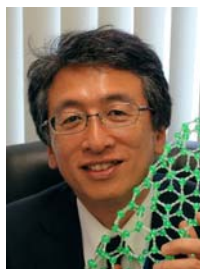


【基盤研究（S）】

理工系（総合理工）



研究課題名 完全制御カーボンナノチューブの物性と応用

産業技術総合研究所・ナノシステム研究部門・首席研究員

かたうら ひろみち
片浦 弘道

研究分野： 材料科学、ナノサイエンス

キーワード： ナノチューブ・グラフェン、分離、単結晶

【研究の背景・目的】

単層カーボンナノチューブ（SWCNT）は、1993年に日本で発見された、炭素一原子層からできた直径1ナノメートル程度の筒状物質であり、優れた物理的・電気的特性を持つことから、様々な分野での応用が期待されている。しかし、発見から20年も経過したにも関わらず、いまだに炭素原子間の結合距離でさえ、正確な値が得られていない。それは、単結晶が得られていないためである。SWCNTは、原子の配列に極めて高い自由度を持つため、合成時に直径を注意深く制御した試料でさえ、数十種類の構造体の混合物になってしまい、そのままでは単結晶を作ることができない。

そこで本研究では、我々が開発したゲルカラムクロマトグラフィー法により、数十種類の混合物から一種類だけを高純度で大量に分離精製し、SWCNTの単結晶を作製する事を第一の目的としている。単結晶ができれば、たとえばX線構造解析により、炭素原子間距離も正確に測定することが可能になる。物性研究では当たり前に行われるこの基礎的な研究が、発見から20年の時を経て、単結晶を実現する事により、ようやく実現する事になる。

【研究の方法】

我々のSWCNT分離法は、日本古来の食材である「ところてん」（ゲル）に、特定の性質のSWCNTが選択的に吸着するという不思議な現象を利用して行う独自のものである。原理的に、大量に処理できるため、ほんのわずかな割合でしか含まれない構造体も効率良く分離・精製することができる。本研究では、この原理を応用した大量分離装置を設計・製作して、特定構造のSWCNTを大量に分取し、それを用いて単結晶を作製する。

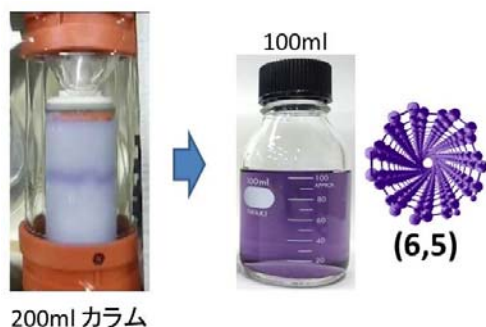


図1 (6,5)型の単一構造SWCNTの分離の様子。左の写真は、単一構造SWCNTを流し出しているところ。(Nano Lett. (2013))

図1は、温調カラムを使って(6,5)型のSWCNTを大量に分離している様子を示している。SWCNTは炭のように黒いと思われているが、特定の構造を取り出せば、ナノ材料特有の発色を見せる。我々はすでに13種類のSWCNTの単離に成功しており、本研究でさらなる高純度化、他種類化を進める。

【期待される成果と意義】

結合長の他にSWCNTの長周期構造についても未解決の問題がある。たとえば自発的ねじれがエネルギー論的予測から指摘されている。事実であれば、長周期構造の消失も考えられ、SWCNTの電子構造についても考え直す必要が出てくる。単結晶を用いた精密構造解析は、これらの問題に答を与える。

さらに、これまで得られていたSWCNTの集合体は、多様な構造体の混合物であったため、お互いに特徴を打ち消し合ってしまう、SWCNT結晶本来の物性を見せていなかった。単一構造体の単結晶は、混合物とは全く異なり、純粋炭素の新たな固体相と呼べる物である。多様なSWCNTの構造の数だけ単結晶も存在し、それぞれ独自の電子構造をとることが期待される。グラファイトやフラーレンの結晶と同様に、アルカリ金属をドーブした系で超伝導の発現も期待できる。そのほか、単一構造SWCNT結晶を用いた炭素材料のみによる高耐久太陽電池など、新たな電子デバイスへの応用も含め、SWCNT研究の大きなブレークスルーとなることが期待される。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- ・ "Large-scale single-chirality separation of single-wall carbon nanotubes by simple gel chromatography", H. Liu *et al.*, Nat. Commun. **2** (2011) 309.
- ・ "High-Efficiency Single-Chirality Separation of Carbon Nanotubes Using Temperature-Controlled Gel Chromatography", H. Liu *et al.*, Nano Lett. **13** (2013) 1996.

【研究期間と研究経費】

平成25年度～29年度
167,500千円

【ホームページ等】

<http://staff.aist.go.jp/h-kataura/index.html>
h-kataura@aist.go.jp