

令和 4 年 5 月 17 日現在

機関番号：33910

研究種目：基盤研究(S)

研究期間：2017～2021

課題番号：17H06142

研究課題名(和文)明日をひらく基質支配の化学反応開発

研究課題名(英文)New Frontier of Substrate-Controlled Chemical Reaction

研究代表者

山本 尚(YAMAMOTO, Hisashi)

中部大学・先端研究センター・教授

研究者番号：20026298

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 159,200,000円

研究成果の概要(和文)：有機合成の反応は二つの大きなジャンルに分けることができる。反応剤支配の反応と基質支配の反応である。私どもはルイス酸触媒を用いることで、この基質支配の反応を一気に発展させた。これまで不可能と言われていたビスホモアリルアルコールの不斉酸化やペプチド合成などがその範疇に入る。また、開発したチタン触媒の研究によって、ビスホモアリルアルコールの不斉酸化に98%以上の選択性で達成することができた。さらには、それらを様々な遠隔酸化反応にも応用した。ペプチド合成でもこうした基質支配の反応が鍵となることを実証し、特にTaやLn触媒を用いてラセミ化が全くないペプチド合成を完成させた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

創薬は小分子から、中・大分子へと移行している。大分子は抗体医薬品であり、有効であるが、価格は非常に高い。中分子の価格は手頃感があるが、実際に合成すると、その価格は非常に高価である。そのため、中サイズのペプチドは市場に登場できなかった。しかし、この中規模のペプチドこそが次世代創薬のエースであると言われてきた。本研究は中サイズのペプチドの低価格・高純度を実現し、今後の創薬開発の基盤を作った。創薬ばかりでなく、マテリアル等の分野にも今後広く用いられると考えている。

研究成果の概要(英文)：Reactions of organic synthesis can be divided into two major genres. It is a reactant-dominated reaction and a substrate-dominated reaction. By using a Lewis acid catalyst, we developed this substrate-dominated reaction at once. Asymmetric oxidation of bishom allyl alcohol and peptide synthesis, which have been said to be impossible until now, fall into this category. In addition, research on the developed titanium catalyst has made it possible to achieve asymmetric oxidation of bishom allyl alcohol with a selectivity of 98% or more. Furthermore, they were also applied to various remote oxidation reactions. We have demonstrated that such a substrate-dominated reaction is key in peptide synthesis, and completed peptide synthesis without racemization, especially using Ta and Ln catalysts.

研究分野：化学、複合化学、合成化学

キーワード：不斉エポキシ化 ペプチド合成 SN2反応 求核置換反応 リン酸エステル 収束型合成

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。

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

有機合成反応と酵素反応は全く異なる。酵素反応が基質を複数の水素結合で保持し、その基質の適切な場所に新しい官能基を導入する。一方、人間の行う有機合成反応では、高い反応性を持つ反応剤で基質の官能基を変換するのである。私どもの提唱する基質支配の反応では基質をルイス酸で保持し、その後、基質の適切な場所の官能基を活性化して変換反応を行う。これは酵素反応に近い。残念ながら酵素反応程多くの官能基を用いていないが、2つ以上の官能基を用いることを提供している。

2. 研究の目的

本研究では基質支配の反応をいくつか開発することで、従来の反応剤支配の反応との違いを明確にし、基質支配の反応がこれまで困難としていた様々な反応を開発し、この新しいコンセプトが人類の化合物を作るという作業を飛躍的に能率化することである。基質支配の化学反応の基本である遠隔位官能基化反応はペプチド以外にも有機合成全般にわたる幅広いコンセプトである。本研究では、ペプチド合成への戦略として、アミノ基とカルボキシル基を一体と考え、その特徴を活かした反応開発を目的としている。今後のペプチド合成発展の礎石となるものである。

3. 研究の方法

(1) 単核金属触媒設計と反応開発

(1-1) エポキシ開裂反応

エポキシドの開裂反応では、窒素、酸素、ハロゲン等の求核剤を用いてきたが、本研究では炭素やヒドリド求核剤を検討し、不斉酸化反応と速度論的分割を組み合わせた、炭素骨格構築に向けた不斉合成法を完成させる。同様の連続反応でアジリジン環開裂を検討しアミノ基導入を行う。

(1-2) 水酸基を指向基とする光化学反応開発

活性化していない炭素-水素結合の直接官能基化を試みる。NBSによるハロゲン化がZrルイス酸存在下、可視光・低温化で進行することを見出し、反応はZrがNBSのイミドカルボニルに配位して反応したものである。この知見を基に、水酸基近辺の直接ハロゲン化を試みる。

(1-3) アミド化反応開発および触媒的新ペプチド合成開発

水酸基の配向基効果およびタンタル触媒により、ベータ・ヒドロキシカルボン酸エステルのアミド化反応が進行することを利用し、一般的新ペプチド合成法を着想する。オキシムエステルの水酸基の配向効果を用いた金属触媒によるアミド化反応に続く触媒的水素化反応により、ジペプチドが生成する。得られたジペプチドを用い、これら二工程を繰り返し、様々な配列を持つ望みの長さのペプチドを効率的に合成する。

(2) 複数反応点を持つ触媒設計と反応開発

キラリティーの発現には光学活性ビナフトールは不可欠であり、その3,3'位に金属を取り囲む配位グループを結合させる。金属種によっては8-ヒドロキシキノリン、オルソフェナンスロリン、ジピリジル、各種アミド、3級アルコールなどが有効である。上下のグループの間にアセチレン基やナフチル基を挿入することで、2 Å ずつ遠隔の配位子を作成する。さらに、金属中心の距離が少し長くなったキラル配位子を合成する。

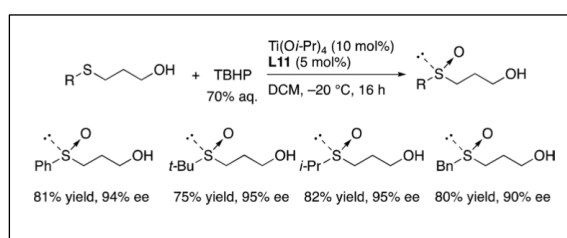
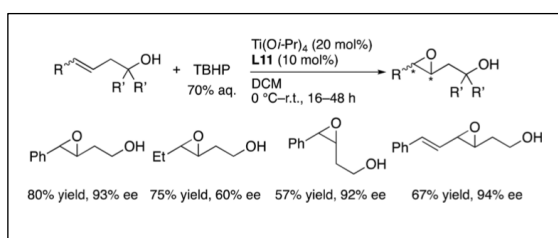
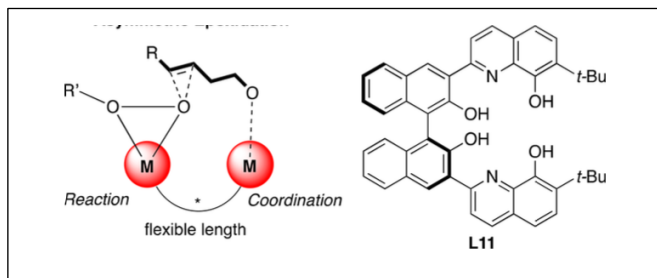
(2-1) バイメタリック触媒ではどのような反応が可能であろうか

チタン反応剤は様々なオレフィンやエステルとの反応が知られており、これらの反応の可能性を順次確認してゆく。異種金属を選択的に配位させることや、一方にブレンステッド酸を配し、片方に遷移金属を組み合わせたハイブリッド型触媒も調整可能である。非対称型の配位子を用いて、オルソフェナンスロリン等の配位子に組み入れた側に、Fe、Mn、Co、Ir、Ru等の金属を優先的に配位させ、片方の配位子に、カテコール等との典型金属との配位が容易な官能基(ホウ素、チタン、ジルコニウム等)を配位させ、アンカーとの配位の役割を持たせることが可能となる。幾つかの錯体を例示するが、いずれも、触媒内に所望の反応を担う仕掛けを組み入れ、思い通りの反応を設計する。

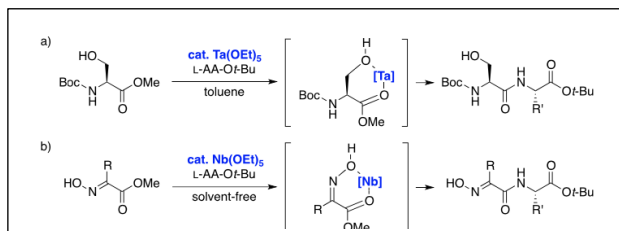
4. 研究成果

(1) 遠隔不斉エポキシ化反応

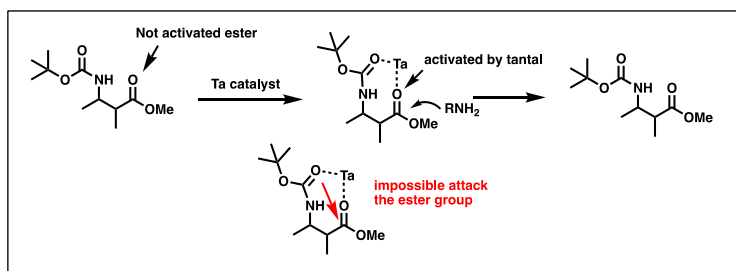
私どもはすでにアリルアルコールやホモアリルアルコールの不斉酸化反応に関して発表していたが、ビスホモアリルアルコールは一部の特殊な例以外は達成できていなかった。今回、世界で初めて一般性を持った形で達成できた。反応はジメタルの基質支配反応を用いたものであり、二つの金属中心が離れて存在し、一方は配位を一方は反応に関与する。



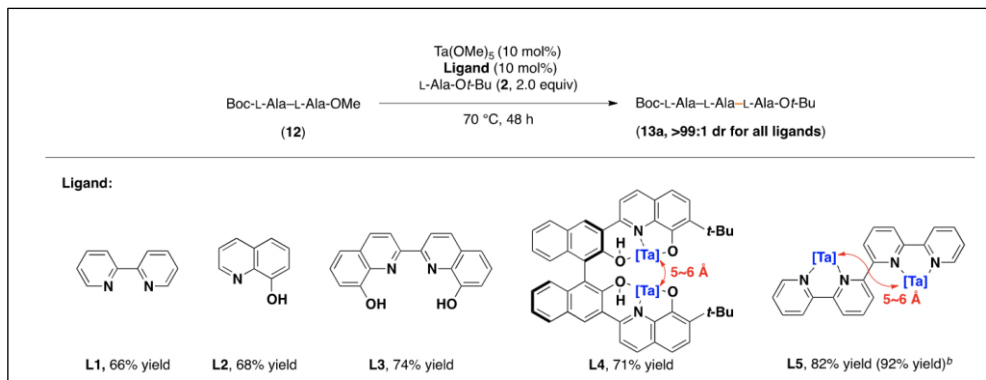
(2) ペプチド合成はメリフィールドの固相合成依頼、革新的な合成法はなかったが、私どもは基質支配のルイス酸活性化法に成功し、初めてラセミ化しないペプチド合成に成功した。



反応は Ta や Nb 触媒では速やかに高収率で進行するが、アミノ酸の種類によって限定される他、オキシムの還元を選択性が必ずしも一般的でなかった。そこでさらに一般性の高い基質と反応を探索した結果、BOC 保護のアミノ酸が高い選択性と収率で進行した。また、これによって、ラセミ化も防ぐことに成功した。

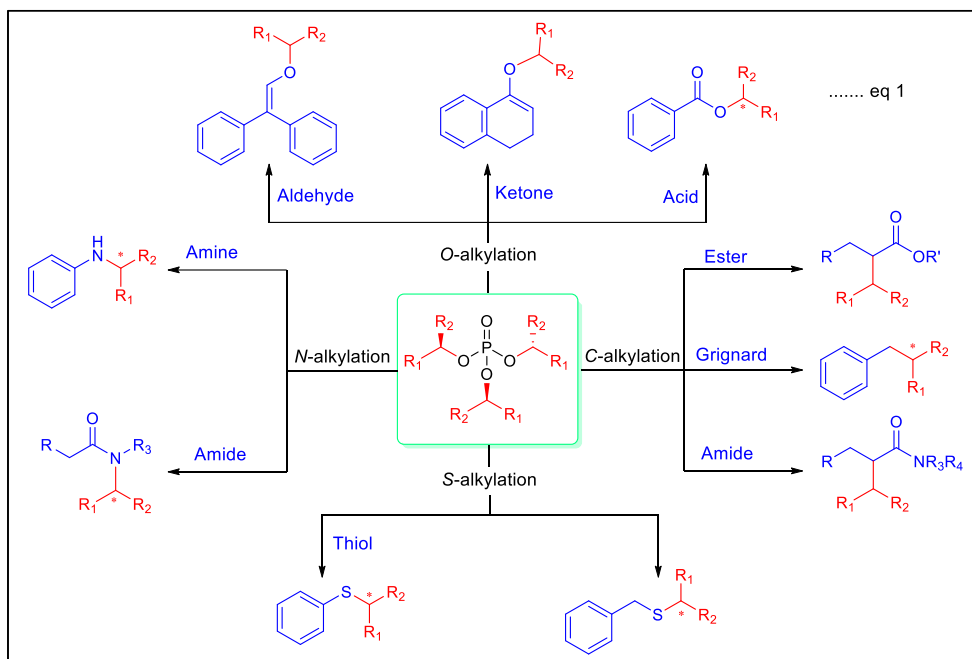


さらに、基質支配の反応性を確認するために、トリペプチドの一回合成を試みた。配位子 L11 を用いたところ、遠距離の活性化に成功し、さらに簡単な触媒としてテトラピリジンを用いることで、同様の一回合成に成功した。



(3) リン酸エステルを用いる求核置換反応

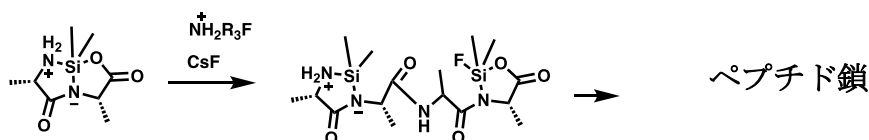
求核置換反応は有機合成反応の中でも最も重要な反応であり、有機化学の教科書の最初に出てくる反応でもある。この反応は古く、求核剤とハロゲン化合物で行われてきた。しかし、ハロゲン化合物はその毒性や環境負荷が大きいため問題が多いことが指摘されていた。私どもはこの反応を見直し、ハロゲン化合物を用いない求核置換反応にリン酸エステルを用いて、高収率で進行することを世界に先駆けて発見した。従来の反応に比べハロゲン化合物の場合には問題であった脱離反応が進行することがなく、反応がインバージョン（反転）し高選択性で進行するなど、利点が多い他、カルボニル化合物から一挙にビニルエーテルが合成できることなどの新反応としての側面も持っている。



具体的には、従来のアミノ酸を一つずつ繋いでゆく手法ではなく、 $n+m+r$ と複数のペプチドを一挙に連結することに成功した。これによって、従来考えられなかった長鎖ペプチドのフラスコ内合成への道を開いた。

(4) 収束型合成の更なる発展

すでに、シリコン反応剤を用い、左右にペプチド鎖を装着する収束型合成を成功させているが、本研究では、二つのジペプチドを連結し、その左右にペプチド鎖を装着する収束型合成に成功した。これによって、 $n+4+m$ の合成が実現した。



5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計16件（うち査読付論文 16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 Hattori Tomohiro, Yamamoto Hisashi	4. 巻 144
2. 論文標題 Synthesis of Silacyclic Dipeptides: Peptide Elongation at Both N- and C-Termini of Dipeptide	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 1758 ~ 1765
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.1c11260	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 Muramatsu Wataru, Yamamoto Hisashi	4. 巻 143
2. 論文標題 Peptide Bond Formation of Amino Acids by Transient Masking with Silylating Reagents	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 6792 ~ 6797
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.1c02600	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 Sawano Takahiro, Yamamoto Hisashi	4. 巻 2020
2. 論文標題 Regio- and Enantioselective Substrate-Directed Epoxidation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 European Journal of Organic Chemistry	6. 最初と最後の頁 2369 ~ 2378
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ejoc.201901656	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 Muramatsu Wataru, Hattori Tomohiro, Yamamoto Hisashi	4. 巻 93
2. 論文標題 Game Change from Reagent- to Substrate-Controlled Peptide Synthesis	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Bulletin of the Chemical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 759 ~ 767
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/bcsj.20200057	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 Muramatsu Wataru, Manthena Chaitanya, Nakashima Erika, Yamamoto Hisashi	4. 巻 10
2. 論文標題 Peptide Bond-Forming Reaction via Amino Acid Silyl Esters: New Catalytic Reactivity of an Aminosilane	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ACS Catalysis	6. 最初と最後の頁 9594 ~ 9603
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acscatal.0c02512	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 Takahiro Sawano, Hisashi Yamamoto	4. 巻 9
2. 論文標題 Enantioselective Epoxidation of α,β -Unsaturated Carboxylic Acids by a Cooperative Binuclear Titanium Complex	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ACS Catal	6. 最初と最後の頁 3384-3388
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acscatal.9b00840	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 Wataru Muramatsu, Tomohiro Hattori, Hisashi Yamamoto	4. 巻 141
2. 論文標題 Substrate-Directed Lewis-Acid Catalysis for Peptide Synthesis	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 J. Am. Chem. Soc	6. 最初と最後の頁 12288-12295
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.9b03850	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 Wataru Muramatsu, Hisashi Yamamoto	4. 巻 141
2. 論文標題 Tantalum-Catalyzed Amidation of Amino Acid Homologues	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 J. Am. Chem. Soc	6. 最初と最後の頁 18926-18931
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.9b08415	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 Banerjee Amit, Yamamoto Hisashi	4. 巻 10
2. 論文標題 Direct N?O bond formation <i>via</i> oxidation of amines with benzoyl peroxide	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Chemical Science	6. 最初と最後の頁 2124 ~ 2129
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c8sc04996c	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 Hiroaki Tsuji, Hisashi Yamamoto	4. 巻 29
2. 論文標題 Synthesis of Dipeptides by Boronic Acid Catalysis	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Synlett	6. 最初と最後の頁 318-321
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1055/s-0036-1589130	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 Wataru Muramatsu, Hisashi Yamamoto	4. 巻 8
2. 論文標題 Catalytic Peptide Synthesis: Amidation of N-Hydroxyimino Esters	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 ACS Catalysis	6. 最初と最後の頁 2181-2187
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acscatal.7b04244	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 Sukalyan Bhadra, Hisashi Yamamoto	4. 巻 118
2. 論文標題 Substrate Directed Asymmetric Reactions	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Chem. Rev	6. 最初と最後の頁 3391-3446
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.chemrev.7b00514	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 Nakashima Erika, Yamamoto Hisashi	4. 巻 24
2. 論文標題 Process Catalyst Mass Efficiency by Using Proline Tetrazole Column-Flow System	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Chemistry - A European Journal	6. 最初と最後の頁 1076 ~ 1079
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/chem.201705982	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 Sawano Takahiro, Yamamoto Hisashi	4. 巻 83
2. 論文標題 Substrate-Directed Catalytic Selective Chemical Reactions	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 The Journal of Organic Chemistry	6. 最初と最後の頁 4889 ~ 4904
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.joc.7b03180	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 Yasushi Shimoda, Hisashi Yamamoto	4. 巻 139
2. 論文標題 Chiral Phosphoric Acid-Catalyzed Kinetic Resolution via Amide Bond Formation	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 6855-6858
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.7b03592	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 Amit Banerjee, Hisashi Yamamoto	4. 巻 19
2. 論文標題 Nickel Catalyzed Regio-, Diastereo-, and Enantioselective Cross-Coupling of 3,4-Epoxyalcohol with Aryl Iodides	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Organic Letters	6. 最初と最後の頁 4363-4366
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.orglett.7b02076	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25件（うち招待講演 24件 / うち国際学会 7件）

1. 発表者名 山本 尚
2. 発表標題 医薬の世界を根底から革新するペプチド合成
3. 学会等名 nano tech 2021 第20回国際ナノテクノロジー総合展・技術会議（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山本 尚
2. 発表標題 ペプチドの革新的合成とその応用
3. 学会等名 積水化学工業株式会社 テクノフォーラム内ミニセッション（招待講演）（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山本 尚
2. 発表標題 医薬の世界を根底から革新するペプチド合成 ルイス酸触媒の開発からペプチド合成へ
3. 学会等名 分子化学研究所 第939回分子研コロキウム（招待講演）（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山本 尚
2. 発表標題 ルイス酸触媒からペプチド合成へ
3. 学会等名 日本電子株式会社 創立70周年記念フォーラム（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山本 尚
2. 発表標題 民族性と科学技術のジレンマ
3. 学会等名 住友化学株式会社 東京本社 特別講演会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山本 尚
2. 発表標題 医薬の世界を根底から革新するペプチド合成 その鍵となるルイス酸触媒
3. 学会等名 2019年第7回アライアンス・フォーラム・グローバル（A F G）会議（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山本 尚
2. 発表標題 医薬の世界を根底から革新するペプチド合成 その鍵となるルイス酸触媒
3. 学会等名 マルホ株式会社 医薬開発研究所 特別講演会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山本 尚
2. 発表標題 Molecular catalysts that contribute to society
3. 学会等名 Israel Japan Conference 「Molecular Catalysis in the Service of Society」（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山本 尚
2. 発表標題 民族性と科学技術のジレンマ
3. 学会等名 天野エンザイム株式会社 岐阜研究所 特別講演会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山本 尚
2. 発表標題 民族性と科学技術のジレンマ
3. 学会等名 第1回近化サミット (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山本 尚
2. 発表標題 医薬の世界を根柢から革新するペプチド合成 ルイス酸触媒からペプチド合成へ そしてフローへの展開
3. 学会等名 第4回FlowSTシンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 澤野 卓大
2. 発表標題 Binuclear Titanium Complex-Catalyzed Enantioselectivt Epoxidation of Alkenes
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会 (2019)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山本 尚
2. 発表標題 Lewis Acid Catalyst to Peptide Synthesis
3. 学会等名 上木佑介博士を偲ぶ国際シンポジウム（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山本 尚
2. 発表標題 From Lewis Acid Catalysis to Peptide Synthesis
3. 学会等名 第1回ICReDD国際シンポジウム（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山本 尚
2. 発表標題 ルイス酸触媒からペプチド合成まで
3. 学会等名 北海道大学大学院総合化学院 公益財団法人 杉野目記念会 特別講演会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山本 尚
2. 発表標題 ルイス酸触媒からペプチド合成まで
3. 学会等名 千葉ヨウ素資源イノベーションセンター開所記念式典 基調講演（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山本 尚
2. 発表標題 ルイス酸触媒からペプチド合成へ
3. 学会等名 日本プロセス化学会2018サマーシンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山本 尚
2. 発表標題 From Lewis acid catalyst to catalytic peptide synthesis
3. 学会等名 北京化工大学講演会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山本 尚
2. 発表標題 Designer Lewis Acid Catalysts for Nitroso Diels-Alder Reaction, Nitroso Aldol Reaction, and Peptide Synthesis
3. 学会等名 ORGANIC CHEMISTRY DAY @ PAVI (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山本 尚
2. 発表標題 From Lewis Acid Catalysis to Peptide Synthesis
3. 学会等名 2018 Barluenga Lectureship Oveido (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山本 尚
2. 発表標題 ルイス酸から触媒的ペプチド合成へ
3. 学会等名 創薬科学研究所セミナー（招待講演）（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山本 尚
2. 発表標題 デザイン型ルイス酸触媒と破壊的イノベーション
3. 学会等名 IGER グリーン自然科学レクチャー（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 山本 尚
2. 発表標題 Lewis Acid Catalyst
3. 学会等名 45th National Organic Chemistry Symposium（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 山本 尚
2. 発表標題 Substrate Controlled Asymmetric Reactions
3. 学会等名 29th International Symposium on Chirality（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 山本 尚
2. 発表標題 Substrate-Controlled Chemical Reaction - Catalytic Peptide Synthesis -
3. 学会等名 第27回光学活性化合物シンポジウム（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計40件

産業財産権の名称 ペプチド化合物の製造方法	発明者 山本尚、服部倫弘	権利者 学校法人中部大学
産業財産権の種類、番号 特許、特願2022-005195	出願年 2022年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 ペプチド化合物の製造方法	発明者 山本尚、村松渉	権利者 学校法人中部大学
産業財産権の種類、番号 特許、特願2021-101016	出願年 2021年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 ペプチド化合物の製造方法及びアミド化反応剤	発明者 山本尚、服部倫弘	権利者 学校法人中部大学
産業財産権の種類、番号 特許、特願2021-091438	出願年 2021年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 シラン含有縮合環ジペプチド化合物及びその製造方法、並びにそれを用いたポリペプチド化合物の製造方法	発明者 山本尚、服部倫弘	権利者 学校法人中部大学
産業財産権の種類、番号 特許、特願2021-037691	出願年 2021年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 シラン含有縮合環ジペプチド化合物及びその製造方法、並びにそれを用いたポリペプチド化合物の製造方法	発明者 山本尚、服部倫弘	権利者 学校法人中部大学
産業財産権の種類、番号 特許、特願2022-516422	出願年 2021年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 シラン含有縮合環ジペプチド化合物及びその製造方法、並びにそれを用いたポリペプチド化合物の製造方法	発明者 山本尚、服部倫弘	権利者 学校法人中部大学
産業財産権の種類、番号 特許、PCT/JP2021/044773	出願年 2021年	国内・外国の別 外国

産業財産権の名称 アミド化合物の製造用触媒及び製造方法	発明者 山本尚、中島江梨香	権利者 学校法人中部大学
産業財産権の種類、番号 特許、特願2021-572824	出願年 2021年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 アミド化合物の製造用触媒及び製造方法	発明者 山本尚、中島江梨香	権利者 学校法人中部大学
産業財産権の種類、番号 特許、PCT/JP2021/002306	出願年 2021年	国内・外国の別 外国

産業財産権の名称 アミド化合物の製造用触媒及び製造方法	発明者 山本尚、中島江梨香	権利者 学校法人中部大学
産業財産権の種類、番号 特許、特願2020-008563	出願年 2020年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 トリアルキルリン酸を用いたアルキル化合物の製造方法	発明者 山本尚、服部倫弘	権利者 学校法人中部大学
産業財産権の種類、番号 特許、特願2020-079350	出願年 2020年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 アミド反応用反応剤及びそれを用いたアミド化合物の製造方法	発明者 山本尚、村松渉、服部倫弘	権利者 学校法人中部大学
産業財産権の種類、番号 特許、PCT/JP2020/040951	出願年 2020年	国内・外国の別 外国

産業財産権の名称 アミド反応用反応剤及びそれを用いたアミド化合物の製造方法	発明者 山本尚、村松渉、服部倫弘	権利者 学校法人中部大学
産業財産権の種類、番号 特許、特願2020-059087	出願年 2020年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 アミド反応用反応剤及びそれを用いたアミド化合物の製造方法	発明者 山本尚、村松渉、服部倫弘	権利者 学校法人中部大学
産業財産権の種類、番号 特許、PCT/JP2020/040960	出願年 2020年	国内・外国の別 外国

産業財産権の名称 アミド反応用反応剤及びそれを用いたアミド化合物の製造方法	発明者 山本尚、村松渉、服部倫弘	権利者 学校法人中部大学
産業財産権の種類、番号 特許、特願2019-197845	出願年 2019年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 アミド反応用反応剤及びそれを用いたアミド化合物の製造方法	発明者 山本尚、村松渉、服部倫弘	権利者 学校法人中部大学
産業財産権の種類、番号 特許、特願2019-197776	出願年 2019年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 アミド反応用反応剤及びそれを用いたアミド化合物の製造方法	発明者 山本尚、村松渉、服部倫弘	権利者 学校法人中部大学
産業財産権の種類、番号 特許、特願2019-197786	出願年 2019年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 アミド化合物の製造方法	発明者 山本尚、村松渉、服部倫弘	権利者 学校法人中部大学
産業財産権の種類、番号 特許、US17/047,464	出願年 2019年	国内・外国の別 外国

産業財産権の名称 アミド化合物の製造方法	発明者 山本尚、村松渉、服部倫弘	権利者 学校法人中部大学
産業財産権の種類、番号 特許、IN202017045002	出願年 2019年	国内・外国の別 外国

産業財産権の名称 アミド化合物の製造方法	発明者 山本尚、村松渉、服部倫弘	権利者 学校法人中部大学
産業財産権の種類、番号 特許、EP19792872.4	出願年 2019年	国内・外国の別 外国

産業財産権の名称 アミド化合物の製造方法	発明者 山本尚、村松渉、服部倫弘	権利者 学校法人中部大学
産業財産権の種類、番号 特許、CN201980028194.7	出願年 2019年	国内・外国の別 外国

産業財産権の名称 アミド化合物の製造方法	発明者 山本尚、村松渉、服部倫弘	権利者 学校法人中部大学
産業財産権の種類、番号 特許、特願2020-515584	出願年 2019年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 アミド化合物の製造方法	発明者 山本尚、村松渉、服部倫弘	権利者 学校法人中部大学
産業財産権の種類、番号 特許、PCT/JP2019/017786	出願年 2019年	国内・外国の別 外国

産業財産権の名称 アミド化合物の製造方法	発明者 山本尚、村松渉、服部倫弘	権利者 学校法人中部大学
産業財産権の種類、番号 特許、特願2018-204489	出願年 2018年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 アミド化合物の製造方法	発明者 山本尚、村松渉、服部倫弘、下田康嗣	権利者 学校法人中部大学
産業財産権の種類、番号 特許、US16/607,443	出願年 2018年	国内・外国の別 外国

産業財産権の名称 アミド化合物の製造方法	発明者 山本尚、村松渉、服部倫弘、下田康嗣	権利者 学校法人中部大学
産業財産権の種類、番号 特許、IN201917041831	出願年 2018年	国内・外国の別 外国

産業財産権の名称 アミド化合物の製造方法	発明者 山本尚、村松渉、服部倫弘、下田康嗣	権利者 学校法人中部大学
産業財産権の種類、番号 特許、EP18789973.7	出願年 2018年	国内・外国の別 外国

産業財産権の名称 アミド化合物の製造方法	発明者 山本尚、村松渉、服部倫弘、下田康嗣	権利者 学校法人中部大学
産業財産権の種類、番号 特許、CN201880027384.2	出願年 2018年	国内・外国の別 外国

産業財産権の名称 アミド化合物の製造方法	発明者 山本尚、村松渉、服部倫弘、下田康嗣	権利者 学校法人中部大学
産業財産権の種類、番号 特許、特願2019-514568	出願年 2018年	国内・外国の別 国内
産業財産権の名称 アミド化合物の製造方法	発明者 山本尚、村松渉、服部倫弘、下田康嗣	権利者 学校法人中部大学
産業財産権の種類、番号 特許、PCT/JP2018/016767	出願年 2018年	国内・外国の別 外国
産業財産権の名称 オキシム・ヒドロキシアミンを基質とするエステルからアミドへの変換触媒	発明者 山本尚、村松渉、辻裕章、児玉英彦、赤井勇斗	権利者 学校法人中部大学
産業財産権の種類、番号 特許、特願2019-514567	出願年 2018年	国内・外国の別 国内
産業財産権の名称 オキシム・ヒドロキシアミンを基質とするエステルからアミドへの変換触媒	発明者 山本尚、村松渉、辻裕章、児玉英彦、赤井勇斗	権利者 学校法人中部大学
産業財産権の種類、番号 特許、PCT/JP2018/016766	出願年 2018年	国内・外国の別 外国
産業財産権の名称 アミド化合物の製造方法	発明者 山本尚、村松渉、服部倫弘、下田康嗣	権利者 学校法人中部大学
産業財産権の種類、番号 特許、特願2017-086270	出願年 2017年	国内・外国の別 国内
産業財産権の名称 オキシム・ヒドロキシアミンを基質とするエステルからアミドへの変換触媒	発明者 山本尚、村松渉、辻裕章、児玉英彦、赤井勇斗	権利者 学校法人中部大学
産業財産権の種類、番号 特許、特願2017-173113	出願年 2017年	国内・外国の別 国内
産業財産権の名称 オキシム・ヒドロキシアミンを基質とするエステルからアミドへの変換触媒	発明者 山本尚、村松渉、辻裕章、児玉英彦、赤井勇斗	権利者 学校法人中部大学
産業財産権の種類、番号 特許、特願2017-086269	出願年 2017年	国内・外国の別 国内
産業財産権の名称 水酸基を配向基とするエステルからアミドへの変換触媒	発明者 山本尚、辻裕章、児玉英彦、鈴間喜教	権利者 学校法人中部大学
産業財産権の種類、番号 特許、US16/303,573	出願年 2017年	国内・外国の別 外国
産業財産権の名称 水酸基を配向基とするエステルからアミドへの変換触媒	発明者 山本尚、辻裕章、児玉英彦、鈴間喜教	権利者 学校法人中部大学
産業財産権の種類、番号 特許、IN201817045210	出願年 2017年	国内・外国の別 外国
産業財産権の名称 水酸基を配向基とするエステルからアミドへの変換触媒	発明者 山本尚、辻裕章、児玉英彦、鈴間喜教	権利者 学校法人中部大学
産業財産権の種類、番号 特許、EP17802736.3	出願年 2017年	国内・外国の別 外国

産業財産権の名称 水酸基を配向基とするエステルからアミドへの変換触媒	発明者 山本尚、辻裕章、児玉英彦、鈴間喜教	権利者 学校法人中部大学
産業財産権の種類、番号 特許、CN201780031343.6	出願年 2017年	国内・外国の別 外国

産業財産権の名称 水酸基を配向基とするエステルからアミドへの変換触媒	発明者 山本尚、辻裕章、児玉英彦、鈴間喜教	権利者 学校法人中部大学
産業財産権の種類、番号 特許、特願2018-519528	出願年 2017年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 水酸基を配向基とするエステルからアミドへの変換触媒	発明者 山本尚、辻裕章、児玉英彦、鈴間喜教	権利者 学校法人中部大学
産業財産権の種類、番号 特許、PCT/JP2017/018991	出願年 2017年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計2件

産業財産権の名称 水酸基を配向基とするエステルからアミドへの変換触媒	発明者 山本尚、辻裕章、児玉英彦、鈴間喜教	権利者 学校法人中部大学
産業財産権の種類、番号 特許、IN342377	取得年 2020年	国内・外国の別 外国

産業財産権の名称 水酸基を配向基とするエステルからアミドへの変換触媒	発明者 山本尚、辻裕章、児玉英彦、鈴間喜教	権利者 学校法人中部大学
産業財産権の種類、番号 特許、特許第6744669号	取得年 2020年	国内・外国の別 国内

〔その他〕

<p>中部大学 ペプチド研究センター ホームページ https://www.chubu.ac.jp/research/institute/molecular-catalyst/</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
研究分担者	赤倉 松次郎 (AKAKURA Matsujiro) (70303683)	愛知教育大学・教育学部・准教授 (13902)	

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
---------	---------