

平成 30 年 6 月 14 日現在

機関番号：32661

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K05485

研究課題名(和文) 光物性を有する配位高分子スピנקロスオーバー錯体の構築

研究課題名(英文) Development of Coordination Polymer Spin Crossover Complexes with Optical Properties

研究代表者

北澤 孝史 (KITAZAWA, Takafumi)

東邦大学・理学部・教授

研究者番号：60246767

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究においては、Hofmann型超分子化合物を合成し、SCO錯体のゲスト分子包接による影響をホスト骨格の構造および磁気挙動の観点から評価し、光物性を併せ持つSCO化合物の指針を獲得した。ホスト骨格は、配位子に4-(3-Pentyl)pyridineを用い、ゲスト分子は、11種の芳香族化合物を選択した。錯体は2次元のHofmann型構造の単層を形成し、その層間にゲスト分子が位置していた。転移温度と構造の結果より、Hofmann型構造の層間距離を狭めるほど化学圧力効果によりSCO挙動の転移温度が高くなった。また、超分子ホストの比較から新規シアン化カドミウムホスト骨格の合成に成功した。

研究成果の概要(英文)：We synthesized spin crossover complexes with inserted guest molecules; Fe[4-(3-pentyl)pyridine]₂[Au(CN)₂]₂guest. The insertion of guest molecules enhances the chemical pressure in the two-dimensional Hofmann-type frameworks and promotes the SCO behavior depending on the size of guest molecules of dichlorobenzene isomers. We found that the highest crossover temperature is achieved in the case of the shortest interlayer distance introducing the p-dichlorobenzene guest. We also have prepared the 2D spin crossover complexes Fe(py)₂Pd(CN)₄ has been characterised by Mossbauer spectroscopic measurements, single crystal X-ray determination and SQUID measurements. The Mossbauer spectra indicate that the iron(II) spin states are in high spin states at 298 K and are in low spin states at 77 K. The delicate shifts might be associated with subtle balances between different vibrations around Fe(II) atoms and electronic factors. Five novel 3D cadmium(II) cyanide coordination polymers also were found.

研究分野：金属錯体化学

キーワード：スピנקロスオーバー 磁気物性 高スピン 低スピン 光物性 ホスト構造 ゲスト分子 超分子構造

1. 研究開始当初の背景

配位空間の変動により磁気挙動が大きく変化するスピנקロスオーバー錯体は磁氣的複合機能性材料として注目されており、これに超分子錯体機能を付加することにより、さらに高機能な磁性材料となる可能性を内包する。研究代表者はホフマン型錯体の研究の過程で、世界で初めて2次元シアノ構造を有する超分子スピנקロスオーバー化合物 $[\text{Fe}(\text{py})_2\text{Ni}(\text{CN})_4]$ を見出した (T. Kitazawa et al. *J. Mater. Chem.*, 1996, 6, 119)。この化合物が低温において磁気転移を示すことをメスbauer分光法およびSQUIDを用いて証明し、さらに、単結晶構造解析によって、磁気転移を2価の鉄イオンまわりの配位構造変化 (High Spin (HS) 状態 $(t_{2g}^4 e_g^2)$ と Low Spin (LS) の状態 (t_{2g}^6) 間の可逆的変換に関連付けることができた。一方、スペインの Real 教授らのグループは、鉄(II)イオンに配位しているピリジン(py)を架橋配位子となり得るピラジンに変えた3次元構造錯体 $[\text{Fe}(\text{pz})\text{M}(\text{CN})_4]_n\text{H}_2\text{O}$ を合成し、室温付近でのスピン転移温度を実現した (J. A. Real et al., *Inorg. Chem.* 2001, 40, 3838)。この結果は、次元性を高めることで格子内の金属イオン間の協同効果が高められ、それに付随して高いスピン転移温度と大きなヒステリシスを実現することが可能なことを示した。最近ではこれらの研究に触発され、国内、国外の多くの研究グループがこの種の超分子スピנקロスオーバー錯体についての研究に着手している。

われわれのグループもその後の研究で、結晶学的に同型なフレームワーク中に立体化学的見地から系統的に選んだ一連のゲスト種を包接させ、得られた化合物について広い温度範囲の単結晶構造解析と磁気測定を測定した。その結果、格子とゲストおよびゲスト同志の協同的相互作用(水素結合やスタッキングなど)が、磁気転移挙動を非常に微妙に影響していることを明らかにしてきた。

2. 研究の目的

これまで、八面体6配位と平面4配位の構築単位が連結した超分子構造を持つスピנקロスオーバー錯体が研究の主な対象であった。最近我々はこれに対して、 $[\text{Ag}(\text{CN})_2]$ -や $[\text{Au}(\text{CN})_2]$ -のような直線2配位の構築単位を導入することによる新規な超分子配位ポリマー構造の構築を追求している。その結果、 $[\text{Au}(\text{CN})_2]$ -を含む Hofmann-like 超分子配位ポリマー構造が、光照射により可視光領域に発光するという興味ある現象を見出した。これは、発光性ホフマン型錯体の初めての例である。現在までのところ、発光は隣り合ったホスト格子中の Au(I)イオン間の電子的相互作用の結果生じた LUMO ($p\pi^*$) から HOMO ($d\pi^*$) への遷移に基づくと考えている。しかしその発光が、Fe(II)のスピン状態あるいはゲスト分子の違いによってどのような

影響を受けるかは全く未知の領域である。そこでこの発光性超分子錯体の発光挙動を解明し、新しい磁気発光材料としての可能性を拓くために以下の研究を行う。

(1) まず一連の八面体6配位直線2配位のホフマン型化合物を合成し、構造と発光挙動との相関を明らかにする。特に着目する点は、隣り合った格子面中の Au(I)イオン間の距離で、これを第一パラメーターとして発光収率、発光スペクトル、発光寿命などに及ぼす影響を調べる。

(2) 上で調べた化合物中で、発光収率の高い化合物の微結晶試料について、外部因子の変動が発光挙動に及ぼす影響を調べる。ここで、 $\{[\text{Fe}(\text{II})(3\text{-Fpy})_2][\text{Au}(\text{I})(\text{CN})_2]_n\}$ のスピנקロスオーバー転移が2段階を経て行われる事実に着目し、転移の中間状態 (HS 状態と LS 状態がともに 50%) での発光の様子が、温度や圧力などの変動に対してどのように応答するかを調べる。

(3) 発光の物理的側面を解明するために、大きな単結晶 (>5 mm) の作製を試み、得られた単結晶を用いて、発光の偏光性 (結晶中の Au(I)-Au(I)結合方向との関連) および、その偏光性が強度が温度や磁場を変えた時にどのように影響されるかを調べる。

(4) 最終段階として、新規発光性磁性材料として展開するために、この化合物の薄膜化を試みる。ホストとして粘土鉱物などの剥離可能な層状無機化合物を用い、層間へのインタカレーションによる薄膜化を試みる。

また、このような研究過程において、興味ある光物性を持つ可能性が高い新規 Hofmann-like スピנקロスオーバー錯体の合成を目指すと同時に、超分子多孔質の類似もできるになるシアニ化カドミウムホストシステムについても検討する。新規シアニ化カドミウム骨格が Hofmann-like スピנקロスオーバー錯体構造にも可能検討し、新規磁気物性および光物性もめざしたい。

ここで提案したような、銀(I)や金(I)イオンに由来する新しい光学的特性を持つスピנקロスオーバー錯体はいままでほとんど例が無い。光スイッチングとしてスピン転移を利用するためには、モニターのための output が不可欠である。この点で、本研究で取り上げた発光性磁性体は、output として、温度や磁場などの外部因子によって変動する発光を用いる。光は検出が容易で強度、波長、偏光度など多くの情報を含んだプローブである。今回の着想は、我々自身が見出した発光性ホフマン型錯体によって初めて導かれたものである。さらに、我々の研究が明らかにしてきたように、ホフマン型化合物はゲスト分子を取り込む空孔を有しているという特徴があり、金属イオン格子によって空孔サイズを制御することも可能である。ゲスト分子の出入りや種類によって発光挙動を制御するという、今までに全く例のない新規発光性磁性材料となり得る。

3. 研究の方法

ホフマン型 Fe(II)-Au(I)錯体の発光挙動を解明し、新規発光性磁性材料としての可能性を拓く。以下のステップで研究を進める：(1) 八面体 6 配位直線 2 配位のホフマン型化合物における Au(I)-Au(I)間の距離に着目して、類似構造の化合物の合成と構造解析、発光スペクトル測定を行う。(2) 得られた化合物(粉末結晶試料)について、外部条件(温度、圧力、磁場など)を変えたときの発光挙動(波長、強度、寿命など)の影響を調べる。また内部条件として、ゲスト分子を変えたときの影響も調べる。(3) 単結晶試料を作製し、発光の異方性と結晶構造との関係を調べる。特に、結晶中の Au(I)-Au(I)方向との関連を調べる。また温度や磁場を変えた時の発光の強度・偏光度を調べる。(4) 薄膜デバイスをめざして、粘土鉱物とのハイブリッド化を行う。

化合物合成と構造・発光相関の解明：まず一連の八面体 6 配位直線 2 配位のホフマン型化合物を合成し、得られた化合物の構造、磁気的性質および発光挙動を調べる。特に着目する点は、格子中の Au(I)イオン間の距離である。これを第一のパラメーターとして、これと発光(強度、寿命、スペクトル)との関係を調べる。この段階では、今まで当研究室で行って来た研究(同型結晶において(配位子やゲスト分子を変えたときの構造および磁性への影響)の経験が大いに発揮される。すなわち、我々自身の今までの研究から、同じ結晶構造を示し、スピントスオーバーを起こす化合物群をとりあげる。格子中の Au(I)-Au(I)間距離を変えるための合成指針として、スピントスオーバーを支配する要因の一つであることが分かっている配位子やゲスト分子間の相互作用(水素結合や π -スタッキングなど)による協同効果に着目する。配位子サイズが構造に及ぼす要因を探るため、異なるアルキル基を持つ一連のピリジン系配位子を用いる。合成には、モール塩、 $K[Au(CN)_2]$ 、各種アルキルピリジンの溶液を混合、静置して自己集積化させる。これらについて単結晶 X 線構造解析および SQUID による磁化率測定および室温における発光スペクトル測定を行う。構造解析の結果より、Au-Au 間相互作用でシートが 2 枚一組となった Bilayer 構造がどのように形成され、それがどのように発光挙動に影響するかを明らかにする。

磁気転移中間状態における発光の外部応答について、上で調べた化合物中で、特に発光収率の高い微結晶試料について、温度、圧力、磁場の変化が発光挙動(スペクトル形、強度、寿命など)に及ぼす影響を調べる。ここで着目するのは、ある種の系ではスピントスオーバー転移が 2 段階を経て行われる点である。すなわちこの錯体では、磁気転移の中間状態(HS と LS がともに 50%)がある温度範囲で安定に存在している。我々はこの

中間状態における発光が、温度や圧力など外部因子の変動に顕著な対応を示すであろうと予測している。得られた結果は、スピン状態と発光との関係を明らかにし、さらに、発光磁性体としての応用の可能性を拓くものになる。

2 段階磁気転移を示す化合物について転移の中間状態において温度、圧力、磁場などの外部因子を変動させる。外部因子の微小な変動によって HS と LS 状態の比率が 50%からずれて、そのために格子構造に変化が起こり Au(I)-Au(I)間距離が変わる。そのために発光挙動に影響を与えることが予測される。

ゲスト種を変化することが、どのようにスピントスオーバー挙動が変化するかも検討し光物性戸の相関を確認する。また多様なシアン化カドミウムホストシステムが Hofmann-like スピントスオーバー錯体の超分子構造に応用できるかの検討も行い、ゲスト種とホスト骨格との関連性を明らかにする。

4. 研究成果

八面体六配位をとる $d^4 \sim d^7$ の遷移金属錯体は、高スピン(High-spin; HS)状態と低スピン(Low-spin; LS)状態をとることができる。配位子場強度が中間程度であれば、外部刺激(温度・光照射・圧力等)に応答して HS 状態と LS 状態の双安定相間を可逆的に行き来するスピントスオーバー(Spin crossover; SCO)現象を発現する。近年、SCO 現象を発現する錯体をホスト骨格とした超分子化合物の研究が多く行われている。特に、架橋配位子としてシアノメタレートを用いた Hofmann 型 SCO 錯体は、構造設計の容易さから多くの例が報告されている。本研究においても、 Au^+ を含むシアノメタレートを用いて Hofmann 型超分子化合物を合成し、SCO 錯体のゲスト分子包接による影響をホスト骨格の構造および磁気挙動の観点から評価し、スマートマテリアルとしての SCO 化合物の指針獲得を目指した。

ホスト骨格は、配位子に 4-(3-Pentyl)pyridine を用いて $Fe[4-(3-Pentyl)pyridine]_2[Au(CN)_2]_2$ とした。本研究におけるゲスト分子は、11 種の芳香族化合物を選択した。構造解析できた錯体の Fe^{2+} には、アキシアル位に配位子の N 原子が 2 つ配位し、エクアトリアル位にシアノメタレート $[Au(CN)_2]^-$ の N 原子が 4 つ配位した八面体六配位構造をとっていた。錯体は 2 次元の Hofmann 型構造の単層を形成し、その層間にゲスト分子が位置していた。室温では、Fe-N 間の結合距離が HS 状態の Fe^{2+} の結合長であったのに対し、低温で Fe-N 間の結合距離は LS 状態の Fe^{2+} の結合長となっていた。Cl 置換基を持つゲスト分子 [chlorobenzene, (o-, m-, p-)dichlorobenzene] 包接体の磁気挙動は、すべて 200 K 付近で鋭くスピントスオーバーし、低温で完全に LS 状態となっていた。転

移温度と構造の結果より、Hofmann 型構造の層間距離を狭めるほど化学圧力効果により SCO 挙動の転移温度が高くなる。*p*-体のゲスト分子 [*p*-dichlorobenzene; *p*-diClBz, *p*-dibromobenzene; *p*-diBrBz, *p*-diiodobenzene; *p*-diIBz] 包接体についても、200 K 付近で鋭いスピン転移を示した。*p*-diIBz 包接体は、約 20 K の特徴的な幅広いヒステリシスを持っていた。磁気挙動の転移温度は、*p*-diIBz < *p*-diBrBz < *p*-diClBz の順となっていた。この系では、ゲスト分子が持つハロゲンの電気陰性度の違いによりホスト骨格とゲスト分子間の相互作用に変化が見られると考えていたが、得られた結晶構造からホスト-ゲスト相互作用の顕著な違いは見られなかった。しかし、ハロゲンが異なることで配位子のアルキル鎖のゲスト空間への方向が変化し、構造全体のパッキング形態も変化している。すなわちこの系では、ゲスト分子の性質よりもゲスト分子そのものの大きさの方が磁気挙動に影響を与えていると考えられる。

これらのことより、光物性の可能性を内在する SCO 超分子化合物群の有用性が示された。また、光物性とのホスト骨格との関連性を検討する過程で、シアン化カドミウムホスト系においても新規なホスト骨格の合成および構造解析に成功した。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 15 件)

北澤孝史, 関谷円香, 高橋正, “双安定性を示す Hofmann-like 高分子錯体” KURRI-EKR-22 (Research Reactor Institute, Kyoto University), 22, 2018, pp. 40-44, ISSN 2189-7107, 査読無, http://www.rri.kyoto-u.ac.jp/PUB/report/04_kr/img/ekr022.pdf

Takeshi Kawasaki, Takafumi Kitazawa, “Synthesis and Crystal Structures of Cadmium(II) Cyanide with Branched-Butoxyethanol” Crystals, Vol. 8, Issue 5, 2018, pp. 221/1-221/10, 査読有, DOI:10.3390/cryst8050221

Yusuke Ueki, Jun Okabayashi, Takafumi Kitazawa, “Guest molecule inserted spin crossover complexes: Fe[4-(3-pentyl)pyridine]₂[Au(CN)₂]₂·Guest” Chemistry Letters, Vol. 46, No. 5, 2017, pp. 747-749, 査読有, DOI:10.1246/cl.170149

Takafumi Kitazawa, Takanori Kishida, Takeshi Kawasaki, Masashi Takahashi, “Spin crossover behaviour in Hofmann-like coordination polymer Fe(py)₂[Pd(CN)₄] with ⁵⁷Fe Mössbauer spectra” Hyperfine Interactions, Vol. 238, Issue 1, 2017, pp. 1-9, 査読有, DOI:10.1007/s10751-017-1436-4

Takashi Kosone, Takeshi Kawasaki,

Itaru Tomori, Jun Okabayashi, Takafumi Kitazawa, “Modification of Cooperativity and Critical Temperatures on a Hofmann-Like Template Structure” Inorganics, Vol. 5, Issue 3, 2017, pp. 55/1-55/8, 査読有,

DOI:10.3390/inorganics5030055

椎名瞳, 高橋正, 北澤孝史, “Ethyl Isonicotinate を配位子とするスピנקロスオーバー錯体” KURRI-EKR-18 (ISSN 2189-7107), Vol. 1, 2017, pp. 4-7, 査読無,

http://www.rri.kyoto-u.ac.jp/PUB/report/04_kr/img/ekr018.pdf

Takeshi Kawasaki, Takafumi Kitazawa, “Three-Dimensional Cadmium(II) Cyanide Coordination Polymers with Ethoxy-, Butoxy- and Hexyloxyethanol” Crystals, Vol. 6, Issue 9, 2016, pp. 103/1-103/11, 査読有,

DOI:10.3390/cryst6090103

Takafumi Kitazawa, Takeshi Kawasaki, Hitomi Shiina, Masashi Takahashi, “Mössbauer Spectroscopic Study on Hofmann-like Coordination Polymer Fe(4-Clpy)₂[Ni(CN)₄]” Croatica Chemica Acta, Vol. 89, No. 1, 2016, pp. 111-115, 査読有,

DOI:10.5562/cca2758

Akihiko Yamagishi, Takeshi Kawasaki, Kei Hiruma, Hisako Sato, Takafumi Kitazawa, “Emission behaviour of a series of bimetallic Cd(II)-Au(I) coordination polymers” Dalton Transition, Vol. 45, 2016, pp. 7823-7828, 査読有,

DOI:10.1039/C6DT00537C

Kazumasa Hosoya, Shin-ichi Nishikiori, Masashi Takahashi, Takafumi Kitazawa, “Spin-Crossover Behavior of Hofmann-Type-Like Complex Fe(4,4'-bipyridine)Ni(CN)₄·nH₂O Depending on Guest Species”, Magnetochemistry, Vol. 2, Issue 1, 2016, pp. 8/1-8/10, 査読有,

DOI:10.3390/magnetochemistry2010008

Takafumi Kitazawa, Madoka Sekiya, Takeshi Kawasaki, Masashi Takahashi, “Mössbauer spectroscopic study on spin crossover coordination polymer Fe(3-Clpy)₂[Pd(CN)₄]”, Hyperfine Interactions, Vol. 237:29, 2016, pp. 1-7, 査読有,

DOI 10.1007/s10751-016-1238-0

Shoutaro Ueno, Takeshi Kawasaki, Jun Okabayashi, Takafumi Kitazawa, “2D Spin-Crossover Coordination Polymer Fe(hexyl-nicotinate)₂[Au(CN)₂]₂” Bulletin of the Chemical Society of

- Japan, Vol. 89, No. 5, 2016, pp 581-583, 査読有,
DOI:10.1246/bcsj.20150411
Jun Okabayashi, Shotaro Ueno, Takeshi Kawasaki, Takafumi Kitazawa, "Ligand 4-Xpyridine (X = Cl, Br, I) dependence in Hofmann-type spin crossover complexes: $\text{Fe}(\text{4-Xpyridine})_2[\text{Au}(\text{CN})_2]_2$ " *Inorganica Chimica Acta*, Vol. 445, 2016, pp. 17-21, 査読有,
DOI:10.1016/j.ica.2016.01.024
Takashi Kosone, Takafumi Kitazawa, "Guest-dependent spin transition with long range intermediate state for 2-dimensional Hofmann-like coordination polymer" *Inorganica Chimica Acta*, Vol. 439, 2016, pp. 159-163, 査読有,
DOI:10.1016/j.ica.2015.10.011
北澤孝史, 岸田貴範, 関谷円香, 高橋正 "ピラジン誘導体を配位子とするスピנקロスオーバー錯体" *KURRI-EKR-6* (ISSN 2189-7107), Vol. 1, 2016, pp. 16-19, 査読無,
http://www.rri.kyoto-u.ac.jp/PUB/report/04_kr/img/ekr006.pdf
〔学会発表〕(計 25 件)
Takafumi Kitazawa, "Mossbauer Spectroscopic Characterization of Spin Crossover 2D Hofmann-like Coordination Polymer Materials" 3rd Mediterranean Conference on the Applications of the Mössbauer Effect, 2017.
北清航輔, 岡林潤, 北澤孝史, "4-methylpyrimidine を配位子とした多核錯体のスピנקロスオーバー挙動" 日本化学会秋季事業第 7 回 CSJ 化学フェスタ 2017, 2017 年.
北清航輔, 岡林潤, 北澤孝史, "4-methylpyrimidine を用いた二次元 Hofmann 型構造を持つ二段階スピנקロスオーバー錯体" 錯体化学会第 67 回討論会, 2017 年.
植木悠介, 岡林潤, 北澤孝史, "ゲスト分子を包接した 2 次元ホフマン型錯体のスピנקロスオーバー挙動" 錯体化学会第 67 回討論会, 2017 年.
川崎武志, 北澤孝史, "分岐アルキル鎖を持つエチレングリコール系エーテルを含んだ新規シアン化カドミウム配位高分子の合成と結晶構造" 錯体化学会第 67 回討論会, 2017 年.
Takafumi Kitazawa, "Coordination Polymer Iron(II) Spin Crossover Compounds" The 3rd Annual World Congress of Smart Materials-2017, 2017.
北澤孝史, "Ethyl Isonicotinate を配位子とするスピנקロスオーバー錯体" 平成 28 年度 KUR 専門研究会「短寿命 RI を用いた核分光と核物性研究 III」, 2016 年.
Takafumi Kitazawa, "Crystal Structural Aspect of Thermal Spin State Switching in 2D Hofmann-like Coordination Polymer Frameworks" 14th Conference of the Asian Crystallographic Association AsCA2016, 2016.
植木悠介, 岡林潤, 北澤孝史, "芳香族ゲスト分子を包接した配位高分子錯体のスピנקロスオーバー制御" 錯体化学会第 67 回討論会, 2016 年, 福岡.
椎名瞳, 岡林潤, 高橋正, 北澤孝史, "Ethyl Isonicotinate を含む 2D 金属有機構造体のスピנקロスオーバー挙動" 錯体化学会第 66 回討論会, 2016 年.
川崎武志, 北澤孝史, "エチレングリコールモノアルキルエーテルを含有するシアン化カドミウム系配位高分子の結晶構造" 錯体化学会第 66 回討論会, 2016 年.
Yusuke Ueki, Jun Okabayashi, Takafumi Kitazawa, "Spin Transition Depending on Guest Molecules into Hofmann-type Coordination Polymers" The 15th International Conference on Molecule-Based Magnets, 2016.
Hitomi Shiina, Jun Okabayashi, Masashi Takahashi, Takafumi Kitazawa, "Magnetic and Electronic Properties on Spin Crossover Complexes $\text{Fe}(\text{Ethyl Isonicotinate})_2\text{M}(\text{CN})_4$ (M = Ni, Pd, Pt)" The 15th International Conference on Molecule-Based Magnets, 2016.
Takafumi Kitazawa, "Spin Crossover Behavior in Hofmann-like Coordination Polymers Containing Various Pyridine Derivatives" 42nd International Conference on Coordination Chemistry, 2016.
Yusuke Ueki, Jun Okabayashi, Takafumi Kitazawa, "Guest insertion into Hofmann-type Coordination Polymer" 42nd International Conference on Coordination Chemistry, 2016.
Takafumi Kitazawa, Yusuke Ueki, Itaru Tomori, Takashi Kosone, "Aurophilic Interactions in Hofmann-type Coordination Polymers" CLUSPOM-1, 2016.
Takafumi Kitazawa, "The 2016 EMN Meeting on Metal-Organic Frameworks" Structural Aspect of Spin Crossover Hofmann-like Metal-Organic Frameworks, 2016.
Takafumi Kitazawa, "2D Hofmann-like

Coordination Polymers with Spin Crossover Behaviors” The EMN 2D Materials Meeting 2016, 2016.

Takafumi Kitazawa, “Spin Crossover Coordination Polymer Compounds with Hofmann-like Frameworks” EMN Meeting on Polymer 2016, 2016.

Takafumi Kitazawa, “Hofmann-like spin crossover coordination polymer with 4-Xpyridine ligands” Pacificchem 2015, 2015.

- 21 北澤孝史, “ピラジン誘導体を配位子とするスピנקロスオーバー錯体” 平成27年度 KUR 専門研究会「短寿命 RI を用いた核分光と核物性研究」, 2015 年.
- 22 椎名瞳, 岡林潤, 北澤孝史, “イソニコチン酸エチルを配位子とする 2 次元スピנקロスオーバー錯体” 錯体化学会第 65 回討論会, 2015 年.
- 23 関谷円香, 岸田貴範, 岡林潤, 北澤孝史, “2-Methylpyrazine による 2 次元配位高分子錯体のスピנקロスオーバー制御” 錯体化学会第 65 回討論会, 2015 年.
- 24 松本晋也, 岡林潤, 北澤孝史, “Co²⁺ によるホフマン型スピנקロスオーバー錯体の金属希釈効果” 錯体化学会第 65 回討論会, 2015 年.
- 25 Takafumi Kitazawa, Madoka Sekiya, Masashi Takahashi, “Mössbauer spectroscopic study on spin crossover coordination polymer Fe(3-Clpy)₂[Pd(CN)₄]” The 33rd International Conference on the Application on the Mössbauer Effect, 2015.

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

〔その他〕なし

ホームページ等

<https://www.lab.toho-u.ac.jp/sci/chem/sakutai/english/publications/kitazawa.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

北澤 孝史 (KITAZAWA, Takafumi)

東邦大学・理学部・教授

研究者番号：60246767