

技術アドバイザー委員会 議事録

日 時：2018年3月30日（金）13：30～17：15

場 所：原子力発電環境整備機構 会議室

出席者：

（技術アドバイザー委員会（TAC））小崎委員，小山委員，竹内委員，徳永委員，吉田委員
（5名，50音順）

（原子力発電環境整備機構）梅木理事，川野技術部長ほか

議 題：包括的技術報告書について

- (1) 国内外合同 TAC における主要なコメントについて
- (2) 第7章「わが国における地層処分の技術的信頼性」の構造
- (3) 地層処分に適した地質環境の選定およびモデル化
- (4) 処分場の設計と工学技術
- (5) 閉鎖前の安全性の評価
- (6) 今後の進め方

議論内容：

(1) 国内外合同 TAC における主要なコメントについて

- （3月5日から3月7日にかけての国内外合同 TAC に参加していないのだが）「対応が望ましいコメント」について、「望ましい」とは NUMO の考えか。あるいは TAC 委員の考えか。（TAC）
⇒TAC 委員の方々から頂戴した考え・コメントである。（NUMO）
- 得られたコメントへの対応の検討は今後実施ということか。（TAC）
⇒そのとおりである。本日はコメントの報告のみとさせていただく。（NUMO）
- 国内外合同 TAC での議論に基づいて補足すると、「岩種で比較した結果が大事というよりも、今の段階で地層処分を実施できる技術を有しているということと、その結果、条件が十分に良いサイトが得られれば地層処分を実施できるということが伝わるように説明すると良いのではないか。」という主旨で議論して提案したものである。（TAC）

(2) 第7章「わが国における地層処分の技術的信頼性」の構造

- 「安全性を評価できるか」という表現について、現時点では、安全性を評価できるかというよりも、「安全性を評価する技術を持っているか」という表現にすべきと思われる。報告書中の表現は、様々なステークホルダーがどのように受け取るかという観点で検討すべきであると思う。（TAC）
- 「サイトを選定する技術」は具体的なサイトを選定する技術に思えるが、今回実施したのは地質環境モデルの構築であり、これは技術の整備というよりも考え方の基盤の整備という表現の方が適当であるように思う。（TAC）

⇒地質環境モデルの構築だけでなく、サイトの調査技術および評価技術についても確認し、サイト選定に必要な一連の技術が整備されていることを確認したことを説明しようとして、「技術基盤を整備している」と表現した。(NUMO)

⇒サイト選定は様々な関係者による意思決定であり、技術の適用という観点から、「サイト選定に資する技術」と表現するのも一案ではないか。(TAC)

- 「処分場の設計が可能になった」という表現について、処分場の設計を行う技術の基盤を持ったということが今回の報告書における主張ではないか。そのように表現すべきではないか。(TAC)

⇒安全性を確保するために必要な要件を明確にしたということと、それに基づいて設計方法の考え方を導き出すことができたということが成果である旨が的確に伝わるように表現を検討する。(NUMO)

- 安全性を評価する技術に関して「一連の方法論と解析技術を整備している」については、実際のサイト選定に対してそのまますぐに適用できる技術が整備できているように受け取れる表現だが、現時点での成果は考え方の基盤を作り上げたことではないか。特定のサイトが決まっていない現時点ではそのように考え方の基盤を作り上げたことが重要であると思う。その旨を正確に表現すべきではないか。(TAC)

⇒安全評価の方法論については整備できているという認識であるが、ご意見を踏まえて表現を検討する。(NUMO)

- セーフティケースの信頼性に関して「品質の確保や不確実性への対応を行っている」という表現は、品質確保や不確実性への対応を行って現場でのデータ取得等を実際に行ったと誤解されかねない。報告書作成にあたって実施したのは、今後のサイトでの調査を見据えて品質確保の考え方を整理して、既存データの選定に適用したことであるということが正しく伝わるように表現すべきではないか。(TAC)

- セーフティケースの信頼性に関して「ナチュラルアナログによっても定性的に支持される」とあるが、ガラス溶解速度やオーバーパック腐食速度は定量的なものなのに「定性的に支持される」は読者にとっては何を意味するのかが分かりにくいと思われる。「定性的に」は省き、ナチュラルアナログによって支持される主張の範囲を記載するのが良いのではないか。(TAC)

- ジェネリックな(サイトの条件に依らない)地質環境モデルを「現実的」と表現することは、特に地質学の先生方には受け入れられないことが予想される。地質学者も念頭において表現に気をつけることが大事であると思う。(TAC)

- 「多様な地質環境に対する処分場の構築技術の適用性という観点で精度と柔軟性がより向上した」とあるが、「精度」とはどのような意味か。(TAC)

⇒第2次取りまとめにおいては堆積岩と結晶質岩の2種類のみを扱っていたのに対して、今回の報告書では3種類の岩種を対象としたことで、日本の幅広い地質環境に対してより細かく対応したことを説明しようとした。的確に伝わるよう、より適切な表現を検討する。(NUMO)

- 「一定の信頼性が確保されている」について、「一定」は不要ではないか。信頼性を確保

していることに確信を持った表現をするべきである。また、余計な修飾語は省くべきである。(TAC)

- 「今後のさらなる信頼性向上に向けて取り組むべき技術課題は明確になっているか」について、地層処分事業を進めていく上で必要な技術の全体像を示し、その中でこれまでに開発できた技術および今後解決していく技術課題を示してはどうか。さらに、技術課題の解決策が分かっているということを提示できれば NUMO の技術力を示せると思う。(TAC)
⇒ご意見として頂戴する。(NUMO)
- 「沿岸海底下に処分場を設置する技術については、」「基本的には、陸域の地質環境の調査・評価技術や、処分場の設計、ならびに安全評価の方法論と大きく異なるものではなく、これらの適用が可能と考えられる。」とあるが、どのような取り組みによって適用可能となると考えているかということと、そのような検討に必要な技術課題の整理が十分にできているということを説明に加えるべきではないか。そのような説明を加えることにより NUMO が準備している技術が進んでいることが伝わる。(TAC)
⇒意図が的確に伝わるよう、「上述の技術課題に対する検討を進めることで」という文言の位置を検討する。(NUMO)
- 「対象者の知識レベルに応じた」とあるが、対象者に知識が有るか無いかを意識しているようで、読者に不快感を与えかねない。「対象者が求める情報・知識を円滑に提供する文書を用意する」などとするのが良いと思う。(TAC)

(3) 地層処分に適した地質環境の選定およびモデル化

- 地質環境モデルは第2次取りまとめよりも大幅に良くなっている。(TAC)
- 包括的技術報告書の読者は先に公表された科学的特性マップを意識すると思う。例えば、科学的特性マップのオレンジとグリーンの領域の境界付近がサイト調査の対象となるような場合、その境界の曖昧さを考慮した調査の方針について、本編に取りまとめられていることが重要であると思う。(TAC)
⇒ サイト調査の基本的な方針については本編に取りまとめている。調査対象領域にそのような境界部が存在する場合であっても、グリーンの領域の場合と同様に、現地において地質環境調査を実施し、自然現象の著しい影響が及ばないことを確認するという方針に変わりはない。(NUMO)
- 包括的技術報告書では、科学的特性マップに係る記述が極めて少ないが、本編にそれを掲載したうえで NUMO 事業との関係性などについて記述することが重要であると思う。(TAC)
⇒ 包括的技術報告書は科学的特性マップの要件・基準を踏まえているので、科学的特性マップに係る記述を充実させていきたい。(NUMO)
- 包括的技術報告書において科学的特性マップを活用し、NUMO はそれをきちんと踏まえて包括的技術報告書を取りまとめていることを示すことが読者にとって理解しやすいと思う。その関係が見えないことは読者にとって気がかりとなる。(TAC)

- 「安定な地質環境」という表現は本編に定義しているのか。「安定」という用語はこの分野で一般的に用いられているものの誤解を招く表現であるため、例えば「地層処分に適した地質環境」のように変更した方が良いのではないのか。(TAC)

⇒ 本編において「地層処分にとって好ましい熱的-水理的-力学的-化学的 (THMC) 条件が長期にわたり安定に維持される地質環境」と定義しているが、誤解が生じないように表現を再考したい。(NUMO)
- 「現実的な地質環境モデル」という表現は、当該分野の専門家以外には何が「現実的」なのかを理解することが難しいと思う。「日本全国をサマライズした地質環境モデル」や「日本全国の代表的な地質環境モデル」のように見直した方が良いのではないのか。(TAC)

⇒ 第2次取りまとめの地質環境モデルに比べて、地質構造や特性などをより「現実的」に表現しているという意味で「現実的な地質環境モデル」を用いており、わが国の「代表的な」地質環境ということでもない。「地下深部の地質環境の特徴を考慮した地質環境モデル」のような表現を用いる、あるいは説明を加えるなど検討したい。(NUMO)
- 包括的技術報告書の読者の受け止め方に配慮すべきであると思う。特に表現についてはご指摘を踏まえ適切に見直していきたい。(NUMO)
- 地質環境モデルに示されるような断層をどのように取り扱っているのか記述やモデルがない。全国的に取りまとめた科学的知見に基づき断層の特徴についても本編に記述すべきであると思う。(TAC)

⇒ 各岩種における大規模な断層の地質学的特徴や水理学的特性、そのモデルについては付属書に取りまとめているが、本編の記述も充実させる方向で見直しを行いたい。(NUMO)
- 地表付近で取得された透水係数データのばらつきは大きいことから、このようなデータに基づきモデルパラメータを設定することは妥当であると言えるのか。(TAC)

⇒ 深成岩類および新第三紀堆積岩類については地下深部で取得された透水係数データを用いている。先新第三紀堆積岩類については地下深部のデータがほとんど取得されていないことから、透水係数の深度依存性などを考慮し地表付近のデータを外挿している。この技術的な根拠については付属書に取りまとめている。(NUMO)
- 先般の合同 TAC の議論では、品質が確認された地下水水質データを用いたために各岩種の特徴が十分に表現されていないのではないかという懸念が出された。方法論としては良いと思うことから、安全評価における検討結果などを示す際は「このような条件のもとで得られた結果である」ことを特記すべきであると思う。(TAC)

⇒ モデル化にあたっての前提条件などは付属書だけでなく本編においても丁寧に記述するようにしたい。(NUMO)
- 新第三紀堆積岩類の地質構造モデルでは割れ目が卓越しているが、水理地質構造モデルは連続体を用いていることから基質部においても地下水が流動するように設定しているのか。(TAC)

⇒ 新第三紀堆積岩類では二重透水モデルを採用し、割れ目と基質の両方で地下水流動を考慮している。(NUMO)

- 本編に最新の科学的知見を速やかに取り入れる体制が整っているというような記述があると良いのではないのか。科学は常に進歩していることから、それを取り入れていくという姿勢を示すと良い。(TAC)

- 地層処分技術 WG では「安定な地質環境の要件を個々に満たすような地質環境は存在する」としているが、包括的技術報告書では複数の要件を満たす地質環境が存在すると主張するのか。(TAC)

⇒ 包括的技術報告書では、地層処分技術 WG で示されたわが国の地下深部で認められる地質環境特性に加え、ナチュラルアナログ研究や古水理地質学的研究などの成果に基づき、特に水理場および化学環境の両方の要件を満たすような地質環境が存在することを主張している。(NUMO)

- 実施主体としてそのような主張を述べ、わが国においても地層処分が実施可能であるという確信を示してほしい。(TAC)

(4) 処分場の設計と工学技術

- トンネルなどの空洞を掘った時に生じる岩盤の緩み領域の水理場特性などの評価はどのようにしているのか。(TAC)

⇒ 緩み領域の水理場の特性については、健全部と比較してどの程度の範囲がどの程度変化しているか、これまでの知見に基づいて 6 章で記述している。4 章では空洞安定性確保の観点から塑性領域の広がりや山岳トンネルの安定性確保の目安を満足していることを記述している。また、緩み領域については、力学的な側面は空洞安定性解析や原位置での掘削影響試験等で評価する技術は確立していると考えているが、応力再配分に伴う亀裂の開閉の傾向とそれに伴う水理場の変化を関連付ける知見の整備を基盤研究にニーズとして、伝えている。(NUMO)

- 地下水の流動方向と処分坑道の方向を直交させるとあるが、例えば結晶質岩だと掘削時に変化する可能性がある。直交と言い切ることで制約にならないか。(TAC)

⇒ ここで言っている直交方向は、処分場スケールで設定した主要な地下水流動方向に対してなるべく直交した方が良いという意味で記述した。確かにトンネルを掘削していると地下水の流動方向が変化することがある。良い表現があればご教示いただきたい。(NUMO)

- 埋め戻した後の状態のことを述べたいのであれば、どの段階で直交するかということを記述すればよいのではないか。また、繰り返しになるが要件のようにとらえられると制約になる (TAC)

⇒ 設計要件の設定では必須の要件と好ましい要件と 2 種類をあげている。本件は好ましい要件に該当する。(NUMO)

- 高角度であればよいのではないか。90 度は言い過ぎと感じる。幅広に読み取れるようにしてはどうか。(TAC)

- 岩種毎に同じ大きさの処分パネルを用いてレイアウトされているが、例えば亀裂が少ない領域を広く確保できる領域があればその領域の処分パネルを大きくすることでより柔軟な対応ができるのではないか。地質に応じて処分場の形状を変えることが可能であると包括的技術報告書で言及されているものと思われるが、これが最適なサイズと言っているように見える。(TAC)

⇒ 柔軟な対応についてはご指摘の通り。ここでは処分パネルの形状を周回坑道で囲むパネル型と周回坑道で囲まず行き止まりとするデッドエンド型の2つのオプションについてレイアウトを提示している。地質条件に応じた処分パネルの形状変更などの柔軟性はデッドエンド型の方が適しているということを示しており、最適なサイズを示しているわけではない。(NUMO)
- 坑道が長いと当然開放期間が長くなる。そのようなことも考慮してコンパクトなレイアウトを検討したのではと想像したが違うか。(TAC)

⇒ そのようなことも考慮すべきと考えるが、今回の検討で特に考慮したことはPEMの定置間隔が挙げられる。PEMの全長が約3.4mで縦置き処分孔の定置間隔が深成岩類で4.4m。PEM同士を離そうとすると間に離間ブロックを入れる必要がある。そのため、PEM同士を接触させる代わりに処分坑道の離間距離を広げて熱的制約を満足することを確認した。これにより連絡坑道の延長は若干長くなるが、PEM同士を接触させているので処分坑道が短くなり、坑道の総延長を短縮することができる。そのことが、掘削土量の比較で示した縦置きパネル方式と横置きデッドエンド方式の違いとして顕著に表れている。(NUMO)
- 相対地下水移行時間とはどのような定義か。(TAC)

⇒ 水理の観点から定置が可能な領域を設定する上で様々な検討を実施したが、今回の検討では粒跡線解析を実施し、それぞれの粒子が500m移行するまでに要した時間をダルシー流速に基づく移行時間として、それぞれの地点の移行時間を相対的に比較している。その目的は移行時間を指標として、地下水の流れがより遅い領域を処分場のレイアウトに適した場所として選定するためである。(NUMO)

⇒ 500m以内が地下水の移行が遅い領域であっても、生活圏までの距離が十分遠い方が好ましいのではないか。(TAC)

⇒ 今回の検討では細かい解像度で粒跡線解析の出発点を設けて、各粒子が500m移行するまでの時間を算出しており、その移行時間の空間分布を表示している。出発点の近くに流速の速い流動経路があれば、移行時間も短くなる。移行時間の算出は、500mが良いのか、生活圏までが良いのかは議論の余地がある。(NUMO)

⇒ 今回は水理場の細かい特性が分かっていないので保守的な検討をエクササイズの一環として実施しているという理解で良いか。(TAC)

⇒ そのとおりである。今回の地質環境モデルでは、サイトが特定されていない段階であるため実際の地形をモデルに反映できない。地形の起伏があれば、流出域の位置などを推定できるなど、より現実的な評価が可能であるが、現状のモデルで実施可能な評価方法として、500mのダルシー流速に基づく移行時間を採用した。(NUMO)

- 深成岩類の断層の透水係数を面方向と直交方向で 3 桁異なる値に設定しているとのことだったが、それ以外の岩種ではどの程度異なるのか。(TAC)
 - ⇒ 新第三紀堆積岩に関しては異方性を設けずに、周りの母岩より 1 桁程度高い値を設定している。(NUMO)
- 岩種毎に一つのパラメータを持った断層を与えているということか。(TAC)
 - ⇒ その通り。全ての断層が透水不均質性を有するというわけではない。(NUMO)
- 未固結性断層とはどういう意味か。(TAC)
 - ⇒ 未固結のガウジを有する断層としてはどうか。ガウジが未固結なのであり、断層が未固結なわけではないので、一つの名前にしない方が良い。(TAC)
- 1km 未満の断層のみ未固結性としているが、固結性のガウジの有無は断層の長さに依存しない。(TAC)
 - ⇒ 今回の検討では 1km 以上の断層はレイアウト決定特性 (LDF) の観点から除外し、坑道に遭遇しないようにパネルのレイアウトを設定している。一方、1km 未満の断層は遭遇することを許容できる断層としている。それを固結性、未固結性の二つに分けたということである。LDF と定置位置決定特性 (EDF) の両者の観点での分類を明確にするように、整理表を見直す。(NUMO)
 - ⇒ 処分坑道を掘削するか否かの LDF としての判断と、坑道を掘削するが、緩衝材のパイピングを回避するために廃棄体を定置できるか否かの EDF としての判断の二段階の手順を踏んでいるので、そのことが明確に分かるように記述する。(NUMO)
- 技術的に問題ないことは理解しているが、例えば「オーバーパックの厚さを薄くしても安全機能は変わらないが、薄くすることで作業時の効率性と安全性が向上するなどのメリットがあるので、総合的に判断すれば安全性の向上と合理化につながる」などと言った方が受け入れられやすい。この手の議論をしていると技術的には問題なくとも一定のハードルがある。(TAC)
 - ⇒ 現在は厚みの観点からしか議論していないが、将来具体的な設計をするという点では、ご指摘の通り総合的な観点から判断する必要がある。(NUMO)
- 以前 TAC で、TRU 等廃棄物処分の処分坑道について Gr4H は低発熱性の廃棄物と混合することで発熱量を抑え、定置率を上げられないか議論しなかったか。(TAC)
 - ⇒ 廃棄物の混合については検討していないが、以前 TAC で Gr4H の廃棄体の定置数が処分坑道断面に対して少なすぎて坑道断面が非効率であると指摘された。そこで、高温環境下で打設される充填材の安全機能を期待しないこととし、その代わりに緩衝材を追加して安全機能を期待することで制限温度を 80 度から 100 度に変更して定置効率の見直しを図った結果を報告書には記載している。(NUMO)

(5) 閉鎖前の安全性の評価

- 廃棄体が搬送中に落下した場合、回収する技術開発はしているのか。(TAC)

- ⇒ 異常事象対応として廃棄体を遠隔で回収する技術については今後技術開発していくことを考えている。遠隔操作技術は 2011 年の震災以降発展しているため、この技術を地層処分事業に取り込む事を考えている。(NUMO)
- 廃棄体の破損と火災が同時に発生するなど複数のイベントが同時に発生するシナリオは検討しているのか。(TAC)
 - ⇒ 今回のシナリオは全て単一でイベントが発生した場合の影響評価を行っている。複数のイベントが同時に発生するシナリオについては、複数のシナリオの設定の考え方を検討する必要があるため、今後検討していく。(NUMO)
- 第 2 次取りまとめでは操業安全性の検討は行われていたのか。(TAC)
 - ⇒ 第 2 次取りまとめでは操業安全について触れていないわけではないが、シナリオを作成し、評価するという取り組みは今回が初めてである。(NUMO)
- 破局噴火のような災害への対応策は検討しているのか。(TAC)
 - ⇒ 具体的なサイトの情報がない現時点において、火山灰や火砕流などの影響を評価することは困難であるとする。このようなイベントは他にもあり、具体的なサイト条件が必要な事象については、今回は対象としていない。(NUMO)
- 噴火後の火山灰によって道路が塞がることで施設に近寄れなくなり、廃棄体を放置するなど、現実的に起こり得るシナリオを検討すべきではないか。(TAC)
- 破局噴火までいかなくとも、火山灰が 1cm 積もると電源喪失が起るとされているため、噴火の影響評価をしておくべきと考える。(TAC)
 - ⇒ 今回の報告書ではサイトの条件に依らない検討項目を対象としているため、サイト特有の検討項目については、サイトの選定段階で必要となれば影響評価を行う。(NUMO)

(6) 今後の進め方

- レビューの依頼にあたっては、レビューの対象箇所とレビューの観点を明確にすべきである。これらについて NUMO 内で十分に議論して準備し、レビューを依頼すべきである。(TAC)
- 包括的技術報告書の地質学に関する部分が原子力学会で適切にレビューされるために、委員の選定が重要である。(TAC)
 - ⇒ 原子力学会のレビューは、原子力学会がレビュー依頼を受けて、各分野の専門家をレビュー委員として召集して実施する。(NUMO)
 - ⇒ 各分野に対する委員の選定がバランスよく行われるように原子力学会に要望した方が良い。(TAC)
- 国際レビューはいつ頃の見込みか。(TAC)
 - ⇒ レビューの時期について見通すことが難しい。スケジュールについては、まず原子力学会によるレビューを開始することを目指していくべきと考えている。(NUMO)

以上