16a-C6-4

表面間力測定と動的光散乱法を用いた生体不活性な自己組織化単分子膜近傍の水分子の挙動解析

Behavior of water molecules in the vicinity of the bio-inert self-assembled monolayers investigated by surface force and dynamic light scattering measurements

東工大総理工　°(M2)久保 光亮，小出 裕基，水下 佳紀，関根 泰斗，矢野 隆章，原 正彦，林 智広
Tokyo Tech，°Kosuke Kubo, Yuki Koide, Yoshiki Mizushita, Taito Sekine, Taka-aki Yano, Masahiko Hara, and Tomohiro Hayashi
E-mail: kosuke.kubo@echem.titech.ac.jp

1. 緒言

バイオセンシングにおける非特異的な分子の吸着の抑制やタンパク質や細胞の高コントラストなパターニングには、生体不活性特性(ここでは抗タンパク質吸着特性および抗細胞接着特性を指す)を有する表面の構築が不可欠である。簡便に生体不活性特性を有する表面を構築する手段として、分子内に電荷を持たないオリゴエチレングリコールを末端基に持つ自己組織化単分子膜(OEG-SAM)、一分子内に正負両方の電荷を有する双性イオン型 SAM、正電荷・負電荷を持つ分子がそれぞれ交互に配列する混成イオン型 SAM による表面のコーティングがある。しかし、これらの SAM の生体不活性特性のメカニズムについては未だ不明な点が多い [1)]。我々は原子間力顕微鏡(AFM)を用いた表面間力測定の結果から、OEG-SAM の表面近傍には構造化した水分子の層が存在し、タンパク質の吸着や細胞の接着を抑制していると報告した [2)]。本研究では、双性・混成イオン型 SAM に関しても同様の表面間力測定を行った。さらに、動的光散乱法(DLS)を用いて SAM に覆われた金ナノ粒子の流体力学的半径を測定し、SAM 表面近傍に形成された水分子の層の厚さを解析した。これらの結果から、SAM の生体不活性特性と SAM 表面近傍の水分子の挙動との関連性を評価した。

2. 実験方法

SAM 作製のために Fig. 1 に示したチオール分子の溶液を用意した。表面間力測定では、Au(111)基板と金蒸着 AFM コロイドプローブをチオール溶液に浸漬させることで表面に SAM を形成し、PBS 及び PBS とエタノールの混合液中で測定を行った。DLS による粒子の流体力学的半径の測定では、クエン酸キャッピングの金ナノ粒子(粒径:40 nm)にチオール溶液を浸漬させることで表面に SAM を形成し、水および水とエタノールの混合液中で測定を行った。

3. 実験結果・考察

PBS 中での表面間力測定において同じ SAM 同士を接近させた際、生体不活性特性を有する EG3-OH, SB, MC-SAM では約 6 nm の表面間距離から斥力が観測されたが、それ以外のタンパク質吸着・細胞接着が確認された SAM ではそのような斥力は観測されなかった。続いて、水分子同士が水素結合ネットワークを形成できない PBS とエタノールの混合液中での表面間力測定においては、PBS 中で観測された斥力は消失した。以上から、PBS 中で観測された斥力は SAM 表面近傍に形成された厚さ約 3 nm(斥力が作用する表面間距離の半分)の水分子の層に起因することが判明した。また、DLS から求められた EG3-OH, SB-SAM に覆われた金ナノ粒子の流体力学的半径は、キャッピング分子を考慮した粒子の半径よりも約 3 nm 大きい値となった。上記の 2 つの知見は物体の接近を防ぐ水分子の層(厚さ約 3 nm)が EG3-OH, SB, MC-SAM 近傍に存在し、生体不活性特性に深く関わっている事を示している。

EG3-OH: HS-$(CH_2)_{11}$-$(O-CH_2-CH_2)_3$-OH
SB: HS-$(CH_2)_{11}$-$N^+(CH_3)_2$-$(CH_2)_3$-SO_3^-
MC: SA + TMA
SA: HS-$(CH_2)_{11}$-SO_3^-
TMA: HS-$(CH_2)_{11}$-$N^+(CH_3)_3$
Me: HS-$(CH_2)_7$-CH_3

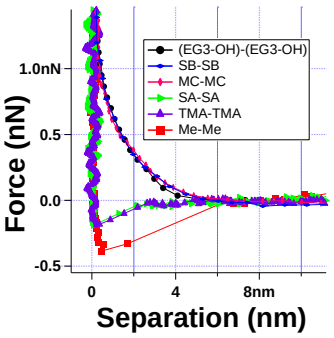

Fig. 1 Force-separation curves recorded on an approach for symmetric systems of the SAMs (the same SAMs prepared for both the probe and substrate) in PBS solution.

1) T. Hayashi and M. Hara, *Curr. Phys. Chem.* **1**, 90-98 (2011).
2) T. Hayashi *et al.*, *Phys. Chem. Chem. Phys.* **14**, 10196-10206 (2012).

© 2013 年　応用物理学会