

近接場光と単一分子の相互作用の原子スケール解析：

単一分子の光マニピュレーションに向けて

Atomic-scale analysis of interaction between a near-field and a single-molecule:

Toward optical manipulation of a single molecule

理研¹, JST さきがけ² ◦今田 裕^{1,2}

RIKEN¹, JST PRESTO², ◦Hiroshi Imada¹

E-mail: himada@riken.jp

個々の原子・分子を固体基板上に自在に配置し、デザインした機能を発現させる事は基礎科学のみならず応用を見据えた研究展開においても重要な課題である。ボトムアップのアプローチとしての走査トンネル顕微鏡 (STM) を用いた分子マニピュレーションは、最近では分子数で 10000 分子程度の原子精度配列が実現されるまで発展している[1]。一方で、多くの STM による分子マニピュレーションの場合、試料分子は金属基板に直接吸着しており基板との強い相互作用によって分子固有の光物性は失われてしまい、分子の配列化による新しい“光”機能が実現された例はない。

近年我々は、分子固有の分子軌道や光物性が保存されている絶縁体超薄膜上に吸着した分子に対して光マニピュレーションを実現することを目的として、光と STM を組み合わせた装置を用いた実験を行ってきている。実験には、1.8 eV と 1.9 eV 付近に強い共鳴を示す色素分子であるフタロシアニン (H₂Pc) を Ag(111)表面上に成長させた 3 原子層の NaCl 膜に蒸着したものを試料として使い、Ag ワイヤを電解研磨したものを STM 探針に用いた。このような貴金属のナノスケールのギャップには、局在表面プラズモン (LSP) モードが形成され強い共鳴を示すことが知られているが、これまで LSP と物質の相互作用の詳細は未解明であった。本講演では、光マニピュレーションの基礎となる分子と LSP の電磁場の相互作用を原子スケールの精度で解析した結果[2]を発表する。

STM 探針を H₂Pc 分子から十分に離れた状態で LSP を STM のトンネル電流で励起すると、ピーク幅が 150 meV 程度のブロードな発光スペクトルが観測される。STM 探針を分子中心から測って 3 nm 以内まで近づけていくと、ブロードな LSP の発光ピークの上に、H₂Pc 分子の第一、第二励起状態に由来する数 meV の幅を持ったシャープな共鳴ディップが観測された。対称性の良い H₂Pc 分子に対して、探針の相対的な距離や角度を原子スケールで調整しながら共鳴ディップを計測することで、LSP の電場の偏極やその空間分布に関する詳細な情報を得ることが可能となった。

参考文献

[1] F. E. Kalff *et al.*, Nature Nanotechnology 11, 926–929 (2016)

[2] H. Imada *et al.*, Phys. Rev. Lett. 119, 013901 (2017)