

技術アドバイザー委員会 議事録

1. 開催日時：2024年12月27日（金）14:10～17:40
 2. 場 所：NUMO会議室／Web会議
 3. 参加者：
技術アドバイザー委員会（以下、TAC）
佐々木委員長、井上委員、梅田委員、小林委員、小山委員、斉藤委員、佐藤委員、
田上委員、館委員、半井委員、廣野委員
（桐島委員は2024年12月26日に説明を実施し、その質疑内容は当議事録に反映）
NUMO
柴田理事、渡部部長、技術部部長・副部长、担当GM、担当者
 4. 議 題：
・2025年度技術開発計画について（議案1～3）
 5. 質疑内容：
【2025年度以降の技術部業務を着実に進めるための基本的考え方】
 - ・ 国際プロジェクトや大学との共同研究が行われる現地に一定期間NUMO職員を派遣し人材育成することを検討しているか。（TAC委員）
 - 現在NUMOはOECD/NEAに職員1名を派遣している。また、国内外の共同研究の枠組みを活用し、人材育成の観点から現地での試験作業にも積極的に職員を参加させている。長期間の派遣には、NUMO職員全体で人的リソースの適切な配置を考慮する必要があるものの、長期派遣を通じた人材育成についても検討を進めたい。（NUMO職員）
 - 学位の取得など、モチベーションやインセンティブを与えることも含め、若手職員の育成を今後も検討していただきたい。（TAC委員）
 - ・ 概要調査に必要な調査技術はほぼ整備できており、技術上の課題が解消できているため、調査技術に係る技術開発は、精密調査以降に備えたものになるという認識でよいか。（TAC委員）
 - 調査技術に関しては、過去にJAEAが取得したノウハウ・技術などを前提としつつ、最新技術も踏まえて、概要調査に使用できるように準備を進めている。さらに、長期的な視点から先端的なセンサー技術などを取り入れた、調査技術の開発も継続的に進めている。（NUMO職員）
 - ・ 概要調査に関して、計画に基づき実施する必要があることから、準備は着実に進めていく必要があると認識している。核種移行評価などに必要なサイトスペシフィックなデータ取得とその評価に係る計画は今後具体化されていくという認識でよいか。（TAC委員）
 - 概要調査については、地質の安定性などに大きな影響を与えうる事項から着手する。サイトスペシフィックな核種移行データ取得については、概要調査の後半に行われるものと認識している。想定されている調査期間も考慮して、調査を完了できるよう、しっかりと準備を進めていく。（NUMO職員）
 - ・ 国際共研を積極的に実施していることはとても評価できる。このような国際的な取り組みは、NUMOの事業が一定の基準に達していることを示すことができる良い機会である。（TAC委員）
- 【議案1 地質環境の調査と評価に関する技術：現状と中期・2025年度技術開発計画】
- ・ 原子力規制委員会が定めた考慮事項（2022年）に、今後10万年程度の間で新たな火山が発生する可能性を検討することとあるため、概要調査でも考慮する可能性があるのではないか。（TAC委員）
 - サイト選定における最終処分法で定められた要件に照らした評価においては、10

- 万年程度という時間スケールの中で新規火山の発生可能性も含めて現地調査の結果に基づき検討し、その発生が明らかまたは可能性が高い場所を避ける。一方で、2025～2026年度に計画している「長期的な自然現象の確率論的評価手法の高度化」は、100万年程度の時間スケールにおける稀頻度事象の安全評価への反映という位置づけである。（NUMO 職員）
- 自然現象の確率論的評価で主な対象としている将来 10 万年以降に加えて、10 万年以前の期間を対象とした評価への適用についても JAEA などとも相談しつつ、着実に準備するのが良い。（TAC 委員）
 - ・ 深部流体を対象として確率論的評価を行うとあるが、深部流体に関する情報・データは少ない。その中で、2 年間でどの程度の成果を出すことを考えているのか。（TAC 委員）
 - 深部流体に関する情報・データについては、現在、資源エネルギー庁の委託事業において、深部流体に関する事例地域を対象とした調査や情報収集を行っており、NUMO としてはその成果も反映することとしている。具体的には、これらの情報・データに基づき、新規深部流体の発生シナリオについて検討する。またその際、火山活動や断層活動との複合現象として取り扱うことも考慮しつつ検討を進める。（NUMO 職員）
 - ・ 神恵内村の文献調査における積丹岳の影響範囲と、自然現象の確率論的評価手法とはどのような関係があるのか。（TAC 委員）
 - 基本的にこの手法はサイト選定における最終処分法で定められた要件に照らした評価に適用するものではない。火山の影響範囲は現地調査に基づき火山の中心からの距離で評価する。一方、確率論的評価は、自然現象の著しい影響を回避するように選定したサイトにおいて、新たな火山が新規に発生する可能性と、発生した場合に地層処分システムにどの程度の影響があるかを評価し、安全評価における稀頻度事象シナリオに反映するために用いるものである。（NUMO 職員）
 - ・ データマネジメントシステムに関して、今までの知識マネジメントとどう違うのか。新規性や課題について確認したい。例えば、JAEA の知識マネジメントシステム（KMS）ではデータを整理し電子的に取り出せるようにしている。（TAC 委員）
 - JAEA の KMS は知識情報の管理を対象としている。例えば、計画調査を立案するときに、どういう条件下で何を根拠にどう判断したかといった情報を、類似作業を実施するユーザが簡易に取り出せるようにすることを目的としている。一方でデータマネジメントシステムは、長期に渡る事業期間において、データだけでなく、段階的に構築・更新する地質環境モデル（SDM）と、それに使用するデータセットのバージョン管理や、SDM の構築・更新プロセスを含めて管理するものである。（NUMO 職員）
 - ベテランの技術者であればどのデータをどのように取舍選択するかといったことを自身で判断できるが、若手ではそれが難しいといった問題がある。例えば、使用するべきデータをシステム側が提示してくれるようなサポート機能を将来的に構築していく必要があるのではないか。（TAC 委員）
 - NUMO では、現在データマネジメントシステムの検討と並行して知識マネジメントに関する検討も行っており、将来的にはこれらを融合させながら進めていく。（NUMO 職員）
 - ・ 高温に対応した水理試験装置について、日本は地温勾配が高いため装置の開発は非常に重要である。装置の作動確認を実施する場所について想定しているのか。電中研横須賀地区のボーリング孔で作動試験を行う計画か。（TAC 委員）
 - 作動試験の実施場所は、装置製作段階では高温環境でセンサーなどが作動することを、室内試験で確認することを想定している。実際の地質環境を対象とした作動試験は、装置を製造する企業が所有するボーリング孔などを含め検討していく。

(NUMO職員)

- JAEAが調査していた瑞浪、幌延と異なる地質環境条件にも適用できるものを開発していることで承知した。幅広く適用できるものを開発していただきたい。(TAC委員)
- ・ 調査技術の最適化とは、地質環境に応じてどの方法が最適なのかを探ることか、あるいは個々の技術を異なる地質環境でどのように最適に使うのかということか。最適化という言葉の意味合いを教えてください。(TAC委員)
 - 地質環境の条件や調査の目的に応じて、合理的かつ効果的な調査手法や調査手順を適切に選定して調査を行うことを最適化と呼んでいる。現在横須賀では、既存の様々な調査手法から当該地質環境に適した調査手法を選定し、これらの適用限界や適用範囲等の確認を進めている。今後は、この経験を基に、実際の概要調査を実施する際に、どのように調査手法を選定して組み合わせればよいかなど、地質環境調査の最適化に必要な知見の蓄積・整理を行っている。(NUMO職員)
- ・ レーザー光を用いたモニタリングについて、ヨウ素の分析はこの技術でどのくらいの濃度範囲で観測可能か。(TAC委員)
 - 廃棄体由来のヨウ素の同位体を観測するため、下限値は低めを目標としている。(NUMO職員)
- ・ ボーリング孔の閉塞は難しい技術であるのか。(TAC委員)
 - SKBやPosiva、NWSなど、海外の実施主体では透水性が母岩より低くなる閉塞材により、ボーリング孔を閉塞することとしている。このためには、閉塞材の密度が重要なため、定量的な密度管理が可能な設置方法を検討している。(NUMO職員)
 - 原子力規制庁は何か基準を示しているのか？(TAC委員)
 - 現時点では示していない。(NUMO職員)

【議案2 処分場の設計と工学技術：現状と中期・2025年度技術開発計画】

- ・ 人工バリア長期性能評価の取組みについて、安全審査における人工バリア部材ごとに性能評価を行うことに対して、NUMOはどのように対応しようと考えているか。(TAC委員)
 - 原子力規制庁の地層処分に関する安全研究において性能評価の考え方が示されている点は承知している。規制側の動向を注視しながらNUMOとしての性能評価方法について検討を進める。(NUMO職員)
- ・ ベントナイト材料の選定は、事業者の重要な検討項目である。基盤研究成果も活用して幅広い視点での検討を期待する。ベントナイト材料の調達性及び特性データの整理などに取り組んでいくべき。(TAC委員)
 - 拝承。(NUMO職員)
- ・ 原位置腐食試験について、グリムゼル地下研究所での技術検証だけをもって、その技術を日本の幅広い地質環境でも適用できると言えるか。(TAC委員)
 - データの比較により確認していく必要はあるが、同研究所周辺の環境は、特殊なものではなく、日本にも適用可能と考えている。この研究は、腐食センサーの適用性や、センサー類の配線の設置方法など、原位置試験方法のノウハウについて知見を得ることも目的としている。他国の腐食センサーも設置されるので、センサー間の相互検証も可能となる。(NUMO職員)
- ・ 銅コーティングオーバーパックの摩擦攪拌接合技術の開発について、現在は大学共研で実施しているようだが、将来的に大型の試験を実施する場合にもそうするのか。(TAC委員)
 - 銅コーティング材に対する摩擦攪拌接合技術の適用性の検討については、技術開発的側面が多いので、当面は大学での実施を検討している。(NUMO職員)
- ・ 横置き・PEM方式の高度化について、回収の容易性向上についてもアピールしてもよ

いのではないか。(TAC委員)

➤ 検討する。(NUMO職員)

- ・ 中長期的な技術開発のうち、カーボンニュートラルについて、海外の実施主体の動向も見ながら進めるべきである。また、検討に際しては、地層処分事業のみならず、上流の原子力発電も含めた取り組みとして捉えるべきである。(TAC委員)
- 拝承。(NUMO職員)

【議案3 閉鎖後長期の安全性の評価：現状と中期・2025年度技術開発計画】

- ・ 2027年までにガラス固化体の溶解速度を更新する計画か。(TAC委員)
 - 2027年度までの目標は、ガラスの長期溶解挙動評価モデルの妥当性確認に必要な長期試験データを取得することである。なお、ガラス固化体の長期溶解挙動評価モデルの高度化については、JAEAなどの基盤研究機関を中心に進められている。(NUMO職員)
- ・ コロイドが溶液中に安定的に存在する判断基準について教えて貰いたい。(TAC委員)
 - 試験溶液中のシリカ濃度を測定し、検出できれば溶液中にベントナイトコロイドが安定的に存在すると判断している。(NUMO職員)
- ・ 処分場の Thermal (熱的) — Hydraulic (水理的) — Mechanical (力学的) — Chemical (化学的) (THMC) 場の変遷に関する解析評価技術の高度化について、スイス・グリムゼル地下研究所で実施されている国際共同プロジェクト (High Temperature Effects on Bentonite Buffers : HotBENT) で得られるデータを活用し、THMC 数値解析モデルの開発をしているとのことだが、他のサイトのデータは利用しないのか。(TAC委員)
 - HotBENTに加えて JAEA の幌延深地層研究センターで実施している国際共同プロジェクト Horonobe International Project (HIP) や、過去の国際共同プロジェクトである Full-scale Engineered Barriers Experiment (FEBEX) 等で得られたデータも活用している。(NUMO職員)
- ・ 機械学習を用いて粒子追跡解析を効率化する技術開発においては、成果の利用方針を事前に検討しておくことが重要。(TAC委員)
 - 今後様々な設計オプションの比較が必要となる。その作業には膨大な解析量と膨大な分析結果が必要。この作業の実施期間やコストの削減などを目的としている。(NUMO職員)
- ・ 廃棄体から地表までを対象とした粒子追跡解析に関し、どのスケールに対しても同サイズのメッシュで解析を行うと、計算時間が膨大になるので工夫が必要。(TAC委員)
 - パネルスケールでは処分坑道を 10cm 程度の排水溝まで含めて表現し、処分場スケールでは、処分坑道を均質なモデルで表現するといった、各スケールで核種移行の観点から着目する構成要素の特徴を反映した詳細度で幾何学形状三次元モデルを準備し、粒子追跡解析を実施することにより、計算負荷の低減を図っている。(NUMO職員)
- ・ 大規模な数値解析を高速に処理する手法などの検討について、機械学習を用いた予測評価ツールの解析結果の妥当性確認手法について教えてもらいたい。(TAC委員)
 - 予測評価ツールを用いない解析結果と予測評価ツールを用いた結果とを比較し、その精度を評価することで妥当性を確認する予定。(NUMO職員)
- ・ ボーリング調査で取得する限られた岩石試料からサイト全体の核種移行パラメータを設定する手法の構築の進め方を教えてもらいたい。(TAC委員)
 - ボーリングコアを用いた収着・拡散試験の結果や地質環境モデルのデータなどを用いて、ベイジアン理論などを活用したパラメータ設定手法を構築する計画。2025年度は国内外における調査から開始する予定である。(NUMO職員)
- ・ 人工バリアを対象とした核種移行パラメータに関するデータの拡充とデータベースの整備について、JAEA の核種移行パラメータに関するデータベースで不足している元素

の設定方法を教えてもらいたい。また、EURAD において実施している熱力学データベースへのユーザのニーズを反映してデータ拡充する国際共同プロジェクトで、不足データを NUMO が示し、その取得を国内外の研究機関に行ってもらいたいことも考えられる。
(TAC 委員)

- 現行手法においてデータが不足している元素への対応としては、化学的性質が類似しているケミカルアナログがある場合はそのデータを使用し、データがなく補完ができない場合は、保守的な値を設定。EURAD のプロジェクトについては、来年から NUMO も参加予定。このような場を効果的に利用し、不足データの拡充に努めたい。(NUMO 職員)
- セメント系材料の核種移行パラメータをより確からしく設定する目的は、セメントのバリア機能についても核種移行解析へより適切に取り込んでいくということか。
(TAC 委員)
 - 核種移行解析においてセメント系材料の時間変遷に応じたパラメータ設定ができるようデータ拡充を実施している。(NUMO 職員)
- 人工バリアに関する収着分配係数 (Kd) と実効拡散係数 (De) のデータの充足性を説明するための整理方法が違うのはなぜか。Kd は、元素の化学形態に応じて収着挙動が異なることから、価数だけで整理した説明は慎重に行う必要がある。価数だけで整理すると、データが十分にあるかのような誤解を与える可能性がある。(TAC 委員)
 - Kd は JAEA の拡散試験データと実効拡散係数から算出しており、間隙水中における化学形態は評価していない。De の算出においては、間隙水中における化学形態を熱力学計算で推定し、その電荷に応じた値を設定する。このため、Kd のデータ拡充状況については、元素本来の特性である価数で整理し、De のデータ充足性については価数でなく電荷で情報を整理している。また、価数での整理については一次的な整理手法と認識。これを用いた説明は誤解されないよう慎重に行う。
(NUMO 職員)
- 人工バリアを対象とした核種移行パラメータに関するデータの拡充とデータベースの整備について、緩衝材仕様の変更へはどのように対応する計画か。(TAC 委員)
 - JAEA の核種移行パラメータに関するデータベースには、第 2 次取りまとめで想定したベントナイトやその他の種類のベントナイトを対象としたデータが格納されている。これを用いて、異なる緩衝材仕様のパラメータを設定できる手法を構築する計画。(NUMO 職員)
- 人工バリアを対象とした核種移行パラメータに関するデータの拡充とデータベースの整備について、すべての元素において、溶解度に対し熱影響がある。どのように研究対象元素を選定するのか。(TAC 委員)
 - 線量評価結果に有意な影響が見込まれる元素を対象とする計画。(NUMO 職員)
- 生活圏評価におけるパラメータ設定について、不足しているデータに対する補完方法をどのように考えているのか。(TAC 委員)
 - 人工バリアと同様に、データの補完方法についてはケミカルアナログなどを用いた方法が考えられる。ケミカルアナログの設定の際には専門家に確認しながら進める。(NUMO 職員)

以上