

第 39 回深地層の研究施設計画検討委員会 議事録

【日 時】 令和 7 年 10 月 20 日 (月) 13:00～17:00

【開催場所】 航空会館ビジネスフォーラム地下 1 階 B101 会議室 [対面・オンライン会議併用形式]
(東京都港区新橋 1-18-1)

【出席者】

竹内委員長, 川村委員¹, 岸田委員*, 桐島委員*, 児玉委員², 榊委員, 下茂委員, 所委員*
廣野委員*, 安原委員* (五十音順) ¹10月15日(水)に実施, ²10月16日(木)に実施

原子力機構) 核燃料サイクル工学研究所: 柴田部長*, 北村次長, 天野技術主席
杉田研究主幹, 西垣客員研究員 他

東濃地科学センター : 鶴田室長, 松井技術主幹, 池田* 他

幌延深地層研究センター : 館副所長, 青柳 GL, 早野研究副主幹 他

バックエンド領域 : 笹尾上級研究主席

オブザーバー)

原子力環境整備促進・資金管理センター 江守研究開発部門統括

原子力発電環境整備機構 北川部長*

電力中央研究所 長谷川分野統括*

産業技術総合研究所 井川上級主任研究員

原子力機構 安全研究センター 島田 GL*

*オンライン参加

【配布資料】

議事次第

令和 7 年度 深地層の研究施設計画検討委員会 委員名簿

第 38 回深地層の研究施設計画検討委員会 議事録

資料 39-1 委員会の進め方と最近のトピックス

資料 39-2 令和 2 年度以降の超深地層研究所計画(瑞浪)の実施報告(令和 4 年度～令和 6 年度)

資料 39-3 令和 2 年度以降の幌延深地層研究計画の成果報告(令和 4 年度～令和 6 年度)

① 令和 2 年度以降の幌延深地層研究計画の概要

資料 39-4-1 令和 2 年度以降の幌延深地層研究計画の成果報告(令和 4 年度～令和 6 年度)

② 必須の課題のうち令和 6 年度に取りまとめる課題

資料 39-4-2 令和 2 年度以降の幌延深地層研究計画の成果報告(令和 4 年度～令和 6 年度)

② 必須の課題のうち体系化への取り組み

【議事概要】(委員からのご質問・ご意見を「○」、機構からの回答を「⇒」で示す。)

4-1 (3) 委員会の進め方と最近のトピックス

○ 瑞浪と幌延に対する提言・所見シートと評価シートをそれぞれ 10 月中に、今日の報告を聞いて作成し、今月末までに事務局に送るという理解で良いか。

⇒ そのとおり。

4-2 (1) 令和 2 年度以降の超深地層研究所計画(瑞浪)の実施報告(令和 4 年度～令和 6 年度)

○ 沈下後の再埋め戻しの土量に関する情報は記録されているか。埋め戻した区間の内部をモニタリングする装置は設置しているのか。

- ⇒ 再埋め戻しの土量は記録している。沈下の変化などを検出するような装置は設置していない。
- 地下水の環境モニタリングは、環境影響評価という観点で、掘削前の状態に回復しているかを確認するために実施しており、今後の分析や解析の予定は無いと理解した。
- ⇒ 本モニタリングは、掘削前の状態への回復の確認が目的ではなく、埋め戻しが周辺環境に影響を与えていないことを確認するために実施している。
- P.5 において、能登半島地震の影響として MIU-3 号孔の水圧変化が示されているが、断層運動による岩盤変位で透水性が変化したのではなく、観測区間を仕切るパッカーが変形するなど、人工的な要因による可能性もある。正馬様用地内で過去に実施した孔間水理試験時の水圧挙動とも類似しており、改めて検討してはどうか。
- ⇒ 能登半島地震後の水圧変化は、東北地方太平洋沖地震時でも同様な傾向を示しており、地震の影響による可能性が高いと考えている。
- 地下水の環境モニタリングでは、埋め戻し後の地下水圧は順調に回復している。また、水質も安定して推移している中で、一部の元素は変動してから落ち着くという傾向が得られている。このような水質や水圧の経時変化を時定数の観点から、比較検討すると地下空間の理解がより深まると思うが、そのような解析はしているのか。
- ⇒ 所期の計画に沿って、情報の取得のみ行っている。
- 瑞浪のデータは非常に有用である。機構自らによる研究開発はできないかもしれないが、外部の研究者や機関が取得済みのデータを容易に活用できる仕組みを整えてほしい。また、報告書等を公開した際には委員にも情報を共有してほしい。
- ⇒ 取得したデータは全て公開しており、誰でも利用可能な状況である。報告書を公開した際には共有する。
- 埋め戻しは概ね順調に進んでおり高く評価できる。継続的なモニタリングにより環境への影響がないことを確認できており、目的は十分達成できている。今後も継続的なモニタリングを続けてほしい。
- 埋め戻し前のアセスメントと比べて、現在の結果は予想通りなのか。
- ⇒ 元素濃度が次第に低くなるといった水質の変化については、事前の見通しと整合的であったものの、定量的に十分な検証を行うまでには至っていない。
- 地下水の酸化還元状態に鋭敏な元素（鉄、セレン、クロム、硫黄など）のデータを詳細に検討することにより、酸化状態から還元状態への回復プロセスを評価できるのではないかと。関連するデータがあれば教えてほしい。
- ⇒ データを確認して、改めて回答する。
- ボーリング孔の埋め戻しは令和 8 年度で終了し、その後の予定はないのか。瑞浪は再冠水の影響を調べることができる唯一の場所である。日本だけでなく、世界的にも非常に重要であり、一部でも継続することはできないのか。社会に貢献できるような提案も含めて考えていただきたい。
- ⇒ 当初の計画に従い、ボーリング孔は令和 8 年度までに全て埋め戻す予定である。研究開発も令和元年度をもって完了していることから、継続は考えていない。
- 埋め戻した場所を再度掘削することは可能か。
- ⇒ 砂等で坑道を充填した後、地表の坑口付近をモルタル固化しているため、再度掘削することは容易ではないのではないかと。また、ボーリングについては、ほとんどが借地であり、令和 9 年度末の借地の返却に向けて、令和 8 年度中にはボーリング孔の閉塞を完了する予定であるため、孔内試験開発用に利用することは現実的ではないと考える。再度借りるとするのも非常に難しいと考える。

- 能登半島地震の際に地下水変動があったとのことだが、それ以外の地震でも水圧変動はあったのか。
- ⇒ 能登半島地震以外の地震でも水圧が変動する場合があります、それらも含めて報告書の方で整理をしている。
- 近隣に地震計は設置されているのか。
- ⇒ 瑞浪用地の埋め戻された立坑内には一般財団法人地震予知総合研究振興会の歪み計や地震計が設置されており、現在も観測中である。また、土岐市の東濃鉾山にも防災科研の地震計が設置されている。
- 地下水の変動と地震の波形のデータが揃っているところは非常に稀である。そのようなデータがあるということの認知度が上がると良い。
- ⇒ 拝承。
- P. 11 の左側の地図中の黄色の丸は民家の井戸か。水位は自動で計測されているのか。深い井戸はあるか。
- ⇒ 全て民家の井戸である。水位は1時間に1回自動計測している。一番深い井戸は81 mの深さがあり、花崗岩まで到達している。
- P. 8 と P. 9 の図の赤色と水色の部分は何を示しているのか。凡例があったほうが分かりやすいのでは？
- ⇒ 深層ボーリングの MIZ-1 号孔で観測された花崗岩の水質について、透水性の高い浅い部分（深度 300 m 以浅）を水色、深い部分（深度 600 m 以深）を赤色で示している。深度によって変化のないものについては深い部分（赤色）のみを示している。
- 公開されている水圧や水位のデータは報告書にグラフとして記載されていると思うが、Excel ファイルなど、外部機関がデータ解析をしやすい形でも公開してほしい。
- ⇒ 拝承。
- 説明資料にある水圧の点データだけでは地下水の流れが理解しづらい。埋め戻し後の水理モデルについてモデル化の計画は無いとのことだが、説明資料にあるようなデータの整理自体がモデル化そのものではないか。亀裂や断層の他、矢印などで水の流れを示すことでも、理解が深まるのではないか。
- ⇒ 整理すれば水理モデル的なものができるかと理解している。説明の補足が必要と認識しており、関係者と確認する。
- ボーリング孔のコア径はどの程度か。閉塞作業を実施しなくても、自然に閉塞されることはないのか。また、閉塞作業の方法はどのようなものか。充填は完全になされているのか。埋め戻しが重要なら、どの孔がどの程度まで充填されているかについての情報は必要ではないか。
- ⇒ 東濃で採取したボーリングコアの孔径は 100～150mm 程度である。花崗岩は強度が高いため、ほとんどのボーリング孔は保持されている。引き抜けなかったボーリング孔の観測装置は孔壁の崩落や装置の張り付きが原因と考えられる。ボーリング孔の閉塞は、砂等を用いて実施しており、使用した土量と区間体積との比較により、確実に充填されていることを確認している。なお、装置が引き抜けなかった場合は、地表から一定深度までの装置を切断等により回収後、他孔と同様な方法で埋め戻している。ボーリング孔の埋め戻しに関する情報は、報告書として取りまとめる予定である。
- 周辺河川の水流変化など、上流・下流への影響はあったのか。
- ⇒ 掘削に伴う水位変化は事前の想定と整合しており、それらの結果からも瑞浪用地と周辺の水理条件は大きく変化していないと理解している。
- 沈下面の再埋め戻し部の陥没（30～55cm）は、後の一般的な地上部の土地利用を考える

- と大きいように思えるが、問題ないのか。また、埋め戻さなくて良いのか。
- ⇒ 沈下後の埋め戻し表層部が締め固まったことによる沈下と考えており、大規模なものではない。これも踏まえ、土地の所有者である瑞浪市と協議の上、地下 10m まで設置されている基礎コンクリートを撤去し、立坑部分を覆うように鉄筋コンクリート製の蓋を設置する計画である。
- 水締めで入れた水は、排水されていると考えて良いか。また、地下 10m で蓋が設置されるとのことだが、地震と水の条件が揃えば液状化の危険があるのではないか。
- 水締めの水は周辺の地盤・岩盤側に浸透していると考えられる。液状化の可能性は否定できないが、使用した水量が少量であることや地下 10m までの鉄筋コンクリート製の蓋の設置により、安全性を確保できるものと考えている。また、立坑周辺の自然地下水位は 50m 程度と深く、過去の地震でも液状化は確認されていない地震による地下水位への影響がまだ収束していないとのことだが、物理的なモデルや解釈はあるのか。瞬間的な変化ではなく、ゆっくりとした変化が見られる理由は何か。また、将来的に収束するか予測できるのか。貴重なデータであるため、解釈できると良い。
- ⇒ 能登半島地震に対する水圧変化のモデルはない。東北地方太平洋沖地震のような広域地震では岩盤の歪みにより、約 2 年間の長期的な水圧への影響が見られた例はあるが、これより長期の観測データは少ない。能登半島地震は瑞浪用地から比較的近い場所で発生したため、岩盤の変形が継続し水圧変化が起きている可能性がある。将来的な変化については、観測データが少ないことと広域的な力学モデルの構築が必要であるため、評価していない。
- P. 15 の立坑埋め戻し面の沈下の表に関して、以前は変化をグラフで示していたが、今回は変化が少なく、グラフ化できないほどなのか。
- ⇒ P. 16 の写真に示される基準点からのズレとして捉えると、「変化なし」となる。ただし、部分的な凹みやひび割れが見られる箇所もあり、その程度の変化は認められる。
- 埋め戻し現場については、希望すれば見学が可能なのか。現場を実際に見た方が理解しやすいのではないか。
- ⇒ 通常の見学コースではないが、案内は可能である。

4-2 (2) 令和 2 年度以降の幌延深地層研究計画の成果報告(令和 4 年度～令和 6 年度)

① 令和 2 年度以降の幌延深地層研究計画の概要

- P. 8～10 に成果の体系化を目指した課題整理がそれぞれ異なる切り口で示されている。今後、統一した課題ごとに整理されると、体系化の全体像が理解しやすくなるのではないか。
- ⇒ ここでは、令和 6 年度までに取りまとめた個別課題と、令和 6 年度から開始した体系化の課題を含めた研究開発課題の全体像の整理を提示した。空間スケール・時間スケールの二軸で整理したものが中心になるが、その他の関連する情報を含め、ご指摘の点も踏まえて、分かりやすい整理を検討していきたい。
- 体系化の議論は原子力機構のみで実施しているのか、NUMO や関係研究機関とも議論を行っているか。
- ⇒ 体系化に関する研究の多くの部分は、HIP の一環として実施しており、NUMO や関係研究機関など HIP 参画機関とも議論を行いつつ実施しているところである。
- P. 10 の図は以前と比較して改善されており、見やすくなった。NUMO のストーリーボード(参考資料)との比較も検討されており、関係性が分かりやすくて良い。ただし、情報量が多く見せ方の工夫が必要である。「ニアフィールドスケール」や「ピットスケール

- ル」など、NUMO と原子力機構でスケールの定義が異なるが、どちらかに統一することは難しいのか。
- ⇒ NUMO は処分場全体での評価の観点からスケールを設定している。幌延では地下施設のスケール（ピットスケール・坑道スケール）を用いており、規模感の異なる NUMO の定義に合わせるのは難しいが、対応づけを工夫する等、分かりやすく示していきたい。
- P.10 の図において、体系化の課題①～④の内容を空間・時間スケールとどう対応づけるか、取り組みごとにより具体的に整理して示すと良い。
- ⇒ ご指摘のとおり、今後の整理の中で対応関係をさらに具体的に明示していく方向で検討したい。
- P.10 の空間・時間スケールの図で Y 軸が 2 本あるが、どの項目がどちらの軸に対応しているか分かりにくい。THMC（熱・水・力・化学）との対応関係も図示されていると良い。その際、スイスのモン・テリ岩盤研究所の見学説明資料が、図中に試験名が明示されるなど各試験の対象とする空間・時間スケールとの関係性をわかりやすく示しており、参考になる。また、初心者向けと専門家向けに資料を分けて作成するのも一案である。
- ⇒ 課題マップは左軸を基本に整理しており、ニアフィールドなどは右軸とも関係しているが、一概に対応づけは難しい状況である。THMC との対応は P.12 のような形式で整理したいと考えており、今後さらに分かりやすくなるように心がける。ご指摘・ご提案のとおり、見学者向けに試験の名称と図の対応が分かるような工夫についても検討したい。
- HIP 全体をまとめた成果報告の実施例はあるのか。また、そのような機会に際しては、事前に委員にも共有してほしい。
- ⇒ 昨年秋の原子力学会のバックエンド部会で特別セッションの場を設け、全体概要と 3 つのタスクの取り組みについて紹介した。その他の国内外の学会でも、HIP としてのまとまりを意識した発表を行ってきている。今後は、適宜情報共有と相談を行うよう努める。
- 見学者からの意見の整理はされているのか。一般の方々の不安を解消するような取り組みも重要である。
- ⇒ 見学者のアンケート結果から、地下施設見学後に地層処分への理解が大きく深まっていることが確認されており、実際に地下を見学いただくことは非常に重要と考えている。アンケートなどで頂いたご意見と回答は地上の「ゆめ地創館」への掲示や、ホームページ上でも公開しており、見学者からのご意見を頂く貴重な場として意義があると考えている。
- 人材育成プログラム受講者は、現在どのような場面で活躍されているのか。
- ⇒ 北海道大学などが実施している人材育成プログラムの参加者が、卒業後に幌延で研究者として活躍している例がある。今後も地層処分分野の人材の育成につなげることができるよう努力していく。
- 令和 2 年度以降の幌延深地層研究計画について、全体像が非常に分かりやすくなっており、体系化も以前より明確になったと評価できる。ただし、各課題の名称が長すぎると感じており、一般の人にも分かりやすいように、課題名は簡潔な言葉で表現し、詳細はサブタイトルで補う形が望ましいのではないかと。
- ⇒ 課題名の長さについては、令和 2 年度以降の計画で定められた正式名称であるため変更はできないが、略称の使用については検討したい。
- 立坑などの掘削を担当している企業はどこか。掘削業界における人材不足の懸念があると聞いている。これまでに蓄積してきた掘削技術を将来に向けて継承する方策が必要ではないか。
- ⇒ 地下施設の掘削整備については、大成建設、大林組、三井住友建設の 3 社による JV で実

施している。さらに、地元企業も一部参画しており、長年にわたって段階的に進めてきたことで、経験が蓄積され、安全かつ効率的に整備が進められている。今後も関係機関と連携しながら、技術継承などについて継続的な議論を進めていきたい。

- HIP 参加国は何カ国で、国毎に特徴はあるのか。また、韓国をはじめ地質条件が異なる国々との情報交換やベンチマークテストなどがどのように有益なのか教えてほしい。
- ⇒ フェーズ 2 の現時点では日本を含め 7 カ国が参加している。多くの国が地質環境や処分概念をこれから検討する段階にあり、HIP への参加を通じてその成果を自国の計画に反映しようとしている。韓国では結晶質岩を対象とした地下研究施設が計画されており、HIP に強い関心を持っている。各国で対象地質や処分概念が異なるが、解析技術やアイデアを比較することで相互にメリットがある。
- HIP にフランスは参加していないのか。
- ⇒ フランスは自国の調査に注力しているため、HIP には参加していない。なお、事業が進んでいる国々に対しても、引き続き参加を呼びかけていく考えである。
- HIP 参加国の地質や計画など、具体的な情報は公開できないのか。例えば、参加国と日本との違いを整理した一覧表などがあると分かりやすい。
- ⇒ 公開情報であれば可能である。今後検討したい。

4-2 (2) 令和 2 年度以降の幌延深地層研究計画の成果報告(令和 4 年度～令和 6 年度)

② 必須の課題のうち令和 6 年度に取りまとめる課題

- P. 2 の緩衝材内側の飽和度変化グラフについて、実測データが 1,500 日と 2,500 日付近のみで、途中の挙動が不明である。データが存在しないのか、表示されていないだけかを確認したい。飽和度が低い領域では湿度計から傾向を把握できることもあるため、相対湿度データとの相関も見てはどうか。
- ⇒ 内側は乾燥状態に適した湿度計を設置したが、データを取得することができなかった。外側はサイクロメータにてデータを取得できており、解析では内側も比較対象とした。なお、内側の湿度計は釜石での経験も踏まえて設置したが、今回はうまく機能しなかった。
- P. 2 に関して、弾性体モデルにおける膨潤変形の式は、何をトリガーとして変形を駆動するのか。膨潤変形は時間依存性があるが、弾塑性体モデルでどのように表現できたのか。
- ⇒ 弾性体モデルでも弾塑性体モデルでも飽和度変化に伴って膨潤変形が生じるモデルである。弾性体モデルにおいて膨潤変形の式を追加したのは海外機関のモデルである。このモデルは、飽和度の変化に伴って膨潤変形が生じるという単純な膨潤変形式を追加しており、その式に必要なパラメータを室内試験から同定して原位置試験に適用している。弾塑性体モデルについては、修正カムクレイモデルを不飽和に拡張したモデルを採用しており、飽和度の変化に応じた膨潤変形を考慮することにより、弾塑性体モデルでも再現可能となった。
- P. 6～7 の物質移行試験について、1 次元モデルでの説明が可能になった点は大きな知見である。ブレイクスルーカーブに影響するパラメータ A (移行経路の断面積) は、原位置でのトレーサー試験によって求めるのか、それとも今後の検討課題か。
- ⇒ パラメータ A は未知パラメータとして原位置試験結果からフィッティングにより求めた解析値であり、実測値ではない。一方で、解析により求められたパラメータ A の値は過大である可能性があるため、今後の検討課題の一つである。
- P. 16 に「稚内層と類似する地層」とあるが、DI は応力と岩石の引張強度のみで決まるパ

ラメータであるから、理論的には岩種に関係なく、例えば花崗岩にも適用できるのではないか。過去の適用実績が稚内層に限られているという意味か。

⇒「稚内層と類似する地層」とは、膨潤性が乏しいことに加えて、割れ目の充填鉱物が少なく、かつ健岩部の透水性が低い岩盤のことを指している。こうした特徴を有する地層の研究はスイスのパルfris層など限られた事例に留まっているが、DI については、こうした地層において有効に機能する可能性が示されつつある。一方、花崗岩に対しては、充填鉱物による割れ目の閉塞や鉱物の溶解などによって透水性が変化しやすく、さらに透水不均質性も大きいため、適用には課題があると考えている。今後、こうした適用可能性についても紹介していきたい。

○ DI の考え方は優れており、世界に発信されるべき成果だが、原子力機構だけで使われているのか。地球科学の分野ではまだ馴染みがないため、内輪の評価に見られないよう、広がりを持たせる必要がある。DI が他分野でも引用されるようになれば、より広く評価されると思う。

⇒ DI は幌延の研究から新たに構築された独自の指標であり、国際学術雑誌で発表中である。声問層や稚内層のような膨潤性の低い岩盤に対しては適用性が高いという知見が得られており、今後はその点を積極的にアピールしていく必要があると考えている。体系化の取り組みの中で、適用可能な岩盤や限界について整理し、今後の波及を目指したい。

○ DI の適用性について、他の岩種での検討は進んでいるのか。

⇒ 粘土鉱物の膨潤性が高い岩盤ではDI の適用が難しいことを整理中である。適用性と限界を体系化研究の中で検討している。

○ 水理学的開口幅の解析値は、実験値に基づいているのか。また、解析の上限・下限はどのように決めているのか。

⇒ 水理学的開口幅は実測データから算出したもので、解析値ではない。ここでの「解析」は、Barton-Bandis のモデルを用いて DI の値を変化させた時の水理学的開口幅を外挿したものであり、水色の線は実測値に基づくものである。この時、JRC (割れ目粗さ) を確率論的な手法によって得た範囲が解析値の上限・下限のように見えているものである。

○ パラメータ (E0、b、JRC など) の選定によって、DI から得られる割れ目の透水(量)係数はオーダーで変化する。したがって、資料にある「透水性の「変化傾向」と「透水性の(絶対値)評価」の予測の表現には留意すべきと考える。透水性の絶対値評価には透水試験との併用が必要ではないか。DI だけで透水性評価を完結させるのは難しいのではないか。

⇒ 稚内層のような充填鉱物が無く、膨潤性の乏しい、健岩部の透水性が低いような岩盤では、DI のみで透水性の絶対値をある程度予測することが可能という感触を得ている。ただし、透水量係数の標準誤差で 1 オーダー程度のばらつきがある。DI を用いたモデルで重要な点は、水みちの連結性と DI との間に大きなばらつきは認められないことから、DI と岩盤の透水性との関係性を外挿することによって、岩盤の透水性の空間分布の推定に活用できることが強みと考えている。

○ 地殻変動が地層の透水性に与える影響という大きな目的・課題について、原子力機構の置かれた現状の制約条件の中で得られた成果という意味では、十分に評価できるところであるが、本課題は地層処分では重要な推進すべき課題であり、この大きな課題に対して、今後の研究体制や設備が不足しているのではないか。

⇒ これまでは、限られたリソースの中で取り組み、取りまとめてきたところである。付加体など様々な岩盤への適用性の拡張に関する詳細など、現状の目標を超える点については、今後の議論が必要である。

- 物質移行試験の 3 項目のうち、有機物・微生物・コロイドの影響評価から得られた知見が将来的に孔間トレーサー試験などの原位置試験に組み込まれる見通しはあるか。
- ⇒ 原位置地下水への希土類元素の添加と限外濾過によって得られた影響を評価する一連の手法に関する知見を、今後の体系化の取り組みにおける物質移行評価の中で反映していくことを検討する。

- 項目 2.1 の回収技術整備について、「一連の回収除去作業が実現可能な見通し」とあるが、具体的にどの程度研究が進んでいるのか。ベントナイトの状態や支保の状態など、どのような想定で回収技術の検証を行っているのか。
- ⇒ 幌延の地下施設での実証試験は平成 31 年度までに原環センターと協力して実施済みであり、実重量 30～40 トンの横置き PEM (模擬体) の地下への搬送・定置とそれに引き続くベントナイト材料による埋め戻し、さらには、ベントナイト材料の除去・回収といった一連の試験を実施してきた。現在は、地上でのベントナイト除去技術の要素試験を原環センターが資源エネルギー庁委託事業で継続中であり、原環センターと協力して多様なオプションを検討している。詳細は資源エネルギー庁委託事業報告書として整理されている。

- P.4 のコンクリートに関するサンプリングについて、アクセス坑道から掘り進めてコンクリートに到達するイメージか。コンクリートプラグを貫通するような大規模なものではないか。回収可能性の話に関連して、実際の事業での回収ではコンクリートプラグの解体が技術的に難しい課題になる。
- ⇒ アクセス坑道から埋め戻し材を取り出す過程で、岩盤・埋め戻し材・コンクリートが一体化したサンプルを取得予定であり、今回コンクリートプラグは解体せず、試験坑道 7 からボーリングを掘って一体化サンプルを採取する。

- DECOVALEX における各機関の解析結果が内側領域の実測値と初期段階から整合していない点について、今後の解体試験で採取する試料の室内試験結果を用いることにより、モデルの精度は向上するのか。
- ⇒ まずは解体試験によってオーバーパックの状態を確認する予定であるが、水蒸気の拡散挙動の再現性が課題として抽出されている。そのため、室内試験を通じて精度の高いパラメータを取得し、それを反映した解析を進めることで、より現実的な再現が可能になると考えている。

- DECOVALEX では世界各国の研究機関がそれぞれのコードを使っているようだが、それらの解析手法は十分に検討された上での選択なのか。
- ⇒ DECOVALEX で各機関が使用している解析コードは地層処分分野で一般的に使用されているものが多い。妥当性については、今後の解体試験を通じて、現象理解をさらに深め、信頼性を高めていく必要があると考えており、その点が今後の課題でもある。

- 今回のようにオーバーパックを取り出して実測値を取得できるのであれば、AI による予測手法の導入も検討すべきではないか。従来のシミュレーションは、物理法則に基づき実測値を再現することを目指していたが、近年の AI は実測値に対して高精度にフィッティングするようになっており、場合によっては AI の方が予測精度に優れていることもある。
- ⇒ ご指摘の通り、AI ベースの解析手法は今後の検討対象になり得る。現時点では HIP 内で使用されている解析コードに AI ベースのものはないが、他業界の動向も含めて調査しながら、導入の可能性を検討していく必要があると考えている。

- 物質移行試験の結果は、稚内層や声問層といった特定の地質に依存しており、サイトに固有な面が大きいのではないか。これを「体系化」と呼ぶことに慎重になるべき点があると感じるが、一般化可能な要素はあるのか。前回の発表では、結果を並べることに終

始しており、体系化の方向性が見えづらかった。説明の中に評価の背景や意図が含まれていれば、理解が深まると思う。

- ⇒ ご指摘のとおり、物質移行の評価は地質環境に依存する面が大きい。他方で、調査手法や試験方法、評価の枠組みなどは一般化可能な要素も含まれている。特に堆積岩と割れ目の組み合わせという特徴は、他の岩盤にも応用可能な部分があるため、成果を汎用的にまとめていきたい。体系化の中で物質移行や閉じ込め性能をどう整理するかは、非常に重要かつ難しい課題である。今後の具体化に向けて委員からのご意見を踏まえながら進めていきたい。
- 体系化の中で、実施方法のステップやプロトコルは非常に良い。一方で、岩盤力学の観点から安全率の考え方を適用する場合、どの程度の安全率を取るのか。
- ⇒ 坑道の施工などでは、従来の工学分野での安全率を踏まえて対応することになると考えている。一方で、閉鎖後長期の安全評価においては、不確実性や保守性の定量化、評価基準との照合方法などの検討事項があるため、改めて整理した上で、回答したい。

4-2 (2) 令和2年度以降の幌延深地層研究計画の成果報告(令和4年度～令和6年度)

② 必須の課題のうち体系化への取り組み

- 試験ピットは何本掘削する予定か。ピットの配置や離間距離の影響を調べるためには、1本では十分ではないのではないか。現状の計画としては良いが、将来的には熱影響の観点からも、複数本の掘削も含めて検討すべきである。
- ⇒ 令和9年中頃に1本掘削予定である。時間的制約から2本掘削することは難しいが、解析等で補完的に評価したい。解析に必要なデータ取得については検討を進める。
- P.6とP.7を見ると縦置きピットを前提としているように見えるが、得られる知見は横置きPEMなど、横置きも視野に入っているか。
- ⇒ 本検討は縦置きピットが対象だが、HIP参加機関との議論でも横置きとの対応について検討している。湧水の緩衝材への影響は縦置きの方がより少量の湧水の評価を必要とするため、縦置きで得られたピット掘削位置の選定に関する知見は横置きにも応用可能と考えている。
- P.4にある「母岩の閉じ込め性能の評価」とは具体的にどのような評価か。また、P.5にある各深度で、個別に母岩の閉じ込め性能評価を行うという理解でよいか。
- ⇒ 令和10年度までに、数十メートルスケールの母岩領域において、物質移行を評価することを想定している。断層の有無による影響も含め、350m、500mの各深度でそれぞれ評価する予定である。
- P.6の湧水量の図は深度350mの調査結果で、流れの次元は1次元という意味か。500m坑道でも同様の湧水量評価を行う場合、掘削の影響により坑道周辺の地下水が既に抜けている可能性があるため、評価には注意が必要である。
- ⇒ P.6の湧水量の図は深度350mの調査結果で、流れの次元は1～2の間である。500m坑道は既に掘削済みであり、掘削中から湧水箇所へのデータは可能な範囲で取得してきている。現状は、500m坑道の各所など場所を特定するほどの精緻な湧水計測システムが整っておらず、500m坑道全体としての湧水量が取得できている状況である。現状で得られるデータから、特定の湧水箇所の評価が可能か、解析中である。
- 体系化の説明について、切り口が変わったことで、逆に分かりづらくなった印象がある。各項目の「目標」と「課題」がもっとシンプルに整理されていた方が理解しやすいのではないか。また、P.5に出てくる「安全評価」の目標・役割が不明確で、補足してほしい。
- ⇒ 安全評価については、体系化の①番目の課題「母岩の閉じ込め性能評価」に関するもの

で、今年度から着手したばかりである。幌延内部でも母岩の閉じ込め性能の評価に取り組み始めており、より広い枠組みでは資源エネルギー庁の受託事業を通じて対応する想定である。

- P.2 にあった三角形の図の意味が曖昧に感じた。同図の右側にあるフロー図では、安全評価が中心的な役割を果たしており、その結果が十分であれば、フローが完結する構造になっているが、その重要性が伝わってこない。
- ⇒ この図は、2021年にNUMOが公開した包括的技術報告書に基づくもので、関係機関との連携の重要性を強調するために用いられている図である。ご指摘の通り、P.5では3つの地層区分に対して「物質移行概念」や「モデル構築」などが記載されているが、「閉じ込め性能評価」という言葉だけで安全評価の具体的なイメージが示されていない。今後、図や説明を通じて安全評価の位置づけをより明確にしていく。安全評価全体を実施することは難しいが、限られた範囲で方法論を整理して示すことが重要な課題である。
- 体系化された項目同士の連携図は存在しているのか。
- ⇒ ①～④の課題については役割分担を示す図があるが、情報の受け渡しや連携の具体的な関係性を示す図はまだ整理中である。今後、幌延で実施した方法論の体系化として、連携図の具体化が重要になると考えており、委員の意見を踏まえて整理を進めていきたい。
- 体系化はまず設計段階で検討し、後半で施工情報も加えて見直しを行うのか。また、施工後の情報も用いて体系化するという理解で良いか。
- ⇒ その通りである。現在は坑道掘削がほぼ完了しており、調査の中間段階にある。設計・施工を先行的に進めており、施工情報を取り入れた閉じ込め性能評価も行う予定である。令和10年度までに設計と施工から評価までの一連の情報を統合して体系化する流れである。
- P.8に示される内容は一般化につながるのか。国際共同プロジェクトの成果を体系化に活かしてほしい。
- ⇒ 幌延の堆積岩を軸に、割れ目を有する堆積岩という視点で整理している。既存の海外文献を中心に構成しているが、HIP参加国が類似の岩盤情報を有している場合は、それらを含めて整理することも有りうる。今後の検討課題と考えている。

4-3 総合討論

出席した各委員からコメントを頂いた。
主なコメントは以下のとおり。

- 全体として非常に丁寧にまとめられており、良い成果が得られていると評価できる。
- 原子力機構が現場を持ち、貴重なデータを取得している点は大きな強みである。第三者が論文等で活用できるような形でのデータ公開が望ましく、今後は「オープンデータ」「オープンサイエンス」の推進を期待する。
- 幌延での研究は、国際共同プロジェクト（HIP、DECOVALEXなど）にも展開されているほか、海外の研究者との連携も進んでおり、研究の目的・考え方・試験内容を明確に説明する努力がますます重要となってきている。資料39-3のように、プロジェクト全体の意図を丁寧に伝える姿勢は評価できる。今後も継続を期待する。
- 研究は全体的に順調で、目標も達成されている印象を受けた。
- 研究開発はしっかりと整理されており、全体的に良好な進捗である。細部では解釈や解析方法に意見があるが、全体としては適切に進められている。公開データの活用について

ては、公開されていても「誰がどう取りに行くか」という点で一段の工夫が必要である。

- 多岐にわたる成果の丁寧な説明に感謝する。若手研究者の紹介やメディア発信など、広報活動も積極的に行われており評価できる。DI に関しては課題も多いが、引き続きの取り組みを期待する。
- 幌延の発表では、達成目標と実績の対応が不明瞭で評価しづらい。具体的な目標と達成が箇条書きで整理されていると良い。補足資料を作成してほしい。
- これまでよりも情報の整理が進んでおり、発表の要点も明確で理解しやすかった。資料作成や発表に相当な努力があったと感じる。今後の継続を期待する。
- 瑞浪の環境モニタリングについて、原子力機構の説明と委員の認識にズレがあると感じる。委員からは、データの活用や分析の観点での意見が多い。対して原子力機構としては、「影響がないことを確認する」ためのモニタリングであるという考えを明確に示すべきである。幌延では多くの成果が出ているが、新しい発見と既存の知見との整合性（国内外の水理地質構造評価など）についても整理してほしい。
- 体系化にはまだ議論の余地があり、共通の定義や土俵で議論できるよう整理が必要である。この際に、NUMO が活用できる技術ノウハウとしての体系的な整理も重要である。また、DI については今後さらに深い議論が必要である。今回、指摘があった「付加体」等の他の岩盤への適用性についても、避けて通れないテーマであり、大学等との連携も視野に入れた議論を期待する。

⇒ 上記コメントについて、拝承。

以 上