

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4）
 ーガス移行評価シナリオの拡張に関する検討（ガス影響に係るシナリオの整理）ー

(株)大林組 正会員 志村 友行, 西村 政展
mcm japan フェロー会員 ○河村 秀紀
(公財) 原環センター 正会員 古賀 和正, 大和田 仁

1. はじめに

TRU 廃棄物処分では、廃棄体の多様性等より異なるバリア構成が考慮されている¹⁾。TRU 廃棄物を対象にベントナイトバリアを設置する概念はわが国固有の概念であり、バリアの安全機能の長期維持が処分概念の成立性を左右する。ガス発生がこのような処分概念の成立性に与える影響を評価するために、筆者らはこれまでガス発生に起因する現象に着目したシナリオ設定方法の開発²⁾、ガス影響評価体系の構築³⁾、評価上の不確実性の分析⁴⁾を進めてきた。本検討では、ガス発生とその移行挙動に着目しつつ、人工バリアの安全機能に影響を与える他の要因を含めて様々な角度から分析を行い、ガス影響に係るシナリオを整理した。

2. TRU 廃棄物処分とガス移行挙動に係るシナリオの分類

ガス発生とその移行挙動が放射性核種の人工バリア外への放出にどのような影響を及ぼすかを評価するには、ガス発生を含めた状態変遷の理解に基づく評価シナリオの設定が不可欠となる。ガス挙動は、核種挙動と異なり、場や移行媒体の異方性と不均質性に依存し、局所的にガスの透過性が高くなっている箇所（相対的に密度が低い箇所あるいは圧力が低い空間）を選択的に移動する特性を有する。また、動水勾配が小さい場では、ガス圧の影響を受け放射性核種移行速度の加速も考えられる。

ガス発生の影響を評価するシナリオでは、図-1 に示すように処分環境と場の変遷の中で、核種移行シナリオとの連携を考慮すると、処分概念成立性に与える影響度の観点にて下記に示す3つのシナリオ群に分類することができる。

- ① ガス発生の影響が支配的とならないシナリオ
② ガス発生の影響が否定できないシナリオ
③ ガス発生以外の要因でバリア機能が損傷しガス発生の影響が支配的となる可能性のあるシナリオ

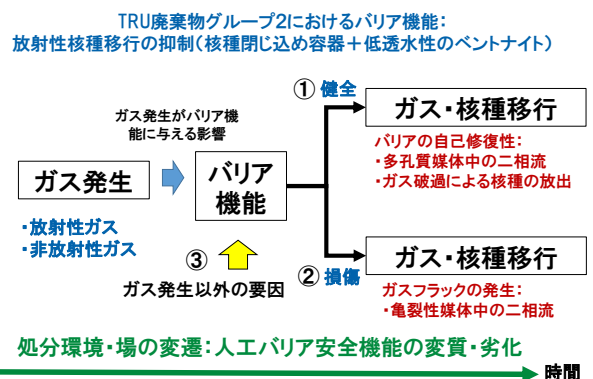


図-1 ガス移行評価のためのシナリオの体系

3. 各シナリオの特徴と不確実性

- ### (1) ガス発生の影響が支配的とならないシナリオ

図-1①に対応：第2次TRUレポートではサブシナリオとしている。

- a. 継続したガス発生（放射線分解，腐食，微生物分解等）により，廃棄体パッケージと充填材中の間隙にガスが蓄圧，間隙水にガスが溶解
⇒二相流として内部充填材の亀裂・空隙部をベントナイト緩衝材の境界面に向かって移行
⇒ベントナイト境界面でガスの蓄圧，ベントナイト中にフィンガー現象で移行
⇒ベントナイト中を二相流で移行，ガス圧の増加による破過（ダイレタンスー）発生
⇒破過によるベントナイトバリア外に核種を溶存した間隙水の放出

- b. 破過によるガス・間隙水の通過経路はベントナイトの自己修復機能により、低透水性の移行媒体に回復し、aのプロセスに戻る（図-2）。

- a と b のプロセスが繰り返し発生するがベントナイトの安全機能が維持される限り、ガス発生の影響で放出される放射性核種の量は少なく、拡散による核種放出が支配的であると推定された²⁾。

【想定される不確実性】

- ・ガスの発生速度と量、バリア材の形状維持と早期変質・劣化、人工バリア周辺環境の異方性

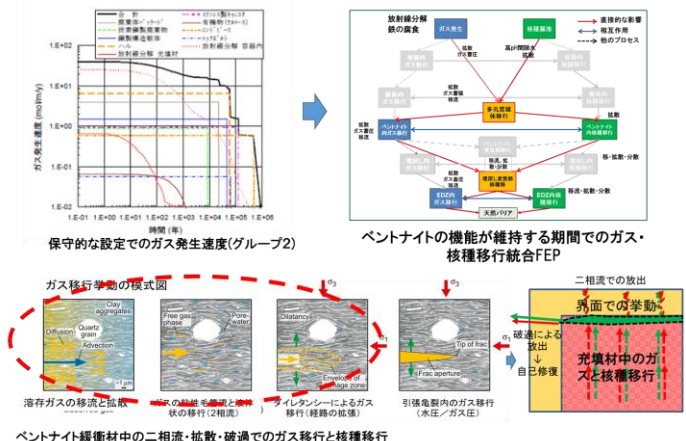


図-2 ガス発生の影響が支配的とならないシナリオ

キーワード 放射性廃棄物処分, TRU, ガス移行, 評価シナリオ, ベントナイト

連絡先 〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 (株)大林組 原子力本部原子力技術部 TEL 03-5769-1309

(2) ガス発生の影響が否定できないシナリオ

図-1②に対応：これまで第2次 TRU レポートを含め安全評価上考慮されていないシナリオ（ベントナイトの自己修復性の喪失は起こらないことを前提）。以下の現象は、(1)の a.b.の現象が繰り返している過程で発生することを想定。

- c. 内部の高 pH 間隙水が二相流や破過でベントナイト中を連続して移動することで、ベントナイトに局所的な変質が起こり、自己修復性を喪失する。ガス圧で「ガスフラック」が発生し、自己修復されない恒久的な移行経路が形成
- d. ガスフラックが残存する移行経路を放射性物質が溶存された間隙水が気液二相流でベントナイト外部に放出（ガスは媒体の間隙が大きな部位を優先的に移動するため）

【想定される不確実性】

- ・ガスの発生速度と量、バリア材の形状維持と早期変質・劣化、自己修復性の喪失、バリア周辺の異方性

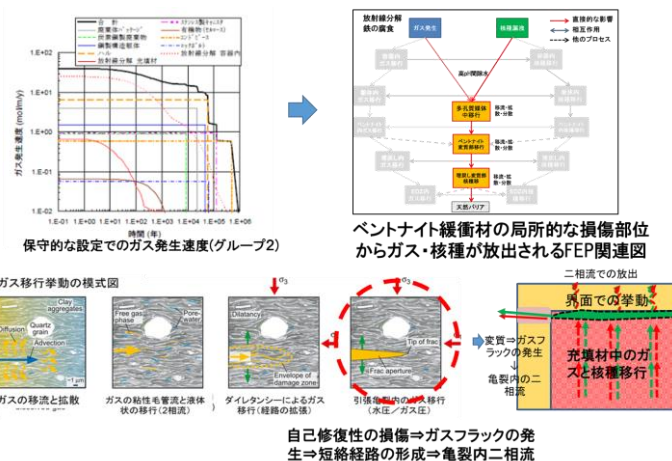


図-3 ガス発生の影響が否定できないシナリオ

(3) ガス発生以外の要因でバリアが機能喪失するシナリオ（第2次 TRU レポートでは考慮されていない）

図-1③に対応：ガス以外の要因で人工バリアが安全機能を喪失し、結果としてガスと放射性核種が人工バリア外に放出される。それぞれのガス移行と核種移行に係るシナリオを模式図とともに図-4 に示す。

- A. 断層変位シナリオ
- B. 熱水・強酸性流体浸入シナリオ
- C. 面内せん断破壊シナリオ
- D. 内部崩壊シナリオ
- E. 外周支保工の劣化シナリオ

これらのシナリオの内、A～C は発生頻度を特定する必要がある。また、D、E は崩壊や劣化の速度に依存するが確実に発生する。

【想定される不確実性】

- ・損傷を与える規模の自然事象の発生頻度
- ・異なる内外力によるバリア材の損傷モードと程度
- ・バリア材の自己修復性の維持期間

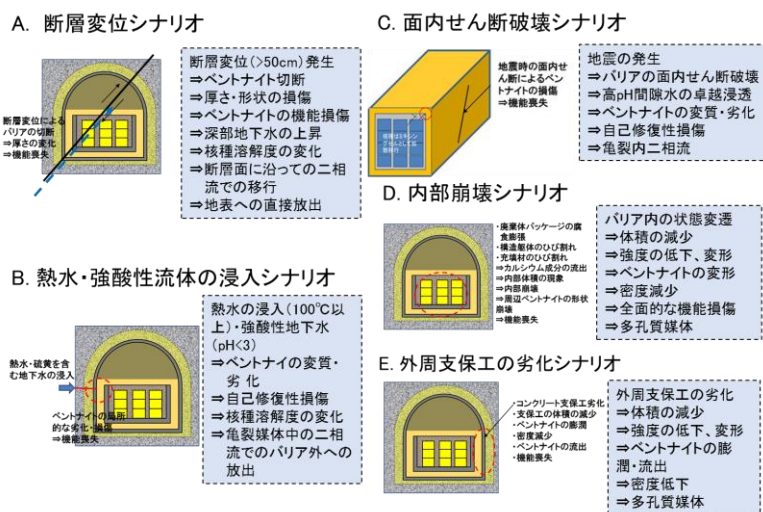


図-4 ガス発生以外の影響を受けるシナリオ

4. TRU 処分概念の成立性評価に向けて

ガス影響を考慮した TRU 廃棄物処分概念の成立性（セーフティケースの構築）評価では、図-5 に示す「シナリオの蓋然性評価」と「影響評価」により、青色のセーフティケースに収斂させることが重要で、その対応策としては以下のアプローチが考えられる。

- ・シナリオの発生確率をサポートするエビデンスの蓄積（不確実性の低減）と専門家の意見集約
- ・試験結果等を反映した現実的なモデルでの評価
- ・人工バリアを含む処分概念の仕様変更および新概念の構築

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 28 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。

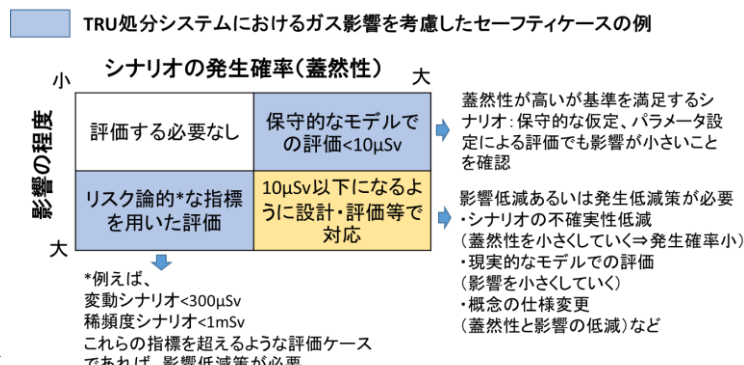


図-5 ガス影響を考慮したセーフティケースの構築

- 1) 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－第2次 TRU レポート
- 2) 並木他(2014)：ガス移行挙動の評価（ガス移行シナリオ設定設定手法の検討），土木学会第 69 回年次学術講演会
- 3) 古賀他(2015)：ガス移行シナリオの拡張に関する検討（ガス影響評価体系の構築），土木学会第 70 回年次学術会議講演会
- 4) 古賀他(2016)：ガス移行シナリオ設定における根拠の拡充（不確実性の抽出と対応），土木学会第 71 回年次学術講演会