

※課題番号 : F-12-UT-0043
※支援課題名 (日本語) : ナノ細孔におけるイオン輸送現象の解明
※Program Title (in English) : Investigation on ion transport in nanometer-sized pore
※利用者名 (日本語) : 火原 彰秀
※Username (in English) : Akihide HIBARA
※所属名 (日本語) : 東京大学生産技術研究所
※Affiliation (in English) : Institute of Industrial Science, the University of Tokyo

※概要 (Summary) :

コンクリートの細孔径はナノメートルオーダーであり、表面張力が凝縮・気化に影響する現象や、表面電荷がイオンの侵入に影響する現象などが現れると考えられる。とりわけ塩化物イオンの挙動を詳細に理解することが、コンクリート構造物の設計や性能予測に欠かせない。しかし、実際のコンクリートでイオン挙動を把握することは困難である。そこで、このような現象をモデル化して正しく理解するために、ガラスチップを用いた実験系構築に挑戦した。

※実験 (Experimental) :

高速大面積電子線描画装置 (VDEC、東大) により高精度金属マスクを作製した。ガラス基板に、光リソグラフィ及び湿式エッチング法にて、2つのU字型マイクロ流路を接触せず対向するように作製した。この2つのU字流路をつなぐように、深さがナノサイズの流路を作製した。熱融着により閉じた流路とした。

※結果と考察 (Results and Discussion) :

塩化物イオンにより消光する蛍光色素 (MQAE) を用いてナノ細孔中の塩化物イオン挙動を解析した。一方のU字型マイクロ流路からバッファを導入し、毛管現象によりナノ流路をバッファで満たした。次に他方の流路から、バッファ、塩化物イオン、蛍光色素 (MQAE) を含む水溶液を導入し、拡散により塩化物イオンがナノ流路中をどのように進むかを、蛍光顕微鏡により観察した。深さ 95 nm の流路では、塩化物イオンが拡散により侵入する様子が見られたのに対し、深さ 15 nm の流路では、塩化物イオンの侵入が抑制されていることがわかった。これは、ガラス表面の負電荷により、形成される電気二重層 (ここでは数十 nm 厚み) の影響により、塩化物イオンが侵入できない「イオン排除」現象が起こったためと考えられ

る。つまり、負電荷をもつナノ細孔では、塩化物イオンの拡散が停滞、あるいは非常に遅くなるように見えることが、ナノスケール実験により実証された。

※その他・特記事項 (Others) :

コンクリートは、シリカ・酸化カルシウム・その水和物などから構成されるため、ナノ流路表面をこれらの材料で修飾し、よりコンクリート内部に近い環境で同様の実験を行う。

共同研究者等 (Coauthor) :

Prof. Albert van den Berg, Prof. Jan Eijkel (オランダ Twente 大学 MESA+研究所),
岸利治教授・酒井雄也助教・中村兆治 (M2) (生産技術研究所),
福山真央 (火原研究室 D2)

論文・学会発表

(Publication/Presentation) :

コンクリートへの塩化物イオン浸透停滞の機構に関するガラス製マイクロ/ナノ複合チップを用いた光学的実験による検討、中村兆治、酒井雄也、岸利治、第 67 回セメント技術大会 (2013 年 5 月発表予定)

関連特許 (Patent) : なし