

令和 5 年 6 月 23 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2018～2022

課題番号：18H02214

研究課題名(和文) 昆虫ステロイドホルモン生合成経路の全容解明

研究課題名(英文) Elucidation of insect steroid hormone biosynthetic pathway

研究代表者

小野 肇 (Ono, Hajime)

京都大学・農学研究科・准教授

研究者番号：70452282

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,400,000円

研究成果の概要(和文)：昆虫のステロイドホルモンのエクダイソンの生合成経路については、エクダイソンに特有の骨格が形成される過程が未解明である。この経路は律速段階となり、生体反応として重要な過程である。本研究では、2種類の新規化合物T1-a、T2-cが中間体候補物質と考えられる結果を得た。そこで、これらの化合物の重水素ラベル体の合成を行った。合成した重水素ラベル体をカイコのステロイドホルモン生合成組織である前胸腺に添加して器官培養した結果、ラベル体のエクダイソンへと変換されることを確認した。以上の結果から、化合物T1-aおよび化合物T2-cが未知経路の中間体であることが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の成果により、エクダイソンが関与する昆虫の発育制御や環境応答の機構の解明につながると同時に、農薬開発等の応用研究にも結びつくことが期待できる。また、昆虫のみならず哺乳類のステロイドホルモン生合成の中間体でもある7-デヒドロコレステロールの重水素ラベル体の簡易合成法を確立した。本法を用いることで7-デヒドロコレステロールおよび類縁化合物のラベル体の有機合成が可能となる。ステロイドホルモンは様々な生物の発育を制御しているため、基礎研究における波及性が大きいと考えられる。

研究成果の概要(英文)：The biosynthetic pathway of the insect steroid hormone ecdysone has not been elucidated. Notably, the reaction process in which the ecdysteroid-specific skeleton has not been characterized. The pathway has been considered as the rate-limiting step, and therefore, is an important biological reaction process. In this study, two novel compounds, T1-a and T2-c, have been identified to be possible candidate intermediates. We synthesized deuterium-labeled T1-a and T2-c compounds. The synthesized deuterium-labeled compounds were incubated with the prothoracic glands of the silkworm which is the steroid hormone biosynthetic tissue, and we confirmed that the labeled compounds were converted to labeled ecdysone. Thus, compounds T1-a and T2-c were converted to ecdysone in the prothoracic glands, therefore, we conclude that these compounds are intermediates of the unknown pathway.

研究分野：昆虫生理学

キーワード：エクダイソン ステロイドホルモン 生合成 前胸腺 重水素ラベル体 生理活性物質 ショウジョウバエ カイコ

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

昆虫のステロイドホルモンのエクダイソンは脱皮・変態をはじめとする昆虫特有の発育を制御している。エクダイソンはコレステロールから生合成されるが、昆虫はステロールを新規に生合成することができない。そのため、食餌性ステロールが昆虫の発育に必要となる。近年、遺伝子解析技術の進歩に伴って、エクダイソンの生合成酵素やその発現を調節する転写因子の同定が急激に進められている。その一方で、エクダイソンの構造決定以降、50年以上が経過するにもかかわらず、生合成経路の全容は未解明のままである。これまでに、エクダイソンがコレステロールから連続的な酸化反応により生合成されることは明らかにされているが、エクダイソン特有の基本骨格が形成される過程は不明である。その一因として、未知経路の生合成中間体が予想のつきにくい化合物であることが挙げられる。生合成中間体を同定し、生合成酵素による触媒機構を明らかにすることで、特殊な反応機構に関する知見を得ることが期待される。

2. 研究の目的

本研究では、エクダイソンの特異な構造の形成機構の理解につながる生合成経路の全容解明を目的とした。この成果により、エクダイソンが関与する昆虫の発育制御や環境応答の機構の解明につながると同時に、農薬開発等の応用研究にも結びつくことが期待できる。さらに、ステロイドホルモンは様々な生物の発育を制御しているため、研究で得られる有機化学、生化学、生理学にわたる幅広い知見は、基礎研究における波及性が大きいと考えられる。

3. 研究の方法

(1) 中間体候補物質の有機合成

化合物 T1 の有機合成: 7-デヒドロコレステロールを出発材料として5段階の反応を経て、化合物 T1 の異性体混合物(T1-mixture)を得た。T1-mixture には2種類の立体異性体、T1-a, T1-b が含まれるため、HPLC を用いて分離精製した。

化合物 T2 の有機合成: 7-デヒドロコレステロールを出発材料として4段階の反応を経て、化合物 T2 の異性体混合物(T2-mixture)を得た。T2-mixture には4種類の立体異性体、T2-a, T2-b, T2-c, T2-d が含まれるため、HPLC を用いて分離精製した。

(2) 中間体候補物質の有機合成

7-デヒドロコレステロール (7dC) の重水素ラベル体合成

方法1: ステロイド骨格構築には出発物質として ergosterol を使用し、計15段階の反応を経て 7dC-d6 を合成した。重水素の導入には安価に販売されている acetone-d6 を使用した。

7dC-d6 の合成は図1に示すように i) 重水素源の合成 (3段階)、ii) ステロイド骨格の合成 (12段階) により行った。

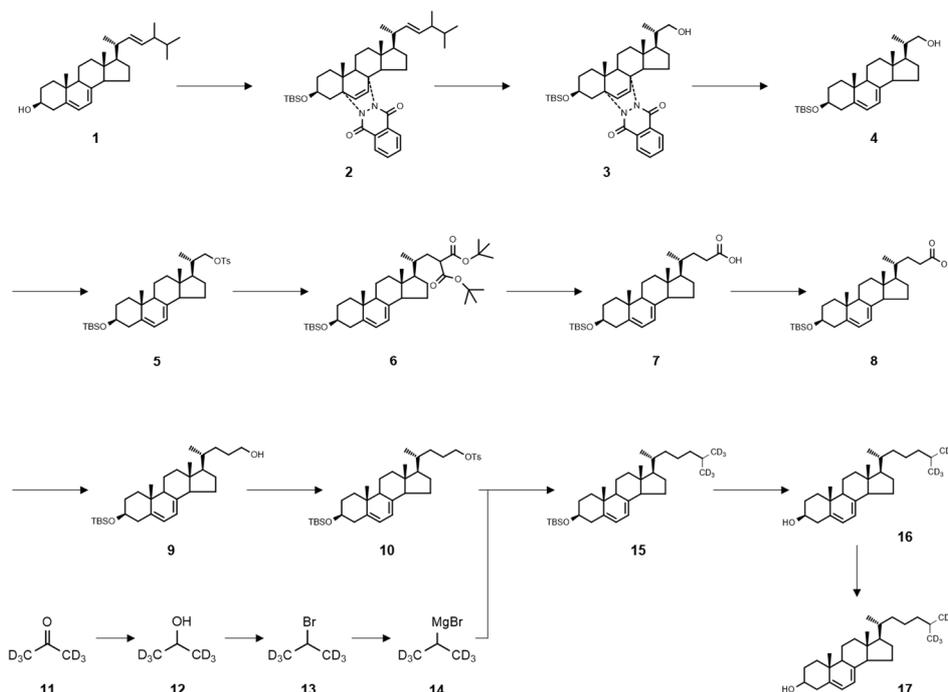


図1 7dC-d6 合成経路

i) では、Acetone-*d*6 を NaBH₄ で還元し、臭化水素酸によるプロモ化を行い、2-bromopropane-*d*6 を得た。これを以下に記す Grignard 反応によりステロイド骨格と結合させた。ii) は以下の手順で合成を行った。(1) Ergosterol 3 位の水酸基を TBS 基で保護した。(2) 5,7 位の共役二重結合を phthalic hydrazine により保護した。(3) オゾン分解により 22,23 位の二重結合を切断し、それに続く還元処理によりアルコールとした。(4) LiAlH₄ を作用させ、phthalic hydrazine を脱保護した。(5) アルコールをトシル化した。(6) マロン酸エステル合成法により炭素鎖を伸長した。(7) エステル加水分解とそれに続く脱炭酸により、対応するカルボン酸を得た。(8) TMS-diazomethane によりカルボン酸をメチルエステル化した。(9) LiAlH₄ を作用させ、アルコールを得た。(10) アルコールをトシル化した。(11) Grignard 反応により、重水素化されたイソプロピル基を導入した。(12) TBS を脱保護し、7*d*C-*d*6 を得た。

方法 2: 方法 1 は、反応数が多く、7*d*C の重水素ラベル体の大量合成には適切とはいえない。そのため、より簡便な方法として以下に示す 7*d*C-*d*4 の合成法 (計 11 段階) を開発した。重水素の導入には重水 (D₂O) および重水素化ホウ素ナトリウム (NaBD₄) を使用した。

7*d*C-*d*4 の合成は図 2 に示すように重水素源の合成 (5 段階)、およびステロイド骨格の合成 (6 段階) により行った。重水素源の合成では 3-methylbutanal を高圧条件下で D₂O と反応させて、3-methylbutanal-*d*2 を得た。これをカルボン酸へと酸化した後、NaBD₄ で還元して 3-methylbutanol-*d*4 を得た。三臭化リンによるプロモ化を行い、方法 1 で合成したステロイド骨格をもつトシル化物 (5) と Grignard 反応により結合させた。その後、TBS を脱保護し、7*d*C-*d*4 を得た。

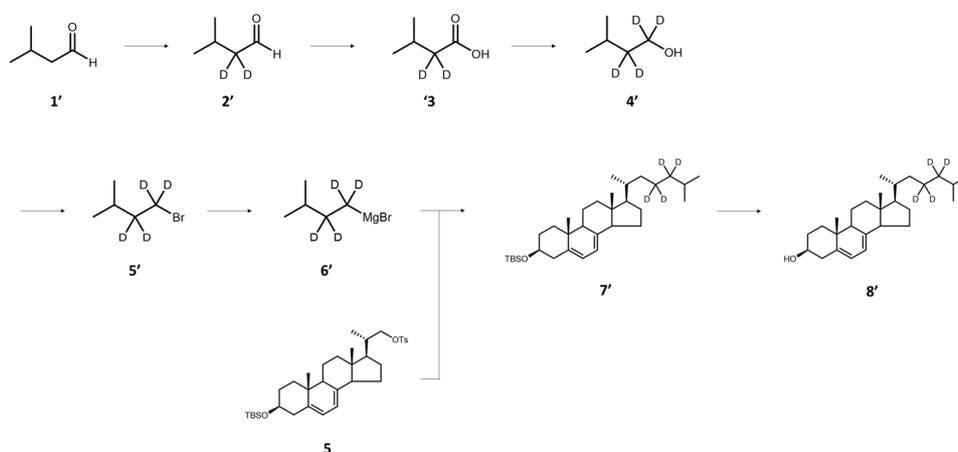


図 2 7*d*C-*d*4 合成経路

(3) 重水素ラベル体中間体候補物質の有機合成

方法 1 で合成した 7-デヒドロコレステロール-*d*6 から、重水素ラベル体 T1-mixture および化合物および T2-mixture を合成した。HPLC を用いて、それぞれの異性体を合成した。

(4) Séance ノックアウトショウジョウバエ幼虫のレスキュー実験

ショウジョウバエでは転写因子 *séance* をノックアウトした幼虫はエクダイソンを生合成できずに一齢幼虫で死亡する。一方で、*séance* ノックアウト幼虫はエクダイソンを含む餌を与えると脱皮が可能となる。そこで、*séance* ノックアウト幼虫に中間体候補物質を摂取させて、脱皮するか検討した。

直径 34 mm の 2% 寒天を敷いたシャーレに、孵化後 24 時間以内の *séance* ホモノックアウト幼虫を 6 頭ずつ入れた。幼虫の餌として、dry yeast 20 mg, Drosophila medium 20 mg, H₂O 70 μL にステロイドのエタノール溶液 10 μL を混合して与えた。ステロイドの濃度は 1 mg/mL あるいは 0.1 mg/mL EtOH 溶液とした。コントロールとしてエタノールを 10 μL を餌に混合して与えた。

幼虫を 25 °C、暗黒条件下で飼育した。発育状況を 24 時間毎に観察し、ステージごとに生存個体数をカウントした。幼虫の齢は、mouth hook の形状、気門の形状などをもとに総合的に判断し、L1 (1 齢幼虫)、L2 (2 齢幼虫)、L3 (3 齢幼虫)、pupa (蛹)、adult (成虫) と記載した。

(5) 前胸腺変換実験

中間体候補物質のうち、*Séance* ノックアウトショウジョウバエ幼虫に対して脱皮活性を示した化合物は、幼虫体内でエクダイソンへと変換されたと考えられる。しかし、このような化合物が実際に前胸腺でエクダイソンへと変換されることを示す必要がある。そのためには、重水素ラベルした中間体候補物質が前胸腺でラベル体のエクダイソンへと変換されることを示せばよい。そこで、前胸腺を器官培養して、重水素ラベル体ステロイド化合物の代謝物を解析した。

クリーンベンチ内で wandering 開始 1 日後のカイコ終齢幼虫から Ringer 液中で前胸腺を

抽出した。抽出した前胸腺を Grace 昆虫培地中で 30 分間前培養した。48 ウェルプレートに Grace 昆虫培地 (0.1% Tween80 含有) 195 μ L とステロイド溶液 5 μ L (1 μ g/ μ L EtOH) もしくは EtOH 5 μ L を入れ、前胸腺を 1 ウェルあたり 3 つずつ入れた。25 $^{\circ}$ C、明期 12 時間、暗期 12 時間の条件で 48 時間静置培養を行った。

培地および培養した前胸腺からステロイドを抽出した。代謝物 (エクダイソン-*d*6) の分析は LC/MS/MS Qtrap を用い、条件は Hikiba et al, 2013 に従った。

4. 研究成果

(1) エクダイソン生合成欠損ショウジョウバエ幼虫を用いた中間体候補物質の解析

エクダイソンは昆虫の内分泌器官である前胸腺で生合成される。そこで、研究分担者の片岡宏誌により、カイコのエクダイソン生合成酵素を欠損した変異株幼虫の前胸腺に含まれるステロイドの成分が分析された。その結果、複数個所で水酸化が生じたステロール化合物 X が同定された。この化合物 X の構造を手掛かりに、類縁化合物である化合物 T1, T2 を中間体候補物質と考えた。そこで、*Séance* ノックアウトショウジョウバエ幼虫を用いて、化合物 T1, T2 のエクダイソン中間体としての可能性を評価した。

Séance はショウジョウバエから発見された転写因子で、エクダイソン生合成においてコレステロールから 7dC の変換を触媒する生合成酵素 Neverland の発現を制御することが明らかにされている (Uryu et al., 2018)。*Séance* をノックアウトされたショウジョウバエ幼虫は、nvd が発現しないため餌中からコレステロールを摂取したとしても 7dC へと変換できず通常 1 齢で死亡する。しかし、7dC よりも下流のエクダイソン生合成中間体を摂取させると、エクダイソンを生合成できるようになるため、2 齢以降へ発育する。そこで、有機合成した中間体候補物質を *séance* ノックアウトショウジョウバエ幼虫に摂取させ、脱皮活性を評価した。

化合物 T1 の活性評価

0.1 mg/mL の化合物の T1-a, T1-b を餌に添加して、*Séance* ノックアウトショウジョウバエ幼虫の脱皮活性を評価した。その結果、T1-a を摂取させた場合、70%の幼虫が 1 齢から 2 齢へと脱皮した (図 3)。さらに、3 齢まで発育する個体が認められた。一方で、T1-b を摂取させた場合、脱皮する個体はほとんど認められなかった。以上より、T1-a が Black Box に含まれるエクダイソン生合成中間体であることが推定された。

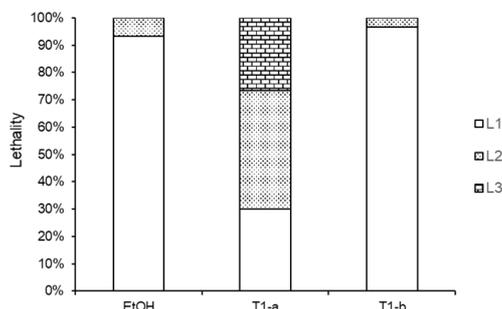


図 3 化合物 T1 の *séance* ノックアウトショウジョウバエ幼虫に対する脱皮活性

化合物 T2 の活性評価

化合物 T2-mixture を合成した際に、4 種類の異性体の混合物として得られた。1 mg/mL の化合物 T2-mixture を餌に添加して、*Séance* ノックアウトショウジョウバエ幼虫の脱皮活性を評価した。その結果、約 90% の幼虫が 2 齢へ発育した。さらに、多くの個体が 3 齢まで発育した (図 4)。そのため、化合物 T2-mixture の異性体のいずれかの化合物が中間体である可能性が示唆された。

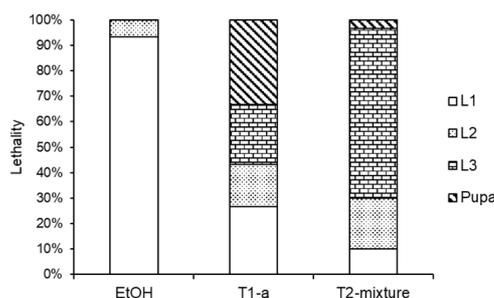


図 4 化合物 T2-mixture の *séance* ノックアウトショウジョウバエ幼虫に対する脱皮活性

次に、化合物 T2-mixture のどの異性体が脱皮活性を示すかを検証した。HPLC を用いて分画した各異性体を *séance* ノックアウト幼虫に摂取させた。その際、1 mg/mL の化合物を餌に添加した。4 種類の異性体のうち、T2-c を与えた場合、化合物 T2-mixture を与えた場合と同じような発育パターンを示し、多くは 3 齢まで発育した (図 5)。一方で、他の異性体を摂取させた場合、1 齢あるいは 2 齢幼虫で死亡する割合が、化合物 T2-mixture を与えた場合よりも大きく低下した。以上より、混合物中で脱皮活性を示した異性体は化合物 T2-c と判断した。一方で、T2-b, T2-c を摂取させた場合、1 齢の脱皮率が混合物と差がなかったのは、HPLC による分取が不十分であり、活性本体である T2-c が他の試験区にも微量混じていたことが考えられる。また、T1-

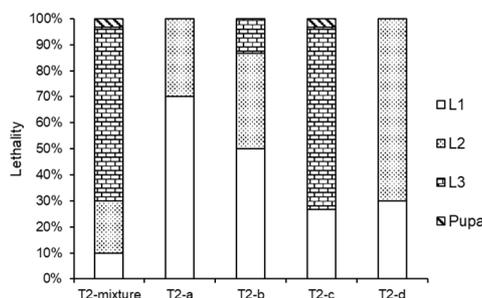


図 5 化合物 T2 の *séance* ノックアウトショウジョウバエ幼虫に対する脱皮活性

a, T2-c の立体構造については、NMR スペクトルにより推定した。しかし、厳密な構造決定には結晶構造解析等の他の手段が必要と考えられる。今後、改めて有機合成および物質精製を行い、立体構造を確定する必要がある。

(2) カイコ前胸腺培養による中間体候補物質の代謝解析

Séance ノックアウト幼虫を用いた実験から、化合物 T1-a および T2-c がエクダイソン中間体であると考えられた。そこで、これらの化合物が前胸腺内でエクダイソンへと変換されるかを検証した。本研究ではカイコ幼虫の前胸腺を摘出して培養した。有機合成した重水素ラベル体ステロイド化合物を器官培養した前胸腺に添加して代謝物を解析した。

実験系に問題がないことを確認するため、コントロール実験として既知中間体 7dC-d6 を前胸腺に添加した。その結果、培地中にラベルされたエクダイソン-d6 が検出された。変換量は添加した総 7dC-d6 量の 1.2% であった (図 6)。

次に、重水素ラベルした化合物 T1-a-d6, T1-b-d6 を前胸腺に添加したところ、T1-a-d6 において多量のエクダイソン-d6 が検出された。一方、T1-b-d6 ではエクダイソン-d6 はほとんど検出されなかった。変換量は T1-a-d6 で 9.6%、T1-b-d6 で 0.3% であった。重水素ラベルした化合物 T2-c を前胸腺に添加した際にも、エクダイソン-d6 が検出された。変換量は 5.7% であった。

以上の結果より、化合物 T1-a および化合物 T2-c は前胸腺でエクダイソンへと変換されると結論付けた。しかし、立体異性体の分離精製が不十分であるため、今後、改めて有機合成および物質精製を行い、T1-a, T2-c のエクダイソンへの変換を確認する必要がある。その際に、簡便合成法を確立した 7dC-d4 を出発材料として、T1-a, T2-c ラベル体の有機合成を行えば、迅速に結果が得られることが期待できる。

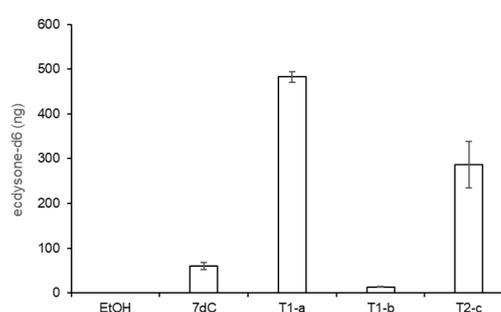


図 6 カイコ前胸腺培養によるラベル体エクダイソンへの変換

(3) 昆虫の行動生理に作用する活性物質の同定

エクダイソン生合成中間体の有機合成および活性評価と並行して、以下のような生理活性物質を同定した。

植物由来トリテルペノイドによるエクダイソン生合成の阻害作用

昆虫はステロールを体内で新規に生合成することができないため、食餌性ステロールが昆虫の発育に必須となる。そのため、必須ステロールと類似性を示す化合物はアンタゴニストとして作用することが期待され、昆虫の成長制御剤の候補となりうる。そこで、植物由来のトリテルペノイドであるククルピタシン B および E の効果を検討した。ククルピタシン B および E を添加した飼料でショウジョウバエを飼育したところ、ククルピタシン E を摂取した幼虫のほとんどは 2 齢または 3 齢の段階まで発育した。一方で、ククルピタシン B を摂取した幼虫はほとんどが脱皮することなく死亡した。この発育停止は、エクダイソンの添加によって部分的に改善された。また、ククルピタシン B により、カイコ前胸腺でのエクダイソン生産が阻害された。そのため、ククルピタシン B はこれまでにエクダイソン受容体のアンタゴニストとして作用することが報告されているが、エクダイソン生合成の阻害剤としても作用することが示唆された。

植食性昆虫の生理活性物質の同定と嗅覚受容体の機能解析

Bactrocera 属ミバエ類は寄主植物や特定の植物の花成分に誘引されることが知られている。そこで、誘引物質が明らかとされていないミカンバエの直腸フェロモン腺を分析した。その結果、主要成分の 5 員環ラクトン(1)を同定した。この化合物 1 は雌成虫にも含まれていた。化合物 1 の含有量の違いについて、性差と成熟度に着目して分析した結果、成熟雄に有意に多く含まれていた。化合物 1 の雌あるいは雄成虫に対する誘引活性は認められなかったが、成熟雄において生理的意義があることが示唆された。

ミバエ類には植物精油に誘引される種類が知られている。そこで、重要害虫のミカンコミバエとウリミバエにおいて特徴的にみられる OR94b-2 サブファミリーに着目した。ミカンコミバエの OR94b-2 を発現させたアフリカツメガエル卵母細胞に 24 種類の植物精油をそれぞれ投与したところ、シナモンリーフオイルに対する応答が認められた。GC-MS による成分分析の結果、オイゲノールが主要成分として含まれていた。そこで、類縁化合物への応答を調べた結果、オイゲノールおよびイソオイゲノールへの応答が認められた。一方で、ウリミバエの OR94b-2 では、これらの化合物への応答は認められなかった。そのため、ミカンコミバエとウリミバエの OR94b-2 は、異なる応答スペクトルを示すことが明らかとなった。

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 2件／うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Miwako Toyofuku, Daiki Fujinaga, Kazue Inaba, Tomoki Funahashi, Yuuta Fujikawa, Hideshi Inoue, Hiroshi Kataoka, Ryusuke Niwa, Hajime Ono	4. 巻 134
2. 論文標題 The plant-derived triterpenoid, cucurbitacin B, but not cucurbitacin E, inhibits the developmental transition associated with ecdysone biosynthesis in <i>Drosophila melanogaster</i>	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Insect Physiology	6. 最初と最後の頁 Article 104294
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.jinsphys.2021.104294.	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 Hajime Ono	4. 巻 258
2. 論文標題 Functional characterization of an olfactory receptor in the Oriental fruit fly, <i>Bactrocera dorsalis</i> , that responds to eugenol and isoeugenol	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Comparative Biochemistry and Physiology Part B	6. 最初と最後の頁 Article 110696
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.cbpb.2021.110696	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 Hajime Ono, Alvin Kah-Wei Hee, Hongbo Jiang	4. 巻 12
2. 論文標題 Recent advancements in studies on chemosensory mechanisms underlying detection of semiochemicals in <i>Dacini</i> fruit flies of economic importance (Diptera: Tephritidae),	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Insects	6. 最初と最後の頁 106
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/insects12020106	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 Hajime Ono, Masataka Nakahira, Satoshi Ohno, Jun Otake, Tomoya Kanno, Isao Tokushima, Yoshimitsu Higashiura, Ichiro Nishi, Ritsuo Nishida	4. 巻 84
2. 論文標題 Predominant accumulation of a 3-hydroxy- γ -decalactone in the male rectal gland complex of the Japanese orange fly, <i>Bactrocera tsuneonis</i>	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Bioscience, biotechnology, and biochemistry	6. 最初と最後の頁 25-30
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1080/09168451.2019.1664892	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 Katte Tomoko, Shimoda Shota, Kobayashi Takuya, Wada-Katsumata Ayako, Nishida Ritsuo, Ohshima Issei, Ono Hajime	4. 巻 12
2. 論文標題 Oviposition stimulants underlying different preferences between host races in the leaf-mining moth <i>Acrocercops transecta</i> (Lepidoptera: Gracillariidae)	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 14498
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-022-18238-0	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10件(うち招待講演 1件/うち国際学会 2件)

1. 発表者名 小野 肇
2. 発表標題 植物精油を用いたミバエ科昆虫嗅覚受容体のリガンド探索
3. 学会等名 第66回日本応用動物昆虫学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 江原 瑶柄、小林 拓矢、大島 一正、小野 肇
2. 発表標題 クルマホソガの寄主転換に関わるネジキ有毒成分の探索
3. 学会等名 第65回日本応用動物昆虫学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大田 祥平、菅野 伸哉、小野 肇
2. 発表標題 ウンシュウミカン被害果からのリアルタイムPCR法によるミカンバエDNAの検出
3. 学会等名 第65回日本応用動物昆虫学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hajime Ono, Hitomi Miyazaki, Jun Otake, Hidefumi Mitsuno, Katsuhisa Ozaki, Ryohei Kanzaki, Anna Chui-Ting Chieng, Alvin Kah-Wei Hee, Ritsuo Nishida
2. 発表標題 Functional characterization of olfactory receptors in Dacini fruit flies (Diptera: Tephritidae) that respond to semiochemicals
3. 学会等名 Asia-Pacific Association of Chemical Ecologists (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小野 肇、豊福 美和子、藤永 大輝、稲葉 和恵、船橋 智輝、藤川 雄太、井上英史、片岡 宏誌、丹羽 隆介
2. 発表標題 ステロール代謝およびエクダイソン生合成を介した植物トリテルペノイドcucurbitacin 類がショウジョウバエの発育に及ぼす影響
3. 学会等名 日本農薬学会 第45回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 船橋 智輝、藤永 大輝、齊藤 惇基、片岡 宏誌、小野 肇
2. 発表標題 Ecdysone 生合成未知経路の解明
3. 学会等名 日本農薬学会 第45回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小野 肇、豊福 美和子、藤永 大輝、稲葉 和恵、船橋 智輝、藤川 雄太、井上英史、片岡 宏誌、丹羽 隆介
2. 発表標題 植物トリテルペノイド cucurbitacin B によるエクダイソン生合成の阻害
3. 学会等名 第64回 日本応用動物昆虫学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 豊福美和子, 稲葉和恵, 藤川雄太, 井上英史, 丹羽隆介, 小野肇
2. 発表標題 エクジステロイド生合成関連酵素Noppera-boの阻害物質の探索
3. 学会等名 日本農薬学会第44回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 船橋 智輝, 齊藤 惇基, 小野 肇
2. 発表標題 Ecdysone 生合成未知経路の解明に向けて : 7-dehydrocholesterol 類縁体の脱皮活性評価
3. 学会等名 第63回日本応用動物昆虫学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hajime Ono, Issei Ohshima
2. 発表標題 Chemical substances underlying different host utilization between host races in the leaf-mining moth <i>Acrocercops transecta</i> (Lepidoptera: Gracillariidae)
3. 学会等名 3rd Joint Meeting of International Society of Chemical Ecology and Asia-Pacific Association of Chemical Ecologists (国際学会) (国際学会)
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>化学生態学分野 http://www.chemeco.kais.kyoto-u.ac.jp/</p> <p>小野 肇 Hajime Ono 昆虫の生理活性物質に着目して、有機化学と生物学の境界分野の研究を行っています。 https://sites.google.com/view/hajime-ono/home</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	片岡 宏誌 (Kataoka Hiroshi) (60202008)	東京大学・大学院新領域創成科学研究科・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