

(第14回) 2018年度・研究助成報告

研究題名	種々マトリックスへの分散性向上を目指した粒子表面の濡れ性指標化の検討
研究期間	2018年4月1日～2020年3月31日
研究機関・所属 研究者名	岐阜大学・工学部・高井千加

1. 2018 (2019) 年度研究成果の概要

我々はハンセン溶解性パラメーター (HSP) を応用した粒子表面の指標化を提案し、マトリックスとの濡れ性を上げる粒子表面を、マトリックスと混合前に予測することを試みた。HSPは、パラメーターをロンドン分散力、極性力、水素結合力の3つの項で評価できる。これを分散粒子に応用する。まず種々表面改質を施した粒子を、種々HSP値既知溶剤に分散させ、良分散溶媒か否かに分類する。3つの項で表した三次元空間 (=ハンセン空間) に、良分散溶媒のみのプロットを囲うようにハンセン球を描く。そのとき球の中心が粒子のHSP値となる。セルロースアセテートをマトリックスとし、未改質、アミノ基改質、フルオロ基改質したシリカ粒子のHSP値を調べると、アミノ基改質粒子の水素結合項が最もマトリックスのそれと近い値となった。実験においてもマトリックスへの濡れ性が最も良いことが証明され、HSP値を粒子の最適改質基予測に応用できることが示唆された。固体粒子の組成が分かれば、粒子表面に露出する官能基が予測できるが、粒子の製造方法や製造後の保管雰囲気如何によっては、粒子表面物性は必ずしも一様ではない。2018年度は、中空粒子の粒子微構造について調べた。

2. 助成期間内での研究成果の概要

中空粒子は内部に空洞を持つ粒子のことで、何らかのテンプレートにシェル材を被覆し、テンプレート除去により得られる。中実粒子とは異なるユニークな物性を有し内部体積が小さくなるほど顕著になる。サイズ制御や分布制御の観点から有機ビーズテンプレートが頻用されるが、環境負荷への懸念から、無機粒子テンプレート、高分子電解質テンプレートが推奨される。シリカは身の回りにありふれた材料ながら、中空粒子のように構造制御することで魅力的な機能を発現する。炭酸カルシウムをテンプレートとし、ゾルゲル法を用いてシリカシェルを形成、希釈酸水溶液でテンプレートを除去して合成した中空粒子の表面物性を蒸気吸着法で調べ、その結果を中実粒子と比較した。中空粒子の水蒸気吸着量増加挙動は中実粒子のそれとほぼ同様で、粒子表面物性が同等であることが分かった。中空粒子の内部に存在する空気分子数を計算すると、内部体積の減少とともに減少する。内部径が50 nm とすると存在空気分子数は3000であるのに対し、内部径10 nm ではわずか25となる。限定された空間では大気のような連続性が失われることが予想される。シリカシェルの密度が2.2 g/cm³、シェル厚が5 nm、内部径が50 nm と仮定すると、ストークス式に従った終末沈降速度は中実粒子より遅くなり凝集しにくくなる。また、シェル厚が薄くなるほど、粒子間の付着力は小さくなる。中空粒子は、ユニークな機能性に加えてハンドリングしやすいという特徴を兼ね備えているといえる。機能性複合材料を作るうえで、粒子の構造制御および分散制御は欠かせない。中空粒子のような空洞を持つ粒子の表面物性は、水に対する濡れ性は中実粒子と同等であるが、粒子間付着力は中実粒子とは異なることが分かった。

3. 研究発表

学術論文発表

1. **Chika Takai-Yamashita**, Masayoshi Fuji, Hollow silica nanoparticles: a tiny pore with big dreams, *Advanced Powder Technology*, Volume 31, Issue 2, **2020**, Pages 804-807 (Invited as a perspective paper)
2. **Chika Takai-Yamashita**, Masafumi Ando, Hadi Razavi-Khosroshahi, Masayoshi Fuji, Oxidation/reduction control of the VO₂ nanoparticle in the nano-confined space of the hollow silica nanoparticle, *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, Volume 566, 5, **2019**, Pages 134-140