

## TRU 廃棄物処分システムにおけるガス移行長期挙動評価解析の 高度化研究 (その1)

(株)地圏環境テクノロジー 正会員 ○田原 康博, 多田 和広, 森 康二  
(株)大林組 正会員 志村 友行, 佐藤 伸, 山本 修一  
(財)原環センター 正会員 朝野 英一, 林 秀郎

### 1. 本研究の概要

人工バリア (EBS) 内のガス移行挙動に関する研究が国内外において広く実施されている。原環センターでは、現在、TRU 廃棄物処分システムを対象とした EBS 内のガス移行に関するモデル化・解析手法の高度化研究を進めている。本研究は、①試験データに基づく信頼性の高いパラメータの取得と適用性検討 (検証研究)、及び②EBS 内の温度変化、ベントナイト材料の膨潤変形、二次鉱物の生成による空隙構造の変化等、ガス移行挙動へ影響を与え得る重要事象の抽出 (スコーピング研究) を柱とするものである。

検証研究では、高密度ベントナイトによる既存のガス透気試験データを対象として、代表的な2つの解析手法によりガス移行挙動把握と同等パラメータの適用性検討を行った。1つは、水・ガス同時流れとダイラタントフローによる流体易動性の上昇を組合せた2相流解析、もう一方は、媒体の応力変形挙動との相互作用を取り込んだ力学連成解析である。本稿では、主に前者に関する検討結果について報告する。後者については続編「その2」を参照されたい。また、スコーピング研究では、廃棄体の発熱による EBS 内部の温度変化がガス移行挙動に与える影響を把握すべく、典型的な TRU 廃棄物処分システムを想定したケーススタディーを行った。

### 2. 既存試験データを用いた再現解析と同等パラメータの適用性検討

Horseman ら (1999)<sup>1)</sup>によって高密度飽和ベントナイト中へのガス透気試験が実施されている。本試験は、多数の供試体による繰り返しガス透気を行っている点に特徴を持ち、ガス透気時の排水がほとんど見られない等の通常の2相流れとは異なる特徴的な挙動が示されたものである。ここでは、実測されたガス注入圧力、ガス排出流量、押し排水量と解析結果との残差から評価される目的関数を作成し、自動逆解析コードを併用することで、実測データを良好に再現するパラメータの同定を試みた。順解析には水・ガス同時流れとダイラタントフローを組合せた2相流解析コードである GETFLOWS を用いた。

図1に再現解析結果と同等された2相流パラメータを示す。逆解析では、ダイラタントフローを考慮しない2相流れのみでは再現困難であったが、これを考慮することで良いマッチングが得られることがわかった。また、これらの同定パラメータを用いることで、同じ材料を用いた異なる条件での試験結果についても良好に再現できることが確認された。得られた2相流パラメータは、排水がほとんど見られない現象を再現するために、一般的な土質材料と比較してエントリー圧、残留飽和度が大きく見積もられた特異な形状を示した。これらと、ベントナイトの飽和試験から同定されるパラメータとを組合せることで、再冠水終了後の完全飽和状態を前提とする従来のガス移行解

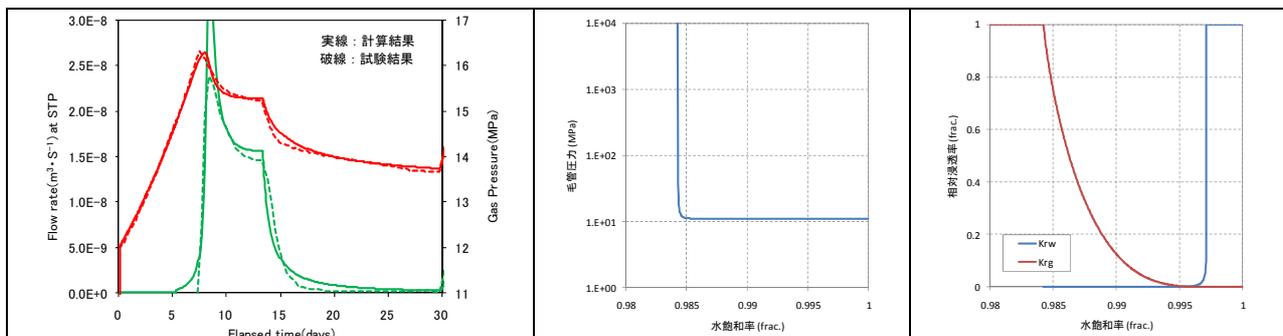


図1 再現解析結果と同等された2相流パラメータ

キーワード TRU 廃棄物, ガス移行評価, 2相流解析, 検証研究, スコーピング研究

連絡先 〒101-0052 東京都千代田区神田小川町 2-1 檜ビル 6F (株)地圏環境テクノロジー TEL 03-5283-5825

析だけでなく、再冠水とガス発生・移行が同時進行するような長期的なガス移行解析が可能になると考えられる。

### 3. TRU 廃棄物処分システムを想定した熱影響把握のためのケーススタディー

第2次 TRU レポート<sup>2)</sup>における廃棄体グループ2の処分システムを対象とし、熱影響把握のためのケーススタディーを実施した。まず始めに、坑道断面系から EBS の一部を切り出した一次元単純系を対象とし、地下深部(処分深度 500m)、高温環境における流体挙動把握のための数値実験を行った。その結果を踏まえ、坑道断面全体の2次元モデルを構築し、施設内間隙圧力と排水量に対して EBS 内部の温度変化が与える影響の把握を行った。なお、解析では、廃棄体の発熱量変化を与え、EBS 中の熱移動及び水蒸気生成・移動を考慮した。

図2に一次元モデルにおける発熱の有無による再冠水挙動の違いを比較した。これより熱を考慮した場合には、しない場合と比較して浸潤フロントが早く進展する結果となった。これは、地下深部での高压条件における再冠水時には、周辺岩盤からの再冠水を阻害し得る水蒸気生成・移動が廃棄体の極近傍に限られ、温度上昇による水の粘性低下に伴い飽和時間が早まることを示したものである。地上の大気圧条件や背圧の小さい実験室条件下では水蒸気の生成と拡散移動によっては飽和時間がむしろ遅くなる状況も考えられる<sup>3)</sup>。図3には2次元坑道断面モデルによる解析結果の一例を示した。ガス発生時の EBS 内部の飽和状態の違いは、圧力及び温度勾配といった条件により影響を受け、さらには、評価指標となる最大間隙圧力と排水量に顕著な影響を与える可能性が示唆された。このような長期にわたる EBS 内部の状態変化を考える場合、発熱と熱移動を考慮した非等温流体としてのガス移行現象を取り扱う必要がある。

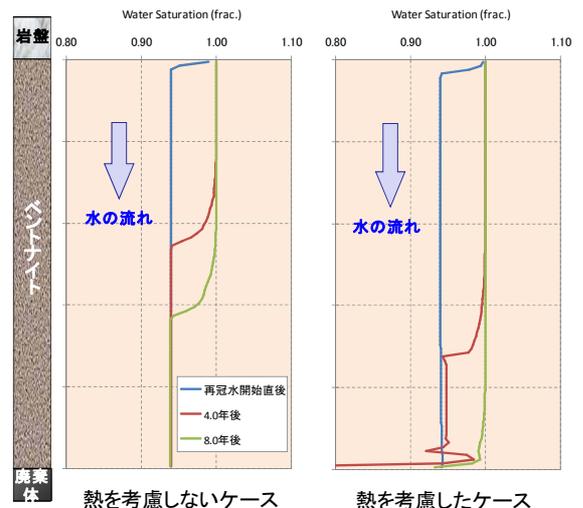


図2 一次元モデルにおける発熱の有無による計算結果の比較(再冠水を想定したケース)

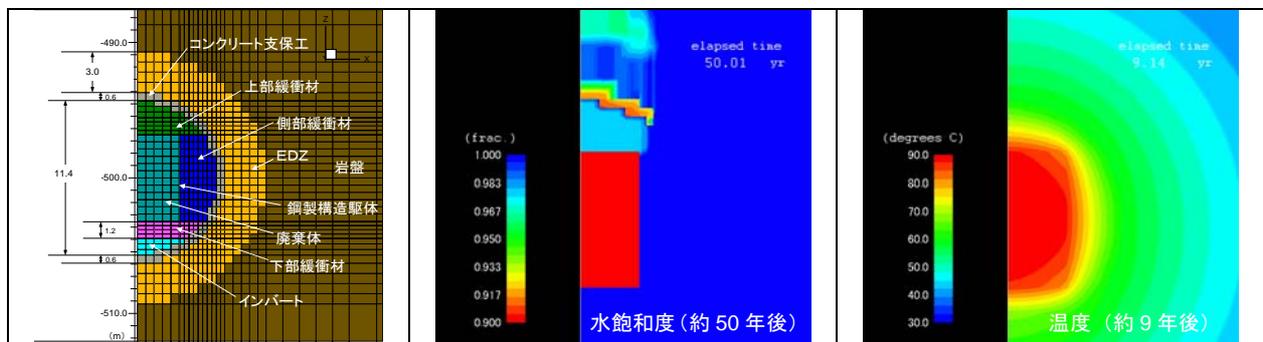


図3 断面二次元モデルによるガス移行解析結果(左から格子モデル, 水飽和度分布, 温度分布)

### 4. 今後の展望

TRU 廃棄物処分システムにおけるガス移行長期挙動評価解析の高度化の一環として、既存の透気試験データによる現行モデル及びパラメータの確証、施設内間隙圧力や排水量へ影響を与え得る重要事象のスコopingについて述べた。今後は、長期的な EBS 状態変化を考慮したモデルパラメータの評価手法を検討するとともに、ガス移行挙動に大きく影響を与える個別事象の抽出をさらに進めていく予定である。さらには、これらの成果を他の解析モデルやコードから容易に利用できるようにしたガス移行データライブラリの整備へつなげていきたい。なお、本報告は経済産業省からの委託による「地層処分技術調査等 人工バリア長期性能評価技術開発」の成果の一部である。

### 参考文献

- 1) Horseman, S. T., et al. (1999): Gas migration in clay barriers, *Engineering Geology*, 54 139-149.
- 2) 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 廃棄物処分研究開発取りまとめ。
- 3) J. W. Park, et al. (2001): Numerical Simulation of Moisture Movement in Unsaturated Bentonite Under a Thermal Gradient, *Journal of Korean Nuclear Society*, volume33, Number1, 62-72, February 2001.