

サキシママドボタルの配偶行動時における雄間の競争

大場信義*

Competitive behavior of mating males in the firefly, *Pyrocoelia abdominalis* (Coleoptera: Lampyridae)

OHBA Nobuyoshi*

Competitive behavior among mating males in the firefly, *Pyrocoelia abdominalis* was studied in the laboratory. It was found that once copulated, a male never lost a female in competitive encounters with other males willing to mate. Two typical types of competitive behavior can be recognized. First type: The challenging male slowly backs up on a female and then presses the coupled male with the apex of the elytra and the legs, trying to shove its elytra under the body of the copulating male. Not once was observed that in such competitive behavioural displays, the copulating male lost the female. Second type: The challenger mounts a female and presses its pronotum against the head of the coupled male. The challenging male attempts to insert its flat pronotum under the body of the copulating male and then presses to dislodge the male. However, even in this manoeuvre, the coupled males never lost the female and continued to copulate. Competitive behavior among males before pairing and mating may be effective in mate choice and selection. The orientation behavior of males is released by sex-attractants, including a female extract in n-hexan solution.

はじめに

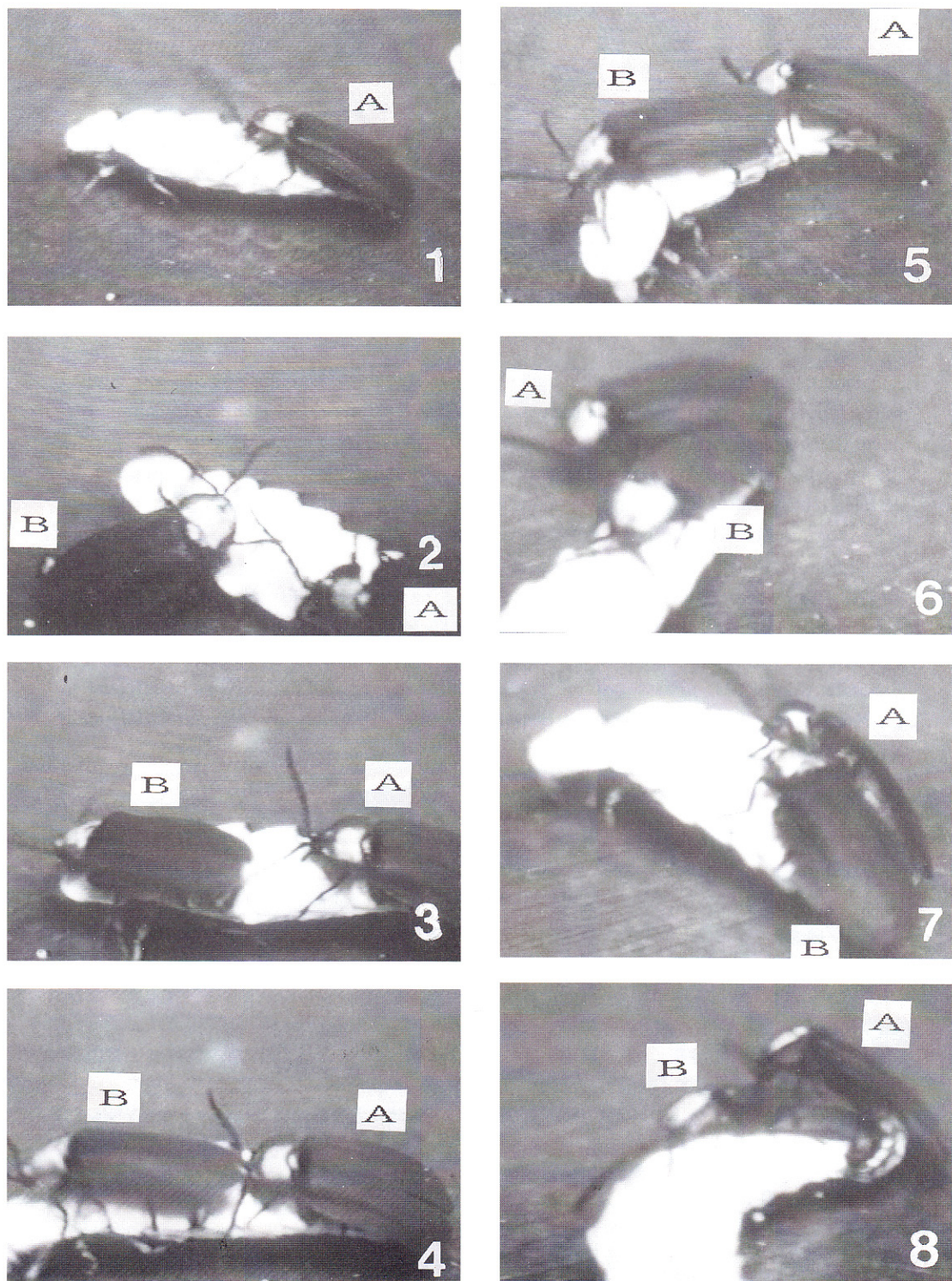
サキシママドボタル *Pyrocoelia abdominalis* NAKANE の雄は体長 10 mm 前後、触角は長く幅広いが、複眼は小さい。前胸背は鮮やかな淡赤色で両縁は黒色、腹部腹側は淡赤色、鞘翅は黒色であることからハラアオバボタルと称されている。一方、雌は体長 20 mm 前後で大きく、上・下翅ともに退化し、腹部が大きく、特異な形態である (大場, 1981)。このホタルは南西諸島の西表島・石垣島に分布し、成虫は 4 ~ 5 月に発生する。幼虫は成虫よりも強く持続して発光するが、成虫は幼虫よりも弱い光を放つ。本種の配偶行動についてはいくつかの報告があり (OHBA, 1983; 大場, 1986b; 1989; 大場・後藤, 1990)、性行動時には

フェロモンが大きく関与した CR システムに分類されている。これまでの観察から、雌は複数個体の雄を誘引し、その結果、それらの雄間で雌をめぐる競争が観察されている (大場, 1986a)。しかし、本種を含めて、ホタル類の雌をめぐる雄間の競争についての報告はほとんどなく、配偶行動の過程や配偶者選択を明かにする必要がある。ここではサキシママドボタルの雄間の雌をめぐる競争についての室内実験と観察を行なうとともに、飼育によって得た処女雌から有機溶媒で誘引物質の抽出を試みた。また、性フェロモンが本種の定位行動時にどの程度関与しているのかを実験的に確認した。雌の匂い物質のみが放たれるように、ビンホールを開けた紙箱や細かいメッシュのナイロン製ネット

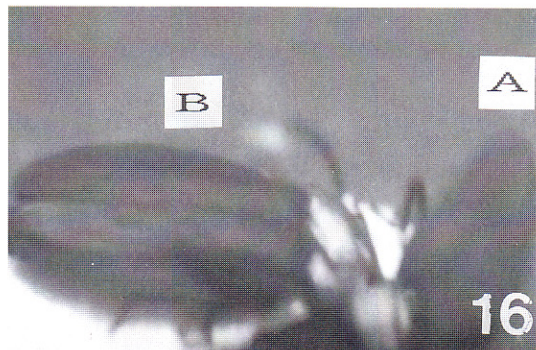
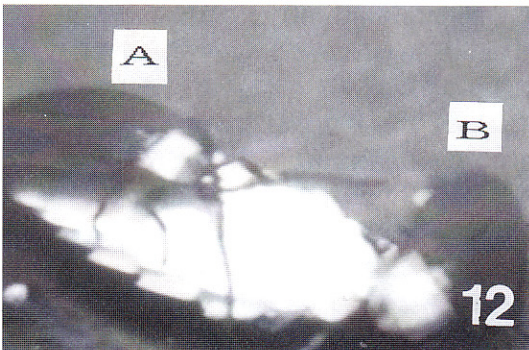
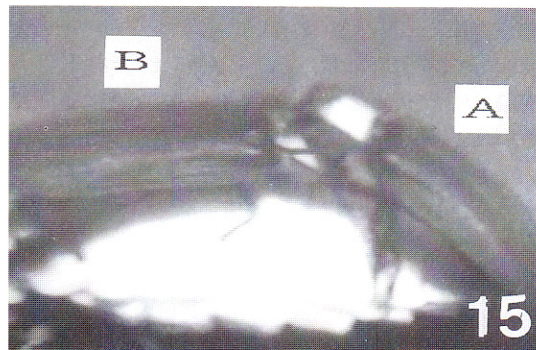
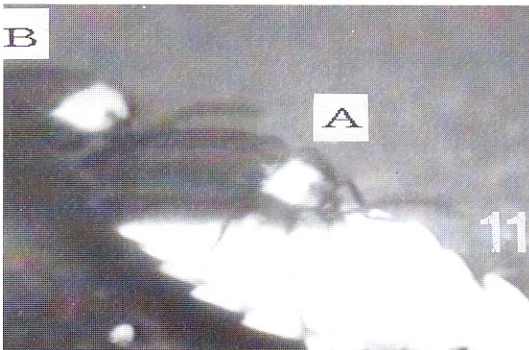
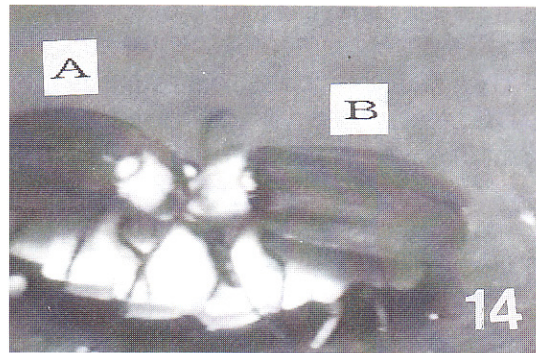
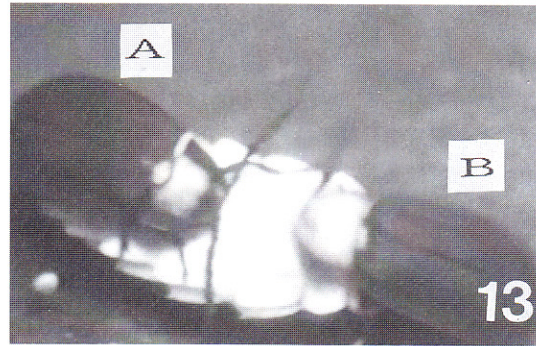
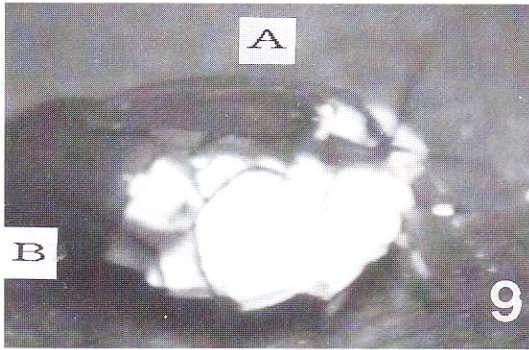
* 横須賀市自然博物館 Yokosuka City Museum, Yokosuka 238-0016

原稿受付 1997 年 9 月 1 日 横須賀市博物館業績 第 507 号。

キーワード: ホタル科, マドボタル属, サキシママドボタル, 配偶行動, 競争 key words: Lampyridae, *Pyrocoelia abdominalis*, competition, mating behavior



第1図 サキシママドボタルの雄間競争



を被せたプラスチック容器内に雌成虫を入れて、各々雄成虫の反応を観察したところ、明瞭な定位行動を認めたので、これらを報告する。

この研究の一部は平成8年度文部省科学研究費補助金の基盤研究C（課題番号 09640832）および国際学術研究（課題番号 09041100）によっている。

実験・観察方法

サキシママドボタルの終齢幼虫を1985年12月に沖縄県石垣島川平で採集し、それらを室内飼育して、1986年3月5日から3月27日に羽化した10個体の雌成虫と雄成虫を実験・観察対象とした。実験観察は室温15℃～20℃の室内で行い、あらかじめプラスチックカップの仕切をして未交尾の雌1個体に2～3個体の雄を約10cmの距離に置き、一時的な攪乱による雌の動作が静まり安定状態になったと思われた時点で、プラスチックのカップの仕切を外し、その後の行動をビデオカメラで撮影し、録画された映像を解析した。

別の定位実験として、処女雌をナイロンネットを被せたプラスチック容器（20×15×5 cm）とピンホールのあいたボール紙製の小さな箱（4×2×1 cm）にそれぞれ入れ、至近距離（約7 cm）に4個体ずつの雄を放って、それらの雄の行動を観察した。さらに別の実験では、密封した透明プラスチック製容器に処女雌をいれて、その容器の周辺（約5 cm範囲）に4個体の雄を放し、それらの行動を観察した。

フェロモンの抽出とそれへの定位実験：アセトン・エチルエーテル・n-ヘキサン各有機溶媒で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個体の雌成虫全体を約1分浸した。この抽出液を濾紙につけて室温で風乾させてから、その濾紙片（9×15 mm）を直径約10 cmのガラス製シャーレ内に置いて、雄を放して定位行動を観察した。

結 果

A. 1個体の雌に1個体の雄が定位したときの行動

雌成虫から約5 cm隔てて雄を放したところ、直ぐに雄の定位行動が見られた。雄は触角をV字型とし、雌に接近、マウント後、交尾行動に移ったが、雌は動き回り、すぐには交尾を受け入れなかった。この時に雄は再度雌の頭部先端部への定位行動を繰り返すと、

雌の動きは次第に緩慢になり、その後、交尾を受け入れた。

B. 1個体の雌に2個体の雄がほぼ同時に定位した場合の雄間競争

2個体の雄は交尾行動が解発されたが、雌は雄から逃避するかのよう動き回り交尾を受け入れなかった。この間に2個体の雄は互いに相手を排除するように、前胸背・鞘翅・脚などを使って雌を獲得する競争を行った。この行動時においても各雄は雌の頭部先端への定位を繰り返すと、雌の動きが緩慢になり、その後、交尾を受け入れた。

C. 交尾中の雄に別個体の雄が定位した場合の雄間競争

サキシママドボタルの雌をめぐる雄の行動は第1～2図に示した。雌に最初に接近し交尾行動が解発された雄個体A（以後Aとする）が雌の交尾受け入れ状態に至るまで雌頭部への定位を繰り返した後に交尾した（第1図-1）。約2分後に雌と交尾中のAに別の雄個体B（以後Bという）が接近し雌の背に這い上がり（第1図-2）、頭部に定位した後（第1図-3）、Bは雌の背を後ずさりし（第1図-4）、鞘翅端でAの頭部を押し（第1図-5）、脚で払いのけながら雌の背からAを落とした（第1図-6）。Aは交尾したままBが定位している雌の背に乗ることを試み（第1図-7）、再度背に乗ることに成功した（第1図-8）。Aは再度Bを排除するため、交尾したまま雌の背の前方に這い上がり、Bを乗り越えて前方に進み（第1図-9）、鞘翅後端をBの腹の下に押し込み（第1図-10）背から落とした（第1図-11）。Bは雌の前方に回り込み（第1図-12）、Aと向い合わせになり（第1図-13）、前進してAとぶつかった（第1図-14）。BはAの頭の下に前胸背板を押し込み（第1図-15）、次第にAを押し下げた（第1図-16）。こうしたBの行動があったにもかかわらず、Aは交尾したまま再度雌の背に這い上がり体勢を戻し、Bは雌の獲得に失敗した。なお、雄の交尾行動が解発されるまでに要する時間は数分内であり、個体差があった。

D. 1個体の雌に誘引された4個体の雄の競争

雄間の競争で優位な雄が雌と交尾したが、後から参入した他の雄個体は交尾中の雌に対しても定位し、交尾行動が解発された（第2図）。しかし先に雌に定位しても、後から定位した別の雄に雌を奪われるといった例はなかった。



第2図 交尾中のサキシマドボタルの雌に対して定位した4個体の雄

E. ナイロンネットを被せたプラスチック容器内の雌への定位行動

ネット上に4個体の雄成虫を放した直後に定位行動した。ネットを透して雌の形態認識は明瞭に出来ない状態にある実験条件であるが、雄は雌の動きに伴い移動し、定位した(第3図)。



第3図 サキシマドボタルの雄は触角をV字型にして歩き、ネット上から雌の位置に定位した

F. 雌をピンホールのあいた紙箱に入れた場合の雄の反応

4個体の雄は直ぐに紙箱に接近し、紙箱上を触角をV字型にして歩き、ピンホールのある位置にとどまった。この複数あるピンホールの位置をめぐる競争は特に生じなかった。雄は紙箱内の雌の姿を認識不能である状態にあるにもかかわらず、雄は飛ばないでピンホールの位置に定位した。

G. 透明プラスチック容器内の雌に対する雄の反応

雄は雌の外部形態を十分認識可能な状態にいたが、密閉した容器内に入れた雌に対しては、雄は全く定位行動をしなかった。しかし、容器の蓋を少し開けると、その隙間付近に雄が集合して定位した。

H. 雌蛹に対する雄の定位行動

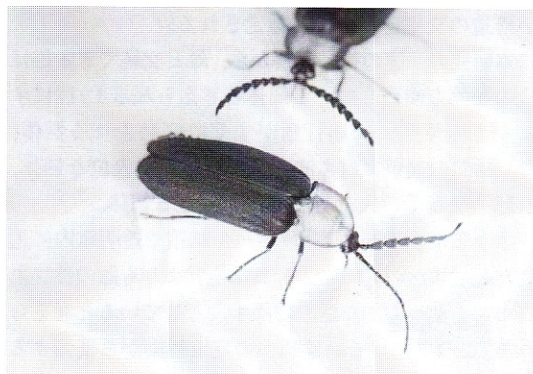
室内飼育して得た雌蛹に雄成虫を約5 cm隔てて放したところ、直ちに明瞭な定位行動が解発された(第4図)。



第4図 サキシマドボタルの雌の蛹に定位した雄

I. 雌成虫の有機溶媒抽出物に対する雄の反応

雌の抽出液を濾紙片に付着させた。雄の定位行動が認められたのはn-ヘキサンとエチルエーテルを溶媒とした抽出液であった(第5図)。雄は雌成虫に見られる反応ほど強くないものの、明瞭な定位行動をした。



第5図 サキシマドボタルの雌の抽出液を付着させた濾紙に定位した雄

考 察

サキシママドボタルの雄が雌に最初に定位する場所は頭部であり、定位後に交尾行動が解発されるので、直近に競争個体が存在しない場合には最も早く雌に定位した雄が交尾する確率が高いと考えられる。しかし、今回の観察結果は、雄が雌に定位しても雌はすぐには交尾を受け入れていない。このことにより、他の雄に定位する機会を与え、雄間競争を促し、配偶者選択が起きる。この配偶システムを有するホタル類にとってはむしろ適応的な行動と考えられる。本種と同様な配偶システムを有するホタル類には、雌が一時的に交尾を受け入れない行動が広く見られることは、雌が雄を選択する機会を増大させるという利益があると考えられる。

雌をめぐる雄間競争においては雄の全形が扁平で、特に前胸背板は楔形であり、雌に定位している別個体の雄の下側に入り込んで相手を剥離する際に適応した形態であると考えられる。翅端も同様に扁平な楔形であり、同様な効果を有していると推定される。さらに脚で払い除ける行動をとり、これらの行動の相乗効果によって挑戦相手を排除していると考えられる。

これまでの観察では雄が一旦交尾すると他の雄個体はほとんど交尾することができないという観察例が多いことから、雄間の競争は雌が未交尾のときに限り配偶者選択が有効に働き、この行動段階で配偶者が決定されると考えられる。一旦交尾が成立すると雌の再獲得が不成功に終わるのは、選択圧が加わった配偶者の遺伝子を確実に伝えるという適応的な性行動と考えられる。またこの行動をさらに確実にするために、観察結果が示す通り、一旦交尾した雄は交尾中に離脱し難い構造の交尾器であると推定される。

本研究の一連の行動観察から、雌と交尾できる雄は次の条件を満たしている個体と考えられる 1) 雌にすばやく定位し、交尾行動がすぐに解発される個体、2) 雄間の競争に打ち勝つことができる優位な個体、3) 雌の交尾受け入れ行動を解発できる個体。

ネットでおおった容器・ボール紙箱や透明瓶内に入れた雌成虫への雄の定位行動は視覚よりも雌の性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。このフェロモンは蛹への定位行動から推測すると蛹の段階で既に同じフェロモンを放っ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、安定状態に戻るには時間を必要とする。雄を誘引するフェロモンは比較的分子量で、安定な物質と考えられる。

まとめ

1. サキシママドボタルの雌をめぐる雄間の競争には2つのパターンが認められた。

第1のパターンは挑戦雄が雌の背で少しづつ後退し、後方の交尾中の雄を鞘翅端で押すとともに脚で払い退け、雌の背から落とす。落とされた雄はなお交尾を続ける。第2のパターンは挑戦雄が雌の背に乗り、交尾中の雄と向かい合い、頭を低くしながら前進し、交尾中の雄の頭部の下に扁平な前胸を押し込んでさらに前進し、交尾中の雄を雌から押し離すが、落とされた雄はなお交尾を続ける。

2. 雌は定位されてもすぐには交尾せず、しばらく交尾を受け入れない。この時間的猶予により複数個体の定位確立を高め、配偶者選択を可能にしている。

3. 交尾中の雄を払いのけ、挑戦雄が雌を奪い交尾に至ることはなかった。

4. 雄間の雌をめぐる競争は未交尾雌に対してのみ配偶者選択を有効にする。

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、揮発性の高い比較的安定な物質と推定される。

引用文献

- OHBA N. 1983. Studies on the communication system of Japanese fireflies. *Sci. Rept. Yokosuka City Mus.* (30): 1-62.
- 大場信義 1981. 沖縄産ホタル類の形態と生態予報(II). 横須賀市博物館報, (27): 8-11.
- 大場信義 1986a. ハラアカオバボタル雄間の雌をめぐる競争. 動物行動学会第5回発表要旨集: 25.
- 大場信義 1986b. 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 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.
- 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.