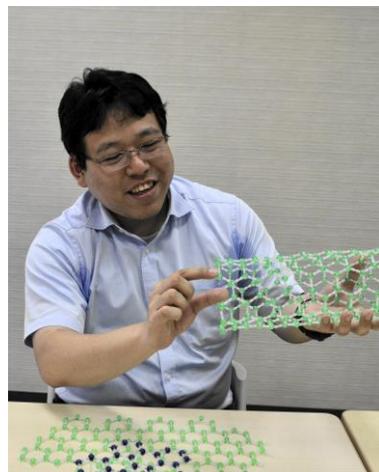


ナノ空間の科学を活用して、 高性能蓄電デバイス開発を

研究者：名古屋工業大学大学院 工学研究科生命・応用化学専攻 石井陽祐 助教

現代人の生活に欠かせないスマートフォンやタブレットは、より薄く、軽く。電気自動車は、短い充電時間でより長時間走れるように。現代社会が求める技術の進歩には、裏で支える蓄電デバイスの高性能化・低価格化が欠かせない。カーボンナノチューブやグラフェンなどのナノカーボン素材を用いた電極材料開発を進めている石井陽祐助教。

1991年に発見されたカーボンナノチューブは、炭素を原料とするため、レアメタルのような資源確保面での不安がなく、大量生産が可能になれば将来的に低コスト化も期待できる注目素材。その単層カーボンナノチューブ（SWCNT）の内部空間を電極反応の場として利用することで、既存の電極材料に代わる機能物質の発見・創出を目指している。安価・高容量・長寿命な次世代蓄電池、究極には宇宙、深海、地底など人間が直接行けないような極限環境で使える蓄電池の開発が期待される。



◇レアメタルを含まない有機分子電極を用いた蓄電池

紙袋やダンボールの中に潜り込んで、心地良さそうに寛ぐ猫を見かけたことはないだろうか。分子の世界でも猫と同じことが起きているのではないかと、という発想から研究を進めてみると、カーボンナノチューブの中は、分子にとって居心地の良い空間であることが分かってきた。分子は、自分と同じくらいのサイズのものの中に安定して入りやすい性質がある。一般的なSWCNTの直径は0.8～3nm程度で、さまざまな種類の分子を内包することができる。チューブの中に入った分子は通常とは違う性質に変わり、ナノチューブ自体の性質も変えるため、これまで全く使えないと思っていた物質を変化させて使える可能性が出てきた。例えば、硫黄分子は通常8員環（8つの原子が環状につながった状態）構造で存在しているが、この分子をカーボンナノチューブの中に取り込んだ場合、8員環構造から直線的な構造に変化することが知られている。このような構造変化は、通常は90GPa（ギガパスカル）以上の圧力が加わらないと起こらないものであるが、チューブ内では常温・常圧にもかかわらず次元化してしまう。この際、硫黄分子の電子状態は大きく変化し、電気伝導性が劇的に向上する。90GPaというと、人工ダイヤモンドが生成される圧力の9倍以上もの高圧であり、常圧のチューブ内で疑似高圧効果が得られたことになる。このようにナノ細孔内で起こる特異な現象を、電池電極に利用できないか。

カーボンナノチューブに内包された分子は、チューブ内部に作用している大きな吸着ポテンシャルによって強く安定保持される。単体では電解液に溶解してしまうため電極材料としての利用は難しいとされてきた有機分子も、SWCNTに内包することで電極活物質として利用できる可能性が見えてきた。有機分子電極は、炭素、水素、酸素などの軽元素のみで構成され、コバルト、ニッケル、マンガンなどのレアメタルを含まないため、従来の遷移金属を含む正極に比べて、軽量で、価格が安く、資源戦略的に優れ、高容量化が期待できる。キノン系有機分子のアントラキノンやフェナントレンキノンを入包したカーボンナノチューブは、リチウム以外のアルカリ金属イオン、例えばナトリウムイオンの貯蔵も可能である。レアメタルのリチウムは、今後の電気自動車の普及にともない価格の急騰や資源の枯渇が心配されるため、安価で資源確保面での心配がないナトリウムに代替できれば、電池の低価格化が可能になる。キノン系有機分子内包SWCNT電極は、低温動作特性に優れているのも魅力的。フェナントレンキノン内包SWCNTに関しては、マグネシウムイオンなどの多価イオンの貯蔵も可能なことを確認しているため、将来的には高容量多価イオン電池のための電極としての応用も期待できる。

お問い合わせ先 国立大学法人 名古屋工業大学 産学官連携センター

〒466-8555 名古屋市昭和区御器所町字木市

E-mail: c-socc@adm.nitech.ac.jp
URL: <http://tic.web.nitech.ac.jp>