

NEWS RELEASE

2009年3月10日

大容量ナノハイブリッドキャパシタの開発 超高出力・ナノ結晶チタン酸リチウムにより、 現行の電気二重層キャパシタの3倍のエネルギー密度を達成

東京農工大学大学院・直井研究室と同大学院・キャパシタテクノロジー講座は、安全性・信頼性を維持したまま、現行の電気二重層キャパシタを大幅に高性能化する新規ナノ材料と新型デバイスの開発に成功した。東京農工大学は、2006年に環境エネルギーをリードする「キャパシタ分野」に特化した世界初の「キャパシタテクノロジー講座」(日本ケミコンの寄附講座)を開設し、ケー・アンド・ダブル(東京農工大学発ベンチャー)とともに次世代の革新的技術の開発を活発に推進し、産学連携による成果を挙げている。今回の発表はその成果の一端であり、大容量キャパシタの発展と新規用途展開につながる新技術となる。

電気二重層キャパシタ⁽¹⁾は二次電池と異なり瞬時に充放電が可能であり、数百万回の充放電サイクル⁽²⁾に耐えるという優れた特性を持っている。OA機器の電源バックアップや大型施設向けUPS(瞬時電圧低下補償装置)建設機械や港湾クレーン等のエネルギー回生用途などに採用が拡大している。その一方で、二次電池に比較して貯められる電気量(以下エネルギー密度⁽³⁾と呼ぶ。)が小さいため、用途を限定的にしている。

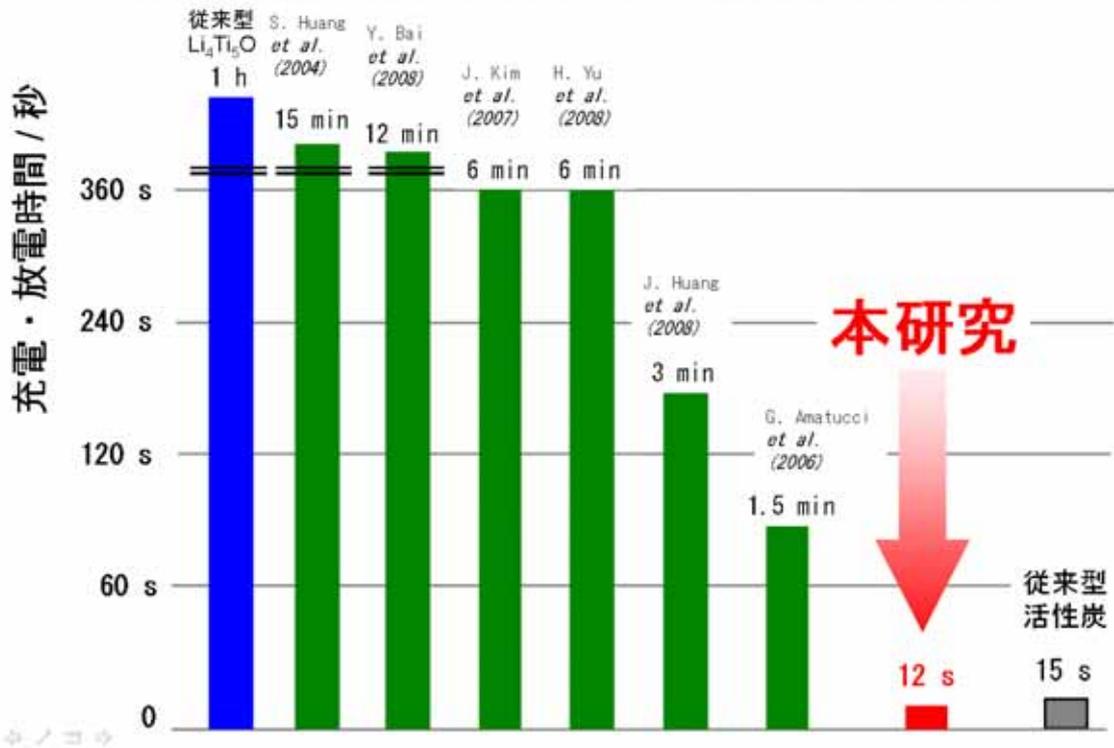
これに対して、エネルギー密度を増やした、いわゆるリチウムイオンキャパシタの開発が進んでいるが、電気二重層キャパシタに比較して瞬時にらせる電力(以下パワー密度⁽⁴⁾と呼ぶ。)が小さく、機構上、生産性や信頼性、安全性の面にも若干の問題を残している。

こうした状況から、高いエネルギー密度とパワー密度を兼ね備えた信頼性、安全性の高い新型キャパシタの開発が求められている。新型キャパシタの開発は、電気二重層キャパシタが開拓した既存市場に対してキャパシタの普及を加速するとともに、電気自動車、鉄道車両、太陽光・風力発電設備など、機器の省エネルギー化や自然エネルギーの有効活用を目的とした環境エネルギー分野において、新たな市場を創出する技術としても期待されている。

従来の電気二重層キャパシタには、正極、負極ともに活性炭電極が用いられているが、今回開発したナノ結晶チタン酸リチウムを負極に、活性炭を正極に用いることで、今までにない高エネルギー密度のキャパシタを構築することができる。試作品では、電気二重層キャパシタと同等のパワー密度を維持しながら、リチウムイオンキャパシタと同等のエネルギー密度が得られた。さらに、リチウムイオンキャパシタが抱える信頼性・安全性に対する課題を大幅に改善する技術としても可能性が高まっている。

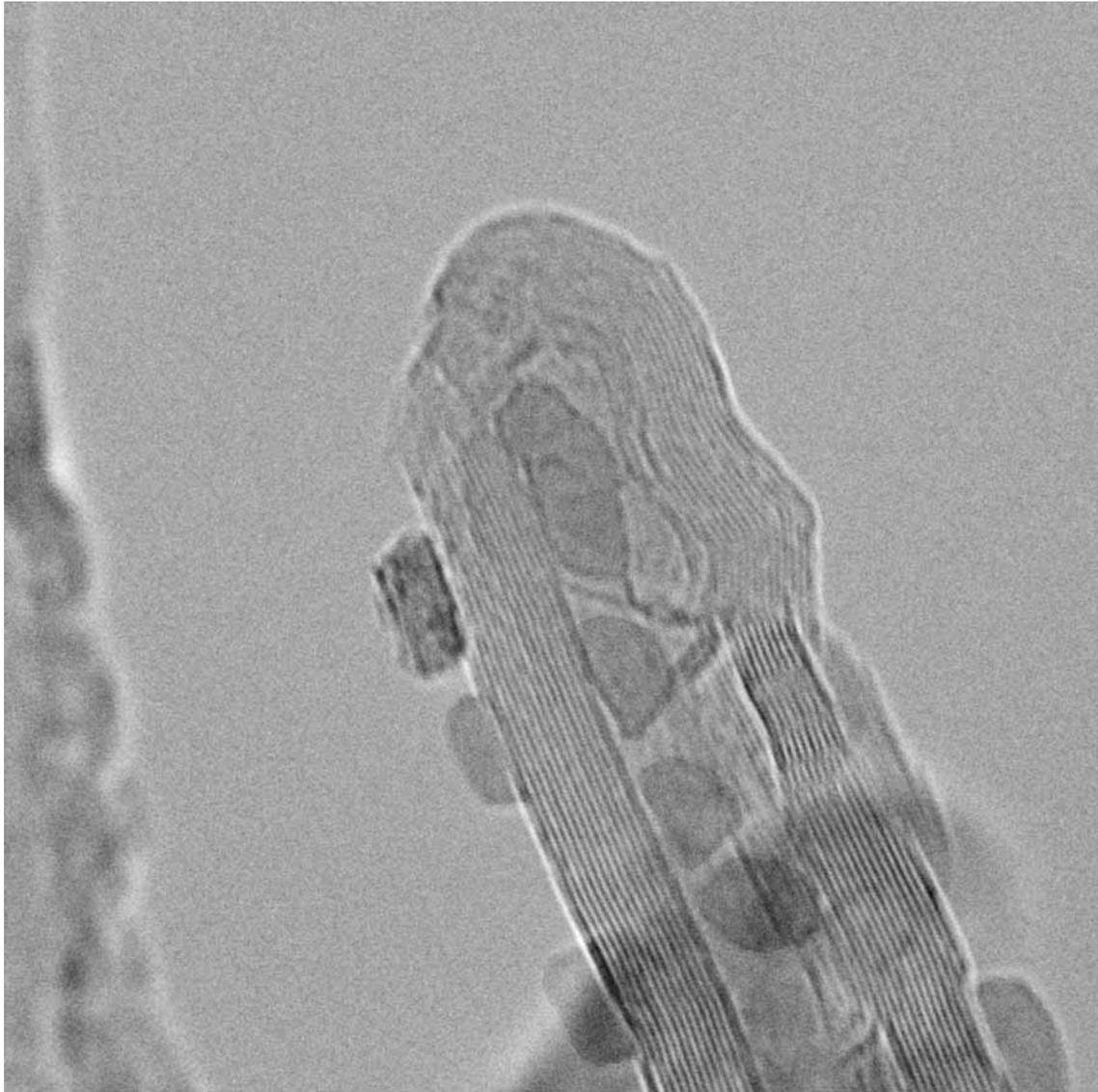
また、電極の製造工程において従来行われていたコストと時間を要する前処理工程(リチウムのプレドープ)の必要がなく、生産性にも極めて優れた技術である。

12秒で充放電可能 Nano-Li₄Ti₅O₁₂/CNF



負極にチタン酸リチウムを用いたリチウムイオンキャパシタの開発例はこれまでも報告があるが、前述のとおり、電気二重層キャパシタに比較してエネルギー密度を高められる反面、パワー密度が極めて低くなるという問題点があった。これは、チタン酸リチウムの電気伝導度が低いことと、リチウムイオンの拡散定数が低いことに起因している。

今回の開発では、チタン酸リチウムをナノ結晶化するとともに、電気伝導度の高いファイバー状炭素材料と複合化し電子とイオンの移動を加速させることで、上記の問題点を解決した。電気伝導度の高い複合材料に、今回はカーボンナノファイバーを用いた。カーボンナノファイバー表面にチタン酸リチウムをナノ結晶化させるが、このとき超遠心力処理を加えることで、高分散した5~50 nm (ナノメートル) のチタン酸リチウムをカーボンナノファイバー上に結晶化する技術を確立した(下図、顕微鏡写真参照)。



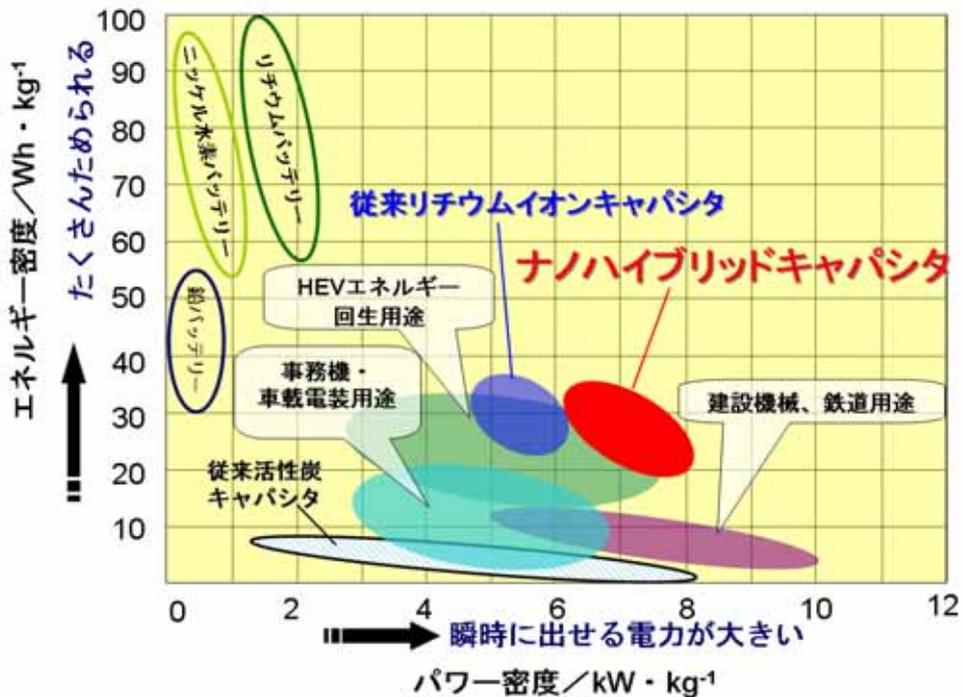
2-08.tif

5 nm
HV=300kV
Direct Mag: 500000x
AMT Camera System

これにより、リチウムイオンキャパシタの利点である高いエネルギー密度を維持したまま、パワー密度を飛躍的に高めることに成功した。また、負極電位が1.55Vとリチウムイオンキャパシタの負極電位（約0V）に比べて高いことから、電解液の分解や金属リチウムの析出が起こらないため、信頼性や安全性の面からも優れた性質を持っている。さらに、リチウムのプレドープを行わずに電極を形成できるため、生産性も高い。

一方、電気二重層キャパシタとの比較（電極体積当たりの値で比較）では、同等のパワー密度を維持しながらエネルギー密度を約3倍に高めることに成功している（下図参照）。さらに、充放電サイクル性能や寿命性能についても電気二重層キャパシタと遜色ない。

ナノハイブリッドキャパシタの市場



日本ケミコンは、飯島澄男氏をリーダーとする独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) の委託事業「カーボンナノチューブキャパシタ開発プロジェクト」⁽⁵⁾に参画しているが、東京農工大学を再委託先として開発の一部を共同で進めており、今後は本技術についてもプロジェクトに展開していく予定である。

今回開発した電極は、複合材料にカーボンナノファイバーを用いたが、カーボンナノチューブへの応用にも技術的な目処がついており、カーボンナノチューブキャパシタの実現に道筋をつけたいと考えている。

注釈

- (1) 電池が電気エネルギーを化学反応により化学エネルギーに変換して蓄えるのに対し、電気二重層キャパシタは電気を電荷のまま蓄えるので、大容量の電気エネルギーを短時間で蓄えて短時間で放出でき、欲しい瞬間に大容量の電力を投入できる、という特性を持っており、電源バックアップやピークカット、エネルギー回生等のための蓄電、二次電池アシスト用途等に広く使われている。
- (2) 充放電サイクル性能とは、充放電を繰り返すことにより蓄電可能な電池容量が低下する現象のことをいう。つまり、サイクル性能の高いキャパシタは長寿命である。
- (3) エネルギー密度とは、電池やキャパシタ等で重量あるいは容量当たりの電力容量。エネルギー密度が高いほど、放電を持続する時間が長くできる。
- (4) パワー密度とは、電池、キャパシタ等で重量あるいは容積当たりに取り出すことができる最大の電力量。パワー密度が高いほど、時間当たりに放出できるエネルギーが高い。
- (5) カーボンナノチューブを電極に用いることで、従来製品より出力で約10倍、エネルギー密度で約2倍の性能を持ったキャパシタの開発を目指すプロジェクト。実現すれば、トラック等の輸送機器、パワーショベル等の建設・荷役作業機械、アイドリングストップ自動車のスターター電源等への普及が進むことになる。