

不均一核から生成した静電相互作用型コロイド結晶の 熱安定性に及ぼす基板表面特性の効果

(福井大院・工) ○辻野 翼、田畑 功、堀 照夫、廣垣和正

【緒言】

コロイド結晶とは、コロイド粒子が3次元的に周期配列したものであり、この配列が光の波長と同程度の周期を持つとき、Braggの法則に従い光を選択的に反射し、美しい色と輝きを見せる。この発色は構造色と呼ばれており、微細構造が示す光学特性から有機色素に代わる色材として繊維・高分子材料への着色や、光学材料としてセンサーやディスプレイなどへの応用が期待されている。基材表面でコロイド分散液を結晶化させると不均一核を生成して結晶化し、結晶格子の最密面が基材表面と平行となり成長していく。基材表面の特性によって表面近傍の粒子の運動性を変えることで、不均一核から生成する結晶構造を制御できると考えた。シリカ粒子は、水中で表面のシラノール基の解離により、負電荷を帯びる。基材表面に正電荷を付与すれば、静電相互作用によって基板表面近傍の粒子を束縛できると考えられる。先行研究において、基板の電荷特性によって結晶構造の不均化が抑えられることが報告されており[1]、正電荷基板上で生成した結晶の構造安定性が大きくなっていると予想された。本研究では、基板表面から不均一核生成によって粒子を再配列させた際のガラス基板の表面特性の違い(負電荷、正電荷)がそれぞれの基板上で生成した結晶の安定性に及ぼす影響について調査した。

【実験】

ガラス平板2枚の間にテフロンシートからなるパッキンを挟み、0.1 mmの隙間を持つサンドイッチセルを作製した。ガラスは硫酸中に浸漬して表面をシラノール基とし、水中で負に帯電するものと、3-アミノプロピルトリエトキシシラン溶液を用いたゾルゲル法[2]によってアミノ基を導入することで、水中で正に帯電するものを用いた。温調したサンドイッチセル内に結晶化条件を満たしたシリカ粒子水分散液(粒径 110 nm, 日本触媒(株))を注入(120 μ l/min)し、せん断力で結晶を融解させてから流動を停止した。流動停止後、時間経過毎にセルに対して入射角 0°、検出角 0°の相対反射率測定を行い、また結晶の成長過程を光学顕微鏡で観察した。

【結果と考察】

4.8vol%(導電率 0.450mS/m, pH 4.828)のシリカ分散液を負電荷セルおよび正電荷セル中で結晶化させた際の流動停止後の時間経過に対する反射ピーク波長の推移を図1に示す。負電荷セルを用いた場合、ピーク波長は時間経過と共に大きなブルーシフトを示した。一方、正電荷セルを用いた場合、負電荷セルで見られたブルーシフトが抑制された。光学顕微鏡を用いて結晶化の過程を観察したところ、負電荷セルでブルーシフトが大きく見られる時間帯では、ガラス平板の面内方向に結晶が成長して埋めつくしている段階であった。このことから、負電荷セル中では粒子が自由に動けるため、結晶の成長時に結晶同士が衝突し、面間隔の圧縮が起こり、ピーク波長のブルーシフトを示したが、正電荷セル中では基板と粒子間の静電相互作用によって結晶格子が安定化されたため、面間隔の圧縮が抑えられたと考えた。また、正電荷セル中で生成した結晶は負電荷セル中で生成した結晶と比べて融解点が高くなり、熱的にも基材表面の正電荷による結晶格子の安定化が確認された。発表では、基板の電荷特性が及ぼす結晶の融解挙動の違いについても述べる。

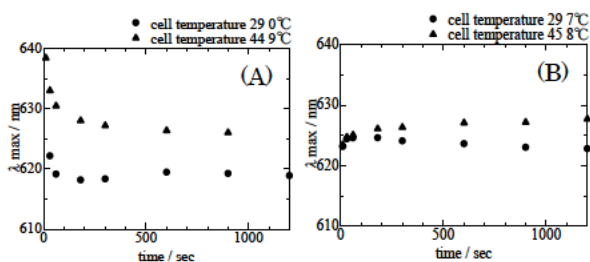


Fig.1 Behavior of reflection peak wavelength of colloidal crystal on time (A) in negative charged cell, (B) in positive charged cell

[1] 水野美希, 河澄真, 田畑功, 久田研次, 廣垣和正, サンドウィッチセル中でのコロイド結晶の形成過程に及ぼすセルの表面特性の影響, 平成 28 年度繊維学会年次大会, 2P240
[2] 工藤宗夫, 日本接着学会誌, vol.45 No.6, 236(2009)

Influence of Surface Charge of Substrate on Heat Stability of Electrostatic Interactional Colloidal Crystal Grown through Heterogeneous Nucleation

TSUJINO, Tsubasa; TABATA, Isao; HORI, Teruo; HIROGAKI, Kazumasa: Graduate School of Engineering, University of Fukui, 3-9-1, Bunkyo, Fukui, Fukui 910-8507, Japan, Tel: 0776-27-8747, E-mail: hirogaki@u-fukui.ac.jp