



低エネルギーの電子ビームを用いて、 単層カーボンナノチューブの原子配列を観察

研究成果のポイント

- ・単層カーボンナノチューブの炭素原子像を電子顕微鏡を用いて観察することに成功。

研究成果の概要

国立大学法人北海道大学（総長：佐伯浩/以下、北大）は、株式会社日立製作所（執行役社長：中西宏明/以下、日立）と共同で、電子顕微鏡を用いて単層カーボンナノチューブ（Carbon nanotube：以下、CNT）の一つ一つの炭素原子を画像として捉えることに成功しました。

観察に用いた電子顕微鏡は、試料に照射された電子の散乱状態からコンピュータで原子像を再生する“回折イメージング法”を用いています。この手法は、従来、原子像の観察に用いられている透過型電子顕微鏡（TEM：Transmission Electron Microscope）と比べて低いエネルギーで長時間の観察ができるため、試料への損傷が少なく、炭素原子のような軽元素を観察できる特徴があります。

今回、分解能を向上する技術を開発し、低エネルギー型の TEM と比べても半分のエネルギーの 30 キロエレクトロンボルト（keV）の電子ビームを用いて、立体的な単層 CNT の原子配列を観察することに成功しました。

論文発表の概要

研究論文名：Low-voltage electron diffractive imaging of atomic structure in single-wall carbon Nanotubes（単層カーボンナノチューブ原子の低電圧電子回折イメージング）

著者：氏名（所属）O. Kamimura(Hitachi, Ltd., Hokkaido University), Y. Maehara(Hokkaido University), T. Dobashi(Hitachi, Ltd.), K. Kobayashi(Nagoya University), R. Kitaura(Nagoya University), H. Shinohara(Nagoya University), H. Shioya(Muroran Institute of Technology), and K. Gohara(Hokkaido University)

公表雑誌：Applied Physics Letters（オンライン版）

公表日：日本時間（現地時間）2011年4月27日（水）（米国時間 2011年4月26日）

研究成果の概要

（背景）

CNT は炭素原子からなる円筒状の物質で、高い強度を持つことや構造によって半導体や導体に性質が変わるなど、その特性を利用した様々な応用が期待されています。しかし、特に単層の CNT を電子顕微鏡で観察することは困難でした。なぜなら、従来の電子顕微鏡では、個々の炭素原子を識別できるほどの高倍率で観察しようとする、CNT に強力な電子線を照射しなければならず、その結果、CNT が壊れてしまうためです。また、チューブ状の複雑な構造体であることも観察を難しくしている要因でした。

北大大学院工学研究院 応用物理学部門 郷原一寿教授の研究グループは日立と共同で、従来の電子顕微鏡のように電子レンズを使って結像させるのではなく、試料によって散乱された電子を回折パターンとして捉えてコンピュータで計算処理する技術により画像化することで、弱い電子線でも高倍率での観察が可能な回折イメージング法の開発に取り組んできました。これまで、多層 CNT を用いた検証では、30keV の電子ビームを用いて、分解能 0.34nm が得られることを確認してきました。しかし、一つ一つの原子を画像として捉えるまでには至っていませんでした。

(研究手法)

今回、これまで困難であった CNT のような複雑で軽い原子から構成される物質を、原子レベルの高倍率で観察するための技術を新たに開発しました。

走査電子顕微鏡 (Scanning Electron Microscope: 以下, SEM) をベースに試作した電子回折顕微鏡を、0.1 nm より小さい構造の情報まで得られるような回折パターンの広視野化を図りました。また計算機処理においては、回折パターンに含まれていたノイズを低減し、カーボンナノチューブ以外の情報を極力排除する手法を採用しました。

(研究成果)

開発した回折イメージング法を用いて 30 keV の電子ビームにより軽元素で構成された三次元構造体である単層 CNT の観察を行い、シミュレーションとの比較による検証を行ったことで、構成する一つ一つの炭素原子を画像として捉えることを実証しました。これは分解能 0.12nm に相当します。

(今後への期待)

今回開発した低エネルギーの電子ビームによる高分解能観察技術は、新有機材料の開発において重要となる、三次元的構造体の原子レベルでの設計において有用な評価ツールになることが期待されます。今後、CNT やグラフェンなどの観察手法の確立とともに、バイオ、環境、エネルギー、エレクトロニクスなどの、ライフイノベーション、グリーンイノベーションに関連する広範囲な分野において、これまでナノスケールの構造解析が難しかった軽元素から構成される多くの素材を、原子スケールの高分解能で直接観察する新たな方法として研究開発を進める計画です。

研究成果は、学術論文誌「Applied Physics Letters」(オンライン版 Issue 17) に掲載されました。また、関連する研究発表として、日本では5月17日の日本顕微鏡学会、海外では8月25日にマドリッド(スペイン)で開催される国際結晶学会で招待講演を行う予定です。

今回の成果を得るために、JST より育成研究として一部援助を受けており、試料である CNT は名古屋大学の篠原久典教授より提供いただきました。

お問い合わせ先

所属・職・氏名：北海道大学大学院工学研究院 応用物理学部門 教授 郷原 一寿(ごうはら かずとし)
TEL: 011-706-6636 FAX: 011-706-6859 E-mail: gohara@eng.hokudai.ac.jp
ホームページ: <http://labs.eng.hokudai.ac.jp/labo/BioPhysics/>