

地下水環境の変遷を考慮した
核種移行解析手法の整備に向けた
既存成果の調査

仕様書

1. 件名

地下水環境の変遷を考慮した核種移行解析手法の整備に向けた既存成果の調査

2. 目的及び概要

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構（以下、原子力機構）は、経済産業省資源エネルギー庁委託事業「令和 7 年度高レベル放射性廃棄物等の地層処分技術に関する技術開発事業（沿岸部地質環境調査・処分システム評価統合化技術開発）」を受託している。本受託事業は、我が国における沿岸海底下の地質環境を対象に概要調査段階に必要な地下環境の調査精度の向上に向けた技術開発、既存技術の有効性の確認を通して、沿岸海底下特有の地質環境を加味した施設設計と安全評価技術を含めた処分システム評価技術の統合化に向けた研究開発を行うことにより、地層処分技術の信頼性及び安全性の更なる向上を図るものである。

我が国における沿岸海底下の地質環境を対象とした地層処分事業を進める際に必要な技術開発の一つとして、沿岸海底下に特徴づけられる地質環境の特性やその変遷が処分場の設計や安全評価に与える影響を、処分システムの評価として統合的に実施していくための方法論の整備が挙げられる。本仕様書は、地下水流動や地下水の化学組成などの地下水環境の変遷を考慮した核種移行評価の手法の整備に向けた「(1) 既存技術の調査」ならびに、「(2) 既存技術の適用範囲もしくは適用限界を例示可能な試解析」を実施するものである。

3. 作業実施場所

受注者の確保する実施計画書に示された場所

4. 納期

令和 8 年 1 月 30 日（金）

5. 作業内容

5.1 作業範囲及び項目

- (1) 既存技術の調査
- (2) 既存技術の適用範囲もしくは適用限界を例示可能な試解析
- (3) 報告書の作成
- (4) 打合せの実施

5.2 作業内容及び方法等

(1) 既存技術の調査

地下水環境の変遷を考慮可能な核種移行解析コードを用いた核種移行評価の適用事例について調査する。具体的には、HydroGeoSphereやConnectFlow、PFLOTRANなどの三次元物質移行・地下水流動解析コードを用いて亀裂ネットワーク構造などの水理地質構造を、i) 地下水環境の変遷を含めてより現実的にモデル化解析する手法と、ii) 三次元の

地下水流動解析結果から抽出した核種移行経路に関する情報について、地下水環境の変遷の影響を考慮する方法の違い（定常を仮定した一次元経路：例えばGoldSimを用いた手法、地下水流速の非定常性を考慮した一次元経路：例えばMARFA-SPを用いた手法、地下水流速と流向の非定常性を考慮した一次元経路：例えばMARFA-NRを用いた手法など）を、調査の対象とする。本調査においては、少なくとも、以下の文献を含めることとし、これらに関連する文献も調査対象とすること。

- Walsh, R., Avis, J., Glaciation Scenario: Groundwater and Radionuclide Transport Studies, NWMO TR-2010-09, Nuclear Waste Management Organization, Canada, 2010.
- Selroos, J-O., Cheng, H., Painter, S., Vidstrand, P., Radionuclide transport during glacial cycles: Comparison of two approaches for representing flow transients, Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C, Volume 64, Pages 32-45, 2013.

調査結果は、(2)で実施する試解析などの検討に向けて、a)モデル構築から核種移行解析とその結果の後処理に至る手法とその適用範囲（仮定や設定条件の範囲など）、b)今後必要と考えられる開発課題、などの視点で整理する。その際、既存文献で主として検討対象としている気候変動だけではなく、わが国の沿岸海底下に特徴づけられる地質環境の特性やその変遷の因子となる海水準変動に着目して情報を整理すること。なお、本件で調査の対象とする関連文献の詳細や、調査結果の整理の具体的な方法については、原子力機構と協議の上、その決定に従うこととする。

(2) 既存技術を活用した適用範囲もしくは適用限界を例示可能な試解析

(1)で調査した既存事例を参考に、i)三次元モデルとii)一次元モデルの2種類について、その適用範囲あるいは適用限界の例示として効果的な解析ケースを設定し、解析を実施する。評価対象とする仮想的な地質環境モデルは、資源エネルギー庁が平成27～30年度に実施した事業「高レベル放射性廃棄物等の地層処分に係る技術開発事業 沿岸部処分システム高度化開発」において構築された鉛直二次元断面を対象とした準三次元モデル（例えば、平成 28 年度 地層処分技術調査等事業沿岸部処分システム高度化開発 報告書の「4.3.1 沿岸部の特徴を考慮した核種移行評価手法の整備」を参照）を用いる。

解析は、上記資源エネルギー庁の事業で検討された、下記の地下水環境変化の観点で四つに類型化したパターンから一つ以上を抽出して、i)三次元モデルとii)一次元モデル（定常を仮定した一次元経路、地下水流速の非定常性を考慮した一次元経路、地下水流速と流向の非定常性を考慮した一次元経路などを含む）による核種移行解析を、合計で6ケース以上実施する。

- 海水準変動の影響が大きく、解析初期の海退により地下水環境が一様に塩水環境から淡水環境に変化するパターン
- 海水準変動の影響が大きく、海退・海進の影響により、地下水環境が塩水環境と淡水環境とを複数回繰り返し経るパターン
- 海水準変動の影響が小さく、地層の隆起・侵食の影響により、地下水環境が塩水環

境から次第に淡水環境に変化するパターン

- 海水準変動の影響や地層の隆起・侵食の影響がともに小さく、一定の塩水環境が保たれるパターン

三次元モデルを用いた解析においては、解析結果として核種濃度の空間・時間変化だけではなく、任意の断面における核種移行率の時間変化など一次元モデルと比較可能な値も算出するなど複数の後処理方法を検討する。一次元モデルを対象とした解析においては、地下水環境の変遷を考慮した場合と定常状態の場合の結果を比較する。その際、定常状態を対象とした核種移行解析に用いる地下水の移行距離や移行時間などの移行経路情報、地下水流速などの代表値の設定方法について、設定方法の違いに応じて解析ケースを複数ケース検討する。別表に、ひとつの類型化パターンに対する解析ケース分けの例を示す。類型化パターンの選定、各解析ケースの設定とその具体的な内容については、原子力機構と協議の上、その決定に従うこと。

以上の試解析の結果とその比較により、「より単純化された一次元の核種移行解析コードを保守的な条件において用いた評価と、より複雑な三次元空間を仮定したより現実的な設定だが不確実性が大きい条件における評価の2通り評価方法について、状況に応じた使い分けや相互に足りない部分の補完ができるような複数の核種移行解析手法の組み合わせ」などの評価手法について整理する。

(3) 報告書の作成

項目(1)と(2)の作業結果をとりまとめた報告書を作成する。

(4) 打合せの実施

本作業における打合せは、原則オンライン会議で実施することとする。打合せの内容については、その都度議事録を作成すること。

6. 貸与品

無し。

7. 提出書類

以下に示す通り、提出書類を提出すること。提出書類及び図面は、打合せなどで原子力機構から特段指示が無い限り、原則としてA4判で作成すること。

	項目	提出時期	数量
(1)	実施計画書	初回打合せ後	1 部
(2)	打合せ議事録	打合せ後	2 部（返却用 1 部を含む）
(3)	報告書	納期まで	1 部
(4)	項目 (1)～(3) のデジタルデータ ^{*1}	納期まで	1 式
(5)	委任又は下請負届 ^{*2}	作業開始 2 週間前	1 式（様式指定）

*1：報告書本文及び図表のデジタルファイルを全て提出すること。解析で用いたモデルや入力データ、出力データ及びそれらの使用方法を記したメモも含む。提出するデータの内容及びフォーマット、記録媒体については、事前に原子力機構と協議すること。

*2：必要に応じて提出すること。

（提出場所）

〒319-1194

茨城県那珂郡東海村大字村松4番地33

原子力機構 核燃料サイクル工学研究所 地層処分基盤研究施設 研究棟1階

BE資源・処分システム開発部 処分システム開発グループ

8. 検収条件

「7. 提出書類」の確認並びに、原子力機構が仕様書の定める業務が実施されたと認めた時を以て、業務完了とする。

9. 特記事項

- (1) 受注者は原子力機構が原子力の研究・開発を行う機関であるため、高い技術力及び高い信頼性を社会的にもとめられていることを認識し、原子力機構の規程等を遵守し安全性に配慮し業務を遂行しうる能力を有する者を従事させること。
- (2) 受注者は業務を実施することにより取得した当該業務及び作業に関する各データ、技術情報、成果その他のすべての資料及び情報を原子力機構の施設外に持ち出して発表もしくは公開し、または特定の第三者に対価をうけ、もしくは無償で提供することはできない。ただし、あらかじめ書面により原子力機構の承認を受けた場合はこの限りではない。
- (3) 受注者は異常事態等が発生した場合、原子力機構の指示に従い行動するものとする。また、契約に基づく作業等を起因として異常事態等が発生した場合、受注者がその原因分析や対策検討を行い、主体的に改善するとともに、結果について機構の確認を受けること。
- (4) 提出書類の所有権及び著作権、その他技術情報に関わるものの権利は、原子力機構に帰属するものとする。
- (5) 報告書の作成に際しては、著作権侵害について留意すること。著作権利用許諾等が必要となる場合は、受注者にてこれを行うこと。

(6) 本件の実施に際し、解析や解析結果の整理に関する手法について新たな発明がなされた場合については、知的財産権特約条項のとおりとする。

(7) 本仕様書に記載されている事項、及び本仕様書に記載されていない事項について疑義が生じた場合は、原子力機構と協議の上、その決定に従うこと。なお、協議の内容については、適宜議事録を作成すること。

10. 検査員

(1) 一般検査

原子力機構 財務契約部 管財課長

(2) 技術検査

原子力機構 核燃料サイクル工学研究所

BE 資源・処分システム開発部 処分システム開発グループリーダー

11. グリーン購入法の推進

(1) 本契約において、グリーン購入法（国等による環境物品等の調達の推進等に関する法律）に適用する環境物品（事務用品、OA機器等）が発生する場合は、これを採用するものとする。

(2) 本仕様で定める提出図書（納入印刷物）については、グリーン購入法の基本方針に定める「紙類」の基準を満たしたものであること。

12. 保証

提出書類の検収後1年以内に受注者の責に帰する問題点等が発見された場合は、無償にて速やかに必要な措置を講ずること。

以上

別表 類型化パターンごとの核種移行解析ケースの設定例

次元	核種移行解析の時間変遷の考慮の有無（定常／非定常）	移行経路情報の代表値の設定方法の違い	分配係数 K_d の変遷の考慮の有無	使用する解析コードの例
二次元 （準三次元）	非定常（リファレンス）	—	塩水時の K_d , 淡水時の K_d , 塩分濃度に応じた K_d の変遷考慮の 3 ケース	Connectflow, HydroGeoSphere, Pflotran
	定常（比較対象）	—	塩水時の K_d , 淡水時の K_d , 塩分濃度に応じた K_d の変遷考慮の 3 ケース	Connectflow, HydroGeoSphere, Pflotran
一次元	定常	1 経路、複数経路、1 経路の確率論などの 3 ケース以上	塩水時の K_d , 淡水時の K_d , 塩分濃度に応じた K_d の変遷考慮の 3 ケース	MARFA-SP, GoldSim
	非定常（地下水流速の非定常性を考慮）	1 経路、複数経路、1 経路の確率論などの 3 ケース以上	塩水時の K_d , 淡水時の K_d , 塩分濃度に応じた K_d の変遷考慮の 3 ケース	MARFA-SP
	非定常（地下水流速と流向の非定常性を考慮）	—	塩水時の K_d , 淡水時の K_d , 塩分濃度に応じた K_d の変遷考慮の 3 ケース	MARFA-NR