

ヤエヤマボタルの形態と習性

大場信義*・後藤好正**

Morphology and behavior of *Luciola yayeyamana*
(Coleoptera: Lampyridae)

Nobuyoshi OHBA* and Yoshimasa GOTO**

In this study, the morphology and behavior of the firefly, *Luciola yayeyamana* MATSUMURA are described and compared with a similar species, *Hotaria parvula*. KIESENWETTER. *L. yayeyamana* was seen at Mt. Banna, Ishigaki Is., and Sonai, Iriomote Is, Okinawa, in southern Japan on 20 April and till about 4 weeks afterwards. The generic characteristics of *L. yayeyamana* are as follows: female body 5mm in length and 1.3mm in width. Head small and blackish brown, compound eye 0.37mm in width, elytra short, hind wing lacking. abdominal segment pale yellow without 6th segment, and has white luminous organ. The first instar larva about 1.5mm in length, and the last instar larva about 6mm in length. This species is similar in color and form to the larva of *H. parvula*. In *L. yayeyamana*, morphological differences of adult males from Ishigaki Is. and Iriomote Is. are defined by measurements of their body length, width of pronotum, and compound eye. Width of compound eye in male from Iriomote Is. is larger than that from Ishigaki Is. The larva and pupa of *L. yayeyamana* are both luminous, but the light is weak and continuous. Flash pattern and the light color of adult male of *L. yayeyamana* are similar in pulse composition to the adult male of *H. parvula*. Flashes of flying male were approximately 0.19 seconds in interval and 0.05 second in duration. This species closely resembles *H. parvula* but flashes of *H. parvula* are approximately 1 second in interval. Flying and flashing activity of *L. yayeyamana* male continued 40 minutes and become about 30 minutes afterwards. The activity of *L. yayeyamana* adult is of the twilight type but, *H. parvula* the midnight type. Flash communication system of *L. yayeyamana* belongs to HP system.

はじめに

ヤエヤマボタル *Luciola yayeyamana* MATSUMURA は沖縄県石垣島と西表島に分布し、日没後に約30分間群飛して発光する。雄は体長5mm前後、黄色のフラッシュ光を放ち地上約50cmを飛翔するが(OHBA, 1983; 大場, 1986a, b), 雌は後翅が退化し、前翅長は腹部の半分ほどの長さに、また後翅は全く退化している(大場・後藤, 1988)。雄は生息地ごとに個体の大きさが異なる(大場, 1986a)が、詳細な比較はなされていない。また台湾に分布する近縁種 *L. filiformis* E. OLIVER との類縁関係を知

る上でも各地の集団との形態比較が必要である。さらにヤエヤマボタルの雌はこれまで数個体が採集されたに過ぎず、その形態と習性については十分な観察がなされていない。また本種の幼生期の形態や習性は僅かな知見(大場, 1987b)が得られているに過ぎなかった。ヤエヤマボタルは本州に分布するヒメボタル *Hotaria parvula* KIESENWETTER に発光パターンや習性、形態が類似している(大場, 1978, 1986c, 1987; OHBA, 1980, 1985), 両種の類縁関係を比較研究することは、コミュニケーション・システムの適応進化を考察する上で重要である。また発光色が黄色である点でヒメボタルのと一

* 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, c/o Yokosuka City Museum.

原稿受付 1989年9月30日 横須賀市博物館業績 第380号

キーワード: 形態, 習性, ホタル Key word: behavior, firefly, morphology



Fig. 1 Habitat of *Luciola yayeyamana*.
Mt. Banna, Ishigaki Is., Okinawa Pref.

致するが (EGUCHI *et al.*, 1984), 活動習性が大きく相違する理由は明かにされてなく再検討を要する。この研究は以上の点を明かにする目的で、ヤエヤマボタルの活動習性・発光パターン・配偶行動を観察するとともに、石垣島産ヤエヤマボタルの雌成虫および幼生期の形態と習性を記載した。さらに西表島の生息地におけるヤエヤマボタル雄の形態比較を行なうとともに、近縁種であるヒメボタルとも習性の比較を行った。

調査地

野外における生態観察は主として石垣島バンナ岳 (標高231m) の森 (Fig. 1) で実施したが、比較のために西表島祖内においても行った。西表島の祖内のヤエヤマボタルの生息地は山林を通る道路沿いである。バンナ岳のヤエヤマボタルの生息地は照葉樹に覆われた森の林床であり、樹高約20m、林床には木漏れ日が当り、下草が生える。森は斜面となっていて、地表は落葉でおおわれ、湿潤である。幼虫の餌と考えられる陸貝の目撃数は少ないが、ミミズ類は多く生息する。生息範囲は広く、標高50m 付近まで発生する。その生息地には小さな水系があり、ホタル類の好適な環境となっている。林床は夜間になると外光がほとんど入らないために暗い。同地にはキイロスジボタル成虫、オオシママドボタルおよびハラアカオバボタルの各幼虫などが生息する。

方法

石垣島バンナ岳中腹においてヤエヤマボタルの形態と習性を1985年5月8日～14日、1987年4月29日～30日、5月7日～17日、1989年5月8日～10日の間、17:00～21:00まで観察した。さらに沖縄県西表島祖内のヤエヤマボタルについて形態や習性の比較をおこなった。ヤエヤマボタルの日周活動は目視観察によったほかノクトビ

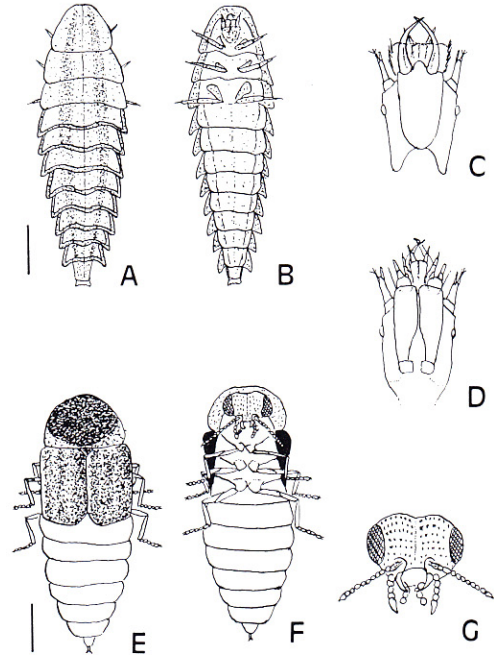


Fig. 2 Morphology of *Luciola yayeyamana*.

A,B, larva; C,D, head of larva; E,F, adult female; G, head of adult female. A,C,E, ventral view; B,D,F, dorsal view. Bar 1 mm.

ジョンを装着した高感度VTRカメラで撮影しVTRテープに録画して、研究室で再生し、発光シグナルを電氣的に解析した。野外で発光パターンが記録されたVTRテープは研究室でディスプレイ上に再生、光検知器でとらえ、光電子増倍管により増幅して、ペンレコーダで波形を描き解析した。照度測定にはルクス計 (Uchida IM-IU) を用いた。雄成虫の形態比較は西表島と石垣島の集団について雄の前胸背板の幅と長さ、体長を双眼実態顕微鏡に装着した接眼マイクロメータおよび万能投影機で計測した。雌成虫と幼虫の形態観察は双眼実態顕微鏡 (×60) と生物顕微鏡 (×100) を併用した。

結果

形態

卵 (石垣島産) 淡黄色で直径約0.5mmの球形。

幼虫 (石垣島) (Fig. 3) ヤエヤマボタルの孵化直後の幼虫は体長約1.5mmで白色であるが、1日後には褐色に変化した。終齢に近いと考えられる幼虫は体長5～7mmでヒメボタルの幼虫に似る。体は淡黄色で背板、側板、腹板は茶褐色でキチン化している。前胸は丸味のある三角形であり、中胸以下の背板は横長。頭部は小さく、

静止時には前胸背下に引っ込めている。第3腹節以下は次第に幅が狭まり第9節が最も小さい。尾端には尾脚を有する。肢は褐色で爪は1本。発光器は腹節第8節目に1対あるが、発光しない限り識別不能である。

蛹(石垣島産) 体長は約5mm, 体幅は約1.7mm, 複眼は長さ約0.7mm, 幅約0.6mm。体色は白色, 複眼は褐色で頭部は淡橙色。翅と脚は腹部側に折たたまれており, 全体にヒメボタルの蛹によく似る。

雄成虫 石垣島および西表島産ヤエヤマボタル (Fig. 4) の各々15個体の形態測定結果は Table 1 の通りで, 石垣島の集団の個体の大きさは西表島のより小型である。石垣島産と西表島のヤエヤマボタル各々15個体の複眼幅を比較した結果を Fig. 6 に示した。前胸背と複眼の幅は西表島の集団が石垣島の集団に比較して有意に大きい。

雌(石垣島産の個体) 体長4mm前後で, 頭部は小さい。複眼は, 横幅0.37mm, 縦0.17mm。雄のそれに比較して著しく小さい。前胸背は横幅1.24~1.35mm, 縦0.57~0.79mmであり半円形。雄同様に前胸板に大きな黒色

紋があり, 淡褐色の微毛が生え, 点刻される。上翅は腹部の半分以下であり, 下翅は完全に退化して認められない。腹部は淡黄色で8節からなり, 長卵形に膨れる。発光器は腹節第6節目の腹面に白色に占められる。触角は糸状, 長さ約0.9mmで11節からなる。第1節は約0.13mmで最も長く黒褐色で点刻が認められる。第2~11節は褐色で, 第11節は紡垂形。ふ節は5節からなり爪は褐色で2本 (Fig. 5)。

生態

卵 雌の産卵は室内で3例観察され, 1989年5月9日に35個, 5月10日に36個, 1988年5月16日に30個を湿ったガーゼに産卵した。これらはいずれも産卵後30日目で孵化が観察され, 40日で孵化をほぼ終了した。

幼虫 孵化幼虫は背光性であり, 潜土する習性が認められた。1987年12月に石垣島で夜間に実施した幼虫調査では, 終齢に近い幼虫は土中にいて, 刺激を受けると青緑色の連続光を放った。また1987年5月4日, 1989年5月9日の夜に各々発光しながら地表を這っている幼虫1個体が見いだされた。1989年5月10日に土中で土を固めて造った土繭が発見され, その中に蛹が弱く発光していた。土繭はほぼ長卵形であり, 直径は約9mmであった。

成虫 発生期間はこれまでの観察記録の範囲では4月30日から5月15日であった。

石垣島におけるヤエヤマボタルの活動習性 (Fig. 7)

1986年5月12日(曇, 27°C)にヤエヤマボタルが最初に発光したのは19:33であり, 空はまだ明るく, 照度は約10 luxであった。ホタルが発光した場所は森の中の下草が繁茂する暗い場所であり, 葉に止まったままで, 発光間隔は0.2~0.6秒であり, 長く不規則な光を放った (Table 2)。発光した位置は地上約30cmの葉上であり,

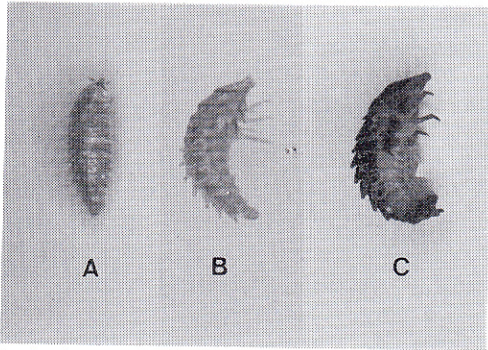


Fig. 3 Larvae of *Luciola yayeyamana*. A, ventral view, B, lateral view; C, dorsal view.

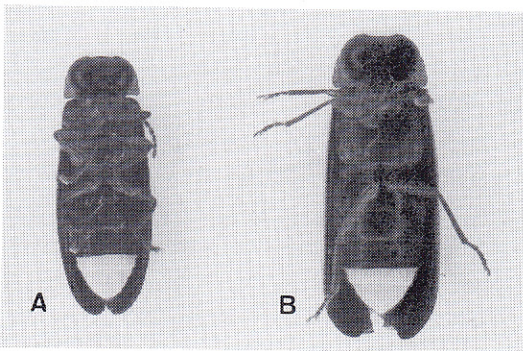


Fig. 4 Dorsal view of adult of *Luciola yayeyamana*. A, specimens from Ishigaki Is., B, specimens from Iriomote Is.

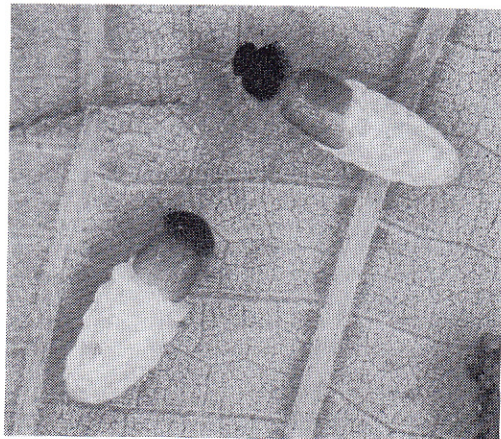
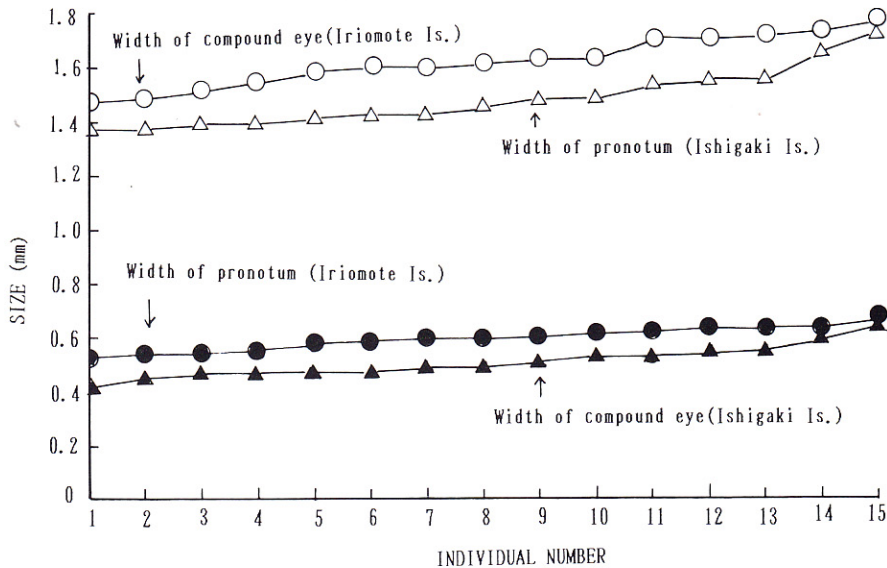
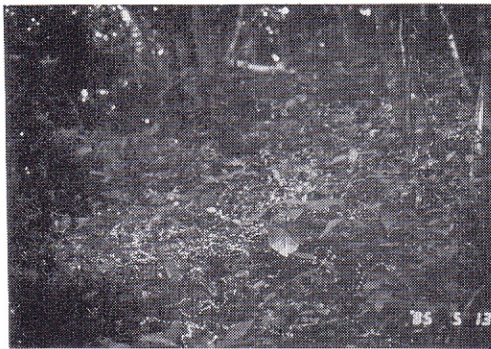


Fig. 5 Ventral view adult of *Luciola yayeyamana*.

Table 1 Measurements in mm of body size of adult male of *Luciola yayeyamana*.

Locality	Ishigaki Is.				Iriomote Is.			
	Max.	Min.	Mean	S	Max.	Min.	Mean	S
Length of elytra	4.38	3.18	3.87	0.30	4.16	3.78	4.16	0.25
Width of elytra	1.83	1.47	1.65	0.11	1.97	1.60	1.76	0.11
Width of pronotum	1.72	1.37	1.48	0.10	1.77	1.47	1.62	0.09
Width of compound eye	0.64	0.41	0.51	0.06	0.66	0.52	0.59	0.04

S: standard deviation

**Fig. 6** Morphological differences of adult male of *Luciola yayeyamana* Ishigaki Is. and Iriomote Is. Comparison of their width of pronotum and compound eye.**Fig. 7** Flight of adult male of *Luciola yayeyamana*.

樹林に覆われた草地の中のために、森の外の明るさに比べると、暗いために、発光が明瞭に認められた。19:40には1 lux 以下となり、以後、飛翔発光した。地上30cm

前後を強い黄色光を放ちながら探雌行動が観察された。以後、飛翔個体数は増加して、規則的に発光し、群飛した。この群飛は森の林床一面に広がり、個体密度は高く、4~5個体/m²であった。飛翔個体はすべて雄で、雌はきわめて発見しにくく、わずかに数個体が確認されたに過ぎなかった。雄の飛翔高度は時間経過とともに高くなり、19:50には地上2mに達する個体も見られた。20:00には飛翔個体が減少し、飛翔高度も低くなり、20:10にはほとんどの個体が飛翔行動を終えた。このホタルの活動が止むと、キロスジボタルがやや青白い間延びた光を放ち飛翔した。ヤエヤマボタルは時々短い距離を飛翔する個体もあったが、1回の群飛行動のあとはほとんど草の葉に止まったまま発光行動を休止した。しかし雄を採集し、飼育容器に入れると、野外の状態とは一変し、発光行動が相互に刺激しあうためか一晩中続いた。雌は

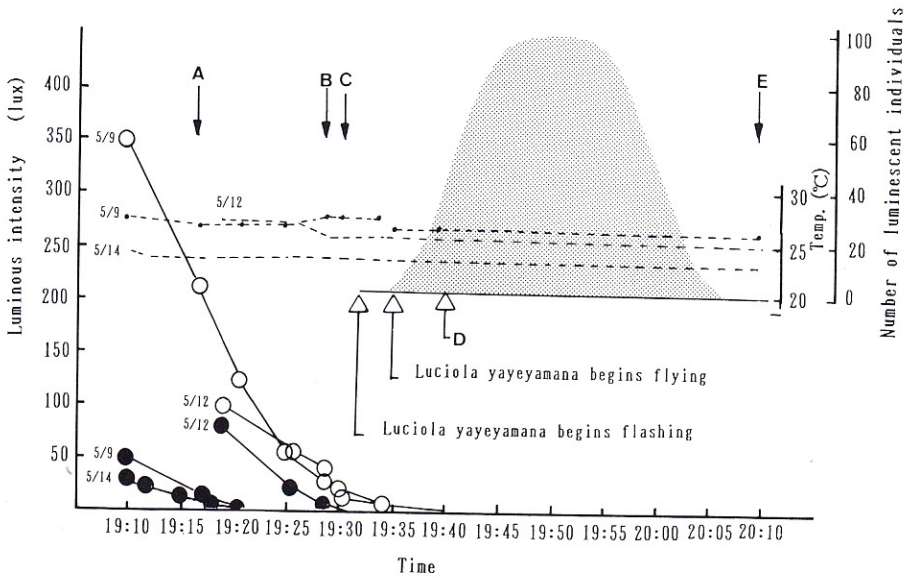


Fig. 8 Activity of *Luciola yayeyamana*. Relations of luminescent individuals and time of activity A=*Pteropus daysmallus yayeyamae* flying, B=*Halcyon coromande bangsi* flying, C=*Euterposia iwasakii* stop singing, D=*Curtos costipennis* flying and flashing.

林縁の草地の地表でまばたくように、強く発光した。発光持続時間は約0.2秒であり、雄よりも長かった。

発光開始時間と照度 (Fig. 8)

石垣島と西表島で1986年5月8日～17日の間に実施したヤエヤマボタルの活動開始時間と照度の関係は Fig. 8 に示した通りである。5月9日(気温27.5℃)の西表島での観察では19:10(○林外350 lux, ●林内50 lux)にリュウキュウアカショウビン *Halcyon coromande bangsi* が鳴き、19:17(林外220 lux, 林内10 lux)にはヤエヤマオコウモリ *Pteropus dasymallus yayeyamae* が活動した。19:30において森の外で20 lux, 森のなかでは1 lux 前後で、イワサキヒメハルゼミ *Euterposia iwasakii* が鳴き終えた。ヤエヤマボタルは19:40に飛翔発光を開始した。5月14日(気温24.5℃)の観察では19:27(林外2 lux, 林内1 lux 以下)でイワサキヒメハルゼミが鳴き止んだ。19:29にヤエヤマボタルの雄が1個体葉に止まって森の奥で発光し、19:32に発光数が増えて、19:35に飛翔発光を開始した。以後飛翔発光個体数は急激に増加して、19:50には約100個体/20m² となって最盛期になった(メッシュで図示)。ヤエヤマボタルの発光活動は森に生息するイワサキヒメハルゼミが鳴き終えてから、約5分後に開始した。活動開始時間は気温や天候の影響により、大きな変動はなかったが、強風や満月の夜はヤエヤマボ

タルの飛翔活動が抑制された。

発光パターン

雄が探雌のために飛翔発光しているときの発光パターンは0.19秒に一回規則的に発光し(測定回数N=20, 標準偏差S=0.01), きわめて瞬間的な光を発するが, 雌はやや間延びして, 約0.8秒に1回規則的に発光していた(N=20, S=0.05)(Table 2)。西表島の雄の発光パターンは石垣島のものと相違なかった(Fig. 9)。

発光スペクトル

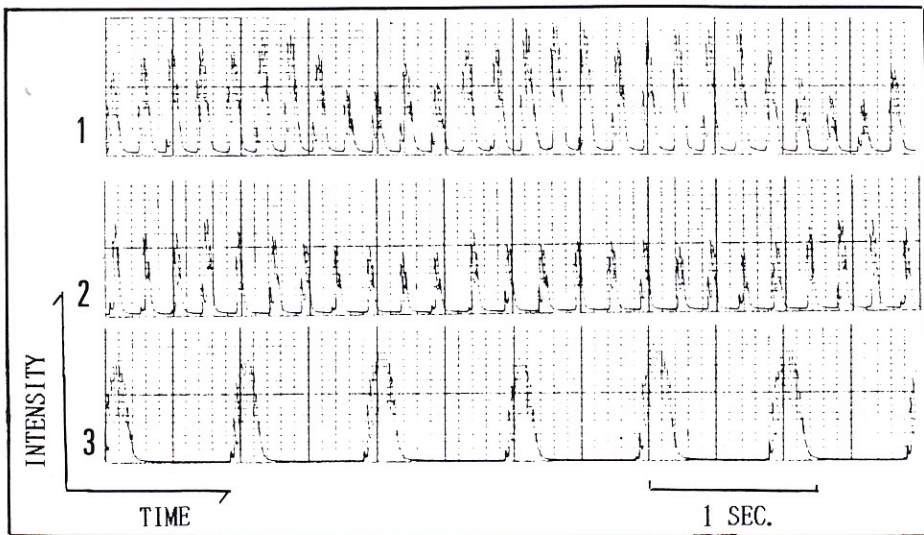
ヤエヤマボタルの発光色は黄色であり, 同所的に発生するキイロスジボタル *Curtos costipennis* とは肉眼的にも明らかに異なった。肉眼での観察では雄と雌とは特に発光色の相違が認められなかった。

野外観察における配偶行動

1989年5月10日石垣島において薄暮の19:30になると森の林床の暗い下草の間から雄が発光を開始し, 5分後の19:35には飛翔発光した。その後, 雄は探雌のために地上約50cmをゆっくりと飛翔発光した。発光間隔はおよそ0.19秒で大変に明滅間隔が短かった(Fig. 9)。飛翔軌跡は左右曲折して, 一定でなく, 草の茂った場所では停滞飛翔が認められた。発生最盛期には飛翔範囲, 飛翔速度などが広く大きい, 後期になるに従って狭く, 小さくなる傾向があった。また飛翔活動範囲は限られ, 飛翔

Table 2 Measurements of flash interval and duration of *Luciola yayeyamana*.

	Flash interval(sec.)					Flash duration(sec.)			
	N	Max.	Min.	Mean.	S	Max.	Min.	Mean	S
(Ishigaki Is.)									
Flying male	20	0.22	0.18	0.19	0.01	0.08	0.08	0.08	0
Perched male	15	0.60	0.20	0.37	0.12	0.08	0.08	0.08	0
Perched female	20	0.96	0.74	0.81	0.05	0.24	0.16	0.21	0.02
(Iriomote Is.)									
Flying male	20	0.20	0.18	0.19	0.01	0.08	0.08	0.08	0

**Fig. 9** Flash pattern of *Luciola yayeyamana*. 1, 2 flying male, 3 perched female.

移動しても、再び元の位置付近に戻ることが多かった。雌は非常に発見しにくいために、林縁で数個体が発見されたに過ぎなかった。雌は腹部をひねり、発光器を上空の雄に見える方向にして (Fig. 10)、やや瞬きを伴う光を約0.8秒に1回、ゆっくりと放った (Fig. 9)、なお Fig. 10 は高感度 VTR カメラで赤外線照射により撮影し、モニター TV 再生画面を写真撮影したものである。飛翔発光する雄が探雌に成功すると、明滅しながら接近した。雌は接近する雄に対して、一定のタイミングで発光することで、雄は雌にマウントして (Fig. 11)、交尾に至った。

室内観察における発光交信

雌と探雌飛翔する雄を採集し、各々小さな透明なプラスチック容器に移して、雄と雌の発光交信を観察した結果、雄の発光に対し雌の応答発光が認められた。交尾後の雌はほとんど発光しなかった。ヤエヤマボタルと沖縄

**Fig. 10** Female of *Luciola yayeyamana* emits colling signal from her luminous organ, she flexed her abdomens.

本島に分布するクロイワボタル *Luciola kuroiwa* の形質はよく似ていることから交雑実験を行なった。石垣島で採集したヤエヤマボタル雌成虫を沖縄本島に分布する



Fig. 11 Courtship display in *Luciola yayeyamana*.

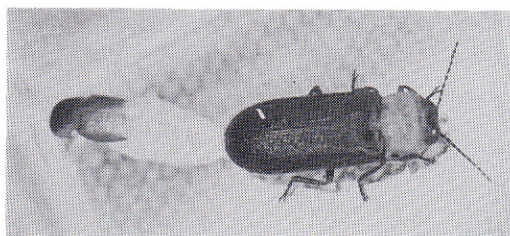


Fig. 12 Female of *Luciola yayeyama* (left) and male of *L. knroiwae* in copulation.

L. knroiwae を入れた容器に移した結果、各々の発光間隔が短くなり、交尾した (Fig. 12)。またヒメボタル雌 (名古屋市産) はヤエヤマボタルの雄の発光に反応することがあった。

考察

形態

雌は上翅が腹部の約1/2の長さまで退化し、下翅は全く退化し、飛翔不能であり、移動性に乏しい。ヤエヤマボタルは種を維持するうえで、小さく体の限られた資源を最も効果的に利用するように翅の資源を卵にふり向けたと考えることができる。この考えは本種のコミュニケーション・システムの特徴 (雌は雄を誘引し、待つことに適応した) から支持できる。

石垣島産のヤエヤマボタルの個体の大きさは西表島産よりも小型である。特に前胸背や複眼の幅に相違が明瞭である。ヤエヤマボタルは雌の翅が退化していることに加え、地理的な隔離が各産地の集団の形質を固有化したと考えられる。台湾に分布する近縁種 *Luciola fuliformis* は西表島産ヤエヤマボタルに酷似することから、こうしたホタル類の形質については更に検討の余地がある。

探雌行動

雄の探雌飛翔高度が低いことは、雌の形態や習性からみても適応的行動といえる。雌は雄が発光すると発光器

を雄の方向に向けて応答発光する。この行動は上空を飛翔する雄を誘引する上に適応的行動と考えられる。また雌は上翅が腹長の約1/2と短いために、露出した半透明な腹部組織を透して発光器から発せられた光が分散し、上空を探雌飛行する雄に対して誘因信号を効果的に送ることが可能な形態といえる。ヤエヤマボタル雄の飛翔高度がヒメボタルのそれに比べ低い理由の1つとして、ヤエヤマボタルは体が小型であるために大型のヒメボタルに比較すると発光量が少なく、草の根元にいる雌を探すためには草丈すれすれに飛翔発光して効率を高めるための適応行動であると考えられる。

コミュニケーション・システム

ヤエヤマボタルのコミュニケーション・システムは基本的にヒメボタルのそれに一致しHPシステム (OHBA, 1983) とみなされる。ヒメボタルと相違する点は探雌飛翔時間が著しく短いことである。

活動習性

本種の発光スペクトルは580nm にピークをもち、LALL *et al.* (1980) の説によれば薄暮活動型のホタルに該当する。一方、ヒメボタルはヤエヤマボタルと同様な発光スペクトルでありながら (EGUCHI, *et al.*, 1985), 一晩中飛翔活動し、探雌飛翔時間は長い。本来薄暮型と考えられるヒメボタルが長時間活動型に変化したのは、種間競争がないことに加え、人工照明などによる人為的要因が大きいと考えられる。今後、さらに多くの近縁種の活動習性を観察し比較検討し、活動習性が変化する要因を把握したい。

本報告をまとめるに当りヤエヤマボタルの観察に多大な協力をいただいた横須賀市自然博物館の山本健一郎氏に感謝の意を表する。

引用文献

- EGUCHI, E., NEMOTO, A., MEYER-ROCHOW V.B. and OHBA, N. 1984. A comparative study of spectral sensitivity curves in the three diurnal and eight nocturnal species of Japanese fireflies. *J. Insect Physiol.*, **30**(8): 607-612.
- LALL, A., SELIGER, H., BIGGLEY, W. and LLOYD, J. 1980. Ecology of color of firefly bioluminescence. *Science*, **210**: 560-562.
- 大場信義 1978. ホタル類の形態と活動習性. 横須賀市博研報 [自然], (25): 15-28, pls. 2-3.
- 大場信義 1986a. ホタルのコミュニケーション. 文部省・特定研究〈生物の適応戦略と社会構造〉総括班研

- 究報告書, 7: 1-241.
- 大場信義 1986b. 森に広がる光の絨毯. アニマ, (162): 38-48. 平凡社, 東京.
- 大場信義 1986c. ヒメボタル雌の誘因シグナル. 横須賀市博研報 [自然], (34): 17-23.
- 大場信義 1987. 沖縄の発光昆虫調査. 横須賀市博館報, (34): 23-27.
- 大場信義・後藤好正 1988. 沖縄のホタル. 横須賀市博館報, (35): 30.
- OHBA N. 1980. Mating behavior of a Japanese *Hotaria* firefly (Coleoptera : Lampyridae). *Sci. Rept. Yokosuka City Mus.*, (27): 13-18.
- OHBA, N. 1983. Studies on the communication system of Japanese fireflies. *Sci. Rept. Yokosuka City Mus.*, (30): 1-62, pls. 1-6.
- OHBA, N. 1985. Flash communication in *Hotaria tsushima* (Coleoptera: Lampyridae). *Sci. Rept. Yokosuka City Mus.*, (33): 13-17.
- 大場信義・後藤好正・相内幹浩・渡辺政人 1987. ヒメボタルの探雌行動. 横須賀市博研報 [自然], (35): 15-22.