

平成 26 年 5 月 20 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23550040

研究課題名(和文)新規骨格を有するフタロシアニン類縁体の創製とその物性解明

研究課題名(英文)Synthesis and properties of novel phthalocyanine analogues

研究代表者

清水 宗治(Shimizu, Soji)

東北大学・理学(系)研究科(研究院)・講師

研究者番号：70431492

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円、(間接経費) 1,200,000円

研究成果の概要(和文)：新規な骨格を有するフタロシアニンおよびサブフタロシアニンは、本来これらの分子が有している有用な光化学・電気化学的な特性を大きく変化しうることから重要な研究課題であったが、これまでは合成上の制約からほとんど検討がなされていなかった。本研究では新たな反応前駆体を用いることで、さまざまな新規フタロシアニンおよびサブフタロシアニンの合成に成功し、分子構造あるいは導入した機能ユニットからの摂動による物性変化を、各種分光測定および理論計算を用いて解明した。また超分子相互作用や配位結合を用いることで、これらの分子配列制御も検討した。

研究成果の概要(英文)：Synthesis of novel phthalocyanine and subphthalocyanine analogues has been an indispensable research subject in the chemistry of phthalocyanines as it can directly lead to modification of their useful optical and electrochemical properties, but the investigation along this research direction has been very limited due to synthetic difficulty. In this research, a various novel phthalocyanines and subphthalocyanines were successfully synthesized using novel synthetic precursors, which have rarely been utilized in the syntheses of phthalocyanines and subphthalocyanines, and their novel properties, which were significantly perturbed by the molecular structures and introduced functional units, were investigated and fully demonstrated by spectroscopic analyses and theoretical calculations. Moreover, by using supramolecular interactions and metal-coordination, control of molecular alignment was also investigated.

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 機能性分子 超分子化学 共役 フタロシアニン サブフタロシアニン

1. 研究開始当初の背景

フタロシアニン (Pc) は可視領域に強い吸収を示す色素分子であり、環状 18 π 電子共役構造を有することから、色素増感型の太陽電池、有機伝導体、光機能触媒、癌の光線力学療法の光増感剤など幅広い分野で応用が期待されており、新規な Pc 骨格の合成研究はその色素特性および電気的性質をさまざまに変化しうることから重要であると認識されていたが、そのような検討は主に合成上の制約により、ほとんどなされていなかった。しかしながら、構造類似のポルフィリン分子ではこれまでにさまざまな類縁体が合成され、物性制御を達成していることから、Pc 分野における新規骨格構築は重要課題であると考え、研究代表者は本研究を計画するに至った。またポルフィリンでは禁制の Q 帯吸収が、Pc ではその禁制が弱まるために、吸収強度が増大しており、さらに Q 帯吸収がその電子構造変化をよく反映していることから、Pc 骨格を基盤として新規 π 共役分子を構築することは非常に重要であると考えた。

2. 研究の目的

研究代表者は平成 20 年度～22 年度の若手研究 (B)「フタロシアニン化学の新展開」において、上記の新規 Pc 類縁体合成研究の顕著な結果を得ており、本研究計画ではその知見を基に、Pc およびその環縮小体であるサブフタロシアニン (SubPc) も含めて、さらに新規骨格の合成、物性解明、その応用可能性の探索を行うために、前駆体調整による新規骨格構築法の開発、外部拡張類縁体を用いた超分子集合体の制御、外部配位を用いた分子間相互作用の解明に重点を置いて研究を進めた。

3. 研究の方法

Pc および SubPc の前駆体であるフタロニトリル誘導体を種々合成し、反応に用いることで新規骨格の構築を行った。得られた分子は NMR、質量分析等で構造に関する知見を得た後に、多くの分子においては単結晶化を行い、X 線単結晶構造解析により構造決定を行った。新規分子の Pc あるいは SubPc からの電子構造変化は、吸収および磁気円偏光二色性スペクトルで HOMO-LUMO ギャップの大きさおよび HOMO・LUMO の縮退具合を見積もった後に、電気化学測定と理論計算を併せて行うことで評価した。

4. 研究成果

7 員環構造を有する SubPc 類縁体の合成

平成 20 年度～22 年度の若手研究 (B)「フタロシアニン化学の新展開」において、5 員環構造よりも大きな 6 員環構造を SubPc に導入することに成功し、大きく分光特性を変化しうることを見出していた。そこで本研究ではこれを発展させて、7 員環構造の導入を試みた。合成は対応するピフェニルジカル

ボニトリルあるいはフェナンスレンジカルボニトリルを用いて行い、目的の化合物を得た。X 線結晶構造解析から、これらの分子は 7 員環骨格で大きくねじれており、7 員環部分において、外周部の二重結合の環状 π 共役への寄与が小さいことが示唆された。吸収スペクトルでは SubPc の Q 帯吸収が大きく分裂して観測されており、上記の結果と併せて、SubPc とは異なり、クロリン型と呼ばれる分子の電子構造に類似していることを明らかにした。またこの分子では 7 員環部分で動的な挙動が見られた。さらに低温 ^1H NMR 測定で観測したピフェニルユニットの化学シフトから、SubPc の凹面と凸面において環電流効果が異なることを実験的に明らかにした。

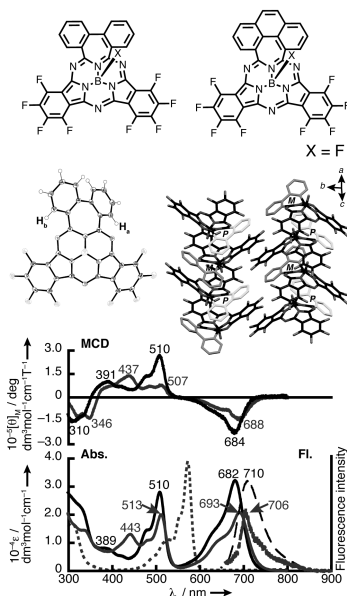


図 1. 7 員環構造を有する SubPc 類縁体 (上段) 結晶構造 (中段) 吸収・MCD (実線) および蛍光 (破線) スペクトル (下段、点線は対応する SubPc の吸収)

TTF 縮環 SubPc の合成と酸化還元特性の解明

テトラチアフルバレン (TTF) の酸化還元特性を用いた Pc 類縁体の分光特性・電子構造制御については以前から関心が持たれていたが、溶解性の低さから研究がほとんどなされていなかった。SubPc ではお椀状の分子構造を有していることから、この溶解性の低さが解消され、TTF ユニットと SubPc との電子的な相関が観測できると考え、合成研究を行った。TTF ユニットの有するフタロニトリルと α -フタロニトリルとの混合縮合により、TTF ユニットが 1 から 3 個縮環した SubPc の合成に成功した。これらの分子では TTF ユニットの増加に従って、SubPc の Q 帯吸収の長波長化とブロード化および SubPc の蛍光消光を観測した。また電気化学測定から酸化は TTF ユニットで起こり、TTF ユニット間の SubPc を介した相互作用は小さいことを明らかにした。さらにこれらの分子では TTF の酸化に伴い SubPc の吸収帯にある程度の摂動を及ぼすことを、電解吸収ス

ペクトルから見出した。

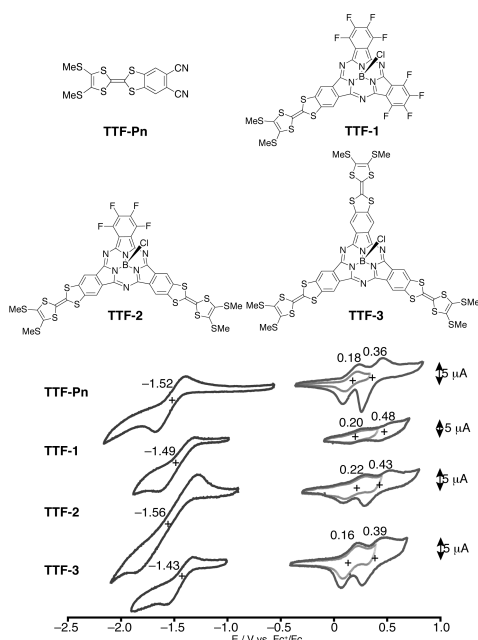


図 2 . TTF 縮環 SubPc (上段) とサイクリックボルタモグラム

フェニルイソインドリンを用いた aza-BODIY 類縁体の合成と物性

Pc 合成の前駆体として、フェニルイソインドリンはこれまでにほとんど検討されていなかったが、本研究ではこれを用いて合成を行い、両端にアニリンユニットが結合した aza-BODIPY 類縁体の合成に成功した。この新規分子は架橋ユニットが伸張した新たな aza-BODIPY 類縁体を与えるなど、特異な反応性を示したほか、ポロジフルオリド錯体やレニウム錯体を形成するなど、新規な配位子としても有用であることを明らかにした。また前駆体の反応条件を *p*-フェニレンジアミンに用いることで、イソインドールユニットと *p*-フェニレンが[3+2]型に結合した新規環状生成物を与えることを見出した。この研究は新規環拡張 Pc 類縁体への発展が期待でき、現在さらに検討を行っている。

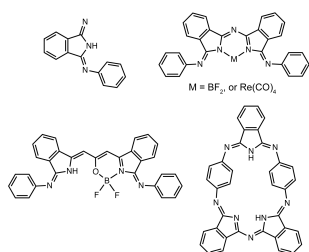


図 3 . フェニルイソインドリンを基盤とした新規 aza-BODIPY 類縁体および新規環拡張 Pc 類縁体

ピレン連結 SubPc 二量体とフラーレンとの共結晶化

平成 20 年度～22 年度の若手研究 (B)「フタロシアニアン化学の新展開」において合成したピレン縮環 SubPc では、その曲がった

共役面とピレン部分のπ電子供与性から、容易にフラーレン分子と共結晶化することを見出している。本研究では同じ反応により生成するピレン架橋二量体の単離と構造解明を行い、フラーレンとの共結晶化を行った。二量体は架橋された SubPc の向きにより、*cis* 体と *trans* 体が存在するが、これらの分光学的性質にはほとんど違いが無かったことから、分子間の相互作用は小さいことが示唆された。続いてフラーレンとの共結晶化を行ったところ、SubPc 分子が同一方向に向いた *cis* 体において、容易に共結晶が得られ、SubPc 二量体 2 分子でフラーレン 2 分子を取り込んだ興味深い共結晶構造をとることを明らかにした。

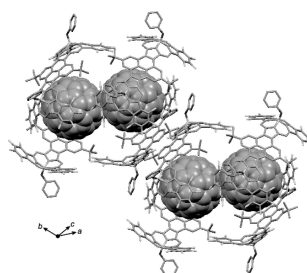


図 4 . *cis* 型ピレン連結 SubPc 二量体とフラーレンの共結晶構造

外部配位サイトを有する Pc の合成

Pc の特異な光吸収を有効利用するには分子レベルでの配列制御が必要であると考え、その手段として金属-配位子結合を利用した Pc の metal-organic-framework の構築を検討した。外部配位サイトの Pc への導入はこれまでに全く行われておらず先駆的な研究であったが、これまでに最終目的物の前段階である外周部に置換イミドや置換イミダゾールの合成まで達成している。今後、配位部位としてピリジル基などの導入を継続して行う。

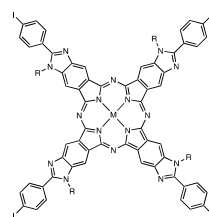


図 5 . 外部配位サイト導入のための前駆体 Pc

全体として本研究において、合成の前駆体調整により種々の新規骨格を有する Pc および SubPc 類縁体を創出し、超分子相互作用や電子的な摂動を導入することで、さまざまな新たな物性を見出し、周辺研究の報告も併せて、論文発表を 15 件、学会発表を 43 件行うに至った。これは本研究を統括的に進めた成果であると言える。また本研究で見出した分子系に関しては現在も継続して、研究を行っており、今後さらに発展できると期待している。

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15件、全て査読有)

1. "A Core-Expanded Subphthalocyanine Analogue with Significantly-Distorted Conjugated Surface and Concomitant Unprecedented Properties", S. Shimizu, S. Nakano, A. Kojima, N. Kobayashi, *Angew. Chem. Int. Ed.* 2014, Vol. 53, pp. 2408-2412
DOI: 10.1002/anie.201310028
2. "Expanded Dipyrromethenes with Electron-Withdrawing Substituents: Broad Range of Absorption in the Visible Region", X. Liang, S. Shimizu, N. Kobayashi, *Tetrahedron Lett.* 2014, Vol. 55, pp. 256-258
DOI: 10.1016/j.tetlet.2013.11.013
3. "A μ -Oxo Hetero Dimer of Silicon Phthalocyanine and Naphthalocyanine", K. Oniwa, S. Shimizu, T. Fukuda, N. Kobayashi, *Chem. Commun.* 2013, Vol. 49, pp. 8341-8343
DOI: 10.1039/c3cc44490b
4. "Tetrathiafulvalene-Annulated Subphthalocyanines", S. Shimizu, Y. Yamazaki, N. Kobayashi, *Chem. Eur. J.* 2013, Vol. 19, pp. 7324-7327
DOI: 10.1002/chem.201300709
5. "Nickel and palladium complexes of seco-tribenzoporphyrazines derived from one-pot condensation of 1,3-diiminoisoindoline", I. Sugita, S. Shimizu, T. Fukuda, N. Kobayashi, *Tetrahedron Lett.* 2013, Vol. 54, pp. 1599-1601
DOI: 10.1016/j.tetlet.2013.01.057
6. "Pyrrolopyrrole aza-BODIPY analogues: a facile synthesis and intense fluorescence", S. Shimizu, T. Iino, Y. Araki, N. Kobayashi, *Chem. Commun.* 2013, Vol. 49, pp. 1621-1623
DOI: 10.1039/c3cc38452g
7. "Gold(II) Phthalocyanine Revisited: Synthesis and Spectroscopic Properties of Gold(III) Phthalocyanine and an Unprecedented Ring-Contracted Phthalocyanine Analogue", E. W. Y. Wong, A. Miura, M. D. Wright, Q. He, C. J. Walsby, S. Shimizu, N. Kobayashi, D. B. Leznoff, *Chem. Eur. J.* 2012, Vol. 18, pp. 12404-12410
DOI: 10.1002/chem.201201701
8. "Gram-Scale Synthesis of Nickel(II) Norcorrole: The Smallest Antiaromatic Porphyrinoid", T. Ito, Y. Hayashi, S. Shimizu, J.-Y. Shin, N. Kobayashi, H. Shinokubo, *Angew. Chem. Int. Ed.* 2012, Vol. 51, pp. 8542-8545
DOI: 10.1002/anie.201204395
9. "Synthesis of 5, 10, 15-triazaporphyrins effect of benzo-annulation on the electronic structures", S. Shimizu, Y. Ito, K. Oniwa, S. Hirokawa, Y. Miura, O. Matsushita, N. Kobayashi, *Chem. Commun.* 2012, Vol. 48, pp. 3851-3853
DOI: 10.1039/c2cc30625e
10. "para-Benzihemiporphyrazine and Its Expanded [3+3]-type Analogue", S. Shimizu, Y. Sato, N. Kobayashi, *Chem. Lett.* 2012, Vol. 41, pp. 702-704
DOI: 10.1246/cl.2012.702
11. "Synthesis and Properties of β,β -sp³-Hybridized Subphthalocyanine Analogues", S. Shimizu, T. Otaki, Y. Yamazaki, N. Kobayashi, *Chem. Commun.* 2012, Vol. 48, pp. 4100-4102
DOI: 10.1039/c2cc30511a
12. "Rectangular-Shaped Expanded Phthalocyanines with Two Central Metal Atoms", O. Matsushita, V. M. Derkacheva, A. Muranaka, S. Shimizu, M. Uchiyama, E. A. Luk'yanets, N. Kobayashi, *J. Am. Chem. Soc.* 2012, Vol. 134, pp. 3411-3418
DOI: 10.1021/ja209589x
13. "Effects of Carbon-metal-carbon Linkage on the Optical, Photophysical, and Electrochemical Properties of Phosphametalacycle-Linked Coplanar Porphyrin Dimers", Y. Matano, K. Matsumoto, H. Hayashi, Y. Nakao, T. Kumpulainen, V. Chukharev, N. V. Tkachenko, H. Lemmetyinen, S. Shimizu, N. Kobayashi, D. Sakamaki, A. Ito, K. Tanaka, H. Imahori, *J. Am. Chem. Soc.* 2012, Vol. 134, pp. 1825-1839
DOI: 10.1021/ja210205v
14. "Solvent- and Temperature-Dependent Conformational Changes between Hückel Antiaromatic and Möbius Aromatic Species in meso-Trifluoromethyl-Substituted [28]Hexaphyrins", M.-C. Yoon, P. Kim, H. Yoo, S. Shimizu, T. Koide, S. Tokuji, S. Saito, A. Osuka, D. Kim, *J. Phys. Chem. B.* 2011, Vol. 115, pp. 14928-14937
DOI: 10.1021/jp207731k
15. "Chiral 1,2-Subnaphthalocyanines", S. Shimizu, A. Miura, S. Khene, T. Nyokong, N. Kobayashi, *J. Am. Chem. Soc.* 2011, Vol. 133, pp. 17322-17328
DOI: 10.1021/ja2052667

[学会発表](計43件)

1. 第94春季年会, "テトラチアフルバレン縮環ケイ素フタロシアニン多量体の合成と物性", 椎名 祐太、清水 宗治、小林 長夫, 2014年3月27日~3月30日, 名古屋大学(愛知県)
2. 第94春季年会, "ピロロピロールで連結されたアザジピロメテン類縁体の金属錯体の合成および物性", 高橋 友一、清水 宗治、小林 長夫, 2014年3月27日~3月30日, 名古屋大学(愛知県)
3. 第94春季年会, "aza-BODIPY類縁体の合成と物性", 村山 愛、清水 宗治、小林 長夫, 2014年3月27日~3月30日, 名古屋大学(愛知県)
4. 第94春季年会(依頼講演), "フタロシアニンの特性を活かした機能性分子骨格の構築", 清

水 宗治, 2014 年 3 月 27 日~3 月 30 日, 名古屋大学(愛知県)

5. 第 3 回 CJS 化学フェスタ 2013, “ピロロピロール aza-BODIPY を用いた可視・近赤外色素の合成”, 飯野 拓、清水 宗治、小林 長夫, 2013 年 10 月 21 日~10 月 23 日, 船橋ホール(東京都)

6. International Symposium for the 70th Anniversary of the Tohoku Branch of the Chemical Society of Japan, “Synthesis and Properties of Novel Porphyrin Derivatives using Dibromodipyrromethene”, S. Hirokawa, S. Shimizu, N. Kobayashi, 2013 年 9 月 28 日~9 月 30 日, 東北大学(宮城県)

7. International Symposium for the 70th Anniversary of the Tohoku Branch of the Chemical Society of Japan, “Dimeric aza-BODIPY analogues comprising a pyrropyrrole unit”, T. Iino, S. Shimizu, N. Kobayashi, 2013 年 9 月 28 日~9 月 30 日, 東北大学(宮城県)

8. International Symposium for the 70th Anniversary of the Tohoku Branch of the Chemical Society of Japan, “Control of Alignment of Fullerene Molecules Using Highly Deformed Phthalocyanines”, A. Miura, S. Shimizu, N. Kobayashi, 2013 年 9 月 28 日~9 月 30 日, 東北大学(宮城県)

9. 第 23 回基礎有機化学討論会, “ピロロピロール aza-BODIPY 類の光学特性の制御”, 飯野 拓、清水 宗治、小林 長夫, 2013 年 9 月 5 日~9 月 7 日, 学習院大学(東京都)

10. 15th International Symposium on Novel Aromatic Compounds (ISNA-15), “Synthesis and Properties of Novel Aza-Porphyrinoids Using Dibromodipyrromethene”, S. Hirokawa, S. Shimizu, N. Kobayashi, 2013 年 7 月 28 日~8 月 2 日, 台北(台湾)

11. 15th International Symposium on Novel Aromatic Compounds (ISNA-15), “Pyrrolopyrrole Aza-BODIPY Analogues: Tunable Absorption and Fluorescence in the Vis/NIR Region”, T. Iino, S. Shimizu, N. Kobayashi, 2013 年 7 月 28 日~8 月 2 日, 台北(台湾)

12. 15th International Symposium on Novel Aromatic Compounds (ISNA-15), “Novel Core-Expanded Subphthalocyanines”, S. Shimizu, S. Nakano, A. Kojima, H. Zhu, N. Kobayashi, 2013 年 7 月 28 日~8 月 2 日, 台北(台湾)

13. 第 60 回応用物理学会春季学術講演会, “ピロロピロールを基盤とした蛍光分子の開発”, 清水 宗治、飯野 拓、小林 長夫, 2013 年 3 月 27 日~3 月 30 日, 神奈川工科大学(神奈川県)

14. 日本化学会第 93 春季年会, “ピロロピロール骨格を有する aza-BODIPY 類縁体の合成”, 飯野 拓、清水 宗治、小林 長夫, 2013 年 3 月 22 日~3 月 25 日, 立命館大学びわこくさつキャンパス(滋賀県)

15. 日本化学会第 93 春季年会, “アザポルフィリノイドの合成と物性”, 廣川 翔麻、清水 宗治、

小林 長夫, 2013 年 3 月 22 日~3 月 25 日, 立命館大学びわこくさつキャンパス(滋賀県)

16. 第 39 回有機典型元素化学討論会, “ジアザサブポルフィリンの合成と物性”, 廣川 翔麻、清水 宗治、小林 長夫, 2012 年 12 月 6 日~12 月 8 日, 岩手県民情報センター(岩手県)

17. 第 39 回有機典型元素化学討論会, “7 員環構造を有するサブタロシアン類縁体の合成および物性”, 小島 綾香、中野 翔太、清水 宗治、小林 長夫, 2012 年 12 月 6 日~12 月 8 日, 岩手県民情報センター(岩手県)

18. 第 23 回基礎有機化学討論会, “七員環構造を有する新規サブタロシアン類縁体の合成と物性”, 中野 翔太、小島 綾香、清水 宗治、小林 長夫, 2012 年 9 月 19 日~9 月 21 日, 京都テルサ(京都府)

19. 第 23 回基礎有機化学討論会, “ピロロピロール骨格を有する新規 BODIPY 二量体の合成と物性”, 飯野 拓、清水 宗治、小林 長夫, 2012 年 9 月 19 日~9 月 21 日, 京都テルサ(京都府)

20. 7th International Conference on Porphyrins and Phthalocyanines, “Synthesis and properties of novel BODIPY dimers comprising a pyrrolopyrrole unit”, T. Iino, S. Shimizu, N. Kobayashi, 2012 年 6 月 30 日~7 月 7 日, 濟州島(韓国)

21. 7th International Conference on Porphyrins and Phthalocyanines (招待講演), “Syntheses and Properties of Core-Modified and Periphery-Expanded Subphthalocyanines”, S. Shimizu, S. Nakano, Y. Yamazaki, A. Kojima, N. Kobayashi, 2012 年 6 月 30 日~7 月 7 日, 濟州島(韓国)

22. 7th International Conference on Porphyrins and Phthalocyanines, “Synthesis and Properties of Push-pull type Dipyrromethene and Subporphyrzine Analogues”, X. Liang, S. Shimizu, N. Kobayashi, 2012 年 6 月 30 日~7 月 7 日, 濟州島(韓国)

23. 7th International Conference on Porphyrins and Phthalocyanines, “The Synthesis of aza-Dipyrromethene Analogues”, I. Sugita, S. Shimizu, N. Kobayashi, 2012 年 6 月 30 日~7 月 7 日, 濟州島(韓国)

24. 7th International Conference on Porphyrins and Phthalocyanines, “Pyrene-fused and pyrene-bridged Subphthalocyanines”, S. Nakano, S. Shimizu, N. Kobayashi, 2012 年 6 月 30 日~7 月 7 日, 濟州島(韓国)

25. 日本化学会第 92 春季年会, “フタロシアン金錯体とその類縁体の構造と物性”, 三浦 瑛貴、清水 宗治、E. Wong, D. Leznoff、小林 長夫, 2012 年 3 月 26 日, 慶応大学(神奈川県)

26. 日本化学会第 92 春季年会, “ピレン縮環サブタロシアン単量体及びピレン架橋に量体の合成と物性”, 中野 翔太、清水 宗治、小林 長夫, 2012 年 3 月 26 日, 慶応大学(神奈川県)

27. 日本化学会第 92 春季年会, “ピロロピロール骨格を有する新規 BODIPY 二量体の合成と物性”, 飯野 拓、清水 宗治、小林 長夫, 2012 年 3 月 26

日，慶応大学（神奈川県）

28. 日本化学会第 92 春季年会，“ナフタレンユニットを有するフタロシアニンおよびサブフタロシアニン類縁体の合成”，村田 崇人、清水 宗治、小林 長夫，2012 年 3 月 26 日，慶応大学（神奈川県）

29. 日本化学会第 92 春季年会，“テトラチアフルバレン縮環サブフタロシアニンの合成と物性”，山崎 謡子、清水 宗治、小林 長夫，2012 年 3 月 26 日，慶応大学（神奈川県）

30. 3rd Asian Conference on Coordination Chemistry（招待講演），“Synthesis and Properties of Gold Phthalocyanine and its Analogues”，S. Shimizu, W. Edwin, A. Miura, D. Leznoff, N. Kobayashi, 2011 年 10 月 19 日，ニューデリー（インド）

31. 10th International Symposium on Functional -Electron Systems, “Syntheses and Properties of Novel Core-Expanded Phthalocyanine and Subphthalocyanine Analogues”，S. Shimizu, H. Zhu, N. Kobayashi, 2011 年 10 月 15 日，北京（中国）

32. 10th International Symposium on Functional -Electron Systems, “Synthesis and Properties of a Pyrene-fused Subphthalocyanine”，S. Nakano, S. Shimizu, N. Kobayashi, 2011 年 10 月 14 日，北京（中国）

33. 10th International Symposium on Functional -Electron Systems, “Structures and Properties of Chiral Subnaphthalocyanines”，A. Miura, S. Shimizu, S. Khene, T. Nyokong, N. Kobayashi, 2011 年 10 月 15 日，北京（中国）

34. 第 22 回基礎有機化学討論会，“環内部骨格を変換したフタロシアニン及びサブフタロシアニン類縁体の合成とその物性解明”，清水 宗治、朱華、中野 翔太、小林 長夫，2011 年 9 月 22 日，つくば国際センター（茨城県）

35. 第 22 回基礎有機化学討論会，“ピレン縮環サブフタロシアニン及びピレン架橋サブフタロシアニン二量体の合成と物性”，中野 翔太、清水 宗治、小林 長夫，2011 年 9 月 21 日，つくば国際センター（茨城県）

36. 第 22 回基礎有機化学討論会，“尿素ユニットを骨格に有する新規拡張型フタロシアニン類縁体の合成とその物性”，松下 修、V. M. Derkacheva、村中 厚哉、清水 宗治、内山 真伸、E. A. Luk'yanets、小林 長夫，2011 年 9 月 22 日，つくば国際センター（茨城県）

37. 第 22 回基礎有機化学討論会，“メゾジオキサポルフィリンの合成と物性”，三浦 淑信、清水 宗治、平松 亮、小林 長夫，2011 年 9 月 21 日，つくば国際センター（茨城県）

38. 第 22 回基礎有機化学討論会，“金フタロシアニンとその類縁体の合成と物性”，三浦 瑛貴、清水 宗治、E. Wong, D. Leznoff、小林 長夫，2011 年 9 月 21 日，つくば国際センター（茨城県）

39. 平成 23 年度化学系学協会東北大会，“22 電子共役を有する拡張型フタロシアニン類縁体の合成と物性解明”，松下 修、V. M. Derkacheva、村中 厚哉、清水 宗治、内山 真伸、E. A. Luk'yanets、

小林 長夫，2011 年 9 月 18 日，東北大学（宮城県）

40. 平成 23 年度化学系学協会東北大会，“1,2-サブナフタロシアニンの構造異性体及び光学異性体の構造と物性”，三浦 瑛貴、清水 宗治、S. Khene, T. Nyokong、小林 長夫，2011 年 9 月 18 日，東北大学（宮城県）

41. 平成 23 年度化学系学協会東北大会，“ジピロメテンを原料とした新規ポルフィリン骨格の合成と物性”，三浦 淑信、清水 宗治、平松 亮、小林 長夫，2011 年 9 月 17 日，東北大学（宮城県）

42. 平成 23 年度化学系学協会東北大会，“ピレン縮環サブフタロシアニンの合成と物性”，中野 翔太、清水 宗治、小林 長夫，2011 年 9 月 18 日，東北大学（宮城県）

43. 第 72 回応用物理学会学術講演会，“外周部に共役を拡張したサブフタロシアニン類縁体の合成と物性”，清水 宗治、中野 翔太、小林 長夫，2011 年 8 月 30 日，山形大学（山形県）

〔図書〕(計 件)

〔産業財産権〕
出願状況(計 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況(計 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織
(1) 研究代表者
清水 宗治 (SHIMIZU SOJI)
東北大学・大学院理学研究科・講師
研究者番号：70431492

(2) 研究分担者
()
研究者番号：

(3) 連携研究者
()
研究者番号：