

# 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㈱)

## 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及び高性能化を目指した。

ミクロ孔のみ及びメソ孔を有する多孔質炭素と、キノン系材料とを複合化する重量比を検討し、電気化学キャパシタ特性評価を行った結果、多孔質炭素の物性によって最適な重量比が異なることがわかった。また、複合方法あるいは複合比を調整することで高容量あるいは高速充放電特性に優れた電極材料を作り分けできる目途が立った。

他方、ゼオライト鑄型炭素など多くのエッジ面が存在する多孔質炭素は、末端C-H結合が電気化学的に酸化され易いことが知られているが、特定のキノン系材料を複合化した試料について電気化学測定を行った結果、耐酸化特性を示すことを確認した。

**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、耐酸化特性

### 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) 電気化学キャパシタ電極の最適化

マイクロ孔のみ及びメソ孔を有する多孔質炭素と、川崎化成工業で生産しているキノン系材料とを複合化する重量比を検討し、電気化学キャパシタ特性評価を行った。

#### (2) キノン系材料による多孔質炭素の耐酸化性検討

ゼオライト鑄型炭素など多くのエッジ面が存在する多孔質炭素は、末端 C-H 結合が電気化学的に酸化され易いことが知られている。キノン系材料によって酸化を抑制できる可能性があるため、キノン系材料を複合化した多孔質炭素の耐酸化性能について評価を行った。

### 4. 研究成果

#### (1) 電気化学キャパシタ電極の最適化

キノン系材料と多孔質炭素の重量比を検討した結果、多孔質炭素の物性によって最適な重量比が異なることがわかった。また、複合方法あるいは複合比を調整することで高容量あるいは高速充放電特性に優れた電極材料を作り分けできる目途が立った。

#### (2) キノン系材料による多孔質炭素の耐酸化性検討

特定のキノン系材料を複合化した試料について電気化学測定を行った結果、耐酸化特性を示すことを確認した。

### 5. 本研究に関する発表

#### 【投稿】

(1) Hiroyuki Itoi, Shunsuke Kotani, Yuichiro Tanabe, Yuto Kasai, Ryutaro Suzuki, Masahiro Miyaji, Hiroyuki Iwata, and Yoshimi Ohzawa, "Study of the Mesopore Size Effect on the

Electrochemical Capacitor Behaviors of Mesoporous Carbon/Quinone derivative hybrids", *Electrochimica Acta*, 2020, 362, 137119.

#### 【口頭発表】

(1) 松浦 未来、田辺 湧一郎、笠井 湧斗、糸井 弘行、大澤 善美、“活性炭に複合化させたキノン誘導体の分子構造が及ぼす水系電気化学キャパシタ特性への影響の考察”、第 47 回炭素材料学会年会、オンライン開催、2020 年 12 月 11 日。

(2) 田辺 湧一郎、小谷 駿輔、糸井 弘行、大澤 善美、“多孔質炭素のメソ孔に内包されたキノン誘導体の酸化還元反応特性の評価と電気化学キャパシタ電極への応用研究”、第 47 回炭素材料学会年会、オンライン開催、2020 年 12 月 12 日。