

## ナノポーラスシリカへのイオン吸着に及ぼす間隙サイズの影響 Effect of pore size on ion adsorption properties of nanoporous silica

西山直毅<sup>1\*</sup>; 横山正<sup>2</sup>  
NISHIYAMA, Naoki<sup>1\*</sup>; YOKOYAMA, Tadashi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 物質・材料研究機構, <sup>2</sup> 大阪大学理学研究科宇宙地球科学専攻

<sup>1</sup>National Institute for Materials Science, <sup>2</sup>Osaka University, Graduate School of Science, Department of Earth and Space Science

鉱物表面のイオン吸着特性の理解は、資源や有毒元素の移動・濃集過程を考える上で不可欠である。表層環境では、ナノサイズの微小な間隙（ナノ間隙）がしばしば見られる。風化・熱水変質作用に起因するエッチピットや、微細な粘土鉱物や鉄酸化物の集合体はその例として挙げられる。ナノ間隙では、鉱物-水界面の電気二重層が十分に発達できないことが予想され、イオン吸着特性が間隙径によって変化する可能性がある。そこで本研究では、間隙径がイオン吸着特性に及ぼす影響を評価した。

試料には、間隙径の異なる2種類のナノポーラスシリカ粉末（CARiACT Q, Fuji Silysia）を用いた。間隙半径は25 nm（比表面積：72 m<sup>2</sup>/g）と、1 nm（比表面積：660 m<sup>2</sup>/g）である。まず、各半径の間隙の表面がどの程度帯電しているか（表面電荷密度）を調べるために、NaCl 1 mM 溶液中で酸/塩基滴定実験を行った。シリカの表面シラノール基は、pHが中性～アルカリ性の環境下で、H<sup>+</sup>の吸脱着反応： $>Si-OH \leftrightarrow >Si-O^- + H^+$ と、Na<sup>+</sup>の吸脱着反応： $>Si-OH + Na^+ \leftrightarrow >Si-O^- \cdots Na^+ + H^+$ が起こり、負に帯電する。半径25 nmと1 nmの間隙表面の電荷密度を比較したところ、間隙径が小さいものほど、表面電荷がゼロに近付いた。これは、細い間隙ほど、表面シラノール基がH<sup>+</sup>を脱離しにくい性質をもつことを意味している。

より細い間隙をもつシリカでは、表面電荷がゼロに近付くため、イオンの吸着量が減少することが予想される。このことを検証するために、半径25 nmと1 nmの間隙をもつシリカ粉末を用いてK<sup>+</sup>イオンの吸着実験を行った。NaCl 0.1 mM 溶液に0.006 mMのK<sup>+</sup>イオンとシリカ粉末を入れ、pHを4.0, 4.5, 5.6, 6.4, 7.3, 8.2に調整した後に約30分攪拌し、上澄み溶液を回収した。回収した溶液はフィルター（0.20 μm）にかけ、イオンクロマトグラフによりK<sup>+</sup>イオン濃度を測定した。その結果、半径1 nmの間隙表面へのK<sup>+</sup>の吸着量は、半径25 nmの間隙と比べて最大で2倍以上減少した。本研究の結果は、ナノ間隙をもつ鉱物へのイオン吸着を考える上で、間隙径の効果の重要性を示している。

キーワード: イオン吸着, 表面電荷, 電気二重層, シリカ, ナノ間隙

Keywords: Ion adsorption, Surface charge, Electric double layer, Silica, Nanopore