

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)
 - 界面を有する緩衝材 (圧縮ベントナイト) 供試体のガス移行試験 (その2) -

(公財) 原環センター 正会員 古賀 和正, 大和田 仁
 (株) 大林組 正会員 ○高橋 真一, 志村 友行, 西村 政展

1. はじめに

放射性廃棄物処分施設では、廃棄物に含まれる金属の還元腐食その他による水素などのガスの発生が想定される。このうち TRU 廃棄物処分施設内で発生する可能性があるガスの移行挙動の評価には、既往研究成果に基づくガス移行現象の理解とともに、想定される人工バリア材料 (ベントナイト, 有効粘土密度 1.36Mg/m³) に対する基礎的なデータの取得・拡充が重要である。

著者らはこれまで、既往研究^{1)~4)}と同様に注入圧を一定速度で昇圧させる試験条件でガス移行試験を行い、既往の検討⁵⁾で構築したガス影響シナリオの「変動シナリオ」で想定するようなベントナイトの破過挙動の把握、寸法効果などの検討⁶⁾を進めてきた。また、「基本シナリオ」で想定するような飽和供試体の膨潤圧以下 (ガスの大破過に至らない条件下) でのガス注入試験によって気液二相流特性データ (ガス有効浸透率等) を取得し、大破過を伴わない二相流挙動が主体となるガス移行特性を評価した⁷⁾。

本報告では、TRU 廃棄物処分施設の人工バリアシステム内において卓越したガス移行経路となることが懸念されるバリア材料間の界面のガス移行特性の把握を目的として、当該界面を模擬した圧縮飽和ベントナイト供試体のガス移行試験を既報 (その1)⁸⁾に引続き行い、初期界面幅を 1mm から 3mm に拡大した場合の影響について検討した。

2. 試験方法

図-1 にカラム試験体の概要を示す。カラム試験体容器は下部載荷板、供試体リング、上部載荷板で構成される。供試体寸法は、φ60mm×h25mm で、水とガスの供給は供試体下部より行った。下部載荷板には供試体の膨潤圧を計測できるように荷重計を設置している。上部載荷板は中央部のφ49mm の位置に仕切りリングを設けて、排水、排気量を供試体中央と外周で分離計測可能とした。

写真-1、表-1 に供試体条件を示す。供試体飽和は比較的長時間を要し、試験データの拡充における制約条件の1つとなることから、本試験では飽和時間の短縮を図るため、初期飽和度 90%に調整した供試体⁹⁾を製作した。供試体の作製方法は中央に厚さ 3mm のスペーサーを設置して供試体高さ方向に 2 層に分けて各層 0.4MN/m²程度の静的圧縮整形 (圧縮速度 1mm/min) で所定密度まで圧縮後、最後にスペーサーを抜き界面を設けた。試験は 2 供試体同時に作製し、室温 25°C の恒温恒湿室内で進めた。

3. 試験結果と考察

図-2 に供試体飽和過程における注水圧と膨潤圧の経時変化を示す。膨潤圧は、供試体底面に設置した荷重計で計測値から注水圧を減じて求めている。飽和に必要な水量を注水した 42 日目に排水側 (排水側ポーラスメ

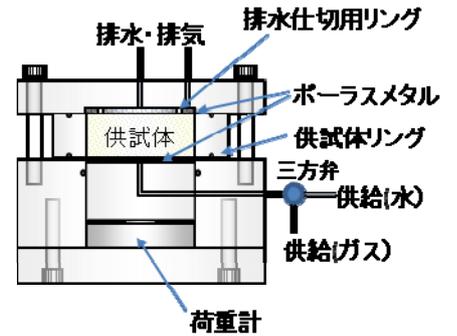


図-1 カラム試験体概要

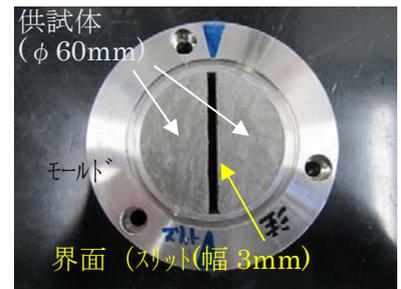


写真-1 試験前の供試体

表-1 供試体条件

項目	仕様
供試体の大きさ	φ 60mm × 高さ 50mm
材料	ベントナイト (クニゲル V1)
密度	乾燥密度 ρ _d = 1.36Mg/m ³
初期含水比	32.4% (飽和度 90%相当)

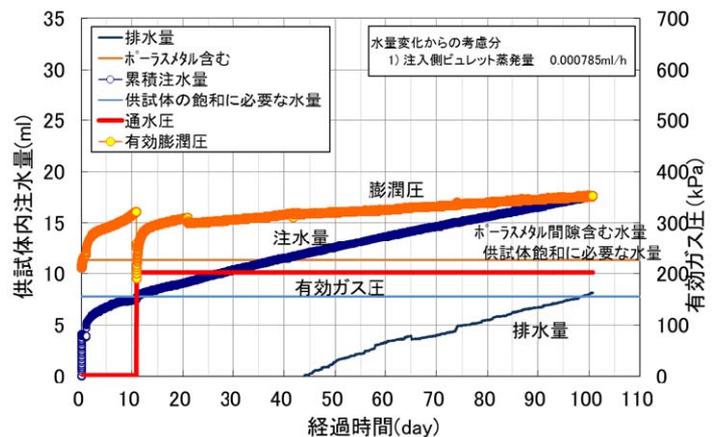


図-2 膨潤圧の経時変化

タル上面)で排水確認し、計算上の注水量で供試体からの排水状況が一致した。また排水確認後は排水側の経路を一旦水で満たして注水量と排水量を計測した結果、各々等しく推移することを確認した。以上の2点より供試体の飽和状況を確認し、100日目に注水を完了した。飽和終了時の膨潤圧は300, 351kN/m²で、既往の結果と同様であった。

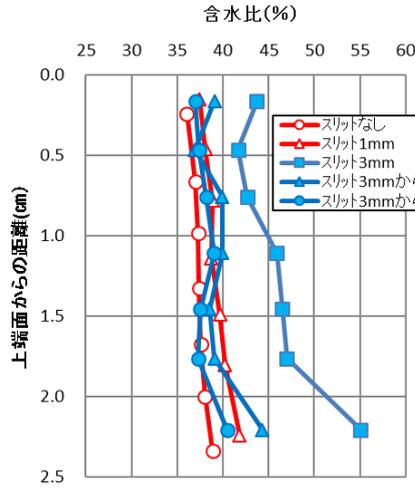


図-3 t3mm注水完了後の含水比

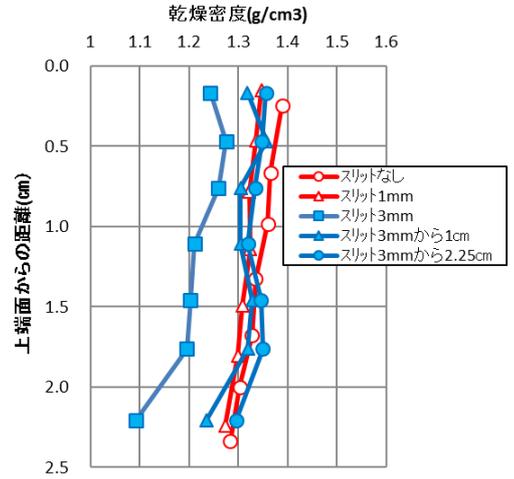


図-4 t3mm注水完了後の乾燥密度分布

図-3は、飽和過程終了

時点(ガス注入開始前)に解体して求めた含水比分布である。供試体上面ほど含水比が小さく、また界面を含む範囲が他の場所に比べて含水比が大きい。

図-4は乾燥密度の分布である。供試体上面ほど乾燥密度は大きくなり、また界面を含む範囲では他の場所に比べて乾燥密度が小さい。

各図中には既往のスリットなし、およびスリット1mmの試験結果も付記した。既往の試験結果と同様に、試体下面から上面に向けた注水圧による供試体の圧密の影響による鉛直分布特性と、界面周辺部は注水飽和直後に膨潤した影響で密度が小さくなり含水比

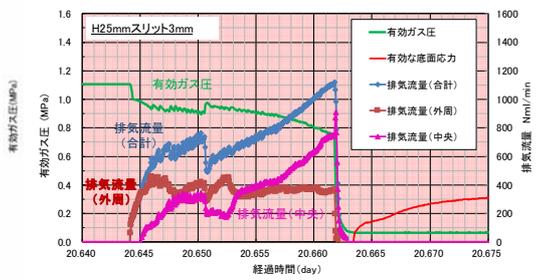
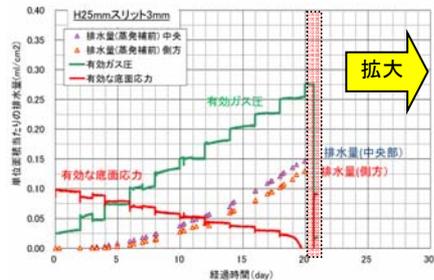


図-5 ガス注入過程の有効ガス圧と排水量の経時変化(左図)、および左図の囲み部を拡大した排出ガス量の経時変化(右図)

が大きくなる傾向の両者の影響が、初期スリット幅1mmに比べより顕著に現れている。これらの結果から厚さ3mmの初期界面(スリット)の影響は比較的近傍に限定されるもののt1mmの結果よりも影響が大きいことがわかった。

図-5は注水飽和完了後に0.1MPa/2日の昇圧速度でガス注入圧を増加したガス注入過程の有効ガス圧、排水量のおよび排出ガス量の経時変化である。ガス注入開始後21日目、有効ガス圧1.1MPaで破過が発生し(図-5の左図)、ガス移行経路は最初に透気が観測された供試体外周部であると想定できた(図-5の右図)。破過圧はスリットがない供試体の破過圧1.52MPa⁰⁾に比べて若干小さい破過圧を示し、界面幅の大きさによっては界面が破過に与える影響が若干現れることが確認できた。

4. まとめと今後の課題

初期界面幅3mmを有する圧縮ベントナイト供試体を対象に注水飽和およびガス注入試験を実施し、既報(界面幅1mmの試験結果)と比較することでガス移行特性の界面幅影響について検討した。その結果、界面の影響は飽和後の含水比分布、乾燥密度分布に影響するが再冠水過程で十分閉塞するものの、界面付近では含水比が周囲に比べると大きくその影響で破過圧も若干小さくなる傾向が認められた。またそのガス移行経路は供試体外周で発生が認められ界面部がガス移行経路にならなかったことが確認できた。今後は界面幅の影響など継続検討の予定である。

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。

参考文献

- 1)Graham,J.,etal(2002): A capilarity-adverctive model for gas break-through in clays, Engineering Geology 64.
- 2) 棚井(2009): 緩衝材中ガス移行試験データベース, JAEA-Data/Code.
- 3)田中他(2008): 飽和した高密度ベントナイトのガス移行メカニズムとそのモデル化, 電中研報告 No.7005.
- 4) 棚井他(1996): 圧縮ベントナイトの水素ガス移行特性評価, PNC TN8410.
- 5)河村他(2013): TRU廃棄物処分に関わるシナリオ構築に関する研究(その1)(その2), 土木学会第68回年次学術講演会.
- 6)並木他(2011): 飽和ベントナイトのガス移行試験と寸法効果の検討, 土木学会第66回年次学術講演会.
- 7)高橋他(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2), 土木学会第70回年次学術講演会.
- 8)高橋他(2016): 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3), 土木学会第71回年次学術講演会