

カルシウム原子の可視化に成功

単分子・単原子の分析を可能にする新しい電子顕微鏡を開発



末永 和知

すえなが かずとも

suenaga-kazu@aist.go.jp

ナノチューブ応用研究センター
カーボン計測評価チーム
研究チーム長
(つくばセンター)

私たちは電子顕微鏡の性能を飛躍的に向上させることで、「単分子の構造解析」や「単原子の元素分析」それに「化学反応の直接観察」など画期的なイメージング技術開発を目指しています。

関連情報：

● 共同研究者

佐藤 雄太、劉 崢、岡崎 俊也、片浦 弘道（産総研）、木本 浩司（物質・材料研究機構）、金山 俊克（日本電子株式会社）ほか

● 参考文献

K. Suenaga, *et al.*: *Nature Chemistry*, 1, 415-418(2009).

● プレス発表

2009年7月6日「カルシウム原子の可視化に成功」

電子顕微鏡による電子線ダメージ

電子顕微鏡は光学顕微鏡などと比較すると空間分解能がたいへん高く、電子線エネルギー損失分光 (EELS) と呼ばれる電子分光技術と組み合わせることで元素マッピングも可能です。しかし電子線によるダメージを受けやすい生体分子については、高分解能元素マッピングの成功例はほとんどありません。それは電子顕微鏡では高い空間分解能を実現するために、電子線の加速電圧を通常 200 kV 以上と高く設定しており、観測をする前に生体分子が電子線によって壊れてしまうからです。

三段レンズとカーボンナノチューブの利用

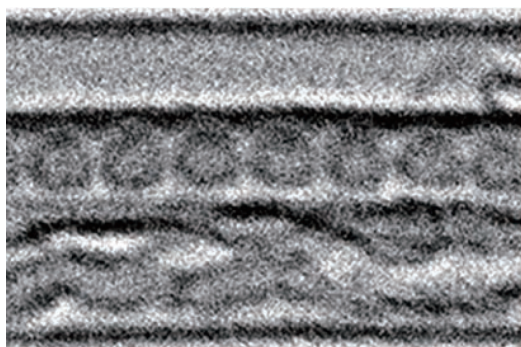
私たちは今回、電子顕微鏡を用いた生体分子の元素マッピングを実現するため、加速電圧を通常より著しく低く (30 ~ 60 kV) 設定することで電子線ダメージを軽減しつつ、十分な空間分解能である 0.1 nm 程度を実現できる新しい技術の開発に挑戦しました。これまでの六極子二段レンズによる不具合を克服するため、球面収差だけでなく高次の幾何収差をも同時に補正する新機構を考案しました。二段レンズの使用

時にはこれまで強調されていた5次の幾何収差が、三段レンズを用いることでバランスよく補正できるようになりました。

次にカーボンナノチューブの中に、金属原子として、カルシウム (Ca) を閉じ込めました。カルシウムは、生体のなかでもカルシウムイオンの移動によって神経伝達をつかさどるイオンチャンネルというタンパク質の構造や機能を調べるのに重要だからです。イオンチャンネルは観察中にとても壊れやすいため、1つ1つの元素分析をした例はありませんでした。今回の手法は、従来法では壊れて全く見えなかった観察対象にも応用されていくことが期待されます。

今後の展開

今回開発した技術は、これまでの球面収差補正技術に加えて5次の幾何収差を補正した画期的なものですが、まだ電子顕微鏡には色収差という分解能を制限するとても重要な収差が残っています。私たちは今後、この色収差補正技術の開発を通して、電子顕微鏡をより広範なナノ材料や生体材料観察に応用できるよう研究を進めていきます。



1 nm

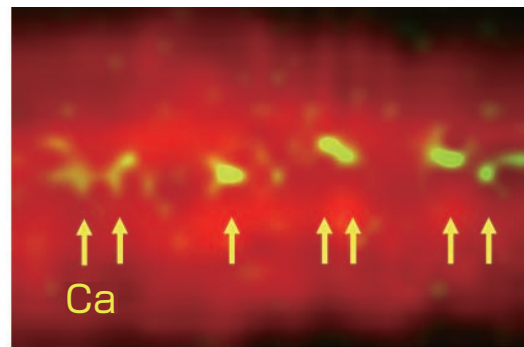


図 カルシウム原子入りフラーレン (左) の元素マップ像 (右)

右のカラー表示の黄色部分はカルシウムで、赤色はカーボン。7つのカルシウム原子(矢印)がきちんと検出されている。