

ベントナイトの基礎的特性に関する比較検討

原子力発電環境整備機構 正会員 ○山本 陽一 後藤 考裕 窪田 茂
安藤ハザマ 正会員 千々松 正和 雨宮 清

1. はじめに

放射性廃棄物の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。このため、処分事業の円滑な推進には、安定した品質と価格のベントナイトが数十年に及ぶ操業期間中を通じて供給されることが重要な課題となる。このような観点から、原子力発電環境整備機構では安全性と性能の確保を前提として、調達性と合理性を有するベントナイト材料を複数確保することを目的に、ベントナイトの基礎的な調査を実施している。ここでは、産地やタイプの異なる複数のベントナイトに対して実施した基礎物性試験結果を示すとともに、それぞれの物性値を比較してその特徴を考察する。

2. 試料および試験内容

試料は国内流通品を中心として 22 種類のベントナイトを選定した。このうち、国内産は 8 鉱床から 17 種類、海外産はアメリカ、中国、インドからそれぞれ鉱床の異なる 5 種類である。この中には、鉱床の原鉱などのサンプル品 5 種類が含まれている。表-1 に基礎物性試験として実施した試験項目の一覧を示す。浸出陽イオン量の測定に関しては、全試料に対して酢酸アンモニウム法を実施したが、一部の試料については SFSA 法 (Steel founder's society of America をもとにした改良法)¹⁾による測定も実施した。

表-1 試験項目

項目	試験方法
土粒子密度	土粒子の密度試験方法(JIS A 1202)
自然含水比	土の含水比試験方法(JIS A 1203)
液性・塑性限界	土の液性・塑性限界試験方法(JIS A 1205)
メチレンブルー吸着量	ベントナイト(粉状)のメチレンブルー吸着量測定方法(JBAS-107-91)
pH	ベントナイト(粉状)のpH測定方法(JBAS-105-77)
陽イオン交換容量	ベントナイト(粉状)の陽イオン交換容量測定方法(JBAS-106-77)
浸出陽イオン量	浸出陽イオン交換量測定(酢酸アンモニウム法, SFSA法)
膨潤力	ベントナイト(粉状)の膨潤力測定方法(JBAS-104-77)
化学成分	蛍光X線分析
鉱物組成	X線回折

3. 基礎物性値の比較

ベントナイトのコンシステンシー特性において、液性限界と膨潤力との関係はベントナイトの種類によらずほぼ比例関係にあることが知られている²⁾。図-1 に示すように、今回の試験した結果についても両者の間には良好な相関があり、既往の試験結果(水野ほか, 2003)²⁾とも整合していることが分かる。図-2 に示す膨潤力と塑性限界の関係からは、液性限界の場合ほどの高い相関性ではないものの、Na 型・Na 置換型と Ca 型の 2 つのグループに分けると、それぞれについて膨潤力との間に正の相関があることが分かる。膨潤力は良く知られているように Ca 型で低い。同様の傾向が、図-3 に示す膨潤力とメチレンブルー吸着量 (MBC) との関係についても言える。そこで、塑性限界と MBC との関係で整理した結果を図-4 に示した。両者の間には比較的良好的な正の相関が認められる。塑性限界は締固め性との相関があるとされており³⁾、図-4 の結果からは MBC が大きいほど締固め性が悪くなると推察される。逆に、MBC が小さいほど随伴鉱物は多くなるので、これが団粒破碎のしやすさや均等係数を上昇させるなど、締固め性を向上させる効果を与えている可能性が考えられる。また、海外産の MBC は総じて国内産に比べて大きく、高い膨潤力を示す傾向が認められる。

図-5 と図-6 に、浸出陽イオン量から求めた Na/Ca 比と膨潤力の関係を示す。図-5 は酢酸アンモニウム法で、図-6 は SFSA 法により測定した結果である。Na/Ca 比が高いほど膨潤力の高くなる傾向が認められるが、図-6 の結果の方がより良好な相関性を示していることが明らかである。したがって、SFSA 法の方が実際の浸出陽イオン量に近いものと考えられる。図-7 には MBC と土粒子密度の関係を示したが、良い相関性は得られなかった。MBC と陽イオン交換容量 (CEC) との関係を図-8 に示す。CEC が 100 meq/100g を超過したデータがプロットされているが、これらのベントナイトの随伴鉱物にゼオライトが含まれていたことから、CEC が高くなったと考えられる。これらのデータを除くと MBC と CEC との間に正の相関があることが伺える。CEC

キーワード 放射性廃棄物処分, ベントナイト, コンシステンシー, メチレンブルー吸着量

連絡先 〒108-0014 東京都港区芝 4-1-23 三田 NN ビル 2F 原子力発電環境整備機構 技術部 TEL 03-6371-4004

と分配係数の間には正の相関があることが知られていることから⁴⁾、MBC が大きいベントナイトほど放射性核種の移行を遅延する能力に優れる傾向にあると言えそうである。図-9 に pH と MBC の関係を示す。pH は MBC に関わらず概ね 8~11 の範囲にある。Ca 型ベントナイトの pH は Na 型ベントナイトに比べてやや低い傾向を示している。

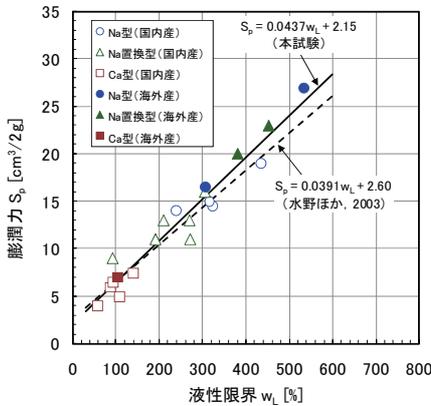


図-1 膨潤力と液性限界の関係

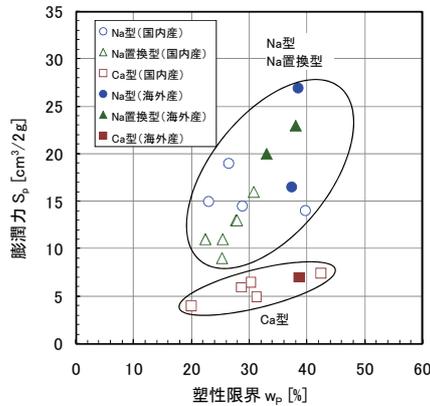


図-2 膨潤力と塑性限界の関係

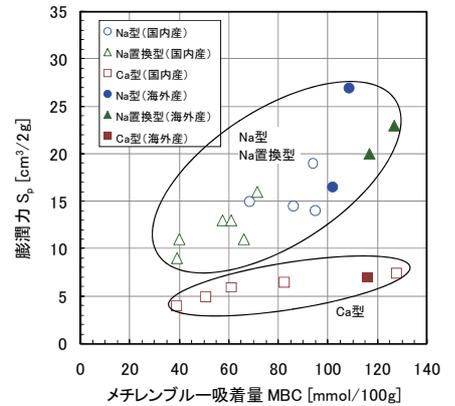


図-3 膨潤力とMBCの関係

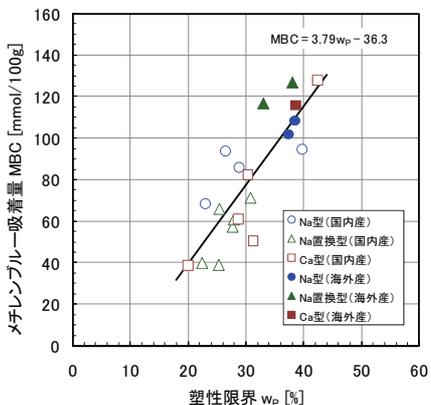


図-4 MBCと塑性限界の関係

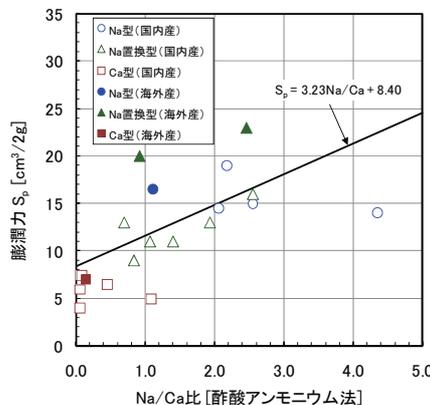


図-5 膨潤力とNa/Ca比の関係 (酢酸アンモニウム法)

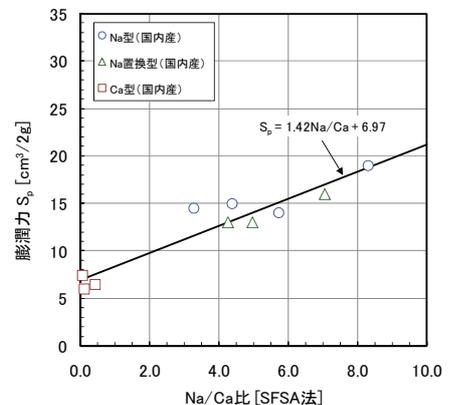


図-6 膨潤力とNa/Ca比の関係 (SFSA法)

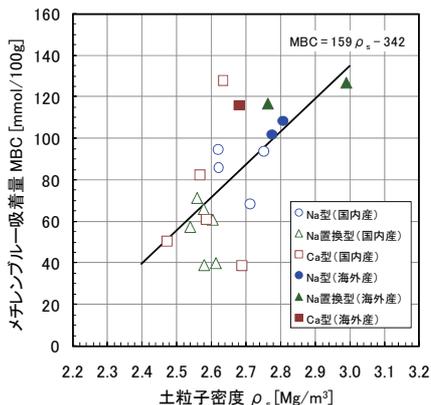


図-7 MBCと土粒子密度の関係

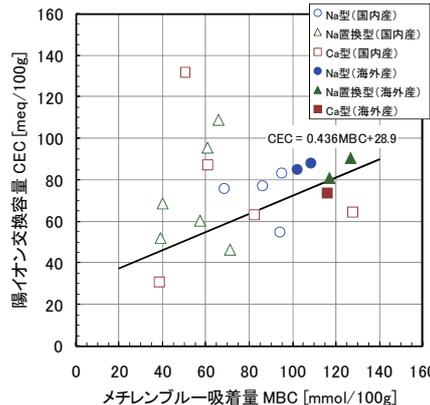


図-8 CECとMBCの関係

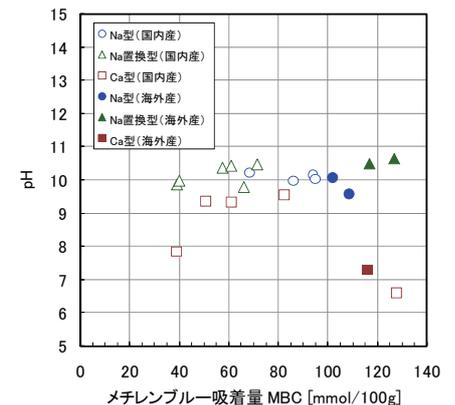


図-9 pHとMBCの関係

4. まとめ

国内外の複数のベントナイトの基礎物性値間の相関性について検討した結果、膨潤力に対して液性限界とSFSA法で測定した浸出陽イオン量に良好な相関性が認められた。また、メチレンブルー吸着量に対して締固め性に関係する塑性限界と核種移行遅延性能に関係する陽イオン交換容量に正の相関性が認められた。

参考文献: 1) 佐治ほか: 河川水と接触したベントナイト鉱床の化学特性変化, JNC TN8400 2005-017, 2005. 2) 水野ほか: 各種ベントナイトのコンシステンシー特性およびその他の基礎的特性に関する研究, 粘土科学, Vol.43, No.1, pp.1-13, 2003. 3) 小峯, 緒方: 塑性限界を導入した粘土の締固め特性の評価法の提案, 土木学会論文集, No. 436/III-16, pp. 103-110, 1991. 4) 原子力安全研究協会: 岩石と核種の相互作用に関する研究 (VI), PNC-TJ4533 87-002, 1987.