

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	双性イオン型自己組織化単分子膜の抗付着性のメカニズム
Title(English)	
著者(和文)	張嶺碩
Author(English)	Ryongsok Chang
出典(和文)	学位:博士(理学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第11402号, 授与年月日:2020年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:林 智広,曾根 正人,和田 裕之,柘植 丈治,石田 忠
Citation(English)	Degree:Doctor (Science), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11402号, Conferred date:2020/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

論文要旨

THESIS SUMMARY

系・コース：	材料	系
Department of, Graduate major in	ライフエンジニアリング	コース
学生氏名：	張 嶺碩	
Student's Name		

申請学位(専攻分野)：	博士	(理学)
Academic Degree Requested	Doctor of	
指導教員(主)：	林 智広 准教授	
Academic Supervisor(main)		
指導教員(副)：		
Academic Supervisor(sub)		

要旨 (和文 2000 字程度)

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

本博士論文「双性イオン型自己組織化単分子膜の抗付着性のメカニズム」は、和文で書かれ、6つの章から構成されている。

第1章「序論」では、双性イオン型 SAM の抗付着性のメカニズムについて今まで議論されてきた先行研究をまとめ、抗付着性を示す双性イオン型 SAM の水和構造、および水素結合状態の解析が、抗付着性のメカニズムの解明、さらに将来の材料設計において必要不可欠である事を述べ、本研究の目的を述べている。

第2章「本研究で用いた主な表面・界面分析法」では、本研究で用いた原子間力顕微鏡法(Atomic force microscopy: AFM)、コロイドプローブ原子間力顕微鏡法(Colloid-probe atomic force microscopy: CP-AFM)、水晶振動子マイクロバランス(Quartz crystal microbalance: QCM)法、X線光電子分光法(X-ray photoelectron spectroscopy: XPS)および軟X線発光分光法(soft X-ray emission spectroscopy: XES)の原理について説明している。特に CP-AFM の項では水中での表面間力を記述する理論(DLVO 理論、水和力)についても述べている。

第3章「混成イオン型自己組織化単分子膜の表面構造および水和構造と抗付着性との関係」では、抗タンパク質吸着・抗血小板接着性を示す混成イオン型 SAM(Mixed-charged SAM: MC)の水和構造と抗付着性との関係を解析した結果について述べている。線維芽細胞の一種である NIH/3T3 細胞の接着量を測定した結果、MC は細胞に対しても抗付着性を示す事が明らかとなった。加えて周波数変調型原子間力顕微鏡法(Frequency-modulation atomic force microscopy: FM-AFM)により、水中で MC の表面近傍における周波数変化-距離曲線を取得し、解析した結果、MC 近傍の水和構造を可視化することに成功した。さらに付着性を示す親水性 SAM の水和殻に比べ、MC の水和殻は高い剛性を示す事が明らかとなった。これらの結果から、この極めて高い力学特性を示す MC の水和殻がタンパク質や細胞の接近を防いでいると結論している。

第4章「自己組織化単分子膜近傍の水分子の電子状態と抗付着性との関係」では、異なる物理化学的特性を有する SAM に対して、表面からバルクまでの領域の水分子の水素結合状態を、XES により解析し、水分子の水素結合状態と抗付着性との関係について調べた。水分子の水素結合状態の解析により、抗付着性を示す SAM 上では、付着性を示す SAM と比べ、表面から離れた領域においても、4つの水素結合を形成した水分子の数が多い事を報告している。

第5章「双性イオン型ペプチドからなる自己組織化単分子膜の抗付着性のメカニズム」では、双性イオン型ペプチドからなる SAM(ペプチド SAM)の抗付着性のメカニズムについて調べた。フィブリノーゲンの吸着量および血小板の接着量を測定した結果、EK および DK (SAM を構成するペプチドのアミノ酸配列はそれぞれ、EKEKEKEPPPPC、DKDKDKDPPPPC)では抗付着性を示すのに対し、ER および DR (SAM を構成するペプチドのアミノ酸配列はそれぞれ、EREREREPPPPC、DRDRDRDPPPPC)では付着性を示す事が判明した。加えて、CP-AFM による表面間力測定の結果、抗付着性ペプチド SAM 間では、厚さ 3 nm から 4 nm の水和層による斥力が観測された。これらの結果から、抗付着性ペプチド SAM 表面近傍に存在する水和層がタンパク質や細胞の接近を防いでいると結論した。

第6章「総括」では、XES や AFM により、抗付着性のメカニズムを明らかにする上で重要な、SAM の表面近傍の水分子の水素結合状態および構造化した水和層の存在を明らかにした事について述べ、本研究で得られた知見が、生体分子同士の凝集抑制メカニズムの解明に繋がる事について述べた。さらに過去に行われた様々な界面水分子の解析結果と界面現象の相関をまとめることにより、より包括的に界面の水分子の界面における分子プロセスにおける役割を俯瞰的に述べている。

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).

論文要旨

THESIS SUMMARY

系・コース：	材料	系
Department of, Graduate major in	ライフエンジニアリング	コース
学生氏名：	張 嶺碩	
Student's Name		

申請学位(専攻分野)：	博士	(理学)
Academic Degree Requested	Doctor of	
指導教員(主)：	林 智広 准教授	
Academic Supervisor(main)		
指導教員(副)：		
Academic Supervisor(sub)		

要旨 (英文 300 語程度)

Thesis Summary (approx.300 English Words)

In this Ph.D. thesis study, I analyzed the hydration structure of mixed-charged self-assembled monolayer (MC-SAM) by frequency-modulation atomic force microscopy (FM-AFM), the electronic structure of water molecules on SAMs in the interfacial region by soft X-ray emission spectroscopy (XES), and the surface forces between zwitterionic peptide SAMs by colloid-probe atomic force microscopy (CP-AFM) to investigate the mechanisms underlying non-fouling property of zwitterionic SAMs. From the analysis of the hydration structure of the MC-SAM, I found that the mechanical stability of the hydration shell in the vicinity of the MC-SAM is much higher than that of fouling property of SAMs, indicating that the hydration shell plays a role as a physical barrier to prevent adsorption of proteins and cells. The analysis of the electronic structure of water molecules in the vicinity of the SAMs showed that the four-hydrogen-bonded water molecules are abundant in the vicinity of the non-fouling property of SAMs. The surface force analysis of the peptide SAMs revealed that repulsion induced by interfacial water of non-fouling property of peptide SAMs is much stronger than fouling property of peptide SAMs, indicating that the interfacial water affects the adsorption of proteins and cells. The above results mean that the investigation of the states of water molecules in the vicinity of the SAMs is essential for understanding the adsorption mechanism of proteins and cells.

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note：Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).