

① CoolRepR4へのコメントと回答・対応内容一覧（全体）

※灰色で網掛した項目については、第29回（前回）深地層の研究施設設計画検討委員会以降に修正を実施した項目となります。

No	該当箇所	頁	コメント内容	回答
1	CoolRepについて	—	CoolRepは、これがどう利用されるかが重要である。したがって利用状況を調査するとともに、様々な利害関係者に利用してもらえるように考える必要がある。例えば学生が処分について知りたいと思ったときに、直接CoolRepに飛び込んでくることはあり得ない。CoolRepの超概要版、場合によっては漫画版などイントロダクトリーなものが必要ではないか。	項目毎の閲覧数分析等を通じて、CoolRepの改善に向けた取り組みを継続的に実施します。CoolRepの理解促進に関しては、頂いたご意見を参考に概要紹介版を令和4年中を目途に作成します。
2	CoolRepについて	—	深地層研究施設における研究は、サイト特有の地質条件を反映したものであるが、最終的な成果はわが国で想定しうる様々な地質環境条件に対応できるものでなければならない。しかるに今回のレポートで報告された成果はそれぞれが貴重なものであるが、一般的(generic)な観点からの位置づけが明確でないように思われる。	同様のご意見を他委員からも頂いており、コメント対応版においては、今回整備された技術の適用性について、現時点の解釈に基づく記述を加えました。一般的な観点からの位置づけに関しては、今後の研究の進展に応じて、より具体的な整理検討を進めます。
3	CoolRepについて	—	3の「短期変動・回復挙動の理解」と4の「長期変動・回復挙動の理解」は根本的に研究の性格が異なると思う。3では建設・操業という外乱に伴う地質環境の変化を把握し、工学的手法により地質環境として処分に問題の無い状態にすることが目的である。これは外乱を調査、実験、解析等で明確にすることが出来るので可能である。これに対し4では、変動や部分的な特性の回復を理解することはできても、外乱の具体的な評価や絞り込みは困難である。したがって理解したとしても工学的な対応として何を行うかは明示出来ないのではないか。	ご指摘のとおり、「4.長期変動・回復挙動の理解」においては、地質環境の長期変動など、理学的な研究開発が主体となりますので、それらの関係性を概念的に図示し、CoolRepR4に追加しました。
4	CoolRepについて	—	CoolRepはNUMO(実施主体)のニーズおよび安全規制側のニーズに対応した研究成果を提供するだけでなく、地域住民を含めた様々な利害関係者のニーズにも対応できる情報を提供しなければならない。しかるに現在の報告書は高度な研究成果の取りまとめに終始しており、この内容を理解できるのはごく一部の関係者に限られる。深地層の関わるR&Dが何を目的にどんなことを行い、これまでどのような結果が得られ、残された課題が何なのかを明確にする必要があるのではないか。	コメントNo.1への回答同様、ご指摘のあった目的や成果等を含めた概要紹介版を令和4年中を作成します。その際、専門的な内容を一般の方々にも理解いただくために、他機関の良好事例や外部の有識者からのご意見も参考に検討を進めます。
5	全体	—	基本的には凄くよくできていると感じました。これを電子版でも発行するならば、索引から本文の該当部分に飛ぶことや関連文献へのリンク、キーワードからの検索などを考えてくださるとありがたいです。	CoolRepの利便性については、今後、WEB化の作業を進める過程において、頂いたご意見も踏まえて改善します。
6	全体	—	やや稚拙な表現が見られたので、改善してほしい、本来なら大小でいうべきところを高低でいったり、〇〇性の多用など。	専任のレビュアーにより、可読性や正確性の観点から、CoolRep全体に対して、表現や技術用語の確認と見直しを行いました。
7	1.2 第3期中長期計画における研究開発成果の整理と構造	2/6	「セーフティケース構築のための技術基盤に対する寄与を可能な範囲で記載」とありますが、こう書くことと可能でない項目は何なのか、あるいは何が可能でその判断は何なのか?といったことが問われることにならないでしょうか。	ご指摘を踏まえ、記載内容を以下の通り見直しました。「…成果の反映先をより具体化するため、包括的技術報告書…(中略)…に対する寄与を記載することを試みた。」
8	1.2 第3期中長期計画における研究開発成果の整理と構造	2/6	「記載を通して処分事業における技術的ニーズと研究開発成果の対比を明確にする」とあります。これは非常に重要と考えますが、具体的にどこでどう記載されているのでしょうか? CoolRepと包括的技術報告書の技術項目ごとの対応は確認されているのでしょうか?	各課題項目において得られた成果の反映先については、各項目内において記載しております。各項目内での記載内容をご確認ください。(例えば、3.4.2オーバーバック腐食に関わる原位試験では、「工学的規模でのオーバーバック腐食試験を行い、母材、溶接部ともにこれまでの地上での腐食試験結果に基づく腐食量評価の妥当性を確認するとともに、腐食モニタリング手法の適用性を確認した。この成果は「人工バリアの設計」におけるオーバーバックの設計のうち、腐食しろの設定、オーバーバック蓋接合部の耐食性評価、オーバーバックの安全機能が維持される期間の評価の面で貢献する。」と記載しています。)
9	URL成果ダイジェスト 工学技術	3/5	「立坑崩落対策をショートステップ工法のサイクルタイムに取り込んだ事例から同工法の柔軟性を確認した。」→ 立坑崩壊ではなく立坑掘削面崩壊では? 柔軟性とは? 地山条件への適用性では?	ご指摘の内容についてはCoolRepH26の成果ダイジェストになります。該当箇所(深地層の研究施設設計画および地質環境の長期安定性カーネル A2群「3.6工学技術」)では「坑壁崩壊」と記載していますが、成果ダイジェストでは立坑内における壁面崩落対策という意味を含め、「立坑崩落対策」と記載しています。また、柔軟性については、ご指摘頂いたように、地山条件が異なる場合でも適切な施工が可能であるという意味で使用しています。いずれも成果をわかりやすく伝えることを考慮した結果ですが、今後、誤解が生じないよう、留意します。
10	全体	—	CoolRepの技術的な内容は本委員会で確認・コメントしているが、全体を通して、読者に対してより正しく伝わりやすい言葉にするなどの改善の余地がある。これまで対外的な説明で経験を積まれた方の協力も仰ぐなどして、再度、関係者で十分に推敲し、更なる改善に努めてほしい。	専任のレビュアーにより、可読性や正確性の観点から、CoolRep全体に対して、表現や技術用語の確認と見直しを行いました。

No	該当箇所	頁	コメント内容	回答
1	全体	17	"これらの成果は包括的技術報告書に記載されている「地下施設の設計」に貢献するものである"とあります。この報告以外にも共通のコメントになりますが、地層処分事業への反映は、もう少し具体的に記載できないでしょうか。「地下施設の設計」に貢献は正しいですが、漠然とし過ぎていっているように思います。この報告以外にも反映先が漠然としているものが散見されるので、いまいちど見直してはいかがでしょうか。	ご指摘を踏まえ、文章を修正しました。
2	3.4 実際の地質環境における人工バリアの適用性確認 3.4.1 人工バリア性能確認試験 (1)実施内容 ①	2/13	3.4になり、書式が異なっている。少し気になる。 「地質環境条件の下でも腐食や耐圧性を確保する」の腐食は耐腐食性では？	ご指摘を踏まえ、文章を修正しました。
3	3.4 実際の地質環境における人工バリアの適用性確認 3.4.1 人工バリア性能確認試験 (1)実施内容 ①	3/12	2段目の計測結果をどのように評価するのか。これを明確にしないと都合の良いデータのみを評価した事になってしまう。	人工バリア性能確認試験の計測データの信頼性については、重要なポイントであると考えており、相互関係のある計測データとの比較や(例えば、飽和度と膨潤応力など)、現在計画の解体調査時にセンサーの設置状態の確認や校正を行うことで、データの信頼性を評価する予定です。
4	3.4.1 人工バリア性能確認試験	4	細かいことですが、表3.4-1にある含水比の管理基準値の幅が記載されていませんが、正しいでしょうか。含水比は幅を持たせないと管理できないと思います。	混合土の含水比においては、事前に明確な管理基準値を設定していた項目ではなく、混合後の品質を確認するために含水比を確認した項目であるため、表を修正しました。 ブロック製作時の含水比については、事前に実施した圧縮成型機(2000tプレス機)を用いたブロックの製作性確認において、含水比9~12%であれば乾燥密度1.8Mg/m ³ のブロックを製作可能であることを確認しており、その中央値である10.5%を設定値として採用しています。 混合時には、設定値に対してどの程度の精度で混合できるかを確認するために、パッチ毎の含水比を測定しています。その結果、10.5%の設定値に対し±0.7%以内と、ブロックの製作性に問題ないことが確認できたため、その混合土でブロックを製作しました。 今後、混合土の含水比の管理基準値を設定する場合は、ブロックを製作する機械の締め特性に基づいて、品質管理を行うことが可能と考えられます。
5	3.4.1 人工バリア性能確認試験	6	"新たに埋め戻し材に関する個別設計フローを構築し、その適用性を確認した"とありますが、当該フローとその適用性を確認したエビデンスへのリンクが必要かと思えます。3.5.2 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にその記載があるのでリンクさせないとWEB報告書として読みづらいと思います。	「3.5.2 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」に記載する内容であるため、本項からは削除しました。
6	3.4.2 オーバーバック腐食に関わる原位置試験	11	成果とその反映先の中に、地層処分事業の精密調査段階におけるオーバーバックの腐食試験体系の確立に〇〇の観点から資するといったような記載は追加できないでしょうか。	ご指摘を踏まえ、精密調査段階における貢献について記載しました。
7	3.5(1)①処分概念オプションの実証の湧水対策	1	地質の観察やコンパートメント構造などを考慮した事前の湧水予測の結果をこの対策工のはじめに書くべきではないか？	ご指摘を踏まえ、項目「突発的な大量湧水への対策の検討」のはじめに湧水予測に関する記述を追加しました。
8	3.5.1	6	トンネルの変形挙動を計測することは極めて重要です。光ファイバー式以外にも、チューリッヒ工科大学のKOVARI教授が開発されたSLIDING MICROMETERなどの存地型の計測器も長期間の計測に対応可能だと思います。	ご指摘を踏まえ、スライド式マイクロメータについても追記しました。
9	3.5.1 処分孔の湧水対策・支保技術	-	見出しで「堆積岩」とあると、中硬岩の堆積岩も含まれるように読める。であれば、どこかに概延の実験場では軟岩であるが、その結果が中硬岩の堆積岩にも適用できる、と記述したほうが良い。	ご指摘を踏まえ、「(3)まとめ」に中硬岩の堆積岩にも適用できる旨を追記しました。
10	3.4.2 オーバーバック腐食に関わる原位置試験	5, 10	成果とその反映先として「処分場の設計技術の向上」や「処分場建設の安全性を確保する技術の高度化」にどのように貢献できるのかをもう少し具体的に記載できないでしょうか。また、5頁にある許容限界として終局限界状態を採用した理由はリンク先の論文にあるという理解でよろしいでしょうか。今後の地下坑道の耐震性評価のことを考えると、掘削時の許容限界の考え方のベースが出来ていることが必要だと考えます。	一点目のご指摘を踏まえ、「(2)成果とその反映」に説明を追記しました。また、二点目のご指摘を踏まえ、終局限界状態を採用した理由を項目「低強度・高地圧～設計手法の開発」に追記しました。
11	3.5 3.5.2 (1)実施内容 ①閉鎖技術に関する設計手法の適用性確認	2/19	Ecとは何でしょうか? 出典の報告書では電気伝導度としてEcの記載などもあり、専門家以外には理解できないのではいでしょうか。またエネルギーであれば具体的な数値を示すことが出来るのでは？	Ecについて、初出時点の記載を以下のように修正しました。 「締めエネルギーをEc=550 kJ/m ³ として、1Ec、2Ec、4Ecの3条件で含水比と乾燥密度、透水係数の関係を求めた結果、1Ecで10 ⁻⁹ m/s以下の透水係数、乾燥密度1.2 Mg/m ³ 程度は確保可能であることを確認した(中山ほか、2016a)。」
12	3.5 3.5.2 (1)実施内容 ②閉鎖技術に関する製作・施工および品質管理手法の適用性確認	4, 5/19	RI法、QTMなど略称については初出時点で正式名を記すべきではないか。また図3.5-15をもってRI法の適用性が高いと判断した理由は何か? 図3.5-15における各手法によるばらつきに対する議論は行われているのか? など結論を得るまでのプロセスをもう少し丁寧に説明した方がよいのではないか。	該当部分の記載を以下のように修正いたしました。 「転圧締めによる埋め戻し材の乾燥密度を砂置換法、RI(Radio Isotope)法、QTM(熱伝導率法; Quick Thermal conductivity Method)およびレベル測量により確認した(図3.5-14)。その結果、いずれの方法においても、乾燥密度測定を実施した層において、転圧締めの設計乾燥密度1.2 Mg/m ³ 以上を満たしていることを確認した(図3.5-15)。砂置換法は採取した試料の含水比と密度を直接計測するため得られる値の信頼性が高いが、現場での作業に加えて含水比の測定に時間を要する。砂置換法で得られる乾燥密度の値と比較してRI法とQTMはばらつきが多いものの、2つの方法で得られた乾燥密度の値に顕著な差は観測されなかった。レベル測量では、他の3つの方法と比較してばらつきが大きくなる結果となった。また、現場での作業時間は、レベル測量<砂置換法、RI法<QTMという結果であった。これらの方法のうち非破壊で測定可能なRI法、QTMおよびレベル測量を比較すると、RI法では現場にて土の湿度密度および含水比が直接測定できる特徴がある。以上を考慮すると、転圧締めによる埋め戻し材の施工中の乾燥密度の管理手法として、現場で測定後すぐに乾燥密度が得られるRI法が比較的簡便かつ適用性の高い方法であるとの結論を得た(中山・大野、2019)。」
13	3.5.2 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	5	"乾燥密度の管理手法として、RI法が比較的簡便かつ適用性の高い方法であるとの結論を得た"とありますが、3.3.3 500m坑道での埋め戻し試験の瑞浪の報告では3Dスキャンによるバルクの密度計測が効果的に記載されており、それぞれの場所で実施した試験の有効性に言及しています。場所は違っても2つの試験(瑞浪・概延)の成果は関連性があると察します。総合的な判断はどこかでまとめられるのでしょうか。	3.3.3 500m坑道での埋め戻し試験の瑞浪の報告では、埋め戻し材の吹付け工法に対する品質管理手法として、3Dスキャンの有効性に言及しています。 一方、概延の人工バリア性能確認試験の中では、転圧締めによる埋め戻し材の品質管理手法としてRI法が適用性の高い方法として結論付けています。 これら2つの成果は、それぞれ個別の工法に対して適用性の高い品質管理手法を示したものであり、現時点ではこれらの成果を比較して総合的に判断する予定はありません。
14	3.3.1 再冠水試験	8	(3.3.1再冠水試験 へのコメント) コメントというよりも確認です。まとめの3)に"坑道閉鎖後におけるEDZの水理学的影響の推定や、坑道閉鎖時のEDZの止水技術に関する検討を進める必要がある"とありますが、重要な課題だと思います。今後の概延での研究開発に反映されるのでしょうか。	坑道閉鎖時のEDZの止水技術に関する検討については、令和2年度以降の研究計画の中に記載されている閉鎖技術の実証の取り組みとして、経済産業省資源エネルギー庁委託事業「高レベル放射性廃棄物等の地層処分に関する技術開発事業(地層処分施設閉鎖技術確認試験)」(以下、エネ庁事業)の中で実施中です。 本検討では、EDZの止水技術として考えられている止水プラグに求める性能を設定するためのデータ取得を目的に、止水プラグの材料であるベントナイト系材料がどの程度の止水性能を持つかを確認するための原位置試験などを実施しております。これらの成果は、R4年度末に予定しているエネ庁事業の成果を取りまとめる中で記載する予定です。
15	3.5 3.5.2 (1)実施内容 ③処分坑道横置き定置方式のうち、PEMを用いた搬送定置・回収技術の実証	7/19	「エアベアリング方式で重量部が搬送可能」→「エアベアリング方式でPEM相当重量を搬送可能」重量部の意味が不明	ご指摘のとおりPEM相当重量という意味です。その表現に修正しました。
16	3.5 3.5.2 (1)実施内容 ③処分坑道横置き定置方式のうち、PEMを用いた搬送定置・回収技術の実証	8/19	「隙間の体積とペレットの重量から密度を計算した結果、左1.379 Mg/m ³ 、右1.402 Mg/m ³ となり、充填材の性状と充填装置の運転で目標とした密度1.37 Mg/m ³ が達成できる」とあるが、前者の数値は全体の平均値である。後者で示す目標値も平均値なのか? その場合、ばらつきはどの様に考えているのか?	実際の処分事業における目標値や品質管理の考え方は現時点で決まっておらず、ここでは既往の基礎研究やNUMOの技術検討を参考に暫定的に目標値を設定し、平均値と部分的な密度の両方について目標値との差を把握しました。 本文では全体の平均として目標値以上の品質を確保するとともに、部分的な密度差に関する知見を取得した旨追記します。
17	3.5 3.5.2 (1)実施内容 ③処分坑道横置き定置方式のうち、PEMを用いた搬送定置・回収技術の実証	9/19	「吹付部の乾燥密度は1.39~1.83 Mg/m ³ の範囲でばらつき、平均値は1.661 Mg/m ³ となり、目標の乾燥密度1.6 Mg/m ³ を上回った」この部分も上記と同じで、目標が平均値だけなら品質管理にならない。ばらつきをどう考えているのか示すべきと思う。	同上
18	3.5 3.5.2 (1)実施内容 ④人工バリアの緩衝材と坑道の埋め戻し材の施工方法の違いに係る品質保証体系の構築	16/19	図3.5-28で珪砂充填のケースは、排水量、流出量ともに定常状態に至っていないように見える。未充填との相違が時間スケールだけの可能性もあるがどうか?	ケイ砂未充填では単位時間当たりの排水量が低下することに対し、ケイ砂充填では逆に湧水量の増加により排水量も増加傾向となっておりますので、今後も引き続き条件を変えた試験等で効果を確認する必要があると考えられます。本文中にはケイ砂充填の場合の排水量の増加傾向についても記載します。
19	3.5 3.5.2 (3)まとめ	18/19	まとめとして結果を羅列するのではなく、「人工バリアの定置・品質管理に関する既存・新規技術の実施工への適用性について多くの知見を得ることが出来た。さらに検討すべき問題点も明確になり、処分技術の確立に向けた研究開発を継続したい。」などを記載してはどうか。	「成果とその反映先」にそれぞれの実施項目で得られた成果と実際の事業への貢献を記載しました。

No	該当箇所	頁	コメント内容	回答
20	3.5.3	1	100度を上回らないと設定するよりも、それ以上になった想定外の現象を検討することは重要だと思います。その検討のなかで廃棄体の発生熱量を算出することは重要と思いますが、想定はむずかしいのでしょうか？	廃棄体からの発生熱量については、第2次取りまとめですでに算出されています。たとえば、埋設時のガラス固化体からの発熱量は、再処理までの冷却期間4年・貯蔵期間50年のとき約350W/本、貯蔵期間が30年のときは約560W/本で、時間経過にともなう発熱量の減衰も計算により求められています（核燃料サイクル開発機構、1999）。 想定外の現象に関しても、基本的にはこの関係に基づいて廃棄体の発生熱量は推定可能と考えられます。
21	4.2 4.2.1 (1)実施内容	1/12	「一度形成された断層内の割れ目の透水性は、現在の応力状態や岩石強度にも依存する。割れ目面に掛かる垂直応力が大きく、割れ目表面の岩石強度が小さいほど、割れ目の開口幅は小さくなり、透水性は小さくなる（例えばBarton et al., 1985）」とありますが、Bartonの論文はジョイントのラフネスとジョイントの力学特性についてのべたもので、垂直応力が大きくなれば開口幅は小さくなりますが、強度の大小による影響については述べていないと思いますがいかがでしょうか。また、割れ目の応力状態が変化すれば開口幅も変化するので「断層が動いたとしてもその透水性は有意に上昇しない」と言い切ることはできないと思います。これは「断層が動いたとしてもその透水性は必ずしも上昇しない」とすべきではないでしょうか。	一点目については、亀裂の力学特性として、亀裂表面の弾性率(Kni: initial normal stiffness)あるいは岩石強度(JCS: joint wall compressive strength)が関わってきますので、ご指摘を踏まえ、以下のような修正を行いました。 「割れ目表面の岩石強度」→「割れ目表面の弾性率(岩石強度)」 二点目については、ご指摘の通りに修正しました。
22	4.2 4.2.1 (1)実施内容	2/12	「変形様式(脆性的or延性的)を支配し得る岩石の強度・応力状態を表す指標を考案する」ではなく、「変形様式(脆性的or延性的)と岩石の強度・応力状態の関係を探る(関係を調べる)」くらいでは？ 「その結果、平均有効応力を引張強度で除した値(ダクティリティインデックス、DI)が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であり」→「その結果、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な指標としてダクティリティインデックス、DI(平均有効応力を引張強度で除した値)を導入した。」ではいかがか。	ご指摘を踏まえ、文章を修正しました。
23	4.2 4.2.1 (1)実施内容	-	図表のキャプションがページをまたぐなど書式がおかしい。	ご指摘を踏まえ、修正しました。
24	4.2.1 水圧擾乱試験などによる緩衝能力の検証・定量化	-	DIが堆積岩の透水性評価に有用であることは重要な知見。 断層の透水性の評価の際に、ダメージゾーンの変形様式が有効であることは、有用な知見。 DIの値と変形によって生じる割れ目のタイプとの関係は、声間層と稚内層という珪藻土および珪質泥岩を用いた実験によるものであり、他の一般的な泥岩と比較する記述が欲しかった。図4.2-8はあるが、いろいろな岩石が対数グラフにプロットされているので、議論がかなり粗く感じる。 水圧擾乱試験で、断層が変位しても透水係数が変わらないという知見は重要。 堆積岩には、幌延のような珪質軟岩の他に、付加体の岩石や、広義には凝灰岩も含まれるが、こういった岩石についても発展的な考察があると良いと思いました。 付加体の堆積岩の場合には不均質性が大きな特徴。続成作用の進んだ堆積岩もDIで幌延の岩石と同様な評価が可能であるのか、議論できると良い。	ご指摘を踏まえ、項目「断層のダメージゾーン～強度・応力状態の指標」に以下の文言を追記しました。「今回行われた観察・実験は幌延の珪質泥岩を対象に行われたが、DI=2という閾値はグリフィス・クローンの理論から導かれており(図4.2-3)、この結果は様々な岩種に広く適用できるものと考えられる。」 また、ご指摘を踏まえ、図4.2-8を地域ごとに細分した図により、詳しい説明を追加するとともに、片対数グラフなどの図も追加しました。 さらに、今回得られた結果が岩種に依存しない点や付加体のように不均質性が大きい場合の留意点も同項目に追記しました。
25	4.2.2(2)図4.2-16	2	地下水流動のところが、流動域と低流動域とに区分されている。化学的な判別を考えると、流動域・流動につられて動く低流動域・海水準変動で動きが変わる領域、不動領域に別れると考えている。検討してほしい。特に現状の化石海水領域と将来にわたっても化石海水である領域を区別することは重要であると考えます。	研究所周辺では、酸素や塩素の安定同位体比から、流動域、拡散プロセスが支配的な領域、それらの中間領域に分類できます。稚内層深部は、割れ目が少なく、透水性も低く不動領域に相当すると考えられます。 また、隆起・侵食に伴う透水性の変化に付随して各領域が変化してきたと推察されます。 一方、幌延の沿岸層深部は相対的に透水性が高く、コメントのように海水準変動によって領域が変化してきたと推察されます。 それぞれの岩盤で、観察事実に基づいて領域変化を比較、考察することで、不動領域を同定する手法を整備できると考えられます。 本課題については、エネ庁事業(岩盤中地下水流動評価技術高度化開発)で実施しており、最終年度にあたる次年度に、成果の取りまとめを行います。
26	4.2.2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	-	化石海水の存在範囲が地下水の低流動域であるとみなすことについて、もうちょっと丁寧な説明が必要のように思います。例えば、泥火山では塩水が泥と一緒に吹き上がっています。	ご指摘の通り、高塩濃度の地下水の存在が必ずしも低流動域の分布と一致するとは限りません。幌延においても背斜軸上において泥火山現象が確認されており、そこでは高塩濃度の地下水が湧出しています。「また、幌延町を対象とした断層ガス調査では、断層上のみならず、背斜軸上においてガスの移行経路が存在する結果が得られています。泥火山現象の知見と合わせて考えると、「化石海水の存在範囲が地下水の低流動域であるとみなすことについて」、断層近傍のみならず背斜軸近傍の流体移動についても留意すべきであるという知見が得られており、これを追記しました。
27	4.2.2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	3	図4.2-17 及びその説明文部分 図の右側にある深度を示す色バーは、同図の説明文に記載されているように地層境界を0にして、+方向が声間層、-方向が稚内層とした特定の深度スケールであるので、本文中の『深度』の記載は『深度スケール』とした方が誤解されにくいと思う。	ご指摘を踏まえ、文章を修正しました。
28	4.2.2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	4	「 $\delta^{18}O$ (図 4.2-20(b))および δD (図 4.2-20(c))の分布において、化石海水に相当する領域は、HDB-6孔やHDB-4孔周辺では、深度500 mよりも深い部分にあり、これはCl ⁻ 濃度から判断する化石海水に相当する領域と一致していない。この理由は、図 4.2-17に示すようにCl ⁻ 濃度が高いほど $\delta^{18}O$ および δD は化石海水の範囲に限定されるようになるが、化石海水の目安としているCl ⁻ 濃度の下限である3,000ppmでは、 $\delta^{18}O$ および δD が化石海水の範囲外になる地下水も多く含まれているからである。」 上記1行目の記載は、『 $\delta^{18}O$ に基づく化石海水(≥0‰)に相当する領域は、』とすべきでしょう。	ご指摘を踏まえ、文章を修正しました。
29	4.2.2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	5	図4.2-19 p.9 図4.2-21 には方位を追記してください。p.4やp.7の本文中の議論で方向が出てくるが参照できません。	ご指摘を踏まえ、文章を修正しました。
30	4.2.2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	7	「図 4.2-23に、反射法地震探査の結果の一例として、探査範囲北西側の測線における重合前深度マイグレーション(PSDM)解析結果と電磁探査で得られた比抵抗分布を重ね合わせた図を示す。この断面図では、南西側から順に勇知層、声間層および稚内層が分布する範囲になる。PSDM解析結果で示されている黒い縞模様は、観測された地震波の時間が深度に変換され、地震波の振幅が強調されて表示されたものである。稚内層の方では縞模様がより明瞭であることから振幅が強く、一方、勇知層の方では縞模様が細かく振幅が弱いことが分かる。これはそれぞれの地層を構成する岩石の硬さの違いが反映された結果であると解釈できる。比抵抗分布の傾向も岩石の硬さの違いが反映されていると解釈でき、勇知層の方では高い比抵抗の領域がより深くまで分布している様子が分かる。すなわち、これは、地層ごとに天水の浸透の程度が異なることを表していると考えられる。」 上記文章は、表層付近に卓越している地層の特性が電磁探査の解析結果に影響している様相をコメントしたものであるが、『〇〇層の方では』という記載が気になる。『地表付近に〇〇層が卓越している領域の地下部では』という記載の方が学術的である。	ご指摘を踏まえ、文章を修正しました。
31	4.2.2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	10	図4.2-24 の地下水流動解析結果の図 対象としている解析断面側線の地図上での位置が分かるような説明地図を付記してください。	ご指摘を踏まえ、水平断面の結果も追加し、断面位置が分かるようにしました。
32	4.2.3地殻変動による人工バリアへの影響・回復挙動試験	-	割れ目のせん断変位量と開口幅との相関が乏しいと、なぜ、「割れ目面に垂直にかかる力が大きいため、割れ目の開口が抑制されている」ことがわかるのかわかりません。 結局EDZで増加した透水性は、埋め戻し後にどうなるのか明確に書かれていないように思いました。	項目②に開口抑制の原因についての説明、「一般に、割れ目がせん断する時、最初の僅かなせん断変位(最大で1~2 mm)で、大きく開口幅が増大する。一方で、その後はせん断変位量が増加してもあまり開口幅が増加しなくなり、ガウジが形成され始める。(中略)また、割れ目面にかかる垂直応力が大きいほど、最初のせん断変位による開口幅の増加量は小さくなる。(中略)観察した深度350mの割れ目では、最大1 mm程度のせん断変位が確認されたが、(中略)ガウジの形成は認められない。また、割れ目のせん断変位量と開口幅との相関が乏しいことを確認した。 これは、割れ目面に垂直にかかる力が大きいため、割れ目の開口が抑制されていることを示唆する」を加えました。 また、二点目の埋め戻し後の透水性については、現在、まだ解析中のため、本報告では記載を控えました。
33	4.2 4.2.3 (1)① (b)坑道周辺のEDZの化学的な特性評価	4/9	「諸外国の堆積岩地域で観測されるような明瞭な酸化の兆候は認められ」ないとありますが、その根本的な原因はどこにあるのでしょうか？地下水環境？地質特性？	ご指摘を踏まえ、堆積岩中の有機物の多さに根本的な原因がある旨を追記しました。
34	4.2 4.2.3 (1) ②地殻変動による人工バリアへの影響・回復挙動試験	7/9	「割れ目のせん断変位量と開口幅との相関が乏しい」とありますが、この時割れ目のラフネスはどうだったのでしょうか？	ご指摘の通り、ラフネスは重要なパラメーターと認識しております。この点については現在、まだ解析中のため、本報告では記載を控えました。本課題については令和2年度以降の計画の中で取り組んでおり、結果が得られ次第、本委員会でご報告する予定です。

② CoolRepR4へのコメントと回答・対応内容一覧（幌延）

※灰色で網掛した項目については、第29回(前回)深地層の研究施設計画検討委員会以降に修正を実施した項目となります。

No	該当箇所	頁	コメント内容	回答
35			塩濃度の高い地下水が、瑞浪では古海水、幌延では化石海水として用いられている。それぞれ、どのような定義に基づいて記載しているのかを明確にしていきたい。	○瑞浪 瑞浪においては、化石海水(古海水)を使用せず、Cl濃度の深度プロファイルから推定した深度約1800mに存在することが想定される、海水と同程度の高塩濃度の地下水を「深部塩水」と表記することを本文中で説明することとしました。 ○幌延 幌延深地層研究センター周辺の地下深部における地下水は、堆積時の海水が埋没成過程で塩濃度が海水の1/3～1/2程度に変化し、長期にわたり天水浸透の影響を受けずに残留していると推定されるため、「化石海水」として表記することとしました。(丸井ほか(2021)では、化石海水(古海水)について「塩分濃度が海水と同程度以上」と定義されておりますが、幌延の深部地下水は上記の理由から海水を起源とし、天水の影響がないと考えられることから、化石海水としました。)
36	4.2 4.2.3 (1)① (a)坑道周辺のEDZの水力・力学的な特性評価	2/10	坑道を埋め戻した後のEDZにおける透水性の変化について、残されている課題を整理、記載してほしい	「(3)まとめ」に以下の下線で示す文言を加えました。 ・深度350 mの地圧条件では割れ目面に垂直にかかる力が大きいため、EDZ割れ目のせん断変位による割れ目開口が抑制されることが樹脂注入後のEDZの割れ目試料の観察とシミュレーションにより確認できた。地下の原位置相当の圧力条件では、EDZの割れ目が坑道閉鎖後にずれたとしても、圧力が大きく低下しない限り、EDZの透水性はほとんど増加しないことが推定される。 ・今後、EDZを対象とした段階注水試験などの結果も踏まえ、EDZの埋め戻し後の透水性を予測する手法を具体化していく必要があると考えています。
37	⇒Q26と関係	—	泥火山がそうであるように、高塩濃度の地下水の存在が必ずしも低流動域を意味するとは限らない。また、堆積岩中に形成される泥火山は、地層処分の観点から重要であり、幌延の成果をより幅広い視点から整理しても良いのではないか。	ご指摘の通り、高塩濃度の地下水の存在が必ずしも低流動域の分布と一致するとは限りません。幌延においても背斜軸上において泥火山現象が確認されており、そこでは高塩濃度の地下水が湧出しています。幌延町を対象とした断層ガス調査では、断層上のみならず、背斜軸上においてガスの移行経路が存在する結果が得られており、泥火山現象の知見と合わせて考えると、低流動域の分布については地層処分事業のサイト選定において、断層近傍のみならず背斜軸近傍の流体移動についても留意すべきであるという知見が得られており、これを追記しました。

③ CoolRepR4へのコメントと回答・対応内容一覧（瑞浪）

※灰色で網掛した項目については、第29回（前回）深地層の研究施設計画検討委員会以降に修正を実施した項目となります。

No	該当箇所	頁	コメント内容	回答
1	3.1 地下坑道における工学的対策技術の開発	-	研究対象としている岩盤が硬岩の花崗岩であり、透水性が複数の亀裂、不連続面で支配されている場合のグラウト技術であることを記載すべきではないか。その上で既存の技術と何が異なるのか？何が新しいのかを示すべき。	「(1)実施内容」に、対象とする岩盤は透水性が複数の亀裂で支配されている花崗岩であることを記載し、従来のダムやトンネル工事において実施されているグラウチング技術を基本とし、さらに以下の手法を適用し湧水抑制効果を確認したことを追記しました。 ・亀裂を充填するグラウト材料の種類（溶液型材料） ・亀裂への充填の方法（動的工法） ・プレグラウチングとポストグラウチングの併用
2	3.1.1	1	ウォータータイトグラウト技術は、横坑だけでなく今後予定されている立坑建設時にも必要な技術ですのでその点の指摘もあってよいのではないのでしょうか？	深度500mまでの坑道掘削では、湧水抑制対策として立坑及び水平坑道においてグラウチングを実施しており、これらの実績から得られた成果を含めて取りまとめていることを、「(1)実施内容」に追記しました。
3	3.1.1 大規模湧水に対するウォータータイトグラウト技術	2	本成果は単一坑道での試験結果や理論解の導出を行っていますが、坑道の接続効果の影響に言及できると、地層処分への反映がより効果的になるかと思えます。	多数接続する坑道への湧水量の算定について、NUMO包括的技術報告書「第4章付属書4-64 坑内湧水量の評価」を引用し、以下の検討方法が示されていることを「(3)まとめ」に追記しました。 「坑道の接続本数や離間距離等をパラメータとした三次元有限要素モデルを用いた定常地下水流動解析を実施し、理論的に地下施設的设计仕様に応じた水圧の低減効果を考慮した補正係数を乗じる検討方法が示されている。」
4	3.1.1 大規模湧水に対するウォータータイトグラウト技術	3	NUMOの包括的技術報告書の4-177頁が参考文献に挙げられていますが、NUMO報告書の当該頁は参考文献リストです。他のファイルもNUMO報告書の参考文献リストの頁を参考文献に挙げられていますが、正しいですか。	機構の研究開発報告書類執筆・投稿マニュアルにおいて、参考文献はレポート（研究開発報告書類等）や図書（書籍）の場合、本文の総ページ数をアラビア数字の後に p. を付けて記述（総ページ数の例：167p.）になりますので、その記載にもとづいております。
5	3.1.2 施工対策影響評価技術（2）成果とその反映	3/7	「グラウト材/岩盤相互作用のメカニズムを明らかにする」ために「今後の知見の拡充が必要」としているが定量的な議論のために何が必要なのかを具体的に記載すべきではないか。	今後の知見の拡充として、より広い領域を対象とした鉱物組成の把握や、坑道閉鎖により地下水の動水勾配がなくなった状態でのグラウト材の岩盤への影響などが必要であることを追記しました。
6	3.1.3 地下水管理技術	1/4	「排水処理は、大規模地下施設建設・維持管理における環境負荷低減並びにコスト低減の観点から重要な課題である。」としているがコストに関しては何ら記載されていない。グラウトによる湧水量の低減と排水処理のバランスをどのように考えて管理するのか基本的な考え方を示してはどうか？	「(1)実施内容」に、瑞浪超深地層研究所における排水処理については、坑道全体の許容湧水量を地上に設置した排水処理設備の処理能力から設定し、湧水を許容範囲に抑制できるようにグラウチングの可否を判断し研究坑道を掘削した記載を追記しました。
7	3.2 物質移動モデル化技術の開発	1	①、②、③の3つのタスクの関係の説明があるとベター。	現在の中長期計画においては、花崗岩中の割れ目における物質移動現象を理解しモデル化するための調査・解析としてそれぞれの課題を抽出したため、現状の記載にとどまっております。
8	3.2 物質移動モデル化技術の開発	1	4.11 を読む限り、瑞浪URLは断層や高温流体の流動経路となるような位置にあり、そこに分布する花崗岩の性状は、瑞浪URLを含む広域の地質を代表しているようには俄には思えないが、瑞浪URLで見られる岩盤の代表性についての説明があると理解を助けてくれる。	ご指摘を踏まえ、以下の文章を追記しました。 『一般的に花崗岩中には断層および断層に沿う熱水変質を被った領域が存在しており(Yoshida et al., 2009; Nishimoto and Yoshida, 2010)、瑞浪の地下施設は、同様に断層とその周辺に変質部が認められることから(Ishibashi et al., 2016)、亀裂を有する岩盤の物質移動現象の理解に適したサイトであると考えられる。』
9	3.2.1 実際の割れ目の性状を考慮した割れ目ネットワークモデル手法の整備	1	割れ目ネットワークモデルの説明として、「割れ目の地質学的・水理特性に起因した透水性の不均質な分布特性を確率的に表現するモデル」だけでは理解しにくい。(2)を読めば理解し得るとはいえ、この表現は実際の岩盤とは違うと言っているに等しいので、最初にモデルの役割を平易に説明すると理解しやすくなると思う。	DFNモデルの説明を整理し、文章を修正しました。
10	3.2.1 実際の割れ目の性状を考慮した割れ目ネットワークモデル手法の整備	5	(3)の第2パラグラフは、「DFNモデルの更なる高度化」の方向性が示されないと理解が難しいと思う。また、3つの文章からなるが、個々には重要なことが書いてあるが、文章の繋がりの論理性が見えない。	ご指摘を踏まえ、文章を修正しました。
11	3.3 坑道埋め戻し技術の開発 3.3.1 再冠水試験	1/20	均質だけではあまりにも漠然としている。地質学的な特徴の違いを記すべきではないか。	「一方、諸外国の岩盤は、日本のそれと比較して岩盤の地質年代が古く、割れ目本数が少なく、岩盤の透水系数の幅が狭く、変質の程度も低い。」と追記しました。
12	3.3 坑道埋め戻し技術の開発 3.3.2 岩盤の破壊現象評価（2）成果とその反映	1/4	図3.3.2-3で▲は何を意味するのか？また40-60%と80%以上で議論しているとする、60-80%はどうか解釈されるのか？圧入流量が10 mL/minの時のBDIについても同様の解釈が出来ているのか？出ていないとするとその理由は何か？	図3.3.2-3の▲は押し波の割合が高いもの（80%を超えるもの）を示しています。本文中に記載しました。 60-80%についても、40-60%と同様に押し波と引き波が混在していることから、せん断破壊型メカニズムが卓越すると考えられます。なお、ここではせん断破壊型、引張り破壊型の破壊メカニズムに着目しているため、40-60%と80%以上の結果について記述しています。 圧入流量が10mL/minのときのBDでも同様の傾向を示すことから、同様の解釈をしています。
13	3.3.1 再冠水試験	6	止水壁の性能を満足する中でコストを低減する提言が合っても良いように思えます。	アーチ形状はくさび形状の躯体と比較すると少ないコンクリート打設量で同等の機能を保持できることから工期短縮と工費削減できたことを追記しました。
14	3.3.1 再冠水試験	8	まとめの7)にある吹付コンクリートのアルカリ影響について、3.1.2施工対策影響評価技術にあるグラウト影響を参照し、併せて記述した方が有用ではないでしょうか。	「3.1.2施工対策影響評価技術」においてグラウト材の岩盤への影響について得られた知見を併せて記述いたしました。
15	3.3.1 再冠水試験	9	まとめの13)にある”原位置施工後には、想定透水系数と比べて高い透水性となることが想定される”とありますが、なぜそうなるのかが前段にも記載がないように思われます。想定よりも何が影響してどの程度高い透水性になるかを記述できると、目標性能に対する裕度の目安が分かりより有用かと思えます。	乾燥密度の低下が原因と推定しています。密度低下の原因は、埋め戻し部の上位に打設したコンクリート盤が持ち上がっていたことや、排水後の坑道内の観察時に埋め戻し材が流出したと想定された痕跡があったことから、ペントナイトの変形・流出による可能性があると考えています。ただし、定量的な評価ができていないため、実際にどの程度高くなるかは未確認です。
16	3.3.1 再冠水試験	9	まとめの16)にある”止水壁の施工では品質管理を注意深く行う必要がある”というのは抽象的過ぎる印象です。本試験を通じて、具体的にどういうことに留意したら良いかに言及できると良いと思います。	品質管理として、施工前の作業環境に伴うリスクの分析とその対応の具体的な検討が重要であることを追記しました。
17	3.3.1 再冠水試験 (2) 成果とその反映 1) 冠水坑道周辺の水理地質構造の確認	2/20	「閉鎖された坑道内に流出した地下水は、遠方へは移動していないとは言えない。遠方へ移動する量はごく限られている」位ではないか。	当該箇所を「遠方へ移動する量はごく限られると推察される」に変更しました。
18	3.3.1 再冠水試験 (2) 成果とその反映 1) 冠水坑道周辺の水理地質構造の確認	2/20	コンパートメント構造が水理地質構造の特性の把握に重要であることは理解できたが、この構造の存在、その特性などを事前に把握することはできるのか？様々な現象が生じた後のメカニズム理解の手段としてだけでは不十分ではないか。コンパートメント構造の本質的な議論は今後の大きな研究課題ではないか。	再冠水試験により取得したデータを用いることで、詳細なコンパートメント構造の推定が可能となりましたが、坑道掘削時に坑道周辺の観測孔において水圧・水質変化を観測することで、坑道と岩盤の水理特性を概略的に把握できると考えられます。この旨を追記しました。
19	3.3.1 再冠水試験 (2) 冠水時の周辺岩盤の水理-力学-化学特性の観測と解析	3/20 6-7行目	「顕著な応力集中」というのは誤解を招く。「空洞掘削により空洞周辺の応力が変化した領域は・・・」でいいのでは。また、掘削面径から推定するのではない。「一般に言われている空洞掘削影響範囲、空洞掘削径(5m)よりも狭い」ではどうか。	ご指摘を踏まえ、文章を修正しました。
20	3.3.1 再冠水試験 (2) 冠水時の周辺岩盤の水理-力学-化学特性の観測と解析	3/20 9行目	「・・・挙動が計測されたが、これは壁面から離れるに従い急速に減少するものであり、坑道の・・・」としては？	ご指摘を踏まえ、文章を修正しました。

③ CoolRepR4へのコメントと回答・対応内容一覧 (瑞浪)

※灰色で網掛した項目については、第29回(前回)深地層の研究施設計画検討委員会以降に修正を実施した項目となります。

No	該当箇所	頁	コメント内容	回答
21	3.3.1 再冠水試験 3) 予察的埋め戻し試験	-	ここで用いている「予察的」には何か特別な意味があるのでしょうか?将来使う可能性のあるものについて行うということで用いているのであれば、他の注入工法なども同じだと思いますが。	ご指摘を踏まえ、文章を修正しました。
22	3.3.1 再冠水試験 5) 止水技術の確認	7/20	「要因は、前述した躯体構築時のコンクリート打設時のトラブル、コンタクトグラウトの効果が不十分であったことに起因する」とあるが、これらは事前に十分予見できたことであり、まとめ(9/20)の16)にあるように注意深く行うでは不十分であり、「机上トレーニング、施工法のマニュアル化など施工に伴うリスクの分析とその対応を具体的に詰めておく必要がある。」など今後の研究開発課題を示すべきではないか。	品質管理として、施工前の作業環境に伴うリスクの分析とその対応の具体的な検討が重要であることを追記しました。
23	3.3.1(2)1)&まとめ1)コンパートメント構造	2	ここでいうコンパートメント構造については、図3.3.1-4に示すことはできないか?スケール感などが把握できると思う。	図3.3.1-4は再冠水試験での水圧応答や水質変化、坑道周辺の割れ目分布の考察から推定された、再冠水試験の推定影響範囲を境界としたコンパートメントを明示しています。ご指摘を踏まえ文章を修正しました。
24	3.3.1(2)1)最後の5行	2	地下水が近傍で湧出していることは分かるが、なぜ遠方に移動していないと言えるかが不明(私の理解が足りないのかもしれないけど説明して下さるとありがたい)。	「遠方へ移動する量はごく限られると推察される」と追記しました。
25	3.3.1(2)4)モニタリング技術開発	5	概要だけが書かれていて、他の節と比べても具体性に欠ける。	諸事情により、本技術開発で計画していた要素技術開発に係る原位試験を実施することができなかったことから、地中無線技術開発に係る記載のみとなってしまいました。
26	3.3.1(3)まとめの2)	7	再飽和することが示唆された とあるが、理解できない。どのデータで空気が置換されたあるいは溶解したといえるのか不明。示唆だから良いのか?しかし、3.3.4のモニタリングでは地中のガスが地下水観測を邪魔していると説明している。疑問が残る。	冠水前後に実施した比抵抗測定の結果、冠水後に比抵抗値が低下したことから、不飽和状態であった坑道周辺の岩盤が、冠水により再飽和する過程をとらえたものと考えています。ただし、ここでは飽和しきったかどうかは検証できていないので、「空隙に残る気相の挙動(置換や溶解など)の理解が課題として残されている」と変更します。なお、3.3.4のモニタリングで観測の妨げとなったのは採水ライン内のガス溜まりで、地中のガスそのものではありません。
27	3.3.2 岩盤の破壊現象評価	2	掘削影響領域の範囲や物性変化のメカニズム・程度を把握することは地層処分の安全性評価の観点から重要だと理解していますが、本成果がどのように精密調査における地下施設や処分施設的设计、埋め戻し材やプラグ的设计、地下施設の閉鎖として適用できるのかが不明瞭な印象です。	ご指摘を踏まえ、文章を修正しました。
28	3.3.3 500m坑道での埋め戻し試験 (3) まとめ	3/7	図3.3.3-9は無い。-4の間違い? 「一定の相関性を有する」としているが、図3.3.3-4を見る限りそのような相関があるとは言えない。むしろ0.4から0.6の密度で施工されたバルクの平均密度を施工重量と体積から計算すると0.3から0.62となり、この結果からだけでは平均密度で施工管理できないと判断すべきではないか。	セクション7, 8については傾向が異なるものの、セクション1~6については一定の関係があるものと解釈しています。一方で、ご指摘の通り、3Dスキャナによるバルク密度計測の結果はバラツキが大きいことから、この結果だけで施工管理を行うのではなく、例えば、試料採取による密度測定との併用を提案しています。頂いたご指摘を踏まえ、文章を見直しました。
29	3.3.3 500m坑道での埋め戻し試験	3	図3.3.3-9は本資料に存在しません。図3.3.3-4のことでしょうか。3Dスキャナによるバルクの密度計測が簡単で有効であることは承知していますが、部位毎の密度のバラツキとその影響に関する評価とセットで有効性に言及する必要があると思います。試料採取による密度測定結果とかなり異なる印象ですが、施工方法とセクションの位置などの情報から相関性に関するもう少し踏み込んだ考察があった方が良いと思いました。	ご指摘を踏まえ、文章を修正しました。
30	3.3.4 モニタリング技術の開発 (1) 実施内容	1/14	「大規模地下施設を建設・操業時」→「大規模地下施設の建設・操業時」 「花崗岩中の水頭の変化が施設周辺の断層の分布に影響を」→「花崗岩中の水頭の変化が施設周辺に分布する断層に影響を」ではないか。	ご指摘を踏まえ、文章を修正しました。
31	3.3.4 モニタリング技術の開発 (2) 成果とその反映 1) 地下施設の建設前および建設中のモニタリング	2/14	図3.3.4-1や2を理解するためには、粘土層、砂岩・泥岩互と主立坑断層と施設との関係を示す図が必要ではないか。	地質・地質構造と観測区間の位置関係が分かる図を追加しました。
32	3.3.4 モニタリング技術の開発 (3) まとめ	7/14	水圧・水質モニタリング技術に関して既存技術の長期間にわたる適用が可能であるとしているが、機器の耐久性、給電、通信のためのケーブルの存在による止水性能への影響など、モニタリングシステムとしての性能の確認、確認は不十分と思われる。問題点を明確に示し、今後の研究開発の方向性を示してはどうか?	ポーリング孔を使った地下水モニタリングについては、機器の耐久性も含め、10年を超える期間の観測は可能である一方で、埋め戻し後の坑道内での(例えば人工バリアの)モニタリングを長期間にわたり安定して行うためには、ご指摘のような検討課題があると考えています。該当部分の記載を以下のように修正いたしました。「地下水の水圧・水質モニタリング技術に関して、施設建設前から施設建設・維持管理期間においては、既存技術を用いた数十年にわたる長期観測が可能である。施設埋め戻し中および施設埋め戻し後についても既存技術が適用可能であると考えられるが、さらに長期間のモニタリングや別の目的のモニタリング(地層処分場の閉鎖後など)においては、機器の耐久性、給電、ケーブルの存在による止水性能への影響などの評価が課題となることも考えられる。」
33	3.3.4 観測技術の実用性、最後の行	5	「考えら、」となっている。	ご指摘を踏まえ、文章を修正しました。
34	3.3.4 長期モニタリング技術	5	広域地下水流動の評価と地下施設の施工に伴う擾乱の把握と評価は、URLの実施意義の大きなポイントであり、結晶質岩盤を対象とした調査研究成果として高く評価できる。このようなとりまとめに至った調査研究成果としての瑞浪地域における具体的な地下水水質特性やそれらを活用した地下水流動解析の事例を掲載した関係論文を明記した方がよい。(例えば尾上他2014: JAEA-Research 2014-010、尾上他2016: 土木学会論文誌C Vol.72 No.1 pp.13-26、および水野他2013: 日本原子力学会論文誌 Vol.12 No.1 pp.89-102等)	ご指摘を踏まえ、文章を修正しました。
35	3.3.4 長期モニタリング技術	5	瑞浪URLでは、既に埋設完了したわけであるが、試験坑道や立坑の埋め戻し材料は、地元対策上の時間的な制約から処分施設における最終的な埋め戻し材料を想定したものではなかったが、その水理特性等の情報は把握されている(?)ので、埋め戻し時の地下水水位変化情報も活用することにより、埋め戻し後の長期的な広域地下水流動や水質変化(塩分濃度分布の変化?)は構築された水理地質モデルによって解析可能であると思われる。周辺地下水のモニタリングとは独立して実施すれば、地元対策上の大きな懸念材料にはならないように思われる。以下の幌延における広域地下水流動特性の評価結果をまとめている第4章においては、p.110の『(2) 成果とその反映』の部分で今後の追加検討についても記載していることを鑑み、瑞浪URLにおいても同様に追加の解析的な検討を是非とも実施され、今後のモニタリング結果と対比に活用されることが望まれる。	坑道埋め戻し時のデータや坑道埋め戻し後のデータ(～令和8年度)は、研究開発報告書類として適宜公表していきます。得られたデータの活用に関しては、外部資金の活用も視野に引き続き検討します。
36	3.3.4(1)、p1下から10行目	1	直接水圧観測方式とピエゾ水圧観測方式とあるが、今どきは間隙圧が重要なのは当たり前で、ピエゾと自慢するほどのものではない(原子力の常識が世界標準でないことがあることも認識してほしい)。これ以降の文章にも出てくるが、バクサーをかけて観測した水頭は対象となる帯水層の間隙水圧と考えてはいいですか?	地上からの観測については、バクサーにより1本のポーリング孔に複数の観測区間を設定できる多区間水圧・水質モニタリングシステムを使用しており、水圧観測方式として記載の2つの方式を採用しています。記載が不足していましたので、文章を見直しました。
37	3.3.4(2)1)水圧モニタリング	2	ピエゾ管を接続するチューブ(バクサー)にガスがたまるとあるが、なぜガス抜きをやらなかったのか理解できない。何か別の目的があれば、説明してほしい。	モニタリングシステム設置時(約10年前)に、システム配管内でのガスの抑留の影響を十分検討できていなかったため、ガス抜き機能を付加していませんでした。反省事項として、ここでの観測機能の低下はシステム選定時に避けられたことを本文に追記しました。「システム選定時に、配管内でのガスの抑留による観測機能への影響を検討し、配管口径を大きくする、抑留したガスを排出する機能を付加する等の対策をとって避けられたものであった。」
38	3.3.4(3)まとめ 三つ目	7	混合割合が推測できるとあるが、せめて推定だし、できれば観測できるくらいにプロフィールを取ってほしい。あるいは今からでも良いので、プロフィールをシミュレートしてほしい。	CFCsや ³ Hを用いた立坑地下水への浅層地下水の混合率の計算は萩原ほか(2015)で解析した結果を報告しているため、「浅層地下水の深部への侵入の検出とその変化については、地下水中の ³ H濃度やCFCs濃度の変化を継続して観測することで評価可能である」と変更しました。
39	3.3.4(3)まとめ 一つ目	6	水質変化が大きいと最後の行にあるが、水質や水頭の変化に関連して集水範囲は議論できないのか?	地下施設建設時における施設周辺のモニタリング孔の水圧変化を用いた数値解析の結果を参照して、坑道内には坑道周辺において推定されるコンパートメント構造内の地下水が主に流入していると考えられる旨を追記しました。

③ CoolRepR4へのコメントと回答・対応内容一覧 (瑞浪)

※灰色で網掛した項目については、第29回(前回)深地層の研究施設計画検討委員会以降に修正を実施した項目となります。

No	該当箇所	頁	コメント内容	回答
40	4.1.1 断層などの影響を含めた地質環境特性の長期変遷解析技術	-	土岐花崗岩に対する詳細な観察、試験、計測に基づき様々な知見が得られている。これらは地質学的には有用であるが、本来の課題である「地質環境の長期安定性」との関連を考えると、この地域の一岩体の履歴の評価であり、一般論としての地質環境の長期挙動の予測につながるものとは思われない。本テーマでの研究開発の目標、終着点を再考した方がいいのではないかと。	本課題の目的は、過去から現在までの間に生じた自然事象(断層活動、火山活動、隆起・侵食等)によって地質環境がどのような影響を受けたかを事例的に示すことです。こうした背景の記載が不十分であったため、実施内容の最初に追記し、研究開発の目的を明確化しました。
41	4.1.1 断層などの影響を含めた地質環境特性の長期変遷解析技術	1	「隆起・沈降・侵食」→「隆起・沈降・堆積・侵食」では？	隆起と侵食、沈降と堆積が対応するので、「隆起・侵食／沈降・堆積」としました。
42	4.1.1 断層などの影響を含めた地質環境特性の長期変遷解析技術	1	地質環境長期変遷モデルの構築事例はどこで示されているのか。濱ほか(2015)？あるいは、高温流体に伴う割れ目の存在を明らかにした点を言っているのか？唐突な印象を受けるので説明を加えてはどうか。	ここでは既に提示したものを示しているのので、文献を引用しています。また、資源エネルギー庁からの委託事業で取り組んだものについては、引用文献を追加しました。
43	4.1.1 断層などの影響を含めた地質環境特性の長期変遷解析技術	1	「地質環境モデルの更新」→「地質モデルor地質構造モデルの更新」？また、更新内容は？唐突な印象を受けるので説明を加えてはどうか。	ここで言う「地質環境モデル」は「地質環境長期変遷モデル」であるべきですが、第3期中長期計画期間においては「地質環境長期変遷モデル」の更新を行っていないため、削除しました。
44	4.1.1 断層などの影響を含めた地質環境特性の長期変遷解析技術	3	(3)のまとめの1点目、長期的には断層周辺の透水性が低下する可能性があるとしていますが、これは同時に、短期的には割れ目沿いに流体が活発に動くことを示している。つまり、多くの研究者が考えているように、(活)断層はやはり避けるということの証左になっている。専門分野の方に対しては説明を割愛できるかもしれないが、異なる分野の専門の方が読むことを想定した場合には、「短期・長期の両方の説明をした上で意思決定に臨むこと」を記したほうが良い。	ご指摘の通りで、論文では断層活動に伴うダメージゾーンの形成(透水性の増加)、その後の割れ目充填鉱物の形成による割れ目の充填・閉塞を述べているので、その内容を正確に記しました。
45	4.1.1 断層などの影響を含めた地質環境特性の長期変遷解析技術	3	(3)のまとめの2点目も同様で、高温流体が入ってこなければ、花崗岩体の透水性は高く、岩体中を流体が活発に動くこと、流体による割れ目の鉱物充填が完全ではない(埋め残しがある)と言うメッセージを送っていると読み取る。ここにまとめられた現象理解は重要であり、事象の時間スケールにも言及できるとよい。	高温流体の流動により、①流動した領域においてマイクロフラクチャーが発達して透水性が上昇するが、②その後、石英のシーリングゾーンが形成された領域は透水性が低下し、③シーリングゾーンが破られた領域は再び透水性が上昇する、という現象が起こると考えています。つまり、高温流体が入ってこなかった場合は、岩体の透水性は低いと考えられます(せん断運動により形成された断層部を除く)。時間スケールについては、正確に把握することは困難ですが、土岐花崗岩は約800°Cから300°Cまでの冷却速度が比較的に早いことがわかっているので、先行研究を引用して追記しました。
46	4.1.1 断層などの影響を含めた地質環境特性の長期変遷解析技術	3	言うまでもないことだと思うが、上記の評価には地史の検討が必須。割れ目を埋める事象が今も続いているようでは、サイトにならないのは自明。	ご指摘の通りです。地層処分においては、熱や隆起・侵食速度もサイト選定の重要な指標であり、それらも含めて地史の理解が必要だと思います。なお、割れ目充填については、現在の天水が地下に浸透し、炭酸塩が沈殿して割れ目を充填する事例もあること(例えば、Ishibashi et al., 2016; Eng. Geol. Vol.208, 114-127)を付記します。
47	4.1.1(iv)「日本の結晶質岩の調査解析技術への汎用と限界」		土岐花崗岩の研究結果のみが述べられており、汎用と限界については全く述べられていない。見出しと内容の不一致。	ご指摘を踏まえて、結晶質岩中の透水性を有する地質構造を把握する際に、瑞浪で適用した割れ目の形成・充填に関する履歴の復元調査や顕微鏡スケールの割れ目(マイクロフラクチャー)の解析が共通的に有効な技術になりうるものとして、記載を拡充しました。(No.57と同様)また、記述内容に合わせて、タイトルを「日本の結晶質岩の調査解析技術への汎用」に変更しました。
48	4.1.2 地下水の長期隔離に関する深部塩水地下水の起源・滞留時間の把握	2~3	「現状の調査技術でここまでわかる」といったまとめがあるとよい。数行の例示のまとめもあるとさらによい。	「高塩濃度の地下水の起源は、溶存イオン濃度や同位体組成に基づく同定方法が提案されており(例えば馬原ほか, 2006; 風早ほか, 2014)、端成分の寄与率が十分であればその評価は可能であると考えられる。」という文章を追記しました。
49	4.1.2 地下水の長期隔離に関する深部塩水地下水の起源・滞留時間の把握	2	瑞浪地区でのこれまで実施された地下水の地球化学的情報に基づく地下水流動機構およびそれらを踏まえた広域地下水流動解析等に関連する報告書や公表論文等の成果から私なりに読み取った当該地域の高塩濃度領域が形成された背景は、『海成層堆積時の海水が海成層中に取り込まれるとともに、同時にその下位にある花崗岩中に浸透し、当該地域の広域地下水流動によって形成された流動停滞域に残存し化石海水となっていると考えられる。』というように理解しています。上記のCoolRepの文章表現と若干ニュアンスが違っているように感じています、私の理解が不十分なのかもしれません。適宜検討ください。	現在までの深度(500~1000m)における地下水と炭酸塩鉱物を用いた地球化学分析の結果からは、塩水の起源が古海水であると示唆されるものの、古熱水の寄与も否定できないと結論づけられており、これを断定するにはより深部の地下水を用いた検証が必要だという認識をしています。該当部分の記載を以下のように修正しました。「…東濃地域に存在すると推定される深部塩水の起源については、これまでの調査から古海水由来であると示唆されるものの、古熱水の寄与も否定できない(Iwatsuki et al., 2005)」
50	4.1.2(1)実施内容8行目	1	深度1000mの調査結果から、深度1800m付近に海水と同程度の・・・とあるが、この根拠を示すことは重要であると思う。	深度1000mまでの調査で得たCl濃度の上昇傾向を用い、外挿して算出したことを追記しました。
51	4.1.2(2)成果	1	言葉の定義: 化石水とは現在の地下水流動に関わっていない水のこと、地層水とは地質が構成されたときに取り込まれた水のこと、広義で使う場合もあるが、分かるように広義の利用を考えてほしい。また海水と塩水の使い方も・・・	
52	第29回委員会(2021/11/30)でのコメント	-	化石海水と古海水などの類似した用語が混在している。読者が正しく理解できるように、科学的に適切な用語を用語集や脚注などで定義すべきである。	瑞浪においては、化石海水(古海水)を使用せず、Cl濃度の深度プロファイルから推定した深度約1800mに存在することが想定される、海水と同程度の高塩濃度の地下水を「深部塩水」と表記することを本文中で説明することとしました。
53	第29回委員会(2021/11/30)でのコメント	-	塩濃度の高い地下水が、瑞浪では古海水、幌延では化石海水として用いられている。それぞれ、どのような定義に基づいて記載しているのかを明確にしたい。	
54	4.1.2(3)まとめ	3	最後に、より深部までの情報を取得すべきと書かれているが、大賛成である。処分場設置深度よりも下位の情報は極めて重要である。	残された重要な課題であるため、4.1.2のまとめに記しました。
55	図3.3.1のシリーズ	-	観測している場所にあるセンサーの種類が分からないので、観測システムが理解できないところがある。	観測システムの配置図を追加しました。
56	目次および3.1.3	-	地下水管理技術というタイトルで書かれているが、地下水管理技術というよりは「地下水の排水管理技術」が書かれている。表題を変更してはどうか？	「地下水排水処理技術」に変更しました。
57	第29回委員会(2021/11/30)でのコメント	-	「日本の結晶質岩の調査解析技術への汎用と限界(CoolRepR4 4.1.1)」は、地下研で整備された技術の一般化など成果の活用において重要な視点と考えられるため、瑞浪以外の岩盤への適用性について内容の拡充を図ってほしい。	ご指摘を踏まえて、結晶質岩中の透水性を有する地質構造を把握する際に、瑞浪で適用した割れ目の形成・充填に関する履歴の復元調査や顕微鏡スケールの割れ目(マイクロフラクチャー)の解析が共通的に有効な技術になりうるものとして、記載を拡充しました。(No.47と同様)