

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 5月 13日現在

機関番号：22604

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2010～2012

課題番号：22350021

研究課題名（和文） 開殻種の自己会合の精密制御による超分子ワイヤーの創製

研究課題名（英文） Precise Control of Self-Association of Open-Shell Species toward Construction of Conducting Supramolecular Wires

研究代表者

西長 亨 (NISHINAGA TOHRU)

首都大学東京・理工学研究科・准教授

研究者番号：30281108

研究成果の概要（和文）：

π 共役オリゴマーの開殻種の自己会合現象は、対応する導電性高分子の p-ドープ状態モデルとして活発に研究されてきたが、その現象の詳細については未知の部分も多い。また近年、開殻種の会合現象を活用する超分子化学についても注目され始めている。本研究では、独自に設計したオリゴチオフェンを用い、構造と会合を駆動する因子の相関を明らかにした。さらに金微粒子を介する伝導のスイッチング現象やジカチオンのビラジカル性の観測に成功した。

研究成果の概要（英文）：

Self-association of π -conjugated oligomers with open-shell electronic structure has been intensively investigated as models of corresponding conducting polymers, but the details about the phenomena remains to be elucidated. In addition, recent years have witnessed a growing interest in supramolecular chemistry using such self-associations. In this study, based on our originally designed oligothiophenes, we have revealed relationship between structure and factors driving the self-association and have succeeded in the observations of redox-switching via gold nanoparticles and biradical character of dications.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	5,600,000	1,680,000	7,280,000
2011年度	5,000,000	1,500,000	6,500,000
2012年度	4,300,000	1,290,000	5,590,000
総計	14,900,000	4,470,000	19,370,000

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： π 共役オリゴマー・チオフェン・ピロール・ラジカルカチオン・ジカチオン・ビラジカル・自己会合

1. 研究開始当初の背景

π 共役オリゴマーは、導電性高分子の導電機構の解明といった基礎研究から、有機化合物の集合体あるいは単分子そのものを電子材料の部品として機能させる“有機エレクトロニクス”や“分子エレクトロニクス”のよ

うな応用指向の研究まで、幅広い分野で活用されている重要な化合物群である。その中で、 π 共役オリゴマーを一電子および二電子酸化することにより生成するラジカルカチオンやジカチオン種は、導電性高分子の正孔注入状態の電子構造の解明を目的に詳細に研

究されてきたが、“代表的な導電性高分子であるポリチオフェンの高ドーブ状態における電荷のキャリアーはESR不活性であり一重項状態をとる”という事実も、バイポーロン(=閉殻系ジカチオン)の他、ラジカルカチオンの自己会合体(ラジカルカチオン π ダイマー)やポーロンペア(=一重項ビラジカル)などに起因していると指摘されるに留まり、未だにその電子構造の詳細は未知のままである。これに対し、最近の理論研究の結果では、オリゴマー鎖が長くなるとジカチオンはビラジカル性を発現し、一重項-三重項間のエネルギー差が0に近づくとも予測されている[J. Phys. Chem. B **2006**, *110*, 15839. J. Phys. Chem. C **2008**, *112*, 8408.]. 以上の実験および理論研究の結果を併せて考えると、長鎖オリゴマーのジカチオンはビラジカル性を発現するが、自己会合により一重項状態をとると考えられる。しかしながら、通常のオリゴマー分子ではジカチオンの反応性の制御は難しく、このビラジカル性の実験的な検証も十分には行われていない。

これに対し我々は、これまでの研究において、 π 共役系の被覆による π 共役系カチオン種の高度安定化法を開発し、この被覆基で完全に囲んだオリゴチオフェン体**1**において、初めての系統的なカチオン種の結晶構造解析に成功し[J. Am. Chem. Soc. **2004**, *126*, 3163.], 導電性高分子のp-ドーブ状態モデルとして、ラジカルカチオンの分子間相互作用を抑制した状態で、オリゴマー鎖一本の電子構造の変化を明らかにした。一方、

中央の被覆をはずした系として3量体**2**(3T)を合成し、そのラジカルカチオン塩のX線結晶構造解析により大きく湾曲した π ダイマーを形成する[J. Am. Chem. Soc.

2006, *128*, 14470.] ことを明らかにしている。しかしながら、ジカチオンのビラジカル性とラジカル種の自己会合を組み合わせた導電性の超分子ワイヤーの合成は知られていない。そこで本研究では、オリゴチオフェンのカチオン種の電子状態とラジカル種の2量化について、詳細な知見を得るとともに、導電性の超分子ワイヤーの創製を目指した。

2. 研究の目的

本研究では、我々がこれまでの研究で解明

してきた π 共役オリゴマーのラジカルカチオンおよびジカチオンの電子構造およびその自己会合挙動に関する詳細な知見をさらに深化させるとともに、従来の機能性オリゴマーの設計指針には全くなかった“閉殻種の自己会合の精密制御”を機能発現に積極的に活用し開発することを目的とした。具体的には我々が開発した被覆基を有効に活用し、ラジカルカチオン π ダイマー形成を立体的に精密に制御することにより、 π ダイマー形成を駆動する因子を明らかにし、この結果をもとに金ナノ粒子の伝導度のスイッチング法を新たに開発すること、および長いオリゴマージカチオンのビラジカル性に着目し、導電性の超分子ワイヤーを指向したオリゴマー分子を設計・合成することを目指した。

3. 研究の方法

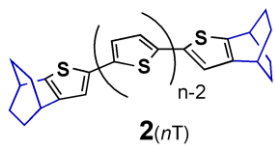
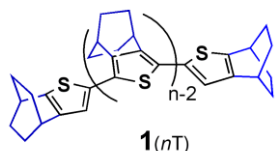
(1) 部分被覆によるラジカルカチオン π ダイマー形成の精密制御と金微粒子を介した伝導度のスイッチング素子の構築と機能評価については、についてはビシクロ[2.2.2]オクテンを縮環させたチオフェンを用いた。

(2) π 共役オリゴマージカチオン種におけるビラジカル性の実験的検証については嵩高い置換基をもち溶解性の高いプロピレンジオキシ基を縮環させたチオフェンおよびチオフェン-ピロール混合系をそれぞれ用いた。これらのオリゴマー分子を合成し、化学的酸化により発生させたカチオン種を各種スペクトルにより観測し、理論計算と組み合わせることで詳細に結果を比較検討し、電子状態を解析するとともに、金微粒子を介したネットワーク構造の形成について、電気伝導度から、その変化を追跡した。

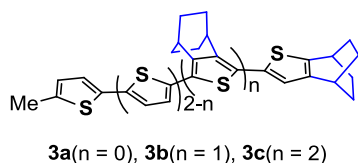
4. 研究成果

(1) - 1. 部分被覆による π ダイマー形成の精密制御

ラジカルカチオンが分子間で二量化した π ダイマーは、導電性高分子の分子間相互作用を考える上で重要な化学種である。また、 π ダイマーは様々な π 共役分子のラジカル種で形成されることが見出されており、超分子化学の観点からも π ダイマーの相互作用を解明することは重要である。これまでに π ダイマーについては、共役が長くなるほど π ダイマーを形成しやすくなるといった鎖長依存性や、溶媒の極性が π ダイマーの形成しやすさに影響を与えることは知られている。しかしながら、 π ダイマー形成がどのような分子間相互作用によって促進されるかを詳細に調べた研究はこれまでにない。そこで、本研究では、 π ダイマー形成を駆動する因子についてさらに詳細な検討を行うため、両末端にBCO基を縮環させたチオフェン4量体**2**(4T)および5量



体2(5T)と、BCO基の縮環する位置や数を変化させた3種類のチオフェン4量体**3a-c**を設計および合成し、それぞれのラジカルカチオン塩の単離を行った。



これらのオリゴチオフェンラジカルカチオンの溶液中での π ダイマー形成能について、その分子構造との相関を、吸収スペクトル、ESRおよび量子化学計算から詳細な検討を行った。その結果、 π ダイマー形成の鎖長依存性は、鎖長が伸びることによる分子間のvan der Waals力の増加とクーロン反発の減少が大きく関与していることが示唆された。また、鎖長が同じ場合は、SOMO-SOMO相互作用(図1)が最も重要であることが示唆された。この結果は、導電性高分子の詳細な電子構造の解明に寄与するのみならず、 π ダイマー形成を用いた超分子化学においても重要な指針を与えるものである。

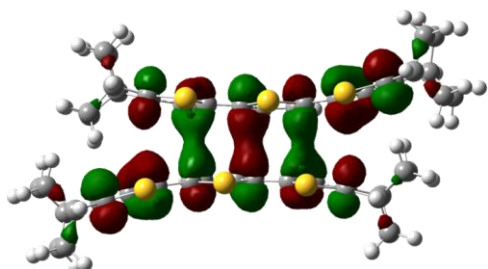


図12(4T)での π ダイマーのHOMO。

(1) - 2. 部分被覆オリゴチオフェンで保護した金微粒子の導電性のスイッチング

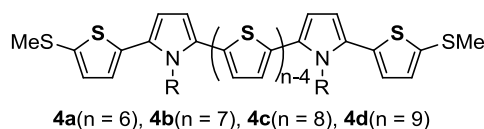
π ダイマーはポリチオフェンのp-ドープ状態の電子構造として注目されているが、 π ダイマー形成が導電性に与える影響についてはあまりよくわかっていない。そこで、本研究では、オリゴチオフェンラジカルカチオンの π ダイマー形成が導電性に与える影響について知見を得るため、2つのBCO縮環チオフェンと2つの無置換のチオフェンで構成されるオリゴチオフェン4量体のチオラートで安定化させた金微粒子の導電性について調査を行った。また、参照化合物としてBCO基を一切持たないチオフェン3量体を導入した金微粒子の性質についても調査を行った。BCO縮環オリゴチオフェンを導入した金微粒子では、BCO基の立体反発から金微粒子間の距離が引き離され、中性でのトンネル電流が

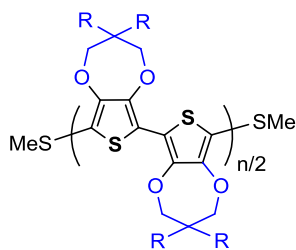
抑制される。一方、酸化状態ではBCOが縮環していないチオフェン環同士の分子間相互作用により導電性を示すことが期待される。

オリゴチオフェンを導入した金微粒子は、吸収スペクトル測定とTEM観察から、その形成を確認した。これらの金微粒子で作製したフィルムについて、導電性の測定を行ったところ、BCO基を持たないオリゴチオフェンを導入した金微粒子は導電性を示したのに対し、BCO縮環オリゴチオフェンを導入した金微粒子はほとんど導電性を示さなかった。さらに、これらの金微粒子のフィルムをヨウ素の蒸気に曝した後、再度、導電性を測定すると、BCO基を持たないオリゴチオフェンを導入した金微粒子では10倍程度の導電性の向上であったのに対し、BCO縮環オリゴチオフェンを導入した金微粒子は10000倍もの導電性の向上が観測された。このことは、BCO縮環オリゴチオフェンを導入した金微粒子では、p-ドープ状態において分子間に π ダイマーのような結合性の相互作用がある可能性を示唆している。また、BCO縮環オリゴチオフェンを導入した金微粒子は、ヨウ素ドープによって導電性が大きく変化したことから、導電性のスイッチング素子などへ応用できる可能性を秘めていると考えられる。

(2) ジカチオン種におけるビラジカル性の実験的検証

理論計算から、6量体以上のオリゴチオフェンのジカチオンはバイポーラロンよりも一重項ビラジカルが安定であることが報告されているが、実験的にチオフェンの一重項ビラジカル状態を検討した研究例はほとんどない。そこで、本研究では、オリゴチオフェン誘導体の一重項ビラジカル種の知見を得ることを目的に、オリゴチオフェンにピロール環を挿入したチオフェン-ピロール混合オリゴマー6量体から9量体**4a-d**、およびジオキシ置換によるカチオン種の安定化と溶解度の向上のためプロピレンジオキシチオフェンを導入したオリゴチオフェン4量体から12量体で、それぞれその両端をアルキルチオ基で保護したオリゴマー**5a-e**を設計・合成した。





5a($n = 4$), **5b**($n = 6$), **5c**($n = 8$), **5d**($n = 10$), **5e**($n = 12$)

合成したチオフエンピロール混合オリゴマーについては、二電子酸化することで得られたジカチオンの吸収スペクトルを測定し、閉殻ジカチオン、一重項ビラジカル、三重項のTD-DFT計算結果と比較したところ、6量体**4a**、7量体**4b**は閉殻ジカチオン種が主に含まれていると考えられるスペクトルを示したのに対し、8量体**4c**、9量体**4d**はそれらとは異なり、一重項ビラジカル種が主に含まれていると考えられる吸収スペクトルを示した。さらに、9量体**4d**のジカチオン塩は、SQUID測定より、三重項への熱励起も観測された。このことも、**4d**のジカチオンの基底状態が一重項ビラジカルであることを支持している。

一方プロピレンジオキシチオフエンを用い、その両端をアルキルチオ基で保護した一連のオリゴマーについては、段階的に酸化種を発生させ、12量体**5e**ではヘキサカチオンまで酸化されることえを明らかにした。吸収スペクトルおよびESRからその電子状態について詳細に検討したところ、ジカチオン種については、ジオキシ基の導入により閉殻構造を安定化させ、ビラジカル性が低下していることを明らかにした。一方、一連のオリゴマー分子はPEDOTのモデルとなることを明らかにし、このような閉殻構造がPEDOTの透明性と関連していることを明らかにした。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 16 件)

- Masayoshi Takase, Tomoyuki Narita, Wataru Fujita, Motoko S. Asano, Tohru Nishinaga, Hiroaki Benten, Kenji Yoza, Klaus Müllen "Pyrrole-Fused Azacoronene Family: The Influence of Replacement with Dialkoxybenzenes on the Optical and Electronic Properties in Neutral and Oxidized States" *J. Am. Chem. Soc.*, accepted. 査読有
- Tohru Nishinaga, Takeshi Ohmae, Kazunari Aita, Masayoshi Takase, Masahiko Iyoda, Tatsuya Arai, Yoshihito Kunugi "Antiaromatic Planar Cyclooctatetraene: a Strategy for Developing Ambipolar

Semiconductors for Field Effect Transistors"

Chem. Commun., **2013**, in press.

査読有 DOI: 10.1039/C3CC41764F

3. Masaki Tateno, Masayoshi Takase, Masahiko Iyoda, Koichi Komatsu, Tohru Nishinaga "Steric Control in the π -Dimerization of Oligothiophene Radical Cations Annelated with Bicyclo[2.2.2]octene Units"

Chem. Eur. J., **2013**, *19*, 5457-5467.

査読有 DOI: 10.1002/chem.201204332

4. Tomohiko Nishiuchi, Keita Tanaka, Yoshiyuki Kuwatani, Jooyoung Sung, Tohru Nishinaga, Dongho Kim, Masahiko Iyoda "Solvent-induced Crystalline State Emission and Multichromism of a Bent π -Surface System Composed of Dibenzocyclooctatetraene Units"

Chem. Eur. J., **2013**, *19*, 4110-4116.

査読有 DOI: 10.1002/chem.201203952

5. Hideo Enozawa, Takeshi Takahashi, Tohru Nishinaga, Tadashi Kato, Masashi Hasegawa, Masahiko Iyoda "Self-Assembly, Chromic Properties, and Nanostructure Formation of Tetrathiafulvalene-fused Dodecadehydro[18]annulenes"

Bull. Chem. Soc. Jpn., **2012**, *85*, 1120-1137.

査読有 DOI: 10.1246/bcsj.20120135

6. Tomoo Nakazawa, Takeshi Ohmae, Masahiro Fujimuro, Masahiko Ito, Tohru Nishinaga, Masahiko Iyoda "Syntheses, Molecular Structures, and Antiviral Activities of 1- and 2-(20-deoxy-D-ribofuranosyl)cyclohepta[d][1,2,3]triazol-6(1H)-ones and 1-(20-deoxy-D-ribofuranosyl)cyclohepta[b]pyrrol-8(1H)-one"

Tetrahedron, **2012**, *68*, 5368-5374.

査読有 DOI: 10.1016/j.tet.2012.04.109

7. Masayoshi Takase, Naofumi Yoshida, Tomoyuki Narita, Takashi Fujio, Tohru Nishinaga, Masahiko Iyoda "Sterically Congested Pyrrole-Fused Tetrathiafulvalene Decamers as Highly Conductive Amorphous Molecular Materials "

RSC Advances, **2012**, *2*, 3221-3224.

査読有 DOI: 10.1039/C2RA00035K

8. Yoshihito Kunugi, Tatsuya Arai, Norihiro Kobayashi, Hiroyuki Otsuki, Tohru Nishinaga, Kazuo Okamoto "Single Crystal Organic Field-effect Transistors Based on 2,8-Diphenyl and Dinaphthyl Chrysenes "

J. Photopolymer Sci. Technol., **2011**, *24*, 345-348.

査読有 DOI:10.2494/photopolymer.24.345

9. Tohru Nishinaga, Toshihiko Miyata, Masaki Tateno, Masahide Koizumi, Masayoshi Takase, Masahiko Iyoda, Norihiro Kobayashi, Yoshihito Kunugi “Synthesis and Structural, Electronic, Optical and FET Properties of Thiophene-Pyrrole Mixed Hexamers End-Capped with Phenyl and Pentafluorophenyl Groups”
J. Mater. Chem., **2011**, *21*, 14959–14966.
査読有 DOI: 10.1039/c1jm12966j

10. Masayoshi Takase, Naofumi Yoshida, Tohru Nishinaga, Masahiko Iyoda “Star-Shaped Pyrrole-Fused Tetrathiafulvalene Oligomers: Synthesis and Redox, Self-Assembling, and Conductive Properties”
Org. Lett., **2011**, *13*, 3896–3899.
査読有 DOI: 10.1021/ol2014279

11. Chuanwen Lin, Takanori Endo, Masayoshi Takase, Masahiko Iyoda, Tohru Nishinaga “Structural, Optical, and Electronic Properties of a Series of 3,4-Propylenedioxythiophene Oligomers in Neutral and Various Oxidation State”
J. Am. Chem. Soc., **2011**, *133*, 11339–11350.
査読有 DOI: 10.1021/ja2035442

12. Yoshimi Hanai, M. Jalilur Rahman, Jun Yamakawa, Masayoshi Takase, Tohru Nishinaga, Masashi Hasegawa, Kenji Kamada, Masahiko Iyoda “Synthesis and Nanostructures of Cyclic Triphenylene Trimers Having Long Alkyl and Alkoxy Side Chains”
Chem. Asian J., **2011**, *6*, 2940–2945.
査読有 DOI: 10.1002/asia.201100336

13. Eigo Isomura, Tohru Nishinaga, Masahiko Iyoda “Self-assembly and Nanostructure Formation of Amphiphilic 4,5-Bis(2-pyridylethynyl)tetrathiafulvalenes”
Supramol. Chem., **2011**, *23*, 304–309.
査読有 DOI: 10.1080/10610278.2010.527978

14. Masahiko Iyoda, Pochi Huang, Tomohiko Nishiuchi, Masayoshi Takase, Tohru Nishinaga “Mcmurry Coupling of Diformylidithienylacetylene: Synthesis of [24]-, [36]-, and [48]Annulenes Composed of Thiophene, Acetylene, And Ethylene Units”
Heterocycles, **2011**, *82*, 1143–1149.
査読有 DOI: 10.3987/COM-10-S(E)96

15. Tohru Nishinaga, Masaki Tateno, Mika Fujii, Wataru Fujita, Masayoshi Takase, Masahiko Iyoda “Biradical Character of Linear π -Conjugated Oligomer Dications Composed of Thiophene, Pyrrole and Methylthio End-Capping Units “

Org. Lett., **2010**, *12*, 5374–5377.

査読有 DOI: 10.1021/ol101997w

16. Tomoyuki Narita, Masayoshi Takase, Tohru Nishinaga, Masahiko Iyoda, Kenji Kamada, Koji Ohta “Star-Shaped Oligothiophenes with Unique Photophysical Properties and Nanostructures”

Chem. Eur. J., **2010**, *16*, 12108–12113.

査読有 DOI: 10.1002/chem.201001413

[学会発表] (計 24 件)

1. 影山拓哉, 小泉匡秀, 高瀬雅祥, 野村琴広, 西長 亨 “チオフェンピロール混合オリゴマーのラジカルカチオン種の π ダイマー形成” 日本化学会第93春季年会、2013年03月22日、草津

2. Tohru Nishinaga “Self-Association and its Steric Control of Cationic Oligothiophenes toward Constriction of Conducting Supramolecular Wires”

International Conference on Emerging Advanced Nanomaterials (招待講演)、2012年10月21日、ブリスベン (豪国)

3. 舘野将輝, 高瀬雅祥, 小松紘一, 伊与田正彦, 西長 亨 “オリゴチオフェン ラジカルカチオンの π ダイマー形成に関する実験・理論的研究” 第23回基礎有機討論会、2012年09月19日、京都

4. 影山拓哉, 采女俊介, 高瀬雅祥, 野村琴広, 西長 亨 “アリアル縮環チオフェンピロール混合オリゴマーのジカチオン種のビラジカル性” 第23回基礎有機討論会、2012年09月19日、京都

5. Tohru Nishinaga “Self-Association and its Steric Control of Cationic Oligothiophenes” The 21st IUPAC International Conference on Physical Organic Chemistry、2012年09月09日～13日、ダラム (英国)

6. Masaki Tateno, Masayoshi Takase, Kotohiro Nomura, Tohru Nishinaga “Properties of SAMs and Gold-nanoparticle of Oligothiophenes Annelated with Bicyclo[2.2.2]octen Units “The 6th International Conference on Gold Science、2012年09月05日、東京

7. Takuya. Kageyama, Syunsuke Uneme, Masayoshi Takase, Kotohiro Nomura, Tohru Nishinaga “Effect of benzo-annelation on the biradical character of thiophene-pyrrole oligomer dication” 10th International Conference on Heteroatom Chemistry、2012年05月20日、京都

8. 舘野将輝, 高瀬雅祥, 小松紘一, 伊与田正彦, 西長 亨 “オリゴチオフェン ラジカルカチオンの π ダイマー形成の立体制御とその応

用 “日本化学会第92春季年会、2012年3月28日、横浜

9. 影山拓哉, 采女俊介, 高瀬雅祥, 野村琴広, 西長亨 “ベンゾジチオフェン骨格にチオフェンとピロールを組み合わせた鎖状 π 共役分子の合成と物性” 日本化学会第92春季年会、2012年3月28日、横浜

10. 館野将輝, 高瀬雅祥, 野村琴広, 西長亨 “ビスクロ[2.2.2]オクテン縮環オリゴチオフェンを用いたSAM・金微粒子の性質” 第38回有機典型元素化学討論会、2011年12月8日、金沢

11. 館野将輝, 高瀬雅祥, 野村琴広, 西長亨 “嵩高い修飾基を持つオリゴチオフェンを用いたSAM・金微粒子の性質” 第1回 CSJ化学フェスタ、2011年11月14日、東京

12. 小泉匡秀, 高瀬雅祥, 伊與田正彦, 西長亨 “ジチエニルピロール誘導体の一電子酸化種の自己会合における置換基の効果” 第1回 CSJ化学フェスタ、2011年11月14日、東京

13. 館野将輝, 高瀬雅祥, 野村琴広, 西長亨 “分子間相互作用が制御可能なオリゴチオフェンを用いたSAM・金微粒子の性質” 第22回基礎有機化学討論会、2011年9月21日、つくば

14. 采女俊介, 影山拓哉, 高瀬雅祥, 野村琴広, 西長亨 “ベンゾジチオフェン骨格を組み込んだチオフェン・ピロールオリゴマーの合成と性質” 第22回基礎有機化学討論会、2011年9月21日、つくば

15. 小泉匡秀, 高瀬雅祥, 伊與田正彦, 西長亨 “ジチエニルピロール誘導体の一電子酸化種の自己会合における置換基の効果” 日本化学会第5回関東支部大会、2011年8月30日、東京

16. Masaki Tateno, Masayoshi Takase, Koichi Komatsu, Masahiko Iyoda, Tohru Nishinaga “Steric control of π -dimerization of oligothiophene radical cations using bicyclo[2.2.2]octene annelation” 14th International Symposium on Novel Aromatic Compounds、2011年7月25日、ユージーン (米国)

17. C. Lin, T. Endo, M. Takase, M. Iyoda, T. Nishinaga “Structural, optical, and electronic properties of a series of 3,4-propylenedioxythiophene oligomers in neutral and various oxidation states” 14th International Symposium on Novel Aromatic Compounds、2011年7月25日、ユージーン (米国)

18. Masaki Tateno, Tohru Nishinaga, Masayoshi Takase, Koichi Komatsu, Masahiko Iyoda “Steric control of π -dimerization of oligothiophene radical cations” Pacificchem 2010、2010年12月17日、ホノルル (米国)

19. Tohru Nishinaga “Relationship between structure and antiaromaticity of planar cyclooctatetraenes” Pacificchem 2010、2010年12月17日、ホノルル (米国)

20. 采女俊介, 高瀬雅祥, 伊與田正彦, 西長亨 “ベンゾジチオフェン骨格の新規合成法の開発” 第4回有機 π 電子系シンポジウム、2010年11月19日、神戸

21. 小泉匡秀, 高瀬雅祥, 伊與田正彦, 西長亨 “メチルチオ基で安定化させたジチエニルピロール体の一電子酸化種の性質” 第4回有機 π 電子系シンポジウム、2010年11月19日、神戸

22. 西長亨, 館野将輝, 高瀬雅祥, 伊與田正彦, 小松紘一 “オリゴチオフェンラジカルカチオンの会合の立体制御” 第37回有機典型元素化学討論会、2010年11月25日、室蘭

23. 林伝文, 遠藤貴範, 高瀬雅祥, 伊與田正彦, 西長亨 “3,4-ジオキシチオフェンオリゴマーの酸化種の合成と性質” 第37回有機典型元素化学討論会、2010年11月25日、室蘭

24. 館野将輝, 高瀬雅祥, 小松紘一, 伊與田正彦, 西長亨 “オリゴチオフェンラジカルカチオンの二量体の立体制御” 日本化学会第4回関東支部大会、2010年8月30日、つくば

[図書] (計3件)

1. 伊與田正彦, 佐藤総一, 西長亨, 三島正規 “基礎から学ぶ有機化学” 朝倉書店、2013年、182ページ

2. 西長亨, 伊與田正彦 “PEDOTの材料物性とデバイス応用” (分担執筆) サイエンス&テクノロジー、2012、405ページ

3. Masahiko Iyoda, Yoshiyuki Kuwatani, Tohru Nishinaga, Masayoshi Takase, Tomohiko Nishiuchi “Conjugated Molecular Belts Based on 3-D Benzoannulene Systems”, In Fragments of Fullerenes and Carbon Nanotubes: Designed Synthesis, Unusual Reactions, and Coordination Chemistry, Wiley-VCH: Weinheim (2012), 311-342.

[その他]

ホームページ等

首都大学東京 有機化学研究室

<http://www.comp.tmu.ac.jp/tmuorg/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

西長亨 (NISHINAGA TOHRU)

首都大学東京・理工学研究科・准教授

研究者番号: 30281108