

北海道釧路湿原と厚岸のヘイケボタルの生態

大場信義*・圓谷哲男**・本多和彦**

村田省平**・大森雄治*

Ecological study of the firefly, *Luciola lateralis*, of the Kushiro Shitsugen and Akkeshi, Hokkaido

OHBA N.*, TSUMURAYA T.**, HONDA K.**,
MURATA S.** and OMORI Y.*

The firefly, *Luciola lateralis*, is distributed in Kyushu, Shikoku, Honshu, Hokkaido, furthermore east Siberia, and Korea. This firefly is a widespread common species but there are no critical studies on the ecology and behavior of the firefly in each habitat. OHBA have presumed that this firefly spread and adapted from natural water system to rice paddy environment in Honshu, Shikoku, and Kyushu in Japan. Therefore, it is indispensable to make the comparative and ecological studies of the firefly under the natural environment free from the influence of human activity for understanding the history of the firefly's adaptation to rice paddy fields. We have investigated the habitats, ecology, and luminescent behavior of the firefly in the Kushiro Shitsugen, the largest marshland and Akkeshi in Hokkaido, and have compared with that of the Mabori Biological Garden, Yokosuka City, central Japan. The summary of the results is shown below. Distribution of the firefly, *L. lateralis* in the Kushiro Shitsugen was confirmed by our survey from 1990 to 1993. Flying and emitting light of individuals of the firefly were observed at the following sites; Onnenai, Akanuma, Kottaro Shitsugen, Hokuto, Iwabokke, Lake of Shirarutoro, Kushiro River. In the Kushiro Shitsugen, the air temperature was lower than that of the Mabori Biological Garden, and the number of individuals of flying and emitting light was smaller than that in the Mabori Biological Garden. Males of the firefly occasionally flew long distance. This behavior is considered as adaptive flying behavior for seeking females where the habitat is wide and density of the firefly occurrence is low. Some individuals of the firefly flew fast and occasionally abbreviated luminescence, but the others flew slowly and regularly emitted light. Flash interval of flying male of the firefly in the Kushiro Shitsugen and Akkeshi was longer than that in the Mabori Biological Garden. It took more than one year for emergence of the firefly in the Kushiro Shitsugen, whereas it took less than one year in the Mabori Biological Garden. As the temperature in the Kushiro Shitsugen is too low for the firefly to grow up within one year, the firefly would need two years for emergence. Thus the life history of the firefly is considered as adaptation to sub-antarctic climate. It is considered that most larvae of the firefly live at the bottom of streams where the water never freezes during winter. The female of the firefly laid eggs on the sphagnum at Akanuma. The density of the firefly occurrence in this survey, was highest at Akkeshi, followed by Iwabokke, Onnenai, and Akanuma, with the lowest in the Kottaro Shitsugen. Many species of aquatic insects, animals and plants were observed in the good habitats of the firefly. Typical predator of the firefly was spiders. The above fact suggested that the condition of the

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

** 水系環境を考える会 Water system study club, c/o Yokosuka City Museum.

原稿受付 1993年9月30日 横須賀市博物館業績 第446号

キーワード: ホタル, ホタル科, ヘイケボタル, 釧路湿原, 厚岸 Key words: firefly, Lampyridae, *Luciola lateralis*, Kushiro Shitsugen, Akkeshi

habitats of the firefly was strongly influenced by the stability and quality of water system, as well as by human activity. From this point of view, Akkeshi was the suitable habitat of the firefly where paddy field elements and stable water system favor the larvae.

はじめに

ヘイケボタル *Luciola lateralis* MOTSCHULSKY は九州・四国・本州・北海道に分布するほか、国外では東シベリアや朝鮮半島、大陸に広く生息している(中根, 1981)。本種は広域分布種であり、普通種であるにもかかわらず、各地域の集団についてこれまで詳細な生態や行動研究がなされていない。ヘイケボタルは稲作農業によって形成されてきた安定な人里の水田・ため池・用水路などを中心に密度高く生息している(大場, 1986b)ことから大場(1993)は、このボタルが、自然分布拡散後に水田を取り巻く水系環境に適応した結果、人為的な分布拡散も加わって、現在の生息分布が形成されたと推定している。従ってヘイケボタルは人間活動と密接に関わってきた生物のひとつであり、人里環境に適応することで分布拡散し繁栄を遂げてきたという点で、開発・都市化が進む今日、自然と人間の関わりを考えていく上で最適な生物である。ヘイケボタルの人里環境への適応の歴史を知るためには、人間活動の影響がほとんどない環境下でのヘイケボタルの生態の比較調査が不可欠である。本州以南において現在、人間活動が及ばないヘイケボタルが生息する湿原・湿地での調査は困難な状況にある。このような理由から本研究では人間活動の影響が少なかった北海道釧路湿原と厚岸の湿原におけるヘイケボタルの生息状況を中心に調査し、他の調査地とも生息環境・生態・発光行動などについて比較検討した。

現地調査では環境庁釧路湿原管理事務所の職員各位、特に幸丸政明・岩沢 忠の各氏、また比較研究のために情報と調査のご協力を頂いた鶴公園・釧路市立博物館の沢 四郎館長・橋本正雄氏・厚真町教育委員会の岡崎克則氏・長谷川充氏をはじめとした苫小牧ボタルの会・北海道ボタルの会の宮下忠則・小野佳弥の各氏・利尻町立博物館の佐藤雅彦氏、また発光パターンの解析プログラムを作成されたオリンパス光学工業株式会社の牧野 徹氏・鈴木浩文氏の各位に感謝する。この研究費の一部は環境庁釧路湿原管理事務所の調査委託(釧路湿原国立公園顧問会議)によった。

調査方法

釧路湿原および厚岸太田におけるヘイケボタルの観察

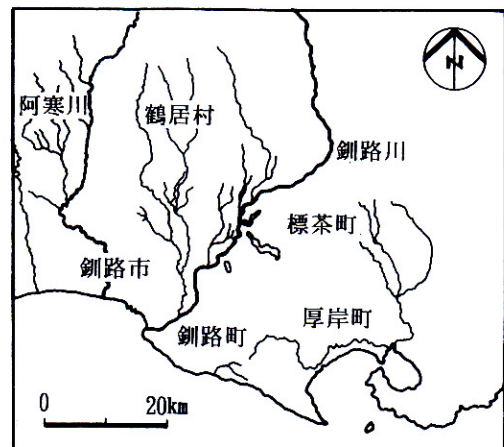
を行うとともに、苫小牧市ほかの北海道内のヘイケボタルの生息状況(長谷川ほか, 1993)も比較参考にした。また釧路湿原のヘイケボタルと本州のヘイケボタルの生息状況を比較するために、神奈川県横須賀市の横須賀市自然博物館付属馬堀自然教育園においても部分的な生態調査を行った。調査項目は生息環境の景観・水質・気温・水温・地温・照度・発生状態・発光パターン・発光行動などである。釧路湿原の赤沼では気温・水温・地温などを温度ロガー(ユニバース L830)で定点連続観測を行った。照度はミノルタ製デジタル照度計T-1Hで測定した。発光行動は目視観察とスターライト・スコープ(浜松ホトニクス製 C3100)を装着した8ミリ CCD ビデオカメラ(ソニー製 EVC-X10)により映像記録した。発光パターンの解析は大場(1985)を改良し、コンピュータ波形解析を行った。

ボタルの生態・行動・発光パターンの調査解析は主に大場が、水生生物・環境・水質・気温・水温・地温については主に圓谷・本多・村田・大森が、全体の総括を大場が行った。

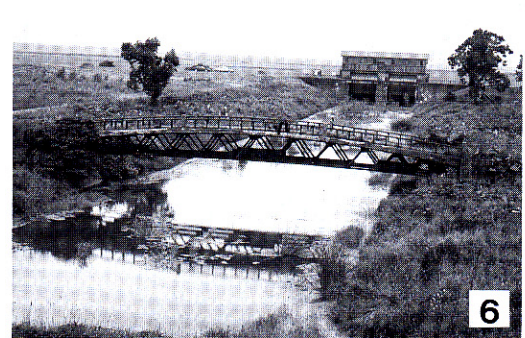
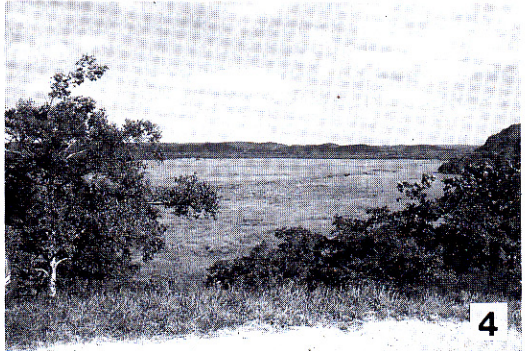
調査地の概要

調査地の位置

北海道釧路湿原および厚岸地域を第1図に示した。釧路湿原は東西10～13 km、南北18 km、総面積約29084 haであり、周囲を標高約100 mの丘陵が取り巻



第1図 釧路湿原および厚岸の地域図。



第2図 釧路湿原の調査地環境。

1. 温根内A, 2. 温根内B, 3. 赤沼とその周辺, 4. コッタロ湿原, 5. 釧路川,
6. 岩保木, 7. シラルトロ湖, 8. 塘路湖

いている(釧路市立博物館, 1982)。西側の丘陵地からの小河川が湿原を蛇行しながら通り抜け、湿原東部を南北に流れる釧路川に合流している。

調査地の環境

温根内A(第2図1) 釧路湿原を分断する道路の両側沿いの2水路であり、北側に温根内川があり水深は1m以上であり、流速がやや大きく低温である。川沿いには低木が生えている。周囲には小さな地塘が散在し、湿地が広がっている。一方、南側の水路はせき止められて人工的に造られたものであり、流れが緩慢で、水生植物が多く、水温も高い。観察は温根内川に接した地点で行った。

温根内B(第2図2) 環境庁釧路湿原温根内ビジターセンターを起点とした湿原遊歩道(木道)である。低木林から低層湿原・高層湿原まで見られ、池塘や小さな流れがある。

赤沼(第2図3) 湿原中央部に位置する高層湿原にある。周囲にはわずかな低木がある。沼にはヒシなどの水草が繁茂し、周辺の湿原はミズゴケ類が被う。湿原は植物の根が網目状に深く張っていて、小動物が潜入できる状態にない。水は赤褐色であり、腐植質に富んでいる。

コッタロ湿原(第2図4) 釧路湿原北部に位置する湿原で、人為的な影響が最も少ない。湿原内をコッタロ川が蛇行して流れ、道路と部分的に接する。コッタロ川は川幅3m、水深は1m以上であり、ゆっくりと流れる。水は低温であり、有機物・栄養塩類は希薄である。

釧路川(第2図5) 湿原東部を南北に流れている。調査地は川岸の一方が露岩で、他方は樹木が繁茂している。川幅約50mであった。最近ではカヌーで上流から下るカヌー愛好者が多くなり、途中で岸辺に上陸するために、岸辺が踏まれるなどして、人為的な環境改変が少しずつ進行し始めている。

岩保木(第2図6) 釧路川水門脇の池および水路周辺。釧路川の水門改修工事などによってできた人工的な池であり、水質もリン・窒素・有機物を含む富栄養化した環境である。池の周囲には草地が広がっている。

シラルトロ湖畔(第2図7) 釧路湿原の北に位置し、塘路湖に次いで大きな湖であるが、夏場はキャンプ場が開設され、多くの観光客が訪れる。夜間は強力な人工照明できわめて明るい。最近になって、湖畔には別荘が建てられ、排水が湖に流入しはじめて、排水量も増加している。岸辺のヨシは次第に減少している。

塘路湖(第2図8) シラルトロ湖に近い位置にあり、釧路湿原最大の湖であり、湖畔には水生植物が繁茂するなどらかな湖畔形態となっている。淡水漁業の盛んな地であり、ヒシが繁茂する。夏場は大きなキャンプ場が開設されて多くの観光客が集まる。当面は環境が現状維持されていくと思われる。

以上の調査地のほか北斗においても観察を行った。同地は環境庁釧路湿原ワイルドセンター構内の池。三日月湖であり、池周囲にはヨシが繁茂している。池にはヒシなどの水生植物が繁茂している。

厚岸(第3図1, 2) 釧路湿原から東に数十km隔たった厚岸にある小規模な湿原。林道建設のために小河川がせき止められて、造られた湿原であり、小規模であるが、多様な湿原植物が見られ、一見休耕田的な環境である。

結果

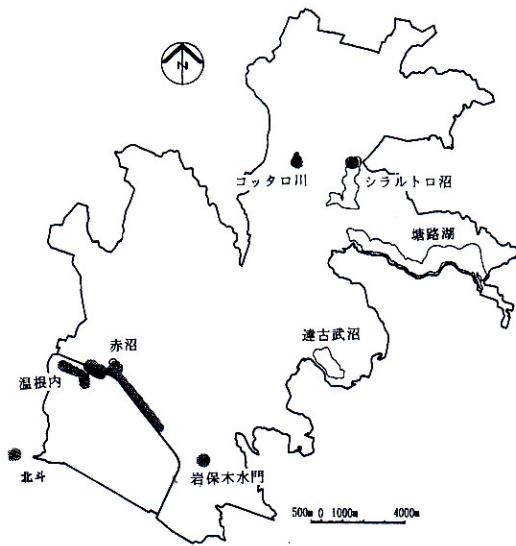
分布

釧路湿原 1990～1993年の調査によって温根内・赤沼・コッタロ湿原・北斗・岩保木・シラルトロ湖畔において分布が確認された。また湿原内を流れる温根内川・コッタロ川・釧路川にも生息し、生息密度を問わなければほぼ全域に分布する(第4図)。

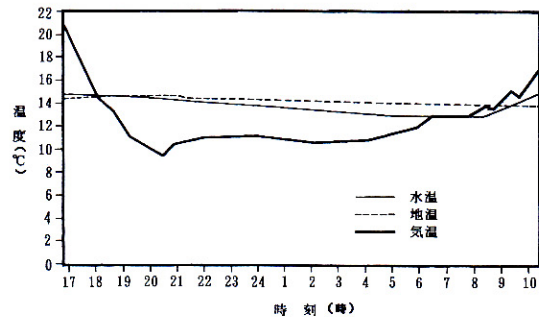


第3図 北海道厚岸のヘイケボタル生息環境。

1. 全景, 2. 近景, 多様な水生植物が繁茂していた



第4図 釧路湿原におけるヘイケボタルの分布(網目).



第5図 温根内1991年の気温・地温・水温.

第1表 釧路湿原温根内における1991年7月19日のヘイケボタルの発生状況.

時刻	気温	備考
16:40	14.6°C	地温13.4°C、晴
17:07	12.8	草地で測定、晴、半月、無風
	14.8	裸地で測定。水路水面から水蒸気が上る。エゾシカ・カッコウ・タンチョウ確認
19:00	13.0	急激に気温低下
19:11	13.8	
19:17	11.6	照度0.09 lx、カッコウ鳴く
19:20		8個体発光開始
19:50	10.6	小型の個体発光

第2表 釧路湿原温根内における1992年7月30日のヘイケボタルの生息状況.

時刻	気温(°C)	備考
19:25	20.5	発光開始
19:30		1雌発光
19:35		飛翔発光
19:55	19.4	0.11 lx
20:40		多数発光
20:55	19.2	雌多い
21:31		雌が産卵
21:42		交尾個体確認
21:44		多数飛翔
21:52		交尾個体確認
22:00	20.0	産卵中の雌確認
22:14		交尾個体確認
22:38	21.0	
23:10	20.0	1雄飛翔して通常発光。自動車のウィンカーライトを点滅させると多数個体が誘引された

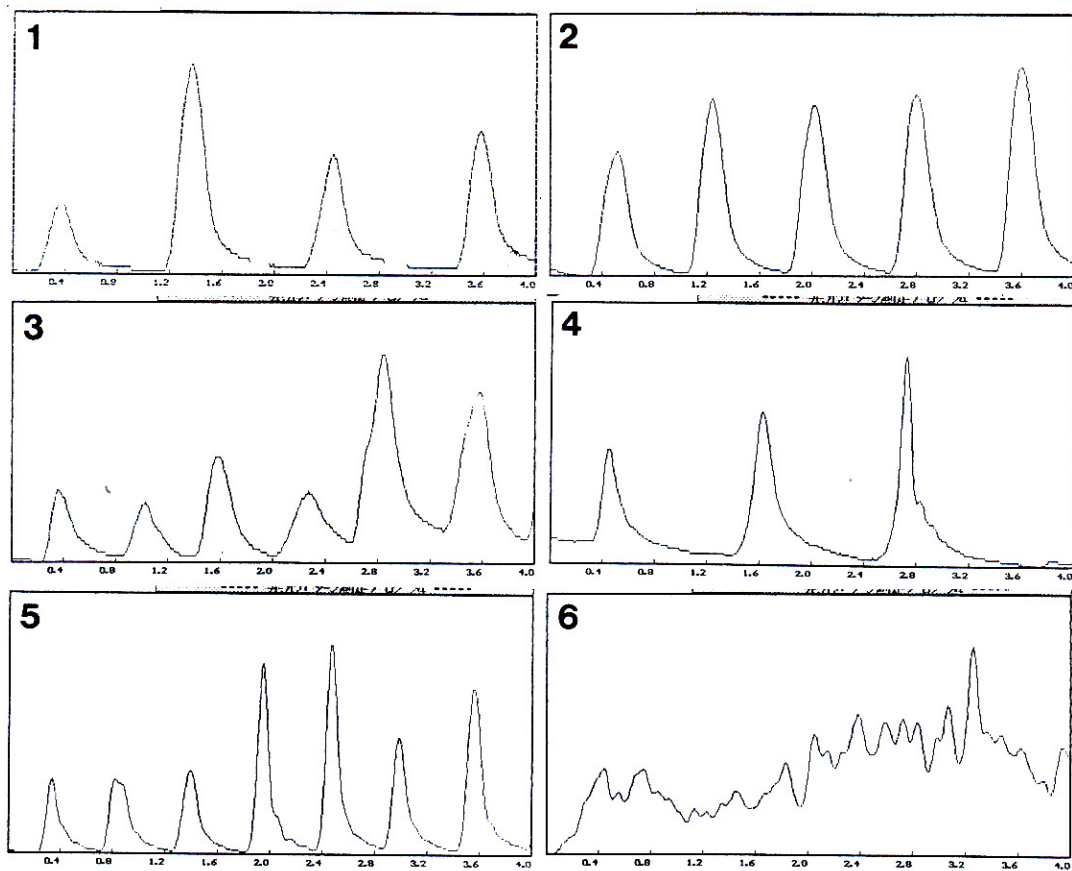
厚岸 調査地全域に分布し、生息密度は高かった。

発生期 今回の調査では7月15日～8月7日に発生を確認した。

生息状況

温根内(A) 1990年8月7日、天候曇で無風。気温22.0°C、21:25には数mおきに発光し、雌が多かった。8月8日、20:00には気温15.0°Cで3個体が発光したが、満月のため発光活動は抑制された。1991年の気温・水温・地温を第5図に示す。また同年7月19日の発生状況を第1表に示す。1992年7月29日、20:00にヘイケボタルが多数飛翔発光した。同年7月30日の発生状況を第2表に示す。1992年8月1日、7:00の気温は19.5°C、水温は14.4°C、pHは6.57、DOは7.8であった。

温根内(B) 1992年7月19日、23:00に多数葉にとまって発光した。個体の大きさは本州の集団より大型であった。1993年7月、木道に沿って生息するが1992年7月より少く、約100個体が確認された。特に木道の中間(約1.5 km 地点)に多く生息した。同地点は低木が繁茂し、水道があった。木道沿いに飛翔発光する個体が見られた。こうした個体はゆっくりと飛翔して発光した(第6図1)。ヘイケボタルは高層湿原にも生息し、密度は低いが、小さな流れや水道があると多く見られ、生息密度は遍在した。特に低木林には多く見られ、ゆっくりと飛翔する個体が観察された。湿原全域ではクモの巣にかかる個体が多く、かかった個体が発光していると次々に別の個体が誘引されていた。また雌が葉にとまって発光していると



第6図 釧路湿原および神奈川県馬堀自然教育園のヘイケボタルの発光パターン。

横軸は時間、縦軸は光の強度

1. 釧路湿原温根内におけるゆっくりと飛翔する雄の発光
2. 温根内における雌の規則的な発光
3. 温根内における自動車のウインカーライトの点滅光に誘引された雄の発光
4. 厚岸における雄の飛翔発光
5. 馬堀自然教育園内で飛翔する雄の発光
6. 馬堀自然教育園内で飛翔する雌の発光

(第6図2)雄は誘引された。

赤沼 1991年7月19日、19:00に気温は13°C となって急激に気温が低下して、ヘイケボタルの発光活動は低下し、20:20には気温9.5°C となり、ほとんど発光行動を停止した。しかし21:00に気温は10.5°C と再び上昇し、21:20に11.0°C となって再び多数発光した。釧路湿原の集団は大型の個体が多く、赤沼周辺に多かった。20日(曇~晴)、気温は14.7°C、20:30に気温13.0°C で19日より多数発光した。

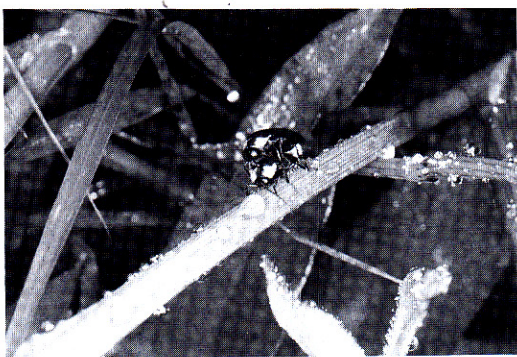
1992年7月29日には2m おきにほぼ1個体の密度で発生した。これらの個体は速い速度で飛翔し、発光を

時々省いたり、ゆっくりと飛翔しながら規則的に発光する場合があった。高度約1.5m で、数十m を直線的に速く飛翔する個体も観察された。雌は葉に止まって強くは規則的な間隔で明滅した。ミズゴケ類の上で産卵したり(第7図)、茎にとまって交尾する個体(第8図)が確認できた。

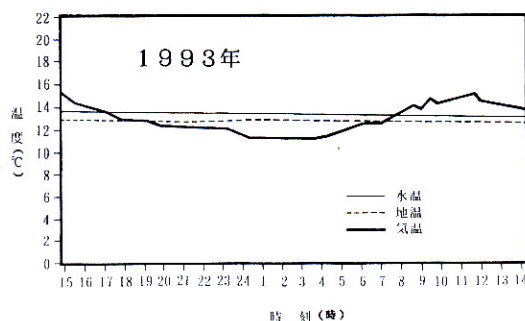
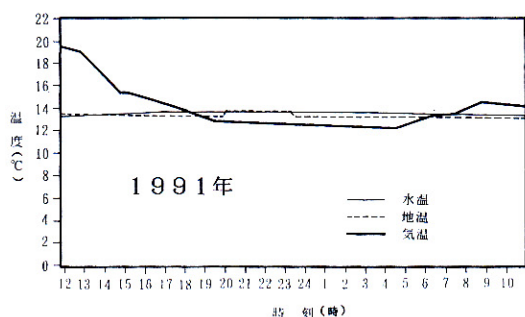
1993年7月28日には木道入り口付近に約30個体がとまって発光し、飛翔する個体は見られなかった。1992年7月30日には多く生息が確認された赤沼周辺には全く確認されなかった。1992年7月31日、10:17における生息地の気温は26.0°C、水温23.1°C、pH 6.45、DO は5.4であっ



第7図 温根内においてミズゴケ類に産卵するヘイケボタルの雌。



第8図 温根内において交尾するヘイケボタル。



第9図 釧路湿原赤沼における1991, 1993年の調査日の気温・地温・水温。

第3表 釧路湿原岩保木における1992年7月31日(曇)の照度・気温・発生時刻との関係。

時刻	照度(lx)	気温(°C)	備考
14:55		16.5	水温 23.3°C、pH 8.21、DO 8.4
15:31		16.5	
19:15		15.2	2 個体発光
19:17	0.09	15.0	やや風あり
19:18	0.07	14.6	
19:20	0.05	14.3	
19:22	0.03	14.3	
19:23	0.02	14.3	
19:25	0.02	14.3	
19:26	0.01	14.1	
20:00		14.1	ヘイケボタルの個体数少ない

た。また、1992年8月1日、7:25における生息地の気温は20.0°C、水温は21.5°C、DOは6.3であった。調査地の気温・水温・地温は第9図に示した。

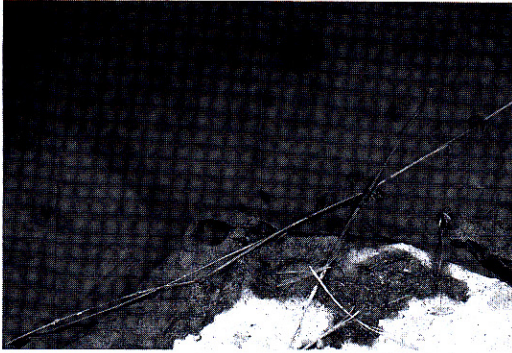
コッタ口湿原 1992年7月30日には個体数は少ないが、ヘイケボタルの生息を確認した。本種は高く飛翔し発光明減しなかったが、懐中電灯を点滅させると、それに反応して飛翔中の個体は発光し飛来接近した。7月31日に10:17に測定した調査地の気温は19.0°C、水温は18.6°C、pHは6.67、DOは5.1であった。

シラルト口湖畔 キャンプ場わきで地上にとまって弱く発光していた1個体の雄が見られただけであった。

岩保木 1991年7月20日には水路斜面に多く止まって発光し、飛翔個体はほとんどなかった。23:00~23:20に多数発光した。1992年7月31日には気温が低下し、ヘイケボタルは確認できなかった(第3表)。水路にはヒロクチモノアラガイが非常に多かった(第10図)。

厚岸 厚岸のホタルはよく発光飛翔した(第6図4)。発生個体数は非常に多く、生息密度も高い。岸辺の草の根際で雌が多い。飛翔速度は大きく、方向や高度を急激に

変えながら飛翔した。発光は時々省略されるので、飛翔個体を追跡観察することは困難であった。飛翔活動時間は限定され、以後は葉などに止まっていたが、人工光(自動車のウインカーライトなど)を点滅させると急激に発光して飛来した。1991年8月1日の発生状況を第4表に示す。



第10図 釧路湿原岩保木の水門水路に多数生息するヒロクチモノアラガイ。

第4表 厚岸における1992年8月1日のヘイケボタルの生息状況。

時刻	気温(°C)	備 考
13:54	22.0	水温16.3°C、DO 4.1
19:25	16.5	発光開始
19:30		発光
19:31	16.0	飛翔発光個体確認
19:45	15.0	多数飛翔
20:00	15.0	雨やむ。飛翔発光活動最盛となる。すばやく飛翔して連続発光しない
20:17	14.5	飛翔個体減少
20:20	14.5	飛翔発光停止し、葉に止まって発光
21:00	13.0	気温低下して活動停止

ヘイケボタル生息地の他の生物

断片的であるが、ヘイケボタルの生息する背景のひとつとして記録する。

温根内(A) 造網性のクモ類・ユスリカの1種・クサヨシ(ヘイケボタルがとまっていた)・イトモ・ナガバエビモ・タマミクリ・サジオモダカ・ヌマハリイ・タヌキモなどが確認された。

温根内(B) オカモノアラガイの1種・オバボタル・エゾゼミ・造網性のクモ類・エゾメシダ・ホソバノシバナ・ヨシ・カブスゲ・クリイロスゲ・ツルスゲ・オオカサスゲ・ヒメカイウ・ヤチヤナギ・エゾノレンリソウ・ドクゼリ・ミツガシワ・サワギキョウなどが確認された。

赤沼 赤沼およびそれを取り囲む湿地にはイイジマルリボシヤンマ・ルリボシヤンマ・エゾトンボ・ユスリカ類・ゲンゴロウモドキ・オオコオイムシ・ヒメミズカマキリ・ハゼの1種・ヒル類・オカモノアラガイ類・タニシ類・ヒロクチモノアラガイのほか、ザリガニ類・ミズゴケ類・モウセンゴケ・ヒオウギ・アヤメ・ナガボノシロワレモコウ・コバギボウシ・ホロムイソウ・オヒルムシロ・チシマガリヤス・ミカズキグサ・ミズドクサ・ツルスゲ・サギスゲ・ムジナスゲ・サワラン・コタヌキモ・ヒシ・カブスゲ。

北斗 コイ・ヨシ・スイレン・ヒシ。

コッタ口湿原(コッタ口川) ザリガニ類・ハゼの1種・カブスゲ。

シラルト口湖 ヨシ

塘路湖 タニシ類・ヒシ。

岩保木 ゲンゴロウモドキ・ミズスマシ類・ヒロクチモノアラガイ。

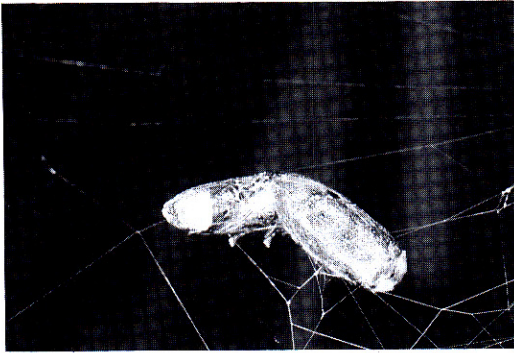
厚岸 ヒロクチモノアラガイ。

ヘイケボタル生息地の水質

各調査地の水質を第5表に示す。赤沼は人為的影響がきわめて小さいが、CODが高く、腐植質を多く含む水質であった。温根内川は低水温で有機物・栄養塩類も希

第5表 釧路湿原1991年8月12日の各調査地の水質。

採水場所	厚岸太田(沼)	コッタ口湿原(コッタ口川)	岩保木水門	赤 沼	温根内(川)
採水時刻	9:50	11:40	12:45	13:40	14:10
天 候	曇	曇	曇	曇	霧雨
気温(°C)	22.0	19.0	19.5	20.5	20.0
湿度(%)	56.0	62.0	60.0	63.0	61.0
水温(°C)	13.5	16.0	17.0	18.5	14.5
COD(mg/l)	9.7	7.2	14.6	27.2	5.6
PO ₄ -P(mg/l)	ND(0.028)	ND(0.032)	0.054	ND(0.009)	ND(0.024)
T-P(mg/l)	0.041	0.055	0.13	0.068	0.045
T-N(mg/l)	1.6	1.1	1.8	1.8	1.0



第11図 造網性のクモの餌となった釧路湿原のヘイケボタル。

薄であった。岩保木は人為的な影響によって富栄養化していた。コックロ川は有機物・栄養塩類濃度ともに低かった。いずれの水系も概ね良好であったが、止水域は流水に比較して高水温であり、腐植質の堆積によって有機質濃度が高かった。

生態

成虫 発生期は7月15日～8月8日、年により変動するが、約3週間にわたる。赤沼において産卵はミズゴケ類に確認(第7図)された。外敵としては造網性のクモが代表であった(第11図)。ひとつの巣に数個体のヘイケボタルがかかり、特有なパターンで発光し続け、この発光に他の個体が誘引されてさらにクモの巣にかかり、木道沿いだけで十数個体を数えた。

幼虫 野外において確認できなかった。室内飼育によると1993年9月5日で1齢であり、体長は約3mmであった。1齢幼虫はゲンジボタルの1齢幼虫より大きく、小さいカワニナをよくたべた。9月20日には2齢となった。1992年7月に採取した卵から生育した幼虫は1993年8月現在で体長約10mmに達したがまだ水中で生育している。幼虫は形態・習性ともに本州に生息する集団によく似ていて区別できない。室内飼育した結果、幼虫はカワニナやモノアラガイ類を餌として生長したが、1年では羽化しなかった。

考 察

ヘイケボタルの分布

釧路湿原とその周辺では川や三日月湖、湿原、水路、湖畔、水田などに生息するが、分布拡散は主に川によっている。川の蛇行など永年の地形変化で三日月湖(例えば北斗の生息地)や湖に取り残されたヘイケボタルが地域固有な集団を形成し、遺伝的にもかなり固有性が認められている(鈴木ほか, 1993)。北海道内では広域に分布

し、苫小牧市・厚真町・札幌市ほかにはほぼ全域に分布する(長谷川ほか, 1993)、ほか利尻島のメヌシヨロ沼・オタドマリ沼・姫沼に多数の生息していたという記録がある(佐藤雅彦氏私信)。

生息環境の比較

今回の一連の調査では、湿原中央域に位置する赤沼においても道路より数百mしか離れておらず、その他の場所でも湿原の縁であるため全体的に乾燥化が進行している。ヘイケボタルは道路建設などによって乾燥化しつつある地域に比較的密度高く生息することから、人間活動の影響を強く受けていることが考えられる。各調査地は概ね良好な水質であったが、特に岩保木水門付近は水門によって水系の流れを管理するなどの人の影響が強く見られた(村田ほか, 1993)。一方、厚岸は上流に人家が全くなく、温根内川(A)やコックロ川と似た水質ではあるが、両者に比較してCODがやや高い。これは厚岸の調査地が営林作業用林道建設によって谷川がせき止められて生じた湿地であるためと考えられる。湿地化した水系は、植生が変化するとともに腐食成分などを含んだ土砂が堆積して有機物濃度を上昇させたと考えられる。この湿地内は湿原化の過程で樹木が枯死したために広い空間が広がり、水田と類似した形態の広がった環境要素を有し、このような環境条件もヘイケボタルの生息を促していると考えられる。釧路湿原の各調査地におけるヘイケボタルの発生最盛期の生息密度はほぼコックロ湿原・赤沼・温根内・岩保木・厚岸の順に高くなり、これは水系環境の安定性や水質の富栄養化、人間活動またはそれに類似した要因などがヘイケボタルの生息条件に大きく影響を及ぼしていることを示している。ヘイケボタルは本来、釧路湿原のような原生の水系に生息し、分布拡散を図っていたが、岩保木や厚岸にみられるような環境要素を有する水系がたまたま生じると、そこを好適な生活場所としたと推定される。この傾向がさらに進み、本州以南にみられるように水田や水路・ため池といった水系環境をヘイケボタルは好適な生息場所にしていったと考えられる。シラルトロ湖には過去に多数のヘイケボタルが生息していたという(釧路湿原管理事務所の岩沢忠氏私信による)が、現在では人工照明・人家の排水・岸辺のヨシ原の減少などの人為的影響を強く受けていることも一因となって激減したと推定される。

気温・水温・地温

赤沼付近では、地温及び水温は気温にあまり影響されない。護岸道路の岸近くである温根内(A)では、地温は気温に影響されないが、水温は気温の影響をわずかに受けている(第5図)。温根内の小水系は流れを確認できた

が、赤沼付近ではほとんど流れのない水位観測用井戸で水温を測定したため、その影響と考えられる。地温や水温がほぼ一定であるにもかかわらずヘイケボタルの発生状況は大きく変動しているので、気温が低下すると発光行動が抑制されると考えられる(第1~3表)。

植生・生物の状態

本州以南においてはヘイケボタルの生息密度が高い調査地には多くの種類の水生昆虫や植物、動物が生息する。これは生息地の生物の生産性とも関連すると考えられている(大場, 1993)。湿原は長い時間経過後には乾燥化が進み、不安定要素が高いものの、ヘイケボタルの生息密度が高い地域には沼や水たまりなどが存在し、有機物が蓄積されやすい環境であり、今回の調査に加え、釧路市立郷土博物館(1975)、大滝(1991)などからみると比較的生物の生産性が高いと考えられる。一方、人工的な湿地環境である水田とそれを取りまく環境は絶えず人によって水系の更新がなされて管理されているので安定しており、生産性も高く多くの生物が生息しやすい。湿原のヘイケボタルの生息状況は水田的な環境要素を多く有している地域ほどに密度高くヘイケボタルが生息していると考えられる。

ヘイケボタルの生態

幼虫期 本州以南に生息するヘイケボタルの幼虫(大場, 1986a, b)とは形態的な相違が特に認められなかった。釧路湿原において野外で幼虫の摂食行動は確認できなかったが、波部ほか(1991)が確認した貝類は少ないので、これらを食餌としているものと推定される。本州以西ではヘイケボタルの幼虫はカワニナ・モノアラガイ・ヒメモノアラガイ・サカマキガイ・ヒラマキミズマイ・ヒメタニシ・シジミ類のほか死んだオタマジャクシ、水生昆虫類など広範囲にわたる生物を餌とすることが判明している(大場, 1986b; 1993)ので、釧路湿原や厚岸においても同様な食性を有していることが予想される。室内飼育によって、釧路湿原のヘイケボタルの幼虫はカワニナ・モノアラガイ類を食べて成長したので本州以南のヘイケボタルと大きな相違はないと思われる。しかし、幼虫の成長速度には明瞭な相違が認められ、釧路湿原の集団は羽化するまでに1年以上かかり(大場・圓谷, 1992)、本州以南の集団のほとんどは1年以内で羽化している(大場, 1986b)。また釧路湿原のヘイケボタル成虫の体長は横須賀市馬堀のものに比較すると大きい。寒冷地では成長期間を長くすることで成長可能にしている。このことは寒冷地におけるヘイケボタルの生活史適応とみなすことができる。

越冬

釧路湿原の厳冬期には表土から場所によっては約60cmの深さまでも凍結するといわれ、(釧路湿原管理事務所の岩沢 忠氏私信による)幼虫がどこで越冬するかは未確認である。しかし、関東以西における越冬状態(大場, 1986b)から推定すると次のような越冬方法が考えられる。1)湿原内にあるヤチボウズの根の下で越冬、2)凍結しない流水路底で越冬、3)土に部屋を作って越冬。1)の場合は湿原内の植物の根が網の目状になっていて、幼虫が潜って越冬しても脱出不能になりやすいので可能性が低い。赤沼のように土がない高層湿原では3)の可能性は低い。

蛹化

釧路湿原赤沼では土がほとんどないために、蛹化する場所は湿原内のピートモス中しか考えられない。室内飼育下ではピートモスは好適な蛹化の環境であることが実証されている(大場, 1993)。生息地の立地状態によって、ヘイケボタルは適宜最適な蛹化場所を選択している。この他、岩保木では堰堤が築かれているので蛹化場所は土の中、温根内川沿いでは堰堤の土中、厚岸も堰堤の土中が主な蛹化場所と推定される。

産卵

赤沼・温根内ではミズゴケ類に産卵しているが、川や水路では岸辺の植物の根元などに産卵していると予想される。ミズゴケ類は室内実験によっても良好な産卵床であることが実証されている(大場, 1986b)。

発光行動

釧路湿原のヘイケボタルの発光行動の特徴は次の通りである。1)樹木が少ない湿原環境では地上1~2mの高さを直線的に速く飛翔するが、このときに放つ光は弱く、しばしば発光を中断する。2)発光せずに飛翔する個体もいる。3)全体的には葉にとまったまま発光する個体が多く、飛翔発光個体は少ない。4)ハンノキなどが繁茂したところを通過する時は、ゆっくりと停滞飛行しながらほぼ規則的に発光する。5)飛翔発光する時間は短く限定される。6)気温が低下すると発光を停止する。

釧路湿原以外の北海道での生息状況の特徴は次の通りである。厚岸では湿原を形成する原因となった堰を通過する個体はジグザグに素早く飛翔し、不連続に弱い光を放って明滅するので、飛翔方向を予測追跡することは困難であった。また飛翔発光活動時間は限定されて、以後は葉にとまって発光した。苫小牧における林床にある狭い生息地ではほとんどヘイケボタルは飛翔しない(長谷川ほか, 1993)。一方、馬堀自然教育園内ではきわめて

活発に飛翔発光し、飛翔高度も幅があり、飛翔時間も長い(OHBA, 1983)。また明滅周期は約 0.5 秒間に1回発光し(第 6 図 5)、北海道のヘイケボタルのそれと比較すると早い。この明滅周期の相違は大場(1991)が指摘していると同様に遺伝的背景の相違を反映していることを示唆している。

移動

釧路湿原における飛翔行動の観察から、1 回の飛翔で移動は200m 以上におよぶ。釧路湿原の集団は直線的に飛翔する習性があることから、1 個体が生存期間中に移動可能な距離は数 km 以上に達すると推定できる。一方、馬堀自然教育園の集団は飛翔範囲が限定され、元に戻るという特性を有している。釧路湿原の集団は馬堀自然教育園に比較して生息密度が低いので、雄は広範囲を移動しながら雌を探すという行動様式に適応したと考えられる。ヘイケボタルは樹木が繁茂する閉鎖空間では移動性が小さく、広がった空間では移動性が大きいと考えられる。苦小牧での高密度に生息する狭い林床ではほとんど移動が確認されていないという事実(長谷川充氏私信による)は以上の考えを支持する。

気温との発光行動の関係

釧路湿原での調査から気温が10℃以下になると、発光活動を停止する。13℃に達すると葉にとまって発光明滅し、14℃以上になると飛翔発光するが、本州以南では高地帯を除けば、ヘイケボタルの発生期に気温が14℃以下となることはほとんどなく(OHBA, 1983)、この点では北海道の集団はより寒冷地気候への適応した集団であると考えられる。

照度と発光行動の関係

発光開始時刻は19:15以降であり、照度が0.1 lx 以下になると発光を開始することが多いが、気象状態によって変動する。例えば、満月などで明るい夜には発光活動が抑制される。

遺伝的背景

釧路湿原をはじめとする北海道のヘイケボタルは発光パターンや飛翔発光行動・寒冷地気候への適応・生息環境において、横須賀市の集団とは相違する。大場ほか(1992)とSUZUKI et al. (1993)はヘイケボタルのような生活様式や発光行動の相違が遺伝的にも明瞭に対応することをゲンジボタルやヒメボタルについて実証しているので、北海道と本州以南のヘイケボタルの集団とでは遺伝的に異なる可能性が高い。

分布拡散

釧路湿原に散在する湿地や池、沼に分布した過程は以上のように考えることができる。1) 北海道のヘイケボ

タルの集団は本州以南の集団に比較すると人為的な攪乱が少なく、原生の生息状況を反映していると考えられる。2) 釧路湿原の分布様式から、本種は河川沿いに分布拡散した。3) 河川は永い時間を経て、流域に三月湖が形成されて本種の遺伝集団が形成された。ヘイケボタルは北海道だけでなく、東シベリアや大陸にも分布する(中根, 1981; KIM, 1978)。北海道の集団は青森県に達した集団が津軽海峡を越えたものか、または東シベリア経由で北海道に分布拡散したものであるのか、今後の各生息地における詳細な生態観察さらに遺伝的な距離を推定することによって分布拡散経路を特定できることが期待できる。このような視点から大陸との関連を知る上で、利尻島などでのヘイケボタルの生息調査はきわめて重要である。

まとめ

1. 釧路湿原では1990~1993年までの調査によって温根内・赤沼・コッタロ湿原・北斗・岩保木・シラルトロ湖畔・釧路川でヘイケボタルの分布が確認された。
2. 釧路湿原では神奈川県横須賀市のヘイケボタル生息地の気温に比較すると気温が低く、生息密度が低かった。また、飛翔発光活動の条件(気温など)がそろいにくいことや活動最盛期の時間が限られるために、飛翔行動を観察可能な機会は少なく、葉にとまっただけの発光行動が多く見られた。交尾行動は草の根元や茎にとまっただけで行われていた。
3. 活動最盛期におけるヘイケボタルは高速で飛翔し、発光を時々省く個体も多いが、ゆっくりと飛翔して規則的に発光する場合もあった。雌は葉に止まって強い規則的な間隔で明滅した。釧路湿原の雄の飛翔発光間隔は馬堀自然教育園のそれに比較すると約2倍長い。
4. 釧路湿原のヘイケボタルは生息密度が低いので、一旦飛翔行動に移ると、広がった空間においては広範囲を移動して雌を探す、樹木が繁茂するような狭い閉鎖空間では移動範囲が狭いという行動適応が認められる。
5. ヘイケボタルの生息密度が高い調査地には多種類の水生昆虫や植物、動物が生息する。これは生息地の生産性とも関連する。発生最盛期の生息密度はコッタロ湿原・赤沼・温根内・岩保木・厚岸の順に高くなり、水系環境の安定性や水質の富栄養化、人間活動またはそれに類似した要因などがヘイケボタルの生息条件に大きく影響を及ぼしている。代表的な外敵としては造網性のクモ類があげられる。
6. 釧路湿原のヘイケボタルは羽化するまでに1年以上

- かかるが、本州以南では1年以内で羽化する。このことは寒冷地気候への生活史適応とみなすことができる。
7. 釧路湿原では厳冬期に幼虫は凍結しない流水路底で越冬している可能性が高い。
8. 赤沼ではミズゴケの一種に産卵する。土がほとんどないために、蛹化する場所は湿原内のピートモス中と推定される。
9. 岩保木や厚岸の調査地は休耕田的な環境要素を備えており、ヘイケボタル幼虫にとって好適な生活環境を形成していた。

引用文献

- 波部忠重・高川金次・五十嵐重雄・伊藤 潔 1991. 北海道釧路湿原の貝類. 貝類学会1991年度総会研究発表要旨: 14.
- 長谷川 充・鈴木耕栄・村井雅之・菅原章介・小田桐学・吉田国吉 1993. 美々湿原におけるヘイケボタルの生息調査. 苫小牧市博研報, (3): 32-44.
- KIM CHANG-WHAN 1978. Distribution atlas of insects of Korea: 414 pp. Korea University Press.
- 釧路市立郷土博物館 1975. 釧路湿原総合調査報告書. 339ページ.
- 釧路市立博物館 1982. 釧路湿原. 釧路市立郷土博物館解説シリーズ, 4. 32ページ.
- 村田省平・本多和彦・大森雄治・圓谷哲男・大場信義 1993. 釧路湿原におけるヘイケボタルの生息環境調査. 全国ホタル研究会誌, (26): 22.
- 中根猛彦 1981. ホタルの分類. ホタルの飼育と観察: 93-94. ニューサイエンス社.
- 大滝末男 1991. 釧路湿原の湿原と周辺の4湖沼(達古武沼・シラルトロ湖・塘路湖・春採湖)の水生植物. 水草研究会会報, (45): 23-28.
- 大場信義 1985. 発光シグナルの記録とその解析法. 植物防疫, 39(9): 46-51.
- 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. ヘイケボタルの生活. インセクタリウム, 23(6): 4-10.
- 大場信義 1991. ゲンジボタルの遺伝子東西で異なる. 遺伝, 45(10): 8-9.
- 大場信義・圓谷哲男 1992. 北海道釧路湿原のヘイケボタル. 全国ホタル研究会誌, (25): 12-13.
- 大場信義 1993. ホタルの飼い方と観察. 167ページ, ハート出版.
- OHBA N. 1983. Studies on the communication system of Japanese fireflies. *Sci. Rept. Yokosuka City Mus.*, (30): 1-62, pls. 1-6.
- 鈴木浩文・佐藤安志・大場信義 1993. 釧路湿原のヘイケボタル. 全国ホタル研究会誌, (26): 19-20.
- SUZUKI H., SATO Y., FUJIYAMA S., and OHBA N. 1993. Genetic differentiation between ecological two types of the Japanese firefly, *Hotaria parvula*: An electrophoretic analysis of allozymes. *Zool. Sci.*, 10(4): 697-703.