

令和 2 年 6 月 5 日現在

機関番号：32639

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K07491

研究課題名(和文) 社会性昆虫におけるモノアミンを介した脳と末梢器官の相互情報伝達機構に関する研究

研究課題名(英文) Common regulatory mechanisms of monoamine syntheses between the brain and peripheral organs in social insects

研究代表者

佐々木 謙 (SASAKI, Ken)

玉川大学・農学部・教授

研究者番号：40387353

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、セイヨウミツバチを用いて、末梢器官(特に生殖器官)におけるモノアミンの作用機構をモデル化するとともに、末梢器官で合成されるモノアミンの合成過程と、脳におけるアミン合成との関係を調べた。雄生殖器官において、複数のドーパミン受容体遺伝子の発現が確認され、ドーパミンに対するcAMP量の増加が検出された。体液中のドーパミンが濃度変化を示すことから、ドーパミンのホルモン様作用が示唆された。また、雌の毒腺ではモノアミンが合成され、モノアミン合成酵素遺伝子の発現も認められ、さらにカースト差も見られた。いくつかの脳内アミンでは毒嚢内アミン量との相関が見られ、両組織を仲介する因子の存在が示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

モノアミンによる神経系への作用については、以前から数多く研究されてきたが、体液を介した末梢器官への作用については殆ど研究がなかった。本研究はドーパミンによる昆虫の生殖器官に対するホルモン様作用を実験的に初めて証明した。また、毒腺によるモノアミン合成の過程を合成酵素遺伝子のレベルで示したことも新しい知見である。これらの知見は、他の昆虫を含めた神経・内分泌学の基礎研究に貢献するだけでなく、農業における有用昆虫や有害虫の管理にも応用し得る有用な情報である。

研究成果の概要(英文)：In the present study, we tried to clarify a monoamine hormonal system to peripheral organs, monoamine syntheses in the peripheral organs and regulatory interactions between the brain and peripheral organ in insects. In male reproductive organs in honeybees, several types of dopamine receptor genes expressed and responded to dopamine with an increase of cAMP, suggesting a hormonal function by dopamine to peripheral organs. In females, several monoamines were detected in the poison and suggested to be synthesized by enzymes involved in monoamine syntheses in the poison glands. It was also found caste differences of monoamine levels in the poison. There were significant correlations of monoamine levels between brains and poison, suggesting common factors regulating monoamine syntheses in brains and poison glands. Thus, a hormonal system by dopamine, monoamine syntheses in poison glands, and regulatory interactions of monoamines between different organs were indicated.

研究分野：神経内分泌学

キーワード：生体アミン 社会性昆虫 生殖器官 毒腺 末梢器官 脳

1. 研究開始当初の背景

生体アミン類(モノアミン類)は神経作用性物質であり、脳やその他の神経系では神経伝達物質や神経修飾物質としてはたらき、末梢器官に対しては体液(血液)を介してホルモン様物質としても作用する。末梢器官ではモノアミン受容体が発現し、その器官を支配するニューロンから放出されたモノアミンや体液中に高濃度で存在するモノアミンと結合し、シグナル伝達系を作動させる。また、末梢器官の中には自らモノアミンを合成し利用する器官もあり、中枢神経系による末梢器官の制御機構を考えた場合に、より複雑で多様なシステムが想像される。

本研究では、セイヨウミツバチを用いて、昆虫類のモノアミンによる脳と末梢器官の相互調節機構、および中枢神経系とは独立した末梢器官のモノアミンの合成・作用について明らかにする。特にミツバチのような社会性昆虫では、個体の労働分業に特化した末梢器官が個体の日齢や巣内の状況に応じて発達や退縮を起こす。行動を司る脳での行動様式の制御と同期して末梢器官が調節され、相互で情報伝達が行われていると考えられる。脳と末梢器官との情報伝達にモノアミンが使われている可能性が高く、本研究ではその証拠を提示し、末梢器官におけるモノアミンの作用機構を整理し、体系化していく。

2. 研究の目的

社会性昆虫で見られる労働分業には、その行動様式に特化した外分泌腺や生殖器官などの発達が伴う。これらの末梢器官の発達を促進する生理活性物質の一つとしてモノアミン類が考えられる。本研究では、セイヨウミツバチを用いて、まずモノアミン類による特定の末梢器官(特に生殖器官)への作用機構を明らかにする。また、生殖器官の発達と繁殖行動は同期することから、脳と生殖器官との情報共有機構が予想され、その機構を実験的に解明する。さらに、末梢器官自体が合成したモノアミン類が脳におけるモノアミン合成と同期するのか、あるいは独立に合成が制御されているのかを明らかにする。このように脳が複数の末梢器官を行動に合わせて調節する機構と、末梢器官がその状態を脳に伝える機構の解明に取り組み、体全体を統制していく統合システムの解明を目指す(図1)。

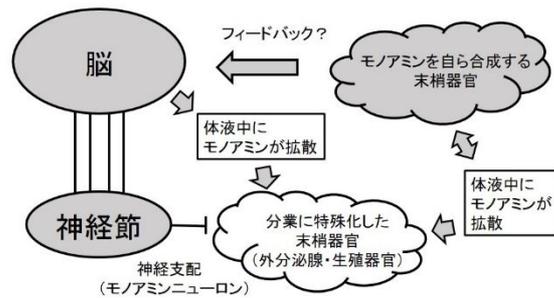


図1 モノアミンが介在する末梢器官の制御

3. 研究の方法

本研究では、まずセイヨウミツバチの末梢器官でのモノアミンに対する反応性を調べ、次にモノアミンを自ら合成する末梢器官での合成過程を調査した。さらに末梢器官による脳へのフィードバック機構を明らかにするために、末梢器官と脳におけるアミン量の相関を調べ、血中へのモノアミン注入時における脳内モノアミン合成への影響を調査した。このような実験を通して、モノアミンが仲介する脳と末梢器官の情報共有機構の可能性を検討した。各実験の詳細は以下の通りである。

(1) モノアミンに対して潜在的な反応を示す末梢器官

生殖器官でのモノアミン受容体遺伝子発現量の調査

末梢器官の一例として雄の生殖器官を腹部から摘出し、生殖器官を精巢・貯精囊・付属腺の3部位に分け、RNAを抽出した。その後、逆転写反応を行い、定量的RT-PCR法(qPCR法)に

より、モノアミン受容体遺伝子の発現量を定量した。

セカンドメッセンジャーの定量による受容体の反応性の証明

モノアミン受容体遺伝子の発現が確認された部位において、その遺伝子発現が機能的であることを証明するために、モノアミン入りの培地内で生殖器官を一定時間作用させ、セカンドメッセンジャー（cAMP）量を HPLC-UV 法によって定量した。

（2）モノアミンを自ら合成する末梢器官

毒嚢におけるモノアミン量の調査

特定のモノアミンを合成・生産する末梢器官の一つとして、雌の毒腺・毒嚢が挙げられることから、女王とワーカーの毒嚢におけるモノアミン量を HPLC-ECD 法により定量した。女王では 0 日齢と 5 日齢、ワーカーでは 0 日齢、5 日齢、10 日齢、15 日齢の個体を採集し、毒嚢を摘出し、毒液 1 μ L あたりのアミン量を定量した。

毒腺におけるモノアミン合成酵素遺伝子の発現量の調査

毒嚢中のモノアミンが毒腺の組織によって合成されたものであることを証明するために、毒腺組織におけるモノアミン合成酵素遺伝子の発現量を qPCR 法により定量した。

（3）末梢器官でのモノアミン合成による脳内モノアミン合成への影響

毒腺と脳内におけるモノアミン合成に相関があるかどうかを調べ、両組織間のアミン合成を調節する仕組みがあるかどうかを検討した。さらに体液中にモノアミンを注入し、過剰なモノアミン濃度にした場合の脳におけるモノアミン合成への影響を調べた。

4. 研究成果

（1）モノアミンに対して潜在的な反応を示す末梢器官

生殖器官でのモノアミン受容体遺伝子発現量

雄生殖器官は精巣、貯精嚢、付属腺に分けることができ（図 2A）、これらの部位が性成熟に伴ってどのように変わるのか調べるために、各部位での日齢によるタンパク質量を定量した。その結果、精巣のタンパク質量は日齢に応じて減少し、貯精嚢と付属腺は増加した（図 2B）。このように雄生殖器官は 0~8 日齢にかけて成熟し、タンパク量にも現れるほどの大きさの変化を示すことが分かった。

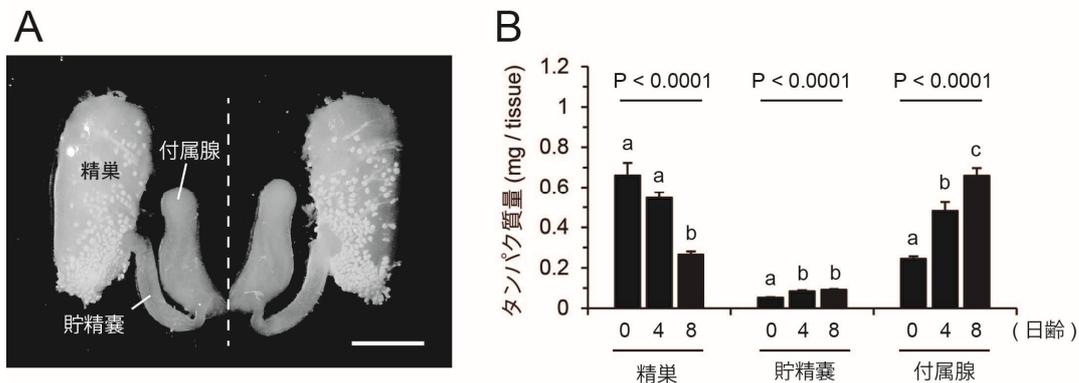


図 2 雄生殖器官 (A) と異なる日齢における生殖器官の各部位のタンパク量 (B). グラフ上の P 値は ANOVA の検定結果を、グラフバー上の異なるアルファベットは日齢間の有意差を示している (Fisher's PLSD, $P < 0.05$). Matsushima *et al.* (2019) を改変。

雄生殖器官の各部位におけるドーパミン受容体遺伝子の発現を定量したところ、4種類の受容体遺伝子全てにおいて、部位間で発現量に有意差が見られ、貯精嚢での発現が他の部位よりも発現量が有意に多かった(図3)。Amdop19においては、日齢間での発現量が有意に異なり、精巣では加齢に伴って発現量が多くなり、貯精嚢では4日齢が他の日齢よりも多く発現した(図3D)。このように、雄生殖器官ではドーパミン受容体遺伝子が発現しており、潜在的に体液中のドーパミンに反応する可能性が示唆された。

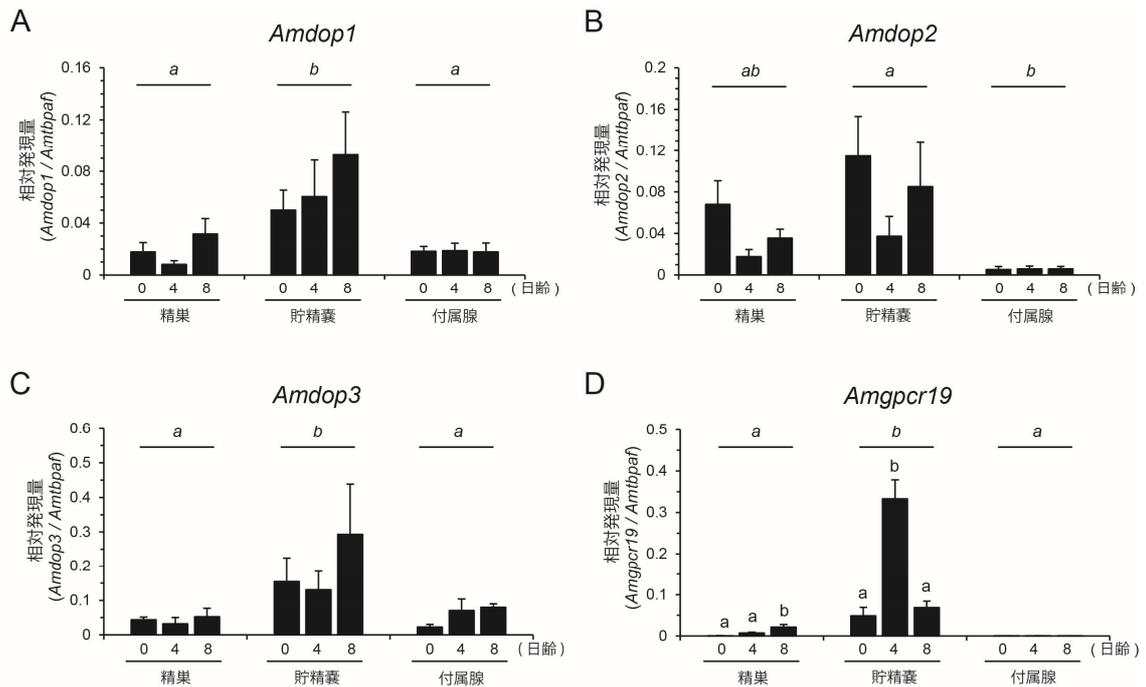


図3 雄生殖器官におけるドーパミン受容体遺伝子の相対発現量。A: Amdop1, B: Amdop2, C: Amdop3, D: Amgpcr19. イタリック体の異なるアルファベットは部位間での有意差 (two way-ANOVA) を示しており、グラフバー上の異なるアルファベットは日齢間の有意差を示している (Fisher's PLSD, $P < 0.05$). Matsushima *et al.* (2019) を改変。

セカンドメッセンジャーの定量による受容体の反応性の証明

生殖器官での受容体遺伝子発現が機能的にはたらいっているかを証明するために、ドーパミンに対する受容体の反応についてセカンドメッセンジャー(cAMP)を測定することにより調べた。まずはcAMPを定量する分析系をHPLC-UVで確立した。その後、ドーパミンに一定時間曝した生殖器官からcAMPを抽出し、定量した。その結果、 10^{-3} Mドーパミンに曝した貯精嚢において、cAMP量が有意に多かった(図4)。この結果より、貯精嚢で発現しているドーパミン受容体はドーパミンに反応しcAMPを増加させることが分かり、機能的であることが証明された。

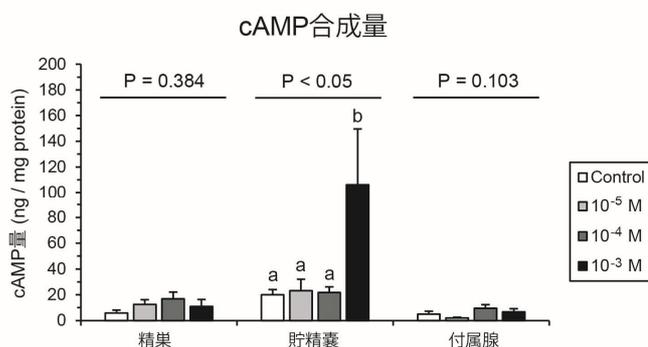


図4 ドーパミンを作用させた雄生殖器官で合成されたcAMP量。グラフ上のP値はANOVAの検定結果を、グラフバー上の異なるアルファベットはドーパミン濃度間の有意差を示している (Fisher's PLSD, $P < 0.05$). Matsushima *et al.* (2019) を改変。

以上の結果から、末梢器官ではモノアミン受容体遺伝子が発現しており、潜在的にモノアミンが作用することが示唆された。特にドーパミンは体液中に高濃度で存在し、性成熟に伴ってその濃度が上昇することから、体液中のドーパミンが生殖器官で発現している受容体に作用し、生殖器官の発達を促進する可能性が考えられる。このようにドーパミンの性ホルモン様作用を示唆した例は、昆虫では初めての知見であり、モノアミンの多様な機能を示すインパクトのある研究成果である。

(2) モノアミンを自ら合成する末梢器官

毒嚢におけるモノアミン量

女王とワーカーの毒嚢において、DOPA、ドーパミン、*N*-アセチルドーパミン、ノルアドレナリン、チラミン、オクトパミン、トリプトファン、セロトニン、*N*-アセチルセロトニンが検出され、その中でドーパミン、*N*-アセチルドーパミン、チラミンで有意なカースト差が見られ、女王でアミン濃度が高かった。

毒腺におけるモノアミン合成酵素遺伝子の発現量

ワーカーの毒腺から抽出したRNAを逆転写し、qPCR法によりアミン合成酵素遺伝子の定量をした。その結果、*Amth*, *Amddc*, *Amtdc*, *Amtbh* の発現が確認され、組織内でのモノアミン合成が強く示唆された。また、ノルアドレナリンを合成する酵素遺伝子は昆虫で発見されていないが、*Amtbh* がその候補として挙げられた。

以上の結果から、末梢器官には自らモノアミンを合成するものがあり、脳組織と同様の合成過程でモノアミンを生産していると考えられる。また、合成の調節はその末梢器官の役割に沿って行われており、脳組織とは独立に調節されていると考えられる。

(3) 末梢器官でのモノアミン合成による脳内モノアミン合成への影響

女王とワーカーにおいて、毒嚢内アミン濃度と脳内アミン量との相関を調べたところ、女王では、ドーパミンで負の相関、ノルアドレナリンとトリプトファン、セロトニン、*N*-アセチルセロトニンで正の相関が検出された。ワーカーでは、チラミンで負の相関、トリプトファンとセロトニン、*N*-アセチルセロトニンで正の相関が検出された。

体液中へのドーパミンまたはオクトパミンを注入した時の脳内のドーパミン、オクトパミンを定量したところ、ドーパミン注入による脳内ドーパミン量やオクトパミン量、オクトパミン注入による脳内オクトパミン量やドーパミン量への影響は検出されなかった。したがって、短時間の体液中モノアミンの上昇が脳内アミン合成に影響を与える可能性は低いと考えられる。

以上の結果から、体液を介した末梢器官と脳の情報共有機構は実験的には検証できなかったが、両器官でアミン量の相関は見られることから、共通の因子によるアミン合成の調節機構の存在が考えられる。この調節機構では短時間で同期するほどの強い調節ではないと考えられる。このような脳と末梢器官のそれぞれで合成されるモノアミン量を比較した研究は殆どなく、新しい調節機構の可能性を示唆できたといえる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計13件（うち査読付論文 10件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Sasaki, K., Goto, K., Harano, K.	4. 巻 107
2. 論文標題 Timing of male territorial flight and foraging of the large carpenter bee <i>Xylocopa appendiculata</i> related to serotonin in the brain	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Science of Nature	6. 最初と最後の頁 25
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s00114-020-01681-2	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 Tsuchida, K., Saigo, T., Asai, K., Okamoto, T., Ando, M., Ando, T., Sasaki, K., Yokoi, K., Watanabe, D., Sugime, Y., Miura, T.	4. 巻 31
2. 論文標題 Reproductive workers insufficiently signal their reproductive ability in a paper wasp	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Behavioral Ecology	6. 最初と最後の頁 577-590
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1093/beheco/arz212	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 Farkhary, S. I., Sasaki, K., Hayashi, S., Harano, K., Koyama, S., Satoh, T.	4. 巻 32
2. 論文標題 Suppression of flight activity by a dopamine receptor antagonist in honey bee (<i>Apis mellifera</i>) virgin queens and workers	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Insect Behavior	6. 最初と最後の頁 218-224
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s10905-019-09728-7	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 -
1. 著者名 Uchiyama, H., Sasaki, K., Hinosawa, S., Tanaka, K., Matsumura, K., Yajima, S., Miyatake, T.	4. 巻 9
2. 論文標題 Transcriptomic comparison between beetle strains selected for short and long durations of death feigning	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 14001
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1038/s41598-019-50440-5	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 Matsushima, K., Watanabe, T., Sasaki, K.	4. 巻 112
2. 論文標題 Functional gene expression of dopamine receptors in the male reproductive organ during sexual maturation in the honey bee (<i>Apis mellifera</i> L.)	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Insect Physiology	6. 最初と最後の頁 9-14
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jinsphys.2018.11.005	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 Sasaki, K., Ugajin, A., Harano, K.	4. 巻 13
2. 論文標題 Caste-specific development of the dopaminergic system during metamorphosis in female honey bees	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 PLoS ONE	6. 最初と最後の頁 e0206624
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1371/journal.pone.0206624	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 Honda, K., Matsumoto, J., Sasaki, K., Tsuruta, Y., Honda, Y.	4. 巻 8
2. 論文標題 Uptake of plant-derived specific alkaloids allows males of a butterfly to copulate	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 5516
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-018-23917-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 -

1. 著者名 Shimoji, H., Aonuma, H., Miura, T., Tsuji, K., Sasaki, K., Okada, Y.	4. 巻 71
2. 論文標題 Queen contact and among-worker interactions dually suppress worker brain dopamine as a potential regulator of reproduction in an ant	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Behavioral Ecology and Sociobiology	6. 最初と最後の頁 35 (9 pages)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00265-016-2263-3	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 Sasaki, K., Matsuyama, H., Morita, N., Ono, M.	4. 巻 103
2. 論文標題 Caste differences in the association between dopamine and reproduction in the bumble bee <i>Bombus ignitus</i>	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Insect Physiology	6. 最初と最後の頁 107-116
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jinsphys.2017.10.013	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 Farkhary, S. I., Sasaki, K., Hayashi, S., Harano, K., Koyama, S., Satoh, T.	4. 巻 30
2. 論文標題 Fighting and stinging responses are affected by a dopamine receptor blocker flupenthixol in honey bee virgin queens	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Insect Behavior	6. 最初と最後の頁 717-727
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10905-017-9650-0	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 佐々木謙	4. 巻 73
2. 論文標題 特集 「ミツバチの生物学」 ミツバチの社会性進化 ~繁殖分業を獲得したミツバチとその仲間たち	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 生物の科学 遺伝	6. 最初と最後の頁 44-49
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 無
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 佐々木謙, 原野健一	4. 巻 53
2. 論文標題 特集 「ミツバチの生物学」 ミツバチの行動と生態および生活史	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 昆虫と自然	6. 最初と最後の頁 9-12
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 無
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 佐々木 謙	4. 巻 52
2. 論文標題 特集「昆虫の社会性進化」 研究者を惹きつける社会性昆虫	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 昆虫と自然	6. 最初と最後の頁 2-4
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 無
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24件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 6件)

1. 発表者名 Sasaki, K., Goto, K., Harano, K.
2. 発表標題 Daily rhythm of territorial flight and foraging in males in the large carpenter bee, <i>Xylocopa appendiculata</i>
3. 学会等名 Asian Apicultural Association Philippines Symposium (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Watanabe, T., Matsushima, K., Sasaki, K.
2. 発表標題 Enhanced genes expression of enzymes involved in dopamine biosynthesis by a juvenile hormone analog in honey bee males
3. 学会等名 8th International Symposium on Insect Molecular Science (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Sasaki, K., Ugajin, A., Harano, K.
2. 発表標題 Differences in dopaminergic system between castes during metamorphosis in female honey bees
3. 学会等名 8th International Symposium on Insect Molecular Science (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Sasaki, K.
2. 発表標題 Biogenic amines and division of labor in eusocial Hymenoptera
3. 学会等名 International Congress of IUSSI 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tsuneto, K., Endo, H., Sasaki, K., Sato, R.
2. 発表標題 Ultrasensitive chemosensory neurons in silkworm identify its host plant without biting
3. 学会等名 The 10th International Workshop on Molecular Biology and Genetics of the Lepidoptera (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 吉村英翔・山田佳廣・佐々木謙
2. 発表標題 セグロアシナガバチにおける日長依存のカースト決定に介在する生体アミン類の特定
3. 学会等名 第64回日本応用動物昆虫学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 渡邊智大・佐々木謙
2. 発表標題 セイヨウミツバチ雄における加齢に伴う脳内ドーパミン増加の生理機構
3. 学会等名 第64回日本応用動物昆虫学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 佐々木謙・原田真理子
2. 発表標題 セイヨウミツバチ雌のカースト特異的な形質の潜在的な連続性
3. 学会等名 第64回日本応用動物昆虫学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Watanabe, T., Sasaki, K.
2. 発表標題 Mechanisms underlying the increase of brain dopamine with aging for sexual maturation in males in the honey bee
3. 学会等名 日本比較生理生化学会第41回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐々木謙・後藤健太・原野健一
2. 発表標題 キムネクマバチ雄のなわばり飛翔時間帯と採蜜のタイミング
3. 学会等名 日本動物行動学会第38回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Matsushima, K., Watanabe, T., Sasaki, K.
2. 発表標題 Functional gene expression of dopamine receptors in the male reproductive organ during sexual maturation in the honey bee (<i>Apis mellifera</i> L.)
3. 学会等名 行動生態学シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐々木謙・原田真理子
2. 発表標題 ミツバチ雌の中間カースト個体の攻撃性と脳内ドーパミン量
3. 学会等名 日本動物行動学会第37回大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Watanabe, T., Sasaki, K.
2. 発表標題 Sex difference of juvenile hormone effects on biogenic amines in honey bees
3. 学会等名 日本比較生理生化学会第40回大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 常藤加菜・遠藤悠・志井文香・佐々木謙・永田晋治・佐藤令一
2. 発表標題 カイコガ幼虫における味覚情報に制御された宿主摂食機構の解明
3. 学会等名 日本蚕糸学会第89回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐々木謙・宇賀神篤・原野健一
2. 発表標題 セイヨウミツバチ雌の変態期に生じる脳内ドーパミン系のカースト差
3. 学会等名 第63回日本応用動物昆虫学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 渡邊智大・佐々木謙
2. 発表標題 セイヨウミツバチ雄における性成熟までの脳内アミン量増加の要因
3. 学会等名 第63回日本応用動物昆虫学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 宮竹貴久・内山博允・佐々木謙・日ノ澤祥悟・田中啓介・松村健太郎・矢嶋俊介
2. 発表標題 死にまね行動を制御する遺伝子群の探索
3. 学会等名 第63回日本応用動物昆虫学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 渡邊智大・佐々木謙
2. 発表標題 セイヨウミツバチにおける幼若ホルモンによる生体アミンへの影響の性差
3. 学会等名 第2回関東昆虫学研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐々木謙・宇賀神篤・原野健一
2. 発表標題 ミツバチの雌で生じる脳内ドーパミン系のカーブ差とその意味
3. 学会等名 第8回ミツバチシンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 渡邊智大・佐々木謙
2. 発表標題 ミツバチ雄における幼若ホルモン類似物質によるドーパミン合成酵素遺伝子発現量の選択的増加
3. 学会等名 第8回ミツバチシンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Farkhary, S. I., Sasaki, K., Hayashi, S., Harano, K., Koyama, S., Satoh, T.
2. 発表標題 The influence of dopamine on flying behavior of honey bee workers
3. 学会等名 45th Apimondia International Apicultural Congress (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 佐々木謙・松山日名子・森田成亮・小野正人
2. 発表標題 クロマルハナバチ雌の卵巣発達に伴う脳内ドーパミン量の動態とそのカーブ差
3. 学会等名 第62回日本応用動物昆虫学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 渡邊智大・佐々木謙
2. 発表標題 ミツバチ雄における幼若ホルモンによるドーパミン・オクトパミン合成酵素遺伝発現への影響
3. 学会等名 第62回日本応用動物昆虫学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐々木謙
2. 発表標題 昆虫の行動様式に基づくトランスクリプトーム解析と生体アミン関連遺伝子の発現
3. 学会等名 昆虫ソシオゲノミクス研究会（招待講演）
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計3件

1. 著者名 Sasaki, K.	4. 発行年 2019年
2. 出版社 NOVA Science Publishers	5. 総ページ数 226
3. 書名 Advances in Animal Science and Zoology, Reproductive physiology of male honey bees, Chapter 2, (Ed..) Owen P. Jenkins	

1. 著者名 Sasaki, K., Koyama, S., Satoh, T.	4. 発行年 2018年
2. 出版社 NOVA Science Publishers	5. 総ページ数 221
3. 書名 Advances in Animal Science and Zoology, Monogyny and polygyny: plasticity of a number of queens in a colony in arboreal species, Chapter 4, (Ed.) Owen P. Jenkins	

1. 著者名 Sasaki, K.	4. 発行年 2017年
2. 出版社 NOVA Science Publishers	5. 総ページ数 360
3. 書名 Biogenic Amines (BA): Origins, Biological Importance and Human Health Implications, Social behaviors modulated by tyramine and octopamine in insects, Chapter 9, (Ed.) Joanna Standnik	

〔産業財産権〕

〔その他〕

昆虫の死にまねを制御する遺伝子群を世界に先駆けて発見！
https://www.tamagawa.jp/graduate/news/detail_16657.html
ミツバチの女王蜂と働き蜂では、脳内物質『ドーパミン』の量が成長過程で大きく異なっていた！
http://www.tamagawa.jp/graduate/news/detail_15176.html
ミツバチの脳内物質がホルモンとして作用 - 雄の生殖器官にドーパミンが作用することを発見！
http://www.tamagawa.jp/graduate/news/detail_15529.html
チョウが植物の成分を薬物として利用することを発見！
http://www.tamagawa.jp/graduate/news/detail_14149.html
玉川大学HP, 研究紹介
http://www.tamagawa.jp/graduate/news/detail_13549.html
ResearchGate, 研究者紹介HP
https://www.researchgate.net/profile/Ken_Sasaki2

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
--	---------------------------	-----------------------	----