

技術アドバイザー委員会 議事録

日 時：2018年4月17日（火）13：30～16：30

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））佐々木委員長，桐島委員，斉藤委員，佐藤委員（4名，委員以下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

2018年3月5-7日に開催された技術アドバイザー委員会（国内外合同TAC）における主要なコメントについて報告し、包括的技術報告書の第7章「わが国における地層処分の技術的信頼性」に記載予定のメッセージ及び技術的な論拠は適切かを議論した。主な議論は以下のとおり。

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

- 閉鎖後約10万年以降の線量評価については、地質的な安定性に関する不確実性が閉鎖後約10万年までと異なることに配慮し、図中の閉鎖後約10万年以降に影響を及ぼすなどの表現上の工夫をしてはどうかとの提案が国内外合同TACにおいて出されたが、どのような対応方針か。(TAC)
⇒10万年で明確に確実／不確実が区別されるわけではないことを考慮した図示方法について内部で議論中である。10万年程度の地質の安定性に対する専門家間のコンセンサスに則って表現することを考えている。(NUMO)
- 変動シナリオについて起こり得るシナリオを完全に網羅することは難しいと思われるが、変動シナリオの位置づけは目安線量とも関係するため重要である。(TAC)
⇒変動シナリオの考え方については今後さらに検討する。(NUMO)

(2) 包括的技術報告書 第7章「わが国における地層処分の技術的信頼性」の構造

- 7章は、報告書として伝えたいメッセージが伝わってくると評価している。(TAC)
- 何をもちいて安全性を示すのかについて、NUMOが自主的に定めたのは良い取組みである。ただし、今後とも10マイクロシーベルト/年という厳しい自主基準を示していくのか、の点を伺いたい。(TAC)
⇒10マイクロシーベルト/年という目標を満足するように設計等に取り組むという姿勢は変わらない。なお、国際的に勧告されている安全性の基準は300マイクロシーベルト/年であり、10マイクロシーベルト/年を超えてもただちに危険というわけではないが、10マイクロシーベルトを自主的な基準として提示する以上は、この基準を満足する取組みを進めていく。(NUMO)
- 包括的技術報告書には第2次取りまとめと第2次TRUレポートからの進展が分かりやす

く記載されていると考える。報告書で記載している課題はどういった性質のものか。

(TAC)

⇒現時点の技術成果をもってすると地層処分の実現を妨げる課題は無いと考えている。

記載している課題は、地層処分の信頼性をより高める上で重要となる性質のものと考えている。(NUMO)

- NUMO は技術開発の進展度合いを把握しているということを分かりやすく報告書に記載しておく必要がある。(TAC)

⇒検討する。(NUMO)

- 変動シナリオについて、線量結果の低いことをもって、目安線量の基準を ICRP 勧告で示される 300 マイクロシーベルト/年の線量拘束値よりも低くしてはどうかとの議論が生じる可能性はある。(TAC)

⇒中深度処分の規制基準において、100 マイクロシーベルト/年という線量基準の議論がなされていることを考慮すると、目安線量の基準を見直すべきとの議論が生じる可能性はある。(NUMO)

- 変動シナリオについては、シナリオの蓋然性と線量基準とを合わせて説明する必要がある。変動シナリオの不確実性はパラメータの不確実性も考慮しているのか。(TAC)

⇒考慮している。(NUMO)

- モデルやデータセットなどについて、外部の専門家が技術的な妥当性を確認するというのは一般的に難しい。最終的に判断するのは NUMO であるため、そのような表現が適切ではないか。(TAC)

⇒技術的な妥当性を確認する対象をあらためて検討して表現を見直す。また、確認の主体は NUMO であることが明確となるように表現を検討する。(NUMO)

- モデルやデータセットに対する妥当性確認の取り組みは付属書において説明しているか。(TAC)

⇒付属書にて、実測値や理論解との比較による妥当性の確認を行ったことを説明している。(NUMO)

- 「火成岩類、変成岩類については、その特性が同じ結晶質岩である深成岩類と類似する」との説明について、変成岩は多様であるが「類似」とはどのような考え方に基づくのか。

(TAC)

⇒地下水流動や物質移行の観点および建設可能性などの観点から重要となる地質環境の特徴を比較した結果、変成岩の特性が花崗岩と概ね同程度であることから、深成岩類と類似するとして扱うこととした。考え方の詳細は3章の本編および付属書にて説明している。(NUMO)

- 「規制基準が満たされることをもって安全確保が可能であることを確認する」との説明について、安全な処分場を事業者である NUMO が責任を持って取り組む表現が必要である。(TAC)

- 閉鎖後 100 万年後の線量評価について不確実性が大きいとしている一方で、閉鎖後 100 万年後の放射能インベントリは約 99%がニアフィールドに留まるとの評価がなされている。

不確実性の観点で閉鎖後 100 万年後という時間の取扱いについて記載が必要である。

(TAC)

- 説明にあった「Cigar Lake 8%」とはどのような意味か。(TAC)
⇒品位が 8%である Cigar Lake のウラン鉱石を意味している。(NUMO)
- 「放射能毒性濃度」が「閉鎖後 1 万年程度から自然に存在する岩石程度」との説明の一方で、「閉鎖後 1 万年時点での放射能毒性濃度は人形峠のウラン鉱石と同程度であり、広く自然に存在する花崗岩と同程度の放射能毒性濃度となるのは約 1,000 万年後」と記載している点については説明が必要である。また、読者としては安全性に関心があり、Cigar Lake や人形峠のウラン鉱石の放射能毒性濃度と比較することだけでは説明が足りないのではないか。さらに、廃棄体由来の放射能の約 99%がニアフィールド領域内に残ることを示すのは分かりやすいが、安全性に関する説明を加えるとよい。(TAC)
⇒放射能毒性濃度の説明について、正確には、閉鎖後 1 万年程度で人形峠のウラン鉱石と同程度になるということである。誤解の無いように記載する。(NUMO)
- 線量の目標について諸外国で示されている安全規制で最も厳しい基準を採用したとの説明については、NUMO として安全性の判断基準をどのように考えているかが重要であり、7 章にも明記して、NUMO の主導的な取り組みを示す必要がある。(TAC)
- 地質環境モデルの説明において、「現実的」という言葉は、候補地が決まって以降に使用すべきであり誤解を招く。それまでの段階においては、「第 2 次取りまとめよりも具体的な地質環境モデル」などの表現とすべきではないか。(TAC)
- 安全性を支持するナチュラルアナログを選択して NUMO の解析結果が整合しているとの主張があるが、ナチュラルアナログの環境と処分場の環境は異なることから、ナチュラルアナログの活用方法としては、解析で使用したデータセットやモデルを用いて自然現象を説明できることを示すことによって、データセットやモデルの信頼性を示すという手法を取る必要があるのではないか。(TAC)
⇒ナチュラルアナログの活用方法は二つあると考えており、一つは、処分場の環境と条件の近い事例を選択して長期間にわたる現象を推察すること、もう一つはデータセットやモデルが自然現象を説明できる信頼性を有していると示すことである。包括的技術報告書においては、前者の方法をとっており、ナチュラルアナログの選定にあたっては処分場の環境と条件の近い事例を選択している。そのように配慮して事例を選定していることが分かるよう、説明を丁寧に記載する。なお、後者の方法については、自然現象は非常に複雑であることから、まだ限界があると考えている。(NUMO)
- フィリピンで観測されたベントナイト鉱床に関するナチュラルアナログについては、論文になっているので、論文を引用先とすべきである。(TAC)

(3) 処分場閉鎖後長期の安全確保に関する主張点－シナリオの構築－

(4) 処分場閉鎖後長期の安全確保に関する主張点－線量評価のモデル・データ・解析－

※ (3), (4) については、合わせて質疑応答を行った。

- 地下水組成の炭素濃度が示されているが、炭酸の量はどうか設定しているのか。(TAC)

⇒モデル地下水の炭素濃度は溶存無機炭素濃度として設定している。40 mmol/l の炭酸濃度を設定した地下水（新第三紀堆積岩類高 Cl⁻濃度地下水）の場合、溶存化学種のうち炭酸の濃度は 20mmol/l 程度である。(NUMO)

- 熱力学計算では 40mmol/l も溶存しないと思われるが、どう設定しているのか。(TAC)
 - ⇒カルサイト平衡として設定している。大気圧下の計算ではこの濃度で溶存できないが、地下では二酸化炭素分圧が高いため、この濃度でも溶存する。(NUMO)
 - ⇒地下の分圧のデータがあるのか。(TAC)
 - ⇒地下水設定に用いた水質データについて、溶存ガスのデータも取得されているものがある。データが限られるため、直接計算に用いているわけではないが、モデル地下水の炭酸分圧とデータに基づいて想定される炭酸分圧に大きな差がないことを確認した。(NUMO)
- Na 型ベントナイト中の Na と地下水中の Ca とのイオン交換反応について、Na と Ca の比が一定のインプットが系の外側からなされているという理解でよいか。(TAC)
 - ⇒その通りである。(NUMO)
- 月布ベントナイト鉱床ではカルサイトノジュールが Na 型ベントナイト中に存在している。すなわち、天然環境ではカルサイトが析出するだけの量の Ca が存在しているながらも Na 型のまま維持されている。解析結果は Ca 型化する量が多い結果となっているが、こうした事実も考慮しておく必要がある。(TAC)
 - ⇒解析ではカルサイトの沈殿反応を考慮していないなど、実際の系をすべて反映できているわけではない。ただ、これまでの解析では Ca 型化の可能性をそもそも考慮していない設定となっており、状態変遷を考慮できる設定を導入する必要があると考えてこのような設定を行った。(NUMO)
- 緩衝材と間隙水の反応を考慮しており、要素毎に考えずにシステムとして考えている点が良い。要素単体で考えると不確実性が大きいものの、システムとして考えると様々な緩衝作用が働き、設定するパラメータの不確実性が小さくなる場合もあるのではないかと。例えば、オーバーパックの腐食についても緩衝材の緩衝性能により考慮すべき pH の変動幅が小さくなり、腐食速度の不確実性が軽減されるはずである。(TAC)
 - ⇒反応輸送解析により、定量的な状態設定を踏まえて、状態変遷を考慮したパラメータの設定を行うということが理想的であり、今後の技術開発はそちらの方向に進んでいく。ただし、正確に評価するためには、全てのパラメータの値を入れなければならないが、未だ取得されていないデータもある。そのような中で、反応輸送解析をどのように使用するのが課題である。なお、今回は単純なイオン交換反応のみと考慮した Ca 型化を用いて緩衝材の時間変化の程度を理解することとした。(NUMO)
- 処分場の性能とその不確実性は処分システム全体を考えながら取り組んでほしい。変動シナリオの一覧からは要素単位で不確実性を捉えているように見える。(TAC)
 - ⇒包括的技術報告書では、システムの状態変遷を念頭に考慮すべき FEP を抽出しており、処分システム全体を考えながらシナリオの構築を検討している。(NUMO)

⇒サイトが決まれば、様々な境界条件の下、システム全体を評価することが可能になると考えられる。また、要素では精緻化されているにも関わらず、システムとして評価するとき、それを反映しないことはバランスが悪いが、精緻化した要素を反映することにより、全体として設計がオーバースペックになってしまう懸念がある。

(NUMO)

⇒処分システムを全体として捉えるのは NUMO がやるべきことであるので、引き続き検討を実施してほしい。(TAC)

- ベントナイトの間隙水の計算については、不飽和の状態を考慮して設定しているのか。

(TAC)

⇒考慮しておらず、緩衝材が飽和した時点を 0 年とした解析を実施した。(NUMO)

- ベントナイト間隙水設定について、間隙水の変動を評価に取り入れようとする試みは先進的であり評価する。ただし、こうした設定と他の状態設定との整合性には注意する必要がある。(TAC)

- U-233 に関する議論が散在しているように見受けられるので、初めて U-233 の記載が出たところでまとめて説明する必要がある。(TAC)

⇒拝承。Pb-210 についても同様であり修正する。(NUMO)

- 間隙水のパラメータの変動幅を基本ケースで解析することは困難か。(TAC)

⇒確からしい状態設定の基本ケースにおいてはパラメータ設定には 2 種類の方法がある。一つは基本ケースであるものの、安全性の観点から、保守的な設定をする場合。もう一つは、変動幅の中で確からしい設定をすること。今回は、変動幅の中で確からしい状態設定が困難であったため、前者を採用した。(NUMO)

- 設定としては変動幅をそのまま考慮し、最終的に解析結果として示す値は保守的に最大値として代表させたという説明の方が良いのではないか。(TAC)

⇒検討する。(NUMO)

- 被ばく線量結果の第 2 次取りまとめとの違いについては、読者から細部まで質問があると考えられるため、回答を整理しておくことが重要である。(TAC)

- 酸化還元電位 Eh やイオン強度が変化しているのはどのような反応によるのか。(TAC)

⇒緩衝材中のパイライトの反応によって Eh が定められており、pH の変化に応じて平衡が移動し、Eh が変化している。イオン強度については、緩衝材中の可溶性塩の溶解反応によって変化する。今回の計算では、1 ステップ目ですべての塩が瞬時に溶解すると設定しているため、比較的大きなイオン強度となる。(NUMO)

- 科学的特性マップにおける炭酸濃度の除外要件 0.5mol/l と整合を取るようにデータを選別していると読者が誤解しないように報告書の記載方法を工夫する必要がある。(TAC)

⇒包括的技術報告書において設定した炭酸塩化学種濃度が高い地下水と科学的特性マップとの関係を報告書に記載する。(NUMO)

(5) 今後の進め方

- ドラフトの最終確認の依頼にあたっては、どの部分を誰に確認してほしいかを明確にして

ほしい。また、ドラフトからの変更点が一目で分かるようにしていただきたい。(TAC)

- 原子力学会レビューと並行して、公開説明会は行うのか。(TAC)
⇒一般の方への説明会の開催を検討したいと考えている。一方、専門家に対しては、これまで学会発表等で情報発信しているため、現時点では説明会を開催することは考えていない。(NUMO)
- パブリックコメントについては募集するのか。(TAC)
⇒正式に募集することは予定していないが、公表に伴い、お問い合わせをいただくこととなると想定しており、対応していきたい。(NUMO)
- 包括的技術報告書を幅広い読者に紹介することを目指した「導入編」の編集にあたっては、一般向け冊子作成の専門家の協力も得た方がよいと思う。一般向けということで、導入編の冊子は色々なところで使われると想定されるほか、対象読者も幅広いため、専門家のノウハウも取り入れて工夫することが必要であると思う。(TAC)
⇒検討する。(NUMO)

日 時：2018年5月22日（火）10：00～12：15

場 所：JAEA エントリー 会議室

出席者：

（技術アドバイザー委員会（TAC））本田委員

（原子力発電環境整備機構）藤山 GM ほか

（日本原子力研究開発機構）7名

議 題：包括的技術報告書について

2018年3月5-7日に開催された技術アドバイザー委員会（国内外合同 TAC）における主要なコメントについて報告し、包括的技術報告書の第7章「わが国における地層処分の技術的信頼性」に記載予定のメッセージ及び技術的な論拠は適切かを議論した。主な議論内容は以下のとおり。

議論内容：

(1) 国内外合同 TAC における主要なコメント、及び包括的技術報告書 第7章について

- 工学技術と性能評価技術の書き分けの点で、設計したものの性能が長期間に発揮されるかどうかという位置づけで第6章が記載されているか。(TAC)
⇒現状では第4章にオーバーパックの沈下の解析など、個々の要素に関して性能が長期に達成できるかといった評価を記載し、処分システムの安全性については第6章に記載している。また、第4章で所要の安全機能を満たす設計を行い、その安全性を第6章で評価するという基本的な考え方は第2章に記載している。安全評価の結果を踏まえて設計を見直すというやり取りが必要となるが、今の報告書の構成では表現しきれないところがある。(NUMO)

- 3種類の地質環境モデルと各2種類の地下水を設定することで多様な地質環境といえるか。(TAC)
 - ⇒日本においてありうる、特徴が異なる地質環境を設定した結果である。国内の最大値や最小値を設定しているということではないが、わが国の特徴が異なる地質環境に対して安全な地層処分が実現可能であることはいえんと考えている。(NUMO)
 - 全ての不確実性を変動シナリオにおいて考慮しているかのように読めるが、基本シナリオにも不確実性の観点から保守的にパラメータなどを設定せざるを得ない場合もある。変動シナリオで考慮する不確実性と基本シナリオで考慮する不確実性をどのように区別しているかについて記載する必要がある。(TAC)
 - ⇒記載を検討する。(NUMO)
- (2) 処分場閉鎖後長期の安全確保に関する主張点ーシナリオの構築ー
- 変動シナリオの重畳については確率が低いことから考慮しないということだとすると、定量的な確率を示す必要が生じるのではないか。(TAC)
 - ⇒変動シナリオの重畳を考慮しない理由は明確に記載する必要があるが、確率が低いことに関しては定性的な記載に留まると考えている。(NUMO)
 - 各国のセーフティケースでも重畳を考慮していないといった国際的な動向を記述しておくことも必要と考えられる。ただし、今後の知見に応じて重畳を考慮する可能性があるということも記述しておくことが望ましい。(TAC)
 - 個別の現象の影響がわかるように、あえてシナリオの重畳がないようにシナリオを構築することの方がよいとも考えられる。(TAC)
 - シナリオとケースの言葉の使い分けについて、変動ケース一覧ではシナリオとの違いが明確ではないのではないか。(TAC)
 - ⇒報告書の本編では変動シナリオを記述したうえで、解析ケースをどのように設定したかを記述している。(NUMO)
 - 基本シナリオをそのように設定した論拠が記載される必要があるのではないか。(TAC)
 - ⇒安全機能の基本シナリオと変動シナリオにおける設定を分析するシステムの理解や影響分析においてはエビデンスをつけ、それを集約したシナリオの記述ではリファレンスをつけていない構成にしている。(NUMO)
 - シナリオの記述についても、影響分析をクロスリファレンスするなどして、エビデンスまで辿れるようにしておく必要がある。(TAC)
- (3) 処分場閉鎖後長期の安全確保に関する主張点ー線量評価のモデル・データ・解析ー
- 緩衝材の核種移行パラメータの設定について、Ca型化の可能性がある地下水の場合、緩衝材は初期からCa型として取り扱っているということによいか。(TAC)
 - ⇒Ca型とNa型のいずれかとは決められないと扱っている。Ca型化の可能性がある地下水については、Na型とCa型の両方の収着分配係数Kdおよび実効拡散係数Deを設定し、比較して保守的な値を採用している。(NUMO)

- パラメータの変動については、全ての元素についてヒストグラムを作成して設定しているのか。(TAC)

⇒変動幅の設定方法は全元素で共通の方法である。ただし、ヒストグラムが作成できるほどデータが多くない元素もあるので、ヒストグラムを示す元素は限られる。(NUMO)
- 核種移行パラメータの変動の影響がないような結果になっていると考えてよいか。(TAC)

⇒支配核種が収着による移行遅延を期待できない陰イオンとなっているため、結果は妥当であると考えている。(NUMO)
- 間隙水の変動幅は具体的にどのように取り扱っているのか。(TAC)

⇒間隙水の変動を分析し、今回の間隙水の変動が核種移行パラメータへ与える影響として pH の影響が大きいことがわかったので、pH を 0.2 ずつ変化させて抽出し、抽出した地下水それぞれに核種移行パラメータを設定する方法とした。(NUMO)
- 酸化還元電位やイオン強度はその pH に応じて一意に決めているということか。(TAC)

⇒そのとおりである。(NUMO)
- 変動シナリオの結果を見ると、岩盤の割れ目の分布の不確実性のみが基本シナリオに対して有意な影響を与えるということになっているが、割れ目の分布の影響が大きいという結論であれば、その不確実性を慎重に評価する必要がある。(TAC)
- 支配核種が陰イオンであるため核種移行パラメータの変動が結果に影響を与えず、結果として、割れ目の分布の変動のみが最大被ばく線量に影響していると理解できるが、そのような説明を丁寧にすべきである。(TAC)
- 核種移行パラメータを保守的に設定しているなかで、平均値を使って作成した割れ目の分布を基本シナリオに用いることの設定に異論はないが、結果の示し方には注意が必要と思われる。(TAC)

⇒本日の説明は、地下水の変更に応じて変更した箇所を中心として、核種移行パラメータを重点的に議論した内容となっている。報告書では割れ目との記載のバランスを考慮しており、核種移行パラメータ設定の詳細は付属書に記載している。(NUMO)
- 核種移行解析モデルの説明で、母岩はマトリクス拡散と収着現象を考慮するとのことであるが、分散は考慮していないのか。(TAC)

⇒三次元粒子追跡解析においては、粒子ごとの移行を考えていることから、分散は考慮していない。一方、一次元マルチチャンネルモデルにおいては分散を考慮している。(NUMO)
- 高レベル放射性廃棄物処分場の間隙水設定について、腐食生成物との平衡反応だけでなく、金属鉄の腐食反応を考慮する必要があるのではないか。(TAC)

⇒様々な構成要素や諸現象を統合した反応輸送解析が必要となるが、全てのパラメータについて同じ精度を持って入力することは難しいため、反応輸送解析の適用限界の検討も必要と考えている。(NUMO)

- 試検討でよいので，金属鉄の腐食反応が間隙水に与える影響を検討しておくことが望ましい。(TAC)
- 核種移行解析の支配方程式を記載しておくことが技術レポートとして必要ではないか。(TAC)
 - ⇒第2次取りまとめにおける記載を引用することで考えているが，記載の充実については検討する。(NUMO)
- 孔食が起こりうる環境で応力腐食割れを考慮しなくてもよい理由は何か。(TAC)
 - ⇒応力腐食割れは材料，環境，引張応力の3要素が必要になるが，包括的技術報告書の設計では引張応力が条件を満たさないと考えている。(NUMO)

以上