

## 科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 31 日現在

機関番号：14401

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2011～2012

課題番号：23655041

研究課題名（和文） スピン非局在型の巨大  $\pi$  電子系有機ラジカルを基盤としたディスコティック液晶の開発研究課題名（英文） Development of discotic liquid crystal based on spin delocalized huge  $\pi$  conjugated organic radical

研究代表者

森田 靖 (MORITA YASUSHI)

大阪大学・大学院理学研究科・准教授

研究者番号：70230133

研究成果の概要（和文）：トリアルコキシ置換 TOT ( $\text{TOT}(\text{O}-n-\text{C}_n\text{H}_{2n+1})$ ) ( $n = 4,6,12$ ) のアニオン、中性ラジカルを合成し、それらの温度可変による偏光顕微鏡観察および DSC 測定によって、サーモトロピック液晶性を示すことが示唆された。さらに、トリス{3,4,5-トリ(ドデシルオキシ)フェニル}置換体のアニオンはディスコチックコラムナー液晶相を発現している可能性があることがわかった。本研究で合成した電子スピンや電荷が分子骨格上に広く非局在化した液晶性有機分子はこれまでに全く未知である。このような新しい有機分子システムについての分子レベルでの知見を蓄積すれば、3D 画像表示に対応できる外部刺激に超高速応答が可能な液晶材料の実現の端緒が開けると考えられる。また、活発に研究が行われている有機薄膜太陽電池などの光機能性物質の開発や、光と電気・磁気の連動による高度な機能性を有する有機機能性材料の創出にも貢献でき、将来の新産業の基盤構築につながると期待される。

研究成果の概要（英文）：Anions and neutral radicals of trialkoxy substituted trioxotriangulene (TOT) derivatives ( $\text{TOT}(\text{O}-n-\text{C}_n\text{H}_{2n+1})$ ) have been synthesized and their temperature dependent polarization microscopy and DSC measurement suggested that they becomes thermotropic liquid crystal. Furthermore, anion of tris(3,4,5-tri(dodecyloxy)phenyl) substituted TOT displays discotic columnar liquid crystalline phase. The liquid crystalline organic molecules developed in this research in which electronic spin and electronic charge is delocalized widely on its molecular backbone had never been reported. The accumulation of the knowledge about this kind of novel organic molecular systems should leads the first step for the realization of the liquid crystal material that could quickly respond to the external stimuli and could be applied to 3D imaging. The result of this research could also contribute to the development of the light functional materials for organic thin layer solar cells and multifunctional materials in which light, electricity, and magnetism are working together, and it is expected to construct a base of new industry in the future.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	3,000,000	900,000	3,900,000

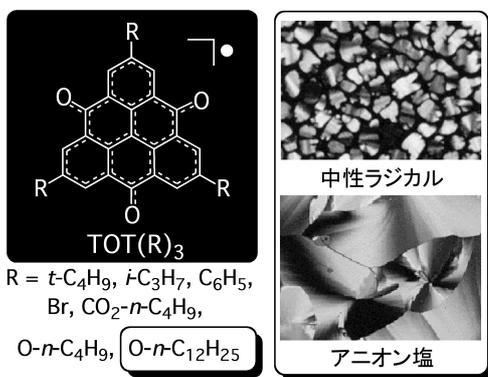
研究分野：化学

科研費の分科・細目：基礎化学・有機化学

キーワード：構造有機化学、開殻有機分子、液晶

## 1. 研究開始当初の背景

申請者は、縮合多環 $\pi$ 共役系上に電子スピ  
ンが広く非局在化した安定な開殻有機分子  
**TOT(R)<sub>3</sub>** (有機中性ラジカル、図1) を世界に  
先駆けて合成し、電子スピンの非局在性に起  
因する特異な磁氣的性質や電気化学的性質、  
二次電池特性や太陽電池特性、FET 特性など  
の緒物性・機能をこれまで創出してきた (論  
文 *Nature Materials* 2008 等) [3]。最近、空気  
中、室温下で安定に存在する長鎖アルコキシ  
基を導入した **TOT(O-*n*-C<sub>4</sub>H<sub>9</sub>)<sub>3</sub>**、  
**TOT(O-*n*-C<sub>12</sub>H<sub>25</sub>)<sub>3</sub>** の中性ラジカル及び一電子  
還元体のアニオン塩が液晶性を示すことを見  
出した (偏光顕微鏡写真、図1)。「電子スピ  
ンの非局在性」と「液晶性」を併せ持つ化  
合物は、全く未知の化合物群で基礎的にも応  
用的にも大変興味深い。このような経緯で、  
巨大な $\pi$ 電子系円盤状骨格を有する **TOT** 類  
縁体を基盤とした革新的な有機液晶性機能  
物質の創出を目指す本申請研究に着手した。



電子スピン、電荷が非局在化した有機液晶分子

図1. **TOT(R)<sub>3</sub>** の構造と R = O-*n*-C<sub>12</sub>H<sub>25</sub> の化合物の偏光顕微鏡写真

## 2. 研究の目的

申請者が独自に開発した「スピン非局在型」  
の巨大 $\pi$ 電子系有機ラジカルを基盤とする  
世界初のディスクティック液晶性分子を合  
成し、その構造と各種物性を解明することを  
目的とする。

## 3. 研究の方法

「電子スピン非局在性」と「液晶性」を併せ  
持つ巨大 $\pi$ 電子系有機ラジカルディスク  
ティック液晶の構造・物性に対する基礎的知見  
を蓄積し、新しい機能性有機材料への展開を  
図る。具体的には、既に合成に成功していた  
**TOT(O-*n*-C<sub>4</sub>H<sub>9</sub>)<sub>3</sub>** や **TOT(O-*n*-C<sub>12</sub>H<sub>25</sub>)<sub>3</sub>** に加え、  
アルコキシ基の鎖長や長鎖導入数を変化さ  
せた中性ラジカル誘導体を合成・単離する。  
合成した種々の **TOT** 誘導体のうち液晶性を  
示す分子の分子構造や電子スピン構造、積層  
様式、分子間相互作用、磁氣的・光学的性質、  
相転移現象等を分子レベルで評価する。得ら

れた知見から導入したアルコキシ基の液晶  
性に対する置換基効果を考察し、新たな分子  
設計に活用することで研究課題を推進する。

## 4. 研究成果

本研究では、トリプトキシ置換体  
**TOT(O-*n*-C<sub>4</sub>H<sub>9</sub>)<sub>3</sub>** のアニオン、トリ(ドデシル  
オキシ)置換体 **TOT{C<sub>6</sub>H<sub>2</sub>(O-*n*-C<sub>12</sub>H<sub>25</sub>)<sub>3</sub>}** の中  
性ラジカルおよびアニオンそしてトリス  
{3,4,5-トリ(ドデシルオキシ)フェニル}  
**TOT(O-*n*-C<sub>12</sub>H<sub>25</sub>)<sub>3</sub>** 置換体のアニオンを合成し、  
その基礎的な性質を調べた (図2)。

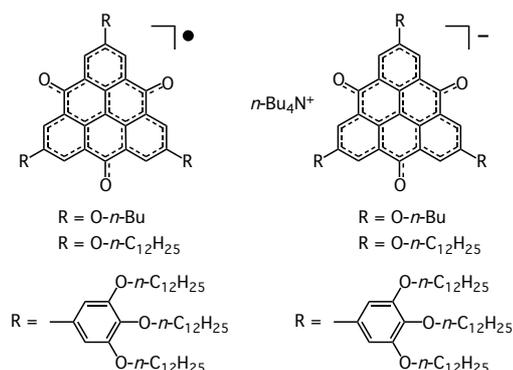


図2. アルコキシ基導入型 **TOT**

**TOT(O-*n*-C<sub>4</sub>H<sub>9</sub>)<sub>3</sub>** のアニオン体の小片をカバ  
ーガラスで挟み、空气中クライオスタット上  
で加熱冷却しながら、偏光顕微鏡で組織観  
察を行った。**TOT(O-*n*-C<sub>4</sub>H<sub>9</sub>)<sub>3</sub>** のアニオン体  
が 205~206 °C で融解した後冷却すると、138 °C  
で 図3 に示す組織の形成が観察され、さら  
に冷却していくと 97 °C からひび割れが生  
じ始めた。同じサンプルを再度加熱すると  
207 °C で融解し、冷却すると 141 °C で 図  
3a に示す組織が再び形成され、100 °C 付近  
でひび割れが生じたことから再現性が確認  
された。測定後のサンプルを薄層クロマトグ  
ラフィー (TLC) に供したところ、  
**TOT(O-*n*-C<sub>4</sub>H<sub>9</sub>)<sub>3</sub>** のアニオン体の分解は見ら  
れなかった。

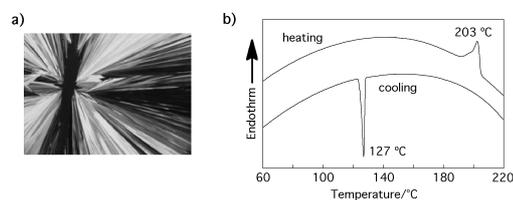


図3. a) トリプトキシ置換 **TOT** アニオンの冷却  
過程 127 °C での偏光顕微鏡イメージ、および  
b) 50~220 °C における DSC サーモグラム。ス  
キャン速度は 20 °C/min。

トリ(ドデシルオキシ)置換 **TOT**  
**TOT(O-*n*-C<sub>12</sub>H<sub>25</sub>)<sub>3</sub>** の中性ラジカルを空気中ホ  
ットステージ上で加熱したところ

190~196 °C で融解した。その後冷却すると 180~70 °C にかけてサンプルの縁から液晶と考えられる組織 a が形成され始め、50 °C からは組織 a 以外の部分に組織 b の形成が若干観測された (図 4a)。室温まで冷却した後に再度加熱したところ 80 °C 付近で組織 a が消失し、195~202 °C で組織 b も消失し融解した。その後冷却すると 180 °C から組織 a が形成され始めたが、組織 b は観測されなかった。測定後のサンプルの TLC からは  $\text{TOT}(\text{O}-n\text{-C}_{12}\text{H}_{25})_3$  よりも高極性のスポットがかすかに観測されたが、大部分は  $\text{TOT}(\text{O}-n\text{-C}_{12}\text{H}_{25})_3$  であった。従って、2度目の加熱冷却過程で組織 b が観測されなかった原因は、 $\text{TOT}(\text{O}-n\text{-C}_{12}\text{H}_{25})_3$  の分解によるものではないと考えられる。

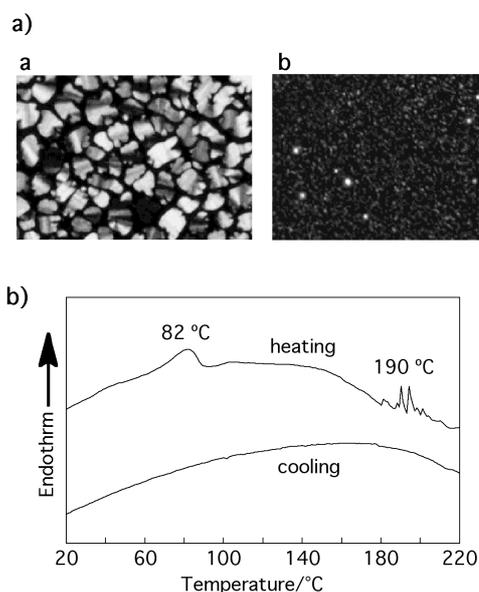


図 4. トリ(ドデシルオキシ)置換  $\text{TOT}$  中性ラジカル **9a** の冷却過程における偏光顕微鏡イメージ。127 °C における組織 a と 33 °C における組織 b。b) 0~240 °C における DSC サーマグラム。スキャン速度は 60 °C/min。

窒素雰囲気下、0~240 °C で DSC 測定を行ったところ、昇温過程では 82 °C と 190 °C 付近にピークが観測されたが、降温過程では観測されなかった (図 4b)。再度昇温すると 82 °C のピークは観測されたが、190 °C 付近のピークは観測されなかった。偏光顕微鏡による組織観察の結果から、82 °C のピークは組織 b の消失に対応していると推測される。液晶相と考えられる組織 a の形成に伴うピークが観測されなかった理由は、スキャン速度が速かったことと組織 a が広い温度範囲で徐々に形成されるためであると考えられる。これらの結果から、 $\text{TOT}(\text{O}-n\text{-C}_{12}\text{H}_{25})_3$  は融解後 180 °C 以下で液晶状態になるサーモトロピック液晶性を有する可能性が示唆された。トリス{3,4,5-トリ(ドデシルオキシ)フェニ

ル}  $\text{TOT}(\text{O}-n\text{-C}_{12}\text{H}_{25})_3$  置換体のアニオンをホットステージで加熱したところ 220~250 °C で融解した。その後冷却したところ 220 °C で図 5 に示す組織の形成が観測され始めた。室温まで冷却した後に再度加熱したところ 220~250 °C で融解し、再び冷却すると 220 °C で図 5 の組織が再生した。この組織の形状は、過去に報告されているディスコチックカラムナー液晶の組織に類似していることから、220 °C 以下で分子がカラム状構造を形成している可能性がある。DSC 測定により相転移温度の解明を検討している。



図 5. トリス{3,4,5-トリ(ドデシルオキシ)フェニル}置換  $\text{TOT}$  アニオンの冷却過程での 75 °C における偏光顕微鏡イメージ。

本研究で合成した電子スピンや電荷が分子骨格上に広く非局在化した液晶性有機分子はこれまでに全く未知である。このような新しい有機分子システムについての分子レベルでの知見を蓄積すれば、3D 画像表示に対応できる外部刺激に超高速応答が可能な液晶材料の実現の端緒が開けると考えられる。また、活発に研究が行われている有機薄膜太陽電池などの光機能性物質の開発や、光と電気・磁気の連動による高度な機能性を有する有機機能性材料の創出にも貢献でき、将来の新産業の基盤構築につながると期待される。

## 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 23 件)

[1] Y. Morita (8 番目), 他 7 人, “Hexamethoxyphenalenyl as a Possible Quantum Spin Simulator: An Electronically Stabilized Neutral  $\pi$  Radical with Novel Quantum Coherence Owing to Extremely High Nuclear Spin Degeneracy”, *Angew. Chem. Int. Ed.* 査読

- 有, **52** (2013) 4795–4799 (DOI: 10.1002/anie.201301435)
- [2] S. Nishida, Y. Yamamoto, T. Takui, Y. Morita (4 番目), 他 3 人, “Organic Rechargeable Batteries with Tailored Voltage and Cycle Performance”, *ChemSusChem* 査読有, **6** (2013) 794–797 (DOI: 10.1002/cssc.201300010)
- [3] Y. Morita, T. Murata, K. Nakasuji, “Cooperation of Hydrogen-Bond and Charge-transfer Interactions in Molecular Complexes in the Solid State”, *Bull. Chem. Soc. Jpn.* 査読有, **86** (2013) 183–197 (DOI: 10.1246/bcsj.20120241)
- [4] Y. Morita (8 番目), 他 7 人, “An Extremely Redox-active Air-stable Neutral  $\pi$ -Radical: Dicyanomethylene-substituted Triangulene with a Three-fold Symmetry”, *Chem. Eur. J.* 査読有, **18** (2012) 16272–16276 (DOI: 10.1002/chem.201203755)
- [5] T. Murata, E. Miyazaki, K. Nakasuji, Y. Morita, “Nucleobase-Functionalized 1,6-Dithiapyrene-type Electron-donors: Supramolecular Assemblies by Complementary Hydrogen-bonds and  $\pi$ -Stacks”, *Cryst. Growth Des.* 査読有, **12** (2012) 5815–5822 (DOI: 10.1021/cg301414s)
- [6] Y. Yakiyama, A. Ueda, Y. Morita, M. Kawano, “Crystal Surface Mediated Structure Transformation of Kinetic Framework Composed of Multi-interactive Ligand TPHAP and Co(II)”, *Chem. Commun.* 査読有, **48** (2012) 10651–10653 (DOI: 10.1039/C2CC35078E)
- [7] Y. Morita (12 番目), S. Fukuzumi, 他 12 人, “Tetrathiafulvalene-fused Porphyrins via Quinoxaline Linkers: Symmetric and Asymmetric Donor-acceptor Systems”, *ChemPhysChem* 査読有, **13** (2012) 3370–3382 (DOI: 10.1002/cphc.201200350)
- [8] Y. Morita (8 番目), T. Takui, 他 13 人, “A Synthetic Two-spin Quantum Bit: *g*-Engineered Exchange-coupled Biradical Designed for Controlled-NOT Gate Operations”, *Angew. Chem. Int. Ed.* 査読有, **51** (2012) 9860–9864 (DOI: 10.1002/anie.201204489)
- [9] Y. Morita (5 人目), 他 4 人, “Modulation of Charge-transfer Complexes Assisted by Complementary Hydrogen Bonds of Nucleobases: TCNQ Complexes of a Uracil-substituted EDO-TTF”, *CrystEngComm* 査読有, **14** (2012) 6881–6887 (DOI: 10.1039/C2CE25889G)
- [10] Y. Morita (7 番目), T. Takui, 他 9 人, “Pulsed Electron Spin Nutation Spectroscopy of Weakly Exchange-coupled Biradicals: A General Theoretical Approach and Determination of the Spin Dipolar Interaction”, *Phys. Chem. Chem. Phys.* 査読有, **14** (2012) 9137–9148 (DOI: 10.1039/C2CP40778G)
- [11] T. Murata, K. Nakasuji, Y. Morita, “Tetrathiafulvalene-type Electron Donors Bearing Biimidazole Moieties: Multifunctional Units with Hydrogen Bonding Abilities”, *Eur. J. Org. Chem.* 査読有, **22** (2012) 4123–4129 (DOI: 10.1002/ejoc.201200426)
- [12] Y. Morita (7 人目), 他 6 人, “Development of Organic Conductors with Self-assembled Architectures of Biomolecules: Synthesis and Crystal Structures of Nucleobase-functionalized Tetrathiafulvalene Derivatives”, *Bull. Chem. Soc. Jpn.* 査読有, **85** (2012) 995–1006 (DOI: 10.1246/bcsj.20120102)
- [13] Y. Morita (7 人目), 他 6 人, “Chiral Stable Phenalenyl Radical: Synthesis, Electronic-spin Structure, and Optical Properties of [4]Helicene-structured Diazaphenalenyl”, *Angew. Chem. Int. Ed.* 査読有, **51** (2012) 6691–6695 (DOI: 10.1002/anie.201202654)
- [14] T. Murata, E. Miyazaki, T. Yokoyama, K. Nakasuji, Y. Morita, “Intermolecular Hydrogen-bond Networks and Physical Properties of  $\text{BF}_4^-$  and  $\text{TCNQ}^-$  Salts of Three-fold Symmetric Tris(alkylamino)phenalenyliums”, *Cryst. Growth Des.* 査読有, **12** (2012) 804–810 (DOI: 10.1021/cg201120s)
- [15] 森田 靖、西田辰介、工位武治、中筋一弘 “空気中でも安定な開殻有機分子: 電子スピン非局在型中性ラジカルの合成と動的電子スピン物性”, *有機合成化学協会誌 (総合論文) J. Synth. Org. Chem. Jpn.* 査読有, **70** (2012) 50–59 (<http://dx.doi.org/10.5059/yukigoseikyo.kaishi.70.50>)
- [16] Y. Morita (1 番目), T. Takui, 他 7 人, “Organic Tailored Batteries Materials Using Stable Open-shell Molecules with Degenerate Frontier Orbitals”, *Nature Mater.* 査読有, **10** (2011) 947–951 (DOI: 10.1038/nmat3142)
- [17] T. Murata, S. Maki, M. Ohmoto, E. Miyazaki, Y. Umemoto, K. Nakasuji, Y. Morita, “Redox-active Tubular Frameworks with TTF:

Self-assemblies by Complementary Hydrogen-bonds and  $\pi$ -Stacks of TTF-phenyluracil”, *CrystEngComm* 査読有, **13** (2011) 6880–6884 (DOI: 10.1039/C1CE05794D)

[18] A. Ueda, K. Yoshida, S. Suzuki, K. Fukui, K. Nakasuji, Y. Morita, “Heteroatom Functionalization of Phenalenyl: Synthesis, Structures, and Properties of Hexa-substituted Phenalenyliums”, *J. Phys. Org. Chem.* 査読有, **24** (2011) 952–959 (DOI: 10.1002/poc.1916)

[19] Y. Morita (8 番目), 他 7 人, “Solution-stable Triple-helicates of Quaterimidazole: Three-dimensional Crystal Structures and Optical Resolution by Chiral-Column HPLC”, *Eur. J. Inorg. Chem.* 査読有, **23** (2011) 3438–3445 (DOI: 10.1002/ejic.201100488)

[20] Y. Morita (4 番目), 他 3 人, “Proton-transfer Salts between an EDT-TTF Derivative Having Imidazole-ring and Anilic Acids: Multi-dimensional Networks by Acid-base Hydrogen-bonds,  $\pi$ -Stacks and Chalcogen Atom Interactions”, *CrystEngComm* 査読有, **13** (2011) 3689–3691 (DOI: 10.1039/C1CE05326D)

[21] Y. Morita (8 番目), 他 7 人, “Electronic Stabilization Effect of a Spin-delocalized Neutral Radical: Synthesis of an 8-Cyano-6-oxophenalenoxyl Derivative and Quantitative Evaluation of the Electronic Spin Structure in terms of Resonance Structures”, *Chem. Asian J.* 査読有, **6** (2011) 1188–1196 (DOI: 10.1002/asia.201000793)

[22] Y. Morita, S. Suzuki, K. Sato, T. Takui, “Synthetic Organic Spin Chemistry for Structurally Well-defined Open-shell Graphene Fragments”, *Nature Chem.* 査読有, **3** (2011) 197–204 (Perspective) (DOI: 10.1038/nchem.985) 2010–2011 年大阪大学英文研究年報 (Annual Report of Osaka University -Academic Achievement-) 論文 100 選 受賞

[23] Y. Morita (8 番目), T. Takui, 他 8 人, “ESR and  $^1\text{H}$ -,  $^{19}\text{F}$ -ENDOR/TRIPLE Study of Fluorinated Diphenylnitroxides as Synthetic Bus Spin-qubit Radicals with Client Qubits in Solution”, *J. Phys. Chem. Lett.* 査読有, **2** (2011) 449–453 (DOI: 10.1021/jz101650z)

[学会発表] (計 9 件)

[1] 森田 靖、電子スピン非局在型中性ラジカルの新展開、東北大学卓越大学院研究会「金属錯体の固体物性最前線—金属錯体と固体物

性物理と生物物性の連携新領域を目指して—、2013.2.4-6, 東北大学

[2] 森田 靖、レアメタルフリーの高性能分子スピン電池の開発、大阪スマートエネルギー・ビジネスシーズンコンペ受賞者発表会、2013.2.1, 東京ビッグサイト

[3] 森田 靖、開殻グラフェンフラグメント：空気中でも安定な有機中性ラジカルの設計・合成と蓄電デバイスへの展開、炭素材料学会セミナー、2013.1.18, 東京 総評会館

[4] 森田 靖、空気中でも安定な有機中性ラジカルの新展開：基礎物性と二次電池への応用、京都大学大学院工学研究科 分子工学コロキウム、2012.12.18, 京都大学

[5] 森田 靖、電子スピン非局在型の安定な有機中性ラジカルの新展開：基礎物性とコバルトフリー高性能 Li イオン二次電池への挑戦、九州大学大学院薬学研究院機能分子合成化学セミナー、2012.11.30, 九州大学

[6] Y. Morita, Molecular Spin Battery: Tailor-made Rechargeable Battery Based on Air-stable Neutral Radicals, International Conference on Molecule-based Magnets (ICMM2012), 2012.10.7-11, Orlando, Florida (米国)

[7] 森田 靖、電子スピン非局在型の安定な有機中性ラジカルを活物質に用いたコバルトフリー高性能 Li イオン二次電池、北海道大学元素戦略教育研究センター講演会、2012.5.25, 北海道大学

[8] 森田 靖、空気中でも安定な有機中性ラジカルの最前線：基礎物性と分子スピンバッテリーへの展開、フロンティア機能物質創製センターシンポジウム：機能性物質の最前線—物質科学の新展開を目指して—、2011.12.18, 財団法人西播地域地場産業振興センター

[9] 森田 靖、電子スピンのマニピュレーション： $\pi$  電子系有機分子を基盤にした分子技術、RN シンポジウム 2011、2011.12.10, 名古屋大学

[図書] (計 6 件)

[1] 森田 靖、化学同人、「有機中性ラジカルの  $\pi$  電子科学」CSJ カレントレビュー12 未来材料を創出する  $\pi$  電子系の科学 Part II 研究最前線 11 章、日本化学会 編、2013、pp. 120-126

[2] 森田 靖、日本化学会 学術研究活性化委員会、「安定開殻有機分子を活用した次世代型二次電池」第二次先端ウオッチング調査：融合領域の創成 分子エレクトロニクスから分子スピントロニクスへの展望、2013、pp. 21-24

[3] Y. Morita (6 番目), T. Takui, 他 8 人, Springer-Verlag, Dordrecht, “Novel Applications of ESR/EPR: Quantum Computing/Quantum

Information Processing” In *EPR of Free Radicals in Solids II, Progress in Theoretical Chemistry and Physics Volume 25*, edited by A. Lund, M. Shiotani, 2013, pp. 163-204

[4] Y. Morita, *Angew. Chem. Int. Ed.* “Author Profile for Angewandte Chemie (published by Wiley-VCH), 2013, pp. 4298

[5] 西田辰介・森田 靖・佐藤和信・工位武治、化学同人、「有機分子スピンバッテリーの開発 — 縮重フロンティア分子軌道を利用した二次電池」化学 Vol.67 No.9, 2012, pp. 37-43

[6] Y. Morita, A. Ueda, John Wiley&Sons Ltd., New Jersey, “Curved  $\pi$ -Conjugated Stable Open-shell Systems Possessing Three-dimensional Molecular/Electronic-spin Structures” Chapter 4 In *Fragments of Fullerenes and Carbon Nanotubes: Designed Synthesis, Unusual Reactions, and Coordination Chemistry*, edited by M. A. Petrukhina, L. T. Scott, 2012, pp. 95-134

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 3 件)

[1] 名称: 有機半導体を用いた赤外線センサ  
発明者: 森田 靖、村田剛志、横山正明、辻良太郎、大塚岳夫、宮里涼子

権利者: 同上

種類: 特許

番号: 特願 2012-035378

出願日: 平成 24 年 2 月 21 日

国内外の別: 国内

[2] 名称: 有機分子スピンバッテリー

発明者: 工位武治、佐藤和信、森田 靖

権利者: 同上

種類: 特許

番号: 特願 2011-204821

出願日: 平成 23 年 9 月 20 日

国内外の別: 国内

[3] 名称: 有機分子スピンバッテリー

発明者: 工位武治、佐藤和信、森田 靖

権利者: 同上

種類: 特許

番号: PCT/JP2012/74000

出願日: 平成 23 年 9 月 20 日

国内外の別: 国外

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.chem.sci.osaka-u.ac.jp/lab/nakasuji/morita/index.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

森田 靖 (MORITA YASUSHI)  
大阪大学・大学院理学研究科・准教授  
研究者番号: 70230133

(2) 研究分担者 ( )

研究者番号:

(3) 連携研究者 ( )

研究者番号: