

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 3 日現在

機関番号：24403

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2012～2015

課題番号：24550121

研究課題名(和文) 不斉閉環メタセシスを基盤とする面不斉、軸不斉、らせん不斉の精密制御

研究課題名(英文) Control of planar, axial and helical chiralities based on the asymmetric ring-closing metathesis

研究代表者

神川 憲 (Kamikawa, Ken)

大阪府立大学・理学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：40316021

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究課題では不斉閉環メタセシスを基盤とする非対称化操作により、面不斉と軸不斉を同時に有するアレノクロム錯体の新たな触媒的不斉合成法の開発の検討を行った。メソ体の2,6-ジプロペニルアリルホスフィンクロム錯体に対してキラルモリブデン触媒を用い、エナンチオトピックな両オルト位の2-プロペニル基のどちらかを識別して不斉閉環メタセシス反応を行うと不斉非対称化が起こり、面不斉アレノクロム錯体を合成できた。さらに、アレノ上に嵩高いアリールまたはヘテロアリールを導入すると、面不斉と軸不斉の両方を同時に誘起したN-アリールインドールクロム錯体を合成できた。

研究成果の概要(英文)：The molybdenum-catalyzed asymmetric ring-closing metathesis (ARCM) of the various Cs-symmetric (*-*-arene)chromium substrates proceeded smoothly and the corresponding bridged planar-chiral (*-*-arene)chromium complexes were obtained in excellent yields with excellent enantioselectivity of up to >99% ee. With a proper substituent, such as N-indolyl or 1-naphthyl, at the 2-positions of the 6-1,3-diisopropenylbenzene ligands, both biaryllic axial chirality and *-*-arene-based planar-chirality could be simultaneously induced in the ARCM products via the double desymmetrization. The axial chirality thus induced was retained even after the removal of the chromium-carbonyl fragment, and the metal-free axially chiral biaryl/heterobiaryl compounds were obtained in up to >99% ee with complete retention of the enantiomeric purity. The overall protocol presented in this report can be regarded as a novel method of catalytically preparing axially chiral heterobiaryls/biaryl

研究分野：有機金属化学

キーワード：asymmetric synthesis

## 1. 研究開始当初の背景

エナンチオ選択的合成反応の開発は近年の合成化学における最も重要な課題の一つであるが、従来の不斉合成反応のほとんどは三級または四級不斉炭素上に中心不斉を誘起するものである。一方、面不斉や軸不斉などの非中心不斉を有する化合物は、不斉触媒および、それらの配位子として活発に活用されている。しかしながら、そのような非中心不斉を有する化合物を触媒的不斉合成を活用して合成した例は、中心不斉のそれに比べて圧倒的に少ない。例えば、面不斉アレーンクロム錯体は、不斉触媒反応における配位子としての活用に加えて、天然物合成のキラルビルディングブロックとしても活用することができることから、その有用性は広く知られている。しかしながら、その面不斉について光学活性なアレーンクロム錯体を合成する一般的な方法としては、古典的な方法である光学分割・ジアステレオ選択的錯体化・ジアステレオ選択的オルトリチオ化などが挙げられるが、いずれも量論量の不斉源を必要とするといった問題点がある。

## 2. 研究の目的

これまで不斉閉環メタセシスによる中心不斉、面不斉の報告がなされていたが、本研究ではさらにそれらを推し進めてこれまでに報告例のなかった軸不斉やらせん不斉をも精密に制御するツールとして活用する点にある。触媒的不斉合成としては、まだまだ例の少ないC-N軸不斉に加えて、近年注目を集めつつあるピアリールエーテルの軸不斉についても同様の手法を適用する事により、制御できることが考えられる。一方、従来のらせんキラリティー制御の多くは量論量以上の不斉源を必要とするため、有機合成化学の観点から俯瞰した場合に大いに改善の余地があった。そこで本研究では、これまでおこなってきた動的らせん分子を用い、動的速度論的分割による光学活性らせん分子の合成を検討することを目的としている。

## 3. 研究の方法

我々はすでに、不斉閉環メタセシス反応を活用した速度論的分割による面不斉アレーンクロム錯体を高い立体選択性で得ることに成功している。本研究課題では、前述の成果を一層展開し、面不斉のみならず、軸不斉をも制御できる方法論の開拓を行った。メソ体であるアリルジフェニルホスフィンキレート型クロム錯体を不閉環メタセシス反応により不斉非対称化し、面不斉を発現させると同時にアニリド、アミド、ピアリールエーテル、ピアリールケトンに内在する軸不斉も誘導することを計画している。また、得られた閉環体においては、脱クロム錯体化を行っても軸不斉が存在し、さらに側鎖にジフェニルホスフィン基を有するため、潜在的に不斉配

位子として活用できることが考えられる。申請者らは炭素-水素結合切断を基軸とする直接的なアリール化反応によるヘリセン類の合成を検討してきた(*J. Org. Chem.* 2007, 3394)。しかしながら、この方法ではヘリセンに内在するらせん不斉を制御することができないため、不斉閉環メタセシスを活用した以下に示すエナンチオ場選択的な不斉非対称化による光学活性[5]-ヘリセン類の合成を目指して検討を行う。

## 4. 研究成果

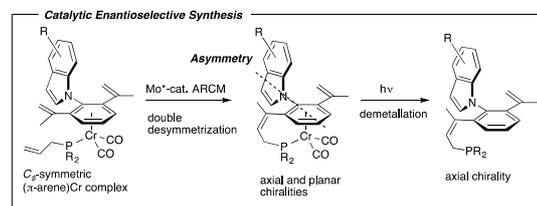
不斉閉環メタセシスを活用したC-N軸不斉を有する*N*-アリールインドール類のエナンチオ選択的合成

エナンチオ選択的合成法の開発は、有機合成化学において、最も活発に研究されている領域の一つである。しかしながら、その多くは炭素中心不斉の制御であり、これは有用な生理活性を有する天然有機化合物において炭素中心不斉の制御が必須であったことに根ざした結果であった。しかしながら、面不斉や軸不斉といった非中心不斉を有する化合物は、これらの中心不斉を制御するための不斉配位子や不斉試薬として有用に機能することが知られているが、そのエナンチオ選択的合成の例は、炭素中心不斉の制御のそれと比して、あまり多くない。

一方、最近、我々は面不斉アレーンクロム錯体の不斉閉環メタセシスを活用した速度論的分割に成功している。そこで、今回、我々はプロキラルな*N*-アリールインドール類の不斉閉環メタセシスを活用した非対称化操作により面不斉と軸不斉を同時に制御することを計画した。

また、フェロセンなどと異なり、クロム錯体ではクロムトリカルボニル基を軸不斉誘起後に、除去することが可能であるため、面不斉を最終的に軸不斉に転写することが可能となる。したがって、上記の方法は、軸不斉化合物の新たな方法論になりうる。

## Scheme 1



このような計画に基づき、まずは面不斉のみを有する1,3-ジイソプロペニル-2-*N*-ピロールベンゼンクロム錯体を用いて、不斉閉環メタセシス反応による面不斉誘起を行った(Table 1)。まず、ホスフィン上の置換基として*t*Bu基を有する基質1aを用いて、最適な不

斉配位子を検討したところ、L3 を用いた場合

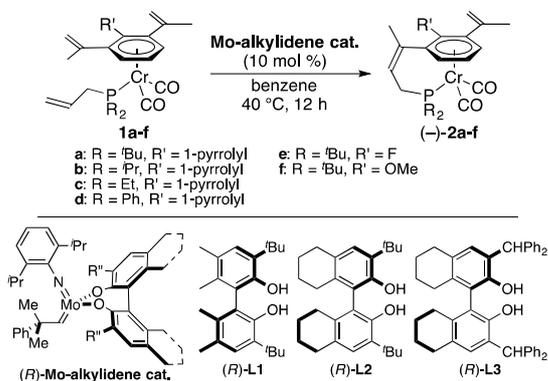


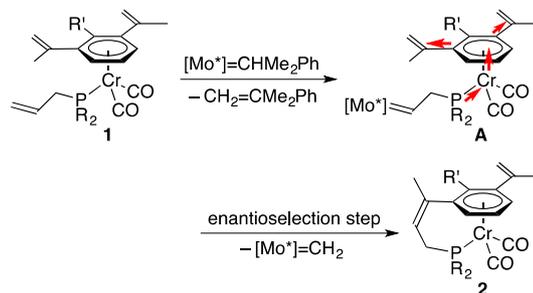
Table 1

entry	substrate	chiral ligand	yield of 2 (%) <sup>b</sup>	% ee of 2 <sup>c,d</sup>
1	1a	(R)-L1	46	97 (-)
2	1a	(R)-L2	n. r. <sup>e</sup>	--
3	1a	(R)-L3	>99	>99 (-)
4	1b	(R)-L3	>99	94 (-)
5 <sup>f</sup>	1c	(R)-L3	49	35 (-)
6	1d	(R)-L3	n. r. <sup>e</sup>	--
7	1e	(R)-L3	>99	89 (-)
8	1f	(R)-L3	>99	>99 (-)

に 99% ee を超える非常に高い立体選択性かつ、ほぼ定量的に環化体を得ることに成功した (entry 1)。また、ホスフィン上の置換基の選択も非常に重要であることが分かった。ホスフィン上の置換基を 'Bu 基から、'Pr 基、Et 基、Ph 基に変えたところ、収率および立体選択性が低下することが分かった (entries 4-6)。特に、Ph 基では全く反応が進行しなかった。一方、Ph より立体的に小さな Et 基で反応が進行したことから、この反応が進行するためには、ホスフィン上の立体的な高高さよりも電子的な影響のほうがより、重要な因子であることが分かった。また、アレーン上の 2 位における置換基をピロール基からフッ素に置き換えたところ、定量的に反応が進行するもののエナンチオ選択性は大きく低下する結果となった (entry 7)。2 位の置換基を OMe 基に変えた場合には、99% ee を超える非常に高い立体選択性かつ、ほぼ定量的に環化体を得られたことから、アレーン上の 2

位の置換基としては、ある程度の立体的な高高さが必要であることが分かった (entry 8)。

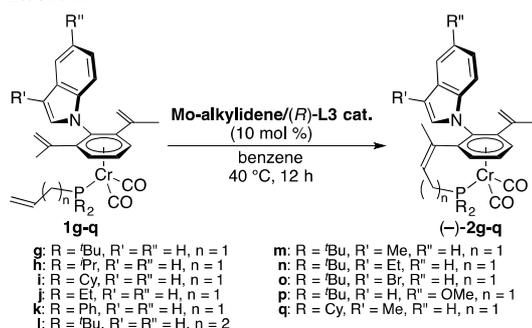
Scheme 2



この反応における結果をもとに、反応性に関する考察を行った (Scheme 2)。まず、キラルなモリブデン触媒は、立体障害の小さいオレフィンであるアリル基と反応し、アルキリデンカルベン種が発生すると考えられる。次に、電子豊富なアルキル基がホスフィン上に存在する場合には、クロムやアレーン配位子を通じて 2 つのプロピニル基の電子密度が向上し、メタセシス反応が進行したと考えられる。

最適な反応条件が分かったので、次に軸不斉と面不斉を合わせ持つ基質として C-N 軸不斉を誘起できる *N*-アリールインドールクロム錯体を合成し、それに対して不斉閉環メタセシスを行い、ダブル不斉非対称化操作を検討した (Table 2)。

Table 2

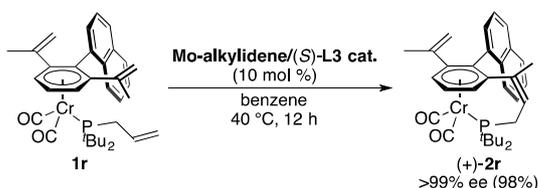


entry	substrate e	yield of 2 (%) <sup>b</sup>	% ee of 2 <sup>c,d</sup>
1	1g	>99	>99 (-)
2	1h	98	96 (-)
3	1i	94	98 (-)
4	1j	69	64 (-)
5	1k	n. r. <sup>e</sup>	--
6	1l	0	--
7	1m	>99	>99 (-)

8	1n	99	99 (-)
9	1o	>99	98 (-)
10	1p	>99	>99 (-)
11	1q	>99	93 (-)

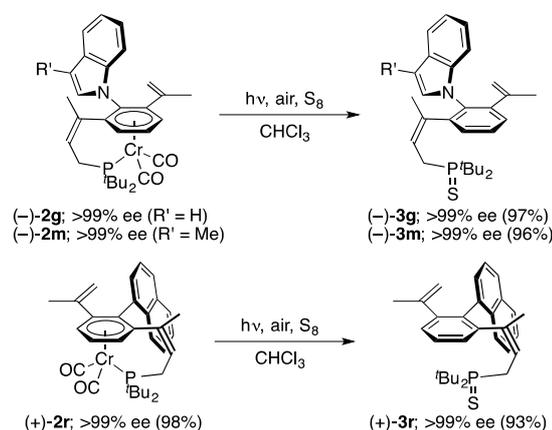
まず、ホスフィン上の基質としては、<sup>t</sup>Bu 基を有するアリールホスフィンを経路に配位させた基質 **1g** を用いて反応を行ったところ、>99% ee、および定量的に反応が進行した (entry 1)。一方、ホスフィン上の置換基を、<sup>t</sup>Bu 基から <sup>i</sup>Pr 基や Cy 基に換えて、同様の反応を行ったところ、エナンチオ選択性、および収率が若干低下することが分かった (entries 2 and 3)。また、ホスフィン上の置換基が、Et 基の場合には、反応は進行するものの、エナンチオ選択性および収率は大きく低下した (entry 4)。さらに、ホスフィン上の置換基が、Ph 基の場合には全く反応が進行しないことが分かった (entry 5)。また、アリールホスフィンの炭素を1つ伸ばしたジ *tert*-ブチルプテニルホスフィンを用いた場合には、同様に反応が進行しなかったことから、閉環メタセシスに C3 架橋が最適な環サイズであり、高い反応性および必要であることが分かる (entry 6)。*tert*-ブチルアリールホスフィンがクロムに配位するホスフィンとして最適であることが分かったので、次にインドール環上に置換基を有する *N*-アリールインドールクロム錯体誘導体についても同様に検討を行った (entries 7-10)。その結果、いずれの場合においても、非常に高い立体選択性および収率で対応する環化体のクロム錯体を得ることに成功した。さらに、Cy 基をホスフィン上にもつ基質についても再度検討を行ったが、<sup>t</sup>Bu 基をホスフィン上に持つものと比較すると、立体選択性が低下 (93% ee) することが分かった (entry 11)。これらの方法論は、C-N 軸不斉を有する *N*-アリールインドールクロム錯体のみならず、C-C 軸不斉を有するビアリールクロム錯体についても同様に、適用可能である。Pd 触媒を用いたクロスカップリング反応により得られた *syn* 体のビアリールクロム錯体に対して、不斉閉環メタセシス反応による不斉非対称化を行ったところ、軸不斉および面不斉を有する **2r** をほぼ定量的にかつ高いエナンチオ選択性 (>99% ee, 98%) で誘起できることを見いだした (Scheme 3)。

Scheme 3



さらに、我々は得られた C-N 軸不斉を有する **1g** の光学活性体について、X 線結晶解析を行い、その絶対配置が (*S<sub>a</sub>*, *R<sub>p</sub>*) であることを決定した (Figure 1)。また、その他のクロム錯体の絶対配置においても、これと同様であるとして決定した。次に、得られた面不斉と軸不斉を合わせ持つ *N*-アリールインドールクロム錯体に対して、硫黄存在下、クロムトリカルボニル基の除去を行った。その結果、光学純度の低下を伴うことなく、C-N 軸不斉のみを有する *N*-アリールインドール(-)-**3g** および (-)-**3m** へと変換することに成功した (Scheme 5)。C-C 軸不斉と面不斉を有するビアリールクロム錯体(+)-**2r** においても、全く同様に光学純度の低下を損なうことなく、空気酸化を行うことにより、軸不斉のみを有するビアリール誘導体(+)-**2r** へと変換することに成功した。

Scheme 5



C-C 軸不斉と面不斉を有するビアリールクロム錯体(+)-**2r** においても、全く同様に光学純度の低下を損なうことなく、空気酸化を行うことにより、軸不斉のみを有するビアリール誘導体(+)-**2r** へと変換することに成功した。

以上のように、我々はプロキラルな C-N または C-C 軸不斉を内在するビアリールクロム錯体の不斉閉環メタセシスを活用した非対称化により、面不斉と軸不斉を同時に非常に高いエナンチオ選択性で誘起することに成功した。さらに、面不斉を空気酸化によって除去することにより、光学純度を損なうことなく軸不斉のみを有する (ヘテロ) ビアリール類を合成することに成功した。以上のプロセスは、面不斉から軸不斉へと転写する新たな軸不斉誘導の方法論となり得るものである。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 10 件)

1. Tseng, Y.-Y.; Kamikawa, K.; Qian, W.; Takahashi, T.; Ogasawara, M. Ring-Closing Metathesis of

- ( $\eta^5$ -Alkenylcyclopentadienyl)(alkenylphosphine)manganese(I) Dicarbonyl Complexes. *Adv. Synth. & Catal.* 査読有, **2015**, *357*, 2255-2264
2. Kamikawa, K.; Arae S.; Wu, W.-Y.; Nakamura C.; Takahashi, T.; Ogasawara, M. Simultaneous Induction of Axial and Planar Chirality in Arene-Chromium Complexes by Molybdenum-Catalyzed Enantioselective Ring-Closing Metathesis. *Chem. Eur. J.* 査読有, **2015**, *21*, 4954-4957.
  3. Kashihara, H.; Asada, T.; Kamikawa, K. Synthesis of Double Helicene by a Palladium-Catalyzed Cross-Coupling Reaction: Structure and Physical Properties. *Chem. Eur. J.* 査読有, **2015**, *21*, 6523-6527.
  4. Kashihara, H.; Asada, T.; Kamikawa, K. Synthesis of Double Helicene by a Palladium-Catalyzed Cross-Coupling Reaction: Structure and Physical Properties. *Chem. Eur. J.* 査読有, **2015**, *21*, 6523-6527.
  5. Ogasawara, M.; Tseng, Y.-Y.; Arae, S.; Morita, T.; Nakaya, T.; Wu, W. Y.; Takahashi, T.; Kamikawa, K. Phosphine-Olefin Ligands Based on a Planar-Chiral ( $\pi$ -Arene)chromium Scaffold: Design, Synthesis, and Application in Asymmetric Catalysis. *J. Am. Chem. Soc.* 査読有, **2014**, *136*, 9377
  6. Kamikawa, K. Recent Development of Helicene Synthesis. *J. Synth. Org. Chem. Jpn.* 査読有, **2014**, *72*, 58.
  7. 神川憲、暮らしの中のクロムから有機合成反応まで、化学と教育、査読有, **2014**, *62*, 300.
  8. Kaneko, E.; Matsumoto, Y.; Kamikawa, K. Synthesis of Azahelicene N-Oxide by Palladium Catalyzed Direct C-H Annulation of the Pendant Z-Bromovinyl Side. *Chem. : -Eur. J.* 査読有, **2013**, *19*, 11837-11841.
  9. Wu, W.-Y.; Kamikawa, K. Chemistry of Dynamic haptic( $\eta^6$ -(Arene)chromium Complexes. *Bull. Jpn. Soc. Coord. Chem.* 査読有, **2012**, *60*, 24-31.
  10. Ogasawara, M.; Wu, W.-Y. Arae, S.; T.; Watanabe, S.; Morita, Takahashi, T.; Kamikawa, K. Kinetic Resolution of Planar-Chiral ( $\eta^6$ -Arene)chromium Complexes by Molybdenum-Catalyzed Asymmetric Ring-Closing Metathesis. *Angew. Chem. Int. Ed.* 査読有, **2012**, *51*, 2951-2955.
- [学会発表](計 30 件)
1. 柏原仁志、麻田俊雄、神川憲、鈴木一宮、浦クロスカップリングを用いた新規ダブルヘリセン類の合成およびその物性、日本化学会第 96 春季年会、2016 年 3 月 27 日、同志社大学(京都府・京田辺市)
  2. 宇和紘志、曾雅怡、神川憲、パラジウム触媒 C-H 活性化反応を活用したアリールカルバゾール類の合成、日本化学会第 96 春季年会、2016 年 3 月 26 日、同志社大学(京都府・京田辺市)
  3. 河野兆治、松本裕貴、神川憲、Pd 触媒を用いた脱水素型 C-H カップリング反応によりアザヘリセン類の合成、日本化学会第 96 春季年会、2016 年 3 月 26 日、同志社大学(京都府・京田辺市)
  4. Tseng, Ya-Yi, Kamikawa, Ken, Takahashi, Tamotsu, Ogasawara, Masamichi, Development of Highly Efficient Planar-Chiral Phosphine-Olefin Ligands Based on Transition Metal Complexes and Their Application to Asymmetric Reaction, 日本化学会第 96 春季年会、2016 年 3 月 26 日、同志社大学(京都府・京田辺市)
  5. 傳浩聡、永田智也、神川憲、三浦雅博、Ir 触媒を用いるピアリアルカルボン酸クロライドとアルキンとの環化反応による置換ヘリセン類の合成、日本化学会第 96 春季年会、2016 年 3 月 25 日、同志社大学(京都府・京田辺市)
  6. Tseng Ya-Yi, Kamikawa Ken, Takahashi Tamotsu, Ogasawara Masamichi, Synthesis the planar chiral phosphine-olefin ligand based on a transition metal scaffold and application in asymmetric catalysis, The International Chemical Congress of PACIFIC BASIN SOCIETIES 2015 (PACIFICHEM 2015), 15<sup>th</sup> December, 2015, Honolulu (America)
  7. Kamikawa Ken, Tseng Ya-Yi, Takahashi Tamotsu, Ogasawara Masamichi, Synthesis the planar chiral phosphine-olefin ligand based on a transition metal scaffold and application in asymmetric catalysis, The 13<sup>th</sup> International Kyoto Conference on New Aspects of Organic Chemistry (IKCOC-13), 10<sup>th</sup> November, 2015, リーガロイヤルホテル京都(京都府・京都市)
  8. Kono Choji, Matsumoto Yuki, Kamikawa Ken, Synthesis of Azahelicene by Palladium-Catalyzed Dehydrogenative C-H Coupling Reaction, The 13<sup>th</sup> International Kyoto Conference on New Aspects of Organic Chemistry (IKCOC-13), 12<sup>th</sup> November, 2015, リーガロイヤルホテル京都(京都府・京都市)
  9. Yasuda Rie, Ken Kamikawa, Catalytic Asymmetric Synthesis of Axially Chiral Phosphinobiaryl by C-H Functionalization, The 13<sup>th</sup> International Kyoto Conference on New Aspects of Organic Chemistry (IKCOC-13), 12<sup>th</sup> November, 2015, リーガロイヤルホテル京都(京都府・京都市)
  10. Uwa Koji, Tseng, Ya-Yi, Kamikawa, Ken, Synthesis of Carbazoles by Palladium Catalyzed C-H Arylation, The 13<sup>th</sup> International Kyoto Conference on New Aspects of Organic Chemistry (IKCOC-13), 11<sup>th</sup> November, 2015, リーガロイヤルホテル京都(京都府・京都市)
  11. Tseng Ya-Yi, Kamikawa Ken, Ogasawara Masamichi, Takahashi Tamotsu, Ring-Closing Metathesis of ( $\eta^5$ -Alkenylcyclopentadienyl)(Alkenylphosphine)manganese(I)Dicarbonyl Complexes and Their Application to Asymmetric Reactions, The 13<sup>th</sup> International Kyoto Conference on New Aspects of Organic Chemistry (IKCOC-13), 10<sup>th</sup> November, 2015, リーガロイヤルホテル京都(京都府・京都市)
  12. 曾雅怡、神川憲、高橋保、小笠原正道、面不斉遷移金属錯体を基盤とするホスフィン-オレフィン配位子の設計および不斉触媒反応への応用、第 5 回 CSJ

- 化学フェスタ 2015, 2015年10月14日、タワーホール船橋(東京都・江戸川区)
13. 柏原仁志、麻田俊雄、神川憲、パラジウム触媒クロスカップリング反応によるダブルヘリセンの合成および構造と物性、基礎有機化学討論会、2015年9月25日、愛媛大学(愛媛県・松山市)
  14. Tseng Ya-Yi, Kamikawa Ken, Takahashi Tamotsu, Ogasawara Masamichi, Synthesis of Planar Chiral Phosphine-Olefin Ligands Based on a Transition Metal scaffold and Application in Asymmetric Catalysis, 第116回触媒討論会、2015年9月17日、三重大学(三重県・津市)
  15. 宇和紘志、曾雅怡、神川憲、パラジウム触媒 C-H 結合活性化反応による N-アリアルカルバゾールの合成、第62回有機金属討論会、2015年9月8日、関西大学(大阪府・吹田市)
  16. 河野兆治、松本裕貴、神川憲、Pd 触媒を用いた脱水素型 C-H カップリング反応によるアザヘリセン類の合成、第62回有機金属討論会、2015年9月8日、関西大学(大阪府・吹田市)
  17. 安田理恵、神川憲、エナンチオ選択的 C-H オレフィン化による軸不斉化合物の触媒的不斉合成、日本化学会第95回春季年会、2015年3月28日、日本大学(東京都・千代田区)
  18. Tseng Ya-Yi, Ogasawara Masamichi, Arae Sachie, Takahashi Tamotsu, Kamikawa Ken, Synthesis of Planar Chiral Phosphine-Olefin Ligands Based on a Transition Metal Scaffold and Application in Asymmetric Catalysis. 日本化学会第95回春季年会、2015年3月28日、日本大学(東京都・千代田区)
  19. 柏原仁志、神川憲、ダブルヘリセン骨格に基づくねじれた多環芳香族炭化水素の合成と構造、日本化学会第95回春季年会、2015年3月28日、日本大学(東京都・千代田区)
  20. チェンヤーイー、荒江祥永、ウチエン、神川憲、高橋保、小笠原正道、Cp マンガン錯体におけるエンド型閉環メタセシス反応および不斉合成への応用、第61回有機金属討論会、2014年9月24日、九州大学(福岡県・福岡市)
  21. 柏原仁志、神川憲、ヘリセン骨格に基づいたねじれたグラフェンの合成、第61回有機金属討論会、2014年9月24日、九州大学(福岡県・福岡市)
  22. Tseng Ya-Yi, Kamikawa Ken, Takahashi Tamotsu, Ogasawara Masamichi, Synthesis of highly efficient phosphine-olefin ligands based on planar-chiral (arene)chromium and complex and their application to asymmetric reactions, 248<sup>th</sup> ACS National Meeting and Exposition, 10<sup>th</sup> August 2014, San Francisco (America)
  23. Kamikawa Ken, Synthesis of Helicene by C-H Bond Activation Reaction, 41<sup>st</sup> International Conference of Coordination Chemistry, 21<sup>st</sup> July, 2014, Singapore
  24. Tseng Ya-Yi, Kamikawa Ken, Takahashi Tamotsu, Phosphine-Olefin Ligands Based on a Planar-Chiral ( $\pi$ -Arene)chromium Scaffold: Design, Synthesis and Application in Asymmetric Catalysis, 41<sup>st</sup> International Conference of Coordination Chemistry, 21<sup>st</sup> July, 2014, Singapore
  25. 松本裕貴、神川憲、パラジウム触媒を用いた Z-プロモビニル側鎖の直接的 C-H 環化反応によるアザヘリセン N-オキシドの合成、日本化学会第93春季年会、2013年3月24日、立命館大学(滋賀県・草津市)
  26. 神川憲、中村千浩、荒江祥永、呉威毅、高橋保、不斉閉環メタセシスによるアレンクロム錯体の非対称化を鍵とする C-N 軸不斉化合物の不斉合成、日本化学会第93春季年会、2013年3月24日、立命館大学(滋賀県・草津市)
  27. 神川憲、仲谷岳志、森田友貴、曾雅怡、荒江祥永、呉威毅、高橋保、小笠原正道、面不斉( $\eta^6$ -アレーン)クロム骨格を有するホスフィン-オレフィン二座配位子ライブラリーの構築と応用、日本化学会第93春季年会、2013年3月24日、立命館大学(滋賀県・草津市)
  28. 神川憲、Control of Axially Chiral N-C Bond: Stereoselective Synthesis of Axially Chiral N-Aryl Indoles, 日加国際交流シンポジウム・次世代の遷移金属触媒・合成反応プロセス、日本化学会第93春季年会、2013年3月24日、立命館大学(滋賀県・草津市)
  29. Kamikawa Ken, Stereoselective Synthesis of N-Arylindole and Related Compounds with Axially Chiral N-C Bond by Planar Chiral (Arene)chromium Complexes, 17<sup>th</sup> Malaysian Chemical Congress 2012, 16<sup>th</sup> October 2012 (Malaysia, Kuala Lumpur)
  30. Kamikawa Ken, Stereoselective Synthesis of N-Aryl Indole and related Compounds with Axially Chiral N-C Bond by Planar Chiral (Arene)chromium Complexes, 2<sup>nd</sup> International Conference on Molecular & Functional Catalysis (ICMFC-2), 30<sup>th</sup> July, 2012 (Biopolis, Singapore)
- 〔図書〕(計 0 件)
- 〔その他〕  
ホームページ等  
<http://www.c.s.osakafu-u.ac.jp/~kamikawa/index.html>
6. 研究組織  
(1)研究代表者  
神川 憲 (KAMIKAWA KEN)  
大阪府立大学・理学系研究科・教授  
研究者番号: 403116021