

ホタルにとって水田とその付随施設は どのような環境か?

Paddy Field Environments and Their Adjunct Facilities for Fireflies

大場信義

OHBA Nobuyoshi

はじめに

- ①ホタルの分布とその生活史
- ②日本の水田とその付随施設に生息する代表的ホタル
- ③ヘイケボタルの本来の生息環境
- ④モンスーンアジア地域に見られる水生ホタルと水田環境
- ⑤水田周辺にみられる陸生ホタル
- ⑥ホタルの良好な生息地である水田環境の保全に向けて

まとめ

【論文要旨】

ゲンジボタル (*Luciola cruciata*) とヘイケボタル (*L. lateralis*) が生息するような水田とその周辺の水系の多くは、昔ながらの地形を利用した水利システムが残り、周辺には樹木が生えており、畦は毎年、人の手により維持管理されている。この樹木の存在は上記した2種のホタルにとって、休息場所となる役割を果たす重要な環境要素のひとつとなっている。

ゲンジボタルやクメジマボタル (*Luciola owadae*) が流れのある河川を中心に生息するが、ヘイケボタルは水田を中心に生息し、こうした水田環境は水生生物の多様性が高い。

水田とその周辺の環境分析を行う上で、ホタルは有効な指標生物となり得る。すなわち生息するホタルの生態や発光行動の把握から水田およびその周辺環境の特徴を適切に知ることが可能である。特に、ヘイケボタルは水田の立地条件、維持管理の相違や放棄状況を反映し、飛翔発光行動、更に発光パターンに顕著な変化が生じる。

ヘイケボタルは河川から水田まで様々な水辺に生息するが、河川、湖、湿地、水田の順に生息密度が高くなる。ヘイケボタルにとって水田とその周辺は維持管理が人為的になされていることから安定し、餌資源が豊富である好適な生息の場となり、生活史を適応させている。中山間地の水田とその周辺には、ヘイケボタルやゲンジボタルなどの水生ホタル (aquatic firefly) のほか、陸生 (terrestrial firefly) のヒメボタル (*Luciola parvula*)、クロマドボタル (*Pyrocoelia fumosa*) のほかオバボタル (*Lucidina biplagiata*) なども生息する。中国や韓国、台湾の水田においても水生ホタルが生息し、畦などの周辺には様々な陸生ホタルが見られる。このことは水田をとりまく水田環境が保水性に優れ、安定した環境であり餌資源が豊富であり、配偶行動の場としても適していることを示している。

【キーワード】 ホタル、水田、水利システム、発光パターン、中山間地

はじめに

日本ではホタルといえば、一般には水辺の昆虫とされている。これは、昔からゲンジボタルやヘイケボタルが水田やその用水路、堰などに多く生息し、身近な存在であったためである [大場, 1988, 1992]。特にゲンジボタルは光も強く、夏の風物詩ともなっており、詩歌や文学にもしばしば登場し人々に親しまれてきた [大場, 1988, 1992, 1994, 1996, 2003, 2004b, 2005, 大場ほか, 1996, 2005]。一方、より小型のヘイケボタルは、水田や湿地に生息し、光り方や発生期も異なり、光も弱いために、ゲンジボタルに比較するとあまり注目されていなかった。しかし、近年になって、最も身近な存在であったヘイケボタルが、むしろ急減しており、その原因として、水田環境や湿地、および水利システムの改変などがあげられている [大場, 1986, 1986, 1997, 1999]。ゲンジボタルの生息環境は川など流れのある水系であるために、多少の雑排水、農薬などが流入しても、希釈されるので生息条件の許容範囲におさまりやすいが、ヘイケボタルは本州では一般に止水域に多く生息するので、ゲンジボタルに比べて、水質汚濁の影響を受けやすい [中根・大場, 1981, 野比ホタル調査会, 1990, 大場, 1980, 1986, 1988]。更に、水田とその周辺は人間活動が活発であるために、あぜ道や用水路の改変のほか、人工照明の影響をより強く受けるために、ヘイケボタルの生息に大きな影響を及ぼしている [大場, 1995, a, b, 2001, 大場ほか, 2005]。

こうした環境要因のほかに、ヘイケボタルは水田の立地条件を選択しており、平地に広がる水田よりも、中山間地の水田に多く生息する。

歴史的にみると水田は人為的環境であり、ヘイケボタルのたどってきた生態からみてもごく短期間に造られてきたものである。ヘイケボタルは本来どのような環境に生息していたのであろうか？そしてどのような経過を経て、水田環境に繁栄するようになったのであろうか？こうした問題を紐解くために、著者は北海道の湿原や湿地、河川でヘイケボタルの調査、研究を行ってきた [大場ほか, 1993, 大場ほか, 2001, 大場, 2004, 鈴木ほか, 1994, Suzuki et al, 2004]。その結果、ヘイケボタルは、本州とは異なる大きな河川、溪流、湿原など、広い範囲に本州に比較すると密度が低く生息する事実が浮かび上がってきた。

こうした、生息環境と生息密度との関係を比較することにより、水田環境がヘイケボタルの生息を促してきた要因を抽出することを試みた。水田とそれを取りまく環境にはゲンジボタルやヘイケボタルだけでなく、様々なホタルが生息する。それらのなかには、幼虫が陸に棲む、いわゆる陸生のホタルが含まれ、それらの生息条件は餌資源の種類、量などが満たされていることが必要である。

ここでは、これまで調査、観察してきたなかで、国内外の水田とそれを取り巻く環境に生息する様々なホタルを取り上げて、それぞれの生態学的特徴と生息条件が水田環境にどのように満たされているのかを論じる。

①……………ホタルの分布とその生活史

日本のホタルは水田環境に深く関わる幼虫が水生のゲンジボタル (*Luciola cruciata*) (図1) や



図1 水生の幼虫が水田環境に深く関わるゲンジボタル(*Luciola cruciata*)



図2 水生の幼虫が水田環境に深く関わるヘイケボタル(*L. lateralis*)

ヘイケボタル (*L. lateralis*) (図2)のほか、森や林に生息する陸生ホタルが約50種知られている[大場, 2004]。また世界では水生、陸生のホタルを含めて約2000種記録されている[中根・大場, 1981]。これらのなかには成虫になると昼間活動し、ほとんど発光しなくなる種も含まれる。ホタルの大きさは約5mm～90mm、幼虫期には水生のものから陸生のもので様々であるが、ほとんどの種は発光し、夜行性である。これらの幼虫の餌は貝類を主としながらも、ミミズ、衰弱したオタマジャクシ、水生昆虫、ヤスデなど多様である[大場ほか, 1996, 大場, 2004]。

日本のホタルは、最も有名なものは大型のゲンジボタルであり、より小型のヘイケボタル、陸生の種としてはヒメボタル (*Luciola parvula*) [大場, 1978, 2004], アキマドボタル (*Pyrocoelia rufa*) [大場, 1980, 2004], キイロスジボタル (*Curtos costipennis*) [大場, 1984, 2004], オバボタル (*Lucidina biplagiata*) [大場, 1984, 2004] など強く発光するものからほとんど発光しない種が含まれる[大場, 1986]。

②……………日本の水田とその付随施設に生息する代表的ホタル

上記した日本のホタルのうち、水田をとりまく環境に生息する種の代表としてゲンジボタル、ヘイケボタルおよびクメジマボタル[大場ほか, 1994]が知られている。前者の幼虫は水田の用水路や堰(図3)、西日本では大きな河川(図4)に群生するが、後者は水田(図5)や湿地、池、湖など流れがより緩やかな環境に生息する。ゲンジボタルは東西日本列島で生息環境が異なるほか、雄



図3 東日本のゲンジボタルは水田の用水路や堰に生息する(神奈川県横須賀市)



図4 西日本のゲンジボタルは大きな河川に生息する(宮崎県延岡市)



図5 ヘイケボタルが生息する水田(神奈川県横須賀市)

が雌を探す時に飛翔発光するが、その際の発光間隔が西日本では約2秒、東日本では約4秒と相違する [大場, 1986, 1989, 1988, 2001, 2004, Ohba, 2004]。

ゲンジボタルとヘイケボタルは同処的に見られることもあるが、多くの場合、餌資源、発生期、生息環境を少しずつ違えている。

これらの水生ホタルとともに、水田周辺の畑、林、森そして河川の土手などに、夜行性で強く発光するヒメボタルやアキマドボタル、両行性で微弱に発光するクロマドボタル (*Pyrocoelia fumosa*)、昼行性でほとんど発光しないオバボタル、南西諸島には夜行性で強く発光するキロスジボタルをはじめとした多種多様なホタルが生息する [大場, 1986, 2004]。特にイリオモテボタル (*Rhagophthalmus ohbai*) は水田の畦にも生息域を広げた特異な陸生ホタルである [大場, 2004]。本州では上記したホタルは水田にまで飛翔行動範囲を広げ、本州ではしばしばゲンジボタルやヘイケボタルとともに飛翔発光することがある。一方、昼行性のオバボタルは湿地から水田まで広く生息する陸生ホタルである。本種の幼虫は夜行性であり発光する。

特異なホタルの事例として幼虫が半水生のスジグロベニボタル (*Pristolycus saguratus*) (図6) があげられる。半水生ホタルとは幼虫が水辺に生息するもののゲンジボタルの幼虫のように常に水底で生活するのではなく、餌の捕食時に一時的に水のなかに入ることができる。本種は北海道を基産地とするが、本州では寒冷な高地、都市部では地下水が湧き出るとごく限られた湿地 (図7) に生息し、氷河期に分布拡散した遺存種 (レリック) と考えられる。本種は翅が鮮やかな赤紅色、黒色の縦条があり、湿地や水田の用水の源流域に生き残ってきた昼行性のホタルである。

(1)ヘイケボタルの生息環境としての水田およびその付随施設

国内では水田に生息することで最も知られているホタルはヘイケボタルである。幼虫の生息環境への適応の大きさや食性の広さから、安定し餌資源の豊富な水田が好適な生息地となり、密度高く生息する。

水田は稲の耕作の場であり、このために人の手によって田起こし、畦づくり、用水路の土起こし、草刈、水落とし、刈り入れなどの一連の施業がなされた環境であり、こうした水田の一連の維持管理 (図8) に適応することに成功した昆虫のひとつといえる。畦は幼虫が蛹となる上で好適な場となったことのほか、水田全体の生産性と安定性、持続性などがヘイケボタルの繁栄を促してきた。

(2)ヘイケボタルの生息にとっての最適な水田環境

常に安定した流れが維持されている用水路を持ち、水田や畦などの管理が良好かつ継続的になされているような水田環境は、生物の生産性が高く、ヘイケボタルの生息地として最適である [大場, 1977]。こうした環境に生息するヘイケボタルの雄は生息密度が高いことから個体間の競争が大きく、雌を探す (探雌) 時には発光しながら畦を中心に低空を飛翔する [大場, 2004]。

冬季に水田が水落としされる場合とそうでない場合とでもヘイケボタルの生息状況に大きな影響を与え、後者のほうがヘイケボタルは安定して密度高く生息することが多い。

こうした水田のヘイケボタルを支える要因として以下のことが考えられる。

①水辺環境が常に安定しながらも、人為的に適度な環境更新が維持されている。具体的には用水



図6 幼虫が半水生のスジグロベニボタル (*Pristolycus saguratus*)



図7 スジグロベニボタルの生息環境
地下水が湧き出るごく限られた湿地

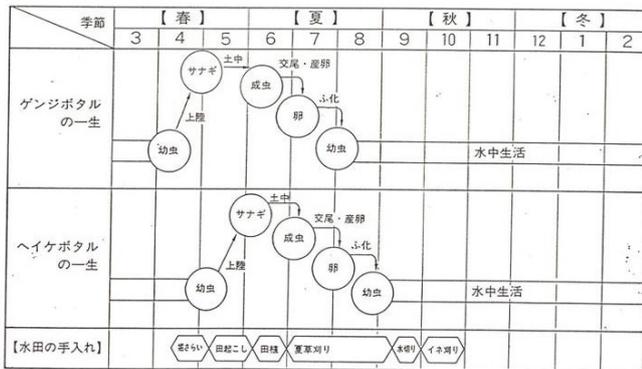


図8 水田の一連の維持管理とホタルの生活史



図9 寒冷地では用水路の水を幅広いあまりやくならせた水路(○で囲って示した場所)に引き込み、ゆっくりした流れにして水温を上昇させた水を水田へ供給する。→は水の流れの方向(長野県茅野市 標高約950m)

路の管理によって、流入水が安定。②適宜、草刈がなされ、日照が確保されるとともに、稲の生育を促す有機肥料の供給などにより餌資源となる小生物の生産性が高い。③蛙の修復が田植え前に行われ、ヘイケボタルの蛹化場所が確保されている。④夏季には稲が大きく生育し、太陽の輻射熱を抑制するために、水温上昇が抑制される。⑤稲刈り時に水田は水落としされることが多いが、その時点ではヘイケボタルの幼虫は終齢幼虫となっており、湿った土のなかで、翌年の春に田に水が引かれるまで生存可能である。水田が水落としされた場合においても、用水路には通年用水が流されている場合や水田に「オッポリもしくはケッポリ」と南関東で呼ばれる水たまりが存在する場合には、水落としされた時に水生生物の退避場所となる。⑥用水路は田植え前には堆積した落葉や土を除去し、用水の流れが維持されている。さらに水路を被う樹木の選定、間伐が行われることによって、ヘイケボタルの飛翔空間が確保されるとともに、捕食者となるクモ類の営巣を抑制する [大場, 1988, 1997, 1999, 1996, 2004]。

寒冷地では稲の発育を促進するために、水田用水を直接水田に引かず、池や溜まりで太陽の輻射熱を利用し、少しでも水温を上昇させてから水田へ供給するが (図9)、このことが寒冷地の水田においてヘイケボタルの繁殖を促した要因のひとつと考えられる。

(3) 休耕田環境

水田の施業がなされないことで人為的攪乱が無くなり、一時的には安定性が向上し、ヘイケボタルの生息密度が耕作水田よりも更に高くなることもあるが、水田と畦には草本植物が次第に繁茂し(図10)、飛翔しながら雌を探す行動の効率が低下する。このために、雄は畦を飛翔発光する行動から、繁茂した草の中に入り込み、そのなかで雌を探す行動に変化する。この場合には一見すると生息密度が低いようであるが、生息個体数は予想



図10 休耕田とその畦には草本植物が次第に繁茂し環境は変遷する(神奈川県横須賀市)

以上に維持されている。しかし、長期的には、堆積物による水系の変化により、こうした水田は水利システムが崩壊し、水田を被い尽くす植物により、年間として日照量が低下し、更に肥料散布も無くなることによって、水生貝類などの餌資源量が低下しヘイケボタルの発生個体数は減少する。畦や水路周辺の草刈や修復などが行われずに、水辺環境の安定性は次第に低下し、ホタルの生息環境は悪化する。

(4) 放棄田環境

休耕田が更に長年(10年～20年)放棄されると、草本植物ばかりでなく木本科植物が繁茂し(図11)、湿地から次第に陸地化し、ヘイケボタルの環境として不適となる。即ち、水辺環境は全体に暗くなり、餌資源の繁殖は不良となり、落葉や土砂の堆積により、水面面積が狭められる。こうしたなかで部分的には、樹木が繁茂した下には植物の繁茂が抑制されて湿地が維持される(図12)。このような環境はヘイケボタルにとって僅かに残された生息地となるが、空間が非常に狭いことから、ヘイケボタルは飛翔発光が抑制され、空間内で葉にとまり時々短い距離を移動するにとどまる(図13)。

一方、ヨシや低木が繁茂した広い空間のある場所(図14)では雄は上空をすばやく直線的に飛翔発光する。同一個体群のヘイケボタルでありながら、環境の相違があると、劇的にその飛翔発光行動が変わり[大場, 2004, 大場ほか, 2001, 渋江ほか, 1995, 1996], 別種のような挙動を示す。

ヨシが繁茂する北海道釧路湿原(図15)のような広い空間においても類似したヘイケボタルの飛翔発光行動が見られ[大場ほか, 1993], 湿原化する環境下で共通する行動が引き起こされたとみなされる。即ち、ヘイケボタルの飛翔発光行動は水田環境の特性を大きく反映している。

放棄田は全く人為的更新がされないために、残された湿地も陸化をたどり、さらに水路は崩壊し、流路が変化することによって、物理的安定性も悪化する。水路を被う樹木の剪定、間伐も行われない状態が続くことで、藪化し、クモなどの捕食者が増えて、ゲンジボタル個体群の減少を増大させる[野比ホタル調査会, 1990]。横須賀市野比地区の約40年経過した放棄田(図16)の用水路周辺では一晩にクモの巣にかかるゲンジボタルは流域約200m範囲で20個体前後に及ぶことがある。こうした環境の水路周辺ではゲンジボタルは探雌飛翔が抑制される。



図 11 水田が長く放棄されると、草本植物ばかりでなく木本科植物が繁茂する(神奈川県横須賀市)



図 12 水田が放棄され、樹木が繁茂した下には湿地が維持される(神奈川県横須賀市)

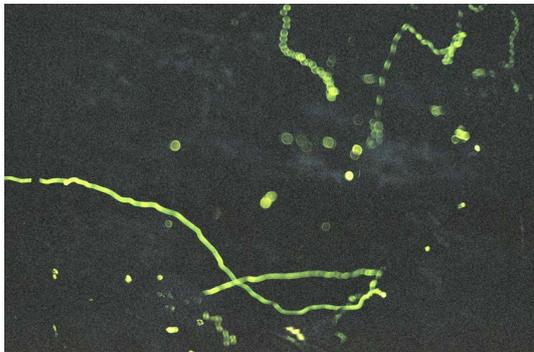


図 13 ヘイケボタルは樹木が繁茂して生じた狭い湿地ではほとんど葉にとまり、時々短い距離を移動するにとどまる



図 14 ヨシや低木が繁茂したヘイケボタルの生息地(神奈川県横須賀市)



図 15 ヨシが繁茂する北海道釧路湿原

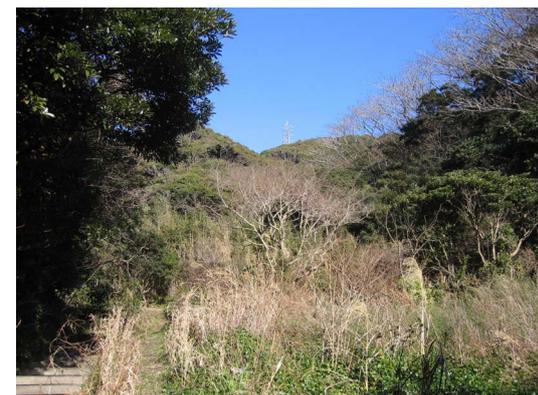


図 16 横須賀市野比地区の約40年経過した放棄田(神奈川県横須賀市)

(5)水田立地条件とヘイケボタル

ヘイケボタルは水田の立地条件によって、生態や飛翔発光行動が影響される。一例を挙げれば、寒冷な北海道においては、成虫になるまでに1年以上、多くは2年を要するが、温暖な神奈川県三浦半島ではほとんど1年で成虫になり(年1化)、更に西日本では年に2化という観察もあり、気温や水温に依存し生活史を適応させている [大場ほか, 2001]。



図17 森や林に囲まれた水田(神奈川県横浜須賀町)



図18 周囲に樹木がない広い水田(新潟県柏崎市)

また、同じ地域に生息するホタルであっても、森や林に囲まれた水田(図17)と、周囲に樹木がない広い水田(図18)とでは、ヘイケボタルは前者の環境に密度高く生息するが、後者では生息数は少ない。これは水田周辺の樹木がヘイケボタルの休息場所、配偶行動の場所としても重要な役割を果たしているからである。

本州と寒冷な北海道のヘイケボタルでは化性ばかりでなく、発光行動の大きな相違が認められる[大場ほか, 1993, 2001]。雄の探雌飛翔時において、本州のヘイケボタルは約0.5秒に1回発光するのに対し、北海道では約1秒に1回発光する(図19)。また、北海道では雄は探雌飛翔中に突然2~3秒間発光を休止し、再び発光するという行動が頻繁にみられる。一方、本州ではこの発光の休止頻度は低い。以上のように、発光パターンや発光の休止頻度などからも、生息地の特徴が把握できる。

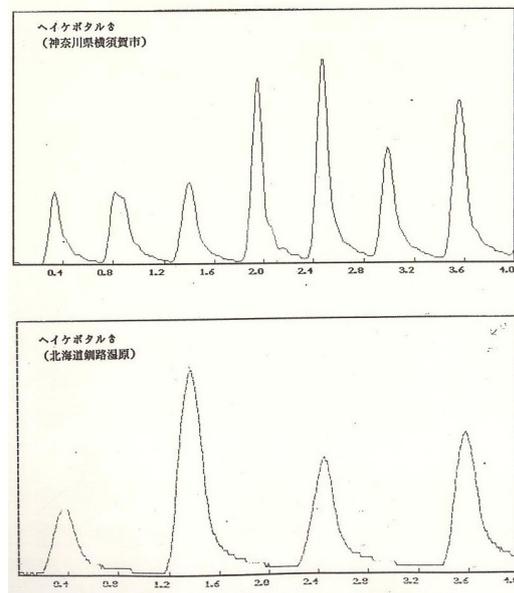


図19 ヘイケボタルの雄の探雌飛翔時において、本州の集団は約0.5秒に1回発光するのに対し、北海道のそれは約1秒に1回発光する

(6)ヘイケボタル生息地である水田環境の変化

水田は河川に比較すると流れが緩慢であり、農薬など水質汚染物質が流入すると、希釈効果が低く、直接的に水田に生息する生物に大きな悪影響を与える。さらに、水田は人の営みによって維持されており、近年では農業形態の変化に伴い、圃場整備、水利システムの再構築、減反、放棄などにより、ヘイケボタルの生息する背景としての水田は大きく変化している。

特に、これらのなかで圃場整備は、生産性の向上が求められ、大規模な幾何学的な耕地改良がなされ、畦はコンクリート化されるとともに、水路の用水、排水などがポンプによる管理形態に移行する結果、引水、排水が迅速に行えるようになり、このことが、水田に生息するヘイケボタルをはじめとする小生物に大きな影響を与えることになった。また、水田耕作期以外は用水路に水を流さ

ないといった場合には、更に事態は深刻である。即ち、水田を取り巻く水辺環境に適応してきた生物は、人為的に行われる迅速な水利システムに追いついていけず生息不能となったものも多い。ヘイケボタルにとっては早稲に変わってからは、水落しは早まり、このことも生息を困難にした要因となった。

水田や用水路の物理的変化や維持管理方法の変化のほか、水田周辺の人間活動の増大による、人工照明の影響が大きくなり、ヘイケボタルの発光コミュニケーション様式の特徴 [大場, 1984, 1986] から、予想以上に生息を阻害している。

ヘイケボタルが好んで生息する環境である中山間地の水田は一般に面積が狭い、傾斜地で耕運機などの利用に制限があることから人力による施業が中心となることが多い。こうした地においては高齢化、後継者の減少などの問題も加わり、立地条件に伴い生産性が低いこともあり、急速に水田が放棄され始めている。また、現在でも耕作が継続されている水田であっても、維持管理の効率化が図られ次第に畦がコンクリート化され、水田があってもホタルがいないという事態を招いている。

本来、ヘイケボタルやゲンジボタルは広大な水田環境よりも、中山間地の水田が好適な生息地である。水田が山林で囲まれており、水源が確保され、適度な日照量、水系の安定性、さらに多くの生物が森から水辺へつながりを保って生息可能であるからである。ゲンジボタルやヘイケボタルの場合は、産卵期になると水田周辺の樹木を雌の休息場所としており、産卵期に舞い降りて水辺の草や苔に産卵する [大場, 1980, 1988]。

国外の水田を取り巻く水辺のホタルの生息状況も日本の実情と似ており、特に台湾、韓国そして中国では保全策がないままに現状のまま放置されるならば、水田の生物多様性や原風景、歴史といった背景が失われる可能性がきわめて高いと思われる。

③……………ヘイケボタルの本来の生息環境

水田は人の営みにより形成されてきた水辺環境であり、有史以前にはヘイケボタルはどのような環境に棲んでいたのであろうか？ この問いにヘイケボタルが生息する北海道の湿原 (図 20) がヒントを与えてくれる。著者はこの問題にアプローチするために、北海道釧路湿原に解答を求め、5年間の調査を実施した [大場ほか, 1993, 2001]。その結果、寒冷な北海道ではヘイケボタルの生息環境は本州とはかなり異なる実態が浮かび上がった。確認された水辺は生息密度が低いもの三日月湖、湖、土砂により自然にせき止められて形成された湿地 (図 21) などにもヘイケボタルが生息する。

さらに北海道の美幌町では河川、そしてその上流域までにも生息が確認されている (図 22)。網走湖などの湖の岸辺にも生息するが、生息密度は一般に高くない。こうした生息地には樹木が繁茂している。同じ湖であっても屈斜路湖の和琴半島は地熱が高く、ヘイケボタルが密度高く生息し、例外的である。しかも同所



図20 ヘイケボタルが生息する北海道の湿原。湿地性植物が繁茂しているために、水面が見えない(北海道網走市)



図21 手前に土砂が堆積して水がたまり湿地を形成している。土砂の堆積により形成された北海道厚岸の湿地



図22 ヘイケボタルの生息地となっている北海道の美幌町の河川。流速は早く、水温は低い

のヘイケボタルの雄の飛翔発光パターンは本州のそれに似ており、特殊な習性を有している。

しかし、本州のヘイケボタルは河川での生息する例はきわめて少ない。こうしたことから本州では、ヘイケボタルは川にはほとんど生息しないとされてきた。

北海道における本種のこうした生息環境を生息密度の低い順に並べなおしてみると、河川、三日月湖、湖、湿原、湿地、用水路、水田といった傾向が認められる。こうしたことから、ヘイケボタルの本来の生息環境は河川であり、湿原、湿地、用水路や水田と安定性と生産性が増すほどに好適な生息環境となり、そこに進出していったことが推定できる。北海道の本種の生息地においても、成虫が休息するための樹木が生える環境であることが多い。湿原では水田のように畦もないために、蛹になるための場が水苔上で行われることもある。ヘイケボタルは外敵に対する防衛としても畦の土に潜り、土繭を造るように適応し、水田環境に生息域を広げ畦や土手は好適な蛹化場所となった。即ち、ヘイケボタルは人の手によって造りだされてきた水田とその周辺環境に適応してきたという歴史がある。

以上のようにヘイケボタルは環境によってその生態や飛翔発光行動を劇的に変化させるために、河川から水田環境のきめ細かな特徴を知る上で大変重要な指標となる。

④……………モンsoonアジア地域に見られる水生ホタルと水田環境

(1)韓国の水田とヘイケボタル

韓国のホタルが生息する水田形態は日本のそれにきわめて類似し、丘陵に挟まれたなだらかな傾斜地もしくは平坦に広がっている(図23)。用水路は丘陵の端を流れ、そこから水田へ引水している。畦の幅は数十cmであることが多い。

水路の片側は丘陵となっているので、樹木が生えており、成虫の休息場所を提供している。

雄は日没後に畦を中心に飛翔発光し、雌を探す。この雄の探雌飛翔時における発光間隔は約0.5秒であり、日本の本州に生息する発光パターンとほぼ同じである。一方、このヘイケボタルを卵か

ら羽化させるまで、1年以上を要することが知られている。これは、北海道のヘイケボタルの生活史パターンに似ている。即ち、韓国のヘイケボタルは本州と北海道に生息するヘイケボタルの特性を併せ有している [大場ほか, 2001]。

(2)台湾の水田と水生ホタル

台湾の水田や湿地にはヘイケボタルに似るが、前胸背が橙黄色であり、上翅の周縁が黄色であるルキオラ・フィキタ (*Luciola ficta*) (図 24) というホタルが生息する。本種の成虫は色彩が異なるほかは発光パターン、コミュニケーション・システムなどは酷似する [大場, 1986]。更に、幼虫もヘイケボタルのそれにきわめて似た形態をしている。

本種が生息する台湾の水田形態は日本の水田と似ているが、30年前まではハイビスカスが畦にそって植えられていることが大きな特徴であった [大場, 1981]。著者は本種の幼虫をこうした水田の畦に沿って流れる用水路中で発光していたものを最初に発見した。

近年の本種の生息調査によると、著者が最初に発見した時点と比較するとその生息域は狭くなり、生息数は激減している。この減少要因として、年間を通じた農薬使用量が多いことと、畦や用水路がコンクリート化された (図 25)、放棄水田の増加、水田の減少、人工照明などがあげられる。

こうした事態に対応するために、本種の生息地保全のために調査、研究が各種研究機関で進められているが、自然に生息する水田はきわめて稀となった。

(3)中国の水田と水生ホタル

著者は8年前から中国大陸における水生ホタルを中国科学院昆明動物研究所および中国湖北省の華中農業大学との共同研究、調査を行ってきた結果、2種の水生ホタルの生息を観察することができた。これらのうちの1種は背面全体が黄色であるヘイケボタルに似たルキオラ・レイイ (*Luciola leii*) というホタル (図 26) であり、色彩が異なることを除けば、形態、発光パターンはほぼ同一である。湖北省の水田は夏季には水温が著しく上昇し36℃前後に達することもある。本種の幼虫は水田の用水路 (図 27) を中心に生息するために、水温が著しく上昇することがなく、このため



図 23 韓国のヘイケボタルが生息する丘陵に挟まれたなだらかな傾斜地に広がる水田



図 24 台湾の水生ホタルであるルキオラ・フィキタ (*Luciola ficta*)



図 25 畦や用水路がコンクリート化され狭くなった台湾の水田



図26 中国湖北省の水田に生息するヘイケボタルに似たルキオラ・レイイ (*Luciola lei*)



図27 ルキオラ・レイイが生息する中国湖北省の水田と用水路

に本種の移動性は大きくない。このホタルの生息する水田は基本的には日本のヘイケボタルが生息する水田とよく似ているが、畦道が狭いという特徴的な相違がある。また、本種が生息する水田周辺には森や林が隣接し、成虫が休息する場所がある。

湖北省においても水田環境は年々変化し、圃場整備を終えた水田にはほとんど見られなくなった。更に、人工照明の影響が大きく、本種の生息する環境が激減している。

(4)インドネシア バリ島の水生ホタル

バリ島の水田には幼虫が水生であるルキオラ・サブストリアタ (*Luciola substriata*) (図28) が生息する。このホタルは中国大陸では池や用水路に生息する。成虫は体長約12mm、全形はヘイケボタル (*Luciola lateralis*) に似るが全体に淡褐色であり、雄の腹部第6節目の発光器がV字状であり、特長的な形態をしている。終齢幼虫は体長約27mm、全体に扁平な体形をしており、頭は小さい。前胸背板は前方が狭まり、背板は硬く、ゲンジボタルの幼虫にみられる水中での呼吸器官である鰓足はなく、気門のみ備わっている。全体に暗褐色であり、第8節目の両側に白色の発光器がある。雄成虫は地上1~2mを約1秒に1回定期的に閃光を放って飛翔する。これは雌を探る行動である。



図28 インドネシア バリ島の水生ホタルであるルキオラ・サブストリアタ (*Luciola substriata*)

島内でこのホタルが生息する田んぼや水路は(図29)非常に限られているのが現状である。その理由として以下のような人為的原因が考えられる。即ち水系環境の安定性、背後の林や森、あぜ道の状態、耕作形態や維持管理方法、水質など様々な環境要因が悪化し



図29 インドネシア バリ島のホタル、ルキオラ・サブストリアタが生息する水田

ていることによる。

さらに熱帯に位置し、害虫駆除のための農薬散布の影響が大きいと考えられる。このことを裏付けるかのように、ホタルが生息しているところは無農薬栽培を行っている水田である。

さらに人工照明の影響も増大し、水田の物理的環境要因が満たされていても、光でコミュニケーションをはかるホタルにとっては人工照明の影響が増大している。

島内において水田の耕作放棄が各所で見られ、そうした水田は荒地と化し、復元が困難となっている。こうした水田はホタルが生息する上に不適となり、ホタルの減少の要因のひとつになっている。

⑤……………水田周辺にみられる陸生ホタル

これまで記してきたホタルは水田もしくはその用水路に生息する水生ホタルであるが、水田周辺にはこれらのホタルとともに森や林に生息する陸生のホタルも生息する。こうした陸生ホタルが水田もしくはその周辺で飛翔発光し、同所的に見られることもある。以下にそのいくつかの事例をあげる。

(1)日本

長崎県対馬に生息するアキマドボタル(図30)はその種名のとおり秋季に成虫が羽化し、雌は翅が痕跡ある程度に退化した特異なホタルである。本種が生息する環境は草地、畑や人家周辺などであるが、水田に接した草地や土手などでも生息する[大場, 1980]。こうした場所は草刈が定期的になされるために、移動性が小さな雌が発する光シグナルを雄が発見しやすい。即ち探雌行動の効率がよい環境となっている。本種の発生期から他の水生ホタルと同時期に飛翔発光することはない。

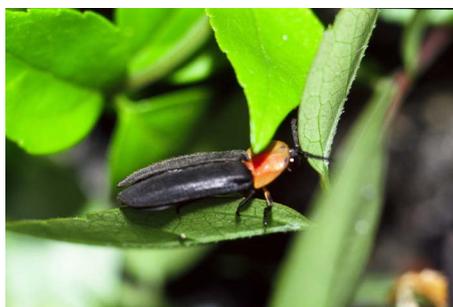


図30 長崎県対馬に生息する陸生のアキマドボタル

ツシマヒメボタル[大場, 2004]は水田に接した林や森を生息地とするが、アキマドボタルと同様に、水田管理に伴う草刈によって雌は上空を飛翔しながら発光する雄に発見されやすくなる。このために雌はしばしば、森や林のなかだけでなく、草刈した場所へ移動し発光する。本種は夏季に発生することから、水生ホタルであるヘイケボタルやゲンジボタルとともに飛翔発光することがある。本種の雄は飛翔しながら閃光を放つので、ゲンジボタルやヘイケボタルとは容易に区別することが可能である。水田は保水性が高いことから、ツシマヒメボタルの餌となる陸生貝類などの繁殖を促している。

本州に生息する幼虫が陸生のヒメボタル(図31)はツシマヒメボタルに形態、発光パターンなどがよく似ており[大場, 1978, 1984, 2004]、同様な理由により、水田周辺を飛翔発光する。ゲンジボタルやヘイケボタルとともに同所的、同時期にしばしば水田周辺を飛翔発光する。オオマドボタル



図31 ゲンジボタルやヘイケボタルとともに水田周辺で見られる陸生のヒメボタル



図32 オオマドボタルの幼虫は水田周辺の草地、畦、林縁の植物にとまり比較的強く発光しながら餌を探す。



図33 昼行性でほとんど発光しないオバボタル (*Lucidina biplagiata*) 成虫は水田周辺の草地や畦に多く見られる。

ル、クロマドボタルも陸生ホタルであり [大場, 1986, 2004], 成虫は夜間に弱く連続した光を放つ。幼虫 (図32) は水田周辺の草地, 畦, 林縁の植物にとまり比較的強く発光しながら餌を探す。水田の保水性の高さが陸生貝類や陸生ホタルの生育を促している。

昼行性でほとんど発光しないオバボタル (図33) の成虫は水田周辺の草地や畦に多く見られる [大場, 1986, 2004]。

この種も水田の保水性の高さによって餌となる陸生貝類などの繁殖が促された結果, 水田周辺が好適な生息環境となったものと考えられる。

沖縄に生息するイリオモテボタル (図34) はヤスデを捕食するきわめて特異な発光昆虫であり, 通常は人家のサンゴを積み上げて造られた古い石垣, 畑, 路傍の草地 (図35) などに多く生息する。雌が翅を欠き, 幼虫型であり, 移動性が高い。本種は冬季に発生し, 雌だけが強い連続した光を地表で放つ一方, 雄はほとんど発光しない [大場ほか, 1996]。畦道にも雌が生息することが確認され, そういった環境は保水性が保たれるとともに, 水はけが良好なために, 保水力の分布密度が微妙に変化し, 幼虫の餌となるヤスデの繁殖を促していると考えられる。こうした環境を好むキイロスジボタルやオオシママドボタル (図36) などの陸生ホタルの畦やその周辺草地に生息する。特に幼虫の発生個体数は非常に多かったが, 近縁は激減している。同様に, ハラアカオバボタルの幼虫 (図37) も水田周辺の草地に群生し発光することが多い [大場, 1986, 2004]。こうした草地は定期的に草刈がなされ, ホタルの幼虫となる陸生貝類の繁殖を促してきたが, 一方では除草剤などの散布により, 最近では減少している。



図34 沖縄県西表島, 石垣島, 小浜島にのみ生息するイリオモテボタル(*Rhagophthalmus ohbai*)。雄(左側)と雌(右側)とでは外部形態と大きさが著しくことなる。



図35 イリオモテボタルの生息する人家のサンゴを積み上げて造られた古い石垣と路傍の草地



図36 沖縄県八重山諸島に分布する陸生のオオシママドボタル(*Pyrocoelia atripennis*)



図37 石垣島, 西表島に分布する陸生のハラアカオバボタルの幼虫。水田周辺の草地に群生し発光することが多い

(2)台湾

水辺を中心に生息する水生のホタル (*Luciola ficta*) は、日本のヘイケボタルに似るが、胸部や上翅の色彩が異なる。本種とともに陸生である日本のヒメボタルによく似たタイワンボタル (*Luciola cerata*) (図38) は水田周辺の林縁に生える水田上空を飛翔発光することもある。本来陸生のホタルが水田上空や周辺を飛翔発光する理由は、日本のヒメボタルでみられた行動と似ている [大場, 2004]。



図38 タイワンボタル(*Luciola cerata*) は台湾の水田周辺の林縁を飛翔発光する

(3)韓国

韓国においてもアキマドボタルは長崎県対馬での事例と同様に、水田周辺の草地に多く、雄の成虫はしばしば水田上を飛翔発光する。水田形態は日本のそれと似ており (図23), 草刈などによって人為的に維持管理された水田周辺は移動性が低い本種の雌にとって探雌行動の効率が高くなり、生息環境として好適な条件を満たしている。パパリボタル (*Luciola papariensis*) はツシマヒメボタルに酷似し、同様な理由により、しばしば水田周辺を飛翔発光し、ヘイケボタルとともに見られる [大場, 2004]。

(4)中国

中国雲南省ではダイアファネスの1種 (*Diaphanese* sp.) (図39) はその幼虫とともに水田とその周辺の草地 (図40) に多く生息する。特に畦には幼虫が密度高く生息し、餌資源の生産性が高いためと推定される [大場, 2004]。

一方、水田の用水路の岸边には半水生のスジグロベニボタル (スジグロボタル) の1種 (*Pristolycus* sp.) が生息する [大場, 2004]。日本では、スジグロベニボタル (*Pristolycus sugratus*) が寒冷な湿地などに狭い範囲に生息し、幼虫は淡水生の貝類などを捕食する。

雲南省で確認されたスジグロベニボタルの生息地は標高が2000 m前後であり、年間を通して気温、水温の著しい変動がないことから、水田の用水路での生息を可能としているものと考えられる。

水田に隣接した草地には日本のクロイワボタルに酷似したホタルが生息する。クロイワボタルは沖縄ではサトウキビ畑周辺に生息し、いずれの種の場合も雄の探雌飛翔する空間が確保された環境に多い。こうした環境を好む理由のひとつとして、これらの種の雌は後翅の面積はやや小さく、飛翔能力が低いために、地表において雄を誘引する光シグナルを放つ。こうしたことから草刈がされている水田周辺の草地は好適な生息環境となる。

ルキオラ・クルキウムダータ (*Luciola circumdata*) (図41) は日本のヒメボタルと似た発光行



図39 中国雲南省の水田周辺に生息するダイアファネスの1種 (*Diaphanese* sp.)



図40 ダイアファネスの1種が生息する中国雲南省の水田周辺



図41 中国雲南省に分布するルキオラ・クルキウムダータ (*Luciola circumdata*) は日本のヒメボタルと同様な理由で林縁ばかりでなく水田周辺に多く見られる。



図42 インドネシアのスマトラ島 (標高約1000m) の水田周辺に生息するランプリゲラ・ロレイ (*Lamprigera loley*)

動が見られ、生息環境もよく似ている。本種の雌は飛翔能力がほとんど無いために、前述したヒメボタルと同様な理由で水田周辺に多く見られる。こうした種はマドボタルの1種 (*Pyrocoelia* sp.) にも見られ、雄成虫は水田上空を飛翔発光することがある。

(5) インドネシア

スマトラ島の高地に生息するランプリゲラ・ロレイ (*Lamprigera loley*) (図 42) は雌成虫が幼虫型で体長約 80mm に達するが、雄は体長約 30mm であり、草地や水田上空約 2m を飛翔しながら連続光を放つ。幼虫は水田畦の草地で発光していることもある。これはこれまで記してきた他の陸生ホタルと同様に水田の保水力が幼虫の餌となる陸生貝類の繁殖を促しているためと考えられる。

⑥……………ホタルの良好な生息地である水田環境の保全に向けて

水田の生産性の価値のほか生物多様性、歴史遺産ほか多くの付加価値を有する水田を活用、保全再生するには、コアとなる中山間地の水田を米の生産の場だけでなく、上記の付加価値を持たせて、行政や社会がそれを支える新たな仕組み作りが必要である。

こうした里地の保全をめざして環境省は生物多様性保全の国家戦略を推進しているなかで、モニタリングサイト 1000 里地というプロジェクトが開始された。これは全国に 1000 箇所の里地を指定し、地域住民、団体がモニタリングを継続して行うというものである。一方、農林水産省は独自に農村景観の保全といった事業を推進し、こうしたなかでホタル生息地保全、再生といった活動も各地でなされている。こうした事業がより実効性を高めるためには、各省庁が連携した里地保全が望まれる。そのことにより、ホタルが生息する水田とその周辺の水辺環境の具体的な活用、保全が可能となる。

ホタルが生息するような水田景観の保全、復元は食文化を含む地域文化の保全、活用にも連動すると考えられる。

ホタルが生息するような水辺環境は日本人の優れた自然観やバランス感覚を呼び戻し、心なごむ環境を次代に伝えてゆく具体的行動となろう。

水利システムの急激な変化がホタルをはじめとする小生物に大きな影響を与えたことは前述したとおりである。この変化を緩和させる一方法として冬期湛水田、即ち稲を収穫後も水田から水落とせず、通年を通して水田に水が張られる形態の水田とすることがあげられる。これがいわゆる冬水水田であり、水田の維持管理に支障を来さなければ、ヘイケボタルをはじめとした小生物にとってはこうした形態の水田は良好な生息環境となり、継続的に維持されることになる。

宮城県大崎市の冬期湛水田 (図 43) は通年湛水ではないものの、水鳥の餌場として機能するか試みられている。

冬期湛水に期待されるその効用のいくつかを次に挙げてみる。①通年、水田に水が張られる場合には、雑草の繁茂が抑制され、除草の手間が軽減される。②水生生物にとって安定した水辺環境となり、ヘイケボタルの生息するための好適な環境を提供することになる。③小型生物の生産性が高

くなり、それらを捕食する水鳥などの餌場を提供する。④湿地依存性の生物の多様性を高める。しかし、一方では常に水が張られたなかでの作業、特に収穫時に労力的負担が大きいと考えられる。今後、米の生産コストばかりでなく、米の食味など品質とともに、米の生産の場である水田の効用、即ち生物生息環境の提供や景観形成を含めた多面的機能の価値やその維持のためのトータルコストの確立が望まれる。



図43 水鳥の餌場として機能する冬期湛水田
(宮城県大崎市)

水田に引水するための用水路は三面がコンクリートの水路に改修され、水利システムとしては高い効率化が進められている。こうした水路の多くは米の収穫後、水路への通水が止まり、そのために水路に繁殖したほとんどの水生生物が死滅することになる。冬水水田の効用で示したと同様に、用水路も年間通水することにより、生物の多様性が増して、ゲンジボタルやヘイケボタルの生息を可能にする。三面コンクリートの用水路の場合には、水路底に砂礫を約5cm敷き詰め、ホタルの幼虫が棲みやすい環境に改善することが可能である。

ゲンジボタルやヘイケボタルにとっては、コンクリート水路ではなく物理的構造が自然水路に近い水路が最も好適な環境である。即ち、水際には様々な植物が繁茂するとともに、幼虫が上陸し、蛹になるための土手が用意されているからである。ヘイケボタルの蛹場所は水際の近くであるが、一方、水路に生息するゲンジボタルの幼虫は5～10mも這い回り、適切な蛹化場所を探す。

まとめ

以上に論じてきたとおり、水田は水生ホタルをはじめ、陸生ホタルまでが採餌や探雌の場として利用している。こうした背景には、水田は米を生産するために、ため池、用水路の維持管理、水田周辺の草刈、日照確保のための隣接する森や林の管理が継続的になされ、一連の水田耕作に伴う田起こしや畦の修復などの人為的更新がなされてきた。この更新は定期的な攪乱ともなってきたが、一方ではその更新のタイミングがホタルなどの水田に生息する生物にとっては良好な生息環境の維持につながっていた。

水田は米の生産効率を向上させるために、水利システムの改変、圃場整備、乾田化、畦のコンクリート化などが今後益々進むと考えられる。しかし、そうした急激な改変はホタルにとってはかつてなかったことばかりであり、ホタルにとっては対応できない状況にある。このまま改変が更に進行するならば、ホタルの生息は困難となると考えられる。

水田は米の生産の場であるとともに、ホタルをはじめとした生物の生息場所として重要である。今後は農林水産省、国土交通省、環境省などの関連省庁が連携して、ホタルが生息するような水田を保全、維持管理する枠組みづくりを行うことが必要とされる。

文献

- 中根猛彦・大場信義 1981. ホタルの観察と飼育. 121 ページ. ニュー・サイエンス社.
- 大場信義 1978. ヒメボタルの生活. *インセクトリウム*, **15** (6) : 32-36.
- 大場信義 1980. ゲンジボタルの生活. *昆虫と自然*, **15** (8) : 8-13.
- 大場信義 1980. 対馬のアキマドボタル. *横須賀市博物館館報*, (26) : 15-19.
- 大場信義 1981. 台湾の発光昆虫と博物館. *横須賀市博物館館報*, (27) : 43-46.
- 大場信義 1984. ホタルのコミュニケーション. *遺伝*, (38) : 51-55.
- 大場信義 1984. お正月に飛ぶホタルーオオシママドボタルー. *インセクトリウム*, 21 : 4-10.
- 大場信義 1986. 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 1989. 西と東で異なるゲンジボタル. *昆虫と自然*, **24** (8) : 2-6.
- 野比ホタル調査会 1990. 横須賀市氏野比のホタルの生態と生息環境. *横須賀市博物館研究報告 (自然科学)*, (38) : 47-60.
- 大場信義 1986. 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 1988. ゲンジボタル. 文一総合出版.
- 大場信義 1992. 人里の象徴としてのホタル. *学鏡*, **89** (8) : 24-27. 丸善.
- 大場信義・圓谷哲男・本多和彦・村田省平・大森雄治 1993. 北海道釧路湿原と厚岸のヘイケボタルの生態. *横須賀市博研報 (自然)*, (41) : 15-26.
- 大場信義 1994. ホタルとの共存 ホタルの生息する人里の水系環境保全と人間活動の調和. *グリーンレター*, 74-75. フジフィルムグリーンファンド.
- 大場信義 1994. ホタルとその生息環境の地域固有性. *昆虫と自然*, **29** (5) : 6-13.
- 大場信義・東 清二・西山桂一・後藤好正・鈴木浩文・佐藤安志・川島逸郎 1994. クメジマボタルの生活史および習性. *横須賀市博研報*, (42) : 13-26.
- 大場信義 1995. ホタルと人工照明. *光害通信*, (10) : 1-3. 星空を守る会.
- 大場信義 1995. ホタルと人工照明. 自然保護と昆虫研究者の役割 VI 講演論文集, 17-21. 日本昆虫学会第 55 回大会・第 39 回日本応用動物昆虫学会大会合同大会小集會呼びかけ人.
- 大場信義・大森雄治・安室 知・山本健一郎 1996. 三浦半島の水辺ー身近な生物と私たちの暮らしー. *横須賀市博物館報*, (43) : 13-15.
- 大場信義 1996. 森の新聞 4 ホタルの里. 55 ページ. フレーベル館.
- 大場信義・後藤好正・川島逸郎 1996. イリオモテボタルの外部形態および習性. *横須賀市博物館研究報告 (自然)*, (44) : 1-19.
- 大場信義 1997. 図解親子で楽しむホタルが先生ほくらの環境学校. おもしろ選書, **15** : 78 ページ. ハート出版.
- 大場信義 1997. 農村における昆虫類の生態と保全計画 (特集 自然環境の保全). *せせらぎ*, (12) : 6-10. 農村環境整備センター
- 大場信義 1999. ホタルの生息環境. *ビオトープの構造ーハビタット・エコロジー入門ー*, 杉山恵一・福留郁文 編 : 40-61. 朝倉書店.
- 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・金 三銀・金 鍾 2001. 日本と韓国のヘイケボタルの発光パターンと形態. *横須賀市博物館研究報告 (自然)*, (48) : 91-116.
- 大場信義 2001. 中国, 雲南省の中国科学院動物研究所を訪ねて. *横須賀市博物館館報*, (48) : 6-7.
- 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 2002. ホタル類の光コミュニケーションと夜間照明. *日本環境動物昆虫学会誌*, **13** : 67-76.
- 大場信義 2003. ホタルの木. どうぶつ社.
- 大場信義 2004. ホタル復活大作戦 : 199 ページ. 合同出版.
- 大場信義 2004. 総合科学として発展するホタルの研究ー特集/外来種による生態系の攪乱と水環境への影響ー. *昆虫と自然*, **39** (8) : 4-8.
- 大場信義 2004. ホタル点滅の不思議ー地球の奇跡 : 199 ページ. 横須賀市自然・人文博物館.
- Ohba N. 2004. Flash communication systems of Japanese fireflies. *Integr. Comp. Biol.*, **44**: 225-233.
- 大場信義 2005. 里山のホタルを守るとりくみ. *生態学からみた里やまの自然と保護* (石井 実監修・日本自然保護
-

-
- 協会編集) : 52-55. 講談社サイエンティフィック.
- 大場信義・三浦半島昆虫研究会 2005. 三浦半島にすむ昆虫からのメッセージー身近な自然 今昔. 横須賀市自然・人文博物館特別展示解説書, (7) : 116 ページ.
- 渋江佳子・大場信義・藤井英二郎 1996. 谷戸田を中心とするヘイケボタルの生息環境の解析. 水環境学会誌, (4) : 75-82.
- 渋江佳子・大場信義・藤井英二郎 1995. ヘイケボタルの雄成虫の飛翔軌跡におけるフラクタル解析. 横須賀市博物館研究報告 (自然科学), (43) : 25-31.
- 鈴木浩文・佐藤安志・大場信義 1994. ヘイケボタルの地理的分化. 全国ホタル研究会誌, (27) : 23-25.
- Suzuki H., Sato Y., Ohba N., Base Jin-Sik, Jin Ryung-Raae, Sohn Hung-Dae and Kim Sam-Eun 2004. Phylogeographic analysis of the firefly, *Luciola lateralis*, in Japan and Korea based on mitochondrial cytochrome oxidase II gene sequence (Coleoptera: Lampyridae). *Biochemical Genetic*, **42** (9/10): 284-300.

(横須賀市自然・人文博物館, 独立行政法人産業技術総合研究所関西センター,
国立歴史民俗博物館共同研究員)

(2009年9月24日受理, 2010年5月25日審査終了)

Paddy Field Environments and Their Adjunct Facilities for Fireflies

OHBA Nobuyoshi

Many paddy fields and the surrounding water systems inhabited by *Luciola cruciata* and *Luciola lateralis* maintain old irrigation systems by utilizing topographic features. Trees grow in the surrounding area, and ridges are maintained by people every year. The existence of these trees is one of the important environmental factors that serve as a resting place for the two species of fireflies mentioned above.

While *Luciola cruciata* and *Luciola owadai* inhabit mainly flowing rivers, *Luciola lateralis* inhabits mainly paddy fields, and aquatic biodiversity is high in such paddy environments.

Fireflies can be effective index organisms for analyzing the environment of paddy fields and their surroundings. In other words, it is possible to know the environmental characteristics of paddy fields and their surroundings accurately by understanding the habits of fireflies that live there, and their luminescent activities. Particularly, *Luciola lateralis* remarkably change their flight luminescent activities and also their luminescent patterns, reflecting the location conditions of paddy fields, the difference in their maintenance conditions, and their abandoned situation.

Luciola lateralis inhabit various watersides from rivers to paddy fields, and their habitat density increases in the order of rivers, lakes, swamps, and paddy fields. Paddy fields and their surroundings are maintained artificially, therefore, they are a stable and ideal habitat for *Luciola lateralis* with abundant feeding resources, adapting to their life history. In paddy fields and their surroundings in the intermediate and mountainous area, we can find terrestrial fireflies such as *Luciola parvula* and *Pyrocoelia fumosa*, and also *Lucidina biplagiata*, as well as aquatic fireflies such as *Luciola lateralis* and *Luciola cruciata*. Aquatic fireflies also inhabit paddy fields in China, South Korea, and Taiwan, and various terrestrial fireflies are observed around ridges. This indicates that the waterside environment surrounding paddy fields is suitable also for mating behavior, providing a stable environment with excellent water holding properties and abundant feeding resources.

Key words: Firefly, paddy field, irrigation system, luminescent pattern, intermediate and mountainous area
