

セグロアシナガバチとクロアゲハの蛹化過程

大畠 純二*

The pupational process of *Polistes jaduigae* (Hymenoptera) and *Papilio protenor demetrius* (Lepidoptera)

Junji Oohata

1. はじめに

セグロアシナガバチ *Polistes jaduigae* の幼虫は胸脚を持たないウジ虫形幼虫で、巣の育房（個室）の中で働きバチから動物性食物を口移しに与えられながら成長する。成長を終えた終齢幼虫は、育房の口に糸を張って蓋をして繭を作り、その中で変態して蛹になり羽化すると育房から脱出して成虫の群れに加わる。従って、セグロアシナガバチの蛹化の様子を観察するには、終齢幼虫を育房から取り出す必要がある。

一方、クロアゲハ *Papilio protenor demetrius* の卵は餌植物であるミカン科植物の葉に直接産み付けられる。幼虫は胸脚のあるイモ虫形幼虫で、葉から葉へと移動しながらその葉を食べて育つ。終齢幼虫は自ら吐いた糸で体を枝などに固定して一定期間休眠状態に入り（前蛹），その後その場で蛹化し羽化する。蛹化は前蛹の外骨格を脱皮することで完了するが、前蛹の外骨格は不透明なのでその中で進行する幼虫からサナギへの変化の過程を観察することはできず、脱皮した時には既にサナギの形が完成している。

この度、セグロアシナガバチとクロアゲハの蛹化過程とセグロアシナガバチの翅の形成過程を観察する機会を得たので報告する。また、これらの観察結果とともに、昆虫類と飛翔の起源及び完全変態と不完全変態の違いについて考察する。

2. セグロアシナガバチの蛹化

(1) 観察に用いた材料

観察に用いた材料は、セグロアシナガバチに刺され

る被害があったために駆除された直径約7cmの巣で、育房には卵から発育段階の異なる幼虫、サナギ、羽化直後の成虫までが見られた。育房は半数ほどが蓋をされた状態で、その中から終齢幼虫からサナギ、成虫に至る各過程のハチを得ることができた。

(2) 蛹化の過程

セグロアシナガバチの蛹化の過程は基本的にはエサキムカシハナバチ *Colletes esakii* の蛹化過程と同様だが、セグロアシナガバチがエサキムカシハナバチに比べて体が大きいため観察しやすい反面、幼虫の頭部が黒色の硬い外骨格に包まれているため頭蓋内で進行する触角の形成過程を観察することができない不便さがある。しかし、翅が着色していることは、翅の形成過程を観察するのに非常に好材料であると言える。

図1-①～⑤及び写真1-①～⑤は、終齢幼虫から蛹化第二段階中期までの5シーンである。図中に付した記号は、a：第1気門，A：サナギの触角，(E)：複眼予定域，E：複眼，H ℓ ：終齢幼虫の頭部，(H ℓ)：終齢幼虫頭部の脱皮殻，H p ：サナギの頭部，L₁：第1胸脚，(L₁)：第1胸脚予定域，L₃：第3胸脚である。図1-②は蛹化第一段階初期で、第1気門（図中a）直前の第1体節背側に複眼（図中(E)）が形成され始めている。この段階の体に見られる特徴的な紋様としては、複眼の他に、胸部側面の中央よりやや下方に2個の気門状の楕円紋が見られる（図2-①，②中のw）のと、第1体節から第4体節までの腹部に黒色斑紋があること、更に前から3つの腹部黒斑のそれぞれの下面に1対ずの楕円紋が見られる（図2-②中のl）（写真2）ことである。これらの楕円紋が存在する意味は明らかでないが、体側部の楕円紋の位置に前後翅が形成されることから翅形成に、また腹部の楕円紋は幼虫の胸脚形

* 島根県立三瓶自然館, 〒694-0003 島根県大田市三瓶町多根 1121-8

The Shimane Nature Museum of Mt. Sanbe (Sahimel), 1121-8 Tane, Sanbe-cho, Ohda, Shimane, 694-0003, Japan

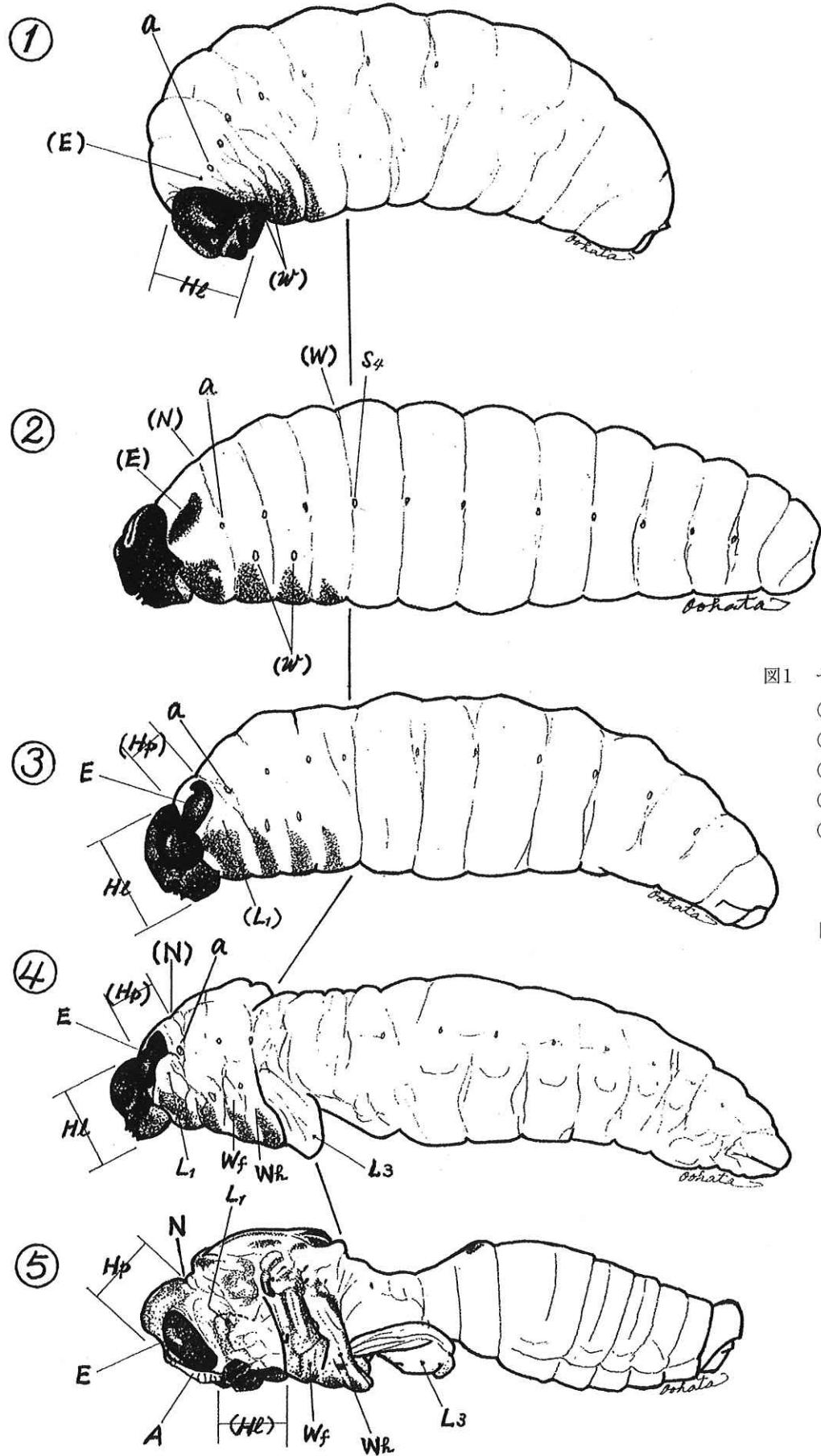


図1 セグロアシナガバチの蛹化過程

- ① 前蛹(休暇に入った終齢幼虫)
- ② 蛹化第一段階初期
- ③ 蛹化第一段階中期
- ④ 蛹化第二段階初期
- ⑤ 蛹化第二段階中期

図中記号

- a : 第1気門
- S₄ : 第4気門
- A : サナギの触角
- (E) : 複眼予定域
- E : 複眼
- Hℓ : 前蛹頭部
- (Hℓ) : 前蛹の頭部脱皮殻
- (Hp) : サナギ頭部予定域
- Hp : サナギ頭部
- (L₁) : 前・後胸脚予定域
- L₁, L₃ : 前・後胸脚
- (N) : 頸部予定域
- N : 頸部
- (W) : 腰部予定域
- (w) : 翅予定域
- wf : 前翅
- wh : 後翅

セグロアシナガバチとクロアゲハの蛹化過程



写真1-① 蛹化第一段階直前の終齢幼虫(前蛹)



写真1-② 蛹化第一段階中期

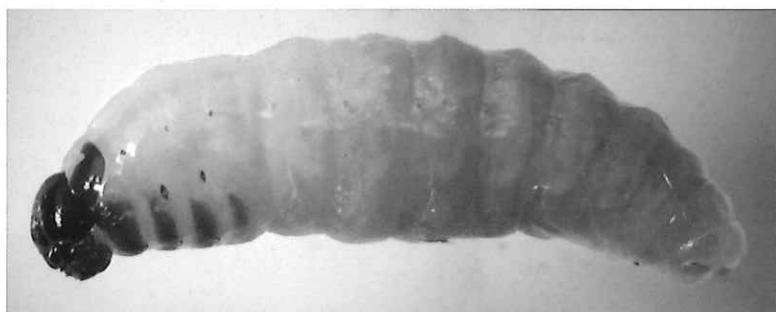


写真1-③ 蛹化第一段階サナギ

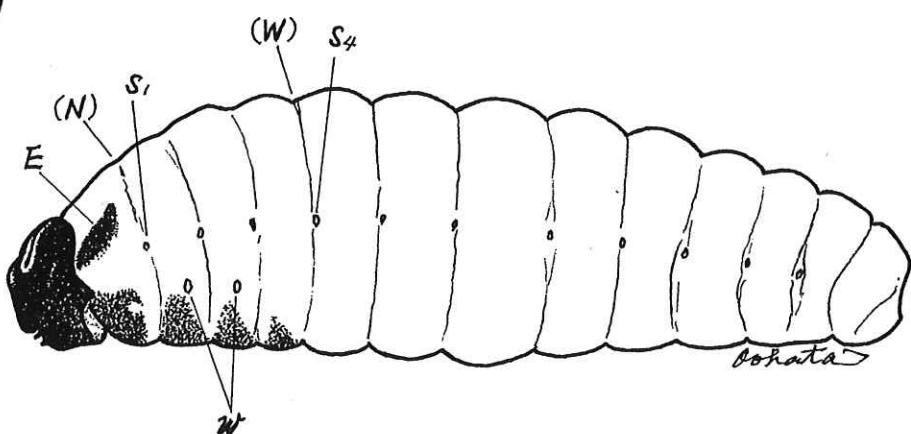


写真1-④ 蛹化第二段階初期



写真1-⑤ 蛹化第二段階後期

(1)



(2)

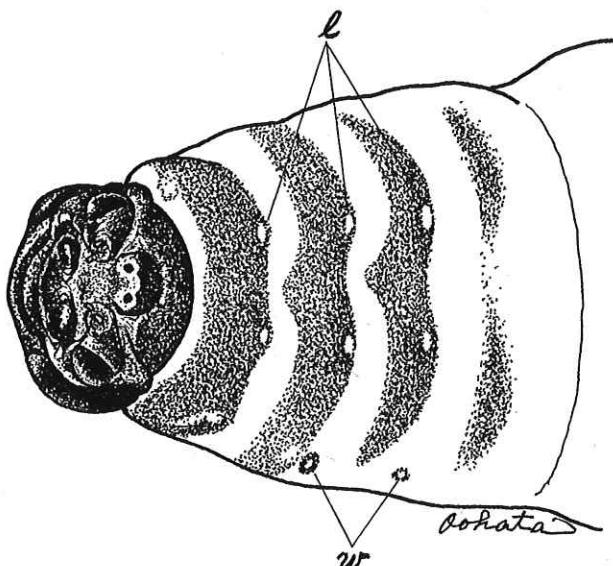


図2 セグロアシナガバチの蛹化第一段階初期

- E : 腹眼予定域
- (N) : 頸部予定域
- (W) : 腰部予定域
- S₁~S₄ : 第1~第4気門
- w (w₁~w₂) : 前後翅域斑紋
- (l₁~l₃) : 胸脚域斑紋

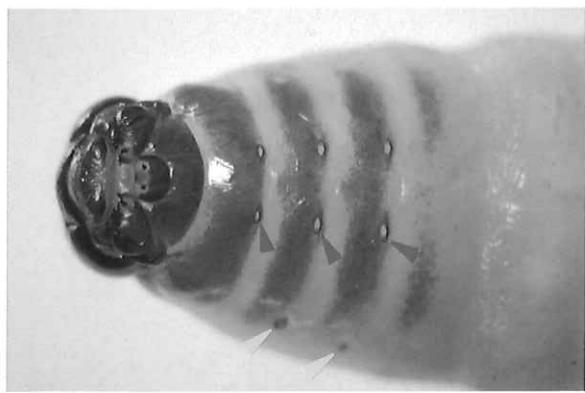


写真2 蛹化第一段階初期のセグロアシナガバチ腹面に見られる黒色斑と、体側部(黄色三角)と腹面(赤色三角)に見られる楕円紋。

成と関係があるように見える。

図1-④は蛹化第二段階前期で、第1胸脚(図中L₁)と第3胸脚(図中L₃)及び前後翅(図中WfとWh)

が終齢幼虫時の薄い外骨格の下に透けて見える。第2胸脚は翅に被われていて見ることはできない。図1-⑤と写真1-⑤では、終齢幼虫時の頭部外骨格(図中(Hℓ))が蛹化時の脱皮によって下面後方へずり下がった為に、終齢幼虫時の頭蓋内部に形成されていたサナギの触角(図中A)が後方へ引き伸ばされているのがわかる。

(3) 翅の形成

セグロアシナガバチのサナギに見られる翅は、蛹化第二段階初期の頃から部分的に着色が見られ、形成過程が比較的観察しやすい。

図3-①~⑤は、蛹化第二段階の初期から終期に見られる翅形の変化の様子を図示したものである。図中にa, b, cで示した部分が前翅、Whで示したのは後翅である。その他の図中記号は、A: 中胸背板、Lf: 前胸脚、Lm: 中胸脚、Lh: 後胸脚である。

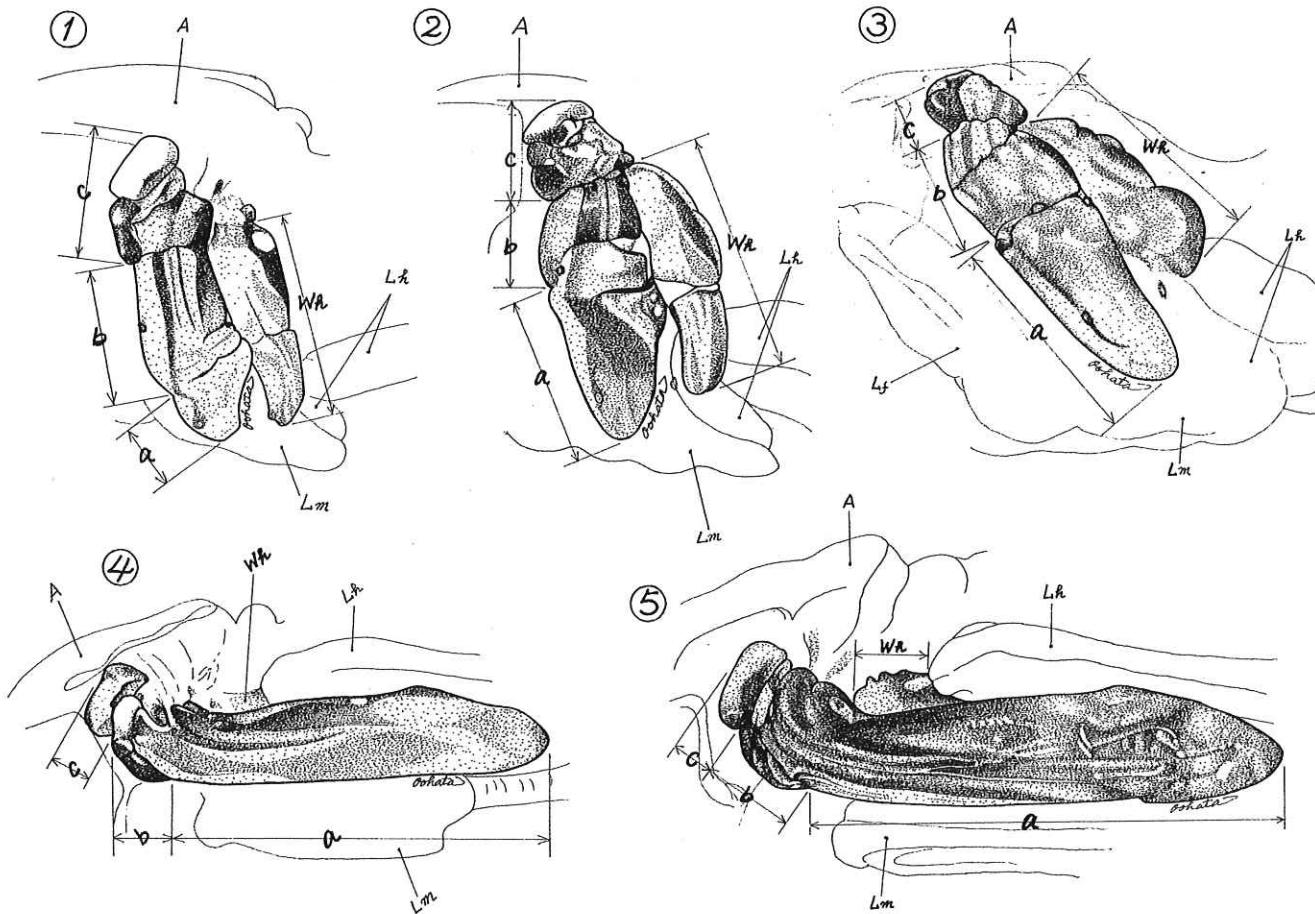


図3 セグロアシナガバチの蛹化における翅形成過程

- ① 蛹化第二段階初期
- ②③ 蛹化第二段階中期
- ④ 蛹化第二段階後期
- ⑤ 蛹化第二段階終期

図中記号

- | | |
|-----------|----------|
| A : 中胸背板 | |
| Lf : 前胸脚 | Lm : 中胸脚 |
| Lh : 後胸脚 | wh : 後翅 |
| a : 前翅 | |
| b : 前翅基部 | |
| c : 前翅関節部 | |

蛹化直前の終齢幼虫には、第2, 3体節の側面下部に気門に似た形の楕円紋が1対ずつ見られるが、蛹化の際にこの位置に前後翅が形成される。形成初期の前翅は、図中に記号で示してあるように少なくともabcの3つに区分される構造であり、この形は胸脚に類似している。図では前翅を先端側からa, b, cの3区分としているが、実際にはcの部分は更に複数個から成り立っていることがわかる。a, b, cの各部は、サナギが完成に近付くに連れてそれぞれの長さと比率が変化する。bとcは蛹化が進むに連れて縮小し前翅の基部に集合して関節部分を形成するのに対して、aは次第に伸長して羽化前の大さきの翅にまで達すると伸長を停止する。aは羽化直後に更に2倍以上に伸長して薄く幅広くなり、飛翔可能な大きさと形の前翅になる。ま

た、後翅の方も、少なくとも3つのパートから形造られているように見える。甲虫類の後翅が前翅の下に折りたたまれるという関節構造が成り立つのは、このような形成過程が関係しているからだろう。更に、図3-③の図中にaで示した部分の形は、クワガタムシなどの甲虫類の前翅(鞘翅)を想起させる。

セグロアシナガバチの翅の形成過程を見ると、昆虫の翅が運動性を持たない1枚の板状構造物を起源とするのではなく、関節のある運動性を持った胸脚に似た器官、もしかすると鰓脚のようなものから進化したのではないかとの考えを抱かせる。前述したように、セグロアシナガバチの終齢幼虫には第1, 第2, 第3体節後部の腹面に1対ずつと、第2, 第3体節の両体側下部中央に1個ずつの楕円形斑紋が見られるが、腹面

の斑紋は胸脚、体側下部の斑紋は翅の形成に関係があるように見える。

3. クロアゲハの蛹化

(1) 観察に用いた材料

観察に用いたクロアゲハの幼虫は、自宅の植木鉢に植えたミカンの葉を食害していたものであり、また、蛹化時の脱皮に失敗した個体の方は、地上に落ちて死んでいたものである。

(2) 蛹化の過程

庭の植木鉢に植えられたミカンの葉を食害していたクロアゲハの幼虫が、2014年11月4日に別の鉢の植物の幹に移動し糸を吐いて体を固定して休眠状態に入り、4日後の11月8日の朝には蛹化を完了していた。しかし、この個体はプランコヤドリバエ *Exorista japonica* に寄生されていた為に羽化できずに死んでしまった。



写真3 蛹化し損なったクロアゲハ。
頭蓋内に触角と複眼が形成されている。



写真4 蛹化直前で死んだ終齢幼虫。
頭蓋外骨格を除去すると触角と複眼が現れた。

2014年11月25日には、庭に並べられている植木鉢の間の地面に蛹化を失敗した別の個体が転がっているのを見つけた。この個体は、右側頭部と背中部分だけが前蛹の外骨格から脱出しかかった状態で死んでいた。左側頭部は前蛹の頭蓋が残されたままだったので、頭蓋を除去してみたところその内部にS字状のサナギの触角が収納されていた。サナギの触角は頭部背面後方から発し、頭蓋内をS字状に走って先端部は前蛹の触角に繋がっていた(写真3、図4-①と②)。また、頭蓋内部後方の第1気門直前あたりには未完成の複眼が形成されており、クロアゲハの場合もサナギの複眼

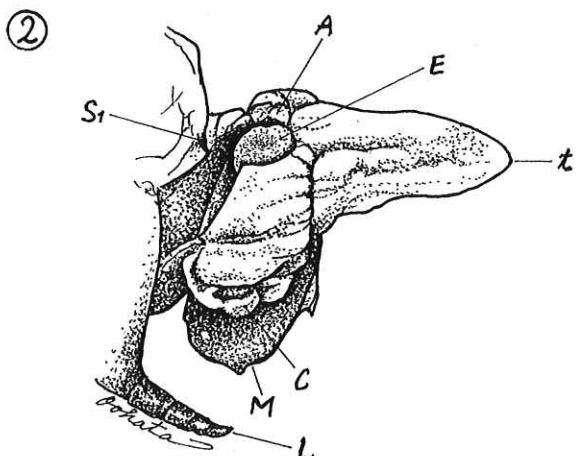
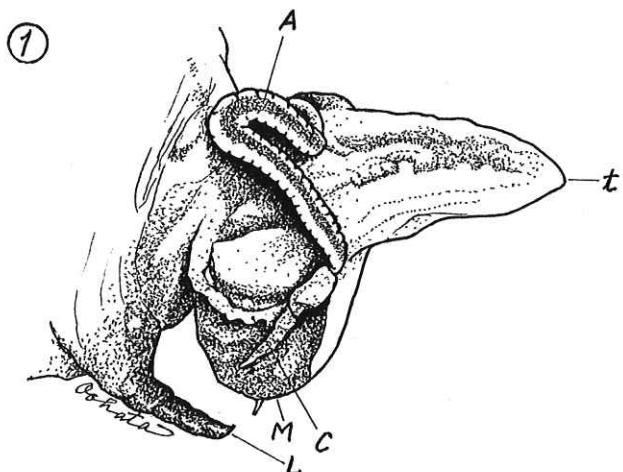


図4 クロアゲハ一蛹化時の脱皮を失敗した個体の頭部

- ① 前蛹の右頭蓋外骨格を除去したもの。
- ② ①のAの部分を除去したもの

A : サナギの触角	S ₁ : 第1気門
C : サナギの頬部	t : サナギ前端の角状突起
E : 複眼	
L : 前蛹の前胸脚	
M : 前蛹の口部	

形成は幼虫の個眼域と無関係であることが明らかになった。この個体の口器の部分は外観的には前蛹の形のままだったのでこの部分の外骨格を除去して見たが、サナギの長い口吻はまだ形成されていなかった。

2016年10月10日に採集したクロアゲハの終齢幼虫の死体は胸部に糸が付着しており、蛹化の準備段階で死んで地上に落下した個体と判断された。この個体は頭部から腹部の前半までは終齢幼虫のままであり、腹部後半は死亡後に終齢幼虫時の外骨格が剥がれたらしく腹部はサナギの形が完成していた。このことから、蛹化直前の終齢幼虫の外骨格内部では、蛹化第二段階がほぼ完成していることが明らかになった。この個体の頭部外骨格を除去したところ、内部にサナギの触角と未完成の複眼が確認できた（写真4）。

2016年10月22日に行ったクロアゲハの蛹化の観察によって、前翅は前蛹の中胸脚基節域から、後翅は後胸脚基節域から形成されることが明らかになった。前蛹の胸脚と翅は、蛹化時の脱皮によって後方へ引き伸ばされることにより形成するが、これにはサナギの脱

皮が背中から始まることが重要である。前蛹の外骨格を背中側から破る時には、先ずサナギの背中に突起が形成されることによって突き裂かれる。

脱皮が背中側から始まると、それに伴って先ず前蛹の後胸脚が後方へ移動することでサナギの後胸脚と後翅が後方へ引き伸ばされ、次に前蛹の中胸脚が後方へ移動することによってサナギの中胸脚と前翅が後方へ引き伸ばされる（写真5-①と写真5-②）。それから前蛹の頭蓋外骨格がサナギ頭部からはずれて後方へ移動することで、頭蓋内にS字状に収納されていたサナギの触角が後方へ引き伸ばされ、また、サナギの長い口吻も後方へ引き伸ばされる（写真5-③）。サナギの脱皮が完了した時点では、後翅と前翅、触角、中胸脚、前胸脚、口吻は隙間無く配置され互いに癒合して、あたかもサナギの表面に線刻でも施されているかのようになる。

クロアゲハのサナギの前端には2つの三角形をした角状突起が見られるが、この角状突起は、蛹化時の脱皮が終了する直前に腹端部から脱皮殻を取り除く為に



写真5-① クロアゲハの蛹化脱皮。背中から脱皮が始まる。胸脚の間隔が広いことに注意。



写真5-② 背中に次いで頭部が脱皮する。
図中番号は、1；サナギ前端の角状突起、
2；前胸背板、3；中胸背板突起部、
4；後胸背板、5；触角、6；前翅、
7；後翅、8；前胸脚、9；前蛹頭蓋外骨格、
10；複眼)。

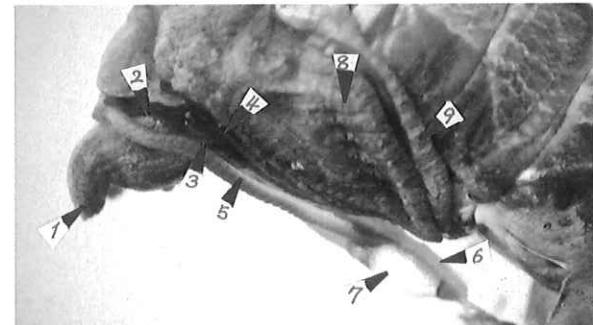


写真5-③ 脱皮によって、触角と口吻が引き伸ばされることがわかる。
図中番号は、1；サナギ前端の角状突起、
2；複眼、3；前胸脚、4；中胸脚、5；触角、
6；口吻、7；口吻を引き伸ばす際に見られる
袋状物体、8；前翅、9；後翅)。

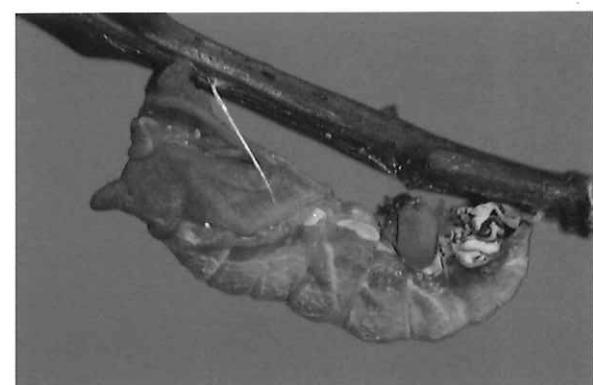


写真5-④ サナギ前端にある角状突起の使用

腹部をくねらせる時に頭部を固定する為に一瞬間だけ使用される器官である（写真5-④、写真はナミアゲハ *Papilio xuthus*）。従って、クロアゲハのサナギの頭部前端と背中に見られる突起は、蛹化時に前蛹の外骨格を脱皮する為だけに用いられる器官だから成虫の体には存在しない。これは、シロチョウ科 Pieridae のサナギの前端にある角状突起の場合も同じである。

セグロアシナガバチやエサキムカシハナバチのウジ虫形幼虫では蛹化直前の終齢幼虫の第1気門直前の第1体節に複眼形成が認められたが、クロアゲハの蛹化直前のイモ虫形幼虫の複眼は第1気門前方の頭蓋内後縁部に形成する。このことから、ウジ虫形幼虫に比べて、イモ虫形幼虫の方がより頭化現象 cephalization が進行していると言える。イモ虫形幼虫では既に頭胸腹部の区別がある程度出来上がっているので、イモ虫形幼虫はエサキムカシハナバチの蛹化第一段階サナギに相当すると考えることができる。

4. 胸脚の形成についての考察

蛹化が始まる前のセグロアシナガバチ終齢幼虫には、第1～4体節の腹面に黒色斑紋が明瞭になる。この第1～第3体節の黒色斑紋部腹側には小さな楕円紋が認められ、胸脚を持たないウジ虫形幼虫に進化する過程で過去に胸脚があったことを物語る痕跡かもしれないと前述しておいた。チョウやガなど鱗翅目のイモ虫形幼虫がサナギに変態するにあたって幼虫の胸脚が成長してサナギの胸脚に変わるという説があるが、もともと胸脚を持っていないウジ虫形幼虫がサナギに変態する時にはサナギの胸脚のもとになる幼虫の胸

脚は存在しないから、サナギの胸脚のもとになるものを幼虫の胸脚以外に見つけなければならない。そこでヒントになるのは、蛹化における触角形成の過程である。筆者は、エサキムカシハナバチの蛹化において、サナギの触角は幼虫の頭蓋内にある神経から誘導されることを見出した（大畠2015）。同様の変化は、クロアゲハの幼虫がサナギに変態する時にも見られる。このように、サナギの触角は幼虫の触角が成長したものでなく幼虫の触角に至る神経が新たにサナギの触角を作り出すのであるが、胸脚の場合も幼虫の胸脚に繋がっていた体内にある神経の誘導によって形成することが考えられる。図5と写真6は、卵殻内にある孵化前日のクロゲンセイで、1齢幼虫時に見られる三



写真6 孵化1日前のクロゲンセイ。三爪胸脚(黄色三角)とは別の胸脚らしい物(赤色三角)が見える。

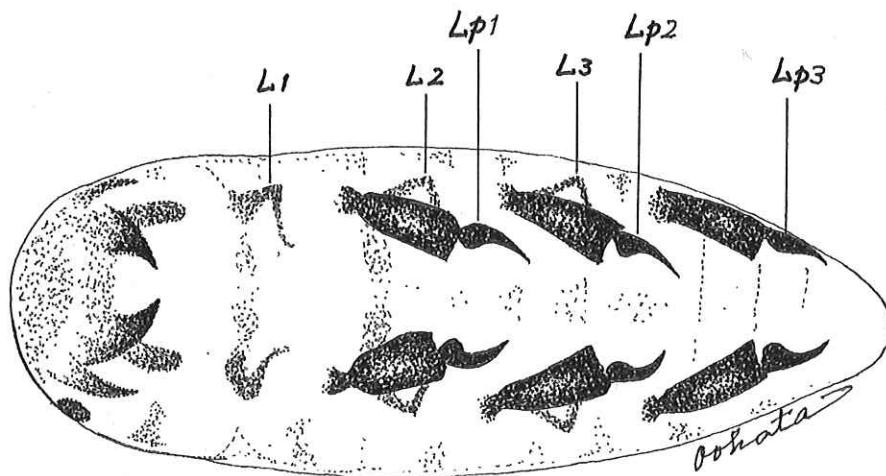


図5 クロゲンセイ孵化直前のプランニデュウム体内に別の胸脚が見える。

爪の胸脚（図5にLp₁, Lp₂, Lp₃で、写真6に黄色三角で示した部分。第2～第4体節にある）の他に別の胸脚らしいものが第1～第3体節に見て取れる（図5にL₁, L₂, L₃で、写真6に赤色三角で示した部分）が、後者は幼虫時に出現することは無いのでこれはサナギに変態したときの胸脚になることが予想される。エサキムカシハナバチが蛹化する時に幼虫の頭部及び触角と個眼域が終焉を迎えたように、イモ虫形幼虫の胸脚も蛹化によってサナギに引き継がれることなく終わることが考えられる。

幼虫世代の外部形態はその世代における生活形でありそれ自体が完成品であるから、変態とは幼虫世代が終焉することによってその外部形態が破壊され、その後に全く新たな生活形と生活様式が生み出されることを意味しているといえる。また、もしも幼虫世代の外部形態が完成品だということであれば、幼虫世代の外部形態のまま変態することなく生殖機能だけを成熟させて成虫になること（幼形生殖）も起こり得ることである。

5. 翅と昆虫類の起源についての考察

昆虫類の飛行は、飛翔型である。昆虫類の飛行の起源については、滑空から飛翔へと進化したとの考え方と、滑空無しに最初から飛翔するように進化したという2つの考え方がある。

ところで、哺乳類の飛行には2型があって、ムササビやヒヨケザル等に見られる滑空型とコウモリ類に見られる飛翔型に分けられるが、哺乳類の飛行を見ると滑空から飛翔へ移行したと考えるのは無理があるようと思われる。その理由は、滑空する為には翼がバタつかないように体にしっかりと翼を固定しなければならないが、飛翔ではその反対に翼を羽ばたかせる為のよく動く関節と筋肉が必要になる。飛翔の為の構造は、その出発点から羽ばたきを目的とした方向に向かわなければならないのである。滑空にしても飛翔にしても動物が一定の目的を持って飛行しなければならないから、視覚や脚の動きとの連携が必要であり、神経系による制御が行われる必要がある。昆虫の飛翔についても同じことが言えるはずで、単純な形の外骨格の板に筋肉や神経が後付けされて滑空や飛翔を行うようになったと考えるよりも、予め神経や筋肉や関節を備えた胸脚から翅が進化したと考える方が無理がない。

もしも、昆虫類の翅が胸脚のような器官に由来するものだとしたら、それは昆虫類（六脚類）と甲殻類（十脚類）の共通の祖先である10本の胸脚を持っていたと思われる原始的な水棲節足動物の第2・第4胸脚に

由来するものではないかと想像される。原始水棲十脚節足動物が第2・第4脚を失うことで6本脚の昆虫類に進化し、失った脚を翅に進化させて空中移動を可能にしたのではないだろうか。もしかすると、水中からいきなり空中へ進出するより前に、失うことになった2対の脚を甲殻類のガザミの第5脚の鰓脚のようにボートのオールのような形に変えて水中移動に用いていたのかもしれない。或いは、昆虫の祖先であった原始水棲十脚節足動物の胸脚は、もともと泳ぐのに適した鰓脚状だったとも考えられる。それが陸上に進出したことで第2・第4脚を失い、第1・第3・第5脚を陸上歩行に適した形に変化させたのかもしれない。そして、陸上に進出した昆虫類の祖先は、失った足の神経から4枚の翅を誘導することに成功した。つまり、地球上に6本脚の昆虫類が進出したことと翅を進化させたことは表裏の関係にあり、ほとんど同時代に起こったものと思われる。これが、昆虫類が陸上に出現した最初から翅を備えていた理由であろう。

昆虫の祖先が水面上に進出することになった原因として考えられることは、古生代シルル紀における大型湿生植物の出現と繁茂である。脊椎動物の両生類が地球上に出現した理由も、これと無関係ではないだろう。浅い湿地に湿生植物が繁茂したこと、そこに生息していた昆虫の祖先動物は、植物の根茎や落葉・落枝・故死体などによって水中での移動を妨害されて、それらの障害物を乗り越える為に度々水上に這い出ざるを得なくなった。更に、水中に腐植物が堆積すると水中の溶存酸素が減少して呼吸困難になり、空气中から酸素を確保する必要性に迫られて気管を獲得することになった。成体は酸素を多く含んだ水域に産卵場所を求めて移動することを強いられて、水上に出て障害物の多い所を歩行するために左右5本ずつあった胸脚の第2, 4胸脚を退化させ、第1, 3, 5胸脚を少し長くして歩幅を広く取ることができるようになった。同時に、退化した第2, 4胸脚の神経に誘導されて、空中を泳ぐ（飛翔する）為の新しい鰓（翅）を進化させた。このようにして得られた最初の翅は、風に乗って体を舞い上がり風に流されて風下へ移動できる程度の弱々しい飛翔しかできないものだったと思われるが、軽量で小さな体の種類であればかなり遠くまで移動できたはずである。最初に空中に飛び出していった昆虫の成虫は、交尾して産卵するだけで摂食する必要の無いカゲロウ類のような種類だったが、それは陸上に餌になる動物がまだ進出していなかったからである。或いは、繁殖することだけを使命として成虫が出現したからかもしれない。彼らは、交尾して産卵を終えるとすぐに死んでしまった。トンボのような捕食性昆虫はそのすぐ後から陸上へ進出することになるが、それは陸

上に食料となる昆虫が増加していたからできたことである。成虫が摂食できるようになって寿命が延びると、強力になった翅でより広い範囲を飛翔移動しながら産卵場所を見つけることができるようになった。もしも、成虫が繁殖だけを目的とする存在なら捕食する為の大顎は不要のはずだが、大顎の獲得は成虫の幼形進化による結果であると考えられなくもない。しかし、幼生は捕食できるような獲物が陸上にいなかったから水中生活者のままであり、最初期の昆虫類は成虫だけが陸上に進出できたのである。以上が、昆虫類と翅の出現がほぼ同時に起こったとする個人的な見解であり、カゲロウ類に遅れてトンボ類が出現したことの筋書きである。

6. 完全変態と不完全変態に関する考察

昆虫は卵から孵化すると生育世代（幼虫世代）を経て成虫になるが、ハチやチョウ等のように成虫とは姿形が全く異なる生育世代を経た後にサナギに変態し成虫になるものを完全変態昆虫、トンボやカマキリ等のように生育世代が成虫に似ていて明確なサナギ時期を経ないで成虫になるものを不完全変態昆虫と呼んでいる。英語では完全変態昆虫の幼虫はlarva、不完全変態昆虫の幼虫（幼生）はnymphaと呼び分けていたが、いったい両者の違いは何なのであろうか。最初に地球上に出現した昆虫はゴキブリやトンボ等の不完全変態昆虫で、ハチやチョウ等の完全変態昆虫は遅れて出現

した。このことは、昆虫の生育世代の進化は動きの活動なnymphaから動きの緩慢なlarvaへの進化であり、昆虫が進化するに連れて生育世代は原始的な形態に退化しているように見える。これは成虫がどこに産卵するかということに関係していて、親が次世代を保護する度合いが大きいほど生育世代がより原始的な形態を取るという現象が見られる。完全変態昆虫では、ミカン科植物の葉に産卵するアゲハの幼虫は3対の小さな胸脚を持ったイモ虫形幼虫であるが、腐肉のような液状の食物に産卵しその中で生活するハエの幼虫や巣の中に産卵し働きバチから口移しに食物を与えられて育つアシナガバチ類は胸脚を持たないウジ虫形幼虫である。不完全変態昆虫の場合は幼生が活動的で、食物を求めて動き回る種類が多い。

それでは、なぜ完全変態昆虫にはサナギの段階があるのに、不完全変態昆虫にはサナギの段階が無いのだろうか。そもそも、幼虫larvaと幼生nymphaの違いは何なのか。同じ昆虫であるのに、成育世代の比較ができるといふれば非常に不便である。そこで気付くのは、完全変態昆虫にはサナギpupaという成虫に似た段階があり、これが不完全変態昆虫の幼生nymphaに相当する段階ではないかということである。完全変態昆虫のサナギは生育世代ではないが、それは不完全変態昆虫が卵の中で胚として経過した時期を、完全変態昆虫が生育世代に割り当てたことによるものである。完全変態昆虫は、生育世代の幼形化による進化で生じたということであり、不完全変態昆虫の生育世代を成虫が羽化する直前のサナギという1段階に押し縮

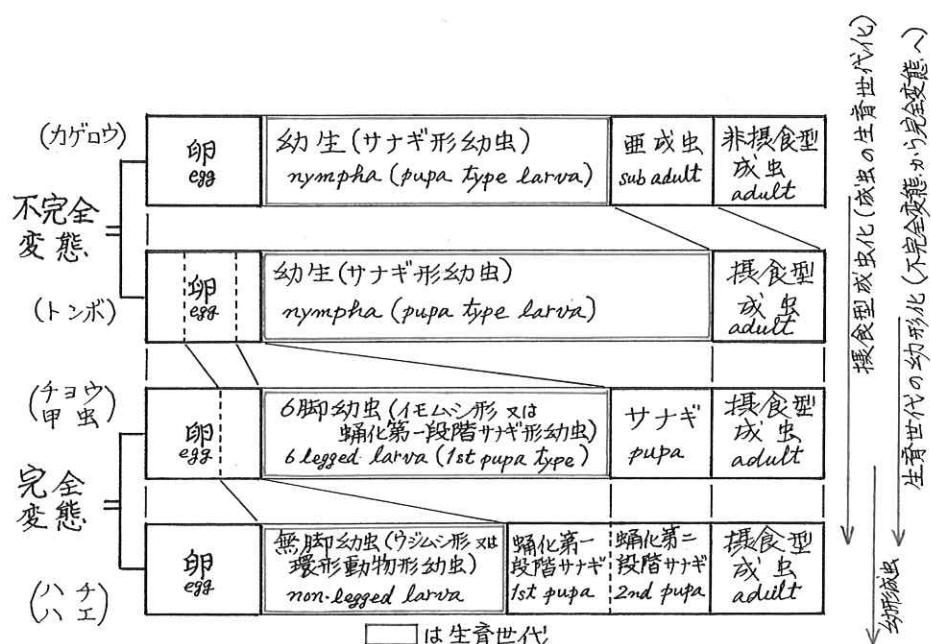


図6 昆虫の進化における幼形化現象

めたわけである。逆の言い方をすれば、不完全変態昆虫の幼生 *nymphal* は完全変態昆虫のサナギ *pupa* の時期を生育世代に割り当てた「サナギ型幼虫 *pupatypelalva*」だということになる。完全変態昆虫はサナギの複雑な外部形態での脱皮を羽化時の1回だけに減らすことによって、*nymphal* の複雑な形態のまま何度も脱皮することによって受けるダメージを減少させることができたのである（図6）。

引 用 文 献

- 大畠純二（2015）クロゲンセイ *Stenoria oohatai* と宿主エサキムカシハナバチ *Colletes esakii* の蛹化。島根県立三瓶自然館研究報告. 13, 5-14.