

令和 3 年 6 月 7 日現在

機関番号：32612
研究種目：基盤研究(C) (一般)
研究期間：2018～2020
課題番号：18K05127
研究課題名(和文) アミド基を基盤とした1,3-双極子合成法の開発と応用

研究課題名(英文) Synthesis of 1,3-Dipoles from Amides

研究代表者

佐藤 隆章 (Sato, Takaaki)

慶應義塾大学・理工学部(矢上)・准教授

研究者番号：70509926

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、アミド基を1,3-双極子等価体として利用する合成法の開発に取り組んだ。まず初めに、N-ヒドロキシアミドに対しIr触媒を用いた還元的ニトロロン合成と、有機リチウム試薬を用いた求核的ニトロロン合成法を開発した。次に、開発した反応を含窒素天然物へ応用し、シリンドリシンCの全合成を達成した。Ir触媒による手法は、アゾメチンイリド合成への展開が可能であり、アスピドスベルミジンの全合成を達成した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、「安定で官能基変換の難しいアミド基を自在に操れるか」という有機合成化学上の難問に挑戦した。アミド基への求核付加反応は、多官能基化された含窒素化合物を即座に与えるため、天然物合成・創薬合成を指向した複雑な分子の革新的反応となる可能性を秘めている。しかし、アミド基への求核付加反応は、アミド基自体の高い安定性のために開発が難しく、長年見過ごされてきた。本研究において、環状ニトロロンの精密合成を可能とし、複雑な多環性構造を有する生物活性化合物の実用的な供給法が開発された。また、本ニトロロン合成法は、アゾメチンイリドなど、様々な1,3-双極子の合成へと展開し、一般性の高い方法論へと拡張できた。

研究成果の概要(英文)：1,3-Dipoles have been widely used as promising intermediates for the synthesis of complex heterocyclic compounds found in biologically active natural products and pharmaceuticals. Therefore, the development of practical methods to generate highly functionalized 1,3-dipoles is an important research topic in the modern organic synthesis. Our research group has proposed that easily available amides can serve as synthetic equivalents of 1,3-dipoles through reduction or nucleophilic addition. In this project, we developed Ir-catalyzed reduction or nucleophilic addition to N-hydroxyamides. The method provided functionalized nitrones, and was successfully applicable to the total synthesis of cylindricine C. The iridium-catalyzed reduction was also applied to the synthesis of functionalized azomethine ylides, which resulted in the total synthesis of aspidospermidine.

研究分野：有機化学

キーワード：有機合成化学 天然物化学 アミド基 求核付加反応 1,3-双極子

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

本研究課題では、「安定で官能基変換の難しいアミド基を自在に操れるか」という有機合成化学上の難問に挑戦する。アミド基への求核付加反応は、多官能基化された含窒素化合物を即座に与えるため、天然物合成・創薬合成を指向した複雑な分子の革新的反応となる可能性を秘めている。しかし、アミド基への求核付加反応は、アミド基自体の高い安定性のために開発が難しく、長年見過ごされてきた反応である。

ニトロン **1** は、[3+2]環化付加反応 (**1** → **2**) など様々な分子変換に利用できる官能基であり、生物活性化合物の合成中間体として広く利用されている (図 1)。よく用いられるニトロン合成法としては、*N*-ヒドロキシアミンとカルボニル基の縮合反応 (**2** → **1**) や二級アミンの酸化反応 (**3** → **1**) が知られている。しかし、これらの方法は環状ニトロンの精密合成が困難など課題も多い (図 2)。例えば、鎖状ニトロン合成でもっとも利用されている *N*-ヒドロキシアミンの縮合反応は、環状ニトロンの合成にはほとんど利用されない。これは、**8** への *N*-ヒドロキシアミンの導入において、分子内に共存する 2 つのカルボニル基の区別化が必要となるためである。また、二級アミンの酸化によるニトロン合成では、位置選択性の制御が問題となる (**11** → **12**+**13**)。このように、複雑な多環性構造を有する生物活性化合物の実用的な供給法として、新たなニトロン合成法の開発が強く望まれていた。

図1. 既存のニトロン合成

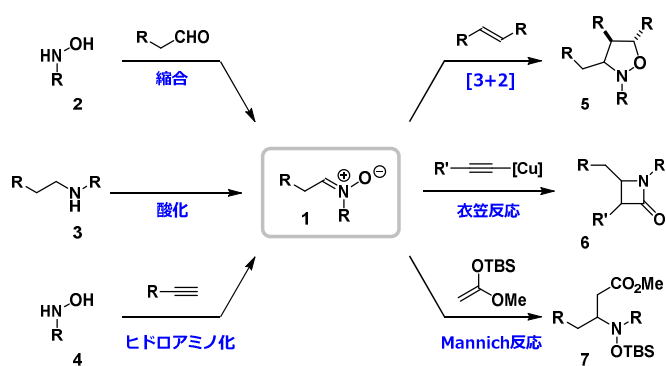
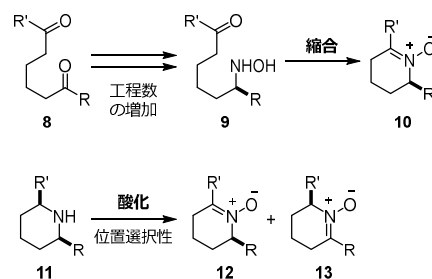


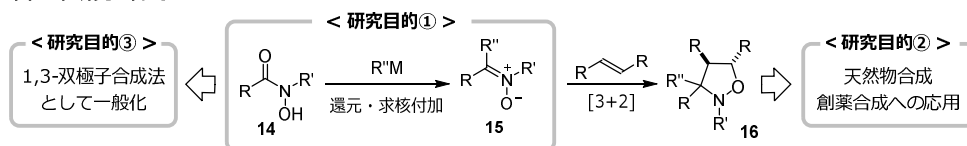
図2. 既存の環状ニトロン合成法の問題点



2. 研究の目的

以上を背景に本研究では、*N*-ヒドロキサミド **14** を出発原料とした新規ニトロン合成法 (**14** → **15**) の開発を目的とした。次に、開発したニトロン合成法を複雑な天然物の合成へと応用する。最後に、開発したニトロン合成法を様々な 1,3-双極子の合成法へ応用し、本手法の一般化を目指した。

図3. 本研究の目的



3. 研究の方法

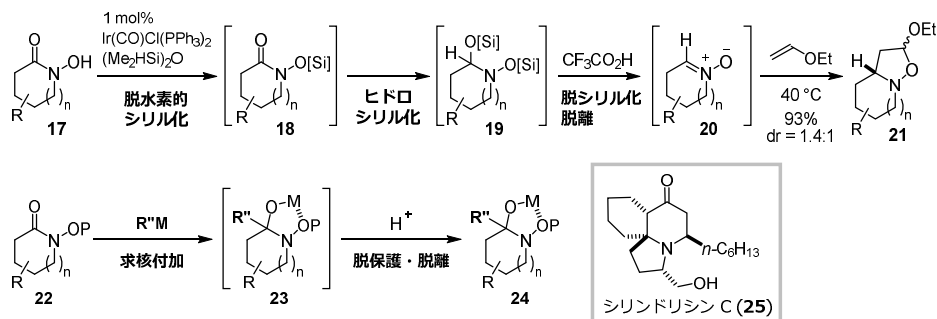
(1) *N*-ヒドロキシラクタム **17** の還元的ニトロン合成法を以下のように設計した (図 4)。 **17** を触媒量の $[\text{Ir}(\text{CO})\text{Cl}(\text{PPh}_3)_2]$ と $(\text{Me}_2\text{HSi})_2\text{O}$ を加えると、脱水素的シリル化が進行して **18** を形成し、続いて同一触媒系にて、**18** のアミドカルボニル基に対してヒドロシリル化が進行し、*N,O*-アセタール **19** となる (アミド基のヒドロシリル化: Nagashima, *Chem. Commun.*, **2009**, 1574.)。生じた **19** に酸を添加すると環状ニトロン **20** が発生し、ワンポット[3+2]環化付加で **21** が得られると考えた。

(2) *N*-ヒドロキサミド誘導体 **22** に対し、炭素求核剤を導入できる求核的ニトロン合成法を開発する。 **22** に有機金属試薬 (有機リチウム試薬など) を付加すると、キレート中間体 **23** を形成する。 **23** に対し酸を添加すれば、脱保護と脱離が一挙に進行し、多置換ニトロン **24** が合成できると考えた。

(3) 開発したニトロン合成法をシリンドリシン C (**25**) の全合成へ応用した。

(4) 還元的ニトロン合成法を、アゾメチンイリドなどの 1,3-双極子合成へ応用する。

図4. 還元的ニトロ合成法ならびに求核的ニトロ合成法の反応設計



4. 研究成果

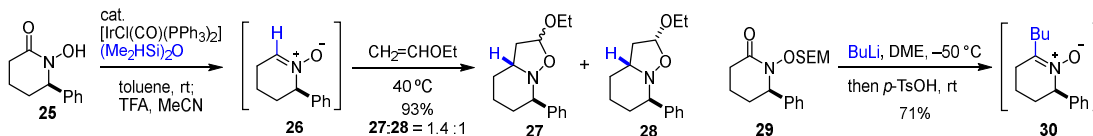
(1) *N*-ヒドロキシラクタムの還元的ニトロ合成法の開発

N-ヒドロキシラクタム **25** を触媒量の $[\text{Ir}(\text{CO})\text{Cl}(\text{PPh}_3)_2]$ と $(\text{Me}_2\text{HSi})_2\text{O}$ を加えたのち、トリフルオロ酢酸を添加すると、環状ニトロ **26** が生成した。ワンポット反応にて、**26** にエチルビニルエーテルと加熱すると、[3+2]環化付加反応が進行し、二環性イソオキサゾリジンが収率 93% で合成できた。本反応条件は高い官能基性を示し、エステルやニトロ基が共存していても、*N*-ヒドロキシラクタム選択的に反応し、ニトロンを与えた。

(2) 求核的ニトロ合成法の開発

SEM 基で保護した *N*-アルコキシラクタム **29** にブチルリチウム試薬を付加したのち、生じたキレート中間体に対しワンポット反応で *p*-TsOH を添加すると、脱離反応と脱保護が一挙に進行し、環状ニトロ **30** が収率 71% で得られた (図 5)。本反応では、*N*-ヒドロキシ基の保護基と、用いる有機金属試薬が収率に大きく影響し、SEM 基と有機リチウム試薬が最も良い結果を与えた。

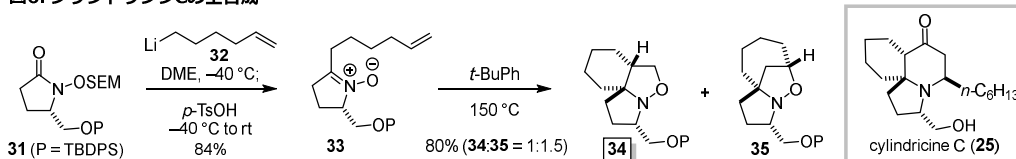
図5. 還元的ニトロ合成法ならびに求核的ニトロ合成法



(3) シンドリシン C の全合成

求核的ニトロ合成法を基盤としたシンドリシン C (**25**) の不斉全合成に取り組んだ。L-グルタミン酸由来のキラルな *N*-アルコキシラクタム **31** に対し、別途調製した 5-ヘキセン-1-リチウム **32** を付加した後、*p*-TsOH で処理すると、分子内に二重結合を有する環状ニトロ **33** が収率 84% で得られた。**33** を 150 °C に加熱すると、分子内[3+2]環化付加反応が進行し、含窒素四置換炭素を持つ三環性骨格 **34** が合成できた。その後、N-O 結合切断を含む諸工程によりシンドリシン C (**1**) の不斉全合成を達成した。

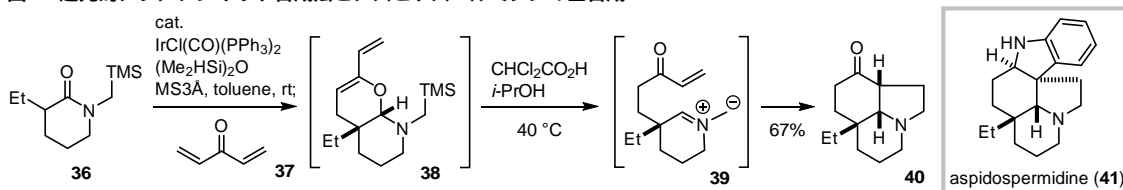
図6. シンドリシンCの全合成



(4) 還元的アゾメチンイリド合成法によるアスピドスペルミジンの全合成

ラクタム **36** を Ir 触媒で還元した後、ジビニルケトン **37** を加えると、Michael 付加反応と環化反応により *N,O*-アセタール **38** が生じた。続いて、ジクロロ酢酸とイソプロパノールをワンポット反応で添加すると、環状アゾメチンイリド **39** が生成し、分子内[3+2]環化付加反応にて三環性中間体 **40** を与えた。**40** から 2 工程にて、(±)-アスピドスペルミジン (**41**) の全合成を達成した。

図7. 還元的アゾメチンイリド合成法とアスピドスペルミジンの全合成



5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計14件（うち査読付論文 14件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Banjo Shona, Nakasuji Eiko, Meguro Tatsuhiko, Sato Takaaki, Chida Noritaka	4. 巻 25
2. 論文標題 Copper Catalyzed Electrophilic Amidation of Organotrifluoroborates with Use of N Methoxyamides	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Chemistry - A European Journal	6. 最初と最後の頁 7941 ~ 7947
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/chem.201901145	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 Takahashi Yoshito, Sato Takaaki, Chida Noritaka	4. 巻 48
2. 論文標題 Iridium-catalyzed Reductive Nucleophilic Addition to Tertiary Amides	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 1138 ~ 1141
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.190467	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 Nagashima Yoshiyuki, Okada Yuto, Sato Takaaki, Chida Noritaka	4. 巻 48
2. 論文標題 Enantioselective Stereodivergent Approach to α -Hydroxy Skipped Dienes: Synthesis of the Western Polyene Fragment of Corallopyronin A	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 1519 ~ 1521
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.190676	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 Nagashima Yoshiyuki, Sasaki Keiji, Suto Takahiro, Sato Takaaki, Chida Noritaka	4. 巻 13
2. 論文標題 Stereodivergent Hydroboration of Allenes	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Chemistry - An Asian Journal	6. 最初と最後の頁 1024 ~ 1028
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/asia.201800134	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 Takahashi Yoshito, Yoshii Risa, Sato Takaaki, Chida Noritaka	4. 巻 20
2. 論文標題 Iridium-Catalyzed Reductive Nucleophilic Addition to Secondary Amides	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Organic Letters	6. 最初と最後の頁 5705 ~ 5708
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.orglett.8b02421	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 Suto Takahiro, Yanagita Yuta, Nagashima Yoshiyuki, Takikawa Shinsaku, Kurosu Yasuhiro, Matsuo Naoya, Miura Kazuki, Simizu Siro, Sato Takaaki, Chida Noritaka	4. 巻 92
2. 論文標題 Unified Total Synthesis of Madangamine Alkaloids	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Bulletin of the Chemical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 545 ~ 571
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/bcsj.20180334	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 Yamamoto Shio, Komiya Yukinori, Kobayashi Akihiro, Minamikawa Ryo, Oishi Takeshi, Sato Takaaki, Chida Noritaka	4. 巻 21
2. 論文標題 Asymmetric Total Synthesis of Fascicularin by Chiral N-Alkoxyamide Strategy	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Organic Letters	6. 最初と最後の頁 1868 ~ 1871
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.orglett.9b00478	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 Hiraoka Shobu, Matsumoto Tsutomu, Matsuzaka Koki, Sato Takaaki, Chida Noritaka	4. 巻 58
2. 論文標題 Approach to Fully Substituted Cyclic Nitrones from N Hydroxylactam Derivatives: Development and Application to the Total Synthesis of Cylindricine C	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Angewandte Chemie International Edition	6. 最初と最後の頁 4381 ~ 4385
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.201901049	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 Sato Takaaki, Yoritake Makoto, Tajima Hayato, Chida Noritaka	4. 巻 16
2. 論文標題 Total synthesis of complex alkaloids by nucleophilic addition to amides	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Organic & Biomolecular Chemistry	6. 最初と最後の頁 3864 ~ 3875
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C8OB00733K	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 Katahara Seiya, Takahashi Tenga, Nomura Kengo, Uchiyama Masanobu, Sato Takaaki, Chida Noritaka	4. 巻 15
2. 論文標題 Copper Catalyzed Electrophilic Etherification of Arylboronic Esters with Isoxazolidines	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chemistry - An Asian Journal	6. 最初と最後の頁 1869 ~ 1872
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/asia.202000270	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 Soda Yasuki, Sugiyama Yasukazu, Yoritake Makoto, Tajima Hayato, Shibuya Kana, Ogihara Chisato, Oishi Takeshi, Sato Takaaki, Chida Noritaka	4. 巻 22
2. 論文標題 Unified Total Synthesis of Pentacyclic Stemoamide-type Alkaloids	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Organic Letters	6. 最初と最後の頁 7502 ~ 7507
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.orglett.0c02697	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 Okuyama Yuya, Okamoto Ryosuke, Mukai Shori, Kinoshita Kyoko, Sato Takaaki, Chida Noritaka	4. 巻 22
2. 論文標題 Synthesis of Saxitoxin and Its Derivatives	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Organic Letters	6. 最初と最後の頁 8697 ~ 8701
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.orglett.0c03281	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 Okuyama Yuya, Kidena Mayu, Kato Erina, Kawano Sayaka, Ishii Koki, Maie Kenta, Miura Kazuki, Simizu Siro, Sato Takaaki, Chida Noritaka	4. 巻 60
2. 論文標題 Seven Step Synthesis of All Nitrogenated Sugar Derivatives Using Sequential Overman Rearrangements	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Angewandte Chemie International Edition	6. 最初と最後の頁 5193 ~ 5198
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.202015141	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 Katahara Seiya, Sugiyama Yasukazu, Yamane Mina, Komiya Yukinori, Sato Takaaki, Chida Noritaka	4. 巻 23
2. 論文標題 Five-Step Total Synthesis of (±)-Aspidospermidine by a Lactam Strategy via an Azomethine Ylide	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Organic Letters	6. 最初と最後の頁 3058 ~ 3063
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.orglett.1c00735	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34件 (うち招待講演 8件 / うち国際学会 6件)

1. 発表者名 佐藤隆章
2. 発表標題 アミドが拓く有機合成化学
3. 学会等名 日本薬学会東北支部主催 第18回化学系若手研究者セミナー (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takaaki Sato
2. 発表標題 Development and Application of Nucleophilic Addition to Amides
3. 学会等名 Keio International Symposium on Innovative Synthesis of Complex Molecules (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takaaki Sato
2. 発表標題 Unified Total Synthesis of Stemoamide-Type Alkaloids by Chemoselective Assembly of Five-Membered Building Blocks
3. 学会等名 Nanyang Research Conference on Synthetic Chemistry and Catalysis (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 佐藤隆章
2. 発表標題 アミド基への求核付加反応と天然物全合成
3. 学会等名 第7回千葉大学キラリティーネットワーク研究会講演会(招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 武井孝也、平岡翔舞、松本孟、佐藤隆章、千田恵孝
2. 発表標題 ラクタム窒素酸化反応を基盤とした新規ニトロロン合成法の開発
3. 学会等名 第77回有機合成化学協会関東支部シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 杉山靖和、荻原知里、相田泰毅、寄立麻琴、高橋芳人、田島隼人、佐藤隆章、千田恵孝
2. 発表標題 ステモアミドの不斉全合成
3. 学会等名 第77回有機合成化学協会関東支部シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 相田泰毅、杉山靖和、寄立麻琴、高橋芳人、田島隼人、荻原知里、佐藤隆章、千田憲孝
2. 発表標題 全置換型ブテノリド構築法の開発とプロトステモナミド類の全合成
3. 学会等名 第115回有機合成シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 片原聖矢、小宮幸典、山根三奈、佐藤隆章、千田憲孝
2. 発表標題 還元的1,3-双極子合成法の開発とアスピドスベルミジンの全合成
3. 学会等名 第10回サブウェイセミナー
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 片原聖矢、高橋典雅、野村謙吾、内山真伸、佐藤隆章、千田憲孝
2. 発表標題 銅触媒による求電子的エーテル化反応の開発
3. 学会等名 第66回 有機金属化学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 杉山靖和、相田泰毅、渋谷香奈、寄立麻琴、高橋芳人、田島隼人、荻原知里、横山貴、佐藤隆章、千田憲孝
2. 発表標題 五員環ブロック連結反応を用いたステモコチニン類の全合成
3. 学会等名 日本化学会第100回春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 相田泰毅、荻原知里、寄立麻琴、高橋芳人、田島隼人、杉山靖和、佐藤隆章、千田憲孝
2. 発表標題 五員環ブロック連結反応を用いたプロトステモナミド類の全合成
3. 学会等名 日本化学会第100回春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 片原聖矢、小宮幸典、山根三奈、藤田果奈美、佐藤隆章、千田憲孝
2. 発表標題 還元的アゾメチンイリド合成法を用いたアスピドスベルミジンの全合成
3. 学会等名 日本化学会第100回春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yoshito Takahashi, Tatsuya Mori, Risa Yoshii, Takaaki Sato, Noritaka Chida
2. 発表標題 Amide-Selective Nucleophilic Addition: Application to Synthesis of Tetrahydroisoquinoline Frameworks and Back-Bone Modification of Peptides
3. 学会等名 日本化学会第100回春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yoshito Takahashi, Tatsuya Mori, Risa Yoshii, Takeshi Oishi, Takaaki Sato, Noritaka Chida
2. 発表標題 Iridium-Catalyzed Reductive Nucleophilic Addition to Amides
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 佐藤隆章
2. 発表標題 アミド変換反応の開発と天然物全合成の効率化
3. 学会等名 第9回サブウェイセミナー（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐藤隆章
2. 発表標題 ありふれた官能基の潜在的反応性を活用した天然物全合成
3. 学会等名 星薬科大学研究科助手会大学院自治会合同セミナー（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takaaki Sato
2. 発表標題 Total Synthesis of Complex Alkaloids by Nucleophilic Addition to Amides
3. 学会等名 The 13th International Conference on Cutting-Edge Organic Chemistry in Asia（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takaaki Sato
2. 発表標題 Stereodivergent Approach to Natural Products with Skipped Dienes
3. 学会等名 KEI0 International Symposium on Innovative Molecular Transformations（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 高橋芳人、吉井梨紗、中島実奈美、寄立麻琴、佐藤隆章、千田憲孝
2. 発表標題 イリジウム触媒を用いたアミド基選択的な還元的求核付加反応の開発
3. 学会等名 第113回有機合成シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小宮幸典、山本梓央、小林昂弘、南川亮、大石毅、佐藤隆章、千田憲孝
2. 発表標題 ファシクラリンの不斉全合成：キラルN-アルコキシアミドの開発と応用
3. 学会等名 第9回サブウェイセミナー
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 平岡翔舞、松本孟、松坂洸季、佐藤隆章、千田憲孝
2. 発表標題 求核的二トロン合成法を用いたCylindricine C の不斉全合成
3. 学会等名 第48回複素環化学討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 片原聖矢、高橋典雅、佐藤隆章、千田憲孝
2. 発表標題 イソオキサゾリジンをを用いた求電子的エーテル化反応の開発
3. 学会等名 第65回有機金属化学討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 高橋芳人、吉井梨紗、中島実奈美、寄立麻琴、佐藤隆章、千田恵孝
2. 発表標題 イリジウム触媒を用いたアミド基選択的な還元的求核付加反応の開発
3. 学会等名 第65回有機金属化学討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中筋瑛子、番匠祥奈、目黒達彦、佐藤隆章、千田恵孝
2. 発表標題 N-メトキシアミドを用いた求電子的アミド化反応の開発
3. 学会等名 第62回香料・テルペンおよび精油化学に関する討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 高橋芳人、吉井梨紗、森達哉、佐藤隆章、千田恵孝
2. 発表標題 ペプチド修飾を志向したアミド基選択的な求核付加反応の開発
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 相田泰毅、荻原知里、寄立麻琴、高橋芳人、田島隼人、杉山靖和、佐藤隆章
2. 発表標題 五員環連結反応を用いたプロトステモナミドの全合成
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 片原聖矢、高橋典雅、佐藤隆章、千田憲孝
2. 発表標題 銅触媒によるイソオキサゾリジンをを用いた求電子的エーテル化反応の開発
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yoshito Takahashi, Risa Yoshii, Minami Nakajima, Makoto Yoritate, Takaaki Sato, Noritaka Chida
2. 発表標題 Iridium-Catalyzed Reductive Nucleophilic Addition to Amides
3. 学会等名 The 14th International Kyoto Conference on New Aspects of Organic Chemistry (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐藤隆章、相田泰毅、杉山靖和、寄立麻琴、田島隼人、渋谷香奈、高橋芳人、荻原知里、千田憲孝
2. 発表標題 五環性ステモアミド類の網羅的全合成
3. 学会等名 第62回天然有機化合物討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 杉山靖和、相田泰毅、寄立麻琴、田島隼人、渋谷香奈、高橋芳人、荻原知里、佐藤隆章、千田憲孝
2. 発表標題 ステモコチニン類的全合成
3. 学会等名 第49回複素環化学討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Tatsuya Mori, Yoshito Takahashi, Risa Yoshii, Takeshi Oishi, Takaaki Sato, Noritaka Chida
2. 発表標題 Iridium-Catalyzed Proline-Selective Carbonyl Modification
3. 学会等名 The 57th Japanese Peptide Symposium
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yasuki Soda, Yasukazu Sugiyama, Makoto Yoritate, Hayato Tajima, Kana Shibuya, Yoshito Takahashi, Chisato Ogihara, Takeshi Oishi, Takaaki Sato, Noritaka Chida
2. 発表標題 Unified Total Synthesis of Pentacyclic Stemoamide-type Alkaloids
3. 学会等名 日本化学会第101春季年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 杉山靖和、片原聖矢、小宮幸典、山根三奈、藤田果奈美、佐藤隆章、千田憲孝
2. 発表標題 還元的アゾメチンイリド合成法を用いたAspidosperma型インドールアルカロイドの合成研究
3. 学会等名 日本化学会第101春季年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 徳山絢子、平岡翔舞、松本猛、武井孝也、佐藤隆章、千田憲孝
2. 発表標題 ラクタム窒素の酸化反応を基盤とした光学活性ニトロロン合成法の開発
3. 学会等名 日本化学会第101春季年会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

千田・佐藤研究室ホームページ
<https://www.applc.keio.ac.jp/~chida/>
慶應義塾大学 複雑分子の革新的合成 国際シンポジウム
<https://www.applc.keio.ac.jp/~chida/Keio%20International%20Sympo%20HP/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
---------	---------