

「新機能創出を目指した分子技術の構築」
平成 24 年度採択研究代表者

H26 年度 実績報告書

山下 正廣

東北大学 大学院理学研究科
教授

分子技術による単分子量子磁石を用いた量子分子スピントロニクス創成

§1. 研究実施体制

(1)「山下」グループ

- ① 研究代表者: 山下 正廣 (東北大学 大学院理学研究科, 教授)
- ② 研究項目
 - ・分子技術をもちいた機能性単分子量子磁石の合成を物質特性の評価

(2)「米田」グループ

- ① 主たる共同研究者: 米田 忠弘 (東北大学 多元物質科学研究所, 教授)
- ② 研究項目
 - ・STM を用いた単分子量子磁石の単分子メモリー・分子スピントロニクス展開

(3)「北河」グループ

- ① 主たる共同研究者: 北河 康隆
(大阪大学大学院基礎工学研究科, 准教授(大阪大学 大学院理学研究科, 助教))
- ② 研究項目
 - ・単分子量子磁石の構造・電子状態・物性の量子化学計算

(4)「白石」グループ

- ① 主たる共同研究者: 白石 誠司 (京都大学 大学院工学研究科, 教授)
- ② 研究項目
 - ・TbPc2 系分子磁石をスピン源とした分子スピン素子の実験

§2. 研究実施の概要

Ln^{III} 間相互作用の強弱によりスピン反転の過程(磁化緩和過程)がどのように変化するかという問題は、単分子磁石(SMM)の応用と基礎の両面において興味深く、さらに高性能なSMMの分子設計を行うための指針にもなりうる。この目的に見合う系としてフタロシアニン多重積層型 Tb^{III} 二核錯体に注目した。この錯体は、二つの2層積層型錯体 TbPc_2 が非磁性の Cd^{II} イオンやフタロシアニン(Pc)により連結したランタノイド二核錯体であり、3層、4層、5層と積層枚数が増加するごとに分子内Tb間距離が増加する(図1a)。磁気双極子相互作用はTb間距離の3乗に反比例することから、高積層型錯体においてTb間距離を制御することはTb間相互作用を制御することに等しく、Tb間に働く相互作用が強ければQTMを阻害することができるが、弱い相互作用はQTMを促進してしまうことから、Tb間相互作用がQTMの磁化緩和機構に影響を及ぼしていることがわかった^(A-1)。このようにフタロシアニン積層型SMM錯体においても、分子間相互作用を上手く取り入れることでSMM特性を制御できることがわかってきた。また、我々はAu(111)面上に吸着したビス(フタロシアニン)テルビウム(III)錯体 TbPc_2 の電子構造をSTM/STSを用いて調べている(図1b)。 TbPc_2 分子膜に対して得られたSTSスペクトルでは、フェルミ準位での近藤共鳴に加えて、占有状態由来の急激かつ強いピークAを観察した^(B-1)。分子間相互作用を反映して、ピークAのエネルギー値と近藤共鳴幅(近藤温度)値が同期して変化することを観測した。今回の結果は、スピン状態の新たな機能制御のためには、原子レベルでの分子-分子・分子-基板相互作用のコントロールが必要であることをスピンの原子レベルの可視化技術で示した。

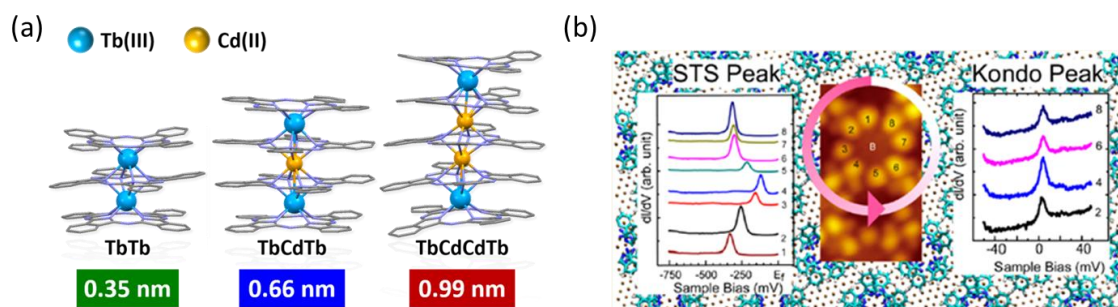


図1. (a) フタロシアニン多重積層型 Tb^{III} 錯体結晶構造。右から3層、4層、5層積層錯体。Tbイオン間距離は3層錯体TbTbで最も短い0.35 nmを示し、5層積層錯体TbCdCdTbでは0.99 nmとなる。(b)測定位置を8つのローブ上で変えながらSTS測定すると、ピークAの位置は周期的に数百ミリボルトだけシフトする。フェルミ準位の鋭いピークとして検出された近藤共鳴も、ピーク幅および強度の周期的な変化を示している。