

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2） ーTRU 廃棄物処分施設におけるガス移行モデリングの高度化研究ー

(公財)原環センター 正会員 古賀 和正, 正会員 大和田 仁
(株)地圏環境テクノロジー 正会員 ○田原 康博, 非会員 小西 裕喜
(株)大林組 正会員 佐藤 伸, 正会員 志村 友行

1. はじめに

TRU 廃棄物処分施設の人工バリアシステム（Engineered Barrier System, 以下, EBS）において, 廃棄体等に含まれる鉄の腐食反応や水の放射線分解等によって発生するガスは様々な移行形態をとる. 具体的には, ガス発生速度や EBS 材料物性に応じて, 間隙水中への溶解・拡散や, 飽和溶解度を超えた段階で生じる自由ガスの生成・移行, さらに, ガスの圧力が媒体の全応力を超えた際に発生するフラクチャリング（流路拡幅）を伴う選択的流れ等, 多様な形態となり, それらのモデル化方法についても国内外の研究機関等で検証されてきている. 加えて, EBS 内の温度変化や粘土系材料の膨潤・収縮変形, 二次鉱物の生成による空隙変化等, THMC 連成事象を考慮したモデリングについても高度化されてきている.

原子力環境整備促進・資金管理センター（原環センター）では, TRU 廃棄物処分システムを対象とした EBS 中のガス移行モデリングの高度化研究を進めており, これまでに, ①様々な材料を用いた飽和及びガス注入の室内試験データに基づく流体挙動の解釈とパラメータ同定・蓄積, ②TRU 廃棄物処分システムを詳細にモデル化した実規模スケールのガス移行モデリングを実施してきた. 本報告では, これらのガス移行モデリングの高度化に向けたこれまでの取り組みと現状の課題について取り纏めた.

2. 室内試験データに基づくガス移行の実態解明とパラメータ同定・蓄積

飽和した乾燥密度 1.36Mg/m^3 の 100%クニゲル V1 を用いたガス注入試験系の再現解析を実施した. 流路拡幅を伴う試験データを対象とし, Pathway dilation model¹⁾を組み込んだ 2 相流解析コード GETFLOWS を用いて, 実測データと解析結果の残差二乗和を目的関数とした逆解析によって, 2 相流パラメータ等の同定を行った. これまでに同定された 5 パターンの相対浸透率及び毛細管圧力を図 1 に示す. 次に, 流路拡幅を伴わない低圧入試験系を対象とし, 図 1 に示した 2 相流パラメータを用いて再現解析を実施した所, 試験データは解析結果の幅の中に収まる結果となった²⁾. 加えて, 同一材料による 1mm 幅, 3mm 幅の隙間を設けた供試体によるガス注入試験データを用いて, 同様に逆解析による再現解析を実施した所, これまでに同定されたパラメータの幅の範囲内で良く実測データを再現することができた³⁾. 隙間を設けた場合でもベントナイトの膨潤によって隙間が無い供試体と同等の挙動を示すことが分かった. さらに, 本研究を通じて 2 相流パラメータの不確実性の幅が絞られてきていることを示した.

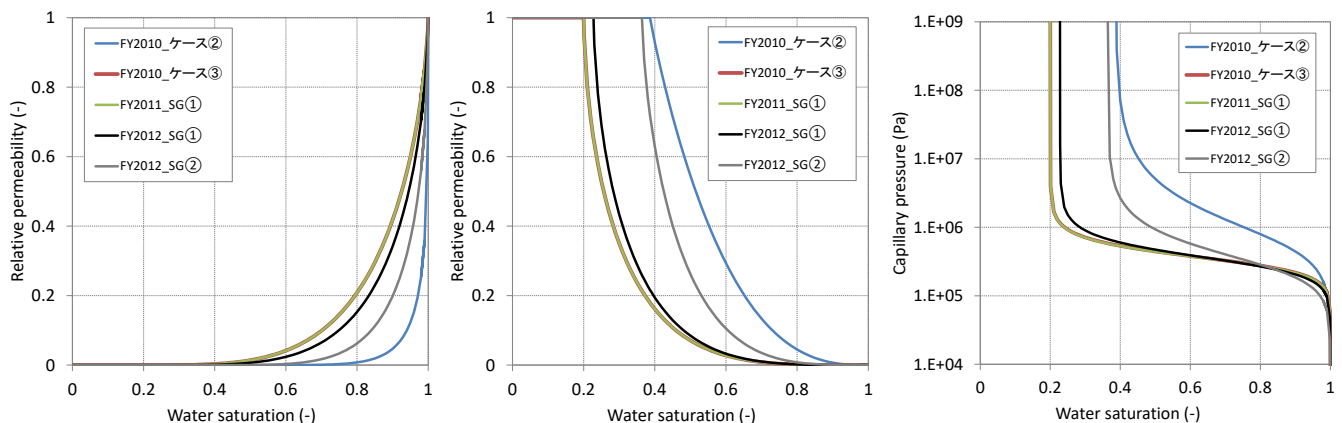


図-1 本研究で蓄積された 2 相流パラメータ（相対浸透率, 毛細管圧力）

キーワード TRU 廃棄物, EBS, ガス移行, GETFLOWS, 逆解析, TOUGHREACT

連絡先 〒101-0052 東京都千代田区神田淡路町 2-1 NCO 神田淡路町 3F (株)地圏環境テクノロジー TEL 03-5297-3811

また、13体の飽和したセメント系材料供試体を用いたガス注入試験データを用いて同様の再現解析を実施した³⁾。セメント系材料については、通常の2相流れによって実測データを良好に再現できることが分かった。

今後は、他材料も含めたパラメータの蓄積の継続や、同定パラメータの実規模や工学規模スケールへの適用性（アップスケーリング）を検証していく必要がある。

3. 実規模スケールのガス移行モデリング

TRU 廃棄物処分概念（廃棄物グループ2）の人工バリアを含むニアフィールドを対象とした鉛直2次元断面モデルを構築し、既往検討や本研究で同定されたパラメータを与えたガス移行解析を実施し、ガス圧や押し出し排水量に着目した評価を行った。第2次 TRU レポートで示されているパラメータと、本検討を通じて同定された最新のパラメータによる解析結果を比較すると、最大ガス圧はやや小さくなり、押し出し排水量は増加する傾向を示した（図-2）。加えて、複数の異なる格子解像度のモデル、ならびに、3次元モデルによる比較解析を行った。格子解像度がある程度異なる場合でも、ガス圧や押し出し排水量は同等の結果を示した³⁾。3次元モデルによる検討では、押し出し排水量が2次元モデルと異なる結果となり、主要なガス移行経路が2次元系で表現されない場合には、計算された押し出し水量の取扱いに注意が必要であることが分かった²⁾。

また、地球化学計算と水・ガス2相流解析及び物質移行解析を組み合わせた解析コード TOUGHREACT を用いて、鉄の腐食反応による水素ガスの発生・移行モデリングを実施した²⁾。水分状態に応じて腐食ガス発生速度は異なってくることから、処分場閉鎖後の周辺岩盤からの再冠水過程を含めた現実的な評価を行っていく場合には、ガス発生モデリングのさらなる高度化が必要である。

4. おわりに

TRU 廃棄物処分システムを対象としたガス移行モデリングの高度化研究を実施し、現段階での到達点と課題を取りまとめた。なお、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25～28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）および29年度 高レベル放射性廃棄物等の地層処分に関する技術開発（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) Y. Tawara, et al., 2014. Extended two-phase flow model with mechanical capability to simulate gas migration in bentonite, Geological Society, London, Special Publications, 400, 545-562.
- 2) 田原康博他, 2015. 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5）—ガス移行挙動解析手法の高度化—, 平成27年度土木学会全国大会 第70回年次学術講演会要旨.
- 3) 公益財団法人 原子力環境整備促進・資金管理センター, 2018. 平成29年度 高レベル放射性廃棄物等の地層処分に関する技術開発事業 TRU 廃棄物処理・処分技術高度化開発 平成25年度～29年度取りまとめ報告書（第6章「ガス移行連成挙動評価手法の開発」）.
- 4) 電気事業連合会他, 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—.

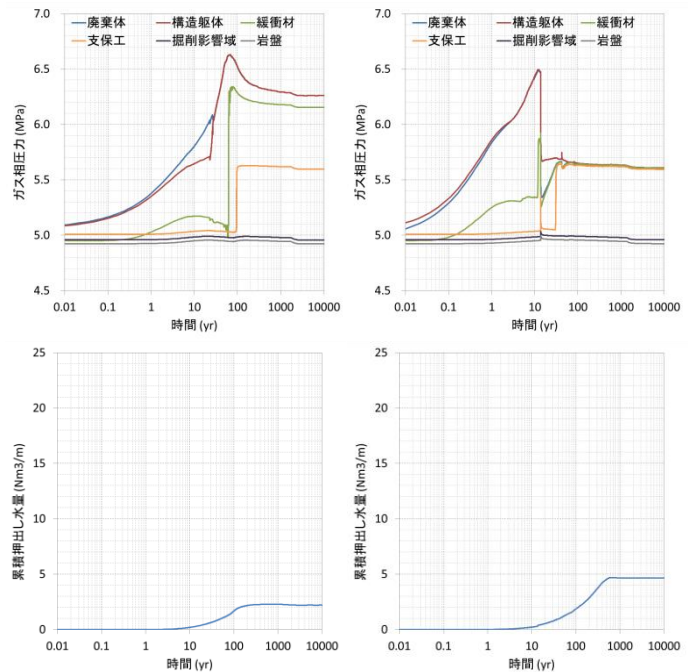


図-2 ガス圧（上段）と押し出し排水量（下段）の比較
（左：第2次 TRU レポート相当，右：同定された最新
パラメータを適用した条件による検討）