

1. 地層処分技術に関する研究開発の全体状況および各研究課題に対するご意見等について

資料30-1 概況（地層処分研究開発推進部）

ご意見等	回答
<p>地層処分技術に関する研究開発は、当初計画に沿っておおむね順調に進められてきたし、開発の全体枠は必要な範囲をカバーしており、妥当であると考えられる。細部にわたる研究は、専門家グループに任せられるが、その成果は外部評価を受けて検証されており、その方向に変更の必要は無いと思う。今後は、長期にわたる研究計画と整合性をとりながら、短、中期の研究計画を練り上げていく必要があると考えられる。</p>	<p>拝承です。今後の研究開発については、例えば地層処分研究開発に関する全体計画との整合性を常に確認しつつ実施していきます。</p>
<p>JAEAは概ねこれまでの高い技術レベルを保ちつつ着実に研究を進めている。資源エネルギー庁の受託研究や、NUMOとの共同研究は重要であり、一層の進展に期待したい。特に実施主体のNUMOとの共同研究は、これまで以上に積極的に進めて頂きたい。依然としてJAEAの持つ知的資源は多く、これまで積み上げてきた技術レベルも高いので、地層処分の実施を前提に、予想される技術的課題を洗い出し、それをNUMOと共有することで、実施主体の後押しを積極的に担って行って頂きたい。</p>	<p>実施主体をはじめとする関係機関との連携は非常に大事なことと認識しているため、ご指摘のとおり今後も積極的に協力を進めていきます。</p>
<p>昨年の中間評価の内容に変化ありません。今後の予定については妥当であると認めます。</p>	<p>拝承です。</p>
<p>幌延深地層研究開発の継続を確認。地元の信頼に応える研究開発の進捗に期待。</p>	<p>拝承です。今後も透明性を保ちつつ、地元との信頼維持に努めていきます。</p>
<p>おおむね適切に進展はしている。</p>	<p>拝承です。</p>
<p>地層処分技術の研究開発における全体状況として、超深地層研究所の埋め戻しや、幌延深地層研究所の延長への対応など、難しい状況において具体的な研究成果を蓄積、情報発信を行ってきていると判断できる。その一方で、本年度は（私の理解、計画表の見方が間違っていなければ）第3期中期計画での「必須の課題」の取りまとめ報告を行うこととなっており、それと連動して、「地層処分研究開発に関する全体計画」での「全体計画見直し」を行うこととなっているが、下記のそれぞれの地下研究所での実施内容（埋め戻しや継続的な研究課題においても）、それらが、洗い出された「必須の課題」であるのか、あるいは「必須の課題」を洗い出すためのものなのか、さらには、これら実施内容（特に令和2年度以降）が、全体計画の見直しとどのような関係にあるのかなどが、この資料からは読み取れなかった。これまでの流れなど、継続的な実施内容を無視するわけには行かないのは理解できるものの、少なくとも取りまとめの時期としての対応（課題の洗い出しの過程やその根拠の明示）などをもう少しメリハリをつけてもいいのではないか、というのが率直な意見である。</p>	<p>平成31年度までの“必須の課題”の成果の取りまとめについては、今年度末までに原子力機構の技術報告書（JAEA-Research）として刊行します。地層処分研究開発調整会議による「地層処分研究開発に関する全体計画」の見直しは、NUMOが作成している包括的技術報告書の外部レビューの進捗や、処分事業及び研究開発の進捗状況等の反映を考慮し、平成32年度以降の計画について平成31年度末を目途に見直すこととされていたものです。瑞浪については、埋め戻しに移行しますが、幌延については、令和2年度の以降の研究計画が全体計画の課題と整合的であることを確認しています。研究開発課題の設定についての説明方法につきましては、御意見を踏まえて、改善してまいります。</p>
<p>URLの価値を高める有益な知見を獲得していると評価できる。</p>	<p>拝承です。</p>

ご意見等	回答
<p>瑞浪超深地層研究所計画における研究項目 3.1.1 冠水坑道での再冠水試験</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>瑞浪の坑道は、閉鎖に伴って埋め戻しがおこなわれている。以前から指摘されているように、埋め戻し後の再冠水は、地下水の回復状況を確認する絶好の機会である。精緻な観測網を築くことは無理であっても、既存の機器を活用して最大限のデータを収録すべきである。モニタリングシステムの堅牢性、観測データの信頼度、データの質と量など、埋め戻し終了後も後々データが活用できるようにデータ管理を確実にしておく必要がある。</li> <li>再冠水試験の成果評価には、大いに期待している</li> </ul>	<p>坑道の埋め戻し期間中は、埋め戻しに伴う地下水の回復状況を確認するために整備する地上で地下水の水圧や水質に関するデータを取得可能なモニタリングシステムにより、坑道埋め戻し作業中の地下水の水圧・水質の変化を実際に観測します。取得したデータは公開し、データを活用していただけるようにしていきます。</p> <p>再冠水試験の結果の評価については、今後行う超深地層研究所計画の成果の取りまとめの中で取り組んでいきます。</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>資料30-2-1 スライド10ページ</li> </ul> <p>これまでに得られたデータや知見を継承し、国内外に広く展開されることを期待していますが、その方法についてより具体的にご検討頂ければと思います。とくに、報告書や学術論文の形では記録が難しい知見等（例えば暗黙知）についても、知識マネージメントの観点からのご検討の上で、後々に最大限有効に活用されるよう継承されることを願っています。</p>	<p>超深地層研究所計画で取得したデータは公開していきます。また、同計画の成果の取りまとめの中で、暗黙知やノウハウ、失敗事例等についても整理していきたいと考えています。</p>
<p>(瑞浪の) 深地層研究施設の廃止は誠に残念であるが、これまでに得られた膨大な量の知識や技術はきわめて貴重なものであり、それらを余すところなく残しておいて頂きたい。使い勝手のよい、百科全書的な報告書を是非まとめて頂きたい。また、研究施設の閉鎖に至るまでの沿革史や技術開発の歴史も出来れば完全な記録として残して欲しい。今後実施が予定されている埋め戻しの際の技術開発や、その後のモニタリングの技術開発も、きわめて重要なものであり、残された時間は十分とはいえないが、埋め戻しを実際に経験する絶好の機会ではあるので、期待するところは大きい。</p>	<p>超深地層研究所計画の成果の取りまとめの中で対応していきます。</p> <p>坑道の埋め戻し期間中のモニタリングについては、埋め戻しに伴う地下水の回復状況を確認するために整備する地上で地下水の水圧や水質に関するデータを取得可能なモニタリングシステムにより、坑道埋め戻し作業中の地下水の水圧・水質の変化を実際に観測し、実証研究を兼ねてモニタリングシステムの有効性を確認します。</p>
<p>計画は妥当なものと考えます。坑道埋め戻し等の作業やモニタリングでは予想外のこともあり得ますので、そのような事態も地層処分施設の閉鎖の参考になるものとして計画を遂行し、情報を整理してください。</p>	<p>拝承です。</p>
<p>500m坑道における埋め戻し技術の開発成果を評価。 令和2年度以降の、埋め戻し計画の順調な進捗に期待</p>	<p>拝承です。</p>
<p>地上からのボーリング孔を利用して取得してきた透水量係数の分布 (10<sup>-7</sup>~10<sup>-6</sup> m/s<sup>2</sup>)と比較して低い傾向 (10<sup>-8</sup>~10<sup>-7</sup> m/s<sup>2</sup>)という4頁の記載だがこれは原因は何か?見逃したのかもしいないが重要なことなので説明が欲しいです。</p>	<p>地上からの調査では、岩盤中の主要な水みちの把握やその特性評価を目的として割れ目などの高透水部を主に対象として水理試験を実施してきたため、岩盤の透水量係数が実際より高く推定されていたことが原因です。</p> <p>なお、令和元年度に実施した坑道内の調査では、割れ目と健岩部の詳細な水理試験を実施しており、その試験結果と地上からの調査結果との比較に基づく検討結果です。</p>
<p>坑道閉鎖も大事業である。三次元スキャナなども導入されているようだがICTによる遠隔操作に関して更に知見を積み重ねられたい。</p>	<p>今後の埋め戻し作業の参考とさせていただきます。</p>
<p>地下水の環境モニタリング調査が5年で終了ということだが、これはもっと長くは出来ないのでしょうか。深地層の地下水が浅いところまで出てこないかなどは水質である程度判別できると考えられ、長期に監視しておきたいところなのですが。</p>	<p>埋め戻しの影響として、地下水圧分布の変化や埋め戻しに使用した材料からの化学成分の溶出などが想定されますが、時間の経過とともに変化量は小さくなると見込まれます。事前の予測評価により、5年程度のモニタリング期間中に有意な変化が無くなると予想しており、これに基づいてモニタリング調査の期間を設定しています。5年程度のモニタリング調査結果を反映した数値シミュレーションを用いることで、より長期的な変化の予測が可能と考えています。</p>

<p>HLW立地についてgenericな評価しか国内できていない時点で地下研の一つが終わるのは、予想されたこととはいえ、将来が心配です。</p>	<p>超深地層研究所計画については、機構改革において、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ととし、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。」としており、外部専門家により、「所期の目標を達成できたと評価します」とされました。また、当初より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てきたこと、地元より土地賃貸借契約の返還時の措置条項に基づき、埋め戻したうえで、市に返還していただくのが良いとのご意見が出されたことから、坑道埋め戻しを決定したものです。</p>
<p>これまでの長期にわたって行ってきた花コウ岩体中の地下研究所としての、研究成果及び技術の蓄積には率直に評価に値すると考える。</p>	<p>拝承です。</p>
<p>研究瑞浪の超深地層研究所の埋め戻しの実施の背景など、重々理解しているものの、現時点で、これらの大規模な地下施設を埋めもどすことにおける技術的な課題や、埋め戻しそのものの目的（到達点）が、現状としては未だ不明瞭感をぬぐいきれない。</p>	<p>超深地層研究所計画については、機構改革において、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ととし、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。」としており、外部専門家により、「所期の目標を達成できたと評価します」とされました。また、当初より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てきたこと、地元より土地賃貸借契約の返還時の措置条項に基づき、埋め戻したうえで、市に返還していただくのが良いとのご意見が出されたことから、坑道埋め戻しを決定したものです。</p>
<p>率直には、将来の地層処分場の埋め戻しの事前練習とは言えないかもしれないが、少なくとも工学的技術の観点での着目点、あるいは科学的な現象変遷の観点での着目点など、さらなる情報発信と、その付加価値化を期待する。</p>	<p>拝承です。</p>
<p>これまでの成果に関わったりソースを地層処分技術開発全体で活用していく方向性について、具体的に議論し、全体計画に関わる諸機関で納得感を醸成できればと考える。</p>	<p>具体的議論など、今後検討していきます。</p>

ご意見等	回答
<p>② 処分概念オプションの実装 処分孔等の湧水対策・支保技術などの実証試験 湧水対策・支保技術の検討が進められているが、地質条件や地下水賦存状態などを考慮してどのような具体的な方法（工事で現在使用されている方法）の整理をしておくことが必要ではないか。実証試験はある種の限定条件のもとでおこなわれているので、汎用性に課題があると考えられる。</p>	<p>ご指摘のとおり、地下施設の整備に必要な工学技術は、地下施設の建設対象となる地質環境条件に対応して柔軟な対応が要求されることから、地質環境条件の設定、設計・施工の考え方をパッケージとして示す必要があると考えています。令和2年度以降の課題として取り組む体系化の研究の中では、これらの情報を活用のしやすさの観点から取りまとめていく必要があると考えています。</p>
<p>（我が国唯一の深地層地下施設、幌延）現在、建設分野では、国交省が推奨するi-Constructionの取り組みが急ピッチで進んでいる。調査・設計・施工・維持管理が全て3次元データで受け渡されるが、処分事業の地下施設の管理においても、3次元データの蓄積は今後重要になってくると思われるので、良いところは取り入れてしかるべきであろう。</p>	<p>拝承です。</p>
<p>・資料30-2-2 スライド20ページ 今後、我が国唯一の地下研究施設となり、研究開発の拠点としての重要性が増す一方で、見学者・視察者の増加も予想されることから、これまでに以上に安全かつ効率良い施設運用を進めて頂きたい。</p>	<p>拝承です。 特に施設の安全は非常に重要と認識しており、今後も安全最優先で施設の運用に努めていきます。</p>
<p>・資料30-2-2 スライド32ページ 今後順調に研究開発が進展し、埋め戻しを行うことになった際に備えて、埋め戻し時に収集すべきデータの内容を吟味するとともに、必要に応じてそうしたデータの収集方法やそれに必要な機器の開発など、あらかじめ準備を進めておく必要があると思われる。これから埋め戻しが行われる瑞浪とも密に連携して、ご検討頂きたい。</p>	<p>拝承です。 瑞浪の知識や経験を活用しつつ、また、幌延での坑道掘削段階のデータを吟味するなど、地層処分事業に活用できる最適な埋め戻しができるよう検討を進めます。</p>
<p>（瑞浪の）深地層研究所が閉鎖されるので、今後は幌延における実地試験研究の重要性が増してくるだろう。処分場が設置されるにあたっての技術的課題の検討とその解決のために、今後一層その役割が期待される。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、は何れも重要な課題である。③については、亀裂の連結性が限定的と推定される低透水領域の存在を示せたこと、地下水の流れが非常におそい領域の調査評価手法の高度化は、重要な成果といえよう。</p>	<p>幌延の重要性の増加に応え、最大限の成果を得るよう努めます。</p>
<p>令和元年度の研究成果を評価。 報告会、見学会の実施実績を評価し、今後の更なる継続を期待。 令和2年度以降の計画に於いて、中長期目標で必要な成果を挙げることを期待。 研究開発継続は朗報だが、今後も北海道、幌延町とのコミュニケーションを密に。 貴重な地層処分技術の実証施設として、広く活用されることを期待。理解促進の最前線としての機能も重要。</p>	<p>自治体とのコミュニケーションを適切にとりつつ、地層処分や研究開発に関する相互理解促進の最前線の施設として運用してまいります。 瑞浪が埋め戻しとなったことから、より一層の見学者を幌延に受け入れるべく、検討を進めていきます。</p>
<p>5頁の堆積岩の地殻変動に対する干渉能力も重要な項目ですが引継ぎを考えるとどの程度なら緩衝能力不適切などの基準を地層処分に特化して目安を示す必要があるのでは。一般的な土木工事でないので基準が異なると思います。</p>	<p>ご指摘の通り、そのような目安を示すことが重要と考えています。今後の取り組むべき課題と認識しています。</p>
<p>9頁の掘削影響領域を介した逸水というところで今一つ意味が分かりませんでした。高透水性の部分が発生したということでしょうか。</p>	<p>ご指摘のとおり、掘削影響領域では割れ目が発達するので、これが高透水性の部分となり、人工バリア性能確認試験のために注水した地下水が掘削影響領域を介して逸水したと想定しています。</p>

<p>12頁のオーバーパックの腐食について不均一な腐食があったとのことですがこれがピンホール的なものの形成につながらないのでしょうか？ 専門外ですが不安を感じました。</p>	<p>酸化環境における腐食の局在化については、天然水環境や模擬地下水中の室内試験データが平均腐食深さと孔食係数（最大腐食深さ/平均腐食深さ比）の関係として整理されています。今回得られた平均腐食深さの範囲における孔食係数の上限は約100以上とされています。今回計測された孔食係数の値はいずれもこの上限よりも十分小さいことが分かりました。したがって、不均一の程度は小さく、ピンホールの形成にはつながらないと判断しています。</p>
<p>14頁の水圧かく乱試験の結果ですがかく乱試験後のほうが破過が遅くなっており、かく乱によって却って地層がしまったのか？ 疑問を感じました。</p>	<p>ご指摘の通り、水圧擾乱試験後の方が破過が遅くなっています。しかしながら、本物質移行試験では、水圧擾乱試験前後ともに、健岩部の介在を想定しないと説明できないトレーサーの到達時間（遅さ）を指摘できる一方で、ご指摘の破過の違いを議論するには、情報が少ないのが現状です。ご指摘の通り、擾乱試験によって断層が変位し、断層の水理学的連結性がさらに悪くなった可能性もあります。</p>
<p>26頁のコロイド及びバイオフィーム影響を考慮した物質移行モデルの高度化のところは何が高度化なのかよくわかりませんでした。指数の制約があり説明できなかつたのかと思います。</p>	<p>従来の核種移行モデル（例えば、第二次取りまとめにおける平行平板モデル）においては、コロイドやバイオフィームといった微生物、有機物、コロイドが核種移行パラメータ（Kdなど）に及ぼす影響は精緻には考慮されてきませんでした。今回安全評価における地質環境条件の不確実性を低減させる観点から、これらの影響の程度を把握した上で、核種移行モデルに反映（例えば、バイオフィームの厚さ、密度等を考慮したKdの補正方法の検討、コロイドや微生物などの影響を考慮した核種移行パラメータの整備など）するという高度化を計画しています。</p>
<p>ある時期に知見の公表が要ると思います。生データを取り出せる形にしてアーカイブし、他の機関の人が結果をクロスチェックできるようにする形を作られてはいかがでしょう。いろいろな人がデータを見ることでより、安全性が担保できると思います。</p>	<p>将来の処分事業を想定したとき、ご指摘の点は重要なことと認識します。原子力機構の報告書の形態に、JAEA-Data/Codeがあり、調査や計測で得られたデータを収録することができ、これまでも発行しておりますが、十分とは言えない現状です。一方で、研究データの取り扱いに関する基本方針が今般策定され、今後はこれに基づいて運用されることとなります。このような方針に基づき、より一層のデータ公開につなげていくことを考えております。</p>
<p>幌延に関しては、こちらも処分技術との連携研究も含め、これまでの様々な研究や技術開発の成果の蓄積がなされてきており、今後もその継続実施が可能となってきたことは非常に重要かつ、そのこと自体が大きな成果だと言える。</p>	<p>引き続き研究開発を進めて、最大限の成果を得られるよう努力していきます。</p>
<p>その上で、全体概況のところでも示したが、今後の課題を、どのように抽出し、そしてそれらがなぜ、課題なのかを併せて明確にすることが、現状では未だ不十分の感がある。特に処分技術との連携において、幌延の地下環境で行うべき実施項目、課題の優先順位などについてはもう少し検討が必要ではないだろうか（現状は、全てが並列的で、やれるものは全部やります、というようなイメージを受ける）</p>	<p>第3期中長期計画の開始（平成27年度）にあたり、これまでの研究成果を踏まえて「必須の課題」を設定して取り組んできました。令和2年度以降の課題もこれまでの必須の課題に沿いつつ、研究成果、当評価委員会の評価、国内外の状況を踏まえて設定したもので、絞った課題としておりますが、その中でも優先順位は必要と認識しております。最終的には個別技術を体系化させることが優先度が高いと考えています。</p>
<p>NUMOのリーダーシップが地層処分技術の高度化・拡充に不可欠としても、URLの活用については是非とも貴機構において国際的なスタンダードとなる技術開発の場として、我が国の地層処分の実現に社会の関心と信頼を引き付ける活動形態は何か企画していただく協力もご検討願いたい。</p>	<p>国内関係者の協力も得つつ、G20での枠組みやDECOVALEXといった国際共同研究、米国、韓国、台湾、豪州などの環太平洋地域の国々の研究機関との連携など、国際的な取り組みを進めていきます。国内関係者の協力も得つつ、オールジャパンとしてより一層の国際化に取り組んでまいります。</p>

資料30-2-3 令和元年度における個別研究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 (東濃地科学センター)

ご意見等	回答
<p>・資料30-2-3スライド28ページ 研究開発が着実に行われていることが、資料から読み取れる。年代測定技術は、開発も重要であるが、開発した技術を維持・伝承することも重要と考えられるので、積極的に進めて頂きたい。</p>	<p>ご指摘の通り、開発した技術を維持・伝承することも重要と認識しております。今後の研究においても、その点に留意し、積極的に進めていきます。</p>
<p>NUMOの包括的技術報告書(またはJAEA地層処分研究開発の安全評価手法の高度化)では、割れ目を活断層を含む10 km以上の大規模割れ目、1-10 kmの中規模割れ目、1 km以下の割れ目に区分して地質環境モデルを構成することを考えていますが、断層または割れ目の分布の調査は、JAEAの計画には含まれていないのですか。</p>	<p>JAEAにおいても既に、地層処分におけるサイト特性調査の観点から、活断層の存在が分かっている地域における断層/割れ目/破碎帯の分布(活断層から離れるにしたがって断層/割れ目/破碎帯の分布がどのようになるか)とその発達史を明らかにするための研究を実施しています(Niwa et al., 2011, Engineering Geology)。それらの成果は、地層処分技術WG中間とりまとめ等に引用され、現在の全体計画の策定に係る議論にも反映されています。一方、地表地形から特定が困難な活断層を検出し、その周辺岩盤への影響を把握するための技術については、全体計画においても技術課題の一つとされており、現在はそれらを解決するため、せん断ひずみ速度の大きい地域である南九州を事例として、地質学的手法と地球物理学的手法を組み合わせた技術開発を進めているところです。</p>
<p>技術開発の目標が明確に絞られており、またその内容も的確であると判断される。特に最も重要と思われる深部地下水の挙動とそれに影響を及ぼす隆起・侵食に焦点を絞っている点は評価できる。今後の成果に期待したい。</p>	<p>拝承です。</p>
<p>断層の活動性に係わる調査技術： 活断層と非活断層を化学組成データから識別する手法の開発は興味深いものであり、これまでに統計的手法により現象論的には一定の成果が得られているが、まだデータの数は十分といえず、また識別可能であることの科学的根拠の解明も十分とはいえない。しかし意欲的な試みであり、今後期待される。</p>	<p>現状としてはご指摘の通りです。今後は、データ数の拡充に加え、例えば識別の上で重要と見なされる元素の存在状態を明らかにするための検討も進めていきます。</p>
<p>地殻構造の高空間分解イメージング技術 マグマの活動範囲に関する検討： MT法、地震波トモグラフィ、He同位体を組み合わせる火山地下深部の溶融体を検出する手法は的確である。しかし、独立単成火山群を含めて、避けるべき火山活動影響範囲はすでに科学的特性マップに示されており、それによれば、例えば青野山単成火山群の地下に明らかになったメルトなどの流体の拡がりも、すべてその避けるべき範囲に収まっており、特に地下の情報が必要とも思われない。科学的特性マップで特に好ましいとされた領域に火山活動の可能性がある地域が含まれているとは思われないのだが、それではこの技術開発の目的は何か。深部地下水の分布や挙動解明のためのデータを得る目的であれば、技術開発の必要性はないとはいえないが、この技術開発が地層処分にとってなぜ必要かの具体的説明が欲しい。</p>	<p>従前の研究において、飯豊山地(東北地方の背弧域)では非火山地帯であるにもかかわらず地殻内に部分溶融域が存在するといった結果も得られております(Umeda et al., 2006 G-Cubed)。そのため本調査技術は、サイト選定(主に概要調査段階)の際に、背弧域において現在火山のない場所で将来新たな火山が発生する可能性を検討する(新規火山の発生可能性が十分に低いことを確認する)ために有用であると考えております。</p>
<p>深部流体の分布に関する調査技術： フィリピン海プレートの沈み込みに由来する流体に関する研究は必要であり、時間軸を導入してその実体を明らかにしようとする研究は一定の評価ができる。まだ始まったばかりともいえるので、その成果に対する評価は保留したい。</p>	<p>今後引き続き検討し、成果の蓄積を進めていきます。</p>
<p>2011年福島県浜通り地震に伴う湧水現象の解明もきわめて重要な課題であると考えられるが、情報整理の結果が簡単すぎて何が明らかにされていて、何が解明されていないのかが不明である。この問題は重要であると思うので、もう少し力を入れてやって欲しい。松代地震と湧水現象に着目したのは評価できる。今回はMT法による地下構造が解明されてこれ自体は大きな成果であるが、今後湧水のメカニズムが処分場に関わる深部地下水流動の問題とどのように具体的に関連してくるのかを示して頂きたい。</p>	<p>既存の研究によると、地震に伴う湧水が地下深部(例えばマントル起源)からの流体上昇に起因する場合は、顕著な水質の変化や長期間にわたって湧水が継続する可能性が指摘されています。本研究ではこのような事例に傾注して進めておりますが、現状では知見に乏しいこのような現象が起こり得る条件(流入する流体の賦存状況、流路となるクラックの特徴など)や地下水理場の変化に着目しつつ、検討事例の蓄積を進めたいと考えております。</p>

<p>時間スケールに応じた地圏環境変動の予測技術：  研究目標の全体像が示されているのは評価できる。  隆起沈降境界域における地殻変動評価技術の整備：  きわめて興味深い研究である。ボーリング掘削によって具体的に研究を進めたことも評価できる。また途上の研究開発であると思われるが、隆起沈降現象を高分解能で定量的に取り扱う目途をつけたのは評価できる。  最新知見を踏まえた隆起・侵食データマップの整備：  データベースの整備とそれに基づく1万年間の侵食速度分布図を作成したが、処分場選定に必ず必要なデータであり評価できる。中期更新世以降の隆起沈降の傾向・速度における一様継続性の成立に関する研究は大変に興味深いものである。隆起沈降の傾向速度が変化した可能性のある地域を明らかにした結果は重要であり評価できる。</p>	<p>拝承です。今後とも積極的に進めていきます。</p>
<p>活断層と非活断層の分類関連で、多様な地質条件での更なる試行を期待。  深部流体の影響関連で、知見・情報の獲得・蓄積を更に進めることが必要。  地震・断層活動関連で、更なる影響事例の蓄積が必要。  時間スケールに応じた変動予測は、一般にも関心のあるところなので、更なるデータ収集、知見整備を期待。</p>	<p>拝承です。今後とも調査・評価技術の信頼性向上のため、更なる事例の蓄積を積極的に進めていきます。</p>
<p>重要な研究であるし地層処分の課題と基礎研究のつながりが今年度になってより向上したと評価します。上載地層が分布しない断層の活動を評価できる手法が未確立である点に着目し、活断層と非活断層の識別指標の検討を試行等、興味深いアプローチが行われていると考える。  現在の部分熔融域の分布が将来の活動範囲を検討する上で有用な指標の一つとなり得ることを示唆（単成火山群の活動へも適用可能）という個所について（11頁）、単成火山については極めて予測が難しいという印象を持っていたので本当なら価値が高いと考えられる。</p>	<p>拝承です。今後とも調査・評価技術の信頼性向上のための検討を積極的に進めていきます。</p>
<p>和歌山県田辺市本宮町平治川で、熱水脈露頭3地点、熊野酸性岩露頭1地点から、計17試料（熱水脈と周辺の母岩を含む）を採取ということで予備的な結果としては興味深い。一方、どの程度汎用的な結論になるのでしょうか。</p>	<p>今のところ一事例のみの成果であり、汎用性について言及するのは難しいですが、次年度以降、今回と同様の手法を適用した事例を増やすことにより、手法や知見などの汎用性の確認を目指したいと思います。</p>
<p>同資料の17ページ以降の地震に伴う湧水については、マントル起源の流体上昇に伴うものという事項についても多様な事例を調査してほしいと考えます</p>	<p>松代群発地震での事例研究では、MT法電磁探査のほかに地震学・地球化学的情報とあわせて検討し、湧水はマントル起源の流体であると推定しています。ただし、現状では一つの事例のみのため、今後はマントル起源と考えられているものも含めて深部流体の移動・流入に関する他の事例について、引き続き研究を進めたいと考えています。</p>
<p>長期安定性研究に関しては、基本、これも上記同様、これまでの実施内容に関しての成果や分析技術の蓄積がなされてきていることは評価に値すると判断する。特に、年代測定技術は、将来のサイト特性調査においての必須事項であり、JAEAがその技術を所有することは組織としての大きな強みともなると考える。</p>	<p>年代測定技術の維持・技術向上は非常に重要と認識しております。今後の研究においても、その点に留意し、積極的に進めていきます。</p>

非常に広域的かつ深部的な地質現象や、長期過ぎる現象の調査研究については、果たしてそれらが「地層処分」という範疇において必要なものなのかどうかという客観的判断（要件）をも含めた検討を行うことも重要ではないかと考える。また、それらの検討の結果として、全体計画の見直しにも反映されるべきではないかと考える。

おそらく、「非常に広域的かつ深部的な地質現象」は、地殻構造の高空間分解能イメージング技術を、「長期過ぎる現象」は、時間スケールに応じた地圏環境変動の予測技術を、主に指すのではと推察します。

地殻構造の高空間分解能イメージング技術については、全体計画における火山・火成活動の発生及び影響の調査・評価技術の高度化として実施しているものです。東北日本の背弧域では、非火山地帯であるにもかかわらず（将来マグマが噴出せずに固化する可能性はありますが、）地殻内に部分熔融域が存在するといった事例や、過去百数十万年以上にわたって火山が存在していなかった地域において30万年前以降に新たな火山活動が生じているとの事例が指摘されています。手法の原理的理由から解析領域は広範囲とならざるを得ませんが、サイト選定（主に概要調査段階）の際にこのような事例も考慮して新規火山発生のリスクを避けるためには有用であると考えております。

時間スケールに応じた地圏環境変動の予測技術は、全体計画における隆起・侵食の調査・評価技術の高度化にあたります。地層処分における将来の地質環境の予測・評価において、変動の様相継続性が成立していない場合、単純な外挿による予測には大きな不確実性を伴います。将来10万年程度の予測の信頼性の確保のためには、過去百万年程度までさかのぼって、隆起・侵食速度が大きく変化、あるいは沈降から隆起（またはその逆）に転じた地域や時期を特定することが非常に重要です。それらの情報を得る手法の確立のため、地形・地質学的研究に加え、熱年代や宇宙線生成核種等を用いた数十万年～百万年スケールの年代測定技術の開発についても進めているところです。

以上の議論は、NUMOとも情報共有を行っているところですが、ご指摘いただいたように、事業や研究の進展を踏まえた全体計画の見直しの議論は重要と認識しています。

ご意見等	回答
<p>(3) その他の代替処分オプションの調査 超深孔処分に関する諸外国での研究成果が調査されているが、まだまだ不明な点が多い。我が国での適用は難しいかもしれないが、超深孔処分に関する調査・研究方法には、今後の我が国に地層処分研究に役立つ可能性も多いので、一層の情報収集に努めて欲しい。</p>	<p>拝承です。引き続き情報の収集に努めていきます。</p>
<p>・資料30-2-4 スライド18ページ (質問) 緩衝材共存下では硫化物による影響が緩和されることを見出したのは大きな成果の一つと思われる。このように緩和される原因(メカニズム)についてお考えがあればご教示頂きたい。</p>	<p>緩衝材共存下において、硫化物による銅の腐食への影響が緩和されている現象については、今後メカニズムや長期的な挙動などを含めてより詳細な確認が必要ですが、硫化物は緩衝材中を拡散によって移行し銅との反応が生じると考えられますので、拡散による銅表面への硫化物のフラックスが溶液中に比較して小さいことが、可能性のある原因のひとつとして挙げられます。</p>
<p>1) システム性能評価に係る手法の開発： 隆起侵食を考慮した安全評価手法の開発 隆起侵食による処分場深度の時間変化を推定評価する手法の開発で、これ自体は初歩的なものであるが、今後これに広域的地下水流動特性の時間変化等を加えることで、最終的な目標である性能評価につなげていく見通しが得られる点で評価できる。亀裂性媒体の特徴を考慮した地下水環境変化・核種移行の解析技術の整備 初歩的なものではあるが、亀裂ネットワークを初期条件として地下水流動を仮定し、地下水流速や塩分濃度比、核種移行率などの時間変化を予測する手法で、整備されれば安全評価の有効な手法となる可能性がある。</p>	<p>拝承です。</p>
<p>2) 放射性核種の移行に係る現象理解とデータベース開発 吸着・拡散モデル/データベースの開発 これまでも進められてきた研究の一環である。今回は岩石割れ目のガウジ層の効果と粘土層間に関する研究であるが、天然バリアは地層処分にとってきわめて重要な要素であり、今後とも進めて頂きたい。コロイド・有機物・微生物影響評価手法 コロイド・有機物・微生物の吸着特性は、核種移行の天然バリアとして有望であり、今後とも研究を進めて頂きたい。</p>	<p>拝承です。</p>
<p>隆起・侵食を考慮した安全評価手法の開発については、風化帯および地下浅部の情報の蓄積と整備を含むGBI(地圏生活圏インターフェイス)の設定の問題についても取り組まれてはいかがでしょうか。</p>	<p>ご指摘のように、風化帯および地下浅部については、サイト固有の情報の蓄積と整備が今後必要になると考えております。「安全評価手法の開発」としては、今後それらの情報が得られた場合のGBI設定の考え方や手法についての検討にあたり、「長期安定性研究」や「地質環境調査研究」とも連携して取り組んでいくことを考えていきたいと思っております。</p>
<p>令和元年の研究成果を評価。 直接処分研究開発についても、令和元年の成果を評価。</p>	<p>拝承です。</p>
<p>地下研との研究のリンクも示していただいている。個別データのデータベースの拡充も進んでいると評価できる。マトリクス拡散や割れ目中の移行などについてもより複雑な系について考慮していただいているので結構だと思っております。今後、仮に地下研の環境データを使って、これらの結果を統合した包括的な核種の地下環境移行のシミュレーションを行って結果を示してほしいと思っております。</p>	<p>ご指摘のように、岩石のマトリクス部や割れ目部の核種移行に関するより精緻なモデル開発の成果を、安全評価のための核種移行解析へ反映させる方策を構築することが重要と認識しております。このような方策検討はすでに一部実施しているところですが、ご指摘のように、地下研で得られる情報のさらなる活用や、性能評価の対象として考慮すべきより大きなスケールへの拡張なども含め、さらに検討を進めてまいります。</p>
<p>基本、安全評価のフレームの妥当性や実際の現象、地下環境データとの整合性やモデルの高度化は、今後も具体的なサイトが確定し、その固有の性質での評価を行う段階になるまで、持続的にスキルアップを行いつつ継続していくしかないと考えている。その観点において、技術の蓄積がなされてきていると判断できるものの、瑞浪や幌延の地下環境に関するデータ、情報とのリンクが弱いと感じてしまうのが率直な感想である。また、今後の課題として、直接処分は仕方ないとして、何が取り残された課題なのか、それはまた何故なのか、をこの資料からは読み取れなかったというのが率直な意見である。</p>	<p>ご指摘のように、評価モデルの高度化や信頼性向上等のためには、地下研究施設をさらに活用し、深部地下における観察事実、データ等を活用していくことが不可欠と認識しており、今後一層の連携を図ってまいります。また、今後の課題も、その理由とともにしっかりと整理していきたいと思っております。</p>

2. その他ご意見等について (地層処分研究開発推進部)

ご意見等	回答
<p>当委員会の中間評価の報告書では、半世紀にわたり蓄積されてきた膨大なデータや知見の活用の重要性を述べてきた。これを補足すると、今後の研究開発計画の必須の課題の一つとして、これらのビッグデータの利活用そのものの研究開発を検討することが望まれる。</p>	<p>ご指摘の通り、これまで得られた多種多様なデータ・情報・知見がしっかり利活用できるように取り組み体制を含め検討していきます。</p>
<p>・研究計画の表題が、以前の「研究」から「研究の高度化」に変化してきている。この先、何を指して、「高度化」から先に進むのであろうか。</p>	<p>ご指摘の通り、高度化に変化していると認識していますが、例えば、より現実的なモデルの構築など、まだ高度化の点すべきことが残されていると考えています。その上で、それらの取り組みを通じて次のステージが見えてくると考えます。一例としては、単に技術の追求のみでなく、技術の伝承のしやすさや一般の人が安心と理解ができる技術の追求があるかと考えています。</p>
<p>昨年の評価では、全体はAと評定しましたが、(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については評定をBとしました。地層処分の実現においては特に情報の非対称性（この場合は専門家と非専門家の有する知識・情報量の違い）が障害となっています。この場における研究成果の紹介の仕方でも、委員でさえもその内容を理解するのが困難な説明がありました。分野が違えば地層処分に関係していても非専門家です。そしてこうしたコミュニケーションの不備が積み重なって、国民との相互理解促進が頓挫することになります。もともと科学技術の内容を専門分野以外の人間に伝えるのは不可能かもしれませんが、一人一人が何とか努力して伝える工夫が必要です。</p>	<p>非常に重要なご指摘と考えます。情報の非対称性やコミュニケーション・ギャップの存在を、常に我々一人ひとりが認識しつつ、より具体的にどのような情報伝達が最適なのかを考えつつ、研究活動を進めていきたいと思えます。</p>
<p>ここでの説明の内容は、たとえ地層処分に関係していても専門外のものには技術的内容を十分理解できないこともあると思いますので、場合に応じてそうしたことも付随的に含めて説明されるとよいと思います。例えば、割れ目帯を対象とした物質移行試験では、NUMOの包括的技術報告書では、断層および基質に対する透水性をどのようにモデル化しているか、それに対してここでの実験結果がどのような意味を持つのか、また断層を対象とした水圧擾乱試験の結果の説明では、DIがどのようなインデックスであるのか（断層の変位とどう関係しているのか）の説明が必須であると思います。最低限、地層処分分野関係者（他の分野の技術者、政策立案者、運営、広報、地域交流担当者等々）にはこうした技術的成果の内容を理解して貰って、初めて地層処分の安全の議論が進むのではないかと思います。</p>	<p>同じく重要なご指摘と考えます。同じ地層処分技術に関わる研究分野に携わっていても、専門分野以外の技術的内容を理解しがたい状況を痛感しており、自分が理解困難であった所はどこかを認識しつつ、逆の立場に立って考えた上で相手に伝える努力を心掛けることが重要と考えています。</p>
<p>先の課題評価に、特に補足意見はありません。</p>	<p>拝承です。</p>
<p>(1)瑞浪の埋め戻しに関しては、研究所を掘削の前の情態にできるだけ埋め戻すように慎重に検討して実行できるように再検討してほしい。 (2)色々な社会の事項を考慮する必要があるが、技術者の倫理を守るように実行してほしい。</p>	<p>瑞浪の埋め戻し工事の内容についてはしっかり対応しつつ、一方で、①地層処分技術の研究開発においては、そもそも大規模深度の地下坑道の埋め戻し自体が非常に重要な研究開発課題であること、②埋め戻しの方法やその結果について時間をかけて技術的に問題ないことを追求し公に明らかにしていくことは技術者の態度として重要であることを関係者の全てが認識して取り組んでいきます。</p>
<p>貴機関は基盤研究機関としての視点と技術力を活かし、事業者NUMOとの協力を一層強化して我が国に最適な地層処分技術の高度化を継続して進めていく推進力を維持向上していただきたい。また、そのような技術研究・開発において、その技術が世界水準・世界スタンダードとして国際貢献のうえでも高い評価を受けるものとなるよう、特にURLにおける国際共同研究体制の導入など、今後の地層処分技術の論証性や充足性に対し積極的に模索し、牽引するなど、我が国の地下環境において実施するからこそその技術研究・開発の意義・付加価値を目指していただきたい。それと同時に、関係諸機関とともに国際的な活動によって得られた成果、知見、前進こそが、地層処分に対する社会の信任醸成に不可欠のものであり、その歩みを止めることではない旨を、より広く、より強く社会に向けて発信する工夫についてもご検討いただきたい。</p>	<p>ご指摘のように、機構の使命や約束をしっかり認識し、地下研究施設における国際共同研究の導入をはじめとした研究開発に付加価値を付ける努力をしていきます。また、その取り組みに対する情報発信も行っていきます。</p>