

令和 5 年 6 月 16 日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2017～2021

課題番号：17H01523

研究課題名(和文)多官能性高度縮環天然物の合成研究

研究課題名(英文)Synthetic studies on polycyclic natural products

研究代表者

横島 聡 (Yokoshima, Satoshi)

名古屋大学・創薬科学研究科・教授

研究者番号：10376593

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 31,600,000円

研究成果の概要(和文)：複雑な構造をもつ天然物を標的分子として設定しその合成研究を実施した。分子内1,3-双極環化付加反応で構築した骨格を開裂することで、ヒューパジンRの特徴的なラクタム構造を構築した。分子内関与を活用することで、合成戦略上その発生が避けられない同一官能基の区別を実現し、テトロドトキシンの合成に成功した。メタセシス反応による大員環構築を基軸として、ハリクロニンAを合成した。ペンタジエニルカチオンの電子環状反応とシクロペンテニルカチオンに対する分子内付加反応を連続的に用いることで、ダフニフィラムアルカロイドの[7-5-5]三環性骨格を構築した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

多官能性高度縮環天然物の合成研究を通して、有機合成化学をより高い次元へと引き上げ、創薬研究における乖離を埋める有機化学の発展を目指した。一見簡単に見える既存の反応による官能基変換においても、多官能基を有する化合物では、その遂行が困難な場合がある。実際に、実験を通して明らかとなった分子挙動を基盤として合成計画を再検討することで、目的とする骨格構築および官能基変換を実現することに成功した。さらに複雑な化合物を扱うことではじめて得られる、予想を越えた新たな反応性に関する知見についても獲得することができた。

研究成果の概要(英文)：Synthetic studies on polycyclic natural products were carried out. An intramolecular 1,3-dipolar cycloaddition, followed by cleavage of the resulting skeleton, produced the characteristic lactam structure of hyperzine R. Tetrodotoxin was synthesized by differentiating two aldehyde moieties by an intramolecular nucleophilic attack of a guanidine moiety. Haliclolin A was synthesized using ring closing metathesis to form macrocyclic rings. The [7-5-5] tricyclic system of Daphniphyllum alkaloids was constructed through an electrocyclic reaction of a pentadienyl cation, followed by a reaction of the resulting cyclopentenyl cation.

研究分野：有機合成化学

キーワード：天然有機化合物 アルカロイド 縮環構造 医薬品化学 生物活性物質

1. 研究開始当初の背景

現在の有機化学と創薬で理想的に求められる有機化学には大きな乖離がある。創薬においては、強い薬理活性だけではなく、毒性が低く、薬物動態的にも優れた化合物が必要とされる。また製薬企業における研究活動を円滑に進めるための経済性も求められる。しかしながらその実現のために有機化学上の制約を受けざるを得ないのが現状である。

多くの官能基を有する化合物ほど、標的となる生体分子と高度に相互作用することが可能となるため、高い選択性に基づく優れた薬理活性を期待することができる。しかし合成上の困難さからそのような化合物は研究の初期段階で避けられることが多かった。また実際に開発が進んだとしても、臨床試験、その後の販売を考えた際に、化合物の大量供給の問題が生じる。そのような理由から、「できうる限り簡単な化合物の方がよい」とされてきた。

簡単に作る方法として求められるのが新規反応の開発である。しかし単一の反応だけで複雑な構造すべてを構築することは困難であり、一般には多段階の変換が必要となる。そこで重要となるのが合成戦略である。複雑な構造の中に潜む特徴を抽出・解析し、論理的にその組み立てを考える。必要となる要素を基質の中に巧妙に組み込み、適切な反応をタイミングよく用いることで、効率的な構築が可能となる。団体スポーツの監督やオーケストラの指揮者のように、全体を俯瞰して統合することが重要である。もちろん個別の選手、奏者の能力が高いに越したことは無いが、それだけでは良い結果にはつながらない。

2. 研究の目的

本研究課題では、多官能性高度縮環天然物の合成研究を通して、有機合成化学をより高い次元へと引き上げ、創薬研究における乖離を埋める有機化学の発展を目指す。一見簡単に見える既存の反応による官能基変換においても、多官能基を有する化合物では、その遂行が困難な場合がある。その原因を追求し克服することで、既存の反応が磨かれ、より汎用性の高い反応へと高めることができる。さらに複雑な化合物を扱うことではじめて得られる、基礎的な有機化学に関する知見や、予想を越えた新たな反応性に関する知見の獲得についても期待できる。更に、複雑な骨格の新規構築法の開発は、直接的に創薬研究への利用が可能である。複雑な構造を有する化合物の全合成中間体は、種々の官能基を三次元的な広がりを持って配置された骨格を有しており、天然物様化合物としてライブラリー化合物として貴重である。

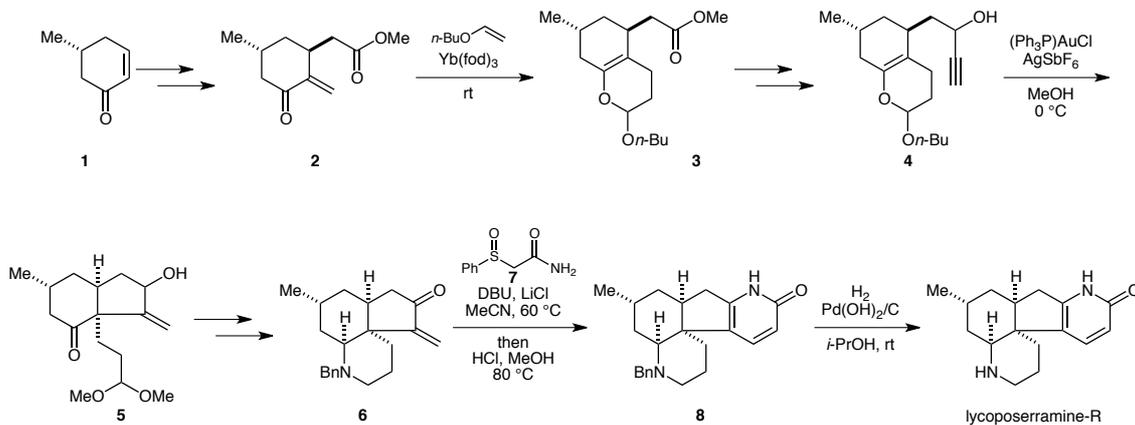
有機合成化学の力を引き上げることで、構造的に複雑な化合物の合成が、容易かつ自在に行えるようになれば、より優れた医薬品を広く、安価に世の中に供給することができるようになる。複雑な構造を有する天然物の全合成法の開発を通して有機合成化学を発展させ、医薬品の開発を牽引することを目的として、本研究課題を実施した。

3. 研究の方法

上記目的の実現に向けて、複雑な構造をもつ天然物としてリコポジウムアルカロイド、ダフニフィラムアルカロイド、海洋性天然物等を標的分子として設定し、その合成研究を実施した。具体的な内容を「4. 研究成果」に記す。

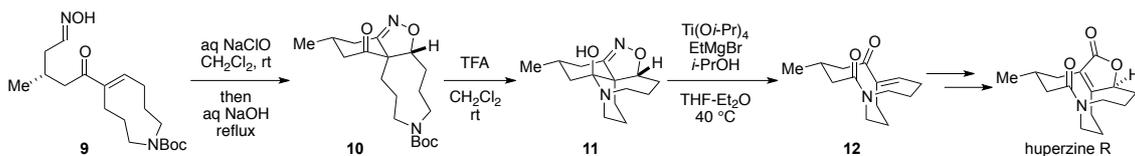
4. 研究成果

リコポセラミン-R の合成：リコポセラミン-R は、2009 年に高山らにより単離・構造決定されたリコポジウムアルカロイドである。リコジン型とホウセチミン型の両方の構造的特徴を有しており、以下に示す合成経路を確立した。エノン **1** を出発原料として Morita-Baylis-Hillman 反応、Ireland-Claisen 転位を経由して化合物 **2** を得た。ブチルビニルエーテル中ルイス酸で処理することでヘテロ Diels-Alder 反応を行い、化合物 **3** を得た。**3** のメチルエステル部位を還元しアルデヒドとした後、エチニル基を導入しアルキン **4** を得た。金触媒を用いてアルキン部位を活性化させることで、エノールエーテル部位からの求核攻撃を行い、第四級炭素を構築した。また環状アセタール部位は、溶媒として用いたメタノールにより捕捉され、生成物としてジメチルアセタール **5** が得られた。ジメチルアセタール部位の加水分解に続き還元的アミノ化を行い、ペペリジン環を構築した。アリルアルコール部位の酸化に続く 2-ピリドン環形成、脱保護を経て、リコポセラミン-R へと導いた。



Scheme 1. Synthesis of Lycoposerramine-R.

ヒューパジン R の合成: ヒューパジン R は 2002 年に Zhu らにより単離・構造決定されたリコポジウムアルカロイドである。ハウセチミン型に分類されるものの、C12-C13 結合が解裂することで特徴的なラクタム構造を取っており、以下に示す合成経路を確立した。対称なアルキンを出発原料としてオキシム **9** を合成した。次亜塩素酸ナトリウムによりオキシム部位を酸化しニトリルオキシドを発生させたところ、分子内環化付加反応が進行し、化合物 **10** を得た。TFA を用いて Boc 基を除去した後、Ti(O*i*-Pr)₄ と EtMgBr を用いて系中で発生させた 3 価チタンを用いて **11** の窒素-酸素結合を還元したところ、引き続き C12-C13 結合の解裂、酸素官能基の脱離が順次進行し、ラクタムおよびエノンをもつ化合物 **12** を得た。エノン部位に対して 4 段階の変換を行いブテノリドの構築を行い、ヒューパジン R へと導いた。

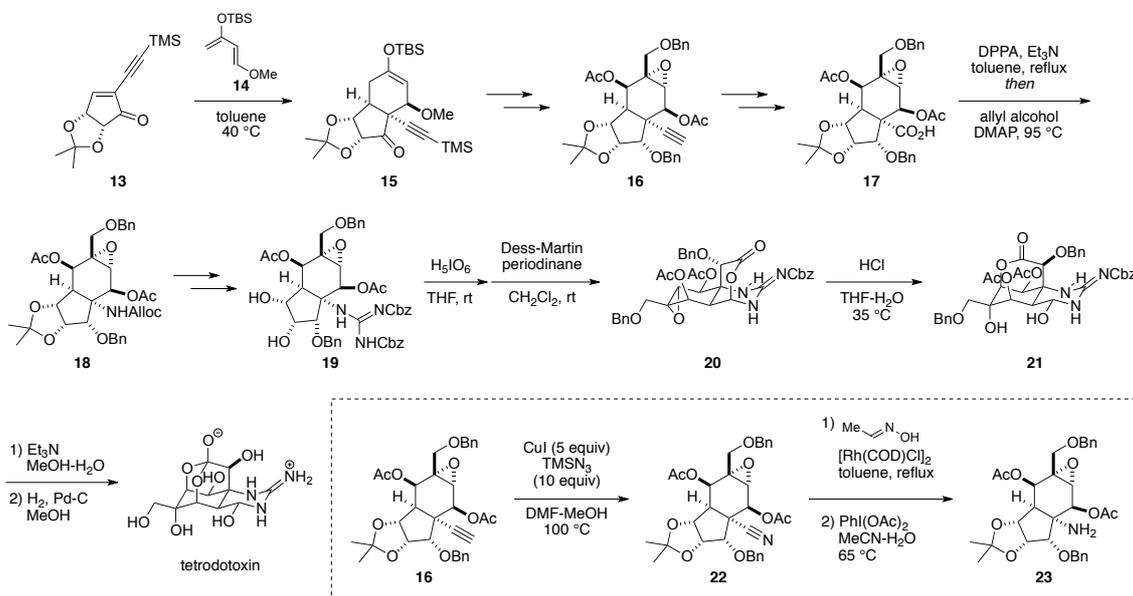


Scheme 2. Synthesis of Huperzine R.

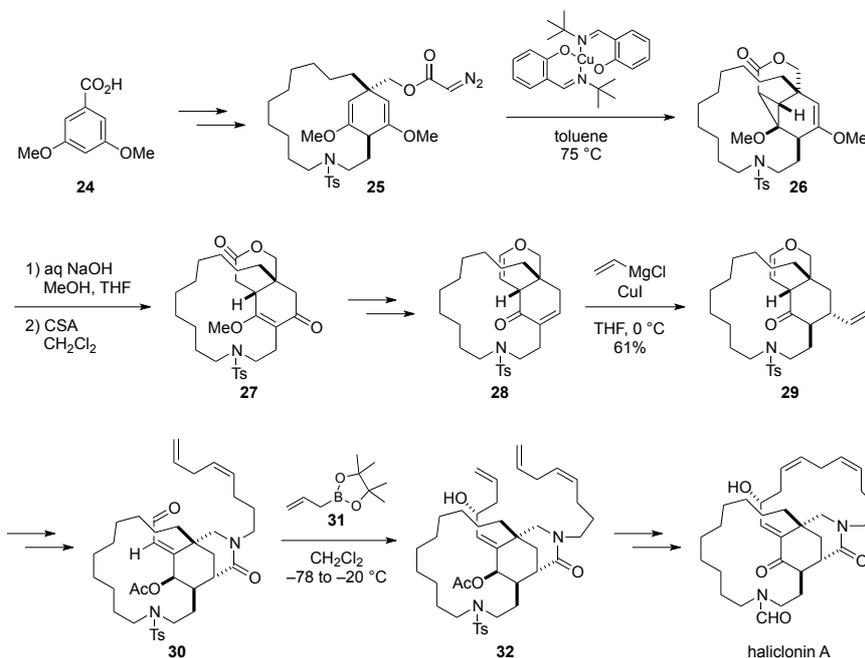
テトロドトキシンの合成: テトロドトキシンはフグ毒として知られる海洋性天然物であり、電位依存性ナトリウムチャンネルを強力に阻害する。文献既知のエノン **13** とシロキシジエン **14** との立体選択的な Diels-Alder 反応により化合物 **15** を合成した。ヒドロキシメチル基の導入を含む 6 員環部位の立体選択的な官能基変換によりアルキン **16** を合成した。アルキン **16** からアミン **18** への変換は、アルキン部位の部分還元および酸化的開裂を含むカルボン酸への変換の後、Curtius 転位を行うことで実施可能であった。また検討の段階で、アルキン **16** にヨウ化銅およびトリメチルシリルアジドを作用させることで、アルキン **16** からニトリル **22** へと直接変換可能であることを発見した。ニトリル **22** は、水和反応および Hofmann 転位を経ることで、アミン **23** へと変換可能であった。常法によりアミノ基をグアニジノ基へと変換し、目的とする化合物 **19** を得た。1,2-ジオール部位を、オルト過ヨウ素酸を用いた酸化的開裂の条件に付したところ、2 つのアルデヒド部位とグアニジノ基との間で順次環化反応が進行することで、ヘミアミナルを与えた。さらに Dess-Martin 酸化の条件に付すことで、ラクトン **20** を得た。この 2 工程で、合成戦略上避けることができない 2 つのアルデヒド部位の区別を、効率的に行うことができた。得られたラクトン **20** を酸で処理すると、窒素原子からの電子供与により遊離したカルボキシ基がエポキシドを開環し、化合物 **21** へと変換された。最後に脱保護を行うことで、テトロドトキシンを得た。

ハリクロニン A の合成: ハリクロニン A は、韓国近海に棲息する海綿より単離された海洋性天然物である。3,5-ジメトキシ安息香酸 (**24**) の Birch 還元続くアルキル化、さらに強塩基を用いた立体選択的なアルキル化、閉環メタセシスを含む工程により 17 員環を構築し、ジアゾ酢酸エステル **25** へと導いた。銅錯体を用いた分子内シクロプロパン化により C1-C10 間の結合を形成した。ラクトンを塩基性条件で加水分解した後、酸で処理することによりエノールエーテルの加水分解およびシクロプロパン環の開裂を順次行い、選択的に **27** を得た。**26** から **27** への変換において、中間体の捕捉および NMR を用いた反応追跡を実施することで、一連の反応機構

を明らかとした。その後、**27** から2工程を経てエノン **28** を合成し、有機銅試薬を用いた1,4-付加反応によりビニル基を立体選択的に導入し化合物 **29** を合成した。続いて環状エノールエーテル部位を開環し、ビニル基のオゾン分解に続く酸化により得られるカルボン酸に対してアミンユニットを導入し、3-アザビシクロノナン骨格を構築し、さらに不飽和アルデヒド **30** へと変換した。このアルデヒドに対してアリルボロン酸ピナコールエステル (**31**) を作用させることで、立体選択的にアリル基の導入を行い、化合物 **32** を得た。ヒドロキシ基の保護の後、閉環メタセシスの条件に付すことで、15員環の構築を行い、脱保護、窒素原子選択的なホルミル基、第二級アルコール部位の酸化を経て、ハリクロニン A へと導いた。



Scheme 3. Synthesis of tetrodotoxin.

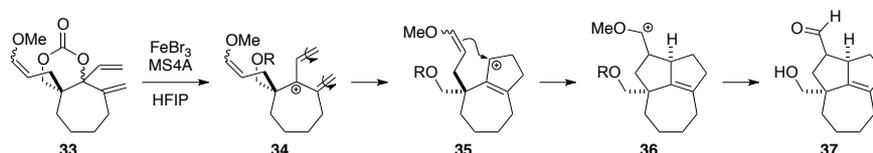


Scheme 4. Synthesis of haliclolin A.

ダフニフィラムアルカロイドの合成研究：ダフニフィラムアルカロイドはユズリハ属 (*Daphniphyllum*) の植物から単離されたアルカロイドの総称である。その中には一つの7員環に対し二つの5員環が縮環した[7-5-5]三環性骨格を有した化合物群が存在し、これらに対する合成研究は盛んに行われてきた。しかしながら、14位炭素に不斉点を有し、9位炭素-10位炭素間に非共役二重結合をもつ[7-5-5]三環性骨格を有した化合物群に着目すると、ユズリミンなどの化合物が数多く存在する一方で、現在までに合成された化合物はその一部のみである。我々

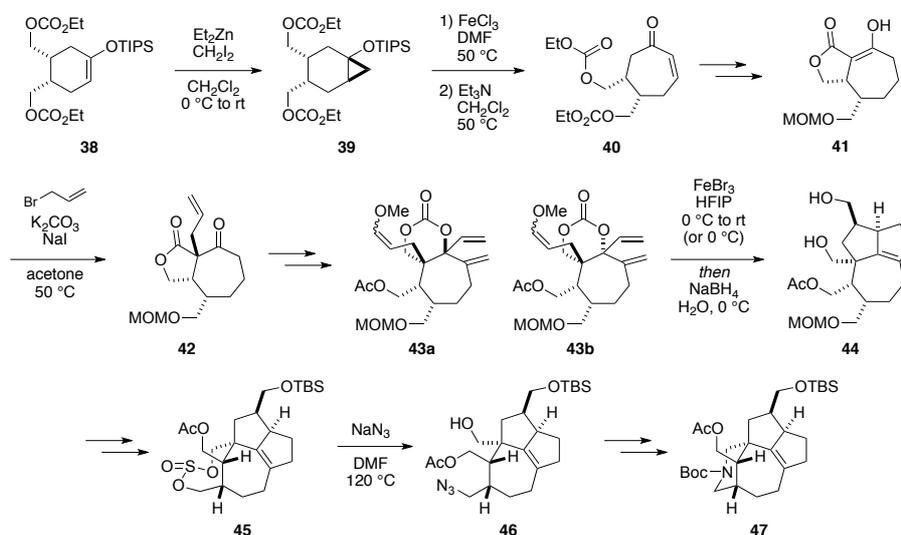
はユズリミンを含む様々な化合物の合成へと展開可能な三環性骨格の実用的な構築法を確立すべく研究を行い、以下に記す知見を得た。

ペンタジエニルカチオンの電子環状反応と、その結果得られるシクロペンテニルカチオンに対する分子内付加反応を連続的に用いることで、9位炭素-10位炭素間に非共役二重結合をもつ[7-5-5]三環性骨格を構築することを計画し、まず置換基をもたない単純化した化合物を用いた検討をおこなった。その結果、ペンタジエニルカチオンの前駆体として環状炭酸エステル **33** を使い、1,1,1,3,3,3-ヘキサフルオロ-2-プロパノール (HFIP) 中、臭化鉄(III)を作用させることで、所望の[7-5-5]三環性骨格を有する化合物 **37** を得ることに成功した。



Scheme 5. Cationic Cascade Reaction.

続いて、ダフニフィラムアルカロイドの合成へと向けて、必要な置換基を有する基質の合成を行った。Diels-Alder 反応により構築したシクロヘキセン環の7員環への環拡大反応 (**39**→**40**)、ケトエステルに対する立体選択的なアルキル化による第四級炭素の構築 (**41**→**42**) を含む工程を経て、環状炭酸エステル **43a** および **43b** を合成した。それぞれの化合物を HFIP 中、臭化鉄(III)で処理したところ所望の鍵反応が進行し、水素化ホウ素ナトリウムによる系中でのアルデヒドの還元の後、アルコール **44** を良好な収率で得た。置換基を有さない環状炭酸エステル **33** を用いた際と比較して、特に異性体 **43b** の反応性が大きく向上していたが、骨格の詳細な配座解析を行うことで、環状炭酸エステルの縮環様式 (*cis* または *trans*) および骨格上の置換基に起因する配座の違いが、反応性の差を生じているとの結論を得た。さらに得られた化合物 **44** から、環状亜硫酸エステル **45** に対するアジ化ナトリウムの置換反応による窒素原子の導入 (**45**→**46**) を経て、ピペリジン環の構築に成功した。



Scheme 6. Synthetic Studies on Daphniphyllum Alkaloids.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計12件（うち査読付論文 12件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 12件）

1. 著者名 Yoshinaga Kohei, Yokoshima Satoshi	4. 巻 21
2. 論文標題 Convergent synthesis of the [5-7-6-3] tetracyclic core of premyrsinane diterpenes	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Organic & Biomolecular Chemistry	6. 最初と最後の頁 724 ~ 727
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/d2ob02210a	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 -
1. 著者名 Nakajima Daisuke, Yokoshima Satoshi	4. 巻 24
2. 論文標題 Construction of the [7-5-5] Tricyclic Core of Daphniphyllum Alkaloids via a Cationic Cascade Reaction	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Organic Letters	6. 最初と最後の頁 9520 ~ 9524
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.orglett.2c04023	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 -
1. 著者名 Kitayama Shinnosuke, Shimizu Hiroaki, Yokoshima Satoshi	4. 巻 20
2. 論文標題 Photoinduced rearrangement of α -(2-nitrophenyl)ketones	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Organic & Biomolecular Chemistry	6. 最初と最後の頁 7896 ~ 7899
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D20B01546C	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 -
1. 著者名 Jin Yuan, Orihara Kensuke, Kawagishi Fumiki, Toma Tatsuya, Fukuyama Tohru, Yokoshima Satoshi	4. 巻 60
2. 論文標題 Total Synthesis of Haliclolin A	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Angewandte Chemie International Edition	6. 最初と最後の頁 9666 ~ 9671
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.202016343	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 -

1. 著者名 Shimizu Hiroaki, Yoshinaga Kohei, Yokoshima Satoshi	4. 巻 23
2. 論文標題 Nitrone Formation by Reaction of an Enolate with a Nitro Group	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Organic Letters	6. 最初と最後の頁 2704 ~ 2709
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.orglett.1c00603	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 -

1. 著者名 Kori Ryosuke, Murakami Keigo, Nishiyama Yoshitake, Toma Tatsuya, Yokoshima Satoshi	4. 巻 69
2. 論文標題 Copper-Mediated Conversion of Alkynes into Nitriles via Iodotriazoles	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Chemical and Pharmaceutical Bulletin	6. 最初と最後の頁 278 ~ 280
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1248/cpb.c20-00787	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 -

1. 著者名 Murakami Keigo, Toma Tatsuya, Fukuyama Tohru, Yokoshima Satoshi	4. 巻 59
2. 論文標題 Total Synthesis of Tetrodotoxin	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Angewandte Chemie International Edition	6. 最初と最後の頁 6253 ~ 6257
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.201916611	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 -

1. 著者名 Shiogai Akihiro, Toma Tatsuya, Yokoshima Satoshi	4. 巻 31
2. 論文標題 Synthetic Studies on Bilobalide	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Synlett	6. 最初と最後の頁 290 ~ 294
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1055/s-0039-1691559	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 -

1. 著者名 Yokoshima Satoshi, Watanabe Shinya, Ishikawa Masatsugu, Nomura Toshimune, Fukuyama Tohru	4. 巻 29
2. 論文標題 Total Synthesis of Lycoposerramine-R	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Synlett	6. 最初と最後の頁 2377 ~ 2380
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1055/s-0037-1611024	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 -

1. 著者名 Yamada Ryosuke, Fukuyama Tohru, Yokoshima Satoshi	4. 巻 20
2. 論文標題 Synthetic Studies of the Daphniphyllum Alkaloids: A Cooperative Reaction of Proximal Functional Groups Forming a Tetracyclic System	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Organic Letters	6. 最初と最後の頁 4504 ~ 4506
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.orglett.8b01800	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 -

1. 著者名 Kitabayashi Yusuke, Fukuyama Tohru, Yokoshima Satoshi	4. 巻 16
2. 論文標題 Synthesis of the [7-5-5] tricyclic core of Daphniphyllum alkaloids	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Organic & Biomolecular Chemistry	6. 最初と最後の頁 3556 ~ 3559
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C80B00859K	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 -

1. 著者名 Nomura Toshimune, Yokoshima Satoshi, Fukuyama Tohru	4. 巻 20
2. 論文標題 Total Synthesis of Huperzine R	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Organic Letters	6. 最初と最後の頁 119 ~ 121
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.orglett.7b03555	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 -

〔学会発表〕 計17件（うち招待講演 2件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 清水 宏明・吉永 浩平・横島 聡
2. 発表標題 新規ニトロン形成反応の開発および含窒素多環性骨格構築への応用
3. 学会等名 第19回次世代を担う有機化学シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 横島 聡・渡邊 慎也・石川 雅嗣・野村 俊宗・奥山 雅洋・秋元 健太・西山 義剛
2. 発表標題 Lycopodiumアルカロイドの合成研究
3. 学会等名 第63回天然有機化合物討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 清水 宏明・吉永 浩平・横島 聡
2. 発表標題 新規ニトロン形成反応の開発と含窒素多環性骨格構築への応用
3. 学会等名 第50回複素環化学討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中嶋 大輔・西山 義剛・横島 聡
2. 発表標題 ダフニフィラムアルカロイドの三環性コア骨格の構築
3. 学会等名 日本薬学会 第140年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 栗本 道隆・中嶋 大輔・西山 義剛・横島 聡
2. 発表標題 ジブロモシクロプロパンの開環に続くWagner-Meerwein転位を用いた第四級炭素の構築
3. 学会等名 日本病院薬剤師会東海ブロック・日本薬学会東海支部 合同学術大会2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Michitaka Kurimoto, Daisuke Nakajima, Yoshitake Nishiyama, Satoshi Yokoshima
2. 発表標題 Efficient Construction of Quaternary Carbon via Tandem Dibromocyclopropane Ring Opening/Wagner-Meerwein Rearrangement
3. 学会等名 27th International Society of Heterocyclic Chemistry Congress (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 郡 涼介・村上 慶伍・藤間 達哉・西山 義剛・横島 聡
2. 発表標題 銅を用いたエチニル基からシアノ基への変換反応の開発研究
3. 学会等名 日本薬学会 第140年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 塩貝 亮博・藤間 達哉・横島 聡
2. 発表標題 ピロバリドの合成研究
3. 学会等名 第37回メディシナルケミストリーシンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 村上 慶伍・藤間 達哉・福山 透・横島 聡
2. 発表標題 テトロドトキシンの合成研究
3. 学会等名 第61回天然有機化合物討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 窪小谷 和宏・清水 貴央・秋元 健太・福山 透・横島 聡
2. 発表標題 含窒素五環性天然物マクレアニンの合成研究
3. 学会等名 日本薬学会 第139年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 横島 聡・北林 祐介・山田 諒介・福山 透
2. 発表標題 Daphniphyllumアルカロイドの合成研究
3. 学会等名 第60回天然有機化合物討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Daisuke Nakajima, Kaori Ozaki, Kensuke Orihara, Toshiaki Teruya, Satoshi Yokoshima
2. 発表標題 Total Synthesis of Majusculamide A & B
3. 学会等名 XXII International Conference on Organic Synthesis
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Nagayasu Nakajima, Eiji Yoshida, Tatsuya Toma, Tohru Fukuyama, Satoshi Yokoshima
2. 発表標題 Synthetic Studies on Ecteinascidin 743
3. 学会等名 XXII International Conference on Organic Synthesis
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 村上 慶伍・藤間 達哉・福山 透・横島 聡
2. 発表標題 テトロドトキシンの合成研究
3. 学会等名 第113回有機合成シンポジウム2018年【春】
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Satoshi Yokoshima
2. 発表標題 Synthesis of Daphenylline
3. 学会等名 ISPAC 2017 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 横島 聡
2. 発表標題 リコポジウムアルカロイドの合成研究
3. 学会等名 第48回中部化学関係学協会支部連合秋季大会 (岐阜)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 横島 聡
2. 発表標題 天然物を合成すること
3. 学会等名 A3シンポジウム(招待講演)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

名古屋大学大学院創薬科学研究科 天然物化学分野
http://www.ps.nagoya-u.ac.jp/lab_pages/natural_products/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
---------	---------