

生体不活性特性と界面水分子

Roles of interfacial water in nonfouling properties of bioinert self-assembled monolayers

○林 智広 (東工大 総理工)

°Tomohiro Hayashi (Tokyo TECH)

E-mail: hayashi@echem.titech.ac.jp

人工心肺、ステントなど最新の外科医療機器から、コンタクトレンズなどの身近な装着器具に至る様々な医用デバイスにおいて、体液中の生体分子の吸着、細胞・生体組織との接着などによるデバイス表面の汚染を防ぐ表面設計の重要性が高まっている。特にオリゴエチレングリコール末端、スルホベタイン末端を持つ自己組織化単分子膜(Self-assembled monolayer: SAM)は生体不活性特性(抗タンパク吸着・抗細胞接着特性)を有する SAM の代表例であり、作製が簡便であることから、バイオセンサーの選択性向上、タンパク質・細胞のパターニングの際のコントラスト向上のための常套手段として広く用いられている。

従来、生体不活性特性は巨視的な親水性(水の接触角)との相関で議論されることが多かった。つまり、表面に強固に固定された水分子が生体分子・細胞の吸着接着を防いでいるというモデルである。しかしながら、比較的疎水性が高い(水の接触角が 65° 程度)にもかかわらず、高い生体不活性特性を示す SAM も少なくない。また、SAM 内では、分子は高密度で集積し、分子運動の空間的自由度が極端に低く、高分子材料とは異なり、空間的自由度の高い分子鎖による立体排除効果の生体不活性特性への寄与が期待できない。上記の SAM が高い生体不活性特性を示すメカニズムに関しては、1990年代から多くの議論が交わされてきた。しかし、界面領域における分子の振る舞いを解析する手法は限られており、包括的なメカニズムの解明には至っていない。¹

本研究では様々な末端基を有する SAM に対するタンパク質吸着・細胞接着実験を行い、SAM の生体分子・細胞に対する接着性の定量化を行った。さらに原子間力顕微鏡を用いた表面間力測定、全反射型赤外分光法によって、SAM 近傍の水分子・イオンの振る舞いを詳細に解析し、接着性との相関を解析した。^{2,3}

表面間力測定の結果から生体不活性特性を有する SAM を接近させると、5~10 nm の表面間距離から SAM 近傍に安定して存在する水分子に起因する斥力が働くことが分かった。一方で、生体不活性特性を有さない SAM では斥力は観察されなかった。また、赤外分光測定によって得られた SAM に吸着した水分子の OH 伸縮振動領域のスペクトル形状と生体不活性特性との間にも明確な相関が有ることが明らかとなった。これらの結果は界面領域(SAM から 2~5 nm 程度)の水分子の挙動が生体分子・細胞との相互作用に深く関わっていることを示している。^{4,6}

[参考文献]

1. Hayashi, T.; Hara, M. *Current Physical Chemistry* **2011**, 1, 90
2. Hayashi, T.; Tanaka, Y.; Koide, Y.; Tanaka, M.; Hara, M. *Phys. Chem. Chem. Phys.* **2012**, 14, 10196
3. Hayashi, T.; Tanaka, Y.; Usukura, H.; Hara, M. *e-Journal of Surface Science and Nanotechnology* **2009**, 7, 601
4. 小出裕基; 久保光亮; 関根泰斗; 水下佳紀; Ganbaatar, N.; 林智広 *表面科学* **2013**, 34, 494
5. Tanaka, M.; Hayashi, T.; Morita, S. *Polym. J. (Tokyo, Jpn.)* **2013**, 45, 701
6. 田中賢; 林智広; 森田成昭 *化学* **2011**, 66, 68-69.