

機関番号：12101

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2008～2010

課題番号：20550118

研究課題名(和文) 磁性金属に連結した伝導系の開発とスピンエレクトロニクス材料への応用

研究課題名(英文) Development of Molecular Conductors Linked with Magnetic Metal Ions and Their Application to Spin-electronics Materials

研究代表者

西川 浩之 (Hiroyuki Nishikawa)

茨城大学・理学部・教授

研究者番号：40264585

研究成果の概要(和文)：TTF を中心とする分子性導体において、より強い磁氣的相互作用を発現させるため、有機ドナーに常磁性金属イオンが直接配位できるサイトを導入した TTF-配位子の合成とそれを基にした磁性-伝導系の開発ならびに物性研究を行った。シッフ塩基型 TTF-配位子を新規に開発し、磁性と伝導性が共存する系や酸化還元能をもつスピncrossオーバー錯体の開発に成功した。ピラゾール型 TTF-配位子からは極低温で単分子磁性を示す物質の開発に成功した。

研究成果の概要(英文)：In order to realize strong interaction between conducting electrons and localized spins in molecular conductors mainly based on the TTF system, we have been carrying out the preparation of TTF-ligands which have the coordination sites to paramagnetic metal ions, and the studies of physical properties of the metal complexes based on the TTF-ligands. From TTF-ligands with the Schiff base type coordination sites, we succeeded in the development of molecular system in which electron conduction and magnetic property coexisted, and those with redox properties showing spin-crossover phenomena. On the other hand, pyrazol-type TTF-ligands gave multinuclear metal complexes which showed a single molecular magnet behavior at very low temperature.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	2,200,000	660,000	2,860,000
2009年度	800,000	240,000	1,040,000
2010年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	3,800,000	1,140,000	4,940,000

研究分野：化学

科研費の分科・細目：複合化学・機能物質化学

キーワード：分子性導体、伝導性、磁性、遷移金属錯体、合成化学、スピンエレクトロニクス

1. 研究開始当初の背景

これまで、伝導性と磁性が相互作用した物質は、主に有機ドナーである TTF 誘導体 (π 電子系) と磁気モーメントを有する遷移金属からなる単核アニオン(局在 d スピン)とのラジカル塩という形で開発が行われてきた。これらは、 $d-\pi$ 系と呼ばれ磁性と伝導性が共存あるいは競合した興味深い物性が見出さ

れている。特に、TTF のセレン類縁体である BETS [bis(ethylenedithio)tetraselenafulvalene] と FeBr_4 との塩において反強磁性超伝導体が見出されたり(H. Fujiwara, et al., *J. Am. Chem. Soc.*, 2001, 123, 306), 同じく BETS の FeCl_4 塩で磁場の印加によって超伝導が誘起される磁場誘起超伝導が見つかっている(S. Uji, et al., *Nature*, 2001, 410, 908)。しかし、これらの

系では伝導性と磁性を担う分子が図1に示すように互いに独立して存在しているため、伝導電子と局在スピンの磁氣的相互作用は非常に弱く、興味ある現象も極低温においてしか発現し得ない。

一方、常磁性遷移金属からなる多核クラスター錯体からは、単一分子で磁石の性質を示す単分子磁石が開発されており、磁化の単緩和現象や量子性を示すことから量子スピン系と呼ばれ、高密度磁気メモリとしての応用や物理的現象に関する研究が行われている(G. Christou, et al., MRS Bull., 2000, 25, 66)。このような量子スピン系に対して導電性を組み込む研究も盛んに行われているが、その様な物質の報告は現在までほとんどない。

2. 研究の目的

本研究では、分子性導体の代表的な構成分子である TTF 誘導体に、多くの多核金属クラスター錯体を与えるシッフ塩基配位子を導入することにより、磁性と伝導性がより強くカップルした新しい磁性-伝導系の開発を目的とし、以下に挙げる研究を行う。

(i)伝導電子と局在スピン間のより強い相互作用を発現させるため、常磁性金属に直接配位することができるサイトを持つ TTF 誘導体の合成を行い、種々の常磁性金属との錯形成を行う。合成に成功した系に関して、電気抵抗、磁化率、磁気抵抗測定を行い伝導-磁性間の相互作用について詳細に検討する。

(ii)シッフ塩基配位子は金属イオンの集積化に適した配位子であり、単分子磁性を示す多核金属クラスター錯体を与えている。そこで、電気伝導性を有する単分子磁石の開発を試み、伝導系と単分子磁性などの量子スピン系との相互作用に特有の現象を探索する。

(iii)磁性と伝導性が強く相互作用した系を用いて単結晶デバイスを作製し、磁場応答 FET など局在スピンの関与した有機デバイスの構築を試みる。

3. 研究の方法

常磁性金属イオンに直接配位することができる有機ドナーの設計と合成を行う。伝導性を担う有機ドナー部位として TTF 誘導体を用い、また金属イオンへの配位サイトとして金属イオンを集積化しやすく多くの多核金属クラスター錯体を与えるシッフ塩基配位子を用いる。そのような TTF 誘導体として aminoethylthio-TTF から誘導されるシッフ塩基配位子を有する TTF 誘導体 (図 1, Hsae-TTF) の合成には既に成功しており、中性状態の分子構造ならびにレドックス特性などを明らかにしている。また、Hsae-TTF を配位子とした金属錯体として Ni(II)、Cu(II) の錯体の合成にも成功し、その結晶構造 (図 1) ならびにレドックス特性などを明らかに

している。

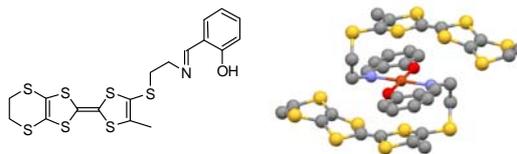


図 1. TTF-配位子 Hsae-TTF と $[M(\text{saeTTF})_2]$

$[\text{Cu}(\text{sae-TTF})_2]$ の構造は図 1 に示すように、配位サイトであるシッフ塩基部位が TTF 骨格からなる分子平面に対して大きく屈曲しており、金属イオン 1 つに対して配位子である TTF 誘導体が 2 分子配位している。本研究では、この配位子を用いた他の常磁性金属イオンとの錯体の合成を試みる。また、 $[M(\text{sae-TTF})_2]$ は約 0.6V に可逆な酸化還元波を示すことから、TTF 誘導体を用いた従来の伝導性錯体と同様、定電流電解酸化法によりラジカル塩の作成を行う。得られた結晶に対して構造解析を行うと同時に、電気抵抗、磁化率、磁気抵抗測定を行い伝導-磁性間の相互作用について詳細に検討する。

配位子としてのシッフ塩基は金属イオンを集積化し、多核の金属クラスター錯体を形成するのに優れた配位子である。金属多核錯体は、さまざまな物性を示すが、中でも負の一軸異方性のため磁化の反転が凍結し、分子自身が磁化され磁石として振舞う単分子磁石は、バルクの磁石では発現しない量子スピン効果に基づく興味深い物性を示す系であり、高密度磁気メモリ材料や量子コンピュータの中核素子として期待されている。Hsae-TTF のシッフ塩基配位サイトの数を増やすことにより、TTF-金属錯体系において金属イオンの集積化に基づく金属イオンの多核化の合成条件を検討し、量子スピン-伝導系の構築を試みる。得られた錯体に関しては、結晶構造を含め基礎物性の解明を行う。

また、新しいドナー配位子の開発も行う。金属イオンへの配位サイトであるシッフ塩基部位をアルコールアミンなど他の配位構造へと置換する。エタノールアミンなどの配位子は、シッフ塩基配位子を持つ Hsae-TTF に比べ、アルキル鎖周りの構造的柔軟性が大きいいため、より多核のクラスター錯体を与えやすい。このように配位サイトを最適化することにより、さらなる量子スピン-伝導系の開発を目指す。以上、新しい TTF-配位子を用いた常磁性金属錯体の新規開発と物性研究を行い、物質の性質を詳細に明らかにしたのち、有機半導体デバイスとしての可能性を探求するため、得られた金属錯体の薄膜化を真空蒸着法ならびにキャスト法により行い、デバイス構造の構築を試みる。

4. 研究成果

【Hsae-TTF を用いた金属錯体】

配位部位として2座配位子として知られるシッフ塩基配位子を導入した TTF 配位子 Hsae-TTF (4-(2-salicylideneiminoethylthio)-5-methyl-4',5'-ethylenedithio-TTF) を合成し、Hsae-TTF を配位子として用いた Ni(II) および Cu(II) 錯体の合成に成功した。図 1 に示すように、TTF 部位が中性状態の錯体 $[M(\text{sae-TTF})_2]$ ($M = \text{Ni(II)}, \text{Cu(II)}$) は、四配位平面四角形の配位構造を有する金属錯体部位を中性の TTF 部位がサンドイッチした構造をとっている。中性錯体 $[M(\text{sae-TTF})_2]$ ($M = \text{Ni(II)}, \text{Cu(II)}$) は定電流電解法により酸化することで、部分酸化塩である $[\text{Cu}^{\text{II}}(\text{sae-TTF})_2]\text{PF}_6$, **1** を得ることに成功した。錯体 **1** の結晶構造を図 2 に示す。 $[\text{Cu}^{\text{II}}(\text{sae-TTF})_2]\text{PF}_6$ 中の Cu(II) 錯体部分の構造は中性状態の構造と異なり、部分酸化された TTF 部位が向かい合った構造をとっている (図 2(a))。この構造の変化は、導電性の TTF ラジカル塩で見られるように部分酸化状態の TTF 間に働く π - π 相互作用が働いたためであると考えられる。また、常磁性金属錯体部位は、TTF ダイマーの横側に位置している。この向かい合った一対 TTF 部位が一次元状に積層しカラムを形成し、常磁性金属錯体部位は一次元カラムの横に交互に存在している (図 2(b))。

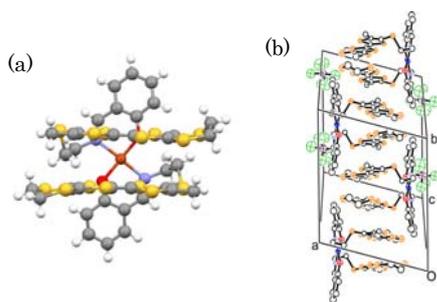


図 2. 部分酸化錯体 $[\text{Cu}^{\text{II}}(\text{saeTTF})_2]\text{PF}_6$ の (a) 分子構造 (b) 結晶構造

積層カラム方向の電気抵抗の温度依存性を測定したところ、室温の伝導度が $6.1 \times 10^{-3} \text{ Scm}^{-1}$ で活性化エネルギーが 67 meV であり、TTF-金属錯体では比較的高い伝導挙動を示した (図 3)。

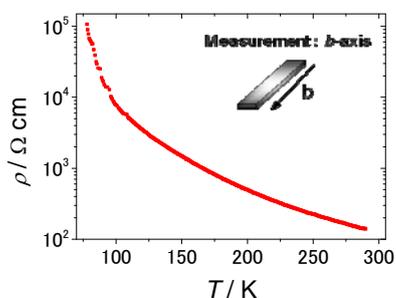


図 3. $[\text{Cu}^{\text{II}}(\text{sae-TTF})_2](\text{BF}_4)_2$ の電気抵抗の温度依存性

一方、磁化率の温度依存性はキュリー的であり、Cu(II)イオンによるキュリー項と π 電

子による定数項の和でフィット出来る (図 4)。このことから磁性と伝導性の相互作用は小さいと考えられる。

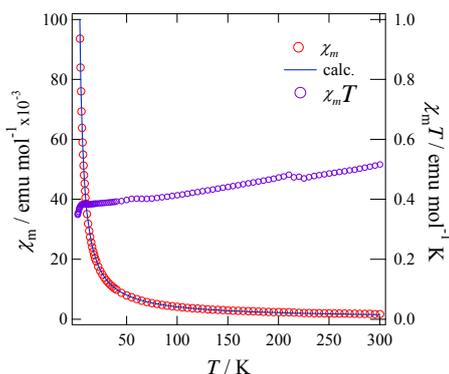


図 4. $[\text{Cu}^{\text{II}}(\text{sae-TTF})_2](\text{BF}_4)_2$ の磁化率の温度依存性と $\chi_m T$ - T プロット

【 $\text{H}_2\text{bsae-TTF}$ を用いた金属錯体】

配位サイトであるシッフ塩基配位子を2個導入した TTF-錯体の合成に成功した。図 5 に中性錯体である $[\text{Cu}^{\text{II}}(\text{bsae-TTF})]$ の構造を示す。配位子である $\text{H}_2\text{bsae-TTF}$ と Cu(II)イオンが一對一で錯体を形成し、中性の TTF 部位は金属配位サイトを連結するエチレン鎖の部分で折れ曲がり、歪んだ四配位平面構造をとる金属錯体部位にかぶさった構造をとっている。この錯体を電解酸化し部分酸化塩の作製を試みたが結晶の単利に至っていない。

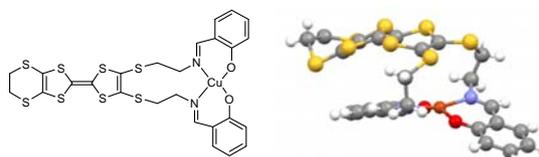


図 5. TTF-配位子 Hsae-TTF と $[\text{M}(\text{saeTTF})_2]$

【新しい TTF-配位子とその金属錯体】

シッフ塩基部位をもつ環状配位子である macrocyclic-TTF 配位子を新たに合成し、Fe(II), Co(II), Ni(II), Zn(II) の各錯体を得ることに成功した。この錯体も種々の対イオンとのラジカル塩の作製を試みたが、現在のところ TTF 部位が酸化された塩の単離には至っていないものの、 $[\text{Co}^{\text{II}}(\text{macrocyclic-TTF})](\text{BF}_4)_2$ は室温以上でスピントロクロスを示すことを明らかにした (図 6)。この錯体は、定温では Co(II) 低スピン状態であるが、300K 付近から徐々に磁化が増大し Co(II) 高スピン状態へとスピン転移する。400K でのスピン転移は 52%であった。これに対し、中心金属 F(II) の $[\text{Fe}^{\text{II}}(\text{macrocyclic-TTF})](\text{BF}_4)_2$ は室温から低温まで Fe(II) 低スピン状態であり、スピントロクロソオーバー挙動を示さなかった。

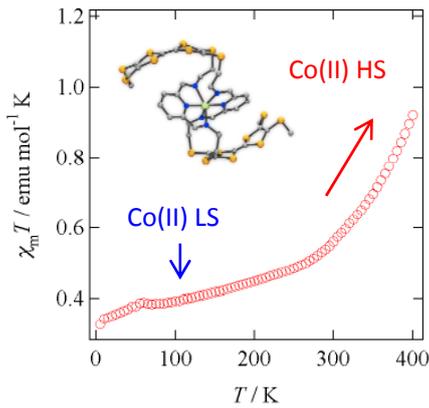


図 6. $[M^{II}(\text{macro-TTF})](\text{BF}_4)_2$ ($M = \text{Fe, Co, Ni, Zn}$) と Co(II) 錯体の $\chi_m T$ - T プロット

シッフ塩基配位子以外の新しい TTF-配位子として、3. 研究の方法で計画したエタノールアミンを導入した配位子の合成を行ったが、この配位子からは金属錯体が得られなかった。

一方、ピラゾール部位を配位子に持つ TTF 誘導体 (図 7) とピラゾリルボレートが配位したトリシアノ鉄錯体を反応させると、 Fe(II) 、 Fe(III) 、 Ni(II) からなる 8 核キューブ錯体を得られた (図 7)。TTF を配位子に有する金属多核錯体の報告例は非常に少なく、キューブ錯体はおそらく初めての合成例である。この錯体は、キューブ骨格内部に Na^+ イオンを内包していることが明らかになっている。また、磁気測定の結果、 Fe(III)-Ni(II) 間には強磁性的相互作用が働き、2K 以下で交流磁化率に周波数に依存する虚部の応答が見られ、スピンの反転障壁が 11.2K の単分子磁石であることが明らかとなった。

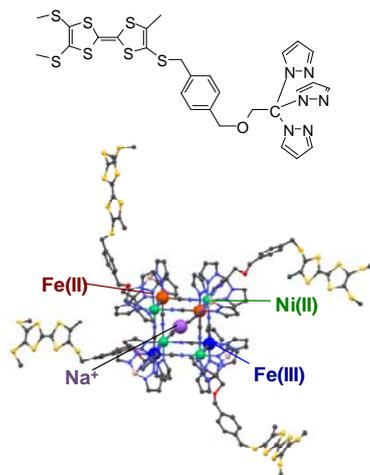


図 7. ピラゾール型 TTF-配位子と Fe-Ni キューブ錯体 $[\text{Fe}_4\text{Ni}_4(\text{CN})_{12}(\text{tp})_4(\text{pz-TTF})_4](\text{BF}_4)_3$ の分子構造

【スピンエレクトロニクス材料への展開】

近年、従来の電荷担体が情報を担うシリコ

ン半導体を中心としたエレクトロデバイスに代わる次世代の半導体デバイスとして、電荷に加え電子のスピンに情報を与えるスピントロニクスの研究が盛んに行われている。今回、研究開発に成功した TTF-金属錯体は、配位子中に分子性導体の主要な構成分子である TTF を組み込んだものであり、伝導性と磁性間の強い相互作用が期待できる系であるため、スピントロニクス材料として期待が持てる物質である。スピントロニクス材料として展開するためには、開発した物質を用いて薄膜を形成し、磁性金属を含む種々の電極を蒸着しデバイスを構築する必要がある。

多くの遷移金属錯体は通常、正電荷を有するイオンであり、対アニオンとの塩の形で単離されるが、今回開発に成功したシッフ塩基配位部位を有する TTF-錯体は、中性状態で単離することができる。このことは真空蒸着による薄膜化のプロセスに非常に有利である。

一方、ピラゾール型 TTF-多核金属錯体の TTF 部位に長鎖アルキル基を導入した錯体は、有機溶媒に依存して、ゲル化することから、このキューブ錯体に自己集積可能であることを明らかにしている。このことは、この錯体がキャスト法などウェットプロセスによる薄膜化でも構造が秩序化した薄膜の形成が可能であることを示唆している。現在様々な条件のもと、これらの錯体を用いて薄膜化を行っている。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕 (計 10 件)

- [1] “Spin-crossover behavior and electrical conduction property in iron(II) complexes with tetrathiafulvalvene moieties”, M. Nihei, N. Takahashi, H. Nishikawa, and H. Oshio, *Dalton Trans.*, **40**, 2154-2156 (2011). 査読有
- [2] “Single chain magnet of a cyanide bridged $\text{Fe}^{II}/\text{Fe}^{III}$ complex”, K. Mitsumoto, M. Ui, M. Nihei, H. Nishikawa, and H. Oshio, *Cryst. Eng. Commun.* **12**, 2697-2699 (2010). 査読有
- [3] “Electronic state of organic quasi-two dimensional conductor β "-(DODHT) $_2$ PF $_6$: Charge ordering and superconductivity”, M. Higa, R. Kondo, A. Murata, S. Kagoshima, H. Nishikawa, and K. Yakushi, *Physica B*, **405**, S172-S175 (2010). 査読有
- [4] “Interplay of charge-density waves and superconductivity in the organic conductor β "-(BEDT-TTF) $_2$ AuBr $_2$ ”, R. Kondo, M. Higa, S. Kagoshima, N. Hanasaki, Y. Nogami, H. Nishikawa, *Phys. Rev. B*, **81**, 024519 (2010). 査

読有

[5] “Syntheses of new TTF-based metal complexes for conducting and magnetic systems: Schiff base-type metal complex with partially oxidized TTF moiety”, H. Nishikawa, H. Oshima, and H. Oshio, *Physica B*, **405**, S55-S60 (2010). 査読有

[6] “Synthesis and physical properties of a new single-component molecular conductor [Au(dhdt)₂]”, H. Nishikawa, W. Yasuoka, K. Sakairi, H. Oshio, *Polyhedron*, **28**, 1634-1637 (2009). 査読有

[7] “Charge ordered metal and pressure-induced superconductivity in the two dimensional organic conductor β "-(DODHT)₂PF₆.”, A. Kobayashi, Y. Suzumura, M. Higa, R. Kondo, S. Kagoshima, and H. Nishikawa, *J. Phys. Condens. Matter*, **20**, 125205 (2008). 査読有

[8] “Charge-density-wave to Mott-Hubbard phase transition in quasi-one-dimensional bromo-bridged Pd compound”, S. Takaishi, M. Takamura, T. Kajiwara, H. Miyasaka, M. Yamashita, M. Iwata, H. Matsuzaka, H. Okamoto, H. Tanaka, S. Kuroda, H. Nishiakwa, H. Oshio, K. Kato, and M. Yamashita., *J. Am. Chem. Soc.*, **130**, 12080-12084 (2008). 査読有

[9] “Charge ordered insulating phases of DODHT salts with octahedral anions and a new radical salt, β "-(DODHT)₂TaF₆.”, H. Nishikawa, H. Oshio, M. Higa, R. Kondo, S. Kagoshima, A. Nakao, H. Sawa, S. Yasuzuka, K. Murata, *J. Phys.* **132**, 012023 (2008). 査読有

[10] “Spin canting in a cobalt(II) radical complex with an acentric counter anion”, K. Mitsumoto, T. Shiga, M. Nakano, M. Nihei, H. Nishikawa, H. Oshio, *Eur. J. Inorg. Chem.*, 4851-4855 (2008). 査読有

[学会発表] (計 31 件)

[2010 年度]

[1] H. Nishikawa, H. Oshio, M. Higa, R. Kondo, S. Kagoshima, A. Nakao, H. Sawa, “Structural study of charge ordered insulating phase of DODHT salts”, International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (PACIFICHEM 2010) Dec. 16 ,2010, Honolulu, USA

[2] H. Nishikawa, “Donor-acceptor systems based on TTF and C₆₀ for photovoltaic materials”, International Symposium on Advanced Soft

Materials, Nov. 26, 2010, Kumamoto

[3] 北嶋 亮介・西川 浩之・大塩 寛紀, “TTF 部位を持つ新規配位子とその金属錯体の合成と構造”, 第 60 回錯体化学討論会 2010 年 9 月 28 日 (大阪国際交流センター)

[4] 西川浩之, 北嶋亮介, 大塩寛紀, ” TTF 部位を有する新規金属錯体の合成と物性”, 第 4 回分子科学討論会 2010 年 9 月 16 日 (大阪大学)

[5] 三ツ元清孝, 西川浩之, 大塩寛紀, “TTF 部位をもつシアン化物イオン架橋 8 核キューブ型錯体の電子状態変換”, 第 4 回分子科学討論会 2010 年 9 月 16 日 (大阪大学)

[6] H. Nishikawa, H. Oshima, R. Kitabatake, and H. Oshio, “Synthesis and structures of TTF-based paramagnetic metal complexes”, International Conference on Science and Technology of Synthetic Metals 2010 (ICSM 2010), July 6, 2010, Kyoto

[7] K. Miyagawa, K. Fukada, K. Kanoda, and H. Nishikawa, “¹³C NMR investigation of κ -(MeDH-TTP)₂AsF₆”, International Conference on Science and Technology of Synthetic Metals 2010 (ICSM 2010), July 5, 2010, Kyoto

[8] H. Nishikawa, “Electrical and magnetic properties of new TTF-based metal complexes”, ISSP-MDF Joint International Workshop Spin-related Phenomena in Organic Materials, July 2, 2010, Kashiwa

[9] 西川浩之, “分子性導体DODHT塩の常圧絶縁相に関する構造学的研究”, CMRC-MDF 研究会「分子性結晶における構造物性研究」2010 年 4 月 22-23 日, つくば

[2009 年度]

[10] 西川浩之、大島博典、大塩寛紀, “TTF 連結金属錯体の圧力下における物性”, 日本化学会第 90 春季年会 2010 年 3 月 28 日 近畿大学

[11] 北嶋亮介、西川浩之、大塩寛紀, “マクロサイクリックTTF配位子とその金属錯体の合成と構造”, 日本化学会第 90 春季年会 2010 年 3 月 28 日 近畿大学

[12] 三ツ元清孝、北嶋亮介、西川浩之、大塩寛紀, ” TTF 部位をもつシアン化物イオン架橋 8 核キューブ型錯体の合成と物性”, 日本化学会第 90 春季年会 2010 年 3 月 28 日 近畿大学

[13] 近藤隆祐, 鹿児島誠一, 山本薫, 薬師久弥, 西川浩之, “ β "-(DODHT)₂PF₆ の電荷秩序と超伝導”, 日本物理学会第 65 回春季年次大会

2010年3月23日 岡山大学

[14] 西川浩之, “レドックス能を有する配位子からなる金属錯体の磁性と伝導性”, 第34回化合物新磁性材料専門研究会, 早稲田大学, 2009年12月26日

[15] 西川浩之, “レドックス能を有する配位子からなる金属錯体の磁性と伝導性”, 第3回東北大学G-COE研究会—錯体化学と固体物性物理と生物物性の連携新領域創成をめざして—, 東北大学, 2009年12月18-20日

[16] 宮川和也, 鹿野田一司, 西川浩之, “(MeDH-TTF)₂AsF₆の¹³C NMR”, 日本物理学会2009年秋季大会2009年9月26日(熊本大学)

[17] 近藤隆祐, 比嘉百夏, 村田淳, 鹿児島誠一, 西川浩之, “β”型有機導体の電荷揺らぎ相の電子物性(II)”, 日本物理学会2009年秋季大会2009年9月25日(熊本大学)

[18] 西川浩之, 大島博典, 大塩寛紀, “新規TTF金属錯体の伝導性・磁性”, 第3回分子科学討論会2009年9月23日(名古屋大学)

[19] 三ツ元清孝, 大城愛美子, 西川浩之, 大塩寛紀, “シアン化物イオン架橋鉄-コバルト14核錯体の構造と外場誘起スピン転移”, 第3回分子科学討論会2009年9月23日(名古屋大学)

[20] H. Nishikawa, “Synthesis of new TTF-based metal complexes for conducting and magnetic systems: Schiff based-type metal complex with partially oxidized TTF moiety.”, ISCOM2009 The 8th International Symposium on Crystalline Organic Metals, Superconductors and Ferromagnets September 14 2009 Hokkaido.

[21] H. Nishikawa, “New tetrathiafulvalene-based materials for electrical conducting and magnetic hybrid systems.”, G-COE International Conference on Perspective in Organic-Inorganic Hybrid Conductors and Molecule-Based Magnets, Sendai, Japan, September 11, 2009.

[22] H. Nishikawa, H. Oshima, H. Oshio, “Electrical conducting metal complexes coordinated by Schiff base ligand linked with tetrathiafulvalene”, ISNA13 (13th International Symposium on Novel Aromatic Compounds), July 19-24 2009 Luxembourg.

[2008年度]

[23] 比嘉百夏, 村田淳, 近藤隆祐, 鹿児島誠一, 西川浩之, “β”-(DODHT)₂PF₆塩の電荷揺らぎ相の電子物性”, 日本物理学会第64回年次大会(立教大学, 3/30, 2009)

[24] 西川浩之, 大塩寛紀, “常磁性金属イオンを含むDODHT塩の構造と物性”(3E7-44), 日本化学会第89春季年会(日本大学西船橋キャンパス, 3/28, 2009)

[25] 大城愛美, 三ツ元清孝, 西川浩之, 大塩寛紀, “トリフェニルアミンを連結したピリジン系配位子と金属錯体の合成と構造”, 日本化学会第89春季年会(日本大学西船橋キャンパス, 3/28, 2009)

[26] 三ツ元清孝, 大城愛美, 西川浩之, 大塩寛紀, “フェロセニル基をもつ鉄(II)スピントロニックオーバー錯体の外場応答性”(4PA-107), 日本化学会第89春季年会(日本大学西船橋キャンパス, 3/28, 2009)

[27] 西川浩之, 大塩寛紀, 比嘉百夏, 近藤隆祐, 鹿児島誠一, 中尾朗子, 澤博 “β”-DODHT塩の電荷秩序絶縁相”(3A08) 第2回分子科学討論会2008年9月26日(福岡国際会議場)

[28] H. Nishikawa, H. Oshima, H. Oshio, “Paramagnetic metal complexes coordinated by TTF derivatives with Schiff base type ligand”, The 21st Congress of IUCr Satellite Meeting (Osaka, Japan) 2008年8月21-22日

[29] H. Nishiawa, “Electrical conducting paramagnetic metal complexes of TTF derivatives connected to schiff base coordination site”, 2nd Russia-Japan seminar (Osaka, Japan) 2008年8月20-24日

[30] H. Nishikawa, H. Oshio, M. Higa, R. Kondo, S. Kagoshima, A. Nakao, H. Sawa, “Charge ordered insulating phases of DODHT salts”, International Symposium of Molecular Conductors ISMC 2008 (Okazaki, Japan) July 23-25, 2008.

[31] H. Nishikawa, T. Iida, H. Oshio, A. Sandanayaka, O. Ito, M. Chikamatsu, Y. Yoshida and R. Azumi, “Synthesis and Intramolecular Charge Transfer of New C60-based Donor-acceptor Systems with TTF”, 932nd ECS Meeting (Phoenix, USA) may 18-22, 2008

[その他]

ホームページ等

<http://info.ibaraki.ac.jp/Profiles/20/0001920/profile.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

西川 浩之 (Hiroyuki Nishikawa)

茨城大学・理学部・教授

研究者番号: 40264585