

## 第 36 回 地層処分研究開発・評価委員会 議事録

【日時】 令和 6 年 3 月 13 日（水） 13:00～17:30

【開催場所】 富国生命ビル 20 階第 1 会議室（Web 会議併用）

（東京都千代田区内幸町 2-2-2 日本原子力研究開発機構 東京事務所内）

### 【出席者】

委員）吉田委員長、小崎委員\*、竹内委員、長谷部委員\*、松本委員、横小路委員  
機構）地層処分研究開発推進部：瀬尾部長、北村次長 他

基盤技術研究開発部：牧野部長 他

東濃地科学センター：濱部長、丹羽 GL 他

幌延深地層研究センター：館部長 他

オブザーバー）NUMO 渡部部長\*

\* Web 会議による参加

### 【配布資料】

資料 36-1 概況

資料 36-2-1 令和 5 年度における個別研究課題の現状および今後の予定

① 深地層の研究施設計画 a) 幌延深地層研究計画

資料 36-2-2 令和 5 年度における個別研究課題の現状および今後の予定

① 深地層の研究施設計画 b) 超深地層研究所計画

資料 36-2-3 深地層の研究施設計画検討委員会における審議検討結果の総括

資料 36-2-4 令和 5 年度における個別研究課題の現状および今後の予定

② 地質環境の長期安定性に関する研究

資料 36-2-5 令和 5 年度における個別研究課題の現状および今後の予定

③ 高レベル放射性廃棄物等の地層処分システムに関する研究開発

参考資料 1 高レベル放射性廃棄物等の地層処分研究開発令和 5 年度における成果リスト

### 【議事概要】

#### 1. 概況（資料 36 -1）

○プレス発表の 2 件について、外部からの評価についてはどのようになっているか。

→電気新聞や日刊工業新聞、地元の新聞に加え、科学新聞にも取り上げられた。このようなプレス発表の取り組みは、今後も続けていきたい。

○令和 5 年度の年度計画における、「深地層の地下研究施設計画等で得られた大規模データを用いた可視化技術」についての取り組み状況は、どうなっているか。

→令和 4 年度は、リアルタイムでの地下施設での 4D 可視化技術の構築として、点群データを使用した地下坑道の可視化とマルチフィジックスシミュレーションの試解析を行った。また、今年度は坑道周囲の損傷領域の時間変化を加味した可視化等を実施した。今後は、解析プログラムを機構の所有するスーパーコンピュータへ実装し、地下施設の操業時や坑道埋め戻し後の将来予測解析を行う予定である。

○14 ページの相互理解促進活動について、参加された方の反応はどのようであったか。

→幌延については、実際に地下施設に入った方から「地下について様々なことが理解できて良かった」などの意見を多く頂いた。また、東濃ではサイエンスカフェを通して、地層処分研

究のみならず科学全般について興味を持ってもらえたようである。東海での見学では核燃料サイクル全般の説明も行っており、小学生から年配の方まで幅広い年代の方々に理解して頂いていると感じている。これらの取り組みを、今後も継続して行っていく。

○研究開発費について、科研費への取り組みは、どうなっているか。予算規模の大きいものだけでなく、個人の科研費等の研究も取り上げてほしい。

→今年度は20件の採択を得ており、予算獲得に向けて努力している。

○情報量が多い上に、様々な視点で評価を行う関係上、機構の成果になるところを中心に、メリハリを付けた説明を行ってほしい。

→拝承

### 3. 令和5年度における個別課題の現状および今後の予定（資料36-2-1～資料36-2-5）

#### (1) 深地層の研究施設計画（瑞浪、幌延）

##### 【幌延深地層研究計画】

○幌延が深度500mに向けて掘削していることは興味深かった。深度500mは深度350mと比べて岩石が軟らかいところがあるとのことだが、単に岩石種の違いなのか、岩石の物理測定などを行った結果なのか。

→岩盤の力学特性が特徴的なところであり、何本かのボーリング調査によるデータの評価により、深度350mは深度500mより力学的に硬くなっていることが分かっている。地層としては深度350m付近の稚内層は遷移帯で、深度500mは稚内層の主部層となっている。

○幌延の計画（7ページ）で、体系化に関する研究に移行していくとのことだが、個別要素研究については、その後研究を行わないのか。

→個別課題は令和6年度までで取りまとめを行うが、体系化の研究の中で情報の不足等があった場合に追加で試験や解析を行うことはある。

○幌延8ページの深度500mと350mとの違いについてだが、深度500mの方が軟らかいのは稚内層特有の事情であり、この表現はミスリードを引き起こす。堆積岩の母岩としてのバリア機能を総合的に評価する際、深度350mでは足りないために深度500mへの展開を行うのではないか。深度500mで解決しなければならない技術的課題や目標をわかりやすく提示すべきである。

→拝承。

○幌延15ページの実測値と解析結果が違う箇所については、今後どのように検証していくのか。

→原位置試験において、緩衝材ヒータ近くの温度が高い領域では、水分飽和の過程でギャップが大きくなっており、温度が高い条件での水分拡散係数の不確実性が関係していると考えられる。力学モデルについては、弾性体モデルや弾塑性体モデルといったモデルの違いも含めて各国のモデルを比較しながら検討しているところである。これらの課題について、今後幌延国際共同プロジェクト（HIP）の中で取り組んでいく。

○HIPにおいて、上記のような課題が出たことも一つの成果でもあり、35ページの成果のまとめの欄に加えるなど、更にアピールしても良いと思う。

→拝承。HIPの他のタスクでも同様に海外事例との比較検討を開始したところであり、来年度には最初のフェーズの取りまとめを行い、成果として提示していく予定である。

- 幌延 16 ページの解体調査は何のために行うのか、また、解体後この坑道はどうなるのか。  
→これまでのセンサーによる計測データの妥当性の確認と、センサーの設置箇所以外での特性データの空間分布や、各バリアの界面における変質挙動を把握するために解体して分析を行う。解体・分析をもって試験は終了となる。
- 幌延 20 ページの高温条件での人工バリア性能確認試験は、緩衝材を構成する随伴鉱物の溶解といった間隙水化学も対象にしているのか。  
→試験期間が短期のため、乾燥やひび割れといった緩衝材の特性変化等を把握することが主目的ではあるものの、解体時の分析により、高温条件でのベントナイトの間隙水化学の変化や層間陽イオンの変化といった化学的な面での検討を行う予定である。
- 幌延 21 ページの 100℃超での試験について、地上で行った上で地下にて行う意義は何か。  
→地上では様々なパラメータを置いて試験を実施し、地下では実際の地下環境下での挙動や、緩衝材ブロック間のすきまの影響を把握するために行う。
- 幌延 23 ページの緩衝能力の検証についての目的について教えてほしい。  
→地下水の流れが非常に遅い領域を調査するために行うものであり、実際のサイト選定時の調査・評価に加え、安全評価における地下水の水理・物質移行の評価に活用できるものと考えている。
- 文科省の「国際原子力人材育成イニシアティブ事業」にて採択された、未来社会に向けた先進的原子力教育コンソーシアム（ANEC）の取り組みにおいて、幌延地下施設での見学を行った学生が幌延センターでの就職に繋がり、人材育成の一つの成果ということで評価を受けたという実例がある。このような取り組みを通して今後も人材育成を進めてほしい。  
→拝承。上記の取り組みに加え、韓国の大学でも人材育成に係る取り組みを行っており、今後もこのような取り組みを継続していきたい。
- HIP の成果については、来年度に学会等で発表するとのことだが、原子力機構が中心となって行うのか。  
→HIP の各タスクのリーダーは機構が担当しているが、タスク内の各個別テーマについては国内外の各研究機関が主体的に取り組む部分も生じてくると考える。成果発表もそのような役割分担を踏まえて検討していく。
- 幌延の研究開発課題のうち、委員会の限られた時間では何が重要であるか分かりにくいので、到達点を明らかにしておくのがよい。そうでないと、毎年度の到達度評価が行いにくいのではと考える。例えば、国際共同研究を通して、類のない高度な研究開発を深部地下環境で行い、結果を総合的に解析しており、研究成果として「掘削を開始した」「手法を構築した」といったことだけではなく、各課題の最終目標と、進捗した内容とゴールにどの程度近づいたのかをもっと提示するのがよい。  
→拝承。
- 【超深地層研究所計画（瑞浪）】
- 瑞浪の沈下現象について貴重なデータであり、沈下の理由を考えることは非常に重要であるが、なぜ主立坑と換気立坑とでほぼ同日に沈下が生じたと考えられるか。また、地震の後は水圧が戻るようであるが、瑞浪の埋め戻しのケースでは、水圧はどのような推移になっているか。  
→降水量や天候による影響は受けていないことは判明しているものの、ほぼ同日に発生した理

由については不明である。

○地震に伴う水圧の上昇については、今後地震前の状態に戻るとの説明であったが、立坑の掘削および埋め戻しの影響があるのではないか。

→東北日本の地震は、地下の施設が存在し水圧が低下している状態での変化、能登半島沖地震は地下の施設の埋め戻しが完了し、水圧が回復している状態での変化である。今後も、水圧の観測を継続し、変化の傾向を把握していく。

○瑞浪の立坑埋め戻し面の沈下について、再度発生する可能性はないのか。水を注入しながら埋め戻すべきであったのか。

→今回の対処では、水を注入しつつ埋め戻しているため、低下の可能性は低いと考えている。しかし、再度沈下する可能性はあり、その際には、再度埋め戻しを行うなど、適切に対処を行う。

○瑞浪 12 ページについて、シミュレーションによるモデル化を行う予定はないのか。

→何らかの条件を仮定し検討している。

○瑞浪の沈下現象については、正に検証実験であり、事前に想定していたのであれば、想定時の沈下の程度を提示することが必要。

#### 【全体】

○深地層の研究施設計画検討委員会による審議検討結果については拝承した。

#### (2) 地質環境の長期安定性に関する研究

○S 波スプリッティング解析を行うことにより何が得られるのか。

→速い S 波の偏向方向を把握することにより、断層の方向や断層の分布・活動による情報が得られる。また、速い S 波と遅い S 波の速度差に関するデータからその地域の割れ目密度に関する情報が得られる。

○9 ページで示した技術的手法が伏在活構造を検出するのにどのように役立つのか。

→地表の既存の割れ目（小断層）から推定する応力場と常設観測点で検知される微小地震の解析から得られる現在の応力場とを比較することで、地下に伏在する活断層の分布を把握することが可能になる。

○9 ページの技術的手法は、深部流体の経路の 3 次元的な可視化にも役立つ技術だと感じた。

→拝承。他の調査方法と合わせて、幅広い空間スケールをカバーする技術の体系化をしていきたい。

○7 ページの深部流体に関連する技術について、電力中央研究所との共同受託とのことだが、役割分担はどうなっているか。

→重力探査や AMT 探査といった物理探査等は電力中央研究所が技術的に高い実績を多く有している。一方で機構は地震波解析や現地での割れ目解析を担当しており、手法ごとに役割分担を行っている。

○16 ページにある野外学習会は、若年層にとって関心がある体験であったと思うが、学習会ではどのような説明を行っているのか。

→現地で分布する岩盤が、約 1 億 5 千万年前に海洋プレートが沈み込み、それが陸地にくっついた後に徐々に地表に上昇してできたものであるという説明等を行っている。

○超小型の加速器質量分析開発について、実用化の見込みはいつ頃の見込みか。G-14 や I-129

- の分析は福島の高レベル放射性廃棄物等でも役に立つと思うので、開発を加速させてほしい。
- あと数年程度で実用化できればと考えている。機構内での情報交換は適宜実施している。
- 地震・断層活動について、推定された断層と実際との比較検証はどのように行っているのか。
- 長野県を初め複数箇所において、実際に地震が発生し、その地下に活断層が伏在しているところが明確な場所で手法の適用を行い、妥当性の検証を行っている。
- 5 ページで、「信頼性の向上を図った」とあるが、どの程度向上したのか。また、「着手した」はどの程度進めたのか。プレゼンを聞いてかなりの部分は理解したものの、成果のアピールの点でまとめ方を工夫すべきである。
- 拝承。地層処分研究開発に関する全体計画の初年度ということもあり、「着手した」という表現を使用した。今後は留意する。
- 測定技術の達成状況や残された課題が分かれば、調査技術や各種モデルの開発への適用状況が判断しやすくなるので、以前の委員会で供出していた年代測定技術のリストは継続して提示すべきである。
- 拝承。
- 処分事業におけるサイト特性調査では、スケールと精度が必要である。参考資料（地下に伏在する活構造を検出するための手法）のような図を用いて、伏在活断層をスクリーニングできる調査手法をピックアップして、年ごとに進捗や成果を示せるような提示の仕方が良いと感じた。
- 拝承。
- 小断層の解析で伏在断層が分かるのは非常に大きな成果で、地層処分の際に重要な知見となると思うが、11 ページのデータからは現在の応力場に合わないものがある。地層処分は過去数 10 万年程度までの状況を遡って安定性を見ていることを考えた時に、現在の応力場に合わないものの意味について、例えば年代測定によるアプローチと合わせて検討するなど、今後考えて頂きたい。
- 拝承。地域の地質構造発達史の解明にも関わるハードルの高い目標ではあるが、複数の研究者と連携して取り組んでいるところである。

### (3) 高レベル放射性廃棄物等の地層処分システムに関する研究開発

- 9 ページでオーバーパックスの腐食速度がこれまでのレポートに比べて遅かった、あるいは 10 ページで緩衝材の二次圧密の加速が認められないといった結果であったが、それらのメカニズムを明らかにすることが長期予測に対しては重要ではないか。
- 腐食については腐食生成物の分析などからメカニズムを今後明らかにしていく。また、二次圧密については挙動を継続して確認しつつ、これまでの知見が裏打ちされているか等の検討を行っていく。
- 13 ページの安全評価手法開発について、地形変化と地下水流動を一緒に解いているのか、地形変化シミュレーションを行ってから地下水流動解析を行っているのか、また結果の妥当性についてはどう考えるのか。
- 後者の方法にて解析を行っている。ここでは地形条件を変えた際に得られる変化の傾向を捉えるために実施しているが、今後は東濃での研究と東海での感度解析を組み合わせるなどして傾向の妥当性についての検討を進めていきたい。

○個別の課題については良く検討され実施されていると思うが、体系化についての見通しがあれば教えて頂きたい。

→ニアフィールドにおける個別現象を安全評価に適用させる取り組みなどを進めていく予定。  
例えば、セメントによる緩衝材変質の影響が核種移行に及ぼす影響についての検討を開始している。

○15 ページの拡散データ取得について、硫酸ストロンチウム ( $\text{SrSO}_4$ ) はどのような形態で拡散するのか。

→ストロンチウムイオン ( $\text{Sr}^{2+}$ ) が支配的ではあるが、中性の錯体として硫酸ストロンチウムが共存していると考えている。

○26 ページの予備的な臨界解析について、実効増倍率が高いケースはどのような処分容器の状態を想定しているのか。解析の前提条件や仮定については、より丁寧に明記してほしい。

→右図の条件は、燃料集合体の収納スペースの間に、中性子を吸収する容器の鉄や発生した腐食生成物が存在する状態や、処分容器の破断により空間が拡張し燃料集合体に減速材の水がさらに入り込む状態を想定している。前提条件については今後丁寧な説明に心がける。

○27 ページの使用済燃料の溶解については、海外で多くのデータや知見が出されているが、今回の実施内容に新規性はあるのか、確認して進めて欲しい。カナダで炭酸濃度を変化させた試験も実施していたように思う。

→海外よりも炭酸濃度が高い国内の地下水を想定し、試験データの取得を行っている。

○概要調査段階で提示する安全評価の内容と精密調査で提示する内容はグレードが異なると思うので、今後の処分事業の進展に合わせた、安全評価に向けた過不足の点を盛り込んだ研究開発のスケジュールや内容について、今後、検討して頂きたい。

○例えば、海水とのベントナイトの反応に関する知見、処分時のベントナイトの流出、マトリクス拡散の適用限界といった、リアリスティックな現象についても、必要と判断すれば今後提示して頂きたい。

## 5. 総合討論（令和5年度の評価について）

○進捗が分かるように各課題の最終目標と進捗した内容、そしてゴールにどの程度近づいたのかを分かりやすく、例えば、図などを用いたプレゼンテーションを行うよう工夫してほしい。

○個別トピックの内容については非常に興味深かった。一方で、直接処分等代替処分オプションについては、まずリスクや課題といった全体像について説明を行ってほしい。また、目標とする未来像を描き、その未来像を実現するために明らかにすべき項目を提示するといったバックキャスト的なイメージがあると良い。

○本日示された令和5年度の研究開発成果についてまとめると、効果的かつ効率的な研究開発運営の下で研究開発の最大化に向けた顕著な成果の創出や将来的な顕著な成果の創出が期待できると認められたことが確認できた。特に地下研究施設については、深地層の研究施設計画検討委員会で技術的な評価がなされ着実に進んでいることを確認した。

## 6. その他

次年度（第37回評価委員会）の開催日時等は、別途日程調整を行い決定する。

以上

## 補 遺

令和6年3月13日に開催した地層処分研究開発・評価委員会を欠席した2名の委員について、別途Web会議を行い、令和5年度の地層処分研究開発の現状と今後の予定について概要を説明し、ご意見を伺った。

○新堀雄一委員（令和6年3月19日（火）10:00～12:00に実施）

[主なご意見]

### 1. 研究開発全体について

- ・着実な成果が得られていると認識した。

### 2. 個々の研究開発について

○深地層の研究施設計画（瑞浪、幌延）

#### a) 幌延深地層研究計画

- ・100°Cを超えた人工バリアの条件では緩衝材中の化学的変質（イライト化）が懸念されている。今回の試験では期間等に制約があるから、対象としない、と理解した。その旨触れておいて欲しい。
- ・体系化については、竖置きに対して進められるようだが、得られた成果は横置きについても展開されることを期待する。
- ・低流動域の三次元分布の推定については、現在の解析技術でどこまで適用できるのかの点で詳細に検討されており重要と理解した。

#### b) 超深地層研究所計画（瑞浪）

- ・坑道の沈下はある程度想定された事象である。大きなエアポケットができないよう埋め戻しを行うことが重要であろう。
  - ・地震発生後水圧が変化するメカニズムはどのように考えているか。
- 東北地方太平洋沖地震発生後は、地盤が圧縮されることにより水圧が上昇し、その後周囲へ拡散される等の影響により、元の水圧に戻っていく傾向がみられた。なお、今回の能登半島地震においても水圧の上昇は認められている。

○地質環境の長期安定性研究

- ・他分野への波及効果が高い成果が得られたと感じた。

○高レベル放射性廃棄物等の地層処分システムに関する研究開発

- ・直接処分第1次取りまとめ以降、次の取りまとめに向けての動きはあるのか。

→現在は、重要と思われる研究課題に取り組んでいるところである。

- ・生活圏評価の目標については整理しておいてほしい。候補地が絞り込まれ表層環境の特徴が明らかになればGBIの詳細なモデル化は有効だが、これまでの様式化アプローチとの使い分けが実際の処分事業では必要となる。

→処分事業の進展を想定し、諸外国の事例も踏まえて、表層環境の特徴の反映に向けてのモデルの検討も進めているが、NUMOによるニーズも踏まえ、GBIモデルと様式化アプローチとを使い分けた生活圏評価の開発を行っていくことになると考えている。

- ・隆起・浸食の移行モデルについては、物質収支が取れていることを確認しながら進めるべきである。
- ・代替処分オプションの臨界安全評価では、解析で提示した臨界の発生しやすい状態の起こりやすさ／起こりにくさの説明を丁寧に行うべきである。

○WEBB, Erik K. 委員（米国）（令和6年3月29日（金）6:00～7:30（現地時間）に実施）  
[主なご意見]

#### 1. 研究開発全体について

- ・ 3/13の委員会で得られた結論と同様、着実な成果や将来的な顕著な成果の創出が期待できると認められたことを確認した。
- ・ DECOVALEX や幌延国際プロジェクトを含む国際機関と連携するという JAEA の取組みは順調に進んでおり、今後も継続されるべきである。
- ・ 幌延深地層研究計画において進められている稚内層の本体にも到達する深度 500m への掘削は、幌延において遭遇する岩盤の種類を広げることとなり、将来の処分場の建設能力を実証するのに不可欠である。

#### 2. 個々の研究開発について

##### ○深地層の研究施設計画（瑞浪、幌延）

###### a) 幌延深地層研究計画

- ・ 幌延国際共同プロジェクト（HIP）の活動は、地層処分研究開発に関する世界的な知識を生み出す可能性を秘めている。
- ・ 堆積岩の地層の不均一性は、地層処分における安全評価にとって重要なファクターであり、このような不均一性を把握することに集中すべきある。

###### b) 超深地層研究所計画（瑞浪）

- ・ 立坑内埋め戻し材の沈下現象については、その発生メカニズムと沈下への対処方法を理解することが重要である。
- ・ 坑道が掘削前の状態に戻っていることを証明するために、可能な限りサイト全体のモニタリングを継続することが重要である。

##### ○地質環境の長期安定性研究

- ・ 得られたすべての情報を概要調査地区の選定に生かすことが重要である。
- ・ 各調査研究の適用性の頑健性を高めるために、国際的なコミュニケーションを強く進めるべきである。

##### ○高レベル放射性廃棄物等の地層処分システムに関する研究開発

- ・ GBI モデルの開発は、将来の規制上のニーズに対応するための強化を継続する必要がある。
- ・ 直接処分においては、ガラス固化体よりも複雑と考えられる燃料近傍での腐食挙動や移行挙動に着目した安全評価や臨界評価が重要になる。
- ・ 超深孔処分については、関心を示している国が拡大している点を注視する必要がある。

以上