

令和 3 年 5 月 26 日現在

機関番号：32665

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K05057

研究課題名(和文) マルチサイトなラジカルキレート配位子の開発とフェリ磁性体の構築

研究課題名(英文) Development of Multisite Radical Chelate Ligands and Ferrimagnetic Materials

研究代表者

岡澤 厚 (OKAZAWA, Atsushi)

日本大学・医学部・助教

研究者番号：30568275

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：室温級のラジカル 金属スピン間の磁気結合力を活用したフェリ磁性体の構築を目指し、新規のデュアルラジカルキレート配位子の開発と、これを用いた金属錯体の構造と磁性の解明を行った。[3座+2座]キレート可能なピラジカル配位子の開発では、溶解性を向上したtert-ブチル基置換体について、ラジカルの前々駆体であるジプロモ体までの合成に成功した。一方で、[2座+2座]型マルチラジカルキレート配位子を用いた錯体では、ニッケル(II)二核錯体を単離し、結晶構造解析と磁性を明らかにしている。量子化学計算と合わせて交換相互作用の詳細を解明し、研究成果報告の論文を準備している。

研究成果の学術的意義や社会的意義

室温級のラジカル 金属スピン間の磁気結合力を効率的に高次元に架橋するための新規配位子作りを進展させることができた。この成果を元にさらなる配位子合成を進め、従前にはない室温動作する異方性の強い分子フェリ磁石の構築の足掛かりとする。新規なデュアルラジカルキレート配位子に関する成果発表は、(英国)王立化学会の国際学術誌のひとつであるNew Journal of Chemistryに掲載され、バックカバーに選ばれるなど高い評価を得た。

研究成果の概要(英文)：Toward the development of molecular ferrimagnets, studies on magnetostructural relationship for coordination compounds with new dual radical-chelating ligands have been performed utilizing strong magnetic couplings between intramolecular metal-radical/radical-radical spins beyond a thermal energy of room-temperature. The development of dibromo precursors for new tridentate-bidentate-type biradicals have been achieved, which are substituted with the tert-butyl group to improve solubility. As for the metal complexes with the bidentate-bidentate biradical ligand, a dinuclear nickel(II) complex has been prepared. The crystal structure and magnetic property of the compound were revealed. Additionally, quantum chemical calculations have been performed using density functional theory to unveil magnetic coupling between metal-radical/radical-radical spins toward the preparation of the report.

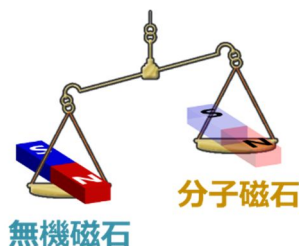
研究分野：錯体物性化学

キーワード：分子性磁性体、ピラジカル、キレート配位子、交換相互作用、ヒドロキシルアミン、クレーンケピリジン合成、金属錯体、ピリドン

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

分子性固体による材料開発は、従前の無機材料に無い「軽量性」・「柔軟性」・「溶媒可溶性」等の機能が期待される(図1)。また、炭素・水素・酸素・窒素といった普遍元素から成るため、社会のサステナビリティの観点からも注目されている。例えば産業界で活躍する高保磁力磁石は、ネオジム・サマリウム・コバルトといったレアメタルを多量に含むことが問題となっている。そのため、代替材料候補として分子で構成される磁性体：「分子磁石」の開発は、重要な研究に位置づけられる。しかし、分子磁石は動作温度(磁気転移温度)が室温を超えるものはほとんど知られておらず、磁気転移温度を向上するためには綿密な分子設計とその実現化が重要になる。



- ✓ 超軽量
(比重~1/4倍)
- ✓ ユビキタス元素が主
(資源豊富な有機物)
- ✓ 光透過性
(光応答性、透明磁石)
- ✓ 加工性
(溶媒可溶性、非焼成)

図1 従来の無機磁石と新規な分子磁石の特徴の違いを表す概念図。

分子磁石実現のアプローチの一つに、有機物なのに電子スピンを持つ「ラジカル」と、金属イオンを複合させた“metal-radical approach”が提唱され、多くの化合物が開発されてきた。しかし、磁石となるには三次元的なスピン整列が必要で、隣接する分子間・分子内に働く磁気結合力(交換相互作用)を最大限に強くすることが不可欠であるが、これに適う有機ラジカル配位子の開発研究は未だ発展途上といえる。

我々は、2015~2016年度の科研費若手研究(B)において、これまでの知見に基づいた分子設計によって、金属イオン間のスピンを強い磁気結合力で架橋できる「マルチラジカルキレート配位子」の開発に成功してきた。しかし、この配位子のバリエーションや複合化する金属イオンは限定的であるため、新たな配位子の開発と、当該配位子を用いた金属錯体形成の適応性を明らかにしていく課題が残されていた。

2. 研究の目的

本研究は、室温級に強い磁気結合力を高次元に繋げていくことが可能なラジカルキレート配位子を活用し、分子磁性体を構築することを目的としている。磁気結合力のメカニズムとして、反強磁性的相互作用やレドックス活性な異種金属イオン間に働く二重交換相互作用も見越した、新しいマルチラジカルキレート配位子の開発も試みた。具体的には以下の研究テーマ(1)~(3)に分けて、室温級に強い磁気結合力のみでスピン間を繋いだ多核金属錯体の開発を目指した。

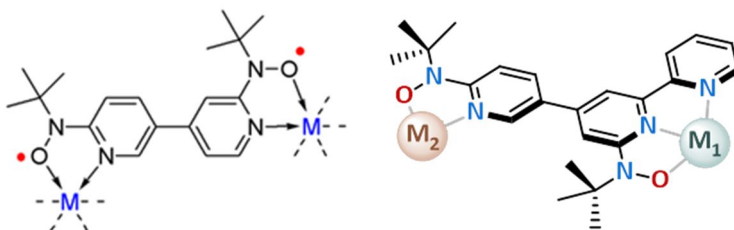


図2 (左) [2座+2座]型(34bpybNO)および(右) [3座+2座]型(tpybNO)のマルチラジカルキレート配位子。

具体的には以下の研究テーマ(1)~(3)に分けて、室温級に強い磁気結合力のみでスピン間を繋いだ多核金属錯体の開発を目指した。

(1) 「[3座+2座]タイプのマルチラジカルキレート配位子の開発」

これまでに、非対称な[2座+2座]型キレート配位子を開発してきたが、これを使った金属錯体では配位様式が一意に決まりにくいいためか、(疑似的な)多形が起こって組成は同じでも複数種類の生成物が混在する結果になりやすかった。そこで、分子内二か所のキレートサイトを、配位能が明確に違う2座と3座部位に分けることで改善を試みた(図2)。

(2) 「多様な遷移金属イオンとの錯形成可能性の探索」

ラジカルキレート配位子の幅広い活用を目的として、新たにニッケル(II)錯体や希土類(III)錯体の合成を試みた。

(3) 「実験と量子化学計算の両輪による分子の構造と磁気結合力の相関性解明」

マルチサイトに配位させた金属錯体ではスピン中心が増えるため、磁気結合力は複雑化して解明が難しくなる。そこで、実験的な構造・磁性の解明に加えて量子化学的計算によって磁気結合力を見積もることで、実験と計算の両輪によって構造・磁性相関を解明していくことを目的とした。

3. 研究の方法

(1) 非対称なピリジンやターピリジン類の合成に汎用的な鈴木-宮浦カップリングを使ってピリジン環を連結させるには、選択的位置でのカップリングを必要とし、なおかつラジカルとなるニトロキシド基の置換部位にプロモ基を残しておく必要があり、かなり困難を伴う。そこで、クレーンケピリジン合成によってピリジン環を構築していく方法を採用した(図 3)。マイケル受容体と活性メチレンとの反応によってターピリジンの中心ピリジン環を構築し、その後ピリドン体を臭素化することで前々駆体となるジプロモ体を合成した。

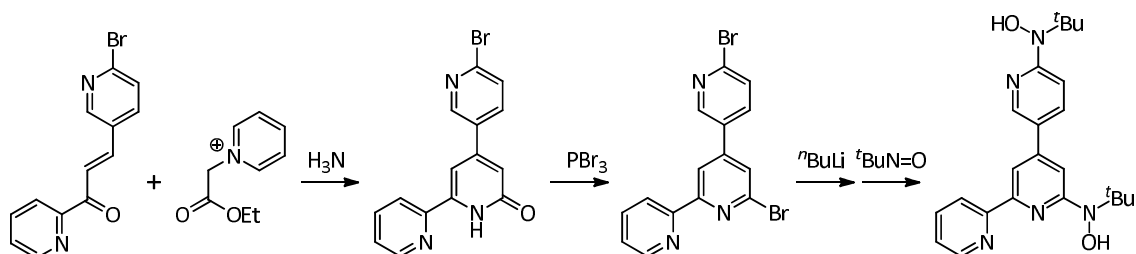


図 3 [3 座+2 座]型マルチラジカルキレート配位子(tpybNO)の合成スキーム。

(2)&(3) 6 配位ニッケル(II)錯体を目指し、ヘキサフルオロアセチルアセトナート(hfac)でキャップした Ni(hfac)₂と 34bpybNO を合わせて、ニッケル(II)二核錯体を合成した。単結晶 X 線結晶構造解析により物質の同定と構造解明を行い、超伝導量子干渉型磁束計(SQUID)による磁気測定と磁性の解明を試みた。また、量子化学計算による磁気結合力の見積もりとして、密度汎関数法(DFT)を用いた一点計算から各スピン多重度のエネルギーを求め、山口の式による磁気結合力の見積もりを行った。また、これまでに 34bpybNO を用いた希土類(III)錯体は、スピン数の大きいガドリニウム(III)と磁気異方性が強いと予想されるテルビウム(III)の環状二核錯体を開発してきたが、スピン中心がやや複雑で磁気結合力の解析は困難であった。そこで、非磁性でイオン半径がこれらと同程度のイットリウム(III)による同形錯体を合成し、磁性の解明を試みた。

4. 研究成果

(1) クレーンケピリジン合成の原料となる活性メチレンはアセチルピリジンとピリジンカルボキシアルデヒドとのアルドール縮合によって調達した。これと市販品から 1 ステップで合成される活性メチレンとを、既報に過剰量の酢酸アンモニウム存在下で還流することで中程度の収率で目的のピリドン体を得た。このピリドン体は類似物質が発光性の亜鉛(II)センサーとして報告されているが、本物質も亜鉛(II)イオンを添加することで発光強度の増大が観測された。発光性バイオセンサーとしての用途を検討している。

ピリドン体から臭素化の反応は、三臭化リンを溶媒に用いた還流条件で行うことで、目的物を ¹H NMR で確認した。溶解性が悪いためプロモ化の収率も悪く、続くリチウム試薬を用いたヒドロキシルアミン体への変換も難しいことが予想された。そこで、溶解性向上を目指して *tert*-ブチル基を導入した誘導体の合成にも着手した。こちらもピリドン体まで合成に成功し、一般的な有機溶媒への溶解性向上が見られた。一方で、34bpybNO のリチオ化によるヒドロキシルアミン体の収率も溶解性が原因で 20%程度とかなり低く、収率向上が望まれていたため合成条件を再検討した。脱水テトラヒドロフラン溶媒中、-98 °C で先にブチルリチウムを反応容器に加えて、溶解性の低いジプロモ体を滴下していくことで、ヒドロキシルアミン体の単離収率が倍程度向上した。これは、リチオ化された化合物の方がエーテル系溶媒に溶けやすいため、十分にジプロモ体が反応できたためだと思われる。この改善された手法によって、[3 座+2 座]型のラジカルキレート配位子の合成を今後さらに進めていく。

本研究によって、これまでの関連研究で推進してきた[2 座+2 座]型ラジカルキレート配位子(34bpybNO)の論文化を進め、(英国)王立化学会の国際学術誌の一つである *New Journal of Chemistry* に投稿受理され、論文は高い評価を受けてバックカバー絵に選出された。

(2)&(3) 34bpybNO を用いた銅(II)錯体について、2015~2016 年度科研費若手(B)で報告してきたが、銅(II)と同じ d_{xy} 対称性の磁性軌道にのみスピンを有するニッケル(II)錯体を合成し、構造と磁性の相関性を調べた。Ni(hfac)₂ 塩との錯形成によってできるだけスピン系のシンプルな錯体合成を試みた結果、良好な単結晶(図 4)が得られたため X 線回折測定・解析によって結晶構造を明らかにした。興味深いことに得られた結晶は偏光板を通して観察すると、双晶のようにドメインが確認された。この結晶は極性を持つ *Pca*2₁ の空間群であるため、逆の極性をもつドメイン同士が十字に切られた部分として分かれて成長したものだと思われる。磁気光学効果が見られれば、光アイソレーター材料への展開なども考えられる。

この錯体は、34bpybNO でニッケル(II)イオンを架橋した狙い通りの二核錯体であったが、結晶学的に独立二分子が存在することが分かった。本系はラジカルと金属イオンとの磁気結合力がキレート部分の捩じれ具合によって大きく影響を受けるため、捩じれ方の違う分子が二つある場合はスピン中心 4 つ × 2 組で考えなければならない。磁化率の温度変化は比較的単調であるため、磁気結合力の解析には計算化学で補う必要となる。

また、イットリウム(III)の hfac 塩を用いた 34bpybNO との錯形成も試みた。ガドリニウム(III)やテルビウム(III)と同じ構造の環状二核錯体： $[\text{Ln}(\text{hfac})_3(34\text{bpybNO})]_2$ が得ることに成功した。SQUID 装置による磁気測定の結果から、強磁性的相互作用が支配的であったことから、基底高スピン状態を取ることが分かった。現在は、ここで得られた磁気結合力の強さを固定して、ガドリニウム(III)錯体との磁気結合力の強さを見積もるため、詳細な解析を試みている。

一方で、ニッケル(II)錯体中の磁気結合力の大きさの見積もりについては、磁化率のフィッティングと DFT 計算による妥当性評価を進めており、論文準備中である。

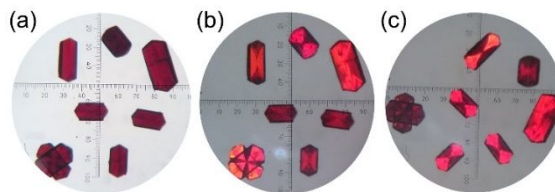


図 4 Ni(hfac)₂ と 34bpybNO からなる錯体の結晶。(a) 偏光板なし(b) 偏光板ありの顕微鏡写真。(c) 結晶を 45°傾けたときの写真。

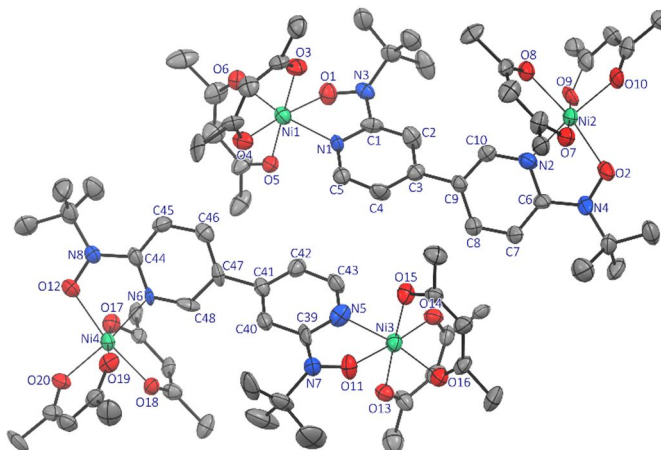


図 5 (左) 34bpybNO とニッケル(II)を用いた金属錯体： $[\{\text{Ni}(\text{hfac})_2(34\text{bpybNO})\}]_2$ の結晶構造図。水素原子は省略している。結晶学的に独立な二分子を表示している。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計20件（うち査読付論文 20件 / うち国際共著 5件 / うちオープンアクセス 9件）

1. 著者名 Takizawa Shin-ya, Kato Sora, Okazawa Atsushi, Ikuta Naoya, Matsushima Satoko, Zeng Fanyang, Murata Shigeru	4. 巻 60
2. 論文標題 Triplet Excited States Modulated by Push-Pull Substituents in Monocyclometalated Iridium(III) Photosensitizers	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Inorganic Chemistry	6. 最初と最後の頁 4891 ~ 4903
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.inorgchem.0c03802	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 Yamada Yasuhiro, Sato Yukiko, Kobayashi Yoshio, Ando Takatoshi, Takahama Noriko, Some Kanako, Sato Masami, Mihara Mototugu, Kubo M. Kenya, Sato Wataru, Miyazaki Jun, Nagatomo Takashi, Kobayashi Junji, Okazawa Atsushi, Sato Shinji, Kitagawa Atsushi	4. 巻 241
2. 論文標題 In-beam Mossbauer spectra for 57Mn implanted sulfur hexafluoride	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Hyperfine Interactions	6. 最初と最後の頁 15-1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10751-019-1655-y	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 Ida Yumi, Okazawa Atsushi, Sonobe Kazutaka, Muramatsu Hisanori, Kambe Tetsuya, Imaoka Takane, Chun Wang-Jae, Tanabe Makoto, Yamamoto Kimihisa	4. 巻 10
2. 論文標題 A useful preparation of ultrasmall iron oxide particles by using arc plasma deposition	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 RSC Advances	6. 最初と最後の頁 41523 ~ 41531
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D0RA07443H	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 Jousselin-Oba Tanguy, Mamada Masashi, Okazawa Atsushi, Marrot Jerome, Ishida Takayuki, Adachi Chihaya, Yassar Abderrahim, Frigoli Michel	4. 巻 11
2. 論文標題 Modulating the ground state, stability and charge transport in OFETs of biradicaloid hexahydro-diindenopyrene derivatives and a proposed method to estimate the biradical character	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chemical Science	6. 最初と最後の頁 12194 ~ 12205
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D0SC04583G	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 該当する

1. 著者名 Kamebuchi Hajime, Fujimura Yu, Yoshioka Taiho, Okazawa Atsushi, Tadokoro Makoto, Kojima Norimichi	4. 巻 10
2. 論文標題 Multicolor Emission and Photophysical Properties of Proton-Responsive Cyclometallated Iridium(III) Complex in Transparent Cation-Exchange Membrane	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Crystals	6. 最初と最後の頁 653 ~ 653
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/cryst10080653	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 Nakanishi Takumi, Hori Yuta, Wu Shuqi, Sato Hiroyasu, Okazawa Atsushi, Kojima Norimichi, Horie Yusuke, Okajima Hajime, Sakamoto Akira, Shiota Yoshihito, Yoshizawa Kazunari, Sato Osamu	4. 巻 59
2. 論文標題 Three Step Spin State Transition and Hysteretic Proton Transfer in the Crystal of an Iron(II) Hydrazone Complex	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Angewandte Chemie International Edition	6. 最初と最後の頁 14781 ~ 14787
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.202006763	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 Kojima Norimichi, Okazawa Atsushi	4. 巻 137
2. 論文標題 Molecular Magnetism of Metal Complexes and Light-Induced Phase Transitions	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 MODERN MOSSBAUER SPECTROSCOPY: NEW CHALLENGES BASED ON CUTTING-EDGE TECHNIQUES	6. 最初と最後の頁 267 ~ 317
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-981-15-9422-9_6	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 J. Chen, Y. Sekine, A. Okazawa, H. Sato, W. Kosaka, H. Miyasaka	4. 巻 11
2. 論文標題 Chameleonic layered metal-organic frameworks with variable charge-ordered states triggered by temperature and guest molecules	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chemical Science	6. 最初と最後の頁 3610-3618
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D0SC00684J	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 W. Huang, S. Wu, X. Gu, Y. Li, A. Okazawa, N. Kojima, S. Hayami, M. L. Baker, P. Bencok, M. Noguchi, Y. Miyazaki, M. Nakano, T. Nakanishi, S. Kanegawa, Y. Inagaki, T. Kawae, G. Zhuang, Y. Shiota, K. Yoshizawa, D. Wu, O. Sato	4. 巻 10
2. 論文標題 Temperature dependence of spherical electron transfer in a nanosized [Fe14] complex	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Nature Communications	6. 最初と最後の頁 5510-1-9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41467-019-13279-y	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 該当する

1. 著者名 T. Tateishi, S. Takahashi, A. Okazawa, V. Mart-Centelles, J. Wang, T. Kojima, P. Lusby, H. Sato, S. Hiraoka	4. 巻 141
2. 論文標題 Navigated self-assembly of a Pd2L4 cage by modulation of an energy landscape under kinetic control	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 19669-19676
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.9b07779	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 L. H. Foianesi-Takeshige, S. Takahashi, T. Tateishi, R. Sekine, A. Okazawa, W. Zhu, T. Kojima, K. Harano, E. Nakamura, H. Sato, and S. Hiraoka	4. 巻 2
2. 論文標題 Bifurcation of Self-assembly Pathways to Sheet or Cage Controlled by Kinetic Template Effect	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Communications Chemistry	6. 最初と最後の頁 128-1-11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s42004-019-0232-2	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 T. Nakanishi, Y. Hori, H. Sato, S. Wu, A. Okazawa, N. Kojima, T. Yamamoto, Y. Einaga, S. Hayami, Y. Horie, H. Okajima, A. Sakamoto, Y. Shiota, K. Yoshizawa, O. Sato	4. 巻 141
2. 論文標題 Observation of Proton Transfer Coupled Spin Transition and Trapping of Photoinduced Metastable Proton Transfer State in an Fe(II) Complex	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 14384-14393
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.9b07204	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. Kagesawa, Y. Ichikawa, H. Iguchi, B. K. Breedlove, Z. Li, M. Yamashita, A. Okazawa, W. Kosaka, H. Miyasaka	4. 巻 48
2. 論文標題 Water-vapor sensitive spin-state switching in an iron(III) complex with nucleobase pendants making flexible hydrogen-bonded networks	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 1221-1224
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.190532	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 Atsushi Okazawa, Yuutaro Terakado, Takayuki Ishida, Norimichi Kojima	4. 巻 42
2. 論文標題 A triplet biradical with double bidentate sites based on tert-butyl pyridyl nitroxide as a candidate for strong ferromagnetic couplers	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 New Journal of Chemistry	6. 最初と最後の頁 17874-17878
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C8NJ04180F	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 Miho Itoi, Atsushi Okazawa, Jun-ichi Yamaura, Sachiko Maki, Tokutaro Komatsu, Isabelle Maurin, Epiphane Codjovi, Kamel Boukheddaden, Norimichi Kojima	4. 巻 57
2. 論文標題 Structural Insight into Order-Disorder Transition and Charge-Transfer Phase Transition in an Iron Mixed-Valence Complex (n-C ₃ H ₇) ₄ N[FeIIFeIII(dto) ₃] with a Two-Dimensional Honeycomb Network	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Inorganic Chemistry	6. 最初と最後の頁 13728-13738
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.inorgchem.8b02211	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 Masaya Enomoto, Hiromichi Ida, Atsushi Okazawa, Norimichi Kojima	4. 巻 8
2. 論文標題 Effect of Transition Metal Substitution on the Charge-Transfer Phase Transition and Ferromagnetism of Dithioxalato-Bridged Hetero Metal Complexes, (n-C ₃ H ₇) ₄ N[FeII1-xMnIIxFeIII(dto) ₃]	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Crystals	6. 最初と最後の頁 446-1-17
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/cryst8120446	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 A. Taufiq, A. F. Muyasaroh, Sunaryono, H. Susanto, N. Hidayat, N. Mufti, E. Suarsini, A. Hidayat, A. Okazawa, T. Ishida, Darminto	4. 巻 23
2. 論文標題 Preparation of Superparamagnetic Fe ₃ O ₄ Nanoparticles from Iron Sand Mediated by Soft Template and Their Performance as Antibacterial Agent	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Magnetism	6. 最初と最後の頁 337-344
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4283/JMAG.2018.23.3.337	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 Rikako Tanaka, Atsushi Okazawa, Norimichi Kojima, Nobuyuki Matsushita	4. 巻 47
2. 論文標題 Ionic Crystal Containing Protons (H ⁺) as Counter Cations: Preparation and Crystal Structure of a Salt of 4,4'-Bipiperidine-1,1'-dium and Hexacyanidoferrate(II)	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 697-699
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.180157	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 Rikako Tanaka, Atsushi Okazawa, Hisashi Konaka, Akito Sasaki, Norimichi Kojima, Nobuyuki Matsushita	4. 巻 57
2. 論文標題 Unique Hydration/Dehydration-Induced Vapochromic Behavior of a Charge-Transfer Salt Comprising Viologen and Hexacyanidoferrate(II)	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Inorganic Chemistry	6. 最初と最後の頁 2209-2217
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.inorgchem.7b03100	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 Hiromitsu Nakajima, Atsushi Okazawa, Shiro Kubuki, Qing Shen, Kiminori Itoh	4. 巻 32
2. 論文標題 Determination of iron species, including biomineralized jarosite, in the iron-hyperaccumulator moss <i>Scopelophila ligulata</i> by Mossbauer, X-ray diffraction, and elemental analyses	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 BioMetals	6. 最初と最後の頁 171-184
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10534-019-00169-5	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12件(うち招待講演 0件/うち国際学会 3件)

1. 発表者名 横山 昂暉、鈴木 祐大、井田 博道、金友 拓哉、岡澤 厚、榎本 真哉
2. 発表標題 1,2-ジチオシュウ酸で架橋した2核鉄(II)錯体のスピנקロスオーバー挙動の解明
3. 学会等名 錯体化学会第70回討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 横山 昂暉、鈴木 祐大、井田 博道、金友 拓哉、岡澤 厚、榎本 真哉
2. 発表標題 1,2-ジチオシュウ酸で架橋した2核鉄(II)錯体の2段階スピנקロスオーバー挙動の解明
3. 学会等名 日本化学会第101春季年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 TATEISHI, Tomoki; TAKAHASHI, Satoshi; OKAZAWA, Atsushi; MARTI-CENTELLES, Vicente; WANG, Jianzhu; KOJIMA, Tatsuo; LUSBY, Paul J.; SATO, Hirofumi; HIRAOKA, Shuichi
2. 発表標題 Quantitative self-assembly of a Pd ₂ L ₄ cage under kinetic control
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yoshihiro Sekine, Jian Chen, Atsushi Okazawa, Hitoshi Miyasaka
2. 発表標題 Control of intra-lattice electron transfers in tetraoxolene-bridged two-dimensional layers
3. 学会等名 錯体化学会第69回討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Jian Chen, Yoshihiro Sekine, Atsushi Okazawa, Hitoshi Miyasaka
2. 発表標題 Acceptor-Site Doping Effects of Dynamic Electronic States in Two-dimensional Fe-Tetraoxolene Honeycomb Networks
3. 学会等名 錯体化学会第69回討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 関根良博、陳健、岡澤厚、宮坂等
2. 発表標題 テトラオキソレン架橋鉄二次元層状化合物における分子内電子移動制御
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 糸井 充穂, 岡澤 厚, 山浦 淳一, 真木 祥千子, 小松 徳太郎, Isabelle Maurin, Epiphane Codjovi, Kamel Boukheddaden, 小島 憲道
2. 発表標題 結晶構造解析とDFT計算による鉄混合原子価錯体(n-C ₃ H ₇) ₄ N[Fe ^{II} Fe ^{III} (dto) ₃]の光誘起電荷移動相転移の可能性の検討
3. 学会等名 日本物理学会第74回年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 管野 公平, 岡澤 厚, 松尾 司
2. 発表標題 ジアリールコバト二価錯体の合成と反応
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松村 真唯子, 皆木 秋穂, 金友 拓哉, 岡澤 厚, 榎本 真哉
2. 発表標題 鉄錯体に架橋されたアルカリ土類金属クラスター構造を持つ新奇配位高分子の構築およびその物性
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 A. Okazawa, H. Kobayashi, I. Kawasaki, I. Watanabe, N. Kojima
2. 発表標題 Spin dynamics in tripyrazolymethane iron(II) complexes showing static and dynamic spin-crossover phenomena
3. 学会等名 The 9th TOYOTA RIKEN International Workshop on New Developments and Prospects for Futrue of Mossbauer Spectroscopy (IWMS2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 A. Okazawa, H. Kobayashi, I. Watanabe, I. Kawasaki, N. Kojima
2. 発表標題 Comparison of μ SR Spectra for Tripyrazolymethane Iron(II) Spin-Crossover Complexes to Investigate Spin Dynamics
3. 学会等名 2nd RIKEN SYMPOSIUM (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 A. Okazawa, T. Ishida, N. Kojima
2. 発表標題 Magneto-Structural Relationship on Metal Complexes Using Dual Radical Chelate Ligand Showing Ground Triplet State
3. 学会等名 43rd International Conference on Coordination Chemistry (ICCC2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

日本大学医学部一般教育学系化学分野ホームページ
<https://www.med.nihon-u.ac.jp/department/chemistry/index.html>

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
---------	---------