

# 単層カーボンナノチューブで均質な薄膜を実現

材料を薄い膜状に成形加工することは、基礎・応用の両面で大変重要な研究課題である。特に、光を使って材料の性質（光吸収、発光、光伝導、光起電力、高速光励起緩和、非線形光学特性等）を調べるためには、良質な薄膜を用いることが必須条件となる。また、それ以外の様々な物性を調べる時にも、薄膜化した材料を用いることが多い。応用面では、色々な機能素子を作る工程には、必ずと言っていいほど、材料の薄膜化が含まれる。薄膜化の重要性を、何よりも見事に示したのが、白川教授等によるポリアセチレン薄膜の研究である。それ以前は不溶不融の粉末でしかなかったポリアセチレンが、均質な薄膜となったことにより、その性質に関する研究が飛躍的に進み、共役高分子・導電性高分子という大きな研究分野が切り拓かれたことはまだ記憶に新しい。

カーボンナノチューブについてはどうか？ここで話題とする単層カーボンナノチューブ（Single-wall Carbon Nanotube, SWNT）は、一枚のグラファイト（黒鉛）シートが丸まって直径約1nm（1mmの百万分の1）の細い筒状になったもので、ナノテク材料の代表格と見なされている。様々な用途が期待され、その研究は世界中で爆発的な広がりを見せているが、これまた不溶不融の黒色粉末であり、これまで薄膜化の研究はほとんど進んでいなかった。我々は、最近、ラングミュア・

プロジェクト（LB）法を用いることにより、光学的にきわめて均質なSWNT薄膜を作製することに成功した（図1）。SWNTにはあらかじめ化学的処理を施し、可溶性と適度な親水性を持たせてある。LB法では、水面上に展開した薄膜が、（基板を上下することによって）基板表面に1層ずつ累積するため、精密な膜厚制御が可能である（図2）。さらに、薄膜の直線偏光二色性（偏光方向による吸収強度の違い）から、チューブが基板の上下方向に強く配向していることが分かった（図3）。

光学的に均質で、かつ膜厚・配向が制御された薄膜を実現したことは、今後のSWNTの研究展開に重要な意味を持つ。従来困難であった光をプローブとする様々な物性評価が可能となり、半導体特性等、SWNTの光・電子物性についての理解が大きく進むものと期待される。また、本薄膜化手法は、センサー、光学素子、ナノ電子素子等、SWNTを用いたデバイスを構築するための基盤技術ともなり得る。

実は、LB膜の作り方は、墨流しと同じ原理に基づいている。今の場合、使っている素材はカーボンであり、まさに文字通りの“炭”流しである。この日本古来の技術をナノテク材料の研究に活用して、今後、より高度な構造制御を目指すと同時に、薄膜の物性・機能解明や応用技術開拓へ向けた研究を推進する計画である。

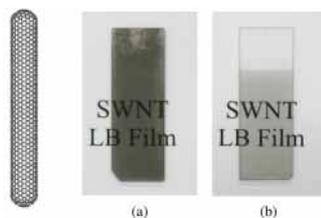


図1 単層カーボンナノチューブ（SWNT）のLB膜  
(a)水平付着法140層。(b)垂直浸漬法58層。

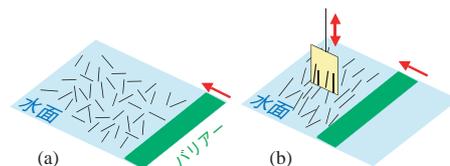


図2 垂直浸漬法によるLB膜作製手順  
(a)クロロホルムに溶かした可溶性SWNTを水面上に滴下して展開。(b)バリアーで展開膜を圧縮しながら、基板を上下に動かしLB膜を一層ずつ累積。

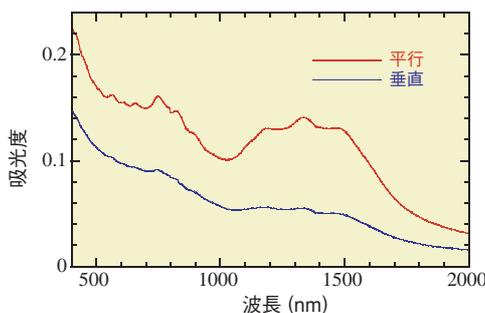
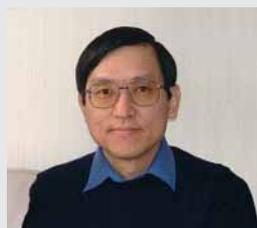


図3 LB膜（垂直浸漬法20層）の直線偏光二色性  
偏光方向が基板の上下動方向に平行か垂直かによって吸光度が大幅に異なる（約2.5の二色比）。各チューブが、基板の上下動方向に流動配向しながら累積するためこのような二色性が生ずる。1100~1500 nmの吸収ピークは半導体SWNTの第1バンドギャップ、650~900nmの吸収ピークは第2バンドギャップに由来する。



みなみ のぶつぐ  
南 信次  
n.minami@aist.go.jp  
ナノテクノロジー研究部門

関連情報

- 南 信次, 金 柄祉, 朱 為宏, カザウイ・サイ, 阿澄玲子, 松本睦良: 単層カーボンナノチューブLB膜【II】高度なチューブ配向の実現, 応用物理学会 25p-ZK-7, 2002年9月.
- 南 信次, 金 柄祉, 朱 為宏, カザウイ・サイ, 阿澄玲子, 松本睦良: 単層カーボンナノチューブの化学修飾とLB膜構築, 高分子討論会 II K11, 2002年10月.