

平成21年 5月 8日現在

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2006～2008

課題番号：18580052

研究課題名（和文）原始的な花粉媒介システムにおける訪花者と果実食者の比較群集学的研究

研究課題名（英文）Comparative community ecology of flower visitors and frugivorous insects in the primitive pollination system of *Annona* fruit trees.

研究代表者 塚田 森生（TSUKADA MORIO）

三重大学・大学院生物資源学研究科・准教授

研究者番号：20273352

研究成果の概要：

果樹アテモヤに訪花する甲虫類の群集構成を調査するとともに、アテモヤまたはその近縁種チェリモヤを始めとする果物をトラップとして調査した。訪花者および果実食者群集の組成にはその調査場所の地理的条件が影響し、その場所の果実食昆虫群集の一部がアテモヤに訪花したと考えられた。三重県御浜町に於いては訪花者群集に近いのはチャリモヤの果実の群集であり、石垣市ではアテモヤとバナナのものであった。花香は♀ステージの段階では甲虫に対して誘引力があったが、♂ステージになった後では誘引力はなかった。

交付額

（金額単位：円）

| | 直接経費 | 間接経費 | 合計 |
|--------|-----------|---------|-----------|
| 2006年度 | 1,800,000 | 0 | 1,800,000 |
| 2007年度 | 1,000,000 | 300,000 | 1,300,000 |
| 2008年度 | 700,000 | 210,000 | 910,000 |
| 年度 | | | |
| 年度 | | | |
| 総計 | 3,500,000 | 510,000 | 4,010,000 |

研究分野：昆虫生態学

科研費の分科・細目：農学・応用昆虫学

キーワード：花粉媒介、群集生態、行動、甲虫、アテモヤ

1. 研究開始当初の背景

自家不和合性や雌雄異株性などのために放任受粉による結実が難しい農作物では、人工受粉や花粉媒介昆虫の導入などが行われる。そして、ミツバチに代表されるように、花粉媒介昆虫として実用化されているのはいずれもハナバチ類である。しかし、植物は種ごとに独自の進化的背景を持ち、本来の花粉媒介昆虫もまた植物ごとに多様である。

被子植物が適応放散を遂げたのはおよそ1億年前、白亜紀中期頃と考えられる。この

時代の植物の爆発的な種分化には、ハナバチによる花粉媒介という共生関係の確立が深く関与したと考えられる。しかし、その前にはハナバチ類はほぼ存在せず、甲虫やハエ目の微小な種、ガ類などによる花粉媒介が支配的であった。この時代以来大きな変化を遂げてこなかった原始的な植物では、現在でもハナバチの訪花が見られない。

このような植物としては、モクレン目バンレイシ科のチェリモヤやバンレイシ、ヤシ科の各種植物、サトイモ科の各種植物などがあ

る。いっぽう、系統樹から適応放散時に出現したと考えられる植物であっても、その全てがハナバチに花粉媒介を頼っているわけではなく、有用植物で言えばアオイ目パンヤ科のドリアンや、サボテン科のドラゴンフルーツなどはハナバチによる花粉媒介を受けないものと考えられている。

2. 研究の目的

本研究では、モクレン目の果樹アテモヤの訪花昆虫の群集生態学的特性の解明を目指す。これは、単に訪花者のリストを作成し、統計学的に解析するというものではなく、アテモヤの訪花昆虫相を複数の地域ごとに解明するとともに、それら訪花者がその地域・期間の果実食性昆虫群集とどのような関係にあるのかを解明しようとするものである。とくに、アテモヤまたはそれに極めて近縁であるチャリモヤの果実を利用する昆虫の群集と、バナナや柑橘などそれ以外の果物を利用する昆虫の群集に違いがあるのか、あればいずれが訪花者群集に近いのかを解明する。なお、アテモヤはチェリモヤと、その同属種バンレイシとの雑種である。作業仮説は、花の匂いが自らの果実の匂いに化学的に擬態して果実食性の昆虫群集を誘引し、花粉媒介に役立っていると言うことである。

アテモヤはチェリモヤなどと同じく雌雄同花ながら雌性先熟の開花パターンを示す。♀ステージになってから♂ステージになるまではほぼ24時間である。訪花者は主に花の匂いを手がかりとして夜間♀ステージの花を訪れ、次の日の夜、♂ステージになった後にこれから離れ、次の♀ステージの花に移ると考えられる。このようなことが実際に起こるか否かを確かめるために、花の匂いに対する昆虫の反応を実験的に明らかにする。

上記のような実験や栽培現場での利用を考える上で訪花昆虫の大量飼育は欠かせない。そこで、花粉媒介者として有望な種に関して詳細な発育特性も同時に解明する。

3. 研究の方法

三重県御浜町、沖縄県石垣市において採取されたアテモヤの訪花甲虫を、種レベルまで同定した。同時に、それぞれの場所に仕掛けた果物トラップから得られた甲虫類の同定も行い、地域と、花または果物による群集組成の比較を行った。なお、仕掛けた果物トラップは、バナナ、カンキツ、およびアテモヤである。パイナップルも用いた時期があるが、入手できずにデータが欠如している部分があるのでここでは言及しない。また、アテモヤの入手が出来ないときにはチェリモヤを使用した。これらの果物から得られた甲虫群集のうち、いずれが花彼得られた甲虫群集に

最も近いかを解析した。

花が実際に誘引力のある匂いを放出していることを確認するため、代表的な訪花者であるクリイロデオキシイを室内飼育して、これを用いたオルファクトメータ試験を行った。試料として樹から切り取った直後の♀ステージまたは♂ステージの花を用い、それぞれの誘引力を調べた。さらに、樹上の花を切り取らずに試料として用い、同様の実験を行った。

クリイロデオキシイの発育特性に関する基礎的な理解のために、18℃から30℃までの4温度条件下で本種を飼育し、発育期間および死亡率を得た。産卵特性に関しても予備的な実験を行った。

4. 研究成果

御浜町ではハネカクシ科の2種の昆虫が主たる訪花者であった。これには未記載または日本未記録の種が含まれている。これまでの研究で一般的な訪花者と考えられているケシキスイ類はここではほとんど見られなかった。一方果物トラップでは、チェリモヤの果実にはハネカクシ類が極めて多く、これ以外にアカマダラケシキスイ、クリイロデオキシイ等のケシキスイもごく僅かではあるが採取された。バナナやオレンジの果実からはハネカクシはほとんどとれず、主にアカマダラケシキスイ、クリイロデオキシイ、モンチビヒラタケシキスイを中心としたケシキスイ類が得られた。この中で、オレンジではモンチビヒラタケシキスイの割合がバナナでの場合よりも高かった。果実で得たハネカクシと訪花していたハネカクシは必ずしも同種ではないが、果実食性種は訪花種を包含しており、3つの果物を訪れる昆虫群集の中ではチャリモヤのものが訪花者と最も近かった。バナナとオレンジに関しては得られた個体数が少ない上に種組成が比較的似通っており、いずれが訪花者に近いかは判断できなかった。

石垣市においては、御浜町よりも個体数、種数ともはるかに多くの昆虫が訪花していた。訪花者のほとんどはクリイロデオキシイ、カタベニデオキシイ、ニセカタベニデオキシイ、モンチビヒラタケシキスイを中心としたケシキスイ類で、ハネカクシは見られなかった。果実で得られた虫もケシキスイ類が中心であったが、訪花者と比べてより種多様性が高く、物理的に花に侵入できないアカマダラケシキスイのほか、クリヤケシキスイ、セスジデオキシイ、ホソヒラタデオキシイ等も採取された。果実で得られた群集のうち、オレンジのものはモンチビヒラタケシキスイの比率が高く、バナナおよびアテモヤの果実の群集と異なっていた。バナナおよびアテモヤの果実より得られた群集は相対的に訪花

者群集と似通っていた。

全体としてみると、訪花者および果実食者群集の組成にはその調査場所の地理的条件が大きく影響し、その場所に存在する果実食性昆虫群集の一部がアテモヤの花に訪花し、あるいは果物トラップで得られたものと考えられた。そして、今回調査した範囲では、御浜町に於いては訪花者群集に近いのはチャリモヤの果実の群集であり、石垣市ではアテモヤとバナナのものであった。いずれの場所でもオレンジの群集は訪花者とは大きく異なっていた。以上を定性的に図1に示す。果実食性昆虫の群集には餌の選好や利用に関してある程度の柔軟性があり、当初期待したほど明瞭にアテモヤの訪花者が他の果物よりもアテモヤ自身の果実を好むと言い切れない部分があったが、その傾向は十分認められた。今後、どの程度花香と果実の香りが似ているのかを科学的に分析する必要がある。

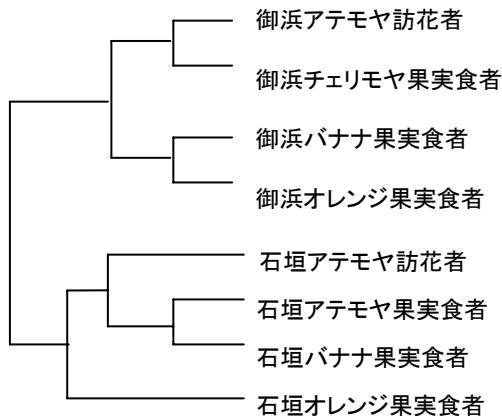


図1 各群集の類縁関係の定性的な概念図。御浜では季節的な問題でアテモヤ果実を使えなかったためチェリモヤ果実を用いた。

室内飼育したクリイロデオキシイを用いて花香の誘引性を調べた結果、花を樹から切り取った場合は♂ステージ、♀ステージともに誘引性は認められず、有意な忌避性があった。これはボックス型のオルファクトメーター、T字型のオルファクトメーターいずれでも同様であった。なお、使用した虫は全て羽化前から個別飼育した未交尾の成虫である。

切り取った花ではどのように気を付けて実験しても忌避性があったが、一方で訪花者は日没後に♀ステージの花を訪れることが多いことがこれまでに分かっているため、花が誘引性の化合物を放出していることは間違いないと思われた。そこで、つぎに樹に着いたままの花にビニール袋を被せてここからポンプで花香を吸引してT字型オルファクトメーターにかけたところ、雌雄いずれの虫も、♀ステージの花に対して有意な選好性

を示した。一方、♂ステージの花に対しては雌雄いずれ選好性、忌避性とも示さなかった。なお、ここでは対照区は外気である。以上を定性的にまとめると、表1のようになる。

表1 樹上のアテモヤの花に対するクリイロデオキシイの選好性の有無

| 花の性 | 虫の性 | |
|-----|-----|---|
| | 雄 | 雌 |
| ♀ | + | + |
| ♂ | - | - |

さらに、樹上の♀ステージの花と♂ステージの花を直接選好させたところ、雄の虫、雌の虫ともに♀ステージの花を有意に選好した。この傾向は雄の虫でより強かったが、虫の雌雄で有意差はなかった。

実際には、花の匂いは遠距離からの甲虫の誘引に役立つとは言い切れないが、♀ステージの花は約24時間後に雄ステージになるまでの間訪花者を花内に引き留めておくので、花香はこのためにも役に立つものと思われる。

このように、花の香りはステージによって量的あるいは質的に異なり、これにより訪花昆虫の行動を制御することによって花粉媒介させていると考えられる。今後、この量的、質的な変化を化学的に解析する必要がある。

クリイロデオキシイの発育は18℃から30℃の範囲内では高温条件下で早くなった。18℃では卵から羽化までに平均約60日、20℃で50日、25℃で26日、30℃で18日であり、これには虫の雌雄間の差はほとんどなかった。発育期間の逆数として求められる発育速度は30℃でも頭打ちにはならず、本種はモンチビヒラタケシキスイなどの他のケシキスイと比較して高温に強いものと考えられるが、30℃では蛹期間の死亡率がやや高く、発育にもっとも好適なのは25℃前後であると考えられる。得られた成虫のサイズは低温ほど大きく、高温で小さいという、一貫した傾向があった。

クリイロデオキシイは25℃条件下で産卵させた場合、羽化後2日目から産卵を始め、餌が約5gのパイナップル片の場合、産卵数の安定する5日目以降は1日あたり個体あたり約11の卵を産む。雌成虫の頭幅と寿命、頭幅と日当たり産卵数の間にはいずれも有意な正の相関があり、この結果、頭幅と生涯産卵数の間にも有意な正の相関が見られた。ごく僅かな頭幅の違いがこのような変化をもたらすことは興味深い。発育温度により成虫の体サイズが変化することから、今後、発育速度と産卵数を総合的に考察してどの温度で飼育することが最も効率的かを考える

必要があるが、作業側が重要視する条件が、例えば成長の早さなのか、増殖率なのかによっても最適な飼育温度は変わるものと考えられる。

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 1 件)

(1) Tsukada, M., D. Tanaka and H. Higuchi (2008) Thermal requirement for development of *Carpophilus marginellus* (Coleoptera: Nitidulidae), a potential pollinator of cherimoya and atemoya trees (Magnoliales: Annonaceae). *Applied Entomology and Zoology* 42(2): 281-285.

[学会発表] (計 1 件)

(1) 塚田森生・乾未来・須崎徳高・米本仁巳・樋口浩和 アテモヤの雌性先熟の花のステージに応じた甲虫誘引物質の放出. 第52回日本応用動物昆虫学会大会(2008年3月28日)

[その他]

ホームページ

<http://www.bio.mie-u.ac.jp/~tsukada/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

塚田 森生 (Tsukada Morio)
三重大学・大学院生物資源学研究所・
准教授
研究者番号：20273352

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

樋口 浩和 (Higuchi Hirokazu)
京都大学・農学研究科・准教授
研究者番号：50303871