

日本産水生ホタル類の固有性

大 場 信 義 (神奈川県横須賀市)

OHBA, Nobuyoshi (Yokosuka, Kanagawa Pref.)

(Keywords : 水生ホタル類、生態、固有性)

1. はじめに

世界には約2000種のホタルが記録されているが、そのほとんどは幼虫が森や林に生息する陸生種であり、他の水辺に生息する水生ホタル類は、アジアを中心に約10種が記録されているに過ぎない。ここではそのうち8種の生態などについて紹介する。

2. 日本と世界の水生ホタル類

現在までにアジアを中心に、成虫と幼虫関係が確認された表1に示す8種が記録されている(大場, 2010)。

ゲンジボタルとクメジマボタル及び台湾の *L. hydrophila* は、外部形態が似ているものの、成虫の発光パターンは全く異なり、ゲンジボタルの

方がゆっくりと明滅する(大場, 1986a)。一方、台湾の *L. hydrophila* は、瞬くように不規則な発光をする。*L. substriata* と *L. aquatilis* のオスは、閃光を放ち飛翔する。*L. ficta* と *L. leii* は、基本的にヘイケボタルの発光パターンに酷似する。筆者は *L. ficta* のメスとヘイケボタルのオスは実験的に交尾することを確認している(大場, 1986b)。

L. ficta と *L. leii* の発光パターンと発光行動は、ヘイケボタルとほぼ同様である。水生ホタル類のなかで、幼虫が鰓気管を有する種は、日本の3種、台湾の *L. hydrophila* と *L. ficta* が、韓国では *L. lateralis* (ヘイケボタル)、タイでは *L. aquatilis* が記録されている。

表1 アジアにおける水生ホタル類の分布

種 名	生 息 国					
	日 本	韓 国	台 湾	中 国	インド ネシア	タ イ
<i>Luciola cruciata</i> (ゲンジボタル)	○					
<i>Luciola owadai</i> (クメジマボタル)	○					
<i>Luciola lateralis</i> (ヘイケボタル)	○	○				
<i>Luciola hydrophila</i>			○			
<i>Luciola substriata</i>			○	○	○	
<i>Luciola ficta</i>			○	○		
<i>Luciola leii</i>				○		
<i>Luciola aquatilis</i>						○

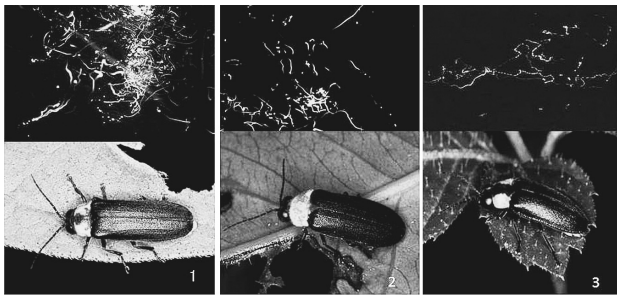


写真1 日本の水生ホタル3種（オスの飛翔発光軌跡とオス成虫）

1. ゲンジボタル
2. クメジマボタル
3. ヘイケボタル

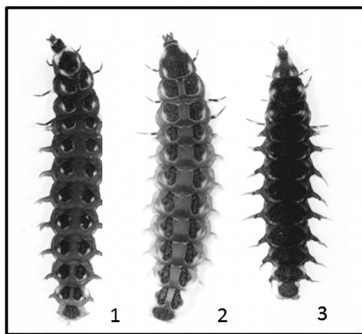


写真2 日本の真水生ホタルの幼虫

1. ゲンジボタル
2. クメジマボタル
3. ヘイケボタル

3. 水生ホタル類の幼虫の生息地

L. aquatilis は池に、*L. hydrophila* は山間地の溪流に生息する。*L. ficta* と *L. leii* そして *L. substriata* は、水路、水田、池などに生息し、ヘイケボタルの生息環境に似る。

4. 日本産水生ホタル類との発光様式の類似性と相似性

Luciola ficta と *L. leii* の発光様式は、成虫の色彩斑紋パターンが異なるものの、ヘイケボタルに極めて似ている。*L. ficta* とヘイケボタルは、発光コミュニケーションシステムがほぼ同様であり、室内実験により交尾行動が観察されている（大場, 1986b）。

5. 日本の水生ホタル類の外部形態・分布・生態

5.1 ゲンジボタル

a) 外部形態

成虫の形態：体長15～18mm。この属としては大型種。複眼は大きくて触角は糸状で長い（写真1. 1）。発光器はオスでは腹節第5節と6節、メスでは第5節にある。

成虫の色彩：上翅は黒色、前胸は紅色であるが、正中線にそって黒色の斑紋があり、中央部で膨らむ。メスには、しばしばこの紋が消失した無紋型が認められ、特に、東北日本においてその出現頻度が高くなる（大場, 2001）。

幼虫の形態：体長18～25mm。全体に暗色で前胸背には菱形の斑紋がある。腹節両端には、鰓気管と気門の突起が存在する。尾端には1対の発光器がある（写真2. 1）。

b) 分布

九州、四国、本州（青森県が北限）。北海道での本種は、本州からの移入集団。

c) 生息環境

遊水池からせせらぎ、堰、用水路、小川、河川などの水辺に生息。西日本では大河川（写真3. 1）にも生息するが、東日本では主に用水路や堰などの小河川に生息する（写真3. 2）。

幼虫が生息する河川の水質は、非常に良好であり、餌となる淡水産巻貝類が多数生息する。

水質は、透明度が高く、飲料水としても使用可能な良好な水質であることが多く、様々な水生生物も棲む豊かな水辺環境となっている。この背景には、日本の森林が良質で安定した水資源を支え、人々の営みが維持されている里地、特に水田環境に位置付けられていることによる。このために日本では、身近にホタルが見られ、昔から夏の風物詩として親しまれてきた（Johnson, 2017）。このようなことから、ゲンジボタルとその生息地は、各地で天然記念物に指定されて保全されている。こうした人々の思いは日本独特の自然観を育み、固有な文化となっている。

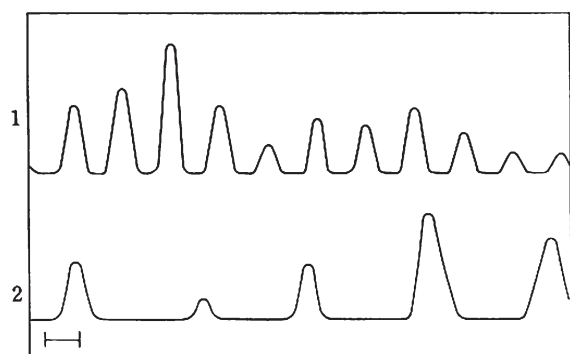


図1 ゲンジボタルのオスの飛翔発光パターン（15秒間記録）（スケールは1秒）

1. 西日本型
2. 東日本型 （出典：大場，2004）

d) 発光行動

成虫：強く発光しながら、水辺をゆっくりと群れ飛ぶ。オスは、飛翔発光時には西日本では2秒に1回（図1．1）、東日本では約4秒に1回発光（集団同時明滅）を繰り返す（図1．2）（大場，1989）。本種は、生息地域が異なると、発光行動も異なるという種内の多様性が確認され、遺伝子解析によってもその相違が明確にされている。このような事例は、これまで国外をみても報告がほとんどない。

e) 産卵行動の特異性：ゲンジボタルのメスの産卵行動は、非常に特異的であり、西日本では、深夜にメスが集団となって産卵する。この行動は集団産卵と呼ばれているが、東日本では集団をほとんど形成せずに個々に産卵する点で異なり、種内における多様性が認められる。産卵数は、500～1000個であり、西日本の個体群のほうが、雌のサイズが大きく、多い傾向にある。

f) 幼虫の上陸行動：終齢になると、蛹になるために雨天の夜に一斉に発光しながら土手に這い上がり、土中に潜り、土繭をつくる。

5.2 クメジマボタル

a) 外部形態

成虫：ゲンジボタルに酷似し、オスの交尾器も区別がつかない程よく似ている。前胸背は黄色であり、ゲンジボタルに見られる黒色十字紋



写真3 西日本型および東日本型ゲンジボタルとクメジマボタルの生息環境

1. 宮城県延岡市
2. 神奈川県横須賀市
3. 沖縄県久米島

は無く、小楯板は黒色である（写真1．2）。

幼虫：ゲンジボタルの幼虫にきわめてよく似るが、全体に体は淡色で、特に腹面で顕著である（写真2．2）

b) 分布

沖縄県久米島

c) 生息環境

河川に生息するが、水系が樹木に覆われた暗い環境（写真3．3）に生息する（大場，1994）。

d) 発光行動

ゲンジボタルとの相違点はオスの発光パターンやメスの産卵行動が以下のように異なり、それぞれが固有である。

オス成虫の群飛発光時の発光間隔は、約4秒から3秒（図2. 1）、最盛期には2秒に変化する（図2. 2）。また、飛翔しながら同時明滅する水生ホタル類は、日本のゲンジボタルとクメジマボタルのみであり、きわめて大きな特徴となっている（大場，2004）。

e) 産卵行動の特異性：クメジマボタルのメスは、明け方の短時間（午前5：30～6：00）に一斉に連続光を放ちながら群飛して、産卵場所に定位して、集団となって産卵を行うが、この活動時間は約1時間であり、きわめて短い。産卵数は、ゲンジボタルのそれと大きな相違はない。この集団産卵行動様式は、ゲンジボタルの集団産卵行動の進化を理解する上で重要な示唆を投げかけている（大場，2004）。

f) 生態

沖縄県久米島は、亜熱帯の気候区であり、温暖であることから、年間を通して羽化可能な気候的条件を満たしているが、発生期は4月中旬に限定される。この発生期をそろえるために、成熟した幼虫は、川底に深くもぐり、摂食活動を休止する。未成熟個体は川底で摂食活動を継続することで、不揃いの成長の同調を行っており、亜熱帯における生活史適応と考えられる（大場，2004）。

本種は、ゲンジボタルの分布拡散過程と進化を把握する上で重要な比較対象種である。

5.3 ヘイケボタル

a) 外部形態

成虫：体長6～9mmと小型であり、地域による個体変異が大きい。前胸背は紅色で、縦型の黒色斑紋があるが、その太さは縦型の斑紋が細いものから太いものまで、変異が認められる。鞘翅は黒色、メスのみに前胸板も黒化した個体

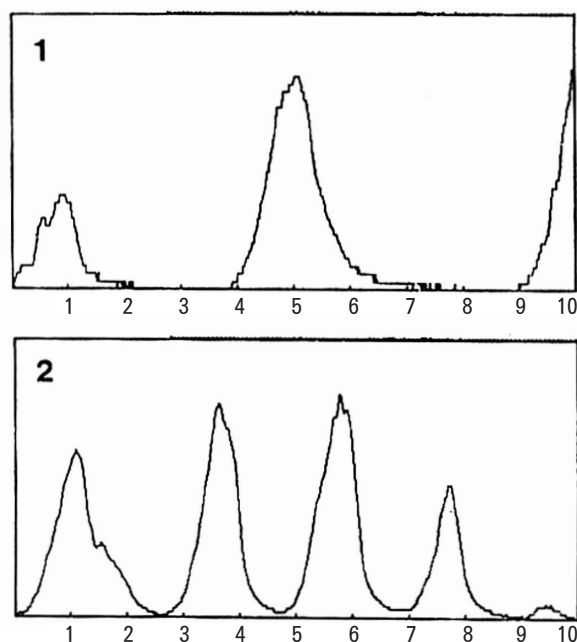


図2 クメジマボタルのオスの飛翔発光パターン（10秒間記録）

1. 飛翔活動初期
2. 飛翔活動最盛期

（出典：大場，2004）

も確認されている。

幼虫：終齢幼虫の体長は、約13mm。腹部に一对の鰓気管がある。前胸背には十字型の斑紋がある（写真2. 3）。

b) 分布

南西諸島を除く日本全土。東京都八丈島の個体群は、人為的な移入によるものである。

c) 生息環境

水田、湿地、湿原や池など、流れが比較的緩慢な水系を好むが、生息環境（写真4. 1～4）や分布はきわめて多様性が高い。とりわけ、皇居外苑の濠内に生息する個体群の生息環境は、これまでの常識を覆す。生息地は石垣となっており、植生は非常に貧弱である（写真4. 2）。

d) 発光行動

成虫：水田など広い空間が存在するところでは、直線的に広範囲を飛翔し、樹木が繁茂した狭い空間では、短距離を短時間飛翔し、ほとんど葉にとまって発光するようになる。このように飛翔空間により飛翔行動が異なり、環境分析する上で有効な指標となる。

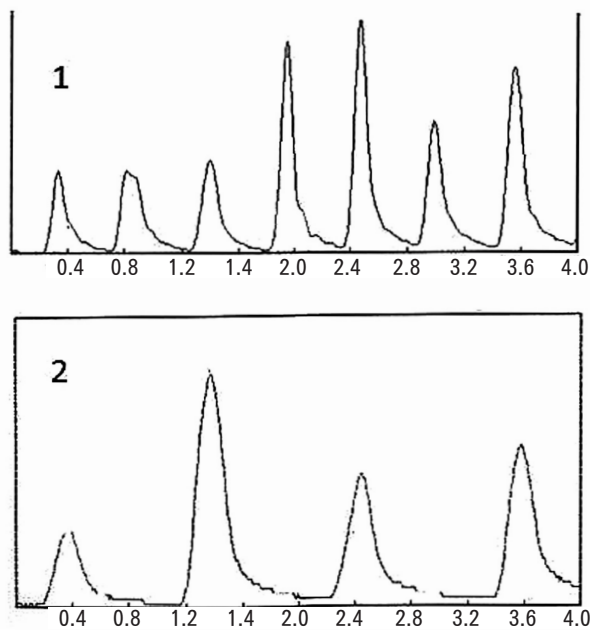


図3 ヘイケボタルのオスの飛行発光パターン（4秒間記録）

1. 神奈川県横須賀市
2. 北海道釧路湿原

（出典：大場，2004）

オスは、飛行時には本州では約0.5秒に1回（図3. 1）、北海道では0.5～1秒に1回発光する（図3. 2）。オスは葉にとまると瞬きを伴う光を放ち、発光パターンを変えて、メスと差別化する（大場，2001b；2004）。

オスは、メスの誘惑点滅シグナルに次々と集まり、そうしたコロニーが各所に形成される。このコロニー内で、オスとメスは交尾に至る。湿原では広範囲に飛行発光し、メスを探す。本州で、ゲンジボタルとヘイケボタルが同所的に生息することはあるが、発光コミュニケーションが異なっているために、異種間交尾は確認されていない。

幼虫：蛹化期が近づくと水中で弱く発光し、上陸中は水中より活発に発光する。

e) 生態

生活史：ヘイケボタルは、亜寒帯気候区の東シベリアのほか、韓国にも分布し、それぞれの地において生活史適応を図っている。寒冷地では羽化に至るまで1～2年を要するが、温暖な



写真4 ヘイケボタルの生息環境の多様性

1. 横須賀市の水田
2. 東京都皇居外苑の外濠
3. 北海道釧路湿原
4. 北海道釧路川

地域では1年以下であることが確認されている(大場, 2001)。但し、餌資源が少ない場合には、1年以上かけて羽化することもある。

幼虫の餌資源：モノアラガイの仲間、衰弱したオタマジャクシ、脱皮直後の水生昆虫、ミミズなどが確認されており、食性は広い。

産卵行動：ゲンジボタルよりも体が小型のために、産卵数は50~100個である。

これまで紹介した通り、韓国と東シベリア、更に北海道と本州の集団を比較研究することで本種の日本列島への分布拡散経路など把握することが可能と考えられる。

日本の水生ホタル類3種の全てが、鰓気管を有する真水生ホタル類であることは特筆すべきことである。日本の豊かな水辺環境が、固有の進化を促したといえる(Ohba, 2016)。

6. まとめ

- a) 日本の水生ホタル3種は、全て幼虫に鰓気管がある真水生種である。
- b) ゲンジボタルとヘイケボタルは、発光行動などにおいて種内の多様性が認められる。
- c) ゲンジボタルとクメジマボタルのオスは、飛翔発光時に集団同時明滅する特異な水生ホタル類である。
- d) ゲンジボタルとクメジマボタルのメスは、集団産卵するが、前者は深夜から、後者は明け方の短時間に産卵行動が展開される。
- e) クメジマボタルは、沖縄県久米島にのみ分布する。ゲンジボタルの分布拡散経路、集団発光や産卵行動の進化過程を把握する上で大変重要な比較種である。
- f) ヘイケボタルの生息環境は、低地から高地、温帯から寒冷地に及び、きわめて広範で多様性に富む。
- g) 日本産水生ホタル類3種は、身近に生息することから人々に親しまれ、特にゲンジボタルとヘイケボタルは、昔から詩歌や絵画にも登場し、夏の風物詩にもなっている。

7. 参考文献

- Johnson J. (2017) NAVFAC far east preserves culturally, ecologically significant firefly species in Japan.
Effort concentrate on managing & protecting critical habitat. The Navy's Energy & Environmental Magazine, 20-22.
- 大場信義(1986a) ホタルのコミュニケーション. —17 生物の適応戦略と社会構造—. 241p. 東海大学出版会.
- 大場信義(1986b) ヘイケボタルの生活. インセクトリウム, 23 (6): 4-10.
- 大場信義(1988) ゲンジボタル. 198p. 文一総合出版.
- 大場信義(1989) 西と東で異なるゲンジボタル. 昆虫と自然, 24 (8): 2-6.
- 大場信義(1994) 沖縄県久米島から発見された新種の水生ホタル. 全国ホタル研究会誌, (27): 29-30.
- 大場信義(2001) ゲンジボタルの形態と発光パターンの地理的変異. 横須賀市博物館研究報告(自然), (48): 45-89.
- 大場信義(2001) 日本と韓国のヘイケボタルの発光パターンと形態. 全国ホタル研究会誌, (34): 16.
- 大場信義(2004) ホタル点滅の不思議—地球の奇跡: 199p. 横須賀市自然・人文博物館
- 大場信義(2010) 田んぼの生きものたち ホタル: 56p. 社団法人 農山漁村文化協会. 東京.
- Ohba N. (2016) Japanese firefly. (Invited Symposium Speaker) 19th International Symposium on Bioluminescence & Chemiluminescence (ISBC) Program and Abstract: 1.