

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 5 日現在

機関番号：13701

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2016

課題番号：26840154

研究課題名(和文)植物と送粉者共生系における種特異性の決定要因の解明

研究課題名(英文)What factors are important for determining the species specificity in plant-pollinator mutualism?

研究代表者

岡本 朋子 (Okamoto, Tomoko)

岐阜大学・応用生物科学部・助教

研究者番号：50588150

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：一部の植食性昆虫が、生涯で1種の植物のみを食べる原因を明らかにすることを目的として研究を行った。カンコノキとハナホソガの送粉共生系を対象にして行った研究から、ハナホソガは寄主植物を選ぶ際に、寄主の花から発せられる匂い物質の中でも、特定の数種の物質を用いていること、また、初期の幼虫が寄主植物以外の種を食べた場合はその後の生存率が下がることが明らかになった。このようにハナホソガは寄主以外ではうまく成長できない可能性が高いが、それが寄主の栄養によるものか、種子の成長速度によるものかは明らかになっていない。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this research is to reveal why the *Epicephala* moth feed on only one host species through its larval stage. I conducted two experiments, the laboratory experiments using cultivated plants and moth larvae and electrophysiological tests. It revealed that the survival rates of *Epicephala* larvae feeding on the seeds of non-host species decreased, and the female adults of *Epicephala* can detect their host species using some specific compounds emitted from host flowers. Although the cause of the *Epicephala* moths could not develop on non-host species under my laboratory experiments is not unknown, it may be thought that *Epicephala* larvae can digest only the seeds of host species or their growth rates cannot synchronize with the developing speeds of non-host seeds.

研究分野：化学生態学

キーワード：種特異性 送粉 植食性昆虫

## 1. 研究開始当初の背景

昆虫の中には限られた植物のみを食べるものが多く知られている。植物が作り出す防衛形質(化学物質・堅さ等)を打破できるかどうかは、植食性昆虫の食草決定には重要な要因の1つである。しかしながら、同じ植食性昆虫の中でも、花粉を運ぶことで植物と相利共生関係を結ぶ送粉昆虫においては、特定の植物だけを食べてといった、高い特異性がなぜみられるのかはほとんど解明されていない。ハナホソガ属(ホソガ科)のガは、300種以上知られており、それぞれが一生を通じて1種の植物のみを食べる極端な単食性である。寄主であるカンコノキを訪れ、花粉を運ぶと同時に花に産卵し、花の中で孵化した幼虫は寄主の種子のみを食べて成長する。一方の植物は特定のハナホソガに花粉の運搬を頼っているため、両者は互いに繁殖を依存しあう相利共生関係にある。両者の多様化の背景には、高い種特異性が重要な役割を果たしたと考えられている(Kawakita et al. 2010)。申請者が行った研究では、カンコノキにはハナホソガ以外にも種子や葉を食べるガ類がいるものの、いずれの種もカンコノキ属植物であれば広く食害する。このようにカンコノキでは、種間で栄養や被食防衛物質が大きく異なる可能性は低いと考えられる(Kawakita et al. 2010)。また、申請者が行った以下の2つの研究から、ハナホソガが1種の植物だけを食べる要因を考察した。1) ハナホソガは寄主の花から放出される揮発性物質を用いて寄主を認識する(Okamoto et al. 2007)。2) ハナホソガは授粉に先駆けて雄花で花粉を集める。その際に雄花特有の匂いを用いている(Okamoto et al. 2013)。このように、ハナホソガの一連の繁殖行動(寄主認識 交尾 雄花での集粉 雌花での授粉・産卵)の達成には、植物の様々な化学物質が情報として必要であると考えられる。本研究では、ハナホソガの複雑な繁殖行動とその行動を誘発する花の匂いに注目し、ハナホソガはたとえ餌として利用できる他種があったとしても、それを認識できない可能性があると考えた。これを検証することで、カンコノキとハナホソガ送粉共生系で見られる高い種特異性の創出要因の解明を目的とする。

## 2. 研究の目的

生物同士の共生関係には、著しい種の多様化を遂げたものがある。その際たる例がカンコノキとハナホソガであり、それぞれ300種以上が知られている。カンコノキとハナホソガは、共進化を通じて1種対1種の極めて高い特異性を獲得し、劇的に多様化したと考えられている。しかしながら、相利共生系において、「なぜ種特異性が高いのか？」を明らかにした例は少なく、その解明は生物多様

性の創出と維持機構を理解する点において、進化生態学の最も重要な課題の1つである。本研究では、カンコノキとハナホソガの送粉共生系を用いて、高い種特異性創出の要因を探ることを目的とする。

## 3. 研究の方法

本研究では、“なぜカンコノキとハナホソガの間に高い種特異性が見られるのか”の解明を目指し、はじめに以下の2つの仮説をたて研究に取り組んだ。【仮説1】ハナホソガは寄主以外のカンコノキ植物も餌として利用できる。しかし、他種の花粉で受粉した交雑種子は利用できない。そのため、同種の花粉を雄花から雌花へ運搬する必要がある。【仮説2】同種個体に花粉を運ぶ制約の元、効率的に花粉を運搬するため、雄花と雌花を嗅ぎ分ける能力を獲得した(Okamoto et al. 2013)。その結果、特定の匂いへの特殊化が進み、他種を認識できなくなった。はじめに、(1)について、ハナホソガが寄主植物以外を食べて育った場合の生存率の違いを調べた。もしも寄主以外を利用できるなら、ハナホソガは利用できる資源をあえて利用していないと言え、種特異性の背景には種子の利用条件以外があるといえる。また、異種の花粉で受粉させた種子を用いて同様の実験を行った。申請者の予備的な実験で、カンコノキは人工受粉によって雑種の種子を作ることが明らかになっている。この種子が、ハナホソガにとって利用できる餌なのかどうかを調べることで本仮説の検証を行う。また、ハナホソガの触角に匂い物質を吹き付け、電気生理応答があるかどうかを調べることで、ハナホソガが利用している化学物質のスクリーニングを行う。さらに、ハナホソガを用いた行動実験により、行動を制御する化学物質の特定を目指す。これにより、ハナホソガが他種を認識できず、その結果他種を利用できない可能性を探った。

## 4. 研究成果

### 【室内実験系の確立】

本研究計画全体を通じて、カンコノキとハナホソガを室内で維持し、実験に使用するため、はじめに室内実験系の確立を目指した。カンコノキに関しては、本研究をはじめめる以前より、ハウス内で栽培していたものと合わせ、新たに奄美大島、沖縄島より枝を採集し挿し木を行った。その結果、日本に生育するハナホソガ媒の5種のうち、4種の栽培に成功した。また、樹種によって移植に最適な条件が異なることが明らかになり、適した環境での栽培が可能になった。また、ハナホソガに関しては、幼虫期の餌として寄主植物の種子が必須であるため、累代飼育はできなかったが、室内で成虫を30日以上保持することができた。

【ハナホソガの寄主認識メカニズムの解明】

これまでの研究によって、ハナホソガは寄主植物から発せられる花の匂いによって寄主と非寄主植物を見分けていることがわかってきた。本研究では、さらに、数十種の化学物質で構成される花の匂いの中でも、どの化学物質によって種特異性が保たれているのかを明らかにするため、ガスクロマトグラフ触角電気生理応答測定器 (GC-EAD) を用いて実験を行った。その結果、ハナホソガが認識できる匂い物質は種ごとに異なることが明らかとなった。特に、同所的に生育する他種から放出される匂い物質には応答を示さなかったことから、ハナホソガは他種を積極的に忌避するのではなく、認識ができない可能性が高い (図 1 & 2)。

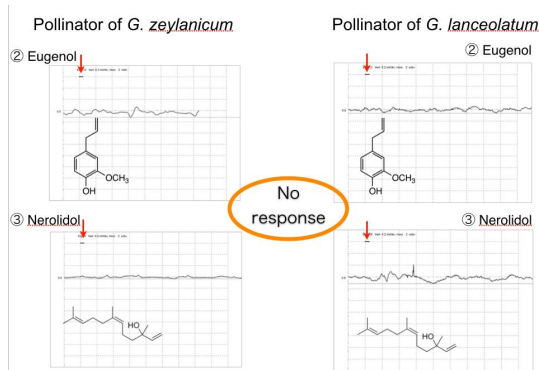


図 1. カキバカンコノキ(左)とキールンカンコノキ(右)の送粉者のハナホソガの触角電気生理的応答。同所的に生育するヒラミカンコノキから多く放出される匂い物質(オイゲノール・ネロリドール)には応答を示さない。

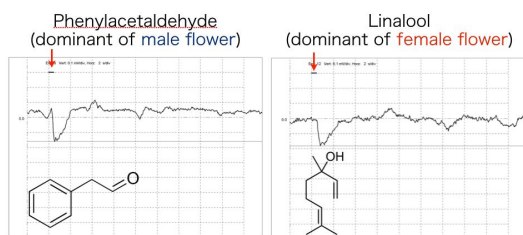


図 2. カキバカンコノキの送粉者のハナホソガの触角電気生理的応答。カキバカンコノキの雄花と雌花に多く含まれる物質(フェニルアセトアルデヒド・リナロール)に強い応答がみられた。

また、カキバカンコノキ・キールンカンコノキ・ヒラミカンコノキ・ウラジロカンコノキの4種の送粉ハナホソガを用いて、寄主植物の匂いを触角に提示し、電気的生理応答を調べた結果、それぞれのハナホソガは、匂い物質の中でもごく一部の物質だけを用いて寄主を認識している可能性が示唆された。

【非寄主を食べた際の幼虫の生存率】

実験室下において、カンコノキの種子から抽出したハナホソガの初齢幼虫を、非寄主植物

の種子に移植し食べさせ、1日ごとの生存率を調べた。その結果、非寄主植物の種子を食べたハナホソガは48時間以内に半数以上、全ての個体が72時間以内に死亡した。一方、種子から抽出後に、さらに寄主植物の種子に移植したハナホソガ(コントロール)は、半数が48時間以上生存したが、全ての個体が120時間以内に死亡した。非寄主に移植した個体だけでなく、寄主に再移植した個体も全てが終齢まで成長しなかったことから、移植実験が適していない可能性が高いが、死亡するまでにかかる時間に差が見られたことから、ハナホソガは寄主植物以外の種子は食べられない可能性が高い。今後は、移植実験手順の見直し及びカンコノキ各種の実に含まれる栄養や化学物質の組成を調べることで、ハナホソガの生存を決定する要因を明らかにしていく必要がある。

カンコノキとハナホソガの間に見られる著しく高い種特異性は、ハナホソガが花粉を雄花から雌花へと効率的に運ぶために、特定の匂いへの認識の特殊化が起こり、他種のカンコノキが認識できなくなった結果であると考えられる(仮説2を支持)。今後はこれらの結果を強固にするため、さらに実験を重ねる必要がある。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計0件)

〔学会発表〕(計9件)

岡本朋子 ハナホソガ科ガ類の特殊な行動が花の形質を進化させる. 小集会「深化するガ類性フェロモンの真価 2015」日本昆虫学会第76回大会・第60回応用動物昆虫学会大会合同大会 大阪 2016年3月.

岡本朋子・奥山雄大 花の匂いが導く種分化 -化学生態学と遺伝学の統合的手法が拓く新たな世界. 企画集会「種の境界:進化学と生態学、分子遺伝学から種分化に迫る」. 日本生態学会 第63回大会 仙台 2016年3月

岡本朋子 匂いで虫をよぶ花と、匂いを進化させる虫. みんなのジュニア生態学講座 - 高校生と研究者の交流会. 日本生態学会 第63回大会 仙台 2016年3月

岡本朋子 コミカンソウとハナホソガの送粉共生系を支える花の匂い. ワークショップ 虫の会(まじめ版)2 昆虫学のこれから. 日本分子生物学会 第38回大会 神戸 2015年12月

Okamoto T. Reproductive isolation mediated by floral scent and pollinator preferences. SymposiumS02: Recent technical advances in the study of speciation of phytophagous insects: genomic and chemical ecology approaches. The

62th Annual Meeting of the Ecological Society of Japan, Kagoshima, March 2015.

岡本朋子 植物の他種共存を可能にする花由来の揮発性物質. 第4回生物起源微量ガスワークショップ つくば 2014年11月

Okamoto T Chemical Ecology of *Epicephala* moths: from behavior to electrophysiology. International Symposium on Gracillariidae, Wakayama, Japan, September 2014.

Okamoto T Flower sniffing insects –behavior of pollinating insects drive the evolution of floral scents– Symposium 1.; Understanding of diversity and evolution of arthropods. The 16th Annual Meeting of Society for Evolutionary Studies, Japan, August 2014

岡本朋子 植物と昆虫の送粉共生系の進化と維持機構 -野外調査から紐解く生物間相互作用- 新学術領域研究「植物細胞壁の情報処理システム」主催シンポジウム 寄生共生インシデント 2014年4月28日

〔図書〕(計1件)

Okamoto T. Species-specific floral scents as olfactory cues in pollinator moths. Chapter 8 in Obligate pollination mutualism, Springer. Published in 2017.

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

取得状況(計 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年月日：  
国内外の別：

〔その他〕  
ホームページ等

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

岡本 朋子 (OKAMOTO, Tomoko)  
岐阜大学・応用生物科学部・助教  
研究者番号：50588150

### (2) 研究分担者

( )

研究者番号：

(3) 連携研究者

( )

研究者番号：

(4) 研究協力者

( )