

イモゴライト懸濁液の凝集分散特性と標準砂充填カラムにおける通過特性 Colloidal stability and transportation of imogolite through column packed with Toyoura sand.

○志村友美, 白鳥克哉, 足立泰久

SHIMURA Tomomi, SHIRATORI Katsuya, ADACHI Yasuhisa

1. 背景・目的 イモゴライトは火山灰土壌の主要な粘土鉱物のひとつであり、表面活性が高く、土壌中のイオンや有機物などと相互作用するため、火山灰土の物理的・化学的性質を特徴づけている。イモゴライト粒子は Fig.1 に見られるように繊維状であり、その断面は外径 2nm、内径 1nm の円筒状で、円筒の内側に SiOH 基、外側に AlOH 基を有する[1]。この構造に由来する荷電特性はイモゴライトのコロイド安定性を左右し、その懸濁液は酸性条件下で分散し、塩基性条件で凝集する[2]。特に塩基性条件において凝集する性質は他の粘土鉱物に見られないユニークな特徴である。

イモゴライトの特異な形状や凝集分散特性は、土壌間隙中の移動特性に影響すると考えられるが、明確な条件下でのイモゴライトの移動特性を検討した例はない。そこで本研究では、イモゴライトの凝集分散特性と移動特性との関係を明らかにすることを目的とし、標準豊浦砂充填カラムを通過するイモゴライト懸濁液の応答を pH とイオン強度の関数として解析した。

2. 実験

2.1. 試料 試料として用いたイモゴライトは、岩手県北上市のパミス土層で採取した原土から精製した。精製は、過酸化水処理により有機物を除去し、イモゴライトが分散する条件下で遠心沈降法により他の不純物を取り除いた後、交換可能なカチオンを全て Na⁺に置換し、外液の電気伝導度が 10 μ S cm⁻¹ 以下になるまで透析することにより行った。Fig.2 は精製試料の各 pH における電気泳動移動度であり、酸性条件で+に帯電し、pH=10 付近では-に反転している。一方、Fig.3 はカラム充填材に用いた標準豊浦砂のζ電位[3]で、pH によらず-に帯電している。

2.2. カラム実験 Fig.4 に実験装置の概略図を示す。標準豊浦砂を充填したカラムに、化学的条件を操作することで凝集分散条件を変化させたイモゴライト懸濁液を下部から通水した。通水する懸濁液の pH とイオン強度は NaCl、HCl、NaOH を用いて変化させた。

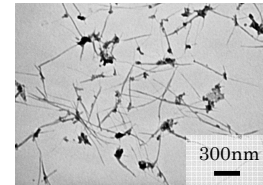


Fig.1 イモゴライトの透過電子顕微鏡写真

Transmission electron micrograph of imogolite.

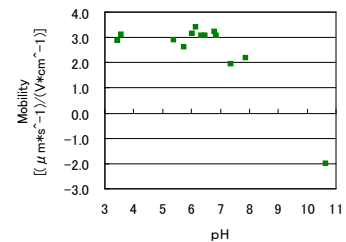


Fig.2 イモゴライトの電気泳動移動度 (I = 5.0 × 10⁻³ NaCl 溶液)
Electrophoretic mobility of imogolite as a function of pH.

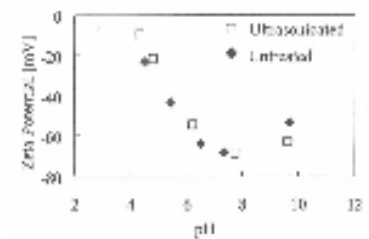


Fig.3 豊浦砂のζ電位 (I = 10⁻⁴) [3]
Zeta potential of Toyoura sand as a function of pH.

カラムを通過した後のイモゴライト懸濁液の流出濃度の経時変化を波長 445nm における吸光度の変化として分光光度計で計測した。

3. 結果 Fig.5 はイオン強度を $I=5.0 \times 10^{-4}$ [M] に固定した際のイモゴライト懸濁液の破過挙動を pH の関数として表したものである。イモゴライトは酸性条件下で流出が顕著だが、pH が上昇すると流出しにくくなった。一方、Fig.6 は pH を 6.4 に固定した際の破過挙動をイオン強度の関数として表したものである。イモゴライトは低イオン強度で速やかにカラムを通過したが、イオン強度が上昇すると流出しにくくなった。また、着目すべき点として $I=1.0 \times 10^{-2}$ および $I=5.0 \times 10^{-2}$ [M] の条件において流出開始に明瞭な遅れが観測されたことが挙げられる。

4. 考察 イモゴライト懸濁液の破過挙動は定性的に凝集分散特性に対応しており、カラムを通過しやすかったのはイモゴライトが分散する条件で、カラム内に捕捉され通過しにくかったのは凝集する条件であった。多孔質体におけるイモゴライトの移動特性は、溶液中での凝集分散に大きく依存すると結論づけられる。

また、pH=6.4 においてイオン強度の上昇に伴い流出開始の遅れが見られたのは、pH=6.4 で+に帯電したイモゴライトと-に帯電した豊浦砂がヘテロ凝集することに起因していると考えられる。すなわち、イオン強度が上昇し、電気二重層が圧縮されると、砂と反対符号を有するイモゴライトは砂の表面に沈着しやすくなるものの、沈着が進行し、豊浦砂表面がイモゴライトで覆われた後には、豊浦砂表面に沈着したイモゴライトと新たに輸送されてくるイモゴライトが同符号の荷電で反発するため流出し始めるのではないかと考えられる。

参考文献

[1] J. Harsh et. al (2002): Soil Mineralogy with Environmental Applications, SSSA Book Series No. 7 Chapter 9
 [2] 軽部重太郎, 杉本英夫, 藤平雅巳, 中石克也(1998): 農業土木学会論文集, 196, pp.103-110
 [3] 白鳥克哉, 山下祐司, 足立泰久(2008): 農業土木学会論文集, 255, pp.235-240

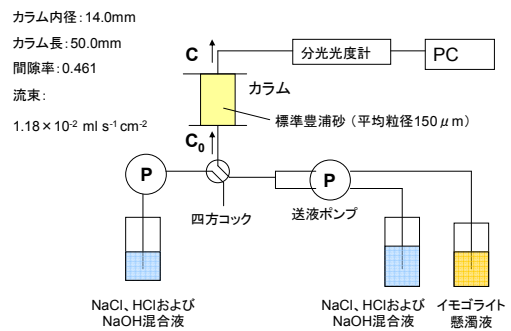


Fig.4 実験装置概略図

Setup of column experiment.

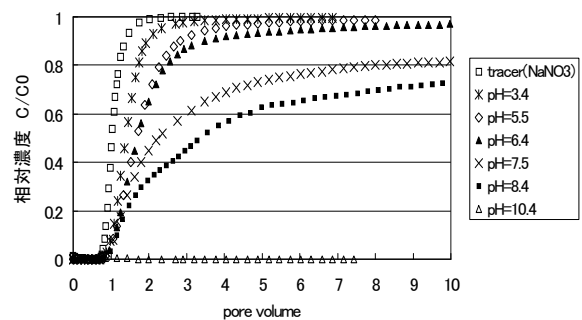


Fig.5 イモゴライト懸濁液の破過曲線の pH による変化 ($I=5.0 \times 10^{-4}$ [M])

Breakthrough curves of imogolite as a function of pH.

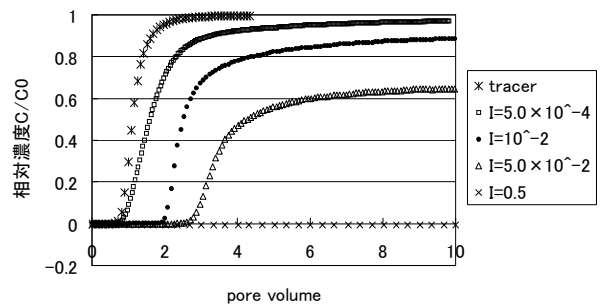


Fig.6 イモゴライト懸濁液の破過曲線のイオン強度による変化 (pH=6.4 ± 0.2)

Breakthrough curves of imogolite as a function of ionic strength.