

「幌延深地層研究計画 令和 4 年度調査研究成果報告」に関する質問

確認事項	回答
<p>■ 有識者（渡邊准教授①）（成果 P18-19） 図 7(b)と図 8(a)の時間スケールの違いについて、どのように評価モデルに反映するのか、その際に課題となる事項があるのか、説明してください。</p> <p>■ 有識者（渡邊准教授②）（成果 P18-19） p 79-87 の 5.2 においても高温時の検討をしていますが、4.1 との関係性があるのでしょうか。</p>	<p>■ 有識者（渡邊准教授①）（成果 P18-19） 図 7(b)は、地上で 50 年間冷却したガラス固化体を地層処分した時に想定される緩衝材の温度変化の一例を示したものです。緩衝材の温度はガラス固化体の発熱によって上昇し、約 10 年後に最高温度を示し、その後、発熱量の減少とともに周囲の緩衝材の温度が徐々に低下していきます。 人工バリア性能確認試験は、このような温度変化を想定して、処分後に想定されるいくつかの温度条件下において、緩衝材中でどのような現象が起こるかを確認することを目的としています。そのような観点で、図 8(a)のオレンジ色の線で示す模擬オーバーパックの表面温度を約 90℃にした条件やヒーターの電源を切った条件で、緩衝材中の温度や水分量、応力の変化を観測しています。 また、ご指摘のように図 7(b)と図 8(a)は時間スケールが異なりますが、緩衝材中の温度と水分量、応力の相互関係を観測、理解することで、廃棄体の長期的な温度変化に対して、緩衝材中の長期的な温度、水分量、応力の時間変化を推測する手法を構築しようとしています。 なお、長期的な時間スケールで起こり得る現象（例えば鉱物の溶解/沈殿）により、一部のパラメーターの値（例えば水の通しやすさ）が有意に変化することもあり得るため、そのような変化については、感度解析などで検討を進めています。</p> <p>■ 有識者（渡邊准教授②）（成果 P18-19） 「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」における検討は、緩衝材中の連成現象を調査する観点では関係がありますが、原位置試験は別々に実施する予定です。 高レベル放射性廃棄物は、緩衝材温度が 100℃を超えないようにまず地上で 30～50 年冷却した後、地層処分が行われる計画となっています。4.1 の人工バリア性能確認試験はその計画に基づいて緩衝材が 100℃を超えない条件で試験を実施しています。一方、緩衝材が 100℃を超えたらどのような挙動を示すかについては、近年、国内外で室内試験や原位置試験が実施されるなど、研究課題の一つとして取り上げられており、4.1 とは別に、「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」で、工学規模での原位置試験を計画しています。</p>

確認事項	回答
<p>■ 有識者（渡邊准教授③）（成果 P21） DTbは何でしょうか。</p> <p>■ 有識者（渡邊准教授④）（成果 P24-26） 図 12 は手法開発のために行った作業を示す図で、そのために模擬オーバーパックの上部に何も置かれていないということでしょうか。図 15 が開発された手法に基づいて行う実験の体系断面図、図 13 が図 15 を坑道の平面図に落としたものでしょうか。</p> <p>■ 有識者（渡邊准教授⑤）（成果 P27） ガスの滞留は現実には起こり得る事象だと思いますが、トレーサー試験の解釈はガス滞留を考慮するとして、物質移行のモデル化にはガスの滞留も考慮に入れるのでしょうか。</p> <p>■ 有識者（渡邊准教授⑥）（成果 P34） 微生物が存在する箇所や地下水は、微生物が存在しない箇所と比較して異なる特性があるのでしょうか。</p>	<p>■ 有識者（渡邊准教授③）（成果 P21） DTb は温度依存性を考慮した温度勾配水分拡散係数（温度勾配に依存する岩盤や緩衝材などの中で水分が移動する際の速さを示す係数）です。DTb を DT の式 1 に代入することで、温度依存性と飽和度依存性を考慮した係数を求めることができます。今後の資料作成の際には、用語が正確に伝わるように説明を記載します。</p> <p>■ 有識者（渡邊准教授④）（成果 P24-26） ご指摘の通り、図 12 は解体手法開発のために行った作業を示す図で、模擬オーバーパックの上部（試験孔の上部）は埋め戻していません。また、図 15 は開発された手法に基づいて解体調査を行う人工バリア性能確認試験（試験坑道 4）の断面図、図 13 は解体調査を行うための調査坑道・アクセス坑道を平面図で表したものです。今後、計画書、報告書等に掲載する図面には、平面図や断面図であることを明記します。</p> <p>■ 有識者（渡邊准教授⑤）（成果 P27） トレーサー試験時の間隙水圧データから、短時間だけトレーサーを投入したパルス試験では滞留したガスがトレーサーや水の動きに影響を及ぼしているのに対し、長時間にわたってトレーサーを投入し続けた定常試験ではその影響が小さいと解釈できます。本検討ではガスの影響のない状態での物質移行のモデル化を目的としていることから、ガスの影響の小さい定常試験時の結果を使用してモデル解析を実施する予定です。 閉鎖後に水圧が回復した時点で用いる物質移行のモデルは、水圧が回復してガスは地下水に溶存した状態になると考えられます。このため、閉鎖後長期の物質移行現象においては、溶存ガスの影響は小さく、ガスの影響のない状態での評価モデルが必要と考えています。</p> <p>■ 有識者（渡邊准教授⑥）（成果 P34） 「微生物が存在しない箇所」の特定は難しいですが、微生物の存在を制限する要因として、岩石中の粒子間の空隙のサイズや微小割れ目の幅が挙げられま</p>

確認事項	回答
<p>■ 有識者（渡邊准教授⑦）（成果 P38-87） 個々の試験内容が、処分施設のどの位置を、また、処分のタイムスケールのいつを対象としているのかが、わかりづらいように思いました。全体像の中で各試験の目的がわかるような図面や説明をお願いします。</p> <p>■ 有識者（渡邊准教授⑧）（成果 P45、46） 図 30 で、坑道はどこの部分にあるのでしょうか。最上段の濃い青で囲まれた部分でしょうか。下段の図に坑道が示されていないのはなぜでしょうか。 図 31 についても、図で示されているのが処分場のどの位置なのか、説明をお願いします。</p> <p>■ 有識者（渡邊准教授⑨）（成果 P39） コンクリート構造物の経年劣化については、多くの知見があると思いますが、地下環境の場合には地上環境と違いがあるのでしょうか。ある場合には、何に起因しているのでしょうか。</p>	<p>す。微生物は自らのサイズより大きな空間を住みかとして必要とするため、例えば稚内層深部ではそのような空間が確保できる微小割れ目（幅 0.2 μm 以上）の部分に微生物が選択的に存在することがわかっています。微生物量を制限するその他の要因として、微生物のエネルギー源となる炭素・鉄・硫黄・窒素等の地下水中の元素濃度の違いが考えられます。</p> <p>■ 有識者（渡邊准教授⑦）（成果 P38-87） ご指摘の内容については、これまでの確認会議においてもいただいていたものであり、第 3 回の確認会議の資料 3 のスライド 14～17 に、研究の各項目が着目する課題、その課題と時間軸との関係を整理しました。人工バリアとその周囲で起こると考えられる現象に着目した整理、処分場を埋め戻す際に必要となる閉鎖技術に着目した整理をしています。</p> <p>■ 有識者（渡邊准教授⑧）（成果 P45、46） 最上段の結果では濃青で囲まれた部分が坑道を示しています。なお、2 段目、3 段目に示した結果は、坑道の埋め戻し後であるため図中に坑道は示していません。 第 3 回確認会議の資料 3 のスライド 18、19 に補足図を用意しました。補足図では、埋め戻し後の結果に関しても点線で埋め戻し前の坑道の位置を示しました。</p> <p>■ 有識者（渡邊准教授⑨）（成果 P39） 一般的に建造物に用いられるコンクリート（普通ポルトランドセメント；OPC）については、経年劣化に関する多くの知見がありますが、原子力機構が独自に開発し実際に幌延の支保工にも用いている、低アルカリ性コンクリート（HFSC）については、経年劣化に関する知見の取得が必要と考えられます。また、考えられる地下環境と地上環境の違いとして、たとえば水（地下水）との接触状況やその水質、坑道内の温度変化（地表に比べて変化が小さい）などが挙げられます。</p>

確認事項	回答
<p>■ 有識者（渡邊准教授⑩）（成果 P49） 図 32 の膨潤解析結果ですが、どのような条件で解析を行ったのか、説明していただけるでしょうか。</p>	<p>■ 有識者（渡邊准教授⑩）（成果 P49） 本解析は埋め戻し材（ベントナイト 15%、ケイ砂 85%）を弾粘塑性体と仮定し、埋め戻し材の膨潤変位を計算しているものです。埋め戻し材は初期状態として完全飽和を仮定しています。境界条件として、モデル上面のみを変位可能な開放端として設定し残りの3面は固定端としています。 弾粘塑性体：粘弾性（粘性と弾性）及び塑性の両方の変形の様式を考慮できるモデルで、物体に力が作用した際に、時間経過とともに物体の変形が進み最終的には破壊することを想定したモデルです。 ※弾性：力を加えると変形し、力を除くと、もとに戻る性質 ※塑性：力を加えると変形し、力を除いても変形が残る性質 ※粘性：力を加えると変形し、時間とともに変形が進行する性質</p>
<p>■ 有識者（渡邊准教授⑪）（成果 P49-51） ESL モデルによる評価は定量的なものです。定性的なものです。</p>	<p>■ 有識者（渡邊准教授⑪）（成果 P49-51） ESL (Evidential support logic) は定量的な評価方法です。ある命題の確からしさを判断するために、関連するプロセスや特性、メカニズムの真偽について複数の専門家が評点付けをします。その積算により命題の確からしさを数値化して評価します。</p>
<p>■ 有識者（渡邊准教授⑫）（成果 P54） 埋め戻し材に用いた掘削土（ズリ）は、幌延のものです。粉砕したものをベントナイトと混合しているのでしょうか。この試験の前提では、掘削土の性状は結果に影響を与えないのでしょうか(他の場所で掘削土を用いる場合、土質に応じた考慮が必要となるのでしょうか。)</p>	<p>■ 有識者（渡邊准教授⑫）（成果 P54） 埋め戻し材は、幌延の地下施設を掘削した際に発生した掘削土（ズリ）を粉砕して粒度を 20 mm以下に調整した後、40%ベントナイトと 60%掘削土（ズリ）の割合で混合しています。 掘削土（ズリ）の種類や粒度などの性状により埋め戻し材の特性は変わりますので、埋め戻し材に用いる掘削土の性状に応じて粒度調整や配合を行う必要があります。 また、埋め戻し材に用いる材料の物性が、使用するまでの保管期間中に時間とともに変化することの影響について、これまでの確認会議においても有識者の皆様から指摘を受けています。幌延で用いる材料についても、物性が時間とともに変化することに注意が必要と考えています。</p>

確認事項	回答
<p>■ 有識者（渡邊准教授⑬）（成果 P64） 図 43 の凡例を説明してください。こげ茶色、グレーで入っている横線（縦軸の部分と立て坑(?)の部分)も P 波、S 波の速度が表示されていますか。</p> <p>■ 有識者（渡邊准教授⑭）（成果 P65-66） 図 49、50 は坑道の断面図でしょうか。どの部分に吹付けコンクリートがあるのか、モデル図を示して何の解析結果か説明してください。</p> <p>■ 有識者（大西教授①）（成果 P19） 「減熱試験開始後は、緩衝材内側の飽和度が時間経過とともに増加している様子が確認できます。」 ⇒ 増加すると、どうなるのですか？</p>	<p>■ 有識者（渡邊准教授⑬）（成果 P64） 図 48 のこげ茶色、グレーで示される横線（円盤）は、図中の垂直な棒で示されるボーリング孔で確認された割れ目の位置と方向の情報を、弾性波速度のコンター図に重ね合わせて三次元的に示したものです。これらの場所は P 波、S 波の速度が表示されていません。</p> <p>■ 有識者（渡邊准教授⑭）（成果 P65-66） 第 3 回確認会議の資料 3 のスライド 20、21 に補足図を用意しました。図 49、50 は、坑道を含む断面図で、調査に使用した弾性波の送信点と受信点の間の弾性波速度分布になります。坑道は図の中心にある、えんじ色（補足図では白色）の円形領域で、吹付けコンクリートはその周辺の青色の領域になります。</p> <p>■ 有識者（大西教授①）（成果 P19） 緩衝材中の飽和度が増加する（地下水がしみ込んでくる）と、緩衝材が膨潤し（水分を含むことで膨らむ）、透水性が低下します（水が動きにくくなる）。また、緩衝材が膨潤することにより、周囲への圧力が増加します。 緩衝材には、人工バリアを構成する材料として、様々な性能を発揮することが期待されています。これらの性能は、緩衝材がいずれ飽和する（水分を完全に含んだ状態）ことを見込んで設定されます。 緩衝材は、適切な密度や施工のしやすさを考慮した水分量で施工されるため、設置直後は不飽和な状態にあります。緩衝材を地下岩盤中に設置した後は、周辺岩盤から地下水がしみ込むことによって、岩盤側の緩衝材から徐々に飽和度が増加します。一方、ガラス固化体の発熱は、発熱部近傍の緩衝材の飽和度の低下（乾燥）を引き起こすため、地下水は緩衝材内側へしみ込みにくい状態になります。ガラス固化体の発熱量は時間の経過とともに小さくなるため、発熱による影響がなくなった後は、緩衝材内側へ地下水がしみ込みやすい状態になります（現在、深度 350m 調査坑道で実施している人工バリア性能確認試験は、この時点を想定しています）。</p>

確認事項	回答
<p>■ 有識者（大西教授②）（成果 P94） 「6.1.2 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」 ⇒ 地下水の流れが非常に遅いと、どうなるのですか？</p> <p>■ 有識者（大西教授③）（成果 P140） 「(1)天塩川への排水量地下施設からの排水水および掘削土（ズリ）置場の浸出水は、排水処理設備において処理を行った後、排水管路を通じて天塩川に放流しています。」 ⇒ 関係団体の「同意」等は取得されているのでしょうか？</p>	<p>■ 有識者（大西教授②）（成果 P94） 岩盤中の地下水の流れが非常に遅い場合、それに伴い放射性物質は岩盤中をゆっくりと移動し、その際岩盤への吸着（くっつくこと）などによってさらにゆっくりと移動します。そのため、人間の生活環境に到達するまでに非常に長い時間を要することになります。その間に放射性物質の放射能は半減期に従って減っていきます。したがって、閉鎖後長期の地質環境において、地下水の流れが緩慢であることが条件となっています。</p> <p>オーバーパックが将来腐食等により密封性が失われた場合、放射性物質が地下水中に溶け出し岩盤中を移動して人間の生活環境に到達することを想定して地層処分システムの長期安全性の評価を行うため、地下水の流れを把握することは重要です。しかしながら、例えば、ボーリング孔内で計測装置などを用いて地下水の非常に遅い流れを直接測定することは技術的に困難であるため、地下水の年代や岩盤の透水性（水の流れにくさ）などのデータに加えて、調査領域の過去から現在までの変遷なども考慮した解析などを組み合わせることにより、地下水の流れが遅い領域を調査・評価する技術を整備することが必要となります。</p> <p>■ 有識者（大西教授③）（成果 P140） 排水処理設備において処理を行った水を、排水管路を通じて天塩川に放流することについては、放流地点、水質、排水量などを定めた協定書を北るもい漁業協同組合と取り交しています。</p> <p>なお、排水処理設備は、水質汚濁防止法における特定施設として、北海道に届出を行っています。</p>