

コレステロールを含有した脂質二分子膜上分子の光圧による動態変化

Molecular Dynamics on Cholesterol-Containing Lipid Bilayers by Optical Forces

阪公大院理 [○]森山 俊哉, 谷本 泰士, 増井 恭子, 細川 千絵

Osaka Metropolitan Univ. [○]Shunya Moriyama, Yasushi Tanimoto, Kyoko Masui, Chie Hosokawa

E-mail: se23278b@st.omu.ac.jp

神経細胞膜には、シナプス伝達に寄与する神経伝達物質受容体などの膜表在分子が局在している。我々は、集光近赤外レーザーの光圧により神経伝達物質受容体の分子動態を操作し、シナプス伝達効率を可逆的に制御する研究を進めている [1]。膜表在分子の光捕捉・集合過程を解明するためには、脂質二分子膜モデルを用いた検証が有用である。これまでに、単一の脂質組成で構成された支持脂質二分子膜 (Supported Lipid Bilayer: SLB) に対し、膜表在分子モデルである量子ドット標識ストレプトアビジン (QD-SA) を結合させ、レーザー集光領域において QD-SA の分子動態が抑制されることを示した [2]。神経細胞膜は膜表在分子の他にも多様な脂質分子で構成されており、特にコレステロール (Chol) は脂質ラフト形成に関与し、細胞膜の流動性を低下させる性質を持つ。今回、生体細胞膜を模倣した細胞膜モデルとして Chol 含有 SLB に QD-SA を結合させ、レーザー集光領域における SLB 上の QD-SA の分子動態について検証した (Fig. 1 (a))。

試料として、1,2-dioleoyl-sn-glycerol-3-phosphocholine (DOPC) にビオチン修飾脂質 (Biotin-PE) と Chol を含有した SLB をガラス基板上に作製した。Biotin-PE 5.0×10⁻¹ mol% に対し、Chol を 0 mol%, 5 mol%, 10 mol% 含有した三種類の SLB を使用した。QD-SA を Biotin-PE に結合させ、LED (波長 530-550 nm) 励起により蛍光観察を行った。波長 1064 nm の cw-Nd:YVO₄ レーザーを倒立型蛍光顕微鏡に導入し、100 倍油浸対物レンズ (N.A. 1.3) を用いて試料に集光した。SLB 上 QD-SA のレーザー集光領域における分子拡散を蛍光像の一粒子追跡法により評価した。SLB 上 QD-SA の自由拡散の拡散係数を算出したところ、Chol の含有量が増加するにつれて拡散係数が減少した。QD-SA に対してレーザーを集光したところ、集光領域における QD-SA の拡散係数はレーザー未照射時と比較して減少した (Fig. 1 (b))。Chol 含有量の増加に伴って未照射時に対する照射時の QD-SA の拡散係数の減少率は大きくなる傾向が得られた。以上の結果は、Chol を含有した SLB 上の膜表在分子に対して光捕捉力がより強く働くことを示唆しており、神経細胞の膜表在分子の光捕捉・集合過程の解明に向けた重要な知見である。

[1] T. Kishimoto *et al.*, *J.Photochem. Photobiol. C*, 53, 100554 (2022).

[2] 森山俊哉他, 第 85 回応用物理学会秋季学術講演会, 21a-D901-10 (2024).

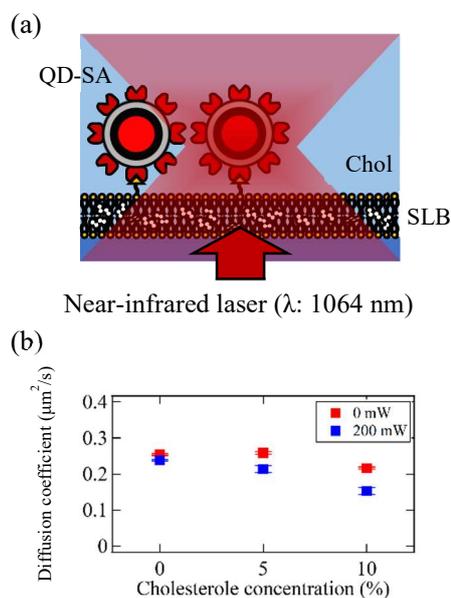


Fig. 1 (a) Schematic image of optical trapping of QD-SAs on SLB. (b) The diffusion coefficient of QD-SAs on the SLB at the laser focus. Each SLB contains 0 mol%, 5 mol% and 10 mol% cholesterol, respectively. The laser power is 0 mW (red) and 200 mW (blue).