

平成 30 年 5 月 14 日現在

機関番号：15301

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2014～2017

課題番号：26248030

研究課題名(和文) 6-7族金属の多様性を活かした革新的な合成反応の開発

研究課題名(英文) Development of Innovative Synthetic Reactions Based on Diverse Reactivity of Group 6 and 7 Metals and their Complexes

研究代表者

高井 和彦 (TAKAI, KAZUHIKO)

岡山大学・自然科学研究科・教授

研究者番号：00144329

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 33,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、6-7族金属の特徴を活かした独創的な合成反応をいくつか開発した。さらにそれらの金属錯体をプローブとして用い、新反応を見いだした。(1) gem-二クロム錯体(およびジ亜鉛錯体)を初めて単離し、構造決定した。さらにその触媒としての反応性を明らかにした。(2) レニウム-アルキリデン錯体の新たな調製法を開発し、炭素求核剤のアルキンへの分子間付加反応に応用した。(3) モリブデン錯体触媒を用いるアレンのヒドロシリル化反応、低原子価モリブデンを用いるエポキシドの脱酸素反応などを開発した。また、本研究では、6-7族の錯体をプローブとして用い、ビスマス錯体を用いる新反応を見いだした。

研究成果の概要(英文)：Through this research, we tried to clarify the features of the group 6-7 metals, especially unknown and useful reactivities for organic synthesis. We have found the following synthetic reactions by using the metal complexes. (1) Isolation of silyl-substituted gem-dichromiomethane (and gem-dizinciomethane) complexes and examination of the catalytic reactivity of the isolated complexes toward olefins and carbonyl compounds; (2) Intermolecular anti-Markovnikov addition of carbon nucleophiles by generation of rhenium-alkylidene complexes from terminal alkynes; (3) Molybdenum-catalyzed hydrosilylation of allenes and deoxygenation of epoxides; (4) Novel bismuth-catalyzed electrophilic C-C bond formation and etherification of phenolic hydroxy groups.

研究分野：有機合成化学、有機金属化学

キーワード：クロム レニウム モリブデン gem-二金属錯体 anti-Markovnikov付加 脱酸素反応 均一系錯体触媒反応

1. 研究開始当初の背景

本研究では、6族のクロムやモリブデン、タングステン、7族のレニウムやマンガんに焦点をあて、研究をおこなった。研究代表者は研究開始前の8年ほどの間に、これまで知られていたレニウム（レニウム錯体や同族のマンガン錯体を含む）の性質であるソフトおよびハードなLewis酸性以外に、新たな反応性、たとえば、C-H活性化あるいはC-C結合の切断と不飽和結合の挿入、環化付加反応などを見だし、報告していた。本研究では新たな研究協力者とこれまでの知見を活かすとともに、新しい反応を開拓した。また、研究代表者が長年続けてきた研究であるクロムを用いる反応の活性種を明らかにし、反応を精密に制御する研究にも取り組んだ。

2. 研究の目的

「6族、7族金属のもつ固有の能力、いわば個性を明らかにし、新規で有用な反応を有機金属活性種、反応剤、錯体触媒の創製を通して開発する。」具体的には、(1) *gem*-ニクロム化合物の単離・構造決定をおこない、得られた錯体の構造をもとに新反応をデザインする；(2) レニウム元素や錯体の反応性を追究し新反応を開発する。とくに、高原子価のレニウム錯体にも研究対象を広げる；(3) 6族のモリブデンを取りあげ、ゼロから新しい有用な反応を開拓する、の三つの研究で成果を出す。もう一つの重要な目的は、6族、7族金属を探り針 (probe) として使い、新奇で、革新的な反応を創出することである。

3. 研究の方法

研究代表者は6族、7族の金属塩や錯体を合成反応に用いる研究を、その黎明期よりおこなってきた。初年度はこれまでに得た知見を活かし研究をすすめた。クロムについては、*gem*-ジクロム化合物（錯体）を単離する研究と、合成への応用研究をおこなった。レニウムについては、C-H活性化と不飽和結合の挿入、C-C結合の切断、付加環化反応など、これまでの研究をさらに深めるとともに、新たに高原子価のレニウム錯体に対象を広げ、新たな触媒反応の開発をおこなった。モリブデンについては、ゼロからのスタートとなるが、扱いやすい錯体を調製し、種々の反応を試みた。また、とくにモリブデンを probe (探り針) として用いて反応をおこない、その中から、意外な現象、奇異な副生物に着目し、新奇な反応の開発を目指し研究した。

2年度以降では、初年度得られた結果をもとに、研究を進め、とくに、新規なレニウム錯体として、レニウム-アルキン錯体とアルキリデン錯体を取りあげ、その創製と、合成への応用を試みた。以下、4. 研究成果の項で個々の反応について述べる。

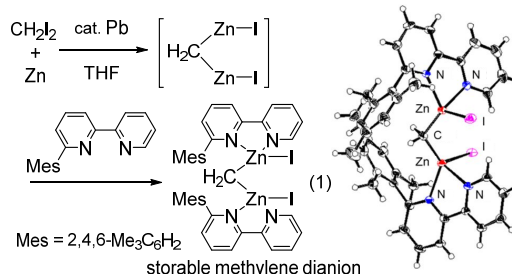
4. 研究成果

本研究期間では、6族、7族金属から主に三つの元素の有機金属化合物に焦点をあて研究を進めた。(1) *gem*-ニクロム錯体の単離・構造決定と新反応のデザイン：同じ炭素に二つの金属が結合し、ジアニオン種とも見ることができるといわれる *gem*-二金属錯体は、研究代表者が30年以上前に発見し、多くの研究者に用いられている有機合成反応の反応中間体として当時から想定していたものである。この反応活性種は不安定で取り扱いにくく、単離には格別の技術が必要であることから、実現できなかった課題であった。本研究期間中に亜鉛およびクロムの錯体を単離・構造決定し、また、その反応性を明らかにすることができた。(2) レニウム錯体触媒を用いる新反応の開発：これまで見だしていたレニウムおよびマンガン錯体の反応である、C-H結合活性化、C-C結合切断、付加環化反応に加え、新たにレニウム-アルキリデン錯体の調製と反応、とくに炭素求核剤が分子間でアルキンに付加することを見いだした。この知見はその後、分子内にもう一つのアルキンをもつ1,6-ジインなどを用いる新反応へと展開した。(3) モリブデンを用いる新反応の開発：全く新たなモリブデン触媒反応の開発を目指し、研究に取り組んだ。その結果、とくに高原子価のモリブデン錯体を3価リンによる還元で触媒として用いる有機化合物の脱酸素反応を見いだした。また、本研究で、6族、7族の錯体をプローブとして、新しい反応性を引き出し開拓した反応を詳細の項の(4)で取りあげる。

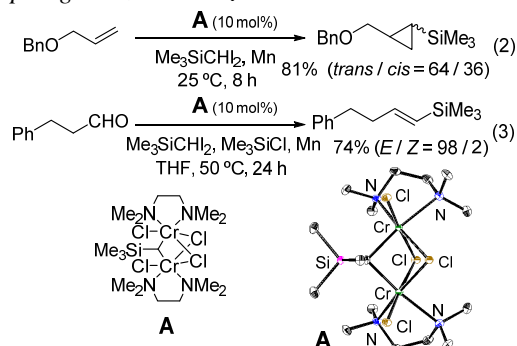
研究期間内に見いだしたこれらの6族、7族の特徴を活かした独創的な合成反応は、インパクトファクターの大きな *J. Am. Chem. Soc.* や *Angew. Chem. Int. Ed.*、*Org. Lett.* などの学術誌にも掲載された。以下に詳細を記す。

詳細：(1) *gem*-ニクロム錯体の単離・構造決定と新反応のデザイン

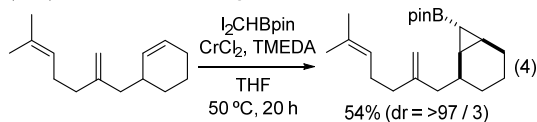
gem-ニクロム錯体に類似した亜鉛錯体の単離と単結晶X線構造解析をおこなった。Schlenk 平衡があるため、単結晶の作成に苦労した。この研究は *gem*-ニクロム錯体の有機金属錯体の単離・構造決定に不可欠な技術の向上も目的としている(式1, *J. Am. Chem. Soc. (JACS)* **2015**, *137*, 114)。



ジヨードメタンに代えて Me_3SiCH_2 を、また嵩高い配位子を用いることで、生じる錯体をより安定化させ、*gem*-ニクロム錯体を合成、単離した。X線により単結晶を構造解析した(式 2, *JACS*, **2017**, *139*, 13184)。また、この錯体の反応性(式 2, 3)を検討した。本論文は *JACS Spotlight* に選ばれた。

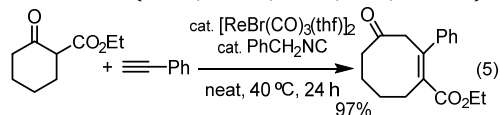


ホウ素酸エステル基の置換したジヨードメタンにクロム(II)を作用させ生じる *gem*-ニクロム錯体をオレフィンに作用させると、選択的にホウ素置換シクロプロパン化合物が得られることを見いだした(式 4, *Org. Lett. (OL)*, **2017**, *19*, 6104)。

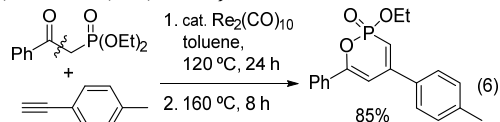


(2) レニウム錯体触媒を用いる新反応の開発

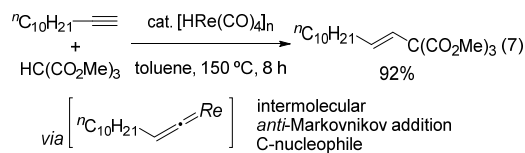
2006年にレニウム触媒を用いると、 β -ケトエステルのC-C結合が切断され、そこにアルキン三重結合が挿入する現象を見つけ報告している(式 5, *JACS*, **2006**, *128*, 11368)。



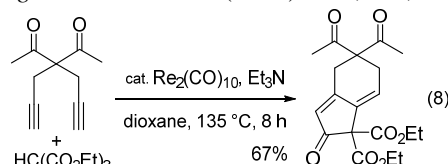
その後、反応の適用限界を検討した結果、 β -ケトエステルの代わりに、 β -ケトホスホン酸エステルを用いると同様のアルキン挿入がレニウム触媒で進行することを見いだした(式 6, *OL* **2014**, *16*, 5784)。



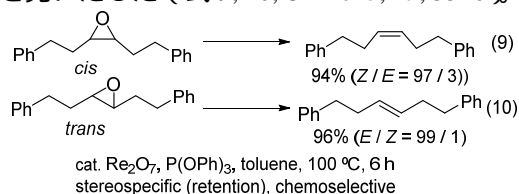
アルキンやアルケンをソフトな Lewis 酸である金属塩で電子不足にすると、通常は Markovnikov 則に従う位置で求核剤が付加する。これまで、窒素や酸素原子をもつヘテロ求核剤では、触媒によりこの逆の位置、すなわち *anti*-Markovnikov 付加する例は知られていたが、炭素求核剤ではなかった。本研究で、レニウム触媒を用いると炭素求核剤であるメタントリエステルがアルキンの末端炭素の位置で選択的に付加することを見いだした(式 7, *JACS*, **2015**, *137*, 1452)。この反応では最初に、レニウム-アルキリデン錯体が生じていると考えている。



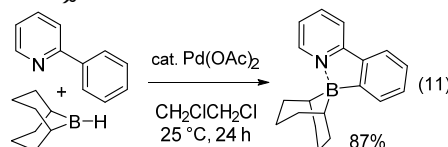
式 7の末端アルキンに換え、1,6-あるいは1,7-ジインを用いたところ、一つの末端アルキンに *anti*-Markovnikov 付加したあと、生じた炭素-レニウム結合にもう一つのアルキンが挿入し、さらに分子内のエステル(メタントリエステル由来)に求核付加した二環化合物が一挙に生成することを見いだした(式 8, *Angew. Chem. Int. Ed. (ACIE)* **2017**, *156*, 5862)。



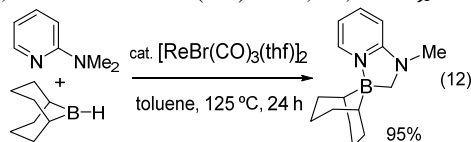
高原子価のレニウムに3価のリン(ホスフィン、ホスファイト)を加えると低原子価のレニウム錯体が生じる。式 9, 10に示したレニウムと3価リンの組合せを用いたときに生じる低原子価レニウムをエポキシドに作用させると、立体保持でエポキシドの脱酸素反応が進行し、オレフィンが得られることを見いだした(式 9, 10, *OL* **2015**, *17*, 3346)。



2013年にパラジウム触媒を用いると窒素-ホウ素間の Lewis 酸-塩基相互作用を利用して、ピリジル基のオルト位のホウ素化反応が進行することを報告した(式 11, *ACIE* **2013**, *52*, 4431)。



本研究で、触媒としてレニウム錯体を用いることにより、 sp^2 炭素だけでなく sp^3 炭素上の水素がホウ素化できることを見いだした(式 12, *Chem. Commun. (CC)* **2015**, *51*, 4583)。

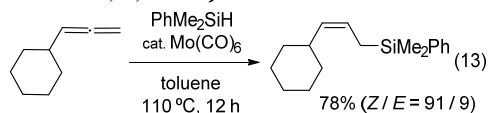


(3) モリブデンを用いる新反応の開発

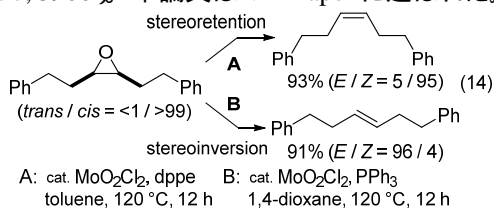
モリブデン錯体を触媒とする反応は多くない。まだ潜んでいる未知の反応性を探ることを目的に研究を進めた。

末端アレンをヒドロシリル化すると、いくつもの位置および立体異性体が生じる可能性がある。触媒としてモリブデンカルボニルを用いたところ、末端側の二重結合にヒドロシリル化したアリルシランがZ体選択的に

得られることがわかった。この選択性は前例がないこともあり、計算化学の手法を用いて反応メカニズムを明らかにした (式 13, *ACS Catal.* **2016**, *6*, 3387)



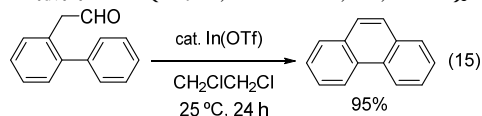
レニウム錯体 Re_2O_7 とホスファイトを用いるエポキシドの脱酸素反応 (2-) を研究しているときに、高原子価のモリブデンにも同様の脱酸素能があることを見つけた。そこで、種々のモリブデン化合物とホスフィンの組合せを調べたところ、触媒として MoO_2Cl_2 を用いジフェニルホスフィノエタン (dppe) で還元すると立体保持で、また PPh_3 で還元すると立体反転で、それぞれ立体特異的にエポキシドの脱酸素反応がおこなえることがわかった (式 14, *Adv. Synth. Catal.* **2016**, *358*, 3966)。本論文は VIP Paper に選ばれた。



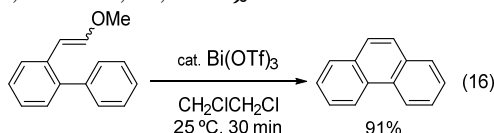
0 価のモリブデンカルボニル錯体に σ -キノンを作用させると、低原子価モリブデン錯体が生じること、それを用いるとカルボニル基の脱酸素反応がおこなえることを見いだした。本反応については、引き続き研究を行っている。

(4) 当初予期していなかったが、6, 7 族の金属錯体をプロープとして用いることを見いだした反応

レニウム錯体は Lewis 酸性を有している。適当な位置にホルミル基をもつ芳香族化合物にレニウム錯体を加熱条件下で作用させたところ、Friedel-Crafts 型の環化反応と、脱水による芳香族化が進行した。触媒を再検討し、 $\text{In}(\text{OTf})_3$ が本反応に適していることを 2011 年に報告した (式 15, *JOC* **2011**, *76*, 7005)。

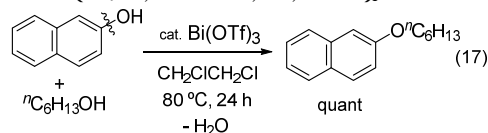


この反応の原料であるアルデヒドは、芳香族アルデヒドに Wittig 反応をおこない、ビニルエーテルとしたのち加水分解して合成した。このビニルエーテルを原料としても同様の反応が進行すること、さらにその触媒には $\text{Bi}(\text{OTf})_3$ が適していることを見いだした (式 16, *OL* **2014**, *16*, 4134)。



$\text{C}(\text{sp}^2)$ - O 結合を切断する置換反応は容

易ではないが、 $\text{Bi}(\text{OTf})_3$ 触媒を用いると、フェノールの OH 基を RO に置換し、アリール-アルキルエーテルに変換できることを見いだした (式 17, *OL* **2014**, *16*, 3828)。



本研究を通して、6, 7 族金属錯体の新しい面を開拓することができた。他の元素の錯体に見られない予想外の反応を引き起こすことも少なくなかった。見いだされた結果のうち、レニウム触媒を用いるフェノールのアルキル化反応は、*Organic Syntheses* からの依頼を受け、その処方が大きなスケールでおこなえることを確認したのち *Org. Synth.* に投稿し、掲載された (*Org. Synth.* **2017**, *94*, 280) また、6, 7 族を含め、研究代表者がこれまでおこなってきた研究についての総合論文を日本化学会の *Bull. Chem. Soc. Jpn.* に発表した (*Bull. Chem. Soc. Jpn.* **2015**, *88*, 1511, Award Accounts)。

6, 7 族のもつ多様な反応性は、その周期表上の位置にも起因している。とくに 7 族は、前周期と後周期のちょうど中間に位置するため、それら両方の近傍の元素の性質をもっている不思議ではない。本研究で得られた成果は、6, 7 族金属を用いる触媒反応の研究に新しい知見を提供し、この分野のさらなる発展の契機になると考えられる。

5. 主な発表論文等

(雑誌論文) (計 14 件)

1. M. Murai, C. Mizuta, R. Taniguchi, K. Takai, Synthesis of Borylcyclopropanes by Chromium-Promoted Cyclopropanation of Unactivated Alkenes. *Org. Lett.* 査読有, Vol. 19, No. 22, 2017, pp. 6104-6107. DOI: 10.1021/acs.orglett.7b02956
2. Y. Kuninobu, M. Yamamoto, M. Nishi, T. Yamamoto, T. Matsuki, M. Murai, K. Takai, Rhenium-Catalyzed ortho-Alkylation of Phenols. *Org. Synth.* 査読有, Vol. 94, 2017, pp. 280-291. DOI: 10.15227/orgsyn.094.0280
3. M. Murai, R. Taniguchi, N. Hosokawa, Y. Nishida, H. Mimachi, T. Oshiki, K. Takai, Structural Characterization and Unique Catalytic Performance of Silyl Group-Substituted Geminal Dichromiomethane Complexes Stabilized with a Diamine Ligand. *J. Am. Chem. Soc.* 査読有, Vol. 139, No. 37, 2017, pp. 13184-13192. DOI: 10.1021/jacs.7b07487
4. M. Murai, E. Uemura, S. Hori, K. Takai, Rhenium-Catalyzed Construction of Polycyclic Hydrocarbon Frameworks by a Unique Cyclization of 1,n-Diynes Initiated by 1,1-Difunctionalization with Carbon Nucleophiles. *Angew. Chem. Int. Ed.* 査読有, Vol. 56, No. 21, 2017, pp. 5862-5866. DOI: 10.1002/anie.201701159
5. S. Asako, T. Sakae, M. Murai, K. Takai,

- Molybdenum-Catalyzed Stereospecific Deoxygenation of Epoxides to Alkenes. *Adv. Synth. Catal.* 査読有, Vol. 358, No. 24, 2016, pp. 3966-3970. DOI: 10.1002/adsc.201600840
6. S. Asako, S. Ishikawa, K. Takai, Synthesis of Linear Allylsilanes via Molybdenum-Catalyzed Regioselective Hydrosilylation of Allenes. *ACS Catal.* 査読有, Vol. 6, No. 5, 2016, pp. 3387-3395. DOI: 10.1021/acscatal.6b00627
 7. K. Takai, Trace Amounts of Second Metal Elements Can Play a Key Role in the Generation of Organometallic Compounds. *Bull. Chem. Soc. Jpn.* 査読有, Vol. 88, No. 11, 2015, pp. 1511-1529. DOI: 10.1246/bcsj.20150170
 8. T. Nakagiri, M. Murai, K. Takai, Stereospecific Deoxygenation of Aliphatic Epoxides to Alkenes under Rhenium Catalysis. *Org. Lett.* 査読有, Vol. 17, No. 13, 2015, pp. 3346-3349. DOI: 10.1021/acs.orglett.5b01583
 9. M. Murai, T. Omura, Y. Kuninobu, K. Takai, Rhenium-Catalyzed Dehydrogenative Borylation of Primary and Secondary C(sp³)-H Bonds Adjacent to a Nitrogen Atom. *Chem. Commun.* 査読有, Vol. 51, No. 22, 2015, pp. 4583-4586. DOI: 10.1039/C4CC09508A
 10. S. Hori, M. Murai, K. Takai, Rhenium-Catalyzed *anti*-Markovnikov Addition Reaction of Methanetricarboxylates to Unactivated Terminal Acetylenes. *J. Am. Chem. Soc.* 査読有, Vol. 137, No. 4, 2015, pp. 1452-1457. DOI: 10.1021/ja5090755
 11. Y. Nishida, N. Hosokawa, M. Murai, K. Takai, Isolation and Structural Characterization of Geminal Di(iodozincio)methane Complexes Stabilized with Nitrogen Ligands. *J. Am. Chem. Soc.* 査読有, Vol. 137, No. 1, 2015, pp. 114-117. DOI: 10.1021/ja5114535
 12. M. Murai, M. Nakamura, K. Takai, Rhenium-Catalyzed Synthesis of 2H-1,2-Oxaphosphorin 2-Oxides via the Regio- and Stereoselective Addition Reaction of α -Keto Phosphonates with Alkynes. *Org. Lett.* 査読有, Vol. 16, No. 21, 2014, pp. 5784-5787. DOI: 10.1021/ol502859w
 13. M. Murai, N. Hosokawa, D. Roy, K. Takai, Bismuth-Catalyzed Synthesis of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) with a Phenanthrene Backbone via Cyclization and Aromatization of 2-(2-Arylphenyl)vinyl Ethers. *Org. Lett.* 査読有, Vol. 16, No. 16, 2014, pp. 4134-4137. DOI: 10.1021/ol5018273
 14. M. Murai, K. Origuchi, K. Takai, Bismuth(III)-Catalyzed Dehydrative Etherification and Thioetherification of Phenolic Hydroxy Groups. *Org. Lett.* 査読有, Vol. 16, No. 14, 2014, pp. 3828-3831. DOI: 10.1021/ol501744g

〔学会発表〕(計 24 件)

1. 荻田拓哉, 村井征史, 高井和彦, レニウム触媒による 7-オキサビシクロ[2.2.1]ヘプタ-2,5-ジエンの脱酸素反応を利用する位置選択的な π 共役系の拡張. 日本化学会第 98 春季年会, 2H2-09, 2018.3.20-23, 日本大学船橋

キャンパス

2. 谷口竜治, 細川直輝, 村井征史, 高井和彦, ジアミン配位子により安定化された gem-ニクロムタン錯体の反応性と触媒反応への利用. 第 64 回有機金属化学討論会, P2-10, 2017.9.7-9, 東北大学川内キャンパス
3. Masahito Murai, Rhenium-Catalyzed *anti*-Markovnikov Addition Reaction of Carbon Nucleophiles to Unactivated Terminal Acetylenes. International Symposium on Pure & Applied Chemistry (ISPAC), ORG57, 2017.6.8-10, Ho Chi Minh, Vietnam
4. Sobi Asako, Kazuhiko Takai, Molybdenum-Catalyzed Regioselective Hydro-silylation of Allenes. International Symposium on Pure & Applied Chemistry (ISPAC), ORG07, 2017.6.8-10, Ho Chi Minh, Vietnam
5. 山本真輝, 村井征史, 高井和彦, レニウム触媒を用いるフェノールの位置選択的アルケニル化によるベンゾピラン誘導体の合成. 日本化学会第 97 春季年会, 1E2-47, 2017.3.16-19, 慶応大学日吉キャンパス
6. 西村謙吾, 村井征史, 高井和彦, レニウム触媒によるオレフィン二重結合の選択的な移動反応. 日本化学会第 97 春季年会, 1E2-46, 2017.3.16-19, 慶応大学日吉キャンパス
7. 小橋空明, 浅子壮美, 高井和彦, モリブデン触媒を用いる逆シクロプロパン化反応によるピリドイソインドール合成. 日本化学会第 97 春季年会, 1E2-40, 2017.3.16-19, 慶応大学日吉キャンパス
8. 石原聖奈, 浅子壮美, 高井和彦, モリブデン触媒によるカルボニル脱酸素を利用するピリドイソインドール合成. 日本化学会第 97 春季年会, 1E2-39, 2017.3.16-19, 慶応大学日吉キャンパス
9. 水田知里, 村井征史, 高井和彦, クロム(II)を用いるアルケンの立体選択的ポリルシクロプロパン化反応. 日本化学会第 97 春季年会, 1E2-18, 2017.3.16-19, 慶応大学日吉キャンパス
10. 谷口竜治, 細川直輝, 三町博子, 村井征史, 押木俊之, 高井和彦, gem-ニクロムシリルメタン錯体の構造解析と触媒反応への利用. 日本化学会第 97 春季年会, 1E2-17, 2017.3.16-19, 慶応大学日吉キャンパス
11. 植村恵理香, 堀 駿介, 村井征史, 高井和彦, レニウム触媒による 1,3-ジカルボニル化合物の末端アルキンへの位置選択的な付加反応. 第 33 回有機合成化学セミナー, P-24, 2016.9.6-8, 北海道ニセコヒルトンヴィレッジ
12. Sobi Asako, Sae Ishikawa, Kazuhiko Takai, Molybdenum-Catalyzed Synthesis of Linear Allylsilane via Regioselective Hydrosilylation of Allene. International Conference on Organometallic Chemistry 2016 (ICOMC 27), 2016.7.17-22, Melbourne, Australia
13. 林美唯妃, 浅子壮美, 高井和彦, モリブデン触媒によるアルデヒドおよびケトンのメチレン化反応. 日本化学会第 96 春季年会, 2J2-54, 2016. 3.24-27, 同志社大学京田辺キャンパス
14. 植村恵理香, 堀 駿介, 村井征史, 高井和彦, レニウム触媒による 1,3-ケトエステルの

- 末端アルキンへの逆 Markovnikov 型付加反応. 日本化学会第 96 春季年会, 1H7-41, 2016.3.24-27, 同志社大学京田辺キャンパス
15. Sobi Asako, Takahisa Sakae, Takuya Nakagiri, Kazuhiko Takai, Molybdenum-catalyzed stereospecific deoxygenation of epoxides. International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (Pacifichem2015), ORGN202, 2015.12.15-20, Honolulu, Hawaii, USA
16. 寒河江貴久, 中桐卓也, 浅子壮美, 村井征史, 高井和彦, モリブデン触媒によるエポキシドの脱酸素反応を利用した立体選択的なオレフィン合成. 2015 年度日本化学会中国四国支部大会, 14EF10, 2015.11.14-15, 岡山大学
17. 石川沙恵, 浅子壮美, 高井和彦, モリブデン触媒を用いるアレンの位置選択的ヒドロシリル化によるアリルシランの合成. 第 62 回有機金属化学討論会, P2-90, 2015.9.7-9, 関西大学千里山キャンパス
18. 堀 駿介, 村井征史, 高井和彦, レニウム触媒を用いる炭素求核剤の末端アルキンへの逆 Markovnikov 型付加反応. 第 31 回若手化学者のための化学道場, P25, 2015.8.27-28, 兵庫県淡路島
19. 石川沙恵, 浅子壮美, 高井和彦, モリブデン触媒によるアレンの位置選択的ヒドロシリル化反応. 日本化学会第 95 春季年会, 2E6-39, 2015.3.26-29, 日本大学船橋キャンパス
20. 堀 駿介, 村井征史, 高井和彦, レニウム触媒によるメタントリカルボン酸エステル の 1,6-ジインへの逆 Markovnikov 型付加を経るテトラヒドロインデノン誘導体の合成. 日本化学会第 95 春季年会, 2E6-40, 2015.3.26-29, 日本大学船橋キャンパス
21. 中桐卓也, 村井征史, 高井和彦, Rhenium(VII) Oxide-Catalyzed Stereospecific Deoxygenation of Epoxides to Alkenes Using Phosphites as a Reductant. 第 61 回有機金属化学討論会, P2A-22, 2014.9.23-25, 九大病院キャンパス
22. 堀 駿介, 村井征史, 高井和彦, Catalytic *anti*-Markovnikov Addition of Methanetricarboxylates to Terminal Alkynes via the Rhenium Vinylidene Intermediate. 第 61 回有機金属化学討論会, P2A-20, 2014.9.23-25, 九大病院キャンパス
23. 寒河江貴久, 中桐卓也, 浅子壮美, 村井征史, 高井和彦, モリブデン触媒による二置換エポキシドの立体選択的な脱酸素反応. 第 30 回若手化学者のための化学道場, P11, 2014.8.29-30, 倉敷市児島
24. 中村誠宏, 村井征史, 高井和彦, レニウム触媒を用いる β -ケトホスホン酸エステルとアルキンからのオキサホスフォリンオキシドの合成. 第 30 回若手化学者のための化学道場, P10, 2014.8.29-30, 倉敷市児島

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕(計 0 件)

〔その他〕

ホームページ

<http://www.achem.okayama-u.ac.jp/omc/index.html>

• 2017 年 6 月 5 日(月)23:15- 放送大学「化学反応論 - 分子の変化と機能 (17)」第 9 回「有機化学 3 : 光学異性体を作り分ける」放送担当講師: 鈴木啓介教授に高井が出演し研究が医薬品の実際の合成に応用された現場(エーザイ(株)鹿島工場)でロケを行い、放送された。

6 . 研究組織

(1) 研究代表者

高井 和彦 (TAKAI Kazuhiko)
岡山大学・大学院自然科学研究科・教授
研究者番号: 0 0 1 4 4 3 2 9

(2) 研究分担者

村井 征史 (MURAI Masahito)
岡山大学・大学院自然科学研究科・助教
研究者番号: 4 0 6 4 7 0 7 0

浅子 壮美 (ASAKO Sobi)
岡山大学・大学院自然科学研究科・助教
研究者番号: 8 0 7 3 7 2 8 9