

平成 27 年 5 月 19 日現在

機関番号：14101

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24580077

研究課題名(和文)原始的な花粉媒介システムにおける花香放出のタイミングと甲虫の概日リズムの関係

研究課題名(英文)Diurnal rhythm of pollinator beetles and timing of floral odor emission in primitive pollination system.

研究代表者

塚田 森生 (Tsukada, Morio)

三重大学・生物資源学研究科・准教授

研究者番号：20273352

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,200,000円

研究成果の概要(和文)：バンレイシ科の果樹チェリモヤ、バンレイシ及びこれらの雑種であるアテモヤの訪花性昆虫特にクリロデオクスイ(ケシクスイ科)の日周活動について室内実験により明らかにし、これが上記果樹の花香放出パターンに合致しているのかを知ろうとした。赤外線センサーを使った甲虫の行動パターンの分析が当初計画通りには進まなかったが、明け方および夕方に活動的になることが示唆された。これは、上記果樹が花香を放出するときとよく一致していた。また、野外ではバンレイシの花への訪花時間帯を実験的に確かめたところ、花香放出時間帯のみに多く放火していた。

研究成果の概要(英文)：Flowers of the annonaceous fruit trees, cherimoya, sugar apple and their hybrid atemoya, emit their odor during morning and/or evening. We examined if the beetles have daily activity rhythm which is suitable for the pollination of these trees. It seemed that *Carpophilus marginellus*, the main pollinator in Japan, are active in dusk and dawn. Therefore, we conclude that flowers emit their flower when their pollinator are active so that it will be effective to attract the beetles. Also, our field experiment has shown that the beetles are attracted only when the flower emit their odor.

研究分野：昆虫学

キーワード：花粉媒介 果樹 甲虫 日周活動 花香

1. 研究開始当初の背景

さまざまな理由で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、花粉媒介昆虫として実用化されているのはミツバチなどのハナバチ類である。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より前にはハナバチ類はごく僅かしか存在せず、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、バンレイシ科 *Annona* 属の果樹チェリモヤ・アテモヤなどがある。

これをふまえ、ハナバチの働かない有用植物について、進化の歴史をよく理解し、植物と昆虫の生物学的特性を解明することでその生産性の向上に資することが申請者の大きな研究目標である。

これまで申請者は、チェリモヤやアテモヤの訪花者を野外で調査し、有効な花粉媒介者の多くはケシクスイ類と考えられること、それらは基本的には果実食性で花は果実に似た香りを出して果実食性の昆虫をだまして誘引し、花粉媒介に利用しているらしいことが分かって来た。このなかで、花香は常に放出されるのではなく、朝または夕方特定のタイミングで放出されるらしいことが明らかになった。

2. 研究の目的

「花粉媒介甲虫は花香の放出される時間帯のみに活動する薄暮活動型の概日リズムを持っており、それを植物側がうまく利用している」という仮説を立て、これを検証する。その内容は大きく以下のように分かれる。

1つ目は、訪花甲虫の本来持つ概日リズムを室内実験を通じて正確に把握することである。

2つ目は、甲虫が花香にどのように反応しているのかを解明することである。このために、花香成分のこれまで以上の詳細な理解をすすめて、ステージとステージで花香成分を採取して比較することを進め、さらにこれらの内の主要成分を誘引剤としてオルファクトメーターまたはトラップへの甲虫の反応を確かめる。

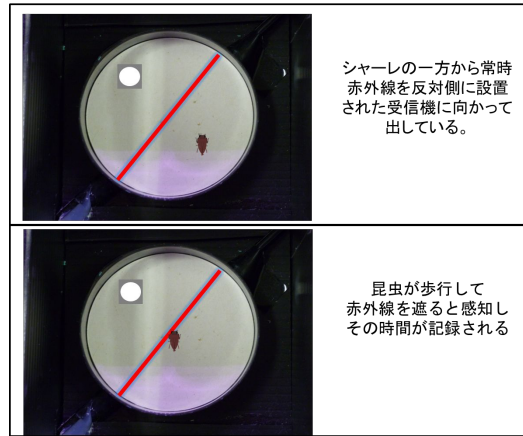
3つ目として、野外で実際に花の開花ステージのどの段階で訪花が生じているのかを花香放出のパターンと対応させて厳密に調べることである。

3. 研究の方法

1つ目の目的のために、一定の温度・日長条件で飼育を続けた虫をそのまま透明な小型容器に入れ、目視および赤外線センサーにより、1日の内いつ活動的となるのか記録する。シャーレの直径の両端にあたる部分に赤外線放出装置と受信装置を光軸が正確に直径と重なるように設置し、赤外線を伸の昆虫

が遮った時にこれをデータロガーに記録するようにした(下図)。同時に、ビデオカメラでこれを撮影し、映像からも行動を記録した。日長は人工照明で制御し、特に朝と夕方に相当する時間帯に照度が徐々に変化するようにした。これは、これらの時間帯に花香が放出され、また昆虫が訪花すると考えられたため

上面図



である。全暗条件でも同様の実験を行い、各個体に内在するリズムをも検出しようとした。

2つ目の目的のために、花香の主な成分に対する甲虫の反応を簡単な風洞装置を用いて解明する。花香成分については前述のとおりほぼ明らかになっているが、本実験はその誘引効果をバイオアッセイにより確かめることを兼ねている。さらに、野外で花から香りが放出される時間帯にもオルファクトメーターを用いた選好性実験を実施する。

3つ目の目的のために、石垣島の野外圃場でつぼみに細かい網でできた袋をかけ、特定の時間だけ虫が訪花できるように袋を外し、一定時間後に虫を採取する。この間、花香も測定することで、花香放出のタイミングと訪花のタイミングを直接明らかにする。なお、チェリモヤ等に訪花し花粉媒介する甲虫はいくつかあるが、本研究では花粉媒介効率および飼育の容易さの観点から主にクリイロデオクスイ(ケシクスイ科)を室内実験の材料とする。

4. 研究成果

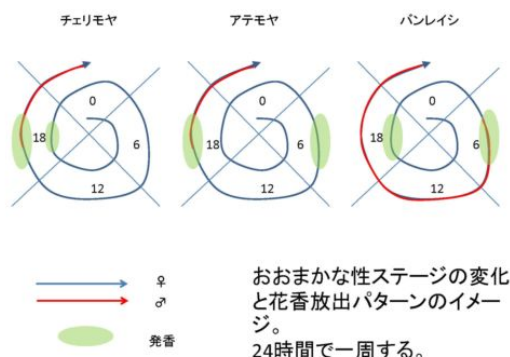
赤外線センサーを使った日周活動の記録に関しては、使用する昆虫が微小であるために装置の開発に想定以上の時間がかかり、十分な数の試行を繰り返すことが出来なかったが、概ね、薄明薄暮型の活動パターンを示すことが分かった。また、昼よりは夜のほうが活動的であった。ただし、装置への昆虫の導入が刺激となり、それを起点としたリズムが生じることが分かった。このため、純粋な日周性を十分に明らかにすることが出来なかった。これを本来のリズムから分離する方法についてはいまだ試行錯誤中である。なお、全暗条件での実験は上記に時間を費やしたために実施出来なかった。

風洞実験に於いて、主要な花香成分(エステル類)へのクリロデオキシイの有意な嗜好性は検出できなかった。花の香りに対する反応を直接調べる時には樹上の花を使うなど自然な香りをそのまま実験に用いるように細心の注意は払ったが、これについても、花の香りに誘引されているという積極的な結果は得られなかった。袋をかぶせる時の刺激などで忌避性の香りが新たに放出されたためと考えられる。

これ以外に、チェリモヤ、アテモヤおよびバンレイシの花香成分の詳細な分析を行い、これまでの研究と同様にエステル類が多く検出されるものの、アルコールやアルデヒドも検出した。特に、今回バンレイシの花香を初めて分析し、チェリモヤおよびアテモヤとの相違点を見出した。また、チェリモヤとバンレイシの雑種がアテモヤであるが、花香についてもチェリモヤとバンレイシの花香成分を合わせてアテモヤが持っていることが示唆されたことは興味深い。

花香の主要成分を染み込ませた天然ゴムを臭源として数種のトラップを作成し、これを野外圃場に設置して訪花甲虫の捕獲を試みたが、ほとんど捕獲できなかった。したがって、風洞実験の結果とも併せて考えると、これまでに得られている主要な構成要素であるエステル類以外になにがしか誘引に重要な構成要素があるのかもしれない。むしろ、トラップの形状等に問題があるのかもしれない、この点さらなるトラップ改善のための試行が必要であると考えられる。

材料となる植物の準備がそろわず、野外での甲虫の訪花パターンはバンレイシのみで調べたが、その前に、バンレイシの花香放出パターンを今回初めて半導体センサーを用いて連続的に調べることが出来た。これは、チェリモヤやアテモヤとは異なり、18時ころにメスステージでの花香放出があり、この後6時ごろにオスステージに変化しつつ花香放出があることが分かった。チェリモヤではほぼメス、オスともに18時、アテモヤでは6時(または18時)、18時に花香放出することが多いことを考えると(下図)、バンレイシとチェリモヤの両方の特性を受け継いでいるアテモヤの花香放出パターンの特徴がよく理解できる。



このようなバンレイシの花香放出パターンに合わせ、甲虫は6時前後と18時前後によく訪花し、0時前後や12時前後には新たな訪花はほとんど見られなかった。なお、得られた甲虫のほとんどはケシスイ科のクリロデオキシイで、わずかにモンチビヒラタケシスイ、カタペニデオキシイが混じっていた。これらはいずれも果実食性のケシスイイであり、花が放出する香りにひかれて訪花していることは確実である。このように、甲虫が花香放出時に花を訪れること、さらにそれはメスだけでなくオスステージにおいても見られること、そしてそれ以外の時に訪花がみられないことを野外で厳密に明らかにできたのは本研究が初めてである。これをチェリモヤやアテモヤにも拡張して、花香放出と訪花との関係を包括的に理解することが今後望まれる。

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)

[学会発表](計 3件)

Kondo, H., Akino, T., Tsukada, M., Nishi, T., Ogata, T. (2015年3月19日) The pollination strategy of *Annona* flower. The 62nd annual meeting of the Ecological Society of Japan, Kagoshima University, Kagoshima, I1-05

近藤陽香・秋野順治・塚田森生 (2014年3月16日) 小型甲虫を誘引する *Annona* 属虫媒花の花香成分日本生態学会第61回全国大会 広島大学

西智生・塚田森生 (2014年3月1日) *Annona* 属植物の花香放出と甲虫による訪花のタイミング 第161回日本昆虫学会・第98回日本応用動物昆虫学会合同東海支部会講演会 金城学院大学

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科・准教授

研究者番号：20273352

(2) 研究分担者

森川 由隆 (MORIKAWA YOSHITAKA)

三重大学・大学院生物資源学研究科・准教授

研究者番号：40283519

秋野 順治 (AKINO TOSHIHARU)
京都工芸繊維大学・生物資源フィールド科
学教育研究センター・教授
研究者番号：40414875