

地層処分におけるベントナイトオプシンの検討

人工海水条件におけるベントナイト混合土の膨潤特性および透水特性

電力中央研究所 正会員 ○渡邊 保貴, 非会員 横山 信吾, 正会員 新橋 美里

原子力発電環境整備機構 正会員 山本 陽一, 正会員 後藤 考裕

1. 目的

地層処分が必要とするベントナイトの量は緩衝材として数十万トン、埋め戻し材として百万トン以上に及ぶことが見込まれている。そのため、地層処分に求められる安全性と性能の確保を前提として、調達性と経済合理性を有するベントナイトを複数確保できることの見通しを得ておく必要がある。本研究では、人工バリア材料の合理的な選定や仕様設定に資することを目的として、産地等が異なる複数のベントナイトの特性データを取得し、地層処分への技術的な成立性を確認するための検討を実施する。ここでは、6種類のベントナイトに関して、イオン交換水と人工海水を用いて膨潤特性および透水特性を調べた結果を報告する。

2. 試料

本研究で実施する試験において使用したベントナイトは6種類であり、主となる交換性陽イオン種からNa型と分類されるものが3種類（ベントナイトA, B, C）、Ca型と分類されるものが3種類（ベントナイトD, E, F）である。物理的・化学的性質については山本ほか¹⁾を参照されたい。また、SFSA改良法²⁾により測定した抽出陽イオン量を表-1に示す。後述する透水膨潤圧試験および膨潤変形試験では、各ベントナイトとケイ砂（三河珪砂6号）を混合したものを使用した。ベントナイト混合率は、30%、50%、70%、100%とした（100%はベントナイト単体で使用することを意味する）。試験用水としてはイオン交換水および人工海水（マリンアートSF-1）を使用した。

3. 試験方法

ベントナイトの膨潤特性と透水特性を調べるため、図-1と図-2に示す試験装置を用いて、膨潤圧、膨潤率、そして、透水係数を測定した³⁾。透水膨潤圧試験では、供試体の直径は60mm、高さは20mmとし、供試体リングに直接静的締固めにより供試体を作製した。膨潤圧は、供試体下部に内蔵されている荷重計で測定した。透水係数の測定では、低透水性材料の透水試験方法（JGS0312-2018）を参考にした。同基準に記載されている方法により推定された飽和度が99%以上となることを確認した後に透水係数を取得した。膨潤変形試験では、供試体の直径は60mm、高さは10mmとし、静的締固めにより作製した供試体を試験用の供試体リングに移し入れることで供試体周囲の摩擦を軽減することに努めた。小峯・緒方⁴⁾を参考に双曲線近似より最大膨潤率を算出した。膨潤変形を終了した時点で上部ピストンを変位固定すると同時に、上部ピストン周囲等の止水を適切に行った上で、透水試験を実施した。

表-1 使用した試料の抽出陽イオン量

試料	抽出陽イオン量 (meq/100g)					Na率*
	Na	K	Ca	Mg	合計	
A	53.4	0.4	9.3	0.8	63.8	0.84
B	57.1	2.5	15.0	3.4	78.0	0.73
C	37.9	3.2	20.1	4.6	65.8	0.58
D	7.6	2.4	21.5	19.8	51.3	0.15
E	0.4	3.3	49.7	3.1	56.6	0.01
F	14.7	1.1	18.2	1.8	35.7	0.41

*Na率は合計に対する抽出Naイオン量の割合

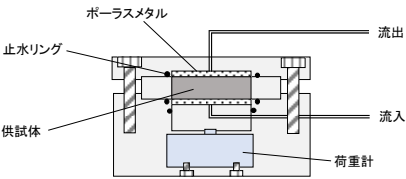


図-1 透水膨潤圧試験セルの概略図

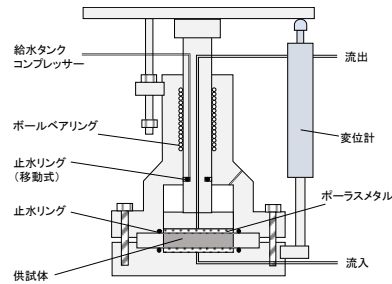


図-2 膨潤変形試験セルの概略図

キーワード 放射性廃棄物処分, ベントナイト, 膨潤圧, 膨潤率, 透水係数

連絡先 〒270-1194 千葉県我孫子市我孫子 1646 TEL 070-6568-9619

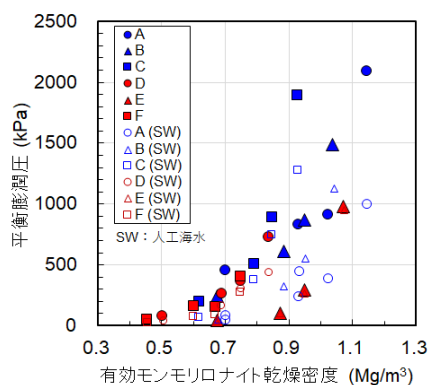


図-3 平衡膨潤圧と有効モンモリロナイト乾燥密度の関係

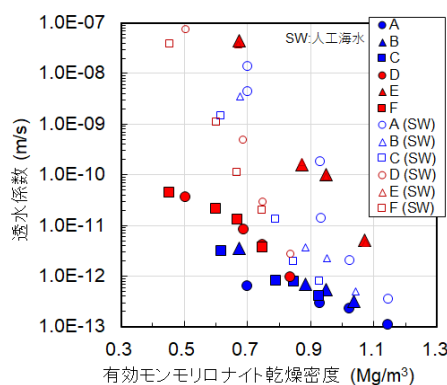


図-4 透水係数と有効モンモリロナイト乾燥密度の関係

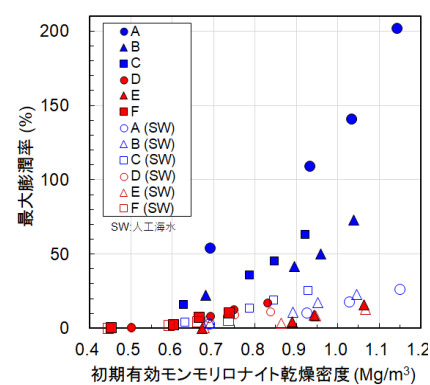


図-5 最大膨潤率と初期の有効モンモリロナイト乾燥密度の関係

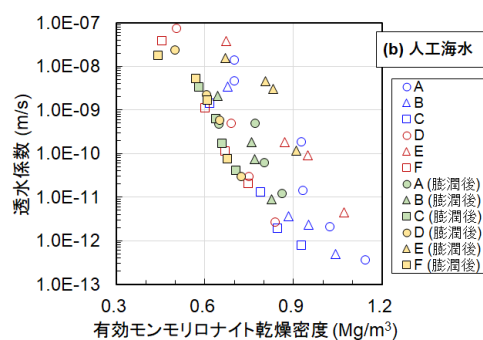
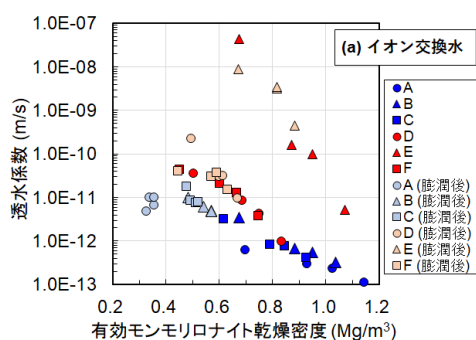


図-6 膨潤変形後の透水係数と有効モンモリロナイト乾燥密度の関係 (図-4 に示したデータを再掲)

4. 試験結果と考察

ベントナイト A～F のモンモリロナイト含有率をそれぞれ 51%, 65%, 55%, 41%, 58%, 37% として⁵⁾, 有効モンモリロナイト乾燥密度との関係を整理した. 図-3 より, 高密度ほど平衡膨潤圧は高く, イオン交換水の場合には特にベントナイト C の値が高めであることが分かった. 人工海水により平衡膨潤圧は低下する傾向にあり, ベントナイト A でその傾向は顕著であった. 図-4 より, 高密度ほど透水係数は小さく, イオン交換水の場合には特にベントナイト E の値が高めであることが分かった. 人工海水により透水係数は増大し, ベントナイト A でその傾向は顕著であった. 図-5 より, 初期有効モンモリロナイト乾燥密度が高いほど最大膨潤率は高く, イオン交換水の場合には特にベントナイト A の値が高めであることが分かった. 人工海水により最大膨潤率は低下し, ベントナイト A, B に関してはベントナイト E とほぼ同等の水準まで最大膨潤率が低下した. 図-6 より, 膨潤変形後の透水係数は, 試験用水に依らず, 透水膨潤圧試験の結果を外挿または内挿した位置に概ねプロットされることが分かった.

表-1 に示した Na 率が高いベントナイト A では, イオン交換水であれば膨潤性が高く, 透水性は低い, 人工海水による特性値の変化は大きかった. 一方, Na 率が非常に低いベントナイト E では, 膨潤性や透水性は他より劣るが, 人工海水による影響はほとんど見られなかった. イオン交換水における透水係数や最大膨潤率, および, 人工海水による膨潤性や透水性の変化率を評価する上では, 抽出陽イオンの組成と量 (割合) が重要な因子になると考えられる. また, 試験用水に依らず有効モンモリロナイト乾燥密度が高いほど膨潤性は高く, 透水性は低くなることから, 人工海水による影響を考慮して設計等を行う上では, 有効モンモリロナイト乾燥密度を高くすることは重要な観点になると考えられる.

参考文献 1) 山本陽一ほか: 第 74 回土木学会年次学術講演会, 2019. 2) 佐治慎一ほか: JNC TN8400 2005-017, 2005. 3) 渡邊保貴ほか: 第 74 回土木学会年次学術講演会, 2019. 4) 小峯秀雄・緒方信英: 土木学会論文集, No. 701, III -58, 373-385, 2002. 5) 新橋美里ほか: 第 75 回土木学会年次学術講演会, 2020.