

Non-Traditional Magnetic Control for Physico-Chemical Processes 新規強磁場効果の探索と機構解明

プロジェクトリーダー 中 林 誠一郎
埼玉大学 理学部 助教授



1. 研究の目的

磁場は、物質や化学反応系と相互作用し、多彩な効果を生み出す興味ある可能性を秘めている。さらに、ここ数年の間で、超伝導技術の実用レベルでの発展に伴い、実験室規模で使用可能な磁石の性能が長足に向上した。このため、10T 程度の強磁場を比較的容易に実験研究に使用可能な環境が整いつつある。そこで、10T を念頭におくと、いままで、その歴史的経緯から、あまり磁気効果の検討がなされてこなかった研究分野に磁気科学の地平を広げることが可能になりつつある。本プロジェクトでは、磁気科学の地平を広げ、当該分野と協奏的に新現象/新原理の探索と解明をすすめる事を目標とし、併せて、新たな研究分野の創製と新規な社会貢献を創出する活力を生み出すことを目指している。

しかしながら、如何に 10T といえども、分子・原子で構成される「小さなシステム」が磁場から受けるエネルギー的な摂動は、室温の熱エネルギーによる揺らぎの範囲を大きく超えることは少ない。この事情を考え合わせて、磁気科学の新規な突破口を何処に求めるかを探索することは、本プロジェクトの極めて重要な使命の一つである。この目的を果たすためには、異分野間の知の交流が必須である。そこで、本プロジェクトでは、コアメンバー含む複数の分野の構成員からなる研究集会で、探索的な議論を深める。強磁場効果をキーワードにした異分野交流は、とりわけ、本プロジェクトの研究の初期に果たす役割が大きい。また、このような研究の進め方は、未来開拓学術研究推進事業により始めて可能であることも強く指摘したい。新規強磁場効果探索の分散的な要素と、機構解明の集約的な要素をマネージしつつ、過度に発散的でなく且つ局所的なピットホールに落ち込む事を上手に避けながら、学問的に健全で社会貢献の可能性のある新分野の開拓を本プロジェクトの目標としたい。

上記の目的と方針のもとに、本プロジェクトでは、以下のような分野で磁気科学の新しい突破口を拓くことを目指している。

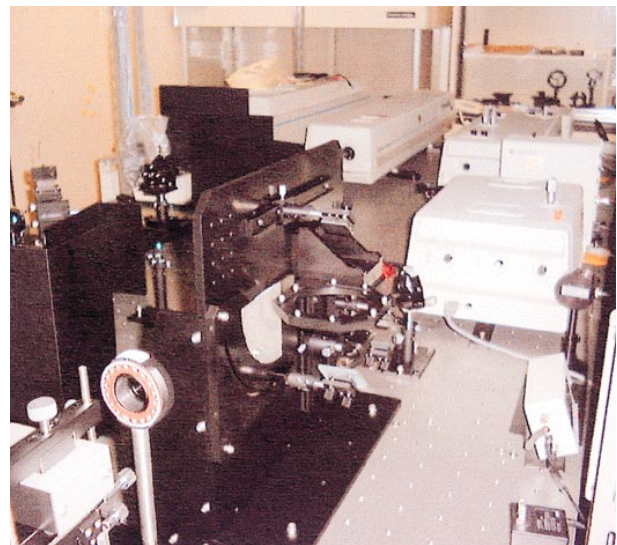


図1 表面・界面への磁場効果はフェムト秒の時間分解能を持つレーザ分光法で探る。

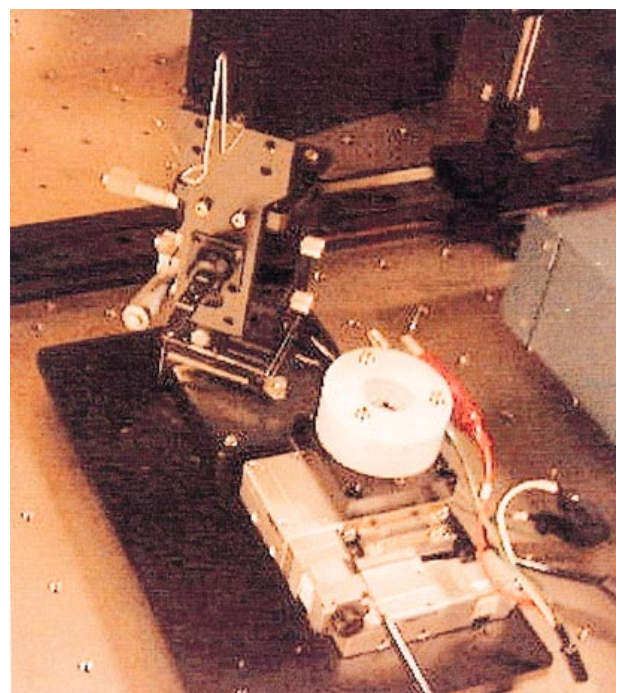


図2 2光子光電流顕微鏡(プロトタイプ): 半導体材料の電子・正孔トラップの動的振る舞いを強磁場下、空間分解して調べる。

2. 研究の内容

(1) 強磁場を利用した新規物質系の開発と機能の発現

本領域では、磁気光学効果に基づく機能発現を目指した物質系の開発を目指すとともに、さらに、非線形電気化学過程と強磁場効果を複合的に利用する新規物質創製法の確立を目標にする。

磁気光学効果は、特殊な物質に磁場を加えて光を通すと、光の性質が変化する現象である。この事を利用すると、磁場を使って光の偏光面を回転させたり、光スイッチを作ることが可能になる。本研究では、物質内を動く電子が特異な螺旋運動をおこなう螺旋型共役系分子を合成する。ついで、これを固体表面上に単分子配向させ、この表面層に新しい磁気光学機能を発現させることを試みる。具体的には、磁場の印加により色が変わる鏡や、光で励起した電子の運動を磁場で制御し分子レベルの高速スイッチを作る。さらに極微な探針で螺旋分子に電流を流し分子サイズの電磁石を作る可能性についても研究する。

電気化学過程では、反応の非線形性が高い双安定な電極過程に注目する。非線形電極反応が進むと、金属や半導体電極の表面に規則的な周期構造が自然にできあがる。この反応を利用すると、ピーカーと電源という極めて簡単な道具だけを用いて、例えば、金属と金属酸化物の薄い膜を交互に何層も積み上げた積層構造を作り出せる可能性がある。本研究では、電極界面の物質輸送や表面に生成した2次元結晶核への強磁場効果を上手に利用して、特異な電子機能や光機能を持った自己組織化構造を固体表面上に作り上げることを目指す。

(2) 強磁場を利用した新規制御原理の開発

磁気浮上型リニアモーターカーや磁気共鳴映像装置など、高磁場を利用した制御装置は毎日の生活に身近なものになりつつある。本領域では、物質や反応系に関わる新規な強磁場効果を研究する。磁気力が、流体やイオンの運動、液体の形状変化などに作用し、磁場が直接量子系に作用するのではない「間接的なループ」を介して物質/反応系を制御する新規な原理の開発を目指す。

コロイド結晶や、プラズマ中の単分散微粒子の3次元格子におよぼす磁場の効果を検討する。勾配磁場中の疑似無重力環境下で、光の波長程度に格子間隔を保った周期構造を屈折率の大きな微粒子で作上げることができれば、その周期構造内で、ある特定の波長の電磁波の存在を抑制することが可能になる。この事を、化学反応とくに光化学反応の特異な反応場として利用することを試みる。また、液体界面の形状や液体中への酸素の溶解速度が勾配強磁場中で変化することを利用して、それぞれ、表面力場を利用した2次元微粒子膜作成におよぼす強磁場効果、金属の磁場中腐食の特異性を明らかにする。その他、研究の初期では、化学合成、超音波化学、神経モデル系での信号伝播などへの新規な磁場効果の可能性を探索し、中期以降は社会貢献性が高くかつ学問的にも興味ある主題に集中して研究を展開することを目標としている。

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 中林 誠一郎（埼玉大学・理学部・助教授）コアメンバー：1人、研究協力者：4人、討論参加者：7人

実施場所：埼玉大学理学部 浦和市下大久保225

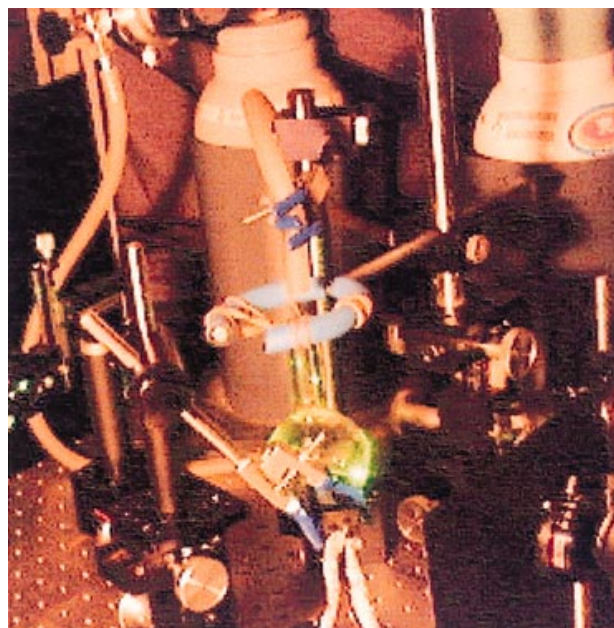


図3 超音波化学への強磁場効果：単泡性超音波発光（SBSL）高速・高温（3万度）で変形する気液界面に磁場をかけるとどんな界面化学反応が起こるだろう？

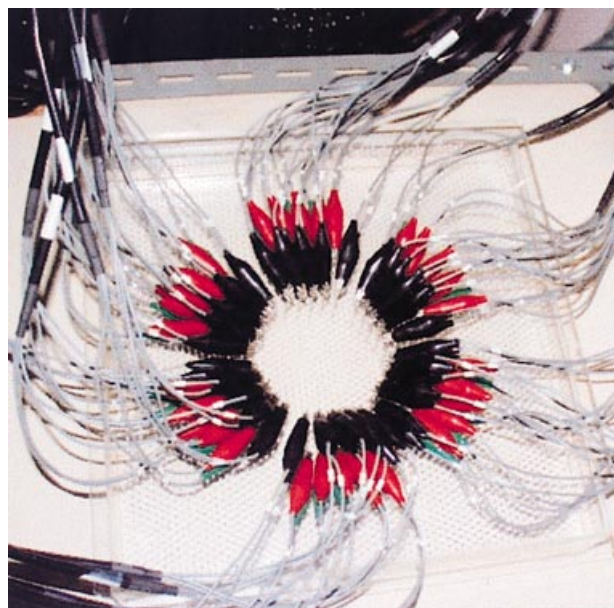


図4 非線形化学振動波と磁場の相互作用：「生き物の話し」と物理化学との接点が見えるだろうか。

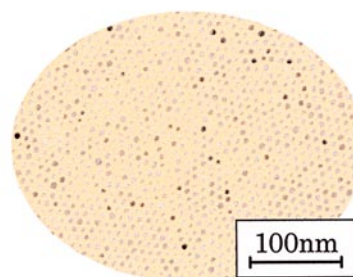


図5 銀ナノ粒子2次元膜：単電子で動く素子をピーカーで作る。