

## 世界初

# 液相法での単層カーボンナノチューブ合成に成功

～単層カーボンナノチューブの安価かつ大量合成の可能性を拓く～

名城大学工学部応用化学科の丸山隆浩教授らのグループは、液体のエタノール中で単層カーボンナノチューブ<sup>1)</sup>を作り出す方法を開発しました。高額な装置で作製している単層カーボンナノチューブが安価な装置のみで大量合成できる可能性が高まり、様々な応用展開の加速が期待されます。

本研究成果は、2024年6月19日（日本時間20日）にドイツ化学会の国際誌「Journal of Nanoparticle Research」に掲載されました。

### 【本件のポイント】

- ・世界で初めて、液体のエタノール中で単層カーボンナノチューブを合成
- ・気相成長に匹敵する結晶性をもつ単層カーボンナノチューブを確認
- ・Ir（イリジウム）触媒を用いることで、直径1 nm以下の細径の単層カーボンナノチューブを生成

### 【研究の背景】

現在、カーボンナノチューブの作製には、炭素を含む原料ガスを触媒金属と高温で反応させる化学気相成長法（CVD法）<sup>2)</sup>が主流となっています。特に触媒粒子に粒径数ナノメートルの金属粒子を用いた場合、生成するカーボンナノチューブの直径が細くなり、単層カーボンナノチューブを得ることができます（図1）。

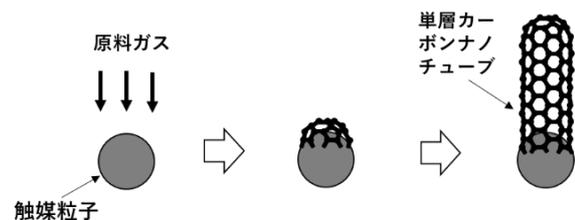


図1 触媒粒子からの単層カーボンナノチューブの生成

CVD法は大量生産に適した優れた手法ですが、気体の原料を使用するため真空ポンプやガス流量制御器等の高額な装置が必要です。一方、有機溶媒中で金属触媒を加熱することでカーボンナノチューブを得る“液相合成法”<sup>3)</sup>が試みられてきました。本手法は安価な装置のみでカーボンナノチューブの合成が可能ですが、生成されるカーボンナノチューブの大部分が複数のグラフェン層から成る多層カーボンナノチューブとなっており、より優れた電気的性質を示し、様々な応用が期待されている単層のカーボンナノチューブを得ることは困難でした。今回、新たにナノサイズの触媒金属粒子を用いて、液相合成法による単層カーボンナノチューブの作製を試みました。

## 【研究内容】

今回、気相合成に用いられるものと同等の粒径数ナノメートルのCoおよびIrナノ粒子を用いて液相合成を行いました。これらの触媒粒子をSiO<sub>2</sub>/Si基板に堆積し、基板を通电加熱することにより常温の液体のエタノール中で触媒周辺のみを高温に保ちました。なお、反応中のエタノールの蒸発を抑えるため還流冷却器を取り付け、さらにエタノールの入った容器全体を氷水で冷やしながらか実験を行いました。Co触媒の堆積量を調整することで、加熱温度700℃において繊維状の単層カーボンナノチューブが絡まり合った状態で基板上に生成されました(図2)。

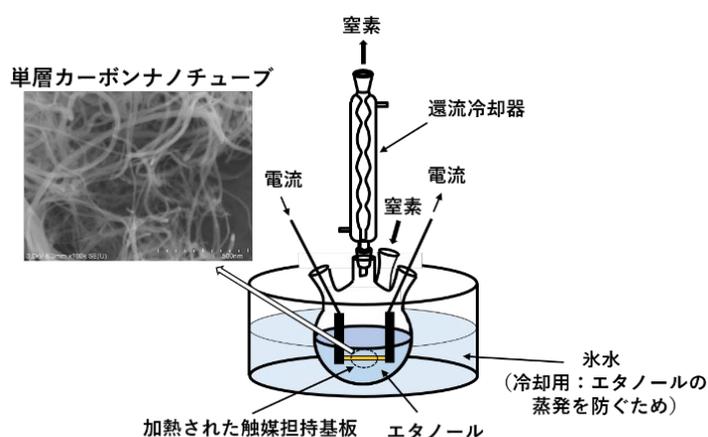


図2 液相合成装置と合成した単層カーボンナノチューブ

生成された単層カーボンナノチューブの結晶性は良好で、気相合成に匹敵するものもありました。また、Irを触媒に用いた場合、Co触媒に比べると生成量は少ないですが、直径1ナノメートル以下の細径の単層カーボンナノチューブを得ることができました。

## 【今後の展開】

簡便な装置のみを用いた液相合成法により、結晶性の良好な単層カーボンナノチューブを生成できることが明らかになりました。今後、触媒金属種や合成に用いる炭素原料液体の種類を工夫することで、液相合成法による単層カーボンナノチューブの大量合成を安価に実現できる可能性が高まります。

## 【用語の解説】

### 1) 単層カーボンナノチューブ (Single-Walled Carbon Nanotube : SWCNT)

カーボンナノチューブ (CNT) は炭素原子のみから成る円筒状の物質ですが、特に1層から成るものを単層カーボンナノチューブと呼びます。直径は1～数ナノメートル程度でナノ材料の代表的な物質です。非常に高い導電性・熱伝導性をもち、構造(カイラリティ・直径)により金属にも半導体にも成るため、次世代のエレクトロニクス材料として期待されています。



### 2) 化学気相成長 (CVD) 法

粒径数ナノメートルの金属触媒粒子を炭素原料ガスと高温で反応させ、カーボンナノチューブを合成する手法。

### 3) 液相合成法

エタノールなどの有機溶媒中で触媒を加熱することによりカーボンナノチューブを得る手法。

**【論文タイトルと著者】**

タイトル：Liquid-phase synthesis of single-walled carbon nanotubes using Co and Ir nanoparticle catalysts

著者：Takahiro Maruyama, Karin Nakami, Moeri Sugiyama, Shinya Mizuno, Kamal Prasad Sharma, Takahiro Saida

掲載誌：Journal of Nanoparticle Research

DOI：https://doi.org/10.1007/s11051-024-06047-7

**【研究プロジェクト】**

- ・名城大学ナノマテリアル研究センター
- ・文部科学省マテリアル先端リサーチインフラ（ARIM）  
JPMXP1223MS1018（分子科学研究所）「カーボンナノチューブの生成メカニズムの解明」

**【お問い合わせ先】**

名城大学 理工学部 教授 丸山隆浩

TEL：052-838-2386

E-mail：takamaru@meijo-u.ac.jp