

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年6月17日現在

機関番号：24402

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2010～2012

課題番号：22350066

研究課題名（和文） π 電子開設分子系のスピン状態制御による物性機能開発

研究課題名（英文） Spin-Controlled Approach toward Development of Molecular Functions and Properties for Open-Shell Materials

研究代表者

岡田 恵次 (OKADA KEIJI)

大阪市立大学・大学院理学研究科・教授

研究者番号：50152301

研究成果の概要（和文）：(1) 「ラジカル置換ラジカルカチオン型磁性体の開発」、(2) 「新規強相関スピン系の開発」、(3) 「ラジカルイオン対のスピン制御と高効率光エネルギー変換素子の開発」の三つの課題について検討し、次の結果を得た。

- (1) 二種類の新しいラジカル置換ラジカルカチオン型磁性体を開発した。
- (2) 大きな分子内強磁性相互作用をもつ二種類の中性ジラジカル種を開発した。また、 π 系に三つのラジカル種を導入し、 π 系を酸化することにより、基底三重項ジラジカルカチオン種が可逆的に生成することを示した。
- (3) 白金ポルフィリン錯体、電子供与体、電子受容体から成る三連結体を合成し、680 μ s の寿命をもつ光電荷分離状態を発生させた。

研究成果の概要（英文）：In this project, we aim to develop three subjects in which we have recently found interesting seeds: (1) Development of molecular magnets based on radical-substituted radical cations, (2) development of strong interaction systems involving molecular spins, and (3) development of highly efficient energy conversion systems utilizing spin-selective formation of radical ion pairs.

- (1) We developed two new magnets based on radical-substituted radical cations.
- (2) Two neutral diradicals having large positive exchange interactions were developed. A new π -donor substituted by three radicals with a doublet ground state was prepared and reversibly oxidized to a diradical cation with a triplet ground state having a large exchange interaction.
- (3) A new triad system with a strong absorption in the visible region due to Pt-porphyrine was prepared. The photoexcitation of the Pt-porphyrine moiety produced the radical ion pair with 680 μ s lifetime.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010 年度	7,600,000	2,280,000	9,880,000
2011 年度	3,500,000	1,050,000	4,550,000
2012 年度	2,900,000	870,000	3,770,000
年度			
年度			
総計	14,000,000	4,200,000	18,200,000

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：電気・磁氣的機構

1. 研究開始当初の背景

π 電子共役化合物は、分子設計によりその性質を制御可能な優れた特徴をもち、これま

で機能性色素や発光性材料等への展開がなされている。 π 電子共役化合物の酸化・還元あるいは光励起により生じるラジカル、ラジ

カルイオン、ラジカルイオン対等の開殻系化合物には、閉殻系にないスピンに由来する新たな物性が期待される。

例えば、ラジカル種がラジカルイオン種の近傍に存在するラジカル置換ラジカルイオン種には大きな磁氣的相互作用が期待される。申請者は、ニトロニルニトロキシド置換-5,10-ジヒドロ-5,10-ジフェニルジヒドロフェナジンラジカルカチオン種 (**NNDPP**^{•+}) を合成し、そのものが大きな分子内強磁性相互作用を示すことを明らかとしている (K. Okada et al. *J. Am. Chem. Soc.* **2004**, *126*, 58)。この化合物を用いて種々の対アニオンを検討したところ、臭化鉄塩(**NNDPP**^{•+}·**FeBr₄**⁻)が $T_c = 6.7$ K でフェリ磁性体に磁気相転移することを明らかとしている (K. Okada et al. *J. Am. Chem. Soc.* **2009**, *131*, 4670)。

また、より最近、申請者らは、電子供与体 (**D**)、電子受容体 (**A**) を白金錯体 (**Pt**) と組み合わせた白金錯体三連結体 (**D-Pt-A**) を合成し、白金部を選択的に光励起することにより、ほぼ 1 μs の寿命をもつ電荷分離状態 (ラジカルイオン対) を発生させることに成功している (K. Okada et al. *J. Am. Chem. Soc.* **2009**, *131*, 10374)。

2. 研究の目的

本研究では申請者らが最近見出した上記の種課題を基に、それらをさらに発展させることを目的として、次の三課題について検討する：(1)「ラジカル置換ラジカルカチオン型磁性体の開発」、(2)「新規強相関スピン系の開発」、(3)「ラジカルイオン対のスピン制御と高効率光エネルギー変換素子の開発」

(1)では、磁性体に相転移するラジカル置換ラジカルカチオン種が上述の **NNDPP**^{•+}·**FeBr₄**⁻のみであることから、磁性体に相転移する新たなラジカル置換ラジカルカチオン種の開発を行う。

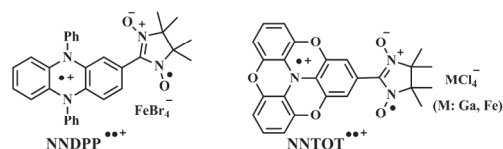
(2)では、強相関スピン系の開発として、室温でほぼ 100% の三重項占有率をもつ中性ジラジカル (室温三重項中性ジラジカル) を合成することを目的とする。これまで知られているジラジカル種の中で、最も分子内の強磁性相互作用が強いものはトリメチレンメタン (**TMM**) である。しかし **TMM** は 123 K 以上で開環反応をおこしメチレンシクロプロパンを与え、物質開発の材料として用いることはできない。そのため、これまで *m*-フェニレンやアルキリデンを架橋部として、スピン源をニトロキシドとした拡張 **TMM** 型化合物の合成が検討されてきた。しかし、これまで、空气中で安定に取り扱うことができ、大きな交換相互作用 ($J/k_B > +300$ K, $H = -2J\mathbf{S}_1 \cdot \mathbf{S}_2$) をもつ化学種は僅かしか報告されていない。

い。ここでは大きな J/k_B をもつ新たな室温三重項中性ジラジカル種を設計・合成する。

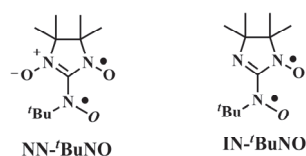
(3)では、白金錯体を光増感剤とする長寿命電荷分離状態の発生手法の一般性を明らかにすると共に、より長波長の可視光を用いて、より長寿命電荷分離状態を発生させる。白金の代替えとしての銅錯体も検討する。

3. 研究の方法

(1)では、ラジカル置換ラジカルカチオン種から構成される磁性体は、これまで申請者らが合成した **NNDPP**^{•+}·**FeBr₄**⁻ の一例のみであることから、ラジカル置換ラジカルカチオンを用いる合成手法の一般性を確立するため、申請者らが最近開発したトリオキシトリフェニルアミン (**TOT**) の骨格を用いて検討を行う。具体的にはニトロニルニトロキシド (**NN**) が置換した **NNTOT**^{•+}·**MCl₄**⁻ (M: Ga, Fe) を用いて検討を行う。

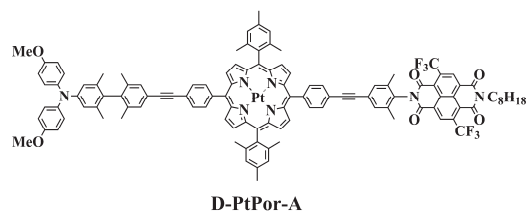


(2)では、新たな中性ジラジカル種としてニトロニルニトロキシドと *tert*-ブチルニトロキシドを組み合わせた **NN-*t*BuNO** ならびに **IN-*t*BuNO** を合成し、その磁氣的性質を明らかにする。



(3)では、より長波長の可視光で駆動し、より長寿命の電荷分離状態を発生する素子として、白金ポルフィリン (**PtPor**) を光増感剤とする **D-PtPor-A** を合成し検討を行う。また反応機構を確立する。

さらに、白金の代替えとしての銅錯体を検討し、発光性銅錯体を探索し、光増感剤としての可能性を探る。

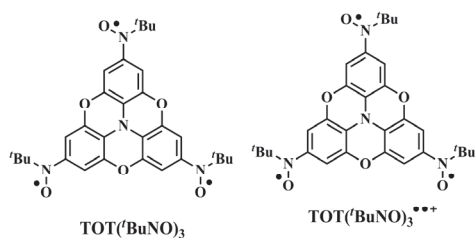


4. 研究成果

(1) 申請者はラジカル置換ラジカルカチオン種を用いる手法が磁性体構築の一般的調製法になり得ることを提唱し、TOTの骨格を用いて検討を行ったところ、二つの磁性体を開発することができた。一つは $\text{NNTOT}^{\cdot+} \cdot \text{GaCl}_4^-$ であり、300 K から徐々に温度を下げるに従い、 $\text{NNTOT}^{\cdot+}$ 部の分子内強磁性相互作用 ($J/k_B = +400$ K) と分子間反強磁性相互作用 ($J/k_B = -1.9$ K) が観測された。さらに温度を下げると、 $T_N = 2.7$ K で、ヒステリシスを伴う弱強磁性体への3次元の磁気相転移が観測された。 GaCl_4^- はスピンを持たないことから、 $\text{NNTOT}^{\cdot+}$ ($S = 1$) の有機部分のスピンが引き起こす磁気相転移であることを明らかにした(雑誌論文⑤)。このことは比熱の測定からも確かめられた。もう一つは $\text{NNTOT}^{\cdot+} \cdot \text{FeCl}_4^-$ であり、 GaCl_4^- 塩と同様に、 $T_N(1) = 2.86$ K で弱強磁性体への磁気相転移が起こり、さらに温度下げると、弱強磁性体に FeCl_4^- が強磁性的に関与する状態になり、最終的に $T_N(2) = 0.78$ K で反強磁性体へと磁気相転移が起こることを明らかにした。 $\text{NNTOT}^{\cdot+} \cdot \text{FeCl}_4^-$ は逐次磁気相転移を起こす大変珍しい系であることを明らかにした(未発表)。

(2) 申請者は $\text{NN-}^t\text{BuNO}$ と $\text{IN-}^t\text{BuNO}$ を合成し、その磁气的性質を明らかにした： $\text{NN-}^t\text{BuNO}$ の場合、 $J/k_B > +390$ K, $H = -2J\mathbf{S}_{1/2} \cdot \mathbf{S}_{1/2}$ 、 $\text{IN-}^t\text{BuNO}$ の場合、 $J/k_B > +550$ K, $H = -2J\mathbf{S}_{1/2} \cdot \mathbf{S}_{1/2}$ (雑誌論文⑨)であることを明らかにした。これらの化合物は、これまで知られている TMM 類似体の中で、最もコンパクトなものである。上記⑨論文が発表された後、ロシアの Tretyakov らのグループによっても $\text{NN-}^t\text{BuNO}$ が合成された(E. V. Tretyakov et al. *Russ. Chem. Bull. Int. Ed.* **2011**, *60*, 2608)。

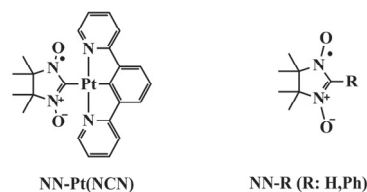
また、先に述べた TOT に三つの三級ブチルニトロキシド($^t\text{BuNO}$)を導入した $\text{TOT}(^t\text{BuNO})_3^{\cdot+}$ は基底状態二重項のトリラジカルであるが、これを酸化することにより



基底三重項種であるジラジカルカチオン $\text{TOT}(^t\text{BuNO})_3^{\cdot+}$ を与えることを明らかにし

た(雑誌論文④) この化学種も大きな交換相互作用 ($J/k_B \gg 300$ K, $H = -2J\mathbf{S}_{1/2} \cdot \mathbf{S}_{1/2}$) をもち、強相関係スピン系を形成する。

これまでニトロニルニトロキシドの N-O ラジカル部が遷移金属イオンに配位した錯体は数多く知られているが、ニトロニルニトロキシドの2位アニオンが遷移金属イオンに直結配位子した金属錯体は殆ど知られていない。申請者らはニトロニルニトロキシドの2位アニオン配位型ピンサー Pt(II) 錯体 ($\text{NN-Pt}(\text{NCN})$) を設計・合成した。興味深いことに、 $\text{NN-Pt}(\text{NCN})$ では、NN 部の酸化電位が NN-R (R: H, Ph) よりも 0.5 V 程度も低下していることを見出した(雑誌論文⑥)。



$\text{NN-Pt}(\text{NCN})$ では、そのような酸化電位低下特性以外に、伝導パスとしての金属イオンの近傍に電子スピンをもつことから、今後のクリスタルエンジニアリングの検討によって、磁性スピンと伝導電子が強く相互作用する強相関係の材料開発に繋がるのが期待される。

(3) ここでは、 D-Pt-A (D: フェノチアジン (PTZ) の位置異性体, $\mathbf{3-PTZ}$, $\mathbf{10-PTZ}$, A: ナフタレンジイミド) を検討し、大きく捻じれた系である $\mathbf{10-PTZ}$ を用いることにより長寿命電荷分離状態が生成することを明らかにした(雑誌論文②)。

さらに、この手法(白金錯体励起による超高速項間交差と捻じれた π 系を用いる手法)を用いて、白金錯体部の吸収をさらに長波長化した D-PtPor-A を検討した。ベンゾニトリル中、680 μs の極めて長寿命の電荷分離状態を発生させることができ、白金三重項種と捻じれた π 系を用いることの有効性を示すことができた。

また、白金の代替えとしての銅錯体を検討し、発光性銅錯体の特許申請を行うことができた。

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 22 件)

- ① A. Karimata, H. Kawauchi, S. Suzuki, M. Kozaki, N. Ikeda, K. Keyaki, K. Nozaki, K. Akiyama, K. Okada, Photoinduced Charge Separation of 10-Phenyl-10*H*-phenothiazine-2-phenylanthraquinone Dyads Bridged by Bicyclo[2.2.2]octane, *Chem Lett.* **2013**, *42*, in press.
- ② R. Sugimura, S. Suzuki, M. Kozaki, K. Keyaki, K. Nozaki, H. Matsushita, N. Ikeda, K. Okada, Photoinduced charge separation of phenothiazine-platinum-naphthalene diimide triads linked by twisted phenylene bridges, *Res. Chem. Intermed.* **2013**, *39*, 185-204, 査読有, DOI: 10.1007/s11164-012-0642-6.
- ③ S. Suzuki, Y. Matsumoto, R. K. Kimoto, M. Iwamura, K. Nozaki, Y. Muramatsu, A. Konno, K. Okada, etc., Photoinduced Electron Transfer of Platinum(II) Bipyridyl Diacetylides Linked by Triphenylamine- and Naphthaleneimide-Derivatives and Their Application to Photoelectric Conversion Systems, *Phys. Chem. Chem. Phys.* **2013**, *15*, 8088 – 8094, 査読有, DOI: 10.1039/c3cp50182e.
- ④ S. Suzuki, A. Nagata, M. Kuratsu, M. Kozaki, R. Tanaka, D. Shiomi, K. Sugisaki, K. Toyota, K. Sato, T. Takui, K. Okada, Trinitroxide-Trioxotriphenylamine: Spin-State Conversion from Triradical Doublet to Diradical Cation Triplet by Oxidative Modulation of a π -Conjugated System, *Angew. Chem. Int. Ed.* **2012**, *51*, 3193-3197, 査読有, DOI: 10.1002/anie.201107265.
- ⑤ M. Kuratsu, S. Suzuki, M. Kozaki, D. Shiomi, K. Sato, T. Takui, T. Kanzawa, Y. Hosokoshi, X-Z. Lan, Y. Miyazaki, A. Inaba, K. Okada, (Nitronyl Nitroxide)-substituted Trioxotriphenylamine Radical Cation Tetrachlorogallate Salt: A 2p Electron-Based Weak Ferromagnet Composed of Triplet Diradical Cation, *Chem. Asian. J.* **2012**, *7*, 1604-1609, 査読有, DOI:10.1002/asia.201200084.
- ⑥ X. Zhang, S. Suzuki, M. Kozaki, K. Okada, NCN Pincer-Pt Complexes Coordinated by (Nitronyl Nitroxide)-2-ide Radical Anion, *J. Am. Chem. Soc.* **2012**, *134*, 17866-17868, 査読有, DOI:10.1021/ja308103g.
- ⑦ S. Suzuki, K. Yoshida, M. Kozaki, K. Okada, Syntheses and Structural Studies of Tris(*N*-phenothiazinyl)borane and its Radical Cation, *Angew. Chem.* **2013**, *52*, 2499-2502, 査読有, DOI: 10.1002/anie.201208392.
- ⑧ M. Yamamoto, S. Suzuki, M. Kozaki, R. M. Nango, K. Okada, H. Hashimoto, etc., Re-association of All-*trans*-3,4-Dihydro-anhydrorhodovibrin with LH1 Subunits Isolated from *Rhodospirillum Rubrum*: Selective Binding of All-*trans* Isomer from Mixture of *Cis* and *Trans* Isomers, *Bull. Chem. Soc. Jpn.* **2013**, *86*, 121-128, 査読有, DOI: 10.1246/bcsj.20120230.
- ⑨ T. Yamada, K. Okada, T. Shinada, Y. Ohfuné, H. Hashimoto, Efficient Synthesis of Anhydrorhodovibrin and Analogues, *Syn. Lett.*, **2012**, *23*, 2980-2984, 査読有, DOI: 10.1055/s-0032-1317678.
- ⑩ M. Kato, E. Hashimoto, M. Kozaki, S. Suzuki, K. Okada, Synthesis and Properties of Zn-porphyrin with Bipyridine-terminated Side Chains: Large Conformational Change Induced by Metal Complexation, *Tetrahedron Lett.* **2012**, *53*, 309-312, 査読有, DOI: 10.1016/j.tetlet.2011.11.041.
- ⑪ M. Kozaki, S. Morita, S. Suzuki, K. Okada, Construction of Snowflake-Shaped Dendritic Covalent Assemblies with Rigid Conjugated Networks, *J. Org. Chem.* **2012**, *77*, 9447-9457, 査読有, DOI:10.1021/jo3014512.
- ⑫ Y. Miura, H. Chiba, R. Tatoono, H. Kawai, Kenshu Fujiwara, S. Suzuki, K. Okada, T. Suzuki, Stable Neutral Radicals Based on the Polyazaacene Skelton That Exhibit High Electrochemical Amphoterocity, *Tetrahedron Lett.* **2012**, *53*, 6561-6564, 査読有, DOI:10.1016/j.tetlet.2012.09.095.
- ⑬ M. Dibrelle, R. Hoekstra, M. N. Weaver, K. Okada, S. F. Nelsen, J. I. Zink, Excited State Mixed Valence in a Dual-Bridged Three-Chromophore System, *J. Phys. Org. Chem.* **2012**, *24*, 578-585, 査読有, DOI: 10.1002/poc.2920.
- ⑭ A. Ueda, H. Wasa, S. Suzuki, K. Okada, K. Sato, T. Takui, Y. Morita, Chiral Stable Phenalenyl Radical: Synthesis and Electronic-Spin Structure, and Optical Properties of [4]Helicene-Structured Diazaphenalenyl, *Angew. Chem. Int. Ed.* **2012**, *51*, 6691-6695, 査読有, DOI: 10.1002/anie.201202654.
- ⑮ T. Yatsuhashi, N. Mitsubayashi, M. Itsukashi, M. Kozaki, K. Okada, N. Nakashima, Persistence of Iodines and Deformation of Molecular Structure in Highly Charged Diiodoacetylene: Anisotropic Carbon Ion Emission, *ChemPhysChem.* **2011**, *12*, 122-126, 査読有, DOI:10.1002/cphc.201000756.

- ⑯ S. Suzuki, N. Itoh, K. Furuichi, M. Kozaki, D. Shiomi, K. Sato, T. Takui, K. Okada, Synthesis and Magnetic Properties of Dimethylmethylenebis(iminonitroxide) Diradical, *Chem. Lett.* **2011**, *40*, 22-24, 査読有, DOI: 10.1246/cl.2011.22.
- ⑰ A. Uetomo, M. Kozaki, S. Suzuki, K. Yamanaka, O. Ito, K. Okada, Efficient Light-Harvesting Antenna with a Multi-Porphyrin Cascade, *J. Am. Chem. Soc.* **2011**, *133*, 13276-13279, 査読有, DOI: 10.1021/ja2050343.
- ⑱ S. Suzuki, M. Kozaki, K. Nozaki, K. Okada, Recent Progress in Controlling Photophysical Processes of Donor-Acceptor Arrays Involving Perylene Diimides and Boron-dipyrrromethenes, *J. Photochem. Photobiol. C: Photochemistry Reviews*, **2011**, *12*, 269-292, 査読有, DOI: 10.1016/j.jphotochemrev.2011.10.001.
- ⑲ S. Suzuki, M. Kuratsu, D. Shiomi, T. Takui, K. Okada etc., Nitroxide-Substituted Nitronyl Nitroxide and Iminonitroxide, *J. Am. Chem. Soc.* **2010**, *132*, 15908, 査読有, DOI:10.1021/ja107769z.
- ⑳ M. Kozaki, K. Akita, K. Okada, O. Ito etc., Photoinduced Charge Separation after Excited Energy Transfer in Snowflake-Shaped Zn-Porphyrin Dendrimer with Anthraquinone Terminals: Enhancement of the Electron-Transfer Rates by "Dendrimer Effect", *Bull. Chem. Soc. Jpn.* **2010**, *83*, 1223, 査読有, DOI:10.1246/bcsj.20100046.
- ㉑ H. Tanaka, D. Shiomi, S. Suzuki, K. Okada, T. Takui etc., Diaminotriazine-Substituted Nitronyl Nitroxide: A Novel Building Blocks for Organic Magnets Having Multiple Hydrogen Bonding Substituents as Structure-Determining Supramolecular Synthons, *CrystEngComm*. **2010**, *12*, 526, 査読有, DOI:10.1039/b90975k.
- ㉒ Y. Masuda, S. Suzuki, D. Shiomi, K. Okada etc., Radical-Substituted Dihydrophenazine Radical Cation Salts: Molecular Packing Structure and Bulk Magnetic Property, *Pure Appl. Chem.*, **2010**, *82*, 1025, 査読有, DOI:10.1351/PAC-CON-09-10-04.
- [学会発表] (計 162 件)
- ① 岡田恵次, 大きな交換相互作用をもつ安定高スピン分子の開発, 第 51 回電子スピンスサイエンス学会年会, ミニシンポジウム「エキゾチックな分子磁性の研究最前線」, 平成 24 年 11 月 1-3 日, 札幌コンベンションセンター.
- ② H. Yokoi, X. Zhang, S. Suzuki, M. Kozaki, K. Okada, Synthesis and Structure of Palladium Complexes Coordinated by Nitronyl Nitroxides, ICMM2012, October 7-11, Florida, USA.
- ③ R. Tanimoto, S. Suzuki, M. Kozaki, D. Shiomi, K. Sato, T. Takui, K. Okada, Syntheses and Magnetic Properties of Nitronyl-Nitroxides with an Adjacent Chiral Group, ICMM2012, Florida, October 7-11, USA.
- ④ S. Suzuki, A. Nagata, M. Kozaki, D. Shiomi, K. Sato, T. Takui, K. Okada, Syntheses and Magnetic Properties of Stable-radicals-substituted π -Donor Molecules, ICMM2012, October, 7-11 2012, Florida, USA.
- ⑤ S. Suzuki, K. Yoshida, M. Kozaki, D. Shiomi, K. Sato, T. Takui, K. Okada, Syntheses and Structures of Triphenothiazinylborane and its Analogues in Neutral and Cationic States, The 6th Russian-Japanese Workshop on Open Shell Compounds and Molecular Spin Devices, September 9-10, 2012, Rostov-on-Don, Russia.
- ⑥ X. Zhang, S. Suzuki, M. Kozaki, D. Shiomi, K. Sato, T. Takui, K. Okada, The 6th Russian-Japanese Workshop on Open Shell Compounds and Molecular Spin Devices, September 9-10, 2012, Rostov-on-Don, Russia.
- ⑦ S. Suzuki, K. Yoshida, M. Kozaki, D. Shiomi, K. Sato, T. Takui, K. Okada, Structures and Redox Properties Triphenothiazinylborane and Their Analogue, The 10th International Conference on Heteroatom Chemistry, July 23-25, 2012, Kyoto, Japan.
- ⑧ T. Horikoshi, S. Suzuki, A. Karimata, R. Sugimura, M. Kozaki, K. Kimoto, K. Nozaki, H. Mastushita, N. Ikeda, K. Akiyama, K. Okada, Photoinduced Charge Separation in Bis(2-pyridylimino)isoindoline-Pt-acetylides Linked with Dianisylphenylamine and Naphthalene Diimide, The 2nd International Symposium on Electron Spin Science, July 23-25, 2012, Miyagi, Japan.
- ⑨ S. Suzuki, A. Nagata, M. Kozaki, D. Shiomi, K. Sato, T. Takui, K. Okada, Trinitroxide-Trioxyltriphenylamine: Neutral and Radical Cation States, The 2nd International Symposium on Electron Spin Science, July 23-25, 2012, Miyagi, Japan.
- ⑩ S. Suzuki, X. Zhang, H. Yokoi, M. Kozaki, K. Okada, Syntheses and Properties of Metal Complexes Directly Linked to Nitronyl Nitroxide, International Workshop

- on Open-shell Molecular Systems, November, 26, 2012, 大阪大学
- ⑪ M. Kozaki, K. Akita, A. Uetomo, S. Morita, S. Suzuki, K. Okada, Preparation and Application of Dendrimers with Conjugated Backbones, The 1st International Conference on Emerging Advanced Nanomaterials [招待講演], October, 22-25, 2012, Brisbane, Australia.
- ⑫ R. Sugimura, S. Suzuki, T. Naitoh, M. Kozaki, K. Kimoto, K. Nozaki, K. Okada, Photoinduced Electron Transfer in Donor-Acceptor System Using Platinum Porphyrin, 14th International Symposium on Novel Aromatic Compounds, July 24-29, 2011, Oregon, USA.
- ⑬ M. Kozaki, A. Uetomo, S. Suzuki, K. Yamanaka, O. Ito, K. Okada, Highly Efficient Light-Harvesting Antenna with Multi-porphyrine Cascade, 14th International Symposium on Novel Aromatic Compounds, July 24-29, 2011, Oregon, USA.
- ⑭ A. Uetomo, M. Kozaki, S. Suzuki, O. Ito, K. Okada, Photoinduced Energy and Electron Transfer in a Porphyrine-Naphthalimide as a Light-Harvesting System, July 24-29, 2011, Oregon, USA.
- ⑮ S. Morita, M. Kozaki, S. Suzuki, K. Okada, Construction of Nanoscale Covalent Assembly Using Snowflake-shaped Dendrimers as the Key Modular Building Blocks, PacifiChem2010, December 15-20, 2010, Honolulu, Hawaii, USA.
- ⑯ T. Kumagai, S. Suzuki, M. Kuratsu, M. Kozaki, D. Shiomi, K. Sato, T. Takui, K. Okada, Syntheses and Magnetic Properties of Nitroxide-Substituted Nitronyl Nitroxide with High Coplanarity, PacifiChem2010, December 15-20, 2010, Honolulu, Hawaii, USA.
- ⑰ T. Furui, M. Kuratsu, S. Suzuki, M. Kozaki, D. Shiomi, K. Sato, T. Takui, K. Okada, New Stable High-spin Diradical: Nitroxide-substituted Nitronyl-nitroxide Diradical, PacifiChem2010, December 15-20, 2010, Honolulu, Hawaii, USA.
- ⑱ K. Okada, M. Kuratsu, Y. Masuda, S. Suzuki, M. Kozaki, D. Shiomi, T. Takui, Y. Hosokoshi, X.-Z. Lan, A. Inaba, Y. Miyazaki, Radical-Substituted Radical Cations: Versatile Spin Building Blocks of Molecule-Based Magnets, The 12th International Conference on Molecule-Based Magnets (ICMM2010), October 8-12, 2010, Beijing, China.
- ⑲ K. Okada, S. Suzuki, M. Kozaki, Stable

High-Spin Molecules in Materials Science, 環太平洋国際化学会議 2010 (PacifiChem2010)[招待講演], December 15-20, 2010, Honolulu, Hawaii, USA.

- ⑳ K. Okada, Magnetic Phase Transitions of (Nitronyl nitroxide)-substituted Trioxo-triphenylamine Radical Cation Salts, 第4回日露国際会議 [招待講演], September 6-7, 2010, Nizhny Novgorod, Volga and Kama rivers, Russia.

[図書] (計2件)

- ① 共役鎖内包型デンドリマーの合成と機能探索, 共, 小嶋正敏, 岡田恵次, 有機合成化学協会誌, **2011**, *69*, 1145-1157.
- ② 安定ラジカルと遷移金属のコラボレーション:スピントロニクス材料の開発を目指して, 共, 岡田恵次, 鈴木修一, 月刊「化学」, 最新のトピックス, 68巻, 3号, pp. 70-71, 発行日:平成25年3月1日.

[産業財産権]

○出願状況 (計1件)

名称:銅錯体化合物、銅錯体化合物の製造方法、医療診断蛍光色素、太陽電池、ならびに発光素子

発明者:岡田恵次、小嶋正敏、鈴木修一、神原隆介、植野光代、石山 泰.

権利者:公立大学法人大阪市立大学、昭和化学工業

種類:特許

番号:特願 2013-110756

出願年月日:平成25年5月27日

国内外の別:国内

[その他]

ホームページ等

<http://www.sci.osaka-cu.ac.jp/chem/phyorg/POCU/News/News.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

岡田 恵次 (OKADA KEIJI)

大阪市立大学・大学院理学研究科・教授

研究者番号:50152301

(2) 研究分担者

塩見 大輔 (SHIOMI DAISUKE)

大阪市立大学・大学院理学研究科・准教授

研究者番号:40260799

(3) 連携研究者

鈴木 修一 (SUZUKI SHUICHI)

大阪市立大学・大学院理学研究科・講師

研究者番号:80433291