

TRU 廃棄物処分におけるガス移行連成挙動評価手法の開発 (その1) ー研究開発の全体概要ー

(公財) 原環センター 正会員 ○古賀 和正, 大和田 仁

1. はじめに

公益財団法人原子力環境整備・資金管理センター（以下「原環センター」）では、TRU 廃棄物処分における安全評価の信頼性向上を目的とした「TRU 廃棄物処理・処分技術高度化開発」事業を推進している。このうち処分施設内での発生が懸念されるガスについて、その移行挙動が施設成立性に及ぼす影響の程度を評価するために必要な「ガス移行連成挙動評価手法」の研究開発を平成 25 年度から実施している。本開発は、「ガス移行評価シナリオの拡充（シナリオ検討）」、「ガス移行連成挙動解析ツールの高度化（解析検討）」、「人工バリアシステムのガス移行連成挙動評価（実験検討によるガス移行現象・メカニズムの理解）」の研究課題から構成されている。本報告では、研究開発全体の概要と平成 27 年度に実施した成果の概要を紹介する。

2. ガス移行連成挙動評価手法の開発計画

ガス移行連成挙動評価手法の開発は、図-1 に示す平成 24 年度までの研究成果を受け、平成 25 年から平成 29 年までの 5 年計画のもとに、開発した手法を用いたガス発生に対する TRU 処分施設（特に人工バリアシステムに着目）成立性の評価体系の構築、実施主体が行う安全評価手法の整備に向けての支援、不確実性分析を含めた現実的な環境下でのガス移行挙動の把握を目標として実施している。主要な研究項目は、ガス移行評価シナリオの拡充、ガス移行連成挙動解析ツールの高度化および人工バリアシステムのガス移行連成挙動の評価であり、これまでの検討で構築してきたガス移行評価体系の流れに沿って、相互の連携をとりつつガスガス影響に対するセーフティケースに集約していくことを基本としている。

事業項目	～平成24年度	平成25年度	平成26年度	平成27年度	平成28年度	平成29年度	平成30年度～
1. 実施計画策定 ／とりまとめ	〈平成25年度までの 「ガス移行挙動評価」 の成果を反映〉	年度の実施計画策定 全体計画の策定	年度の実施計画策定	年度の実施計画策定	年度の実施計画策定	年度の実施計画策定 5年間取りまとめ	目標成果 開発した「ガス 移行連成挙動 評価手法」に よる 施設成立 性の評価 ↓ (技術移転) 安全評価 手法の整備 予備的安全評価 (NUMO)で使用する 「ガス移行連成挙動 モデルと評価手法」
2. ガス移行評価 シナリオの 拡充	ガス移行挙動評価手法 の構築 予備的安全評価に係る 検討 システム試験の提案	・ガス移行挙動評価シナ リオの高度化に係る課題抽 出 ・廃棄物グループ3のシ ナリオ検討	・廃棄物グループ1およ び4のシナリオ検討 ・ガス発生に係る不確 実性の検討	・ガス影響に対する評 価体系の整備 ・整備した評価体系に 基づく技術課題の解決 に向けた検討	・施設全体(EBS+ NBS)のガス移行シ ナリオ構築と重要事象の 抽出 ・核種移行評価(ヨウ素129、炭素14を含む) の信頼性向上に資するガス移行シナリオの検討 と重要シナリオの提示	・ガス移行挙動評価シ ナリオに関するとりま とめ	開発した「ガス 移行連成挙動 評価手法」に よる 施設成立 性の評価 ↓ (技術移転) 安全評価 手法の整備 予備的安全評価 (NUMO)で使用する 「ガス移行連成挙動 モデルと評価手法」
3. ガス移行 連成挙動解析 ツールの 高度化	材料試験の検証による 解析・モデル化および不 確実性の評価に係る検 討 ガス移行データライブラ リの構築	・課題の整理と実施項目 の設定 ・検証および試験の実 施	・施設のガス発生やカ ・材料の変形構成モデル	・条件等のモデル化と検証 (THMおよびTHC連成)モデル化と検証	・ガス移行解析・モデル 化手法の構築に関する知 見の取りまとめ	・ガス移行解析・モデル 化手法の構築に関する知 見の取りまとめ	開発した「ガス 移行連成挙動 評価手法」に よる 施設成立 性の評価 ↓ (技術移転) 安全評価 手法の整備 予備的安全評価 (NUMO)で使用する 「ガス移行連成挙動 モデルと評価手法」
4. 人工バリア システムの ガス移行連成 挙動評価	ベントナイト材料の基本 特性および寸法効果(破 過圧と供試体長の関係) についての検討 4-1.ベントナイト系材 料のガス移行挙動に 係るデータの拡充 4-2.セメント系材料 のガス移行挙動デ ータの取得	・課題の整理と試験条件 の設定 ・ベントナイト砂混合材 料の水分特性取得試 験 ・セメント系バリアのガス 移行挙動の課題の整理 と試験条件の設定 ・予備データの取得	・低圧条件下でのガス 移行特性把握試験 ・膨潤変形特性 取得試験 ・ガス移行試験の複合シ ステム化に係る予備検討	・ガス発生条件(ガス圧) を考慮した界面のガス 移行特性把握試験 ・圧密変形特性 取得試験 ・ガス移行試験の複合シ ステム化に係る詳細検討	・圧密変形特性 取得試験 ・せん断強度特性 取得試験 ・ガス移行試験の複合シ ステム化に係る詳細検討	・ベントナイト系材料の ガス移行特性のとりま とめ ・ベントナイト砂混合材 の材料特性のとりま とめ ・ガス移行試験の複合シ ステム化に係る取りま とめ	(不確定な要素) ・廃棄物・ベント ・処分環境 Safety Caseとしての 説明性向上のため に必要な検討 現実的な処分 環境下でのガス 発生挙動の評価 ・ガス発生挙動の 解明とモデル化/ 移行モデルとの 連成挙動評価
研究の評価			中間評価(到達点および 課題の確認、 全体計画の見直し)			総合評価 成果の取りまとめ 新たな課題の確認	

図-1 ガス移行連成挙動評価手法開発計画

ガス発生の影響に係わる研究は、FORGE など国際プロジェクト 1) としても実施され、共通した課題 (①異方性のあるミクロ的な現象をマクロモデルで扱うこと, ②ガス破過など過渡的な現象によるバリアの健全性評価と核種移行評価との連成現象の扱い, ③小規模の試験による現象理解を実規模スケールに展開すること) が提言されており、これらの共通課題についての解決策を追求することも本研究開発の目標としている。

キーワード: TRU 廃棄物処分, ガス移行, 連成挙動, 評価シナリオ, 評価体系, セーフティケース

連絡先: 〒104-0052 東京都中央区月島 1 丁目 15 番 7 号パシフィックマークス月島 8 階 TEL.03-3534-4543

3. ガス発生影響評価の体系と作業要素

ガス発生の影響の評価体系は、想定される地質環境や処分場概念、人工バリアシステム、廃棄体特性を前提として、①場と現象の時系列的な変遷の理解、②評価シナリオ設定、③評価ケースの設定とモデルの選定、④モデルに対応したパラメータ設定の作業要素から構成される²⁾。

これら一連の作業要素を通じて得られるエビデンスや論拠および関連する不確実性の分析と理解が影響評価結果を含めてセーフティケースとして集約されることになる。特に、①場と現象での理解における不確実性は、②シナリオ設定での統合 FEP 関連図とシナリオ分類に影響を与えるが、②の不確実性は更に③評価ケースでの場合分けと対応するモデル選定に影響を与えるとといったように、評価体系の構成要素含まれる不確実性は、評価の流れの中で下流の要素に伝播してく。

本研究ではこのような不確実性の低減に向けての各研究(シナリオ／解析／実験の各検討)のつながりを重要視している。

4. 研究成果の概要

対象としているのは第2次 TRU レポート³⁾で提示された廃棄物の4つのグループの処分概念であり、図-3には、その中でグループⅡの人工バリアシステムを代表例として示している。ガス移行媒体として着目しているのは、図中赤字で示したセメント系充填材、ベントナイト系緩衝材であり、また、それぞれの界面での挙動も視野に入れている。

平成27年度の研究のうち、「1.ガス移行評価シナリオの構築と根拠の拡充」では、ガス発生が人工バリアの安全機能に与える影響を評価する手順や方法論を体系として整理し、昨年度まで構築してきた評価シナリオの重要要素に含まれる不確実性を分析することで、不確実性を低減するための解決策を検討した。

「2.連成現象メカニズムのモデル化と解析的検討」では、シナリオで想定するガス移行挙動のうち、特に人工バリア内での挙動に関するこれまでの知見や力学との連成挙動となるメカニズムをモデル化し、ガス移行挙動評価試験結果を用いて妥当性を検証した。

「3.ガス移行連成現象のメカニズム解明」では、ベントナイト系材料と界面を対象としたガス挙動に係わる試験を実施し、シナリオ上での現象理解とモデルの検証のための情報を提供している。

相互に連携を取りつつ研究開発を進めることで、現象理解のためのデータの蓄積およびモデル化に向けた支配的なメカニズムの解明が可能となるとともに、それぞれの研究で明らかとなる不確実性やその解決策について、それらの相互関係を吟味することで、ガス発生影響評価に係わるセーフティケース構築に向けての論拠を集約した。

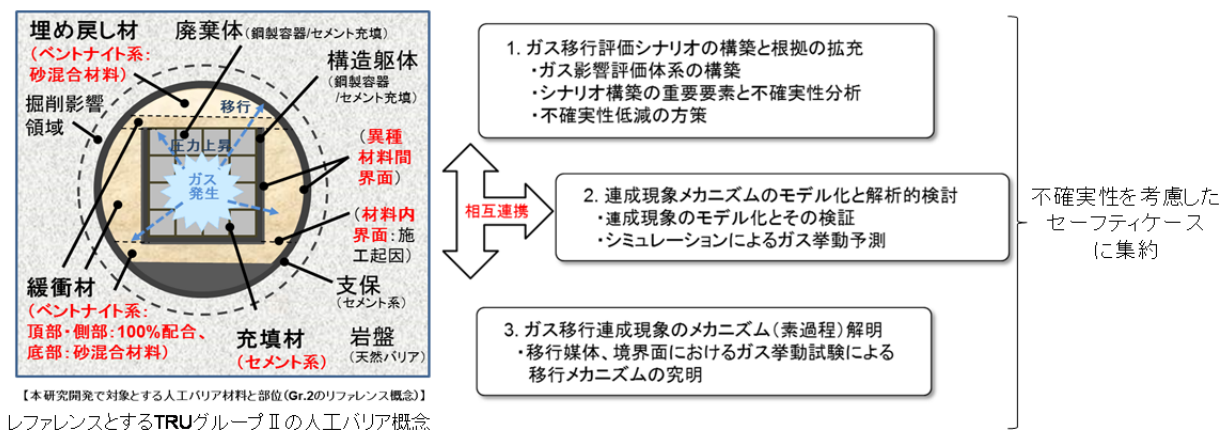


図-3 ガス影響の評価対象と研究項目の連携

5. まとめ

ガス移行連成挙動評価手法の開発として原環センターが進めている5カ年計画の概要と評価体系における作業要素の検討を通じてのセーフティケースへの集約方法、平成27年度に実施した研究概要について紹介した。本報告は、経済産業省資源エネルギー庁からの委託事業である平成27年度地層処分技術調査等事業(TRU 廃棄物処理・処分技術高度化開発)の成果の一部である。

参考文献

- 1) FORGE Project(2013): Gas Generation and Migration, International Symposium and Workshop, Luxembourg.
- 2) 古賀他(2015): TRU 廃棄物処分におけるガス影響シナリオに係る不確実性の検討, 土木学会第70回年次学術講演会.
- 3) 電気事業連合会・核燃料サイクル開発機構(2005): TRU 廃棄物処分技術検討書ー第2次 TRU 廃棄物処分研究開発の取りまとめー.