

# 軟X線放射光を用いた有機・生体分子薄膜の物性評価とナノ構造解析

馬場祐治、関口哲弘、下山 巖、本田充紀、平尾法恵（日本原子力研究開発機構）

有機分子や生体分子などソフトマター系の固体薄膜素子は次世代デバイスとして注目を集めているが、これらの材料設計に当たっては、有機薄膜/金属界面の電子構造、電子物性、薄膜の成長機構や配向性、表面拡散など解明しなければならない課題も多い。真空紫外・軟X線領域の放射光を用いた内殻分光法は、有機・生体分子薄膜のような複雑な組成からなる物質であっても、特定元素のみを選択的に励起できるため、特定の部分に局在した構造・物性・機能などを明らかにするのに有力な手法である。本講演では、軟X線領域の放射光を用いた有機・生体分子薄膜に関する我々の研究の中から、共鳴オージェ電子分光法による生体分子薄膜の物性評価について報告するとともに、光電子顕微鏡と軟X線を組み合わせた有機分子薄膜のナノ構造解析についても触れる。

有機薄膜は金属・半導体・超伝導など様々な電気的物性を持つものが知られている。生体分子薄膜の場合は、たんぱく質やDNAなどポリマー分子が多いため、軸方向に沿った一次元方向の電気的特性は生体分子デバイスの構築にとって基本的なパラメーターとして重要である。特にDNAのナノワイヤーとしての電気伝導特性は、DNA分子エレクトロニクス構築のために重要であるが、未解決の問題であり、近年ホットな論争が続いている。2本鎖DNAに関しては、塩基対に沿った電気伝導機構が窒素K-吸収端の共鳴光電子分光により提案された[1]。一方、1本鎖DNAにおいても、リン酸基に起因する分子軌道がフェルミレベル付近に存在し、これにより周期性のよいリン酸-糖の鎖に沿って電気伝導が起こるという理論計算もある[2]。

図1は1本鎖DNA薄膜のリンK-吸収端のPKL<sub>2,3</sub>L<sub>2,3</sub>オージェ電子スペクトルである[3]。右にX線吸収スペクトルを示した。吸収ピーク(P 1s π共鳴)付近の励起エネルギーにおいてオージェピークは2本に分裂している。通常のイオン化によるオージェピーク(A)の高エネルギー側に認められるピーク(B)は共鳴オージェ過程によるピークであり、これはオージェ共鳴ラマン散乱特有のエネルギーシフトを起す。半導体や金属の場合は、オージェ共鳴ラマン散乱は起こるが、励起先の非占有軌道が局在していないので、明瞭なピーク分裂は起こらない。この結果からDNA分子のリン周辺に励起された電子は極めて強く局在していることを示しており、リン酸-糖鎖の強い絶縁性を示唆している。講演では、偏光軟X線放射光と光電子顕微鏡を組み合わせた有機薄膜のナノ構造解析についても紹介する。

[1] H.S Kato et al. Phys. Rev. Lett. **93**, 086403-1 (2004).

[2] R.G. Endres et al. Rev. Mod. Phys. **76**, 195 (2004).

[3] Y. Baba, T. Sekiguchi, I. Shimoyama, N. Hirao and Krishna G. Nath, Phys. Rev. B **74**, 205433-1 (2006).

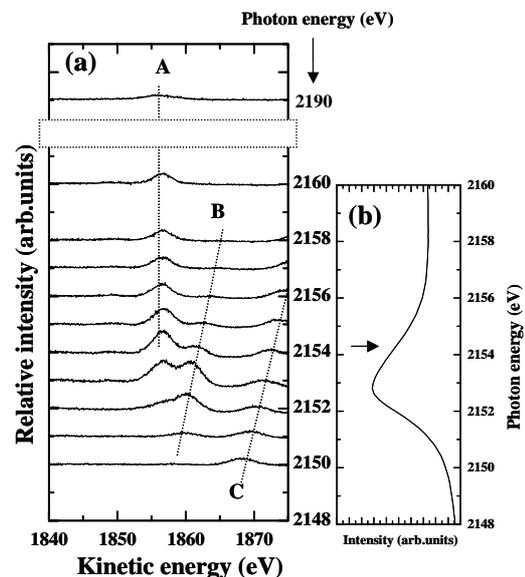


図1 DNA薄膜のPK-吸収端におけるPKL<sub>2,3</sub>L<sub>2,3</sub>オージェ電子スペクトル。X線吸収スペクトルを(b)に示す。