

令和 4 年 6 月 13 日現在

機関番号：82401

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19H00897

研究課題名(和文)希土類触媒の特長を生かした新規物質創製反応の開発

研究課題名(英文)Development of New Chemical Transformations by Rare Earth Catalysts

研究代表者

侯 召民 (Hou, Zhaomin)

国立研究開発法人理化学研究所・開拓研究本部・主任研究員

研究者番号：10261158

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 34,900,000円

研究成果の概要(和文)：独自の知見に基づく新しい希土類アルキル触媒を開発し、それらを用いて、例えば、C-H結合活性化を伴うアルジイミンとアルケンとの立体選択的な環化反応やキノリンとアルキンによる不斉スピロ環構築反応、非極性オレフィンと極性オレフィンとの精密共重合による機能性ポリマーの創製など、従来では実現困難であった新しい化学変換反応の開拓や新機能性材料の創製に成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の成果は、有機金属化学や触媒化学、有機合成化学、高分子合成化学などの基礎科学分野の新しいフロンティアの開拓のみならず、新たな知財の形成や新産業の創出にもつながることが期待できる。例えば、本研究で創製された新規自己修復ポリマーは、空気中だけでなく、水や酸、アルカリ性水溶液中でも優れた自己修復性能を示し、従来のものでは見られない実用性の高い新機能性材料として多方面から大きな期待が寄せられている。

研究成果の概要(英文)：This project aimed to develop new catalysts, new reactions and new functional materials superior or complementary to the existing ones. By using half-sandwich rare-earth catalysts, we have achieved for the first time the terpolymerization of ethylene and two different methoxyaryl-substituted propylenes in a controlled fashion, which afforded new functional polyolefins with excellent self-healing property. We have synthesized a series of chiral half-sandwich rare-earth alkyl complexes that show excellent enantioselectivity and activity in various transformations such as asymmetric dearomative annulation of quinolines with alkynes and asymmetric exo-selective annulation of imidazoles with 1,1-disubstituted alkenes via C-H activation.

研究分野：有機金属化学 触媒化学 有機合成化学 高分子化学

キーワード：希土類金属 C-H結合活性化 不斉触媒 非極性オレフィンと極性オレフィンの共重合 自己修復材料 シクロペンタジエニル基

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、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

新しい触媒や反応の開発は、合成化学の飛躍的進歩や従来にない優れた機能を持つ新機能性材料の創出など広い領域にインパクトを与える極めて重要な研究課題である。現在の有機合成や高分子合成などの物質創製化学は一定の成功を収めつつも、期待されるレベルの高さからみればまだ極めて不十分な状態にある。これまでの有機合成や高分子合成触媒の開発においては、主に d-ブロック遷移金属錯体を中心に研究が行われてきた。一方、f-ブロック金属が主体となっている希土類金属錯体はあまり活用されなかった。この分野のさらなる進歩を実現するためには、様々な元素の特性を生かした斬新な分子設計に基づく新触媒・新反応・新機能性材料の開発が極めて重要な鍵を握ると考えられる。本研究提案者は、新規錯体触媒の開発研究において、立体的にかさ高いシクロペンタジエニル配位子を一個しか持たないハーフサンドイッチ型希土類ジアルキル錯体などの合成に成功し、希土類金属とヘテロ原子との特異な相互作用が新規有機合成反応や機能性材料の開発における有用性を示唆する結果を得た。

2. 研究の目的

本研究では、応募者の独自の知見に基づき、希土類元素の特性を最大限に活用した新規錯体触媒を開発するとともに、それらを基盤として、従来では実現困難であった、高効率・高選択的な有機合成反応や精密重合反応の開発、新機能性材料の創製などを行い、物質創製化学の新領域開拓や技術革新を目指す。具体的には、希土類錯体触媒の特性を生かした C-H 結合の活性化と不斉変換や機能性ポリマー創製への活用、希土類金属中心とヘテロ原子との相互作用特性を生かした極性オレフィンと非極性オレフィンとの精密共重合反応の開発と新規機能性ポリマーの創製など、触媒の設計・合成から、新反応・新機能性材料の開発まで一括して統合的に研究を進める。

3. 研究の方法

光学活性配位子も含め、立体的、電子的に異なる環境を提供できる、様々なモノアニオン性配位子をもつ一連のハーフサンドイッチ型希土類ジアルキル錯体を合成し、その触媒活性について理論計算を含め系統的に検討を行う。特に C-H 結合の活性化を鍵とする様々な新規変換反応や不斉触媒反応、非極性オレフィンと極性オレフィンとの共重合などを中心に検討を行う。得られた結果を統合的に検討し、分子設計や触媒設計へフィードバックさせる。

4. 研究成果

(1) ハーフサンドイッチ型希土類触媒を用いた新規有機合成反応の開発研究において、希土類アルキル種の高い反応性および希土類金属イオンの高いヘテロ原子親和性を生かし、従来の触媒では実現困難であった、様々なヘテロ原子を有する有機基質の選択的 C-H 結合変換反応の開発に成功した。例えば、立体的な傘高さの異なるシクロペンタジエニル配位子とイオン半径の異なる希土類金属を適切に組み合わせることで、オレフィン類への C-H 結合の付加によるキノリン類の位置多様性アルキル化反応を初めて実現した。この反応ではスチレンと 1-ヘキセンで位置選択性が異なっており、DFT 計算により、その作業機構も明らかにした。後周期遷移金属触媒を用いたキノリンのアルキル化反応では、キノリンのピリジンユニットが配向基として働きピリジンユニットがアルキル化される反応は知られているが、希土類触媒を用いることによって初めて C8-H 位のアルキル化が達成された。さらに、異なる立体環境（配位子と金属の組み合わせ）を有するハーフサンドイッチ型希土類触媒を用いることにより、芳香族アルジイミンの C-H 結合活性化を伴うアルケン類との立体選択的な [3+2] 環化反応に初めて成功した。一方、基質を芳香族アルジイミンから脂肪族アルジイミンに変えた場合では、ハーフサンドイッチ型スカンジウム触媒を用いることにより、脂肪族アルジイミンの $-C(sp^3)-H$ 結合活性化を伴うアルケン類との立体選択的な [3+2] 環化反応を初めて実現した。

(2) ピナフチル骨格を持つ軸不斉キラルシクロペンタジエニル配位子を用いることにより、初めての光学活性なハーフサンドイッチ型希土類ジアルキル錯体の合成に成功し、これらを触媒として用いて様々な新規不斉合成反応の開発に成功した。例えば、シロキシ基が置換したピナフチル配位子を有するスカンジウム触媒を用いて、1,1-二置換アルケン側鎖を持つイミダゾール類を反応させたところ、初めてエキソ選択的に分子内 C-H 結合付加が進行し、四級炭素の不斉構築を達成した。同様の反応でロジウムやニッケルなどの遷移金属触媒を用いた場合は、エンド選択的に分子内 C-H 結合付加が進行し、四級炭素が生成しないことは対照的である。さらに、キラルなスカンジウム触媒を用いることにより、キノリンまたはピリジンユニットを有するフェロセン類の C-H 結合のアルケンへの不斉付加反応を初めて達成し、面不斉を有するアルケニルフェロセン誘導体を高い収率および高い光学純度で得ることに成功した。ロジウム触媒を用いたボロン酸の不飽和ケトンへの 1,4-付加反応に、合成したキノリンユニットを有するフェロセン化合物を添加したところ、92% ee と高い不斉収率を示したことから、フェロセン化合物は優れた不斉補助配位子として機能することが明らかとなった。また、キラルなスカンジウム触媒を用いて 2-アリアル置換キノリン化合物とアルケン類を反応させることにより、オルト-C-H 結合の活性化による分子間 C-C 三重結合への付加に続いて分子内 C=N 結合への脱芳香族的求核付

加が進行し、光学活性なスピロ型多環式化合物の合成を初めて達成した。ロジウム触媒による同様の反応では、対応するイソキノリニウム塩が生成することとは対照的である。

(3) 希土類金属イオンのヘテロ原子に対する強い親和性と希土類アルキル種の C=C 二重結合に対する高い挿入活性を利用して、適宜なかさ高さを有するハーフサンドイッチ型スカンジウム触媒を用いることにより、様々なヘテロ原子を有する極性 - オレフィンと非極性オレフィンとの共重合を実現し、高分子量の機能性ポリオレフィンの合成に成功した。例えば、スカンジウム触媒を用いて、エーテルユニットを有する 1,6-ヘプタジエンの重合を行ったところ、1,2,4-シス - エチレンシクロペンタン骨格を有するポリマーが高いイソタクチック選択性で得られた。一方、チオエーテルユニットを有する 4-フェニルチオ - 1,6-ヘプタジエンの重合を行ったところ、1,2-トランス,1,4-シス - エチレンシクロペンタン骨格を有するポリマーが高いイソタクチック選択性で得られ、ヘテロ原子官能基置換 α,ω -非共役ジエンの位置およびジアステレオ選択的な立体規則性環化重合を実現した。DFT 計算の結果、スカンジウム金属とヘテロ原子との相互作用が、立体選択性において極めて重要な役割を果たしていることが明らかとなった。また、ハーフサンドイッチ型希土類触媒を用いて、アニシルや N,N-ジメチルアミノフェニル置換 - プロピレンとスチレンとの共重合を行うことにより、両方のモノマーがシンジオタクチックに制御された交互共重合体の合成に初めて成功し、高い融点 (220 - 225) を示す結晶性ポリマーが得られた。さらに、置換基の異なる 2 種類のアニシルプロピレン類とエチレンとの精密三元共重合を行ったところ、対応する二元共重合体と比較して大幅に自己修復速度が向上した機能性ポリマーの創製に成功した。また、これらのポリマーは、大気中だけでなく、水、酸やアルカリ性水溶液中でも優れた自己修復性を示した。二元共重合体と比較すると、三元共重合体では、柔らかい成分のモビリティが向上したことに加えて、エチレン連鎖の結晶ユニットの他にエチレン - メトキシアリアルプロピレン交互ユニット間で架橋できる場所が増え、三種類のモノマー成分の協同効果が発揮されたために、自己修復速度が大幅に向上したものと考えられる。これらの研究成果は、非極性オレフィンと極性オレフィンの精密共重合触媒や、機能性ポリマーの設計・合成に新しい指針を与えるものとして、今後の展開が大いに期待される。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計26件（うち査読付論文 26件 / うち国際共著 7件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 K. Nishii, G. Zhou, Y. Saito, A. Yamamoto, M. Nishiura, Y. Luo, Z. Hou	4. 巻 94
2. 論文標題 Synthesis of Thermoplastic Elastomers by Yttrium-Catalyzed Isospecific Trans-1,4-Polymerization of (E)-1,3-Pentadiene	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Bulletin of the Chemical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 1285 ~ 1291
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/bcsj.20210026	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 Y. Yang, H. Wang, L. Huang, M. Nishiura, Y. Higaki, Z. Hou	4. 巻 60
2. 論文標題 Terpolymerization of Ethylene and Two Different Methoxyaryl Substituted Propylenes by Scandium Catalyst Makes Tough and Fast Self Healing Elastomers	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Angewandte Chemie International Edition	6. 最初と最後の頁 26192 ~ 26198
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.202111161	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 -
1. 著者名 S. Lou, G. Luo, S. Yamaguchi, K. An, M. Nishiura, Z. Hou	4. 巻 143
2. 論文標題 Modular Access to Spiro-dihydroquinolines via Scandium-Catalyzed Dearomative Annulation of Quinolines with Alkynes	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 20462 ~ 20471
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.1c10743	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 該当する
1. 著者名 G. Xiong, O. Tardif, M. Nishiura, B. Guan, Z. Hou	4. 巻 105
2. 論文標題 Synthesis and Structure Diversity of Half Sandwich Rare Earth Dialkynyl Complexes	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Helvetica Chimica Acta	6. 最初と最後の頁 e202100197
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/hlca.202100197	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 -

1. 著者名 X. Cong, Q. Zhuo, N. Hao, Z. Mo, G. Zhan, M. Nishiura, Z. Hou	4. 巻 61
2. 論文標題 Regio and Diastereoselective [3+2] Annulation of Aliphatic Aldimines with Alkenes by Scandium Catalyzed C(sp ³)-H Activation	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Angewandte Chemie International Edition	6. 最初と最後の頁 e202115996
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.202115996	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 -

1. 著者名 T. Shima, Z. Hou	4. 巻 2020
2. 論文標題 Dinitrogen Activation by a Titanium/Ruthenium Heteromultimetallic Hydride Complex	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 European Journal of Inorganic Chemistry	6. 最初と最後の頁 1418 ~ 1422
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ejic.201901290	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 -

1. 著者名 Z. Mo, T. Shima, Z. Hou	4. 巻 59
2. 論文標題 Synthesis and Diverse Transformations of a Dinitrogen Ditungsten Hydride Complex Bearing Rigid Acridane Based PNP Pincer Ligands	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Angewandte Chemie International Edition	6. 最初と最後の頁 8635 ~ 8644
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.201916171	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 -

1. 著者名 T. Shima, J. Yang, G. Luo, Y. Luo, Z. Hou	4. 巻 142
2. 論文標題 Dinitrogen Activation and Hydrogenation by C ₅ Me ₄ SiMe ₃ -Ligated Di- and Trinuclear Chromium Hydride Complexes	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 9007 ~ 9016
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.0c02939	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 該当する

1. 著者名 S. Lou, L. Zhang, Y. Luo, M. Nishiura, G. Luo, Y. Luo, Z. Hou	4. 巻 142
2. 論文標題 Regiodivergent C-H Alkylation of Quinolines with Alkenes by Half-Sandwich Rare-Earth Catalysts	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 18128 ~ 18137
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.0c08362	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 該当する

1. 著者名 S. Hu, T. Shima, Z. Hou	4. 巻 142
2. 論文標題 Hydrodeoxygenative Cyclotetramerization of Carbon Monoxide by a Trinuclear Titanium Polyhydride Complex	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 19889 ~ 19894
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.0c10403	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 -

1. 著者名 S. Lou, Q. Zhuo, M. Nishiura, G. Luo, Z. Hou	4. 巻 143
2. 論文標題 Enantioselective C-H Alkenylation of Ferrocenes with Alkynes by Half-Sandwich Scandium Catalyst	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 2470 ~ 2476
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.0c13166	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 該当する

1. 著者名 島 隆則、 侯 召民	4. 巻 76
2. 論文標題 C5Me4SiMe3基を配位子とするチタン及びクロムヒドリドクラスターの合成と窒素分子の活性	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Bulletin of Japan Society of Coordination Chemistry	6. 最初と最後の頁 56 ~ 58
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 -

1. 著者名 西浦 正芳、 侯 召民	4. 巻 94
2. 論文標題 自己修復性ポリオレフィンの合成と性質	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本ゴム協会誌	6. 最初と最後の頁 52 ~ 57
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 -

1. 著者名 Y. Ma, S. Lou, Z. Hou	4. 巻 50
2. 論文標題 Electron-deficient boron-based catalysts for C-H bond functionalisation	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Chemical Society Reviews	6. 最初と最後の頁 1945 ~ 1967
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/d0cs00380h	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 -

1. 著者名 Z. Li, L. Zhang, M. Nishiura, Z. Hou	4. 巻 9
2. 論文標題 Copper-Catalyzed Umpolung of Imines through Carbon-to-Nitrogen Boryl Migration	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ACS Catalysis	6. 最初と最後の頁 4388-4393
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acscatal.9b00777	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 -

1. 著者名 M. Takimoto, S. S. Gholap, Z. Hou	4. 巻 25
2. 論文標題 Alkylative Carboxylation of Ynamides and Allenamides with Functionalized Alkylzinc Halides and Carbon Dioxide by a Copper Catalyst	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Chemistry A European Journal	6. 最初と最後の頁 8363-8370
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/chem.201901153	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 -

1. 著者名 H. Wang, Y. Zhao, M. Nishiura, Y. Yang, G. Luo, Y. Luo, Z. Hou	4. 巻 141
2. 論文標題 Scandium-Catalyzed Regio- and Stereoselective Cyclopolymerization of Functionalized , - Dienes and Copolymerization with Ethylene	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 12624-12633
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.9b04275	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 該当する

1. 著者名 S. Lou, Z. Mo, M. Nishiura, Z. Hou	4. 巻 142
2. 論文標題 Construction of All-Carbon Quaternary Stereocenters by Scandium-Catalyzed Intramolecular C-H Alkylation of Imidazoles with 1,1-Disubstituted Alkenes	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 1200-1205
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.9b1250	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 -

1. 著者名 Z. Li, L. Zhang, M. Nishiura, G. Luo, Y. Luo, Z. Hou	4. 巻 142
2. 論文標題 CO2 Activation by Lewis Pairs Generated Under Copper Catalysis Enables Difunctionalization of Imines	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 1966-1974
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.9b11423	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 該当する

1. 著者名 W. Xu, H. Teng, Y. Luo, S. Lou, M. Nishiura, Z. Hou	4. 巻 15
2. 論文標題 Rare-Earth-Catalyzed C-H Silylation of Aromatic Heterocycles with Hydrosilanes	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chemistry An Asian Journal	6. 最初と最後の頁 753-756
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/asia.202000089	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 -

1. 著者名 X. Cong, G. Zhan, Z. Mo, M. Nishiura, Z. Hou	4. 巻 142
2. 論文標題 Diastereodivergent [3+2] Annulation of Aromatic Aldimines with Alkenes via C-H Activation by Half-Sandwich Rare-Earth Catalysts	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 5531-5537
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.0c01171	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 -

1. 著者名 H. Wang, X. Wu, Y. Yang, M. Nishiura, Z. Hou	4. 巻 59
2. 論文標題 Co syndiospecific Alternating Copolymerization of Functionalized Propylenes and Styrene by Rare Earth Catalysts	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Angewandte Chemie International Edition	6. 最初と最後の頁 7173-7177
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.201915760	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 -

1. 著者名 西浦 正芳, 侯 召民	4. 巻 68
2. 論文標題 C-H結合の活性化を利用した新奇重合反応	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 高分子	6. 最初と最後の頁 60-62
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 -

1. 著者名 西浦 正芳, 侯 召民,	4. 巻 70
2. 論文標題 さまざまな環境で自己修復する機能性ポリマーの特徴と事例	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 プラスチック	6. 最初と最後の頁 43-47
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 -

1. 著者名 L. Zhang, Z. Li, M. Takimoto, Z. Hou	4. 巻 20
2. 論文標題 Carboxylation Reactions with Carbon Dioxide Using N Heterocyclic Carbene Copper Catalysts	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Chemical Record	6. 最初と最後の頁 494-512
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/tcr.201900060	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 -

1. 著者名 島 隆則, 侯 召民	4. 巻 61
2. 論文標題 多金属ヒドリド錯体による窒素分子および含窒素有機化合物の変換反応	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 触媒	6. 最初と最後の頁 285-290
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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39件 (うち招待講演 17件 / うち国際学会 11件)

1. 発表者名 侯 召民
2. 発表標題 希土類触媒で切り拓く新しい有機合成化学
3. 学会等名 第32回万有仙台シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 S. Lou, M. Nishiura, Z. Hou
2. 発表標題 Enantioselective C-H Alkenylation of Ferrocenes with Alkynes by Half-Sandwich Scandium Catalyst
3. 学会等名 第37回希土類討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Z. Hou
2. 発表標題 Recent Progress in Organo Rare Earth Chemistry and Catalysis
3. 学会等名 2021 Academic Annual Conference of the State Key Laboratory of Elemento-Organic Chemistry (SKLEOC), Nankai University (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Z. Hou
2. 発表標題 Half-Sandwich Rare-Earth Catalysts for Organic Synthesis and Olefin Polymerization
3. 学会等名 New Horizons in Molecular f-Element Chemistry (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 瀧本 真徳, 西浦 正芳, 侯 召民
2. 発表標題 イットリウム触媒による2-アルキルピリジンのベンジル位選択的C-Hアルミ化と変
3. 学会等名 日本化学会 第102春季年会(2022)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 X. Cong, M. Nishiura, Z. Hou
2. 発表標題 Regio- and Diastereoselective [3 + 2] Annulation of Aliphatic Aldimines with Alkenes via beta-C(sp ³) - H Activation by Scandium Catalysts
3. 学会等名 日本化学会 第102春季年会(2022)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 W. Xu, X. Cong, K. An, S. Lou, Z. Li, M. Nishiura, T. Murahashi, Z. Hou
2. 発表標題 Regiodivergent and Stereoselective Intermolecular [2+2] Cycloaddition of Amino-functionalized Alkenes and Allenes by Rare Earth Catalysts
3. 学会等名 日本化学会 第102春季年会(2022)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 H. Sahoo, L. Zhang, Z. Hou
2. 発表標題 Auto-tandem copper catalysed carboxylation of undirected alkenyl C-H bonds with CO ₂
3. 学会等名 日本化学会 第102春季年会(2022)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Q. Zhuo, Z. Hou, T. Shima
2. 発表標題 Dinitrogen Cleavage and Functionalization by Carbon Dioxide at a Ditungsten Dihalide Framework
3. 学会等名 日本化学会 第102春季年会(2022)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 侯 召民
2. 発表標題 希土類触媒を用いた新規有機合成反応の開拓と機能性高分子の創製
3. 学会等名 第32回 万有札幌シンポジウム(招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 侯 召民
2. 発表標題 極性-非極性オレフィンの共重合による機能性ポリマーの創製
3. 学会等名 粘着研究会第173回(12月度)例会(招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 侯 召民
2. 発表標題 希土類触媒による極性 非極性オレフィン共重合の精密制御
3. 学会等名 第69回高分子討論会(招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 X. Cong, M. Nishiura, Z. Hou
2. 発表標題 Scandium-Catalyzed Diastereoselective [3+2] Annulation of Aldimines with Alkenes via sp ³ C-H Activation
3. 学会等名 第36回希土類討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 S. Lou, M. Nishiura, Z. Hou
2. 発表標題 Regiodivergent C-H Alkylation of Quinolines with Alkenes by Half-Sandwich Rare-Earth Catalysts
3. 学会等名 第36回希土類討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 G. Zhan, M. Nishiura, Z. Hou
2. 発表標題 Scandium-Catalyzed C-H Addition of Pyridines to Heteroatom-Functionalized Internal Alkenes
3. 学会等名 第35回希土類討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 X. Cong, M. Nishiura, Z. Hou
2. 発表標題 Rare-Earth-Catalyzed Diastereodivergent [3+2] Annulation of Aldimines with Alkenes via C-H Activation
3. 学会等名 第35回希土類討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Z. Hou
2. 発表標題 Rare-Earth Catalyzed C-H Activation and Olefin Polymerization
3. 学会等名 The 1st International Symposium on Hybrid Catalysis for Enabling Molecular Synthesis on Demand (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Z. Hou
2. 発表標題 Half-Sandwich Rare-Earth and Group 4 Metal Complexes for Novel Chemical Transformations and Functional Polymer Synthesis
3. 学会等名 5th EuChemS Inorganic Chemistry Conference (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Z. Hou
2. 発表標題 C-H Activation and Transformation by Rare-Earth Catalysts
3. 学会等名 The 47th Naito Conference on C-H Bond Activation and Transformation (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 侯 召民
2. 発表標題 エチレンとアニシルプロピレンとの精密共重合による新奇自己修復ポリマーの創製
3. 学会等名 第2回天然ゴム研究会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Z. Hou
2. 発表標題 The Magic Power of Rare-Earth Elements
3. 学会等名 2019 Symposium on Organometallic Chemistry and Catalysis (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Z. Hou
2. 発表標題 Recent Advances in Organo Rare Earth Catalysis for Organic Synthesis and Olefin Polymerization
3. 学会等名 Organometallic Chemistry Around the World (7th Razuvaev Lectures) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 G. Zhan, Z. Hou
2. 発表標題 Scandium-Catalyzed C-H Bond Addition of Pyridines to Heteroatom-Functionalized Internal Alkenes
3. 学会等名 第66回有機金属化学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Z. Li, L. Zhang, Z. Hou
2. 発表標題 Cu(I)-Catalyzed Regio- and Enantioselective Cyanoborylation of Terminal Allenes
3. 学会等名 第66回有機金属化学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Z. Mo, Z. Hou
2. 発表標題 Synthesis and Reactivity of a Titanium Dinitrogen Hydride Complex with a Rigid PNP Ligation
3. 学会等名 錯体化学会 第69回討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Shima, J. Yang, G. Luo, Y. Luo, Z. Hou
2. 発表標題 Dinitrogen Activation by a Trinuclear Chromium Hydride Complex
3. 学会等名 錯体化学会 第69回討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 S. Lou, Z. Mo, M. Nishiura, Z. Hou
2. 発表標題 Constructin of All-Carbon Quaternary Stereocenters via Scandium Catalyzed C-H Cyclization of Imidazoles with 1,1-Disubstituted Alkenes
3. 学会等名 錯体化学会 第69回討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 X. Cong, M. Nishiura, Z. Hou
2. 発表標題 Rare-Earth-Catalyzed Diastereodivergent [3+2] Annulation of Aldimines with Alkenes via C-H Activation
3. 学会等名 錯体化学会 第69回討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 H. Wang, M. Nishiura, Z. Hou
2. 発表標題 Scandium-Catalyzed Regio-and Stereoselective Cyclopolymerization of Functionalized Alpha-Omega-Dienes and Copolymerization with Ethylene
3. 学会等名 第68回高分子討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 西井 圭, 西浦 正芳, 侯 召民
2. 発表標題 ハーフサンドイッチ型希土類金属触媒による1,3-ジエン類の重合および生成ポリマーの機械物性評価
3. 学会等名 第68回高分子討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Z. Hou
2. 発表標題 Synthesis of Self-Healing Polymers by Scandium-Catalyzed Copolymerization of Ethylene and Anisylpropylenes
3. 学会等名 The 6th Chinese National Conference on Organo Rare Earth Chemistry (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Z. Hou
2. 発表標題 Half-Sandwich Rare-Earth Catalysts for Olefin Polymerization and Organic Synthesis
3. 学会等名 The 19th Tateshina Conference on Organic Chemistry (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Z. Hou
2. 発表標題 Synthesis and Remarkable Self-Healing Properties of Ethylene-Anisylpropylene Copolymers
3. 学会等名 Materials Research Meeting 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Z. Hou
2. 発表標題 Rare-Earth and Early Transition Metal Complexes for Novel Chemical Transformations
3. 学会等名 2019 Natural Science Foundation of China (NSFC) Forum on Synthetic Chemistry (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 侯 召民
2. 発表標題 希土類触媒を用いた新しい有機合成反応の開拓
3. 学会等名 有機合成のニュートレンド2020 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 H. Wang, Y. Yang, M. Nishiura, Z. Hou
2. 発表標題 Co-syndiospecific Alternating Copolymerization of Functionalized Propylenes and Styrene by Rare-Earth Catalysts
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 島 隆則, 侯 召民
2. 発表標題 窒素分子活性化による三核クロムイミド錯体の合成と水素化反応
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 S. Lou, M. Nishiura, Z. Hou
2. 発表標題 Experimental and Theoretical Studies on Regiodivergent C-H Alkylation of Quinolines with Alkenes by Half-Sandwich Rare-Earth Catalysts
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 X. Cong, M. Nishiura, Z. Hou
2. 発表標題 Scandium-Catalyzed Diastereoselective [3+2] Annulation of Aldimines with Alkenes via sp ³ C-H Activation
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計3件

1. 著者名 西浦 正芳、 侯 召民	4. 発行年 2021年
2. 出版社 シーエムシー出版	5. 総ページ数 315
3. 書名 刺激応答性高分子の開発動向	

1. 著者名 西浦 正芳、 侯 召民	4. 発行年 2021年
2. 出版社 石油学会	5. 総ページ数 70
3. 書名 PETEROTECH	

1. 著者名 西浦 正芳、 侯 召民	4. 発行年 2020年
2. 出版社 (株)エヌ・ティー・エス	5. 総ページ数 318
3. 書名 ポリマーの強靱化技術最前線	

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 ガスカート	発明者 新井博之、内田健二、井上裕介、侯召民、西浦正芳	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2020 - 108251	出願年 2020年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

研究室ホームページ
<http://www2.riken.jp/lab/organometallic/index.html>

理研 侯有機金属化学研究室ホームページ
https://www.riken.jp/research/labs/chief/organometal_chem/index.html

RIKEN Organometallic Chemistry Laboratory
https://www.riken.jp/en/research/labs/chief/organometal_chem/index.html

理研 先進機能触媒研究グループホームページ
http://www.riken.jp/research/labs/csrs/adv_catal/

RIKEN Advanced Catalysis Research Group
https://www.riken.jp/en/research/labs/csrs/adv_catal/index.html

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			
中国	Dalian University of Technology			
中国	Anhui University			