

令和 2 年 7 月 15 日現在

機関番号：52301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16K06734

研究課題名(和文) リチウム吸蔵能の高いシリコンナノクラスター担持多孔質炭素小球体負極材料の作製

研究課題名(英文) Preparation of silicon nanocluster-supporting porous carbon sphere negative electrode with high lithiation capacity

研究代表者

太田 道也(Ota, Michiya)

群馬工業高等専門学校・物質工学科・教授

研究者番号：40168951

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：リチウム吸蔵能が高いケイ素含有炭素負極材料を作製して大容量化を検討した。粒径50 nmのケイ素ナノ粒子または有機ケイ素化合物とポリエチレングリコール、熱硬化性樹脂、酸触媒を融解温度で加熱攪拌した後、1000℃で炭素化処理を行うと粒径が2-3 μmで表面に開孔を有するケイ素含有多孔質炭素小球体(Si-CMS)が得られることを見出した。コイン型電池で充放電特性を調べた結果、ケイ素を3 wt%含有するSi-CMSでCMSの1.7倍高い容量を示した。有機ケイ素系では粒径30 nmのナノ粒子が生成し、初回放電容量が840 mAh/gと高い値を示した。いずれもSiが効果的であるという成果を得た。

研究成果の学術的意義や社会的意義

学術的意義：ケイ素はリチウム吸蔵能があり、負極電極として4200 mAh/gの高い理論容量が報告されている。しかし、ケイ素は電子伝導が悪く、リチウムの吸・脱着時に100倍を超える体積の膨張・収縮が発生して粉砕化するため電極には適さない。そこで、本研究のように多孔質炭素小球体の孔内にケイ素ナノ粒子を担持できれば問題を解決して放電容量の増加が期待できる。  
社会的意義：日常生活では電子機器の発達や電気自動車への移行にともない高容量のエネルギー貯蔵デバイスが期待されている。黒鉛の11倍の理論容量を持ち、リチウム吸蔵の高いケイ素系電極を導入できれば世界のエネルギー情勢を大きく変革できる。

研究成果の概要(英文)：Silicon-containing carbon negative electrode materials were prepared as a high discharged capacity electrode, since silicon possesses potentially lithium storage ability. A mixture of silicon nanoparticles with a size of 50 nm or organosilicon compounds, polyethylene glycol, thermosetting resin, and acid catalyst was heated and stirred at 130 degree C, and then carbonized by heating at 1000 degree C. Silicon-containing carbon microspheres (Si-CMS) with a particle size of 2-3 μm were obtained through carbonization process. A coin-type cell assembled with Si-CMS with a content of 3 wt% of silicon showed 1.7 times larger discharged capacity than that of CMS with no silicon. In the case of organosilicon compounds-derived Si-CMS, silicon with a size of 30 nm were observed in the inside of CMS and the initial discharge capacity was as high as 840 mAh/g. These results suggest that silicon nanoparticles are effective as one of lithium storage materials to increase discharge capacity.

研究分野：工学

キーワード：Siナノ粒子 リチウム吸蔵能 多孔質炭素小球体 負極材料 リチウムイオン二次電池

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

## 1. 研究開始当初の背景

### 1.1 国内・国外の研究動向及び位置づけ

エネルギー貯蔵や動力源としての電気エネルギーが世界的に注目されている。二次電池はポータブルな電力源や電力貯蔵体であるが、エネルギー貯蔵の観点から高容量、高出力で軽量、小型、長寿命、安全性、急速充電対応等の高い条件が一層強く求められつつある。黒鉛系リチウムイオン二次電池(LiB)は理論容量が372mAh/g、電圧3.3 Vという点で二次電池の代表であるがすでに理論容量に到達しつつあり、リチウム(Li)吸蔵能が高いケイ素(Si)やスズ(Sn)等の半金属がより高容量な負極材材料として注目されはじめている。特に、SiはLi/Si=22/5の合金を生成して4200 mAh/gの大きな理論容量が報告されている。しかし、どの単体もLi吸蔵前後で100%以上の体積変化により微粉化して容量低下を引き起こし短寿命である。合金化、薄膜化、微粒子化が検討されているが、現状では改善に至っていない。

### 1.2 これまでの研究成果を踏まえ着想に至った経緯

申請者は2011～2013年の基盤研究(C)23560809で熱硬化性樹脂とポリエチレングリコール(PEG)との混合物をPEGの融点以上で加熱攪拌して樹脂小球体(RMS)を調製後、1000°Cで加熱処理して粒径が1-2 μmの炭素小球体(CMS)を作製し、結晶構造や細孔径分布、電気化学的性質を調べた。その結果、比表面積が524 m<sup>2</sup>/g、平均細孔径1.8nmの多孔質炭素であること、難黒鉛化性炭素類似の電極特性を示し急速充電では黒鉛系よりも高いレート特性を示すことを見出した。

そこで、半金属系の問題点である大きな体積変化はナノ粒子化によって軽減できると考え、Siナノ粒子担持CMS負極材料の作製の着想に至った。Siの担持法は、ナノ粒子含有RMSの炭素化法と、有機ケイ素化合物含有RMSの熱分解によってSiナノ粒子を形成する方法を考えた。

## 2. 研究の目的

本研究では、粒径が1-3 μm前後で、リチウムイオンの移動・拡散通路となるマクロ孔とミクロ孔が存在する多孔質CMSの細孔内にナノ粒子またはそれ以下の非結晶性Siナノクラスターを担持し、かつコイン型セルを作製してその電池特性を評価する。平成28年度から平成30年度までに以下の課題を検討する。

### 1) 平成28年度の課題

Siナノ粒子を担持する多孔質炭素小球体の調製条件と結晶構造やコイン型セルの負極電極としての特性を調べる。

### 2) 平成29年度の課題

有機シラン化合物を含有する多孔質樹脂小球体の調製条件を決定し、加熱炭素化処理によってマトリックスの炭素小球体中でSiナノ粒子が生成する条件を求め、コイン型セルの電気化学測定から放電容量の向上について調べる。

### 3) 平成30年度の課題

二種類の方法で調製したリチウム吸蔵能の高いSi担持多孔質炭素小球体からコイン型セルを作製し、繰返し充放電特性や電流密度の変化に伴う放電容量のレート特性を調べることで総括的観点からリチウムイオン二次電池としての評価を行う。

## 3. 研究の方法

1) 平成28年度の研究は、以下のように遂行する。Siナノ粒子を熱硬化性樹脂とポリエチレングリコール(PEG)の混合融液中で一緒に加熱攪拌してSiナノ粒子担持多孔質RMSを調製する。調製条件はSiナノ粒子の粒子径、樹脂の重合度、混合割合や混合方法等から絞り込む。RMSの加熱炭素化処理によって、図1のCMSの空隙にSiナノ粒子がとりこまれた図2のようなSiナノ粒子担持多孔質CMSを調製する。その際に、Siの化学変化やRMSの熱分解に伴う収縮が影響しない条件を決定し、結晶構造や多孔質構造、Siナノ粒子の分散状態をガス吸着やX線回折、集束イオンビーム-走査型電子顕微鏡(FIB-SEM)、透過型電子顕微鏡(TEM)観察によって調べる。

2) 平成29年度の研究は図3に示す製造工程にしたがって以下の方法で実施する。まず、有機シラン化合物含有多孔質RMSの調製条件を決定し、加熱炭素化

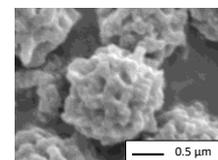


図1 CMSのSEM像

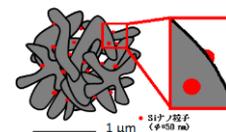
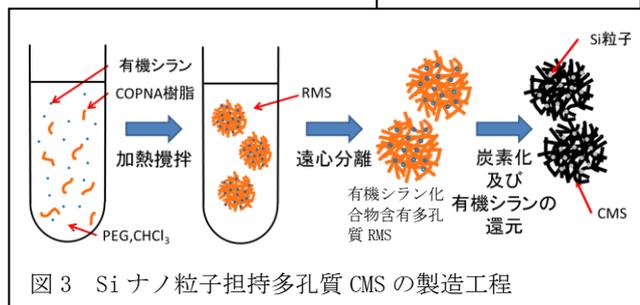
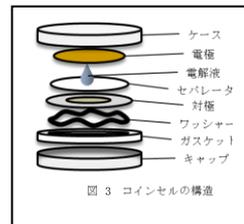


図2 Siナノ粒子担持炭素小球体



処理によって CMS 中で非結晶性 Si ナノクラスタが生成する最適条件を求め、ナノ粒子の場合と同様に構造解析等を行う。コイン型セルの電気化学測定から放電容量の向上について調べる。

3) 平成 30 年度の研究は図 4 に示すコイン型セルを組立てて充放電の繰返し測定を行いサイクル特性を、電流密度を変えて充放電測定を行ってレート特性を調べる。また、充放電測定に基づいて、放電容量を求めて LiB 用負極電極としての総合的な評価を行う。



#### 4. 研究成果

##### 1) 平成 28 年度の成果

熱硬化性樹脂と PEG の融液を加熱攪拌して調製した図 1 の多孔質炭素について、その構造が多孔体であることを視覚的にとらえたものを図 5 に示す。FIB-SEM 像から CMS の表面には開孔が発達していることがわかった。図 6 に Si ナノ粒子含有 CMS の粉砕前後の TEM 像と ESD マッピングを示す。粉砕前の EDS 像の Si マッピングは不鮮明であるが、粉砕後にはマッピングが鮮明になり、Si ナノ粒子の存在が確認できた。

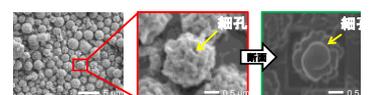


図 5 炭素小球体の SEM 像と FIB-SEM 像

##### 2) 平成 29 年度の成果

RMS の調製時にジクロロジフェニルシランを添加した後、加熱処理して得られた CMS の表面形状を図 7 に示すが、有機シランによっては、RMS の表面には孔が認められず滑らかになることがわかった。X 線回折図では Si ナノ粒子が担持されていると Si 単体の回折線が検出されたが、有機シラン系では結晶の生成は認められなかった。しかし、表 1 に示すように Si は 2-5% 程度含有されており、その結果、放電容量は無添加の CMS と比べて大きな値であった。なかでもジクロロジフェニルシランはサイクル特性が高いことがわかった。Si ナノ粒子を 2.8 wt% 含有の CMS の初回放電容量は 574 mAh/g であった。有機シラン由来の Si-CMS 3 中の Si 含有率はその値の 65% にあたる 1.82% であったが、放電容量は予想値 373 mAh/g とほぼ等しい実測値 319 mAh/g となっていることから、有機シラン系も CMS 中に Si ナノ粒子が担持されていると期待できる。しかし、単体とは異なり、結晶性は劣るということがわかった。

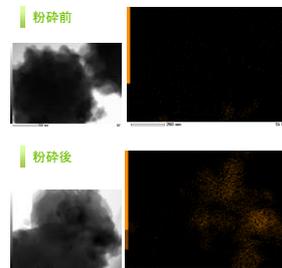


図 6 Si ナノ粒子含有 CMS の粉砕前後の TEM 像と EDS による Si マッピング (Si 含有量: 2.8 wt%)

図 8 には Si-CMS の STEM 像で、EDS による Si のマッピングを図 9 に示した。Si-CMS は多孔質で Si 微粒子の存在することがわかった。

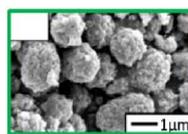
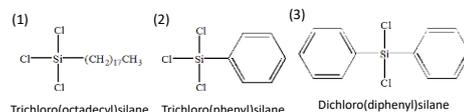


図 7 有機シラン(3)を添加したときの CMS の表面形状

表 1 コイン型セルでの充放電測定結果

サンプル名	Si含有率 [%]	1stサイクル [mAh/g]	10thサイクル [mAh/g]	維持率 (10th/1st) [%]
無添加CMS	0	256	108	42.2
Si-CMS 1	4.93	348	101	29.0
Si-CMS 2	1.57	423	114	27.0
Si-CMS 3	1.82	319	115	36.1

\* サンプル名の数字は、図 7 の有機シランの番号に一致する

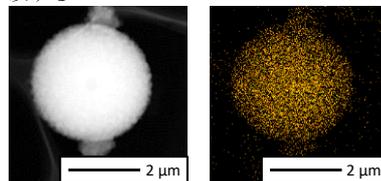


図 8 Si-CMS の STEM 像 図 9 Si-CMS の Si に関する EDS マッピング像

##### 3) 平成 30 年度の成果

図 4 に示すコイン型セルで、二つのアプローチで得られた Si-CMS のサイクル特性やレート特性、充放電容量を調べた。また、平成 29 年度有機シランの結果では Si ナノ粒子の担持量が低いことがわかったことから、ジシランを用いて担持量を増やすことを検討した。Si ナノ粒子系では充電曲線には Si 単体特有の平坦部が認められた。このことは使用した粒子径 50 nm の Si ナノ粒子は結晶性に優れた単体であることがわかった。有機シラン系ではこのような特徴は観察されなかったが、放電容量と Si 濃度との関係は Si ナノ粒子系の場合とほぼ一致したことから、結晶性の発達は認められないことが判明した。

4) 成果のまとめと期間延長後の成果  
 平成 30 年度で終了予定であったが、校務の関係で平成 31 年 1 月からの実施延長申請をせざるを得なくなった。平成 31 年度には、Si ナノ粒子系と有機シラン系の両試料においてサイクル特性がともに 2 回目以降で減少することについて検討した。その結果、Si ナノ粒子は CMS の表面層に分布しており小球体内部にはあまり入り込んでいないと思われる結果が得られた。一方で、Si ナノ粒子の担持量を増やすためにヘキサフェニルジシランなどを使用した。その結果、Si-CMS 粉末の TEM 像から 20-30 nm の粒径をもつ Si 単体ナノ粒子の生成が認められた。Si 含有量は 12 wt% 程度で初回放電容量は 845 mAh/g と高い値が観測された。しかし、XPS で表面層から数 nm 程度の深さまでの Si のスペクトルを測定したところ、Si-Si 結合の存在が認められず、Si-O 結合に由来するシグナルが検出された。表面における酸化被膜層の存在は放電容量の向上に課題を残すと思われる、Si-O 結合層の抑制方法について検討する必要があることがわかった。

##### 4) 成果のまとめと期間延長後の成果

平成 30 年度で終了予定であったが、校務の関係で平成 31 年 1 月からの実施延長申請をせざるを得なくなった。平成 31 年度には、Si ナノ粒子系と有機シラン系の両試料においてサイクル特性がともに 2 回目以降で減少することについて検討した。その結果、Si ナノ粒子は CMS の表面層に分布しており小球体内部にはあまり入り込んでいないと思われる結果が得られた。一方で、Si ナノ粒子の担持量を増やすためにヘキサフェニルジシランなどを使用した。その結果、Si-CMS 粉末の TEM 像から 20-30 nm の粒径をもつ Si 単体ナノ粒子の生成が認められた。Si 含有量は 12 wt% 程度で初回放電容量は 845 mAh/g と高い値が観測された。しかし、XPS で表面層から数 nm 程度の深さまでの Si のスペクトルを測定したところ、Si-Si 結合の存在が認められず、Si-O 結合に由来するシグナルが検出された。表面における酸化被膜層の存在は放電容量の向上に課題を残すと思われる、Si-O 結合層の抑制方法について検討する必要があることがわかった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Michiya Ota, Kazunari Arai, Ayano Kuribara, Yonekazu Deguchi, Kota Onozuka	4. 巻 8
2. 論文標題 Preparation of Silicon Nanoparticles by Pyrolysis of Organosilicon Compounds inside the Porous Carbon	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Materials Science and Chemical Engineering	6. 最初と最後の頁 1-6
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.4236/msce.2020.82001	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計34件（うち招待講演 0件/うち国際学会 5件）

1. 発表者名 都丸大晟、太田道也
2. 発表標題 金属被覆カーボンナノチューブを用いた熱電発電材料の作製
3. 学会等名 第46回炭素材料学会年会(岡山大学)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 都丸大晟、土屋優美、真塩昂志、太田道也
2. 発表標題 カーボンナノチューブを用いた熱電発電材料の作製
3. 学会等名 第56回炭素材料夏季セミナー（愛知県蒲郡市・西浦 ホテル龍城）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 都丸大晟、土屋優美、真塩昂志、齊藤信雄、出口米和、太田道也
2. 発表標題 金属被覆カーボンナノチューブを用いた熱電発電材料の作製
3. 学会等名 第45回炭素材料学会年会（名古屋工業大学）2018年
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 土屋優美, 都丸大晟, 出口米和, 松本里香, 齊藤信雄, 太田道也
2. 発表標題 加熱処理による金属内包CNT表面の含酸素基の除去と熱電発電材料の作製
3. 学会等名 第45回炭素材料学会年会 (名古屋工業大学)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 野子谷 成彬, 太田 道也
2. 発表標題 非イオン性界面活性剤を用いた多孔質炭素小球体の調製
3. 学会等名 第45回炭素材料学会年会 (名古屋工業大学)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 土屋優美, 都丸大晟, 出口米和, 松本里香, 齊藤信雄, 太田道也
2. 発表標題 金属内包CNT / 樹脂複合体を用いた熱電発電材料の作製
3. 学会等名 日本化学会関東支部群馬地区交流研究会 (群馬高専)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 都丸大晟, 土屋優美, 真塩昂志, 齊藤信雄, 出口米和, 太田道也
2. 発表標題 金属被覆カーボンナノチューブ系熱電発電材料
3. 学会等名 日本化学会関東支部群馬地区交流研究会 (群馬高専)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 土屋優美、都丸大晟、松本里香、齊藤信雄、太田道也
2. 発表標題 金属を内包したCNTを用いた熱電発電材料の作製
3. 学会等名 群馬高専 - 長岡技科大ジョイントセミナー(長岡技科大)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 都丸大晟、土屋優美、真塩昂志、出口米和、太田道也、齊藤信雄
2. 発表標題 金属被覆カーボンナノチューブを用いた熱電発電材料の作製
3. 学会等名 群馬高専 - 長岡技科大ジョイントセミナー(長岡技科大)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 宇都竜司、太田道也、土屋優美、真塩昂志、金井健太郎、池田基
2. 発表標題 窒素ドーブカーボンナノチューブを用いた熱電発電材料の作製
3. 学会等名 第55回炭素材料夏季セミナー(北海道札幌市・NTT北海道セミナーセンタ)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 太田道也、竹内舜、小野塚洸太、新井一功
2. 発表標題 機シラン吸着によるSi含有炭素小球体の作製
3. 学会等名 第55回炭素材料夏季セミナー(北海道札幌市・NTT北海道セミナーセンタ)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 東司茉由、中林拓斗、小保方秀、真塩昂志、太田道也、小林高臣
2. 発表標題 廃タイヤ粒子を用いた炭素成形体の作製
3. 学会等名 第55回炭素材料夏季セミナー（北海道札幌市・NTT北海道セミナーセンタ）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 土屋優美、太田道也、真塩昂志、金井健太郎、鈴木健汰、松本里香
2. 発表標題 金属を内包するカーボンナノチューブの作製と熱電変換特性
3. 学会等名 第44回炭素材料学会年会(桐生市市民文化会館)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 宇都竜司、太田道也、土屋優美、真塩昂志、金井健太郎、池田 基
2. 発表標題 窒素ドーブカーボンナノチューブを用いた熱電発電材料の作製
3. 学会等名 第44回炭素材料学会年会(桐生市市民文化会館)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 太田道也、真塩昂志、土屋優美、中村稀星、松本里香
2. 発表標題 金属コーティングCNTを用いた熱電発電材料の作製
3. 学会等名 第44回炭素材料学会年会(桐生市市民文化会館)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 太田道也、東司茉由、真塩昂志、小保方秀、小林高臣
2. 発表標題 廃タイヤ粒子を用いた炭素成形体の作製
3. 学会等名 第44回炭素材料学会年会(桐生市市民文化会館)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 太田道也、野子谷成彬、小野塚洸太、石橋拓馬、出口米和、栗原礼乃、本間剛、小松 高行、尹 聖昊
2. 発表標題 粒径の異なるシリコンナノ粒子を含有する炭素小球体の作製
3. 学会等名 第44回炭素材料学会年会(桐生市市民文化会館)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 太田 道也、竹内 舜、新井一功、小野塚洸太、本間 剛、小松高行、出口米和、栗原礼乃
2. 発表標題 ケイ素含有炭素小球体の作製
3. 学会等名 第44回炭素材料学会年会(桐生市市民文化会館)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Michiya Ota, Takuma Ishibashi, Kota Onozuka, Nariaki Nokoya, Ayano Kuribara, Yonekazu Deguchi, Noriko Yoshizawa, Masaya Kodama, Tsuyoshi Honma, and Takayuki Komatsu
2. 発表標題 Preparation of carbon microspheres containing silicon nanoparticle for negative electrode for lithium ion secondary battery
3. 学会等名 254th ACS National Meeting & Exposition, Washington DC (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Michiya Ota, Kazunari Arai, Masahide Takahashi, Ayano Kuribara, Yonekazu Deguchi, Kota Onozuka, Koji Nakabayashi, Jin Miyawaki, and Seong-Ho Yoon
2. 発表標題 Preparation of Silicon Nanoparticles by Pyrolysis of Organosilicon Compound in the inside of Porous Carbon
3. 学会等名 7 th International Conference on Carbon for Energy Storage and Environment Protection (CESEP ' 17) , Lyon, France ( 国際学会 )
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yumi Tsuchiya, Kentaro Kanai, Takashi Mashio, Ayano Kuribara, Yonekazu Deguchi
2. 発表標題 Preparation of Thermoelectric Conversion Elements with n- and p- Type Carbon Nanotubes
3. 学会等名 7 th International Conference on Carbon for Energy Storage and Environment Protection (CESEP ' 17) , Lyon, France ( 国際学会 )
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 太田道也、小野塚洗太、新井一功、石橋拓馬、加登裕也、曾根田靖
2. 発表標題 有機シラン吸着によるSi/C複合化材料の作製
3. 学会等名 第54回炭素材料夏季セミナー
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 太田道也、土屋優美、金井健太郎、真塩昂志
2. 発表標題 n型CNTを用いた熱電発電材料の作製
3. 学会等名 第54回炭素材料夏季セミナー
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 太田道也、伊藤佳那、新井一功、小保方秀
2. 発表標題 窒素含有炭素材料の電気化学特性
3. 学会等名 第54回炭素材料夏季セミナー
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 3) 真塩昂志、金井健太郎、土屋優美、鈴木健汰、池田基、太田道也、武田雅敏
2. 発表標題 高配向カーボンナノチューブを用いた熱電発電材料の作製
3. 学会等名 第54回炭素材料夏季セミナー
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 中林拓斗、太田道也、新井一功、真塩昂志
2. 発表標題 廃タイヤを用いた多孔質炭素成形体の作製
3. 学会等名 第43回炭素材料学会年会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 真塩昂志、金井健太郎、土屋優美、中村稀星、太田道也、松本里香
2. 発表標題 金属コーティングCNT を用いた熱電発電材料の作製
3. 学会等名 第43回炭素材料学会年会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 太田道也、土屋優美、金井健太郎、真塩昂志、池田基、松本里香
2. 発表標題 p 型 CNT を用いた熱電発電材料の作製
3. 学会等名 第43回炭素材料学会年会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 新井 一功、太田道也、小野塚洸太、吉澤徳子
2. 発表標題 ポリシランの熱分解によるSi/C 複合化材料の作製およびそのLiB 特性
3. 学会等名 第43回炭素材料学会年会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 小保方秀、太田道也、新井一功
2. 発表標題 ホウ素含有多孔質炭素の静電容量に及ぼすホウ素の効果
3. 学会等名 第43回炭素材料学会年会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 伊藤佳那、太田道也、新井一功、小保方秀
2. 発表標題 異種元素導入多孔質炭素の作製
3. 学会等名 第43回炭素材料学会年会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 太田道也、小野塚洗太、新井一功、石橋拓馬、曽根田靖、加登裕也
2. 発表標題 Si 含有炭素小球体の作製
3. 学会等名 第43回炭素材料学会年会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Takashi Mashio, Kentao Kanai, Kisho Nakamura, Rika Matsumoto and Michiya Ota
2. 発表標題 Thermoelectric properties of CNT/thermosetting resin composites coated with metal or metal oxide.
3. 学会等名 Advanced Polymer Materials 2016 (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Michiya Ota, Kota Onozuka, Kazunari Arai, Tsuyoshi Honma, and Takayuki Komatsu
2. 発表標題 Preparation of Si-containing carbon microsphere by pyrolysis of polysilane.
3. 学会等名 International Conference of Science of Technology Innovation 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 川崎晋司 監修、福塚、安部、岡、後藤、森脇、馬場、武内、福井、藤本、田中、西山、能登原、瓜田、	4. 発行年 2019年
2. 出版社 CMC出版	5. 総ページ数 243
3. 書名 リチウムイオン二次電池用炭素系負極材の開発	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----