

論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)	氏名	ADITYA FARHAN ARIF
学位授与の要件	学位規則第4条第1項・2項該当		
論 文 題 目 SYNTHESIS AND FUNCTIONALIZATION OF NANOSTRUCTURED ELECTRICALLY CONDUCTIVE FINE PARTICLE FOR ENERGY STORAGE AND CONVERSION (エネルギー貯蔵・変換のための電気導電性ナノ構造体微粒子の合成と機能化)			
論文審査担当者			
主 査	准教授	荻 崇	印
審査委員	教 授	都留 稔了	印
審査委員	教 授	塩野 毅	印
審査委員	教 授	矢吹 彰広	印
〔論文審査の要旨〕			
<p>本学位論文では、エネルギーの変換・貯蔵材料に用いられる電気導電性微粒子の高性能化を目的とし、微粒子のナノ構造化について研究した成果がまとめられた。具体的には、燃料電池の電極触媒用にカーボン粒子のポーラス構造化を行い、性能を測定した。また、キャパシターへの応用へ向けて、中空構造を持つ窒素がドーピングしたカーボン粒子を合成し電池特性を測定した。さらに、カーボン粒子の劣化の問題を解決すべく、亜酸化チタン (TiO_x) ナノ粒子の合成と導電性の評価を実施した。本論文の各章の詳細は、以下のとおりである。</p> <p>第1章では、本研究の背景と既往の研究を概説し、本学位論文の目的と構成を述べた。はじめに、燃料電池電極触媒、キャパシター材料の現状と問題点、および求められる性能が概説され、カーボン粒子のナノ構造化と機能付与の重要性が述べられた。さらに既往の研究を背景に、本研究の新規性と目的が述べられた。</p> <p>第2章では、炭素源としてフェノール樹脂を用いて噴霧熱分解法によりポーラスまたは中空構造を持つカーボン微粒子の合成が検討され、白金を担持した後、電極触媒性能が評価された。カーボン微粒子の構造化については、一定温度で焼失するポリスチレンラテックス (PSL) 粒子を帯電状態や粒子径を制御し、原料溶液に添加することで合成した。白金担持の方法としては、マイクロ波加熱による方法を用いた。結果は、まず PSL 粒子を添加しない場合は、中実のカーボン微粒子 (C_{Dense}) が合成され、原料に負帯電の PSL 粒子を添加した場合は表面に多数のマクロ孔が空いたポーラス構造のカーボン微粒子 (C_{Porous}) が合成され、正帯電の PSL 粒子を添加した場合はマクロ孔が内部にのみ存在する中空構造のカーボン微粒子 (C_{Hollow}) が合成された。白金担持量 13wt% で Pt/C 触媒のサイクリックボルタンメトリー (CV) の測定結果より、白金の電気化学的有効比表面積 (ECSA) を算出すると、Pt/C_{Dense} は 44 m²/gPt、Pt/C_{Porous} は 102 m²/gPt、Pt/C_{Hollow} は 69 m²/gPt となった。また、白金担持量 46wt% の市販触媒についても同</p>			

様に CV 測定を行い ECSA を算出すると、 $85 \text{ m}^2/\text{gPt}$ となり、 $\text{Pt}/\text{C}_{\text{porous}}$ は市販触媒と比較しても高い性能であることが分かった。

第 3 章では、マイクロ波加熱による中空カーボン粒子の合成と特性評価について検討した。本研究では、マイクロ波加熱装置を用いて 3-アミノフェノールから中空カーボン粒子を合成し、窒素雰囲気中で焼成することで中空構造を持つカーボン粒子を合成した。テンプレート材料としては PSL を用いた。550、1200°C で焼成したカーボン粒子の元素分析と XPS 測定を行った結果、550°C 焼成のカーボン粒子は窒素が約 15%、1200°C 焼成のカーボン粒子は約 3% であることが確認された。また XPS の結果から窒素原子のカーボン内でのドーピングが確認された。さらに電池特性を評価した結果、窒素がドーピングした中空カーボン粒子は 16.3 F cm^{-3} のキャパシタンス性能を持っていることが確認された。

第 4 章では、マグネリ相を持つ亜酸化チタン (TiO_x) ナノ粒子の合成とその導電性について評価した結果がまとめられた。 TiO_x ナノ粒子は、熱プラズマ法により合成され、粒子径は 15–30 nm で、直鎖上の粒子であることがわかった。このプラズマで合成されたナノ粒子自体の導電性は、 $1.48 \times 10^4 \Omega \cdot \text{cm}$ と高い抵抗を持つが、550°C、3% の水素雰囲気中で再加熱をすることで、粒子中の結晶欠陥が消失し、導電性が最大で $0.04 \Omega \cdot \text{cm}$ まで増加することが確認された。

第 5 章では、第 2 章から第 4 章を総括し、本論文の結言を述べている。

以上、審査の結果、本論文の著者は博士（工学）の学位を授与される十分な資格があるものと認められる。

備考：審査の要旨は、1,500 字以内とする。