

令和 2 年 6 月 6 日現在

機関番号：32660

研究種目：挑戦的研究(萌芽)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K19129

研究課題名(和文) 鋳型認識により自己複製を仲介するアロステリック触媒の開発

研究課題名(英文) Development of allosteric catalysts that mediates self-replication through template recognition

研究代表者

河合 英敏 (Kawai, Hidetoshi)

東京理科大学・理学部第一部化学科・教授

研究者番号：50322798

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,900,000円

研究成果の概要(和文)：ゲストの会合に伴って構造を変え、触媒部位を活性化させるアロステリック触媒は、環境や刺激に応じた生成物生産を可能にする。本研究では1つ目のゲスト会合に伴いレセプターの自由回転が阻害され、2つ目のゲスト会合が有利になるとともに一方のキラリティを他方に伝達する、キラルなアロステリック触媒の開発を目的とし研究を行った。この目的のもと種々のアロステリックレセプターおよびキラル誘起が可能なアロステリック伝達部位の開発に成功した。またこれまでに例のない水素結合様式をもつ6重水素結合型キラル二量体を見出した。鋳型複製を目的とし、これらレセプターを用いた有機触媒能の調査も検討した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

アロステリック効果や自己複製は、生命現象において最も興味深い現象の一つであるが、分子認識に伴う構造変化の運動が重要な役割を担うように、分子レベルでの解明および時人工系での実現が望まれている。本研究は、生命活動に採用されてきた効率的な情報伝達・制御機構および自己複製機構を、アロステリック効果の発現機構を理解し利用することで、人工分子でも合理的に設計可能で、得られた成果は学術的にも広く影響力をもつと考えている。さらに、今後の刺激応答性物質や刺激応答性触媒の開発にアロステリック制御による増幅効果という新たな設計指針を導入することで、これまでにない高効率な応答性、反応性を生み出すとも期待される。

研究成果の概要(英文)：Allosteric catalysts, which change their structure and activate the catalytic site through guest binding, are expected to be able to produce products in response to the external environment and stimuli.

In this study, we have developed chiral allosteric catalysts in which the free rotation of the axle part of the receptor is prevented by the first guest binding, which favors the second guest binding and transfers the chirality of one to the other.

We have developed various allosteric receptors and chiral allosteric transfer units that are capable of inducing chirality. In this process, we found chiral self-associated dimers that is hexaply hydrogen-bonded in an unprecedented hydrogen-bonding manner. In addition, the organocatalytic properties of the developed receptors were investigated for the purpose of template replication.

研究分野：有機化学、超分子化学

キーワード：アロステリック 分子認識 自己複製 キラル誘起 有機触媒 分子カプセル 水素結合

1. 研究開始当初の背景

アロステリック効果は、分子認識などの外部刺激に応じたレセプターの構造変化により、続く分子認識能や酵素活性の増幅あるいは抑制へと導く現象であり、生体にみられるホルモンの分子認識に始まるシグナル伝達やフィードバック機構、ヘモグロビンにおける効率的な酸素輸送能などを司る優れた制御機構である(図1)。このようなアロステリック効果を有する人工的な分子システムを開発することができれば、より小さな刺激を大きな物性変化に変換する非線形的応答性をもつ分子スイッチや増幅ユニット、あるいは、構造変化のカスケードにより遠隔位へと情報を伝達する情報伝達ユニットとして機能すると期待される。また、酵素のように触媒反応のON/OFF制御や会合した基質を鋳型とする自己複製などへの応用も期待される。さらに外部刺激に応答した構造変化や運動性の変化はアロステリック効果の根幹を成す現象であるとともに、分子マシンとしての応用にも期待がもたれる。

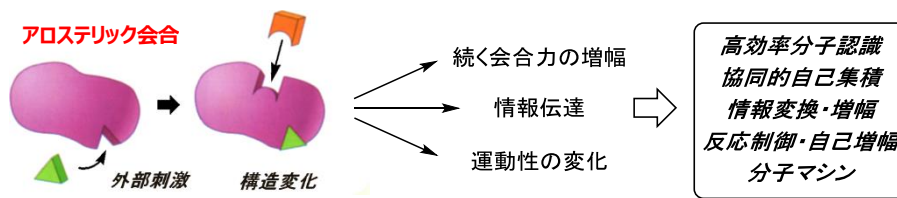


図1 'アロステリック会合' に伴う基本的効果および期待される応用性

特に、自己複製は生体システムにおいて最も興味深いと考えられる現象であり、この観点においてDNAの自己複製やRNAへの転写は、究極の「自己複製システム」と言える。この生体独自の機能ともいべき自己複製システムを人工的に作り出す試みは、これまで諸分野で盛んに行われてきた(融合ら, *Nature*, 1995, 378, 767; Philp ら, *Eur. J. Org. Chem.*, 2009, 593)。しかしこれまで見出されてきた自己複製系では、生成物が鋳型となって反応基質と直接相互作用することで濃縮効果(触媒効果)を生み出し、複製を活性化するという最小自己複製系にとどまっていた。これらの前例においては、それぞれの反応基質に相補的な相互作用部位を組み込む必要があるなど、用いることができる反応基質は大きく制限されており、汎用性のある複製システムとは言いがたい。一方、DNAポリメラーゼのように複製を仲介する(基質とは別の)活性化システムを人工的に構築することができれば、基質自身に触媒機能を付与する必要がなくなるため、複製したい基質に合わせ認識部位や触媒部位を設計することが可能となり、複製可能な基質の幅が大きく広がると予想される。

このようにアロステリック効果や自己複製システムには生命の起源へと迫る機構の解明にとどまらず、優れた応用性が期待されるものの、人工分子においてアロステリック効果を示す例は少なく、特に情報増幅や自己複製の起源となりうるホモトロピックな正のアロステリック効果(初めに会合したゲストによって同一のゲストに対する二段階目以降の会合能を増幅する効果)を示す例は数例しかない。その原因の一つは、このようなアロステリック効果を発現するために必要不可欠となる、基質の会合に伴うレセプターの構造変化を離れた位置にあるもう一方の会合部位にまで伝える「構造伝達ユニット」の開発が困難なためである。

2. 研究の目的

このような背景のもと本研究では、始めにアロステリック効果を引き出すための構造変化伝達ユニットとして、「ダイトピック不斉誘起」が可能な軸不斉型およびプロペラ不斉型アロステリックユニットの開発を行うこととした(図2)。

さらにアロステリック効果の応用として「生成物の構造を転写して複製するアロステリック触媒」の開発を行う(図3)。

DNAの自己複製のようにタンパクが鋳型を認識することで自己複製を仲介する触媒システムを人工システムで実現するためには、申請者がこれまで開発してきた正のホモトロピックなアロステリック活性化機構に着目した触媒設計が有効と考えた。すなわち一方の触媒部位に基質が作用し連結反応が起こると、回転軸周りの自由回転が妨げられるとともに軸不斉が誘起され、もう一方の触媒部位に不斉環境などの構造因子が転写され自己複製の活性化が起こるだろうと考えた。このようなアロステリック触媒システムの構築を目的とし、鋳型分子を認識できるアロステリックレセプターの開発および鋳型形成反応となる触媒反応の探索を行い、鋳型分子の増殖

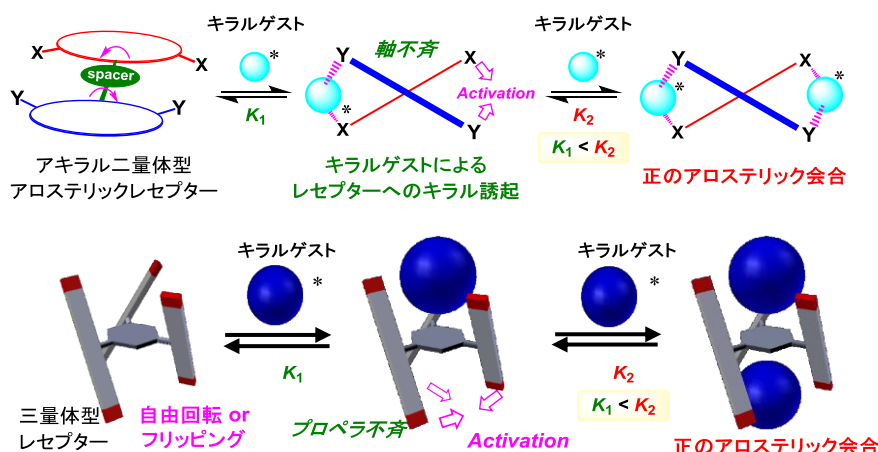


図2 キラル情報を伝達するアロステリックユニットの開発とそのアロステリック会合能の調査

反応が起こる触媒系、すなわち自己複製を促進するホモトロピックなアロステリック触媒システムの開発を検討することとした。

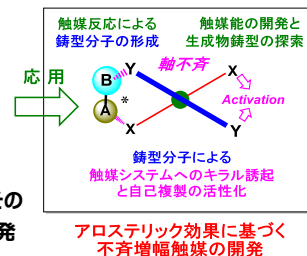


図3 触媒反応によってはじめに生成した 化合物を鑄型としてそのキラリ情報を構造伝達して複製するアロステリック触媒の開発

3. 研究の方法

【研究1】アロステリック効果を駆動する動的構造伝達ユニットのモジュラー合成とその会合能調査

本研究で目的とするホモトロピックなアロステリック触媒を構築する上で重要となるのは、2つの同一 (=ホモトロピック) な触媒部位が離れた位置にありながら協同的に働くことで活性化する機構である。この場合、両触媒部位で独立して基質を会合するのではなく、一方の触媒部位で生成物を捉えた際にその生成物の構造を鑄型としてもう一方の部位に伝達する機構が必要となる。そこで本研究1では、会合部位が付いた構造伝達ユニットを2つ連結することで、1分子目のキラリゲストを会合すると軸不斉を生じながら2分子目のゲスト会合能が増幅し、キラリ情報を伝達することが可能なキラリ誘起型アロステリックレセプターの開発を検討する (図4)。この際、はじめに両端に会合部位 (X, Y or N) を有する剛直な構造伝達ユニット 1, 2, 3, 4 を、回転軸となるスペーサー (A~D 型) を介して連結させた対称型レセプター二量体 (X=Y) を網羅的に構築し、アロステリック会合能の発現に適したユニットを探索する。続いて上下のユニットや会合部位が非対称なタイプのレセプター (X≠Y) の開発も検討する。後者においては、キラリな C_2 対称性を維持しながら触媒部位を非対称化することが可能であり、より様々な触媒ユニットの組み込みが可能になると期待される。

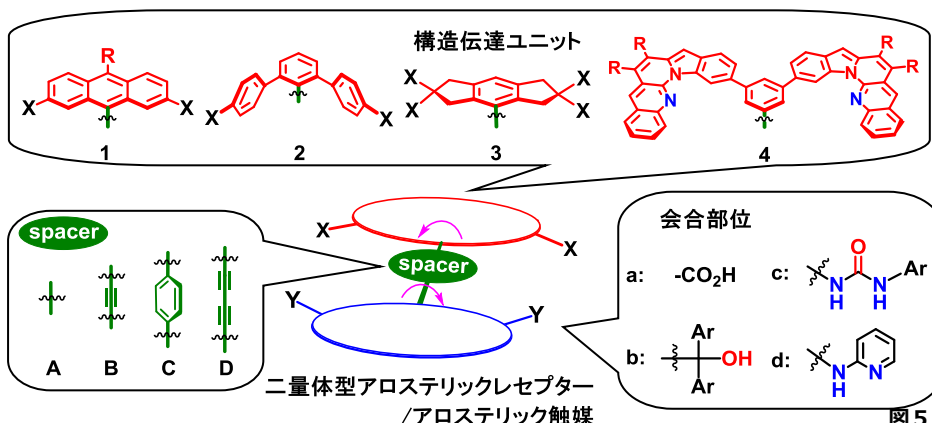


図4 キラルゲストによって軸不斉が誘起されるアロステリックレセプターの設計

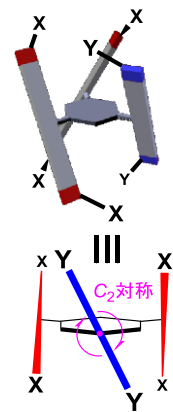


図5 プロペラ不斉誘起型アロステリックレセプターの開発

さらに、回転ユニットを2つから3つに拡張することでプロペラ不斉に基づく不斉情報の伝達も可能となる (図5)。このような3点会合型アロステリックレセプターの開発を行い、触媒設計へと発展させる。このプロペラ型レセプターではキラリな C_2 対称性を保ったまま2つの会合部位 (X) と触媒部位 (Y) に役割分担させることも可能であることからより汎用性のあるアロステリック触媒のプラットフォームになりうると期待される。

【研究2】触媒活性の付与とアロステリック効果を通じた鑄型複製能の開拓

研究1で開発したアロステリックユニットが最終的に構造伝達可能な触媒システムとして機能するためには、反応生成物自体もある程度の会合能を有する必要がある。すなわち、生成物が鑄型となりレセプターを介してもう一方の反応点へその不斉環境を伝達しなくてはならない。このステップを検証するために、ウレア基など有機触媒として利用されているユニットを導入したレセプターに対し、反応生成物 (ニトリアルドール反応生成物など) をゲストとした会合能の調査を行う。さらに次の段階として、反応基質の添加によって実際に連結反応が触媒されるか調査していく (図6)。ここではニトリアルドール反応や Morita-Baylis-Hillman 反応などを検討する予定である。一般に有機触媒を用いた反応では触媒能を示すために高濃度条件を必要とすることが多い。本研究で開発するアロステリック触媒では、鑄型効果とアロステリック効果による

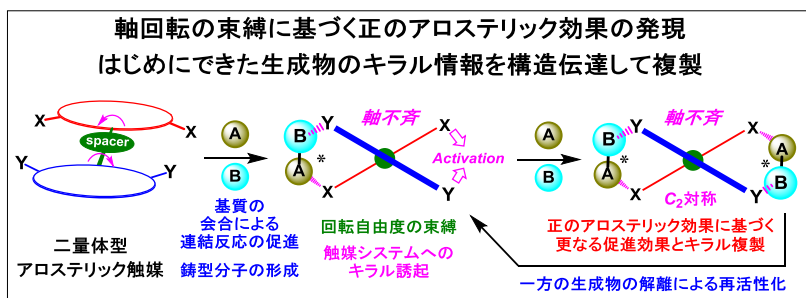


図6 アロステリックレセプターが仲介するアロステリック自己複製システムの開発

テリック会合に基づく会合能増幅効果という二重の濃度増幅効果により、より強調された反応性および選択性を示すと期待される。この二重活性化機構は、本研究の目的である構造伝達に基づく触媒能の増幅が実際に発現しているかどうかを観察する上でも有利に働くと考えられる。さらにこの機構を利用すれば、あらかじめキラルな生成物を反応基質と共に添加しておくことで、その立体の複製が起こる自己増幅（不斉増幅）も可能になると期待される。

4. 研究成果

【研究 1-1】 鑄型複製を目指した軸不斉型アロステリック-ウレア触媒の構築

この目的のもとアロステリック触媒として、ゲストのキラリティを伝達する構造伝達部位および回転軸部となる、2つのターフェニル基をジアセチレンで連結した構造を持ち、認識部位兼触媒部位にウレア基を有する分子 **1** を設計・合成した。その構造は X 線構造解析により確かめることができた(図 7)。アロステリック触媒能の発現に向け、まず初めに、分子 **1** がキラルゲストとの会合によってねじれ配座をとるか、また、2段階目が増幅するアロステリック会合能をもつか検証した(Scheme 1)。キラルなアミノ酸塩を用いた MeCN 中での NMR 滴定および CD 滴定(図 8)の結果、どちらの場合も滴定曲線が S 字曲線となったことから、アミノ酸塩に対して正のホモトロピックなアロステリック会合を示すことが確かめられた(NMR 滴定: $K_1 = 4.3 \pm 4.3 \times 10^3 \text{ M}^{-1}$, $K_2 = 4.5 \pm 3.8 \times 10^5 \text{ M}^{-1}$)。特に CD スペクトルにおいてジイン部の吸収帯 350-400 nm 付近に誘起 CD が観測されたことから、キラルゲストの会合によりジイン部に軸不斉が誘起され、ねじれ配座となることが示唆された。

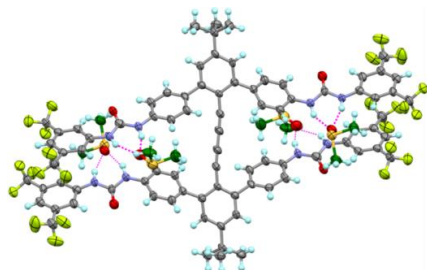
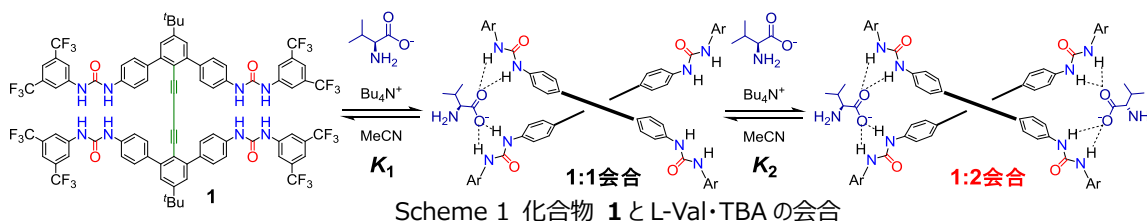


図 7 化合物 **1**·(DMSO)₄ の X 線構造

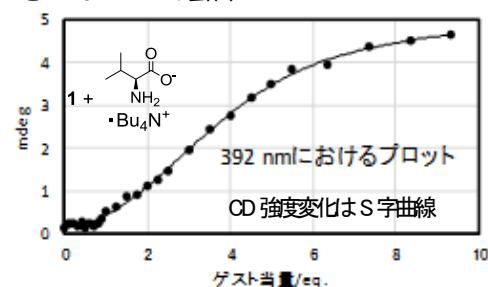
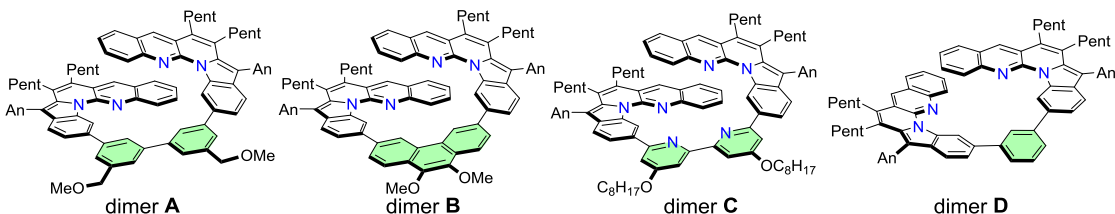
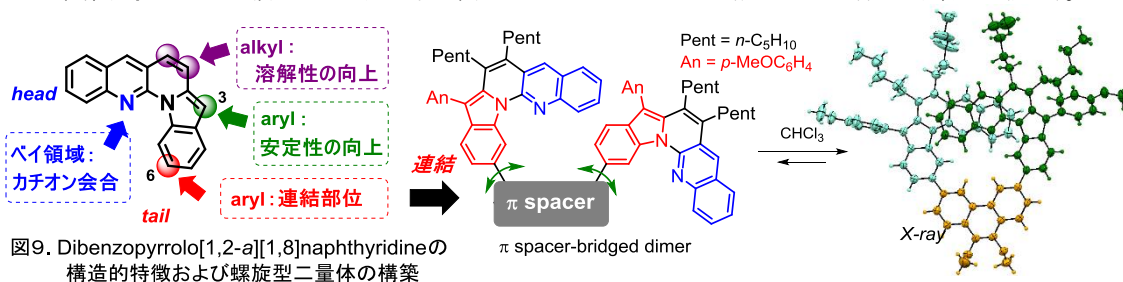


図 8 化合物 **1** と L-Val·TBA との会合における CD 滴定曲線

【研究 1-2】 L 字形化合物ジベンゾピロロ[1,2-a][1,8]ナフチリジンに基づく螺旋構造体の構築

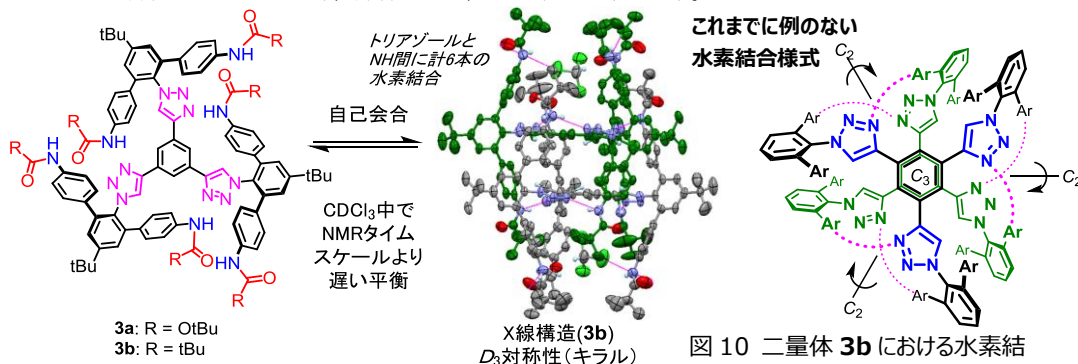
本研究では、東京理科大 斎藤隆夫らが開発した、様々な位置への化学修飾が容易で高発光性を示す L 字形化合物であるジベンゾピロロ[1,2-a][1,8]ナフチリジンを π スペースャーで連結した二量体とすることで、螺旋状のキラル誘起が可能と考え、種々のスペースャーで連結した二量体を構築した(図 9)。



CDCl_3 中および固相中での螺旋形成能を調査したところ、ビフェニレン型およびフェナントリレン型スペースャーを介して連結した二量体 **A**, **B** において、螺旋構造を形成することを見出した。ビピリジンで連結した二量体 **C** においては、金属イオン非添加時には螺旋構造を形成しない一方で、 $\text{Zn}(\text{OTf})_2$ や酸の添加により二量体 **A** と類似の螺旋構造へと構造変化するスイッチング制御が可能であることを見出した。一方でメタフェニレンスペースャーで連結した二量体 **D** ではほぼ螺旋構造を形成しないこともわかった。これらの知見を利用すると、ビフェニレン連結型四量体とすることで両端で同じキラリティの螺旋構造をもつキラル構造伝達型アロステリックレセプターに導けると考え、今後、その構築を検討する予定である。

【研究 1-3】 3 枚の *m*-ターフェニル部位を有するプロペラ型分子の開発

プロペラ構造を持つ化合物には、プロペラキラリティーを有する(*P*)-体、左巻きの(*M*)-体が存在する。アキラルな構成要素からなるプロペラ構造では、動的なフリッピングによりラセミ化を生じるが、キラルなゲストがプロペラ上部に会合することでプロペラキラリティーが誘起されれば、プロペラ下部にも同じキラリティーをもつゲスト分子の会合が可能になると考えられる。本研究では、このようなプロペラキラリティー誘起型アロステリックレセプターの構築を目的とし、3 枚の *m*-ターフェニル部の末端に会合部位を有するプロペラ型分子レセプター**3**を構築し、キラルなゲストに対する分子認識能を調査するとともに、レセプター分子の自己会合によるキラルな集合体の構築を目指した(図 10)。

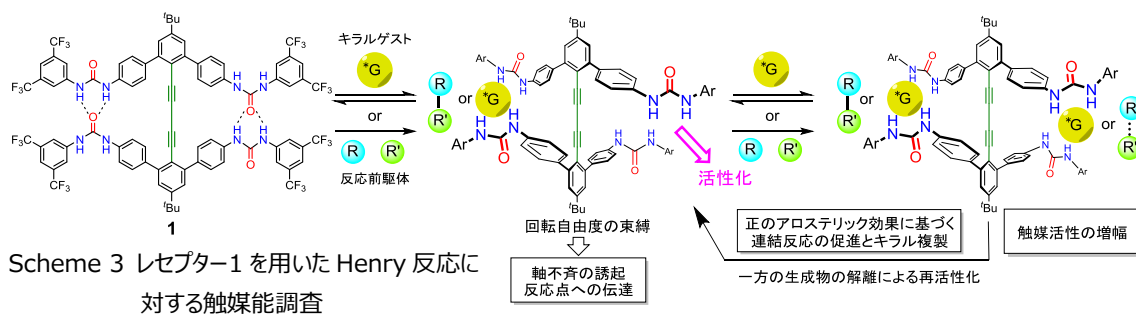


Scheme 2 プロペラ型分子 **3** の自己会合挙動

プロペラ末端に BocNH 基を有する **3a** は、ROESY および DOSY 測定の結果から CDCl₃ 中で自己会合体を形成する傾向があり、単量体間との平衡は NMR タイムスケールより遅く、2 種の化学種として観測されることが分かった(Scheme 2)。溶液中での NMR 希釈実験から、**3a** は CDCl₃ 中での会合定数が 10³ M⁻¹ となったが PivNH 基を有する **3b** は 5.3 × 10⁵ M⁻¹ となり、¹H NMR 条件下ではほぼ二量体として存在していることが分かった。さらに、単結晶 X 線構造解析により 2 分子間でアミド基とトリアゾール環間での 6 重の水素結合形成により 2 量体を形成しており、D₃ 対称性を有するキラル構造として存在していることが分かり、二量体形成に伴う超分子キラリティーが発現していることが明らかとなった。また、メチルピリジニウム塩のようなカチオンゲストとの会合能も示されたことから、今後、キラル反転の速度やキラル誘起能を調査するとともに、この二量体形成に基づくアロステリック会合挙動を調査していく予定である。

【研究 2】 軸不斉型アロステリック-ウレア触媒における触媒能の調査

本研究の最終目的である、鑄型複製に関し、研究 1-1 で構築した軸不斉誘起型ウレアレセプターの触媒反応性を評価すべく、2つのウレア基が協同的に働くことで反応の活性化が起こることが知られる Henry 反応を検討した(Scheme 3, Table 1)。



PhCHO と CH₃NO₂ との反応に対し、触媒の有無による 2 時間後、24 時間後の生成物 **4** の NMR 収率を比較すると、触媒添加時に収率が向上したことから、レセプター**1** の触媒作用が確かめられた(Entry 1~ 3)。さらに、さらに、生成物 **4** が複製のための鑄型として働かを確認するべく反応の初期段階で生成物 **5** を加えて反応させたところ、生成物 **4** を 20 mol% 加えた状態で反応を開始したところ、反応性がより向上したことから(Entry 4)、系内に存在する生成物 **4** による触媒の活性性能の増幅(鑄型効果)が示唆された (Entry 2 vs 4)。

今後、キラル生成物を添加した条件下での鑄型複製能の調査ならびにレセプターのスペーサー部位や会合部位が異なる誘導體、プロペラ型二量体など、本研究で構築した種々のレセプター分子を用いた触媒能の調査を引き続き行っていく。

Table 1

Entry	cat 1	additive (生成物 4)	NMR Yield	
			2 h	24 h
1	0	0	4%	12%
2	0.05 mol%	0	5%	35%
3	0.5 mol%	0	50%	>99%
4	0.05 mol%	20 mol%	7%	40%

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2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 Tateno Kotaro, Ogawa Rie, Sakamoto Ryota, Tsuchiya Mizuho, Kutsumura Noriki, Otani Takashi, Ono Kosuke, Kawai Hidetoshi, Saito Takao	4. 巻 83
2. 論文標題 Dibenzopyrrolo[1,2-a][1,8]naphthyridines: Synthesis and Structural Modification of Fluorescent L-Shaped Heteroarenes	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 The Journal of Organic Chemistry	6. 最初と最後の頁 690 ~ 702
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.joc.7b02674	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 Tateno Kotaro, Ono Kosuke, Kawai Hidetoshi	4. 巻 25
2. 論文標題 Fluorescent Short Stranded Helical Foldamers Based on L shaped Dibenzopyrrolo[1,2-a][1,8]naphthyridine	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Chemistry A European Journal	6. 最初と最後の頁 15765 ~ 15771
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/chem.201903538	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27件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 3件）

1. 発表者名 片岡貴行、小野公輔、河合英敏
2. 発表標題 環状アミジン部を有するヒドリンダセンレセプターの構築と環構造によるアロステリック会合能への影響調査
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 木村友貴、小野公輔、河合英敏
2. 発表標題 軸不斉誘起型アロステリックウレアレセプターによるキラルカルボン酸塩の分子認識
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 石井太郎、小野公輔、河合英敏
2. 発表標題 アミド置換トリス(m-ターフェニルトリアゾリル)プロペラ分子の6重水素結合に基づく自己会合キラル2量体の形成
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 石井太郎、小野公輔、河合英敏
2. 発表標題 分子プロペラの自己会合2量体における超分子キラリティーとその分子認識能
3. 学会等名 第30回基礎有機化学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuki Kimura, Kosuke Ono, Hidetoshi Kawai
2. 発表標題 Stereodynamic Allosteric Receptor for Chiral Carboxylates
3. 学会等名 18th International Symposium on Novel Aromatic Compounds (ISNA-18) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 木村友貴、小野公輔、河合英敏
2. 発表標題 鋳型複製を目指した軸不斉型アロステリック-ウレア触媒の構築
3. 学会等名 第77回有機合成化学協会関東支部シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 文洸守、保倉裕紀、小野公輔、河合英敏
2. 発表標題 アルデヒド含有アロステリックレセプターにおけるイミン形成能活性化
3. 学会等名 第77回有機合成化学協会関東支部シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 片岡貴行、小野公輔、河合英敏
2. 発表標題 ベンズイミダゾール含有ヒドリンダセンレセプターの合成とアロステリック会合能の調査
3. 学会等名 第77回有機合成化学協会関東支部シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 片岡貴行、小野公輔、河合英敏
2. 発表標題 環状アミジン部を有するヒドリンダセンレセプターの構築と環構造によるアロステリック会合能への影響調査
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 木村友貴、小野公輔、河合英敏
2. 発表標題 軸不斉誘起型アロステリックウレアレセプターによるキラルカルボン酸塩の分子認識
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 石井太郎、小野公輔、河合英敏
2. 発表標題 アミド置換トリス(m-ターフェニルトリアゾリル)プロペラ分子の6重水素結合に基づく自己会合キラル2量体の形成
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 石井太郎、小野公輔、河合英敏
2. 発表標題 分子プロペラの自己会合2量体における超分子キラリティーとその分子認識能
3. 学会等名 第30回基礎有機化学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuki Kimura, Kosuke Ono, Hidetoshi Kawai
2. 発表標題 Stereodynamic Allosteric Receptor for Chiral Carboxylates
3. 学会等名 18th International Symposium on Novel Aromatic Compounds (ISNA-18) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 木村友貴、小野公輔、河合英敏
2. 発表標題 鋳型複製を目指した軸不斉型アロステリック-ウレア触媒の構築
3. 学会等名 第77回有機合成化学協会関東支部シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 文洸守、保倉裕紀、小野公輔、河合英敏
2. 発表標題 アルデヒド含有アロステリックレセプターにおけるイミン形成能活性化
3. 学会等名 第77回有機合成化学協会関東支部シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 片岡貴行、小野公輔、河合英敏
2. 発表標題 ベンズイミダゾール含有ヒドリンダセンレセプターの合成とアロステリック会合能の調査
3. 学会等名 第77回有機合成化学協会関東支部シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藁科光樹・館野航太郎・小野公輔・河合英敏
2. 発表標題 L字形多環芳香族化合物ジベンゾピロロナフチリジンのhead-to-tail型連結による螺旋構造の構築
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 石井太郎・小野公輔・河合英敏
2. 発表標題 3枚のm-ターフェニル部位を有するプロペラ型分子が示す自己集合特性
3. 学会等名 第76回有機合成化学協会関東支部シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 木村友貴・小野公輔・河合英敏
2. 発表標題 鋳型複製を指向したホモトロピックなアロステリック有機触媒の開発
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 木村友貴・小野公輔・河合英敏
2. 発表標題 鋳型複製触媒への応用に向けた軸不斉誘起型アロステリック触媒の開発
3. 学会等名 第16回ホスト-ゲスト・超分子化学シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 藁科光樹・館野航太郎・小野公輔・河合英敏
2. 発表標題 高蛍光性L字形化合物ジベンゾピロロ[1,2-a][1,8]ナフチリジンへの非対称構造修飾及びその物性調査
3. 学会等名 第75回有機合成化学協会関東支部シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 保倉裕紀・小野公輔・河合英敏
2. 発表標題 キラルペプチド側鎖を有するヒドリンダセンレセプターの合成とそのゲスト認識能
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 館野航太郎・小野公輔・河合英敏
2. 発表標題 高蛍光性L字形ヘテロアレーンを用いた螺旋フォルダマーの架橋化と光学特性
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 Kotaro Tateno, Takashi Otani, Kosuke Ono, Takao Saito, Hidetoshi Kawai
2. 発表標題 Synthesis and Properties of Novel Helical Motif Based on L-shaped Dibenzopyrrolo[1,2-a][1,8]naphthyridine
3. 学会等名 17th International Symposium on Novel Aromatic Compounds (ISNA17) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 館野航太郎・大谷卓・小野公輔・齊藤隆夫・河合英敏
2. 発表標題 蛍光性L字形化合物ジベンゾピロロナフチリジンを利用した螺旋構造の構築とその挙動調査
3. 学会等名 第74回有機合成化学協会関東支部シンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 河合英敏
2. 発表標題 超分子コポリマー形成におけるアロステリック会合能の効果
3. 学会等名 第66回高分子討論会 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 木村友貴・小野公輔・河合英敏
2. 発表標題 鋳型複製触媒の開発に向けた軸不斉誘起型アロステリックレセプターの開発
3. 学会等名 第28回基礎有機化学討論会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 日本化学会	4. 発行年 2019年
2. 出版社 化学同人	5. 総ページ数 212
3. 書名 超分子ポリマー (Chap 4-1担当)	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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
---------------------------	-----------------------	----