

溶液環境下におけるベントナイトの膨潤・亀裂侵入実験

鳥取大学 正会員 ○河野 勝宣
鳥取大学 正会員 金氏 裕也

1. はじめに

地層処分における地下施設閉鎖後、地下水の浸潤に伴うベントナイト（緩衝材）の膨潤・隙間充填は、EDZ等の岩盤（天然バリア）の損傷部の亀裂を充填・閉塞させる効果も期待されている。ベントナイトに作用する地下水の化学成分の違いにより、岩盤中の亀裂の閉塞の程度も異なることが考えられ、それに対応して岩盤の透水性なども大きく異なることが考えられる。したがって、天然バリア材のバリア性能を評価するためには、岩盤亀裂へのベントナイトの侵入量を把握することが必要となる。本発表では、地層処分において起こり得る化学的作用を想定して、種々の溶液に浸漬させて化学的作用を促進させたベントナイトを用いて膨潤・亀裂侵入実験を行った結果について報告する。

2. 実験方法

ベントナイトの膨潤・亀裂侵入実験装置を図-1に示す。本実験は恒温室（ $22\pm 1^\circ\text{C}$ ）内にて実施した。本装置は、アクリル製の治具を用いて円柱のベントナイト供試体（直径 50 mm、高さ 27 mm）を固定し、ベントナイトの膨潤圧 P_s と亀裂への侵入距離 δ_c を同時に計測することが可能である。上中下のアクリル板の間に薄スペーサーを設置することで、上側と下側に2か所の模擬亀裂を表現した。また、上中板のアクリルを透明にすることで、ベントナイトの侵入距離の観察が可能である。供試体の体積変化を拘束した状態で精製水または各種溶液（KOH水溶液、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 水溶液、NaOH水溶液、 MgCl_2 水溶液）に水浸させ、上方から写真撮影により、周方向に充填されるベントナイトの侵入距離を計測した。計測は約1週間間隔で行い、試験開始直後2週間程度は1日間隔で行った。また、そのときの鉛直方向に発生する荷重 F は小型圧縮型ロードセルを用いて1分間隔で測定し、膨潤圧 P_s (F/A , A : 供試体断面積) を算出した。液体の水位は中板中央となるように随時給水を行い、水位を維持し、液体を下側の模擬亀裂から供給させた。

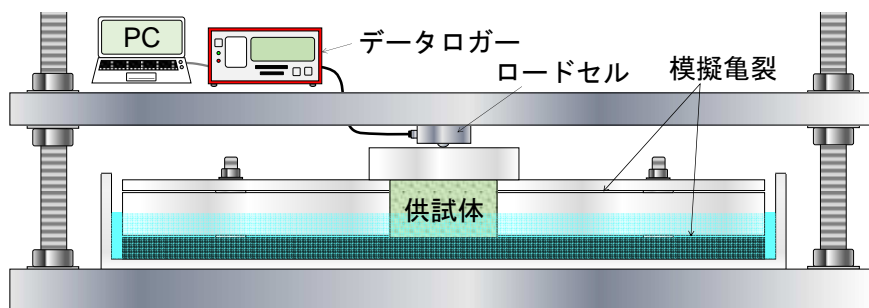


図-1 ベントナイトの膨潤・亀裂侵入実験装置の概略図

また、そのときの鉛直方向に発生する荷重 F は小型圧縮型ロードセルを用いて1分間隔で測定し、膨潤圧 P_s (F/A , A : 供試体断面積) を算出した。液体の水位は中板中央となるように随時給水を行い、水位を維持し、液体を下側の模擬亀裂から供給させた。

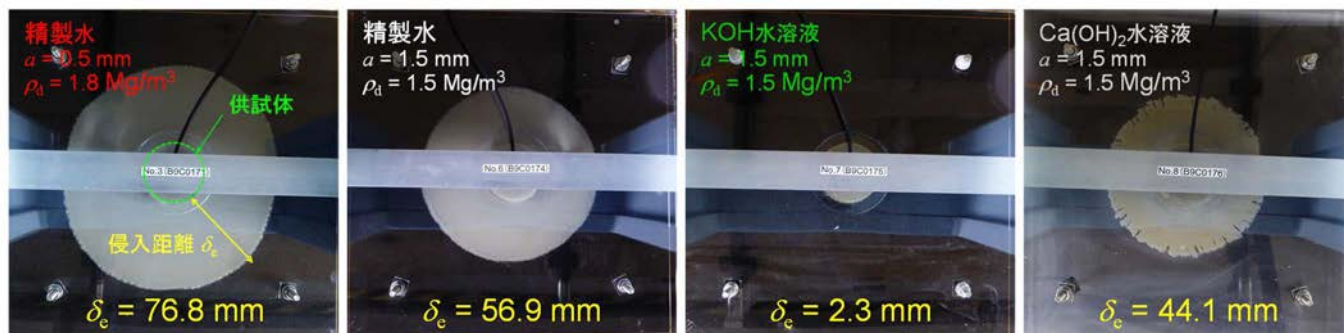


図-2 ベントナイトの亀裂侵入の様子の一例（実験開始180日経過後、 a : 亀裂幅、 ρ_d : 初期乾燥密度）

キーワード ベントナイト, 亀裂侵入, 膨潤圧, 地層処分

連絡先 〒680-8552 鳥取県鳥取市湖山町南4-101 鳥取大学学術研究院工学系部門 TEL 0857-31-5755 (河野)

3. 亀裂侵入実験結果および考察

本稿では、亀裂侵入実験結果を中心に記述する。ベントナイトの侵入の様子を一例を図-2に示す。いずれの例もベントナイトの侵入はほぼ同心円状に広がっていくことがわかる。KOH水溶液におけるベントナイトの侵入距離が他の例と比較して非常に小さいが、MgCl₂水溶液およびNaOH水溶液についても同様の傾向であった。また、Ca(OH)₂水溶液におけるベントナイトの侵入状態に着目すると、侵入したベントナイトの先端部分にはひび割れのようなものが観察できる。このような傾向は他の溶液には見られず、今後、試験終了後の侵入部の各種分析を実施し、試料状態を把握することにより、原因について考察をする予定である。

図-3は、図-2の画像を基に侵入距離を計測した結果である。いずれの試料もある日数を境に平衡状態になることがわかる。すなわち、精製水に浸漬させたベントナイト ($a = 1.5 \text{ mm}$, $\rho_d =$

1.8 Mg/m^3) で150日程度、それ以外の精製水に浸漬させたベントナイトおよびCa(OH)₂水溶液に浸漬させたベントナイトで100日程度、それ以外の試料は10日程度（ただし、MgCl₂水溶液に浸漬させたベントナイトは、その後、侵入距離が延びて60日程度）で平衡状態に達している。試料の初期の締固め密度の違い（○と○、△と△、●と●）に着目すると、いずれの亀裂幅においても締固め密度が大きい方が侵入距離が長いことがわかる。膨潤圧が亀裂充填に大きく関与する駆動力であるならば、締固め密度の大きい（すなわち、膨潤圧の大きい）試料の方が侵入距離が長くなる結果は妥当なものと判断できる。亀裂幅の違い（○と△と●、○と△と●）に着目すると、いずれの締固め密度においても亀裂幅が大きいほど侵入距離が長いことがわかる。これは、既往の報告¹⁾とも整合的である。溶液の違いに着目（●と●と●と●と●）すると、溶液に浸漬させたベントナイトの侵入距離はいずれも、精製水に浸漬させたベントナイトの侵入距離に対して短くなることが分かった。特に、KOH水溶液、NaOH水溶液およびMgCl₂水溶液については、ほとんど隙間に侵入しておらず、これは、亀裂等の隙間を充填させる効果を期待する場面においては負の効果であると言える。

4. 今後の検討課題

未実施のNaCl水溶液を用いた同様の検討を実施するとともに、亀裂に侵入したベントナイトに対して各種分析を実施し、密度分布や組成の変化を明らかにする必要がある。さらに、膨潤を伴うベントナイトの亀裂への侵入/侵食を表現可能な解析モデルの構築を試みる予定である。これらの検討結果を踏まえて、ベントナイトで充填された亀裂を含む岩盤の透水性評価を実施する予定である。

謝辞 本研究は、「平成31年度放射性廃棄物共通技術調査等事業（放射性廃棄物に係る重要な基礎的技術に関する研究調査の支援等に関する業務）」の成果の一部である。

引用文献 1) 松本一浩, 棚井憲治: ベントナイト緩衝材の流出特性の評価 (II), 核燃料サイクル開発機構報告書, JNC TN8400 2003-006, 2003.

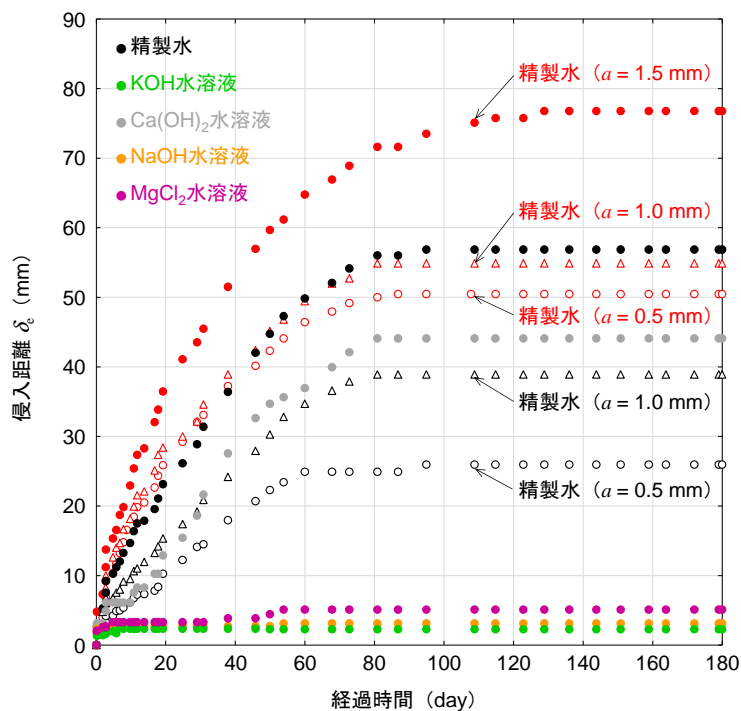


図-3 ベントナイトの侵入実験における経過日数と侵入距離との関係 ($a = 1.5 \text{ mm}$, $\rho_d = 1.5 \text{ Mg/m}^3$ の例)