

2次元 MOF の固体潤滑特性とそのメカニズム考察

(名工大院・工) ○加藤早楽, 江口裕, 永田謙二

〔緒言〕

摩擦や摩耗を低減させるために使用される固体潤滑剤は、潤滑油の使用が適さない極低温や高真空環境においても効果的であることから、工業的に広く使用されている。代表的な固体潤滑剤として、グラファイトや MoS_2 等がよく用いられている。これらの物質は、層状の結晶構造から形成されており、各層が弱い相互作用によって積層している。この層間がせん断応力によって劈開しやすいため、固体潤滑性が発現する。グラファイトなどは入手性や材料物性の観点から広く使用されている一方で、化学構造の設計が困難であるという制約から、新たに所望の機能を付与する等の物性制御を行うことが難しい。

そこで、本研究では構造設計に高い自由度を有する金属-有機構造体 (Metal-Organic Frameworks, MOF) に着目し、新たな固体潤滑剤として層状構造を有する MOF (2D-MOF) の応用展開を検討した。具体的には、ベンゼンジカルボン酸 (BDC) と銅からなる 2D-MOF (CuBDC, Fig. 1) を用いて、摩擦特性の評価を行った。これまでの研究¹⁾で、CuBDC が従来の固体潤滑剤と同様に低摩擦係数を示し得ることを明らかにしてきた。今回の発表では、CuBDC の固体潤滑性の発現メカニズムについて検討を行った。

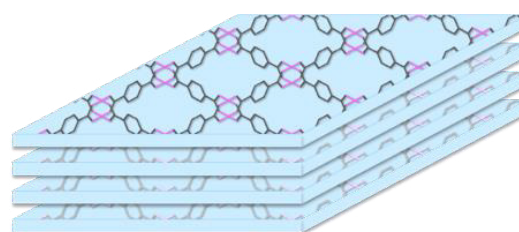


Fig. 1 Schematic image of the layered structure of 2D-MOF (CuBDC).

〔実験・結果・考察〕

吸引ろ過によって CuBDC をろ紙上に保持させ、その表面に対し往復摺動式ボールオンディスク摩擦摩耗試験 (荷重 5 N, 摺動速度 10 mm/s, 試験球径 4.8 mm) を行った。比較として、CuBDC と類似の配位子を持つ異なる結晶構造の配位化合物として、配位子に安息香酸および 1,3,5-ベンゼントリカルボン酸を有する化合物 (それぞれ CuBMC, CuBTC, Fig. 2(a)) についても同様に試験を行った。その結果 (Fig. 2(b))、摩擦係数の数値は CuBDC (0.20) < CuBMC (0.41) < CuBTC (0.61) となり、層状の結晶構造が固体潤滑性の発現に大きく寄与していることが示唆された。

また、摩擦摩耗試験後の試験球表面を X 線光電子分光分析装置 (XPS) により評価したところ、CuBDC に由来する Cu 成分が検出され、摩擦による転移膜の形成が示唆された (Fig. 3)。転移膜の Cu 2p 軌道に由来する XPS スペクトルを CuBDC と比較したところ、Cu(I)成分の割合が増加しており、摩擦による化学反応 (トライボケミカル反応) が進行したことが示唆された。本発表では、転移膜が摩擦に及ぼす影響に加え、粒子の形状観察や表面分析の結果を交え、CuBDC の潤滑メカニズムについて考察する。

〔参考文献〕

1) 加藤早楽・江口裕・永田謙二, 第 61 回日本接着学会年次大会, P51A (2023).

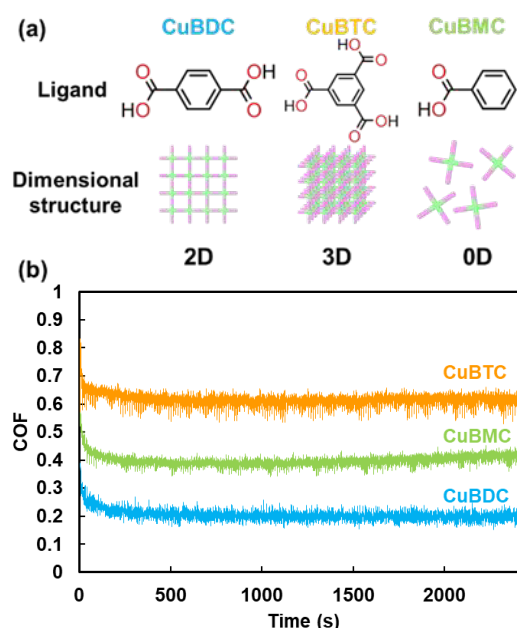


Fig. 2 (a) Chemical structures and (b) friction coefficient curves of the coordination compounds.

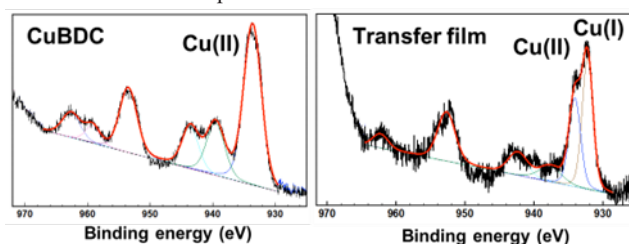


Fig. 3 Cu 2p XPS spectra of CuBDC (left) and transfer film (right).

Solid Lubrication Properties of 2D-Metal Organic Frameworks and their Mechanism Consideration, Sara KATO, Hiroshi EGUCHI, and Kenji NAGATA: Nagoya Institute of Technology, Gokiso-cho, Showa-ku, Nagoya 466-8555, Japan, Tel: +81-52-735-5257, E-mail: nagata.kenji@nitech.ac.jp