

令和 2 年 6 月 15 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2019

課題番号：15K05467

研究課題名(和文)多重機能性単分子磁石 - カーボンナノ材料の開発

研究課題名(英文)Development of multifunctional single molecule magnet carbon nanomaterials

研究代表者

加藤 恵一(Keiichi, Katoh)

東北大学・理学研究科・助教

研究者番号：80374742

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：申請者は「21世紀の磁石」と言われている単分子磁石(SMM)とナノカーボン材料とのハイブリット化合物を合成し、その構造特性と物性について研究を行った。炭素(カーボン)はありふれた元素で古くから利用されてきた材料である。この炭素が電子材料として注目され「21世紀はカーボンの時代」とも言われる。申請者はナノカーボン材料フラレンC60とカーボンナノチューブ(CNT)に注目し、SMMとの超分子錯体を合成した。ハイブリット化合物中においてもSMM特性を維持しており、磁気特性の向上が確認できた。SMMの機能向上の観点からもナノカーボン材料とのハイブリット化合物が分子設計上優れていることが示唆される。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究課題の研究成果をまとめると(1)構造の観点から、SMMとカーボンナノ材料との分子間相互作用の異方性によって希土類イオン周りの配位環境が大きく変わる。また、単層カーボンナノチューブの一次元内部空間を利用することでSMMの一次元配列制御が可能である。(2)配位構造および構造次元性に応じて希土類イオンの磁気異方性や磁氣的相互作用に変化をもたらし、その結果磁気特性が変化することが明らかとなった。つまり、配位・配列環境を利用した磁気特性スイッチングの手法として、カーボンナノ材料とSMMとの超分子錯体形成が有用であることが明らかとなった。

研究成果の概要(英文)：We synthesized a hybrid compound of an single-molecule magnet (SMM) with a nano carbon material, and conducted research on its structural characteristics and physical properties. These nano carbon material has attracted attention as an electronic materials. We focused on the nano carbon material fullerene (C60) and carbon nanotube (CNT) and synthesized a supramolecular complex with SMMs. The SMM characteristics were maintained even in the hybrid compound, and it was confirmed that the magnetic characteristics were improved. From the viewpoint of improving the function of SMMs, it is suggested that the hybrid compound with the nano carbon materials are excellent in molecular design.

研究分野：機能構造物性化学

キーワード：単分子磁石 フラレン カーボンナノチューブ 超分子化学 磁気異方性 スピンダイナミクス

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

炭素(カーボン)はありふれた元素で古くから利用されてきた材料である。この炭素が電子材料として注目され「21世紀はカーボンの時代」と言われるまでになっている。ナノテクノロジーの発展と共に直接観測・測定が可能となったことで、カーボンナノチューブ(Carbon Nanotube: CNT)やグラフェンなどの「ナノカーボン」は銅よりも良導体であることが判明した。これらは既に高機能化に向け、有機分子や高分子とのハイブリット化、燃料・太陽・リチウムの各電池、透明電極、フレキシブル基板、電界効果トランジスタ、スピンドバイスなどへ展開している。また、CNTの優れた伝導特性を利用して、「21世紀の磁石」と言われている単分子磁石(SMM)とのハイブリット化合物でスピン依存伝導現象が最近報告されている(文献①)。しかしながら、CNTやグラフェンとのハイブリット化合物でスピン依存伝導現象は観測されているが、 sp^2 炭素共役面とSMMとの接合状態については疑問が残る。申請者が注目しているSMMは1993年に最初に報告され、その特異な磁化緩和挙動に注目が集まり現在においても精力的に研究が行われている。一方、 sp^2 炭素共役面との接合の観点から、ナノカーボン材料フラーレン C_{60} とSMMの超分子錯体が報告されている(文献②)。しかしながら、従来の金属ポルフィリン- C_{60} 錯体に見られる、 π - π 相互作用やCH- π 相互作用の記述はあるが、希土類SMM特有の一軸磁気異方性に及ぼす影響など詳細な報告例はない。また、フラーレン C_{60} は電子を受け取る性質をもち、その高い電子親和性からフリーライド(アニオンラジカル)塩としても単離可能であり、強磁性や超伝導を示すことが報告されているが構造と物性の相関についての報告は少ない。さらに、 C_{76} や C_{84} などの高次フラーレンは、 C_{60} や C_{70} にはない異性体の存在やバンドギャップの低下など性質が大きく変わることが報告されている。加えて金属内包フラーレンも各種合成されており、希土類金属内包高次フラーレンのSMM特性について報告されている(文献③)。分子認識の視点でフラーレン類は魅力的な分子であり数多くの研究例が存在する。なかでも1995年にポルフィリン-フラーレンの超分子錯体が報告され、その後の研究において何れのユニット分子も電子移動の再配列エネルギーが小さいことから長寿命の電荷分離状態を得やすいことが報告されており、現在では人工光合成モデルや太陽電池の研究に発展している(文献④)。

2. 研究の目的

研究背景を踏まえ、申請者はSMM-ナノカーボン材料からなるハイブリット化合物を合成し、その構造と物性との相関を明らかにする。特に、磁場に絡んだ物性発現を目指した研究をおこなった。SMM-カーボンナノ材料ハイブリット化合物の構造および基礎物性を調べることで、これまでにない多重機能性を備えたカーボンナノデバイスへ展開できる可能性がある。

3. 研究の方法

研究目的に従い、各種SMM-カーボンナノ材料ハイブリット化合物の合成を行い、その構造および物性測定を行った。以下3つの物質群に該当する。

- (1) ホスト分子としてポルフィリン積層型テルビウム(Tb)SMM錯体とゲスト分子であるフラーレン類から構成されるSMM-カーボンナノ材料ハイブリット化合物。
- (2) ゲスト分子としてフタロシアンニン積層型Tb-SMM錯体やディスプロシウム(Dy)錯体とホスト分子であるCNTから構成されるSMM-カーボンナノ材料ハイブリット化合物。
- (3) ゲスト分子としてDy金属内包高次フラーレンとホスト分子であるCNTから構成されるSMM-カーボンナノ材料ハイブリット化合物。

(1)について得られたSMM-フラーレン類ハイブリット化合物の単結晶を溶液拡散法によって作製した。X線結晶構造解析を行いSMMとカーボンナノ材料で形成される超分子錯体形成と希土類金属イオンに対する配位環境を調べた。また、超分子錯体形成に伴う電子構造について各種分光測定を行った。直流・交流磁気測定を行い、SMM特性について温度依存性および外部磁場依存性について詳細に調べた。

一方、(2)と(3)のSMM-CNT類ハイブリット化合物については、CNTは多層CNT、および内包する分子に適した直径を有する単層CNT(SWCNT)を用いた(酸処理および真空加熱処理による精製を施した)。その後、大気下で加熱することにより開端し、これをSMMと共にパイレックス製ガラス管内に真空下で封じ加熱することで昇華・内包させる「昇華法」、およびSMMを分散させた溶液中に浸し毛細管現象により内包させる「溶液法」でSMM-CNT類ハイブリット化合物を合成した。透過型電子顕微鏡(TEM)でSMMの内包状態を観察し、エネルギー分散X線(EDX)分析でSMM構成原子の特性X線を測定することで構造を確認した。また、超分子錯体形成に伴う電子構造について各種分光測定を行った。直流・交流磁気測定を行い、SMM特性について温度依存性および外部磁場依存性について詳細に調べた。

4. 研究成果

(1) ランタノイド (Ln) イオン間磁気相互作用の強弱に伴うスピン反転の過程(磁化緩和過程)を制御することは単分子磁石 (SMM) の基礎と応用の両面において重要であり、SMM の性能向上を目指した分子設計の指針にもなりうる。一方で、中心 Ln イオンに対する配位環境も磁化緩和過程に大きな影響を及ぼすことが知られている。申請者は、Tb 二核錯体の積層角度 (ϕ) 依存性と SMM 特性を明らかにした。

① 配位子の立体障害を利用した配位環境制御 (図1): フタロシアニンとポルフィリン配位子を組み合わせることで、それぞれ積層角度 (ϕ) の異なる3種類の [(TPP)Tb(Pc)Tb(TPP)] (1) ($\phi = 4^\circ$)、[(Pc)Tb(Pc)Tb(TPP)] (2) ($\phi = 14^\circ, 38^\circ$)および[(Pc)Tb(Pc)Tb(Pc)] (3) ($\phi = 32^\circ$) が得られた。これら錯体の分子内 Tb イオン間距離は約 3.6 Å と一定になっている。特に分子 1 と 3 を比べると、低温での磁化率 (χT 値や磁化の立ち上がり) に顕著な差が観測される。また、磁化率の周波数依存性も 3 では磁化量子トンネリング (QTM) が抑制されているが、1 では QTM が支配的となっており磁場誘起型 SMM 特性を示す。さらに、障壁エネルギー (U_{eff}) と ϕ は対称性が D_{4d} から D_{4h} に変化するにつれ減少する直線関係が得られた。これは配位環境の対称性に依存する現象であり、配位子場の影響を強く反映した結果である (文献⑤)。

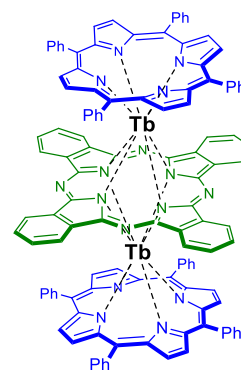


図1. 単分子磁石(1)の分子構造.

② 超分子錯体形成を利用した配位環境制御 (図2): [(TPP)Tb(Pc)Tb(TPP)] (1) ($\phi = 4^\circ$) であり、配位子場パラメーターの非対角化項が無視できないため QTM が顕著になる。ホスト分子 SMM 錯体(1)とゲスト分子 C_{60} から構成されるホスト: ゲスト=1:1 超分子錯体 ($1 \cdot C_{60}$) では、2つの Tb イオンサイトの一方の配位環境が square prism (SP) から square antiprism (SAP) に変化していることが単結晶 X 線構造解析から明らかになった。この配位環境の変化は SMM 特性に影響を及ぼし、1 と $1 \cdot C_{60}$ の磁気異方性の差異をもたらした。特に 1.8 K において $1 \cdot C_{60}$ の磁化緩和挙動の磁場依存性は大きな変化を示し、QTM から直接 (direct) 過程への明確な変化を示した (図3)。これは配位環境の対称性に依存する現象であり、配位子場の影響を強く反映した結果である (文献⑥)

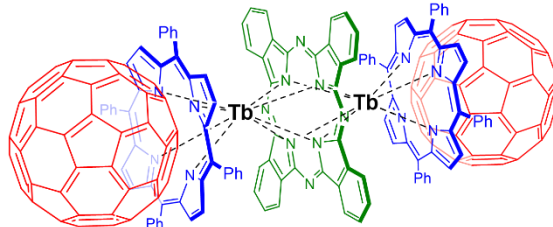


図2. 単分子磁石超分子錯体 ($1 \cdot C_{60}$) の分子構造.

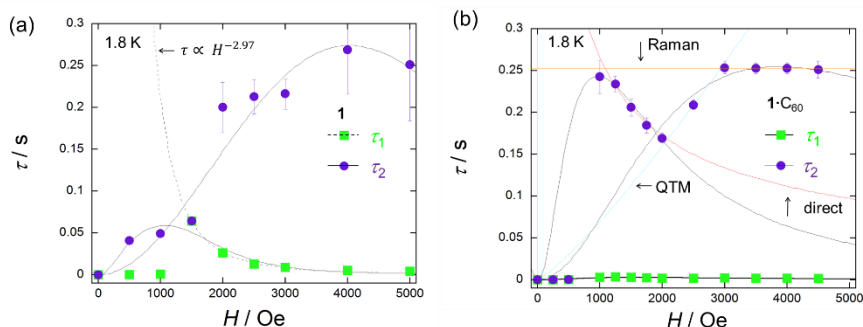


図3. 単分子磁石(a)1 と(b) $1 \cdot C_{60}$ の 1.8 K における磁化緩和時間 (τ) の磁場依存性. 2000 Oe 以下の τ_2 の挙動が大きく異なる.

造解析から Tb イオンに対する配位環境が異なっており、配位子場が変化したことが原因と考えられる。また、結晶溶媒なしでは分子 4 と C_{60} が交互配列するのに対し、結晶溶媒が存在すると分子 4 が二量体を形成し C_{60} と交互配列していた。この二量化に伴い Tb イオン間に働く磁気双極子相互作用が基底状態に影響を及ぼし SMM 特性に変化をもたらしたと考えられる。さらに、 C_{60} よりも高い電子捕獲能力を持つ Li 内包フラーレン ($Li^+@C_{60}$) と分子 4 の共結晶を作製した。結晶構造解析からカゴメ格子のパッキングをとることが明らかとなった。これは C_{60} との共結晶では得られない構造である。対アニオンの PF_6^- の存在がカゴメ格子形成に影響を及ぼしていると考えられる。磁気特性と構造の相関から三角形の頂点に一軸磁気異方性を有する構造となっているためベクトルカイラリティの可能性が示唆される。この点については電子構造もあわせて今後詳細に検討していく。

以上の結果は、Tb イオンに対する配位環境を制御することで磁気異方性が制御可能であることを示している。申請者らは Au(111)に吸着した $TbPc_2$ の分子の積層角度を変えることで Pc 配位

③ フラーレンのサイズおよび類縁体を利用した配列制御: ポルフィリン系二層積層 SMM 錯体 (4) と各種フラーレン (C_{60}, C_{70}) との共結晶化合物を合成し、その構造と磁気特性について明らかにした。 $4 \cdot C_{60}$ 結晶は結晶溶媒 (ジエチルエーテル) の有無で SMM 挙動が変化する。これは結晶構

子に非局在化したラジカルの近藤共鳴のスイッチング (0n-0ff) を実現しているが、分子の対称性 (積層角度) に注目した場合には磁気異方性のスイッチングも可能であると考えられる。つまり、当初の研究計画では Tb イオンの Up/Down に対する情報の書き込み/読み込みを想定していたが、磁気異方性そのものも 0n-0ff できる可能性を示すことができた。今後 Tb イオンの磁気情報を読み書きする手法の開発とあわせて検討していく (共同研究)。

(2) SMM 特性の向上を実現する方法として SMM 間の磁気相互作用を利用することが可能である。申請者は SMM 間に働く磁氣的相互作用が基底状態に影響を及ぼし、基底状態間で起こる QTM を抑制することで磁気特性が向上することを確認している (文献⑦、⑧)。SMM の構造次元制御を念頭に置いた分子設計の一つに CNT が利用可能である。CNT は炭素から成るチューブ状物質であり、高い電子物性や一次元内部ナノ空間を有するため、SMM と組み合わせることで磁気物性の制御やスピントロニクスへの展開も期待できる。そこで CNT の有する電子物性や一次元性を SMM と組み合わせ、SMM 内包 CNT の合成を行った。SMM には分子直径が CNT の直径より小さい希土類金属錯体を選択し、①トリス (アセチルアセトナト) Dy 錯体 ($\text{Dy}(\text{acac})_3$) および② TbPc_2 を CNT へ内包した (図 4) (東北大学 中西亮助教、山下正廣教授との共同研究)。

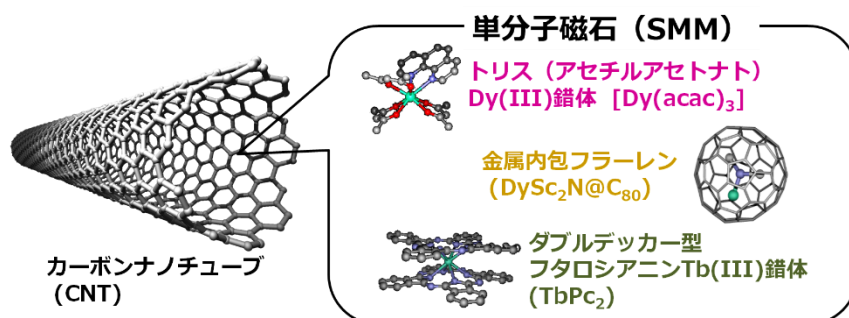


図 4. 一次元内部ナノ空間を有するカーボンナノチューブ (CNT) に各種単分子磁石 (SMM) を内包させるイメージ。

① $\text{Dy}(\text{acac})_3$ 錯体内包 CNT: SMM 錯体 $\text{Dy}(\text{acac})_3(\text{H}_2\text{O})_2$ と $\text{Dy}(\text{acac})_3$ -フェナントロリン (phen) の CNT 内包を試みた。 $\text{Dy}(\text{acac})_3(\text{H}_2\text{O})_2$ 錯体には平均内径 5 nm の多層 CNT を使い、溶液法 (1, 2-ジクロロエタン) で内包を行った。TEM 像では多層 CNT 内に $\text{Dy}(\text{acac})_3(\text{H}_2\text{O})_2$ 錯体のコントラストを確認し、加えて EDX 分析から Dy を確認した。交流磁化率は周波数依存性を示し CNT 内包後も SMM 特性を保持している。明瞭な磁化のピークトップが確認できなかったが、Kramers-Kronig の式より頻度因子 (τ_0) が $10^{-6} - 10^{-7}$ s、活性化障壁 (U_{eff}) が $4 - 5 \text{ cm}^{-1}$ と見積もった。 $\text{Dy}(\text{acac})_3(\text{phen})$ 錯体については、比較のため反磁性の $\text{Y}(\text{acac})_3(\text{phen})$ 錯体を用い 10 倍に磁気希釈すると明瞭なバタフライ型磁気ヒステリシスを確認できるようになったことから、CNT への内包に伴う分子間磁気相互作用の制御によって SMM 特性の向上が期待できる。そこで CNT 内包磁気希釈効果の発現を期待し、 $\text{Dy}(\text{acac})_3(\text{phen})$ 錯体を直径 $1.7 \pm 0.6 \text{ nm}$ の SWCNT に昇華法で内包させた。TEM 像および走査 TEM を用いた高角度散乱暗視野 (HAADF) 像にて Dy 由来のコントラストが CNT 内に観察されたため内包を確認した。また交流磁化率は周波数依存性を示し、SWCNT 内包後も SMM 特性を保持している。交流磁化率において磁化ピークの高周波数側へのシフト、および磁化曲線は明瞭な磁気ヒステリシス示さなかったことから SMM 特性の向上は達成されていない。しかし、CNT の内部空間を用いた SMM 特性の変調について知見を得ることが出来た (文献⑨)。

② TbPc_2 内包 SWCNT: SMM 分子 TbPc_2 (文献⑩) は直径約 1.5 nm であるため、直径 $2.4 \pm 0.6 \text{ nm}$ の SWCNT を使い、MeOH を用いた溶液法で内包を行った。TEM 像から部分的に TbPc_2 がスタックした像が確認され、また EDX 分析と走査 TEM による HAADF 像から Tb が確認できたため内包を確認した。磁化曲線は内包前と同様にバタフライ型ヒステリシスを示し、SMM 特性を維持している。また、交流磁化率は微弱ながら周波数依存性を示した。内包前と比較し交流磁化率の虚数成分 (χ'') が低温側にシフトしており、これは非磁性の YpC_2 で磁気希釈した磁気挙動に酷似している。磁場依存性の結果と合わせて考えると TbPc_2 の一次元配列は局所的であり、SWCNT 内に希釈された状態で存在すると考えられる。また、得られた交流磁化率の結果から SMM 特性を評価したところ、活性化障壁は約 470 cm^{-1} と見積もられ、内包前における活性化障壁が 410 cm^{-1} であることから SWCNT 内包後も SMM 特性を保持していることが明らかとなった。

(3) 先にも示したが CNT は高い電子物性や一次元内部ナノ空間を有するため、SMM と組み合わせることでスピントロニクス等の研究が期待できる。SMM のより高度な一次元配列を期待して、

CNT との親和性が高い Dy 内包フラーレン (① Dy 単核内包フラーレン $\text{DySc}_2\text{N@C}_{80}$ および② Dy 二核内包フラーレン $\text{Dy}_2\text{ScN@C}_{80}$) の CNT 内包を試みた (図 4、5) (東北大学 中西亮助教、山下正廣教授、名古屋大学 篠原久典教授との共同研究)。

① $\text{DySc}_2\text{N@C}_{80}$ 内包 SWCNT (図 5) : Dy・Sc 含有炭素ロッドを用いたアーク放電法により単核 $\text{DySc}_2\text{N@C}_{80}$ の合成を行い、高速液体クロマトグラフィーで単離した。合成の際、窒素源として NH_3 ガスを用いることで収率が向上した。昇華法で SWCNT (直径 1.4 ± 0.1 nm) への $\text{DySc}_2\text{N@C}_{80}$ 内包を行った。TEM 像より SWCNT 内に一次元的に並んだ $\text{DySc}_2\text{N@C}_{80}$ 由来のコントラストが観察された。走査 TEM による HAADF 像からは、 $\text{DySc}_2\text{N@C}_{80}$ と対応する位置に Dy 由来の白いコントラストが明瞭に確認された。EDX 分析から Dy と Sc も確認され、SWCNT 内に一次元的に $\text{DySc}_2\text{N@C}_{80}$ を内包していることが明らかとなった。磁化曲線は、SWCNT 内包後においても特異なステップ状のヒステリシスを示し SMM 特性を保持していた。内包前は 0.5 kOe 程度であった保磁力が内包後においては約 4 kOe と大幅に上昇することが確認された。これは、SWCNT 内で $\text{DySc}_2\text{N@C}_{80}$ が一次元配列したことに伴う SMM 間の磁気双極子相互作用で QTM が抑制されたためと考えられる。磁化の時間依存性から遅い磁化緩和も確認できたため、SWCNT 内包後においても SMM は保持していることが明らかとなった (文献⑪)。

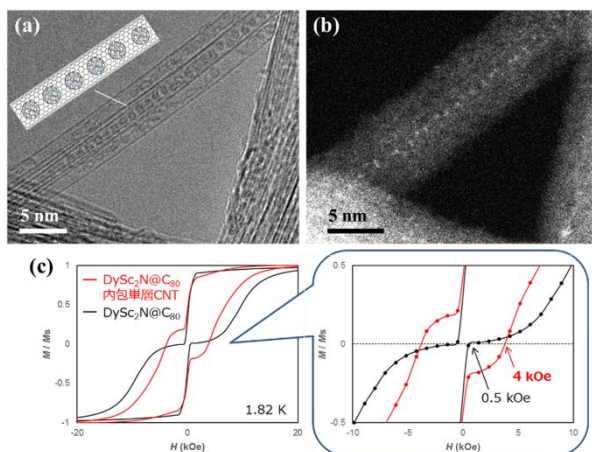


図 5. $\text{DySc}_2\text{N@C}_{80}$ 内包 SWCNT の (a) TEM 像、(b) 走査 TEM による HAADF 像。(c) SWCNT への内包前後における $\text{DySc}_2\text{N@C}_{80}$ の磁気ヒステリシス。

② $\text{Dy}_2\text{ScN@C}_{80}$ 内包 SWCNT: 二核 $\text{Dy}_2\text{ScN@C}_{80}$ は単核 $\text{DySc}_2\text{N@C}_{80}$ に比べて SMM 特性が優れていることが知られている。①と同様に内包を行い、TEM 像と EDX 分析 (Dy:Sc=2:1) から SWCNT 内に一次元的に $\text{Dy}_2\text{ScN@C}_{80}$ を内包していることが明らかとなった。直流磁化率の温度変化からスピンの凍結する温度 (ブロッキング温度) が約 4 K であり、磁化曲線の温度依存性から見積もられた値と等しい。SWCNT 内包後においても SMM は保持していることが明らかになった。

今後の予定として、基板上で 1 本の SMM 内包 CNT に電極を付けデバイスを作成する予定であるが、この実験は技術的に困難を極めるため共同研究として実験を進める準備をしている。SMM-カーボンナノ材料ハイブリット化合物の電子物性を調べることで、磁気物性に加え多重機能性を備えたカーボンナノデバイスへ展開できる可能性がある。

<引用文献>

- ① Urdampilleta et al., Nat. Mater., 2011, 10, 502
- ② Wang et al., Chem. Sci., 2014, 5, 3214
- ③ Westerström et al., J. Am. Chem. Soc., 2012, 134, 9840
- ④ Okubo et al., Chem. Commun., 2012, 48, 4314; 2013, 49, 4474
- ⑤ Katoh et al., Chem. Sci., 2016, 7, 4329
- ⑥ Katoh et al., Chem. Eur. J. 2020, 26, 4805
- ⑦ Katoh et al., Angew. Chem. Int. Ed., 2018, 57, 9262
- ⑧ Morita et al., J. Am. Chem. Soc., 2018, 140(8), 2995
- ⑨ Nakanishi et al., Materials, 2017, 10(1), 7
- ⑩ Ishikawa et al., J. Am. Chem. Soc. 2003, 125, 8694
- ⑪ Nakanishi et al., J. Am. Chem. Soc., 2018, 140(35), 10955

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計35件（うち査読付論文 34件／うち国際共著 10件／うちオープンアクセス 6件）

1. 著者名 Horii Yoji, Damjanovic Marko, Ajayakumar M. R., Katoh Keiichi, Kitagawa Yasutaka, Chibotaru Liviu, Ungur Liviu, Mas-Torrent Marta, Wernsdorfer Wolfgang, Breedlove Brian K., Enders Markus, Veciana Jaume, Yamashita Masahiro	4. 巻 -
2. 論文標題 Highly oxidized states of phthalocyaninato terbium(III) multiple decker complexes showing structural deformations, biradical properties and decreases in magnetic anisotropy	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chemistry - A European Journal	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/chem.202001365	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 Horii Yoji, Katoh Keiichi, Miyazaki Yuji, Damjanovic Marko, Sato Tetsu, Ungur Liviu, Chibotaru Liviu F., Breedlove Brian K., Nakano Motohiro, Wernsdorfer Wolfgang, Yamashita Masahiro	4. 巻 -
2. 論文標題 Coexistence of Spin Lattice Relaxation and Phonon Bottleneck Processes in GdIII Phthalocyaninato Triple Decker Complexes under Highly Diluted Conditions	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chemistry - A European Journal	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi.org/10.1002/chem.201905796	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 Katoh Keiichi, Yasuda Nobuhiro, Damjanovic Marko, Wernsdorfer Wolfgang, Breedlove Brian K., Yamashita Masahiro	4. 巻 26
2. 論文標題 Manipulation of the Coordination Geometry along the C4 Rotation Axis in a Dinuclear Tb3+ Triple Decker Complex via a Supramolecular Approach	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chemistry - A European Journal	6. 最初と最後の頁 4805 ~ 4815
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/chem.201905400	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 Ishikawa Ryuta, Michiwaki Shoichi, Noda Takeshi, Katoh Keiichi, Yamashita Masahiro, Kawata Satoshi	4. 巻 5
2. 論文標題 Series of Chloranilate-Bridged Dinuclear Lanthanide Complexes: Kramers Systems Showing Field-Induced Slow Magnetic Relaxation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Magnetochemistry	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/magnetochemistry5020030	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 Ishikawa Ryuta, Ueno Shuya, Nifuku Shohei, Horii Yoji, Iguchi Hiroaki, Miyazaki Yuji, Nakano Motohiro, Hayami Shinya, Kumagai Shohei, Katoh Keiichi, Li Zhao Yang, Yamashita Masahiro, Kawata Satoshi	4. 巻 26
2. 論文標題 Simultaneous Spin Crossover Transition and Conductivity Switching in a Dinuclear Iron(II) Coordination Compound Based on 7,7',8,8'-Tetracyano-p-quinodimethane	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Chemistry - A European Journal	6. 最初と最後の頁 1278 ~ 1285
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/chem.201903934	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 Sato Tetsu, Matsuzawa Satoshi, Katoh Keiichi, Breedlove Brian K., Yamashita Masahiro	4. 巻 5
2. 論文標題 Relationship between the Coordination Geometry and Spin Dynamics of Dysprosium(III) Heteroleptic Triple-Decker Complexes	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Magnetochemistry	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/magnetochemistry5040065	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 Qi Zhi Kun, Mishra Puneet, Ara Ferdous, Oka Hirofumi, Sainoo Yasuyuki, Katoh Keiichi, Yamashita Masahiro, Komeda Tadahiyo	4. 巻 -
2. 論文標題 Magnetic Hysteresis of Single-Molecule Magnets Adsorbed on Ferromagnetic Substrate	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ACS Nano	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi.org/10.1021/acsnano.9b04428	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 Ara Ferdous, Oka Hirofumi, Sainoo Yasuyuki, Katoh Keiichi, Yamashita Masahiro, Komeda Tadahiyo	4. 巻 125
2. 論文標題 Spin properties of single-molecule magnet of double-decker Tb(III)-phthalocyanine (TbPc2) on ferromagnetic Co film characterized by spin polarized STM (SP-STM)	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 183901 ~ 183901
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi.org/10.1063/1.5079964	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 Horii Yoji, Katoh Keiichi, Sugimoto Kunihisa, Nakanishi Ryo, Breedlove Brian K., Yamashita Masahiro	4. 巻 25
2. 論文標題 Detailed Analysis of the Crystal Structures and Magnetic Properties of a Dysprosium(III) Phthalocyaninato Sextuple Decker Complex: Weak f-f Interactions Suppress Magnetic Relaxation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Chemistry - A European Journal	6. 最初と最後の頁 3098 ~ 3104
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi.org/10.1002/chem.201805368	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 Horii Yoji, Horie Yusuke, Katoh Keiichi, Breedlove Brian K., Yamashita Masahiro	4. 巻 57
2. 論文標題 Changing Single-Molecule Magnet Properties of a Windmill-Like Distorted Terbium(III) -Butoxy-Substituted Phthalocyaninato Double-Decker Complex by Protonation/Deprotonation	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Inorganic Chemistry	6. 最初と最後の頁 565 ~ 574
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.inorgchem.7b02124	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 Murdey Richard, Katoh Keiichi, Yamashita Masahiro, Sato Naoki	4. 巻 646
2. 論文標題 Thermally activated electrical conductivity of thin films of bis(phthalocyaninato)terbium(III) double decker complex	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Thin Solid Films	6. 最初と最後の頁 17 ~ 20
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.tsf.2017.11.024	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 Zhang Haitao, Nakanishi Ryo, Katoh Keiichi, Breedlove Brian K., Kitagawa Yasutaka, Yamashita Masahiro	4. 巻 47
2. 論文標題 Low coordinated mononuclear erbium(iii) single-molecule magnets with C3v symmetry: a method for altering single-molecule magnet properties by incorporating hard and soft donors	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Dalton Transactions	6. 最初と最後の頁 302 ~ 305
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C7DT04053A	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 Ishikawa Ryuta, Michiwaki Shoichi, Noda Takeshi, Katoh Keiichi, Yamashita Masahiro, Matsubara Kouki, Kawata Satoshi	4. 巻 6
2. 論文標題 Field-Induced Slow Magnetic Relaxation of Mono- and Dinuclear Dysprosium(III) Complexes Coordinated by a Chloranilate with Different Resonance Forms	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Inorganics	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/inorganics6010007	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 Horii Yoji, Kishiue Shuhei, Damjanovic Marko, Katoh Keiichi, Breedlove Brian K., Enders Markus, Yamashita Masahiro	4. 巻 24
2. 論文標題 Supramolecular Approach for Enhancing Single-Molecule Magnet Properties of Terbium(III)-Phthalocyaninato Double-Decker Complexes with Crown Moieties	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Chemistry - A European Journal	6. 最初と最後の頁 4320 ~ 4327
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/chem.201705378	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 Morita Takaumi, Damjanovic Marko, Katoh Keiichi, Kitagawa Yasutaka, Yasuda Nobuhiro, Lan Yanhua, Wernsdorfer Wolfgang, Breedlove Brian K., Enders Markus, Yamashita Masahiro	4. 巻 140
2. 論文標題 Comparison of the Magnetic Anisotropy and Spin Relaxation Phenomenon of Dinuclear Terbium(III) Phthalocyaninato Single-Molecule Magnets Using the Geometric Spin Arrangement	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 2995 ~ 3007
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.7b12667	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 Izuogu David C., Yoshida Takefumi, Zhang Haitao, Cosquer Goulven, Katoh Keiichi, Ogata Shuhei, Hasegawa Miki, Nojiri Hiroyuki, Damjanovic Marko, Wernsdorfer Wolfgang, Uruga Tomoya, Ina Toshiaki, Breedlove Brian K., Yamashita Masahiro	4. 巻 24
2. 論文標題 Slow Magnetic Relaxation in a Palladium-Gadolinium Complex Induced by Electron Density Donation from the Palladium Ion	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Chemistry - A European Journal	6. 最初と最後の頁 9285 ~ 9294
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/chem.201800699	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 Katoh Keiichi, Yamashita Satoshi, Yasuda Nobuhiro, Kitagawa Yasutaka, Breedlove Brian K., Nakazawa Yasuhiro, Yamashita Masahiro	4. 巻 57
2. 論文標題 Control of the Spin Dynamics of Single-Molecule Magnets by using a Quasi One-Dimensional Arrangement	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Angewandte Chemie International Edition	6. 最初と最後の頁 9262 ~ 9267
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.201803161	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 Nakanishi Ryo, Satoh Jyunya, Katoh Keiichi, Zhang Haitao, Breedlove Brian K., Nishijima Masahiko, Nakanishi Yusuke, Omachi Haruka, Shinohara Hisanori, Yamashita Masahiro	4. 巻 140
2. 論文標題 DySc2N@C80 Single-Molecule Magnetic Metallofullerene Encapsulated in a Single-Walled Carbon Nanotube	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 10955 ~ 10959
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.8b06983	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 Katoh Keiichi, Morita Takaumi, Yasuda Nobuhiro, Wernsdorfer Wolfgang, Kitagawa Yasutaka, Breedlove Brian K., Yamashita Masahiro	4. 巻 24
2. 論文標題 Tetranuclear Dysprosium(III) Quintuple-Decker Single-Molecule Magnet Prepared Using a - Extended Phthalocyaninato Ligand with Two Coordination Sites	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Chemistry - A European Journal	6. 最初と最後の頁 15522 ~ 15528
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/chem.201804100	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 Yamabayashi Tsutomu, Katoh Keiichi, Breedlove Brian, Yamashita Masahiro	4. 巻 22
2. 論文標題 Molecular Orientation of a Terbium(III)-Phthalocyaninato Double-Decker Complex for Effective Suppression of Quantum Tunneling of the Magnetization	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Molecules	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/molecules22060999	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 Horiei Yoji, Katoh Keiichi, Breedlove Brian K., Yamashita Masahiro	4. 巻 53
2. 論文標題 Elongation of magnetic relaxation times in a single-molecule magnet through intermetallic interactions: a clamshell-type dinuclear terbium(III)-phthalocyaninato quadruple-decker complex	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 8561 ~ 8564
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C7CC03553E	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. Katoh, Y. Aizawa, T. Morita, B. K. Breedlove, M. Yamashita	4. 巻 23
2. 論文標題 Elucidation of Dual Magnetic Relaxation Processes in Dinuclear Dysprosium(III) Phthalocyaninato Triple-Decker Single-Molecule Magnets Depending on the Octacoordination Geometry	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Chemistry - A European Journal	6. 最初と最後の頁 15377 ~ 15386
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) org/10.1002/chem.201703014	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 Iwami Hikaru, Nakanishi Ryo, Horiei Yoji, Katoh Keiichi, Breedlove Brian, Yamashita Masahiro	4. 巻 10
2. 論文標題 Metal-Organic Framework of Lanthanoid Dinuclear Clusters Undergoes Slow Magnetic Relaxation	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Materials	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/ma10010081	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 R. Nakanishi, M. A. Yattoo, K. Katoh, Brian. K. Breedlove and M. Yamashita	4. 巻 10
2. 論文標題 Dysprosium Acetylacetonato Single-Molecule Magnet Encapsulated in Carbon Nanotubes	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Materials	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/ma10010007	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 Horii Yoji, Katoh Keiichi, Cosquer Goulven, Breedlove Brian K., Yamashita Masahiro	4. 巻 55
2. 論文標題 Weak DyIII-DyIII Interactions in DyIII-Phthalocyaninato Multiple-Decker Single-Molecule Magnets Effectively Suppress Magnetic Relaxation	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Inorganic Chemistry	6. 最初と最後の頁 11782 ~ 11790
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.inorgchem.6b01870	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 Ara Ferdous, Qi Zhi Kun, Hou Jie, Komeda Tadahiro, Katoh Keiichi, Yamashita Masahiro	4. 巻 45
2. 論文標題 A scanning tunneling microscopy study of the electronic and spin states of bis(phthalocyaninato)terbium(iii) (TbPc2) molecules on Ag(111)	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Dalton Transactions	6. 最初と最後の頁 16644 ~ 16652
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C6DT01967F	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 Damjanovic Marko, Morita Takaumi, Horii Yoji, Katoh Keiichi, Yamashita Masahiro, Enders Markus	4. 巻 17
2. 論文標題 How Ions Arrange in Solution: Detailed Insight from NMR Spectroscopy of Paramagnetic Ion Pairs	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 ChemPhysChem	6. 最初と最後の頁 3423 ~ 3429
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/cphc.201600804	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 Katoh Keiichi, Komeda Tadahiro, Yamashita Masahiro	4. 巻 16
2. 論文標題 The Frontier of Molecular Spintronics Based on Multiple-Decker Phthalocyaninato TbIIISingle-Molecule Magnets	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 The Chemical Record	6. 最初と最後の頁 987 ~ 1016
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/tcr.201500290	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 Moreno Pineda Eufenio, Komeda Tadahiro, Katoh Keiichi, Yamashita Masahiro, Ruben Mario	4. 巻 45
2. 論文標題 Surface confinement of TbPc2-SMMs: structural, electronic and magnetic properties	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Dalton Transactions	6. 最初と最後の頁 18417 ~ 18433
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c6dt03298b	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 Katoh Keiichi, Breedlove Brian K., Yamashita Masahiro	4. 巻 7
2. 論文標題 Symmetry of octa-coordination environment has a substantial influence on dinuclear TbIII triple-decker single-molecule magnets	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Chemical Science	6. 最初と最後の頁 4329 ~ 4340
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c5sc04669f	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 K. Katoh, M. Suzuki, T. Nakamura, N. Tsuji, Y. Kotani, M. Yamashita	4. 巻 4
2. 論文標題 Element-Specific Magnetometry in Tb Complex Single-Molecule Magnets Using Soft X-Ray Magnetic Circular Dichroism Spectroscopy	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 SPRING-8/SACLA Research Reports	6. 最初と最後の頁 199 ~ 211
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.18957/rr.4.2.199	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 Horii Yoji, Katoh Keiichi, Yasuda Nobuhiro, Breedlove Brian K., Yamashita Masahiro	4. 巻 54
2. 論文標題 Effects of f-f Interactions on the Single-Molecule Magnet Properties of Terbium(III)-Phthalocyaninato Quintuple-Decker Complexes	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 Inorganic Chemistry	6. 最初と最後の頁 3297 ~ 3305
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/ic502951t	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 Damjanovic Marko, Morita Takaumi, Katoh Keiichi, Yamashita Masahiro, Enders Markus	4. 巻 21
2. 論文標題 Ligand -Radical Interaction with f-Shell Unpaired Electrons in Phthalocyaninato-Lanthanoid Single-Molecule Magnets: A Solution NMR Spectroscopic and DFT Study	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 Chemistry - A European Journal	6. 最初と最後の頁 14421 ~ 14432
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/chem.201501944	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 Aono Yoshitaka, Yoshida Hiroki, Katoh Keiichi, Breedlove Brian K., Kagesawa Koichi, Yamashita Masahiro	4. 巻 54
2. 論文標題 Tuning Interchain Interactions in Two-Dimensional Networks of MnIII Schiff-Base Complexes and Dicarboxylic Acids by Varying the Linker	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 Inorganic Chemistry	6. 最初と最後の頁 7096 ~ 7102
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.inorgchem.5b01154	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 Damjanovic Marko, Horie Yusuke, Morita Takaumi, Horii Yoji, Katoh Keiichi, Yamashita Masahiro, Enders Markus	4. 巻 54
2. 論文標題 -Substituted Bis(octabutoxyphthalocyaninato)Terbium(III) Double-Decker Complexes: Preparation and Study of Protonation by NMR and DFT	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 Inorganic Chemistry	6. 最初と最後の頁 11986 ~ 11992
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.inorgchem.5b02391	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33件 (うち招待講演 4件 / うち国際学会 12件)

1. 発表者名 池永和輝・北河康隆・加藤恵一・山下正廣・中野雅由
2. 発表標題 二層積層型イットリウム(III) - フタロシアニン錯体における分子間磁氣的相互作用の理論研究
3. 学会等名 第69回錯体化学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yasutaka Kitagawa, Kazuki Ikenaga, Hayato Tada, Iori Era, Keiichi Katoh, Masahiro Yamashita, Masayoshi Nakano
2. 発表標題 Theoretical study of substitution effect on f-pi magnetic interaction in TbPc2 complex
3. 学会等名 第69回錯体化学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tetsu SATO, Keiichi KATOH, Brain K BREEDLOVE, Masahiro YAMASHITA
2. 発表標題 Magnetic anisotropy of ErPc2
3. 学会等名 第69回錯体化学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yoji HORII, Keiichi KATOH, Marko DAMJANOVIC, Masahiro YAMASHITA
2. 発表標題 Comprehensive studies for structural and magnetic properties of terbium(III) phthalocyaninato multiple-decker complexes in high-valence states
3. 学会等名 第69回錯体化学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tetsu SATO, Keiichi KATOH, Brain K BREEDLOVE, Masahiro YAMASHITA
2. 発表標題 エルビウムイオンの磁気異方性
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 Tetsu SATO, Keiichi KATOH, Brian K BREEDLOVE, Masahiro YAMASHITA
2. 発表標題 Magnetic anisotropy of ErPc2
3. 学会等名 7th Asian Conference on Coordination Chemistry (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Keiichi Katoh, Takaumi Morita, Nobuhiro Yasuda, Wolfgang Wernsdorfer, Yasutaka Kitagawa, Brian K. Breedlove, Masahiro Yamashita
2. 発表標題 Spin relaxation phenomena of a crank-type tetranuclear dysprosium(III) phthalocyaninato quintuple-decker single-molecule magnet
3. 学会等名 The 43rd International Conference on Coordination Chemistry (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tetsu Sato, Keiichi Katoh, Brian K. Breedlove, Masahiro Yamashita
2. 発表標題 Characterization of a dysprosium(III) heteroleptic triple-decker complex and investigation of the relationship between the coordination geometry and the magnetic properties
3. 学会等名 The 43rd International Conference on Coordination Chemistry (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐藤 鉄、加藤恵一、山下正廣
2. 発表標題 単分子磁石の機能開拓
3. 学会等名 日本化学会 第98春季年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐藤 鉄、加藤恵一、山下正廣
2. 発表標題 新規トリプルデッカー錯体の同定、および配位環境と磁気特性の相関調査
3. 学会等名 錯体化学会第68回討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 加藤恵一
2. 発表標題 希土類 - フタロシアニン積層錯体の構造と単分子磁石特性の相関
3. 学会等名 第11回有機 電子系シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 高橋昂宏、加藤恵一、山下正廣
2. 発表標題 セリウム積層型錯体の磁気特性
3. 学会等名 第11回分子科学討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Y. Horii, K. Katoh, B. K. Breedlove, M. Yamashita
2. 発表標題 Magnetic Properties of Multi-Oxidation Species of Terbium(III)-Phthalocyaninato Multiple-Decker Complexes
3. 学会等名 ICMM2016 (The 15th International Conference on Molecule-Based Magnets) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 T. Komeda, P. Mishra, J. Liu, K. Katoh, M. Yamashita, T. Inose, D. Tanaka, T. Ogawa
2. 発表標題 Spin Control of Magnetic Molecules with Scanning Tunneling Microscopy
3. 学会等名 ICMM2016 (The 15th International Conference on Molecule-Based Magnets) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 K.Katoh, B.K. Breedlove, M. Yamashita
2. 発表標題 Molecular Geometry and Ground-State of Dinuclear Terbium(III) Triple-Decker Single-Molecule Magnets
3. 学会等名 ICMM2016 (The 15th International Conference on Molecule-Based Magnets) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 T. Komeda, P. Mishra, J. Liu, K. Katoh, M. Yamashita, T. Inose, D. Tanaka, T. Ogawa, F. Wu, Z. Shen
2. 発表標題 Spin Observation and Control of Magnetic Molecules with Scanning Tunnelling Microscopy
3. 学会等名 ICCC2016 (42nd edition of the International Conference on Coordination Chemistry) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 加藤 患一, 相澤 憂, 山下 正廣
2. 発表標題 配位環境の異なる単分子磁石Dy(III)二核錯体の構造と磁気特性
3. 学会等名 第66回錯体化学討論会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 堀井洋司、加藤恵一、Brian K. Breedlove、山下正廣
2. 発表標題 フタロシアニン多層積層型錯体の酸化状態における磁気特性
3. 学会等名 第66回錯体化学討論会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 小林可奈、堀井洋司、加藤恵一、Brian K. Breedlove、山下正廣
2. 発表標題 フタロシアニン積層型セリウム錯体の単分子磁石特性
3. 学会等名 第66回錯体化学討論会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Y. Horii, K. Katoh, B. K. Breedlove, M. Yamashita
2. 発表標題 Magnetic properties of phthalocyaninato multiple-decker complexes in high valence states
3. 学会等名 第6回CSJ化学フェスタ2016
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Yoji Horii, keiichi Katoh, Masahiro Yamashita
2. 発表標題 Structures and magnetic properties of phthalocyaninato multiple-decker complexes in high oxidation states
3. 学会等名 日本化学会第97春季年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 岸上周平、堀井洋司、加藤恵一、山下正廣
2. 発表標題 イオン認識部位を有するテルビウム-フタロシアニン2層積層錯体の超分子会合による磁気特性の制御
3. 学会等名 日本化学会第97春季年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Takaumi Morita, Keiichi Katoh, Brian K. Breedlove, Masahiro Yamashita
2. 発表標題 Single-Molecule Magnet Properties of a Tetranuclear Dy(III)-Fused Phthalocyaninato Quintuple-Decker Complex
3. 学会等名 5th Asian Conference on Coordination Chemistry (ACCC5) (国際学会)
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 守田 峻海、Damjanovic, Marko、加藤 恵一、Enders, Markus、Breedlove Brian K.、山下 正廣
2. 発表標題 テルビウム(III)-フタロシアニン単分子磁石のNMR測定における常磁性シフトの解析
3. 学会等名 第9回分子科学討論会
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 Takaumi Morita, Marko Damjanovic, Keiichi Katoh, Brian K. Breedlove, Shinya Takaishi, Markus Enders, Masahiro Yamashita
2. 発表標題 Structures and Magnetic Properties of Terbium(III)-Fused Phthalocyaninato Single-Molecule Magnets
3. 学会等名 第65回錯体化学討論会
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 堀井洋司、加藤恵一、山下 正廣
2. 発表標題 フタロシアニン-ポルフィリンヘテロダブルデッカー型錯体の構造と磁気特性成
3. 学会等名 第65回錯体化学討論会
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 堀江勇介、堀井洋司、加藤恵一、ブライアン キース ブリードラブ、山下正廣
2. 発表標題 置換型フタロシアニン二層型テルビウム錯体の電子構造と磁気特性
3. 学会等名 第65回錯体化学討論会
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 Yusuke Horie, Yoji Horii, Keiichi Katoh, Brian K. Breedlove and Masahiro Yamashita
2. 発表標題 Proton-induced switching of the SMM properties of a terbium(III)-phthalocyaninato double-decker complex
3. 学会等名 The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies 2015 (国際学会)
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 Yoji Horii, Keiichi Katoh, Brian K. Breedlove and Masahiro Yamashita
2. 発表標題 Magnetic properties of dysprosium(III)-yttrium(III) phthalocyaninato quadruple-decker complexes
3. 学会等名 The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies 2015 (国際学会)
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 Marko Damjanovic, Takaumi Morita, Keiichi Katoh, Masahiro Yamashita, Markus Enders
2. 発表標題 NMR Analysis of Terbium(III)-Phthalocyaninato Single Molecule Magnet
3. 学会等名 Tohoku University's Chemistry Summer School 2015 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 Takaumi Morita, Keiichi Katoh, Brian K. Breedlove, Masahiro Yamashita
2. 発表標題 Single-Molecule Magnet Properties of a Tetranuclear Dy(III)-Fused Phthalocyaninato Quintuple-Decker Complex
3. 学会等名 Tohoku University's Chemistry Summer School 2015
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 Marko Damjanovic, Takaumi Morita, Keiichi Katoh, Masahiro Yamashita and Markus Enders
2. 発表標題 NMR Analysis of Terbium(III)-Phthalocyaninato Single Molecule Magnets
3. 学会等名 Heidelberg Forum of Molecular Catalysis 2015 (国際学会)
4. 発表年 2015年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 Keiichi Katoh, Koichi Kagesawa, Masahiro Yamashita	4. 発行年 2018年
2. 出版社 World Scientific	5. 総ページ数 352
3. 書名 World scientific reference on SPIN IN ORGANICS Vol. 4 (eds. Z. V. Vardeny and M. Wohlgenannt), Chapter 7 - Organic based Single Molecule and Single Chain Magnets, Spin in Organics (Volume ed. J. S. Miller)	

1. 著者名 Masahiro Yamashita and Keiichi Katoh	4. 発行年 2016年
2. 出版社 WILEY-VCH	5. 総ページ数 483
3. 書名 Chapter 4 - Single Molecule Magnets, Molecular Magnetic Materials Concepts and Applications (eds. Barbara Sieklucka, Dawid Pinkowicz)	

[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
--	---------------------------	-----------------------	----