

数種の日本産ホタル類の発光パターンと習性

大 場 信 義*

Flash patterns and behavior of some Japanese fireflies (Coleoptera: Lampyridae)

Nobuyoshi OHBA

(With 6 text-figures, 1 table and 2 plates)

The flashing patterns of Japanese fireflies have been observed by several workers. KANDA (1935) observed those of *Luciola cruciata* and *L. lateralis*; HAZAMA (1942) electronically recorded the luminescent pattern of *Lychnuris rufa*; YAJIMA (1978) studied the pattern of *L. cruciata* by means of a silicon photocell; OHBA (1979) studied the luminescent pattern of five Japanese fireflies, *Hotaria parvula*, *Luciola cruciata*, *L. lateralis*, *Lychnuris atripennis* and *Cyphonocerus ruficollis*, employing a photomultiplier tube.

In the present work, the author records the flash patterns of three nocturnal species of Japanese fireflies, *Luciola kuroiwae*, *L. filiformis yayeyamana* and *Hotaria parvula*, to obtain reliable for future analysis of relationships among lampyrid species. In the field observation of the fireflies, flash interval was measured with a stop watch. Flash intervals and durations were recorded with 8 mm and 16 mm cine-cameras. In laboratory observations, flash patterns were detected by a photomultiplier tube, and the amplified signal fed to a chart-recorder.

The observations are summarized as follows: I) The luminescent patterns of three nocturnal species of fireflies were similarly short pulsed, and their patterns did not show a clear distinction between a strong and weak pulses. These species are similar in behavior and morphology, so they are considered to be a group of strong affinity. Females were very rare in three species. II) The flash pattern of male *H. parvula* is different from that of females. When a male approached a female, the luminescence of the female became gradually short pulsed. Then, their flashes were synchronized. III) The form of female *L. kuroiwae* was clarified.

はじめに

発光信号は主として夜行性のホタル類から発せられることが知られている。MCDERMOTT and BUCK (1959), BARBER and McDERMOTT (1951) はジャマイカおよびアメリカ産ホタル類について目視観察を行った。更に SELIGER et al. (1964) はジャマイカ産ホタル類について電気的な測光装置を用いて発光パターンを記録した。その後、*Photinus* 属の多くの種および他のホタル類について LLOYD (1966a, 1966b, 1968, 1969) により光電子倍增管などを用いた研究がなされた。

* 横須賀市博物館 Yokosuka City Museum, Yokosuka 230, Japan.
原稿受理1979年7月20日, 横須賀市博物館業績第280号。

日本では神田 (1935) によりゲンジボタル *Luciola cruciata* およびヘイケボタル *L. lateralis* の発光状態が目視観察された。その後 HAZAMA (1942) により、電気的測光法で *Lychnuris rufa* の発光パターンが記録された。矢島 (1978) はゲンジボタル *L. cruciata* の発光をシリコンフォットセルを用いて測光し、解析を加えた。大場 (1979) は日本産ホタル5種、即ちゲンジボタル *Luciola cruciata*, ヘイケボタル *L. lateralis*, ヒメボタル *H. parvula*, オオシママドボタル *Lychnuris atripennis*, ムネクリイロボタル *Cyphonocerus ruficollis* 各々の発光パターンを光電子倍增管により測光し記録した。

本研究では日本産ホタル類のうち3種、*Hotaria parvula*, *L. kuroiwe*, *L. filiformis yayeyamana* の発光パターンの観察記録を行なうとともに、それらの比較検討を行なった。この研究の目的は、将来において、信頼性の高いホタル類の類縁関係を把握するための資料を得ることにある。ヒメボタルの発光パターンについては大場 (1978b, 1979) により一部報告されているが、本報では発光パターンと習性の関連性を新に記録、観察した。

材料および方法

クロイワボタル *Luciola kuroiwe* MATSUMURA 雄 male。

ヤエヤマヒメボタル *Luciola filiformis yayeyamana* MATSUMURA 雄。

ヒメボタル *Hotaria parvula* MOTSCHULSKY 雄, 雌 female。

以上3種の分布は名古屋女子大学生物学研究室、横須賀市博物館の標本の他、松村 (1918), 大場 (1978b), 佐藤 (1978) によった (Fig. 1)。

1. 室内における発光パターンの観察方法

光増幅記録装置 photomultiplier apparatus (Fig. 2) は本来、化学発光反応の分析用として製作されたものであるが、試料容器に改変を加えて、ホタルの発光も測光可能にした。

即ち試料管は直径 30 mm, 長さ 45 mm のプラスチック管であり、その内側にアルミ薄を被い、ホタルが発した光がそれにより反射して、効果的に光増幅装置 photomultiplier amplifier compartment (Hitachi I-R 532) の受光部へ到達する様にした。光電子倍增管 (R-106) で受光した光は増幅器を経て電圧計に接続され、記録状態が点検された。信号電圧は更に自記記録計 (Hitachi QPD 53) で記録紙上に発光パターン (信号電圧) が記録された。

2. 野外における発光パターンの観察方法

(1) 目視観察 飛翔中のホタルの発光間隔 flash interval は単位時間当りの発光回数から、平均値を計算した。時間測定にはストップウォッチを用いた。

(2) 8 mm および 16 mm 撮影機による観察方法。静止または歩行中のホタルの発光間隔および発光持続時間 duration の記録は 8 mm 撮影機 (Fujica Single 8 Z 450) と 8 mm シネフィルム (Fujichrome Rt 200), 更に 16 mm 撮影機 (Bolex, H. 16 SBM) と 16 mm シネフィルム (Fujichrome Rt 500) を併用し、フィルム上に露光されたコマ間隔から計算して求めた。8 mm および 16 mm 撮影機の撮影コマ速度は各々 18 コマ/秒, 24 コマ/秒であった。露光された 16 mm シネフィルムは倍感現像した。



Fig. 1. Distribution of the three species of fireflies in this study. ▲: *Luciola kuroiwaie*. ×: *Luciola filiformis yayeyamana*. ●: *Hotaria parvura*.

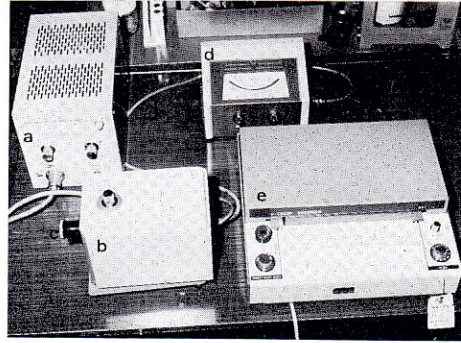


Fig. 2. Apparatus for recording flash-patterns of fireflies. a: photomultiplier power unit. b: photomultiplier amplifier compartment (Hitachi I-R 532), c: sampling tube, d: volt meter, e: chart recorder (Hitachi QPD 53).

発光パターンと習性の観察結果

クロイワボタル *Luciola kuroiwaie* MATSUMURA (Pl. 7a-d)

野外観察：沖縄本島糸満市白梅の塔付近 (Pl. 6a, b) および同島知念村にて1979年5月5-6日に観察した。本種の分布は沖縄本島のみ知られ、成虫の出現最盛期は5月と考えられる。雌はこれまでに採集例がなく、その形態、習性については全く知られていなかったが、筆者により、1979年5月6日に知念村のサトウキビ畑の地表を歩行していた1雌が採集された。

糸満市白梅の塔付近はサトウキビ畑を主体とした畑作地帯であるが、一部に樹林が残されている。生息地は林緑に広がるサトウキビ畑であることが多かった。

雄の活動は20:00前後から始まり、飛翔状況と発光パターンが後記するヒメボタルに類似していた。数百個体の雄は林緑のサトウキビ畑、樹林内を地上0.5-2.0mの高度で黄青色のパルス光を放ちながら飛翔し、その光は約40mの距離からも認めることが出来た。雄の歩行時における発光持続時間は20°Cで0.086秒前後であった。

室内観察：短い単一なパルス光でありほぼ規則的な発光パターンを示すことが多いが、飛翔、歩行、静止などの各状態で各々変化する。歩行時における発光間隔は22°Cで0.36-1.00秒、平均発光間隔0.54秒前後であった (Fig. 3)。

雌の形態 (Pl. 7c-d) 形態、色ともに雄に似るが、体は雄より、やや短く、体長4.9mm、体幅2.0mm前後。前胸背は黄橙色であり、周縁に沿って明瞭な縁どりが認められる他、正中線も明らかである。前胸背長0.99mm、前胸背幅1.48mm。複眼は雄より小さく、最大幅0.41mm、最大長0.26mm。小楯板は黄橙色、前翅は黒色で、その下側に透明な後翅がたたまれている。腹面第6腹節に黄白色の発光器を有し、雄のそれとは形、大きさが異なる。触角は11節からなり、細く黒色であり、約1.48mmの長さである。

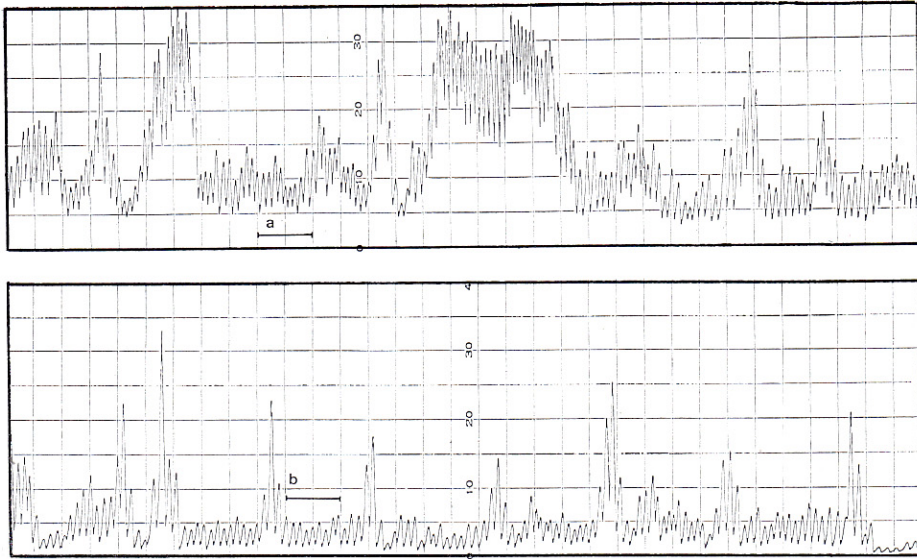


Fig. 3. Chart records of firefly flashes; flash patterns of male *Luciola kuroiwaе*. a: at 22°C, coarse 3, range 0.5 V, chart speed 240 mm/min, selector $\times 10$. b: at 22°C, coarse 3, range 0.5 V, chart speed 240 mm/min, selector $\times 10$.

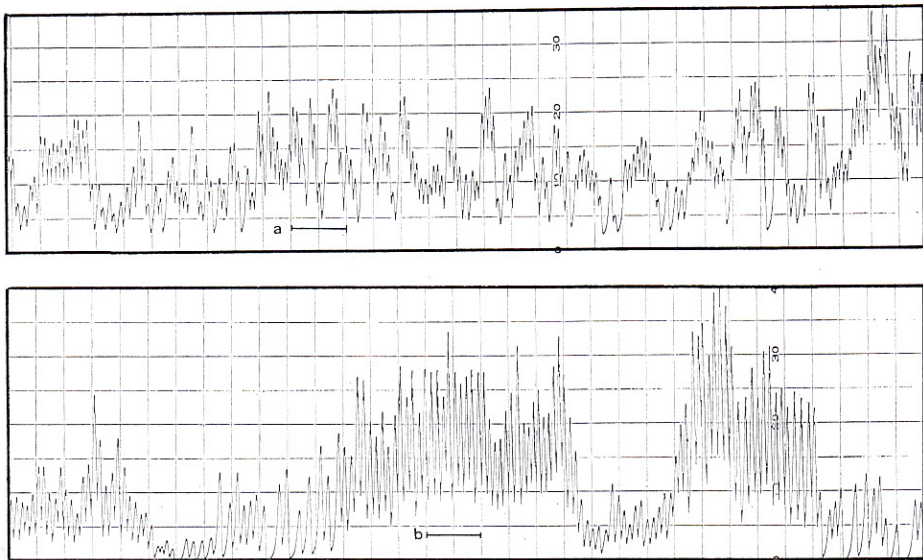


Fig. 4. Chart records of firefly flashes; flash patterns of male *Luciola filiformis yayeyamana*. a: at 22°C, coarse 3, range 0.5 V, chart speed 240 mm/min, selector $\times 10$, b: at 22°C, coarse 4, range 0.5 V, chart speed 240 mm/min, selector $\times 10$.

ヤエヤマヒメボタル *Luciola filiformis yayeyamana* MATSUMURA (Pl. 7e, f)

野外観察：本種は1979年5月4日に沖縄県石垣島で観察された。生息地は道路両側の林縁部であり、湿潤な環境である (Pl. 6b)。雄の発光は20:00 前後から始まり、地上0.5-1.0 m の高度を後記するヒメボタルに似た短いパルス光を放ちながら時々飛翔したが、多くの個体は地表または植物の葉上などにみられ、きらめきを伴ったパルス光を放っていた。歩行時の発光間隔は25°C で0.38-0.70秒、平均0.67秒、発光持続時間は0.16-0.35秒、平均0.25秒であった (Table 1)。雌は採集されていないために、形態、習性ともに不明である。

室内観察：雄の歩行時における発光間隔は22°C で0.31-0.53秒、平均0.41秒であり、発光持続時間は22°C で0.31-0.50秒、平均0.38秒であった。この発光パターンは発光強度がほぼ一定であり、強いパルス光と弱いパルス光が明瞭に区別し難い。発光持続時間は1秒以上となることはなく、短いパルス光であった (Fig. 4)。

ヒメボタル *Hotaria parvula* KIESENWETTER (Pl. 7g-j)

野外観察：本種は愛知県名古屋市大津橋付近の名古屋城外堀にて1979年5月26日に観察された。

雄の発光は単一なパルス光であることが多いが、飛翔、歩行、興奮時において各々発光パターンが変化する (Fig. 5, table 1)。

飛翔時の発光間隔は18°C で平均1.04秒であり、雌との交信と考えられる時では0.45-0.66秒、平均0.54秒、発光持続時間は0.04-0.06秒、平均0.056秒であって、大場 (1978b) の観察結果にほぼ一致した。このホタルの発光パターンはパルス光の強弱に明瞭

Table 1. Flash pattern interval and duration of the three species of fireflies in this study.

Species	Temp. (°C)	Sex	Flash interval		Duration		Notes
			Range	Mean	Range	Mean	
<i>L. kuroiwa</i>	22.0	male	0.36-1.00	0.54	0.25-0.50	0.50	walking
	20.0		0.86-1.12*	0.96	0.05-0.11	0.086	walking
<i>L. filiformis yayeyamana</i>	22.0	male	0.31-0.53	0.41	0.31-0.50	0.38	walking
	25.0		0.38-0.70**	0.67	0.16-0.35	0.25	walking
<i>H. parvula</i>	25.0	male	0.31-0.63	0.48	0.50-1.00	0.63	pre mating
	25.0		0.71-1.20	1.10	0.50-0.76	0.75	walking
	17.0		0.45-0.66	0.54	0.04-0.06	0.056	pre mating
	18.0		--- ***	1.04	---	---	flying
	15.0		---	0.67	---	---	pre mating
	15.0	female	0.42-0.58**	0.51	0.16-0.21	0.18	pre mating
	25.0		0.58-1.00	0.60	0.50-1.25	0.50	pre mating
	18.0		2.36-3.18***	2.69	---	---	pre mating
	15.0		1.70-2.90***	2.30	---	---	pre mating

* Calculated by 8 mm cine-film recorded in the field

** Calculated by 16 mm cine-film recorded in the field

*** Calculated by stop-watch recorded in the field

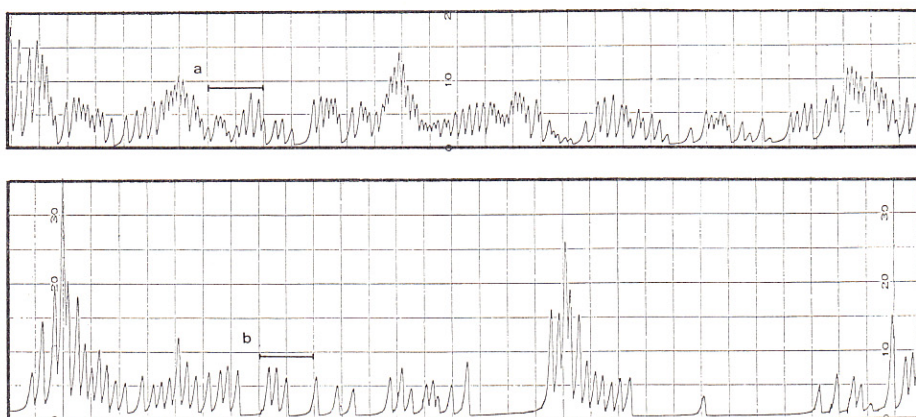


Fig. 5. Chart record of firefly flashes; flash patterns of male *Hotaria parvula*.
a: at 22°C, coarse 3, range 0.5 V, chart speed 240 mm/min, selector $\times 10$, b: at 25°C, coarse 4, range 0.5 V, chart speed 240 mm/min, selector $\times 10$.

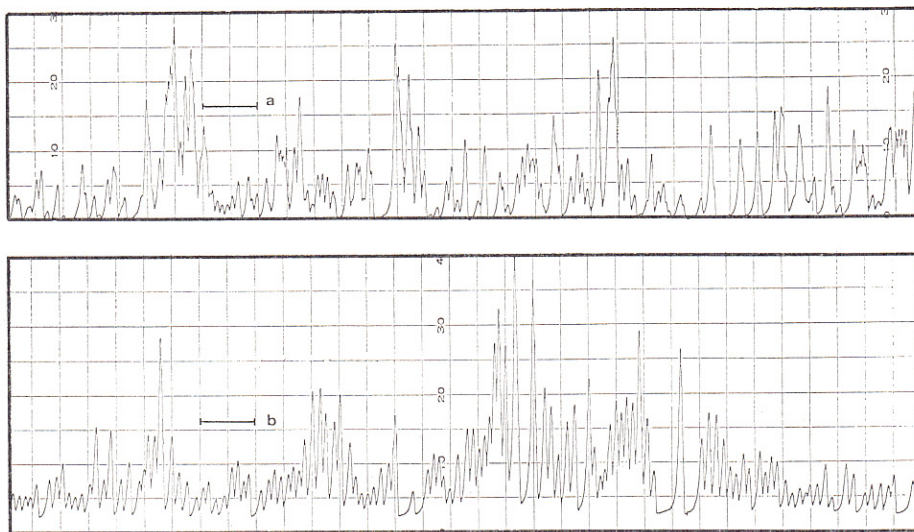


Fig. 6. Chart record of firefly flashes; flash patterns of female *Hotaria parvula*.
a: at 25°C, coarse 3, range 0.5 V, chart speed 240 mm/min, selector $\times 10$, b: at 25°C, coarse 4, range 0.5 V, selector $\times 10$.

Fig. 3-6 were recorded in the laboratory. Vertical axis: relative intensity; Horizontal axis: time. scale as indicated by 5 seconds marker. Charts (Hitachi VD 10001 A) read right to left.

な差が認められず、安定時において、ほぼ一定の光度でパルス光が放たれることが多かった。

雄の発光は 20:30 前後より始まり、0:30 前後に活動最盛期となり 3.30 前後まで飛翔活動が続くことが大場 (1978) により観察されていたが、今回の観察においても再確認された。雌は雄の飛翔発光に誘起されたかの様に、0:00 前後から雑草の根元、岩の隙間から這

い出して、雄とは異なる発光パターンで明滅を繰り返した。そのパルス光はきらめきを伴い、発光間隔が 18°C で 2.36-3.18 秒、平均 2.69 秒、発光持続時間も雄より長かった (Table 1)。雄が雌に接近すると雌の発光間隔は次第に短くなり、雄のそれに近づいた。5~10 cm の距離に雄が接近し、発光を繰り返すと雌は発光間隔が 0.42-0.58 秒となり、平均 0.51 秒で、雄の発光間隔にほぼ一致した。発光持続時間も雄が接近するに従い短くなり、15°C で 0.16-0.21 秒、平均 0.18 秒であった。

室内観察：雄は歩行、興奮時において発光間隔が異なるが、短いパルス光であることに変わりはない。

種々の要因により発光間隔が変化し、連続発光することもあれば、2-3 発の発光に終ることもある (Fig. 5)。安定時と考えられる雄の発光間隔は 25°C で 0.31-0.63 秒、平均 0.48 秒、25°C において雌の発光パターンは Fig. 6a に示す通りであり、雄に比較して発光間隔、発光時間が長かった。実験的に雄を接近させた時の雌の発光間隔は 25°C で 0.58-1.00 秒、平均 0.60 秒であった (Fig. 6b)。

考 察

前報 (大場 1979) で 5 種のホタル類、即ちゲンジボタル *Luciola cruciata*, ヘイケボタル *L. lateralis*, ヒメボタル *Hotaria parvula*, オオシママドボタル *Lychnuris atripennis*, ムネクリイロボタル *Cyphonocerus ruficollis* の発光パターンについて報告した。これらのうち昼行性ホタルであるムネクリイロボタルはパルスから成らない連続光の発光パターンであり、夜行性のゲンジボタルでは弱いパルス光と強いパルス光が明瞭に区別可能な発光パターンであった。この研究で扱った 3 種の発光パターンは、いずれも短いパルス光を放ち、パルスの強弱が明瞭に区別し難い発光パターンであり、形態ともに類似していることから、この 3 種のホタルは高い類縁関係を有すると考えられる。また、これら 3 種の雌の採集例が雄に比較して極端に少ないということから、各々の雌の活動習性も類似しているものと考えられる。ヤエヤマヒメボタルの雌の形態と習性は、これらのホタル類の類縁性を検討する上で是非解明を要する。

ヒメボタルの発光パターンは興味深いことには雌雄で各々個有であり、雌のそれは雄の接近により次第に変化し得ることが観察され、更に交尾直前には、ほぼ同調する傾向があることが認められた。これまで研究された *Luciola* 属、*Hotaria* 属の発光パターンは様々な要因により発光パターンが変化し得た。LLOYD (1972) により、*Luciola obsolata* が様々な発光パターンで発光し得ることが報告されているが、*Luciola* 属の類縁性を解明する上でも、これら個々の習性を明らかにし、比較することが重要と考える。

ま と め

1. 生態、形態が類似する日本産ホタル 3 種、*Luciola kuroiwae*, *L. filiformis yayeyamana*, *Hotaria parvula* の発光パターンと習性を、野外および室内で観察したところ、これらのホタル類は類似した発光パターンを有することが明らかになった。
2. ヒメボタルの雌雄は各々個有の発光パターンを有するが、交尾直前には雌の発光パターンが次第に変化し、雄の発光パターンに類似することが認められた。
3. クロイワボタルの雌の形態を明らかにした。

謝 辞

この研究を進めるに当り、調査に御協力頂いた名古屋鉄道株式会社の竹内重信氏、16 mm 撮影機でホタルの発光を撮影され、その記録フィルムを提供された神奈川県秦野市千村の吉田嗣郎氏、ホタル標本資料を心よく検する機会を与えられた名古屋女子大学の佐藤正孝助教授、また種々御助言、御教示頂いた東京医科歯科大学の今立源太良教授、Florida 大学の J. E. LLOYD 教授。更にこの研究の手掛りを与えられた横須賀市博物館前館長羽根田弥太博士の各位に対し深謝の意を表する。

引用文献

- BARBER, H. S. and MCDERMOTT, F. A. 1951. North American fireflies of the genus *Photuris*. *Smithion. Misc. Coll.*, 117: 1-58.
- HAZAMA, B. 1942. Über die Biolumineszenz bei *Pyrocoelia rufa* in aktiolsstrombild, Sowie im histologischen Bild. *Annotationes Zoologicae Japonenses*, 21 (2): 59-76.
- 神田左京 1935. ホタル. 496pp. 丸善, 東京.
- LLOYD, J. E. 1966a. Study on the flash communication system in *Photinus* fireflies. *Univ. Michigan Zool., Misc. Publ.*, (130): 1-95.
- 1966b. Signals and mating behavior in several fireflies (Coleoptera: Lampyridae). *Coleopt. Bull.*, 20 (3): 84-90.
- 1968. A new *Photinus* fireflies, with notes on mating behavior and a possible case of character displacement (Coleoptera: Lampyridae). *Ibid.*, 22 (1): 1-10.
- 1969. Flashes, behavior and additional species of nearctic *Photinus* fireflies (Coleoptera: Lampyridae). *Ibid.*, 23 (2): 29-40.
- 1972. Mating behavior of a New Guinea *Luciola* firefly: A new communicative protocol (Coleoptera: Lampyridae). *Ibid.*, 26 (4): 155-164.
- MCDERMOTT, F. A. and BUCK, J. B. 1959. The lampyrid fireflies of Jamaica. *Trans. Amer. Ent. Soc.*, 85: 1-112.
- 松村松年 1918. 面白き虫界の教材. 39-70. 東京堂書店, 東京.
- 大場信義 1978. ヒメボタルの生活. *インセクトリウム*, . 14 (6): 32-36.
- 1979. ホタル類の発光パターンと習性 (予報). *神奈川県博物館協会報* (41): 1-9.
- 佐藤正孝 1978. 日本のホタル. *インセクトリウム*, 15 (6): 44-49.
- SELIGER, H. H. BUCK, J. B., FASTIE, W. G., and MCELROY, W. D. 1964. Flash patterns in Jamaican fireflies. *Biol. Bull.*, 127 (1): 159-172.
- 矢島 稔 1978. ホタルの日周活動性と光の信号—ゲンジボタルの場合. *インセクトリウム*, 15 (6): 12-19.

Explanation of plates 6-7

Plate 6

- a. Mt. Banna, Ishigaki Island, Okinawa. *Luciola filiformis yayeyamana* was studied here.
- b. Near Shiraume-no-Tô, Itoman City, Okinawa Island. *Luciola kuroiwae* was studied here (Station A).
- c. Near Shiraume-no-Tô, Itoman City, Okinawa Island (Station B).
- d. Ohtsubashi, Nagoya City, Aichi Prefecture. *Hotaria parvula* was studied here.

Plate 7

- a-d. *Luciola kuroiwae*; a: ventral view, b: dosal view of male. c: ventral view, d: dosal view of female.
- e-f. *Luciola filiformis yayeyamana*; e: ventral view, f: dosal view of male.
- g-j. *Hotaria parvula*; g: ventral view, h: dosal view of male. i: ventral view, j: dosal view of female.
- Scale: 2 mm.

