

単一分子レベルのスピンの測定・制御

米田 忠弘

近年、スピンの自由度と分子エレクトロニクスを結びつけたスピントロニクスに関心もたれている。純スピン流を用いた低消費電力化や量子コンピューターに代表される量子情報処理などの応用が議論されている。伝導電子と分子のスピンの形成される近藤状態を走査トンネル分光(STS)観測することで、分子のスピンを一個単位で検出することが可能である¹。

本報告では表面に吸着した状態で、磁性分子が示すスピン状態を、近藤共鳴を観察することで明らかにする²。分子内部でのスピン分布を原子レベル空間分解能で観察することが出来るだけでなく、STMの原子操作能力を利用することで分子の構造変化によるスピン操作・スピントロニクス効果による伝導制御が可能である。すべての実験は超高真空中、ヘリウムを用いた冷却条件(~4.7 K)の条件で行われ、金属表面の上に、分子は真空昇華手法で転写した。

例として、金(111)表面に吸着させた銅ベンゾ・コロール分子のスピンの検出について述べる。コロール分子は3価と2価のエネルギー差が小さい特徴を持つ。銅ベンゾ・コロール分子も2価をとり、銅イオンと配位子にスピンの存在する状態が予想される。図1(a)には同分子のモデルを示す。3つのアリルが分子面に垂直な方向に向く。図1(b)は実際に観測されたSTM像であり、3つのアリル位置が高く観察されている。この分子について近藤共鳴を測定した結果を図1(c)に示す。配位子の2箇所で見られたC,Dにおいては下に凹の近藤共鳴が観察されている。この挙動をさらに調べるために近藤マッピングを測定した。(図1(d))。軌道計算から見積もったSOMO軌道はこの分布と大きく異なっている。この相違は、分子が傾いて吸着しているモデルでうまく説明される。傾いた伝導電子の存在する金属表面とスピン不純物との間の距離が一様でないため、近藤共鳴が分子内部でも異なった近藤温度をもつと考えられる。このことは従来、同一の分子軌道で均一と定義されていた近藤共鳴も内部構造を持つことを示し、またこの手法が分子のスピンの状態を敏感に検知する手法であることを示した。

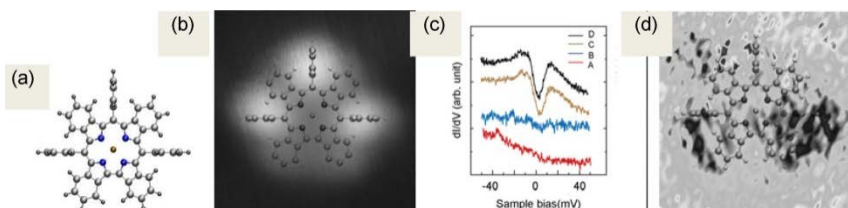


Figure 1. (a) Schematic illustration of the tetrabenzocorrole (Cu- Benzo). (b) STM image of the Cu-Benzo molecule in which the model is super imposed. (c) STS spectra near the Fermi level to examine Kondo resonance. At the corrole ligand of C and D, Kondo Fano dip observed. (d) Kondo resonance mapping.

1) Komeda, T.; Isshiki, H.; Liu, J.; Zhang, Y.-F.; Lorente, N.; Katoh, K.; Breedlove, B. K.; Yamashita, M. Nat Commun 2011, 2, 217. 2) Wu, F.; Liu, J.; Mishra, P.; Komeda, T.; Mack, J.; Chang, Y.; Kobayashi, N.; Shen, Z. Nat. Comm. 2015, 6, 7547.