

スーパーグロース：画期的な単層CNT合成技術

スーパーグロース法による驚異的なブレイクスルー

スーパーグロース法とは産総研で2004年に開発された、単層カーボンナノチューブの画期的な合成技術です。通常のカーボンナノチューブ合成雰囲気（ppmオーダー）の水分を添加することで、通常は数秒の触媒寿命が数十分にもなり、極微量の触媒から、大量の単層カーボンナノチューブを合成することができます。非常に高い触媒活性により、単層カーボンナノチューブは超高密度で成長し、基板から垂直に配向したフォレストと呼ばれる構造体に組織化されます（図1）。これは自己組織化の一例です。2004年に、10分間で高さ2.5ミリというフォレスト成長を達成しました。これは従来に比較して、高さで500倍、時間効率では、なんと3000倍の改善でした。

スーパーグロース法の触媒効率（生成物/触媒重量比）で50000%にも達し、これは従来のカーボンナノチューブ合成法（図1：表）と比較して数百倍の改善です。触媒使用量の大幅な低減は、この成長手法による、将来の大幅な製造コストダウンの可能性を示しています。また、スーパーグロース法で得られた単層ナノチューブは、未精製の状態（触媒金属）濃度が0.013%以下というもので、これ



図1 スーパーグロース法によって合成した単層カーボンナノチューブ垂直配向構造体“フォレスト”
成長時間10分で、高さ数ミリの長さまで単層カーボンナノチューブを効率よく成長させることができます。

は、いままでに知られている中で最も純度が高い単層カーボンナノチューブ材料がその場で製造できるということです。

大量生産の道を選択し第2種基礎研究にシフトする

このスーパーグロース法を発見し、発表した後に、目の前に無限の可能性を持つ新しい学問領域が広がっているのを感じました。どこに研究の軸足を置くのかについては非常に悩みました。スーパーグロース法は私にとっ

て、いわば子供のようなものです。子供に立派に成長してほしいと親が願うように、私も、スーパーグロース法が、一時のブームで終わるのではなく10年、20年後まで生き残り、ますます花開くことができる道を考えました。たどり着いた結論は、単層カーボンナノチューブのかつてない規模での工業的産量を目指すというものでした。知的財産部門関係者との度重なる議論も大いに参考になりました。

基板の上で大量に単層カーボンナノチューブを成長させようという発想はおそらく世界で誰も考えたことがないことです。カーボンナノチューブの量産は、気相流動、もしくは担持触媒を用いたロータリーキルンなどで行うというのが業界の常識でした。しかし私の見積もりによれば、スーパーグロース法でいくつかの課題を克服できれば、かつてない低コストで単層カーボンナノチューブを量産できるという見込みがあったのです。量産を決意した時、研究が第1種基礎研究から第2種



1996年東京大学工学博士。筑波大学で半導体表面構造を研究したのち、「世の中にもっと役に立つ研究」を目指し、ハーバード大学でナノテクを修行しました。革新的サイエンスが次々と生まれる現場を目の当たりにし衝撃を受け、世界に通用するスピード感覚、プロフェッショナリズムを磨きました。2003年帰国し、産総研に入所、カーボンナノチューブの合成と応用に、忙しい日々を送っています。

畠 賢治 (はた けんじ)
ナノカーボン研究センター
ナノカーボンチーム

基礎研究となり、本格研究になったのだと思います。

産業化に向けて“死の谷”を駆け渡る

最初に苦労したのが、量産のパートナー企業探しです。何社にも話を持ちかけますが、正直いって反応は良くありませんでした。特に従来からカーボンナノチューブに取り組んでいた会社は、これまでの製造法を捨ててスーパーグロース法に転替えることに躊躇しました。その中でまったくカーボンナノチューブの経験がないものの、熱い情熱と事業化への真剣さが感じられた日本ゼオンを最終的にパートナーとして選定しました。その後も、国家プロジェクトを立ち上げる苦労、アスベストの問題の煽りなど、絶体絶命の死線を何度も乗り越えてここまできました。

2006年から走り出した 独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) の「カーボンナノチュー

ブキャパシタープロジェクト」で、スーパーグロース法は、「かつてない規模・価格での単層カーボンナノチューブの工業的量产と、キャパシターへの応用」を目指しています。これが一気に死の谷を越える起爆剤となることを期待しています (図2)。

スーパーグロース法によって合成される単層カーボンナノチューブはかつてない高比表面積を持ち、次世代スーパーキャパシターの電極材料としても有望です。高価なシリコン基板に代替できるニッケル合金基板の開発、大面積CVD合成技術、湿潤式触媒の開発など、研究は順調に推移しており (図2：中)、2007年度に取り組む連続CVD合成技術に成功すれば、スーパーグロース法による単層カーボンナノチューブの工業的量产はいよいよ実現性を帯びてきます。

2008年度に、開発項目を統合してトータル生産システムを構築し、その後量产機を実現し、工業的生産を

開始する予定です。スーパーキャパシター以外にも、透明導電性フィルム、熱交換器など様々な用途展開が考えられます (図2：右)。単層カーボンナノチューブがあちこちで使われ、“Carbon Nanotube Here, There, and Everywhere”となるのが私の夢です。

最近痛感するのは、このような本格研究は1人の力ではとても実現できないということです。多くの同僚の支援、チーム全員の尽力、様々な方のアドバイスやサポート、産総研、NEDO・経済産業省などの組織からの援助、上司の理解など、多くの力を結集してはじめて、社会への還元という大きな扉が開かれるのだと感じています。それができる環境があることが産総研の強みであり、存在意義なのだと思います。今までスーパーグロース法に支援をいただいた多くの方々にお礼申し上げます。スーパーグロース法によって日本に単層カーボンナノチューブの産業が立ち上がることを望みます。



図2 カーボンナノチューブ合成における本格研究
工業的量产を実現し、一気に死の谷を渡りきり、さまざまな用途での単層カーボンナノチューブの産業創出を目指します。