

論文名：3次元開気孔を有する多孔質セラミックスの設計と物性評価

長崎大学大学院生産科学研究科

神谷 和孝

セラミックス多孔質体は、断熱材や調湿材といった構造材料、触媒担体やフィルターなどの機能性材料、さらには人工骨に代表される生体材料などとして実用化されている。しかし、いずれの分野においても、実用製品のさらなる特性改善のために、セラミックス多孔質体の細孔サイズ、細孔容積および気孔率といった物理的特性や、曲げ強度や圧縮強度といった機械的特性の最適化が切望されている。現在のところ、サブミクロンオーダー以下の細孔はテンプレート法により精密に制御することが可能となっている。しかし、数～数10 μm の細孔については、発泡法や高分子レプリカ法といった手法が検討されており、発泡や高分子フォームを利用するために細孔径の制御は可能ではあるが、多孔質体の機械的強度は十分とは言いがたい。

本論文では、様々なセラミックス多孔質体の中でも、ミクロンオーダー以上の細孔を有するセラミックス多孔質体に注目した。具体的には、ミクロンオーダー以上の開気孔を形成するためのテンプレートとして10 μm 以上の粒子径を有するポリメタクリル酸メチル (PMMA) 球状微粒子を用い、メカノフュージョン法によってセラミックス・PMMA テンプレート複合粒子の設計を行った。また、ゾルーゲル法によるセラミックス・PMMA 複合粒子間の接合、スリップキャスト法によるセラミックス骨格・細孔形成剤の同時成形、またはPMMA粒子間を接合剤により接合したテンプレート法により3次元開気孔を有する多孔質セラミックスを設計し、それらの物性評価により多孔質セラミックスの細孔構造設計法を確立することを目的とした。

第1章では、緒論として、セラミックス多孔質体の特性と従来の調製方法および本論文の背景と、上述した研究目的について述べた。

第2章では、メカノフュージョン法で98.6 μm の平均粒子径を有するPMMAとゾルーゲル法で調製した微細なヒドロキシアパタイト (HA) からHA・PMMA複合粒子およびHA中空粒子を調製した。このHA・PMMA複合粒子およびHA中空粒子の表面形態は、添加するHA添加量および粒子径やメカノフュージョン処理時間で制御することが可能であることを明らかにした。さらにHAゾルでこの複合粒子間を連結後、焼成・焼結により、このHA多孔質体の中に20 μm 程度の連結細孔を形成するための調製条件を確立した。さらに、タンパク質吸着実験より、HA多孔質体中の開気孔率と吸着量との関係を明らかにした。

第3章では、PMMA粒子をテンプレートに用いスリップキャスト法でアルミナ多孔質体を調製し、その調製方法が多孔性および機械的強度に及ぼす影響を系統的に評価した。用

いる PMMA 粒子の粒子径に依存して PMMA 由来の細孔径や連結細孔径は変化した、開気孔率と焼結性は PMMA 粒子径に依存しないことを明らかにした。さらに、アルミナスラリー中に添加する焼結助剤の種類がアルミナ多孔質体の開気孔率および機械的強度に及ぼす影響を明らかにした。焼結助剤の中でも SiC を添加すると、その酸化過程で発生する CO₂ ガスの効果およびアルミナ結晶子の成長効果により、開気孔率が高くかつ機械的強度に優れたアルミナ多孔質体を調製できることを見出した。

第 4 章では、非架橋 PMMA の有機溶液を接着剤に用いて、98.6 μm の平均粒子径を有する架橋 PMMA 粒子をネック部で連結させた PMMA ブロックをテンプレートに用い、アルミナスラリーの浸潤によりアルミナ多孔質体を調製し、その調製方法が多孔性および機械的強度に及ぼす影響を系統的に評価した。事前に架橋 PMMA 粒子同士をネック部で連結させないとほぼ閉気孔のアルミナ多孔質体しか得られなかったが、架橋 PMMA 粒子をネック部で連結させた PMMA ブロックをテンプレートに用いると、高い開気孔率のアルミナ多孔質体を得られた。なお、接着剤に用いる非架橋 PMMA の添加量の増加により連結細孔径と開気孔率を増加させることができた。さらに、非架橋 PMMA の有機溶液に添加する界面活性剤の種類により濡れ性を調整し、事前の架橋 PMMA 粒子のネック部の連結部径を制御することにより、連結細孔径と開気孔率を制御する方法を確立した。

5 章では、総括として本研究で得られた結果をまとめ、本論文が細孔構造を制御した多孔質セラミックスを生体材料、機能性材料への応用へ展開するために必要な基礎的な知見となり得るとの展望を示した。