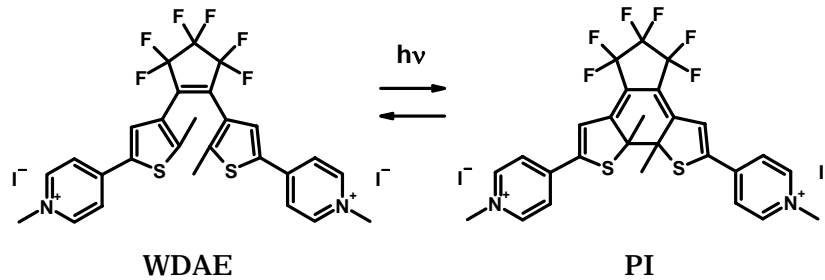


2E19

水のレーザー誘起熱対流の強磁場制御

(広大院理*・九大院工**) 末田和孝*、小山ふみ*、谷本能文*、入江正浩**

【序】先に我々は典型的な有機溶媒のひとつであるベンゼン溶液の光誘起熱対流の強磁場制御について報告した。¹⁾ 水は生命現象に関わるもっとも重要な溶媒であり、水の熱対流を磁場により制御可能かどうかは大変興味深い。水溶性ジアリールエテン (WDAE) は光励起により異性化反応を引き起こし青色の光異性体 (PI) となり、その結果無色の溶液はブルーに着色する。同時に光エネルギーの一部は熱に変わり、PI 溶液の温度上昇をもたらす。そこで、我々は WDAE の光反応を用いて水のレーザー誘起熱対流に対する磁場効果を検討した。



【実験】水溶性ジアリールエテンを水に溶かし、1cm x 1cm x 4cm の透明石英セルに入れ、縦型超伝導磁石中に置いた (図 1)。Nd:YAG レーザーの 3 倍波 (355nm) をセル底の穴 (6mm) から 1 パルス (ca. 10 mJ) を照射し、レーザー照射後の PI 水溶液の対流の様子を側方から、CCD カメラ ビデオにより観測した。

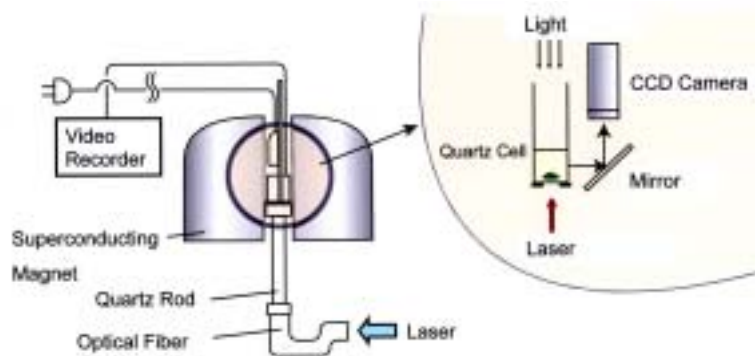


図 1 実験装置略図

【結果と考察】図 2 に対流の様子を示す。磁場の外 (Outside; 0 T, 0 T²/m) のとき、PI 水溶液はわずかに上昇後やがて下降した。磁場中では、磁石の上部 (Upper; 11 T, -1500 T²/m) 中心 (Middle; 15 T, -100 T²/m) 下部 (Lower; 11 T, +1200 T²/m) においた場合でその挙動が異なることが分かる。図 2 から PI 溶液先端の移動位

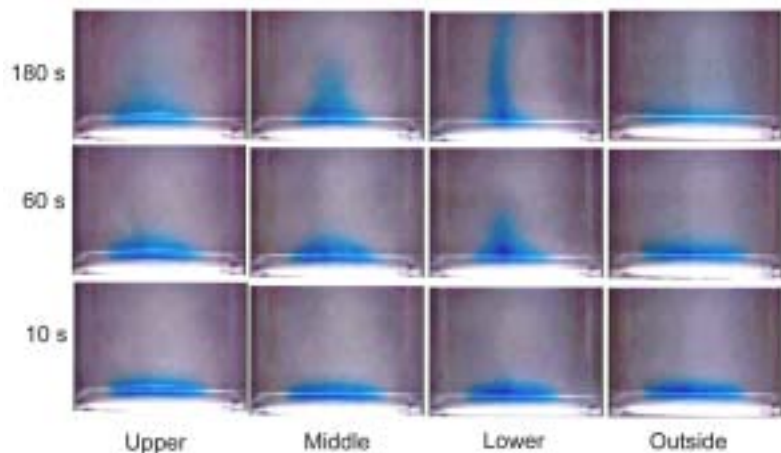


図 2 PI 溶液対流のその場観察 (側視)
時間はレーザー励起後の時間

置の時間変化を求めた(図3)。図の直線の傾きよりPI溶液の上昇速度を求めたところ、磁場の外で1.0 mm/min、磁石の上部1.2 mm/min、中心1.6 mm/min、下部2.5 mm/minとなった。勾配磁場の向きと大きさにより熱対流の方向・大きさが異なることが分かった。これらの磁場効果は、PI溶液に掛かる重力と磁気力に説明される。すなわち、溶液中を上昇する速さは、WDAE溶液とPI溶液にかかる力の差 ΔF に比例すると考えられる。

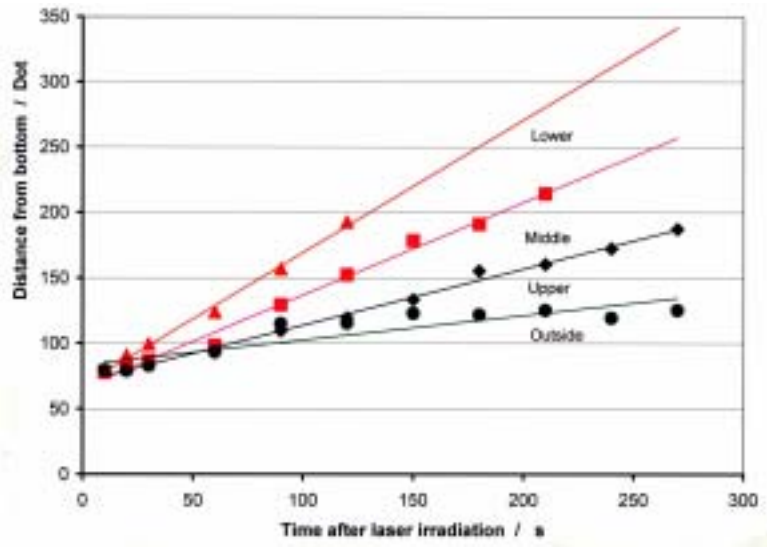


図3 PI溶液先端の移動位置の時間変化と磁場依存性

$$\Delta F = (\Delta\rho_{\text{solution}})gV + (\Delta\chi_{\text{water}})(1/\mu_0)VB\partial B/\partial z + (\chi_{\text{PI}} - \chi_{\text{WDAE}})c(1/\mu_0)VB\partial B/\partial z \quad (1)$$

ここで、 $\Delta\rho_{\text{solution}}$ は熱膨張による溶液の密度変化、 g は重力加速度、 V はPI溶液の体積、 $\Delta\chi_{\text{water}}$ は熱膨張による水の磁化率の変化、 μ_0 は真空の透磁率、 B は磁束密度、 $\partial B/\partial z$ は垂直方向の磁束密度勾配、 χ_{PI} はPIの磁化率、 χ_{WDAE} はWDAEの磁化率、 c は溶液の濃度である。

レーザー照射によりPI溶液の温度がわずかに上昇する。ゼロ磁場では密度差による浮力((1)式右辺第1項)によりPI溶液は上昇する。一方磁場中では(1)式右辺第2項・第3項の磁気力が加わる。磁石下部(+1200 T²/m)では、磁気力は重力と同方向に同程度の力が作用しPI溶液にかかる力 ΔF が大きくなるため、ゼロ磁場と比べてPI溶液は速く上昇したものと説明された。(1)式によると、磁石上部(-1500 T²/m)では磁気力が上向きに働き ΔF が小さくなり、PI溶液はゼロ磁場と比べて上昇しにくいはずである。また、勾配磁場の小さい磁石の中心では、ゼロ磁場のときとほぼ同じはずである。しかし図3の実験結果はこれらの予想に沿わない。なぜ図3の実験結果が(1)式で説明できないのかについては現在更に検討中である。

いずれにせよ本研究により、ベンゼンのみならず水の熱対流も磁気力を使うことにより制御可能であることが示された。

参考文献

- 1) W. Duan, M. Fujiwara, and Y. Tanimoto, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **43**, 8213 (2004).