

ディビジョン番号	15
ディビジョン名	コロイド・界面化学

大項目	2. 微粒子分散系
中項目	2-3. 高分子コロイド
小項目	2-3-4. 複合微粒子

概要（200字以内）

金属コロイドやシリカ、金属酸化物ナノ粒子、量子ドットなど無機成分と有機高分子との複合粒子は、無機物を高分子で保護しながら水中に安定に分散させ機能を発揮させることが可能となる等の特長を活かして光学材料やバイオ素子として重用される。右図に示すような多様なモルフロジーがあり、出発物質が異なる6つの合成ルートがあり、出発物質が異なる6つの合成ルートのいずれかにより作製される。これら以外に生体物質と高分子との複合粒子がある。

図1 有機無機複合微粒子の合成ルート

現状と最前線

主に有機無機複合粒子について述べる。高分子をソフトな成分、無機物をハードな成分として、それぞれをコアあるいはシェルとする複合粒子が一般的である。粒子径は10 nmから100 μm程度の範囲内で用途に応じて選ばれる。無機物に機能を期待する場合、その表面積を増やすため多数のナノ粒子として高分子粒子中に分散させることが多い。高分子にヒドロゲルを用いると温度や基質濃度などの環境に応答する複合粒子が得られる。図1中、(モノマー→ ←無機微粒子) プロセスの一例として、無機ナノ粒子存在下でのミニエマルジョン重合が挙げられる。図2は無機ナノ粒子として磁性粒子を用いてミニエマルジョン重合して得られた複合粒子である。金コロイドや量子ドットもミニエマルジョン重合で複合化されるが、無機成分が高分子粒子内に包含される状態は、無機物質とポリマーとの親和性に左右される。場合により無機物質が粒子内の局所に偏在することもある。同じ(モノマー→ ←無機微粒子) プロセスの範疇で、無機粒子をシードとするシード重合や無機粒子表面グラフト重合も行なわれている。リビングラジカルグラフト重合で金コロイド粒子の表面にポリマーブラシも構築された。モノマー/水系でクレイを使ってピッカリングエマルジョンを調製し、これを重合してクレイをシェルとする複合粒子を得ることができた。図1中、(ポリマー→ ←無機微粒子)のプロセスでは、無機微粒子へのポリマーのLayer-by-Layer 積層法が注目されている。シリカ粒子に対し、

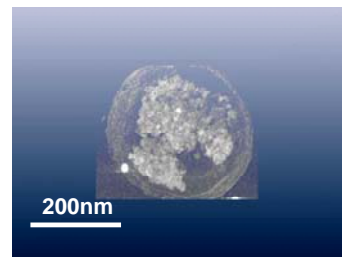


図2 ミニエマルジョン重合で得られた磁性ナノ粒子包含高分子粒子

カチオン性ポリマー、アニオン性ポリマーを交互に積層し、その後シリカを溶解して中空粒子を作製することもできる。図 1 中、(ポリマー→ ←前駆体) プロセスでは、鉄イオンと親和力のあるポリマーの水溶液中で鉄イオン/ポリマー錯体を得た後、アルカリ処理して、マグネタイト含有ポリマー粒子を得る例が挙げられる。(ポリマー粒子→ ←前駆体) プロセスには、既存の高分子ゲル粒子中に金属イオンを誘導し金属ナノ粒子をその場生成させる方法がある。この方法で、金ナノ粒子を内部に満遍なくちりばめたマイクロゲルが得られた。この時、ゲルが環境応答性であれば、環境に応じて金ナノ粒子の分散・集合状態が変化し、表面プラズモン吸収に由来するスペクトルのシフトが起こる。これは、環境変化を色の変化で知らせるセンシング材料として利用できる。ブラシ粒子のブラシ部分に銀を析出させた複合体は分散安定性を維持しつつ優れた還元触媒特性を示した。数マイクロメートルの多孔質粒子に鉄イオンを浸透させ、アルカリ処理することにより磁性複合粒子が得られたが、これに抗体を結合させて抗原を持つ細胞を選択的に磁力で回収するものはキット化されている。磁性体含有粒子は、回収を簡便化すること以外にも種々の用途に供せられる。磁性体と薬物を封入した複合粒子は、磁力で目的の場に誘導される。薬物が送達され放出された後、再び磁力誘導により回収して粒子の状態を観察することさえも行なわれた事例がある。磁性体やガドリニウムを含む複合ナノ粒子は MRI の造影剤として利用されているが、造影効果を高めるために緩和時間を縮める対策が探られている。

H.Kawaguchi, Functional polymer microspheres, Prog. Polym. Sci., 25 (2000) 1171-1210

F.Caruso, ed. "Colloids and Colloid Assemblies" Wiley-VCH (2003)

A.Elaissari, ed. " Colloidal Biomolecules, Biomaterials, and Biomedical Applications" Marcel Dekker (2004)

将来予測と方向性

- ・ 5 年後までに解決・実現が望まれる課題
  - 一定数の無機ナノ粒子を包含した高分子微粒子の合成。  
(マルチプレックスビーズアッセイにおけるビーズのコード化に必要。)
  - リビング重合によるオニオン (たまねぎ) 構造粒子の簡便な合成
  - ヤマス粒子の量産 (電子ペーパー等、表示材料用)  
(重合中の相分離を有効に利用することが鍵)
- ・ 10 年後までに解決・実現が望まれる課題
  - 高分子ゲル微粒子内における無機ナノ粒子の規則配列  
(高度センシング用粒子に望まれる構造)

キーワード

ハイブリッド微粒子・無機有機複合微粒子・ナノコンポジット・