

平成 30 年 6 月 4 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2014～2017

課題番号：26253001

研究課題名(和文) 独創的骨格構築法と酸化反応の開発を基盤とする複雑なアルカロイドの全合成研究

研究課題名(英文) Synthetic Studies on Complex Alkaloids base on Development of Creative Construction of Complex Skeleton and Oxidative Transformations

研究代表者

徳山 英利 (Tokuyama, Hidetoshi)

東北大学・薬学研究科・教授

研究者番号：00282608

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 31,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、独創的な骨格構築法および酸化反応の開発を基盤として、薬理的に重要かつ構造的にも複雑な化合物群を5つのサブテーマのもと合成研究を行った。その結果、1)ジチオジケトピペラジン骨格を有するMPC1001 Bやアステロキセピン等の不斉全合成、2) アザスピロ環を有する、ヒストリオニコトキシンやレパジフォルミンAの不斉全合成、3) アコニチン系アルカロイドの5環性主骨格の構築、4) 含窒素多置換複素環化合物であるインドラクトムVやCC-1065の不斉全合成、5) アミナル系高次縮環型アルカロイドのイソシゾガミンやロイコノキシン類、ハプロファイチンの全合成を達成した。

研究成果の概要(英文)：Synthetic studies on pharmacologically important and structurally complex natural products were conducted based on development of novel oxidative transformations and constructions of the unique skeletons. As results, we established synthetic route of the number of synthetically challenging alkaloids such as MPC1001 B, asteroxepin, historionicotoxin, lepadiformine A, indolactam V, CC-1065, isoschizogamine, haplophytine, leuconoxine and its congeners. We also developed the synthetic method for tetracyclic core skeleton of aconitine alkaloid.

研究分野：有機合成化学

キーワード：アルカロイド 全合成 骨格構築 酸化反応

1. 研究開始当初の背景

近年、医薬リード化合物の枯渇が深刻化し、単純な低分子から複雑な構造を有する分子に注目が集まっている。天然から得られる生物活性化合物群は極めて魅力的な医薬シーズであるが、特異かつ複雑な骨格を有することから、最先端の有機合成化学を駆使しても合成は困難である。とりわけ、構築法が確立されていない特異な縮環構造やヘテロ原子が多く含む化合物の構築において既存のデータベースは意味をなさず、合成化学者の独創的なアイデアに強く依存している。このように、ヘテロ原子を含む複雑分子の合成が急務となっている、創薬の現状に対して、新たな構造変換法や骨格構築法の向上について、より信頼できる手法の開発が必要である。

2. 研究の目的

上述した研究背景のもと、本研究では、独創的な骨格構築法および酸化反応の開発を基盤として、薬理的に重要かつ構造的にも複雑な以下の5つの化合物群を全合成する。

- (1) MPC1001およびアセチルアラノチン類縁体
- (2) ヒストリオニコトキシンと類縁体
- (3) チャスマニンおよびアコニチン
- (4) 含窒素多置換複素環化合物
- (5) 高次縮環型アミナルアルカロイド

3. 研究の方法

- (1) MPC1001およびアセチルアラノチン類縁体

MPC1001およびアセチルアラノチン類縁体は、ジチオジケトピペラジン骨格や、プロリンに対して6員環ユニットまたは7員環ユニットが縮環した特異な構造を有する。研究開始当初、我々は、きわめて強力な抗結核作用を示すアセチルアラノチンの全合成に成功した (*Angew. Chem. Int. Ed.* **2012**, *51*, 13062)。本合成経路の大きな特徴は、既存の二例の合成例とは異なり、合成中間体として6員環ユニットと7員環ユニットを経由するため、いずれの員数のユニットを有する天然物にも応用可能な点であり、合成終盤にて多用な誘導化を可能にする点で革新的である。この確立した合成法を基盤に、MPC1001およびアラノチンの誘導体であるエメストリンHやアステロキセピンの全合成に取り組む。

- (2) ヒストリオニコトキシンと類縁体

天然物には、アザスピロ環を有する化合物が数多く存在する。アザスピロ環の構築はスピロ中心の立体制御が鍵であり、従来の合成ではあらかじめ構築しておく方法に限られていた。最近申請者が見出した sp^3 ラジカル種の素早い立体反転に基づく不斉転写型ラジカル転位環化反応では、不斉合成が不要のため基質合成の大幅な短工程化が可能である。本反応により、代表的なアザスピロ天然物(-)-ヒストリオニコトキシンの母骨格を高エナンチオ選択的に構築し、効率的な全合成を達成する。ヒストリオニコトキシンの全合成を達成した

後は、本法論をさらにレバジフォルミン類やエリスラビンの不斉合成へと応用する。

- (3) チャスマニンおよびアコニチン

アコニチンに代表されるジテルペンアルカロイドは、複雑に縮合した多環性骨格が高度に酸化された特異な構造を有しており、酸化度や縮環形式の違いにより、数百種類の類縁化合物が存在している。本研究では、酸化度の低い共通骨格の迅速合成法を確立後、合成終盤におけるC-H酸化反応を駆使し、チャスマニンやアコニチンなど酸化度の異なる類縁化合物の全合成に取り組む。

- (4) 含窒素多置換複素環化合物

本サブテーマでは、ベンザイン中間体の高い反応性に着目し、多置換複素環構造を母核とする天然物の合成を行なう。これまでに、銅触媒を用いたアミノ化反応やベンザイン生成-環化-官能基化による連続反応を確立した (*Angew. Chem. Int. Ed.* **2010**, *49*, 5925)。確立した独自の方法論を基盤に、CC-1065やインドラクタムVをはじめとするこれまで合成困難であった多置換複素環構造を母核とする天然物の合成を行なう。

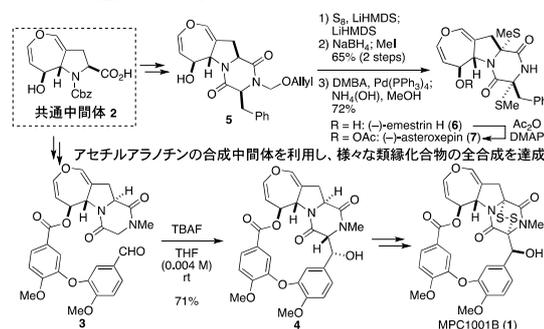
- (5) 高次縮環型アミナルアルカロイド

合成終盤においてしばしば問題となる酸化反応の官能基共存性の拡大を目指し、酸素を利用したアミンの新規酸化的誘導化法の開発を行う。さらに、独自に開発した本方法論を、ハプロファイチンやイソシゾガミン、ロイコノキシン類などの高次縮環型アミナルアルカロイド合成へ応用する。

4. 研究成果

- (1) MPC1001(1)およびアセチルアラノチン類縁体

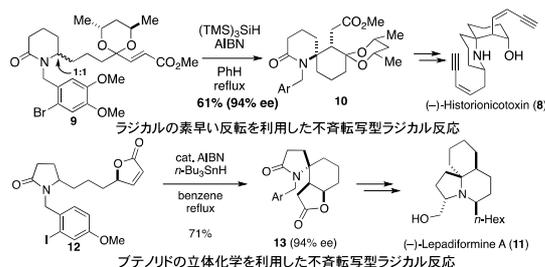
ピニロガスRubottom酸化によって独自の合成法を確立したアセチルアラノチンの合成中間体2を利用し、TBAFを用いたアルドール反応による特異なマクロ環構築を経て抗癌剤のリード化合物として期待されるMPC1001B(1)の世界初の不斉全合成を達成した。さらに、強力な抗がん活性を有するMPC1001Bをリード化合物とした構造活性相関研究を視野に入れ、化合物22を共通中間体とする、類縁化合物や誘導体の合成を行った。その結果、エメストリンH(6)やアステロキセピン(7)の不斉全合成を達成した。



- (2) ヒストリオニコトキシンと類縁体

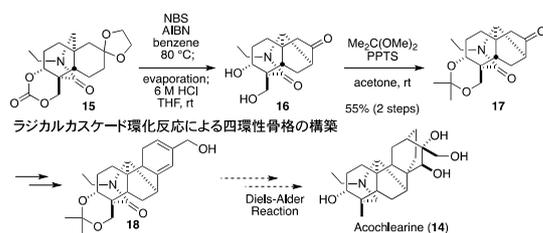
動的速度論的光学分割の概念を導入した不斉転写型ラジカル転位環化反応を開発し、(-)-

ヒストリオニコトキシン(8)の基本骨格であるスピロ骨格の立体選択的構築法を確立後、8の不斉全合成を達成した。さらに、プテノリドを有する基質12にラジカル転位環化反応を適用し、レパジフォルミンA(11)の全合成も達成した。また、その過程で新たに見出した、第二級アミドの還元的アリル化反応の基質一般性を検証した。



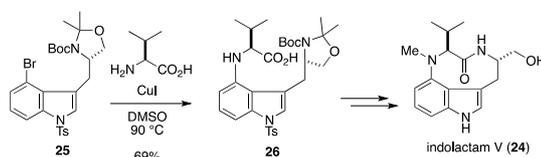
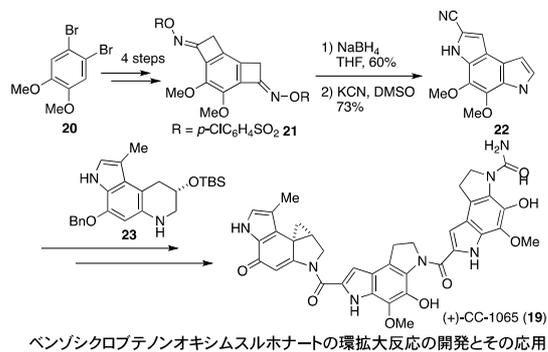
(3) チャスマニンおよびアコニチン

アコニチン系アルカロイドの合成に関しては、アミンの酸化を経るラジカルカスケード環化反応を開発し、主要な4環性骨格の構築に成功するとともに、類縁化合物であるアコクレアリン(14)の全合成への足がかりを確立した。今後、Diels-Alder反応によるピシクロ[2.2.2]ヘプタン骨格を構築し、14の全合成を達成するとともに、その後のC-H酸化によりアコニチンの全合成を目指す。



(4) 含窒素多置換複素環化合物

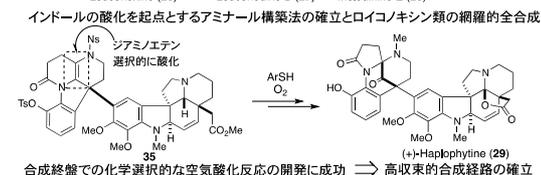
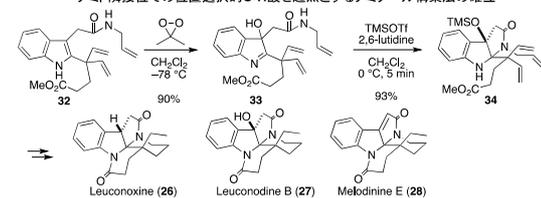
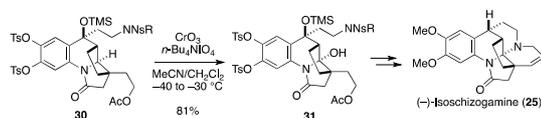
独自のベンザイン発生活法により合成したベンゾシクロブテノンオキシムスルホナート21の環拡大反応を利用する新規インドール合成を開発した。本反応は、(+)-CC-1065(19)の多置換インドールフラグメントの合成に極めて有効であり、世界で二例目の不斉全合成を達成した。また、申請者が開発した配位子フリーの銅触媒を用いた分子間アミノ化反応により、インドラクタムV(24)の全合成を完了し、類縁化合物であるテレオシジン合成の足がかりを確立した。



(5) 高次縮環型アミナルアルカロイド

アミナル系高次縮環型アルカロイドの合成に関しては、酸化反応を利用したアミナル構造の新規構築法を開発し、イソシゾガミン(25)の不斉全合成やロイコノキシン(26)やその類縁化合物の網羅的全合成を達成した。さらに、合成終盤でのチオールを用いたアミンの空気酸化反応を駆使し、ハプロファイチン(29)の第二世代全合成を達成した。

上述した天然物合成に留まらず、分子状酸素を利用したアミンの酸化を介するアルカロイド化合物の新たな構造修飾法を見出した。本酸化法は高い化学選択性を有し、今後のアルカロイド合成への応用が期待される。



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31件)

袴田容章、佐藤壮一郎、植田浩史、徳山英利、AgNTf₂-Mediated Allylation with Allylsilanes at C3a-Position of Hexahydropyrroloindoles: Application to Total Syntheses of Amauromine Alkaloids, *Org. Lett.*, 査読有, Vol. 19, 2017, pp. 5308-5311, DOI: 10.1021/acs.orglett.7b02602

吉井優、徳山英利、D. Y.-K. Chen, Total Synthesis of Actinophyllic Acid, *Angew. Chem. Int. Ed.*, Vol. 56, 2017, pp. 12277-12281, DOI: 10.1002/anie.201706312

佐藤壮一郎、平山梓、安達陶磨、河内大知、植田浩史、徳山英利、AgNTf₂-Mediated Arylation of Bromopyrroloindolines, *Heterocycles*, 査読有, Vol. 94, 2017, pp. 1940-1957, DOI: 10.3987/COM-17-13777

佐藤学、我妻弘基、大学明広、佐藤宗太、

高須清誠、岡野健太郎、徳山英利、Total Synthesis of (-)-Histronicotoxin through a Stereoselective Radical Translocation–Cyclization Reaction, *Angew. Chem. Int. Ed.*, 査読有、Vol. 56, 2017, pp. 1087-1091, DOI:10.1002/anie.201609941

徳山英利、山田香織、藤原栄人、坂田樹理、岡野健太郎、M. Sappan、伊坂雅彦、Structural determination of (-)-SCH 64874 and hirsutellomycin by semi-synthesis, *J. Org. Chem.*, 査読有、Vol. 82, 2017, pp. 353-371, DOI: 10.1021/acs.joc.6b02452

Z. Sun、宮本尚也、佐藤宗太、徳山英利、磯部寛之、An obtuse-angled corner unit for fluctuating carbon nano hoops, *Chemistry an Asian Journal*, 査読有、Vol. 2, 2017, pp. 271-275, DOI:10.1002/asia.201601614

佐藤壮一郎、平山梓、植田浩史、徳山英利、Total Syntheses of (+)-T988 B and C via AgNTf₂-Mediated Coupling of Bromopyrroloindoline with Indole, *Asian Journal of Organic Chemistry*, 査読有、Vol. 6, 2017, pp. 54-58, DOI: 10.1002/ajoc.201600474

植田浩史、徳山英利、制御の難しいアミンの酸化をあえて有機合成に利用する、現代化学、査読有、Vol. 65, 2017, pp. 190-191, <http://www.chemistry.or.jp/journal/chemical-education/vol65-no4.html>

佐藤均、小島健一、植田浩史、徳山英利、Bioinspired Total Synthesis of the Dimeric Indole Alkaloid (+)-Haplophytine by Direct Coupling and Late-Stage Oxidative Rearrangement, *Angewandte Chemie International Edition*, 査読有、Vol. 55, 2016, pp. 15157-15161, DOI: 10.1002/anie.201609285

梅原厚志、植田浩史、徳山英利、Condensation of Carboxylic Acids with Non-Nucleophilic N-Heterocycles and Anilides Using Boc₂O, *The Journal of Organic Chemistry*, 査読有、Vol. 81, 2016, pp. 11444-11453, DOI: 10.1021/acs.joc.6b02097

植田浩史、山口南実、徳山英利、Convergent Synthesis of 2-Aryl-Substituted Quinolines by Gold-Catalyzed Cascade Reaction, *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*, 査読有、Vol. 64, 2016, pp. 824-829, DOI: 10.1248/cpb.c16-00193

半矢祐己、乾朋彦、横島聡、徳山英利、福山透、Conversion of Vindoline into 11-Mesyloxytabersonine, *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*, 査読有、Vol. 64, 2016, pp. 800-804, DOI:10.1248/cpb.c16-00175

岡谷駿、奥山圭一郎、岡野健太郎、徳山英利、Trichloroboron-Promoted Deprotection of Phenolic Benzyl Ether using Pentamethylbenzene as a Non Lewis-Basic Cation Scavenger, *Org. Synth.*, 査読有、

Vol. 93, 2016, pp. 63-74, DOI: 10.15227/orgsyn.093.0063

徳山英利 (掲載 10 番目)、青木淳賢、他 15 名省略、Structure and biological function of ENPP6, a choline-specific glycerophosphodiester-phosphodiesterase, *Scientific Reports*, 査読有、Vol. 6, 2016, pp. 20995, DOI:10.1038/srep20995

山口南実、板垣大地、植田浩史、徳山英利、Total syntheses of codonopsinine and 4-epi-codonopsinine via gold-mediated tandem catalyzed pyrrole synthesis, *The Journal of Antibiotics*, 査読有、Vol. 69, 2016, pp. 253-258, DOI: 10.1038/ja.2016.13

今泉拓、岡野健太郎、徳山英利、DIBALH-Mediated Reductive Ring-Expansion Reaction of Cyclic Ketoxime, *Org. Synth.*, 査読有、Vol. 93, 2016, pp. 1-13, DOI: 10.15227/orgsyn.093.0001

野中汐里、杉本健士、植田浩史、徳山英利、Synthesis of Substituted Quinolizidines via a Gold-Catalyzed Double Cyclization Cascade, *Advanced Synthesis & Catalysis*, 査読有、Vol. 358, 2016, pp. 380-385, DOI: 10.1002/adsc.201500907

藤岡孝佑、宮本尚也、戸谷博希、岡野健太郎、徳山英利、Synthetic Studies on Acochlearine: Construction of A/B/C/E/F Ring System, *Synlett*, 査読有、Vol. 27, 2016, pp. 621-625, DOI: 10.1055/s-0035-1560384

黒木太一、岡谷駿、藤原栄人、岡野健太郎、徳山英利、Total Synthesis of (+)-MPC1001B, *Angew. Chem. Int. Ed.*, 査読有、Vol. 55, 2016, pp. 283-287, DOI:10.1002/anie.201507830

高田晃宏、藤原広陽、杉本健士、植田浩史、徳山英利、Total Synthesis of (-)-Isoschizogamine, *Chemistry-A European Journal*, 査読有、Vol. 21, 2015, pp. 16400-16403, DOI: 10.1002/chem.201503606

②① 野地寿治、岡野健太郎、徳山英利、A Concise Total Synthesis of (-)-Indolactam V, *Tetrahedron*, 査読有、Vol. 71, 2015, pp. 3833-3837, DOI:10.1016/j.tet.2015.04.015

②② 杉本健士、宮川雄太、徳山英利、Total Synthesis of (-)-Rhazinilam Using 1,3-Dipolar Cycloaddition of Optically Active, Münchnone Intermediate, *Tetrahedron*, 査読有、Vol. 71, 2015, pp. 3619-3624, DOI:10.1016/j.tet.2014.12.018

②③ 吉井優、大津隆則、細川法彦、高須清誠、岡野健太郎、徳山英利、Synthetic Studies toward Penitrem E: Enantiocontrolled Construction of B-E Rings, *Chem. Commun.*, 査読有、Vol. 51, 2015, pp. 1070-1073, DOI:10.1039/C4CC08505A

②④ 岡野健太郎、岡谷駿、黒木太一、藤原栄人、徳山英利、Stereochemistry of Vinylogous

- Rubottom Oxidation of Proline-fused Cyclohexadienol Silyl Ether, *Heterocycles*, 査読有, Vol. 90, 2015, pp. 1299-1308, DOI: 10.3987/COM-14-S(K)62
- ⑳ 佐藤敬直、植田浩史、徳山英利、Synthetic studies on lycopodine: construction of hexahydrojulolidine core by intramolecular Mannich reaction, *Tetrahedron Letters*, 査読有, Vol. 55, 2014, pp. 7170-7180, DOI: 10.1016/j.tetlet.2014.10.150
- ㉑ 百井雄一、奥山圭一郎、戸谷博希、杉本健士、岡野健太郎、徳山英利、Total Synthesis of (-)-Haouamine B Pentaacetate and Structural Revision of Haouamine B, *Angew. Chem. Int. Ed.*, 査読有, Vol. 53, 2014, pp. 13215-13219, DOI:10.1002/anie.201407686
- ㉒ 百井雄一、岡野健太郎、徳山英利、Generation of Aryl Grignard Reagent from Arene Chromium Tricarbonyl Complex by Mg(TMP)₂·2LiCl and Its Application to Murahashi Coupling, *Synlett*, 査読有, Vol. 25, 2014, pp. 2503-2507, DOI: 10.1055/s-0034-1379205
- ㉓ 植田浩史、山口南実、亀谷紘、杉本健士、徳山英利、Autotandem Catalysis: Synthesis of Pyrroles by Gold-Catalyzed Cascade Reaction, *Organic Letters*, 査読有, Vol. 16, 2014, pp. 4948-4951, DOI: 10.1021/ol5024695
- ㉔ 戸谷博希、佐藤喬仁、岡野健太郎、高須清誠、井原正隆、高橋淳、田中晴雄、徳山英利、Stereocontrolled Total Synthesis and Biological Evaluation of (-)- and (+)-Petrosin, and Its Derivatives, *Tetrahedron*, 査読有, Vol. 70, 2014, pp. 8129-8141, DOI:10.1016/j.tet.2014.08.009
- ㉕ 植田浩史、吉田慶、徳山英利、Acetic Acid-Promoted Metal-Free Aerobic Carbon-Carbon Bond Forming Reactions at α -Position of Tertiary Amines, *Organic Letters*, 査読有, Vol. 16, 2014, pp. 4194-4197, DOI: 10.1021/ol5018883
- ㉖ 梅原厚志、植田浩史、徳山英利、Total Syntheses of Leuconoxine, Leuconodine B, and Melodinine E by Oxidative Cyclic Amino Formation and Diastereoselective Ring-Closing Metathesis, *Organic Letters*, 査読有, Vol. 16, 2014, pp. 2526-2529, DOI: 10.1021/ol500903e

[学会発表](計30件)

植田浩史、佐藤均、小島健一、徳山英利、Total Synthesis of (+)-Haplophytine、International Symposium on Pure & Applied Chemistry 2018、2018年3月7日-10日、Siem Reap (Cambodia)

下村誠志、佐藤学、坂田樹理、徳山英利、Total Synthesis of (-)-Lepadiformine A via Diastereoselective Radical Translocation-Cyclization Reaction、

International Symposium on Pure & Applied Chemistry 2018、2018年3月7日-10日、Siem Reap (Cambodia)

袴田容章、佐藤壮一郎、清水瑛大、植田浩史、徳山英利、AgNTf₂-Mediated Functionalization of Pyrroloindoles and Application to Synthesis of Natural Products、The 11th International Symposium on Integrated Synthesis (ISONIS-11) and The 3rd International Symposium on Middle Molecular Strategy (ISMMS-3)、2017年11月15-17日、Hyogo (Japan)

佐藤学、我妻弘基、大学明広、佐藤宗太、高須清誠、岡野健太郎、徳山英利、Total Syntheses of (-)-Histronicotoxin and (-)-Histronicotocin 235A via Radical Translocation Cyclization Cascade、26th International Society of Heterocyclic Congress、2017年9月3-8日、Regensburg (Germany)

植田浩史、佐藤壮一郎、平山梓、徳山英利、ジケトピペラジンの立体制御に基づく (+)-Gliocladin C および T988 類の効率的な全合成、第59回天然有機化合物討論会、2017年9月20-22日、札幌

宮本尚也、孫哲、佐藤宗太、徳山英利、磯部寛之、Concise Synthesis of Anthracene Embedded Cycloparaphenylenes from Epoxide Precursor、International Symposium on Pure & Applied Chemistry 2017、2017年7月8-10日、Ho Chi Minh City (Vietnam)

今泉拓、中沢佑起、岡野健太郎、坂田樹理、徳山英利、オキシムスルホナートの環拡大反応を用いる(+)-CC-1065の全合成、第42回反応と合成の進歩シンポジウム、2016年11月7-8日、静岡

山田香織、黒木太一、岡野健太郎、坂田樹理、徳山英利、(+)-Cylindricine Cの合成研究、第110回有機合成シンポジウム、2016年11月10-11日、東京

今泉拓、中沢佑起、岡野健太郎、坂田樹理、徳山英利、Total Synthesis of (+)-CC-1065、The 16th Tateshina Conference on Organic Chemistry、2016年11月11-13日、Tateshina Nagano (Japan)

徳山英利、佐藤均、小島健一、植田浩史、Bio-inspired Total Synthesis of (+)-Haplophytine、The 10th International Symposium on Integrated Synthesis、2016年11月18日-19日、Awaji Island Hyogo (Japan)

植田浩史、佐藤均、小島健一、佐藤壮一郎、平山梓、徳山英利、Total Synthesis of Dimeric Indole Alkaloids, ACP-2016-Korea ICCEOCA-11/ARNCEOCA-2、2016年10月27日-30日、Daejeon (Korea)

袴田容章、植田浩史、徳山英利、銀試薬を用いた新規タンデム型N-アルキルインドール合成法の開発とその応用、第46回複素環化学討論会、2016年9月26日-28日、金沢

佐藤均、小島健一、植田浩史、徳山英利、

- 生合成を模倣した (+)-Haplophytine の全合成、第58回天然有機化合物討論会、2016年9月14日-16日、仙台
- 野中汐里、山口南実、亀谷紘、板垣大地、杉本健士、植田浩史、徳山英利、Synthesis of Substituted Nitrogen-containing Heterocyclic Compounds using Gold Catalyzed Cascade Reaction、The International Symposium on Homogeneous Catalysis、2016年7月10日-15日、Kyoto (Japan)
- 梅原厚志、植田浩史、徳山英利、Total Synthesis of Biosynthetically Related Leuconoxine and Rhazinilam Type Monoterpene Indole Alkaloids、Gordon Research Conferences on Heterocyclic Compounds、2016年6月19日-24日、Newport (USA)
- 佐藤壮一郎、平山梓、植田浩史、徳山英利、Total Syntheses of T988 B and C、Pacifichem 2015、2015年12月15日-20日、Honolulu (USA)
- 植田浩史、高田晃宏、藤原広陽、杉本健士、徳山英利、Total Synthesis of (-)-Isoschizogamine、Pacifichem 2015、2015年12月15日-20日、Honolulu (USA)
- 佐藤学、我妻弘基、大学明広、高須清誠、岡野健太郎、徳山英利、ラジカル転位環化反応を用いた(-)-Histronicotoxinの全合成、第45回複素環化学討論会、2015年11月19-21日、東京
- 梅原厚志、植田浩史、徳山英利、Leuconoxine及び類縁天然物の全合成研究、第108回有機合成シンポジウム、2015年11月5日-6日、東京
- 藤岡孝佑、戸谷博希、宮本尚也、岡野健太郎、徳山英利、アコニチンアルカロイドの全合成研究、第41回反応と合成の進歩シンポジウム、2015年10月26-27日、大阪
- ②① 黒木太一、岡谷駿、岡野健太郎、徳山英利、(+)-MPC1001Bの全合成、第57回天然有機化合物討論会、2015年9月9-11日、横浜
- ②② 藤原栄人、黒木太一、岡谷駿、山田香織、Malipan Sappan、伊坂雅彦、岡野健太郎、徳山英利、Total Synthesis of Acetylarnotin and Structural Determination of Its Congener、The 4th Junior International Conference on Cutting-Edge Organic Chemistry in Asia (JICCEOCA-4) 2014年11月28-30日、Bangkok (Thailand)
- ②③ 佐藤壮一郎、平山梓、植田浩史、徳山英利、Total Syntheses of T988 B and C、The Fourth Joint Campus Asia Symposium、2014年11月26日、Sendai (Japan)
- ②④ 吉田慶、河内大知、小松巧征、植田浩史、徳山英利、アミン類の新規空気酸化反応および酸化的誘導体化法の開発、第40回反応と合成の進歩シンポジウム、2014年11月10日-11日、仙台
- ②⑤ 大津隆則、吉井優、細川法彦、高須清誠、

- 岡野健太郎、徳山英利、(-)-Penitrem Eの合成研究、第106回有機合成シンポジウムシンポジウム、2014年11月6-7日、東京
- ②⑥ 植田浩史、高田晃宏、藤原広陽、杉本健士、徳山英利、多環性縮環型アルカロイド(-)-Isoschizogamineの合成研究、第56回天然有機化合物討論会、2014年10月15日-17日、仙台
- ②⑦ 佐藤敬直、植田浩史、徳山英利、分子内Mannich反応を用いた多環性アルカロイドの合成研究、第44回複素環化学討論会、2014年9月10-12日、札幌
- ②⑧ 岡野健太郎、野地寿治、中沢佑起、吉村誠慶、森聖治、徳山英利、マグネシウムビスアミドを用いるベンザイン発生法、第25回基礎有機化学討論会、2014年9月7-9日、仙台
- ②⑨ 徳山英利、豊島和貴、梅原厚志、杉本健士、植田浩史、Total syntheses of Rhazinilum、Lueconoxine、and Related Compounds using Gold-catalyzed Cascade Reaction and Diastereoselective Ring-closing Olefin Metathesis、XXVI International Conference on Organometallic Chemistry、2014年7月13日-18日、Sapporo (Japan)
- ③⑩ 野中汐里、山口南実、亀谷紘、杉本健士、植田浩史、徳山英利、Syntheses of Substituted Indolizines and Pyrroles using Gold Catalyzed Cascade Reaction、XXVI International Conference on Organometallic Chemistry、2014年7月13日-18日、Sapporo (Japan)

〔図書〕(計 0件)
なし

〔産業財産権〕

出願状況(計 0件)
取得状況(計 0件)

〔その他〕
ホームページ等
<http://www.pharm.tohoku.ac.jp/seizou/index.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者
徳山英利 (TOKUYAMA, HIDETOSHI)
東北大学・大学院薬学研究科・教授
研究者番号：00282608

(2) 研究分担者

(3) 連携研究者

(4) 研究協力者