

地層処分研究開発調整会議(第10回) -議事要旨

日時:2023年2月20日(月)14時30分~16時30分

場所:経済産業省別館2階238共用会議室及びオンライン

出席者(敬称略)

経済産業省 資源エネルギー庁

下堀放射性廃棄物対策課長

北村放射性廃棄物対策課長補佐

文部科学省 研究開発局 原子力課

阿部放射性廃棄物企画室長

原子力発電環境整備機構

梅木理事

渡部技術部長

三枝グループマネージャー

北川グループマネージャー

藤崎グループマネージャー

日本原子力研究開発機構 核燃料・バックエンド研究開発部門

瀬尾地層処分研究開発推進部長

産業技術総合研究所 地圏資源環境研究部門

今泉研究部門長

電力中央研究所 サステナブルシステム研究本部 研究統括室

長谷川原子力(廃棄物処分)分野統括

量子科学技術研究開発機構 量子生命・医学部門 放射線医学研究所 放射線影響研究部

田上生活圏核種移行研究グループリーダー

原子力環境整備促進・資金管理センター

田中常務理事

電気事業連合会 原子力開発対策委員会

藤井廃止措置・環境部会長

日本原燃株式会社

近江埋設事業部長

外部有識者(敬称略)

新堀雄一 東北大学大学院工学研究科量子エネルギー工学専攻教授(主査)

出光一哉 九州大学大学院工学研究院エネルギー量子工学部門教授

大西有三 京都大学名誉教授/京都大学総長特別補佐(非常勤)

長田昌彦 埼玉大学大学院理工学研究科環境科学・社会基盤部門教授
／埼玉大学研究機構レジリエント社会研究センター教授
小林大志 京都大学大学院工学研究科原子核工学専攻准教授
小峯秀雄 早稲田大学理工学術院創造理工学部社会環境工学科教授
廣野哲朗 大阪公立大学理学部地球学科教授
松 島 潤 東京大学大学院新領域創成科学研究科環境システム学専攻
エネルギー資源システム学分野教授
安江健一 富山大学学術研究部都市デザイン学系准教授

議題

(1)地層処分研究開発に関する全体計画(令和5年度～令和9年度)について

資料

- 【資料1-1】地層処分研究開発に関する全体計画(令和5年度～令和9年度)の目次構成(案)の見直しについて(原子力発電環境整備機構)
- 【資料1-2】地層処分研究開発に関する全体計画(令和5年度～令和9年度)(案)(原子力発電環境整備機構、資源エネルギー庁)
- 【参考資料1】地層処分研究開発調整会議(第9回)議事要旨
- 【参考資料2】地層処分研究開発に関する全体計画(平成30年度～令和4年度)(令和2年3月改訂版、地層処分研究開発調整会議)

議題(1)地層処分研究開発に関する全体計画(令和5年度～令和9年度)について

資料1-1及び資料1-2に基づき原子力発電環境整備機構(NUMO)渡部技術部長及び資源エネルギー庁北村課長補佐から説明を行った。以下、これを受けた議論。

【1章・2章について】

小峯教授

- ・ 資料1-2の22ページまでの内容について、分野間の連携を図8で示すなどにより、前回案と比べて分かりやすくなった。
- ・ 目次に「埋め戻し材」とあるが、技術用語としては「埋戻し材」が正しい。技術用語に照らして修正をしていただきたい。その他技術用語として「締め固め」ではなく「締固め」、「吹き付け」ではなく「吹付け」、「盛り土」ではなく「盛土(もりど)」が正しいので注意してほしい。「盛り土」と書くとも「もりつち」と読んでしまう。

松島教授

- ・ 全体として、非常に適切に修正され、第9回の文案より大幅に改善したという印象を受けた。2.1(1)「地層処分システムの安全性と不確実性への対処」の中で、不確実性への対処について、非常に丁寧でしっかりしたものになったという印象である。
- ・ 不確実性というのは、国民の皆様はこの事業を理解いただく上で、非常に重要な概念である。不確実性に対して、人類がどのように考え、行動していくかを捉えていくかということは、研究開発を進めていく中で、この事業の進展というかたちで何か見えてくるという印象を持った。

大西名誉教授

- ・ 「セーフティケース」について、今回は2.1節の中でかなり詳しく内容を説明しており、非常に分かりやすくなったという印象を受けた。
- ・ いわゆる流行り言葉、例えば“DX”だが、言葉遣いとして広すぎて、具体的に何を示すのかが分かりにくいと感じる。前書きを付けるか、関連事項で説明を補足する等により、何を指して取り組もうとしているのかを分かるように記載してほしい。

小林准教授

- ・ 前回の会議でコメントした、分野間の連携や、他の事業も見渡した取組について、非常に分かりやすく盛り込んであり、今回の内容で特に異存はない。

廣野教授

- ・ 2.3「技術マネジメントの一層の強化」の中で、大学や高等専門学校と連携して次世代を育ていくことを明記してある点、長期間にわたる地層処分という、人類が経験したことがない事業への挑戦についてどんどん発信していくことを明記している点は、非常に良い方向性・方針だと思う。2.4「分野間・機関間連携の推進」も適切に表現・記載されている。

長田教授

- ・ 令和4年度までの全体計画と比較して、1章・2章が非常に分かりやすく充実した。書かれている内容を関係者で共有して進められたら良いと思う。
- ・ 2.2(4)「研究開発の推進による技術的信頼性の向上」に、国民の視点で納得度を上げるというキーワードが入っている。いろいろな手を使って進めてほしいと思う。
- ・ 人的資源のマネジメントについて、我々の世代で地下の環境についてどこまで理解できるのかを、楽しんでやれるというイメージ作りが大事だと思う。そういう誘い方ができればいいと思う。

出光教授

- ・ セーフティケースの説明について、非常に分かりやすくなったと思う。

- ・ 説明の中で、将来的なリスクについての国民への理解という話があったと思うが、被ばく、あるいは放射線に関するリテラシーが重要になると思う。資源エネルギー庁、文部科学省等とも共同して、リテラシーを上げるような取組も進めていただきたいと思う。

安江准教授

- ・ 3章「研究開発項目と内容」への導入として、研究計画の現状とか基本的な考え方と進め方が加わったことで、これまでの全体計画と比べて大変分かりやすくなった。

渡部技術部長

- ・ 小峯教授からご指摘いただいた「埋戻し」という用語について修文を検討する。
- ・ 大西名誉教授の DX として何を狙っているのかということを確認することを検討する。

新堀主査

- ・ 適切な技術用語を使わなければならないのご指摘があった。全体的に見直していただきたい。
- ・ DX 等、こういった言葉が適切に使われているか、言葉の意味を考え、場合によっては言葉を補足しながら使うということが非常に重要とのご指摘をいただいた。
- ・ 多くの先生方から、人類が直面しているこの大きな課題について、こういった考え方で進めていくということをしっかり明記してあること、引き続き分野間も含め、国際間の連携も深めながら進めていくということが、しっかり書かれているとの意見をいただいた。
- ・ 特に国民の信頼度への言及という重要な点がしっかりなされること、セーフティケースについて、冒頭の方で過去の経緯も含めてしっかり説明できているというご意見だった。

【3章・4章について】

小峯教授

- ・ 3.2「処分場の設計と工学技術」について、全体として非常によく網羅されて、大事な部分から優先順位を付けて記載できている。設計に必要な基本的データベースの構築等の拡充、それを活用した設計、実規模の製作・施工という位置付けで、設計から施工までの3項目が網羅されているため、非常によく分かった。この取組を継続していくことの大切さを、今一度しっかり認識することが大事だと思う。
- ・ 処分場閉鎖と止水プラグ、埋戻しについては、非常に重要で連携が必要なテーマ。NUMO を中心に、研究グループ間のコミュニケーションを定期的に取り必要があると思う。
- ・ 3.1「地質環境の調査と評価に関する技術」の中で、沿岸海底下の調査が強調されていたが、処分場の施設設計においても非常に重要な因子だと思う。次回以降、処分場設計と工学技術の中に沿岸海底下というキーワードが入ってくると思う。図8にあるように天然バリアと人工バリア研究の間でのコミュニケーションをしっかり取っていただきたい。地質環境の調査をしつ

かり行うことで、沿岸海底下について、極端な場合人工島を作るなど、色々な設計の考え方ができると思う。

大西名誉教授

- ・ 全体の流れとしては以前から色々と議論した内容が全て含まれていて、非常に良くできていると思う。
- ・ 3.4(2)「モニタリングシステムを支える基盤の整備」に関連して、取得したデータを非常に長期にわたってどのように保存して活用していくかについてはどこで検討していくのか分かると良い。データを取ったものの、10年経つと行方が分からなくなったり、データのフォーマットが全く変わって対応ができなくなったりすることが多々ある。
- ・ 非常に深いボーリングは将来できなくなるという話がある。分野は異なるが、南極の氷床で3,000mのボーリング調査を実施しようとしたときに、大手企業では掘削ができる人も掘削機械を作る人もいなくて非常に苦労した例を見聞きした。そのケースでは中小企業が社運をかけて対応してくれたので解決できた。日本の中小企業の中には特定の技術を持った人がまだいるのだという気付きとともに、技術を育てず、どんどん切り捨てていると、将来的にはそういう人がいなくなることを心配している。地層処分が必要とされる、基礎的な技術の芽を育てるシステムのようなものを細々とでも運用してほしい。

松島教授

- ・ 計画に沿って様々な調査・評価技術が高度化、最適化され整備を進めて行ったときに、計画の達成度をどのように示し、どのように国民の皆様に納得していただくのか。研究者は国際的な雑誌に研究成果を公表することで評価を得る。そのあたりの考え方を伺いたい
- ・ 「四次元地質環境モデル」という用語について、一般の方にとって「四次元」という言い方が馴染むのか。より分かりやすい言葉の使い方がないか、検討してほしい。

小林准教授

- ・ 3章の「閉鎖後長期の安全性の評価技術」の部分で、2章の17ページの記載と合わせた記載があると良い。例えば資料1-2の48ページ、現象解析モデルの高度化の部分では、最初にガラス固化体の話があって、そこからニアフィールドに行くが、必ずしもその次の項目が同じようなレベルにないところがある。書き方だけの問題かと思うが、少しそういうストーリーが見えればよいと思った。
- ・ 現象解析モデルの高度化に基づいてシナリオ構築という流れになっているが、ここはおそらくフィードバックができる関係、相互関係があることが見えるようにしておくのがよい。地層処分の安全評価は、これまで単独の事象で考えられていたことが、今後複合的な事象をどのようにモデル化していくかが大きな課題になっていくと思う。シナリオと現象解析を行ったり来たりすることで、できるだけ抜け落ちがなく、現象をきちんと押さえられるようになるとイメージして

いる。

- ・ パラメータの話も同様で、これまで単一の系で取得した熱力学パラメータを使って、複雑な系をどこまでモデルとして予測できるか確認することが、今後の課題になっていくと思っている。幌延の深地層の国際プロジェクト等も活用しながら、フィールドの話と実験室での話をどう繋いでいくのか、ストーリーが読めると分かりやすいと思う。

廣野教授

- ・ 包括的技術報告書に示されていた検討対象母岩のタイプ分けで、深成岩タイプ、新第三紀堆積岩タイプ、及び特に付加体タイプと分類される先新第三紀堆積岩タイプの地質環境情報は網羅されていて、それらをモデル化する技術の確立は完了しているという理解でよいのか。先新第三紀堆積岩タイプに属する一般的な四万十帯や秩父帯について、どういう状況なのかご説明いただきたい。もし、更にすべきことがあるのであれば、3.1.2(2)「地質環境特性の長期変遷に関するモデル化技術の高度化」の中に3つのタイプについての長期変遷を書き加えておくと、包括的技術報告書を受けての今後の5か年計画というのがはっきりして、一般の方から見ても分かりやすくなると思う。その辺りを一文加えていただければ十分と考える。

安江准教授

- ・ 資料1-2の 3.1(3)「地震・断層活動の活動性及び影響に関する調査・評価技術の高度化」のところで、「水理的・力学的に及ぼす影響等を合理的・体系的に把握するための調査・評価に関する方法論」と書かれているが、これが3段落目の今後のところと表4のどこに当てはまるのか見えずらいと感じた。
- ・ 同様に資料1-2の 3.1.2(1)(a)「沿岸海底下における水理・化学場の評価技術の実証と体系化」の中で「地下水の賦存状態や流動特性を評価するための方法」として、水質や地下水年代等の適用性を確認するとなっているが、これが表7のどこに当てはまるのか。一方、表7の「室内試験、安全評価の最適化手法の整備」という文言は本文のどこにあたるのか関係性が見えずらい。分野間連携にも関係する大切な技術かと思うので、確認したい。

長田教授

- ・ 全体を見ると、研究開発項目はかなりの量になっている。産官学の研究者を集めたとしても、NUMO の人員の中でこれだけの内容を行うのはかなり厳しいのではないかと。地質調査ができるような人材が減ってきているのは事実なので、そこはどのような風にクリアされるのか、2章の人的資源のところも含めて考えていく必要がある。
- ・ 国民の皆様は、日本は変動帯に位置しているということをおぼろげに存じている。変動帯に位置する日本において地層処分における地質環境の調査・評価を行うことは、あまり切り離さない方がいいと思う。安定地塊で処分しているところとは違って、日本特有のところはどこなのか、それを数値的に見たときにどの位の振幅があるのか。変動帯に位置しているので、値

としては悪い方に出ると思うが、それが許容範囲に入っているということを世論に示すことが大事と思う。変動帯に位置する日本で地層処分が実現可能と言えるようなデータをまとめてほしい。それが、住民の皆様の説明するときに使えたらいいと思う。

出光教授

- ・ 資料1-2の29ページの表9で、「地質環境に関する個別調査技術の最適化に関する5年間の研究開発工程」となっているが、「最適化」という言葉に引っかかった。これは「絞り込み」という位が正しいのではないか。最適化ということであれば、何に対してどう最適化するという書き込みが足りないと思う。
- ・ 最近話題となっている ChatGPT のようなものも出てきている。情報をまとめて分かりやすくというときに、こういった技術も活用していくのが良いのではないか。

三枝 GM

- ・ 沿岸海底下の研究を施設設計と連携してはどうかという小峯先生からのご指摘について、まさしくそのとおりであり、調査の目的はきちんと施設を設計するため、安全評価のシナリオ設定・パラメータ設定のためであり、今後5か年の研究にあたってはその点を強く意識して取り組んでいきたい。
- ・ 大西先生のご指摘の、モニタリングシステムに関して、データをどう管理するかも含めて検討すべきとのご指摘については、資料1-2の 3.1.2(4)「サイト調査のための技術基盤の強化」の中でその中で意識して検討していきたい。モニタリングに限らず、今後サイト調査の際には膨大なデータが発生する。そうしたデータを今後数十年間適切に管理していく必要を感じている。データ管理の考え方を整理し、かつ支援・実行するためのデータベースの在り方を今検討している。
- ・ 松島先生のご指摘された「四次元」という言葉について、脚注もしくは文章で補完するといった工夫をしたい。
- ・ 廣野先生のご指摘の「包括的技術報告書」で設定した5岩種すべてに対してモデル化する技術ができていないか、今後どうするかについて。包括的技術報告書では選択した5岩種中、深成岩、新第三紀堆積岩、先新第三紀堆積岩の3岩種については検討を進めている。残る火山岩と変成岩の2つについても、今ある情報により他の3岩種と同様のやり方で調査からもモデル化までやっていけるとまとめている。他の岩種に比べてデータ量の少なかった先新第三紀堆積岩については実際の場所でデータを取得して、他の岩種と大きな差はなかったことを昨年度までに確認している。資料1-2の3.1.2(4)「サイト調査のための技術基盤の強化」の中に、JAEA の瑞浪や幌延等、NUMO で実施しているサイト以外にも国内の様々な分野での知見の情報収集を今後も継続していくことを記載している。
- ・ 安江先生のご指摘の、表4と表7が本文とどう対応しているかが分かりにくいとのご指摘について、表4では断層を評価する際、活動性だけでなく物性も併せて評価することを考えており、調査・評価事例の拡充の中に、活動性・特性の把握という点も記載し、そうした調査のための技術の

適用可能条件・限界の確認につなげるという形で報告書には記載している。そうした観点からご指摘の点は「調査・評価事例の拡充」の中に包含していると考えている。ただ、現状の表現では読みづらさ・分かりづらさもあろうかと思うので、表7とあわせて確認の上、必要に応じて修正することも考えたい。

- ・ 長田先生からご発言のあった変動帯について、ご指摘のとおり、変動帯だからこそ北欧の調査と大きく異なり、著しい自然現象を回避するための技術が必要となる。ボーリング調査に関して、掘削方法は安定大陸である北欧と、変動帯である日本・スイスでは大きく異なるため、その地質環境に応じた方法を常に意識して進めていきたい。
- ・ 大西先生からご発言のあった、ボーリング技術の継承・劣化へのご懸念については、ご指摘のとおりである。資料1-2の28ページに記載のとおり、地層処分に特化したスペックのボーリング調査技術が途切れることなく継続できるよう取り組んでいくことが大切であると考えている。
- ・ 出光先生からご指摘いただいた「最適化」という表現については、地質環境の条件に合わせて、どういう試験方法が適しているか取捨選択し、合理的かつ無駄のない調査を行うための考え方を整備することを意識して、技術の最適化を進めていきたい。

北川 GM

- ・ 小峯先生からご指摘いただいた、沿岸海底下での処分場設計の取組について、我々も非常に重要なポイントだと理解している。包括的技術報告書では沿岸域を想定した、緩衝材の設計、地上施設と地下施設を結ぶアクセス坑道の設計について検討を進めていた。沿岸部だと内陸部に比して調査で得られる情報量が限定的になり、得られる情報の精度も内陸部と異なる。その中でどのように沿岸海底下に処分場を設計していくか、留意せよというものだと理解する。調査技術の高度化と充分連携して、設計に取り組んでいきたい。
- ・ 大西先生から処分場を設計する上でのボーリング技術の劣化、労働者不足の懸念についてコメントをいただいた。トンネルの建設においても熟練工が減少している。資料1-2の39ページに記載しているが、例えば、一般の建設業では遠隔操作・自動化・ICT 活用も進んでいるため、そうした最新の技術も処分場建設に取り入れていく。

藤崎 GM

- ・ 小林先生からいただいた3点のご意見のうち、まずストーリーが見えるような書き方、つまり処分システムの構成要素の関係として処分場の内から外側に行く状態、構造が見えるような書き方にしたらどうかという点について、各項目間の繋がりが分かりにくかった点があるかもしれないので、表現の見直しを検討する。
- ・ 現象解析とシナリオの間には相互のやりとりがあるのではないかとのご意見について、現象解析に基づいて状態設定をして、状態の変遷のシナリオを書いたときに新たな考慮すべき複合的な現象が出されると思う。特にサイトの特徴を反映するとより顕著になってくると思うので、

相互のやりとりがより明確になるような記載の方法を考えたい。

- ・ 複雑な系のモデルの妥当性をどのように確認するのか、という3点目のご指摘について、原位置における現象理解の深化や核種の移行のふるまいに関するデータを取っていくことで、実験室で取ったデータとそれらとを比較評価して妥当性を確認していく形で進めていきたい。なお、放射性物質を用いた原位置試験は、海外の地下研究施設で実施されているプロジェクトを活用して進めていきたい。

渡部技術部長

- ・ 大西先生にご指摘いただいた、モニタリングデータの管理について、計画段階でどのように取扱うか、表現の検討を行う。
- ・ 松島先生から我々の技術開発の達成状況について、国民の皆様にご知らせしていくのかとのご質問について、例えばシンポジウムのような形で、専門家の方々へ技術開発や包括的技術報告書の成果の情報発信と課題認識が出发点となる。多くの方々にどうかみ砕いて伝えていくかについても、専門家の方々のご意見を参考にしながら検討していきたい。
- ・ 長田先生から全体計画のボリューム感が大きいのが、NUMO として賄えるかとお話があった。段階的な事業進展を考えたときに最低限のメニューとして、これだけは必要があるということ念頭に、全体計画を立てている。それに沿って人員計画を考える。概要調査実施となれば、サイト調査に振り向けるリソースと技術開発に振り向けるリソースとを上手く両立させていくことが大切になる。
- ・ 出光先生から ChatGPT のお話もあった。こういった AI 技術を取り入れていくことについても、例えば機械学習等の活用を考えている。全体計画の文言として加筆できるところがあるか確認したい。

新堀主査

- ・ 廣野先生からの指摘は、包括的技術報告書において、いろいろ検討してきたことを引き継ぐ形で資料1-2の 3.1.2(2)「地質環境特性の長期変遷に対するモデル化技術の高度化」を記載し、今後5年間の研究開発に連続性があることを計画に示してほしい、というご指摘だったと思う。
- ・ 安江先生の話も、資料1-2の24ページに出てくる水理についてのこれまでの取組が、今後どのように引き継がれるのか、文章として受けていないので、記載してほしいという指摘だと思う。
- ・ 大西先生から話のあったボーリング技術の劣化については、情報収集とかの話ではなく、そういった人材を大事に育てていくマインドが必要ということだと思う。「おわりに」のところに、研究開発だけではなく色々な技術が地層処分システム構築には必要だということ記載してほしい。
- ・ 長田先生から人的資源が足りているのか、との話があった。色々な研究機関の支援を受けな

がら NUMO がリーダーシップを取って進めていくことを「おわりに」のところに記載する必要があると思った。

- ・ 「おわりに」のところに先生方からいただいたことに対して答えることが多くなると思ったが、松島先生からいただいた達成度をどういう形で示していくのか、出光先生からいただいた今時の様々な技術、情報を扱う技術についても積極的に利用する方向性についても計画に書いていくことが重要だと思った。
- ・ 小峯先生からは大枠良いとの意見をいただき安心した。そうした方向のなかで、特に沿岸海底下の設計への繋がりについて、しっかり見える、意識していることが伝わるようにすべき。
- ・ 廣野先生からあったように、色々なタイプの岩盤があるので、そういったものについての検討も引き続き必要である。
- ・ 長田先生から、国民の皆様が一番の関心事は変動帯にあるというご指摘について、この事業が日本でできるのか、それをどういう風に考えているかを知りたくてこの計画を読む方がいると想定して、答えていくことを意識した書き方が必要と感じた。
- ・ 資料1-2の31ページで、個別要素技術の実証の研究を進めて工学的な成立性を高めていくとあるが、16ページでは、システムとしての成立性について宣言している。それについて答える形で3章にも落とし込んでほしい。
- ・ 資料1-2の48ページ安全評価の統合化では、統合化イコール連成解析と思われぬように、誤解のないように記載してほしい。統合化の中には必ずしも連成させなくてもトータルのシステムの評価ができる場合も当然ある。
- ・ 3.2.3「閉鎖前の安全性の評価」について、後段の閉鎖後の安全評価と混同するので安全性を使った場合には、安全性の評価技術という形で使うとよい。

松島教授

- ・ 国民の皆様は事業の達成度をどう理解してもらうかについて、日本が変動帯にあっても事業が適切に行えることを世界の科学者、技術者のコミュニティーの中で理解をいただくことが、国民の方に示す一番のエビデンスだと思う。シンポジウムでかみ砕いて説明することも重要ではあるが、そういうコミュニティーの中でしのぎを削って展開することも重要だと思う。

新堀主査

- ・ 今後の取りまとめについてだが、先生方の意見として、大枠は良い。気になる点を指摘いただいているところは対応していく。今後は、事務局と主査に一任ということで進めていきたいがどうか。(異議なし)
- ・ 事務局と主査で取りまとめを行い、取りまとめた時点で皆様にお知らせをすることにしたい。

梅木理事

- ・ これから主査とともに事務局の方でいただいたコメントは適切に対応して、取りまとめたい。

下堀課長

- ・ 我々が想定していたよりも、良い全体計画ができつつあると思っている。主査や NUMO とも相談しながら最後まとめていくが、これを実行に移すことが大事だと思っている。

以上