

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 15 日現在

機関番号：11301

研究種目：新学術領域研究（研究領域提案型）

研究期間：2011～2015

課題番号：23105011

研究課題名（和文）有機分子触媒による高機能キラル合成素子の環境調和合成

研究課題名（英文）Eco-benign Synthesis of Versatile Chiral Building Blocks Driven by Organocatalysis

研究代表者

岩淵 好治（Iwabuchi, Yoshiharu）

東北大学・薬学研究科（研究院）・教授

研究者番号：20211766

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 39,900,000 円

研究成果の概要（和文）：有機分子触媒反応の連結によって大量合成が可能となった2種のシクロヘプタノイド型キラル合成素子に潜在する合成化学的機能性の開発を機軸として、創薬リードモチーフとして期待されるヒドロアズレノイド化合物の多様かつ迅速合成を可能とする高機能キラル合成素子を創製することに成功した。

また、環境調和したアルコールの酸化を実現する有機ニトロキシラジカル型酸化触媒のさらなる有用性を開発すべく、高度に官能基化された生物活性化合物の合成中間体アルコールの酸化への適用を図り、反応条件の精査を経て、合成化学的適用性を拡張するとともに新規高活性触媒を作製することに成功した。

研究成果の概要（英文）：Natural products having a fused seven membered ring often elicit fascinating biological activities and pose considerable challenges to synthetic community. In order to enrich the strategic latitude for assembling medicinally relevant cycloheptanoid and hydroazulenoid structures, we have developed enantioselective routes to versatile cycloheptanoid chiral building block, namely, 4-hydroxy-cyclohept-2-en-1-one and 8-oxabicyclo[3.2.1]oct-3-en-2-one, driven by the use of organocatalysis. To facilitate a multistep synthetic transformations involving alcohol oxidations, we have also developed a series of nitroxyl radical-type organocatalysts that offer highly efficient and selective oxidation alcohols under eco-friendly reaction conditions.

研究分野：有機合成化学

キーワード：有機触媒 酸化触媒 不斉触媒 合成素子 不斉合成 環境調和

1. 研究開始当初の背景

有機合成化学の力量に比例して、化学合成可能な分子のサイズと複雑さが増大し、このことに伴って医薬分子もその構造を複雑化させて優れた機能を獲得してきた。有機分子の複雑さは、分子に含まれる元素の種類と数、官能基、環、不斉要素として反映されるが、対象とする分子に「複雑性」を導入するための一連の分子変換の過程では、しばしば酸化反応が本質的な役割を果たしてきた。有機化学における酸化反応は、歴史的には酸化度が高い金属塩（特に重金属）を用いる方法がいち早く発展して普及したが、近年、複雑な分子合成へのニーズが高まり、官能基選択性に優れた酸化反応も多数開発されてきた。しかし、その多くが反応剤の毒性や環境調和性、安全性という観点で不満を残しており、特に医薬品およびその候補物質の精密合成に適用可能な酸化反応が乏しく、この領域の発展を妨げる要因となっていることが指摘されていた。

2. 研究の目的

本計画研究では、特に医薬開発研究やファインケミカル工業領域で喫緊の課題となっている酸化反応に焦点を当て、有機分子触媒による環境調和した高選択的酸化プロセス開発を駆動力として、高機能キラル合成素子ならびに環境調和型酸化触媒の創製を行い、医薬開発研究の活性化と発展に資する、有機分子触媒による未来型分子変換を例証することを目的とする。

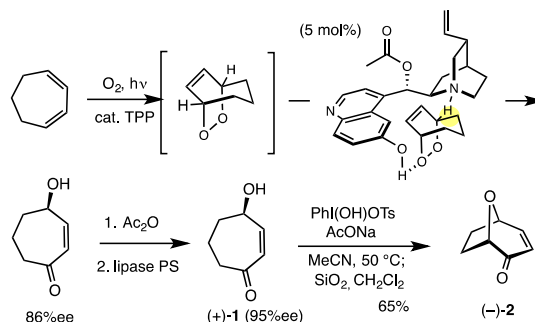
3. 研究の方法

本計画研究の期間では、有機分子触媒の活用を鍵とする2つのアプローチ、すなわち、(1)高機能キラル合成素子の開発研究、(2)環境調和型実践的酸化プロセスの開発研究を通じて、所期に掲げた目的の達成を目指した。具体的には(1)では、特異な生物活性を惹起する有用構造モチーフとして注目される、ヒドロアズレン骨格（ビシクロ[5.3.0]デカン構造）を合成研究の対象として取り上げ、その迅速かつ多様な誘導体合成を可能とするシクロヘプタノイド型キラル合成素子およびヒドロアズレノイド型キラル合成素子を設計・合成した。そして、これらのキラル素子の合成化学的機能性の開発を機軸として生物活性天然物の合成を行うことで、その有用性の実証を目指した。一方、(2)では、環境調和性、官能基選択性という観点で、特に問題が山積されているアルコール酸化反応に着目し、高活性有機ニトロキシラジカル型酸化触媒の設計・合成を鍵として、上述の課題の解決を目指した。すなわち、(1)のキラル合成素子の活用性開発研究と連動させつつ、有機ニトロキシラジカル触媒の高度機能化を機軸として、官能基許容性に優れた触媒的アルコール酸化システムの開発を目指した。

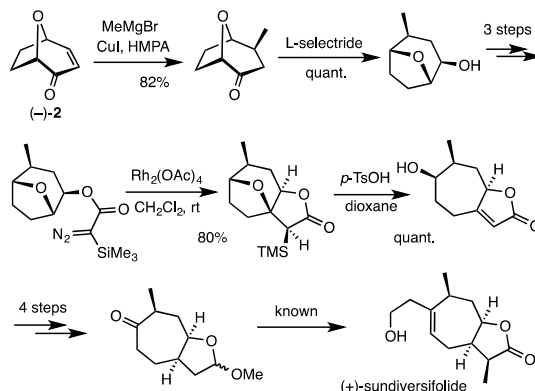
4. 研究成果

(1)高機能キラル合成素子の開発研究

シクロヘプタノイド型キラル合成素子の開発: 2つの有機分子触媒反応の連結、すなわち、有機色素テトラフェニルポルフィリンを触媒とする光増感一重項酸素生成反応と、一重項酸素とシクロヘプタジエンの[4+2]付加環化によって形成するメソ対称性エンドペルオキシドを基質とする、キラル3級アミン触媒不斉 Kornblum-DeLaMare 反応によって、光学活性 4-ヒドロキシシクロヘプタ-2-エン-1-オン(1)を大量合成し、Lipase PS を用いた不斉アシル化あるいはアセチル体の不斉加水分解を経て、その両対掌体を 95% ee 以上の光学純度で調製する方法を確立した。そして、超原子ヨウ素試薬：Koser's 試薬が惹起する新規酸化的エーテル化反応により、1 から配座固定型シクロヘプタノイド素子 8-オキサビシクロ[3.2.1]オクト-3-エン-2-オン(2)へと導いた。

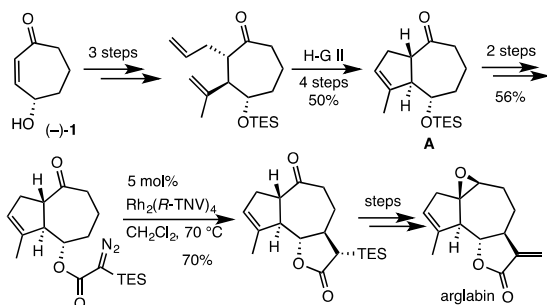


ビシクロ架橋構造を特徴とするエノン 2 のシクロヘプタノイド型合成素子としての有用性を実証するべく、植物アレロパシー作用を示す天然物(+)-sundiversifolide への変換を行った。(−)-エノン 2 に対するメチル銅試薬を用いた 1,4-付加は、ビシクロ[3.2.1]型骨格のコンベックス面からジアステレオ選択的に進行し単一の生成物としてメチル体を与えた。このものを L-selectride を用いた還元条件に付し、−アルコールへ変換した後に、種々の官能基変換を経てジアゾエステルを単一のジアステレオマーとして合成した。橋頭位選択的な C-H 挿入反応を鍵工程として (+)-sundiversifolide の全合成を達成し、所期の目的を達成した。

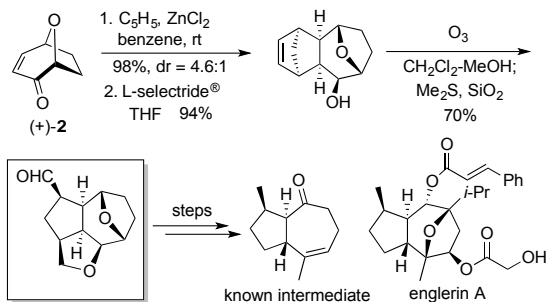


ヒドロアズレノイド型キラル合成素子の開発：で大量合成法を確立したキラルシクロヘプタン化合物 1 および 2 を基点とし、このものへのジアステレオ制御したシクロペンタン環の増築を鍵として、多様なヒドロアズレノイド化合物への変換を可能とする高機能キラル合成素子の獲得を図った。検討の結果、短工程でヒドロアズレノイド構造への立体選択的な到達を実現する 3 種の合成ルートを開発するとともに、これらを活用して有用な生物活性を示す天然物に導いて、その有用性を実証した。

【ヒドロアズレノイド合成素子 A の開発】：1 のエノン部へのタンデム型アルケニル 1,4-付加-アリル化に続く閉環メタセシスを鍵として、ヒドロアズレン単位 A を構築した。これより Rh 触媒分子内 C-H 挿入反応を鍵工程とする α -メチレン- γ -ブチロラクトン増築によって抗腫瘍活性セスキテルペン天然物 arglabin の全合成を達成した。

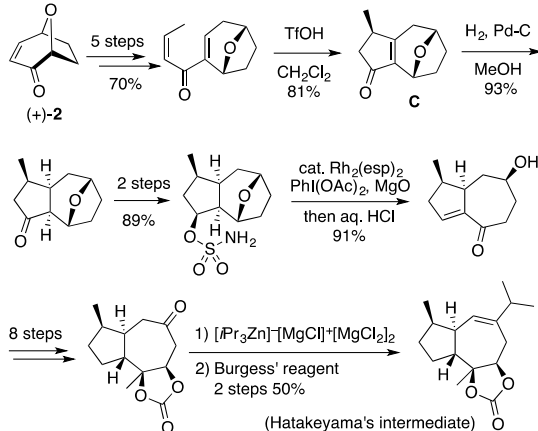


【ヒドロアズレノイド合成素子 B の開発】：エノン 2 を基点として、シクロペンタジエンとの Diels-Alder 反応と、本反応によって生成するシクロヘキセン環の開裂と位置選択的アセタール化を鍵工程として精密修飾ヒドロアズレン誘導体 B を合成した。これより、腎腫瘍治療薬リードとして期待される englerin の既知中間体へと導き、素子としての有用性の一端を示した。



【ヒドロアズレノイド合成素子 C の開発】：エノン 2 の還元とエノールトリフラート化を経て (*E*)-1-oxo-2-butenyl 基を導入後、有機強酸処理によって Nazarov 環化を惹起してシクロペンテン部を立体選択的に増築し、ヒドロアズレン単位 C を合成した。このものの縮環部への水素付加と Rh 触媒による酸化的 C-N 形成反応を含む高ジアステレオ制御下の連続的な官能基変換を経て、畑山らによる合成

中間体に到達し、これより englerin の全合成に成功した。

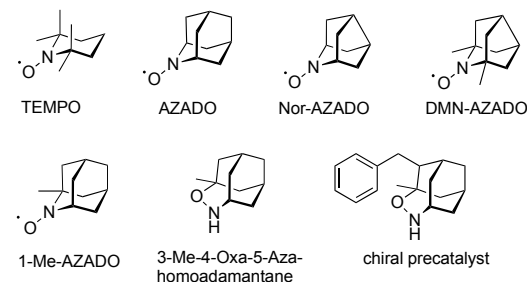


(2) 環境調和型実践的酸化プロセスの開発

超安定有機ニトロキシラジカルの精密な構造修飾を基本戦略として、環境調和性に優れた高効率アルコール酸化反応の開発研究に取り組んだ。

TEMPO を凌駕する触媒活性を示す有機ニトロキシラジカル AZADO をモチーフとして、新規高活性アルコール酸化触媒の探索を第一三共株式会社プロセス化学研究所と共同研究として行い、AZADO を上回る活性を示すアルコール酸化触媒 nor-AZADO を開発することに成功した。Nor-AZADO は NO_x を共酸化剤として、常温・常圧の空気中の酸素を酸化剤とする高効率なアルコール酸化を実現することも確認された。

Nor-AZADO が示す高い活性に触発されて、本化合物へ分子認識能の付与を鍵とする第 1 級アルコール選択的触媒の開発を行った。種々検討の結果、DMN-AZADO が高活性を維持した第 1 級アルコール選択的酸化触媒となることを見出し、その大量合成にも成功した。Nor-AZADO および DMN-AZADO は、その優れた特性が認められて、現在、和光純薬工業より市販されている。



Nor-AZADO や AZADO に比べて適度な立体要求性を示すアルコール酸化触媒 1-Me-AZADO の短工程合成を目指した検討の途上で得られたオキサザホモアダマンタンがアルコール酸化触媒の前駆体として機能することを偶然発見した。これより、オキサザホモアダマンタン型酸化触媒を不斉修飾したキラル酸化触媒を合成し、このものを用いたラセミ第 2 級アルコールの速度

論的分割反応を活用して光学活性アルコールの簡便合成法を開発し、これより創薬化学的有用性が認められるキラルアミノアルコール類の合成に適用して本方法論の有用性を実証した。

以上の検討に加え、有機ニトロキシラジカル型酸化触媒のさらなる有用性を開発すべく、高度に官能基化された抗腫瘍活性海洋天然物 irciniastatin B、がん転移抑制活性を示す新規天然物 fusarisetin A、変形イソキノリンアルカロイドである turkyienine の合成中間体アルコールの酸化への適用を図り、反応条件の精査を経て、合成化学的適用性の拡張を果たした。

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 33 件)

1. N. Kanoh, S. Itoh, K. Fujita, K. Sakanishi, R. Sugiyama, Y. Terajima, Y. Iwabuchi, S. Nishimura, H. Kakeya
Asymmetric Total Synthesis of Heronamides A-C: Stereochemical Confirmation and Impact of Longrange Stereochemical Communication of the Biological Activity
Chem. Eur. J. **2016**, in press.
(査読有) DOI: 10.1002/chem.201600569
2. T. Itagaki, A. Kawamata, M. Takeuchi, K. Hamada, Y. Iwabuchi, T. Eguchi, F. Kudo, T. Usui, N. Kanoh
Synthesis and Structure-activity Relationship Study of FD-891: Importance of the Side Chain and C8-C9 Epoxide for Cytotoxic Activity against Cancer Cells
J. Antibiot. **2016**, in press.
(査読有) DOI: 10.1038/ja.2015.148
3. A. Kohyama, N. Kanoh, E. Kwon, Y. Iwabuchi
An Enantiocontrolled Entry to the Tricyclic Polar Segment of (+)-Fusarisetin A
Tetrahedron Lett. **2016**, 57, 517-519.
(査読有) DOI: 10.1016/j.tetlet.2015.12.049
4. H. Kobayashi, Y. Sasano, N. Kanoh, E. Kwon, Y. Iwabuchi
Total Synthesis of the Proposed Structure of Turkiyenine
Eur. J. Org. Chem. **2016**, 270-273.
(査読有) DOI: 10.1002/ejoc.201501365
5. S. Uesugi, T. Watanabe, T. Imaizumi, Y. Ota, K. Yoshida, H. Ebisu, T. Chinen, Y. nagumo, M. Shibuya, N. Kanoh, T. Usui, Y. Iwabuchi
Total Synthesis and Biological Evaluation of Irciniastatin A (a.k.a. Psymberin) and Irciniastatin B
J. Org. Chem. **2015**, 80, 12333-12350.
(査読有) DOI: 10.1021/acs.joc.5b02256
6. T. Suzuki, T. Okamura, T. Tomohiro, Y. Iwabuchi, N. Kanoh,
Third-Generation Photo-Cross-Linked Small-Molecule Affinity Matrix: A Photoactivatable and Photocleavable System Enabling Quantitative Analysis of the Photo-Cross-Linked Small Molecules and Their Target Purification
Bioconjugate Chem. **2015**, 26, 389-395.
(査読有) DOI: 10.1021/bc500559e
7. Y. Sasano, N. Kogure, T. Nishiyama, S. Nagasawa, Y. Iwabuchi
Highly Efficient Aerobic Oxidation of Alcohols Using Less-Hindered Nitroxyl-Radical/Copper Catalysis: Optimum Catalyst Combinations and Their Substrate Scope
Chem. Asian J. **2015**, 10, 1004-1009.
(査読有) DOI: 10.1002/asia.201403245
8. R. Doi, M. Shibuya, T. Murayama, Y. Yamamoto, Y. Iwabuchi
Development of Azanoramantane-Type Nitroxyl Radical Catalyst for Class-Selective Oxidation of Alcohols
J. Org. Chem. **2015**, 80, 401-413.
(査読有) DOI: 10.1021/jo502426p
9. K. Murakami, Y. Sasano, M. Tomizawa, M. Shibuya, E. Kwon, Y. Iwabuchi,
Highly Enantioselective Organocatalytic Oxidative Kinetic Resolution of Secondary Alcohols Using Chiral Alkoxyamines as Precatalysts: Catalyst Structure, Active Species, and Substrate Scope
J. Am. Chem. Soc. **2014**, 136, 17591-17600.
(査読有) DOI: 10.1021/ja509766f
10. M. Shibuya, S. Nagasawa, Y. Osada, Y. Iwabuchi
Mechanistic Insight into Aerobic Oxidation Using NOx-Nitroxide Catalysis Based on Catalyst-Activity Relationships
J. Org. Chem. **2014**, 79, 10256-10268.
(査読有) DOI: 10.1021/jo501862k
11. N. Kanoh, A. Kawamata, T. Itagaki, Y. Miyazaki, K. Yahata, E. Kwon, Y. Iwabuchi
A Concise and Unified Strategy for Synthesis of the C1-C18 Macrolactone Fragment of FD-891, FD-892 and Their Analogues: Formal Total Synthesis of FD-891
Org. Lett. **2014**, 16, 5216-5219.
(査読有) DOI: 10.1021/ol502633j
12. S. Uesugi, T. Watanabe, T. Imaizumi, M. Shibuya, N. Kanoh, Y. Iwabuchi
Eu(OTf)₃-Catalyzed Highly Regioselective

- Nucleophilic Ring Opening of 2,3-epoxy Alcohols: An Efficient Entry to 3-Substituted 1,2-diol
Org. Lett. **2014**, *16*, 4408-4411.
(査読有) DOI: 10.1021/ol502264y
13. Y. Sasano, S. Nagasawa, M. Yamazaki, M. Shibuya, J.-w. Park, Y. Iwabuchi
Highly Chemoselective Aerobic Oxidation of Amino Alcohols into Amino Carbonyl Compounds
Angew. Chem. Int. Ed. **2014**, *53*, 3236-3240.
(査読有) DOI: 10.1002/anie.201309634
14. T. Shibuta, S. Sato, M. Shibuya, N. Kanoh, T. Taniguchi, K. Monde, Y. Iwabuchi
Enantioselective Intramolecular Aza-Spiroannulation onto Benzofurans Using Chiral Rhodium Catalysis
Heterocycles **2014**, *89*, 631-639.
(査読有) DOI: 10.3987/COM-14-12941
15. K. Sakanishi, S. Ito, S. R. Sugiyama, R.; S. Nishimura, H. Kakeya, Y. Iwabuchi, N. Kanoh
Total Synthesis of the Proposed Structure of Heronamide C
Eur. J. Org. Chem. **2014**, 1376-1380.
(査読有) DOI: 10.1002/ejoc.201301487
16. T. Moriya, A. Kawamata, Y. Takahashi, Y. Iwabuchi, N. Kanoh
An Improved Fluorogenic NAD(P)⁺ Detection Method Using 2-Acetylbenzofuran: Its Origin and Application
Chem. Commun. **2014**, *49*, 11500-11502.
(査読有) DOI: 10.1039/C3CC47264G
17. Y. Sasano, K. Murakami, T. Nishiyama, E. Kwon, Y. Iwabuchi
3-Methyl-4-Oxa-5-Azahomoadamantane: Alkoxyamine-Type Organocatalyst for Alcohol Oxidation
Angew. Chem. Int. Ed. **2013**, *52*, 12624-12627.
(査読有) DOI: 10.1002/anie.201307144
18. N. Kanoh, Y. Ohno, T. Itagaki, H. Fukuda, Y. Iwabuchi
On the Origin of cine-Substitution in the Stille Coupling of Trisubstituted Iodoalkene and trans-Vinylstannane
Synlett **2013**, 2660-2664.
(査読有) DOI: 10.1055/s-0033-1339899
19. Y. Sasano, T. Nishiyama, M. Tomizawa, M. Shibuya, Y. Iwabuchi
C-H Modification of 2-Azaadamantane: Synthesis of C5-Functionalized AZADOs for Advanced Use
Heterocycles **2013**, *87*, 2109-2118.
(査読有) DOI: 10.3987/COM-13-12804
20. M. Kawasumi, Y. Iwabuchi
Concise Entry to Chiral 5-(4-Hydroxybutyl)-2(5H)-furanone via HIBT-Mediated Novel Oxidative Fragmentation: Formal Total Synthesis of (+)-Dubiusamine A
Org. Lett. **2013**, *14*, 1788-1790.
(査読有) DOI: 10.1021/ol4005239
21. N. Kanoh, T. Suzuki, M. Kawanami, Y. Katou, H. Osada, Y. Iwabuchi
Dual Structure-Activity Relationship of Osteoclastogenesis Inhibitor Methyl Gerfelin Based on TEG Scanning
Bioconjugate Chem. **2013**, *24*, 44-52.
(査読有) DOI: 10.1021/bc3003666
22. H. Fukuda, Y. Nishiyama, S. Nakamura, Y. Ohno, T. Eguchi, Y. Iwabuchi, N. Kanoh
Synthesis and Structure-Activity Relationship of Vicenistatin, a Cytotoxic 20-Membered Macrolactam Glycoside
Chem. Asian J. **2012**, 72872-2881.
(査読有) DOI: 10.1002/asia.201200615
23. M. Shibuya, T. Shibuta, T. H. Fukuda, H.; Y. Iwabuchi
Nitroxyl Radical/PhI(OAc)₂: One-pot Oxidative Cleavage of Vicinal Diols to (Di)carboxylic Acids
Org. Lett. **2012**, *14*, 5010-5013.
(査読有) DOI: 10.1021/ol3021435
24. M. Shibuya, R. Doi, T. Shibuta, S. Uesugi, Y. Iwabuchi
Organocatalytic One-pot Oxidative Cleavage of Terminal Diols to Dehomologated Carboxylic Acids
Org. Lett. **2012**, *14*, 5006-5009.
(査読有) DOI: 10.1021/ol3021429
25. M. Hayashi, M. Shibuya, Y. Iwabuchi
Catalytic Oxidation of Silyl Enol Ethers to 1,2-Diketones Employing Nitroxyl Radicals
Synlett **2012**, 1025-1031.
(査読有) DOI: 10.1055/s-0031-1290528
26. M. Hayashi, M. Shibuya, Y. Iwabuchi
Oxidation of Alcohols to Carbonyl Compounds with Diisopropyl Azodicarboxylate Catalyzed by Nitroxyl Radicals
J. Org. Chem. **2012**, *77*, 3005-3009.
(査読有) DOI: 10.1021/jo300088b
27. M. Shibuya, F. Pichierri, M. Tomizawa, S. Nagasawa, I. Suzuki, I. Y. Iwabuchi
Oxidation of Nitroxyl Radicals: Electrochemical and Computational Studies
Tetrahedron Lett. **2012**, *53*, 2070-2073.

(査読有) DOI: 10.1016/j.tetlet.2012.02.033

28. M. Hayashi, M. Shibuya, Y. Iwabuchi
Oxidative Conversion of Silyl Enol Ethers to α,β -Unsaturated Ketones Employing Oxoammonium Salts
Org. Lett. **2012**, *14*, 154-157.

(査読有) DOI: 10.1021/ol2029417

29. M. Hayashi, Y. Sasano, S. Nagasawa, M. Shibuya, Y. Iwabuchi
9-Azanoradamantane *N*-Oxyl (Nor-AZADO): A Highly Active Organocatalyst for Alcohol Oxidation
Chem. Pharm. Bull. **2011**, *59*, 1570-1573.

(査読有) DOI: 10.1248/cpb.59.1570

30. M. Shibuya, Y. Sasano, M. Tomizawa, T. Hamada, M. Kozawa, N. Nagahama, Y. Iwabuchi
Practical Preparation Methods for Highly Active Azaadamantane-nitroxyl-radical-type Oxidation catalysts
Synthesis **2011**, 3418-3425.

(査読有) DOI: 10.1248/cpb.59.1570

31. M. Shibuya, Y. Osada, Y. Sasano, M. Tomizawa, Y. Iwabuchi
Highly Efficient, Organocatalytic Aerobic Alcohol Oxidation
J. Am. Chem. Soc. **2011**, *113*, 6497-6500.

(査読有) DOI: 10.1021/ja110940c

32. M. Kawasumi, N. Kanoh, Y. Iwabuchi
Concise Entry to Both Enantiomers of 8-Oxabicyclo[3.2.1]oct-3-en-2-one Based on Novel Oxidative Etherification: Formal Synthesis of (+)-Sundiversifolide
Org. Lett. **2011**, *13*, 3620-3623.

(査読有) DOI: 10.1021/ol201273b

33. N. Kanoh, K. Sakanishi, K. E. Iimori, S. Nishimura, Y. Iwabuchi
Asymmetric Total Synthesis of (-)-Scabronine G via Intramolecular Double Michael Reaction and Prins Cyclization
Org. Lett. **2011**, *13*, 2864-2867.

(査読有) DOI: 10.1021/ol200873y

[学会発表](計 45 件)

1. Y. Iwabuchi
Aerobic Alcohol Oxidation using Nitroxyl Radical-NOx Catalysis
International Symposium on Activation of Dioxygen & Homogeneous Oxidation Catalysis, Madison (USA) 2015-06-21-25

2. Y. Iwabuchi
Development of AZADO: The highly active organocatalyst for alcohol oxidation

The 24th French-Japanese Symposium on Medicinal and Fine Chemistry, Lyon (France) 2014-09-17

3. Y. Iwabuchi
Organocatalytic Synthesis of Chiral Cycloheptanoid Building Blocks
First Japan-USA Organocatalytic Symposium, Honolulu (USA) 2012-12-16-18

[図書](計 1 件)

岩淵好治、澁谷正俊
「天然物合成で活躍した反応 実験のコツとポイント」有機合成化学協会、"AZADO 酸化"化学同人 2013, 209 (pp120-21). ISBN: 978-4-7598-1479-8

[産業財産権]

出願状況(計 1 件)

名称: 9-アザノルアダマンタン N-オキシル化合物及びその製造方法、並びに 9-アザノルアダマンタン N-オキシル化合物を用いた有機分子触媒及びアルコール類の酸化方法
発明者: 岩淵好治、澁谷正俊、土井龍輔
権利者: 東北大学

種類: 特許

番号: 特願 2014-500954

出願年月日: 2013 年 2 月 22 日

国内外の別: 国際特許

取得状況(計 2 件)

名称: アルコール類の酸化方法

発明者: 岩淵好治、林政樹

権利者: 東北大学、第一三共株式会社

種類: 特許

番号: 第 5763638 号

取得年月日: 2015 年 6 月 15 日

国内外の別: 日本

名称: Method for Oxidizing Alcohols

発明者: 岩淵好治、林政樹

権利者: 東北大学

種類: 特許

番号: US8,871,981

取得年月日: 2014 年 10 月 28 日

国内外の別: アメリカ

[その他]

ホームページ等

<http://www.pharm.tohoku.ac.jp/~gousei/synthetic/index.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

岩淵 好治 (Iwabuchi, Yoshiharu)

東北大学・大学院薬学研究科・教授

研究者番号: 20211766