

令和元年6月13日現在

機関番号：12102

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2018

課題番号：17K14455

研究課題名(和文)置換活性な配位サイトを集積したナノ空間の創出と特異的分子変換

研究課題名(英文) Construction of Nanospace with Accumulated Labile Coordination Sites and Specific Molecular Conversion

研究代表者

中村 貴志 (Nakamura, Takashi)

筑波大学・数理工質系・助教

研究者番号：90734103

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、置換活性な配位サイトを秩序的に集積したナノ空間を持つ多核金属錯体の合成に取り組み、以下の3つの成果を達成した。(1) 内孔に置換活性な配位サイトを集積した大環状パラジウム6核錯体Pd-hexapapの合成とそのねじれ形状の解析。(2) 配位サイトを内向きに集積した超分子錯体構築のビルディングブロックとなる新規三脚型配位子およびその錯体の合成。(3) 三角形大環状配位子を用いた亜鉛-銀異種6核錯体およびダブルデッカー型亜鉛12核錯体の合成。

研究成果の学術的意義や社会的意義

反応性が高い配位サイトを維持した状態で複数の金属を一定間隔で配列させ、それらを制御することはチャレンジングな課題である。本研究では、置換活性な配位サイトをもつキレート錯体ユニットを共有結合によって複数連結する設計指針により、外部の分子が結合可能な配位サイトが内向きに集積したナノ空間をもつ多核金属錯体の合成を達成した。本研究で合成された錯体は、多点での配位結合により分子を内孔に捕捉・集積できる構造的特徴をもつため、単核錯体では実現できない選択的な触媒反応への展開が可能である。また、その環状骨格を生かした特異的な分子認識ホストや化学センサーへの応用が期待される。

研究成果の概要(英文)：In this project, the synthesis of multinuclear complexes possessing the nanospace with orderly accumulated labile coordination sites has been realized. The three major achievements are as follows. (1) Synthesis of Pd-hexapap, a macrocyclic hexanuclear palladium complex with accumulated labile coordination sites in the cavity, and the analysis of its twisted shape. (2) Synthesis of a novel tripodal ligand and its metal complex, which serves as a building block for the construction of supramolecular complexes with inwardly accumulated coordination sites. (3) Synthesis of a heterometallic hexanuclear zinc-silver complex and a double-decker dodecanuclear zinc complex utilizing a triangular macrocyclic ligand.

研究分野：超分子化学

キーワード：超分子化学 錯体化学 大環状化合物 イミン結合 配位結合 パラジウム 亜鉛 銀

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

金属錯体は、その置換活性な配位サイトに外部からの分子を結合することができる。そのため、置換活性な配位サイトを複数もつ錯体は、多点での配位結合によって小分子を捕捉する人工レセプターとして機能する。このような多核金属錯体型レセプターは、水素結合や疎水効果など他の分子間相互作用を利用するレセプターとは異なる特異な選択性や刺激応答性を発現する。また、金属錯体触媒は、基質を置換活性な配位サイトに結合して活性化し、反応を促進する。そのため、多核金属錯体触媒は、複数の金属中心への基質の配位や多段階の酸化還元により反応を効率的に進行させることができる。

上記のような多核金属錯体の機能を理解し、その性能を向上させるためには、金属原子の数や位置のみならず、金属の置換活性な配位サイトの数および位置を制御することが必要不可欠になる。しかし、例えば多核金属クラスターの構造が合成条件や外部配位子の微妙な違いに大きく影響を受けることからわかるように、反応性が高い配位サイトを維持した状態で複数の金属を一定間隔で配列させ、それらを制御することはチャレンジングな課題である。

2. 研究の目的

本研究では、置換活性な配位サイトを秩序的に集積したナノ空間を持つ多核金属錯体の合成と、その金属錯体が介在する反応における特異的分子変換を目的とした。特に、複数の置換活性サイトを空間配置する設計コンセプトを確立することを目指した。

3. 研究の方法

研究代表者は、置換活性な配位サイトをもつキレート錯体ユニットを共有結合によって複数連結する設計により、外部の分子が結合可能な配位サイトが内向きに集積したナノ空間をもつ多核金属錯体を合成することを考えた。本研究では、以下の3つのキレート錯体ユニットの多量体を設計・合成し、その構造の詳細や反応性について検証した。

- (1) N_2O キレート配位部位 pap の環化六量体 hexapap の6核錯体
- (2) N_4 キレート配位部位 tpa をもつ新規三脚型錯体の合成とその多量化
- (3) N_2 キレート配位部位 bpy と N_2O_2 キレート配位部位 salen をもつ三角形配位子 bpytrisalen の6核錯体

4. 研究成果

- (1) 内孔に置換活性な配位サイトを集積した大環状パラジウム6核錯体 Pd-hexapap

2-ホルミルピリジンと σ -アミノフェノールの縮合により N_2O キレート部位 pap (2-[pyridin-2-ylmethylene]amino)phenol) が生成する。これまで研究代表者は、pap のキレート部位を6つ内向きを持つ大環状配位子 hexapap の合成と、その亜鉛6核錯体が波状に積層した二量体を形成することを報告している。この先行研究で用いていた *t*Bu 基をもつ hexapap 配位子は溶解性が低い問題点があった。また、亜鉛6核錯体の積層二量体の形成には、三方両錐型5配位の亜鉛中心とフェノキシ酸素との環状分子間での配位結合が重要な役割を果たしており、亜鉛とは異なる配位構造をもつ金属を hexapap 配位子と錯形成させた場合の構造や性質は、置換活性な配位サイトを秩序的に集積したナノ空間を創出する上での重要な検討課題である。

本研究では、オリゴエチレングリコール系の側鎖を導入した両官能性単量体 **2** を新たに設計・合成した(図1)。**2** はアセタール保護された2-ホルミルピリジン部位と σ -アミノフェノール部位とを同一分子内に有する。単量体 **2** を酸性条件下で加熱することで、環状六量体 hexapap **H₆1** の高収率・選択的な合成に成功した。**H₆1** は THF やクロロホルムといった汎用有機溶媒に可溶であり、先行研究の *t*Bu 基をもつ hexapap 配位子に比べて溶解性が大きく向上し、種々の金属との錯形成検討が可能となった。

H₆1 をテトラフルオロホウ酸テトラキス(アセトニトリル)パラジウム(II)と反応させることでパラジウム6核錯体 Pd-hexapap [**1**Pd₆L₆](BF₄)₆ (L = Et₂O, MeCN, or H₂O)を得た。Pd(II)は平面4配位の構造をとり、 N_2O 3座配位子である pap の Pd(II)錯体にはキレート部位で塞がれていない置換活性な配位サイトが1つ存在する。そのため、環状六量体 Pd-hexapap は、合計6つの置換活性な配位サイトを内側に向けて集積した構造をもつ。

次に、Pd-hexapap 内孔の配位サイトにおける配位子交換反応について検討した。4-*tert*-ブチルピリジン (tbp) をパラジウム6核錯体に対して6当量加えると、tbp が各パラジウムに1分子ずつ配位した tbp 結合体 [**1**Pd₆(tbp)₆](BF₄)₆ が生成した。tbp 結合体の構造について、¹H NMR および各種2次元 NMR、質量分析、分子力場計算により詳細な解析を行い、分子全体が C₂ 対称にねじれたユニークな形状を取ることを明らかにした(図1)。また、キラルなアニオンである Δ-TRISPHAT を tbp 結合体に加えると、パラジウム6核錯体の環状骨格のねじれの向きに由来したエナンチオマーに対応する、2種類のジアステレオマーの関係にあるイオン対が生成することを、¹H NMR および円二色性測定により明らかにした。

本研究で合成した大環状パラジウム6核錯体は、6つの Pd(II) との多点での配位結合により分子を内孔に捕捉・集積できる構造的特徴をもつため、単核錯体では実現できない選択的な触媒反応への展開が可能である。また、剛直でありながらねじれをもつユニークな形状を有するため、その環状骨格を生かした特異的な分子認識ホストやキラルセンサーへの応用が期待される。

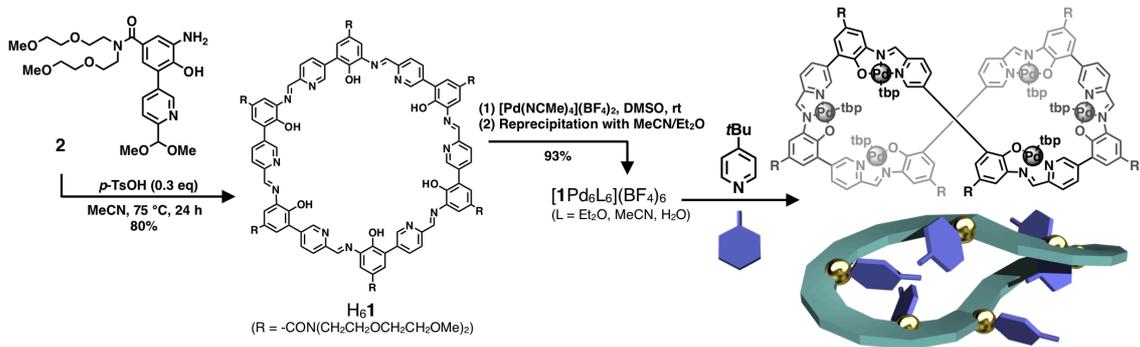


図 1：両官能性単量体 **2** から合成される環状六量体 **H₆1** およびそのパラジウム 6 核錯体 $[1Pd_6L_6](BF_4)_6$ と、ねじれ形状をもつ 4-*tert*-ブチルピリジン (tbp) 結合体 $[1Pd_6(tbp)_6](BF_4)_6$ 。

(2) サリチルアルデヒド部位を導入した三脚型 tpa 配位子および金属錯体の合成

金属の配位サイトを内向きを集積したナノ空間をもつ超分子錯体構築のためのビルディングブロックとして、 N_4 キレート配位部位 tpa (tris(2-pyridylmethyl)amine) の誘導体である **H₃3** を新規に設計・合成した (図 2a)。**H₃3** は、中央の tpa の 4 つの窒素原子が金属 M に配位した三方両錐型 5 配位の錯体 $[M(H_33)X]$ (X は交換可能な配位子) を形成する設計となっている。さらに、ジアミンの動的なイミン共有結合形成による 3 次元骨格の構築を目的として、3 つのサリチルアルデヒド部位を tpa 部位の各ピリジン環の先に導入した。

単結晶 X 線構造解析により、**H₃3** は 3 回対称性を持ち、3 つのピリジン環およびサリチルアルデヒド部位が内側に折れ曲がった三脚型構造をとることが明らかとなった (図 2b)。**H₃3** と 1 当量の $Zn(ClO_4)_2 \cdot 6H_2O$ を反応させ、アセトニトリル/*tert*-ブチルメチルエーテルを溶媒として再結晶することで、亜鉛単核錯体 $[Zn(H_33)(CH_3CN)](ClO_4)_2$ を得た。得られた錯体の単結晶 X 線構造解析により、亜鉛が選択的に tpa 部位に配位した三脚型の錯体の生成が確かめられた (図 2b)。設計通り、亜鉛中心は三方両錐型 5 配位構造を取っており、溶媒としてもちいた CH_3CN の分子が三脚分子の内側の置換活性な配位サイトに結合していた。さらに、配位子 **H₃3** および単核錯体 $[Zn(H_33)(CH_3CN)](ClO_4)_2$ のサリチルアルデヒド部位と各種ジアミン架橋部位とのイミン結合形成による超分子ケージの合成検討を行なった。NMR および質量分析より、2 つの三脚型部位および 3 つの架橋部位から構成されるカゴ型分子の生成が示唆された。今後、構造のさらなる解析を進めると同時に、種々の分子設計を検討することで金属の配位サイトを内向きを集積したナノ空間をもつカゴ型超分子錯体の構築を目指す。

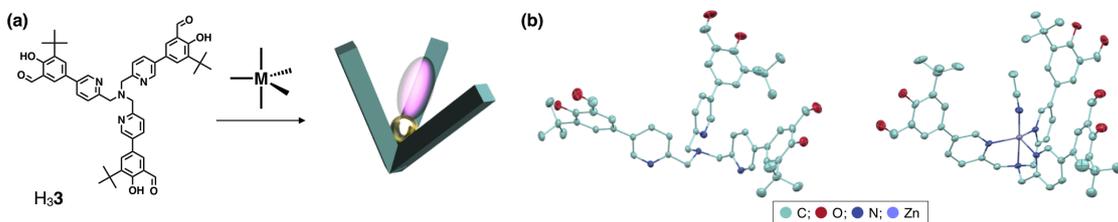


図 2 (a) 新規 tpa 誘導体 **H₃3** の構造とその三脚型錯体の模式図。

(b) 単結晶 X 線回折による **H₃3** (左) および $[Zn(H_33)(CH_3CN)]^{2+}$ (右) の構造。

(3) Bpytrisalen を配位子として用いた亜鉛-銀異種 6 核錯体およびダブルデッカー型亜鉛 12 核錯体の合成

これまで研究代表者は、 N_2 キレート配位部位である bpy (2,2'-bipyridyl) と N_2O_2 キレート配位部位である salen とを共に有する三角形配位子 bpytrisalen **H₆4** の合成と、その亜鉛 6 核錯体について報告している (図 3a)。本研究では、bpytrisalen の 2 種類のキレート部位の反応性の違いを利用し、異種多核金属錯体の合成を行なった。**H₆4** と酢酸亜鉛およびトリフルオロメタンスルホン酸銀を反応させることで、3 つの亜鉛イオンが salen 部位に配位し、3 つの銀イオンが bpy 部位に配位した異種 6 核錯体 $4Ag_3Zn_3X_n$ (X = AcO^- , TfO^- , or H_2O) の合成に成功した。単結晶 X 線回折による構造解析により、錯体中では 6 つの金属原子が互いに約 5 オングストロームの間隔をもってほぼ同一平面上に配置され、bpy 部位の金属配位サイトは内向きを集積される一方、salen 部位の配位サイトは環状分子平面と直交し、異種の結合サイトの精密集積の実現が示された (図 3b)。

さらに、salen 錯体部位の置換活性な配位サイトが環状分子平面と直交した配置になることを利用し、ここに架橋配位子を選択的に配位させることによる自己集積錯体の形成を試みた。Bpytrisalen の亜鉛 6 核錯体 $4Zn_6(H_2O)_x(OTf)_6$ に対して、架橋配位子として DABCO (**5**) を加えることで、3 分子の DABCO で三角形の亜鉛 6 核錯体同士が連結されたダブルデッカー型亜鉛 12 核錯体 $[4_2Zn_{12}5_3(H_2O)_{12}](OTf)_{12}$ (**6**) の合成に成功した。X 線結晶構造解析より、DABCO は salen 亜鉛錯体のアキシアル位に選択的に配位する一方で、ピピリジル部位の 6 つの亜鉛は三角柱状に

配置され、その配位サイトが三次元的に内側に向けて集積された空間を形成することが明らかとなった (図 3c)。

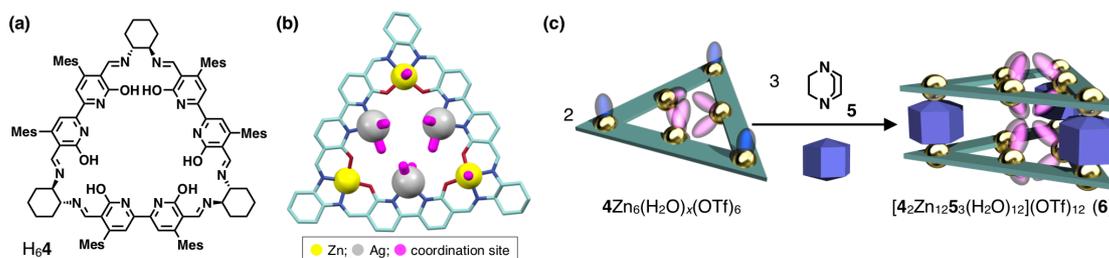


図 3 (a) Bpytrisalen 配位子 H_64 の構造式。 (b) $4Ag_3Zn_3X_n$ の X 線結晶構造 (4 以外の配位子は省略し配位サイトを棒モデルで表記)。 (c) ダブルデッカー型亜鉛 12 核錯体 6 の形成。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 9 件) (全て査読有)

- ① Takashi Nakamura, Sota Yonemura, Tatsuya Nabeshima “Synthesis of per(5-*N*-carboxamide-5-dehydroxymethyl)- β -cyclodextrins and their selective recognition ability utilizing multiple hydrogen bonds” *Chem. Commun.*, *55*, 3872–3874 (2019). DOI: 10.1039/C9CC00517J
- ② Akira Nagai, Takashi Nakamura, Tatsuya Nabeshima. “A Twisted Macrocyclic Hexanuclear Palladium Complex with Internal Bulky Coordinating Ligands” *Chem. Commun.*, *55*, 2421–2424 (2019). DOI: 10.1039/C8CC09643K
- ③ Tomohiro Hojo, Takashi Nakamura, Ryota Matsuoka, Tatsuya Nabeshima “Uniquely folded shapes, photophysical properties, and recognition abilities of macrocyclic BODIPY oligomers” *Heteroat. Chem.*, *29*, e21470 (2018). DOI: 10.1002/hc.21470
- ④ Makoto Saikawa, Takumu Noda, Ryota Matsuoka, Takashi Nakamura, Tatsuya Nabeshima “Heterodinuclear Group 13 Element Complexes of N_4O_6 -Type Dipyrin with an Unsymmetrical Twisted Structure” *Eur. J. Inorg. Chem.*, 766–769 (2019). DOI: 10.1002/ejic.201801062
- ⑤ Aswin Asaithambi, Daichi Okada, Günther Prinz, Hiroyasu Sato, Akinori Saeki, Takashi Nakamura, Tatsuya Nabeshima, Yohei Yamamoto, Axel Lorke “Polychromatic Photoluminescence of Polymorph Boron Dipyrromethene Crystals and Heterostructures” *J. Phys. Chem. C*, *123*, 5061–5066 (2019). DOI: 10.1021/acs.jpcc.8b09202
- ⑥ Yuki Gobo, Ryota Matsuoka, Yusuke Chiba, Takashi Nakamura, Tatsuya Nabeshima “Synthesis and chiroptical properties of phenanthrene-fused N_2O -type BODIPYs” *Tetrahedron Lett.*, *59*, 4149–4152 (2018). DOI: 10.1016/j.tetlet.2018.10.003
- ⑦ Daisuke Taguchi, Takashi Nakamura, Hiroaki Horiuchi, Makoto Saikawa, Tatsuya Nabeshima “Synthesis and Unique Optical Properties of Selenophenyl BODIPYs and Their Linear Oligomers” *J. Org. Chem.*, *83*, 5331–5337 (2018). DOI: 10.1021/acs.joc.8b00782
- ⑧ 中村 貴志「多点での配位結合によって分子を捕捉する超分子錯体」*Bull. Jpn. Soc. Coord. Chem.*, *70*, 39–42 (2017).
- ⑨ Takashi Nakamura, Yuya Kaneko, Eiji Nishibori, Tatsuya Nabeshima “Molecular Recognition by Multiple Metal Coordination inside Wavy-Stacked Macrocycles” *Nature Commun.*, *8*, 129 (2017). DOI: 10.1038/s41467-017-00076-8

[学会発表] (計 5 2 件)

- ① 米村颯太、中村貴志、鍋島達弥「7つのピピリジル基をもつシクロデキストリン誘導体の金属錯形成による単一異性体の生成」日本化学会第 99 回春季年会 (2019)、2019 年。
- ② 北條智大、松岡亮太、中村貴志、鍋島達弥「大環状ジピリン多量体およびその BODIPY 誘導体の分子認識能」日本化学会第 99 回春季年会 (2019)、2019 年。
- ③ 佃真之介、中村貴志、鍋島達弥「サロフを壁面に持つベルト状大環状分子によるフラーレン包接」日本化学会第 99 回春季年会 (2019)、2019 年。
- ④ Takashi Nakamura “Precise synthesis and functions of macrocyclic oligomers with unique structure” 日本化学会第 99 回春季年会 (2019)、2019 年。
- ⑤ Takashi Nakamura “Construction of Elaborate Giant Molecules via Coordination-driven Desymmetrization Self-assembly” The 2nd International Symposium on Coordination Asymmetry, 2018.
- ⑥ 米村颯太、中村貴志、鍋島達弥「アミド基を非対称に配置したシクロデキストリン誘導体の多数の水素結合による選択的ゲスト認識」第 8 回 CSJ 化学フェスタ 2018、2018 年。
- ⑦ 川島拓馬、中村貴志、鍋島達弥「動的共有結合を用いたトリス(2-ピリジルメチル)アミン部

- 位を頂点とする超分子ケージの構築」第8回CSJ化学フェスタ2018、2018年。
- ⑧ 永井瑛、中村貴志、鍋島達弥「内孔に配位部位を持つ大環状六核パラジウム錯体の合成とそのねじれ形状」第8回CSJ化学フェスタ2018、2018年。
 - ⑨ 佃真之介、中村貴志、鍋島達弥「両官能性単量体を用いた大環状サロフェルト配位子の合成およびそのMn錯体の機能」第8回CSJ化学フェスタ2018、2018年。
 - ⑩ Sota Yonemura, Takashi Nakamura, Tatsuya Nabeshima “Selective Anion Recognition by Multiple Hydrogen Bonds with Amide Groups Accumulated on β -Cyclodextrin” Tsukuba Global Science Week (TGSW) 2018, 2018.
 - ⑪ Takuma Kawashima, Takashi Nakamura, Tatsuya Nabeshima “Synthesis of supramolecular cages based on Schiff-base formation using a tris(2-pyridylmethyl)amine derivative” Tsukuba Global Science Week (TGSW) 2018, 2018.
 - ⑫ Akira Nagai, Takashi Nakamura, Tatsuya Nabeshima “Synthesis and uniquely twisted shape of a macrocyclic hexanuclear palladium complex with labile coordination sites in its inner cavity” Tsukuba Global Science Week (TGSW) 2018, 2018.
 - ⑬ Shinnosuke Tsukuda, Takashi Nakamura, Tatsuya Nabeshima “Synthesis of macrocyclic saloph-belt ligands from a bifunctional monomer and function of their Mn complexes” Tsukuba Global Science Week (TGSW) 2018, 2018.
 - ⑭ 岡田大地、Vijai Aswin、Prinz Günther、佐藤寛泰、佐伯昭紀、中村貴志、鍋島達弥、Lorke Axel、山本洋平「多色発光を示すBODIPYマイクロ結晶と光学ヘテロ構造の作成」第79回応用物理学会秋季学術講演会、2018年。
 - ⑮ 岡田大地、Asaithambi Aswin、Prinz Günther、佐藤寛泰、佐伯昭紀、中村貴志、鍋島達弥、Lorke Axel、山本洋平「多色発光を示すBODIPYマイクロ結晶と光学ヘテロ構造の形成」第67回高分子討論会、2018年。
 - ⑯ 米村颯太、中村貴志、鍋島達弥「アミド基を多数導入した β -シクロデキストリン誘導体によるアニオンの非対称的な認識」第12回バイオ関連化学シンポジウム、2018年。
 - ⑰ 佃真之介、中村貴志、鍋島達弥「大環状サロフェルト錯体の合成と不飽和脂肪酸の位置選択的エポキシ化」第12回バイオ関連化学シンポジウム、2018年。
 - ⑱ 中村貴志、米村颯太、鍋島達弥「アミドシクロデキストリン誘導体の合成とその非対称化された空孔における多点水素結合による分子認識能」第29回基礎有機化学討論会、2018年
 - ⑲ Tatsuya Nabeshima, Daisuke Taguchi, Makoto Saikawa, Sousuke Saino, Takashi Nakamura, Hiroaki Horiuchi “Synthesis and Unique Optical Properties of Thiophenyl and Selenophenyl BODIPYs” 28th International Symposium on the Organic Chemistry of Sulfur (ISOCS-28), 2018.
 - ⑳ 米村颯太、中村貴志、鍋島達弥「アミド基を集積した β シクロデキストリン誘導体の特異な構造とアニオン認識能」第16回ホスト-ゲスト・超分子化学シンポジウム、2018年
 - ㉑ 永井瑛、中村貴志、鍋島達弥「ユニークにねじれた大環状骨格を有するパラジウム六核錯体の合成」第16回ホスト-ゲスト・超分子化学シンポジウム、2018年。
 - ㉒ 中村貴志、川島侑人、鍋島達弥「2,2'-ビピリジンを導入した三角形大環状配位子および配位サイトを精密集積した多核錯体の合成」第16回ホスト-ゲスト・超分子化学シンポジウム、2018年。
 - ㉓ Takashi Nakamura, Yuto Kawashima, Yuya Kaneko, Tatsuya Nabeshima “Synthesis of Multinuclear Macrocyclic Complexes that Orderly Assemble Labile Coordination Sites and Its Supramolecular Structure” 日本化学会第98春季年会(2018)、2018年
 - ㉔ 永井瑛、中村貴志、鍋島達弥「内孔に配位サイトをもつ大環状六核パラジウム錯体の合成および分子結合によるその構造変化」日本化学会第98春季年会(2018)、2018年。
 - ㉕ 佃真之介、中村貴志、鍋島達弥「大環状サロフェルト錯体の合成と機能」日本化学会第98春季年会(2018)、2018年。
 - ㉖ 米村颯太、中村貴志、鍋島達弥「7つのアミド基をもつシクロデキストリン誘導体の合成および水素結合によるその特異な分子構造」日本化学会第98春季年会(2018)、2018年。
 - ㉗ Takashi Nakamura, Yuya Kaneko, Tatsuya Nabeshima “A large macrocycle that binds molecules by multipoint metal-ligand coordination” 2018 Joint Symposium on Energy Materials Science and Technology, 2018.
 - ㉘ Akira Nagai, Takashi Nakamura, Tatsuya Nabeshima “Studies on Size-Selective Synthesis of Macrocycles with Amphiphilic Chains” 2018 Joint Symposium on Energy Materials Science and Technology, 2018.
 - ㉙ Sota Yonemura, Takashi Nakamura, Tatsuya Nabeshima “Beta-Cyclodextrin Derivatives with 7 Amide Groups and Its Unique Structure” 2018 Joint Symposium on Energy Materials Science and Technology, 2018.
 - ㉚ Yuto Kawashima, Takashi Nakamura, Tatsuya Nabeshima “Multinuclear Zinc Complex that Accumulates Labile Coordination Sites in an Orderly Fashion” 2018 Joint Symposium on Energy Materials Science and Technology, 2018.
 - ㉛ Shinnosuke Tsukuda, Takashi Nakamura, Tatsuya Nabeshima “A Macrocyclic Saloph-Belt Ligand and Its Manganese Complex” 2018 Joint Symposium on Energy Materials

Science and Technology, 2018.

- ③② 田口大介、中村貴志、鍋島達弥「カルコゲノフェンを含むBODIPY類の合成と性質」第44回有機典型元素化学討論会、2017年。
- ③③ 北條智大、松岡亮太、中村貴志、鍋島達弥「特異な構造を有する大環状BODIPY多量体の合成と性質」第74回有機合成化学協会関東支部シンポジウム、2017年。
- ③④ 牛坊勇貴、松岡亮太、中村貴志、鍋島達弥「N20型非対称ジピリンの合成と性質」第47回複素環化学討論会、2017年。
- ③⑤ 武藤圭汰、松岡亮太、中村貴志、鍋島達弥「シッフ塩基形成による巨大正四面体型ケージ分子の合成」第7回CSJ化学フェスタ2017、2017年。
- ③⑥ 北條智大、松岡亮太、中村貴志、鍋島達弥「大きな空孔を有する大環状ジピリン錯体の合成と機能」第7回CSJ化学フェスタ2017、2017年。
- ③⑦ 野田卓夢、齊川誠、松岡亮太、中村貴志、鍋島達弥「8の字型不斉構造をもつ環状ジピリン錯体の合成と性質」第7回CSJ化学フェスタ2017、2017年。
- ③⑧ 永井瑛、中村貴志、鍋島達弥「両親媒性環状多量体の選択的合成と性質」第7回CSJ化学フェスタ2017、2017年。
- ③⑨ 川島侑人、中村貴志、鍋島達弥「2,2'-ビピリジンを導入したトリサレン錯体による金属原子の置換活性部位の秩序的な集積」第7回CSJ化学フェスタ2017、2017年。
- ④① 牛坊勇貴、松岡亮太、中村貴志、鍋島達弥「非対称な平面性BODIPYの合成と光学特性」第7回CSJ化学フェスタ2017、2017年。
- ④② Tomohiro Hojo, Takashi Nakamura, Ryota Matsuoka, Tatsuya Nabeshima “Synthesis and Functions of Expanded Macrocyclic Dipyrin Complexes” Tsukuba Global Science Week (TGSW) 2017, 2017.
- ④③ Takumu Noda, Makoto Saikawa, Ryota Matsuoka, Takashi Nakamura, Tatsuya Nabeshima “Synthesis and Properties of Heteronuclear Dipyrin Complexes with a Figure-of-8 Structure”, Tsukuba Global Science Week (TGSW) 2017, 2017.
- ④④ Akira Nagai, Takashi Nakamura, Tatsuya Nabeshima “Selective Synthesis of Amphiphilic Macrocyclic Ligands and Their Complexes Utilizing Reversibility of Imine Bonds” Tsukuba Global Science Week (TGSW) 2017, 2017.
- ④⑤ Yuto Kawashima, Takashi Nakamura, Tatsuya Nabeshima “Triangular Multinuclear Zinc Complex that Inwardly Accumulates Labile Coordination Sites and Its Supramolecular Structure” 錯体化学会第67回討論会、2017年。
- ④⑥ 野田卓夢、齊川誠、中村貴志、松岡亮太、鍋島達弥「ねじれた不斉構造を持つ環状ジピリン錯体の合成と性質」第28回基礎有機化学討論会、2017年。
- ④⑦ 武藤圭汰、松岡亮太、中村貴志、鍋島達弥「シッフ塩基形成による自己集積を利用した正四面体型ケージ分子の合成と機能」第28回基礎有機化学討論会、2017年。
- ④⑧ Takashi Nakamura, Yuya Kaneko, Eiji Nishibori, Tatsuya Nabeshima “Wavy-stacked macrocyclic hexanuclear complex that captures guest molecules via multipoint coordination” The 6th Asian Conference on Coordination Chemistry (ACCC6), 2017.
- ④⑨ Takashi Nakamura, Hikaru Kimura, Tatsuya Nabeshima “Chiral supramolecules constructed from helical metal complexes” Chirality 2017; ISCD-29, 2017.
- ④⑩ 永井瑛、中村貴志、鍋島達弥「複数のシッフ塩基をもつ両親媒性環状多量体配位子の合成と性質」第15回ホスト-ゲスト・超分子化学シンポジウム、2017年。
- ⑤① 北條智大、中村貴志、松岡亮太、鍋島達弥「大きな空孔を有する大環状ジピリン誘導体の合成と機能」第15回ホスト-ゲスト・超分子化学シンポジウム、2017年。
- ⑤② 武藤圭汰、中村貴志、松岡亮太、鍋島達弥「三重らせん錯体の自己集積による巨大正四面体型ホモキラル超分子の合成」第15回ホスト-ゲスト・超分子化学シンポジウム、2017年。
- ⑤③ 中村貴志「超分子システムの精密構築と機能開拓」第17回機能性分子シンポジウム(2017大饗シンポジウム)、2017年。

[その他]

筑波大学 数理物質系 化学域 超分子化学研究室

<http://www.chem.tsukuba.ac.jp/nabesima/>

筑波大学 | お知らせ・情報 | 注目の研究 | 多数の金属で分子を捕まえる大環状分子を開発
<http://www.tsukuba.ac.jp/attention-research/p201707251900.html>

6. 研究組織

(1) 研究分担者 なし

(2) 研究協力者 なし

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。