

固体表面上のアミノ酸配列のダイナミクス

田中正俊¹, 関谷隆夫¹, 大野真也¹, 鎌田雅夫², Peter Weightman³

¹工学研究院知的構造の創生部門

²佐賀大学工学系研究科電気電子専攻

³Physics Department, University of Liverpool

研究目的

バイオセンサー、生体適合材料、医療デバイス等の開発には、固体表面上の生体分子の機能についての知見が必要である。この機能を決めるのは荷電状態に依存した生体分子の電子状態であるが、吸着構造の研究に比べて電子状態の研究は進んでいない。

本研究は電子状態の観点から生体分子集団のダイナミクスを捕らえてそのメカニズムを明らかにすることを目的とし、固体表面上での分子の荷電状態による構造や電子状態の変化とそのダイナミクスを明らかにすることを目的としている。

本研究は平成 23-24 年度に横浜国大、佐賀大、英国 Liverpool 大学の 3 拠点で行われる日本学術振興会二国間共同研究事業と密接に関係している。

研究内容

Au などの金属表面、Si などの半導体表面とアミノ酸分子との相互作用をまず研究する。放射光を用いた光電子分光法 (SRPES) で占有状態 (特に価電子帯) に関する知見を得て、表面における固体と生体分子の電子状態の役割ならびに界面状態である吸着誘起状態などを明らかにする。

比較的浅い価電子帯に関係する遷移を特定し、固液界面のアミノ酸分子の電子状態を表面差分反射分光法 (SDRS), 反射率差分分光法 (RDS) の表面反射分光法で観測する。電解質溶液に加えるポテンシャルや pH によって分子の荷電状態を変化させ、それによって生じる電子状態の時間変化を測定する。これらの結果に基づいて、荷電状態に依存した分子構造及び配列構造ならびに電子状態を明らかにし、荷電状態によって変化する動的過程のメカニズムを明らかにする。研究手法については田中・大野研ホームページ (<http://www.surfphys.ynu.ac.jp/theme.html>) に詳しい説明がある。

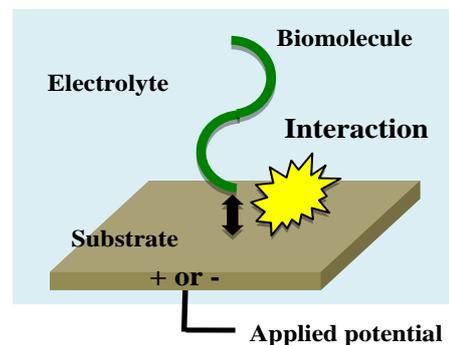


図 1 固液界面上の生体分子の概念図

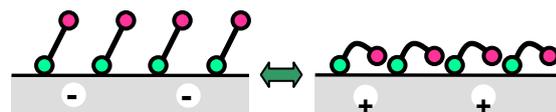


図 2 ポテンシャル制御ダイナミクスの概念図

期待される効果

固体表面でのアミノ酸の吸着結合状態とそのダイナミクスを分析する新たな手法の有効性を示し、生体分子と固体表面との相互作用についての知見を与えてデバイス応用への可能性を示す。本研究の成果は、分子の自己組織化を利用したボトムアップ方式によるバイオセンサー、生体適合材料、医療デバイス等の開発に繋がり、社会的にも波及効果が大きいと予想される。

研究成果

大野が Weightman 研を訪問して電解質溶液中のアミノ酸分子の配向及びそのポテンシャルへの依存性を測定する実験装置を調査し、関谷と共に固液界面用の表面差分反射分光 (SDRS)、反射率差分分光 (RDS) 装置を設計、構築した。この装置で Au ならびに Si 表面上で図 4 のような分子構造を持つシステイン分子の反射分光測定を行い、表面での化学結合とそれらのポテンシャルによる変化に関して

新しい事実を見出した。例えば、図 5 の Au 薄膜/Si (001) 上の SDRS スペクトルでは、負電位で Au-S 結合が増加し、正電位でシステインが生成されることが示された。鎌田は佐賀県立九州シンクロトン光研究センターにおいて、金属表面上の有機分子の電子状態分析を行うと共に、時間分解二光子光電子分光法による非占有状態の分析ならびにダイナミクスを研究した。これらの成果は以下の学会で発表された。

1. 藤森佑人, 大河原悟, 田中正俊, 関谷隆夫, 大野真也, C. Smith, P. Weightman, 「電解質溶液中におけるシリコン基板上システインの挙動の観測」, ナノ学会第10回大会, p2-48 (大阪大学, June 2012) .
2. Y. Fujimori, S. Okawara, M. Tanaka, T. Sekiya, T. Momose, S. Ohno, C. Smith and P. Weightman, “Adsorption of cysteine on modified silicon substrates in electrolyte solution studied by means of surface differential reflectance spectroscopy” , 29th European Conference on Surface Science (ECOSS-29), P2.065 (Edinburgh, Sept. 2012).
3. 藤森佑人, 二之宮成樹, 田中正俊, 大野真也, 関谷隆夫, 「電解質溶液中における Si (001) 上の Au 微粒子表面のシステイン分子の挙動」, 日本物理学会秋季大会, 20pPSA-50 (横浜国立大学, Sept. 2012)

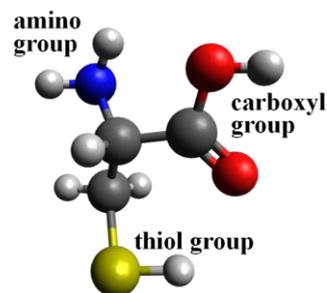


図 4 システインの分子構造

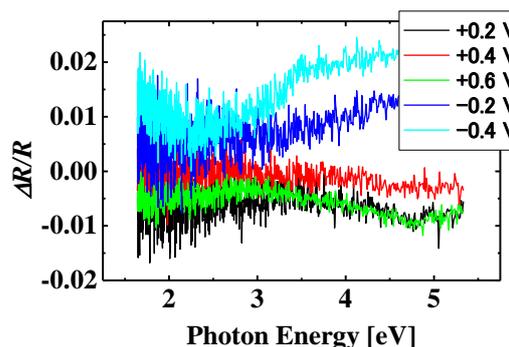


図 5 システイン/Au 薄膜/Si(001)の SDRS スペクトル