

カーボンナノチューブの磁気浮上配向と光学物性制御

Magnetic Orientation-Levitation and Optical-Properties Control of Carbon Nanotubes

広大院理 藤原 昌夫

Hiroshima Univ., Masao Fujiwara

E-mail: fujiwara@sci.hiroshima-u.ac.jp

超伝導磁石は、1990年代に一般の研究室に普及してから、現在まで広範囲に応用研究へ利用されてきている。そこで、講演では、磁場下の微小重力空間において、カーボンナノチューブの高分子薄膜を作製した例について述べる。磁場方向と薄膜作製方向の角度変化に従って、ナノチューブの配向を三次元的に制御できること、さらに、ゆるやかにエネルギー依存（波長変化）するナノチューブ薄膜の光学特性（吸収の異方性と屈折の異方性）を制御できることを示す。そして、強磁場による弱磁性材料の構造制御と物性制御の利用を考える場合の、特徴と問題について触れてみたい。

強磁場 ($B = 10\text{--}30\text{ T}$) 下では、秩序立った構造をもつ物質は、磁気的な異方性のために磁気トルクを受けて、安定な方向に配向する。定性的には、ランダムな回転運動を引き起こす熱エネルギーよりも、配向に寄与する磁気エネルギーが優位に立ったとき、物質は熱攪乱に逆らって磁気的に配向すると説明される。

また、高勾配磁場 ($B\text{ dB/dz} = 700\text{--}1,600\text{ T}^2/\text{m}$) を使って、弱磁性（反磁性）の物質に地上の重力と拮抗する磁気力を作用させると、地上で重力制御が可能になり、微小重力の空間を創生できる。微小重力空間では、液体の表面張力の影響が顕在化するので、地上の重力下で作製不可能な液体薄膜を作製し、その溶媒を蒸発させて、固体薄膜を作製することができる。

多層カーボンナノチューブをドーピングした高分子の薄膜を磁気微小重力空間で作製すると、ナノチューブは薄膜内で磁場に対して平行方向に配向する。その様子は、原子間力顕微鏡 (AFM) による薄膜の表面観察、および、走査電子顕微鏡 (SEM) による薄膜の断面観察から明らかにされた。また、カーボンナノチューブ磁気配向薄膜は、ナノチューブによる異方的な光学物性を示すので、薄膜の分光測定によって、ナノチューブの主軸方向、直径方向の吸光係数と屈折率を定量的に評価できた。このような外部磁場の印加による構造制御と物性制御は、物質固有の性質を利用する点でユニークな特徴をもつと言える。さらに、磁気配向薄膜は、機械的に延伸した配向薄膜と比べて、配向が優れることも分光測定より見出されている。

磁気微小重力空間では、無基板で、両面がフリーのクリーンな薄膜を作製できる。また、新規三次元配向異方性材料を開発できる可能性を有している。今後の応用が期待される技術分野である。