



魔法の筒

カーボンナノチューブの内部孔利用で リチウムイオン電池の性能向上を狙う

<概要>

本学、電気・電子情報工学系 東城友都助教らの研究グループは、円筒状炭素材料であるカーボンナノチューブ(CNT)の中空孔に、高容量リチウムイオン電池(LIB)電極材料である赤リンを詰め込み、充放電試験を行いました。CNTの側壁に、10億分の1メートル(ナノメートル)の小さな孔を開けることで、リチウムイオンの出入りが容易となり、CNT内部の赤リンの反応性が向上することが判明し、50回の充放電試験を繰り返して行なっても、可逆な充放電反応を示し、赤リンはCNT内部に比較的安定に存在することが明らかとなりました。電池容量は、現行のLIB電極材料のグラファイトに比べ2倍以上となり、本研究によって、高容量LIB電極材料の開発が期待されます。

<詳細>

現行のLIB電極材料グラファイトに替わる次世代の材料として、赤リンが注目されています。特徴として現行材料に比べて約7倍の充放電容量が期待されており、高容量LIB電極材料として研究が進められています。

しかし、赤リンの問題点としては、リチウムイオンの吸蔵・放出による体積変化が大きく、繰り返し充放電反応を生じると赤リン粒子の亀裂・剥離・脱落が起こります。

その結果、充放電反応に寄与する赤リン粒子の量が減少してしまい、電池容量の急激な低下が生じます。また充放電反応時に電極では電子のやり取りも生じますが、赤リンが電気を流しにくい性質(絶縁体)であるため、エネルギーロスが大きいことが課題となります。

この度、東城友都助教らの研究グループは、カーボンナノチューブ(CNT)の中空孔に赤リンを詰め込んだ構造を持つ材料を合成しました。電気を流しやすいCNTは、赤リン粒子の電氣的弱点を補う働きも担います。電池として充放電させる際に、リチウムイオンの移動を円滑にし、またCNTの中空孔に赤リンが安定に存在することも確認できました。

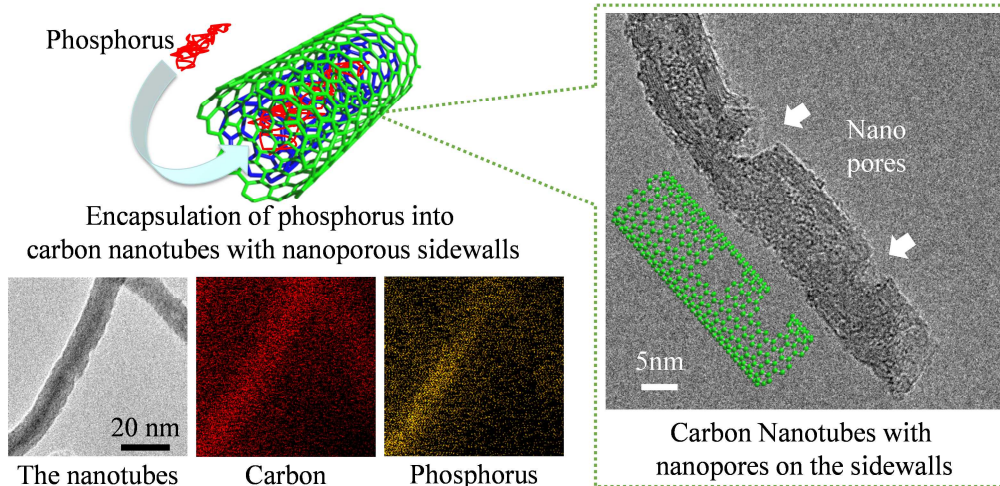


図1：(左) 赤リン導入後の元素分析画像 (右) 側壁にナノメートル孔を有するCNT

この材料を LIB 電極に適用することで、50 回の充放電試験においても、約 850 mAh/g の可逆容量が得られ（現行材料の約 2 倍）、また、10 回の充放電試験以降、充放電効率（クーロン効率）は 99% 以上の高い値を示し、充放電反応の可逆性が高いことがわかりました。

しかし、充放電を繰り返し行くと、充放電容量が徐々に低下していきました。この原因として、赤リン粒子が劣化していることや、副反応に電荷が消費されていることが考えられます。ただし、側壁に孔を開けていない CNT に赤リンを埋め込んだ電極よりも、赤リンの電気化学反応性が向上し、格段に充放電性能が向上していることが判明しました。

また、充放電後にも赤リン粒子が CNT の中空孔に存在している様子が観察され、赤リンの構造安定化を達成できました。

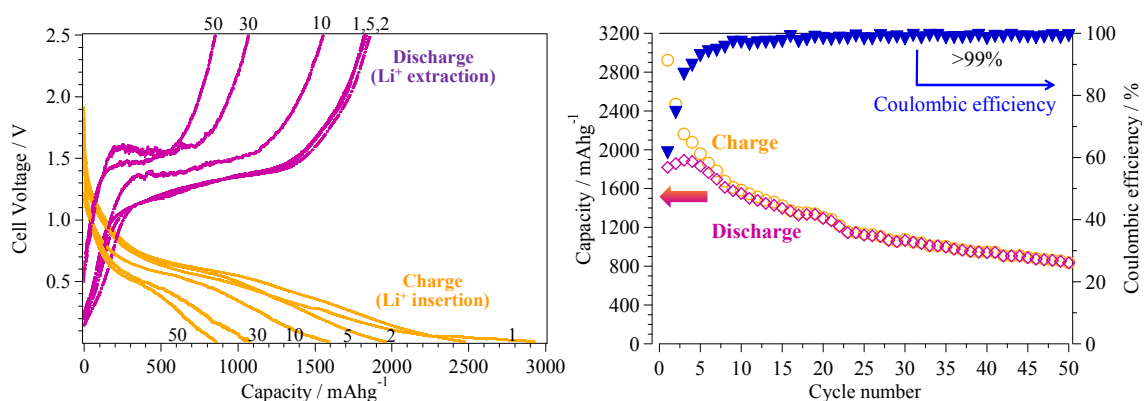


図 2 : (左) 赤リンを中空孔に埋め込んだ CNT の充放電曲線 (右) 充電・放電容量および充放電効率(クーロン効率)

本研究では高容量 LIB 電極材料として、CNT の中空孔に赤リンを埋め込んだ構造を提案しましたが、実用時において充放電反応を長期間繰り返す場合には、更なる電極構造の改質が必要です。今後も、このような高容量 LIB 電極材料の研究を引き続き進めていく予定です。

詳細について、記者会見にて、電気・電子情報工学系 東城友都助教より発表します。

ファンディングエージェンシー：本研究は公益財団法人 村田学術振興財団、公益財団法人 立松財団、公益財団法人 中部科学技術センターの支援を受けて遂行されました。

論文情報：Tomohiro Tojo, Shinpei Yamaguchi, Yuki Furukawa, Kengo Aoyanagi, Kotaro Umezaki, Ryoji Inada, and Yoji Sakurai, Electrochemical Performance of Lithium Ion Battery Anode Using Phosphorus Encapsulated into Nanoporous Carbon Nanotubes. Journal of The Electrochemical Society, 165(7), A1231-1237 (2018).

Digital Object Identifier (DOI): 10.1149/2.0351807jes

研究者情報： <https://researchmap.jp/tj1010/?lang=japanese>

本件に関する連絡先

担当：電気・電子情報工学系 助教 東城友都 TEL:0532-44-6728

広報担当：総務課広報係 河合・高柳・梅藤 TEL:0532-44-6506