

Effects of Magnetic Field on Fine Particles, Molecular Chains and Membranes

微粒子、分子鎖、薄膜の磁場下挙動

プロジェクトリーダー 木 村 恒 久

東京都立大学 大学院工学研究科
助教授



図 1 冷凍機直冷型超電導磁石

1. 研究目的

鉄くぎが磁石に引き付けられることは日常経験することである。ではペットボトルや、木片が磁石の上で浮かぶとか、磁石に引き付けられるといった経験をされた方はいるだろうか。おそらくいないであろう。ところがこれらの物質（反磁性体とよばれる）も、弱いながら磁石から力を受けており、うまく条件を設定すればそれが見える。図2には、数本のシャーペンの芯を束ねて水に浮かせ磁石の上に置くと、芯が磁場方向に配向する様子を示している。

上で用いた磁石はそれほど強くない（2,000 ガウスくらい、それでも地磁気の約4千倍）。ところが近年、この50倍もの強さの冷凍機直冷型超電導磁石が普及してきて、核磁気共鳴（NMR）や低温物理の用途以外にも、強磁場が材料科学の分野で広く用いられるようになってきた。それに伴い、従来見逃されていた磁場効果が、いくつも発見されている。

このような強力な磁石を用いると、マクロな物体のみならず、サブミクロンオーダーの粒子や分子集合体が、条件をうまく整えさえすれば容易に磁場配向する。本プロジェクトでは、どのような条件下で磁気力が効率的に発現するかを明らかにする。その知見をふまえ、強磁場下で高分子鎖やセラミックス微粒子を配向させることにより、3次元的に配向が制御された構造を作りだす。このような構造は、新規な光学的、電気的、力学的物性を発現すると期待される。また本プロジェクトでは勾配磁場を用いることにより、新規な分離手法の開拓や、薄膜製造プロセスの高度化を目指す。

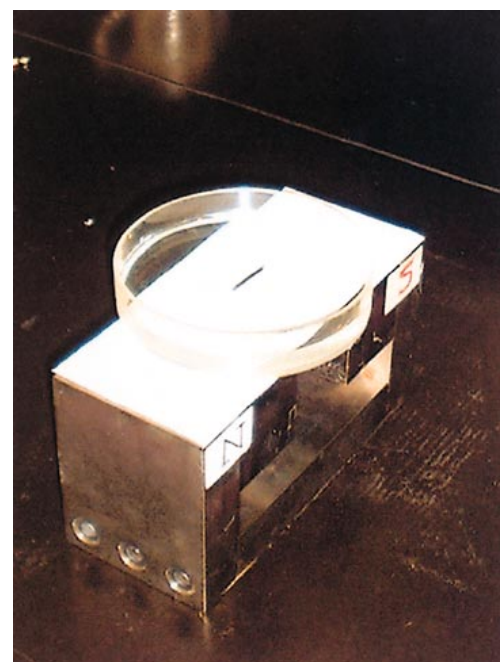


図 2 反磁性体の磁場配向

2. 研究の内容

反磁性体や常磁性体に作用する磁気力は大変小さいので、それを利用してこれらの物質を配向させたり、移動させたりするには、うまい条件を設定しなくてはならない。磁気力は体積力なので体積が大きくなるとそれに働く磁気力も大きくなる。このことに注目すると、分子一個一個は動かせなくても、分子集合体や微粒子状態にすれば、配向させたり動かしたりすることができることが分かる。

本プロジェクトでは、どのような集合状態で磁場が最も有効に作用するかを明らかにする。更に、磁場が分子集合体の構造や構造形成自体に影響を与える可能性についても検討する。これらの知見をベースにして異方性が制御された機能性素材の創成を目指す。

(1) 強磁場による高次構造の制御・新規配向構造の創成

分子集合体は様々な条件下で出現するが、本プロジェクトでは、高分子系の相転移過程における構造形成、ポリペプチド2分子膜、およびセラミックス粒子分散系に注目し、その構造および構造形成メカニズムに磁場がどのように作用するかを明らかにする。

すでに、高分子系では熔融状態から結晶へ相転移する時に磁場を印加すると、多くの高分子が磁場配向することを確認している。また、磁場の印加により結晶化が促進される場合も観察されている。これらの現象を正しく理解するためには、磁場中での構造形成を直接その場観察するのが有効である。本プロジェクトではin-situの赤外分光法、光散乱法を用いて、コンフォメーション変化、構造形成過程が、磁場中でどのように進行するのかを明らかにする。また磁場配向は結晶化誘導期に起こるので、配向したフィルムは透明性が高く、光学用途への展開が期待される。

2分子膜や液晶は、種々の条件により、球形や棒状の形態を示す。この形態に与える磁場の影響を顕微鏡、赤外分光法、熱分析により検討し、磁場が分子集合体の形態に与えるメカニズムを明らかにする。磁場を印加することにより、2分子膜や液晶の高次構造を制御する方法を開発する。これにより生体膜の基礎的解明、光学分野への応用などが期待される。

セラミックス分散系に磁場を印加すると、懸濁しているセラミックス微結晶が、磁場のトルクにより配向する。しかし、配向達成には、懸濁状態のコントロールが重要であることが分かっている。粒子間の会合が強すぎる場合には磁氣的に等方な会合体を生じるので、磁場配向しない。最適な条件下で懸濁液を配向させ、乾燥の後焼結すると、配向セラミックスを作製できる。このようにして作った異方構造をもつセラミックスにより、従来にない電気的特性を発現させる。

(2) 強磁場による物質移動の制御

大きな磁場勾配のもとでは、磁気力は重力より大きくなり、水滴やプラスチックまでが磁気浮上する。それほど大きくない磁場勾配でも、微粒子や、密度ゆらぎ、濃度ゆらぎに磁気力を作用させると物質移動を制御することができる。

本プロジェクトではこのことを利用し、次の2つの試みを行う。一つは、分析法への応用である。電気泳動に磁場を組み合わせると、分離軸を一つ増やすことになる。これにより従来の電気泳動法では分離できなかった分子や粒子が分離可能となる。更に電場と磁場の相乗作用が期待される。もう一つは、CVDプロセスの高度化である。磁場勾配下では、ガス流が生じることが知られている。その程度は、ガスの磁気的性質により異なる。これを利用することにより特定のガスを選択的に移動させるとか、特定のガスを取り除くといった操作ができると期待される。それによりCVDプロセスの高度化、高速化を実現する。

3. 研究の体制

期 間：1999年8月～2004年3月

構 成：プロジェクトリーダー：木村恒久（東京都立大学大学院・工学研究科・応用化学専攻・助教授）コメンター：4名、研究協力者：4名

実施場所：東京都立大学工学研究科 八王子市南大沢 1-1

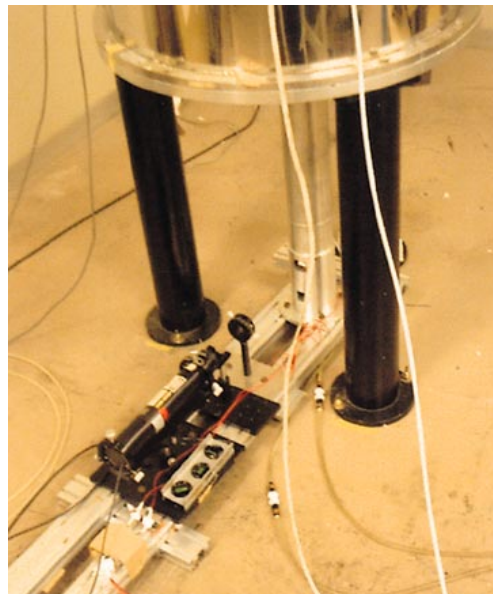


図3 磁気複屈折測定装置

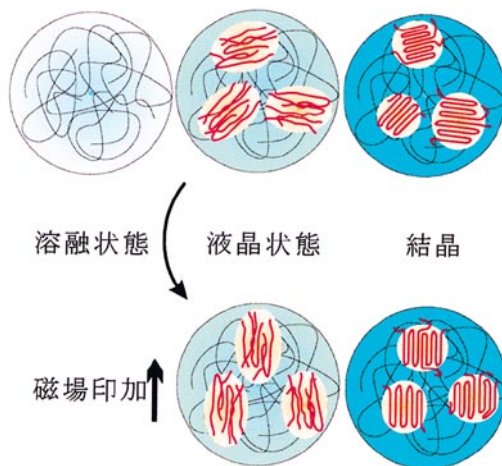


図4 結晶性高分子の配向メカニズム



図5 構造形成の顕微鏡観察