

単原子からの特性X線の検出に成功

原子一つからの発光をとらえた



末永 和知

すえなが かずと
suenaga-kazu@aist.go.jp

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

カーボン計測評価チームは、「分子構造を直接観察する高分解能電子顕微鏡」や「原子一つ一つを検出する高感度元素分析」など、世界最先端の構造評価技術を駆使して単原子レベルで制御されたカーボン材料の開発を目指しています。

関連情報：

● 共同研究者

松村 晶 (九州大学)、奥西 栄治 (日本電子)、岡崎 俊也 (産総研)

● 参考文献

K. Suenaga et al.: *Nature Photonics*, 6, 545-548 (2012).

● 用語説明

* ナノピーポッド：フラーレンをナノチューブに内包させた主に炭素原子からなる複合構造。

** 特性X線：原子の遷移に伴って発生するX線。元素に特有な波長（エネルギー）をもつため、特性X線の波長から、測定対象物質の構成元素がわかる。

● プレス発表

2012年7月9日「単原子からの特性X線の検出に成功」

● この研究開発は、科学技術振興機構「研究加速プログラム」および文部科学省「ナノテクノロジーネットワーク」の支援を受けて行っています。

エネルギー分散型X線分析への期待と課題

生体や物質に含まれる元素を、原子一つ一つの精度ですべて分析する技術は、広い範囲の研究分野で望まれています。エネルギー分散型X線分析(EDX)はホウ素(原子番号5)からウラン(原子番号92)まで広範囲の元素を同定できる分析手法です。特に極微量の貴金属元素が重要な役割を果たす触媒や抗がん剤の研究では、EDXを用いた単原子レベルの元素分析が待ち望まれていました。しかし、これまでは、検出効率がとても低いことからEDXによる単原子レベルでの元素分析は不可能とされてきました。

エルビウム単原子の特性X線を検出

今回、九州大学に設置された収差補正型透過電子顕微鏡に、0.8 sr(ステラジアン)の立体角をもつ大口径EDX検出器を搭載しました(従来のEDX検出器の立体角は0.1 sr程度)。収差補正型透過電子顕微鏡は通常の透過電子顕微鏡に比べて、より細い電子線に高い電流量を流すことができます。この電子顕微鏡を用いて、産総研で合成したエルビウム原子を含むナノピーポッド*を試料として、単原子からの特性X線**の検出を行いました。

図1に今回用いた電子顕微鏡の外観写真と実験概略図を示します。ピーポッド試料を壊さないために、電子顕微鏡の電子線の加速電圧は60 kVと低く抑えました。入射電子線の直径は、

原子一つの大きさに相当するおよそ0.2 nmととても細くなっています。また、効率よくX線を発生させるために高い電流量(200 pA)を用いました。この電子線の照射によりエルビウム原子が発生する特性X線を、大口径EDX検出器を用いて測定しました。

図2に測定されたX線のスペクトルを示します。およそ1.4 keVと7.0 keVに現れたのが、エルビウム単原子が励起され発生した特性X線のピークです。このようにエルビウム単原子の特性X線の検出を行うことができました。なお、0.3 keVには炭素に由来する特性X線のピークが現れています。

電子線エネルギー分光など従来の元素分析法では、特に白金や金をはじめとする貴金属の単原子検出はとても困難でした。今回のEDXによる単原子検出は、これまでに比べて幅広い元素に適用できることから、広範な応用が期待されています。

今後の予定

この手法により、いままで不可能だった貴金属を原子一つ一つの精度で検出することが可能になるため、白金や金などを触媒とする燃料電池の機能解明や、抗がん剤に用いられる白金がどのようにがん細胞の増殖を抑えるかなど、分子レベルでの反応機構解明などへの応用が期待されます。

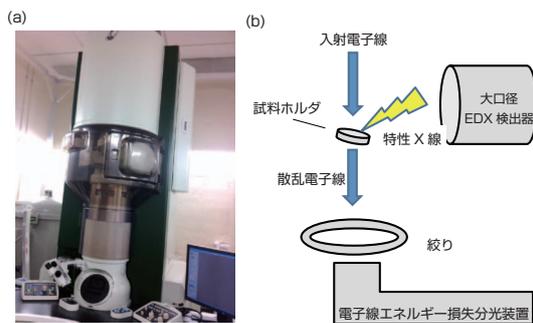


図1 (a) 実験に用いた収差補正電子顕微鏡(九州大学に設置)と(b) 実験の概略図

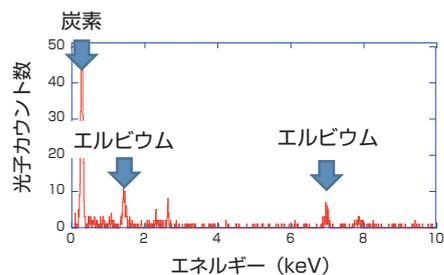


図2 エルビウム単原子からのX線スペクトル