

令和 5 年 5 月 27 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20H00490

研究課題名(和文) 複雑骨格天然物生合成酵素の精密構造機能解析に基づく合成生物学と創薬

研究課題名(英文) Structure-function studies of enzymes involved in natural product biosynthesis for drug discovery

研究代表者

阿部 郁朗 (ABE, Ikuro)

東京大学・大学院薬学系研究科(薬学部)・教授

研究者番号：40305496

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 34,400,000円

研究成果の概要(和文)：複雑骨格天然物の新奇な生合成マシナリーの詳細とその立体構造基盤の解明と創薬を目的とした。本研究では、医薬資源として重要な、アルカロイド、テルペン、ポリケタイド、ペプチドなどの薬用天然物とその関連化合物をとりあげた。有機化学を基盤として、その生合成マシナリーの詳細を酵素・遺伝子レベルで明らかにするとともに、酵素反応機構とその立体構造基盤を解明した。また、酵素タンパクの立体構造情報に基づく合理的な触媒機能の拡張などにより、さらなる分子多様性と新規骨格の創出を達成した。合成生物学と創薬研究の革新的ツールとなる超天然型新規生体触媒と創薬シード化合物を創製した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

医薬資源として重要な天然物の骨格構築に関わる酵素の合理的な機能拡張と潜在的触媒能力を活用することにより、物質生産の可能性をさらに大きく広げることになる。本研究はその学術性が極めて高いのみならず、生合成研究が天然の秘められた新規化合物の発見を通して創薬研究などへも応用可能なことを示しており、天然物化学の新しい方法論の可能性を実証した。稀少有用物質の大量供給や、新規機能性分子の創出など、従来の有機合成によるプロセスに比べて、クリーンかつ経済的な新しい技術基盤として期待できることから、社会的にも意義があり、医薬品のみならず、エネルギー、新規素材の生産技術の革新に直結する。

研究成果の概要(英文)：The aim of this research was to elucidate the details of novel biosynthetic machineries of complex natural products and their three-dimensional structural basis. In this study, we focused on medicinal natural products such as alkaloids, terpenes, polyketides, peptides, and related compounds that are important as pharmaceutical resources. We clarified the details of their biosynthetic machineries at the enzymatic and genetic levels, and elucidated the mechanism and three-dimensional structural basis for the enzyme reactions. In addition, we succeeded in engineering the catalytic function of the enzyme protein based on its structural information to further expand molecular diversity and to create unnatural novel molecules. We have created novel supranatural biocatalysts and drug discovery seed compounds that will serve as innovative tools for synthetic biology and drug discovery research.

研究分野：合成生物学、酵素学、天然物化学

キーワード：合成生物学 生合成工学 酵素工学 天然物化学

1. 研究開始当初の背景

ポストゲノムの時代、多くの生物のゲノム情報が容易に入手可能で、ゲノムマイニング（遺伝子探索）が化合物の探索に直結する時代になった。最近、研究代表者の研究室でも、巨大で複雑な分子骨格をもった天然物の生合成遺伝子クラスターの取得に次々に成功しており、遺伝子の設計図をもとに生合成システムを改変したり、生合成酵素の立体構造情報に基づく触媒機能の操作、また、これら遺伝子を用いて微生物を生産工場とした物質生産系の構築等も報告している。次のブレークスルーは、この生合成マシナリーを如何に活用するか、という点であり、生合成システムにさらに改良を加えることで、天然物を凌ぐ新規有用物質の創出や、希少有用天然物の大量、安定供給などが可能になる。今後の医薬資源の開発について考えた場合、多様性に富む化合物群をいかに効率良く生産し、創薬シードとして提供できるか、が鍵になる。

生合成を利用した物質生産を考える上で、各生合成段階を触媒する酵素（生体触媒）の理解が不可欠である。医薬資源として重要な天然物の基本骨格を構築する二次代謝酵素の中には、活性部位の微妙な構造の違いで基質特異性や反応様式が大きく変化するものがあり、これが天然物の分子多様性を生み出す大きな要因の一つとなっている。研究代表者は、これまで、生合成酵素の研究が、天然物を基盤とする将来の創薬化学に貢献をすることを予見し、酵素触媒機能の改変による超天然型新規化合物の創出を実現し、セレンディピティに頼らない合理的な方法論を展開してきた。本研究ではこうした一連の研究成果を踏まえ、上述した複雑骨格天然物の新奇生合成マシナリーの詳細を明らかにするとともに、酵素反応の立体構造基盤を解明し、さらに、酵素タンパクの立体構造情報に基づく合理的な触媒機能の改変により、さらなる分子多様性と新規骨格の創出を可能とする、合成生物学の革新的ツールとなる超天然型新規生体触媒と創薬シード化合物の創製を実現する。

2. 研究の目的

複雑骨格天然物の新奇な生合成マシナリーの詳細とその立体構造基盤の解明と創薬を目的とした。本研究では、医薬資源として重要な、アルカロイド、テルペン、ポリケタイド、ペプチドなどの薬用天然物とその関連化合物をとりあげる。有機化学を基盤として、その生合成マシナリーの詳細を酵素・遺伝子レベルで明らかにするとともに、酵素反応機構とその立体構造基盤を解明する。また、酵素タンパクの立体構造情報に基づく合理的な触媒機能の拡張などにより、さらなる分子多様性と新規骨格の創出をめざす。合成生物学と創薬研究の革新的ツールとなる超天然型新規生体触媒と創薬シード化合物の創製を実現する。

酵素が触媒する化学反応には、C-C 結合形成による複数の不斉中心の挙構築、選択的 C-H 結合の活性化など、有機合成化学が格段に進歩した今日にあっても、酵素のみが唯一効率よく行うことが可能なものも少なくない。生合成の新奇な反応を触媒する酵素（生体触媒）の精密機能解析により、有機合成化学の新たな触媒概念の確立などが可能になる。常温常圧下、マイルドな条件下、驚くほど単純な工程で、複雑な天然物の骨格を作り上げる、生体触媒を用いた合成法の利点は計り知れないものがある。従来有機合成によるプロセスに比べて、クリーンかつ経済的な新しい技術基盤として期待できることから、社会的にも意義があり、医薬品のみならず、エネルギー、新規素材の生産技術の革新に直結する。

本研究において、酵素の機能制御による物質生産に向けては、精密な静的基質認識だけでなく、活性中心アミノ酸残基の適正配置や動的構造変化の解明が重要であり、この点を重視した研究を推進する。本研究の特徴は、有機化学を基盤としながらも、生化学、分子生物学、構造生物学、分析化学、計算化学に至るまで、多領域の学問分野の方法論を巧みに応用している点にある。低分子化合物の合成から、微量酵素反応生成物の単離構造解析、さらに、遺伝子やタンパクの取り扱いに至るまで、研究手法は多岐にわたる。

医薬資源として重要な天然物の骨格構築に関わる酵素の合理的な触媒機能の拡張と、これら酵素が示す寛容な基質特異性や潜在的触媒能力を利用することにより、物質生産の可能性をさらに大きく広げることになる。本研究はその学術性が極めて高いのみならず、生合成研究が天然の秘められた新規化合物の発見を通して創薬研究などへも応用可能なことを示しており、天然物化学の新しい方法論の可能性を実証することになる。希少有用物質の大量供給系の開発や、代謝工学による多様な新規非天然型天然物からなるケミカルライブラリーの構築など、広く化学界全般に寄与するものとしてさらに発展することが期待される。本研究により、一連の生物活性複雑骨格天然物の生合成マシナリーの詳細を酵素遺伝子レベルで解明し、複雑多様な分子構造の構築原理を明らかにすることができる。

3. 研究の方法

本研究は令和2年度から3年間の計画で取り組んだ。まず、酵素反応機構と立体構造基盤の解明、類縁酵素との比較による酵素の構造機能相関の解明、ホモログ生合成遺伝子クラスターの解析に同時に着手する。次に、順次、酵素触媒機能の拡張、生合成マシナリーの合理的再構築による新規機能分子の創製に着手した。

各酵素については、放線菌や大腸菌、酵母などにおいて異種発現を行い、His-tag 組み換え精製酵素を用いて、基質および生成物特異性などを精査した。His-tag 精製の他に、イオン交換、ゲル濾過クロマトグラフィー精製を行うことで高純度タンパク質を調製し、結晶化スクリーニングに供する。また、精製した組み換え酵素を用いて、pH 依存性、金属依存性、基質特異性など、*in vitro* における精密機能解析により、その性状を精査し、C-C 結合形成の酵素反応機構の詳細を明らかにする。酵素反応は、各種基質アナログを作用させ、微量なものを含め、反応生成物を単離構造決定することで精査し、一連の非天然型類縁体の人工的な創出をめざす。

次に、X 線結晶構造解析やクライオ電顕解析により酵素反応の立体構造基盤の解明をめざした。結晶構造に基づくドッキングシミュレーションなどより、活性中心キャビティにおける中間体の静的配置及び酵素反応の進行に伴う動的変化を解明し、酵素反応の立体化学の制御をめざした。基質アナログなどを作用させることで、さらなる基質特異性の拡大と酵素触媒機能の拡張、最適化をめざした。酵素タンパクの立体構造情報に基づく合理的な触媒機能の操作により(本研究ではランダム変異など進化分子工学の手法も併用した)さらなる基質特異性の拡大と合成生物学の革新的ツールとなりうる超天然型新規生体触媒の創製をめざした。

本研究の特徴は、有機化学を基盤としながらも、微生物学、生化学、分子生物学、構造生物学、計算化学に至るまで、多領域の学問分野の方法論を巧みに応用している点にある。基質の合成から、微量酵素反応生成物の単離構造解析、遺伝子やタンパク、微生物の取り扱いに至るまで、研究手法は多岐にわたる。

膜結合性タンパク酵素、遺伝子によっては異種発現系の構築に困難が予想された。その際には、専門家に技術・情報提供を仰ぐことにより、最適化宿主発現系の構築などに取り組んだ。従来から二次代謝酵素の研究が必ずしも大きく進展しないのは、酵素タンパク質の取り扱いに困難が多かったことに起因する。酵素活性が微弱で不安定な場合には、より高感度のアッセイ系が要求されるが、申請者らは永らくこうした二次代謝酵素の研究に従事しており、遺伝子や酵素タンパクの取り扱いから、基質の合成、アッセイ系の構築、微量天然物の単離構造解析に至るまで、ノウハウをもちあわせている。

酵素の機能制御に向けては、精密な静的基質認識だけでなく、活性中心アミノ酸残基の適正配置や動的構造変化の解明が重要であり、この点を重視した研究を推進した。結晶構造では捉えにくい酵素の動きを予測するため、MD 計算を用いた。基質中間体の電子状態が酵素の立体構造にどのような影響を与えるのか、共同研究により計算を行いシミュレートした。

酵素構造機能相関検討の過程で得られた興味深い触媒活性を示す酵素などについて、酵素立体構造に基づく合理的な機能改変、あるいは、ランダム変異の導入など進化分子工学の手法も駆使して活性の最適化をはかった。立体構造情報に基づき部位特異的変異を導入し、基質特異性や反応性の合理的な拡張をめざした。一連の基質アナログを作用させることで、非天然型類縁体の人工的な創出をめざした。さらなる分子多様性の拡大と創薬シードとなりうる新規骨格の創出をめざした。

酵素タンパク質のX線(クライオ電顕)結晶構造解析に関しては、千田俊哉 教授(高エネ研)とは長年の共同研究の実績があり、また、クライオ電顕については吉川雅英 教授(東京大学)にも協力を仰いだ。一方、酵素反応化学のDFT 計算に関しては内山真伸 教授(東京大学)やDean Tantillo 教授(UC Davis)との共同研究として取り組んだ。加えて、分子配座解析に関して大和田智彦 教授(東京大学)、結晶スポンジ法による低分子化合物の構造解析に関して藤田 誠 教授(東京大学)、遺伝子発現系構築に関して新家一男 教授(産総研)らとの長年の共同研究の実績がある。タンパク質の動きを予測するためのMDシミュレーションに関しては、寺田 透准教授(東京大学)、Sheryl Tsai 教授(UC Irvine)、Thomas Poulos 教授(UC Irvine)との共同研究が進行中である。

最後に、化合物の生物活性評価に関しては、一連の抗菌活性、細胞毒性試験を含め、文部科学省新学術領域研究・先端モデル動物支援プラットフォーム・分子プロファイリング支援活動などを活用し、各方面から創薬シードとしての可能性をフルに追求した。いずれの研究協力者とも、研究計画、進捗状況など、連絡を密にとりあっており、遺伝子異種発現などに関しても、分子遺伝学の専門家や、バイオ工学や醗酵工学など、異分野の研究者との共同研究を積極的に推進した。

4. 研究成果

以下に、今回得られた3つの、代表的な研究成果について簡潔に記述する(いずれも東京大学鑑プレス発表)。その他の研究成果の詳細については、印刷公表した論文を参照されたい。

1. β -NAD as a building block in natural product biosynthesis
Barra, L., Awakawa, T., Shirai, K., Hu, Z., Bashiri, G., Abe, I.
Nature, 600, 754-758 (2021)

天然由来アルカロイドは未知の生合成反応によって合成されるものが数多く存在し、これらの中から新規な骨格形成酵素の発掘が期待される。特異なテトラヒドロアザインダン骨格を持つアルテミシジンは抗腫瘍活性を持つ細菌由来抗生物質として知られていた。

今回我々は、アルテミシジン生合成経路を同定し、その生合成中の初発反応として、補酵素 β -NAD と SAM を基質として受け入れ、二回の C-C 結合形成により、ジヒドロアザインダン生成物を与える新規生合成酵素 SbzP を同定した。生体内での酸化反応の補酵素として広く知られている NAD を、天然物の基本骨格生合成反応の基質として受け入れ、生成物を与える酵素としては、最初で唯一の報告になった。さらに、SbzP 相同遺伝子は 100 種近くのグラム陽性、グラム陰性細菌ゲノムに広く分布し、これらがそれぞれ SbzP と同一の生成物を与えることを示し、同様の生合成経路が天然に広く存在することを明らかにした。

本研究成果は、医薬品リードとして有望なアルテミシジンの生合成経路の解明、これまでに前例のない基質特異性、反応性を持つ酵素反応の同定など、学術的意義がきわめて高く、今後、合成生物学や生合成工学を駆使して、有用天然物の大量安定供給や、創薬研究への貢献が大いに期待される。

2. Molecular insights into the endoperoxide formation by Fe(II)/ α -KG-dependent oxygenase NvfI
Mori, T., Zhai, R., Ushimaru, R., Matsuda, Y., Abe, I.
Nature Commun., 12, Article number: 4417 (2021)

エンドペルオキシド構造は天然においても珍しい構造であり、本構造を持つ化合物群は顕著な生物活性を示すことから、重要な医薬品資源として注目されている。これまでに、エンドペルオキシド構造を形成する酵素としては2種類の酵素、ヘム鉄要求性プロスタグランジン H 合成酵素(シクロオキシゲナーゼ、COX)と、*Aspergillus fumigatus* 由来の非ヘム鉄 α -ケトグルタル酸 (α -KG) 要求性ジオキシゲナーゼ(注5)であるフミトレモルギン B 合成酵素 FtmOx1 が報告されているが、これらはいずれも基質に2つの酸素原子を導入する酸素添加酵素であった。

今回、我々は、糸状菌由来エンドペルオキシド含有天然物フミガトノイド A の生合成に関わる、一回の反応で基質に3つの酸素原子を一挙に導入してエンドペルオキシド構築と水酸化を同時に触媒する世界初の新奇非ヘム鉄酸素添加酵素 NvfI について、酵素反応の立体構造基盤を明らかにした。安定同位体を用いた酵素反応の精密機能解析や X 線結晶構造解析、さらには立体構造をもとにした部位特異的変異導入により、本酵素はこれまでに解析されているエンドペルオキシド形成酵素とは大きく異なる反応機構でエンドペルオキシド構築と水酸化を同時に触媒することを明らかにした。自然界には依然として多くの未開拓酵素が眠っており、有機化学の常識を打ち破るような酵素反応を発掘し、その触媒原理を解明し、さらに有用化合物生産へ応用することで、薬科学の発展に貢献できる。

3. Discovery of non-squalene triterpenes
Tao, H., Lauterbach, L., Bian, G., Chen, R., Hou, A., Mori, T., Cheng, S., Hu, B., Lu, L., Mu, X., Li, M., Adachi, N., Kawasaki, M., Moriya, T., Senda, T., Wang, X., Deng, Z., Abe, I., Dickschat, J. S., Liu, T.
Nature, 605, 414-419 (2022)

テルペノイド化合物は、知られているだけで 80,000 以上の分子が単離されている天然物の一群であり、生物活性を持つ化合物が数多く含まれることから、医薬品候補化合物の探索ソースとしても非常に重要な化合物群である。その中でも、炭素数 30 のトリテルペンは、微生物、植物、動物に普遍的に見いだされ、細胞膜の重要な構成成分の一つであり、生物の生理機能を調節するステロイド化合物の前駆体などが含まれる。これまでに、トリテルペンの生合成経路としては、炭素数 15 のファルネシルピリン酸が 2 量化して生成するスクアレンを経由するものしか知られていなかった。

今回、我々は、高エネルギー加速器研究機構の千田俊哉教授、武漢大学の Tiangang Liu 教授、ボン大学の Jeroen Dickschat 教授らの共同により、カビ由来テルペン合成酵素の機能解析を行い、スクアレンに由来せずに、C5 イソプレン単位であるジメチルアリルニリン酸とイソペンテニルニリン酸を基質として、C30 トリテルペンの骨格を一挙に構築する、画期的な新奇生合成酵素を世界に先駆けて発見した。

さらに、安定同位体を利用した酵素反応機構の精密解析や、酵素の X 線結晶構造解析、クライオ電子顕微鏡を用いた単粒子解析、さらには立体構造をもとにした部位特異的変異導入により、2 種類のトリテルペン合成酵素の反応機構の詳細を解明した。本成果は既存の常識を覆す新たな生合成経路と画期的な新奇酵素の発見であり、新しい分子認識化学の開拓や新たな触媒概念の確立など、学術的に大きなインパクトを与えるとともに、今後、合成生物学の手法を用いた生合成マシナリーの再設計により、天然物を超える新規機能分子の創製など、創薬研究に幅広く貢献することが期待される。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計48件（うち査読付論文 48件 / うち国際共著 20件 / うちオープンアクセス 16件）

1. 著者名 Ushimaru Richiro, Lyu Jiaqi, Ling Meiqi, Abe Ikuro	4. 巻 145
2. 論文標題 Multiple C-C Bond Cleavage Reactions Catalyzed by Tolyporphin Tetrapyrrole Biosynthetic Enzymes	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 9834 ~ 9839
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.3c01993	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 Takahiro Mori, Xin Sun, Stanislav Kadlcik, Jiri Janata, Ikuro Abe	4. 巻 62
2. 論文標題 Structure-Function Analysis of the S-Glycosylation Reaction in Lincosamide Antibiotics Biosynthesis	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Angewandte Chemie International Edition	6. 最初と最後の頁 e202304989
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.202304989	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 該当する

1. 著者名 Ushimaru Richiro, Abe Ikuro	4. 巻 13
2. 論文標題 Unusual Dioxygen-Dependent Reactions Catalyzed by Nonheme Iron Enzymes in Natural Product Biosynthesis	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 ACS Catalysis	6. 最初と最後の頁 1045 ~ 1076
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acscatal.2c05247	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 Tao Hui, Lauterbach Lukas, Bian Guangkai, Chen Rong, Hou Anwei, Mori Takahiro, Cheng Shu, Hu Ben, Lu Li, Mu Xin, Li Min, Adachi Naruhiko, Kawasaki Masato, Moriya Toshio, Senda Toshiya, Wang Xinghuan, Deng Zixin, Abe Ikuro, Dickschat Jeroen S., Liu Tiangang	4. 巻 606
2. 論文標題 Discovery of non-squalene triterpenes	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Nature	6. 最初と最後の頁 414 ~ 419
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41586-022-04773-3	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 該当する

1. 著者名 Tao Hui, Ushimaru Richiro, Awakawa Takayoshi, Mori Takahiro, Uchiyama Masanobu, Abe Ikuro	4. 巻 144
2. 論文標題 Stereoselectivity and Substrate Specificity of the Fe(II)/ α -Ketoglutarate-Dependent Oxygenase TqaL	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 21512 ~ 21520
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.2c08116	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 Tao Hui, Mori Takahiro, Chen Heping, Lyu Shuang, Nonoyama Akihito, Lee Shoukou, Abe Ikuro	4. 巻 13
2. 論文標題 Molecular insights into the unusually promiscuous and catalytically versatile Fe(II)/ α -ketoglutarate-dependent oxygenase SptF	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Nature Communications	6. 最初と最後の頁 95
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41467-021-27636-3	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 Barra Lena, Awakawa Takayoshi, Abe Ikuro	4. 巻 2
2. 論文標題 Noncanonical Functions of Enzyme Cofactors as Building Blocks in Natural Product Biosynthesis	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 JACS Au	6. 最初と最後の頁 1950 ~ 1963
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacsau.2c00391	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 Wang Xiao-Hui, Gao Bo-Wen, Nakashima Yu, Mori Takahiro, Zhang Zhong-Xiu, Kodama Takeshi, Lee Yuan-E, Zhang Ze-Kun, Wong Chin-Piow, Liu Qian-Qian, Qi Bo-Wen, Wang Juan, Li Jun, Liu Xiao, Abe Ikuro, Morita Hiroyuki, Tu Peng-Fei, Shi She-Po	4. 巻 13
2. 論文標題 Identification of a diarylpentanoid-producing polyketide synthase revealing an unusual biosynthetic pathway of 2-(2-phenylethyl)chromones in agarwood	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Nature Communications	6. 最初と最後の頁 348
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41467-022-27971-z	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 該当する

1. 著者名 Lyu Jiaqi, Ushimaru Richiro, Abe Ikuro	4. 巻 24
2. 論文標題 Characterization of Enzymes Catalyzing the Initial Steps of the β -Lactam Tabtoxin Biosynthesis	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Organic Letters	6. 最初と最後の頁 3337 ~ 3341
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.orglett.2c00878	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 Mori Takahiro, Nakashima Yu, Chen Heping, Hoshino Shotaro, Mitsuhashi Takaaki, Abe Ikuro	4. 巻 58
2. 論文標題 Structure-based redesign of Fe(II)/2-oxoglutarate-dependent oxygenase AndA to catalyze spiro-ring formation	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 5510 ~ 5513
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D2CC00736C	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 Mori Takahiro, Yu Ziheng, Tao Hui, Abe Ikuro	4. 巻 24
2. 論文標題 Rational Engineering of the Nonheme Iron- and 2-Oxoglutarate-Dependent Oxygenase SptF	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Organic Letters	6. 最初と最後の頁 1737 ~ 1741
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.orglett.2c00409	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 Li Xinyang, Chen He-Ping, Zhou Lin, Fan Jing, Awakawa Takayoshi, Mori Takahiro, Ushimaru Richiro, Abe Ikuro, Liu Ji-Kai	4. 巻 24
2. 論文標題 Cordycicadins A?D, Antifeedant Polyketides from the Entomopathogenic Fungus <i>Cordyceps cicadae</i> JXCH1	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Organic Letters	6. 最初と最後の頁 8627 ~ 8632
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.orglett.2c03432	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 Zhou Lu, Abe Ikuro, Awakawa Takayoshi	4. 巻 127
2. 論文標題 Biosynthesis of dihydroxyardeemin by heterologous expression	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Tetrahedron	6. 最初と最後の頁 133095 ~ 133095
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.tet.2022.133095	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 Tao Hui, Abe Ikuro	4. 巻 77
2. 論文標題 Harnessing Fe(II)/ α -ketoglutarate-dependent oxygenases for structural diversification of fungal meroterpenoids	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Current Opinion in Biotechnology	6. 最初と最後の頁 102763 ~ 102763
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.copbio.2022.102763	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 Mori Takahiro, Abe Ikuro	4. 巻 18
2. 論文標題 Structural basis for endoperoxide-forming oxygenases	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Beilstein Journal of Organic Chemistry	6. 最初と最後の頁 707 ~ 721
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3762/bjoc.18.71	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 Ushimaru Richiro, Abe Ikuro	4. 巻 13
2. 論文標題 Unusual Dioxxygen-Dependent Reactions Catalyzed by Nonheme Iron Enzymes in Natural Product Biosynthesis	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 ACS Catalysis	6. 最初と最後の頁 1045 ~ 1076
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acscatal.2c05247	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 Awakawa Takayoshi, Mori Takahiro, Ushimaru Richiro, Abe Ikuro	4. 巻 40
2. 論文標題 Structure-based engineering of -ketoglutarate dependent oxygenases in fungal meroterpenoid biosynthesis	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Natural Product Reports	6. 最初と最後の頁 46 ~ 61
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D2NP00014H	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 Awakawa Takayoshi, Liu Wei, Bai Tongxuan, Taniguchi Tomo, Abe Ikuro	4. 巻 378
2. 論文標題 Orthoester formation in fungal meroterpenoid austalide F biosynthesis	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences	6. 最初と最後の頁 37
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1098/rstb.2022.0037	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 Barra Lena, Awakawa Takayoshi, Shirai Kohei, Hu Zhijuan, Bashiri Ghader, Abe Ikuro	4. 巻 600
2. 論文標題 -NAD as a building block in natural product biosynthesis	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Nature	6. 最初と最後の頁 754 ~ 758
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41586-021-04214-7	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 該当する

1. 著者名 Mori Takahiro, Zhai Rui, Ushimaru Richiro, Matsuda Yudai, Abe Ikuro	4. 巻 12
2. 論文標題 Molecular insights into the endoperoxide formation by Fe(II)/ -KG-dependent oxygenase Nvfl	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Nature Communications	6. 最初と最後の頁 4417-4417
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41467-021-24685-6	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 該当する

1. 著者名 Li Xinyang, Awakawa Takayoshi, Mori Takahiro, Ling Meiqi, Hu Dan, Wu Bin, Abe Ikuro	4. 巻 143
2. 論文標題 Heterodimeric Non-heme Iron Enzymes in Fungal Meroterpenoid Biosynthesis	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 21425 ~ 21432
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.1c11548	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 該当する

1. 著者名 Shimo Shotaro, Ushimaru Richiro, Engelbrecht Alicia, Harada Mei, Miyamoto Kazunori, Kulik Andreas, Uchiyama Masanobu, Kaysser Leonard, Abe Ikuro	4. 巻 143
2. 論文標題 Stereodivergent Nitrocyclopropane Formation during Biosynthesis of Belactosins and Hormaomycins	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 18413 ~ 18418
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.1c10201	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 該当する

1. 著者名 Mori Takahiro, Kumano Takuto, He Haibing, Watanabe Satomi, Senda Miki, Moriya Toshio, Adachi Naruhiko, Hori Sanae, Terashita Yuzu, Kawasaki Masato, Hashimoto Yoshiteru, Awakawa Takayoshi, Senda Toshiya, Abe Ikuro, Kobayashi Michihiko	4. 巻 12
2. 論文標題 C-Glycoside metabolism in the gut and in nature: Identification, characterization, structural analyses and distribution of C-C bond-cleaving enzymes	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Nature Communications	6. 最初と最後の頁 6294
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41467-021-26585-1	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 Bunno Reito, Awakawa Takayoshi, Mori Takahiro, Abe Ikuro	4. 巻 60
2. 論文標題 Aziridine Formation by a Fell / Ketoglutarate Dependent Oxygenase and 2 Aminoisobutyrate Biosynthesis in Fungi	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Angewandte Chemie International Edition	6. 最初と最後の頁 15827 ~ 15831
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.202104644	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 Tao Hui, Mori Takahiro, Wei Xingxing, Matsuda Yudai, Abe Ikuro	4. 巻 60
2. 論文標題 One Polyketide Synthase, Two Distinct Products: Trans Acting Enzyme Controlled Product Divergence in Calbistrin Biosynthesis	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Angewandte Chemie International Edition	6. 最初と最後の頁 8851 ~ 8858
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.202016525	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 該当する

1. 著者名 Yang Jiali, Mori Takahiro, Wei Xingxing, Matsuda Yudai, Abe Ikuro	4. 巻 60
2. 論文標題 Structural Basis for Isomerization Reactions in Fungal Tetrahydroxanthone Biosynthesis and Diversification	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Angewandte Chemie International Edition	6. 最初と最後の頁 19458 ~ 19465
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.202107884	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 該当する

1. 著者名 Jomori Takahiro, Matsuda Kenichi, Egami Yoko, Abe Ikuro, Takai Akira, Wakimoto Toshiyuki	4. 巻 2
2. 論文標題 Insights into phosphatase-activated chemical defense in a marine sponge holobiont	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 RSC Chemical Biology	6. 最初と最後の頁 1600 ~ 1607
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D1CB00163A	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 Barra Lena, Abe Ikuro	4. 巻 38
2. 論文標題 Chemistry of fungal meroterpenoid cyclases	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Natural Product Reports	6. 最初と最後の頁 566 ~ 585
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D0NP00056F	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 Morita Iori, Mori Takahiro, Abe Ikuro	4. 巻 27
2. 論文標題 Enzymatic Formation of Indolactam Scaffold by C-N Bond Forming Cytochrome P450 Oxidases in Teleocidin Biosynthesis	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Chemistry - A European Journal	6. 最初と最後の頁 2963 ~ 2972
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/chem.202003899	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 Tao Hui, Abe Ikuro	4. 巻 69
2. 論文標題 Enzymology and biosynthesis of the orsellinic acid derived medicinal meroterpenoids	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Current Opinion in Biotechnology	6. 最初と最後の頁 52 ~ 59
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.copbio.2020.11.016	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 Li Xinyang, Lv Jian-Ming, Hu Dan, Abe Ikuro	4. 巻 2
2. 論文標題 Biosynthesis of alkyne-containing natural products	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 RSC Chemical Biology	6. 最初と最後の頁 166 ~ 180
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D0CB00190B	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 該当する

1. 著者名 Song Xiaojun, Lv Jianming, Cao Zhiqin, Huang Huiyun, Chen Guodong, Awakawa Takayoshi, Hu Dan, Gao Hao, Abe Ikuro, Yao Xinsheng	4. 巻 11
2. 論文標題 Extensive expansion of the chemical diversity of fusidane-type antibiotics using a stochastic combinational strategy	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Acta Pharmaceutica Sinica B	6. 最初と最後の頁 1676 ~ 1685
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.apsb.2020.12.007	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 該当する

1. 著者名 Awakawa Takayoshi, Abe Ikuro	4. 巻 7
2. 論文標題 Reconstitution of Polyketide-Derived Meroterpenoid Biosynthetic Pathway in <i>Aspergillus oryzae</i>	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Fungi	6. 最初と最後の頁 486 ~ 486
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/jof7060486	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 Awakawa Takayoshi, Barra Lena, Abe Ikuro	4. 巻 48
2. 論文標題 Biosynthesis of sulfonamide and sulfamate antibiotics in actinomycete	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology	6. 最初と最後の頁 1
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/jimb/kuab001	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 Morita Iori, Mori Takahiro, Mitsuhashi Takaaki, Hoshino Shotaro, Taniguchi Yoshimasa, Kikuchi Takashi, Nagae Kei, Nasu Norihiro, Fujita Makoto, Ohwada Tomohiko, Abe Ikuro	4. 巻 59
2. 論文標題 Exploiting a C-N Bond Forming Cytochrome-P450 Monooxygenase for C-S Bond Formation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Angewandte Chemie International Edition	6. 最初と最後の頁 3988 ~ 3993
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.201916269	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 Mitsuhashi Takaaki, Barra Lena, Powers Zachary, Kojasoy Volga, Cheng Andrea, Yang Feng, Taniguchi Yoshimasa, Kikuchi Takashi, Fujita Makoto, Tantillo Dean J., Porco John A., Abe Ikuro	4. 巻 59
2. 論文標題 Exploiting the Potential of Meroterpenoid Cyclases to Expand the Chemical Space of Fungal Meroterpenoids	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Angewandte Chemie International Edition	6. 最初と最後の頁 23772 ~ 23781
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.202011171	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 該当する

1. 著者名 Matsuda Kenichi, Zhai Rui, Mori Takahiro, Kobayashi Masakazu, Sano Ayae, Abe Ikuro, Wakimoto Toshiyuki	4. 巻 3
2. 論文標題 Heterochiral coupling in non-ribosomal peptide macrolactamization	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nature Catalysis	6. 最初と最後の頁 507 ~ 515
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41929-020-0456-7	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 該当する

1. 著者名 Kozakai Ryosuke, Ono Takuto, Hoshino Shotaro, Takahashi Hidenori, Katsuyama Yohei, Sugai Yoshinori, Ozaki Taro, Teramoto Kazuya, Teramoto Kanae, Tanaka Koichi, Abe Ikuro, Asamizu Shumpei, Onaka Hiroyasu	4. 巻 12
2. 論文標題 AcyItransferase that catalyses the condensation of polyketide and peptide moieties of goadvionin hybrid lipopeptides	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nature Chemistry	6. 最初と最後の頁 869 ~ 877
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41557-020-0508-2	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 Lv Jian Ming, Gao Yao Hui, Zhao Huan, Awakawa Takayoshi, Liu Ling, Chen Guo Dong, Yao Xin Sheng, Hu Dan, Abe Ikuro, Gao Hao	4. 巻 59
2. 論文標題 Biosynthesis of Biscognienyne?B Involving a Cytochrome P450 Dependent Alkynylation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Angewandte Chemie International Edition	6. 最初と最後の頁 13531 ~ 13536
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.202004364	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 該当する

1. 著者名 He Haibing, Bian Guangkai, Herbst-Gervasoni Corey J., Mori Takahiro, Shinsky Stephen A., Hou Anwei, Mu Xin, Huang Minjian, Cheng Shu, Deng Zixin, Christianson David W., Abe Ikuro, Liu Tiangang	4. 巻 11
2. 論文標題 Discovery of the cryptic function of terpene cyclases as aromatic prenyltransferases	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nature Communications	6. 最初と最後の頁 3958
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41467-020-17642-2	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 該当する

1. 著者名 Zhang Yue-Hong, Li Yi-Fang, Wang Yongjin, Tan Li, Cao Zhi-Qin, Xie Chao, Xie Guo, Gong Hai-Biao, Sun Wan-Yang, Ouyang Shu-Hua, Duan Wen-Jun, Lu Xiaoyun, Ding Ke, Kurihara Hiroshi, Hu Dan, Zhang Zhi-Min, Abe Ikuro, He Rong-Rong	4. 巻 11
2. 論文標題 Identification and characterization of N9-methyltransferase involved in converting caffeine into non-stimulatory theacrine in tea	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nature Communications	6. 最初と最後の頁 1473
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41467-020-15324-7	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 該当する

1. 著者名 Bai Tongxuan, Matsuda Yudai, Tao Hui, Mori Takahiro, Zhang Yonghui, Abe Ikuro	4. 巻 22
2. 論文標題 Structural Diversification of Andiconin-Derived Natural Products by -Ketoglutarate-Dependent Dioxygenases	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Organic Letters	6. 最初と最後の頁 4311 ~ 4315
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.orglett.0c01358	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 該当する

1. 著者名 Chen Guo-Dong, Hu Dan, Huang Mei-Juan, Tang Jia, Wang Xiao-Xia, Zou Jian, Xie Jun, Zhang Wei-Guang, Guo Liang-Dong, Yao Xin-Sheng, Abe Ikuro, Gao Hao	4. 巻 56
2. 論文標題 Sporormielones A-E, bioactive novel C-C coupled orsellinic acid derivative dimers, and their biosynthetic origin	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 4607 ~ 4610
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D0CC00855A	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 該当する

1. 著者名 Wang Juan, Zhang Ze-Kun, Jiang Fang-Fang, Qi Bo-Wen, Ding Ning, Hnin Saw Yu Yu, Liu Xiao, Li Jun, Wang Xiao-hui, Tu Peng-Fei, Abe Ikuro, Morita Hiroyuki, Shi She-Po	4. 巻 22
2. 論文標題 Deciphering the Biosynthetic Mechanism of Pelletierine in Lycopodium Alkaloid Biosynthesis	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Organic Letters	6. 最初と最後の頁 8725 ~ 8729
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.orglett.0c03339	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 該当する

1. 著者名 Kuranaga Takefumi, Matsuda Kenichi, Takaoka Masachika, Tachikawa Chisato, Sano Ayae, Itoh Kosei, Enomoto Ayumu, Fujita Kei, Abe Ikuro, Wakimoto Toshiyuki	4. 巻 21
2. 論文標題 Total Synthesis and Structural Revision of Kasumigamide, and Identification of a New Analogue	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ChemBioChem	6. 最初と最後の頁 3329 ~ 3332
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/cbic.202000409	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 Chen Qingwen, Li Jianxu, Liu Zhixi, Mitsuhashi Takaaki, Zhang Yuting, Liu Haili, Ma Yihua, He Juan, Shinada Tetsuro, Sato Tsutomu, Wang Yong, Liu Hongwei, Abe Ikuro, Zhang Peng, Wang Guodong	4. 巻 1
2. 論文標題 Molecular Basis for Sesterterpene Diversity Produced by Plant Terpene Synthases	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Plant Communications	6. 最初と最後の頁 100051 ~ 100051
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.xplc.2020.100051	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 該当する

1. 著者名 Matsuda Yudai, Abe Ikuro	4. 巻 1
2. 論文標題 Fungal Meroterpenoids	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Comprehensive Natural Products III: Chemistry and Biology	6. 最初と最後の頁 445 ~ 478
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/B978-0-12-409547-2.14663-3	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 Mitsuhashi Takaaki, Abe Ikuro	4. 巻 111
2. 論文標題 Sesterterpenoids	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Progress in the Chemistry of Organic Natural Products,	6. 最初と最後の頁 1 ~ 79
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-37865-3_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15件(うち招待講演 15件/うち国際学会 12件)

1. 発表者名 Ikuro Abe
2. 発表標題 Unusual Enzyme Reactions in Natural Product Biosynthesis
3. 学会等名 PSJ-PSK Joint Symposium: Natural Products in Drug Discovery, the 143rd Annual Meeting of the Pharmaceutical Society of Japan, Sapporo, Japan (招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Ikuro Abe
2. 発表標題 Unusual Enzyme Reactions in Natural Product Biosynthesis
3. 学会等名 4th International Conference on Natural Product Discovery and Development in the Genomic Era, San Diego, USA (招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Ikuro Abe
2. 発表標題 NAD as a Building Block in Natural Product Biosynthesis
3. 学会等名 Directing Biosynthesis VI, Edinburgh, UK (招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Ikuro Abe
2. 発表標題 Molecular Basis for the P450-catalyzed C-N Bond Formation in Indolactam Biosynthesis
3. 学会等名 International Conference on Cytochrome P450, Washington, D.C., USA (招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Ikuro Abe
2. 発表標題 Unusual Enzyme Reactions in Natural Product Biosynthesis
3. 学会等名 Gordon Research Conference, Natural Products and Bioactive Compounds, Proctor Academy, NH, USA (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Ikuro Abe
2. 発表標題 NAD as a Building Block in Natural Product Biosynthesis
3. 学会等名 15th Asian Congress on Biotechnology, Bali, Indonesia (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Ikuro Abe
2. 発表標題 NAD as a Building Block in Natural Product Biosynthesis
3. 学会等名 29th Federation of Asian and Oceanian Biochemists and Molecular Biologists (FAOBMB) Conference & 2022 Chinese Society of Biochemistry and Molecular Biology Conference, Shenzhen (Online), China (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Ikuro Abe
2. 発表標題 Unusual Enzyme Reactions in Natural Product Biosynthesis
3. 学会等名 4th Lijiang International Forum on Pharmaceutical Sciences, Guilin (Online), China (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Ikuro Abe
2. 発表標題 Unusual Enzyme Reactions in Natural Product Biosynthesis
3. 学会等名 Conference on Synthetic Biology Approaches and its Applications, Osaka (Online), Japan (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Ikuro Abe
2. 発表標題 Unusual Enzyme Reactions in Natural Product Biosynthesis
3. 学会等名 4th International Conference on Natural Product Discovery and Development in the Genomic Era, San Diego, USA, (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Ikuro Abe
2. 発表標題 Unusual Enzyme Reactions in Natural Product Biosynthesis
3. 学会等名 PSJ-PSK Joint Symposium: Natural Products in Drug Discovery, the 143rd Annual Meeting of the Pharmaceutical Society of Japan, Sapporo, Japan (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 阿部郁朗
2. 発表標題 天然物生合成マシナリーの合理的再構築による次世代天然物創薬
3. 学会等名 第23回天然薬物の開発と応用シンポジウム、北海道大学、札幌 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Ikuro Abe
2. 発表標題 Unique enzyme Reactions in Natural Product Biosynthesis
3. 学会等名 9th Yangtze River Delta Marine Biomedicine International Forum” (YRDMB 2021), Nanjing (Online), China (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 阿部郁朗
2. 発表標題 人工合成マシナリーの合理的再構築による次世代天然物化学
3. 学会等名 科学研究費補助金 新学術領域研究 (研究領域提案型) 生物合成系の再設計による複雑骨格機能分子の革新的創成科学、取りまとめ公開シンポジウム、オンライン (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 阿部郁朗
2. 発表標題 非ヘム鉄- ケトグルタル酸依存性酸化酵素に関する研究
3. 学会等名 第22回 生体触媒シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>東京大学大学院薬学系研究科天然物化学教室 https://tennen.f.u-tokyo.ac.jp/head.htm</p>
--

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	淡川 孝義 (AWAKAWA Takayoshi) (80609834)	東京大学・大学院薬学系研究科(薬学部)・准教授 (12601)	
研究分担者	森 貴裕 (MORI Takahiro) (60734564)	東京大学・大学院薬学系研究科(薬学部)・助教 (12601)	
研究分担者	牛丸 理一郎 (USHIMARU Richiro) (10873648)	東京大学・大学院薬学系研究科(薬学部)・助教 (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			
中国	北京大学	武漢大学	浙江大学	他3機関
ドイツ	ボン大学	コンスタンツ大学		
中国	暨南大学	浙江大学	中国科学院	
ドイツ	ボン大学	ライプツィヒ大学		
米国	ボストン大学	カリフォルニア大学	スクリプス研究所	他5機関
ドイツ	ボン大学	チュービンゲン大学		
中国	中国科学院	武漢大学	浙江大学	他5機関
チェコ	チェコ科学アカデミー			