

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 10 日現在

機関番号：10101

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2013～2014

課題番号：25620050

研究課題名(和文)超分子ロッド：MFMS概念に基づく分子設計の検証

研究課題名(英文)Supramolecular Rod: New Molecular Design Concept of MFMS

## 研究代表者

鈴木 孝紀 (Suzuki, Takanori)

北海道大学・理学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：70202132

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：有機電子系分子に多様な機能を付与する設計指針としては、個々の機能を担う部分構造をそれぞれ組み込むことが直接的な方法である。しかしながら、そのようなアイデアの結果として、分子構造は複雑かつ巨大となる。不必要に大きな構造は、アトムエコノミーの観点からばかりでなく、合成段階数や化合物の取扱いの点からも、多種の誘導体を合成して性質を比較することが必要な機能探求型研究には望ましくない。申請者は、本申請の中で、「如何にして単純な骨格に多様な機能を盛り込むか」というMFMSの実践により、先に申請者が開発した動的酸化還元系(dyrex系)をモチーフとして、2系統の機能性分子開発を展開した。

研究成果の概要(英文)：The acronym "MFMS" represents the molecular design concept of "maximum function on the minimum skeleton", which has been increasing in importance, especially for the design of advanced response systems. When a modular design is applied to multi-output-multi-input response systems, the multiple functional moieties have to be connected, resulting in a larger molecular size.

On the other hand, under the "MFMS" concept, the potential functions of molecules are educed by slight structural modification of a preexisting moiety to add another functionality. The "MFMS" is an atom-economical approach for the future development of highly functional materials. In this study, two kinds of multi-output molecular response systems were developed based on our electrochromic dyrex (dynamic redox) system.

研究分野：有機化学

キーワード：酸化還元 アトムエコノミー 機能性分子 多重機能 応答性分子

### 1. 研究開始当初の背景

有機電子系は構造の多様性や電子状態の多面性のために様々な特性を有し、人類が今日享受しているエレクトロニクス分野でも大きな活躍を見せている。今後 IT 技術の更なる発展に伴い、電子系はその修飾の容易さに基づく特性の fine-tunability により、無機材料の弱点を補える素材として益々その重要性を高めていくことが期待される。外部刺激に対してその物性値を可逆的に変化させる応答性分子は、将来的に分子素子への展開が期待されているほか、表示材料やメモリーとしての応用が可能なものであり、新たな機能物質創成研究における格好のモチーフである。

### 2. 研究の目的

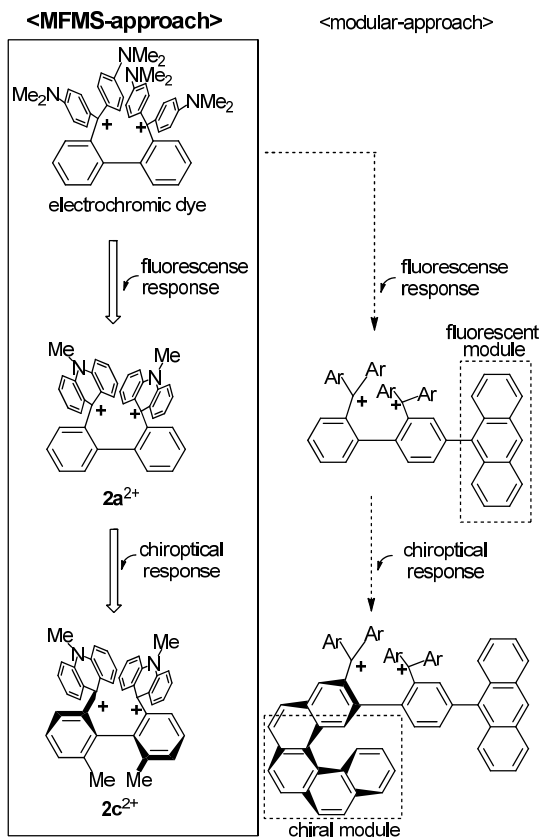
電気化学的な入力に対して色調を変化させるエレクトロクロミズム系は応答性分子の代表例であり、可逆な酸化還元反応を行なえる物質群がその役割を担う。電子授受に際して可逆な C-C 結合の形成 / 切断を伴う動的酸化還元系 (dyrex 系) は、高い電気化学的安定性を特徴とし、その機能開発に際して優位性を持つ。本研究では dyrex 系分子の更なる精密設計に際して、Maximan Function on Minimum Skeleton (MFMS) と名づけた概念を提案し、その分子設計の有効性を実証することを最重要目的とする。

### 3. 研究の方法

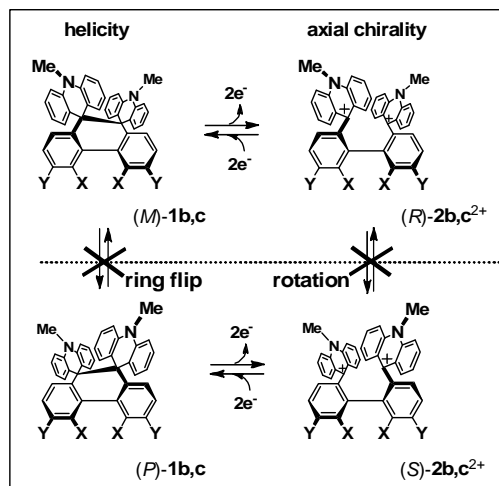
有機電子系分子に多様な機能を付与する設計に際しては、個々の機能を担う部分構造を連結して分子に組み込むモジュラーアプローチが直接的な方法である。しなしながら、そのようなアイデアの結果として、分子構造は複雑かつ巨大となる。大環状シクロファン化合物のように、サイズの大きいこと自体が意味を持つ場合を別として、不必要に大きな構造は、アトムエコノミーの観点からばかりでなく、合成段階数や化合物の取扱いの点からも、多量の誘導体を合成して性質を比較することが必要な機能探求型研究には望ましくない。研究代表者は先に、dyrex 系を基本モチーフとするエレクトロクロミズム系に蛍光 ON/OFF スwitching 機能を組み込む研究において、モジュラーアプローチによらずに「如何にして単純な骨格に多様な機能を盛り込むか」という検討の中で、ジカチオン  $2a^{2+}$  の設計をおこない、その設計指針を MFMS 概念へと結実させた (スキーム 1)。本研究では MFMS の実践に挑み、以下の 2 系統の機能性分子開発を展開した。

その 1 つはスキーム 1 の  $2c^{2+}$  に示すような、蛍光、CD 特性変化を合わせ持つ多重出力型エレクトロクロミズム系の創成であり、もう 1 つは、CD 特性変化を合わせ持つエレクト

Scheme 1



Scheme 2



[a: X = Y = H; b: X = Y = benzo; c: X = Me, Y = H]

ロキロオプティカル応答の水系溶媒中での実現である。

### 4. 研究成果

#### (1) 蛍光、CD 特性変化を合わせ持つ多重出力型エレクトロクロミズム系:

高い電子供与性を持つアクリダン骨格をジヒドロフェナントレン骨格に対してスピロ型に接合した分子  $1a$  は、酸化に際してジアクリジニウム型ジカチオン  $2a^{2+}$  を与える。ここで、他のトリアリールメチリウムの場合とは異なり、アクリジニウムが高い蛍光性を有することを利用すると、そのエレクトロクロミズム挙動は、蛍光発光の ON/OFF の可能な多重出力型応答になる。このような多重出

力型エレクトロクロミズム系は、非破壊読み出しやエラーチェック機能が付与された高度な分子応答系として興味深いため、出力の更なる多用化を目指した検討において研究代表者は、**1a/2a<sup>2+</sup>**のレドックス対が持つ骨格の不斉要素に着目した。

即ち、中性でのヘリシティ、ジカチオンでの軸不斉に基づく立体配置が安定であれば、このレドックス対の光学活性体について電解を行うことで、色調や蛍光性に加えて、円二色性などのキロオプティカル特性を出力とすることも可能となると予想した。しかし実際には、**1a**の環反転、**2a<sup>2+</sup>**の軸周りでの回転は容易であり、光学活性体を得ることはできなかった。MFMS の概念に従ってヘリシティや軸不斉に基づく立体配置を安定化するべく、ジヒドロフェナントレンのベイ領域にあたる C4, C5 位に置換基を導入して立体配置を安定化することとし、ジベンゾ体 **1b/2b<sup>2+</sup>**およびジメチル体 **1c/2c<sup>2+</sup>**をデザインして検討を進めた。

アリレンジプロミドを出発物として、ジアクリジン化合物を得た後、MeOTf を用いて二重の N-メチル化することでジカチオン **2b<sup>2+</sup>**、**2b<sup>2+</sup>**のトリフェート塩を得た。塩の粗生成物をそのまま亜鉛還元して、目的とするベイ領域に置換基を有する誘導体 **1b**、**1c**に導いた。**1b**および**1c**の鏡像異性体は、キラルカラムを用いた HPLC によって分離可能であり、(M)異性体を第一溶出部として光学的に純粋に単離することができた。サイクリックボルタモグラムの測定で、ベイ領域の置換基が dyrex 型酸化還元挙動に大きく影響しないことを確認後、多重出力応答挙動の調査を行った。

アセトニトリル中でジベンゾ体 **1b** の定電流電解を行うと、UV-Vis スペクトルでは等吸収点をもってジカチオン **2b<sup>2+</sup>**へと変化した。この時、光学活性体を用いた同様な電解では、等楕円率点を持って CD スペクトル変化も観測することができた。ここで、本研究の化合物は、数百に及び非常に大きな CD 活性を持つことが特徴的である。ただし、**2b<sup>2+</sup>**ではピナフチル部分の電子供与性が高いために、アクリジニウム部位の蛍光が分子内で電子移動消光されることが明らかとなった。

一方でジメチル体ジカチオン **2c<sup>2+</sup>**では、ジベンゾ体とは異なり電子移動消光はおきず、量子収率 0.65 で効率よく緑色の蛍光を示した。そのため **1c/2c<sup>2+</sup>**の電解相互変換では UV-Vis、CD、蛍光の3つの出力応答を示す多重出力型クロミズム応答が観測された(図1)。電解で生じたジカチオン種は、電極の極性を逆転させることで還元され、3つのスペクトル追跡から、元の **1c**を再生していることも確認した。

このように立体配置の安定なカチオン性蛍光色素を MFMS の下で設計することで、多重出力応答機能性の付与された物質系を創製することに成功した。

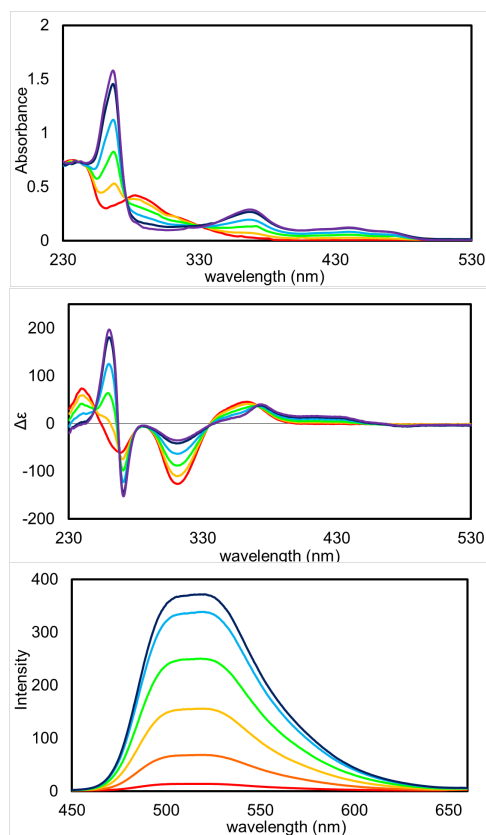


Fig.1 Continuous changes in (top) UV-Vis, (middle) CD, and (bottom) fluorescence spectra upon constant-current electrochemical oxidation of (M)-**1c** in MeCN.

## (2) 水系溶媒中でも機能獲得が可能なエレクトロキロオプティカル応答系:

研究代表者は以前、ジアリールエチニル基を分子内に二つ持つビフェニル化合物 **3a** が dyrex 挙動を示し、電解酸化によって等吸収点を伴いながら安定なジカチオン **4a<sup>2+</sup>**となることを見出している。本研究では、このエレクトロクロミズム挙動を有機溶媒中のみならず、水系媒体中でも行える系の開発を目的として研究を行うこととした。また電位による色調の変化に加えて、化合物のキロオプティカル特性が変化する多重出力応答を示す系の構築を目指して MFMS 概念の下での分子設計を行った。

水系媒体中での挙動の検討のため、ビフェニル化合物 **3a** のジメチルアミノ基上にオリゴエチレングリコールを導入した化合物 **3b** を設計し、水溶性を付与することとした。また多重出力に関しては、ビフェニル化合物 **3a** に複数のベンジルオキシ基を導入することによって軸不斉の反転を抑えた **5a** を設計し、立体配置の安定な化合物の酸化還元の際して、円偏光二色性の変化を誘起することとした。さらに、水溶性と多重出力性を合わせ持った化合物として(*R<sub>ax</sub>*)-**5b** を設計した(スキーム 3)。立体配置の安定なベンジルオキシ体 **5a**, (*R<sub>ax</sub>*)-**5b** は、対応する光学活性なジアルデ

Scheme 3

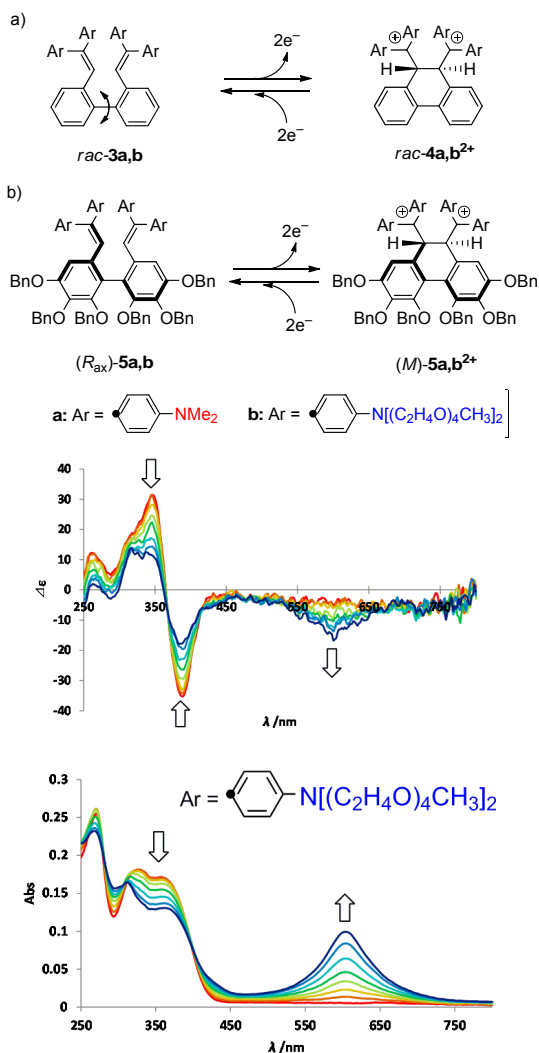


Figure 2. Continuous changes in (top) UV-vis and (bottom) CD spectra upon constant current electrochemical oxidation of  $(R_{ax})$ -**5b** in MeCN- $H_2O$  (1:1).

ヒドとホスホン酸エステルとの Wittig-Horner 反応により得られた。また水溶性の **3b** は、2,2'-ジメチルピフェニルにジアリールケトンを用いさせ、それを脱水することで得られた。

水溶性置換基を導入した **3b**, 軸不斉の立体配置の安定な **5a** 及びその両方の特性を所持した  $(R_{ax})$ -**5b** のジクロロメタン中でのサイクリックポルタモグラムでは、いずれも一波二電子の酸化波と還元波を観測し、酸化電位と還元電位の差が大きいことから電気化学的雙安定性を有する可逆な系であることが示された。水溶性置換基を導入した **3b**,  $(R_{ax})$ -**5b** の水:アセトニトリル=1:1 中でのサイクリックポルタモグラムでは、有機溶媒中と同様な挙動を示し、水系媒体中でも電気化学的雙安定性を有していることが明らかになった。

水溶性置換基を導入した **3b** の水:アセトニ

トリル=1:1 中での電解酸化では、ジメチルアミノを持つ **3a** と同様な UV 変化を観測し、水系媒体中でもエレクトロクロミズム応答を観測することができた。またこれによりオリゴエチレングリコールを付加するアプローチの有効性も示された。一方、ベンジルオキシ基を導入した **5a** のジクロロメタン中の電解酸化では、UV 変化ばかりでなく CD スペクトルの変化を観測し、電位の入力によって多重出力応答を示した。水溶性置換基及びベンジルオキシ基の双方を導入した  $(R_{ax})$ -**5b** の水:アセトニトリル=1:1 中での電解酸化では、ベンジルオキシ基を導入した **5a** と同様な UV, CD 変化を観測し、MFMS の下で設計を行うことで、水系媒体での多重出力応答を達成できた(図 2)。

## 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 30 件)

- (1) (1) New Insights into the Hexaphenylethane Riddle: Formation of an  $\alpha,\omega$ -Dimer, Uchimura, Y.; Takeda, T.; Katoono, R.; Fujiwara, K.; Suzuki, T.\* Y. Uchimura, T. Takeda, R. Katoono, K. Fujiwara, T. Suzuki, *Angew. Chem. Int. Ed.* **2015**, *54*(13), 4010-4013. 査読有
- (2) Stereoselective Synthesis of the A-ring of Armatol A from a Bromo-substituted Chiral Building Block Based on Ireland-Claisen Rearrangement and Ring-closing Olefin Metathesis, Hirose, Y.; Fujiwara,\* K.; Saito, T.; Katoono, R.; Suzuki, T. *Heterocycles*, **2015**, *91*(1), 76-103. 査読有
- (3) Bis(10-methylacridinium)s as a Versatile Platform for Redox-Active Functionalized Dyes and Novel Structure, Suzuki, T.\*; Takeda, T.; Ohta, E.; Wada, K.; Katoono, R.; Kawai, H.; Fujiwara, K. *Chem. Rec.* **2015**, (personal account), *15*(1), 280-294. 査読有
- (4) Bis(diarylethenyl)thiophene, -bithiophene, and -terthiophene: A New Series of Violene-Cyanine Hybrid-Type Electron Donors, Ishigaki, Y.; Kawai, H.; Katoono, R.; Fujiwara, K.; Suzuki, T.\* *Heterocycles*, **2015**, *90*(1), 136-143. 査読有
- (5) Three-Way Output Molecular Response System based on Tetrakis(3,4-dialkoxyphenyl)-3,4-dihydro[5]helicenes: Perturbation of Properties by Long Alkyl Chains, Ishigaki, Y.; Yosida, S.; Kawai, H.; Katoono, R.; Fujiwara, K.; Fukushima, T.; Suzuki, T.\* *Heterocycles*, **2015**, *90*(1), 126-135. 査読有
- (6) Reversible Interconversion between

- 11,11,12,12-Tetraaryl-1,4-diaza/-1,4,5,8-tetraazaanthraquinodimethanes and Their Cationic Species: Electrochromic and Halochromic Responses, Suzuki, T.\*; Umezawa, Y.; Sakano, Y.; Tamaoki, H.; Y.; Katoono, R.; Fujiwara, K. *Chem. Lett.* **2015**, 44, in press (doi:10.1246/cl.150251)
- (7) Total Synthesis of Pectenotoxin-2, Fujiwara, K.; Suzuki, Y.; Koseki, N.; Aki, Y.; Kikuchi, Y.; Murata, S.; Yamamoto, F.; Kawamura, M.; Norikura, T.; Matsue, H.; Murai, A.; Katoono, R.; Kawai, H.; Suzuki, T. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2014**, 53(3), 780-784. 査読有
- (8) A Foldable Cyclic Oligomer: Chiroptical Modulation through Molecular Folding upon Complexation and a Change in Temperature, Katoono, R.\*; Tanaka, Y.; Fujiwara, K.; Suzuki, T. *J. Org. Chem.* **2014**, 79 (21), 10218–10225. 査読有
- (9) Chiroptical Molecular Propeller Based on Hexakin(phenylethynyl)benzene through the Complexation-induced Intramolecular Transmission of Local Point Chirality, Katoono, R.\*; Kusaka, K.; Kawai, S.; Tanaka, Y.; Hanada, K.; Nehira, T.; Fujiwara, K.; Suzuki, T. *Org. Biomol. Chem.* **2014**, 12(47), 9532-9538. 査読有
- (10) Controlled Dynamic Helicity of a Folded Macrocyclic Based on a Bisterephthalamide with a Two-fold X-shaped Structure, Katoono, R.\*; Kusaka, K.; Fujiwara, K.; Suzuki, T. *Chem. Asian J.* **2014**, 9(11), 3182-3187. 査読有
- (11) Expandability of Ultralong C-C Bond: Largely Different C1-C2 Bond Length Determined by Low-temperature X-ray Analyses on Pseudopolymorphs of 1,1-Bis(4-fluorophenyl)-2,2-bis(4-methoxyphenyl)pyracene, Suzuki, T.\*; Uchimura, Y.; Nagasawa, F.; Takeda, T.; Kawai, H.; Katoono, R.; Fujiwara, K.; Murakoshi, K.; Fukushima, T.; Nagaki, A.; Yoshida, J. *Chem. Lett.*, **2014**, 43(1), 85-88. 査読有
- (12) Chiral Memory Units Based on Dynamic Redox Systems with a Dibenzoxepinone Skeleton: Drastic Change in Racemization Barrier and Electrochemical Bistability, Wada, K.; Chiba, Y.; Takeda, T.; Kawai, H.; Katoono, R.; Fujiwara, K.; Suzuki, T.\* *Heterocycles*, **2014**, 88(2), 945-952. 査読有
- (13) Cyanoazulene-based Multi-stage Redox Systems Prepared from Vinylcyclopropane-carbonitrile and Cyclopentenone via Divinylcyclopropane-rearrangement Approach, Tanino, K.\*; Yamada, Y.; Yoshimura, F.; Suzuki, T.\* *Chem. Lett.* **2014**, 43(5), 607-609. 査読有
- (14) Electrochromic and unique chiroptical properties of helically deformed tetraarylquinodimethanes generated from less hindered dicationic precursors upon reduction, Suzuki, T.\*; Sakano, Y.; Iwai, T.; Iwashita, S.; Miura, Y.; Katoono, R.; Kawai, H.; Fujiwara, K.; Tsuji, Y.; Fukushima, T. *Pure Appl. Chem.*, **2014**, 86(4), 507-516 査読有
- (15) Complexation-induced inversion of helicity by an organic guest in a dynamic molecular propeller based on a tristerephthalamide host with a two-layer structure Katoono, R.\*; Fujiwara, K.; Suzuki, T.\* *Chem. Commun.* **2014**, 50(41), 5438 - 5440. 査読有
- (16) Preparation and structure of acenaphthylene-1,2-diylidene(9-acridine) derivatives with a long C=C bond, Takeda, T.\*; Uchimura, Y.; Kawai, H.; Katoono, R.; Fujiwara, K.; Suzuki, T.\* *Chem. Commun.* **2014**, 50(30), 3924-3927. 査読有
- (17) Electrochiroptical Response in Aqueous Media: 9,10-Dihydrophenanthrene-9,10-diyl Dications with Michlar's Hydrol Blue Chromophores Attached with Oligoethylene Glycol Units, Suzuki, T.\*; Hanada, K.; Katoono, R.; Ishigaki, Y.; Higasa, S.; Higuchi, H.; Kikuchi, H.; Fujiwara, K.; Yamada, H.; T. Fukushima, *Chem. Lett.* **2014**, 43(7), 982-984 査読有
- (18) Oxidative Protonolysis of the Expanded Central C-C Bond in a Di(spiroacridin)-type Hexaphenylethane Derivative Accompanied by UV-vis, FL, and CD Spectral Changes, Suzuki, T.\*; Kuroda, Y.; Wada, K.; Sakano, Y.; Katoono, R.; Fujiwara, K.; Kakiuchi, F.; Fukushima, T. *Chem. Lett.* **2014**, 43(6), 887-889. 査読有
- (19) Wurster's Blue-type Cation Radicals Framed in a 5,10-Dihydrobenzo[a]-indolo[2,3-c]carbazole (BIC) Skeleton: Dual Electrochromism with Drastic Changes in UV-Vis-NIR and Fluorescence, Suzuki, T.\*; Sakano, Y.; Tokimizu, Y.; Miura, Y.; Katoono, R.; Fujiwara, K.; Yoshioka, N.; Fujii, N.; Ohno, H.\*; *Chem. Asian J.* **2014**, 9(7), 1841-1846. 査読有
- (20) Preparation, Redox Properties, and perties, and X-ray Structures of Electrochromic 11,11,12,12- Tetraarylanthraquinodimethane and Its Bianthraquinodimethane Analogue: Drastic Geometrical Changes upon Interconversion with the Dicationic Dyes, Sakano, Y.; Katoono, R.; Fujiwara, K.; Suzuki, T.\* *Chem. Lett.* **2014**, 43(7), 1143-1145. 査読有
- (21) 7,7,8,8-Tetraaryl-o-quinodimethane Stabilized by Dibenzannulation: A Helical pi-Electron System that Exhibits Electrochromic and Unique Chiroptical Properties, Suzuki, T.\*; Sakano, Y.;

- Iwai, T.; Iwashita, S.; Miura, Y.; Katoono, R.; Kawai, Fujiwara, K.; Tsuji, Y.; Fukushima, T. *Chem. Eur. J.* **2013**, *19*(1), 117-123. 査読有
- (22) Hexaphenylethanes with an Ultralong C-C Bond: Expandability of the C-C Bond in Highly Strained Tetraarylopyracenes, Takada, T.; Uchimura, Y.; Kawai, H.; Katoono, R.; Fujiwara, K.; Suzuki, T.\* *Chem. Lett. (Highlight Review)*, **2013**, *42*(9), 954-962. 査読有
- (23) Geometrical Remote Steric Effects in 4,5-Disubstituted-9,10-dihydrophenanthrenes: Expansion of Prestrained C9-C10 Bond in Di(spiroacridan) Derivative, Wada, K.; Takeda, T.; Kawai, H.; Katoono, R.; Fujiwara, K.; Suzuki, T.\* *Chem. Lett.* **2013**, *42*(10), 1194-1196 査読有
- (24) Time-integrated one-pot synthesis, X-ray structure, and redox properties of electrochromic 1,3-diarylisobenzofurans Hamura, T.\*; Nakayama, R.; Hanada, K.; Sakano, Y.; Katoono, R.; Fujiwara, K.; Suzuki, T.\* *Chem. Lett.* **2013**, *42*(10), 1244-1246. 査読有
- (25) C3-symmetric chiroptical molecular propeller based on hexakis(phenylethynyl)benzene with a threefold terephthalamide: stereospecific propeller generation through the cooperative transmission of point chiralities on the host and guest upon complexation, Katoono, R.\*; Kawai, H.; Ohkita, M.; Fujiwara, K.; Suzuki, T.\* *Chem. Commun.* **2013**, *49*(88), 10352-10354. 査読有
- (26) Preparation, properties, and X-ray structures of bis(10-methyl-9-methyleneacridan)-type electron donors with a thiophene/bithiophene/terthiophene skeleton: Redox switching of thiophene-thienoquinoid structure accompanied by UV-Vis-NIR electrochromic response, Suzuki, T.\*; Hoshiyama, Y.; Wada, K.; Ishigaki, Y.; Miura, Y.; Kawai, H.; Katoono, R.; Fujiwara, K.; Fukushima, T. *Chem. Lett.* **2013**, *42*(9), 1004-1006. 査読有
- (27) 5,10-Dihydrobenzo[a]indolo[2,3-c]carbazole A highly fluorescent disk-shaped electron donor exhibiting dual UV-Vis-NIR and fluorescence spectral changes upon electrolysis, Suzuki, T.\*; Tokimizu, Y.; Sakano, Y.; Katoono, R.; Fujiwara, K.; Naoe, S.; Fujii, N.; Ohno, H.\* *Chem. Lett.* **2013**, *42*(9), 1001-1003. 査読有
- (28) Oxidative conversion of tetraaryldihydrodibenzothiepins into elemental sulfur and stable cationic dyes accompanied by dual UV-Vis and CD spectral changes, Suzuki, T.\*; Kuroda, T.;

- Tamaoki, H.; Higasa, S.; Katoono, R.; Fujiwara, K.; Fukushima, T.; Yamada, H. *Chem. Lett.* **2013**, *42*(7), 706-708. 査読有
- (29) Redox switching of conjugation length using 9,9,10,10-tetraaryl-9,10-dihydrophenanthrene as an ON/OFF unit: Preparation, X-ray structure, and redox properties of perfluorobiphenyl derivative and its S<sub>N</sub>Ar reactions to pi-extended analogues, Suzuki, T.\*; Tamaoki, H.; Katoono, R.; Fujiwara, K.; Ichikawa, J.; Fukushima, T. *Chem. Lett.* **2013**, *42*(7), 703-705. 査読有
- (30) Hydrindacene-based acetylenic macrocycles with horizontally and vertically ordered functionality arrays, Kawai, H.\*; Utamura, T.; Motoi, E.; Takahashi, T.; Sugino, H.; Tamura, M.; Ohkita, M.; Fujiwara, K.; Saito, T.; Tsuji, T.; Suzuki, T. *Chem. Eur. J.* **2013**, *19*(14), 4513-4524. 査読有

〔学会発表〕(計4件)

- (1) Can Packing Change the Bond Length of Ultralong C-C Bonds?, Suzuki, T.\*; Uchimura, Y.; Takeda, T.; Katoono, R.; Kawai, H.; Fujiwara, K. CGOM11 (Crystal Growth of Organic Materials), Nara Prefectural New Public Hall, Nara, 2014.6.17-20 (招待講演)
- (2) ビス(10-メチルアクリジニウム)型色素の化学: 多重出力型エレクトロクロミズムから世界記録を持つ特異な構造まで 鈴木 孝紀, 2014年電気化学秋季大会, 北海道大学, 札幌市, 2014.9.27-28 (招待講演)
- (3) Toward the World-Record Compound with the Longest C-C Bond: X-ray Analyses on Unsymmetrically Substituted Tetraarylopyracenes Prepared by a Flow Microreactor Method, Suzuki, T.\* The 8th International Symposium on Integrated Synthesis (ISIS-8), Todaiji Temple Cultural Center, Nara, 2013.11.29-12.1 (招待講演)
- (4) Electrochromic and Unique Chiroptical Properties of Helically Deformed Tetraarylquinodimethanes, Suzuki, T.\* The 15th International Symposium on Novel Aromatic Compounds (ISNA-15), Howard Civil Service International House, Taiwan, 2013.7.28-8.2 (招待講演)

## 6. 研究組織

- (1) 研究代表者  
鈴木 孝紀 (SUZUKI, Takanori)  
北海道大学・大学院理学研究院・教授  
研究者番号: 70202132