環境温度制御下における光誘起集合の解析

Analysis of Light-Induced Assembly under Controlled Environmental Temperature

阪府大生命環境¹,阪府大院理²,阪府大院工³,阪府大LAC-SYS研究所⁴

^O(B)奥井 悠河^{1,2,3,4}, (D)山本 靖之^{2,3,4}, 田村 守^{2,4}, 床波 志保^{3,4}, 飯田 琢也^{1,2,4}

Clg. Life. Env. Adv. Sci.¹, Grad. Sch. Sci.², Grad. Sch. Eng.³ & RILACS⁴ in Osaka Pref. Univ.

°Yuga Okui^{1,2,3,4}, Yasuyuki Yamamoto^{2,3,4}, Mamoru Tamura^{2,4}, Shiho Tokonami^{3,4}, Takuya Iida^{1,2,4}

Email: t-iida@p.s.osakafu-u.ac.jp

「光誘起集合」は液中に分散したナノ・マイクロ物質を電磁気学的・熱流体力学的な駆動力を 利用して迅速・高効率な局所集積を実現する手段として注目されている[1,2]。この光誘起集合の 一種である光発熱集合の応用として、過去に我々は細菌等の分散質の迅速・高精度な濃度測定法 を提案したが[3]、分散質の集合効率の向上が本技術の重要課題である。これまでの研究で、分散 質の集合数が光が与える熱量や気泡サイズに依存することを知見として得ていたが、周囲環境と しての分散媒の温度が与える影響の報告例はこれまでに無く、今後の課題として残されていた。 もし、環境温度を変化させて気泡サイズや対流速度を制御できれば、光発熱集合の高効率化の指 導原理が得られる可能性がある。そこで本研究では、実験系にペルチェ素子を組み込み、環境温 度が光誘起集合に与える影響を探索した。

Fig. 1(a)の実験概略図のように、ペルチェ素子の高温側に設置した金薄膜をコートした基板上に 形成した空間にポリスチレン(PS)粒子(直径 $D=1\mu$ m)の分散液を導入し、金薄膜に上部から 赤外レーザー(波長 $\lambda=1064$ nm、出力P=100 mW)を対物レンズで集光照射した。また光誘起集 合の効率を示す指標として、液滴内に存在する分散質の総数 N_t と、気泡周囲に集合した分散質の 個数 N_a から、集合率 $R_a = N_a / N_t$ を定義できる[4]。Fig. 1(b)では、分散媒の初期温度を 27℃, 34℃, 42℃, 50℃と変化させて、レーザー照射から 300 秒後の気泡サイズ・集合率を評価した。結果とし て、初期温度が高いほど得られた気泡サイズが大きくなる一方で、集合率が最大となる温度領域

が存在ことを明らかにした。高温環境での気泡 (a) サイズの拡大は、初期温度がバイアスとなる形 で、レーザー照射後の焦点付近の温度が高い状 態からスタートしたことに由来する可能性があ る。また、気泡の拡大は、表面張力の勾配の増 大を誘発し、気液界面で生じるマランゴニ対流 をより強く駆動し、集合率の上昇に寄与したと 考えられる。一方、ある初期温度以上において、 マランゴニ対流は気液界面の温度の不均一性に よって駆動されるため、不均一性が打ち消され、 集合率が低下した可能性がある。なお、環境の 初期温度に依存した対流速度も評価しており、 当日の講演にて報告する。得られた結果は、光 誘起集合の高効率化に繋がり、ナノ・マイクロ 加工や生体サンプル分析などへの応用における 重要な知見を与えるものである。

- Y. Nishimura, S. Tokonami, T. Iida, et al., J. Phys. Chem.C, 118, 18799 (2014).
- [2] Y. Xie, C. Zhao, Nanoscale 9, 6622(2017).
- [3] Y. Yamamoto, E. Shimizu, Y. Nishimura, T. Iida, S. Tokonami, *Opt. Mater. Exp.* 6, 1280(2016).
- [4] Y. Yamamoto, T. Iida, S. Tokonami, submitted.



Fig. 1. (a) Schematic image of light-induced assembly. (b) Assembly rate: R_a (green) and bubble diameter (magenta) after the 300 second laser irradiation.