

## ピリジルキャビタンとポルフィリンを鍵とする分子集合体が拓く機能創発

メタデータ	言語: ja 出版者: 公開日: 2021-03-09 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 小林, 健二 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10297/00027995">http://hdl.handle.net/10297/00027995</a>

令和 2 年 6 月 12 日現在

機関番号：13801

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17H03021

研究課題名(和文)ピリジルキャビタンドとポルフィリンを鍵とする分子集合体が拓く機能創発

研究課題名(英文) Emergence of Functions in Self-Assemblies Based on Pyridyl-Cavitands and Porphyrins

研究代表者

小林 健二 (Kobayashi, Kenji)

静岡大学・グリーン科学技術研究所・教授

研究者番号：40225503

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,500,000円

研究成果の概要(和文)：(1) Zn-テトラ(レゾルシノール)ポルフィリンとテトラキス(p-ピリジルエチニル)キャビタンドが水素結合に基づく1:2カプセルを形成し、また、水素結合と配位結合に基づき2:2カプセルを形成し、それらのゲスト包接能を見出した。(2) Rh-テトラ(アリール)ポルフィリンとテトラ(m-ピリジル)キャビタンドがRh-N配位結合に基づく4:1錯体を形成し、開口部をもつ分子ギアとして機能することを見出した。(3) テトラキス(p-ピリジルフェニル)キャビタンドとPd((R)-BINAP)がPd-N配位結合に基づく2:4カプセルを形成し、プロキラルなゲスト分子のジアステレオ包接選択性を発現することを見出した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

(1) テーマ-1では、ポルフィリンを2分子のキャビタンドでサンドイッチ型に保護し2つの異種ゲスト分子を包接可能とする分子集合カプセル、また、ポルフィリンをサンドイッチ型に二重に積層した分子集合カプセルの構築に成功した。(2) テーマ-2は歴史の浅い超分子化学的分子ギアの研究で、テトラアリールポルフィリンを4枚歯としキャビタンドの4つのm-ピリジル基を軸とし、開口部を有する分子集合ギアの構築に成功した。(3) テーマ-3では、キラルカプセルを構築し、プロキラルなゲスト分子のジアステレオ包接選択性の発現を見出した。以上の研究成果は、超分子化学と構造有機化学分野に新たな知見と展開を賦与したと考えられる。

研究成果の概要(英文)：(1) We found that Zn-tetra(resorcinol)porphyrin and tetrakis(p-pyridylethynyl)cavitand selectively self-assemble into a 1:2 capsule based on hydrogen bonds or a 2:2 capsule based on hydrogen bonds and coordination bonds with DABCO, which encapsulate different two or three guest molecules. (2) We found that Rh-tetra(aryl)porphyrin and tetra(m-pyridyl)cavitand self-assemble into a 4:1 complex based on Rh-N coordination bonds, which functions as a molecular gear with large cavity. (3) We found that tetrakis(p-pyridylphenyl)cavitand and Pd((R)-BINAP)(OTf)<sub>2</sub> self-assemble into a 2:4 chiral capsule based on Pd-N coordination bonds, which induces supramolecular chirality with respect to prochiral biphenyl guests by diastereomeric encapsulation.

研究分野：超分子化学・構造有機化学

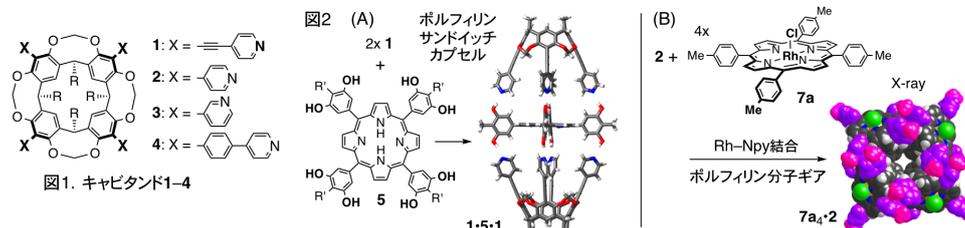
キーワード：超分子化学 分子自己集合 キャビタンド ポルフィリン 分子集合カプセル 分子集合ギア

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

ナノ空間の構築と利用は、超分子化学と構造有機化学の重要課題の1つである。(1) 分子集合ポルフィリンカプセルの研究は盛んであるが、その殆どはポルフィリンをカプセルの壁として用い、機能部位としてのポルフィリンをサンドイッチ型に保護した分子集合カプセルの前例は殆どなかった。(2) 分子マシンの研究は盛んであるが、超分子化学的手法による分子ギア研究は歴史が浅く、4枚の歯が噛み合った分子ギアは塩谷先生の例(*JACS* 2016)を除いて殆ど前例がなかった。ギア回転速度の制御は重要な課題である。(3) キラル分子素子と関連し、キラル(光学活性)でない分子を超分子化学的にキラル化する方法は非常に重要な課題であるが、殆ど前例がない。

カリックス[4]レゾルシンアレーンの水酸基対をメチレン等で架橋し配座固定した芳香族大環状お椀型ホスト分子をキャビタンドという。我々は、キャビタンドに種々の相互作用部位を導入して分子集合キャビタンドカプセルの構築と機能化の研究を行ってきた(総説 *Chem. Soc. Rev.* 2015, 図1)。我々は予備的知見として、(1) に関して、テトラ(レゾルシノール)ポルフィリン **5** とテトラキス(*p*-ピリジルエチニル)キャビタンド **1** との ArOH...Npy 水素結合に基づく分子集合ポルフィリンサンドイッチカプセル **1•5•1** の形成(*CEJ* 2016, 図2A)、(2) に関して、4分子のテトラ(アリール)ポルフィリンを4枚歯としキャビタンドの4つの *p*-ピリジル基を軸として、RhCl-テトラキス(*p*-メチルフェニル)ポルフィリン **7a** とテトラ(*p*-ピリジル)キャビタンド **2** との Rh-Npy 配位結合に基づく分子集合ギア **7a•2** の形成(*JACS* 2016 図2B)、(3) に関して、キャビタンド **1** と Pd(dppp)(OTf)<sub>2</sub> との 2:4 配位結合カプセル **1<sub>2</sub>•[Pd(dppp)]<sub>4</sub>•(OTf)<sub>8</sub>** (*JACS* 2006) の形成を見出している。



### 2. 研究の目的

以上の背景を踏まえ、本研究では、ピリジルキャビタンドとポルフィリンを鍵として、我々が見出した「分子集合カプセル」だからこそ可能な機能創発をさらに推進し、構造有機化学と超分子化学に新機軸を拓くことを目指した。具体的には上記問題を解決すべく次の3つのテーマに焦点を当てた。

- (1) レゾルシン金属ポルフィリンとピリジルエチニルキャビタンドとの水素結合分子集合体・金属ポルフィリンの両面をキャビタンドでサンドイッチした異種空間カプセルの構築と機能・多重金属ポルフィリンサンドイッチカプセルへの展開
- (2) 分子集合ギア: Rh ポルフィリン-ピリジルキャビタンド 4:1 複合体・開口部の広いポルフィリン分子ギアの構築とゲスト包接に基づくギア回転制御
- (3) 拡張ピリジルキャビタンドの配位結合分子集合キラルカプセル・拡張ピリジルキャビタンドと不斉配位子 Pd 錯体からなる分子集合キラルカプセルの構築・プロキラルな分子のジアステレオ包接選択性(超分子化学的キラル誘導)

### 3. 研究の方法

(1) Zn-テトラ(レゾルシノール)ポルフィリン **5-Zn**、テトラキス(3-ヒドロキシフェニル)ポルフィリン **6** とその Zn-ポルフィリン **6-Zn** を新たに合成し、**6**, **6-Zn**, **5-Zn** とキャビタンド **1** との会合挙動、会合体のゲスト分子包接挙動を NMR 測定によって精査した。

(2) **7a** よりもアリール基を伸張させた RhCl-ポルフィリンとして、ピフェニル基の **7b**、高い置換基をもつビフェニル基の **7c**、ターフェニル基の **7d** を新規に合成し、**7a-d** とキャビタンド **2** との 4:1 錯体の形成と動的挙動を NMR 測定によって精査した。

(3) **1**, **2** に対する拡張型キャビタンドとしてテトラキス(*p*-ピリジルフェニル)キャビタンド **4** を新規に合成し、**4** と Pd(dppp)(OTf)<sub>2</sub> および Pd(*R*)-BINAP(OTf)<sub>2</sub> とのカプセル形成(会合挙動)とゲスト分子包接挙動を NMR 測定によって精査した。

### 4. 研究成果

- (1) レゾルシン金属ポルフィリンとピリジルエチニルキャビタンドとの水素結合分子集合体
- ① キャビタンド一重キャップポルフィリンカプセル (*Chem. Lett.* 2017)

キャビタンド二重キャップポルフィリンカプセル **1•5•1** (*CEJ* 2016, 図2A)の会合定数を精査できなかったため、キャビタンド一重キャップポルフィリンカプセルの会合について精査した。**6** と **6-Zn** はそれぞれアトロプ異性体の混合物( $\alpha\alpha\alpha\alpha:\alpha\alpha\alpha\beta:\alpha\alpha\beta\beta:\alpha\beta\alpha\beta = 1:4:2:1$ )でありながら、1当量の **1** と 4点 ArOH...Npy 水素結合することにより  $\alpha\alpha\alpha\alpha$  体に収束して会合し、キャビタンド一重キャップポルフィリンカプセル **6•1** と **6-Zn•1** を形成し(図3)、両者とも会合定数は  $K_a > 1 \times 10^7 \text{ M}^{-1}$  in C<sub>6</sub>D<sub>6</sub> and CDCl<sub>3</sub> at 298 K と非常に大きいことがわかった。また、**6•1** と **6-Zn•1** はゲスト分子 **G1** をそれぞれ  $K_a = 5.8 \times 10^3 \text{ M}^{-1}$ ,  $K_a = 1.2 \times 10^3 \text{ M}^{-1}$  in C<sub>6</sub>D<sub>6</sub> at 298 K で包接することがわかった(図4)。興味深いことに、**G1** 包接カプセル **G1@[6-Zn•1]** にピリジル化合物を **L1**, **L2** を添加

しても、1) 水素結合カプセル **6-Zn•1** は安定(4点水素結合効果)、2) **L2** はサイズの的に **1•6-Zn** のキャビティーにフィットするにもかかわらず(後述)、**G1** が包接され、**L1, L2** は **6-Zn** 部位の外側で配位することがわかった(図4)。

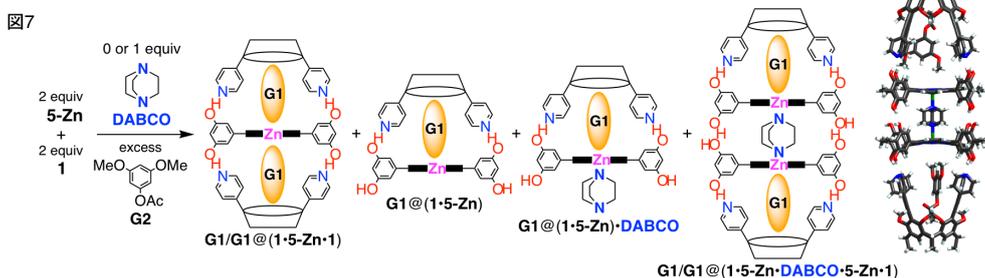
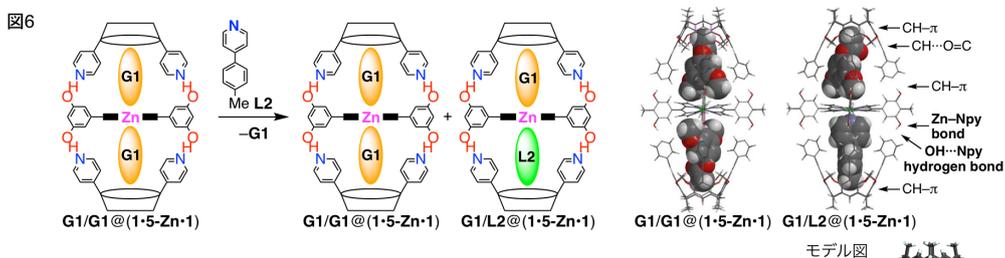
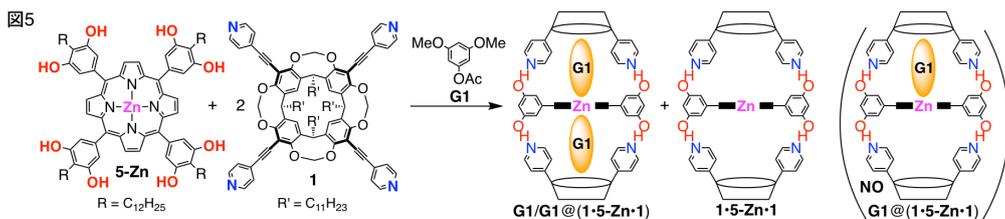
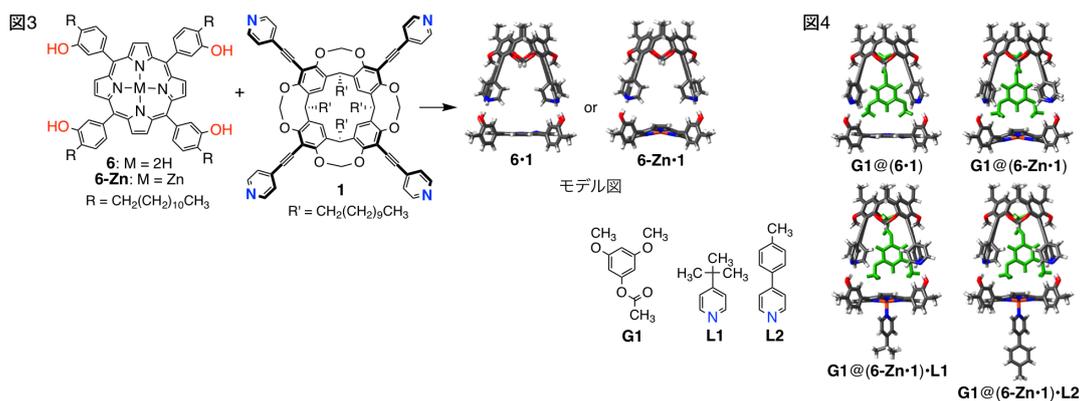
② キャビタンド二重キャップ Zn ポルフィリンカプセル (論文投稿準備中)

キャビタンド二重キャップポルフィリンカプセル **1•5•1** (図2A)と同様に、**5-Zn** と **1** を 1:2 で混合すると、キャビタンド二重キャップ Zn ポルフィリンカプセル **1•5-Zn•1** を形成すること、また、**G1** を 2 分子包接することがわかった。**1•5•1** では、**G1** 小過剰添加で 1 分子包接体 **G1@(**1•5•1**)** と 2 分子包接体 **G1/G1@(**1•5•1**)** が観測されたが、**1•5-Zn•1** では、1 分子目の包接でアロステリック効果が働き、2 分子目の包接が非常に有利となるため 2 分子包接体 **G1/G1@(**1•5-Zn•1**)** のみが観測されることがわかった(図5)。

また、**G1/G1@(**1•5-Zn•1**)** に対して **L2** を添加すると、**5-Zn** と **L2** との配位結合を駆動力として **L2** と **G1** との間で 1 分子の包接交換が起こり **G1/L2@(**1•5-Zn•1**)** を生成すること、**[1•5-Zn•1] = 2 mM**, **[G1] = 17 mM**, **[L2] = 34 mM** in  $C_6D_6$  at 298 K では、**G1/G1@(**1•5-Zn•1**) : G1/L2@(**1•5-Zn•1**) = 1:9** に達することがわかった(図6)。**5-Zn** を用いてポルフィリンの両面をキャビタンドでサンドイッチすることにより、異種ゲストを同時に包接できる異種空間カプセルの構築を達成した。

また、**G1** (17 mM) 存在下、**5-Zn** と **1** を 1:1 で混合すると (2 mM each)、**G1/G1@(**1•5-Zn•1**)** とキャビタンド一重キャップポルフィリンカプセル **G1@(**1•5-Zn**)** を 1:2.8 の比で生成した。一方、この系に 0.5 当量の **DABCO** (1 mM) を添加すると、**G1/G1@(**1•5-Zn•1**)** と **G1@(**1•5-Zn**)•DABCO** の生成に加え、2 分子の **5-Zn** の間に **DABCO** をサンドイッチ型配位包接しその両端を 2 分子の **1** でキャップした **G1/G1@(**1•5-Zn•DABCO**•**5-Zn•1**)** を 1:2:3.4 の比で生成することがわかった(図7)。このキャビタンド二重キャップ-Zn ポルフィリン二重積層カプセル **1•5-Zn•DABCO•5-Zn•1** の形成は、**5-Zn** と **DABCO** との配位結合と 2 分子の **5-Zn** 間の ArOH...HOAr 水素結合の協同効果を駆動力としている。

以上の成果を踏まえ、今後、ゲスト包接可能な空間を各層に有する多重積層ポルフィリン集合体へ展開したい。

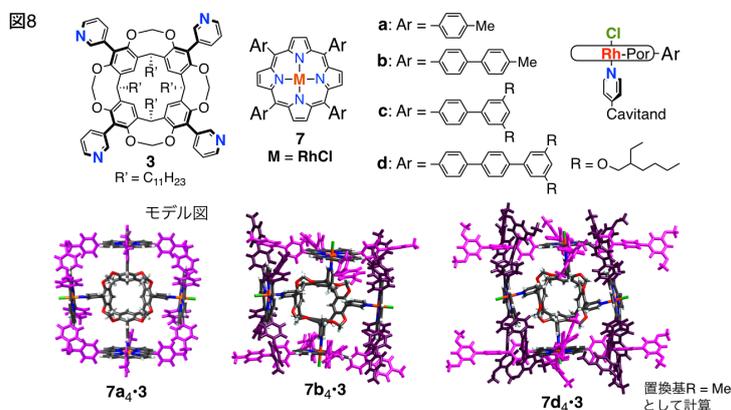


(2) 分子ギア : Rh ポルフィリン-ピリジルキャビタン ド 4:1 複合体 (論文投稿準備中)

4 分子のテトラ(アリアル)ポルフィリンを 4 枚歯としキャビタン ドの 4 つの *p*-ピリジル基を軸として、RhCl-テトラキス(*p*-メチルフェニル)ポルフィリン **7a** とテトラ(*p*-ピリジル)キャビタン ド **2** との Rh-Npy 配位結合に基づく分子集合ギア **7a<sub>4</sub>•2** (*JACS* 2016 図 2B) は、ゲスト分子包接可能な開口部が存在しない。開口部を有する分子集合ギアであれば、開口部にゲスト分子を包接させることでギアの回転速度を制御できるかもしれない。そこで、種々のアリアル基を有する RhCl-テトラ(アリアル)ポルフィリン **7a-d** とテトラ(*m*-ピリジル)キャビタン ド **3** との Rh-Npy 配位結合に基づく分子集合ギアを検討した。

RhCl-テトラ(アリアル)ポルフィリン **7a-d** とテトラ(*m*-ピリジル)キャビタン ド **3** をそれぞれ 4:1 で混合すると、Rh-Npy 配位結合に基づく 4:1 錯体 **7a<sub>4</sub>•3**, **7b<sub>4</sub>•3**, **7c<sub>4</sub>•3**, **7d<sub>4</sub>•3** を定量的に生成した(図 8)。CD<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> 中 298~188 K で温度可変 <sup>1</sup>H NMR 測定を行った。**7a<sub>4</sub>•3** は 298~188 K でスペクトルに殆ど変化が無かったことから、隣接するポルフィリン同士が噛み合わず、分子ギアとして機能しなかった。一方、アリアル側鎖(ギアの歯)の長い **7b<sub>4</sub>•3** は 203 K 以下でポルフィリン部位のシグナルがブロード化し、**7c<sub>4</sub>•3** と **7d<sub>4</sub>•3** は 243 K 以下でポルフィリン部位のシグナルがブロード化し、さらに、213 K 以下でポルフィリン部位のシグナルが分裂し始めた。この結果は、ポルフィリン部位の回転速度が NMR タイムスケールより遅くなったためである。以上のことから、**7b<sub>4</sub>•3**, **7c<sub>4</sub>•3**, **7d<sub>4</sub>•3** は分子ギアとして機能することがわかった。**7b<sub>4</sub>•3** に対して *n*-Pr<sub>4</sub>N•BF<sub>4</sub> を添加すると、*n*-Pr<sub>4</sub>N 部位のシグナルが平均化して高磁場シフトしたことから、**7b<sub>4</sub>•3** と *n*-Pr<sub>4</sub>N•BF<sub>4</sub> は弱いながらも会合することがわかった。しかし、*n*-Pr<sub>4</sub>N•BF<sub>4</sub> の添加前後で **7b<sub>4</sub>•3** のポルフィリン部位のシグナルのブロード化し始める温度に差異はなかったことから、*n*-Pr<sub>4</sub>N•BF<sub>4</sub> の添加によるギア回転速度を制御できていない。

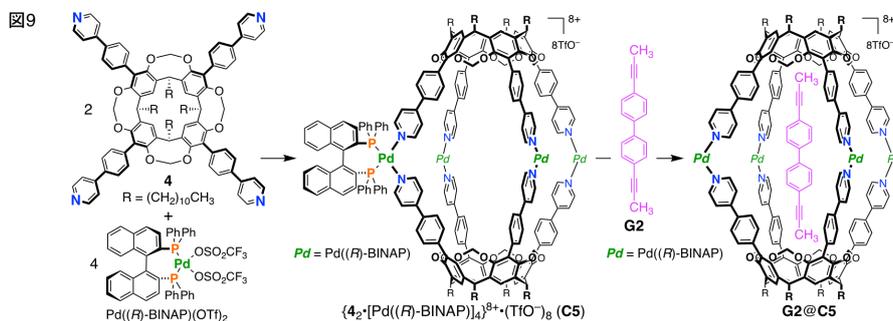
今後、**7b<sub>4</sub>•3**, **7c<sub>4</sub>•3**, **7d<sub>4</sub>•3** のギア回転速度を制御可能なゲスト分子を探索する。



(3) 拡張ピリジルキャビタン ドの配位結合分子集合キラルカプセル (*Chem. Asian J.* 2020)

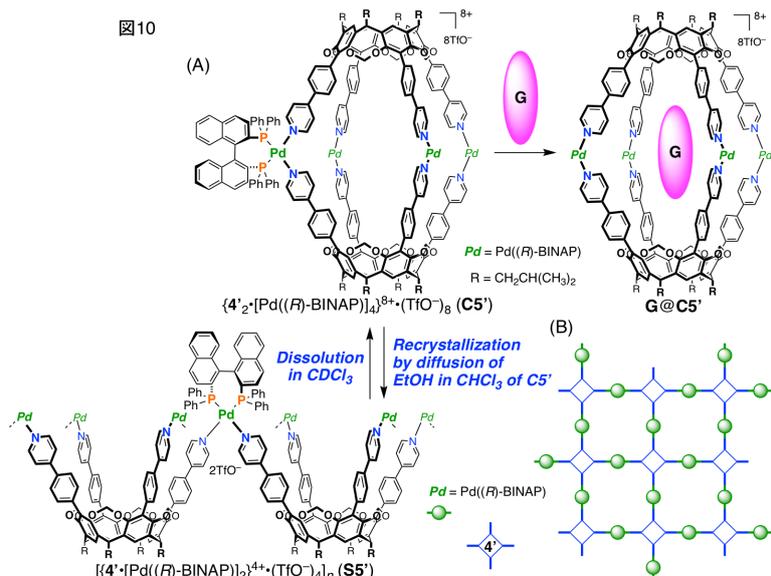
① 配位結合分子集合キラルカプセルの形成と溶液-結晶間での可逆的構造変換

CDCl<sub>3</sub> 中、拡張型キャビタン ドとしてのテトラキス(*p*-ピリジルフェニル)キャビタン ド **4** (R = C<sub>11</sub>H<sub>23</sub>) と Pd(dppp)(OTf)<sub>2</sub> またはキラルな Pd(*R*)-BINAP(OTf)<sub>2</sub> を 2:4 の比で混合すると、Pd-Npy 配位結合に基づく 2:4 分子集合カプセル {**4**<sub>2</sub>•[Pd(dppp)]<sub>4</sub>}<sup>8+</sup>•(TfO<sup>-</sup>)<sub>8</sub> と 2:4 分子集合キラルカプセル {**4**<sub>2</sub>•[Pd(*R*)-BINAP)]<sub>4</sub>}<sup>8+</sup>•(TfO<sup>-</sup>)<sub>8</sub> (**C5**) をそれぞれ定量的に形成し、ゲスト分子 **G2** をそれぞれ *K*<sub>a</sub> = 9.53 × 10<sup>3</sup> M<sup>-1</sup>, *K*<sub>a</sub> = 1.64 × 10<sup>3</sup> M<sup>-1</sup> in CDCl<sub>3</sub> at 298 K で包接することがわかった(図 9: **C5** の例)。



キラルカプセルの単結晶 X 線構造解析を行うことを目的に、結晶のパッキング性を向上させるべく、側鎖の短い R = CH<sub>2</sub>CH(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub> を有する **4'** からカプセル {**4'**<sub>2</sub>•[Pd(*R*)-BINAP)]<sub>4</sub>}<sup>8+</sup>•(TfO<sup>-</sup>)<sub>8</sub> (**C5'**) を調製し、CHCl<sub>3</sub>-EtOH 拡散法によって単結晶を得た。驚いたことに、単結晶 X 線構造は閉じたキラルカプセル **C5'** ではなく、カプセルが開いた 2 次元配位結合ネットワークシート構造 [{**4'**•[Pd(*R*)-BINAP)]<sub>2</sub>}<sup>4+</sup>•(TfO<sup>-</sup>)<sub>4</sub> (**S5'**) に組み替わって積層した構造であることがわかった(図 10)。Pd-Npy 配位結合様式は同じままである。この単結晶 **S5'** を CD<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> に再溶解させて直ちに <sup>1</sup>H NMR 測定すると、定量的にカプセル **C5'** に復元したことがわかった。溶液中では速度論的にも熱力学的にも **C5'** が安定であるが、Pd-Npy 配位結合は可逆で熱力学平衡が存在するため、結晶化過程で Pd-Npy 配位結合が組み替わり、結晶化過程では、より結晶パッキング性が高く熱力学的に安定な **S5'** に組み替わったと考えられる。

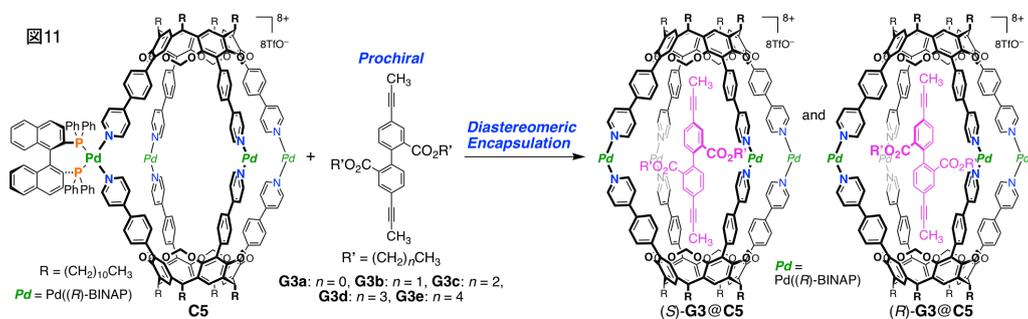
溶液中と結晶中の間での可逆的構造変換は珍しい現象で、新しい分野を拓く可能性を秘める。今後、収束型(convergent)-発散型(divergent)の可逆的構造変換の一般性を探究していく。



## ② キラルカプセルのプロキラルゲスト包接：ジアステレオ包接選択性の発現

プロキラルな分子のキラル誘導は、不斉触媒反応の開発や新奇な立体異性現象の発現とも関連し興味深い。2,2'-ビス(アルコキシカルボニル)-4,4'-ビス(1-プロピニル)ビフェニル **G3** はビフェニル部位のベンゼン環を繋ぐ C-C 結合が自由回転するために、キラルではなくプロキラルである。ビフェニル部位のベンゼン環の回転をどちらか一方に制御できれば、キラリティーを発現可能となる。キラルカプセル **C5** はプロキラルなゲスト **G3** ( $a\text{-e}$ :  $R' = (\text{CH}_2)_n\text{CH}_3$ ;  $n = 0\text{-}4$ ) を包接して包接体 **G3@C5** を形成し、**G3** の 2,2'-位の  $\text{CO}_2\text{-R}'$  基と **C5** のキラル空間との立体的因子により、**C5** 内で **G3** のビフェニル部位のベンゼン環の回転がどちらか一方に抑制されるため、**G3** はキラリティーを発現し、**G3@C5** はジアステレオ包接選択性を発現することがわかった(図 11)。ジアステレオ包接選択性は、**G3c** ( $n = 2$ ) において最大で、 $d.e. = 40\%$  に達した。

今後さらに、キャビタンド **4** と様々な不斉配位子 Pd 錯体との組合せによるキラルカプセルの構築と機能性を探究していく。



## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Y. Togari, S. Hirota, H. Kitagawa, Y. Tsukamoto, K. Kobayashi	4. 巻 16
2. 論文標題 Hydrogen-Bonded Six-Component Assembly for Capsule Formation Based on Tetra(4-pyridyl)cavitand and Isophthalic Acid Linker and Its Application to Photoresponsive Capsule.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Org. Biomol. Chem.	6. 最初と最後の頁 7626-7635
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1039/c8ob02115e	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kakeru Nakabayashi, Kenji Kobayashi	4. 巻 46
2. 論文標題 Cavitand-capped Porphyrin Capsule Stabilized by Quadruple Hydrogen Bonds.	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Chem. Lett.	6. 最初と最後の頁 1777-1780
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1246/cl.170828	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 M. Nakamura, Y. Tsukamoto, T. Ueta, Y. Sei, T. Fukushima, K. Yoza, K. Kobayashi	4. 巻 15
2. 論文標題 Cavitand-Based Pd-Pyridyl Coordination Capsules: Guest-Induced Homo- or Heterocapsule Selection and Applications of Homocapsule to Protection of Photosensitive Guest and Chiral Capsule Formation.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chem. Asian J.	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1002/asia.202000603	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計10件（うち招待講演 0件／うち国際学会 1件）

1. 発表者名 中林翔・藤沢清史・小林健二
2. 発表標題 分子自己集合に基づくテトラアリアルポルフィリンRhClとヘキサキス(p-ビリジルフェニル)ベンゼンとの6枚歯分子ギア
3. 学会等名 第29回基礎有機化学討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 塚本祥実・小林健二
2. 発表標題 水素結合性拡張型キャピタンドカプセルの構築とゲスト包接
3. 学会等名 第29回基礎有機化学討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中林翔・小林健二
2. 発表標題 水素結合に基づく2段および3段重ねサンドイッチポルフィリン会合体
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会(2019)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中林翔・小林健二
2. 発表標題 Zn-レゾルシノールポルフィリンとピリジルエチニルキャピタンドから成る1:2および2:2水素結合性カプセルの構築とゲスト包接
3. 学会等名 第15回ホスト-ゲスト・超分子化学シンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 中林翔・小林健二
2. 発表標題 分子集合ギア：Rh(III)Clテトラアリアルポルフィリンとテトラ(m-ピリジル)キャピタンドとの4:1錯体
3. 学会等名 第28回基礎有機化学討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 植田卓朗・中村宗親・小林健二
2. 発表標題 キラルな配位結合ピリジルキャピタンドカプセル：プロキラルなゲストのジアステレオ包接
3. 学会等名 日本化学会第98春季年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 塚本祥実・小林健二
2. 発表標題 水素結合に基づく拡張型キャピタンドヘテロカプセルとゲスト包接
3. 学会等名 日本化学会第98春季年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中林翔・小林健二
2. 発表標題 分子集合ギア：Rh(III)Clテトラアリアルポルフィリンとテトラ(m-ピリジル)キャピタンドとの4:1錯体
3. 学会等名 日本化学会第98春季年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中林翔・小林健二
2. 発表標題 水素結合に基づくポルフィリンの二重および三重積層型集合体カプセル
3. 学会等名 第9回CSJ化学フェスタ2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 K. Nakabayashi, K. Kobayashi
2. 発表標題 Doubly Cavitand-Capped Zn-Porphyrin Capsules with Simultaneous Encapsulation of Guest and Ligand
3. 学会等名 The 18th International Symposium on Novel Aromatic Compounds (ISNA-18) (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>研究室HP webサイト  <a href="https://sites.google.com/view/shizuoka-chem-kobayashi">https://sites.google.com/view/shizuoka-chem-kobayashi</a></p>
--

6. 研究組織		
氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考