

複雑形状成形技術の革新にむけた新しい微粒子分散・プロセス技術

環境情報研究院 准教授 飯島 志行



研究背景

近年、後加工などの従来手法では表現困難な任意の複雑形状部材を、生産性よく製造できる期待から、微粒子分散体（スラリー）を用いたセラミックス部材の3次元造形技術が脚光を浴びています。これまで、光学部材、マイクロ流路、触媒・触媒担体などを例とした多くの複雑形状部材が、3Dプリンタや鋳型中でのその場固化法により設計されてきました。一般的な3次元造形用スラリーは、光硬化性液状樹脂に原料微粒子を分散剤とともに高濃度に分散させたものが使用されていますが、スラリー中の有機物含有量が多いため、形状付与後の乾燥・脱脂・焼結操作で造形物の崩壊を招きやすく、極めて遅くて長い加熱操作が強いられています。また、焼結体の潜在機能を最大限引き出すには、スラリー中での微粒子分散安定化や集合構造制御が不可欠であり、特にセラミックス設計分野では、複数種類の微粒子を同時に配合する材料系が多いため、その「積極的な制御」は困難を極めます。

研究概要

当研究室ではこれらの課題を一挙に解決するため、独自の微粒子界面設計や高分子分散剤の設計技術に基づいて、あらゆる材質の微粒子を所望の溶媒中に高濃度分散させる手法を構築してきました。例えば、カチオン性高分子に脂肪酸を部分的に会合した分散剤は、非水系溶剤中で各種材質の微粒子に吸着して分散安定化することを見出しています（図 (a)）。また、微粒子や分散剤の配合順序を工夫するだけで、スラリー中における微粒子の集合構造の「積極的な制御」が可能です（図 (b)）。これらの微粒子分散技術を活用することで、例えばセラミックス材料の製造工程中で能動的に微粒子の分散・集合構造が制御でき、最終製品の潜在機能をより良く引き出す微構造設計が実現しています（図 (c)）。また、ごく簡単な添加剤の工夫で、光や熱などの外部刺激によって粒子間架橋を形成する機構を付与することができ、原料微粒子の分散・集合状態を維持しながら様々な複雑形状を付与できる技術へ展開しています（図 (d)）。本系では有機分使用量が従来手法のおよそ1/10以下であり、飛躍的に乾燥や脱脂操作時間を短縮することも可能です。

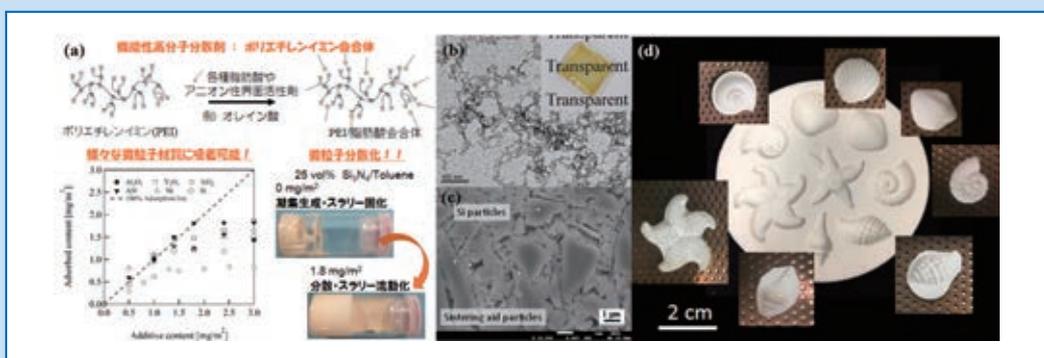


図 (a) 会合体型高分子分散剤の設計概念、微粒子に対する吸着性とスラリーの分散化、(b) エポキシ樹脂中におけるAgナノ粒子配列化、(c) Si微粒子周りに酸化物微粒子が集積化したセラミックス成形体、(d) 窒化ケイ素用5成分スラリーから作製した複雑形状成形体（その場固化法）

関連文献

[1] M. Iijima et al., Ind. Eng. Chem. Res. 54 (2015) 12847-12854. [2] M. Iijima et al., Colloids and Surface A 545 (2018) 110-116. [3] M. Iijima et al., Colloids and Surface A 482 (2015) 195-202. [4] S. Morita et al., Adv. Powder Technol., 29 (2018) 3199-3209. など。