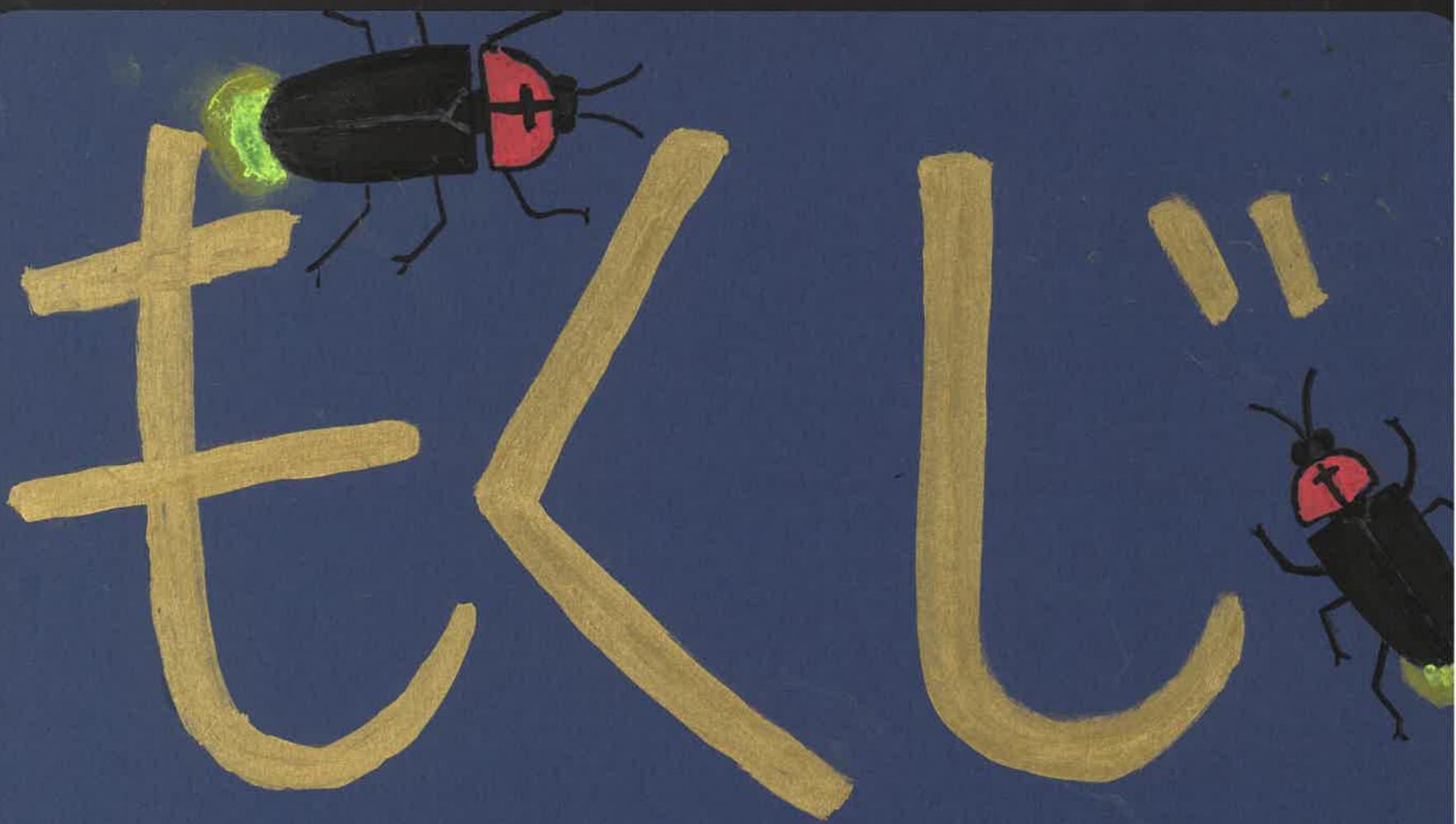


実は、とってもめずらしい!

# 日本のホタル



板橋区立高島第三小学校  
4年2組 福井 彩葵



1. はじめに

P1

2. 疑問と予想

P2

3. ホタル

3-1. ホタルとは

P3

3-2. 日本のホタル

P5

4. 水生ホタルの生活史～ライフサイクル～

4-1. ホタルの生活史

P7

# 5. ホタルの一生

## 5-1. 卵&ふ化(陸上から水中へ)

p9

形・大きさ  
色の変化  
発光

## 5-2. 幼虫(水中生活)

p11

幼虫の体  
幼虫の見分け方(ゲンジホタル、ハイホタル)  
歩行

### ● 水に流されない工夫

p13

脱皮  
水陸両用(エラ器官)  
食餌  
食仕方

### ● カワナナ

p16

外敵と身を守る方法

## 5-3. 上陸&蛹&羽化(水中から陸上へ)

p17

上陸  
上陸条件  
蛹になる場所  
前蛹  
蛹  
羽化  
外敵

## 5-4. 成虫

p21

成虫の体(ゲンジホタル)  
寿命  
子孫を残す  
交尾

### ● 恋人探しも省エネ

p24

産卵

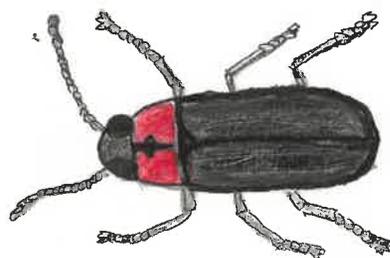
### ● 集団産卵

p26

### ● 生育環境と産卵様式

p27

外敵と身を守る方法



## 6. 光

### 6-1. ホタルはなぜ光る? ~ 光の役割 ~

P28

ホタルのことは ~ 求愛 ~  
光の点滅  
同時明滅(ゲンジホタル)  
地域によって異なる点滅  
ホタルの発光  
警告  
畏

#### ● 光らないホタルの出会いの方法

P32

### 6-2. 発光の仕組み

P33

発光器  
熱くない光 ~ 冷光 ~

#### ● ホタルのエコな発光 ~ 発光酵素の利用 ~

P35

## 7. ホタルの減少

### 7-1. ハヤホタルの幼虫の試練

P36

中干し  
稲刈り前の落水

### 7-2. 光害 ~ 観賞時のマナー ~

P39

#### ● ホタルは眼が良く光に敏感

P40

## 8. いろいろなホタル

### 8-1. 日本の水生ホタル

P41

ゲンジホタル  
ハヤホタル  
ワタジマホタル

### 8-2. 日本の陸生ホタル

P42

ヒメホタル  
ムネクロイロホタル  
ヤエヤマヒメホタル  
アキマドホタル  
イリオモテホタル  
クロマドホタル

### 8-3. 志賀高原のホタル

P47

#### ● 志賀高原 日本一のホタル

P47

## 9. おわりに

P49

## 1

## はじめに

私は、虫や昆虫などの生き物が大好きで、今まで生き物を捕まえたり、たくさん観察したりしてきました。

6月初めに群馬県のホタルの里にホタルを見に行きました。小さいころ飼育所で見たことはあったそうなのですが、写真や図書館、テレビなどでしかじっくりと見たことがなかったのでも、ドキドキしながらホタルの里に入りました。そこは小さな川が流れていて周りは草でおおわれていて、木もたくさんはえていて自然豊かな場所でした。

まだ明るい時間に入場したので、その時はまだホタルは光っていませんでしたが、30分ほどたつて周りが暗くなるとホタルが「ポツポツ」と光りはじめ、8時過ぎには数えきれないほどのホタルが光ながら飛んでいました。ホタルが飛んでいたのは、小川の付近で、もらったパンフレットにはゲンジホタルと書いてありました。小川の奥には水田があり、パンフレットにハイケホタルと言説明がありました。ところが、そこでは全く光っておらず、ホタルがいる様子もなく、どういなのかわからず不思議に思いました。後から聞いたらハイケホタルの光る時期はゲンジホタルよりも遅いようです。しばらくたつてホタルをもう一度見たいと思いました。ホタルは夏にいつでも見られるわけではなく、限られた期間だけということもわかりました。

ゲンジホタルの光はとても明るくて、たくさん飛びながら光っているホタルをみてとても感動して、どうやって光っているのかと不思議に思ったので、くわしく調べてみることにしました。



# 2

# 疑問と予想

## 疑問1

夜活動しているけれど、何を食べてどんなところで生活しているのか。

## 予想1

小川の近くを飛んでいるので、川や池があり、木もたくさん生えている森の木でやすみ、草食で草を食べている。

→ホタルの生態について調べる

## 疑問2

オスもメスも光っているのか？どのように見分けるのか。

## 予想2

オスもメスも光っていてからだの模様などで見分けられると思う。

→ホタルのからだのつくりを調べる

## 疑問3

ホタルの光はろうそくの火みたいにあかるくて、とてもきれいだ、たけれど、どうやって光っているのか？

## 予想3

からだの中で電気を発電して光っている？

→ホタルの光のしくみについて調べる

# 3 ホタル

”ほ、ほ、ほーたるこい あっちの水はにがいぞ” こっちの水はあまいぞ”  
ほ、ほ、ほーたるこい”ホタルは夏の風物詩としてわらべ歌とともに親しまれてきた昆虫です。

日本でホタルという言葉が最初に記されたのは、養老4年(720年)の『日本書紀』で平安時代にはすでに「螢」と呼ばれていました。古来より日本では螢火は情熱的な恋の心の動き、はかなさの象徴として、『芳葉集』や『古今和歌集』などの和歌によまれたり、江戸時代に流行した俳句では季語として、初夏の風物詩にも使われたりし、ホタルは昔から日本人になじみ深い特別な存在として親ばれていました。

”ホタル”という名前は、火を垂れて飛ぶ虫”ヒタル”が語源ともいわれていますが、語源に関しては諸説ありは、きりとわかっていません。ホタルは他にも”ライトニングバグ(lightning bug)”、”キャンドルフライ(candle fly)”、”グロウワーム(glow worm)”、”ファイヤーボブ(fire bob)”、”ファイヤーバグ(firebug)”など様々な呼び名があります。

## 3-1 ホタルとは

ホタル科の祖先が生きていたのは、白亜紀(1億4500万年～6600万年前)でした。2600万年前には、すでに現在のホタルとほぼ同じ形をしていたことが琥珀に閉じ込められたホタルからわかっています。

ホタルは昆虫綱甲中目ホタル科(Lampridae)に分類される卵・幼虫・蛹・成虫とそれぞれ異なる姿をもつ、**完全変態の昆虫**です。このホタル科の昆虫たちは、他の昆虫たちとは違う**発光**という特徴をもっています。また、カブト虫のような一般的な甲虫目の昆虫は硬い体をしているのに対し、ホタルの体は比較的やわらかく、**軟翅類**などと呼ばれることもあります。さらに、

ホタルには、後頭部を保護する平たい甲らのような物(前胸背板)が備わっています。

世界に約2000種、日本には約50種ほどおり、熱帯や亜熱帯に多くの種が分布していますが、寒冷地へも分布を広げ、南極を除くすべての大陸に存在しています。

最も小型のホタルは体長5mm程、最大種では幼虫の体長が10cmに近いものまでいられています。一般的にオスと比較してメスが大きく、メスは羽が小さく、もしくは退化して無くなっているものさらには幼虫の姿のまま成虫になるものもあり、メスは全く飛べない種もいます。

体の色彩は淡紅色と黒、橙黄色と黒というトリートンカラーが多いですが、黒、赤、黄色などの単一のもの、さらに南アメリカには複雑な斑紋パターンを持つ、ホタルとは思えないようなホタルもいます。

また、日本のように四季がはっきりしているところでは初夏から夏に成虫が現れるのが一般的ですが、中には秋に出現するものや、南西諸島では冬に出現する種もいます。

幼虫期はほとんどの種が夜行性であり発光しますが、成虫になると夜行性のものばかりではなく、昼行性でほとんど発光しない種もいます。

ホタルには幼虫期を水の中で過ごす**水生ホタル**と、幼虫期も森や林に住む**陸生ホタル**がいます。

日本でホタルといえば、幼虫期を水中ですごすイメージがありますが、水生ホタルは世界でも約10種しかおらず、そのうち3種が日本でくらしています。一般的にホタルの幼虫は、英名で"glowworm"と呼ばれていますが、ゲンジボタルのような水生ホタルの幼虫には"aquatic glowworm"という英名がつけられているほど、学術的にも世界から注目されています。

ホタル類の幼虫の一般的なエサは種により異なり、日本でもとも有名なゲンジボタルは淡水性の巻貝であるカワニナを主にたべ、ハイケホタルでは衰弱した小動物(巻貝、死人だオタマシクシ、ヤゴなど)など様々です。陸生の幼虫の食べ物も種ごとに異なっていますが、ミズナメクジ、カタツムリ、ヤスデなどを食べます。陸生の発光する生物ではホタルが最も種類が多く、光によるコミュニケーションを高度に進化させています。

## 3-2 日本のホタル

日本に生息するホタルは、約50種で、そのほとんどは南西諸島に分布しており、本州、四国、九州においては、大体9種類程度のホタルを見ることが出来ます。幼虫期を水中で過ごす水生ホタルは日本全土で**ゲンジホタル**、**ハイケホタル**、それに沖縄県久米島にのみ**クメジマホタル**の3種類のみとなっています。この3種以外はすべて一生を陸地で過ごす陸生ホタルです。日本列島は南北に長く伸びているため、様々な習性をもつホタルが生息しています。これらはおおよそ次のようなグループに分けることが出来ます。

### ●断続した強い光を放つ種

- …目玉が大きく、触角は糸細くて短い。
- 夜に活動します。目玉が大きく、光を媒体としてコミュニケーションを行っています。

ゲンジホタル、ハイケホタル、クメジマホタル、クロイワホタル、ヤエヤマホタル、ヒメホタル、ツシマヒメホタルなど

### ●連続した強い光を放つ種

- …目玉がやや小さく、触角が大きくて幅が広い。
- オス・メスともに強い光を発します。光をもとに接近したオスは、至近距離でメスの発光器の形態と匂い(フェロモン)を識別して交尾します。

アキマドホタル、オオシママドホタル、ミヤコマドホタルなど

### ●連続した弱い光を放つ種

- …目玉が小さく、触角が発達している。
- 昼も夜も活動します。触角が発達していて、コミュニケーションの媒体として、光と匂い(フェロモン)の両方を使っています。

ムネクリイロホタル、クロマドホタル、オオマドホタル、オキナワ  
オバホタル、ハラアカオバホタル

### ほとんど発光しない種

…目玉が小さく、角虫角が大きい。

昼間に活動します。目玉は小さいですが角虫角は大きく、匂い(フェロモン)  
を女集団にコミュニケーションをとっています。

カタアカホタルモドキ、オキナワヨロホタルモドキ、アカホタルモドキ、  
ウスアカホタルモドキ、オバホタル、オオバホタルなど



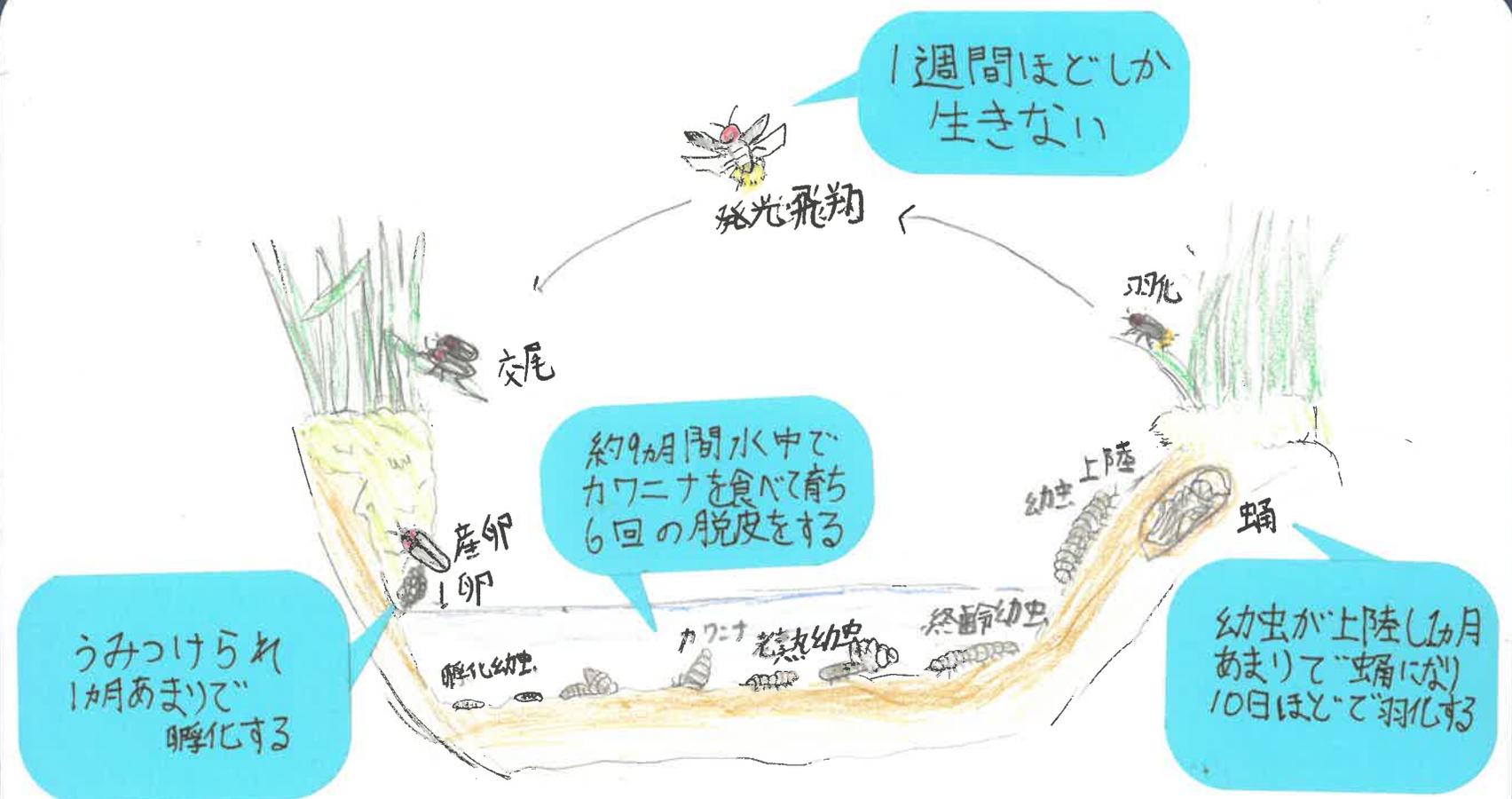
# 4 水生ホタルの生活史

## 4-1 ホタルの生活史～ライフサイクル～

ホタルの生活史は様々であり、日本の水生ホタルの代表であるゲンジボタルは産卵から約ひと月で孵化し、水中へもぐり、幼虫は川底でカワニナなどの巻貝を捕食し、終齢を迎えた幼虫のまま越冬し、通常、孵化から約9ヵ月後(翌年の桜が満開となる季節の雨の降る夜)に虫蛹になるために上陸し、岸辺の土にもぐります。土の中で土まゆを作り虫蛹になってから約40日後に羽化し再び地上にあらわれて水辺を飛び舞います。

ゲンジボタルの成虫の寿命は約1週間で、メスはオスと交尾後に産卵するためにオスよりもやや寿命が長いです。

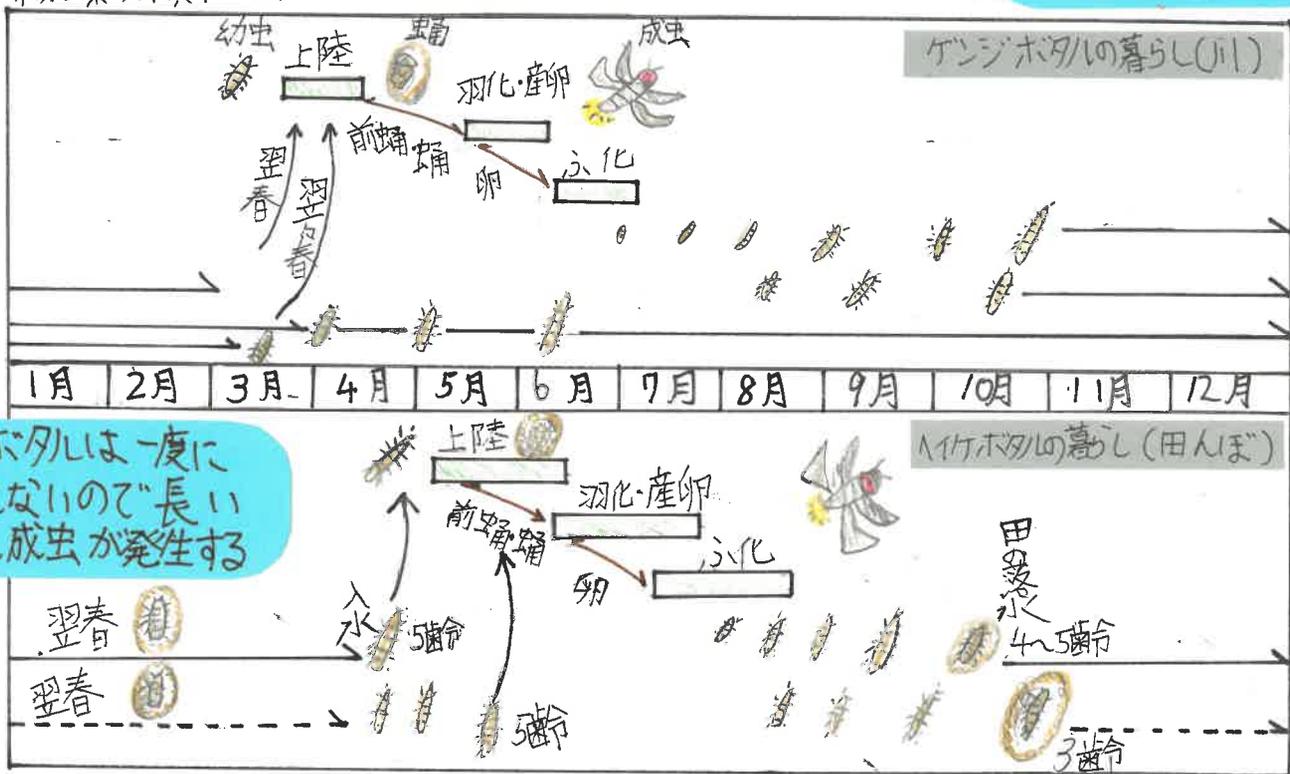
陸生のホタルは水辺ではなく、林や森、草地などで生活し、幼虫は土中や朽ち木の中などにすみ、その点を除けば基本的には水生のホタルと同じような生活をおくります。



### ゲンジボタルの一年

ゲンジボタルの幼虫は水中で越冬する。エサ不足などで成長がおくると上陸まで2~3年かかる場合もある

神奈川県横須賀市の例



ヘビボタルは一度に上陸しないので長い期間成虫が発生する

ヘビボタルは幼虫の成長がとてもはやく、ほとんどの幼虫がその年に上陸して蛹になる

ヘビボタルは上陸して蛹→成虫になる時期はゲンジボタルよりおそい

ヘビボタルの幼虫は水田の水がなくなってもぬれた土にもぐって越冬することができる

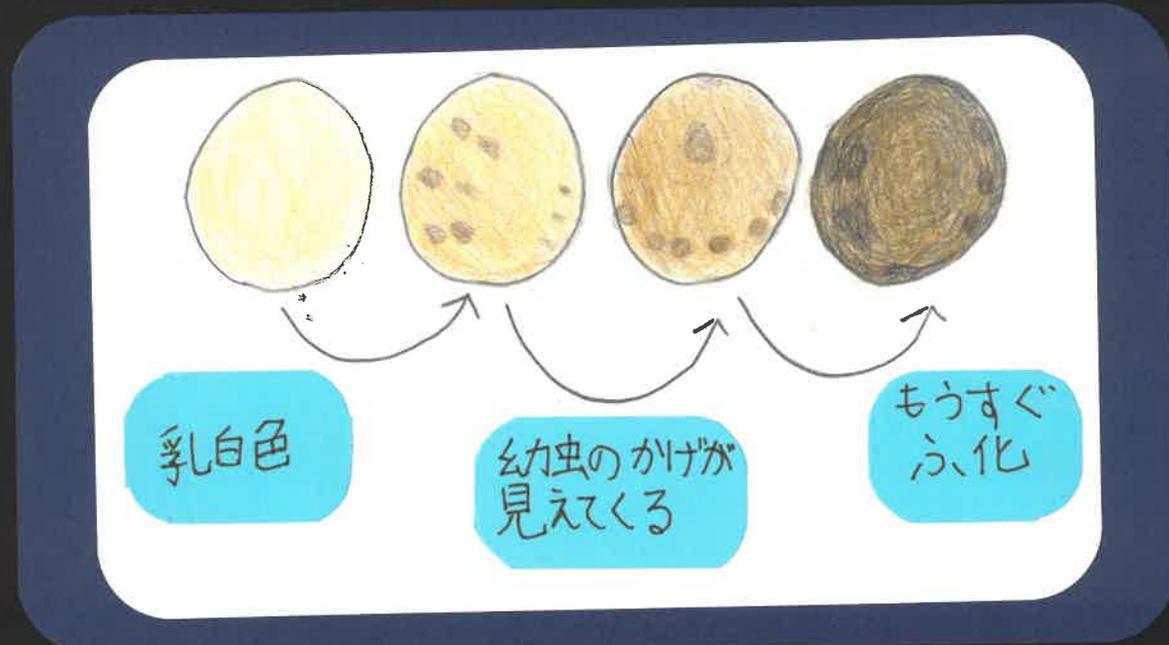
# 5 ホタルの一生(日本の水生ホタル)

## 5-1 卵&ふ化(陸上から水中へ)

ゲンジホタルの卵は川岸の水際近くで、日中ほとんど日の当たらないところに生えている苔に生みつけられています。産卵直後の卵は柔らかく”乳白色”で直径は約0.5mmほどです。10個の卵の回りに、粘り気のある半透明の液がついており、この液は糊のような役割をもっていて、時間がたつと周りの苔などに卵をしっかりと貼り付け、卵が強雨や一時的に激しい流れにあわられたりしても簡単には流されないような役割をもっています。

10日ほどすると次第に卵の殻が硬くなり弾力が増してきます。卵化するまでにはいつも湿った苔の中が理想ですが、野外では乾燥することもあり、殻がかたくなると乾燥にもかなりたえられるようになります。ゲンジホタルの卵は約25日で卵化しますが、気温が高いと卵化が早まります。ハイケホタルは産卵時期が高温となるために、約20日後には卵化します。

卵化は真夜中からはじまり、明け方ころまで続きます。明け方までにおわらなければ次の日の夜中まで待ちます。日中はほとんど卵化しません。卵化した幼虫はぬれた苔をつたって下へ下へと歩いてゆき水の中に入ります。かえったばかりの幼虫は体長約1.5mmです。



## ●形・大きさ

約0.5mm～0.55mmのややだ円形で、弾力性のあるキチン質の殻でつつまれています。

## ●色の变化

産卵直後

黄色かった乳白色。

約10日後

白くにごってカラが石更くなってくる。

約15日後

黒い点があらわれてきて、しだいに色が濃くなる。

約20日後

内部で胚子が成長して、その背側に付いている規則正しい2列の黒点模様が見えてくる。卵全体が黒ずみしてくるころには卵殻を通して、幼虫が動いている様子がわかる。卵殻の色は透明。

孵化間近(25日～30日)

卵全体がほとんど黒く見える

孵化

午前1時頃から始まり、午前3時～4時頃かピークになる。

## キチン質

カニの甲らやエビのカラなどを構成する成分。昆虫や多くの微生物の表皮もキチン質でつくられている。

## ●発光

卵は昼も夜も光り続けており、成虫の体内にある間からすでに発光しているといわれています。

産卵直後の頃は、暗闇の中でやっと見える程度ですが、日がたつにつれて少しずつ強くなっていきます。成虫のように点滅するのではなく、昼夜を問わずに光り続けています。孵化間近の卵は夜間に、卵の中の幼虫の尾端の二つの発光器を確認する事ができ、雨粒や強い風が吹きつけたり刺激を受けると同時に強く発光することもあります。発光の理由は防衛の一つとして進化したものではないかと考えられています。光をだしているものは「味がわるい、いやな匂い、毒がある」ということをアピールし、外敵をいそげる効果があります。

## 5-2 幼虫(水中生活)

卵孵化したばかりの幼虫はおよそ1.5mmほどでとても小さく、生まれたての幼虫は早く水の中へはいらないと乾いて死んでしまうので、すぐにジャンプして水面に落下するか、低い水のある方向に歩いて水中生活に入ります。

水底にたどり着いた幼虫はすぐに歩きはじめますが、自分たちの出す光以外には強く嫌い、日中は水底のおち葉の下や小石の下などにかくれていて、夜にならぬものカワニナを探しに出歩きます。

ハイボタルの幼虫は水田や湿地、ゲンジボタルの幼虫は川の中でも水深が10~50cmで流れがあまり急でない瀬に近いところで育ちます。水面におちた場所が、流れが急すぎる、深すぎるなどの場合、幼虫は体を丸めて水面に浮いて流され、環境の良い所へ移動することもあります。ハイボタルの幼虫も体を丸めて水面にうきますが、水田では移動することは困難です。水田の水温が高温になって水中にとけている酸素量がへると、水面は酸素が溶け込みやすいのでこの浮上する習性が役に立ちます。

### ●幼虫の体

幼虫の体は、12の節にわかれており、そのうち、おしりの方から9つが腹部、それから先の3つが胸部で、先頭に小さな頭があります。それぞれの節には、チン質の小さな背板があります。背板は、胸の3節と腹の9節の合計12節あります。ハイボタルには、中胸から第8節までの10枚の背板の各2か所、第9腹節には1か所だけ「トゲ」があります。胸が3つの節でできているのは、他の昆虫とおなじで、それぞれ一対の脚(計6本)をもっていて、先端の爪は一本で、大変すぐとくしがります。この6本の胸の脚は底の石につかまったり、歩いたり、巻貝をおさえるのに使います。

頭は細長く、細長い大あごがあります。ほとんど前胸の背中の板の下にあて、全体をみる機会は巻貝にかみつくとときだけです。

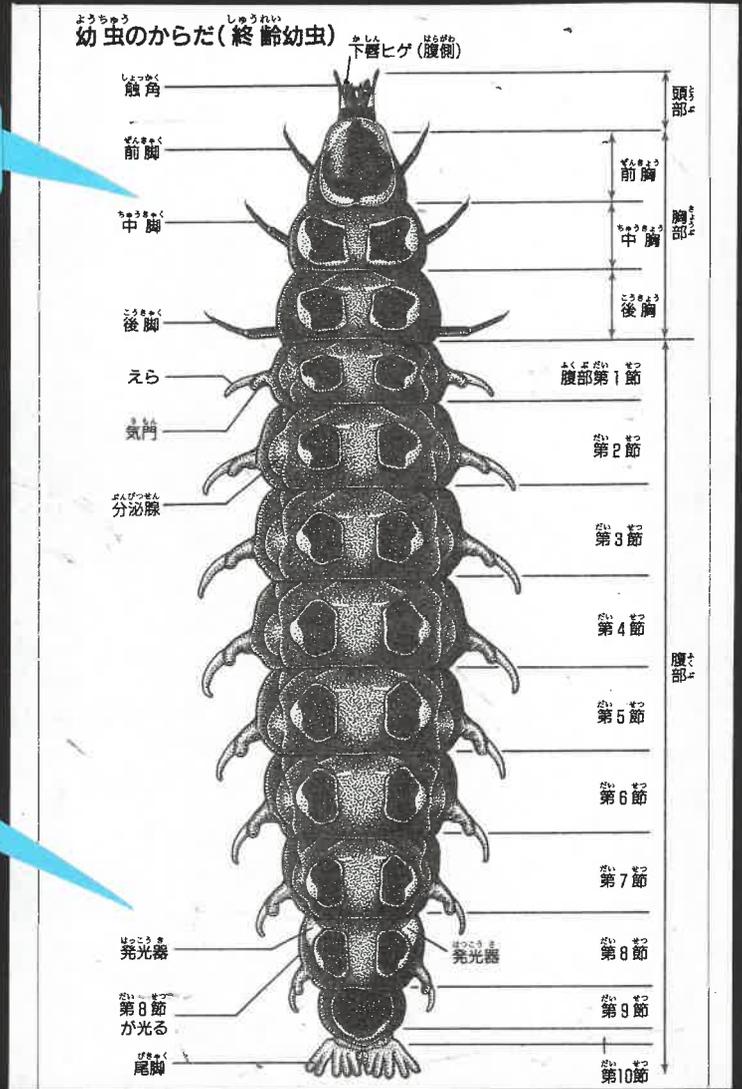
腹部の左右にある脚のような物は、水中で呼吸するためのエラです。

この突起がツバツと見た感じでは月却がたくさんあるようにみえますが、昆虫なので脚は6本しかありません。  
 腹の第8節の左右には、透明な皮膚の下に淡い黄色い発光器があり、幼虫でも発光します。

足は6本

幼虫も発光する

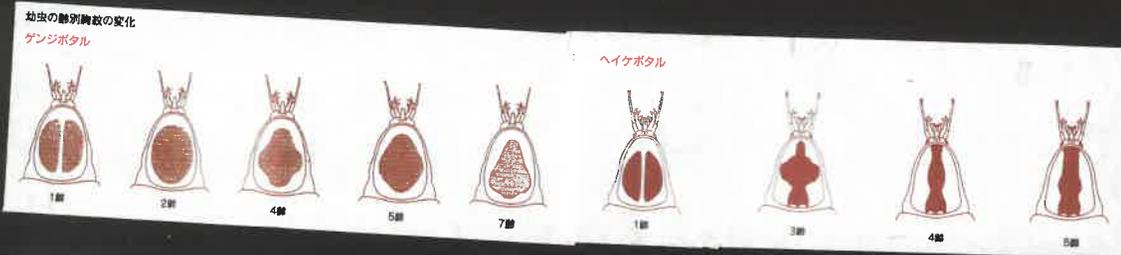
矢島 稔/著、ホタルが教えてくれたこと わたしの昆虫 記2、信成社、2000年、P13



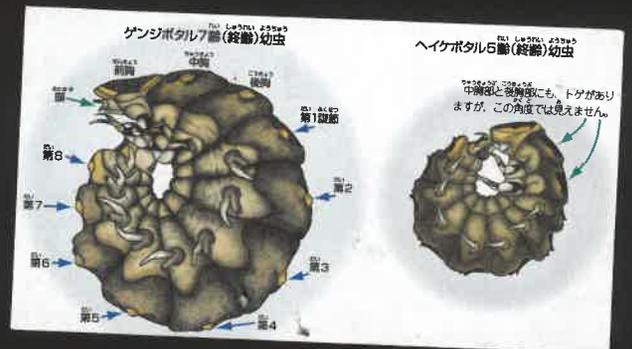
### ● 幼虫の見分け方(ゲンジボタル・ハイケボタル)

ハイケボタルとゲンジボタルの幼虫は、脱皮するたびに前胸背板の木目模様も変わります。

ハイケボタルとゲンジボタルは「前胸部の背板の木目模様で区別するとされていますが、両者の 1 齢幼虫は、前胸の背板は2枚の背板から構成された同じような円形で、背中側から見分けにくいようです。2 齢になると1枚の背板となります。そのため、ハイケボタルの背板にはトゲがあるので背板を横から見た様子でどの 齢の幼虫でも見分けられます。



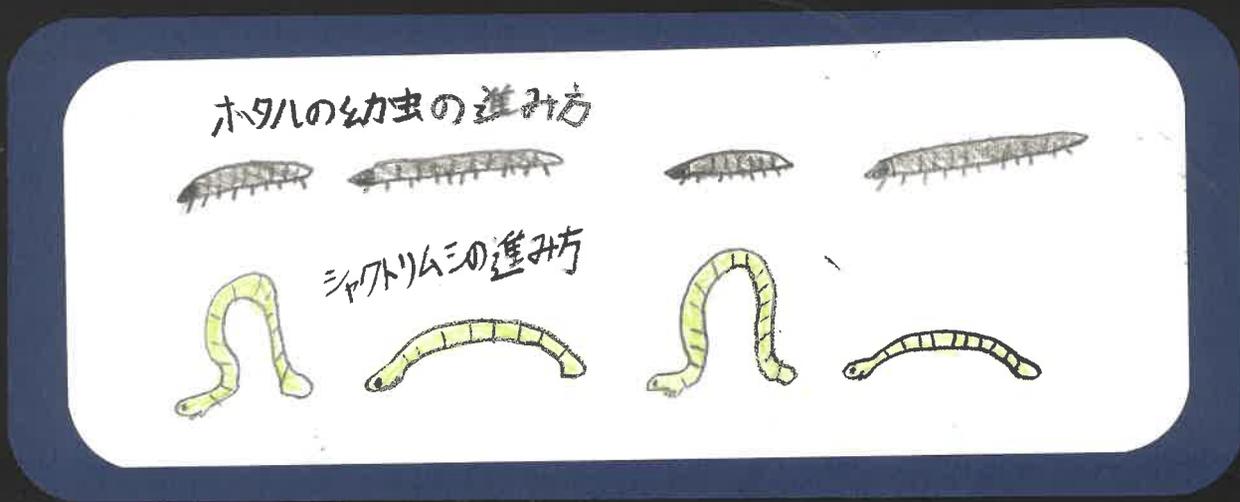
三石 暉弥/編著、ホタルと暮らす ゲンジボタルその不思議な一生、信濃毎日新聞社、2010年、P61



中山 れいこ/著、ホタルのいのちのかんざつ6、少年写真新聞社、2013年、P24

## ●歩行

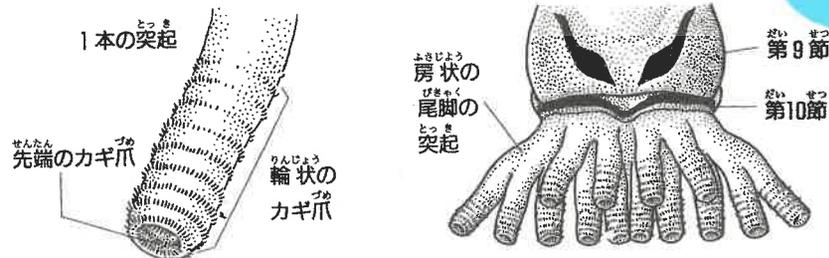
幼虫は、3対の胸脚と尾脚印をかって歩行します。尾脚印の14本すべての突起でしっかり体を支え、これを「流れにさからい、進む方向を決める」胸の胸脚でものにしっかりとつかまると、尾脚印の先を石からはなします。そして体全体も前から順にちぢめるので、尾脚印の位置は前胸の方へ移り、小石や藻につかまり体を固定するといった方法です。シャクトリムシの歩行にはいますが、シャクトリムシほど体をくの字にはまけません。



## 水に流されない工夫

幼虫は、おしりの先から尾脚印と呼ばれる足を出し使います。尾脚印には14本のうさがあり、それぞれのうさに、カギ爪のようなものかかっています。このカギ爪を岩などに引っ掛けて水にながされないようにしています。

尾脚印のうさの本数は種類によって異なる



矢島 隆 / 著、ホタルが教えてくれたことわたしの昆虫記2、備成社、2000年、P16

## ●脱皮

ホタルは体の中に骨がない「外骨格」の生き物です。体の外側をかたい皮で包んで体の形を保っています。幼虫はかたい皮がのびきるまで成長すると、小さくなった皮を脱ぎます。脱皮は早いもので、10分おそいものでは1時間くらいかかります。

脱皮直後は白色半透明ですが、数時間すると背面や前胸部の模様がみえてきて、だいに黒くなります。

脱皮が近づくと数時間前から小石の間で動かなくなり、脱皮します。夏に

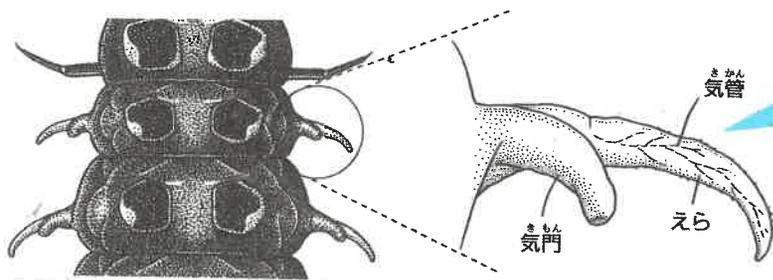
1.5mmほどで孵化した幼虫は、冬にはほとんどが4回目の脱皮を終え1cm以上になり、翌春には2~3cmの終齢幼虫となり、上陸して蛹になります。幼虫は5~6回の脱皮をくりかえし終齢幼虫となります。ゲンジホタルの幼虫の期間は長、通常は9ヵ月にもおよびます。

各齢とも一定以上の体重にならないと脱皮しないので、エサのかわりかたが少ないと脱皮が遅れます。早いものは4~5ヵ月の年内に終齢幼虫になるものまでありますが、エサが少ないと春になって上陸するころになっても終齢幼虫になることができます。上陸までに2~3年かかるものもあります。

## ●水陸両用(エラ器官)

日本の水生ホタルの幼虫は水中と陸どちらでも呼吸できます。腹部の1節~8節目までの両側には、それぞれ2つにわかれたやわらかい突起がでています。一方は先がとがってのびていて、もう一方の先は、円盤状に平らです。とがっているのが水の中の酸素をとり入れるエラで、このおかげで水の中で呼吸できます。また、円盤状のほうは気門で、幼虫が陸にあがったときに空気をすいます。

水の中から、さなぎになるために上陸しても、水中にもどることもあるので、どちらでも呼吸できるつくりになっています。しかし、世界の水生ホタルの中でもエラ器官をもつ種は少ないようです。



エラ器官は上陸する時は体内に引き込む

## ● 食餌

ケンシボタル

カワニナ

自分と目じくらしいの大きさを選んで食べる

ハイケボタル

モノアラカイ、サカマキカイ、タニシ、カワニナ、小さいうちは小さな巻貝を食べる。大きくなると死んだり弱ったメダカ、ヤゴ、オタマジャクシなども食べる。

生まれたてのムカシは、すぐに水底で小さな巻貝などを食べます。繭糸ムカシなど生まれたての体長2mm以下の小さな幼虫が捕まえて食べることができるとは、1~2mmほどの小さな貝だけです。

日中は、ハイケボタルのムカシは、水田や湿地の、イネや草の根本や泥の中にかくれ、ケンシボタルやクジマボタルの幼虫は、河川の水底の石のかげなどにかくれています。夜になると水底をはいまわって餌をさがします。ケンシボタルの幼虫が十分に成長するまでには、体のサイズにあったカワニナが約30個近く必要です。そのため川にはいろいろな大きさのカワニナが住んでいなければいけません。

## ● 食べ方

カワニナのすきを見て、柔らかい体にするといくつかあごでかみつけます。おどろいたカワニナが体を殻の中にひっこめ、幼虫のするといくつかあごはカワニナの体にくいついてはなれず、ムカシは口から消化液をだしてカワニナの肉をどろどろにとかし、それをジュースのようにしてすいこみます。また、この肉汁が拡散しないように、頭を突っ込み体で栓をすようにして食べます。このように、体内に取りこむ前に消化することを「体外消化」といいます。

一匹のカワニナを食べ終わるには、数時間~1~2日もかかるため、石の間などに自分の体をかくしながら食事をします。

# カワニナ

カワニナは、タニシと同じように淡水産の巻貝です。酸素をたくさん必要とする種類なので流れのある溪流にすんでいます。タニシのように、田んぼや水路にはあいません。川底の石についている、珪藻のような植物プランクトンを食べています。

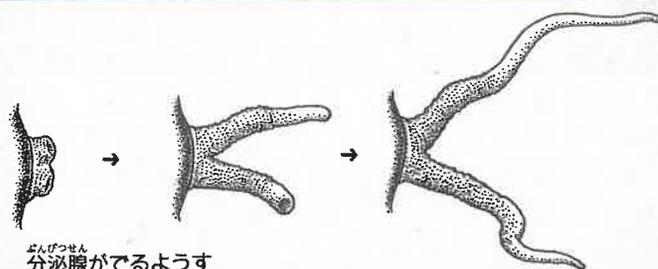


カワニナは卵胎生で、最低水温が15度以上になると、卵ではなく、体内に宿した大きさ約1mmの稚貝を産みはしめ、秋の初めごろまで毎月のように産み続けます。そのため、様々な成長段階のカワニナが生育しています。1匹で年間300~400匹の稚貝を産みます。

## ● 外敵と身を守る方法

ホタルの幼虫の外敵はほとんど石確認されていません。魚などが幼虫を口にしてみてもすくりに吐きだしてしまいます。ホタルの幼虫は、強い刺戟を受けると異臭がします。幼虫の腹部各節の側面から分泌腺(先が2つに分かれている白い突起)をだし、この分泌腺からは異臭のでる角をだして身を守ります。サワガニ、オニヤンマのヤゴなどはケンシホタルの幼虫を捕食するとの報告もあります。

ホタルの幼虫は、外敵におそわれるよりも、環境の変化(カワニナの減少、水質の悪化など)によって死亡することのほうがはるかに多いようです。またホタルは幼虫でも発光するのは、天敵に対して「悪臭を放つホタルの幼虫で食べられないぞ」と警告していると考えられます。



分泌腺がでるようす

矢島 稔/著、ホタルが教えてくれたこと わたしの昆虫記2、偕成社、2000年、P117

## 5-3 上陸 & 蛹 & 羽化 (水中から陸上へ)

### ● 上陸

終齢幼虫に成長した幼虫は春の雨の降る暗い夜に上陸をはじめます。水中から陸に上がった幼虫は、乾燥が苦手なので、雨は幼虫を乾燥から守ってくれます。上陸時はエラ器官を体内に引きこみ、気門だけを出して上陸します。上陸の時期がくると幼虫は夜間に水の中を光りながら動きまわり、水場から上陸する場所を探し、浅いところにあつまって、頭を水面とすれすれにしています。小雨で水面が揺れる午後8時と、尾の先にある発光器を光らせながら、ゆっくり本を水から出して岸を歩き始めます。幼虫は成虫のように明感せず、数分間光っては突然光を消します。それを繰り返しながらのぼります。すべての幼虫が光の線を追いかけて、一斉に川岸をのぼっていきまふ。西日本型のホタルでは何千という幼虫が集団で上陸する光景がみられますが、東日本型のホタルにおいては集団性は観察できず、好条件の日にはたらたらと上陸が続きます。

上陸はおよそ1か月にわたって続きますが、最初に上陸する幼虫はほとんどがオスで、1週間から10日後にメスの幼虫が上陸を開始します。また、上陸期の最後に上陸してくる幼虫は最初の幼虫の半分ほどの体重しかないという報告もあります。

大きいメスの成虫は比較的大きい卵を産み、そこから卵孵化した幼虫は比較的大きい終齢幼虫になります。大きい卵・幼虫は相対的に低い温度で生育よく、小さい卵・幼虫は、高い温度で生育がよいようです。そのため大きい幼虫は早期に上陸し、小さい幼虫は気温が高くなるのを待って上陸していると考えられています。

### ● 上陸の条件(ゲンシ"ボタル)

- サワラの花がさきはじめる雨の日の夜
- ・最低気温が $10^{\circ}\text{C}$ 以上であること。
  - ・水温が一年のうちで最も上昇する時期。
  - ・一日の気温の変動がとても少ないこと

- ・当日雨が降っているか、昼の間にふって土壌面がぬれている状態。
- ・水温と気温がほとんど同じで差がなく、もしくは気温の方が高い。
- ・昼の長さが13時間以上になるとき
- ・夜19~21時であること

## ● 蛹になる場所

上陸した幼虫は雨の中、落ち葉や小石の間を這んだり、大きな岩やがけをよじ登っていくものもいます。適当な場所が見つからないと水中へまた引き返す幼虫もいますが、ほとんどの幼虫は上陸したその夜のうちに土の中へもぐります。

やわらかい土のあるところまでいくと、小さなくぼみを見つけて頭からもぐりこんでいきます。雨が降ったために土はやわらかくしめっています。蛹になる場所は、だいたいの草の根本近くや石の側で、日中ほとんど直射日光のあたらない、保湿性、通気性に富んだやわらかい土壌を選びます。

## ● 前虫蛹

幼虫は土の中に数cm(約1cm~6cm)くらいもぐると、体内から透明な粘液をだし、全身その粘液にまみれながら体を丸くして、同じ場所をぐるぐる回り、周りの土へ粘液を塗り付けしていきます。粘液は部屋の壁にまみれなくしみこみ、なめらかな土壁にかわり、縦2cm、横1.3cmほどの自分が動けるだけの小さな円形の部屋を作ります。

粘液は厚さ2~3mmほどしみ込んで時間とともに硬くなっていきます。部屋にしみ込んだ粘液が固まると、軽い防水の役割もはたします。少したつと土球として掘り出せるようになり、これは、「土まゆ」、「虫蛹室」、「土囊」、「土窩」、「虫蛹音屋」などと言われます。土まゆの大きさは殻つきヒナツリをやや小さくしたほどの土のかたまりです。

土まゆを作りあげた後の幼虫は、土の中の部屋の中で、時々光りながら約40日も丸くなってじっとしています。この状態は前虫蛹とよばれ、蛹になる準備期間です。前虫蛹は体を丸め、ひたすら体に入っているように見えますが、実際には体の中にはどろりとしたマヨネーズのような液体がたまっているだけですが、前蛹は外回りだけを残して体の中にあつたすべての組織や器官をいったんどろどろに溶かしてしまい、そこからまったく新しい体を作り出しています。

## ● 虫蛹

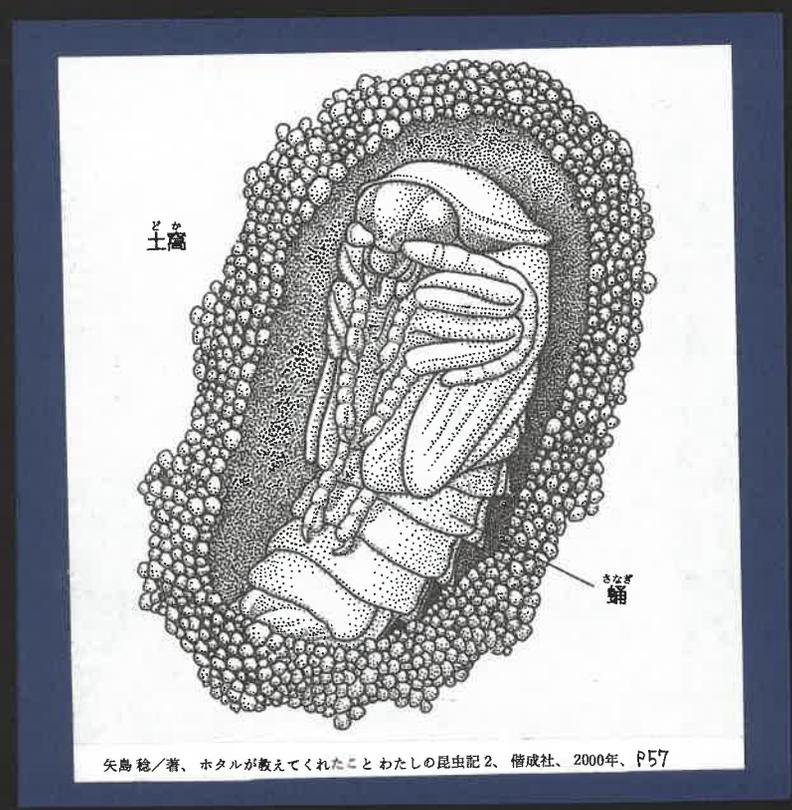
幼虫が土にもぐってから約40日後、体を丸めてやすんでいた前虫蛹の幼虫が、背伸びをするように体を伸ばしたり、ねじったりしながら薄い皮を脱いでいきます。幼虫の背中がわかれてそこから真っ白の虫蛹がでてきます。虫蛹の殻殻はしだいに石重くなっていきます。

### 色

うすいクリーム色で、全体が透き通ったように見える。5日ほどたつと、目の色が黒くみできて、8日くらいたつと肘や足が黒くなり、成虫のような色になっていく。

### 発光

虫蛹になると昼夜を問わず光り続けている。ホタルの虫蛹の多くは前胸部と尾部が別々に光る。前胸部は刺激に関係なく連続的に緑、ほく光り尾部は腹の5節と6節(メスの場合は5節だけ)に発光器ができていて、刺激をうけて緑がかった黄色の光をだす。

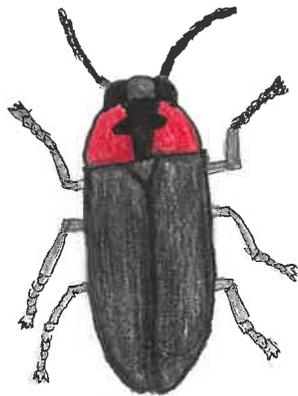


## ●羽化

虫蛹になって約10日ほどたつと羽化がはじまります。羽化が始まる少し前になると、虫蛹の体がわずかにふくらんで丸みをおひびきます。虫蛹は幼虫が虫蛹になるときと同じように、体を曲げ伸ばしすると背中に割れ目ができ体が半分ぬけると、羽かのびはじめ、しきりに脚口を動かして、すっかり皮をぬぎすすると、時折羽を広げるようにして、下支羽(後翅)を乾かします。羽化したての色は全体にうすく、体はやわらかいのでしばらくそのままじっとしています。殻をぬぎ終るまでの時間には個体差があり、早い物は10分足らずで、中には時間近くかかる物もあります。そのまま2,3日ほど土の中ですごし、体が石更になると夜の8時~深夜頃に脚と頭を使って土まゆをやぶって地上へ出ていきます。

## ●外敵

虫蛹は土中でじっとしているために、土中の菌類類におかされることもあり、虫蛹から白い棒状のキノコのような物が生えてきたという例があります。その他の外敵としては小さなダニがつかうこともあります。



## 5-4 成虫

ゲンジボタルは、草木の茂み、水際祭の苔流れ、柔らかい土の土手。このような環境下において1年から3年、場合によっては4年もかかって成虫になります。ゲンジボタルの成虫は、あかひの昼の間はほとんど動きません。葉のうらや枝にとまっていっまでもじとしています。夕方になってあたりが暗くなると、ホタルはようやく動き始めます。幼虫時代は、鋭いあごで獲物をおそい、毒液や強力な消化液を分泌して肉を溶かして食べていたホタルの口は、成虫になると退化して、大あごはあってもほとんど機能しません。消化液を分泌することもできません。ホタルは乾燥に耐える力が弱いので水分だけは吸う必要があります。口には「はけ」のような器官があり、それを夜露などに浸して水分を吸っています。成虫になると水を吸い取らず、幼虫時代に蓄えた栄養だけで生き続け、夜尾産卵をすませ、命を終えます。

↓ ゲンジボタルの頭部（大あごはほとんど機能しない）④



大場 信義/著、ホタル 田んぼの生きものたち、農山漁村文化協会、2010年、P.20

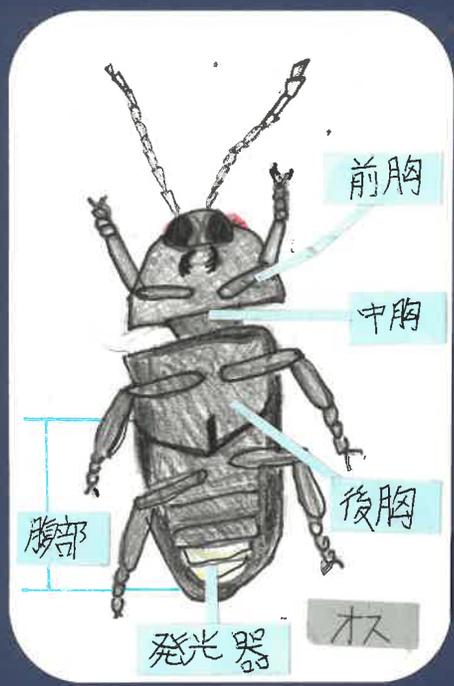
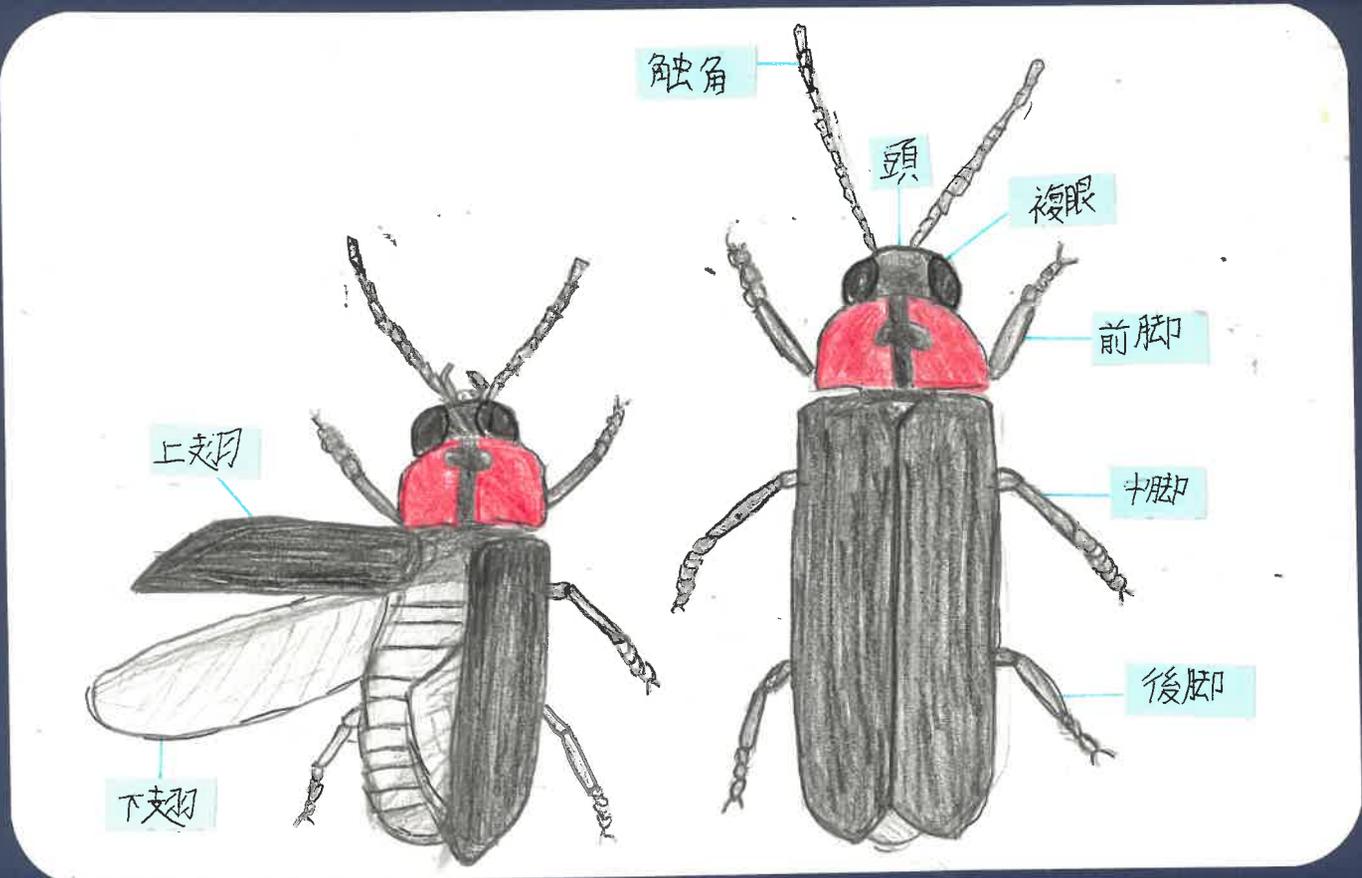


### ●成虫の体(ゲンジボタル)

ホタルの体は他の甲虫類と同じで、頭・胸・腹の三つに分かれ、硬いキチン質の上翅の下には、透明でうすい下翅があり、その下翅をはばたかせて飛ぶことができます。他の甲虫と比較して飛び翔ぶときにははたたく下翅の長さか上翅と比較してそれほど長くありません。その割合はかなり小さいのであまり早く飛ぶことができません。ふわふわと飛ぶのはこのためです。

一般的にはメスの体のほうが大きく、小さいほうがオスです。他の甲虫類といちじるしく違 点は発光器もっていることです。

ゲンジボタルのオスの発光器は腹面の副節の第5節と第6節の2節に、メスは第5節の1節だけにあります。ハイケボタルの発光器の位置は同じですが第6節の発光器が少し小さいです。発光器は乳白色なのですぐに区別ができます。



オスの発光器(5節6節間)



メスの発光器(5節間)

ゲンジボタルとハイケボタルのちがい

前胸部に黒くて太いすじがある。ゲンジボタルに比べて光も弱く小型



ハイケボタル

前胸部の中央に黒い十字形の模様がある



ゲンジボタル

## ● 寿命

ゲンジボタルの成虫の寿命は室内で大切に飼育すると1週間～約10日ほどです。野外では天敵などの外敵に食べられたりするので、と短くなり、オスは3日ほど、メスは6日ほどで死んでしまいます。ハイケボタルも同様ですが、気温が低いほどエネルギーの消費がおさえられるので、初夏に早く発生するゲンジボタルの方がやや長生きする傾向があります。また、メスは卵を生かなくてはならないのでオスにくらべて寿命が少し長く、とくにゲンジボタルはメスの方が大変大きいので、オスよりも寿命が長いのです。

ホタル行動の目安 (神奈川県横須賀市)

	1日目	2日目	3日目	4日目	5日目	6日目	7日目	8日目
オス	羽化	飛行発光 交尾						
メス	羽化	静止発光 交尾		小3日後 	飛行移動 産卵 	産卵 	産卵 	産卵 死 

## ● 子系を残す

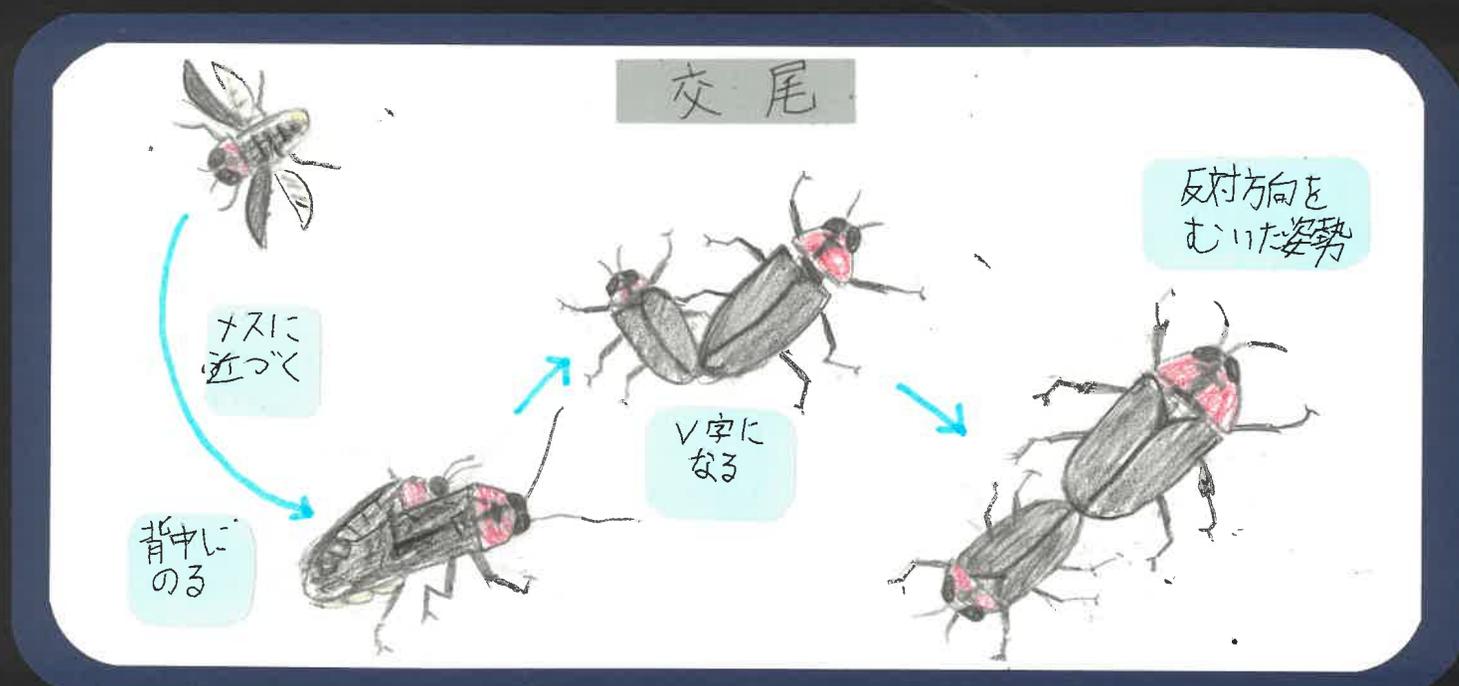
ゲンジボタルもハイケボタルも約一週間という短い間、子系を残すことに専念します。相手探し的手段として光を利用して、オスは草や木の葉にとまっているメスに飛行発光することでお目当てのメスを探ります。オスのホタルをよく見ると目玉が大きく、この大きな目で暗闇の中で光るメスのホタルの光を見つけます。メスの目もオスと同じで大変光に敏感にできています。それは飛んでいるオスの中から自分と光で話しているオスを見つけるためです。ホタルの光はオスとメスが出会うための合図になっているのです。

## ● 交尾

飛行中のオスは、草の間にメスの光を見つけると、一気に近づいていきます。1.5mぐらいまで近づくとスピードを落とし、そのまま静かにメスに近づき、すぐ近くにとまります。それから歩いてメスに近寄り、背後から背後が背中によじのぼると交尾をはじめます。2匹はそのままじっとしていますが、しばらくすると交尾をしたままオスはメスの背からおりて、

V字状にならびます。その後時間がたつとオスとメスは反対をむいた姿勢になります。

多くの場合、夜があけても交尾は続きます。あたりがすっかり明るくなると、2匹は交尾したまま歩き出し、日の当たらない葉の裏や暗い場所に移ります。ゲンジボタルの交尾は短くても数時間長い時には2日間にもわたって続きます。ヘイケボタルの交尾のしかたも基本的には同じですが、ゲンジボタルに比べて交尾時間がそれほど長くありません。ボタルのオスは何匹ものメスと交尾(多数交尾)しますがメスは1匹のオスとの一回交尾です。メスは交尾後はオスを誘うシグナルを放たなくなり、交尾したメスはその後の産卵に専念します。



## 恋人探しも省エネ

ボタルの成虫は水しか飲まず、体内のエネルギーが限られていたため、パートナー探しも省エネに努めています。地中からはい出してきたその日か翌日からパートナー探しをはじめますが、日中は草むらや木陰とまってじっとして発光もしません。夜間のパートナー探しの時間も7時過ぎから8時半までなど地域によりさまざまであり、決まった時間だけ飛行します。また、気温が13℃以下の日、満月で明るい日、大雨の日などは活動しなくなります。

最初に飛行発光するのはオスで、メスは発光のみであまり動きません。メスは交尾後に産卵場所を探すために飛行します。

## ●産卵

ハイケボタルのメスは交尾後1〜3日くらいして産卵しますが、それまでの間は田んぼの週辺の木の葉などにとまり、産卵時期を待ちます。そして夜間、産卵のために木からあせ道の産卵場所に移動します。

産卵に適した場所を探すメスの空間認知能力は驚くほど高く、常に湿っていて乾燥しない、産卵しやすい草や苔が生えている水際であること、降雨でながされないこと、産卵後孵化したエカ虫が確実に水底へ落下でき、かつエサが繁殖している水辺を選びます。ハイケボタルの産卵数は10〜100個くらいです。

ゲンジボタルはハイケボタルと同じく、交尾数日後に産卵しますが、その間は、夜間、あちこちに産卵場所を求めて水面近くを光り続け飛び回ります。そして孵化した場所より上流に逆上します。それはエカ虫時代に流されて下流で孵化したものがまたもとの場所にもどろとする行為であると考えられています。

産卵する場所は、水面から30cm〜1m以下の高さで増水時でもながされにくいこと、孵化したエカ虫が確実に水面へ落下できること、エカ虫が落下する場所の流れが急すぎず、そこにエサとなるカワニナなどが繁殖していること、直射日光が当たらず乾燥していないこと、などです。こういう場所の岩や朽ち木や樹木の幹などにはえているノキゴケ、ナギゴケ、リヤゴケなどの苔の中に卵が産みつけられます。しかも孵化したエカ虫がほとんど下におちれば水中生活をはじめられるように、水面に対して垂直に生えている苔のみに産卵します。

ゲンジボタルは一匹のメスが500〜1000個の卵を何回かにわけて深夜から翌朝まで苔にうみつけます。苔の上ですこしずつゆくりと移動しながら尾端を内側にまげて苔の間に入れ、尾端から出した産卵管を自在に動かしながら苔の間に卵をうみつけていきます。一晩で産みおえることは少なく、二晩から三晩かかるとようやく産み終えます。前夜と同じ場所にくるメスもいれば、他の場所で産卵するメスもいます。流れのある川に住むゲンジボタルは、ハイケボタルにくらべてより多く産卵

し、また卵もやや小型です。卵は約0.5mmですが、発生時期に産まれた卵の方が後期のものよりやや大きいとされています。これは気温の違いが影響していると考えられています。大きな卵は低めの温度で卵孵化率がよく、小さな卵は高めの温度で卵孵化率が高いという傾向があります。

## 集団産卵

西日本のゲンジホタルのメスは、多数あつまり川沿いに生えている苔に集団産卵します。このときには点滅の強弱の間隔を約2秒にして光り続けます。この光り方がこれから卵を産もうとするメスを寄せ集める信号ともなっています。集団産卵では100個体を超えるメスが1か所で産卵するので、数万という卵が苔に産みつけられることになります。

一方、東日本のゲンジホタルはそうした習性がなく、個々に分散して産卵します。

クメジマホタルは西日本型のホタルと同じで「集団産卵」なのですが、日没るくなり始める暮の5時ころに産卵を始めます。その時、メスはいっせいに持続光で光りながら飛び立ち、産卵場所を見つけると次々と降りて、2秒間隔で光りながら産卵します。約10日で200~400個の卵を産みます。

## 生育環境と産卵様式

一般にホタルは生活のしかたと環境に合わせた産卵様式をもちます。例えば、生息環境が比較的安定しているところでは、大卵少産型(オシホタルなど)で、大きな卵を少なく産んで早く大きく育てます。この様式の典型で、母虫が卵を守ることをしているのがイリオモチホタルです。

ゲンジホタルなどでは、河川が増え、虫が流されてしまうことが多く、そのため小卵多産型です。小さな卵を多数産んで、どれかが生きのこるようにしています。これは数の子やたらこなどで象徴されるように多数の卵を産卵する魚類にも多く見られます。

## ● 外敵と身を守る方法

ホタルの成虫の最大の天敵はクモです。夜間に活動するホタルはクモの巣がよく見えずにひっかかってしまいます。

ホタルは強いしげきをうけると、異臭がします。上羽周縁から白色の分泌液が出て、そこから異臭がします。外敵に襲われると、この異臭を放ち外敵から身を守っています。このいやなにおいを嗅いだ天敵の天敵は二度とホタルをおそおうとは思いません。このため鳥などはホタルを食べることはありません。ゲンジホタルやハイケオビタルの成虫の胸が鮮やかな赤色であるのは、昼間外敵に「私は異臭を放つホタルだぞ」と積極的に警告しているものと考えられています。夜間色彩で警告できないので光ることで警告しています。

# 6 光

## 6-1 ホタルはなぜ光る? ~ 光の役割 ~

### ● ホタルのことは ~ 求愛 ~

日本で「ハゲンジホタル、ハイケホタル、ヒメホタル」が光るホタルとして有名です。これらのホタルは夜行性で、夜に飛びまわってオスとメスをさがします。暗闇の中でお互いの光を目印にしているのです。ホタルが一回に光り続ける時間や、光る間隔、明るさはホタルの種によつて違うので、別の種類別のオスとメスが間違えて出会うことはありません。ホタルの光は、同じ種のオスとメスが「あうための信号」になっていて、進化の過程で生み出された重要な仕組みです。

さらに同種でもオスとメス、さらに飛んでいるときととまっているときにわすかに光る「微光」、オスとメスが出会ったときに激しく光る「フラッシュ発光」、なにか刺激を受けた時などに光る「刺激発光」など、それぞれ変化します。

### ● 光の点滅

ゲンジホタルもハイケホタルも光りながら飛ぶのはほとんどがオスです。オスは、草や木の葉にとまっているメスに光ることで合図を送ります。オスはメスの光を見つけると近づいて盛んにフラッシュ発光をくりかえします。光の点滅はホタルの求愛シグナルです。

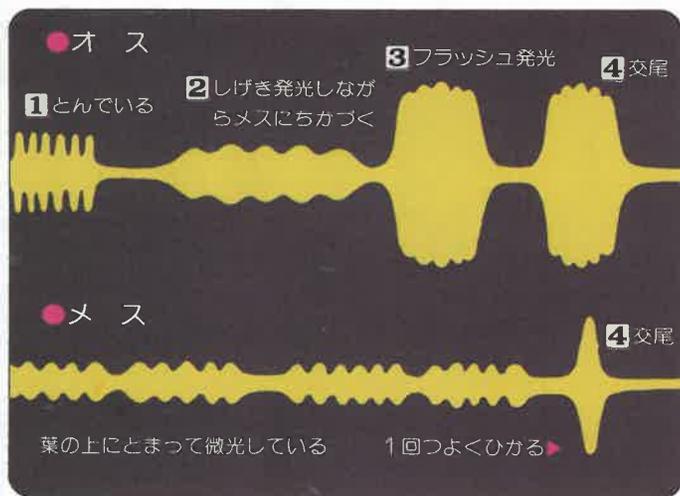
メスはオスの発光リズムを認識して同種であることを判断し、また、オスは自分の発した光シグナルに対してメスが応答する発光タイミングによって相手が同種であるか識別しています。

メスはたいてい草の茎や葉にとまったまま発光し、オスを引き寄せます。メスの光を発見したオスはメスの近くにとんでいき、発光パターンをかえ、メスに発光器を向けて、まばたくようにピカピカと強く発光します。

近づいたオスの発光にメスが同調するように強く点滅し反応しはじめると恋が成立しオスはメスに近づき交尾します。メスが光で答えない場合は交尾できません。

交尾したメスはほとんど発光しなくなるので、時刻が遅くなるほど発光するメスが少なくなります。

ゲンジボタルが交尾するまで



▲オスとメスのひかりのことば(ゲンジボタル)。 10秒

矢島 穂/文・解説、ホタルのくらし カラー自然シリーズ46、偕成社、1983年、P33



## ● 同時明滅(ゲンジボタル)

ゲンジボタルは、オスが群れをつくり飛びながら一斉に光ってメスに合図をおくります。

光り始める時間は一般には、日没の30分～1時間後から光りはじめます。東日本ではオスが群れで飛びながら盛んに光るのは光りはじめてから約1時間で、それが終わるとほとんどの個体が休憩し、時々発光する程度になります。しかし、西日本の多くの生息地では、オスの活発な発光活動が午後11時5分まで何度かくりかえされ、その後メスが飛びようになります。

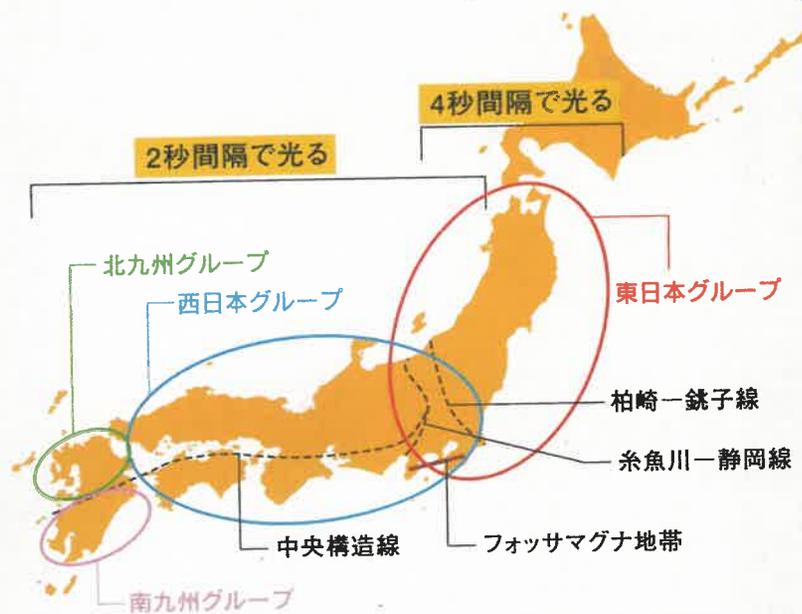
オスが同時明滅する理由としては、メスを見つけるうえでメリットがあるからだと考えられています。オスの光の点滅に対してメスは光で合図をおくりかえしますが、集団で発光すれば、自分の発光リズムに同調しないメスも見つけやすくなります。ホタルの寿命が数日ということ考えるとオスの同時明滅は交率率的に短時間でメスを見つけやすくしていると考えられます。

## ● 地域によって異なる点滅

私たち日本人が住む場所によって方言があるように、ゲンジボタルにも西日本にすむものと東日本ですむものでは光り方が違います。同時日月滅の周期と波形も、西日本ではおよそ2秒間隔で光るのに対して、東日本ではおよそ4秒間隔で、しかも光っている時間も長い傾向があります。2秒間隔・4秒間隔といっても、細かくみるとホタルの産地によって微かな違いがあり、西日本は2秒間隔、東日本型は4秒間隔、というのはあくまで大まかな傾向です。

また、西日本型は、オスの発光集団の規模が大のに対して、東日本型は一般に小規模で、同期性もやや悪い傾向があります。

西日本型と東日本型のさかいは、愛知県から長野県をとおり、新潟県にいたるフォッサマグナ辺りです。さかい付近に住むホタルの中には約3秒に1回光る中間タイプのものがあることも知られています。全国各地で、ホタル鑑賞のためにゲンジボタルを水辺にはなしていますか、ホタルには光の方言があるのでそれを考えるときだけ地元のホタルをはなさなくてはなりません。



ゲンジボタル個体群における遺伝的グループの地理的分布

三石 昭彦／編著、ホタルと暮らすゲンジボタルその不思議な一生、信濃毎日新聞社、2010年、P25

## ● ホタルの発光

ハイケボタルは日が暮れるとオスもメスもゆっくりひかり始めます。時間がたつにつれて光が多くなり、オスはメスを探すために飛び立ち、発光しながら飛行します。メスの点滅と区別するために、オスの飛行点滅には特徴があり、本州、九州、四国のハイケボタルは0.5秒、北海道のハイケボタルでは1秒間隔で発光します。

ヒメボタルはおたかひにかなり早い間隔で瞬間的な強い光を出して合図をおくりあいます。光のリズムは断続的で、単調な明滅の繰り返しです。

ヒメボタルのメスは羽が退化しているといえます。オスの群れかきとひながらチカチカ光始めると、メスも草にはいのほり、目立つ場所で光の信号をおくります。こうしてメスはとべなくてもオスを呼び寄せて交尾することができます。

対馬にいるアキマドボタルのオスは明滅せず、光り続けて飛びます。

日本のワメジマボタルや東南アジアのテナーボタルは、オスたちが一方になると木に集まり、一斉に同じパターンで光り始め、それをめざしてメスが集まてきます。

## ● 警告

ホタルは卵も幼虫も蛹も光を出しています。これは敵に毒をもっている食べてもまずいことを「警告」しているためだと考えられています。

## ● 罠

アメリカにいるフォツリスというメスのホタルは、光でエサをおびき寄せて食べます。別の種のメスの発光パターンを真似して別の種のオスをおびき寄せ近づいてきたオスを食べてしまいます。フォツリスのオスは、メスが食べている別の種の光り方を真似して光り、エサだと思って、フォツリスのメスがやってきたところをつかまえて交尾します。

# 光らないホタルの出会いの方法

成虫になるとほとんど光らなくなるホタルもあります。

ゲンジボタルのようなオスとメスが出会う信号として光を利用する種は夜行性で、夜の間活動に強く光ります。これらの種は相手の光を見つけるため複眼が発達しています。

成虫が光らなかつたり、光が弱い昼行性の種は、複眼が小さい代わりに触角が発達しています。触角はにおいをかぐ器官です。

光らないホタルはメスが体から出すある種のにおい(フェロモン)をだし、それをオスが触角でさがして交尾します。

## ムネクリイロボタル

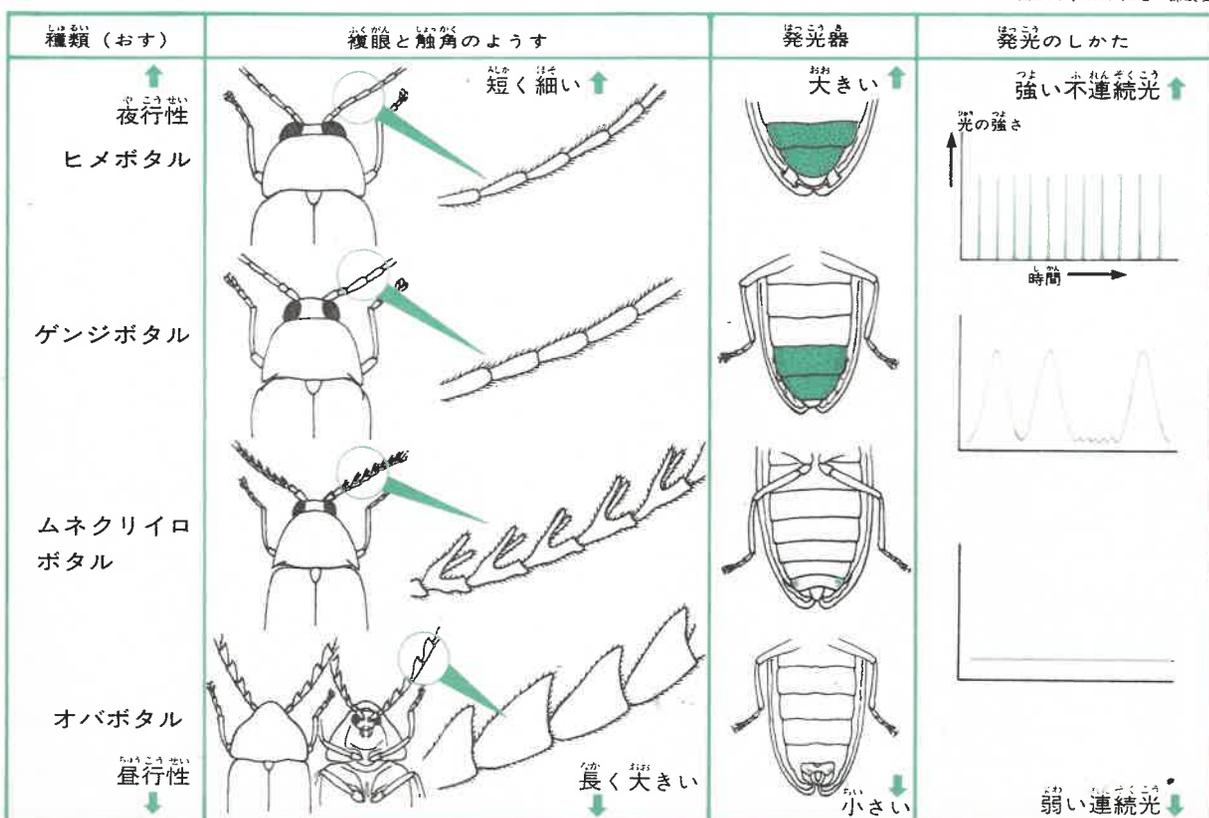
曇った昼間や夜間、オス・メスが飛び、メスの出すフェロモンをさがしてあてたオスが交尾する。夕方、弱い光をだして異性をさがすこともある。

## オバボタル

オスもメスも昼間飛び、オスがメスのフェロモンを探し出して交尾する。

● ホタルの種類と発光のようす

図は大場・1977年を一部改変



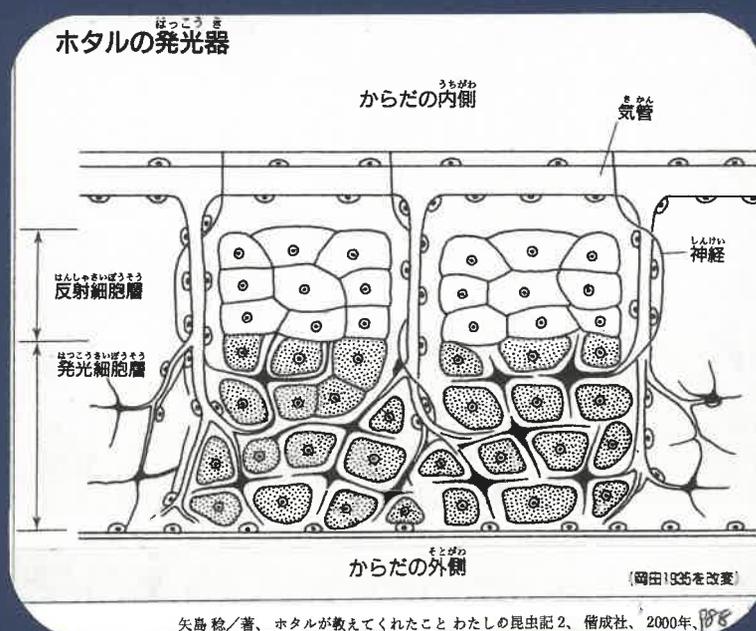
# 6-2 発光の仕組み

## ●発光器

ホタルの発光器の中には、2種類の細胞があります。1は発光細胞包といって、光を出す細胞包で、もう一つは反射細胞包といって、光を外に反射させて、光をめだたせる役割をしています。

発光細胞は実際に光を作り出すところです。発光細胞のなかにあるルシフェリンという発光物質に、ルシフェラーゼという酵素がはたらいて発光します。この時、酸素、マグネシウムイオン、エネルギーの蓄電池といわれるATP(アデノシン三リン酸)が一斉に化学反応をして熱くない光を発生します。発生した光は、発光細胞の裏側に並んでいる反射細胞包ではねかえされます。発光器があるおなかの末端部分の皮膚(表皮)が透明になっているため光が外にはなたれず、ホタルの光の特徴は身近にある白熱灯などと違って、明るくなったり暗くなったりと強弱をつけた明滅です。この仕組みは色々と言われていますが、実際の発光調節機能のしくみは予想以上に複雑で、詳細の解明はこれから...というのが実情のようです。光る生き物の多くが、ホタルと同じしくみで光っていますが、ルシフェリンは発光物質の総称、ルシフェラーゼは発光反応を促進させる酵素の総称です。それぞれ生き物に特有な物質なため、ホタルの「ルシフェリン」とキユの「ルシフェラーゼ」の組み合わせでは光りません。

ホタルやその他の生き物はすべて化学反応で発光していて、それ以外の方法(電気や蓄光)で光る生き物は今のところ見つかりません。



矢島 稔/著、ホタルが教えてくれたことわたしの昆虫記2、偕成社、2000年、185

## ATP(アデ)シン三リン酸)

アデシンという物に、三つのリン酸が結合したもので、アデシンの頭文字Aをとって、Aに三つ「T(トリプル)のリン酸(リンの化学記号はP)がくっついたものだからATPと呼ばれています。

このATPは生き物が生きていくためにはなくてはならないエネルギーの元になるもので、食べた物を消化吸収し、尿や汗にして排泄し、筋肉をうごかしたり、考えるために脳の働きをよくするのもすべてこのATPというエネルギーがかかっています。

### ●熱くない光～冷光～

ホタルを手にものせてみても、手に熱を感じることはありません。通常「光」は熱を伴うことが多く電球や蛍光灯など身近にある発光体は直接接触するとやけどをするほど熱くなっていますから、ホタルは数千匹集めて光らせても暖かくはなりません。ホタルの光はエネルギーを効率的につかっているので熱をほとんど出さない理想的な光で「冷光」と呼ばれています。

## ホタルのエコな発光～発光酵素の利用～

ホタルのお尻は光っても熱くならないことから、省エネで安全な光源の開発をめざしてホタルの光を人工的につくり出すと熱心に研究されたこともありました。

発光メカニズムが解明されている今も、ほんとうの意味の「蛍光灯」はつくられていません。ルシフェリンは化学合成ができますが、酵素のルシフェラーゼはホタルから集めるしかないからです。

ホタルの酵素であるルシフェラーゼは分解しやすいので、長く保存するのが難しく、照明装置としてホタルの発光はつかいにくいのです。

すでにホタルとは無関係に、省エネで安全な光源である「ケミカルライト」やLEDなど、熱の出ない照明は開発されています。

一方でホタルの発光システムは生命化学の研究用ツールや検査用試薬として大いに役立っています。

ホタルはその生能から、多様な生活環境を必要としています。  
ゲンジボタルであれば川を中心にしながらそのまわりの環境すべてに依存しており、土手の草がかられてしまっただけでも生きていくことができません。水環境、幼虫のエサの生育環境、人工照明のない暗い飛翔空間、産卵するための苔が生え、虫蛹になるための柔らかい土のある植生環境すべてに依存しています。

「ホタルはきれいな水」というイメージがありますが、実際、は深い山の溪流の上流など水がとてもきれいな場所にはホタルは生息していません。低山地の河川や田んぼの脇の小川などに生息していることが多く、このような場所は「里山」と呼ばれる場所です、私たちの身近な環境です。

近年ホタルは減少の一途をたどっています。

このままでは22世紀には絶滅してしまうのではないかともいわれています。その原因は生息環境の石皮土壌・汚染とホタルを金鑑賞する人々のマナーです。

ホタルの生態を正しく知ることは、ホタルが暮らしやすい環境を保つためにどうしたらいいかと考えるきっかけになります。

## 7-1 ハイケボタルの幼虫の試練

ハイケボタルはゲンジボタルに比べてエサの種類も多く、成長も早く、寒さや乾燥にも強く、繁殖力が旺盛で沖縄を除く全国に生息していますが、激減の危機にさらされています。

ハイケボタルは地域によっては「コメボタル」と呼ばれるように、水田を主な生息場所としています。ゲンジボタルが流れを好むのに対して、ハイケボタルの幼虫は、流れを好まないのです。ハイケボタルの住む水田や用水路では稲作の方法も昔と変わりました。昔の水田の多くは水はけが悪く、1年中湿っている湿田で、すぐ横にはなるなると流れる水路が水田の脇にあった

ので安心して冬越しかができました。4.50年前から、効率の良い稲作りをするために、整備事業が全国で行われ、水はけのよい乾田がほとんどになり、水路もコンクリートになり、水田からの避難場所も無くなりました。

また、化学肥料や農薬が使われるようになり、エサの貝類だけでなく、ヘイケボタルの幼虫も殺傷され、生育しにくくなりました。産卵場所や虫蛹となるあせ道にも除草剤がまかれます。また強い中干しや稲刈りの前の落水など、水環境が急変したことも大きく影響しています。何千年もかかっていた田んぼの環境に適応したヘイケボタルが4.50年前から田んぼの急変においついていけないのです。

## ●中干し

ヘイケボタルは6月中旬から7月下旬に発生して産卵し7月上中から8月上中旬に卵化して、水田の水の中でくらはじめます。

ところが6月下旬から7月上中旬に、稲の根を守り丈夫にするために、中干しといって、水田の水を一週間くらい落として乾かすことがあります。足跡のくぼみなど水かたまっている場所があればいいですがカラカラに土がひび割れるほど乾かすと、ちょうど卵化したばかりの幼虫には致命傷です。エサの稚貝も土の中にもぐってしまいます。

## ●稲刈り前の落水

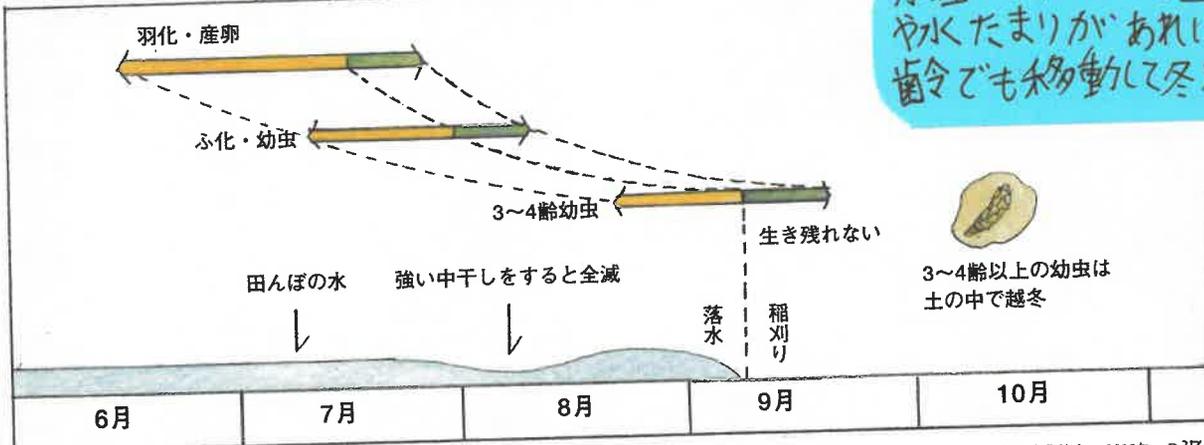
水田の水は稲刈りの約1~2週間前に排水溝を開いて落とし、大きなコンバインという収穫機がはいても沈まないように、田面を乾かして固めます。地域や品種によって違いますがだいたい9月上旬~10月上旬です。落水すると、エサの貝類も土中にもぐっていなくなってしまう。こうなるとヘイケボタルの幼虫はひからびてしまわないよう、稲刈りされた株の根などの湿気が保たれる土中にもぐり、簡単な土部屋を作り、翌年の水入れまで乾燥や寒さに耐え、水がなくなると気門で呼吸します。この生き残る習性も、落水されるころまでに少なくとも3齢幼虫以上に成長していない幼虫は、たとえ土部屋を作っても乾燥や寒さに耐えられず、春までに死んでしまいます。

ハイケボタルの么虫は水田の環境の変化に対処するため成長が早く、エサとなる貝類が十分にあれば、およそ40日で乾燥に耐え抜く終齢么虫となることができます。7月中旬に産卵され8月上旬に孵化した么虫は20~30日ほどしか成長期間がなく無事に冬越しすることが困難になります。

孵化がおそかったり、エサが少なかったり、稲刈りが早く落水がはやくなったりすると、十分に成長できなため、死んでしまうものが多くなるのです。

一度絶滅してしまった田んぼの環境をいくらよくしても、移動範囲が狭いハイケボタルはなかなか復活しません。またハイケボタルが生息している近くの水田を探し、その環境をよいたり、公園などにビオトープをついたり全国各地で保護活動が広がっています。

7月中旬以降に孵化した幼虫は、今の乾田では生き残れない



水田が乾いても近くに水路や水たまりがあれば、1齢・2齢でも移動して冬越しできる。

大場 信義 / 著、ホタル 田んぼの生きものたち、農山漁村文化協会、2010年、P.37

## 7-2 光害～鑑賞時のマナー～

ホタルや自然を理解していない、ホタルを鑑賞する人々によって絶滅してしまっただけが、いくつも存在しているそうです。

特に、「生息地の側まで車で行き、ライトを付けたリハサードランプを付ける」「ホタルに向けて懐中電灯を照らす」「フラッシュをたいて写真撮影をする」などはホタルに直接的に、しかも即座に悪影響を与えてしまいます。

ホタルは光でお互いのコミュニケーションをとる生き物で、自分と同じ仲間のオスメスを発光によって確認しているために、暗闇が不可欠なのです。ですので、「自分が出す光」以外の光をひびきかえりません。人工照明である街灯、懐中電灯などももちろん、月の明りでさえもひびきかえります。明月かりがあると、すぐ光源から少しでも離れるように飛び木の陰に逃げこんでしまいます。そうなると思うように交尾や産卵ができなくなってしまう。

このような光による悪影響は「光害」と呼ばれ、ホタル減少の原因の一つになっています。

### ホタル鑑賞時のマナー

- ・ホタルに光をあてない！  
カメラのフラッシュ、携帯電話での撮影、懐中電灯はひかえる。
- ・ホタルをつかまえない！  
ホタルの寿命はとても短く、環境が変わるとすぐに死んでしまう。
- ・川を汚さない！  
川が汚れるとホタルがすめなくなります。ごみはもちかえる
- ・静かに鑑賞する。

## ホタルは眼が良く光に敏感

ホタルは光の言葉をきちんと受け止めるために想像以上に眼がいいです。夜行性のホタルの眼は複眼で、それぞれ正六角形の個眼で構成されています。イケホタルはゲンジホタル以上に、ホタル以外の光に敏感で、満月ときや近くに人工照明があると発光活動が途端に低下します。

発光開始時刻を知ることができるのは、お互いの光をきちんと見分けられる照度(暗さ)を正確に測ることができるからです。

# 8 いろいろなホタル

## 8-1 日本の水生ホタル

### ゲンジボタル

学名: *Luciola cruciata* Motschulsky, 1854

分布: 北海道と沖縄・奄美などの南西諸島を除く日本列島全体

住環境: 川(水生)

体長[幼虫]: オス約2cm、メス約3cm [成虫]: オス約1.5cm、メス約1.8cm

体色は黒で、前胸背板は赤色で黒い十字形の紋がある。ゲンジボタルは日本を代表する大型のホタル。幼虫期を水虫で過ごす世界的に見て珍しい水生ホタル。

### ハイケボタル

学名: *Luciola lateralis* Motschulsky, 1860

分布: 北海道、本州、四国、九州、韓国や東シベリア

住環境: 水田、湿地、河川、湖沼など(水生)

体長[幼虫]: 約1.3mm [成虫] オス約0.9cm、メス約1cm

体色は黒で、前胸背板は赤色で黒く太い縦条がある。前胸背板の赤色はゲンジボタルより少し濃い。ハイケボタルはゲンジボタルより少し遅い時期に発光が観察される。発生期間はゲンジボタルにくらべて長く、2ヵ月〜場所によっては3ヵ月近くにおよぶ。

# クメジマボタル

学名: *Luciola owadai* M. Satet M. Kimura, 1994

分布: 久米島

住環境: 川(水生)

体長[成虫]: オス約1.5cm メス約1.8cm

**久米島固有の種**。ゲンジボタルと近縁種。前胸背板が橙黄色であるほかはゲンジボタルの形態や色彩が似ている。光り方はゲンジボタルの西日本型と東日本型の点滅の間隔は中間的な特徴をもっており、点滅の間隔は2~4秒間隔とアバウト。集団産卵をするが産卵時間は明け方(5時頃)で300~500個産卵する。幼虫のエサはカニナを食べる。

## 8-2 日本の陸生ホタル

陸生ホタルの仲間は成虫の羽が退化していたり、幼虫の形が種ごとにちがっていたり、様々です。陸生ホタルの成虫は光が弱かったり、ほとんど光らなかったりします。陸生ホタルの幼虫の表皮は「よるい」のようです。

成虫もオスとメスとは姿が違うものも多く、日本にいるホタルの4分の1近くの種類がメスの翅が退化して飛ぶことができません。

# ヒメボタル

学名: *Lukiola parvula kiesenwetter*, 1874

分布: 本州、四国、九州

住環境: 森林(陸生)

体長[幼虫]: 約0.9~1.3cm [成虫]: オス約0.7~0.9cm × ス約0.5~0.8cm

山間部の森林に生息する高原のホタル。

ゲンジボタルやハイジボタルと並んで“発光の美しいホタル”として知られる。発光活動の時間帯は地域によって日没後であったり深夜遅くであったりとまちまちで、短い間隔で黄色い光を発するゲンジボタルのように南から徐々に北上するホタル前線、といった傾向も見られない。

ムカ虫も陸生で生活し、陸に住む巻貝を主食としているがミズを食へることもある。体色は黒、前胸背板は赤色で、頭の方の中心だけ黒くなる。メスは下翅が退化しており、飛ぶことができない。

# ムネクイロボタル

学名: *Cyphonacerus ruficollis kiesenwetter*, 1879

分布: 本州、九州、四国 住環境: 里山の林木、林道脇の下草

体長[成虫]: オス約7mm × ス約9mm

前胸背板が栗色(赤茶色)をしている。オスの複眼は小さく、触角はくしのように枝分かれしている。成虫の発生期間は長く、関東では5月下旬~8月下旬までみることが出来る。うす暗くなると、青黄色の弱い連続光をたすか昼間(くもりの日)に活動することが多く、オスは、主ににおい(フェロモン)でメスを探し出して、光は補助的に使われていると考えられる。産卵後は土にもぐり、30~40個の卵を産む。

ムカ虫は落ち葉の下や浅い土の中で生活していて、陸生巻貝やミズ“死んだ”小動物(サワガニなど)を食へる。

# クロマドボタル

学名: *Pyrocoelia fumosa* (Gorham, 1883)

分布: 本州(東海、近畿以東) 住環境: 低山地にある雑木林

体長[成虫]: オス約1cm、メス約1.3cm~1.5cm

成虫のオスは黒色で、前胸背板の豆粒側に透明な窓があることからこの名前がついている。成虫のメスは黒色ではなく淡黄色で、下翅は完全に退化し、上翅はわずかになごりがある程度であるので飛ぶことはできない。成虫は基本的に**昼行性**で、朝の午前9時頃から活動を始め、オスは林道脇の草上をよく飛んでいる。また、夜間に発光しながら飛ぶこともあり、メスに近づくと強く発光する。幼虫は陸上で陸生貝類や小さなクモ等を食べている。冬期を除く期間、幼虫はオスメスともによく発光し、秋になっても発光することから、地域によっては**秋ホタル**または**土ホタル**と呼ばれている。幼虫の光は明滅することなく連続光である。

# ヤエヤマヒメボタル

学名: *Lukiola filiformis yayeyamana* Matsumura, 1918

分布: 沖縄県八重山諸島 住環境: 低い山の森(陸生)

体長[幼虫]: 約0.7cm以下 [成虫]: オス約0.2cm~0.4cm

メス約0.5cm

**日本で一番小さなホタル。**幼虫は貝を食べながら、落ち葉の下や土の中で、光ながら暮らしている。

飛びながら光っているのはすべて成虫のオスで、メスは羽が退化して飛ばず、移動性が低い。発光活動は日没後まもなく一斉に始まり30分ほどと短時間でひたりと終わる。一斉に光る様子は光のじゅうたんのように見える。

# イリオモテボタル

学名: Rhagophthalmus onbai Wittmer, 1994

分布: 沖縄県 西表島と石垣島、小浜島

住環境: 民家の石垣やその周辺(陸生)

体長[幼虫]: 約1.5~2cm [成虫]: オス約0.9cm、メス(幼虫型)1.5~2cm

ホタル科ではなくオオホタル科の1986年に西表島で発見された陸生ホタル。

成虫は冬(12月~1月頃)に出現する。前背板も黒色で模様がなく、オスの成虫は目が大きく発光しないがメスは発光する。日没後、普通のホタルに比べて1時間早く現れ、求愛行動はおよそ20分ほどとわずかな時間だけ活動する。オスは発光しないが、羽があるため飛びながらメスの光を探す。メスは成虫も幼虫に似た姿をしていて飛ばず、逆立ちして尾端の腹側にいる発光器から強い連続した光を放つ。

メスはオスと交尾すると光る部分が体の横と背中になり光り方もかえる。交尾後は土にもぐって産卵し、産卵後はメスは体を丸め、卵を抱卵し、体の各節に3個ずつあるスポット状の発光器を約1か月発光させながら卵を守る。多くの成虫のホタルの4倍にあたる、45日ほど生き続ける。リング状に発光する光はまるで光る目玉を連想させ、天敵から卵を守っていると考えられる。幼虫はヤスデを解毒しながら消化して食べる。

# アキマドボタル

学名: *Pyrocoelia rufa* E. Olivier, 1886

分布: 長崎県対馬 住環境: 畑や草むら(陸生)

体長[成虫]: オス系約1.6cm メス系約3cm

長崎県の天然記念物です。秋のホタル。全体に扁平で、頭を前胸背板内に引っ込めると、丁度前胸背板のその部分が透明になっていて、窓のように外が見える。メスは上翅が小さく退いて飛ぶことができない。アキマドボタルのオスは秋(9月~10月半ば)の日がしずんだ後、強く連続発光を続けながら、群れを作らずに飛ぶ。成虫のメスは地面で、オスに光がみえやすいよう腹をひねりながら光る。このときメスは独特な匂い(フェロモン)を出し、オスは、光と匂いの両方でメスを探し出している。交尾後産卵し、翌年の春まで卵のままで冬越して、春に孵化する。

人家のまわりや山に面した水田や畑、小川にまた草原などでみられる。幼虫は細長く、硬い表皮を持ち、夜間にシャクトリムシのように歩きカタツムリを探して食べる。

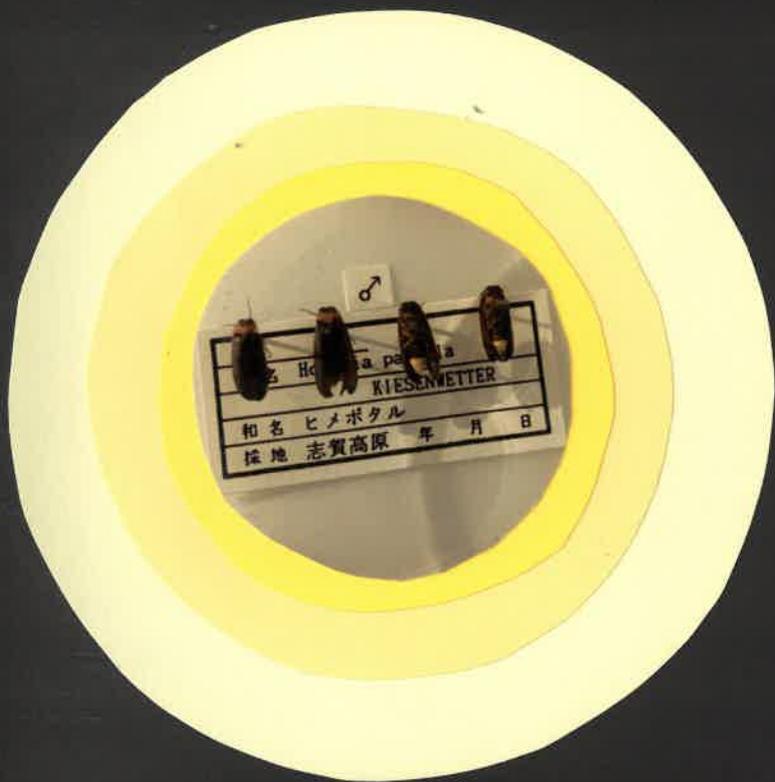
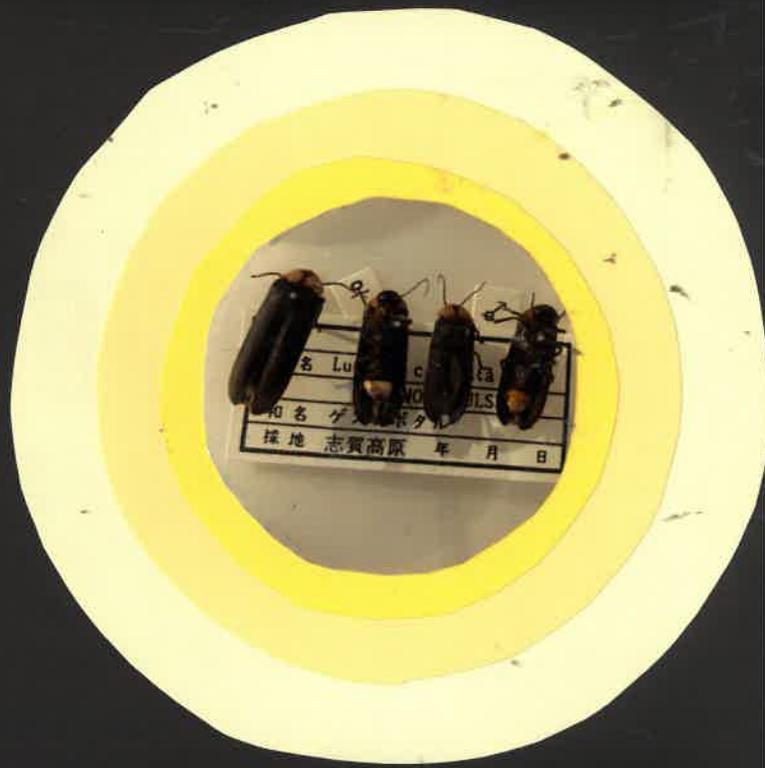
## 8-3 志賀高原のホタル

### 志賀高原日本一のホタル

志賀高原、石の湯岩倉沢川は、**日本一高所**(標高約1650m)で見られるゲンジボタルの**群生地**があります。発生場所の標高が高いというだけでなく、その発生時期も5月末～9月初旬まで(年によっては10月まで)と日本一長く、早いときには5月初旬の水辺にまた30cmほどの雪がのこっている時期から発生します。さらに、**幼虫の上陸期間も日本一**です。また成虫の**寿命も10～20日**と日本一長いのが特徴です。もともとは、南方系の昆虫であるゲンジボタルがなぜこのような高冷地に大発生しているのかというと、沢の**岸边から湧き出る温泉**が川に入り、その**温度を一年中高くしている**からです。川に手を入れていると生暖かくなっているのがわかります。温泉に入り込むことにより、**水質を安定させ、幼虫の餌となるカワナを大量に発生させます**。平成20年には国の天然記念物に指定されました。

志賀高原  
の  
ホタル

発生地の**標高が日本一!**  
成虫の**発生期間が日本一!**  
幼虫の**上陸期間も日本一!**  
成虫の**寿命が長い**  
**明滅周期が長い**



群馬県田口町のゲンジボタルは、6月初旬に見に行きましたが、夏休みでも志賀高原では見れると知り、8月中旬に行ってきました。駒が真暗になる夜8時頃には近くで遠く、下の方でとまると光っていたり、ふわっと飛んでいたり、とてもきれいでした。8時半頃になると急に光が少なくなり、4.5匹しか光っていませんでした。

ボタルは夜見に行くので、実際の姿は本でしか見たことがありませんでしたが、志賀高原自然保護センターでボタルの標本を見ることができました。想像してたよりも他のボタルに比べてゲンジボタルは大きいなと思いました。

### ゲンジボタルの発光パターン

ホタルの発光パターン (発光パターン)

ホタルの発光パターンは、発生地によって異なります。お訪みに着くと、中部地方を境にしてそれより西側では約2秒、東側では約4秒です。長野県内のホタルは大体が2秒型ですが、この石の湯だけは県内唯一の4秒型であり、なぜここだけがそうなのか不思議かられています。

最近はこちらの2秒型・4秒型を分けるように、両者の中間に相当する3秒前後で明滅するホタルも発見されています。

ホタルの言葉

ホタルは光を使って、仲間とのコミュニケーションを図っています。たとえば、ホタルが周期を揃えて明滅していることがあります。これは雄が雌を探すために行う同期明滅行動です。

雌は雄をみつけると近くに舞い降り、ピカーツ、ピカーツと強く光ります。フラッシュ発光です。雄がそれに応えてピカーツと光り返しますと、雌はすぐ雄のそばに寄っていき交配します。つまりフラッシュ発光は、雄がプロポーズの時に使います。

オスとメスの光のことは

# 9 おわりに

私はホタルを言周べてたくさんの事を知りました。ホタルについての本は思っていたよりもたくさんあってびっくりしました。私がホタルについて言周べておどろいたことがいくつかあります。

一つ目は、ホタルの発光についてです。

まず、ホタルには方言があり、西日本と東日本では求愛行動のための発光の間隔が違ふということを知りました。ホタルは西日本では2秒間隔、東日本では4秒間隔と光る間隔がちがいます。また、同種類のホタルでも地方によって産卵の仕方も違ふ。西日本では一か所に集まって産卵する集団産卵で、東日本には集団性が無いなど色々な違いがあります。また、ホタルといえは、夜に光りながら飛ぶ虫というイメージですが、昼間活動して光らないかほとんど発光しないホタルがいることも初めて知りました。

発光の仕組みは初めて聞く単語がたくさんでてきました。今まで「光→発熱」というように結びつけて考えたことはありませんでしたが、通常の電球などは熱くなること、ホタルが出す光が熱を出さないということ、熱を出さない光が特別だということを知り、あらためてホタルのすごさを実感しました。

二つ目は、様々な種類のホタルの生態の特徴です。今までには、テレビや本で見ると一般的なホタルしか知りませんでした。私が知っていたホタルはゲンジホタルやハイケホタルで、それがすごく一般的なホタルだと思っていたが、ゲンジホタルやハイケホタルのように「幼虫時代」を水の中で過ごす水生ホタルは世界中に2000種ほどのホタルがいる中でわずか10種ほどしかなく、しかもそのうち3種が日本に居ることを知ってとてもおどろきました。日本には糸夕50種ものホタルがいて、ホタルは初夏の虫だと思っていたのですが、秋や冬に発光するホタルもいることを知りました。また、メスだけ翅が退化してしまいオスとメスの姿がちがく、メスが飛べない種のホタルが多かったり、イリオモテホタルなどは、メスが産卵後も発光しながらまわりに警告を与えて卵を守るということにもおどろきました。

そして今回、ホタルについての本をたくさん読んで気づいたことは、多くのホタルの本にホタルの減少について書かれていたことです。本を読む前は、ホタルが住んでいる山や森に行けばホタルが見られるものだと思っていました。日本で一般的に、観賞されるゲンジホタルやヘイケホタルは山奥ではなく、人間の住む場所の近くの“里山”に住んでいることから、街灯がうついたり、水田や川が整備されたり農薬をまかれたり人が便利に過ごすためにしたことによって急速にホタルの住む場所がへたまっていて保護活動によってな人と私たちも身近でホタルを見ることができているのだと知りました。

この夏に2か所にホタルを見にいきましたが、1か所は保護活動によって作られたエリアで出入りも管理されている場所でした。

ホタルについて色々知ることができたので、これからはそれぞれの特徴ある発光なども気にしながら色々な種類のホタルを見に行きたいと思いました。その時にはホタルが減少していること、環境の変化に弱く、自分以外の光を特にまらうことなどをしっかりと気にゆめながら、ホタルのじゃまをしないよう観賞したいと思います。

きれいなホタルを見て、ホタルの生態を知り、ホタルを守ろうと思う人が増えていくといいなと思いました。



## 【参考文献リスト】

### 利用した図書館

板橋区立高島平	図書館
板橋区立中央	図書館

### 参考にした本

本を書いた人	本の名前	出版社	出版年	ページ	請求記号	図書館名
三石 暉弥／編著	ホタルと暮らす ゲンジボタルその不思議な一生	信濃毎日新聞社	2010	全ページ	486.6	赤塚図書館
栗林 慧／著	ほたる 源氏蛭全記録	学研	2003	全ページ	486.6	東板橋図書館
栗林 慧／著	ホタル 光のひみつ 科学のアルバム 虫15	あかね書房	2005	全ページ	486.6	高島平図書館
大場 信義／著	ホタル 田んぼの生きものたち	農山漁村文化協会	2010	全ページ	486.6	高島平図書館
大場 信義／著	ホタルの不思議	どうぶつ社	2009	P136-138	486	高島平図書館
大場 信義／著	ホタルの里 森の新聞 4	フレーベル館	1996	全ページ	486.6	高島平図書館
中山 れいこ／著 アトリエモレリ／制作 大場 信義／監修	ホタル いのちのかんさつ 6	少年写真新聞社	2013	全ページ	486.6	高島平図書館
矢島 稔／著	ホタルが教えてくれたこと わたしの昆虫記 2	信成社	2000	8-20,40,41,44-51,56-58,82-109,117,118	486.6	高島平図書館
東京ゲンジボタル研究所／著	ホタル百科	丸善	2004	P1-77	486.6	小茂根図書館
古河 義仁／著	ホタル学 里山が育むいのち	丸善出版	2011	P1-62	486.6	東板橋図書館
佐々木 嵐／文 勝野 重美／写真	ホタルの一生 新版かんさつシリーズ 1	フレーベル館	1992	全ページ	486.6	高島平図書館
片野 隆司／著	ゲンジボタル カラー版自然と科学 40	岩崎書店	1984	全ページ	486.6	板橋区立図書館
矢島 稔／文・解説 佐藤 有恒／写真	ホタルのくらし カラー自然シリーズ 46	信成社	1983	全ページ	486.6	氷川図書館
佐藤 有恒／写真 相内 幹浩／文 高桑 正敏／文	ホタル カラーアルバム	誠文堂新光社	1996	P2-29	486.6	板橋区立図書館
中瀬 潤／写真・文	うまれたよ!ホタル よみきかせいきものしゃしんえほん 21	岩崎書店	2016	全ページ		E 蓮根図書館
学研	ゲンジボタルが光ったよ 調べよう学校周辺の自然と環境 4	学研	1998	P12-15	468.2	高島平図書館
大場 裕一／編	昆虫たちの不思議な性の世界 進化するムシたちのラブストーリー	一色出版	2018	P162-173	486.1	中央図書館
大場 裕一／著	陸のいきもの 光るいきもの	くもん出版	2015	P1-21,30-31	481.7	西台図書館
大場 裕一／著	恐竜はホタルを見たか 発光生物が照らす進化の謎 岩波科学ライブラリー 249	岩波書店	2016	P42-50,62-65	468	高島平図書館
大場 裕一／著	ホタルの光は、なぜだらけ 光る生き物をめぐる身近な大冒険	くもん出版	2013	P48-55	468	高島平図書館
さとう なおみ／写真 文 さとう ふみやす／写真 文	ホタルの国から 沖縄・久米島のクメジマボタル	新日本出版社	2008	P18-21	486.6	東板橋図書館
近江谷 克裕／著 小江 克典／著	ふしぎ!光る生きもの大図鑑	国土社	2021	P36-39, 54,55	468	高島平図書館
カミラ・ド・ラ・ペドワイエール／著(今泉 忠明／日本語版監修)	へんな生きもの図鑑 暗闇 暗闇の世界はふしぎがいっぱい...	講談社	2017	P52-55	48	小茂根図書館
マーク・ジマー／著 近江谷 克裕／訳	発光する生物の謎 生命ふしぎ図鑑	西村書店	2017	P24-29	431.54	氷川図書館
小宮 輝之／監修	鳥・虫・魚のふしぎ 科学のおはなし	PHP研究所	2009	P98-101	480	志村図書館
サラ・ルイス／著 高橋 功一／訳 大場 裕一／監修	ホタルの不思議な世界	エクスナレッジ	2018	P17-19,25	486.6	志村図書館
農林水産省農林水産技術会議事務局／監修 梅谷 献二／編	自然の中の人間シリーズ 昆虫と人間編 8 昆虫のバイオテクノロジー	農山漁村文化協会	1998	P22,23	486.1	志村図書館
鷲見 辰美／監修	夢の技術を次々生み出す自然界の超能力! 4 生活便利グッズ	学研	2009	P8-12	500	赤塚図書館

### 参考にしたWebページ

サイト名	サイトを作った人・団体名	URL	見た日付
東京にそだつホタル 私のホタル研究51年全記録	東京ゲンジボタル研究所代表／古河義仁	http://www.tokyo-hotaru.com/index.html	8月18日