

平成 26 年 5 月 7 日現在

機関番号：15301

研究種目：基盤研究(A)

研究期間：2010～2013

課題番号：22245017

研究課題名(和文) 7族金属を用いる革新的な合成反応の開拓

研究課題名(英文) Development of Innovative Synthetic Reactions Using Group 7 Metals as Catalysts, Reagents, or Probes

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) 37,500,000円、(間接経費) 11,250,000円

研究成果の概要(和文)：遷移金属の中でもレニウムを用いる有機合成反応は少ない。本研究では、レニウム錯体の特徴を活かした独創的な合成反応を開発すること、さらにレニウムを反応を探す道具(probe)として用い画期的な反応を見いだすことを目的に研究を進めた。その結果、レニウム錯体を用いる(1) Lewis酸性を利用する反応、(2) C-H結合の活性化を基盤とする反応、(3) C-C結合切断反応を経る反応などの展開から新反応を見いだした。さらに、レニウム錯体以外を用いる(4) ヘテロ原子-水素結合を利用するC-H結合活性化反応、(5) 新たなC-C結合切断反応を見いだした。

研究成果の概要(英文)：Rhenium is not a popular element in organic synthesis. Through this research, we tried to clarify the features of the metal, especially unknown and useful reactivities for organic synthesis. We have found the following synthetic reactions by using rhenium complexes as probes. (1) Lewis-acid catalyzed reactions with rhenium complexes. (2) Reactions based on the C(sp²)-H bond activation with rhenium complexes. (3) Reactions based on the C-C bond cleavage between carbonyl and β -carbons with rhenium complexes. (4) Formation of heteroatom-carbon bonds by activation of heteroatom-hydrogen and C-H bonds at proximity positions. (5) Novel C-C bond cleavage reactions catalyzed by other transition metals than rhenium.

研究分野：化学

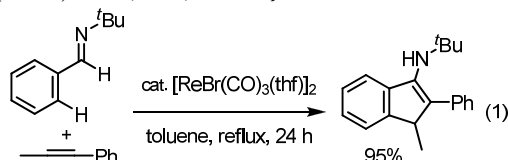
科研費の分科・細目：複合化学・合成化学

キーワード：レニウム マンガン C-H結合活性化 C-C結合切断 均一系錯体 触媒反応

科学研究費助成事業 研究成果報告書

1. 研究開始当初の背景

7族金属、とくにレニウムの錯体は、反応性に関する情報は少なく、他の後周期あるいは前周期遷移金属と比べ、有機合成にあまり使われてこなかった。研究代表者は9年前に、7族レニウムの錯体を触媒として用いる有機合成反応の開発に着手し、レニウムに特徴的な反応を見いだした(式1, *J. Am. Chem. Soc. (JACS)* **2005**, *127*, 13498)。



その研究を皮切りに、イソベンゾフランの合成 (*JACS* **2006**, *128*, 12376)、マンガン触媒による Grignard 型付加反応 (*Angew. Chem. Int. Ed. (ACIE)* **2007**, *46*, 6518)、[3+2]環化付加反応 (*AICE* **2006**, *45*, 2766) などを報告した。

これらの研究を通してレニウム錯体には、炭素-水素結合活性化の触媒作用があるだけでなく、炭素(sp²)-レニウム結合の炭素に求核性があること、さらに、炭素-炭素結合切断の触媒作用もあることなどが明らかになった。

2. 研究の目的

本研究の目的は、(1) まだ面白さを秘めている7族金属錯体の可能性を探ること、および予測は難しいが、(2) レニウム(錯体)を反応を見いだすための道具(probe)として用い、革新的な反応につながる発見をすることである。本研究により、7族金属錯体のベールを剥ぎ、有機合成に使える反応を開発すれば、有用な化合物を社会に供することができることが期待される。

3. 研究の方法

革新的な合成法の開発には新しい反応性の開拓が必須である。本研究では、いくつかのアプローチから研究を進め、その実験結果から新しい反応性の芽を見つけたという手法をとった。アプローチは次の三つの方向からおこなった。第1は、本研究者が最近見いだしたユニークな反応のメカニズムを解明する実験をおこない、得られた結果を踏まえて新反応を探索する方法である。第2は、光照射、超臨界CO₂溶媒、マイクロウェーブ加熱などの新しい実験条件を導入することで、予想外の反応を誘発する方法である。第3は、新しいレニウム錯体を調製し、その反応性を調べることによるアプローチである。以下にその成果を述べる。

4. 研究成果

本研究者は、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(A)ソフトおよびハードなLewis酸性以外

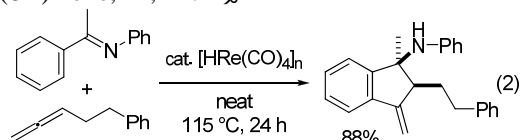
に、新たな反応性を見だし、それに基づく反応をいくつか報告していた。それは、(B) C-H活性化と不飽和結合の挿入、(C) C-C結合の切断と不飽和結合の挿入、(D) 環化付加反応、であった。

本研究では、上記の四つの性質をさらに検討し、新しい反応へと展開するとともに、レニウム(錯体)をプローブとして、新しい反応性を引き出し、新反応を開拓した。研究期間内に見いだしたレニウムやマンガン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.* などの学術誌にも掲載された。展開と開拓に分けて述べる。

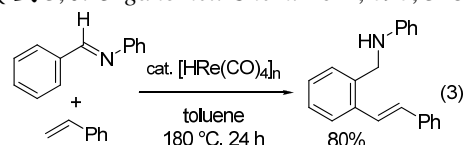
展開:(1) C-H結合活性化を基盤とする新しい反応の開拓

本研究者が2005年に見いだしていたレニウムの錯体触媒を用いる芳香族アルジミンとアルキンとの[3+2]付加環化反応(式1, *JACS*, **2005**, *127*, 13498)以来、レニウム錯体にC-H活性化の触媒作用があること、生じたC(sp²)-Re結合に不飽和結合が挿入すること、さらにC(sp²)-Re結合の炭素に求核性があることがわかっている。本研究では、それらの反応性を活用し、新しい反応へと展開した。

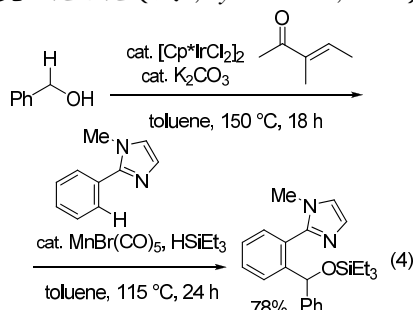
C-H結合へのアレンの挿入によるアミノインダンの合成をおこなった(式2, *Org. Lett. (OL)* **2010**, *12*, 4274)。



水素移動を伴うC-H活性化とHeck型反応がレニウム錯体で進行することを見いだした(式3, *J. Organomet. Chem.* **2011**, *696*, 348)。

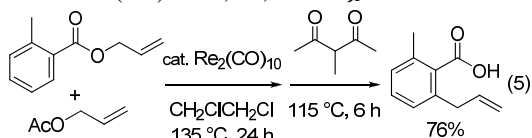


イリジウム触媒による脱水素反応とレニウム触媒によるC-H結合活性化反応を組み合わせることでC(sp³)-HとC(sp²)-H結合間の形式的なクロスカップリング反応がおこなえることを見いだした(式4, *Synlett* **2010**, 2883)。

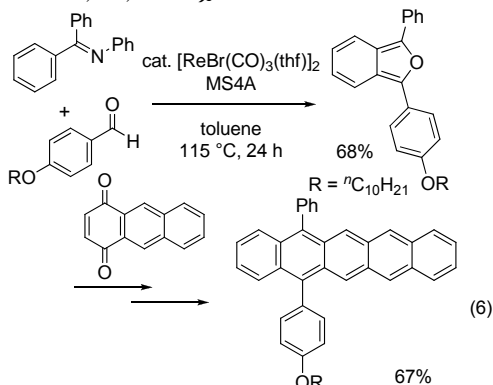


安息香酸アリルに触媒量のRe₂(CO)₁₀を作用させると、選択的にカルボキシル基のオル

ト位のアリル化反応が進行することを見いだした。本反応の収率は酢酸アリルの添加と1,3-ジケトンでの後処理で向上した (式5, *Chem. Commun. (CC)* **2011**, 47, 10791)。

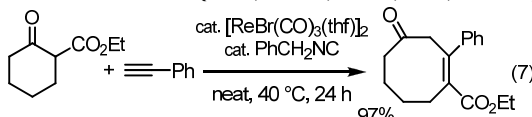


レニウム触媒を用いるC-H結合活性化反応によるイソベンゾフラン合成を用い、非対称置換ペンタセンの合成へと応用した (式6, *OL* **2010**, 12, 5287)。

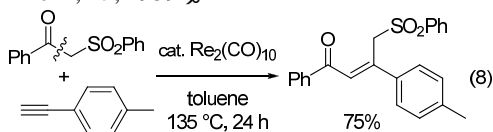


(2) C-C 結合切断を基盤とする新しい反応の開拓

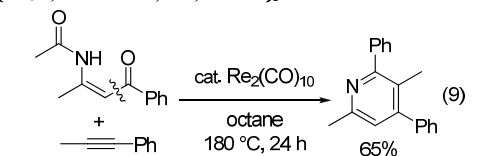
2006年に、レニウム触媒を用いて1,3-ジカルボニル化合物とアルキンとの反応で、1,3-ジカルボニル化合物のC-C結合が切断され、そこにアルキン三重結合が挿入するという現象を見つけた (式7, *JACS*, **2006**, 128, 11368)。



本研究では、式7の反応の適用限界の検討から、β-ケトエステルの代わりに、β-ケトスルホン酸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8, *OL* **2011**, 13, 2959)。

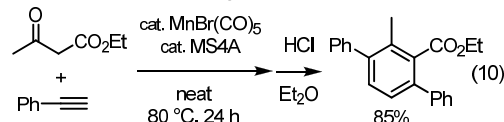


レニウム触媒を用いるとβ-エナミノケトンC-C結合切断が進行し、アルキンを共存させておくと、その挿入と環化により多置換ピリジンが一挙に合成できることを見いだした (式9, *OL* **2012**, 14, 3182)。

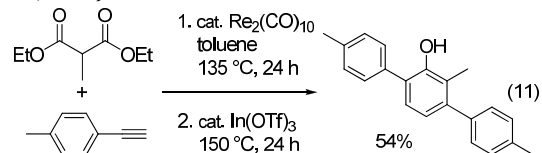


(3) レニウム触媒による付加環化反応
2008年にレニウム錯体を用いる研究から、マンガン錯体によるβ-ケトエステルと末端アルキンの1対2付加環化反応による手法を

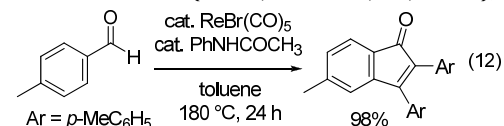
見いだし報告した。(式10, *OL*, **2008**, 10, 3009)。




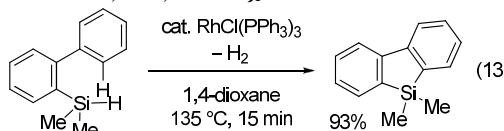
上記の反応でβ-ケトエステルに替え1,3-ジエステルを用いたところ、同様の[2+2+2]付加環化反応が進行し、置換フェノールが生成することを見いだした (式11, *Chem. Lett.* **2010**, 39, 894)。



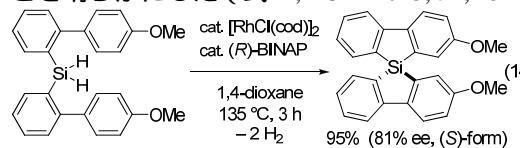
触媒量のReBr(CO)₅とアセトアニリド共存化に芳香族アルデヒドを加熱還流すると、新しい形式の環化三量化反応が進行することを見いだした (式12, *OL* **2010**, 12, 2948)。



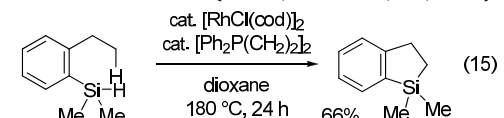
開拓：レニウム錯体をプローブとして用いいくつかの新しい反応を見いだした。とくに大きな展開が見られたのは、のヘテロ原子-水素結合の活性化を利用するC-H結合活性化である。この反応のきっかけは、2010年に報告したシラフルオレン合成である (式13, *JACS* **2010**, 132, 14324)。



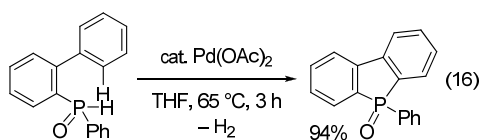
ビスフェニルシランを原料として用い、式13の反応を2回おこなうとスピロシラピフルオレンが生成する。原料のフェニル基に置換基を導入し、キラルリン配位子を用いて不斉スピロシラピフルオレンが合成できることを明らかにした (式14, *ACIE* **2013**, 52, 1520)。



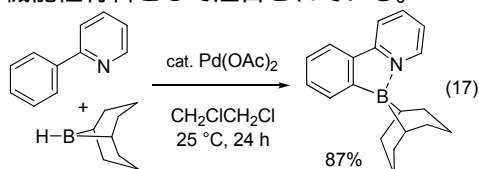
また、C(sp²)-H結合だけでなく、C(sp³)-H結合も活性化され、ケイ素を含む5員環が生じることにもわかった (式15, *OL* **2013**, 15, 426)。



ヘテロ原子-水素結合としてホスフィンオキシドのリン-水素結合を用い、P-Hをパラジウム触媒で活性化してリン-炭素結合を形成する反応を開発した。有機材料として注目されているジベンゾホスホールの合成として報告した (式16, *JOC* **2011**, 76, 7370)。

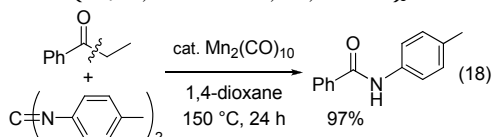


ヘテロ原子 - 水素結合を近づけるにあたり、窒素 - ホウ素間のLewis酸 - 塩基相互作用の利用を検討し、ピリジル基のオルト位のホウ素化反応を開発した(式17, *ACIE* **2013**, 52, 4431)。本生成物はホウ素と窒素を含む5員環で機能性材料として注目されている。

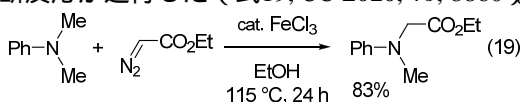


レニウムをプローブとして用い、全く新しい炭素 - 炭素切断反応とを見いだした。

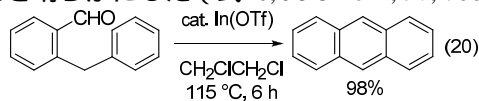
カルボジイミドを用いるカルボニル炭素と α 炭素間の切断によるアミド合成反応という最適の触媒を検討しマンガン錯体の反応となった(式18, *ACIE* **2011**, 50, 10406)。



鉄触媒存在下、ジアゾエステルをメチルアミンに作用させたところ、窒素 - 炭素結合切断反応が進行した(式19, *CC* **2010**, 46, 8860)。



レニウム錯体はLewis酸性を有している。適当な位置にアルデヒド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、脱メタノールによる芳香族化が進行した。触媒を検討し、 $\text{In}(\text{OTf})_3$ が本反応に適していることを明らかにした(式20, *JOC* **2011**, 76, 7005)。



7族金属錯体の新しい面を開拓してきた。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。それらの反応性について、触媒反応を総論文として(*Pure Appl. Chem.* **2010**, 82, 1491, *BCSJ* **2012**, 85, 656) さらに周りの研究も含め総説も執筆した(*Chem. Rev.* **2011**, 111, 1938)。

これら多様な反応性は、レニウムの周期表上の位置にも起因している。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も不思議ではない。本研究で得られた成果は、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25件)

1. Y. Kuninobu, T. Iwanaga, T. Omura, K. Takai, Palladium-Catalyzed ortho-Selective C-H Borylation of 2-Phenylpyridine and Its Derivatives at Room Temperature, *Angew. Chem. Int. Ed.* 査読有, Vol. 52, No. 16, 2013, pp. 4431-4434. DOI: 10.1002/anie.201210328.
2. Y. Kuninobu, K. Yamauchi, N. Tamura, T. Seiki, K. Takai, Rhodium-Catalyzed Asymmetric Synthesis of Spirosilabifluorene Derivatives, *Angew. Chem. Int. Ed.* 査読有, Vol. 52, No. 5, 2013, pp. 1520-1522. DOI: 10.1002/anie.201207723
3. Y. Kuninobu, T. Nakahara, H. Takeshima, K. Takai, Rhodium-Catalyzed Intramolecular Silylation of Unactivated C(sp³)-H Bonds *Org. Lett.* 査読有, Vol. 15, No. 2, 2013, pp. 426-428. DOI: 10.1021/ol303353m.
4. Y. Kuninobu, K. Origuchi, K. Takai, Palladium-Catalyzed Synthesis of a Phosphine Oxide with a Chiral Phosphorus Center via C-H Phosphination, *Heterocycles* 査読有, Vol. 85, No. 12, 2012, pp. 3029-3034. DOI: 10.3987/COM-12-12595.
5. M. Nishi, Y. Kuninobu, K. Takai, Rhenium-Catalyzed Regio- and Stereoselective Synthesis of γ -Thio- α,β -unsaturated Ketones via Insertion of Terminal Alkynes into the C-S Bond, *Org. Lett.* 査読有, Vol. 14, No. 23, 2012, pp. 6116-6118. DOI: 10.1021/ol302810u.
6. S.-i. Yamamoto, K. Okamoto, M. Murakoso, Y. Kuninobu, K. Takai, Rhenium-Catalyzed Regioselective Synthesis of Multisubstituted Pyridines from β -Enamino Ketones and Alkynes via C-C Bond Cleavage, *Org. Lett.* 査読有, Vol. 14, No. 12, 2012, pp. 3182-3185. DOI: 10.1021/ol301273j.
7. Y. Kuninobu, K. Takai, Development of Novel and Highly Efficient Methods to Construct Carbon-Carbon Bonds Using Group 7 Transition-Metal Catalysts, *Bull. Chem. Soc. Jpn.* 査読有, Vol. 85, No. 6, 2012, pp. 656-671. DOI: 10.1246/bcsj.20120015.
8. Y. Nishina, T. Tatsuzaki, A. Tsubakihara, Y. Kuninobu, K. Takai, Synthesis of Multisubstituted Cyclopentadienes from Cyclopentenones Prepared via Catalytic Double Aldol Condensation and Nazarov Reaction Sequence, *Synlett* 査読有, No. 17, 2011, pp. 2585-2589. DOI: 10.1055/s-0030-1260324.
9. Y. Kuninobu, H. Matsuzaki, M. Nishi, K. Takai, Rhenium-Catalyzed Regio- and Stereoselective Addition of Two Carbon Units to Terminal Alkynes via Carbon-Carbon Bond Cleavage of β -Keto Sulfones, *Org. Lett.* 査読有, Vol. 13 No. 11, 2011, pp. 2959-2961. DOI: 10.1021/ol2008507.
10. Y. Kuninobu, T. Uesugi, A. Kawata, K. Takai, Manganese-Catalyzed Cleavage of a Carbon-Carbon Single Bond between Carbonyl and α Carbon Atoms of Ketones, *Angew. Chem. Int.*

- Ed.* 査読有, Vol. 50, No. 44, 2011, pp. 10406-10408. DOI: 10.1002/anie.201104704.
11. Y. Kuninobu, K. Ohta, K. Takai, Rhenium-Catalyzed Allylation of C-H Bonds of Benzoic and Acrylic Acids, *Chem. Commun.* 査読有, No. 47, 2011, pp. 10791-10793. DOI: 10.1039/C1CC12359A.
 12. A. Samarat, Y. Kuninobu, K. Takai, Synthesis of meso Substituted Tetraaryl-alkynylporphyrins via Rhenium-Catalyzed Formation of Naphthalene Units, *Synlett* 査読有, No. 15, 2011, pp. 2177-2180. DOI: 10.1055/s-0030-1261199.
 13. Y. Kuninobu, T. Yoshida, K. Takai, Palladium-Catalyzed Synthesis of Dibenzophosphole Oxides via Intramolecular Dehydrogenative Cyclization, *J. Org. Chem.* 査読有, Vol. 76 No. 18, 2011, pp. 7370-7376. DOI: 10.1021/jo201030j.
 14. Y. Kuninobu, T. Tatsuzaki, T. Matsuki, K. Takai, Indium-Catalyzed Construction of Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Skeletons via Dehydration, *J. Org. Chem.* 査読有, Vol. 76, No. 17, 2011, pp. 7005-7009. DOI: 10.1021/jo200861s.
 15. Y. Kuninobu, K. Takai, Organic Reactions Catalyzed by Rhenium Carbonyl Complexes, *Chem. Rev.* 査読有, Vol. 111, No. 3, 2011, pp. 1938-1953. DOI: 10.1021/cr100241u
 16. Y. Kuninobu, T. Nakahara, P. Yu, K. Takai, Rhenium-Catalyzed Insertion of Terminal Alkenes into a C(sp²)-H Bond and Successive Transfer Hydrogenation, *J. Organomet. Chem.* 査読有, Vol. 696, No. 1, 2011, pp. 348-351. DOI: 10.1016/j.jorganchem.2010.09.064.
 17. Y. Kuninobu, D. Asanoma, K. Takai, Cross-Coupling Reactions between C(sp²)-H and C(sp³)-H Bonds via Sequential Dehydrogenation and C-H Insertion, *Synlett* 査読有, No. 19, 2010, pp. 2883-2886. DOI: 10.1055/s-0030-1259040.
 18. Y. Kuninobu, T. Seiki, S. Kanamaru, Y. Nishina, K. Takai, Synthesis of Functionalized Pentacenes from Isobenzofurans Derived from C-H Bond Activation, *Org. Lett.* 査読有, Vol. 12 No. 22, 2010, pp. 5287-5289. DOI: 10.1021/ol102349r.
 19. Y. Kuninobu, M. Nishi, K. Takai, Iron-Catalyzed Synthesis of Glycine Derivatives via Carbon-Nitrogen Bond Cleavage Using Diazoacetate, *Chem. Commun.* 査読有, Vol. 46, No. 46, 2010, pp. 8860-8862. DOI: 10.1039/c0cc03781h.
 20. T. Ureshino, T. Yoshida, Y. Kuninobu, K. Takai, Rhodium-Catalyzed Synthesis of Silafluorene Derivatives via Cleavage of Silicon-Hydrogen and Carbon-Hydrogen Bonds, *J. Am. Chem. Soc.* 査読有, Vol. 132, No. 41, 2010, pp. 14324-14326. DOI: 10.1021/ja107698p.
 21. Y. Kuninobu, P. Yu, K. Takai, Rhenium-Catalyzed Diastereoselective Synthesis of Aminoindanes via the Insertion of Allenes into a C-H Bond, *Org. Lett.* 査読有, Vol. 12, No. 19, 2010, pp. 4274-4276. DOI: 10.1021/ol101627x.
 22. Y. Kuninobu, T. Iwanaga, M. Nishi, K. Takai, Rhenium-Catalyzed Regioselective Synthesis of Phenol Derivatives from 1,3-Diesters and Terminal Alkynes, *Chem. Lett.* 査読有, Vol. 39, No. 8, 2010, pp. 894-8954. DOI: 10.1246/cl.2010.894.
 23. Y. Kuninobu, T. Ureshino, S.-i. Yamamoto, K. Takai, Regioselective Functionalization of Alkanes by Sequential Dehydrogenation-Hydrozirconation, 査読有, Vol. 46, No. 29, pp. 5310-5312. DOI: 10.1039/c0cc00243g.
 24. Y. Kuninobu, A. Kawata, S. Yudha S., H. Takata, M. Nishi, K. Takai, Rhenium- and Manganese-Catalyzed Carbon-Carbon Bond Formation Using 1,3-Dicarbonyl Compounds and Alkynes, *Pure Appl. Chem.* 査読有, Vol. 82, No. 7, pp. 1491-1501. DOI: 10.1351/PAC-CON-09-09-21.
 25. Y. Kuninobu, T. Matsuki, K. Takai, Rhenium-Catalyzed Synthesis of Indenones by Novel Dehydrative Trimerization of Aryl Aldehydes via C-H Bond Activation, *Org. Lett.* 査読有, Vol. 12, No. 13, 2010, pp. 2948-2950. DOI: 10.1021/ol100947p.
- [学会発表] (計 69 件)
1. Yoichiro Kuninobu, Takashi Matsuki, Kazuhiko Takai, Rhenium-Catalyzed Regioselective Alkylation of Phenols. XXIV International Conference on Organometallic Chemistry (ICOMC2010), Taipei, 2010.7.18-23
 2. Kazuhiko Takai, Yoichiro Kuninobu, Atsushi Kawata, Salprima Yudha S., Mitsumi Nishi, Rhenium- and Manganese-Catalyzed Synthesis of Multisubstituted Benzenes Using β -Keto Esters and Alkynes. 18th International Conference on Organic Synthesis (ICOS-18), Bergen, 2010.8.1-6
 3. 于 鵬, 國信洋一郎, 高井和彦, レニウム触媒を用いる C-H 結合へのアレンの挿入反応によるジアステレオ選択的なアミノインダン誘導体の合成. 第 57 回有機金属化学討論会, P1B-34, 中央大多摩, 2010.9.16-18
 4. 西 光海, 國信洋一郎, 高井和彦, 鉄触媒を用いる N,N-ジメチルアニリン誘導体の炭素-窒素結合切断. 第 57 回有機金属化学討論会, P1A-07, 中央大多摩, 2010.9.16-18
 5. 山本俊一, 嬉野智也, 國信洋一郎, 高井和彦, 連続的な脱水素 - ヒドロジルコニウム化反応を利用した飽和炭化水素の官能基化反応. 第 57 回有機金属化学討論会, P1C-04, 中央大多摩, 2010.9.16-18
 6. Yoichiro Kuninobu, Takashi Matsuki, Kazuhiko Takai, Rhenium-Catalyzed Regioselective Alkylation of Phenol Derivatives. The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (Pacifichem 2010), Honolulu, 2010.12.15-20
 7. Mitsumi Nishi, Salprima Yudha S., Yoichiro Kuninobu, Kazuhiko Takai, Manganese-Catalyzed Regioselective Synthesis of Tetra-

- substituted Benzenes from β -Keto Esters and Terminal Alkynes. The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (Pacifichem 2010), Honolulu, 2010.12.15-20
8. Shun-ichi Yamamoto, Atsushi Kawata, Taihei Noborio, Takashi Matsuki, Kazumi Takata, Yoichiro Kuninobu, Kazuhiko Takai, Iridium-Catalyzed Retro- Claisen Rearrangement. The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (Pacifichem 2010), Honolulu, 2010.12.15-20
9. Yoichiro Kuninobu, Tomonari Ureshino, Takuya Yoshida, Kazuhiko Takai, Transition Metal-Catalyzed Dehydrogenative Synthesis of Silafluorene and Phosphafluorene Derivatives. 16th IUPAC International Symposium on Organometallic Chemistry Directed towards Organic Synthesis (OMCOS16), Shanghai, 2011.7.24-28
10. Kazuhiko Takai, Yoichiro Kuninobu, Rhenium-Catalyzed Carbon-Carbon Bond Formation between 1,3-Dicarbonyl Compounds and Alkynes. 14th Asian Chemical Congress (14ACC), Bangkok, 2011.9.5-8
11. 中原崇博, 于 鵬, 國信洋一郎, 高井和彦, レニウム触媒による芳香族イミン C-H 結合への末端アルケンの挿入とイミノ基還元反応. 第 58 回有機金属化学討論会, P2A-01, 名大, 2011.9.7-9
12. 西 光海, 松崎大典, 國信洋一郎, 高井和彦, レニウム触媒による β -ケトスルホン由来の二つの炭素ユニットの末端アルキンへの立体選択的付加反応, 第 58 回有機金属化学討論会, P2A-03, 名大, 2011.9.7-9
13. 國信洋一郎, 嬉野智也, 吉田卓矢, 高井和彦, 遷移金属触媒による不活性結合の切断を伴うシラフルオレンおよびホスファフルオレン誘導体の合成. 第 58 回有機金属化学討論会, O3-08, 名大, 2011.9.7-9
14. Yoichiro Kuninobu, Tomonari Ureshino, Takuya Yoshida, Kazuhiko Takai, Rhodium-Catalyzed Synthesis of Silafluorenes via Cleavage of Si-H and C-H Bonds. 18th International Symposium on Homogeneous Catalysis (ISHHC XVIII), OC25, Toulouse, France, 2012.7.9-13
15. Yoichiro Kuninobu, Kazuhiko Takai, Rhodium-Catalyzed C(sp²)-H and C(sp³)-H Silylation. XXV International Conference on Organometallic Chemistry (ICOMC XXV), O19.3, Lisbon, Portugal, 2012.9.2-7
16. 竹嶋大翔, 中原崇博, 國信洋一郎, 高井和彦, ロジウム触媒による不活性な C(sp³)-H 結合の分子内シリル化反応. 第 59 回有機金属化学討論会, P2A-15, 阪大吹田, 2012.9.13-15
17. 大村徹弥, 岩永 崇, 國信洋一郎, 高井和彦, 芳香族 C-H 結合のオルト位選択的なホウ素化反応. 第 59 回有機金属化学討論会, P3C-23, 阪大吹田, 2012.9.13-15
18. Kazuhiko Takai, Yoichiro Kuninobu, Atsushi Kawata, Yuta Nishina, Rhenium- and Manganese Catalyzed Carbon-Carbon Bond Formation. 17th Malaysian Chemical Congress (17MCC), OABC 43, Kuala Lumpur, Malaysia, 2012.10.15-17
19. Yoichiro Kuninobu, Tomonari Ureshino, Takuya Yoshida, Naoya Tamura, Kanae Yamauchi, Kazuhiko Takai, Rhodium-Catalyzed Synthesis of Silafluorenes via Cleavage of Si-H and C-H Bonds. Cambodian Malaysian Chemical Congress (CMCC), OBC 21, Siem Reap, Cambodia, 2012.10.19-21
20. Kanae Yamauchi, Naoya Tamura, Takayuki Seiki, Yoichiro Kuninobu, Kazuhiko Takai, Asymmetric Synthesis of Spirosilabifluorenes from Bis(biphenyl)silanes under Rhodium Catalysis. The 12th International Kyoto Conference on New Aspects of Organic Chemistry, PB-124, Kyoto, 2012.11.12-16
21. Kazuhiko Takai, Rhodium-Catalyzed Cleavage of Silicon-Hydrogen and Carbon-Hydrogen Bonds: Synthesis of Silafluorene Derivatives. The 1st Frontier Chemistry Center International Symposium "Next Generation of Molecular Chemistry", 2013.2.22
22. Kazuhiko Takai, Rhodium-Catalyzed Synthesis of Silafluorene Derivatives via Cleavage of Silicon Hydrogen and Carbon Hydrogen Bonds. 16th International Symposium on Relations between Homogeneous and Heterogeneous Catalysis (ISHHC-16), Sapporo, 2013.8.4-9
23. 高井和彦, 4 - 7 族金属の特性を活かした有機合成反応の開拓. 日本化学会第 94 春季年会, 受賞講演 1S201, 名大, 2014.3.27

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 1 件)

名称: 新規光学活性ホスフィン化合物、その製造法およびその用途

発明者: 國信洋一郎, 折口和希, 高井和彦

権利者: 岡山大学

種類: 特許

番号: 特願 2012-051415

出願年月日: 2012.3.8.

国内外の別: 国内

〔その他〕

2013 年 6 月 19 日 RSK ラジオ「技術の森」に高井が出演し研究について紹介。

ホームページ

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

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

國信 洋一郎 (KUNINOBU YOICHIRO)

東京大学・大学院薬学系研究科・准教授

研究者番号: 4 0 3 7 2 6 8 5