

光熱変換によって局所加熱された気液界面の力学

Gas-Liquid Interfacial Mechanics Studied by Localized Photothermal Heating

京大院・工¹ °名村 今日子¹, 鈴木 基史¹

Kyoto Univ.¹, °Kyoko Namura¹, Motofumi Suzuki¹

E-mail: namura@me.kyoto-u.ac.jp

近年、一細胞分析や DNA の塩基配列決定や合成など、マイクロ・ナノメートルスケールの物質を液体中で操作する技術が必要とする研究が注目を集めている。しかし高さや幅が数十 nm～数百 μm 程度の狭い流路（ナノ・マイクロ流路）の中では粘性が支配的となるため、流体やその中に分散している物質を操作するのは容易ではない。そこで注目しているのが気液界面と表面張力である。例えば、気液界面に温度勾配があると、表面張力に不釣り合いが生じてマランゴニカと呼ばれる力が発生する。体積に対して表面積の比率が大きくなる μm スケール以下の世界では、体積力である重力などの働きに比べて表面力であるマランゴニカの働きが顕著になる。そのためこの力はマイクロ流路内での駆動力として期待できる。しかし、マランゴニカや気液界面自身の挙動は周辺温度分布に非常に敏感であり、その制御には空間的自由度の高い熱源が必要であった。

最近我々は金ナノ粒子の光熱変換特性を用いて、水中でのバブル生成及びその周辺に発生する対流の制御や増強に成功した[1—5]。金ナノ粒子はプラズモン共鳴を起こして可視—近赤外の光をよく吸収する。吸収された光のほとんどは数 ps オーダーで熱に変換される。そのため、金ナノ粒子薄膜に光を集光すると、その光のスポットは非常に薄い (~10 nm) 熱源として利用できる。また、光のスポットサイズや形、強度を変化させることで、局所的でかつ空間的・時間的にフレキシブルな加熱が可能になる。この熱源を用いて脱気水を加熱すると、1 m/s オーダーの速さの流れを伴う水蒸気バブル（直径 10 μm 程度）を生成することができる[4]。流れの発生はバブル表面に働くマランゴニカ及びバブルの振動によって説明される。バブルが周囲流体に与える力の大きさは 20 mW のレーザー照射下で 400 nN にもなり、同じエネルギーの光が物質に与える光圧によって得られる力（最大 120 pN 程度）と比較すると桁違いに強い。さらに、光熱変換の空間的自由度の高さを利用してバブル周辺の温度勾配を制御すると、力が働く向きを制御することも可能である。本技術は光熱変換と界面工学を組み合わせ、新しい光マニピュレーションの手法として期待できる。発表では、局所加熱下の水蒸気バブルの自励振動やバブルが強い流れを発生させるメカニズムなどを最新の結果を交えて紹介する。

[1] K. Namura, K. Nakajima, K. Kimura, and M. Suzuki, *Appl. Phys. Lett.* **106**, 043101 (2015).

[2] K. Namura, K. Nakajima, K. Kimura, and M. Suzuki, *J. Nanophoton.* **10**, 033006 (2016).

[3] K. Namura, K. Nakajima, K. Kimura, and M. Suzuki, *Appl. Phys. Lett.* **108**, 071603 (2016).

[4] K. Namura, K. Nakajima, and M. Suzuki, *Sci. Rep.* **7**, 45776 (2017).

[5] K. Namura, K. Nakajima, and M. Suzuki, *Nanotech.* **29**, 065201 (2018).