

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	エネルギーデバイスへの応用を目指したナノカーボンベース材料の構造と物性
Title(English)	
著者(和文)	齋藤慶考
Author(English)	Yoshitaka Saito
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第10769号, 授与年月日:2018年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:松本 英俊,鞠谷 雄士,扇澤 敏明,早川 晃鏡,塩谷 正俊
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10769号, Conferred date:2018/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

## 論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	齋藤 慶考	
論文審査 審査員		氏名	職名		
	主査	松本 英俊	准教授	塩谷 正俊	准教授
	審査員	鞠谷 雄士	教授		
		扇澤 敏明	教授		
		早川 晃鏡	教授		

## 論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「エネルギーデバイスへの応用を目指したナノカーボンベース材料の構造と物性」と題し、以下の5章から構成されている。

第1章「序論」では、ナノ材料を利用したエネルギーデバイスの研究動向を概観し、とくに二次電池やキャパシタなど電気化学デバイスの電極のナノ構造制御において、0次元（粒子状）から二次元（シート状）まで多様な形態のナノ材料によって構成される電極の構造と電気化学的性質およびデバイス特性との関係解明が電極設計において重要であることを指摘している。

第2章「酸化グラフェンをテンプレートに用いた金属酸化物のナノシート化」では、二次元ナノ材料の活物質としての有用性を調べるために、汎用的なナノシート材料である酸化グラフェン（GO）の層間ギャップを反応場として利用する新規な金属酸化物ナノシートの作製方法を提案している。GOをゾルゲル反応のテンプレートとして用いることで、厚み数 nm、サイズ数  $\mu\text{m}$  の二酸化チタン（ $\text{TiO}_2$ ）、酸化亜鉛（ $\text{ZnO}$ ）、酸化鉄（III）（ $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ）、二酸化ケイ素（ $\text{SiO}_2$ ）ナノシートを作製し、層状物質以外の材料から汎用的な金属酸化物ナノシートの作製法をはじめて報告している。さらにこの方法によって作製した  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  ナノシートを負極活物質に用いたりチウムイオン二次電池を作製し、活物質のナノシート化によって反応面積が増加すると同時に反応場が均一化され、高容量化とサイクル特性の改善が可能になることを明らかにしている。

第3章「カーボンナノファイバー・二酸化マンガンナノワイヤ複合電極の作製」では、一次元ナノ材料の活物質としての有用性を調べるために、電解析出法を用いて二酸化マンガンナノワイヤ（ $\text{MnO}_2\text{NW}$ ）をカーボンナノファイバー（CNF）不織布上に析出させることによって、ナノサイズ化された活物質の凝集を防ぐと同時に活物質が集電材と一体化した複合電極を作製した。ここでは集電材となる CNF の直径と  $\text{MnO}_2\text{NW}$  担持量が異なる電極を作製し、その構造と電気化学特性を評価することによって、ナノワイヤ状の活物質が CNF の骨格内でネットワーク構造を形成することで、多孔質電極内の空間利用効率が向上すると同時に電荷移動抵抗が低減することを見出し、結果として、静電容量が向上することを明らかにしている。さらに作製した複合電極を用いたキャパシタは、高いエネルギー密度（ $8.9\text{Wh/kg}$ ）と出力密度（ $4.9\text{kW/kg}$ ）を同時に達成することを報告している。

第4章「ナノリボンを利用したグラフェン電極の構造制御」では、第2章と第3章の結果を踏まえ、一次元性と二次元性と併せ持つリボン形状のナノ材料であるグラフェンナノリボン（GNR）を用いた電極構造の制御を試みている。液相で化学的に還元させた GNR から作製した水和 GNR 積層膜の内部構造は分散液中の GNR 凝集状態によって制御可能であることを見出し、厚み方向に屈曲度の低い細孔構造を持つ電極の作製が可能であることを明らかにしている。屈曲度の低い GNR 電極を用いたキャパシタは、イオン輸送性に優れ、高いエネルギー密度（ $5.5\text{Wh/kg}$ ）と出力密度（ $0.3\text{MW/kg}$ ）を示すとともに充放電時において優れたレート特性も示すことを報告している。

第5章「総括」では、これまでに述べた研究成果を総括し、今後の展望について述べている。これを要するに本論文は、二次電池やキャパシタなど電気化学デバイス電極における多孔質ナノ構造の制御において、反応面積が大きくかつ均一な二次元ナノ材料が活物質として有用であること、一次元ナノ材料から構成されるネットワーク構造を利用することで活物質の空間充填率と電子輸送性の両方を向上させることが可能であることを示し、これらの結果を踏まえ、さらに擬一元形状（リボン形状）のナノ材料を利用することで、反応性とイオン輸送性に優れたナノ構造電極の設計が可能であることを示したものである。二次元ナノ材料を用いた新規なナノシート作製法についても提案しており、工学上ならびに工業上貢献するところが大きい。よって本論文は博士（工学）の学位論文として十分な価値があるものと認められる。