

平成 30 年 6 月 2 日現在

機関番号：15201

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K05419

研究課題名(和文) 三次元スピロ芳香族システムの創製

研究課題名(英文) Development of three-dimensional spiro-aromatic systems

研究代表者

鈴木 優章 (Suzuki, Masaaki)

島根大学・総合理工学研究科・講師

研究者番号：90506891

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：研究環境の変換に対応すべく、スピロ芳香族システムのもつ三次元性を主眼に置くことで、ポルフィリン誘導体・類縁体の立体的な歪み構造、重なり構造を追求する研究を行った。その結果、トリフルオロメチル基によって非平面化されたテトラベンゾポルフィリン誘導体や、スピロ縮環ポルホジメタン、枝分かれ平面を有した骨格変換型N-フューズドペンタフィリンなどを得ただけでなく、三次元的に拡張可能なトリピリン末端臭素化体の再現性高い合成法なども見出された。

研究成果の概要(英文)：Spiro-aromatic systems are consisting of the three-dimensional combination of pi-planes in a perpendicular arrangement. This work was focused on the three-dimensional pi-plane systems including non-planarity of the frameworks and branching of the pi-conjugation. Syntheses of nonplanar meso-trifluoromethyl substituted tetrabenzoporphyrins, spiro-fused porphodimethanes, branched recombined N-fused pentaphyrins, and bromine-terminated tripyrrins were investigated.

研究分野：有機化学

キーワード：ポルフィリノイド ポルフィリン テトラベンゾポルフィリン 環拡張ポルフィリン トリピリン 芳香族性 三次元 共役

## 1. 研究開始当初の背景

芳香族化合物の高い安定性や機能性は、その非局在化した  $\pi$  電子の光・電気・磁場などへの応答性により発現される。これまでヒュッケル則に基づいて分子設計されてきたが (有機合成化学協会誌, 2001, 59 (4), 306-321.) 共役系の拡大は HOMO-LUMO ギャップ低減による可視～近赤外光吸収特性につながるだけでなく、その  $\pi$  平面の広さが二光子吸収断面積などの非線形光学特性に影響を与えられていると言われており、人工光合成系や画像診断、低侵襲性ガン治療法である光線力学療法や高密度三次元記録素子など超微細立体加工技術の革新にもつながると期待されている (Angew. Chem. Int. Ed. 2009, 48, 3244-3266.) すなわち、広大な  $\pi$  平面を追求することが優れた分子の開発に相当するという側面があったと言える。代表的な芳香族化合物であるポルフィリンの高次類縁体『環拡張ポルフィリン』は、その伸長されたマクロ環構造に由来する近赤外領域にまで到達した広い光吸収特性と、柔軟な骨格に由来する 8 の字やメビウスの帯状に“捻じれた”  $\pi$  平面を持つ (Angew. Chem. Int. Ed. 2011, 50, 4342-4373.) これまで達成困難とされていた反芳香族性やメビウス芳香族性 (Phys. Rev. A 2010, 82, 062118.) の化学を開拓した。このことにより、前述の二光子吸収断面積は芳香族性の有無にも影響されることが明らかとなった。他にも、近年フラーレンやカーボンナノチューブ、ワープドナノグラフェン (Nat. Chem. 2013, 5, 739-744.) などが、“湾曲した”  $\pi$  平面による特徴的な物性から興味を持たれている。

## 2. 研究の目的

背景の項で述べた芳香族性モデル化合物群は、その“三次元的な”構造が複雑であるため、化学修飾や溶解性、合成難易度など有機化学的な問題点を多く抱えており、 $\pi$  共役系に三次元性を持たせるための新奇なモチーフが求められた。そこで、有機エレクトロニクス材料として盛んに研究されているスピロピフルオレン構造 (図 1a) にインスパイアされ、スピロ共役によるスルースペース相互作用 (Chem. Rev. 2005, 105, 3758-3772.) を利用した三次元的な  $\pi$  共役系の拡張法が着想された。本研究では、未踏の芳香族性実現に挑戦することで、単純な芳香環の三次元的配置にとどまらない、 $\pi$  電子が分子の占める空間を隅々まで非局在化できる化合物群を創製することを目的とする。

## 3. 研究の方法

独立した  $\pi$  電子系の立体的な組み合わせではなく、 $\pi$  電子の相互作用範囲を平面から空間へと拡大させる化合物の開発を行う。“直交した”  $\pi$  平面により発現する芳香族性という新機軸を打ち出すべく、芳香族性発現条件

の吟味をしつつ、共役系拡張による光吸収およびそれに付随する発光の長波長化を、ESIPT (励起状態分子内プロトン移動) やレドックスによる刺激応答型電子系スイッチングを以て達成する。分子単体の物性から集合体中での分子間相互作用形態に至るまで、導入された部分構造の外部刺激応答性による構造変化というミクロスコピックな変化、それに伴う溶液色や結晶色・形状などの変化というマクロスコピックな変化を観測データに基づいて解釈することで三次元スピロ芳香族システム (図 1b) の確立を目指す。

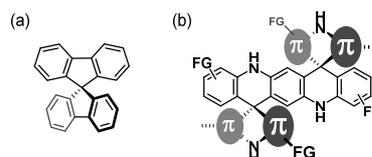


図 1. (a) スピロピフルオレン (b) 三次元スピロ芳香族システム

## 4. 研究成果

研究環境の変化により計画の変更をしたが、三次元  $\pi$  電子化合物という大目標を達成するスタンスは維持した。その方針は、元となる芳香族化合物を立体障害等で非平面化すること、あるいは芳香族性部分構造を立体的に固定配置することで分子の  $\pi$  共役系に三次元性を帯びさせるものである。

まず、*meso*-トリフルオロメチル ( $\text{CF}_3$ ) 置換ポルフィリンが得られるオリゴピロール前駆体のスクランプリング反応の条件を最適化し、側鎖の種類に応じて置換位置の異なる  $\text{CF}_3$  基を 1~2 個導入することで、大きく非平面化し吸収波長も長波長化されたポルフィリンの合成に成功した。内部空孔に亜鉛を配位させたときのみ起こる  $\text{CF}_3$  基の加溶媒分解反応を精査し、求核性溶媒であるアルコールの立体障害によってアルコキシカルボニル基への変換速度が異なること、また続く加水分解によって脱カルボキシ化が起こり *meso*-無置換ポルフィリンが得られる痕跡を見出した。これらの結果の一部を Molecules 誌に投稿し、掲載された (雑誌論文 7)。

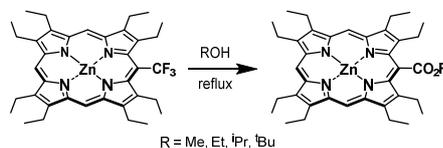


図 2. *meso*- $\text{CF}_3$  置換オクタエチルポルフィリン亜鉛錯体の加溶媒分解反応

次に、前述の手法を発展させ、三次元  $\pi$  電子化合物を合成する目的で、テトラベンゾポルフィリン (TBP) の *meso*-位に  $\text{CF}_3$  基を導入し、その立体反発によって非平面化させる試みを行った (図 3)。これまでに確立させてきたように、ジピロメタンを大過剰のトリフ

ルオロ酢酸で処理する手法で、テトラブタノポルフィリン (TbP) の *meso*-位に 1~2 個、*cis*-および *trans*-配置で CF<sub>3</sub> 基を導入できた。その結果、TbP 類は、対応するオクタエチルポルフィリン類と、構造的・電子的類似性を示した。すなわち、直鎖状・環状の側鎖間の相違は大きくはないと言える。

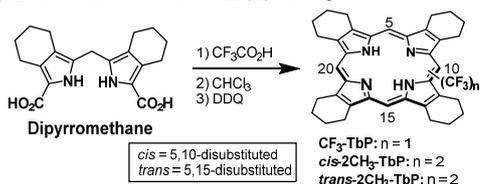


図 3. *meso*-CF<sub>3</sub> 置換 TbP の合成

これに種々の金属イオンを挿入した後、DDQ 存在下加熱処理することで側鎖が酸化され、*meso*-CF<sub>3</sub> 置換 TBP 類へと変換できることを見出した (図 4)。そのうち *cis*-二置換銅およびニッケル錯体の X 線結晶構造解析に成功し、特に銅錯体において分子全体が大きくゆがんだ構造であることがわかった (図 5)。芳香族化合物の非平面化は溶解性の向上にも寄与するが、一連の TBP 類は、著しく溶解性の低い無置換 TBP と比較すると、若干ではあるが改善していた。また、収率が著しく低い *trans*-ビス CF<sub>3</sub> 化体は亜鉛錯体のみ検討を行ったが、モノ CF<sub>3</sub> 化体と比べて非平面化ならびに光吸収帯の長波長化が顕著だった。

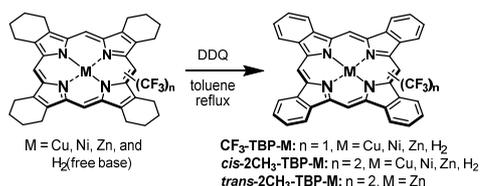


図 4. TbP の酸化による TBP の合成

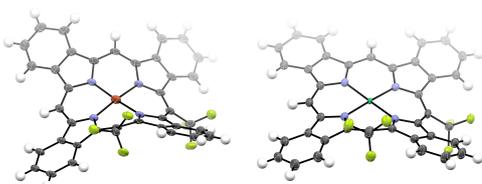


図 5. *cis*-2CF<sub>3</sub>-TBP-Cu (左) の単結晶 X 線構造解析と同 *cis*-2CF<sub>3</sub>-TBP-Ni (右)

上記の酸化法が有用であることにエンカレッジされ、シクロペンタン環とシクロヘプタン環をそれぞれスピロ縮合させたポルホジメタンを合成し、同様に DDQ で加熱処理した (図 6 [5-7] {5-7})。プロトン NMR スペクトルにおいて、シクロアルカン環に帰属される脂肪族領域のシグナルと、これまでピロール誘導体に帰属される領域に観測されていたシグナルが消失し、芳香族領域のシグナルが増加した。これは各シクロアルカン環が酸化されたことでポルホジメタン環と相互作用できるようになったこと、すなわち分子全体に  $\pi$  電子の非局在化が起こっていることを示唆している。

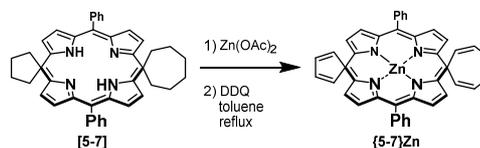


図 6. スピロ縮環ポルホジメタンの合成

続いて、シクロペンタン環をフルオレン環に置換して同様の実験を行った。得られた誘導体 {5'-7'} (予想構造) は、これまでの類縁体と比べて著しく紫外可視吸収スペクトルの波形が異なっていた (図 7)。このことは、スピロ共役を介してベンゾ縮環構造に共役系の伸長が見出されたことを示唆している。したがって、スピロ縮環構造を精査することで、真に目的とするスピロ芳香族の実現が可能であることを予想させる、有望な結果である。

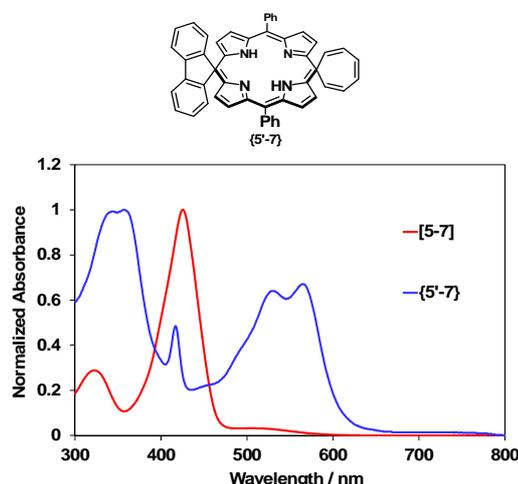


図 7. スピロ縮環ポルホジメタンの UV-vis 吸収スペクトル (ジクロロメタン中)

一方、以前より見出されていた骨格変換型 *N*-フューズドペンタフィリン臭素化体の異常求核置換反応による RNFP<sub>5</sub> 骨格とアニリン側鎖からなる分岐  $\pi$  平面形成を精査し、J. Porphyrins Phthalocyanines 誌に投稿、受理されたことと (雑誌論文 4)、トリピリン末端臭素化体を得る再現性のある合成法を見出したこと (図 8) も合わせて報告する。このトリピリン骨格は優れた錯化挙動を示すため、臭素置換基への構造拡張と組み合わせることで、多様な誘導体へと変換できる。ともに、三次元  $\pi$  共役系へのアプローチを飛躍的に多角化させると期待される。

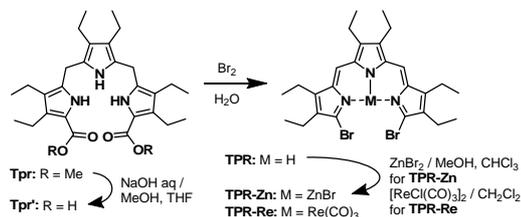


図 8. トリピラン (Trp) からのトリピリン (TRP) 臭素化体の合成と金属錯化挙動

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9件)

1. Yuki Ide, Takamitsu Kuwahara, Syo Takeshita, Rei Fujishiro, Masaaki Suzuki, Shigeki Mori, Hiroshi Shinokubo, Mikio Nakamura, Katsumi Yoshino, Takahisa Ikeue 「Nickel (II) pyrrocorphin: Enhanced binding ability in a highly reduced porphyrin complex」 『Journal of Inorganic Biochemistry』 査読有, 178 巻, pp115-124, 2018 年, DOI: 10.1016/j.jinorgbio.2017.10.012
2. Saburo Neya, Tomoki Yoneda, Hayato Omori, Tyuji Hoshino, Akira T. Kawaguchi, Masaaki Suzuki 「Synthesis of 1,4,5,8-tetraethyl-2,3,6,7-tetravinylporphyrin from a Knorr's pyrrole analogue」 『Tetrahedron』 査読有, 73 巻, pp6780-6785, 2017 年, DOI: 10.1016/j.tet.2017.10.035
3. Yuki Ide, Nami Murai, Hiroki Ishimae, Masaaki Suzuki, Shigeki Mori, Masashi Takahashi, Mikio Nakamura, Katsumi Yoshimi, Takahisa Ikeue 「Spin-crossover between high-spin ( $S=5/2$ ) and low-spin ( $S=1/2$ ) states in six-coordinate iron(III) porphyrins having two pyridine-N oxide derivatives」 『Dalton Transactions』 査読有, 46 巻, pp242-249, 2017 年, DOI: 10.1039/C6DT03859J
4. Masaaki Suzuki, Saburo Neya, Yutaka Nishigaichi 「Unusual C-C bond formation between recombined N-fused pentaphyrin and amine nucleophiles」 『Journal of Porphyrins and Phthalocyanines』 査読有, 20 巻, pp738-743, 2016 年, DOI: 10.1142/S1088424616500632
5. Saburo Neya, Tomok. Yoneda, Tyuji Hoshino, Akira T. Kawaguchi, Masaaki Suzuki 「Synthesis of type III isomers of diacetyldeutero-, hemato-, and protoporphyrins with the use of Knorr's pyrrole」 『Tetrahedron』 査読有, 72 巻, pp4022-4026, 2016 年, DOI: 10.1016/j.tet.2016.05.030
6. Yutaka Nishigaichi, Takayuki Orimi, Kuniyoshi Koyachi, Yuuki Ohmuro, Masaaki Suzuki 「Photochemically Assisted Introduction of a Benzyl Unit into Isoquinolines Using Benzyltrifluoroborates」 『Chemistry Letters』 査読有, 45 巻, pp1382-1384, 2016 年, DOI: 10.1246/cl.160762
7. Masaaki Suzuki, Saburo Neya, Yutaka Nishigaichi 「Synthesis of 5,10-bis(Trifluoromethyl) Substituted  $\beta$ -Octamethylporphyrins and Central-Metal-Dependent Solvolysis of Their *meso*-Trifluoromethyl Groups」 『Molecules』 査読有, 21 巻, 252, 2016 年, DOI: 10.3390/molecules21030252
8. Natsuko Kagawa, Masaaki Suzuki, Noriyuki Kogure, Kazufumi Toume 「Characterization of organic iodides with iodine-127 nuclear magnetic resonance spectroscopy」 『Tetrahedron Letters』 査読有, 56 巻, pp5795-5798, 2015 年, DOI:10.1016/j.tetlet.2015.09.016
9. Saburo Neya, Masaaki Suzuki, Tomomi Mochizuki, Tyuji Hoshino, Akira T. Kawaguchi 「Porphyrinoid Aromaticity Induced by the Interaction between Oxidized and Reduced Pyridine Subunits」 『European Journal of Organic Chemistry』 査読有, 17 巻, pp3824-3829, 2015 年, DOI: 10.1002/ejoc.201500260

[学会発表](計39件)

1. 沖永恒二, 西垣内寛, 鈴木優章 「非平面テトラベンゾポルフィリン誘導体の合成」 『日本化学会第98春季年会』 2018年3月, 日本大学船橋キャンパス(千葉県)
2. 今福真悟, 西垣内寛, 鈴木優章 「末端臭素化されたトリピリンの合成と金属錯化挙動」 『日本化学会第98春季年会』 2018年3月, 日本大学船橋キャンパス(千葉県)
3. Masanobu Sasaki, Haruka Nishio, Masaaki Suzuki, Yutaka Nishigaichi 「Remote Asymmetric Induction from Chiral Allyl-tin Reagent Containing a Phosphate Moiety」 『日本化学会第98春季年会』 2018年3月, 日本大学船橋キャンパス(千葉県)
4. Sotaro Yakahashi, Hajime Watabe, Masaaki Suzuki, Yutaka Nishigaichi 「Photochemical Coupling Reaction between Isoquinoline-N-oxide and Tetracoordinate Benzylboron Reagent」 『日本化学会第98春季年会』 2018年3月, 日本大学船橋キャンパス(千葉県)
5. 竹下翔, 井手雄紀, 鈴木優章, 森重樹, 吉野勝美, 池上崇久 「モノ・ジピロロポルフィリン鉄(III)錯体の合成と性質」 『日本化学会第98春季年会』 2018年3月, 日本大学船橋キャンパス(千葉県)
6. 井手雄紀, 山田祐也, 鈴木優章, 森重樹, 根矢三郎, 中村幹夫, 池上崇久 「6配位オキシピリポルフィリン鉄(III)錯体の構造

- および分光学的性質」『日本化学会第 98 春季年会』2018 年 3 月, 日本大学船橋キャンパス (千葉県)
- Masato Imafuku, Yutaka Nishigaichi, Masaaki Suzuki 「Synthesis and metalation of bromine-terminated acyclic oligo-pyrrolic ligands」『The 2<sup>nd</sup> International Symposium on Biofunctional Chemistry』2017 年 12 月, 京都大学宇治キャンパス (京都府)
  - 沖永恒二, 西垣内寛, 鈴木優章 「非平面テトラベンゾポルフィリン誘導体の合成」『2017 ハロゲン利用ミニシンポジウム』2017 年 11 月, 愛媛大学 (愛媛県)
  - 今福真悟, 西垣内寛, 鈴木優章 「末端臭素化されたトリピリンの合成と金属錯化挙動」『2017 ハロゲン利用ミニシンポジウム』2017 年 11 月, 愛媛大学 (愛媛県)
  - 粟谷彩野, 西垣内寛, 鈴木優章 「シアヌル酸クロリドと活性メチレン化合物の縮合による多重水素結合分子の創製」『2017 ハロゲン利用ミニシンポジウム』2017 年 11 月, 愛媛大学 (愛媛県)
  - 沖永恒二, 西垣内寛, 鈴木優章 「非平面テトラベンゾポルフィリン誘導体の合成」『2017 年日本化学会中国四国支部大会』2017 年 11 月, 鳥取大学 (鳥取県)
  - 今福真悟, 西垣内寛, 鈴木優章 「末端臭素化されたトリピリンの合成と金属錯化挙動」『2017 年日本化学会中国四国支部大会』2017 年 11 月, 鳥取大学 (鳥取県)
  - 竹下翔, 井手雄紀, 鈴木優章, 森重樹, 吉野勝美, 池上崇久 「ピロロポルフィリン金属錯体の合成と性質」『2017 年日本化学会中国四国支部大会』2017 年 11 月, 鳥取大学 (鳥取県)
  - 細田悠, 井手雄紀, 鈴木優章, 池上崇久 「Meso-位で連結したポルフィリン鉄 (III) 二核錯体の合成と磁気的性質」『2017 年日本化学会中国四国支部大会』2017 年 11 月, 鳥取大学 (鳥取県)
  - 井手雄紀, 山田祐也, 鈴木優章, 森重樹, 根矢三郎, 中村幹夫, 池上崇久 「オキシピリポルフィリン鉄(III)錯体の構造および磁気的性質」『2017 年日本化学会中国四国支部大会』2017 年 11 月, 鳥取大学 (鳥取県)
  - 井手雄紀, 竹下翔, 藤城零, 鈴木優章, 森重樹, 中村幹夫, 吉野勝美, 池上崇久 「アゾメチンイリドを有するピロコルフィン金属錯体の合成と性質」『第 28 回基礎有機化学討論会』2017 年 9 月, 九州大学伊都キャンパス (福岡県)
  - 根矢三郎, 米田友貴, 大盛隼人, 星野忠次, 鈴木優章 「1,4,5,8-テトラエチル-2,3,6,7-テトラビニルポルフィリンの合成、構造および有用性」『第 28 回基礎有機化学討論会』2017 年 9 月, 九州大学伊都キャンパス (福岡県)
  - 沖永恒二, 西垣内寛, 鈴木優章 「非平面テトラベンゾポルフィリン誘導体の合成」『生体機能関連化学部会若手の会第 29 回サマースクール』2017 年 7 月, 松江ニューアーバンホテル (島根県)
  - 今福真悟, 西垣内寛, 鈴木優章 「末端臭素化されたトリピリンの合成と金属錯化挙動」『生体機能関連化学部会若手の会第 29 回サマースクール』2017 年 7 月, 松江ニューアーバンホテル (島根県)
  - 沖永恒二, 鈴木優章, 西垣内寛 「meso-トリフルオロメチル置換非平面テトラベンゾポルフィリンの合成」『第 15 回ホスト-ゲスト・超分子化学シンポジウム』2017 年 6 月, 立命館大学びわこ・くさつキャンパス (滋賀県)
  - 鈴木優章, 根矢三郎, 西垣内寛 「分岐  $\pi$  平面を有する N-フューズドペンタフィリン誘導体の合成」『日本薬学会第 137 年会』2017 年 3 月, 仙台国際センター (宮城県)
  - 吉岡大貴, 鈴木優章, 西垣内寛 「アリール置換カテコールを配位子にもつ高配位アリルケイ素反応剤を用いた光反応」『日本化学会第 97 春季年会』2017 年 3 月, 慶応大学日吉キャンパス (神奈川県)
  - 梶原康平, 鈴木優章, 西垣内寛 「4 配位ベンジルホウ素反応剤とイソキノリンとの光反応における求電子活性化剤の影響」『日本化学会第 97 春季年会』2017 年 3 月, 慶応大学日吉キャンパス (神奈川県)
  - Yuki Ide, Hiroki, Ishimae, Masaaki Suzuki, Shigeki Mori, Akira Ikezaki, Mikio Nakamura Takahisa Ikeue 「Structures and Magnetic Properties of Five- and Six-Coordinated Iron (III) Porphyrin Complexes with Axially Pyridine-N oxide Derivatives」『日本化学会第 97 春季年会』2017 年 3 月, 慶応大学日吉キャンパス (神奈川県)
  - 井手雄紀, 石前裕樹, 鈴木優章, 森重樹, 高橋正, 中村幹夫, 吉野勝美, 池上崇久 「軸位にピリジン N-オキシドを有する鉄(III)ポルフィリン錯体の固体および溶液状態におけるスピントロニクス挙動」『第 27 回基礎有機化学討論会』2016 年 9 月, 広島国際会議場 (広島県)
  - 沖永恒二, 西垣内寛, 鈴木優章 「非平面テトラベンゾポルフィリン誘導体の合

- 成」『第 27 回基礎有機化学討論会』2016 年 9 月, 広島国際会議場 (広島県)
27. 今福真悟, 西垣内寛, 鈴木優章「末端が臭素化されたトリピリンの合成と金属錯化挙動」『第 27 回基礎有機化学討論会』2016 年 9 月, 広島国際会議場 (広島県)
  28. 鈴木優章「まだまだ見つかるポルフィリンノイドの異常反応性: 新奇な  $\pi$  電子骨格を目指して」『第 32 回若手化学者のための化学道場』2016 年 8 月, にぎたつ会館 (愛媛県)
  29. Saburo Neya, Tomoki Yoneda, Tyuji Hoshino, Masaaki Suzuki 「 Practical synthesis of symmetric isomers of diacetyl-, hemato-, and protoporphyrins 」 『 9<sup>th</sup> International Conference on Porphyrins and Phthalocyanines』2016 年 7 月, Jiangsu Conference Center (中国)
  30. 根矢三郎, 米田友貴, 星野忠次, 鈴木優章「ヘムタンパク質物理化学解析のための対称型ポルフィリンの新規合成法」『第 26 回金属の関与する生体関連反応シンポジウム』2016 年 6 月, 北海道大学 学術交流会館 (北海道)
  31. 根矢三郎, 米田友貴, 星野忠次, 鈴木優章「タンパク質構造解析のための対称的プロトポルフィリン合成」『日本薬学会第 136 年会』2016 年 3 月, パシフィコ横浜 (神奈川県)
  32. 神野佑司, 西垣内寛, 鈴木優章「窒素官能基をもつキラルアリルスズ試薬からの二方 1,5-遠隔不斉誘導と立体選択的ピペリジン誘導体合成」『日本化学会第 96 春季年会』2016 年 3 月, 同志社大学京田辺キャンパス (京都府)
  33. 堀由樹, 西垣内寛, 鈴木優章「4 配位ベンジルホウ素反応剤を用いた pavine アルカロイド骨格の合成における置換基の影響」『日本化学会第 96 春季年会』2016 年 3 月, 同志社大学京田辺キャンパス (京都府)
  34. 吉岡大貴, 鈴木優章, 西垣内寛「置換基導入による高配位アリルケイ素反応剤を用いた光反応の制御」『日本化学会第 96 春季年会』2016 年 3 月, 同志社大学京田辺キャンパス (京都府)
  35. Masaaki Suzuki, Koji Okinaga, Tyuji Hoshino, Saburo Neya and Yutaka Nishigaichi 「 Nonplanar *meso*-trifluoromethyl substituted  $\beta$ -octaalkylporphyrins 」 『PACIFICHEM2015』2015 年 12 月, Hawaii Convention Center (米国)
  36. Saburo Neya, Masaaki Suzuki, Tyuji Hoshino 「 Aromaticity of Porphyrinoid Induced by Oxidized and Reduced Pyridine Subunits 」 『錯体化学会第 65 回討論会』2015 年 9 月, 奈良女子大学 (奈良県)
  37. 鈴木優章, 沖永恒二, 石井修人, 星野忠次, 根矢三郎, 西垣内寛「*meso*-トリフルオロメチル置換  $\beta$ -オクタアルキルポルフィリンの合成と中心金属に依存した側鎖加溶媒分解反応」『第 26 回基礎有機化学討論会』2015 年 9 月, 愛媛大学 (愛媛県)
  38. Saburo Neya, Masaaki Suzuki, Tyuji Hoshino 「 Synthesis and Application of Novel Aromatic Porphyrinoid with Oxidized and Reduced Pyridine Rings 」 『第 25 回金属の関与する生体関連反応シンポジウム』2015 年 5 月, 長崎大学 (長崎県)
  39. Masaaki Suzuki, Tyuji Hoshino, Saburo Neya 「 Nonplanar *Meso*-Trifluoromethyl Substituted  $\beta$ -Octaalkylporphyrins 」 『227th ECS Meeting』2015 年 5 月, Hilton Chicago (米国)
- 〔その他〕
- ホームページ等  
<http://www.ipc.shimane-u.ac.jp/ss29/suzuki/>
6. 研究組織
- (1) 研究代表者  
 鈴木 優章 (SUZUKI, Masaaki)  
 島根大学・総合理工学研究科・講師  
 研究者番号: 90506891