

令和 2 年 6 月 4 日現在

機関番号：17401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16K05752

研究課題名(和文) 光照射下分子間電子移動プロセスによる有機モット絶縁体の電子相制御

研究課題名(英文) Tuning of the electronic phase of organic Mott insulators by photo irradiation

研究代表者

松田 真生 (Matsuda, Masaki)

熊本大学・大学院先端科学研究部(理)・教授

研究者番号：80376649

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：バンドが半分満たされた物質は金属相の出現が期待されるが、電子間のクーロン反発が大きい強相関電子系ではモット絶縁体と呼ばれる状態になる。モット絶縁体は通常のバンド絶縁体とは異なる電子状態であり電子材料として魅力的な系と言える。本研究では有機モット絶縁体に注目し、有機オプトエレクトロニクスと強相関電子系の新展開を開拓すべく、有機モット絶縁体の光による電子相制御を目指した。特に、有機モット絶縁体薄膜について重点的に研究を実施することにより、電流の大きな光応答性を示す系を構築することに成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、色素・顔料として広く社会で利用されているフタロシアニン錯体からなる有機モット絶縁体を用いた素子を作製することで、光照射により電流値が増大する現象を再現して観察できる系を構築することに成功した。通常の絶縁体・半導体とは異なる電子構造をもつモット絶縁体の新しい機能性の開拓は、基礎学問的視点からはもちろんのこと、産業面からの興味も持たれるものである。本成果が、強相関電子系の物理と化学、有機エレクトロニクスの新しい展開に繋がることが期待される。

研究成果の概要(英文)：Materials having a half-filled band are expected to be metal, however, they become to be a Mott-insulator when the on-site Coulomb repulsion is large. Mott insulators are quite different from the band insulators, and have attracted many interests in the study of strongly correlated systems or electronics.

In this study, we focused on organic Mott insulators, to construct a system whose electronic system can be controlled by photo-irradiation, leading to developments in organic opto-electronics and the strongly correlated system. We succeeded in construct a system where the electrical current showed photo-irradiation-responsive behavior.

研究分野：固体化学

キーワード：有機モット絶縁体 光応答性 フタロシアニン ポルフィリン 相転移

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

バンドが半分だけ満たされた物質は金属相の出現が期待されるが、物質の on-site Coulomb 反発が大きい場合は絶縁体として振る舞う。これが電子間のクーロン相互作用を起源とするモット絶縁体であり、価電子帯が完全に満たされているバンド絶縁体とは全く異なる物理的性質をもつ電子材料となる。例えば、高温超伝導の多くは無機モット絶縁体に対してキャリア注入を施すことで実現されている。一方、一電子酸化もしくは還元を受けた有機分子が集合体を形成すれば、HOMO もしくは LUMO からなるバンドは半分満たされ、有機分子は一般的に大きな on-site Coulomb 反発を有することからモット絶縁体として振る舞う。このような有機モット絶縁体へのキャリア注入の試みも近年行なわれており、代表的な例は分子科学研究所の山本等による電界効果を利用した電子相制御が挙げられる[1]。

研究代表者は、フタロシアニン系分子を構成成分とする電荷移動錯体を電極基板上で微小結晶膜として得る技術を開発していた。同時に、その微小結晶膜化技術によるフタロシアニンモット絶縁体の素子への適用についても取り組み、アクセプター分子との組み合わせで光キャリアが生成されることを見出していた[2]。

また、研究代表者は、光照射下における分子間の電子移動に注目することで「光照射を利用したフタロシアニン系電荷移動錯体の単結晶作製法」という全く新しい電荷移動錯体の作製方法にも成功していた[3]。これは、有機太陽電池や光合成と同様に、光照射によってドナー分子の HOMO から LUMO へ励起した電子がアクセプター分子の LUMO へ移動することを利用したものである。

励起電子が分子間を移動することと、フタロシアニン分子からなるモット絶縁体がアクセプター分子との組み合わせにおいて光キャリアを生成していることに併せて注目し、フタロシアニン系モット絶縁体を適切なアクセプターと組み合わせれば、光照射下分子間電子移動を利用してフタロシアニン系モット絶縁体へのキャリア注入、電子相制御も可能になるかも知れないと考え本心研究計画の立案に至った。

### 2. 研究の目的

有機モット絶縁体とアクセプター分子の組み合わせから、光照射下分子間電子移動により有機モット絶縁体へキャリア注入が達成される系を構築することを目的とした。光照射下分子間電子移動は、光合成や有機太陽電池において、その作動機構の重要な役割を担っている。本研究では光照射下分子間電子移動を、新しい原理に基づいた光による電気特性・電子相制御機構の創出に発展させることを目指した。

### 3. 研究の方法

本研究では光照射下分子間電子移動を生じさせることが鍵となっており、構成分子間の分子軌道の相対的なエネルギー準位が重要となる。また、使用する電極の仕事関数にも注意が必要となる。金属電極の種類や電極形状、アクセプター分子を含めた素子構造の検証も含め、複数のフタロシアニン系分子とアクセプター分子の組み合わせを試行し、光照射下電子移動によるフタロシアニン系モット絶縁体へのキャリア注入と電子相制御の探索を行った。

本研究で提案した原理は分子を制限するものではないが、研究の実施においてはフタロシアニン系モット絶縁体に特化した。フタロシアニン系化合物は自然界での光合成や有機太陽電池において光を吸収し電子・正孔を生み出す鍵分子として活用されており、その可視領域にある強い光吸収特性が示す高い励起子生成能と、電子・正孔が引き抜かれたラジカル状態での化学的安定性、高いキャリア輸送能は、「光」と「電気」を橋渡す化合物として理想的と考えたためである。また、多くの有機モット絶縁体が複数の化学種から構成されている（対イオンを含有する）のに対し、フタロシアニン系モット絶縁体は金属フタロシアニン系分子のみから成る単一成分有機モット絶縁体で、発現する物性の理解が単純化されることにも期待した。研究代表者は、これまでに多数のフタロシアニン系モット絶縁体単結晶の構築と、1次元から3次元までの電子系の作り分けに成功しており、同一分子を用いて多様な電子系に対する検証を試みた。同時に、フタロシアニンの分子構造と酷似するテトラベンゾポルフィリンからなる新しい有機モット絶縁体や電荷移動錯体の作製も行い、本研究の目的を達成するための「材料」を増やすことにも取り組んだ。

しかし、後述の通り、モット絶縁体の結晶を用いた実験では、電流の明確な光応答性を確認することはできなかった。そこで、薄膜化可能なフタロシアニンモット絶縁体を対象とし、フタロシアニンモット絶縁体薄膜とアクセプター分子の薄膜からなる積層構造に金属電極を形成した素子を作製することに取り組み、電流の光応答性を再現して確認することに成功している。

### 4. 研究成果

まず、フタロシアニンモット絶縁体単結晶にアクセプター分子を成膜したものに対して二本の金線を金ペーストにて接着し、いわゆる二端子法にて電気特性評価を行なった。暗所にて一定電圧下での電流をモニタしつつ、光照射をした際に電流がどのように変化するか（電流の光応答性）を検証したが、明確な電流変化を確認することはできなかった。結晶サイズが大きく、光照射の影響を受ける表面での効果がバルク特性に埋没しているためであると考えられる。従って、微小結晶や薄膜を用いた研究展開が必要となった。

そこで、研究代表者が開発した軸配位金属フタロシアニン電荷移動錯体の微小結晶膜を電極基板上へ作製する技術を本研究に適用することを試みた。得られる微小結晶はバルク単結晶と同じものであることを確認しており、自らの行なって来たバルク単結晶の研究で得られた知見を本研究に活用できることも期待した。実際に複数の軸配位金属フタロシアニンモット絶縁体について、電極基板上に微小結晶膜として作製することに成功した。その上にアクセプター分子をスピコート法もしくは真空蒸着法で成膜し、さらに対電極を成膜することで金属-絶縁体-金属型のサンドウィッチ構造の素子とし光応答性の探索を行ったが、電極基板上に作製した微小結晶の粒子サイズが大きいためかピンホールが形成され電極間が短絡することも多く、光応答性を再現して検証することは適わなかった。

一方、5~10 $\mu\text{m}$ 程の微小ギャップ電極を用いた電気分解によってキャップ間を橋渡すようにフタロシアニンモット絶縁体結晶が成長するとの報告があり[4]、この手法を取り入れた素子作製も行なった。ギャップ間に成長したモット絶縁体上にアクセプター分子を成膜し、電気分解で用いた微小ギャップ電極をそのまま電圧印加用端子として利用することで電気特性評価を行なった。光照射の on/off に対する電流変化を探索したが、微小ギャップ電極を用いて作製した単結晶についても電流の明確な光応答性は観測されなかった。このサイズでも光照射の影響を受けている部分の寄与が系全体の特性の中で埋没しているのだろう。

そこで、フタロシアニン系モット絶縁体を蒸着によって成膜した。その上にアクセプター分子を乗せたものに、100 $\mu\text{m}$  ギャップの電極を作製することで得た素子については、電流の明確な光応答性を再現して観測することに成功した(図1)。さらに、有機層の成膜後に後処理を施すことによって応答性 (on/off ratio) が向上されることも分かった。フタロシアニン系モット絶縁体膜の分子配向とモルフォロジー変化が要因と考えられる。照射光強度が高いほど大きな応答性が見られるが、現在までに、単価 200 円程度の LED を用いた実験でも、光照射下の電流値が暗電流の 200-300%増になる素子の作製に成功している。

一方で、フタロシアニンと酷似した分子構造をもつテトラベンゾポルフィリンからなる新たなモット絶縁体や電荷移動錯体の作製にも取り組んだ(図2)。新たなモット絶縁体の作製は本研究が対象とすることができる系を増やすため、新たな電荷移動錯体の作製は電気伝導性の機構理解の知見を得るためである。いくつかの新規結晶作製に成功し X 線単結晶構造解析を行うことで、金属フタロシアニン M(Pc) と金属テトラベンゾポルフィリン M(tbp) そのものでは結晶構造が異なることが知られているが、モット絶縁体、もしくは電荷移動錯体では M(Pc) のものと M(tbp) のものは同形となることが明らかとなった。電気伝導性の発現に深く関与する、分子間のトランスファーエネルギーが同形構造を誘起していると考えられる。また、M(tbp) と M(Pc) では分子構造は酷似しているがフロンティア軌道のエネルギー準位はテトラベンゾポルフィリンの方が高くドナー性が高い。新たに作製に成功した M(tbp) からなるモット絶縁体への光照射により、アクセプター分子への電子供与がより容易に行われることで光応答性の向上することが期待されるが、合成の収率が非常に低く、本研究期間内に M(tbp) モット絶縁体薄膜の作製と光応答性の検証を実施するまでには至らなかった。

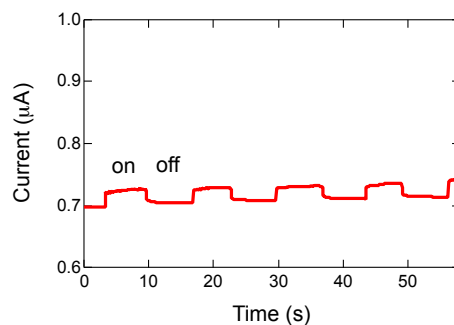


図1. フタロシアニン系モット絶縁体とアクセプター分子の組み合わせからなる素子の定電圧下での電流の光応答性

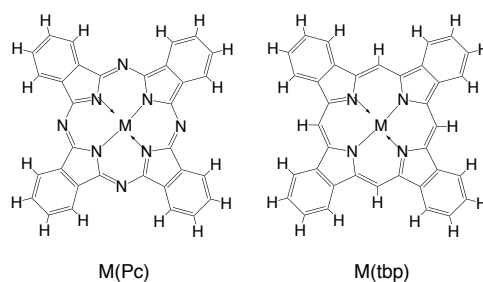


図2. 金属フタロシアニン (M(Pc)) と金属テトラベンゾポルフィリン (M(tbp)) の分子構造

#### <引用文献>

- [1] M. Suda et al, *Advanced Matetials.*, 26, 2014, 3490.
- [2] M. Matsuda et al, *Applied Physics Express*, 6, 2013, 021602.

- [3] M. Matsuda et al, *Chemistry - A European Journal*, 20, 2014, 11318.
- [4] H. Hasegawa, *New J. Chem.*, 37, 2013, 2271.

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計14件（うち査読付論文 13件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 M. Nishi, Y. Hayata, N. Hoshino, N. Hanasaki, T. Akutagawa and M. Matsuda*	4. 巻 48
2. 論文標題 Intermolecular interactions of tetrabenzoporphyrin- and phthalocyanine-based charge-transfer complexes	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Dalton Transactions	6. 最初と最後の頁 17723-17728
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c9dt03653a	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 花咲徳亮、松田真生	4. 巻 70
2. 論文標題 フタロシアニンにおける電気伝導性と磁性の相関機能	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 化学工業	6. 最初と最後の頁 219-226
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 Y. Miyakubo, M. Nishi, M. Matsuda	4. 巻 8
2. 論文標題 Fabrication of x-lithium tetrabenzoporphyrin by one-pot electrolysis using n-butyl lithium	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Asian Journal of Organic Chemistry	6. 最初と最後の頁 in press
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ajoc.201900126R1	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 K. Urakawa, Y. Kawabata, M. Matsuda, M. Sumimoto, H. Ishikawa	4. 巻 20
2. 論文標題 -Ketocarbenium ions derived from orthoquinone-containing polycyclic aromatic compounds	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Organic Letters	6. 最初と最後の頁 2534-2537
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.orglett.8b00682	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 M. Nishi, R. Ishii, M. Ikeda, N. Hanasaki, N. Hoshino, T. Akutagawa, M. Sumimoto, M. Matsuda*	4. 巻 47
2. 論文標題 An electrically conducting crystal composed of an octahedrally ligated porphyrin complex with high-spin iron(III)	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Dalton Transactions	6. 最初と最後の頁 4070-4075
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c7dt04649a	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 R. Ishii, H. Murakawa, M. Nishi, H. Sakai, M. Matsuda, N. Hanasaki	4. 巻 487
2. 論文標題 Electrochemical synthesis of phthalocyanine-molecular mixed crystals in a dilute solution	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Crystal Growth	6. 最初と最後の頁 92-95
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.crysgro.2018.02.023	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 A. Matsumoto, N. Hoshino, T. Akutagawa, M. Matsuda*	4. 巻 7
2. 論文標題 N-type semiconducting behaviour of copper octafluorophthalocyanine in an organic field-effect transistor	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Applied Sciences	6. 最初と最後の頁 1111
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/app7111111	査読の有無 有
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 -

1. 著者名 K. Torizuka, Y. Uwatoko, M. Matsuda, G. Yoshida, M. Kimata, T. Tajima	4. 巻 86
2. 論文標題 Weak-ferromagnetic response of d electrons, and antiferromagnetic response of electrons in TPP[Mn(Pc)(CN)2]2 in torque magnetometry experiments	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 114709
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJS.86.114709	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 S. Nozoe, M. Matsuda*	4. 巻 7
2. 論文標題 Enhanced Emission by Accumulated Charges at Organic/Metal Interfaces Generated during the Reverse Bias of Organic Light Emitting Diodes	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Applied Sciences	6. 最初と最後の頁 1045
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/app7101045	査読の有無 有
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 -

1. 著者名 M. Matsuda,* S. Iwamura, Y. Hamada, H. Ohishi, M. Nishi, Y. Nogami, M. Ikeda, A. Kanda, Y. Funasako, T. Mochida, A. Nakao, N. Hanasaki	4. 巻 46
2. 論文標題 A new strategy for inducing dipole moments in charge-transfer complexes: Introduction of asymmetry into axially ligated iron phthalocyanines	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Dalton Transactions	6. 最初と最後の頁 11800-11805
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c7dt02605f	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 松田真生、花咲徳亮	4. 巻 72
2. 論文標題 金属フタロシアニン系伝導体における分子設計と巨大磁気抵抗効果	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 日本物理学会誌	6. 最初と最後の頁 415-421
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 M. Matsuda*, G. Yoshida, J-i. Yamaura, T. Inane, T. Tajima	4. 巻 46
2. 論文標題 The magnetoresistance effect in a conducting molecular crystal consisting of dicyano(phthalocyaninato)manganese(III)	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Dalton Transactions	6. 最初と最後の頁 1892-1897
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c6dt04481f	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 M. Nishi, M. Ikeda, A. Kanda, N. Hanasaki, N. Hoshino, T. Akutagawa, M. Matsuda*	4. 巻 45
2. 論文標題 A giant negative magnetoresistance effect in an iron tetrabenzoporphyrin complex	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Dalton Transactions	6. 最初と最後の頁 16604-16609
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c6dt01911k	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 K. Urakawa, Michinori Sumimoto, Mitsuhiro Arisawa, M. Matsuda,* and H. Ishikawa*	4. 巻 55
2. 論文標題 Redox switching of orthoquinone-containing aromatic compounds with hydrogen and oxygen gas	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Angewante Chemie International Edition	6. 最初と最後の頁 7432-7436
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.201601906	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 -

〔学会発表〕 計20件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 4件)

1. 発表者名 T. Uchida, H. Hasegawa, M. Matsuda
2. 発表標題 Study of Mott transition by field-induced carrier injections
3. 学会等名 The 24th Joint Seminar of the Kyushu Branch of the CSJ and the Busan branch of KCS (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 K. Mine and M. Matsuda
2. 発表標題 Fabrication of a neutral radical crystal Fe(tbp)(CN) <sub>2</sub> for an estimation of the intramolecular $\pi$ -d interaction
3. 学会等名 The 24th Joint Seminar of the Kyushu Branch of the CSJ and the Busan branch of KCS (国際学会)
4. 発表年 2019年



1. 発表者名 E. Shimizu, D. Yu, M. Matsuda
2. 発表標題 Electronic structure analysis of ruthenium phthalocyanine with axial ligands
3. 学会等名 第13回分子科学討論会2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 内田 倫弥, 松田 真生
2. 発表標題 陽イオンを取り込んだx-LiPcの電気特性
3. 学会等名 第13回分子科学討論会2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 峯 幸佑, 松田 真生
2. 発表標題 分子内 $\pi$ -d相互作用算出のためのFe(tbp)(CN) <sub>2</sub> 中性ラジカル結晶作製
3. 学会等名 第13回分子科学討論会2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山口 昌幸, 岩村 沙香, 松田 真生
2. 発表標題 負の巨大磁気抵抗効果を示す分子性伝導体の単結晶作製
3. 学会等名 第13回分子科学討論会2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藤田 勇祐、松田 真生
2. 発表標題 リチウムフタロシアニン薄膜を用いた高移動度電界効果トランジスタの作製
3. 学会等名 応用物理学会九州支部学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 宮窪 祐允、西 美樹、松田 真生
2. 発表標題 x 型リチウムテトラベンゾポルフィリンの結晶作製と誘電特性
3. 学会等名 第12回分子科学討論会2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 内田 倫弥、峯 幸佑、西 美樹、松田 真生
2. 発表標題 ゲスト種を取り込んだx-リチウムフタロシアニンの電気特性
3. 学会等名 第12回分子科学討論会2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 M. Matsuda, M. Nishi, N. Hanasaki, N. Hoshino, T. Akutagawa, M. Sumimoto
2. 発表標題 Molecular Design on Molecular Conductors Composed of Iron Phthalocyanine: Toward Controlling the Giant Negative Magnetoresistance Effect
3. 学会等名 43rd International Conference on Coordination Chemistry (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 清水 智可、杉本 崇、石井 龍太、村川 寛、西 美樹、松田 真生、稲辺 保
2. 発表標題 ルテニウムフタロシアニンの合成と分子内 $d-d$ 相互作用の評価
3. 学会等名 日本物理学会2018年秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 西 美樹、松田真生、石井 龍太、花咲 徳亮、星野 哲久、芥川 智行、隅本 倫徳
2. 発表標題 六配位型鉄テトラベンゾポルフィリンを構成成分とする $d$ -系分子性伝導体の巨大な負の磁気抵抗効果を制御する分子設計
3. 学会等名 日本化学会第98春季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 西 美樹、石井 龍太、花咲 徳亮、星野 哲久、芥川 智行、松田 真生
2. 発表標題 巨大負磁気抵抗を示す軸配位型鉄ポルフィリン伝導体
3. 学会等名 第78回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Miki Nishi, Ryuta Ishii, Noriaki Hanasaki, Horihiisa Hoshino, Tomoyuki Akutagawa, Masaki Matsuda
2. 発表標題 Iron Tetrabenzoporphyrin-Based Conductors Exhibiting the Giant Negative Magnetoresistance Effect
3. 学会等名 The 12th International Symposium on Crystalline Organic Metals, Superconductors and Magnets
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Masaki Matsuda, Miki Nishi, Hiroyuki Hasegawa, Norihisa Hoshino, Tomoyuki Akutagawa
2. 発表標題 New fabrication method for CT complex crystals by photoirradiation
3. 学会等名 The 12th International Symposium on Crystalline Organic Metals, Superconductors and Magnets
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Miki Nishi, Norihisa Hoshino, Tomoyuki Akutagawa, Ryuta Ishii, Noriaki Hanasaki, Masaki Matsuda
2. 発表標題 Correlation between pi-conduction electron and d-localised spin in axially-ligated iron tetrabenzoporphyrin
3. 学会等名 13th International Conference on Material Chemistry
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 西 美樹、星野 哲久、野呂 真一郎、芥川 智行、松田 真生
2. 発表標題 結晶内に空孔を有するx-LiPcの誘電特性とガス吸脱着特性
3. 学会等名 第10回分子科学討論会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 西 美樹、星野 哲久、野呂 真一郎、芥川 智行、松田 真生
2. 発表標題 x型リチウムフタロシアニン結晶が有する空孔へのガス吸着特性と電気特性への影響
3. 学会等名 有機結晶シンポジウム
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 岩村 沙香、西 美樹、松田 真生
2. 発表標題 Fe(2,3-Nc)を用いた分子性導電体の作製と誘電特性の発現を目指した非対称な大環状配位子Fe錯体の作製
3. 学会等名 第10回分子科学討論会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Miki Nishi, Mituso Ikeda, Noriaki Hanasaki, Masaki Matsuda
2. 発表標題 Giant negative magnetoresistance effect in a one-dimensional $\pi$ -d system molecular conductor of $(PPh_4)[Fe^{III}(tbp)(CN)_2]_2$
3. 学会等名 The 15th International Conference on Molecule-Based Magnets (国際学会)
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 有機半導体用組成物、ラジカル化合物とその製造方法およびデバイス	発明者 石川勇人 松田真生	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2018-007665	出願年 2018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
---------------------------	-----------------------	----