

第 35 回深地層の研究施設計画検討委員会 議事録

【日時】 令和 5 年 10 月 30 日（月） 13:30～17:30

【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（Web 会議併用）

【出席者】 委員） 竹内委員長 川村委員 岸田委員 桐島委員 児玉委員 榊委員
下茂委員 所委員 廣野委員 安原委員

機構） 地層処分研究開発推進部：瀬尾部長 濱次長 弥富課長 杉田主幹
西垣客員研究員 他

東濃地科学センター：池田部長 國分 GL 竹内副主幹 他

幌延深地層研究センター：岩月副所長 館部長 見掛次長 他

オブザーバー） 電中研 長谷川分野統括 原環センター 江守部長
NUMO 北川グループマネージャー 産総研 井川上級主任研究員
安全研究センター 武田研究主席

【配布資料】

資料35-1 委員会の進め方

資料35-2 第 34 回委員会の補足説明

資料35-3 幌延深地層研究計画に関する令和 5 年度の計画及び進捗

資料35-4 超深地層研究所計画（瑞浪）に関する令和 5 年度の計画及び進捗

【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。）

深地層の研究施設計画に関する第 4 期中長期計画と令和 5 年度の計画及び進捗について報告し、各委員の専門分野の視点からの意見、議論を頂いた。

(1) 委員会の進め方

委員会の進め方と位置付け、処分事業の主な動向について紹介した。
主な質疑は以下の通り。

- 「特定放射性廃棄物の最終処分に関する基本方針」の改定の具体的な内容は何か。
- ⇒ 技術の開発に関する事項に変更は無く、関係研究機関の役割についても変更は無い。主に調査地区等の選定に係る関係住民や国民の理解増進のための施策に関する事項などについて、国が政府一丸となって、かつ、政府の責任で、最終処分に向けて取り組む内容に改定された。これらの改定のポイントがスライド 15 にまとめられている。

(2) 第 34 回委員会の補足説明

第 34 回委員会にて頂いた質疑・コメントへの回答の補足や第 34 回委員会後の対応状況について説明した。

主な質疑・コメントは以下の通り。

- 機構の公開 HP のトップページから地層処分研究開発の取り組みのサイトへアクセスし易くなり、一般の方にも分かりやすくなったと感じる。
- これまでの第 1 段階、第 2 段階までの成果が事業の概要調査に反映された場合、その旨を積極的にアピールできると良い。

- 安全評価に繋げる今後の一連の物質移行のモデル化の取り組みについては、いつまでに成果を取りまとめる予定か。
- ⇒ 第4期中長期目標期間である令和10年度末までを考えている。
- 微生物コロイドによる核種移行への影響を評価するためには、多くのことを検討する必要があるが、今後の事業の進展を見ながら、より重要な調査項目が絞り込まれていくことを期待する。
- 地下施設建設の擾乱を受ける前の岩盤中における微生物群集組成や人工バリアが微生物活性に与える影響、天然の微生物が金属腐食に及ぼす影響については、具体的にどのようにして確認するのか。また、微生物影響を数値解析可能な計算コードはあまり聞かないが、数値解析による評価も今後検討されると良い。
- ⇒ 人工バリアシステムの解体試験において微生物に関するデータを取得し、確認していく予定である。微生物影響に関する数値解析については、現状では難しいと考えているが、実施の可能性を検討していきたい。
- EDZの定義については、何のためにEDZという概念を使うのかという観点から、掘削による岩盤の緩みが生じることを評価することが重要であると考え、処分事業ということを考えれば相対的な透水性の変化を基準とした方が良いと提案した次第である。
- Tsang et al. (2005)によるEDZの定義は、止水プラグの原位置施工試験に限った使い方を考えているのか、あるいは止水プラグの原位置試験に限らずに使っている定義なのか。
- ⇒ 止水プラグの原位置施工試験に限らず、Tsang et al. (2005)によるEDZの定義を用いている。
- 人工バリアの膨潤、坑道閉鎖に伴うEDZの透水性の予測について、注水する前にピット周辺の岩盤からの地下水の浸潤が既に発生していたことの確認は取れているのか。
- ⇒ 注水前に緩衝材内の飽和度変化を推定できる比抵抗データが得られていないことから、地下水の浸潤が注水前に発生していたことは確認できていない。
- DIの値から透水量係数の取り得る範囲が予測され、その予測と現在の観測値とを比較することにより、透水量係数が高くなる可能性を評価できるものと理解した。観測値が予測から外れる要因としてはどのようなものが考えられるのか。
- ⇒ 観測された透水量係数がDIの値から予測した値より低い場合、割れ目が鉱物により充填されていることが考えられる。観測された透水量係数がDIの値による予測値より高い場合、検討に用いた応力や水圧、岩石強度、透水性などの各パラメータの設定値がより大きな幅を持つ可能性が考えられる。

(3) 幌延深地層研究計画に関する令和5年度の計画及び進捗

第4期中長期計画と令和5年度の計画及び進捗について説明した。

主な質疑・コメントは以下の通り。

- スライド32に示される水みちのつながり方の次元には方向性はないのか。1次元は線状、2次元は面状、3次元はネットワーク状のつながりを意味しているのか。また、例えば0.5次元はどのような意味を持つのか。
- ⇒ 方向性は持たない。ここで言う次元とは、透水試験において、水が流れる領域の断面積が試験区間からの距離の累乗に比例して変化する場合のその指数に1を足した実数を意味する。1次元は線状、2次元は面状、3次元はネットワーク状のつながりを意味する。次元が0.5の場合は、水が流れる流域の断面積が試験区間からの距離の -0.5 乗に比例して変化することを意味する。

- 地層処分事業では、坑道の掘削と埋め戻しが並行して行われ、掘削や埋め戻しにより変化した水の流れの影響が他の坑道に及ぶことが想定される。500m 調査坑道における試験では、処分場に建設される地下施設の操業におけるどの状態を想定しているのか。坑道の掘削や埋め戻しによる地下水の流れの変化が互いに干渉しない範囲を規定する指標として、例えば EDZ の透水係数の変化が役立つのではと思うが、そのような提言までできると良い。
- ⇒ 500m 調査坑道での試験は 2 本の坑道と、少数のピットおよび 2 年程度の試験期間での限られた条件での試験になるため、限られた想定範囲での検討にならざるを得ない。350m 調査坑道で実施される埋め戻し試験などの知見と組み合わせることにより、様々な視点での体系化の検討が実施できるよう、委員の方々にもご意見を伺いながら進めていきたい。
- 坑道掘削前の応力分布の初期状態を把握し、坑道掘削による応力分布の変化過程についても把握すると、その結果である EDZ の形成や坑道の変形と合わせて考えることができる。この点についても念頭に置いて体系化に取り組むと良い。
- ⇒ ご指摘の点も踏まえて、今後の体系化の取り組みを具体化させていきたい。
- 500m 調査坑道では初期地圧測定は実施しないのか。また、350m 調査坑道から得られた初期地圧測定の結果はどのようなものだったのか。
- ⇒ 体系化の研究の中で、500m 調査坑道にて初期地圧を測定する予定である。
- ⇒ これまでに地下施設の 140m、250m、350m 調査坑道で計測した初期地圧の測定値を地下施設の掘削前に地上からのボーリング調査にて得られた値と比較すると、地下施設で得られた値は小さい傾向を示した。その一因としては、坑道掘削による水圧低下の影響が考えられる。
- DECOVALEX2023 では力学モデルとして弾性モデルあるいは弾塑性モデルしか採用されていないようだが、長期間の場合は粘弾塑性モデルも必要になると思う。これは次のフェーズで検討されるのか、あるいは必要無いとの判断か。
- ⇒ 飽和度が増加した緩衝材の長期間の挙動を対象とする場合、粘弾塑性モデルも必要と考えている。DECOVALEX2023 では原位置試験や室内試験で得られているデータを検証データとしている。解析コードの開発では、短期間における主に不飽和の緩衝材の挙動を対象としているため、粘弾塑性モデルは検討していない。
- 100℃以上の限界的条件下での人工バリア性能確認試験では、100℃以上の温度履歴を経た人工バリアの特性を調べることが目的なのか、あるいは高温条件でのデータを取得することが難しいために温度履歴に着目しているのか。
- ⇒ ガラス固化体の温度が徐々に低下した後に、熱の影響を受けた人工バリアの特性が長期的にどれほど維持されるかを整理する必要がある。この観点から、100℃以上の高温履歴を経た人工バリアの特性に着目している。
- EDZ を対象としたトレーサー試験では、実際にどの程度 EDZ を対象に物質移行を把握できているのか。また、500m 調査坑道では EDZ の特性も 350m 調査坑道のそれとは異なると思うが、500m 調査坑道においては EDZ を対象としたトレーサー試験は実施しないのか。
- ⇒ 350m 調査坑道の試験坑道 4 の坑道壁面からおよそ 1m の範囲に分布する掘削損傷の割れ目を対象に試験を実施しており、破過曲線からも EDZ 内の割れ目を介してトレーサーが移行していると判断できている。500m 調査坑道における EDZ を対象とした物質移行試験の実施は検討中である。可能な範囲で深度 500m での EDZ における物質移行特性を把握し、異なる深度における EDZ の特性と比較できるようにしたい。
- スライド 3 にあるような研究計画全体の工程表に、HIP の取り組みが該当する項目を合

- わせて示すことができると、国際連携の推進を強調できるのではないかと、
- ⇒ ご指摘いただいた点について、示し方を工夫していきたい。
- 深度 500m と深度 350m の岩盤の比較について、深度 500m では割れ目が少なく、深度 350m では割れ目が多いという状況において坑道を掘削した場合、深度 500m では EDZ がより広く発達し、深度 350m では EDZ の発達具合は小さいという意味は、元々の割れ目の広がりに対する EDZ の相対的な広がりを述べているのか。
- ⇒ 深度 500m ではもともと割れ目が少なく応力が大きいため、坑道を掘削した時に解放される応力が坑道周辺に集中しやすく、またその応力差も大きい。一方で、深度 350m ではもともと割れ目が多く応力が小さいため、掘削した時の応力変化は坑道周辺のみでなく、周囲の割れ目にも分散されると考えられる。そのため、EDZ は深度 500m の方がより広く発達するという仮説を持っている。
- HIP のタスク A の実施状況について、原位置試験の参加機関に「他機関」とあるが、具体的にはこれから決まるということか。
- ⇒ 原位置試験については JAEA と電力中央研究所がそれぞれ手法を変えてトレーサー試験を中心的に実施し、これに対してタスク A に参加する他の機関が議論を重ねて試験や解析を進めていくものである。ただし、NUMO が原位置試験を実施することはない。
- 100°C を超える限界的条件下での人工バリア性能確認試験について、経時変化を捉えることも挙動変化の因子を理解する観点から重要となると考えられるが、原位置試験の解析の際には速度論的な解析も実施するのか。
- ⇒ 室内試験において条件を変えながら経時変化も含めたデータを取得し、原位置試験に繋げていくことを考えている。原位置試験の速度論的な解析については、試験期間が限られているため有意な変化を捉えることは難しいかもしれないが、室内試験から得られたデータを活用し検討していきたい。
- 100°C を超える限界的条件下での人工バリア性能確認試験について、温度と圧力の関係により水の存在状態が変わるため、現象の理解が難しくなることが想定されるが、温度については具体的に何度を考えているのか。
- ⇒ オーバーパックの局部腐食が進行しやすくなる最低温度である 140°C 以下の範囲においていくつかの温度で試験を実施する予定であり、原位置試験については 140°C の条件で実施する予定である。
- DECOVALEX2023 のタスク D では、解析に必要な条件やパラメータのみでなく試験結果も共有した上で、各チームの解析を実施・比較する形式なのか。
- ⇒ タスク開始の初期段階では、基本的な条件やパラメータのみを共有し、試験結果を共有しないブラインド状況において解析を実施した。その後に試験結果を共有し、解析手法の改善を図る形式を採用した。
- 体系化に関する研究の成果物については原位置試験結果などの成果物ではなく、考え方を整理したフロー図のようなものを漠然と想像していたが、成果物を想像しやすいタイトル表記になるように工夫した方が良い。
- ⇒ 各試験結果がどのように体系化に結びついていくかを分かりやすく説明するとともに、説明資料も工夫していく。
- スライド 28 と 29 で示される HIP のタスク B の内容と、スライド 13 で示される体系化と個別研究の課題との関係性が分かりにくい。
- ⇒ HIP のタスク B で実施する内容は処分坑道・ピットを配置するための設計や閉鎖技術を含めた設計・施工の関連技術を含めた体系化であり、そこには物質移行モデルの構築などの安全評価技術の適用性評価は含まれていない。

- 一連の個別の研究成果の繋がりをどのように評価・体系化するのかについて、分かりやすく説明してほしい。
- ⇒ ご指摘いただいた点について検討していく。
- 全体の研究計画と HIP のタスク A、B、C との関係性について委員においても混乱が生じているように見られる。スライド 3 の研究計画の工程表などに HIP の項目を加えるなどの分かりやすい説明の仕方を工夫してほしい。
- ⇒ 拝承。
- HIP の具体的な進捗状況について、対外的に公開できる工夫をしてほしい。
- ⇒ HIP も含めた研究の進捗状況については、成果のプレス発表などを通じて適宜説明していく。
- スライド 7 にあるように、地下研究施設における坑道のレイアウトや試験の実施場所などの試験計画については、複数の試験の干渉による結果の品質低下を防止するといったノウハウが多く含まれている。今後の試験の実施においてもこれまでの知識・経験を活かしていくことを期待する。
- DECOVALEX2023 のタスク D の具体的な成果物・フィードバックは何か。
- ⇒ 試験結果に対して解析結果を無理に合わせることはせず、整備された一連の解析手法によりどの程度の再現性が得られるかを確認することや、原位置試験では得ることの難しいパラメータを解析により推定すること、感度解析により影響の大きいパラメータを把握することなどである。
- スライド 32 の水みちのつながり方の次元の解析結果は、ボーリング孔周辺の平均的・代表的な流れを表しており、必ずしも孔周辺全体が解析結果で得られる次元の流れを持つとは限らないのではないか。つまり、実際とは異なる物性を設定することにより、試験で得られた水圧が再現できてしまう場合もあり得るがそのような可能性についてはどう考えるか。
- ⇒ 透水試験時の水圧変化は様々な方法で再現することが可能である。しかし今回の様に、地層の水頭拡散率を一様と仮定した場合に、導出される流れの次元を割れ目の水理的な連結性を表す指標として用いることに大きな問題はないと考えている。なお、十分に長い時間をかけて試験を行っているので孔周辺の広い範囲の評価ができていると考えている。

(4) 超深地層研究所計画（瑞浪）に関する令和 5 年度の計画及び進捗

第 4 期中長期計画と令和 5 年度の計画と進捗について説明した。

主な質疑は以下の通り。

- 地下水モニタリングのデータについては、モニタリングシステムの長期的な適用性を確認する上で貴重なデータであると感じた。最深部に設置されている水圧センサーの種類は何か。また、これまでに故障等が生じたことはあるか。
- ⇒ ファブリ・ペロー式光ファイバーケーブルのセンサーを使用している。これまでのところ、ボーリング孔の深度 400m に設置したセンサーにおいて、反射の位置がセンサーの位置とずれているという不具合がみられているものの、それ以外のセンサーでは問題なく測定できている。
- 光ファイバーケーブルのセンサーは、ひずみゲージタイプのセンサーよりも落雷等による迷走電流の影響を受けにくいいため、良い選択であると思う。地下深部での長期的なモニタリングの事例はあまり無いと思うので、今後も計測を継続してほしい。
- ⇒ 拝承。

- 深度 400m のセンサーの不具合はいつから生じているのか。また、センサーはいつ頃設置したものか。地層処分事業における長期的なモニタリングを考慮すると、故障の原因を特定することは重要であるため、検討してほしい。
- ⇒ センサーの不具合は、昨年度半ば頃から発生している。このセンサーは 2019 年に設置したものであり、その後 3 年以上は正常に作動していた。センサー自体を取り出すことはできないものの、取得されたデータに基づいて不具合の原因を推定したいと考えている。
- 地下水の環境モニタリング調査の分析項目について、地下深部まで一度掘削した後に埋め戻した場合に、還元的な環境に戻るまでどのくらいの期間を要するかを把握するためには、酸化還元電位 (Eh) や溶存酸素濃度も測定した方が良いのではないか。地表部における大気開放条件で採水した場合、地下水試料が圧力変化や酸素濃度の変化の影響を受けるという点では、現在の分析項目中の pH や溶存無機炭素についても同様である。それを前提として Eh や二価鉄濃度も測定してみると何らかの傾向が見えるかもしれない。
- ⇒ 分析項目の追加の可能性について検討する。
- DH-7 号孔と DH-11 号孔においてケーシングを全て引き抜けなかった理由は、パッカーが収縮しないか、あるいは収縮しても引き抜けないということか。地層処分事業において最終的にボーリング孔を閉塞する際にも役立つ知見を得られると良い。
- ⇒ DH-7 号孔と DH-11 号孔では、パッカー自体は収縮したと思われるが、亀裂が多く脆弱な区間での孔壁の崩壊の可能性が考えられる。ボーリング調査の計画段階からケーシングの引き抜きも考慮した計画を立てることが重要と考えている。
- 回収したモニタリング装置の詳細な観察等は実施しているか。
- ⇒ 現時点では実施していないが、MIU-1 号孔ではケーシングを全て引き抜くことができたため、引き抜けなかったケースと比較し、今後のモニタリング装置の引き抜き作業やボーリング孔の閉塞作業に活用したい。
- 月吉断層からの湧水が、MIU-2~4 号孔の閉塞に影響する可能性はあるか。
- ⇒ MIU-2~4 号孔は月吉断層を貫いており、いずれのボーリング孔でも観測装置を引き抜いた際に、月吉断層下盤の被圧された環境に変化を生じさせる可能性が高い。観測装置を引き抜くことで月吉断層から湧水が生じ、立坑埋戻し後の地下水環境モニタリングの結果に影響を与えることが考えられる。このため、月吉断層上部のパッカーを残したままボーリング孔を閉塞することも検討している。

(5) 総合討論

主な質疑は以下の通り。

- 資料 35-3 のスライド 20 について、人工バリア性能確認試験の解体調査では、最初に試験坑道 4 の埋め戻し部を断面方向に切り出すということか。また、プラグについては取り扱わないということか。
- ⇒ スライド 20 の坑道断面図はイメージ図であり、詳細については今後検討していく。コンクリートプラグは基本的には残置するが、コンクリートと岩盤の界面の試料については採取・分析を実施する予定である。
- コンクリートと埋め戻し材の界面からは特に重要な情報が得られると思われるので留意してほしい。また、埋め戻しの界面が残っていると解体の際にその部分で剥離する可能性があるが、界面の位置を計測しておくことでそれを把握できるのではないか。
- ⇒ ご指摘いただいた点も踏まえて、今後、解体計画を詳細化していく。

- 流れの次元が、水みちの水理特性を評価するうえで有益なパラメータであることはこれまでも知られているが、岩盤中の流れの次元が不均質な場合に安全評価にどう活用するかということに着目して研究開発を進めていただきたい。

⇒ 拝承。

出席した各オブザーバーからのコメントは以下の通り。

- HIP においては、NUMO のニーズも提示しながら積極的に取り組んでいきたい。今後、本委員会でも議論させていただきたい。
- HIP のタスク B においては、本日のご指摘も踏まえ、限られた予算と期間を最大限に活かして JAEA と連携しながら研究開発に取り組みたい。
- 現在、産業技術総合研究所が幌延町の沿岸部で実施している調査は幌延深地層研究計画の一部なので、取りまとめの際には協力したい。また、資源エネルギー庁からの受託事業「沿岸部処分システム評価確証技術開発」では、幌延深地層研究所センターで取得されたデータを比較・検討に活用しつつ沿岸部の地質環境特性について議論していきたい。
- HIP において計画しているトレーサー試験や、過年度の資源エネルギー庁からの受託事業「岩盤中地下水流動評価技術高度化開発」の取りまとめについて、JAEA と議論しながら進めたい。
- 地下研究施設のデータや現象理解、技術の体系化を注視しつつ、今後の規制研究を進めていきたい。
- 今回、前回の委員会に関する補足説明を行ったが、委員からは引き続きご意見を頂きたい。瑞浪のボーリング孔のうちケーシングを全て引き抜けなかったものについては、パッカーが劣化して岩盤に癒着していることが原因と考えられる。地層処分事業では、最終的には全てのケーシングを引き抜かなければならないことを考慮し、今後知見を活かしていきたい。また、光ファイバーケーブルのセンサーの利用は日本ではまだ普及していないが、有用な技術であると考えている。

最後に委員長から本委員会の総括として以下のコメントがあった。

- 幌延については、全体の研究計画と HIP のタスクとの関係性に関する説明を工夫するとともに、HIP のアピールを積極的に進めてほしい。また、次回の委員会では、全体的な体系化に加えて個別の試験の体系化が最終的にどのような成果物に結び付くかをイメージできるような説明を心がけてほしい。
- 瑞浪については、水質分析項目の追加の可能性や、ケーシングの引き抜きが難しい原因について検討してほしい。研究開発は終了したものの、処分事業に反映できるような知見については取りまとめ、次回の委員会で紹介してほしい。

以 上