

同時発表：
筑波研究学園都市記者会（資料配布）
文部科学記者会（資料配布）
科学記者会（資料配布）



カーボンナノチューブ空気極により超高容量なリチウム空気電池を開発

～リチウムイオン電池の15倍！ 電気自動車でガソリン車並みの走行距離実現へ前進～

配布日時：平成29年4月4日14時

解禁日時：平成29年4月5日18時

国立研究開発法人 物質・材料研究機構

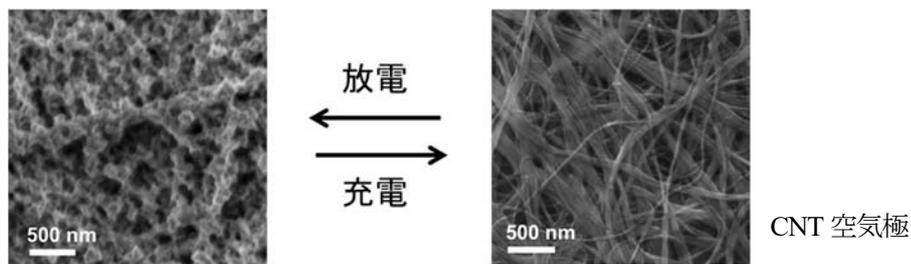
国立研究開発法人 科学技術振興機構

概要

1. 国立研究開発法人物質・材料研究機構 エネルギー・環境材料研究拠点 ナノ材料科学環境拠点 リチウム空気電池特別推進チームの久保佳実チームリーダー、野村晃敬研究員らの研究チームは、リチウム空気電池の空気極材料にカーボンナノチューブ（CNT）を採用することにより、従来のリチウムイオン電池の15倍に相当する極めて高い蓄電容量を実現しました。

2. 蓄電池は、電気自動車用電源として、あるいは太陽電池と組み合わせた家庭用分散電源として、今後急速に需要が拡大することが予測されます。しかし、現状のリチウムイオン電池は、小型で高電圧、長寿命という優れた特性にもかかわらず、蓄電容量に相当するエネルギー密度がほぼ限界に達しているという大きな課題があります。この壁を突破する切り札として期待されているのがリチウム空気電池です。リチウム空気電池はあらゆる二次電池の中で最高の理論エネルギー密度を有する「究極の二次電池」であり、蓄電容量の劇的な向上と大幅なコストダウンが期待できます。しかしながら、従来の研究は少量の材料で電池反応を調べる基礎研究が中心であり、実際のセル形状において巨大容量を実証した例はありませんでした。

3. 今回、本研究チームでは、現実的なセル形状において、単位面積当たりの蓄電容量として 30 mAh/cm^2 という極めて高い値を実現しました。この値は、従来のリチウムイオン電池 (2 mAh/cm^2 程度) の15倍に相当するものです。この成果は、空気極材料にカーボンナノチューブを用い、空気極の微細構造などを最適化することによって得られました。巨大容量の実現には、カーボンナノチューブの大きな表面積と柔軟な構造が寄与していると考えられます。また、このような巨大容量が得られたという事実は、従来の考え方では説明が困難であり、リチウム空気電池の反応機構の議論にも一石を投ずる可能性があります。



4. 今後、この成果を活用し、実用的なレベルでの真に高容量なリチウム空気電池システムの開発を目指し、セルを積層したスタックの高エネルギー密度化、さらには空気から不純物を取り除くといった研究にも取り組んでまいります。

5. 本研究は、JST 先進的低炭素化技術開発・特別重点技術領域「次世代蓄電池」(ALCA-SPRING) 並びに文部科学省委託事業「ナノテクノロジーを活用した環境技術開発プログラム（～平成27年度）・統合型材料開発プログラム（平成28年度～）」の支援を受けて行われました。また、研究の一部は、池谷科学技術振興財団 H27 年度研究助成の支援を受けて行われました。

6. 本研究成果は、Scientific Reports 誌にて英国時間2017年4月5日午前10時に掲載されます。

研究の背景

蓄電池は、電気自動車用電源として、あるいは太陽電池と組み合わせた家庭用分散電源として、今後急速に需要が拡大することが予測されます。しかし、現状のリチウムイオン電池 (LIB) は、その優れた特性にもかかわらず、蓄電容量もコストもほぼ限界に達しているという大きな課題があります。そのため、電気自動車の走行距離は限られたものとなり、家庭への普及にも妨げとなっています。この壁を突破する切り札として期待されているのが「リチウム空気電池」です。リチウム空気電池は、正極活物質として空気中の酸素を用い、負極にはリチウム金属を用いることによって、理論エネルギー密度が LIB の 5-10 倍に達する「究極の二次電池」です。これが実現できれば、蓄電容量の劇的な向上と大幅なコストダウンが期待できます。しかしながら、従来の研究は電池反応に関する基礎研究が中心であり、現実のセルにおいて巨大容量を実証した例はありませんでした。

研究内容と成果

リチウム空気電池の構成は、図 1 に示すように、正極 (空気極)、セパレータ、負極 (リチウム金属) を重ねて電解液を入れただけの簡単なものです。放電反応は、負極からリチウムが溶け出し、正極で酸素と反応して過酸化リチウム (Li_2O_2) が析出するというもので、この過酸化リチウムの析出量が蓄電容量となります。そのため、正極のカーボン材料は出来るだけ多孔質なもの (空孔体積の多いもの) が望ましいと考えられます。しかし他方、過酸化リチウムは絶縁体であるため、極薄くしか析出することが出来ず、それが蓄電容量を制限していると考えられてきました。つまり、過酸化リチウムの層が厚くなると電気が通らなくなり、電気化学反応が停止するだろうということです。また、仮に過酸化リチウムが析出できたとしても、それが空孔体積を埋め尽くした時点で酸素が通らなくなり、反応は停止することになります。いずれにせよ、現実のセルで大きな蓄電容量を得ることは容易ではなかったと考えられてきました。

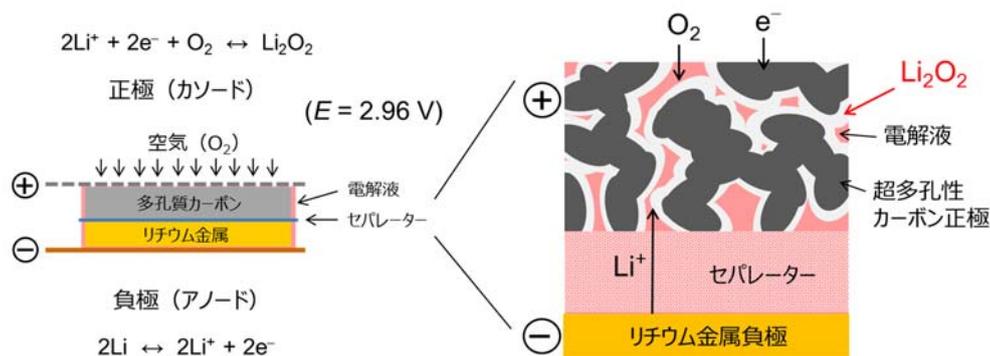


図 1 リチウム空気二次電池の概念図

しかし、今回、空気極材料として不織布状のカーボンナノチューブ (CNT) シートを用いた場合 (図 2)、過酸化リチウムの析出は制限されるどころか、CNT シートを押し広げて大量に析出し続けることが判明しました (図 3)。CNT シートの厚さは当初の $200 \mu\text{m}$ から $600 \mu\text{m}$ まで 3 倍にも膨らんでおり、極めて強力な反応機構の存在が示唆されます。CNT シートは、充電 (過酸化リチウムの分解) を行うと析出物が消えて元の厚さに戻ります (図 4)。このような巨大な体積変化が可能なのは、CNT 特有の強靱さと柔軟さの賜物であると考えられます。

この現象を利用することにより、今回、本研究チームは、現実的なセル形状において、単位面積当たりの蓄電容量として 30mAh/cm^2 という極めて高い値を実現しました (図 2)。この値は、従来のリチウムイオン電池 (2mAh/cm^2 程度) の 15 倍に相当するものです。この成果は、空気極材料にカーボンナノチューブを用い、空気極の微細構造などを最適化することによって得られました。巨大容量の実現には、カーボンナノチューブの大きな比表面積と柔軟な構造が寄与していると考えられます。また、このような巨大容量が得られたという事実は、従来の考え方では説明が困難であり、リチウム空気電池の反応機構の議論にも一石を投ずる可能性があります。

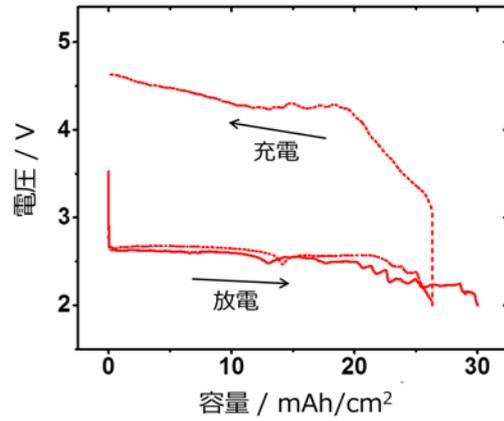
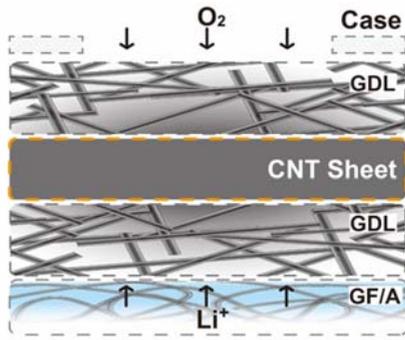


図2 CNT 空気極の概念図 (左) と巨大容量の放電および充電特性 (右)

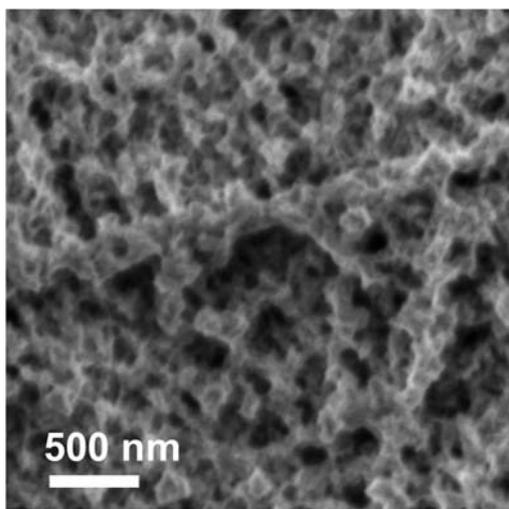


図3 CNT 空気極の SEM 写真 (放電後)
過酸化リチウムが大量に析出している。

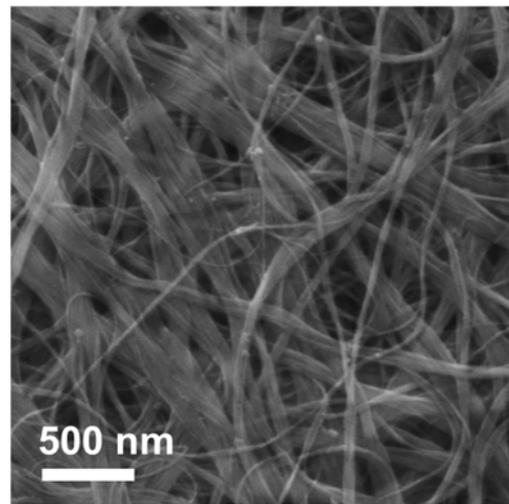


図4 CNT 空気極の SEM 写真 (充電後)
過酸化リチウムが分解し CNT のみ見える。

今後の展開

今後、この成果を活用し、実用的なレベルでの真に高容量なリチウム空気電池システムの開発を目指し、セルを積層したスタックの高エネルギー密度化、さらには空気から不純物を取り除くといった研究にも取り組んでまいります。

掲載論文

題目：CNT Sheet Air Electrode for the Development of Ultra-High Cell Capacity in Lithium-Air Batteries

著者：Akihiro Nomura, Kimihiko Ito, and Yoshimi Kubo

雑誌：Scientific Reports

掲載日時：2017年4月5日午前10時 (英国時間)

本件に関するお問い合わせ先

(研究内容に関すること)

国立研究開発法人 物質・材料研究機構 エネルギー・環境材料研究拠点 ナノ材料科学環境拠点 リチウム空気電池特別推進チーム

チームリーダー 久保 佳実 (くぼ よしみ)

E-mail: KUBO.Yoshimi@nims.go.jp

TEL: 029-860-4773

URL: <http://www.nims.go.jp/GREEN/research/lithiumairbattery.html>

(JSTの事業に関すること)

国立研究開発法人 科学技術振興機構 環境エネルギー研究開発推進部 ALCA グループ
吉田 秀紀 (よしだ ひでき)

〒102-0076 東京都千代田区五番町7 K's 五番町

TEL: 03-3512-3543, FAX: 03-3512-3533

E-mail: alca@jst.go.jp

(報道・広報に関すること)

国立研究開発法人 物質・材料研究機構 経営企画部門 広報室

〒305-0047 茨城県つくば市千現 1-2-1

TEL: 029-859-2026, FAX: 029-859-2017

E-mail: pressrelease@ml.nims.go.jp

国立研究開発法人 科学技術振興機構 広報課

〒102-8666 東京都千代田区四番町5番地3

TEL: 03-5214-8404, FAX: 03-5214-8432

E-mail: jstkoho@jst.go.jp