

平成31年3月6日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
理事長 児玉 敏雄 殿

地層処分研究開発・評価委員会
委員長 小島 圭二

研究開発課題の中間評価について（答申）

平成30年11月8日付貴発「30原機（地）020」において、当委員会に諮問のあった「地層処分技術に関する研究開発」に関する中間評価について、その評価結果を別紙のとおり答申します。

（答申内容）

研究開発課題「地層処分技術に関する研究開発」中間評価 報告書

以 上

**研究開発課題「地層処分技術に関する研究開発」
中間評価 報告書**

平成 31 年 3 月 6 日
地層処分研究開発・評価委員会

はじめに

地層処分研究開発・評価委員会（以下「本委員会」という。）では、国立研究開発法人日本原子力研究開発機構（以下「機構」という。）が進めている高レベル放射性廃棄物の地層処分技術等に関する研究開発（研究開発課題名：地層処分技術に関する研究開発）について、平成 30 年 11 月 8 日の機構理事長からの諮問に基づき、現行の「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（中長期計画）」の 7 ヵ年の対象期間（平成 27 年 4 月 1 日～平成 34 年 3 月 31 日）の 4 年目の年度に当たる平成 30 年度に「中間評価」を行った。

中間評価においては、「国の研究開発評価に関する大綱的指針」（平成 28 年 12 月 21 日内閣総理大臣決定）及び「文部科学省における研究及び開発に関する評価指針」（平成 29 年 4 月 1 日文部科学大臣決定）を踏まえて策定されている機構の「研究開発課題評価実施規程」に基づき、評価の観点として、「研究開発の進捗状況の妥当性」、「情勢変化に対応した研究開発の目的・目標、進め方などの見直しの必要性（継続、変更、中止等の決定）」、「効果・効用（アウトカム）の暫定的確認」、「研究資金・人材等の研究開発資源の再配分の妥当性」に加え、「イノベーション創出への取り組み」、「国内外他機関との連携の妥当性」及び「国民との相互理解促進及び人材育成に関する活動の妥当性」を設定した上で、各委員による 5 段階の評価、評価理由・意見及び委員会における議論を総合的に勘案して評価結果を取りまとめた。

なお、深地層の研究施設計画の進捗状況については、地層処分研究開発推進部長通達にて設置されている「深地層の研究施設計画検討委員会」において審議された「深地層の研究施設計画における必須の課題成果取りまとめの評価結果について」を聴取した。

I. 総合評価（評定：A）

中長期計画に従った研究開発がなされ、地層処分技術の信頼性向上に寄与する基盤技術の整備が着実に進められている。その成果は、原子力発電環境整備機構（以下「NUMO」という。）の包括的技術報告書¹に反映されるとともに、国が設置したワーキンググループへの参加協力を通じて、ワーキンググループ報告書や科学的特性マップ²の作成に貢献するなど、顕著な実績として認めることができる。総じて、我が国の地層処分プログラムを支える中心的な研究

¹ 原子力発電環境整備機構（2018）：包括的技術報告：わが国における安全な地層処分の実現—適切なサイトの選定に向けたセーフティケースの構築— レビュー版，NUMO-TR-18-03
https://www.numo.or.jp/technology/technical_report/tr180203.html

² 科学的特性マップ（2017）：資源エネルギー庁 科学的特性マップ公表用サイト
http://www.enecho.meti.go.jp/category/electricity_and_gas/nuclear/rw/kagakutekitokuseimap/

開発機関としての役割を十分に果たしていると評価できる。

他の研究機関等との協力・連携により多岐にわたる研究開発が進められており、地層処分事業に貢献するのみならず、関連する技術分野や学術研究にも波及効果のある成果が創出されていることも高く評価できる。引き続き、中長期計画の達成に向けて、着実に研究開発を進めていただきたい。今後は、基盤技術の整備のみならず、処分事業や安全規制への成果の受渡しにも着目して、研究開発のスコープ、手法、品質等の妥当性・充足性を確保するとともに、これまでに蓄積された膨大なデータや情報を活用した、新たな視点からの研究開発にも挑戦することを期待する。

深地層の研究施設の一般公開をはじめとする研究施設への見学者の受入れや、地層処分の理解活動への研究者・技術者の派遣等、国民との相互理解促進活動における実績は高く評価できるものの、地層処分に対する一般国民の関心や理解はいまだ十分とはいえない。今後とも、特に国民の安心への貢献という視点から、研究開発機関としてできることを継続的に模索し、挑戦していただきたい。

深地層の研究施設計画については、研究開発の実施状況の報告に加え、「深地層の研究施設計画検討委員会」において審議された「深地層の研究施設計画における必須の課題成果とりまとめの評価結果について」を聴取し、「深地層の研究施設計画検討委員会」としての以下の総合評価結果が妥当なものであると判断した。

超深地層研究所計画（瑞浪）における必須の課題成果取りまとめについては、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、国内外に広く提供・展開されることを期待します。

幌延深地層研究計画における必須の課題成果取りまとめについては、全体として概ね適切に研究が遂行され、当期 5 カ年の目標を達成できたと評価します。今後は、技術の確立が可能な水準に達するまで、人工バリア性能確認試験および処分概念オプションの実証に関する試験を継続するとともに、本地下研究施設を最先端の地層処分技術を実証するプラットフォーム（共通基盤）として国内外の関係者に広く提供・活用されることを期待します。

なお、本委員会として、深地層の研究施設計画については、現中長期計画期間の成果に加え、地上での調査から坑道を利用した現在の研究に至るまで、地層処分事業の各段階で必要となる技術を支える有効な多くの成果が創出されていると認識しており、改めて現在までの深地層の研究施設計画で得られたデータや成果を取りまとめて、将来にわたってそれらが利用可能となるように整備しておくことが重要であると考えます。また、地層処分技術の高度化を目指してさらなる技術水準の向上が求められる課題や、地質環境の科学的な理解のさらなる深化、長期にわたり計測・実証すべき課題などもあり、引き続き深地層の研究施設を活用

していく意義は大きいと認識している。加えて、深地層の研究施設は地層処分に関する技術の継承、人材育成、国民との相互理解促進の場としても重要な存在である。

最後に、「地層処分技術に関する研究開発」は、主として特定放射性廃棄物の最終処分への貢献を目的として進められていることは理解するものの、これまでに蓄積された膨大な知識、技術、経験は国としての貴重な財産であり、それらが他の放射性廃棄物や新たに発生してくる放射性廃棄物の処理・処分にも有効に活用されることを期待する。

II. 評価の観点ごとの評価結果

(1) 研究開発の進捗状況の妥当性（評定：A）

いずれの研究開発分野においても中長期計画に従った研究開発が着実に進められており、多くの分野で顕著な成果の創出が認められる。それらは、地層処分の安全性と信頼性の向上に大いに寄与するものと評価できる。また、深地層の研究施設計画については、現中長期計画における課題に関する達成度は評価するが、今後、さらに解決すべき課題を見据えた広範な研究開発の場としての活用を期待する。

(2) 情勢変化に対応した研究開発の目的・目標、進め方などの見直しの必要性（継続、変更、中止等の決定）（評定：A）

基盤研究を実施する研究機関としての役割を的確に認識した上で、機構内外との調整を行いながら研究開発を進め、顕著な成果をあげていることは高く評価できる。

瑞浪における超深地層研究所計画においては、閉鎖までの限られた時間内で最大限の研究成果を得るための努力をし、それが結果として表れている点は、特に評価できる。

今後、処分事業が進展し、ジェネリック段階からスペシフィック段階に移る際には大きな情勢変化が生じると思われる。そのような将来の対応に向けた準備をしておくことも重要であろう。

(3) 効果・効用（アウトカム）の暫定的確認（評定：A）

国内外での学会発表等を通じて、成果の普及が着実に進められている。特に NUMO による包括的技術報告書の作成、資源エネルギー庁による科学的特性マップの公開のほか、原子力規制委員会の指示による「もんじゅの破碎帯調査」などの事例において、これまで蓄積された技術開発の成果を提供し、多大な貢献を果たしていることが認められる。

(4) イノベーション創出への取り組み（評定：A）

大学や他の研究機関、民間企業との協力・連携の下に、多岐にわたる研究開発が行われており、その成果は地層処分のみならず、他の学術分野にも波及効果のある内容であることから、イノベーション創出の観点からも顕著な成果があげられたと評価できる。

なお、地層処分が対象とする地下深部の環境や数十万年に及ぶ時間スケール自体が未知の

領域であり、この分野で得られる成果の多くが実はイノベーションにつながる「新奇な」知識の創出といえる。

(5) 国内外他機関との連携の妥当性（評定：A）

国内については、地層処分研究開発調整会議の関係諸機関と密接に連携し成果をあげていることはもとより、大学や民間企業との協力についても積極的になされ、学会発表、論文発表などの形で成果が発信されている。国外の機関や国際機関（経済協力開発機構／原子力機関（OECD／NEA）等）とも密接に連携しながら研究開発が実施されており、国際共同プロジェクトに NUMO と共同で参加していることも、NUMO への技術継承等の観点から評価できる。今後とも他機関との連携を深めながら、オールジャパン体制で研究開発を進めるとともに、その成果をわかりやすく発信していただきたい。

(6) 国民との相互理解促進及び人材育成に関する活動の妥当性（評定：B）

深地層の研究施設の一般公開をはじめとするさまざまな理解促進のための活動や、学生の受入、大学等への講師派遣等の人材育成に関する活動を積極的に実施していることは高く評価できる。しかしながら、地層処分に対する一般国民の関心や理解はいまだ十分とはいえない。国民との相互理解促進に関する今後の取り組みについては、関係機関とも協力して再検討を行うことも必要であろう。また、我が国全体としての人材育成についても、関係機関と協力して進めていただきたい。

(7) 研究資金・人材等の研究開発資源の再配分の妥当性（評定：B）

外部資金を積極的に導入し、また、限られた資金と人員を適切に再配分して、努力により顕著な研究成果をあげていることは、高く評価できる。

ただし、地層処分の重要性に鑑みれば、十分な研究資金が継続的かつ安定的に供給されるべきである。その点を、研究開発の重要性とともに、常に訴えていくべきであろう。

以上

添付資料 1

中間評価に係る審議の経過

添付資料 2

第 3 期中長期計画期間中の研究開発における研究開発成果 評価結果（中間評価）
（自己評価及び委員による評価シートを集約した結果）

添付資料 3

深地層の研究施設計画における必須の課題成果取りまとめの評価結果について

中間評価に係る審議の経過

(1) 諮問：平成 30 年 11 月 8 日

(2) 地層処分研究開発・評価委員会の開催

- ・第 26 回：平成 30 年 11 月 8 日 於 機構・東京事務所 第 1 会議室（富国生命ビル 20 階）
 - 中間評価の方針・進め方について
 - 研究開発成果（概要）の報告・審議
 - 自己点検結果の提示・審議
- ・各委員による評価シートの作成：平成 31 年 2 月 13 日～2 月 26 日
- ・第 27 回：平成 31 年 2 月 21 日 於 航空会館 B101 会議室
 - 研究開発成果（詳細）の報告・審議
 - 研究開発成果の評価
- ・第 28 回：平成 31 年 3 月 6 日 於 航空会館 901 会議室
 - 答申案の提示・審議と委員全員による了承

(3) 答申：平成 31 年 3 月 6 日

(4) 委員名簿（平成 30 年 11 月より、五十音順）

大西 有三 京都大学 名誉教授

小崎 完 北海道大学大学院 エネルギー環境システム部門 教授

(委員長)
小島 圭二 地圏空間研究所 代表（東京大学名誉教授）

高橋 正樹 日本大学 文理学部地球科学科 教授

枋山 修 原子力安全研究協会 技術顧問

中村 浩美 中村浩美事務所 科学ジャーナリスト／キャスター

西垣 誠 岡山大学大学院 環境生命科学研究科 特任教授

藤川 陽子 京都大学 複合原子力科学研究所 准教授

渡部 隆俊 原子力発電環境整備機構 技術部 技術部長

(以上 9 名)

以上

第 3 期中長期計画期間中の研究開発における研究開発成果 評価結果（中間評価）

評価項目：(1) 研究開発の進捗状況の妥当性

1) 深地層の研究施設計画 超深地層研究所計画

<評価の観点に関する実績・成果及び自己評価結果>

1) 深地層の研究施設計画

超深地層研究所計画

（中長期計画）

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。

（成果のまとめ）

1. 地下坑道における工学的対策技術の開発

- ・[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](#)した。これにより、湧水量を制御するウォータータイトグラウト施工技術を実証することができた。
- ・瑞浪超深地層研究所において適用している排水処理の効率を上回るような処理技術は見当たらず、[現行の処理方法が現時点で適切であることを確認](#)した。これにより、地下水排水処理技術等を高度化することができた。

⇒地下深部の高水圧条件下における湧水抑制対策技術は、亀裂性岩盤に適用できる汎用的なものであり、地層処分場における維持コストの低減や人工バリアの施工精度の向上に寄与する重要な技術となるとともに、一般的な土木技術においても湧水抑制に対する要求品質が非常に高い場合に適用できる技術と考えられる。また、地下水排水処理技術と組み合わせることにより、地層処分場の建設・操業に有効で、地層処分事業に貢献できる技術を整備することができた。

2. 物質移動モデル化技術の開発

- ・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した。これにより、物質移動現象について理解が進み、モデル化することができた。
- ・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](#)した。これにより、割れ目の透水性について例示することができた。
- ・[大深度の地点におけるトレーサ試験などの物質移動調査技術を構築](#)した。これにより、地下水流動・水質の長期変化、地下水流動の緩慢さを例示することができた。
- ・ボーリング孔を利用した [コロイド](#) および [微生物](#) の調査技術を構築した。
- ・深度 300 メートルの花崗岩から採取した地下水に、マグマ由来のメタンをエネルギー源にする微生物から成る生態系が存在することが明らかとなった。マグマ由来のメタンが微生物の硫酸呼吸で酸化され、その過程で硫化水素を生成することにより、還元環境の形成・維持に寄与することを示し

第3期中長期計画期間中の研究開発における研究開発成果 評価結果（中間評価）

た。

⇒地下坑道で得られる情報を用いて割れ目ネットワーク(DFN)モデルの構築手法を提示するとともに、花崗岩帯の割れ目や構成鉱物の詳細分析、地下深部で採取した地下水中のコロイド、有機物及び微生物が物質移動に与える影響に関するデータ取得など、我が国の結晶質岩における物質移動特性評価に資する有用な基盤情報を整備することができた。

微生物に関する研究成果は、光合成由来のエネルギー源に依存しない生態系が広大な地下空間に存在し、マグマ由来のメタンをエネルギー源とした巨大なバイオマスが、地底に存在する可能性を国内において初めて示したものである。このことは、地底生命の代謝活動により、高レベル放射性廃棄物地層処分の安全性が高められることを示す極めて重要な成果であるとともに、光合成生物が誕生した35億年以前の太古の地球でも、花崗岩が生命活動を育む場であった可能性を示す貴重な成果である。

3. 坑道埋め戻し技術の開発

- ・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次元比抵抗分布及び冠水坑道周辺における湧水量変化のデータを取得した。これにより、冠水時の地質環境の回復能力等を評価することができた。

- ・再冠水試験時に冠水坑道内中の水質モニタリングを行った結果、高レベル放射性廃棄物に含まれる放射性元素と化学的な性質が似ている天然の元素(希土類元素)の冠水坑道内における濃度が、本来の地下水中の濃度に比べて明らかに低下していることを発見し、そのメカニズムを明らかにした。この成果は、坑道閉鎖後の物質の閉じ込め能力を実際の坑道を用いて示した世界初の事例であり、地層処分の安全性を評価するうえで重要な知見の一つと考えられる。

- ・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、モデルの大規模化及び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した](#)。これにより、坑道の掘削による擾乱、再冠水による回復の過程を効率的にシミュレーションする技術を構築することができた。

- ・[長期観測に必要なモニタリング技術を開発](#)した。これにより、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となった。

⇒高レベル放射性廃棄物地層処分施設の建設・操業により乱された地下環境の施設閉鎖後の環境回復を観測する技術の開発を行うとともに、世界的にも類を見ない実規模での地下空洞の掘削/維持/閉鎖後の環境変遷過程の観測を実施し、環境回復過程についての現象理解を進める等、顕著な成果を創出することができた。

以上のように、超深地層研究計画については、必須の課題の目標を達成し、我が国の地層処分技術の基盤確立に貢献するとともに、再冠水試験など、世界的にもこれまでに得られていない実証的な新知見を得たことや、地圏に関する新たな科学的知見を得る(「(4)イノベーション創出への取組み」参照)など、顕著な成果が創出できたと自己評価する。

第3期中長期計画期間中の研究開発における研究開発成果 評価結果（中間評価）

評価項目：(1) 研究開発の進捗状況の妥当性

1) 深地層の研究施設計画 超深地層研究所計画

<コメント>

- ・工学技術評価には現場の存在は欠かせない。理論と現実の不整合を埋めるために、科学分野では幾多のサイズの検証実験が行われてきたことは周知の事実である。深地層研究施設は、地層処分研究の地下の性質を知る窓として大きな役割を担ってきた。「深地層の研究施設計画検討委員会」で様々な検討が行われ、おおむね当初計画された目標は達成できているという結論には同意できる。
特に、瑞浪における結晶質岩盤内の地下水流動に関する知見は、本施設で実証され、多くの成果を生んだ。これから坑道の埋め戻しが計画されているが、再冠水事象の実証データは、地下深部の地下水挙動予測に役立つものと期待できる。
- ・湧水抑制、地下水排水処理、物質移動モデル化、コロイド及び微生物調査、坑道埋め戻しのいずれにおいても、地下研究施設を最大限に活用した上で、技術開発及び研究が着実に進められている。これらのうち、再冠水試験は世界的にも類を見ない内容であり、著しい成果が得られたと評価できる。今後、得られた貴重な知見を機構内外に広く確実に伝えて頂きたい。
- ・プレグラウティング及びポストグラウティングによる高水圧下における湧水抑制対策が行える技術の適用性が確認されたことは評価に値する。深成岩及び先新第三紀堆積岩ではより深い深度を選択する可能性が高いので、より高い水圧下での適用性の確認を期待する。またグラウト材と岩盤の相互作用メカニズム、低アルカリセメントなどのグラウト材としての適用性についても検討を期待する。
- ・各深度の地下坑道で得られる情報をもとにしたブロックスケール、処分場スケールでのDFNモデル化の有効性が確認されたことは、地質環境モデルの適用による段階的サイト選定の進め方にとって貴重な進歩である。
- ・結晶質岩特に日本の結晶質岩における亀裂・割れ目における微小空隙の把握は物質移動機構の理解にとって有効で、さらなる理解とモデル化につながるものと期待する。
- ・セメント共存下(カルサイト飽和)の処分環境において、希土類元素が炭酸塩コロイドに担持され、移行が抑制されるという観察は、人工バリア内におけるセメントのアルカリ影響の理解にとって貴重な知見である。
- ・適切に研究が実施され、初期目標を達成できたものと評価する。
- ・再冠水試験による成果は、地層処分の安全性評価にとって重要な成果。
- ・深度300mから採取した地下水中での、微生物の生態系に関する科学的知見は貴重。
- ・施設公開を、評価項目(6)の重要なツールとしても評価する。
- ・今後もできるだけ長期間モニタリング可能な装置の開発や精度の向上をしてほしい。
- ・THM連成解析からTHMC連成解析へ発展させ、地層処分の安全性を予測して、その手法の妥当性を検証してほしい。

第3期中長期計画期間中の研究開発における研究開発成果 評価結果（中間評価）

- ・瑞浪については、高水圧下でのグラウチング技術開発や再冠水試験のできたことは良い。
- ・一方、割れ目ネットワークと地下水流動の関連が現場で観測できたことはよかったが、結晶質岩の地下環境の原位置で様々な低収着性核種移行試験を JAEA が主体となってもっと実施して成果を公表して頂きたいと感じた。
- ・掘削影響業域の経過やセメントの影響も取りまとめて残しておくことが必要。
- ・花崗岩帯の塩水の起源や分布状況についてもっと調査が必要。
- ・地下研のデータは膨大になる。統計解析、パターン認識、機械学習の適用が考えられる。
- ・生データの開示を将来行うべき。そのために、生データの整理が必要。
- ・わが国の地層処分事業推進のための基盤研究として、深地層URLの成果をわかりやすく社会に伝えるとともに、URL閉鎖にともなう基盤研究全体への影響を最小化する変更管理について広く一般社会に伝わるよう、処分事業への理解が進む一助として引き続き検討いただきたい。

第3期中長期計画期間中の研究開発における研究開発成果

評価結果（中間評価）

評価項目：(1)研究開発の進捗状況の妥当性

1) 深地層の研究施設計画 幌延深地層研究計画

<評価の観点に関する実績・成果及び自己評価結果>

1) 深地層の研究施設計画

幌延深地層研究計画

（中長期計画）

幌延深地層研究計画については、実際の地質環境における人工バリアの適用性確認、処分概念オプションの実証及び地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証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。

（成果のまとめ）

1. 実際の地質環境における人工バリアの適用性確認

- ・処分孔竖置き方式の実規模の人工バリアについて、緩衝材、オーバーパック、坑道埋め戻し材、力学プラグの実際の設計・製作・施工を通じて、既存の設計フローや品質管理手法の有効性を確認した。これにより、わが国で初めて実際の地下環境における実規模の人工バリアの設計、製作・施工、品質管理手法の一連の適用性を確認することができた。
- ・加熱・注水による人工バリアの過渡的時期における、熱－水－応力－化学連成現象に関するデータを取得し、整備した THM/THMC 連成解析コード（THAMES/COUPLYS）により、連成現象の再現性を向上させた。これにより、熱、水、応力、化学連成評価手法とモニタリング手法の適用性を確認することができた。
- ・既往のオーバーパックの腐食評価手法の保守性、妥当性を確認するとともに、腐食センサーを用いた腐食挙動のモニタリングが可能であることを確認した。これにより、オーバーパック設計における腐食しろの設定や腐食量評価の保守性、妥当性を示すことができた。また、原位置でのモニタリング手法の適用性を確認することができた。
- ・実際の地質環境において、室内試験と原位置試験を組み合わせたモデル化により物質移行挙動を適切に評価することが可能となった。これにより、実際の地質環境における物質移行特性評価手法を整備することができた。

⇒実際の地下環境下における人工バリア挙動の理解、堆積岩中の物質移行特性を評価する手法の確立など、処分事業に反映可能な基盤技術の整備を着実に実施した。

2. 処分概念オプションの実証

- ・突発湧水の発生の原因となりうる粘土質せん断帯の事前予測手法として、マルチインクルージョンに着目した事前予測手法が有効であることを世界で初めて提示した。また、海水条件下において処分孔の湧水抑制対策に適用可能な溶液型グラウト配合を提案した。これにより、実際の地質環境における湧水抑制対策技術を実証することができた。
- ・大深度における 立坑崩落への対策を考慮した情報化施工技術を世界で初めて開発し、その有効性を実証した。さらに、高地圧・低強度な地山においては二重支保の適用が有効であることや支

第3期中長期計画期間中の研究開発における研究開発成果 評価結果（中間評価）

保工や岩盤の 長期安定性を把握するためのモニタリング技術の有効性を提示 した。これにより、立坑および水平坑道の支保技術を実証することができた。

- ・実際の地下環境において、処分坑道横置き方式のうち、PEM 方式に対する搬送定置方式や、隙間充填材の除去および PEM の回収試験を行い、エアベアリングを用いた搬送定置・回収技術の適用性を提示 した。これにより、横置き・PEM 方式の搬送定置・回収技術を実証することができた。

⇒ 処分場の建設・作業時に必要となる湧水抑制対策、支保技術、搬送・定置技術等について、実際の地下環境下での実証を進め、技術の適用性に関する重要な知見を得、処分事業に反映可能な基盤技術の整備を着実に実施した。

3. 地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の実証

- ・引張強度で標準化したモール円の中心位置(DI)と断層のダメージゾーンの変形様式と定量的な対応付けが可能となった。これにより、断層の変形様式を支配する強度・応力状態を指標化することができた。

- ・ボーリング調査でフローアノマリーとして検出される断層帯亀裂の透水性と DI の関係性を検討した結果、両者には十分な相関性が認められ、断層帯亀裂の潜在的な透水性の上限は、DI を用いた経験式によりある一定の幅を持って予測できる可能性を見出した。これにより、断層の透水性の潜在的な上限と指標との関係性の整理とモデル(経験則)を構築することができた。

- ・ボーリング孔を用いた断層を対象とした水圧擾乱試験の結果、新たにせん断変形が起ったり有効応力が低下しても、断層帯亀裂の透水性は DI の経験式の範囲を超えないことを確認した。これにより、原位置試験によるモデルを検証することができた。

⇒ 割れ目を有する堆積岩の長期的な透水性の変化を検討するために、岩盤の力学特性と透水性との関係性を整理する新たな指標を提案し、その指標の有効性を示すとともに、堆積岩中の亀裂の透水性の自己修復性に関する新たな知見を得るなど、地層処分の安全評価における母岩性能の評価手法を向上させる、重要な成果を創出することができた。

以上のように、幌延深地層研究所計画についても、我が国で初めての実際の地下環境における実規模での各種実証試験等を着実に実施することにより、必須の課題の目標を達成し、我が国の地層処分技術の基盤確立に貢献するとともに、岩盤の力学特性と透水性との関係性を整理する新たな指標の提案、大規模地下構造物の建設などの他の一般土木分野においても活用が期待される技術の創出(「(4)イノベーション創出への取組み」参照)を行ったと自己評価する。

第3期中長期計画期間中の研究開発における研究開発成果

評価結果（中間評価）

評価項目：(1)研究開発の進捗状況の妥当性

1) 深地層の研究施設計画 幌延深地層研究計画

<コメント>

- ・幌延における堆積岩固有の特性に対応した処分概念のオプションの実証、人工バリアの解析的かつ実験的検証等が精力的に実施され、地下研究所(URL)の存在感を示してきていることは評価できる。研究段階としては、様々な課題に積極的に対応しており、得られた成果も世界をリードするものである。
- ・実地下環境下において種々の実規模実証試験を着実に実施したことは、それ自体が顕著な成果であると評価できる。また、同時に行われた技術開発の成果も評価できる。今後は、実証試験にて得られた知見から課題点を抽出するなど、将来の処分実施に向けた整理を行い、その結果を関係機関と情報共有して頂きたい。
- ・人工バリア性能確認試験では、深度 350 m 調査坑道において実際の地質環境を模擬した処分孔縦置き方式における処分孔掘削、緩衝材、オーバーパック、坑道埋め戻し、力学プラグの設計、製作、施工及び品質管理手法が適用可能であることが確認された。これは地層処分が単なる机上の計画ではなく、実現可能な技術であることを示す有用で貴重な結果である。この分野で得られる成果は新奇性や独創性を重んじる論文などの形で公表することが難しいかもしれない。一方、結果の一部として、製作過程の映像が一部公開されており（原環センターHP）、こうして得られる結果を施設見学などと組み合わせるともっと積極的に公開することが、社会に地層処分のことを知ってもらうためにも望ましい。またこうして得られた知識を将来の実施主体に移転、継承するための工夫も期待したい。
- ・核種移行評価のための実効拡散係数、収着分配係数については、コア試料を用いた室内試験及び原位置トレーサ試験を通じて、泥岩における岩盤基質部及び割れ目部についてのデータを取得しつつあり、核種移行機構の理解と評価のためのデータベース整備が進んでいる。
- ・人工バリアの定置試験については横置き PEM について、エアベアリング方式による搬送及び緩衝材の狭隙部隙間充填の試験が実施されている。
- ・堆積岩における断層と透水性の関係について DI を関係づけるモデルが提案されている。現状では非常に粗いモデルのように思われるが、適用される岩種、断層の大きさ分布（累積三次元密度）と透水性の関係や堆積岩の圧密度による微細構造との関係などが整理されれば有効なモデルとなるかもしれない。
- ・地下環境での実規模での人工バリアなどの研究実施と、その成果を高く評価する。
- ・貴重な地下研究施設として、今後も研究を継続すると共に、国内外の研究者、関係者に広く活用されることを期待する。
- ・評価項目(4)及び(6)としても、実績を評価する。
- ・現地で人工バリア性能確認試験まで実施できたことは本当にすばらしい。
- ・実際に日本でも安全に地層処分が可能であることがわかったので、その空間を用いて、長期の安定性をどのように確認できるかを検討してほしい。

第3期中長期計画期間中の研究開発における研究開発成果 評価結果（中間評価）

- ・地層処分の可能性を国民にどのように示すかを検討して、どんどん外部に発信してほしい。
- ・幌延については、メタンガスの影響があることなど、地質条件が瑞浪と異なるサイトで物質移行の原位置試験もできたことは良かった。
- ・透水係数とダクティリティーインデックスの関係については、幌延のデータは割合相関性が良い。瑞浪の岩で同様なデータはとっていないのか？ また、透水量係数は透水係数に換算して示して欲しい。
- ・ボーリング孔での揚注水試験において、水圧挙動の変化などが割れ目の連続性の推定に役立つなどは良い結果と思う。
- ・地下研のデータは膨大になる。統計解析、パターン認識、機械学習の適用が考えられる。
- ・生データの開示を将来行うべき。そのために、生データの整理が必要。
- ・基盤研究の重要なベースとなるURL活用と今後の利用計画のあり方をより広く一般社会に広報・広聴いただくとともに、それにより社会が不安を抱いたり、処分事業への不信を感じたりすることのないよう、より一層わかりやすく納得感を醸成しうる情報公開のあり方を検討いただきたい。
- ・科学技術の進歩を止めないことは重要だが、現時点でも世界最高水準の安全品質で処分を実現できる我が国の基盤技術の充足度について、一般社会の納得感・安心感を指標としたその達成度を評価する等、現行の処分事業をめぐる情勢にも寄り添った価値観の提示を引き続き検討いただきたい。
- ・上記の課題認識は以降の他の評価項目についても同様と考える。

第3期中長期計画期間中の研究開発における研究開発成果 評価結果（中間評価）

評価項目：(1)研究開発の進捗状況の妥当性

2) 地質環境の長期安定性に関する研究

<評価の観点に関する実績・成果及び自己評価結果>

2) 地質環境の長期安定性に関する研究

（中長期計画）

自然現象に伴う地質環境の変化を予測・評価する技術を、地球年代学に係る最先端の施設・設備も活用しつつ整備する。

（成果のまとめ）

1. 調査技術の開発・体系化

- ・断層の活動性に係る調査技術については、断層破砕帯内物質中の石英粒子や粘土鉱物の表面構造の解析が、最近の断層運動の有無を推定する一助となることを示した。
- ・地殻構造の高空間分解能イメージング技術については、堆積層等の層厚分布を考慮した震源再決定により得られた震源分布と海域活断層の分布との比較により、解析手法の妥当性を示した（報告書取りまとめ中）。
- ・深部流体の分布に関する調査技術については、九州地方の前弧域における事例研究により、深部流体の存在を示唆する低比抵抗・低地震波速度体の検出手法の妥当性を確認した。

⇒段階的な処分地選定において必要となる、地質環境調査に関する基盤技術の整備を着実に進め、地質環境調査の信頼性向上に貢献できた。

2. 長期予測・影響評価モデルの開発

- ・稀頻度自然現象による地質環境への影響の評価技術については、2011 年東北地方太平洋沖地震の発生に伴う長期間の湧水も確認されている、福島県いわき市周辺で活発化した正断層型の群発地震活動域を事例とした地殻変動シミュレーションにより、その発生や周囲で生じる応力場や隆起には深部流体の存在が関与している可能性を示した。
- ・時間スケールに応じた地圏環境変動の予測技術については、地質環境長期変動モデルを開発するとともに、山地・丘陵の形成プロセス解明のための後背地解析のフローを整備した。後背地解析のフローの整備にあたっては、多試料の分析を客観的に実施して評価する手法の構築により、今までにない効率化をはかった。また、地質環境の変化を三次元的に表現できる数値モデルを構築するとともにアニメーション技術を用いてその時間変化を可視化し、専門的知見が簡単に理解可能なツールを作成した。

⇒長期的な地質環境の変化に関する現象理解を進めるとともに、地質環境の変化を三次元的に表現できる数値モデルの整備や可視化を行い、長期予測結果を利害関係者間で共有できるプラットフォームを作成することで、自然現象を発端とする変動シナリオの検討に資する環境を整備した。

3. 年代測定技術の開発

- ・ウラン系列放射年代測定法の実用化については、炭酸塩質の示準化石試料の局所分析によるU-Pb 年代測定に我が国で初めて成功した。

第3期中長期計画期間中の研究開発における研究開発成果 評価結果（中間評価）

- ・光ルミネッセンス(OSL)年代測定法の実用化については、土岐地球年代学研究所の [OSL 測定装置を用いた石英の OSL 年代測定技術を整備](#) するとともに、[OSL 年代測定の適用性を確認する手法を提示](#) した。
 - ・[アルミニウム-26\(²⁶Al\) 年代測定法](#)、塩素-36(³⁶Cl) 年代測定法、[ヨウ素-129\(¹²⁹I\) 年代測定法](#) の実用化については、それぞれの手法について着実に実用化を進め、年代測定の見通しを得た。
 - ・希ガス同位体を用いた地下水年代測定法の実用化については、[マルチコレクター型希ガス質量分析装置及び前処理装置を東濃地科学センター土岐地球年代学研究所に整備](#) した。
 - ・高分解能のテフラ同定手法の開発については、[北海道～東北地方を中心とした鮮新世以降のテフラカタログを整備](#) するとともに、[LA-ICP-MS を用いた火山ガラスの主成分・微量元素の同時分析に基づくテフラの同定手法を提示](#) した。
 - ・地質試料を対象とした年代測定法及び化学分析手法の高度化については、[自動グラファイト調製装置の導入による最適化](#) や、[キレート樹脂を用いた希土類元素の濃縮・回収法を導入し、化学分析の高度化を進めた](#)。
- ⇒地質環境の長期安定性評価における共通的基盤技術として、幅広い年代域($10^4 \sim 10^7$ 年)やさまざまな自然現象・試料に対応可能な年代測定手法の開発・整備を進め、断層の活動性、隆起・侵食速度の把握等の調査・評価技術開発に貢献した。

以上のように、2) 地質環境の長期安定性に関する研究においては、中長期計画に従った研究開発を着実に進め、実施主体が行う地質環境調査や安全評価のための技術基盤の整備に資する重要な成果を創出するとともに、炭酸塩鉱物の微小領域に着目した我が国で初めての年代測定技術に実用化の見通しをつけるなど、顕著な成果を得たと自己評価する。

第3期中長期計画期間中の研究開発における研究開発成果 評価結果（中間評価）

評価項目：(1)研究開発の進捗状況の妥当性

2) 地質環境の長期安定性に関する研究

<コメント>

- ・超長期の地質環境変化対応では、調査技術を磨くと同時に、影響評価モデルの開発に努めていて、理解しやすい。年代測定技術の開発に関しては、短期から超長期に至る時間軸の中で、様々な手法が提案されていることは心強い。こうした手法を組み合わせ、地質環境の長期的な評価が高度化され、不確実性を低減させて説得力を強化するように更なる検討を進めていただきたい。
一方、こうした成果が安全評価にどう反映されるか多少の説明があると分かり易い。
- ・地質環境の長期安定性の研究を行う上で不可欠な、調査技術及び長期予測・影響評価モデルの開発が着実に行われている。ここで開発した調査技術が「もんじゅ」での地質調査にも適用されるなど成果の波及効果も認められる。年代測定技術の開発では、様々な測定手法の開発・高度化・整備が着実に行われていると評価できる。今後はさらに実用化を進めるとともに、それら測定技術によって得られた新しい知見をもとにした、地質環境の長期安定性研究のさらなる進展を期待する。
- ・地質環境の長期安定性の問題は、一般的には、ある時間軸と空間軸で見たときに稀頻度事象として離散的に起こる事象が、より長期の時間軸とより広域の空間軸で見たときに一様継続的な変化とみなすことができるかという問題と理解できる。その一方で、ここで問題とする長期安定性は「地質環境」すなわち処分施設のおかれている環境である狭い空間領域について言われているのであって、影響が地質環境とは別の空間に限定されていると考えられる歪み集中帯について言われているわけではない。この問題についての人々の懸念は、一方では、様々な自然現象が生起する時間軸と空間軸が科学的に十分理解されていないということと、他方では「地質環境」や「長期安定性」について地層処分が考えている時間軸と空間軸を人々が十分理解していないことの両方に由来していると考えられる。
この意味で、「稀頻度自然現象による地質環境への影響評価」という課題設定は、この問題に対する人々の抱く不安と誤解に如何に応えるかを正しく理解した課題設定であり、それぞれの自然現象がどのような時間軸に沿ってどのような空間領域でどの程度進行しているかを示すための研究がなされており、多くの有用な成果が得られている。この課題は、地層処分の技術的成立性に対する信頼性の根幹にかかわるものであるので、さらなる研究の遂行と進展を期待する。
- ・断層の活動性に係る調査技術の成果など、長期安定性評価における共通的な技術基盤としての成果を評価し、研究成果の波及効果、応用にも期待する。
- ・今後は、実施主体の作業進捗とリンクした、研究開発目的の具体化を期待する。
- ・分析機器が整備されており、研究成果が上がっている。
- ・この分野の研究で「証明」(validation, verification)は難しいとは思いますが、予測や可視化した成果の信頼性を何らかの形で示せばより良い。

第3期中長期計画期間中の研究開発における研究開発成果 評価結果（中間評価）

- ・地震予知の難しさは、東日本大震災の結果、全国民の知るところとなった。このような研究の有用性評価について何からの視点を用意しておく必要がある。
- ・処分の安全を左右する地下水流動と地層の長期安定性の関係などは、問題にしている時間及び距離のスケールが違うことからリンクは難しいという主張は判るが、リンクしている事例を蓄積・提示することが必要である。

第3期中長期計画期間中の研究開発における研究開発成果 評価結果（中間評価）

評価項目：(1)研究開発の進捗状況の妥当性

3) 高レベル放射性廃棄物の地層処分研究開発

<評価の観点に関する実績・成果及び自己評価結果>

3) 高レベル放射性廃棄物の地層処分研究開発

（中長期計画）

深地層の研究施設計画や地質環境の長期安定性に関する研究の成果も活用し、高レベル放射性廃棄物の地層処分に係る処分システム構築・評価解析技術の先端化・体系化を図る。

（成果のまとめ）

1. 処分システムに関する工学技術の信頼性向上

- ・高塩濃度の地下水や酸性条件の地下水および環境条件が過渡的な期間における地下水水質の変化などを含めて、幅広い条件に対する人工バリアの適用性や堅牢性、長期的な挙動の推定に資するための基礎的情報が得られた。
- ・原位試験を活用して人工バリアの挙動に関する計測技術や連成現象解析技術の適用性を確認し、工学的規模でのオーバーパックの腐食や緩衝材の化学的挙動等に関してわが国で初めて連続的なモニタリングデータ等を取得した。
- ・岩盤の力学条件等に応じて配合選定が可能となる低アルカリ性セメントを用いた支保工の基本特性に関し、従来得られていなかったデータを整備した。
- ・堆積軟岩を対象に、坑道の設計に反映するための岩盤の力学挙動を評価する手法の確立に向けて、含水比が力学挙動に大きな影響を及ぼす等のデータを整備した。

⇒幅広い地質環境条件に対応した人工バリアや地下施設の設計に寄与する重要な成果を着実に創出し、処分事業に有用な基盤技術の整備を進めることができた。

2. 安全評価手法の高度化

- ・さまざまな地表・地質環境の変遷のうち、隆起速度と侵食速度が釣り合わない場合に想定される起伏の変化と、それによる処分場深度の時空間的な変化を、安全評価に取り込むことが可能となった。
- ・ニアフィールドの長期環境変遷や実際の地質環境の特徴を反映した緩衝材・岩石中の 核種移行モデルとデータベース、及びサイトが与えられた際の岩石中の核種移行や有機物・微生物等影響評価手法の構築と妥当性確認の手順を提示した。
- ・上記の研究開発を通して 収着データベース等の整備・拡充を進めるとともに、諸外国の最新知見も反映した最新の核種移行パラメータ設定手法を構築した。この成果は、原子力学会バックエンド部会論文賞を受賞するとともに、NUMOの包括的技術報告書(レビュー版)に反映された。

⇒地層処分システムの安全評価をより現実的に実施することに寄与する重要な成果を着実に創出し、NUMOが作成を進めているセーフティーケースに成果が反映されるなど、処分事業に有用な基盤技術の整備を進めることができた。

第3期中長期計画期間中の研究開発における研究開発成果 評価結果（中間評価）

以上のように、3) 高レベル放射性廃棄物の地層処分研究開発においては、中長期計画に従った研究開発を着実に進め、実施主体が行う処分システムの設計・安全評価等のための技術基盤の整備を行った。その成果は NUMO の包括的技術報告書にも反映され貢献できたことに加え、学会の表彰を受賞するなど顕著な成果を創出できたと自己評価する。

第3期中長期計画期間中の研究開発における研究開発成果

評価結果（中間評価）

評価項目：(1)研究開発の進捗状況の妥当性

3) 高レベル放射性廃棄物の地層処分研究開発

<コメント>

- ・高レベル放射性廃棄物の地層処分研究内容は、多岐にわたっており、あらゆることが関連性を持つてくる。各々の研究成果は良いものが多いが、研究内容が外部には見えにくいので、研究の位置付けや研究結果をどのように地層処分と結びつけて情報発信するか検討を進めておく必要がある。また、易しい解説を加えた発表をし続けることが国民の理解を得る最短距離ではないかと思う。
- ・幅広い条件下での人工バリアの適用性や堅牢性などの基礎的なデータが着実に収集され、それらが NUMO の技術報告書にも反映されるなど、高い成果を挙げていることが認められる。また、放射性核種移行の現象理解やデータベース開発などは、地層処分以外の放射性廃棄物処分事業にも寄与する成果であり、高く評価できる。
- ・人工バリア等の基本特性データベースについては、原位置及びより広い環境条件に対するデータベースが拡張されている。安全評価のためには、さらに深部流体やアルカリ影響下、沿岸部付加体堆積岩環境での条件に応じたデータベースの拡充が望まれる。また原位置試験を通じたこれらのデータの安全評価計算に対する有効性の確認が望まれる。
- ・人工バリアの長期複合挙動に関しては、室内実験からの外挿及び地質学的知見からの内挿のいずれもが有効でない時間軸での変化のため、これらの知見に加えて、対象とする現象理解が必要となる。オーバーパックの長期腐食挙動、原位置試験やナチュラルアナログを通じて岩石マトリクス部及び割れ目中の核種移行の適用性評価や深部地下環境下でのコロイド・有機物・微生物による影響評価など着実に研究が進められている。
- ・地層処分の安全性評価のための情報、データの取得、技術基盤の構築に係る成果を評価する。
- ・実施主体の報告書への成果の反映、学会での受賞などの実績を評価すると共に、成果が今後の原子力発電所の解体へ応用できるなどの貢献も評価。
- ・現地のデータが得られているので、それに対応した試験結果を求めるようにしてほしい。
- ・THM 解析だけでなく、THMC 解析でベントナイト中の塩分濃度が変化することも検討すべきではないか。
- ・自然界の環境の中でどのような人工バリアが必要かの設計ができる方向に進めてほしい。
- ・全般に良くやっておられると思うのですが、易動性の高い重要核種である Tc、Np や廃銀吸着材中のヨウ素についても更に試験を行って頂きたい。
- ・核種移行の解析コードはパイソンなどフリーの言語、あるいはC言語に載せ替えて、HP 上で公開する等、透明化に進んで頂く方向が好ましい。アセスメントの計算はクロスチェックが必要であるため。

第3期中長期計画期間中の研究開発における研究開発成果 評価結果（中間評価）

評価項目：(1) 研究開発の進捗状況の妥当性

4) 使用済燃料の直接処分研究開発

＜評価の観点に関する実績・成果及び自己評価結果＞

4) 使用済燃料の直接処分研究開発

（中長期計画）

海外の直接処分に関する最新の技術動向を調査するとともに、高レベル放射性廃棄物の地層処分研究開発の成果を活用しつつ、代替処分オプションとしての使用済燃料直接処分の調査研究に取り組み、成果を取りまとめる。

（成果のまとめ）

1. 使用済燃料の直接処分に関する工学技術の開発

- ・ガラス固化体での技術や経験を直接処分での人工バリア設計に適用できる見通しを得るとともに、使用済燃料の特徴や多様性に対応した設計事例を例示した。
- ・わが国における使用済み燃料の特性や地質環境条件に対して技術的に成立しうる地下施設の設計事例を示した。

⇒使用済燃料の特性や地質環境の多様性を考慮に入れた処分施設の設計検討等が着実に進められており、使用済燃料の直接処分の成立性の検討に資する重要な成果を創出した。

2. 使用済燃料の直接処分に関する安全評価手法の開発

- ・使用済燃料の直接処分では特徴的な放射性核種の燃料集合体からの溶出挙動（速やかな放出、ゆっくりした溶解）を性能評価で考慮するための重要なパラメータ（瞬時放出率と長期溶解速度）について、主に文献情報に基づく設定例を示した。
- ・使用済燃料の多様性や使用済燃料直接処分に特有な挙動に着目した評価手法等の検討として、モデル計算による使用済燃料の発生量の推定、線量評価結果の支配核種（C-14：半減期約 5700 年）に着目した処分容器の長寿命化の効果の把握等を行った。

⇒使用済燃料の直接処分に特徴的な性能評価パラメータの整備や、使用済燃料の多様性を考慮した評価手法の検討等が着実に進められており、使用済燃料の直接処分の成立性の検討に資する重要な成果を創出した。

以上のように、4) 使用済燃料の直接処分研究開発においては、中長期計画に従った研究開発を着実に進め、代替処分オプションとしての知見や技術が整備されてきたことに加え、人工バリアや処分場の設計技術等の成果の一部は、高レベル放射性廃棄物（ガラス固化体）の地層処分技術にも資する重要な成果を得たと自己評価する。

第3期中長期計画期間中の研究開発における研究開発成果 評価結果（中間評価）

評価項目：(1)研究開発の進捗状況の妥当性

4) 使用済燃料の直接処分研究開発

<コメント>

- ・「使用済燃料の直接処分研究開発」の事業目的、政策的位置付けは、国の方針の一画として明確にされており、外国に比べて後発である我が国の技術レベルを検証するために、研究開発が進められている。内容は、年度ごとに、先進的な研究開発、技術開発が付加されており、年々進歩が見られる。超深地層での処分については、幅広い英知を集めて技術的なフィージビリティスタディを今のうちにやっておけば、世界の最先端に出ることが出来る夢が残されている。
- ・使用済燃料の直接処分に関して、工学技術と安全評価手法の2つの観点から検討を加え、我が国における技術的に成立しうる地下施設の設計事例を示すとともに、文献情報に基づき重要なパラメータ(瞬時放出率と長期溶解速度)の設定例を示したことは、高く評価できる。今後、直接処分における我が国固有の課題の有無など、より詳細な検討を進められることを期待する。
- ・使用済燃料の直接処分については、ガラス固化体の処分との相違に着目して、直接処分の実現可能性について工学技術、安全評価の観点から研究がすすめられた。すなわち、工学技術の観点からは燃料集合体を収める廃棄体のサイズ、重量、発熱量、放射線量を考慮して、日本の一般的地質環境(岩盤の力学特性、地圧、水理・地質特性)下で可能となる設計要件を整理している。安全評価においては、二酸化ウランペレット内の結晶粒界を移行経路として早期に放出される核種の評価とともに二酸化ウランの溶解に及ぼす炭酸影響の評価を進めている。また直接処分での長期の線量に支配的寄与を及ぼす C-14 に着目して処分容器の長寿命化の効果の検討も行っている。
これらの結果は、日本においても使用済燃料の直接処分は可能であるとの見通しを与えるものであり、ガラス固化体の処分の代替オプションとしての選択肢を与えるものである。
- ・代替オプションとしての知見や技術の整備は、着実なものと評価する。
- ・実際に試験を行う環境が十分でないことは判るが、燃焼度の相異なる使用済燃料をどのように配置するのか、わが国の実環境での燃料からの放出インベントリをどう評価するのか、も含めて、取組み方について今後考慮されたい。

第3期中長期計画期間中の研究開発における研究開発成果

評価結果（中間評価）

評価項目：(1)研究開発の進捗状況の妥当性

1)～4)の全体評価

<評価の観点に関する実績・成果及び自己評価結果>

上記のように、1) 深地層の研究施設計画（超深地層研究計画及び幌延深地層研究所計画）、2) 地質環境の長期安定性に関する研究、3) 高レベル放射性廃棄物の地層処分研究開発、4) 使用済燃料の直接処分研究開発のすべての項目において、中長期計画に従った研究開発を着実に進め、実施主体が行う地質環境調査、処分システムの設計・安全評価等のための技術基盤を整備に資する重要な成果を創出しているとともに、各項目において、特筆すべき顕著な成果が得られていることから(1)全体の自己評価を「A」とした。

<評価の結果>

評価結果/ 評価指標 (いずれかに○ を記載するか 選択ください)	S：特に顕著な成果の創出や将来的な特別な成果の創出の期待等が認められる。 A 顕著な成果の創出や将来的な特別な成果の創出の期待等が認められる。(達成度 120%以上) B(標準)：成果等の創出に向けた着実な進展が認められる。(達成度 100%以上 120%未満) C：一層の工夫・改善の必要性が認められる。(達成度 80%以上 100%未満) D：抜本的見直しを含め特段の工夫・改善の必要性が認められる。(達成度 80%未満)	★★★★★★★★(8名) ★(1名)
---	---	----------------------------------

<コメント>

- ・中長期計画の中間段階としては、最終段階に期待できる成果が多く得られており、初期計画の目標の達成度は十分満たされている。基盤研究としては、目標を超えた成果も得られているが、実務への具体的な適用性などがあまり述べられていない。これらの成果の指針や他分野への反映には、コスト、法規、適用条件なども考慮した記述があってもよいのではないか。
- ・研究開発は着実に進展しており、評価は高い。ただし、長年にわたって地層処分研究を続けているが、研究と具体的な技術の実用化の間をどのように埋めるのか、成果を時間とともにどのような基準で評価していくか、国の方針との整合性を考えながら検討して整理しておく必要がある。
- ・1)～4)の項目のいずれにおいても着実に研究開発が進められている。それら成果の一部は NUMO の技術報告書作成に寄与するなど、将来の処分の実施に有益な内容であり、顕著な成果であると高く評価できる。
- ・研究開発は順調に進捗しており、特に瑞浪及び幌延の深地層研究施設においてはニアフィールドの地層処分技術開発に貢献する重要な成果が得られている。
- ・いずれの分野においても中長期計画に従った研究開発が着実に進められており、多くの分野で顕著な創出が認められる。

第3期中長期計画期間中の研究開発における研究開発成果 評価結果（中間評価）

- ・1)から4)すべての研究開発の成果を高く評価する。
- ・その研究開発成果は、地層処分の安全性と信頼性向上に資するものと評価できる。
- ・地層処分実現に向けて、研究成果の広範な公表、積極的な活用を期待する。
- ・特に地下研の目標達成度を評価するが、さらに広範な研究開発の場としての活用に期待したい。
- ・そのためにも、地下研の有用性を内外に広く広報すべきと考える。現時点での、評価項目（6）への貢献は高く評価する。
- ・計画された事項に対して十分成果が出ていると評価できる。
- ・自然を相手の研究は、色々な困難が生じるが、それに対して色々な対応して良い成果を出している。
- ・地層処分事業自体が現実的に進展していない状況下であることに鑑みるとサイトを定めない generic な研究開発にとどまらざるをえない。
- ・概要調査地域が定まった時に直ちに関係者が動けるための準備を行っているものと推察する。
- ・運営費交付金が抑制されている状況下で受託研究費により研究開発を維持しており、相応な成果は上げている。
- ・事業の進展があったときに対応できるよう評価技術を継続すると共に AI 等も利用して大量データを判り易く整理することも大切である。

第3期中長期計画期間中の研究開発における研究開発成果

評価結果（中間評価）

評価項目：(2)情勢変化に対応した研究開発の目的・目標、進め方などの見直しの
必要性（継続、変更、中止等の決定）

＜評価の観点に関する実績・成果及び自己評価結果＞

地層処分に関する基盤研究開発については、国が定めた「エネルギー基本計画」、「特定放射性廃棄物の最終処分に関する基本方針（以下、基本方針）」に則り、また、経済産業省の主導のもと設置された「地層処分基盤研究開発調整会議」において策定された「地層処分基盤研究開発に関する全体計画（以下、全体計画）」を念頭に進めて来ている。

現中長期計画の策定においては、平成25年3月に策定された「全体計画（平成25年度～平成29年度）」、及び平成26年4月に策定された第4次「エネルギー基本計画」に留意し、これらの中で新たに記載された、使用済燃料の直接処分研究開発を中長期計画の実施項目として設定するとともに、廃棄体の回収可能性に関連した技術開発への取り組みも進めてきた。また、平成25年から平成26年に行われた原子力機構改革において、深地層の研究施設での研究開発（地下研事業）を見直し、「必須の課題」への絞り込みを行っており、現中長期計画に反映している。

現中長期計画期間の開始後、平成27年5月に「基本方針」の改定が行われ、国及び関係研究開発機関の役割が改めて明示された。平成28年には、この「基本方針」に従い、「原子力委員会放射性廃棄物専門部会」によって関係機関の活動等に対する評価が実施され、研究開発の取り組みについては、技術評価のあり方、関係機関との連携等の観点において適切と評価された。また、同専門部会の評価に基づいて平成29年5月に「地層処分研究開発調整会議」が発足し、我が国全体としての地層処分研究開発計画の検討が進められ、平成30年3月に「地層処分研究開発に関する全体計画（平成30年度～平成34年度）」が策定された。原子力機構も調整会議のメンバーとして、技術基盤を整備していく立場から、その策定に積極的に関与、貢献した。なお、機構が中長期計画に基づいて実施している研究開発は、この全体計画と整合的なものとなっている。

また、平成26年から開始された、総合資源エネルギー調査会 地層処分技術ワーキンググループにおける「科学的有望地」の議論を受けて、平成28年に発足した「沿岸海底下研究会」においては、既往の基盤研究の成果を取りまとめて報告するとともに、研究会において抽出された課題については、平成28年度以降、関係研究機関と協力して取り組んでいる。

上記のように、現中長期計画は、その策定段階において、国の方針や原子力機構を取り巻く状況を適切に踏まえたものとなっていることに加え、研究開発の実施段階においても、常に国の動き等の外部情勢を把握するとともに、基盤研究を実施する研究機関として求められる役割を認識し、機構内外との必要な調整を行いながら適切に研究開発を進めて来ており、自己評価を「A」とした。

第3期中長期計画期間中の研究開発における研究開発成果

評価結果（中間評価）

評価項目：(2)情勢変化に対応した研究開発の目的・目標、進め方などの見直しの
必要性（継続、変更、中止等の決定）

<評価の結果>

評価結果/ 評価指標 (いずれかに○ を記載するか 選択ください)	S：特に顕著な成果の創出や将来的な特別な成果の創出の期待等が認められる。 (A) 顕著な成果の創出や将来的な特別な成果の創出の期待等が認められる。(達成度 120%以上) B(標準)：成果等の創出に向けた着実な進展が認められる。(達成度 100%以上 120%未満) C：一層の工夫・改善の必要性が認められる。(達成度 80%以上 100%未満) D：抜本的見直しを含め特段の工夫・改善の必要性が認められる。(達成度 80%未満)	★★★★★★★★(8名) ★(1名)
---	--	----------------------------------

<コメント>

- ・情勢変化に対応して、研究開発の目的、目標、進め方の見直しが適切に実施されており、中間評価の段階での自己評価は妥当。この評価期間に、社会の認識や評価が大きく変わったが、この面での対応があまり記述されていないように見受けられる。今後の課題としたい。
- ・地層処分研究開発は、基本的に国の方針に沿って実施されており、施策が変更になれば研究の方向も転換する。しかし、地層処分に関する研究内容は、地層処分事業を確実に、安全に実行するための信頼性向上、高度化のために行われる方向を向いており、根幹は変わらないとみている。「使用済燃料の直接処分」のような新しいテーマが出てきても、従来の研究成果に基づいての対応がなされており、研究の基本方針が変わるわけではない。時代、時代によって社会情勢も変わり、組織の改編もあるので、そうした付随的な変更には臨機応変に対処していくように、常に検討はなされていると考える。極めて大きな変更とは、処分事業の適地が決まり、事業がジェネリック段階からスペシフィック段階に移ったときと思われるので、その時は大変動が起こる。
- ・基盤研究を実施する研究機関としての役割を適切に認識した上で、機構内外との調整を行い、研究開発を進め、顕著な成果をあげていることは高く評価できる。
- ・閉鎖が決定された瑞浪超深地層研究所において、情勢変化に対応した閉鎖までの限られた時間内で最大限の研究成果を得る努力が認められ、また結果も出している点は、特に評価できる。
- ・この中長期計画期間においては、地層処分については、改訂された最終処分基本方針に基づき、実施主体が地層処分を推進する技術的能力を有していることを社会に対して示すことを当面の目標に掲げており、原子力機構はその科学技術的基盤を整備して提供する役割を担っている。設定されている中長期計画の研究開発目標は、その技術的基盤を整備することとその内容を社会に理解してもらう形で提示することに着眼している。技術的内容を非専門家に理解してもらうことは容易ではなく、その意味では結果の提示の仕方は必ずしも

第3期中長期計画期間中の研究開発における研究開発成果 評価結果（中間評価）

十分とは言えないが、研究開発の内容はこのことを意識したものとなっており、技術的に顕著な成果の創出が得られており、今後特別な成果の創出が期待できる。

- ・外部情勢の変化に良く対応し、研究機関としての役割認識、内外との調整も適切と評価する。
- ・情勢変化の中で、目的を持って研究を進めている事は良い姿である。
- ・地層処分研究開発調整会議などで主導的役割を果たしていることは評価できる。使用済み燃料直接処分方策の評価等の新たな課題に対しても第1次取りまとめを行う等の成果を得ている。

第3期中長期計画期間中の研究開発における研究開発成果

評価結果（中間評価）

評価項目：(3)効果・効用(アウトカム)の暫定的確認

<評価の観点に関する実績・成果及び自己評価結果>

研究開発成果は、国内外の学会発表、報告書類の刊行、論文投稿・掲載に加え、Web を活用した情報発信や、プレス発表を行い、積極的な成果の普及に努めることで、地層処分の技術基盤の整備・提供が着実に進められている。 ⇒資料 26-3 p8

NUMO が作成した「包括的技術報告書：わが国における安全な地層処分の実現性(レビュー版)」には、現在までに進めてきた、機構の多くの研究開発成果が活用されており、処分事業への貢献が行えている。また、NUMO と進めている共同研究の成果をまとめた [学術論文](#) が原子力学会バックエンド部会誌の論文賞を受賞する見通しとなった。これは共同研究による NUMO の技術力向上や、社会に実装されつつある原子力機構の開発した技術が優れたものであることを示すものである。⇒資料 26-3 p6

また、我が国全体を対象とした地質環境情報の整備結果等については、総合資源エネルギー調査会に設置された「地層処分技術ワーキンググループ」へ情報を提供することなどを通じて、平成 29 年 7 月に国が公表した「科学的特性マップ」の作成に資する基盤的な情報として活用され、国における議論の過程、結果に重要な役割、貢献を果たすことができた。 ⇒ 資料 26-3 p9

地質環境の長期安定性に関する研究においては、高速増殖原型炉「もんじゅ」敷地内破碎帯調査の支援において、上載地層法が適用できない断層調査に対して一つの指針を与える評価事例を示した(平成 29 年 3 月 15 日の原子力規制委員会において本調査結果が了承)。これは原子力発電所の再稼働に向けた安全審査など、地層処分以外の分野にも貢献できる特筆すべき成果である。 ⇒資料 26-3 p5

以上のように、処分事業等に活用可能な成果を創出するとともに、研究開発成果の提供により国の施策に貢献していることから、本項目についての自己評価を「A」とした。

第3期中長期計画期間中の研究開発における研究開発成果

評価結果（中間評価）

評価項目：(3)効果・効用(アウトカム)の暫定的確認

<評価の結果>

評価結果/ 評価指標 (いずれかに○ を記載するか 選択ください)	S：特に顕著な成果の創出や将来的な特別な成果の創出の期待等が認められる。 (A) 顕著な成果の創出や将来的な特別な成果の創出の期待等が認められる。(達成度 120%以上) B(標準)：成果等の創出に向けた着実な進展が認められる。(達成度 100%以上 120%未満) C：一層の工夫・改善の必要性が認められる。(達成度 80%以上 100%未満) D：抜本的見直しを含め特段の工夫・改善の必要性が認められる。(達成度 80%未満)	★(1名) ★★★★★★★(8名)
--	--	---------------------------------

<コメント>

- ・研究開発の成果が、中間評価の段階ではあるが、多方面に活用されていることは評価できる。当研究開発の最終段階では、成果が各分野の指針・ガイドライン等に積極的に活用されるように整備されることが望まれる。
- ・国が公表した「科学的特性マップ」は、地層処分事業の方向性を国民一般に示したもので、その技術的・科学的バックグラウンドは、主に JAEA などの研究が支えており、貢献度は高い。研究の成果は、種々の学会などへの投稿論文、機構内の学術レポート、広報誌などに公表されており、関連分野の研究の進展にも貢献していると考えられ、効果・効用は容易に推測される。
- ・国内外への成果発表等、成果の普及が着実に進められている。一方で、「もんじゅ」の地質調査への支援、及び NUMO の技術報告書において、ここでの研究開発成果が活用されていることは、本研究開発の高い効果・効用を示すものと評価できる。
- ・NUMO による「包括的技術報告書」の作成、資源エネルギー庁による「科学的特性マップ」の作成、原子力規制委員会による「もんじゅ」に関わる安全審査、などに、これまで蓄積された多くの有効な技術開発の成果を提供し、我が国の地層処分技術基盤の確立に多大な貢献をしていることが認められる。
- ・中長期計画の研究開発成果の多くは、2018 年 11 月に公表された NUMO の包括的技術報告に反映されている。特に、2 つの地下研を通じて得られた成果は、本中長期計画の期間のものに限られたものではないが、この報告書のもっとも重要な根幹を形作っている。2 つの地下研ではこれまで皆無に近かった地下の多くの情報が得られ、これらの地下研の建設・操業においては、地下の地質環境(処分施設を取り囲む地質学的環境特に水理地質環境)をどのように 3 次元的にモデル化し可視化していくかという繰り返しアプローチに基づく方法論が確立された。この方法論はそのまま、地層処分の段階的サイト選定における方法論として包括的技術報告書に提示されている。この成果は、地層処分を進めていくにあたって実施主体が確かに段階的調査を通じて安全の見通しのあるサイトを選定する能力があることを社会に示す最も重要なものであり、特に顕著な成果が創出されたと認められる。

第3期中長期計画期間中の研究開発における研究開発成果 評価結果（中間評価）

- ・報告書、論文、情報発信など適切と評価する。
- ・「もんじゅ」破砕帯調査支援における、評価事例の提示の貢献は大きい（評価項目（4）としても評価）。
- ・地下研の研究活動は土木学会からも賞を授与されているので、社会的に十分評価されている。

第3期中長期計画期間中の研究開発における研究開発成果

評価結果（中間評価）

評価項目：(4)イノベーション創出への取組み

<評価の観点に関する実績・成果及び自己評価結果>

瑞浪、幌延の深地層の研究施設や地層処分基盤研究施設(ENTRY)、地層処分放射化学研究施設(QUALITY)の実験施設を活用して、大学や研究機関に加え民間企業との協力・連携を進め、互いの知見、技術、評価手法等を相補的に活用し、効率的な研究開発を推進した(共同研究件数は、資料 26-3 p7 参照)。これらの成果は、地層処分技術の信頼性向上に寄与するとともに、地層処分以外の研究分野や工業技術分野等にも貢献している。

具体的な事例として、深地層の研究施設計画において開発された、湧水対策が困難な地質構造を地上から把握する技術((株)古澤地質)、高水圧下でも適用可能な湧水抑制技術((株)清水建設)、3次元レーザースキャナを活用した坑道壁面の観察及びデータの解析技術(室蘭工業大学)、坑道内の3次元メタンガス濃度分布可視化システムの開発とメタンガス濃度の断層構造との関係性の整理((株)地層科学研究所、大成建設(株))、地下施設建設にともなう周辺岩盤(掘削影響領域)の地質環境の変化を調査する新技術((一財)電力中央研究所)等については、大規模地下構造物の建設などの他の一般土木分野においても活用が期待される。

また、瑞浪超深地層研究所における 深度 300メートルの花崗岩中で採取した地下水中の微生物に関する研究(東京大学)によって、マグマ由来のメタンをエネルギー源とする微生物から成る生態系が存在することを新たに発見した。これは光合成生物が誕生した 35 億年以前の太古の地球でも、花崗岩が生物活動を育む場であった可能性を示す等、生命発生の場に関する新たな知見である。他にも、土岐花崗岩を対象として、マグマが結晶質岩へと冷却される際の温度時間履歴の相違を明かにし、それと結晶質岩内の割れ目分布の関係を明らかにした新しい発見(山形大学、(株)京都フィッシュン・トラック、東京大学、熊本大学)や、地質環境の長期安定性研究の一環として進めている年代測定技術の開発においては、炭酸塩鉱物の微小領域の年代の測定を可能とする新たな分析技術の開発(海洋研究開発機構、(株)京都フィッシュン・トラック、東京大学、学習院大学)など、地層処分のみならず学術研究の分野にも大きく貢献した(カッコ内は協力・連携先組織名)。

さらに、高速増殖原型炉「もんじゅ」敷地内破砕帯調査の支援において、上載地層法が適用できない断層調査に対して一つの指針を与えうる評価事例を示したことも、原子力発電所の安全審査にも活用可能な成果である。

上述のとおり、大学や研究機関等との協力・連携の観点、他分野への応用・展開の観点においても、実効的な取組が行われ、顕著な成果が得られていると判断できることから、自己評価を「A」とした。

第3期中長期計画期間中の研究開発における研究開発成果

評価結果（中間評価）

評価項目：(4)イノベーション創出への取組み

<評価の結果>

評価結果/ 評価指標 (いずれかに○ を記載するか 選択ください)	S：特に顕著な成果の創出や将来的な特別な成果の創出の期待等が認められる。 (A) 顕著な成果の創出や将来的な特別な成果の創出の期待等が認められる。(達成度 120%以上) B(標準)：成果等の創出に向けた着実な進展が認められる。(達成度 100%以上 120%未満) C：一層の工夫・改善の必要性が認められる。(達成度 80%以上 100%未満) D：抜本的見直しを含め特段の工夫・改善の必要性が認められる。(達成度 80%未満)	★★(2名) ★★★★★★(6名) ★(1名)
--	--	--

<コメント>

- ・研究開発の目標へ向けた成果が、様々なイノベーションを創出していることは評価できる。イノベーションのスケールがやや小振りであることが気になるが、限られた研究期間内であり、社会や国策などの情勢変化に対応した、スケールの大きなイノベーションを目指すための基盤形成の技術としては、大いに評価できる。
- ・各種の研究開発業務からいろいろな手法の開発、技術の進展、解析手法の高度化が見られる。具体的には、多くの研究論文・研究報告に記載されており、外部研究機関との共同作業の結果も多く、科学者・技術者としての矜持を保っていることは心強い。
- ・大学や他の研究機関、民間企業と協力・連携の上で、種々の技術開発を行っており、それらは地層処分事業に貢献するだけでなく、他の学術研究にも波及効果のある内容であることから、イノベーション創出の観点から顕著な成果があげられたと評価できる。
- ・特に、ニアフィールドにおける物質移動の遅延に「微生物による還元的環境の創出」、「コロイドによる核種元素の吸着の可能性」が大きく貢献し得ることを明らかにした点は、地層処分のみならず極限生物学など他分野への波及効果も大きく、理学的イノベーションの創出として高く評価できる、
- ・本研究開発は、未だ十分な知識のない地下の地質環境の長期の変遷を予測することを目標としている。地層処分は未だ実現されていない技術であり、地下深部は未踏の領域であり、数十万年の時間枠における自然の事象の変遷もまた未知の領域である。これ等の時間窓、空間窓は、これまでの科学が対象としてこなかった領域であり、内挿も外挿も事象の理解なしに単純には適用できない。この時間枠、空間枠の特殊性が、社会とのコミュニケーションの不備をもたらしている。この分野で得られる知識は実はどれもが「新奇な」知識であり、新たな知識が「創出」されたと考えるべきものである。
- ・協力・連携、他分野への応用・展開ともに、成果は顕著である。
- ・特に、深度 300mの花崗岩中で採取した地下水中の微生物に関する研究(瑞浪)は、興味深い。

第3期中長期計画期間中の研究開発における研究開発成果 評価結果（中間評価）

- ・他機関との共同研究や地下研を研究の場として提供することにより成果を挙げている。今後の地下研の取り扱いにより処分事業開始のめどの立つ前にこのような研究と検討の場が失われることについて懸念を感じる。文科省への働きかけを続けられたい。

第3期中長期計画期間中の研究開発における研究開発成果

評価結果（中間評価）

評価項目：(5)国内外他機関との連携の妥当性

<評価の観点に関する実績・成果及び自己評価結果>

【国外機関との協力】(資料 26-1 p10、資料 26-3 p7)

国際機関([OECD/NEA](#)、[IAEA](#))における諸活動に対しては、我が国を代表する研究機関として、最新の国際動向を把握するとともに、現在までの研究開発で蓄積してきた成果や経験に基づいて応分の責任を果たす観点から、各種委員会やフォーラムに参加するとともに、セミナーの誘致等を行ってきている。

研究協力については、国際水準の技術力の維持向上、機構の研究機関としての中長期的な視点に立った国際的な人脈形成や機構内の人材育成等の観点を念頭におきつつ、国内で実施中の研究開発との相互補完的な役割を重視して、参加すべきプロジェクトの取捨選択を行ってきている。

具体例として、[国際共同プロジェクト\(DecoValex\)](#)においては、[幌延での人工バリア試験](#)及び瑞浪での[再冠水試験の設計条件や観測結果を国際的なベンチマーク解析の課題として提供](#)することで、外部の研究資源も活用した高い品質レベルの成果の創出につながっており、両地下研における試験研究の価値を高めるとともに、研究開発の効率化の観点からも有効な取組となっている。[スイスグリムゼル地下研究施設](#)における国際共同プロジェクト([長期拡散試験\(LTD\)](#)、[長期セメント試験\(LCS\)](#)、[コロイド形成移行試験\(CFM\)](#))では、放射性トレーサの利用など国内では実施不可能な研究成果を得られるとともに、これらの知見を国内の地下研等で実施中の試験研究の結果と統合することで、成果の最大化を目指した研究開発が進められている。

なお、スイスグリムゼル地下研究施設における国際共同プロジェクトについては、NUMO との共同研究の枠組みを活用し、共同チームとして参画しており、機構の研究者と NUMO の技術者が協働することを通じて、機構の知識や経験を NUMO に技術継承することにも寄与できている。

さらに、アジアの近隣諸国との関係では、韓国とは KAERI との技術検討会議等の継続、韓国放射性廃棄物学会主催の地下研ワークショップでの招請講演、東濃地科学センターにおける韓国電力公社国際原子力大学院の講義及び実習を行った。また、台湾とは先方からの求めに応じて、台湾電力、核能研究所等との情報交換やセミナーでの講演等を行っており、2017 年に台湾電力が作成した地層処分に関する性能評価報告書(SNFD2017)の国際レビューに機構職員が参加するなど、当該地域において先導的な役割を果たすべき研究機関として、相応の貢献をしてきている。

【国内機関との協力】(資料 26-3 p7)

地層処分技術に関連した研究開発を進めている電中研及び原環センターとは研究協力協定を有し、定期的な会合によりそれぞれ機関での研究開発の状況や協力の状況を確認しながら研究協力を進めて来ている。電中研とは、瑞浪での原位置トレーサ試験、幌延における掘削影響領域の観測技術の開発、両地下研での地下水年代調査技術、東海の研究施設を利用した核種移行に対するコロイド影響の確認試験等について、原環センターとは、幌延での搬送・定置試

第3期中長期計画期間中の研究開発における研究開発成果 評価結果（中間評価）

験、両地下研での地中無線によるモニタリング、東海におけるオーバーパックの腐食研究等で多くの成果が創出されている。

平成27年度以降は、資源エネルギー庁の委託事業を電中研、原環センター及び産業技術総合研究所と共同で受託するなど、それぞれの組織が有する人材、知識、設備を相互補完的かつ効率的に活用し、我が国の地層処分に関する基盤研究全体の最大化に向けた努力をしてきている。

大学及び民間企業との協力においても、既に多くの先端的な成果が創出されている（「(4) イノベーション創出への取組み」参照）ことに加え、引き続き、外部の研究者と共同で科学研究費の申請を積極的に進めるなど、新たな協力の枠組みの構築と成果の創出に努めている。

また、平成23年度から核燃料サイクル工学研究所（茨城県東海村）において開始した NUMO との共同研究については、平成28年度より東海の研究施設に NUMO の若手技術者を研究協力員として受入れ協働することを通じて、技術の継承と人材育成にも貢献してきている。成果は国内外の学会での発表や [学術論文](#) として発信してきており、この共同研究の一環として実施した、最新の核種移行パラメータ設定手法の構築については、[NUMO の包括的技術報告書](#) にも反映することができた。

上記の通り、応分の国際貢献を行うとともに、国際共同プロジェクトへの参画や、国内外の研究開発機関等との共同研究を積極的に進め、研究資源の相互補完的な活用を進め、全体として効率的かつ効果的な研究開発成果を創出し、研究成果の最大化が図られていることから、本項目についての自己評価を「A」とした。

第3期中長期計画期間中の研究開発における研究開発成果

評価結果（中間評価）

評価項目：(5)国内外他機関との連携の妥当性

<評価の結果>

評価結果/ 評価指標 (いずれかに○ を記載するか 選択ください)	S：特に顕著な成果の創出や将来的な特別な成果の創出の期待等が認められる。 (A) 顕著な成果の創出や将来的な特別な成果の創出の期待等が認められる。(達成度 120%以上) B(標準)：成果等の創出に向けた着実な進展が認められる。(達成度 100%以上 120%未満) C：一層の工夫・改善の必要性が認められる。(達成度 80%以上 100%未満) D：抜本的見直しを含め特段の工夫・改善の必要性が認められる。(達成度 80%未満)	★★★(3名) ★★★★★(5名) ★(1名)
--	--	--

<コメント>

- ・国内外の諸機関との共同研究が急速に広がっており、また連携の意欲と成果も見えてきた。自己評価以上の成果が期待される。なおイノベーションとも関連づけて、多様なベンチャー企業を活用した共同研究が容易にできる仕組みをつくることも望まれる。
- ・国内外を問わず、連携は手間もかかるが成果が出やすい。協働作業にいて外部の目が入ると、思わぬところで発見があるので、外部連携は積極的に進めていただきたい。その点、JAEAの姿勢は昔から外国との情報交換が活発で、国際機関の活動にも積極的に参加してきている。国内連携は徐々に進んでいるが、連携が外部からわかりやすいように、連携でどのような成果が出ているのかを解説して分かり易く示した方が良い。
- ・国内外の機関と積極的な研究協力を行うなかで、国際的にも貢献する活動となっている点、また外部資金獲得を目指した他の機関との連携が成功に至っている点などは高く評価できる。さらに、人的交流も着実に進められ、研究成果につながっていることから、顕著な成果であると評価できる。
- ・地層処分は国全体として、その研究開発における役割分担を地層処分研究開発調整会議で行っており、地層処分に関係する機関同士は密接に連携している。また地層処分の実現は国内に限らず、世界の多くの国の課題となっており、各国の機関や国際機関(NEA等)とも常に密接に連携しながら研究開発が遂行されている。JAEAの有する2つの地下研については、さらに国際共同プロジェクトにおける利用などがなされていればよかった。
- ・国際共同プロジェクトでの成果の創出を評価したい。
- ・国内大学、民間企業との協力についても、成果の創出、学会発表、論文発信も評価できる。
- ・国内の機関とは連携しているが、海外の機関に対しては予算も少なくなったのか弱くなっていると考えられる。
- ・国際機関、国内機関との協力は、近年従来と比べて格段に進歩している。今後とも他機関との連携を深めてオールジャパン体制で地層処分研究を進めていただきたい。
- ・国内外の研究機関や地層処分実施主体との共同の取り組みを行っている点は評価できる。地下研での国際的な共同研究において主導的な取り組みができれば尚よい。

第3期中長期計画期間中の研究開発における研究開発成果 評価結果（中間評価）

- ・スイスグリムゼル地下研究施設における国際共同プロジェクト等について NUMO との共同チームとして協働を通じて、プロジェクトの推進の目的はもとより技術継承や人材育成の面で、日本の地層処分技術を維持発展させている成果は大きい。
- ・日本の地層処分の研究開発の中核機関として、特に関係機関と連携した取り組みは、技術継承や人事育成の面で重要な取り組みである。
- ・日本の地層処分技術は世界、特にアジア域の国々にとって先進的であり、国際的な活動は国際貢献の面で意義・効果が大きい。

第3期中長期計画期間中の研究開発における研究開発成果

評価結果（中間評価）

評価項目：(6)国民との相互理解促進及び人材育成に関する活動の妥当性

<評価の観点に関する実績・成果及び自己評価結果>

国民との相互理解の促進の活動として、2つの深地層の研究施設を積極的に活用し、定期施設見学会を開催しており、見学後や説明後に地層処分技術に関する理解が深まったなどの意見をいただいている。関係自治体や報道機関への施設公開などを進めるとともに、NUMOが主催する一般の方々を対象とした見学会に協力した。外部機関が主催する科学イベント等に出展し、子どもをはじめとした広い年齢層に科学や地層処分について興味や関心をもってもらう活動を展開した。国やNUMOが主催するシンポジウム及び意見交換会等に研究者・技術者を派遣し、一般の方々や専門家、報道関係者等の参加者と意見交換を行い、地層処分に関する相互理解促進のための活動に協力している。

人材育成への貢献として、スーパーサイエンスハイスクールへの講師派遣、東京大学大学院工学系研究科原子力専攻(専門職大学院)(H27年度3回、H28年度3回、H29年度3回、H30年度3回)および連携大学院での講義(H27年度3回、H28年度3回、H29年度3回、H30年度3回)、夏期実習生の受け入れ(H27年度10人、H28年度10人、H29年度7人、H30年度18人)、特別研究生の受け入れ(H27年度1人、H30年度1人)に加え、[文部科学省国際原子力人材育成イニシアティブ事業](#)（オープン教材の作成・活用による実践的バックエンド教育(H26-29)）への協力等を行った。平成30年度には、関係する研究開発機関と共同で地層処分に関する「平成30年度人材育成セミナー」を開催した。

また、NUMOとの共同研究の枠組みでNUMOの若手技術者を東海の研究施設に受入れる等、実施主体の人材育成にも貢献した。さらに、国際機関が主催するセミナーの開催や国外の大学院の講義・実習の受け入れなど国外の人材の育成にも貢献した(「(5)国内外他機関との連携の妥当性」参照)

以上のように、国民との相互理解促進のための活動を積極的に展開するとともに、機構が有する研究設備、人材、研究開発成果を活用し、次世代の地層処分研究開発を支える人材の育成にも積極的に貢献が行えていることから、本項目についての自己評価を「A」とした。

第3期中長期計画期間中の研究開発における研究開発成果

評価結果（中間評価）

評価項目：(6) 国民との相互理解促進及び人材育成に関する活動の妥当性

<評価の結果>

評価結果/ 評価指標 (いずれかに○ を記載するか 選択ください)	S：特に顕著な成果の創出や将来的な特別な成果の創出の期待等が認められる。 A：顕著な成果の創出や将来的な特別な成果の創出の期待等が認められる。(達成度 120%以上) B(標準)：成果等の創出に向けた着実な進展が認められる。(達成度 100%以上 120%未満) C：一層の工夫・改善の必要性が認められる。(達成度 80%以上 100%未満) D：抜本的見直しを含め特段の工夫・改善の必要性が認められる。(達成度 80%未満))	★★★★ (4 名) ★★★★★ (5 名)
--	---	--

<コメント>

- ・自己評価の内容を地道に行い、当初目標を十分満たしている。機構が有する研究施設、人材、研究開発成果を活用した積極的な活動・努力が認められる。自己評価は妥当。
- ・地層処分研究の重要性は、専門家には十分理解されているが、これが国民一般となるととても心許ない。宇宙の研究などと比較すると国民の関心の高さは比べものにならない。担当部局・部署の努力には敬意を表するが、何十年にわたって処分事業の停滞が続いている現状の打破に、地層処分研究がどのような貢献をするか、事業主体である NUMO とともに取り組み方の革新を考える時期に来ているのではないのでしょうか。
- ・こうした停滞感が人材育成にも影響を及ぼしていると思われる。モチベーションのアップには、何が必要なのでしょう。
- ・地下研究施設の一般公開に加えて、地層処分の理解活動に積極的に研究者・技術者を派遣しており、理解促進への貢献は高い。学生の受入、大学等への講師派遣も多数実施しており、人材育成の観点からもこれらの活動は高く評価できる。
- ・努力の跡は認められるが、国民の間に地層処分への理解が十分に深まったとはいえないのではないかと。特に国民との相互理解促進のための普及教育事業や人材育成は重要性が高い。これまで十分とはいえない分、今後の進展に期待したい。ただし、国から研究資源のこの方面への特別な配分が必要であろう。
- ・地層処分技術は国民にとっては未だに馴染みのない技術であるので、座学だけでは得られない知識を得られる場所として、2つの深地層の研究施設の見学会は、地層処分技術に関する国民の理解の促進に非常に重要な役割を果たしている。また、地層処分が社会に受け入れられないのは、人々にとって地層処分が馴染みのない技術であるためとして、国及び NUMO はシンポジウムや意見交換会、対話型全国説明会を開催しているが、JAEA はこれに研究者・技術者を派遣している。さらにはスーパーサイエンスハイスクールや連携大学院、人材育成事業、各種セミナー等への講師派遣や国内外の学生等の受け入れなどを積極的にかつ活発に活動している。

第3期中長期計画期間中の研究開発における研究開発成果 評価結果（中間評価）

- ・国民との相互理解活動の実績は評価するが、さらに機構独自の企画による、地層処分研究開発に係る主催活動の実施を期待したい。
- ・人材育成への貢献実績は、評価できる。
- ・地下研の施設公開の成果は、高く評価できる。
- ・人材育成と言う大きな課題に対して、良い成果を出しているということは、それぞれの人材が高度に進化していると考えられる。
- ・今回の評価では機構の地下研等の施設を生かした理解促進活動等の成果があるので評価できるが、概要調査にも進めていないことに関係機関の一端を担う JAEA において、強い危機感が必要である。処分事業そのものの進展が著しく遅いことから、今後の国民の相互理解促進に機構として更に力を注ぐことが求められること、また技術継承のための人材育成に更に尽力して頂く必要があることに注意されたい。
- ・一般社会にどう「伝わった」状況が期待事項であるか、指標を改善していくとともに、結果指標にもとづく改善策を実行してみた有効性についても今後は端的に評価いただきたい。
- ・技術開発、処分事業をめぐる諸関係機関の人材確保について、5機関研修の継続・拡張の他、人材増加への抜本的な改善策の検討を引き続き関係者とともに進めていただきたい。

第3期中長期計画期間中の研究開発における研究開発成果 評価結果（中間評価）

評価項目：(7)研究資金・人材等の研究開発資源の再配分の妥当性

<評価の観点に関する実績・成果及び自己評価結果>

研究資金については、運営費交付金が縮減され厳しい状況である中、資源エネルギー庁委託事業等の外部からの研究資金の積極的な導入を進めた。

研究開発の実施にあたっては、深地層の研究施設計画においては、「必須の課題」への絞り込みを行うなど、研究課題の重点化により、限られた研究開発資源を有効に分配している。加えて、国内外との共同研究等により、外部の研究資源を活用することで効率的な成果の創出を行っている（「(5) 国内外他機関との連携の妥当性」参照）。

なお、幌延深地層研究センターにおいて、平成22年度より、研究施設の建設、維持管理および研究開発に関する業務の一部を、民間資金等活用事業（PFI事業）によって実施しており、これにより、費用削減（約90億円）と期間短縮（3年間）が行えた。

限られた研究資源の中で、外部資金の導入や外部の研究資源の活用、資源の分配が妥当に行えていることから、本項目についての自己評価を「B」とした。

<評価の結果>

評価結果/ 評価指標 (いずれかに○ を記載するか 選択ください)	S：特に顕著な成果の創出や将来的な特別な成果の創出の期待等が認められる。 A：顕著な成果の創出や将来的な特別な成果の創出の期待等が認められる。(達成度120%以上) B(標準)：成果等の創出に向けた着実な進展が認められる。(達成度100%以上120%未満) C：一層の工夫・改善の必要性が認められる。(達成度80%以上100%未満) D：抜本的見直しを含め特段の工夫・改善の必要性が認められる。(達成度80%未満)	★★(2名) ★★★★★★(7名)
--	--	------------------------------

<コメント>

- ・研究資金・人材とも縮小する中で、成果を上げていることは評価できる。民間資金の活用なども徐々に成果をあげている。最終段階の成果に向けて資金、人材などの調達と運用の成果が期待される。
- ・事業の重要性に鑑みて、資金は継続的かつ安定的に供給されるべきである。我が国の基礎研究資金が細っていく中、ジェネリックな観点からの地層処分研究は、エネルギー政策と関連して、その位置付け、極めて重要である事業の必然性を常に訴えていくべきであろう。安定的かつ継続的な資金の供給があつてこそ、基礎研究の充実が図られることは、常々様々な提言でも言及している。
- ・外部資金を積極的に導入して活用している点、また限られた人員も適切に再配分して、顕著な研究成果をあげていることは、高く評価できる。

第3期中長期計画期間中の研究開発における研究開発成果 評価結果（中間評価）

- ・限られた研究資源を有効に再配分することは重要であるが、他機関との連携を深める中で外部研究資源の獲得に努力し、研究資源のパイ自体を大きくすることは必要であろう。
- ・研究資金については、運営費交付金のほとんどが地下研施設の維持管理費に使われ、研究開発は資源エネルギー庁委託事業等の外部からの研究資金に頼らざるを得ず、研究開発内容も地層処分研究開発調整会議で設定されたものに限定されざるを得なかった。調整会議での議論により重要な研究開発課題が選定されているので研究開発資源はこれに振り当てられているが、その一方で、自らが国の基盤的研究開発機関として、より大局的に重要と考える研究課題に取り組むことができず、いわゆる基礎研究が疎かにならざるを得なかったのではないかと懸念される。運営費交付金の不足は、この部門の努力で充足できるものではないので仕方がないが、国全体としては、現在必用とされて多くの資金が投入されている廃炉や廃止措置も、結局は処分場がなければ遂行できないことを政策決定者に知っていただきたい。
- ・厳しい状況下での、外部資金導入、有効配分などの努力を評価する。
- ・外部資金導入には、さらなる工夫が必要と考える。
- ・限られた予算の中で努力しておられると判断した。優秀な人材確保のために、今後の業務の有り方や予算獲得について更に検討を重ねられることを期待する。

第 3 期中長期計画期間中の研究開発における研究開発成果 評価結果（中間評価）

(1)～(7)の総合評価

<評価の観点に関する実績・成果及び自己評価結果>

- ・中長期計画に従った着実な研究開発を進め、地層処分技術の信頼性向上に寄与するとともに他の分野への科学的・技術的貢献が期待できる顕著な研究開発成果を創出した。研究開発の実施に当たっては、事業の受託、共同研究等を積極的に進め、これらを相互補完的に活用することで、全体として効率的かつ効果的な成果の創出、最大化を図った。
 - ・国が設置したワーキンググループへの参加協力を通じて、基盤的な研究開発成果を提供し、「地層処分研究開発に関する全体計画(平成 30～34 年度)」の策定や国による「科学的特性マップ」の公表(平成 29 年 7 月)に貢献できた。
 - ・共同研究を活用した NUMO の技術力強化、深地層の研究施設等の活用に加えて機構内外主催のイベント等により国民との相互理解促進を積極的に進めるなど、研究開発成果の最大化の観点から顕著な成果を得た。
- 以上のことから、総合評価(自己評価)を「A」とした。

<評価の結果>

評価結果/ 評価指標 (いずれかに○ を記載するか 選択ください)	S : 特に顕著な成果の創出や将来的な特別な成果の創出の期待等が認められる。 (A) : 顕著な成果の創出や将来的な特別な成果の創出の期待等が認められる。(達成度 120%以上) B(標準) : 成果等の創出に向けた着実な進展が認められる。(達成度 100%以上 120%未満) C : 一層の工夫・改善の必要性が認められる。(達成度 80%以上 100%未満) D : 抜本的見直しを含め特段の工夫・改善の必要性が認められる。(達成度 80%未満)	★★★★★★★★(8 名) ★(1 名)
---	---	-----------------------------

<コメント>

- ・中長期の研究開発の目標達成へ向けて、中間評価の段階ではあるが、各研究開発項目に初期目標を上回る成果の達成が見込まれる。資金、人材が減少傾向の昨今ではあるが、成果の充実を期待したい。今後の研究開発へ向けての項目の重点化では、安全のハード的な技術の他に、社会の安心を醸成するソフト的な安心の技術の重点化も重要。また民間資金と人材の活用では、ベンチャー企業との共同研究を容易にする仕組みづくりも望まれる。
 - ・処分技術の高度化と信頼性向上という目標に向かって、年々成果が蓄積されており、実績は上がっていることは評価できる。しかし、具体的なゴールが見えない中で、どのようにモチベーションを維持していくか、オープンな議論が継続されるべきである。
- 研究面での学会発表を通じた地層処分の信頼性向上、進展した技術の NUMO への移転、海外からの関連分野研究者からの認知度確認などがしっかりとなされることが重要であろう。

第3期中長期計画期間中の研究開発における研究開発成果 評価結果（中間評価）

事業化ということであれば、NUMO との緊密な連携が望ましいが、その点は出発時点からあまり重視されていない。今年度の成果も、事業化に向けて NUMO にどのような成果受け渡しが行われるのか不明である。

成果の取りまとめに関して、全般的に時間的余裕がない。今後の発展を考えると、中間段階のスケジュールの見直しがあってもいいのではないか。（一旦取りまとめた後の見直し期間を設けることもありうるか）

長年にわたる研究で膨大なデータが蓄積されてきている。データベースの構築などが提案されているが、どのように有効利用すべきか、一定期間ごとのまとめでデータの活用についても議論しておくのがいいのではないか。

- ・地層処分における基盤研究を実施する研究機関としての役割を果たし、技術開発成果を提供することで、国や NUMO に貢献している点は高く評価できる。国民の理解活動や人材育成も積極的に進めていることから、将来的にも顕著な成果の創出が期待できる。将来の地層処分の実施を見据えた基盤研究の在り方を常に意識して、今後も研究開発を進めて頂きたい。
- ・地層処分技術の研究開発の中核として長い伝統と高い技術力を有する JAEA が果たしてきた役割はきわめて重要である。これまで蓄積されてきた膨大なデータや技術を NUMO や規制サイドに提供するとともに、これまで以上に有効に利用できるようにして欲しい。地層処分技術イノベーションの中心としての JAEA の役割に期待するところは大きい。
- ・中長期計画において得られた成果は、NUMO の包括的技術報告（2018 年 11 月）の中心的内容として反映され、国が設置したワーキンググループへの参加協力を通じて最終処分法基本計画の改定、WG 報告書及び科学的特性マップに貢献している。すなわち、JAEA の研究開発成果は、地層処分に関する政策の策定に関する科学・技術的基盤の中心的部分を占めており、その貢献は高い評価に値する。
- ・研究開発への努力、成果の創出を、総合的に高く評価する。
- ・地層処分は原子力事業の中で必須の事業であり、原子力発電所の再稼働においても地元では廃棄物の行く先（の無いこと）が問題にされる。その一方で原子力発電そのものとは異なり、地層処分事業は天然現象の中での長期のプロセス安全性が強く求められる。その点では原子力関連で極めて特異な分野である。JAEA における地層処分に係る研究開発では、分野融合的なアプローチが強く求められるが、各分野の開発努力を統合して成果を挙げられたと評価する。今後の研究開発については地下研の取り扱いによって変化する部分があるとみられ、また国民理解の取組みと技術継承が課題である。
- ・基盤研究は根本的な安全品質を確保・改善する技術ベースとして、今後の諸開発に対しても文字通り基盤となるものである。それ故、将来の安全規制の論拠としても重要なデータベースとすべきものとも考えられ、不合理な規制化につながらないよう、スコープ、手法、結果、品質、それらの妥当性・充足性の観点からも基盤研究に対する必然性と価値観について、日々検討を進化・深化していただきたい。

2018 年 10 月 1 日

深地層の研究施設計画検討委員会
委員長 殿

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 地層処分研究開発推進部
部長 清水 和彦

深地層の研究施設計画における必須の課題成果取りまとめの評価について
(依頼)

当機構の深地層の研究施設計画に関しましては、日頃より格別のご尽力を賜り厚くお礼申し上げます。

この度、当機構では、第3期中長期計画期間の当初5カ年（2015～2019年度）に実施される深地層の研究施設計画における必須の課題成果を取りまとめる運びとなりました。

つきましては、本年度に開催される貴委員会において、下記の成果取りまとめ案について、技術的な観点からのご審議を頂き、評価結果をご報告下さいますようお願い申し上げます。

なお、評価結果は、当機構の「地層処分技術に関する研究開発」に係る評価を実施する、地層処分研究開発・評価委員会に報告いたします。

記

1. 超深地層研究所計画（瑞浪）における必須の課題成果取りまとめ案について
2. 幌延深地層研究計画における必須の課題成果取りまとめ案について

以 上

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 地層処分研究開発推進部
部長 清水 和彦 殿

深地層の研究施設計画検討委員会
委員長 西垣 誠

深地層の研究施設計画における必須の課題成果取りまとめの評価結果について（報告）

貴機構より深地層の研究施設計画検討委員会に依頼がありました第 3 期中長期計画期間の当初 5 カ年（2015～2019 年度）に実施される深地層の研究施設計画における必須の課題成果取りまとめの評価について、第 23 回（2018 年 10 月 1 日）および第 24 回（2019 年 1 月 15 日）委員会において審議した結果を下記のとおり報告いたします。なお、当該期間の最終年度となる 2019 年度は研究データの蓄積等を継続するとともに、本評価結果を踏まえた報告書の更新・完成を要望します。

記

1. 超深地層研究所計画（瑞浪）における必須の課題成果取りまとめについては、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、国内外に広く提供・展開されることを期待します。

個々の課題評価結果については、資料(瑞)-1～3 に取りまとめましたので、ご参照願います。

2. 幌延深地層研究計画における必須の課題成果取りまとめについては、全体として概ね適切に研究が遂行され、当期 5 カ年の目標を達成できたと評価します。今後は、技術の確立が可能な水準に達するまで、人工バリア性能確認試験および処分概念オプションの実証に関する試験を継続するとともに、本地下研究施設が最先端の地層処分技術を実証するプラットフォーム（共通基盤）として国内外の関係者に広く提供・活用されることを期待します。

個々の課題評価結果については、資料(幌)-1～3 に取りまとめましたので、ご参照願います。

以 上

課題名：地下坑道における工学的対策技術の開発

【総括評価】

研究内容の妥当性については、今回開発された各工学的対策技術が実際の地質環境条件下で適用され、その効果が確認できたことから、概ね適切であったと評価する。

目標の達成度については、グラウトの影響についてより詳細な検討の余地が残るものの、各試験において目標値を満たす実データが得られており、概ね目標を達成できたと評価する。

今後は、既存データの活用やグラウトの長期的な変化・影響を検討するとともに、国内外における他の関連事例も取り入れた形での技術情報の集約や活用に向けた取り組みを期待する。

【指標別評価結果】

研究内容の妥当性	1 適切であった	★★★（3名）
	② 概ね適切であった	★★★★★（5名）
	3 やや適切でなかった	
	4 適切でなかった	
	5 その他	
目標の達成度	1 十分に目標が達成できた	
	② 概ね目標が達成できた	★★★★★★（7名）
	3 あまり目標が達成できなかった	
	4 ほとんど目標が達成できなかった	
	5 その他	★（1名：評価できない）

注)○の付いた項目は最も多かった評価結果を、★の数は集計数を示す

【個別意見】

- 従来の土木技術では不可能と考えられていた深部坑道の止水のためにグラウト工法を実施した。
- 止水による坑道の安全性に関しての評価手法の高度化に期待する。
- 注入効果を湧水量の変化のみで評価しており、今後、注入範囲に対するより詳細なグラウト効果の評価が必要である。
- グラウト材の経時的な安定性とその注入効果への影響についても更なる検討が必要である。
- 石油や液化天然ガスの地下備蓄基地建設に伴う先行技術の延長上に位置付けられると思われるが、深度 500m（3.5MPa）坑道での実績はユニークである。
- 報告書・論文等の成果も相応にあり妥当。学会誌等に投稿できているということは、それなりの科学的・技術的レベルにあることの傍証である。
- 亀裂性岩盤で高水圧条件下での湧水抑制技術として、理論式、適用した材料とも適切であると考える。一方で、その影響評価技術の解釈に至る論理性がやや弱く思える。
- 地下水排水処理技術については、環境基準に対しては適切な技術が採用されたと考えるが、データの質、解釈等

- については判定できる材料が示されていない。
- 地下水抑制技術の実証という目標に対しては、達成できた内容になっている。
- 地下水排水処理技術については、何が高度化されたのか報告書からは読み取れなかった。基準に応じた処理技術と実績データが整理されると良い。
- 先進孔などによるプレグラウトの評価は本孔掘削の前にできないものでしょうか。
- プレとポストのグラウチングを併用することにより湧水抑制効果を確認できた。
- 目標は達成しているものの長期安定性評価ができていない。
- 止水によって周囲の地山の透水係数が経年的に上昇している現象が計測されている。これは貴重なデータである。なぜそのような結果が生じたのかを探索してほしい。
- 注入による地下水抑制技術については、国内の石油や液化天然ガスの地下備蓄基地等においても様々な取り組みが行われており、膨大かつ貴重なデータと経験が蓄積されている。今回の注入技術に関する研究に、これらの知見は役立つものであり、特に総合的かつ組織的な観点から積極的な活用を考えてはどうか。
- グラウト材の原位置環境下での変遷については、より長期的な時間スケールでの知見の拡充が求められる。
- 高水圧条件下での湧水抑制技術の開発、実証は大変意義深いものだと思うが、単一坑道での評価にとどまっているのが残念である。連接坑道への適用ができなかったことは理解しているが、ここでの技術開発成果をどのように応用していったら良いかの解決の方向性をぜひとも検討してほしい。
- 記述された目標に対しては概ね達成したと考えますが、様々な影響要因が存在する可能性がありますので、今後の課題等で更なる検討の必要性を示して頂ければと思います。
- 新第三紀の堆積岩が分布する空洞では、掘削後約 5 年経過した坑道で、コンクリート吹付箇所の岩盤面から数 cm の深さまで褐色化、硫化物の変化が認められた例もあります。試験箇所の土岐花崗岩は変質が少なく相対的に化学的安定性も高いため、影響が確認できなかった可能性もあるのではないのでしょうか。地下水との接触時間、評価時間の長さだけでなく、母岩の状態によっても異なる可能性も留意して頂ければと思います。
- ポストグラウト後の水の周り込みやダムアップが見える化できると良い。また、時間的な変化を推定できると、なお良いと考える。
- グ라우チングの長期安定性に関しては不明な点が多いので、今後も計測できる仕組み作りを要望したい。
- 湧水対策技術として、今までどのような知見があるのか。どこに今回の課題があるのかが明確に示されていないので、達成度の評価はできない。
- ポストグラウチングを行う理由は何か。目標が明確でないために、なぜやるのかがわからない。
- 「まとめ」にある、堆積岩が上に載っている地域では環境への顕著な影響は生じないという結論は、瑞浪の調査の結果だけで一般論として言えるのか。
- 「目標設定」についての記述があるが、具体的にどのようにするのが良いのかというメッセージになっていない。
- グラウト材／岩盤相互作用について、今後の知見の拡充が必要とあるが、今回の成果に基づき、どのような観点からどのように拡充するのが適切かという記述があるべきと考える。

課題名：物質移動モデル化技術の開発

【総括評価】

研究内容の妥当性については、変動帯で着目すべき亀裂を様々な観点で分類する等、坑道内の地質環境データを有効に活用した形でのモデル構築や現象理解への取り組みが図られており、概ね適切であったと評価する。

目標の達成度については、海外の先行事例等と比較してモデルやデータの信頼性の提示方法が十分な水準に達しているかどうか明示されていないものの、報告書や論文発表を通じて、成果の客観性が担保されており、概ね目標を達成できたと評価する。

今後は、取得されたデータを最大限活用し、亀裂性岩盤の評価を行う際に有効なスケールの考え方や安全評価とリンクした統合的な方法論の提案、重要データの不確実性低減に効果のある技術の開発を期待する。また、深度 500m より深部に存在すると考えられる高塩濃度地下水に関する知見や課題を整理し、地層処分にとっての重要性や学術的意義を他の研究者・技術者に引き継がれるようにすることが望まれる。

【指標別評価結果】

研究内容の妥当性	1 適切であった	★★（2名）
	② 概ね適切であった	★★★★★★（6名）
	3 やや適切でなかった	
	4 適切でなかった	
	5 その他	
目標の達成度	1 十分に目標が達成できた	★★（2名）
	② 概ね目標が達成できた	★★★★★（5名）
	3 あまり目標が達成できなかった	
	4 ほとんど目標が達成できなかった	
	5 その他	★（1名：評価できない）

注)○の付いた項目は最も多かった評価結果を、★の数は集計数を示す

【個別意見】

- 亀裂岩盤の地下水流動を把握するためのモデル開発をする上で、ボーリング調査データに基づく結果と坑道レベルでの調査結果に基づく結果及び地下水関連の観測情報による検証は重要なテーマである。
- 報告書・論文等の成果も相当数あり成果の公表の観点としては妥当。
- 情報量の多い坑道スケールでの亀裂ネットワークモデル（DFN：Discrete Fracture Network Model）の有効性については、ある程度検証されたと思われるが、より調査データの希薄な広域スケールでの地下水流動のモデル化の検証については、如何なる手法が有効なのかは本研究開発の対象外でもあるが、未確認である。処分技術の枠組みの中では重要な要素であり、検討の余地あり。
- 冠水坑道閉鎖時の地下水中の微生物による酸化還元反応が速やかな還元場の再生に大きく寄与しているという知見は非常に重要。

- DFN モデルの構築手法の開発について、調査数量、リアライゼーション数、モデル化範囲などの手法の適用性について、検証を踏まえて分かりやすく記述してほしい。
- 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。
- コロイドや微生物のことも含めて総合的に考えられている。
- 物質移動モデルとしての DFN モデルの有用性が確認できた。
- 報告書案中の表 3.2-1 と関連する記述を工夫されればと思います。割れ目が不均質にネットワーク状に分布する日本の結晶質岩の特徴が分かるものに変えては如何でしょうか。
- 割れ目が不均質に分布する日本の結晶質岩では、DFN の評価範囲（サイズ）やパラメータセットの選択する方法が重要と考えます。その点について言及があればと思います。
- 広域地下水流動を考える上で、流動場に存在する花崗岩深部に見られる高塩濃度地下水の形成過程（起源）の信頼性を向上させる必要がある。
- 割れ目ネットワークモデルによる物質移動評価を実施している。この手法をより広い領域に拡張することが可能になりつつあるので、そこまで発展してほしい。
- この手法の弱点である割れ目のトレース長をボーリング孔を用いた試験から予測する所まで検討してほしい。
- 結晶質岩では、様々な特性の議論に当たっては不連続面の評価が重要であり、ここでも多くの検討が行われている。一般に、不連続面の幾何情報の調査とその評価には限界があり、統計的手法を用いた評価法によらざるを得ない。この場合、実験等で得られたデータと解析結果を一致させることは困難である。とは言え、「さらに不連続面の詳細な調査を行う」としたのでは際限のない研究になりかねない。不連続面の幾何情報と評価する挙動の代表要素体積（REV：Representative Element Volume）の関係を性能評価の観点から整理し、その上で実験と解析を行う必要があるのではないか。
- 微生物の環境などについては、地質プロファイルや地下水年代との対比も視野にいれて、深部の地下水がどう生成されているかという点を明らかにしてほしい。結果によっては、これまでのシミュレーション（地下水流動解析）の限界などを示す論拠となるかもしれない。
- DFN を用いたアプローチについて、これは、一般的な方法を日本でとられたデータに対して適用すれば評価ができたという話なのか。そうであるとすれば、「日本特有の岩盤」に対しての成果は何なのか。
- 物質移行、長期変遷に関しては、興味深い新しい成果や、適切な技術開発がなされている部分があることを確認した。一方、これらの成果は、「日本特有」な環境に適用されるものや「日本特有」な環境で起こる事象なのだろうか。それとも、日本の環境で行ったものが、今まで他の地域では認識されていなかった重要な「一般的な」現象として考慮すべきものとして提示されたのであろうか。そのあたりを示すことができれば、成果をより積極的に伝えていくことができると思う。

課題名：坑道埋め戻し技術の開発

【総括評価】

研究内容の妥当性については、世界でも類を見ない坑道スケールでの再冠水試験が実施され、掘削後から回復に至る過程を評価可能な地質環境データが得られる等、概ね適切であったと評価する。

目標の達成度については、掘削影響領域（EDZ：Excavation Damaged Zone）の分布範囲や止水壁に期待した性能が一部事前の想定と異なるものとなったが、地質環境の回復を裏付ける貴重な実データを新規に提示した他、一連の試験が成立している観点から、概ね目標を達成できたと評価する。

今後は、更に長期の挙動評価に必要な調査観測技術の開発や処分場で想定されているプラグ施工技術の高度化に本成果が有効に活用されることを期待する。

【指標別評価結果】

研究内容の妥当性	1 適切であった ② 概ね適切であった 3 やや適切でなかった 4 適切でなかった 5 その他	★★★（3名） ★★★★★（5名）
目標の達成度	1 十分に目標が達成できた ② 概ね目標が達成できた 3 あまり目標が達成できなかった 4 ほとんど目標が達成できなかった 5 その他	★★（2名） ★★★★★（5名） ★（1名：概ね達成したといえる項目もあるが、評価できない項目もある）

注)○の付いた項目は最も多かった評価結果を、★の数は集計数を示す

【個別意見】

- 止水に対して EDZ の領域の推定誤差があり、止水が十分ではなかったと判断できる。
- EDZ を止水するファンカーテン的な周囲のグラウトも検討すべきであったと判断される。
- 原位置深度で実施できる再冠水試験とその影響の把握は、URL でないと実施できない項目であり、多くのユニークな成果が確認できた。
- 報告書・論文等の成果も相応数あり成果公表の観点としては妥当。プラグ性能が当初予想通りに達成できなかった点はマイナス。
- 坑道の再冠水によって EDZ の範囲が異なることが分かった事は意義がある。今後この範囲をどのように推定するか技術開発をしてほしい。
- 再冠水試験は、データの分析を含めて妥当な成果を上げていると思う。地下坑道での止水壁の設計・施工の実績作りは重要であるが、事前の EDZ の評価、施工管理とも不十分であった印象が否めない。

- モニタリングなどのデータ欠損がありましたが、全体としては、多角的に多くのデータを必要な品質で得ており、解釈についても概ね妥当なものと考えます。
- 坑道の一部を埋め戻し、再冠水技術の確立は重要なテーマで、環境回復能力を評価する計測技術の確立もできてきている。
- 再冠水時の止水壁の設計・施工に関するノウハウのさらなる蓄積が必要で概ね達成とした。
- 従来の応力や割れ目分布による力学安定性や湧水量を考慮した空洞のレイアウトの検討に加え、水質分布から空洞掘削による地化学的（水質）影響評価の可能も示して頂きました。今後の研究展開を期待したいと思います。
- 坑道の一部閉鎖に伴って還元場が早急に復元できるという知見は処分にとって重要な情報であるが、一方地下水流動は開放されている坑道に向かう流れが相変わらず存在しており、その低減が求められる。そのための重要な技術としてプラグ施工技術があり、その性能向上（EDZ 部でのさらなる透水性低下（耐久性も含む）技術やプラグ施工場所の選定方法等）の技術開発が不可欠。
- モニタリング技術については、新技術の適用性を含め多くの検討がなされているが、その長期安定性については解決すべき課題が多々あり、挙動の詳細な解析の観点だけではなく、超長期モニタリングの観点から検討すべき課題を整理し、必要に応じ開発等を進める必要があるのではないか。
- 止水壁の施工での失敗から学んだ教訓をしっかりと残していくことが重要だと思う。
- 今回のプラン、手法、成果（実績）に関しては、高く評価できると考える。ただ、もともと坑道内にあった空気がどこに移っていったかということに関して、考察してほしい。これは移動したのかあるいは地下水に溶け込んだのかでも興味あるし、また、再掘削をすることになった場合の準備にもかかわることであるので、次の課題としていただけるとありがたい。
- 再冠水試験の結果、「再飽和させることができる（報告書案 p.95 iii)や iv)に示されたこと」を断定的に言って良いのだろうか。
- 「日本の結晶質岩の特徴である割れ目が不均質かつネットワーク状に分布する」という表現は、これで良いだろうか。世界中のそれほど少なくない地域の割れ目は不均質かつネットワーク状なのではないだろうか。もっと具体的に、何が日本の岩盤の特徴かを記述することが必要と考える。
- 水理－力学－化学連成解析については、水理の部分のみしか検討がなされていないのだろうか。
- 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だろうか。
- ウラニウムが観測孔で検出できなかった（報告書案 p.109）とあるが、これは、事前の検討では検出されるということが想定されていたということに基づき議論されているのか。何がどこまで想定されており、それに対して、結果がどうであったかを言わないと、新しい知見なのか、最初から想定されていたことなのかも理解できない。
- 止水技術が難しいものであったことは理解するが、その結果に基づき何が検討され、今後、「具体的に」どのような改善をすることが必要なのか、それを確認するにはどのような実験をすることが有意義なのか等は検討されているのであろうか。

課題名：実際の地質環境における人工バリアの適用性確認

【総括評価】

研究内容の妥当性については、人工バリア性能確認試験のデータ評価・モデル検証が途上段階にあり、その結果が待たれるものの、用いられた調査解析技術と試験方法は一定の技術水準に達しており、概ね適切であったと評価する。

目標の達成度については、試験観測装置の不備や試験条件を再設定する等の事象が発生している他、十分な研究成果の公表に至っていない状況を真摯に顧みる状況にあるが、適宜外部の専門家に相談する等、状況の改善に努め、一定の品質を有するデータの取得に至っていることから、概ね目標を達成できたと評価する。

今後は、人工バリア性能確認試験を継続し、人工バリア内の過渡的な現象を再現する予測モデルの妥当性を検証するとともに、得られた研究成果を余す所無く国内外の論文等に公表し、海外の先行 URL と比肩しうる先進的な試験サイトとして広く世界にアピールすることを期待する。

【指標別評価結果】

研究内容の妥当性	1 適切であった	★★（2名）
	② 概ね適切であった	★★★★★（5名）
	3 やや適切でなかった	★（1名）
	4 適切でなかった	
	5 その他	
目標の達成度	1 十分に目標が達成できた	★（1名）
	② 概ね目標が達成できた	★★★★★（5名）
	3 あまり目標が達成できなかった	★（1名）
	4 ほとんど目標が達成できなかった	
	5 その他	★（1名：評価できない）

注)○の付いた項目は最も多かった評価結果を、★の数は集計数を示す

【個別意見】

- 実際の地質環境において模擬オーバーパックを設置して人工バリアを施工した所までの技術開発を実施したことは十分になされていない。
- 試験中のモニタリングから得たデータの評価がまだ十分になされていない。
- 人工バリア性能確認試験は、まだ試験途上での取りまとめとなっており、データ未取得に伴うモデルでの検証妥当性が評価できていない部分もある。センサー実測値には不備が散見されており、きつい表現であるが、とりあえず原位置で性能確認試験を行ってそこで見られる現象をモデルで追従することを試みたといった感が否めない。
- もとより学術的な成果が出にくい課題ではあるが、それにしても瑞浪での成果に比べて幌延での成果は大いに見劣りしている。人工バリア性能確認試験での学術論文等の成果はゼロである。学会誌等に投稿できているということは、それなりの科学的・技術的レベルにあることの傍証である。これがないということは、研究開発のマネージメントに見直すべき点があるのではないか。
- 力学プラグの位置が予め決められる場合に掘削段階で順次拡張する方法を採用したのは大変良いことである。

- 人工バリアの施工において、品質管理手法の有効性をどのように確認したかが報告書からは読み取りづらい。
- オーバーパックの腐食試験については、解釈の補強に期待する。
- 品質管理手法の有効性評価、オーバーパックの腐食評価手法の妥当性確認については目標が達成できたかどうか判定しづらいが、その他は目標を達成できていると考える。
- 報告書を読み切れていないかもしれませんが、人工バリアの箇所に物質移行試験が入っていることに違和感があります。将来的に人工バリアから岩盤までの物質移行を検討されるということでしょうか。
- 成果が確定してない箇所が多いため、暫定的な評価として記入いたしました。
- 人工バリアの適用性に関する研究のデザインは良くできていると感じた。とりわけ連成問題に関する取り組みには誰からも評価されるべきところがある。
- センサーの状態確保（性能確保）と連成する項目の測定結果の解釈など（代替できる測定など）についても今後克服していただきたい。
- 人工バリアの設計、製作・施工、品質管理手法の適用性の確認は適切と判断できる。
- 最終的な目標は予測していた挙動がセンサーによって計測され、それが予測に用いた解析手法と比較して整合性が得られるところまでの議論をすべきである。しかし、そこまでの結果までまだ至っていないと判断される。さらなる研究を続ける必要があると判断する。
- 現在実施中の試験が人工バリア性能確認試験の後半部分に散見されており、現時点での評価を困難にしている。時間的制約がある中で、これらの未対応事項の実施と取りまとめをどのようにされるのか懸念される。
- 物質移動に関して様々な課題を設定し、実験、解析を実施している。しかし、実験においては計測できなかった項目や、解析による計測結果の評価においては評価しきれなかった項目などが散見される。
- 物質移動を支配している様々なパラメータの内のいくつかについて解析で評価されても、解析技術の妥当性を言うのは難しいのではないか。実験、解析の成果を語るのは勿論だが、残された課題も明確に示すことが重要ではないか。
- 力学プラグの位置は予め設計で決められることだと考えられるので、幌延で採用した方法は安全面、効率面から大変良い方法だと思う。この方法の有用性をもう少し強調した方が良いと感じた。
- 品質管理手法の有効性は、管理項目、品質管理手順、試験頻度、タイミング、手順、基準値とその根拠などが整理されていて、結果がどうであったかが分からないと、有効性評価とは何なのかがわかりづらい。
- 長期の人工バリアの安定性を調べるには、安定的にデータを収集できるセンサーの開発が不可欠であり、調査・開発の努力が重要である。
- そもそもこの項目に関して、現在評価を行うことは適切でないと考える。データの整理・評価等ができていないものが多く、また、今後出てくるデータに基づく評価も必要であろう。解析結果の整理もまだ不十分である。適切な段階に適切な評価を行うということが重要と考える。
- 埋め戻し技術に関して、多くの場面で言われてきたクラウンの部分の埋め戻しについてどのように行ったかの記述がない。全体系を丁寧に記載することが必要ではないだろうか。
- 今回の結果に基づき、実施工に向けて何が課題として残されたのか。
- 報告書案の 3.1.3 は「人工バリアの適用性確認」の範疇で整理されるものであろうか。
- 報告書案 p.65 の直交座標系の一次元解析と円柱座標系（と言ってよいであろうか？）の一次元解析が同等であるという記述は適切ではない。

課題名：処分概念オプションの実証

【総括評価】

研究内容の妥当性については、試験環境として決して容易ではない 350m 坑道内での実証試験を実際の地質条件に柔軟に対応する形で最適化し、また、各技術の適用性に関する評価結果が導かれていることから、概ね適切であったと評価する。

目標の達成度については、技術全体の中での位置づけや適用範囲、準備から結論に至るまでの過程が十分に示されていないものの、所期の基準値を満足する観測データが得られており、概ね目標を達成できたと評価する。

今後は、プレハブ式人工バリアモジュール（PEM：Prefabricated Engineered Barrier System Module）を用いた搬送定置・回収技術で計画されている試験の内、まだ実施されていない隙間充填材や PEM の回収試験を着実に実施することを期待する。また、光ファイバーを用いたモニタリング技術や塩水環境下のグラウト材・工法に関する継続的な検討に加え、地層処分事業等において実用性のある形での知識の蓄積、技術の継承が望まれる。

【指標別評価結果】

研究内容の妥当性	1 適切であった	★★（2名）
	② 概ね適切であった	★★★★★（5名）
	3 やや適切でなかった	
	4 適切でなかった	
	5 その他	★（1名：評価できない）
目標の達成度	1十分に目標が達成できた	★★（2名）
	② 概ね目標が達成できた	★★★★★（5名）
	3あまり目標が達成できなかった	
	4ほとんど目標が達成できなかった	
	5 その他	★（1名：評価できない）

注)○の付いた項目は最も多かった評価結果を、★の数は集計数を示す

【個別意見】

- 塩分を含んだ湧水に対して、止水材としてシリカ系の溶液型グラウト材を用いている。この技術はすでにスウェーデン等で実施されている技術であり、新しい研究成果と判断できない。他の部分は適切である。
- 止水はできたが止水によって地山内の応力がどのように変化していったかの議論が何もなされていない。
- 堆積岩坑道を対象としたテーマ設定は妥当。
- 学術成果、学会等プロシーディングスもそれなりにあり、妥当。
- 低濃度・高地圧の堆積岩地山での坑道掘削に対する支保の在り方に対し有用な情報を提示している。
- 光ファイバー変位計の長期（8年）信頼性が確認できたことも良い。
- 人工バリアに関する試験は、一連の作業とそれに関連する課題のごく一部を行っただけである。担当分だけでなく、課題の全容を示した上でそれに基づく研究計画と実施分を示す必要がある。

- 立坑については、これまで土木分野ではあまり注目されることはなく、情報化施工の事例も少ない。したがって立坑独特の施工法と関連付けた支保技術と立坑・岩盤のモニタリング技術については、基本的なところから議論し、今後の研究課題を整理する必要がある。
- 二重支保の現実的な施工方法も示されており、低強度・高地圧地山における支保設計手法としては妥当だと考えるが、地山の变形や塑性領域の広がり の許容限界について言及がないのは設計手法の開発としては不十分な印象を受ける。
- 湧水対策技術の成果は目標を十分に達成できていると考える。支保技術の成果は上述の理由により達成できたかどうか微妙。
- ハイレベルなところでの成果に満足する。ただ、中央リニア新幹線工事や過去の JR の対策などが最近論文等で良く見られるようになってきているので、参考事例として積極的に取り込んで頂きたいと考える。
- メルトインクルージョンの存在の発見は貴重な成果として評価できる。今後は、物理的な力学特性を明らかにするように進めて欲しい。
- 多くの既存技術も利用しつつ検討することが必要な課題と思われます。今般、開発～実証した技術と既存技術をどのように組み合わせで適用していくのか、全体像として示して頂くと良いと思います。
- 目標としたことは試験を通して達成されたと考えます。ただし、例えばポストグラウトの手順が事前にどの程度準備され、想定通り施行されたかが読み取れず、実証の程度や達成度が決められないところもあります。
- 海水を含んだ湧水に対しての対策を実施しているが、止水によって地下空洞がどの程度危険になるかの議論をしてほしい。スウェーデンの岩盤と幌延の岩盤とは異なると思う。世の中は超微粒子セメント、極超微粒子セメントの世界に進んでいる。もっと広い視野をもって研究してほしい。
- 光ファイバー式計測器の長期安定性が良くわかった。
- 本研究内容が、本当に「処分概念オプションの実証」になっているのであろうか。そもそも、「処分概念オプション」は明確に定義されているのか。
- 結果が出ていないものが多く、目標の達成度は評価できない。
- ケーススタディ的なまとめになっており、それが「有意義」であるとして、どのように処分技術として整理されるのだろうか。

以 上

課題名：地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の実証

【総括評価】

研究内容の妥当性については、DI（**D**uctility **I**ndex）指標を用いたオリジナルな研究手法が提案され、かつそのコンセプトに基づいた原位置試験からは当初の予測を裏付ける結果が得られており、適切であったと評価する。

目標の達成度については、国内外で広く知られている学術論文誌に 6 本の関連論文が掲載され、当該分野の発展に大いに貢献できたことから、十分に目標を達成できたと評価する。

今後は、堆積岩他地域や結晶質岩への展開・比較、地層処分事業における処分場の設計・施工や安全評価とリンクした形での指標活用に向けた具体化を期待する。

【指標別評価結果】

研究内容の妥当性	① 適切であった	★★★★（4 名）
	2 概ね適切であった	★★★（3 名）
	3 やや適切でなかった	
	4 適切でなかった	
	5 その他	★（1 名：より詳細な検討が必要）
目標の達成度	① 十分に目標が達成できた	★★★★★（5 名）
	2 概ね目標が達成できた	★★（2 名）
	3 あまり目標が達成できなかった	
	4 ほとんど目標が達成できなかった	
	5 その他	★（1 名：評価できない）

注)○の付いた項目は最も多かった評価結果を、★の数は集計数を示す

- 提案された指標の活用方法を具体的に分かりやすく広く説明するように努めていただきたい。
- 成果は学術論文などに発表しており、論理性や解釈等は妥当なものと考えます。そのためか、説明が簡潔すぎる部分もありますので、図等を多く使用してより分かり易く記述されてはどうかと思います。
- 敷地内の断層をリスクとして保有するのか、回避するのかを事業者が判断する指標になりうると考えます。手法を適用しやすいよう評価の流れを示してはどうでしょうか。
- DI 指標の考え方と透水性とをつなぐ考え方について、その適用性について疑問が残る。DI 指標が 2 より小さい場合は、脆性的な破壊が卓越し、2（もしくは 2B）以上では延性的になるとまとめている。その結果から透水性の議論がなされているわけだが、報告書案 p.108 の右側の図からは、DI 指標の変化に対して比較的連続的に（両対数なので評価は難しいが）透水性が変化するように解釈されている。変形のモードが変わることに対して、両対数軸上で連続的に透水性が変化することは妥当なのであろうか。また、同じ図では、オルキルオト、セラフィールドと書かれているデータは、DI 指標がほとんど変化しないにも関わらず透水性のオーダーが大きく変化している。これらのデータに基づき、全体の傾向線を引くというアプローチは適切なのであろうか。

以 上

【個別意見】

- DI 指標を用いての評価の研究は期待できる。
- 堆積岩の処分システムの構築に必要な検証事項の一つであり、実施する意義がある。
- 提示された DI 指標の有効性が良く示されており、学術成果としても評価できる。
- 堆積岩系の断層と結晶質岩系の断層の緩衝能力を比較するという観点からも、同様な DI 指標による検討を瑞浪花崗岩に対しても検討を行い、更にボーリング孔等を利用した水圧擾乱試験による検討による緩衝能力の比較を行われたら良いかと思う。また、報告書案の図 3.3.2-6 に見られる DI 指標が 2 以下（相対的に透水性の大きめの領域）の分布状態（深度依存性や地層依存性だけでは説明できない）の検討をされたら如何でしょうか？何か有用な情報が出てくるように思えます。
- 我が国の処分オプションの中で堆積岩は重要であり、幌延の岩盤についてだけではなく、できるだけ一般論としての堆積岩の特性評価を意識したまとめと今後の課題とする必要があるのではないか。
- 従来研究成果の分析がしっかりなされ、提案された DI 指標とその有効性の検証のアプローチは妥当であると考える。
- 原位置試験における検証が今後追記される予定なので、目標を十分に達成したかどうか判断しづらい。