

吸着抑制能を有する SAM/水界面の 3 次元相互作用力分布の直接計測

Direct Investigation of 3D Force Distribution at the Anti-fouling SAM/Water Interface

金大院¹, 金大バイオ AFM セ², JST ACT-C³ ○稲田 なつみ¹, 浅川 雅², 宮澤 佳甫¹, 福岡 剛士^{1,3}

Kanazawa Univ. Grad. School¹, Kanazawa Univ. Bio-AFM FRC², JST ACT-C³

○Natsumi Inada¹, Hitoshi Asakawa², Keisuke Miyazawa¹, Takeshi Fukuma¹⁻³

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

生体分子やナノ粒子の吸着を抑制する表面修飾技術は、バイオセンサや水処理フィルターなど広範な分野で必要とされている。これまでヘキサエチレングリコール末端を有するアルカンチオール自己組織化膜(EG₆OH-SAM)は、吸着抑制表面モデルとして多くの研究が行われてきた。しかし、吸着分子が表面に接近する際に生じる相互作用力を分子スケールで直接計測することは難しく、未だ分子論的理解は不十分である。この課題を解決するためには、表面構造や 3 次元空間に広がるエネルギー障壁を実空間計測できるナノ分析手法の確立が望まれる。そこで、本研究では我々の開発してきた 3 次元走査型力顕微鏡(3D-SFM)を用いて、分子吸着抑制に関わる相互作用力分布をサブナノスケール分解能で可視化できるか検討した。

まず①吸着抑制能を持たない OH 末端 SAM (OH-SAM)と②吸着抑制モデルである EG₆OH-SAM を 50 mM NaCl 水溶液中で 3D-SFM 計測した。得られた 3D-SFM 像の Z 断面を解析すると、層状の水の構造が OH-SAM 表面のみで可視化されることが分かった (Fig. 1a)。各 XY 位置における垂直方向の力プロファイルを比較すると、OH-SAM 表面には水の構造に起因する振動的な相互作用力が現れるのに対して (Fig. 1c)、EG₆OH-SAM 表面では全ての力プロファイルが単調な斥力増加を示すことが明らかとなった (Fig. 1d)。ここで Fig. 1c に示すように、力プロファイルに見られる極大・極小値の差を障壁深さと定義して、その 2 次元分布像を計算した。その結果、OH-SAM 表面のみで大きな障壁がサブナノスケールで分布していることが分かった (Fig. 1e)。この局所的な障壁分布の特徴が分子吸着抑制能の発現に重要であると考えられる。以上のように、液中 3D-SFM によって分子吸着抑制に関わる相互作用力分布を 3 次元計測できることを示した。

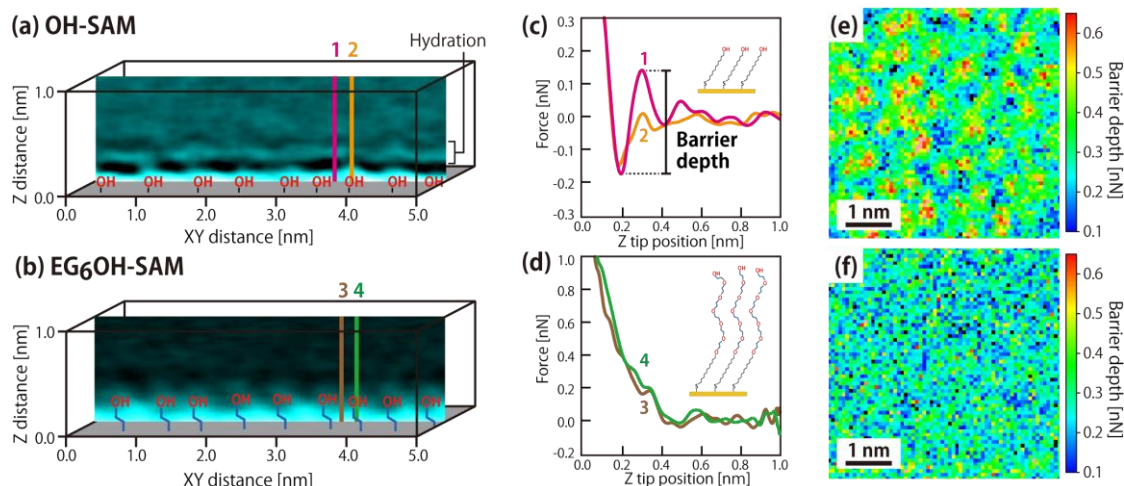


Fig. 1. 3D-SFM measurements of ①OH-SAM (a, c, e) and ②EG₆OH-SAM (b, d, f) in liquid.

(a)(b) Z cross sections of 3D-SFM images. (c)(d) Vertical force profiles. (e)(f) 2D distributions of barrier depth.