

金ナノ粒子のレーザー加熱による相分離誘起

(徳島大院理工・群馬高専物質工) ○橋本 修一・加藤 樹・相原 一生

Single Gold Nanoparticle-Heating-Induced Microdroplet Formation via Phase Separation of Binary Mixtures (*University of Tokushima*) ○Shuichi Hashimoto

We applied a microscale temperature gradient using optothermal heating of a gold nanoparticle to observe the phase separation of binary liquids, lutidine/water and *N*-isopropylpropionamide (NiPPA)/water. The local phase separation encapsulating the gold nanoparticle resulted in immediate formation and growth of an organic-rich droplet which was confirmed by Raman spectroscopy. Remarkably, the droplet was stable under a non-equilibrium steady-state heating condition because of strong thermal confinement. Microdroplet growth was ascribed to thermocapillary flow induced by a newly formed liquid-liquid interface around the hot gold nanoparticle.

Keywords : gold nanoparticle; phase separation; binary liquids; laser heating

金薄膜や金ナノアイランド膜をレーザーで加熱することで、これと接する液体に熱対流 (thermal convection)、熱泳動 (thermophoresis)、Marangoni convection (マランゴニ対流) などの microfluidic flow (マイクロ流体工学現象) が起こることが知られる。我々は、二元液体中で単一金ナノ粒子 (Au NP) をレーザー加熱したところ、液液相分離により、Au NP 周囲に lutidine-rich または NiPPA-rich なナノ、マイクロスケールの液滴が生成することを暗視野画像、Au NP の光散乱スペクトルおよび液滴のラマンスペクトルにより観測した。そこで、この形成メカニズムについて実験および熱流体シミュレーションにより考察した。

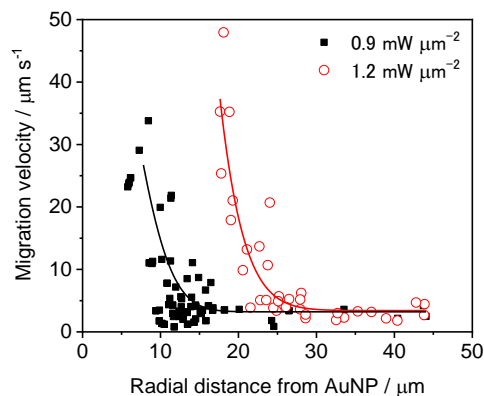


Fig. 1 Migration velocity of PS particles as a function of distance from a heat source.

トレーサー粒子として直径 $0.5 \mu\text{m}$ ポリスチレン (PS) を用いて Au NP を加熱した場合の液体の流れを調べたところ (Fig. 1)、lutidine/water 中では PS が Au NP に近づくと急に加速して Au NP めがけて飛び込む様子が観測された。これに対し、水中で同様の実験を行ったときはほとんどの PS でランダムな熱運動しか見られなかった。このことは lutidine/water 中では加熱された Au NP に向かう流れが生じていることを示唆する。この流れの生じる原因は Au NP 表面で相分離によって生じた lutidine-rich な層と周りの water-rich な層の界面に熱キャピラリー効果による流れ、すなわち界面張力の温度勾配に基づく液体の流れが生じるためであると考え、COMSOL MultiPhysics を用いたシミュレーションを行ったところ、定性的に一致した。このような液体の流れは液液界面に遠くから lutidine を運ぶ役割があり、これによって液滴の成長が起こるものと思われる。

トレーサー粒子として直径 $0.5 \mu\text{m}$ ポリスチレン (PS) を用いて Au NP を加熱した場合の液体の流れを調べたところ (Fig. 1)、lutidine/water 中では PS が Au NP に近づくと急に加速して Au NP めがけて飛び込む様子が観測された。これに対し、水中で同様の実験を行ったときはほとんどの PS でランダムな熱運動しか見られなかった。このことは lutidine/water 中では加熱された Au NP に向かう流れが生じていることを示唆する。この流れの生じる原因は Au NP 表面で相分離によって生じた lutidine-rich な層と周りの water-rich な層