

第Ⅲ部門

塩濃度の違いに着目した土試料中のスメクタイト簡易判定手法に関する基礎的研究

神戸大学大学院	学生員	○眞田 佳伊登
同 上	正会員	片岡 沙都紀
同 上	正会員	澁谷 啓
港湾空港技術研究所	非会員	田中 政典
興亜開発株式会社	正会員	富田 龍三
同 上	正会員	中島 美代子

1. はじめに

地すべりの発生要因としてスメクタイトの存在がこれまでも報告されており、スメクタイトのことを「地すべり粘土」と表現することが多い^{例え1)}。現在、土試料内部のスメクタイトを同定する手法としては、X線回折法が主流となっている。この方法で市販粘土であるカオリン粘土、笠岡粘土、NSF粘土、クニボンドの4試料の粘土鉱物の同定を行ったものを図-1に示すが、X線回折法では所定の回折角にピークが出るとどの粘土鉱物が存在しているのかということが明瞭であることがわかる。しかし、この方法は手間もコストもかかることや得られた結果の解釈には専門的な知識が不可欠となる。

本研究では、土試料内部のスメクタイトの存在有無をより簡易的な手法で判定することを目指している。なお、スメクタイトを迅速に判定する手法としては、これまでにメチレンブルー溶液を用いた呈色反応による判定手法などが検討されている²⁾。このような状況のもと、著者らは塩濃度の違いとスメクタイトの膨潤量変化の関係性に着目し、水中沈定体積試験³⁾を実施してスメクタイト含有の有無に伴う挙動の違いについて検討した。なお、塩濃度の変化に伴うスメクタイトの挙動に関しては、これまでに土の物理的性質の変化⁴⁾や力学的挙動に変化を与える⁵⁾ことが報告されている。

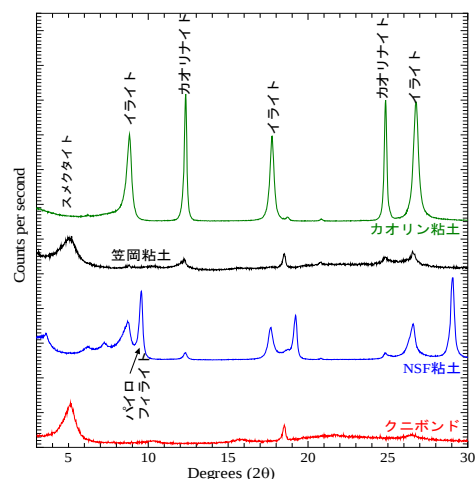


図-2 土試料別の XRD 試験結果

表-1 使用した土試料の内訳

試料名	主な含有粘土鉱物
東京湾粘土	Sme, Ill, Kln, Chl
クニボンド	Sme
カオリン	Ill, Kln
安国寺土	Sme
笠岡粘土	Sme, Ill, Kln
佐用土	Ill, Chl, Kln
オホーツク海底土	Sme, Ill, Chl
カオリナイト	Kln
NSF 粘土	Prl
モンモリロナイト	Smel
モンモリロナイト混合土(80%含有)	Sme, Kln
モンモリロナイト混合土(50%含有)	Sme, Kln

※ Sme : スメクタイト, Ill : イライト
Kln : カオリナイト, Chl : クロライト
Prl : パイロフィライト

2. 試験概要

試験に使用した試料は、予めX線回折により内部粘土鉱物の同定を行った10種類の土試料である(表-1 参照)。また、試料中のスメクタイト含有量の違いによる挙動を確認するために、モンモリロナイトとカオリナイト(共に日本粘土学会が定める標準試料⁶⁾)の質量比率を変えて配合したものも使用した。各試料は、JGS-0251「粘土鉱物判定のための試料調整方法」に基づき、2μm以下の粘土分を抽出して試験に使用した。

本研究で実施した水中沈定体積試験は、以下の手順で実施した。まず抽出した粘土試料100mgを、濃度1mol/lで作成した塩化ナトリウム(NaCl)および塩化カルシウム(CaCl₂)の各水溶液の中に入れて粘土懸濁液を調整した。この際、粘土を所定の濃度で飽和させるために、調整試料を遠沈管に入れて遠心分離機を用いて2800回転/分で5分間遠心させたのちに上澄みを捨てるといった作業を3回繰り返した。ここで、水溶液として当該試験にNaClとCaCl₂を使用した理由としては、Na⁺およびCa²⁺の双方の電荷の違いによる粘土鉱物の凝集を比較するためである。次に、NaClおよびCaCl₂の各水溶液の溶液濃度を0.2%、0.4%、0.6%、0.8%の4種類用意し、1mol/l溶液同様に3回遠心分離機によって洗浄作業をしたのちに、25mlのメスシリンダーに粘土鉱

物を入れ、所定の濃度の溶液を加えた。その後、攪拌させたのちに静置して、所定の時間ごとの粘土鉱物が沈殿する状態（以下、「沈定体積」と記述）を観察した。

3. 試験結果および考察

図-4 は、NaCl 濃度 0.2%と 0.4%で処理した水溶液中での沈定体積と時間との関係を示す。モンモリロナイト単体およびモンモリロナイト混合土（図-4 中の●, △, ▲）以外の粘土試料を見ると、例えば東京湾粘土のように X 線回折からスメクタイトの存在が確認できた粘土試料は、塩濃度が 0.2%のものよりも 0.4%のもののほうが、静置後 3~24 時間の間で、沈定体積の量に差が生じ始めていることが伺える。一方、カオリンのようにスメクタイトが存在していない粘土試料では、静置後 24 時間が経過しても塩濃度の違いによる沈定体積に差は生じていなかった。同様の手法で CaCl_2 処理した濃度 0.2%と 0.4%で処理した水溶液中での沈定体積と時間との関係を図-5 に示すが、スメクタイトの有無に関係なく NaCl の結果で見られた沈定体積の差は生じていなかった。よって、粘土試料内にスメクタイトが混入していると、図-6 に示すような膨潤性の影響により Na^+ のような電荷の低い場合でも塩濃度のわずかな差で交換性陽イオンの層を引きつける力に差を生じさせるため、結果として 0.2%と 0.4%で沈定体積に差が生じたものと考えられる。以上、本試験結果から、粘土試料内部にスメクタイトが存在する場合には、NaCl 溶液の濃度の違いによって判別できる可能性が示唆された。

ただし、モンモリロナイト単体およびモンモリロナイト混合土（図-4, 5 中の●, △, ▲）に着目すると、NaCl 処理したものと CaCl_2 処理したものの結果が上記の結果とは逆転しており、NaCl 処理した溶液中では塩濃度の違いに伴う沈定体積に差が生じていなかった。また、 CaCl_2 処理した溶液での沈定体積量は、モンモリロナイトの含有量が多いほど沈まない（＝水中で膨潤したまま）という結果となった。モンモリロナイト自体は他試料と比較して水中での膨潤量が卓越する粘土鉱物であることを考慮すると、 Ca^{2+} のように電荷の高い水溶液を用いることでようやく沈定量に差が生じた可能性が考えられる。ただし、現時点ではモンモリロナイトが混合した試料のみ他試料と異なる結果が生じた原因に関する明確な原因が不明であるため、スメクタイトが吸着している陽イオンと沈定量（各水溶液中でのスメクタイトの膨潤量）の関連性を視野に入れて今後も詳細に検討を進めていく。

参考文献

- 1) 前田他：緑色岩地すべりのすべり面粘土 - 北海道常呂帯に傾層群緑色岩ろ基岩とする北陽 A-160 地すべりの例 -, 日本地すべり学会誌 Vol.53, No.1, pp.13-16, 2016.
- 2) 飯村：粘土鉱物によるメチレンブルー吸着, 粘土科学, Vol.6, No.1, pp.14-21, 1996.
- 3) 江頭他：浅海底堆積物中に含まれるスメクタイトの低膨潤性, 日本土壌試料学雑誌, Vol.55, No.4, pp.321-324, 1984.
- 4) 中島他：塩分濃度が液性限界および塑性限界に及ぼす影響(2), 第 47 回地盤工学研究発表会講演集, pp.289-290, 2012.
- 5) 片岡他：間隙水中の塩分濃度が海底土の土質変化に与える影響, 建設工学研究所論文報告集, Vol.55, pp.27-36, 2013.
- 6) 宮脇他：日本粘土学会参考試料の分析・評価, 粘土科学, Vol.48, No.4, pp.158-198, 2010.

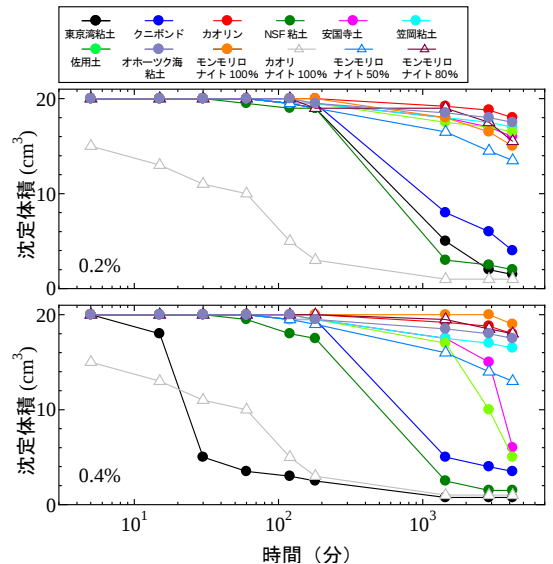


図-4 沈底体積と時間との関係（NaCl 処理）

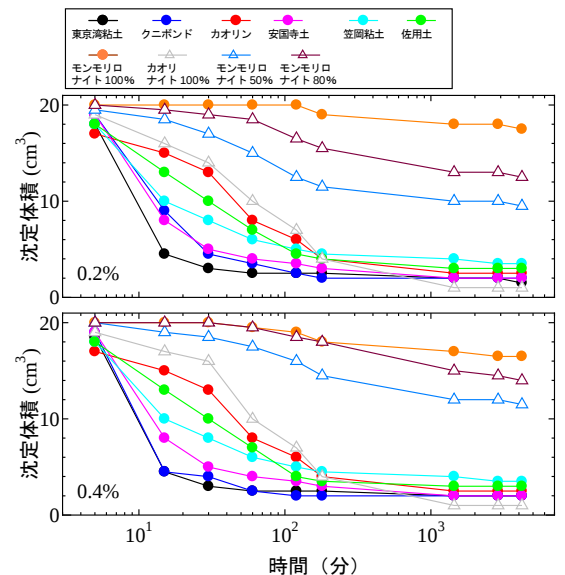


図-5 沈定量と時間との関係（ CaCl_2 処理）

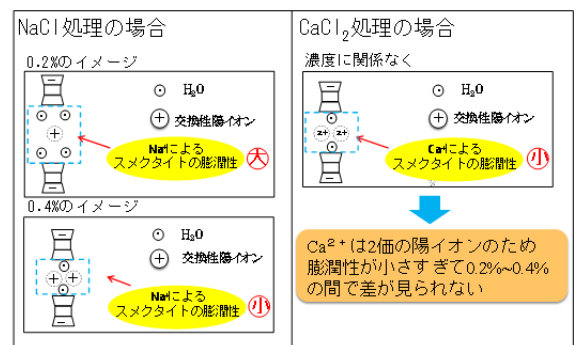


図-6 塩濃度の違いによる Sme 鉱物への影響（イメージ図）