

高アルカリと硝酸塩の影響を受けたベントナイトの水理特性評価(その1)

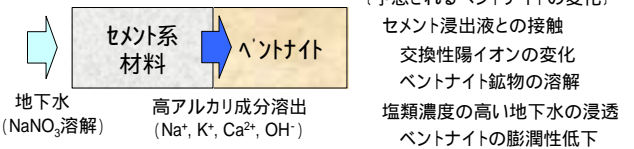
- セメント浸出液がベントナイトの透水特性に及ぼす影響 -

大林組 正会員 ○田島 孝敏 大林組 緒方 浩基
 大林組 正会員 久保 博 JAEA 三原 守弘

1. はじめに

TRU 廃棄物の処分では、セメント系材料とベントナイト系材料で構成される人工バリアの使用が検討されている¹⁾。処分場閉鎖後、地下水がセメント系材料に浸透すると、セメント水和物が地下水に溶出してCaイオン等を含む高アルカリ溶液に変化する。これがベントナイトに浸透すると、ベントナイトが物理化学的に変化してそのバリア性能が低下することが懸念される。人工バリアの変遷を図-1に示す。まず、高アルカリ溶液によって、スメクタイトの交換性陽イオンの変化や構成鉱物の溶解等の変質が生じる。さらに、TRU 廃棄物の一部に含まれる硝酸塩(NaNO₃)が地下水に溶解して、塩類濃度が高くなることも考えられる(フェーズ1)。その後、セメント水和物の溶出が緩慢になり、地下水の成分に近い水が変質ベントナイトに浸透する(フェーズ2)。

【フェーズ1】 初期段階



【フェーズ2】 Ca溶脱とベントナイト変質が進んだ段階

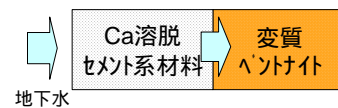


図-1 セメント浸出液によるベントナイトの変質

これらの事象を再現するため、Na ベントナイトに高アルカリ溶液および高濃度塩類溶液を通水する試験と、高アルカリ溶液に浸漬して変質を促進したベントナイトについて、イオン交換水を通水する試験を実施した。

2. 高アルカリ溶液に対するベントナイトの透水特性(フェーズ1)

2.1 試験体および通液 Na ベントナイトのクニゲル V1(以下, KV1 と称する)とけい砂(3号および5号けい砂を乾燥重量で等量混合)を乾燥質量比7:3の割合で混合し、これを静的加圧法により、直径50mm、高さ10mmの圧縮成型体を作製した。試料の乾燥密度は1.6Mg/m³とした。通液は、セメント浸出液を模擬するため、水酸化カルシウム飽和溶液(以下, CW と称する)、1mol/LのNaOH溶液とKOH溶液を等量混合した溶液をCWに添加してpH13.2に調整した水溶液(以下, AW と称する)を用いた。さらに、硝酸塩の影響を調べるため、AWに3mol/L相当の硝酸ナトリウムを添加した溶液(以下, AWN と称する)を用いた。参照としてイオン交換水(以下, DW と称する)を使用した。

2.2 透水試験 定水位透水試験を行い、窒素ガスを介して通液を加圧した。通水圧力は、試験体に選択的な水みちが形成されるのを防ぐため、事前に各種通液を用いて測定された膨潤圧を下回るように設定した。試験条件を表-1に示す。

2.3 試験結果 透水係数はDW通水が4~7×10⁻¹³ m/s, CW通水が5~8×10⁻¹³ m/s, AW通水が8×10⁻¹³~1×10⁻¹² m/s, AWN通水が1~3×10⁻¹¹ m/sであった(図-2)。CWおよびAW通水の透水係数はDWと同等であった。一方、AWN通水の透水係数はそれらに比べて2オーダー大きく、通液の塩類濃度がベントナイトの透水特性に及ぼす影響が大きいことが示された。

表-1 試験条件(フェーズ1)

試験体	ベントナイト	クニゲル V1
	ケイ砂	3号, 5号
	ケイ砂混合率	30 wt%
	乾燥密度	1.6 Mg/m ³
	試験体寸法	50 × h10 mm
通液の種類		DW, CW, AW, AWN

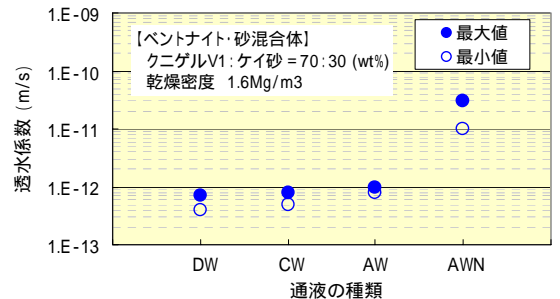


図-2 透水係数(液種の影響)

キーワード ベントナイト, 高アルカリ, 変質, 透水係数

連絡先 〒204-0011 東京都清瀬市下清戸 4-640 (株)大林組 技術研究所 土壌・水域環境研究室 TEL 0424-95-1060

2.4 通水後のベントナイトの変質状態 試験体をエタノール・水混合液と混合・攪拌してけい砂を分離し、次に、遠心分離法でベントナイト分を回収した。6%ベンジルトリメチルアンモニウムクロライド溶液を用いて陽イオンを抽出し、総陽イオン当量に対する組成比を算定した(図-3)。CW 通水に伴い、Na の減少と Ca の増加が認められた。通水期間が長いほど変化が著しく、Ca イオン組成比は通水前が15%であったのが、480日後に57%に増加した。

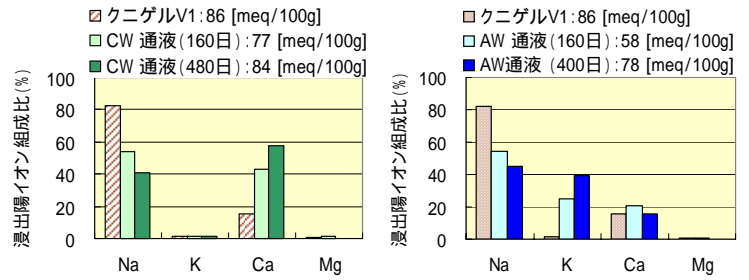


図-3 浸出陽イオンの組成比の変化

これは、通水によりスメクタイトの層間陽イオンの支配型が Na 型から Ca 型へ徐々に移行したことを示している。一方、AW 通水では、Na の減少と K の増加が認められ、層間陽イオンの Na 型から Na+K 型への移行が示唆された。

3. セメント浸出液の影響を受けたベントナイトの透水特性(フェーズ2)

3.1 ベントナイトのアルカリ浸漬処理 CW, AW および AWN の3種類の溶液 10L にそれぞれ KV1 を 500g 添加し、1時間攪拌した後、2日間静置した。上澄み液を捨て、新たな処理溶液を加えて再度、攪拌・静置した。この浸漬処理を3回繰り返し、上澄み液を除去した後、懸濁液を遠心分離して固相を回収した。これをエタノールで洗浄して遠心分離法でベントナイトを回収し、真空乾燥を行った後、粉碎し、75 μm のふるいでふるい分けした。

3.2 浸漬処理の結果 浸漬処理ベントナイトについて、浸出陽イオン量および膨潤力の測定を行った。CW 処理によって、浸出 Ca イオンの組成比は 15% から 93% に増加し、ほぼ Ca 型ベントナイトに変化したと考えられる。AW 処理では Na+K 型への変化、AWN 処理では Na 型の維持が認められた。Ca 型および Na+K 型ベントナイトの膨潤力は 7~8ml/2g で、浸漬処理前の KV1 の膨潤力 18ml/2g に比べて 1/2 未満に低下した。

3.3 透水試験 浸漬処理ベントナイトと、けい砂を質量比 7:3 で混合し、乾燥密度が $1.6\text{Mg}/\text{m}^3$ となるように圧縮成型した。これを透水試験カラムに設置して、定水位透水試験を行った。通液はイオン交換水(DW)を使用した。なお、AWN 処理ベントナイトについては、DW を通水した後に AWN を通水した。

3.4 試験結果 透水係数は、CW 処理が $1 \sim 3 \times 10^{-11}\text{m/s}$ 、AW 処理が $5 \sim 7 \times 10^{-12}\text{m/s}$ 、AWN 処理が $1 \sim 2 \times 10^{-12}\text{m/s}$ であった(図-4)。AWN 処理の透水係数は、KV1 と類似していたが、通液を DW から AWN に切替えると、透水係数は徐々に増大し、DW 通水時よりも1オーダー増加した。これは、ベントナイト間隙水が清水から塩類濃度の高い溶液に次第に置き換わり、膨潤性が低下したためと考えられる。膨潤力と DW 通水時の透水係数との関係を両対数軸でグラフ化すると、膨潤力が大きいほど透水係数は小さく、両者に相関性が認められた(図-5)。

4. まとめ

Na ベントナイトに高アルカリ溶液(CW, AW)を1年以上通水した結果、スメクタイトの層間陽イオンの支配型が次第に変化する傾向が見られたが、透水係数には顕著な変化は認められなかった。これに対し、塩類濃度の高い AWN を通水したケースでは透水係数が著しく大きかった。さらに、高アルカリ溶液の浸漬処理によって層間陽イオンが Na 型から Ca 型や Na+K 型に変化したベントナイトの透水係数は、Na 型に比べて1オーダー大きくなった。これより、通液の塩類濃度とスメクタイトの交換性陽イオンの支配型が、ベントナイトの透水特性に大きく影響することが示された。

参考文献

1) 電気事業連合会, 核燃料サイクル開発機構: TRU 廃棄物処分技術検討書, JNC TY 1400 2005-013 (<http://www.jaea.go.jp/05/report/re051128/TRU2nd-report.html>)

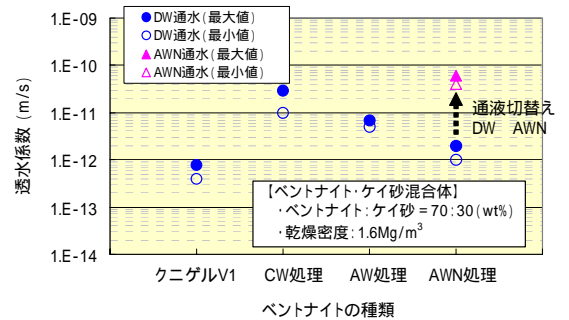


図-4 浸漬処理ベントナイトの透水係数

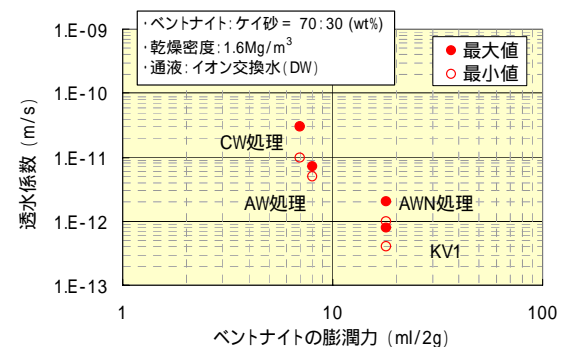


図-5 ベントナイトの膨潤力と透水係数の関係