる安全確保の観点から、購入土（山砂）による埋め戻しを実施する。

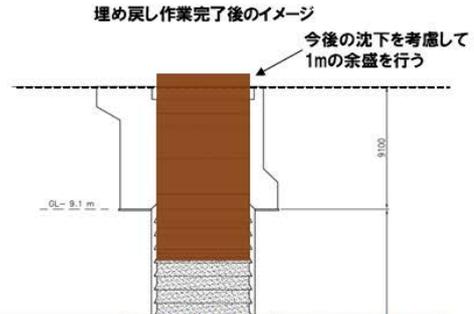
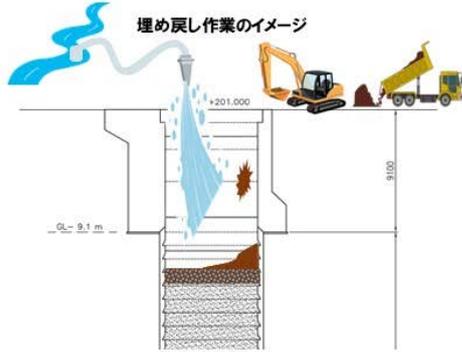
10



3. 今後の方針案

●埋め戻しの方法と期間

- 安全確保の観点から、人が埋め戻し面に立ち入らない方法で埋め戻しを行う。また、専門家のアドバイスも踏まえ、立坑坑口から放水を行い、水締めによる締固めを順次行いながら埋め戻す。
- 埋め戻し作業の期間は全体で2週間程度の見込み。作業の交錯による事故等を回避するため、主立坑の施工が終了し次第、換気立坑の施工に着手する。



- 手順①: 地上からショベルカー(0.45m級)により立坑内に購入土(山砂)を投入(100~160m³/日)
- 手順②: 水中ポンプで河川から取水し立坑に放水を行い、水締めを実施(最大56m³/日)
- 上記①、②を繰り返す

	主立坑	換気立坑
埋め戻し材	購入土(山砂)	
土量	550m ³	570m ³

※沈下土量×1.1[ほくし土量率](余盛を含む)で計算

※水締めを使用する水は毎月水質を確認している狭間川河川水を取水・運搬する

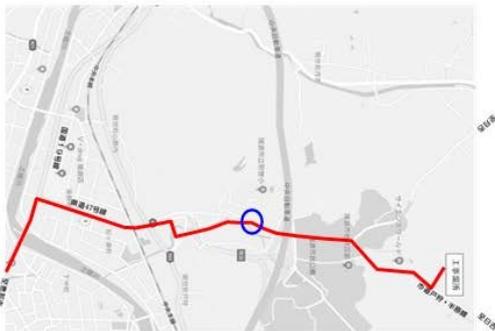
11



3. 今後の方針案

●安全対策等

- 埋め戻し材(購入土)は10tダンブカーにより用地内に運搬(20車~30車/日)
- 運搬に伴い、明世小学校前の道路に誘導員を配備



- 運搬ルート
 県道386号線~瑞浪市山田町~国道19号線
 ~県道47号線~市道戸狩・半原線~瑞浪用地

○: 誘導員配備

- ダンプカーの前面には当該作業車とわかるように施工企業名のプラカードを表示

埋め戻し施工者
 主立坑 : 大林JV
 換気立坑: 清水JV



12



3. 今後の方針案

●スケジュール(案)

- 作業期間: 令和6年2月26日～3月9日(予定)
- 作業説明: 令和6年2月14日～2月25日に明世町3区及び明世小学校へ説明

	1日目	2日目	3日目	4日目	5日目	6日目	7日目	8日目	9日目	10日目	11日目	12日目	13日目
準備工	■							■					
埋め戻し													
主立坑	■						休 工						
換気立坑								■					
片付け						■							■

日曜日は休工

13

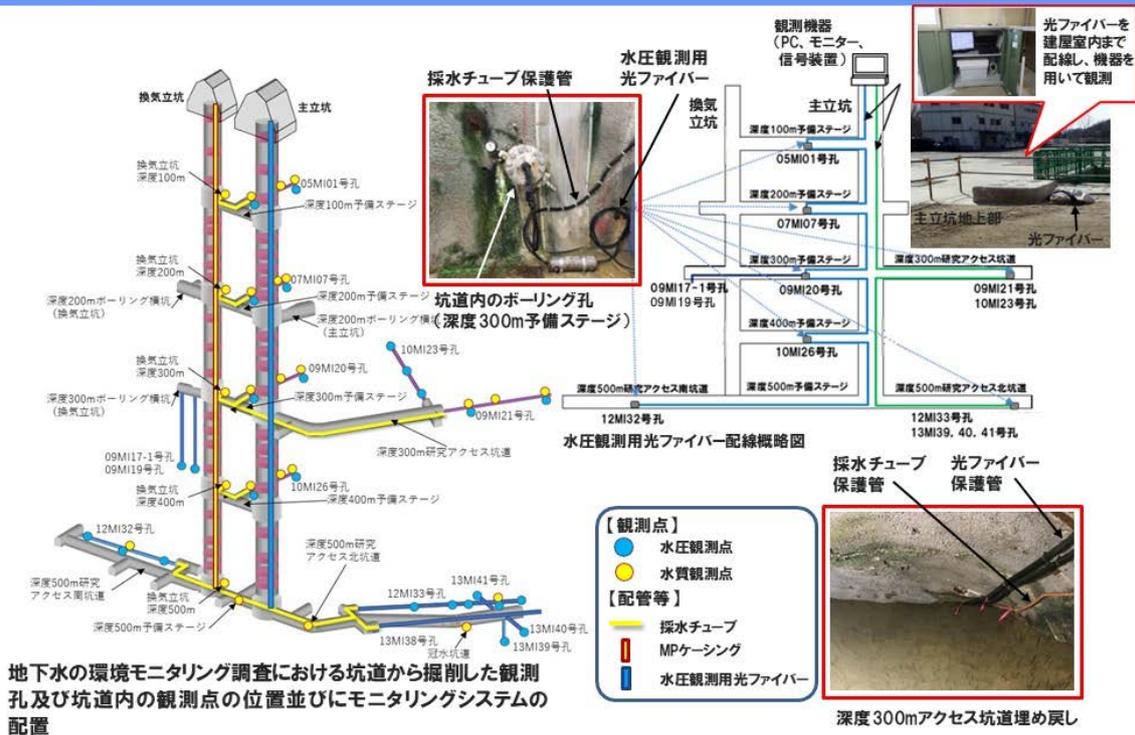


3. 今後の方針案

項目	内容	今後の監視・報告
安全対策	外周フェンスによる立入制限及び坑口安全ネット設置による落下防止対策を埋め戻し作業期間中～埋め戻し後～地下水環境モニタリング終了まで継続	—
立坑周辺の影響評価	立坑周辺への影響を確認するため「TOPCON AT-B2」を使用し、研究所用地内の基準点(研究館駐車場BM1)から各測点の水準測量を実施(月1回)	測定結果は機構HPに掲載
沈下量測定及び報告	<ul style="list-style-type: none"> ・地下水位の上昇は継続することから、今後の沈下の可能性は否定できないため、当面の間毎営業日の沈下量計測を継続 ・埋め戻し完了後は、安全確保の観点から直接埋め戻し面に乗らない目視測定を採用(継続) 	関係自治体へ結果を報告するとともに、機構HPに掲載し広く公開 ※今回と同規模の急激な沈下が発生した場合は、関係自治体と協議を行い対応
環境モニタリング	地上及び坑道内の観測孔を利用した環境モニタリングによる沈下影響の確認を継続	測定結果を取りまとめた年度報告書を公開
周辺影響評価	これまでも実施している騒音・振動測定や河川水の水質測定などの周辺環境影響調査を継続	環境保全協定に基づいて公開

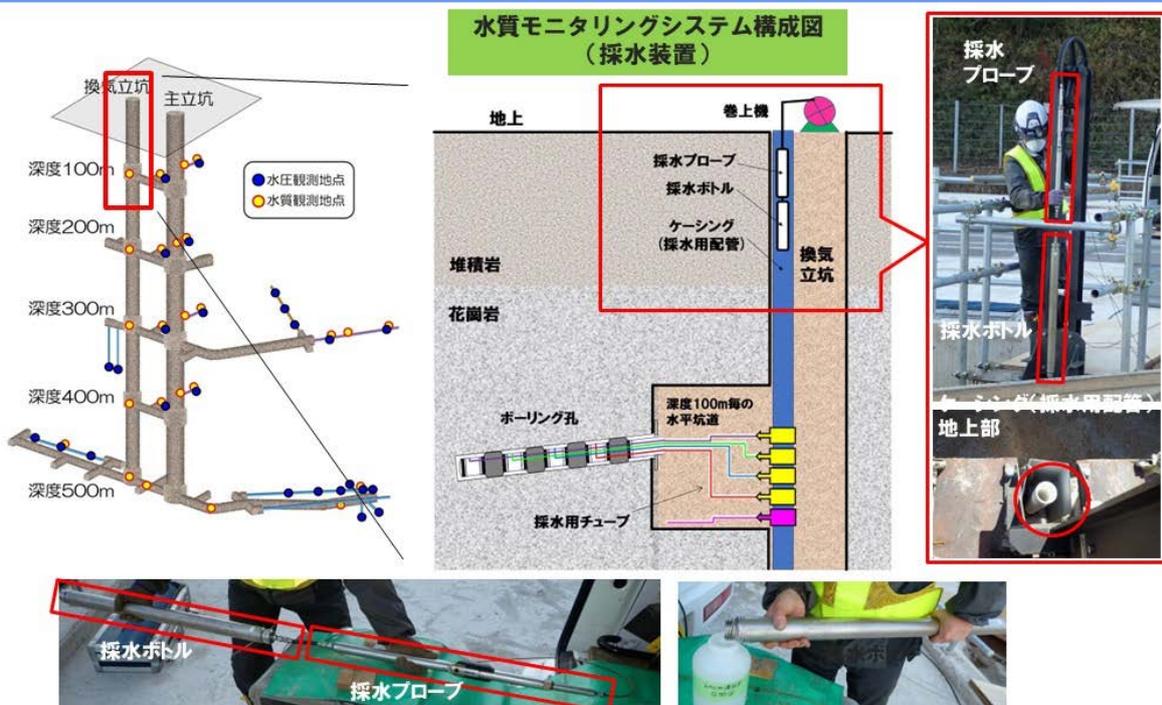
14

JAEA 【参考】地下水の環境モニタリング調査(水圧モニタリングシステム)



15

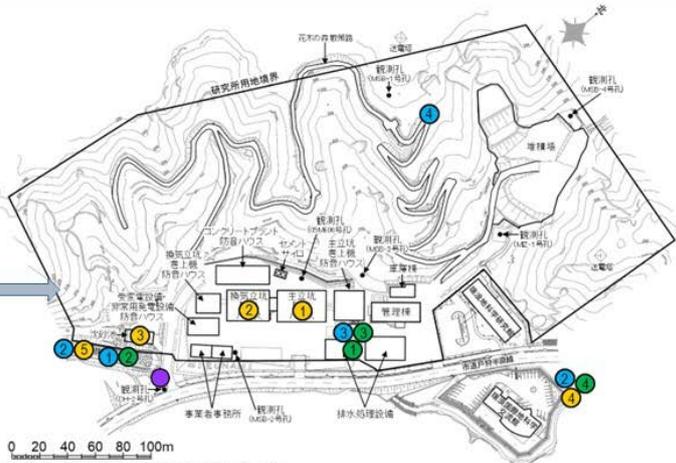
JAEA 【参考】地下水の環境モニタリング調査(水質モニタリングシステム)



16



【参考】研究所周辺の環境影響調査



- 0 20 40 60 80 100m
- 研究用地周辺騒音・振動調査:4回/年
 - 研究坑道掘削土に関する環境管理測定
 - ①掘削土②②、②水中のウラン濃度（沈砂池③、狭間川上流④・下流⑤）
 - 瑞浪超深地層研究所に係る環境保全協定に基づく測定
 - ①排水水②、②放流先河川水②1回/月、③湧水③、④花木の森散策路における空間放射線線量率④
 - 日常の排水管理状況
 - ①処理水③の日常管理（ふっ素、ほう素の簡易測定）
 - ②処理水③の水質汚濁防止法に基づく自動測定（全窒素、全窒素、化学的酸素要求量）
 - ③処理水と放流先河川の塩化物イオン濃度の測定:1回/週
（排水水（処理水）③、湧水③、狭間川上流③、明世小学校前取水口（左図））
- 注:灰色の項目は、埋め戻し等の工事の進捗に伴い測定を終了した項目

付録 4

立坑埋め戻し面の沈下観測の結果

令和 5 年 11 月 6 日に立坑埋め戻し面の沈下が確認されて以降、沈下量を観測した。また、立坑戻し面の沈下部の埋め戻し後の令和 6 年 3 月 8 日からも観測を続けている。本付録では、その観測方法及び結果を示す。

1. 沈下発生から埋め戻し前まで

1.1 沈下量の観測方法

観測は、主立坑及び換気立坑でそれぞれ以下の通りである。なお、沈下量は地表面からの深度で示す。

(1) 主立坑

沈下部を写真撮影し、立坑の坑口上部の深さが 9.1 m、坑口下部の覆工コンクリートの幅(1 スパン) が 1 m であることを基準として、写真から沈下量を見積もった。

(2) 換気立坑

換気立坑には、環境モニタリング(水質観測)用の足場(図 A1-1)が設置されていることから、そこから観測用のひもを降ろし、深度を計測した。



図 A1-1 環境モニタリング用の足場

1.2 確認結果

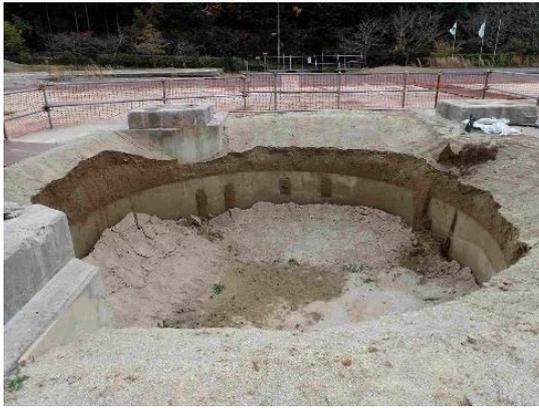
沈下が確認された令和 5 年 11 月 6 日から、沈下部の埋め戻しを行った前の週(主立坑：令和 6 年 2 月 21 日、換気立坑：令和 6 年 3 月 1 日)までの深度を表 A1-1 に示す。

表 A1-1 令和5年11月6日～沈下部の埋め戻し前までの結果（単位：m）

測定日	主立坑	換気立坑	備考	測定日	主立坑	換気立坑	備考
令和5年11月6日	1.9	13.7		令和6年1月10日	12.9	27.7	
令和5年11月7日	8.0	19.5		令和6年1月11日	12.9	27.7	
令和5年11月8日	10.5	21.5		令和6年1月12日	12.9	27.7	
令和5年11月9日	12.1	23.7		令和6年1月15日	12.9	27.7	
令和5年11月10日	12.4	24.9		令和6年1月16日	12.9	27.7	
令和5年11月13日	12.7	26.2		令和6年1月17日	12.9	27.7	
令和5年11月14日	12.7	26.6		令和6年1月18日	12.9	27.7	
令和5年11月15日	12.7	26.8		令和6年1月19日	12.9	27.7	
令和5年11月16日	12.7	26.8		令和6年1月22日	12.9	27.7	
令和5年11月17日	12.7	26.8		令和6年1月23日	12.9	27.7	
令和5年11月20日	12.7	26.8		令和6年1月24日	12.9	27.7	
令和5年11月21日	12.7	26.8		令和6年1月25日	12.9	27.7	
令和5年11月22日	12.7	26.8		令和6年1月26日	12.9	27.7	
令和5年11月24日	12.7	26.8		令和6年1月29日	12.9	27.7	
令和5年11月27日	12.9	27.3		令和6年1月30日	12.9	27.7	
令和5年11月28日	12.9	27.3		令和6年1月31日	12.9	27.7	
令和5年11月29日	12.9	27.3		令和6年2月1日	12.9	27.7	
令和5年11月30日	12.9	27.3		令和6年2月2日	12.9	27.7	
令和5年12月1日	12.9	27.3		令和6年2月5日	12.9	27.7	
令和5年12月4日	12.9	27.3		令和6年2月6日	12.9	27.7	
令和5年12月5日	12.9	27.3		令和6年2月7日	12.9	27.7	
令和5年12月6日	12.9	27.3		令和6年2月8日	12.9	27.7	
令和5年12月7日	12.9	27.3		令和6年2月9日	12.9	27.7	
令和5年12月8日	12.9	27.3		令和6年2月13日	12.9	27.7	
令和5年12月11日	—	27.3	主立坑坑口への転落防止ネット設置のため主立坑の測定中止	令和6年2月14日	12.9	27.7	
令和5年12月12日	12.9	27.5		令和6年2月15日	12.9	27.7	
令和5年12月13日	12.9	27.6		令和6年2月16日	12.9	27.7	
令和5年12月14日	12.9	27.6		令和6年2月19日	12.9	27.7	
令和5年12月15日	12.9	27.7		令和6年2月20日	12.9	27.7	
令和5年12月18日	12.9	27.7		令和6年2月21日	12.9	27.7	
令和5年12月19日	12.9	27.7		令和6年2月22日	12.9	27.7	
令和5年12月20日	12.9	27.7		令和6年2月26日	—	27.7	主立坑沈下部の埋め戻しのため主立坑の測定中止
令和5年12月21日	12.9	27.7		令和6年2月27日	—	27.7	
令和5年12月22日	12.9	27.7		令和6年2月28日	—	27.7	
令和5年12月25日	12.9	27.7		令和6年2月29日	—	27.7	
令和5年12月26日	12.9	27.7		令和6年3月1日	—	27.7	
令和6年1月9日	12.9	27.7					

1.3 観測写真

沈下が観測された令和 5 年 11 月 6 日から、沈下部の埋め戻しを行った前の週（主立坑：令和 6 年 2 月 22 日、換気立坑：令和 6 年 3 月 1 日）までの沈下が確認された日、及び沈下部の埋め戻し前の写真を以下に示す（図 A1-2、図 A1-3）。なお、「1.1 沈下量の観測方法」で示した通り、主立坑に関しては、この写真を用いて沈下量を見積もった。



令和5年11月6日
総沈下量 2.0 m



令和5年11月7日
総沈下量 8.0 m



令和5年11月8日
総沈下量 10.5 m



令和5年11月13日
総沈下量 12.7 m



令和5年11月27日
総沈下量 12.9 m



令和6年2月22日
総沈下量 12.9 m

図 A1-2 主立坑埋め戻し面の沈下状況



令和5年11月6日
総沈下量 13.7 m



令和5年11月7日
総沈下量 19.5 m



令和5年11月8日
総沈下量 21.6 m



令和5年11月15日
総沈下量 26.8 m



令和5年12月15日
総沈下量 27.7 m



令和6年3月1日
総沈下量 27.7 m

図 A1-3 換気立坑埋め戻し面の沈下状況

2. 沈下部の埋め戻し後から 6 月末まで

2.1 沈下量の観測方法

沈下部の埋め戻しにより、地表面より高い位置まで余盛を行ったことから、観測は主立坑及び換気立坑でそれぞれ以下の通りで行った。なお、沈下量は、基準点からの変化として基準点からの深度で示す。また、埋め戻し面の変化量だけでなく、埋め戻し面の様子（ひび割れや窪みの発生等）も目視にて確認した。

(1) 主立坑

主立坑北東にあるコンクリート基盤の上面を基準（図 A1-4）として、目視にて変化量を見積もった。



図 A1-4 主立坑の変化量確認基準点

(2) 換気立坑

換気立坑には、環境モニタリング用の足場が設置されていることから、そこからコンベックスにて変化量を計測した。なお、基準点は図 A1-5 に示した H 鋼の上面とした。



図 A1-5 換気立坑の変化量確認基準点

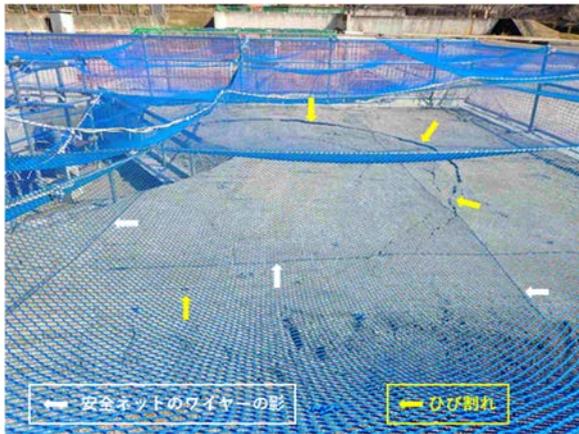
2.2 確認結果

状況確認は、沈下部の埋め戻しから約 1 か月間の令和 6 年 3 月までは、毎日実施するとともに、その結果を公開ホームページで公開した。その間、変動が両立坑とも数 cm とわずかだったため、その後は毎営業日に確認は実施するものの、その結果のホームページでの公開は原則毎週営業日の最終日とし、変動があった場合はその都度行った。結果を表 A1-2 に示す。

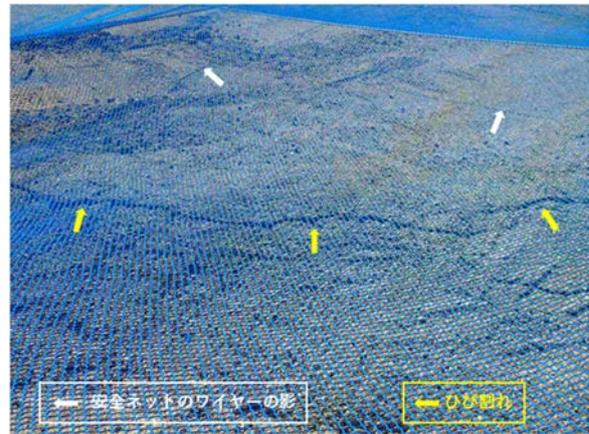
This is a blank page.

2.3 観測写真

沈下部の埋め戻し後、変化が見られた際の写真を図 A1-6 に示す。



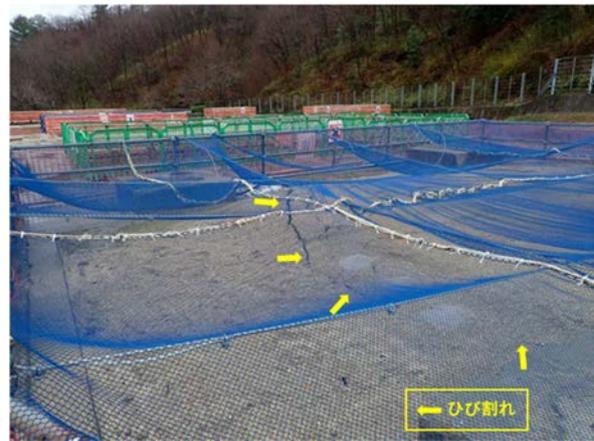
換気立坑 令和6年3月15日



主立坑 令和6年3月15日

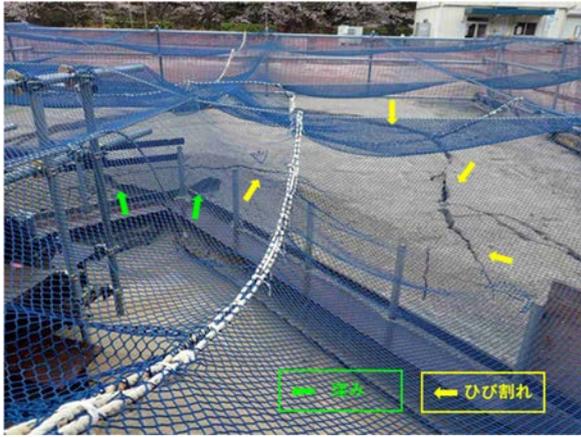


換気立坑 令和6年3月29日

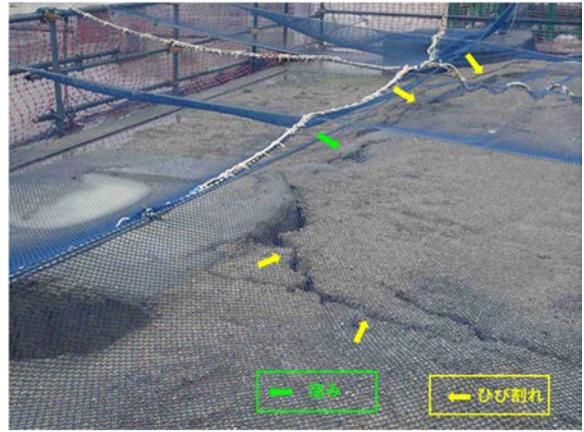


主立坑 令和6年3月29日

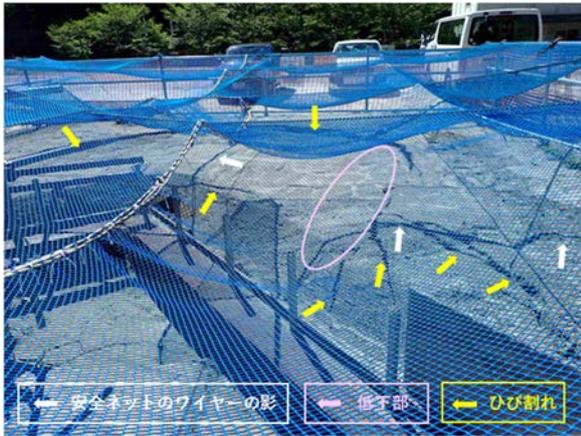
図 A1-6 沈下部の埋め戻し後に変化が見られた立坑埋め戻し面の状況



換気立坑 令和6年4月9日



主立坑 令和6年4月9日



換気立坑 令和6年5月14日



主立坑 令和6年5月14日

図 A1-6 沈下部の埋め戻し後に変化が見られた立坑埋め戻し面の状況 (つづき)

付録 5

立坑周辺地盤測量の結果

一般的に地面の陥没が起こった場合、沈下部がすり鉢状になることが知られている。今回の事象でも同様のことが起こっていないか確認するため、立坑周辺地盤の水準測量を行った。

1. 沈下直後の確認

立坑沈下後、早急に状態を確認する必要があったが、比較できる測量データがなかったため、瑞浪深地層研究所建設時の設計値との比較を行った。令和 5 年 11 月 20 日に実施し、測量には Topcon 電子レベル DL-103 及び Topcon アルミスタッフ 5 m 3 段を用いた。図 A2-1 に測点の位置を示し、表 A2-1 に各測点の情報を示す。水準測量は、瑞浪地科学研究所前の 2 級水準点を基準点（図 A2-1 の BM.1）として、直接水準測量で各測点の高低差を求めた。

確認した 7 地点のうち、③東門付近及び⑥北門付近以外は、設計値と差がなかった。一方、③東門付近及び⑥北門付近は、設計値より低くなっていることがわかった。しかし、③東門付近及び⑥北門付近はそれぞれ門の付近に位置することから、雨水の排水のため、施工時に傾斜をつけた可能性があることから、今回の立坑沈下により発生したものではなく、今回の立坑沈下では、周辺地盤に変化がないと考えられた。

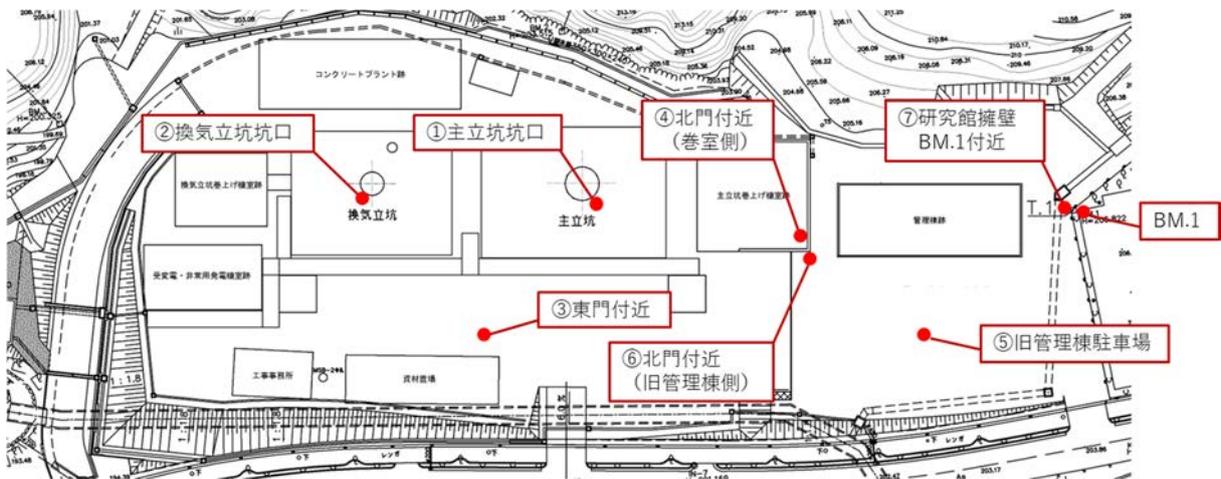


図 A2-1 沈下直後の立坑周辺地盤測量の測点位置

表 A2-1 沈下直後の測定結果

測点箇所	設計値 標高(m)	R5.11.20 測量		備考
		標高(m)	差 (m)	
① 主立坑坑口	201.00	201.00	0.00	
② 換気立坑坑口	201.00	201.00	0.00	
③ 東門付近	200.90	200.83	-0.07	当初より下がっていた可能性が高い
④ 北門付近 (巻室側)	201.00	201.00	0.00	
⑤ 旧管理棟駐車場	204.00	204.00	0.00	
⑥ 北門付近 (旧管理棟側)	204.00	203.86	-0.14	当初より下がっていた可能性が高い
⑦ 研究館擁壁 (旧管理棟側)	204.00	204.00	0.00	

※) 測量値はBM.1 (H=206.822) より計測

2. 令和 5 年 12 月以降の確認

1.の通り、沈下直後の確認では立坑周辺地盤に沈下は見られなかったが、立坑埋め戻し面では令和 5 年 12 月初旬の時点では沈下が継続しており、今後周辺地盤にも変化が現れる可能性があったため、立坑周辺地盤の測量を継続した。また、令和 5 年 12 月からは、系統的に周辺への影響がないことを確認するため、新たな測点を設定して行った。

主立坑及び換気立坑の中心からそれぞれ同心円状に 20 m と 40 m の位置に 2 箇所ずつ測点を設定した。図 A2-2 に測点の位置を示し、表 A2-2 に各測点の情報を示す。水準測量は、1.と同様、瑞浪地科学研究館前の 2 級水準点を基準点 (図 A2-1 及び図 A2-2 の BM.1) として、直接水準測量で各測点の高低差を求めた。測定頻度は、令和 5 年 12 月は月初と下旬の 2 回実施し、以降は、毎月 1 回実施した。測量に用いた機器は、令和 5 年 12 月は電子レベル、令和 6 年 1 月以降はオートレベルを使用した。測定日及び使用した機器を表 A2-3 に示す。

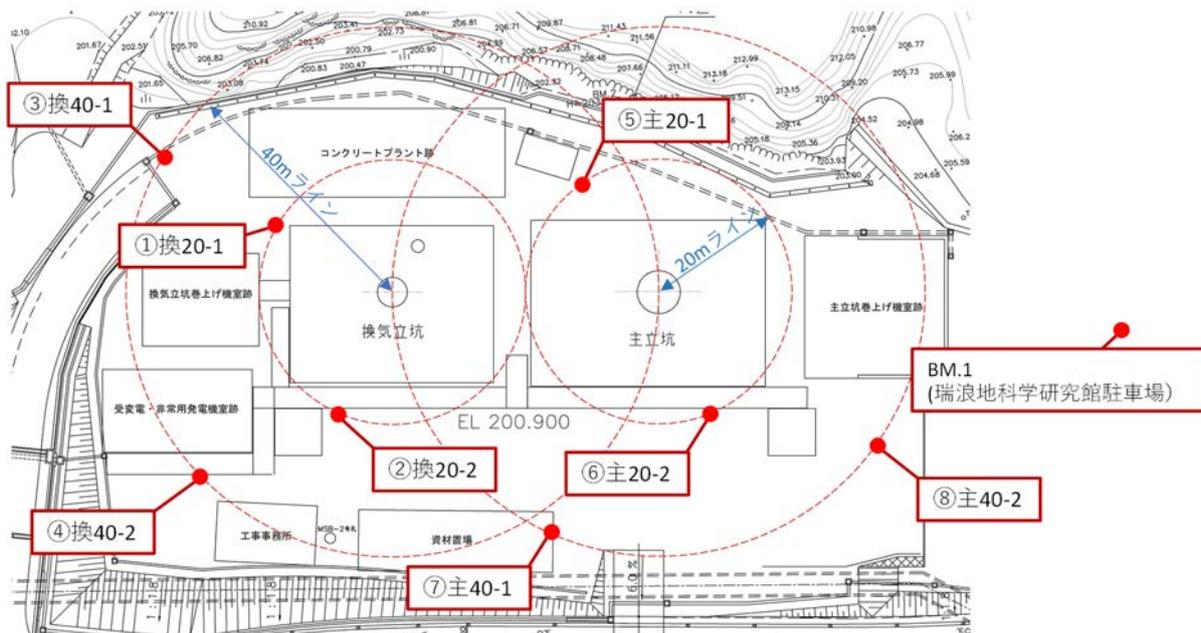


図 A2-2 令和 5 年 12 月以降の立坑周辺地盤測量の測点位置

表 A2-2 令和 5 年 12 月以降の立坑周辺地盤測量の測点情報

測点箇所	換気立坑からの距離	主立坑からの距離	備考
① 換20-1	20.0 m	58.0 m	アスファルト面
② 換20-2	20.0 m	51.5 m	〃
③ 換40-1	40.0 m	77.1 m	〃
④ 換40-2	40.0 m	74.2 m	〃
⑤ 主20-1	32.8 m	20.0 m	〃
⑥ 主20-2	51.1 m	20.0 m	〃
⑦ 主40-1	43.6 m	40.0 m	〃
⑧ 主40-2	76.2 m	40.0 m	コンクリート面

※) 基準点：BM.1 (標高=206.822 m、2級水準点)

表 A2-3 地盤測量の使用機器

測量日	水準器	標尺
令和5年12月1日 令和5年12月26日	Topcon 電子レベル DL-103	Topcon アルミスタッフ 5 m 3 段
令和6年1月26日 令和6年2月27日 令和6年3月19日 令和6年4月23日 令和6年5月22日 令和6年6月19日	Topcon Auto Level AT-B2	Topcon アルミスタッフ 5 m 3 段

結果を表 A2-4 に示す。各測点は今回の対応で初めて測量する地点であり、比較対象となる結果がなかったため、令和 5 年 12 月の 1 回目 (12 月 1 日) の結果を基準として、変化を確認した。その結果、令和 5 年 12 月 2 回目以降 6 月までの間、変化は見られず、立坑周辺地盤は沈下していないことがわかった。

表 A2-4 令和 5 年 12 月以降の測定結果

測点箇所	換気立坑からの距離	主立坑からの距離	R5.12.1 標高(m)	R5.12.26 標高(m)	R6.1.26 標高(m)	R6.2.27 標高(m)	R6.3.19 標高(m)	R6.4.23 標高(m)	R6.5.22 標高(m)	R6.6.19 標高(m)	備考
① 換20-1	20.0m	58.0m	200.86	200.86	200.86	200.86	200.86	200.86	200.86	200.86	アスファルト面
② 換20-2	20.0m	51.5m	200.82	200.82	200.82	200.82	200.82	200.82	200.82	200.82	〃
③ 換40-1	40.0m	77.1m	200.25	200.25	200.25	200.25	200.25	200.25	200.25	200.25	〃
④ 換40-2	40.0m	74.2m	200.83	200.83	200.83	200.83	200.83	200.83	200.83	200.83	〃
⑤ 主20-1	32.8m	20.0m	201.11	201.11	201.11	201.11	201.11	201.11	201.11	201.11	〃
⑥ 主20-2	51.1m	20.0m	200.86	200.86	200.86	200.86	200.86	200.86	200.86	200.86	〃
⑦ 主40-1	43.6m	40.0m	200.73	200.73	200.73	200.73	200.73	200.73	200.73	200.73	〃
⑧ 主40-2	76.2m	40.0m	201.11	201.11	201.11	201.11	201.11	201.11	201.11	201.11	コンクリート面

※) 測量値は2級水準点 (BM.1) H=206.822より計測

This is a blank page.

付録 6

安全対策

立坑が設置されている瑞浪用地は、その周辺をフェンスで囲んでおり、関係者以外が立ち入れないようにしている。さらに立坑周辺には柵が設置されていた。しかし、今回両立坑の埋め戻し面が 10 m 以上沈下したため、用地内で作業を行う者等が誤って立坑に落下した場合、大きな事故につながる可能性があることから、安全確保のため、立坑開口部に落下防止ネットを設置した。

設置は、立坑周辺に設置されている柵にネットを設置した。ネットは、15 mm 目の防災ラッセルネットを用いた。図 A3-1 及び図 A3-2 に、主立坑及び換気立坑それぞれの設置概念図を示す。設置は、令和 5 年 12 月 8 日に両立坑ともに行った。図 A3-3 に安全ネット設置後の写真を示す。設置した安全ネットは、立坑等の基礎コンクリートの撤去（令和 9 年 1 月頃）を行うまで、設置予定である。

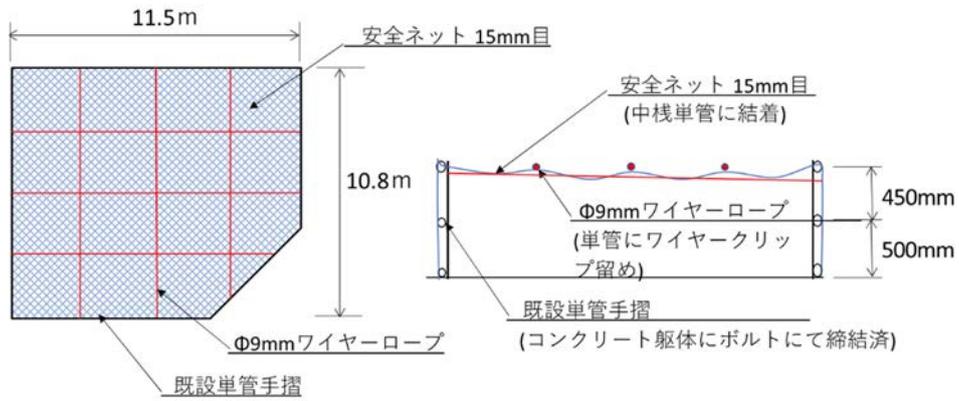


図 A3-1 主立坑の落下防止ネット設置の概念図

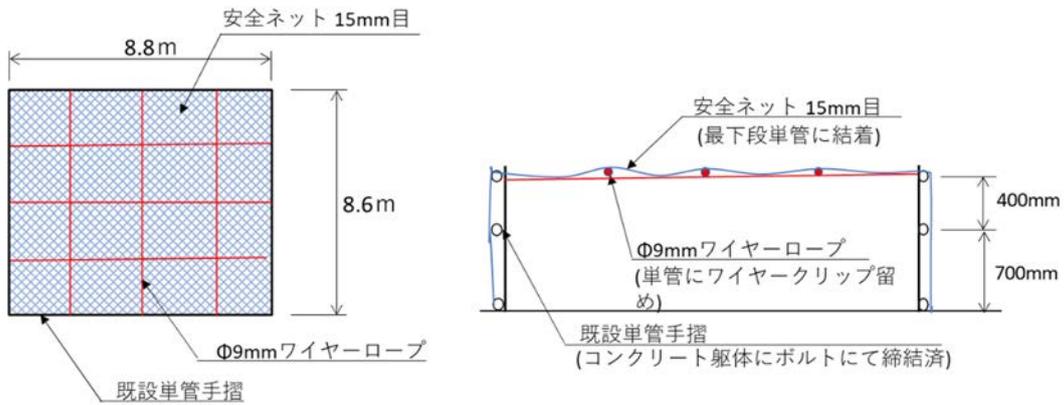


図 A3-2 換気立坑の落下防止ネット設置の概念図



主立坑



換気立坑

図 A3-3 安全ネット設置後

付録 7

立坑沈下部の埋め戻し完了報告書

令和 6 年 3 月 8 日に沈下した立坑埋め戻し面の沈下部の埋め戻しが完了したことから、令和 6 年 3 月 19 日に岐阜県、瑞浪市及び土岐市に完了報告を行った。ここでは、その報告書を示す。



瑞浪用地における立坑埋め戻し面の沈下について (埋め戻し完了報告)

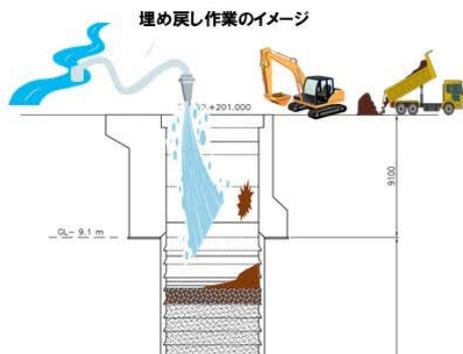
令和6年3月19日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
核燃料・バックエンド研究開発部門
東濃地科学センター



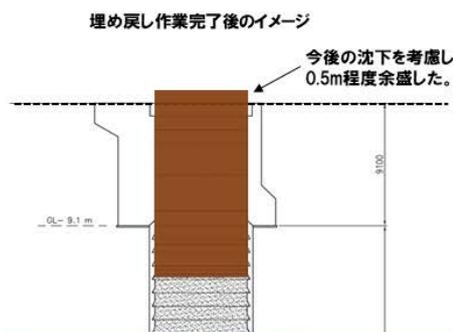
埋め戻しの方法

- 安全確保の観点から、人が埋め戻し面に立ち入らない方法で埋め戻しを行った。地上からショベルカーにより立坑内に購入土(山砂)を投入し、水中ポンプで河川から取水し立坑内への放水による水締めを繰り返し実施した。
- 作業の交錯による事故等を回避するため、主立坑の施工が終了後、換気立坑を施工した。
- 埋め戻し作業は、令和6年2月26日に着手し、令和6年3月8日に完了した。



- 手順①: 地上からショベルカー(0.45 m³級)により立坑内に購入土(山砂)を投入(80~190m³/日)
- 手順②: 水中ポンプで河川から取水し立坑に放水を行い、水締めを実施(最大30m³/日)
- 上記①、②を繰り返す

※水締めを使用する水は、毎月水質を確認している狭間川河川水を取水し使用した。



	主立坑	換気立坑
埋め戻し材	購入土(山砂)	
土量	605m ³ (5.5m ³ /車 ×110台)	572m ³ (5.5m ³ /車 ×104台)



工事工程実績

- 作業期間:令和6年2月26日～3月8日
- 作業説明:令和6年2月14日～2月15日に瑞浪市明世町3区及び明世小学校へ説明

	2/26 (月)	2/27 (火)	2/28 (水)	2/29 (木)	3/1 (金)	3/2 (土)	3/3 (日)	3/4 (月)	3/5 (火)	3/6 (水)	3/7 (木)	3/8 (金)
準備工	■							■				
埋め戻し						休 工						
主立坑		■ ※										
換気立坑								■ ※				
片付け					■							■

※行政立会

2



今後の実施方針

項目	内容	今後の監視・報告
安全対策	外周フェンスによる立入制限及び坑口安全ネット設置による落下防止対策を埋め戻し作業期間中～埋め戻し後～地下水環境モニタリング終了まで継続	毎作業日の安全巡視時に安全対策設備を確認する。
立坑周辺の影響評価	立坑周辺への影響を確認するため、「TOPCON AT-B2」を使用し立坑周辺の地盤測量（研究所用地内の基準点（研究館駐車場BM1）から各測点の測量）を継続	月1回実施し、測定結果は機構HPに掲載する。
沈下量測定及び報告	・地下水位の上昇は継続することから、今後の沈下の可能性は否定できないため、沈下確認を継続 ・安全確保の観点から直接埋め戻し面に乗らずに目視による観察を継続	毎営業日に確認する。結果は毎営業日に関係自治体へ報告するとともに機構HPに掲載する。なお、4月以降は週毎に報告・掲載することとするが、変化が生じた場合は、都度報告・掲載する。
環境モニタリング	地上及び坑道内の観測孔を利用した環境モニタリングによる沈下影響の確認を継続	測定結果を取りまとめた年度報告書を公開する。
周辺影響評価	これまでも実施している騒音・振動測定や河川水の水質測定などの周辺環境影響調査を継続	環境保全協定に基づいて公開する。

3

This is a blank page.

