

## 強磁場による機能性薄膜の調製の試み

(広大理\*, 広大院理\*\*, 信州大全学教育\*\*\*) ○竹内晴留香\*, 勝木明夫\*\*\*, 藤原好恒\*\*, 藤原昌夫\*\*

【序】磁場は材料科学において化学的および物理的操作の重要なツールとして有効である。磁場勾配を用いることにより微小重力状態あるいは過重力状態が得られる。すなわち磁場による重力制御が可能となった。このことは重力を物理過程あるいは化学反応過程において可変なパラメーターの一つとして扱うことができることを示す。当研究室では磁場による重力制御によって見かけ上、表面張力が制御できることを見出した<sup>1,2</sup>。さらに、微小重力条件下では、通常重力条件下では得られない大きさの溶液あるいはポリマー薄膜が安定に生成することを初めて見出した<sup>3,4</sup>。そこで本研究では磁場による微小重力条件下で種々の機能性薄膜（カーボンナノチューブ配向薄膜、酸化チタン薄膜）の作成を試みた。

【実験】超伝導磁石はジャパンスーパーコンダクタテクノロジー製 JMTD-LH15T40（縦型ボア，最大磁場強度 15 T，最大磁場勾配 1500 T<sup>2</sup>/m）を用いた。マルチウォールカーボンナノチューブ（MWCNT）VGCF-S（昭和電工製）は 2800 度の高温で熱処理し，残存鉄の量が 20ppm 以下にしたものを用いた。薄膜はポリビニルアルコール（PVA）水溶液に MWCNT を分散させた試料を磁場中に設置し，スズをコーティングした銅線で製作した輪を試料溶液に浸して，微小重力点に放置して自然乾燥させることにより作成した。

酸化チタン薄膜は，チタンアルコキsidを用いるゾル・ゲル法と酸化チタンコロイドをバインダーで固定する二通りの方法で溶液を調製し，前述と同様の方法で薄膜を磁場中で作成した。

【結果と考察】図 1 に磁場による微小重力条件下で調製した MWCNT がドーブされた PVA 薄膜（φ18）を示す。この大きさの薄膜は通常重力条件下では安定に生成



図 1 磁場中（5 T， $-900 \text{ T}^2/\text{m}$ ）で調製された MWCNT がドーブされた PVA 薄膜（φ18）。

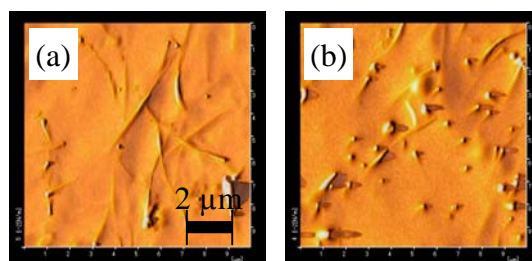


図 2 MWCNT がドーブされた PVA 薄膜の AFM 像。(a) 0 T，(b) 5 T， $-900 \text{ T}^2/\text{m}$ 。磁場方向は紙面に垂直。

することができず，磁場による微小重力条件下で初めて調製されたものである<sup>4</sup>。

図 2 に得られた薄膜の AFM 像を示す。磁場無しの条件では，長さ約  $5 \mu\text{m}$  の MWCNT が PVA 表面と平行にランダムに分布していることが

わかる。これに対し、磁場中では MWCNT の先端に相当する突起状のものが観測された。このことから磁場中では MWCNT が磁場と平行に配向した薄膜が作成できたことを示す。

図 3 に磁場による微小重力条件下で調製した酸化チタン薄膜 ( $\phi 16$ ) を示す。酸化チタンコロイド溶液にポリアクリル酸をバインダーとして用いた溶液から調製した。この大きさの薄膜は通常の重力条件下では安定に生成することができず、磁場による微小重力条件下で初めて調製されたものである。

図 4 に酸化チタンコロイド薄膜の表面の AFM 像を示す。酸化チタン粒子によるとみられる直径約  $1 \mu\text{m}$  の突起が観測された。このことから薄膜表面に酸化チタンが分散していることがわかる。

磁場による微小重力条件下でカーボンナノチューブが配向したポリマー薄膜およびポリアクリル酸をバインダーとした酸化チタンコロイドの薄膜が基板フリーで安定に生成することがわかった。AFM 観測から薄膜表面に酸化チタンコロイド粒子が分散していることがわかった。また、Brij30 を添加したチタンアルコキシドのゾル溶液からも磁場中で基板フリーで安定な薄膜ができることを見出した。

本方法によって、通常重力下では作成困難な固体薄膜を微小重力を利用してはじめて作ることに成功した。この新しい方法は基板等を用いないので、クリーンな両表面をもつ固体薄膜を作ることができ、更に広い応用が可能であると考えられる。

本研究の一部は、日本学術振興会アジア研究教育拠点事業「材料電磁プロセシングの世界拠点の構築」および文部科学省の「長野県全域知的クラスター創成事業（第 II 期）」の一環として実施したものであり、関係者各位に感謝いたします。

#### 【参考文献】

1. M. Sueda, A. Katsuki, M. Nonomura, R. Kobayashi, Y. Tanimoto, *J. Phys. Chem. C* **2007**, *111*, 14389.
2. A. Katsuki, K. Kaji, M. Sueda, Y. Tanimoto, *Chem. Lett.* **2007**, *36*, 306.
3. Y. Tanimoto, H. Yamamoto, Y. Fujiwara, M. Fujiwara, A. Katsuki, *Chem. Lett.* **2008**, *37*, 500.
4. A. Katsuki, H. Yamamoto, Y. Fujiwara, M. Fujiwara, M. Endo, Y. Tanimoto, *Chem. Lett.* **2008**, *37*, 728.



図 3 微小重力下 (5 T,  $-900 \text{ T}^2/\text{m}$ ) で調製された酸化チタン薄膜.

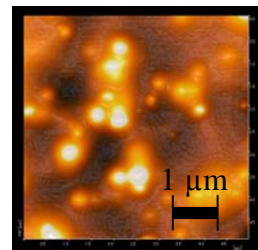


図 4 微小重力下 (5 T,  $-900 \text{ T}^2/\text{m}$ ) で調製された酸化チタン薄膜の AFM 像.