

10 身近な昆虫たち 2011 since 2003～鱗翅 目（ガ・チョウ）の生き残り戦略Ⅲ～

1 研究の動機

スジベニコケガについては、昨年度は出現数は決して多いとは言えない。従って昨年度のような少ない出現数では、「群集効果」（同種の生物がある決まった区域に大発生すると、生物の個体数を減少させ、数を調整するかのようにはたらく現象）は起きていないだろう。しかし、そもそも大発生はなぜ起きるのかという疑問も出てくる。

次にガなどの鱗翅目におけるエネルギー代謝（生命を維持したり活動したりするために使うエネルギーの出入り）についてである。今年になって「熱血昆虫記 虫たちの生き残り作戦」という本に出会った。その本の中に「ある種のスズメガは、飛び立つ前にウイングバイブレーション（翅を震わせる行動）を行い、ウォーミングアップしてから飛行行動にうつっていく。その際にスズメガの体温は47℃まで上昇した」というのである。この文を読んだときぼくは昨年解剖した昆虫の体内に見た脂肪を思い浮かべていた。脂肪をエネルギーに変換させるには、体温を高めることで脂肪を燃焼しエネルギーに変換するのではないかと考えた。また昨年の昆虫の解剖では、昆虫の腹部のみの解剖にとどまっていた。昆虫の足や翅が生えてる場所は、腹部ではなく胸部に集中している。ぼくは、胸部にエネルギーを消費したり体温がつくり出されたりする秘密が隠されているのではないかと考えるようになった。

そこで、本年度の仮説を以下のように押さえた。

（１）スジベニコケガ等の発生する個体数が多くなるほど、個体数を調整するため雄が多く出現するのではないだろうか。

（２）ガの胸部には、腹部に貯めた脂肪分をエネルギーに変換する仕組みがあるのではないだろうか。

2 研究内容

（３）ガのエネルギー代謝のしくみをさぐる。

ガのエネルギー代謝を調べるため、まず採取するガやその他比較するために採集した昆虫の体温を非接触型赤外線温度センサー計で測定した。非接触型赤外線温度センサーは、測定温度範囲が、-33℃～180℃となっており、生物の実験・観察には十分な機能だと感じた。体温を測定してみたいと考えているガやその他の昆虫の対象は、

- ① 断熱効果が高そうな外骨格に覆われている甲虫類（コガネムシなど）
- ② ガの仲間では大型であるが、翅を力強く羽ばたかせ、飛翔能力に優れているスズメガの仲間
- ③ スズメガ以上に大型のガ（ヤママユ、クスサン、オオミズアオなど）

次は解剖についてだ。今回の解剖で明確にしなくてはいけないことは、これらだ。

- ① 腹部に貯められた脂肪が昆虫によって（昆虫の運動量によって）どのくらい違うか。
- ② 胸部内のつくりは、エネルギー代謝とどのようにかかわったつくりをしているか。
- ③ 体温が上昇する昆虫であった場合、体温管理をどのようにしているのか。

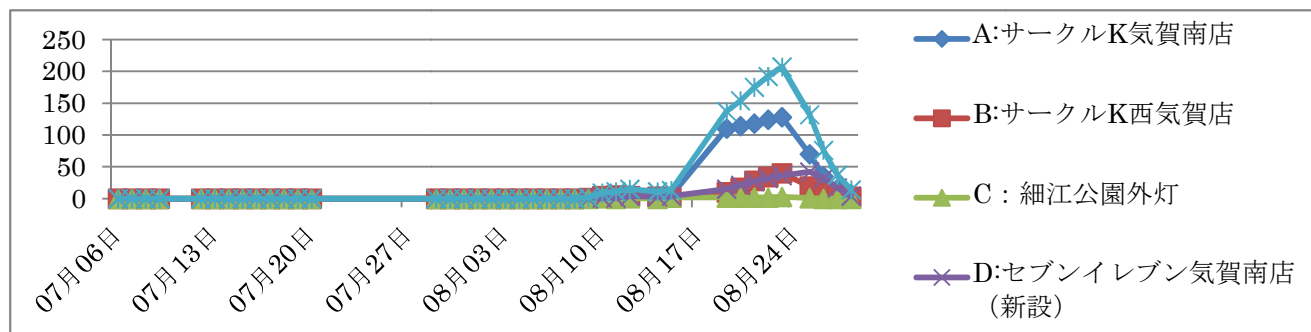
4 研究結果

（２）仮説（１）について

- ① スジベニコケガの出現数は、昨年の約 10 倍



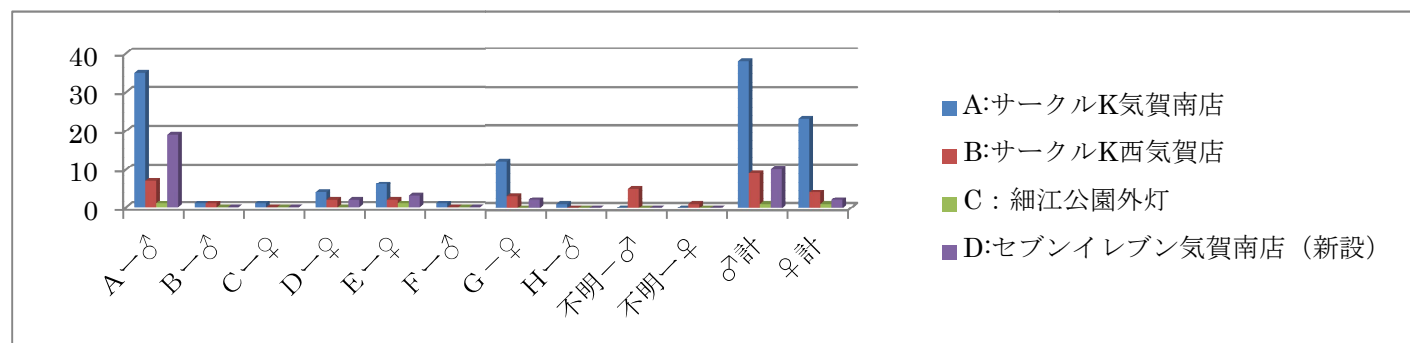
スジベニコケガの今年の出現数だが昨年の数とは全く異なり、かなり多くの数が出現している。すべて捕獲して標本しようとも考えたが全ての個体を捕獲するのは不可能だ。そこで手が届く採集可能なスジベニコケガを捕獲し、手が届かないスジベニコケガは、目で個体数を確認した。まず、スジベニコケガの、各調査場所における出現数（視覚による観察）を確認した結果である。



今年のスジベニコケガは8月10日頃から出現し始めた。ピークは24日頃で28日には出現しなくなってきた。成虫としての出現期間は、約2週間半だった。そして今年の出現ピークの確認個体数は207だった。昨年の確認できた出現ピークは、20匹だったので、それを考えると今年は、約10倍の出現数だから、大発生と言ってよいだろう。さらに昨年度は、7月上旬にスジベニコケガの出現が認められたのに今年は、なぜか、7月上旬には出現していない。

②大発生したスジベニコケガの多くが♂だった。

出現数が10倍に増えた今年の性比は♂：♀＝58：30≒2：1という結果になった。大発生すると♂が多く出現するという結果である。



また、出現数が圧倒的に多いのはAタイプの♂、♀は、Aタイプの数には及ばないが、新出現のGタイプの♀である。多く出現しているタイプの形質の共通点は、タイプAもタイプGも翅の朱部分が鮮やかで、翅の茶部分が濃い茶である。翅の色が鮮やかな派手なタイプが占有したことになる。

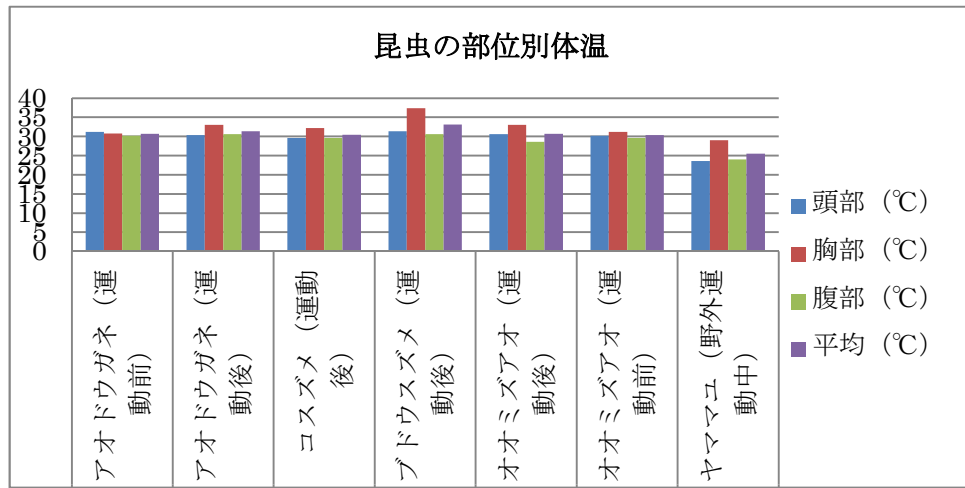
（３）仮説（２）について

①翅を激しく振動させる昆虫の胸部は、体温が上昇する。

昆虫は、変温動物だ。ところが昆虫の腹部に貯めている脂肪をどのように消費しているか追究していく中で昆虫にも体温があることを確認した。しかも体温を測ってみると昆虫の体の部位によって体温が異なるのである。そこで下記に示すように何種類かの昆虫で体温の測定をした。

昆虫の体温を測定するため、割り箸などに固定してから翅をはばたかせながら体温を測定した





体温の計測は、各昆虫の運動前と運動後の視点で計測した。体温の計測から言えることは、動いていない昆虫は頭部・胸部・腹部の体温の温度差は、あまりない。しかし、翅を羽ばたかせた運動後の昆虫は、胸部の温度が上昇するのである。特にスズメガの仲間では、ヒトの体温並みの温度をその胸部から測定することができた。

②胸部は、運動エネルギーと熱エネルギーを産み出す場

①の結果より昆虫は、運動することによって胸部より発熱することを確認できた。次に解剖である。今年解剖した昆虫は、ニイニゼミ、アオドウガネ、コスズメ、ブドウスズメ、オオミズアオの5種類だ。

最初に解剖したのはニイニゼミである。体内の様子がよくわかるように双眼実体顕微鏡で観察するようにした。

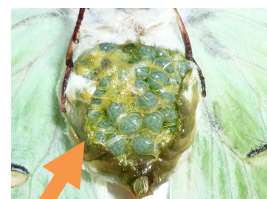
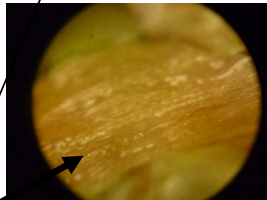
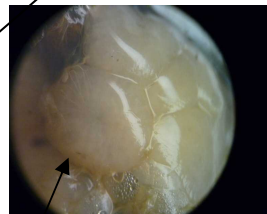
ニイニゼミの腹部は、驚くことに1/5程度しか脂肪がなく、水分も少なく枯れているような状態だった。腹部の残りの4/5は、空洞になっていた。

甲虫類のアオドウガネ(コガネムシの仲間)は、腹部に白い脂肪がつまっている。そして胸部はニイニゼミと同じように白色の繊維状の筋肉になっていることが確認できた。

運動量が多く、成虫になっても樹木の糖分を摂取するコスズメやブドウスズメの腹部は、たっぷりと脂肪がつまっていた。その脂肪は、新鮮で水分で潤っていた。胸部は、白色でその筋肉は、他の昆虫より繊維が太く、肉眼でも確認できた。

最後に解剖したのは、カイコガの仲間。今回解剖した昆虫の中では、最大の体調(10cm)をもつオオミズアオである。オオミズアオは、ヤママユなどと同じように成虫になると、口吻が退化し、水もえさも摂取しない。生きていくエネルギー源は、幼虫時代に蓄えたものだけだ。

オオミズアオの腹部の外見は、一見脂肪が詰まっているかのようにふくよかである。たくさんの鱗粉で、その腹部の中はたくさんの白色の脂肪が詰まっていると予想して解剖を始めた。すると予想を反してそこには規則正しく並んで詰まっている無数の緑色の粒(直径3mm)が観察できた。そこにあったのは、無数の卵だったのだ。腹部の卵を取り除くと、オオミズアオの腹部には、ほとんど脂肪は残っていなかった。次に胸部の解剖をした。オオミズアオなどのカイコガの仲間は、ガの中では最大の翅をもつ。それだけ胸部にある筋肉組織は、繊維模様がはっきりとし、胸部につまっていた。



5 研究の成果と課題

(1) スジベニコケガの大発生と「群集効果」について

スジベニコケガは通常の発生では、その性比は♂：♀＝１：１で起きている。これは、多くの生物界で起きている正常な性比だ。しかし、今年はスジベニコケガが大発生した性比は♂：♀＝２：１だ。スジベニコケガにとってこの性比は、「生き残り戦略」においてどのように有利なのだろうか。

もし、スジベニコケガが後世に向けて大量の子孫を残したいとするならば、♀を多く産む方が確実に個体数が増える。♂を増やしても個体数の増加には役立たない。スジベニコケガの大発生は、やはり気象に大きくかかわっていると思う。スジベニコケガにとって自分たちに死をもたらす気象変化は生き残る上でとても影響が大きい。今年のスジベニコケガは、例年のように７月の発生が見られない。ガの多くは、一夏で２世代の交代をするので、一夏の成虫の発生のピークは２回あるはずだが、今年は、８月後半の１回だけだ。ぼくは、今年のようにピークが一回だけしかない年に大発生が起きやすいのではないか。他のガもそうであるが、チャック付きのビニール袋に捕獲すると、生命の危険を感じるのか、♀は、袋内でいきなり産卵してしまう。生命の危機にはかなり敏感で、その危機の時には子孫を継承する行動を優先させている。さて、問題の♂が多く発生した性比の課題だが、ぼくは、Ａタイプの♂が多いことに着目した。スジベニコケガに生命に危険が生じることは、遺伝子のバトンタッチである子孫継承にも大きく影響する。昆虫たちは、このバトンタッチを見事に何億年も続けてきたのである。さて、Ａタイプの♂は、鮮やかな朱色の翅、濃い茶色の翅部分をもつ見た目派手なハンサムタイプである。ぼくは、当初♂が多く発生することは、自然にその種の生物個体数を減らす行動だと考えていた。しかし、この考え方は、「生き残り戦略」という視点から考えるとあまり利点がないように思える。それより、気象変化等の環境変化で遺伝子のバトンタッチにピンチが起きているときは、数を増やすことより、より強い個体ができることを優先する「生き残り戦略」をとっているだと考えた。♂が多くなると、♀を獲得するために♂同士間での競争が起きる。♂が多く発生すると言うことは、より強い子孫を残す方法としては有効だ。また、Ａタイプの♂はどのような♂なのかということも気になる。たまたまその場所にＡタイプの遺伝子をもつスジベニコケガが多いだけなのかもしれない。別の考え方は、Ａタイプのスジベニコケガは、「生き残り戦略」上、有利な形質なのかもしれない。例えば、他の♂より活発であるとか寿命が長い、活動的などのアドバンテージがある形質なのかもしれない。これらは、今後の課題になるだろう。

今回の実験で体温が顕著に上昇したスズメガの仲間は、飛行状態になる前にウイングバイブレーションをし、ウォーミングアップする行動も確認できた。燃料である脂肪を体の中で、化学的に効率よく燃焼させて運動エネルギーにするために熱をもつことが必要なのではないかと考えた。理科の授業で化学変化を起こさせるときに、ガスバーナーで熱することで、化学変化を起きやすくさせることと同じではないかと思う。昆虫たちも筋肉を使って体温を上昇させ、脂肪を消費（燃焼）しながらエネルギーをつくっているのだ。昆虫の場合、筋肉は、運動エネルギーと熱エネルギーをつくる役割を担っている。そして、作り出した温度（熱）を逃がさないために、堅い外骨格や毛皮のような鱗粉で体を覆い、保温しているのである。

細かい視点に目を向けると、ニイニイゼミの腹部の脂肪が費やされ空洞になっていたのは、飛ぶことだけではなく、休まず鳴き続けたことによる消費によるものだ。

アオドウガネの場合、甲虫で飛翔行動の頻度が少なくなるせいで、脂肪の消費量が少ない。

またスズメガの仲間も腹部に新鮮な脂肪がつまっている。アオドウガネもそうだがスズメガも成虫になっても糖分を積極的に摂取しているので、脂肪を蓄積できると同時に活動も活発だ。

そしてカイコガの仲間であるオオミズアオは、あれだけ体が大きいにもかかわらず、成虫になって摂食しない。そして体内には、腹部いっぱいのお卵と、わずかな脂肪。このことは、オオミズアオの成虫は、産卵や交尾だけのために成虫になり、希少な脂肪を節約しながら費やし、その「生き残り戦略」の目的達成のためだけに成虫としての生活があることがわかった。

※参考文献 ・熱血昆虫記 虫たちの生き残り作戦 バーンズ・ハインリッチ（パークリー大学終身教授、ヴァーモント大

学教授）渡辺政隆＋榊原充隆訳 どうぶつ社・昆虫という世界 日高敏隆（京都大学理学部名誉教授）講談社 他