

キノン系化合物と多孔質炭素との複合化と その電気化学キャパシタ特性評価

[研究代表者] 糸井弘行（工学部応用化学科）

[共同研究者] 岡部明弘、寺尾郁珠（川崎化成工業(株)）

研究成果の概要

近年、自動車分野のEVシフトや発電分野の自然エネルギー利用増大による蓄電デバイスの需要増加が見込まれている。そのような背景の中で、太陽電池、燃料電池などを高効率化し、二次電池と組み合わせたハイブリッド電源により電池寿命を延ばし、信頼性を高める蓄電デバイスとしてキャパシタが改めて注目されている。キャパシタは、優れた急速充放電特性をもち、長寿命である反面、二次電池と比較してエネルギー密度が低いという欠点がある。電極材料のエネルギー密度を向上させる方法として、酸化還元（レドックス）反応を利用した疑似容量を組み合わせた電気化学キャパシタの開発が進められている。本研究では、レドックス能を有するキノン化合物と多孔質炭素材料との複合化により、優れた急速充放電特性を維持しつつ、エネルギー密度を向上させる電気化学キャパシタ電極の開発を目指した。

キノン系材料と多孔質炭素とを複合化した材料の工業的生産に向けて、複合化手法を検討した結果、有機溶媒を用いることなくわずか1段階の操作によって、各種キノン化合物の多孔質炭素との複合化に成功した。

今回開発した技術によって複合化した試料についてX線回折（XRD）測定による構造解析を行った結果、キノン系材料は細孔内部に吸着して高分散されていることが示された。電気化学キャパシタ特性評価では、活性炭よりも明らかな容量の増加効果を示した。また、キノン化合物の種類によっては、急速充放電特性を示すことがわかった。

研究分野：エネルギー貯蔵・変換材料、キャパシタ

キーワード：キノン系化合物、多孔質炭素、複合化、キャパシタ、エネルギー密度、急速充放電特性

1. 研究開始当初の背景

近年、自動車分野のEVシフトや発電分野の自然エネルギー利用増大による蓄電デバイスの需要増加が見込まれている。そのような背景の中で、太陽電池、燃料電池などを高効率化し、二次電池と組み合わせたハイブリッド電源により電池寿命を延ばし、信頼性を高める蓄電デバイスとしてキャパシタが改めて注目されている。キャパシタは、優れた急速充放電特性、長寿命である反面、二次電池と比較してエネルギー密度が低いという欠点がある。電極材料のエネルギー密度を向上させる方法として、酸化還元（レドックス）反応を利用した疑似容量

を組み合わせた電気化学キャパシタの開発が進められている。レドックス反応は導電性高分子や金属酸化物、さらに一部の有機化合物の電子の授受を伴う化学反応を利用したものであり、これらのレドックス化合物の高いエネルギー密度が電気化学キャパシタの高エネルギー密度化に大きく貢献する。しかし多くのレドックス化合物は導電性に乏しく、急速充放電特性を得るために電子の授受を伴うレドックス反応を速やかに行わせるための実用的な複合化手法が求められる。

2. 研究の目的

我々のグループでは、キノン化合物と活性炭をはじめとする多孔質炭素材料を簡便な手法で複合化することで、電気化学キャパシタ電極として優れた充放電特性が得られることを報告しており、キノン化合物と多孔質炭素との精密な複合化手法とその構造評価、電気化学特性評価手法に関する技術を備えている。一方、川崎化成工業はレドックス能を有するキノン化合物を工業的に生産しており、キノン化合物と炭素材料を複合化した高性能な電気化学キャパシタ電極の工業的な生産を検討している。したがって当研究室の複合化手法と構造解析・電気化学測定手法を利用することで、キノン化合物と多孔質炭素とが複合化された高性能な電気化学キャパシタ電極材料の工業的な生産が見込める。本共同研究が成功することで、これまでに学術領域に止まっていたキノン系材料を利用した高性能な電気化学キャパシタ電極の社会的普及により、産業界への大いなる貢献が期待できる。

3. 研究の方法

(1) キノン系材料と多孔質炭素との複合化検討

川崎化成工業で生産しているキノン系材料と多孔質炭素とを複合化した材料の工業的生産に向けて、吸着条件の検討を行った。

(2) 複合化試料の構造解析・電気化学キャパシタ特性評価

複合化された試料のX線回折測定と電気化学キャパシタ特性評価を行った。これらの知見から、様々なキノン系化合物と活性炭の中でも、優れた電気化学キャパシタ特性と工業的な生産を両立可能にする相応しい材料の開発を目指す。

4. 研究成果

(1) キノン系材料と多孔質炭素との複合化検討

有機溶媒を用いることなくわずか1段階の操作によって、各種キノン化合物の多孔質炭素との複合化に成功した。

(2) 複合化試料の構造解析・電気化学キャパシタ特性評価

今回開発した技術によって複合化した試料について

X線回折測定による構造解析を行った結果、キノン系材料は細孔内部に吸着して高分散されていることが示された。電気化学キャパシタ特性評価では、活性炭よりも明らかな容量の増加効果を示した。また、キノン化合物の種類によっては、急速充放電特性を示すことがわかった。川崎化成工業のキノン系材料が高性能な電気化学キャパシタ電極になりうる見通しが立ったため、今後は活性炭の種類をはじめ活性炭とキノン系材料の重量比を検討し、電気化学キャパシタ電極の最適化を目指す。

5. 本研究に関する発表

【投稿】

(1) Hiroyuki Itoi, Shuka Tazawa, Hideyuki Hasegawa, Yuichiro Tanabe, Hiroyuki Iwata, and Yoshimi Ohzawa, "Study of the pore structure and size effects on the electrochemical capacitor behaviors of porous carbon/quinone derivative hybrids", *RSC Advances*, 9, pp.27602-27614, 2019.

【口頭発表】

(1) 田辺湧一郎、糸井弘行、田澤秀華、長谷川英之、大澤善美、“キノン誘導体を吸着させた多孔質炭素の電気化学キャパシタ電極特性に及ぼす多孔質炭素細孔構造の影響の考察”、第46回炭素材料学会年会、岡山大学、2019年