

環境適合型プロセスによる単分散性微粒子の合成と多機能化

今野 幹男^{*,†}

^{*}東北大学大学院工学研究科 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉6-6-07 (〒980-8579)

[†] Corresponding Author, E-mail: konno@mickey.che.tohoku.ac.jp

(2016年5月30日受付, 2016年6月21日受理)

要 旨

機能性微粒子の応用は実にさまざまな分野に及んでいる。微粒子を材料として用いる場合、その化学的、物理的性質は一般にその大きさに依存するため、均一な特性の微粒子を作製するには、粒径の揃った単分散性粒子の合成が必要となる。またプロセスとしての応用を考えれば、環境に優しいプロセスの利用が望ましい。ここでは、最近の研究に焦点を当て、低環境負荷プロセスによる単分散性微粒子の粒径制御法について紹介する。また、多機能性を図るための微粒子複合化の例として、球形の単核或多核のコア・シェル型、非球形コア・シェル型、中空型、ならびに単分散液滴を利用する微粒子の合成を紹介し、環境適合型のプロセスによって、今では精密で、多様な構造制御が可能となっていることを解説する。

キーワード：機能性微粒子、複合粒子、粒径単分散

1. はじめに

微粒子とはいってもただ小さいだけではなく、大きさも形状も揃った微小な構造を精密に制御できるようになってきた。このため近年、さまざまな機能をもった微粒子材料が開発され、化学、バイオ、医療、機械、電子、情報等の幅広い分野での応用が図られるようになってきた。

微粒子を材料として利用する際には、当然その大きさが問題になる。一般に合成した微粒子の物理的、化学的な性質は粒径に強く依存するため、性質の揃った微粒子を作製するには、粒径分布の均一性を図る必要がある。単分散性微粒子の名称は通常、粒径分布に高い均一性をもつ微粒子に用いられる。現在、単分散性の基準としては、さまざまな指標が用いられるが、粒径分布の分散度 ($C_v = \text{標準偏差} / \text{数平均径}$) $< 10\%$ もその一つであり、基準値として広く用いられている。

微粒子の多機能化には、粒子合成における複合化の手法の発展が大きな基盤となっている。その多くの場合、はじめに粒径の揃った粒子を合成し、その粒子に異なる成分を導入する手法を利用する。はじめに合成する粒子は、一種の種粒子（シード粒子）か鋳型（テンプレート）に相当する。粒径の揃った微粒子を用いることにより、同一量の異種成分を導入し、形状や構造の均一性を図ることができる。他成分導入より、相分離す

れば複合粒子（composite particle）となる。さらに、複合粒子の構造の一部を溶媒抽出や焼成除去することで形状・構造の多様化を図ることも可能で、中空粒子はその代表的な一例である。

このような手法の組み合わせを用いれば、きわめて多様な形状・形態の粒子作製が可能となる。形状は大きく分ければ、球形と非球形（異形とも言う）になるが、球形粒子であっても、同心円的に相分離した構造のものもあれば、偏心構造のものもあり、さらには内包された相が、単核構造のものもあれば、多核構造のものもある。通常は、固体成分が粒子の構成要素であるが、液体状態の相が構成要素となる場合もある。従来のマイクロカプセルは、粒径が不均一であるが、ゾル・ゲル法を適用すれば、単分散なマイクロカプセルの作製も可能となる。

一方、微粒子合成法をプロセスとしてみた場合、環境負荷の低いほうが望ましい。すなわち、水やエタノールのような毒性の低い溶媒を用い、界面活性剤のような第三成分の添加をできるだけ抑えた手法である。もちろん、目的は生成物の高純度化とプロセスの環境負荷の軽減にあるが、機能性微粒子合成のための各操作を思いどおりに着実に行うためには、微粒子界面物性の予測が容易な、清浄な界面を有した微粒子のほうが利用しやすいというメリットが期待できる。低環境負荷の代表的な単分散微粒子の合成法は、有機ポリマー微粒子についてはソープフリー乳化重合があり、無機微粒子についてはゾル・ゲル法がある。われわれは、両者の合成法を機軸として、さまざまな形状・形態の複合微粒子の合成が、低環境負荷のプロセスによって実現できることを示してきた。最近では、ゾル・ゲル法を用いた液滴微粒子の複合化への応用なども検討している。ここでははじめに、ソープフリー乳化重合とゾル・ゲル法について簡単に説明し、その後で複合微粒子の合成や構造制御について解説する。最後に最近行っている中空微粒子の合成について述べることにする。



〔氏名〕 こんの みきお
 〔現職〕 東北大学 名誉教授
 〔趣味〕 スポーツ観戦
 〔経歴〕 1979年東北大学博士課程化学工学専攻修了、同年東北大学工学部助手、1986年同助教授、1995年同教授、1997年大学院に配置換え、2016年同名誉教授。