マイクロ狭小空間における生物学的ナノ粒子の選択的光誘起集積化

Selective Light-induced Assembly of Biological Nanoparticles in a Micro Narrow Space

大阪府大院理 [1], 大阪府大 LAC-SYS 研(RILACS) [2], 大阪府大院工 [3], 阪大院基礎工 [4]

○藤原 佳奈 [1,2,3], 高木 裕美子 [1,2], 田村 守 [2,4], 中瀬 生彦 [1,2], 床波 志保 [2,3], 飯田 琢也 [1,2*]

Grad. Sch. Sci.[1], RILACS [2], Grad. Sch. Eng.[3] in Osaka Pref. Univ., Grad. Sch. Sci. Eng. in Osaka Univ.[4]

°Kana Fujiwara[1,2,3], Yumiko Takagi[1,2], Mamoru Tamura[2,4], Ikuhiko Nakase[1,2], Shiho Tokonami[2,3], Takuya Iida[1,2*]

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

熱揺らぎの下で光誘起力による金属ナノ粒子の選択的集積化が可能であることが理論的、実験的に示されてきた[1]。一方、金属ナノ粒子表面に修飾された一本鎖 DNA と標的 DNA の二重鎖形成を光誘起力と光誘起対流の相乗効果で加速することでサブｍｍオーダーの集合体形成を通じた微量 DNA 検出も提案された[2]。さらに、金属ナノ粒子の高密度系における劇的な光発熱効果による光誘起対流とバブルによるタンパク質の微量分析も試みられ[3]、マイクロ流路中の狭小空間を利用してレーザーとの相互作用確率を高めて光集積の高効率化を狙った研究も報告された[4]。一方で、同様の狭小空間を使いつつも熱的ダメージを避けるため光吸収がほとんど無いマイクロビーズに生体分子を修飾してタンパク質の選択的検出に成功した例もある[5]。本研究では、この機構に注目し、ある種のタンパク質を表面に有する生物学的ナノ粒子と選択的に結合する生体分子を修飾したマイクロ粒子(プローブ粒子)をマイクロ流路に導入した場合の、光圧による集合現象の機構解明と微量検出の可能性を探った。

Fig. 1(a)に示すように、直径 100 nm 程度の生物学的ナノ粒子をターゲットとし、その表面に発現したタンパク質と選択的に結合する分子を修飾したプローブ粒子を圧力駆動流によってマイクロ流路に一定速度で導入した。流路底面にデフォーカスしたレーザーを照射することで固液界面にレーザースポットを広げ、光圧により分散しているナノ粒子がプローブ粒子表面の分子と選択的に結合して架橋することでターゲット濃度に依存した多層構造を形成する条件があることを見出した(Fig. 1(b)(c))。特に液中イオン濃度により微粒子表面の電位や表面状態を変調することで集合体サイズが制御できることを解明し、光圧の作用範囲と強さを制御することでターゲットの検出範囲制御の可能性も示した。結果として、わずか 5 分間のレーザー照射で実用的なタンパク質検査法として知られる ELISA(測定時間約 5 時間)などの従来法に比べ 1 桁以上の高感度化と 2 桁近い迅速検出ができる可能性を示唆した。本成果は狭小空間における分子認識の光誘導加速の効率制御の機構解明における重要な知見を与え、多様なバイオ分析の新機軸を提供するものである。

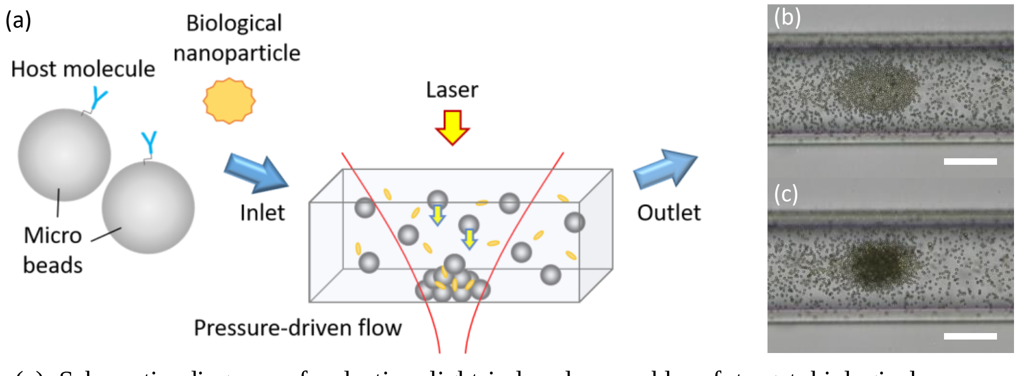

Fig. 1 (a) Schematic diagram of selective light-induced assembly of target biological nanoparticles between microbeads coated by host molecules in a microchannel. Transmission images of light-induced assembly (b) without and (c) with target nanoparticles (each scale bar is 50 μm).

[1] S. Ito, T. Iida, et al., *Sci. Rep.*, **3**, 3047 (2013).
[2] T. Iida, Y. Nishimura, S. Tokonami, et al., *Sci. Rep.*, **6**, 37768 (2016).
[3] Y. Nishimura, S. Tokonami, T. Iida, et al., *J. Phys. Chem. C.*, **118**, 18799 (2014).
[4] M. Ueda, S. Tokonami, T. Iida, et al., *APL Photon.*, **4**, 010802 (2019).
[5] T. Iida, S. Tokonami, I. Nakase, PCT/JP2020/032758 (2020).

© 2021年 応用物理学会