

電子状態を自在変換できる 多重双安定性金属錯体

筑波大学 数理物質科学研究科 教授

大塩寛紀



研究の背景

固体物性科学における境界領域研究の進展に伴い、化学と物理の境界は曖昧になってきました。一般的に物理は固体を、化学は分子を研究対象にしています。近年、超伝導・強磁性・強誘電・マルチフェロイクスなど固体特有の物性や機能が注目を集めていますが、分子は何ができるのでしょうか。

研究の成果

物質の電子状態は、固体ではバンド理論、分子では分子軌道で記述されますが、分子の特徴は、その量子化されたエネルギー準位(状態)にあります。すなわち、分子をうまく設計することにより複数以上のアクセス可能な電子・スピン状態を持つ分子を創ることができます。例えば、熱力学的に安定な二つの相(状態)をもつ双安定性分子は、熱や光により二つの状態を相互変換可能な分子スイッチとして機能します。もちろん、固体においても外場誘起相転移をしめす双安定性物質が報告されています。本研究では、金属イオンと有機配位子からなる金属錯体において、i) 分子中に二つの双安定性部位を組入れることにより二つ以上の双安定性をしめす多重双安定性金属錯体や、ii) 二つの双安定性分子を組み合わせることで同じ温度で三つの安定状態をもつ三安定性金属錯体を合成することができました(図1)。

プルシアンブルーは、2価と3価の鉄イオンがシアニ化物イ

オンにより架橋された三次元構造をもつ物質ですが、3価のFeイオンを3価のCoイオンで置換することにより、極低温で反磁性からフェリ磁性状態へ光誘起相転移する双安定性を示します。我々はこのプルシアンブルー類縁体の最小単位である鉄-コバルト環状4核錯体を合成し、反磁性状態と二つの常磁性状態からなる多重双安定性状態を実現することができました(図2)。また、熱や光で反磁性と常磁性状態の変換が可能なスピン平衡鉄(II)錯体と有機ラジカルを組合せたハイブリッド金属錯体を合成し、極低温で三つの異なるスピン状態をもつ三安定性を実現し、光照射によるスピン状態変換にも成功しました(図3)。

今後の展望

電子状態が異なる熱力学的安定相を三つ以上もつ多重双安定性金属錯体と三安定性金属錯体を合成することができました。今後は、このような分子の電子状態を光、磁場、電場により自在変換できる多重スイッチング分子素子へ発展させることにより、次世代分子デバイスの開発に貢献したいと考えています。

関連する科研費

平成15-17年度 基盤研究(A)「ナノ磁性分子の合成と展開」

平成21-25年度 新学術領域研究(研究領域提案型)「特異な分子構造に基づく電子機能」

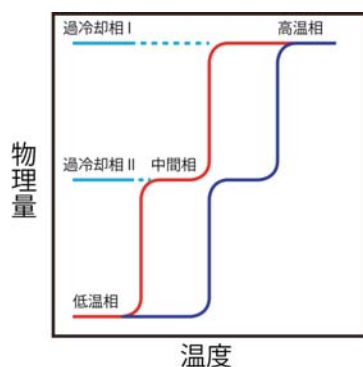


図1 複数の熱力学的に安定な状態をもつ多重双安定性と、同じ温度で三つの状態をもつ三安定性

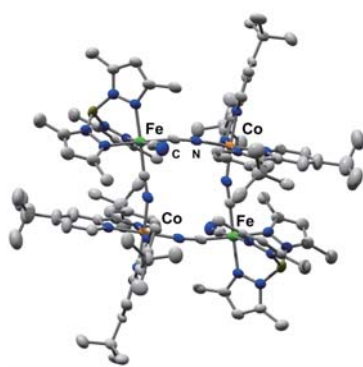


図2 多重双安定性環状4核錯体

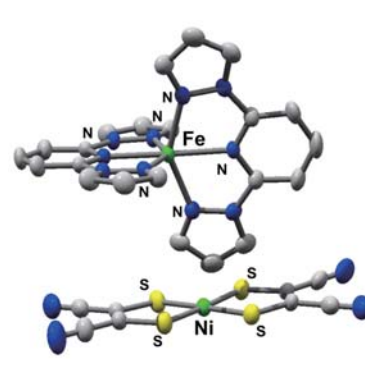


図3 三安定性ハイブリッド金属錯体