

JAEA における研究開発の現状－深地層の研究施設計画を中心として－

笹尾英嗣*1

日本原子力研究開発機構（JAEA）では、高レベル放射性廃棄物の地層処分に関する研究開発に長年にわたって取り組んできた。本論では、研究開発の現状を紹介する。JAEA は深地層の研究施設を有するわが国で唯一の研究機関であり、本論では特に同施設における研究計画を中心に述べる。

わが国における高レベル放射性廃棄物の地層処分に関する研究開発は昭和 51 年（1976 年）に開始され、JAEA を始めとする研究開発機関によって研究開発が進められてきた。本論では、研究開発の経緯を簡単にまとめるとともに、わが国の地層処分概念を紹介する。

Keywords: 高レベル放射性廃棄物、地層処分、深地層の研究施設

Japan Atomic Energy Agency (JAEA) has been engaged in research and development (R&D) on deep geological disposal of high-level radioactive waste over the years. In this paper, the current status of R&D activities is presented. JAEA is the only research organization in Japan that has underground research facilities, and this paper focuses on the underground research laboratory projects at the facility.

R&D on deep geological disposal was initiated in 1976 in Japan and has been performed by JAEA and other R&D organizations. This paper also briefly summarizes the history of R&D and introduces the basic concept of geological disposal in Japan.

Keywords: high-level radioactive waste, geological disposal, underground research laboratory

1 はじめに

高レベル放射性廃棄物の地層処分については、わが国においては、原子力発電環境整備機構（NUMO）が事業主体として実施することとなっており、それを国が監督（経済産業省資源エネルギー庁）・規制（原子力規制委員会）しつつ、日本原子力研究開発機構（原子力機構；JAEA）をはじめとする関係研究機関が事業と規制を支える技術基盤を整備するという体制となっている（Fig.1）。

わが国においては、地層処分に関する研究開発は 1976 年に開始されたが、JAEA は前身の動力炉・核燃料開発事業団（動燃事業団）および核燃料サイクル開発機構（サイクル機構）を含め、中核的な研究機関の一つとして、長年にわたって地層処分に関する研究開発を行ってきた。

こうした背景も踏まえ、本講演では JAEA の研究開発の現状について、深地層の研究施設計画を中心に紹介するとともに、わが国における地層処分の背景や研究開発経緯について概説する。

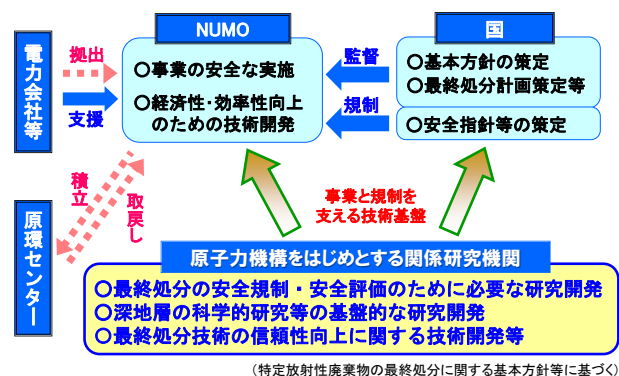


Fig.1 Framework on implementation of geological disposal of high-level radioactive waste in Japan [1].

Current status of research and development at Japan Atomic Energy Agency (JAEA), focusing on underground research laboratory projects by Eiji SASAO (sasao.eiji@jaea.go.jp)

*1 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
Tono Geoscience Center, Japan Atomic Energy Agency
〒509-5102 岐阜県土岐市泉町定林寺 959-31

本稿は、日本原子力学会バックエンド部会第 38 回バックエンド夏期セミナーにおける講演内容に加筆したものである。

2 地層処分にに関する研究開発の経緯と地層処分概念の概要

わが国における高レベル放射性廃棄物の処分については、昭和 51 年（1976 年）に原子力委員会が「当面、地層処分に重点を置く」との方針を示し、これによって地層処分が高レベル放射性廃棄物対策の基本的な方針となった。また、研究開発に関しては、動燃事業団と日本原子力研究所を中核としつつ国立試験研究機関等の協力を得て進めることとなった[2]。Fig.2 の左上半部には、JAEA による研究開発の経緯を示した。

初期の研究開発では、日本列島が地質学的な変動帯に位置し、地震や火山活動が多いという特徴を考慮し、地層処分の実施可能性の観点から日本列島の地質に関する基礎資料が広く収集された。また、人工バリア材料、処分施設の設計・建設、性能評価に関する研究開発も進められ、諸外国での研究開発の動向、成果を参考にしつつ、多重バリアシステムの日本における有効性について検討されてきた[4]。また、この時期には、岐阜県の東濃鉱山や岩手県の釜石鉱山など既存の鉱山を活用した研究も実施された。

平成 3 年（1991 年）度までに実施されたこれら研究開発の成果は、「高レベル放射性廃棄物 地層処分研究開発の技

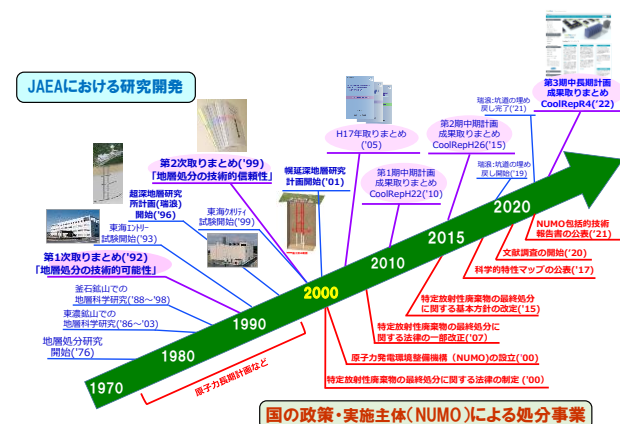


Fig.2 History of R&D by JAEA with national policy and activity of NUMO [3].

術報告書—平成3年度[4]として取りまとめられた。なお、この報告書は、「第1次取りまとめ」とも呼ばれる (Fig.2)。

「第1次取りまとめ」に対しては、原子力委員会放射性廃棄物専門対策専門部会によって「我が国における地層処分の安全確保を図っていく上での技術的可能性が明らかにされている」と評価された[5]。

その後、平成8年(1996年)に岐阜県瑞浪市で深地層の研究施設計画の一つである超深地層研究所計画を開始するとともに、茨城県東海村の現在の核燃料サイクル工学研究所に地層処分基盤研究施設(エントリー)、地層処分放射化学研究施設(クオリティ)といった試験施設を整備し、人工バリアや性能評価に関する研究開発を推進した。

平成11年(1999年)11月には、「わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性—地層処分研究開発第2次取りまとめ」[6]を公表した。この報告書は第1次取りまとめの成果を受けて、わが国における地層処分の技術的信頼性を示すとともに、その当時、平成12年(2000年)を目安に設立されるとされた実施主体が処分事業を進めるうえでの技術的拠り所を与えるものとして作成された[6]。「第2次取りまとめ」においては、地層処分の技術的信頼性ということで、わが国においても天然バリアと人工バリアを組み合わせた多重バリアシステムによって安全を確保するという地層処分の概念が日本でも成立することを科学・技術的な根拠を持って示した[6]。

それに対して、原子力委員会原子力バックエンド対策専門部会は「第2次取りまとめに示された、我が国における高レベル放射性廃棄物の地層処分の研究開発成果については、専門部会報告書で示した技術的重点課題等が適切に達成され、その技術的信頼性が示されている」と評価し、「高レベル放射性廃棄物地層処分の実施主体においては、核燃料サイクル開発機構等の関係研究機関における研究開発の成果を活用しつつ、本報告書を参考として地層処分の実施に向けて取り組むことが期待される。また、これまでの研究開発の成果は、関係研究機関から、実施主体に対し適切に移転されることが望まれる」とした[7]。この評価を受け、平成12年(2000年)に「特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律」が施行され (Fig.2)、高レベル放射性廃棄物の最終処分方法を地層処分とすること、NUMOが地層処分の実施を担うことが定められた[8]。

平成12年(2000年)からは、NUMOが設立されて事業の段階となった。JAEAは深地層の研究施設を幌延と瑞浪の2箇所に整備し、地下深部の地質環境に関する研究、幌延では地下環境を利用した地層処分技術の研究などに取り組むとともに、エントリー、クオリティを活用した工学技術および安全評価に関する研究開発に取り組み、成果は適宜取りまとめた (Fig.2)。

わが国においては、高レベル放射性廃棄物は地下300mよりも深い深度の安定な地層中に処分することとなっている。日本列島は地質学的には変動帯に位置するため、地質が複雑で、地震や火山活動が活発な場所にある。このため、わが国においては地質環境が複雑で多様であることを考慮し、安定な地質環境の中に性能に余裕をもたせた人工バリアを構築するものされている[6]。

安全確保の仕組みについて、日本列島は火山や断層が諸外国に比べて多く、人間と廃棄体の接近を引き起こすような自然現象が考えられるので、そういった場所を避けつつ地層処分のために安定な場所を選ぶ、つまりサイト選定が重要であると言える。さらには、北欧などに比べると降水量が多く、地下水が普遍的に存在していることから、地下に埋設した廃棄体から放射性物質が地下水に漏出して、それが人間環境に影響を及ぼす可能性がある。それに対しては、人工バリアで工学的対策を施しながら、地下の岩盤が持つ天然バリアとしての機能を活用する、多重バリアの機能によって人間の生活圏への影響を低減する。

ただし、人への影響は将来生じるものであるため、それを実証することはできない。このため、安全評価として、処分場の長期的な安全性や人への影響を予測的に評価する必要がある。こうした取り組みを通じて地層処分の安全を確保することが基本的な考え方である。

3 JAEAによる研究開発の現状

3.1 研究開発の概要

JAEAでは、地層処分に関する研究開発を深地層の科学的研究(地層科学研究)と地層処分研究開発の2つの研究領域に分けており、地層処分研究開発を工学技術的信頼性向上(工学技術)と安全評価手法の高度化(安全評価)に細分し、下線を付した3つの課題に整理して、3つの拠点で取り組んでいる (Fig.3)。

北海道幌延町には、幌延深地層研究センターがあり、深地層の研究施設として深度350mまで地下施設を展開している (Fig.3)。ここでは、堆積岩中に地下施設を建設し、塩水系地下水を対象として、地層科学研究と工学技術、安全評価の全ての課題に関する研究開発を行っている(なお、地層科学研究は令和元年度に終了した)。

茨城県東海村の核燃料サイクル工学研究所には、エントリーとクオリティの2つの施設を有しており、工学技術と安全評価に関する研究開発に取り組んでいる。このうち、クオリティでは放射性核種を使った試験が可能であり、放射性核種の移行に関する研究開発を実施している。また、エントリーでは様々な大型の試験装置があり、人工バリア材料に関する研究や非放射性物質を使った物質移行に関する研究開発などに取り組んでいる。合わせて、代替処分オプションの一つとして、使用済燃料の直接処分に関する研



Fig.3 R&D Facilities for HLW Disposal of JAEA [3].

究開発も実施している (Fig.3)。

岐阜県には東濃地科学センターがあり、地層科学研究に取り組んでいる。土岐市には土岐地球年代学研究所があり、地層科学研究のうち地質環境の長期安定性に関する研究として、地震や火山といった地質現象に関する研究を行っている。また、瑞浪市には、結晶質岩を対象とした深地層の研究施設である瑞浪超深地層研究所が所在していた。同研究所は、後述するように、所期の研究開発の目標を達成し、令和元年度をもって研究開発を終了し、地下坑道の埋め戻しと地上施設の撤去が終わっている (Fig.3)。

JAEA の役割について、JAEA は様々な研究開発に取り組んでいる。特に深地層の研究施設での研究開発に関しては、NUMO の事業に先立って実際の地質環境を対象とした調査などを経験しておくということが目的の一つとして挙げられる。NUMO の事業が文献調査、概要調査、精密調査と進められ、JAEA の研究開発はそれぞれの調査に先立つ形で実施してきている。JAEA の研究開発成果は実施主体である NUMO に活用してもらうだけでなく、規制側にも活用してもらい安全規制にも反映できるようにしている。このため、研究開発成果を定期的に取りまとめて、取得したデータ、得られた経験・知見などを広く公開することによって、多くの方々に活用していただけるように取り組んできている[9]。

3.2 深地層の研究施設計画の進め方

深地層の研究施設を設置するにあたっては、地上から十分に調査を行った。その理由として、地層処分事業では調査によってサイトとして適するもしくは適さない場所を選別していく必要があるが、そのためにはどのような調査データを取得し、どういう考えに基づいて選別すればよいかという点が重要になる。したがって、深地層の研究施設設置時においても、地上からの調査においては、調査をすればデータは取得できるが、我々が必要とするデータ、あるいは必要とする精度のデータを取得する必要があるため、こうしたことを確認しつつ調査を行ってきた。なお、JAEA が用いた調査手法に特殊なものはほとんど無く、既存の技術を活用し、取得したいデータの種類や精度に応じて技術を組み合わせて使うことによって、その適用性を確認している。

実際の調査においては、例えばヘリコプターを使った空

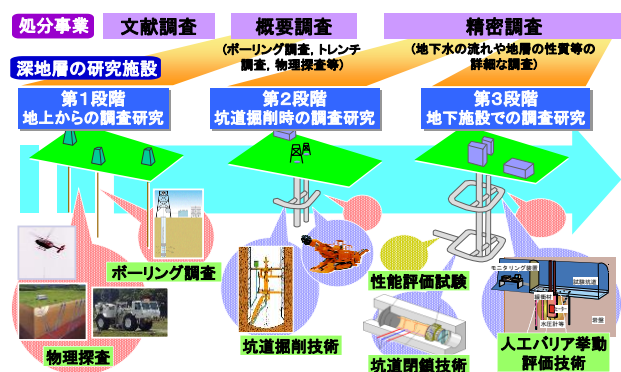


Fig.4 Schematic illustration of procedure of underground research laboratory project [10].

中物理探査で広い範囲の情報を取得し、さらに地上からの物理探査で詳細な情報を取得する、その上で、ボーリング調査により実際に地下の岩石や地下水を採取して調査を行う。こうした調査によって、調べている地下がどのような場所かということを良く理解することが可能になる (Fig.4)。

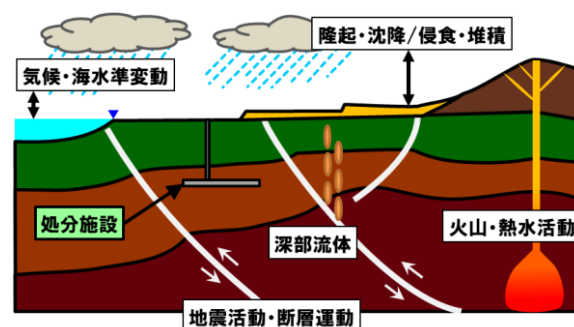
このような調査を行った後に、地下施設を建設する。坑道の掘削により、例えば坑道への湧水によって地下の環境は初期の状態からは変化する。したがって、環境が乱される前の情報を取得した上で坑道を掘削しながら調査を行うことによって、坑道掘削前の状態と掘削中に取得される詳細な情報を組み合わせ、地下の状態や変化をよりよく理解できることになる。さらに、地下を利用するメリットは、地表環境とは異なり、化学的に還元状態であり、地下水の流れが比較的遅いといった特徴がある。このため、例えば物質移行に関する研究は実際の処分環境に近いと思われる地下深部の還元環境で行うことが望ましく、こうした点から地下施設を使った試験は有効である。

このような地上からの調査研究、坑道掘削時の調査研究および地下施設での調査研究の3つの段階で調査を行ってきた成果について、それぞれ概要調査、精密調査に対応させて、各段階の成果を取りまとめて公開してきた[11-17] (Fig.4)。

3.3 地質環境の長期安定性に関する研究

地層処分においては、地震・断層活動、火山活動あるいは深部流体などの自然事象の発生・存在を考慮する必要がある (Fig.5)。これに対する研究課題として Fig.5 に示した3つを取り上げ、「地質環境の長期安定性に関する研究」として取り組んでいる。

調査技術に関しては、例えば、活動性の高い活断層の場合、地形の特徴で位置を把握することが可能であるが、規模が小さい、あるいは活動性の低い活断層では、その分布が地形に明瞭に表れないことがある。JAEA では、こうした断層の分布や活動性を把握することを目的として、従来



① 調査技術の開発・体系化

⇒サイトの選定や安全性の検討に必要なデータ取得技術

② 長期予測・影響評価モデルの開発

⇒将来の長期的な変動を考慮した安全評価に必要な技術

③ 年代測定技術の開発

⇒①、②の信頼性を向上するための技術基盤

Fig.5 Natural phenomena to consider safe implementation of geological disposal and research topics of “Research on Geosphere Stability” [18].

の地形・地質学的手法に加えて、測地学や地球物理学、地球化学的手法を組み合わせた調査技術の体系化に取り組んでいる[19]。また、将来の自然事象に伴う地質環境の変化を予測・評価するための手法の整備として、長期予測・影響評価モデルの開発に取り組んでいる。例えば、影響評価については、火山の周囲では温泉が多い、あるいは地温勾配が高いといった特徴があるが、それはある範囲に収まるはずである。また、東北地方太平洋沖地震の際には、震央距離が約 600 km 離れた岐阜県東濃地域においても数 m の地下水位の変動が認められた[20]。こうした様々な自然事象に伴う影響範囲や影響程度の評価も重要になってくるので、それに関連するモデル開発も進めている。

また、年代測定技術に関しては、岩石や地下水を対象とした年代測定法は様々な既存技術があるが、地層処分の対象となる千年、万年、十万年オーダーで考えると、十万年オーダーをカバーする年代測定法が欠けている。そこで、地層処分で必要となる年代を測定できる手法の開発ということで、最先端の分析装置等を用いた放射年代測定技術の高度化などを進め、地層処分に役立つ年代測定技術の開発

- (1) 処分システムに関する**工学技術の信頼性向上**
 - 1) 人工バリア等の基本特性データベースの拡充
 - 2) 人工バリア等の長期複合挙動に関する研究
- (2) **安全評価手法の高度化**
 - 1) 放射性核種の移行に係る現象理解とそれに基づく評価モデルの高度化
 - 2) 放射性核種の移行に係るデータベース開発

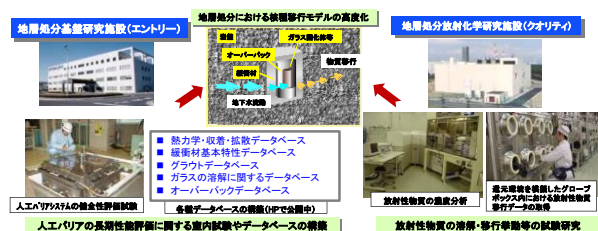


Fig.6 Research topics of “Engineering technology for repository” and “Performance assessment study” [3].

を進めている。

3.4 工学技術および安全評価

地層処分研究開発として取り組んでいる工学技術の信頼性向上と安全評価手法の高度化については、Fig.6 に示すように、それぞれ2つずつの研究課題に取り組んでいる。

その例として、安全評価に関しては核種移行に関するデータベースの拡充や、安全評価の際のパラメータ設定を適切に行うための手法開発を進めている。工学技術に関しては、人工バリア中のコロイド移行特性の評価、核磁気共鳴法を用いた間隙構造評価、高度な計算技術を活用したベントナイトの膨潤メカニズムの解明などを進めている。

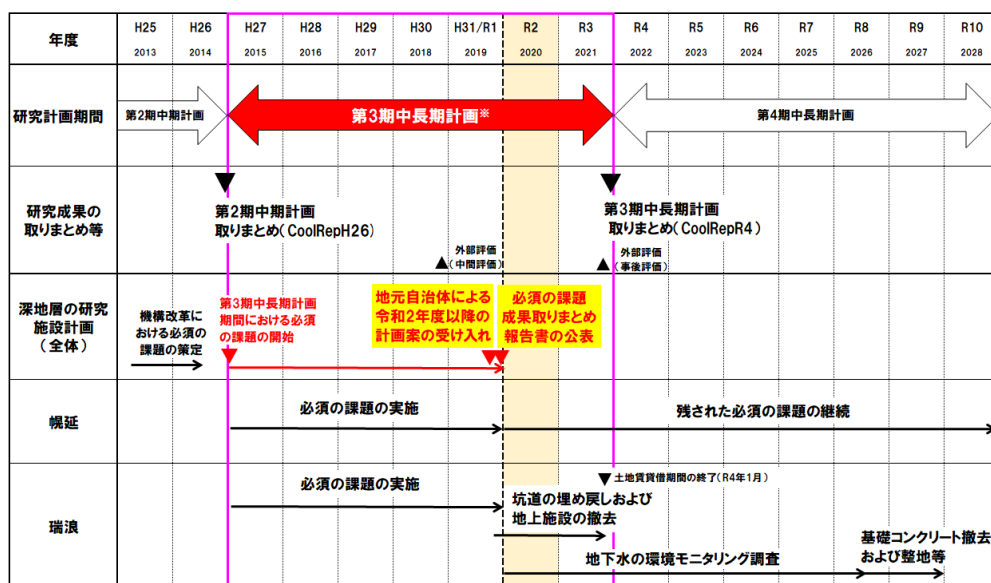
4 深地層の研究施設計画の現状

4.1 深地層の研究施設計画の最近の経緯

JAEA における研究開発は当初は 5 ヶ年の中期計画に基づいて行ってきたが、平成 27 年度から 7 ヶ年の中長期計画となった。平成 25～26 年に実施された原子力機構改革において、最低限取り組むべき課題（この課題を「必須の課題」と呼んでいる）を抽出し、それに注力するというようになった[21] (Fig.7)。

平成 27 年度に始まった第 3 期中長期目標期間 (Fig.7 の研究計画期間の第 3 期中長期計画に相当) には必須の課題に取り組んだ。この期間の当初には、幌延に関しては、必須の課題に重点的に取り組みながら、平成 31 年度末までに研究終了までの工程やその後の埋め戻しについて決定する、すなわち、平成 31 年度末まで必須の課題に取り組んで、それまでにその後の進め方を決めることとした。

(Fig.7)。幌延深地層研究計画では、事業の進め方として「令和 2 年度以降、第 3 期及び第 4 期中長期目標期間を目途に取り組みます。その上で、国内外の技術動向を踏まえて、地層処分の技術基盤の整備の完了が確認できれば、埋



※原子力機構 第3期中長期計画公表時における同計画の記載（抜粋）

超深地層研究所計画：（必須の課題）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む。同年度末までに、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。
幌延深地層研究計画：（必須の課題）に重点的に取り組む。また、平成31年度末までに研究終了までの工程やその後の埋め戻しについて決定する。

Fig.7 Recent history and future plan of underground research laboratory projects [1].

め戻しを行うことを具体的工程として示します。なお、研究開発を進めるにあたっては、将来的に、当初の計画の研究対象の範囲内において、国内外の関係機関の資金や人材を活用することを検討します」とした (Fig.7)。

一方、瑞浪の超深地層研究所計画では、平成 31 年度末までの 5 ヶ年で成果を出すことを前提に取り組み、研究所を設置している瑞浪市有地の土地賃貸借契約期限の令和 4 年 1 月までに埋め戻しができるという前提で考えて、令和元年度末までに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いうようにした。そして、令和元年度末までに必須の課題について十分な研究成果を上げ、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たことから、令和元年度をもって研究開発を終了し、研究坑道の埋め戻しに移行した (Fig.7)。

4.2 幌延深地層研究計画の現状

幌延においては、必須の課題に引き続き取り組むということで、現在、①実際の地質環境における人工バリアの適用性確認、②処分概念オプションの実証、③地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証という 3 つに取り組んでいる (Fig.8)。

現在は深度 350 m までの調査坑道までの整備が終わっており、350 m の坑道を活用して研究課題に取り組んでいる。例えば、人工バリア性能確認試験として、坑道からガラス固化体の堅置きを想定したピットを掘削し、模擬オーバーパックを設置して周囲を緩衝材で埋め、ベントナイトの膨潤特性やそれに伴う圧力変化の計測などを行っている。また、坑道を閉鎖する際の技術オプションの整備として、ベントナイトブロックの積み上げや締め固めに加えて、ベントナイト吹付けの施工方法や管理方法の確認などを行っている。さらには、深度 500 m に坑道を展開して研究に取り組む準備を進めている。

4.3 超深地層研究所計画の現状

瑞浪では、令和 2 年 2 月に坑道の埋め戻しに着手し、令和 4 年 1 月 14 日に坑道埋め戻しおよび地上施設の撤去を完了した (Fig.7)。現在は、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、坑道内および地上から掘削した既存のボーリング孔を利用し、地下水の水圧および水質を

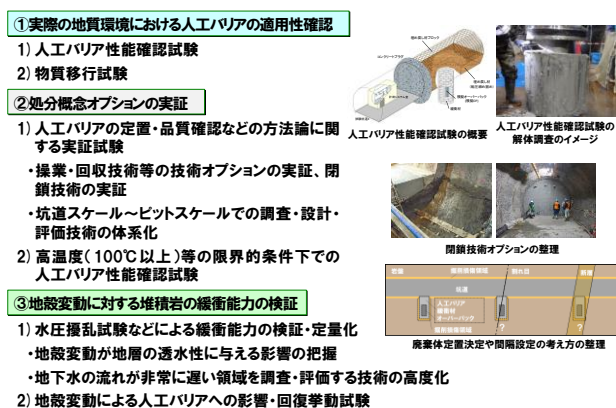


Fig.8 Future plan of R&D in the Horonobe Underground Research Laboratory [22].

観測する環境モニタリング調査を実施するとともに、坑道の埋め戻し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、河川水等の水質分析および騒音・振動測定といった環境影響調査を実施している。

5 おわりに

本論では、わが国における地層処分研究開発の経緯を振り返るとともに、中核的な研究開発機関の一つである JAEA の研究開発の現状を簡単に紹介した。本論では、個別の研究開発の内容や成果の詳細には触れることができなかったが、中期計画あるいは中長期計画の研究計画期間が終わるごとに成果を取りまとめ、CoolRep[9]として公開している。CoolRep は JAEA ホームページからアクセス可能であるので、個別の成果等についてはそちらを参照されたい。

参考文献

- [1] 清水麻由子 他: 「深地層の研究施設計画に関する報告会 2020」資料集. JAEA- Review 2021-004, 日本原子力研究開発機構 (2021).
- [2] 核燃料サイクル開発機構: わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性—地層処分研究開発第 2 次取りまとめ一別冊 地層処分の背景. JNC TN1400 99-024 (1999).
- [3] 日本原子力研究開発機構: 研究開発の現状について. 地層処分研究開発調整会議 (第 7 回会合), 資料 2-3, 令和 4 年 6 月 6 日 (2022).
https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/chiso_shobun/pdf/007_02_03.pdf (accessed 2022-10-18).
- [4] 動力炉・核燃料開発事業団: 高レベル放射性廃棄物地層処分技術研究開発の技術報告書—平成 3 年度—. PNC TN1400 92-081 (1992).
- [5] 原子力委員会放射性廃棄物対策専門部会: 高レベル放射性廃棄物地層処分研究開発の進捗状況について (online).
<http://www.aec.go.jp/jicst/NC/about/ugoki/geppou/V38/N07/199304V38N07.html> (accessed 2022-10-18).
- [6] 核燃料サイクル開発機構: わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性—地層処分研究開発第 2 次取りまとめ—総論レポート. JNC TN1400 99-020 (1999).
- [7] 原子力委員会原子力バックエンド対策専門部会: 我が国における高レベル放射性廃棄物地層処分研究開発の技術的信頼性の評価 (online).
http://www.aec.go.jp/jicst/NC/iinkai/teirei/siryo2000/siryo66/siryo1_1.htm (accessed 2022-10-18).
- [8] 原子力発電環境整備機構: 知ってほしい地層処分 (online).
https://www.numo.or.jp/kagakutekitokusei_map/pdf/shittehoshii_a4_2207.pdf (accessed 2022-10-18).
- [9] 日本原子力研究開発機構: CoolRep (online).

- <https://kms1.jaea.go.jp/CoolRep/index.html> (accessed 2022-10-18).
- [10] 日本原子力研究開発機構: 瑞浪, 幌延における地上からの調査研究の成果報告ー地層処分の技術と信頼を支える研究開発: 概要調査への技術基盤の確立ー研究開発の現状について, 報告会予稿集 (online).
https://www.jaea.go.jp/04/tisou/houkokukai/pdf/nendo_h19_all.pdf (accessed 2022-10-18).
- [11] 太田久仁雄 他: 幌延深地層研究計画における地上からの調査研究段階 (第 1 段階) 研究成果報告書 分冊「深地層の科学的研究」. JAEA- Research 2007-044, 日本原子力研究開発機構 (2007).
- [12] 藤田朝雄 他: 幌延深地層研究計画における地上からの調査研究段階 (第 1 段階) 研究成果報告書 分冊「地層処分研究開発」. JAEA- Research 2007-045, 日本原子力研究開発機構 (2007).
- [13] 三枝博光 他: 超深地層研究所計画における地表からの調査予測研究段階 (第 1 段階) 研究成果報告書. JAEA- Research 2007-043, 日本原子力研究開発機構 (2007).
- [14] 佐藤稔紀 他: 幌延深地層研究計画における坑道掘削 (地下施設建設) 時の調査研究段階 (第 2 段階: 深度 350 m まで) 研究成果報告書. JAEA- Research 2016-025, 日本原子力研究開発機構 (2017).
- [15] 野原壯 他: 超深地層研究所計画における研究坑道の掘削を伴う研究段階 (第 2 段階) 研究成果報告書. JAEA- Research 2015-026, 日本原子力研究開発機構 (2016).
- [16] 中山雅 他: 幌延深地層研究計画における地下施設での調査研究段階 (第 3 段階: 必須の課題 2015ー2019 年度) 研究成果報告書. JAEA- Research 2019-013, 日本原子力研究開発機構, (2020).
- [17] 松岡稔幸, 濱克宏: 超深地層研究所計画における調査研究ー必須の課題に関する研究成果報告書ー. JAEA- Research 2019-012, 日本原子力研究開発機構 (2020).
- [18] 日本原子力研究開発機構: 令和 3 年度における個別課題の現状および今後の予定 ②地質環境の長期安定性に関する研究. 地層処分研究開発・評価委員会, 資料 34-3-4, 令和 4 年 2 月 25 日 (online).
https://www.jaea.go.jp/04/tisou/iinkai/hyouka_iinkai/34-3-4.pdf (accessed 2022-10-18).
- [19] 日本原子力研究開発機構・電力中央研究所: 令和 3 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 地質環境長期安定性評価高度化開発 報告書. 資源エネルギー庁 (2022).
- [20] 竹内竜史 他: 地震に伴う地下水圧の変化が地下水流動特性に与える影響ー東濃地域における事例ー. 原子力バックエンド研究 22, pp.37-51 (2015).
- [21] 日本原子力研究開発機構: 日本原子力研究開発機構改革報告書ー集中改革の成果と今後の対応ー. 日本原子力研究開発機構, p.133(2014).
- [22] 日本原子力研究開発機構: 令和 3 年度における個別課題の現状および今後の予定 ①深地層の研究施設計画 b)幌延深地層研究計画. 地層処分研究開発・評価委員会, 資料 34-3-2, 令和 4 年 2 月 25 日(online).
https://www.jaea.go.jp/04/tisou/iinkai/hyouka_iinkai/34-3-2.pdf (accessed 2022-10-18).