

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 14 日現在

機関番号：16301

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23350020

研究課題名(和文) 高共役化合物の合成法確立と物性評価

研究課題名(英文) Exploitation of synthetic methods for highly conjugated compounds and evaluation of their properties

研究代表者

宇野 英満 (UNO, Hidemitsu)

愛媛大学・理工学研究科・教授

研究者番号：20168735

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 15,700,000円、(間接経費) 4,710,000円

研究成果の概要(和文)：主にペリ環状分解反応を鍵反応として用いて、電子系の融合したポルフィリンオリゴマー、ビスチアポルフィリン、シクロ[n]ピロール、ピセン、[5]ヘリセン、bisBODIPY、及びナフト[2,3-f]イソインドールの合成を達成し、その電子状態を解析した。電子系の融合したポルフィリンオリゴマーの二光子吸収特性は、その電子数よりも共役の形状に大きく左右されることが判明した。また、近赤外にのみ強い吸収を持ち安定なbisBODIPY色素の開発に成功した。

研究成果の概要(英文)：We investigated synthesis of pi-system-fused porphyrin oligomers, bistiaporphyrin, cyclo[n]pyrroles, pices, [5]helicenes, bisBODIPYs, and naphth[2,3-f]isoindoles mainly based on the pericyclic cycloreversion as the key step and analyzed their electronic properties. The two-photon absorption property of pi-system-fused porphyrin oligomers is proven to be affected not by the numbers but mostly by the shapes of their pi systems. Stable bisBODIPYs bearing strong absorptions only in the NIR region have been explored.

研究分野：有機化学

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 有機電子材料 高共役化合物

### 1. 研究開始当初の背景

有機電子材料には、動きやすく反応しにくい電子系を有していることが普遍的に要求される。この性質を持つ化合物群は、一般に広い $\pi$ 電子系を持つことから、 $\pi$ 相互作用が強く層状にスタックしたり、バンドルを形成したりする。このため有機合成的には扱いにくく、誘導体や類縁体の合成はおろか、精製すらも非常に難しい化合物群でもある。

この問題を解決するために、化合物に可溶化基を導入する方法が一般的に用いられている。Anthonyらは、ペンタセンの6位と13位にTIPSエチニル基を2つ導入することで、溶解性と結晶性を制御することに成功し、塗布法で作成したOFETにおいて高い移動度(0.4 cm<sup>2</sup>/Vs)を報告した<sup>1)</sup>。これを受けて多くのグループが置換アセンやそのカルコゲン類縁体<sup>2)</sup>を用い、高い移動度を持つOFETを作成している。この方法は、本来高共役 $\pi$ 電子系化合物が持つ分子間相互作用を損なう場合もあり、置換基の位置と大きさが重要である<sup>3)</sup>。申請者らは、4つのピシクロ[2.2.2]オクタジエン(BCOD)が縮環したポルフィリン<sup>4)</sup>が、加熱により不溶のテトラベンゾポルフィリン(TBP)に変化することを見だし、高純度TBPの合成に成功した<sup>5)</sup>。この方法は、高共役化合物の持つ本来の物性を損なうことなく、有機合成上の問題を解決したものである<sup>6)</sup>。この方法により高効率塗布型有機太陽電池が作成された<sup>7)</sup>。以来、逆Diels-Alder反応を代表とするペリ環状分解反応により、 $\pi$ 電子系を融合させ、新しい高共役化合物を作り出す方法を開発してきた。申請者らは、一連の研究の中でジカルボニル架橋を有するペンタセン前駆体<sup>8)</sup>は、光によりペンタセンを生成することを見出した。このうちNeckersらは、ヘプタセン<sup>9)</sup>やより長いポリアセンの合成<sup>10)</sup>へ応用した。そのほか高共役化合物の構築においては、Müllenのグループが精力的に研究している。ペンタセンの逆Diels-Alder反応での合成や熱縮合脱水素反応でグラフェン系化合物の合成を行っていた<sup>11)</sup>。

<文献> 1) J. E. Anthony et al., *J. Am. Chem. Soc.* **2001**, 123, 9482. 2) K. Takimiya et al. *J. Am. Chem. Soc.* **2006**, 128, 12604. 3) J. E. Anthony, *Chem. Rev.* **2006**, 106, 5028. 4) S. Ito, et al. *Perkin 1*, **1997**, 3161. 5) S. Ito, et al. *Chem. Commun.* **1998**, 1661. 6) 宇野英満, 小野昇, *有機合成化学協会誌*, **2002**, 60, 581. 7) E. Nakamura, et al. *J. Am. Chem. Soc.*, **2009**, 131, 16048. 8) H. Uno, et al., *Tetrahedron Lett.*, **2005**, 46, 1981. 9) R. Mondal, et al., *J. Am. Chem. Soc.* **2006**, 128, 9612. 10) S. S. Zade and M. Bendikov, *Angew. Chem. Int. Ed.*, **2010**, 49, 4012. 11) M. D. Watson, et al., *Chem. Rev.* **2001**, 101, 1267.

### 2. 研究の目的

申請者らの方法の特徴は、最終段階の分解反応を無溶媒かつ100%の収率で行える場合は、前駆体が高共役 $\pi$ 電子系化合物と等価のもの

とみなせる。これまでの科学研究費の助成により、固体状態では各々の物質のパッキング状態により分解温度が支配されることや、脱離する部位をジカルボニル、チアオキソメタンやカルボニルとすることで光により分解反応を行うことができることを明らかにしてきた。本申請の研究では、ペリ環状分解反応と高共役化合物の最適の組み合わせを検討するとともに、ペリ環状分解反応にこだわらず、最適な高純度高共役化合物の合成法を確立することを目指した。

### 3. 研究の方法

これまでの研究で浮かび上がってきたペリ環状分解反応においての問題点のうち、以下に挙げた1から4を本申請の研究で検討するとともに、本方法の適用できない系については他の合成法を探ることとした。

1. 有機合成的に有用な前駆体を選定し、温度条件や光条件を検討し、各々の高共役化合物群にあった条件を見出す。
2. Fig 1に示すような前駆体に分解反応を行った場合、局所的には $6\pi$ ベンゼン構造が生じるが、全体の $\pi$ 電子系は芳香族性から反芳香族性、あるいはその反対になる。これらの場合について、反応の挙動を解析し、新たな $\pi$ 電子系の創出を行う。

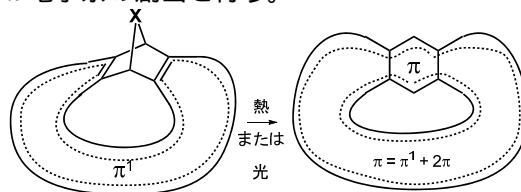
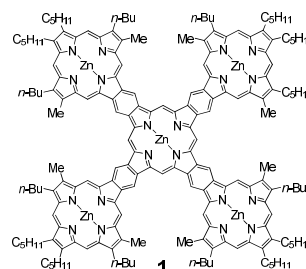


Figure 1

3. 高共役化合物の電子状態と挙動の解析をおこなう。
4. 高共役化合物の有機電子材料としての評価をおこなう。

以上の解決すべきペリ環状分解反応の問題点について具体的な5つの化合物群を合成目標としてその合成と物性を検討した。

**目標** : 五量体**1**は、広い $\pi$ 電子系を有するにもかかわらず二光子吸収断面積は3900 GMしかなく、二量体の3000 GMと比べても非常に低い。種々の形式で連結したポルフィリンオリゴマーを合成して、電子遷移スペクトルと二光子吸収特性を詳細に検討し、統一的解釈を目指す。



**目標** : 大環状電流効果が有効に広がったチアポルフィリン二量体を合成し、物性を検討する。

**目標** : 長軸方向BODIPY色素融合化合物を

合成し、物性を検討するとともに、色素フィルターとしての有用性を評価する。

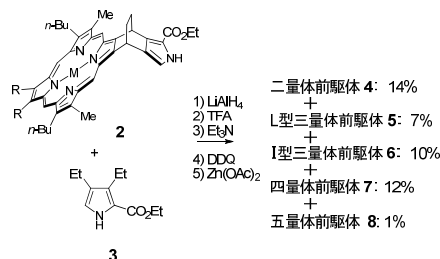
**目標** : イセン系縮合多環芳香族化合物を合成し、OFET への応用を検討する。

**目標** : 分解反応の前後で、総  $\pi$  電子数が芳香族  $(4n+2)\pi$  と反芳香族  $4n\pi$  となる系として、ベンゼン環を環上に組み込んだオリゴピロール色素およびベンゼン内部渡環ヘキサフィリンの合成をおこなう。

#### 4. 研究成果

以下に目標ごとの研究成果を述べる。

##### 目標 の成果



Scheme 1

BCOD 連結ピロロポルフィリンエチルエステル 2 とジエチルピロールエチルエステル 3 の等量混合物を還元、四量環化、酸化のち酢酸亜鉛と処理することで二量体前駆体から五量体前駆体混合物 ( $R=C_5H_{11}$ ,  $C_2H_5$ ;  $M=Zn$ ,  $Ni$ ) を得た (Scheme 1)。この混合物をカラクロマトグラフィーと分取 GPC を繰り返すことにより分離した。収率は Scheme 1 に示す通りであった。これらのうち三量体には L 型及び I 型のいずれにも 2 種類の異性体が存在する。さらに分取 GPC の条件を変えることでこれらの異性体を分離した。構造については NMR と X 線結晶構造解析により確定することができた (投稿準備中)。これら単離した前駆体を熱により BCOD 環をベンゼン環とすることで、ポルフィリン色素部を融合した二量体 9, L 型三量体 10, I 型三量体 11, T 型四量体 12 及び X 型五量体 1 とした (Chart 1)。

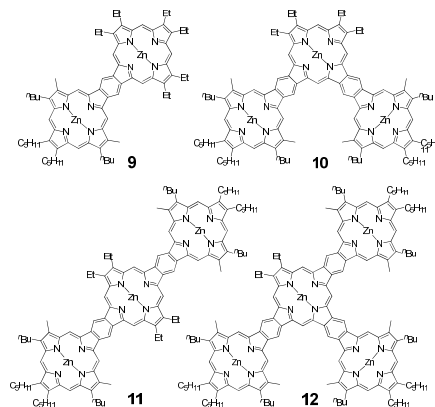


Chart 1

UV-Vis スペクトルにおいて、吸収の最長波長は、二量体 9, L 型三量体 10, I 型三量体 11, T 型四量体 12, X 型五量体 1 の順に増加し、モル吸光係数も大きくなっていった (Fig 2)

また、二光子吸収断面積は、I 型三量体 11 では 2200 GM であったのに対して L 型三量

体 10 では 580 GM しかなかった (業績 8)。

この研究に関連して、アセナフト基が縮合したポルフィリン類、アズレンを組み込んだポルフィリン、共役拡張アザポルフィリンやシクロピロール類の電子状態を明らかにした (業績 5, 6, 7, 11, 12, 17, 18)。シクロピロール類は、近赤外特異的吸収を示すことから、近赤外用色素フィルターとして有用であり、特許の申請を行った (特許 5)。

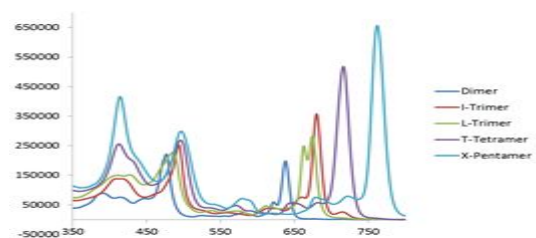
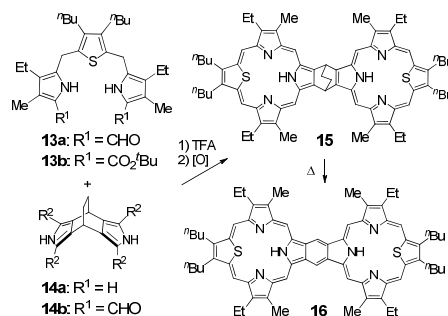


Figure 2. UV-Vis spectra of benzene-fused oligoporphyrins

##### 目標 の成果

ポルフィリン類においては主に寄与する大環状環電流の経路がコアをカルコゲン原子で置き換えることにより固定されることが知られている。これを利用してベンゼン環で融合されたビスポルフィリン類の Q 帯の長波長シフトと吸収強度の増大を目指した。

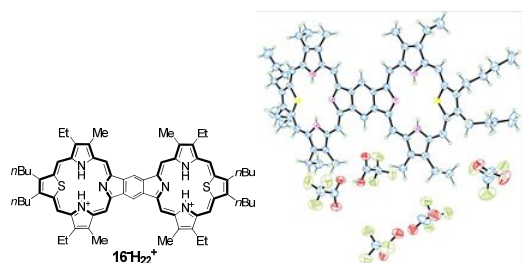
まず、ビスチアポルフィリン 16 の合成を目指した。チアトリピランカルバルデヒド 13a を合成し、BCOD 縮環ジピロール 14a との二重縮合反応を行ったところ、目的の BCOD 連結ビスチアポルフィリン 15 は全く得られなかった。そこで、チアトリピランカルボキシレート tert-ブチルエステル 13b と BCOD 縮環ジピロールテトラカルバルデヒド 14a を用いる逆の二重縮合反応を行ったところ 28% の収率で BCOD 連結ビスチアポルフィリン 15 を合成することに成功した。15 は 220 °C で加熱することにより定量的に目的の 16 とすることができた。



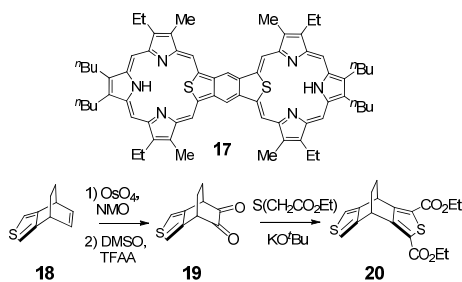
Scheme 2

$\pi$  系融合ビスチアポルフィリン 16 の UV-Vis スペクトルを測定したところ予想に反して、対応するビスポルフィリンとほとんど変化が見られなかった。この解釈として、ベンゼン融合ビスポルフィリン類の溶解度は非常に低いため TFA などの酸存在下に測定しているこのため、プロトンが 2 つ付加した  $16-H_2^{2+}$  (Fig 2) としての寄与が大きかったためではないかと予想した。事実、16 の TFA

中より析出した単結晶は、各々のチアポルフィリン環に1つずつプロトン化を受けた $16\text{-H}_2^{2+}$ であることが明らかとなった。



**Figure 2.** Major contributed  $\pi$ -circuit in  $16\text{-H}_2^{2+}$  (left) and Ortep drawing of  $16\text{-H}_2^{2+} \cdot 3\text{CF}_3\text{CO}_2\text{H} \cdot 2\text{CF}_3\text{CO}_2^-$  without co-crystallized solvent molecules (right).



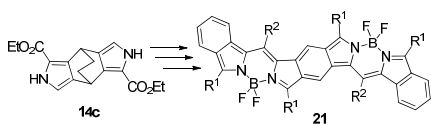
**Scheme 3**

連結部位がビスチオフェンである **17** の合成を目指した (Scheme 3)。BCOD 縮環チオフェン **18** から出発して Hinsberg 反応を用いることにより BCOD 連結ジチオフェン **20** を合成した (業績 4)。今後このジチオフェンから **17** の合成を予定している。

このほか、アルキル置換チアポルフィリンとチアベンゾポルフィリンにおいて、興味あるプロトン化の挙動の違いを見出した。この結果については現在論文を準備中である。

### 目標 の成果

近赤外にのみ強い吸収を持つ bisBODIPY の合成を目指した。BODIPY は、500 nm 付近に強い吸収と蛍光を有する化合物である。この色素体を長軸方向に二量化させることで、横遷移に由来する長波長側の吸収のみを長波長化かつ強大にすることを検討した。ビスピロール **14c** から誘導した BCOD 連結 BODIPY を熱により融合することで bis BODIPY **21** とした (Scheme 4)。22 は最大吸収波長が 850 nm 以上であり、可視にはほとんど吸収がなかった。このため合成した **21** は目視では淡い黄色の色素であった。中でもテトラシアノ体 **21** ( $R = \text{CN}$ ) は空气中安定であり、近赤外特異フィルターとして有用であることが判明した (業績 3, 13; 特許 4)。



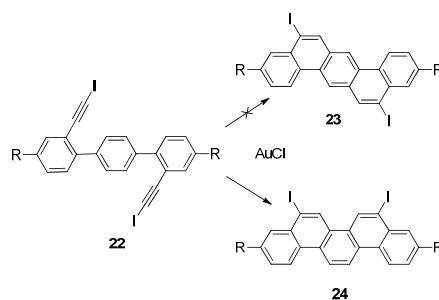
**Scheme 4**

このほかにも、BODIPY の色素系をホウ素原子に分子内で *o*-キレートさせることで吸

収を長波長化することも達成した (業績 19)。

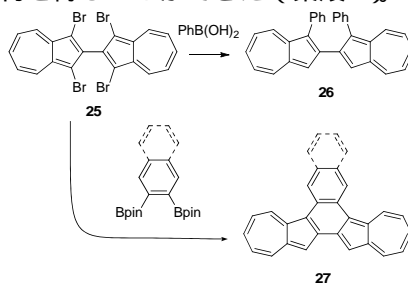
### 目標 の成果

ビス (ヨードエチニル) ターフェニル **22** を用いて金触媒環化反応を行うと、アルキリデン金錯体を経てヨウ素原子の転位が起こり、縮合多環芳香族化合物が生成する。この時 **22** から、ジフェニルアントラセン **23** とピセン **24** が生成する可能性がある。本反応では選択的にピセン誘導体 **24** が生成することを見出した (Scheme 5; 業績 14)。この選択性は、中間体の HOMO 軌道係数により説明できた。



**Scheme 5**

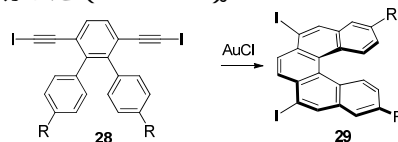
さらに、縮合多環芳香族化合物中にアズレン骨格を組み込むことにより、炭化水素でありながら大きな分極を組み込むことができる。1,1',3,3'-テトラブromo 2,2'-ピアズレンを基質に用い、Suzuki-Miyaura カップリングを行うことにより 1,1'-ジフェニル-2,2'-ピアズレンが生成することを見出した (Scheme 6)。本反応では、3位は還元されていた。本反応において *o*-ビスボリルベンゼンや 2,3-ビスボリルナフタレンを用いると T 字型縮合多環芳香族化合物を得ることができた (業績 2)。



**Scheme 6**

T 型化合物 **27** は固体状態では平面であるが、溶媒には可溶であり、有機半導体材料として期待が持てる。

また 2',5'-ビスヨードエチニル-*o*-ターフェニル **28** を用いて金触媒環化反応を行うことで [5]ヘリセン **29** を良い収率で合成することにも成功した (Scheme 7)。



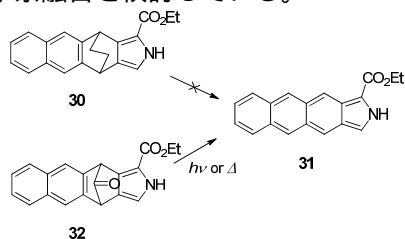
**Scheme 7**

現在は、ペリ環状分解反応を起こすユニットを組み込むことにより、さらに大きな  $\pi$  電子系を創出することを目指している。

## 目標 の成果

総電子数が  $4n\pi$  となる系では、生成物の生成エンタルピーが大きな正の値になることが予想され、ペリ環状分解反応でも部分的にベンゼン環が生成するだけでなく、光駆動型分解反応や歪エネルギーの解放などの工夫が必要となる。このためには、7,8-ジオキソピシクロ[2.2.2]オクタジエン (DOBCOD) 骨格や 7-オキソピシクロ[2.2.1]ヘプタジエン (OBCHD) 骨格を組み込む必要がある。前者では光により安定な一酸化炭素が二分子生成することが駆動力となり、後者では安定な一酸化炭素一分子と歪のかかった OBCHD 骨格から歪エネルギーが解放されることが駆動力となる。

BCOD 骨格を組み込んだ化合物 **30** では合成できなかったナフト[2,3-*f*]イソインドール **31** を、OBCHD 骨格を組み込んだ化合物 **32** に変えることにより合成することに成功した (Scheme 8; 業績 4, 9, 15)。現在、ヘキサザコロンンの  $4n\pi$  電子系やヘキサフィリンの  $\pi$  電子系融合を検討している。



Scheme 8

その他、高共役  $\pi$  電子系化合物を合成し、その電子状態を明らかにするとともに、空孔を持つ  $\pi$  電子系についてはフラーレンとの錯形成能を明らかにした (業績 10, 16)。

## 5. 主な発表論文等

〔査読付き雑誌論文〕(計 59 件)

本申請の研究に密接に関連する論文 (19 件)

1. Face- and regio-selectivity in electrophilic phenylsulfenylation of 7-*tert*-butoxybicyclo[2.2.1]hepta-2,5-dienes, H. Uno, M. Yoshino, A. Seike, S. Mori, T. Nakae, and T. Okujima, *Heteroatom Chem.* **2014**, in press. DOI 10.1002/hc.21172.
2. Bisarylation of 1,1',3,3'-Tetrahalo-2,2'-biazulene under Suzuki-Miyaura Cross-coupling Conditions, T. Nakae, T. Kikuchi, S. Mori, T. Okujima, T. Murafuji, and H. Uno, *Chem. Lett.* **2014**, *43*, 504-506.
3. Yellow NIR dye:  $\pi$ -fused bisbenzo-BODIPYs with electron-withdrawing groups, M. Nakamura, M. Kitatsuka, K. Takahashi, T. Nagata, S. Mori, D. Kuzuhara, T. Okujima, H. Yamada, T. Nakae, and H. Uno, *Org. Biomol. Chem.*, **2014**, *12*, 1309-1317.
4. Study on Hinsberg thiophene synthesis of 4,8-dihydro-4,8-ethanobenzo[1,2-*c*:4,5-*c'*]dithiophene, K. Tagawa, S. Mori, T. Nakae, T. Okujima, and H. Uno, *Heterocycles* **2014**, *88*, 453-462.
5. Synthesis and molecular structure of cyclo[8](9,10-dihydro-9,10-anthraceno)pyrrole, T.

Okujima, C. Ando, S. Mori, T. Nakae, H. Yamada, and H. Uno, *Heterocycles* **2014**, *88*, 417-424.

6. MCD spectroscopy and TD-DFT calculations of low-symmetry acenaphthoporphyrins with dual fluorescence, J. Mack, J. Nakamura, T. Okujima, H. Yamada, H. Uno, N. Kobayashi, *J. Porphyrins Phthalocyanines*, **2013**, *17*, 996-1007.

7. Acenaphthylene-Fused Cyclo[8]pyrroles with Intense Near-IR-Region Absorption Bands, T. Okujima, C. Ando, J. Mack, S. Mori, I. Hisaki, T. Nakae, H. Yamada, K. Ohara, N. Kobayashi, H. Uno, *Chem. Eur. J.* **2013**, *19*, 13970-13978.

8. Shape-Dependent Two-Photon Absorption in Two-Dimensionally Extended Benzoporphyrin Arrays, P. Kim, S. Ham, J. Oh, H. Uoyama, H. Watanabe, K. Tagawa, H. Uno and D. Kim, *Phys. Chem. Chem. Phys.*, **2013**, *15*, 10612-10615.

9. Synthesis, structure and properties of ethyl naphth[2,3-*f*]isoidole-1-carboxylate, A. Seike, K. Yamagami, Y. Kakitani, M. Kuwajima, H. Uoyama, S. Nagaoka, T. Nakae, S. Mori, T. Okujima and H. Uno, *RSC Adv.*, **2013**, *3*, 3006-3016.

10. Synthesis and properties of azulene-substituted thiophenes, terthiophenes and dithienothiophenes, T. Okujima, A. Toda, Y. Miyashita, A. Nonoshita, H. Yamada, N. Ono, and H. Uno, *Heterocycles*, **2012**, *86*, 637-648.

11. Synthesis of bis-naphthoporphyrins, H. Uoyama, H. Yamada, T. Okujima, and H. Uno, *Heterocycles*, **2012**, *86*, 515-534.

12. Retro-Diels-Alder Approach to the Synthesis of  $\pi$ -Expanded Azuliporphyrins and Their Porphyrinoid Aromaticity, T. Okujima, T. Kikkawa, H. Nakano, H. Kubota, N. Fukugami, N. Ono, H. Yamada, H. Uno, *Chem. Eur. J.*, **2012**, *18*, 12854-12863.

13.  $\pi$ -Fused bis-BODIPY as a candidate for NIR dyes, M. Nakamura, H. Tahara, K. Takahashi, T. Nagata, H. Uoyama, D. Kuzuhara, S. Mori, T. Okujima, H. Yamada, and H. Uno, *Org. Biomol. Chem.*, **2012**, *10*, 6840-6849.

14. Effective synthesis of diiodinated picene and dibenzo[*a,h*]anthracene by AuCl<sub>3</sub>-catalyzed double cyclization, T. Nakae, R. Ohnishi, Y. Kitahata, T. Soukawa, H. Sato, S. Mori, T. Okujima, H. Uno, and H. Sakaguchi, *Tetrahedron Lett.*, **2012**, *53*, 1617-1619.

15. Facile Synthesis of 4,9-Dihydro-2H-benz[*f*] and 4,11-Dihydro-2H-naphth[2,3-*f*]isoidoles and Their Utility for Porphyrin Synthesis, C. Cai, H. Uoyama, M. Nakamura, and H. Uno, *Heterocycles*, **2012**, *84*, 829-841.

16. Porphyrin Molecular Tweezers for Fullerenes, H. Uno, M. Furukawa, A. Fujimoto, H. Uoyama, H. Watanabe, T. Okujima, H. Yamada, S. Mori, M. Kuramoto, T. Iwamura, N. Hatae, F. Tani, and N. Komatsu, *J. Porphyrins*

*Phthalocyanines*, **2011**, *15*, 951-963.

17. Tetrabenzodiazaporphyrin: the semiconducting hybrid of phthalocyanine and tetrabenzoporphyrin, T. Okujima, G. Jin, S. Otsubo, S. Aramaki, N. Ono, H. Yamada, and H. Uno, *J. Porphyrins Phthalocyanines*, **2011**, *15*, 697-703.  
その他の査読付き論文 (38 件)

18. Cyclo[8]isoindoles: Ring-Expanded and Annelated Porphyrinoids, T. Okujima, G. Jin, N. Matsumoto, J. Mack, S. Mori, K. Ohara, D. Kuzuhara, C. Ando, N. Ono, H. Yamada, H. Uno, and N. Kobayashi, *Angew. Chem. Int. Ed.* **2011**, *50*, 5699-5703.

19. Synthesis of  $\pi$ -Expanded *O*-Chelated Boron-Dipyrromethene As an NIR Dye, Y. Tomimori, T. Okujima, T. Yano, S. Mori, N. Ono, H. Yamada, and H. Uno, *Tetrahedron*, **2011**, *67*, 3187-3193.

〔学会発表〕(計 78 件)

1. Selective porphyrin molecular tweezers for C60 and C70, H. Uno, H. Watanabe, K. Tagawa, S. Mori, T. Okujima, and N. Komatsu, 7th International Conference on Porphyrins and Phthalocyanines (ICPP-7) (2012 年 7 月 26 日, Jeju, Korea) (招待講演)

2. Efficient synthesis of highly  $\pi$ -expanded heterocycles based on the pericyclic cycloreversion. H. Uno. 23rd International Congress of Heterocyclic Chemistry (2011 年 8 月 1 日, Glasgow, UK) (招待講演)

他一般発表 76 件

〔図書〕(計 3 件)

1. 高次  $\pi$  空間の創発と機能開発, 赤坂健, 大須賀篤弘, 福住俊一, 神取秀樹, 監修, 「ベンゼン融合ジピロール前駆体を鍵骨格とした  $\pi$  電子系の創出とその物性評価」森重樹, 宇野英満 シーエムシー出版 pp 73-79, 2012 年

2. 有機スペクトル解析-IR, NMR, MS データを読む, 臼杵克之介, 宇野英満, 築部浩編 丸善 pp 1-143, 2014 年

3. Methods and Applications of Cycloaddition Reactions in Organic Syntheses, Nagatoshi Nishiwaki ed, "Cycloreversion Approach For Preparation of Large  $\pi$ -Conjugated Compounds" Chap 15, pp 429-470, John Wiley & Sons Inc, 2014.

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 5 件)

1. 名称: ビス-ボロンジメテン系色素  
発明者: 宇野英満, 北束政波, 増田豪, 青木正矩

権利者: 愛媛大学, (株)日本触媒

種類: 特許

番号: 特願 2013-170675

出願年月日: 平成 25 年 8 月 20 日

国内外の別: 国内

2. 名称: ポラジジン系色素

発明者: 宇野英満, 芳野真己, 増田豪, 青木正矩

権利者: 愛媛大学, (株)日本触媒

種類: 特許

番号: 特願 2013-170676

出願年月日: 平成 25 年 8 月 20 日

国内外の別: 国内

3. 名称: イソインドール類およびそのポリマー

発明者: 宇野英満, 増田豪

権利者: 愛媛大学, (株)日本触媒

種類: 特許

番号: 特願 2013-78992, 特開 2013-129682

出願年月日: 平成 25 年 4 月 4 日

国内外の別: 国内

4. 名称: ビス-ボロンジメテン系色素及びその前駆体

発明者: 宇野英満, 中村光則, 高橋功太郎

権利者: 愛媛大学, (株)日本触媒

種類: 特許

番号: 特願 2012-27806, 特開 2013-177551

出願年月日: 平成 24 年 2 月 10 日

国内外の別: 国内

5. 名称: 新規化合物

発明者: 大橋幸恵, 杉山直樹, 宇野英満, 奥島鉄雄, 松本直樹

権利者: 愛媛大学, (株)JSR

種類: 特許

番号: 特願 2011-194015, 特開 2013-53120

出願年月日: 平成 23 年 9 月 6 日

国内外の別: 国内

○取得状況 (計 1 件)

名称: イソインドール類およびそのポリマー

発明者: 宇野英満, 増田豪

権利者: 愛媛大学, (株)日本触媒

種類: 特許

番号: 5294374

取得年月日: 平成 25 年 6 月 21 日

国内外の別: 国内

〔その他〕

ホームページ等

<http://chem.sci.ehime-u.ac.jp/~orgchem1/>

## 6. 研究組織

(1)研究代表者

宇野 英満 (UNO HIDEMITSU)

愛媛大学・大学院理工学研究科・教授

研究者番号: 20168735

(2)研究分担者

森 重樹 (MORI SHIGEKI)

愛媛大学・総合科学研究支援センター・助教

研究者番号: 30572028

奥島 鉄雄 (OKUJIMA TETSUO)

愛媛大学・大学院理工学研究科・准教授

研究者番号: 60359924

(3)連携研究者

山田 容子 (YAMADA HIROKO)

奈良先端科学技術大学院・物質創成科学研究科・教授

研究者番号: 20372724

小林 長夫 (KOBAYASHI NAGAO)

東北大学・大学院理学研究科・教授

研究者番号: 60124575