

非特異吸着抑制能を有する自己組織化膜の液中分子分解能 AFM 計測

Molecular-Scale Investigation of Protein Resistance Properties of SAMs by AFM in Liquid

京大院¹, 金大院², 金大バイオ AFM セ³, JST ACT-C⁴ ◯稲田 なつみ^{1,2}, 浅川 雅³, 松本 吉泰¹, 福間 剛士^{1,4}

Kyoto Univ. Grad. School¹, Kanazawa Univ. Grad. School², Kanazawa Univ. Bio-AFM FRC³, JST ACT-C⁴

◯Natsumi Inada^{1,2}, Hitoshi Asakawa³, Yoshiyasu Matsumoto¹, Takeshi Fukuma^{1,4}

E-mail: inada.n@stu.kanazawa-u.ac.jp

タンパク質などの非特異吸着を抑制する機能性表面は、医療応用から海洋産業など広範な分野に利用されている。近年、固液界面における表面揺動構造や水和構造が非特異吸着の抑制に深く関わると考えられており、親水性で構造自由度の高いオリゴエチレングリコール(OEG)を表面に導入したアルカンチオール自己組織化膜(SAM)が構造モデルとして広く用いられる(Fig. 1a)。これまで、表面プラズモン共鳴(SPR)・水晶振動子マイクロバランス(QCM)や原子間力顕微鏡(AFM)などの分析手法によって、OEG 鎖の導入密度と非特異吸着抑制能との関係が詳細に解析されてきた。一方、OEG 末端 SAM の表面揺動構造やその水和構造が分子スケールで可視化された例は無く、その実空間での理解は十分に進んでいない。他方、我々は液中で原子分解能を有する周波数変調 AFM (FM-AFM)および固液界面の表面構造・水和構造の 3 次元空間分布を可視化できる 3 次元走査型力顕微鏡(3D-SFM)を開発してきた[1,2]。

そこで本研究では、OEG /水界面空間を FM-AFM および 3D-SFM を用いて計測し、分子スケール構造の可視化と非特異吸着抑制の分子メカニズムの解明を目指した。まずヘキサエチレングリコール(EG₆)末端 SAM を液中 FM-AFM で観察し、0.5 nm 間隔の規則的な周期構造が可視化できた(Fig. 1c)。この周期構造は OH 末端 SAM の分子充填構造(Fig. 1b 及び 1d)とよく似ており、高い構造自由度を有する嵩高い EG₆ 末端であっても最密充填構造を形成することを明らかにした。一方で、3D-SFM 計測によって得られた力-距離曲線には、EG₆ 末端 SAM と OH 末端 SAM で大きな差異が見られた(Fig. 1e)。OH 末端 SAM 上には引力領域が存在するが、EG₆ 末端 SAM 上では単調増加する長距離斥力が明瞭に現れている。この長距離斥力は、EG₆ 鎖の揺動構造や水和構造を反映していると考えており、非特異吸着抑制能を発現する要因であると推測される。

[1] T. Fukuma, et al., Phys. Rev. Lett. 104 (2010) 016101. [2] H. Asakawa, et al., ACS Nano 6 (2012) 9013.

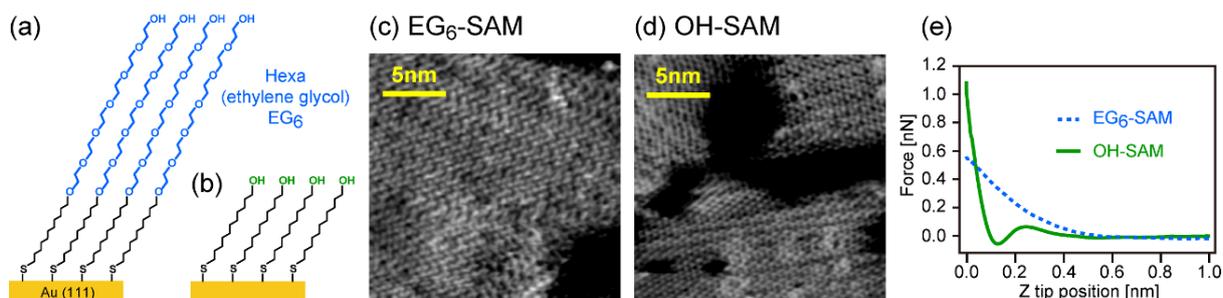


Figure 1. Molecular structures of (a) EG₆- and (b) OH-terminated SAMs. FM-AFM images of (c) EG₆- and (d) OH-SAMs. (e) Force-distance curves measured by 3D-SFM.