

文部科学省科学研究費補助金「新学術領域研究(研究領域提案型)
 π造形科学: 電子と構造のダイナミズム制御による新機能創出領域略称名「π造形」
 領域番号2601(平成26~30年度)



π造形科学 NEWS Vol. 14



ディスクリートCNTに挑む 藤ヶ谷 剛彦 博士(九州大学)

藤ヶ谷 剛彦 博士

——現在の研究テーマについて教えて下さい。

藤ヶ谷 我々の研究室では、カーボンナノチューブ(CNT)の研究を行っています。中でも私は、長さを制御したディスクリートなCNT合成にチャレンジしているところです。

——CNTの長さ制御は難しいのですか?

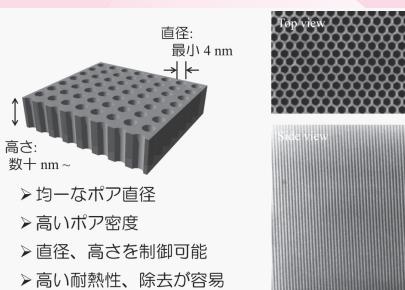
藤ヶ谷 CNTの直径やねじれ具合の制御・精製法は、ずいぶん進歩しました。しかしCNTは成長が速いので長さの制御は難しく、まだほとんど手付かずです。

——具体的には?

藤ヶ谷 ヒントになったのは、J. Tour教授によるグラフェン合成です。銅の表面にポリマーを塗布し、800°Cで焼くと高品質なグラフェン膜ができるというものです。同じことを円筒状の表面で行えば、CNTができるはずです。

——円筒状の表面はどのように作るのですか?

藤ヶ谷 陽極酸化アルミニウム膜(AAO)というものを用います。厚さ数十nmで、直径数nmの孔がハニカム状に空いています。厚さ、孔の直径は制御可能です。ここに、ポリマーをコーティングしていきます。



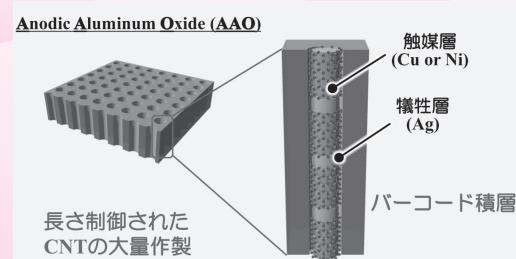
——孔の内壁を、「円筒状の表面」として使うわけですね。

藤ヶ谷 はい。このポリマーがCNTの炭素源になりますが、1層だけでは足りず、6層ほど積層する必要があることがわかりました。検討の結果、ポリアクリル酸とFe(III)イオンの組み合わせでうまく積層できます。これを650°Cで10分焼き、AAOを水酸化ナ

トリウム水溶液でエッティングすることで、CNTが出来上がります。

——比較的シンプルにできてしまうことに驚きです。

藤ヶ谷 ただ、これだけだとAAOの厚さに等しい長さのCNTしかできません。そこで、CNT成長の触媒になるニッケル(触媒層)と、触媒にならない銀(犠牲層)を、孔の内部でバーコードのように積層する手段を考えています。AAOにポリマーをコートし、ニッケルと銀を交互に電気メッキしてゆきます。この状態で焼いてやれば、ニッケル表面でのみCNTが成長し、銀のところで途切れますので、短いCNTができると考えています。



——長さは完全に制御できるのですか?

藤ヶ谷 メッキ時間によってニッケルと銀の厚さは精密に制御可能ですから、好きな長さのCNTが作れるはずです。現在、条件を検討中です。

——素晴らしいアイディアですね。他にも応用が利きそうです。

藤ヶ谷 AAOの孔の内部だけでなく、表面を使うことも考えています。触媒になる金属を孔に詰めてしまい、その表面を触媒とすれば、円筒形のサイズの揃ったナノグラフェンをトップダウン的に作れるのではないかと。

——π造形領域でやってみたいことは?

藤ヶ谷 短いCNTは、たとえばナノサイズの配線を作る時にも使えますし、医薬品を患部に送り届ける「入れ物」としても利用できるかもしれません。メンバーと共に、アイディアをいろいろ広げていけると思っています。

本領域では、領域外の博士課程学生や若手研究者向けのインターンシップとして
 π 造形スクールを開校します。詳しくは、本領域ウェブサイトをご覧下さい。
<http://pi-figuration.jp>

「ささやきの回廊」は光を放つ 山本 洋平 博士(筑波大学)



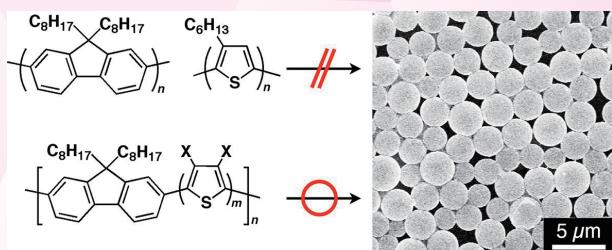
山本研究室のみなさん

——山本さんの研究テーマは π 共役系高分子ということですが、この分野を選ばれたのは？

山本 筑波大は白川英樹先生がおられた関係で、この分野の研究が盛んです。私も2010年にこちらに来てから、他の研究室と協力しつつ、 π 共役高分子の集合化と物性面から研究に取り組んでいます。

——最近のトピックスは？

山本 まず、ある種の π 共役高分子が、自己組織化によって球体を形成することを発見しました(*J. Am. Chem. Soc.*, 2013, 135, 870)。直径数 μm 程度の、形状の整った球体です。



——珍しい現象なのでしょうか？

山本 調べてみましたがあまり例がないようで、どうやら主鎖の構造に関係があることがわかりました。立体障害があり、隣り合う芳香環がある程度ねじれている時に、アモルファスな球体を形成します。立体障害が小さく平面性が高い π 共役高分子の場合、鎖同士が強く相互作用して積層し、結晶性のファイバーなどになってしまします。

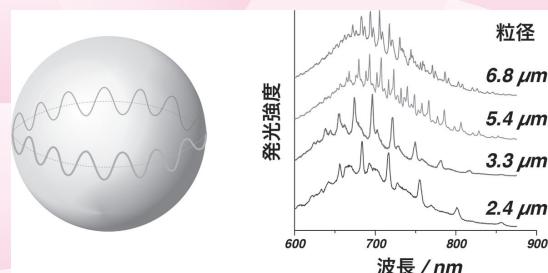
——何か応用はありそうですか？

山本 「ささやきの回廊」発光という現象を発見しました(*Sci. Rep.* 2014, 4, 5902/1-5)。面白い応用を期待しています。

——何だか詩的な名前ですが、どのような現象なのですか？

山本 ロンドンのセントポール大聖堂では、円形の壁に沿って声が伝播し、向かい側にいる人にもささやき声がはっきり聞こえるという現象が起きます。これと同じように、粒子にレーザーを照

射して発光特性を計ってみると、発光が球体と空気の界面で全反射を繰り返して周回し、位相が揃って強め合っていることがわかりました。



「ささやきの回廊」現象の概念図と発光スペクトル

——球体ならではの現象ですね。発見の経緯は？

山本 2011年にドイツのデュースブルク=エッセン大学との交流が始まり、学生を派遣しました。その時、球状の高分子のサンプルを持たせ、何か面白い特性でもがでないかと測定を行ったところ、偶然に発見されました。最初は解釈に悩みましたが、どうやら「ささやきの回廊」の効果によるものだろうと。

——交流の成果だったわけですね。この先の展開は？

山本 これは、いわば自発的に出来上がる、発光特性を持つた光共振器であるわけです。たとえばこれを、電荷注入によるレーザー発振にできないか、などと考えています。越えなければならないハードルはありますが、有機高分子材料による電流誘起レーザー発振は例がなく、有機エレクトロニクスの新しい方向性になるのではと期待しています。また、球体による光捕集という点にも興味を持って研究を進めています。

——それは楽しみですね。

山本 すでに領域メンバーの杉安さんやアルブレヒトさんらと共に研究を始めています。研究分野の壁を超えていくことには慣れているので、この領域で、面白い新材料の開発に結びつけていきたいと思っています。

もっと詳しく→ <http://pi-figuration.jp>