ベントナイトの吸水特性に及ぼす海水系地下水の影響

茨城大学大学	常院 学生	も会員 ○/	小山田拓郎
茨城大学	正会員	小峯秀雄	村上哲
戸田建設	正会員	関口高志	関根一郎

1. はじめに

高レベル放射性廃棄物の地層処分におけるベントナイト系緩衝材について,再 表1使用した試料の基本的性質4 冠水時の挙動を定量的に評価することが求められている¹⁾. 緩衝材の挙動は,地 下水の浸入に起因して変化するため,吸水特性の把握は重要と考えられる.一方, 高レベル放射性廃棄物処分場の建設地点は沿岸域付近も想定されるため,地下水 は海水起源の塩類を含有する可能性がある²⁾. そこで本研究では, 蒸留水および 人工海水を用いて, 膨潤圧発生に伴う吸水量測定試験を実施し, 海水成分を含む 地下水がベントナイトの吸水特性に及ぼす影響を実験的に調査すると共に,モン モリロナイト結晶層の濾過機能³⁾の観点から考察した.

2. 使用した試料および供給溶液

本研究では、山形県月布産のベントナイト A(クニミネ工業製・クニゲル V1) を使用した.表1に試料の基本的性質を示す⁴⁾.供試体は円柱形とし、油圧ジャ ッキを用いた上下方向からの静的締固めにより, 直径 60mm, 高さ 10mm を目 標に作製した 4). 作製した供試体の試験開始直前の含水比は, 6.9~8.5%の範囲に表2人工海水の主要な陽イオン濃度 あった.供試体に供給する水溶液には、蒸留水、人工海水(富田製薬株式会社製・ MARINE ART SF-1) およびそれを 10%, 30%, 50%および 80%の濃度に希釈 したものを用いた.表2に, ICP 発光分光分析装置により測定した人工海水の 主要な陽イオン濃度の測定結果を示す.

3. 膨潤圧発生に伴う吸水量測定試験

3.1 膨潤圧発生に伴う吸水量測定試験の概要

本試験は、供試体の側方への膨潤変形を拘束し、鉛直方向への膨潤変形を抑制 した状態において,供試体への給水量と膨潤圧を経過時間ごとに同時に測定する ものである.図1に使用した試験装置の概略を示す.供試体下部から水溶液を供 給し、ビュレット管内の水の減少量を測定した.ビュレット管内の水の減少量は、 目視によって体積変化を測定すると共に,差圧計を用いて水頭の変化を測定した. 試験期間は、膨潤圧がほぼ定常状態に達すると考えられる7日間程度とした.

3.2 試験結果の整理方法

締固めたベントナイトの吸水に伴うビュレット管内の水の減少量は,経過時間 の平方根の一次関数として式(1)で表すことができる5.

 $Q = a\sqrt{t+b} \cdot \cdot \cdot (1)$

ここに、Q はビュレット管内の水の減少量(mL)、a は単位時間 \sqrt{t} あたりの供 試体の吸水量(mL/√min), b は試験容器底板への流入量(mL)である. 各供試体の 吸水量の経時変化は、aの差異によって表される.本研究では、aを供試体断面 積で除した,吸水度 $S(m/\sqrt{sec})^{6}$ を用いることで,吸水特性を定量的に表した.

キーワード 高レベル放射性廃棄物、ベントナイト、吸水特性、人工海水 〒316-8511 茨城県日立市中成沢町 4-12-1 TEL: 0294-38-5163 連絡先

ベントナイト	А
タイプ	Na 型
土粒子密度(Mg/m³)	2.79
モンモリロナイト 含有率(%) [*]	57
陽イオン交換容量 (meq./g)	1.166
交換性 Na イオン量 (meq./g)	0.631
交換性 Ca イオン量 (meq./g)	0.464
交換性 K イオン量 (meq./g)	0.030
交換性 Mg イオン量 (meq./g)	0.041

*モンモリロナイト含有率は,純モンモ リロナイトのメチレンブルー吸着量 140(mmol/100g)を基準に算出された値

各陽イオン濃度(mol/m³)				
Na イオン	Ca イオン	Mg イオン	Kイオン	
451.4	12.1	44.3	9.0	



図1 使用した試験装置の概略図



図2に吸水度の算出の例を示す.また、本試験では、供試体の体積変化を完 全に抑制することが困難であるため、微小な鉛直方向変位量を測定し、補正 した値を供試体の乾燥密度とした.

4. 人工海水環境下における吸水特性

図3に、各濃度の人工海水環境下における吸水度と乾燥密度の関係を示す。 図3中の曲線は、吸水度と乾燥密度の関係を供給水溶液ごとに、指数関数に よって近似したものである.図3より,乾燥密度が低い場合,供給水溶液の 人工海水の濃度が高いほど、同程度の乾燥密度における吸水度が増加するこ とがわかる.また、各濃度の人工海水環境下における吸水度は、乾燥密度の 増加に伴い指数関数的に低下する傾向がある. 乾燥密度が 1.8Mg/m³程度以 上においては、いずれの供給水溶液の場合も同様な吸水度を示しており、吸 水特性に及ぼす人工海水の影響が小さいことがわかる.

既往の研究では、ベントナイトを高い乾燥密度に締め固めることで、海水 中の陽イオンの供試体への侵入を減少させることができると推察されている ³⁾. またその要因の一つとして, 図 4 に示すような, モンモリロナイト結晶 層による陽イオンの濾過が挙げられている.本研究においても、モンモリロ ナイト結晶層の濾過機能³⁾に着目し,図3に示す試験結果について考察を行 った. 図5は、供試体中のモンモリロナイトの結晶層間距離と人工海水中の 主要な水和陽イオンの直径 7を比較したものである. モンモリロナイトの結 晶層間距離の算出には、参考文献 8)におけるベントナイト系緩衝材・埋戻し 材の膨潤特性理論評価式を利用した.図5より,乾燥密度が1.82Mg/m³以上 の場合、モンモリロナイト結晶層間距離は、水和した Mg イオンの直径より も短くなることがわかる.図3に示す試験結果においても、1.82 Mg/m³以上 の乾燥密度では,吸水特性に及ぼす人工海水の影響が小さいことが確認でき, モンモリロナイト結晶層による濾過機能が作用したものと推察される.

5. 結論

本研究では、海水系地下水がベントナイトの吸水特性に及ぼす影響を把握 するため、供給水溶液に蒸留水および人工海水を用いて膨潤圧発生に伴う吸 水量測定試験を実施した.以下に得られた知見を示す.

1) 乾燥密度が低い場合,供給水溶液の人工海水の濃度が高いほど,吸水度が 増加する.また,乾燥密度が高いほど,人工海水が吸水特性に及ぼす影響は小さくなる.

2) 乾燥密度が 1.82Mg/m³以上においては,供給水溶液の人工海水の濃度によらず,同程度の吸水度を示す.これは, モンモリロナイト結晶層の濾過機能によって、供試体への海水成分の侵入が抑制されたためと考えられる.

参考文献

1) 公益財団法人原子力環境整備促進・資金管理センター:平成 22 年度地層処分技術調査等委託費高レベル放射性廃棄物処分関 連処分システム工学要素技術高度化開発報告書(第2分冊)-人工バリア品質評価技術の開発-(2/2), 2011. 2) 原子力発電環境整 備機構:地層処分事業の安全確保(2010 年度版)-確かな技術による安全な地層処分の実現のために-, NUMO-TR-11-01, 2011. 3) 小峯秀雄,安原一哉,村上哲:人工海水環境下におけるベントナイトの一次元自己シール性,土木学会論文集 C, Vol.65, No.2, pp.389-400, 2009. 4) 直井優,小峯秀雄,安原一哉,村上哲,百瀬和夫,坂上武晴:各種ベントナイト系緩衝材に及ぼす人工海水 の影響, 土木学会論文集, No. 785/III-70, pp.39-49, 2005. 5) 長谷川琢磨: ベントナイトの透水・浸潤特性への海水影響, 電力中央 研究所報告, N04005, 2004. 6) ダニエル・ヒレル著, 岩田進午・内嶋善兵衛監訳:環境土壤物理学 II 耕地の土壤物理, 農林統計 協会, pp.14-24, 2001. 7) Mitchell, J. K. and Soga, K.: Fundamentals of Soil Behavior Third Edition, John Wiley & Sons, Inc., p.160, 2005. 8) Komine, H. and Ogata, N. : Predicting swelling characteristics of bentonites, Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, American Society of Civil Engineers (ASCE), Vol.130, No.8, pp.818-829, 2004.08.



図3 各濃度の人工海水環境下 における吸水度と乾燥密度の関係





1.5

乾燥密度 ρ_{d} (Mg/m³)

2.0

1.3 1.4