

剛直な三次元 MOF を用いた電子スピン量子ビットの増大 Scaling Up Electronic Spin Qubits by Using Robust Three-Dimensional Metal-Organic Framework

山林 奨¹, 井口 弘章¹, 山下 正廣^{1,2,3,*}

¹ 東北大学大学院理学研究科化学専攻

〒980-8578 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-3

² 東北大学材料科学高等研究所, 〒980-8577 宮城県仙台市青葉区片平 2-1-1

³ School of Materials Science and Engineering, Nankai University, Tianjin 300350, China
Tsutomu YAMABAYASHI¹, Hiroaki IGUCHI¹ and Masahiro YAMASHITA^{1,2,3,*}

¹ Department of Chemistry, Graduate School of Science, Tohoku University, 6-3 Aramaki Aza-Aoba, Aoba-ku, Sendai 980-8578, Japan

² Advanced Institute for Materials Research, Tohoku University, 2-1-1 Katahira, Aoba-Ku, Sendai 980-8577, Japan

³ School of Materials Science and Engineering, Nankai University, Tianjin 300350, China

1 はじめに

半導体微細加工技術に立脚した「Moore の法則」が限界を迎えようとしている中、「量子」の振る舞いを積極的に利用した量子情報処理技術の研究がさかんに行われている。たとえば量子センサーでは、量子状態の重ね合わせや絡み合いなど量子系特有の性質を用いることで、磁場、電場、温度などを古典系よりも高感度で検出することが可能になる。量子情報処理の情報源は 0 と 1 が確率的に重なり合った状態を表現する量子ビットであり、実用的な量子ビットの開発が量子情報処理技術にとって必要不可欠である。我々は、電子スピンの担体に分子を使い、分子磁性体の電子スピンを利用した量子ビットの開発を目指している。分子磁性体はパルス EPR 技術を用いて量子状態の位相操作が可能であるが、量子重ね合わせ状態（コヒーレント状態）の寿命、すなわちスピン-スピン緩和時間 (T_2) が短いという欠点があった。電子スピンにはもう一つ、スピン-格子緩和があるが、この緩和時間 (T_1) と T_2 の間には $T_2 \leq 2T_1$ の関係があるため、いかに T_1 を長くするかが室温でコヒーレント状態を安定化する鍵である。そこで我々は、金属有機構造体 (metal-organic framework; MOF) の剛直な三次元格子を利用し、 T_1 緩和を促進してしまう“有害な”振動を抑制することを目指した。

2 実験

MOF のビルディングブロックとしてオキソバナジウム(IV)ポルフィリン錯体に着目し、その単分子 (0D 体) である [VO(TPP)] (H_2TPP = テトラフェニルポルフィリン) と、これが MOF の骨格中に含まれる 3D 体 [VO(TCPP-Zn₂-bpy)] (H_2TCPP = テトラキス(4-カルボキシフェニル)ポルフィリン, bpy = 4,4'-ビピリ

ジル) を合成し、結晶構造解析を行った。また、スピン緩和挙動を評価するために種々の測定を行った。

3 結果および考察

3D 体の構造は図 1 に示したように [VO(TCPP)] のカルボキシ基と Zn イオンが水車型クラスターを形成して二次元層状構造を形成しており、この層間を bpy が架橋して三次元のジャングルジム型構造を形成していることが明らかになった。0D 体と 3D 体ではバナジウムイオン周りの配位対称性と配位結合距離に変化がなく、ほぼ等しい電子構造を有していることが予想された。

テラヘルツ分光測定やパルス EPR スペクトル測定などからスピン緩和挙動を評価したところ、3D 体ではポルフィリン環の歪み振動を MOF の結晶格子で抑えたことで、 T_1 緩和の速度が遅くなったという結論を得ることができた。[1]

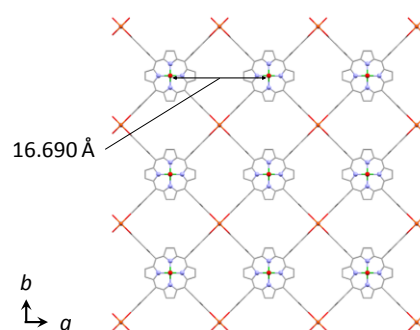


図 1 : 3D 体の結晶構造

参考文献

[1] T. Yamabayashi *et al.*, *J. Am. Chem. Soc.* **140**, 12090 (2018).

* h-iguchi@tohoku.ac.jp, yamasita.m@gmail.com