

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

- 1) 深地層の研究施設計画 超深地層研究所計画
深地層の研究施設計画 幌延深地層研究計画
- 2) 地質環境の長期安定性研究
- 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

【評価の結果】:

<p>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。</p> <p>Ⓐ : 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)</p> <p>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)</p> <p>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)</p> <p>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)</p>	<p>★★★★★★★★(8名)</p> <p>★(1名)</p>
---	----------------------------------

【コメント】: 1) 深地層の研究施設計画 超深地層研究所計画

・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行われている。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。

・プレグラウチング及びポストグラウチ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。

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）

- ・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。
- ・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。
- ・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）

【コメント】:1) 深地層の研究施設計画 幌延深地層研究計画

- ・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ー試験を通じて、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素晴らしい。
- ・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。
- ・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。

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）

- ・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ることはないよう、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）

【コメント】:2) 地質環境の長期安定性研究

- ・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ため、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。
- ・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。

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）

- ・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ふ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）

【コメント】:3) 高レベル放射性廃棄物の地層処分研究開発

- ・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ってくる。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は思いますが、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）

【コメント】:4) 使用済燃料の直接処分研究開発

- ・「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）

【コメント】:1)～4)の全体評価

- ・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。
- ・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）**

【評価の結果】:

<p>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。</p> <p>Ⓐ: 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)</p> <p>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)</p> <p>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)</p> <p>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)</p>	<p>★★★★★★★★(8名)</p> <p>★(1名)</p>
--	----------------------------------

【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おう形で提示することに着眼している。技術的内容を

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）

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

【評価の結果】:

<p>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。</p> <p>Ⓐ : 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)</p> <p>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)</p> <p>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)</p> <p>D : 抜本の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)</p>	<p>★(1名)</p> <p>★★★★★★(8名)</p>
--	--------------------------------

【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つ

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）

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。

- ・報告書、論文、情報発信など適切と評価する。
- ・「もんじゅ」破碎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

【評価の結果】:

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。	★★(2名)
Ⓐ: 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)	★★★★★★(6名)
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)	★(1名)
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)	

【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「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

【評価の結果】:

<p>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。</p> <p>Ⓐ: 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)</p> <p>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)</p> <p>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)</p> <p>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)</p>	<p>★★★(3名)</p> <p>★★★★★(5名)</p> <p>★(1名)</p>
--	--

【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

【評価の結果】:

<p>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。</p> <p>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)</p> <p>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)</p> <p>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)</p> <p>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)</p>	<p>★★★★ (4名)</p> <p>★★★★★ (5名)</p>
---	------------------------------------

【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か。
- ・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

【評価の結果】:

<p>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。</p> <p>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)</p> <p>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)</p> <p>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)</p> <p>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)</p>	<p>★★(2名)</p> <p>★★★★★★(7名)</p>
---	---------------------------------

【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。
- ・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。

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

【評価の結果】:

<p>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。</p> <p>Ⓐ: 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)</p> <p>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)</p> <p>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)</p> <p>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)</p>	<p>★★★★★★★★(8名)</p> <p>★(1名)</p>
---	----------------------------------

【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。
 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と。(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と。
- ・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

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）

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(のないこと)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る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。