

分子クラスター研究部門（流動研究部門）

谷 本 能 文（教授）*）

A-1) 専門領域：磁気科学

A-2) 研究課題：

- a) 3次元形態的キラリティーの磁気誘導
- b) 強磁場による重力対流の制御
- c) 固液界面反応の強磁場効果
- d) 分子集合体の磁気配向
- e) 光化学反応の強磁場効果
- f) 磁場による擬似微小重力場による結晶の高品位化

A-3) 研究活動の概略と主な成果

- a) ケイ酸ナトリウム水溶液と硫酸亜鉛結晶の反応により生成するケイ酸亜鉛半透膜チューブは、磁場により右巻きまたは左巻き螺旋の半透膜チューブを選択的につくることをすでに示した。そこで、この新規現象が一般性があるかどうか、またそのメカニズムの詳細について検討した。反磁性のケイ酸マグネシウム膜や常磁性のケイ酸銅膜チューブの場合もケイ酸亜鉛の場合と同様に容器内壁に沿って右巻きのチューブを磁場で誘導することができた。磁場の向きを逆転させることにより、左巻き螺旋チューブができた。容器の中に立てたガラス棒の外壁に沿って左巻きの螺旋チューブができた。また、容器壁から離れて成長したチューブは、磁場により左巻きに捻れて成長した。これらのことから、3次元形態的キラリティーの磁気誘導は一般的な現象であることがわかった。磁場中の溶液の運動の様子を磁場中でその場観察したところ、磁場中・金属塩を加えたときにのみ顕著な溶液の対流が起こることが分かった。検討の結果、磁場による形状キラリティー誘導は、半透膜チューブから噴出する金属塩水溶液に対するローレンツ力が原因であり、その方向は磁場の方向と壁とチューブの相対位置により決まることが解明された。
- b) 強磁場を用いることにより種々の磁場効果が期待される。その中のひとつに垂直磁場による対流の制御の可能性が上げられるが、具体的な実験例は非常に少ない。そこで、フォトクロミック化合物を用いて磁場中の熱対流の可視化を試みた。ジアリルエテン誘導体（CTME）のベンゼン溶液を10 mm × 10 mm × 40 mmの石英セルに入れ、底からXeClエキシマーレーザーで照射、生成した光異性体の溶液の対流の様子をCCDカメラで観察した。試料溶液の光照射により光エネルギーの一部は光異性化に使われ、溶液の色は赤紫に変色、残りは溶媒の並進運動のエネルギーに使われる。このため光異性体（PI）溶液の温度は上昇し、熱対流が起きる。ゼロ磁場では溶液は励起後5秒でセルの底を離れるが、 $-1300 \text{ T}^2/\text{m}$ と $1000 \text{ T}^2/\text{m}$ の磁場中ではそれぞれ9秒後と3秒後に底を離れた。また、後者の場合は20秒後には溶液は、再度セル下部に移動を始めた（U-ターン現象）。セル底からの離れやすさは、CTME溶液とPI溶液の液中の圧力差 ΔP により説明される。 $-1300 \text{ T}^2/\text{m}$ では、上向きの磁気力のため、液圧差が小さくなりPI溶液は底から離れにくい。一方 $1000 \text{ T}^2/\text{m}$ では下向きの磁気力のため液圧差が大きくPI溶液はすみやかに底から離れたものである。U-ターン現象はPIの磁化率がCTMEの磁化率より小さいためと説明された。詳細については更に検討中である。

- c) 硝酸銀水溶液と金属亜鉛の反応により銀樹が生成する。この銀樹に対する磁場効果を検討した。その結果、磁氣的に等方的な銀結晶の集合体が磁場により配向することが分かった。種々検討の結果、配向は形状磁気異方性により起こるものと推論された。このことは磁気異方性のない物体でも形状が異方的であれば配向が起こるということを意味し、汎用性のある新しい磁気応用の可能性が示された。
- d) 光機能性材料の一つであるテトラフェニルポルフィン(TPP)の磁気配向について検討した。磁場中(8 T)でクロロフォルム溶液からTPPの微結晶(数100 μm)を作成し、その配向を光学顕微鏡で観察したところ、微結晶の長軸は磁場と約40°の角度に配向した。配向は結晶の磁化率の異方性によるものと説明された。現在、さらに磁場中でTPP薄膜を作成し磁気配向するかどうか検討中である。
- e) 光化学反応より生成する三重項ピラジカルやラジカル対の寿命は、磁場の印加とともに1 T程度までは伸びそれ以上の強磁場では逆に寿命が短くなるという、いわゆる磁場効果の逆転現象を起こすことがこれまでの研究で明らかである。その機構として異方的ゼーマン相互作用による緩和機構を提唱しているが、実験データの定量的解析には多数のパラメーターが必要であるがその大部分の値は不明のため、信頼できる解析はこれまで困難であった。そこで、量子化学計算によりパラメーターを求め信頼性の高い解析を試みた。まず量子化学計算により約60種類の有機ラジカルの異方的 g 値、異方的hfc値を計算し、実測値と比較、計算値の信頼性を確認した。次に量子化学計算により求めたパラメーターを使って寿命の磁場依存性のシミュレーションを行なった。解析の結果、強磁場効果を説明するには、0.5 ピコ秒程度の非常に短い相関時間が不可欠であることが明白となった。
- f) 磁気力による擬似微小重力場によりリゾチーム蛋白の結晶を作成し、結晶の高品位化が可能かどうか検討した。斜方晶系のリゾチーム結晶を擬似微小重力($\mu\text{G}/11\text{ T}$)、1.8 Gの過重力(1.8 G/ 11 T)、磁場中で通常の重力の作用するところ(1 G/15 T)、通常の重力中(1 G/0 T)で作成し、それらの結晶の品質をX線構造解析により調べた。ここでは、結晶の品質を評価する指標として結晶のサイズに依存しない値であるB因子(通常温度因子と呼ばれているが、結晶に対するもろもろの影響を総合的に反映し、結晶の品質評価に最適なパラメーター)を選び、解析を行なった。3回の実験で得られたB因子の平均値は、擬似微小重力中で14.95、過重力中で15.72、磁場の中の通常の重力中で15.17、通常の重力中で16.01となり、擬似微小重力場がもっともB因子が小さい、すなわち擬似微小重力により重力や過重力中と比べ、最も品質のよい結晶が得られたことが実験的に示された。この研究は、強磁場を利用した擬似微小重力場により地上でも品質のよいタンパク質結晶が得られること世界ではじめて実証したものである。

B-1) 学術論文

K. CHIE, M. FUJIWARA, Y. FUJIWARA and Y. TANIMOTO, "Magnetic Separation of Metal Ions," *J. Phys. Chem. B* **107**, 14374–14377 (2003).

YU. A. OSSIPYAN, R. B. MORGUNOV, A. A. BASKAKOV, S. Z. SHMURAK and Y. TANIMOTO, "New Luminescent Bands Induced by Plastic Deformation of NaCl:Eu Phosphors," *Phys. Status Solidi A* **201**, 148–156 (2004).

I. UECI, A. KATSUKI, L. DUNIN-BARKOVSKY and Y. TANIMOTO, "3D-Morphological Chirality Induction in Zinc Silicate Membrane Tube Using a High Magnetic Field," *J. Phys. Chem. B* **108**, 2527–2530 (2004).

A. KATSUKI, I. UECI and Y. TANIMOTO, "Effects of a High Magnetic Field on the Growth of 3-Dimensional Silver Dendrites," *Bull. Chem. Soc. Jpn.* **77**, 275–279 (2004).

M. FUJIWARA, K. CHIE, J. SAWAI, D. SHIMIZU and Y. TANIMOTO, "On the Movement of Paramagnetic Ions in an Inhomogeneous Magnetic Field," *J. Phys. Chem. B* **108**, 3531–3534 (2004).

R. B. MORGUNOV, A. A. BASKAKOV, L. R. DUNIN-BARKOVSKIY, S. S. KHASANOV, R. P. SHIBAEVA, T. G. PROKHOROVA, E. B. YAGUBSKIY, T. KATO and Y. TANIMOTO, “Localization of Conduction-Band Electrons in β'' -(BEDT-TTF)₄NH₄[Cr(C₂O₄)₃]·DMF Single Crystals,” *J. Phys. IV France* **114**, 335–337 (2004).

H. YONEMURA, H. NOBUKUNI, S. MORIBE, S. YAMADA, Y. FUJIWARA and Y. TANIMOTO, “Magnetic Field Effects on the Decay Rates of Triplet Biradical Photogenerated from Intramolecular Electron-Transfer in a Zinc-Tetraphenylporphyrin-Fullerene Linked Compound,” *Chem. Phys. Lett.* **385**, 417–422 (2004).

D. C. YIN, N. I. WAKAYAMA, K. HARATA, M. FUJIWARA, T. KIYOSHI, H. WADA, N. NIIMURA, S. ARAI, W. D. HUANG and Y. TANIMOTO, “Formation of Protein Crystals (Orthorhombic Lysozyme) in Quasi-Microgravity Environment Obtained by Superconducting Magnet,” *J. Cryst. Growth* **279**, 184–191 (2004).

W. DUAN, M. FUJIWARA and Y. TANIMOTO, “*In situ* Observation of Laser-Induced Convection of Benzene Solution of Photochromic Compound in High Magnetic Fields,” *Jpn. J. Appl. Phys.* **43**, 8213–8216 (2004).

B-3) 総説、著書

Y. TANIMOTO, “Studies of Magnetic Field Effects on Chemical and Physical Processes Using Vertical High Magnetic Field,” *Technical Report of IEICE* (in Japanese) **EMJC-2003-138**, 73–76 (2004).

M. WAKASA and Y. TANIMOTO, “Control of Catalytic Reaction Using a Magnetic Field,” *Catalysis* (in Japanese) **46**, 224–229 (2004).

B-4) 招待講演

Y. TANIMOTO, “Application of High Magnetic Field to Chemical and Physical Processes, International Workshop on Materials Analysis and Processing in Magnetic Fields,” Tallahassee (U. S. A.), March 2004.

谷本能文, 「高磁気力用超伝導磁石による磁場効果の研究」, 電磁環境・マグネティックス合同研究会, 八王子, 2004年1月.

Y. TANIMOTO, “Magneto-Science: Application of High Magnetic field to Chemical and Physical Processes,” II All-Russian Conference on High-Spin Molecules and Molecular Magnets, Novosibirsk (Russia), May 2004.

谷本能文, 「強磁場による化学反応と物理変化の制御」, 岩手県地域結集型共同研究事業第3回有機素材活用研究会, 盛岡, 2004年7月.

谷本能文, 「強磁場によりキラリティーを誘導する」, 2004分子構造総合討論会, 広島, 2004年9月.

B-6) 受賞、表彰

谷本能文, 平成元年度日本薬学会奨励賞 (1989).

谷本能文, 平成9年度日本化学会学術賞 (1998).

B-7) 学会および社会活動

学協会役員、委員

新磁気科学研究会委員 (2002-).

学会の組織委員

International Symposium on Magnetic Field and Spin Effects in Chemistry and Related Phenomena国際組織委員 (2001-).

分子構造総合討論会実行委員 (2004).

科学研究費の研究代表者、班長等

特定領域研究「強磁場新機能の開発」班長 (2003-).

B-10)外部獲得資金

特定領域研究(2),「高磁気力による微小重力の生成と高機能性材料の創製」, 谷本能文 (2003年-2005年).

基盤研究(B)(2),「強磁場によるキラリティー誘導の研究」, 谷本能文 (2003年-2004年).

磁気健康科学研究振興財団,「微生物の行動に対する強磁場の影響」, 谷本能文 (2003年).

特定領域研究,「液体 - 固体界面における光反応の磁場効果」, 谷本能文 (2002年).

特別研究員奨励費,「鎖連結化合物の分子内エキサイプレックス光の強磁場効果」, 谷本能文 (1998-1999年).

重点領域研究,「分子内エキサイプレックス蛍光の強磁場効果」, 谷本能文 (1995年-1996年).

C) 研究活動の課題と展望

3次元形態的キラリティーの磁気誘導のマイクロサイズ・ナノサイズへのスケールダウンを行い、磁場によるキラルな形態を有するナノロッドなどの創製にチャレンジしたい。また、磁気配向により、高機能物質材料の創製を図りたい。磁場による対流制御の研究を完成させ、制御に必要な諸条件を解明する。擬似微小重力場の特性を詳細に検討しこの新規物理環境場の化学反応・物理変化への影響を解明したい。これらの研究を通して、「磁気科学」なる新研究領域を確立したい。

* 2004年4月1日広島大学大学院理学研究科教授