

CuPc 分子への Fe 原子吸着による近藤共鳴の STM 研究

UHV-STM study of Kondo resonance for Fe-CuPc complex

千葉大院工¹ ○(M2) 佐々木 悟¹, Peter Krüger¹, 山田 豊和¹

Chiba Univ.¹, ° Satoru Sasaki¹, Peter Krüger, Toyo Kazu Yamada¹

E-mail: toyoyamada@faculty.chiba-u.jp

表面上に磁性金属を吸着させた際、様々な物理現象の発現が期待される。近藤共鳴はその一つである。2000 年代に入り、表面上での近藤共鳴は Au(111) 基板上の Co 原子の研究 [1] をはじめとして貴金属基板上の 3d 磁性金属を用いて広く研究が行われた。さらに、貴金属基板上の磁性原子を含む有機分子では、結晶場分裂により磁性原子スピン状態が変化し近藤共鳴の発現が報告された [2-4]。一方、Fe 原子では近藤共鳴の発現の報告例が少ない [5]。近藤共鳴状態は、磁性不純物の局在電子スピンと伝導電子との電子相互作用により発現するが、その詳細は不透明な部分が多い。

本研究で我々は、Cu(111) 上では近藤共鳴を発現しない Fe 原子が、CuPc 単一分子上に吸着すると近藤共鳴を発現することを、超高真空・極低温 (5 K)・走査トンネル顕微鏡 (STM) 研究より明らかにした。Cu(111) 基板表面は、Ar⁺スパッタリングと Anneal により清浄化と平坦化を行った。Cu(111) 表面上に、CuPc 分子をアルミナ坩堝より昇華 (坩堝温度 550 K, 5 s) した。その後、STM にセットし 5 K に冷却した。冷却後、STM 試料位置を向いた蒸着器から Fe を 10 s 蒸着した。Cu(111) 上の CuPc は側鎖のベンゼン環 4 つが輝点として観察された (20×20 nm² あたり約 5 個吸着)。CuPc の 4 つの側鎖の内、向かい合う 2 個は高さ 140 pm、他 2 個は 110 pm を示した。また、Fe は単原子として観察され、高さ 110 pm を示した (20×20 nm² あたり約 10 個吸着)。ところが、この表面でまれに CuPc 分子側鎖の 1 つが 250 pm と高くなっている CuPc 分子を確認した。

Fe 原子を極低温で吸着したため、Fe 原子の面内方向の熱拡散は生じにくい。可能性として Fe 原子が CuPc 上に直接吸着したものと考える。分子の高さ 140 pm + 鉄原子高さ 110 pm = 250 pm。この CuPc-Fe 複合体で STS 分光測定を行った。すると、フェルミ準位近傍に左右非対称のピークが発現した (半値幅約 25 meV)。温度変化でピーク形状が変化したことから、近藤共鳴状態と考える。特徴的な点として、dI/dV 像は、共鳴状態が Fe 原子中心ではなく、分子側鎖エッジで強く発現していることを示した。第一原理計算から CuPc-Fe 複合体の Fe 原子は、フェルミ準位近傍に 3d 電子状態を有していないことを確認した。詳細を報告する。

References:

- [1] V. Madhavan *et al.*, **Science** 280, 567-569 (1998).
- [2] A. Zhao *et al.*, **Science** 309, 1542-1544 (2005).
- [3] G. Chiappe *et al.*, **Phys. Rev. Lett.** 97, 076806 (2006).
- [4] Y. -S. Fu *et al.*, **Phys. Rev. Lett.** 99, 256601 (2007).
- [5] E. Minamitani *et al.*, **Phys. Rev. Lett.** 109, 086602 (2012).