

医学への応用も視野に入れた  
ナノテクノロジー研究の展開



生命科学講座 准教授 小松直樹

# 医学への応用も視野に入れた ナノテクノロジー研究の展開

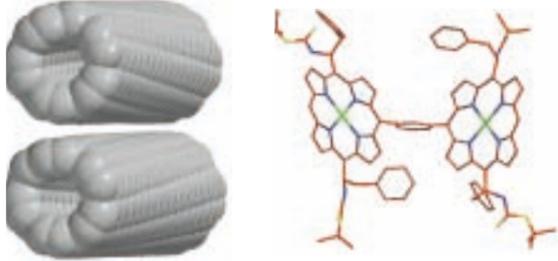
滋賀医科大学生命科学講座 准教授 小松直樹

ナノテクノロジーの代表的な素材であるナノ炭素化合物（フラーレン、カーボンナノチューブ、ナノダイヤモンド）は、エレクトロニクス分野だけでなく、バイオや医療への幅広い用途展開が期待されています。小松直樹准教授が率いる研究チームは、昨年、ナノチューブを形状で選り分ける実験に世界ではじめて成功しました。有機化学からのアプローチという独自の手法で、また医科大学という特殊な環境で進められるユニークなナノテクノロジー研究に注目が集まっています。

## カーボンナノチューブの左右のらせん構造の選別に成功

毛髪の1万分の1の細さで、炭素原子が編み目のようにつながってできた筒状のカーボンナノチューブ（CNT）。細くて軽く、非常に強く、電気をよく通す性質もあることから、次世代電子部品などへの応用が期待されているものの、高純度で構造の均質な素材を量産する技術がまだ開発されていません。

昨年5月に小松准教授のグループは、同じ割合で含まれているCNTの右巻きと左巻き構造を選別する方法をはじめて開発しました。その成果はイギリスの科学雑誌ネイチャー・ナノテ



カーボンナノチューブの右巻き、左巻き構造（左）と分子ピンセット（ジポルフィリン化合物）の構造（右）

クノロジー誌に発表されたほか、数多くの新聞や学術情報誌に取り上げられました。

右巻き、左巻きの構造にそれぞれ結合しやすい、分子ピンセットと呼ばれる特殊な有機分子（ジポルフィリン化合物）を設計して合成し、分子ピンセットとCNTを有機溶剤に混ぜた後、別の溶液でピンセットを外してCNTを回収します。

右巻き、左巻き構造が同じ割合で混ざったCNTに光（左右の円偏光）を当てても、光の吸収率に変化がないのに、左右それぞれに選別した場合は正反対の吸収率を示す光学活性があることも、世界ではじめて確認されました。

「鏡で映したように左右対称の物質は、一方だけに毒性があるなど、生体内における振る舞いが異なる場合があり、今後特性の違いについて解明していきたい」と小松准教授。現在は、選別効率を高める研究が続けられています。

研究グループでは、同様に合成した分子ピンセットを用いてCNTの太さで選別する技術も開発しています。太さや巻き方などの形状がそろい、物性が均一なCNTを取り出すことができるようになれば、

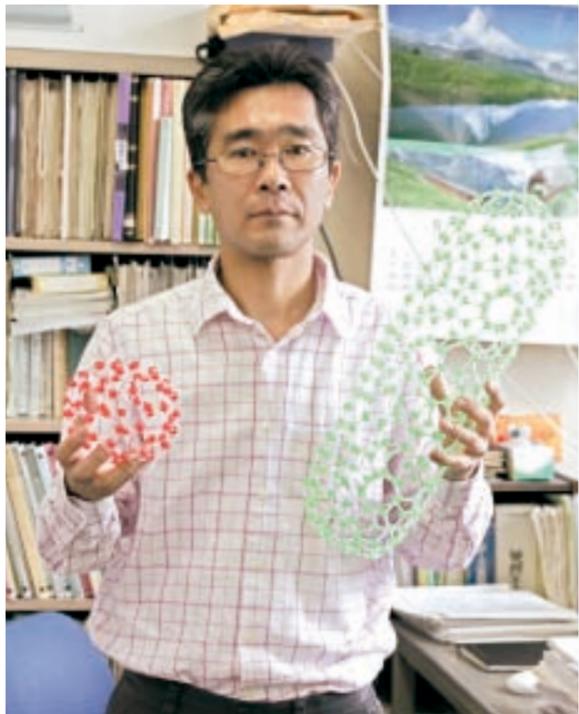
高性能トランジスタ、高感度センサー、高機能光学素子など産業応用に結びつく可能性が高まると期待されています。

**がん早期発見などにつながる  
ナノ炭素化合物を用いた標識剤の開発をめざして**

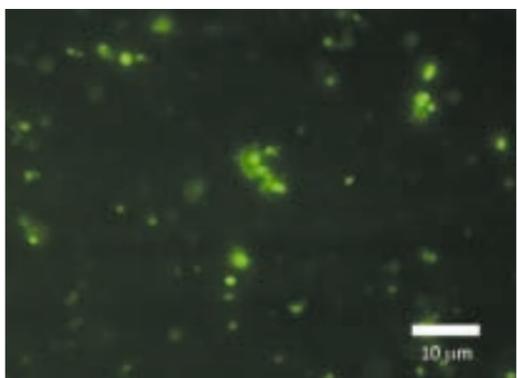
CNTの研究に並行して、新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の支援を受けて、「ナノ炭素化合物の修飾と医療用画像診断素子への応用研究」が始まり、今年で3年目を迎えました。

MR医学総合研究センターの犬伏俊郎教授らとの共同研究で、ナノダイヤモンドにMRI（核磁気共鳴装置）で見ることのできる仕掛けを施したり、蛍光を発する部位を装着したりすることにより、外部から生体内の細胞や分子の活動を可視化するための標識剤（分子プローブ）を開発するというもの。

MRIや蛍光によって細胞内の特定の分子の働きを画像で観察する分子イメージング法は、特定の分子を選別する有効なプローブとしての機能向上と、その安全性の検証が課題となっています。



フラーレンとカーボンナノチューブの模型を手にする小松准教授



蛍光ナノダイヤモンドの蛍光顕微鏡写真

研究グループはこれまでに、ダイヤモンド表面を化学的に修飾し、また、ダイヤモンド骨格を物理的に改変することで、ナノダイヤモンドを基体とする磁気もしくは蛍光プローブの合成に成功し、さらに両方の機能を備えたハイブリッドプローブの合成に取り組みできました。ナノダイヤモンドは、細胞や生体への毒性が小さく、安全であり、また、表面に化学修飾を施すことで特定の細胞やがんなどを識別する機能を付与することが可能です。

今後、上記の機能を持ったダイヤモンドナノプローブを細胞内に導入する手法や、導入後のMRIや蛍光顕微鏡による可視化について検討を行い、さらにマウスなどを使って標識細胞の生体内でのモニタリングについて検討していく予定です。

NEDOとして3年、さらに科学技術振興機構（JST）の重点地域研究開発推進プログラム（育成研究）として研究を継続、3年後には動物実験用試剤として、企業化に向けた道筋をつけることを目標としています。

小松准教授は、元々有機合成化学者で、その後超分子化学の分野へ転出、サッカーボール型分子であるフラーレンとの出会いをきっかけに、炭素材料を研究対象とするようになりました。数多いナノ炭素化合物の研究者の中でも、3種のナノ炭素化合物（フラーレン、カーボンナノチューブ、ナノダイヤモンド）すべてを研究対象とし、有機合成化学や超分子化学の知識や経験に基づいてナノ炭素材料を扱う研究者は数少ないという、医学、生化学、生物学研究者が身近にいる環境で研究を行っている材料科学者は世界的に見ても希少な存在であることから、ユニークな環境を活かした研究に今後大きな成果が期待されています。



小松准教授の研究グループでは、外部資金などによって雇用したポストドクが中心となって実験を行っています。研究室で実験を行っているのは中国人のポストドク（Peng 博士）。これまでインドやバンガラデシュから、炭素材料の研究を志す人材を受け入れてきました。