

令和 4 年 6 月 27 日現在

機関番号：24402

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19K05505

研究課題名(和文)弱い相互作用を活用した動的超分子錯体のヘリシティー制御と機能創出

研究課題名(英文) Helicity Controlling and function creations of dynamic supramolecular metal complexes by utilizing weak interactions

研究代表者

三宅 弘之 (Miyake, Hiroyuki)

大阪市立大学・大学院理学研究科・准教授

研究者番号：00271198

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：本基盤研究では、弱い相互作用を活用した動的超分子錯体のヘリシティー制御とらせん型錯体を活用した機能創出を目指し、芳香族側鎖をもつキラルな4座配位子の末端に金属イオンへの配位可能なジメトキシベンゼン基を導入した新規キラル配位子の設計、合成と、このキラル配位子と過塩素酸コバルトから調製したCo(II)錯体が弱い相互作用の組み合わせによってジアステレオ選択的に左手系らせん構造を形成し、アキラルな外部刺激により多様な構造変換を達成することを見出した。さらに、らせん型銅(II)錯体を用いて、エレクトロスプレーイオン化質量分析法を活用した遊離アミノ酸のエナンチオマー過剰率の同時分析法も開発した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本申請研究では、配位子と金属イオンとを単に混合するだけで純度の高いキラル錯体を得る新たな合成法とその構造変換法を探究するため、弱い相互作用の形成が期待できる芳香環側鎖をもつペプチド配位子を用いて、遷移金属錯体に完璧なキラリティーを誘起し、さらにその構造を外部刺激により反転させる新しい方法論と、生体分子の高感度センシングプローブへの展開を図った。このような不斉情報のスイッチングとキラルセンシングシステムは弱い相互作用のON-OFFで構造変換する生体超分子らせん構造のモチーフとして興味深く、また、光や電気信号にも応答する新たなキラリティー変換デバイスの開発に重要な知見を与えるものである。

研究成果の概要(英文)：In this research work, new chiral tetradentate ligands consisting of (S)-phenylalanine moieties with dimethoxybenzene groups at both terminals of the ligand were designed and synthesized, which can coordinate with cobalt(II) perchlorate to form left-handed helical structures by effect of a combination of weak interactions in diastereoselective fashion, and their structural multi-transformations were achieved by various achiral external stimuli. We have also developed a method for simultaneous analysis of the enantiomeric excess of free amino acids using an electrospray ionization mass spectrometry with a copper(II) complex with a chiral tetradentate ligand.

研究分野：錯体化学

キーワード：金属錯体 らせん 構造変換 置換活性 外部刺激 アミノ酸 質量分析 分子認識

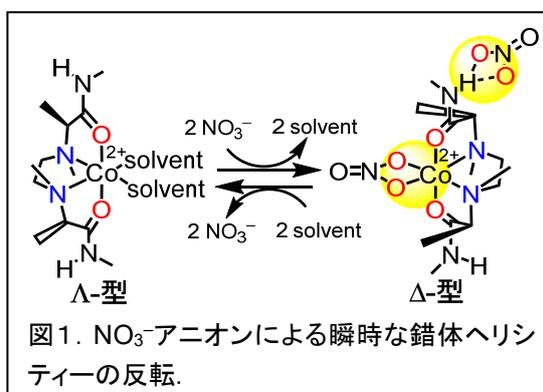
科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

生体高分子では水素結合、 π - π や $\text{NH}\cdots\pi$ 結合、立体的な相互作用など弱い相互作用の *ON-OFF* がらせん構造を含む超分子構造の形成と変換に大きく寄与している。らせん構造のモチーフとして近年ポリアセチレンやポリシラン、ポリキノキサリンなど高分子材料¹⁾を用いて精力的に研究されてきたが、それらに加えキラル金属錯体の配位立体化学は有用で、多彩な配位子を用いて精力的に研究が展開されてきた。しかし、それらの多くは置換不活性な金属錯体系からなり、ダイナミックな構造変換には不適切である²⁾。そのため、配位子と金属イオンとを単に混合するだけで純度の高いキラル錯体を得る新たな合成法とその動的構造変換法が求められる。金属錯体は、特徴ある配位立体化学に加え、レドックス活性やユニークな分光学的特性など魅力的な性質を持ち、これらをらせん構造中で協同的に発揮できれば、超分子レベルでの構造制御と機能発現の実現が期待できる。

本研究者は(*S*)-アラニンから誘導した光学活性な直線型4座配位子を用いた立体選択的な *cis*- α 型錯体の形成法を見出し、その Co(II) 錯体の絶対配置(錯体ヘリシティ)が、 NO_3^- アニオンを外部刺激として瞬時に反転する($\Lambda \rightleftharpoons \Delta$)、きわめてユニークな現象を世界に先駆けて見いだした(図1)^{3,4)}。

この動的な性質を持つ金属錯体を活用して、ペプチドらせんの反転制御⁵⁾や伸縮スイッチング^{6,7)}の実現に成功を収めてきたが、高次の機能性分子へと展開するには、溶媒や酸化還元、光刺激など多彩な外部刺激に応答するスイッチング分子を開発する必要がある。



(参考文献)

- 1) E. Yashima, N. Ousaka, D. Taura, K. Shimomura, T. Ikai, and K. Maeda, *Chem. Rev.*, **116**, 13752-13990 (2016)
- 2) **H. Miyake**, H. Tsukube, *Chem. Soc. Rev.*, **41**, 6977-6991 (2012).
- 3) **H. Miyake**, K. Yoshida, H. Sugimoto and H. Tsukube, *J. Am. Chem. Soc.*, **126**, 6524-6525 (2004).
- 4) **H. Miyake**, H. Sugimoto, H. Tamiaki and H. Tsukube, *Chem. Commun.*, 4291-4293 (2005).
- 5) **H. Miyake**, H. Kamon, I. Miyahara, H. Sugimoto and H. Tsukube, *J. Am. Chem. Soc.*, **130**, 792-793 (2008).
- 6) **H. Miyake**, M. Hikita, M. Itazaki, H. Nakazawa, H. Sugimoto and H. Tsukube, *Chem. Eur. J.*, **14**, 5393-5396 (2008).
- 7) J. Gregoliński, M. Hikita, T. Sakamoto, H. Sugimoto, H. Tsukube, **H. Miyake**, *Inorg. Chem.*, **55**, 633-643 (2016).

2. 研究の目的

本基盤研究では、金属イオンを中心とした瞬時的なヘリシティの反転現象が、生体系に見られるような、複数の弱い相互作用により制御されることに着目して、さらに多彩な弱い相互作用によりコントロールできる超分子らせん構造の反転制御と、応答性の向上や外部刺激の組み合わせを検知する特異性の付与と記憶化を目指すものである。さらにはらせん分子の形成する不斉環境を利用した機能創出を図る。

3. 研究の方法

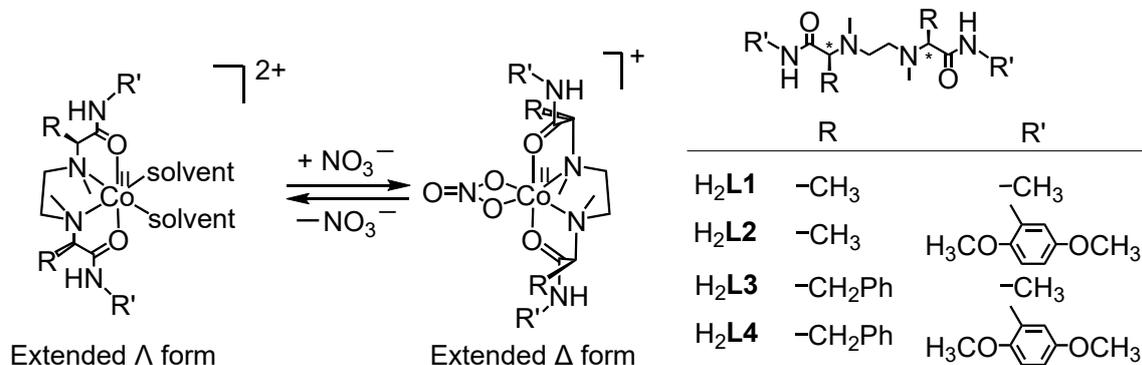
以上の目的のため、弱い相互作用の形成が期待できる芳香環側鎖をもつペプチド配位子を用いて、遷移金属錯体に完璧なキラリティーを誘起し（図2右）、さらにその構造を外部刺激により反転させる新しい方法論を展開した。具体的には、立体的にはらせん混合物を与えると考えられる高い側鎖を持つ配位子からなる錯体に、 π - π スタッキングや NH- π 相互作用の安定化要因を加えることで、完璧なキラリティーを持つ金属錯体を調製し、さらに、その相互作用を外部刺激でコントロールすることで異性化スイッチングを達成した。

この置換な活性ならせん型金属錯体はキラル構造の構築・変換ユニットとなるばかりではなく、金属中心に *cis* 型に配位している溶媒分子が容易に交換可能であるため、配位性外部基質の取り込みに有利な不斉環境を提供する（図3）。そのため、キラル分割剤などへの展開が期待され、本研究では生体分子の高感度キラルセンシングプローブへの展開を図った。

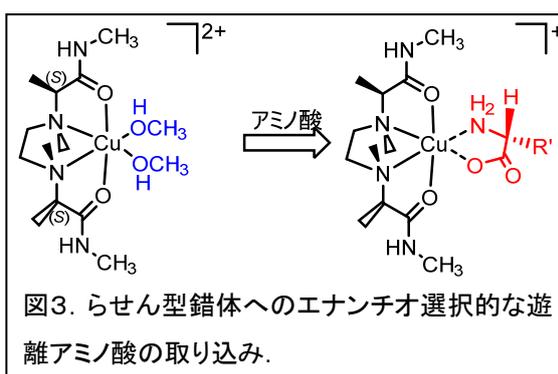
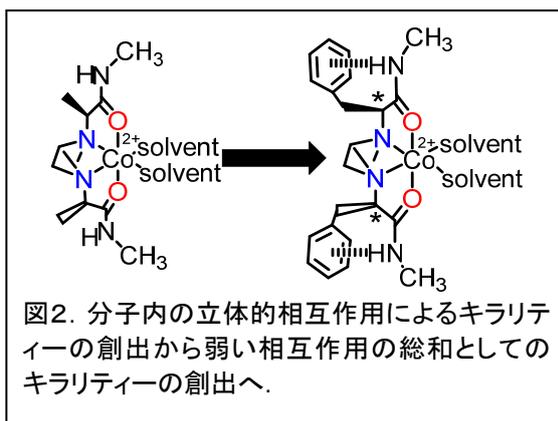
4. 研究成果

(1)フェニルアラニン誘導体配位子を用いたキラル金属錯体の合成と弱い相互作用の ON-OFF による錯体ヘリシティの反転

アミノ酸は古くからキラル錯体を与える有用なキラル配位子として用いられてきたが、生成した金属錯体は多くの場合ジアステレオ混合物となる。そのため、置換不活性な金属錯体を合成し、それらを光学分割する必要があるが、本研究者は、(S)-アラニン誘導体配位子 (H_2L1 , H_2L2) から調製した Co(II)、Ni(II)、Zn(II) 錯体で *cis*- α Λ 型の完璧なキラル錯体を与えることを見出した³⁻⁶。嵩高い側鎖を持つアミノ酸配位子では Λ 体と Δ 体の平衡混合物を与えるが、本基盤研究では、配位子側鎖に比較的嵩高く、かつ NH- π 相互作用の可能な芳香環を導入し、その分子内相互作用の ON-OFF による錯体ヘリシティの反転制御について検討した。



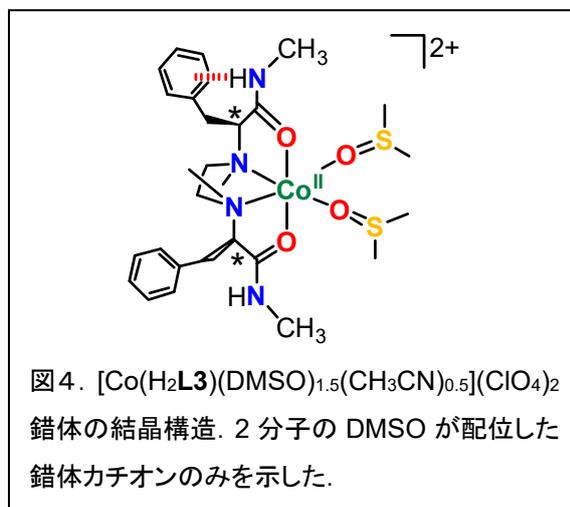
その結果、配位子の側鎖が大きくなると錯体ヘリシティが Λ 型構造から Δ 型構造へ片寄ることを、¹H NMR および CD スペクトル測定から明らかにした。さらに、 H_2L3 -Co(ClO₄)₂ 錯体で



は NO₃⁻ アニオン刺激のみならず溶媒刺激によりΛ型からΔ型へヘリシティーが反転することを見いだした。

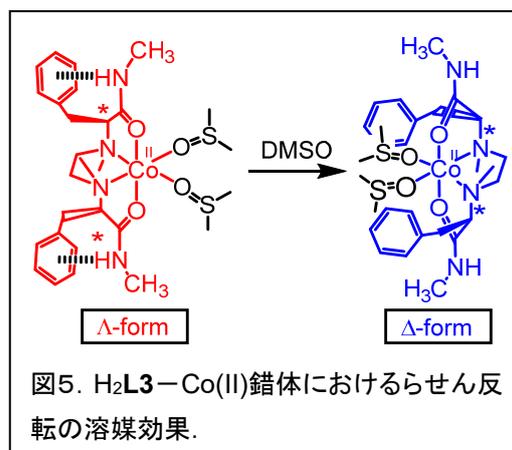
キラルな4座配位子 H₂L1 や H₂L2 と Co(ClO₄)₂ からなる置換活性な Co²⁺ 錯体が CH₃CN/CHCl₃ 中ジアステレオマー過剰率 (d.e.) 95 % 以上で選択的に Λ 型らせん構造を形成したが、ベンジル側鎖を含む配位子 H₂L3 からなる H₂L3-Co(ClO₄)₂ 錯体では d.e. = 54 % であった。

(S)-フェニルアラニンから誘導したキラル4座配位子 H₂L3 と Co(ClO₄)₂·6H₂O、DMSO (1:1:2) を含む CH₃CN 溶液から得られたピンク色の単結晶を用いて結晶構造解析を行ったところ、この錯体では配位子の2つのアミド酸素と2つのアミン窒素に加え、ディスオーダーした2分子の DMSO または1分子の DMSO と1分子の CH₃CN が Co(II) 中心に配位した、歪んだ6配位8面体型のΛ cis-α 構造であった (図4)。さらに2つのアミド水素のうち1つはベンゼン環と NH-π 相互作用していた。



一方、ジメキシベンゼン基を含むフェニルアラニン型配位子 H₂L4 からなる Co²⁺ 錯体では完璧に Λ 型構造を形成することが明らかになった。H₂L4-Co(ClO₄)₂ 錯体は、アミド水素とメキシ酸素間の水素結合と分子内 π-π スタッキング相互作用によって Λ 型構造が安定化したと考えられる。

H₂L1-H₂L4/Co(ClO₄)₂ = 1/1 の溶液に NO₃⁻ イオンを添加するとらせん反転が進行した。このように、複数の弱い相互作用の組み合わせにより、完璧な Λ 型から完璧な Δ 型へ平衡移動のできる Co²⁺ 錯体を実現できた。また、H₂L3-Co(ClO₄)₂ 錯体と H₂L4-Co(ClO₄)₂ 錯体は DMSO 中で Δ 型構造が優先的に形成され (図5)、溶媒刺激によるヘリシティーの制御が可能なることも明らかにした。



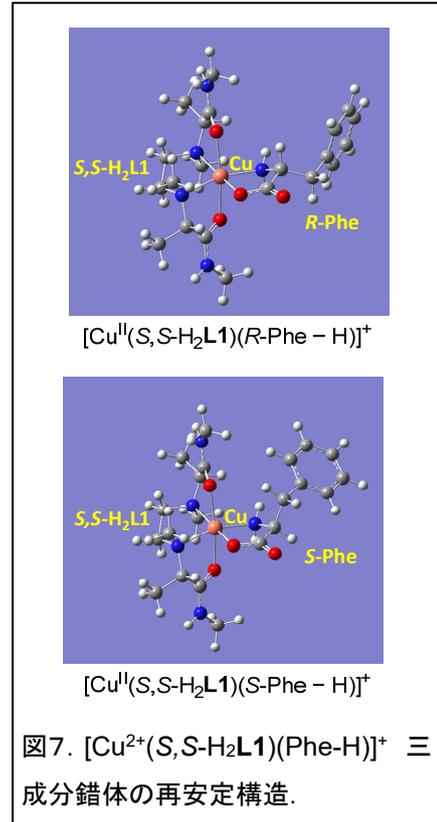
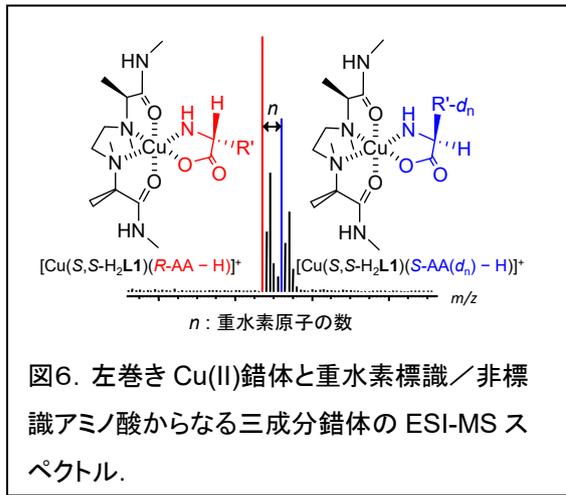
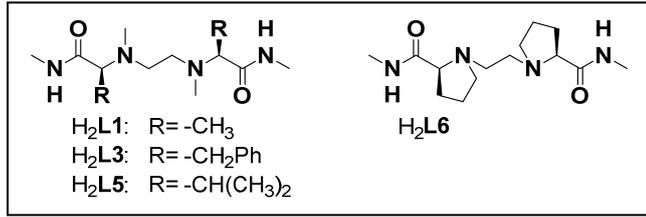
(2) 生体分子の高感度キラルセンシングプローブへの展開

サリドマイドの生理作用やレモネン、グルタミン酸などの匂いや味はその立体化学により大きく異なることが知られている。一方、アルツハイマー病や統合失調症患者の体内から D 化したアミノ酸の検出が報告されていることから、微量遊離アミノ酸の光学純度分析はバイオマーカーになり得ると期待されている。一般的に遊離アミノ酸の光学純度分析として、核磁気共鳴スペクトル (NMR)、円二色性スペクトル (CD)、高速液体クロマトグラフィー (HPLC) 法がよく用いられているが、分析や前処理に長い時間を要したり、多検体の同時分析への適用が困難であったり等の問題を抱えている。本研究では、らせん型金属錯体のキラル環境にある配位座への立体選択的な遊離アミノ酸の配位を土台として、迅速かつ高感度分析が可能な質量分析法に重水素標識化法を適用して、遊離アミノ酸の光学純度を高感度に同時分析する方法を開発した。このキラルホストに重水素標識処理をすることにより、ほとんどのアミノ酸の光学純度の決定が質量分析法のみで可能となった。また、各アミノ酸の分子量差を利用して12種類のアミ

ノ酸を同時に検出し、それぞれの光学純度分析を $10^{-5} - 10^{-6}$ M の低濃度領域で実現した。

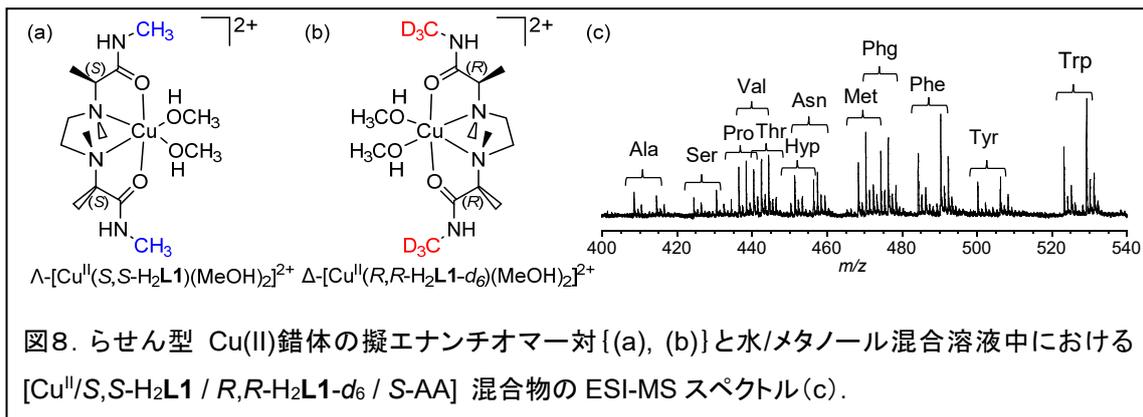
エナンチオ選択的 [Cu(II)/H₂L/アミノ酸] 三成分錯イオンの検出

まず、遊離アミノ酸をエナンチオ選択的に取り込む種々のらせん型金属錯体 ($[M(H_2L)]^{2+}$, L=L1, L3, L5, L6) を調製した。その結果、Cu(II)錯体が ESI-MS 分析法によるアミノ酸分析に最適であることを見出し、各種錯体の遊離アミノ酸に対するキラル識別能を評価した (図 6)。また、キラル識別能発現における化学量論を各種分光分析法や DFT 計算 (図 7) を用いて明らかにした。



遊離アミノ酸の光学純度同時分析

重水素標識/非標識-らせん型 Cu(II)錯体の擬エナンチオマー対 {図 8. (a), (b)} を新たに合成し、ESI-MS 法による遊離アミノ酸の光学純度分析に適用した。Cu(II)/光学活性四座配位子 (H₂L) /アミノ酸の三成分錯体イオンに相当するシグナルが 2 組検出され、その強度比がアミノ酸の光学純度に対して定量的に変化したことから、光学純度分析を質量分析法のみで達成できることが明らかとなった。また、複数のアミノ酸を含む系でも、それぞれのアミノ酸が配位した三成分錯体イオンが検出され、定量性も損なわれなかった。このように、らせん型金属錯体を遊離アミノ酸の光学純度の高感度同時分析に適用できることが実証できた。



5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 8件/うち国際共著 3件/うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Shigehisa Akine, Hiroyuki Miyake	4. 巻 468
2. 論文標題 Stimuli-responsive chirality inversion of metallohelices and related dynamic metal complexes	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Coordination Chemistry Reviews	6. 最初と最後の頁 214582
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.ccr.2022.214582	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 静間基博、中小路 崇、佐藤博文、三宅弘之	4. 巻 70
2. 論文標題 エレクトロスプレーイオン化質量分析による溶液中の有機金属錯体のエナンチオ選択的配位子交換平衡反応評価	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 J. Mass Spectrom. Soc. Jpn.	6. 最初と最後の頁 15-23
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 オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Takashi Nakakoji, Hirofumi Sato, Daisuke Ono, Hiroyuki Miyake, Eiko Mieda, Satoshi Shinoda, Hiroshi Tsukube, Hideya Kawasaki, Ryuichi Arakawa and Motohiro Shizuma	4. 巻 11
2. 論文標題 One-pot analysis of enantiomeric excess of free amino acids by electrospray ionization mass spectrometry	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 RSC Advances	6. 最初と最後の頁 36237-36241
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1039/D1RA06542D	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 Sun Yue, Aav Riina, Tsuda Akihiko, Miyake Hiroyuki, Hirose Keiji, Borovkov Victor	4. 巻 9
2. 論文標題 Supramolecular Chirogenesis in Chemical and Related Sciences	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 FRONTIERS IN CHEMISTRY	6. 最初と最後の頁 679332
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3389/fchem.2021.679332	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 Nakakoji Takashi, Yoshino Kaori, Izutsu Kazuki, Sato Hirofumi, Miyake Hiroyuki, Mieda Eiko, Shinoda Satoshi, Tsukube Hiroshi, Kawasaki Hideya, Arakawa Ryuichi, Ono Daisuke, Shizuma Motohiro	4. 巻 8
2. 論文標題 Enantioselectivity-Evaluation of Chiral Copper(II) Complexes Coordinated by Novel Chiral Tetradentate Ligands for Free Amino Acids by Mass Spectrometry Coupled With the Isotopically Labeled Enantiomer Method	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Frontiers in Chemistry	6. 最初と最後の頁 598598
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fchem.2020.598598	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 Nakakoji Takashi, Sato Hirofumi, Ono Daisuke, Miyake Hiroyuki, Shinoda Satoshi, Tsukube Hiroshi, Kawasaki Hideya, Arakawa Ryuichi, Shizuma Motohiro	4. 巻 56
2. 論文標題 Mass spectrometric detection of enantioselectivity in three-component complexation, copper(ii)-chiral tetradentate ligand-free amino acid in solution	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 54 ~ 57
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C9CC07231D	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 Choi Heekyoung, Heo Sojeong, Lee Seonae, Kim Ka Young, Lim Jong Hyeon, Jung Sung Ho, Lee Shim Sung, Miyake Hiroyuki, Lee Jin Yong, Jung Jong Hwa	4. 巻 11
2. 論文標題 Kinetically controlled Ag ⁺ -coordinated chiral supramolecular polymerization accompanying a helical inversion	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 CHEMICAL SCIENCE	6. 最初と最後の頁 721-730
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C9SC04958D	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 Go Misun, Choi Heekyoung, Kim Ka Young, Moon Cheol Joo, Choi Yeonweon, Miyake Hiroyuki, Lee Shim Sung, Jung Sung Ho, Choi Myong Yong, Jung Jong Hwa	4. 巻 6
2. 論文標題 Temperature-controlled helical inversion of asymmetric triphenylamine-based supramolecular polymers; difference of handedness at the micro- and macroscopic levels	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ORGANIC CHEMISTRY FRONTIERS	6. 最初と最後の頁 1100-1108
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C9QO00051H	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

〔学会発表〕 計18件（うち招待講演 2件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 服部 謙一, 三枝 栄子, 篠田 哲史, 三宅 弘之
2. 発表標題 配座数可変型キラル配位子の効率的合成とCo(II)錯体の動的構造変換
3. 学会等名 日本化学会第102春季年会2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 服部謙一, 三枝栄子, 篠田哲史, 三宅弘之
2. 発表標題 外部刺激に応じた二重構造変換が可能なキラル Co(II)錯体の開発
3. 学会等名 Molecular Chirality2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 宮本航輔, 三枝栄子, 篠田哲史, 三宅弘之
2. 発表標題 ビス-(S)-フェニルアラニン-2,5-ジメトキシベンゼンアミドからなるらせん型金属錯体の合成と動的構造変換
3. 学会等名 錯体化学第71回討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中西真祐, 三枝栄子, 篠田哲史, 三宅弘之
2. 発表標題 アラニンメチルアミド部位を有する新規キラルサイクレン誘導体配位子とランタノイド錯体の合成
3. 学会等名 錯体化学第71回討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 渡辺達也, 三枝栄子, 三宅弘之, 篠田哲史
2. 発表標題 両親媒性希土類錯体の合成と水溶液中における増感発光
3. 学会等名 第37回希土類討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 櫻井良輔, 三枝栄子, 三宅弘之, 篠田哲史
2. 発表標題 キラルな希土類錯体を基盤としたd-f混合多核錯体の合成
3. 学会等名 第37回希土類討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 鈴木理子, 三枝栄子, 三宅弘之, 篠田哲史
2. 発表標題 ソフトな配位子を有するランタノイド錯体の合成と光機能
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 有安智史, 三枝栄子, 三宅弘之, 篠田哲史
2. 発表標題 ランタノイドのf軌道分裂を利用したアミン類の計量化学分析
3. 学会等名 第36回希土類討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 上野眞子・三枝栄子・三宅弘之・篠田哲史
2. 発表標題 機能性薄膜蛍光体を指向した自己集積型希土類錯体の薄膜化と蛍光特性
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 篠田哲史, 有安智史, 三枝栄子, 三宅弘之
2. 発表標題 希土類錯体の近赤外分光を利用したアニオンの検出と多変量解析
3. 学会等名 第35回希土類討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 三宅弘之・篠原宏樹・藤田愛子・篠田哲史
2. 発表標題 キラルなシングルヘリケートの創生と動的構造変換
3. 学会等名 第17回ホスト-ゲスト・超分子化学シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中小路 崇、佐藤 博文、川崎 英也、荒川 隆一、篠田 哲史、三宅弘之、静間基博
2. 発表標題 質量分析法を活用した光学活性銅錯体のキラルアミノ酸識別能評価
3. 学会等名 シンポジウム モレキュラー・キラリティー 2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 有安智史, 三枝栄子, 三宅弘之, 篠田哲史
2. 発表標題 ランタノイド錯体の近赤外吸収を利用したアミン類の同時検出及び定量法の開発
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 中田 啓貴, 辻 大介, 三枝 栄子, 篠田 哲史, 三宅 弘之
2. 発表標題 マレイミド末端を持つらせん型金属錯体の伸縮スイッチングと誘起CDによる運動検出
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 Takashi Nakakoji, Hirofumi Sato, Daisuke Ono, Hiroyuki Miyake, Satoshi Shinoda, Hiroshi Tsukube, Hideya Kawasaki, Ryuichi Arakawa, Motohiro Shizuma
2. 発表標題 Enantioselective Mass Detection of Free Amino Acid in the presence of Chiral Cu(II) Complex
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 Hiroyuki Miyake
2. 発表標題 Helical Metal Complex and Specific Molecular Recognition
3. 学会等名 Inner Mongolia - Japan International Joint Research: Functional Molecular Chemistry Lecture Meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hiroyuki Miyake
2. 発表標題 Helical Metal Complexes with Bis-Amino Acid Tetradentate Ligand; Dynamic Conformation Switching and Enantioselective Detection of Free Amino Acid
3. 学会等名 The 13th Japanese-Russian Workshop on "Open Shell Compounds and Molecular Spin Devices" (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 有安智史, 三枝栄子, 三宅弘之, 篠田哲史
2. 発表標題 ランタノイドイオンをプローブとしたジアミン類の計量化学分析
3. 学会等名 第35回近赤外フォーラム
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 錯体化学会編	4. 発行年 2019年
2. 出版社 朝倉書店	5. 総ページ数 1000
3. 書名 錯体化合物事典	

〔産業財産権〕

〔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

韩国	慶尚大学			
中国	内蒙古医科大学			