

カマキリの体内に潜む寄生虫についてVI ～ハリガネムシの形態を決定する要因の解明～

鹿児島県立曾於高等学校 科学部
2年 宮元 栗屋 宮田
1年 田口 野邊 山元

研究目的

カマキリの体内にはハリガネムシという寄生虫が寄生していることがある(図1)。ハリガネムシは類線系動物門ハリガネムシ綱に分類される。世界には326種、日本には14種が確認されている。全長は数cm～最大1m、直径は1～3mm程度である。ハリガネムシの前端部には口が、後端部には排出口が存在する。伸縮性はなく、表面はクチクラで覆われている。



図1 カマキリに寄生していたハリガネムシ

ハリガネムシは水中で交尾・産卵を行い、カゲロウやユスリカなどの水生生物に取り込まれ、食物連鎖の過程を経て、カマキリやカマドウマに侵入する(図2)。ハリガネムシのシス



図2 ハリガネムシの生活史

トの前端部にはノコギリ状の構造があり、カマキリの腸管を破って体腔に出る。カマキリの体液を吸収して成長し、水中での交尾・産卵のためにカマキリを水辺に誘導し、カマキリの体節間から脱出する。

既存研究では、カマキリやカマドウマへのハリガネムシ寄生による影響が報告されている。ハリガネムシがカマキリから脱出する際には、カマキリを水辺へ誘導することが知られている。そのしくみとして、ハリガネムシがつくるタンパク質がカマキリの脳神経系の働きを攪乱させ、光に対する感受性が変化することで、カマキリがキラキラと光る水面に近づいてしまうことが報告されている。また、ハリガネムシに寄生されたカマドウマが水辺に近寄れないように防虫ネットを張った実験では、魚がカマドウマの代わりに水生昆虫を積極的に食べるようになり、水生昆虫の数が3分の1にまで激減したと報告されている。これらの既存研究から、ハリガネムシなどの寄生生物は、宿主の生活だけでなく、他の生物や生態系内のエネルギー循環にも影響を及ぼしていることが考えられる。私たちはカマキリとハリガネムシの寄生関係について明らかにすることで、生態系内の食物網やエネルギー循環を捉える貴重な資料を提供できると考え、2015年に研究を開始した。

寄生関係を明らかにするためには、寄生種による宿主への影響と、宿主の違いによる寄生種への影響という2つの側面を捉える必要がある。そこで、2015年から2017年までの研究では、ハリガネムシ寄生によるカマキリへの影響

について研究した。2018年からは、ハリガネムシ側の視点に立って研究し、カマキリの種・雌雄・個体サイズ・ハリガネムシの寄生個体数などが、ハリガネムシの生存にどのように影響するかを調べた。これまでの研究の主な結果は以下の(1)～(5)である。

(1) ハリガネムシ

はカマキリの腹部の背側で巻いて生息しており、内臓を圧迫している(図3)。



図3 カマキリ体内のハリガネムシ

カマキリ体内

には最大で7個体が同時に寄生しているのを確認した。(7個体のハリガネムシの全長合計は97.6cmであった)

(2) ハリガネムシに寄生されたカマキリで、卵や卵鞘を保持していた個体は168個体中1個体のみだった。このことから、ハリガネムシ寄生はカマキリの生殖能力にも影響を及ぼすことが考えられた。

(3) カマキリの体内でクチクラが未形成の白色のハリガネムシが見つかった(図4)。また、クチクラの形成が途中段階の個体も確認できた。このこと



図4 ハリガネムシのクチクラ形成

から、ハリガネムシはカマキリの体内で大きくなった後にクチクラを形成することが分かった。

(4) ハリガネムシは、オオカマキリかハラビロカマキリのメスで、個体サイズが大きい個体に単独寄生することが生存に有利であると考えられた(図5)。




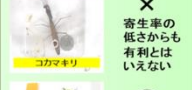
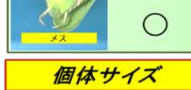



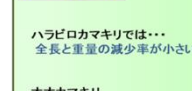
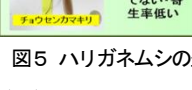
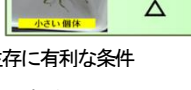
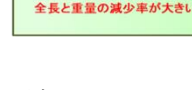
種類	雌雄	複数個体の寄生
 <p>長く・細い形態</p>	 <p>メスの方が大きく成長できる</p>	 <p>全ての種において、複数個体の寄生による全長・重量の減少を示した。</p>
 <p>寄生率の低さから有利とはいえない</p>	 <p>メスの方が大きく成長できる</p>	 <p>△</p>
 <p>短く・太い形態</p>	 <p>ハラビロカマキリの大きい個体ほど、太さが大きくなり重量も増大する</p>	 <p>ハラビロカマキリでは…全長と重量の減少率が小さい</p>
 <p>成長できてない・寄生率低い</p>	 <p>小さい個体</p>	 <p>オオカマキリ・チョウセンカマキリでは…全長と重量の減少率が大きい</p>

図5 ハリガネムシの生存に有利な条件

(5) オオカマキリに寄生していたハリガネムシは、ハラビロカマキリに寄生していたハリガネムシよりも全長が長く、太さが細い傾向がみられた(図6)。



図6 ハリガネムシの形態比較

上：ハラビロカマキリ寄生個体 下：オオカマキリ寄生個体

そこで、2019年はハリガネムシの形態差の要因として下の2つの仮説を立てて研究を進めた。

① オオカマキリとハラビロカマキリの体液量の違い

体液量はオオカマキリの方が有意に多かった。カマキリの体液量とハリガネムシの全長の合計値(カマキリ1個体に寄生していた全てのハリガネムシの全長を合計したもの)・重量の合計値・太さの合計値には正の相関がみられた(図7)。つまり、1個体のカマキリに寄生しているハリガネムシの成長量合計にはカマキリの体液量が1つの要因として関係することが示唆された。

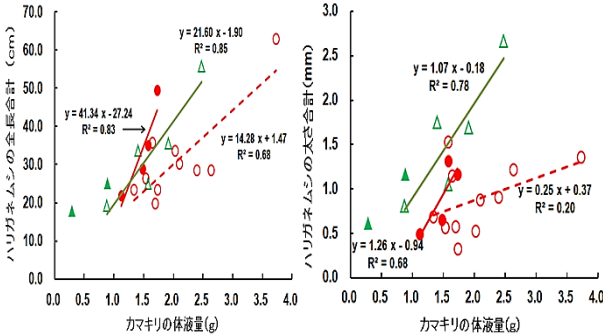


図7 カマキリの体液量とハリガネムシの形態比較

●・オオカマキリ ▲・ハラビロカマキリ
※塗りつぶしありはオス、なしはメス

きさ(体長や重量)、ハリガネムシの寄生個体数など様々な要因が存在すると考えられる。そこで、2020年は採集したハリガネムシ全個体のミトコンドリアDNA COI領域を分析し、ハリガネムシの成長を決定する要因を解析することにした。ハリガネムシの成長要因を解明することで、カマキリに寄生するハリガネムシの生存戦略が明らかになると考えている。

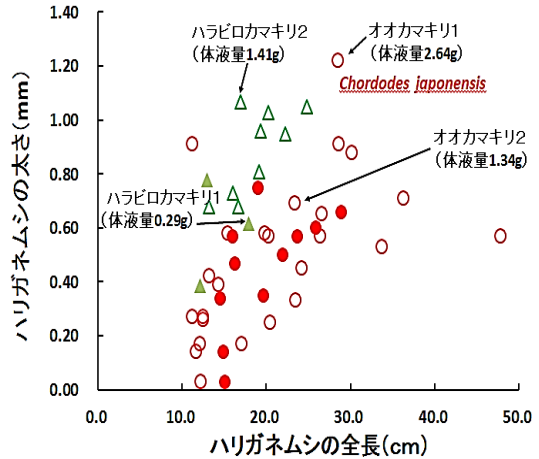


図9 ハリガネムシの全長と太さの関係

●・オオカマキリ ▲・ハラビロカマキリ
※塗りつぶしありはオス、なしはメス

② 寄生しているハリガネムシの種の違い

ハリガネムシ4個体(オオカマキリ1・2, ハラビロカマキリ1・2とする)のミトコンドリアDNA COI領域を分析し、系統樹を作成した結果、4個体ともコルドデス属(*Chordodes* sp.)に分類され、

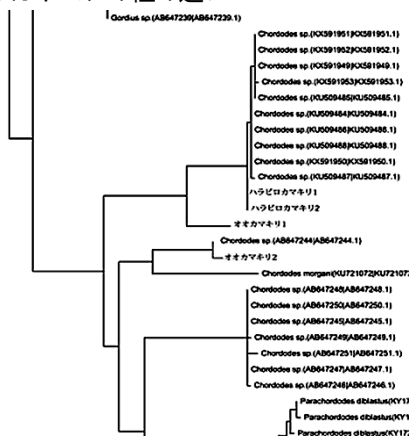


図8 ハリガネムシのクラスター解析結果

オオカマキリ1はニホンザラハリガネムシ(*Chordodes japonensis*), ハラビロカマキリ1・2は同種であることが分かった(図8)。コルドデス属は日本に3種類(*Chordodes japonensis*, *Chordodes fukuii*, *Chordodes silvestri*)記載されている。ニホンザラハリガネムシ(*Chordodes japonensis*)は関東以西の普通種, *Chordodes fukuii*は分布域が静岡から東北地方, *Chordodes silvestri*は産地不明個体で1952年以降の文献記載がない。しかし、现阶段では国内のハリガネムシDNAデータベースと種同定が対応しておらず、形態も調べたがハラビロカマキリ1・ハラビロカマキリ2・オオカマキリ2の種を特定することはできなかった。

ハリガネムシ各個体の全長と太さのグラフにミトコンドリアDNA COI領域を分析した4個体のデータを記載した(図9)。ハリガネムシ各個体の形態には大きなばらつきがあり、体液量だけでなく、カマキリの種・雌雄・大

研究方法

2020年6月から10月にかけて鹿児島県曾於市、宮崎県都城市でカマキリの採集を行った。カマキリの種同定、雌雄判別を行った後、全長、腹部の長さ・幅・厚さ、重量を測定した。その後、カマキリを解剖し、ハリガネムシの有無、内臓や卵の状態を確認した。ハリガネムシの寄生が確認された場合には、ハリガネムシの全長・重量・太さを測定した。太さの測定は末端2か所、及び両端から4等分した3箇所まで測定した。クチクラの形成状況(色や表面の特徴)も確認した。

カマキリの体液量を算出するために、市販の布団乾燥機を用いて乾燥装置を作成した。送風口部分にビニル袋を取り付け、内部にカマキリを入れた紙袋を設置した。温風を常時送れるように固定し、ビニル袋内は常に60℃に保たれるように、温風が抜ける部分の穴の大きさを微調整した。乾燥はカマキリ全個体について48時間行った。

オオカマキリ・ハラビロカマキリ・チョウセンカマキリに寄生していたハリガネムシ全個体(オオカマキリ寄生11個体, ハラビロカマキリ寄生6個体, チョウセンカマキリ寄生2個体)についてミトコンドリアDNA COI領域の分析を行った。今回分析する19個体分のデータと2019年の4個体分に、ハリガネムシに関するデータベースを追加して系統樹を作成した。なお、DNA COI領域の解析は株式会社 生物技研に依頼した。

※ハリガネムシ全個体のミトコンドリアDNA COI領域の分析結果は10月下旬に分かる予定です。すべての結果と考察については大会にて発表させていただきます。

屋久島におけるヤンバルトサカヤスデ伝播傾向を探る

鹿児島県立錦江湾高等学校 生物研究部 川原乃彩 福田千佳 柳ゆうき

1. 動機と背景

ヤンバルトサカヤスデ (*Chamberlinius hualienensis* 以後ヤスデと示す) は、日本に侵入して 37 年、不快害虫として地方自治体などが駆除を行う中、今でも陸地の生息域を広げている。しかし、その伝播の様子は詳しく分かっていない。本研究は、台湾と同様に島の中央に高い山をもつ屋久島を中心に、その伝播傾向を調べ、今後のヤスデの伝播傾向や駆除・防除の一助とできないかと考え、研究を始めた。

2. 方法

1) 屋久島におけるヤスデの発生時期を調べ、伝播傾向を調べる

屋久島の町報や自治体への取材を行い、どの集落に、いつヤスデの発生が見られたかを調べ、地図にまとめ、伝播傾向を調べた。

2) 遺伝的多型の割合から伝播傾向を調べる

飯田ら (2012) により、ヤスデには遺伝的多型が A~D の 4 種があることが分かっている。その文献をもとに、屋久島の原、長峰、楠川集落で採取したヤスデの遺伝的多型の分布を調べた。DNA 抽出と PCR の条件設定は以下のとおりである。

- 抽出部位：死亡個体の脚のみ
- 使用キット：Nucleo Spin®Gel and PCR Clean-up (MACHEREY-NAGEL)
- 増幅部位：ヤスデ COI 領域 (240bp) を含んだ 400bp
- PCR 条件：①95°C 3 分, ② (95°C 10 秒, 55°C 15 秒, 72°C 15 秒) × 37 回, ③ 72°C 3 分
- 電気泳動後、400bp 断片のバンドがあるゲルを切り出し、DNA を精製し、解析は業者に委託した。

3. 結果

1) 調査結果を図 1 に示す。不思議なことに、ヤスデは 2002 年に島の南部で確認されて以降、顕著に東部で広がっている。現在の分布は奇しくも、台湾での分布に似ている。

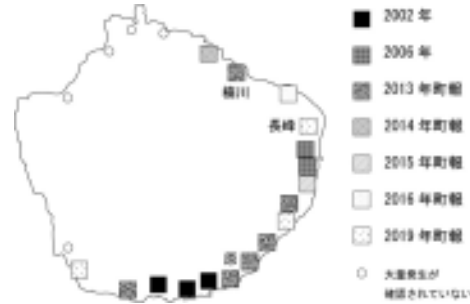


図 1 屋久島で確認された集落と時期 (町報と屋久島町への取材をもとに作成)

2) 遺伝的多型の割合

表 1 のように、屋久島町は原、長峰がともに C 種、楠川が A 種と C 種で、3 地区とも C 種が存在した。参考までに、表 1 には、飯田らが沖縄と南九州市で得たデータ (2012) と、我々が 2019 年に錦江湾高校で得たデータも併記している。

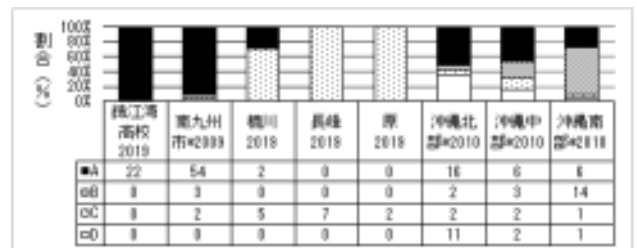


表 1 ヤスデ COI の各種の割合

4. 考察

屋久島は他地域では珍しい C 種が優占的であった。もし島南部から東部のヤスデ種が C 種ばかりであれば、屋久島においては、東部に偏って北上した可能性を示唆するかもしれない。

5. 今後の展開

サンプル数や観測地を増やして正確に検証したい。また、西部でヤスデが確認されづらい理由が地質や気候なのか、ヤスデの移動に規則性にあるのか明らかにしたい。

6. 参考文献

飯田奈都子, 神谷貴文, 村上賢 2012 「ヤンバルトサカヤスデのミトコンドリア DNA 解析」 第 35 回日本土壤動物学会大会 ポスター発表 ほか

オキナワカブトを守れ！

～ヤマトカブトとオキナワカブトの亜種間雑種に関する研究～

鹿児島県立国分高等学校 サイエンス部 有村, 松尾, 酒井, 鎌田, 田中, 松元

1 はじめに

ヤマトカブト *Trypoxylus Dichotomus septentrionalis* は体長が5 cmを超える大型の個体も見られ、オスの角は大きく発達する。体色は黒色から赤褐色まで変異がある。



図1. ヤマトカブトとオキナワカブト

オキナワカブト *Trypoxylus dichotomus takarai* は、沖縄本島と周辺の離島に生息。光沢が強く、ヤマトカブトより角の発達が悪い。

私たちは、沖縄本島の名護市で本来生息していないはずのヤマトカブトが発見されたことを知った。このまま、生息域が拡大するとオキナワカブトとの交雑が進行し、オキナワカブトが絶滅してしまう恐れがある。今後沖縄でヤマトカブトおよび雑種(ハイブリッド)の駆除が必要になったとき、ハイブリッドの特徴を把握しておくことが重要になると考え、研究を始めた。

2 研究の目的

- ヤマトカブトとオキナワカブトの亜種間交雑実験を行い、両亜種およびハイブリッドの形態と羽化時期、DNAの3点について詳細に比較する
- ヤマトカブトとオキナワカブトのハイブリッドを見分けられるか検討する。

3 研究方法

- 本土産と沖縄産の産卵ケースをセットし、ハイブリッドを産ませた。掛け合わせは以下の通り。

本土産♂×本土産♀→本土産
本土産♂×沖縄産♀→本オキ
沖縄産♂×本土産♀→オキ本
沖縄産♂×沖縄産♀→沖縄産

- 幼虫の頭幅をデジタルノギスで、体重を電子はかりで計測した。頭幅は触角の上にある左右の凸の間と定義した。

蛹化が始まる5月からは毎日ケースを下側から確認し、丸い蛹室が確認出来たらラベルを貼って日付を記入、蛹の赤褐色のお尻を確認した日を蛹化日として追加、見えなくなった日を羽化日として追加記入した。

成虫の形態比較においては、口の右横にある凸から頭角の右中角までを頭角長、口の右横にある凸から右前羽の先端までを体長、胸角の最も太い部分を最太部、最も細い部分を最細部と定義した。

研究 I 幼虫の形態比較

1) 頭幅

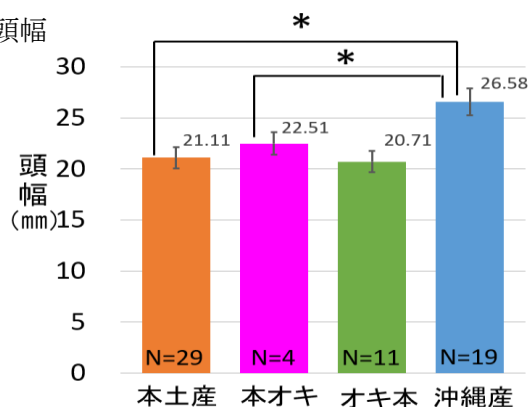


図1. 幼虫の頭幅の比較

2) 体重

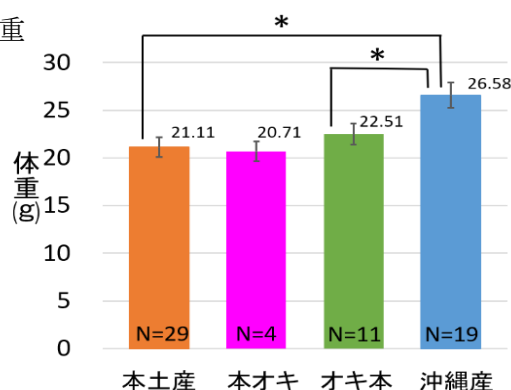


図2. 幼虫の体重の比較

本土産が最大であるという予想に反して、沖縄産が頭幅、体重ともに他集団より有意に大きかった(一元配置分散分析 $p < 0.05$)。

幼虫時は性別が分からずまとめて解析したが、羽化後本土産は♂12♀17、本オキは♂3♀1、オキ本は♂5♀4、沖縄産は♂12♀7であったことが分かった。

研究Ⅱ 羽化日の比較

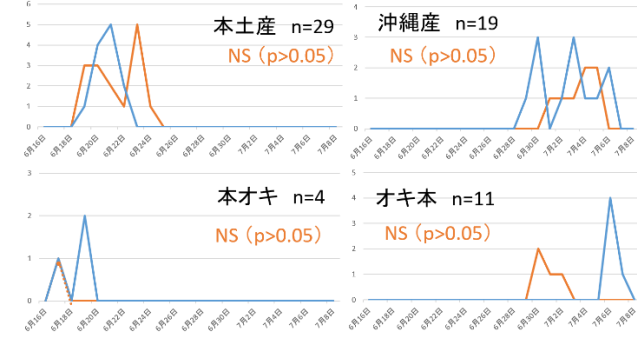


図3. 各集団内の雌雄の比較

全ての集団において雌雄間で羽化時期に有意差はなかった(t検定 $p > 0.05$)。そこで、雌雄を合わせてグラフ化した。

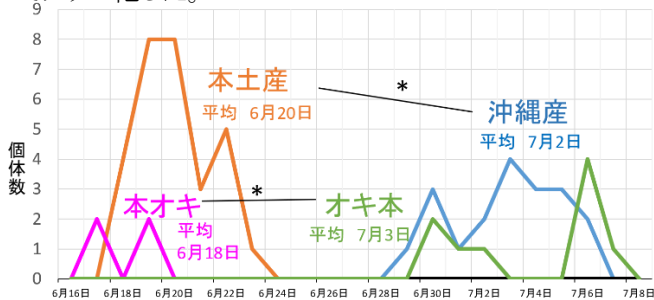


図4. 各集団の羽化日の比較

本土産は沖縄産より有意に早く羽化し、その差は約2週間であった。本オキはオキ本より有意に早く羽化した(一元配置分散分析 $p < 0.05$)。ハイブリッドの羽化日はオス親の集団に近かった。

研究Ⅲ 成虫の形態比較

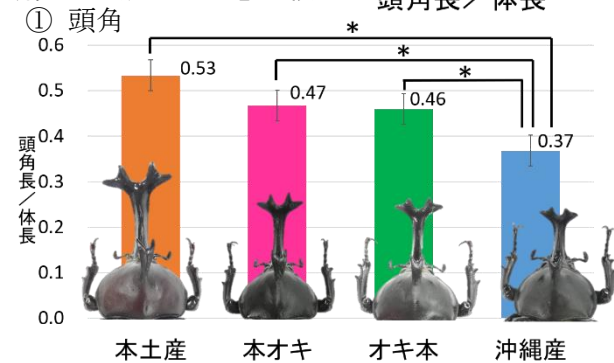


図5. 成虫の頭角の比較

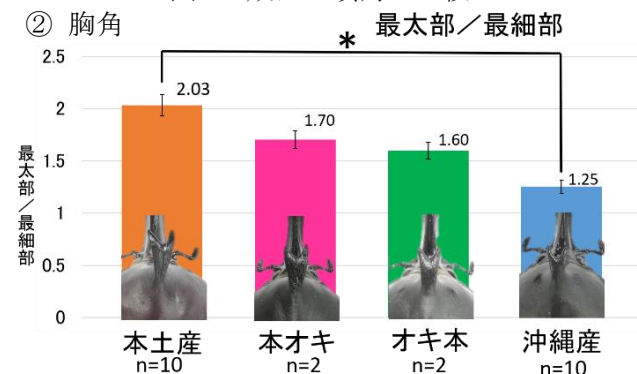


図6. 成虫の胸角の比較

体長に対する頭角長の割合は、本オキ・オキ本は本土産と沖縄産の中間の値となった。また本土産と本オキ・オキ本がいずれも沖縄産より有意に大きくなった(一元配置分散分析 $p < 0.05$)。

胸角のプロポーシジョン(最太部/最細部)においても、本オキ・オキ本は本土産と沖縄産の中間となり、本土産と沖縄産の間にのみ有意差が見られた。

4 考察

1) 4 集団の形態について

オス成虫の形態比較から、本オキ・オキ本はいずれも体長に対して頭角が沖縄産より有意に長いことが分かった。また胸角については、有意差はなかったものの本オキ・オキ本はいずれも沖縄産よりも根元がくびれる傾向があることが分かった。この点に注目すれば、沖縄の野外でハイブリッド個体を見分けることができると考えられる。ただし小型の個体に関しては今後検討を要する。

2) 4 集団の羽化日について

本オキとオキ本の羽化日が本土沖縄間と同様に2週間ずれ、しかもオス親の集団に近くなることは非常に興味深い。これが遺伝的なものであるとすれば両亜種の違いを考える上で重要な差違であると考えられる。沖縄の野外で発生初期にハイブリッド個体を見つけることに役立つ可能性もある。しかし冬季の温度が原産地よりはるかに低い場所で飼育されたことによる成長の遅れという可能性もあり、沖縄での飼育実験等で確認する必要がある。

3) 幼虫時の体重について

幼虫の体重・頭幅ともに沖縄産が本土産より大きかった理由として、本土産は沖縄産と比べ飼育密度が1.5倍であったことと、結果的に本土産は沖縄産に比べてメスの割合が多かったことが考えられる。条件をそろえて雌雄別に比較を行いたい。

5 今後の課題・展望

沖縄で各集団を飼育して羽化日を比較する。ハイブリッドに妊性があるのかを調べる。頭角先端の開き具合を比較する。主成分分析により形態解析を行う。DNAの解析をする。沖縄でハイブリッド個体を探索する。亜種分類の妥当性を検討する。

イチモンジセセリの雄の眼はなぜ大きいのか

鹿児島県立川内高等学校 生物同好会
大原莉央（1年）・中原御生（1年）

はじめに

イチモンジセセリ *Parnara guttata* は、セセリチョウ科に属する小型の蝶で、幼虫がイネの葉を食害することからイネの害虫として知られている。また、秋に大集団をつくって移動することでも有名な蝶である。イチモンジセセリは、本州では年に3回発生し、成虫の形態に季節型が知られていて、長日型となる越冬世代の成虫と第一世代の成虫は小型で淡色で、これに対して、短日型となる第二世代の成虫は大型で暗色となる。また、本州ではこれまで、越冬世代と第一世代の雌は小さな卵を、集団移動を行う第二世代の雌は大きな卵を産むことが知られていたが、年4回の発生となる鹿児島では、第三世代の雌は第二世代よりもさらに大きな卵を産むことが先輩方の研究で明らかとなった。

私たちは、先輩方が行った研究やイチモンジセセリの標本から、成虫の大きさが季節や雄雌で異なることを知った。このことから、イチモンジセセリは眼の大きさも体の大きさに対応して変化し、さらに雄と雌で眼の大きさが異なるのではないかと考え、眼の大きさが形態や生態とどう関係しているのかを明らかにするために研究を始めた。

1. 材料と方法

イチモンジセセリの標本（雄20頭、雌15頭）を準備し、接眼マイクロメーターを用いて顕微鏡下で複眼の直径を測った。体の大きさは前翅の付け根から先端までの長さ（前翅長）で表し、デジタルノギスを用いて測定した。

2. 結果

雄の複眼の直径は1.96mm、雌の複眼の直径は1.75mmであった。両者の間でt検定を行ったところ、平均値には明らかな有意差があった。また、図1に前翅長と複眼の直径の関係を散布図で表したところ、雄も雌も前翅長と複眼の大きさとの間には相関関係は見られないことが分かった。

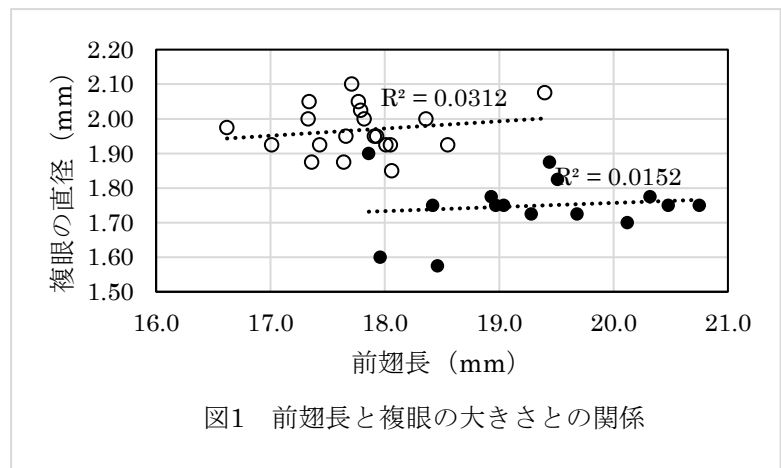


図1 前翅長と複眼の大きさとの関係

3. 考察

イチモンジセセリでは、体が大きさと眼の大きさの間に相関関係がなかったことから、眼の形成過程は体の大きさとは無関係に進行することが考えられる。また、雌の眼よりも雄の眼が大きい理由としては、雄が雌を探すのに有利であることや雄が縄張りをつくっていち早くライバルの雄を見つけて侵入を防いだり、追尾により縄張りから追い出したりするのに有利であることが考えられる。しかし、これらを確かめるためには、他の蝶について雌雄の眼の大きさや前翅長を調べて比較したり、縄張りをつくる蝶とつくらない蝶で雌雄の眼の大きさの違いを調べて比較したりする必要がある。

カワゴケソウ科とカワゴケミズメイガの密？な関係

鹿児島県立国分高等学校サイエンス部 カワゴケ班

神掛遥菜 熊元尋音 神村千尋 白川日菜 新村晃生 野島大海 吉田周平

1 はじめに

カワゴケソウ科の植物は種子の散布を河川に依存しており、水系ごとにある程度の種分化がみられる。2016年の先輩方は幼虫時に水中のカワゴケソウ科植物のみを食べるカワゴケミズメイガについて薩摩半島産より大隅半島産が有意に大きいことからカワゴケミズメイガにも種分化が起こっている可能性があるとして結論付けた。私たちは先輩方が今後の課題として挙げていたカワゴケミズメイガのDNA解析を行い、カワゴケソウ科植物と同様にカワゴケミズメイガにも種分化が起こっているかどうかを確かめたいと思い研究を始めた。

2 調査地(2020年実施)と調査日程

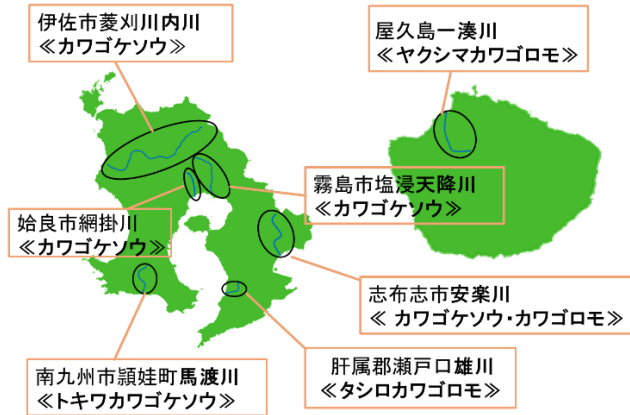


図1 鹿児島県内におけるカワゴケソウ科の分布

- ・安楽川(6月20日) ・天降川(6月2日)
- ・天降川②(8月17日) ・雄川(7月18日)
- ・一湊川(8月20日) ・網掛川(9月18日)
- ・川内川(9月19日)

3 研究目的

カワゴケミズメイガの標本をもとに形態解析を行い先輩方の研究結果を検証する。また新たに採集したサンプルをもとにDNA解析を行って系統樹を作成し、カワゴケミズメイガの種分化について検討するとともに、カワゴケソウ科植物の種分化との関係性を考察する。

4 結果

研究 I 前翅長の比較

前翅の付け根のくぼみから白色の斑紋の右端までを「前翅長」と定義した(図2)。

標本写真をPC画面上で拡大してスケールとともに計測した。



図2 カワゴケミズメイガの右前翅

1) 同産地内の♂♀の比較

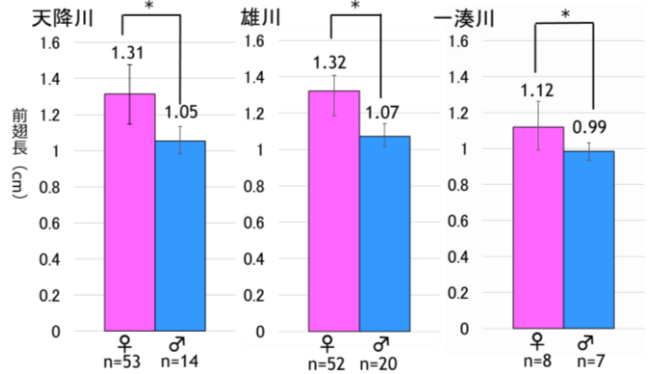


図3 同産地の♂♀の前翅長比較

全産地(天降川・雄川・一湊川)で♀が♂より有意に大きかった(t検定 $p < 0.05$)。

2) 産地間の比較

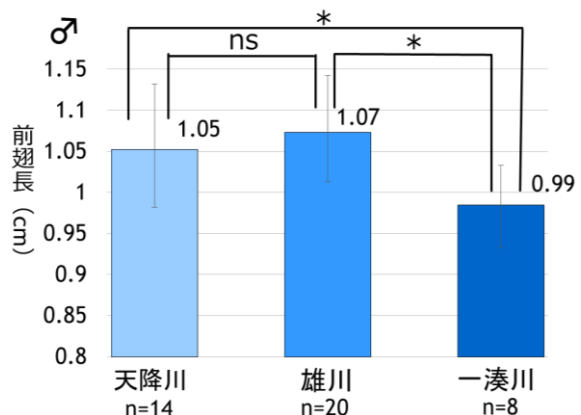


図4 産地間の前翅長の比較 (♂)

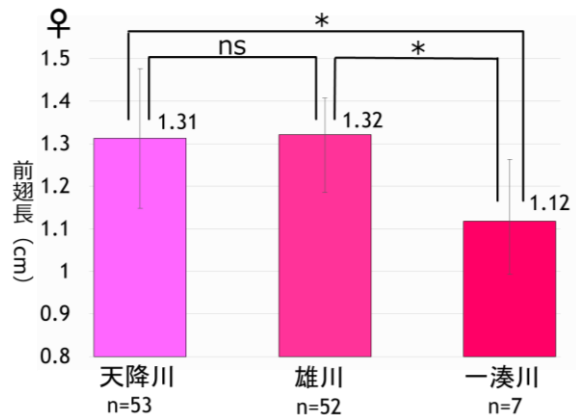


図5 産地間の前翅長の比較 (♀)

♂♀ともに屋久島一湊川産は他の産地より有意に小さかった(一元配置分散分析 $p < 0.05$)。

♂♀ともに天降川産と雄川産に有意差はなかった(一元配置分散分析 $p > 0.05$)。

研究Ⅱ 斑紋と白線の比較

羽の様相がはっきりしている個体（♀）の画像を産地間で5枚ずつ選び、色分けをして前翅の黒紋と白線に色を塗り、画像を重ねた。

前翅のくぼみから斑紋の左端、斑紋の右端の長さを測定し、右端と左端の差を「斑紋の大きさ」と定義した。また斑紋の左横にある白線を比較した（図6）。

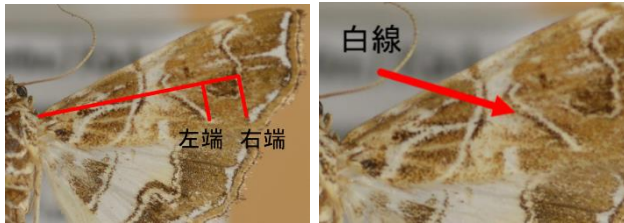


図6 右前翅の斑紋と白線

1) 斑紋の位置の比較

- ・羽の斑紋の位置には産地間でわずかにずれが見られた。
- ・天降川産の斑紋の位置は、他の産地と比べて右上にずれていた。
- ・雄川産と一湊川産はほぼ重なった。

2) 斑紋の大きさの比較

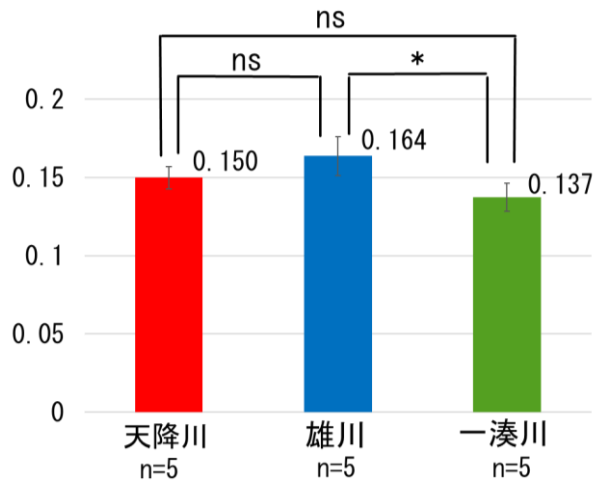


図7 (斑紋の大きさ/前翅長)

一湊川産は雄川産に比べ有意に小さかった (1元配置分散分析 $p < 0.05$)。

3) 白線の位置の比較

- ・白線の位置には産地間でわずかにずれが見られたが、一定の傾向はなかった。

研究Ⅲ DNA 解析

採集した各地のカワゴケミズメイガの全虫体をエッペンドルフチューブに3個体ずつ入れてミトコンドリア DNA C01 領域の解析を行い、塩基配列をもとに系統樹を作成する (現在解析依頼中)。

系統樹の予想

- ①…一湊川産は雄川産、天降川産と比べ前翅長が有意に小さく、斑紋の大きさにも有意な差があるため、分岐が深いと予想される。
- ②…雄川産と天降川産の河川間の距離は一湊川と比べて近いいため分岐が浅いと予想される。

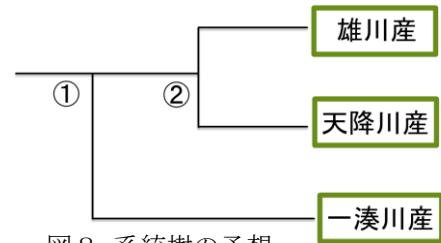


図8 系統樹の予想

5 考察

- ・先輩方は、「♂♀ともに雄川産が天降川産より有意に大きい」としたが、今回の研究では有意差はみられなかった。先輩方は標本写真を印刷して紙の上で計測したため画質が荒くなり正確さを欠いた、白黒であったために見にくかった、前翅の端の定義が不十分だった、等の要因が考えられる。
- ・一湊川 (屋久島) の個体は♂♀ともに他産地に比べ前翅長が有意に小さく、斑紋の大きさにも一部有意な差がある。他の産地との地理的隔たりも大きいため、種分化が起きている可能性があると考えているが、天降川、雄川間については DNA 解析の結果を待って議論したい。

6 今後の展望

- ・産地間の斑紋と白線間の距離を比較し有意差があるか調べる。
- ・まだ採集していない川内川・安楽川・前川・万之瀬川・馬渡川のカワゴケミズメイガを採集し、DNA 解析の産地数を増やす。
- ・鹿児島県におけるガ類の第一人者である福田輝彦氏の膨大な調査データを参照し、カワゴケミズメイガの飛行能力を推定し、飛行可能範囲を地図にまとめることで交雑の可能性・種分化の可能性を検討する。

7 参考文献

カワゴケソウ属を食草とするカワゴケミズメイガの種分化の可能性を探る 鹿児島県立 国分高等学校生物班 (2016)

8 謝辞

カワゴケソウ属植物に関してご教示くださった寺田仁志先生、カワゴケミズメイガの情報やサンプルを提供してくださった福田輝彦先生に感謝申し上げます。

校内のサクラの遺伝子攪乱を探る

池田学園 池田高等学校
課題研究 生物班①

要約

サクラは自家不和合性を示す樹木である。自家不和合性は、自殖を回避する現象で花粉の不発芽、花粉管の伸長阻害などで受精が妨げられる。制御しているのは、S遺伝子座に存在する複対立遺伝子（S対立遺伝子）で、S遺伝子型が一致すると他家受粉でも自殖とみなされる。他殖性を促進するが、異種間交雑を促進させる可能性もある。もし、結実や幼木が存在した場合、特に、ソメイヨシノなどの栽培種を親とした場合には、生態系への悪影響も考えられる。

本校には、開校当時より、多くのサクラを植樹してきた。開花のあと、結実が見られ種をつくる。このことは、他家受粉が起こり、遺伝子流動が起こっていると考えられる。これまでにサクラの本数や種について調査はしていない。そのため、品種などについて明確なデータが存在しない。しかし、開花の状況等によりソメイヨシノが多いのではないかと判断する。また、サクラは自家不和合性を示し、自家受粉では結実をしない。

本研究では、まず、校内に見られた幼木2本について調査をした。葉による同定と遺伝子レベルでの実験のデータと比較しソメイヨシノを親としないことが判明した。野生種と栽培種による遺伝子攪乱がおこっている可能性が低いと考えることができた。そして、校内のサクラについて標本作製し、本数と種について明らかにしていく。また、種子を採取し、発芽の様子から遺伝子攪乱の様子を調査していく。

動機・目的

本校のサクラについて、どのような種があるのか、何本あるのかというデータはない。開校以来、植樹してきた樹木が多く、サクラも含ま

れ数も多い。自生のサクラは存在しないと考えられる。記念樹の年度によっては、「ソメイヨシノ」など、種名が記録してある木もある。

最近、幼木があちらこちらで見られる。サクラを植樹していないので、種子から発芽したと考えられる。

もし、校内で種子の生産が行われた場合、遺伝的にソメイヨシノと他の品種の雑種になるのではないかと考える。このように雑種が増えることで、野生種やソメイヨシノなどの品種の遺伝子攪乱を引きおこすことになるかと考える。

研究の目的は、以下の通りである。

- ① 校内のサクラの品種の同定を行い校内のサクラの品種を特定する。
- ② 校内のサクラの結実の状況を調査する。
- ③ 校内で見られた幼木や種子が栽培種を親とする雑種であるか確認する。
- ④ 校内のサクラの遺伝子流動の状況を調査する。

研究方法

- 1 校内のサクラに番号をつけ、標本作製し同定を行う。
- 2 開花後、サクラを確認し結実しているか確認し、種を採取する。
- 3 採取した種子を発芽させ同定を行い、親となる個体を探る。
- 4 校内のサクラマップを作成し、そのマップをもとに、遺伝子の流れを探る。

研究結果

- 1 今回ラベリングしたサクラの本数：
130本
同定で確認したサクラの品種
ソメイヨシノ、オオシマザクラ
ヨウコウ、ヒカンザクラなどが
確認された。

まだ同定が完了していないので、他の品種が追加されることもある。

栽培種が多く、野生種は少ない。

2 結実の様子

ほとんどのサクラで結実が確認できた。

しかし、今年度は休校がありデータを取ることができなかった。

また、休校だけでなく台風や大雨で種子が流れていったために種子の採取ができず、木の根元に残っていたものだけ20個の種子を採取することができた。

3 採取した種子は、これから播種し発芽後同定をしていく。

4 校内のサクラマップは作成した。今年度は、種子の状況、開花の状況を書き込むことができなかった。

考察

校内のサクラは、栽培種と野生種が混在している。しかし、野生種も自生したものではない。種子が確認できたので、遺伝子攪乱が起こり雑種が生まれていると考えられる。

種子から発芽した個体が確認された場合、今後校内のサクラの生態系において悪影響が及ぶかもしれない。

今後の課題

今年採取した種子を発芽させ、その同定から遺伝子の流れを推測していきたい。また、昨年度の研究で、確認できた幼木から親個体の品種を推測していく実験を行った。今後、校内に桜の幼木がないか確認し、確認できた場合は、親個体の品種を推測しいでんしの流れを考えていきたい。

参考文献

加藤珠理他. ソメイヨシノ由来のゲノムを検出するマーカー・ツールとしての自家不和合性遺伝子と核 S S R の利用. 日林誌. (2009)91:354-359

S Kato and Y Mukai. Allelic of S-RNase at the self-incompatibility locus in natural

flowering Cherry populations (*Prunus lannesiana* var.*speciosa*).Heredity (2004)92.249-256

大原隆明 著 (2009)「サクラハンドブック」文一総合出版

勝木俊雄 (2014)「日本の桜」学研教育出版

森林総合研究所 多摩森林科学園 編集 (2014)「サクラ保存林ガイド」

謝辞

本研究にあたり

鹿児島大学大学院 医歯学総合研究科

古川龍彦 教授

熊本大学発生医学研究所

江良沢実 教授

森林総合研究所

勝木 俊雄氏, 加藤珠理氏

には、お忙しい中、ご指導、ご助言していただき厚く感謝申し上げます。今回は、中学・高校の校舎周りを中心に調査を行った。小学校校舎の端(中学・高校校舎に面していない場所)は調査を行っていない。

甲南生まれのセミの羽化の現状

鹿児島県立甲南高等学校 自然科学部

1年 田畑 結衣 丹羽 葵 東 大航 田添 佑磨

1 研究動機

毎年、決まった時期に羽化をするセミ。どのようにして夏の到来を知るのかと疑問に思ったところが、研究のスタートである。先行研究では地面の温度が羽化の時期に影響するとあるが、他の要素は関係ないのか、疑問に思い、学校内で羽化するセミを対象に、研究していくことにした。

今年度はその基礎調査として甲南高校正門横の庭園を中心に、セミの幼虫の生息場所調査を行うこととした。また、羽化時期と気温、天気との関係性を調べることにした。

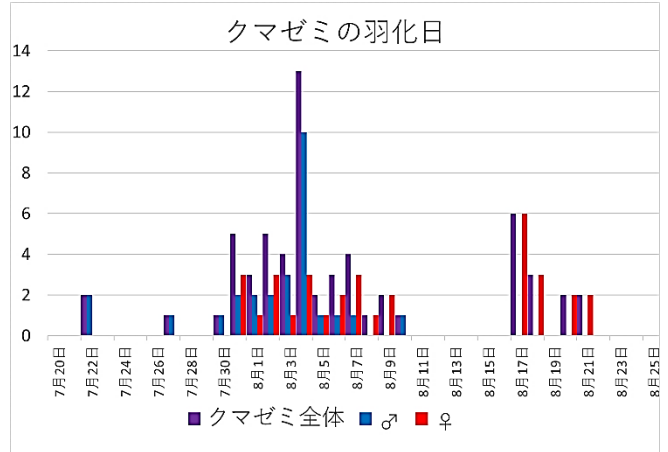


図1 クマゼミの羽化日と羽化数

2 方法

7月22日から8月21日にかけて、放課後を中心に正門横の庭園内でセミの抜け殻を採集し、種の同定および、体長、質量、性別、採集場所の記録をとった。気象に関する記録は、気象庁のデータを用いることとした。採集場所は A:庭園西側, B:庭園東側, C:校庭イチョウの木①, D:校庭藤棚, E:校庭イチョウの木②, F:校庭クスノキと区別した。

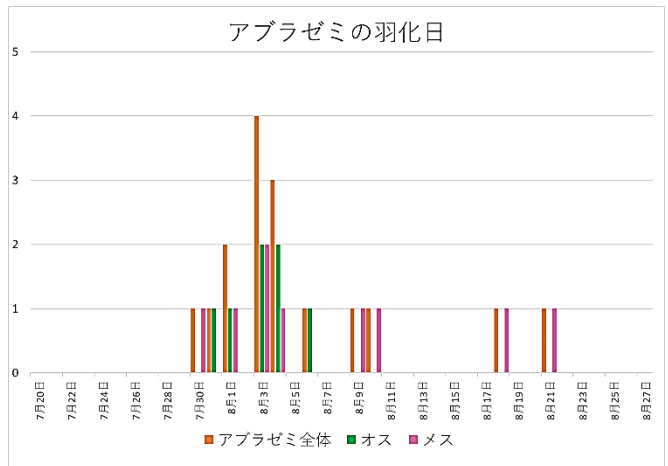


図2 アブラゼミの羽化日と羽化数

3 結果

(1) 羽化の時期

梅雨末期の7月22日から7月27日はほとんど抜け殻を確認することができなかったが、梅雨が明けた7月28日から急激にセミの羽化が始まり、8月4日がピークであった。(図1, 図2)

クマゼミとアブラゼミの羽化が確認されたが、他のセミの羽化は確認できなかった。

先行研究において、メスはオスに遅れて羽化することが示されていたが、本研究においてもクマゼミ、アブラゼミどちらもオスの羽化が早く、メスはオスに比べ遅かった。

(2) 生息場所の確認

抜け殻が見つかった場所はクマゼミ、アブラゼミともに庭園西側に集中していた。(表1)

表1 各調査地点での羽化数

	クマゼミ			アブラゼミ		
	数			数		
	全体	オス	メス	全体	オス	メス
A	25	6	19	8	4	4
B	7	6	1	2	1	1
C	0	0	0	0	0	0
D	0	0	0	0	0	0
E	6	1	5	2	0	2
F	1	1	0	2	1	1
全体	39	14	25	14	6	8

(3) 体長

損傷のない抜け殻で体長を比較したところ、性差は確認できなかった。また、羽化の場所での性差も確認できなかった。(表2)

表2 調査地点ごとの体長の平均値

	クマゼミ			アブラゼミ		
	体長(mm)			体長(mm)		
	全体	オス	メス	全体	オス	メス
A	33.6	34.2	33.4	29.9	29.3	30.5
B	33.3	33.0	35.0	32.0	30.0	34.0
C	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
D	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
E	32.2	28.0	33.0	31.5	0.0	31.5
F	35.0	35.0	0.0	32.0	30.0	34.0
全体	33.1	33.0	33.2	30.3	28.7	31.4

(4) 抜け殻の質量

体長の比較と同様、損傷のない抜け殻で質量の比較を行った。質量においても性差は確認できなかった。また、羽化の場所での性差も確認できなかった。(表3)

表3 調査地点ごとの抜け殻の質量の平均値

	クマゼミ			アブラゼミ		
	抜け殻の質量(mg)			抜け殻の質量(mg)		
	全体	オス	メス	全体	オス	メス
A	252.4	265.0	252.4	155.0	175.0	135.0
B	260.0	260.0	260.0	140.0	130.0	150.0
C	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
D	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
E	215.0	150.0	215.0	140.0	0.0	140.0
F	220.0	220.0	220.0	225.0	130.0	320.0
全体	248.5	254.7	248.5	160.7	160.0	161.3

4 考察

セミの羽化場所については、同じ庭園であっても、西側と東側で3倍以上差があったことから、地中での生活場所にも偏りがあるのではないかと考える。また、羽化に適した場所や樹木がある可能性もあり、今後の研究につなげていきたい。

梅雨明け以降に羽化の数が増加したことから、先行研究のとおり、日差しなどで地面が温まることで羽化が促されたと考えることができる。これは、実際に来シーズン、地中の温度測定することで確認していきたい。また、地温だけではなく、他の条件も羽化に影響を与える可能性がないと

は言えず、来シーズン以降、羽化の多かった庭園西側を中心に、温度以外の条件についても測定して調べていきたい。今年は8月3日から4日にかけて羽化した個体数が他の日に比べ、非常に多いのはなぜなのか、疑問が残る。来シーズン以降の同様の現象があるのか、あるのであれば、その原因を探っていきたい。

抜け殻の質量に関しては付着していた土を取り払わずに測定しているため、来シーズンは土などを払った後の数値を確認し、比較する必要がある。

5 今後の計画

今年、多くの羽化が確認できた地点を中心に、地温の変化を計測していく。また、羽化する地点に偏りがあったが、これが毎年共通しているか確認をしつつ、集中していた地点と他の地点の環境比較をしていきたい。

今回の調査では地面から1m程度のところに抜け殻が多く見られたが、中には地面から3m近い位置にも抜け殻があった。今年度は羽化の位置を記録していなかったため、羽化する場所が地面からどのくらいの高さかを調べていく。

今年度から始めたことなので、先行研究を調べながら、研究を進めていきたい。

6 参考

セミの抜け殻調査ガイド(こどもの国)

http://www.kodomonokuni.org/nature/summer/summer_semi2.html

白鳥舜 セミの生態観察5・羽化時期は地温で決まる 第34回 山崎賞

<https://gakusyu.shizuoka-ed.jp/science/ronnbunshu/h29/172096.pdf>

八畑実生 セミのぬけがら大調査パート6 自然科学観察コンクール(2016)

<https://www.shizecon.net/award/detail.html?id=450>

クロマダラソテツシジミの生態について

金山 大樹 川畑 星穂 下ノ菌 猛 鶴田 敢汰 樋口 雄正 藤山 歩夢 山元 玲旺 吉海 知希
鹿児島県立錦江湾高等学校 理数科 課題研究シジミ班

1. 動機

鹿児島県立錦江湾高等学校のソテツ (*Cycas revoluta*) 周辺で、ここ数年クロマダラソテツシジミ (*Chilades pandava* 以下クマソ) をよく見かけるようになった。クマソは台湾から生息域を北上させているチョウである。私達は、花でなくソテツに群れるチョウに興味を持ち、調べるようになった。

調べるうちに、クマソの寄生虫はいまだ明快になってはいないと知り、クマソが新しい環境・生態系の中でどのような位置にいるのか知りたいと考え、寄生虫の研究を始めた。



図 1 クマソの幼虫

2. 実験方法

- クマソの幼虫を採集し、図2のように、人工気象器内で 28℃条件のもと、飼育する。(10月7日現在 84匹採取済)



図 2 飼育の様子

- 寄生虫が出てきた場合、日付と曜日、場所、幼虫が何齢の時に出てきたかを記録する。
- 寄生虫を成虫まで育てる。(寄生虫が成

虫になるまでは数日程度)

- 成虫になった寄生虫を 70~100%のエタノールにつけて保存。専門家に相談しながら、寄生虫の種類の解析を行う。

3. 予想

オオルリシジミではメアカタマゴバチが寄生しているという論文があるので、ハチの幼虫が出てくると予想する。⁽³⁾

また、センチウの仲間が出てきたと報告されている例があるため、センチウ類も出てくる可能性があるかと予想している。⁽⁴⁾

4. 途中結果

10月7日現在、幼虫 84匹のうち寄生虫が出てきた幼虫は 0匹。幼虫は死ぬこともなく、生長している。

5. 参考文献

- 鹿児島昆虫同好会 “SATSUMA” Vol. 58 No. 138
- 沖縄県農林水産部森林管理課「クロマダラソテツシジミチョウ」
(<https://www.pref.okinawa.jp/site/norin/shinrin/> 最終閲覧日時 2020-09-13)
- 江田慧子「オオルリシジミなど里山環境に生息する絶滅危惧シジミチョウ類の保全・保護に関する生態学的研究」
J. Environ. Entomol. Zool Vol. 22 207-219 (2011)
- 鹿児島県立博物館「企画展：パラサイト～みんな寄生されているかも？～」
(<http://www.pref.kagoshima.jp/bc05/hakubutsukan/event/exhibition/2013/parasite.html> 最終閲覧日時 2020-09-13)

トンボの翅の物理的性質

鹿児島県立鹿児島中央高等学校科学部

2年 山田和樹

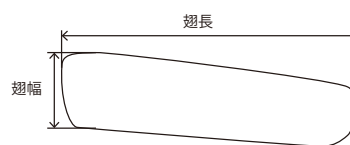


図 I

1. はじめに

昆虫のトンボ類は、皆高い飛行能力を有している。私は、その翅はどのような特徴を持ち、また、それがどのようにしてあのような飛行を可能にしているのかということに興味をもち、トンボについての研究を始めた。

2. 仮説

- ① 激しい飛行をするヤンマ科のトンボは、翅の周りに乱流をたくさんつくって空気を掻きやすくしている。
- ② 飛行の特徴と科によってそれぞれ共通するアスペクト比がある。

3. 実験方法

大雨などの影響なのか、今年はトンボが少なく、十分な数のサンプルを採集できなかった。

実験 I 風洞実験

自作した風洞を使って風洞実験を行い、写真を撮影した。

実験 II アスペクト比

ヤンマ科、サナエトンボ科、カワトンボ科、トンボ科の4つの科のトンボをそれぞれ3種類ずつ用意し、それぞれの後翅のアスペクト比を測定した。なお、ここでのアスペクト比とは、図1のような翅幅と翅長の比である。

4. 結果

I 風洞実験

風洞実験では、写真Iのような画像を撮ることができた。この画像では、翅の上側に小さな乱流がいくつもできているように見える。なお、写真はマルタンヤンマを実験した様子である。



写真 I

II アスペクト比

後述の表Iのような結果となり、同じ科のトンボや飛行方法の似た特徴を持つトンボ同士でも差があることが分かった。

また、トンボ類の中でも明らかに特徴的な飛行を行っているカワトンボ科とチョウトンボのうち、カワトンボ類は他と比べて余り差がないのに対し、チョウトンボは他のトンボに比べて値が小さくなっている。

5. 考察

表 I

実験 I

乱流は翅の上側にしか発生していないように見えたので、翅に刻まれている翅脈が大きく関わっていると思われる。

実験 II

調査数が少ないので断定できないが、科や飛行の特徴により、アスペクト比が一定の値になっていないことが予想される。翅の厚みや前翅と後翅の比なども調査すべきであると考えられる。

和名	翅幅	翅長	アスペクト比
オニヤンマ	1.5	5.5	3.7
ギンヤンマ	1.5	4.8	3.2
マルタンヤンマ	1.5	4.5	3
ヤマサナエ	1.4	4.2	3
ムカシトンボ	0.8	3	3.8
ムカシヤンマ	1.5	4.5	3
ハグロトンボ	1.5	4	2.7
アサヒナカワトンボ	1.2	3.8	3.2
シオカラトンボ	1.2	3.5	2.9
オオシオカラトンボ	1.4	4	2.9
チョウトンボ	1.8	3.5	1.9

6. 結論

実験 I

風洞実験では、翅に接触した後の気流には変化が見られた。

実験 II

アスペクト比は、科や飛行の特徴が似ているトンボでも同じ値ではなかった。

7. これからの展望

どちらの実験もまだデータが足りないので、これからも実験を行い、より正確な記録をとり、考察できるようにする。

8. 参考文献

- ・ 昆虫の図鑑 採集と標本の作り方, 南方新社, 2005
- ・ 昆虫飛翔のメカニズムと進化, アンドレイ・K. ブロドスキイ, 築地書館, 1997