

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 6 年 5 月 22 日現在

機関番号：12601

研究種目：国際共同研究加速基金（国際共同研究強化(B））

研究期間：2020～2023

課題番号：20KK0173

研究課題名（和文）新たな創薬資源の採集調査と新奇天然物生合成マシナリーの探索と解明

研究課題名（英文）Survey for new drug discovery resources and exploration & elucidation of novel natural product biosynthetic machineries

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） 14,400,000 円

研究成果の概要（和文）：本研究では、中国・暨南大学の高昊教授、胡丹教授らとの共同研究により、新奇天然物生合成マシナリーの発掘と解明を目的とした。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生合成に関わる酵素・遺伝子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。合成生物学は、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。国際共同研究を強力に推進することで、独創的、先駆的な研究を格段に発展させた。

研究成果の概要（英文）：In this study, we collaborated with Prof. Gao Hao and Prof. Hu Dan of Jinan University, China, and others, to discover and elucidate a novel natural product biosynthetic machineries. 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：創薬資源科学、天然物化学、合成生物学

キーワード：創薬資源採集調査 天然物生合成 生合成マシナリー 生物多様性

1. 研究開始当初の背景

中国工程院院士・姚新生教授(前、瀋陽薬科大学学長、現在、暨南大学教授)とは、東京大学薬学部生薬教室先々代の三川潮教授、先代の海老塚豊教授以来の交流があり(1983年に姚教授が三川教授の研究室で学位を取得した当時、研究代表者は学部4年生)、研究代表者が2009年教授に着任以来、姚教授研究室の高昊教授、胡丹教授(2010年東京大学博士学位取得)らと、さらに活発に人的交流、共同研究を重ねている。また、研究代表者は2014年より暨南大学の客座教授を務めている。これまでに両教授とは、薬用天然物の合成生物学研究に関して、世界を先導する共同研究成果として、*Nat Comm* 2017, *Nat Comm* 2018, *Nat Comm* 2020, *Angew Chem* 2020, *Chem Comm* 2020 を含む7報の共著論文を発表している。また、2019年には広州の暨南大学において、日中の最先端で活躍する研究者を集め、第2回日中天然物合成生物学シンポジウム(日本側参加者32名、中国側参加者121名)を開催し、日中両国の学術交流に大きな役割を果たしてきた。

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(*Nat Chem* 2010, *Nature* 2014, *Nat Chem Biol* 2014 など)、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(*Nat Chem Biol* 2017, *Nat Comm* 2018a-d, 2019, *JACS* 2018, *ACIE* 2017, 2018a,b, など)。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を発掘し、そ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

本研究では長年の共同研究者である、中国・暨南大学の高昊(Hao Gao)教授、胡丹(Dan Hu)教授ら、との国際共同研究により、新たな創薬資源の採集調査と新奇天然物生合成マシナリーの探索と解明を目的とする。具体的には、調査対象地域として生物多様性ホットスポットとされる中国南西部を選択し、植物内生菌や土壌に生息する微生物を対象としたゲノムマイニングにより、創薬シード化合物の新奇生合成酵素遺伝子を探索し、その生合成マシナリーの詳細を解明する。新たな生合成システムやその構成要素としての有用酵素の立体構造基盤を解明し、生合成デザインに展開応用する。有用二次代謝産物の生合成に関わる、新奇な反応を触媒する酵素群や、その生合成マシナリーの構造と機能を解明する。さらに、結晶構造に基づく酵素触媒機能の拡張と最適化をめざす。また、CRISPR/Cas9ゲノム編集の技術などを次世代の生合成研究に組み込み、構造多様性の拡大と物質生産系の構築を実現する。高昊教授の天然物の単離構造決定技術と生物活性評価系、胡丹教授の糸状菌ゲノム編集技術には特筆すべきものがあり、本共同研究は、互いに相補するものであり、双方のさらなる研究の進展に不可欠なものである。中国側からは、希少な生物資源の他に、化合物の単離、構造決定の技術、生物活性評価系、ゲノム編集技術がもたらされ、日本側からは生合成マシナリーの詳細な解析と応用に関する技術、知見を提供できる。国際共同研究を強力に推進することで、独創的、先駆的な研究を格段に発展させる。

3. 研究の方法

(1) 植物内生菌、土壌微生物の採集単離(中国側が主導)

調査対象地域として、未開拓薬用資源の宝庫、生物多様性ホットスポットとされる、中国南西部(広東、広西、雲南、海南省)を選択する。いずれの地域にも現地共同研究者のサポート体制

が整っており、研究代表者もこれまで同地域での調査に同行し、薬用資源調査を精力的に行う。

(2) 低分子化合物の単離構造決定、生物活性評価（中国側が主導）

上述したカルチャー・コレクションについて、異なる培養条件下で二次代謝産物生産能を詳細に検討し、微生物が生産する二次代謝産物とその生物活性を網羅的に解析する。高昊教授グループは、天然物の単離構造決定に長けており、植物内生菌や土壌微生物からの低分子化合物の単離、構造決定、生物活性評価に取り組む。また、高昊教授との共同研究ネットワークを用いて、本研究で創出する非天然型化合物を含めて、薬剤耐性病原菌、ガン細胞に対する活性を評価する。

(3) 生合成マシナリーの解明と物質生産系の構築（日本側と中国側で同時進行）

上述したカルチャー・コレクションについて、有用な生物活性物質生産能を示した微生物、あるいは、特異な分子骨格を生産する微生物について、全ゲノム配列を決定し、バイオインフォマティクスの技術を駆使したゲノムマイニングにより、テルペン、ポリケタイド、ペプチドなど、生物間相互作用に重要な役割を演ずる可能性が予想される創薬シード化合物の新奇生合成酵素遺伝子を網羅的に探索し、その生合成マシナリーの詳細を解明する。大腸菌や酵母、麹菌などを宿主として、これら遺伝子の異種発現による物質生産系を構築する。有機化学を基盤として、生合成反応機構の詳細を酵素遺伝子レベルで明らかにする。

(4) 酵素結晶構造解析、機能改変と生合成リデザイン（日本側が主導）

X線結晶構造解析により、酵素反応の立体構造基盤を明らかにするとともに、結晶構造に基づく酵素触媒機能の拡張と最適化をめざす。申請者の研究室で独自に調整した結晶化スクリーニングキット、市販のキットを用いて、結晶化スクリーニングを行う。高エネルギー加速器研究機構の大型放射光施設を利用して、結晶構造解析を行い、酵素反応の構造基盤を明らかにする。また、これら改変遺伝子を異種発現系に再構成（生合成リデザイン）することにより、さらなる構造多様性の拡大と物質生産系の構築を実現し、所望の構造を有する、天然物を凌ぐ新規有用活性物質の大量安定供給をめざす。生合成の鍵となる反応を触媒する新奇酵素の結晶構造を取得する。酵素の反応機構の解明、その立体構造に基づく合理的な酵素触媒機能の拡張により、生合成工学と薬用物質生産の可能性を広げることになる。

以上4つの項目を2020年度から4年間の計画で同時進行させる。暨南大学客座教授を務める研究代表者の阿部郁朗は研究全般を統括する。また、研究分担者の淡川孝義は、遺伝子操作、発現系構築を、森貴裕は、結晶構造解析を、牛丸理一郎は、単離構造解析、合成を、主に担当する。

4. 研究成果

共同研究成果が着実に多くの優れた共著論文に実りつつある。以下に、今回得られた国際共同研究による代表的な研究成果について簡潔に記述する。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. Functional and structural dissection of glycosyltransferases underlying the glycodiversity of wolfberry-derived bioactive ingredients lycibarbarspermidines
Li, S.-Y., Wang, G.-Q., Long, L., Gao, J.-L., Zhou, Z.-Q., Wang, Y.-H., Lv, J.-M., Chen, G.-D., Hu, D., Abe, I., Gao, H.
Nature Communications, 15, accepted for publication (2024)

lycibarbarspermidines は、複数のグリコシル置換を持つことを特徴とする珍しいフェノールアミド配糖体であり、生薬クコの実（枸杞子）の主要な生理活性成分として機能している。これまでのところ、dicaffeoylspermidine を含むフェノールアミドのグリコシル化の酵素的基盤についてはほとんど知られていなかった。我々は、LbUGT1-5 の5つの新奇糖転移酵素の同定に成功した。LbUGT1-5 は最初のフェノールアミド型糖転移酵素であり、クコの dicaffeoylspermidine の位置選択的糖転移を触媒し、構造的に多様な lycibarbarspermidine を形成する。特に、LbUGT3 はカフェオイル部分のオルト-ジヒドロキシ基へのタンデム糖転移を触媒し、珍しいオルト-ジグルコシル化生成物を形成する特徴的な酵素として働くが、LbUGT1 はカフェオイル基とジヒドロカフェオイル基を正確に識別し、部位選択的な糖転移を触媒する。LbUGT1 および LbUGT3 と UDP との複合体の結晶構造解析と分子動力学シミュレーションにより、LbUGT1 と LbUGT3 の糖転移選択性の違いの構造的基盤が明らかになった。また、部位特異的変異導入により、LbUGT1 と LbUGT3 の位置選択性を制御する上で重要な役割を果たしている PSPG モチーフの保存チロシン残基が明らかになった。このように我々の研究は、生薬クコの実（枸杞子）の lycibarbarspermidine の化学的多様性の酵素的基盤を解明し、クコの糖転移酵素のレパートリー拡大に成功した。

2. Biosynthesis of enfumafungin-type antibiotic reveals an unusual enzymatic fusion pattern and unprecedented C-C bond cleavage

Cao, Z.-Q., Wang, G.-Q., Luo, R., Gao, Y.-H., Lv, J.-M., Qin, S.-Y., Chen, G.-D., Awakawa, T., Bao, X.-F., Mei, Q.-H., Yao, X.-S., Hu, D., Abe, I., Gao, H.
J. Am. Chem. Soc., 146, 12723-12733 (2024)

enfumafungin と fuscoatroside に代表される enfumafungin 型の抗生物質は、真菌由来のトリテルペノイドの一群に属する。これらの化合物は重要な抗真菌作用を示し、enfumafungin の半合成誘導体である ibrexafungerp は最近、侵襲性外陰カンジダ症の治療薬として初の経口抗真菌薬として FDA の承認を得た。Enfumafungin 型の抗生物質は、切断部位に酸化されたカルボキシル基と還元されたメチル基を有する切断型 E 環を有しており、その生合成には前例のない C-C 結合切断化学が関与していることが示唆されている。ここで我々は、4 遺伝子 (fsoA, fsoD, fsoE, fsoF) 生合成遺伝子クラスターが、麴菌の異種発現によって fuscoatroside を生産するのに十分であることを示した。注目すべきは、FsoA が前例のないテルペンシクラーゼ-グリコシルトランスフェラーゼ融合酵素であり、酵素的融合に依存したトリテルペン配糖体生成物をもたらすことである。FsoE は P450 酵素であり、C19 で連続的な酸化反応を触媒して C-C 結合の切断を促進し、既知の P450 酵素では観察されたことのない酸化カルボキシル基と還元メチル基を生成する。本研究は、生合成的アプローチによる enfumafungin 型抗生物質生産のための重要な基盤となる。

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 のファルネシルニリン酸が 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、武漢大学の Tiangang Liu 教授、高エネルギー加速器研究機構の千田俊哉教授、ボン大学の Jeroen Dickschat 教授らとの共同研究により、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 イソプレネ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。

4. 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。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計42件（うち査読付論文 42件／うち国際共著 32件／うちオープンアクセス 17件）

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)/ -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)/ -ketoglutarate-dependent oxygenase SptF	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Nature Communications	6. 最初と最後の頁 95-95
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 該当する

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 348-348
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 -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, Mitsunashi 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 該当する

1. 著者名 Qi Bo-wen, Li Na, Zhang Bei-bei, Zhang Ze-kun, Wang Wen-jing, Liu Xiao, Wang Juan, Awakawa Takayoshi, Tu Peng-fei, Abe Ikuro, Shi She-po, Li Jun	4. 巻 24
2. 論文標題 A Multifunctional Cytochrome P450 and a Meroterpenoid Cyclase in the Biosynthesis of Fungal Meroterpenoid Atlantinone B	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Organic Letters	6. 最初と最後の頁 2526 ~ 2530
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.orglett.2c00684	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 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 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 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 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 NvfI	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 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 6294-6294
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 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 Bunno Reito, Awakawa Takayoshi, Mori Takahiro, Abe Ikuro	4. 巻 60
2. 論文標題 Aziridine Formation by a Fe II / 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 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 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 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 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 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 Chen He-Ping, Abe Ikuro	4. 巻 6
2. 論文標題 Microbial soluble aromatic prenyltransferases for engineered biosynthesis	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Synthetic and Systems Biotechnology	6. 最初と最後の頁 51 ~ 62
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.synbio.2021.02.001	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 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 3958-3958
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 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 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 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 1473-1473
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 Mori Takahiro, Kadlcik Stanislav, Lyu Shuang, Kamenik Zdenek, Sakurada Kosuke, Mazumdar Aninda, Wang Huibin, Janata Jiri, Abe Ikuro	4. 巻 6
2. 論文標題 Molecular basis for carrier protein-dependent amide bond formation in the biosynthesis of lincosamide antibiotics	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Nature Catalysis	6. 最初と最後の頁 531 ~ 542
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41929-023-00971-y	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, Cha Lide, Shimo Shotaro, Li Xiaojun, Paris Jared C., Mori Takahiro, Miyamoto Kazunori, Coffey Lindsay, Uchiyama Masanobu, Guo Yisong, Chang Wei-chen, Abe Ikuro	4. 巻 145
2. 論文標題 Mechanistic Analysis of Stereodivergent Nitroalkane Cyclopropanation Catalyzed by Nonheme Iron 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 24210 ~ 24217
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.3c08413	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, Sun Xin, Kadlcik Stanislav, Janata Jiri, Abe Ikuro	4. 巻 62
2. 論文標題 Structure Function Analysis of the S Glycosylation Reaction in the Biosynthesis of Lincosamide Antibiotics	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 Tsunoda Takeshi, Abuelizz Hatem A., Samadi Arash, Wong Chin Piow, Awakawa Takayoshi, Brumsted Corey J., Abe Ikuro, Mahmud Taifo	4. 巻 13
2. 論文標題 Catalytic Mechanism of Nonglycosidic C-N Bond Formation by the Pseudoglycosyltransferase Enzyme VIde	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 ACS Catalysis	6. 最初と最後の頁 13369 ~ 13382
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acscatal.3c02404	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 Shin Yern-Hyerk, et al., Abe, I., Moore, B. S., Fenical, W., Yoon, Y. J., Cho, J.-C., Lee, S. K., Oh, K.-B., Oh, D.-C.	4. 巻 145
2. 論文標題 Genomic and Spectroscopic Signature-Based Discovery of Natural Macrolactams	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 1886 ~ 1896
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.2c11527	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 Cao Zhi-Qin, Wang Gao-Qian, Luo Rui, Gao Yao-Hui, Lv Jian-Ming, Qin Sheng-Ying, Chen Guo-Dong, Awakawa Takayoshi, Bao Xue-Feng, Mei Qing-Hua, Yao Xin-Sheng, Hu Dan, Abe Ikuro, Gao Hao	4. 巻 146
2. 論文標題 Biosynthesis of Enfumafungin-type Antibiotic Reveals an Unusual Enzymatic Fusion Pattern and Unprecedented C-C Bond Cleavage	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 12723 ~ 12733
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.4c02415	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 Li, S.-Y., Wang, G.-Q., Long, L., Gao, J.-L., Zhou, Z.-Q., Wang, Y.-H., Lv, J.-M., Chen, G.-D., Hu, D., Abe, I., Gao, H.	4. 巻 15
2. 論文標題 Functional and structural dissection of glycosyltransferases underlying the glycodiversity of wolfberry-derived bioactive ingredients lycibarbarspermidines	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Nature Communications	6. 最初と最後の頁 in press
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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

[学会発表] 計14件 (うち招待講演 14件 / うち国際学会 14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 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 Ikuro Abe
2. 発表標題 Unusual Enzyme Reactions in Natural Product Biosynthesis
3. 学会等名 Gordon Research Conference, Enzymes, Coenzymes and Metabolic Pathways, Waterville Valley, NH, 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 b-NAD as a Building Block in Natural Product Biosynthesis
3. 学会等名 Enzyme Engineering XXVII, Singapore, Singapore (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 New Zealand Society for Biochemistry and Molecular Biology (NZSBMB) 50th Anniversary Conference, Canterbury, New Zealand (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) (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, Guiling (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

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

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>

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)	国立研究開発法人理化学研究所・環境資源科学研究センター・チームリーダー (82401)	
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	暨南大学	武漢大学	中国科学院	他3機関
米国	オレゴン州立大学			

共同研究相手国	相手方研究機関			
ドイツ	ボン大学			
チェコ	チェコ科学アカデミー			