

世界最高感度の元素分析装置を開発

究極の構造解析とは、物質を構成する原子ひとつひとつを観察し、その元素種を分析することである。カーボンナノチューブをはじめとするナノ材料では、たとえ1個の異種原子が混入しているだけでも、そのデバイス特性が著しく変化することが頻繁に起こる。また生体分子においては、例えばタンパク質中のアミノ酸配列を直接読みとろうとすると、単原子レベルで分析する感度をもつ検出技術は必要不可欠である。そのため、ナノ材料・生体分子中の構成元素を単原子レベルで分析することは、ナノ・バイオテクノロジー全般に関わる必須の基盤技術として求められていた。ところが単原子レベルでの元素分析は、世界にもこれまで汎用型の元素分析装置で成功した例はなかった。そこで当研究部門では、ナノテクノロジーの基盤技術として幅広く使われるような超高感度元素分析装置の研究開発を行った。

今回開発した超高感度元素分析装置(図1)は、走査型透過電子顕微鏡と電子線エネルギー損失分光器を組み合わせたもので、従来の元素分析装置より一桁以上高い検出感度を実現し、試料中に存在する「元素の種類の特定」、「存在位置」の特定、さらに「量(原子の数)」までも高い精度で分析することを可能にした。本装置の高精度

化は、(1)新しく設計された高性能な磁界レンズの搭載によって、より小さい径の電子線によりビーム電流密度を格段に向上でき、多くのプローブ電流を流すことができるようになったこと、(2)新しく採用された検出器とそのカップリング法により、従来型の元素分析装置に比べ一桁以上高い感度を得られたことによって実現された。

この装置を使用し、東京大学の中村栄一教授らによって開発された新材料“カーボンナノチューブの特定箇所”に、金属原子(ここではガドリニウム)を一個から数個の精度で付着させた試料の金属原子ひとつひとつの分析に成功した(図2)。単原子検出におけるSN比は、従来の「3」から本実験では「10」にまで向上した。このことは、ほぼ百パーセントの信頼度をもって単原子の元素分析が可能になったことを示している。今回得られた検出信号はこの超高感度元素分析装置が世界最高の感度をもつことを証明した。

本装置による単原子レベルの元素分析の成功により、「厳密に不純物量やドーパント量を制御しなければならないナノデバイス材料の開発」や、「生体分子の着目部分を特定の元素で置き換える分子ラベリングの解析」に新しい道を拓くことができると期待される。



図1 世界最高感度の元素分析装置

(独)産業技術総合研究所と(株)日立ハイテクノロジーズが共同で開発した世界最高感度を持つ元素分析装置の概観写真。この装置は走査型透過電子顕微鏡と電子線エネルギー損失分光器を組み合わせたもので、従来の高感度元素分析装置より一桁高い検出感度を実現した。半導体材料中の極微量不純物の検出や、生体分子の着目部分を特定の元素で置き換える分子ラベリングの解析に貢献できることが期待される。

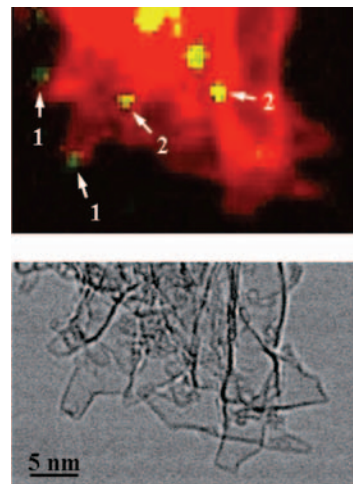


図2 究極の単原子分析の例

金属原子(ここではガドリニウム)の1個から数個を特定箇所に堆積成長させたカーボンナノチューブの元素マッピング像(上)と通常の電子顕微鏡像(下)を示した。上図の元素マッピング像では、カーボンナノチューブ(赤)の先端に存在するガドリニウム原子(黄)1個も鮮明に捕らえられている(上図中の数字はガドリニウム原子の数を示している)。



すえながかずとも
末永和知
suenaga-kazu@aist.go.jp
ナノカーボン研究センター

関連情報

- A. Hashimoto, H. Yorimitsu, K. Ajima, K. Suenaga, H. Isobe, J. Miyawaki, M. Yudasaka, S. Iijima, E. Nakamura: Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 101, pp.8527-8530 (2004).
- K. Suenaga, M. Tencé, C. Mory, C. Colliex, H. Kato, T. Okazaki, H. Shinohara, K. Hirahara, S. Bandow, S. Iijima: Science, Vol. 290, pp.2280-2282 (2000).