

令和 5 年 6 月 20 日現在

機関番号：32723

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2022

課題番号：19K06966

研究課題名(和文) 共役エンインの触媒的不斉1,4-付加反応を用いた光学活性アレン合成法の開発

研究課題名(英文) Asymmetric Hydroalkylation of Conjugate Enynes with Pronucleophiles Leading to Optically Active Allenes

研究代表者

塚本 裕一 (Tsukamoto, Hirokazu)

横浜薬科大学・薬学部・教授

研究者番号：70323037

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：特異な反応性をもつ有用な合成中間体であるアレンの触媒的不斉合成法として、0価パラジウム触媒を用いた共役エンインに対するプロ求核剤(H-Nu)の1,4-付加反応を開発した。これまでに、ビニル基で置換された内部アルキンおよびエチニル基で置換された内部アルケンを、軸不斉または隣接した中心不斉をもつ光学活性アレンへと変換することに成功している。ビニル基末端の水素の一つを重水素標識した内部アルキンのヒドロアルキル化反応により、前者の基質についてはシン付加が進行し、反応中間体がアンチ選択的なヒドロパラデーションにより生じていることが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で開発したアレンの不斉合成法は、一切の副生成物を生じず、原子効率に優れている点で学術的な意義をもつ。関連する反応として、パラジウム触媒を用いた共役エンインのヒドロホウ素化およびヒドロシリル化による軸不斉アレンの合成法が報告されているが、ヒドロパラデーションの位置選択性が本研究のものとは異なる。創薬研究において、不斉点を持ち、立体配座の自由度を制限した複素環化合物は有用なビルディングブロックであるものの、その入手は必ずしも容易ではない。本研究により得られた多様な官能基を含む光学活性アレン類は、各種環化反応を用いることで、所望の複素環化合物へと容易に変換することができる。

研究成果の概要(英文)：We have developed a palladium(0)-catalyzed 1,4-addition reaction of pronucleophiles (H-Nu) to conjugated enynes leading to optically active allenenes, which are useful synthetic intermediates with unique reactivity. We have successfully converted vinyl-substituted internal alkynes and ethynyl-substituted internal alkenes into optically active allenenes with axial and adjacent central chirality, respectively. The syn-hydroalkylation product obtained from an internal alkyne with a deuterium-labelled vinyl substituent demonstrates that the former substrate undergoes anti-selective hydropalladation to give an exo-alkylidene-allylpalladium intermediate.

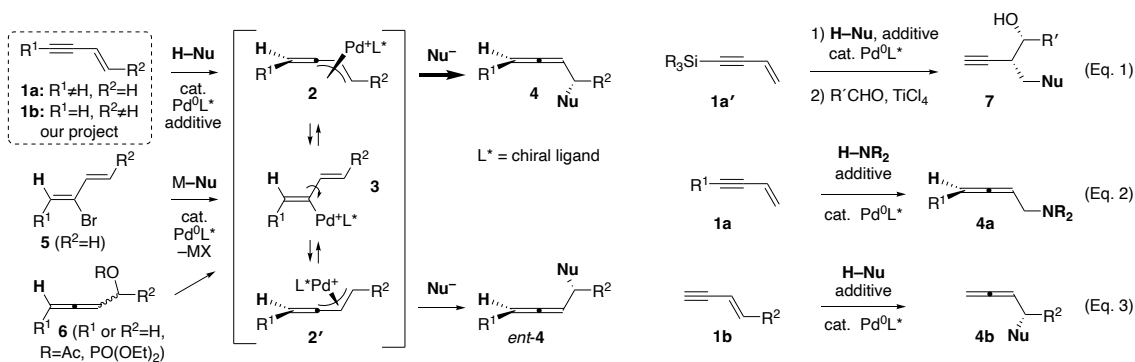
研究分野：有機合成化学

キーワード：アレン 軸不斉 中心不斉 共役エンイン プロ求核剤 ヒドロアルキル化 パラジウム触媒

## 1. 研究開始当初の背景

キラル構造をもつ医薬品は、合成医薬品の約半数を占めており、さらにその半分が光学活性体として上市されている。最近の創薬研究においては、平面性の高い分子から、 $sp^3$  混成炭素や不斉点をもつ3次元方向への構造多様性に富んだ化合物群へのシフトが重要視されるようになってきたこともあり、医薬品における光学活性体の占める割合は年々高まっている。したがって、これら化合物群の効率的供給を可能にする、触媒的不斉合成反応の拡充が必要である。また、昨今では環境調和性に優れた、廃棄物を生じない、原子効率の高い反応の需要が高まっている。

ところで、累積二重結合を有するアレンは、特異な反応性を持つ有用な合成中間体であり、医薬品などの生物活性物質にも含まれる構造単位である。申請者はこれまで、分子内に求電子性官能基を含むアレンの新規付加・環化反応の開発を中心に、アレンの各種変換反応の開発を行ってきた (*J. Am. Chem. Soc.* **2008**, *130*, 388; *Angew. Chem. Int. Ed.* **2008**, *47*, 4851; *Org. Lett.* **2008**, *10*, 1047; *Org. Lett.* **2008**, *10*, 2633)。この際用いる、軸不斉や隣接する中心不斉を有する光学活性アレン基質は、ほとんどの場合、光学活性プロパルギルアルコール誘導体から調製することになる。しかし、光学活性な出発原料の調製においては光学分割や不斉反応を必要とすること、アレンを合成中間体として利用する際には、その軸不斉を再び生成物の中心不斉へと転写する機会が少なくないことから、光学活性原料の利用は理想的でない。このような問題を解決する方法の一つとして、アキラルまたはラセミ体を出発原料を用いた炭素および窒素求核剤の触媒的不斉アルキル化反応が報告されている。エキソアルキリデン- $\pi$ -アリルパラジウム中間体 **2** を経る本反応の出発物質としては、3-ブロモ-1,3-アルカジエン **5** (*J. Am. Chem. Soc.* **2001**, *123*, 2089) または 2,3-アルカジエニルアルコール誘導体 **6** (*Chem. Lett.* **2002**, 140; *Org. Lett.* **2005**, *7*, 5837; *J. Am. Chem. Soc.* **2005**, *127*, 14186; *Adv. Synth. Cat.* **2009**, *351*, 1773; *Angew. Chem. Int. Ed.* **2012**, *51*, 11783; *Angew. Chem. Int. Ed.* **2014**, *53*, 6511) が用いられるが (Scheme 1)、脱離基をもつこれらの基質の調製には多段階反応を要する。また、アルキル化反応の原子効率も低く、塩基の添加を必要とし、反応終了後には化学量論量の塩を副生するため、満足なものとは言えない。そこで、申請者は共役エンイン化合物 **1** に対する付加反応により、同中間体 **2** にアクセスすることで、原子効率の高い光学活性アレンの合成法が達成できるものと考えた。



## 2. 研究の目的

本研究では、菌頭反応によって1工程で調製可能な共役エンイン **1** に対するプロ求核剤 (H-Nu) の触媒的不斉 1,4-付加反応を開発し、光学活性アレン **4** を合成する (Scheme 1)。末端アルケン **1a** および末端アルキン **1b** を共役エンインとして用いることで、軸不斉および隣接した中心不斉をもつアレンを得ることができる。本反応の系内には無駄な反応剤が存在せず、副生成物も生じないため、同一生成物を与える前述の不斉触媒反応における重要な因子を特定することもできる。

また、本反応におけるエキソアルキリデン- $\pi$ -アリルパラジウム中間体 **2** は、系中で生じたヒドリドパラジウム種に対するアルキンの挿入、またはパラジウムから配位を受けたアルキンのプロトン化 (*Tetrahedron Lett.* **2002**, *43*, 1085; *J. Am. Chem. Soc.* **2011**, *133*, 17037; *Org. Lett.* **2017**, *19*, 4211) により生じているのか、観測された立体選択性にに基づき計算化学により検証する。

## 3. 研究の方法

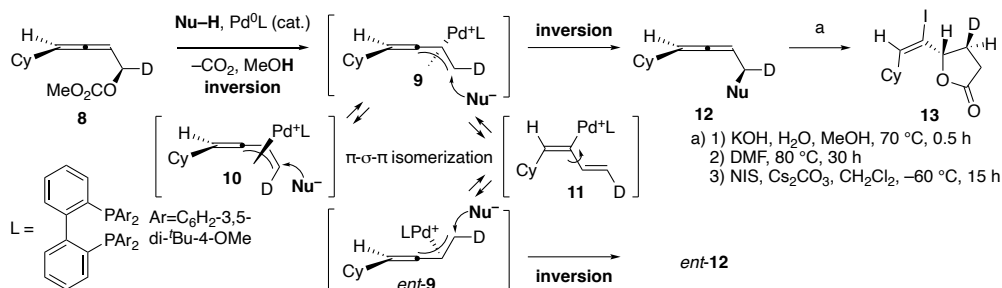
## (1) ヒドロアルキル化およびヒドロアミノ化による軸不斉を有する光学活性アレンの合成

初期検討からアルキン炭素上の嵩高い置換基  $R^1$  が、マロン酸エステルを用いたヒドロアルキル化反応のエナンチオ選択性を向上させることがわかった (Scheme 1)。そこで、嵩高いケイ素置換基を導入した共役エンイン **1a'** のヒドロアルキル化反応により光学活性アレンシルランを合成し、分子間または分子内アルデヒドの立体選択的ホモプロパルギル化反応 (*J. Org. Chem.* **1986**,

51, 3870; *J. Org. Chem.* **1995**, *60*, 5366) に利用する (Eq. 1)。

続いて、窒素求核剤の付加反応について検討する (Eq. 2)。求核剤の攻撃に先立ち中間体 **2** および **2'** 間の十分な平衡が不斉発現に必須であるため、イミド、スルホンアミドなど異なる求核性をもつ反応剤のスクリーニングを行う。また、生成する 2,3-アルカジエニルアミン **4a** の 0 価パラジウムへの酸化的付加 (逆反応) によってエナンチオ選択性が低下する可能性もあるため、生成物の光学純度について経時変化を観測し、逆反応を抑えるための反応条件 (溶媒、配位子、窒素求核剤の種類、添加剤) について検討する。

アルケン水素の 1 つを重水素置換した共役エンイン **1c** ( $R^1=Cy, R^2=D$ ) に対するアキラルなジホスフィン配位子を用いたヒドロアルキル化反応の生成物から、マロン酸エステル **1,4**-付加はシン選択的に進行していることを最近明らかにした (*Org. Lett.* **2019**, *21*, 6811, **Scheme 1**)。そこで、本反応の構成要素となるヒドロパラデーションおよびエキソアルキリデン- $\pi$ -アリルパラジウム中間体に対する求核置換反応の立体選択性を明らかとする。辻-Trost 反応と同様、推定中間体 **9** (または **10**) は、プロ求核剤存在下、メチル炭酸エステル **8** の立体反転を伴う 0 価パラジウムへの酸化的付加により生じ、これに対し立体反転で求核置換反応が起こるものと予想される。したがって、**8** の求核置換反応が全体として立体保持で進行することを確認できれば、共役エンインに対するヒドロパラデーションはあまり例を見ないアンチ付加であると結論づけられる (**Scheme 2**)。なお、**Scheme 2** に示す求核置換反応は、共役エンイン **1** に対する付加反応の不斉発現に有効な添加剤のスクリーニングにも有用である。すなわち、所望の添加剤は、中間体 **9** および *ent*-**9** 間の平衡を促進するため、アレン **12** の光学純度を低下させるはずである。



**Scheme 2.** Chirality transfer of optically active allenic alcohol derivative **8** ( $Nu-H = CH_2(CO_2Me)_2$ )

## (2) 隣接する中心不斉を有する光学活性アレンの合成

末端アルキンを含む共役エンイン **1b** のヒドロアルキル化によって、隣接する中心不斉を有するアレン **4b** を合成する (Eq. 3)。第一級炭素に比べ、第二級炭素上でのアルキル化反応は遅く、エナンチオ選択性の発現に必要な  $\pi$ -アリルパラジウム間の平衡が十分に起こるものと予想される。Ma らによって、DTBM-SEGPHOS 配位子を用いたラセミ体アレンルアセテートの光学活性アレンへの変換も報告されており (*Angew. Chem. Int. Ed.* **2012**, *51*, 11783)、本反応は十分に開発可能である。E 体および Z 体の共役エンインの反応性の比較に加え、アルキン末端を重水素標識した基質を用いることで、再度ヒドロアルキル化反応の立体選択性に関する知見を得る。これらの結果をもとに反応機構を提唱し、その妥当性を DFT 計算により検証する。

## 4. 研究成果

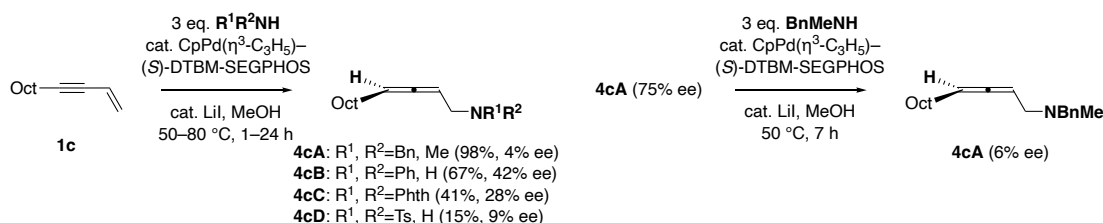
### (1) ヒドロアルキル化およびヒドロアミノ化による軸不斉を有する光学活性アレンの合成

ビニル置換された内部アルキン **1a** に対するマロン酸ジメチルのヒドロアルキル化反応は、( $\eta^3$ -アリル) ( $\eta^5$ -シクロペンタジエニル) パラジウム- (*S*)-DTBM-SEGPHOS 触媒存在下、メタノール溶媒中、加熱することによって進行した (**Scheme 1**)。しかし、本反応のエナンチオ選択性は低く、興味深いことにその主生成物は  $R_a$  体 (*ent*-**4**) であり、3-ブromo-1,3-アルカジエン **5** や 2,3-アルカジエニルアルコール誘導体 **6** に対し同じ *S* 体のピアリール系ジホスフィン配位子を用いて得られたものとは逆のエナンチオマーであった。溶媒、触媒、配位子、求核剤および添加剤の当量、濃度、温度など、詳細な反応条件のスクリーニングを行った結果、触媒量のヨウ化リチウムの添加により、同一生成物を与える求核置換反応と同程度のエナンチオ選択性で、 $S_a$  体の光学活性アレン **4** が優先的に得られることが明らかとなった。この添加剤は、エキソアルキリデン- $\pi$ -アリルパラジウム **2** および **2'** (16 電子錯体) 間の平衡を、熱力学的に不安定な  $\sigma$ -ジエニルパラジウム **3** (14 電子錯体) への異性化を介して促進し、エナンチオ選択性の向上に寄与したものと考えられる。最適化条件にて基質の適用範囲を検討し、アルキン炭素上の置換基  $R^1$  としては嵩高い置換基がエナンチオ選択性の向上に有効であり、2 位に置換基をもつマロン酸ジメチルやビス (フェニルスルホニル) メタンなどがプロ求核剤として利用できることがわかった。

続いて、重水素標識した光学活性なメチル炭酸エステル ( $S_a, R$ )-**8** (*er* 84:16, *dr* 99:1) を調製し、パラジウム触媒とアキラルなジホスフィン配位子を用いて、マロン酸ジメチルとの置換反応を行った (**Scheme 2**)。生成物の立体化学から、アレン軸不斉と中心不斉に由来するジアステレマーの比率は *dr* 85:15 に低下したものの、立体保持で置換反応が進行していることがわかった。辻-Trost 反応と同様、エキソアルキリデン- $\pi$ -アリルパラジウム中間体は **8** の立体反転を伴う 0 価

パラジウムへの酸化的付加により生じ、これに対し求核剤が立体反転で攻撃することが示唆された。したがって、共役エンインのシン選択的なヒドロアルキル化においては、同中間体がアンチ選択的ヒドロパラデーションにより生じているものと考えられる。これは、申請者が以前見出した共役エンイン-カルボニル化合物のアンチ選択的な環化・付加反応 (*Chem. - A Eur. J.* **2023**, *29*, e202203068) と類似の選択性を示しており、パラジウム触媒により活性化を受けた共役エンインが、分子内カルボニル基の代わりにプロトンと反応したものと考えられる。また、本置換反応の不斉転写率は低く (*er* 84:16 → 64:36)、ヨウ化リチウムの添加によりさらに低下した (*er* 84:16 → 51:49)。このことは、ヨウ化リチウムが $\sigma$ -ジエニルパラジウム **11** の安定化を介して、エキソアルキリデン- $\pi$ -アリルパラジウム **9** と *ent*-**9** 間の平衡を促進したことを支持している。なお、ケイ素置換基を導入した共役エンイン **1a'** のヒドロアルキル化反応は最適化条件では進行せず、光学活性アレニルシランを得ることはできなかった。

また、炭素求核剤の代わりに、第二級アミンやアニリン、フタルイミド、スルホンアミドなどを用いたヒドロアミノ化反応についても検討を行った (**Scheme 3**)。スルホンアミドを除き、所望のアレン **4cA-C** が収率良く得られたものの、その光学純度は 4~42% ee と低かった。炭素-炭素結合に比べて、生成した炭素-窒素結合がパラジウム触媒による切断を受けやすく、生成物の光学純度が低下しているものと予想した。そこで、別途調製した 2,3-アルカジエニルアミン **4cA** (75% ee) を本反応条件に付したところ、予想通り大幅な光学純度の低下 (6% ee) が観測された。P, N-配位子を用いた共役エンインの不斉ヒドロアミノ化反応が他の研究グループにより報告されてしまったため (*J. Am. Chem. Soc.* **2019**, *141*, 8574)、これ以上の検討は行わなかった。

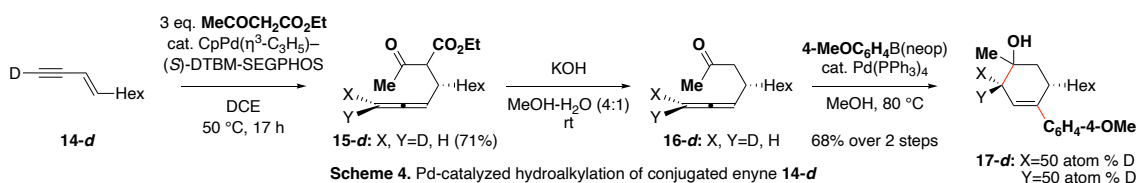


**Scheme 3.** Hydroamination of conjugated enyne **1c** and racemization of **4cA** under the reaction condition

## (2) 隣接する中心不斉を有する光学活性アレンの合成

エチニル基で置換された内部アルケン **1b** を、同反応条件に付すことにより、隣接した中心不斉をもつアレンを得ることとした (**Scheme 1**)。興味深いことに、前述の反応とは異なり、本反応においてはメタノール溶媒やヨウ化リチウムは必要ではなく、1,2-ジクロロエタン溶媒中にて、隣接した中心不斉をもつアレン *ent*-**4b** を高い光学純度で得ることができた。得られたアレンの主要なエナンチオマーは、Ma らが報告しているラセミ体アレニルアセテートの変換反応の生成物と同じであった。また、共役エンインに対するヒドロアルキル化の面選択性という観点では、前述のヨウ化リチウム非存在下での軸不斉アレンの生成過程と一致しており、ヨウ化リチウム共存下の面選択性とは異なっていた。中心不斉をもつアレンの合成においては、(S)-DTBM-SEGPPOS によって配位されたパラジウム触媒は、ヒドロパラデーションの段階にて $\pi$ -アリルパラジウム中間体 **2b'** を優先的に生成し、アルキル化の段階においても **2b** から **4b** を与えるよりも、**2b'** から *ent*-**4b** を与えるのに有利に働くものと予想される。また、 $\pi$ -アリルパラジウム中間体 **2b** と **2b'** 間の平衡を媒介する $\sigma$ -ジエニルパラジウム **3b** において立体反発が生じないことも、この平衡を促進する一助となっている。基質適用範囲についても検討し、共役エンインのアルケニル置換基については *E* 体かつ第一級アルキル基を含むものに限定されること、マロン酸エステル、アセト酢酸エステル、アセチルアセトンなどのプロ求核剤が利用可能ことがわかった。

続いて、ヒドロパラデーションの立体選択性について知見を得るため、アルキン末端を重水素標識した共役エンイン **14-d** に対するアセト酢酸エチルの 1,4-付加反応を行った (**Scheme 4**)。得られたヒドロアルキル化体 **15-d** はジアステレオ混合物であったため、メチルエステルを加水分解、脱炭酸することでメチルケトン **16-d** へと導いた。この時点でアレン末端炭素上の 2 つの水素は <sup>1</sup>H NMR により識別することができなかったため、パラジウム触媒存在下、アリールボロン酸エステルを用いたアンチ Wacker 型環化反応 (*J. Am. Chem. Soc.*, **2008**, *130*, 388) を行い、環状化合物 **17-d** へと導いた。生じた第三級アルコールに由来するジアステレオマーを分離した後、識別可能なアリル位メチレン水素に着目したところ、いずれも 50% の重水素化率であること



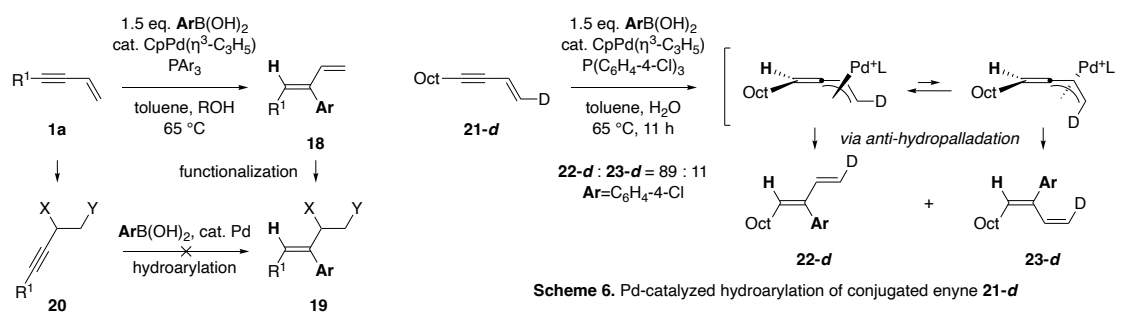
**Scheme 4.** Pd-catalyzed hydroalkylation of conjugated enyne **14-d**

がわかった。アレン-カルボニル化合物のアンチ Wacker 型環化反応では、アレンに対しアリールボロン酸と分子内求電子剤がアンチ付加することから、共役エンイン **14-d** のヒドロアルキル化およびヒドロパラデーションが立体選択的に進行していないことが示唆された。この選択性の低下が、共役エンイン基質の構造上の違い（末端アルキン部位または内部アルケン部位）に起因するのか、反応条件として用いた非プロトン性溶媒に起因するのか、現時点では不明である。

### (3) 共役エンインのアンチ選択的ヒドロアリール化反応

これまでに、マロン酸エステルなどの非金属性求核剤を用いた共役エンインのヒドロアルキル化反応 (1,4-付加) を開発し、光学活性なアレンを合成することができた。続いて、求核剤をアリールボロン酸に換え、共役エンイン **1a** (Scheme 1) のヒドロアリール化 (1,2-付加) について検討を行った。前述のヒドロアルキル化で観測されたように、**1a** の位置およびアンチ選択的ヒドロパラデーションの後、アリールボロン酸とのトランスメタル化、還元的脱離を経て、アンチ選択的ヒドロアリール化が進行すると考えた。一般に、0 価パラジウム触媒とアリールボロン酸を用いたアルキンのヒドロアリール化反応は、酢酸の共存下、シン付加体を与えることが報告されているが (*Angew. Chem. Int. Ed.* **2003**, *42*, 805)、共役エンインを基質として用いることで立体選択性が逆転し、内部アルキンでは困難な位置選択性の発現も期待された。

本反応は再現性の獲得に困難を極めたが、アリールボロン酸については市販品に平衡混合物として含まれるボロキシンを水から再結晶することにより取り除き、重合可能な共役エンインについては調製後、速やかに使用することでこの問題を解決した。また、アリールボロン酸の電子密度によって、立体選択性および収率が大きく変化するため、それぞれのアリールボロン酸に適した反応条件の最適化を行った。その結果、電子不足なアリールボロン酸に対しては、トリス(4-クロロフェニル)ホスフィン配位子とメタノール添加剤、電子豊富なアリールボロン酸にはトリフェニルホスフィン配位子と水添加剤を用いて、トルエン溶媒中で加熱すると、位置およびアンチ選択的なヒドロアリール化が進行することがわかった。現在、共役エンインの基質適用範囲と 3-アリール置換-1,3-アルカジエン **18** の末端アルケン選択的な修飾反応を検討している (Scheme 5)。修飾反応により得られる三置換アルケン **19** は、対応する内部アルケン **20** の直接的なヒドロアリール化では選択的に得ることができないため、共役エンイン **1a** を基質として用いる本反応の有用性を示すことができる。



Scheme 5. Functionalization of **18** prepared by hydroarylation of **1a**

Scheme 6. Pd-catalyzed hydroarylation of conjugated enyne **21-d**

続いて、重水素標識した共役エンイン **21-d** を基質として使い、主生成物のアンチ付加体 **22-d** および副生成物のシン付加体 **23-d** の末端ビニル基の幾何異性の変化から、ヒドロパラデーションの立体選択性について知見を得ることとした (Scheme 6)。配位子として電子不足なトリアリールホスフィンを用いた場合には、アンチ付加体 **22-d** については末端ビニル基の幾何異性が保持されているのに対し、シン付加体 **23-d** については異性化が起きており、これらのいずれもが、アンチ選択的なヒドロパラデーションを経て生成していることが示唆された。

今後、これまで得られた共役エンインのヒドロアルキル化およびヒドロアリール化の立体選択性から、共役エンイン上の置換基やプロトン源がヒドロパラデーションの立体選択性に与える影響を推測し、DFT 計算によってその妥当性を検証する。また、申請者が以前見出した分子内求電子部位をもつ共役エンインのアンチ選択的な環化・付加反応 (*Chem. - A Eur. J.* **2023**, *29*, e202203068) との関連についても併せて検証する予定である。最近、特殊なパラジウム触媒を利用した共役エンインのアンチ Wacker 型 (外殻) 酸化的付加を利用した変換反応も報告されており、我々の行った研究はその先駆けとして位置付けられている (*J. Am. Chem. Soc.* **2016**, *138*, 14566; *J. Org. Chem.* **2023**, *88*, 2415; *J. Am. Chem. Soc.* **2023**, *145*, 5624; *Angew. Chem. Int. Ed.* **2020**, *59*, 15928; *Angew. Chem. Int. Ed.* **2021**, *60*, 21231)。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1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 Hirokazu Tsukamoto, Tatsuya Konno, Kazuya Ito, and Takayuki Doi	4. 巻 21
2. 論文標題 Palladium(0) - Lithium Iodide Cocatalyzed Asymmetric Hydroalkylation of Conjugated Enynes with Pronucleophiles Leading to 1,3-Disubstituted Allenes	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Organic Letters	6. 最初と最後の頁 6811-6814
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1021/acs.orglett.9b02439	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6件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 伊藤和也、塚本裕一、土井隆行
2. 発表標題 パラジウム/キラルアミン共触媒を用いたアルキン - エナール化合物のエナンチオ選択的付加・環化反応の開発
3. 学会等名 第115回有機合成シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 伊藤和也、塚本裕一、土井隆行
2. 発表標題 パラジウム/キラルアミン共触媒を用いたアルキン - エナール化合物のエナンチオ選択的付加・環化反応の開発
3. 学会等名 薬懇話会2019 in 秋保
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 伊藤和也、金野達也、土井隆行、塚本裕一
2. 発表標題 0 価パラジウム触媒を用いた共役エンインのヒドロアルキル化反応による中心不斉を有するアレン合成法の開発
3. 学会等名 第58回日本薬学会東北支部大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 伊藤和也, 金野達也, 土井隆行, 塚本裕一
2. 発表標題 0価パラジウム触媒を用いた共役エンインのヒドロアルキル化反応による光学活性アレン合成法の開発
3. 学会等名 第45回 反応と合成の進歩シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 塚本裕一, 米沢勇吾, 金野達也, 土井隆行
2. 発表標題 パラジウム触媒とアリールボロン酸を用いた共役エンインのアンチ選択的ヒドロアリール化反応の開発
3. 学会等名 第66回日本薬学会関東支部大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 塚本裕一, 米沢勇吾, 金野達也, 土井隆行
2. 発表標題 パラジウム触媒とアリールボロン酸を用いた共役エンインの位置および立体選択的ヒドロアリール化反応の開発
3. 学会等名 日本薬学会第143年会
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>横浜薬科大学・教員紹介・塚本裕一  <a href="https://www.hamayaku.ac.jp/about/teachers/post_93.html">https://www.hamayaku.ac.jp/about/teachers/post_93.html</a>          横浜薬科大学・創薬化学研究室 / 天然有機化学研究室  <a href="https://tennenc31.wixsite.com/hamaten">https://tennenc31.wixsite.com/hamaten</a>          東北大学薬学部・大学院薬学研究科、反応制御化学分野、土井研究室  <a href="http://www.pharm.tohoku.ac.jp/~hannou/index.html">http://www.pharm.tohoku.ac.jp/~hannou/index.html</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
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------