

令和 3 年 6 月 9 日現在

機関番号：24506

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18H01956

研究課題名(和文) 強磁性秩序を共存させた超分子カチオン柔粘性結晶によるマルチフェロイクス開発

研究課題名(英文) Development of multiferroics materials based on plastic crystals including a supramolecular cation and an anionic metal complex with a ferromagnetic ordering

研究代表者

久保 和也 (KUBO, Kazuya)

兵庫県立大学・物質理学研究科・准教授

研究者番号：90391937

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,600,000円

研究成果の概要(和文)：新たな分子性マルチフェロイクス開発を目指した柔粘性結晶開発を行った。まず、m-フルオロアニリニウムと二つのシクロヘキサン環を縮合させた[18]クラウン-6-エーテルから構築される超分子カチオンローターと、強磁性マンガン-クロムoxalate架橋型錯体を複合化させた安定な柔粘性結晶の合成方法に関する手法を確立し、複合機能発現が可能となる単結晶作成に成功した。また、超分子カチオンを構成するアニリニウム誘導体に導入するハロゲンの種類を変えることにより、結晶内における分子運動および発現する物性の制御に成功した。以上の結果より、将来的な分子性マルチフェロイクス開発を発展させる成果を得ることができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

マルチフェロイック物質は、電場・磁場双方で制御可能な多値メモリーなどの開発に期待が寄せられており、国内外で無機物を中心に物質探索が数多く行われている。しかし、物質作成に高温高圧などの、特殊な条件が必要な物質が多く、大幅な組成変化を伴う化合物合成は困難である。このような、物質探索に対する自由度が極端に低いマルチフェロイクス開発において、申請者等が開発した安定なハイブリッド型柔粘性結晶の合成法や結晶内分子運動に対する置換基効果の解明は、従来型のマルチフェロイクス開発とは一線を画する材料開発の設計指針を提供する成果として注目され、分子性複合機能材料開発に大きな波及効果をもたらす可能性が高い。

研究成果の概要(英文)：We have developed a plastic crystal with the aim of developing a new molecular multiferroics. First, a stable complex of a supramolecular cation rotor constructed from m-fluoroanilinium and [18] crown-6-ether which is a condensation of two cyclohexane rings, and a ferromagnetic manganese-chromium oxalate crosslinked complex. We have established a method for synthesizing plastic crystals and succeeded in producing a single crystal that enables the expression of complex functions. In addition, by changing the type of halogen introduced into the anilinium derivative constituting the supramolecular cation, we succeeded in controlling the molecular motion in the crystal and the physical characteristics expressed. From the above results, we were able to obtain results for developing future development of molecular multiferroics.

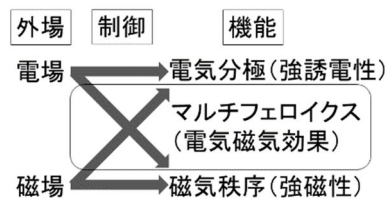
研究分野：分子性エレクトロニクス材料、錯体化学

キーワード：分子性エレクトロニクス材料 柔粘性結晶 強誘電体 強磁性体 分子運動

1. 研究開始当初の背景

マルチフェロイック物質は強誘電性と強磁性が相関し、電場で磁性を、磁場で誘電性を制御できる電気磁気効果を発現する。電場・磁場双方で制御可能な多値メモリーなどの開発に期待が寄せられている。マルチフェロイック材料開発は、国内外で無機物を中心に物質探索が数多く行われている[1-6]。近年、 $\text{Ba}_2\text{Mg}_2\text{Fe}_{12}\text{O}_{22}$ のような磁性イオンが「らせん構造」をもつ化合物に注目が集まっている。これは「らせん構造」により強磁性発現に必要な磁気秩序と、強誘電性発現に必要な極性反転（電気分極）の両方を磁性イオンが担い、電気磁気効果の発現が可能となるからである。マルチフェロイクス材料の設計では、(1)電気分極を誘起する部位と(2)強磁性的秩序を発現する部位が共存し、(3)結晶内で両者が効果的に相互作用する原子やイオン等の配置の構築が必要となる。

無機物を用いたマルチフェロイクス材料開発は、構成原子の組成変化により物性制御を行う手法が一般的である。大幅な組成変化を伴う化合物合成は困難である。しかも、 $\text{Bi}_2\text{NiMnO}_6$ などのように、合成に 6 万気圧もの圧力が必要など、合成条件が極めて厳しい化合物が多く[5]、物質探索の自由度が極端に低い。従って、将来的にマルチフェロイクス材料の実用化を考えると、無機物だけではなく、蒸着や溶液プロセスによる薄膜化が可能な有機分子や金属錯体分子を含め多角的に物質探索を行うことが望ましい。ところが、分子性マルチフェロイクス材料の構築を目指した研究の報告例は、 $[\text{Mn}_3(\text{formate})_6](\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})$ や $[\text{Tb}^{\text{III}}(\text{L-lactate})_2(\text{H}_2\text{O})_2](\text{ClO}_4)$ などに限られる[7]。これらの錯体では、水やエタノールなどの結晶溶媒がもつ双極子モーメントのゆらぎを利用した強誘電性の発現を試みているが、強誘電性発現すら実現できていない。このように無機物以外のマルチフェロイクス材料開発が一向に進展しない原因は、分子性物質を用いたマルチフェロイクス材料の設計指針が全く確立されていないからである。



2. 研究の目的

そこで本研究では、“超分子カチオンの結晶内動的構造による極性反転と局在スピンの協奏化によるマルチフェロイクス発現”という分子性マルチフェロイクス材料の新しい設計指針を提案する。具体的には、我々が強誘電体の構成分子として開発した超分子カチオン構造を応用する[8]。一例として図 1 に、*m*-フルオロアニリニウムとジベンゾ[18]クラウン 6 が、水素結合を介した弱い相互作用を通じて形成する超分子カチオンの模式図を示す。カチオン周りの回転空間をクラウンエーテル部位の置換基制御により確保すると、カチオン分子の 180° Flip-Flop 運動が可能となる。従って、カチオンがもつ双極子モーメントを外部電場により一方向へ揃え、分子回転を伴った自発分極を発生させることができる。無機物は、原子やイオンが共有結合やイオン結合のような強い相互作用で配列が固定されている。従来のマルチフェロイクス開発では、金属イオンの配列や結晶溶媒の極性など、化合物がもつ構造を受動的に利用するしかない。しかし、超分子カチオンローターは、構成分子への置換基導入による分子運動の変化を用いた積極的な物性制御を行うことができる。従って、超分子カチオンローターを用いれば、無機物とは異なるマルチフェロイクス発現機構を提案できる可能性が高い。また、一般的な有機合成法で得ることができるため、物質開発の自由度が無機物に比べ飛躍的に向上するうえ、溶液拡散法など簡便な方法で、超分子カチオンローター構造と様々な強磁性アニオンを複合化した単結晶を得ることができる。さらに、超分子カチオン構成分子の置換基を変化させることにより、結晶内における分子配列制御も可能である。従って、無機物とは全く異なる機構で電気磁気効果が発現する可能性が高く、分子性マルチフェロイクス開発という新たな分野を構築するには好適なモデル化合物である。

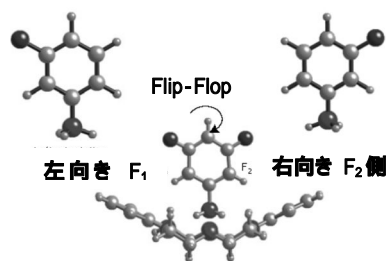


図 1 超分子カチオンローター内における *m*-フルオロアニリニウム分子の Flip-Flop 運動

3. 研究の方法

超分子カチオンローターと強磁性 oxalate 架橋型錯体の複合化。

強磁性 $[\text{Mn}^{\text{II}}\text{Cr}^{\text{III}}(\text{oxalate})_3]$ 錯体が、超分子カチオンと非常に安定な分子性結晶を形成することに注目する。この多孔性 $[\text{Mn}^{\text{II}}\text{Cr}^{\text{III}}(\text{oxalate})_3]$ 錯体結晶と、超分子カチオンの複合結晶は強誘電性およびアニオン部分による強磁性発現が共存する可能性が高い。分子性マルチフェロイクス探索に好適な物質群として、重点的に開発を進めた。

結晶内における分子運動制御を目指した超分子カチオンローターの開発。

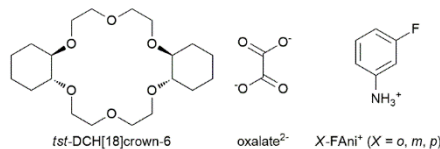
の超分子カチオン/オキサレート架橋錯体系では、強誘電性発現に必要な超分子カチオンの分子運動は、カチオン部位の分子運動とそれを制御する固定子であるクラウンエーテル誘導体との組み合わせによって決まる。そこで分子運動による極性反転を積極的に誘起するための超分子系として種々のクラウンエーテルと有機アンモニウムを組み合わせた超分子カチオンと強磁性アニオンのハイブリッド結晶を作成し、有機カチオンの分子運動とクラウンエーテル誘導

体が構築する結晶内の空隙の相関について、系統的に検討した。

[1] *Science* **299**, 1719 (2003). [2] *Nature* **426**, 55 (2003). [3] *Phys. Rev. Lett.* **95**, 087205 (2005). [4] *Phys. Rev. B* **73**, 220401 (2006). [5] *Science* **319**, 1643 (2008). [6] *J. Am. Chem. Soc.* **127**, 8889 (2005). [7] (a) *J. Am. Chem. Soc.*, **128**, 15074 (2006). (b) *Inorg. Chem.*, **47**, 772 (2008). [8] *Nat. Mater.* **8**, 342 (2009).

4. 研究成果

(1) 超分子カチオンと強磁性マンガクロムオキサレート錯体から構築される安定なハイブリッド結晶の作成に成功。



申請者等は、研究方法の方針に基づき、[18]クラウン-6 エーテル骨格にシクロヘキサン環を導入した *tst*-DCH[18]crown-6 と有機アンモニウムカチオン *m*-FAni⁺ からなる超分子カチオンと、アニオン性のマンガクロムオキサレート錯体から構築されるハイブリッド結晶 (*m*-FAni⁺)(*tst*-DCH[18]crown-6){[Mn^{II}Cr^{III}(oxalate)₃]⁻} (1) の作成に成功した。合成は、*tst*-DCH[18]crown-6 と (*m*-FAni⁺)(BF₄⁻) を溶解したアセトトリル溶液と、マンガクロムオキサレート錯体を溶解したメタノール溶液を室温で10日間、H型ガラスセル内で溶液を拡散することにより得た。図2に錯体1の結晶構造を示す。

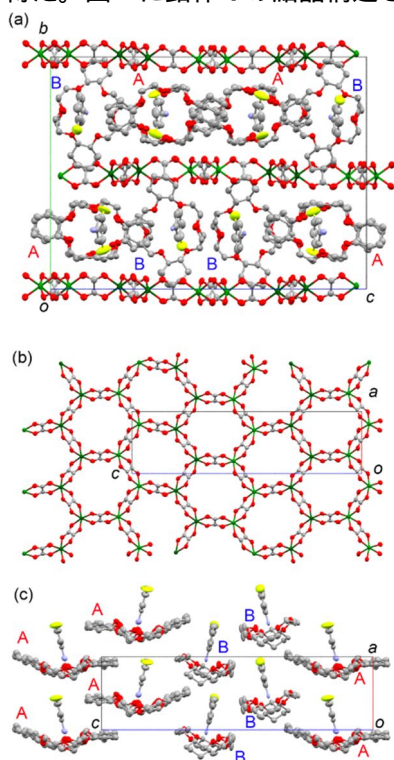


図2 (1)錯体1のa軸方向から見た結晶構造。(b)b軸方向から見た結晶1内におけるアニオン錯体の2次元ハニカム構造。(c)b軸方向から見た、結晶学的に独立な2つの超分子カチオンA, Bの分子配列。

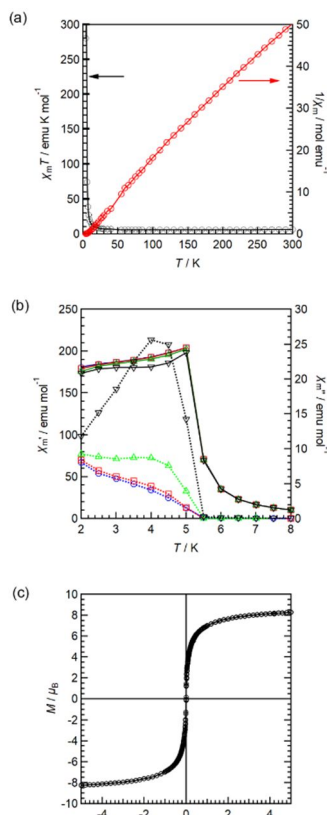


図3 結晶1の磁化率測定結果。(a) T vs. T プロット、(b) 交流磁化率、および(c) M-Hプロット。

2次元ハニカム構造をもつマンガクロムオキサレート錯体は、一般的に結晶内に大きな空隙をもつことが知られ、その空隙に溶媒分子を取り込むため、大気中では溶媒分子の脱離による結晶の損壊がおこる。これまで申請者等が報告した超分子カチオン/マンガクロムオキサレート錯体錯体も、溶媒分子として取り込まれたメタノールやアセトトリル分子が物性測定中に脱離してしまう現象が起きていた。しかし、本研究で超分子カチオン内に固定子として導入した *tst*-DCH[18]crown-6 分子は、他のクラウンエーテルと比較しても、平面的な構造をとりやすい。従って、有機アンモニウムカチオンと水素結合を介した超分子カチオンを形成する際も、他の超分子カチオンと比較して、クラウンエーテル部位が平面的な構造をとることができる。その結果、図8に示したように、結晶1内では *tst*-DCH[18]crown-6 分子のシクロヘキサン部位が、マンガ

ンクロムオギザレート錯体が構築する 2 次元八ニカム構造の空隙を埋めるような分子配列をとることができる。そのため溶媒分子が二次元八ニカム構造の空隙に入り込むことができず、安定なハイブリッド結晶を作成することに成功した。

結晶 1 の磁化率測定結果を図 3 に示す。これらの測定から結晶 1 は、強磁性転移温度が 5.5 K の弱強磁性的な磁気挙動を示すことが示唆された。誘電率の測定では、結晶 1 内で回転分子周りの立体障害が大きかったため、カチオン分子の結晶内分子運動による強誘電転移は見られなかったが、超分子カチオン/強磁性錯体系の安定な単結晶作成に関する知見を得ることができた。本研究の成果を分子性マルチフェロイクス開発に展開するためには、超分子カチオンの結晶内における分子運動の制御方法を確立することが重要であると判断できたため、新たな展開として、研究成果 (2) に示すように、超分子カチオンの分子運動に対する置換基高価を検討するに至った。

(2) 超分子カチオンの回転分子に導入する置換基による分子運動制御法の確立

上記 (1) の結果から、結晶内における分子運動制御法の確立が必要と考え、研究計画の方針に基づき、超分子カチオンと Ni(dmit)₂ 錯体の塩 (*m*-XAni⁺)(DB[18]crown-6)[Ni(dmit)₂]⁻ (X = F, 2), (X = Cl, 3), (X = Br, 4), and (X = I, 5)) の単結晶を合成し、置換基が結晶内分子運動に与える影響について検討した。

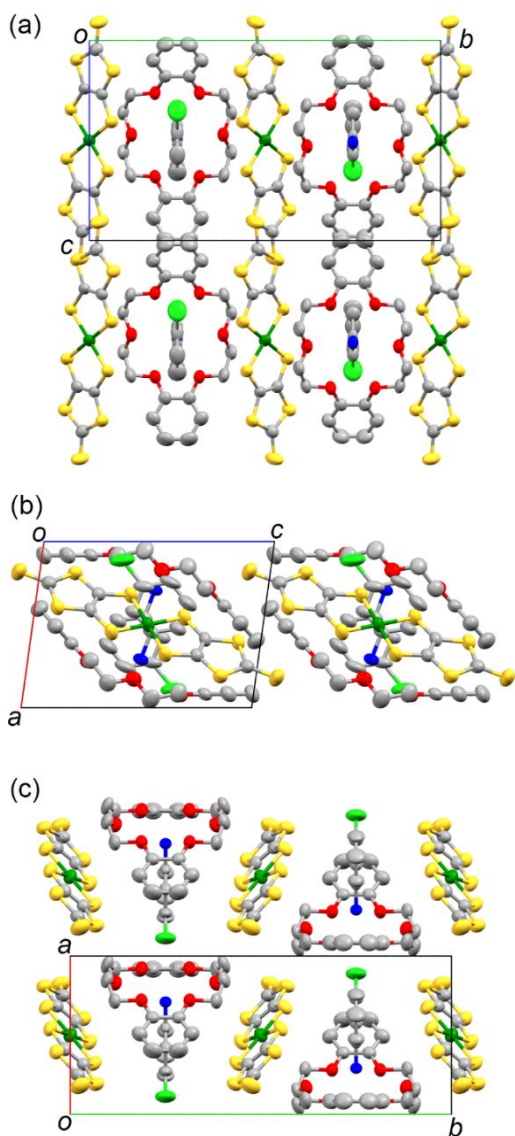


図 4 結晶 3 の(a) a 軸、(b) b 軸、および(c) c 軸からみた結晶構造

図 4 に示すように、有機アンモニウム陽子の窒素原子とクラウンエーテル部位の酸素原子との間に存在する水素結合を介して (*m*-XAni⁺)(DB[18]crown-6) 超分子カチオン部位が形成され、この超分子カチオンの

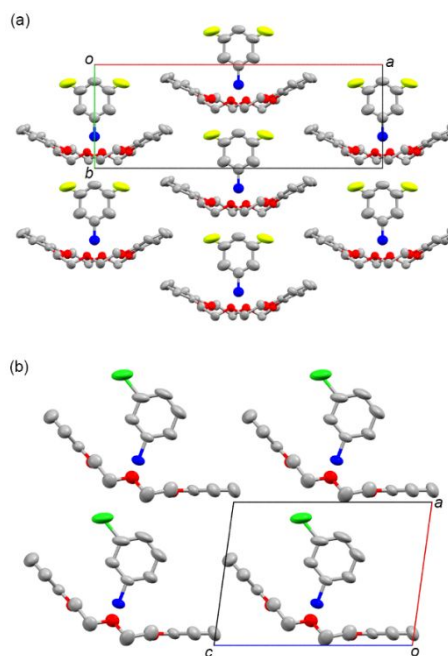
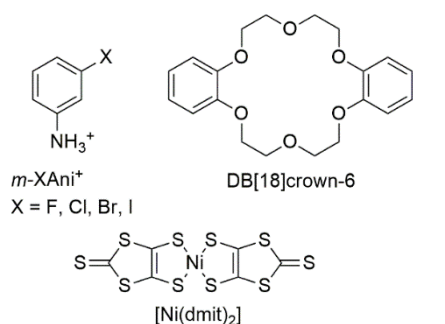


図 5 結晶 1 および 3 内における超分子カチオンの分子配列

XAni⁺を両側から[Ni(dmit)₂]⁻分子がサンドイッチした構造を構築していることがわかった。結晶3~5の室温における結晶空間群は、*P2₁/m*であり、*m*-XAni⁺分子上に鏡面が存在する。しかし最もイオン半径をもつフッ素をカチオン部位 *m*-FAni⁺に導入した結晶2では、結晶内における超分子カチオン部位においてフッ素原子周りの空隙がわずかに増大するように分子配列が変化し、その結果、室温における空間群は *C2/c*であった(図5)。この結晶2内におけるカチオン分子周りの空隙増加は、固定子となるDB[18]crown-6に導入した芳香環部位に分子間CH-相互作用が形成されていることに起因するが、この空隙形成はアニリニウムに導入するハロゲン原子のイオン半径に大きく影響されることがわかった。このような分子間CH-相互作用に起因する空隙の増加は、結晶3~5ではみられなかった。フッ素よりもイオン半径の大きいハロゲン原子を導入すると、ハロゲン原子の立体障害のため形成される超分子カチオンが *a* 軸方向に傾いた構造をとるため、DB[18]crown-6 どちらの分子間CH-相互作用が消失することとがわかった。さらに、[Ni(dmit)₂]⁻分子間のNi-Ni距離も結晶2は特異的に長いことがわかった。このように結晶3は、*m*-FAni⁺周りに分子回転に対して十分な空隙が形成されているため、電場印加により *m*-FAni⁺分子のFlip-Flop運動による双極子モーメントの反転による対称性の低下が起こり、強誘電転移を起こすことがわかった。一方、結晶3~5でも、興味深い分子運動が起こることがわかった。図6に、結晶3~5の300 Kと93 Kにおける超分子カチオンの構造を示す。結晶3は、*m*-ClAni⁺分子が面外の振り子運動を起こすことにより、300 Kで、*m*-FAni⁺分子上に存在した鏡面が93 Kでは消失し、空間群が *P2₁/m* から中心対称性を持たない *P2₁* に低下し、強誘電転移を誘起する構造相転移を起こすことが明らかとなった。さらに、結晶4と5は、対称性の低下は見られなかったものの、*m*-BrAni⁺分子と *m*-IAni⁺分子がそれぞれ面内の振り子運動を起こすことにより、誘電応答を誘起することがわかった。このように、導入する置換基の種類により、異なる分子運動を起こすことによって物性を制御する方法を確立することができた。

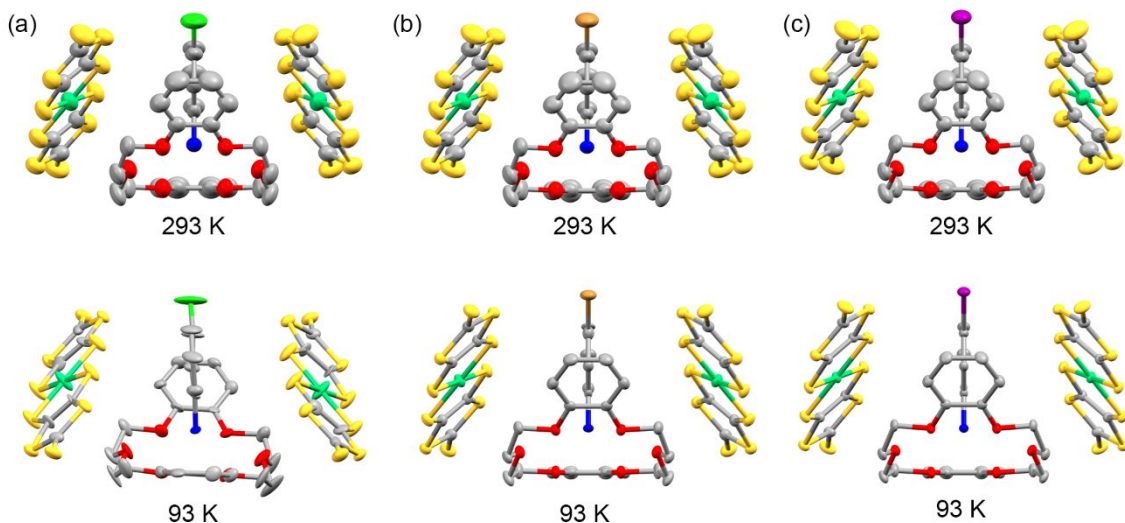


図6 300 Kと93 Kにおける、結晶 (a) 3、(b) 4、および(c) 5の超分子カチオン周りの分子配列。

(3) 総括

研究成果(1)では、超分子カチオンと強磁性アニオン錯体を複合化させた安定な単結晶作製法を確立し、研究成果(2)では、超分子カチオンの分子運動に対する置換基効果に関する知見を得ることができた。今後は、これらの成果を活用した、新たな分子性マルチフェロイクス開発の展開が期待できる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 7件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Kubo Kazuya, Yoshitake Masashi, Hoshino Norihisa, Noro Shin-ichiro, Akutagawa Tomoyuki, Nakamura Takayoshi	4. 巻 2020
2. 論文標題 Stable Ferromagnetic Crystal of Two Dimensional Manganese Chromium Oxalate with Supramolecular Cation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 European Journal of Inorganic Chemistry	6. 最初と最後の頁 1670-1675
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ejic.202000149	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Kadoya Tomofumi, Mano Shotaro, Hori Aoi, Tahara Keishiro, Sugimoto Kunihisa, Kubo Kazuya, Abe Masaaki, Tajima Hiroyuki, Yamada Jun-ichi	4. 巻 78
2. 論文標題 Steric effect of halogen substitution in an unsymmetrical benzothienobenzothiophene organic semiconductor	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Organic Electronics	6. 最初と最後の頁 105570 ~ 105570
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.orgel.2019.105570	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Jun Xiong, Kazuya Kubo, Shao-Fang Lu, Ming Li and Takayoshi Nakamura	4. 巻 47
2. 論文標題 Supramolecular self-assembly for designing non-centrosymmetric crystals based on Keggin polyoxometallates and crown ether	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Dalton Trans.	6. 最初と最後の頁 14001-14007
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C8DT02910E	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Ochi Rika, Noro Shin-ichiro, Kubo Kazuya, Nakamura Takayoshi	4. 巻 48
2. 論文標題 A Zn(ii) metal-organic framework with dinuclear [Zn ₂ (N-oxide) ₂] secondary building units	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Dalton Transactions	6. 最初と最後の頁 6314-6318
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C8DT04879G	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kadoya, Tomofumi; Oki, Ryouji; Kiyota, Yasuhiro; Koyama, Yuta; Higashino, Toshiki; Kubo, Kazuya; Mori, Takehiko; Yamada, Jun-ichi	4. 巻 123
2. 論文標題 Energy Conversion and Storage; Catalysis; Optical, Electronic, and Magnetic Properties and Processes; Interfaces; Nanomaterials and Hybrid Materials	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry	6. 最初と最後の頁 5216-5221
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.8b10687	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kubo Kazuya, Takahashi Kiyonori, Nakagawa Shota, Sakai Ken-ichi, Noro Shin-ichiro, Akutagawa Tomoyuki, Nakamura Takayoshi	4. 巻 21
2. 論文標題 Substituent Effect on Molecular Motions of m-Halogenated Anilinium/Dibenzo[18]crown-6 Supramolecular Cations in [Ni(dmit) ₂]? Crystals	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Crystal Growth & Design	6. 最初と最後の頁 2340-2347
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.cgd.0c01739	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Hori Aoi, Kim Yuna, Tahara Keishiro, Kadoya Tomofumi, Yamada Jun ichi, Kubo Kazuya	4. 巻 2021
2. 論文標題 Unique Solvatochromic Behavior of Unsymmetrical Platinum Dithiolene Complexes Coordinated by 4,4'-Dinonyl 2,2'-Bipyridine	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 European Journal of Inorganic Chemistry	6. 最初と最後の頁 1023-1027
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ejic.202001014	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Hori Aoi, Kim Yuna, Tahara Keishiro, Kadoya Tomofumi, Yamada Jun ichi, Kubo Kazuya	4. 巻 2021
2. 論文標題 Cover Feature: Unique Solvatochromic Behavior of Unsymmetrical Platinum Dithiolene Complexes Coordinated by 4,4'-Dinonyl 2,2'-Bipyridine (Eur. J. Inorg. Chem. 11/2021)	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 European Journal of Inorganic Chemistry	6. 最初と最後の頁 1014 ~ 1014
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ejic.202100134	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計9件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 6件）

1. 発表者名 Aoi Hori, Kazuya Kubo*, Tomofumi Kadoya, Jun-ichi Yamada
2. 発表標題 Crystal Structures and Physical Properties of Unsymmetrical [(N-N)Pt(S-S)] Type Complexes with Long Alkyl Groups
3. 学会等名 13th International Symposium on Crystalline Organic Metals, Superconductors and Magnets (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kazuya Kubo, Yuna Kim, Aoi Hori Chihiro Tomota, Asako Morita Tomofumi Kadoya, Shin-ichiro Noro, Nobuyuki Tamaoki, Takayoshi Nakamura, and Jun-ichi Yamada
2. 発表標題 Electrochromic Properties of Thin Film Devices Based on Unsymmetrical Platinum(II) and Gold(III) Complexes Coordinated by Pyridine and Dithiolene Ligand Derivatives
3. 学会等名 18th International Symposium on Novel Aromatic Compounds (ISNA-18) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Aoi Hori, Kazuya Kubo, Yuna Kim, Tomofumi Kadoya, Jun-ichi Yamada
2. 発表標題 Unsymmetrical Platinum Dithiolene Complexes Coordinated by 4,4'-Dinonyl-2,2'-Bipyridine: Concerted Phenomena Between Electronic Absorption and Electrochemical Properties
3. 学会等名 The 20th RIES-HOKUDAI International Symposium (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 堀葵, 久保和也, キムユナ, 角屋智史, 田原圭志朗, 玉置信之, 中村貴義, 山田順一
2. 発表標題 非対称ジチオレン金属錯体が発現する可視光・近赤外領域における 協奏的エレクトロクロミック挙動の解明
3. 学会等名 第13回分子科学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Mamoru Sadahiro, Kazuya Kuboa, Tomofumi Kadoya, Reizo Kato, Jun-ichi Yamada
2. 発表標題 Structural Features of Cation Radical Salts Constructed by Donor-Type Nickel Dithiolene Complexes with Fused Cycloalkane Rings and Their Physical Properties
3. 学会等名 7TH ASIAN CONFERENCE ON COORDINATION CHEMISTRY (ACCC7) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kazuya Kubo, Yuna Kim, Asako Morita, Tomofumi Kadoya, Shin-ichiro Noro, Takayoshi Nakamura, Jun-ichi Yamada
2. 発表標題 Electrochromic Properties of Thin Film Devices Based on Low-Molecular-Weight Unsymmetrical Platinum Dithiolene Complexes
3. 学会等名 The 8th TOYOTA RIKEN International Workshop 「Organic semiconductors, conductors, and electronics」 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kazuya Kubo, Yuna Kim, Asako Morita, Tomofumi Kadoya, Shin-ichiro Noro, Takayoshi Nakamura, Jun-ichi Yamada
2. 発表標題 Development of New Electrochromic Materials Based on Unsymmetrical Platinum Dithiolene Complexes
3. 学会等名 International Conference on Coordination Chemistry 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 弓野 瑞季, キム ユナ, 角屋 智史, 山田 順一, 久保 和也
2. 発表標題 2,2'-ピピリジン誘導体とジチオレン配位子をもつ平面四配位型非対称白金錯体の電子状態と伝導材料への応用
3. 学会等名 日本化学会第101回春季年会2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 荒田 園巳, 井上 智仁, キム ユナ, 角屋 智史, 山田 順一, 久保 和也
2. 発表標題 脱プロトン化した2-フェニルピリジンとビス(アルキルチオ)-TTF-ジチオレン配位子 をもつ非対称型金()錯体の構造相転移
3. 学会等名 日本化学会第101回春季年会2021
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 久保和也(錯体化学会編著)	4. 発行年 2019年
2. 出版社 朝倉書店	5. 総ページ数 1
3. 書名 錯体化合物事典	

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 エレクトロクロミック材料	発明者 久保和也・キムユ ナ・堀葵	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2021-51935	出願年 2021年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関