

クシヒゲボタル属幼虫の外部形態・色彩斑紋パターンおよび習性

大場信義*・後藤好正**・川島逸郎***

External morphology, Color-marking patterns and habits of
the larval stage in genus *Stenocladius* (Coleoptera: Lampyridae).

OHBA N.*, GOTO Y.** and KAWASHIMA I.***

This report is described and illustrated general diagnosis of morphology, coloration and habits in larvae of genus *Stenocladius*. All species is essentially the same in general morphology. Larval morphology is an exception as lampyrid larvae in no sutures on the dorsal surface of the head, which is rather allied to phengodid larvae. The structure of mandible reflects their feeding habit, while degeneration of body sclerites except terga and pygopodium show their life style as thier epigaeic or geophilous. The larvae of the genus *Stenocladius* from the southwest islands in Japan, Taiwan and Singapore are described and compared by thier color-marking patterns and behavior: *Stenocladius* sp 1 (Amami-oshima Is.), S. sp 2 (Toku-no-shima Is.), S. sp 3 (Kume-jima Is.), S. sp 4 (Tokashiki-jima Is.), S. azumai (Okinawa-jima Is.), S. shirakii (Iriomote-jima Is.), S. sp 5 (Taiwan) and S. sp 6 (Singapore). These are changes color-marking patterns in body terga between south and north population of this genus. Body color of the larvae from the southwest islands are yellowish white but the terga are vivid red. Because larvae have large mandible with developed retinaculum, they were able to bite an earthworm and hold it. Larvae then ate the earthworm and emitted strongly continuous light from 7th abdominal segment on the ground at night. Luminosity in these species is described and the characteristics of the light color of S. azumai are given by photo spectral.

はじめに

クシヒゲボタル属 *Stenocladius* は現在、ホタルモドキ（ミナミボタル）属 *Drilaster*とともに、ホタルモドキ亜科 *Ototoretinae* に分類されている。雄成虫は体全体が概して細長く偏平なことに加え、特に触角は末端節を除く各鞭節から非常に長い分枝が生じ、全体として顯著な櫛状を呈することで、ホタル科 *Lampyridae* としては特異である。本属の種は南西諸島では成虫が冬期を中心と

して出現することに加え、観察事例が少ないために、不明な点が多かった。筆者らの現在までの調査により、近年飛躍的に研究が進められている。ここではその第1報として、幼虫期の外部形態・色彩斑紋パターン・習性を報告し、今後の分類・系統学的考察に関わる問題点を指摘する。なお、佐藤（1985）・平嶋（監）（1989）では本属の和名を“フサヒゲボタル”としているが、雄成虫の形態・特に生時の状態から、ここでは中根（1983）に従い“クシヒゲボタル”とした。

* 横須賀市自然博物館 Yokosuka City Museum, Yokosuka 238.

** 神奈川自然保全研究会 Kanagawa Natural Preservation Society, 5-27-5, Kamiyabe-cho, Sagamihara, Kanagawa 229.

*** 東京農業大学昆虫学研究室 Tokyo University of Agriculture, 1-1-1 Sakuragaoka, Setagaya-ku, Tokyo 156.

原稿受付 1996年8月2日 横須賀市博物館業績 第491号。

キーワード：ホタル科、クシヒゲボタル属、幼虫、形態、色彩斑紋パターン。

Key words: *Lampyridae*, *Stenocladius*, larva, morphology, color-marking pattern.

材料および調査方法

比較検視した標本は琉球列島・台湾およびシンガポールで採集したものである。採集地・採集日および個体数(括弧内)は以下の通りである。なお大部分がエチルアルコール(95%)液浸標本であるが、一部の乾燥標本に関しては、個体数末尾にDと付記した。本研究で用いた研究材料は横須賀市自然博物館で所蔵保管されている。外部形態は主に双眼実体顕微鏡を用い、頭部などの微細構造などは必要に応じて解剖後、生物光学顕微鏡で観察し、描画装置を用いて作図した。色彩斑紋パターンはルーベおよび双眼実体顕微鏡で観察し、模式図を作成した。また標本作成後の変色を考慮し、1978年から1996年に野外・室内で撮影した多数のスチール写真を用い、比較検討材料に加えた。

1. *S. azumai* タテオビクシヒゲボタル：沖縄県沖縄島国頭村与那 8-0525 (2) / 8-05-- (4) / 850503 (5) / 861225 (1) / 930905 (2) / 名護市東江 840730 (6) / 那覇市末吉公園 870404 (1) / 881011-15 (1D) / 玉城村百名 890528 (2) / 知念村垣花 941010 (1).

2. *S. shirakii* キベリクシヒゲボタル：沖縄県八重山諸島石垣島 850514 (1) / 850514 (3) / 95--- (1) / 川平 951224 (1) / 951224 (1) / 960128 (2) / 840725 (4) / パンナ岳 890402 (4) / 吉原 951224 (2) / 八重山諸島西表島 8-0520 (1).

3. *S. sp. 1.* : 鹿児島県奄美大島瀬戸内町油井岳 930516 (1).

4. *S. sp. 2.* : 鹿児島県徳之島 960829 (2).

5. *S. sp. 3.* : 沖縄県久米島 940426 (3) / 940426 (1) / 9105-- (1) / 久米島具志川村 950423-26 (11) / 島尻岬 910516 (1) / 930507 (5) / 911204 (3).

6. *S. sp. 4.* : 沖縄県慶良間諸島渡嘉敷島 930512 (2D) / 940507 (2D).

7. *S. sp. 5.* : 台湾 960505 (1).

8. *S. sp. 6.* : Macritchie, Singapore 9404-- (1).

結 果

クシヒゲボタル属幼虫の外部形態

クシヒゲボタル属幼虫の形態は、特に頭部の構造に関して通常のホタル科 *Lampyridae* からは大きくかけ離れた特異な点がみられる。現時点では、本属幼虫の外部形態は種間での相違が認められていないため、本報では属内で基本的に共通する形態についてのみ記載し、種間の差異に関しては今後の研究にゆずる。

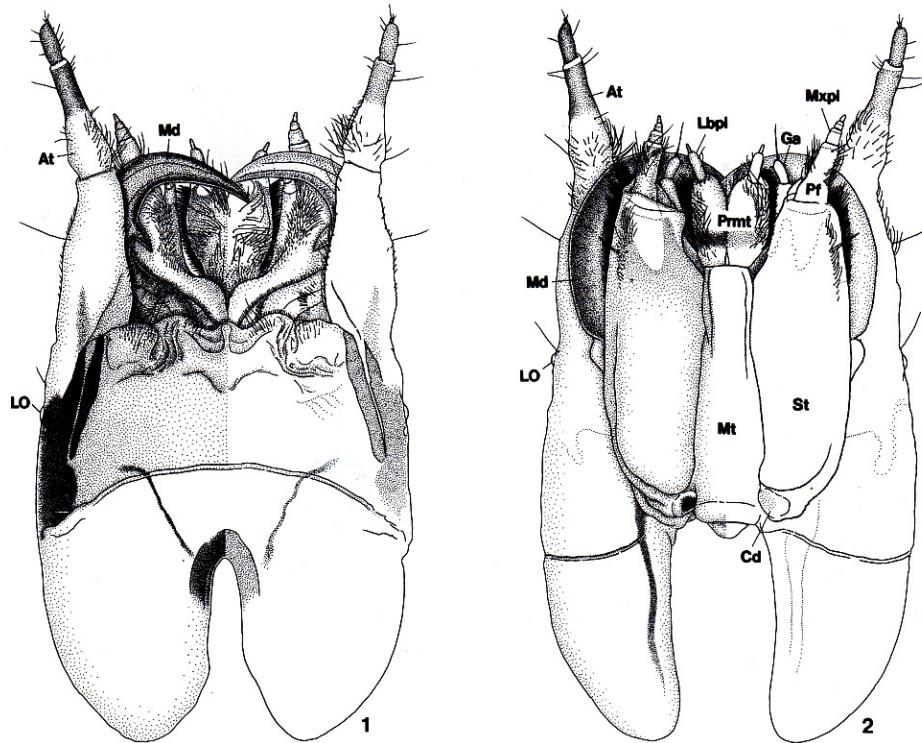
頭部(head)(第2図1～2)：ホタル科としては胸・腹部の大きさに対し相対的に大型(第1図1～2)で、前



第1図 幼虫全形。

1. *Stenocladius* sp. 3. (久米島個体群); 2. *Stenocladius shirakii* キベリクシヒゲボタル (石垣島・西表島個体群)

胸との間膜が柔軟に発達せず、完全に前胸内に引き込むことがない上に前方へ長く延ばすことも不可能。この膜部の頭蓋との付着点は、通常のホタル科よりも前方へ大きく移動し、頭蓋の中程にまで達している。頭蓋(cranium); 全体的に膨隆し、むしろ樽状に近い。表皮は節片化が強いため硬く頑丈で、特に側面は、ほぼ黒色に近くなるまでに色素沈着し、硬化した縦長の域となる。背面には前頭縫合線(frontal suture)、頭蓋中央縫合線(coronal suture)ともに認められない。背面中程では、胸部と連絡する膜部の付着点が横位に細い隆起線を形成して前後を分断し、全体として側面から腹面にかけて取り巻くように延びる。付着点後方域は前方域と明瞭に異なり、ほとんど色素沈着はみられない。腹面は大きく左右に分断し、口器後方部が収まる。背面後縁の中央部では正中線に深い欠刻があり、腹面では左右が分断されているため、頭蓋後方は両側が大きく後方へ張り出している。なお、頭楯および上唇が明瞭でない点では、他のホタル科と共通している。背面前縁付近は複雑な皺状に彫刻される。触角(antennae, At); 触角と頭蓋とを連結する膜質部は触角とほぼ同長かやや長く、生時は光沢を帶



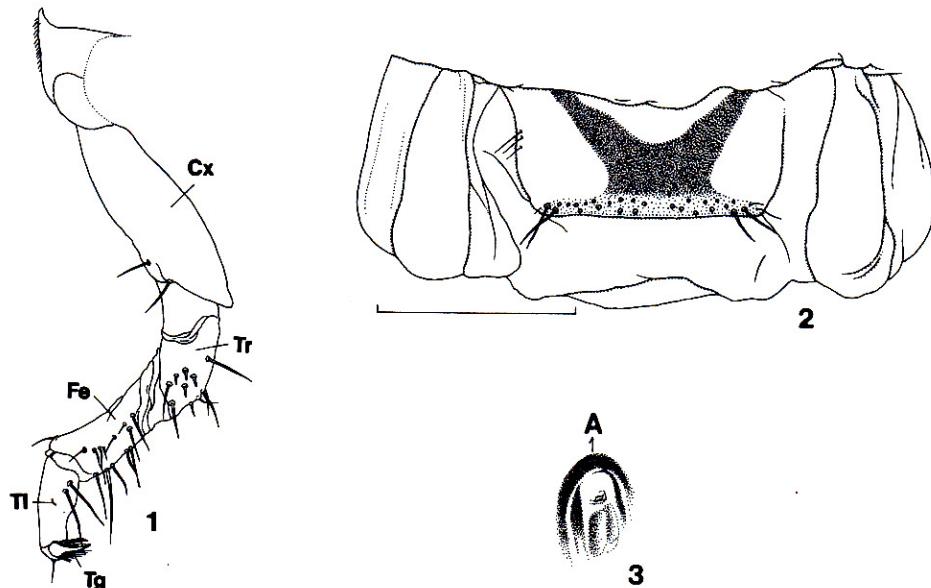
第2図 クシヒゲボタル属の幼虫形態(*Stenocladius shirakii* キベリクシヒゲボタル)。

1. 頭部背面
2. 頭部腹面. At(触角), Cd(小腮軸節), Ga(小腮外葉), Lbpl(下唇しゅ), Lo(単眼), Mt(下唇基節), Mxpl(小腮しゅ), Pf(小腮担しゅ節), Prmt(下唇前基節), St(小腮蝶番節).

びた白色で目立つ。触角は第1節が最長で、第2節の約3倍に達し基部は膨隆する。第2節はほぼ円柱状に近い。第3節はきわめて小形で、第2節の約1/8の長さに過ぎない。各節とともに繊細な感覚毛をそなえる。単眼(lateral ocelli, Lo); 頭部が大形であるにも関わらず、相対的にきわめて小形で、上面からみるとかすかに角膜の膨らみが認められる。大腮(mandibles, Md); 他属ではみられない、きわめて特異な形状を呈する。内方へ大きく湾曲すると同時に先端は次第に上向きになる。内歯は明瞭で、全体の中程からやや後方へ向けて突出する。消化液の通路と考えられる内部の管は、他のホタル科幼虫と異なり、鋭利な先端に開口しているようである。頭部を腹面からみた場合、小腮の外側から基部外方が張り出す。小腮(maxillae); 基部から軸節(cardo, Cd)・蝶番節(stipes, St)・外葉(galea, Ga)・担しゅ節(palpifer, Pf)・小腮しゅ(maxillary palpi, Mxpl)が明瞭。軸節はホタル科幼虫としては相対的に小形。蝶番節は大きく、長さは幅の約3倍の長さがある。担しゅ節は小腮しゅ全体の長さよりも長く、少なくとも2倍以上。小腮しゅは

3節が明瞭。下唇(labium); 最後部には後基節(postmentum)とみられる節片がある。基節(mentum, Mt)は縦に細長く長さは幅の3倍以上あり、前方へ徐々に狭まる。前基節(prementum, Prmt)は前方へわずかに拡がり、前縁はV字状に陷入する。両側縁には毛が密に列生するほか、下咽頭(epipharynx)には細毛および微細な感覚器(sensillae)を多数生じる。下唇しゅ(labial palpi, Lbpl)は2節が明瞭、第2節は小形で1節の約1/4-1/5の長さにすぎない。

胸部(thorax)・腹部(abdomen)(第1図1~2): 胸・腹部を通じて、ホタル科としては膨隆し、その横断面はむしろ円筒形に近い橢円状である。背板および腹板以外のあらゆる節片が退化し、膜質域が大部分を占める。前胸(prothorax)は前半が丸まり、胸部3節は全体に、後方へ次第に拡がり、後胸(metathorax)が最も幅広い。後胸以降、腹部第7節付近まで大きさ・幅ともにほとんど変化がない。前・中胸(pro- and mesonotum)背板は正中線で細く左右に分断される。前胸背板は台形状、腹部第7・8背板は逆台形状。中胸(mesothorax)から腹



第3図 幼虫各部形態(*Stenocladius shirakii* キベリクシヒゲボタル)。

1. 後脚. Cx(基節), Fe(腿節), Ta(附爪節), Ti(脛節), Tr(転節), 2. 腹節腹面
3. 腹部氣門. A(前方を示す).

部第6背板にかけては横長の長方形で、第9背板は逆三角状を呈し後縁は丸まる。気門(spiracles, 第3図3)は明瞭に発達し、わずかに側方に張り出した側面膜質部にやや上向きに存在し、上面からも認められる。胸脚(thoracic legs)(第3図1)は胴体に対し相対的に細く小形であるが、基方から基節(coxae, Cx)・転節(trochanter, Tr)・腿節(femura, Fe)・脛節(tibiae, Ti)・附爪節(tarsunguli, Tg)が明瞭。腿節から附爪節にかけての下面には剛毛もしくは棘が生じるほか、附爪節基部に毛塊を生じる。左右の基節は他のホタル科幼虫よりは相対的に離れている。腹部の上側板(epipleura)・側板(pleura)域などは痕跡的なひだを形成している(第3図2)。背板はよく発達し光沢も強く、微細な刺毛もその全域にわたって一様な密度で粗生するが、腹部腹板(abdominal sterna)は痕跡的で、第7節までは中央にV字状に赤褐色の色素が沈着しているのが認められるに過ぎない(第3図2)。第8・9節ではV字状が崩れ多角形となる。通常のホタル科幼虫に発達する第10腹節の尾脚(pygopodium)は、相対的にきわめて発達が弱く、歩行に際して機能的ではない。

各種または各個体群の色彩斑紋パターン、発光様式および分布

外部形態上の本質的な差異は現時点では認められていない。しかし、胸部および腹部各背板の色彩斑紋パター

ンに関しては、種間または個体群間で明瞭な差異と方向性が認められた。

1. *Stenocladius azumai* NAKANE, 1981. タテオビクシヒゲボタル(第4図3, 第5図2)

背板：前胸は一様に橙色を帯びた赤色で、黒色斑を欠く。中胸から第9腹節までは赤色の地色に、前角付近に逆三角形状の黒色斑がある。第7腹節のものはごく小さいか、またはほぼ消滅する。

発光器・発光色：第7腹節両側のみに存在し、鮮やかな黄緑色光を発する。発光色をスペクトル分析した結果、その最大ピークは540nm付近である(第8図)。

分布：沖縄県沖縄島(第7図)。

2. *Stenocladius shirakii* NAKANE, 1981. キベリクシヒゲボタル(第4図6, 第5図4)

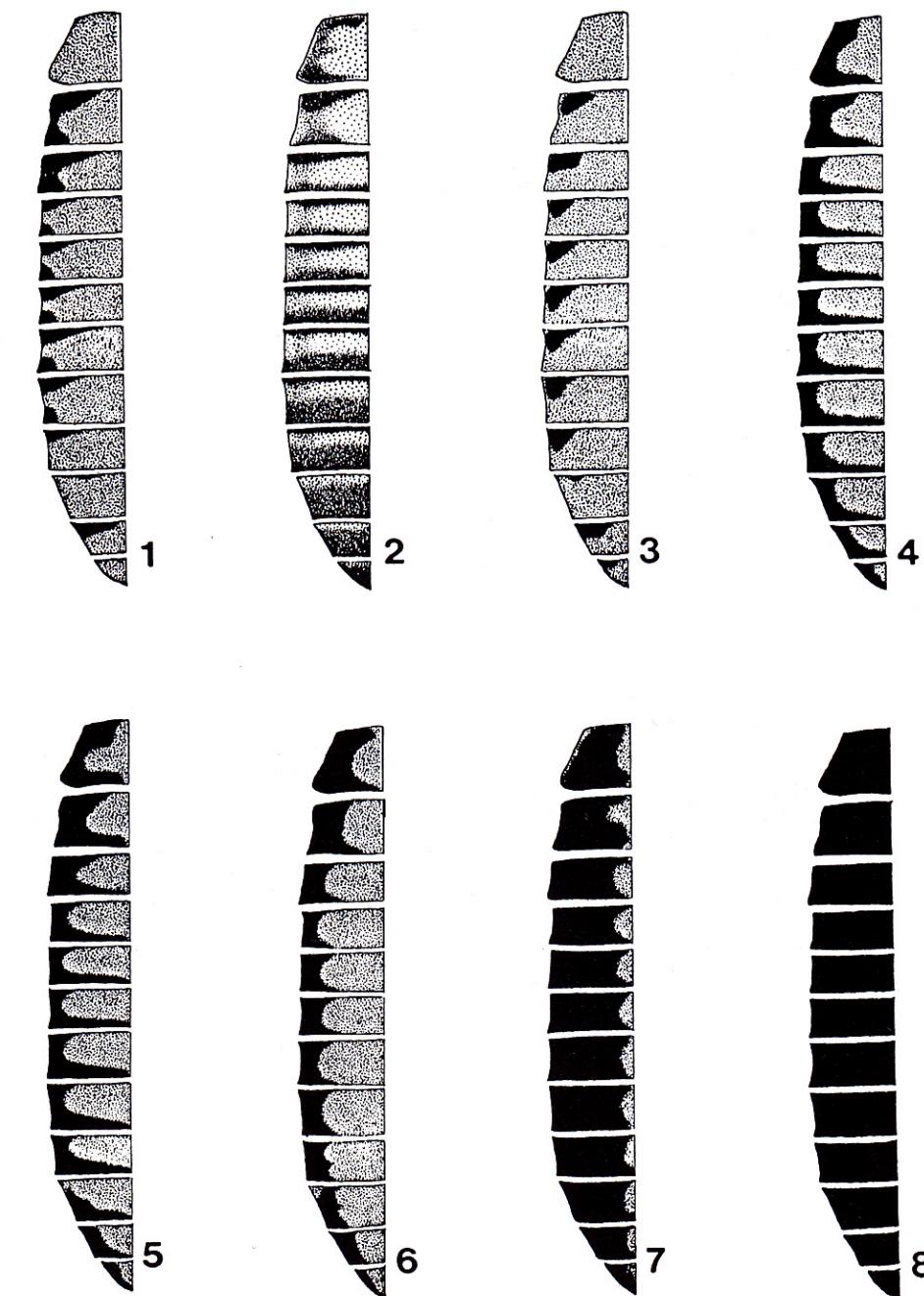
背板：前胸から第9腹節まで一様に赤色の地色で、両側縁は広く黒色に縁取られる。第7腹節では黒色域の中に前角のみ赤色の地色が現れている。

発光器・発光色：第7腹節両側のみに存在し、鮮やかな黄緑色光を発する。

分布：沖縄県八重山諸島(石垣島・西表島)(第7図)。

3. *Stenocladius* sp. 1.(第4図1, 第5図1)

背板：前胸および第9腹節のみ一様に赤色で、黒色斑を欠く。中胸から第5節までは赤色の地色に、前角が横長の三角形に縁取られることに加え後角にも黒色斑があ



第4図 体節背板の斑紋パターン模式図。

1. *Stenocladius* sp. 1. (奄美大島個体群); 2. *Stenocladius* sp. 2. (徳之島個体群), 3. *Stenocladius azumai* タテオビクシヒゲボタル (沖縄島個体群); 4. *Stenocladius* sp. 3. (久米島個体群); 5. *Stenocladius* sp. 4. (渡嘉敷島個体群); 6. *Stenocladius shirakii* キベリクシヒゲボタル (石垣島・西表島個体群); 7. *Stenocladius* sp. 5. (台湾個体群); 8. *Stenocladius* sp. 6. (シンガポール個体群).



第5図 クシヒゲボタル属幼虫生体。

1. *Stenocladius* sp. 1. (奄美大島個体群); 2. *Stenocladius azumai* タテオビクシヒゲボタル (沖縄島個体群); 3. *Stenocladius* sp. 3. (久米島個体群); 4. *Stenocladius shirakii* キベリクシヒゲボタル (石垣島・西表島個体群); 5. *Stenocladius* sp. 5. (台湾個体群); 6. *Stenocladius* sp. 6. (シンガポール個体群)。

る。中胸および後胸では前後角の黒色斑が連続することがある。第6・8腹節では前角の黒色斑のみが存在し、後角の斑を欠く。第7腹節では前角の内側前縁に、ごく細い縁取り状の黒色斑がある。

発光器・発光色：第7腹節両側のみに存在し、鮮やかな黄緑色光を発する。

分布：鹿児島県大島郡奄美大島(第7図)。

4. *Stenocladius* sp. 2.(第4図2)

背板：いずれの節にも明瞭な黒斑が認められず、赤褐色の地色に前後縁が黒ずみ、ときには側縁部も不明瞭ながら黒ずむ。後縁の黒ずみは後方の節へ向かうに従い、前方へ広まる傾向がある。

発光器・発光色：第7腹節両側のみに存在し、鮮やかな黄緑色光を発する。

分布：鹿児島県大島郡徳之島(第7図)。

5. *Stenocladius* sp. 3.(第4図4, 第5図3)



第6図 ミミズを捕食するクシヒゲボタル属幼虫。

1. *Stenocladius* sp. 3. (久米島個体群); 2. *Stenocladius shirakii* キベリクシヒゲボタル; 3. *Stenocladius* sp. 6. (シンガポール個体群)。

背板：前胸から第9腹節まで一様に赤色の地色で、両側縁から後縁に延長する黒色斑がある。

発光器・発光色：第7腹節両側のみに存在し、鮮やかな黄緑色光を発する。

分布：沖縄県久米島(第7図)。

6. *Stenocladius* sp. 4.(第4図5)

背板：前胸から第9腹節まで一様に赤色の地色で、両側縁から後縁まで延長する黒色斑がある。基本的に久米島個体群と同一のパターンである。

発光器・発光色：第7腹節両側のみに存在し、鮮やかな黄緑色光を発する。

分布：沖縄県慶良間諸島渡嘉敷島(第7図)。

7. *Stenocladius* sp. 5.(第4図7, 第5図5)

背板：地色は赤色で、両側縁から広がる黒色域はほぼ中央部に達し、地色は中央部で不鮮明に認められるにすぎず、沖縄県八重山諸島のキベリクシヒゲボタル *S. shirakii* とは明瞭に異なる。

発光器・発光色：現時点では詳細不明。

分布：台湾。

8. *Stenocladius* sp. 6.(第4図8, 第5図6)

背板：前胸から第9腹節まで一様に黒色で、赤色域は存在しない。

発光器・発光色：前胸から腹部後方節まで一様に、各節3個発光器が連続して存在し、鮮やかな黄緑色光を発した。

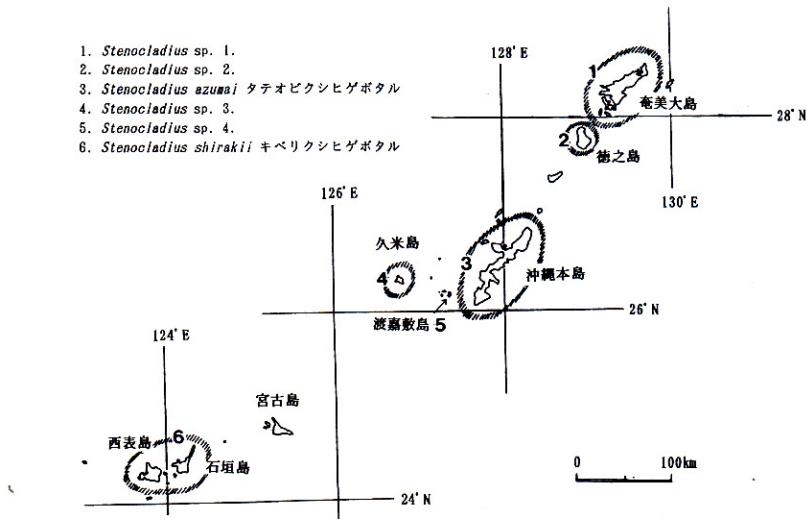
分布：シンガポール。

習性

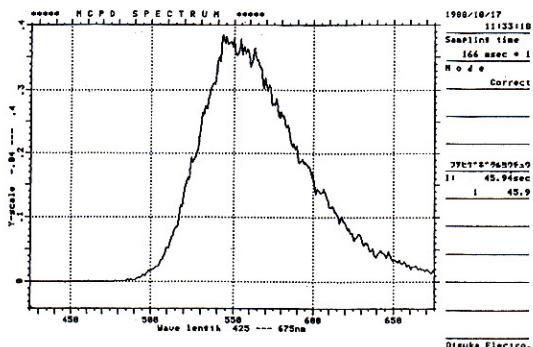
粘液分泌：各種・個体群では共通して、接触刺激を加えると体全体を丸め、胴体(胸?・腹部)側面の膜質部から特異な粘液を分泌する。この粘液はきわめて粘り気が強く糊状に糸を引き、特有の臭気があった。この粘液はしばらくすると固化した。

南西諸島産各種・個体群では幼虫は夜間に地表に現れ、腹部第7節の発光器から強い連続光を放った。シンガポール産のsp.6は各体節に3個づつ配列された小さな発光器から弱い連続光を放った。

捕食行動：1993年5月10日、沖縄本島与那において体長3mm程度のタテオビクシヒゲボタル幼虫が、体長10cm以上のミミズを攻撃・摂食しているのを観察した。沖縄県久米島島尻のマツ林林床の草地では、終齢と推定される *Stenocladius* sp. 3. 久米島個体群の幼虫が、体長約10cmのミミズを攻撃・捕食していた(第6図1)。一連の捕食行動は次の通りであった。1) 幼虫は地表に這い出たミミズの体に咬みついた; 2) ミミズは幼虫を振りはなそうとして体をくねらせた; 3) 幼虫は大腮でしっかりと咬みついたまま離さない; 4) 幼虫は大腮から毒液と考えられる物質をミミズの体に注入したためか、ミミズは次第に動作が鈍くなった; 5) 幼虫はミミズの体を大腮でそしゃくするように摂食し、最終的にはミミズの消化管内に詰まっていた泥だけが円筒状に残りミミズの体はなくなり、幼虫自身よりもはるかに大きなミミズを一晩で完全に摂食した。同様な行動は石垣島のキベリクシヒゲボタルの幼虫(第6図2)およびシンガポールの幼虫においても同様に観察された(第6図3)。沖縄県



第7図 南西諸島におけるクシヒゲボタル属ホタルの分布。

第8図 *Stenocladius azumai* タテオビクシヒゲボタルの幼虫の発光スペクトル。
540nm付近がピークとなっている。

石垣島のキベリクシヒゲボタル幼虫は降雨後に、コンクリート側溝にはい落ちたミミズも同様に捕食していた。なお、実験的に水生のイトミミズを給餌したところ、これにも同様な摂食反応がみられた。攻撃する際は瞬間的に大腮を開くと同時に、頭部を強く前方へ突き出した。

毒性：沖縄島国頭村与那において、タテオビクシヒゲボタル幼虫を探集中に指を咬まれたが、咬まれた箇所は腫れ上がり、きわめて痛かった。この咬傷跡は3ヶ月以上も完治しなかった(楠井善久氏私信)。また渡嘉敷島産sp. 4の小形の若齢幼虫に指の付根部分を僅かに咬まただけでも丸1日痛みは継続した。

発光行動：南西諸島の各個体群は第7腹節両側にある



第9図 クシヒゲボタル属幼虫の生息環境。

発光器から強い連続光を放った。強く発光し続けている時には、透過光のためか第7腹節全体が発光しているようみえた。沖縄島産タテオビクシヒゲボタルおよび石垣島産キベリクシヒゲボタルの幼虫は、道路に沿って露出した岩壁の凹みで強い光を放ち続けていた。こうした生息場所は通常それほど湿潤でない場合が多いが、暗く湿った林床の地表においても発光していた。本属幼虫の発光の強度は、同サイズの他属のホタル類の発光に比してきわめて強い。シンガポール個体群幼虫はジャングル内の小道脇で各節3個の発光器が横位に連続して存在し、黄緑色光を発していた。この個体群の発光部位と様式は、他の種・個体群とは著しく異なっていた。

歩行動作：基本的にホタル科の幼虫に共通な歩行方法であり、尾脚を支点として前方へ体を繰り出して歩行す

るが、尾部の持ち上げはマドボタル属 *Pyrocoelia* 幼虫ほど顕著ではない。また、尾脚による吸着力は弱く、体を完全に支持することはできないため、マドボタル属幼虫のように樹上に登ることは全くない。歩行途中には時々停止し、尾脚で頭部から腹部に向かって体をぬぐうように掃除を行うのが観察された。

幼虫と同所的に生息し、色彩と形態が酷似した別属のホタル幼虫：沖縄県石垣島・西表島および鹿児島県奄美大島の各個体群幼虫の色彩斑紋パターンにはほぼ完全に類似・対応するホタルモドキ(ミナミボタル)属 *Drilaster* のアカホタルモドキ *D. ohbayasii* M. SATÔ と奄美大島産ホタルモドキ属の一種 *D. sp.* が各々同所的に採集された。しかし、ホタルモドキ属の幼虫は頭部が小形で大腮も小さく、ヒトの指などに咬みついた例はない。

考 察

外部形態：幼虫期の外部形態は種間もしくは個体群間で基本的に共通し、きわめて類似性が高いことから、各々はきわめて近縁で同一種群に含まれると考えられる。頭部の背面にはあらゆる縫合線が認められず、この点はホタル科としては例外的で、むしろ同じホタル上科 *Cantharoidea* の *Phengodidae* に類似している。口器に関してはその形状が摂食習性を顕著に反映しているとみなされる。すなわち、大形化しミニズの体を把握・保持するのに適しているとともに、全体的に上方へ湾曲して鋭利な先端が上向きとなることで、攻撃した際にミニズの体を保持することなく安易に切断してしまうのを防ぐ効果があると推定される。また、他のホタル科幼虫に比して相対的に大形の内歯も、同様に相手の体を保持・固定するに役立つとみなされる。胸部から腹部にかけて、背板以外の体表節片が退化し、ほぼ膜質域で占められていることは、本属幼虫が地表・半地中性の生活者として適応した過程で、体表節片の大部分が2次的な退化を遂げたと考えられる。同様に、他のホタル科幼虫で発達している尾脚が退化し、しばしば同所的に生息するマドボタル属幼虫と異なり、樹上に登れるほどの機能を失ったことも同様の現象と考えられる。

斑紋パターン：胸・腹部背板の色彩斑紋パターンのみに関しては各々が特異的なパターンを現すとともに、一定の方向性が認められる。すなわち、南方の個体群から、黒色域が漸進的もしくは段階的に狭まり、分布拡散した個体群ほど赤色域が鮮やかで目立つという顕著な傾向が認められるが、この現象は発光行動と関連し積極的に警告色として適応進化した可能性がある。八重山諸島の個体群と奄美大島個体群の幼虫の色彩斑紋パターンに対応

した、毒性がより低いと推定できるホタルモドキ属の幼虫は、強力な毒性と警告色を有すると推定されるクシヒゲボタル属幼虫に擬態していると考えられる。

幼虫形質から示唆される分類学的取り扱い：本属の各種または各個体群について色彩斑紋パターンほかから再検討すると、現在までの分類学的取り扱いを含めて以下のような問題が残されている。

1. *Stenocladius azumai* NAKANE, 1981. タテオビクシヒゲボタル

佐藤(1985)は西表島から記載されたキイロクシヒゲボタル *S. yoshikawai* NAKANE, 1981を、台湾から記載された *S. bicoloripes* PIC, 1918として、分布域に沖縄本島を含めた。しかし沖縄本島から確認された幼虫個体群は全て本種のみで、西表島の幼虫個体群と共に色彩斑紋パターンを有する幼虫は現在まで全く確認されたことがなく、佐藤(1985)の記載は誤認である可能性が高い。

2. *Stenocladius shirakii* NAKANE, 1981. キベリクシヒゲボタル

西表島からは本種の他にキイロクシヒゲボタル *yoshikawai* が記載されているが、現在までの調査では、同島の幼虫個体群には本種の色彩斑紋パターンを有する個体が確認されるのみである。特に、本種雄成虫の色彩には変異が認められることに加え、本属雄成虫の古い標本は特に退色し黄色化しやすいといった点から、両種の関係は再検討を要する。なお、中根・大場(1983)はキイロクシヒゲボタルについて、台湾産の *bicoloripes* よりもやや小さく、触角分枝・附節はほとんど暗色であると述べている。また、本種は冬期を中心に成虫が出現するが、キイロクシヒゲボタルは春-夏期にかけて記録されているため、この時期の調査も要する。

3. *Stenocladius* sp. 1.

奄美大島個体群は今までに詳細な研究が進められた結果、幼虫の色彩斑紋パターンが他の個体群とは明瞭に異なるとともに、成虫の外部形態上においても既知の種とは明らかに異なり未記載種と考えられるので、近い将来に新種記載する予定である。

4. *Stenocladius* sp. 2.

徳之島個体群の材料は若齢幼虫のみが得られているにすぎないが、その色彩斑紋パターンには奄美大島個体群のそれとは相違が認められるため、ここでは別種として扱った。しかし、色彩斑紋パターンは後胚子発生の過程で変化する可能性があり、その分類学的位置づけは今後の研究を要する。今まで成虫は知られていない。

5. *Stenocladius* sp. 3.

久米島個体群は今までに詳細な研究が進められた結

果、幼虫の色彩斑紋パターンが渡嘉敷島個体群と共に通する以外、他の個体群とは明瞭に異なるとともに、成虫の外部形態および色彩上においても既知の種とは全く異なるため未記載種と考えられ、新種記載する予定である。

6. *Stenocladius* sp. 4.

幼虫の色彩斑紋パターンは久米島個体群と共に通しており、同一種である可能性がある。渡嘉敷島個体群の成虫は現在まで知られていない。

7. *Stenocladius* sp. 5.

雄成虫に関しては、台湾から大型で黄色の種が確認されており、これが台湾から記載された *S. bicoloripes* と想定されるが、この幼虫との関係は未確認である。佐藤(1985)は、NAKANE(1981)が西表島から記載したキイロクシヒゲボタル *yoshikawai* を *bicoloripes* とし、平嶋(監)(1989)でもその扱いを踏襲している。この幼虫が *bicoloripes* であると仮定しても、このような黒色化の発達した個体は西表島個体群からは全く確認されていない。こうした事から、佐藤(1985)の処置は、再検討を要する。今後キイロクシヒゲボタル *yoshikawai* とキベリクシヒゲボタル *shirakii* および台湾産の種を含めた相互関係について、分子レベルをも交えた包括的な研究を要する。

8. *Stenocladius* sp. 6.

今まで成虫は未知で、クシヒゲボタル属の種であるか未確認である。しかし、発光様式に差異が認められる以外、幼虫の外部形態は基本的に類似することから、本研究においては本属の1種とみなした。

発光様式：シンガポール産の種では胸部および腹部の各節において、両側方および正中線に発光スポットが存在するため、全体として発光器が3縦列に配列している。しかし一方で、南西諸島の各種もしくは各地域(島嶼)個体群では、第7腹節の両側方に1対の発光スポットが存在するに過ぎない。シンガポール産の種における発光様式は、*Phengodidae* の一種で同じくシンガポール産の *Diplocladon hasseltii* (羽根田, 1985; 大場, 1980; 1986) と類似性が高く、八重山諸島石垣島・西表島のイリオモテボタル *Rhagophthalmus ohbai* WITTMER and OHBA, 1993) とも似ている。また、新大陸の *Phengodidae* 各種、北米の *Zarhipis integripennis* (LE CONTE) (TIEMANN, 1967; 1970) や *Phrixothryx* (HARVEY, 1952) などとも共通点が多い。ホタル上科昆虫に広く共通するこのような形質の背景の中で、南西諸島の全てのクシヒゲボタル個体群の幼虫の発光様式は派生的と考えられる。同様の例として *D. hasseltii* の発光様式に対して、イリオモテボタルの雌成虫はシンガポール個体群幼虫と、南西諸島の各個体群幼虫の発光様

式を併せ持った複合様式をとる。イリオモテボタルも幼虫期では *D. hasseltii* と同様な発光様式であることから、腹部後方節の大形発光器は派生的に形成されたとみなされ、以上の各個体群内において、発光様式の変化は分布拡散の過程で生じたと考えられる(大場ほか, 1996)。

捕食行動：全ての個体群に共通してミミズを選択的に捕食し、この食性は外部形態の項で述べたように頭部形態、特に大腮において、他のホタル類幼虫に比較して相対的に大型化し、形状も顕著に特化していることに反映されている。すなわち自身よりもはるかに大きく大きなミミズに咬みつくための適応的形態と考えられる。

まとめ

1. クシヒゲボタル属幼虫に共通する外部形態を記載した。頭部背面に縫合線がないことはホタル科としては例外的で、むしろ *Phengodidae* に類似する。大腮の形状は習性を大きく反映していると考えられる。尾脚の発達が弱く、体節では背板以外の節片が退化していることは、地表-半地中に専門的な生活様式を反映しているとみなされる。
2. 次の8種・個体群の色彩斑紋パターンを図示した。
 - 1) *Stenocladius azumai* タテオビクシヒゲボタル[沖縄島個体群], 2) *Stenocladius shirakii* キベリクシヒゲボタル[石垣島・西表島個体群], 3) *Stenocladius* sp. 1. [奄美大島個体群], 4) *Stenocladius* sp. 2. [徳之島個体群], 5) *Stenocladius* sp. 3. [久米島個体群], 6) *Stenocladius* sp. 4. [渡嘉敷島個体群], 7) *Stenocladius* sp. 5. [台湾個体群], 8) *Stenocladius* sp. 6. [Singapore 個体群].
 これらの個体群は胸・腹部背板の色彩斑紋パターンのみに関しては各々が特異的なパターンを示すとともに、南方の個体群から、黒色域が漸進的に狭まる一定の方向性が認められた。
3. 八重山諸島個体群と奄美大島個体群の幼虫の色彩斑紋パターンに対応したホタルモドキ属幼虫は、強力な毒性と警告色を有するクシヒゲボタル属幼虫に擬態していると考えられる。
4. シンガポール産個体群では胸部および腹部の各節において、両側方および正中線に発光スポットが存在するが、本邦南西諸島の個体群では、第7腹節の両側方に1対の発光スポットが存在するに過ぎず、より派生的な発光様式と考えられる。
5. *Stenocladius* sp. 6 を除いて幼虫は強く持続して発光する。
6. *Stenocladius azumai* タテオビクシヒゲボタルの幼虫の発光色の波長は、ほぼ540nm付近にピークがある。

7. 全ての個体群に共通してミミズを選択的に捕食し、この食性は特に大腮に反映され、他のホタル科幼虫に比して相対的に大形化し、形状が顕著に特化する点で適応性がみられる。
8. 幼虫は刺激を加えると、体節側面から特有の臭気のある粘液を分泌する。

謝 辞

本研究に当たり研究材料を提供下さった琉球大学農学部の豊口 敬氏、台湾大学植物病虫害系の揚平成(YANG Ping-Shin)教授、更にシンガポールでの採集調査に際しご協力下さったシンガポール動物園(Singapore Zoological Gardens)のシム(SIM Siang Huat)学芸員の各位に感謝の意を表する。

引用文献

- HARVEY E. N. 1952. *Bioluminescens*. 649 ページ. Academic Press.
- 羽根田弥太 1985. 発光生物. 318ページ. 恒星社厚生閣.
- 平嶋義弘(監) 1989. 日本産昆虫総目録 I. (九州大学農学部昆虫学教室・日本野生生物研究センター編) 540ページ.
- NAKANE T. 1981. New or little-known Coleoptera from Japan and its adjacent regions. XXXIII. *Frgm. Coleopt.*, (29/32): 125–130.
- 中根猛彦・大場信義 1983. ホタルの観察と飼育. 121 ページ. ニュー・サイエンス社.
- 大場信義 1980. 地の発光動物—発光昆虫を中心として
—. 動物と自然, **10** (9): 13–20.
- 大場信義 1986. ホタルのコミュニケーション —16 動物 その適応戦略と社会—. 241ページ. 東海大学出版会.
- 大場信義 1987. 沖縄の発光昆虫調査. 横須賀市博物館報 (34): 23–27.
- 大場信義・後藤好正・川島逸郎 1996. イリオモテボタルの外部形態・習性および生息環境. 横須賀市博研報 (自然) (44): 1–19.
- 佐藤正孝 1985. 原色日本甲虫図鑑 III. 上野俊一編. 500ページ. 75図版. 24図. 保育社.
- TIEMANN D. L. 1967. Observations on the natural history of the western banded glowworm *Zarhipis integrifennis* (LE CONTE) (Coleoptera: Phengodidae). *Proc. Calif. Acad. Sci.*, **35**: 235–264.
- TIEMANN D. L. 1970. Nature's toy train, the railroad worm. *Natn. Geogr.*, **138** (1): 58–67.
- WITTMER W. and OHBA H. 1994. Neue Rhagophthalmidae (Coleoptera) aus China und benachbarten Landern. *Jap. Jour. Ent.*, **62** (2): 341–355.