

「幌延深地層研究計画 令和 3 年度調査研究計画」に関する質問

確認事項	回答
<p>(実際の地質環境における人工バリアの適用性確認) (人工バリア性能確認試験)</p> <p>■ 有識者 2-1 (計画 P15)</p> <p>人工バリア周辺で起きる事象として、どのような事象がどのような順序で起きることを想定して実験をしているのか、説明してください。また、ここで書かれている「初期状態」や「人工バリア周辺の環境条件」は、廃棄体の定置後、または処分場の閉鎖後、どの程度の時間スケールを想定しているのでしょうか。</p> <p>■ 有識者 2-2 (計画 P16)</p> <p>図 8 は、緩衝材への水分の飽和度ということで正しいですか。</p>	<p>(実際の地質環境における人工バリアの適用性確認) (人工バリア性能確認試験)</p> <p>■ 有識者 2-1</p> <p>人工バリア定置後に想定される主な現象としては、以下が考えられます。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ガラス固化体からの発熱と周辺岩盤からの地下水の浸潤（緩衝材内側が高温状態では地下水の浸潤は遅い） ・地下水により緩衝材の外周部から飽和が進み、それに伴い膨潤応力が発生（緩衝材中の地下水の浸潤のしやすさや膨潤応力は地下水のイオン強度などによって変化）。 ・同時に、緩衝材に浸潤した地下水は緩衝材中の鉱物と化学的に反応 ・時間経過とともに地下水は緩衝内側まで到達し、オーバーパックが腐食 <p>これらの現象は相互に影響し合うことから熱-水理-力学-化学連成現象と呼ばれます。</p> <p>オーバーパックの設計寿命は埋設後 1,000 年とされており、オーバーパックの腐食挙動は周辺の水分や化学特性などによって変化するため、寿命評価には周辺の環境条件を把握することが重要となります。本文中に記載した「人工バリア周辺の環境条件」とは、オーバーパックの腐食が開始してから腐食によりバリア機能を損なうまでの期間の環境条件を示しています。</p> <p>安全評価では、ガラス固化体から溶出した放射性核種は地下水によって緩衝材や天然バリア中を移動することが想定されています。放射性核種が緩衝材中をどのように移動するかを評価するためには、その時に緩衝材中がどのような状態にあるかを把握する必要があります。本文中に記載した「安全評価における初期状態の把握」とは、オーバーパックが破損してガラス固化体に地下水が到達した時点の状態を示しています。</p> <p>■ 有識者 2-2</p> <p>ご質問の通り、図 8 は比抵抗トモグラフィによって取得した比抵抗分布から緩衝材の水分飽和度を算出した結果となります。</p>

確認事項	回答
<p>■ 道1 (計画 P15) 令和2年度調査研究計画に令和2年以降の計画として記述のあった「緩衝材の飽和度などの確認」は、令和3年度計画ではどの部分にあたるのか。</p> <p>■ 道2 (計画 P15) 令和2年度調査研究計画に記述のあった「連成解析モデルの改良」、「解析の成果」の成果の記述はR3調査研究計画にどのように記載されているのか。</p> <p>■ 幌延町1 (計画 P18) 4.1 実際の地質環境における人工バリアの適用性確認 令和3年度はヒーターの電源を切り、発熱による影響をなくした条件での試験とのことだが、「発熱の影響がない状態」とは具体的にどのような状態(処分から〇〇年後等)を指し、この状態でのデータ取得にどのような意義があり、どのような狙いから令和2年度取得データと比較するのか。</p>	<p>■ 道1 人工バリア性能確認試験では将来的に解体調査により、緩衝材の飽和度などの詳細調査を実施する予定としています。その解体調査手法の適用性を確認するためにR2、3年度に人工バリア解体試験施工を実施する計画となっています。R3年度計画書では「試験施工では、解体調査を実施し、緩衝材、模擬オーバーパック、埋め戻し材、コンクリート、岩盤、設置したセンサー等のサンプリング手法や各種材料の境界面を一体化した状態でサンプリングする手法の適用性の確認を行います。」と記載しており(p.18, 第2パラグラフ)、サンプリングした緩衝材の飽和度測定などを通して、解体手法の適用性を確認します。</p> <p>■ 道2 連成解析モデルの改良については、解析コードで使用する構成式を更新しました。今後、解析に必要となるパラメータを室内試験で取得します。国際共同研究 DECOVALEX は令和2から5年度までの4年間の計画となっています。R2年度は各国ごとの解析コードの違いを確認し、室内試験を対象とした解析モデルや解析条件を設定しました。令和3年度に各国ごとの解析結果の比較検証を実施する予定です。また、気相を考慮した熱-水理-力学挙動については、事前解析を行い、室内試験条件に反映しました。これらの令和2年度の成果について、本文には以下の通り記載しています。「共同解析を行うための解析モデルや解析条件を設定するとともに、各国間の解析コードの違いを確認しました。また、空気の移動等を考慮した熱-水理-力学連成挙動に関する室内試験については、事前の解析結果を基に浸潤挙動や膨潤挙動に及ぼす空気の影響を確認し、粘土材料の乾燥密度、設定温度、センサー(温度、水分量、応力、間隙圧)の設置位置、試験期間などの試験条件の設定を行いました。」(p.15, 第2パラグラフ後半)</p> <p>■ 幌延町1 ガラス固化体の発熱量は製作直後は非常に高く、地層処分に適した発熱量に低下するまでの30~50年間、地上で貯蔵され、地層処分後も発熱量が低下していきます。発熱の影響がない状態とは、このガラス固化体の発熱の影響がなくなった状態を指します。 地層処分における人工バリア定置後に想定される主な現象としては、ガラス固化体からの発熱、周辺岩盤からの地下水の浸潤、地下水浸潤による緩衝材の</p>

確認事項	回答
<p>(物質移行試験)</p> <p>■ 有識者 2-3 (計画 P6)</p> <p>「ブロックスケール」という言葉が出てきているが、物質移行試験について、どのようなスケールでの研究が行われてきているのか、体系的に示していただけるでしょうか。</p> <p>■ 有識者 2-4 (計画 P19)</p> <p>地下水中の DOC 濃度はどのくらいでしょうか。核種移行への濃度の影響は想定されるでしょうか。DOC 濃度が低く、移行への影響が小さいことが見込まれる場合がありますでしょうか。また、分子サイズは、pH やイオン強度の影響を受けると考えられ、幌延の地下水はイオン強度がかなり高いと考えられますが、その影響についてはどのように計画されているでしょうか。</p>	<p>飽和と膨潤応力の発生、地下水浸潤によるオーバーパックの腐食、緩衝材間隙水と鉱物との反応などが想定され、これらの現象は相互に影響し合うことが知られています(熱-水-力学-化学連成現象)。このような現象は数値シミュレーションによって予測されますが、そのシミュレーション結果の妥当性を検証するためには、将来的に予想される条件下で取得した試験データとの比較が重要となります。</p> <p>人工バリア性能確認試験では、具体的に何年後かを想定した試験ではなく、ヒーターの温度を低下(令和2年度は90→50℃、令和3年度は50℃→周辺温度)させることでガラス固化体からの発熱量の低下を模擬し、それによって緩衝材中への地下水浸潤や膨潤応力等がどのように変化するかを設置したセンサーで確認します。さらに、それらのデータとシミュレーション結果とを比較することで、シミュレーション技術の妥当性を検証します。</p> <p>(物質移行試験)</p> <p>■ 有識者 2-3</p> <p>物質移行に関する研究では、岩盤中の異なる3つのスケールの不均質性を考慮した物質移行モデルの構築を目指しています。一つ目は岩石中の鉱物・空隙の不均質性に対応するμm～mm オーダーのスケール、二つ目は割れ目内の開口幅の不均質性に対応する cm オーダーのスケール、三つ目は割れ目の連続性や連結性の不均質性に対応する m オーダーのスケールです。「ブロックスケール」は三つの目の m オーダーのスケールに対応し、数 m～100m 規模を対象としています。</p> <p>■ 有識者 2-4</p> <p>幌延の地下水中の DOC (溶存有機炭素) は、深度 140m 調査坑道から採取した地下水 1 L 中では炭素に換算して約 25 mg、深度 250m および 350m 調査坑道から採取した地下水 1 L 中では炭素に換算して約 7 mg 含まれていました。溶存有機炭素(溶存有機物)の濃度が高ければ、溶存有機物と結合する放射性核種の割合も高くなる可能性があり、その場合には地下環境中における放射性核種の移行に与える影響も大きくなると考えられます。ただし、実際の地下環境中において溶存有機物が放射性核種の移行に影響を与えるか、およびその影響がどの程度であるかについては、今後、微生物・有機物・コロイドを対象としたトレーサー試験等で検証していく予定です。</p>

確認事項	回答
<p>■ 有識者 2-5 (計画 P20) 図 12 がわかりづらいので、説明をお願いします。</p> <p>■ 有識者 2-6 (計画 P21) 図 14 の Fz-01 孔と Fz-02 孔の距離はどのくらいでしょうか。</p> <p>■ 道 3 (計画 P19) 「準備作業として、物質移行試験装置の設置」は令和 2 年度調査研究計画に記載の「事前調査を実施」に比べ工程の遅れが生じているのではないか。</p>	<p>ご指摘の通り、幌延の地下水はイオン強度(水中のイオンの濃度に関する指標)が高いため、溶存有機物の分子サイズはその影響を受けている可能性が考えられます。ただし、pH やイオン強度に関しては、溶存有機物の分子サイズに対する影響よりも、溶存有機物と放射性核種との結合等に対する影響の方がより大きいと考えています。そのため、今後実施予定の微生物・有機物・コロイドを対象としたトレーサー試験およびその結果を検証するモデルにおいて、地下水の pH やイオン強度は、放射性核種を模擬したトレーサー元素と溶存有機物との結合等に関連するパラメータとして考慮していく予定です。</p> <p>■ 有識者 2-5 図 12(a)に示す P、H4-1、H4-2 はふたつの試験坑道(試験坑道 3 と 4)間に掘削された 3 本のボーリング孔の名称で、ひとつのボーリング孔からトレーサーを投入し、別のボーリング孔からトレーサーを採取する手法の試験です。図中の緑色の円はボーリング孔を横切っている割れ目を 0.3m の半径と仮定して図示したもので、試験坑道周辺の掘削影響領域に多く形成されています。この試験は割れ目によって水みちが形成されている可能性のある掘削影響領域における、物質の移行挙動を調べるものです。赤い線はボーリング孔をパッカーにより区画した領域を示しています。図 12(b)は(a)を上から見た図で(上の四角形が試験坑道 3、下が試験坑道 4)、H4-1 孔①の区間(左の黄色の楕円)からトレーサーの添加された水を注水し、P 孔②③連結区間(右の黄色の楕円)で揚水して H4-1 孔①から P 孔②③に移行したトレーサーの濃度を測定するという試験イメージを表しています。</p> <p>■ 有識者 2-6 Fz-01 孔と Fz-02 孔は並走したボーリング孔であり、トレーサー試験を行う区間周辺のボーリング孔の離間距離は約 4m です。</p> <p>■ 道 3 令和 2 年度は、令和 3 年度に計画している物質移行試験に先立ち、事前調査として、物質移行試験装置を挿入・設置可能か、また、設置後に目標とする深度に試験区間を区画できるかを確認しました。実際に試験装置の設置作業を行い、所定の位置に設置されたことを確認するとともに、試験装置を設置した後、試験区間の間隙水圧を計測し、試験区間が問題なく区画できていることを確認</p>

確認事項	回答
<p>■ 道4 (計画 P19) 「稚内層深部において推定されている物質の移行経路の水理学的連結性について、物質移行の観点から検証」は、500mの掘削と関連するののか。</p> <p>■ 道5 (計画 P21) 計画「図14」により、試験の実施内容として、深部方向へととなっているが、500mの掘削を行わない場合でも同様だったのか。(500mの検討結果と関連するののか)</p> <p>■ 有識者1-1 (計画 P20) 図11 (本体) の右下の稚内層深部の断層分布は誤解を招く図となっている。断層の連結性が限定的なことは正しいと思うが、稚内層浅部で緑色で描かれている、断層セグメントをつなぐ引張性割れ目は稚内層深部にも多分あり、図24 (本体 p. 34) にある通り高封圧下で閉じられていると思う。あるいは、高封圧下のためにこの引張性割れ目が出来なかったという解釈か？</p>	<p>しております。したがって、令和3年度に実施する物質移行試験については当初の予定通り実施できると考えております。なお、試験装置設置後の試験区間の間隙水圧の測定結果については、令和2年度の成果報告書に記載することとしております。</p> <p>■ 道4 ご指摘の「稚内層深部において推定されている物質の移行経路の水理学的連結性について、物質移行の観点から検証」に関する図14に示す試験は、深度500mの掘削に関わらず、稚内層深部の物質移行特性をブロックスケール(数m~100m規模)において評価することを目的に既存のボーリング孔を利用した物質移行試験を実施するものとして計画しております。</p> <p>■ 道5 図14に示す試験は、深度500mの掘削に関わらず、稚内層深部の物質移行特性をブロックスケール(数m~100m規模)において評価することを目的に既存のボーリング孔を利用した物質移行試験を実施するものとして計画しております。</p> <p>■ 有識者1-1 稚内層深部は、圧力が高く岩石を押さえつける力が強い(高封圧下)引張性の割れ目が発生しにくいと解釈しています。稚内層深部は稚内層浅部と異なり、断層沿いの引張性の割れ目の発達に乏しいことがコア観察により確認できています。このことは、コアを用いた室内での破壊実験やモールの破壊曲線を用いた理論解析の結果とも一致することが確認できています。 Ishii, 2016, Far-field stress dependency of the failure mode of damage-zone fractures in fault zones: Results from laboratory tests and field observations of siliceous mudstone, Journal of Geophysical Research: Solid Earth, vol.121, pp.70-91</p>

確認事項	回答
<p>(処分概念オプションの実証) (人工バリアの定置・品質確認などの方法論に関する実証試験) (操業・回収技術等の技術オプションの実証、閉鎖技術の実証)</p> <p>■ 有識者 2-7 (計画 P3) 「埋め戻し方法」について、p2 の 9 行目で使われている「埋め戻し」とは異なる範囲、タイミングでの「埋め戻し」を示していると考えられるが、それぞれの「埋め戻し」について定義をさせていただけるでしょうか。</p> <p>■ 有識者 2-8 (計画 P3) 「埋め戻し材」と「緩衝材」の違いを説明してください。</p> <p>■ 有識者 2-9 (計画 P9) 「地下環境におけるコンクリートの劣化に関する試験」については、どのような時間スケールでの試験でしょうか。劣化を加速するような条件設定となっているのでしょうか。</p> <p>■ 有識者 2-10 (計画 P23) 「吹付けコンクリートの経年劣化」の時間スケールを教えてください。処分坑道を施工してから回収するまでの期間ということでしょうか。</p> <p>■ 有識者 2-11 (計画 P24) 埋め戻し材、プラグ、緩衝材、掘削損傷領域、粘土系材料を用いた止水壁の位置関係を説明してください。 ⑤については立て坑の埋め戻し方法についての検討ということでしょうか。</p>	<p>(処分概念オプションの実証) (人工バリアの定置・品質確認などの方法論に関する実証試験) (操業・回収技術等の技術オプションの実証、閉鎖技術の実証)</p> <p>■ 有識者 2-7 p.2 の 9 行目で用いている「埋め戻し」は研究の終了後に幌延深地層研究センターの地下施設全体を埋め戻すことを、p.3 で用いている「埋め戻し」は 350m 調査坑道で実施している人工バリア性能確認の坑道部分の埋め戻しを意味しています。</p> <p>■ 有識者 2-8 緩衝材とは人工バリアの一つとして、廃棄体の周りに設置されるもので、人工バリア性能確認試験ではベントナイトと珪砂を混合したブロックを設置しています。埋め戻し材とは地下坑道を埋め戻すためのものであり、人工バリア性能確認試験ではベントナイトと掘削土を混合した材料を原位置で締め固める方法とブロックで設置する 2 つの方法で坑道の一部を埋め戻しています。</p> <p>■ 有識者 2-9 1 年毎にコンクリート片試料の物性値の取得を予定しており、吹付後、数年間オーダーの調査となります。条件に関しては、坑道内で想定されるコンクリートと水の接触状態として水浸条件下および外気条件下で代表させて自然状態に保持しており、劣化を促進させるような条件には設定しておりません。</p> <p>■ 有識者 2-10 「吹付けコンクリートの経年劣化」については回収可能性が維持される期間を想定していますが、その期間の長さは決められておりません。 「地下環境におけるコンクリートの劣化に関する試験」については 1 年毎にコンクリート片試料の物性値の取得を予定しており、吹付後、数年間オーダーの調査となります。</p> <p>■ 有識者 2-11 掘削損傷領域は、坑道の掘削により周辺の岩盤が損傷を受けて性質が変化した領域のことです。この領域では、坑道周辺の岩盤に割れ目が発達することにより岩盤の変形特性や透水性の増大が予想されます。</p>

確認事項	回答
<p>■ 有識者 2-12 (計画 P26)</p> <p>湧水量は、廃棄体 1 体あたりの量でしょうか。単位面積あたりの量でしょうか。0.4L/min、と 1.0L/min が計画書では数値として挙げられていますが、これらが代表的な湧水量ということでしょうか。</p> <p>■ 道 6 (計画 P23)</p> <p>昨年、確認会議で示された工程表に記載の「シーリングシステムの長期変遷に係る現象理解のための解析等」の実施内容 (成果) はどの部分に記載されているのか。</p>	<p>緩衝材は、人工バリアのひとつでオーバーパックの周囲を取り囲むように設置するものです。</p> <p>埋め戻し材は、立坑や坑道といった地下に掘削した空間を埋め戻すために充填する材料のことです。</p> <p>プラグは、埋め戻し材とともに坑道に設置されるもので、坑道断面を閉塞する壁のことです。坑道に設置されるプラグには、埋め戻し材のはらみ出しや流出を防ぐために設置されるコンクリート製の力学プラグと掘削損傷領域の透水性が増大して優先的な物質の移行経路となること防ぐために設置されるベントナイトなどの粘土系材料を用いた止水プラグが考えられています。</p> <p>本文中 p.24, 14 行目の「粘土系材料を用いた止水壁」は、実際の地層処分施設に設置する止水プラグそのものではなく、掘削損傷領域の増大した透水性を止水プラグがどの程度低下させられるかを確認する試験のために、幌延の地下施設の 350m 試験坑道 3 に止水プラグの一部を模擬して設置したものを意味しています。</p> <p>⑤坑道内から掘削されたボーリング孔の閉塞技術の実証については、立坑の埋め戻し方法についての検討ではなく、将来の処分場閉鎖時に、坑道内から掘削されたボーリング孔が優先的な物質の移行経路となることを回避するためのボーリング孔を埋め戻す材料や手順などの方法を検討するものです。</p> <p>■ 有識者 2-12</p> <p>湧水量はひとつの試験孔あたりの値を示しております。試験孔によって湧水量は異なり、0.4L/min と 1.0L/min は必ずしも湧水量の代表的な値ではありません。</p> <p>■ 道 6</p> <p>ご指摘の、「シーリングシステムの長期変遷に係る現象理解のための解析等」の実施内容 (成果) については、P24 の 1 行目の「①埋め戻し材やプラグ等の長期的な性能の考え方の提示については、・・・」の部分に記載しております。令和 3 年度の計画書を作成するにあたり、表現等をより分かりやすくするために、令和 2 年度に示した工程表での記載から表記を改めておりますが、令和 3 年度を含め、それ以降に計画している実施内容に変更はありません。</p>

確認事項	回答
<p>(坑道スケール～ピットスケールでの調査・設計・評価技術の体系化)</p> <p>■ 有識者 2-13 (計画 P28)</p> <p>図 19 の説明をお願いします。</p> <p>(高温度 (100℃以上) 等の限界的条件下での人工バリア性能確認試験)</p> <p>■ 幌延町 2 (計画 P30)</p> <p>5.2 高温度 (100℃以上) 等の限界的条件下での人工バリア性能確認試験</p> <p>本試験については、スイスでの試験結果を基にした課題抽出、データ取得や解析手法の高度化計画の策定とあるが、本成果は、スイスの研究機関と共有され、より高度化が図られるものと理解してよいか。</p> <p>■ 有識者 1-2 (計画 P28-30)</p> <p>緩衝材温度が 100℃を超えた場合の挙動の確認について、これは想定外であるが現実には何が起こるか分からないので重要な研究と思われる。図 21 (本体) にあるように発熱で大量の水蒸気が発生した時、岩石が水蒸気圧の上昇で破壊する可能性はないか検討して欲しい。</p> <p>(地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証)</p> <p>(水圧擾乱試験などによる緩衝能力の検証・定量化)</p> <p>(地殻変動が地層の透水性に与える影響の把握)</p> <p>■ 有識者 1-3 (計画 P7)</p> <p>水圧擾乱試験を行った幅数 10cm の大型の断層の実体が良く分からない。幅数 10cm は断層コア (破砕帯) の幅を示すのか、ダメージゾーン (亀裂帯) を含んだ幅を示すのか? 写真やスケッチおよび断層帯の記載を加えて欲しい。</p>	<p>(坑道スケール～ピットスケールでの調査・設計・評価技術の体系化)</p> <p>■ 有識者 2-13</p> <p>地層処分で廃棄体をどこに設置するか (文章中では「廃棄体設置の判断」と記載しています) ということが重要になります。この図では、廃棄体 (ガラス固化体が入ったオーバーパック) を配置する場所として、割れ目等が無い場所 (左)、割れ目が交差する場所 (中)、断層が交差する場所 (右) があり得る場合の判断 (図では「?」) をイメージとして示しています。</p> <p>(高温度 (100℃以上) 等の限界的条件下での人工バリア性能確認試験)</p> <p>■ 幌延町 2</p> <p>本課題は、諸外国の研究機関との共同研究の枠組みで行っているものではないため、原子力機構と上記の諸外国の研究期間との成果の共有の予定は、現状のところありませんが、スイスでの試験結果は参考にしていきます。その上で、わが国の処分概念や設計オプションを想定して、課題抽出・データ取得や解析手法の高度化の計画の策定を行っていきます。</p> <p>■ 有識者 1-2</p> <p>高温下での圧力上昇による岩盤の破壊現象については、海外で検討事例があります。それらの事例を参考に、水蒸気圧の上昇や温められることで膨らむこと (熱膨張) 等による圧力上昇が岩盤へ与える影響等を整理します。また、力学的挙動を含めて 100℃を超えた状態での人工バリアとその周辺での熱-水理-力学-化学に係る連成現象に関する検討事例等を調査して課題の抽出を行う予定です。一方で、緩衝材中を対象に気相が熱-水理-力学-化学に係る連成挙動に与える影響評価を現在進めています。そこで得られた知見も必要に応じて活用します。</p> <p>(地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証)</p> <p>(水圧擾乱試験などによる緩衝能力の検証・定量化)</p> <p>(地殻変動が地層の透水性に与える影響の把握)</p> <p>■ 有識者 1-3</p> <p>幅数 10cm とは、断層帯の幅になります。この数字は、断層の周りのダメージを受けた領域を含んだ幅になります。</p> <p>水圧擾乱試験を行った時期が令和 3 年 3 月であったため、執筆の時期との関</p>

確認事項	回答
<p>(地下水の流れが非常に遅い領域を調査・評価する技術の高度化)</p> <p>■ 道7 (計画 P35) P35 9行目の「この研究課題で整備される(略)」以降の記述は令和2年度以降の研究として記述されているが、新たな研究ではないか。</p> <p>■ 道8 (計画 P36) 「誤差が大きくなる領域の確からしさを。ボーリング調査により確認」の記述は新たな研究ではないか。(これまでの計画のどの部分にあたるのか)</p> <p>■ 有識者1-3 (計画 P36-38) 比抵抗(図26, 本体)と水質データ(図27b, 本体)を使って独立に塩濃度を推定しているが、まず比抵抗のみから塩濃度は推定出来ないはずである。比抵抗は第一義的に水分量と亀裂の連結の程度で決まり、塩濃度は比抵抗をさらに下げているにすぎない。実際、2つの方法から推定した塩濃度は全く一致していない。さらに、比抵抗分布断面は、説明にもあるように深地層研究センターの地下を境に不連続となっている(P.36)。これは、断層等の大きな構造の存在を予想させるが議論はない。</p>	<p>係上、本計画書には水圧擾乱試験に関する情報を記載できておりませんが、水圧擾乱試験の情報は断層帯の情報も含めて令和2年度の調査研究成果報告書に記載予定です。</p> <p>(地下水の流れが非常に遅い領域を調査・評価する技術の高度化)</p> <p>■ 道7 本件につきましては、P59「【令和2年度以降の研究工程】(7/8)」の「目的・背景・必要性・意義」に記載のある通りのため、新たな研究ではありません。</p> <p>■ 道8 地下水の流れが非常に遅い領域を調査・評価する技術の高度化では、令和2年度に地上から物理探査を行い、地下における地下水の非常に流れが遅い領域と考えられる領域の三次元分布を推定しました。技術の高度化を進めるためには、推定結果が正しいかどうかを確認する必要があります。ボーリング調査は確認のために行うものであり、新たな研究ではありません。 これは、P35の4行目からの、「化石海水領域の三次元分布に係る調査・評価技術の検証」にあたります。</p> <p>■ 有識者1-3 ご指摘の通り、単純に比抵抗のみから塩濃度を推定できるものではないと認識しております。一方、これまでの研究・検討により、幌延の地質環境を対象として、ボーリング孔内で測定された比抵抗から塩濃度を推定できることが確認されており(例えば、水野ほか(2017))、今回もその方法に従いました。具体的には、Archieの実験式(Archie(1942))と一般化されたHumbleの式(Tiab and Donaldson(2012))に基づいて計算しますが、声間層や稚内層が岩石の性質が均質であることから、計算式ではそれに関係する定数を一定と仮定しました。これにより計算式を単純化し、岩盤の比抵抗と間隙率のみから間隙水の塩濃度を計算しました。 図27の2つの方法から推定した塩濃度の比較に関して、ボーリング孔の位置では、おおむね一致していますが、ご指摘の通り、空間分布は合わない部分があります。図27(a)は電磁探査の3次元比抵抗分布に基づいており、実際のより不均質な分布が反映されていると考えていますが、一方、図27(b)はボーリング孔の水質データのみを用いたクリギング(点在する観測点のデータを</p>

確認事項	回答
<p>(地殻変動による人工バリアへの影響・回復挙動試験)</p> <p>■ 有識者 2-14 (計画 P38)</p> <p>ここでの人工バリアとは掘削損傷領域のことでしょうか。</p>	<p>用いて、データが無い地点の値を推定する方法の一つ) により推定しており、ボーリング孔から離れた領域では、平均化された値になっています。2つの推定結果が一致していない点について、令和3年度に電磁探査結果の再解析を行い、3次元比抵抗分布の正確性を向上させた上で、より最適な空間分布を推定する予定です。その際、推定した比抵抗分布も用いて、クリギングによる推定を行う予定です。</p> <p>また、これまでの研究において、比抵抗が比較的高い部分は雨水が地下に浸み込んでいった影響であり、それが大曲断層周辺において、より深部に達していると解釈されています(石井ほか(2006))。令和3年度の検討では、この解釈も踏まえ、令和2年度に電磁探査のほかに実施した反射法地震探査を用いて、比抵抗の不均質な分布と地層や地質構造との関係をより明確にする予定です。水野崇, 岩月輝希, 松崎達二, 2017, ボーリング孔を利用した比抵抗検層結果に基づく地下水水質の推定方法に関する検討, 応用地質, vol. 58, no. 3, pp. 178-187.</p> <p>Archie, G. E., 1942, The electrical resistivity log as an aid in determining some reservoir characteristics, Transactions of the American Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum Engineers, Vol. 146, pp. 54-62.</p> <p>Tiab, D. and Donaldson, E. C., 2012, Petrophysics, Elsevier, pp. 221-326.</p> <p>石井英一, 安江健一, 田中竹延, 津久井朗太, 松尾公一, 杉山和稔, 松尾重明, 2006, 北海道北部, 幌延地域における大曲断層の三次元分布と水理特性, 地質学雑誌, Vol. 112, No. 5, pp. 301-314.</p> <p>(地殻変動による人工バリアへの影響・回復挙動試験)</p> <p>■ 有識者 2-14</p> <p>地層処分では坑道を掘削して処分するため、坑道を掘削した際に坑道周囲の岩盤に掘削損傷領域が発生します。掘削損傷領域では、岩盤が壊れたりするため、亀裂が発生し、水が流れやすい、物が動きやすい、つまり放射性物質が動きやすい状態になります。このため、この掘削損傷領域の扱いが重要となります。</p> <p>人工バリアを構成する緩衝材や坑道を埋め戻すために用いる埋め戻し材は膨張性の粘土を含んでいることから、坑道の内側から岩盤を支えるような力が</p>

確認事項	回答
<p>■ 有識者 1-4 (計画 P38-39)</p> <p>割れ目のせん断変位量と開口幅との相関について、この図(図 28, 本体)を見る限り、せん断変位量の範囲は非常に狭く、その範囲で開口幅がほぼ同じとなっている。つまり、誤差の少ない良い結果である一方、説明にあるようにせん断変位量と開口幅の相関性が小さいとは解釈出来ないように思う。また、このせん断割れ目が既存のものでなく、掘削時に出来たことはどのように証明可能か？</p> <p>(情報公開・情報発信・理解促進)</p> <p>■ 幌延町 3 (計画 P44-45)</p> <p>11 開かれた研究</p> <p>コロナ禍が続く中、当研究に関する理解促進を図るための工夫について、新たに実施又は予定、検討されていることがあれば紹介願いたい。</p>	<p>働きます。これが、掘削損傷領域の力学的・水理学的な緩衝能力(自己治癒能力)の一つとして考えられます。</p> <p>このように、人工バリアと掘削損傷領域は別のものですが、密接に関連したものです。</p> <p>■ 有識者 1-4</p> <p>これまでに行われている、割れ目の室内せん断実験(割れ目をずらす実験)において、割れ目面に垂直にかかる押さえる力(封圧)が小さい場合は、せん断開始直後(ずれた直後)のわずかなせん断変位(ずれた量)(数百μm)で割れ目の開口幅が急速に増加することが知られています。これに対して、封圧が大きいと、開口幅はあまり増加しません。今回の割れ目の観察では、0.46mm から 1.21mm に達するせん断変位が確認できていますので、上記のせん断初期におけるせん断変位と開口幅の関係性が十分に議論できると考えております。</p> <p>すなわち、このせん断変位の範囲において、変位量が増加しても有意な開口幅の増加傾向が認められないことは、封圧が大きいことにより、割れ目開口が抑えられていることが考えられます。今後、割れ目の表面の粗さ(ラフネス)なども考慮して、より定量的な検討を行っていく予定です。</p> <p>観察した割れ目が坑道を掘った時にできた割れ目であるという解釈については、試験を行っている場所が天然の割れ目に極めて乏しい場所であることから、坑道を掘ることにより生じた割れ目と考えると問題ないと考えております。</p> <p>これまでに坑道から岩盤に掘られているボーリング調査により、坑道近傍の数十 cm の範囲には多くの割れ目が確認されていますが、坑道から数十 cm 以上離れると割れ目がほぼ無いことが確認できています(青柳ほか, 2017, 幌延深地層研究センターの 350m 調査坑道における掘削損傷領域の破壊様式の検討, Journal of MMIJ, vol.133, pp.25-33)。今回観察した割れ目は、坑道の壁面から 20~30cm の距離に位置する割れ目で、割れ目の方向性も、掘削影響領域の割れ目として説明できるものであることが確認されています。</p> <p>(情報公開・情報発信・理解促進)</p> <p>■ 幌延町 3</p> <p>11 開かれた研究</p> <p>コロナ禍において、感染防止対策を徹底した上で施設見学の受け入れを継続するとともに、新たな取り組みとして近隣市町村等を対象とした見学会を開始</p>

確認事項	回答
	<p>しました。</p> <p>また、以下の項目について実施しました。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・説明会会場での説明の様子（映像）のライブ配信 ・当センターのゆめ地創館の館内案内動画の制作及びホームページでの公開 ・幌延町の広報誌「ほろのべの窓」の誌面での当センターの研究内容の紹介 ・原子力機構のツイッターをより積極的に活用した情報発信 <p>これらについては、今後も継続して行っていくとともに、新たな動画制作なども検討していきます。</p>