

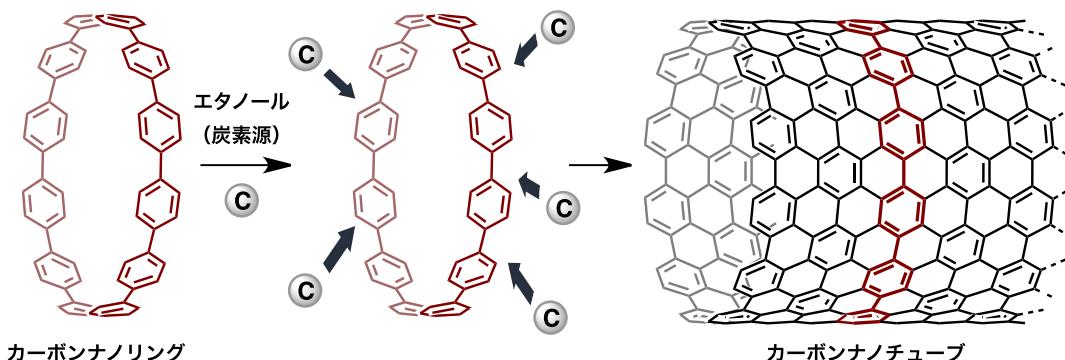
カーボンナノチューブの精密合成に成功

名古屋大学トランスフォーマティブ生命分子研究所の伊丹健一郎教授らは、有機化学的手法と物理化学的手法の融合により、カーボンナノチューブの精密合成を達成しました。構造が明確に定まったカーボンナノチューブの合成と応用に道を拓く画期的な成果です。

カーボンナノチューブは炭素のみからなる物質で、様々な応用が期待される次世代炭素材料です。カーボンナノチューブは炭素原子の配列様式によって性質が異なるため、それらの完全な作り分けの手法が強く求められています。伊丹教授らのグループはすでにカーボンナノチューブの最短構造となる有機分子「カーボンナノリング」の合成を独自に達成しており、今回これをテンプレートに用いることでカーボンナノチューブの精密合成に成功しました。

本研究成果は、「ネイチャー・ケミストリー誌」(Nature Chemistry) のオンライン版で公開される予定です。

カーボンナノチューブの精密合成に成功



【ポイント】

- ◇ 「リングからチューブへ」伸ばすことに初めて成功
- ◇ 用いるカーボンナノリングの直径に対応したカーボンナノチューブが生成

【研究の背景、経緯】

カーボンナノチューブ (CNT) は炭素原子だけでできた、太さ数ナノ～数十ナノメートル、長さ数マイクロ～数ミリメートルの筒状の物質である（ナノメートルはミリメートルの100万分の1）。CNTは鉄の20倍と言われる強度に加え、熱や電気を通しやすく、そして非常に軽い性質を持っていることから、次世代材料として最も期待されている物質の一つである。CNTは、アーク放電法やレーザー蒸着法、化学気相成長法など物理化学的な手法で作られている。しかし、このような製法では現在のところ様々な直径・構造をもつCNTの混合物としてしか得ることはできず、さらにこれら混合物の完全な分離・精製は未だ達成されていない。これまでの研究で明らかにされたCNTの物性のはほとんどは上記混合物の平均値であるため、純粋なCNTの物理化学的な性質を調べることができなかった。例えば、CNTは同じ直径であっても側面の炭素原子の配列が異なると、金属のような導電性を示したり、半導体のような性質を示したりすることが知られている。したがって、CNTの作り分けや分離の手法は高機能電子材料への応用のために不可欠である。直径と側面構造が明確に定まったCNTの合成は、時代が求める究極の技術だといっても過言ではない。

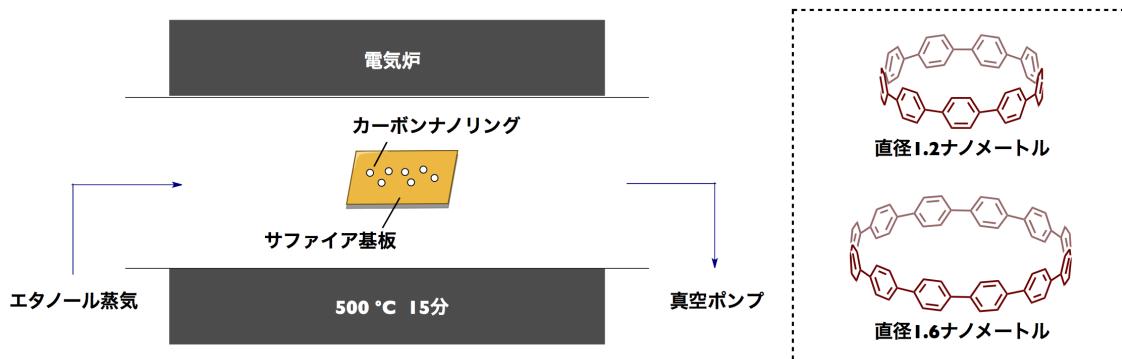
これまで伊丹教授らのグループは、純粋なCNTを合成するための新しい方法論を提案してきた。すなわち、原子と原子の結合を精密に組み立てていく有機合成化学の手法を駆使し、CNTの最短骨格であるカーボンナノリングを構築したのち、これらをテンプレートに積み上げ伸ばしていくれば純粋なCNTが合成できると考えた。伊丹教授らのグループはすでに10種類以上のカーボンナノリングの合成に成功しており（参考資料）、これらを用いた純粋CNT合成に期待が高まっていた。

【研究の内容】

今回ついに伊丹教授らのグループは、カーボンナノリングをテンプレートに用いてCNT

を精密合成することに世界で初めて成功した。具体的には、伊丹教授らが化学合成したカーボンナノリングをサファイア基板上に塗布し、エタノールとともに500°Cで加熱するだけ（下図）という極めてシンプルな方法である。これはCNT合成法として広く用いられている化学気相成長法に則っている。しかし一般的に化学気相成長法が金属触媒を必要とするのに対し、本手法では一切必要ない。透過型電子顕微鏡(TEM)観察とラマンスペクトル測定によってCNTが基板上に生成していること、使用したカーボンナノリング（直径1.6ナノメートル）に対応した直径のCNTが選択的に得られていることを確認した。より小さなカーボンナノリング（直径1.2ナノメートル）を用いると、より細いCNTが選択的に得されることや、カーボンナノリングを塗布しないと全くCNTが得られないといった実験的事実からも、カーボンナノリングがCNTのテンプレートとなっていることが分かる。テンプレートに用いるカーボンナノリングの大きさを選ぶだけで、リングの直径に対応したCNTを作り分けることができる画期的な手法である。

今後は、本手法によって得られるCNTの直径と側面構造の分布についてより詳細な分析を行なっていきたい。直径と側面構造が完全に均一なCNTの合成を実現するために、テンプレート（有機化学的手法）と伸長法（物理化学的手法）の双方を改良していく予定である。



実験の模式図（左）、使用した2種類のカーボンナノリングとそれらの直径（右）

【成果の意義】

本CNT合成法は、カーボンナノリング合成に用いた「有機化学的」手法と、リングからチューブへの伸長に用いた「物理化学的」手法（化学気相成長法）の融合によって初めて達成された成果であり、今後この分野における異分野融合研究を加速させるきっかけになると思われる。今回の研究成果はナノカーボン科学と有機合成化学におけるまさに金字塔であり、今後多くの科学者が参入する新しい分野の幕開けになるだろう。



【掲載雑誌名、論文名、著者】

掲載雑誌 : Nature Chemistry (ネイチャー・ケミストリー)

論文名 : Initiation of carbon nanotube growth by well-defined carbon nanorings (構造が明確に定まったカーボンナノリングによるカーボンナノチューブ成長)

著者 : Haruka Omachi, Takuya Nakayama, Eri Takahashi, Yasutomo Segawa, and Kenichiro Itami
(大町遼、中山拓哉、高橋依里、瀬川泰知、伊丹健一郎)

【本件問い合わせ先】

名古屋大学トランスフォーマティブ生命分子研究所 拠点長・教授 伊丹健一郎

名古屋大学物質科学国際研究センター 助教 瀬川泰知

TEL/FAX: 052-788-6098

E-mail: itami.kenichiro@a mbox.nagoya-u.ac.jp

報道対応:

名古屋大学広報室 丹下稔浩

TEL:052-789-2016、FAX:052-788-6272

E-mail: kouho@post.jimu.nagoya-u.ac.jp

【参考資料】

2009年7月15日『最短カーボンナノチューブの化学合成に成功』

http://www.nagoya-u.ac.jp/about-nu/public-relations/researchinfo/upload_images/20090715_sci.pdf

2010年11月25日『「カーボンナノリング」狙った直径で自在に作り分けることに世界で初めて成功』

http://www.nagoya-u.ac.jp/about-nu/public-relations/researchinfo/upload_images/20101125_sci.pdf