

学位論文の内容の要約

氏名	Kusdianto
学位の種類	博士 (工学)
学府又は研究科・専攻	大学院生物システム応用科学府 生物システム応用科学専攻
指導を受けた大学	東京農工大学
学位論文題目	The role of chemical and physical properties of substrate in the deposition of particles (粒子の沈着における基板表面の物理的・化学的特性の役割)

【論文の内容の要約】

機能性材料およびその関連素子の開発において、目的とする固体基板への合成粒子の固定化(担持)技術が重要であり、高い効率で粒子が固定化されることが望ましい。広範な分野での応用を考慮すると、合成粒子は懸濁液などのように浮遊させる場合が多い。本研究では固体基板を粒子懸濁液に挿入する手法、ならびに、液中の粒子を気中に浮遊させて基板に集積させる手法に着目する。これまで浮遊する粒子の集積挙動に及ぼす基板表面の特性(化学的・物理的)に関する研究はほとんどなされていない。本研究では、基板を化学的または物理的に変化させ、浮遊粒子の集積挙動を調べた。

液体中の粒子を気中に分散・浮遊させる(エアロゾル化)手法を用いて、一枚の平板が異なる親水性レベルを持つように設定し、粒子を集積させた。静電気を用いてエアロゾル化させると、浮遊する粒子の表面が帯電する。本研究ではプラスに帯電させた粒子を用いた。平板の表面電位を計測したところ、親水性レベルの高い表面がよりマイナスの表面電位をもつことがわかっており、プラス帯電の粒子がそこに導かれると予測できた。数回の粒子集積の実験を行うと、予想どおりに基板のより親水性高い部分に多数の粒子が集積された。雰囲気湿度の影響も調べたところ、集積された粒子の個数濃度に変化が見られた。湿度の高い場合、粒子が帯電する確率が低くなり、静電気力による粒子の移動速度も低下すると考えられた。表面近傍の電界を数値シミュレーションで求めたところ、帯電粒子が電気力線に従って、より親水性レベルの高い基板の表面に多く移動され、最終的には集積された。動的な粒子の移動に対する、静的な親水性の影響を明らかにした結果である。基板に親水性のパターンが作成された場合、浮遊粒子もそのパターンに従って、集積できることから、本研究成果は新しい粒子パターン作成技術への展開が考えられる。

気中に浮遊する帯電粒子に対して、基板が物理的にミクロンオーダーの凹凸を有するシステムについても検討を行った。電子顕微鏡だけではなく、蛍光顕微鏡でも計測できるように、浮遊粒子として有機物系の蛍光材料を添加した粒子を用いた。基板には陽極酸化アルミナ(AAO)を用い、ポアの入り口(穴)の径が $5.5\mu\text{m}$ で、深さが $150\mu\text{m}$ 程度であり、比較的高い aspect ratio を有するようにした。 100nm 前後の粒子ではポア(穴)中に導入され、固定化されたことを確認できなかったが、 $1\mu\text{m}$ 前後の粒子であれば、深さ $130\mu\text{m}$ まで粒子の導入が確認できた。ポーラス体に対して、スパッタリングのような導電性コーティングを施さない場合、穴の中に粒子が確認されなかった。静電気力が重要な推進力であることが確認された。

一方、 100nm 以下の穴を有するポーラス体に対して、導電性コーティングを施さないで、そのまま液体中に浸漬し静電場を与えた場合の粒子の移動および集積の挙動を調べた。この電気泳動法とよばれる粒子集積手法において、従来の直流(DC)の他に研究室で開発されたパルスDC電気泳動の使用も試みた。液体のpH、印加電圧、粒子径を主なパラメータとし、集積された粒子群を確認した。ポア内に固定化された粒子を脱離させる「耐久性」試験も行った。システム全体

を水の中に入れて、超音波バスによるエネルギーを与えた。エネルギーの大きさを変化させて、残存した粒子の個数の相違を確認した。基板のポア部の表面にパルス DC で集積・固定化された粒子の方が高い付着力を示すことがわかった。