



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Study on Pore Structure Control and Characterization of Porous Ceramics using Starch as a Pore-forming Agent [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	植松, 昌子
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第15412号
Issue Date	2023-03-23
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/89848
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	UEMATSU_Masako_review.pdf, 審査の要旨



学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称 博士（工学） 氏名 植松 昌子

審査担当者	主査	教授	忠永 清治
	副査	客員教授	打越 哲郎
	副査	准教授	鱒淵 友治
	副査	客員教授	白幡 直人
	副査	教授	島田 敏宏

学位論文題名

Study on Pore Structure Control and Characterization of Porous Ceramics using Starch as a Pore-forming Agent
(デンプンを造孔剤に用いたセラミックス多孔体の気孔構造制御とその評価に関する研究)

マクロ～ミクロ～ナノサイズ空間を持つ多孔質材料は、環境、エネルギー、光学、医療、エレクトロニクスなど幅広い分野で利用され、特に近年は地球温暖化に伴う環境問題の解決に資する材料として高い期待が寄せられていることから、その気孔構造制御技術の高度化は重要性を増している。本研究は、デンプンが、加水と加熱に続く冷却処理により3次元ネットワーク構造を自己形成する「糊化・老化現象」に着目し、セラミックス成形体の内部でデンプンに自己ネットワーク構造を形成させ、その3次元体を造孔剤とする多孔体作製プロセスを確立すること、また、共焦点レーザー蛍光顕微鏡と浸液透光法（原料と同屈折率の液体を多孔体サンプルに含浸させることで、内部の透過観察を可能にする手法）を用いた多孔体内部構造の3次元評価法を確立することを目的としたものである。

第1章では、セラミックス多孔体の応用に関する本研究の位置づけを示し、本論文の研究目的を述べている。

第2章では、代表的なミクロポーラス材料であるゼオライトの粉末を原料に用いてバルク体をドライゲルコンバージョン法で作製し、その作製プロセスと多孔体の内部構造との関係を検証している。原料にはZSM-5を選択し、作製したバルク体はZSM-5ゼオライトの結晶構造を保ち、メソ孔、マクロ孔を有すること、さらに熱処理プロセスによってマクロ孔構造が変化することが確認された。本研究で用いた3次元観察手法が、従来の気孔構造評価法である窒素ガス吸着法、水銀圧入法、および2次元の顕微鏡観察法や、一般的なマイクロX線CT装置では評価困難な、数ミクロンサイズのマクロ気孔の3次元的な構造評価が可能であることが実証された。

第3章では、前章で作製したゼオライトバルク体の特性を調査した。特に、ガスや液体の分離精製や環境浄化用途への応用で重要な、圧縮強度、水蒸気の吸着特性、ガス透過性を測定し、バルク体の微構造との関係を考察している。作製したバルク体は、一般的なコンクリート（18～24MPa）と同程度である20MPa以上の圧縮強度を持つことが確認され、強度の観点からは実用可能性のある材料であることが示された。また、水蒸気の等温吸着線に、原料ゼオライト粉末には見られないヒステリシス曲線が現れ、このバルク体は調湿素材としての応用可能性があること、さらに、デンプンの加熱処理方法を変更してマクロ孔の連通性を高めたサンプルで、窒素ガスの透過性向上が確認され、気孔構造制御の有効性を実証した。

第4章では、前章までに述べた、デンプンを造孔剤として利用する多孔体の作製プロセスおよび共焦点レーザー蛍光顕微鏡による内部構造3次元観察法の、ハイドロキシアパタイト多孔体への適用を検討している。ここでは、ハイドロキシアパタイトの結晶面における表面電位の異方性を利用した、汚染水処理用途のセラミックス多孔体の作製を目的とし、デンプン造孔剤およびフリーズドライ成形法を用いて、内部に連通気孔構造を導入したハイドロキシアパタイト多孔体を作製して、その3次元構

造を評価した。第2章と同様に、プロセスによって多孔体の内部構造が変化すること、本研究で用いた3次元観察法がハイドロキシアパタイト多孔体にも適用可能なことを実証した。

第5章では、前章で作製したハイドロキシアパタイト多孔体の汚染水浄化フィルターとしての利用を検討している。ハイドロキシアパタイト多孔体をフィルターとして用い、バクテリアおよびウィルスで汚染された液中からそれらを除去する試験を実施して、性能を検証した。大腸菌の濾過試験では、濾液に検出可能な濃度の大腸菌が含まれていないことが、また、ヒトコロナウィルス 229E の濾過試験では、99.998% のウィルスが除去されたことが確認された。この結果から、汚染水浄化フィルターとしてのハイドロキシアパタイト多孔体の応用可能性が示された。

第6章では本論文の内容が総括されている。ネットワーク構造を形成するデンプンを造孔剤に用いたセラミックス多孔体では、気孔構造制御により機能性の向上が可能なことを明らかにした。また、本研究でゼオライト及びハイドロキシアパタイトの2種のセラミックスに適用された内部構造の3次元観察法は、浸液透光法が適用される材料ならば原理的に適用可能で、従来の気孔構造評価法を補完できる手法と結論付けた。

これを要するに、著者は、デンプンを造孔材とする気孔形状の制御された多孔体の創製法と、気孔ネットワーク構造の新しい評価法を提案し、その有効性を検証した。本プロセス及び手法の汎用性は極めて高く、本研究で得られた知見は、環境・エネルギー問題の解決に資する新しい多孔質材料の創製に貢献するところ大なるものがある。よって著者は、北海道大学博士（工学）の学位を授与される資格あるものと認める。