

論文審査の結果の要旨

専攻名 システム創成工学専攻

氏名 Md Shahadat Hossain

本論文は「Carbon template assisted hydrothermal synthesis of hollow structured nanomaterials and nanocomposite (カーボンテンプレートを利用する中空構造ナノ材料・ナノコンポジットの水熱合成)」と題し、糖類の水熱処理により得られる球状カーボンテンプレートを用いた金属酸化物をシェルとする数100 nm径の球状中空粒子の創成とキャラクタリゼーション、およびこの酸化物中空粒子の光触媒への適用可能性について検討した結果をまとめたものである。

内部に空洞を有する金属酸化物中空粒子は、低密度、低熱伝導性、高散乱性、高比表面積などの特徴を有することから、断熱材料、光触媒、光学材料、二次電池電極材料など幅広い分野への応用について検討されている。中空粒子調製法の一つに均一なサイズの中空粒子が安定に得られるテンプレート法があるが、中空粒子合成の際コアのテンプレートの除去が必要であり、低環境負荷となるコア材料についての探索がされている。

本論文では、酸化物中空粒子の低環境負荷テンプレートとして、糖類の水熱合成炭素化反応に着目し、この反応で得られる球状炭素ナノ粒子を用いる金属酸化物および複数の金属酸化物のナノコンポジット中空粒子のワンポット合成と、得られた中空粒子の各種特性や光触媒としての適応可能性について検討している。

本論文は5章で構成されている。

第1章は序論であり、本研究で検討した金属酸化物である α - Fe_2O_3 、 ZnO 、 ZnFe_2O_4 の特徴とそれらのナノ材料合成法およびその有効性を述べている。

第2章および第3章では、フルクトースおよびスクロース由来水熱炭素化ナノ粒子をテンプレートとする、 α - Fe_2O_3 と ZnO 中空粒子の合成と、その特性評価および α - Fe_2O_3 についてはその熱的安定性を、 ZnO についてはUV光照射による水溶液中有機色素の分解挙動から光触媒としての適応可能性についてそれぞれ検討した。

第4章では、前章で得られた結果を利用して、 $\text{ZnO}/\text{ZnFe}_2\text{O}_4$ ナノコンポジットをシェルとする中空粒子の合成とその特性評価を行い、高い比表面積を持つ中空構造酸化物ナノコンポジット材料が得られることを示した。

第5章は総括であり、本論文の成果をまとめている。

本論文で得られた主な成果は以下の通りである。

- 1) フルクトースやスクロース由来の水熱炭素化ナノ粒子が α - Fe_2O_3 、 ZnO および $\text{ZnO}/\text{ZnFe}_2\text{O}_4$ ナノコンポジットをシェルとする中空粒子合成のテンプレートとして有用であること、およびフルクトースまたはスクロースと前駆体金属塩の水溶液を耐熱容器に封入後水熱加熱するワンポット合成で、回収粒子の焼成によりシェルの一次粒子径が均一で、サイズも比較的均一

な酸化物中空粒子を調製する方法を確立した。

- 2) 本法で得られたZnO中空粒子のUV照射による有機色素分解特性評価から、中空構造に起因する高光散乱特性により同等のZnO粉末に比べて高い反応性を持つこと、サイズが大きいことで回収と繰り返し使用が容易であることを示し、実用性の観点も含めたZnO中空粒子の光触媒としての有効性を明らかにした。
- 3) 本法で得られたZnO/ZnFe₂O₄ナノコンポジット中空粒子は、ワンポット水熱反応に供する前駆体水溶液中のFe/Zn比に相応した組成を持つ高比表面積材料であり、この特性から磁気分離可能な光触媒として利用可能であることを示した。

本研究で示した、ワンポット水熱合成を利用する中空粒子調製技術は、焼成を行う場合は中空構造を持つナノ構造体が得られる一方で、未焼成の場合はコアをナノ炭素材料、シェルを各種金属酸化物とする複合材料調製への応用が可能であり、どちらの方法でも得られた粒子は比較的均一な粒子サイズを取ることから、断熱/伝熱材料、触媒材料、光学材料、中空構造/コア炭素材料を含む二次電池電極材料などへのさらなる発展が期待され、学術的・工学的に価値あるものと認められる。

本論文については、2023年2月8日に宇都宮大学陽東キャンパス2号館2-223教室において、審査委員全員を含む多数の出席のもとに公聴会が開催され、研究内容に関する発表および質疑応答が行なわれた。その後学位審査委員会が開催され、本論文の内容を詳細に検討した結果、中空ナノ材料の合成および特性に関わる分野で新しい知見が得られたと認められ、論文内容の学術的レベル、研究内容の独創性に優れていると判断した。

よって、本論文は博士（工学）の学位論文に値するものと認める。