

地層処分におけるベントナイトオプシンの検討 鉱物学的特徴の違いを反映したモンモリロナイト含有率の求め方

電力中央研究所 正会員 ○新橋 美里 非会員 横山 信吾 正会員 渡邊 保貴
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
安藤ハザマ 正会員 千々松 正和

1. 目的

地層処分で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を対象に鉱物学的な特徴の違いを反映したモンモリロナイト含有率の求め方を検討し、その課題についても整理したので報告する。

2. モンモリロナイト含有率の求め方

ベントナイト混合土の工学的性質は、有効モンモリロナイト密度を指標にして整理されることが多い。有効モンモリロナイト密度を指標にする際は、対象とするベントナイトのモンモリロナイト含有率を調べる必要がある。モンモリロナイト含有率は、“ベントナイトの陽イオン吸着容量”を“モンモリロナイトの陽イオン吸着容量”で除して求める。これは、モンモリロナイトの陽イオン吸着容量が十分に大きく、随伴鉱物の影響は無視できる程度であるとみなすことができるためである。多くの場合、それぞれの陽イオン吸着容量としてメチレンブルー(MB)吸着量を使用される。モンモリロナイトのMB吸着量を測定する際は、ベントナイトから純度の高いモンモリロナイトを抽出する必要があるが、抽出作業に困難を伴う。そのため、モンモリロナイトのMB吸着量は一義的な値(例えば 140 mmol/100g)が使用されることが多く、ベントナイト毎のモンモリロナイトの鉱物学的特徴は考慮されていない。

モンモリロナイトの層間に吸着する陽イオン量は、負に帯電したモンモリロナイトシートの負電荷量と静電的に釣り合うことで決まると考えられる。モンモリロナイトの負電荷量は、0.2~0.6[1/half unit cell]という幅を有する¹⁾。図-1に、モンモリロナイトの負電荷量が0.2~0.6[1/half unit cell]の範囲をとる時の層間に吸着する陽イオン量[mmol/100g]を示す。モンモリロナイトの負電荷量によって、モンモリロナイトの層間に吸着する陽イオン量は約60~160 mmol/100gと幅広く変化することがわかる。そのため、ベントナイト毎のモンモリロナイトの負電荷量の違いを反映してモンモリロナイト含有率を求めることが重要であると考えられる。

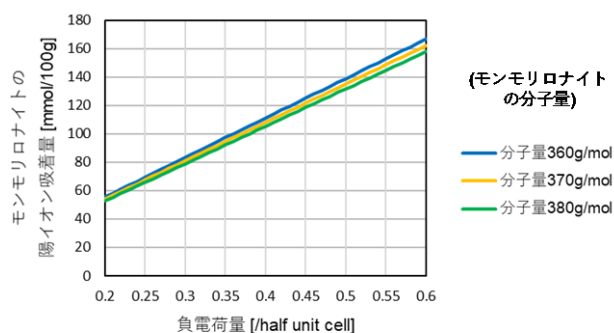


図-1 負電荷量と陽イオン吸着量の関係

3. 試料と分析方法

試料は異なる産地のベントナイト6種類(A~F)である。ベントナイトの陽イオン吸着量を求めるために、ベントナイトのMB吸着量測定と抽出陽イオン測定を実施した。MB吸着量測定では、110℃で炉乾燥した試料0.5gをスポット法により測定した。抽出陽イオン測定は、SFSA改良法²⁾に準じた。主要な抽出Na, Ca, Mg, Kイオンの総量を抽出陽イオン総量(CEC)として求めた。一方、モンモリロナイトの陽イオン吸着量を求めるために、MB吸着量測定とモンモリロナイトの負電荷量の評価を行った。MB吸着量測定は、ベントナイトの粒径0.2 μm以下のフラクシ

キーワード モンモリロナイト含有率, 負電荷量, メチレンブルー吸着量, 抽出陽イオン総量

連絡先 〒270-1194 千葉県我孫子市我孫子 1646 TEL 070-5363-7324

ョンを水簸により回収し、X 線回折(XRD)分析の結果からモンモリロナイトの純度が高いと予想された試料について実施した。また、モンモリロナイトの負電荷量は、アルキルアンモニウム交換処理後の XRD 分析により求めた。アルキルアンモニウム交換処理は、Sato et al. (1996)³⁾に準じて行った。XRD 分析後のピーク位置から、Olis et al.(1990)⁴⁾と Laird et al. (1989)⁵⁾で報告されている計算式を用いて平均負電荷量を求めた。モンモリロナイトの分子量を 370 g/mol と仮定して、求めた平均負電荷量から層間に吸着する陽イオン量[mmol/100g]を計算した。

4. 結果と考察

表-1 にベントナイトの MB 吸着量(MB_b)とベントナイトの CEC(CEC_b)を示す。MB_b の方が CEC_b より大きい値を示す傾向が認められた。両値の絶対値が異なる要因としては、MB 分子の物理吸着の影響が考えられる。CEC ではモンモリロナイトシートの層間や端面へ静電的に吸着する陽イオン量を主として測定しているのに対し、日本粘土学会(1987)¹⁾によれば MB 吸着量では分子間力による物理吸着の影響も加算されている可能性が指摘されている。そのため、MB_b の方が CEC_b よりも大きい値を示したと考えられる。次に、“モンモリロナイトの陽イオン吸着容量”について検討した。水簸試料の XRD 分析から、ベントナイト A, B, E に関しては比較的純度の高いモンモリロナイトであると考えられた。そのため、ベントナイト A, B, E の水簸試料の MB 吸着量測定を行った。表-1 に、水簸試料の MB 吸着量(MB_m)と平均負電荷量から計算した陽イオン吸着量(LC_m)を示す。MB_m の方が LC_m より大きい値を示す傾向が認められた。これは、MB_mは LC_mと異なり、物理吸着や層間以外への静電的吸着が加算されているためと考えられる。

“ベントナイトの陽イオン吸着容量”として MB_bと CEC_bを、“モンモリロナイトの陽イオン吸着容量”として MB_mと LC_mを使用し、ベントナイト A, B, E のモンモリロナイト含有率を求めた(図-2)。モンモリロナイト含有率は、CEC_b/MB_mで求めた値が最も小さく、CEC_b/LC_mと MB_b/MB_mが同程度の値、MB_b/LC_mが最も大きな値を示した。CEC_b/LC_mと MB_b/MB_mが同程度の値を示した理由として、CEC_b/LC_mの場合は分母分子両方とも静電的吸着量を、MB_b/MB_mの場合は分母分子両方とも静電的吸着に物理吸着が加算された量を使用しているためと考えられる。そのため、負電荷量を反映したモンモリロナイト含有率を求める場合は、CEC_b/LC_mまたは MB_b/MB_mの方法を用いることが妥当であると考えられる。一方、これらの方法でモンモリロナイト含有率を求める場合には以下のような課題があることも考えられた。MB_bを使用する場合は、純度の高いモンモリロナイトを水簸することが困難な材料があることや、水簸試料のモンモリロナイトの純度を定量的に示すことが難しいことが課題である。LC_mを用いる場合は、負電荷の不均一性や測定誤差、負電荷量から陽イオン吸着量を求める際の計算式が有する誤差に注意する必要がある。上記のような課題はあるものの、MB_mや LC_mは、従来の一義的な値よりベントナイト毎のモンモリロナイトの鉱物学的特徴を反映した値であると言える。本研究では 6 種類すべてのベントナイトから純度の高いモンモリロナイトを水簸し、MB_mを求めることが難しかったため、CEC_b/LC_mによってモンモリロナイト含有率を求めた。その結果、ベントナイト A~F のモンモリロナイト含有率は、それぞれ 51%, 65%, 55%, 41%, 58%, 37%であった。

参考文献 1)日本粘土学会(1987): 粘土ハンドブック第二版, 技報堂出版。2)佐治ほか(2005): JNC TN8400 2005-017。3)Sato et al.(1996): Clays and Clay Minerals, 44, pp. 460-469。4) Olis et al.(1990): Clay Minerals, 25, pp. 39-50。5) Laird et al.(1989): Clays and Clay Minerals, 37, pp.41-46。

表-1 試料の MB_b,CEC_b,MB_m,LC_m [mmol/100g]

試料	MB _b	CEC _b	MB _m	LC _m
A	73	64	140	125
B	102	78	154	121
C	96	66	-	121
D	73	51	-	125
E	71	57	134	99
F	45	36	-	99

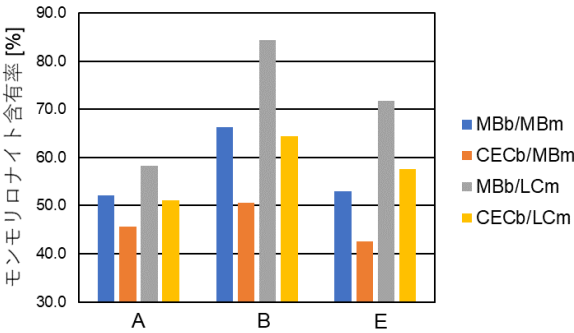


図-2 各方法で求めたベントナイト A, B, E のモンモリロナイト含有率