

オキナワマドボタルの配偶行動

大場信義*

Mating behavior of the firefly, *Pyrocoelia matsumurai* (Coleoptera: Lampyridae)

OHBA Nobuyoshi*

Orientation behavior of *Pyrocoelia matsumurai* was observed at Yona (Okinawa Is.). Males were perched grass which covered the banks of the forest passes. Almost all males approached a female to within 5 m distance from down wind in the field. When a male seeks a female, it stands on its legs and arranges its antennae in the form of "V". In this behavior, the male repeatedly swings its head very slowly, and sometimes even flies a short distance. Thereafter, the male repeats the same orientation behavior to seek a female. The male slowly approaches a female on a zigzag path. Another female was observed at same habitat. The female deposited eggs and protected them by its body. Mating behavior of this species was observed in detail in the laboratory. In the orientation behavior, the male was always attracted to the head of the female first, before the male coupled with the female. It is thought likely that the female emits a sex attractant, which acts as a releaser of the male behavior that leads to mating. Based on field and laboratory observations, the CR system is followed in this species. Male is also attracted by extracts of female individual in n-hexan. This material may contain a sex pheromone.

はじめに

Pyrocoelia matsumurai NAKANE は分類学者により使用される和名が異なり、オキナワマドボタルまたはオキナワオバボタルと称されて混乱しているが、本論では前者を使用した。本種はサキシママドボタル *P. abdominalis* NAKANE に酷似し、体長10 mm前後、触角が長く幅広く、前胸背は赤色で両縁が黒色、鞘翅は黒色である。一方、雌は体長20 mm前後で大きく、上、下翅ともに退化し、腹部が大きく、特異な形態である(第1図)。このボタルは南西諸島の沖縄島および久米島に分布し、4~5月に成虫となる(大場、

1981; 1986b)。なお、久米島の個体群はオキナワマドボタル久米島亜種 *P. matsumurai kumejimensis* CHUJO et M. SATO とされるが、雄の前胸背板が橙黄色であるほかは形態・習性ともに区別ができない。

オキナワマドボタルの幼虫はかなり強く持続して発光するが、成虫は幼虫よりも弱い光を放つ(大場、1981; 大場ほか、1995; 大場、1986a, b)。本種の配偶システムについては外部形態と発光パターンから配偶行動様式が推定された(OHBA, 1983)。その後、野外観察し(大場、1989)、サキシママドボタルと同様に性フェロモンが配偶行動に大きく関与していること

* 横須賀市自然博物館 Yokosuka City Museum, Yokosuka 238-0016

原稿受付 1997年9月1日 横須賀市博物館業績 第508号。

キーワード: ボタル科, マドボタル属, オキナワマドボタル, 配偶行動, フェロモン Key words: Lampyridae, *Pyrocoelia matsumurai*, mating behavior, pheromone

を明らかにし、配偶システムはCRシステムに分類した (OHBA, 1983; 大場, 1986a)。しかし、これまで本種の野外での配偶行動の観察は雌の発見の困難性に起因して、ほとんど配偶行動の過程、定位行動などの報告がなく、詳細は不明であった。ここでは1) オキナワマドボタルの野外における雌への定位行動および室内実験による配偶行動について、2) 処女雌から予備実験的に有機溶媒で誘引物質の抽出を試み、雄を誘引する抽出物が得られ、雌が分泌した性フェロモンであると推定できたのでこれらを含めて報告する。野外調査に際し、東清二教授は演習林施設利用などで便宜を図って頂き、本澤幹雄氏をはじめとしたNHK取材班の諸氏および後藤好正氏は野外調査に協力頂いた。この研究費の一部は平成9年度文部省科学研究費基盤研究C (課題番号 09640832) および国際学術研究 (課題番号 09041100) によった。

実験・観察方法

オキナワマドボタルの成虫を対象とし、1986年5月に沖縄県国頭郡与那の琉球大学農学部附属演習林内で本種の定位行動を観察するとともに、雄成虫・雌蛹・および未交尾の雌成虫を部分飼育し、室内で配偶行動の観察実験を行った。雌成虫は野外で採集した蛹を飼育した個体および野外で発見した個体を実験・観察対象とした。実験観察は野外では、雌の成虫と雄成虫が生息していた高さ約1mの林道建設時にできた法面であり、同所にあらかじめ処女雌を入れた透明プラスチック容器 (5×3×3 cm) を設置し、雄の定位行動を観察した。観察時の気温は27℃であった。室内観察は室温18～24℃で行い、処女雌1個体に1個体の雄を近づけて放った時の行動をビデオカメラで撮影・録画し、映像を解析した。

性フェロモンの抽出とそれに対する反応は次の通りである。フェロモンはアセトン・エチルエーテル・n-ヘキサン各有機溶媒により処女雌生体から抽出した。抽出条件は、5 ml のガラス瓶に溶媒約1 ml 入れて、1個体の雌成虫を約1分浸した。この抽出液を濾紙につけて乾燥させてから、その1片 (8×15 mm) を直径約10 cm のガラス製シャーレ内に入れ、そこに雄を放してその反応を観察した。

オキナワマドボタルの生息地概況

演習林は沖縄島北部に位置し、自然林が良好に保全され、沖縄島固有の生物が多く生息する。林道は未舗

装であるために、道路端には固有な植物が生え、各所から僅かながらもわき水が流れ出ており、湿潤な環境であった。林道は樹木に被われ、木のトンネル状の環境であり、直射を遮り、夜間は外灯が全くないために大変暗かった。林道の片側斜面下には川幅約5mの水系があり、テナガエビやカワニナなどが多数生息していた。一方、反対側斜面は山林で、林道建設時に切られた高さ約2mの垂直に近い法面で、苔やシダなどが生えていた。また、自然斜面一部にはシダ類ほか様々な植物が繁茂していた。



第1図 オキナワマドボタルの観察地。沖縄県国頭郡与那琉球大学農学部の演習林 (1986年5月撮影)。自然の斜面が残されシダ類ほか様々な植物が繁茂していた



第2図 オキナワマドボタルの雄成虫の探雌行動。高さ約1mの法面に生えるシダなどの植物の葉上にとまっていた

観察結果

オキナワマドボタル成虫の生息状況：雄成虫は高さ約1mの法面に生えるシダなどの植物の葉上にとまっていた (第2図)。夜間には同所で弱い持続光を



第3図 オキナワマドボタル雌成虫。
体長20 mm 前後で大きく、上、下翅ともに退化し、腹部が大きく、特異な形態



第4図 オキナワマドボタルの産卵行動。
高さ約1 mの法面の小さな窪みに雌成虫が約30個産卵し、卵から離れない。雌は夜間には弱い連続光を放っていた

放ち、葉の裏でとまっていた。同所には夜間連続した弱い光を放つ蛹や雌成虫もいた。

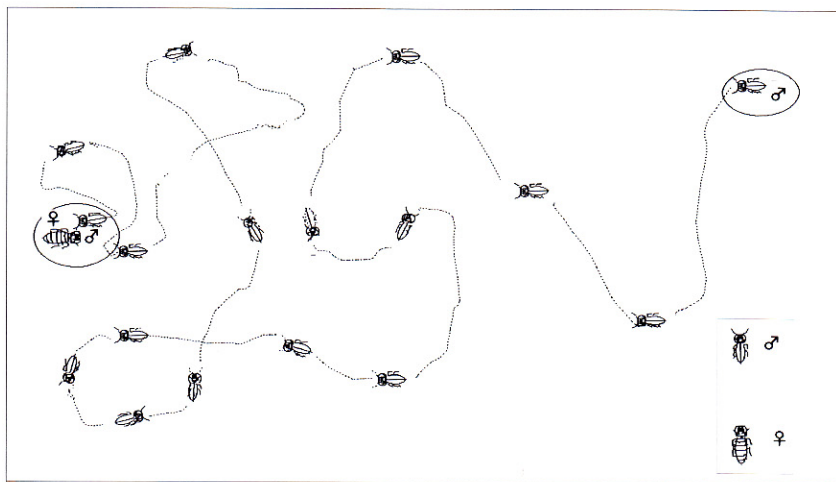
これらのうち1個体の雌成虫は法面の小さな窪みに潜み、産卵していた。

この雌は夜間発光し、卵から離れなかった。成虫の生息場所は限定され、雌が発見された地点を中心に林道に沿って約10 mの範囲に集中していた。本種の幼虫は成虫の生息地周辺に見られ、コロニーを形成するように偏在していた。幼虫はオキナワウスカワマイマイやオカタニシなどの陸生貝類を捕食し、夜間には連続的に発光した。幼虫と成虫はそれぞれコロニーを形成し、生息地はそれぞれ分かれていた。

野外での雄成虫の定位行動： 蛹や幼虫の部分飼育により得た処女雌を透明プラスチック容器(4×3×



第5図 オキナワマドボタル雄の定位行動。
昼間に葉にとまり脚を延ばして触角をV字状に立て、ゆっくりと左右に振っていた



第6図 オキナワマドボタルの探雌・定位行動における雄の移動軌跡の模式図。
雌成虫へ左右上下に往ったり来たりしながら風下から風上雌に少しずつ接近する

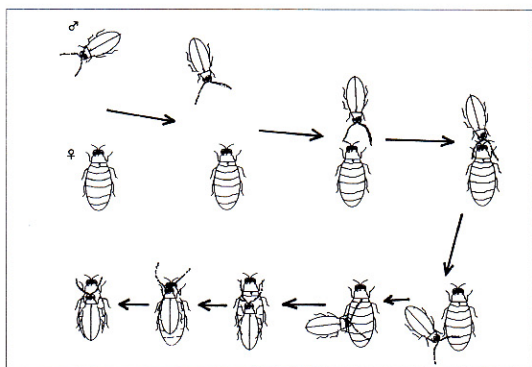
3 cm) に入れて雄成虫が生息する場所に設置し、風下に生息する雄の定位行動を昼間に観察した。実験開始後は雌の入っているプラスチック容器の蓋を開け、雌が放つ匂い物質が放散しやすくしておいた。実験観察地では昼間に葉にとまり脚を延ばして触角をV字状に立て、ゆっくりと左右に振る定位行動をした。

雄成虫は風下から風上に向けて数十 cm 飛翔し、植物の葉から葉へとゆっくりと移動した。移動軌跡は第6図の模式図に示した通りであり、雌成虫へ直進して飛翔接近し、定位するのではなく、左右上下に往ったり来たりしながら雌に少しずつ接近した。雄は雌に定位する過程のなかで、時には後退したり、再び回り込むようにして再度風上の雌へ向けて少しずつ確認するように飛翔接近した。雌に接近するに伴い移動軌



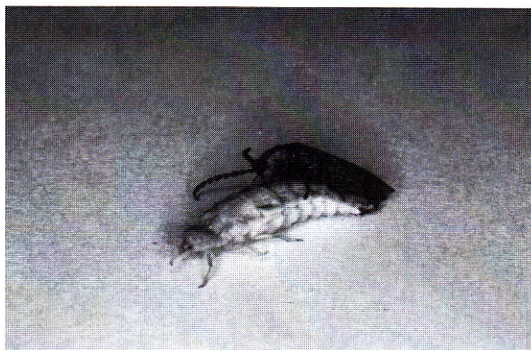
第7図 室内実験によるオキナワマドボタル雄の雌への定位行動。

雄(右)は雌(左)の前方から触角をV字形にしてゆっくり歩行しながら定位



第8図 オキナワマドボタルの配偶行動模式図。

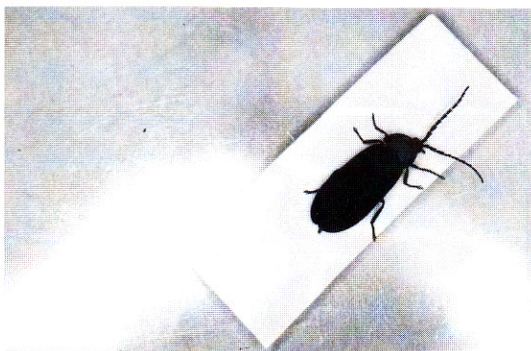
雄は頭部を左右に振るために歩行軌跡がジグザグになる。雄は雌の頭部に定位、雌の背に乗り、後方へ戻り交尾を試みる



第9図 室内実験によるオキナワマドボタルの交尾。

跡は複雑になり、至近距離にあっても直ぐには定位できなかった。観察を開始してから約30分後、雌成虫に1個体の雄成虫が定位した。

室内での配偶行動： テーブル上に1個体の処女雌を約10 cm 離して1雄個体を放した。雄は雌の前方から触角をV字形にしてゆっくり歩行しながら定位行動が解発された(第7, 8図)。雄は頭部を左右に振るために歩行軌跡がジグザグになった。雄は右の触角で雌の頭に振れ、最初に頭部に定位した。次に雄は雌の腹部後方へ回り込んで雌の背に乗った。背に乗った雄は背の上を前方へ移動し雌頭部に触れた後、後方へ戻り交尾を試みた。しかし、雌は直ぐには交尾せず、雄から逃れるように動き歩いた。雄の雌頭部への定位接触行動が雌の歩行移動を沈静化し、その後に交尾した(第9図)。



第10図 有機溶媒で抽出した誘引物質への定位。

n-ヘキサンで雌成虫から抽出した誘引物質を濾紙片に浸みこませてから風乾後に雄成虫の反応を観察した結果、明瞭な定位行動が認められた

n-ヘキサン抽出物への反応：蛹から羽化させた処女雌のn-ヘキサン抽出液を塗布した濾紙片に対する雄の反応を観察した結果、雄は濾紙片への明瞭な定位行動をした（第10図）。

考 察

オキナワマドボタルの雄成虫は夜間は弱く発光し、昼間は定位行動をすることから両行性のホタルであると考えられ、サキシママドボタルときわめてよく似た活動習性と配偶行動様式であるCRシステム（大場、1986；1986b）を有する。成虫は生息場所が林道に沿って約10 m範囲に集中しているので、移動力に乏しい本種にとって生息密度を高めて配偶者との出会う確率を高めると考えられ、本種のコミュニケーション・システムからみても適応的行動様式といえる。本種の幼虫は成虫の生息地周辺に見られ、両者はほぼすみ分けており、これは配偶行動の混乱を回避すること、幼虫の餌となる陸生貝類と成虫の生息環境が相違する帰結として考えることができる。即ち、夜間には幼虫も成虫も連続的に発光するので、弱い持続的光を補助的なシグナルとして利用している成虫にとっては、幼虫と生息地が分かれているほうが混乱を回避することになる。

雄の雌への定位行動は、昼間に風上に向けて観察され、一回の飛翔移動距離は数十 cm と短い。また定位には地形などにより所要時間が異なり、数十分以上の時間を要することが予想される。定位移動軌跡は雌成虫へ直進して接近するのではなく、左右上下に試行錯誤的に雌に接近するという定位行動が確認され、特に、雄が雌に至近距離にあっても直ぐに定位できなかったのは、雌を入れたプラスチック容器がボックス形で、立ち上がりがあるために、雌が放つフェロモンの放散が攪乱されて複雑となる結果と考えられる。

室内での雄の雌への定位行動は、雄が雌の前方から触角をV字形にしてゆっくり歩行しながら定位するのがほとんどであり、これは本種で最も一般的な定位形態であると考えられる。雄が雌に最初に定位する部位は頭部であり、定位後に交尾行動が解発されると考えられる。雌は雄が定位行動をすると雄から逃れるように歩き廻り、雄の雌頭部への定位接触行動が繰り返されると、雌の歩行行動を沈静化し雌の交尾行動を解発させると考えられる。この行動は同様な配偶システムを有するホタル類に広く認められる行動であり、雄が

定位しても直ぐに交尾することを避けることで、複数の雄を誘引し、雄間の競争の機会を高めることで配偶者選択を行っていると考えられる。雌成虫への雄の定位行動の実験結果から、雄は視覚よりも雌のフェロモンを第一義的な雌の認識手段としていていると考えられる。一度交尾行動が解発された雄はその状態が持続し、雄を誘引するフェロモンは低分子の揮発性物質で、比較的安定な物質と考えられる。雌成虫は生息地の小さな窪みで、直径約0.8 mmの大きな卵を約30個産み、その後も雌は卵から離れず、刺激を受けると発光する。本種よりも典型的な抱卵保護習性を有するイリオモテボタルの雌は卵が孵化したあとまで抱卵・保護し続ける事実があることから、程度の差があるものの、オキナワマドボタルの雌成虫も卵保護をおこなっていると考えられる。両種に共通することは他のホタル類に比較して大卵少産型の産卵様式を有することである。

まとめ

1. オキナワマドボタルは林道の1 mほどの切り通しに生えているシダなどの葉を伝わりながら定位行動をする。雄は林道に沿って約5 mの風下から雌に1回に数十 cm飛翔接近し、葉にとまって触角を振り、雌の存在方向を探るといった定位行動を繰り返し、ジグザグに接近する。

2. 雄は雌の頭部に定位後、交尾する。この頭部への定位行動は、雌の交尾行動を解発させると考えられる。

3. 室内での詳細な本種の配偶行動を明らかにした。

4. 本種の配偶行動はサキシママドボタルと酷似し、CRシステムである。

5. 雄は誘引物質（性フェロモン）により雌に定位する。フェロモンはn-ヘキサンおよびエチルエーテルに抽出され、比較的安定な物質と推定される。

6. 雌は産卵後、卵と一時期同居し、卵保護とみられる行動をとる。

引用文献

- 大場信義 1981. 沖縄産ホタル類の形態と生態予報 (II). 横須賀市博物館館報 (自然), (27): 8-11.
大場信義 1986a. ホタルのコミュニケーション. 241 ページ. 東海大学出版会.
大場信義 1986b. 森に広がる光の絨毯. アニマ, (162): 40-48.

大場信義 1989. オキナワオバボタルの配偶行動. 第 49 回昆虫学会講演要旨: 43.

OHBA N. 1983. Studies on the communication system of Japanese fireflies. *Sci. Rept. Yokosuka City Mus.*, (30): 1-62.

大場信義・後藤好正 1990. ホタルの実験的異種間交尾. 横須賀市博研報 (自然), (38): 1-5.

大場信義・後藤好正・川島逸郎 1995. 日本産マドボタル属幼虫の色彩斑紋パターン. 横須賀市博研報 (自然), (43): 1-9.