

令和元年6月25日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(S)

研究期間：2014～2018

課題番号：26221301

研究課題名(和文)多官能基性化合物の位置選択的分子変換

研究課題名(英文) Regioselective Molecular Transformation of Multifunctionalized Molecules

研究代表者

川端 猛夫 (Takeo, Kawabata)

京都大学・化学研究所・教授

研究者番号：50214680

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 96,600,000円

研究成果の概要(和文)：無保護グルコースを用いる立体選択的グリコシル化法、及び多くの遊離水酸基を持つ糖類への位置選択的なアシル基導入法を確立した。これにより配糖体天然物の超短段階全合成を可能とした。触媒による基質構造の精密分子認識を遠隔位不斉誘導へと展開し、長鎖ジオール、ジアミン、ビスフェノール類の不斉非対称化法を開発した。さらに、未だ前例の無いトポロジカルキラリティーを持つラセミ体ロタキサンの高選択的な速度論的分割法へと適用した。ジエン類の位置選択的な不斉炭素-炭素結合形成、ジエン類の位置選択的な不斉エポキシ化、芳香族化合物の位置選択的なC(sp²)-Hアミノ化、遠隔位不斉C(sp²)-Hアミノ化反応を見出した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

生物活性を持つ天然有機化合物の合成は、化合物の供給やよりよい誘導体開発の観点から必須である。しかし、これらの天然有機化合物のほとんどは多官能基性化合物で、その合成には保護基の脱着のため多段階を要することが多い。本研究ではグルコースに多数存在する水酸基を一切保護することなく、触媒分子の高度な分子認識能を利用して、無保護のまま位置選択的に必要な置換基を必要な位置に導入することで、従来法に比べて、圧倒的に短い工程で天然有機化合物の合成を達成している。本法は重要な物質生産に新たな道を開くと同時に、天然に最も大量に普遍的に存在する有機化合物であるグルコースの有効利用に革新的な方向性を示すものである。

研究成果の概要(英文)：Methods for stereoselective glycosylation using unprotected glucose and site-selective introduction of acyl groups onto a particular hydroxy group of carbohydrates have been developed. These new methods enabled extremely short total synthesis of natural glycosides. Methods for remote asymmetric induction including asymmetric desymmetrization of -symmetric 1,7-diols, 1,7-diamines, and bis-phenols have also been developed. The concept for the remote asymmetric induction has successfully been applied to a highly efficient synthesis of optically pure topologically chiral rotaxanes by kinetic resolution of the racemates. Site-selective asymmetric C-C bond formation and site-selective asymmetric epoxidation of diene compounds have been developed. Site-selective C(sp²)-H amination of arenes and remote asymmetric C(sp²)-H amination has been also developed.

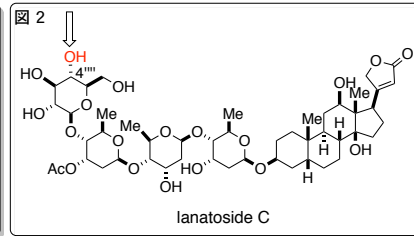
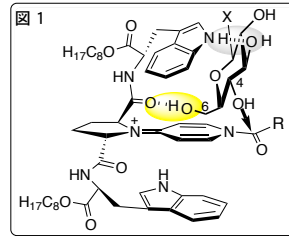
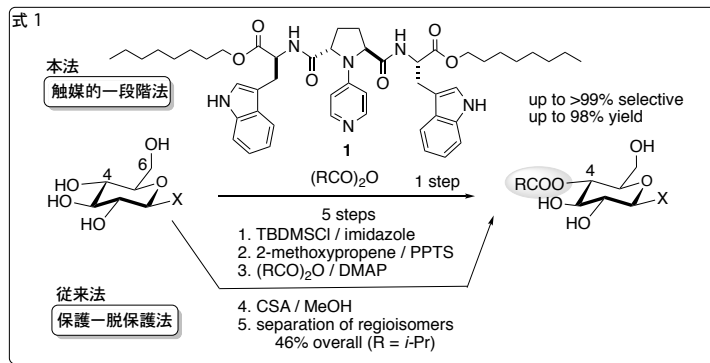
研究分野：有機合成化学

キーワード：糖 分子認識 位置選択性 天然物全合成 超分子 遠隔位不斉誘導 不斉合成 ヘブチド

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

有機合成化学は官能基変換法として、また不斉合成法として成熟した研究分野に発展してきた。一方で、多官能基性化合物の位置選択的変換は現代有機化学の未解決課題である。例えば、多糖類の合成がペプチド合成に比べて格段に困難なのは、糖類が複数の水酸基を持つため、それらを区別して結合形成を行う複雑さに起因している。この問題点はこれまで複数の水酸基の保護-脱保護による多段階合成法により克服されてきた。一方、我々はこのような多段階の保護-脱保護操作によらない一段階の触媒的位置選択的官能基化に取り組み、式1に示す位置選択的アシル化法を見いだしていた。¹⁾ 本触媒的アシル化は反応性の高い6位第1級水酸基ではなく、最も反応性の低い4位第2級水酸基上で進行する。即ち、**基質本来の反応性からは独立した触媒制御による位置選択制御**が達成されている。同分子変換を基質の反応性に準拠した保護-脱保護法を用いて行うと5段階を要することから(式1、従来法)、この触媒1による位置選択的分子変換法の意義は自明である。この位置選択性の発現は図1に示す作業仮説により理解できる。即ち、最も反応性の高い6位第1級水酸基とまず触媒が相互作用を起こすことで、4位水酸基が反応点に接近し、本来反応性の低い水酸基上での選択的反応が可能になる。また、この触媒1による分子認識は厳密で、例えば図2に示す lanatoside C のような分子中に存在する他の多くの官能基存在下においても阻害されず、末端グルコース構造を精密に見分けてその4位(4'''位)での高選択的アシル化を起こす。²⁾ 触媒1による糖類の位置選択的アシル化は他に類例を見ない特徴的なものであるが、わずか5年前の研究開始当初ではこのような分子認識型触媒を用いる位置選択的変換は黎明期で、極めて限定された反応に留まっていた。このような状況に鑑み、位置選択的分子変換の研究分野を格段に開拓し、さらに、触媒1やその類縁体による動的分子認識を遠隔位不斉認識へと展開し、不斉合成分野での未解決課題である遠隔位不斉誘導と超分子の不斉合成へと展開すべく、以下の目的を設定し、本研究を推進した。



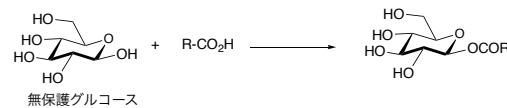
2. 研究の目的

多官能基性化合物の位置選択的分子変換法の開発、位置選択的手法に基づく糖体天然物の短段階全合成、新たな分子認識型触媒の開発と位置選択的 C-C 結合形成反応や位置選択的エポキシ化反応の開発、また、分子認識型触媒による距離認識能に基づく遠隔位不斉誘導、さらに超分子の不斉合成法の開発を目的とした。本研究では**官能基変換の化学を中心軸として発展してきた合成化学を、分子の全体構造を見据えた“真の意味での分子変換の化学”へと進化させ、合成法の革新を目指すとともに、動的分子認識の観点から有機化学の深化を目的とした。**

3. 研究の方法

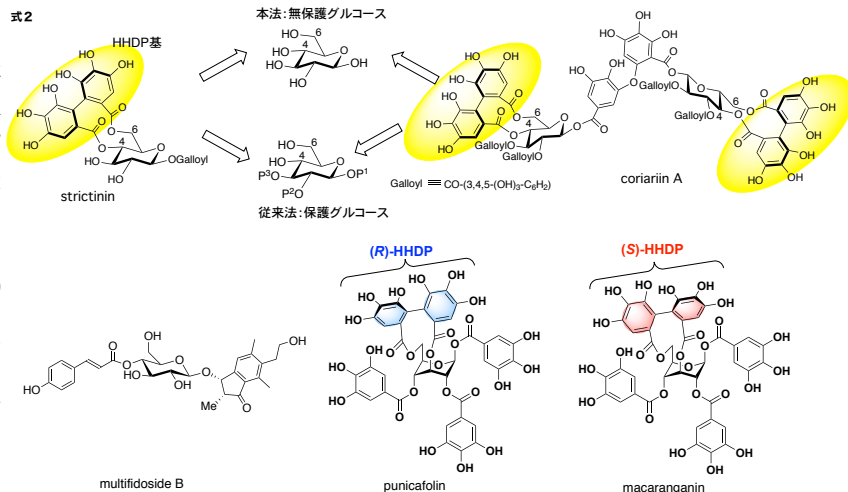
当初の研究テーマに加えて、得られた成果を踏まえて研究テーマを追加し、また問題点からの修正を加味しながら、本研究のさらなる展開を目指して、下記テーマを推進した。

(1) 無保護グルコースを用いる位置及び立体選択的グリコシル化法の開発



(2) 配糖体天然物 strictinin, pterocararin C、coriariin A、punicafolin、macraranganin、multifidoside B の位置選択的短段階全合成

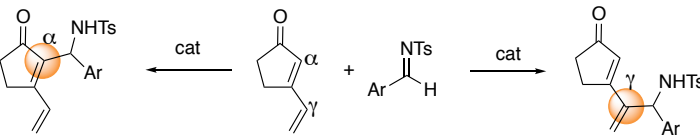
上記(1)のグリコシル化法と式1で示した触媒的位置選択的アシル化を駆使して、配糖体天然物の短段階全合成を行う。Ellagitannin類はグルコース4,6位に2つのガロイル基が酸化カップリングしたヘキサヒドロジェノイル(HHDP)基を持つ配糖体天然物で、1910年代から知られている化合物群であるが、近年その抗腫瘍活性や抗ウイルス作用により、再注目され合成法が盛んに検討されている。これらの天然物はこれまでは4,6位以外を保護した



グルコース誘導体をグルコースから6~7工程を経て合成し、その4, 6位ジガロイル化により合成されている(式2、従来法)。本研究では(1)の無保護グルコースへの位置及び立体選択的グリコシル化、及び式1に示す触媒的位置選択的アシル化を駆使し、strictinin や巨大配糖体天然物 coriariin A の無保護グルコースからの短段階全合成を行う。また all axial の置換基上に(R)-体および(S)-体の HHDP 基を持ち、特異な構造的特徴を有する puicafolin および macranaganin の短段階全合成を行い、ellagitannin 類一般的合成法として確立する。さらに類縁配糖体天然物である multifidoside B の最終段階位置選択的アシル化を鍵とする全合成を行う。

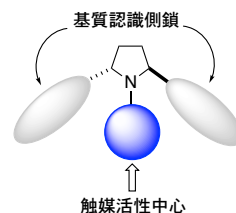
(3) 位置選択的 C-C 結合法の開発: 位置選択的 vinylogous *aza*-Morita-Baylis Hillman (*aza*-MBH)反応の開発及びその不斉反応の開発

aza-MBH 反応は、 α,β 不飽和カルボニル化合物が α 位でイミンと炭素炭素結合を形成し、アリルアミンを与える有用な炭素骨格形成反応で、生成物はカルボニル基、オレフィン、保護アミノ基を持つ多官能基性化合物である。さらに多官能基性化合物の合成を意図して vinylogous *aza*-MBH 反応が開発されているが、 α 位付加体が得られる例のみが報告されており、 γ -付加体の選択的生成は知られていなかった。本研究では、触媒制御により α 位及び γ -付加体のつくり分け、及びその不斉触媒化を検討した。



(4) ジェン類の位置選択的不斉酸化

触媒1を用いる式1のアシル化では、反応の位置選択性が触媒により制御されている。即ち、この触媒には位置選択性発現の情報が置換ピロリジン部位にプログラムされていると見做すことができる。本研究ではこれらの触媒の基質認識能に加えて、標的とする結合形成を起こす活性中心と組み合わせた分子認識型触媒の創製を行う。本研究では活性中心をカルボン酸とした酸化触媒を開発し、ジェン類の位置選択的酸化への適用を検討した。



(5) Rh触媒を用いる位置選択的C-H活性化

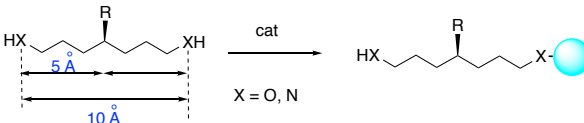
Rh触媒を用いて位置選択的なC(sp²-H)アミノ化を検討した。

(6) ペプチドの位置選択的開裂、及び位置選択的フッ素化

当初、セリン含有ペプチドの開裂反応を計画していたが、再現性に乏しいことから検討を中断した。一方、多官能基化合物としてペプチドは重要な対象であるため、その位置選択的不斉 α -フッ素化へとテーマを変更して、さらに検討した。

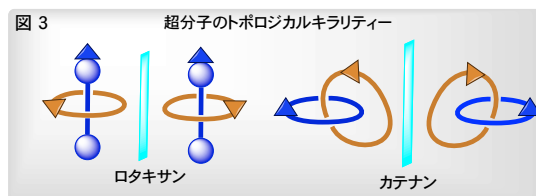
(7) σ -対称-1,7-ジオール及び1,7-ジアミンの不斉非対称化

これまでに我々は、水酸基間の距離が10 Å離れた長鎖 σ -対称ジオールのアシル化による遠隔位不斉非対称化に成功しているが、³⁾同手法を、長鎖ジオールの不斉シリル化や長鎖ジアミンの不斉アミド化による遠隔位不斉非対称化に展開した。



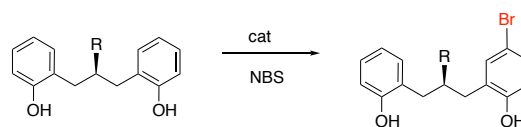
(8) トポロジカルキラリティーを持つ超分子の不斉合成

ロタキサンやカテナンは構成成分がアキラルでもそれらが非対称な場合には、超分子形成によりトポジカルキラリティーが発生する(図3)。このような超分子特有のキラリティーの不斉構築法を開拓する。



(9) 不斉臭素化に基づくビスフェノール類の不斉非対称化

フェノールの不斉臭素化による非対称化は近年注目されているが、プロキラル炭素やプロキラル軸に直結したビスフェノール類に限られている。^{4, 5)}本研究ではプロキラルな炭素から1炭素を隔てたビスフェノール類の臭素化による不斉非対称化を検討した。



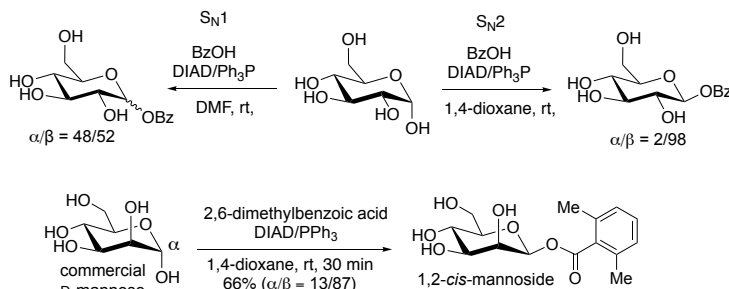
(10) 遠隔位不斉誘導の新展開

上記(5)の成果を踏まえて、キラルなRh 2核触媒を用いた遠隔位不斉C(sp²-H)アミノ化を検討した。

4. 研究成果

(1) 無保護グルコースを用いる位置及び立体選択的グリコシル化法の開発

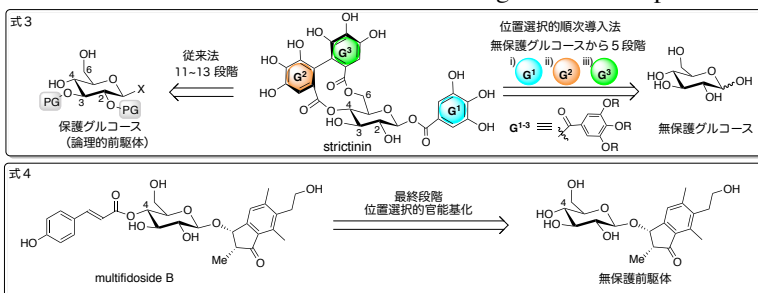
無保護グルコースを用いるカルボン酸類のグリコシル化が光延反応条件下に高立体選択的に進行することを見出した。⁶⁾この反応は溶媒に dioxan を用いることが鍵で、溶媒を従来法の DMF とすると混合物を与える。また、¹³C の速度論的同位体効果を測定し、dioxane 中では S_N2 反応により、また、DMF 中では S_N1 反応により本反応が進行することを明らかにした。また、この S_N2 型グリコシル化の特性を利用し、市販の D-マンノースより一工程で、通常得るのが困難とされる 1,2-*cis*-マンノシドを高選択的に得た。⁷⁾



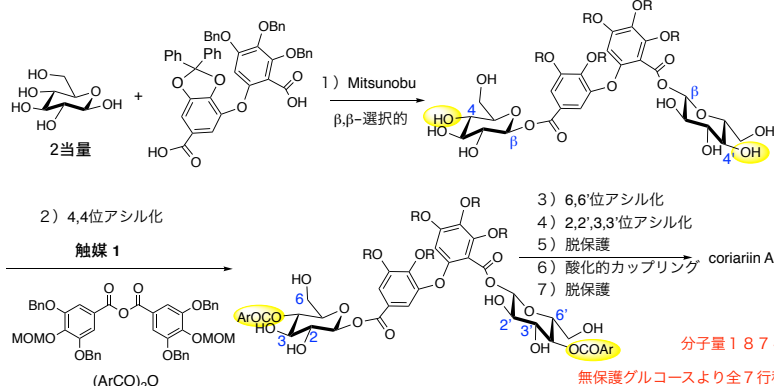
(2) 配糖体天然物 strictinin, pterocararinin C, coriariin A, punicafolin, macranaganin,

multifidoside B の位置選択的短段階全合成

無保護グルコースへの直接的な保護ガロイル基 G¹~G³ の順次位置選択的導入法により、strictinin を無保護グルコースより、5工程、総収率21%で得た(式3)。⁶⁾ 本合成ではグルコースへの保護基を一切使用していないため、既知法(11~13工程)に比べて圧倒的に合成工程が短縮されている。また、同法を利用して、類似天然物 tellimagarandin II や pterocararin C の短段階全合成を達成した。⁸⁾ 興味深いことに、我々の tellimagarandin II の合成ルートはその生合成経路と極めて類似性が高いことがわかった。さらに、合成ルートの最終段階で位置選択的にクマロイル基導入の鍵反応を行う配糖体天然物 multifidoside B の全合成を行った(式4)。通常、全合成の最終段階は脱保護操作で、鍵反応を行うことは稀である。最終段階で期待どおりの反応が進行しなければ、それまでの努力が水泡に帰すからである。実際には、2つの第1級水酸基を含む5つの遊離水酸基を持つ無保護前駆体へのクマロイル基の導入は、触媒1(式1)による制御により位置選択的に進行し、最終段階位置選択的官能基化による multifidoside B の全合成を達成した。⁹⁾ 以上の方法では下記の2点において、独創性がある。(1) 無保護糖を全合成に用いることができる。(2) 触媒制御により基質本来の反応性とは独立した、より自在な位置選択性が発現する。(3) 天然物や誘導体の late-stage functionalization に有効である。

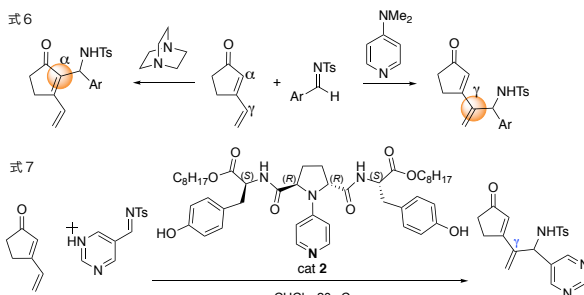


次に、分子量1874にも及ぶ巨大配糖体天然物 coriariin A の全合成を、無保護グルコースとジカルボン酸との高β, β-選択的なダブルグリコシル化と触媒制御による位置選択的なガロイル基の導入を経て、グルコースからわずか全7工程で達成した(式5)。¹⁰⁾ これは保護グルコースを用いる既知法(16工程: K. Feldmanら、*JACS*, 2000, 122, 7396)に比べて圧倒的に合成工程が短縮されている。さらに同様の方法により、all axial の特異な構造的特徴を有する配糖体天然物 puicafarin および macranaganin (式2) の全合成もグルコースから全7工程で達成した。¹¹⁾



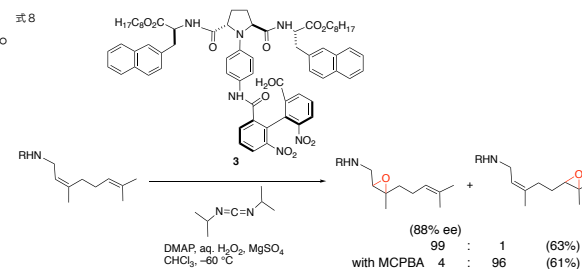
(3) 位置選択的 C-C 結合法の開発: 位置選択的 vinylogous *aza*-Morita-Baylis Hillman (*aza*-MBH) 反応の開発、及びその不斉反応の開発

vinylogous *aza*-MBH 反応において、触媒制御により α¹及びγ¹-付加体のつくり分けが可能なのを見いだした。即ち DABCO 存在下には、通常見られる α¹付加体が 100% の位置選択性で得られるのに対し、DMAP 存在下には γ¹-付加体が 86-96% の位置選択性で得られる(式6)。これは、vinylogous *aza*-MBH 反応において γ¹-付加体を選択的に与える最初の例である。¹²⁾ また、本反応の不斉触媒化に向けて触媒を徹底検討し、触媒2が、低収率ながら目的とする γ¹-付加体を 96% ee で与えることを見出した(式7)。¹³⁾



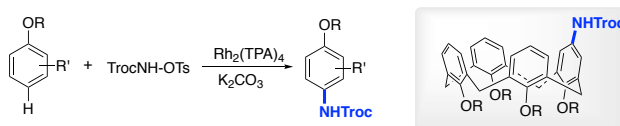
(4) ジエン類の位置選択的不斉酸化

ジエン類の位置選択的不斉エポキシ化に有効な触媒3を、乙卯研究所、信田智哉博士との共同研究のもとに開発した。MCPBA はオレフィンの電子密度を反映した位置選択性でエポキシ化を起すが、触媒3では逆の位置選択性を観察した(式8)。¹⁴⁾



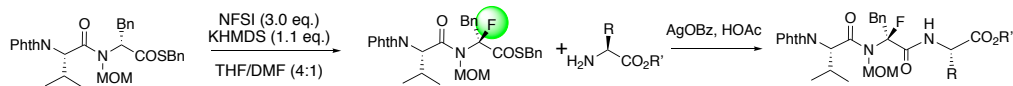
(5) Rh 触媒を用いる位置選択的 C-H 活性化

位置選択的 C-H 活性化法の開発を目指し、Rh 2 核錯体を用いるアルコキシベンゼン類のパラ位選択的 C(sp²)-H アミノ化反応を見いだした。本法はカリックスアレン類の直接的な位置選択的 C(sp²)-H アミノ化にも適用可能であった。¹⁵⁾



(6) ペプチドの位置選択的開裂、及び位置選択的フッ素化

当初、計画していたペプチドの断裂反応は再現性に乏しいことから、検討を中断し、ペプチドの位置選択的不斉 α -フッ素化へとテーマを変更した。その結果、ジペプチドの高位置選択的不斉 α -フッ素化を見出し、さらにそのペプチド伸長法も見

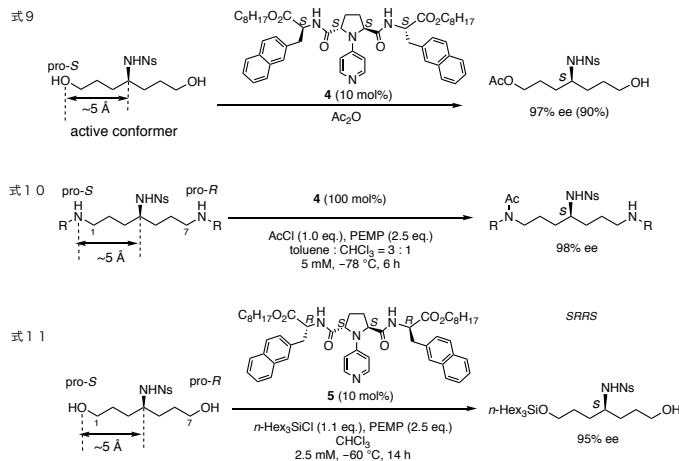


single regio- and diastereomer

出した。原理的にはペプチドの任意の位置へのフッ素が可能となった。¹⁶⁾

(7) σ -対称-1,7-ジオール及び1,7-ジアミンの不斉非対称化

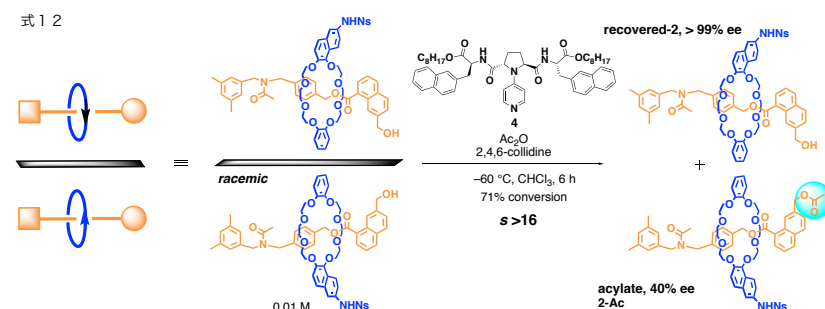
長鎖 σ -対象ジオールのアシル化による遠隔位不斉非対称に触媒4が有効に作用する(式9)。³⁾同手法をさらに困難とされる長鎖ジアミン誘導体のアシル化による遠隔位不斉非対称に適用した。触媒量(10 mol%)の使用では、非触媒経路の経路を制御することができなかつた。そこで、化学量論量の触媒4を用いることで、長鎖ジアミン誘導体の高選択的な遠隔位不斉非対称を達成した(式10)。¹⁷⁾また、 σ -対称-1,7-ジオールの不斉シリル化には、触媒4のジアステレオマー触媒5が有効であった(式11)。¹⁷⁾これらは何れの反応も前例のない高選択的な遠隔位不斉誘導である。



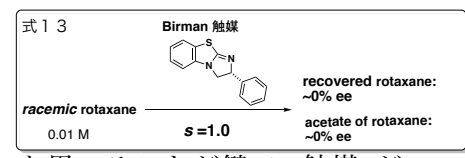
(8) ポロジカルキラリティーを持つ超分子の不斉合成

超分子キラリティーはそれ自体が可動性と多様性を有しており、その不斉識別は不斉合成法の進歩した現代でも未解決課題のひとつである。実際にトポジカルキラリ

ティーを持つロタキサンのエナンチオマーの直接的な不斉合成は、高田らによる先駆的な試みが報告されているが4.4 %eeに留まっている (T. Takata, *et al.*, *Chem. Lett.*, **2007**, *36*, 162-163.)。このような状況下、ラセミ体ロタキサンの高選択的な

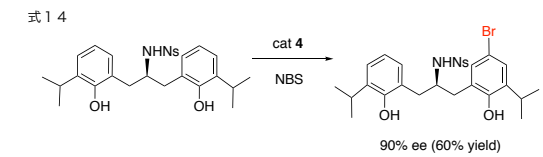


速度論的分割に成功した。¹⁸⁾ラセミ体ロタキサンに対し、触媒4を1.5当量用いた時に最良の結果を得、選択性 s 値 > 16 で速度論的分割が進行し、光学的にほぼ純粋なロタキサンを29%収率で得た(式12)。巨大分子の末端に位置する水酸基のアシル化で、このような高度な不斉識別が実際に観察されたことは驚きである。本反応では触媒4を用いることが鍵で、触媒4がNHNs (Ns=SO₂-2-NO₂-C₆H₄-)基と水酸基間との距離や遠隔位キラリティーを識別できる特異な機能性を持つことに基づいている。^{19, 20)}一方、ラセミ体アルコールの分割に最良の触媒として知られているBirman触媒 (V. B. Birman, *et al.*, *Org. Lett.*, **2006**, *8*, 1351)を同条件下に用いると不斉識別は全く観察されなかつた(式13)。



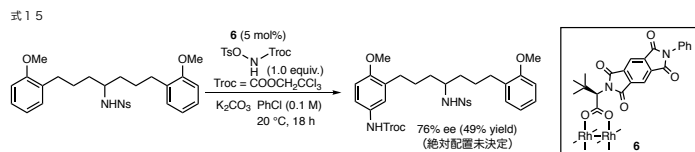
(9) 不斉臭素化に基づくビスフェノール類の不斉非対称化

プロキラルな炭素から1炭素を隔てたビスフェノール類の臭素化による不斉非対称化を達成した(式14)。本不斉臭素化の触媒を徹底検討し、活性中心としてチオウレア構造を持つものや、アニリン構造を持つ触媒を検討したが、ピリジン構造を持つ触媒4が最適であった。本臭素化でも、NHNs基のNH基と触媒のアミドカルボニルとの水素結合が鍵を握ると考えられる。²¹⁾



(10) 遠隔位不斉誘導の新展開

不斉C-H活性化の新展開を目指し、新規キラルRh2核錯体6を創生した。不斉収率は未だ充分ではないものの、前代未聞の遠隔位不斉C-Hアミノ化反応を見出した。²²⁾



<引用文献>

- 1) T. Kawabata, *et al.*, *J. Am. Chem. Soc.* **2007**, *129*, 12890. 2) Y. Ueda, T. Kawabata, *et al.*, *J. Org. Chem.* **2012**, *77*, 7850. 3) 川端ら、シンポジウムモレキュラーキラリティー2015、講演要旨集、p. 49. 4) S. J. Miller, *et al.*, *Science*, **2010**, *328*, 1251. 5) T. Akiyama, *et al.*, *J. Am. Chem. Soc.* **2013**, *135*, 3964. 6) H. Takeuchi, T. Kawabata, *et al.*, *Angew. Chem. Int. Ed.* **2015**, *54*, 6177. 7) 上田、川端ら、第58回天然有

機化合物討論会 (2016) 講演要旨集 p31. 8) H, Takeuchi, T. Kawabata, *Chem. Pharm. Bull.* **2017**, *65*, 25. 9) Y. Ueda, T. Kawabata, *et. al.*, *Angew. Chem. Int. Ed.* **2015**, *54*, 11966. 10) 芝山、川端ら、第60回天然有機化合物討論会 (2018)、講演要旨集 p. 13. 11) 芝山、川端ら、第61回天然有機化合物討論会 (2019) で発表予定. 12) R. Hyakutake, T. Kawabata, *et. al.*, *Tetrahedron Lett.* **2016**, *57*, 1321. 13) 榎藤、川端ら、第68回日本薬学会近畿支部総会・大会 (2018) 講演要旨集 p. 87. 14) T. Nobuta T. Kawabata *Chem. Commun.* **2017**, *53*, 9320. 15) K. Arai, T. Kawabata, *et. al.*, *Chem. Commun.* **2018**, *54*, 2264. 16) T. Kawabata, 19th European Symposium on Fluorine Chemistry (Warsaw, August 25-31, 2019) で発表予定. 17) 橋本、川端ら、シンポジウムモレキュラーキラリティー2018, 講演要旨集, p. 50. 18) T. Kawabata, *Molecular Chirality Asia 2018*, Abstract p 49. 1. 19) M. Yamanaka, T. Kawabata, *et. al.*, *J. Org. Chem.* **2015**, *80*, 3075. 20) A. Imayoshi, M. Yamanaka, T. Kawabata, *et. al.*, *Adv. Synth. Catal.* **2016**, *358*, 1337. 21) H. Ghosh, 川端ら、日本薬学会第138年会 (2017) 講演番号 26F-am02S. 22) 森崎、川端ら、第17回次世代を担う有機化学シンポジウム (2019) で発表予定.

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計5件、他28件)

- ① Intermolecular Chemo- and Regioselective Aromatic C-H Amination of Alkoxyarenes Promoted by Rhodium Nitrenoids.
Arai, K.; Ueda, Y.; Morisaki, K.; Furuta, T.; Sasamori, T.; Tokitoh, N.; Kawabata, T.
Chem. Commun. **2018**, *54*, 2264-2267. DOI:10.1039/c7cc09952e (査読有)
 - ② Catalyst-Controlled Site-Selective Asymmetric Epoxidation of Nerylamine and Geranylamine Derivatives.
Nobuta T.; Kawabata T.
Chem. Commun. **2017**, *53*, 9320-9323. DOI:10.1039/C7CC04809B. Themed Collections : Site-Selective Molecular Transformation (査読有)
 - ③ Carboxylate Anions Accelerate Pyrrolidinopyridine (PPy)-Catalyzed Acylation: Catalytic Site-Selective Acylation of a Carbohydrate in Situ Counteranion Exchange.
Yanagi, M.; Imayoshi, A.; Ueda, Y.; Furuta, T.; Kawabata, T.
Org. Lett. **2017**, *19*, 3099-3102. DOI: 10.1021/acs.orglett.7b01213 (査読有)
 - ④ Final-Stage Site-Selective Acylation for the Total Syntheses of Multifidosides A-C.
Ueda, Y.; Furuta, T.; Kawabata, T.
Angew. Chem. Int. Ed. **2015**, *54*, 11966-11970. DOI: 10.1002/anie.201504729
Highlighted in SYNFACTS 2015, *11*, 1131. (査読有)
 - ⑤ Total Synthesis of Ellagitannins through Regioselective Sequential Functionalization of Unprotected Glucose.
Takeuchi, H.; Mishiro, K.; Ueda, Y.; Fujimori, Y.; Furuta, T.; Kawabata, T.
Angew. Chem. Int. Ed., **2015**, *54*, 6177-6180. DOI: 10.1002/anie.201500700 (査読有)
Highlited in Farumashia, **2015**, *6*, 521 and in *Chemistry*, **2015**, *10*, 61-62.
- [学会発表] (10件 (招待講演)、他招待講演11件、一般講演177件)
- ① 川端猛夫, 動的分子認識に立脚した遠隔位不斉誘導および位置選択的分子変換, 2018 理研シンポジウム: 第13回有機合成化学のフロンティア, 2018
 - ② Takeo Kawabata, Kinetic Resolution of Supramolecules via Remote Asymmetric Introduction, *Molecular Chirality Asia 2018*, 2018
 - ③ 川端猛夫, 動的分子認識に立脚した立体障害に依らない反応制御-位置選択的分子変換及び遠隔位不斉誘導-, 日本プロセス化学会東海地区フォーラム, 2018
 - ④ 川端猛夫, 触媒的位置選択的官能基化に基づく配糖体天然物の全合成, 立命館大学創薬科学研究センターシンポジウム 2018, 2018
 - ⑤ Takeo Kawabata, New Aspects in Memory of Chirality: Asymmetric α -Fluorination of α -Amino Acid Derivatives via Racemization-Resistant Chiral Enolates, The 7th Sino-Japanese Symposium on Organic Chemistry for Young Scientists, 2017
 - ⑥ Takeo Kawabata, Racemization-Resistant C-N Axially Chiral Enolates: Application to Asymmetric α -Fluorination of α -Amino Acid Derivatives, *Chirality 2017 (ISCD29)*, 2017
 - ⑦ 川端猛夫, 位置選択的官能基化を基盤とする天然物合成, 第52回天然物談話会, 2017
 - ⑧ 川端猛夫, 位置選択的分子変換に基づく天然物合成, 創薬懇話会 2017, 2017
 - ⑨ 川端猛夫, 不斉及び位置選択的分子変換の新機軸, 日本薬学会第137年会, 2016
 - ⑩ Takeo Kawabata, Racemization-Resistant C-N Axially Chiral Enolates :Application to Asymmetric α -Fluorination of α -Amino Acid Derivatives, 11th International Symposium on Carbanion Chemistry, 2016.
- [図書] (計3件)
- ① 上田善弘, 川端猛夫, シーエムシー出版, 基質認識型触媒による位置選択的分子変換 - 有機分子触媒の開発と工業利用 -, **2018**, 115-125.
 - ② 上田善弘, 川端猛夫, シーエムシー出版, 中分子創薬に資するペプチド・核酸・糖鎖の合成技術 -触媒的位置選択的アシル化-, **2018**, 248-258.
 - ③ 川端猛夫, シーエムシー出版, 月間フラインケミカル -アシル化触媒-, **2014**, 43(6), 14-23.

[その他]
ホームページ : <http://www.fos.kuicr.kyoto-u.ac.jp/index.html>

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19 (共通)

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名：上田 善弘
ローマ字氏名：UEDA, Yoshihiro
所属研究機関名：京都大学
部局名：化学研究所
職名：助教
研究者番号 (8桁)：90751959

研究分担者氏名：森崎 一宏
ローマ字氏名：MORISAKI, Kazuhiro
所属研究機関名：京都大学
部局名：化学研究所
職名：助教
研究者番号 (8桁)：80822965

研究分担者氏名：古田 巧
ローマ字氏名：FURUTA, Takumi
所属研究機関名：京都薬科大学
部局名：創薬科学系
職名：教授
研究者番号 (8桁)：30336656

研究分担者氏名：吉村 智之
ローマ字氏名：YOSHIMURA, Tomoyuki
所属研究機関名：金沢大学
部局名：薬学部
職名：准教授
研究者番号 (8桁)：20432320

研究分担者氏名：吉田 圭佑
ローマ字氏名：YOSHIDA, Keisuke
所属研究機関名：名城大学
部局名：薬学部
職名：助教
研究者番号 (8桁)：20709779

※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。