

令和 4 年 4 月 21 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19H02720

研究課題名(和文) マイトトキシンを基盤としたカルシウムイオン流入制御分子の設計と合成

研究課題名(英文) Design and synthesis of calcium ion regulatory molecules based on maitotoxin

研究代表者

大石 徹 (Oishi, Tohru)

九州大学・理学研究院・教授

研究者番号：90241520

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,500,000円

研究成果の概要(和文)：マイトトキシン(MTX)は、渦鞭毛藻から単離された分子量が3422の梯子状ポリエーテルであり、強力な細胞内Ca<sup>2+</sup>流入活性を示す。本研究者は、これまで化学合成に基づいたMTXの構造活性相関研究を行っており、本研究では、MTXの生物活性発現機構の解明を目指し、MTXの約3分の1に相当するWXYZA' B' C' D' E' F' 環部(分子量1140)の合成を検討した。本研究者が開発した二環構築型収束的合成法である -シアノエーテル法を利用して、WXYZ環部とC' D' E' F' 環部から収束的に合成することに成功した。合成品と天然物のNMRデータは良い一致を示し、提出構造が正しいことを確認することができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、独自に開発した二環構築型収束的合成法である -シアノエーテル法を利用して、MTXの約3分の1に相当するWXYZA' B' C' D' E' F' 環部(分子量1140)の合成に世界で初めて成功した。最長直線工程数は53段階、総工程数は104段階であった。合成品と天然物のNMRデータの比較から、提出構造が正しいことを確認することができた。この研究成果は学会で高く評価され、第63回天然有機化合物討論会の奨励賞および日本化学会英文誌のBCSJ賞を受賞した。以上、本研究は、梯子状ポリエーテルの合成研究において多大な進展をもたらした。

研究成果の概要(英文)：Maitotoxin (MTX) is a ladder-shaped polyether isolated from the dinoflagellate *Gambierdiscus toxicus*. The molecular weight of MTX is 3422. MTX is a highly toxic compound against mammals, and it elicits potent calcium ion influx. MTX is an amphiphilic molecule comprised of hydrophobic and hydrophilic regions. As a part of the structure-activity relationship studies of MTX based on the chemical synthesis of partial structures of MTX, the WXYZA' B' C' ring system was synthesized, and found that the hydrophobic region elicited inhibitory activity against calcium ion influx activity induced by MTX. In this study, more advanced partial structure, the WXYZA' B' C' D' E' F' ring system (MW 1140) was synthesized based on the convergent method via alpha-cyano ethers developed by our group from the WXYZ and C' D' E' F' ring systems. The NMR data of the synthetic specimen were in good agreement with those of the natural product, confirming the proposed structure.

研究分野：天然物化学

キーワード：マイトトキシン 梯子状ポリエーテル カルシウムイオン流入活性 化学合成 生物活性発現機構

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

マイトキシシン (MTX) は、渦鞭毛藻 *Gambierdiscus toxicus* から単離された梯子状ポリエーテルであり (図1)<sup>1)</sup>、二次代謝産物の中では最強の毒性 (マウス腹腔内投与 LD<sub>50</sub> = 50 ng/kg) を有する。極微量で細胞内への Ca<sup>2+</sup>流入を引き起こすため<sup>2)</sup>、生理学的研究用試薬として広く用いられてきた。しかし、発見以来 40 年近く経過した現在でも作用標的タンパク質は未解明のままである。MTX に関する生物有機化学的な研究が立ち遅れている理由として、天然から得られるサンプルが極微量であること、巨大な分子であるために非特異的吸着が強く、標的タンパク質を特定できていないことなどが挙げられる。Ca<sup>2+</sup>の流入を引き起こすことから、Ca<sup>2+</sup>チャネルなどの膜タンパク質が作用標的分子であると推測されているに過ぎない。MTX は、32 個のエーテル環と 98 個の不斉中心を有する分子量 3422 の梯子状ポリエーテルであり、極性官能基であるヒドロキシ基や硫酸エステルが多く存在する親水性部分 (下半分) と、それ以外の疎水性部分 (上半分) の大きく 2 つの部分に分けられる<sup>3)</sup>。本研究者は、化学合成に基づいた MTX の構造活性相関研究を行っており、MTX の疎水性部分に相当する WXYZA'B'C' 環部を合成し、その生物活性を調べた結果、MTX によって引き起こされる Ca<sup>2+</sup>流入を阻害 (IC<sub>50</sub> = 30 μM) することが明らかとなった<sup>4)</sup>。MTX の疎水性部分が作用標的膜タンパク質の膜貫通ドメインに競合的に結合することを示唆する結果であるが、さらに標的タンパク質を同定するためには、より強い阻害活性を有する部分構造の合成が不可欠である。

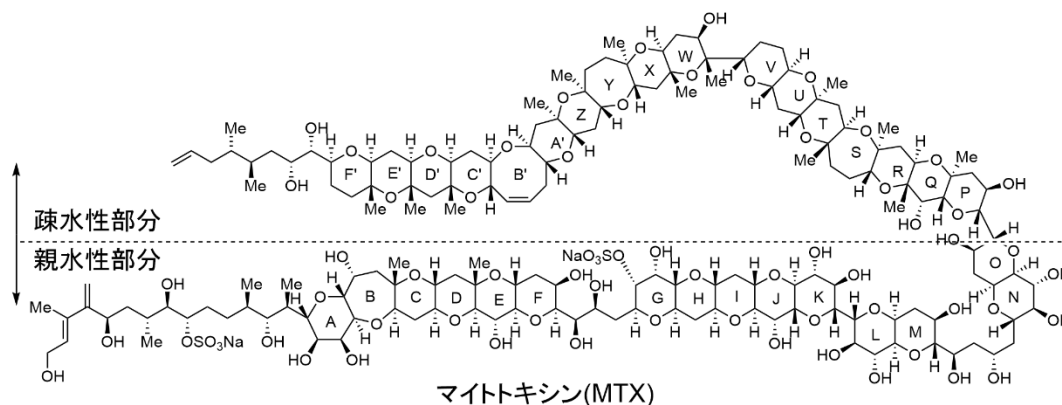


図 1

2. 研究の目的

本研究者は、MTX によって引き起こされる Ca<sup>2+</sup>流入をより強く阻害する MTX の部分構造として、WXYZA'B'C' 環部よりも分子長が長く、MTX の疎水性部分に相当する WXYZA'B'C'D'E'F' 環部 (**1**) を設計した (図2)。MTX の約 3 分の 1 に相当する分子量 1140 の分子であるため、標的膜タンパク質とより強い分子間相互作用を生じることが期待される。しかしながら、中員環および多くの核間メチル基が連続して存在するため、その合成には多くの困難が予想される。

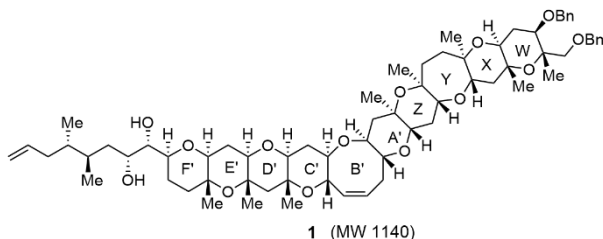


図 2

### 3. 研究の方法

本研究者は、梯子状ポリエーテルの合成に有用な $\alpha$ -シアノエーテルを経由する二環構築型収束的合成法を開発しているため(図3)<sup>5)</sup>, この方法論を WXYZA'B'C'D'E'F'環部(1)の合成に応用することにした。

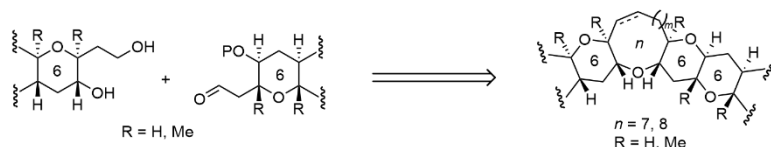


図 3

### 4. 研究成果

(1) MTX の WXYZA'B'C'D'E'F'環部(1)の合成を検討した(図4)。既に合成済みである C'D'E'F'環部(2)<sup>6)</sup>と WXYZ 環部(3)<sup>7)</sup>から, アセタール化による連結, 続くアセタールの位置選択的開裂, および西沢-Grieco 法により, 鍵中間体である $\alpha$ -シアノエーテル(4)へと誘導した。さらに, ニトリルの還元, Grignard 反応を経由してジエン(5)へと変換した。閉環メタセシス反応による八員環エーテル(B'環部)を構築し, アルコールの酸化, 116 位水素のエピメリ化, および脱保護を経由してエノン(6)へと誘導した。さらに, メチルアセタール(7)に変換した後, 還元的エーテル化を行ったが, 117 位水素の立体化学が逆のものが得られた。そこで, O, S-アセタール(8)に変換後, ラジカル還元を行うことでの望む立体化学を有する(9)を得ることに成功した。次に, 1,2-ジオールの保護, 末端アルコールの酸化, Wittig 反応, および脱保護を経由して, MTX の WXYZA'B'C'D'E'F'環部(1)の合成に成功した<sup>8)</sup>。この研究成果は学会で高く評価され, 第 63 回天然有機化合物討論会の奨励賞および日本化学会欧文誌の BCSJ 賞を受賞した。

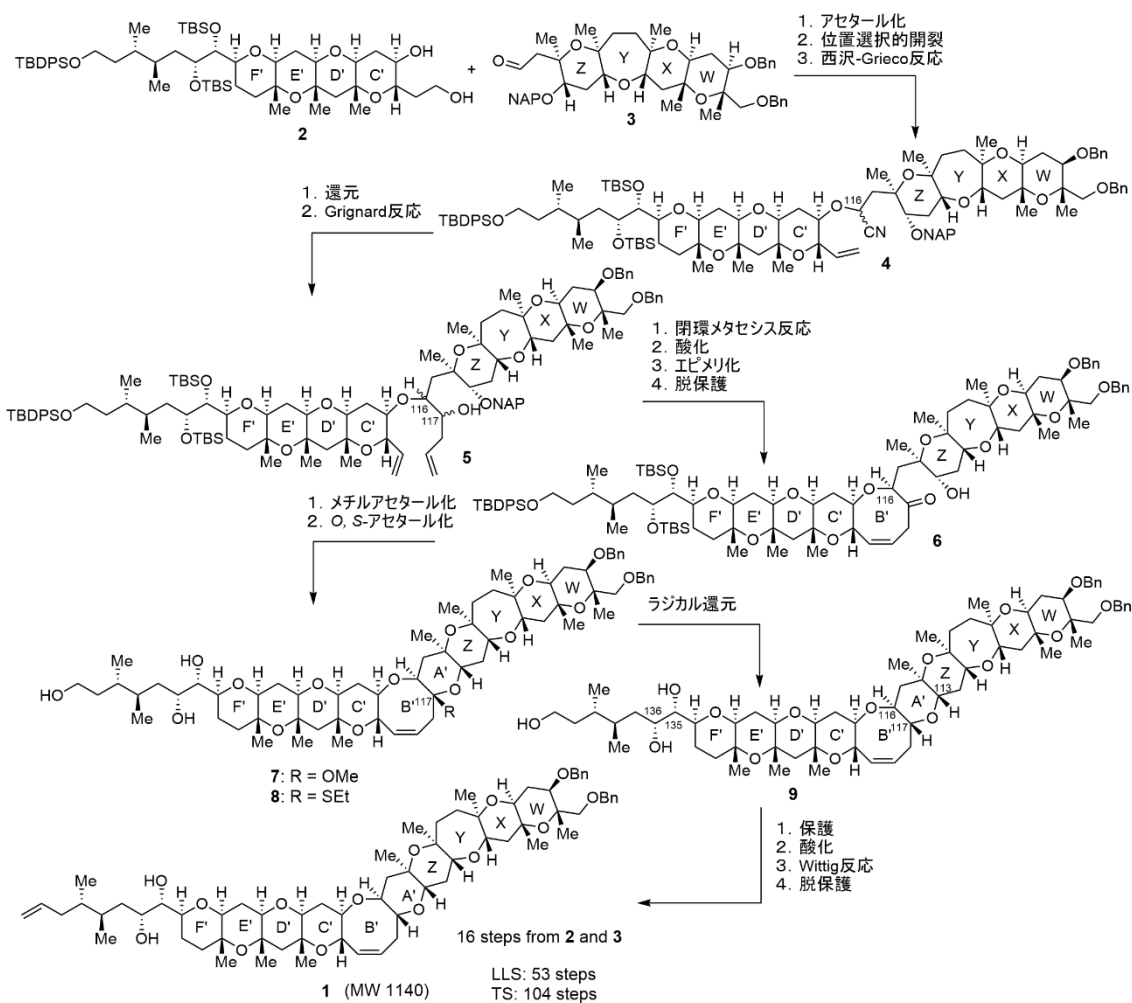


図 4

C'D'E'F'環部(2)と WXYZ 環部(3)からの工程数は 16 段階であり、MTX の約 3 分の 1 に相当する分子量 1140 の WXYZA'B'C'D'E'F'環部(1)を合成することに成功した。最長直線工程数(LLS)は 53 段階、総工程数(TS)は 104 段階であった。合成品と天然物の NMR データは天然物と構造の異なる W 環部以外は良い一致を示し、提出構造が正しいことを確認することができた(構造確認は研究分担者である佐竹真幸准教授とともに行った)。WXYZA'B'C'D'E'F'環部(1)について、MTX によって引き起こされる  $\text{Ca}^{2+}$  流入に対する阻害活性を評価したが、阻害活性を示さないことが明らかとなった(生物活性評価は、研究分担者である此木敬一准教授とともに行った)。疎水性部分が大きくなったため溶解性が低下したことが一因であると考えられるため、今後さらなる検討が必要である。

(2) MTX の C'D'E'F'環部(2)の合成は既に完了しているが<sup>6)</sup>、3 連続した核間メチル基を有するため直線的な合成となっているため多くの工程数を要する。以前、本研究者は、独自に開発した Achmatowicz 反応を経由する 6/6/6-三環性エーテルの合成法<sup>9)</sup>を利用して C'D'E'環部の収束的な合成法を検討した(図 5)。すなわち、フルフリルアルコール誘導体(10)に対して Achmatowicz 反応を行い、生じたヘミアセタールからメチルアセタールへの変換、さらにメチル化を行うことでエノン(11)へと誘導した。続く脱保護、分子内オキサ-Michael 反応を行った結果、124 位水素の立体化学が逆であるケトン(11)が得られる結果となっていた<sup>10)</sup>。

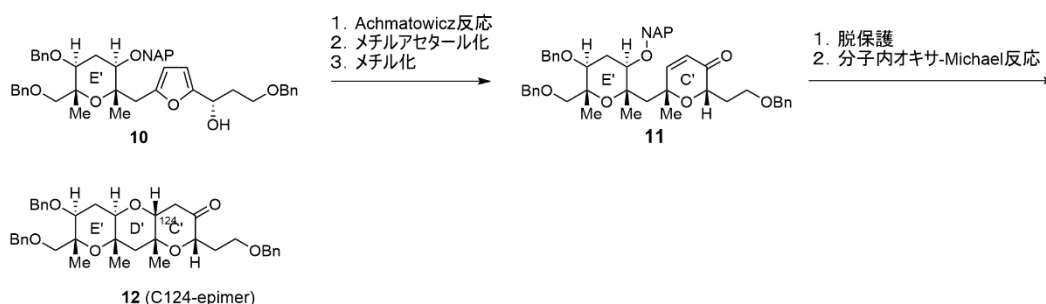


図 5

そこで、環化のモードを逆にして C'D'E'環部の合成を検討することにした(図 6)。フルフリルアルコール誘導体(13)に対して Achmatowicz 反応を行い、二環性アセタール(14)へと変換した。エノン(14)に対するボリル化-酸化、脱保護を経由してヘミアセタール(15)へと誘導した。ヘミアセタール(15)に対して還元的エーテル化を行い、アセチル化して構造確認した結果、124 位水素の立体化学が逆であるアセテート(16)が得られる結果となった<sup>11)</sup>。以上の結果から、3 つの核間メチル基が連続した 6/6/6-三環性エーテルを収束的に合成することは非常に困難であることが明らかとなった。

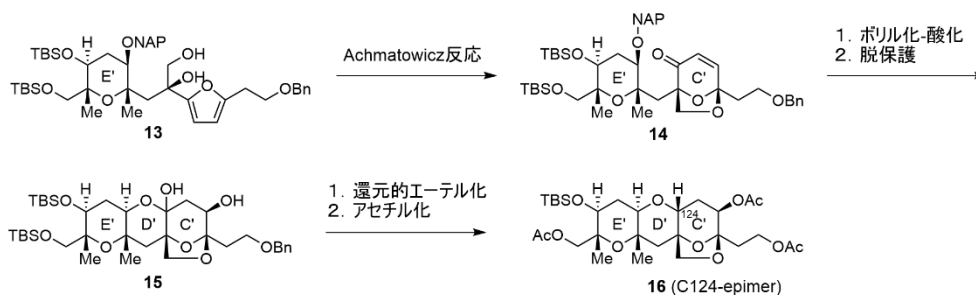


図 6

(3) MTX の DEF 環部と GHI 環部の統一的合成を検討した(図 7)。フラン誘導体(17)と末端オレフィン(18)との藤原-守谷反応および Sharpless 不斉ジヒドロキシ化を行うことでジオール(19)へと変換した。さらに、Achmatowicz 反応、アセチル化、還元的エーテル化を経由することで、共通の中間体であるエノン(20)へと誘導した。さらに、エノン(20)に対するボリル化-酸化、脱保護、O、S-アセタール化、メチル化を経由することで DEF 環部(21)を合成することに成功した。一方、共通の中間体であるエノン(20)から、脱保護、還元的エーテル化を行うことでオレフィン(22)へと誘導した後、Sharpless 不斉ジヒドロキシ化、および Barton-McCombie 脱酸素化を行うことで GHI 環部(23)を合成することに成功した<sup>12)</sup>。

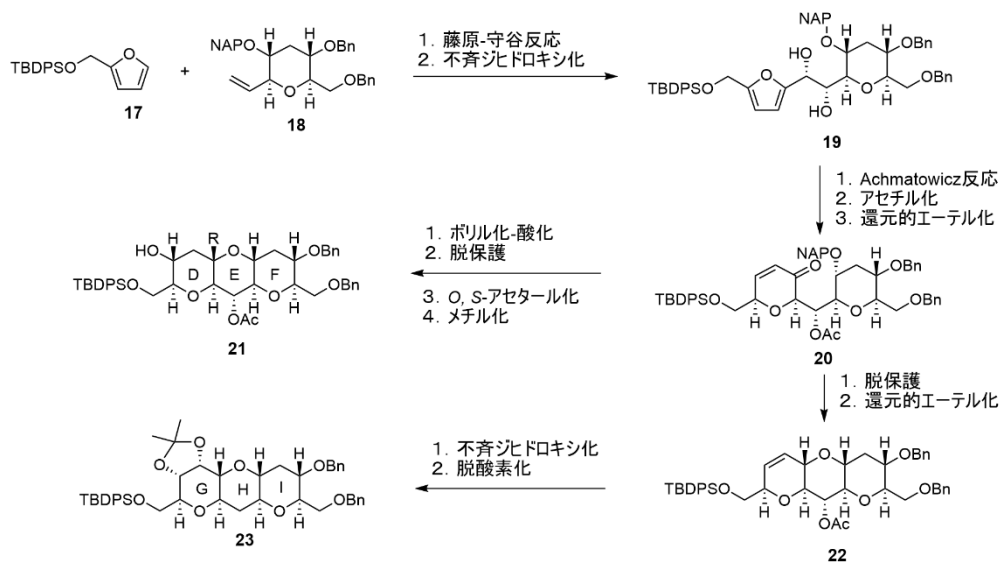


図 7

<引用文献>

- 1) T. Yasumoto, R. Bagnis, J. P. Vemoux, *Bull. Jpn. Sci. Fish.* **1976**, *42*, 359.
- 2) K. Konoki, M. Hashimoto, T. Nonomura, M. Sasaki, M. Murata, K. Tachibana, *J. Neurochem.* **1998**, *70*, 409.
- 3) M. Murata, H. Naoki, S. Matsunaga, M. Satake, T. Yasumoto, *J. Am. Chem. Soc.* **1994**, *116*, 7098.
- 4) T. Oishi, F. Hasegawa, K. Torikai, K. Konoki, N. Matsumori, M. Murata, *Org. Lett.* **2008**, *10*, 3599.
- 5) T. Oishi, K. Watanabe, M. Murata, *Tetrahedron Lett.* **2003**, *44*, 7315.
- 6) M. Kunitake, T. Oshima, M. Ebine, K. Torikai, K. Konoki, M. Murata, T. Oishi, *J. Org. Chem.* **2014**, *79*, 4948.
- 7) N. Osato, H. Onoue, Y. Toma, K. Torikai, M. Ebine, M. Satake, T. Oishi, *Chem. Lett.* **2018**, *47*, 265.
- 8) K. Umeno, H. Onoue, K. Konoki, K. Torikai, Y. Yasuno, M. Satake, T. Oishi, *Bull. Chem. Soc. Jpn.* **2022**, *95*, 325.
- 9) H. Onoue, T. Baba, K. Konoki, K. Torikai, M. Ebine, T. Oishi, *Chem. Lett.* **2014**, *43*, 1904.
- 10) H. Yamamoto, K. Torikai, M. Ebine, T. Oishi, *Heterocycles* **2018**, *97*, 158.
- 11) Y. Watanabe, K. Torikai, Y. Yasuno, T. Oishi, *Heterocycles* **2021**, *102*, 2313.
- 12) T. Yasudomi, H. Yakushiji, K. Torikai, M. Ebine, T. Oishi, *Chem. Lett.* **2019**, *48*, 1156.

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Keitaro Umeno, Hisaaki Onoue, Keiichi Konoki, Kohei Torikai, Yoko Yasuno, Masayuki Satake, and Tohru Oishi	4. 巻 95
2. 論文標題 Convergent Synthesis of the WXYZA 'B' C 'D' E 'F' Ring Segment of Maitotoxin.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Bull. Chem. Soc. Jpn.	6. 最初と最後の頁 325-330
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/bcsj.20210397	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 Yuta Watanabe, Kohei Torikai, Yoko Yasuno, and Tohru Oishi	4. 巻 102
2. 論文標題 Synthetic Study of the C 'D' E ' Ring System of Maitotoxin via Furan Based Strategy.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Heterocycles	6. 最初と最後の頁 2313-2318
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3987/COM-21-14545	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 Tohru Oishi	4. 巻 93
2. 論文標題 Structure Determination, Chemical Synthesis, and Evaluation of Biological Activity of Super Carbon Chain Natural Products.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Bull. Chem. Soc. Jpn.	6. 最初と最後の頁 1350-1360
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/bcsj.20200151.	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 Yasudomi Takaya, Yakushiji Hiroyuki, Torikai Kohei, Ebine Makoto, Oishi Tohru	4. 巻 48
2. 論文標題 Unified Synthesis of the DEF and GHI Ring Systems of Maitotoxin	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 1156-1159
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.190479	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 Oishi Tohru	4. 巻 99
2. 論文標題 Design and Synthesis of Artificial Ladder-Shaped Polyethers for Exploring Biological Functions	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Heterocycles	6. 最初と最後の頁 21-53
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3987/REV-18-SR(F)1	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36件 (うち招待講演 5件 / うち国際学会 5件)

1. 発表者名 谷口 大真・中村 理志・保野 陽子・大石 徹
2. 発表標題 マイトトキシンのLM/N0環部の合成研究
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 鈴木 悠平・保野 陽子・大石 徹
2. 発表標題 マイトトキシンのBCDEF環部の合成研究
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 金子 昌央・山下 敦裕・保野 陽子・大石 徹
2. 発表標題 カリビアンシガトキシンC-CTX-1のMN環部の合成研究
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 Tohru Oishi
2. 発表標題 Strategies for Synthesizing Ladder-Shaped Polyether Natural Products
3. 学会等名 Pacifichem 2021 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 鈴木 悠平・保野 陽子・大石 徹
2. 発表標題 マイトトキシンのBCDEF環部の合成研究
3. 学会等名 第11回CSJ化学フェスタ2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 梅野圭太郎・尾上久晃・渡部雄太・此木敬一・佐竹真幸・鳥飼浩平・保野陽子・大石 徹
2. 発表標題 マイトトキシンのWXYZA'B'C'D'E'F'環部の合成・構造確認・生物活性
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 鈴木 悠平・保野 陽子・大石 徹
2. 発表標題 マイトトキシンのBCDEF環部の合成研究
3. 学会等名 第58回化学関連支部合同九州大会
4. 発表年 2021年



1. 発表者名 鳥山 加奈子・保野 陽子・大石 徹
2. 発表標題 プレビスルセナール-FのNOPQ環部とSTUV環部の合成研究
3. 学会等名 第58回化学関連支部合同九州大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 梅野 圭太郎・尾上 久晃・此木 敬一・鳥飼 浩平・保野 陽子・大石 徹
2. 発表標題 マイトトキシンのW-F' 環部の合成研究
3. 学会等名 日本化学会第101春季年会 (2021)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 鳥山 加奈子・保野 陽子・鳥飼 浩平・佐竹 真幸・大石 徹
2. 発表標題 プレビスルセナール-FのNOPQ環部とSTUV環部の合成研究
3. 学会等名 日本化学会第101春季年会 (2021)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 三苫 研人・田中 達也・保野 陽子・鳥飼 浩平・佐竹 真幸・大石 徹
2. 発表標題 相対配置の決定を目的としたプレビスルセナール-FのVWX環部の合成研究
3. 学会等名 日本化学会第101春季年会 (2021)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 鳥山加奈子・大石 徹
2. 発表標題 プレビスルセナル-FのNOPQ環部の合成研究
3. 学会等名 第10回CSJ化学フェスタ2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 三苫研人・田中達也・大石 徹
2. 発表標題 相対配置の決定を目的としたプレビスルセナル-FのVMX環部の合成研究
3. 学会等名 2020年日本化学会九州支部秋期研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大石 徹
2. 発表標題 超炭素鎖天然有機化合物の構造決定，化学合成，および生物活性評価
3. 学会等名 有機合成化学協会関西支部 2月セミナー（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 深井 雅輝・鳥飼 浩平・大石 徹
2. 発表標題 梯子状ポリエーテルの三環構築型収束的合成法の開発
3. 学会等名 日本化学会 第100春季年会 (2020)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中村理志・浅川桃子・鳥飼浩平・大石 徹
2. 発表標題 マイトトキシンのIJKLM環部の合成研究
3. 学会等名 日本化学会 第100春季年会 (2020)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 渡部 雄太・鳥飼 浩平・大石 徹
2. 発表標題 マイトトキシンのC'D'E'環部の合成研究
3. 学会等名 日本化学会 第100春季年会 (2020)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Tohru Oishi
2. 発表標題 Structure-Activity Relationship Studies of Maitotoxin Based on the Chemical Synthesis of Partial Structures.
3. 学会等名 The 27th French-Japanese Symposium on Medicinal and Fine Chemistry (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 安富貴也・薬師寺宏幸・山本大樹・海老根真琴・鳥飼浩平・大石 徹
2. 発表標題 マイトトキシンのDEFおよびGHI環部の統一的合成
3. 学会等名 第29回万有福岡シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tatsuya Tanaka, Kohei Torikai, Makoto Ebine, Tohru Oishi
2. 発表標題 Synthetic Study of the VWX Ring of Brevisulcenal-F
3. 学会等名 第24回日本化学会九州支部・韓国化学会釜山支部合同セミナー（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takaya Yasudomi, Hiroyuki Yakushiji, Kohei Torikai, Makoto Ebine, Tohru Oishi
2. 発表標題 Unified Synthesis of the DEF and GHI Rings of Maitotoxin
3. 学会等名 第24回日本化学会九州支部・韓国化学会釜山支部合同セミナー（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大石 徹
2. 発表標題 超炭素鎖天然有機化合物の構造決定，化学合成，および生物活性評価
3. 学会等名 第30回万有仙台シンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 安富 貴也・薬師寺 宏幸・鳥飼 浩平・大石 徹
2. 発表標題 マイトキシンのDEF環部およびGHI環部の統一的合成
3. 学会等名 第56回化学関連支部合同九州大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 深井 雅輝・鳥飼 浩平・大石 徹
2. 発表標題 梯子状ポリエーテルの三環構築型収束的合成法の開発
3. 学会等名 第56回化学関連支部合同九州大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中村 理志・浅川 桃子・鳥飼 浩平・大石 徹
2. 発表標題 マイトキシンのIJKLM環部の合成研究
3. 学会等名 第56回化学関連支部合同九州大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 渡部 雄太・鳥飼 浩平・大石 徹
2. 発表標題 マイトキシンのC'D'E'環部の合成研究
3. 学会等名 第56回化学関連支部合同九州大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 深井 雅輝・鳥飼 浩平・大石 徹
2. 発表標題 梯子状ポリエーテルの三環構築型収束的合成法の開発
3. 学会等名 第31回若手研究者のためのセミナー（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 新井智之・鳥飼浩平・佐竹真幸・大石 徹
2. 発表標題 プレビスルセナール-FのRS環部の合成研究
3. 学会等名 第31回若手研究者のためのセミナー
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 吉村庄太郎・鳥飼浩平・大石 徹
2. 発表標題 マイトトキシンのAB環部の合成研究
3. 学会等名 第31回若手研究者のためのセミナー
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tohru Oishi
2. 発表標題 Structure-Activity Relationship Studies of Maitotoxin Based on the Chemical Synthesis of Partial Structures
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 深井雅輝・鳥飼浩平・大石 徹
2. 発表標題 梯子状ポリエーテルの三環構築型収束的合成法の開発
3. 学会等名 第9回CSJフェスタ(2019)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中村理志・浅川桃子・鳥飼浩平・大石 徹
2. 発表標題 マイトトキシンのIJKLM環部の合成研究
3. 学会等名 第9回CSJフェスタ(2019)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 渡部雄太・鳥飼浩平・大石 徹
2. 発表標題 マイトトキシンのC'D'E'環部の合成研究
3. 学会等名 第9回CSJフェスタ(2019)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tatsuya Tanaka, Tomoyuki Arai, Naoya Osato, Masayuki Satake, and Tohru Oishi
2. 発表標題 Synthetic Studies of the HIJK, RS, and VWX Ring System of Brevisulcinal-F
3. 学会等名 有機合成化学合同国際シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takaya Yasudomi, Hiroyuki Yakushiji, Kohei Torikai, and Tohru Oishi
2. 発表標題 Unified Synthesis of the DEF and GHI Rings of Maitotoxin
3. 学会等名 有機合成化学合同国際シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大石 徹
2. 発表標題 化学合成に基づいた天然有機化合物の構造決定
3. 学会等名 第20回理研シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Tohru Oishi	4. 発行年 2019年
2. 出版社 Springer	5. 総ページ数 19
3. 書名 Cutting-Edge Organic Synthesis and Chemical Biology of Bioactive Molecules. The Shape of Organic Synthesis to Come. Chapter 6. Structure-Activity Relationship Studies of Maitotoxin Based on Chemical Synthesis.	

〔産業財産権〕

〔その他〕

<a href="http://www.scc.kyushu-u.ac.jp/Seibutsuyuki/index.html">http://www.scc.kyushu-u.ac.jp/Seibutsuyuki/index.html</a>
---

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	此木 敬一  (Konoki Keiichi)  (40292825)	東北大学・農学研究科・准教授    (11301)	



6. 研究組織（つづき）

	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	佐竹 真幸  (Satake Masayuki)  (90261495)	東京大学・大学院理学系研究科（理学部）・准教授     (12601)	

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